

标准分享网
www.bzfxw.com

喷灌工程 设计手册

喷灌工程设计手册

水利电力出版社

喷灌工程设计手册
喷灌工程设计手册编写组
责任编辑 薛勤

*

水利电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号)
各地新华书店经售
地质出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 33.25印张 760千字
1989年8月第一版 1989年8月北京第一次印刷
印数 0001—5100册
ISBN7-120-00800-5/TV·261
定价 24.35元

内 容 提 要

本书是一部为指导推广节水灌溉,进行喷灌工程设计的大型工具书。该手册以生产实践和科研成果为基础;以1985年颁布的国标《喷灌工程技术规范》(GB186-85)为准则;并吸取了国外的先进经验。内容系统,科学实用。拥有大量基本的、常用的、关键的:概念、方法、公式、数据、图表、示例。全书分十二章,即:设计基本资料、喷头、管及管件、泵及泵站、动力机及常用电气设备、喷灌机、有压管道的水力计算、喷灌工程规划、技术经济计算、管道式喷灌系统设计、机组式喷灌系统设计、微喷灌等。本书主要供县级和县级以上水利、农业技术人员查用,高等院校师生参阅。

前 言

喷灌是一项先进的灌溉技术，它具有省水、省工、省地、增产和适应性强等优点。在我国水资源日益紧缺的形势下，推广喷灌是实现水利化，促进农业生产的重要措施之一，因此具有广阔的发展前景。喷灌自1976年起列入中国科学院10年科技攻关计划，1978年开始推广使用。在10多年的科学研究和生产实践中，积累了不少成果和经验。1986年7月1日起国家标准《喷灌工程技术规范》颁布施行。为了提高喷灌工程的设计水平和加快设计速度，促进喷灌事业的健康发展，编写这部反映我国建设经验和科研成果的喷灌工程设计工具书，已成为喷灌技术工作者的迫切愿望。

《喷灌工程设计手册》于1979年列入水利电力部科研计划。1979年元月在石家庄召开的“喷灌试点和规划设计讨论会”上首次讨论了编写提纲以及编写指导思想和原则要求等问题。同年8月在黑龙江省牡丹江市召开《手册》的第一次编写工作会议，讨论了提纲细目，明确了编写人员和任务分工。1981年6月在北京召开了初稿汇总协调会，对编写进度、内容安排等提出了协调意见。1982年上半年各章初稿陆续写出，汇集后发送全国各地几十位专家、技术人员广泛征求意见。同年9月国家标准《喷灌工程技术规范》开始编制，考虑到手册应以规范为基础，与规范协调统一，经水利电力部科技司和水利电力出版社同意，自该年下半年起手册编写工作暂停。1985年《规范》完成了报批稿，经批准，重新开始《手册》的编写工作。该年12月在北京市平谷县召开了《手册》送审稿编写工作会议，回顾总结了初稿的编写情况和过程；进一步明确了手册的服务对象及性质、特点；认真分析了初稿及各地同志对初稿的意见；调整了章节内容和编写分工；安排了编写工作进度。在完成各章送审稿后，于1986年8月在四川什邡县召开了手册审稿会，会后根据审稿意见对各章作了进一步修改，最后进行了统稿和定稿。在水利电力部科技司的领导下，在各协作单位的大力支持和许多有关同志的关心和帮助下，经过全体编写人员的共同努力、辛勤劳动，《喷灌工程设计手册》终于与读者见面了。

《喷灌工程设计手册》主要供县级和县级以上从事喷灌技术工作，具有高中以上文化程度的同志，在规划设计喷灌工程时使用，也可供有关高校、中专师生以及其他工程技术人员在生产、教学、科研工作中参考。作为我国第一本喷灌工程设计工具书，它具有如下特点：1. 内容比较全面而又注意突出重点。在取材上既考虑了本手册自身的完整性，包括了常用的各类喷灌工程的各个设计环节，同时又注意突出基本的、常用的、关键的和代表发展趋势的内容，对于与其他工程通用的有关内容尽量从简或不列。2. 主要总结了我国建设实践和科学研究中的有关经验和成果，对于国外的先进技术经验和有关规定，凡可应用或有较大参考价值的，也作了介绍。3. 与国标《喷灌工程技术规范》（GBJ 85-85）协调一致，故使用本手册有利于正确贯彻执行规范的有关规定。4. 充分注意实用性。在内容特点上着重介绍概念、方法、公式、数据、图表和算例，表达方式上力求深入浅出、简明扼

要和方便查阅。

本手册由朱尧洲任编写组长，朱尧洲（全书）、施钧亮（第二、三、七、十章）和窦以松（第四、五、六、十一章）为统稿人，各章执笔人如下：第一章金兆森，第二章李世英，第三章史群，第四章窦以松（其中第五节由李英能执笔），第五章侯素娟，第六章许一飞，第七章刘忠潮，第八章朱尧洲（其中随机用水内容由魏永曜供稿），第九章王云涛，第十章施钧亮，第十一章魏永曜（其中第一节由李英能执笔），第十二章李嵩鏗。参加初稿编写的还有陶益寿、朱凤书、陈大雕、金树德、赵尔强、于浙民、董文楚、高歌阳、常文海、任俊贤、薛克宗、徐达、王重九和许炳华等同志。

在手册编写过程中蒙许多同志进行审阅、提出意见、提供资料，在此一并表示深切谢意。对手册中仍有的疏漏和错误之处，恳请读者给予批评指正。

编者

1988年5月

目 录

前 言	
第一章 设计基本资料	1
第一节 资料种类及其应用	1
第二节 地形与土壤资料	3
第三节 气候资料	16
第四节 作物资料	19
第五节 水源资料	24
第二章 喷头	32
第一节 喷头的分类、结构参数和性能指标	32
第二节 旋转式喷头	36
第三节 固定式喷头	71
第三章 管及管件	75
第一节 分类及适用条件	75
第二节 固定管及管件	77
第三节 移动管及管件	109
第四节 控制件及安全件	121
第四章 泵与泵站	141
第一节 泵的型号与性能	141
第二节 泵工作点的确定	146
第三节 泵的选型与安装高程的确定	151
第四节 泵站	155
第五节 自动调压喷灌泵站	164
第六节 喷灌常用泵的性能图表与安装尺寸	172
第五章 动力机与常用电气设备	226
第一节 动力机的选择	226
第二节 传动	228
第三节 常用动力机	238
第四节 常用电气设备	250
第六章 喷灌机	271
第一节 喷灌机的种类	271
第二节 定喷式喷灌机	272
第三节 行喷式喷灌机	289
第四节 喷灌机适应性与使用性能的评定	313
第七章 有压管道的水力计算	315
第一节 各种材料管道的沿程水头损失	315
第二节 管道多口出流时沿程水头损失的多口系数	326
第三节 管道的局部水头损失	331
第四节 喷灌管道的水锤计算	336

第八章 喷灌工程规划	342
第一节 规划设计阶段及成果要求	342
第二节 规划的原则与内容	344
第三节 喷灌系统类型的选择	345
第四节 喷灌设计标准	347
第五节 喷灌用水量计算	348
第六节 水源分析与水利计算	371
第九章 技术经济计算	383
第一节 技术经济计算的原则与方法	383
第二节 资金时间价值的计算	384
第三节 费用计算	392
第四节 效益计算	396
第五节 经济分析	397
第六节 技术经济指标	400
第七节 计算实例	403
第十章 管道式喷灌系统设计	407
第一节 设计内容与步骤	407
第二节 管道布置	407
第三节 喷头的选择与组合间距	409
第四节 喷灌工作制度	418
第五节 管道系统设计	419
第六节 山区管道式喷灌系统设计	426
第七节 设计示例	441
第十一章 机组式喷灌系统设计	460
第一节 定喷机组式喷灌系统设计	460
第二节 绞盘式喷灌系统设计	466
第三节 中心支轴式喷灌系统设计	473
第四节 平移式喷灌系统设计	480
第十二章 微喷灌	485
第一节 微喷灌设备	486
第二节 管道水力计算	496
第三节 微喷灌系统的规划设计	506
第四节 设计示例	515
主要参考文献	523

设计基本资料

第一节 资料种类及其应用

喷灌工程的规划设计，需要收集灌区的自然条件、生产条件和社会经济等方面的基本资料。

一、自然条件资料

(一) 地形资料

反映灌区地形、地貌、地面坡度的地形图以及相应的高程资料，这是进行喷灌系统的布置，系统总扬程的计算以及管道设计计算等所必需的。

(二) 土壤资料

喷灌水量经入渗转化为土壤水面被作物所吸收利用，因而在喷灌工程规划设计时，必须掌握灌区土壤特性，包括土壤质地、容重、土壤水分常数和土壤温度等。

土壤质地是确定土壤允许喷灌强度的依据，依此进行选择或校核喷头及其组合。

土壤容重和土壤水分常数，即田间持水量、凋萎系数等，是确定作物灌溉制度的基本数据。

土壤温度和冻土层深度是地埋管道设计施工所需的基本数据。

(三) 作物资料

包括喷灌作物的种类、品种，种植面积，分布位置，生育期、各生育阶段及天数，需水量，主要根系活动层深度，以及当地灌溉试验资料。这些资料是确定灌溉制度和灌溉用水量，从而确定水源工程及整个喷灌工程规模的主要依据。

为了确定竖管的高度，应调查了解作物的高度，尤其是采用树冠喷灌系统或滚移式喷灌机时，必须确定果树或作物的高度。

(四) 水源资料

水源是喷灌系统规划设计的前提。对于喷灌的水源（河流、库塘、渠道、井泉等）要了解其逐年水量、水位的变化情况及水质情况，特别是在灌溉季节的情况。在所收集资料的基础上，经过分析计算，取得用作喷灌系统规划设计依据的水量和水位，经与灌溉用水量平衡计算，确定灌溉面积以及系统所需扬程，或确定是否需要规划蓄、提、引水工程及其规模。

当同一水源向几个用水部门供水时，应调查了解各用水部门的用水情况，以确定水源对于喷灌系统的供水能力。

(五) 气候资料

包括气温、雨量、湿度、风向风速、日照、蒸发等气候资料，作为计算作物需水量和制定灌溉制度的依据。由于喷灌的水量分布受风的影响大，因此灌溉季节的主风向，最大、最小和常见风速的资料是必须的，以便选择设计风向和风速，作为确定喷头组合、喷洒方式、管道布置以及估计喷灌系统的有效工作时间的依据。

二、生产条件资料

(一) 水利工程现状

引水、蓄水、提水、输水和机井等工程的类别、名称、位置、容量、配套和效益等情况。在喷灌系统规划设计时应考虑充分利用现有水利设施，以确保水源可靠并减少投资。

(二) 生产现状

作物历年平均亩产，受旱、涝、碱、虫、干热风、低温霜冻的灾害情况和减产情况，以便进行喷灌效益计算。

(三) 喷灌区划、生产发展规划和水利规划

喷灌工程的规划设计应与当地的生产发展规划、水利规划和喷灌区划相一致，这样符合整体安排并便于实施。上述区划和规划可向当地生产和水利的主管部门调查了解。

(四) 动力和机械设备

主要指电力和燃料供应情况，动力消耗情况，已有机械的规格、数量和使用情况，以供选择喷灌系统类型时参考。

(五) 当地材料和设备生产供应情况

特别是管道、喷洒设备和建筑材料等的规格、性能、价格以及当地的生产情况，以供选择和进行投资计算。

三、社会经济资料

(一) 灌区的行政区划

包括灌区所属的县、乡、村或场的名称，其人口、劳力数量及文化素质等。

(二) 经济条件

工农业生产水平，村镇工业情况以及支援农业基本建设的能力，经营管理的水平，劳力的价格和产值等，这些都是在选择系统类型时必须考虑的因素。

(三) 交通情况

道路及水路分布，运输能力及价格，以进行投资效益计算。

(四) 市、镇、村发展规划

特别是在市、镇、村的近郊规划设计喷灌工程时，必须了解该市（县）、镇、村的建设规划，不应把喷灌工程建立在近期的城镇建设发展区域内。

第二节 地形与土壤资料

一、地 形

(一) 灌区地形图

在规划阶段,为了进行主要工程的规划布置,灌区面积在5000亩以上者宜采用1:5000~1:10000的地形图,在5000亩以下者宜采用1:2000~1:5000的地形图。在技术设计阶段,宜采用1:1000~1:2000的地形图,以进行具体布置并据此作设计计算。

1:10000的地形图可向当地所在省的测绘局购买,其它比例的地形图应实测。为减少工作量,一般可实测所需大比例尺的地形图,而在此基础上进行缩小。

(二) 建筑物地址地形图

在必要的时候,应具有建筑物(如泵站等)地址的地形图,比例尺宜用1:200~1:500。

(三) 灌区平面图

若灌区面积较小(如一二百亩)且地势平坦,可只测1:500~1:1000的平面图,并应具有典型田块地面高程、水源水位高程等数据。

二、土 壤 质 地

(一) 土壤质地分类

土壤是由固、液、气三相组成。土壤固相颗粒是组成土壤的物质基础,土壤颗粒的组成决定着土壤的物理、化学和生物特性,与植物生长发育的所需要的水分、空气、热量及养分的关系十分密切。喷灌水量的入参与土壤颗粒的组成的关系也十分密切。土壤质地是土壤颗粒不同组成的反应,既体现了肥力和耕作特性,又体现了持水和入渗的能力。通过土壤颗粒分析,测定土壤的颗粒组成,可以确定土壤质地。

1. 土壤颗粒分级

中国科学院南京土壤研究所根据已有资料,结合我国土壤颗粒分析普遍采用的颗粒分级,拟定了我国土壤颗粒分级标准,见表1-1。

2. 土壤质地分类

由中国科学院西北水土保持研究所等单位组成的允许喷灌强度试验研究协作组参照国内外土壤质地分类方法和国外确定允许喷灌强度的土壤质地分类,提出了我国确定允许喷灌强度的土壤质地分类,见表1-2。

土壤质地分类方法在我国还没有统一标准,常用的有中国科学院南京土壤研究所制定的分类,国际制土壤分类标准,苏联卡庆斯基土壤质地分类简明方案。在应用按这

表 1-1 土壤颗粒成分分级标准

颗 粒 名 称		颗粒粒径(mm)
石 块	石 块	>10
石 砾	粗 砾 细 砾	10~3 3~1
砂 粒	粗砂粒 细砂粒	1~0.25 0.25~0.05
粉 粒	粗粉粒 细粉粒	0.05~0.01 0.01~0.005
粘 粒	粗粘粒 粘 粒	0.005~0.001 <0.001

三种分类方法分类的土壤资料时,可采用表1-3的近似方法归类为确定允许喷灌强度的土壤质地。

表 1-2 确定允许喷灌强度的土壤质地分类

土 壤 质 地	颗 粒 组 成 (粒 径, mm)		
	砂粒(1~0.05)	粗粉粒(0.05~0.01)	粘粒(<0.001)
砂 土	>50		<30
砂 壤 土		>40	<30
壤 土		<40	<30
壤 粘 土			30~40
粘 土			>40

注 砂粒>50%,粘粒>30%,亦属壤土。

表 1-3 土壤质地不同分类间的对照

确定允许喷灌强度的土壤质地分类	南京土壤研究所分类	国际制分类	卡庆斯基分类
砂 土	粗砂土、细砂土、面砂土	砂土及壤质砂土、砂质壤土、砂质粘壤土	松砂土、紧砂土
砂 壤 土	砂粉土、粉土	粉砂质壤土、粉砂质粘壤土	砂壤土、轻壤土
壤 土	粉壤土、粘壤土、砂粘土	壤土、粘壤土、砂质粘土	中壤土
壤 粘 土	粉粘土、壤粘土	壤质粘土、粉砂质粘土	重壤土、轻粘土
粘 土	粘土	粘土、重粘土	中粘土、重粘土

(二) 土壤质地确定方法

灌区的土壤质地可通过以下途径确定:

(1) 采集灌区土样,委托农业、水利科研单位或院校在实验室通过颗粒分析测定土壤质地。

(2) 向当地农业、水利部门调查收集以往土壤质地测定资料成果,从中分析确定灌区土壤质地。

(3) 通过现场简易指测方法大致判断确定土壤质地。指测法有干测和湿测两种,可相互补充,但以湿测为主。湿测时取小块土样(比算盘珠略大),拣掉土样内的植物根和结核体(如铁子、石灰结核),加水充分湿润、调匀(湿度以挤不出水为宜),再进行揉条或圈环。手测法的各项判别指标见表1-4。

表 1-4 指测鉴定土壤质地指标

质地类型	在手掌中研磨时的感觉	用放大镜或肉眼观察的情况	干燥时状态	湿润时状态	揉成细条时的状态
砂土	砂粒感觉	几乎完全由砂粒组成	土粒分散不成团	流砂、不成团	不能揉成细条
砂壤土	不均质, 主要是砂粒的感觉, 也有细土粒的感觉	主要是砂粒, 也有较细的土粒	用手指轻压或稍用力能碎裂干土块	无可塑性	揉成细条易裂成小段或小瓣
壤土	感觉到砂质和粘质土粒大致相同	还能见到砂粒	用手指难于破坏干土块	可塑	能揉成完整的细条, 将其弯曲成圆环时裂开成小瓣
壤粘土	感到有少量砂粒	主要有粉砂和粘粒, 砂粒几乎没有	不可能用手指压碎干土块	可塑性良好	易揉成细条, 但在卷成圆环时有裂痕
粘土	很细的均质土, 难于磨成粉末	均质的细粉末, 没有砂粒	形成坚硬的土块, 用锤击仍难于使其粉碎	可塑性良好, 呈粘糊体	揉成的细条易卷成圆环, 不产生裂痕

三、土壤容重

土壤容重是指未破坏自然结构的情况下, 单位体积的干土重量, 单位为 g/cm^3 。干土重量是指 $105\sim 110^\circ\text{C}$ 条件下的烘干土重。

(一) 土壤容重测定方法

1. 环刀法

(1) 方法。测定土壤容重的常用方法是环刀法。测定时按土壤剖面层次分别用环刀采取未破坏自然结构的原状土样, 每层土壤不应少于三个重复。取样时先在采土处用铁铲铲平, 将环刀缓慢垂直压入土内(切勿过分敲击振动, 以免破坏原状结构), 然后用铁铲挖掘周围土壤, 取出环刀, 将粘附于环刀外面的土除去, 再用锋利的削土刀切去环刀两端多余的土, 使环刀内的土壤体积与环刀的容积相等。将土样装入铝盒内, 再放入烘箱用 $105\sim 110^\circ\text{C}$ 烘干, 然后称出干土重量并计算土壤容重。

$$\gamma = \frac{G_0}{V} \quad (1-1)$$

式中 γ ——土壤容重 (g/cm^3);

G_0 ——烘干土重 (g);

V ——环刀容积 (cm^3)。

若环刀内径为 d , 高度为 h , 则其容积可按圆柱体计算, 即 $V = \frac{1}{4}\pi d^2 h$ 。环刀容积最好做成 100cm^3 , 以便于计算土壤容重。

(2) 仪器设备。用环刀法测定土壤容重所需仪器设备如下:

- 1) 环刀, 常用无缝钢管制的环刀(高 5cm , 半径 2.52cm , 容积 100cm^3)。
- 2) 感量为 0.01g 的粗天平一架。
- 3) 烘箱、干燥器、小铝盒、削土小刀及小铁铤等。

2. 蜡封法

(1) 方法及原理。本法适用于难于切削并易于破裂之土壤。将不规则的土样称重以后, 浸入溶化的石蜡中, 使土样为石蜡包裹, 然后在空气及水中称重以计算出容重。

(2) 仪器设备。所用主要仪器设备为:

1) 天平仪, 其感量为0.01g, 称量200g, 构成如图1-1。

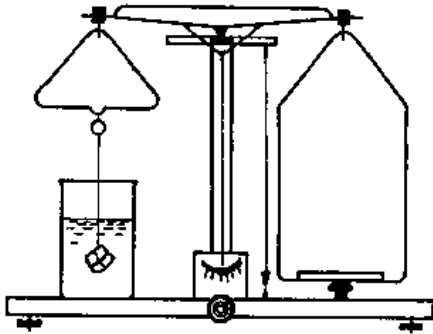


图 1-1 天平仪示意图

2) 烘箱、铝盒、干燥器、坩埚钳、石蜡、烧杯、铜丝、小刀、针、酒精灯、三角架、石棉板、滤纸和温度计等。

(3) 操作步骤。测定操作按下列步骤进行:

1) 取两个具有代表性而体积大于 30 cm^3 的原状土块, 用刀削去棱角后称重, 精确至0.01g。用铝盒取同一土样4~5g, 精确至0.01g, 测定土壤含水量。

2) 称过的土块用铜丝缠起并留出10~15cm长的抽头, 手提铜丝抽头把土块浸入

稍高于 60°C 蜡液中, 使土块周围包一薄层蜡膜。

3) 取出浸泡好蜡膜的土块, 用针将蜡膜中的气泡刺破。若有未涂严处, 以热蜡液涂之。称出带蜡之土块重量, 准确至0.01g。

4) 将带蜡土块吊在天平钩上, 并浸在蒸馏水中称其重量 (图1-1)。取出土块, 用滤纸吸干表面, 再在空气中称重以检查是否有水进入土块。若有水进入, 应废弃并重做测定。

(4) 计算。按下列公式计算土壤容重:

$$\gamma = \frac{100 G}{(100 + \beta) \left(\frac{G_1 - G_2}{\rho_1} - \frac{G_1 - G}{\rho} \right)} \quad (1-2)$$

式中 γ ——土壤容重 (g/cm^3);

G ——土样湿重 (g);

G_1 ——石蜡加土样在空气中的重量 (g);

G_2 ——石蜡加土样在水中的重量 (g);

ρ_1 ——蒸馏水在 $t^\circ\text{C}$ 时的密度 (g/cm^3), 精确至 $0.001 \text{ g}/\text{cm}^3$;

ρ ——石蜡的密度, 为 $0.92 \text{ g}/\text{cm}^3$;

β ——土壤含水率, 占干土重%。

当采用烘干后的土样作蜡封测定时, 按下式计算:

$$\gamma = \frac{G_0}{\frac{G_1 - G_2}{\rho_1} - \frac{G_1 - G_0}{\rho}} \quad (1-3)$$

式中 G_0 ——土样干重 (g);

其余符号同上式。

本法试验须进行两次平行测定，取其算术平均值，以两位小数表示。两次测定的平行差值不得大于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ ；否则应该重作。

(5) 记录格式及举例，见表1-5。

表 1-5

蜡封法测定土壤容重记录表

土样采集地点与层次						
送验者		计算者				
测定者		校核者				
测 定 日 期	1986年	月	7		12	
		日	29		12	
土 样 编 号		10-1			10-4	
土样干重 (g)	(1)		62.79	63.00	77.29	80.83
土 + 石蜡在空气中重 (g)	(2)		66.41	66.37	81.38	84.99
土 + 石蜡在水中重 (g)	(3)		27.44	27.60	37.00	39.30
测定时水的温度 (°C)			32°	32°	5°	5°
水的密度 (g/cm^3)	(4)		0.995	0.995	1.000	1.000
石蜡比重 (g/cm^3)	(5)		0.92	0.92	0.92	0.92
土 - 石蜡的体积 (cm^3)	(6)	$\frac{(2)-(3)}{(4)}$	39.10	39.00	44.38	45.69
石蜡的体积 (cm^3)	(7)	$\frac{(2)-(1)}{(5)}$	3.94	3.64	4.45	4.52
土的体积 (cm^3)	(8)	(6) · (7)	35.16	35.36	39.93	41.12
土的容重 (g/cm^3)	(9)	$\frac{(1)}{(8)}$	1.79	1.78	1.94	1.96
平均容重 (g/cm^3)	(10)		1.79		1.95	
备 注						

(二) 土壤容重的参考值

土壤容重数值的大小受土壤质地、结构、土壤中有机质的含量和土壤含水量等的影响。一般说来，砂土中的孔隙粗大，但数目较少，总的孔隙容积较小，所以容重较大；粘土的总孔隙容积较大，所以容重较小；壤土则介于两者之间。土壤的团聚结构良好，或者比较疏松，则容重减小。

我国砂质土壤的容重变化于 $1.4 \sim 1.7 \text{g/cm}^3$ 之间,粘质土壤的容重变化于 $1.1 \sim 1.6 \text{g/cm}^3$ 之间;有机质多,结构良好的耕作层,容重多为 $1.0 \sim 1.2 \text{g/cm}^3$ 。

土壤容重有条件时应实测确定。表1-6所列我国部分地区土壤的容重值,供参考。

表 1-6 我国部分地区土壤容重的参考值 (单位: g/cm^3)

土壤类型	质地	容重	地区	土壤类型	质地	容重	地区	
黑土和草甸土	砂土	1.22~1.42	华北	华北地区 盐土	砂壤土	1.43~1.56	华北地区	
	壤土	1.03~1.39			壤土	1.43~1.56		
	壤粘土	1.19~1.34			壤粘土	1.35~1.40		
		粘土	1.26~1.38					
黄绵土 垆土 壤土	砂壤土	0.95~1.28	黄河中游地区	淮北平原 土壤	砂土	1.35~1.57	淮北平原	
	壤土	1.00~1.30			砂壤土	1.32~1.53		
	壤粘土	1.10~1.40			壤土	1.20~1.52		
华北平原 非盐土	砂土	1.45~1.60	华北地区		壤粘土	1.18~1.55		
	砂壤土	1.36~1.54			粘土	1.16~1.43		
	壤土	1.40~1.55		红壤	壤粘土	1.20~1.40	华南地区	
壤粘土	1.35~1.54	壤粘土	1.20~1.50					
粘土	1.30~1.45	粘土	1.20~1.50					
华北平原 盐土	砂土	1.42~1.52	华北地区					

四、土壤田间持水量

(一) 概念

在自然条件下,若地下水位较深,当土壤充分灌溉后(或下透雨后),注意防止土面蒸发,等到土体内过剩水分(重力水)下渗完以后,湿润土层的水分就达到平衡,这时测得的土壤含水量(干土重的百分数),就是土壤田间持水量。灌溉后(或降雨后),借毛管力而保持在土壤上层的毛管孔隙中的水分,与来自地下水的毛管水不连接,就象悬挂在上层土壤中一样,称为毛管悬着水。田间持水量就是土壤中所能保持的最大数量的毛管悬着水,在数量上它包括吸湿水、膜状水和毛管悬着水。当土壤含水量达到田间持水量时,若再继续灌溉,灌溉水不能使上层土壤的储水量超过田间持水量,而只能加深土壤的湿润深度,将会造成深层渗漏。因此,田间持水量是土壤中对作物有效水分含量的上限,也就是灌溉后土壤含水量的上限,一般农作物的适宜土壤含水量应保持在田间持水量的60%~100%,如土壤含水量低于田间持水量60%时就需要灌溉。因此,土壤田间持水量是确定灌水量和判断是否需要灌溉的一个依据。

(二) 测定方法

土壤田间持水量的测定,可有田间测定法(亦称淹灌方框法)和室内测定法(亦称威尔科克斯法)。

田间测定法所得结果可靠,但工作量大,测定时间长。特别是盐碱土地区,由于土壤渗透性能很差,田间测定更加困难。室内测定法较田间测定法简便易行,可广泛采用之。

据研究，室内测定法较田间测定法之测定结果小2%~3%。

1. 田间测定法（淹灌方框法）

（1）测定所需仪器设备：

- 1) 木框，边长100cm正方框，高80cm，下部削成楔形，以马口铁包成刀刃状。
- 2) 天平，感量为0.01g，称量200g。
- 3) 油布，正方形，其面积为5m²。
- 4) 烘箱、铝盒、干燥器、铁铤、土钻、草和席子等。

（2）测定步骤：

1) 在田间选一代表地块，仔细平整地面，其面积为4m²。周围筑以土埂，埂高40cm，顶宽30cm，并将土埂夯实。

2) 土埂围绕面积中央插入面积为1m²的方木框，插深10cm，框内作为试验区，框与土埂间作为保护区。

3) 在试验地块一侧挖一剖面观察土壤特征，并测各层含水率，算出整个土壤剖面总贮水量。根据各层的比重和容重算出整个剖面中孔隙总容积，从中减去现有的总贮水量，即可求出试验土层（一般为1m左右）全部孔隙都为水充满所需要灌入的水量，计算式如下：

$$W = k(a - \beta)\gamma sh \quad (1-4)$$

式中 W ——灌水量 (m³)；

a ——土壤饱和含水率（占干土重%）；

β ——土壤自然含水率（占干土重%）；

γ ——土壤容重 (g/cm³)；

s ——试区面积 (m²)；

h ——计划湿润层深 (m)；

k ——使土壤达饱和含水量的保证系数，其值与土壤质地和地下水位深度有关，通常取 $k = 1.5 \sim 3.0$ 。一般粘性土壤或地下水位浅的土壤取 $k = 1.5$ ，反之取 $k = 2$ 或 3 。

4) 灌水前，在试区和保护区各插厘米尺一把，灌水时，为防止土壤冲刷要在灌水处铺些草或席子。

5) 先向保护区灌水，灌至一定程度再向试验区灌水。使两区均保持5cm深水层直至灌水完毕。

6) 灌水入渗后，为避免表土水分蒸发，应用草将灌水地段覆盖，其覆盖厚度约为0.5m。此外，为防止雨水渗入，上面再用油布或塑料布盖好。

7) 依土壤质地和测定土层深度来确定取样时间。一般砂土及壤土在灌水后24小时便采样测定；粘土需48小时或更长的时间才能采样测定。

8) 采样时要按正方形木方框对角线打钻，每次打3个钻孔，从上至下依土壤层次分别采土15~20g放入铝盒，立即称重精确至0.01g，烘干测定土壤含水率。以后每隔12小时测定一次，直至前后两次测得的土壤含水率无大差异，水分运动基本平衡为止。

(3) 计算。先分别计算土壤剖面中每一土层的田间持水量, 再计算整个剖面的田间持水量。

对于某一土层, 根据采样计算出土壤含水率。将连续几天测得的结果取相近数的平均值, 即得该土层的田间持水量。

对于整个土壤剖面田间持水量, 因各土层的含水率、厚度和容重都不相同, 故不应按各层田间持水量简单地取算术平均值, 而应以各层的土层深度和容重作权重, 求其加权平均值, 计算公式如下:

$$\beta_p = \frac{\beta_1 \gamma_1 h_1 + \beta_2 \gamma_2 h_2 + \dots + \beta_n \gamma_n h_n}{\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n} \quad (1-5)$$

式中 β_p ——整个剖面田间持水量;
 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ ——各层土壤田间持水量;
 $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ ——各层土壤容重;
 h_1, h_2, \dots, h_n ——各层土壤厚度。

2. 室内测定法 (威尔科克斯法)

(1) 测定所需仪器设备:

- 1) 天平, 感量0.01g, 称量200g。
- 2) 环刀, 容积100或200cm³。
- 3) 筛子, 孔径为1mm。
- 4) 烘箱、铝盒、干燥器、滤纸和法码。

(2) 测定步骤:

1) 用环刀在被测定地块采原状土, 带回室内, 在环刀底衬滤纸一张, 并盖上有孔的盖子, 放入水中饱和一夜 (水面较环刀上缘低1~2mm, 勿使环刀没于水中)。

2) 同时在相同土层采土、风干, 通过1mm筛子, 装入环刀中, 装土时要轻拍击实, 并稍许装满些。

3) 将装有饱和湿土的环刀底盖 (有孔的盖子) 打开, 连同滤纸一起放在风干土的环刀上。为使接触紧密, 可用砖压实 (一对环刀放三块砖压实)。

4) 经过8小时吸水过程后, 从上面环刀 (盛原状土) 中用铝盒取土15~20g测定其土壤含水率, 此值即接近于该土壤的田间持水量。

本试验需进行2~3次平行测定, 取其算术平均值, 重复间允许误差±1%。

(三) 由土壤物理参数推求土壤田间持水量

土壤田间持水量也可根据土壤物理参数按下式估算:

$$\beta_p = k \beta_m + \frac{6 \times 10^5 \sigma \cos \theta}{g a^{2/3} \varepsilon^{1/3} \gamma d_s h_k} \left[\left(1 - \frac{\gamma}{\Delta} \right) - 1.07 \gamma \beta_m \right] \quad (1-6)$$

式中 β_p ——土壤田间持水量 (重量%);
 k ——比例常数, 通常为1.5;

① 本式由长江水利水电科学研究院钱胜图由简化主体模型导出。

β_m ——吸湿水（重量%），可实测。如无实测条件可参考下列数值选用：砂土2.0~3.3%，砂壤土3.3~4.7%，壤土5.3~6.0%，壤粘土6.0~8.0%，粘土8.0~11.3%；

θ ——孔洞周围固相颗粒的湿润角，近似取 $\cos\theta = 1$ ；

a ——颗粒排列系数，自然状态土壤可近似取为2.36；

σ ——表面张力系数，为 $74 \times 10^{-5} \text{N/cm}$ ；

ε ——孔隙比，
$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{\gamma}{\Delta} + 1.07\gamma\beta_m} - 1$$
；

γ ——土壤容重；

Δ ——土粒比重，一般为2.65~2.70；

$d_s h_k$ ——土颗粒直径（ d_s ）与土孔洞等效毛管上升高度（ h_k ）的乘积，可作为经验常数。对于粘质土为0.45~0.52，壤质土为0.53~0.58，砂质土为0.59~0.65（ cm^2 ）。

（四）土壤田间持水量的参考值

田间持水量的大小，主要取决于土壤质地、结构、孔隙状况、松紧状况、耕作条件及有机质含量等。

由于土壤田间持水量受各种土壤性状的影响，加上土壤水分的不断运动，而测定的条件差异又较大，所以测得数值往往出入较大。即使是同一土壤，同时测定几个点，测得的数值也有差异。为了力求数值尽量确切可靠，如条件许可，应就地测定。表1-7至表1-9所列数值供无实测资料情况下参考。

表 1-7 我国部分土壤田间持水量的参考值（重量%）

土壤类型	质地	田间持水量	地区	土壤类型	质地	田间持水量	地区
黄 绵 土 炉 土 瘠 土	砂壤土	18~20	黄河中游地区	华北地区	壤粘土	28~32	华北平原
	壤 土	20~22		盐 土	粘 土	33~45	
	壤粘土	22~24		红 壤	壤 土	23~28	华南地区
华北地区 非盐土	砂 土 砂壤土 壤 土 壤粘土 粘 土	16~22	华北平原		壤粘土	32~36	
		22~30			粘 土	32~37	
		22~28		淮北地区 土 壤	砂 土	16~27	淮北平原
		22~32			砂壤土	22~35	
25~35	壤 土	21~31					
26~30	壤粘土	22~36					
华北地区 盐 土	砂 土 砂壤土 壤 土	28~34	华北平原	粘 土	28~35		
		28~34					
		26~30					

表 1-8

吉林省14个地点部分土壤水分物理值

地点	土壤类型	容重(g/cm ³)		比重		孔隙度(%)		田间持水量(%)	
		0~50 (cm)	0~100 (cm)	0~50 (cm)	0~100 (cm)	0~50 (cm)	0~100 (cm)	0~50 (cm)	0~100 (cm)
公主岭	粘壤质淋溶黑钙土	1.27	1.34	2.65	2.68	52.1	50.0	26.8	25.6
梨树	壤质棕壤土	1.10	1.18					25.0	22.8
长春	粘壤质草甸化黑土	1.34	1.45	2.60	2.62	48.6	45.2	26.7	—
长春	粘壤质草甸土	1.33	1.41	2.62	2.64	49.3	46.7	28.5	28.6
德惠	轻碱土	1.34 [↓]		2.75		51.1			
德惠	深堡土	1.11 [↓]		2.47		54.9			
榆树	粘壤质淋溶黑钙土	1.13	1.20	2.55	2.57	53.9	52.3	26.3	25.2
九台	细砂壤质冲积土	1.13	1.18	2.52	2.52	54.1	51.5	24.2	20.5
通化	砂壤质冲积土	1.25	1.28					24.0	22.3
延吉龙井	红壤土	1.18	1.11						
白城	砂壤质黑土	1.37		2.50		44.5		17.3	
白城	轻粘壤质黑钙土	1.43		2.60		45.3		24.9	
瞻榆	砂壤质栗钙土	1.40	1.46	2.55	2.56	45.3	42.8	19.1	18.6
长岭	砂壤质栗钙土	1.31	1.38						

↓ 为0~30cm土层的平均容重。

表 1-9

土壤质地	田间持水量(重量%)	土壤质地	田间持水量(重量%)
砂土	8~16	壤粘土	22~28
砂壤土	12~22	粘土	23~30
壤土	20~28		

五、土壤入渗能力与允许喷灌强度

(一) 概念

1. 土壤入渗能力

在田间,天然降水或灌溉水逐渐渗入土壤成为土壤水。土壤入渗能力以土壤入渗速度,即单位时间入渗的水层厚度来表示。土壤入渗速度与土壤质地、结构状况、孔隙率、耕作状况以及土壤原始含水量等因素密切相关,并且灌水是时间的函数。因此,在灌溉的过程中土壤入渗速度是变化的。

2. 允许喷灌强度

允许喷灌强度是在土壤含水量为田间持水量60~70%时,等于或略小于在一定喷水量(灌水定额)所需喷洒历时末的土壤入渗速度的喷灌强度,是喷灌时允许地表在短历时内有少量水洼积水但不产生径流的最大喷灌强度。当喷灌按允许喷灌强度值喷洒时,土壤结构基本上不被破坏,喷洒的水量能在喷洒时间内或在喷头(或喷灌机)运转的间隙时间内全部渗入土壤。

允许喷灌强度除了与影响土壤入渗速度的因素有关外,还与喷水量、喷洒历时、喷头

特性和喷洒水滴直径等有关。

(二) 允许喷灌强度的测定

1. 伊尔霍夫法

这是参照苏联伊尔霍夫试验所制订的一种方法。该法的优点是考虑了由于水滴对土壤的打击破坏作用而造成的对土壤入渗能力的影响，所得结果比较符合实际。

(1) 仪器设备。喷头、供水和加压设备、雨量筒若干、1.5级压力表、容重环、铝盆、铁皮制渗透圆环若干（内径358mm、高150mm、面积1000cm²）、手持风向风速仪等。

喷头可采用特制的单向折射式喷头或常用的PY₁系列喷头。平均水滴粒径（1、2、3、4mm）与喷嘴孔径、工作压力、水滴采样点距喷头的距离之间的关系可事先率定。

(2) 测定步骤。

1) 选择在有代表性的地块上，预先测定其土壤田间持水量。在土壤含水量为田间持水量的60~70%时，布置试验小区并安装喷头。试验土壤作翻耕处理，用铁锹翻耕27cm左右，打碎大土块，耙平。也可根据作物不同生育期的自然状态进行布置试验，以便比较。然后，在同一水滴粒径的地点同时放置雨量筒和渗透环（插入土中，其顶部与土壤表面齐平）。在一个试验区内，对于同一水滴粒径处放置的雨量筒和渗透环组数不得少于5组，一般为6~7组。

2) 喷头在预定的工作压力和喷洒角度下进行喷洒。观测和分别记录各雨量筒边的渗透环内土壤表面稳定水洼或径流出现的时间*t* (min)，相应的喷水量*m* (mm) 及水滴粒径*d* (mm)（水滴粒径可用滤纸法或面粉法测量）。判别稳定水洼或径流出现的时间有两种方法：一为目测，在喷头两次正转之间水洼不再消失时，即认为是“稳定水洼”（水洼的直径为3cm左右，出现水洼的面积约占观察面积的50~70%）；另一方法是在渗透环边留一收集径流的缺口，当缺口有水流出时，即可停止试验。

试验应在无风或风速不大于1m/s时进行，喷头压力用1.5级压力表测读。

(3) 测定成果整理。测定数据可按表1-10的格式记录，并按苏联伊尔霍夫所推荐的经验公式〔式(1-7)〕计算每个测点土壤无压入渗指标。

表 1-10 允许喷灌强度试验记录表

试验地点	土壤质地	雨量筒和渗透环号	出现水洼历时 <i>t</i> (min)	水滴粒径 <i>d</i> (mm)	喷水量 <i>m</i> (mm)	喷灌强度 $\rho = \frac{m}{t}$ (mm/min)	无压入渗指标 <i>p</i>

$$p = m \rho^{0.5} e^{-0.5d} \tag{1-7}$$

式中 *p*——土壤无压入渗指标，其物理含义是：当用很细小的水滴（*d* → 0）及等于1mm/min的强度喷灌时，到地面刚出现水洼和径流时所渗入土壤的喷灌水层深度；

m——至出现稳定水洼时的累计喷水量（mm）；

ρ ——至出现稳定水洼时的历时内之平均喷灌强度 (mm/min)；

d ——水滴粒径 (mm)；

e ——自然对数之底， $e = 2.718$ 。

按上述公式算得同一水滴粒径处各测点的 ρ 值后，计算其算术平均值，作为测试土壤在该种水滴粒径时的无压入渗指标。有了这一数值后，当已知设计中所采用喷头的水滴粒径及设计灌水定额，即可利用式 (1-7) 反算出土壤的允许喷灌强度。

也可利用所测得的数据，以 ρ 为纵坐标、 m 为横坐标，绘制出各种水滴粒径下二者之关系曲线束，如图 1-2 所示，则从曲线上即可查出各种不同的灌水定额和水滴粒径下的允许喷灌强度。

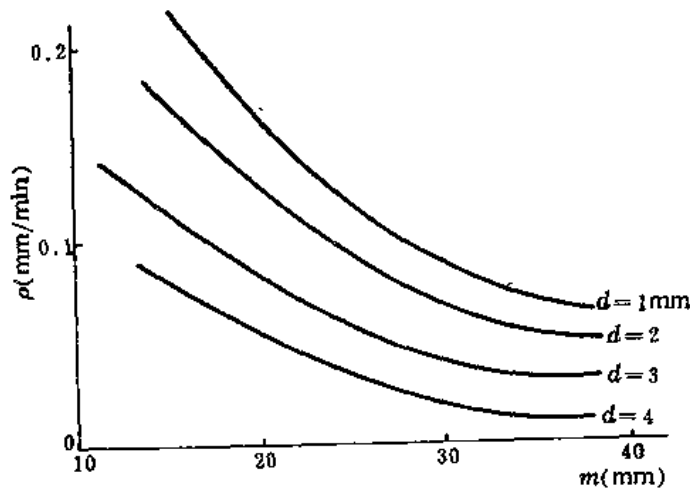


图 1-2 $\rho-d-m$ 关系曲线

2. 派尔介绍的方法

本测定方法比较简单，一般在灌区现场进行，直接为规划设计服务。测试所用喷头最好是设计中拟采用的型号，测试前土壤含水量应控制在田间持水量的 60% 左右。

设备为可移动式喷灌测渗仪装置，包括装在一台拖车上的循环供水装置，一个装在圆形套筒内的喷头，若干雨量筒，压力表及秒表。圆形套筒的一边开口，以使喷头水流射出；当喷头转至别的方向时，则射流被圆筒挡在其内。拖车上安装有一定容量的储水箱（水源）、两台水泵及其动力机。一台水泵的吸水管连接水箱，自水箱取水给喷头加压；另一台水泵的吸水管与喷头圆筒的底部相连，以回收圆筒内的水并将其压入水箱，这样使部分水量得以循环使用。当测试地点具有水源时，供水装置可用轻、小型喷灌机代替。

测定地点应选择在灌区内主要类型的土壤上，并事先观察、测定和记录土壤剖面特性，如各土层深度、含水量和田间持水量等。

测定时，将喷头安置于选定地点，并沿其顺风射程方向依一定间距（一般为 1 ~ 2 m）放置雨量筒。开始喷洒并记录喷洒时间，观察地面受水情况，当喷头喷出的水待其再次转到同一地点时尚未渗入土壤并将产生径流时即停止喷洒，测量该点雨量筒接受的水量，并

计算喷灌强度，即为允许喷灌强度。

(三) 土壤允许喷灌强度的参考值

1. 定喷式系统

定喷式喷灌系统的允许喷灌强度可按表1-11和表1-12选用。如考虑喷洒水滴的影响，可参考表1-13选用。

表 1-11 各类土壤的允许喷灌强度值

土壤质地	允许喷灌强度 (mm/h)
砂土	20
砂壤土	15
壤土	12
壤粘土	10
粘土	8

表 1-12 坡地允许喷灌强度降低值

地面坡度 (%)	允许喷灌强度降低 (%)
< 5	0
5 ~ 8	20
9 ~ 12	40
13 ~ 20	60
> 20	75

注 有良好覆盖时，表中数值可提高20%。

表 1-13 考虑水滴粒径影响的各类土壤允许喷灌强度值

土壤质地	灌水定额 (mm)	在下列水滴粒径 (mm) 下的允许喷灌强度 (mm/h)		
		2	2.5	3
砂土	15	60~70	35~45	25~30
	20	40~50	20~25	10~15
	25	20~30	10~14	6~8
	30	12~15	8~10	5~6
砂壤土	15	50~60	30~40	20~25
	20	30~40	15~20	7~12
	25	15~25	10~12	5~7
	30	10~12	6~10	4~5
壤土	15	40~50	25~30	15~20
	20	20~30	12~18	6~10
	25	13~20	8~12	4~6
	30	9~11	5~8	3~4
壤粘土	15	30~40	20~25	12~16
	20	15~25	10~15	5~7
	25	12~16	6~10	3~5
	30	8~10	4~6	2~3
粘土	15	20~25	15~20	8~10
	20	12~16	8~12	4~6
	25	8~10	5~7	2~4
	30	4~6	2~4	1.5~2

注 1. 土壤容重和含粘量均小时取大值，结构好的土壤可适当提高；
2. 如地表已有作物覆盖时，可提高20%。

2. 行喷式系统

行喷式系统允许喷灌强度可按式1-8和式1-9计算, 各类土壤的 K_1 和 a 值由表1-14选用, β_a 值见表1-15。

$$\rho_a = K_1 \frac{1}{1-a} m^{\frac{a}{a-1}} \quad (1-8)$$

若考虑土壤表面允许持水量, 则为

$$\rho_a = K_1 \frac{1}{1-a} m^{\frac{a}{a-1}} + 2\beta_a \left(\frac{m}{K_1}\right)^{-\frac{1}{1-a}} \quad (1-9)$$

式中 ρ_a ——允许喷灌强度 (mm/min);
 m ——喷水定额 (mm);
 K_1 ——土壤第一分钟入渗速度 (mm/min);
 β_a ——土壤表面允许持水量 (mm);
 a ——土壤入渗特性指数。

表1-14 各类土壤的 K_1 和 a 值

土壤质地	K_1 (mm/min)	a
砂土	1.88	0.33
砂壤土	1.47	0.30
壤土	1.30	0.28
壤粘土	1.03	0.26
粘土	0.74	0.22

表1-15 土壤表面允许持水量 β_a 值

地面坡度 (%)	β_a (mm)
0 ~ 1	12
1 ~ 3	8
3 ~ 5	5

第三节 气候资料

一、气候分区和灌溉分区

我国地域广阔, 地处欧亚大陆东侧, 跨高、中、低三个纬度区, 夏秋受来自太平洋和印度洋的湿润气流影响, 降雨较多; 冬、春季受来自欧亚大陆中心及蒙古高原干冷气团控制, 降水较少。在地理位置上, 东部和南部较近海洋, 降水量丰沛, 气候较湿润; 西部内陆受高原和山脉阻挡, 季风难以深入, 气候干燥。这些原因决定了我国水资源在地区分布和时程分配上的不均匀性, 也决定了我国灌溉的特点。综合气候和水文状况等方面特点, 根据全国农业水利综合区划可以将我国分为丰水、多水、过渡、少水和干旱5种类型地区。

(一) 丰水区

年降水量超过1600mm, 年径流深大于900mm, 气候十分湿润, 大致相当于热带和亚热带常绿林带, 包括东南和华南沿海珠江和浙闽台诸河流域, 盛产水稻、热带和亚热带经济作物。由于降水的时程分配与作物需水的不适应, 本区多遇夏旱和秋旱。

(二) 多水区

年降水量800~1600mm,年径流深200~900mm,气候湿润,大致相当于落叶和常绿阔叶混合林带,包括秦岭——淮河以南长江中、下游及云贵川和广西地区,是我国水稻、冬小麦、棉花、油菜等作物以及柑桔、茶叶等经济林果主要产区。本地区多春旱和秋旱。

(三) 过渡区

年降水量400~800mm,年径流深50~200mm,气候半湿润半干旱,相当于落叶阔叶林和森林草原带,包括黄淮海平原,东北大部,山西和陕西大部,四川西北部和西藏东部,是我国小麦、棉花和其它旱作物以及苹果等经济林果的主要产区。本区降水量年际变化较大,且年内分布不均,因此干旱是丰产的最大威胁。另外本区内黄河干、支流两岸冲积平原及滨海地区分布有相当面积的盐碱地;东北地区还有部分沼泽地,盐碱化的威胁较严重;在黄河及海河水系上、中游的黄土地区,是我国水土流失最严重的地区。

(四) 少水区

年降水量200~400mm,年径流深10~50mm,气候干燥,相当于草原和半荒漠地带,包括东北西部、内蒙、甘肃、宁夏、新疆西部和北部,为我国半农半牧地区和主要的牧区。由于天然水分不足,土壤的结构一般松散,含腐殖质少,同时由于强烈的蒸发作用,土壤盐碱化的现象普遍而且严重。本区干旱严重,水资源与发展灌溉的需要之间的矛盾相当突出。

(五) 干旱区

年降水量小于200mm,年径流深小于10mm,是我国最干燥的地区,包括内蒙、宁夏、甘肃的沙漠,青海的柴达木盆地,新疆的塔里木和准噶尔盆地。灌溉在农业生产上占极重要的地位,但水源奇缺,远不能满足可耕地发展灌溉的需要。

二、气候资料

喷灌工程规划设计所需气候资料可到邻近的气象台、站收集,一般包括风向风速、降水量、蒸发量、气温、相对湿度、平均气压、日照小时等。

(一) 风向

风向即风吹来的方向。风向共分16个方位,以拉丁文缩写字母记录之,如图1-3。无风则以“C”表示。

为了作出管道布置和喷头组合设计,有必要了解当地主要喷灌季节风向的变化情况,是否存在主风向,它是什么方向。为此需到当地气象台站收集历年主要喷灌季节风向资料并作统计分析,统计时可将相差180°的两个风向放在一起作为同一方向处理。统计结果若某一风向出现的机会明显多于其它风向(如某一风向出现频率为75%以上),则可确认为主风向,若不存在这样的风向时,即认为风向多变。

(二) 风速

单位时间内风行的距离称为风速,单位一般为m/s。根据风对地上物体所造成的征象将风的大小分成13级,叫做风力等级,以0~12级数字记载。由于风力等级达到4级就对喷灌均匀度有很大影响,所以我们这里仅将0~6级的风力等级列于表1-16。

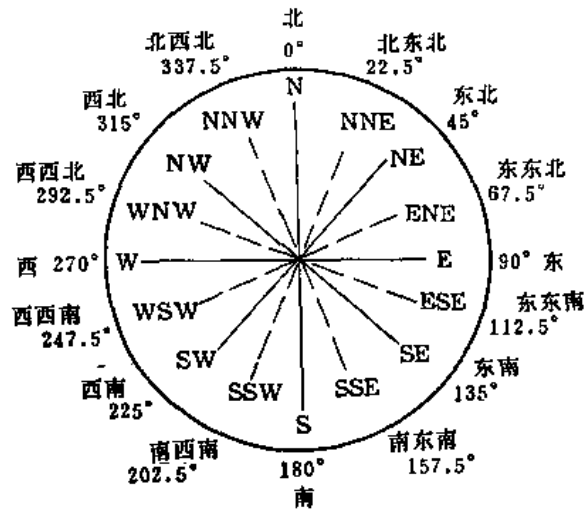


图 1-3 风向16方位图

应收集当地气象台站历年风速测定资料，以便推求灌区主要作物关键需水期设计日喷灌时间内平均风速的多年平均值，作为喷灌工程的设计风速。

表 1-16

(0~6级) 风力等级表

风力等级	陆地地面物征象	相当风速 (m/s)
0	静，烟直上	0.0~0.2
1	烟能表示风向，但风向标不能转动	0.3~1.5
2	人面感觉有风，树叶有微响，风向标能转动	1.6~3.3
3	树的微枝摇动不息，旌旗展开	3.4~5.4
4	能吹起地面灰尘和纸张，树的小枝摇动	5.5~7.9
5	有叶的小树摇摆，内陆的水面有小波	8.0~10.7
6	大树枝摇动，电线呼呼有声，举伞困难	10.8~13.8

(三) 降水量

设计喷灌灌溉制度的拟定，常需掌握本地降水情况，可按旬或月统计历年的降水量或历年作物生育期的降水量。

(四) 蒸发量

在当地缺乏作物需水量资料时，可利用水面蒸发量资料估算作物需水量。蒸发量一般采用80cm口径蒸发皿值 (E_{80})，若系20cm口径的测定值 (E_{20}) 时，应按当地气象台站所确定的系数加以换算，通常 $E_{80} = 0.8E_{20}$ 。历年蒸发量可按旬或月统计。

(五) 应用彭曼法计算作物需水量时所需气候资料

应用彭曼法计算作物需水量时需要用到下列气候、地理资料，这些资料应从离灌区最近的气象台、站收集。

(1) 台站所处纬度与海拔高程。

(2) 气温。旬或月平均气温, 平均最低气温, 平均最高气温。

(3) 风速。2米高处旬或月平均风速, 白天平均风速和夜晚平均风速, 若系其他高度处测得的风速, 则应进行换算(式8-2)。

(4) 湿度。旬或月平均相对湿度或平均水气压。

(5) 日照。按旬或月统计日照小时数后按旬或月天数平均。

(6) 气压。旬或月平均气压。

(六) 土壤温度和冻土层深度

需进行地理管结构及其埋深设计时, 要在气象台、站收集0~80cm深的土壤温度资料, 一般需掌握10年逐年最高和最低土壤温度。还应调查收集当地历年冻土层深度资料。

第四节 作物资料

一、作物情况

(一) 作物种植情况

灌区内作物的种类、品种、种植面积、作物种植分布图及轮作倒茬计划等。

(二) 作物生育期

作物全生育期和各生育阶段的天数和起止日期。

(三) 作物主要根系活动层深度

作物主要根系活动层深度指的是根量占总根量80~90%的土层深度, 也就是土壤主要耗水层的深度, 是确定灌水计划湿润层深度的依据。作物主要根系活动层深度随作物的成长和根系的发育面增加, 并且受土壤质地、紧实度、孔隙度、水分状况、耕作管理水平等条件的影响。各类作物各生育阶段的主要根系活动层深度可参考表1-17。

(四) 作物茎秆(树干)高度

定喷式系统中竖管高度的确定要考虑作物茎秆(树干)的高度。各类作物在灌溉时期最大茎秆高度参考值见表1-18。

(五) 作物雾化指标

雾化指标以 h_p/d 表示, 其中 h_p 为喷头工作压力, 化为 mH_2O 计; d 为主喷嘴直径, 以 m 计, 各种作物适宜的雾化指标值见表1-19。

表 1-18 作物茎秆(树干)高度

作物名称	茎秆(树干)高度(cm)	作物名称	茎秆(树干)高度(cm)	作物名称	茎秆(树干)高度(cm)	作物名称	茎秆(树干)高度(cm)
小麦	70~110	亚麻	55~58	胡萝卜	20~30	苹果	200~400
玉米	190~210	大麻	130~240	甘蓝	25~40	桃树	300
黑麦	100~165	甘蔗	180~220	西红柿	50~70	枇杷	400~600
大麦	50~90	茶树	60~100	黄瓜	100~150	木耳架	100~120
燕麦	40~80	甜菜	20~40	菜豆	70~90	棉花	120~150
向日葵	180~200			柑桔	200~400		

表 1-19 各种作物适宜雾化指标

作物种类	h_p/d 值
蔬菜及花卉	4000~5000
粮食作物、经济作物及果树	3000~4000
牧草、饲料作物、草坪及绿化林木	2000~3000

二、作物需水量与灌溉制度

(一) 作物需水量

作物需水量包括作物的生理需水和生态需水两部分，具体地说它是指植株蒸腾和棵间土壤蒸发两部分水量之和。作物需水量是制定灌溉制度的重要数据。它受气候条件，土壤性质、肥力和含水量等土壤条件，作物种类、品种特性和生育阶段等作物条件，以及灌溉、排水和农业技术措施等众多因素的影响，各地相差悬殊。

确定作物需水量的可靠方法是根据实测资料，为此应认真收集本地或邻近地区以往灌溉试验资料，从中分析确定符合设计年的作物需水量值。在缺乏实测资料的地区，可根据影响作物需水量的主要因素进行估算（详见第八章）。表1-20汇集了部分省市部分作物的灌水临界期平均日需水量，可供计算设计灌水定额和灌水周期时参考。

表 1-20 作物灌水临界期平均日需水量 E_p

作物	地区	E_p (mm/d)	作物	地区	E_p (mm/d)								
冬小麦	北京	5.5~6.5	茶园	浙江	6~7								
	陕西关中	3.2~4.2											
	云南	3.5~5	烟草	河南	5~6								
	河北	5											
春小麦	吉林 新疆 青海	5~6.6	柑桔	浙江 湖南	5.5								
		3~4			3~3.5								
		4	梨园	浙江	4~5								
春玉米 玉米	陕西关中 吉林 辽宁 内蒙	6~7	桑园	浙江	10								
		6~6.5			大蒜	北京	5.3						
		5~7					大葱	北京	4.9				
		5~7							甜辣椒	北京	5.3		
谷子	吉林	5~6									甜茄子	北京	6.1
													高粱
棉花	湖北	4~5.5									西红柿	北京	
													油菜
花生	山东	4.8~5.2	萝卜	北京							8.2		
					大豆	吉林					5~6	春架豆	北京
甜菜	黑龙江	4~5	大白菜	吉林			6.9						
					甘蔗	广东	6.45	球白菜	北京	6.4			
红麻	浙江	8~10.7								秋菠菜	北京		
					菜花	北京	6.7~7.2						

(二) 作物灌溉制度

作物灌溉制度, 包括灌水定额、灌水次数、灌水日期和灌溉定额。根据设计标准而制定的灌溉制度, 是确定喷灌工程设计流量以及工程各部分容量的依据。显然, 灌溉制度受着气候、土壤、作物及农业技术等多方面因素的影响, 各地有很大差异。作物灌溉制度的拟定方法将在第八章中介绍, 本处仅列出部分地区部分作物的喷灌灌溉制度, 以供设计时参考。

表 1-21 冬小麦喷灌灌溉制度

地 区	水 文 年	灌 水 次 序	生 育 期	灌 水 定 额 (m^3 /亩)	灌 溉 定 额 (m^3 /亩)
北 京		1	底 墒	20~27	176~210
		2	满 月	14~20	
		3	越 冬	27	
		4	返 青	14	
		5	拔 节	20	
		6	孕 穗	27	
		7	抽 穗	20~27	
		8	灌 浆 初 期	14~20	
		9	灌 浆 中、后 期	10~14	
陕 西 (关中)	湿 润 年	1	分 蘖~返 青	20	60~80
		2	拔 节	20	
		3	开 花	20	
		4	开 花~成 熟	20	
	平 水 年	1	分 蘖~返 青	20	80~100
		2	返 青~拔 节	20	
		3	拔 节	20	
		4	开 花	20	
		5	开 花~成 熟	20	
	干 旱 年	1	播 种~分 蘖	20	120~140
		2	分 蘖~返 青	20	
		3	返 青~拔 节	20	
4		拔 节~开 花	20		
5		拔 节~开 花	20		
6		开 花~成 熟	20		
7		开 花~成 熟	20		
云 南	平 水 年	1	播 种~出 苗	25~30	160~190
		2	出 苗~分 蘖	8~10	
		3	分 蘖~拔 节	8~10	
		4	拔 节~抽 穗	35~40	
		5	抽 穗~乳 熟	60~70	
		6	乳 熟~黄 熟	25~30	
	干 旱 年	1	播 种~出 苗	20~25	225~260
		2	出 苗~分 蘖	10~12	
		3	分 蘖~拔 节	20~25	
		4	拔 节~抽 穗	80~90	
		5	抽 穗~乳 熟	70~80	
		6	乳 熟~黄 熟	25~30	

表 1-22 棉花喷灌灌溉制度

地 区	水 文 年	灌水次序	生 育 期	灌水定额 (m ³ /亩)	灌溉定额 (m ³ /亩)
湖 北	平 水 年	1	苗 期	20	100
		2	苗 期	20	
		3	花 铃 期	20	
		4	花 铃 期	20	
		5	吐 絮 期	20	
江 苏	平 水 年	1	苗 期	20~30	100~150
		2	花铃前期	20~30	
		3	花铃后期	20~30	
		4	吐絮前期	20~30	
		5	吐絮后期	20~30	
	干 旱 年	1	苗 期	20~30	180~270
		2	蕾期前期	20~30	
		3	蕾期后期	20~30	
		4	花铃前期	20~30	
		5	花铃中期	20~30	
		6	花铃后期	20~30	
		7	吐絮前期	20~30	
		8	吐絮中期	20~30	
		9	吐絮后期	20~30	

表 1-23 甘蔗喷灌灌溉制度

地 区	水 文 年	灌水次序	生 育 期	灌水定额 (m ³ /亩)	灌溉定额 (m ³ /亩)
广东珠江三角洲	平 水 年	1	伸长期(7月上、中旬)	20~25	185~240
		2	伸长期(9月下旬)	5~10	
		3	伸长期(10月下旬)	15~20	
		4	成熟期(11月上旬)	15~20	
		5	成熟期(11月中旬)	5~10	
		6	成熟期(11月下旬)	25~30	
		7	成熟期(12月上旬)	25~30	
		8	成熟期(12月中旬)	25~30	
		9	成熟期(12月下旬)	20~25	
		10	成熟期(1月上旬)	25~30	
		11	成熟期(1月中旬)	5~10	
	干 旱 年	1	苗 期(3月下旬)	10~15	235~315
		2	分蘖期(4月上旬)	5~10	
		3	分蘖期(4月中旬)	15~20	
		4	分蘖期(4月下旬)	5~10	
		5	伸长期(7月下旬)	5~10	
		6	伸长期(10月下旬)	20~25	
		7	成熟期(11月上旬)	25~30	
		8	成熟期(11月中旬)	25~30	
		9	成熟期(11月下旬)	20~25	
		10	成熟期(12月上旬)	20~25	
		11	成熟期(12月中旬)	15~20	
		12	成熟期(12月下旬)	25~30	
		13	成熟期(1月上旬)	25~30	

表 1-24 甜菜喷灌灌溉制度

地 区	水 文 年	灌水次序	生 育 期	灌水定额 ($m^3/亩$)	灌溉定额 ($m^3/亩$)
黑 龙 江	平 水 年	1	前期(5月15~25日)	15~20	35~50
		2	前期(6月10~20日)	25~30	
	干 旱 年	1	播前	20	110~120
		2	苗期(5月15日~25日)	20	
		3	苗期(6月上旬)	15~20	
		4	苗期(6月中旬)	15~20	
		5	繁茂期(7月上旬)	20	
		6	繁茂期(7月下旬)	20	

表 1-25 油菜喷灌灌溉制度

地 区	水 文 年	灌水次序	生 育 期	灌水定额 ($m^3/亩$)	灌溉定额 ($m^3/亩$)
陕 西 关 中	湿 润 年	1	七叶~返青	20	40
		2	现蕾~开花	20	
	平 水 年	1	七叶~返青	20	60
2		现蕾~开花	20		
3		开花~成熟	20		
干 旱 年	1	七叶~返青	20	80	
	2	返青~现蕾	20		
	3	现蕾~开花	20		
	4	开花~成熟	20		

第五节 水 源 资 料

河川径流、地方径流、地下径流以及经过净化的污水都可以作为喷灌系统的水源。为了确定喷灌区的规模、规划水源工程，需要收集有关水源资料，掌握其特性及变化规律。

一、需 用 资 料

(一) 河川径流

利用河川径流作为喷灌系统的水源时，其水源工程可以是水库、自流引水枢纽、抽水站等。

当水源工程是引水建筑物及抽水站时，需要的水文资料为：典型年的流量过程线、典型年的水位过程线、水位流量关系曲线、历史最高洪水位、设计频率的洪水位及洪峰流量、年内输沙量的分配、推移质和悬移质的空间分布及取水河段的造床过程。

当水源工程是小型水库时，需要的水文资料为：典型年逐月或逐旬径流量、水位库容

曲线、设计和校核频率的洪水流量过程线、年输沙总量等。

(二) 地方径流

当地地面径流指的是由于降水在当地产生的地表径流。这种水源在山区、丘陵地区以及黄土高原上的原面较为丰富。利用地方径流的水源工程有山塘、平塘（蓄水池）和小型水库等。规划这些工程时需要的资料一般为：集水面积、降水量、径流系数、年径流量、年径流的年内分配、设计频率的洪水流量过程线及侵蚀模数等。

(三) 地下径流

利用地下径流作为喷灌系统的水源时必须首先确定地下水资源的可开采量及设计开采量或单井出水量及动水位。可开采量指的是主要依据开采条件计算出的水量，其值应由水文地质部门提供。设计开采量是根据具体的开采设施能力和供需平衡条件而设计出的实际开采量。为确定设计开采量应收集规划区的地质构造和水文地质资料（典型年和季节潜水位、观测孔潜水动态、典型钻孔柱状图、抽水实验资料等）。

(四) 已建水源工程

当拟规划的喷灌系统是利用已建成的水利工程供水时，所需资料较为简单。例如以已成渠道作为其水源工程时，应当了解该渠道列年的工作制度，即渠道的供水情况、渠道中的流量及水位变化；以已成井为水源时，则应当通过抽水实验及以往使用情况的调查确定其可能提供的出水量和动水位。

如果规划的是自压喷灌系统，除收集上述资料外还需要掌握灌区与水源的相对高差。

二、资料收集方法

水文资料可在水文部门和水利部门收集，地下水资料还可到水文地质部门收集。在缺乏实测资料的情况下，可利用各省、地编制的区域性水文手册或图集查算所需数据。必要时还需进行实地调查和勘测。

(一) 水文手册的应用

水文手册中一般包括：自然地理和气候资料；降水（多年平均降水量、设计年降水量的计算、降水量的年内分配、典型年降水量及降水日数），径流（多年平均径流量、设计年径流量的计算、径流量的年内分配），水面蒸发，暴雨（1、3、5、7日降水量及其特征值、多年平均年最大24小时暴雨量、短历时暴雨的参数及递减指数），洪水（洪峰流量、洪水总量及其过程、洪水特征资料），泥沙（年输沙量模数、年平均含沙量、洪水期含沙量）等方面的统计表、等值线图、经验公式、经验系数、关系曲线等，有的水文手册还包括有水化学、地下水和冰情方面的资料。

在短缺实测资料的情况下，利用水文手册查算有关水文特征值十分简便。然而水文手册是根据中等流域测站的资料编制的，其精度取决于测站的密度及观测年限，一般很难全面反应各特定流域（尤其是小流域）的具体情况，故使用时要注意其适用范围，一般用于一百至几百平方公里的流域有较好的精度。对于较重要的工程，仅用水文手册估算就嫌粗略，因此还应进行深入的实地调查与勘测，并对计算成果进行检验和修正。

(二) 流量测定

当利用小溪、泉水、井水等作为喷灌的水源时，往往需要实测流量。通常采用的方法有：流速仪测流、浮标测流及利用专门设施测流。

1. 流速仪测流

用流速仪测流速，并量测测流断面面积，两者乘积即为该断面的流量。具体步骤如下：

(1) 确定测速垂线数目。当水面宽度小于5 m时取5~6个测速垂线。

(2) 确定测速垂线上的测点。对于小河流采用两点法或三点法即可获得足够精度的流速值。当采用两点法时，分别在距水面0.2与0.8倍水深处测流速；当采用三点法时，除上述两点外再加0.6倍处一点；最为简易粗略是采用一点法，在水深0.6倍处测量流速。测得垂线上各点的流速后，计算垂线的平均流速。

$$\text{三点法: } v_l = \frac{1}{3}(v_{0.2} + v_{0.6} + v_{0.8})$$

$$\text{两点法: } v_l = \frac{1}{2}(v_{0.2} + v_{0.8})$$

$$\text{一点法: } v_l = v_{0.6}$$

(3) 测量断面。将整个断面以测速垂线为界划分成若干部分，部分面积的总和即为该断面面积。断面各部分可近似地作为梯形，其面积等于两边垂线水深平均值与其间距的乘积（图1-4）。

$$\omega_1 = \frac{1}{2}(0 + h_1)b_1$$

$$\omega_2 = \frac{1}{2}(h_1 + h_2)b_2$$

.....

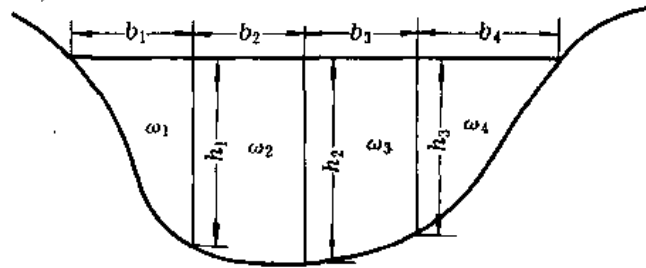


图 1-4 断面测量示意

(4) 计算各部分面积的平均流速。图1-4中，中间部分面积的平均流速计算公式为

$$v_2 = \frac{v_{11} + v_{12}}{2},$$

$$v_3 = \frac{v_{12} + v_{13}}{2}$$

岸边部分面积的平均流速计算公式为

$$v_1 = a v_{11},$$

$$v_4 = a v_{14}$$

式中系数 a ，在斜坡岸边为0.7；在陡岸边一般为0.8，岸壁光滑的可为0.9；在死水边（死水与流水交界处）为0.6。

(5) 计算各部分面积的流量。部分面积流量等于部分面积的平均流速与其面积的乘积，即 $q_i = \omega_i v_i$ 。

(6) 计算断面流量、面积及平均流速。

$$\text{断面流量 } Q = \Sigma q_i$$

$$\text{水道断面面积 } \omega = \Sigma \omega_i$$

$$\text{断面平均流速 } v = \frac{Q}{\omega}$$

2. 量水堰测流

当量测的流量较小时可采用三角形或梯形量水堰，其中三角形量水堰测流精度高，但过水能力小，而梯形量水堰测流范围比三角形为大。三角形量水堰通常采用顶角为 90° 的直角三角形堰。梯形量水堰为上宽下窄的梯形缺口，堰口侧边（即梯形腰）的斜度常为4:1（竖比横）。堰口做成锐缘。量水堰安装时应使堰壁直立，左右水平，堰壁与水流垂直，堰身中线与水流轴线吻合，堰口倾斜面朝向下游。测流断面应选择在水流的平直段，三角形量水堰的安装位置与水道进口的距离不得小于水道水深的2~3倍；梯形堰上下游平直段长度应分别不小于10倍和4倍的堰槛宽。为了计算方便，应注意堰板的安装高度，使过堰水流为自由流（下游水位低于堰槛）。

直角三角形量水堰在自由流时的流量计算公式为

$$Q = 1.343h^{2.47} \quad (1-10)$$

式中 Q ——过堰流量 (m^3/s)；

h ——过堰水深 (m)，通常应不超过0.3m，不小于0.03m。

梯形量水堰在由自流时的流量计算公式为

$$Q = 1.86bh^{3/2} \quad (1-11)$$

式中 Q ——过堰流量 (m^3/s)；

b ——堰槛宽 (m)；

h ——过堰水深 (m)，应在堰槛宽的 $1/10 \sim 1/3$ 范围内。

需要指出的是为了给规划设计提供可靠的水源流量资料，测流工作应在不同季节进行，尤其要注意测定灌溉季节中的枯水期的流量。

(三) 抽水试验

当利用水井作为喷灌系统的水源工程时，需查明井的出水量及其降深，为此除了进行实地调查了解外，通常采用单孔稳定抽水试验。

抽水试验时的水位下降不应少于2次，一般作3次。其中最大抽降值应尽可能达到开采时最大允许下降值，较小的两次下降值约分别为最大下降值的 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{2}{3}$ 。抽水试验的时期应选择作物需水临界期进行。抽水试验的延续时间应当看抽水时下降漏斗的稳定情况而定。试验时动水位和出水量观测的时间要求是：一般在抽水开始后第5、10、15、20、25、30min各测一次，以后每隔30min或60min测一次。

抽水试验后一般应提供水位与出水量关系曲线，出水量与降深关系曲线，单位出水量与降深关系曲线和水位恢复曲线等资料，并推算出井的最大出水量。

利用抽水试验所得的出水量与水位降深资料可以根据设计降深值计算出该降深下的出水量。出水量与水位降深的关系曲线有直线、抛物线、幂函数、半对数等四种类型。表1-26中给出各种关系曲线的经验公式。为了正确选择公式，需首先判别根据抽水试验资料所绘制的 $Q-S$ 曲线属于何种类型。判别曲线类型通常是用作图法，即首先绘制出水量与水位降深关系曲线，然后利用不同的直角坐标，作出其直线化了的图形即可判别。表1-26中给出各类曲线直线化了的图形、相应的经验公式以及这些经验公式的系数，可供使用。

【例1-1】 某农场进行的水井抽水试验，获得如下资料：

$$S_1 = 3.724\text{m}, \quad Q_1 = 132.9\text{L/s};$$

$$S_2 = 2.004\text{m}, \quad Q_2 = 87.4\text{L/s};$$

$$S_3 = 0.749\text{m}, \quad Q_3 = 48.3\text{L/s}.$$

试求出水量与水位降深 ($Q-S$) 关系式以及水位降深值 $S = 2.5\text{m}$ 、 $S = 1.5\text{m}$ 时的出水量。

解：(1) 先绘制 $Q-S$ 关系曲线，如图1-5所示，由图知不是直线。

(2) 为直线化而进行坐标变换，计算的各种坐标值如表1-27。

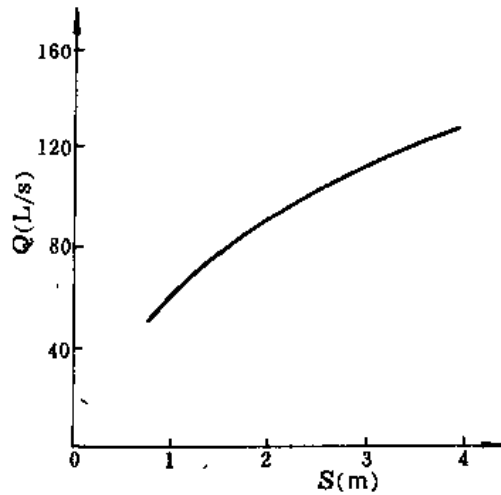


图 1-5 $Q-S$ 曲线

表 1-27

坐标变换计算表

水位降落次序	水位降深值 $S(\text{m})$	出水量 $Q(\text{L/s})$	S/Q	$\lg S$	$\lg Q$
第一次	3.724	132.9	0.028	0.5710	2.1235
第二次	2.004	87.4	0.0229	0.3019	1.9415
第三次	0.749	48.3	0.0155	-0.1255	1.6839

按表1-27所列数值绘制几种可能的曲线，如图1-6所示。

(3) 由图1-6中看出 $\lg Q - \lg S$ 为直线，故知试验资料符合幂函数型关系，即

$$Q = n^m \sqrt{S} \text{ 或 } S = \left(\frac{Q}{n}\right)^m$$

式中的参数 m 、 n 求之如下：

$$m = \frac{\lg S_3 - \lg S_1}{\lg Q_3 - \lg Q_1} = \frac{-0.1255 - 0.5710}{1.6839 - 2.1235} = 1.5844$$

$$\lg n = \lg Q_1 - \frac{\lg S_1}{m} = 2.1235 - \frac{0.5710}{1.5844} = 1.7631$$

$$n = 57.957$$

故得经验公式 $Q = 57.957 S^{0.6312}$

(4) 计算 $S = 2.5\text{m}$ 、 $S = 1.5\text{m}$ 时井的出水量。

当 $S = 2.5\text{m}$ 时， $Q = 57.957 \times 2.5^{0.6312} = 103.34 (\text{L/s})$

当 $S = 1.5\text{m}$ 时， $Q = 57.957 \times 1.5^{0.6312} = 74.85 (\text{L/s})$

进行抽水试验需要量测水位和流量。常用测量水位的工具有测钟和电测水位计。当地

计算井出水量的经验公式表

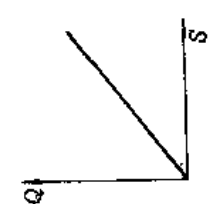
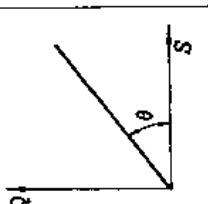
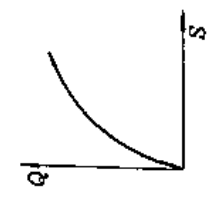
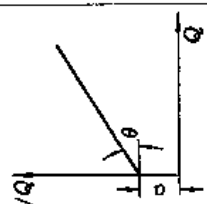
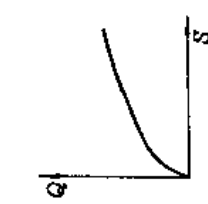
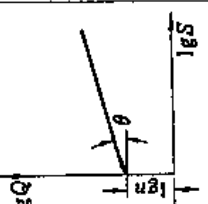
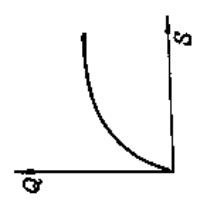
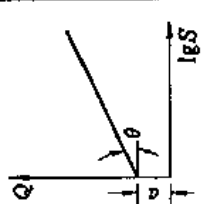
图形与公式	出水曲线图形及经验公式		变为直线的图形及经验公式		系数计算公式	外延极限	符号说明
	图形	经验公式	图形	经验公式			
直线型		$Q = aS$ $S = \frac{Q}{a}$		$Q = aS$ $a = \frac{Q}{S} = \text{tg } \theta$	$a = \frac{Q_1}{S_1}$	1.55*	Q——设计出水量 S——设计水位降深 Q ₁ 、Q ₂ ——第1、第2次抽水试验时的出水量 S ₁ 、S ₂ ——第1、第2次抽水试验时的水位降深 S _m ——抽水试验时最大的水位降深
抛物线型		$Q = \frac{\sqrt{a^2 - 4bS} - a}{2b}$ $S = aQ + bQ^2$		$\frac{S}{Q} = a + bQ$	$b = \frac{S_1Q_2 - S_2Q_1}{Q_1Q_2 - Q_2Q_1}$ $a = \frac{S_1 - bQ_1^2}{Q_1}$	(1.75 ~ 2.0)S _m	
幂函数型		$Q = m\sqrt[n]{S}$ $S = \left(\frac{Q}{m}\right)^n$		$\text{lg } \theta = \text{lg } n + \frac{1}{m} \text{lg } S$	$m = \frac{\text{lg } S_2 - \text{lg } S_1}{\text{lg } Q_2 - \text{lg } Q_1}$ $\text{lg } n = \text{lg } Q_1 - \frac{\text{lg } S_1}{m}$	(1.75 ~ 2.0)S _m	
半对数型		$Q = a + b \text{lg } S$ $\text{lg } S = \frac{Q - a}{b}$		$Q = a + b \text{lg } S$	$b = \frac{Q_2 - Q_1}{\text{lg } S_2 - \text{lg } S_1}$ $a = Q_1 - b \text{lg } S_1$	(2 ~ 3)S _m	

表 1-26

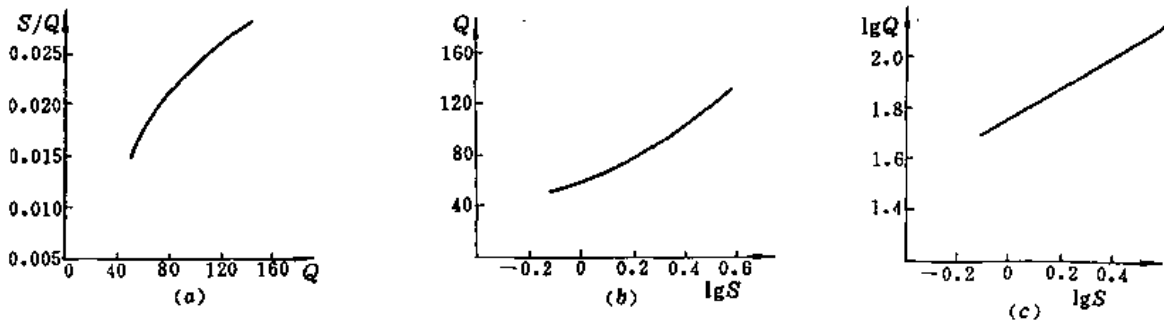


图 1-6 关系曲线图

下水位在 5 ~ 20m 时可用测钟；当地下水位较深时可用电测水位计（常用 DR-1 型电容式水位仪和红旗-1 型自记水位计），其精度可达 1 cm 左右。流量量测可用三角堰或孔板流量计。

三、喷灌对水质的要求

（一）水质标准

农田喷灌用水水质应符合现行《农田灌溉水质标准》（TJ24-79），见表 1-28。

（二）含泥沙量要求

含泥沙量大的水不宜作为喷灌水源，一则对喷灌设备不利，二则对作物生长不利。喷灌对水中含沙量的要求标准尚待进一步研究。陕西省人民引泾，渠灌溉试验站的研究资料认为用平均粒径为 0.028mm（其中粒径 0.025mm 的占 47%，小于 0.01mm 的占 19%）的泥水喷灌，如含沙量超过 6%（重量比）即对玉米和棉花产生不利影响。一般认为喷灌水源的含沙量不宜超过 5%。

表 1-28

农田灌溉用水水质标准

编 号	项 目	标 准
1	水温	不超过 35℃
2	pH 值	5.5~8.5
3	全盐量	非盐碱土农田不超过 1500mg/L
4	氯化物（按 Cl 计）	非盐碱土农田不超过 300mg/L
5	硫化物（按 S 计）	不超过 1mg/L
6	汞及其化合物（按 Hg 计）	不超过 0.001mg/L
7	镉及其化合物（按 Cd 计）	不超过 0.005mg/L
8	砷及其化合物（按 As 计）	不超过 0.05mg/L
9	六价铬化合物（按 Cr ⁶⁺ 计）	不超过 0.1mg/L
10	铅及其化合物（按 Pb 计）	不超过 0.1mg/L
11	铜及其化合物（按 Cu 计）	不超过 1.0mg/L
12	锌及其化合物（按 Zn 计）	不超过 3mg/L
13	硒及其化合物（按 Se 计）	不超过 0.01mg/L
14	氟化物（按 F 计）	不超过 3mg/L
15	氰化物（按游离氰根计）	不超过 0.5mg/L

续表

编 号	项 目	标 准
16	石 油 类	不超过10mg/L
17	挥发件酚	不超过 1 mg/L
18	苯	不超过2.5mg/L
19	三氯乙醛	不超过0.5mg/L
20	丙 烯 醛	不超过0.5mg/L

注 放射性物质的标准, 应按现行的《放射防护规定》中关于露天水源中放射性物质限制浓度的规定执行。

第二章

喷 头

喷头是将压力水喷到空中，形成水滴，进行喷洒灌溉的设备，亦称喷洒器。它可以安装在固定的或移动的管路上、行喷机组桁架的输水管上、绞盘式喷灌机的牵引架上，并与其相匹配的机、泵等组成一个完整的喷灌机或喷灌系统。由于喷灌水是由最后由喷头喷洒到田地或作物上的，所以喷头本身性能的好坏以及对它的使用（选择、布置、调试、运转等）是否得当，将对整个喷灌机或喷灌系统的喷洒质量、经济性和工作可靠性等起决定性的作用。因此喷灌工作者必须对喷头的种类、结构、机械性能和水力性能有比较全面的了解。

第一节 喷头的分类、结构参数和性能指标

一、喷头的分类

喷头的种类很多，通常按喷头使用的工作压力（或射程）、工作特征等对其作概括的分类。

（一）按工作压力（或射程）分类

按这种分类方法，大体上可以把喷头分为低压喷头（或称近射程喷头）、中压喷头（或称中射程喷头）和高压喷头（或称远射程喷头）。国内外目前都还没有明确地规定划分标准，但多数是按表 2-1 所列的范围分类。

表 2-1 喷头分类表

类别	工作压力 (kPa)	射程 (m)	流量 (m ³ /h)	特点及应用范围
低压喷头 (近射程喷头)	< 200	< 15.5	< 2.5	射程近，水滴打击强度小。主要用于苗圃、菜地、温室、草坪、园林、白压喷灌的低压区或行喷式喷灌机
中压喷头 (中射程喷头)	200~500	15.5~42	2.5~32	喷灌强度适中，适用范围广，果园、草地、菜地、大田及各类经济作物均可使用
高压喷头 (远射程喷头)	> 500	> 42	> 32	喷洒范围大，但水滴打击强度大。多用于对喷洒质量要求不高的大田作物和草原牧草等

（二）按结构形式和喷洒特征分类

按结构形式和喷洒特征分类，可以分为旋转式喷头、固定式喷头和喷洒孔管三类。

1. 旋转式喷头

指绕自身铅垂轴线旋转的喷头。其特点是边喷洒边旋转，水从喷嘴喷出时成集中射流状，故射程较远，是中射程和远射程喷头的基本形式，也是国内外使用最广泛的一类喷头。

驱动机构和换向机构是旋转式喷头的重要部件，因此根据驱动机构的特点，旋转式喷头还可分为摇臂式、叶轮式和反作用式三种；根据是否装有换向机构和喷嘴数目，上述三种旋转式喷头又有全圆喷洒、扇形喷洒和单喷嘴、多喷嘴等多种形式。

2. 固定式喷头

指喷洒时，其零部件无相对运动的喷头。这类喷头的特点是结构简单，工作可靠；喷洒时水流是在全圆周或部分圆周（扇形）同时向四周散开，故射程较近，近喷头处喷灌强度比平均喷灌强度大得多，一般雾化程度较高。

根据结构特点和喷洒特征，固定式喷头还可分成折射式、缝隙式和漫射式三种。

3. 喷洒孔管

喷洒孔管由一根或几根直径较小的管子组成，在管子圆周上部分布一系列或多列喷水孔，孔径仅1~2mm。根据喷水孔分布形式，又可分为单列和多列喷洒孔管两种。

喷洒孔管结构简单，工作压力低，但喷灌强度高，由于喷射水流细小，受风影响大，小孔易堵塞，支管内压力受地形起伏的影响较大，在国内一般用于温室、大棚内的喷灌。

二、喷头的结构参数

（一）进水口直径

指喷头空心轴或进水口管道的内径，单位为mm。一般由减少水力损失和结构紧凑等因素来决定进水口直径的大小。一个喷头的进水口直径确定后，其过水能力和结构尺寸也大致确定了。我国PY系列喷头就以进水口公称直径来命名喷头的型号。对于旋转式喷头，国标GB5670·1-85《旋转式喷头类型与基本参数》规定进水口公称直径为10、15、20、30、40、50、60、80八种。

（二）喷嘴直径

指喷嘴流道等截面段的直径，单位为mm。喷嘴直径反映喷头在一定的工作压力下通过水流的能力。在压力相同的条件下，在一定范围内，喷嘴直径愈大，喷水量也愈大，射程也愈远，但雾化程度要相对地下降；反之亦然。对非圆型喷嘴，用当量喷嘴直径——按其流量折算的喷嘴直径来表示，见下式：

$$d = 5.297 \frac{Q^{0.5}}{p^{0.25}} \quad (2-1)$$

式中 d ——喷嘴当量直径 (mm)；

Q ——实测喷头流量 (m^3/h)；

p ——喷头工作压力 (kPa)。

（三）喷射仰角

指喷嘴出口处射流轴线与水平面的夹角，单位为($^{\circ}$)。在相同工作压力和流量的情况下，喷头的喷射仰角是影响射程和喷洒水量分布的主要参数。喷射仰角的变化不直接影响喷灌机的生产率和功率消耗，但适宜的喷射仰角能获得最大的射程，从而可以降低喷灌强度和增大喷灌管道的间距，这有利于扩大喷头的使用范围，降低管道式喷灌系统中的管道投资。目前我国常用喷头的喷射仰角多为 $27^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，为了提高抗风能力，有些喷头已采

用 $21^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 喷射仰角。小于 20° 的喷射仰角称为低喷射仰角，低喷射仰角喷头多用于树下喷灌，以及微量喷灌的场合。

三、喷头的性能指标

(一) 工作压力

指喷头工作时，距喷头进水口20cm处测取的静水压，单位为kPa。在国外有时为了便于评价喷头性能的好坏而使用喷嘴压力，这是指喷嘴出口处的流速水头。工作压力与喷嘴压力之差，是喷头流道的压力损失，这个损失的大小，主要决定于设计和制造的水平。在使用外国喷头资料时，应注意弄清所列压力是哪一种。

(二) 流量

指单位时间内喷出的水体积，单位为 m^3/h 或 L/min 。影响喷头流量的主要因素是工作压力和喷嘴直径的大小，同一口径，工作压力愈大，喷头流量也愈大，反之亦然。喷头流量可用下式计算：

$$Q = 3600\mu A\sqrt{2gh_p} \quad (2-2)$$

式中 Q ——喷头流量 (m^3/h)；

μ ——喷头流量系数；

A ——喷嘴过水面积 (m^2)；

g ——重力加速度， $g = 9.81 (\text{m}/\text{s}^2)$ ；

h_p ——喷头工作压力水头 (m)。

(三) 射程

指无风时喷头喷洒湿润圆的半径，单位为m。对于旋转式喷头，其射程是指雨量筒中收集的雨强为 $0.3\text{mm}/\text{h}$ （喷头流量低于 $250\text{L}/\text{h}$ 的喷头为 $0.15\text{mm}/\text{h}$ ）的那一点至喷头旋转中心的距离。

当旋转式喷头的结构参数已定，则其射程主要受工作压力和转速的影响。在一定的工作压力变化范围内，压力增大，射程也相应增大；超出这一压力范围，压力增加只会提高雾化程度，而射程不会再增加。喷头射程随转速的增大而减小，转速接近零时射程最大。

在喷头流量相同的条件下，射程愈大，则单个喷头的喷灌强度就愈小，其组合喷灌强度也愈小；喷头的布置间隔也可增大。这对于降低成本、提高适应性大为有利，所以射程是喷头的一个重要水力性能指标。

旋转式喷头射程的测试和计算方法见国标GB 5670.3-85《旋转式喷头试验方法》，下列公式为国内几种喷头射程的经验估算公式：

$$R_{PY_1} = 1.70d^{0.487}h_p^{0.45} \quad (2-3)$$

$$R_{PYS} = 3.50d^{0.51}h_p^{0.24} \quad (2-4)$$

$$R_{PS} = 2.35d^{0.62}h_p^{0.26} \quad (2-5)$$

式中 R_{PY_1} ——PY₁摇臂式系列喷头的射程 (m)；

R_{PYS} ——PYS塑料摇臂式系列喷头的射程 (m)；

R_{PS} ——PSH、PSBZ步进式全射流系列喷头的射程 (m)；

d ——喷嘴直径 (mm)；

h_p ——喷头工作压力水头 (m)。

(四) 计算喷灌强度

指单位时间内喷洒到单位面积上水的体积，或单位时间的喷洒水深，单位为 mm/h。喷头计算喷灌强度用下式表示：

$$\rho = \frac{1000Q}{S} \quad (2-6)$$

式中 ρ ——喷头的计算喷灌强度 (mm/h)；

Q ——喷头流量 (m^3/h)；

S ——喷头喷洒控制面积 (m^2)。

从 (2-6) 式可以看出喷头的计算喷灌强度与喷头流量成正比，与喷头控制面积 (亦即喷头的射程) 成反比。

(五) 水滴的打击强度

喷洒水滴的打击强度，是指单位受水面积内，水滴对作物或土壤的打击动能。它与喷洒水滴的大小、降落速度和密度有关。日前对该指标的测量有待进一步试验研究，现一般用雾化指标 p_d 或水滴直径大小来表示。

$$p_d = \frac{h_p}{d} \quad (2-7)$$

式中 p_d ——雾化指标；

h_p ——喷头工作压力水头 (m)；

d ——主喷嘴直径 (mm)。

对同一喷嘴来说， p_d 值越大，说明其雾化程度越高，水滴直径越小，打击强度也越小。

(六) 水量分布特性

指喷洒范围内，各点的喷灌强度与相应点位置之间的关系，常用水量分布曲线或水量分布等值线图表示。水量分布特性是影响喷灌均匀度的主要因素。

影响喷头水量分布的因素很多，其中风的影响较大。一个作全圆喷洒的旋转式喷头，如转速均匀，在无风情况下，其水量分布等值线图是一组以喷头为中心的同心圆，如图 2-1 所示。通常为了更直观些，在互相垂直的两个直径方向，取水量分布等值线图的剖面，给出喷头径向水量分布曲线。有风时，风对水量分布的影响如图 2-2 所示，从图上可以看出，风使水量分布等值线图的逆风带变陡而收缩，顺风带变缓而伸长，整个湿润面积缩小，喷灌强度变大。所以在规划设计中确定喷头的布置间距时，一定要考虑风的影响。

工作压力是喷头的基本工作参数，改变工作压力会引起射程、喷头流量、雾化程度及

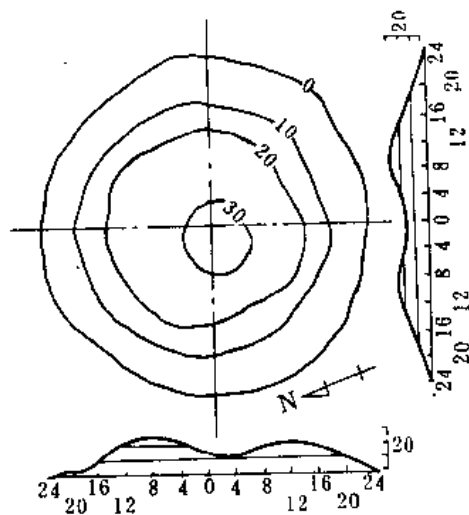


图 2-1 喷头水量分布等值线图

水量分布等方面的变化。对于水量分布来说,喷头的工作压力太高,将使水流分裂加剧,有过多的水量落在喷头近处周围,射程也会减小;压力过低,水流分裂不足,大部分水量射到远处;压力适中时,小喷头的水量分布曲线近似等腰三角形,如图 2-3 所示。

喷头的水量分布,除了风和工作压力的影响外,喷头本身的结构和类型是一个基本的因素。此外,喷头的转速、摇臂式喷头摇臂的敲击频率、步进式全射流喷头的步进频率等,对喷头的水量分布都有影响。因此,喷头在使用时,必须保证在其规定的工作状态下工作。

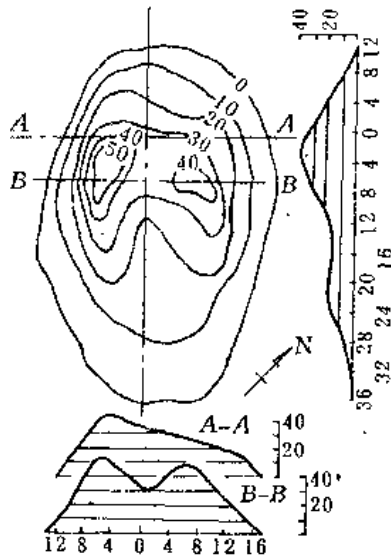


图 2-2 风对喷头水量分布的影响

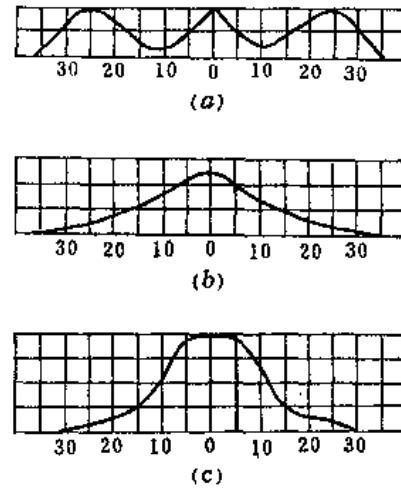


图 2-3 在不同压力条件下单个喷头的水量分布曲线
(a) 压力过低; (b) 压力适中; (c) 压力过高

第二节 旋转式喷头

一、旋转式喷头的特点

我国鉴定投产的旋转式喷头主要有摇臂式、垂直摇臂式、全射流连续式、全射流步进式和叶轮式等五种,它们的驱动方式、特点和应用范围见表 2-2。

表 2-2 各种旋转式喷头驱动方式、特点及应用范围比较表

喷头类型	驱动方式	特点	应用范围
摇臂式喷头	在水流和弹簧的作用下,摇臂间歇敲击喷管或喷体,使喷头步进转动	结构简单,工作稳定可靠,喷洒质量好,易于调节;品种规格多,是国内、外使用最多的一种喷头 撞击部件及弹簧部件较易损坏,工作时不能受强烈振动	除不能与振动较大的动力机(如柴油机等)配成机、泵、头一体的喷灌机组外,各种喷灌系统和配套形式都可选用

续表

喷头类型	驱动方式	特点	应用范围
垂直摇臂式喷头	在配重作用下,摇臂间歇进入水流,利用水流通过摇臂导流器改变方向而产生的反作用力矩,使喷头步进正转;反转时,利用反转摇臂得到的水流反作用力矩,使喷头连续反转	喷头工作时无撞击,摇臂受力状况较好,机械损伤小,工作较稳定可靠,和其它机械限速反作用式喷头相比,无复杂的限速机构	多用于移动机组式喷灌系统,如绞盘式喷灌机等
连续式全射流喷头	正、反转均为连续转动;正转是利用射流元件,使水流中心线偏离喷头旋轴线所在垂直面,产生反作用力矩;反转时,利用换向开关,使水流在元件中产生附壁效应,水流变向,产生反作用力矩	结构简单,无撞击部件,喷酒雾化较好 转速易受外界干扰,配套喷嘴(射流元件)单一,工作范围受限,工作时不能受强烈震动	主要用于单机、单喷头移动式轻小型喷灌机组
步进式全射流喷头	射流元件的特殊结构,使水流间歇附壁而侧射,产生反作用力矩,使喷头步进正转;反转时,利用换向器,使水流在元件内附壁另一侧,水流变向侧射,产生反作用力矩,使喷头连续反转	工作比连续式稳定可靠,无撞击部件,喷酒雾化好,结构简单 元件内小孔道易堵塞,加工工艺要求较高	目前主要用于轻小型人工移动式喷灌机组和固定、半固定管道式喷灌系统
叶轮式喷头	利用水流冲击叶轮旋转,通过一系列蜗轮、蜗杆等传动机构,使喷头连续正、反转	喷头转动平稳,受风和振动影响小,可装配成机、泵、头一体的喷灌机组 结构复杂,加工工艺要求高,正、反转速度一致,且叶轮破坏水流,喷酒均匀性欠佳	适用于机、泵、头一体的喷灌机组,目前我国只有部分地区用于与手扶拖拉机直联的机组

二、摇臂式喷头

(一) 摇臂式喷头的结构

摇臂式喷头虽然有较多结构形式,但基本上都由下列几部分组成:

1. 旋转密封机构

常用的有径向密封和端面密封两种形式,由减磨密封圈、胶垫(或胶圈)、防沙弹簧等零件组成。

2. 流道

水流通过喷头时的通道,包括空心轴、喷体、喷管、稳流器、喷嘴等零件。

3. 驱动机构

由摇臂、摇臂轴、摇臂弹簧、弹簧座等零件组成,其作用是驱动喷头转动。

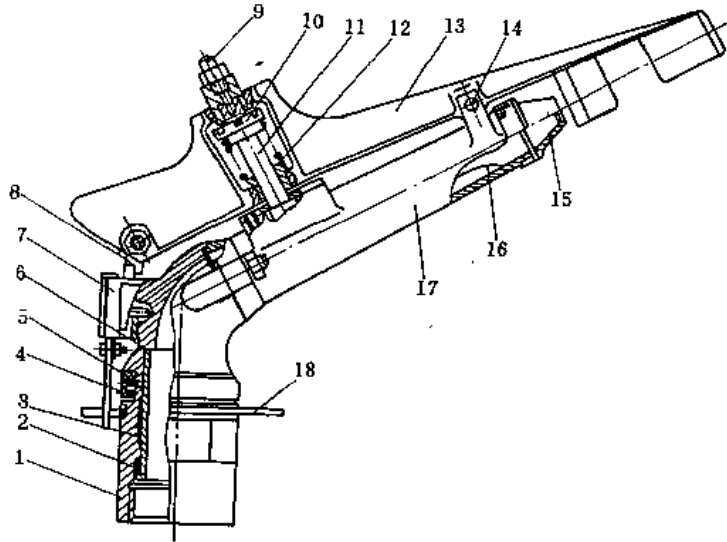
4. 扇形换向机构

由换向器、反转钩、限位环(销)等零件组成,其作用是使喷头在规定的扇形范围内喷酒。

5. 连接件

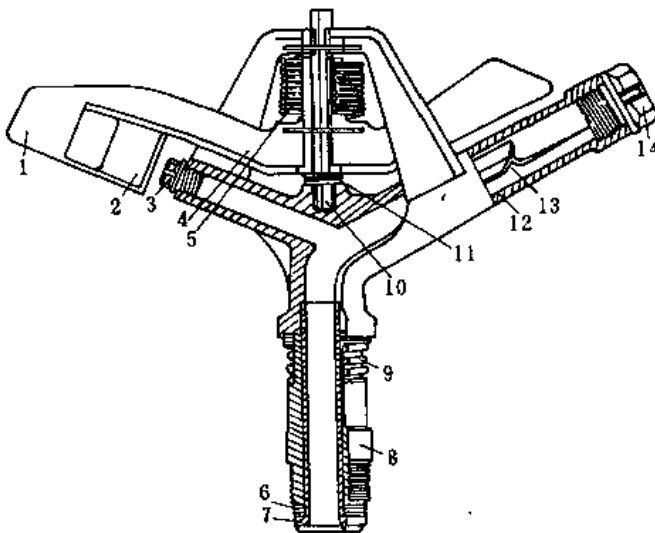
摇臂式喷头与供水管的连接常用螺纹连接,其连接件多为喷头的空心轴套。

摇臂式喷头结构见图 2-4 和图 2-5。



- 1—空心轴套；
- 2—减磨密封圈；
- 3—空心轴；
- 4—防砂弹簧；
- 5—弹簧罩；
- 6—喷体；
- 7—换向器；
- 8—反转钩；
- 9—摇臂调位螺钉；
- 10—弹簧座；
- 11—摇臂轴；
- 12—摇臂弹簧；
- 13—摇臂；
- 14—打击块；
- 15—喷嘴；
- 16—稳流器；
- 17—喷管；
- 18—限位环

图 2-4 单嘴带换向机构的摇臂式喷头结构图



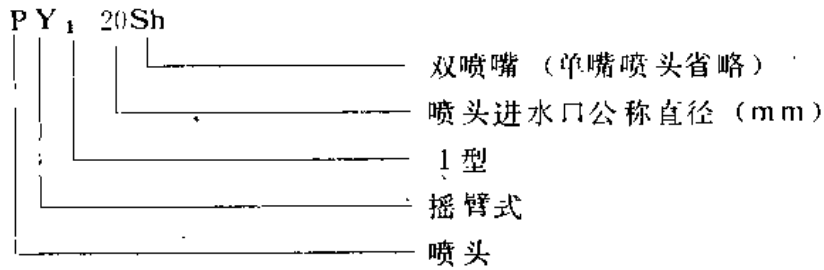
- 1—导水板；
- 2—挡水板；
- 3—小喷嘴；
- 4—摇臂；
- 5—摇臂弹簧；
- 6—三层垫圈；
- 7—空心轴；
- 8—轴套；
- 9—防砂弹簧；
- 10—摇臂轴；
- 11—摇臂垫圈；
- 12—大喷管；
- 13—整流器；
- 14—大喷嘴

图 2-5 双嘴摇臂式喷头典型结构

(二) PY₁系列摇臂式喷头型号及性能参数

1. 型号说明

(1) PY₁系列金属摇臂式喷头型号说明



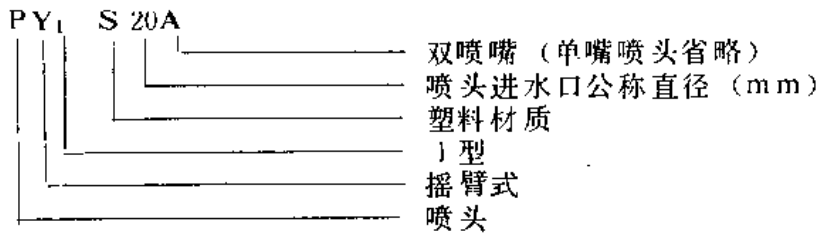
示例 1 进水口公称直径 40mm, 单喷嘴装有扇形换向机构的金属摇臂式喷头(1型):

PY₁ 40

示例 2 进水口公称直径 20mm, 双喷嘴全圆喷洒的金属摇臂式喷头:

PY₁ 20Sh

(2) PY₁ 系列塑料摇臂式喷头型号说明



示例 3 进水口公称直径 15mm, 单喷嘴装有扇形换向机构的塑料摇臂式喷头:

PY₁ S15

示例 4 进水口公称直径 20mm, 双喷嘴全圆喷洒的塑料摇臂式喷头:

PY₁ S20A

2. 型谱

PY₁ 系列摇臂式喷头型谱见图 2-6。

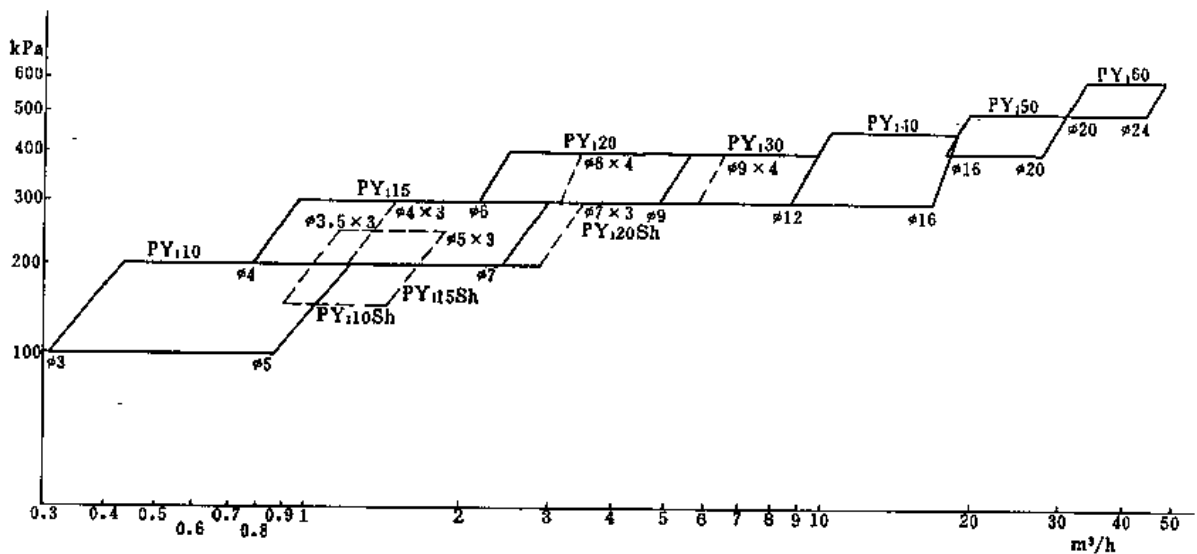


图 2-6 PY₁ 系列喷头型谱图

3. 性能参数

PY_i系列金属摇臂式喷头和塑料摇臂式喷头性能参数见表 2-3 和表 2-4。

表 2-3 PY_i系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生 产 厂 家	参考价(1986年) (元/只)
PY _i 10	G $\frac{1}{2}$ "	3	100	0.31	10.0	1.00	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂等	12.0~16.0
			200	0.44	11.0	1.16		
		4	100	0.56	11.0	1.17		
200	0.79		12.5	1.61				
PY _i 10Sh	G $\frac{1}{2}$ "	3.5×3	150	0.9	11.0	2.37	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂等	15.0~16.0
			250	1.16	12.0	2.56		
		4×3	150	1.0	11.5	2.40		
250	1.37		13.0	2.58				
PY _i 15	G $\frac{3}{4}$ "	4	200	0.79	13.5	1.38	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂等	25.0~30.0
			300	0.96	15.0	1.36		
		5	200	1.23	15.0	1.75		
300	1.51		16.5	1.76				
PY _i 15Sh	G $\frac{3}{4}$ "	4×3	200	1.20	12.5	2.13	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂等	25.0~30.0
			300	1.50	13.5	2.62		
		5×3	200	1.65	14.0	2.68		
300	2.05		15.5	2.73				
PY _i 20	G1"	6	300	2.17	18.0	2.11	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 河南驻马店喷灌机厂等	34.0~37.0
			400	2.50	19.5	2.10		
		7	300	2.96	19.0	2.63		
400	3.41		20.5	2.58				
PY _i 20	G1"	8	300	3.94	20.0	3.13	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 河南驻马店喷灌机厂等	34.0~37.0
			400	4.55	22.0	3.01		
		9	300	4.88	22.0	3.22		
400	5.64		23.5	3.26				

第二节 旋转式喷头

续表

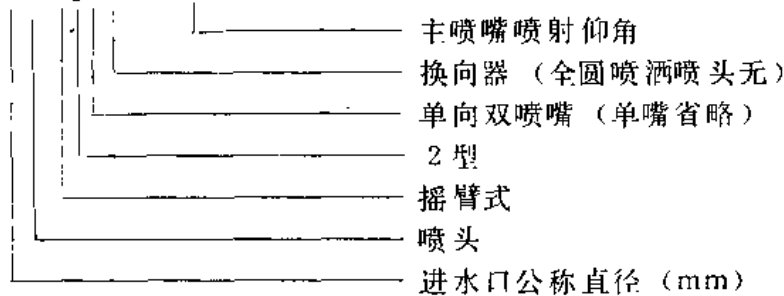
型号	接头形式及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷头高度 (mm/h)	生产厂家	参考价 (元/只)
PY ₁ 20Sh	G1"	6 × 4	300	3.44	17.5	3.26	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛华丰机厂 湖北云梦喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 河南新郑喷灌机厂等	31.0~37.5
			400	3.46	19.0	3.05		
		7 × 4	300	3.92	18.5	3.65		
			400	4.37	20.0	3.48		
		8 × 4	300	4.90	19.5	4.10		
			400	5.51	21.0	3.97		
		9 × 4	300	5.81	20.5	4.42		
			400	6.60	22.0	4.33		
PY ₁ 30	G $\frac{1}{2}$ "	9	300	4.88	23.0	2.91	浙江新昌喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 福建福州市仓山机械厂 江西南丰县喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 江西九江市喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂等	18.5~30.0
			400	5.64	24.5	3.00		
		10	300	6.02	24.5	3.48		
			400	6.96	25.5	3.42		
		11	300	7.30	24.5	3.88		
			400	8.42	27.0	3.72		
		12	300	8.69	25.5	4.25		
			400	10.00	28.0	4.07		
PY ₁ 40	G2"	12	300	8.69	26.5	2.91	浙江新昌喷灌机厂 江苏金坛喷灌机厂 浙江白山水泵厂 山东肥城喷灌机厂 福建福州朝阳机械厂 江西南丰县喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂 河南新郑喷灌机厂 河南驻马店喷灌机厂等	63.8~90.0
			450	10.05	29.5	3.85		
		13	300	10.30	27.0	4.83		
			450	12.50	30.0	4.44		
		14	300	12.80	29.5	4.68		
			450	14.50	32.5	4.52		
		15	300	14.70	30.5	5.05		
			450	16.60	33.0	4.86		
16	300	16.70	34.5	5.38				
	450	18.90	37.0	5.21				
PY ₁ 50	G2 $\frac{1}{2}$ "	16	400	17.80	31.0	4.92	浙江新昌喷灌机厂 河南新郑喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 江西南丰县喷灌机厂 湖北云梦喷灌机厂 湖南茶陵喷灌机厂等	75.0~101.0
			500	19.90	37.0	4.85		
		17	400	20.20	35.6	5.12		
			500	22.40	38.5	4.84		
		18	400	22.00	36.5	5.42		
			500	25.20	39.5	5.15		
		19	400	25.20	37.5	5.77		
			500	28.20	40.6	5.49		
20	400	27.90	38.5	5.90				
	500	31.20	41.5	5.77				
PY ₁ 60	G3"	20	500	31.20	42.5	5.51	吉林长岭县太平国农机厂	
			600	34.20	45.5	5.23		
		22	500	37.60	44.0	6.20		
			600	41.20	47.5	5.85		
		24	500	44.80	46.5	6.59		
			600	49.40	50.5	6.15		

表 2-4 PY₁ 系列塑料摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生 产 厂 家	参考价 (1986年) (元/具)
PY ₁ S15	ZG1"	4	200	0.81	13.5	1.12	吉林通化县塑料厂 天津市十七塑料厂 山东威海塑料厂	7.0
			300	0.99	11.5	1.50		
		5	200	1.26	15.0	1.78		
			300	1.59	16.0	1.92		
PY ₁ S15A	ZG1"	4 × 3	200	1.16	13.2	2.12	吉林通化县塑料厂 天津市十七塑料厂 山东威海塑料厂	6.5
			300	1.42	14.1	2.27		
		5 × 3	200	1.61	14.6	2.40		
			300	1.97	15.5	2.61		
PY ₁ S20	ZG1"	6	300	2.22	18.0	2.18	吉林通化县塑料厂 天津市十七塑料厂 山东威海塑料厂 江苏无锡塑料五厂	11.5
			400	2.53	19.5	2.12		
		7	300	3.02	19.0	2.66		
			400	3.45	20.5	2.61		
		8	300	3.94	20.0	3.14		
			400	4.50	22.0	2.96		
PY ₁ S20A	ZG1"	6 × 4	300	2.99	17.5	3.10	吉林通化县塑料厂 天津市十七塑料厂 山东威海塑料厂 江苏无锡塑料五厂 武汉市塑料十二厂 湖北沙市市塑料一厂	11.0
			400	3.41	19.0	3.00		
		7 × 4	300	3.79	18.5	3.52		
			400	4.33	20.0	3.45		
		8 × 4	300	4.71	19.5	3.94		
			400	5.38	21.5	3.71		

(三) PY₂ 系列金属摇臂式喷头型号及性能参数

1. 型号说明

30PY₂2H—22.5°

示例 5 进水口公称直径10mm, 单喷嘴, 装有扇形换向机构, 喷射仰角30°的金属摇臂式喷头:

10PY₂H—30°

示例 6 进水口公称直径30mm, 单向双喷嘴, 装有扇形换向机构, 喷射仰角22.5°的金属摇臂式喷头:

30PY₂H—22.5°

示例 7 进水口公称直径 20mm, 单喷嘴, 全圆喷洒, 喷射仰角 15° 的金属摇臂式喷头:
20PY₂—15°

示例 8 进水口公称直径 15mm, 双向双喷嘴, 全圆喷洒, 主喷嘴喷射仰角 7° 的金属摇臂式喷头:

15PY₂2—7°

2. 型谱

PY₂ 系列金属摇臂式喷头型谱见图 2-7。

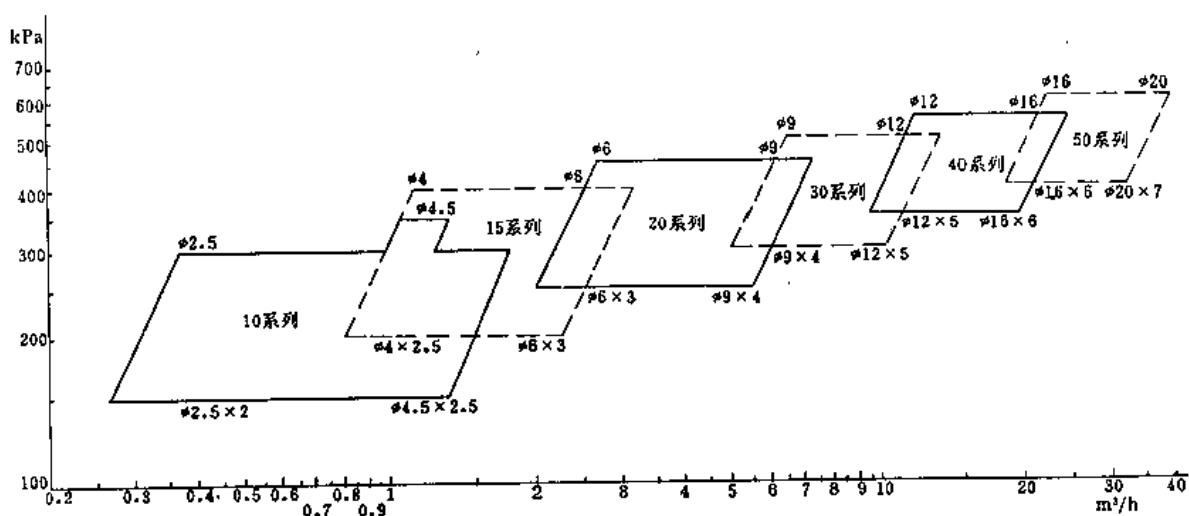


图 2-7 PY₂ 型喷头型谱图

3. 性能参数

PY₂ 型各系列喷头规格及性能参数见表 2-5 至表 2-10。

表 2-5 PY₂ 型 10 系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生产 厂家
					喷射仰角				喷射仰角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
10PY ₂ H-30° 10PY ₂ HZ ¹ -30° 10PY ₂ -7° 10PY ₂ -15° 10PY ₂ -22.5° 10PY ₂ -30°	ZG 1/2 外螺纹	2.5	150	0.27	7.0	7.5	9.0	9.5	1.75	1.53	1.06	0.95	浙 江 新 昌 喷 灌 机 厂 等
			200	0.31	7.1	8.3	9.3	9.8	1.80	1.43	1.14	1.03	
			250	0.35	7.8	8.9	9.6	10.2	1.83	1.41	1.21	1.07	
			300	0.38	8.4	9.5	10.0	10.5	1.71	1.34	1.21	1.10	
		3.0	150	0.39	7.4	8.0	9.5	10.0	2.27	1.94	1.38	1.24	
			200	0.45	7.8	8.6	9.8	10.3	2.35	1.94	1.49	1.35	
			250	0.51	8.2	9.1	10.1	10.6	2.41	1.96	1.59	1.44	
			300	0.56	8.7	9.8	10.5	11.0	2.35	1.86	1.62	1.47	
		3.5	150	0.53	7.9	8.6	10.0	10.5	2.70	2.28	1.69	1.53	
			200	0.62	8.5	9.1	10.3	10.8	2.73	2.38	1.86	1.69	
			250	0.69	9.0	9.7	10.6	11.1	2.71	2.33	1.96	1.78	
			300	0.75	9.5	10.1	11.0	11.5	2.65	2.34	1.97	1.81	

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生产 厂家
					喷 射 仰 角				喷 射 仰 角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
10PY ₂ H-30° 10PY ₂ HZ ^Z -30° 10PY ₂ -7° 10PY ₂ -15° 10PY ₂ -22.5° 10PY ₃ -30°	ZG $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	4.0	200	0.81	8.8	9.5	10.5	11.5	3.33	2.86	2.34	1.95	浙 江 新 昌 喷 灌 机 厂 等
			250	0.90	9.1	10.0	10.8	11.8	3.46	2.86	2.46	2.06	
			300	0.98	9.7	10.6	11.1	12.1	3.32	2.78	2.53	2.13	
			350	1.06	10.2	11.0	11.5	12.5	3.24	2.79	2.55	2.16	
		4.5	200	1.02	9.0	10.0	11.0	12.5	4.01	3.25	2.68	2.08	
			250	1.14	9.6	10.5	11.5	13.0	3.94	3.29	2.74	2.15	
			300	1.25	10.2	11.1	12.0	13.5	3.82	3.23	2.76	2.18	
			350	1.35	10.9	11.6	12.5	14.0	3.62	3.19	2.75	2.19	
10PY ₂ Z-7° 10PY ₂ Z-15° 10PY ₂ Z-22.5° 10PY ₂ Z-30°	ZG $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	2.5×2.0	150	0.44	7.0	7.5	9.0	9.5	2.86	2.49	1.73	1.55	浙 江 新 昌 喷 灌 机 厂 等
			200	0.51	7.4	8.3	9.3	9.8	2.96	2.36	1.88	1.69	
			250	0.57	7.8	8.9	9.6	10.2	2.98	2.29	1.97	1.74	
			300	0.62	8.4	9.5	10.0	10.5	2.80	2.19	1.97	1.79	
		3.0×2.0	150	0.56	7.4	8.0	9.5	10.0	3.26	2.79	1.98	1.78	
			200	0.65	7.8	8.6	9.8	10.3	3.40	2.80	2.15	1.95	
			250	0.73	8.2	9.1	10.1	10.6	3.46	2.81	2.28	2.07	
			300	0.80	8.7	9.8	10.5	11.0	3.36	2.65	2.31	2.10	
		3.5×2.5	150	0.70	7.9	8.6	10.0	10.5	3.57	3.01	2.23	2.02	
			200	0.82	8.5	9.1	10.3	10.8	3.61	3.15	2.46	2.24	
			250	0.91	9.0	9.7	10.6	11.1	3.58	3.08	2.58	2.35	
			300	0.99	9.5	10.1	11.0	11.5	3.49	3.09	2.64	2.38	
		4.0×2.5	150	1.12	8.3	8.9	10.5	11.5	5.17	4.50	3.23	2.70	
			200	1.25	8.8	9.5	10.8	11.8	5.14	4.41	3.41	2.86	
			250	1.36	9.1	10.0	11.1	12.1	5.23	4.33	3.51	2.96	
			300	1.47	9.7	10.6	11.5	12.5	4.97	4.16	3.54	2.99	
		4.5×2.5	150	1.33	8.6	9.4	11.0	12.5	5.72	4.79	3.50	2.71	
			200	1.49	9.0	10.0	11.5	13.0	5.86	4.74	3.59	2.81	
			250	1.63	9.6	10.5	12.0	13.5	5.63	4.71	3.60	2.85	
			300	1.76	10.2	11.1	13.5	14.0	5.38	4.55	3.07	2.86	

注 Z 表示喷嘴前装有折射板。

表 2-6

PY₂型15系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生 产 厂 家
					喷 射 仰 角				喷 射 仰 角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
15PY ₂ H-30° 15PY ₂ -7° 15PY ₂ -15° 15PY ₂ -22.5° 15PY ₂ -30°	ZG $\frac{3}{4}$ " 外螺纹	4.0	200	0.81	9.0	9.8	11.5	13.0	3.18	2.68	1.95	1.53	江 苏 金 坛 喷 灌 机 厂 等
			250	0.90	9.5	10.8	12.0	13.5	3.17	2.16	1.99	1.59	
			300	0.98	10.1	11.5	12.5	14.0	2.88	2.36	2.00	1.59	
			350	1.06	11.0	12.0	13.0	14.5	2.79	2.31	2.00	1.60	
			400	1.14	11.5	12.1	13.5	15.0	2.71	2.36	1.99	1.61	
		4.5	200	1.02	9.5	10.3	12.0	13.5	3.60	3.06	2.25	1.78	
			250	1.11	10.2	11.1	12.5	14.0	3.19	2.95	2.32	1.85	
			300	1.25	10.9	12.0	13.0	14.5	3.35	2.76	2.35	1.89	
			350	1.35	11.5	12.5	13.5	15.0	3.25	2.75	2.36	1.90	
			400	1.44	12.0	13.0	14.0	15.5	3.18	2.71	2.31	1.91	
		5.0	200	1.26	10.2	11.0	13.5	14.5	3.85	3.31	2.20	1.91	
			250	1.40	11.0	12.1	14.0	15.0	3.68	3.04	2.27	1.98	
			300	1.51	11.8	13.0	14.5	15.5	3.52	2.90	2.33	2.04	
			350	1.66	12.7	14.0	15.0	16.2	3.28	2.70	2.35	2.01	
			400	1.78	13.6	14.7	15.5	17.0	3.06	2.62	2.36	1.96	
		5.5	200	1.52	11.0	11.8	14.0	15.0	4.00	3.47	2.17	2.15	
			250	1.70	11.9	13.0	14.8	15.8	3.82	3.20	2.17	2.17	
			300	1.86	12.8	14.0	15.5	16.5	3.61	3.02	2.16	2.17	
			350	2.01	13.6	14.8	16.0	17.0	3.46	2.92	2.50	2.21	
			400	2.15	14.4	15.5	16.5	17.5	3.30	2.85	2.51	2.23	
6.0	200	1.81	11.5	12.5	14.5	15.5	4.36	3.69	2.71	2.40			
	250	2.02	12.3	13.5	15.5	16.5	4.25	3.53	2.68	2.36			
	300	2.22	13.2	14.3	16.5	17.5	4.06	3.46	2.60	2.31			
	350	2.40	14.0	15.2	17.0	18.0	3.90	3.31	2.61	2.36			
	400	2.56	14.8	16.0	17.5	18.5	3.72	3.18	2.66	2.38			
15PY ₂ H-30° 15PY ₂ -7° 15PY ₂ -15° 15PY ₂ -22.5° 15PY ₂ -30°	ZG $\frac{3}{4}$ " 外螺纹	1.0×2.5	200	1.12	9.0	9.8	11.5	13.0	4.40	3.71	2.70	2.11	
			250	1.25	9.5	10.8	12.0	13.5	4.11	3.41	2.76	2.18	
			300	1.37	10.1	11.5	12.5	14.0	4.03	3.30	2.79	2.22	
			350	1.48	11.0	12.0	13.0	14.5	3.80	3.27	2.79	2.21	
			400	1.58	11.5	12.1	13.5	15.0	3.80	3.27	2.76	2.21	
		1.0×2.5	200	1.33	9.5	10.3	12.0	13.5	4.69	3.99	2.94	2.32	
			250	1.49	10.2	11.1	12.5	14.0	4.56	3.85	3.04	2.42	
			300	1.63	10.9	12.0	13.0	14.5	4.37	3.60	3.07	2.47	
			350	1.76	11.5	12.5	13.5	15.0	4.21	3.59	3.07	2.49	
			400	1.89	12.0	13.0	14.0	15.5	4.18	3.56	3.07	2.50	
		5.0×3.0	200	1.71	10.2	11.0	13.5	14.5	5.23	4.50	2.99	2.59	
			250	1.91	11.0	12.1	14.0	15.0	5.02	4.15	3.10	2.70	
			300	2.10	11.8	13.0	14.5	15.5	4.80	3.96	3.18	2.78	
			350	2.26	12.7	14.0	15.0	16.2	4.46	3.67	3.20	2.71	
			400	2.42	13.6	14.7	15.5	17.0	4.16	3.56	3.21	2.67	
		5.5×3.0	200	1.97	11.0	11.8	14.0	15.0	5.18	4.50	3.20	2.79	
			250	2.21	11.9	13.0	14.8	15.8	4.97	4.16	3.21	2.82	

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生 产 厂 家
					喷 射 仰 角				喷 射 仰 角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
15PY ₂ H-30°	ZG $\frac{3}{4}$ " 外螺纹	5.5×3.0	300	2.42	12.8	11.0	15.5	16.5	4.70	3.93	3.21	2.83	江 苏 金 坛 喷 灌 机 厂 等
350			2.61	13.6	11.8	16.0	17.0	4.49	3.79	3.24	2.87		
400			2.79	14.4	15.5	16.5	17.5	4.28	3.70	3.26	2.90		
15PY ₂ 2-7°		6.0×3.0	200	2.26	11.5	12.5	14.5	15.5	5.44	4.60	3.42	2.99	
15PY ₂ 2-15°			250	2.53	12.3	13.5	15.5	16.5	5.32	4.42	3.35	2.96	
15PY ₂ 2-22.5°			300	2.77	13.2	14.3	16.5	17.5	5.06	4.31	3.23	2.88	
15PY ₂ 2-30°	350		3.00	14.0	15.2	17.0	18.0	4.87	4.13	3.30	2.95		
		400	3.20	14.8	16.0	17.5	18.5	4.65	3.98	3.33	2.98		

表 2-7

PY₂型20系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生 产 厂 家
					喷 射 仰 角				喷 射 仰 角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
20PY ₂ H-30° 20PY ₂ 7° 20PY ₂ 15° 20PY ₂ 22.5° 20PY ₂ 30°	ZG1" 外螺纹	6.0	250	2.02	13.0	11.0	16.0	17.0	3.80	3.28	2.51	2.22	
			300	2.22	13.9	15.0	17.0	18.0	3.66	3.14	2.45	2.18	
			350	2.40	14.8	15.5	17.5	18.5	3.49	3.18	2.49	2.23	
			400	2.56	15.5	16.0	18.0	19.0	3.39	3.18	2.51	2.26	
			450	2.72	16.0	16.8	18.5	19.5	3.38	3.07	2.53	2.28	
		6.5	250	2.38	13.5	14.5	16.5	17.5	4.16	3.60	2.78	2.47	
			300	2.60	14.5	15.5	17.5	18.5	3.94	3.44	2.70	2.42	
			350	2.81	15.3	16.0	18.0	19.0	3.82	3.49	2.76	2.48	
			400	3.01	15.9	16.4	18.5	19.5	3.79	3.56	2.80	2.52	
			450	3.19	16.3	17.0	19.0	20.0	3.82	3.51	2.81	2.54	
		7.0	250	2.76	14.5	15.0	17.0	18.0	4.18	3.90	3.04	2.71	
			300	3.02	15.0	15.8	18.0	19.0	4.27	3.85	2.97	2.66	
			350	3.26	15.8	16.4	18.5	19.5	4.16	3.86	3.03	2.73	
			400	3.49	16.4	17.0	19.5	20.5	4.13	3.84	2.92	2.64	
			450	3.70	17.0	18.0	20.0	21.0	4.08	3.63	2.94	2.67	
		7.5	250	3.17	15.0	15.7	17.5	18.5	4.18	4.09	3.29	2.95	
			300	3.47	15.7	16.3	18.5	19.5	4.48	4.16	3.23	2.90	
			350	3.75	16.5	17.0	19.0	20.0	4.38	4.13	3.31	2.98	
			400	4.00	17.0	17.8	20.0	21.0	4.41	4.02	3.18	2.89	
			450	4.25	17.5	18.5	20.5	21.5	4.42	3.95	3.22	2.93	
8.0	250	3.60	15.5	16.0	18.0	19.0	4.77	4.48	3.54	3.17			
	300	3.95	16.1	16.8	19.0	20.0	4.85	4.45	3.48	3.14			
	350	4.26	16.7	17.6	20.0	21.0	4.86	4.38	3.39	3.07			
	400	4.59	17.3	18.0	21.0	22.0	4.85	4.48	3.29	3.00			
	450	4.84	17.8	18.5	21.5	22.5	4.86	4.50	3.33	3.04			

第二节 旋转式喷头

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生产 厂家
					喷 射 仰 角				喷 射 仰 角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
20PY ₁ H-30° 20PY ₂ -7° 20PY ₁ -15° 20PY ₁ -22.5° 20PY ₂ -30°	ZG1" 外螺纹	8.5	250	4.27	15.8	16.5	18.5	19.5	5.44	4.99	3.97	3.57	
			300	4.46	16.5	17.2	19.5	20.5	5.21	4.80	3.73	3.38	
			350	4.81	17.1	18.0	20.5	21.5	5.24	4.73	3.64	3.31	
			400	5.15	17.8	18.5	21.0	22.5	5.17	4.79	3.72	3.21	
			450	5.46	18.4	19.0	22.0	23.0	5.13	4.81	3.59	3.29	
		9.0	250	4.56	16.1	17.0	19.0	20.0	5.60	5.02	4.02	3.63	
			300	5.00	16.9	17.6	21.0	22.0	5.57	5.14	3.81	3.29	
			350	5.40	17.5	18.2	21.5	23.0	5.61	5.19	3.72	3.11	
			400	5.77	17.9	19.0	22.0	23.5	5.73	5.09	3.79	3.33	
			450	6.12	18.3	19.6	22.5	24.0	5.82	5.07	3.85	3.38	
20PY ₂ 2H-30° 20PY ₂ 2-7° 20PY ₁ 2-15° 20PY ₂ 2-22.5° 20PY ₂ 2-30°	ZG1" 外螺纹	6.0×3.0	250	2.53	13.0	14.0	16.0	17.0	4.77	4.11	3.15	2.79	河南新 郑喷灌 机厂、 河南尉 马店喷 灌机厂、 山东肥 城喷灌 机厂等
			300	2.77	13.9	15.0	17.0	18.0	4.56	3.92	3.05	2.72	
			350	3.00	14.8	15.5	17.5	18.5	4.87	3.97	3.12	2.79	
			400	3.20	15.5	16.0	18.0	19.0	4.24	3.98	3.14	2.82	
			450	3.40	16.0	16.8	18.5	19.5	4.23	3.83	3.16	2.85	
		6.5×3.0	250	2.88	13.5	14.5	16.5	17.5	5.03	4.36	3.37	2.99	
			300	3.16	14.5	15.5	17.5	18.5	4.78	4.19	3.28	2.94	
			350	3.41	15.3	16.0	18.0	19.0	4.64	4.24	3.35	3.01	
			400	3.65	15.9	16.4	18.5	19.5	4.60	4.32	3.39	3.06	
			450	3.87	16.3	17.0	19.0	20.0	4.64	4.26	3.41	3.08	
		7.0×3.5	250	3.45	14.5	15.0	17.0	18.0	5.22	4.88	3.80	3.39	
			300	3.78	15.0	15.8	18.0	19.0	5.35	4.82	3.71	3.33	
			350	4.08	15.8	16.4	18.5	19.5	5.20	4.83	3.79	3.42	
			400	4.36	16.4	17.0	19.5	20.5	5.16	4.80	3.65	3.30	
			450	4.63	17.0	18.0	20.0	21.0	5.10	4.55	3.68	3.34	
		7.0×4.0	250	3.66	14.5	15.0	17.0	18.0	5.54	5.18	4.03	3.60	
			300	4.01	15.0	15.8	18.0	19.0	5.67	5.11	3.94	3.54	
			350	4.33	15.8	16.4	18.5	19.5	5.52	5.12	4.03	3.62	
			400	4.63	16.4	17.0	19.5	20.5	5.51	5.13	3.90	3.53	
			450	4.91	17.0	18.0	20.0	21.0	5.41	4.82	3.91	3.54	
		7.5×3.5	250	3.86	15.0	15.7	17.5	18.5	5.46	4.98	4.01	3.59	
			300	4.22	15.7	16.3	18.5	19.5	5.45	5.06	3.92	3.53	
			350	4.56	16.5	17.0	19.0	20.0	5.33	5.02	4.02	3.63	
			400	4.88	17.0	17.8	20.0	21.0	5.37	4.90	3.88	3.52	
			450	5.18	17.5	18.5	20.5	21.5	5.38	4.82	3.92	3.57	
		7.5×4.0	250	4.07	15.0	15.7	17.5	18.5	5.76	5.26	4.23	3.79	
			300	4.46	15.7	16.3	18.5	19.5	5.76	5.34	4.15	3.73	
			350	4.81	16.5	17.0	19.0	20.0	5.62	5.30	4.21	3.83	
			400	5.15	17.0	18.0	20.0	21.0	5.67	5.06	4.10	3.72	
			450	5.46	17.5	18.5	20.5	21.5	5.67	5.08	4.11	3.76	
8.0×3.5	250	4.29	15.5	16.0	18.0	19.0	5.68	5.33	4.21	3.78			
	300	4.70	16.1	16.8	19.0	20.0	5.77	5.30	4.11	3.74			

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)				喷灌强度 (mm/h)				生产 厂家
					喷 射 仰 角				喷 射 仰 角				
					7°	15°	22.5°	30°	7°	15°	22.5°	30°	
20PY ₂ 2H-30°	ZG1" 外螺纹	8.0×3.5	350	5.08	16.7	17.6	20.0	21.0	5.80	5.22	4.04	3.66	河南新郑 喷灌机厂、 河南驻马店 喷灌机 厂、山东 肥城喷灌 机厂等
			400	5.43	17.3	18.0	21.0	22.0	5.77	5.33	3.92	3.57	
			450	5.76	17.8	18.5	21.5	22.5	5.79	5.36	3.97	3.62	
		8.0×4.0	250	4.50	15.5	16.0	18.0	19.0	5.96	5.60	4.42	3.97	
			300	4.93	16.1	16.8	19.0	20.0	6.05	5.56	4.35	3.92	
			350	5.33	16.7	17.6	20.0	21.0	6.08	5.48	4.21	3.84	
			400	5.70	17.3	18.0	21.0	22.0	6.06	5.60	4.11	3.75	
		8.5×4.0	250	4.97	15.8	16.5	18.5	19.5	6.34	5.81	4.62	4.16	
			300	5.44	16.5	17.2	19.5	20.5	6.36	5.85	4.55	4.12	
			350	5.83	17.1	18.0	20.5	21.5	6.35	5.73	4.42	4.01	
			400	6.29	17.8	18.5	21.0	22.5	6.32	5.85	4.54	3.95	
		9.0×4.0	250	5.46	16.3	17.0	19.0	20.0	6.70	6.01	4.81	4.34	
300	5.98		16.9	17.6	21.0	22.0	6.66	6.14	4.32	3.93			
350	6.46		17.5	18.2	21.5	23.0	6.71	6.21	4.45	3.84			
400	6.91		17.9	19.0	22.0	23.5	6.86	6.09	4.54	3.98			
450	7.33	18.3	19.6	22.5	24.0	6.97	6.07	4.61	4.05				

表 2-8

PY₂型30系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷 射 仰 角		喷 射 仰 角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
30PY ₂ H-27° 30PY ₂ 22.5° 30PY ₂ 27°	G1 $\frac{1}{2}$ "	9.0	300	5.00	21.0	22.5	3.61	3.14	浙 江 新 昌 喷 灌 机 厂 等
			350	5.40	22.0	23.5	3.55	3.11	
			400	5.77	22.5	24.0	3.62	3.19	
			450	6.12	23.0	24.5	3.68	3.25	
			500	6.45	23.5	25.0	3.72	3.28	
		9.5	300	5.57	21.5	23.0	3.84	3.33	
			350	6.01	22.5	24.0	3.78	3.32	
			400	6.43	23.0	24.5	3.87	3.41	
			450	6.82	23.5	25.0	3.93	3.47	
			500	7.19	24.0	25.5	3.97	3.52	
		10.0	300	6.17	22.0	23.5	4.06	3.56	
			350	6.66	23.0	24.5	4.01	3.53	
			400	7.12	24.0	25.5	3.93	3.49	
			450	7.56	24.5	26.0	4.01	3.56	
			500	7.97	25.0	26.5	4.06	3.61	

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		灌溉强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷 射 仰 角		喷 射 仰 角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
30PY ₂ H-27° 30PY ₂ -22.5° 30PY ₂ -27°	G1 1/2"	10.5	300	6.80	22.5	24.0	1.28	3.76	浙江新昌喷灌机厂 等
			350	7.35	23.5	25.0	1.21	3.71	
			400	7.86	24.5	26.0	1.18	3.70	
			450	8.33	25.0	26.5	1.21	3.78	
			500	8.73	25.5	27.0	1.27	3.81	
		11.0	300	7.17	23.0	24.5	1.19	3.96	
			350	8.06	24.0	25.5	1.15	3.95	
			400	8.62	25.5	27.0	1.22	3.76	
			450	9.15	26.5	28.0	1.15	3.71	
			500	9.61	27.5	29.0	1.06	3.65	
		11.5	300	8.16	23.5	25.0	1.70	1.16	
			350	8.81	24.5	26.0	1.67	1.15	
			400	9.42	26.0	27.5	1.13	3.96	
			450	10.00	27.0	28.5	1.37	3.92	
			500	10.51	28.0	29.5	1.28	3.86	
		12.0	300	8.89	24.0	25.5	1.91	1.35	
			350	9.60	25.5	27.0	1.70	1.19	
			400	10.26	26.5	28.0	1.65	1.17	
			450	10.88	27.5	29.0	1.58	1.12	
			500	11.17	28.5	30.0	1.19	1.05	
		9.0 × 4.0	300	5.98	21.0	22.5	1.32	3.76	
			350	6.16	22.0	23.5	1.25	3.72	
			400	6.91	22.5	24.0	1.31	3.82	
			450	7.33	23.0	24.5	1.11	3.89	
			500	7.73	23.5	25.0	1.16	3.94	
		9.5 × 4.0	300	6.55	21.5	23.0	1.51	3.94	
			350	7.08	22.5	24.0	1.15	3.91	
			400	7.57	23.0	24.5	1.55	1.01	
			450	8.03	23.5	25.0	1.63	1.09	
			500	8.46	24.0	25.5	1.68	1.11	
		10.0 × 4.0	300	7.16	22.0	23.5	1.71	1.13	
			350	7.73	23.0	24.5	1.65	1.10	
			400	8.27	24.0	25.5	1.57	1.05	
			450	8.77	24.5	26.0	1.65	1.13	
			500	9.21	25.0	26.5	1.71	1.19	
		10.0 × 4.5	300	7.42	22.0	23.5	1.88	1.28	
			350	8.01	23.0	24.5	1.82	1.25	
			400	8.57	24.0	25.5	1.74	1.20	
			450	9.09	24.5	26.0	1.82	1.28	
			500	9.58	25.0	26.5	1.88	1.31	

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷 射 仰 角		喷 射 仰 角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
30PY ₂ H 27° 30PY ₂ -22.5° 30PY ₂ -27°	G1 $\frac{1}{2}$ "	10.0×5.0	300	7.71	22.0	23.5	5.07	4.44	浙江新昌喷灌机厂 等
			350	8.33	23.0	24.5	5.01	4.42	
			400	8.91	24.0	25.5	4.92	4.36	
			450	9.45	24.5	26.0	5.01	4.45	
			500	9.96	25.0	26.5	5.07	4.51	
		10.5×4.5	300	8.05	22.5	24.0	5.06	4.45	
			350	8.70	23.5	25.0	5.01	4.43	
			400	9.30	24.5	26.0	4.93	4.38	
			450	9.86	25.0	26.5	5.02	4.47	
			500	10.40	25.5	27.0	5.09	4.54	
		10.5×5.0	300	8.35	22.5	24.0	5.25	4.61	
			350	9.01	23.5	25.0	5.19	4.59	
			400	9.64	24.5	26.0	5.11	4.54	
			450	10.21	25.0	26.5	5.20	4.63	
			500	10.78	25.5	27.0	5.28	4.71	
		11.0×5.0	300	9.01	23.0	24.5	5.42	4.78	
			350	9.73	24.0	25.5	5.18	4.59	
			400	10.40	25.5	27.0	5.09	4.54	
			450	11.40	26.5	28.0	5.17	4.63	
			500	11.63	27.5	29.0	4.89	4.40	
		11.5×5.0	300	9.70	23.5	25.0	5.59	4.94	
			350	10.48	24.5	26.0	5.56	4.93	
			400	11.21	26.0	27.5	5.28	4.72	
			450	11.89	27.0	28.5	5.19	4.66	
500	12.53		28.0	29.5	5.09	4.58			
12.0×5.0	300	10.43	24.0	25.5	5.76	5.11			
	350	11.27	25.5	27.0	5.52	4.92			
	400	12.04	26.5	28.0	5.45	4.89			
	450	12.77	27.5	29.0	5.37	4.83			
	500	13.47	28.5	30.0	5.28	4.76			

表 2-9

PY₂型40系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷 射 仰 角		喷 射 仰 角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
40PY ₂ H 27° 40PY ₂ -22.5° 40PY ₂ -27°	G2"	12.0	350	9.60	26.0	27.5	4.52	4.04	浙江金马喷灌机厂 河南驻马店喷灌机厂
			400	10.26	27.0	28.5	4.48	4.02	
			450	10.88	28.0	29.5	4.42	3.98	
			500	11.47	29.0	30.5	4.34	3.92	
			550	12.03	29.5	31.0	4.40	3.98	

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷射仰角		喷射仰角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
10PY ₁ H-27° 10PY ₂ -22.5° 10PY ₂ -27°	G2"	13.0	350	11.27	26.5	28.0	5.11	4.58	浙江金坛喷灌机厂 河南驻马店喷灌机 厂等
			400	12.04	27.5	29.0	5.07	4.56	
			450	12.77	28.5	30.0	5.00	4.52	
			500	13.47	29.5	31.0	4.93	4.46	
			550	14.12	30.0	31.5	4.99	4.53	
		14.0	350	13.06	28.0	29.5	5.30	4.78	
			400	13.97	29.5	31.0	5.11	4.63	
			450	14.82	30.0	32.0	5.24	4.61	
			500	15.62	31.0	33.0	5.17	4.57	
			550	16.38	32.0	34.0	5.09	4.51	
		15.0	350	15.00	28.5	30.5	5.88	5.13	
			400	16.01	29.5	31.5	5.87	5.15	
			450	17.01	31.0	33.0	5.63	4.97	
			500	17.93	32.0	34.0	5.57	4.94	
			550	18.80	33.0	35.0	5.49	4.88	
		16.0	350	17.07	29.5	31.5	6.24	5.48	
			400	18.25	30.5	32.5	6.24	5.50	
			450	19.35	32.0	34.0	6.01	5.33	
			500	20.40	31.5	36.5	5.45	4.87	
			550	21.40	36.0	38.0	5.26	4.72	
10PY ₁ 2H-27° 10PY ₂ 2-22.5° 10PY ₂ 2-27°	G2"	12.0×5.0	350	11.27	26.0	27.5	5.31	4.74	江苏金坛喷灌机厂 河南驻马店喷灌机 厂等
			400	12.01	27.0	28.5	5.26	4.72	
			450	12.77	28.0	29.5	5.18	4.67	
			500	13.47	29.0	30.5	5.10	4.76	
			550	14.12	29.5	31.0	5.16	4.68	
		13.0×5.0	350	12.93	26.5	28.0	5.86	5.24	
			400	13.83	27.5	29.0	5.82	5.23	
			450	14.66	28.5	30.0	5.74	5.18	
			500	15.46	29.5	31.0	5.65	5.12	
			550	16.21	30.0	31.5	5.73	5.20	
		14.0×6.0	350	15.47	28.0	29.5	6.28	5.66	
			400	16.53	29.5	31.0	6.04	5.47	
			450	17.54	30.0	32.0	6.20	5.45	
			500	18.49	31.0	33.0	6.12	5.40	
			550	19.39	32.0	34.0	6.03	5.34	
		15.0×6.0	350	17.40	28.5	30.5	6.82	5.95	
			400	18.60	29.5	31.5	6.80	5.97	
			450	19.73	31.0	33.0	6.53	5.77	
			500	20.80	32.0	34.0	6.47	5.73	
			550	21.81	33.0	35.0	6.37	5.67	

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷 射 仰 角		喷 射 仰 角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
10PY ₂ H-27° 10PY ₂ Z-22.5° 10PY ₂ Z-27°	G2"	16.0×6.0	350	19.47	29.5	31.5	7.12	6.25	江苏金坛喷灌机厂 河南驻马店喷灌机 厂等
			400	20.81	30.5	32.5	7.12	6.27	
			450	22.07	32.0	34.0	6.86	6.08	
			300	23.27	31.5	36.5	6.22	5.56	
			350	24.40	36.0	38.0	5.99	5.38	

表 2-10

PY₂型50系列金属摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家			
					喷 射 仰 角		喷 射 仰 角					
					22.5°	27°	22.5°	27°				
50PY ₂ H-27° 50PY ₂ Z-22.5° 50PY ₂ Z-27°	G2 $\frac{1}{2}$ "	16.0	400	18.25	32.0	34.0	5.67	5.03	河南新乡喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 等			
			450	19.35	33.5	35.5	5.49	4.89				
			500	20.40	35.0	37.0	5.30	4.74				
			550	21.40	36.5	38.5	5.11	4.60				
			600	22.35	37.5	39.5	5.06	4.56				
					400	20.60	33.5	35.5		5.84	5.20	
					450	21.85	35.0	37.0		5.59	5.00	
					500	23.03	36.5	38.5		5.50	4.95	
					550	24.15	37.5	39.5		5.47	4.93	
					600	25.23	38.5	40.5		5.42	4.90	
					400	23.09	34.5	36.5		6.17	5.52	
					450	24.49	36.0	38.0		6.01	5.40	
					500	25.82	37.5	39.5		5.84	5.27	
					550	27.08	38.5	40.5		5.82	5.26	
					600	28.28	39.5	41.5		5.77	5.23	
					400	25.73	35.5	37.5		6.50	5.82	
					450	27.29	37.0	39.0		6.35	5.71	
					500	28.77	38.5	40.5		6.18	5.58	
					550	30.17	39.5	41.5		6.15	5.58	
					600	31.51	40.5	42.5		6.11	5.55	
			400	28.51	36.5	38.5	6.81	6.12				
			450	30.24	38.0	40.0	6.67	6.02				
			500	31.88	39.5	41.5	6.50	5.89				
			550	33.43	40.0	42.5	6.65	5.89				
			600	34.92	41.0	43.5	6.61	5.87				

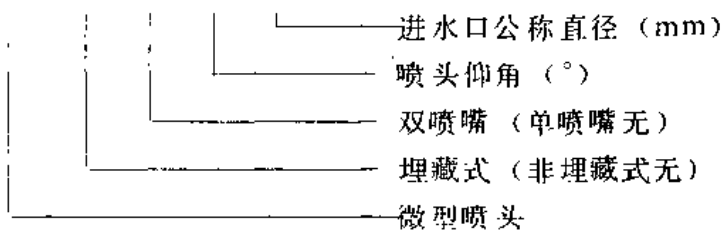
续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)		生 产 厂 家
					喷射仰角		喷射仰角		
					22.5°	27°	22.5°	27°	
50PY ₂ 2H 27° 50PY ₂ 2-22.5° 50PY ₂ 2-27°	G2 1/2"	16.0×6.0	400	20.81	32.0	34.0	6.47	5.73	河南新郑喷灌机厂 山东肥城喷灌机厂 等
			450	22.07	33.5	35.5	6.26	5.57	
			500	23.26	35.0	37.0	6.04	5.41	
			550	21.40	36.5	38.5	5.83	5.24	
			600	25.49	37.5	39.5	5.77	5.20	
		18.0×6.0	400	25.65	34.5	36.5	6.86	6.13	
			450	27.21	36.0	38.0	6.68	6.00	
			500	28.68	37.5	39.5	6.49	5.85	
			550	30.08	38.5	40.5	6.46	5.84	
			600	31.42	39.5	41.5	6.41	5.81	
		18.0×7.0	400	26.58	34.5	36.5	7.11	6.35	
			450	28.19	36.0	38.0	6.92	6.21	
			500	29.72	37.5	39.5	6.28	6.06	
			550	31.17	38.5	40.5	6.69	6.05	
			600	32.55	39.5	41.5	6.64	6.02	
		20.0×7.0	400	32.00	36.5	38.5	7.65	6.87	
			450	33.91	38.0	40.0	7.48	6.75	
			500	35.78	39.5	41.5	7.30	6.61	
			550	37.52	40.0	42.5	7.46	6.61	
			600	39.19	41.0	43.5	7.42	6.59	

(四) WP型喷头型号及性能参数

1. 型号说明

WP m s 25 15



示例 9 进水口直径10mm, 仰角10°的微型喷头:

WP10-10

示例10 进水口直径为15mm, 仰角25°, 双喷嘴, 埋藏式喷头:

WP_{ms}25-15

2. 性能参数

WP型喷头性能参数见表 2-11。

表 2-11

WP型喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP 10-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	2.8	140	0.33	5.60	3.35	湖北省 宜都县 机械厂	20
			180	0.40	5.90	3.65		
			210	0.44	6.20	3.64		
			250	0.47	6.65	3.38		
			280	0.50	7.10	3.15		
			320	0.53	7.55	2.96		
			350	0.55	8.20	2.50		
		3.2	140	0.47	5.80	4.15		
			180	0.52	6.10	4.45		
			210	0.58	6.40	4.50		
			250	0.62	6.85	4.20		
			280	0.67	7.30	4.00		
			320	0.70	7.75	3.71		
		3.6	140	0.59	5.95	5.30		
			180	0.65	6.25	5.29		
			210	0.72	6.55	5.34		
			250	0.77	7.00	5.00		
			280	0.83	7.45	4.76		
			320	0.88	8.10	4.27		
		4.0	140	0.74	6.40	5.75		
			180	0.82	6.55	6.08		
			210	0.89	6.85	6.04		
			250	0.97	7.30	5.79		
			280	1.03	7.75	5.46		
			320	1.10	8.25	5.34		
		4.4	140	0.89	6.55	6.60		
			180	0.98	6.85	6.65		
			210	1.06	7.15	6.60		
250	1.15		7.60	6.34				
280	1.23		8.25	5.75				
320	1.30		8.85	5.30				
4.8	140	0.99	6.85	6.72				
	180	1.19	7.15	7.41				
	210	1.20	7.45	6.88				
	250	1.29	7.95	6.50				
	280	1.39	8.55	6.05				
	320	1.48	9.15	5.63				
350	1.55	9.75	5.19					

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP10-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	5.2	140	1.10	7.15	6.85	湖北省 宜都县 机械 厂	20
			180	1.22	7.45	6.70		
			210	1.33	7.75	7.05		
			250	1.43	8.25	6.69		
			280	1.53	8.85	6.26		
			320	1.63	9.45	5.81		
			350	1.70	10.20	5.20		
	5.6	140	1.43	7.45	8.20			
		180	1.47	7.75	7.79			
		210	1.60	8.25	7.48			
		250	1.72	8.70	7.23			
		280	1.84	9.15	7.00			
		320	1.93	9.60	6.67			
		350	2.02	10.35	6.00			
WP30-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	2.8	140	0.33	10.20	1.00	湖北省 宜都县 机械 厂	20
			180	0.40	11.00	1.05		
			210	0.44	11.30	1.09		
			250	0.47	11.45	1.14		
			280	0.56	11.70	1.18		
			320	0.53	11.75	1.22		
			350	0.55	11.90	1.23		
	3.2	140	0.47	10.80	1.28			
		180	0.52	11.60	1.23			
		210	0.58	11.75	1.34			
		250	0.62	11.90	1.39			
		280	0.67	12.05	1.47			
		320	0.70	12.20	1.50			
		350	0.74	12.35	1.54			
	3.6	140	0.59	11.15	1.51			
		180	0.65	11.90	1.46			
		210	0.72	12.05	1.58			
		250	0.77	12.20	1.95			
		280	0.83	12.35	1.73			
		320	0.88	12.50	1.79			
		350	0.93	12.65	1.84			

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP30-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	4.0	140	0.74	11.30	1.84	湖北省宜都县机械厂	20
			180	0.82	12.50	1.69		
			210	0.87	12.95	1.68		
			250	0.97	13.25	1.76		
			280	1.03	13.40	1.83		
			320	1.10	13.55	1.91		
			350	1.15	13.70	1.95		
		4.4	140	0.89	11.60	2.11		
			180	0.98	12.60	1.96		
			210	1.06	13.40	1.87		
			250	1.15	13.70	1.95		
			280	1.23	14.00	1.99		
			320	1.30	14.20	2.05		
			350	1.36	14.50	2.06		
		4.8	140	0.99	11.90	2.23		
			180	1.10	12.95	2.10		
			210	1.20	13.85	1.99		
			250	1.29	14.35	1.99		
			280	1.39	14.65	2.06		
			320	1.48	14.95	2.11		
			350	1.55	15.25	2.12		
		5.2	140	1.10	12.20	2.35		
			180	1.22	13.10	2.26		
			210	1.33	14.35	2.06		
			250	1.43	14.80	2.08		
			280	1.54	15.10	2.15		
			320	1.63	15.40	2.19		
			350	1.70	15.70	2.20		
5.6	140	1.43	12.30	2.78				
	180	1.47	14.25	2.27				
	210	1.60	14.80	2.32				
	250	1.72	15.10	2.37				
	280	1.84	15.40	2.44				
	320	1.93	15.85	2.45				
	350	2.02	16.15	2.46				

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP-30-10	G $\frac{1}{2}$ 外螺纹	3.2×2.4	140	0.80	9.70	2.70	湖北省宜都县机械厂	20
			180	0.88	10.40	2.59		
			210	0.94	10.90	2.52		
			250	1.03	11.20	2.61		
			280	1.10	11.30	2.74		
			320	1.16	11.50	2.79		
			350	1.22	11.65	2.86		
		3.6×2.4	140	0.88	9.80	2.91		
			180	0.96	10.50	2.77		
			210	1.04	10.95	2.76		
			250	1.13	11.25	2.84		
			280	1.21	11.40	2.98		
			320	1.28	11.55	3.05		
			350	1.34	11.70	3.12		
		4.0×2.4	140	0.96	9.90	3.12		
			180	1.12	11.10	2.89		
			210	1.23	11.55	2.94		
			250	1.33	11.85	3.02		
			280	1.42	12.00	3.14		
			320	1.51	12.15	3.26		
			350	1.58	12.30	3.35		
		4.4×2.4	140	1.15	10.40	3.38		
			180	1.27	11.27	3.18		
			210	1.39	12.00	3.07		
			250	1.49	12.30	3.13		
			280	1.60	12.60	3.21		
			320	1.70	13.00	3.20		
			350	1.79	13.10	3.32		
4.8×2.4	140	1.28	10.50	3.70				
	180	1.42	11.55	3.39				
	210	1.54	12.45	3.16				
	250	1.67	12.95	3.17				
	280	1.79	13.25	3.25				
	320	1.89	13.55	3.28				
	350	1.99	13.85	3.30				

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP _s 30-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	5.2×3.2	140	1.53	10.80	4.18	湖北省宜都县机械厂	20
			180	1.69	11.70	3.93		
			210	1.84	12.95	3.49		
			250	1.99	13.40	3.53		
			280	2.13	13.70	3.38		
			320	2.25	14.00	3.65		
			350	2.36	14.30	3.67		
		5.6×3.2	140	1.78	11.40	4.35		
			180	1.96	12.95	3.72		
			210	2.14	13.45	3.77		
			250	2.32	13.70	3.94		
			280	2.49	14.00	4.04		
			320	2.62	14.45	3.99		
			350	2.73	14.75	3.99		
WP _m 25-15	M32×2 内螺纹	3.6	150	0.56	11.50	1.35	湖北省宜都县机械厂	57
			200	0.71	11.80	1.62		
			250	0.77	12.00	1.70		
			300	0.83	12.20	1.77		
			350	0.89	12.50	1.81		
			400	0.95	12.70	1.87		
		4.0	150	0.70	11.60	1.66		
			200	0.87	12.00	1.92		
			250	0.90	12.20	1.93		
			300	1.04	12.50	2.10		
			350	1.12	12.70	2.20		
			400	1.20	12.90	2.29		
		4.4	150	0.85	11.80	1.94		
			200	1.06	12.20	2.25		
			250	1.15	12.50	2.34		
			300	1.26	12.80	2.40		
			350	1.36	13.00	2.50		
			400	1.45	13.10	2.70		

续表

型号	接头形式及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价 (1986年) (元/只)
WP _m 25-15	M32×2 内螺纹	4.8	150	1.00	12.00	2.35	湖北省宜都县机械厂	57
			200	1.20	12.40	2.48		
			250	1.29	12.60	2.59		
			300	1.49	13.00	2.80		
			350	1.61	13.40	2.90		
			400	1.72	13.60	3.00		
		5.2	150	1.19	12.60	2.38		
			200	1.36	13.00	2.56		
			250	1.43	13.40	2.53		
			300	1.66	13.90	2.73		
			350	1.80	14.50	2.72		
			400	1.92	14.90	2.75		
		5.6	150	1.36	13.20	2.48		
			200	1.54	13.60	2.65		
			250	1.70	14.20	2.68		
			300	1.86	14.80	2.70		
			350	2.02	15.60	2.64		
			400	2.23	16.30	2.67		
		6.0	200	1.81	14.20	2.85		
			250	2.02	14.80	2.93		
			300	2.22	15.40	2.97		
			350	2.40	16.00	2.98		
			400	2.56	16.60	2.95		
		6.4	300	2.53	15.80	3.22		
			350	2.73	16.40	3.23		
			400	2.91	16.90	3.24		
		6.8	300	2.85	16.30	3.41		
			350	3.08	16.50	3.60		
400	3.28		17.10	3.67				
7.2	300	3.19	16.50	3.72				
	350	3.45	16.80	3.89				
	400	3.68	17.30	3.91				
WP _s 30-06	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	2.8×1.5	60	0.28	5.80	2.63	湖北省宜都县机械厂	20
			80	0.33	6.30	2.28		
			100	0.36	6.70	2.55		
			120	0.39	6.90	2.63		
			140	0.43	7.20	2.62		
			180	0.48	7.50	2.73		
		3.2×1.5	60	0.35	6.30	2.77		
			80	0.40	7.00	2.59		
			100	0.45	7.40	2.50		

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)			
WP ₃ 30-06	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	3.2×1.5	120	0.49	7.70	2.62	湖北省 宜都县 机械厂	20			
			140	0.53	8.00	2.62					
			180	0.60	8.40	2.69					
		3.6×2	60	0.47	6.80	3.22					
			80	0.54	7.60	2.98					
			100	0.61	8.10	2.94					
	120		0.66	8.50	2.92						
	140		0.72	8.70	3.01						
	180		0.81	9.20	3.05						
	WP ₃ 30-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	2.6	150	0.30	6.83			2.01	湖北省 宜都县 机械厂	45
				200	0.34	7.19			2.10		
				250	0.38	7.47			2.17		
300				0.41	7.68	2.25					
350				0.45	7.84	2.33					
400				0.48	7.97	2.41					
3			150	0.39	7.66	2.13					
			200	0.45	8.09	2.21					
			250	0.51	8.42	2.28					
			300	0.56	8.67	2.35					
			350	0.60	8.88	2.42					
			400	0.64	9.04	2.50					
3.4		150	0.50	8.47	2.24						
		200	0.58	8.96	2.31						
		250	0.65	9.33	2.38						
		300	0.71	9.63	2.45						
		350	0.77	9.88	2.52						
		400	0.82	10.07	2.59						
4		150	0.70	9.64	2.39						
		200	0.81	10.22	2.46						
		250	0.90	10.65	2.53						
		300	0.99	11.02	2.59						
		350	1.07	11.32	2.65						
		400	1.14	11.57	2.71						
WP 20-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	2.8	150	0.34	7.00	2.24	湖北省 宜都县 机械厂	20			
			180	0.38	7.30	2.22					
			200	0.40	7.50	2.22					
			250	0.44	8.00	2.23					
			280	0.47	8.20	2.24					
			320	0.50	8.40	2.26					
	3.2	150	0.45	7.70	2.43						
		180	0.49	8.07	2.39						
		200	0.52	8.31	2.38						

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP 20-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	3.2	250	0.58	8.80	2.37	湖北省 宜都县 机械厂	
			280	0.61	9.04	2.38		
			320	0.65	9.32	2.39		
			350	0.68	9.50	2.41		
		3.6	150	0.57	8.31	2.61		
			180	0.62	8.78	2.56		
			200	0.65	9.05	2.54		
			250	0.73	9.61	2.52		
			280	0.77	9.89	2.51		
			320	0.83	10.21	2.53		
		4	150	0.70	8.93	2.79		
			180	0.77	9.46	2.72		
			200	0.81	9.75	2.70		
			250	0.90	10.39	2.66		
			280	0.95	10.70	2.65		
			320	1.02	11.07	2.65		
		4.4	150	0.85	9.51	2.97		
			180	0.93	10.10	2.88		
			200	0.98	10.40	2.85		
			250	1.09	11.10	2.80		
			280	1.16	11.50	2.79		
			320	1.23	11.90	2.78		
		4.8	150	1.01	10.10	3.16		
			180	1.10	10.70	3.05		
			200	1.16	11.10	3.01		
			250	1.30	11.90	2.94		
			280	1.37	12.20	2.92		
			320	1.47	12.70	2.91		
		5.2	150	1.18	10.57	3.36		
			180	1.29	11.30	3.22		
			200	1.36	11.71	3.17		
			250	1.52	12.54	3.08		
			280	1.61	12.96	3.06		
			320	1.72	13.45	3.04		
		5.6	150	1.37	11.06	3.57		
			180	1.49	11.86	3.40		
			200	1.58	12.30	3.33		
			250	1.77	13.21	3.22		

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP20-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	5.6	280	1.87	13.66	3.19	湖北省宜都 县机械厂	20
			320	1.99	14.19	3.16		
			350	2.09	14.54	3.15		
WPs20-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	3.2×2.4	150	0.70	6.93	4.63	湖北省宜都 县机械厂	20
			180	0.77	7.26	4.62		
			200	0.81	7.48	4.59		
			250	0.90	7.92	4.58		
			280	0.95	8.11	4.58		
			320	1.02	8.39	4.61		
			350	1.07	8.55	4.66		
		3.6×2.4	150	0.82	7.48	4.67		
			180	0.90	7.90	4.56		
			200	0.94	8.15	4.52		
			250	1.06	8.65	4.49		
			280	1.12	8.90	4.49		
			320	1.19	9.19	4.50		
			350	1.25	9.38	4.52		
		1×2.1	150	0.95	8.04	4.68		
			180	1.04	8.51	4.58		
			200	1.10	8.78	4.53		
			250	1.23	9.35	4.46		
			280	1.30	9.63	4.46		
			320	1.39	9.96	4.45		
			350	1.45	10.18	4.46		
		4.4×2.4	150	1.06	8.56	4.59		
			180	1.16	9.09	4.46		
			200	1.22	9.36	4.43		
			250	1.36	9.99	4.35		
			280	1.44	10.35	4.29		
			320	1.54	10.71	4.28		
			350	1.61	10.98	4.26		
		1.8×2.4	150	1.26	9.09	4.84		
			180	1.38	9.63	4.73		
			200	1.45	9.99	4.63		
			250	1.62	10.71	4.50		
			280	1.72	10.98	4.54		
			320	1.84	11.43	4.47		
			350	1.92	11.70	4.47		
		5.2×3.2	150	1.63	9.51	5.73		
			180	1.78	10.17	5.49		
			200	1.88	10.53	5.39		
			250	2.10	11.29	5.21		
			280	2.22	11.66	5.21		

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP _S 20-10	G $\frac{1}{2}$ " 外螺纹	5.2×3.2	320	2.38	12.11	5.16	湖北省宜都县机械厂	20
			350	2.49	12.39	5.15		
		5.6×3.2	150	1.82	9.95	5.84		
			180	1.99	10.67	5.56		
			200	2.10	11.07	5.45		
			250	2.35	11.89	5.28		
			280	2.48	12.29	5.23		
			320	2.65	12.77	5.14		
		350	2.77	13.09	5.15			
		WP _{MS} 25-15	M32 × 2 内螺纹	3.6×3	150	1.03		
200	1.19				9.37	4.31		
250	1.33				9.85	4.36		
300	1.46				10.21	4.46		
350	1.57				10.52	4.52		
400	1.68				10.77	4.61		
4×3	150			1.16	9.46	4.13		
	200			1.34	10.15	4.14		
	250			1.49	10.67	4.17		
	300			1.64	11.10	4.24		
	350			1.77	11.46	4.29		
	400			1.89	11.74	4.36		
4.4×3	150			1.33	10.13	4.13		
	200			1.54	10.90	4.13		
	250			1.71	11.50	4.12		
	300			1.89	11.97	4.20		
	350			2.03	12.30	4.27		
	400			2.17	12.69	4.29		
4.8×3	150			1.50	10.79	4.10		
	200			1.73	11.65	4.06		
	250			1.93	12.28	4.07		
	300			2.13	12.80	4.14		
	350			2.29	13.21	4.16		
	400			2.45	13.62	4.20		

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
WP _{MS} 25-15	M 32 × 2 内螺纹	5.2 × 3	150	1.69	11.38	4.15	湖北省 宜都县 机械厂	57
			200	1.96	12.35	4.09		
			250	2.18	13.07	4.06		
			300	2.39	13.64	4.09		
			350	2.58	14.11	4.12		
			400	2.76	14.52	4.17		
		5.6 × 3	150	1.89	11.97	4.20		
			200	2.19	13.04	4.10		
			250	2.44	13.83	4.06		
			300	2.69	14.45	4.10		
			350	2.89	14.94	4.12		
			400	3.09	15.40	4.15		
		6 × 3	150	2.12	12.56	4.28		
			200	2.45	13.74	4.13		
			250	2.73	14.56	4.10		
			300	3.01	15.22	4.14		
			350	3.23	15.77	4.13		
			400	3.46	16.25	4.17		
		6.4 × 3	150	2.34	13.06	4.37		
			200	2.71	14.38	4.17		
			250	3.02	15.26	4.12		
			300	3.31	15.96	4.14		
			350	3.57	16.55	4.15		
			400	3.82	17.07	4.17		
6.8 × 3	150	2.64	13.50	4.61				
	200	3.06	14.95	4.36				
	250	3.42	15.96	4.27				
	300	3.75	16.71	4.27				
	350	4.04	17.35	4.27				
	400	4.33	17.92	4.29				

(五) 中原-12Y型喷头性能参数

中原-12Y型喷头性能参数见表 2-12。

表 2-12

中原-12Y型喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价(1986年) (元/只)
中原-12Y	$\frac{3}{4}$ " 外螺纹	6.5 × 2.0	250	2.71	18.32	2.56	河南省水利 厅机械厂	35
			300	3.00	19.01	2.63		
			350	3.21	19.40	2.73		
			400	3.47	19.74	2.82		

(六) 中喷型喷头性能参数

中喷型喷头性能参数见表 2-13。

表 2-13 中喷型喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)				生产厂家	
						喷头间距 (m×m)					
						12×12	12×18	18×18	18×24		
中喷 1 号	1"内螺纹	4.0	200	0.85	13.40	5.90	3.90			河南省水利机械厂	
			250	0.96	14.20	6.70	4.50				
			300	1.04	14.70	7.20	4.80	3.20			
			350	1.12	15.10	7.80	5.20	3.50			
			400	1.21	15.50	8.40	5.60	3.70			
		4.5	200	1.08	13.70	7.50	5.00				
			250	1.20	14.50	8.30	5.50	3.70			
			300	1.32	15.20	9.20	6.10	4.10			
			350	1.40	15.80	9.80	6.60	4.40			
			400	1.53	16.50	10.60	7.10	4.70			
		5.0	200	1.33	14.30	9.20	6.10	4.10			
			250	1.49	15.20	10.30	6.90	4.60			
			300	1.63	16.00	11.30	7.50	5.00			
			350	1.76	16.80	12.20	8.10	5.40	4.10		
			400	1.89	17.40	13.10	8.80	5.80	4.40		
		5.5	200	1.61	14.60	11.30	7.40	5.00			
			250	1.80	15.50	12.60	8.30	5.50			
			300	1.97	16.60	13.80	9.10	6.10	4.60		
			350	2.13	17.20	14.90	9.80	6.60	4.90		
			400	2.28	17.80	15.80	10.50	7.00	5.30		
		6.0	200	1.92	14.90		8.90	5.90			
			250	2.12	16.00		9.80	6.50			
			300	2.35	17.30		10.90	7.20	5.40		
			350	2.54	18.00		11.70	7.80	5.90		
			400	2.71	18.70		12.50	8.40	6.30		
		6.5	200	2.26	15.00		10.50	7.00			
			250	2.53	16.20		11.80	7.80			
			300	2.77	17.40		12.10	8.60	6.40		
350	3.00		18.10		13.90	9.30	7.00				
400	3.20		18.80		14.90	9.90	7.40				
7.0	200	2.62	15.20		12.10	8.10					
	250	2.93	16.50		13.60	9.10	6.80				
	300	3.22	17.60		15.00	9.70	7.50				
	350	3.48	18.70		16.20	10.70	8.10				
	400	3.72	19.40		17.20	11.50	8.6				
中喷 2 号	1"内螺纹	6.0	200	1.92	16.30	5.90					
			310	2.38	18.50	7.30	5.50				
			400	2.71	19.60	8.30	6.30	4.80			

续表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)				生产厂家
						喷头间距 (m × m)				
						18 × 18	18 × 24	24 × 24	24 × 30	
中喷 2 号	1" 内螺纹	6.5	200	2.25	16.80	6.90	5.20			河南省水利厅机械厂
			300	2.76	18.90	8.50	6.40	4.80		
			400	3.18	20.10	9.80	7.40	5.50		
		7.0	200	2.61	17.00	8.00	6.00			
			300	3.20	19.10	9.90	7.40	5.50		
			400	3.69	21.00	11.40	8.60	6.40	5.10	
		7.5	200	2.99	17.50	9.20	6.90			
			300	3.67	19.80	11.30	8.50	6.40		
			400	4.23	21.20	13.00	9.80	7.30	5.90	
		8.0	200	3.40	18.00	10.50	7.90			
			300	4.18	20.40	12.90	9.70	7.20		
			400	4.81	22.00	14.80	11.10	8.30	6.70	
		8.5	200	3.84	18.20	8.90				
			350	5.08	22.10	11.80	8.80	7.00		
			400	5.44	22.50	12.50	9.40	7.50		
		9.0	300	5.29	21.70	12.20	9.20	7.40		
			400	6.09	23.40	14.10	10.50	8.40	6.70	
			500	6.81	24.60	15.80	11.80	9.40	7.60	
		9.5	300	5.89	21.90	13.60	10.20	8.20		
			400	6.79	23.50	15.70	11.80	9.40	7.50	
			500	7.58	25.80		13.10	10.50	8.40	
10.0	300	6.53	21.90	15.10	11.30	9.00				
	400	7.52	24.10		13.00	10.40	8.30			
	500	8.40	26.50		14.60	11.70	9.30			
6.0 × 3.1	200	2.43	16.30	7.50						
	310	3.01	18.50	9.30						
	400	3.43	19.60	10.60	7.90	5.90				
7.0 × 3.1	200	3.12	17.00	9.60						
	300	3.82	19.10	11.80	8.80	6.60				
	400	4.41	21.00		10.20	7.60	6.10			
8.0 × 4.0	200	4.26	18.00	13.10	9.90					
	300	5.23	20.40	16.10	12.10	9.40				
	400	6.03	22.00	18.60	14.00	10.50	8.40			
9.0 × 4.0	300	6.34	21.70		14.70	11.00	8.80			
	400	7.31	23.40		16.90	12.70	10.20			
	500	8.17	24.60		18.90	14.20	11.30			

续表

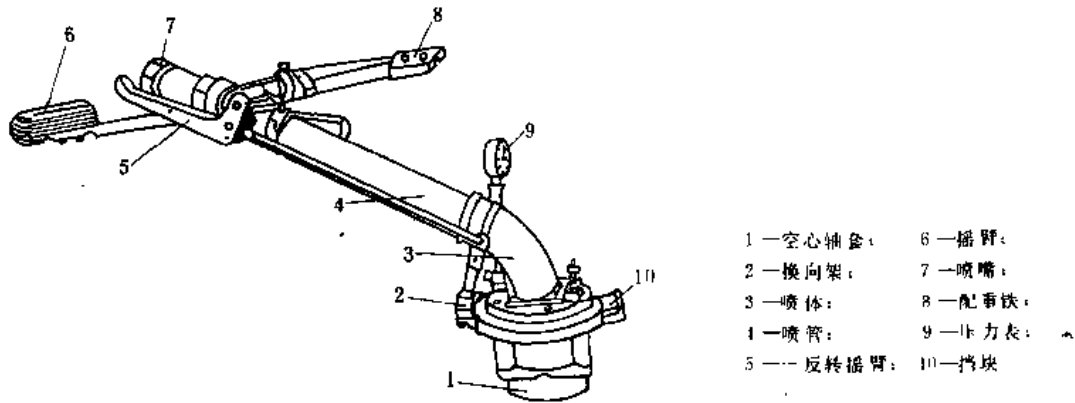
型号	接头形式、喷嘴直径及尺寸 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)				生产厂家	
					喷头间距 (m × m)					
					18 × 18	18 × 24	24 × 24	24 × 30		
中喷2号	1"内螺纹	10.0 × 4.0	300	7.58	21.80		17.50	13.20	10.50	河南省水利机械厂
			400	8.74	24.10			15.20	12.10	
			500	9.76	26.50			18.90	13.50	

三、垂直摇臂式喷头

垂直摇臂式喷头是利用水流通过垂直摇臂的导流器，产生反作用，获得驱动力矩的旋转式喷头。

(一) 垂直摇臂式喷头的结构

图2-8是一种垂直摇臂式喷头的结构示意图。虽然垂直摇臂式喷头的结构视厂家的不同而有所差异，但概括起来可以分为流道（包括空心轴、喷体、喷管、稳流器、喷嘴等零件）、旋转密封机构（包括轴承座、轴承、密封圈等零件）、驱动机构（包括摇臂、反向摇臂、摇臂轴等零件）、换向机构（包括挡块、滚轮、换向架、拉杆、弹簧等零件）和限速机构（包括摩擦垫、压插、压簧等零件）五部分。这种喷头与供水管之间常用法兰连接。

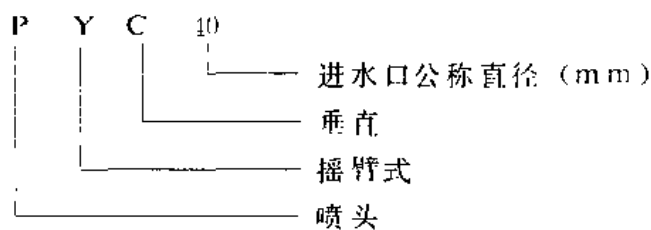


- 1—空心轴套；
- 2—换向架；
- 3—喷体；
- 4—喷管；
- 5—反转摇臂；
- 6—摇臂；
- 7—喷嘴；
- 8—配重铁；
- 9—压力表；
- 10—挡块

图2-8 垂直摇臂式喷头结构图

(二) 垂直摇臂式喷头型号及性能参数

1. 型号说明



2. 性能参数

PYC垂直摇臂式喷头性能参数见表 2-14。

表 2-14 PYC 垂直摇臂式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生 产 厂 家
PYC 10	法兰连接	12.0	300~450	8.0~11.0	29.0~31.0	3.03~3.64	江苏泰州喷灌机厂
		14.0	350~450	12.5~13.0	32.0~35.0	3.88~3.38	
		16.0	400~500	17.0~19.0	35.0~36.0	4.42~4.67	
		18.0	400~500	21.0~23.0	37.0~42.0	4.88~4.15	
		20.0	400~500	27.0~30.0	37.0~44.0	6.28~4.93	
PYC 80	法兰连接	18.0	400~500	23.0~26.0	36.0~39.0	5.65~5.44	江苏沛县机械厂
		20.0	400~500	28.0~32.0	38.0~41.0	6.17~6.06	
		22.0	500~600	38.0~42.0	44.0~47.0	6.25~6.05	江苏泰州喷灌机厂
		24.0	500~600	46.0~50.0	46.0~50.0	6.92~6.37	

四、全射流喷头

通过水流反作用力获得驱动力矩，利用水流附壁效应改变射流方向的旋转式喷头，称为全射流喷头。全射流喷头有连续式和步进式两种，前者无论是正转还是反转都是连续转动，因而转速易受外界干扰；后者正转为间歇步进式，而反转则连续转动，转速较前者稳定。

(一) 连续式全射流喷头的结构

图 2-9 为一种连续式全射流喷头的结构简图。这种喷头也由流道（空心轴、喷体、喷管、稳流器、射流元件等）、驱动机构（射流元件）、旋转密封机构（包括密封胶圈、推力轴承、挡圈等零件）和换向机构（换向器、塑料管、限位销等）几部分组成。喷头与供水管为螺纹连接。

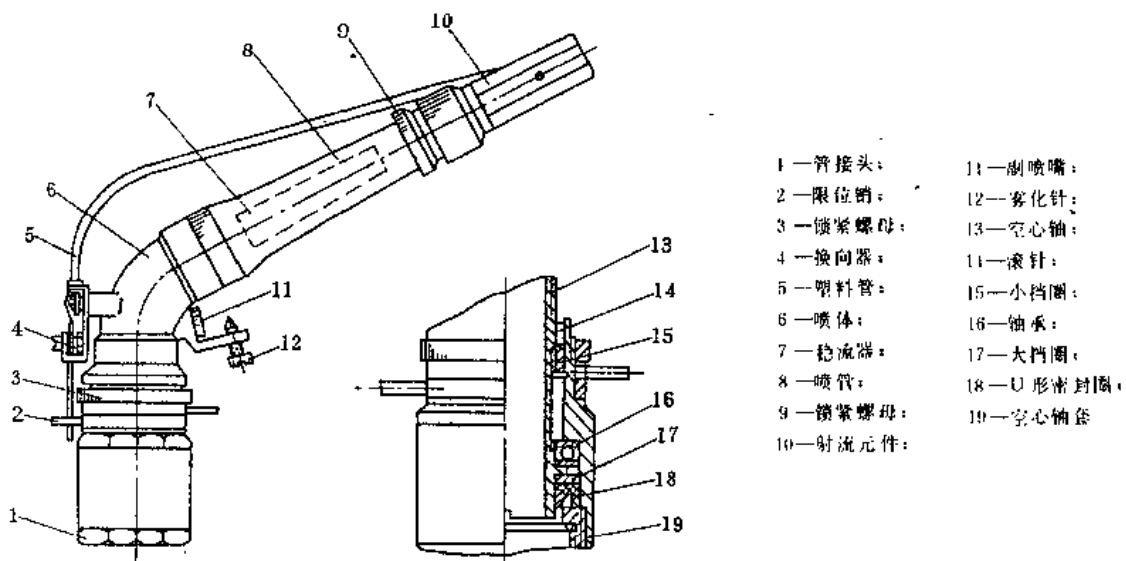


图 2-9 连续式全射流喷头结构图

与其它喷头不同的是全射流喷头的射流元件，它既是喷嘴，又是喷头的驱动机构。连续式全射流喷头的射流元件有圆截面和方截面两种，图 2-10 为方截面元件结构图。

(二) 步进式全射流喷头的结构

步进式全射流喷头是为克服连续式全射流喷头转速不易稳定的缺点而研制的，目前定型生产的有水流互控和自水流控两种形式。结构上除射流元件外，其余部分均与 PY₁ 摇臂式喷头相同，故下面只介绍两种射流元件的结构。

1. 水流互控射流元件的结构

图 2-11 为水流互控步进式全射流喷头射流元件的结构简图。

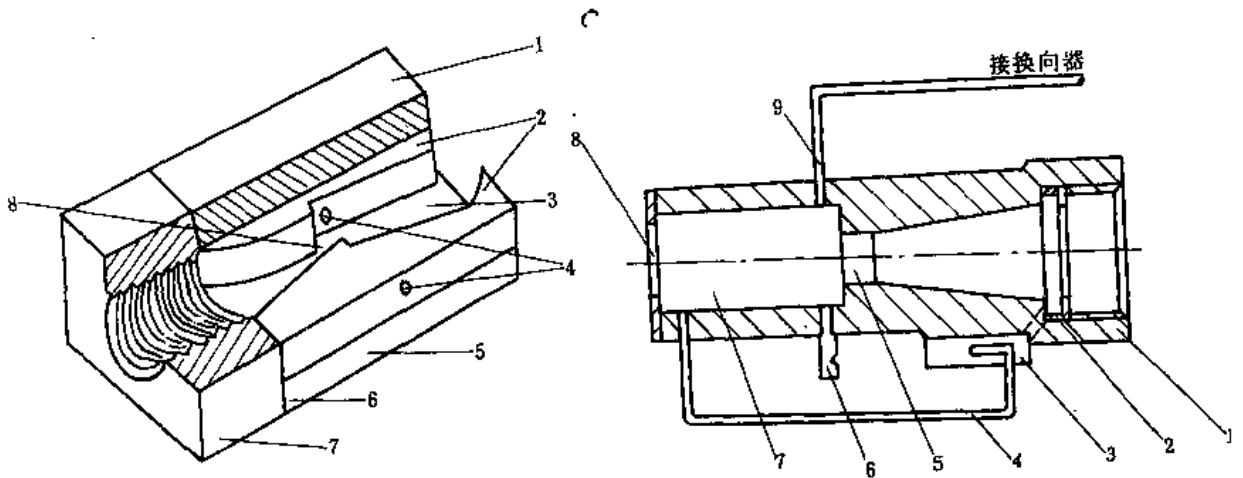


图 2-10 方截面射流元件结构图

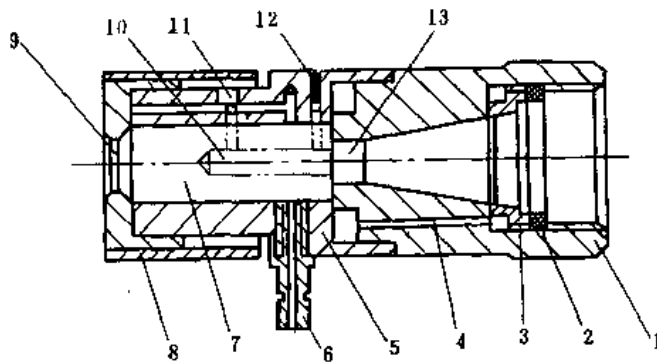
- 1—元件上盖板；2—元件板；3—元件相互作用区；
 - 4—控制孔；5—元件下盖板；6—胶垫；7—元件
- 接头；8—喷嘴

图 2-11 水流互控步进式全射流喷头元件结构图

- 1—主元件；2—防砂圈；3—副元件；4—回水塑料管；
 - 5—喷嘴；6—水斗；7—上元件相互作用区；8—出口；
- 9—连接换向器塑料管

2. 水流自控射流元件的结构

图 2-12 为一种水流自控射流元件结构图，它由防砂罩、出口、接嘴、附壁件、防砂圈、元件接头和 O 形密封圈等零件组成。



- 1—元件接头；
- 2—O 形密封圈；
- 3—防砂圈；
- 4—信号源孔；
- 5—附壁件；
- 6—接嘴；
- 7—相互作用区；
- 8—防砂罩；
- 9—出口；
- 10—容室；
- 11—补气孔；
- 12—抽负孔；
- 13—喷嘴

图 2-12 水流自控步进式全射流喷头元件结构图

(三) 全射流喷头的型号规格及性能参数

1. 型号说明

全射流喷头型号编写方式目前各研制生产单位尚不统一, 大致按下列规则: 首端以P和S表示喷头射流, 最后注明喷头进水口公称直径的毫米数, 中间以几个字母表示射流喷头的型式, 具体参见以下示例。

示例11 进水口公称直径40mm的连续式全射流喷头:

PS-40

示例12 进水口公称直径20mm的双嘴全圆喷洒, 水流互控步进式全射流喷头:

PSH-20
sh

示例13 进水口公称直径40mm, 双喷嘴, 装有换向开关的水流互控步进式全射流喷头:

PSH-40
sh(k)

示例14 进水口公称直径40mm, 双喷嘴, 装有换向开关的水流自控步进式全射流喷头:

PSBZ-40

也有的水流自控步进式全射流喷头无字母B, 表示为PSZ-40。

2. 国产全射流喷头的性能参数见表2-15。

表2-15 全射流喷头性能参数表

型号	结构形式	接头形式及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生产厂家	参考价 (1986年) (元/只)
PS-40	连续式	G2"	主13.0×18.0 副5.0	400	25.0	36.0	6.13	江苏镇江市喷灌机厂	102.03
				500	28.0	40.0	5.56		
PSH-20 sh	水流互控步进式	G1"	主8.0 副1.5×2.0	300	4.50	20.50	3.30	浙江嵊县抽水机站	36
				400	5.20	22.00	3.10		
PSH-30 sh(k)	水流互控步进式	G1 1/2"	主10.0 副1.5×2.5	300	7.20	22.50	3.60	浙江嵊县抽水机站	17
400				8.13	26.00	3.82			
PSH-40 sh(k)				G2"	主14.0 副1.5×3.0	350	14.00		
450	16.10	32.00	5.00						
PSH-50 sh(k)	水流互控步进式	G2 1/2"	主18.0 副1.5×3.0	400	25.50	36.20	5.38	浙江嵊县抽水机站	75
				500	29.00	39.50	5.91		
PSBZ-20	水流自控步进式	G1"	7.0×2.0	300	3.20	19.0	2.82	江苏镇江市喷灌机厂	
				400	3.69	20.5	2.78		
PSBZ-40	水流自控步进式	G2"	13.0×4.0	350	12.04	28.0	4.89	江苏镇江市喷灌机厂	
				450	13.60	30.0	4.84		
PSZ-10	水流自控步进式	G 1/2"	4	150~250	0.68~0.88	11.5~13.0	1.64~1.66	浙江兰溪机床厂	
PSZ-15		G 3/4"	6	200~300	1.70~2.10	15.0~16.5	2.10~2.16		
PSZ-30		G 1 1/2"	10	300~400	5.96~6.89	23.0~25.0	3.60~3.51		
PSZ-40		G2"	12×14	350~450	14.70~16.60	30.0~32.5	5.21~4.80		

五、叶轮式喷头

叶轮式喷头是利用水流冲击叶轮获得驱动力矩的旋转式喷头。由于喷出的水流速度较大，所以叶轮转速很高，一般需经两级蜗轮蜗杆（或一级蜗轮蜗杆，一级棘轮）减速，使喷头慢速旋转，所以又称蜗轮蜗杆式喷头。

（一）叶轮式喷头的结构

叶轮式喷头有单喷嘴和双喷嘴两种类型，为了不影响喷头的射程，通常多采用副喷嘴喷出的水流驱动叶轮旋转。

图 2-13 为双喷嘴叶轮式喷头结构图，其流道部分由空心轴、喷体、主喷管、副喷管、稳流器、主喷嘴及副喷嘴等零件组成；驱动机构由叶轮、叶轮轴、轴接头、小蜗杆、小蜗轮、大蜗杆、大蜗轮等零件组成，扇形换向机构包括换向器、限位销、推杆等零件；旋转部分的密封一般采用径向胶圈，与供水管常用法兰连接。

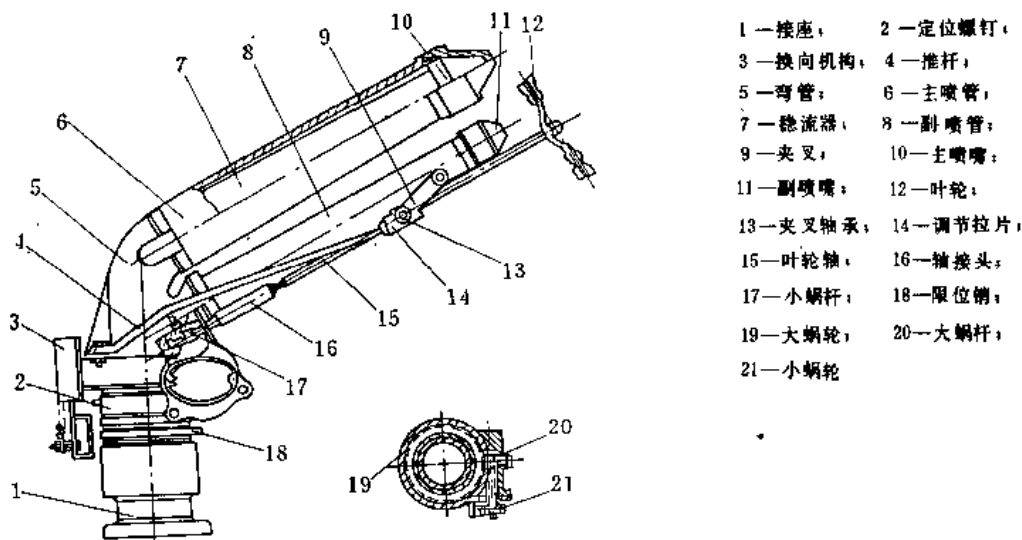


图 2-13 叶轮式喷头结构图

（二）叶轮式喷头的型号规格及性能参数

PW-65 型叶轮式喷头的规格及性能参数见表 2-16。

表 2-16 叶轮式喷头性能参数表

型 号	接头形式及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷洒强度 (mm/h)	生产厂家	参考价 (元/只)
PW-65 (武喷 10-2A)	法兰连接	18.0×7.0	450	27.0	38.0	5.95	武汉市农泵厂	188.10 (1982 年价)
			500	30.0	42.0	5.41		

第三节 固定式喷头

喷洒时，其零部件无相对运动的喷头，称为固定式喷头。这类喷头的特点是结构简单，

工作可靠，工作压力低，一般雾化程度较高，但射程近。而且喷头近处的喷灌强度比平均喷灌强度大得多。固定式喷头多用于花卉、苗圃、温室和草坪喷灌，近年来，为了节能，在行喷式喷灌机上也越来越多地得到应用。

按结构和喷洒特点，固定式喷头可分为折射式、缝隙式和漫射式三种。

一、固定式喷头的结构

(一) 折射式喷头

喷射水流经过折挡，裂散成水滴的固定式喷头，称为折射式喷头。这种喷头有内支架、外支架和整体式3种，喷头由喷嘴、折射锥和支架等部分组成，见图2-14。

折射锥为锥角 $120^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 的圆锥体，锥体表面应很光滑，其轴线要求和喷嘴轴线重合，以利四周水量均匀；为调节水滴大小和沿轴向水量分布及散落距离，折射锥与支架之间常采用螺杆连接，以便调整。折射锥内外支架之别在于：采用内支架则占去部分过水断面，相应喷嘴过水截面积要大；采用外支架，则喷洒范围内部分地面产生盲区。整体式的折射喷头均为单面折射，折射锥不是整圆锥，而是一个带有部分圆锥面的柱体，喷洒为扇形，见图2-11(c)，为了简化加工工艺，有的做成与水平面成一定角度的斜面。

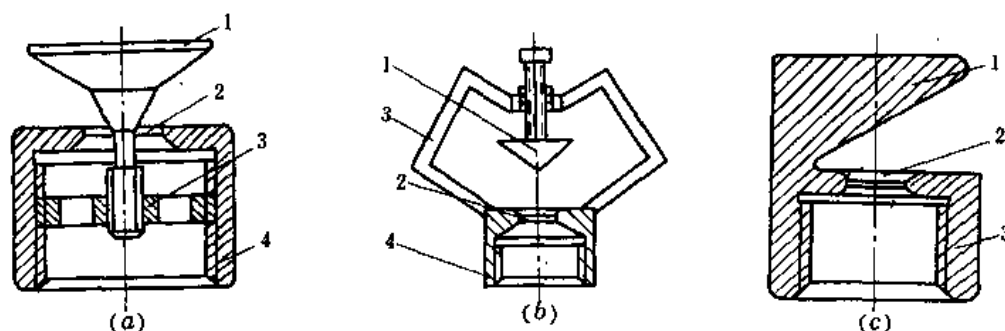


图2-14 折射式喷头结构

(a) 内支架式；(b) 外支架式；(c) 整体式
1—折射锥；2—喷嘴；3—支架；4—管接头

折射式喷头工作时，水流由喷嘴垂直射出后，遇到折射锥的阻挡，形成薄水层向四周射出，在空气阻力作用下裂散为小水滴降落地面。

(二) 缝隙式喷头

水流经过缝隙，裂散成水滴的固定式喷头，称为缝隙式喷头。这种喷头均为整体式，只作扇形喷洒。一般是在封闭的管端附近开出一定形状的缝隙，另一端为管接头，如图2-15所示。为了取得较大的射程，有的喷头将其缝隙做成与水平面成 30° 的夹角。这种喷头优点是结构简单，易制做，但其缝隙易被污物堵塞，且缝隙两端水流较集中。

喷洒时，水流由缝隙中喷出，形成薄水层，然后在空气阻力作用下裂散成水滴，降落地面。

(三) 漫射式喷头

水流喷出即裂散成水滴的固定式喷头，称为漫射式喷头，图2-16为两种型式的漫射式

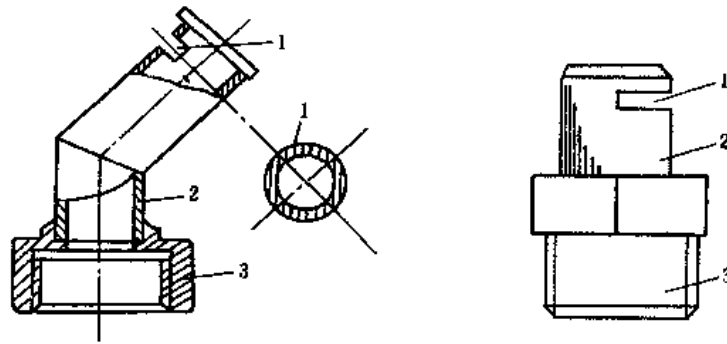


图 2-15 两种缝隙式喷头结构图

1—喷嘴； 2—喷体； 3—管接头

喷头结构图。这种喷头主要由喷嘴、锥形轴（螺旋轴）、喷体、接头等部分组成。喷头工作时，水流沿切线方向〔图 2-16(a)〕或沿螺旋孔道〔图 2-16(b)〕进入喷体，并沿锥形轴或壁面旋转，这样，经喷嘴喷出的薄水层，同时具有沿径向向外和沿切向旋转的速度，因此在空气阻力作用下，薄水层很快裂散成小水滴，散落地面。

漫射式喷头的优点是工作压力低，雾化程度高，水滴对作物打击强度小，缺点是控制面积小，因此多用于苗圃、温室、花卉喷灌和行喷式喷灌机上。这种喷头均为全圆喷洒。

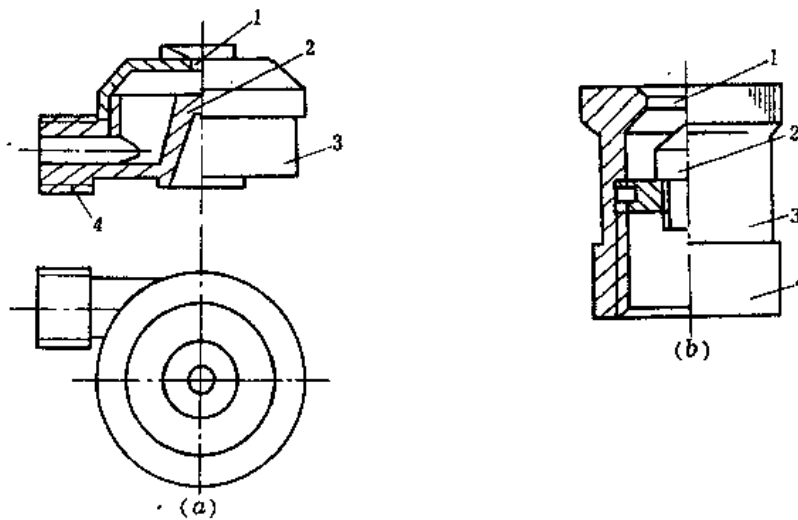


图 2-16 漫射式喷头结构图

1—喷嘴； 2—锥形（螺旋）轴； 3—喷体； 4—接头

二、固定式喷头的性能参数

目前国内投产的固定式喷头种类不多，部分已鉴定的固定式喷头性能参数见表 2-17。

表 2-17 固定式喷头性能参数表

型 号	接头形式 及尺寸	喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	喷头流量 (m ³ /h)	喷头射程 (m)	喷灌强度 (mm/h)	生 产 厂 家	参考价 (元/只)
LWP (旋折内用)		1.20	100	0.048	1.70	5.30	湖北沙市塑料厂	
			150	0.060	1.70	6.60		
			200	0.071	1.70	7.80		
PZ-13 (折射式)			100	0.56	4.31	9.08	无锡市塑料五厂	2
			150	0.64	4.56	9.28		
			200	0.74	4.71	9.92		
			250	0.84	4.72	11.00		
			300	0.88	5.43	9.68		
PZ-25 (折射式)			200	2.53	6.67	19.70	无锡市塑料五厂	4
			250	2.50	6.99	21.43		
			300	3.14	7.18	20.80		
			350	3.40	7.10	21.68		
			400	3.66	7.66	21.01		
PXF-1 (漫射式)		3.20	200	0.45	2.50	22.92	武进县运村螺丝厂	
			300	0.65	3.50	11.69		

管 及 管 件

管道是喷灌系统的主要组成部分，由于它在喷灌工程中需用数量多，占投资比重大，所以应给予足够的重视。

本章着重介绍国内采用较多的各种喷灌用管的性能、规格和优缺点，并尽可能地提供参考价格，以供规划、设计、施工和管理喷灌工程时参考。

第一节 分类及适用条件

一、喷灌管的种类

喷灌用管按其使用方式可分为固定管和移动管；按材料的不同又分为金属管和非金属管两大类；非金属管又分为脆硬性管和塑料管。

1. 金属管

原料为黑色金属或有色金属，如用来作固定管道的钢管，铸铁管，用作地面移动管道的薄壁铝和铝合金管、薄壁镀锌钢管。

2. 脆硬性管

原料主要是水泥，如自（预）应力钢筋混凝土管、石棉水泥管等。

3. 塑料管

原料为各种合成树脂，如聚氯乙烯管、聚乙烯管、改性聚丙烯管、维塑软管和锦塑软管等。

二、对喷灌用管的基本要求

1. 工作可靠

喷灌管道中除了工作状态下的正常内水压力外，在开机、关机和突然停机时，还产生水锤、气浪和真空负压等作用力。喷灌管必须保证在负荷小于规定的工作压力和检验压力时正常工作，不发生开裂、爆管现象。

对铺设于地面上的管道，尚有温度应力的作用；而对埋设于地下的管道，则有土压力、自重和基础不均匀沉降所产生的剪切力等作用力。因此，喷灌管亦应在上述工作条件下安全可靠。

2. 价格低廉

喷灌工程属农田灌溉工程，是需农民自筹一定资金兴建工程。因此，只有当设备质量好、价格便宜时，农民才有能力、有兴趣投资。

3. 使用年限长

使用年限直接影响工程的经济效益。使用年限长短是衡量喷灌管是否经济可取的标准之一。

4. 内壁光滑

喷灌管道输送的介质系有压水，流速较快，管内壁光滑与否对水头损失之大小影响很大。为了减少水头损失，节约能源，喷灌管应力求内壁光滑。

5. 安装施工容易

鉴于喷灌工程多是社、队自行施工。因此，施工技术要简便易行，使群众易于掌握，以确保工程质量。移动管则要求重量轻、易搬运，接头联接简单，操作快速、方便。

三、各种喷灌用管的优缺点（表3-1）

表3-1

各种管优缺点表

管材名称	优 点	缺 点
钢 管	(1) 工作压力大，一般都大于1MPa (2) 韧性强，不易断裂 (3) 管件品种齐全 (4) 铺设简便	(1) 价格高 (2) 材料来源困难 (3) 易腐蚀，寿命较短，常年输水的钢管，使用年限一般不超过20年
铸 铁 管	(1) 加工工艺不复杂，一般各省均有生产 (2) 管件较齐全 (3) 安装施工容易 (4) 寿命较钢管长	(1) 价格高 (2) 材料来源较难 (3) 重量较大，运输不便 (4) 一般使用10~20年后内壁产生锈瘤，内径变小，阻力加大，过水能力降低
自 筋 预 混 凝 土 应 力 管	(1) 寿命长，一般可使用40~60年以上 (2) 节省钢材 (3) 安装施工简便 (4) 有裂纹愈合能力 (5) 输水能力稳定 (6) 接头密封性好，使用安全可靠	(1) 自重较大，运输不便 (2) 耐冲击性差，怕摔，怕撞击 (3) 输送含有固体颗粒的介质时，其耐磨性不及钢管和铸铁管 (4) 价格较高
石 棉 水 泥 管	(1) 节省大量钢铁 (2) 价格较便宜 (3) 重量较轻 (4) 输水性能稳定 (5) 可加工性能好 (6) 耐腐蚀，寿命长	(1) 性能，怕摔、砸、撞击，运输中易损坏 (2) 不均质，需取较大安全系数 (3) 轴向拉强度低，在温度应力作用下，易产生环向断裂 (4) 成套性差，安装施工麻烦
硬 塑 料 管	(1) 节省大量钢铁 (2) 耐腐蚀，寿命长 (3) 重量轻，易于搬运 (4) 安装施工容易 (5) 水力性能好，过水能力稳定 (6) 有一定韧性，能适应较小的不均匀沉降	(1) 价格较高 (2) 高温变形，低温冷脆，低温时抗冲击力降低 (3) 受光、热老化后，强度逐渐降低，工作应力不稳定 (4) 膨胀系数大
薄 壁 铝 管	(1) 重量轻，可与塑料管相比 (2) 承受工作压力较大 (3) 韧性强，不易断裂 (4) 不锈蚀，耐酸性腐蚀 (5) 内壁光滑，水力性能好 (6) 寿命长，一般可使用15年	(1) 价格较高 (2) 原材料多数地区来源困难 (3) 抗冲击力差，怕砸，怕摔 (4) 耐磨性不及钢管 (5) 不耐强碱性腐蚀

续表

管材名称	优点	缺点
薄壁钢管	(1) 强度高, 可承受较大工作压力 (2) 韧性强, 不易断裂 (3) 抗冲击力强, 不怕一般的碰撞 (4) 价格较铝管、塑料管低 (5) 寿命较长, 质量好的热浸镀锌薄壁钢管可使用10~15年	(1) 不如铝管、塑料管耐锈蚀 (2) 镀锌不易过关, 影响使用寿命 (3) 目前价格较高 (4) 重量较铝管、塑料管重, 移动时不如铝管、塑料管方便
涂塑软管	(1) 重量轻, 移动方便 (2) 价格较其它移动管均低 (3) 适应地形变化能力强 (4) 接头少 (5) 耐酸碱腐蚀	(1) 易老化, 寿命短, 大田使用一般仅2~3年 (2) 工作压力低, 易爆管 (3) 不耐磨, 怕扎, 怕压折 (4) 移动时排除管内水困难

四、各种喷灌用管的适用条件

各种管都有其各自的适用条件, 石棉水泥管性脆, 怕撞击, 在温度急剧变化、温差大于15~17℃时, 温度应力能使其发生环向断裂, 故不适用于地面铺设, 只可做地埋管使用。此外, 石棉水泥管由于石棉分布不均匀, 石棉纤维排列无一定规律, 较易发生爆管。因此, 应严格控制水垂的发生。

塑料管线胀系数较大, 又具有高温变形、低温脆硬的性质, 一般也不宜在地面铺设, 埋入地下使用比较可靠。

金属管和自(预)应力混凝土管较上述两种管道安全可靠, 可埋于地下, 也可在地面铺设。但为安全计, 自(预)应力混凝土管应采用承插式橡胶圈止水的柔性接头, 防止温度应力造成环向开裂。金属管因耐腐蚀性较差, 输送的灌溉水中不应具有酸、碱腐蚀性物质。

薄壁铝管虽耐酸性腐蚀, 但不耐盐碱腐蚀, 因此, 不宜用于盐碱地。薄壁钢管则应注意其锈蚀情况, 特别是在多雨潮湿地区, 应额外采取防锈保护措施。

第二节 固定管及管件

一、钢管

(一) 无缝钢管

无缝钢管的性能指标见表3-2。

表3-2 无缝钢管的性能 (摘自YB231-70)

钢号	10	15	20	25	30	35	40	45	50	09MnV	16Mn	15MnV
抗拉强度 σ_b (MPa)	310	380	400	480	500	520	560	600	630	(440)	(520)	(510)
屈服点 σ_s (MPa)	210	230	250	280	290	310	320	340	360	(300)	(350)	(400)
伸长率 δ_5 (%)	21	22	20	19	18	17	15	14	12	(22)	(21)	(18)
试验压力	10 MPa											

注 热轧管为热轧状态, 冷拔管为热处理状态 (如用户要求冷拔管不热处理时不做机械性能检验)

1. 热轧无缝钢管 (表3-3至表3-4)

表3-3 热轧无缝钢管规格、重量表 (摘自YB231-70)

外径 (mm)	壁 厚 (mm)											
	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
理 论 重 量 (kg/m)												
32	1.82	2.15	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.09	4.32	4.53	4.74
38	2.19	2.59	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	5.05	5.35	5.64	5.92
42	2.44	2.89	3.35	3.75	4.16	4.56	4.99	5.33	5.69	6.04	6.38	6.71
45	2.62	3.11	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.17	6.56	6.94	7.30
50	2.93	3.48	4.01	4.54	5.05	5.55	6.04	6.51	6.97	7.42	7.86	8.29
54		3.77	4.36	4.93	5.49	6.04	6.58	7.10	7.61	8.11	8.60	9.08
60		4.22	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	8.58	9.15	9.71	10.26
63.5		4.48	5.18	5.87	6.55	7.21	7.87	8.51	9.14	9.75	10.36	10.95
70		4.96	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47	10.18	10.88	11.56	12.23
76		5.40	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.36	11.14	11.91	12.67	13.42
83			6.86	7.79	8.71	9.62	10.51	11.39	12.26	13.12	13.96	14.80
89			7.38	8.38	9.38	10.36	11.33	12.28	13.22	14.16	15.07	15.98
95			7.90	8.98	10.04	11.10	12.14	13.17	14.19	15.19	16.18	17.16
102			8.50	9.67	10.82	11.96	13.09	14.21	15.31	16.40	17.48	18.55
108				10.28	11.49	12.70	13.90	15.09	16.27	17.44	18.59	19.73
114				10.85	12.15	13.44	14.72	15.98	17.23	18.47	19.70	20.91
127				12.13	13.59	15.04	16.48	17.90	19.32	20.72	22.10	23.48
133				12.73	14.26	15.78	17.29	18.79	20.28	21.75	23.21	24.66
146					15.70	17.39	19.06	20.72	22.36	24.00	25.62	27.23
159					17.15	18.99	20.82	22.64	24.45	26.24	28.02	29.79
180						21.59	23.70	25.75	27.70	29.87	31.91	33.93
194						23.31	25.60	27.82	30.00	32.28	34.50	36.70
219								31.52	34.06	36.60	39.12	41.63
245									38.23	41.09	43.85	46.76
273									42.64	45.92	49.10	52.28
325											58.74	62.54

注 钢管比重为7.85。

表 3-4

热轧无缝钢管价格表

(单位:元/t)

外 径 (mm)	壁 厚 (mm)				
	2.5~4	4.1~7	7.1~12	12.1~18	18.1~30
32~50	1200	1140	1070		
51~70	1140	1080	1020	1010	
71~90	1090	1050	990	980	1040
91~115	1050	1010	950	940	990
116~140	1060	1030	970	950	980
141~167		1060	1010	990	1050
168~202		1130	990	980	1040
203~245		1170	970	960	1020
246~298		1220	950	940	1010
299~350			1000	970	1000
351~400			1050	1000	1020

注 1. 表列价格摘自中国金属材料公司中南交易中心编的《常用金属材料价格》, 1985年2月。

2. 规格据YB231-70, 钢号为10[#]~20[#]。

2. 冷拔无缝钢管 (表3-5至表3-6)

表 3-5 冷拔无缝钢管规格、重量表 (摘自YB231-70)

外 径 (mm)	壁 厚 (mm)												
	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	
	理 论 重 量 (kg/m)												
20	1.08	1.26	1.42	1.58	1.72	1.85	1.97	2.07					
25	1.39	1.63	1.86	2.07	2.28	2.47	2.64	2.81	2.97	3.11			
32	1.82	2.15	2.46	2.76	3.05	3.33	3.59	3.85	4.09	4.32	4.53	4.74	
38	2.19	2.59	2.98	3.35	3.72	4.07	4.41	4.74	5.05	5.35	5.64	5.92	
42	2.44	2.89	3.32	3.75	4.16	4.56	4.95	5.33	5.69	6.04	6.38	6.71	
45	2.62	3.11	3.58	4.04	4.49	4.93	5.36	5.77	6.17	6.56	6.94	7.30	
50	2.93	3.48	4.01	4.54	5.05	5.55	6.04	6.51	6.97	7.42	7.86	8.29	
56	3.30	3.92	4.53	5.13	5.71	6.29	6.85	7.40	7.93	8.40	8.97	9.47	
60	3.55	4.22	4.88	5.52	6.16	6.78	7.39	7.99	8.58	9.15	9.71	10.26	
65	3.85	4.59	5.31	6.02	6.71	7.40	8.07	8.73	9.38	10.01	10.65	11.25	
70	4.16	4.96	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75	9.47	10.18	10.88	11.56	12.23	
75	4.46	5.32	6.17	7.00	7.82	8.62	9.41	10.18	10.96	11.71	12.48	13.17	
76	4.53	5.40	6.26	7.10	7.93	8.75	9.56	10.36	11.14	11.91	12.67	13.42	
80	4.77	5.69	6.60	7.49	8.37	9.24	10.07	10.91	11.75	12.59	13.39	14.15	
85	5.08	6.06	7.04	7.98	8.93	9.86	10.75	11.65	12.55	13.45	14.31	15.13	
89	5.33	6.36	7.38	8.38	9.38	10.38	11.33	12.28	13.22	14.16	15.07	15.93	
90	5.39	6.43	7.47	8.47	9.49	10.47	11.42	12.39	13.35	14.31	15.22	16.11	
95	5.70	6.81	7.90	8.98	10.04	11.10	12.14	13.17	14.19	15.19	16.18	17.16	
100	6.00	7.17	8.32	9.46	10.59	11.71	12.77	13.87	14.95	16.03	17.09	18.09	
102	6.13	7.32	8.50	9.67	10.82	11.96	13.09	14.21	15.31	16.40	17.48	18.55	
108	6.50	7.77	9.02	10.26	11.49	12.70	13.90	15.09	16.27	17.44	18.59	19.73	
110	6.62	7.92	9.19	10.46	11.70	12.93	14.19	15.40	16.60	17.75	18.90	20.08	
120	7.24	8.66	10.06	11.44	12.93	14.30	15.51	16.89	18.20	19.50	20.83	22.10	
125	7.54	9.02	10.59	11.91	13.37	14.80	16.15	17.55	19.02	20.35	21.73	23.08	
140		10.11	11.80	13.42	15.05	16.65	18.24	19.83	21.40	22.96	24.51	26.04	
150		10.85	12.65	14.39	16.11	17.85	19.55	21.25	23.00	24.68	26.36	28.01	
160			13.53	15.38	17.25	19.09	20.96	22.79	24.60	26.41	28.20	29.99	
180			15.20	17.30	19.50	21.59	23.67	25.75	27.81	29.87	31.91	33.93	
190				18.29	20.60	22.80	25.02	27.22	29.41	31.59	33.75	35.90	
200				19.67	21.65	24.00	26.38	28.70	31.02	33.32	35.60	37.88	

表 3-6

冷拔无缝钢管价格表

(单位:元/t)

外 径 (mm)	壁 厚 (mm)									
	1.1~1.5	1.6~2.0	2.1~2.8	2.9~4.0	4.1~5.0	6.6~7.0	7.1~8.0	8.1~11.0	11.1~14.0	>14.0
5.1~7	5040	3920	4480							
7.1~10	4260	3360	3140	3360						
10.1~16	3360	2690	2460	2350	2460					
16.1~25	2740	2070	2020	1740	1790	1850				
25.1~35	2070	1790	1570	1460	1570	1620	1680			
35.1~45	1960	1680	1460	1290	1230	1370	1510	1620		
45.1~56	1900	1570	1340	1230	1180	1290	1380	1490	1600	
56.1~76	1850	1460	1290	1180	1120	1180	1270	1380	1490	1600
77~100	2240	1850	1620	1460	1340	1280	1370	1460	1570	1680
101~120	2130	1740	1510	1320	1210	1160	1250	1340	1430	1550
121~140	2070	1680	1400	1210	1100	1050	1140	1230	1320	1430
141~165				1850	1680	1640	1720	1210	1500	2040
166~190				1780	1590	1510	1600	1690	1780	1890
191~219				1710	1500	1400	1380	1580	1670	1780

注 1. 表列价格摘自1985年《常用金属材料价格》;
2. 规格据YB 231-70

(二) 低压流体输送用焊接钢管

低压流体输送用焊接钢管规格及参考价见表3-7至表3-8。

表 3-7 低压流体输送用焊接钢管规格、重量表 (摘自GB3092-82)

公称口径		外 径		普 通 钢 管			加 厚 钢 管		
mm	英 寸	公称尺寸 (mm)	允 许 差	壁 厚		理论重量 (kg/m)	壁 厚		理论重量 (kg/m)
				公称尺寸 (mm)	允 许 差		公称尺寸 (mm)	允 许 差	
6	1/8	10.0	±0.50mm	2.00		0.39	2.50		0.46
8	1/4	13.5		2.25		0.62	2.75		0.73
10	3/8	17.0		2.25		0.82	2.75		0.93
15	1/2	21.3		2.75		1.25	3.25		1.45
20	3/4	26.8		2.75		1.63	3.50		2.01
25	1	33.5		3.25	+12%	2.42	4.00	+12%	2.91
32	1 1/4	42.3		3.25	+15%	3.13	4.00	-15%	3.78
40	1 1/2	48.0		3.50		3.81	4.25		4.58
50	2	60.0	±1%	3.50		4.88	4.50		6.16
65	2 1/2	75.5		3.75		4.64	4.50		7.88
80	3	88.5		4.00		8.31	4.75		9.81
100	4	114.0		4.00		10.85	5.00		13.11
125	5	140.0		4.50		15.04	5.50		18.24
150	6	166.0		4.50		17.81	5.50		21.63

注 1. 表中的公称口径系近似内径的名义尺寸, 不等于公称外径减去两个公称壁厚所得的内径;
2. 应能承受下列规定的冲压试验值: 普通钢管为2MPa, 加厚钢管为3MPa

表3-8 低压流体输送用焊接钢管参考价格表 (单位:元/t)

公称内径		外径 (mm)	壁厚 (mm)	电焊对缝管		炉焊对缝管	
mm	英寸			普 通	镀锌	普 通	镀锌
15	1/2	21.25	2.75	860	1250	745	1160
20	3/4	26.75	2.75	770	1100	700	1090
25	1	33.50	3.25	710	1040	645	1030
32	1 1/4	42.25	3.25	870	1030	635	980
40	1 1/2	48	3.5	860	1010	630	970
50	2	60	3.5	850	1000	625	960
65	2 1/2	75.50	3.75	640	990	620	950
80	3	88.50	4	635	980	615	940
100	4	114	4	630	970	610	930
125	5	140	4.5	625	960	605	920
150	6	165	4.5	620	950	600	910

- 注 1. 本表摘自1985年《常用金属材料价格》;
 2. 表列乙类沸腾钢价格为不车扣不带管接头的基价;
 3. 车扣带丝管接头每吨加价40元;
 4. 镇静钢每吨加价60元;
 5. 按GB3092-82定货每吨加价30元。

(三) 水、煤气用钢管管件

水、煤气用焊接钢管管件具有价格便宜、品种规格齐全、市场上容易购买等优点,因此如江苏、上海、浙江等省、市多将其用于喷灌地埋塑料管的连接。其管件外形、规格、重量,见图3-1、表3-9、表3-10。

表3-9 水、煤气用钢管管件规格

公称直径 Dg (mm)	连接管螺纹 d (英寸)	内螺纹长度 (mm)	L	b	R	L ₁	L ₂	S	C	L ₃	S ₁	L ₄	H	S ₂	L ₅
			(mm)												
15	KG 1/2	11	26	45	32	20	48	46	52.5	22	12	20	10	32	46
20	KG 3/4	12.5	31	55	42	23	54	50	57	28	17	24	11	36	50
25	KG 1	14	35	72	52	27	59	65	70	30	19	28	13	46	58
32	KG 1 1/4	16	42	90	70	31	64	70	75	33	22	30	14	55	62
40	KG 1 1/2	18	48	105	80	35	68	80	86	37	24	32	14	60	66
50	KG 2	19	55	130	100	38	77	95	102	40	27	36	15	75	71
65	KG 2 1/2	22	65	165	130	45	85	115	123.5	46	32	42	18	95	80
80	KG 3	24	74	190	155	50	94	130	139.5	51	36	45	21	105	87
100	KG 4	28	90	245	205	60	108	170	183	57	41	55	24	135	98
125	KG 5	30	100							61	46	58			103
150	KG 6	32	125							64	50	65			110

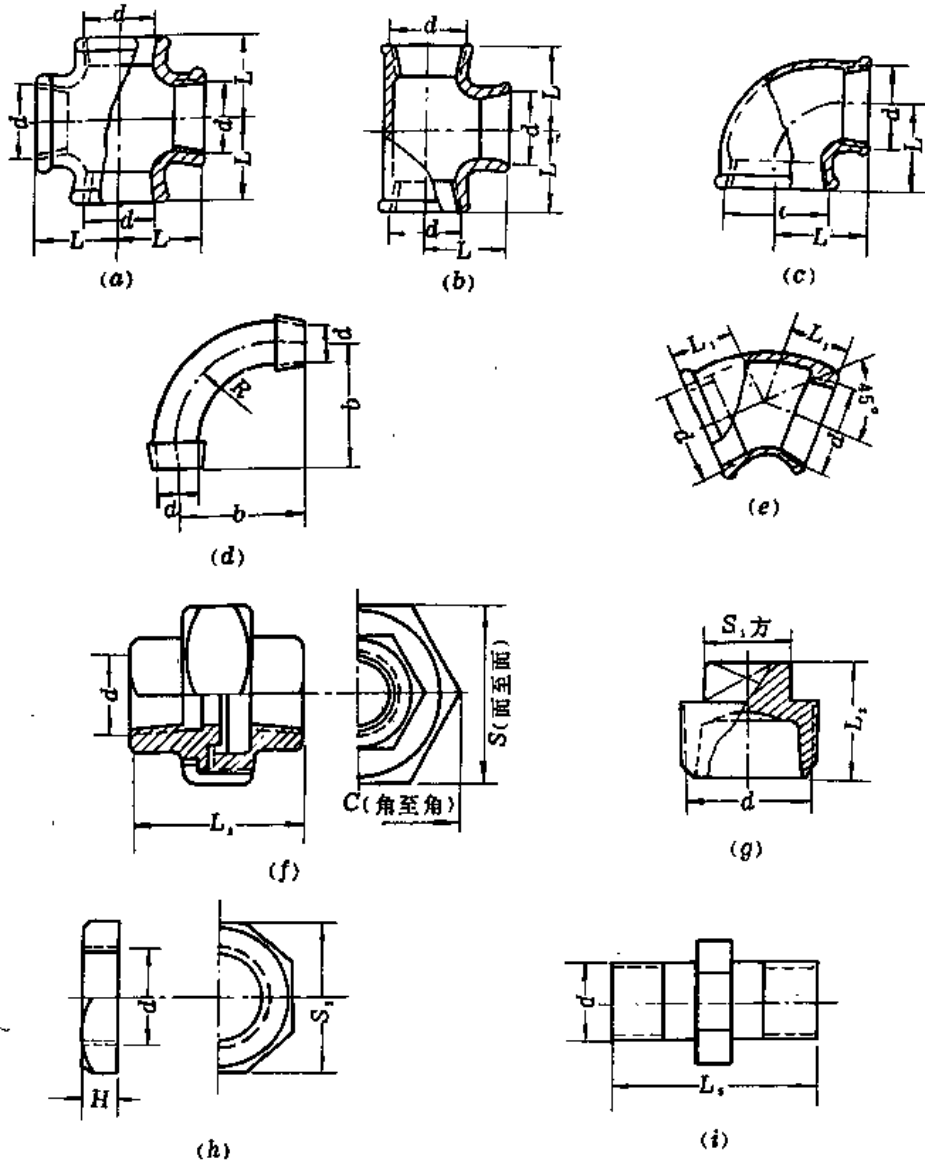


图 3-1 水、煤气用钢管管件图

(a) 四通; (b) 三通; (c) 90°弯头; (d) 90°外扣弯头;
 (e) 45°弯头; (f) 活接头; (g) 堵头; (h) 锁紧螺母; (i) 外接头

表3-10

水、煤气钢管管件重量

(单位: kg)

公称直径 D_g	90°弯头		45° 弯头	三通	四通	活接头		管堵	外接头	锁紧螺母
	内扣	外扣				角数	重量			
15	0.074		0.096	0.091	0.19	6	0.25	0.02	0.054	0.039
20	0.112	0.140	0.134	0.158	0.255	6	0.32	0.046	0.083	0.046
25	0.163	0.264	0.171	0.239	0.38	8	0.38	0.07	0.124	0.091

续表

公称直径 D_g	90°弯头		45° 弯头	三通	四通	活接头		管端	外接头	锁紧螺母
	内扣	外扣				角数	重量			
32	0.267	0.405	0.320	0.374	0.606	8	0.65	0.125	0.186	0.103
40	0.399	0.726	0.468	0.537	0.9	8	0.75		0.258	0.131
50	0.576	1.25	0.742	0.812	1.29	8	1.31	0.227	0.386	0.192
65	0.928		1.14	1.23	2.01	8	1.87		0.571	
80	1.35		1.89	1.78		8	2.47		0.855	
100	3.39		2.65	2.32		8	4.95		1.15	
125	5.51									
150				9.16						

注 1. 允许压力为1.56MPa；

2. 除表列产品外，还有 $D_g 20 \sim 100\text{mm}$ 的异径三通、异径四通、异径短管等产品，详见《给水排水设计手册》第8册（中国建筑工业出版社出版）。

(四) 喷灌地埋钢管管件

喷灌用地埋钢管管件系水利电力部组织的全国喷灌地埋管路附件设计组设计的，已于1985年7月通过鉴定。其管件外形、规格，见图3-2、表3-11及表3-12。

表 3-11

地埋钢管管件法兰规格

(单位: mm)

钢管公称通径 D_g	法 兰 尺 寸						
	D	D_1	D_2	d_0	n	S	f
80	195	160	78	18	4	18	3
100	215	180	108	18	8	19	3
150	280	240	159	23	8	21	3
200	335	295	219	23	8	21	3
500	390	350	273	23	8	23	3

注 法兰内径与钢管外径的配合公差应符合国家标准要求。

表 3-12

地埋钢管管件规格、尺寸、重量

管件名称	规 格	尺 寸 (mm)						重 量 (kg)
		D_g	d_g	H	I	S	L	
四盘十字管	100/100	108	108	200	200	4		22.88
	150/150	159	159	250	250	4.5		40.93
	200/200	219	219	300	300	6		63.67
	250/250	273	273	300	300	8		91.56
	250/200	273	219	250	275	8/6		72.84
	250/150	273	159	200	250	8/4.5		59.76
	200/150	219	159	200	220	6/4.5		45.93
	200/100	219	108	200	220	6/4		39.03
	150/100	159	108	200	200	4.5/4		30.47

续表

管件名称	规格	尺寸 (mm)						重量 (kg)	
		D_F	d_g	H	I	S	L		h
三盘丁字管	100/100	108	108	200	200	4		17.42	
	150/150	159	159	250	250	4.5		31.37	
	200/200	219	219	300	300	6		49.31	
	250/250	273	273	300	300	8		72.43	
	250/200	273	219	250	275	8/6		61.17	
	250/150	273	159	200	250	8/4.5		51.17	
	200/150	219	159	200	220	6/4.5		37.40	
	200/100	219	108	200	220	6/4		33.95	
150/100	159	108	200	200	4.5/4		25.28		
双盘螺纹丁字管	$D_g 100/G 2"$	108	65			4	300	42	11.23
	$D_g 100/G 1"$	108	38			4	300	27.5	11.04
	$D_g 80/G 2"$	89	65			4	300	45.1	10.35
	$D_g 80/G 1"$	89	38			4	300	27.7	10.14
异径直通	250/200	273	219			8	381		36.93
	250/150	273	159			8	495		36.28
	200/150	219	159			6	395		24.70
	200/100	219	108			6	495		23.00
	150/100	159	108			4.5	380		15.70
45°弯头	100	108				4	204		9.97
	150	159				4.5	252		17.58
	200	219				6	286		25.29
	250	273				8	282		36.96
90°弯头	100	108				4	326		11.22
	150	159				4.5	404		20.18
	200	219				6	494		31.84
	250	273				8	500		47.83
堵头	100								5.64
	150								10.56
	200								15.31
	250								22.79

二、铸 铁 管

(一) 连续铸铁管

1. 尺寸、外形、重量

承插直管的形状和尺寸应符合图3-3、表8-13、表3-14的规定。

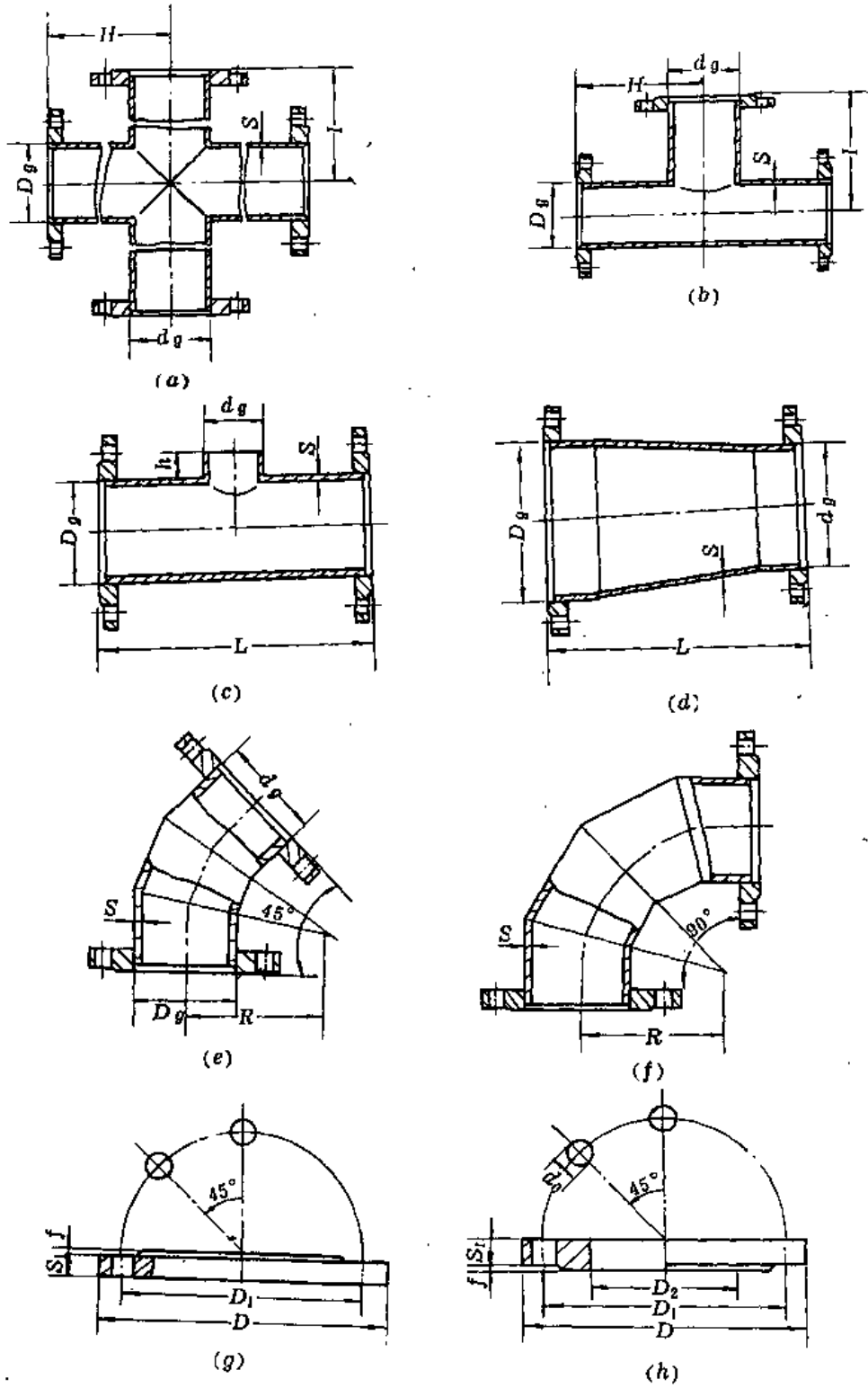


图 3-2 喷灌地埋钢管管件

(a) 四盘十字管；(b) 三盘丁字管；(c) 双盘螺纹丁字管；(d) 异径直通；
 (e) 45°弯头；(f) 90°弯头；(g) 堵头；(h) 法兰

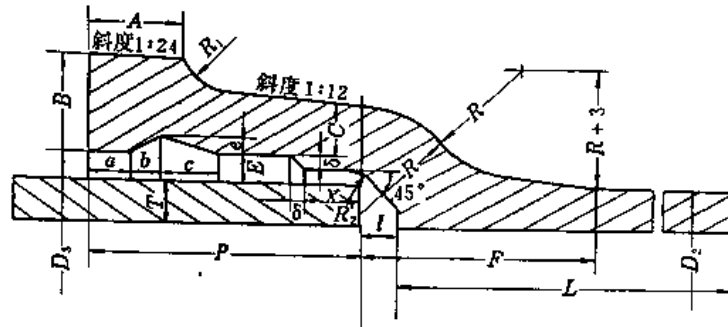


图 3-3 连续铸铁管

表 3-13

连续铸铁管承口尺寸

(单位: mm)

公称口径 D_R	承口内径 D_3	A	B	C	E	P	I	F	δ	X	R	a	b	c	e
75	113.0	36	26	12	10	90	9	75	5	13	32	15	10	20	6
100	138.0	36	26	12	10	95	10	75	5	13	32	15	10	20	6
150	189.0	36	26	12	10	100	10	75	5	13	32	15	10	20	6
200	240.0	38	28	13	10	100	11	77	5	13	33	15	10	20	6
250	293.6	38	32	15	11	105	12	83	5	18	37	15	10	20	6
300	344.8	38	33	16	11	105	13	85	5	18	38	15	10	20	6
350	396.0	40	34	17	11	110	13	87	5	18	39	15	10	20	6
400	447.6	40	36	18	11	110	14	89	5	24	40				

注 1. 本表摘自GB 3422-82:

2. $R = C + 2E$, $R_1 = C$, $R_2 = E$.

表 3-14

连续铸铁管的壁厚与重量

公称口径 D_R (mm)	外径 D_1 (mm)	壁厚 T (mm)			承口凸部 重量(kg)	直部 1m 重量 (kg)			有效长度 L (mm)								
									4000			5000			6000		
		LA级	A级	B级		LA级	A级	B级	LA级	A级	B级	LA级	A级	B级	LA级	A级	B级
75	93.0	9.0	9.0	9.0	6.66	17.1	17.1	17.1	75.1	75.1	75.1	92.2	92.2	92.2			
100	118.0	9.0	9.0	9.0	8.26	22.2	22.2	22.2	97.1	97.1	97.1	119	119	119			
150	169.0	9.0	9.2	10.0	11.43	32.6	33.3	36.0	142	145	155	174	178	191	207	211	227
200	220.0	9.2	10.1	11.0	15.62	43.9	48.0	52.0	191	208	224	235	256	276	279	304	328
250	271.6	10.0	11.0	12.0	23.06	59.2	64.8	70.5	260	282	305	319	347	376	378	412	446
300	322.8	10.8	11.9	13.0	28.30	76.2	83.7	91.1	333	363	393	409	447	484	486	531	575
350	374.0	11.7	12.8	14.0	34.01	95.9	104.6	114.0	418	452	490	514	557	604	609	662	718
400	425.6	12.5	13.8	15.0	42.31	116.8	128.5	139.3	510	556	600	626	685	739	743	813	878

注 1. 本表摘自GB 3422-82:

2. 计算重量时, 铸铁比重采用7.20:

3. 总重量 = 直管部1m重量 × 有效长度 + 承口凸部重量。

2. 机械性能 (表3-15及表3-16)

表3-15 连续铸铁管管环抗弯强度
(摘自GB3422-82)

公称口径 D_g (mm)	管环抗弯强度 (MPa)
<300	3.33
350~700	2.74
>800	2.35

表3-16 连续铸铁管水压试验
(摘自GB3422-82)

公称口径 D_g (mm)	试验压力 (MPa)		
	LA级	A级	B级
<450	2.0	2.5	3.0
>500	1.5	2.0	2.5

(二) 砂型离心铸铁管

1. 尺寸、外形、重量

承插直管的形状和尺寸应符合图3-4、表3-17、表3-18的规定。

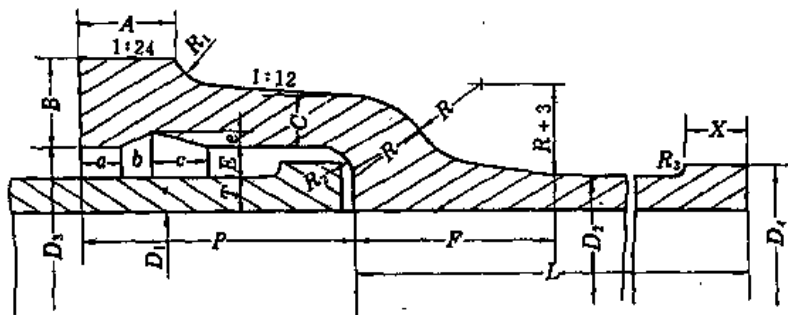


图 3-4 砂型离心铸铁管

表3-17 砂型离心铸铁管承口尺寸 (单位: mm)

公称口径 D_g	承 口							插 口				a	b	c	e
	D_3	A	B	C	P	E	F	R	D_4	R_1	X				
200	240.0	38	30	15	100	10	71	25	230.0	5	15	15	10	20	6
250	293.6	38	32	15	105	11	73	26	281.6	5	20	15	10	20	6
300	344.8	38	33	16	105	11	75	27	332.8	5	20	15	10	20	6
350	396.0	40	34	17	110	11	77	28	384.0	5	20	15	10	20	6
400	447.6	40	36	18	110	11	78	29	435.0	5	25	15	10	20	6
450	498.8	40	37	19	115	11	80	30	486.8	5	25	15	10	20	6
500	552.9	40	38	19	115	12	82	31	540.0	6	25	18	12	25	7
600	654.8	42	41	20	120	12	84	32	642.8	6	25	18	12	25	7
700	757.0	42	43	21	125	12	86	33	745.0	6	25	18	12	25	7
800	860.0	45	46	23	130	12	89	35	848.0	6	25	18	12	25	7
900	963.0	45	50	25	135	12	92	37	951.0	6	25	18	12	25	7
1000	1067.0	50	54	27	140	13	98	40	1053	6	25	18	12	25	7

注 1. 本表摘自GB3421-82:

2. $R = C + E$, $R_1 = C$, $R_2 = E$.

表3-18

砂型离心铸铁管的壁厚与重量

公称口径 D_g (mm)	壁厚 T (mm)		内径 D_1 (mm)		外径 D_2 (mm)	有效长度 (mm)				承口凸 部重量 (kg)	插口凸 部重量 (kg)	直部 1 m	
						3000		6000				重量 (kg)	
	P级	G级	P级	G级		P级	G级	P级	G级	P级	G级		
200	8.8	10.4	202.4	200	220.0	227.0	254.0			16.30	0.382	42.0	47.5
250	9.5	10.8	252.6	250	271.6	303.0	340.0			21.30	0.626	56.3	63.7
300	10.0	11.4	302.8	300	322.8	381.0	428.0	452.0	509.0	26.10	0.741	70.8	80.3
350	10.8	12.0	352.4	350	374.0			566.0	623.0	32.60	0.857	88.7	98.3
400	11.5	12.8	402.6	400	425.6			687.0	757.0	39.00	1.160	107.7	119.5
450	12.0	13.4	452.4	450	476.8			806.0	892.0	46.90	1.610	126.2	140.5
500	12.8	14.0	502.4	500	528.0			950.0	1030.0	52.70	1.810	149.2	162.8
600	14.2	15.6	602.4	599.6	630.8			1260.0	1370.0	68.80	2.160	198.0	217.1
700	15.5	17.1	702.0	698.8	733.0			1600.0	1750.0	86.00	2.510	251.6	276.9
800	16.8	18.5	802.6	799.0	836.0			1980.0	2160.0	109.00	2.860	311.3	342.1
900	18.2	20.0	902.6	899.0	939.0			2410.0	2630.0	136.00	3.210	379.1	415.7
1000	20.5	22.6	1000.0	955.8	1041.0			3020.0	3300.0	173.00	3.550	473.2	520.6

注 1. 本表摘自GB3421-82;

2. 计算重量时铸铁比重采用7.20;

3. 总重量 = 直管部 1 m 重量 × 有效长度 + 承口凸部重量

2. 机械性能

砂型离心铸铁管的机械性能及参考价见表3-19至表3-21。

表3-19. 砂型离心铸铁管管环
抗弯强度 (摘自GB3421-82)

公称口径 D_g (mm)	管环抗弯强度 (MPa)
< 300	3.33
350 ~ 700	2.71
≥ 800	2.35

表3-20 砂型离心铸铁管水压试验
(摘自GB3421-82)

直管种类	公称口径 D_g (mm)	试验压力 (MPa)
P级	< 450	2.0
	≥ 500	1.5
G级	< 450	2.5
	≥ 500	2.0

表3-21

铸铁直管参考价格

名 称	内 径 (mm)	壁 厚 (mm)	参考价格 (元/1)
承插式直管	75	9	550
	100	9	500
	150	9	490
	200 ~ 250	9.1 ~ 10.8	470
	300	10.2 ~ 11.4	460
双单盘直管	75	9	570
	100	9	525
	150	9	519
	200 ~ 250	9.1 ~ 10.8	490
	300	10.2 ~ 11.4	485

(三) 铸铁管件

喷灌用地埋铸铁管件为水电部组织的全国喷灌地埋管路附件设计组设计的,已于1985年7月通过鉴定。其外形、规格、见图3-5、表3-22。

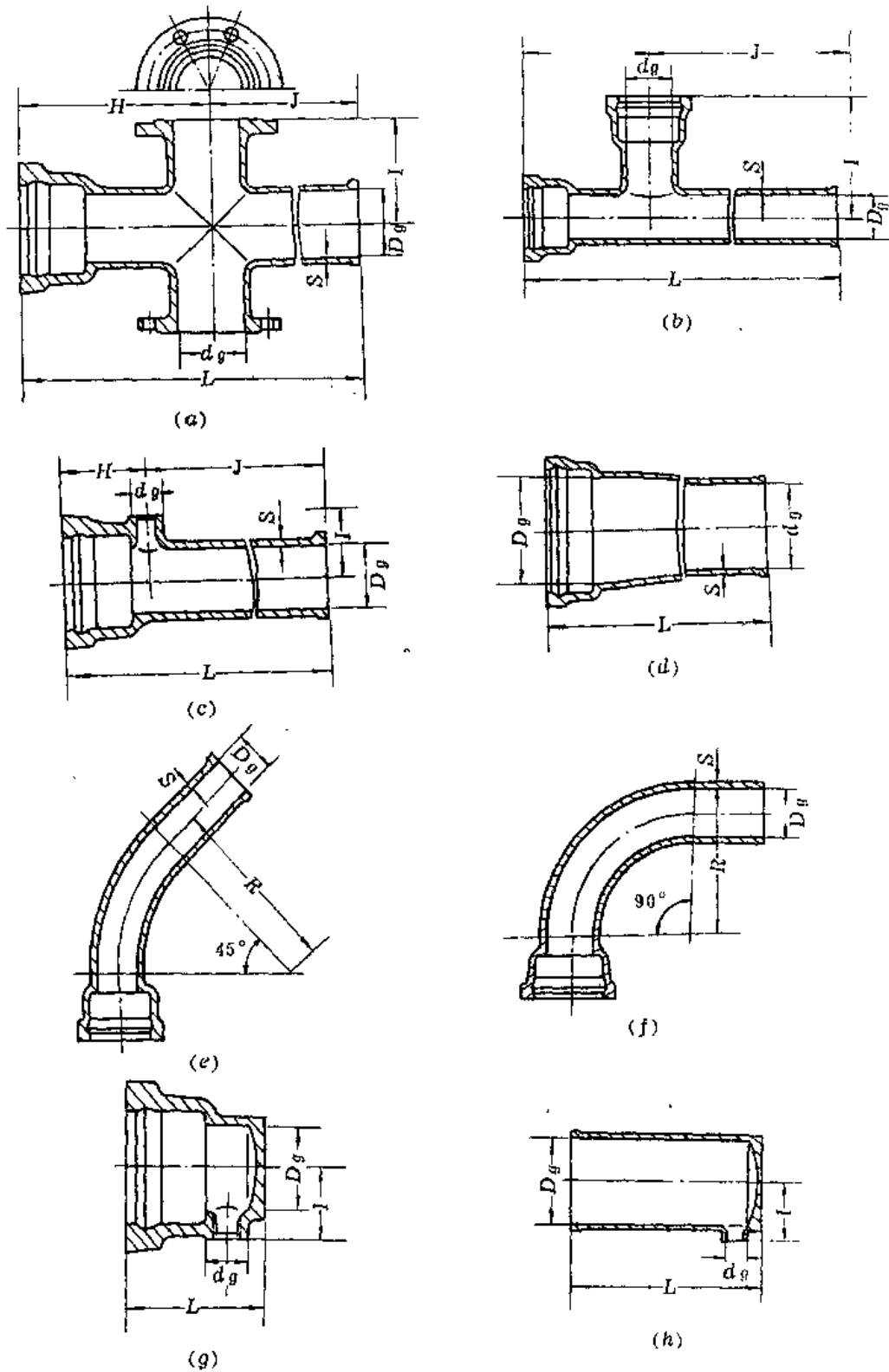


图 3-5 喷灌用地埋铸铁管管件

(a) 承插双承十字管；(b) 双承单插丁字管；(c) 承插螺纹丁字管；(d) 承插异径直通；
(e) 45°弯头；(f) 90°弯头；(g) 承堵；(h) 插堵

表 3-22

地埋用铸铁管管件规格、尺寸、重量

管件名称	规格	尺寸 (mm)							重量 (kg)
		D_R	d_R	H	l	S	L	R	
承插双头十字管	100/100	100	100	279	160	9	809		
	150/150	150	150	294	190	9	894		
	200/200	200	200	354	250	10	984		
	250/250	250	250	389	260	11	1059		
	250/200	250	200	389	260	11	984		
	250/150	250	150	339	250	11	939		
	200/150	200	150	354	250	10	984		
	200/100	200	100	304	230	10	864		
150/100	150	100	294	190	9	864			
双承单插丁字管	100/100	100	100	279	259	9	809		
	150/150	150	150	294	294	9	894		
	200/200	200	200	354	354	10	984		
	250/250	250	250	389	369	11	1059		
	250/200	250	200	389	364	11	1059		
	250/150	250	150	339	354	11	939		
	200/150	200	150	354	354	10	684		
	200/100	200	100	304	329	10	864		
150/100	150	100	294	289	9	894			
承插螺纹丁字管	$Dg100/G1"$	100	53	126	93	9	634		
	$Dg100/G2"$	100	80	140	100	9	661		
承插异径直通	250/200	250	200			11	779		
	250/150	250	150			11/9	779		
	200/150	200	150			10/9	664		
	200/100	200	100			10/9	664		
	150/100	150	100			9	659		
45°弯头	100	100				9			
	150	150				9			
	200	200				10			
	250	250				11			
90°弯头	100	100				9			
	150	150				9			
	200	200				10			
	250	250				11			
承堵	100	100	48		85	9	166		
	150	150	48		112	9	172		
	200	200	48		136	10	179		
	250	250	48		164	11	191		
插堵	100	100	48		85	9	523		
	150	150	48		110	9	421		
	200	200	48		136	10	427		
	250	250	48		162	11	433		

注 表列管件工作压力为1MPa。

三、自应力钢筋混凝土管

(一) 类型

承插式自应力钢筋混凝土管根据工作压力分为工压-4、工压-5、工压-6、工压-8、工压-10和工压-12六种类型。详见表3-23。

表3-23 自应力钢筋混凝土管工作压力

类 型	公称内径 (mm)	压力指标 (MPa)		类 型	公称内径 (mm)	压力指标 (MPa)	
		工作压力	出厂 检验压力			工作压力	出厂 检验压力
工压-4	100~800	0.4	0.8	工压-8	100~800	0.8	1.4
工压-5		0.5	1.0	工压-10		1.0	1.7
工压-6		0.6	1.2	工压-12		1.2	2.0

注 本表摘自GB1081-83

(二) 规格与尺寸

自应力钢筋混凝土管的外形和管接头的规格、尺寸如图3-6、图3-7与表3-24。

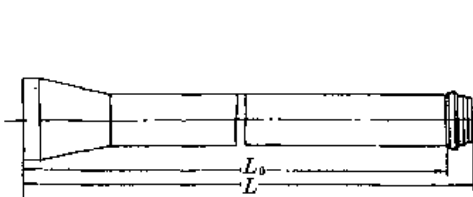


图 3-6 管子外形

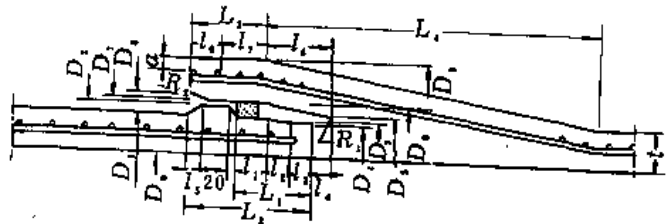


图 3-7 管子接头

表3-24 自应力钢筋混凝土管规格、尺寸 (单位: mm)

公称内径 D_0		100	150	200	250	300	350	400	500	600	800	
		外 径 D_1	150	200	260	320	380	440	490	610	720	960
壁 厚 t		25	25	30	35	40	45	45	55	60	80	
净保护层厚 C		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	
管 长		L_0	3000	3000	3000	3000	4000	4000	4000	4000	4000	
		L	3080	3080	3080	3080	4088	4088	4107	4107	4117	4140
接 头 尺 寸	插	D_2	164	214	274	334	397	457	514	634	713	984
		D_3	152	202	262	322	382	442	496	616	726	966
		D_4	146	196	256	316	376	436	490	610	718	968
		t_1	20	20	20	20	25	25	35	35	40	50
		t_2	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
	口	t_3	15	15	15	15	18	18	20	20	20	25
		t_4	10	15	15	15	17	17	20	20	25	25
		t_5	8	8	8	8	8	8	15	15	15	23
		L_1	50	50	50	50	58	58	70	70	80	95
		L_2	80	80	80	80	88	88	107	107	117	140

续表

公称内径 D_0			100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
接 头 尺 寸	承 口	D_5	118	158	218	318	378	478	492	612	774	904
		D_6	108	218	278	378	401	461	518	638	750	904
		D_7	169	219	279	339	402	462	519	639	752	904
		D_8	176	226	286	346	411	471	530	679	742	1008
		D_9	240	290	365	435	510	580	640	780	910	1211
	L_6	20	20	24	20	20	24	27	27	27	35	35
	L_7	30	30	30	30	35	35	45	45	50	60	60
	L_8	40	45	45	45	50	50	57	55	65	70	70
	L_3	50	50	50	50	55	55	72	72	77	90	90
	L_4	210	210	245	270	310	335	350	395	455	572	572
参考重量 (kg/根)			90	115	180	260	450	615	700	1070	1417	2530

注 本表摘自GB1081-83

(三) 自应力钢筋混凝土管管件

由水利电力部全国喷灌地埋管路附件设计组设计, 于1985年7月通过鉴定的自应力钢筋混凝土管地埋铸铁管路附件如图3-8及表3-25。

表3-25 自应力钢筋混凝土管铸铁管件规格

名 称	规 格	外 形 尺 寸 (mm)										重 量 (kg)
		D_x	d_x	L	H	J	I	F_1	L_1	R	S	
插盘短管	100	100	128	200								
	150	150	176	200								
	200	200	236	200								
	250	250	294	250								
	300	300	350	250								
承盘短管	100	100	169	220								
	150	150	219	125								
	200	200	278	135								
	250	250	338	155								
	300	300	401	220								
90°承插弯管	100	128	168					30		250	80	
	150	176	218					30		300	80	
	200	236	278					30		400	80	
	250	294	338					30		400	80	
	300	350	401					30		550	108	
45°承插弯管	100	128	168					30		250	80	
	150	176	218					30		300	80	
	200	236	278					30		400	80	
	250	294	338					30		400	80	
	300	350	401					30		550	108	
22.5°承插弯管	100	128	168					30		250	80	
	150	176	218					30		300	80	
	200	236	278					30		400	80	
	250	294	338					30		400	80	
	300	350	401					30		550	108	

续表

名 称	规 格	外 形 尺 寸 (mm)										重 量 (kg)
		D_e	d_s	L	H	J	I	F_1	L_1	R	S	
承插双盘四通	100	128	100		110	220	170					
	150	176	150		175	280	200					
	200	236	200		195	280	230					
	250	294	250		225	320	260					
	300											
承插双盘异径四通	150 × 100	176	100		175	260	200					
	200 × 150	236	150		195	280	230					
	200 × 100	236	100		195	280	230					
	250 × 200	294	200		225	310	260					
	250 × 150	294	150		195	280	260					
	300 × 250	350	250		215	350	295					
	300 × 200	350	200		215	320	295					
承插单盘三通	100	128	100		110	220	170					
	150	176	150		175	260	200					
	200	236	200		195	280	230					
	250	294	250		225	320	260					
	300	350	250		215	350	300					
承插单盘异径三通	150 × 100	176	100		175	260	200					
	200 × 150	236	150		195	280	230					
	200 × 100	236	100		195	280	230					
	250 × 200	294	200		225	310	260					
	250 × 150	294	150		195	280	260					
	300 × 200	350	200		225	320	295					
承插螺纹三通	100 × ZG2"	128			70	150	130					
	100 × ZG1"	128			60	150	120					
承插渐缩管	150 × 100	176	168	260								
	200 × 150	231	218	260								
	200 × 100	236	168	320								
	250 × 200	294	278	270								
	250 × 150	294	218	420								
	300 × 250	350	338	298								
	300 × 200	350	278	438								
堵 头	100	128		100								
	150	176		100								
	200	236		120								
	250	294		120								
	300	350		130								

注 1. 表列产品的生产厂家有浙江杭州喷灌设备安装公司、山西太原光华喷灌设备厂、江苏金坛管道设备厂；
 2. 工作压力1.0 MPa，试验压力1.5 MPa；
 3. 每公斤参考价格为1.00元

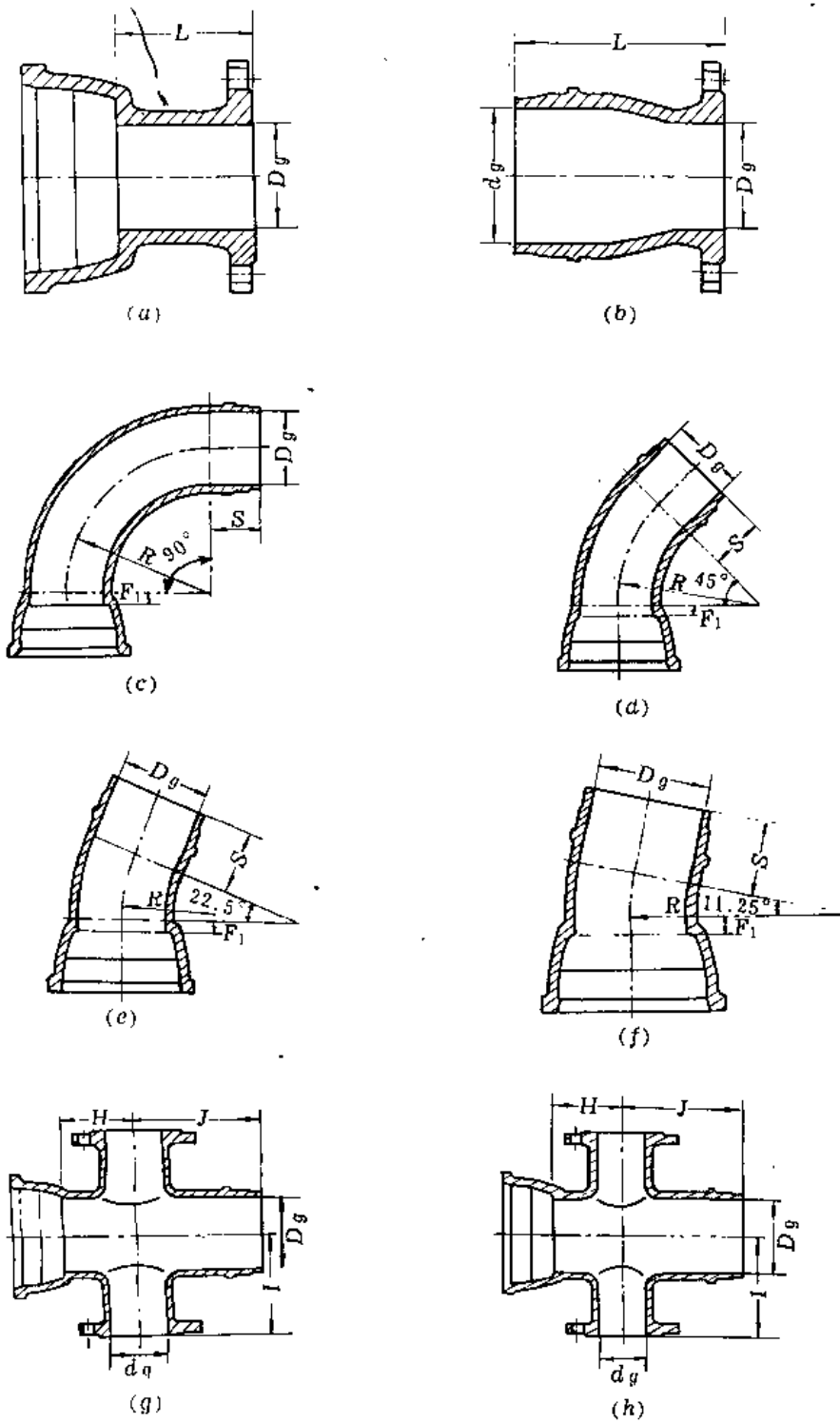


图 3-8 自应力钢筋混凝土管铸铁管件(一)

- (a) 插盘短管; (b) 承盘短管; (c) 90°承插弯头; (d) 45°承插弯头;
 (e) 22 1/2°承插弯头; (f) 11 1/4°承插弯头; (g) 承插双盘四通;
 (h) 承插双盘异径四通;

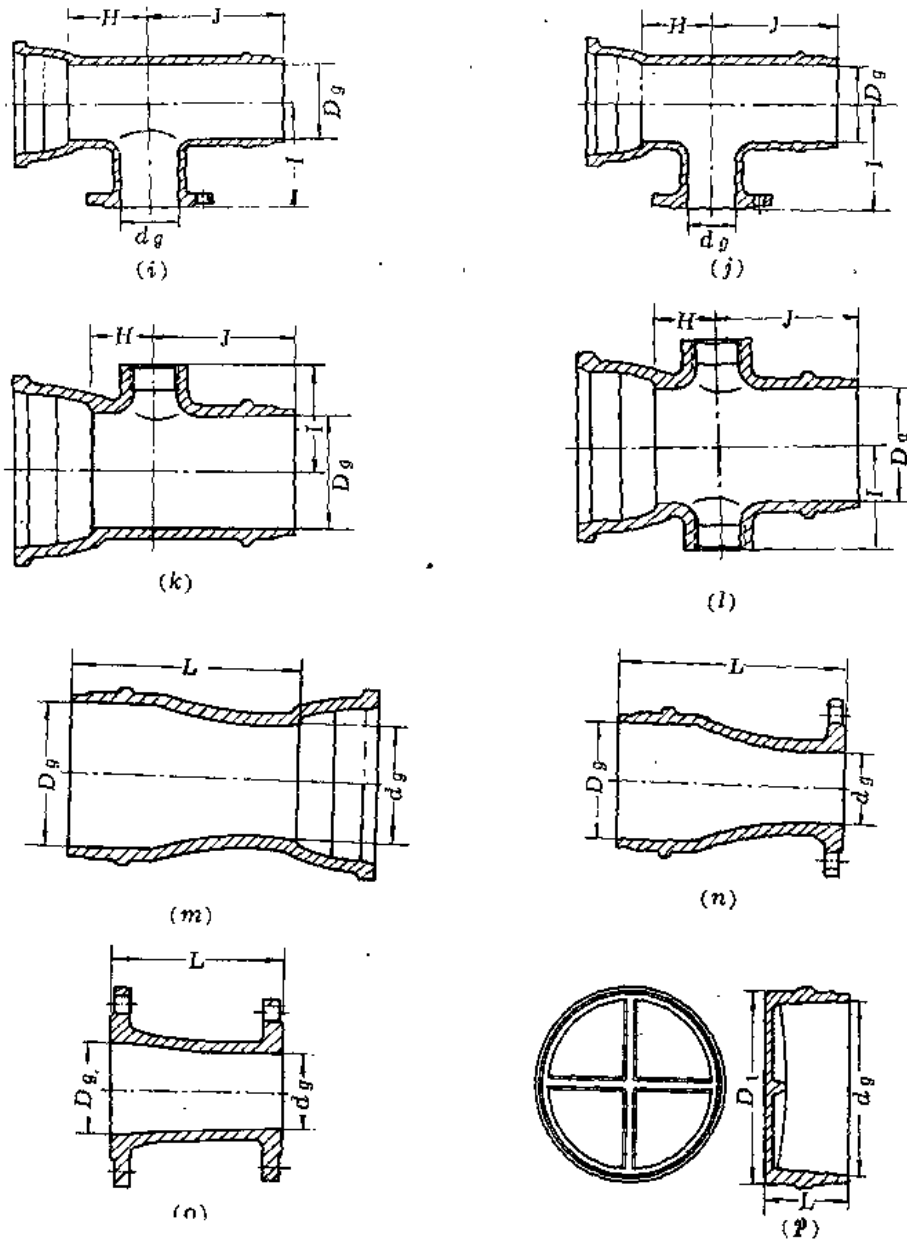


图 3-8 自应力钢筋混凝土管铸铁管件 (二)

(i) 承插单盘三通; (j) 承插单盘异径三通; (k) 承插螺纹三通; (l) 承插螺纹四通;
 (m) 承插渐缩管; (n) 插盘渐缩管; (o) 双盘渐缩管; (p) 堵头

续表

名称	规格	外形尺寸 (mm)										重量 (kg)
		D_s	d_s	L	H	f	t	F_1	L_2	R	S	
承插双盘四通	100	130	100		130	220	178					
	150	162	150		163	260	207					
	200	226	200		197	290	240					
	250	260	250		223	320	260					
	300	316	300		248	350	301					
承插双盘 异径四通	100×80	130	80		120	210	176					
	150×80	162	80		123	220	193					
	150×100	162	100		133	230	195					
	200×100	226	100		133	230	228					
	200×150	226	150		163	260	240					
	250×150	260	150		163	260	258					
	250×200	260	200		193	290	258					
	300×200	316	200		198	300	287					
	300×250	316	250		218	320	289					
承插单盘三通	100×100	130	100		130	220	178					
	150×150	162	150		170	260	207					
	200×200	226	200		200	290	240					
	250×250	260	250		223	320	260					
	300×300	316	300		248	350	301					
承插单盘 异径三通	100×80	130	80		120	210	176					
	150×80	162	80		123	220	193					
	150×100	162	100		133	230	195					
	200×100	226	100		133	230	228					
	200×150	226	150		163	260	240					
	250×150	260	150		163	260	258					
	250×200	260	200		193	290	258					
	300×200	316	200		198	300	287					
	300×250	316	250		218	320	289					
承插螺纹三通	100×KG2"	130			70	160	120					
	150×KG2"	162			63	160	136					
承插螺纹四通	100×KG2"	130			70	160	120					
	150×KG2"	162			63	160	136					
插盘渐缩管	100×80	130	80	260								
	150×80	162	80	410								
	150×100	162	100	262								
	200×100	226	100	412								
	200×150	226	150	264								
	250×150	260	150	414								
	250×200	260	200	264								
	300×200	316	200	414								
	300×250	316	250	266								
双盘渐缩管	100×80	100	80	192								

续表

名 称	规 格	外 形 尺 寸 (mm)										重 量 (kg)
		D_1	d_1	L	H	J	I	F_1	L_2	R	S	
双盘渐缩管	150×80	150	80	344								
	150×100	150	100	196								
	200×100	200	100	346								
	200×150	200	150	198								
	250×150	250	150	350								
	250×200	250	200	200								
	300×200	300	200	352								
300×250	300	250	204									
插承渐缩管	150×100	162	130	259.5								
	200×100	226	130	409.5								
	200×150	226	162	263.1								
	250×150	260	162	413.1								
	250×200	260	226	263								
	300×200	316	226	413								
	300×250	316	260	266.5								
90°承插弯管	100	130						19.5		250	90	
	150	162						23.1		300	90	
	200	226						23		400	90	
	250	260						26.5		400	90	
	300	316						28.3		550	90	
45°承插弯管	100	130						19.5		250	90	
	150	162						23.1		300	90	
	200	226						23		400	90	
	250	260						26.5		400	90	
	300	316						28.3		550	90	
22.5°承插弯管	100	130						19.5		250	90	
	150	162						23.1		300	90	
	200	226						23		400	90	
	250	260						26.5		400	90	
	300	316						28.3		550	90	

注 1. 表列产品为水利电力部全国喷灌埋管附件设计组设计, 于1985年7月通过鉴定。生产厂家有浙江新安江水泥制品厂、杭州喷灌设备安装公司、江苏金坛管道设备厂。

2. 工作压力1.0MPa, 试验压力1.3MPa;

3. 每公斤参考价格为1.0元。

五、石棉水泥管

石棉水泥管的生产工艺分为抄取法、塑法内真空和三轴法3种, 其中以抄取法生产的石棉水泥管质量最佳, 目前国内外喷灌工程中使用的均为按抄取法工艺生产的石棉水泥管。

(一) 分级标准和规格尺寸

根据国标GB3039-82, 石棉水泥输水(压力)管的分级规格, 见表3-28。

表3-28 石棉水泥输水管分级规格 (摘自GB3039-82)

级 别	工作压力 (MPa)	级 别	工作压力 (MPa)
水 3	0.3	水 9	0.9
水 5	0.5	水 12	1.2
水 7.5	0.75		

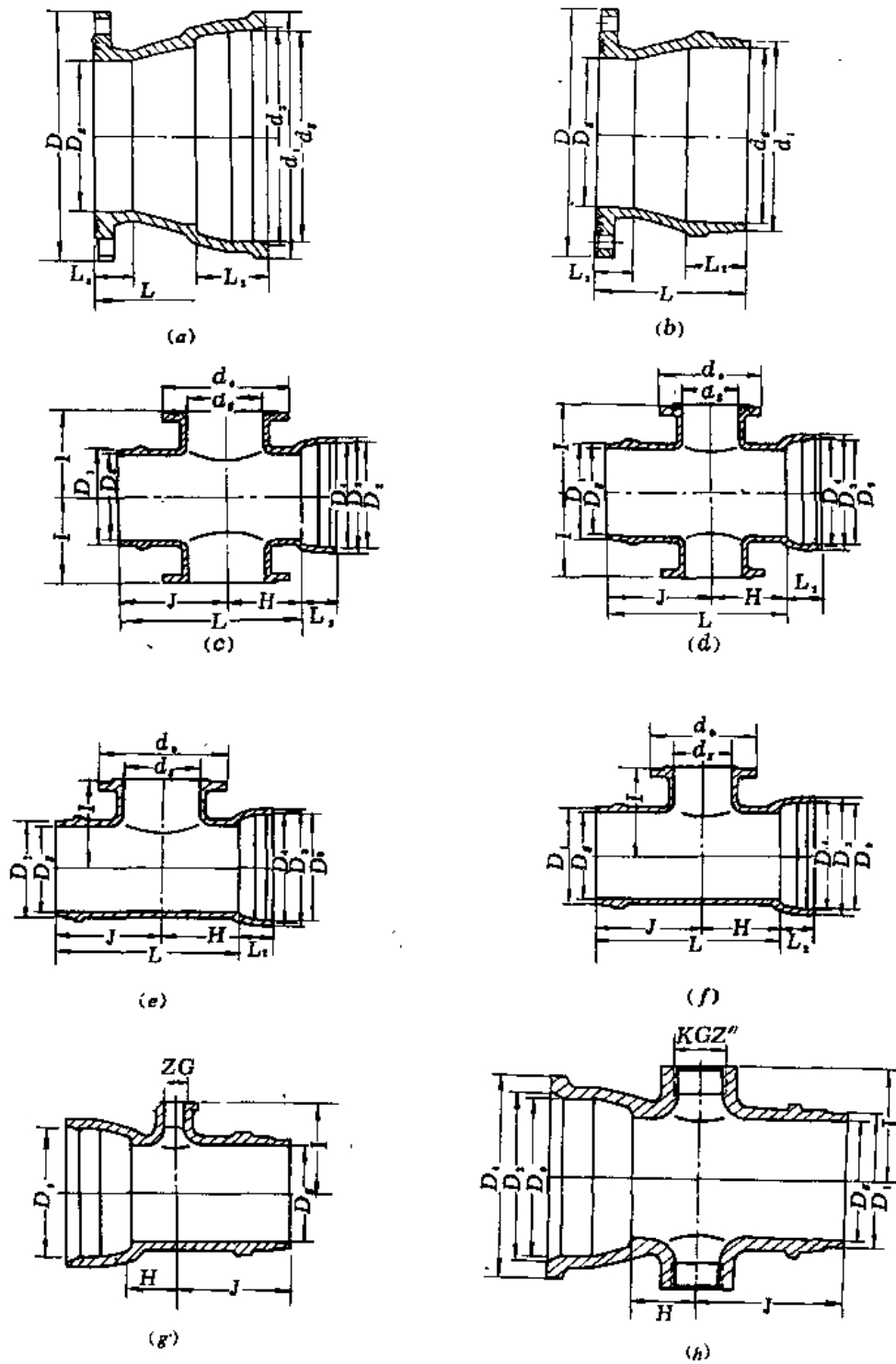


图 3-9 自应力钢丝网水泥管铸铁管件 (一)

(a) 承盘短管; (b) 插盘短管; (c) 承插双盘四通; (d) 承插双盘异径四通;
 (e) 承插单盘三通; (f) 承插单盘异径三通; (g) 承插螺纹三通; (h) 承插螺纹四通。

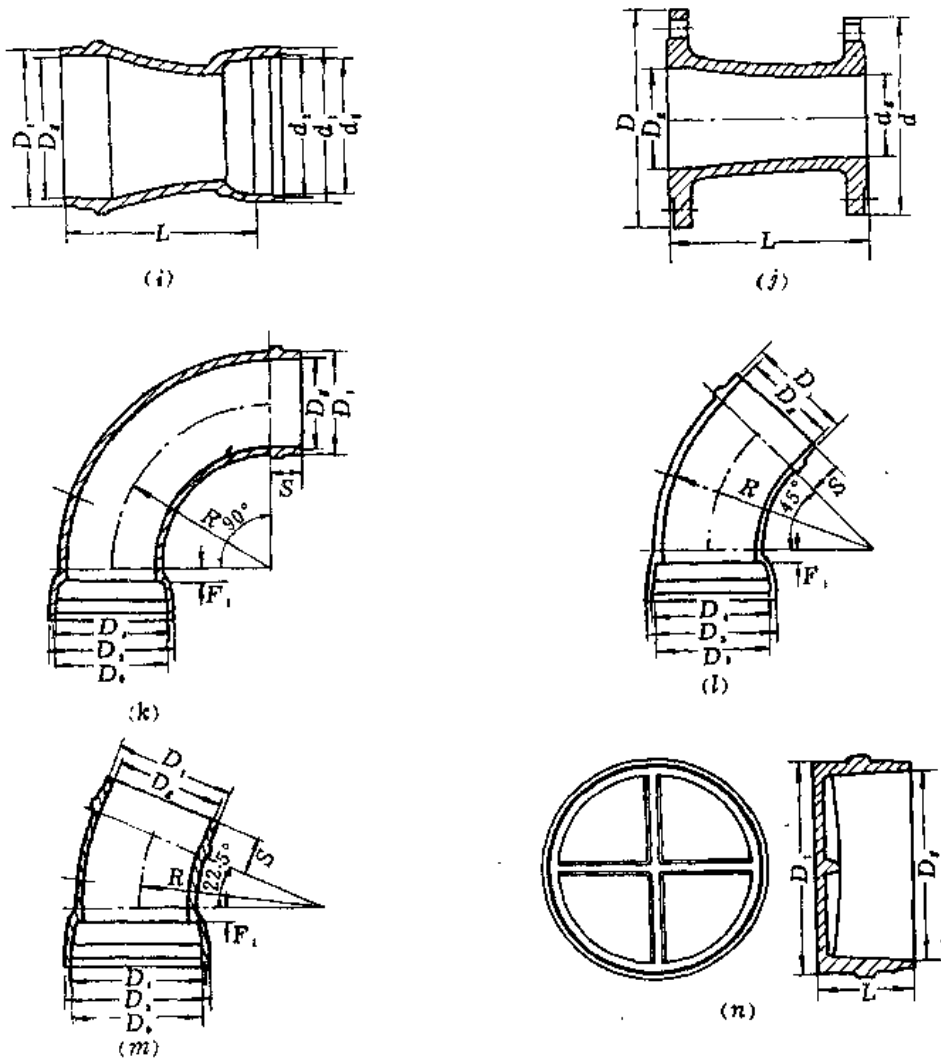


图 3-9 自应力钢丝网水泥管铸铁管件(二)

(i) 承插渐缩管; (j) 双盘渐缩管; (k) 90°承插弯头; (l) 45°承插弯头;
 (m) 22.5°承插弯头; (n) 堵头

表3-29 石棉水泥输水管规格尺寸 (摘自GB3039-82)

公称直径 d	内径 d	标准长度 l (m)	水 3		水 5		水 7.5		水 9		水 12						
			车削端		车削端		车削端		车削端		车削端						
			厚度 S	外径 D	参考重量 W (kg/m)	厚度 S	外径 D	参考重量 W (kg/m)	厚度 S	外径 D	参考重量 W (kg/m)	厚度 S	外径 D	参考重量 W (kg/m)			
75	75	2, 3	9	93	5.5	10	95	6.1	11	97	6.6	11	97	6.6	12	99	7.2
100	100	2, 3, 4	9	118	7.1	10	120	7.8	11	122	8.5	11	122	8.5	12	124	9.3
150	150	2, 3, 4, 5	10	170	11.3	11	172	12.3	11	178	15.1	16	182	17.6	18	186	19.8
200	200	3, 4, 5	11	222	16.1	12	224	17.1	16	232	22.8	21	242	29.8	25	250	35.6
250	250	3, 4, 5	13	276	23.1	15	280	26.4	19	288	33.1	23	296	40.0	27	304	47.0
300	300	3, 4, 5	16	332	23.3	17	334	35.2	23	346	47.2	26	352	57.5	30	360	61.7
350	350	4, 5	18	386	43.0	19	388	45.3	27	404	63.9	30	410	71.0	34	418	80.8
400	400	4, 5	21	442	56.5	22	444	59.1	30	460	80.3	35	470	94.0	40	480	110.7
450	450	4, 5	24	496	69.0	28	506	83.7	33	516	98.6	39	525	117.0	45	540	135.8
500	500	4, 5	27	554	89.2	31	562	102.2	38	576	125.5	48	586	142.0	50	600	166.8

注 管子未车削外径比车削外径约大2mm。

石棉水泥输水管的形状和规格尺寸如图3-10和表3-29。

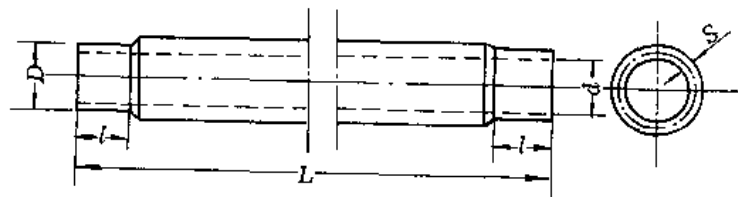


图 3-10 石棉水泥输水管外形尺寸

d —内径; D —车削端外径; S —车削端壁厚; l —车削长度; L —管子标准长度

(二) 性能

根据国标GB3039-82, 石棉水泥管的试验水压、破坏水压和强度如表3-30和表3-31。

表3-30 石棉水泥输水管的试验水压和破坏水压 (单位: MPa)

级 别	试验水压	破 坏 水 压						
		75	100	150	200	250	300	350
水 3	0.6	2.74	2.05	1.56	1.37	1.27	1.27	1.27
水 5	1.0	3.72	2.64	2.15	1.76	1.76	1.66	1.56
水 7.5	1.5	4.02	3.13	2.61	2.35	2.25	2.25	2.23
水 9	1.8	5.49	4.31	4.31	4.11	3.62	3.13	3.43
水 12	2.4	5.98	4.60	4.60	4.80	4.21	3.92	3.82

注 本表摘自GB3039-82

表 3-31 石棉水泥输水管的强度 (单位:MPa)

级 别	抗胀强度	抗折强度	外压强度
水 3	12.74	20.58	32.34
水 5	15.68	24.50	34.00
水 7.5	15.68	24.50	37.24
水 9	21.56	25.48	43.12
水 12	21.56	25.48	43.12

注 本表摘自GB3039-82

(三) 参考价格

华新水泥厂石棉制品分厂生产的石棉水泥管的规格、性能和价格, 如表3-32和表3-33。

表 3-32 华新水泥厂生产的石棉水泥管规格

内径 (mm)	100	141	147	189	195
标准长度 (mm)	4000	4000	4000	4000	4000

表 3-33 华新水泥厂石棉水泥管参考价格

级 别	水 3	水 5	水 7.5	水 9
工作压力 (MPa)	0.3	0.5	0.75	0.9
参考价格 (元/标m)	14	16	16	18

注 内径189mm的石棉水泥管每m为一标m。对于其他管径的管子, 先按其折算系数折算成189管的长度, 然后再计算价格。

陕西省石棉水泥管厂生产的石棉水泥管的规格和性能如表3-34, 参考价格见表3-35。

表 3-34 陕西省石棉水泥制管厂生产的石棉水泥管规格

内径 (mm)	100	147	189	235	279
标准长度 (mm)	4000	4000	4000	4000	4000
工作压力 (MPa)	0.5、0.75	0.5、0.75	0.5、0.75	0.5、0.75	0.5、0.75

注 陕西省石棉水泥制管厂生产的双胶圈柔性石棉套管接头的工作压力为0.75MPa。

表 3-35 陕西省石棉水泥制管厂石棉水泥管参考价格

公称直径 (mm)	内径×壁厚 (mm)	管重 (kg/m)	折合标米系数	参 考 价 格	
				元/m	元/根
100	100×11	31	0.37	6.13	24.52
150	147×14	51	0.66	10.94	43.76
200	189×16	82	1.00	16.59	66.36

六、硬 塑 料 管

国内用于喷灌固定管的硬塑料管主要有硬聚氯乙烯 (UPVC) 管、聚乙烯 (PE) 管和改性聚丙烯 (PP) 管。

(一) 硬聚氯乙烯管

硬聚氯乙烯管按使用压力分为轻型和重型两类。常温下使用压力轻型管为0.6MPa, 重型管为1MPa。

1. 规格 (表3-36)

表 3-36 硬聚氯乙烯管规格及尺寸公差 (摘自 SG78-75)

外 径 (mm)	外径公差 (mm)	轻 型		重 型	
		壁厚及公差 (mm)	近似重量 (kg/m)	壁厚及公差 (mm)	近似重量 (kg/m)
32	±0.3	1.5+0.4	0.22	2.5+0.5	0.35
40	±0.4	2.0+0.4	0.36	3.0+0.6	0.52
50	±0.4	2.0+0.4	0.45	3.5+0.6	0.77
63	±0.5	2.5+0.5	0.71	4.0+0.8	1.11
75	±0.5	2.5+0.5	0.85	4.0+0.8	1.34
90	±0.7	3.0+0.6	1.23	4.5+0.9	1.81
110	±0.8	3.5+0.7	1.75	5.5+1.1	2.71
125	±1.0	4.0+0.8	2.29	6.0+1.1	3.55
140	±1.0	4.5+0.9	2.88	7.0+1.2	4.38
160	±1.2	5.0+1.0	3.65	8.0+1.4	5.72
180	±1.4	5.5+1.1	4.52	9.0+1.6	7.26
200	±1.5	6.0+1.1	5.48	10.0+1.7	8.95
225	±1.8	7.0+1.2	7.20		
250	±1.8	7.5+1.3	8.56		
280	±2.0	8.5+1.5	10.88		
315	±2.5	9.5+1.6	13.68		

注 管材同一截面的壁厚偏差 δ' (%) 不得超过14%，其计算公式如下：

$$\delta' = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \times 100\%$$

式中 δ_1 ——管材同一截面的最大壁厚 (mm)；
 δ_2 ——管材同一截面的最小壁厚 (mm)。

2. 性能

目前在国家标准尚未定出之前，喷灌用硬聚乙烯管的性能指标应符合表3-37规定。

表 3-37 硬聚氯乙烯管性能指标 (SG78-75)

项 目	指 标	备 注
比 重	1.4~1.6	
腐蚀度 (g/m ²) 盐酸、硝酸 硫酸、氢氧化钠	< +2.0 < ±1.5	
60±2℃ 液压(允许应力12.74MPa)	保持1小时, 不破裂、不渗漏	
20±2℃ 液压(允许应力34.32MPa)	保持14小时, 不破裂、不渗漏	
尺寸变化率 (%) 沿长度方向 沿直径方向	< ±4.0 < ±2.5	

续表

项 目	指 标	备 注
扁 平	压至外径1.2, 无裂缝、破裂现象	外径 ≤ 200 mm按此项检验
丙 酮 浸 泡	无发毛、脱层现象	外径 ≥ 225 mm按此项检验
弯 曲 度	不规定	弯曲度指同一方向弯曲, 不允许呈S形弯曲
< 32	< 1.0	
40 ~ 200	< 0.5	
≥ 225		

(二) 聚乙烯管

聚乙烯有高密度和低密度（或低硬度和高硬度）的不同。

高密度聚乙烯管简称HD PE或UPE管，在外径相同时，管壁较薄而内径较大。低密度聚乙烯管简称LD-PE或SPE管，管壁较厚，比较柔韧。国外固定给排水管多采用高密度聚乙烯管。

轻工业部标准SG80-75规定的使用压力在常温下为0.4MPa，然而地埋喷灌用固定管实际使用压力往往超过此值，而达到0.6MPa级或1MPa级，此外，SG80-75为低密度聚乙烯管标准。因此，在选用此种管时应注意。

1. 规格（表3-38）

2. 性能（表3-39）

表3-38 聚乙烯管规格及尺寸
公差（摘自SG80-75）

外 径 (mm)	外径公差 (mm)	壁厚及公差 (mm)	近似重量 (kg/m)
32	± 0.5	2.5+0.5	0.213
40	± 0.5	3.0+0.6	0.321
50	± 0.5	4.0+0.8	0.532
63	± 0.8	5.0+0.8	0.838
75	± 0.8	6.0+0.9	

表3-39 聚乙烯性能指标（摘自SG80-75）

项 目	指 标
比 重	0.92~0.94
拉伸强度(MPa)	7.84
断裂伸长率(%)	≥ 200
液 压 试 验	2倍工作压力保持5分钟无破裂渗漏现象

注：管材同一截面的壁厚偏差 δ' (%)不得超过14%。

(三) 改性聚丙烯管

由于聚丙烯管具有低温性脆的明显缺点，一般喷灌多采用改性聚丙烯管而不用纯聚丙烯管。改性聚丙烯管是以聚丙烯树脂为基料，加入聚乙烯或橡胶型弹性体及其它添加剂，经挤出成型而取得的共混改性或共聚改性的聚丙烯管。

目前喷灌用改性聚丙烯管尚无国家标准和部标准，只能参考轻工业部SG246-81聚丙烯管部标准。

聚丙烯管在常温下使用压力分I、II、III型。I型为0.4MPa，II型为0.6MPa，III型为0.8MPa。

1. 规格（表3-40）

表 3-40 聚丙烯管规格尺寸公差 (摘自SG246-81)

外径及公差 (mm)	壁 厚 及 公 差 (mm)			近 似 系 数 (kg·m)		
	I	II	III	I	II	III
32 ± 0.3			2.2 ± 0.4			0.185
40 ± 0.4		2.1 ± 0.4	2.8 ± 0.5		0.225	0.201
50 ± 0.4	2.1 ± 0.4	2.6 ± 0.5	3.1 ± 0.6	0.271	0.328	0.318
63 ± 0.5	2.3 ± 0.5	3.3 ± 0.6	4.3 ± 0.7	0.395	0.550	0.713
75 ± 0.5	2.7 ± 0.5	3.9 ± 0.6	5.1 ± 0.8	0.552	0.781	1.007
90 ± 0.7	3.2 ± 0.6	4.7 ± 0.7	6.1 ± 0.9	0.786	1.133	1.447
110 ± 0.8	3.9 ± 0.6	5.7 ± 0.8	7.5 ± 1.0	1.170	1.681	2.173
125 ± 1.0	4.1 ± 0.7	6.5 ± 0.8	8.5 ± 1.1	1.500	2.177	2.759
140 ± 1.0	5.0 ± 0.7	7.3 ± 1.0	9.5 ± 1.2	1.908	2.739	3.505
160 ± 1.2	5.7 ± 0.8	8.3 ± 1.1	10.8 ± 1.3	2.487	3.562	4.559
180 ± 1.4	6.4 ± 0.9	9.4 ± 1.2	12.2 ± 1.5	3.141	4.580	5.789
200 ± 1.5	7.1 ± 1.0	10.4 ± 1.3	13.5 ± 1.6	3.873	5.577	7.118

注 管材同一截面的壁厚偏差 δ (%)不得超过11%。

2. 性能 (表3-41)

表 3-41 聚丙烯管性能指标 (摘自SG246-81)

项 目				指 标
比 重				0.90~0.91
轴向尺寸变化率 (%)				-2.0 < Δ < 2.0
扁 平 试 验				三段试样全部通过为合格
20℃液压试验 (瞬时爆破应力)(MPa)				≥21.57
0℃ 落 锤 冲 击	I 型	公称外径 ϕ (mm)	50	3
			63	4
			75	5
			90	6
			110	7
能 量 (J)	II 型	公称外径 ϕ (mm)	50	
			63	
			75	8
			90	
			110	
弯 曲 度 (%)		外径 < 110mm	≤ 2	
		外径 ≥ 110mm	≤ 1	

(四) 塑料管参考价格 (表3-42)

表 3-42 塑料管参考价

类 别	硬聚氯乙烯管	高密度聚乙烯管	改性聚丙烯管
参考价格 (元/t)	3800~3900	4000~4600	4600~4800

(五) 一些厂家的塑料管产品规格 (表3-43至表3-49)

表3-43 武汉塑料工业公司
硬聚氯乙烯管规格

公称直径 (英寸)	外径 (mm)	壁厚及公差 (mm)		近似重量 (kg/m)	
		轻 型	重 型	轻 型	重 型
1	32	1.5+0.4	2.5+0.5	0.22	0.35
2	63	2.5+0.5	4.0+0.8	0.71	1.11
3	90	3.0+0.6	4.5+0.9	1.23	1.81
4	110	3.5+0.7	5.5+1.1	1.75	2.71
6	160	5.0+1.0	8.0+1.4	3.65	5.72

注 3100~3300元/1。

表3-45 上海化工厂改性聚丙烯管规格

外 径 (mm)	壁厚及公差 (mm)	常温工作压力 (MPa)	近似重量 (kg/m)
60.0	3.3+0.6	0.4	0.80
88.5	4.7+0.7	0.4	1.20
114	5.7+0.8	0.4	2.30
165	7.3+1.0	0.4	4.20

表3-44 武汉塑料工业公司聚乙烯管规格

公称直径 (英寸)	外 径 (mm)	壁厚及公差 (mm)	常温工作压力 (MPa)	近似重量 (kg/m)
2	63	5+0.5	0.6	0.8
2.5	75	5+0.7	0.6	1.2
3	90	6+0.7	0.4	1.4
4	110	7+0.8	0.4	2.02
6	160	8+1.0	0.4	3.56

表3-46 上海塑料三厂聚丙烯管规格

公称外径		壁厚及公差 (mm)	常温工作压力 (MPa)	近似重量 (kg/m)
(英寸)	(mm)			
2	60	3.8+0.5	0.4	0.60
4	111	5.2+0.5	0.4	1.60

注 5800~5000元/1。

表3-47 上海开隆塑料化工厂高密度聚乙烯管规格

公称直径 (英寸)	外 径 (mm)	壁 厚 (mm)	常温工作压力 (MPa)	近似重量 (kg/m)
1	32.5~33.3	3.1~3.5	0.5	0.3013
1.5	47.0~48.0	4.3~4.9	0.5	0.5996
2	59.0~60.0	4.8~5.5	0.5	0.8375
3	87.5~88.5	5.2~6.0	0.5	1.4386
4	113.5~114.5	5.7~6.7	0.5	2.480

注 1. 5000元/1；

2. 液压试验2.45MPa保持2分钟不破裂、不渗漏。

表3-48 成都塑料厂硬聚氯乙烯管规格

公称直径 (英寸)	外径及公差 (mm)	壁厚及公差 (mm)	工作压力 (MPa)	近似重量 (kg/m)
1	32±0.3	2.5+0.5	1	0.35
2	63±0.5	4.0+0.8	1	1.11
3	90±0.7	4.5+0.9	1	1.81
4	110±0.8	5.5+1.0	1	2.71
6	160±1.2	8.0+1.4	1	5.72

表3-49 太原塑料工业公司硬聚氯乙烯管规格

公称直径 (英寸)	外 径 (mm)	壁厚及公差 (mm)		近似重量 (kg/m)	
		轻 型	重 型	轻 型	重 型
1	32	1.5+0.4	2.5+0.5	0.22	0.35
2	63	2.5+0.5	4.0+0.8	0.71	1.11
3	90	3.0+0.6	4.5+0.9	1.23	1.81
4	110	3.5+0.7	5.5+1.1	1.75	2.71
6	160	5.0+1.0	8.0+1.4	3.65	5.72

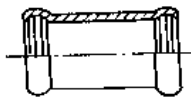
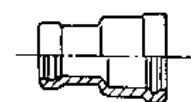
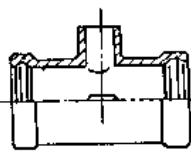
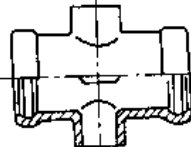

注 1. 聚氯乙烯管 3810元/t;
2. 1~6英寸高密度聚乙烯管 1200元/t

(六) 硬塑料管管件

目前国内生产的埋地硬塑料管管件主要有内(外)转环式、插入式、螺纹式和法兰式等几种形式。现将插入式和螺纹式管件介绍如下。

1. 插入式管件 (表3-50)

表3-50 插入式塑料管管件

名 称	规 格	参考价格 (元)	图 样
直 通	φ60	2.80	
	φ75	3.20	
	φ89	3.81	
	φ110	5.00	
	φ160	9.94	
异径直通	60×89	3.86	
	89×110	4.96	
三 通	110×60	5.76	
	110×75	5.76	
	110×90	5.76	
	160×110	11.96	
四 通	160×110	11.96	
堵 头	φ60	0.63	
	φ75	0.67	
	φ89	0.73	
	φ110	0.92	
	φ160	1.26	

注 1. 表列产品为湖北省沙市塑料厂生产;
2. 工作压力<0.6MPa, 试验压力1MPa;
3. 材料为聚乙烯。

2. 螺纹式管件 (表3-51、表3-52)

表3-51 螺纹式塑料管管件 (聚乙烯)

名 称	规 格		参考价格 (元)
	mm	英寸	
直 通	15	1/2	0.24
	20	3/4	0.30
	25	1	0.46
	40	1 1/2	0.89
	50	2	1.19
	80	3	2.86
	100	4	4.74
异径直通	20 × 15	3/4 × 1/2	0.30
	25 × 20	1 × 3/4	0.46
	40 × 20	1 1/2 × 3/4	0.89
	40 × 25	1 1/2 × 1	0.89
	50 × 25	2 × 1	1.19
	50 × 40	2 × 1 1/2	1.19
	80 × 40	3 × 1 1/2	2.86
	80 × 50	3 × 2	2.86
	100 × 50	4 × 2	4.74
100 × 80	4 × 3	4.74	
弯 头	15	1/2	0.30
	20	3/4	0.36
	25	1	0.57
	40	1 1/2	1.12
	50	2	1.49
	80	3	3.58
	100	4	5.99
异径三通	20 × 15	3/4 × 1/2	0.50
	25 × 20	1 × 3/4	0.76
	40 × 20	1 1/2 × 3/4	1.49
三 通	15	1/2	0.41
	20	3/4	0.50
	25	1	0.76
	40	1 1/2	1.49
	50	2	2.00
	80	3	4.78

注 (1) 表列产品为上海开隆塑料化工厂生产;

(2) 工作压力 < 1.5 MPa, 试验压力 2.5 MPa;

(3) 适用于埋地塑料管的连接, 不适用于地面铺设

表 3-52

螺纹式塑料管管件 (聚丙烯)

名 称	规 格		参考价格 (元)
	mm	英寸	
直 通	15	1/2	0.20
	20	3/4	0.24
	25	1	0.25
	40	1 1/2	0.71
	50	2	0.91
	75	3	1.80
异径直通	20 × 15	3/4 × 1/2	0.24
	25 × 20	1 × 3/4	0.40
	40 × 25	1 1/2 × 1	0.54
	50 × 25	2 × 1	0.80
90°弯头	15	1/2	0.26
	20	3/4	0.33
	25	1	0.44
	40	1 1/2	0.90
	50	2	1.10
	75	3	3.20
异径 90°弯头	20 × 15	3/4 × 1/2	0.32
	25 × 20	1 × 3/4	0.42
三 通	15	1/2	0.38
	20	3/4	0.44
	25	1	0.68
	40	1 1/2	1.12
	50	2	1.78
	75	3	4.29
异径三通	20 × 15	3/4 × 1/2	0.50
	25 × 20	1 × 3/4	0.68
	25 × 15	1 × 1/2	0.47
	75 × 50	3 × 2	3.02
伸 缩 接	40	1 1/2	3.13
	50	2	3.56
	63	2 1/2	4.70
	75	3	5.80
堵 头	15	1/2	0.10

注 表列产品为杭州塑料管件厂生产。

第三节 移动管及管件

一、薄 壁 钢 管

(一) 规格

《喷灌用金属薄壁管》(GB 5896-86) 国家标准规定的薄壁钢管的规格如表 3-53。

表 3-53 镀锌薄壁钢管的规格及尺寸公差

外 径 (mm)	外径公差 (%D)	壁 厚 (mm)	壁厚公差 (%S)	定尺长度 (mm)	长度公差 (mm)	圆 度 (%D)	直 度 (%L)
32							
40							
50		0.65、0.8					
60							
65							
70		0.8					
75							
80	+1	0.8、1.0	+12 -15	6000、5000	+15	±0.5	0.3
90							
100		1.0					
105							
110		1.0、1.2					
120		1.2					
130		1.2、1.5					
150							
160		1.5					

(二) 技术要求

根据《喷灌用金属薄壁管》国家标准和1979年全国喷灌技术研修班建议，对薄壁钢管的技术要求列如表3-54。

表 3-54 喷灌用薄壁钢管技术要求

项 目	技 术 要 求
工 作 压 力	1.0MPa
管 坯 试 验 压 力	1.50MPa
水 压 试 验	管道系统要求进行1.50MPa水压试验无泄漏
密 封 环	要求耐正负压，如进行气密性试验，试验压力为0.45MPa
焊 缝 检 验	除进行水压试验外，另作压扁试验，压至管径2/3时，焊缝不破裂、无伤痕
镀锌质量检验	热浸镀锌的内外镀锌层平均重量为500g/m ² ，相当于0.069mm镀层厚度，允许偏差为-10%；镀锌层含锌量不低于98.5%；要求管内外壁镀锌层完全地附着，不允许存在泥渣、气泡、局部粗糙和锌瘤、锌层不剥落，受到正常机械形式碰击时，不会明显地产生裂纹
其 它	管两端端面应与管轴线垂直，倾斜度不小于2°；切口内外毛刺不得高于0.5mm

(三) 生产厂家的产品规格、价格 (表3-55至表3-58)

表 3-55 南京轧钢厂薄壁钢管厂镀锌薄壁钢管规格

型 号	外 径		壁 厚 (mm)	工 作 压 力 (MPa)	试 验 压 力 (MPa)	最 大 偏 转 角 度	每 根 标 准 管 子 长 度 (m)	重 量 (kg/根)
	(mm)	(英寸)						
PBG 70	70	2 $\frac{3}{4}$	1.0	1.0	1.5	±15°	6	10.28
PBG 89	89	3 $\frac{1}{2}$	1.0	1.0	1.5	±15°	6	14.70
PBG 108	108	4 $\frac{1}{4}$	1.0	1.0	1.5	+15°	6	19.50

表3-56 南京轧钢厂薄壁钢管厂镀锌薄壁钢管性能

项 目	性 能
抗拉强度	$\phi 89 \times 1.0$ 为3.87~4.07MPa, $\phi 70 \times 1.0$ 为4.09~4.17MPa, 全部在非焊接区断裂
压扁试验	$\phi 70 \times 1.0$ 试样压扁至2/3管径(47mm)时焊缝无异常现象
爆破试验	当试验压力为8.5MPa时, 被试管件发生弯曲, 管径膨胀7mm, 焊缝未出现渗漏
密封试验	$\phi 70 \times 1.0$ 钢管在1MPa压力下接头处无渗漏现象; 当压力达到1.5MPa时, 挂钩座出现轻度变形, 但仍不漏水 $\phi 89 \times 1.0$ 钢管在压力达到1MPa时, 不漏水, 无异常现象

表3-57 南京轧钢厂薄壁钢管厂薄壁钢管喷灌系统价格

名 称	规 格	每套数量	单价 (元)	总额 (元)	备 注
薄壁钢管	$\phi 70 \times 1 \times 6000$	12	39.22	470.64	包括接头
	$\phi 70 \times 1 \times 1000$	7	16.71	112.70	包括接头
培 头 连 接 支 座 支 管 支 腿 支 承 支 架	$\phi 70$	1	5.12	5.12	铸 铁 件
	$\phi 70/50$	1	10.63	10.63	
	$\phi 70$	7	3.96	27.73	
	1"	7	3.89	27.73	
	$\phi 10$	14	1.40	19.60	
	1"	7	2.76	19.32	
	$\phi 70$	7	6.01	42.07	
橡 胶 圈	$\phi 102$	20	0.66	13.20	易 损 件
	$\phi 58$	7	0.42	2.94	易 损 件
接 头	1"	7	1.80	12.60	标 准 件
合 计				763.67	

注 每套管道长度为79m。

表3-58 宁夏喷灌机械厂薄壁钢管喷灌系统价格表

部 别	名 称	规 格	单 位	每套数量	单价 (元)
进 水	吸 水 头	$\phi 58$	个	1	50
	双 接 口	$\phi 158 \times 600$	根	1	30
	进 水 管	$\phi 158 \times 1000$	根	1	30
		$\phi 158 \times 1500$	根	1	40
	进 水 直 管	$\phi 158 \times 600$	根	1	30
	进 水 弯 管	$\phi 158 \times 30^\circ$	根	1	30
$\phi 158 \times 60^\circ$		根	1	30	
进 水 接 头	$\phi 158$ 法兰	个	1	20	
出 水	出 水 接 头	法兰出口 $\phi 108$	个	1	250
	S 型 管	$\phi 108$	根	1	50
	直 管	$\phi 89 \times 3000$	根	31	50

续表


部 别	名 称	规 格	单 位	每套数量	单价 (元)
出 水	直 管	$\phi 89 \times 6000$	根	22	65
		$\phi 108 \times 3000$	根	31	60
		$\phi 108 \times 6000$	根	22	70
	弯 管	$\phi 89 \times 30^\circ$	根	1	30
		$\phi 89 \times 90^\circ$	根	1	30
		$\phi 108 \times 30^\circ$	根	1	30
		$\phi 108 \times 90^\circ$	根	1	30
	带 闸 阀 三通接头	$\phi 89$	个	2	250
		$\phi 108$	个	2	250
	四 通 管	$\phi 108 / \phi 89$	个	1	880
	变 径 管	$\phi 108 / \phi 89$	个	3	40
	堵 头	$\phi 89$	个	5	5
$\phi 108$		个	3	5	
附 件	喷 头 接 头	$\phi 108 \times 2 \frac{1}{2}''$	个	2	15
		$\phi 108 \times 3''$	个	2	15
	喷 头 座	$\phi 108 \times 1''$	个	20	6
		$\phi 89 \times 2 \frac{1}{2}''$	个	6	6
		$\phi 89 \times 3''$	个	6	6
	管 道 支 架	$\phi 89$	套	60	6
$\phi 108$		套	60	6	
泵	80BP-70喷车	$60\text{m}^3/\text{h}, 22\text{kW}$	台	1	3700
喷 洒	喷 头	8YY-9型	个	20	100
		8YY-15型	个	6	200
		8YY-80型	个	320	320
其 它	密 封 环 螺钉及螺帽		个	176	每套300
			个	824	每套41.6
	总 计	(每 套)			17013.60元

注 管道长度为 $\phi 89, 22.5\text{m}$; $\phi 108, 22.5\text{m}$; 总长150m

(四) 薄壁钢管管件 (表3-59、表3-60)

表3-59

南京轧钢厂薄壁钢管厂生产的薄壁钢管管件

名 称	规 格	图 样
单 柄 母 接 头	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	

续表


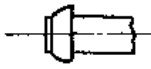
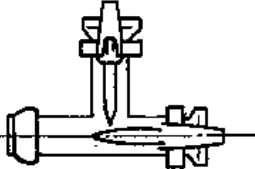
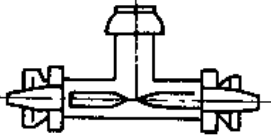
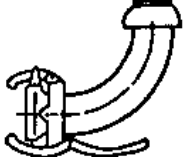
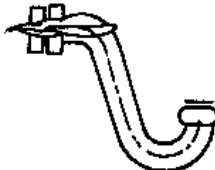


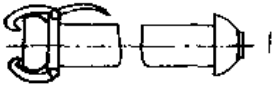
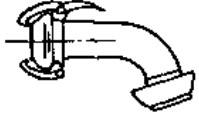
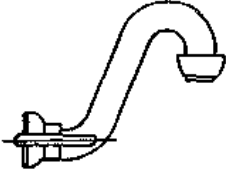
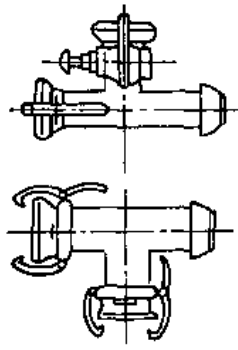
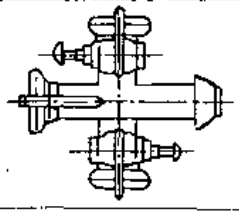
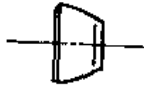
名 称	规 格	图 样
双柄母接头	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	
公接头	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	
三通 (侧向分支)	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	
三通 (双向分支)	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	
弯 头	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$ ($90^\circ, 60^\circ, 30^\circ$)	
S 型短管	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	
支 承 架	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	
支 管 座	$\phi 70$ ($3/4'', 1'', 1 1/2''$) $\phi 89$ ($1'', 1 1/2'', 2''$) $\phi 108$ ($1 1/2'', 2'', 2 1/2''$)	
堵 头	$\phi 70, \phi 89, \phi 108$	

表 3-60 宁夏喷灌机械厂生产的薄壁钢管管件

名 称	规 格	图 样
双挂钩快速接头	$\phi 75, \phi 90, \phi 105$	
弯 头	$\phi 75, \phi 90, \phi 105$ ($90^\circ, 15^\circ, 22.5^\circ$)	
S 型 管	$\phi 75, \phi 90, \phi 105$	
三 通	105×90 105×75	
四 通	105×90 105×75	
堵 头	$\phi 75, \phi 90, \phi 105$	

二、薄 壁 铝 管

(一) 规格

喷灌用金属薄壁管国家标准规定的薄壁铝管规格如表3-61。

表 3-61 薄壁铝管的规格及尺寸公差

外 径 (mm)	外径公差 (mm)	壁 厚 (mm)	壁厚公差 (mm)	定尺长度 (mm)	长度公差 (mm)	圆 度 (%D)	直 度 ($^{\circ}/L$)
32	-0.35	1.0	± 0.12				
40							
50							
60	-0.45						

续表

外 径 (mm)	外径公差 (mm)	壁 厚 (mm)	壁厚公差 (mm)	定尺长度 (mm)	长度公差 (mm)	圆 度 (%D)	直 度 (%L)
65 70 75 80 90	-0.15	1.5	+0.18	6000,5000	+15	±0.5	0.3
100							
105 110 120	-0.6	2.0	±0.22				
		2.5	±0.25				
130 150 160	-0.8	3.0	±0.30				

注 摘自《喷灌用金属薄壁管》国家标准。

(二) 技术要求 (表3-62)

表3-62 喷灌用薄壁铝管技术要求

项 目	技 术 要 求
工作压力	0.8MPa
水压试验	1.2MPa
质量要求	牌号和供应状态应符合YB1702-77《铝及铝合金控制管材》标准的规定；化学成分应符合GB3190-82《铝及铝合金加工产品的化学成分》标准的规定；机械性能应符合YB1702-77标准的规定；管的内外表面质量和内部组织应符合YB1702-77标准的规定；管的两端端面应与管轴线垂直，倾斜度不大于2°，切口内外毛刺不高于0.5mm

注 摘自《喷灌用金属薄壁管》国家标准。

(三) 生产厂家的产品规格、性能 (表3-63、表3-64)

表3-63 太原铝厂喷灌用薄壁铝管规格

外 径 (mm)	壁 厚 (mm)	长 度 (mm)	重 量 (kg/m)	工作压力 (MPa)	试验压力 (MPa)
65	1.5	6000,5000	0.81	1	1.5
76	1.5		0.97		
102	2.0		1.70		
125	2.0		2.25		
33	4.0	500,1000	1.0	1	1.5
48	4.0		1.5		

注 1. 薄壁铝管为冷拔无缝管；
2. $\phi 65 \sim \phi 125$ 为移动输水管， $\phi 33, 48$ 为立管

表3-64 太原铝厂薄壁铝管机械性能

名 称	$\phi 102 \times 2$	$\phi 76 \times 1.5$	$\phi 65 \times 1.5$	防 锈 铝
牌 号	AL-1	AL-1	AL-1	LF-21
比 重	2.7	2.7	2.7	2.71
抗拉强度(MPa)	1.48	1.57	1.52	1.56
屈服限(MPa)		1.43		1.27
延 伸 率(%)		2.4		10
布 氏 硬 度H _B	41.4	35.2	45.0	40
弯 曲	7°	~15°	1°	

续表

名 称		φ 102×2	φ 70×1.5	φ 65×1.5		
厚 扁	内 行 距 点 (mm)	0	微 裂	有 裂 纹	微 裂	防 锈 剂
		10	微 裂	有 裂 纹	微 裂	
		20	无 裂 纹	有 裂 纹	无 裂 纹	
		30	无 裂 纹	无 裂 纹	无 裂 纹	
		40	无 裂 纹	无 裂 纹	无 裂 纹	
		50	无 裂 纹	无 裂 纹		

(四) 参考价格 (表 3-65)

表 3-65 太原喷灌设备厂薄壁铝管及管件价格

品 名	规 格	单 位	单 价 (元)	备 注
直 管	φ50×1.5×6000	根	45.73	包括管接头
	φ65×1.5×6000	根	56.35	
	φ76×1.5×6000	根	64.83	
	φ102×2.0×6000	根	108.26	
	φ125×2.0×6000	根	153.55	
通 管	φ50×33×6000	根	49.97	包括竖管快接和支座
	φ65×33×6000	根	80.57	
	φ76×33×6000	根	92.07	
	φ76×48×6000	根	84.10	包括阀体
	φ76×50×6000	根	84.75	
	φ102×65×6000	根	153.00	
	φ102×76×6000	根	159.37	
φ125×76×6000	根	164.12	不带阀体带保护帽	
竖 管	φ26×4×1000	根	11.02	
	φ33×4×1000	根	12.52	
	φ48×4×1000	根	16.04	
S 形 管	φ102	根	71.56	
堵 头	φ50	个	3.42	
	φ65	个	5.79	
	φ76	个	6.00	
	φ102	个	10.09	
	φ125	个	12.84	
阀 开 关	30	个	15.37	
	65	个	29.13	
	76	个	30.97	
	102	个	65.10	
阀 体	50 A	个	20.00	螺纹连接
	65 A	个	30.33	
	76 A	个	36.16	法 兰 连 接
	102 B	个	56.54	

注：表中所有管件、阀门均为合金铝铸造件

表 3-66 太原新城农机厂薄壁铝管及管件价格

品 名	规 格	单 位	单 价 (元)
输水直管	φ65×1.5×6000	根	62.17
	φ65×1.5×5000	根	54.90
	φ76×1.5×6000	根	69.49
	φ76×1.5×5000	根	61.05
输水孔管	φ65×1.5×6000	根	62.45
	φ65×1.5×5000	根	55.18
	φ76×1.5×6000	根	69.81
	φ76×1.5×5000	根	61.37
弯 管	φ65-90°	件	20.59
	φ76-90°	件	27.16
管 支 架	φ65	副	4.39
	φ76	副	5.03
方便控制阀	φ65-1"	套	14.47
	φ76-1"	套	15.09
堵 头	φ65	个	4.31
	φ76	个	4.31
立管组合件	1"	根	9.31

注 表中所列管件均为冲压镀锌钢件

(五) 薄壁铝管管件 (表3-67、表3-68)

国产薄壁铝管喷灌管道系统于1978年研制成功,已通过鉴定,目前生产的厂家主要有太原喷灌设备厂和太原新城农机厂。太原喷灌设备厂生产的配套管件为铝合金铸造件,太原新城农机厂生产的配套管件则为冲压镀锌钢件,两种各有优缺点,铝合金铸造件不怕锈蚀、使用管理简便,有自泄功能,而冲压镀锌钢件转角大,对地形变化的适应能力强。

表 3-67 薄壁铝管铸造管件

名 称	规 格	参 考 价 格 (元)
直管快速接头	φ50	5.60
	φ65	12.50
	φ76	14.25
	φ102	19.82
	φ125	
立管三通快速接头	φ50	6.70
	φ65	(54.77)
	φ76	(41.60)
	φ102	(64.62)
三 通	φ65	31.07
	φ76	34.74
	φ102	50.95
S 形 管	φ102	71.56

续表

名 称	规 格	参考价格 (元)
变径短管	125 × 102	52.86
法兰变接头	φ65	18.96
	φ76	20.42
	φ102	27.40
堵 头	φ50	3.42
	φ65	5.79
	φ76	6.00
	φ102	10.09
	φ125	12.84
支 架	φ50	4.82
	33 × 1.5	5.45
	18 × 1.5	5.45

注 1. 表列产品为太原喷灌设备厂生产;
2. 工作压力1.0MPa, 试验压力1.5MPa.

表 3-68

薄壁铝管冲压钢管件

名 称	规 格	参考价格 (元)	说 明
双钩快速接头	φ65	18.55	与管轴线之 转角为30°
	φ76	18.85	
90°弯头	φ65	20.59	
	φ76	27.16	
支 架	φ65	4.39	
	φ76	5.03	
堵 头	φ65	4.31	
	φ76	4.31	
立管组合件	1英寸	9.31	不包括立管 方便控制阀

注 1. 表列产品为太原新城农机厂生产;
2. 工作压力s. 1MPa, 试验压力为1.5MPa

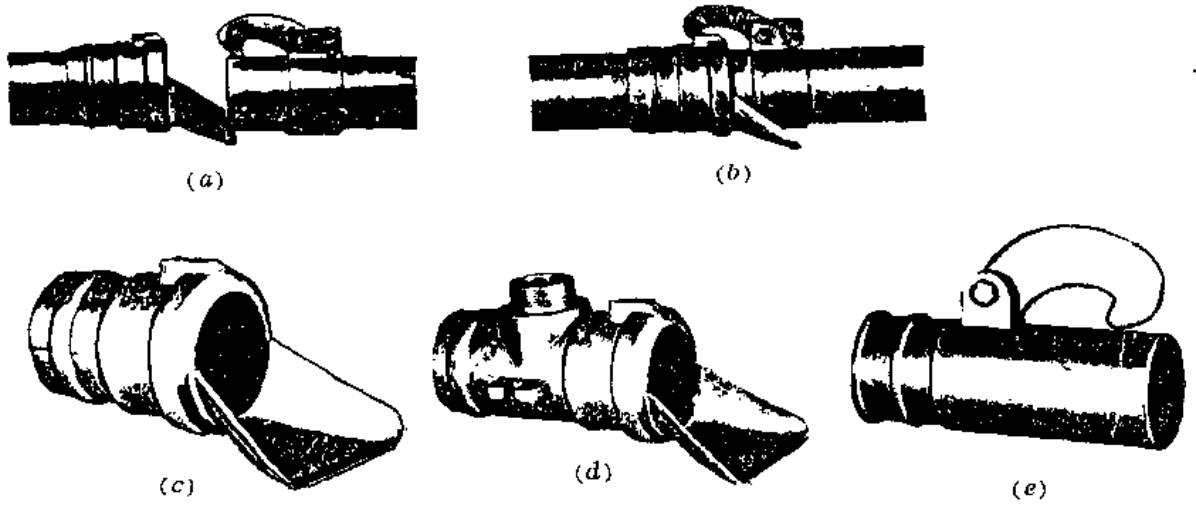


图 3-11 薄壁铝管单挂钩快速接头
 (a) 连接前状态; (b) 连接后状态; (c) 直管快速接头; (d) 弯管三通快速接头; (e) 堵头

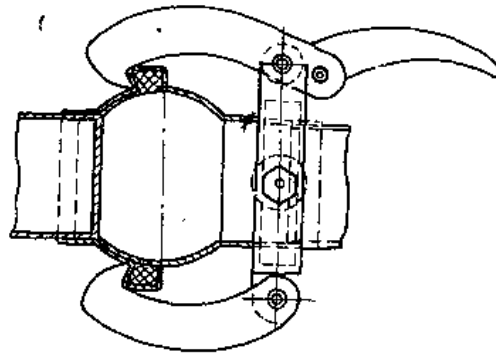


图 3-12 薄壁铝管冲压镀锌钢接头

三、涂塑软管

(一) 规格 (表3-69、表3-70)

表 3-69

上海消防水带厂涂塑软管规格

公称内径 (mm)	25	40	50	65	80	90	100-	150
内径公差 (mm)	+1.5							
长 度 (m)	20							

表 3-70 杭州胜利塑料厂涂塑软管规格

规 格	φ40	φ50	φ65	φ80
内径 (mm)	38 ± 1.5	50.8 ± 1.5	63.5 ± 1.5	76 ± 1.5
壁厚 (mm)	1.9 ± 0.1	1.9 ± 0.1	1.9 ± 0.1	2.0 ± 0.1
长 度 (m)	25 ± 0.2	20 ± 0.2	20 ± 0.2	20 ± 0.2

(二) 性能 (表3-71、表3-72)

表 3-71 杭州胜利塑料厂涂塑软管性能指标

项 目	指 标
邵氏硬度	< 70
耐寒试验	-15℃ ± 2℃合格
耐磨试验 (cm ³ /1.61km)	< 0.30
破坏压力 (MPa)	> 1.8
工作压力 (MPa)	< 1.6

表 3-72 上海消防水带厂涂塑软管性能指标

型 号	公称内径 (mm)	工作压力 (MPa)	爆破压力 (MPa)
7102	25	0.8	2
	40		
	50		
	65		
	80		
7551	25	0.6	1.5
	40		
	50		
	65		
	80		
	100	0.4	1

(三) 价格 (表3-73、表3-74)

表 3-73 上海消防水带厂涂塑软管价格

型号	规格 价格 (元/m)	规格					
		25	40	50	65	80	100
7102		2.67	3.17	3.69	4.60	6.19	
7551		1.75	1.96	2.30	2.66	3.42	5.46

表 3-74 杭州胜利塑料厂涂塑软管价格

规 格	25	40	50	65	80
价格 (元/m)	1.70	2.00	2.25	2.25	3.52

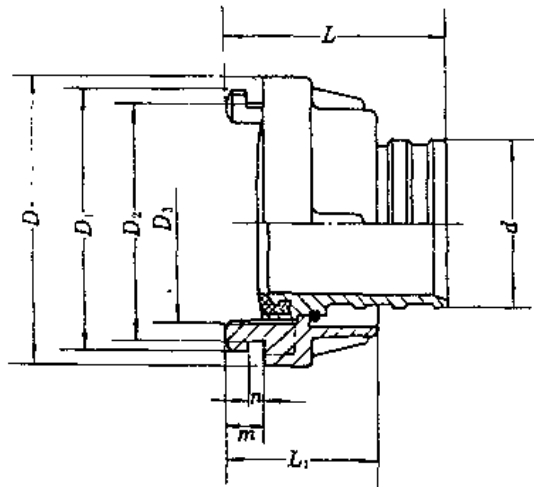


图3-13 内扣式消防水带接口

(四) 管件

目前国内采用的涂塑软管管接头为内扣式消防接头,规格有 $\phi 50$ 、 $\phi 65$ 和 $\phi 80$ 三种,结构型式如图3-13,靠橡胶密封圈止水,密封性较好。使用时只要将插口牙扣插入承口的缺口中,旋转一个角度即可扣紧。这种接口的公称压力为1.6MPa。

第四节 控制件及安全件

控制用和安全用管件主要有控制阀、安全阀、减压阀、排进气阀、水锤消除器、专用阀等,其作用主要是控制管道系统内的介质压力和流量,在管道内水压发生波动时确保管道系统的安全。

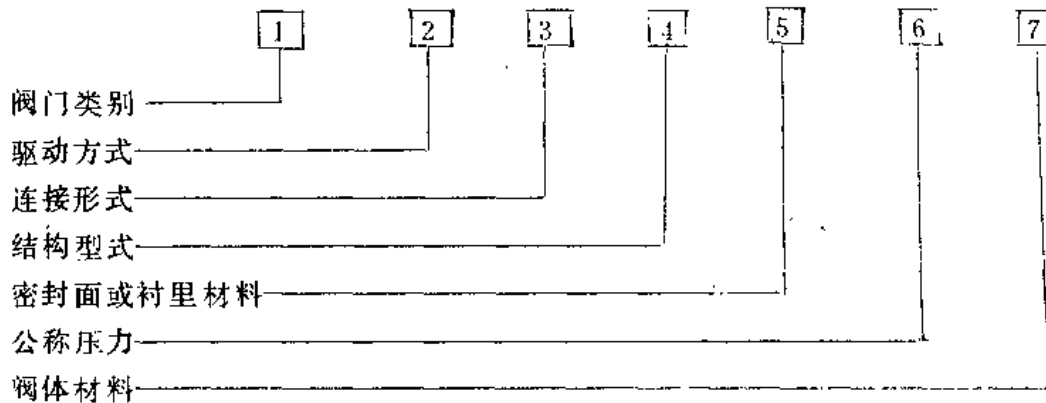
(一) 闸阀

闸阀是广泛使用的一种阀门。具有阻力小、开关力小,介质可从两个方向流动的优点,但结构复杂,密封面容易擦伤影响止水功能,高度尺寸也较大。

闸阀的操纵部分有暗杆、明杆之分。暗杆式适用于非腐蚀性介质及安装、操作位置受到限制的地方;明杆式适用于腐蚀性介质及室内管道上。闸阀的闸板有平行式和楔式两种。平行式多为双闸板,两密封面平行,主要用于清水管道上,而不宜用于含有污物及杂质的流体中;楔式闸阀的闸板多为单板,两密封面成一角度,与平行式闸阀相比,有可补偿磨损的作用,但密封面制造、研磨和修理要求较高。

闸阀与管的连接形式有法兰、螺纹、焊接等。

阀门的型号由下述7个单元组成:



现将各单元的有关代号节录如下:

- 1 闸阀为Z, 截止阀为J, 球阀为Q, 安全阀为A, 减压阀为Y。
- 2 手动阀门省略本单元。
- 3 内螺纹为1, 外螺纹为2, 法兰为4 (法兰代号用于双弹簧安全阀为3, 用于杠杆式安全阀为5)。
- 4 闸阀: 明杆楔式单闸板为1, 明杆楔式双闸板为2, 明杆平行式双闸板为4, 暗杆楔式单闸板为5, 暗杆楔式双闸板为6, 暗杆平行式双闸板为8; 球阀: 直通式(铸造)为1, 直通式(锻造)为2; 减压阀: 外弹簧薄膜式为1, 内弹簧薄膜式为2, 波纹管式为4; 弹簧安全阀: 封闭微启式为1, 封闭全启式为2, 带扳手微启式为7, 带扳手全启式为8; 杠杆安全阀: 单杠微启式为1, 双杠微启式为3。
- 5 铜为T, 耐酸钢或不锈钢为H, 橡胶为X, 聚四氟乙烯为SA, 酚醛塑料为SD, 尼龙为NS, 由阀体上直接加工出密封圈为W。
- 6 用 kg/cm^2 为单位的公称压力数字直接表示, 并用短线与前几个单元隔开。
- 7 灰铸铁为Z ($P_g < 16\text{kg}/\text{cm}^2$ 者省略), 可锻铸铁为K, 铜合金为T, 碳钢为C ($P_g > 25\text{kg}/\text{cm}^2$ 者省略), 铬镍钛钢为P。

1. 暗杆闸阀

(1) 内螺纹暗杆楔式闸阀的性能规格见表3-75、表3-76、图3-14、图3-15。

表3-75 Z15T-10型闸阀外形尺寸(mm)

公称直径 D_r	生 产 厂	L	L_1	S	H	D_0
15	兰州阀门厂	60	12	32	108	55
	福州阀门厂		11		98	60
20	兰州阀门厂	65	13	36	120	55
	福州阀门厂		12		114	65
25	重庆阀门厂	80	16	46	140	80
	兰州阀门厂	75	15	46	135	65
	福州阀门厂				139	80
	上海低压阀门厂	75	12	41	127	65
32	重庆阀门厂	90	19	57	165	90
	兰州阀门厂	85	17	55	162	65
	福州阀门厂				153	80
	上海低压阀门厂	85	15	50	155	80
40	重庆阀门厂	99	21	64	180	100
	兰州阀门厂	95	19	65	177	80
	福州阀门厂				176	100
	上海低压阀门厂	96	16	60	168	80
50	重庆阀门厂	110	23	80	212	108
	兰州阀门厂	110	22	80	209	100
	福州阀门厂				213	120
	上海低压阀门厂	110	18	70	202	100

续表

公称直径 D_1	生产厂	L	L_1	S	H	D_2
65	重庆阀门厂	130	27	95	247	135
		120	20	80	225	120
80	上海低压阀门厂	150	24	100	265	110
100		170	30	130	306	160

注 适用温度 $< 100^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 。

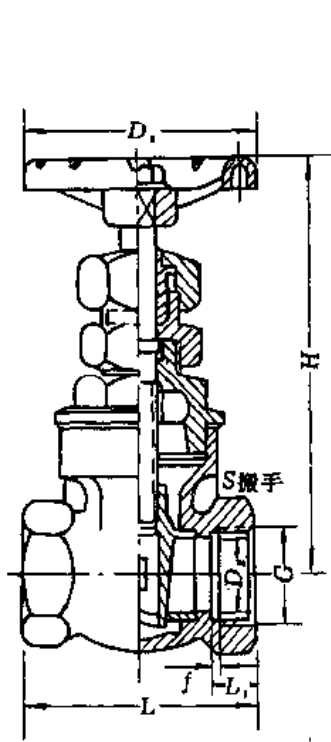


图 3-14 Z15T-10型内螺纹暗杆楔式闸阀

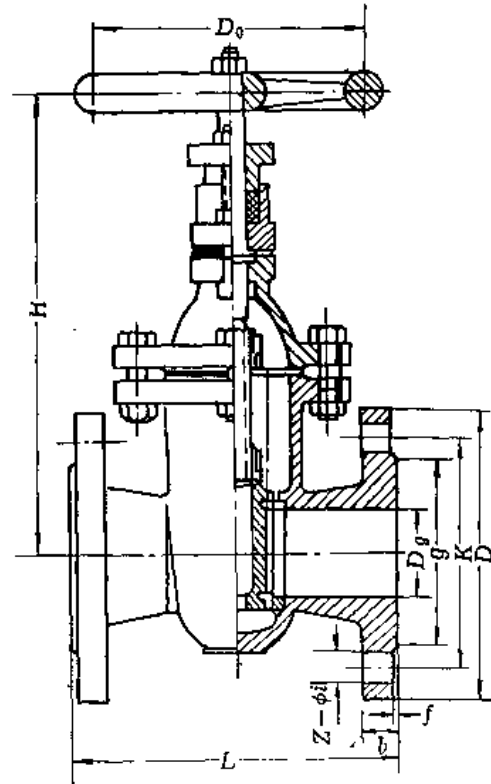


图 3-15 Z45T-10型法兰暗杆楔式闸阀

表3-76

Z15T-10型闸阀性能、价格

公称直径		工作压力 (MPa)	适用温度 ($^{\circ}\text{C}$)	重量(kg)	参考价格 (元)
mm	英寸				
15	1/2	1	120	0.8	4
20	3/4			1.0	5
25	1			1.4~1.6	7
32	1 1/4			2.0	8
40	1 1/2			2.8~3.0	10
50	2			4.4~5.0	15
65	2 1/2			6.2~7.2	22
80	3			11.0	31
100	4			16.0	48

(2) 法兰暗杆楔式闸阀的规格见表3-77。

表 3 77

Z45T-10型法兰暗杆楔式闸阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)									孔 数 Z	重 量 (kg)
	L	D	k	R	f	h	ϕL	H	D_0		
50	155	160	125	100	3	20	18	213	120	4	10
65	195	180	115	120	3	20	18	327	180	4	21.5
80	210	195	160	135	3	22	18	365	200	4	31.5
100	230	215	180	155	3	22	18	421	220	8	40
150	280	280	210	210	3	24	23	505	240	8	67
200	330	335	295	265	3	26	23	653	320	8	113.5
250	450	390	350	320	3	28	23	738	320	12	148.6
300	500	440	400	368	4	28	23	902	400	12	237

注 1. 表中产品为福州阀门厂生产;

2. 适用温度 $<120^{\circ}\text{C}$;

3. 上海阀门六厂、泰州阀门厂、上海阀门五厂、天津塘沽阀门厂和石景山阀门厂等亦生产Z45T-10型闸阀。

(3) 承插暗杆楔式单闸板闸阀的规格, 见表3-78、图3-16、图3-17。

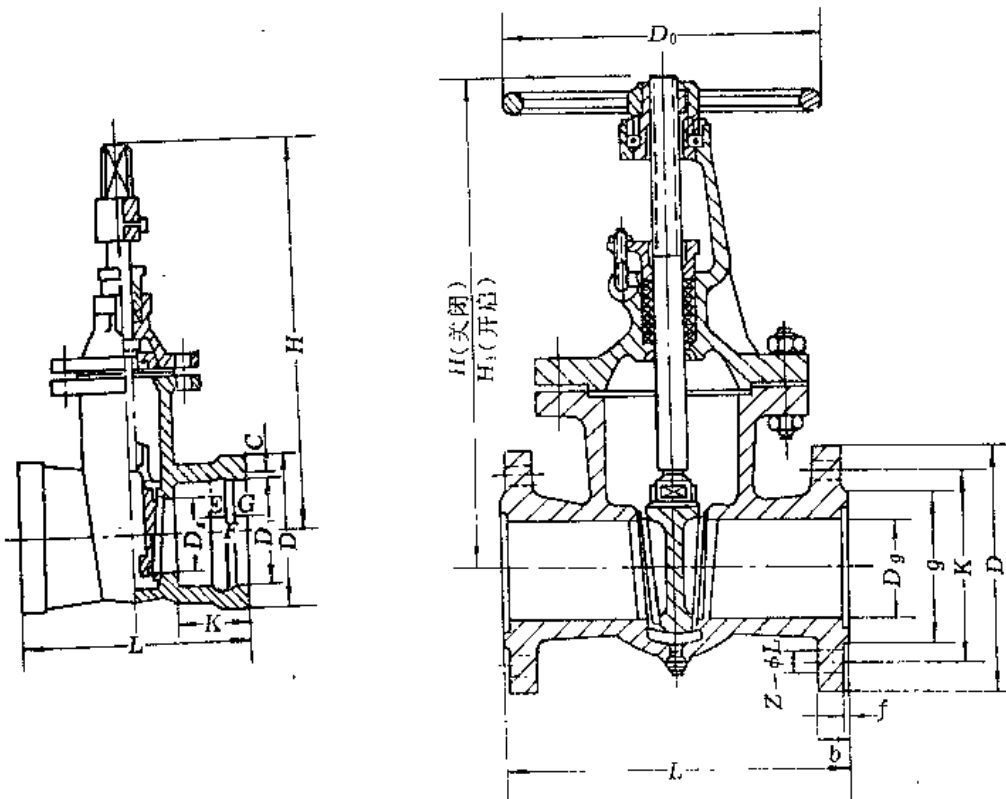


图 3-16 SZ75T-10型承插式暗杆楔式单闸板闸阀

图 3-17 Z41H-16型法兰明杆楔式单闸板闸阀

表 3-78 SZ75T-10型承插暗杆楔式单闸板闸阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)									重 量 (kg)
	H	D ₁	C	D	e	F	G	k	L	
75	447	155.4	6	175.4	20	10	15	90	280	38
100	525	111.4	6	203.4	20	10	15	95	304	52
125	594	157.6	6	231.6	20	10	15	95	320	70
150	650	193.6	6	261.6	20	10	15	100	336	85
200	758	245.8	6	317.8	20	10	15	100	360	132
250	878	300	6	376	20	10	15	105	382	197
300	974	352.2	6	432.2	20	10	15	105	398	270

注 1. “S₁”表示楔式, 适用温度 < 50℃;
2. 表中产品为塘沽阀门厂生产。

2. 明杆闸阀

(1) 法兰明杆楔式单闸板闸阀的规格: 见表3-79、表3-80、图3-18。

表 3-79 Z41H-16型法兰明杆楔式单闸板闸阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)										孔 数 Z	重 量 (kg)
	L	D	k	R	f	b	φL	H	H ₁	D ₀		
200	400	335	295	265	3	26	23	86	1075	360	12	184
250	450	405	355	320	3	30	25	1000	1266	400	12	284
300	500	460	410	375	4	30	25	1170	1490	450	12	380

注 1. 表列产品为上海阀门厂产品, 适用温度 < 450℃;
2. 沈阳高中压阀门厂生产的Z41H-16型闸阀适用温度 ~ 300℃。

表 3-80 Z41H-25型法兰明杆楔式单闸板闸阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)										孔 数 Z	重 量 (kg)
	L	D	k	R	f	b	φL	H	H ₁	D ₀		
50	250	160	125	100	3	20	18	370	430	240	4	90
65	265	180	145	120	3	22	18	400	480	240	8	
80	280	195	160	135	3	22	18	435	530	280	8	100
100	300	230	190	160	3	24	23	510	620	320	8	110
125	325	270	220	188	3	28	25	585	725	320	8	130
150	350	300	250	218	3	30	25	695	865	360	8	140
200	400	360	310	278	3	34	25	835	1050	400	12	260
250	450	425	370	332	3	36	30	990	1260	450	12	300

注 表列产品为北京阀门厂生产。

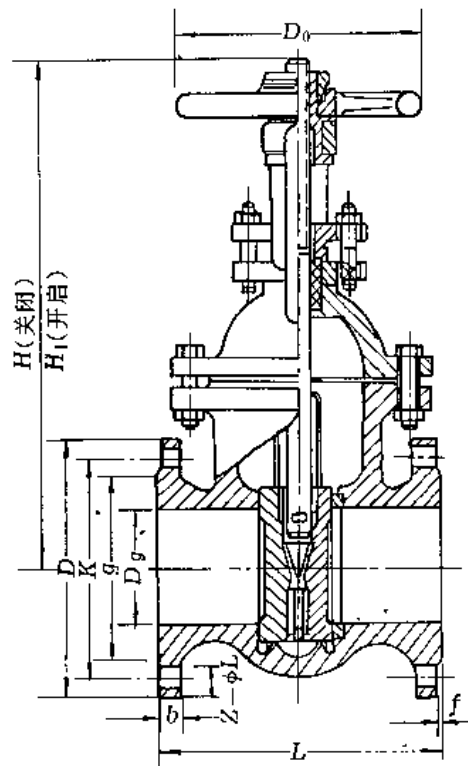


图 3-18 Z44T-10型法兰明杆平行双闸板闸阀

(2) 法兰明杆平行双闸板闸阀 (表3-81)

表3-81

Z44T 10型法兰明杆平行双闸板闸阀规格

公称直径 (mm)	外形尺寸 (mm)										孔数 Z	重量 (kg)
	<i>l</i>	<i>k</i>	<i>D</i>	<i>g</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	ϕL	<i>H</i>	<i>H</i> ₁	<i>D</i> ₀		
50	180	160	125	100	3	20	18	225~332	311~385	160	4	19~21
65	195	180	115	120	3	20	18	297~305	328~390	160	4	26
80	210	195	160	135	3	22	18	330~371	416~469	200	4	30~34
100	230	215	180	155	3	22	18	396~427	512~534	200	8	41~43
125	255	215	210	185	3	24	18	470~478	603~624	240	8	62
150	280	280	210	210	3	24	23	551~601	703~758	240	8	61~91
200	330	335	295	265	3	26	23	668~733	878~946	320	8	130~140
250	450	390	350	320	3	28	23	800~880	1060~1140	360	12	200
300	500	440	400	368	4	28	23	933~990	1240~1331	400	12	263~270

注 1. 适用温度 < 225℃;

2. 生产表中产品的厂家有北京阀门厂、上海阀门五厂、兰州阀门厂、桂林阀门厂、重庆阀门厂、乌鲁木齐通用机械厂、上海低
压阀门厂、塘沽阀门厂、上海阀门六厂、汕头阀门厂、武汉阀门厂、吉林阀门厂、配房店阀门厂等

(二) 球阀

球阀的优点是结构简单, 体积小, 重量轻, 对水流阻力小。缺点是启闭速度不易控制, 从而使管内产生较大水锤压力。

球阀是用一个开有孔道的球体作为启闭机构, 靠旋转球体达到开启或关闭的目的。球

体形式有浮动球体和刚性支承球体两种。浮动球体适用于小直径及低压系统；刚性支承球体适用于大直径及高、中压系统。球阀在喷灌系统中多安装于竖管上，用来控制喷头的开启或关闭。各类球阀的规格、结构见表3-82至表3-85及图3-19至图3-22。

表 3-82 Q13SA-16型球阀规格

公称直径 (mm)	接口管螺纹 (英寸)	外形尺寸 (mm)					重量 (kg)
		L	l	L ₀	S	H	
15	1/2	75	13	120	32	62	1.2
20	3/4	80	14	120	36	65	1.5
25	1	90	16	160	46	70	2
32	1 1/4	110	20	160	55	75	3
40	1 1/2	135	22	220	60	94	4.5
50	2	155	24	220	75	101	5.8

注 表中产品为瓦房店阀门厂生产，适用温度<225℃

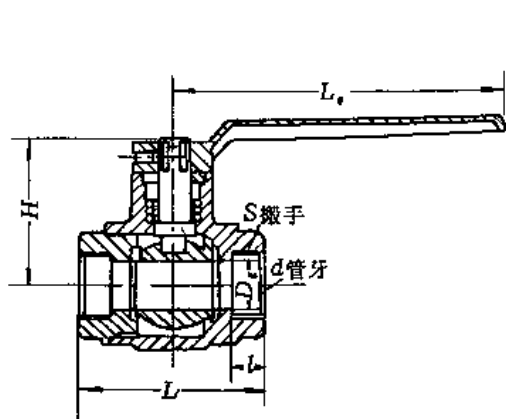


图 3-19 Q13SA-16型球阀

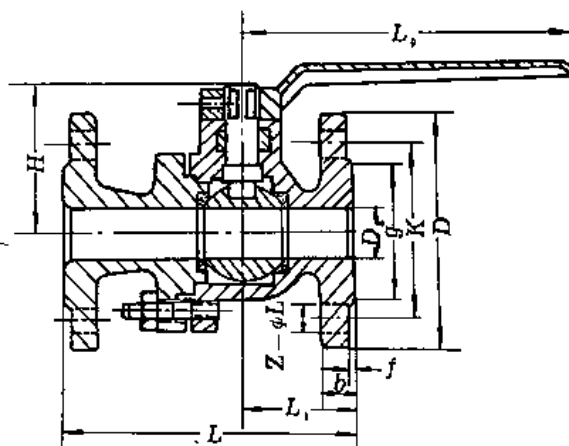


图 3-20 Q41SA-16型球阀

表 3-83 Q41SA-16型球阀规格

公称直径 (mm)	外形尺寸 (mm)									孔数 Z	重量 (kg)
	L	L ₀	L ₁	D	k	g	f	b	H		
20	135	52	120	105	75	55	2	16	65	4	3.6
25	140	54	160	115	85	65	2	16	70	4	4.3
32	160	63	180	135	100	78	3	18	75	4	6.6
40	180	75	220	145	110	85	3	18	94	4	9.4
50	210	79	220	160	125	100	3	20	101	4	12.3
65	230	100	280	180	145	120	3	20	123	4	17.5
80	260	116	360	195	160	135	3	22	132	8	24.5

注 1. 表列产品为瓦房店阀门厂生产，适用温度<225℃；

2. 沈阳高中压阀门厂生产D₀ 32、40、50、60、80mm的Q41SA-16P、Q41SA-16R型球阀，适用温度<200℃。

表 3-84

Q41NS-16型球阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)											孔 数 Z	重 量 (kg)
	d_0	L	D	k	g	b	f	H	L_1	l	ϕL		
32	32	165	135	100	78	16	2	160	64	200	18	4	9
40	40	180	145	110	85	16	3	180	75	240	18	4	12
50	50	210	160	125	100	16	3	190	90	240	18	4	15
65	65	225	180	145	120	18	3	230	100	320	18	4	20
80	65	240	195	160	135	20	3	235	110	320	18	8	23
100	80	260	215	180	155	20	3	200	120	400	18	8	40
125	100	290	245	210	185	22	3	240	140	400	18	8	48
150	120	310	280	240	210	24	3	265	150	600	23	8	70
200	160	390	335	295	265	26	3	392	200	1000	23	12	122

注 表列产品为上海阀门厂生产, 适用温度 $<50^{\circ}\text{C}$

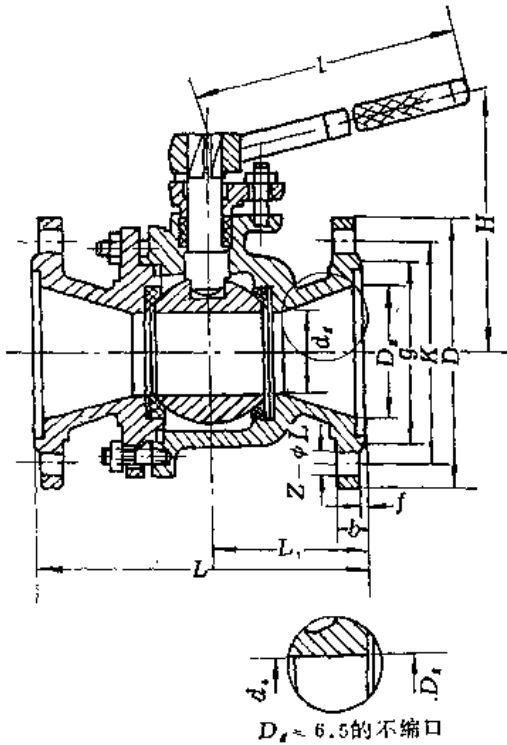


图 3-21 Q41NS-16型球阀

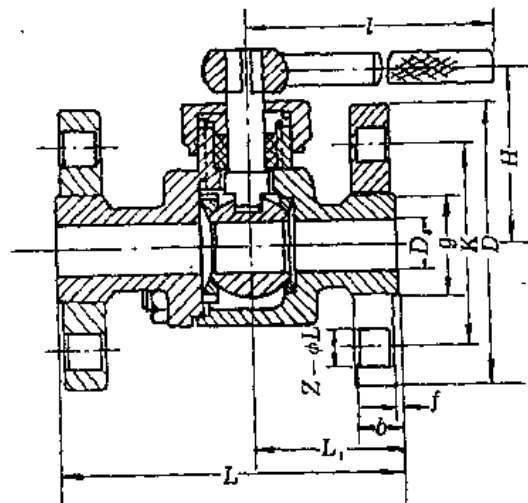


图 3-22 Q43NS-16型球阀

表 3-85

Q43NS-16型球阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)											孔 数 Z	重 量 (kg)
	L	D	k	g	b	f	H	L_1	l	ϕL			
15	115	95	65	M30 × 2	12	2	60	49	120	14	4	4	
20	125	105	75	M39 × 2	14	2	65	54	120	14	4	4	
25	145	115	85	M45 × 2	14	2	75	66	160	14	4	4.5	

注 表列产品为上海阀门厂生产, 适用温度 $<50^{\circ}\text{C}$ 。

(三) 下开式停泵水锤消除器

下开式停泵水锤消除器是一种当压力降低至一定程度后自行开启的安全阀。适用于防护突然停泵时因降压所产生的直接水锤压力，而对迅速关闭闸阀所产生的由升压开始的水锤压力则无能为力。

一般下开式停泵水锤消除器常和止回阀配合使用。国产的下开式停泵直接水锤消除器只有用于小流量、高扬程、长管道和单机单管的场合时，其防护效果才比较理想。但当事故停泵过程中初始阶段的最大降压值接近于正常工作水头时，也不宜采用下开式安全阀进行水锤防护。原因是在压力升高前经过这种安全阀泄水会增加水柱分离的危险性。下开式停泵水锤消除器的结构、规格见图3-23、表3-86。

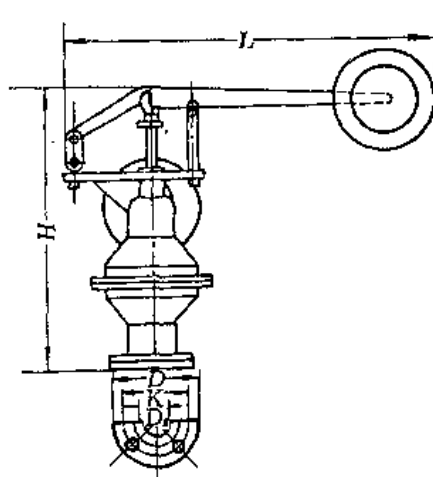


图3-23 下开式停泵水锤消除器

表3-86 下开式停泵水锤消除器规格

规格 (mm)	外形尺寸 (mm)					进水管		排水管		重锤数		重量 (kg)
	L	H	B	D	k	孔径 (mm)	孔数 Z	孔径 (mm)	孔数 Z	5kg	10kg	
50	570	520	220	160	125	18	1	18	4	6		33
100	1150	750	300	215	180	18	8	18	8	1	2	71
150	1300	850	350	280	240	23	8	23	8	1	8	112
200	1600	1000	430	335	295	23	12	23	12	6	11	(250)

注 1. 表列产品为营口市自来水公司生产；

2. 表中重量一栏不包括重锤重量

(四) 安全阀

上开式安全阀是一种当管内压力上升时自行开启的安全阀，主要有弹簧式和杠杆式两种，用于减少管道内超过规定的压力值，防止水锤事故。在不产生水柱分离时，将上开式安全阀安装在管路始端能对全管道起到保护作用；如产生水柱分离，则必须在管路沿程的一处或几处另装安全阀才能达到防止水锤的目的。

上开式安全阀最好和补气措施同时采用，这不仅可避免因水锤引起的压力突然上升，还可减少安全阀的过水量，降低成本。

水利电力部水利水电科学研究院考虑到“压力罐”和“水锤消除器”等安全设备在喷灌系统中应用不甚理想，因此于1982年至1984年研制了A49X-10型开放式安全阀。该阀在设计上取消了大负荷的弹簧和重锤，具有快启缓闭、工作灵敏可靠、不存在二次水锤危害等特点，主要用于防护关阀水锤和充水水锤，同时还设置有外控制孔，可代替下开式水锤消除器作为防护事故停泵水锤之用。

1. 弹簧式安全阀

各类弹簧式安全阀的规格、结构见表3-87至表3-89、图3-24至图3-27。

表 3-87 A21H-16型弹簧微启式安全阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)								重 量 (kg)
	d_0	d	d_1	D_0	D_1	h	L	H	
15	12	15	5/8英寸	20	30	60	35	81	1
20	16	20	3/4英寸	25	34	68	40	68	1.25
25	20	25	1英寸	31	40	78	50	105	2.5

注 1. 表列产品为上海阀门厂生产;
2. 开启高度 $\approx 1/10 d_0$, 适用温度 $\approx 200^\circ\text{C}$

表 3-88 A41H-16、A41W-16P型弹簧微启式安全阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)											孔 数		重 量 (kg)
	d_0	D	k	ϕL	d_1	D_1	K_1	ϕL_1	L	h	$\approx H$	Z	Z_1	
25	20	115	85	11	25	115	85	11	100	85	261	1	1	9.2
32	25	135	100	18	32	135	100	18	115	100	266	1	1	13
40	32	145	110	18	40	145	110	18	120	105	318	1	1	15.8
50	40	160	125	18	50	160	125	18	130	115	310	1	1	20
80	65	195	160	18	80	195	160	18	160	135	360	8	8	51
100	80	215	180	18	100	215	180	18	170	160	525	8	8	70

注 1. 表列产品为上海阀门厂生产, 适用温度 $\approx 300^\circ\text{C}$;
2. 开启高度: 带调节圈 $\approx 1/20 d_0$, 不带调节圈 $\approx 1/10 d_0$

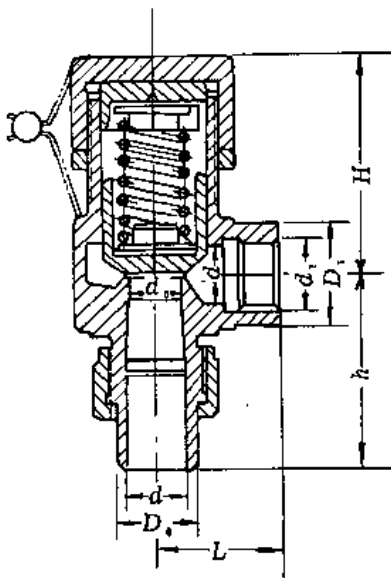


图3-24 A21H-16型弹簧微启式安全阀

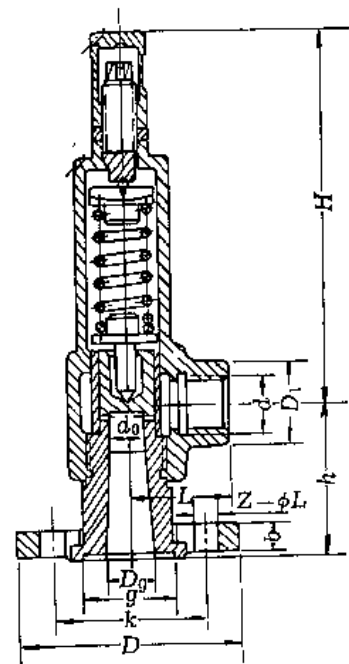


图 3-25 A41H-16型弹簧微启式封闭安全阀

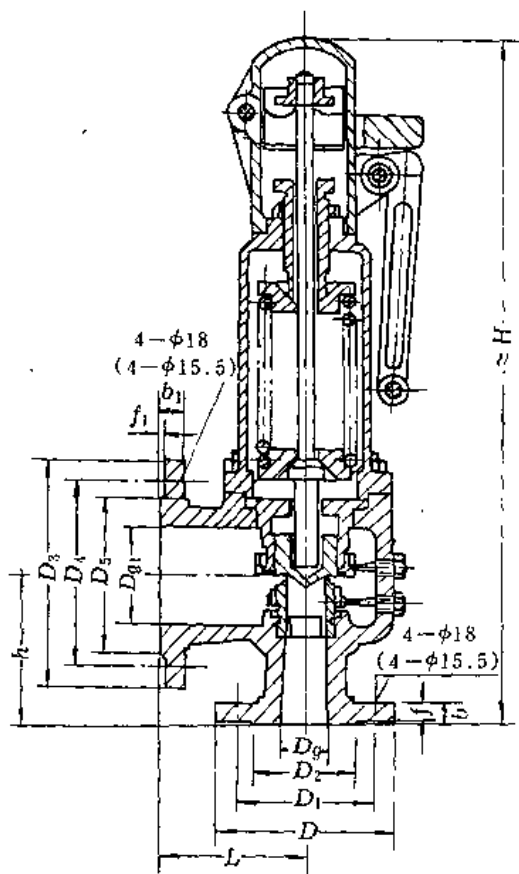


图 3-26 A58H型单弹簧全启式安全阀

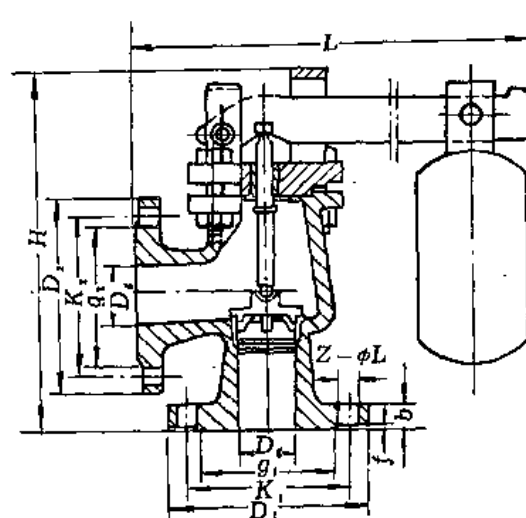


图 3-27 A51T-8型单杆微启式安全阀

2. 杠杆式安全阀

杠杆式安全阀结构 规格见表3-90、表3-91、图2-28、图3-29。

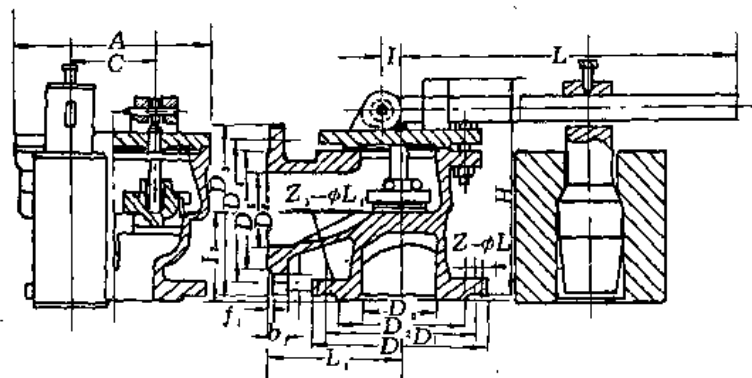


图 3-28 A53T-16型双杆微启式安全阀

表 3-89 A58H-10、A58H-16型单弹簧全启式安全阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)														重 量 (kg)
	D_2	D_4	D_4	D_3	b_1	f_1	D_2	D_1	D	f	b	H	L	h	
40	80	125	150	185	18	3	80	110	145	3	18	554	120	120	28.2
50	80	125	150	185	18	3	102	125	160	3	18	600	150	125	35

注 表列产品为瓦房店阀门厂生产, 适用温度 $<300^{\circ}\text{C}$ 。

表 3-90 A51T-8型单杆微启式安全阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)											孔 数
	L	H	D_1	k_1	g_1	D_2	k_2	g_2	f	b	ϕL	
60	720	292	160	125	100	140	110	90	3	16	14	4
65	835	322	180	145	120	160	130	110	3	16	14	4
80	930	375	195	160	135	185	150	125	3	18	18	4
100	982	439	215	180	155	205	170	115	3	18	18	4

注 表列产品为北京水暖器材厂生产, 适用温度 $<300^{\circ}\text{C}$ 。

表 3-91 A53T-16型双杆微启式安全阀规格

公称直径 (mm)	外 形 尺 寸 (mm)																				孔 数	
	L	f	L_1	L_2	D	D_1	D_2	f	b	ϕL	D_3	D_4	D_5	f_1	b_1	ϕL_1	H	C	A	Z	Z_1	
80	430	20	140	95	195	180	135	3	22	18	145	150	125	3	18	18	202	90	210	8	4	
125	820	30	170	130	245	210	185	3	26	18	235	200	175	3	20	18	330	140	310	8	8	
150	830	40	190	150	280	240	210	3	28	23	260	225	200	3	20	18	525	160	350	8	8	

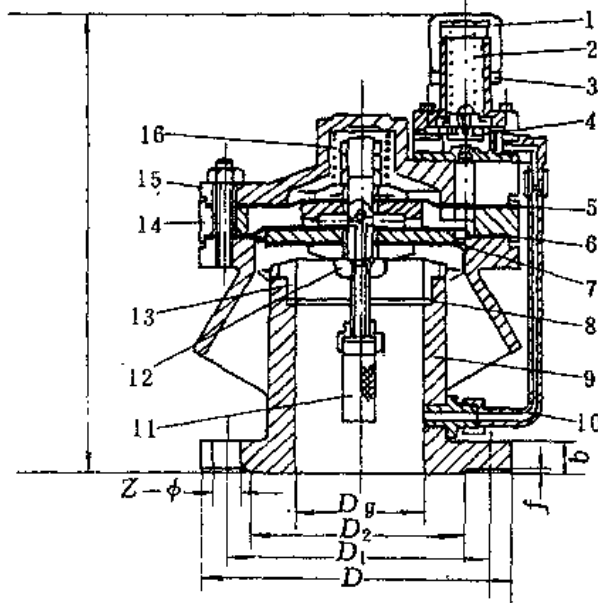
注 表列产品为瓦房店阀门厂生产, 适用温度 $<200^{\circ}\text{C}$ 。

图 3-29 A49X-10型开放式安全阀

- 1—调整螺母;
- 2—副阀弹簧;
- 3—锁紧螺母;
- 4—副阀阀瓣;
- 5—上隔膜;
- 6—下隔膜;
- 7—密封圈;
- 8—O形密封圈;
- 9—阀体;
- 10—控制管;
- 11—过滤器;
- 12—阀瓣螺栓;
- 13—主阀座;
- 14—隔环;
- 15—阀盖;
- 16—主阀弹簧

3. 开放式安全阀

(1) 结构规格见表3-92。

表 3-92 A49X-10型开放式安全阀规格

公称直径 (mm)	外形尺寸 (mm)						
	D	D ₁	D ₂	b	f	Z-φ	H
65	180	115	120	18	2	f-18	270
80	160	160	135	20	2	1-18	285

注 表列产品为湖北省云梦喷灌机厂生产

(2) 技术参数

公称压力: $p_g = 1\text{MPa}$;

压力给定范围: $p = 0.34 \sim 0.63\text{MPa}$;

主阀开启压力: $p_k \leq p + 0.8$;

额定排放压力: $p_e \leq 1.1p_k$;

回座压力: $p_h \geq p$;

额定排量 (QA): 见表3-93。

表 3-93 A49X-10安全阀额定排量 (单位: m^3/h)

型号	工作压力 (MPa)			
	0.31	0.41	0.54	0.63
A49X-10 65	40.9	16.3	51.2	55.7
A49X-10 80	71.9	84.9	93.8	102.0

(3) A49X-10型开放式安全阀的选用:

- 1) 用于关阀水锤防护时, 一般可选取安全阀的额定排量不小于管道闸阀控制流量的70%。
- 2) 用于超压防护时, 安全阀的额定排量一般可按管道流量的50%选取。
- 3) 用于充水水锤防护时, 安全阀的额定排量一般取管道流量的50%。

(五) 减压阀

减压阀的作用是在设备或管道内的水压力超过工作压力时自动减低到所需压力。如在地势很陡, 管轴线急剧下降, 使管内水压力上升超过了喷头的工作压力或管道的允许压力时, 就要用减压阀适当降低压力。

减压阀按结构型式分成薄膜式、弹簧薄膜式、活塞式和波纹管式等。除活塞式减压阀适用于蒸汽和空气外, 其余3种均可用于水和空气。在选用减压阀时, 一定要确定进口和出口压力的具体数值, 因不同的进口压力和出口压力所配敏感元件不同。

1. 薄膜式减压阀 (表3-94、表3-95、图3-30)

表 3-94

Y42X-16C 型薄膜式减压阀规格

公称直径 (mm)	主要连接尺寸和外形尺寸 (mm)											孔数 Z
	L	D	D ₁	D ₂	f	b	A	B	h	≈H	d	
300	750	460	410	375	4	30	13.5	45.5	3.49	820	25	12

注 表列产品为沈阳高中压阀门厂生产

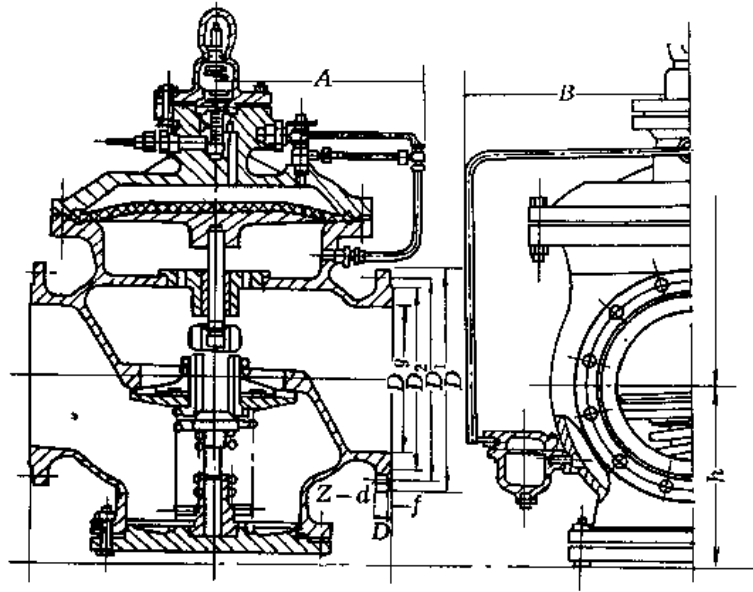


图 3-30 Y42X-16C 薄膜式减压阀

表 3-95

Y42X-16C 薄膜式减压阀性能参数

项 目	性 能 参 数
公称压力 p_r	1.6MPa
强度试验压力 p_s	2.35MPa
进口压力 $p_{进}$	< 1.6MPa
出口压力 $p_{出}$	0.05~0.12MPa
出口压力误差	20~6%
适用介质	水、空气等
适用温度	< 60℃

2. 弹簧薄膜式减压阀

弹簧薄膜式减压阀性能、规格及结构见表3-96、表3-97、图3-31。

表 3-96

Y42SD-25型弹簧薄膜式减压阀规格

公称直径 (mm)	主要连接尺寸和外形尺寸 (mm)											孔数 Z
	L	D	D ₁	D ₂	D ₃	f	b	D ₄	≈H ₁	≈H ₂	d	
25	180	115	85	65	不	2	16				14	4
32	200	135	100	78	带	2	18				18	4
40	230	145	110	85	凹	3	18				18	4
50	250	160	125	100	下	3	20	205	580	88	18	4
65	260	180	145	120	部	3	22				18	4
80	300	195	160	135	分	3	22				18	4

注 表列产品为沈阳高中压阀门厂生产。

表 3-97

Y42SD 25型弹簧薄膜式减压阀性能参数

项 目	性 能 参 数
公称压力 P_n	2.5MPa
强度试验压力 P_s	3.72MPa
进口压力 $P_{进}$	$\leq 2.5\text{MPa}$
出口压力 $P_{出}$	0.05~1.6MPa
出口压力误差	20~6%
适用介质	空气、水等
适用温度	$\leq 70^\circ\text{C}$

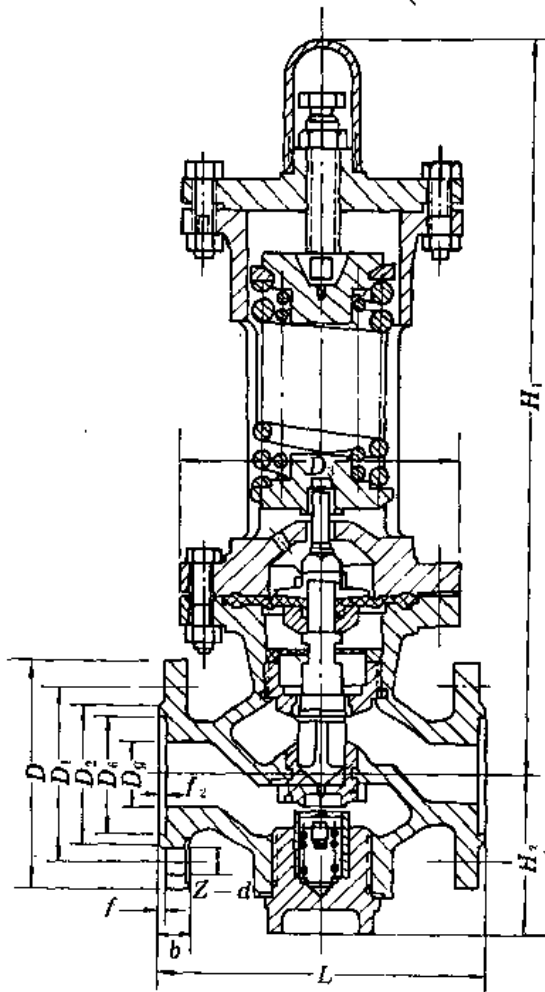


图 3-31 Y42SD-25型弹簧薄膜式减压阀

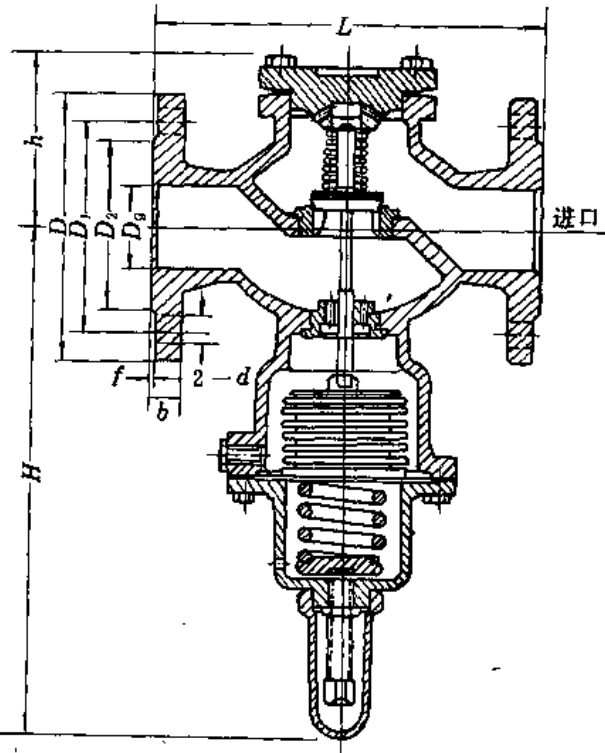


图 3-32 Y44T 10型波纹管式减压阀

3. 波纹管式减压阀 (表3-98 及表3-99)

表 3-98 Y44T-10型波纹管式减压阀规格

公称直径 (mm)	主要连接尺寸和外形尺寸 (mm)									孔数 Z
	L	D	D ₁	D ₂	f	b	h	H	d	
20	160	105	75	55	2	16	88	250	11	4
25	160	115	85	65	2	16	88	260	11	4
32	180	135	100	78	2	18	94	270	18	4
40	200	145	110	85	3	18	100	290	18	4
50	230	160	125	100	3	20	105	320	18	4

注 表列产品为沈阳市第二阀门厂生产

表 3-99 Y44T-10型波纹管式减压阀性能参数

项 目	性 能 参 数
公称压力 p_n	1MPa
强度试验压力 p_s	1.5MPa
进口压力 $p_{进}$	1~0.1MPa
出口压力 $p_{出}$	0.1~0.05MPa
出口压力误差	<0.02MPa
适用介质	水、蒸汽、空气
适用温度	<200℃

(六) 空气阀

空气阀是喷灌系统的主要附件之一，国外喷灌管网均安设空气阀，作为自动进排气之用。国内过去有许多喷灌工程由于管道上没有安装空气阀，造成管道破裂。近来各地对空气阀的作用已重视起来。

国产定型生产的空气阀分单、双室两种，单室排气量小，双室体积和重量又都较大，且排气孔直径偏大，又无过滤网，不适合中、小规模喷灌系统使用，当水质不洁净时也不适用。

1984年水利电力部水科院研制成功的KQ42X-10型快速空气阀是根据喷灌系统压力管道的特点研制的，经试验效果良好，已批量生产。

山西省水科所根据薄壁铝管喷灌系统的竖管快速接头和国外滴灌系统空气阀的样品也研制了一种空气阀，这种空气阀结构简单，成本低廉，适用于小规模喷、滴灌工程。

1. KQ42X-10型快速空气阀 (表3-100、图3-33)

表 3-100 KQ42X-10型快速空气阀规格性能

规 格	主气孔直径 (mm)	额定进排气压差 (MPa)	排气量 (m ³ /h)	进气量 (m ³ /h)	公称压力 (MPa)	适用管径 (mm)
KQ42X-10(8)	8	0.02	25	21	1	<100
KQ42X-10(13)	13	0.02	63	53	1	<200
KQ42X-10(20)	20	0.02	136	113	1	<300
KQ42X-10(28)	28	0.02	238	199	1	<380

注 表列产品为湖北省云梦喷灌机厂生产。

2. 简易空气阀 (图3-34)

简易空气阀由阀体、浮子和密封胶圈三部分组成。当输水管内充有空气时,浮子处于落下状态,空气即从阀孔排出;当气体排完后,输水管内有压水将浮子压起至密封胶圈处,有压水被封闭在里面;当输水管内产生水锤并形成水柱分离而产生负压时,大气压力将浮子压下,空气即由阀孔进入管内,从而可减少安全阀的过水量,避免因水锤引起的压力突然上升。

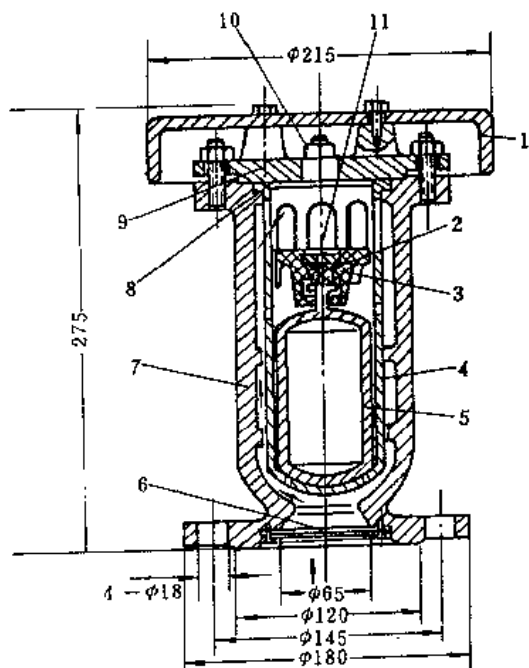


图 3-33 KQ42X 10型快速空气阀

- 1—阀罩; 2—锥形橡胶块; 3—阀瓣; 4—导向套;
- 5—浮子; 6—滤网; 7—阀体; 8—密封圈; 9—阀盖;
- 10—主进排气孔; 11—副排气孔

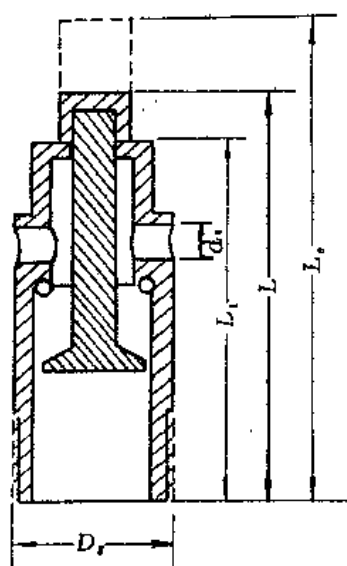


图 3-34 简易空气阀

(七) 喷灌专用阀

喷灌专用阀主要用于喷灌机组和地面移动管的流量控制,包括弯头阀、给水栓和竖管快接控制阀。

1. 弯头阀 (图3-35)

弯头阀多安装在地埋管的出水口或喷灌机组的出水口后面,国产的规格有公称直径3英寸和1英寸两种,生产厂家有江苏金坛管道设备厂等。

2. 给水栓 (图3-36及图3-37)

给水栓由上下两部分组成,下部为阀体,与固定管的出水口连接,上部为阀开关,与移动支管连接,可任意水平旋转360°,使用很方便,其作用与弯头阀相同,实际上是一种分体的弯头阀,适用于支管移动的管道系统,其中山西太原市生产的给水栓规格见表3-101。

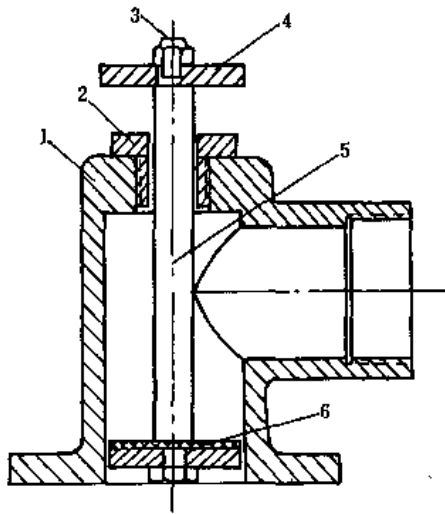
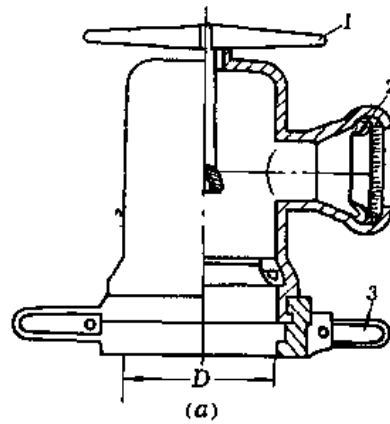
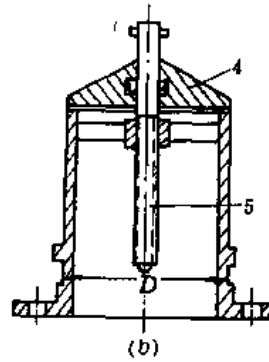


图 3-35 简易弯头阀

1—阀体；2—六角螺母；3—六角螺母；
4—手柄；5—阀杆；6—橡胶垫



(a)



(b)

图 3-36 给水栓

(a) 上部阀开关；(b) 下部阀体
1—上把手；2—支管接头；3—下把手；
4—盖板；5—螺杆

表3-101

薄壁金属管喷灌系统 给水栓规格与价格

型 号	名 称	规 格	参考价格 (元)	生 产 厂
T P L	给水栓阀开关	φ50	15.37	太原光华喷灌设备厂
	给水栓阀体	φ50	20.00	
	给水栓阀开关	φ65	29.13	太原喷灌设备厂
	给水栓阀体	φ65A	30.33	
	给水栓阀体	φ65B	33.13	
	给水栓阀开关	φ76	30.97	
	给水栓阀体	φ76A	36.16	
	给水栓阀体	φ76B	39.98	
P K C	给水栓阀开关	φ102	65.10	太原新城农机厂
	给水栓阀体	φ102B	56.54	
	给水栓阀开关	φ65	53.03	
	给水栓阀开关	φ76	53.43	
	给水栓阀体	φ76B	32.57	

注 1. “A”为螺纹连接，“B”为法兰连接；
2. 工作压力为1MPa，试验压力为1.5MPa。

3. 竖管快接控制阀

竖管快接控制阀用于竖管与输水支管的连接处,在支管处于工作状态时,可以更换或拆去个别喷头竖管,其规格性能见表3-102,结构如图3-38和图3-39所示。当喷头竖管压入阀口后,将封水胶球压下,而自动打开阀门;取下竖管时,封水胶球被水压力或弹簧压起,将阀门出水口封闭。

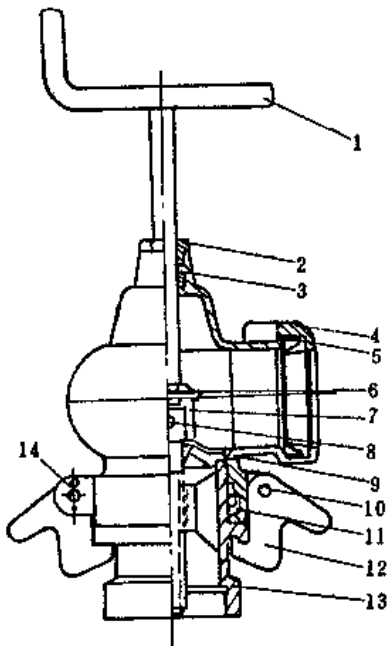


图 3-37 薄壁铝管喷灌系统给水栓

- 1—丝杆手柄; 2—压紧螺母; 3—开关手柄封水圈;
4—上阀门出水口; 5—水密封胶圈; 6—丝杆销子;
7—开关头; 8—丝杆; 9—封水压盖; 10—阀门勾销子;
11—水密封胶圈; 12—挂钩; 13—下阀门

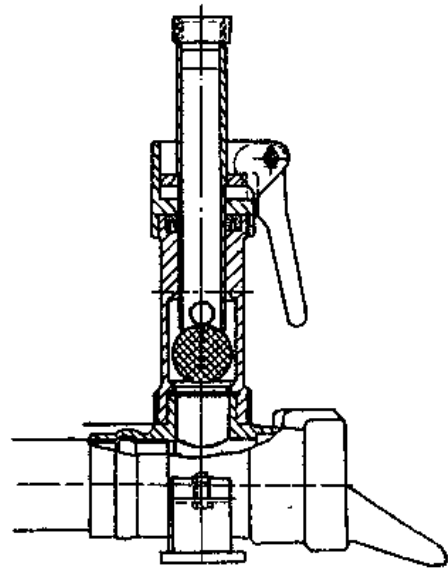


图 3-38 TPL型竖管快接控制阀

表3-102

薄壁金属管喷灌系统竖管快接控制阀规格与价格

型号	规格	工作压力 (MPa)	试验压力 (MPa)	参考价格 (元)	生产厂
TPL	φ50×33	1	1.5	6	太原光华喷灌设备厂
	φ65×33	1	1.5	12	
	φ76×33	1	1.5	15	
	φ76×48	1	1.5	16	
PKC	1"	1	1.5	15	太原新城农机厂

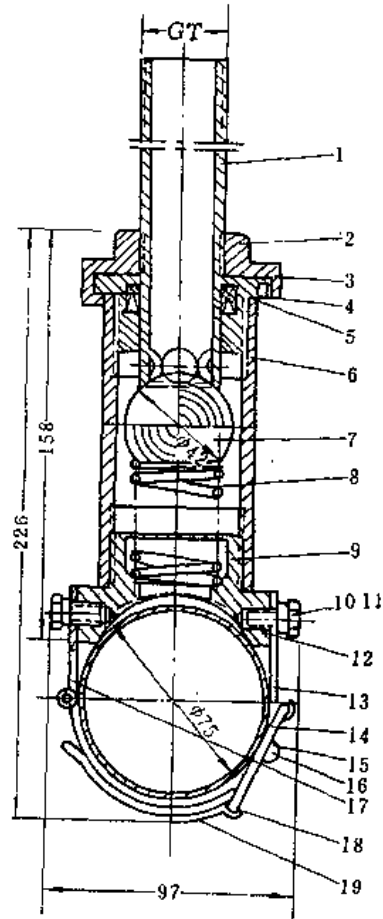


图 3-39 PKC 型竖管快接控制阀

- 1—喷头竖管；2—竖管三爪接头；3—球形阀座；4—定位销轴；
 5—V型密封圈；6—阀体；7—橡胶阀球；8—螺旋弹簧；9—阀
 簧座；10—螺钉；11—垫圈；12—O型密封圈；13—吊钩；14—搭扣
 环；15—卡紧装置下片；16—销轴；17—卡紧装置吊轴；18—鞍形环；
 19—输水管

泵 与 泵 站

第一节 泵的型号与性能

一、泵的型号及其意义

-表 4-1

泵 型 号 意 义

水 泵 种 类		型 号 举 例	型 号 的 意 义	型 号 中 数 字 的 意 义	
离 心 泵	单级单吸	改进型号 BP型	65BP-55	BP: 喷灌用离心泵	65——泵吸入口径为65mm 55——扬程为55m
		改进型号 BPZ型	50BPZ _z -45	BPZ: 喷灌用自吸式离心泵 CZ: 与柴油机直联	50——泵吸入口径为50mm 45——扬程为45m
		原型号 BP型	2.5BP-55	BP: 喷灌用离心泵	2.5——泵吸入口径为2.5英寸 55——扬程为55m
		原型号 BPZ型	2BPZ _z -45	BPZ: 喷灌用自吸式离心泵 Z: 直联	2——泵吸入口径为2英寸 5——功率为5马力 45——扬程为45m
	单级双吸	改进型号 IB型	IB	I: 国际标准第一代号	80——泵吸入口径为80mm
		改进型号 IS型	80-50-250 IS	B: “泵”汉语拼音第一字母 IS: 国际标准	50——泵排出口径为50mm 250——叶轮名义直径为250mm
	单级双吸	原型号 BA型	6BA-18A	BA: 单级单吸悬臂式离心泵	6——泵吸入口径为6英寸 18——比转数为180 A——泵的叶轮外径已小过(若是B、C则表示车小得更多些)
		原型号 B型	4B-35	B: 单级单吸悬臂式离心泵	4——泵吸入口径为4英寸 35——扬程为35m
	多级分段	改进型号 S型	150S-50	S: 单级双吸卧式离心泵	150——泵吸入口径为150mm 50——扬程为50m
		改进型号 Sh型	10Sh-19	Sh: 单吸双吸卧式离心泵	10——泵吸入口径为10英寸 19——比转数为190
多级分段	改进型号 D型	D25-50×12	D: 分段式多级离心泵	1——第一次改进设计 25——流量为25m ³ /h 50、80——单级扬程为50m、80m 2、12——泵的级数为2级、12级	
	改进型号 DA ₁ 型	DA ₁ -80×2			

续表

水泵种类			型号举例	型号的意义	型号中数字的意义
离心泵	多级分段	原型号	DA型	4 DA-8×5	DA: 分段式多级离心泵 4—泵吸入口径为4英寸 8—比转数为80 5—泵的级数为5级
井泵	长轴井泵	改进型号	JC型	100JC10×23	JC: 长轴离心深井泵 100—适用最小井径100mm 10—流量10m ³ /h 23—泵的级数为23级
		原型号	JD型	6JD36×8	JD: 深井多级泵 6—适用最小井径6英寸 36—流量36m ³ /h 8—泵的级数为8级
			J型	10J80×10	J: 机井用泵 10—适用最小井径为10英寸 80—流量80m ³ /h 10—泵的级数为10级
	深井潜水电泵	改进型号	QJ型	200QJ80-55/5	QJ: 井用潜水泵 200—适用最小井径为200mm 80—流量80m ³ /h 55—扬程为55m 5—泵的级数为5级
		原型号	NQ型	8NQ20-125	NQ: 农用潜水电泵 8—适用最小井径为8英寸 20—流量20m ³ /h 125—扬程125m
250NQ50-160/8	250—适用最小井径为250mm 50—流量50m ³ /h 160—扬程160m 8—泵的级数为8级				
微型泵		原型号	WB型	WB10-10-80 (250B)	WB: 微型泵 B: 电动机型式 10—泵吸入口径为10mm 10—泵排出口径为10mm 80—叶轮名义直径为80mm 250—电动机额定功率为250W
真空泵	水环式	改进型号	SZ型	SZ-1	S: 水环式 Z: 真空泵 1—规格号
		原型号	PMK型	PMK-1	1—规格号
	直联式	改进型号	SZB型	SZB-1	S: 水环式 Z: 真空泵 B: 悬臂式 4—520×0.133kPa时的排气量为4L/s
		原型号	KBH型	KBH-1	K: 悬臂式 B: 真空 H: 泵 4—520×0.133kPa时的排气量为4L/s
			SZZ型	SZZ-1	S: 水环式 Z: 真空泵 Z: 直联式 4—520×0.133kPa时的排气量为4L/s

二、泵的性能参数

泵的性能参数是用来表征泵性能的一组数据，可归纳为基本性能参数（流量、扬程、功率、效率、转速）、汽蚀性能参数（必需汽蚀余量或允许吸上真空高度）和综合性能参数（比转数）。

（一）流量

流量又称输水量，是指一台泵在单位时间内能输送多大体积（或重量）的水。用 Q 表示，单位是 L/s 、 m^3/s 、 m^3/h 或 t/h 等。

（二）扬程

扬程是单位重量（应换算成 kN ）水，从水泵进口到水泵出口所增加的能量（ kJ ），其单位为 $\frac{kJ}{kN} = \frac{kN \cdot m}{kN} = m$ ，因此，扬程也是水泵的扬水总高度。

（三）功率

泵功率分为有效功率、轴功率和配套功率3种。

1. 有效功率

有效功率又叫水功率或水马力，是指泵的输出功率，以 P_e 表示，按下式计算：

$$P_e = \gamma Q H \quad (kW) \quad (4-1)$$

式中 γ ——水的容重（ kN/m^3 ）；

其余符号意义同上。

2. 轴功率

是指泵的输入功率，也就是动力机传给泵的功率，以 P 表示，单位为 kW 。

3. 配套功率

是指与泵配套的动力机的输出功率，为了保证机组运行安全可靠以及补偿传动中消耗的功率，配套功率应比轴功率大。配套功率的单位也是 kW 。

（四）效率

是指泵的有效功率与泵的轴功率的比值，它标志着泵传递功率的有效程度。以符号 η 表示，单位是百分数（%）。

$$\eta = \frac{P_e}{P} \times 100\% \quad (4-2)$$

（五）转速

转速又叫转数，是指泵轴或叶轮每分钟转动的次数，以 n 表示，单位是 r/min 。泵转速发生变化，其它性能参数也发生相应变化。

（六）必需汽蚀余量

1. 汽蚀余量

指泵进口处单位重量水所具有超过汽化压力的富裕能量，单位为 m ，用 Δh 表示：

$$\Delta h = \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} - \frac{p_v}{\gamma} \quad (4-3)$$

式中 $\frac{p_1}{\rho}$ —— 泵进口处绝对压力水头 (m) ;

$\frac{v_1^2}{2g}$ —— 泵进口断面流速水头 (m) ;

$\frac{P_v}{\rho}$ —— 水在相应温度下的汽化压力水头 (m) ;

其余符号意义同上。

2. 临界汽蚀余量

指在大气压力为101.3kPa(760mmHg),水温为20℃的标准状况下,测得开始发生汽蚀时泵进口处的汽蚀余量,用 Δh_c 表示。

3. 必需汽蚀余量

为保证泵正常工作,不产生汽蚀,所规定的汽蚀余量必需值,用 Δh_r 表示。原机械工业部规定为

$$\Delta h_r = \Delta h_c + 0.3 \quad (4-4)$$

(七) 允许吸上真空高度

1. 吸上真空高度

对于一般情况下其叶轮处于水面以上的离心泵,泵进口压力低于大气压力的数值,称为泵的吸上真空高度,用 H_s 表示,单位为m,即

$$H_s = \frac{p_a}{\rho} - \frac{p_1}{\rho} \quad (4-5)$$

式中 $\frac{p_a}{\rho}$ —— 大气压力水头 (m) ;

其余符号意义同前。

吸上真空高度和汽蚀余量的关系为:

$$H_s = \frac{p_a}{\rho} - \frac{p_v}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g} - \Delta h \quad (4-6)$$

2. 临界吸上真空高度

在大气压力为101.3kPa(760mmHg),水温为20℃的标准状况下,泵内开始产生汽蚀时测得的吸上真空高度的临界值,称为临界吸上真空高度,用 $H_{s,c}$ 表示。

3. 允许吸上真空高度

为防止泵发生汽蚀,规定吸上真空高度的允许值,称为允许吸上真空高度,用 $[H_s]$ 表示。原机械工业部规定为

$$[H_s] = H_{s,c} - 0.3 \quad (4-7)$$

(八) 比转数

比转数是综合反映泵性能的一个参数,也是一系列几何相似泵的特征数、判别数,用 n_s 表示。在相似工况下,几何相似泵的比转数相等。对于一台泵的比转数,中国和苏联等国家,采用(4-8)式确定:

$$n_s = 3.65 n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad (4-8)$$

式中 n_s ——泵的比转数；
 n ——泵设计转速 (r/min)；
 Q ——泵最高效率时的流量 (m^3/s)；
 H ——泵最高效率时的扬程 (m)。

对于双吸泵，式 (4-8) 中 Q 换成 $Q/2$ ；对于多级泵 (包括并泵)， H 换成 H/i (i 为级数)。

由于美国、英国、日本等其它国家采用的计算比转数公式的形式以及性能参数的单位不同，计算出的比转数值亦不同，表 4-2 列出了比转数的换算关系。

表 4-2 比转数 n_s 换算表

公 式		$3.65 \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$	$n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$		
国 别		中国、苏联	美 国	英 国	日 本
单 位	n	r/min	r/min	r/min	r/min
	Q	m^3/s	gal (US) /min	gal (UK) /min	m^3/min
	H	m	ft	ft	m
换算关系	1	1	14.15	13	2.12
	0.07067		1	1.095	0.1495
	0.0769		0.913	1	0.1642
	0.171		6.68	6.09	1

三、泵的性能曲线和性能表

泵的性能曲线是用来表示泵的各性能参数之间关系的一组曲线，通常规定为：当泵的转速 n 为某一恒定值时，扬程 H 、轴功率 P 、效率 η 和必需汽蚀余量 Δh_r 或允许吸上真空高度 $[H_s]$ 随流量 Q 而变化的关系，称为泵的性能曲线 (或特性曲线)，其代号分别为 $H-Q$ 、 $P-Q$ 、 $\eta-Q$ 、 Δh_r-Q 或 $[H_s]-Q$ 。

图 4-1 绘示了 12Sh-6 型双吸式离心泵的性能曲线。由图可知，在 $H-Q$ 曲线上用“波形线”标出了泵的工作范围，该工作范围和 $\eta-Q$ 曲线上高效率区相对应。如果超出了这个范围，泵效率降低较多，因此运行是不经济的。由工作范围两边界点和最高效率对应点，共 3 点所对应的各性能参数值就是泵的性能表 (表 4-18) 中所列的数值，而将最高效率点所对应的值标在泵的铭牌上。

在曲线图上还用 3 种不同的线号，表示同一泵体，不同直径叶轮的性能。实线“——”表示原形叶轮 ($D = 510mm$) 的性能；虚线“----”表示换成一个较小的叶轮 ($D = 510mm$ 、其它尺寸不变) 的性能；点划线“- · - · -”表示换成更小的一个叶轮 ($D = 175mm$ 、其它尺寸不变) 的性能。叶轮经过车削，缩小了直径，从而达到改变水泵性能和扩大使用范围的目的，表 4-18 中同时列入了两个小直径叶轮的各项性能参数值。

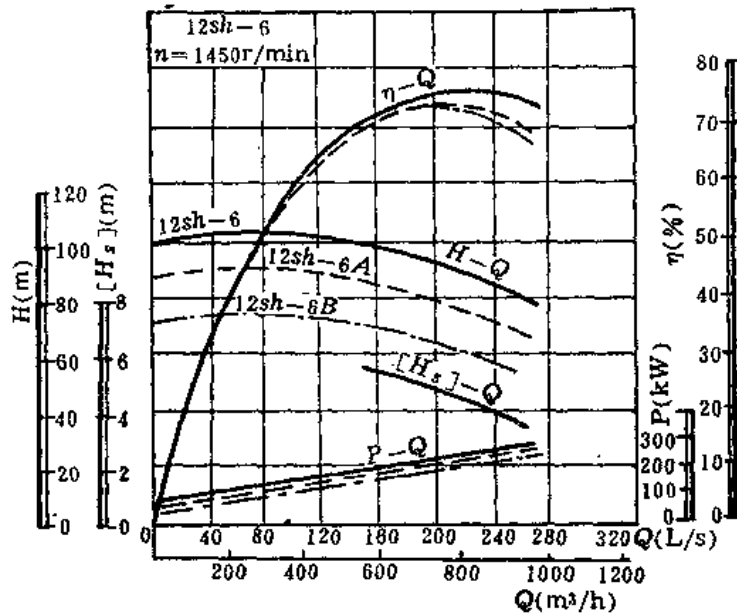


图 4-1 泵的性能曲线图

从曲线图还可以看出离心泵的流量改变时，其它性能参数的变化规律：

- (1) 零流量时的轴功率最小，随着流量的增加，轴功率上升。为防止动力机超载，离心泵启动时宜关闭出水管路上的闸阀。
- (2) 小流量区， $H-Q$ 曲线出现小驼峰，运行不稳定且效率又低，应避免离心泵在此范围内使用。
- (3) 效率曲线上的高效率区范围较广。泵在高效率区运行，可获得较高的经济效益。

第二节 泵工作点的确定

泵-管道系统的平衡状态，取决于物质和能量的平衡。前者用通过管道的流量和泵流量相等的条件表示；后者表示为泵扬程和管道所需扬程相等。在曲线图上，上述平衡条件以泵性能曲线与管道性能曲线的交点表征，此交点称为泵工作点或工况点。

一、向水池供水时，水泵工作点的确定

- (一) 绘制水泵性能曲线 (图4-2)
- (二) 绘制管道性能曲线

管道性能曲线，即管道所需扬程曲线，由 (1-9) 式确定：

$$H_r = H_s + h_w \quad (1-9)$$

$$h_w = h_f + h_j$$

$$h_f = f \frac{LQ^m}{d^b}$$

$$h_j = 0.08262 \frac{\sum \zeta}{d^4} Q^2$$

- 式中 H_r —— 管道所需扬程 (m) ;
 H_s —— 实际扬程, 即水池与水源水面之垂直高差 (m) ;
 h_w —— 管道水头损失 (m) ;
 h_f —— 管道沿程水头损失 (m) ;
 h_j —— 管道局部水头损失 (m) ;
 f —— 摩阻系数, 与摩阻损失有关;
 L —— 管道长度 (m) ;
 Q —— 流量 (m^3/s);
 m —— 流量指数, 与摩阻损失有关;
 d —— 管道内径 (m) ;
 b —— 管径指数, 与摩阻损失有关;
 $\sum \zeta$ —— 局部阻力系数 ζ 之和。

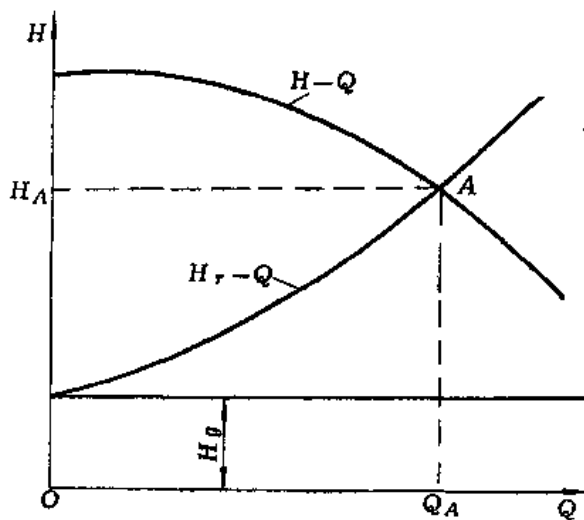


图 4-2 向水池供水时, 水泵工作点的图解确定

上述 f, m, b 值, 根据管材自第七章查得。

在图 4-2 中按 $H_r = H_s + f \frac{L}{d^b} Q^m + 0.08262 \frac{\sum \zeta}{d^4} Q^2$ 绘出管道性能曲线。

(三) 工作点的确定

在图 4-2 中泵的性能曲线 $H-Q$ 和管道性能曲线 H_r-Q 的交点 A , 即该泵与该管道所组成的抽水装置的工作点, 简称为泵的工作点或工况点。 H_A, Q_A 系泵的工作扬程和工作流量。如果在同一坐标系中再绘上泵的 $P-Q, \eta-Q$ 和 $[H_s]$ 或 Δh_r 等性能

曲线, 则对应 Q_A , 还可以得出 P_A, η_A 和 $[H_s]_A$ 或 Δh_{rA} 。

【例 4-1】已知某泵站安装 12Sh-13 型离心泵 5 台, 采用铸铁管作为进、出水管。进水管内径 $d_1 = 400\text{mm}$, 长度 $L_1 = 9\text{m}$, 附件有滤网 (不带底阀)、 15° 弯头、渐细接头各 1 个; 出水管内径 $d_2 = 300\text{mm}$, 长度 $L_2 = 61\text{m}$, 附件有渐粗接头、逆止阀、闸阀各 1 个, 30° 弯头 2 个。进、出水池正常水位分别为 341.00m 和 368.00m , 试用图解法求泵工作点, 并指出 Q, H, P, η 等性能参数值。

解: 1. 绘制 12Sh-13 型泵的性能曲线 (图 4-3)

2. 绘制管道性能曲线

$$H = H_s + f \frac{L}{d^b} Q^m + 0.08262 \frac{\sum \zeta}{d^4} Q^2$$

(1) 实际扬程: $H_R = 368.00 - 341.00 = 27 \text{ (m)}$ 。

(2) 沿程水头损失:

1) 进水管沿程水头损失:

$$h_{f1} = f \frac{L_1}{d_1^5} Q^m = 0.00179 \frac{9}{0.1^{5.1}} Q^{1.9} = 1.721 Q^{1.9}$$

2) 出水管沿程水头损失:

$$h_{f2} = f \frac{L_2}{d_2^5} Q^m = 0.00179 \frac{61}{0.3^{5.1}} Q^{1.9} = 50.683 Q^{1.9}$$

3) 总的沿程水头损失:

$$h_f = h_{f1} + h_{f2} = 1.721 Q^{1.9} + 50.683 Q^{1.9} = 52.407 Q^{1.9}$$

(3) 局部水头损失:

1) 进水管局部水头损失:

因为 $\Sigma \zeta = \zeta_{进口} + \zeta_{45^\circ \text{弯头}} + \zeta_{渐细接头}$, 查第七章得 $\zeta_{进口} = 2.5$, $\zeta_{45^\circ \text{弯头}} = \alpha \zeta_{90^\circ \text{弯头}} = 0.7 \times 0.291$ (当 $r/R = 0.5$) $= 0.21$, $\zeta_{渐细接头} = 0.1$, 故 $\Sigma \zeta = 2.5 + 0.21 + 0.1 = 2.81$

所以

$$h_{j1} = 0.08262 \frac{2.81}{0.1^4} Q^2 = 9.069 Q^2$$

2) 出水管局部水头损失:

因为 $\Sigma \zeta = \zeta_{渐细接头} + \zeta_{逆止阀} + \zeta_{闸阀} + \zeta_{30^\circ \text{弯头}} + \zeta_{出口}$, 查第七章得 $\zeta_{渐细接头} = 0.25$, $\zeta_{逆止阀} = 1.7$, $\zeta_{闸阀全开} = 0.07$, $\zeta_{30^\circ \text{弯头}} = 0.55 \times 0.291 = 0.162$, $\zeta_{出口} = 1.0$, 故 $\Sigma \zeta = 0.25 + 1.7 + 0.07 + 2 \times 0.162 + 1.0 = 3.341$

所以

$$h_{j2} = 0.08262 \frac{3.341}{0.3^4} Q^2 = 34.109 Q^2$$

3) 总的局部水头损失:

$$h_j = h_{j1} + h_{j2} = 9.069 Q^2 + 34.109 Q^2 = 43.178 Q^2$$

(4) 管道所需扬程:

$$H_s = H_R + h_f + h_j = 27 + 52.407 Q^{1.9} + 43.178 Q^2$$

列表计算曲线点据 (表 4-3), 并将点据绘于图 4-3 上, 连成 H_s-Q 曲线。

表 4-3

$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	0.06	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26
$Q^{1.9}$	0.00477	0.01259	0.02386	0.03846	0.05631	0.07735
Q^2	0.0036	0.01	0.0196	0.0324	0.0484	0.0676
$52.407 Q^{1.9}$	0.250	0.660	1.250	2.016	2.951	4.051
$43.178 Q^2$	0.155	0.432	0.846	1.399	2.090	2.919
$H_s = 27 + 52.407 Q^{1.9} + 43.178 Q^2$	27.405	28.092	29.096	30.415	32.041	33.973

3. 求工作点及各性能参数

$H-Q$ 曲线与 H_s-Q 曲线的交点 A , 即泵工作点。由 A 点向纵横坐标轴引垂线, 便得 $H_A = 32.04 \text{ m}$, $Q_A = 0.22 \text{ m}^3/\text{s}$ 。由 A 点向下引的垂线与 $P-Q$ 曲线相交于一点, 这点对应的轴功率 $P_A = 80.3 \text{ kW}$ 。由 A 点向上引的垂线与 $\eta-Q$ 曲线相交于一点, 这点对应的效率为 $\eta_A = 86.5\%$ 。

二、井泵工作点的确定

用井泵抽取井水时, 泵的扬程随管道水头损失和井中动水位变化而变化, 井泵工作点的确定, 按以下步骤进行 (图 1-4):

(1) 以井中静水位为基线, 分别绘出井泵的性能曲线 $H-Q$ 和管道水头损失曲线 h_w-Q 。

(2) 仍以井中静水位为基线，绘出根据井的抽水试验所得的涌水量与降深关系曲线 $S-Q_w$ 。再以出水池水面（或出水管中心）为准，绘一水平线，然后把 $S-Q_w$ 曲线对应地加在此水平线上，就得到实际扬程曲线 H_s-Q 。

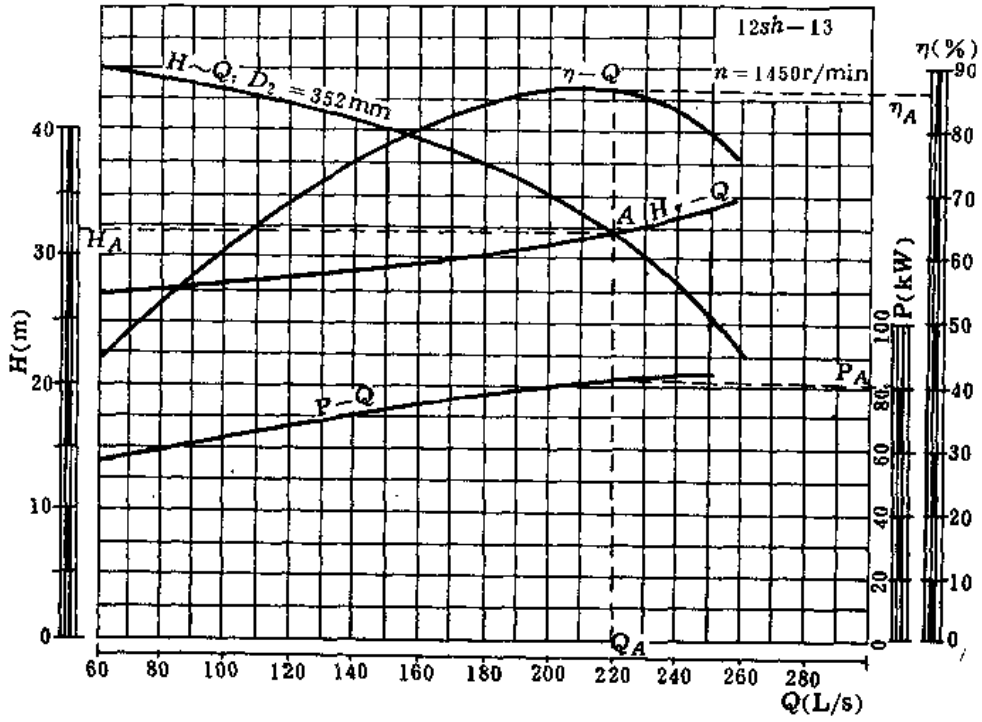


图 1-3. 泵工作点的图解确定

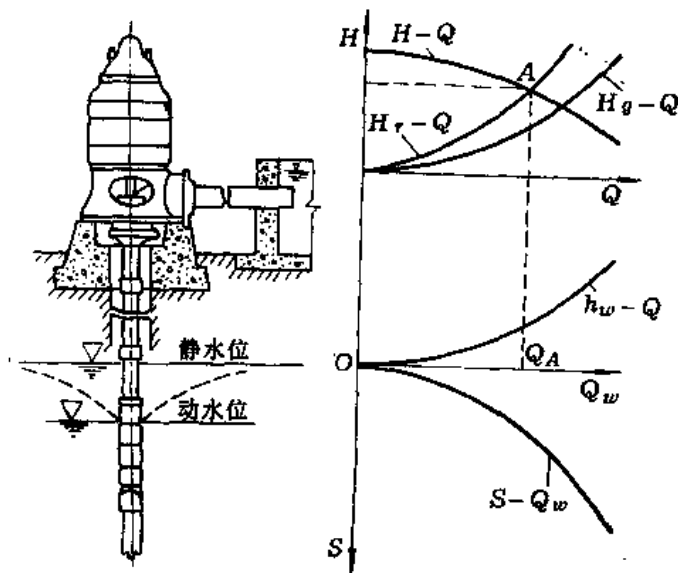


图 1-4 井泵工作点的确定

(3) 再在 H_s-Q 曲线上对应地加上 h_w-Q 曲线，就得到管道性能曲线 H_r-Q 。该曲线与井泵性能曲线 $H-Q$ 的交点 A ，即井泵工作点。

三、喷灌泵工作点的确定

喷灌泵的扬程主要不是用于提高水位，而是为了给喷灌系统加压，即给喷头提供所要求的工作压力。在这种情况下，管路所需扬程计算公式中，除了 H_g 、 h_w 外，增加了一项 h_p ，即

$$H_r = H_g + h_w + h_p \quad (1-10)$$

$$h_p = \frac{1}{\mu^2 \times 0.785^2 d^4 2g} Q^2 = \frac{1}{9.8 d^4} Q^2$$

式中 h_p ——喷嘴工作压力，因量测不便，目前常以喷头进口压力代替；

μ ——喷嘴流量系数，一般取为0.85~0.95；

d ——喷嘴直径 (m)；

g ——重力加速度，为9.8m/s²；

Q ——喷头流量 (m³/s)。

配带单喷头的喷灌泵，其工作点的图解确定方法，见图1-5。对于配带多喷头的喷灌泵，因管路水头损失和喷头工作压力两项不能用简单的数学式表达，致使式(1-10)更为复杂，要根据具体情况计算确定水泵的工作点，本手册不再介绍。

四、串联泵工作点的确定

泵串联工作时，总扬程为同一流量下各台泵的扬程之和。这时总扬程曲线可以用纵加法画出。就是说，把同一 Q 值时各泵扬程加起来，就得到该 Q 值时的串联总扬程。图4-6所示为I、II两台离心泵串联时的总扬程曲线 $(H-Q)_{I+II}$ 的绘制方法，图上 $EH = GH + FH$ 。 $(H-Q)_{I+II}$ 与管道性能曲线 H_r-Q 的交点A，就是串联时的工作点，从A向下引纵线，可定出串联时I、II号泵的工作点C和B。

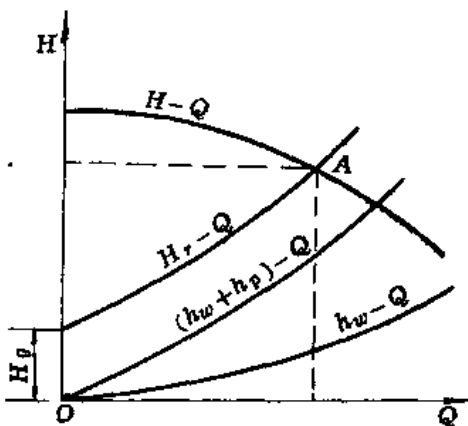


图 4-5 配带单喷头的喷灌泵工作点的确定

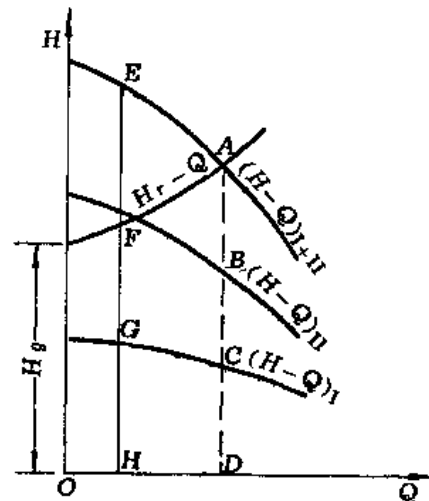


图 1-6 串联泵工作点的确定

五、并联泵工作点的确定

泵并联工作时总扬程曲线可以采用横加法画成，即把同一扬程值各泵流量加起来，就得到该扬程值时的并联总流量。图4-7所示为I、II两台离心泵并联时的总扬程曲线 $(H-$

$Q)_{I+II}$ 的绘制法, 图上 $EH = GH + FH$ 。 $(H-Q)_{I+II}$ 与管道性能曲线 H_r-Q 的交点 A , 即并联时的工作点, 从 A 点向左引横线, 可定出并联时 I 、 II 号泵的工作点 C 和 B 。

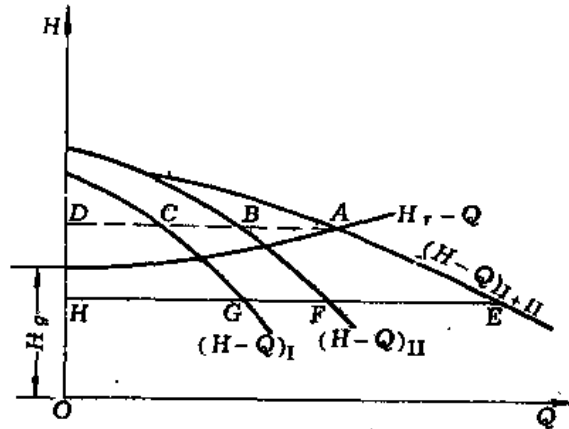


图 1-7 并联泵工作点的确定

第三节 泵的选型与安装高程的确定

一、泵的选型

(一) 原则

(1) 所选定的泵, 其流量和扬程应与喷灌系统设计流量和设计水头基本一致, 且当工作点变动时, 泵始终在高效率范围工作, 不致产生汽蚀或使动力机过载。

(2) 泵的大小和台数是相互制约的。泵选得大, 则效率高, 安装台数少, 设备、土建和管理等费用均可相应减少, 但是, 台数又不能太少, 否则 1 台泵发生故障, 对全系统影响很大。一般以安装 2 ~ 4 台为宜。当系统设计流量较小时, 也可只设置 1 台泵, 但应配备足够数量的易损零件。喷灌泵站一般不设置备用泵。

(3) 如果有几种泵型都能满足喷灌系统设计流量和设计水头的要求, 则应选择其中效率高, 配套功率小, 便于操作、维修, 并使喷灌系统的总投资小的那种泵型。

(4) 同一喷灌系统安装的泵, 尽可能型号一致, 这样: ①便于管理和零件替换; ②适应自动化和半自动化控制; ③使泵房结构单一。

(5) 推荐采用国优与部优产品以及获得国家生产许可证的产品与节能产品, 避免采用淘汰产品。

(6) 尽可能选择汽蚀性能好的泵, 这对于简化泵房结构、减少泵站投资、保证机组安全运行有很大影响。以选择离心泵为例, 如果所选泵的允许吸上真空高度值大, 而水源水位变化又不大时, 可采用简易的、由砖木结构所组成的分基型泵房; 反之, 就必须改用较为复杂的、由钢筋混凝土与砖石混合结构组成的干室型泵房。

(7) 如果现有的泵型不能满足喷灌系统设计流量与设计水头的要求, 可采用串联、并联以及变速的方法解决。

对于同一台泵, 当转速变化在 $\pm 20\%$ 以内时, 其性能参数按式 (4-11) 至式 (4-13) 变化:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (4-11)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (4-12)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (4-13)$$

$$\eta_1 \approx \eta_2 \quad (4-14)$$

(二) 步骤

(1) 以喷灌系统设计水头为准，在泵系列型谱（图1-8）或产品目录、样本上找出几种可以满足扬程要求的泵，考虑合适的台数、订货的把握性、汽蚀性能较好等因素，就可初步把型号定下来。

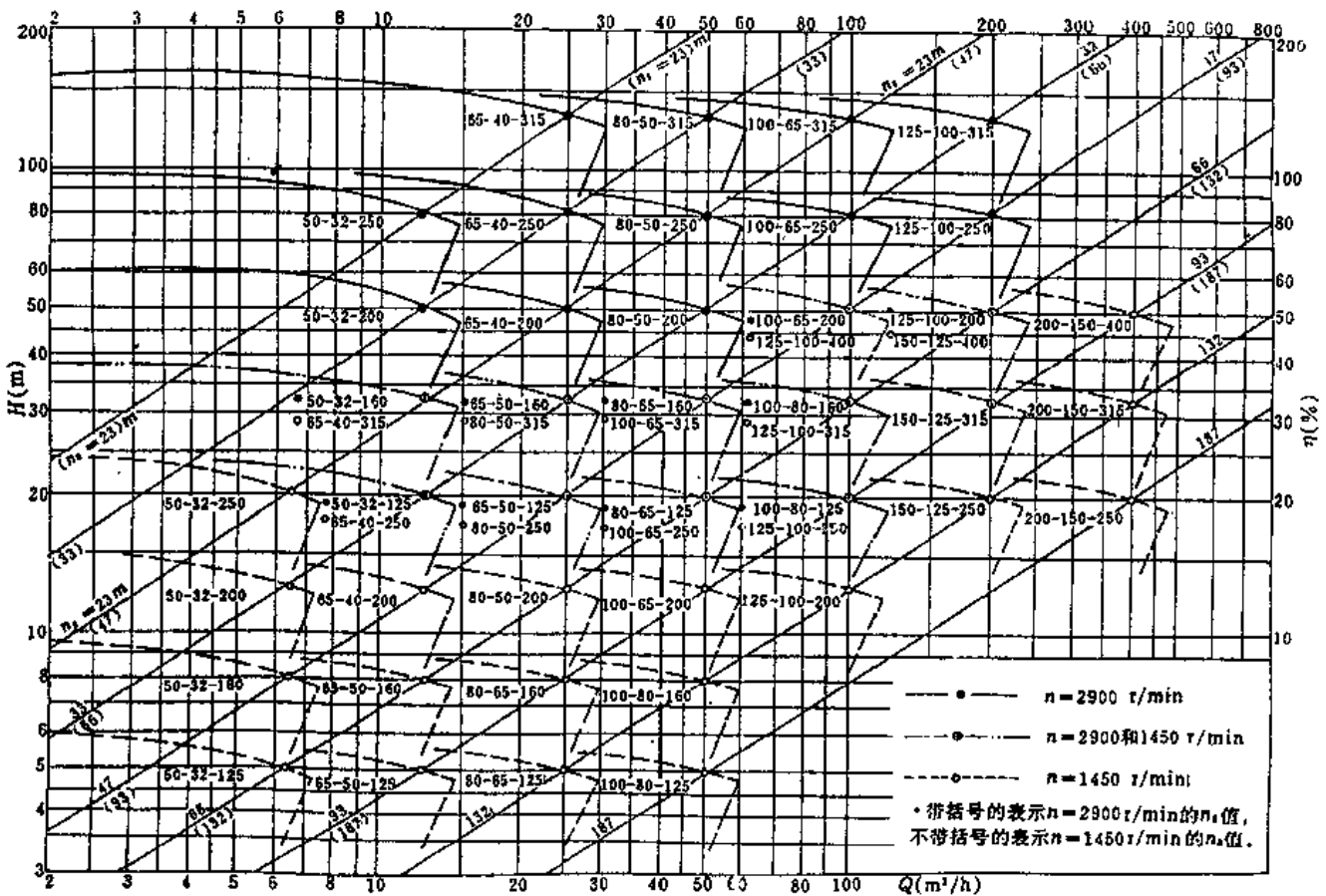


图 1 8 IS泵系列型谱

(2) 按本章第二节所述方法，求出喷灌泵的工作点，此工作点对应的效率应处于泵的高效率范围。

(3) 用喷灌系统可能出现的最大与最小扬程, 求出变动的泵工作点, 通过 $P-Q$ 和 $[H_s]$ - Q 曲线查出相应的 P 、 $[H_s]$ 值, 校核动力机是否超载, 泵内是否产生汽蚀。

(4) 如果经过以上校核, 泵能够高效率而又安全地运转, 再考虑喷灌系统总投资、管理运行费用以及工程效益等因素, 最后确定泵的型号。

二、泵安装高程的确定

(一) 卧式离心泵

卧式离心泵的轴线安装高程, 由4-15式确定

$$Z_a = Z_s + [H_s] - 10.09 + \frac{p_a}{\rho} - \frac{p_v}{\rho} - h_{w1} - \frac{v_j^2}{2g} - \Delta Z \quad (4-15)$$

式中 Z_a ——泵安装高程 (m);

Z_s ——水源最低水位 (m), 如泵站有进水建筑物, 则为进水池最低水位;

$[H_s]$ ——在标准大气压及20℃水温下, 由汽蚀试验确定的泵允许吸上真空高度(m), 自样品、产品目录或安装使用说明书所载泵性能曲线或性能表查得;

10.09——标准状况下大气压力水头与汽化压力水头的差值 (m);

$\frac{p_a}{\rho}$ ——不同海拔处的大气压力水头 (m), 根据站址海拔高程自表4-4查得;

$\frac{p_v}{\rho}$ ——不同水温时的汽化压力水头 (m), 根据水温自表4-5查得;

h_{w1} ——进水管水头损失 (m);

$\frac{v_j^2}{2g}$ ——泵进口断面处流速水头 (m);

ΔZ ——安全值, 一般取为0.5m。

表 4-4 不同海拔高程的大气压力水头值

海拔 (m)	-600	0	100	200	300	400	500	600	700
$\frac{p_a}{\rho}$ (m)	11.3	10.3	10.2	10.1	10.0	9.8	9.7	9.6	9.5
海拔 (m)	800	900	1000	1500	2000	3000	4000	5000	
$\frac{p_a}{\rho}$ (m)	9.4	9.3	9.2	8.6	8.1	7.2	6.3	5.5	

表 4-5 不同水温时的汽化压力水头值

水温 (℃)	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\frac{p_v}{\rho}$ (m)	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	2.02	3.17	4.82	7.14	10.33

【例4-2】接例4-1, 知每台泵流量为0.22m³/s, 允许吸上真空高度 $[H_s] = 4.5\text{m}$, 进水池最低水位为334.77m, 水温30℃, 试确定该泵安装高程。

解: $Z_a = Z_s + [H_s] - 10.09 + \frac{p_a}{\rho} - \frac{p_v}{\rho} - h_{w1} - \frac{v_j^2}{2g} - \Delta Z$

(1) 已知水泵使用地点海拔340.00m左右, 据表4-4内插, 得 $\frac{p_a}{\rho} = 9.92\text{m}$;

(2) 已知水温30℃, 查表4-5得 $\frac{p_v}{\rho} = 0.43\text{ (m)}$;

(3) 由例4-1知

$$h_m = h_{f1} + h_{f2} = 1.721Q^{1.9} + 9.069Q^{2.2} = 1.721 \times 0.22^{1.9} + 9.069 \times 0.22^{2.2}$$

$$= 1.724 \times 0.0563 + 9.069 \times 0.0484 = 0.097 + 0.439 = 0.536 \text{ (m)};$$

$$(4) v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \times 0.22}{3.14 \times 0.3^2} = \frac{0.88}{3.14 \times 0.09} = 3.07 \text{ (m/s)}$$

故 $\frac{v_1^2}{2g} = \frac{3.07^2}{2 \times 9.81} = 0.48 \text{ (m)};$

(5) ΔZ 取为0.5m;

(6) 将以上各值代入总式, 得

$$Z_a = 338.77 + 4.5 - 10.09 + 9.92 - 0.43 - 0.54 - 0.48 - 0.5 = 341.15 \text{ (m)}$$

(二) 井泵

应确保泵体能够淹没在井内动水位以下。为此, 长轴井泵井下部分输水管的长度, 应比井中动水位深度大一些, 但不能过大, 一般规定不要超过“泵管放入井中的最大长度”值, 避免因输水管过长, 使水头损失和电能耗费增大。有关长轴井泵泵体和输水管总长度, 见表4-6所列。一般规定, 井下部分输水管的长度应比动水位深度大1~2m, 计算公式为

$$L = H_m + (1 \sim 2)$$

式中 L ——井下部分输水管的长度 (m);

H_m ——井中动水位深度 (m), $H_m = H_d + S$, 其中 H_d 为井中静水位深度, S 是降深。

表 4-6

某些长轴井泵泵体和输水管总长度表

(单位: m)

泵型号	叶轮级数	扬程	泵管放入井中的最大长度	泵体总长	泵型号	叶轮级数	扬程	泵管放入井中的最大长度	泵体总长
4JD10	10	30	27.97	1.201	6JD56	4	32	27.96	0.779
	15	45	42.97	1.385		6	48	45.46	0.995
	20	60	55.47	1.569		8	64	62.96	1.211
	24	72	55.47	1.753		10	80	75.46	1.427
						11	88	88.00	1.535
6JD36	4	39	35.46	0.705	8JD80	10	40	35.95	1.785
	5	47	45.46	0.805		12	48	44.95	2.065
	6	57	55.46	0.905		15	60	56.95 ^①	2.485
	7	66	65.46	1.005		17	68	56.95	2.765
	8	76	75.46	1.105		20	80	56.95	3.185
	9	85	82.96	1.205	23	92	56.95	3.605	
	6	57	55.46	0.905	8J35	10	40	32.225	1.675
	7	66	65.46	1.005		14	56	46.225	2.295
	8	76	75.46	1.105		18	72	62.225	2.915
	9	85	82.96	1.205		22	88	78.225	3.535
						26	104	92.225	4.155

① 此值及以下两管长值是个别厂家规定的供货管长, 各地可结合具体情况增大放入井中的管长, 但最大长度应小于泵的总扬程。

第四节 泵 站

一、站 址 选 择

泵站站址选择应当考虑的因素有以下几方面：

(一) 地形

(1) 应布置在水源能保证向喷灌系统提供所需的流量的地方，水质应符合现行《农田灌溉水质标准》。

(2) 应有利于泵站建筑物布置，使得工程量最少，并照顾到将来的发展，有扩大或改建的条件。

(3) 应靠近水源和喷灌区，以利于渠系布置并缩短出水管路和渠道长度，减少管道及上石方工程量。

(4) 自河道取水的喷灌泵站，应考虑三防（防淤、防冲、防洪）问题。为此，站址应选择河槽稳定的主槽迎流凹岸，避免在河床逐渐淤积的凸岸和岸边陡峭、土质不好、容易坍岸的地方建站。河道洪、枯水位变化较大、有站身防洪问题的泵站，站址附近应有宽敞的平台，以便于布置防洪工程，但又不要有过多的受雨面积，以减少洪水期泵房自身的排水量。站址不要选在水流的对冲方向，以免漂浮物撞击挡水墙；四周无高山逼近，不会影响通风、采光。

(二) 地质

泵站的地基，要承受动负荷，应坚实可靠，以经过振动而不产生较大变形为其基本要求。新填土、淤砂土和细砂之类的软弱地基，不宜作为喷灌泵站站址。倘若迫不得已，须采取措施加固处理。

(三) 尽量利用原有水利设施

对于原有设施加以利用改造，一般可减少土石方工程、少占耕地、减少泵站设备容量、提高设备利用率，从而降低喷灌成本。

(四) 其它

应靠近电源，以缩短输电线路，减少输变电设备投资；交通应方便，以减少施工期间和运行过程中的运输费用；还应靠近居民点，以方便职工生活。

二、枢 纽 布 置

这里介绍几种枢纽布置形式供设计参考。

(一) 从江河、湖泊取水，有引渠（洪水期不受淹没）的枢纽布置之一(图1-9)

(二) 从江河、湖泊取水，有引渠（洪水期受淹没）的枢纽布置之二(图1-10)

(三) 从江河、湖泊取水，无引渠的枢纽布置(图1-11)

(四) 从水库取水的枢纽布置(图1-13)

(五) 从大口井取水的枢纽布置(图1-12)

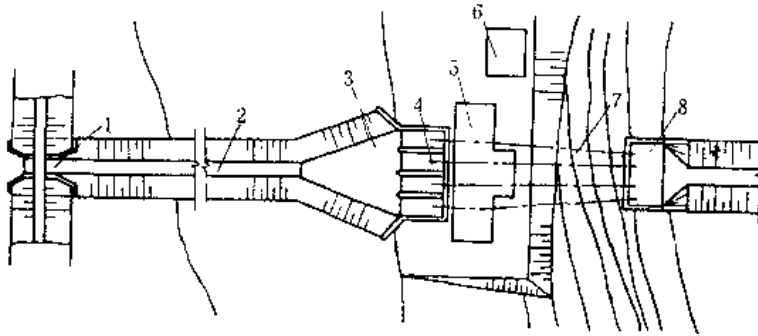


图 1-9 有引渠的枢纽布置之一

1 - 进水闸；2 - 引渠；3 - 前池；4 - 进水池；5 - 泵房；6 - 变电站；7 - 出水管；8 - 出水池

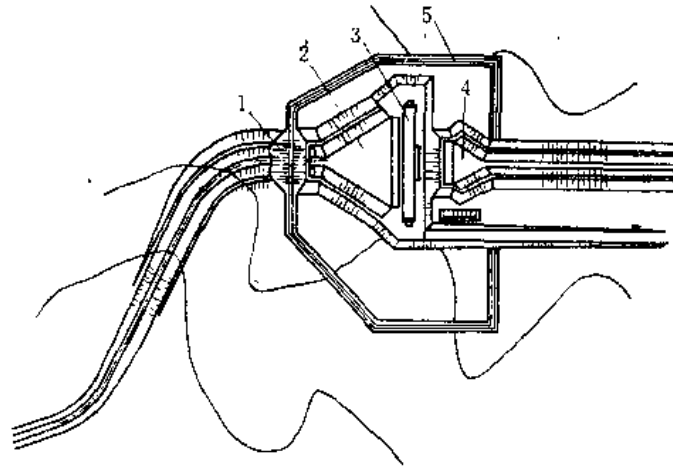
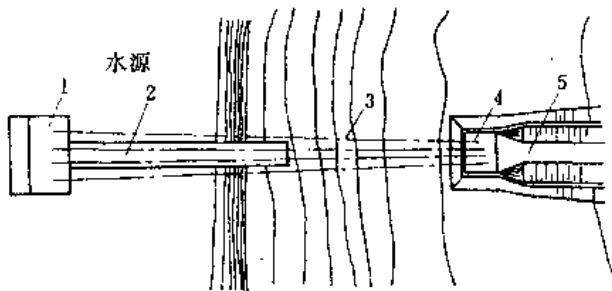


图 1-10 有引渠的枢纽布置之二

1 - 进水闸；2 - 前池；3 - 泵房；4 - 出水池；5 - 防浪堤



1 - 泵房；
2 - 闸；
3 - 出水管；
4 - 出水池；
5 - 泄浪墩

图 1-11 无引渠的枢纽布置

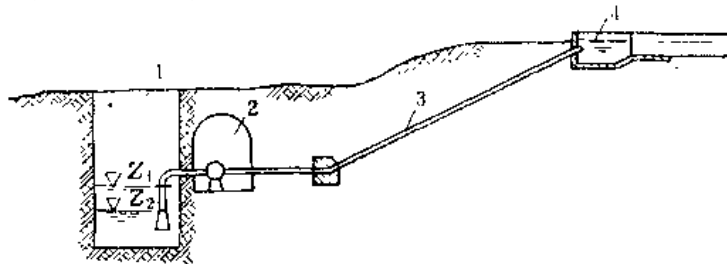


图 1-12 从井内取水的枢纽布置。

1 - 大口井；2 - 泵房；3 - 出水管；4 - 出水池；
Z₁ - 静水位；Z₂ - 动水位

此外，还有从水库下游取水和从渠道取水等枢纽布置形式。

三、泵 房

(一) 类型选择

泵房类型，取决于泵型、水源水位变幅和地基条件等因素。各类型泵房的适用条件如下：

1. 分基型泵房 (图1-14)

(1) 水源岸边比较稳定，土壤透水性差；

(2) 水源水位变幅小于泵的有效吸水高度，即

$$\Delta Z < H_{ea} = [H_s] - h_{w1}$$

$$\frac{v_1^2}{2g} - Z - (a + b) \quad (1-16)$$

式中 ΔZ —— 水源水位变幅 (m)，等

于水源最高水位与最低水位之差；

H_{ea} —— 泵有效吸水高度 (m)；

Z —— 泵轴线相对于泵底座底面的高度 (泵类产品样本给出)，若无底座，则为相对于泵体底面的高度 (m)；

a —— 为安装方便，要求上述泵底座或泵体底面凸出泵房地坪的高度，一般取为 0.2m~0.3m。

b —— 泵房地坪对水源最高水位的超高，一般取为 0.6m；

其余符号意义同前。

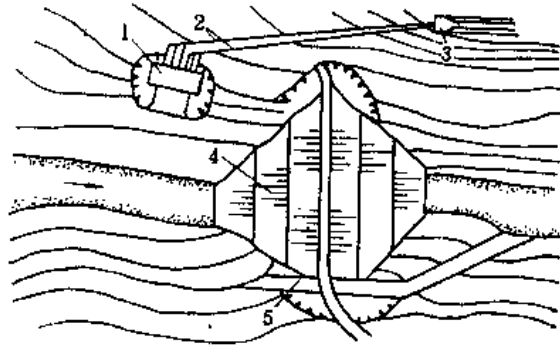


图 1-13 从水库取水的枢纽布置

1-泵房；2-出水管；3-出水池；4-大坝；5-溢洪道

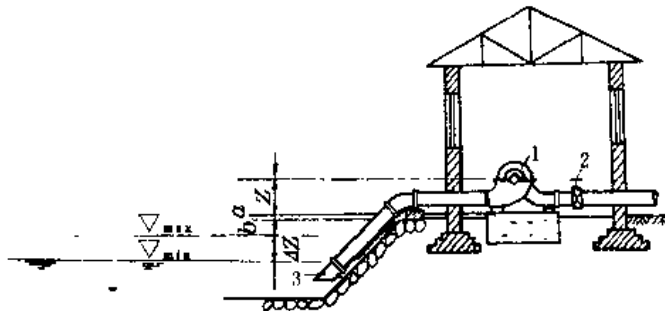


图 1-14 分基型泵房

1-泵；2-闸阀；3-进水管

2. 干室型泵房 (图1-15)

(1) $\Delta Z > H_{ea}$

(2) 采用分基型泵房在技术上不合理，经济上不合算

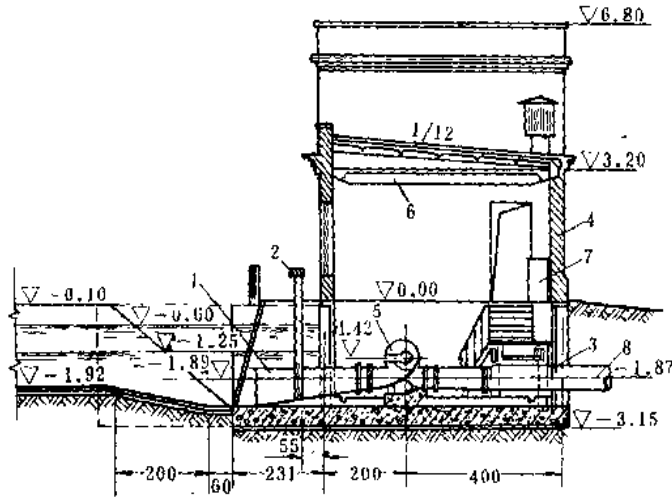


图 1-15 干室型泵房

1—进水管；2—检修闸门；3—干室；4—水上部分；5—水泵；6—吊车；7—控制柜；8—电力水管

3. 泵车 (图 1-16)

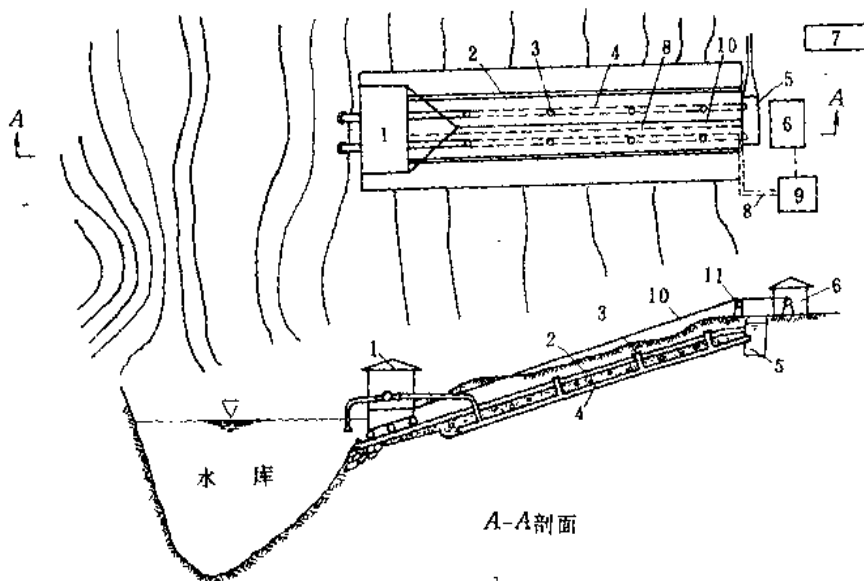


图 1-16 泵车

1—泵车；2—轨道；3—三通管；4—固定输水管；5—出水池；6—绞车房；
7—管理间；8—电缆沟；9—变电站；10—钢丝绳；11—导向轮

- (1) $HZ = 10 \sim 35 \text{ m}$ ，水位涨落速度不大于 2 m/h ；
- (2) 河床比较稳定，河岸工程地质条件好且岸坡有适当的倾角（一般以 $10^\circ \sim 30^\circ$ 为宜）；
- (3) 河流漂浮物少，无冰凌，不易受漂木、浮筏、船只撞击；

4. 泵船 (图 1-17)

- (1) $HZ \geq 10 \sim 35 \text{ m}$ ，水位涨落速度不大于 2 m/h ；枯水期水深大于 1 m ，且水流平稳。

风浪较小，停泊条件良好；

- (2) 河床比较稳定，当联络管采用阶梯式接头时，岸坡角度可达 60° 或更大些；
- (3) 河流无冰凌，漂浮物少，不受浮筏、船只、漂木撞击。

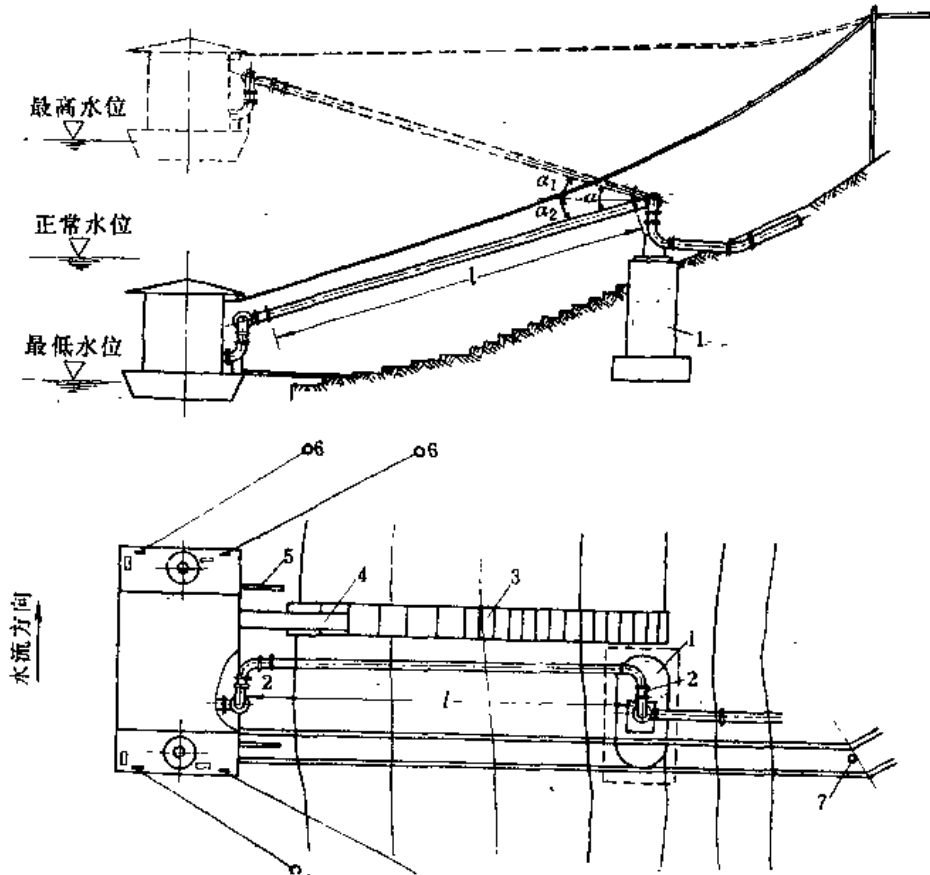


图 1-17 泵船

1—支墩；2—旋转套筒接头；3—台阶；4—隔板；5—轴衬；6—系缆桩；7—电缆

(二) 泵房内部布置

力求简单、整齐，以便于设备安装、检修和操作管理。合理的布置还可以减少泵房面积及进出水池宽度，降低泵站工程投资。

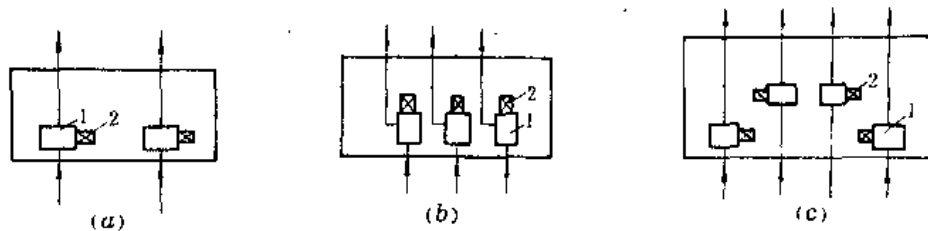


图 1-18 机组的布置

(a) 一列式布置；(b) 平行式布置；(c) 双列交错式布置

1—泵；2—电动机

1. 机组布置方案

有一列式、平行式和双列交错式3种（图1-18） 一列式和双列交错式的机组轴线平

行于泵房长度方向,适用于双吸式〔S(s-h)型〕离心泵,其中双列交错式多用于机组台数较多的场合,平行式适合布置单吸式〔IS、IB、B(BA)、BP、BPZ等型〕离心泵

2. 泵房内布置要求

参见图 4-19 及表 4-7.

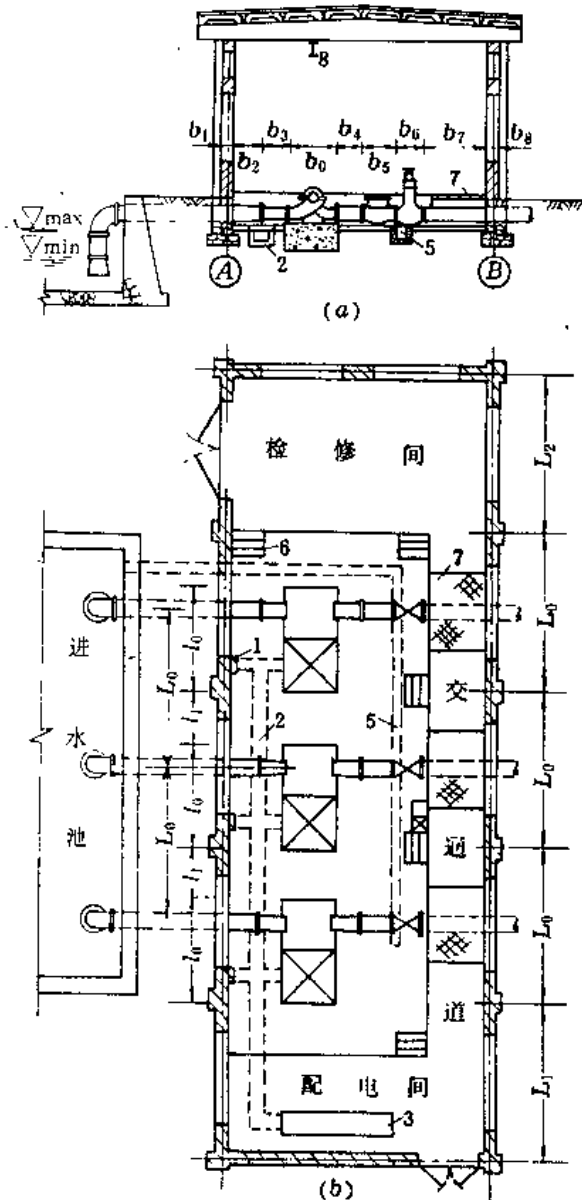


图 4-19 分基型泵房布置图

(a) 剖面图; (b) 平面图

1—启动器; 2—电缆沟; 3—配电柜; 4—真空泵; 5—排水沟; 6—踏步; 7—花纹钢板; 8—单轨吊车; ∇_{max} —进水池最高水位; ∇_{min} —进水池最低水位; (A)、(B)—泵房前、后轴线的; b_1, b_2 —轴线以内的墙壁厚度; b_3 —拆装管道所需空间; b_4 —偏心衔接接头长度; b_5 —水泵长度; b_6 —断相接头长度; b_7 —逆止阀或水平管长度; b_8 —闸阀长度; b_9 —交通宽度; L_1 —机组基础长度; L_2 —两机组间距离; L_3 —检修间长度; L_4 —配电间长度; L_5 —进水池长度; L_6 —进水池与泵房间距离; L_7 —进水池与泵房间距离; L_8 —进水池与泵房间距离; L_9 —进水池与泵房间距离; L_{10} —进水池与泵房间距离; L_{11} —进水池与泵房间距离; L_{12} —进水池与泵房间距离; L_{13} —进水池与泵房间距离; L_{14} —进水池与泵房间距离; L_{15} —进水池与泵房间距离; L_{16} —进水池与泵房间距离; L_{17} —进水池与泵房间距离; L_{18} —进水池与泵房间距离; L_{19} —进水池与泵房间距离; L_{20} —进水池与泵房间距离; L_{21} —进水池与泵房间距离; L_{22} —进水池与泵房间距离; L_{23} —进水池与泵房间距离; L_{24} —进水池与泵房间距离; L_{25} —进水池与泵房间距离; L_{26} —进水池与泵房间距离; L_{27} —进水池与泵房间距离; L_{28} —进水池与泵房间距离; L_{29} —进水池与泵房间距离; L_{30} —进水池与泵房间距离; L_{31} —进水池与泵房间距离; L_{32} —进水池与泵房间距离; L_{33} —进水池与泵房间距离; L_{34} —进水池与泵房间距离; L_{35} —进水池与泵房间距离; L_{36} —进水池与泵房间距离; L_{37} —进水池与泵房间距离; L_{38} —进水池与泵房间距离; L_{39} —进水池与泵房间距离; L_{40} —进水池与泵房间距离; L_{41} —进水池与泵房间距离; L_{42} —进水池与泵房间距离; L_{43} —进水池与泵房间距离; L_{44} —进水池与泵房间距离; L_{45} —进水池与泵房间距离; L_{46} —进水池与泵房间距离; L_{47} —进水池与泵房间距离; L_{48} —进水池与泵房间距离; L_{49} —进水池与泵房间距离; L_{50} —进水池与泵房间距离; L_{51} —进水池与泵房间距离; L_{52} —进水池与泵房间距离; L_{53} —进水池与泵房间距离; L_{54} —进水池与泵房间距离; L_{55} —进水池与泵房间距离; L_{56} —进水池与泵房间距离; L_{57} —进水池与泵房间距离; L_{58} —进水池与泵房间距离; L_{59} —进水池与泵房间距离; L_{60} —进水池与泵房间距离; L_{61} —进水池与泵房间距离; L_{62} —进水池与泵房间距离; L_{63} —进水池与泵房间距离; L_{64} —进水池与泵房间距离; L_{65} —进水池与泵房间距离; L_{66} —进水池与泵房间距离; L_{67} —进水池与泵房间距离; L_{68} —进水池与泵房间距离; L_{69} —进水池与泵房间距离; L_{70} —进水池与泵房间距离; L_{71} —进水池与泵房间距离; L_{72} —进水池与泵房间距离; L_{73} —进水池与泵房间距离; L_{74} —进水池与泵房间距离; L_{75} —进水池与泵房间距离; L_{76} —进水池与泵房间距离; L_{77} —进水池与泵房间距离; L_{78} —进水池与泵房间距离; L_{79} —进水池与泵房间距离; L_{80} —进水池与泵房间距离; L_{81} —进水池与泵房间距离; L_{82} —进水池与泵房间距离; L_{83} —进水池与泵房间距离; L_{84} —进水池与泵房间距离; L_{85} —进水池与泵房间距离; L_{86} —进水池与泵房间距离; L_{87} —进水池与泵房间距离; L_{88} —进水池与泵房间距离; L_{89} —进水池与泵房间距离; L_{90} —进水池与泵房间距离; L_{91} —进水池与泵房间距离; L_{92} —进水池与泵房间距离; L_{93} —进水池与泵房间距离; L_{94} —进水池与泵房间距离; L_{95} —进水池与泵房间距离; L_{96} —进水池与泵房间距离; L_{97} —进水池与泵房间距离; L_{98} —进水池与泵房间距离; L_{99} —进水池与泵房间距离; L_{100} —进水池与泵房间距离

表 4-7 泵房内部布置尺寸要求

序号	布置情况	最小尺寸
1	两台水泵机组间的通道 (1) 电动机容量小于55kW (2) 电动机容量等于或大于55kW	不小于0.8m 不小于1.2m
2	(1) 相邻两台水泵机组突出基础部分及机组突出部分与墙壁的净距 (2) 上述情况,如电动机容量等于或大于55kW	应保证水泵轴和电动机轴子在检修时能够拆卸并 不小于0.8m 同上要求,并不小于1.2m
3	设置安装检修场地时	应根据机组外形尺寸决定,并应在周围设有不小于0.7m宽的通道,一般设置在泵房一端
4	当考虑就地检修时	每台机组的一侧应有大于机组宽度0.5m的通道,并符合本表第1项的要求
5	泵房主要通道宽度 若用楼梯与泵房地坪相接时	(1.2~1.5)m 楼梯或踏步坡度 1:1~2:1
6	配电柜前面通道宽度 (1) 低压 (2) 高压	不小于1.5m 不小于2.0m
7	辅助泵(真空泵、排水泵)	一般利用泵房内部的空地,不增加泵房尺寸,这类机组可靠墙设置,只需一边留出通道
8	若系半固定管道式或全移动管道式灌溉系统,又不设专用仓库时,可在泵房内留出储存移动管道的场地	场地长度应大于每节管子长

(三) 泵房尺寸的确定

1. 泵房高度

泵房高度在不装设吊车时, 应不小于 3 m (指泵房进口室内地坪或平台至内屋顶梁底的距离); 当设有吊车时, 应通过计算确定, 其中起吊物底部与吊运越过的固定物顶部之间应有 0.6 m 以上的净距, 辅助房间的高度采用 3 m。

对于深井泵房高度, 尚须考虑以下因素: 井内输水管的每节长度; 电动机和输水管的提取高度; 不使供检修用的移动吊架跨度过大。深井泵房内的起重设备, 一般采用可拆卸的屋顶式三角吊架, 检修时装于屋顶, 适用于手拉链式葫芦设备。屋顶设置 1.0 × 1.0 m 的检修孔。

2. 泵房宽度

考虑以下因素加以确定: 能布置好泵、进水管及其附件; 与定型屋架标准跨度相适应; 当设置吊车时, 与吊车跨度相适应; 当泵房进、出水侧布置有交通道或配电盘时, 应考虑它们的占有宽度

3. 泵房长度

取决于机组台数、机组基础长度以及机组基础间净距。当泵房一端 (或两端) 布置有修配间、配电间时, 应考虑它们占有的长度。

(四) 动力基础

1. 设计要求

- (1) 应有足够的强度与刚度, 以承受机组重量。
- (2) 基础顶面应高出泵房地坪 $a = 0.1 \sim 0.3 \text{ m}$, 以利于机组安装并防止积水。
- (3) 基础底面应置于冰冻线以下。
- (4) 基础底面承载力应小于地基允许承载力。
- (5) 对于较大机组, 其基础尚应进行振动验算, 机组自振圆频率以及垂直与水平振幅, 均应符合《动力机器基础设计规范》要求, 验算方法参见《水工设计手册》第八卷。

2. 尺寸确定 (图 1-20)

- (1) 水泵底脚螺栓长度 $L = (15 \sim 20) d$, d 为螺栓直径。
- (2) 预埋地脚螺栓底面下的混凝土净厚 t 不小于 0.05 m, 如为预留孔则 t 不小于 0.10 m。
- (3) 螺栓轴线至基础边缘距离 x 不小于 $4d$, 预留孔边至基础边缘距离不小于 0.1 m。

3. 基础底面承载力验算

验算公式为

$$p = \frac{G}{F} \leq \psi R \quad (1-17)$$

式中 p —— 基础底面承载力 (kPa);

G —— 机组和基础重力 (kN);

F —— 基础底面积 (m^2);

ψ —— 由于动力影响对地基承载力的折减系数, 对于电动机组基础可采用 0.8;

R ——静荷作用下的地基允许承载力 (kPa)。

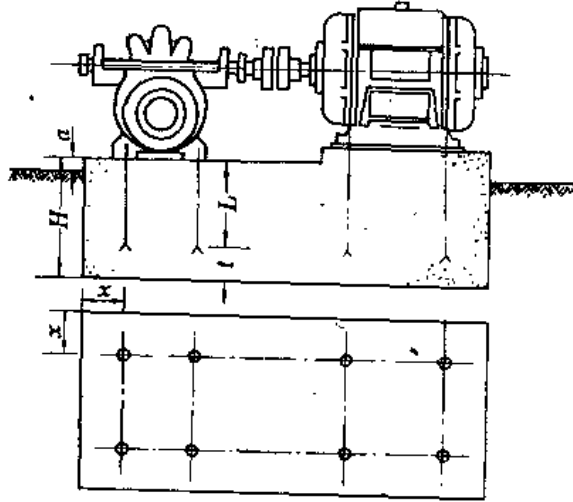


图 4-20 动力基础

四、进 水 建 筑 物

(一) 取水建筑物及引渠

参见《灌排渠系工程设计规范》及其他有关规范。

(二) 前池 (图4-21)

(1) 水流平面扩散角 α 。对于开敞型前池,应小于 30° ;对于分室型前池,各室扩散角不大于 20° ,总扩散角不宜大于 60° 。

(2) 岸墩翼墙内壁与主流方向夹角 β 。一般 $\beta = 45^\circ$ 。

(3) 底部纵坡 i ,应不大于 $1/5$ 。

(4) 拦污栅。设置在首部,其安放角为 $70^\circ \sim 80^\circ$ 。

(三) 进水池 (图4-21)

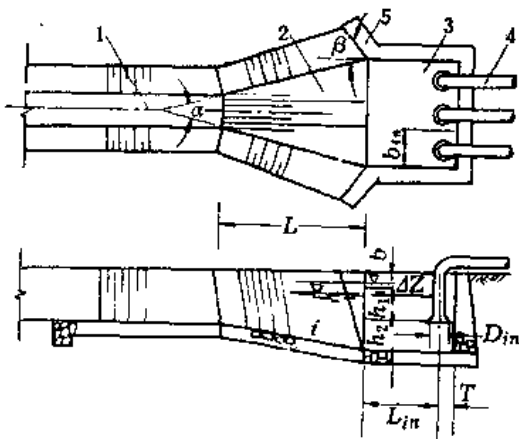


图 4-21 进水建筑物

1—引渠; 2—前池; 3—进水池; 4—进水管口; 5—翼墙

(1) 进水管口直径 D_{in} 。按进口流速 $v_{in} = 0.8 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 确定。

(2) 进水管口淹没深。 $h_1 = 0.8 D_{in}$,且不小于 0.5 m 。

(3) 进水管口悬空高。 $h_2 = (0.8 \sim 1.0) D$,且不小于 0.5 m ,其中 D 为进水管直径。

(4) 池顶超高。 $b = 0.3 \sim 0.6 \text{ m}$ 。

(5) 进水管轴线至进水池后墙内壁距离。 $T = 0.5 D_{in} + 0.3 \text{ m}$ 。

(6) 进水管轴线至前池末端距离。 L_{in}

$= 1 D_{in}$ 。

- (7) 每台泵的进水水面宽度。 $b_{in} = (2.5 \sim 3.0) D_{in}$ 。
- (8) 进水池容积。按容纳泵运行不少于30~50s的水量确定。

(四) 进水管

- (1) 每台泵设一条，其直径不小于泵口径。
- (2) 应有向水泵不断上升的不小于1:100的坡度。
- (3) 干室型泵房中的进水管道上应设检修阀。

五、出水建筑物

(一) 泵房内压力水管

- (1) 常采用钢管，其法兰数应最少。
- (2) 为便于安装和拆卸，应设置带活动法兰的可卸管节。
- (3) 泵房后墙挡水时，穿墙管应设置止水措施。
- (4) 管件下面应设承重墩座，以防管道重量传至泵体。
- (5) 管道架空安装时，不得阻碍通道，不得安设在电气设备上方。

(二) 泵房外压力管道

- (1) 管道敷设角应小于土壤自然休止角。
- (2) 管线在平面与高程上力求少转弯，必须转弯时，转弯处应设置镇墩。
- (3) 管段较长时，应设置支墩。
- (4) 应保证管身及接头的强度与密封性。
- (5) 管道充水时空气应能自由排出，检修时能泄空水管。
- (6) 泵站安装多台水泵，且压力管线较长时，应考虑并联，如何并联应作出方案比较，进行技术经济论证。

(三) 出水池(图4-22)

- (1) 压力管道出口直径。 $D_{ex} = (1.1 \sim 1.2) D$ ， D 为压力管道直径。
- (2) 压力管道出口上缘最小淹深。 $h_1 = (1 \sim 3) \frac{v_{ex}^2}{2g}$ ， v_{ex} 为压力管道出口流速。
- (3) 压力管道出口下缘至出水池底距离。 $P = 0.2 \sim 0.3 \text{ m}$ 。
- (4) 池顶超高。 $b = 0.3 \sim 0.6 \text{ m}$ 。
- (5) 每根压力管道出水水面宽度。取为 $D_{ex} + 2C$ ，其中 $C = 0.25 \sim 0.3 \text{ m}$ 。
- (6) 出水池与输水渠用渐变段连接，水流平面收缩角应不大于 50° 。
- (7) 出水池长度按淹没射流公式计算：

$$L_k = 2.9 D_{ex} \left(\frac{v_{ex}}{v_{can}} - 1 \right) \quad (4-18)$$

式中 L_k ——出水池长度 (m)；
 2.9——实验系数；
 v_{can} ——输水渠中流速 (m/s)；
 其余符号意义同前。

(8) 渠首加固段长度 $L_{re} = (3 \sim 1) h_{em}$, h_{em} 为渠中最大水深。

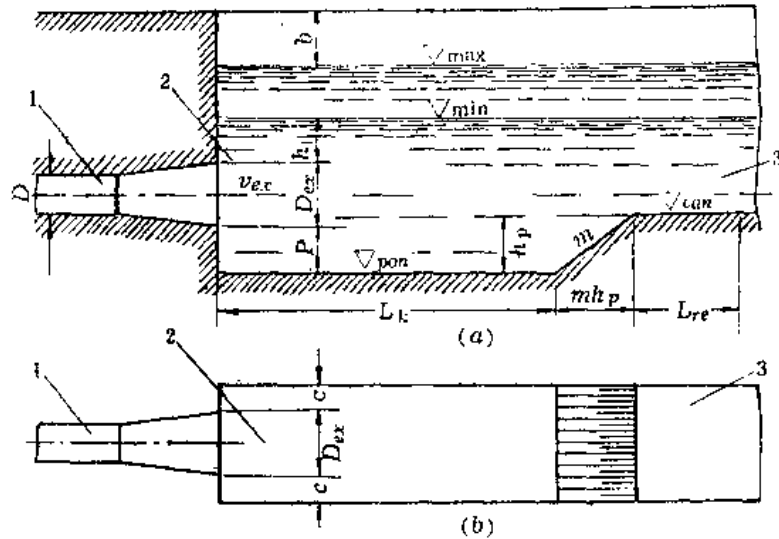


图 1-22 出水池

(a) 剖面图; (b) 平面图

1—压力管道; 2—出水池; 3—输水管

第五节 自动调压喷灌泵站

一、自动调压泵站的作用与组成

(一) 自动调压喷灌泵站的作用

根据灌区不断变化的实际喷灌用水量, 自动调压喷灌泵站可以自动调节泵站内泵的运行台数, 使泵站供水量始终与实际喷水量相适应, 从而使管网在一个规定的压力范围内工作。因此, 采用自动调压泵站的喷灌系统就具有节能、节水、管道设备不易破坏及喷洒质量好的优点。自动调压喷灌泵站在国外已大量采用, 在国内还刚开始应用。因此, 在选用时, 应对其必要性进行充分论证。

(二) 自动调压喷灌泵站的组成

(1) 泵。可用离心泵或潜水电泵。

(2) 调压罐。其作用: 一是反映管网压力变化; 二是储存一定的水量, 当灌区用水量变化时, 由于同一台泵两次起动有一定的时间间隔, 泵站流量不能立刻增加, 此时罐内储存在最高水位与最低水位之间的水量将补充进管网, 以维持调压范围; 三是减弱管网中发生的水锤压力, 保护管网的安全。

(3) 压气供应系统。补充调压罐内的空气, 控制罐内的水位保持在调压范围的设计水位上。

(4) 压力水位传感器。安装在调压罐上, 输出压力、水位信号, 使泵和空压机启

动。

(5) 泵程序控制器。接收调压罐上压力传感器信号，按一定程序启闭泵。

(三) 自动调压喷灌泵站适用条件及型式选择

(1) 自动调压喷灌泵站一般用于不具备自压喷灌条件，又要求加压泵能自动运行的喷灌系统。

(2) 可采用有泵房的自动调压喷灌泵站或无泵房的露天自动调压喷灌泵站。有泵房时大多采用离心泵，水泵安装于前池最低工作水位以下，免去了充水设备，适应自动调压泵站水泵启动比较频繁的特点。无泵房的露天泵站宜采用潜水电泵。

图1-23为河南郑县自动调压喷灌泵站示意图，可供参考。

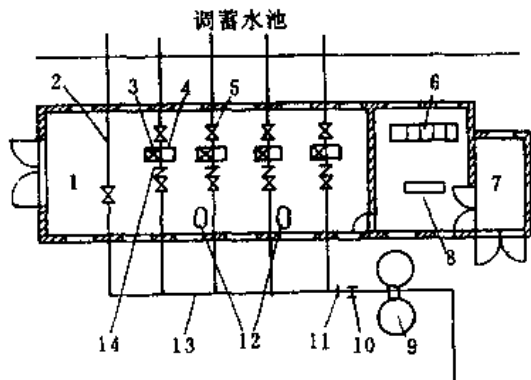


图 1-23 自动调压喷灌泵站布置示意图

- 1—检修间； 2—自流充水管； 3—电动机；
- 4—泵； 5—闸阀； 6—月亮闸； 7—更衣间；
- 8—控制台； 9—调压罐； 10—排气阀；
- 11—进气阀； 12—空气压缩机； 13—兼流管；
- 14—逆止阀

二、泵型选择与运行方式的确定

(一) 泵型选择

自动调压泵站的泵型选择应注意以下几点：

(1) 一座泵站一般由 2 ~ 6 台有较宽高效区的泵组成，设计的调压范围都应在各台泵的高效区内。

(2) 在确定的工作压力范围内，根据泵组合运行的程序，后一组并联运行的泵总流量的上限和前一组并联运行的泵总流量的下限应有一定程度的搭接，以避免泵的频繁启闭。

(3) 为了管理方便，各台泵最好采用同一型号，如果无法由一种型号的泵实现上述流量搭接的要求，则可以插进 1 ~ 2 台较小的泵。

(4) 与水泵配套的电动机应允许频繁启动，中小型鼠笼型电机的允许启动周期，见表 1-8 所示。

表 4-8 电动机允许启动频度和周期

额定功率 (kW)	5.5	7.5	10	17	22	30	40	55
允许频度 (次/h)	38	28	22.3	14.5	13	11	9.1	8.3
允许周期 (min)	1.58	2.14	2.69	4.14	4.62	5.45	6.58	7.23

(二) 泵运行方式的确定

1. 泵运行方式

(1) 预先将各台泵的运行编成一定的次序，在这种次序下运行，在给定的调压范围内，应使泵站的流量可随着灌区用水量在最小与最大设计值之间变化。

(2) 当灌区用水量逐渐增大时，依规定的次序增开某台泵或变换启闭某些泵，直至全部投入运行；当灌区用水量逐渐减少时，各泵的关闭或开启恰与用水量增大时相反，为一

逆过程。

(3) 由于灌区用水量变化不是到达最大值后再逐渐减少的,而是经常发生或大或小的变化,因此规定泵在某一种流量增加的次序下运行时,如果此时流量减少,则就在这一种次序下,泵往逆方向运行,反之亦然。

(4) 由于泵的启闭是由调压罐中的压力来控制的,为了避免调压罐中的压力波动引起泵的误动,在调压罐发出信号后,泵的启闭要有一定的延迟时间。

2. 泵运行方式控制的形式

(1) 采用强电控制,只将各泵的运行编排为简单的程序。

(2) 采用弱电控制,将各泵的运行程序编排许多套,每一套程序又规定了各泵组合运行的一种先后次序,各套程序反映的水泵运行次序是不一样的。选择程序可以通过仪表盘上插孔或旋钮来进行,这样就可以得出许多种泵运行的组合。根据不同时期灌溉用水计划的要求,选择最适合的泵运行组合,以节省能源提高灌溉效率,也使各台水泵的运行时间保持大体一致。

三、调 压 罐

(一) 调压罐的结构

1. 类型

调压罐按安装形式分为立式和卧式;按内部构造分为气水自然分隔和有隔膜分隔;按水流通过的形式分为全通和旁通。

2. 安装位置

立式旁通和卧式全通内部气水自然分隔的调压罐体积比较大,可在泵房外边露天放置,1个泵站可采用多个调压罐并联运行,以减少单个调压罐的体积,方便制造和安装。立式旁通有隔膜调压罐的体积较小,一般只有几 m^3 ,大都安装在泵房内部。

3. 材料

调压罐一般用钢板焊接成圆筒形,并留有相应的法兰出口,以便与管道、控制仪表及阀门相连接。

图4-24、图4-25和图4-26给出了3种调压罐的系统图,可供参考。

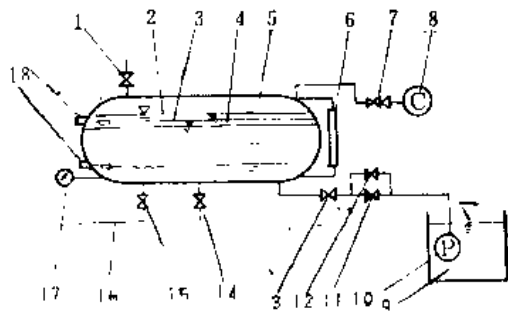


图 4-24 卧式全通水气自然分隔调压罐

- | | |
|------------|------------|
| 1—安全阀; | 2—空压机启动水位; |
| 3—水泵停止水位; | 4—空压机停止水位; |
| 5—调压罐; | 6—水位计; |
| 7—空压机进气阀; | 8—空压机; |
| 9—前池; | 10—潜水电泵; |
| 11—逆止阀; | 12—闸阀; |
| 13—闸阀; | 14—排泥阀; |
| 15—电磁阀; | 16—出水管; |
| 17—电接点压力表; | 18—液位继电器 |

(二) 水气自然分隔型调压罐运行设计

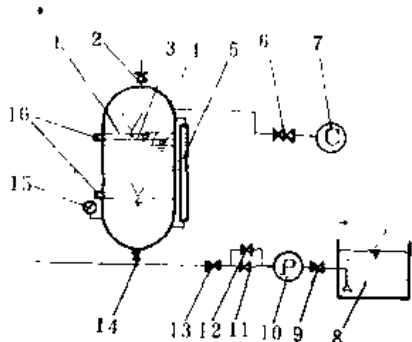


图 1-25 立式旁通水气自然分隔调压罐

1—空压机启动水位；2—安全阀；3—水泵停止水位；4—空压机停止水位；5—水位计；6—空压机进气阀；7—空压机；8—前池；9—闸阀；10—离心泵；11—逆止阀；12—闸阀；13—闸阀；14—电磁阀；15—电接点压力表；16—液位继电器。

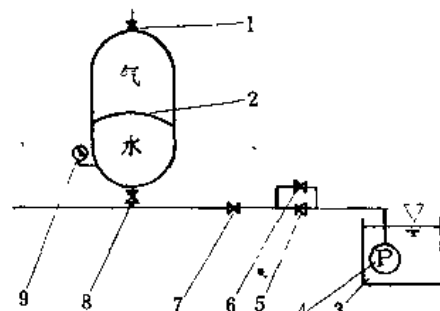


图 1-26 立式旁通水气隔膜分隔调压罐

1—充气阀；2—隔膜；3—前池；4—潜水电泵；5—逆止阀；6—闸阀；7—闸阀；8—电磁阀；9—电接点压力表。

(1) 关闭调压罐下的闸阀，开动空气压缩机，往罐内充气，使罐内气体到达设计起始压力。

(2) 接通管网，启动泵到水压力大于罐内起始压力时，调压罐下电磁阀开启，随着水压力增大，罐内水位逐渐上升至罐内压力到达调压上限时，关闭泵，喷灌系统即可以投入运行。

(3) 随着灌区喷头的开启，罐内水位将下降到泵启动水位，此时罐内压力下降到调压下限，泵压力开关动作，各泵就按规定的程序开启投入自动运行。当供水大于用于时，罐内水位上升至泵停止水位，压力又达到调压的上限，各泵自动关闭，如此反复进行。

(4) 当罐内的空气由于被水流带走，而使气压降低，罐内的水位将会上升到泵停止水位以上，此时液位控制继电器动作，启动空压机，压缩罐中的水，使水位下降至空压机停止水位，此时液位控制继电器动作，关闭空压机，如此反复使罐中水位保持在设计最高和最低水位范围之内。

(5) 当系统产生水锤时，如果压力不高，则罐内上部空气受到压缩，吸收了水锤的能量。由于水锤发生时罐内水位波动的速度很快，而泵和空压机的启闭又有延时继电器控制，不会马上动作，因此不影响泵的运转。如果水锤压力很大超出调压罐的许可压力，则罐顶的安全排气阀被冲开，空气与部分水被排出罐外，保护调压罐的安全。水锤过后又按以上的过程投入运行。

(6) 如果所有的泵都已开启，罐内的水位仍然从最低水位下降（这在灌区用水超过设计最大流量或管道破裂时发生），则泵站自动停机，调压罐下的电磁阀随即关闭，防止泄空调压罐。

(三) 调压罐的容积计算

1. 容积选择

内部气水自然分隔的调压罐的容积与罐内的起始压力、调压范围、泵允许启动周期、

停泵期间的补充流量和防止罐内空气被吸入压力管道所需维持的最低水位等有关,如兼有消除水锤压力用途的调压罐,应对调压罐容积进行校核,以满足调节水泵运行和水锤防护的要求

(1) 调压罐的起始压力 起始压力必须小于调压罐的设计最低工作压力,对于具有自动补气、内部气水自然分隔的调压罐,罐内起始充气压力按(4-19)式计算:

$$p_0 \leq 0.8 p_1 \quad (4-19)$$

式中 p_0 —— 水泵供水前调压罐保有的起始压力 (kPa);

p_1 —— 调压罐设计最低工作压力 (kPa)

调压罐的起始充气压力越高,所需调压罐容积越小。

(2) 调压罐的调压范围,即调压罐的设计最高工作压力和最低工作压力之差,应控制在80 kPa以内,一般不超过100 kPa。

(3) 电机允许启动周期及停泵期间的补充水量 由于水泵、电动机不能在刚停机后立即启动,需要间隔一定时间,因此,在这一间隔时间内,灌区用水需要的流量就由储存在罐内最高和最低设计水位之间的水量来补充,以维持调压范围。停泵期间的补充水量,按(4-20)式计算

$$Q = Tq \quad (4-20)$$

式中 Q —— 停泵期间的补充水量 (L);

T —— 电动机允许启动周期 (min),见表4-8,按最小功率电动机选择;

q —— 灌区喷灌设备标准套流量,即一条标准支管的设计流量 (L/min)

(4) 防止调压罐内空气被吸入压力管道所需的最低水位 为了避免吸入空气,调压罐出水管顶的淹没深度应不小于出水管直径的1.5倍,调压罐的设计最低水位必须满足这个要求。为避免因泵站突然断电而泄空调压罐的水,应在罐出水管处装置电磁阀,以保证罐内存水,并维持这个最低水位

2. 容积计算

调压罐容积按下式计算:

$$V = \frac{Q}{\alpha - \beta} \quad (4-21)$$

$$\alpha = 1 - \frac{p_0 + 101.325}{p_2 + 101.325} \quad (4-22)$$

$$\beta = 1 - \frac{p_0 + 101.325}{p_1 + 101.325} \quad (4-23)$$

$$\alpha \leq 70\% \quad (4-24)$$

式中 V —— 调压罐容积 (L);

α —— 设计最高工作压力下罐内水量所占罐体积的百分数 (%);

β —— 设计最低工作压力下罐内水量所占罐体积的百分数 (%);

p_2 —— 设计最高工作压力 (kPa);

其余符号意义见前。

兼作防护水锤的调压罐，可分别按式(1-21)和有关水锤防护的规定计算后，取两种计算所得的大者为调压罐的总容积

(四) 调压罐的结构设计

1. 设计要求

- (1) 调压罐由两个碟形曲面和一个圆筒形钢板焊接而成，碟形曲面应冲压成型
- (2) 预留安装各种仪表、阀门的孔口位置必须准确，其上焊接的连接法兰应符合仪表的使用要求。
- (3) 为便于调压罐内部检修，应设置人孔，小型调压罐可不设。
- (4) 便于与基础的安装连接。

图1-27为郑县自动调压喷灌泵站的立式调压罐结构图，可供参考。

2. 钢板厚度计算

(1) 圆筒段钢板厚度，按(1-25)式计算：

$$T = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} + C \quad (1-25)$$

式中 T —— 钢板厚度 (mm)；

D —— 圆筒内径 (mm)；

p —— 最大水锤压力 (kPa)；

$[\sigma]$ —— 容器材料的许用应力(kPa)。

对于板厚不大于12mm的A₃钢板，在温度 $\leq 20^\circ\text{C}$ 条件下， $[\sigma] = 127000$ kPa；

φ —— 焊缝系数，双面焊的对接焊缝100%，无损探伤 $\varphi = 1.0$ ，单面焊的对接焊缝，

在焊接过程中沿焊缝全长有紧贴基本金属的垫板100%，无损探伤 $\varphi = 0.90$ ；

C —— 压力系数，图1-28示出 p/p_2 与 C 的关系图。

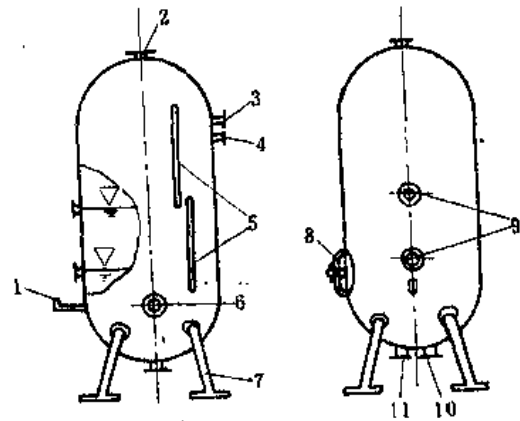


图 1-27 立式调压罐结构

1—压力表冲；2—安全阀法兰；3—进气管法兰；4—放气阀法兰；5—液位计；6—泄水阀法兰；7—支腿；8—人孔；9—液位继电器法兰；10—进水口法兰；11—出水口法兰”

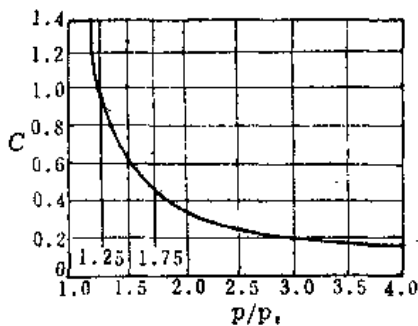


图 1-28 p/p_2 与 C 的关系图

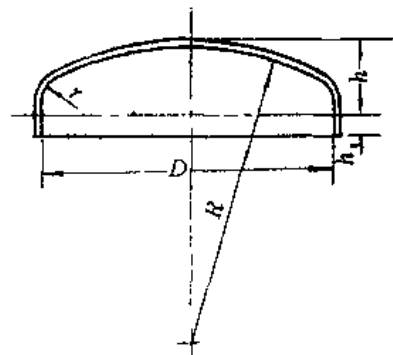


图 1-29 蝶形曲面封头

(2) 蝶形曲面封头钢板厚度，按下式计算：

$$t = \frac{M p R}{2 [\sigma] \varphi - 0.5 p} + c_1 \quad (4-26)$$

$$M = \frac{1}{1} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right) \quad (4-27)$$

式中 t —— 钢板厚度 (mm);

R —— 蝶形曲面中间部分内半径 (mm);

c_1 —— 壁厚附加量 (mm), 取 $c_1 = 3 \text{ mm}$;

M —— 形状系数;

r —— 蝶形曲面过渡区转角内半径 (mm), 如图 1-29 所示, 当 $D = R$ 时, 亦可取 $r = 0.06 (D + T)$ 。

(3) 封头最大开孔直径, 在封头中心 80% 直径范围内, 接管或单个开孔直径按 (4-28) 式计算:

$$d \leq 0.14 \sqrt{D t_0} \quad (4-28)$$

式中 d —— 开孔直径 (mm);

t_0 —— 封头开孔处的计算壁厚 (mm);

其余符号同前。

满足上式要求, 允许不另行补强, 否则要补强, 并进行计算。

(4) 人孔、法兰、紧固件设计可参照有关规定。

四、压缩空气系统 (图 1-30)

(一) 设计要求与布置

1. 设计要求

(1) 空气压缩机由调压罐中的给定水位控制, 自动运行。

(2) 小型的调压泵站可设置单台空气压缩机, 较大型的调压泵站可采用两台空压机联合运行。

(3) 对于每台空压机, 均应设置自动保护设备, 如压力计、安全阀、压力调整器、逆止阀、温度信号器、温度计等。

2. 设备布置

(1) 空压机应远离控制室, 如有可能最好布置在辅机室或单独的房间内, 以确保运行安全和避免噪音影响。

(2) 压缩空气管道系统可与泵出水管并列, 在泵房内引出通到调压罐。空气管道最好采用整段的无缝钢管, 安装时则以法兰联结, 直线段可以电焊。

(3) 管道长度超过 40~50m 时, 应设置弯曲形伸缩节, 管道应有不小于 0.3~0.5% 的坡度, 末端设放水阀。管道的弯曲角不得小于 90°。

(4) 安装竣工的空气管道, 应按规定进行水压试验。

(二) 工作压力与用气量计算

(1) 工作压力。不得小于调压罐的设计最高工作压力。

(2) 用气量。可按下列式计算：

$$Q_k = \frac{p_y V_y}{98 T} \quad (4-29)$$

式中 Q_k ——用气量 (m^3/min)；
 p_y ——调压罐中设计最高工作压力 (kPa)；
 T ——充气延续时间，约为30min；
 V_y ——调压罐中设计最高工作压力时的空气容积 (m^3)。

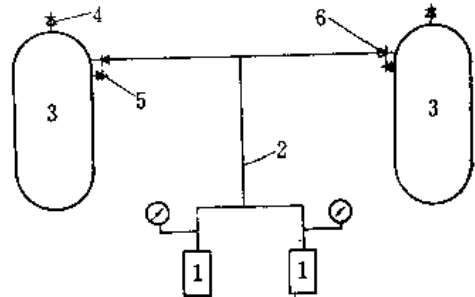


图 4-30 压缩空气系统示意图

1—空压机；2—供气管；3—调压罐；4—安全阀；5—放气阀；6—进气阀

五、控制仪表

调压泵站的控制仪表包括压力、水位传感器和泵、空压机启闭控制电器。对于后一部分，主要是一些常规的继电器，与一般泵站区别不大。由于调压喷灌泵站主要通过调压罐输出压力、水位信号来调压，因此压力、水位传感器是调压泵站中所特有的设备。

(一) 控制压力的仪表

1. 压力继电器

常用于控制调压罐的起始压力和调压罐出水管上的电磁阀，从调压罐中输出信号，启闭空压机或电磁阀。JY型压力继电器的主要性能参数和外形尺寸见表4-9和图4-31。

表 4-9 JY型压力继电器^①

型号名称	工作压力界限 (100kPa)	动作误差 (100kPa)				
		0.35~0.65	>0.6~0.8	>1.8~8	>8~12	>12~30
JY 1	0.35~5	±0.1	±0.2	±0.3		
JY 2	0.65~12	±0.1	±0.2	±0.3	±0.1	
JY 3	5~30			±0.3	+0.1	±1.0

① 生产厂：上海自动化仪表五厂。

2. 电接点压力表

常用于控制调压罐中的工作压力，从调压罐中输出信号，启闭水泵。YX-150型电接点压力表的主要性能参数和外形尺寸见表4-10和图4-32。

表 4-10 YX-150型电接点压力表^①

型号	分度范围 (100kPa)	精度等级 (20±5℃时)	最大工作电压 及触头功率	外壳密封类型	重量 (kg)
YX-150	0~1, 1.6, 2.5, 4, 6, 10, 16, 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400, 600	1.5%	220~380V, 10VA	防尘型	1.2

① 生产厂：上海自动化仪表四厂。

(二) 控制水位的仪表

为了使调压泵站可靠运行，调压罐内必须保持压力和水位的平衡，即罐内水压力处于最高或最低设计压力时，水位亦应同时位于最高或最低设计水位。水位控制是通过安装在

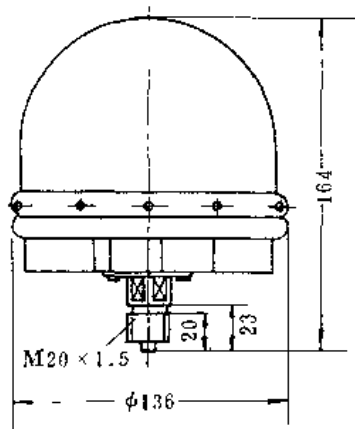


图 1-31 JY型压力继电器外形尺寸图

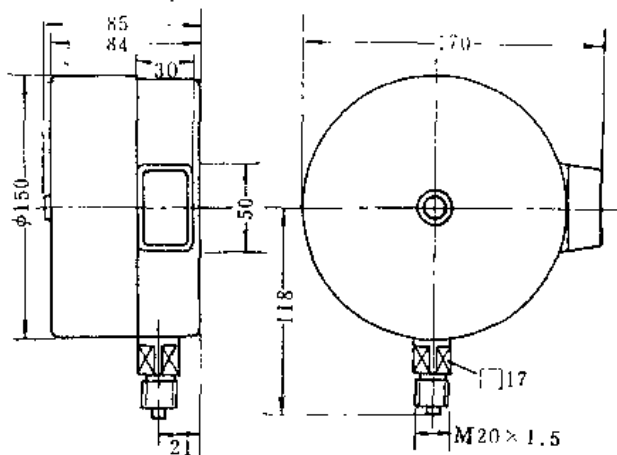


图 1-32 YX 150型电接点压力表外形尺寸图

调压罐上的液位继电器输出信号，启动或关闭空压机，以及开启调压罐上的放气阀来进行的。JYF型液位继电器的主要性能参数和外形尺寸见表 4-11 和图 1-33，图 4-34 为其安装示意图。

表 4-11 JYF型液位继电器①

	动作界限 (mm)	工作压力 (100kPa)	整定方式	安装方式	重量 (kg)
JYF 01	10	< 10	不可调	水 平	1 ~ 6
JYF 02	25 ~ 550	< 10	有级调整	水 平	1 ~ 6

① 生产厂：上海自动化仪表五厂。

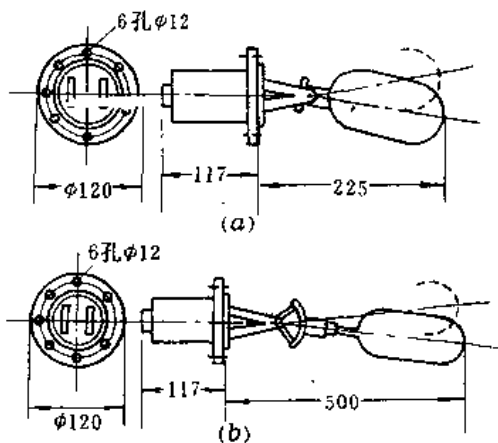


图 1-33 JYF型液位继电器外形尺寸图

(a) JYF 01型；(b) JYF 02型

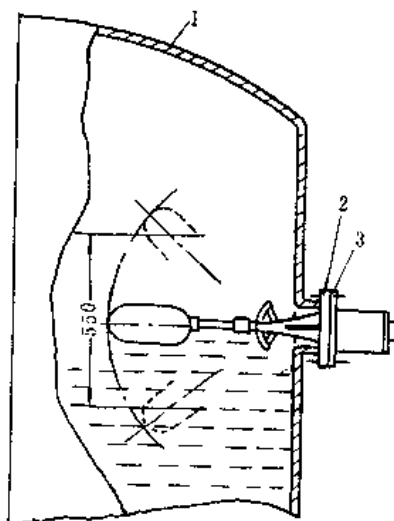


图 4-31 JYF 02型液位继电器安装示意图

1—调压罐；2、3—法^M

第六节 喷灌常用泵的性能图表与安装尺寸

一、规格性能表

(一) BP与BPZ改进型泵 (表 1-12)

表 4 12

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功率 P (马力/kW)		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	5 m高度 自吸时间 (s)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
	m ³ /h	L/s			轴功率	动力机 功 率					单泵	整套
50BPZ ₁ 20	12.0	3.33	22.0	2400	1.66/1.22	3.7	59.0	7.3	120	156		
	20.0	5.56	20.0		2.12/1.60		68.0	7.0				
	25.2	7.00	18.0		2.58/1.90		65.0	6.5				
50BPZ ₂ 35	12.0	3.33	35.5	2600	2.76/2.03	1.3	57.0	7.3	100	179	185	
	15.0	4.17	35.0		3.11/2.29		62.5	7.2				
	20.0	5.56	32.5		3.77/2.77		64.0	6.5				
50BPZ 35	12.0	3.33	35.5	2900	2.72/2.00	1.1	58.0	7.3	100	162		
	15.0	4.17	35.0		3.06/2.27		63.5	7.2				
	22.0	6.10	31.5		3.94/2.90		55.0	6.5				
50BPZ ₃ 35	12.0	3.33	37.0	3000	2.99/2.20	5.1	55.0	7.3	100	160		
	20.0	5.56	35.0		3.96/2.91		65.5	7.0				
	25.2	7.00	32.0		4.53/3.33		66.0	6.5				
50BPZ ₅ 45	11.0	3.33	45.5	3000	3.60/2.65	5.1	56.0	7.3	100	176	190	
	15.0	4.17	45.0		4.04/2.97		62.0	7.2				
	20.0	5.56	43.0		4.90/3.60		65.0	6.5				
50BPZ ₆ 45	12.0	3.33	47	3000	3.73/2.71	6.5.5	56	7.3	100	178	185	
	20.0	5.56	45		5.05/3.71		66	6.8				
	24.0	6.67	42		5.66/4.16		66	6.3				
65BP 55	24.0	6.67	56	2900	7.14/5.17	12/10	67	7.3		200	96	189
	30.0	8.33	55		8.48/6.24		72	6.8				
	40.0	11.11	52		10.55/7.76		73	5.9				
65BPZ 55	24.0	6.67	56	2900	7.90/5.81	12/10	63	6.8	120	203	209	
	30.0	8.33	55		8.98/6.61		68	6.4				
	40.0	11.11	51		10.61/7.82		71	5.9				
80BP 35	39.6	11.00	37	2900	7.14/5.17	12/10	75	7.0		175	212	
	50.0	13.89	35		8.31/6.11		78	6.6				
	72.0	20.00	28		9.70/7.13		77	5.3				
80BPZ 35	39.6	11.00	37	2900	7.64/5.62	12/10	71	7.0	180	178	267	
	50.0	13.89	35		8.64/6.35		75	6.6				
	72.0	20.00	28		10.38/7.63		72	5.4				
1BP 50	60.0	16.67	55.2	2900	16.32/12.00	28/18.5	74.5			201	192	
	80.0	22.22	52.7		19.72/14.50		79.0					
	100.0	27.78	48.8		23.53/17.31		79.6					
	120.0	33.33	44.0		25.43/18.7		77.0					

(二) BP与BPZ型泵 (表4-13)

表 4-13

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (马力)		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 (H_s) (m)	5 m高度 自吸时间 (s)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
	m ³ /h	L/s			轴功率	动力机 功 率					单泵	整套
2BPZ-35	14	3.89	35	2900	3.49	4	52	8.0	48	170	147	
2BPZ _{ca} -35	14	3.89	35	2600	3.55	4	51	7.0	60	185	158	
2BPZ _{ca} -45	15	4.17	45	2600	5.22	6	48	7.0	60	204	150	
2.5BPZ-55	24	6.67	55	2900	9.25	12	53	6.5	90	207	218	
2.5BP-55	24	6.67	55	2900	7.90	10	60	7.0		206	175	
3BPZ-40	48	13.3	40	2900	11.40	10kW	62	6.5	48	188	250	
3BP-40	48	13.3	40	2900	9.85	12	72	7.0		185	192	
3BPZ-65	48	13.3	65	2900	19.90	24	58	6.5	90	228	320	
3BP-65	48	13.3	65	2900	17.75	24	65	7.0		231		
4BP-65	96	26.7	65	2900	31.80	40	73	6.0		229	365	
4BP-95	96	26.7	95	2900	49.00	75	69	6.0		273		

注 2BPZ-35降至2600r/min与3马力柴油机配套, 增速至3100r/min与5马力柴油机配套;

4BP-65降至与24马力柴油机配套;

4BP-95降至与铁牛-55、东方红-54型拖拉机配套;

2BPZ_{ca}-45与R175型柴油机配套。

(三) IB型泵 (表4-14)

表 4-14

型 号	流 量 Q (m ³ /h)	扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)	必需汽蚀余量 Δh_s (m)	允许吸上 真空高度 (H_s) (m)	叶 轮 直 径 D (mm)
				轴功率	电动机 功 率				
50-32-125	8.8	21.0	2900	0.93	1.5	54	2.2	7.6	126
	12.5	20.0		1.10		62	2.3	7.6	
	16.3	18.4		1.26		65	2.5	7.6	
50-32-160	8.8	33.0		1.61	3.0	49	2.2	7.6	157
	12.5	32.0		1.91		57	2.3	7.6	
	16.3	30.0		2.30		58	2.5	7.6	
50-32-200	8.8	51.5		2.80	5.5	44	2.2	7.6	195
	12.5	50.0		3.30		52	2.3	7.6	
	16.3	47.8		3.80		56	2.5	7.6	
50-32-250	8.8	81.0		5.10	11.0	38	2.2	7.6	242
	12.5	80.0		6.20		44	2.3	7.6	
	16.3	78.0		7.40		47	2.5	7.6	

续表

型 号	流 量 Q (m^3/h)	扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)	必需汽蚀余量 Δh_s (m)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶 轮 直 径 D (mm)
				轴功率	电动机 功 率				
65-50-125	17.5	21.6	2900	1.60	3.0	65	2.2	7.7	136
	25.0	20.0		1.90		71	2.3	7.7	
	32.5	17.0		2.30		66	3.0	7.2	
65-50-160	17.5	33.3		2.60	5.5	62	2.2	7.7	157
	25.0	32.0		3.20		69	2.3	7.7	
	32.5	29.8		3.80		70	3.0	7.2	
65-40-200	17.5	51.4		4.50	7.5	55	2.2	7.7	194
	25.0	50.0		5.40		63	2.3	7.7	
	32.5	47.4		6.50		65	2.5	7.7	
65-40-250	17.5	82.0		8.70	15.0	45	2.2	7.7	246
	25.0	80.0		10.30		53	2.3	7.7	
	32.5	77.0		12.00		57	2.5	7.7	
65-40-315	17.5	127.0		17.30	30	35	2.5	7.5	303
	25.0	125.0		19.30		44	2.5	7.5	
	32.5	121.0		22.30		48	3.5	6.7	
80-65-125	35.0	21.8		3.00	5.5	69	2.8	7.2	134
	50.0	20.0		3.50		78	3.0	7.2	
	65.0	16.6		4.00		74	3.5	6.9	
80-65-160	35.0	34.6		4.80	7.5	69	2.3	7.7	170
	50.0	32.0		5.70		76	2.5	7.6	
	65.0	27.4	6.60	73		3.5	6.9		
80-50-200	35	52.4	7.5	15	67	2.3	7.7	198	
	50	50.0	9.3		73	2.5	7.6		
	65	46.2	11.2		73	3.3	6.9		
80-50-250	35	82.0	14.0	22	56	2.3	7.7	242	
	50	80.0	17.0		64	2.5	7.6		
	65	76.0	19.8		68	3.0	7.4		
80-50-315	35	127.0	26.9	45	45	2.3	7.7	306	
	50	125.0	30.9		55	2.5	7.6		
	65	122.0	37.2		58	3.0	7.4		
100-80-125	70	22.0	5.8	11	73	4.0	6.1	140	
	100	20.0	6.7		81	4.3	6.1		
	130	15.3	7.1		73	5.0	5.9		
100-80-160	70	34.0	8.8	15	74	3.0	7.1	170	
	100	32.0	10.9		80	3.5	6.9		
	130	28.4	12.6		80	4.5	6.4		

续表

型 号	流 量 Q (m^3/h)	扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)	必需汽蚀余量 Δh_s (m)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶 轮 直 径 D (mm)
				轴功率	电动机 功 率				
100-65-200	70	55.0	2900	14.2	22	74	3.0	7.1	210
	100	50.0		17.5		78	3.6	6.8	
	130	42.5		20.1		75	4.8	6.1	
100-65-250	70	82.6		23.9	37	66	3.3	6.8	246
	100	80.0		29.0		75	3.8	6.6	
	130	74.0		34.9		75	5.0	5.9	
100-65-315	70	129.0		41.0	75	60	3.1	7.0	308
	100	125.0		50.0		68	3.6	6.8	
	130	118.0		60.0		70	4.5	5.5	
125-100-200	140	52.5		27.8	45	72	4.0	6.3	212
	200	50.0		33.6		81	4.5	6.3	
	260	45.0		39.8		80	5.5	6.0	
125-100-250	140	81.5		44.4	75	70	3.6	6.7	266
	200	80.0		54.5		80	4.2	6.6	
	260	77.0		66.5		82	5.5	6.0	
125-100-315	140	125.0		100				304	
	200								
	260								
125-100-400	70	50.8	16.1	30	60	2.5	7.4	384	
	100	50.0	19.7		69	3.0	7.0		
	130	48.6	23.6		73	4.5	5.7		
150-125-200	140	13.6	6.9	11	75	2.8	7.2	220	
	200	12.5	8.2		83	3.0	7.2		
	260	10.3	9.0		81	3.5	7.1		
150-125-250	140	21.3	11.3	18.5	72	2.6	7.4	275	
	200	20.0	13.5		81	3.0	7.3		
	260	17.0	15.4		78	3.5	7.1		
150-125-315	140	35.0	17.8	30	75	2.0	8.0	329	
	200	32.0	21.8		80	2.5	7.8		
	260	27.4	25.5		76	3.5	7.1		
150-125-400	140	51.0	27.8	45	70	2.5	7.5	377	
	200	50.0	35.4		77	3.0	7.3		
	260	47.4	43.0		78	4.0	6.6		

(四) IS型系 (表4-15)

表4-15

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	配 套 电 动 机		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶 轮 直 径 D (mm)	重 量 (kg)
	m ³ /h	L/s			功 率 P (kW)	型 号				
IS50-32-125	8.0	2.20	22	2900	1.5	Y90S-2	60	7.2	125	32
	12.5	3.47	20							
	16.0	4.40	18							
IS50-32-125A	7.0	1.94	17		1.1	Y80S-2	58		32	
	11.0	3.06	15							
	14.0	3.90	13							
IS50-32-160	8.0	2.20	35		3.0	Y100L-2	55		160	37
	12.5	3.47	32							
	16.0	4.40	28							
IS50-32-160A	7.0	1.94	27		2.2	Y90L-2	53		37	
	11.0	3.06	24							
	14.0	3.89	22							
IS50-32-200	8.0	2.20	55		5.5	Y132S ₁ -2	44		200	41
	12.5	3.47	50							
	16.0	4.40	45							
IS50-32-200A	7.0	1.90	42	4.0	Y112M-2	42	72			
	11.0	3.06	38							
	14.0	3.00	35							
IS50-32-250	8.0	2.20	86	11.0	Y160M ₁ -2	35	250	72		
	12.5	3.47	80							
	16.0	4.40	72							
IS50-32-250A	7.0	1.90	66	7.5	Y132S ₂ -2	34	34			
	11.0	3.06	61							
	14.0	3.00	56							
IS65-50-125	17.0	4.72	22	3.0	Y100L-2	69	125	34		
	25.0	6.94	20							
	32.0	8.90	18							
IS65-50-125A	15.0	4.17	17	2.2	Y90L-2	67	7	160	40	
	22.0	6.10	15							
	28.0	7.78	13							
IS65-50-160	17.0	4.72	35	4.0	Y112M-2	66	40			
	25.0	6.94	32							
	32.0	8.90	28							
IS65-50-160A	15	4.17	27	3	Y100L-2	64	40			
	22	6.10	24							
	28	7.78	22							

续表

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	配 套 电 动 机		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶 轮 直 径 D (mm)	重 量 (kg)
	m ³ /h	L/s			功 率 P (kW)	型 号				
IS65-40-200	17	4.72	55	2900	7.5	Y132S ₂ -2	58	7	200	43
	25	6.94	50							
	32	8.90	45							
IS65-40-200A	15	4.17	42		5.5	Y132S ₁ -2	56			
	22	6.10	38							
	28	7.78	35							
IS65-40-250	17	4.72	86		15	Y160M ₂ -2	48			
	25	6.94	80							
	32	8.90	72							
IS65-40-250A	15	4.17	66		11	Y160M ₁ -2	46			
	22	6.10	61							
	28	7.78	56							
IS65-40-315	17	4.72	140		30	Y200L ₁ -2	39			
	25	6.94	125							
	32	8.90	115							
IS65-40-315A	16	4.44	125		22	Y180M-2	33			
	23.5	6.53	111							
	30	8.33	102							
IS65-40-315B	15	4.17	110	18.5	Y160L-2	37				
	22	6.10	97							
	28	7.78	90							
IS80-65-125	31	8.61	22	5.5	Y132S ₁ -2	76	6.0	125	36	
	50	13.90	20							
	64	17.80	18							
IS80-65-125A	28	7.78	17	4	Y112M-2	75				
	45	12.50	15							
	58	16.11	13							
IS80-65-160	31	8.61	35	7.5	Y132S ₂ -2	73				
	50	13.90	32							
	64	17.80	28							
IS80-65-160A	28	7.78	27	5.5	Y132S ₁ -2	72	6.6	160	42	
	45	12.50	24							
	58	16.11	22							
IS80-50-200	31	8.61	55	15.0	Y160M ₂ -2	69	6.6	200		45
	50	13.90	50							
	64	17.80	45							

续表

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	配 套 电 动 机		效 率 η (%)	允 许 吸 上 真 空 高 度 (H_s) (m)	叶 轮 直 径 D (mm)	重 量 (kg)
	m ³ /h	L/s			功 率 P (kW)	型 号				
IS80-50-200A	28	7.78	42	2900	11.0	Y160M ₁ -2	67	6.6	250	45
	45	12.50	38							
	58	16.10	35							
IS80-50-250	31	8.61	86		22.0	Y180M-2	62			
	50	13.90	80							
	64	17.8	72							
IS80-50-250A	28	7.78	66		18.5	Y160L-2	60			
	45	12.50	61							
	58	16.10	56							
IS80-50-315	31	8.90	140		45.0	Y225M-2	52			
	50	13.90	125							
	64	17.80	115							
IS80-50-315A	29.5	8.20	125		37.0	Y200L ₂ -2	51			
	47.5	13.20	111							
	61	16.90	102							
IS80-50-315B	28	7.78	110		30.0	Y200L ₁ -2	50			
	45	12.50	97							
	58	16.10	90							
IS100-80-106	65	18.10	14	5.5	Y312S ₁ -2	78				
	100	27.80	12.5							
	125	34.70	11.0							
IS100-80-106A	58	16.10	10.5	4.0	Y112M-2	76				
	90	25.00	9.5							
	112	31.10	8.7							
IS100-80-125	65	18.10	22.0	11.0	Y160M ₁ -2	81				
	100	27.80	20.0							
	125	34.70	18.0							
IS100-80-125A	58	16.10	17.0	7.5	Y132S ₂ -2	79				
	90	25.00	15.0							
	112	31.10	13.0							
IS100-80-160	65	18.10	35.0	15.0	Y160M ₂ -2	79				
	100	27.80	32.0							
	125	34.70	28.0							
IS100-80-160A	58	16.1	27	11	Y160M ₁ -2	77				
	90	25.0	24							
	112	31.1	22							

续表

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	配 套 电 动 机		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 (H_s) (m)	叶 轮 直 径 D (mm)	重 量 (kg)	
	m ³ /h	L/s			功 率 P (kW)	型 号					
IS100-65-200	65	18.1	55	2900	22	Y180M-2	76	5.8	200	71	
	100	27.8	50								
	125	34.7	45								
IS100-65-200A	58	16.1	42		18.5	Y160L-2	74				
	90	25.0	38								
	112	31.1	35								
IS100-65-250	65	18.1	86		37	Y200L ₂ -2	72		5.8	250	84
	100	27.8	80								
	125	34.7	72								
IS100-65-250A	58	16.1	66		30	Y200L ₁ -2	71				
	90	25.0	61								
	112	31.1	56								
IS100-65-315	65	18.1	140		75		65		5.8	315	100
	100	27.8	125								
	125	34.7	115								
IS100-65-315A	61	16.9	125		55		64				
	95	26.4	111								
	118	32.8	102								
IS100-65-315B	58	16.1	110	45		63					
	90	25.0	97								
	112	31.1	90								
IS150-100-250	130	36.1	86	75		78	4.5	250	95		
	200	55.6	80								
	250	69.4	72								
IS150-100-250A	115	31.9	66	55		76					
	176	48.9	61								
	220	61.1	56								
IS150-100-315	130	36.1	140	110		74					
	200	55.6	125								
	250	69.4	115								
IS150-100-315A	122	33.9	125	90		73	4.5	315	115		
	188	52.2	111								
	235	65.3	102								
IS150-100-315B	115	31.9	110	75		72					
	176	48.9	97								
	220	61.1	90								

(五) B型系 (表4-16)

表4-16

型 号	流量 Q		扬程 H (m)	转 速 n (r/min)	功率 P (kW)		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶轮直径 D (mm)	参 考 价 格 (元)	
	m ³ /h	L/s			轴功率	电动机 功 率				单 泵	整 套
	2B31	10	2.8	34.5	2900	1.87	4	50.6	8.7	162	195
20		5.5	30.8	2.60		64.0		7.2			
30		8.3	24.0	3.08		63.5		5.7			
3B57	30	8.3	62.0	9.3		17	54.4	7.7	218	291	876
	45	12.5	57.0	11.0			63.5	6.7			
	60	16.7	50.0	12.3			66.3	5.6			
	70	19.5	44.5	13.3			64.0	4.7			
3B57A	30	8.3	45.0	6.65		10	55.0	7.5	192	291	621
	40	11.1	41.5	7.3			62.0	7.1			
	50	13.9	37.5	7.98			64.0	6.4			
	60	16.7	30.0	8.3			59.0				
3B33	30	8.3	35.5	4.62		7.5	82.5	7.0	168	241	527
	45	12.5	32.6	5.56	71.5		5.0				
	55	15.1	28.8	6.25	68.2		3.0				
3B33A	25	7	26.2	2.83	5.5	63.7	7.0	145	241	451	
	35	9.7	25.0	3.35		70.8	6.4				
	45	12.5	22.5	3.87		71.2	5.0				
4B91	65	18.0	98.0	27.6	35	63.0	7.1	272			
	90	25.0	91.0	32.8		68.0	6.2				
	115	32.0	81.0	37.1		68.5	5.1				
	135	37.5	72.5	40.4		66.0	4.0				
4B91A	65	18.0	82.0	22.9	40	63.2	7.1	250			
	85	23.6	76.0	26.1		67.5	6.4				
	105	29.2	69.5	29.1		68.5	5.5				
	125	34.7	61.6	31.7		66.0	4.6				
4B54	70	11.4	59.0	17.5	30	64.5	5.0	218	351	1271	
	90	25.0	54.2	19.3		69.0	4.5				
	109	30.4	47.8	20.6		69.0	3.8				
	120	33.4	43.0	21.4		66.0	3.5				
4B54A	70	19.4	48.0	13.6	22	67.0	5.0	200	351	1086	
	90	25.0	43.0	15.3		69.0	4.5				
	109	30.4	36.8	16.8		65.0	3.8				
4B35	65	18.0	37.7	9.25	17	72.0	6.7	178	320	889	
	91	25.0	34.6	10.8		78.0	5.8				
	120	33.3	28.0	12.3		74.5	3.3				
4BA35A	60	16.7	31.6	7.4	13	70.0	6.9	163			
	85	23.6	23.6	8.7		76.0	6.0				
	110	30.6	22.3	9.5		73.5	4.5				

(六) S型泵 (表4-17)

表4-17

型号	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
	m ³ /h	L/s			轴功率	电动机 功率				单泵	整套
50S75	20	5.56	75	2950		15	45	5.0		479	
80S75	30	8.33	75			18.5	40	5.0		488	
100S90	80	22.22	90			28.0	37	70	5.0	525	
150S50	160	44.50	50			27.6	37	79	5.5	206	491
150S50B	133	36.90	36			18.6	22	70	5.5	170	491
150S78	160	44.50	78			46.0	55	74	5.5	245	538
150S78A	140	40.00	60			31.9	37	72	5.5	223	538
200S42	280	78.00	42			37.6	55	85	5.0	204	587
200S42A	270	75.00	36			33.1	37	80	5.0	193	587
200S63	280	78.00	63			59.5	75	81	5.0	235	
200S63A	245	68.00	48			41.6	55	77	5.0	210	655
200S95	280	78.00	95			94.4	125	77	5.0	282	746
200S95A	268	74.50	87			84.8	100	75	5.0	270	746
200S95B	245	68.00	72			64.9	75	74	5.0	250	
250S39	485	134.50	39			62.0	75	83	6.2	367	815
250S39A	420	116.50	29			42.5	55	78	6.2	328	
250S65	485	134.50	65			108.7	132	79	6.2	410	1247
250S65A	468	129.00	48			89.4	112	77	6.2	415	1247

(七) Sh型泵 (表4-18)

表4-18

型号	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
	m ³ /h	L/s			轴功率	电动机 功率				单泵	整套
6Sh-6	126	35	84	2950	40		72	5	251		
	162	45	78		46.5	55	74				
	198	55	70		52.4		72				
6Sh-6A	111.6	31	67	2950	30		68	5	223	800	2200
	144	40	62		33.8		72				
	180	50	55		38.5		70				
6Sh-9	130	36.2	52	2950	25		73.9	5	200	809	
	170	47.2	47.6		27.6	40	79.8				
	220	61.2	35		31.3		67				
6Sh-9A	111.6	31	43.8	2950	18.5		72	5	186	750	1800
	144	40	40		20.9	30	75				
	180	50	35		24.5		70				

续表

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 [H_s] (m)	叶 轮 直 径 D (mm)	参 考 价 格 (元)	
	m ³ /h	L/s			轴 功 率	电 动 机 功 率				单 泵	整 套
8Sh-6	180	50	100	2950	71	100	69	4.5	282	1200	3800
	234	65	93.5		81.1		73.5				
	288	80	82.5		86.3		75				
8Sh-9	216	60	69	2950	55	75	74	4.5	233	1115	
	288	80	62.5		61.6		79.5				
	351	97.5	50		67.8		70.5				
8Sh-9A	180	50	54	2950	39.5	55	67	3.7	218	1100	2900
	270	75	46		44.5		76				
	324	90	37.5		46		72				
8Sh-13	216	60	48	2950	35.7	55	79	3.6	204	1022	
	288	80	42		40.2		82				
	342	95	35		42.3		77				
8Sh-13A	198	55	43	2950	30.5	40	76	4.2	193	1000	2300
	270	75	36		33.1		90				
	310	86	31		34.4		76				
10Sh-6	360	100	71	1470	99.5	135	70	5.5	460	1700	7000
	486	135	65.1		112		76.5				
	612	170	56		126		74				
10Sh-6A	342	95	61	1470	82.2	115	69	6	430	1700	7000
	468	130	54		92		75				
	540	150	49		102		72				
10Sh-9	360	100	42.5	1470	55.5	75	75	6	367	1400	3600
	486	135	38.5		63.0		81				
	612	170	32.5		68.0		80				
10Sh-9A	324	90	35.5	1470	42.5	75	74	6	338	1400	3600
	468	130	30.5		48.6		80				
	576	160	25		51.0		77				

续表

型号	级数	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	允许吸上真空高度 $[H_s]$ (m)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率				单泵	整套
100D45	2	85	23.6	90	2950	30.7	40	68	5.1	200		
	3			135		46.0	55					
125D25	2	101	28	43	2950	15.2	22	77.5	6.5	156		1305
	3			64.5		22.8	30					
	4			86		30.4	40					
	5			107.5		38.0	55					
150D30	3	155	43	87	1480	47.6	75	77	6.5	305		1841
	4			116		63.5	100					
200D43	2	288	80	81.6	1480	80.0	110	80	5.7	360		2760
	3			122.4		120.0	150					

(九) DA₁型泵 (表4-20)

表4-20

型号	级数	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	允许吸上真空高度 $[H_s]$ (m)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率				单泵	整套
DA ₁ -50	2	18	5	19	2950	1.69	2.2	62	8	105	471	1271
	12			114		9.01	10					
DA ₁ -80	2	32.4	9	22.7	2920	2.86	4	70	7.5	110	589	653
	3			34.05		4.29	5.5				70	
	12			136.2		16.02	22				75	
DA ₁ -100	2	54	15	35.4	2940	7.24	11	71.5	7	131	825	2250
	3			52.8		10.9	15				955	
	4			70.4		14.5	18.5				1085	
	12			211.2		43.4	55				2250	
DA ₁ -125	2	108	30	40	2950	15.5	22	76	6.3	152	1090	3200
	12			240		93.6	125					
DA ₁ -150	2	162	45	54.6	2950	31.46	40	76.6	6.2	173	1470	2780
	9			245.7		141.57	150					

(十) DA型泵 (表4-21)

表4-21

型 号	级 数	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)	允许吸上 真空高度 (H_s) (m)	叶轮直径 D (mm)
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率			
2DA-8	2	18	5	16.6	1450	1.43	2.2	55	8	182
	3			24.9		2.22	3			
	4			33.2		2.96	4			
	5			41.5		3.70	5.5			
	6			49.8		4.44	7.5			
	7			58.1		5.18	7.5			
	8			66.4		5.92	10			
	9			74.7		6.66	10			
	3DA-8			2		32.4	9			
3		33.9	4.68	7.5						
4		45.2	6.24	10						
5		56.5	7.8	10						
6		67.8	9.36	13						
7		79.1	10.9	17						
8		90.4	12.5	17						
9		101.7	14	22						
4DA-8		2	54	15	32			1450	7.4	10
	3	48			11.1	17				
	4	64			14.8	22				
	5	80			18.5	30				
	6	96			22.2	30				
	7	112			25.9	40				
	8	128			29.6	40				
	9	144			33.4	55				
	5DA-8	2			90	25	43.2		1450	14.7
3		64.8	22.1	40						
4		86.4	29.4	40						
5		108	36.8	56						
6		129.6	44.1	75						
6DA-8		2	144	49			56	1450		31
3	84	46.5			55					
4	112	62			75					
5	140	77.5			100					
8DA-8	2	288	80	75	1450	92	115	64	6	354
	3			112.5		138	180			

(十一) JC型系

1. 基本参数 (表4-22-1)

表4-22-1

型 号	流 量 Q		单级扬程 (m)	级 数	转 速 n (r/min)	井下部分 最大外径 (mm)	扬水管外径 (mm)	比特数 n_x
	m ³ /h	L/s						
100JC5-4.2	5	1.39	4.2	15~50	2940	92	76	136
100JC10-3.8	10	2.78	3.8	10~40	2940	92	76	207
150JC10-9	10	2.78	9	5~26	2940	142	114	110
150JC18-10.5	18	5	10.5	3~22	2940	142	114	130
150JC30-9.5	30	8.33	9.5	3~21	2940	142	114	180
150JC50-8.5	50	13.88	8.5	3~11	2940	142	114	254
200JC30-18	30	8.33	18	2~12	2940	182	114	110
200JC50-18	50	13.88	18	2~8	2940	182	159	145
200JC80-16	80	22.22	16	2~6	2940	182	159	200
200JC40-4	40	11.11	4	5~20	1460	182	114	200
250JC80-8	80	22.22	8	3~15	1450	232	159	167
250JC130-8	130	36.11	8	4~12	1460	232	194	212
300JC130-12	130	36.11	12	2~13	1460	285	219	157
300JC210-10.5	210	58.33	10.5	2~9	1460	285	219	220

2. 产品规格性能 (表4-22-2)

表4-22-2

型 号	级 数	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	叶轮 直径 D (mm)	参考价格 (元)	
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率			单 泵	整 套
100JC5-4.2	27~40	5	1.39	112~168	2940	1.04~4.16	5.5~7.5	55	70	1450~4264	1894~5166
100JC10-3.8	8 28	10	2.78	30 106		1.39 4.81	5.5 5.5	60	73	1040 3150	1590 3700
150JC30-9.4	3~21	30	8.33	28.5~199.5		3.4~23.9	7.5~30	68.5	105	1398~3004	1938~4050
150JC50-8.5	3~11	50	13.89	25.5~93.5		4.93~18.1	7.5~30	70.5	104.5	1253~2695	1793~3745
200JC80-16	2	80	22.22	32		9.5	18.5	73.5	136	2430	3600
	3			14.2		18.5	3330			4500	
	4			19.0		22	3775			5010	
	5			23.7		30	4200			5730	
	6			28.5		37	4390			6040	
200JC120-23	1	120	33.33	23		10.2	15	74	146	1860	2640

(十二) JD型系 (表4-23)

表4-23

型号	级数	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	叶轮直径 D (mm)	比转数 n_s	输水管放入井中最大长度 (m)	参考价格 (元)										
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率					单泵	整套									
4JD10	10	10	2.78	30	2900	1.41	5.5	58	72			1130	1592									
	15			2.11		1614						2207										
	20			2.82		2034						2496										
	24			3.38																		
6JD30	4	30	8.34	40	2900	4.60	7.5	71	114	140		38	2377	2691								
	5			5.75		48																
	6			6.90		58																
	7			8.06		11.0	68					3000	3447									
	8			9.21			78															
	9			10.33			88															
	10			11.50		15.0	98					3692	4247									
	11			12.65			108															
	12			14.35			5164							6052								
	13			15.60		22.0	5855					6966										
	14			16.76			6547						7658									
	15			17.95			30.0						66	105								
	6JD36			4		36	10					38	2900	5.56	7.5	67	114	200		35.5	1905	2590
				5								6.94		45.5						2070	2637	
				6								8.36		11.0	55.5					2616	3301	
7		9.75	65.5	2735	3514																	
8		11.12	15.0	75.5	3328			3966														
9		12.50		83.0					3400	4264												
10		13.90	18.5	93.0	4660			5516														
11		15.29		103.0																		
12		16.68	22.0	113.0	6025			7149														
13		18.07		120.5																		
14		19.46	30.0	130.5																		
15		20.85		140.5																		
16		22.24	150.5																			
6JD56		4	56	15.6	32			2900	7.27	11.0	68	114		200						28.0	1632	2317
		5			9.00				40.0											1815	2535	
		6			10.80				15.0	45.5										2070	2808	
	7	12.60			56.0																	
	8	14.40			18.5	63.0	2591		3483													
	9	16.20				72.0				3001			3857									
	10	18.00			22.0	75.5	3435		4422													
	11	19.80				88.0				3531			5387									

续表

型号	级数	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	叶轮直径 D (mm)	比转数 n_s	输水管放入井中最大长度 (m)	参考价格 (元)		
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率					单泵	整套	
8JD80	8	80	22.2	32	1460	10.00	18.5	70	160	280	32.0	4944	6410	
	10			12.04		36.0					2705			3119
	12			14.91		45.0					3610			4480
	14			17.50		56.0	2995				4966			
	15			18.75		57.0								
	17			21.25		57.0	3995				5145			
	19			23.75		57.0	4944				6410			
	20			24.20		57.0								
	21			26.25		57.0								
	23			28.75		40.0								57.0
10JD140	5	140	38.9	25	1460	13.25	18.5	72	195	315	24.0	6229	7623	
	7			18.55		22.0	33.0				4256			5359
	8			21.20		30.0	38.0							
	9			23.85		40.0	42.0				6229			7623
	10			26.50			47.0							
	11			29.15		52.0	6370				7783			
	12			31.85		57.0								
	13			34.45		57.0								
	14			37.10		45.0								57.0

(十三) J型泵 (表4-24)

表4-24

型号	级数	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)	叶轮直径 D (mm)	参考价格 (元)	
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率			单泵	整套
8J35	10	35	9.7	40	1480	5.50	10	70	136		
	14			7.70		14					
	18			9.90							
	22			12.10		20					
	26			14.30							
10J80	3	80	22.2	24	1480	7.16	10	73	175	5670	6934
	4			9.95		14					
	5			11.92							
	6			14.30		20					
	7			16.68							
	9			21.50		40	68.3				
	10			23.85							
	11			27.35			73				
	12			29.85							
	13			31.90		90.45	10372				
15	35.80										

续表

型 号	级 数	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)	叶 轮 直 径 D (mm)	参 考 价 格 (元)	
		m ³ /t	L/s			轴 功 率	电 动 机 功 率			单 泵	整 套
12J160	2	160	44.5	27	1450	16.85	20	70	222		
	3			40.5		25.20	28				
	4			54		33.65	40				
	6			78		47.60	55				
	8			108		67.30	75				
12J240	3	230	64	27	1480	22.70	23	74.5	215		
	5			45		37.90	35				
	7			63		53.00	57				
	10			90		76.00	100				

(十四) QJ型系 (表4-25)

表 4-25

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	效 率 η (%)	电 动 机 功 率 P (kW)	机 组 径 向 最 大 尺 寸 (mm)	参 考 价 格 (元)
	m ³ /h	L/s						
150QJ5-100/14	5	1.38	100	2850	60	3.0	136	
150QJ5-150/21			150			4.0		
150QJ5-200/28			200			5.5		
150QJ5-250/35			250			7.5		
150QJ5-200/42			300			9.2		
150QJ10-50/7	10	2.78	50		63	3.0		600
150QJ10-100/14			100			5.5		
150QJ10-150/21			150			9.2		
150QJ10-200/28			200			11.0		
150QJ10-250/35			250			13.0		
150QJ20-26/4	20	5.56	26		64	3.0		650
150QJ20-52/8			52			5.5		
150QJ20-85/13			85			7.5		
150QJ20-104/15			104			11.0		
150QJ20-143/22			143			15.0		
150QJ32-18/3	32	8.89	18	65	3.0	950		
150QJ32-30/5			30		5.5			
150QJ32-54/9			54		9.2			
150QJ32-72/12			72		13.0			
150QJ32-90/15			90		15.0			
200QJ20-40/3	20	5.56	50	2850	66	4.0	184	763
200QJ20-54/4			54			5.5		1035
200QJ20-81/6			81			9.2		1531
200QJ20-108/8			108			11.0		2109
200QJ20-121/9			121			13.0		2583
200QJ20-148/11			148			15.0		4301

续表

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	效 率 η (%)	电 动 机 功 率 P (kW)	机 组 径 向 最 大 尺 寸 (mm)	参 考 价 格 (元)					
	m ³ /h	L/s											
200QJ20-175/13 200QJ20-202/15 200QJ20-243/18 200QJ20-270/20	20	5.56	175	2850	66	18.5	184						
202			22.0										
243			25.0										
270			30.0										
200QJ32-26/2 200QJ32-52/4 200QJ32-78/6 200QJ32-104/8 200QJ32-130/10 200QJ32-156/12 200QJ32-195/15 200QJ32-234/18	32	8.89	26	2850	68	4.0	184	710					
52			9.2			1380							
78			13.0			2315							
104			18.5										
130			22.0			4450							
156			25.0			4680							
195			30.0			9750							
234			37.0			9530							
200QJ50-26/2 200QJ50-52/4 200QJ50-78/6 200QJ50-104/8 200QJ50-130/10 200QJ50-156/12	50	13.89	26	2850	72	7.5	184	1164					
52			13.0			2370							
78			18.5			3162							
104			25.0			4470							
130			30.0			5997							
156			37.0			8852							
200QJ80-22/2 200QJ80-33/3 200QJ80-55/5 200QJ80-77/7 200QJ80-99/9	80	22.22	22	2850	73	9.2	184	1236					
33			13.0			2900							
55			22.0			3835							
77			30.0			6198							
99			37.0			7358							
250QJ50-20/1 250QJ50-40/2 250QJ50-60/3 250QJ50-80/4 250QJ50-100/5 250QJ50-120/6 250QJ50-160/8 250QJ50-180/9 250QJ50-220/11 250QJ50-260/13 250QJ50-300/15	50	13.89	20	2875	72	5.5	223	1300					
40			9.2										
60			15.0										
80			18.5										
100			25.0			3500							
120			30.0										
160			37.0										
180			45.0										
220			55.0										
260			64.0										
300			75.0										
250QJ80-20/1 250QJ80-40/2 250QJ80-60/3 250QJ80-80/4 250QJ80-100/5 250QJ80-120/6 250QJ80-140/7 250QJ80-180/9 250QJ80-200/1 250QJ80-240/1			80			22.22		20	2875	73	7.5	223	1885
40								15.0			2200		
60	22.0	3150											
80	30.0	5040											
100	37.0	5980											
120	45.0	7100											
140	55.0	8970											
180	64.0	12110											
200	75.0	13480											
240	90.0	15340											
250QJ125-16/1 250QJ125-32/2 250QJ125-48/3 250QJ125-64/4 250QJ125-80/5 250QJ125-96/6 250QJ125-112/7 250QJ125-128/8 250QJ125-160/10	125	34.72	16	2875	74	9.2	223	3200					
32			18.5			6837							
48			30.0										
64			37.0			8234							
80			45.0			10700							
96			55.0			11140							
112			64.0			11430							
128			75.0			12100							
160			90.0			1400							

(十五) NQ型泵(表4-26)

表4-26

型 号	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)		叶 轮 直 径 (mm)	参 考 价 格 (元)
	m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率	泵	机 组		
150NQ6-133	6	1.67	133	2870	4.35	5.5	50	37.5	133	5100
150NQ6-200	6	1.67	200	2870	6.53	7.5	50	37.5	133	7000
200NQ20-54	20	5.56	54	2850	4.46	5.5	66	50.8	112	1857
200NQ20-75	20	5.56	75	2870	6.50	7.5	62	48.0	117	2150
200NQ20-125	20	5.56	125	2870	10.90	13	62	46.9	117	3725
200NQ20-250	20	5.56	250	2870	21.60	30	62	58.4	185	9200
200NQ36-60	36	10.00	60	2870	9.05	13	65	53.6	144	5765
200NQ36-200	36	10.00	200	2870	30.30	40	68		116	13400
200NQ40-25	40	11.12	25	2870		5.5				1304
200NQ50-18	50	13.89	18	2870	3.50	5.5	70		162	1200
200NQ50-36	50	13.89	36	2870	7.00	10	70		140	1270
200NQ50-50	50	13.89	50	2870	9.74	13	70		162	2600
200NQ70-36	70	19.44	36	2870	10.09	13	68	54.4	124	2660
200NQ80-63	80	22.22	63	2870	18.55	22	74	59.9	124	4570
200NQ80-100	80	22.22	100	2870	29.44	40	74	61.4	124	6870
250NQ36-60	36	10.00	60	2870	9.05	13	65	51.3	144	1560
250NQ36-160	36	10.00	160	2870	24.10	30	65	53.6	144	5765
250NQ50-50	50	13.89	50	2870	10.01	13	68	53.7	158	2900
250NQ50-100	50	13.89	100	2870	19.50	22	72		162	4700
250NQ50-120	50	13.89	120	2870	22.69	30	72	59.4	146	5065
250NQ50-125	50	13.89	125	2870	25.03	30	68	56.1	158	6126
250NQ50-160	50	13.89	160	2830	32.04	37	68	56.4	160	8771
8NQ20-100	20	5.56	100	2833	8.20	10	66	51.4	110	2830
8NQ20-125	20	5.56	125	2854	10.30	13	66	52.2	110	3350
8NQ36-100	36	10.00	100	2870	14.40	17	68	55.0	142	4680
8NQ50-50	50	13.89	50	2870	9.72	13	70	55.3	162	1370
8NQ50-160	50	13.89	160	2870	31.10	40	70	58.8	162	7563
8NQ80-20	80	22.22	20	2855	6.20	7.5	70	49.0	142	1720

(十六) 里茨系(表4-27)

表4-27

型 号	级 数	流 量 Q		扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 P (kW)		效 率 η (%)		叶 轮 直 径 D (mm)	机 组 最 大 外 径 (mm)	参 考 价 格 (元)
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率	泵	机 组			
6564/9+1215a/4	9	6.5	1.8	86	2800	2.8	4.0	53	51.0	86	140	3340

续表

型号	级数	流量 Q		扬程 H (m)	转速 n (r/min)	功率 P (kW)		效率 η (%)		叶轮直径 D (mm)	机组最大外径 (mm)	参考价格 (元)
		m ³ /h	L/s			轴功率	电动机功率	泵	机组			
6565/7+1215a/5.5	7			65								3290
6565/8+1215a/5.5	8	13	3.6	74	2800	4.6	5.5	65	51.4	106	106	3550
6565/9+1215a/5.5	9			84								3820
6666/6+1215a/4	6			39		3.4	4.0		60.1			2650
6666/7+1215a/5.5	7			45		4.0	5.5		61.3			3370
6666/8+1215a/5.5	8	25	6.9	52	2900	4.5	5.5	77	61.3	94	185	3830
6666/9+1215a/7.5	9			58		5.1	7.5		62.1			4380
6666/18+1215a/15	18			117		10.2	15.0		62.5			12990
6688/12+1218a/22	12			168		20.1	22.0	73	60.6			13840
6688/18+1218a/37	18			252		30.2	37.0		62.0			20670
6608/8+1218a/15	8	32.8	8.9	111	2850	13.4	15.0	72	58.3	94	185	7670
6608/9+1218a/18.5	9			125		15.1	18.5	59				8440
6609/2+1215a/7.5	2			30		5.5	7.5	73.5	60.0			2570
6609/3+1215a/11	3			45		8.2	11.0	74.5	60.0			3500
6609/4+1215a/15	4			60		11.0	15.0	75	60.8			4150
6609/5+1215a/15	5	50	13.9	76	2900	13.7	15.0	75	60.8	131	183	5400
6609/7+1218a/22	7			105		19.4	22.0	75	62.3			7800
6609/9+1218a/30	9			136		24.7	30.0	75	63.0			8690
6615/1+1218a/18.5	1	160	44.4	25		14.6	18.5	74	60.7	150	240	4230
6616/1+1218a/18.5	1	230	63.9	20	2900	17	18.5	73	60.0	150	230	4470
6619/1+1218a/30	1	330	91.4	21		25.6	30.0	73	61.3	200	285	5070
6615/1	1	160	44.4	25		14.6	17.0	74	59.2	150	240	3678
6616/1	1	230	63.9	20	2900	17	17.0	73	58.4	150	240	3922
6619/1	1	330	91.4	21		25.6	28.0	73	60.0	200	285	4123

注 本表系沈阳潜水泵厂引进联邦德国里茨公司技术生产的产品。

(十七) WB型泵 (表4-28)

表4-28

型号	电压 (V)	流量 (m ³ /h)	扬程 (m)	转速 (r/min)	电动机功率 (W)	效率 (%)	允许吸上真空高度 (m)	参考价格 (元)
WB40-40-80 (180B)	220	4	6		180	56	7.0	
WB40-40-70 (250B)	220	10	4		250	62	5.5	
WB40-40-80 (250B)	220	6	6		250	64	6.5	148
WB40-40-90 (250B)	220	4	10		250	58	6.5	
WB40-40-85 (370B)	220	8	8		370	70	7.5	
WB40-40-95 (370B)	220	6	10		370	64	6.5	165
WB40-40-95 (550BA)	380	10	10	2800	550	68	7.0	165
WB40-40-105 (500A)	380	8	12		550	65	6.0	172
WB40-40-95 (550BB)	220	10	10		550	68	7.0	165
WB40-40-105 (550B)	220	8	12		550	65	6.0	172
WB40-40-100 (750A)	380	12	10		750	70	7.5	
WB40-40-105 (750A)	380	12	12		750	68	7.0	
WB40-40-120 (750A)	380	8	16		750	58	7.0	172
WB40-40-120 (1100A)	380	12	16		1100	64	7.0	172
WB40-40-125 (1100A)	380	8	20		1100	52	7.0	324

(十八) SZ型真空泵 (表4-29)

表4-29

型 号	抽 气 量 (m ³ ·min)					级 限 / 真 空 度 (0.133kPa)	转 速 (r/min)	电 动 机 功 率 (kW)	水 消 耗 量 (L/min)	重 量 (kg)	参 考 价 格 (元)
	76.0 × 1.33kPa	15.6 × 1.33kPa	30.4 × 1.33kPa	15.2 × 1.33kPa	7.6 × 1.33kPa						
SZ-1	1.5	0.64	0.4	0.12		122	1450	4	10	110	900
SZ-2	3.4	1.65	0.95	0.25		98	1150	10	30	50	950
SZ-3	11.5	6.8	3.6	1.5	0.5	60	975	30	70	163	2200
SZ-4	27.0	17.6	11.0	3	1	53	730	70	100	975	3600

(十九) SZB型真空泵 (表4-30)

表4-30

型 号	抽 气 量		真 空 度 (0.133kPa)	转 速 (r/min)	功 率 (kW)		真 空 度 为 80% 时 保 证 排 气 量	叶 轮 直 径 (mm)	重 量 (kg)
	m ³ /h	L/s			轴 功 率	电 动 机 功 率			
SZB-1	19.8	5.5	110	1450	1.1	2.2	370	180	
	14.4	4.0	520		1.2				
	7.2	2.0	600		1.3				
	0	0	650		1.3				
SZB-8	38.2	10.6	110		1.0	3.0	600	180	15
	28.8	8.0	520		2.0				
	14.4	4.0	600		2.1				
	0	0	650		2.1				

(二十) SZZ型真空泵 (表4-31)

表4-31

型 号	抽 气 量		真 空 度		转 速 (r/min)	功 率 (kW)		叶 轮 直 径 (mm)	重 量 (kg)
	m ³ /h	L/s	0.133kPa	(%)		轴 功 率	电 动 机 功 率		
SZZ-1	19.8	5.5	110	58	1150	1.1	2.2	180	59
	14.4	4.0	520	64		1.2			
	7.2	2.0	600	79		1.3			
	0	0	650	86		1.3			
SZZ-8	38.2	10.6	110	58		1.0	3.0	180	75
	28.8	8.0	520	61		2.0			
	14.4	4.0	600	79		2.1			
	0	0	650	86		2.1			

辽宁兴城水泵厂: IS50-32-200、IS65-50-160、IS65-40-315、
IS80-65-160、IS80-50-200、IS80-50-315、
IS100-80-160、IS100-65-200、IS125-100-400、
IS150-125-250、IS150-125-315、IS200-150-315

黑龙江通河县水泵厂: IS65-50-160、IS65-40-200、IS65-40-200A、
IS65-40-250、IS65-40-315、IS80-65-125、
IS80-50-250、IS80-50-315、IS100-80-125、
IS100-80-160、IS100-65-200、IS100-65-250、
IS125-100-250、IS125-100-315、IS125-100-400、
IS150-125-250、IS150-125-315、IS150-125-400、
IS200-150-315、IS200-150-400

福建龙岩水泵厂: 生产全系列IS型泵

湖北广济水泵厂: IS65-50-160、IS80-65-160、IS100-80-125、
IS125-100-400、IS150-125-160(正、A)、IS150-125-200(正、A)
IS150-125-250、IS200-150-200

湖南澧州机械厂: IS200-150-200

四川新达水泵厂: IS65-50-160

(三) IB型泵

河北承德水泵厂: IB50-32-125、IB50-32-250、IB100-80-160

河北武安县水泵厂: IB80-65-125、IB100-80-125、IB150-125-200

江苏丹阳县水泵厂: IB65-50-160、IB80-65-160

江苏无锡县水泵厂: IB80-65-160、IB65-50-160、IB65-40-200

江苏武进县水泵厂: IB50-32-125、IB65-50-160、IB80-65-160

浙江缙云农机厂: IB50-32-125、IB50-32-200、IB65-50-125、
IB65-50-160、IB65-40-200、IB80-50-200、
IB80-65-125、IB100-65-200、IB100-65-250、
IB100-65-250、IB100-80-125、
IB150-125-200、IB150-125-250、IB200-200-200、
IB300-150-250

浙江江山水泵厂: IB50-32-125、IB65-50-160、IB80-50-200、
IB80-65-125、IB80-65-160

浙江肖山水泵厂: IB50-32-125、IB50-32-160、IB65-40-200、
IB80-65-125

浙江新昌喷灌机厂: IB50-32-250、IB65-50-125、IB65-40-200、
IB80-65-160

杭州有色金属铸造厂: IB65-50-125、IB65-50-160

安徽巢湖市水泵厂: IB200-200-200

福建南平市水泵厂: IB50-32-125、 IB65-50-125、 IB65-50-160、
IB65-40-200、 IB80-50-200、 IB80-65-160、

山东泰安水泵厂: IB65-50-160、 IB80-50-200、 IB80-65-125、
IB100-80-125

山东日照水泵厂: IB65-50-160、 IB80-65-125、 IB100-80-125

山东新泰市水利机械厂: IB50-32-125

山东招远花生机械厂: IB65-50-160、 IB80-65-160、 IB100-80-125

山东肥城喷灌机厂: IB65-40-200、 IB80-65-125、 IB100-80-125

湖北广济水泵厂: IB65-50-160、 IB80-65-160、 IB100-80-125、
IB150-125-200

湖南茶陵喷灌机厂: IB65-50-160、 IB65-40-200、 IB80-50-250、
IB80-65-160

湖南醴陵市淞江机械厂: IB65-40-250、 IB100-80-125

湖南醴州机械厂: IB50-32-160、 IB150-250、 IB200-200-200

陕西眉县水泵厂: IB100-80-125

(四) S型泵

上海水泵厂: 150S78、 150S78A、 150S50、 150S50A、 200S95、
200S95A、 200S95B、 200S63、 200S63A、 200S65、
200S65A、 250S39、 250S39A、 250S14、 250S14A、
300S58、 300S58A、 300S58B、 300S19、 300S19A、
300S12、 300S12A、 350S26、 350S26A、 350S16、
350S16A、 500S22、 500S22A

江苏高邮水泵厂: 150S50、 150S50A、 200S95、 200S95A、 200S95B、
250S24、 250S24A、 300S19、 300S19A、 300S12、
300S12A

江西鹰潭水泵厂: 150S78、 150S78A

山东威海水泵厂: 150S78、 150S78A、 150S50、 150S50A、 200S95、
200S95A、 200S95B、 200S63、 200S63A、 200S42、
200S65、 200S65A、 250S39、 250S39A、 250S14、
250S14A、 300S19、 300S19A、 300S12、 300S12A、
350S26、 350S26A、 350S16、 350S16A、 500S22、
500S22A

河南漯河水泵厂: 150S78、 150S50、 200S42、 250S39、 250S14

广西梧州八步机械厂: 150S78、 150S78A、 200S95、 200S63、 200S63A、
200S42、 200S42A

四川新达水泵厂: 生产全系列S型泵

昆明水泵厂: 200S63、 250S39、 250S24、 250S14、 300S12

(五) D型泵

辽宁锦西水泵厂: 50D8×3-9、80D12×2-9、80D30×2-10、100D16×2-9、
100D45×2-9、125D25×2-9、150D30×4-10

黑龙江通河县水泵厂: 50D8×3-9

哈尔滨水泵厂: 50D8×3-9、80D12×2-9、100D16×2-9、125D25×2-9、
150D30×3-10、200D43×2-9

江西鹰潭水泵厂: 80DF30×5

上海水泵厂: 200D43×2-9、200D65×7-10

福建龙岩水泵厂: 200D43×2-9、200D65×6-10、250D60×4-10、DG6-25×3-12、
DG12-25×3-12、DG25-30×4-10、DG46-30×4-10、
DG46-50×3-12、DG85-45×3-9、DG155-67×5-9

(六) DA型泵

山东威海水泵厂: DA₁-50×2-12、DA₁-80×2-12、DA₁-100×2-12

山东淄博潜水电泵厂: DA₁-50×2-12、DA₁-80-2-12、DA₁-100×2-12

济南水泵厂: DA₁-50×2-12、DA₁-80×2-12、DA₁-100×2-12、DA₁-125×2-12、
DA₁-150×2-9

山东泰安水泵厂: DA₁-80×2-12

山西岚县机械厂: 2DA-8×2-9、3DA-8×2-9、4DA-8×3-9

河北获鹿水泵厂: 3DA-8×3-5、3DA-8×7、3DA-8×9、4DA-8×3-5、
4DA-8×7、4DA-3×9

山东日照水泵厂: 5DA-8×3、50DA-8×5

江苏高邮水泵厂: XD3-1S(1D)-3S(3D)、XD6-1D、XD6-5S

四川新达水泵厂: DA₁-50×2-12、DA₁-80×2-12、DA₁-100×2-12、DA₁-125×2-12、
DA₁-150×2-9

(七) JC型泵

上海深井泵厂: 100JC10-3.8×8、100JC10-3.8×12、100JC10-3.8×16、
100JC10-3.8×19、100JC10-3.8×23、100JC10-3.8×28、
200JC80-16×2-6

北京排灌机械总厂水泵厂: 100JC10×10、100JC10×13、100JC10×18、
100JC10×23、100JC10×28、150JC50×4-11、
200JC80×2-6、250JC80×3、250JC80×5、
250JC80×7、250JC80×9、250JC80×12、250JC80×15、
300JC210×2-3、300JC210×5、300JC210×7、300JC210×9

河北丰润水泵厂: 100JC5×4.2、100JC10×3.8、150JC30×9.5、150JC50×8.5

河北蔚县深井泵厂: 200JC50×2-9、200JC80×25、200JC120×1-4

河南偃师深井泵厂: 200JC50×3-9

浙江平湖水泵厂: 100JC10-3.8

甘肃水泵厂: 100JCK×3-28

(八) QJ型泵

河北迁安水泵厂: 100QJ10-25/7

天津市潜水泵厂: 150QJ24-162.5/26、150QJ24-131.2/21、150QJ24-112.5/18、
150QJ24-100/15、150QJ24-81.2/13、150QJ24-62.5/10、
150QJ24-50/8、150QJ24-25/4、300QJ204-22/1

山东淄博潜水电泵厂: 150QJ5-300/42、150QJ5-250/35、150QJ5-200/28、
150QJ5-150/21、150QJ10-250/35、150QJ10-200/28、
150QJ10-150/21、150QJ10-100、150QJ20-143/22、
150QJ20-85/13、150QJ20-104/16、150QJ20-80/12、
150QJ20-52/8、250QJ50-75

石家庄潜水泵厂: 200QJ20-121/9、200QJ20-108/8、200QJ20-81/6、
200QJ20-54/4、200QJ20-40/3、200QJ32-286/22、
200QJ32-234/18、200QJ32-195/15、200QJ32-156/12、
200QJ32-130/10、200QJ32-104/8、200QJ32-78/6、
200QJ32-52/4、200QJ32-26/2、200QJ50-195/15、
200QJ50-156/12、200QJ50-130/10、200QJ50-104/8、
200QJ50-78/6、200QJ50-52/4、200QJ50-39/3、
200QJ50-26/2、200QJ80-121/11、200QJ80-99/9、
200QJ80-77/7、200QJ80-55/5、200QJ80-33/3、
200QJ80-22/2、250QJ80-200/10、250QJ80-180/9、
250QJ80-140/7、250QJ80-120/6、250QJ80-100/5、
250QJ80-80/4、250QJ80-240/12、250QJ80-120/6、
250QJ80-100/5、250QJ125-160/10、125QJ125-128/8、
250QJ125-127/7、200QJ125-96/6、250QJ125-80/5、
250QJ125-80/4、250QJ125-64/4、250QJ125-48/3、
300QJ140-140/7、300QJ200-120/6

黑龙江松花江通用机械厂: 150QJ20-26/4、150QJ20-20/3、250QJ50-40/2、
250QJ80-100/4

山西清徐县潜水泵厂: 200QJ20×4、200QJ20×3、200QJ50×4、250QJ50×9、
250QJ50×8、250QJ50×5、250QJ50×6、250QJ50×4、
250QJ50×3、250QJ50×2、250QJ50×1、250QJ80×5、
250QJ80×4、250QJ80×3

西安潜入电机厂: 150QJ32-90/15、150QJ32-72/12、150QJ32-54/9、
150QJ32-42/7、150QJ32-30/5、150QJ32-18/3、
200QJ20-148/11、200QJ20-121/9、200QJ20-108/8、
200QJ20-81/6、200QJ20-40/3、200QJ50-104/8、

- 200QJ50-78/6、200QJ50-65/5、200QJ50 52/4、200QJ50 26/2
- 郑州潜水泵厂：200QJ20×4、250QJ50×5、250QJ50×4、250QJ50×3、
250QJ-33/2、250QJ80×4、250QJ80×3、250QJ80×2、
250QJ80×1
- 沈阳潜水泵厂：200QJ36-200/20、200QJ36-150/15、200QJ36 100/10、
200QJ50-17/1、250QJ50-130/8、250QJ50-82/5、
250QJ50-64/4、250QJ80-80/4、250QJ80-60/3、
250QJ80-40/2、300QJ140-30/4、300QJ200-30/1
- 山西解州潜水泵厂：200QJ20×38、200QJ50×12、200QJ50×117、200QJ50×91、
200QJ50×78、200QJ50×65、200QJ50×52、200QJ50×3、
200QJ50×2、200QJ80-77/7
- 四川成都水泵厂：150QJ10-200/28、150QJ10-150/21、150QJ10-100、
150QJ10-50/7
- 陕西渭南潜水电泵厂：200QJ20-27/2G
- 北京排灌机械总厂水泵厂：200QJ32-234/18、200QJ32-195/15、200QJ32 156/12、
200QJ32-130/10、200QJ32-104/8、200QJ32-78/6、
200QJ32-52/4、200QJ32-26/2、200QJ50-156/12、
200QJ50-130/10、200QJ50-104/8、200QJ50-78/6、
200QJ50-52/4、200QJ50-26/2、200QJ80 33/3、
250QJ80-240/12、250QJ80-200/10、250QJ80-180/9、
250QJ80-140/7、250QJ80-120/6、250QJ80-100/5、
250QJ80-80/4、250QJ80-60/3、250QJ80-40/2、
250QJ80-20/1
- 黑龙江明水县水泵厂：200QJ32-45/3、200QJ32-30/2、200QJ32-25
- 山西介休县水泵厂：200QJ50×9、200QJ50×7、200QJ60×12、200QJ60×10、
200QJ60×7、200QJ80×8、200QJ80×6、
200QJ80×5
- 河北蔚县深井泵厂：200QJ50-96/6、200QJ50-64/4、200QJ50-80/5、
200QJ50-48/3、200QJ50-32/2、250QJ80-80/4、
250QJ80-60/3、250QJ80-40/2、250QJ80-20/1、
250QJ125-80/4、250QJ125-60/3、250QJ125-40/2、
250QJ125-30/1、300QJ200-100/5、250QJ125-20/1、
300QJ200-80/4、300QJ200-60/3、300QJ200-40/2、
300QJ200-20/1
- 陕西扶风水泵厂：200QJ50-78/6、200QJ50-65/5、200QJ50-52/4、
200QJ50-39/3、200QJ50-26/2、200QJ80-55/5、
200QJ80-44/4、200QJ80-33/3、200QJ80-22/2

阜新红旗水泵厂：200QJ50

吉林市水泵厂：200QJ50×52、200QJ50-39、200QJ50-26/2

合肥巢湖机电厂：200QJ50

河南荥阳机械厂：200QJ50×4、200QJ50×3、200QJ50×2

济南水泵厂：200QJ50、200QJ50×3、200QJ50×2、250QJ80×3、250QJ80×2、
250QJ80×1

黑龙江明水县水泵厂：200QJ50-20

甘肃水泵厂：250QJ50-200/10、250QJ50-180/19、250QJ50-160/8、
250QJ50-140/7、250QJ50×6、250QJ50-120/6、
250QJ50-100/5、250QJ50-80/4、250QJ50-63/3、
250QJ50-40/2、250QJ50-20/1、250QJ80-200/10、
250QJ80-180/9、250QJ80-160/8、250QJ80-140/7、
250QJ80-120/6、250QJ80-100/5、250QJ80×4、
250QJ80×3、250QJ80-40/2、250QJ80-20/1、
300QJ230-60/2、300QJ230-40/2、300QJ230-30/1、
300QJ230-20/1

新疆五家渠水泵厂：250QJ50-100/4、250QJ50-75/3、250QJ50-50/2、
250QJ50-25/1、250QJ50-20/1、250QJ80-60/3、
250QJ80-40/2、250QJ125-32/2、250QJ140-22/1、
300QJ200-40/2

(九) WB型泵

内蒙古突泉县水泵厂：WB34-25-91

江苏启东喷灌机厂：WB25-25-100、WB40-40-125

江苏金坛喷灌机厂：WB40-40-95、WB40-40-120

浙江平湖水泵厂：WB40-40-105

福建福州喷灌机厂：WB40-40-105、WB40-40-80

江西万载水泵厂：WB25-25-100、WB40-40-90

山东肥城喷灌机厂：WB40-40-100、WB40-40-85

江南新郑喷灌机厂：WB40-40-125、WB40-40-80

河南驻马店喷灌机厂：WB40-40-95、WB40-40-100

湖北宜都农机厂：40WB7-9、40WB10-6、50WB20-3

(十) SZ、SZB、SZZ型真空泵

唐山水泵厂：SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

沈阳水泵厂：SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

沈阳农业水泵厂：SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4、SZB-4、SZB-8

大连耐酸泵厂：SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

哈尔滨水泵厂：SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

博山真空泵厂: SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

无锡水泵厂: SZ-3、SZB-4、SZB-8

浙江水泵厂: SZ-2、SZ-3、SZ-4、SZB-1、SZB-8

浙江真空泵厂: SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZB-4、SZB-8

安徽和县水泵制造厂: SZ-2、SZ-3

新乡水泵厂: SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

新乡卫东机械厂: SZ-1、SZ-2、SZ-3

武汉水泵厂: SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4、SZB-1、SZB-8、SZZ-1、SZZ-8

黄石水泵厂: SZ-2

广东开平农业机械厂: SZ-2、SZ-3

柳州轻工化工修配厂: SZ-1、SZ-2、SZ-3、SZ-4

石家庄水泵厂: SZB-1、SZB-8

长春水泵厂: SZB-1、SZB-8

成都水泵厂: SZB-1、SZB-8

昆明水泵厂: SZB-1、SZB-8

阳泉水泵厂: SZB-1

威海水泵厂: SZB-8

北京水泵厂: SZZ-1、SZZ-8

三、BP、BPZ改进型泵的性能曲线与安装尺寸

(一) 性能曲线 (图1-35~图1-45)

(二) 泵的外形及安装尺寸 (图1-46及表1-32)

(单位: mm)

表1-32

型 号	外 形 尺 寸						安 装 尺 寸									
	L	H	H ₁	H ₂	L ₁	A	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	d	
50BPZ _{1z} -20	397	101	260	110	170	70	38	18	60	70	95	95	112	112	φ11	
50BPZ-35	397	101	260	110	170	70	38	18	60	70	95	95	112	112	φ14	
50BPZ _{1z} -35	397	101	260	110	170	70	38	18	60	70	95	95	112	112	φ14	
50BPZ _{4z} -35																
50BPZ _{1z} -45	420	127	285	132	190		45	15	60	60	95	95	117.5	117.5	φ11	
50BPZ _{4z} -45																
65BP-55	401	327	152	152	100	116	30	30	62.5	62.5	96	96	125	125	φ14	
65BPZ-55	520	180	310	152	155	70	30	30	62.5	62.5	96	96	125	125	φ11	
80BP-35	430	372	152	152	100	112	30	30	79	79	96	96	125	125	φ18	
80BPZ-35	535	190	317	152	165	84	40	30	79	79	96	96	125	125	φ18	

四、IB型泵的性能曲线与安装尺寸

(一) 性能曲线 (图4-17~图4-72)

(二) 泵的外形及连接尺寸 (图4-73及表4-33)

表4-33

(单位: mm)

型 号	a	f	h_1	h_2	b	m_1	m_2	n_1	n_2	n_3	ψ	s_1	s_2	d	t
50-32-125	80	385 (328)	112	110	50	100	70	190	110	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
50-32-160	80	385 (328)	132	160	50	100	70	210	190	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
50-32-200	80	385 (328)	160	180	50	100	70	210	190	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
50-32-250	100	500 (423)	180	225	65	125	95	320	250	110	370 (315)	13.5	13.5	32	80 (58)
65-50-125	80	385 (328)	112	110	50	100	70	210	160	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
65-50-160	80	385 (328)	132	160	50	100	70	210	190	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
65-50-200	100	385 (328)	160	180	50	100	70	265	212	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
65-50-250	100	500 (423)	180	225	65	125	95	320	250	110	370 (315)	13.5	13.5	32	80 (58)
65-50-315	125	500 (423)	200	250	65	125	95	315	280	110	370 (315)	13.5	13.5	32	80 (58)
80-65-125	100	385 (328)	132	160	50	100	70	210	190	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
80-65-160	100	385 (328)	160	180	50	100	70	265	212	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
80-50-200	100	385 (328)	100	200	50	100	70	265	212	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
80-50-250	125	500 (423)	180	225	65	128	95	320	250	110	370 (315)	13.5	13.5	32	50 (58)
80-50-315	125	500 (423)	225	280	65	125	95	315	280	110	370 (315)	13.5	13.5	32	80 (58)

续表

型 号	a	f	h ₁	h ₂	b	m ₁	m ₂	n ₁	n ₂	n ₃	u	s ₁	s ₂	d	f
100-80-125	100	385 (328)	160	180	65	125	95	280	212	110	285 (227)	13.5	13.5	24	50
100-80-160	100	500 (423)	160	200	65	125	95	280	212	110	370 (315)	13.5	13.5	32	80 (58)
100-65-200	100	500 (423)	180	225	65	125	95	320	250	110	370 (315)	13.5	13.5	32	80 (58)
100-65-250	125	500 (423)	200	250	80	160	120	360	280	110	370 (315)	18	13.5	32	80 (58)
100-65-315	125	530 (472)	225	280	80	160	120	400	315	110	370 (339)	18	13.5	42	110 (82)
125-100-200	125	500 (432)	200	280	80	160	120	360	280	110	370 (315)	18	13.5	32	80 (58)
125-100-250	140	530 (472)	225	280	80	160	120	400	315	110	370 (339)	18	13.5	42	110 (82)
125-100-315	140	530 (472)	250	315	80	160	120	400	315	110	370 (339)	18	13.5	42	110 (82)
125-100-400	140	530 (472)	280	355	100	200	150	500	400	110	370 (339)	24	13.5	42	110 (82)
150-125-200	125	500 (423)	225	280	80	160	120	360	280	110	370 (315)	18	13.5	32	80 (58)
150-125-250	140	530 (472)	250	355	80	160	120	400	315	110	370 (339)	18	13.5	42	110 (82)
150-125-315	140	530 (472)	280	355	100	200	150	500	400	110	370 (339)	24	13.5	42	110 (82)
150-125-400	140	530 (472)	315	400	100	200	150	500	400	110	370 (339)	24	13.5	42	110 (82)
200-200-200	160	530 (472)	280	375	100	200	150	500	450	110	370 (339)	24	18	42	110 (82)
200-150-250	160	530 (472)	280	375	100	200	150	500	400	110	370 (339)	24	13.5	42	110 (82)
200-150-315	160	670	315	400	100	200	150	550	450	110	500	24	18	48	110
200-150-400	160	670	315	450	100	200	150	550	450	110	500	24	18	48	110

注 括号内数字为变型泵尺寸。

(三) 法兰及密封环尺寸 (图4-74及表4-34)

(四) 机组外形及安装尺寸 (图4-75、图4-76与表4-35)

表4-34 法兰及密封环尺寸 (单位: mm)

型 号	进 口 法 兰					出 口 法 兰					密 封 环			轴 承 体号
	D	D ₁	D ₂	d ₀	n	D	D ₁	D ₂	d ₀	n	φ ₁	φ ₂	B	
50-32-125	50	125	165	17.5	4	32	100	140	17.5	4	60 55	70 65	15	25
50-32-160		(110)	(140)	(13.5)			(90)	(120)	(13.5)		55	65	15	
50-32-200											65	75	15	
50-32-250	50	125	165	17.5	4	32	100	140	17.5	4	55	65	15	35
65-50-125	65	145	185	17.5	4	50	125	165	17.5	4	70	80	15	25
65-50-160		(130)	(160)	(13.5)			(110)	(140)	(13.5)		85	75	15	
65-40-200							40	110 (140)	150 (130)			65	75	
65-40-250	65	145	185	17.5	4	40	110	150	17.5	4	75	85	15	35
65-40-315	65	145	185	17.5	4	40	110	150	17.5	4	75	85	15	35
80-65-125	80	160	200	17.5	8 (4)	65	145	185	17.5	4	85	100	15	25
80-65-160		(150)	(190)	(13.5)			(130)	(160)	(13.5)		85	100	15	
80-50-200							50	125 (110)	165 (140)		17.5 (13.5)	85 80	100 95	
80-50-250	80	160	200	17.5	8	50	125	165	17.5	4	80	95	15	35
80-50-315														
100-80-125	100	180	220	17.5	8	80	160	200	17.5	8 (4)	100 105	115 120	15	25
100-80-160		(170)	(210)	(13.5)			(150)	(190)	(13.5)		105	120	15	
100-65-200							65	145 (130)	185 (160)		17.5 (13.5)	100	115	
100-65-250	100	180	220	17.5	8	65	145	185	17.5	4	100	115	15	35
100-65-315														
125-100-200	125	210 (200)	250 (240)	17.5	8	100	180 (170)	220 (210)	17.5	8 (4)	130	145	18	35
125-100-250	125	210	250	17.5	8	100	180	220	17.5	8	125	140	15	45
125-100-315														
125-100-400	125	210 (200)	250 (240)	17.5	8	100	180 (170)	220 (210)	17.5	8 (4)	125	400	15	
150-125-200	150	240	285	22	8	125	210	250	17.5	8	150 160	165 175	18	35
150-125-250		(225)	(260)	(17.5)			(200)	(240)			165	180	18	
150-125-315											160	175	18	
150-125-400											145	160	18	
200-200-200	200	295	340	22	12	200	295 (280)	340 (320)	22 (17.5)	12 (8)	205 210	225 230	20	45
200-150-250			(280)	(320)	(17.5)	(8)	150	240 (225)	285 (260)	22 (17.5)	8	185 200	200 220	
200-150-315	200	295	340	22	12	150	240	285	22	8	200 195	215 215	20	55
200-150-400											200 190	200 200	20	

注 括号内数字为变型泵法兰尺寸。

表 4-35 IB型泵机组安装尺寸表

序 号	Y 型 电 机 规 格	底 座 号	共 同 尺 寸				基 本 型				变 型								
			a	A	b ₂	b ₃	L ₃	S	H	H ₁	L	L ₁	L ₂	H	H ₁	L	L ₁	L ₂	
50-32-125	90S-2	2	80	60	360	320	540	18.5	162	302	870	800	130	/	/	/	/	/	/
50-32-160	100L-2	3	80	60	390	350	600	18.5	182	342	945	900	150	796	740	796	740	70	70
50-32-200	132S ₁ -2	4	80	60	450	400	660	24	215	395	1040	1000	170	891	800	891	800	70	70
50-32-250	160M ₁ -2	6	100	75	540	490	840	24	260	485	1300	1250	205	1135	1040	1135	1040	100	100
65-50-125	100L-2	3	80	60	390	350	600	18.5	162	302	945	900	150	796	740	796	740	70	70
65-50-160	132S ₁ -2	4	80	60	450	400	660	24	187	347	1040	1000	170	891	800	891	800	70	70
65-40-200	132S ₂ -2	4	100	60	450	400	660	24	215	395	1060	1000	170	911	800	911	800	70	70
65-40-250	160M ₁ -2	6	100	75	540	490	840	24	260	485	1300	1250	205	1135	1040	1135	1040	100	100
65-40-315	200L ₁ -2	7	125	75	610	550	940	28	280	539	1500	1400	230	1335	1170	1335	1170	115	115
80-65-125	132S ₁ -2	4	100	60	450	400	660	24	187	347	1060	1000	170	911	800	911	800	70	70
80-65-160	132S ₂ -2	4	100	60	450	400	660	24	215	395	1060	1000	170	911	800	911	800	70	70
80-50-200	160M ₁ -2	5	100	60	490	440	740	24	230	430	1185	1120	190	1036	920	1036	920	90	90
80-50-250	180M ₁ -2	6	125	75	540	490	840	24	260	485	1395	1250	205	1230	1040	1230	1040	100	100
80-50-315	225M ₁ -2	7	125	75	610	550	940	28	305	585	1540	1400	230	1377	1170	1377	1170	115	115
100-80-125	160M ₁ -2	5	100	75	490	440	740	24	230	410	1185	1120	190	1036	920	1036	920	90	90
100-80-160	160M ₂ -2	6	100	75	540	490	840	24	240	440	1300	1250	205	1135	1040	1135	1040	100	100
100-65-200	180M ₁ -2	6	100	75	540	490	840	24	260	485	1410	1250	205	1205	1040	1205	1040	100	100
100-65-250	200L ₁ -2	7	125	90	610	550	940	28	280	530	1540	1400	230	1337	1170	1337	1170	115	115
100-65-315	280S ₁ -2	9	125	90	730	670	1200	28	360	640	1795	1800	300	1599	1420	1599	1420	110	110
125-100-200	225M ₁ -2	7	125	90	610	550	940	28	305	585	1580	1400	230	1377	1170	1377	1170	115	115
125-100-250	280S ₂ -2	9	140	90	730	670	1200	28	360	640	1810	1800	300	1614	1420	1614	1420	110	110
125-100-315	315S ₂ -2	9	140	90	730	670	1200	28	395	710	2000	1800	300	1804	1420	1804	1420	110	110
125-100-400	290L ₁ -4	8	140	110	660	600	1060	28	360	715	1585	1600	270	1389	1315	1389	1315	127.5	127.5
150-125-200	160M ₁ -4	6	125	90	540	480	840	24	305	585	1365	1250	205	1160	1040	1160	1040	100	100
150-125-250	180M ₁ -4	7	140	90	610	550	940	28	330	685	1480	1400	230	1284	1170	1284	1170	115	115
150-125-315	200L ₁ -4	8	140	110	660	600	1060	28	360	760	1585	1600	270	1389	1315	1389	1315	127.5	127.5
150-125-400	225M ₁ -4	8	140	110	660	600	1060	28	395	795	1655	1600	270	1459	1315	1459	1315	127.5	127.5
200-200-200	160M ₁ -4	8	160	110	660	600	1060	28	360	735	1430	1600	270	1234	1315	1234	1315	127.5	127.5
200-150-250	225S ₁ -4	8	160	110	660	600	1060	28	360	735	1690	1600	270	1454	1315	1454	1315	127.5	127.5
200-150-315	200M ₁ -4	9	160	110	730	670	1200	28	395	795	1940	1800	300						
200-130-400	280M ₁ -4	9	160	110	730	670	1200	28	395	845	2060	1800	300						

注 1. 基本型泵进出口法兰和耐水压零件均按 $16 \times 10^5 \text{ Pa}$ 级压力设计制造, 底座尺寸符合 ISO 3661 规定, 采用加长联轴轴器, 在不移动泵和电动机情况下, 可拆卸转动部件, 便于检修;
 2. 变型与基本型比较, 具有以下特点: 联轴轴和轴承体缩短, 并增加一只轴承, 采用变型底座和相配附件, 既适合直联传动, 也适合联轴器传动, 进出口法兰除扬程 80m 以上的泵按 16.00 kPa 级压力设计外, 其余 (扬程 50m 以下) 均按 $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ 级压力设计。

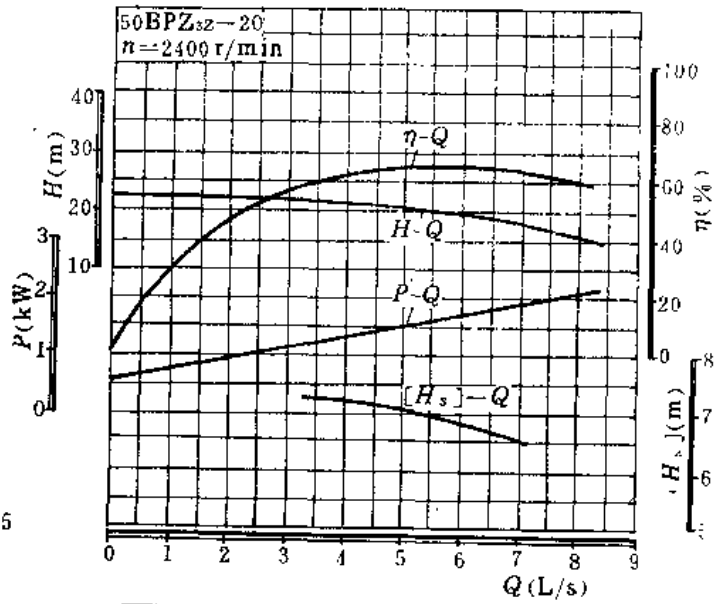


图 4-35

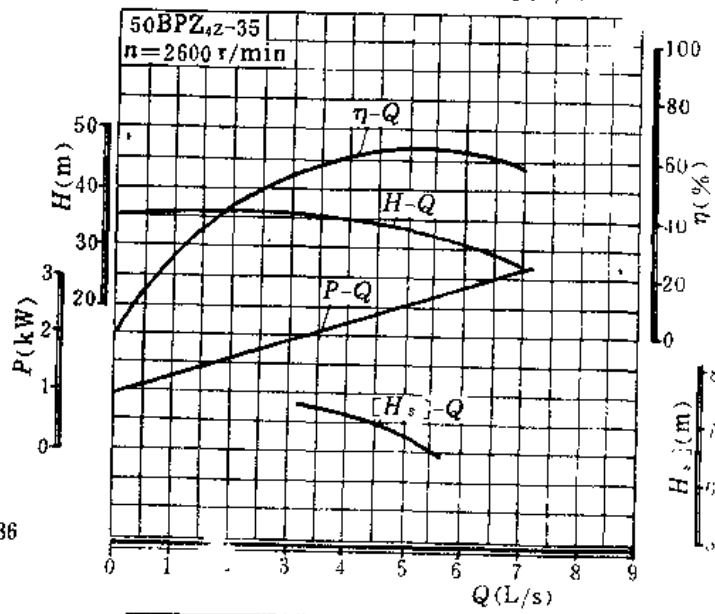


图 4-36

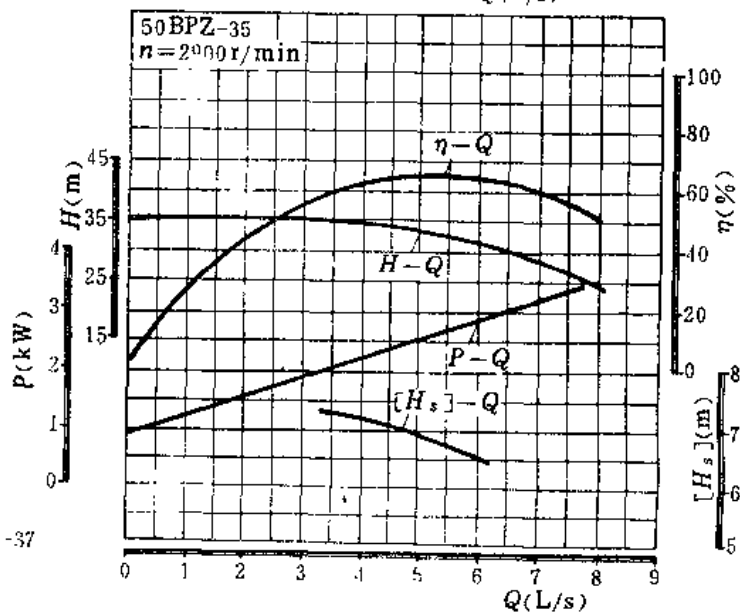


图 4-37

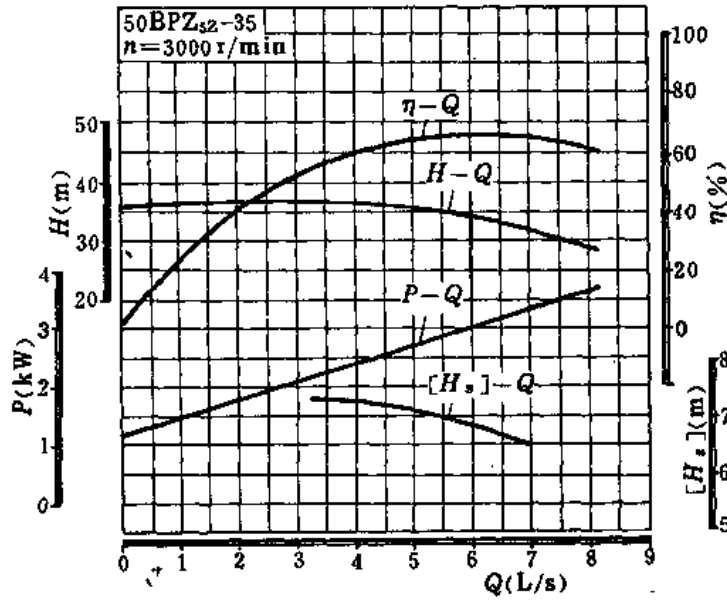


图 4-38

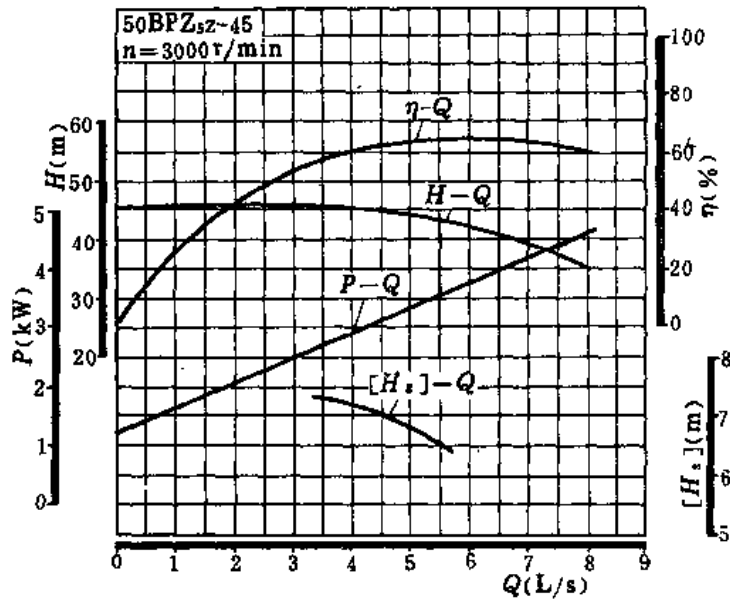


图 4-39

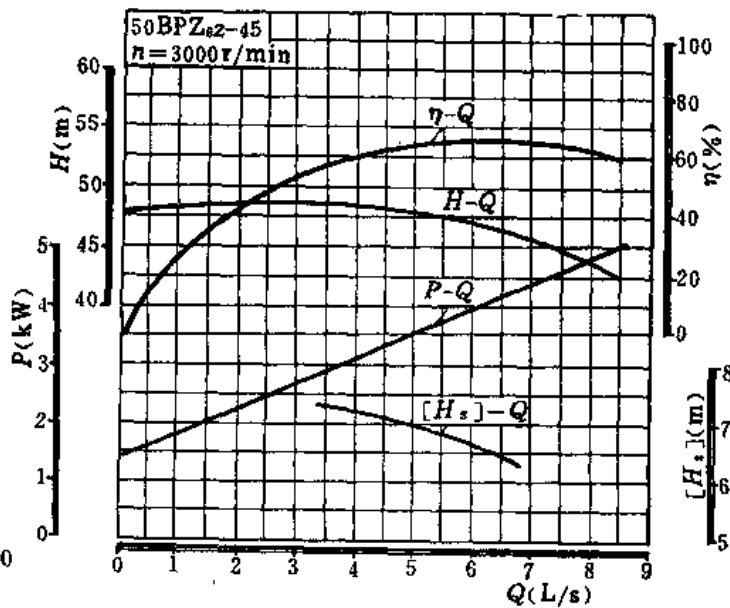


图 4-40

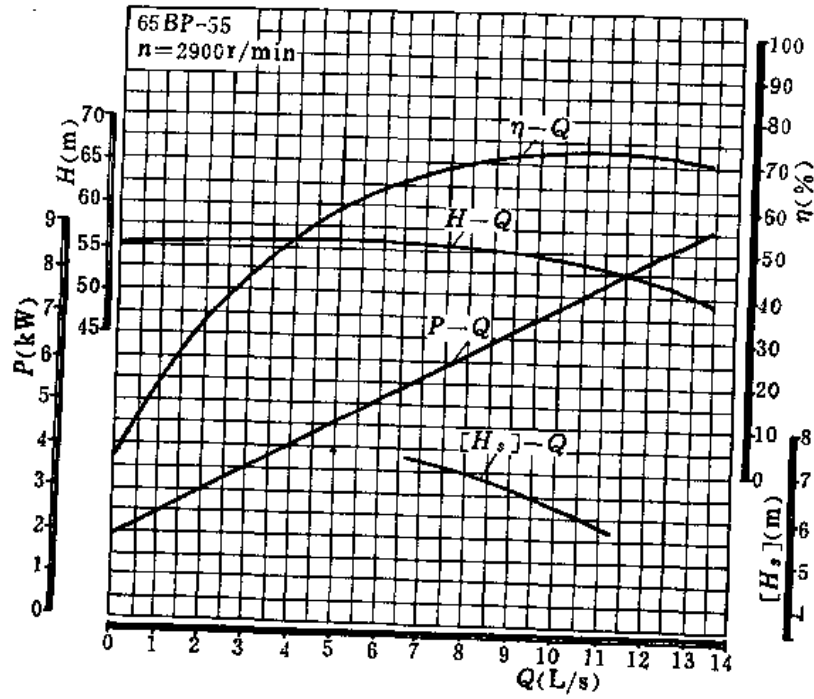


图 4-41

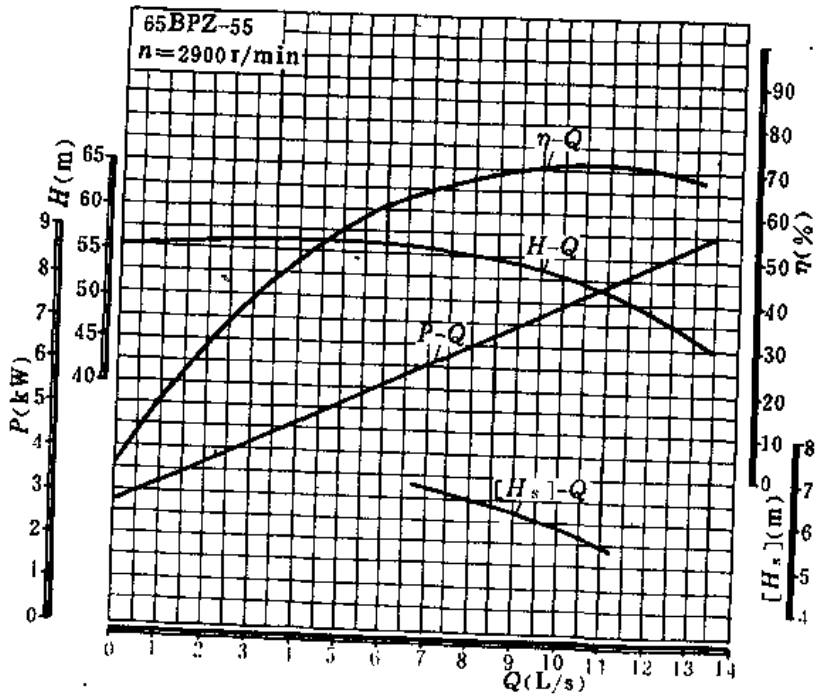


图 4-42

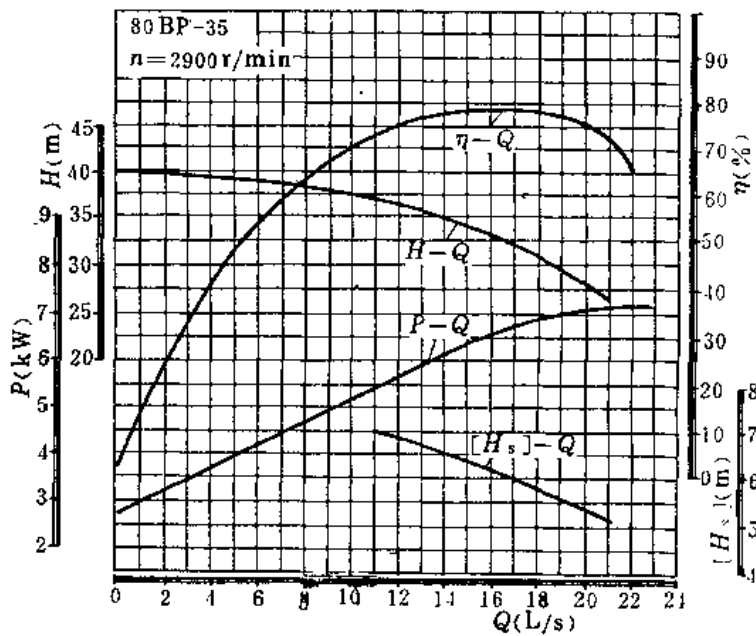


图 4 43

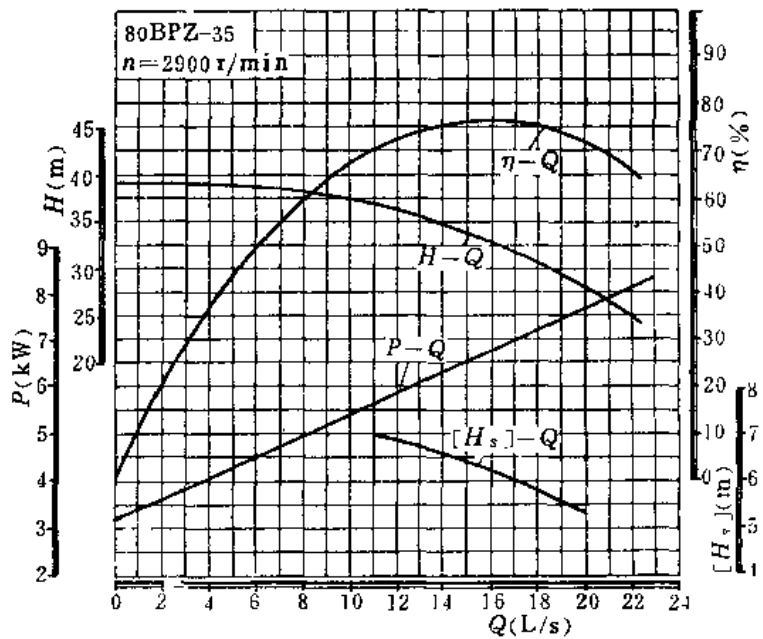


图 4 44

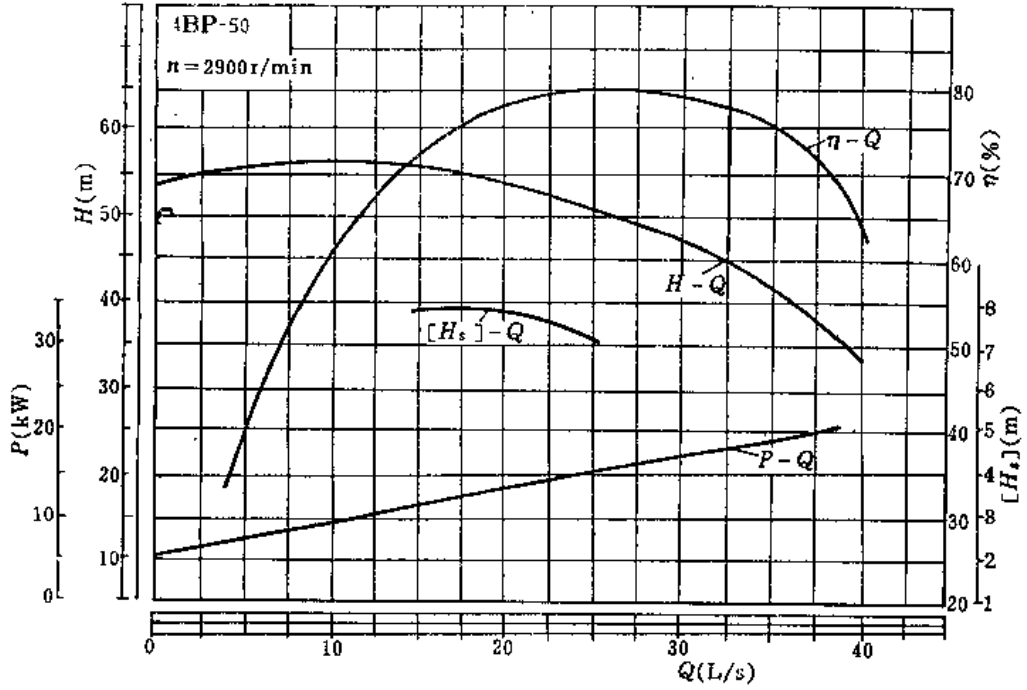


图 4-45

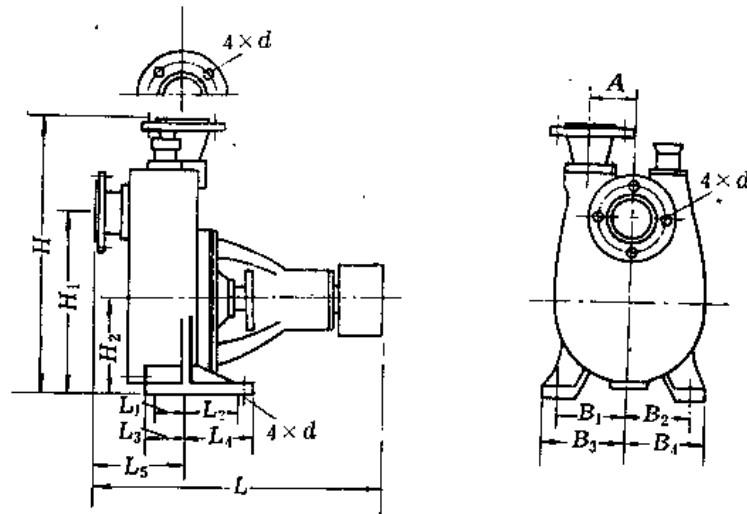


图 4-46 外形图

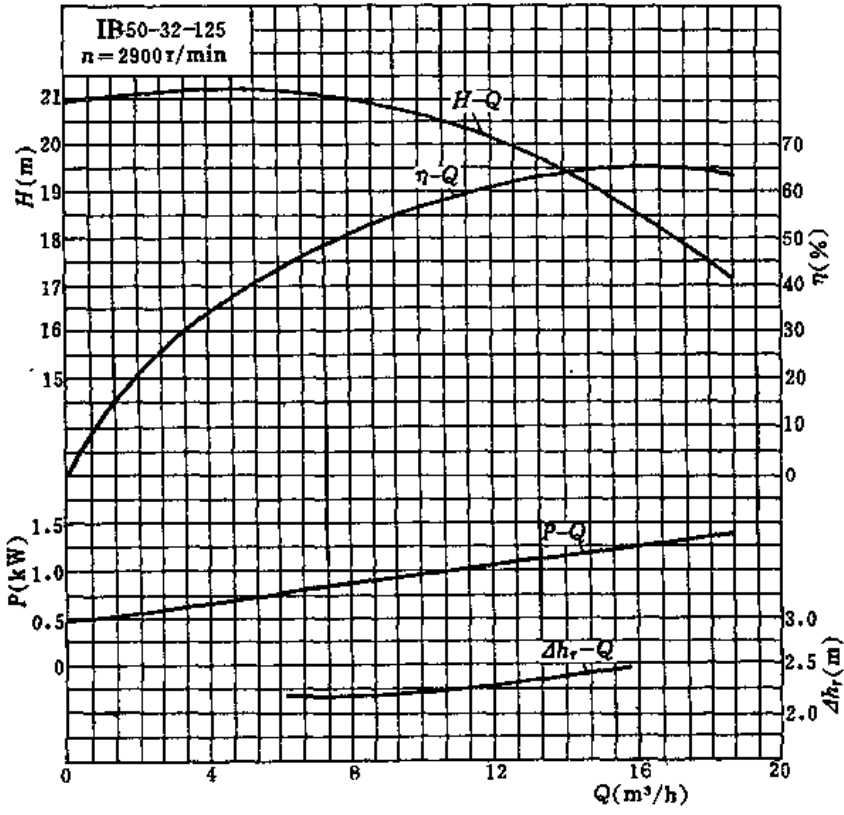


图 4-47

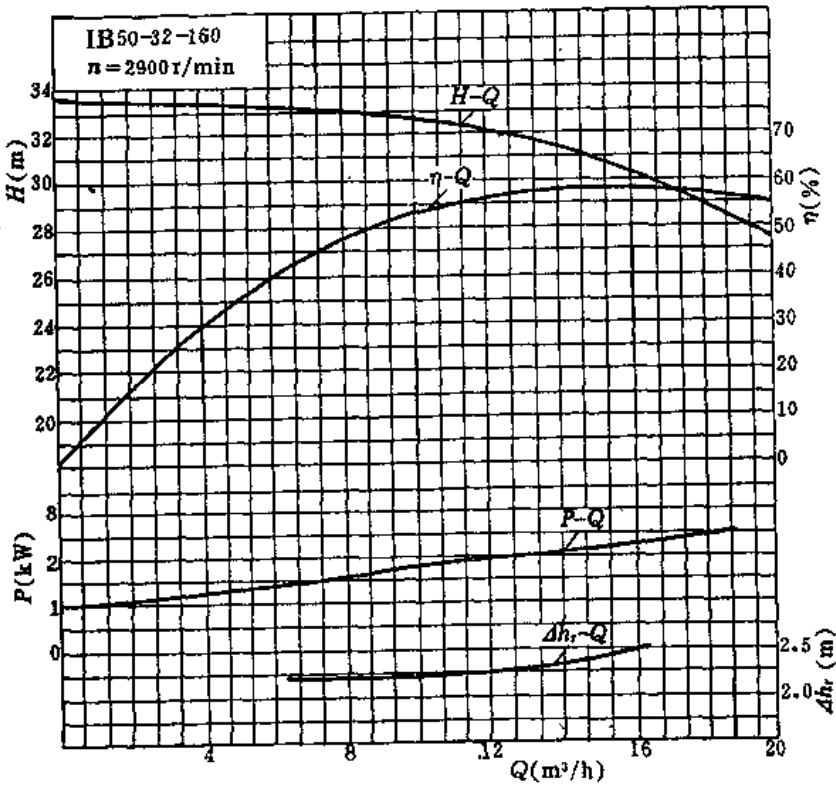


图 4-48

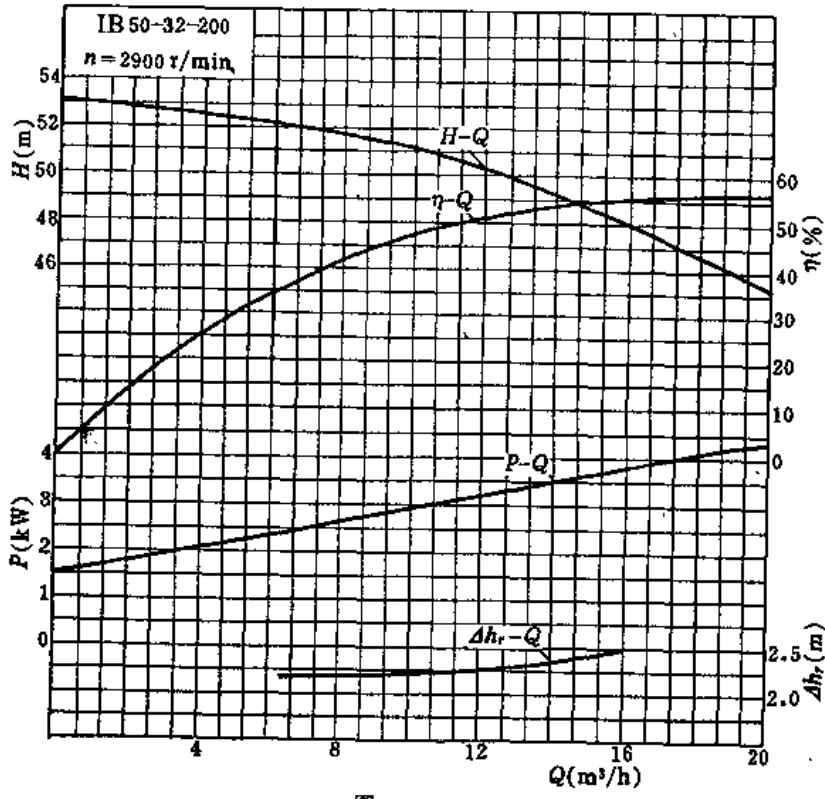


图 4-49

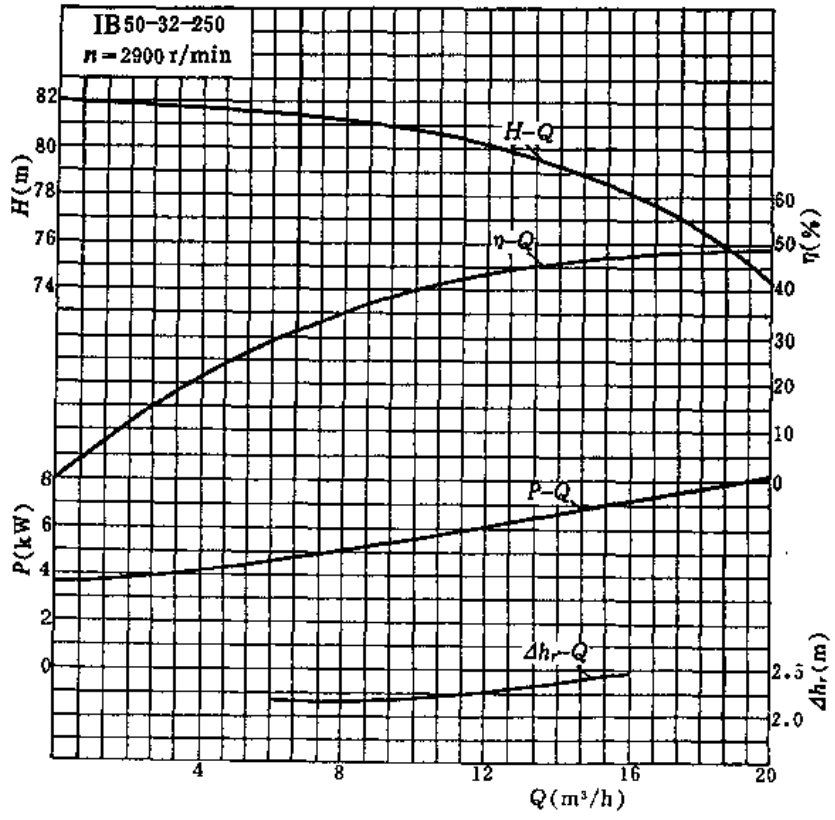


图 4-50

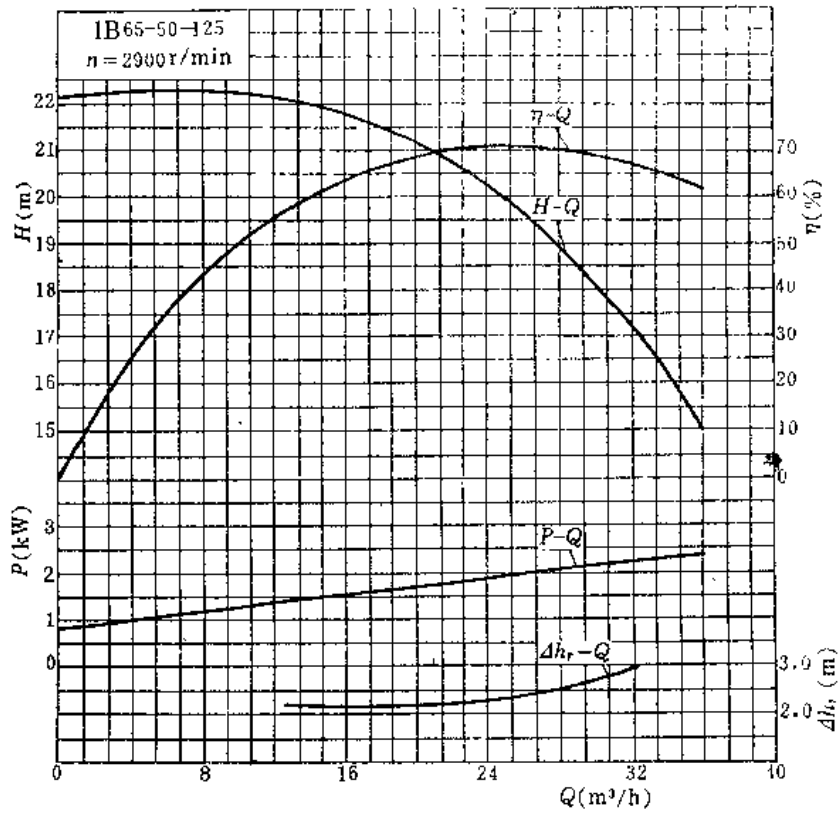


图 4-51

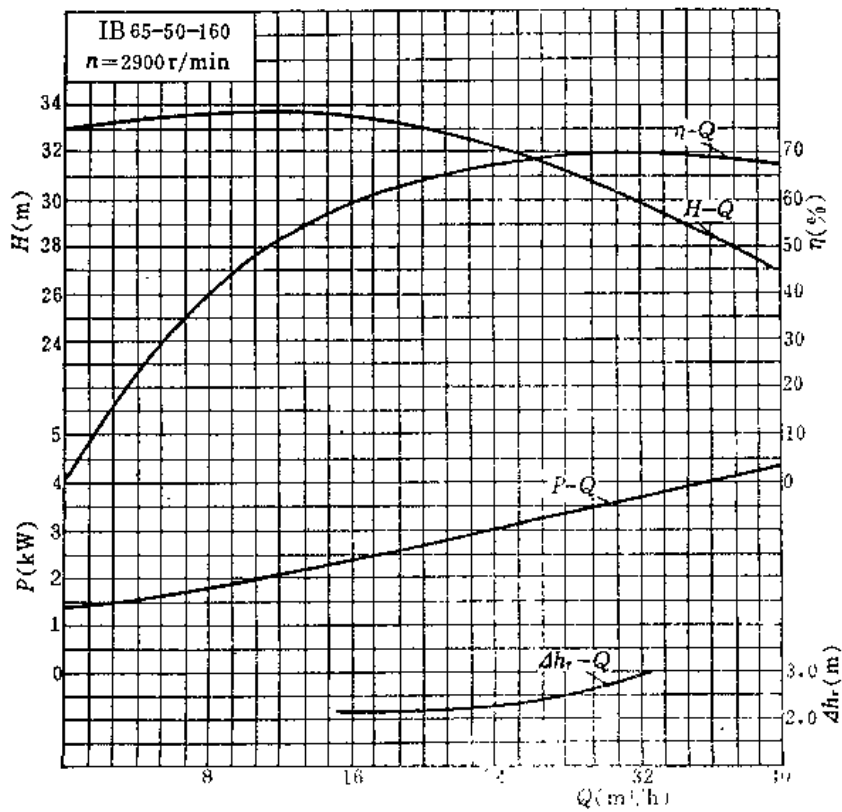


图 4-52

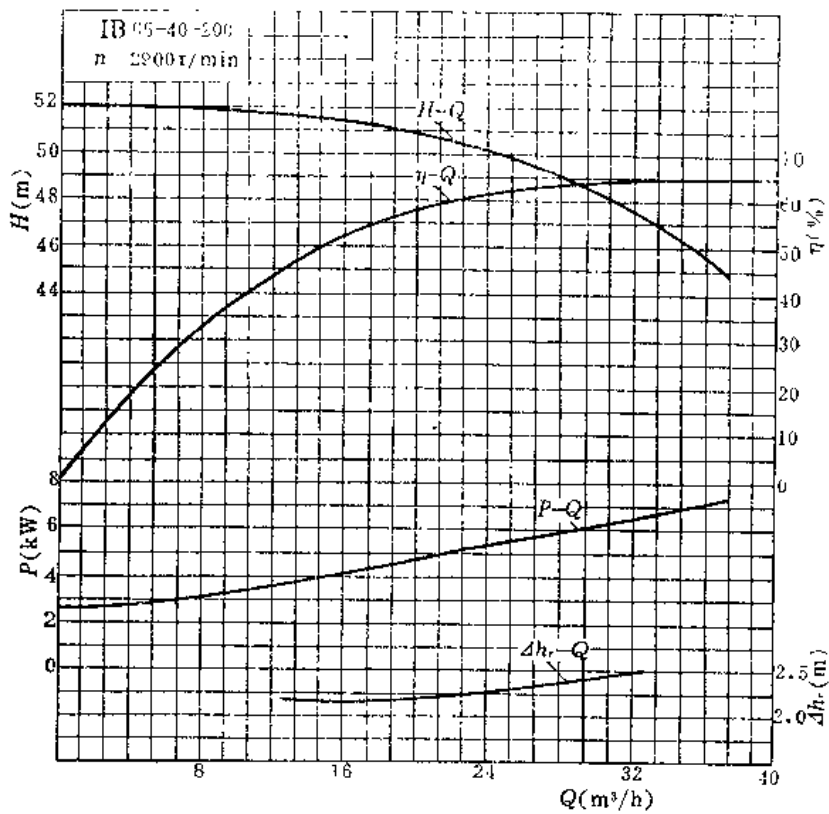


图 4-53

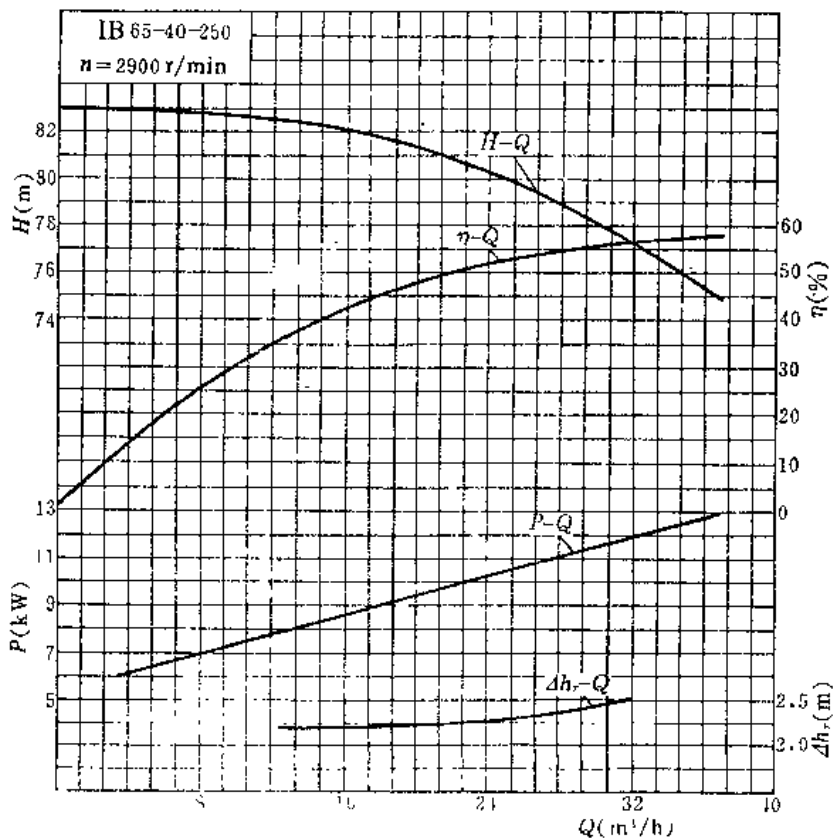


图 4-54

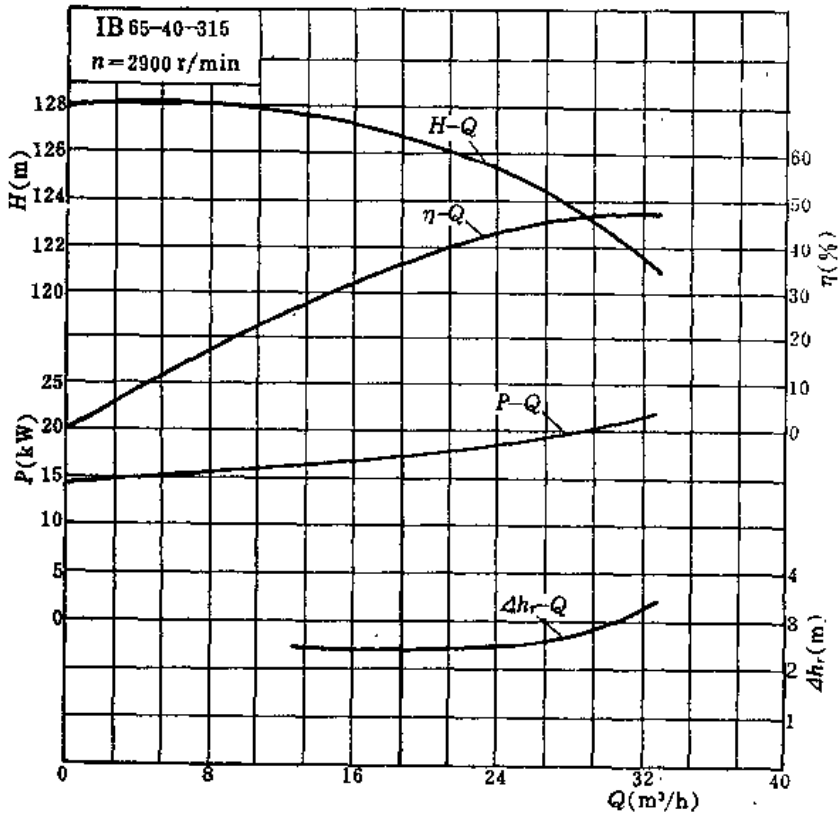


图 4-55

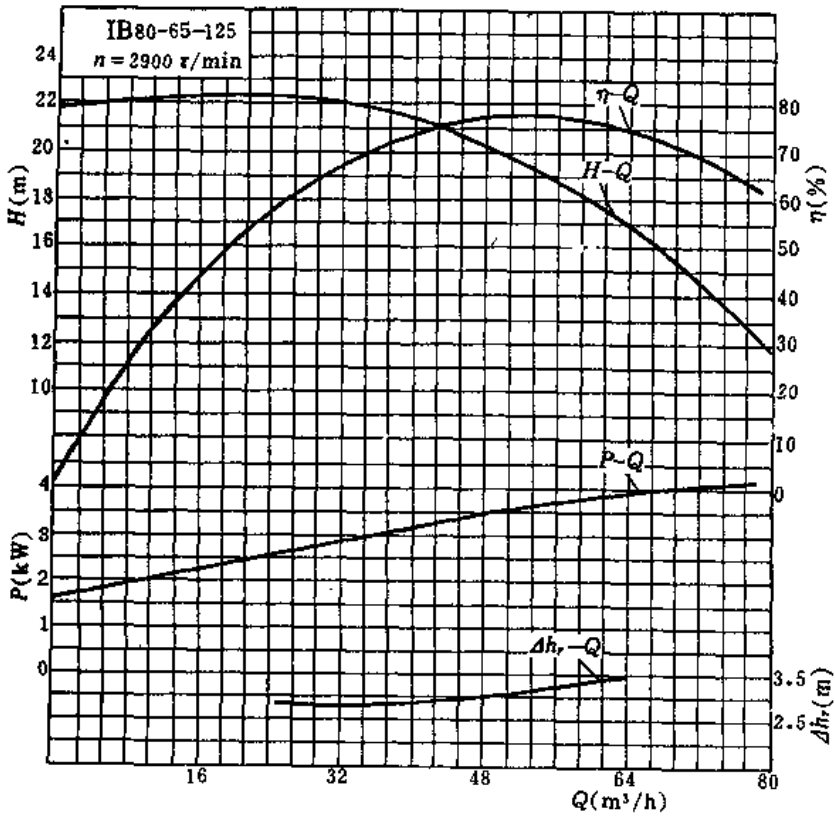


图 4-56

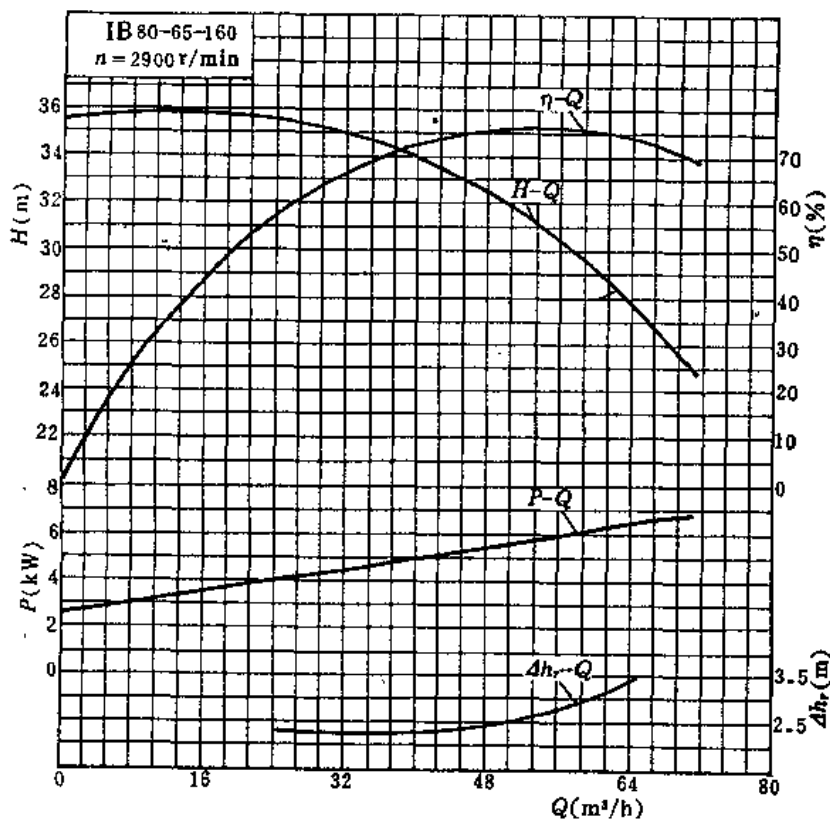


图 4-57

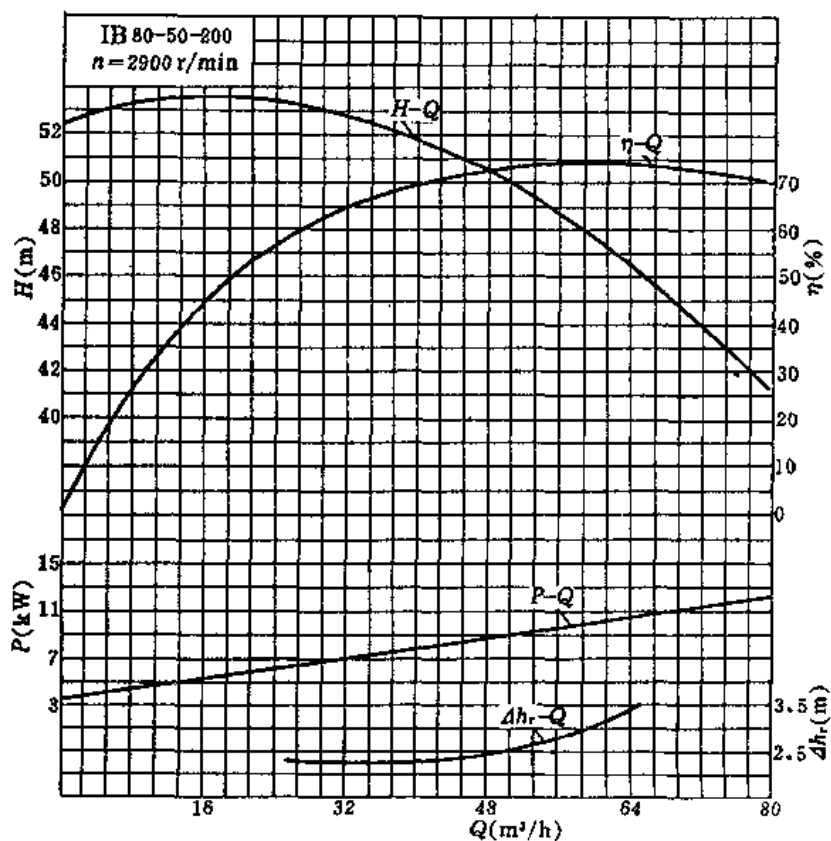


图 4-58

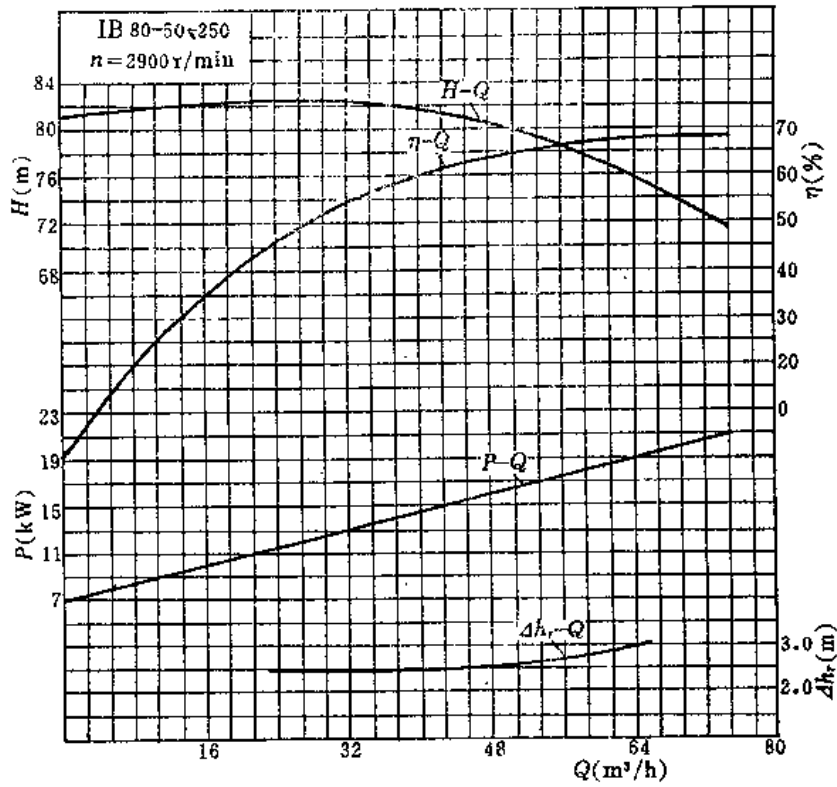


图 4-59

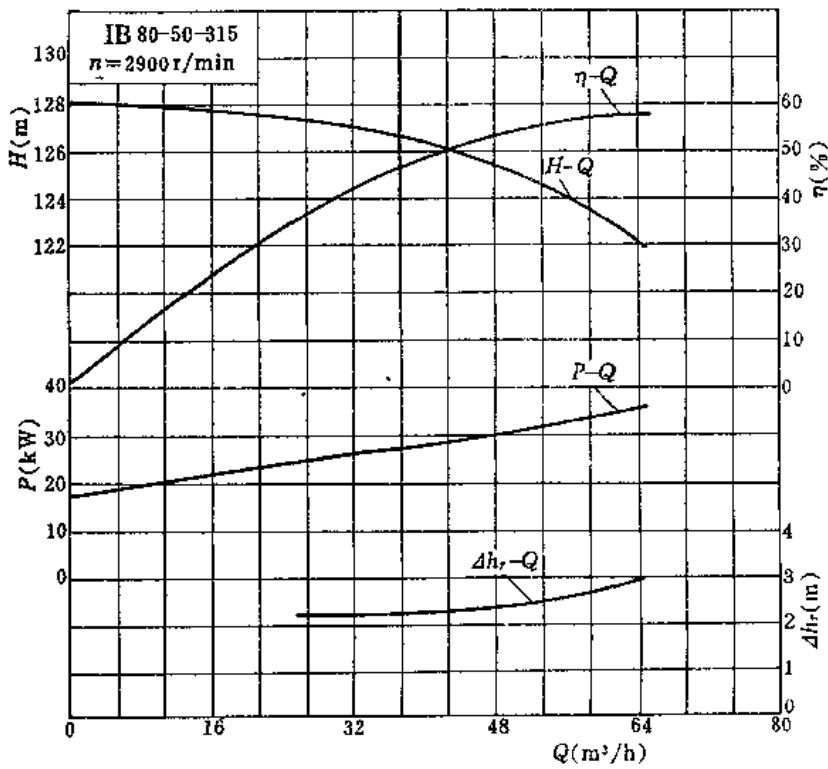


图 4-60

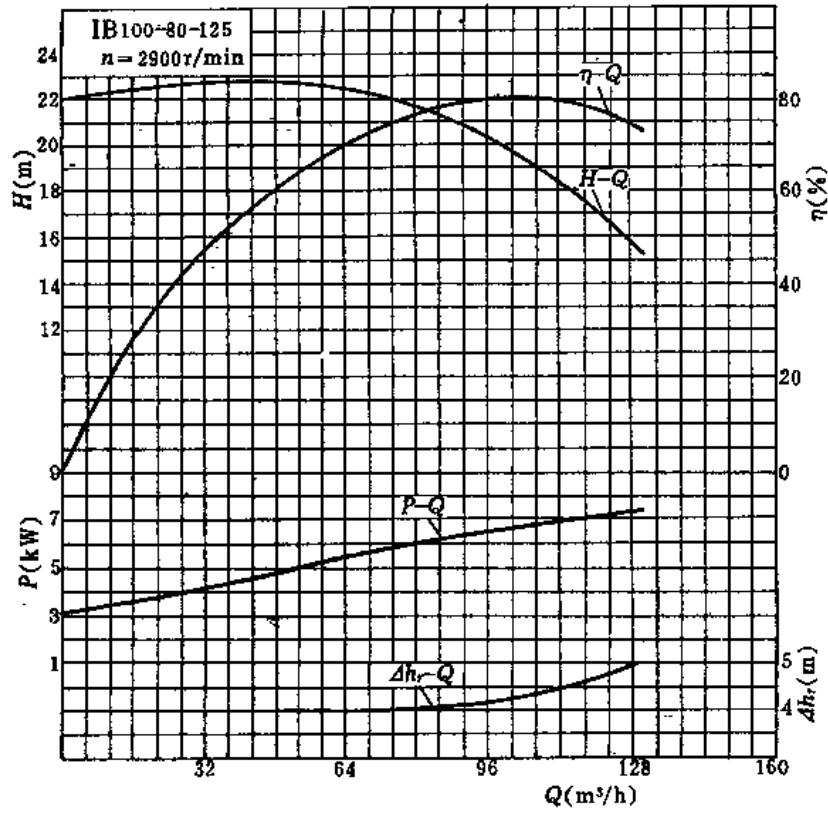


图 4-61

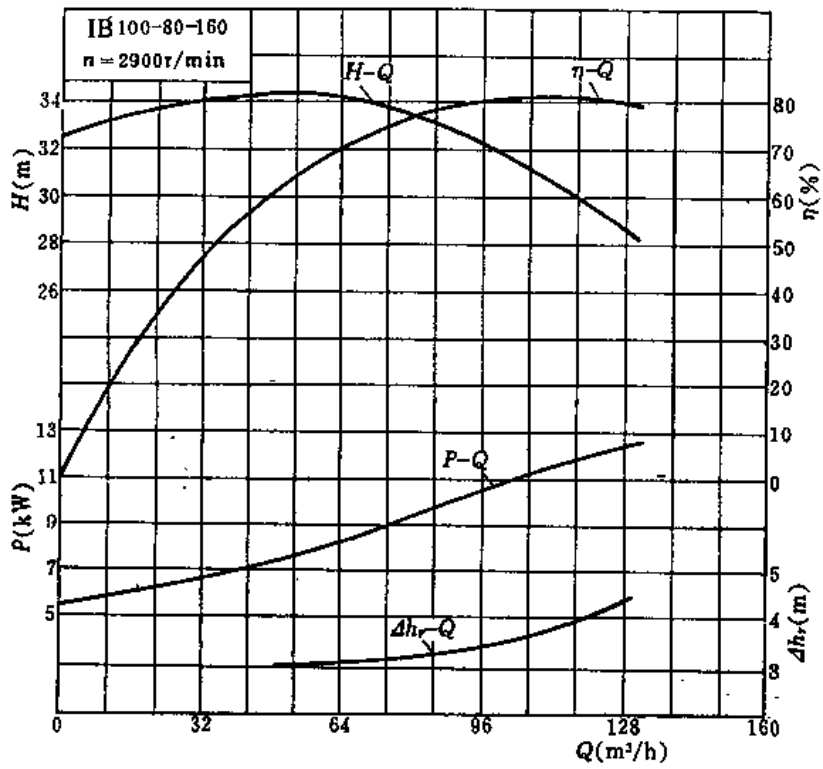


图 4-62

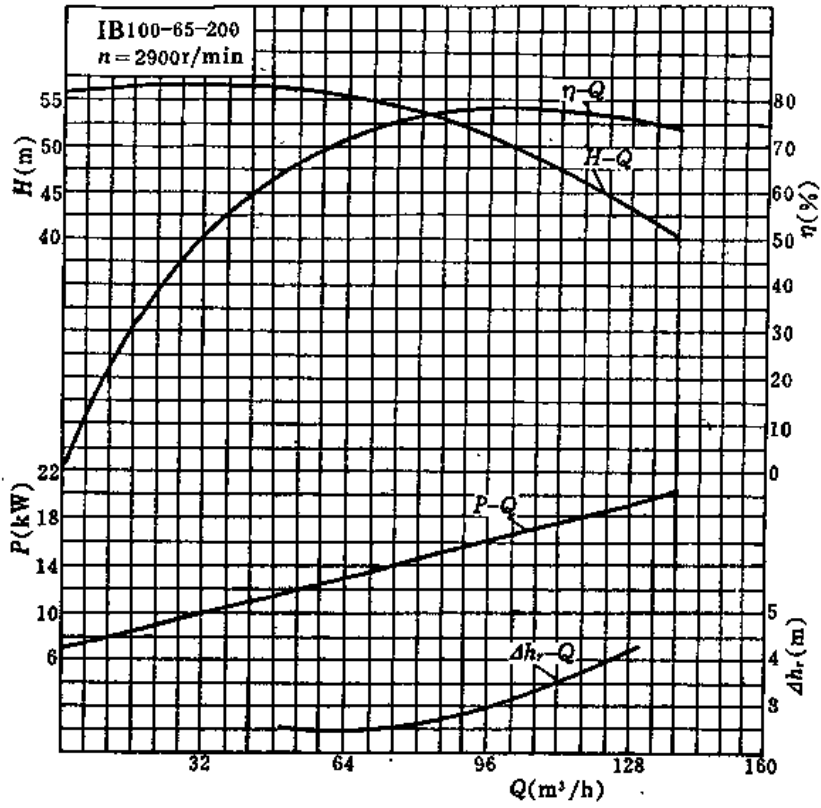


图 4-63

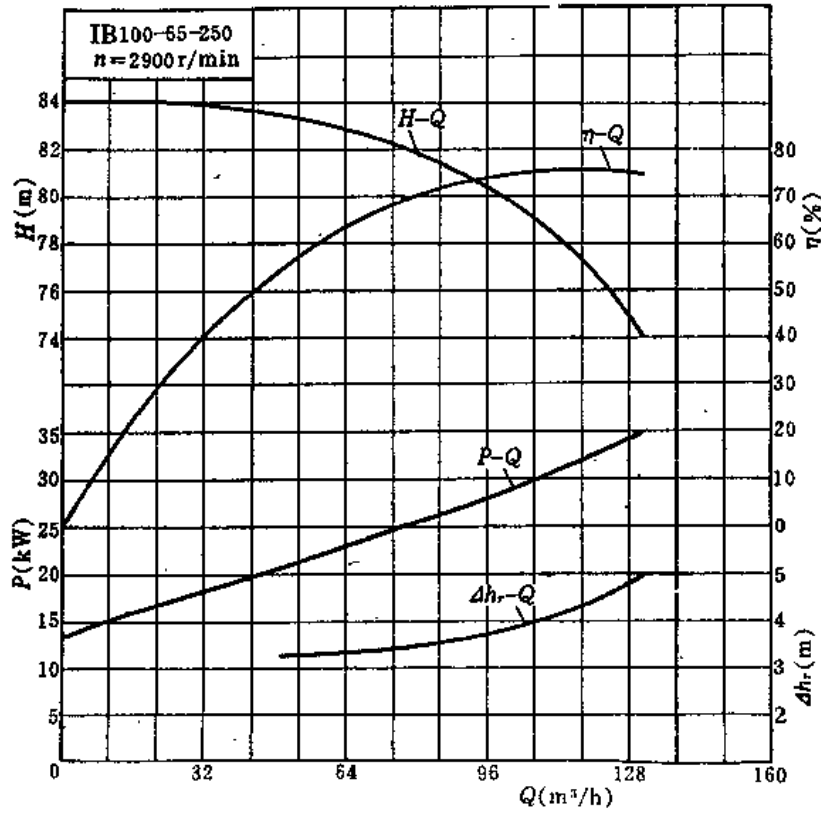


图 4-64

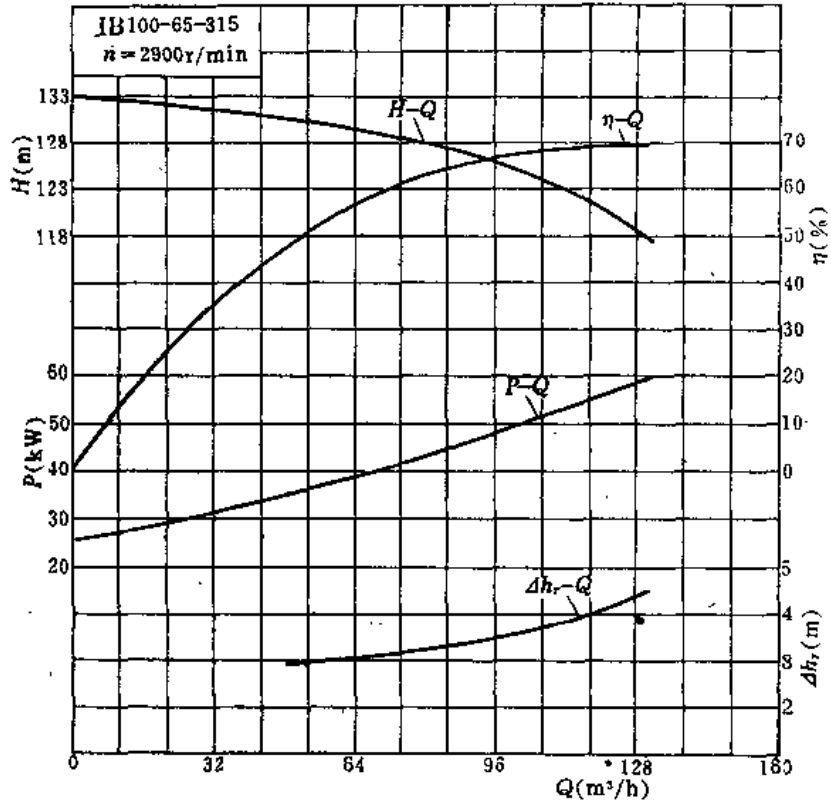


图 4-65

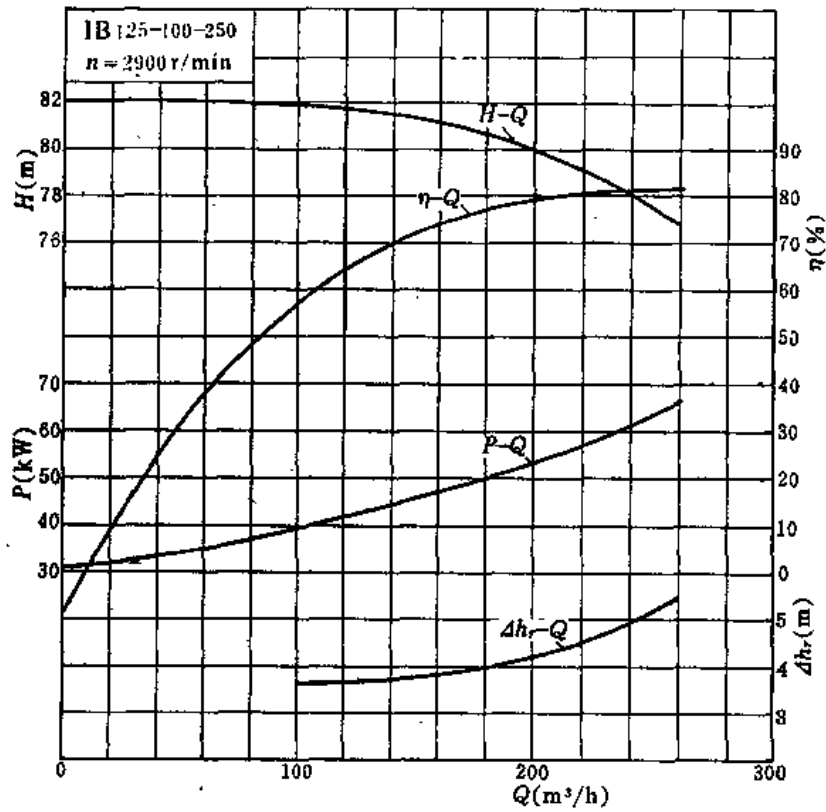


图 4-66

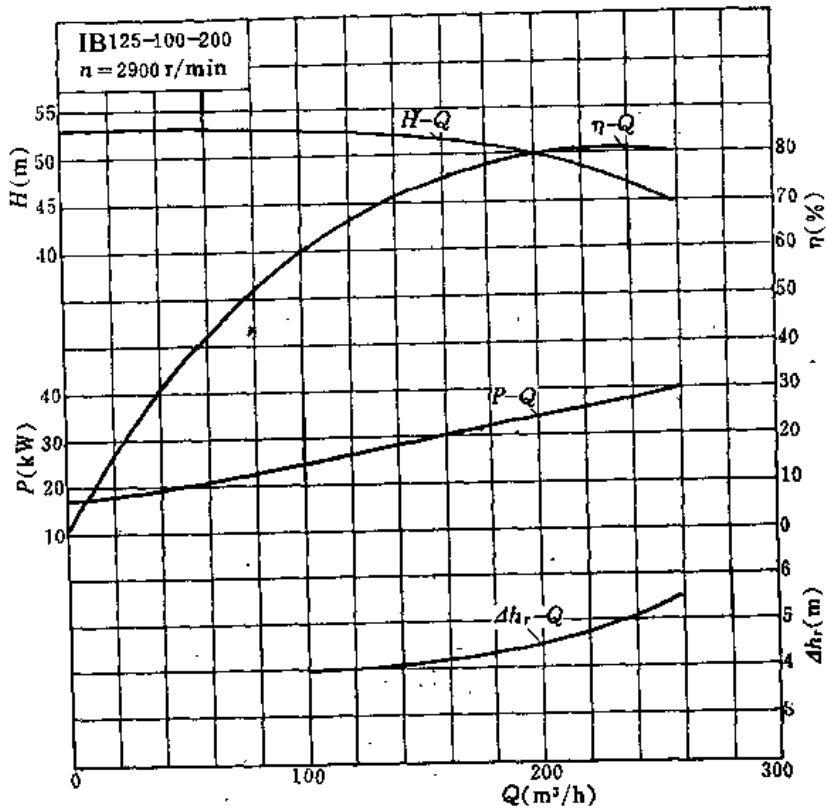


图 4-67

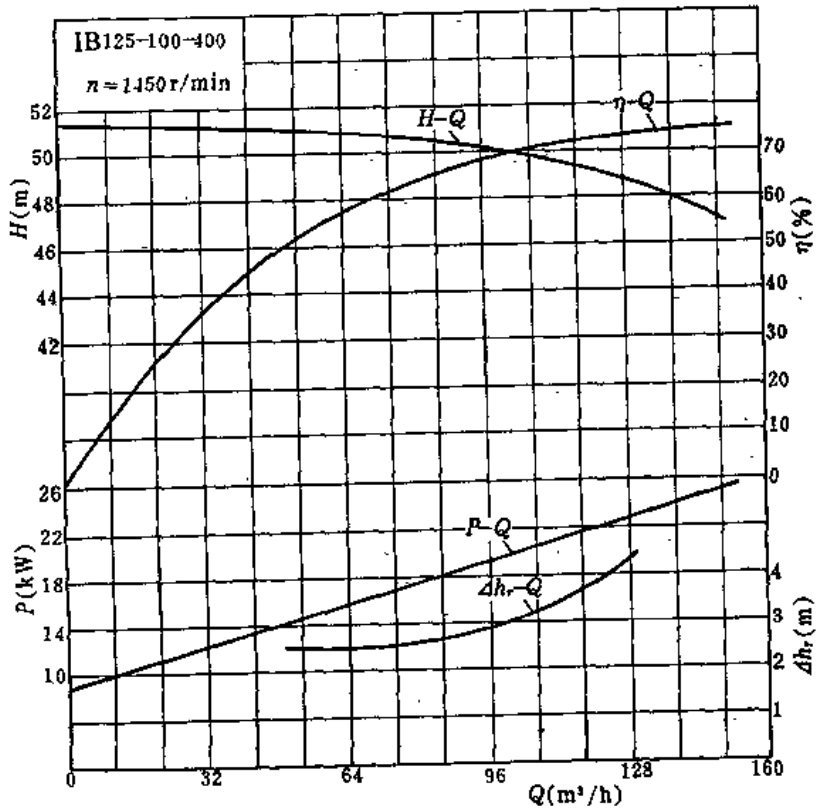


图 4-68

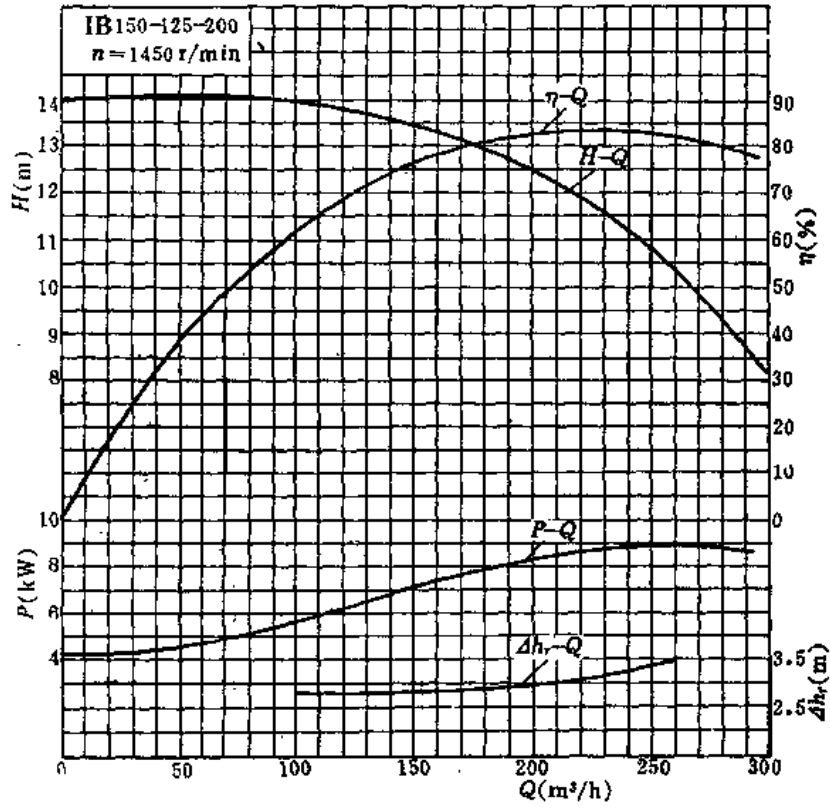


图 4-69

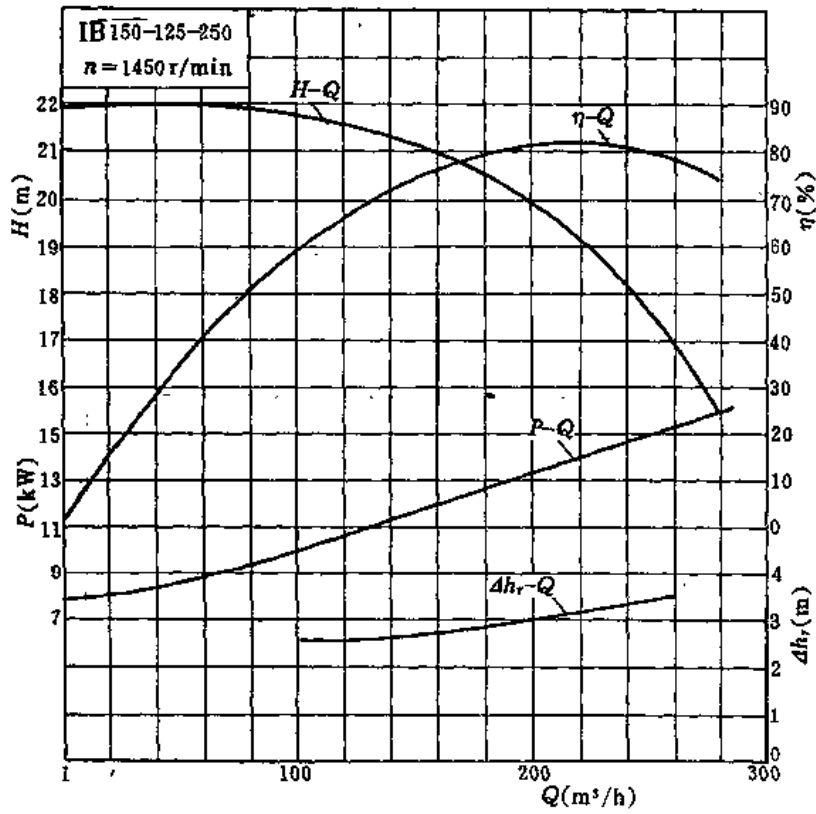


图 4-70

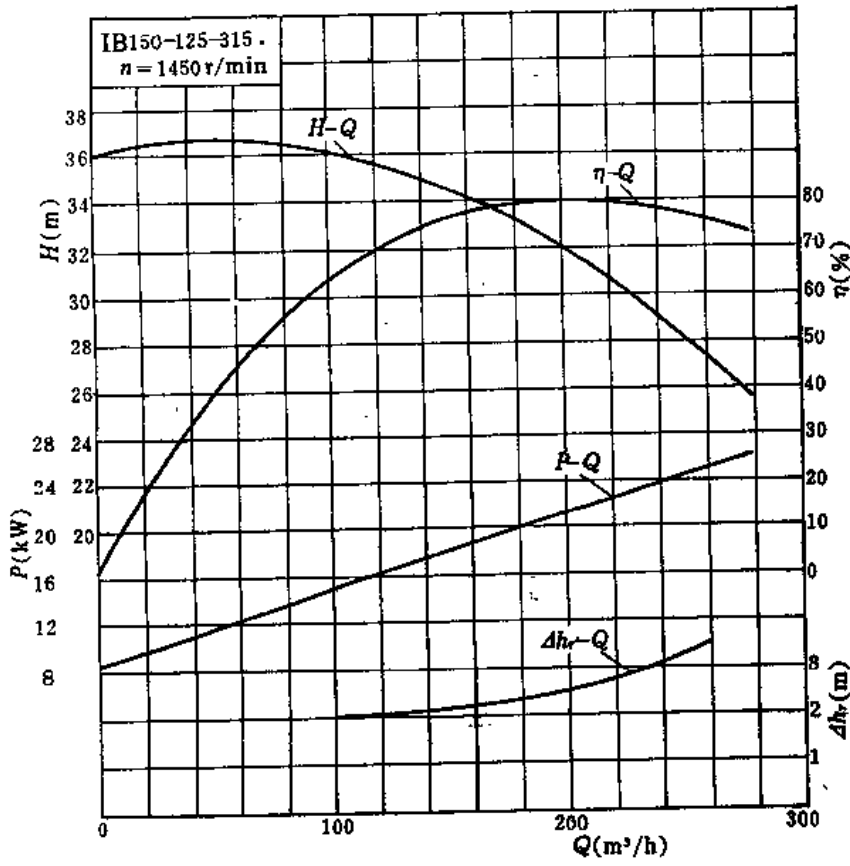


图 4-71

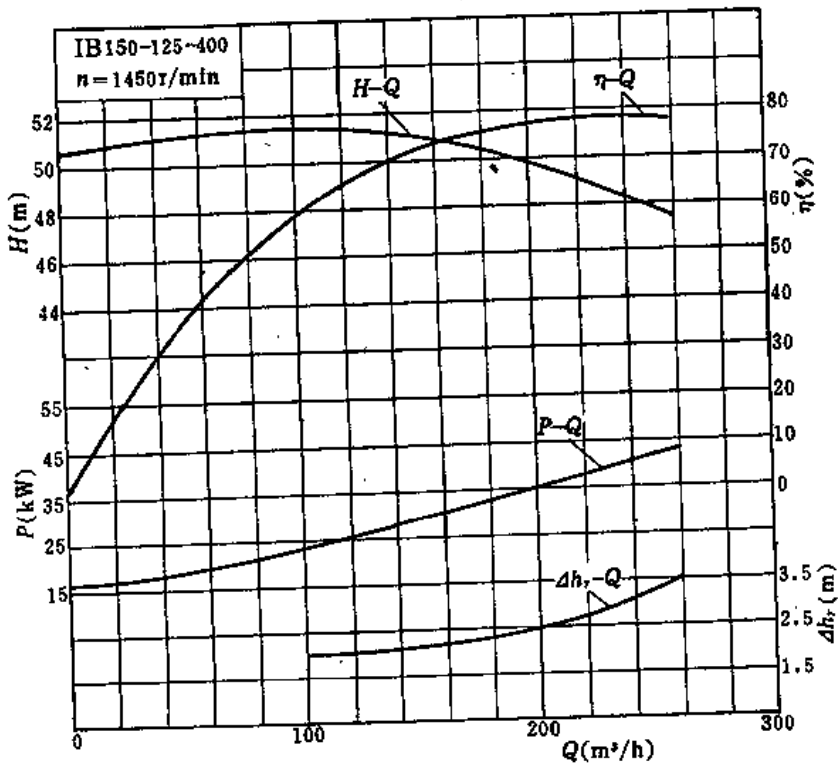


图 4-72

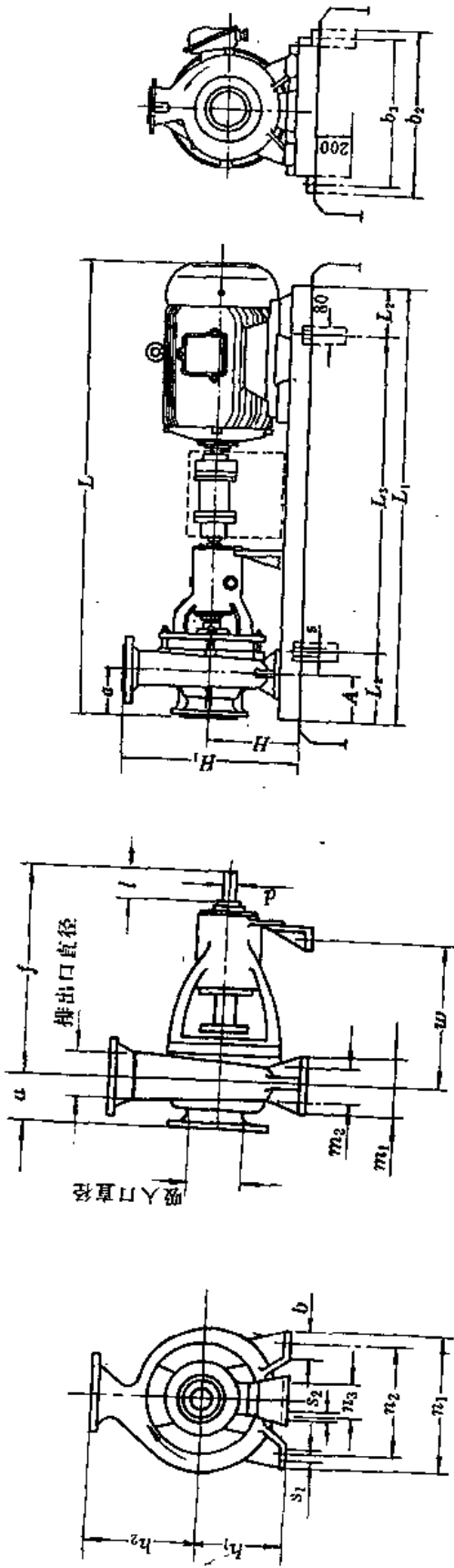
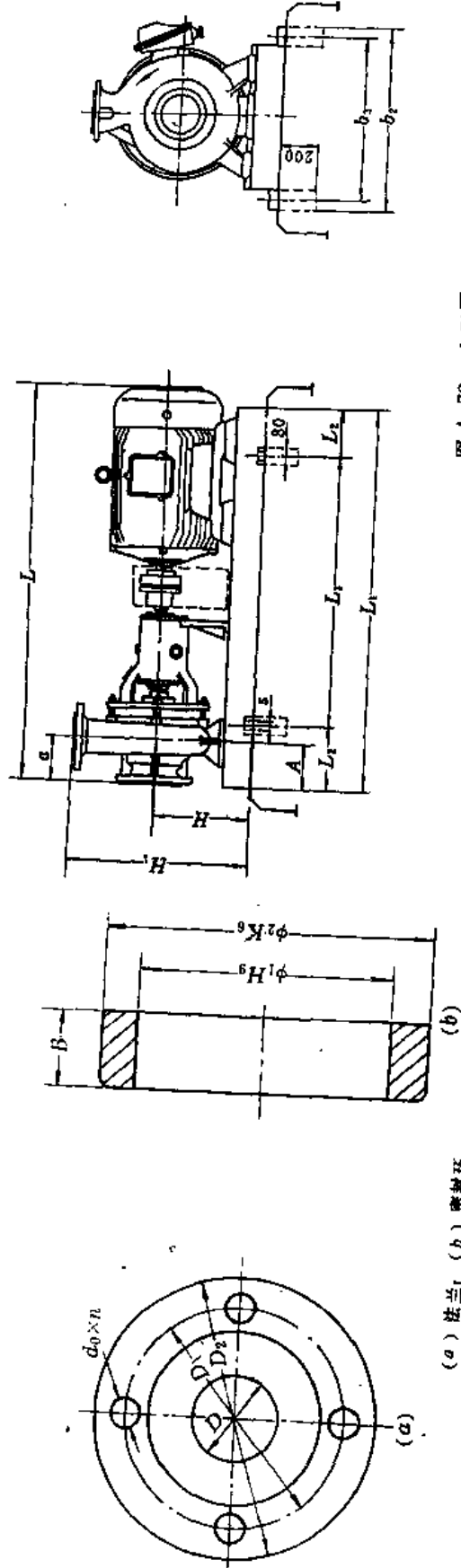


图 4-73

图 4-75 基本型图



(a) 法兰 (b) 密封环

图 4-74

图 4-76 变型图

第五章

动力机与常用电气设备

第一节 动力机的选择

一、动力机的类型

用于喷灌的动力机通常是电动机和柴油机。拖拉机作为又一种动力形式，也经常用于喷灌系统。本章以介绍电动机和柴油机为主，对常用拖拉机主要技术数据亦予以简要介绍。

动力机的选择，首先应满足喷灌系统要求，再考虑设备投资和使用成本等。

二、型号及规格的确定

(一) 功率的确定

动力机的功率可按下式计算：

$$P_d \geq K \cdot P \quad (5-1)$$

式中 P_d ——动力机的额定功率 (kW)；

P ——水泵工作时的最大轴功率 (kW)；

K ——动力机备用系数，即考虑到水泵由于制造上的误差及工作中因某种原因或特殊需要可能引起轴功率增加而设的系数，其值见表5-1。

表 5-1 备用系数 K 值表

水泵轴功率(kW)	<1	1~2	2~5	5~10	10~50	50~100	>100
电动机	2.5	2~1.5	1.3~1.2	1.2~1.1	1.1~1.03	1.03	1.02
柴油机			1.35~1.25	1.25~1.15	1.15~1.05	1.05~1.03	1.03

(二) 电动机配套

电动机的配套包括类型系列选择及规格型号的确定，具体步骤如下：

(1) 根据需要的电动机额定功率，从常用电动机系列表(表5-16)中找出可能适用的电动机系列。

(2) 对有多种系列可能适用的情况，优先选用封闭式鼠笼型三相异步电动机，因为这种电动机构造简单、运行可靠、价格便宜，适用于没有特殊要求的一切场合；外壳封闭的防护形式，能保证电动机在潮湿、尘土较多的工作环境中可靠运行。

(3) 根据电网电压、所需电动机额定功率和水泵转速，从已选好的电动机系列中选

定规格型号。如有可能，最好选择额定转速与水泵转速一致或相近的电动机型号，以实现直联传动。

(三) 柴油机配套

柴油机的配套主要是功率与转速的确定。在满足功率要求的前提下，若柴油机转速与水泵转速相近，采用直联传动，这时可直接根据功率选用柴油机。但是，通常柴油机与水泵转速不同，因此，只能采用皮带传动。由于传动比范围较宽，使得采用皮带传动时，有可能选出合适的转速，保证柴油机运行在经济范围内。常用柴油机主要技术数据见表5-14。

柴油机配套具体步骤是：

(1) 由功率初选柴油机型号。根据需要的动力机额定功率选出柴油机，有多台相同功率柴油机时，优先选用油耗低的。当需连续工作12小时以上时，应按柴油机的持续功率选用。

(2) 根据生产厂样本提供的万有特性曲线，确定柴油机的经济工作范围。

(3) 确定柴油机转速。

三、选型举例

【例5-1】 有一台65BP-55型喷灌用泵，工作时其最大轴功率为7.25kW，在无电源条件下工作，一天连续运行不超过10h。试选出动力机型号并确定其转速。

解：(1) 机型选择：由于无电源，因此选择柴油机。

(2) 柴油机型号的确定：

1) 根据表5-1，选 $K = 1.2$ 。

2) 动力机额定功率为

$$P_d > K \cdot P = 1.2 \times 7.25 = 8.7 \text{ (kW)}$$

3) 确定型号。动力机连续工作小于12h，故按柴油机的12h功率选用。查表5-14，12h功率为8.8kW的柴油机有许多种，今选X195型。

(3) 确定柴油机的经济工作范围：图5-1为X195型柴油机的万有特性曲线，绘出了其油耗率、功率等与

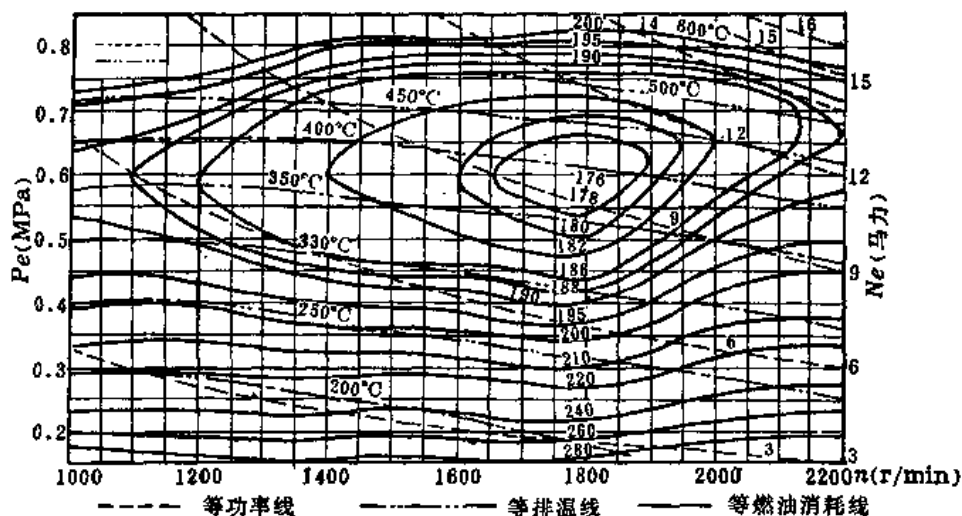


图 5-1 X195型柴油机万有特性曲线

转速的关系曲线。从图中可以看出, 转速在1800~2000r/min, 功率为6.6~8.8kW (9~12马力) 时, 有较低的油耗率 [$g_l < 137g/(kW \cdot h)$]。

(4) 柴油机转速确定: 由图5-1可见, 对应1800r/min的轴功率稍有增大, 油耗率就会增加, 允许功率变化的范围小, 而1900r/min与2000r/min 允许功率变化范围较大, 故后两种转速都可以使用。其中2000r/min是标定转速, 油门还有标记, 使用更为方便, 所以最后确定 $n = 2000r/min$ 。

第二节 传 动

为把动力机的机械能传递给喷灌泵, 使泵正常工作, 必须采用合理的传动方式, 并借助于传动设备来完成。常用的是直联传动和皮带传动。

一、直 联 传 动

(一) 同轴

动力机与水泵同一根轴, 这类传动称为同轴直联传动。图5-2所示为一电动机直联机组。

同轴直联传动结构简单、紧凑、轻巧、效率高, 但要求水泵与动力机的转速相同, 转向相符。一般用于轻型喷灌机组。

(二) 联轴器

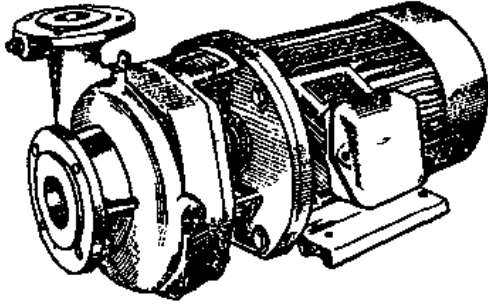


图 5-2 电动机直联机组

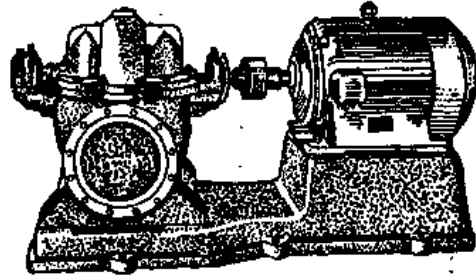


图 5-3 联轴器传动机组

在动力机与水泵转速和转向相同, 且两轴处于同一直线的情况下, 可采用联轴器直联传动。图5-3所示为一采用联轴器传动的电动机组。

喷灌中常用的联轴器有爪形弹性联轴器和柱销弹性联轴器两种, 其规格参数见《实用机械设计手册》或有关标准, 可根据泵轴径直接选用。

二、三角胶带传动

当动力机与水泵转速不同, 或是两轴不在同一直线上但互相平行时, 一般采用胶带传动。

胶带有两种普通类型, 一种是平胶带, 一种是三角胶带。三角胶带传动的特点是结构

简单、成本低廉、工作平稳可靠，可双向传动，且传动比大，允许机泵采用较小的中心距，在喷灌工程中应用十分广泛。

普通三角胶带有帘布结构和线绳结构两种。线绳结构的曲挠性能好、扯断强力低，适用于带轮直径较小、曲挠次数多的传动。反之，帘布结构的曲挠性能差，但扯断强力高。

三角胶带传动（图5-4）时，胶带只受单向弯曲，可采用移动轴的位置来张紧，不设专用张紧调节装置，一般使用寿命长。

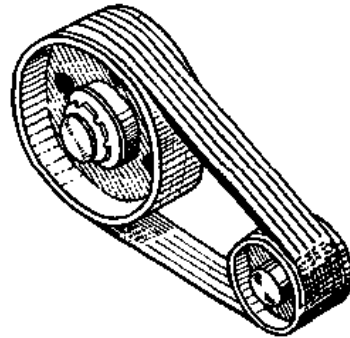


图 5-4 三角胶带传动

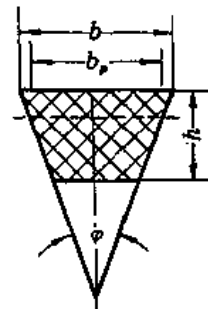
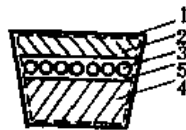
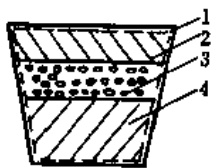
(一) 规格

三角胶带断面尺寸如表5-2所列。

表 5-2

三角胶带断面尺寸

(单位: mm)



帘布结构的普通三角胶带剖面

线绳结构的普通三角胶带剖面

断面尺寸

1—包布层；2—伸张层；3—强力层；4—压缩层；5—缓冲层

型 号	O	A	B	C	D	E	F
b	10	13	17	22	32	38	50
b _p	8.5	11	14	19	27	32	42
h	6	8	10.5	13.5	19	23.5	30
φ	40°						
传递功率 (kW)	0.4~3.7	0.75~7.5	2.2~20	7.5~40	20~75	40~150	>75
ISO型号对照	Z	A	B	C	D	E	

- 注 1. b_p值按ISO R52、R253给出；
 2. 普通三角胶带的带轮最小直径见表5-6；
 3. 单根三角胶带传递功率见表5-7；
 4. 线绳结构目前只有O、A、B、C 4种型号。

表 5-3

普通三角胶带长度系列 (GB 1171-74)

(单位: mm)

内周长度 L	节 线 长 度 ^① L_p							长度公差 ^② (%)	
	O	A	B	C	D	E	F		
450	469							± 0.8	
500	519								
560	579	585							
630	649	655	663						
710	729	735	743						
800	819	825	833						
900	919	925	933						
1000	1019	1025	1033						
1120	1139	1145	1153						
1250	1269	1275	1283	1294					
1400	1419	1425	1433	1444					
1600	1619	1625	1633	1644					
1800	1819	1825	1833	1844					
2000	2019	2025	2033	2044					
2240		2255	2273	2284					± 0.8
2500		2525	2533	2544					
2800		2825	2833	2844					
3150		3175	3183	3194	3210				
3550		3575	3583	3594	3610				
4000		4025	4033	4044	4060				
4500			4633	4544	4560	4574			
5000			5033	5044	5060	5074			
5600			5633	5644	5660	5674			
6300				6344	6360	6374	6395		
7100				7144	7160	7174	7195	± 0.5	
8000				8044	8060	8074	8095		
9000				9044	9060	9074	9095		
10000					10060	10074	10095		
11200					11260	11274	11295		
12500						12574	12595		
14000						14074	14095		
16000						16074	16095		

① 我国过去称计算长度, 现按ISO、R1081称为节线长度, 该长度系按三角带断面中心计算。

② 在长度公差范围内均分三档配组出厂。

(二) 三角胶带传动的计算

表 5-4 三角胶带传动的计算公式

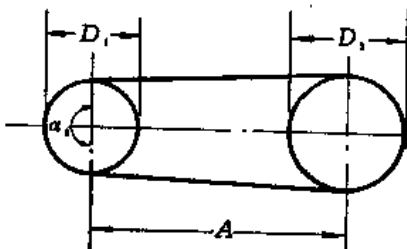
项 目	代号	单位	公 式 和 参 数	说 明
胶 带 型 号			根据传递功率由表5-2选用	可初选几种, 最后对比确定
小带轮计算直径	D_1		参考表5-5、表5-6确定	
大带轮计算直径	D_2		$D_2 = i D_1 (1 - \varepsilon)$, 其中 i —传动比, ε —打滑率, 取 $\varepsilon = 0.01 \sim 0.02$	$i < 7$, 计算结果取整
带 速	v	m/s	$v = \frac{\pi D_1 n_1}{60000}$	一般取 $5 < v < 25$ m/s
初定中心距	A_0	mm	根据结构需要定, 一般取: $0.7(D_1 + D_2) < A_0 < 2(D_1 + D_2)$	
胶 带 长 度	L_0	mm	$L_0 = 2A_0 + \pi(D_1 + D_2)/2 + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A_0}$	计算结果按表5-3选取相近的节线长度 L 及相应的内周长度 L_i
曲 挠 次 数	u	s^{-1}	$u = 1000Zv/L_i < u_{max}$, 其中 Z —带 轮数	一般取 $u_{max} = 20$, 只有在高速和中心距 较小的情况下, $u_{max} = 40$, 但必须将初拉 力 σ_0 降至 0.88 MPa
准 确 中 心 距	A	mm	$A = \frac{L_0 - \pi\psi}{4} + \sqrt{\left(\frac{L_0 - \pi\psi}{4}\right)^2 - \frac{\pi^2}{2}}$ 式中 $\psi = (D_1 + D_2)/2$; $\eta = (D_2 - D_1)^2/4A_0$; 实际准确中心距应加上 ΔA ; 帘布结构 $\Delta A = (0.25 \sim 0.5)A/100$; 线绳结构 $\Delta A = (0.1 \sim 0.2)A/100$; 截面积大的三角胶带 ΔA 值小	当一轴可以调节时, 其最小调节范围 为: $A \pm (0.02L_p)$ $(h + 0.01L_p)$ 其中 $0.02L_p$ —伸长调节量; $h + 0.01L_p$ —安装调节量; h —三角胶带厚度
小带轮包角	α_1	(°)	$180^\circ - 60^\circ \times (D_2 - D_1)/A$	若 $\alpha_1 < 120^\circ$, 应加大中心距 A
三 角 胶 带 根 数	E		$E = P_1 / (P_0 c_1 K)$ 式中 P —传递功率 (kW); P_0 —单根胶带允许传递功率, 见表5-7 (kW); c_1 —包角系数 (表5-8); K —受工作情况影响的修正系数 (表5-9)	 开放式传动示意图

表 5-5 三角胶带带轮计算直径系列 (单位: mm)

计 算 直 径 D	偏差	计 算 直 径 D	偏差
63, (67), 71, (75), 80	+0.8	400, (425), 450, (475), 500	+4.0
(85), 90, (95), 100, (106), 112	+1.0	(530), 560, (600), 630, (670), 710, (750)	+5.0
(118), 125, (132), 140, (150), 160, (170), 180	+1.5	800, (850), 900, (950), 1000	+6.0
(190), 200, (212), 224, (236), 250, (265)	+2.0	1120, 1250, 1400	+7.0
280, 300, 315, (336), 355, (375)	+3.0		

注 括弧内直径尽量不用。

表 5-6 三角胶带带轮最小直径和相应槽角 (单位: mm)

三 角 胶 带 型 号	推荐最小直径和相应带轮槽角			允 许 最 小 直 径
	34°	36°	38°	
O	71(63)	90	>112	50
A	100(90)	125	>160	80
B	140(125)	180	>225	125
C	200	250	>315	200
D	315	400	>500	315
E	500	710	>800	500
F	800	1000	>1250	800

表 5-8 包角系数 c_1

包 角 (°)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
三角带用三角槽带轮时	0.38	0.46	0.53	0.58	0.64	0.68	0.74	0.78	0.83	0.86	0.89	0.92
三角带用平带轮时	0.22	0.27	0.33	0.37	0.42	0.45	0.48	0.53	0.56	0.59	0.63	0.66
包 角 (°)	160	170	180	190	200	210	220	240	260	280	300	320
三角带用三角槽带轮时	0.95	0.98	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.11	1.14	1.16	1.17	1.18
*三角带用平带轮时	0.68	0.72	0.74	0.76	0.78	0.82	0.84	0.87	0.91	0.94	0.97	1.00

表 5-9 受工作情况影响的修正系数 K

负 荷 性 质	一 天 工 作 时 间 (h)		
	<10	10~16	>16
负荷平稳, 如离心式水泵	0.9	0.8	0.7
负荷变动小, 如旋转式水泵	0.8	0.7	0.6
负荷变动较大	0.7	0.6	0.5

(单位: kW)

表 5-7 单根三角胶带传递功率 P_0 (包角 $\alpha=180^\circ$, 平稳工作情况)

型号	小带轮直径 D_1 (mm)	度																								
		皮					带					速					(m/s)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
O	50~63	0.07	0.13	0.19	0.25	0.31	0.36	0.42	0.48	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77	0.83	0.88	0.93	0.97	1.01	1.04	1.07	1.09	1.07	1.05	1.03	1.01
	71	0.08	0.15	0.21	0.27	0.33	0.40	0.47	0.51	0.60	0.66	0.73	0.79	0.85	0.91	0.96	1.02	1.07	1.10	1.14	1.18	1.21	1.18	1.15	1.12	1.09
	80	0.09	0.17	0.24	0.31	0.38	0.46	0.52	0.60	0.67	0.74	0.78	0.85	0.92	0.98	1.04	1.09	1.15	1.20	1.25	1.29	1.32	1.32	1.29	1.27	1.27
	>90	0.10	0.19	0.26	0.34	0.42	0.50	0.58	0.66	0.71	0.82	0.88	0.95	1.02	1.08	1.14	1.20	1.26	1.31	1.36	1.40	1.43	1.46	1.43	1.40	1.38
A	80~90	0.13	0.24	0.36	0.47	0.59	0.69	0.77	0.86	0.95	1.04	1.12	1.19	1.25	1.29	1.32	1.33	1.34	1.34	1.34	1.33	1.31	1.28	1.25	1.23	1.20
	100	0.15	0.28	0.41	0.54	0.66	0.78	0.89	0.99	1.10	1.18	1.26	1.33	1.40	1.45	1.51	1.55	1.57	1.59	1.62	1.64	1.65	1.65	1.62	1.59	1.56
	112	0.17	0.32	0.46	0.60	0.74	0.87	0.99	1.10	1.21	1.32	1.41	1.49	1.56	1.63	1.69	1.76	1.82	1.87	1.92	1.96	1.99	1.99	1.96	1.92	1.88
	>125	0.20	0.36	0.52	0.67	0.81	0.95	1.11	1.24	1.36	1.47	1.56	1.65	1.73	1.80	1.87	1.95	2.03	2.10	2.16	2.21	2.25	2.28	2.25	2.23	2.21
B	125		0.43	0.63	0.83	1.02	1.21	1.35	1.52	1.68	1.84	2.00	2.14	2.25	2.36	2.43	2.50	2.56	2.58	2.58	2.58	2.54	2.50	2.48	2.36	2.29
	140		0.46	0.70	0.91	1.12	1.31	1.50	1.69	1.88	2.06	2.24	2.43	2.57	2.69	2.80	2.90	2.98	3.05	3.10	3.10	3.10	3.05	2.95	2.85	2.75
	160		0.53	0.77	1.01	1.25	1.45	1.65	1.85	2.05	2.23	2.41	2.59	2.77	2.94	3.08	3.19	3.29	3.38	3.47	3.54	3.60	3.61	3.60	3.56	3.52
	>180		0.58	0.83	1.08	1.32	1.54	1.75	1.97	2.19	2.41	2.59	2.77	2.94	3.11	3.28	3.44	3.58	3.72	3.83	3.94	4.03	4.08	4.04	4.01	3.98
C	200		0.88	1.25	1.62	1.98	2.30	2.62	2.94	3.27	3.60	3.88	4.16	4.40	4.61	4.80	4.98	5.15	5.30	5.40	5.52	5.52	5.50	5.45	5.35	5.15
	224		1.03	1.40	1.77	2.14	2.50	2.87	3.24	3.60	3.98	4.30	4.60	4.90	5.19	5.41	5.63	5.81	5.98	6.10	6.25	6.30	6.25	6.15	6.05	5.95
	250		1.18	1.59	2.00	2.41	2.82	3.24	3.64	4.05	4.45	4.86	5.26	5.63	5.89	6.14	6.36	6.56	6.74	6.88	7.00	7.10	7.10	7.05	7.00	6.95
	>280		1.29	1.75	2.22	2.67	3.12	3.58	4.04	4.50	4.95	5.40	5.80	6.16	6.48	6.77	7.04	7.22	7.41	7.56	7.72	7.88	8.00	7.95	7.92	7.88
D	315				3.98	4.58	5.18	5.78	6.40	7.00	7.55	8.00	8.45	8.90	9.20	9.50	9.75	9.90	9.95	9.95	9.82	9.70	9.50	9.30	9.10	
	355				4.55	5.30	6.03	6.75	7.45	8.15	8.75	9.30	9.80	10.2	10.7	11.1	11.5	11.8	12.0	12.0	12.2	12.2	12.1	12.0	11.8	
	400				5.07	5.89	6.70	7.50	8.30	9.10	9.85	10.5	11.1	11.7	12.3	12.8	13.3	13.7	14.1	14.4	14.6	14.7	14.7	14.6	14.6	14.3
	>450				5.45	6.35	7.25	8.15	9.05	9.95	10.7	11.4	12.1	12.7	13.3	13.8	14.4	14.7	15.1	15.4	15.7	15.8	15.9	15.9	15.9	15.8
E	500				6.25	7.45	8.62	9.80	10.9	11.9	12.8	13.6	14.4	15.0	15.6	16.1	16.6	17.0	17.3	17.6	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7	17.7
	560				7.20	8.40	9.60	10.8	11.9	13.0	14.0	14.9	15.7	16.4	17.1	17.8	18.5	19.1	19.7	20.2	20.4	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
	630				7.95	9.20	10.5	11.7	13.0	14.2	15.3	16.3	17.2	18.1	18.9	19.7	20.5	21.3	22.1	22.8	23.1	23.3	23.4	23.5	23.5	23.5
	>710				8.45	9.85	11.3	12.7	14.1	15.5	16.6	17.5	18.5	19.5	20.5	21.4	22.3	23.2	24.0	24.8	25.3	25.6	25.9	26.2	26.2	26.5
F	800				10.0	11.8	13.6	15.4	17.2	19.0	20.8	22.4	23.8	25.2	26.4	27.6	28.8	29.4	30.2	31.0	31.8	32.5	33.1	33.5	33.8	33.8
	900				11.0	13.1	15.2	17.3	19.3	21.3	23.2	25.0	26.8	28.1	29.3	30.5	31.6	32.0	33.6	34.6	35.5	36.2	36.9	37.5	38.1	38.1
	>1000				12.1	14.4	16.7	19.0	21.3	23.6	25.7	27.7	29.6	31.0	32.4	33.7	35.6	36.2	37.3	38.3	39.3	40.2	41.1	41.9	42.6	42.6

(三) 三角胶带传动计算实例

【例5-2】要设计一个小型喷灌系统,动力机为195型柴油机,标定转速 $n_1 = 2000 \text{ r/min}$,12小时功率值 $P = 8.8 \text{ kW}$ (12马力),工作泵65BPZ-55,转速 $n_2 = 2900 \text{ r/min}$,采用三角胶带开放式传动,一天工作小于10h。求带轮及胶带参数。

解:(1)选择胶带型号、结构:查表5-2,传递功率为8.8kW,可用B、C两种型号,选B型带,线绳结构。

(2)确定带轮计算直径与带速:查表5-6,选定带轮槽角为 34° ,则B型带带轮最小直径应为140mm,为使结构紧凑,确定小带轮计算直径 $D_1 = 140 \text{ mm}$

大带轮计算直径

$$D_2 = (1 - \varepsilon) i D_1 = (1 - 0.01) \times \frac{2900}{2000} \times 140 \approx 201 \text{ (mm)}$$

$$\text{带速 } v = \frac{\pi D_1 n_1}{60000} = \frac{\pi \times 140 \times 2000}{60000} \approx 14.7 \text{ (m/s)}, \text{符合开放式传动的速度范围。}$$

(3)确定胶带长度:

$$\text{初定中心距 } A_0 = 2(D_1 + D_2) = 2 \times (140 + 201) = 682$$

$$\begin{aligned} \text{胶带长度 } L_0 &= 2A_0 + \pi \left\{ \frac{D_1 + D_2}{2} \right\} + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A_0} \\ &= 2 \times 682 + \pi \times \left\{ \frac{140 + 201}{2} \right\} + \frac{(201 - 140)^2}{4 \times 682} \\ &= 1901 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

查表5-3,选取节线长度 $L_p = 2033 \text{ mm}$,相应内周长度 $L_i = 2000 \text{ mm}$ 。

(4)校核曲挠次数:

$$\begin{aligned} u &= 1000 Z \eta / L_i = 1000 \times 2 \times 14.7 / 2000 \\ &= 14.7 < 20, \text{符合要求。} \end{aligned}$$

(5)计算准确中心距:

$$\begin{aligned} \psi &= (D_1 + D_2) / 2 = 170.5 \\ \eta &= (D_2 - D_1)^2 / 4 = 930 \\ A &= \frac{L_p - \pi \psi}{4} + \sqrt{\left| \frac{L_p - \pi \psi}{4} \right|^2 - \frac{\eta}{2}} \\ &= \frac{2033 - \pi \times 170.5}{4} + \sqrt{\left| \frac{2033 - \pi \times 170.5}{4} \right|^2 - \frac{930}{2}} \\ &\approx 748 \text{ (mm)} \\ \Delta A &= (0.15 \times 748) / 100 \\ &= 1.12 \end{aligned}$$

准确中心距为 $A + \Delta A \approx 749 \text{ mm} > A_{\min} = 513 \text{ mm}$,符合

(6)校核带轮包角:

$$\begin{aligned} \text{小带轮包角 } \alpha_1 &= 180^\circ - 60^\circ \times (D_2 - D_1) / A \\ &= 180^\circ - 60^\circ \times (201 - 140) / 749 \\ &\approx 180^\circ - 5^\circ = 175^\circ > 120^\circ, \text{满足要求} \end{aligned}$$

(7)确定胶带根数:查表5-7,B型带当 $D_1 = 140 \text{ mm}$,带速 $v = 14.7 \text{ m/s}$ 时, $P_0 = 2.77 \text{ kW}$;查表5-8,当包角为 175° 时,用三角槽带轮, $c_1 = 0.99$;查表5-9,选用 $K = 0.9$,则胶带根数为

$$E = \frac{P}{P_0 c_1 K} = \frac{8.8}{2.77 \times 0.99 \times 0.9} = 3.56$$

采用 $E = 4$ 根。

所用胶带规格为B-2000×4(GB1171-74)。

(四) 带轮

喷灌机械上三角胶带带轮常用灰铸铁制造。

1. 带轮的槽形断面尺寸

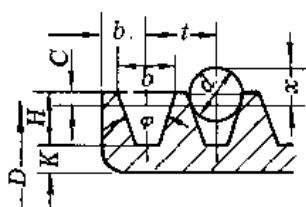
三角胶带带轮根据传动计算确定计算直径后，即可参照表5-10确定槽形断面尺寸。带轮的槽角 φ 一般小于三角胶带楔角 φ_0 ，带轮愈小，槽角亦应愈小。

2. 带轮的结构型式及尺寸

铸铁带轮的结构型式如图5-5所示，可根据胶带型号、带轮计算直径和轴径参照表5-11选用。铸铁牌号的选用，当 $v \leq 25 \text{ m/s}$ 时，用HT15-33； $v = 25 \sim 30 \text{ m/s}$ 时，用HT20-40。 $v \geq 5 \text{ m/s}$ 时，带轮应进行静平衡； $v = 25 \sim 30 \text{ m/s}$ 时，则要求进行动平衡。

三角胶带带轮的公差及技术要求见表5-12。静平衡和动平衡的要求见表5-13。

表 5-10 三角胶带铸铁带轮槽形断面尺寸 (单位: mm)



断面部位	尺寸和公差						
	O	A(AA)	B(BB)	C(CC)	D(DD)	E	F
C	2.5 - 0.3	3.5 - 0.3	5 - 0.4	6 - 0.6	8.5 - 0.8	10.0 - 1.0	12.5 - 1.2
H >	10	12.5	16	21	28.5	34	43
t	12 ± 0.3	16 ± 0.3	20 - 0.4	26 + 0.5	37.5 + 0.6	44.5 ± 0.7	58 ± 0.8
b ₁	8 ± 1	10 ⁻² ₋₁	12.5 ⁻² ₋₁	17 ⁻² ₋₁	24 ⁺³ ₋₁	29 ⁺⁴ ₋₁	38 ⁺⁵ ₋₁
K	5.5	6	7.5	10	12	15	18
d (测棒直径)	9 ± 0.01	11.6 ± 0.015	14.7 ± 0.017	20.0 ± 0.02	28.5 ± 0.02	33.8 ± 0.03	44.5 ± 0.04
x	6.0	7.6	9.1	13.1	18.8	22.3	29.6
b(φ = 34°)	10.0	13.1	17.0	22.7	32.2		
(φ = 36°)	10.1	13.3	17.2	22.9	32.5	38.5	
(φ = 38°)	10.2	13.4	17.4	23.1	32.8	38.9	50.6

注 1. 带轮外径 $D_{\text{外}} = D + 2C$ ，带轮内径 $D_{\text{内}} = D - 2(H - C)$ ；
2. 在多槽轮中 t 的累计偏差不应超过单槽轮 t 公差的2倍。

表 5-12 三角胶带带轮公差及技术要求 (单位: mm)

多槽轮内各轮槽 计算直径D的偏差	胶带型号	O, A, B	C	D	E
		偏差	0.4	0.6	1
轮毂长度l的偏差	轮缘宽度B		≤ 100		100
	l的偏差		- 1		2
轴孔直径D的偏差	不大于H10				

续表

带 轮 类 型		铸 铁 带 轮	冲 压 带 轮
每 100 mm 轮槽工作 表面的圆跳动不大于	带轮转速 (r/min)	<500	0.2
		>500	0.1
槽 角 ϕ 的 偏 差		-1°	全圆周偏差 < 0.5°
轮槽工作表面光洁度, 不低于		6	5

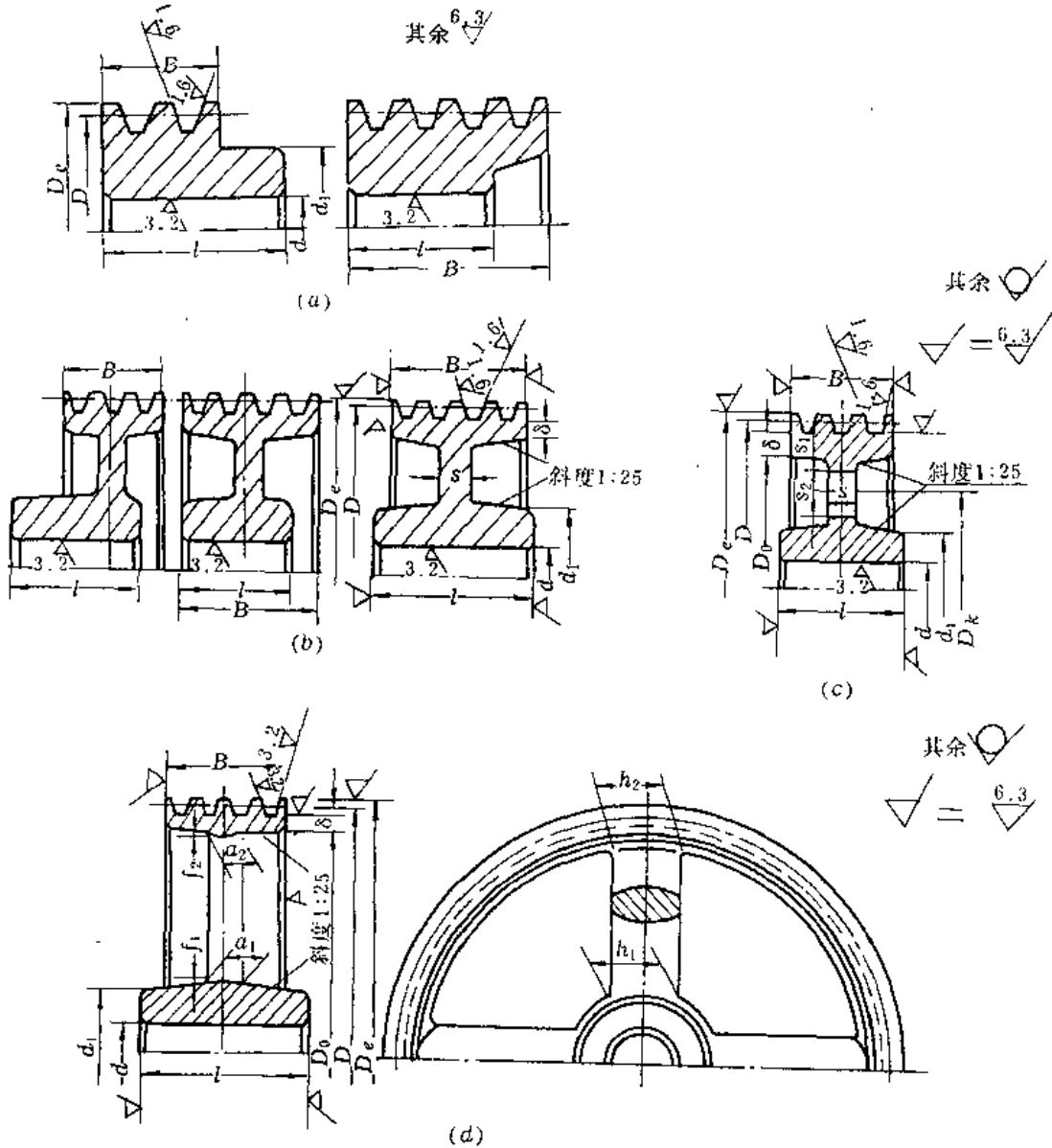


图 5-5 三角胶带铸铁带轮的结构及尺寸

(a) 实心轮; (b) 辐板轮; (c) 代板轮; (d) 椭圆齿

$$d_1 = (1.8 \sim 2)d_2$$

$$S_2 \geq 0.5S_1$$

$$h_2 = 0.9h_1$$

$$l = (1.5 \sim 2)d_2$$

$$h_1 = 290 \sqrt[3]{\frac{N}{nA}} \text{ (mm)}$$

$$a_1 = 0.4h_1$$

$$D_0 = D_c - 2(H + K)$$

N — 传递功率 (kW);

$$a_2 = 0.8a_1$$

$$D_k = \frac{D_0 + d_1}{2}$$

n — 带轮转速 (r/min);

$$f_1 = 0.2h_1$$

S 查表 5-11;

A — 轮辐数;

$$f_2 = 0.2h_2$$

$$S_1 \geq 1.5S$$

K 查表 5-10

表 5-11

型号	孔径 <i>d</i>	带轮直径D																				槽数 <i>Z</i>																	
		63	71	75	80	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	170	180	200	212	224		238	250	265	280	300	315	355	375	400	425	450	475	500	530	560	600	630
O	12	6																				1~2																	
	16	7																			1~3																		
	20	7																		8		1~4																	
	24	8																	9			1~4																	
	28	8														10				四		1~4																	
	32	10												10				四				1~4																	
A	16	11																			1~3																		
	20	11																	12		13		1~3																
	24	12																12		13		孔		1~4															
	28	12														12		13		14		板		1~6															
	32	14												14		15		16		18		四		1~6															
	38	14										14		16		18		20		六		1~6																	
B	42	14																			1~6																		
	48	14																	16		18		20		22		24		六		1~6								
	50	18																18		20		22		24		孔		1~6											
	55	18														18		20		22		24		25		26		六		1~6									
	60	20												20		22		24		25		26		28		30		六		1~6									
	65	20										20		22		24		25		26		28		30		六		1~6											
C	70	20																			1~6																		
	75	20																	22		24		25		26		28		30		六		1~6						
	80	22																22		24		25		26		28		30		六		1~6							
	85	22														22		24		25		26		28		30		六		1~6									
	90	22												22		24		25		26		28		30		六		1~6											
	95	22										22		24		25		26		28		30		六		1~6													
D	100	22																			1~6																		
	110	22																	24		25		26		28		30		六		1~6								
	80	24																24		25		26		28		30		六		1~6									
	90	24														24		25		26		28		30		六		1~6											
	100	24												24		25		26		28		30		六		1~6													
	110	24										24		25		26		28		30		六		1~6															
E	120	24																			1~6																		
	130	24																	26		28		30		32		34		六		1~6								
	140	24																24		26		28		30		32		34		六		1~6							
	150	24														24		26		28		30		32		34		六		1~6									
	120	26												26		28		30		32		34		六		1~6													
	130	26										26		28		30		32		34		六		1~6															

单位: mm

带轮厚度S

六

六

六

六

六

六

六

六

六

六

实

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

实

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

实

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

实

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

实

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

心

表 5 13 静平衡和动平衡的要求

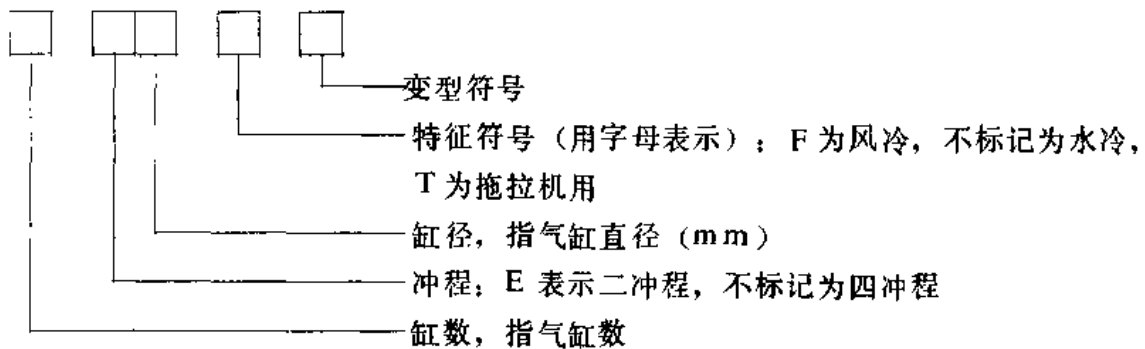
吊钩静平衡要求	带速 v (m/s)	5 ~ 10	>10 ~ 15	>15 ~ 20	>20 ~ 25
		允许不平衡力矩 (N·cm)	5.88	2.94	1.96
吊钩动平衡要求 ($v = 25 \sim 30$ m/s)		允许重心偏移量为0.05 mm			

第三节 常用动力机

一、柴 油 机

1. 型号编制规则 (根据GB 725-65)

型号反映其主要性能结构, 由数字和汉语拼音字母组成。



有的厂家在缸数前加字母以补充说明, 例如: R 表示第二代产品; D 表示电起动; X 表示新型。

型号示例: R170F 表示: 单缸、四冲程、缸径70mm、风冷柴油机、第二代产品。

2. 常用柴油机主要技术数据 (见表5-14)

二、拖 拉 机

常用拖拉机主要技术数据见表5-15。

三、电 动 机

常用电动机系列见表5-16。

表 5-14 常用柴油机油技术参数

型 号	165	170	R175	R175N	175-D	180N	185	195	S 195	X 195	295J	165F	170F	Z175F-I	X 170F	
	卧式、单缸、四冲程、风冷															
型 式	立式															
	卧式															
12小时功率 (kW/马力)	2.2/3	2.9/4	3.7/5	4.4/6	4.4/6	5.1/7	5.9/8	8.8/12	8.8/12	8.8/12	8.8/12	17.7/24	2.2/3	2.9/4	3.7/5	2.9/4
1小时功率 (kW/马力)	2.4/3.3	3.2/4.4	4.0/5.5	4.8/6.6	4.8/6.6	5.7/7.7	6.6/9	9.7/13.2	9.7/13.2	9.7/13.2	19.4/26.4	3.2/4.4	3.2/4.4	4.0/5.5	3.2/4.4	
标定转速 (r/min)	2000	2000	2200	2600	2600	2200	2200	2000	2000	2000	2000	2500	2600	2600	2600	
燃油消耗率 (g/(马力·h))	<220	<215	<205	<208	<200	<200	<200	<193	<185	<185	<195	<215	<217	<200	<215	
机油消耗率 (g/(马力·h))								<2	<3	<3	<5		<3		<3	
外形尺寸(L×W×H) (mm)	565×340 >430		565×332 >416	585×343 >505	660×432 >594	710×420 >560	715×502 >460	752×528 >593	814×480 >618	870×486 >660	598×642 >807	518×321 >423	540×330 >410	330×326 >445	540×380 >410	
净重 (kg)	60	60	55	60	85	90	90	160	140	135	<265	39	41	50	43	
飞轮转向 (面向飞轮看)			逆时针		逆时针	逆时针		逆时针			逆时针		逆时针		逆时针	
参考价 (元)			642		660			794	780	797						
生 产 厂	湖北宜昌柴油机厂	湖北宜昌柴油机厂	湖北厂 挤动力机 总厂	湖北宜昌 柴油机 厂、杭州 柴油机总 厂	西安柴 油机厂、 湘潭柴 油机厂	四川内 燃机厂、 宜昌柴 油机厂	湘潭柴 油机厂	山东莱 阳动力机 厂、江苏 常州柴 油机厂	南京柴 油机厂、 江苏常州 柴油机厂 无锡县柴 油机厂	云南金 马柴油机 厂	江西柴 油机厂	浙江慈 溪动力机 厂	金坛柴 油机厂 丹阳柴 油机厂	浙江慈 溪动力机 厂	金坛柴 油机厂	

注 1. 同一型号柴油机, 各厂技术参数一般均有差异, 本表所列数据系第一个厂家提供。
2. 由于产品不断更新改进, 所给数据仅供参考。

常用拖拉机技术参数

表 5-15

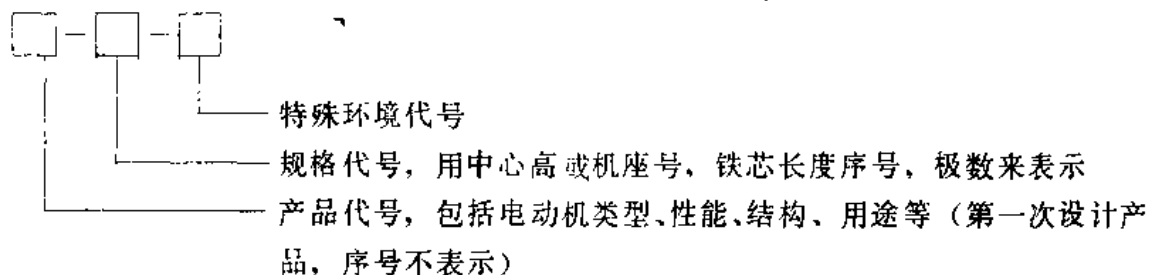
型	号	东风-12	SN-25	丰收180-3	上海-50	丰收-300	江苏-50	东方红-75
型式		手扶式	小型轮式	小型轮式	中型轮式	轮式	中型轮式	履带式
轴距 (mm)	前	800, 700, 640, 580	1000~1400	900, 970	1313	1260~1460(三级)	1260~1660	1435
	后		1000~1400	四档, 每级100 950~1250	1346	1220~1320(八级)	1250~1750	
离地间隙 (mm)		182	345	350	400	330	370	260
最小转弯半径 (m)	不制动时		2.9	2.6	3.23	3.3	3.47	
	单边制动			2.3	3.01	3	3	
行驶速度 (在标定转速时不计打滑) (km/h)	最低	1.40	1.66	1.06	2.15		2.12	4.55
	最高	15.30	21.20	23.70	26.86		28.12	10.45
动力输出轴	型式		非独立式	非独立式	半独立式	非独立式	半独立式	非独立式
	转速 (r/min)		536, 1015	733, 1100	766	645	540, 734, 978	577
驱动皮带轮	尺寸 (mm) (直径 > 宽度)			230 × 145		230 × 165	235 × 180	
	转速 (r/min)			1410		1398	978, 1304	
发动机型号		S 195	295	J 285 T	495 A	J 485 I J	495	4125 A
12 h 功率 (kW)/相应转速 (r/min)		8.8/2000	17.7/2000	13.2/2200	36.8/2000	20.6/2000	36.8/2000	55.2/1500
参考价 (元)					15000		11750	
生产厂		北京、武汉、常州拖拉机厂	湖北拖拉机厂	江西拖拉机制造厂	上海拖拉机厂	江西拖拉机制造厂	浙江拖拉机厂	洛阳拖拉机厂

表 5-16 常用电动机系列

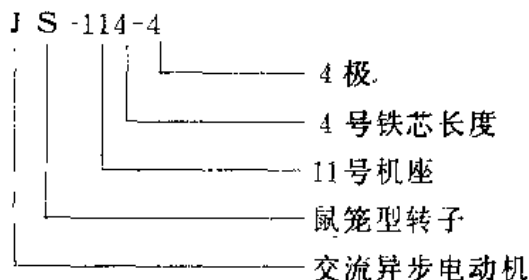
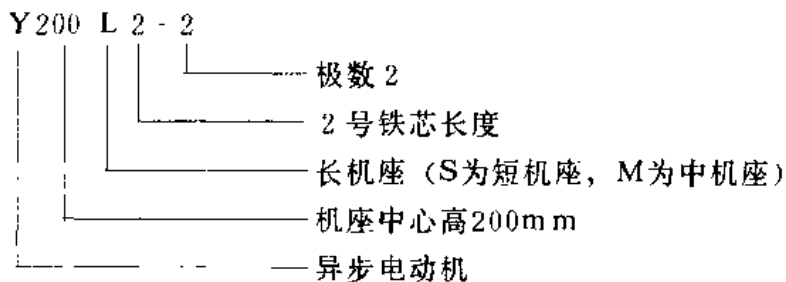
类 型	系列代号	名 称	极 数	功 率 范 围
普 通	Y	封闭式鼠笼型三相异步电动机	2	0.75 ~ 160kW
	JR	防护式绕线转子三相异步电动机	4	0.55 ~ 160kW
	JS	防护式鼠笼转子异步电动机	4	55 ~ 115kW 115 ~ 180kW
微 型	AO ₂	封闭式微型三相异步电动机	2, 4	16 ~ 750 W
	BO ₂	封闭式分马力单相电阻启动异步电动机	2, 4	90 ~ 370 W
深井泵专用	JLB ₂	防滴自扇冷式鼠笼型立式三相异步电动机	2, 4	11 ~ 100kW
	YLB	防护自扇冷式鼠笼型立式三相异步电动机	4	5.5 ~ 132kW
	JLB _A	半封闭自扇冷式鼠笼型立式三相异步电动机	4	20 ~ 40kW

技术数据及外形尺寸等，按表5-16中的电动机顺序依次给出，见表5-17~表5-30。其中外形尺寸表中的宽，系指电动机的最大宽度；价格系根据《1980年全国机械产品不变价格》给出，仅供综合概算估价参考。

产品名称和型号编制规则



若产品代号、规格代号、特殊环境代号的数字和字母之间不会引起混淆时，可省去短划线。电动机型号示例如下。



(一) 普通三相异步电动机

1. Y系列三相异步电动机

(1) 安装结构。有 1 种类型: B 3 型, 即卧式机座带底脚, 端盖无凸缘; B 5 型, 即卧式机座不带底脚, 端盖有凸缘; B 35 型, 即卧式机座带底脚, 端盖有凸缘; V₁ 型, 即立式机座不带底脚, 端盖有凸缘。

(2) 技术数据。见表 5-17、表 5-18。

(2) 外形尺寸。见表 5-19。

(4) 生产厂。北京市电机总厂、哈尔滨第二电机厂、无锡县电机厂、西安电机厂、浙江温州电机厂、湖北电机厂、邯郸电机厂 (生产 Y 80~Y 280)、景德镇电机厂、广东江门电机厂 (生产 Y 80~Y 160)、南通电机厂 (生产 Y 80~Y 160)、天津市电机厂 (生产 Y 180~Y 280)、上海革新电机厂 (生产 Y 200~Y 225)、沈阳实业电机厂 (生产 Y 160~Y 280)、延安电机厂 (生产 Y 132)、重庆电机厂 (生产 Y 80~Y 315)。

2. JR、JS 系列三相异步电动机

(1) 安装结构。基本安装型式为 A 101 结构。即具有两个端盖轴承和一个圆柱形轴伸, 可采用联轴器与水泵联接。也有 602 结构, 即在铸铝底板上装有第三个座式轴承。电动机的轴伸为长轴伸, 以第三轴承作额外的支承。

(2) 技术数据。见表 5-20 和表 5-22。

(3) 外形尺寸。见表 5-21 和表 5-23。

(4) 生产厂。广州电机厂、兰州电机厂、南京汽轮机厂 (生产 JS 系列及 JR 系列 11 号机座)、北京市电机总厂、西安电机厂、邯郸电机厂 (仅生产 JR 系列电动机)、大连电机厂 (仅生产 JR 系列 8 号、9 号机座)。

表 5-17 Y 系列三相异步电动机技术数据

型 号	功率 (kW)	转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\phi$	堵转转 矩/额 定转矩	堵转电 流/额 定电流	最大转 矩/额 定转矩	参考价 (元)
Y 801-2	0.75	2825	1.8	75	0.84	2.2	7.0	2.2	110
Y 802-2	1.1	2825	2.5	77	0.86	2.2	7.0	2.2	120
Y 90S-2	1.5	2840	3.4	78	0.85	2.2	7.0	2.2	135
Y 90L-2	2.2	2840	4.7	82	0.86	2.2	7.0	2.2	145
Y 100L-2	3	2880	6.4	82	0.87	2.2	7.0	2.2	195
Y 112M-2	4	2890	8.2	85.5	0.87	2.2	7.0	2.2	240
Y 132S ₁ -2	5.5	2900	11.1	85.2	0.88	2.0	7.0	2.2	320
Y 132S ₂ -2	7.5	2900	15.0	86.2	0.88	2.0	7.0	2.2	350
Y 160M ₁ -2	11	2930	21.8	87.2	0.88	2.0	7.0	2.2	520
Y 160M ₂ -2	15	2930	29.4	88.2	0.88	2.0	7.0	2.2	580
Y 160L-2	18.5	2930	35.5	89	0.89	2.0	7.0	2.2	630

续表

型号	功率 (kW)	转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转 矩/额 定转矩	堵转电 流/额 定电流	最大转 矩/额 定转矩	参考价 (元)
Y180M-2	22	2940	42.2	89	0.89	2.0	7.0	2.2	780
Y200L ₁ -2	30	2950	56.9	90	0.89	2.0	7.0	2.2	1050
Y200L ₂ -2	37	2950	69.8	90.5	0.89	2.0	7.0	2.2	1160
Y225M-2	45	2970	83.9	91.5	0.89	2.0	7.0	2.2	1520
Y250M-2	55	2970	102.7	91.4	0.89	2.0	7.0	2.2	1900
Y280S-2	75	2970	140.1	91.4	0.89	2.0	7.0	2.2	2300
Y280M-2	90	2970	167	92	0.89	2.0	7.0	2.2	2630
Y315S-2	110	2970	206.4	92.5	0.89	1.8	7.0	2.2	
Y315M ₁ -2	132	2970	247.6	93	0.89	1.8	7.0	2.2	
Y315M ₂ -2	160	2970	298.5	93.5	0.89	1.8	7.0	2.2	

表 5-18 Y 系列三相异步电动机技术数据

型号	功率 (kW)	转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转 矩/额 定转矩	堵转电 流/额 定电流	最大转 矩/额 定转矩	参考价 (元)
Y80L4	0.55	1390	1.5	73	0.76	2.2	6.5	2.2	105
Y80L4	0.75	1390	2.0	74.5	0.76	2.2	6.5	2.2	115
Y90S4	1.1	1400	2.7	78	0.78	2.2	6.5	2.2	130
Y90L4	1.5	1400	3.7	79	0.79	2.2	6.5	2.2	140
Y100L ₁ -4	2.2	1420	5.0	81	0.82	2.2	7.0	2.2	175
Y100L ₂ -4	3	1420	6.8	82.5	0.81	2.2	7.0	2.2	195
Y112M-4	4	1440	8.8	84.5	0.82	2.2	7.0	2.2	230
Y132S-4	5.5	1440	11.6	85.5	0.84	2.2	7.0	2.2	320
Y132M-4	7.5	1440	15.4	87	0.85	2.2	7.0	2.2	360
Y160M-4	11	1460	22.6	88	0.84	2.2	7.0	2.2	520
Y160L-4	15	1460	30.3	88.5	0.85	2.2	7.0	2.2	600
Y180M-4	18.5	1470	35.9	91	0.86	2.0	7.0	2.2	750
Y180L-4	22	1470	42.5	91.5	0.86	2.0	7.0	2.2	800
Y200L-4	30	1470	56.8	92.2	0.87	2.0	7.0	2.2	1050
Y225S-4	37	1480	69.8	91.8	0.87	1.9	7.0	2.2	1300
Y225M-4	45	1480	84.2	92.3	0.88	1.9	7.0	2.2	1450
Y250M-4	55	1480	102.5	92.6	0.88	2.0	7.0	2.2	1800

续表

型号	功率 (kW)	转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	最大转矩/额定转矩	参考价 (元)
Y280S-4	75	1480	139.7	92.7	0.88	1.9	7.0	2.2	2200
Y280M-4	90	1480	164.3	93.5	0.89	1.9	7.0	2.2	2500
Y315S-4	110	1480	201	93.5	0.89	1.8	7.0	2.2	
Y315M-4	132	1480	242.3	93.5	0.89	1.8	7.0	2.2	
Y315L-4	160	1480	291	94	0.89	1.8	7.0	2.2	

表 5-19

Y 系列三相异步电动机外形尺寸 (B3 型)

(单位: mm)

机座号	极数	主要安装尺寸					外形尺寸		
		底脚螺距高		轴径	键宽	中心高	长	宽	高
		轴向	横向						
Y80	2, 4	100	125	19	6	80	285	232.5	170
Y90S	2, 4	100	140	24	8	90	310	212.5	190
Y90L	2, 4	125	140	21	8	90	335	212.5	190
Y100L	2, 4	140	160	28	8	100	380	282.5	245
Y112M	2, 4	140	190	28	8	112	400	305	265
Y132S	2, 4	140	216	38	10	132	475	315	315
Y132M	2, 4	178	216	38	10	132	515	315	315
Y160M	2, 4	210	254	42	12	160	600	417.5	385
Y160L	2, 4	254	254	42	12	160	615	417.5	385
Y180M	2, 4	241	279	48	11	180	670	465	430
Y180L	2, 4	279	279	48	11	180	710	465	430
Y200L	2, 4	305	318	55	16	200	775	510	475
Y225S	4	286	356	60	18	225	820	570	530
Y225M	2	311	356	55	16	225	815	570	530
Y225L	1	311	356	60	18	225	845	570	530
Y250M	2	349	406	60	18	250	930	632.5	575
Y250L	4	349	406	65	18	250	930	632.5	575
Y280S	2	368	457	65	18	280	1000	687.5	640
Y280M	1	368	457	75	20	280	1000	687.5	640
Y280L	2	419	457	65	18	280	1050	687.5	640
Y280M	1	419	457	75	20	280	1050	687.5	640
Y315S	2, 4	406	508	65/80	18/22	315	1205/1235	872.5	760
Y315M	2, 4	457	508	65/80	18/22	315	1255/1285	872.5	760

表 5-20

J R 系列绕线转子异步电动机技术数据

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定电流 (A)	额定转速 (r/min)	转子电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	最大转矩/额定转矩	参考价 (元)
JR82-4	55	380	105	1450	52	90	0.88	2.8	2149
JR90-4	75	380	143	1460	115	90.5	0.88	2.8	
JR92-4	100	380	190	1460	117	91	0.88	3.0	
JR114-4	115	380	218	1465	377	91.7	0.88	2.2	4700

表 5-21 J R 系列中型绕线转子异步电动机外形尺寸 (A101型) (单位: mm)

型 号	主 要 安 装 尺 寸					外 形 尺 寸		
	底脚螺丝距高		轴 径	键 宽	中 心 高	长	宽	高
	轴 向	横 向						
JR82-4	530	440	65	18	280	1085	685	645
JR91-4	650	525	75	20	335	1220	805	750
JR92-4	650	525	75	20	335	1220	805	750
JR114-4	490	620	85	24	375	1620	1010	855

表 5-22 JS系列绕线转子异步电动机技术数据

型 号	功率 (kW)	转速 (r/min)	电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\phi$	堵转转 矩/额 定转矩	堵转电 流/额 定电流	最大转 矩/额 定转矩	参考价 (元)
JS114-4	115	1480	212	92.6	0.88	1.2	5.3	1.9	3700
JS115-4	135	1475	249	92.8	0.88	1.3	5.5	2.0	4000
JS116-4	155	1480	285	93.1	0.88	1.6	6.3	2.2	4200
JS117-4	180	1475	329	93.4	0.89	1.5	5.8	2.0	4500

表 5-23 JS系列中型绕线转子异步电动机外形尺寸 (A101型) 单位: mm

型 号	主 要 安 装 尺 寸					外 形 尺 寸		
	底脚螺丝距高		轴 径	键 宽	中 心 高	长	宽	高
	轴 向	横 向						
JS114-4	490	620	85	24	375	1180	1010	855
JS115-4	590	620	85	24	375	1280	1010	855
JS116-4	590	620	85	24	375	1280	1010	855
JS117-4	640	620	85	24	375	1330	1010	855

(二) 微型异步电动机

(1) 安装结构。基本形式有 B 3 型, 即机座有底脚, 端盖上无凸缘; B 34 型, 即机座有底脚, 端盖上有小凸缘, 轴伸在凸缘端; B 5 型, 即机座无底脚, 端盖上有大凸缘, 轴伸在凸缘端; B 14 型, 即机座无底脚, 端盖上有小凸缘, 轴伸在凸缘端。

(2) 技术数据。见表 5-24 和表 5-25。

(3) 外形尺寸。见表 5-26 和表 5-27。

(4) 生产厂。上海革新电机厂、宜昌微型电机厂。

表 5-24

AO₂微型三相异步电动机技术数据

型 号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数 cos ϕ	起动转 矩/额 定转矩	起动电 流/额 定电流	最大转 矩/额 定转矩	参考价 (元)
AO ₂ -4512	16	0.09	380	50	2800	46	0.57	2.2	6	2.4	
AO ₂ -4522	25	0.12	380	50	2800	52	0.60	2.2	6	2.4	
AO ₂ -4514	10	0.12	380	50	1100	23	0.45	2.2	6	2.4	
AO ₂ -4524	16	0.16	380	50	1100	32	0.49	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5012	40	0.17	380	50	2800	55	0.65	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5022	60	0.23	380	50	2800	60	0.66	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5014	25	0.17	380	50	1100	42	0.53	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5024	40	0.22	380	50	1100	50	0.51	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5612	90	0.32	380	50	2800	62	0.68	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5622	120	0.38	380	50	2800	67	0.71	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5614	60	0.28	380	50	1100	56	0.58	2.2	6	2.4	
AO ₂ -5624	90	0.38	380	50	1100	58	0.61	2.2	6	2.4	
AO ₂ -6312	180	0.53	220/380	50	2800	69	0.75	2.2	6	2.4	
AO ₂ -6322	250	0.67	220/380	50	2800	72	0.78	2.2	6	2.4	
AO ₂ -6314	120	0.48	220/380	50	1100	60	0.63	2.2	6	2.4	
AO ₂ -6324	180	0.65	220/380	50	1100	64	0.66	2.2	6	2.4	
AO ₂ -7112	370	0.95	220/380	50	2800	73.5	0.80	2.2	6	2.4	
AO ₂ -7122	550	1.35	220/380	50	2800	75.5	0.82	2.2	6	2.4	
AO ₂ -7114	250	0.83	220/380	50	1100	67.0	0.68	2.2	6	2.4	
AO ₂ -7124	370	1.12	220/380	50	1100	69.5	0.72	2.2	6	2.4	
AO ₂ -8012	750	1.75	220/380	50	2800	76.5	0.85	2.2	6	2.4	
AO ₂ -8014	550	1.55	220/380	50	1400	73.5	0.73	2.2	6	2.4	
AO ₂ -8024	750	2.01	220/380	50	1400	75.5	0.75	2.2	6	2.4	

表 5-25 BO₂分马力单相电阻起动异步电动机技术数据

型 号	功率 (W)	电流 (A)	电压 (V)	频率 (Hz)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率 因数 cosφ	起动转 矩/额 定转矩	起动 电流 (A)	最大转 矩/额 定转矩	参考价 (元)
BO ₂ -6312	90	1.09	220	50	2800	56	0.67	1.5	12	1.8	
BO ₂ -6322	120	1.36	220	50	2800	58	0.69	1.4	14	1.8	
BO ₂ -6314	60	1.23	220	50	1400	39	0.57	1.7	9	1.8	
BO ₂ -6324	90	1.64	220	50	1400	43	0.58	1.5	12	1.8	
BO ₂ -7112	180	1.89	220	50	2800	60	0.72	1.3	17	1.8	
BO ₂ -7122	250	2.40	220	50	2800	64	0.74	1.1	22	1.8	
BO ₂ -7114	120	1.88	220	50	1400	50	0.58	1.5	14	1.8	
BO ₂ -7124	180	2.49	220	50	1400	53	0.62	1.4	17	1.8	
BO ₂ -8012	370	3.36	220	50	2800	65	0.77	1.1	30	1.8	
BO ₂ -8014	250	3.11	220	50	1400	58	0.63	1.2	22	1.8	
BO ₂ -8024	370	4.24	220	50	1400	62	0.64	1.2	30	1.8	

表 5-26 AO₂微型三相异步电动机外形尺寸 (B3型) (单位: mm)

机 座 号	主 要 安 装 尺 寸					外 形 尺 寸		
	底脚螺钉距离		轴 径	键 宽	中 心 高	长	宽	高
	轴 向	横 向						
45	56	71	9	3	45	150	100	115
50	63	80	9	3	50	155	110	125
56	71	90	9	3	56	170	120	135
63	80	100	11	4	63	230	130	165
71	90	112	14	5	71	255	145	180
80	100	125	19	6	80	295	165	200

表 5-27 BO₂系列微型单相电阻起动异步电动机 (B3型) (单位: mm)

机 座 号	主 要 安 装 尺 寸					外 形 尺 寸		
	底脚螺钉距离		轴 径	键 宽	中 心 高	长	宽	高
	轴 向	横 向						
63	80	100	11	4	63	230	130	165
71	90	112	14	5	71	255	145	180
80	100	125	19	6	80	295	165	200

(三) 深井泵专用三相异步电动机

1. JLB₂系列

(1) 安装结构型式。立式, 机座不带底脚, 下端盖上有凸缘。

(2) 技术数据及外形尺寸。见表5-28。

(3) 生产厂。沈阳市深井泵电机厂、甘肃省西峰电机厂。

2. YLB系列

(1) 安装结构型式。立式, 机座不带底脚, 下端盖上有凸缘。

(2) 技术数据及外形尺寸。见表5-29。

(3) 生产厂。沈阳市深井泵电机厂(正组织生产)、上海人民电机厂(即将投产)、陕西延安电机厂。

3. JLB_a系列

(1) 安装结构型式。立式, 机座不带底脚, 下端盖上有凸缘。

(2) 技术数据。见表5-30。

(3) 生产厂。密云县沙河农机厂。

表 5-28 JLB₂系列立式深井泵异步电动机性能数据及外形尺寸

型 号	额定 功率 (kW)	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	起动电 流/额 定电流	起动转 矩/额 定转矩	最大转 矩/额 定转矩	轴向 负荷 (kN)	外形尺寸 (mm)			重量 (kg)	参考价 (元)
								B	D ₂	l		
JLB ₂ -61-2	11	380	23	6	1.3	2.2	10	292.5	φ375	810	175	754
JLB ₂ -62-2	15	380	31	6	1.3	2.2	10	292.5	φ375	810	180	812
JLB ₂ -63-2	18.5	380	38	6	1.3	2.2	10	292.5	φ375	810	185	871
JLB ₂ -61-2	22	380	45	6	1.3	2.2	10	292.5	φ375	810	190	942
JLB ₂ -61-4	11	380	22	6	1.3	2	10	292.5	φ375	810	180	824
JLB ₂ -62-4	15	380	30	6	1.3	2	10	292.5	φ375	810	185	897
JLB ₂ -71-2	30	380					22	325	φ440	956	269	1236
JLB ₂ -72-2	40	380					22	325	φ440	956	296	1460
JLB ₂ -71-4	18.5	380	38	6	1.3	2	22	325	φ440	890	248	1024
JLB ₂ -72-4	22	380	45	6	1.3	2	22	325	φ440	890	257	1095
JLB ₂ -73-4	30	380	59	6	1.3	2	22	325	φ440	890	269	1236
JLB ₂ -74-4	40	380	77	6	1.3	2	22	325	φ440	956	312	1460
JLB ₂ -75-4	(45)	380	85	6	1.3	2	22	325	φ440	956	346	1565
JLB ₂ -81-4	55	380	103	6	1.3	2	29	360	φ485	180	453	2001
JLB ₂ -82-4	75	380	141	6	1.3	2	29	360	φ485	180	481	2236
JLB ₂ -83-4	100	380	189	6	1.3	2	29	360	φ485	180	533	2589

注 1. 表格内有“()”的额定功率栏, 系特殊规格产品;

2. 外形尺寸代号B为电动机较大半面尺寸, D₂为电动机外径, l为电动机高。

表 5-29 YLB系列深井水泵用三相异步电动机技术数据及外形尺寸

型号及规格	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	接法	额定电流 (A)	转速 (r/min)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	堵转电流/额定电流	外形尺寸 (mm)				参考价格 (元)
											AC	AD	L_A	L_B	
YLB132 1-2	5.5	380	△	10.9	2940	83	0.88	1.9	2.2	7	270	205	12	625	582
YLB132 2-2	7.5	380	△	14.5	2940	84.5	0.88	1.9	2.2	7	270	205	12	625	708
YLB160-1-2	11	380	△	22.1	2940	85	0.88	1.8	2.2	7	350	265	16	850	864
YLB160-2-2	15	380	△	29.7	2940	86	0.88	1.8	2.2	7	350	265	16	850	936
YLB160-1-4	11	380	△	22.5	1470	86.5	0.85	1.8	2	7	350	265	16	850	1008
YLB160-2-4	15	380	△	30	1470	87.5	0.86	1.8	2	7	350	265	16	850	1080
YLB180-1-2	18.5	380	△	36	2940	87	0.88	1.7	2.2	7	395	290	17	885	1008
YLB180-2-2	22	380	△	42.3	2940	87.5	0.88	1.7	2.2	7	395	290	17	885	1080
YLB180-1-4	18.5	380	△	36.6	1470	88	0.86	1.7	2	7	395	290	17	885	1176
YLB180-2-4	22	380	△	42.9	1470	88.5	0.86	1.7	2	7	395	290	17	885	1272
YLB200-1-2	30	380	△	58.2	2940	88	0.88	1.7	2.2	7	445	330	18	995	1320
YLB200-2-2	37	380	△	70.0	2940	88.5	0.88	1.7	2.2	7	445	330	18	995	1500
YLB200-1-4	30	380	△	52.4	1470	89.5	0.87	1.7	2	7	445	330	18	995	1500
YLB200-2-4	37	380	△	71.2	1470	90	0.87	1.7	2	7	445	330	18	995	1680
YLB200-3-4	45	380	△	85.6	1470	90.5	0.87	1.7	2	7	445	330	18	995	1920
YLB250-1-4	55	380	△	103.3	1470	91	0.88	1.7	2	7	540	395	20	1175	2100
YLB250-2-4	75	380	△	140.1	1470	91.5	0.88	1.7	2	7	540	395	20	1175	2760
YLB250-3-4	90	380	△	167.3	1470	91.5	0.88	1.7	2	7	540	395	20	1175	3120
YLB280-1-4	110	380	△	207.3	1470	92	0.88	1.7	2	7	600	445	20	1225	3850
YLB280-2-4	132	380	△	241.1	1470	92.5	0.88	1.7	2	7	600	445	20	1225	4620

注 外形尺寸中AC为电动机外径, AD为电动机较大半面尺寸, L_A 为电动机的凸缘厚度, L_B 为电动机高。

表 5-30 JLB_A型深井泵用三相异步电动机技术数据及外形尺寸

型号	额定功率 (kW)	额定电压 (V)	额定转速 (r/min)	额定电流 (A)	效率 (%)	功率因数 $\cos\varphi$	起动电流/额定电流	外形尺寸 (mm)				重量 (kg)	参考价 (元)
								D_1	D_2	H_1	B		
JLB _A -72-4	20	380	1465	39.6	88.0	0.87	7	395	430	945		330	1552
JLB _A -73-4	28	380	1465	55.0	88.5	0.87	7	480	520	945		380	1840
JLB _A -82-4	40	380	1470	75.1	90.0	0.88	7	480	550	1038		480	2185

注 外形尺寸代号 D_1 为安装孔中心距, D_2 为电机外径, H_1 为电机长, B为电机较大半面尺寸。

第四节 常用电气设备

一、配电及电动机控制系统设计

(一) 设计基本资料及电动机起动方式的确定

1. 设计基本资料

(1) 电力供应情况。包括可供喷灌工程使用的变压器容量，变压器的负载总和，以及配电系统额定电流等。

(2) 总装机容量。指喷灌工程所用的电动机的总容量。

(3) 回路数及支路电流。通常是一个回路控制一台电动机，回路数即为电动机台数，每台电动机的额定电流即为该回路的电流，又称为支路电流。

2. 电动机起动方式的确定

鼠笼型异步电动机的起动方式分全压起动（直接起动）和降压起动。绕线型异步电动机是在转子线圈引出线串联频敏变阻器或电阻起动。

在电源容量足够大时，应尽量采用全压起动，当只能降压起动时，总是先选Y- Δ 降压起动方式，在仍达不到起动要求或不能采用Y- Δ 降压方式时，才选用自耦降压起动方式。

电动机能否直接起动要根据电网的容量和容许干扰的程度来决定。一般规定：起动时电源变压器的母线压降不应超过允许值（经常起动时，母线最大容许压降为10%，不经常起动时为15%）；起动时变压器的短时过载不应超过最大容许值。根据经验，容许全压起动的鼠笼式异步电动机的最大功率应不大于电源变压器容量的20%~30%。

在低压电网中，6(10)/0.4kV变压器容许全压起动的鼠笼型电动机的最大功率可参照表5-31确定。

表 5 31 6(10)/0.4kV 变压器容许直接起动的鼠笼型电动机的最大功率

变压器供电 的其它负载	起动时的 容许压降 (%)	供 电 变 压 器 容 量 S (kVA)					
		100	180	320	560	750	1000
		起动鼠笼型电动机的最大功率 (kW)					
S _{负载} = 0.5S cos ϕ = 0.7	10	22	40	75	115	155	215
	15	30	55	100	185	240	280
S _{负载} = 0.6S cos ϕ = 0.8	10	17	30	75	100	130	185
	15	30	55	100	135	240	280

注 1. 表中所列数据系指电动机与变电所低压母线直接相连时的参考数据，当供电线路较长时，数值应比表中数据低；
2. S_{负载}为变压器所供给的其它负载总和 (kW)，cos ϕ 为所供负载的功率因数。

鼠笼型电动机常用起动方式特性比较见表5-32。

表 5 32 鼠笼式电动机各种起动方式特性比较

起动方式	全压起动	Y-Δ 降压起动	自耦变压器降压起动		
			降 压 比		
			60%	70%	80%
起动性能					
起动电压/额定电压	1	$\frac{1}{3}$	0.6	0.7	0.8
起动电流/额定电流	1	$\frac{1}{3}$	0.36	0.49	0.64
起动转矩/额定转矩	1	$\frac{1}{3}$	0.36	0.49	0.64
起 动 特 点	起动方法简便, 起动电流和起动电压降大	起动电流小, 起动转矩小, 降压比固定	起动电流小, 起动转矩小, 但在供应电源许可的条件下, 可选大的降压比, 使满足起动转矩要求		

(二) 单台电动机全压起动的一次接线方案

电动机全压起动, 可以选用成套供应的动力配电箱, 也可自行设计, 其一次接线方案, 一般如图5-6所示, 可供设计时选择。图中设置刀开关DK, 使线路具有明显的断开指示

图5-6(a)中自动开关ZK作为电动机保护电器, 使电动机不因线路过电流、短路或欠电压等而损坏; 作为操作电器, 选用带自动操作的开关, 可实现远距离控制, 但价格较贵。75kW以上电动机通常选用DW5、DW10自动开关, 75kW以下电动机通常选用DZ5、DZ10自动开关。

图5-6(b)中自动开关ZK只作保护电器, 交流接触器JLC作为电动操作电器, 可实现远距离控制。

图5-6(c)、(d)、(e)中熔断器RD用于电动机的短路保护, 磁力起动器CQ用于电动操作和过载保护, 交流接触器JLC作电动操作, 为了过载保护, 用交流接触器时需加装热继电器。

图5-6(f)是用熔断器和闸刀或负荷开关的手动操作接线, 适用于15kW及以下的电动机。

(三) 单台电动机降压起动系统设计

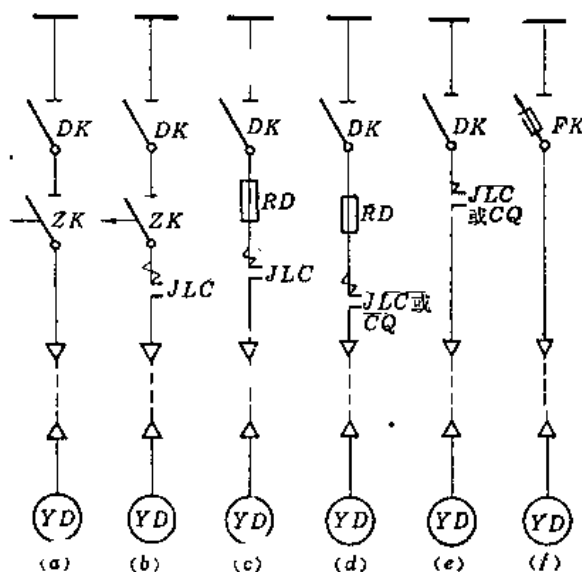


图 5 6 低压电动机的一次接线

(1) 当必须采用降压启动时,可根据图5-6所示结线增装减压启动器;当采用绕线型电动机时,可在电动机转子回路增装频敏变阻器,自行设计启动系统。

(2) 选用成套供应的电动机控制箱。其主要技术数据见表5-33。

根据被控电动机类型及电动机的启动方式,选择电动机控制箱的类型,根据电动机的额定电流确定其规格。

电动机控制箱的一次线路方案通常不设刀开关,控制箱没有明显的开断指示,一般不能直接接入二次侧为交流380V的电源变压器上,选用时,还需进行配电系统的设计。

(3) 泵房配电系统的设计。低压配电屏可以自行设计,但因为成套装置系专门的标准设计,具有一定的可靠性和较小的发生故障的可能性,故通常被采用。低压配电屏主要数据见表5-34。

低压配电屏的选择主要是规格确定,即一次线路方案的选择,在满足线路要求的前提下,还要注意配电装置的可靠性、经济性,同时必须保证工作人员的安全操作。

表 5-33 电动机控制箱主要数据表

型号	控制电压 (V)	额定电流 (A)	被控电机容量 (kW)	被控电机及启动方式	主要电器元件	安装型式	外形尺寸 (mm) 宽×深×高	参考价 (元)	生产厂家
XK-1	~220 或 ~380	<400	<132	鼠笼型 直接启动	交流接触器 热继电器	墙挂	800×600×1600	1300	天水长城控制电器厂 天水长城开关厂
XK-1A						600×400×1400	锦州新生开关厂		
XKK ₁ -1R	~220 或 ~380	150~400	20~132	绕线转子 降压启动	自动开关 交流接触器 频敏变阻器	屏式	600×500×1800 700×600×1800 700×600×1900	1683	天水长城控制电器厂
XKK ₁ -1Y	~220 或 ~380	100~250	28~110	鼠笼型 全压启动	自动开关 交流接触器	屏式	500×500×1400 600×500×1800 700×500×1800	1360	天水长城控制电器厂
XKK ₁ -2Y	~220 或 ~380	100~400	18~132	鼠笼型 Y-△启动	自动开关 交流接触器	屏式	600×500×1400 700×500×1600 700×500×1800	1506 ? 2203	天水长城控制电器厂
XKK ₁ -3Y	~380	142~256	55~135	鼠笼型 自耦降压启动	自耦变压器 交流接触器 热继电器 时间继电器	屏式	700×600×1600 800×600×1900	3150	天水长城控制电器厂

表 5-34 低压配电屏主要数据表

型号	型式	额定电流 (A)	屏内主要电气设备	外形尺寸 (mm) 宽×深×高	重量 (kg)	主要生产厂	备注
BSL-1	不靠墙 双面维护	1500 及以下	DW10、DZ10、 HD13、HR3、 RT0、RM10	900×600×2140	225~300	1971年全国 近50个厂生产	可用BSL-10、 BSL-11取代
BSL-10	不靠墙 双面维护	4000 及以下	DW10、DZ10、 HD13、HR3、 RT0、RL1	900×600×2140		上海电器成 套厂	取代BSL-1、4、5、 6, 2500A及以上屏加宽
BSL-11	不靠墙 双面维护	2500 及以下	DW10、DZ10、 HD13、HR3、 RT0、RL1	800 1000×600×2000		上海开关厂	取代BSL-1、4及 BDL-10
BDL-1	靠墙 单面维护	1500 及以下	DW10、DZ10、 HD13、HR3、 RT0、RM10	900×600×2140	225~300	1971年全国 近50个厂生产	

注 表中主要电气设备价格, 均系机械工业部规定的《1982年机电产品现行出厂价格》, 供综合概算估价参考。

(四) 多台电动机的起动系统设计

当系统中需要多台电动机时, 一般可以选用动力配电箱。

动力配电箱适用于多台鼠笼型电动机的直接起动及绕线型异步电动机的起动, 其主要数据见表5-35。动力配电箱的选用主要根据总负载电流、支路数、各条支路的额定电流、电动机类型及其起动方式。当其中有要求降压起动的电动机时, 还需配用专门的减压起动器或选用电动机控制箱。

表 5-35 动力配电箱主要数据表

型号	三相 配电 系统	刀开关 额定电流 (A)	回路 数	回路 额定电流 (A)	主要 电 器 设 备	外形尺寸① (mm) 宽×深×高	安装 型式	参考价 (元)	生 产 厂
XL-3	三线	200	5	20、25、30、	刀开关	450×250×700	墙挂	270	沈阳低压开关厂 苏州开关厂 上海成套电器厂 锦州新生开关厂
			8	40、50、60	熔断器	630×280×700			
XL(F)-15	三线	400	4	60、100、200	刀开关	500×370×1700	屏式	680~780	沈阳市开关厂 阿城低压电器厂 上海华一电器厂 天水长城开关厂
			6		熔断器	700×370×1700		680~1040	
			8					820~1100	

续表

型号	三相 配电 系统	刀开关 额定电流 (A)	回路 数	回路 额定电流 (A)	主要 电器设备	外形尺寸 ^① (mm) 宽×深×高	安装 型式	参考价 (元)	生 产 厂
XL(R)-20	三线 四线	主母线允 许载流量 470、530	1	100、250	自动开关	400×213×600 800×213×600 800×213×800 800×213×1000	墙挂	390~1170	上海华通开关厂
			4 5 6 8 9 12						
XL-21	三线 四线	200、400、 600	1	20、40、100、 250、400	刀开关 自动开关 交流接触器	600×370×1600 700×370×1700	屏式	860~2000	沈阳低压开关厂 福州第二开关厂 上海华一开关厂 沈阳市开关厂
			2 4 6 5 8 9						
XL(F)-31 ^②	三线 四线	200、400、 600	1	25、30、40、 60、150、200、 250、400、600	刀开关 自动开关 交流接触器 频敏变阻器	600×350×1800 600×460×1800	屏式		锦州新生开关厂
			2 3 4 6 9 12						

① 同一型号配电箱有多种规格、多个生产厂，尺寸不尽相同，故表中所列数据，仅供设计时参考。

② 也可用于交流380V及以下作为交流鼠笼型电动机、绕线型电动机的控制。

二、成套设备

将熔断器、刀开关、接触器、起动器等电气设备按接线图的要求，以一定的顺序连接并布置在一个或几个柜内，称为成套配电装置。

配电系统设计中，只要正确选用成套配电装置，并根据有关规定合理布置，则不仅能保证用电器长期可靠地运行，即具有较小的发生故障的可能性，而且在发生故障后能将故障局限于一定的范围迅速消除。

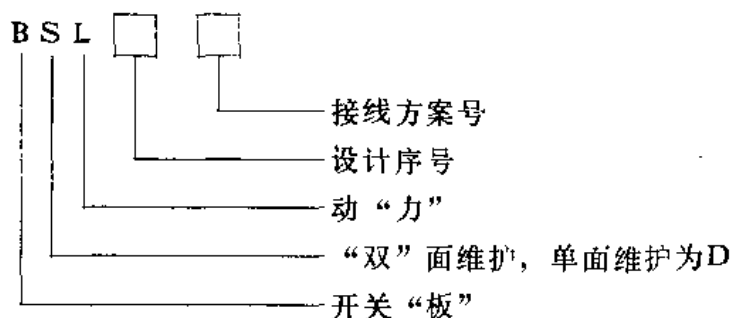
本手册推荐了喷灌工程中常用的成套配电装置：低压配电屏、动力配电箱及电动机控制箱，给出了有关主要数据。

成套配电装置均有多种标准接线方案，可根据实际需要按生产厂样本选用，也可提出不同方案，向生产厂订货。

(一) 低压配电屏

喷灌工程设计中，为了接受和分配电能，有时需要设计配电系统。常用的低压配电屏有BDL、BSL型等，前者靠墙布置，适用于场地较小处，后者离墙布置。

1. 型号说明

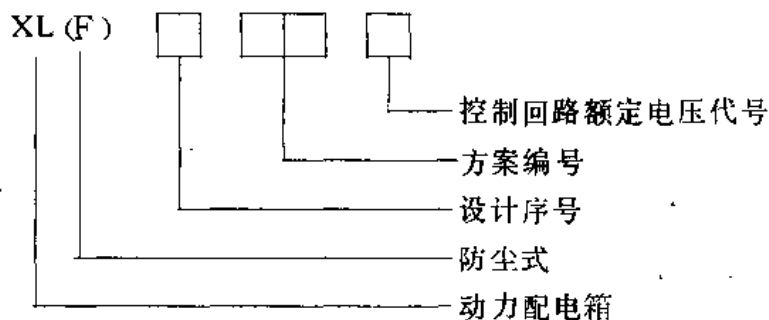


2. 技术数据 (表5-34)

(二) 动力配电箱

为了控制电动机，可以直接选用动力配电箱。常用于交流 380 V 及以下的鼠笼型异步电动机、绕线型异步电动机控制的动力配电箱有XL-21、XL(F)-31型等。

1. 型号说明

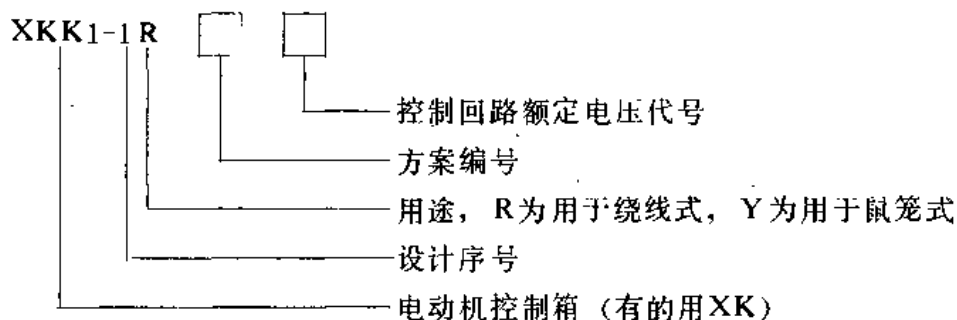


2. 主要技术数据 (表5-35)

(三) 电动机控制箱

对较大容量且需要降压起动的单台电动机的控制，可以选用电动机控制箱。

1. 型号说明



2. 主要技术数据 (表5-33)

三、低压电器主要元件

(一) 低压开关及熔断器

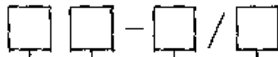
1. 闸刀开关

闸刀开关简称刀开关，主要用于成套配电设备中隔离电源用。常用HD11、HD12、HD13、HD14系列和HS11、HS12、HS13系列。其中各种杠杆式及侧面操作手柄式刀开关主要用于配

电屏及动力配电箱中，可以切断额定电流以下的负载。中间手柄式的单投和双投刀开关，主要用于磁力站，不切断带有电流的电路，仅作隔离开关用。

刀开关的选用主要根据回路额定电压及长期工作电流。

(1) 型号说明。



第一位数字表示极数：1—单极，2—二极，3—三极；
第二位数字表示灭弧室：0—不带灭弧装置，1—带灭弧装置；
第三位数字表示接线方式：8—板前接线，9—板后接线。若无此位数，表示仅为板前接线。

额定电流

表示操作方式：11—中间手柄式，12—侧方正面杠杆操作机构式，13—中间正面杠杆操作机构式，14—侧面操作手柄式

表示刀开关类型：HD—单投刀开关，HS—双投刀开关

(2) 技术数据见表5-36。

表 5-36

刀开关分类表

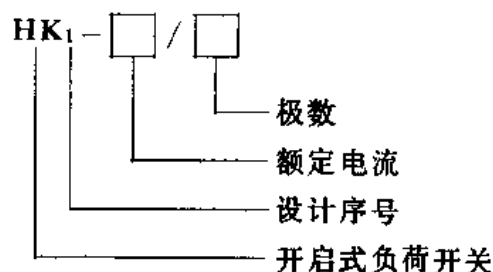
序号	刀开关结构类型	转换方向	极数	额定电流(A)	系列型号
1	中间正面杠杆操作机构式刀开关 (装有灭弧室)	单投	1、2、3	100,200,400,600,1000	HD13-□/□1
		双投	1、2、3	100,200,400,600,1000	HS13-□/□1
2	中间正面杠杆操作机构式刀开关 (不装灭弧室)	单投	1、2、3	100,200,400,600,1000,1500	HD13-□/□0
		双投	1、2、3	100,200,400,600,1000	HS13-□/□0
3	侧方正面杠杆操作机构式刀开关 (装有灭弧室)	单投	2、3	100,200,400,600,1000	HD12-□/□1
		双投	2、3	100,200,400,600,1000	HS12-□/□1
4	侧方正面杠杆操作机构式刀开关 (不装灭弧室)	单投	2、3	100,200,400,600,1000,1500	HD12-□/□0
		双投	2、3	100,200,400,600,1000	HS12-□/□0
5	侧面手柄式(装有灭弧室)	单投	3	100,200,400,600	HD14-□/31
6	侧面手柄式(不装灭弧室)	单投	3	100,200,400,600	HD14-□/30
7	中间手柄式	单投	1、2、3	100,200,400	HD11-□/□8
8	中间手柄式	单投	1、2、3	100,200,400,600,1000	HD11-□/□9
		双投	1、2、3	100,200,400,600,1000	HS11-□/□

2. 开启式负荷开关

又称胶盖瓷底刀开关，有HK₁、HK₂、HK₁-P等系列，可作为分支线路的配电开关，

也可用于10kW及以下的异步电动机的直接起动,但这时开关的额定电流应为电动机额定电流的3~4倍。

(1) 型号说明。



(2) 技术数据见表5-37。

表 5-37 部分开启式负荷开关技术数据

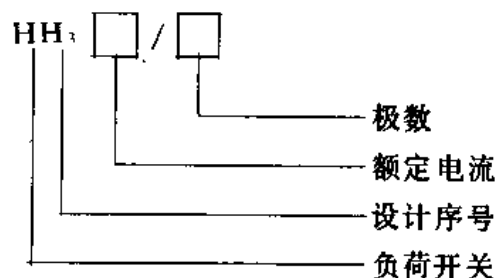
型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极 数	电动机容量 (kW)	熔体线径 (mm)	参考价 (元)	生 产 厂
HK ₁ -15/2	220	15	2	1.5	1.45~1.59	3.4	无锡低压开关厂
HK ₁ -30/2	220	30	2	3.0	2.3~2.52		
HK ₁ -60/2	220	60	2	4.5	3.36~4		
HK ₁ -15/3	380	15	3	2.2	1.45~1.50	6.0	包头开关厂
HK ₁ -30/3	380	30	3	4.0	2.3~2.52		
HK ₁ -60/3	380	60	3	5.5	3.36~4		
HK ₂ -10/2	250	10	2				沈阳红星开关厂
HK ₂ -15/2	250	15	2				
HK ₂ -30/2	250	30	2				
HK ₂ -15/3	500	15	3			6.0	长沙电器厂
HK ₂ -30/3	500	30	3				
HK ₂ -60/3	500	60	3				

注 刀开关的熔丝不随产品供应。

3. 负荷开关

又称铁壳开关,有HH₃等系列,作为手动不频繁接通与分断有负载电路、起动与分断电动机以及线路末端的短路保护之用,也可用于28kW及以下电动机的直接起动,但选用时开关的额定电流应为电动机额定电流的3~4倍。

(1) 型号说明。



(2) 技术数据见表5-38。

表 5 38

HH₃铁壳开关技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极 数	熔体额定电流 (A)	参 考 价 (元)
HH ₃ -15/2	250	15	2	6、10、5	11
HH ₃ -15/3	500	15	3	6、10、5	17
HH ₃ -30/2	250	30	2	20、25、30	19
HH ₃ -30/3	500	30	3	20、25、30	22
HH ₃ -60/2	250	60	2	40、50、60	34
HH ₃ -60/3	500	60	3	40、50、60	43
HH ₃ -100/2	250	100	2	80、100	55
HH ₃ -100/3	500	100	3	80、100	68
HH ₃ -200/2	250	200	2	200	82
HH ₃ -200/3	500	200	3	200	100

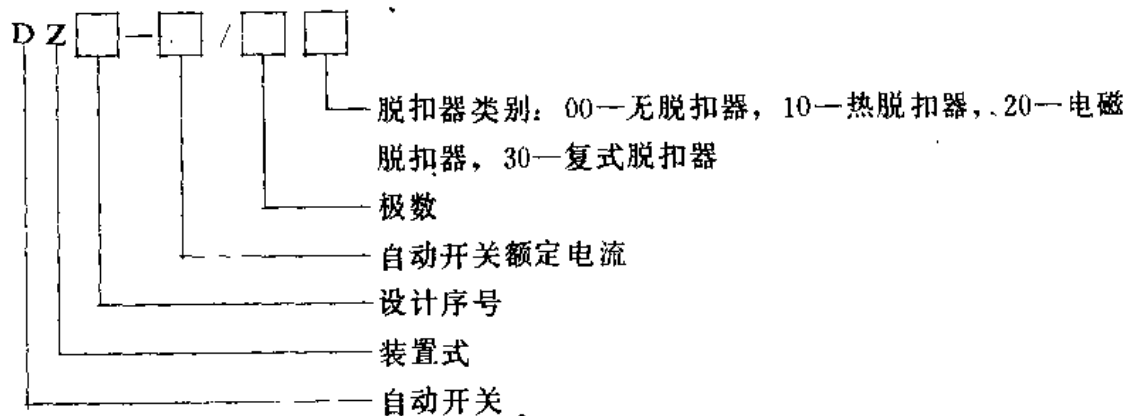
4. 自动开关

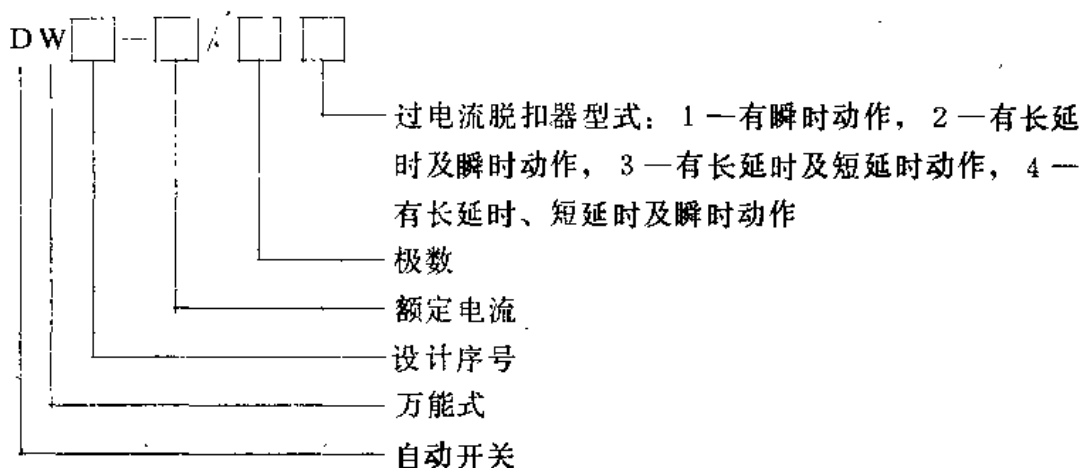
又称自动空气开关或自动空气断路器，可用于控制较大容量电动机的全压或降压启动与停车，并能对电动机实现过载、短路、失压等多功能保护。在正常工作条件下可不频繁转换电路之用。

自动开关的选用应符合以下条件：

- 1) 自动开关的额定电压不小于线路额定电压；
- 2) 自动开关的额定电流不小于线路计算负载电流；
- 3) 自动开关的脱扣器额定电流不小于线路计算的负载电流；
- 4) 自动开关的极限分断能力不小于线路中最大短路电流；
- 5) 自动开关欠电压脱扣器额定电压等于线路额定电压。

(1) 型号说明。





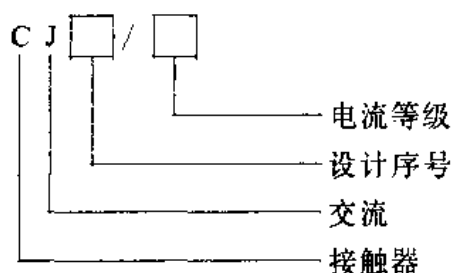
(2) 技术数据见表5-39。

5. 交流接触器

常用的有CJ₁₀、CJ₁₂等系列，供远距离接通与分断电路之用，并适用于频繁控制鼠笼型电动机直接起动和运转状态下的断开。

交流接触器的型号主要根据控制主回路的额定电压与电流来选用，接触器吸引线圈的额定电压根据控制电路的电压选择。

(1) 型号说明



(2) 技术数据见表5-40。

6. 低压熔断器

常用RT₀、RM₇、RC_{1A}、RL₁等系列，用于交流额定电压至500V的电力网络及电气设备的短路过载保护。

熔断器的选用必须做到：熔断器的电压等级与电网电压相符；用于配电系统时，熔断器要能分断系统可能出现的最大故障电流；用于电动机的保护时，为避免电动机起动过程中熔断，熔体的额定电流一般取为

$$I_e = I_d / (2.5 \sim 3)$$

式中 I_e ——熔体额定电流；

I_d ——电动机起动电流。

(1) 型号说明。

表 5-39

常用自动开关主要技术数据

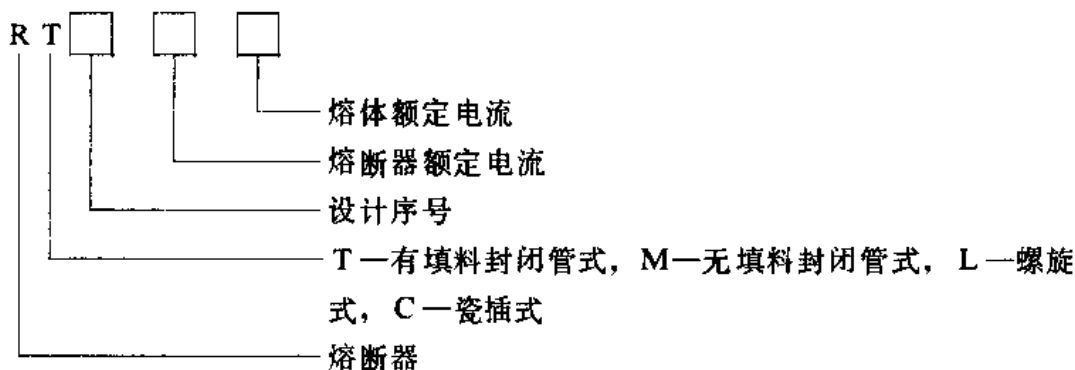
类别	型号	额定 电流 (A)	机械寿命 电寿命 (万次)	过电流脱 扣器范围 (A)	通 断 能 力						参考价 (元)	备 注
					交 流			直 流				
					电压 (V)	电流(kA) (有效值)	cos ϕ	电压 (V)	电流 (kA)	时间常数 (s)		
柜	DW ₁₀	200		100~200		10			10		258	交流电磁启动 电动操作 交流电动
		400		100~400		15		15		323		
		600	1/0.5	400~600	380	15	0.4	440	15	0.01	358	
		1000		400~1000		20		20		995		
		1500		1000~1500		20		20		995		
架	DW ₁	400	1/0.5	200~400		20					1000~1350	电磁操作 电动操作
		1000	1/0.5	400~1000	380	40	0.4	440	40	0.01	1900~2500	
		1500	1/0.5	1000~1500		40			40		2100~2700	
式	DW ₁₅	200	2/1	100~200	380	20/0.4 ^①	0.35					
					660	10	0.3					
		400	1/0.5	200~400	380	25/0.8 ^①	0.35					
					660	15	0.30					
					1140	10	0.30					
		600	1/0.5	300~600	380	30/12 ^①	0.35					
			660	20	0.30							
			1140	12	0.3							
新系列	1000	1/0.5	100~1000	380	40/30 ^①	0.3						
	1500	1/0.25	1500		40/30	0.3						
塑 料 外 壳	DZ ₁₀	100	1/0.5	15~20		7			7		36~48	通断能力的电 流为峰值
				25~50		9			9		80~110	
		250	0.8/0.4	100~250	380	12	0.4	220	12	0.01	170~260	
		600	0.7/0.2	200~600		50			25			
式	DZ ₅	10		0.5~10	单相 220	1					8	
		25		0.5~25	单相 220	2					10	
		20	5/5	0.15~20	380	1.2	0.7	220	1.2	0.01	35	
		50	2.0/1.2	10~50	380	1.2					53	

① 分子指瞬时值, 分母指延时值。

表 5 40 接触器技术数据

型 号	触头额 定电压 (V)	主触头额 定电 流 (A)	辅助触头 额定电流 (A)	可控制三相异步电 动机的最大功率 (kW)				额定操 作频率 (次/h)	通 电 率	线圈功率 (VA)	
				127V	220V	380V	500V			起动	吸持
				CJ ₀ -10	500	10	5			1.5	2.5
CJ ₀ -20	500	20	5	3	5.5	10	10	18	连续	156	33
CJ ₀ -40	500	40	5	6	11	20	25	25	连续	280	33
CJ ₀ -75	500	75	5	13	22	47	47	70	连续	630	74
CJ ₁₀ -10		10	5		2.2	4	4	13		65	11
CJ ₁₀ -20		20	5		5.5	10	10	18		140	22
CJ ₁₀ -40		40	5		11	20	26	25		230	31
CJ ₁₀ -60		60	5		17	30		60		495	70
CJ ₁₀ -100		100	5		29	50		85		760	105
CJ ₁₀ -150		150	5		47	75		130		950	110

注 线圈的额定电压有36、127、220、380V四种，可根据需要选用其中一种。



(2) 主要技术数据见表5-41。

(二) 起动与频敏变阻器

专门用于控制鼠笼型异步电动机起动、停止的电器简称起动器。除少数手动起动器外，大多由通用型的接触器、热继电器、控制按钮等电器元件按一定的方式组合而成，并具有过载、短路、失压等保护功能。

绕线式异步电动机的起动器有频敏变阻器和起动变阻器，一般尽量选用频敏变阻器，因为它是一种无触点电磁元件，只需一组变阻器即可实现电动机的无级起动。

常用的起动器和频敏变阻器的分类、特点及用途见表5-42。

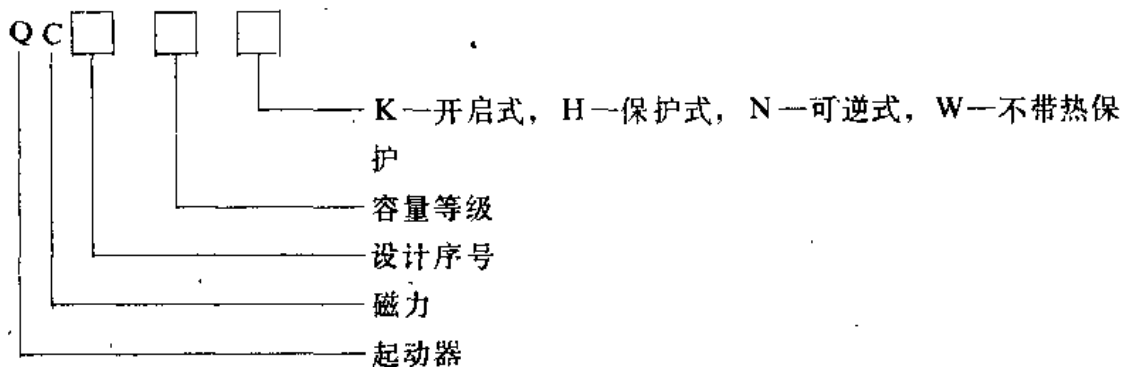
起动器中以磁力起动器应用较多，BP₁系列频敏变阻器中以轻载起动的应用较多。频敏变阻器规格的选择主要根据电动机的额定功率以及转子的额定电流。

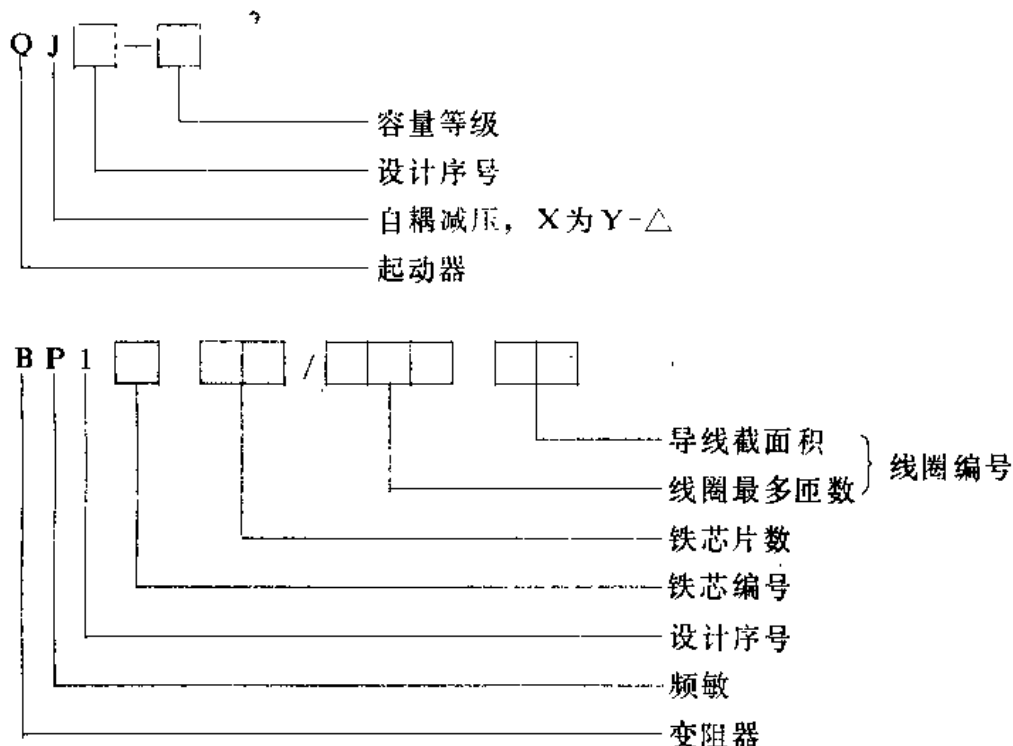
1. 型号说明

表 5-41

熔断器主要技术数据

名称	型号	额定电流 (A)	熔体额定电流 (A)	最大分断能力 (kA)	参考价 (元)	备注
有填料封闭 管式熔断器	RT ₀ -100	100	30、40、50、60、80、100	50	8.50	括号内的等级尽量不用
	RT ₀ -200	200	(80)、(100)、120、150、200	50	12.50	
	RT ₀ -400	400	(150)、(200)、250、300、350、400	50	19.50	
	RT ₀ -600	600	(350)、(400)、450、500、550、600	50	27.50	
	RT ₀ -1000	1000	700、800、900、1000	50		
无填料封闭 管式熔断器	RM ₁₀ -15	15	6、10、15	1.2		
	RM ₁₀ -60	60	10、20、25、35、45、60	3.5		
	RM ₁₀ -100	100	60、80、100	10		
	RM ₁₀ -200	200	100、125、160、200	10		
	RM ₁₀ -350	350	200、225、260、300、350	10		
	RM ₁₀ -600	600	350、430、500、600	10		
无填料封闭 管式熔断器	RM ₇ -15	15	6、10、15	2		
	RM ₇ -60	60	15、20、25、30、40、50、60	5		
	RM ₇ -100	100	60、80、100	20		
	RM ₇ -200	200	100、125、160、200	20		
	RM ₇ -400	400	200、240、260、300、350、400	20		
	RM ₇ -600	600	400、450、500、560、600	20		
螺旋式 熔断器	RL ₁ -15	15	2、4、5、6、10、15	6	1.18	
	RL ₁ -60	60	20、25、30、35、40、50、60	6	2.08	
	RL ₁ -100	100	60、80、100	20	10.00	
	RL ₁ -200	200	100、125、150、200	50	25.00	
插入式熔断器	RC _{1A} -5	5	2、4	0.3	0.38	主要用在低压 电路末端，作为 电气设备的短路 保护
	RC _{1A} -10	10	2、4、6、10	0.5	0.53	
	RC _{1A} -15	15	6、10、15	0.5	0.79	
	RC _{1A} -30	30	20、25、30	1.5	1.08	
	RC _{1A} -60	60	40、50、60	3	2.10	
	RC _{1A} -100	100	80、100	3	3.00	
	RC _{1A} -200	200	120、150、200	3	9.72	





2. 技术数据见表5-42至表5-44

表5-43 常用起动器主要技术数据

名称	型号	380 V控制电动机最大功率 (kW)	操作频率	最长起动时间 (s)	参考价(元)/被控电动机容量 (kW)	生产厂
磁力起 动器	QC ₄	4、10、20、30、50、75	不带热继电器的为600次/h, 带热继电器的为30次/h		(32~60)/4	
	QC ₁₀	2.2、4、10、20、30、50、75			(40~75)/10	
	QC ₁₂				(50~95)/20 (98~160)/30 (130~271)/50 (198~388)/75	
Y-Δ 起动器	(手动) QX ₁	13、30	二次操作间隔为120s	13kW为15,	23/13 54/30	
	(自动) QX ₃		30次/h, 二次操作间隔为90s		30kW为25	
自耦减压 起动器	(手动) OJ ₁	10、14、20、28、40、55、75	二次操作间隔为4h	60	520/14、580/20、 700/28、1000/40	
	(自动) XJ ₀₁	14、20、28、40、55、75		120		

注 1. 磁力起动器的参考价QC₄数据, 下限为不可逆开启式起动器价格, 上限为具有热继电器的保护式可逆起动器价格, 其余型号起动器的价格介于两者之间;
2. 自动Y-Δ起动器的价格中, 小值为开启式起动器价格, 大值为保护式起动器价格。

表 5-42 起动器的分类及用途

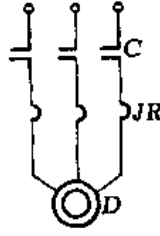
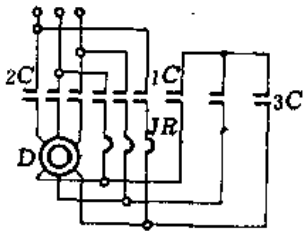
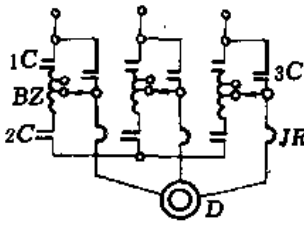
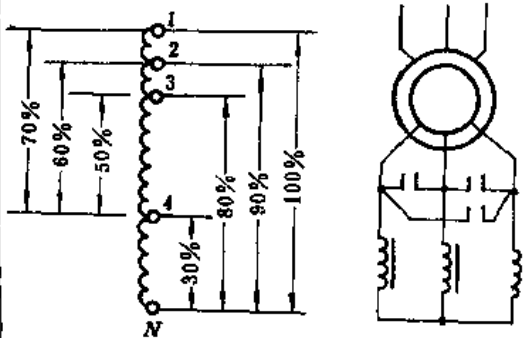
分类名称	原理	接线图	特点	用途
全压直接 起动器	电磁		<p>采用一般型交流接触器、热继电器、控制按钮等标准元件组合而成。带有外壳，可逆式有电气及机械联锁</p>	<p>供远距离频繁控制三相鼠笼型异步电动机的直接起动、停止及可逆转换，并具有过载、断相及失压保护作用</p>
	手动		<p>采用不同外缘形状的凸轮或按钮操作的锁扣机构来完成线路的分合动作。可带有热继电器、失压脱扣器、分励脱扣器</p>	<p>供不频繁控制三相鼠笼型异步电动机的直接起动、停止，可具有过载、断相及欠压保护作用</p> <p>由于其结构简单、价格低廉、操作不受电网电压波动影响，故特别适于广大农村使用</p>
减压 起动器	Y-Δ		<p>采用一般型交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等标准元件组合而成，有保护外壳，接触器主触头、热元件多接于三角形联接的内部</p>	<p>供三相鼠笼型异步电动机作Y-Δ起动及停止用，并具有过载、断相及失压保护作用。在起动过程中，时间继电器能自动地将电动机定子绕组由星形转换为三角形联接</p>
	手动		<p>采用不同外缘形状的凸轮使数个结构完全相同的触头组件按规定的顺序分合，实现电动机定子绕组的Y-Δ转换。有定位装置、防护外壳，一般无过载及失压保护</p>	<p>供三相鼠笼型异步电动机作Y-Δ起动及停止用</p>
自耦 减压 起动器	自动		<p>采用一般型交流接触器、热继电器、时间继电器、控制按钮等标准元件与自耦变压器组合而成。利用自耦变压器降低电源电压，以减小起动电流。借自耦变压器的不同抽头可调节起动电流及起动转矩</p>	<p>供三相鼠笼型异步电动机作不频繁地降压起动及停止用，并具有过载、断相及失压保护作用</p>
	手动		<p>起动器由起动触头、运转触头、手动操作机构、自耦变压器、保护元件、箱体等组成。利用自耦变压器降低电源电压以减小电动机的起动电流。有油浸式和空气式两种</p>	
频敏变阻器			<p>由铁芯及绕组两大部分组成，类似于三相变压器。频敏变阻器利用绕线型异步电动机在起动时转子回路的频率变化而自动地改变阻抗值</p>	<p>供三相绕线型异步电动机起动</p>

表5-44 滑环电动机配用BP₁型变阻器选用表

电 动 机		轻 载 起 动 时		半 载 起 动 时		重 载 起 动 时	
额定功率 (kW)	转子额定 电流(A)	型 号	单 价 (元)	型 号	单 价 (元)	型 号	单 价 (元)
46~55	64~80	BP ₁ -205/12504	200	BP ₁ -210/8006	250	BP ₁ -210/6308	250
	81~100	BP ₁ -205/10005		BP ₁ -210/6308		BP ₁ -210/5010	
	101~125	BP ₁ -205/8006		BP ₁ -210/5010		BP ₁ -210/4012	
	126~160	BP ₁ -205/6308		BP ₁ -210/4012		BP ₁ -210/3216	
56~70	126~160	BP ₁ -206/6308	210	BP ₁ -212/4012	270	BP ₁ -212/3216	270
	161~200	BP ₁ -206/5010		BP ₁ -212/3216		BP ₁ -212/2520	
	201~250	BP ₁ -206/4012		BP ₁ -212/2520		BP ₁ -212/2025	
	251~315	BP ₁ -206/3216		BP ₁ -212/2025		BP ₁ -212/1632	
71~90	161~200	BP ₁ -208/5010	230	BP ₁ -305/5016	320	BP ₁ -305/4020	320
	201~250	BP ₁ -208/4012		BP ₁ -305/4020		BP ₁ -305/3225	
	251~315	BP ₁ -208/3216		BP ₁ -305/3225		BP ₁ -305/2532	
	316~400	BP ₁ -208/2520		BP ₁ -305/2532		BP ₁ -305/2040	
91~115	161~200	BP ₁ -210/5010	250	BP ₁ -306/5016	340	BP ₁ -306/4020	340
	201~250	BP ₁ -210/4012		BP ₁ -306/4020		BP ₁ -306/3225	
	251~315	BP ₁ -210/3216		BP ₁ -306/3225		BP ₁ -306/2532	
	316~400	BP ₁ -210/2520		BP ₁ -306/2532		BP ₁ -306/2040	

注 生产厂家有上海起重电器厂、天津第三开关厂等。

(三) 导线

导线亦称电线。屋外一般用裸导线，常用的有单股铜线(TY型)、硬铜绞线(TJ型)、硬铝绞线(LJ型)、铜芯铝绞线(LGJ型)和钢线(G型)等。屋内多用绝缘导线，常用的有聚氯乙烯绝缘电线(BV铜芯或BLV铝芯)和氯丁橡皮绝缘电线(BX铜芯或BLX铝芯)。

1. 导线种类、用途及规格 (表5-45至表5-48)

表5-45 导线种类及主要用途

分 类	名 称	型 号	主 要 用 途
裸 导 线	铜 线	TY	供制造电力输配及电话通讯等架空线路用 低压及高压架空输电用 (同上) 需要提高拉力强度的架空输电用 1. 小容量输配电线路导线 2. 架空地线、接地装置及避雷线等 (同上)
	铜 绞 线	TJ	
	铝 绞 线	LJ	
	铜芯铝线	GLJ	
	钢(铁)线	G	
	钢 绞 线	GJ	
绝 缘 导 线	220 V 铜芯橡皮线	BX-200	接户装置及电灯装置 低压配电装置及电气仪表接线 (同上) (同上) (同上)
	500 V 铝芯橡皮线	BLX-500	
	500V 铜芯橡皮线	BX-500	
	铝 芯 塑 料 线	BLV	
	铜 芯 橡 皮 线	BV	

表 5-46

裸导线规格表

标 号	导线截面积 (mm ²)	导线股数及 每股直径 (mm)	导线直径 (mm)	电 阻 (Ω/km)	容许电流 (A)	重 量 (kg/km)	每吨导 线长度 (m)	参考价格 (元/t)
TJ-4	3.9	1×2.24	2.24	4.65	50	35		6980
TJ-6	5.72	1×2.73	2.73	3.06	70	52		6910
TJ-10	9.60	1×3.53	3.53	1.84	95	81		6850
TJ-16	15.89	7×1.68	5.0	1.20	130	143	6990	
TJ-25	24.25	7×2.24	6.30	0.71	180	220	4500	
TJ-35	34.36	7×2.49	7.50	0.54	220	310	3230	
TJ-50	49.48	7×2.97	8.90	0.39	270	440	2270	
TJ-70	67.00	19×2.14	10.60	0.28	340	613	1630	
TJ-95	92.00	19×2.49	12.4	0.20	415	838		
TJ-120	117.00	19×2.80	11.0	0.158	485	1069		
TJ-150	148.07	19×3.15	15.8	0.123	570	1324		
TJ-185	181.60	37×2.49	17.5	0.103	645	1630		
TJ-240	236.02	37×2.84	20.0	0.078	770	2105		
TJ-300	288.34	37×3.15	22.1	0.062		2642		
TJ-400	389.15	37×3.66	25.6	0.047		3522		

铜

铝

LJ-16	15.89	7×1.70	5.1	1.98	105	44	23200	4210
LJ-25	24.25	7×2.11	6.3	1.28	135	68	15100	4160
LJ-35	34.36	7×2.50	7.5	0.92	170	95	10600	4140
LJ-50	49.48	7×3.00	9.0	0.64	215	136	7400	4050
LJ-70	68.90	7×3.54	10.6	0.46	265	191	5340	4050
LJ-95	94.50	7×4.19	12.4	0.34	325	257	3820	4000
LJ-120	117.00	19×2.80	11.0	0.27	375	323	3100	4120

表 5-47

橡皮绝缘导线规格表

线芯标称截面积 (mm ²)	导 电 线 芯		电线外径 (mm)	电线重量 (kg/km)	参考价格 (元/km)
	铜线根数	单线直径 (mm)			

BX铜芯橡皮线, 电压 500V

0.75	1	0.97	4.5	23	
1.0	1	1.13	4.7	26	
1.5	1	1.37	4.9	32	165
2.5	1	1.76	5.3	41	210
4.0	1	2.24	5.8	61	300
6.0	1	2.73	6.3	81	435
10	7	1.33	8.3	138	620
16	7	1.68	9.8	202	1080
25	7	2.11	11.6	309	1600
35	7	2.49	13.0	411	2400
50	19	1.81	15.1	574	3200
70	19	2.14	16.9	774	4500
					6200

续表

线芯标称截面积 (mm ²)	导 电 线 芯		电线外径 (mm)	电线重量 (kg/km)	参考价格 (元/km)
	铜线根数	单线直径 (mm)			
95	19	2.49	19.3	1037	7900
120	37	2.01	22.1	1279	9200
150	37	2.24	24.2	1583	11200
185	37	2.49	26.6	1950	13400
240	61	2.21	29.8	2502	18000
300	61	2.47	36.8	3106	23000
400	61	2.85	37.0	4091	29500

BLX铝芯橡皮线, 电压 250 V

2.5	1	1.76	4.9	19.0	115
4.0	1	2.24	5.4	24.4	150

BLX铝芯橡皮线, 电压 500 V

2.5	1	1.76	5.3	26.9	
4.0	1	2.24	5.8	33.9	
6.0	1	2.73	6.3	45	200
10	7	1.33	8.3	68	350
16	7	1.68	9.8	119	480
25	7	2.11	11.6	167	660
35	7	2.49	13.0	206	880
50	19	1.81	15.1	278	1150
70	19	2.14	16.9	411	1550
95	19	2.49	19.3	554	2000
120	37	2.01	22.1	627	2500
150	37	2.24	24.2	740	3150
185	37	2.49	26.6	905	3900
240	61	2.21	29.8	1149	4800
300	61	2.47	32.8	1383	5700
400	61	2.85	37.0	1830	7200

表 5-48

聚氯乙烯绝缘导线规格表

线芯标称截面积 (mm ²)	导 电 线 芯		电线外径 (mm)	电线重量 (kg/km)	参考价格 (元/km)
	线根数	单线直径 (mm)			

BV型铜芯塑料线, 电压 500 V

0.75	1	0.97	2.8	15.13	105
1.0	1	1.13	3.0	18.19	120
1.5	1	1.37	3.3	23.45	155
2.5	1	1.76	4.2	37.17	230
4.0	1	2.24	4.8	54.21	330
6.0	1	2.73	5.2	72.93	475
10	7	1.33	6.6	124.15	845
16	7	1.68	8.1	185.06	1280

续表

线芯标称截面积 (mm ²)	导 电 线 芯		电线外径 (mm)	电线重量 (kg/km)	参考价格 (元/km)
	线根数	单线直径 (mm)			
25	7	2.11	10.1	285.29	1900
35	7	2.49	11.2	283.64	2570
50	19	1.81	13.2	540.25	3700
70	19	2.14	15.2	734.04	5230
95	19	2.49	17.1	987.03	6650

BLV型铝芯塑料线, 电压500V

2.5	1	1.76	4.2	21.94	95
4.0	1	2.24	4.8	28.54	120
6.0	1	2.73	5.2	36.30	165
10	7	1.33	6.6	56.44	300
16	7	1.68	8.1	87.04	400
25	7	2.11	10.1	130.16	570
35	7	2.49	11.2	168.32	760
50	19	1.81	13.2	231.01	1000
70	19	2.14	15.2	302.32	1350
95	19	2.49	17.1	402.58	1800

2. 导线选择的一般原则

导线截面积对于电力负荷为长期工作制的供电线路,按0.5小时最大负荷来选择;对于电力负荷为长期工作制的用电设备,按用电设备的额定电流来选择。

常用绝缘导线的安全载流量见表5-49~表5-52。橡皮线线芯允许工作温度为+65℃,塑料线线芯允许工作温度为+70℃。

表5-49 橡皮绝缘电线空气中敷设长期负载下的载流量

标称截面积 (mm ²)	载 流 量 (A)							
	铝 芯				铜 芯			
	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0.75					18	17	16	14
1.0					21	20	18	17
1.5					27	25	23	21
2.5	27	25	23	21	35	33	30	28
4	35	33	30	28	45	42	39	36
6	45	42	39	35	58	54	50	46
10	60	61	56	51	85	79	71	67
16	85	79	71	67	110	103	95	87
25	110	103	95	87	145	135	125	114
35	138	129	119	109	180	168	156	142
50	175	163	151	138	230	215	199	182
70	220	206	190	174	285	266	246	225
95	265	248	229	208	345	322	298	272
120	310	290	268	244	400	374	346	316
150	360	336	311	284	470	440	406	371

续表

标称截面积 (mm ²)	载 流 量 (A)							
	铝 芯				铜 芯			
	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃
185	420	393	363	332	540	505	467	427
240	510	477	441	403	660	617	570	522
300	600	560	519	474	770	720	666	608
400	730	682	631	576	940	878	813	742

注 1. 橡皮绝缘低压电缆(如XQ、XLQ、XV及XLV等)的载流量可参考本表的数值;
2. 本表为单根敷设时的载流量。

表5-50 橡皮绝缘电线穿管敷设长期负载下的载流量

标 称 截面积 (mm ²)	载 流 量 (A)											
	铁 管						塑 料 管					
	二 根		三 根		四 根		二 根		三 根		四 根	
	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯
1		16		15		14		13		12		10
1.5	14	19	13	17	12	16		15		14		13
2	16	21	14	18	13	17		18		16		15
2.5	21	28	20	27	18	25	17	22	16	21	15	19
3	23	31	21	29	20	26	20	26	18	23	17	21
4	31	41	27	35	24	32	25	33	22	29	20	27
5	33	45	30	39	27	36	28	36	25	32	22	30
6	37	47	33	44	30	39	31	40	28	37	25	33
8	46	60	42	52	36	46	38	50	32	44	28	40
10	55	73	45	60	39	52	46	62	38	51	33	45
16	65	86	59	77	43	68	57	74	50	66	45	59
20	80	105	71	96	62	85	68	90	61	80	53	74
25	88	115	80	105	70	90	77	100	70	91	61	80
35	100	135	90	115	87	110	93	120	80	105	79	100
50	135	175	115	150	95	117	120	157	105	135	85	110
70	165	220	150	190	130	170	150	195	135	175	120	155
95	200	260	185	240	160	210	180	230	165	220	145	190
120	234	305	199	260	186	245	220	290	190	250	180	230
150	267	342	237	307	215	278	250	320	220	290	200	270

表5-51 塑料绝缘电线空气中敷设长期负载下的载流量

标称截面积 (mm ²)	载 流 量 (A)							
	铝 芯				铜 芯			
	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃
0.75					16	15	14	13
1.0					19	18	16	15
1.5	19	18	16	15	21	22	21	19
2.5	25	23	21	19	32	30	28	25
4	32	30	28	25	42	39	36	33

续表

标称截面积 (mm ²)	载 流 量 (A)							
	铝 芯				铜 芯			
	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃
6	42	39	36	33	55	51	48	43
10	59	55	51	47	75	70	65	59
16	80	75	69	63	105	98	91	85
25	105	98	91	83	138	128	119	109
35	130	121	112	103	170	159	147	134
50	165	154	143	130	215	201	186	170
70	205	192	178	159	265	248	229	209
95	250	234	216	197	325	304	281	256

注 1. VLV、VV型电力电缆的载流量可参考绝缘电线的载流量；
2. 本表为单根敷设时的载流量。

表5-52

塑料绝缘电线穿管敷设长期负载下的载流量

标 称 截面积 (mm ²)	载 流 量 (A)											
	铁 管						塑 料 管					
	二 根		三 根		四 根		二 根		三 根		四 根	
	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯	铝芯	铜芯
1		17		16		15		13		12		11
1.5	14	20	13	18	12	17		16		15		14
2	17	23	14	19	13	18		20		18		16
2.5	22	29	21	28	19	26	18	24	17	22	16	20
3	25	33	23	30	21	28	22	28	20	25	18	23
4	33	43	28	37	26	34	27	35	24	30	20	28
5	35	48	32	42	28	38	30	38	26	34	23	31
6	39	50	35	46	32	42	33	42	29	40	27	35
8	49	64	44	55	39	49	40	53	34	47	30	42
10	58	77	48	63	42	55	48	66	41	54	35	47
16	69	90	62	82	45	73	60	78	53	70	48	62
20	85	110	76	100	66	90	74	97	65	84	56	77
25	93	120	85	110	74	96	82	110	75	98	65	85
35	110	140	95	125	93	120	98	128	86	110	84	86
50	140	165	120	160	100	125	128	165	110	145	90	107
70	175	230	160	200	140	183	158	200	144	185	128	163
95	210	270	200	260	170	220	190	248	176	230	155	200
120	246	315	215	282	197	258	235	300	200	265	190	250
150	278	356	256	332	228	294	265	340	240	310	220	280

喷 灌 机

喷灌机是将喷洒器、输水管道、水泵、动力机、机架及移动部件等按一定配套方式组合，并在机械、水力、运用性能等方面符合要求的一种灌水机械。

第一节 喷 灌 机 的 种 类

喷灌机根据支管移动方式、动力和控制面积的大小、喷洒特征、结构性能，可分成不同的类别。目前我国习惯上分成定喷式和行喷式两大类共12种机型。

(一) 定喷式

- (1) 手提式喷灌机；
- (2) 手抬式喷灌机；
- (3) 手推车式喷灌机；
- (4) 人工移管式喷灌机；
- (5) 拖拉机悬挂式喷灌机；
- (6) 拖拉机牵引式喷灌机；
- (7) 滚移式喷灌机。

(二) 行喷式

- (8) 双悬臂式喷灌机；
- (9) 绞盘式喷灌机；
- (10) 中心支轴式喷灌机；
- (11) 平移式喷灌机；
- (12) 平移——回转式喷灌机。

定喷式喷灌机是指停在一个固定位置上进行喷洒工作的喷灌机，一个位置喷完后，喷灌机或支管要按设计要求移动一定距离，到一个新位置后再进行喷灌，以达到在全部面积上轮灌的目的。

行喷式喷灌机和定喷式喷灌机正相反，即喷灌机在进行喷洒工作的同时也在移动其位置。

12种机型中，除了前3种控制面积较小外，其余控制面积可大可小，即同类喷灌机型中，可包括大、中、小等多种规格品种。

上述喷灌机目前我国均已研制，多数已批量或小批量投产。全国喷灌机保有量达30余万台，其中手抬式、手推车式等轻小型喷灌机占90%左右。对于一些较大型的喷灌机，由于某些原因，目前暂时停产，但已积累了生产经验，有足够的技术贮备和较好的生产基础，

一旦用户需要，即可在短期内投产。因此，对这些喷灌机仍就其主要技术经济参数和生产厂家加以简单介绍。

第二节 定喷式喷灌机

一、手提式喷灌机

手提式（包括背负式）喷灌机是一种可由一个人搬移的微型喷灌设备。它的结构简单，搬移轻便，安装操作容易，能用低压电源（220V），工作压力低，耗能少，价格低，能充分利用小水源。缺点是在无电源地区使用较困难；采用折射式喷头时一般喷灌强度较大。

手提式喷灌机是近几年适应我国经济体制变革发展起来的，它适合农村个体户、专业户使用，可用于小面积蔬菜和经济作物（如木耳、人参等）的喷灌，也可用于喷灌庭院绿地。若喷灌大田作物，一台手提式喷灌机可控制4~8亩。

每台参考售价400~600元。

1.YL微型高速泵配低压喷头机组

机组由微型电动机、微型高速离心泵、手压泵、管道、低压或低强度喷头、支架等部分组成（图6-1）。

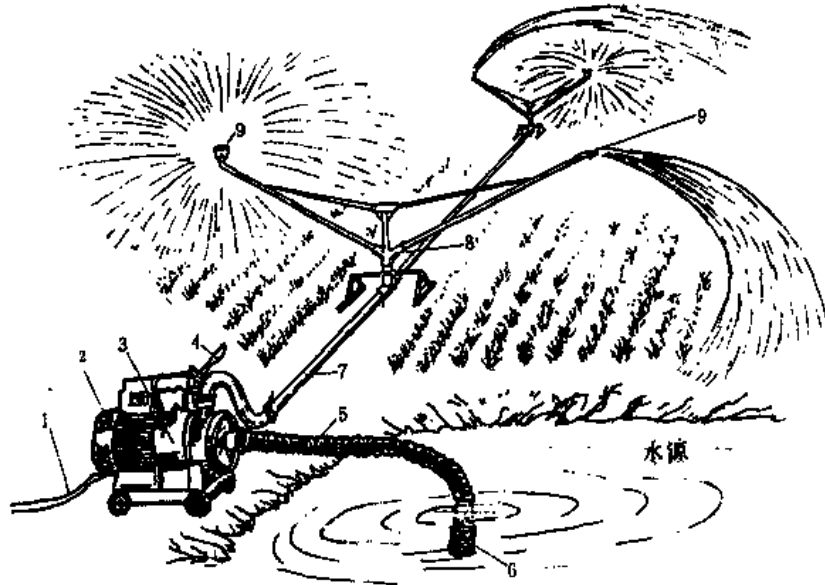


图 6-1 YL微型高速泵手提式喷灌机外形图

1—输电线；2—微型电动机；3—增速箱与高速离心泵；4—手压泵；5—进水软管；
6—滤网；7—输水管；8—喷头支架；9—喷头

出厂时，电动机和高速离心泵组装在一起，一般用一个增速小齿轮箱联结，整体性很好，有提手柄便于携带，进、出水管用螺纹联结，使用方便，但这种高速微型水泵机组效率偏低。

在喷头支架上，可同时装两个折射式喷头，也可一边装一个折射式喷头，另一边管端

装一个斜射喷嘴，利用反作用力使喷管绕支架轴旋转。这样可以增大控制范围，并改善喷洒质量。除折射式喷头外，还可以采用低压低强度射流式喷头，如PY₁20、PY₁10等。

使用时，将微型泵安放在水源边，接上电源和管道，装好喷头支架，即可开机喷洒。一个位置喷完后，移动管道喷洒相邻位置（考虑喷洒湿润圆有一定量的搭接）。喷洒完毕后，将管道和支架收叠在一起提回。

如果使用井水源，水位埋深超过了水泵吸程时，可考虑将微型泵安放在吊架上吊入井中，用一段软管接出地面，再接金属快速联接管（图 6-2）。

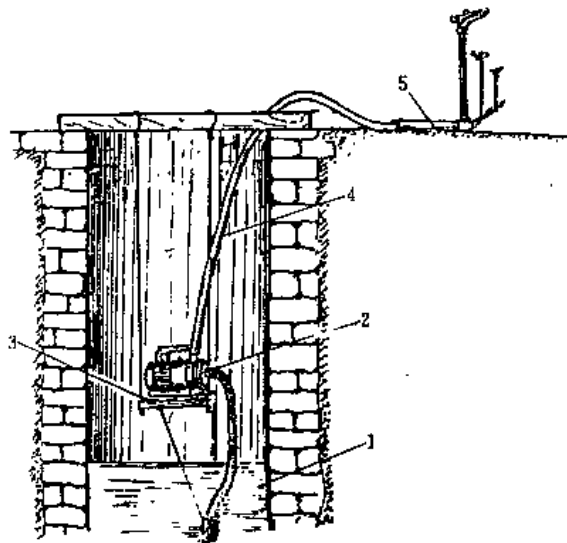


图 6-2 微型泵吊入浅井中工作图

1—机井； 2—微型泵； 3—吊架； 4—锦罗软管； 5—金属管

2. 7/8"BP-20微型喷灌机

由BD771型单相微电机、7/8"（22、23mm）微型喷灌离心泵、手压泵、PE输水管及多种微型喷头组成（图 6-3）。

该机组管路系统用快速接头连接，可按用户需要采用固定、半固定或全移动形式使用。本机组已小批量生产，并用于辽宁和山西等省的个体户小块地喷灌。若用于蔬菜喷灌，按3天轮灌一次，一台机组控制面积可达6亩左右，年运行费用每亩仅3.75元。

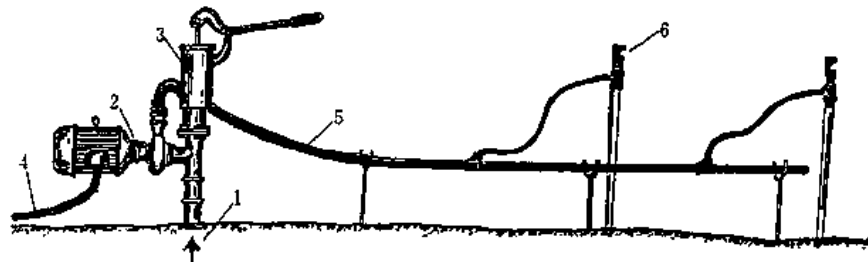


图 6-3 7/8"BP-20 微型喷灌机外形图

1—井或其它水源； 2—微型电动机水泵机组； 3—手压泵；
4—电线； 5—输水管； 6—微型喷头

3. WB微型离心泵配微型喷头机组

机组采用WB系列微型离心泵（带电动机）、各种管径的高压聚乙烯管及多种微型喷头配套而成，形式较多，参见表6-1。

这种微型机组由江苏工学院排灌机械研究所等单位 and 几个厂家共同研制生产，价格因所配水泵及管长不同而异。

中国农机研究院与河南新郑喷灌机厂共同研制了一种微型离心泵喷灌机组，装在小车或背架上，带小手压泵、电缆绕架及一个手持式喷头（图6-4），比较适于浇灌菜园和小块土地。

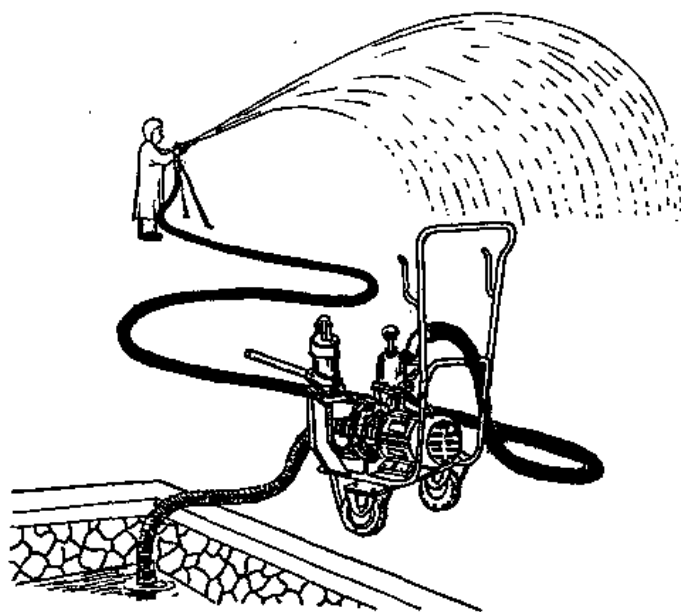


图 6-4 手持式喷头微型机组

4. 8Y1.1Q微型喷灌机

由三相异步潜水电泵、园艺喷头和管道等组成，外形见图6-5。

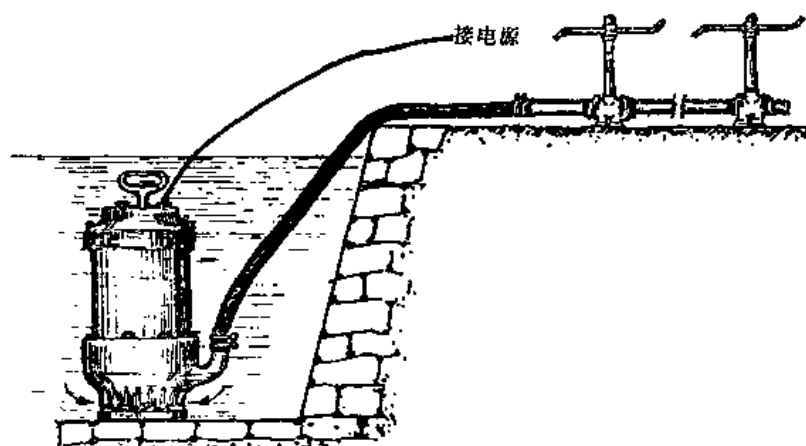


图 6-5 8Y1.1Q 微型喷灌机

潜水电泵采用两副机械密封为端面密封，O形橡胶圈加703密封胶作轴向密封，在密封腔内充满5号机油，密封性能较好。电动机装有过热保护，可避免过载烧毁的情况出现。

手提式微型喷灌机的主要技术性能见表6-1。

表6-1 几种手提式微型喷灌机主要技术性能

机 型		YL高速泵型	7/8"BP-20喷灌泵型	WB微型泵型			8Y1.1Q潜水电泵型
水 泵	型 号	YL-40-40-85	7/8"(22mm)离心泵、手压泵	WB-40-40-125	WB-10 40-120		WQB1.1-18
	流量 (m ³ /h)	6 (1.66L/s)	2~4	8	12	8	6~8
	扬程 (m)	37	15~20	20	16	16	18~20
	转速 (r/min)	6000	2900	2800			2850
动 力 机	型 号	Y90S-2 二极电动机	BD771单相微型电动机	微型电动机			微型电动机
	功率 (kW)	1.5	0.37	1.1	1.1	0.75	1.1
机泵配套形式		用 $i = 2.05$ 增速齿轮箱直联	直联	直联			直联
输水管道及其内径 (mm)		可选用下列之一： 1) 锦华加厚管 $\phi 32$ 2) 电焊钢管 $\phi 32 \times 1.2$ 3) 铝合金管 $\phi 32 \times 1.5$ 4) 普通胶管 $\phi 32 \times 2.8$	聚乙烯 (PE) 管 $\phi 15, \phi 20, \phi 25$	干管: $\phi 38$ 支管: $\phi 25, \phi 19, \phi 13$ 毛管: $\phi 4 \sim \phi 6$ 材质多为塑料管			维塑管 $\phi 40$ 长 50m, 如用园艺喷头时可再接 $\phi 12.5$ 或 $\phi 10$ 特质聚乙烯半软管 (缠在小绞盘上)
可选用的喷头 (符号及单位: p —工作压力, kPa; d —喷孔直径, mm; Q_p —喷水量, m ³ /h; R —射程, m; ρ —喷灌强度, mm/h)		1) 全圆折射式 $p = 150 \sim 250,$ $d = 3 \sim 7,$ $Q_p = 1 \sim 3,$ $R = 5 \sim 7$ 2) PY ₂₀ , 1个 3) PY ₁₀	1) 沈喷双向折射式 30~40个, $p = 100, d = 1.9, Q_p = 0.12, R = 2.4, \rho = 8.5$ 2) 8x单向折射式 15~20个, $p = 100, d = 2.2, Q_p = 0.16, R = 3.5, \rho = 16$ 3) PY _{10Sh} , 1~2个 $p = 150, d = 4 \times 3, Q_p = 1.0, R = 9, \rho = 1.7$ 4) PY _{15A} , 1~2个	1) WX水马微型喷头 2) PZW折射式等 $p = 50 \sim 150,$ $Q_p = 0.02 \sim 0.2,$ $R = 2 \sim 7$ $p = 5 \sim 10$			1) PK型反作用旋转喷管 2个, $p = 50 \sim 150, Q_p = 1.4 \sim 2, R = 5 \sim 10$ 2) PS型手扳式喷头 1个 $p = 50 \sim 150, Q_p = 1 \sim 3, R = 6$ 3) PY ₁₅ 喷头 2个, $p = 200, Q_p = 2, R = 15$
生 产 厂		河南新郑喷灌机厂 浙江新昌喷灌机厂	辽宁省水科所等	镇江中华喷灌公司 河南新郑喷灌机厂等			江苏泰州喷灌机厂
备 注		1) 机泵总重 20kg 2) 无电源时可选用 1.6 马力柴油机 (1E40F型) 3) 一般带 5m 进水管, 20m 出水管	1982年省级鉴定				机泵重 22kg 参考价格 每台 390元

二、手抬式喷灌机

手抬式喷灌机是一种两人即可搬移的轻型喷灌机，它是我国近几年生产使用最多的喷

灌机之一。其结构组成见图 6-6。

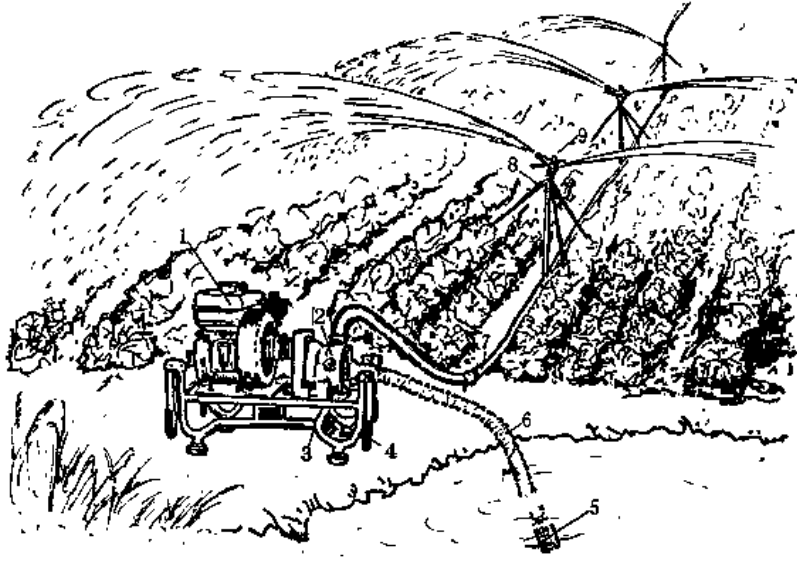


图 6-6 轻型手抬式喷灌机外形图

1—柴油机；2—自吸泵；3—机架；4—手柄；5—滤网；
6—吸水软管；7—输水管；8—支架；9—喷头

该机优点是重量较轻，结构紧凑，体积小，价格较便宜，适应性强，操作技术较简易，保养容易。缺点是移动较麻烦，机组振动较大，喷灌后因地湿不宜马上拆管，需配两组以上的管道轮换使用等。

轻型喷灌机适宜于喷洒山丘地区地形复杂或分散的较小地块。可喷灌小面积的粮食作物、蔬菜、经济作物、苗圃及果树等。选择适当的配套形式可用于各种不同的土质。

这类机型的配套动力机一般为 3~6 马力风冷柴油机或 3~5 kW 电动机，水泵采用自吸离心泵以适应经常移动的特点，两者多用联轴器直联，结构紧凑，传动效率高。水泵流量 10~20 m³/h，扬程 35~40 m。输水管道常用锦（维）塑软管、塑料硬管、薄壁金属管等，管径约 50 mm，支管长 100~200 m，喷头选用一个 PY₁ 40 喷头，或 5~6 个 PY₁ 20 喷头，或 6~8 个 PY₁ 15 喷头，整机重量一般要求在 80 kg 以下。

轻型喷灌机经常采用定点喷洒的作业方式，即一个位置喷完后，由两人抬着机组转移到相邻位置，安好机组管路后继续进行喷洒。

根据水源和使用地区特点可有多种配套方式。配一个中压喷头时，较适用于山丘区环山渠道以下的地块，喷灌玉米、高粱等高秆作物；配多个低压喷头时，较适用于地形起伏、面积不大的地块，喷灌粮食作物、蔬菜和经济作物等。

手抬式轻型喷灌机主要技术性能见表 6-2。

根据试验资料，手抬式轻型喷灌机的参考经济指标如下：

控制面积^① 30~50 亩，每马力灌溉面积约 7 亩。每亩投资 50~70 元；运行费用（考虑油料消耗和用工费）每亩 3~5 元；每 kg 柴油浇地 1~1.2 亩。

① 本章各种喷灌机的控制面积均以喷灌大田作物（灌水定额 $m = 20 \text{ mm}$ ，每天灌水时间 $t = 10 \text{ h}$ ，轮灌周期 $T = 7 \text{ d}$ ）时统计的参考数值。对于其它情况则分别在相应位置指出。

三、手推车式喷灌机

手推式小型喷灌机在我国生产最多，使用最广。

手推式小型喷灌机是将水泵、动力机及传动机构固定在装有胶轮的车架上，喷头可以用竖管直联于水泵上，也可以用管道引出联结在支架上，还可用引出管道进行多喷头组合喷洒（图 6-7）。

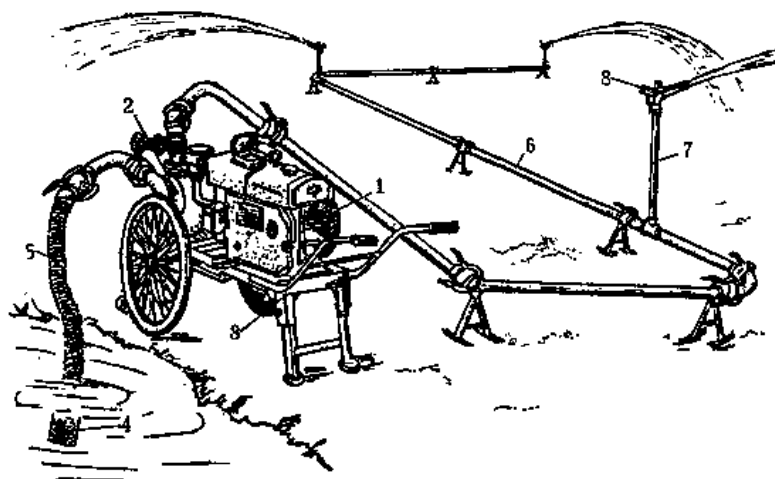


图 6-7 手推车式小型喷灌机外形图

1—柴油机；2—自吸泵；3—机架；4—滤网；5—进水管；
6—薄壁铝合金管；7—竖管；8—喷头

动力机一般采用12马力195、X195、S195等型号的柴油机。X195是195柴油机第四种变型新产品，“X”即“新”字字首；S195为双轴平衡式，振动力较小。北方水质较硬地区，宜用外加冷却水箱的强力循环式，其它地区可选用结构简单的蒸发冷却式。动力机重量一般为130~170kg。水泵配用体积小、重量轻、效率高，能自吸（或带自吸装置）的离心泵。水泵和柴油机一般用三角皮带传动；有些小型喷灌机的动力配用7.5kW或11kW电动机，其转速和水泵转速相近，所以，可以用联轴器和水泵直联。喷头配套如采用单喷头时，常用中压的摇臂式、全射流式、摆片式、叶轮式等形式的喷头；如采用多喷头配套时，采用中、低压喷头（主要是摇臂式）。

手推车式小型喷灌机结构简单，投资及运行费用较低，使用维修机动灵活，技术要求不高，可以综合利用我国农村保有量很大的小动力。它适于灌溉丘陵山区及平原的小块地，对各种作物、土质都能适用，因此，这类喷灌机今后仍将作为主要机型之一发展。它的缺点主要是：

（1）整机重量偏大，一般超过200kg，虽有手推车，但喷灌机沿渠道两侧湿地行走，加上风使喷洒水滴飘移，造成道路泥泞，机组打滑，不易起步，移动困难。近几年，已在研制利用本身动力自走的喷灌机，将有助于弥补这一缺陷。

（2）目前的小型机组不少配套不合理，能源有较大的浪费，喷洒质量也不易保证，

表 6-2

手抬式轻型喷灌

喷 灌 机 型 号	动 力 机		水 泵				机泵 联接 形式	
	型 号	功 率 (kW(马力))	型 号	转 速 (r/min)	流 量 (m ³ /h)	扬 程 (m)		效 率 (%)
ZP-3F-1	165F	2.2 (3)	2BPZ _{0.2} -35	2600	14	35	51	直联
3C-40	165F	2.2 (3)	2BPZ _{0.2} -35	2750	12	32	51	直联
ZPY-40	165	2.2 (3)	2BPZ-35	2600~3100	13~16	30~40	52	皮带
ZP-4F-4	165F-2	3 (4)	2BPZ-35	2900	14	35	52	皮带
4CP-Y	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2800	15	35	51	直联
4CP-G	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2600	15	35	51	直联
4CP-G	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2600	15	35	51	直联
4CP-G	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2800	15	35	51	直联
XP4D-35-1	Y100L-2	3	50BPZ _{0.2} -35	2600	15	35	62	
4CPZ-PY ₁ 40	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2600	14	35	52	直联
4CPZ-PY ₁ 30	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2600	14	35	52	直联
4CPZ-PY ₁ 20	170F	3 (4)	2BPZ _{0.2} -35	2800	14	35	52	直联
4CPY ₁	R170F	3 (4)	2BPZ-35	2600	15	35	52	
4DP-40	Y112M-2	4	2BPZ-40	2920	18	40		
XP4C-31-1	175F-1	3.36 (4.5)	50BPZ _{0.2} -35	2600	15	35	62	直联
ZP-5F-4	175F	3.7 (5)	2BPZ-35	3100	15	40	52	直联
5CP-Y	X170F	3.7 (5)	2BPZ _{0.2} -35	3000	16	40	52	直联
5CP-G	X170F	3.7 (5)	2BPZ _{0.2} -35	3000	16	40	52	直联
金山5C	R170	3.7 (5)	50BPZ _{0.2} -45	3000	15	45	61	直联
8Y5 (D)-2	R170F	3.7 (5)	50BPZ-38	3000	20	38		直联
ZP-4D-A	Y112M-2	4	2BPZ-35	2890	15	40	52	直联
ZP-4D-D	Y112M-2	4	2BPZ-35	2890	15	40	52	直联
4DP-Y	Y112M-2	4	2BPZ _{0.2} -35	2890	16	40	52	直联
4DP-G	Y112M-2	4	2BPZ _{0.2} -35	2890	16	40	52	直联
XP5D-45-1	Y112M-2	4	50BPZ _{0.2} -45或	3000	15	45	61	直联
XP5C-45- ¹ / ₄	175F-2	4.1 (5.5)	BX50-45Z	3000	15	45	56	直联
6C	X175	4.5 (6)	2BPZ _{0.2} -45	2600	15	45	51	直联
6C-D	X175	4.5 (6)	2BPZ _{0.2} -45	2600	15	45	51	直联
PKC-65	R175	4.5 (6)	BX50-45Z	2900	18	44	61	直联
金山-6C	175	4.5 (6)	50BPZ _{0.2} -45	3000	20	45		
ZP40-45	X175	4.5 (6)	2BPZ _{0.2} -45	2600	15	45		
ZP-6N-4	X175	4.8 (6.5)	2BPZ _{0.2} -45	2600	15	45	48	直联
ZP-6N-5	X175	4.8 (6.5)	2BPZ-35	3100	15	45	51	直联
ZP-5X-4A	R175	4.8 (6.5)	2BPZ _{0.2} -45	2600	15	45	48	直联
XP6C-45-6	R175F	4.9 (6.6)	50BPZ _{0.2} -45	3000	20	45	65	直联
YM5C-50B-PY 15sh	R170F	5	50BPZ _{0.2} -45	3000	15	45	65	
YM5C-50B-PY 20sh	R170F	5	50BPZ _{0.2} -45	3000	15	45	65	
YM5C-50B-PY 30	R170F	5	50BPZ _{0.2} -45	3000	15	45	65	
YM5C-50B-PY 40	R170F	5	50BPZ _{0.2} -45	3000	15	45	65	
5D	Y132S-2	5.5	2BPZ _{0.2} -45	2900	15	45	51	直联
XP6D-45 ¹ / ₆	Y132S-2	5.5	50BPZ _{0.2} -45	3000	20	45	65	直联

注 1. 生产厂代号: ①浙江新昌喷灌机厂, ②福州喷灌机电厂, ③浙江肖山喷灌机厂, ④江苏金坛喷灌机厂, ⑤湖南茶陵喷灌机

⑥太原新城农机厂, ⑦湖北宜都农机厂, ⑧湖北云梦喷灌机厂。

2. 表中机型代号意义: C—与柴油机配套, D—与电动机配套, P—喷灌机。

机主要技术性能

喷 头				管 道			机 架 形 式	主机 重量 (kg)	外 形 尺 寸 (长×宽×高) (m)	参 考 价 (元/台)	主 要 生产厂
型 号	喷水量 (m ³ /h)	射 程 (m)	配带 个数	材 质	管径 (mm)	配 套 长 度 (m)					
PY ₁ 30	8.5	27	1	锦塑或硬管	50	30	担架式	110		950	①
PY ₁ 40	12	28	1	锦塑	50	10				896	②
PY ₁ 40	11~18	28~32	1	锦塑	50						③
PY ₁ 40	13	32	1	锦塑	50	20/30	折柄担架式	82	1.18×0.57×0.7	975/1005	①
PY ₁ 40	16	31	1	锦(锦)塑	50	20	折柄担架式	79	0.7×0.57×0.65	1080	④
PY ₁ 15s h	2.2	15	6~7	铝合金	65	80				2308/2353	④
PY ₁ 20					100						
PY ₁ 15s h	2.2	15	7	镀锌钢管	70	79				1915	④
PY ₁ 15s h	3.2	15	6	锦塑	50	75				1483	④
湘Y50A	19	30	1	聚氯乙烯(硬)	50	30	折柄担架式			990	⑤
PY ₁ 40	13	29.5	1	锦(锦)塑	50	<150		79		998	⑥
PY ₁ 30s h	7	22	2	高压聚乙烯	63	40				1296	⑥
PY ₁ 20s h	4	19	4	高压聚乙烯	63	70				1562	⑥
PY ₁ 40	15	30	1	锦塑	50	40				1258	⑦
PY ₁ 40	18	32	1	锦塑	50	20		135		798	②
湘Y50A	19	30	1	聚氯乙烯	50		折柄担架式			1050	⑤
PY ₁ 40	13	32	1	锦(锦)塑	50	30	折柄担架式	119		1165	①
PY ₁ 40	16	31	1							1145	④
PY ₁ 15s h	2.2	15	6~7	铝合金	65	80/100				2308/2403	④
PSBZ 40 20	13~15	28~32	1,4							1050	⑧
PY ₁ 15	2.8	17	7	锦塑	50	160		85		1126	⑨
PY ₁ 40	13	32	1	锦(锦)塑	50	30	折柄担架式	80		930	①
PY ₁ 20s h	3.4	19	8	锦(锦)塑	50	250	折柄担架式	80		2500	①
PY ₁ 40	16	31	1							850	④
PY ₁ 15s h	2.2	15	6	铝合金	65	80/100				2158/2203	④
湘Y50A	15	31	1	聚氯乙烯	50		折柄担架式			1050	⑤
PY ₁ 20	12~14	23	4	聚氯乙烯	50		折柄担架式				⑤
PY ₁ 40	14	31	1	锦(锦)塑	50	65	担架式	171	0.91×0.62×0.81	1396	⑩
PY ₁ 20s h	3.4	19	4	锦(锦)塑	50	100	担架式	223	0.91×0.62×0.81	1650	⑩
PY ₁ 15	2.2	16.5	8	铝合金	65	134	手推车式	380		3800	⑪
PSBZ 40	14	30	1	锦塑	50	40				1210	⑧
PY ₁ 40	15	33	1	锦塑	50	40		115			⑫
PY ₁ 40	15	33	1	锦(锦)塑	50	30	实心轮手推车	95		1265	①
PY ₁ 40	15	33	1	锦(锦)塑	50	30	高轮手推车			1310	①
PY ₁ 40	15	33	1	锦(锦)塑	50	30	折柄担架式	100		1340	①
PY ₁ 20	20	22	6	聚氯乙烯	50		折柄担架式			1271	③
PY ₁ 15s h	2.77	17.5	5	锦塑聚氯乙烯	50	76	折柄担架式			1437	⑬
PY ₁ 20s h	4.90	19.5	3	锦塑	50	60	折柄担架式			1350	⑭
PY ₁ 30	6.96	25.5	2	锦塑	50	60	折柄担架式			1265	⑬
PY ₁ 40	14.7	32.5	1	锦塑	50	35	折柄担架式			1126	⑬
PY ₁ 40	14	31	1	锦(锦)塑	50	65	担架式	180	1.0×0.62×0.81	1036	⑩
湘Y50A	20	32	1								
PY ₁ 20	3.5	20	6	聚氯乙烯	50		折柄担架式			1195	③

厂：①山东肥城喷灌机厂；②河南驻马店喷灌机厂；③江苏镇江喷灌机厂；④江苏泰州喷灌机厂；⑤河南新郑喷灌机厂；

表 6-3

手推车式小型喷

喷 灌 机 型 号	动 力 机		水 泵					机泵 联接 形式
	型 号	功 率 (kW(马力))	型 号	转 速 (r/min)	流 量 (m ³ /h)	扬 程 (m)	效 率 (%)	
7D	Y132S ₂ -2	7.5	65BP-55	2900	30	55	72	皮带
金山7.5-D	Y132S ₂ -2	7.5	2.5BPZ-55	2900	28	55	59	直联
闽7.5DP-40	Y132S ₂ -2	7.5	2.5BPZ-55	2900	24	55		直联
2.5BPZ-50-55	Y132S ₂ -2	7.5	2.5BPZ-55	2900	24	55		直联
YM12C-65B-P30	195	9(12)	65BPZ-55	2950	30	55		皮带
ZP-12S-5	S195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	24	55	53	皮带
12CP-G	S195	9(12)	3BPZ-40	2900	48	40	72	皮带
XP12C-58- $\frac{3}{10}$	S195	9(12)	65BPZ-50 65BP-55	2900	30 30	50 55	71	皮带
XP12C-35-18	S195	9(12)	80BPZ-35	2900	50	35	78	皮带
12C	195	9(12)	65BP-55	2900	30	55	72	皮带
12C-D	195	9(12)	65BP-55	2900	30	55	72	皮带
金山12-C	S195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	28	55	59	皮带
金山12-C	S195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	28	55	59	皮带
金山12-C	S195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	28	55	59	皮带
12CP2.5-PY50	195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	30	50	60	皮带
12CP2.5-PY30	195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	24	55	53	皮带
12CP2.5-PY20	195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	24	55	53	皮带
PKC-76	S195	9(12)	BX65-58Z	2000	34	50	66	皮带
闽12C-50	S195	9(12)	2.5BPZ-55	2900	24	55	53	皮带
8Y80	195	9(12)	江苏 3BPZ-50 水环泵	2950	30	50	56	皮带
12CD ₂	X195	9(12)	65BPZ-55	2900	30	55		皮带
华北12C	X195	9(12)	3BPZ-45	2900	25~40	44~48	60	皮带
ZP-10D-D	Y160M ₁ -2	11	3BPZ-40	2900	48	40	64	直联
10DP-G	Y160M ₁ -2	11	3BPZ-40	2900	48	40	72	直联
XP12D-35-18	Y160M ₁ -2	11	80BP-35	2900	50	35	75	直联

注 主要生产厂代号: ①河北永清水泵厂; ②广东惠来农机一厂; 其余同表 6-2。

灌机主要技术性能

喷 头				管 道			主 机 重 量 (kg)	商 标	外形尺寸 (长×宽×高) (m)	参 考 价 (元/台)	主 要 生 产 厂
型 号	喷 水 量 (m ³ /h)	射 程 (m)	配 带 个 数	材 质	管 径 (mm)	配 套 长 度 (m)					
PY ₁ 50	25	40	1	锦(维)塑	65	100	302	立鹤	1.7×0.7×1.07	1532	⑩
PS40	26	39	1	锦(维)塑	65	40		金山		1100	⑧
PY ₁ 40	24	38	1				160			982	②
PY ₁ 50	25	40	1								⑤
PY ₁ 30	7.0	25.5	4	锦塑	65	90					⑬
PY ₁ 50	25	40	1	锦(维)塑	65	40	196	金龙	1.95×0.75×1	1620	①
PY ₁ 20	3	20	10	铝(或钢)	76	175		天鹅		3955	④
湘Y 50A PY ₁ 20	11 3	31 23	3 10	聚氯乙烯	60	160 280		雨蛙		2200 2720	⑤
PY ₁ 20	3.1	21	18	聚氯乙烯	60	340		雨蛙		3500	⑤
PY ₁ 50sh	21	34	1	维塑	65	100	382	立鹤	2.05×0.98×1	1889	⑩
PY ₁ 20sh	4.1	19	6	维塑	65	150	557	立鹤	2.05×0.98×1	3500	⑩、⑬
PS40	26	39	1	锦塑	65	40	291	金山		1526	⑧
PS20或 PSBZ 20	3.5	29	8	锦塑	65	160		金山		2402 2434	⑧
PS20或 PSBZ 20	3.5	29	8	铝合金	76	150		金山		3336 3368	⑥
PY ₁ 50	23	36	1	锦塑	63	100		银燕		1761	⑥
PY ₁ 30sh	7	22	4	聚氯乙烯	63	90		银燕		2285	⑥
PY ₁ 20sh	4	19	8	聚氯乙烯	63	150		银燕		2562	⑥
PY ₁ 20sh	4	19	7	钢或铝	76	136		征宇		4150	①
PY ₁ 50	25	40	1	消防带	50	10					②
PYC 40	30	42	1	锦塑等	65	20				1578	⑨
20PY ₁ 2	4	20	8	铝合金	65	240		鸿雨		1873	⑦
PY ₁ 50	16~35	30~43	1	维(锦)塑	63	200	210			1750	⑬
PY ₁ 20sh	4.4	20	26	塑(软、硬)	50	650	225	金龙	1.7×0.32×0.85	6000	①
PY ₁ 20	3.4	23	10	铝(或钢)	76	175		天鹅		3525	④
PY ₁ 20	3	21	18	铝合金	76	340		雨蛙		4580	⑤

很难发挥应有效益。所以,设计喷灌系统时,应力求选择配套性能好的机组。经分析认为:在平原地区采用多喷头配套方案时,选用3PBZ-40、3BP-40、80BP-35、湘农80-35等水泵及PY₁30sh、PY₁20Sh、PY₁15Sh、PY₁S20A、PY₁S15A、PSBZ-20等喷头,是较合理的。丘陵山区当地形高差在10~20m时,选用2.5BP-55、2.5BPZ-35、湘农65-58Z等水泵及PY₁40、PY₁30sh、PY₁20sh、PSBZ 20或PSBZ40、PY₁S20A等喷头是较合理的。

另外,使用小型机组时因不易掌握移动距离,使喷洒均匀度难以保证。

手推车小型机的运行方式是定点间歇喷洒。因机组振动较大,为了保证摇臂式喷头的稳定工作,并为了减少渠道工程量,目前较少采用喷头直联在水泵上的情况,一般都配一段输水管道。单喷头喷洒时,常采用顺风向180°~240°的扇形喷洒,以留出较干的车行道。

我国生产手推式小型喷灌机的工厂很多,据1983年资料,这种机组保有量已达27.6万台,约占喷灌机总数的90%,产品主要技术性能见表6-3。

手推车式小型喷灌机的经济指标参考数据如下:每台控制面积50~70亩,每马力浇地约5亩,每亩投资30~70元,每亩运行费用约3.8元,每kg柴油浇地约0.7亩。

四、人工移管式中型喷灌机

这种喷灌机在结构上和带多喷头的小型喷灌机相类似,但规模较大。用一台中型动力机(如24马力柴油机或17kW电动机)带动水泵,将动力机组固定在胶轮车上(图6-8)。水泵出水管上用快速接头连接,输水管多用铝合金管、镀锌薄壁钢管、硬塑料管等,管

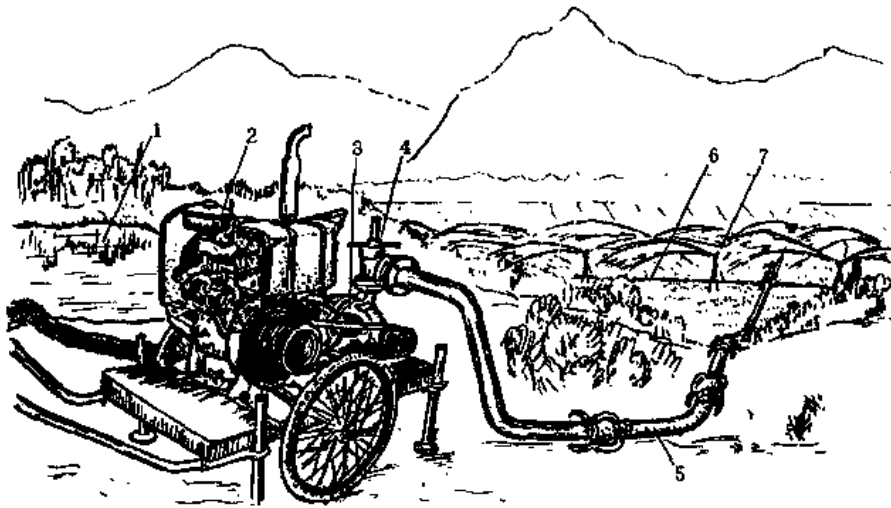


图 6-8 人工移管式中型喷灌机

(a) 柴油机配套; (b) 电动机配套

1—水源; 2—柴油机; 3—水泵; 4—阀; 5—输水干管; 6—支管; 7—喷头

道上带有多个摇臂式喷头。

人工移管式中型喷灌机结构较简单,由于多用快速连接的轻便金属管,因此,重量轻,拆装方便,使用年限长,操作容易;喷洒质量好;单位面积投资较少;管道接头处有一定的偏转角以适应地坡变化。缺点是搬运管理工作量大、劳动强度大,而且需要有两套管道

轮换使用（因为喷湿后的地需要有凉干时间），增加了亩投资。

这种喷灌机有多种配套方案，因此，对各种作物、土质和地形都有较好的适应性。

作业方式为定点喷洒，间歇移动。移动时，管道人工搬移，动力机组用人工拖动或用拖拉机等牵引。

产品主要技术性能见表 6-4。

表 6-4 人工移管式中型喷灌机主要技术性能

喷灌机型号		RIGZP-80	L-YGP-80
动力机	型号 功率 (kW)	Y100L-2电动机 (或295柴油机) 18.5 (或24马力)	柴油机、电动机等 55或40
水泵	型号	4BP-50	IS 100-65-250
	流量 (m ³ /h)	80	80 (50、100)
	扬程 (m)	50	60-65
	转速 (r/min)	3000	2900
	效率 (%)	75	63-68
喷头	型号 个数	PY ₁ 20sh、PY ₁ 30、PY ₁ 30sh 10-24	PY ₁ 30 12
管道	型号	铝合金管 (或薄壁钢管)	LF21铝合金管
	管径 (mm)	65、76、102 (或70、89、105)	108、89
	壁厚 (mm)	1.5 (1.0)	2、1.5
	节长 (m)	3、5、1	2、3、6
	偏转角 (°)	10°~30°	0°~18°
	接头形式 配套长度 (m)	单挂钩插入式、双挂钩球形 200~400	承插、自封、单挂钩 干管230、支管480
参考控制面积 (亩)		300~400	450~730 [一个位置控制11.2 (9.5、13.2) 亩]
参考单价 (元/台)		8000 (带柴油机)	23360~23850
参考亩投资 (元/亩)		20~26.7	32~53
生产厂家		江苏金坛喷灌机厂、浙江新昌喷灌机厂、山西太原市喷灌设备公司	原为哈尔滨重型机器厂生产
备注		有几种配套方案供选择，1980年部级鉴定	1981年省级鉴定

五、拖拉机悬挂式喷灌机

这类喷灌机形式较多，配各种不同功率的轮式（包括手扶和小四轮）、履带式拖拉机作为动力。它也可以看成是拖拉机的一种配套农具。

小型拖拉机配套的以12马力手扶拖拉机最为常见（图 6-9）。水泵为自吸离心泵，另加托架安装在拖拉机的前方、中间或后方，但以安装在前方为多。在飞轮外加装一皮带轮，用三角皮带和水泵皮带轮相连。安装时，要注意飞轮和水泵的旋转方向一致，还应当拖拉机后加适当配重。可以在水泵出水法兰直联一个蜗轮蜗杆式喷头，也可以用硬管或软管引出，带1至数个中、低压摇臂式喷头。

大、中型拖拉机配套的喷灌机一般由离心泵、增速箱、吸水管、自吸装置、输水管及

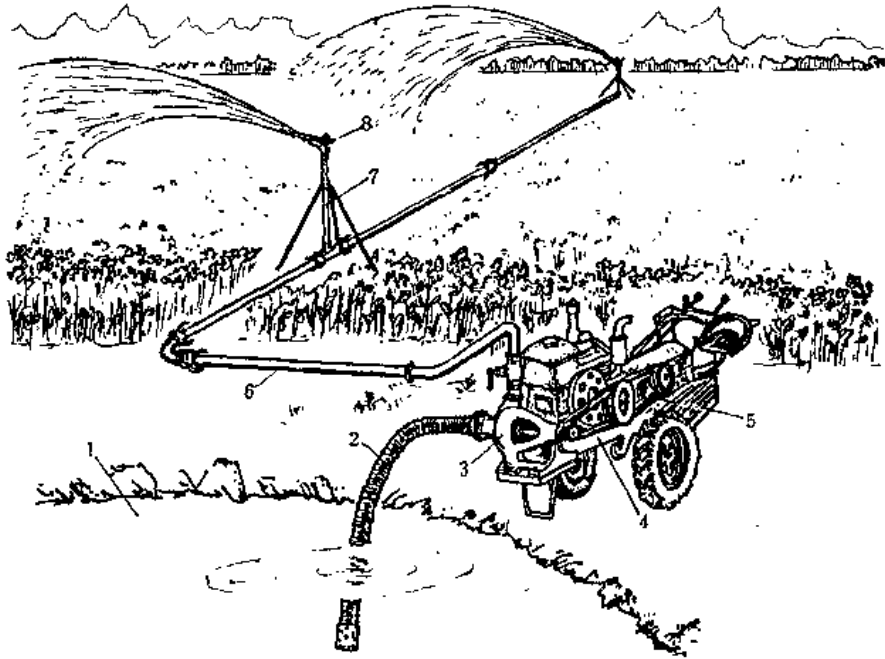


图 6-9 手扶拖拉机配套的悬挂式喷灌机

1-水源；2-吸水管；3-水泵；4-手扶拖拉机；
5-皮带传动系统；6-输水管；7-竖管及支架；8-喷头

喷头等组成。配单喷头时，将以上部件组装成整体，用托架悬挂在拖拉机后的农具悬挂架上（图 6-10）。配多喷头时，用快速接头将管道引出拖拉机外，再在管道上装喷头（图

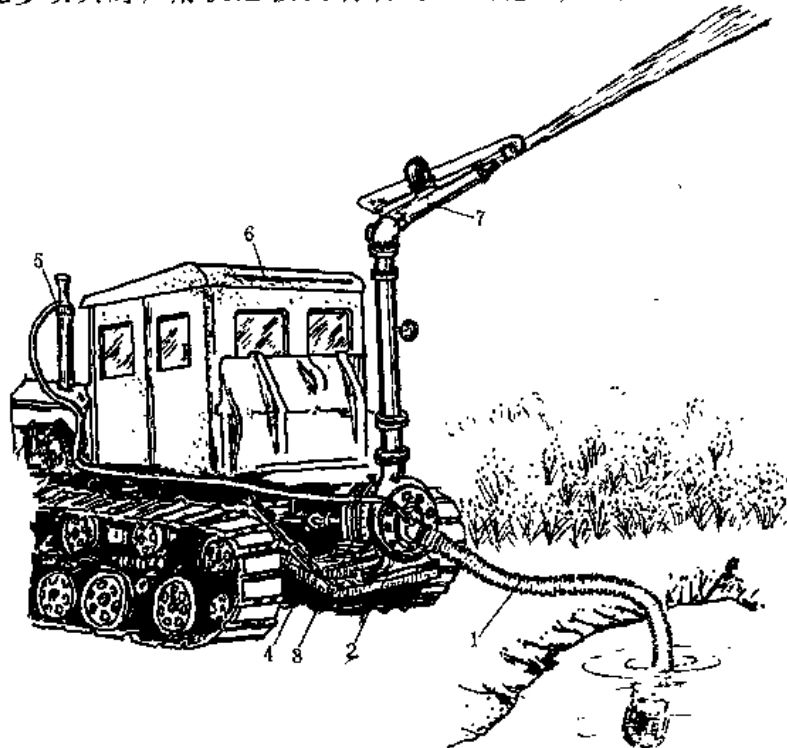


图 6-10 配备远射程喷头的大型拖拉机悬挂式喷灌机

1-吸水管；2-离心泵；3-增速齿轮箱；
4-悬挂架；5-自吸装置；6-拖拉机；7-喷头

6-11), 增速箱与拖拉机的动力输出轴连接。

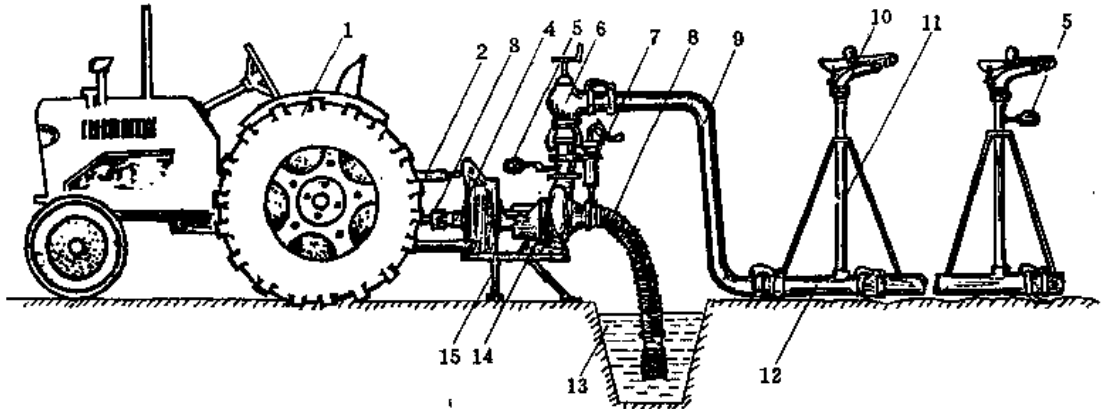


图 6-11 低压多喷头配套的拖拉机悬挂式喷灌机

- 1—拖拉机；2—悬挂架；3—动力输出轴；4—增速齿轮箱；
5—压力表；6—活动阀；7—手压泵；8—吸水管；9—出水管；
10—喷头；11—竖管及三脚架；12—输水管；
13—渠道；14—离心泵；15—支架

这类喷灌机的优点是可使拖拉机一机多用，利用率提高；结构简单、紧凑，拆装方便；设备投资较低；机动性好；多喷头配套时，能保证喷洒质量。缺点是机械振动大，影响机件寿命和工作性能；采用远射程单喷头配套时，受风影响较大，喷灌质量较差，而且耗能较大，运行成本较高；机行道占地较多。所以，目前用得较少。

作业方式一般是定点喷洒。喷完一个位置后，拖拉机沿渠道移动，渠道间距根据喷头性能和当地风情而定，要求达到规定的组合均匀系数。如用单喷头配套，可以边喷边走。

几种小型与大、中型拖拉机悬挂式喷灌机的主要技术性能分别见表 6-5 与表 6-6。

表 6-5 小型拖拉机悬挂式喷灌机主要技术性能

机 型		武喷40-2	革 原	8Y80
配套拖拉机型号		工农-12手扶	518-12手扶	东风12手扶
配 套 水 泵	型 号	2B31 (加速反向)	3BA-6 (降速17%)	水环轮自吸单级离心泵
	扬程 (m)	40~50	40	50
	流量 (m ³ /h)	30	47	30
	转速 (r/min)	3700	2900 (实2400)	2950
配 套 喷 头	型号及个数	PW65蜗轮蜗杆式 (1个)	全圆喷洒摇臂式 (4个)	摇臂式 (1个)
	喷水量 (m ³ /h)	25~30	10~12	28.8
	工作压力 (kPa)	350~500	300~400	400
	射程 (m)	33	25	36
生 产 厂		武汉市洪山农机二厂	内蒙古昭乌达盟农牧机械研究所	江苏泰州市喷灌机厂
备 注		喷头用竖管和水泵联接，一个喷头参考价为174元	用直径80mm长150m软管引出接喷头	用软管引出

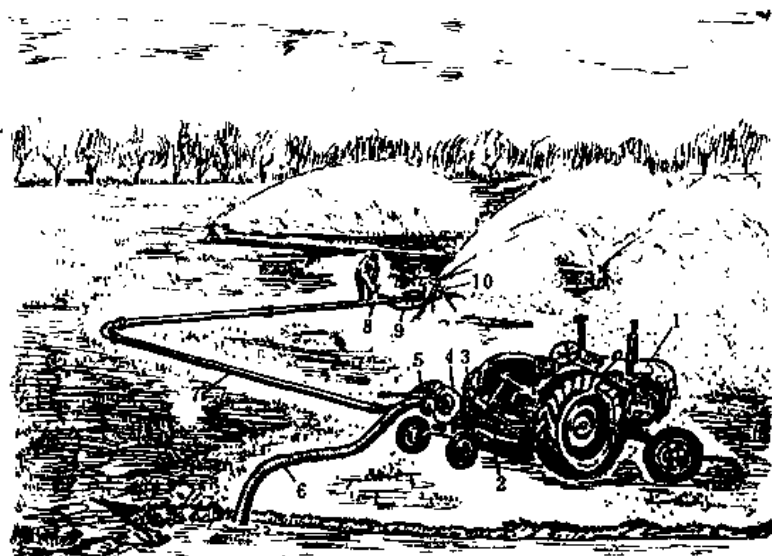


图 6-12 拖拉机牵引式喷灌机

- 1—轮式拖拉机；2—力向联轴节；3—增速齿轮箱；4—水泵；
5—隔膜泵；6—吸水管；7—带快速接头的金属管；
8—阀；9—塑料软管；10—喷头及支架

直联单喷头：在水泵出水法兰处用竖管和一个高压远射程喷头联接，喷头作 270° 左右的扇形喷洒。拖拉机沿渠移动，边走边喷。水泵吸水管用悬挂机构固定在拖拉机上。直联单喷头机组移动方便，但渠道、机行道间距密（间距视喷头射程而定，一般 $100\sim 120\text{m}$ ）占地多，目前用得较少。

引出管道带单喷头：用塑料软（硬）管或快速接头金属管联接水泵和喷头，管道长度由喷头射程和移动次数决定，中、高压喷头固定在喷头支架上，作 270° 左右的扇形定点喷洒，喷完一个作业点后，将喷头、支架和输水管后撤一段距离，继续在第二个作业点喷洒，依此由远及近，直至拖拉机附近，采用这种方式，渠道间距较大。

引出管道带多喷头：喷头为中、低压，这种多喷头的喷洒方式不仅提高了喷灌质量，而且提高了土地利用效率，降低了能耗，因此，这种方式值得推广。

几种拖拉机牵引式喷灌机的主要技术性能见表 6-7。

七、滚移式喷灌机

滚移式喷灌机是喷灌矮秆作物较成熟的机型之一，国外已广泛使用，用得较多的是美、英、苏、加、澳、东德、印度、南斯拉夫等国，我国也已研制、使用。

滚移式喷灌机又称侧滚轮式喷灌机。采用单元组装多支点的结构，由轻便高强度金属管道、大直径钢圈式轮、中央驱动车及快速连接的进水软管系统等四大部分组成（图 6-13）。

常用管道为铝合金管和薄壁钢管，管径为 $100\sim 150\text{mm}$ ；铝管壁厚 $2\sim 3.5\text{mm}$ ，钢管壁厚 $1.5\sim 2\text{mm}$ ；节长 $6\sim 12\text{m}$ 。采用法兰盘或刚性快速接头将管道连接成 $150\sim 500\text{m}$ 长的喷洒支管。每隔 12m 左右安装有一个直径 $1\sim 2\text{m}$ 带幅条的钢圈式轮，轮子以管道为轴。两轮中间的接头上装有带喷头的竖管和自动泄水阀。这就是组成喷灌机的基本单元，根据

表 6-7

拖拉机牵引式喷灌机主要技术性能

机 型		龙喷8Y-50	宁夏8Y
配 套 动 力		21kW (28马力) 拖拉机或16~18kW (22~24马力) 柴油机或17kW电动机	22kW电动机, 铁牛55、东-28拖拉机或16~18kW (22~24马力) 柴油机
配 套 水 泵	型 号	3B-57	80BP-57、70、75
	转 速 (r/min)	2900	2900
	流 量 (m ³ /h)	30~60	45、60、115
	扬 程 (m)	30~62	57、70、75
喷 头	型 号	龙喷8Y-50	8YY-45、80
	喷 嘴 直 径 (mm)	21.9	14、16、18、20、22、24、26、28、30
	工 作 压 力 (kPa)	500	300~400、400~700
	喷 水 量 (m ³ /h)	37	15.4~45.7、35.1~79.8
	射 程 (m)	43	29~44、37~50
平均喷灌强度(mm/h)		10.8	6~10
组合喷灌均匀系数(%)		68	
生 产 厂		黑龙江宝济喷灌机厂	宁夏银河仪表厂等

注 生产厂家还有辽宁森林机械厂等。

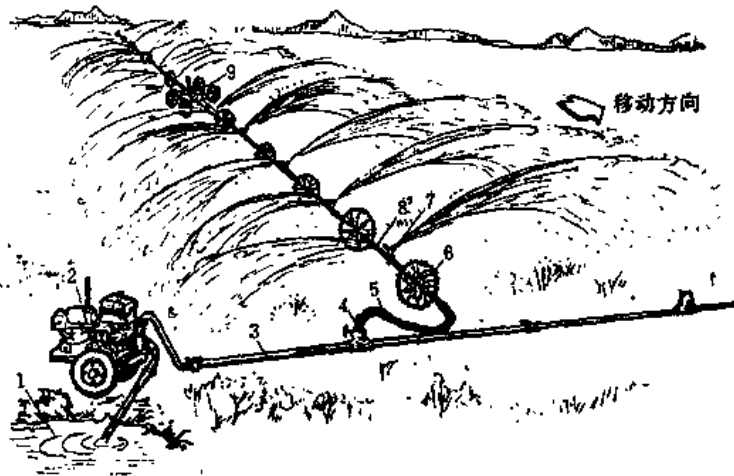


图 6-13 滚移式喷灌机

1—水源；2—抽水机组；3—输水干管；4—给水栓；5—联接软管；
6—钢圈式轮；7—喷头；8—喷洒支管；9—驱动车

需要可组装或拆卸成任一长度。

驱动喷灌机滚移的动力放在喷洒支管的中央，它带动管道及所有轮子转动。支管上装有许多中、低压能自动调整铅直位置的喷头。支管的首端用软管与输水干管的给水栓连接，末端用堵头堵塞。

喷洒作业开始前，先将连接软管接在给水栓上；用手推拉调整轮子的位置，使支管基本上成一直线；打开给水栓，喷灌机即在调整好的位置上喷洒。喷完一个条带后，关闭给

水栓，拆开连接软管并固定在支管首端，待自动泄水阀排干管道中积水后，机手至喷灌机中央开动驱动车上的小汽油机，将喷灌机滚移到下一相邻位置，接上给水栓继续喷洒。

滚移式喷灌机的主要优点是：结构简单，操作方便，运行可靠，维修容易，一台喷灌机一般配机手1~2人，一天只移动2~3次，待移动6~10个位置后才需调直管线；控制面积大，生产效率高，一台400m长的机组，双翼运行可控制近1000亩；喷洒质量好，均匀度较高；供水干管间距大，田间基本建设工程量小、占地少；拆装方便，可以避开田间障碍物。

缺点是受轮子直径影响不能灌溉如玉米、高粱等高杆作物；调直机组和往返田间操作开关动力机比较麻烦；适应地形坡度和土壤的能力较差，一般只能在5~10%坡地上运行，对于粘土不适宜使用。

这种喷灌机常用于灌溉草地、谷物（小麦、小米等）、某些蔬菜、土豆、瓜类、草莓及一些经济作物等，更多的是用于牧草灌溉。适应各种形状的较平整的地块。如果能将喷灌支管保持直线运行，则在较粘重土壤和坡度大于10%的坡地上也可以使用。

这种喷灌机的一般作业程序如下：

(1) 机手至喷灌机中央驱动小车处，将变速箱的制动杆放到运输位置，发动内燃机加温；

(2) 待管道上自动排水阀排完管中存水（约10min）后，合上离合器，将喷灌机缓慢地滚移到下一个相邻工作位置；

(3) 关闭内燃机油门，将控制杆放在工作位置；

(4) 机手至给水栓处，将连接软管接在给水栓上，并安装好软管支撑柱；

(5) 逐渐开启给水栓阀片，达到工作压力后，开始进行喷灌；

(6) 灌完该条带地后，缓慢关闭给水栓，拆开并放置好连接软管等。

按以上程序在地块中间歇运行、定位喷洒，直至喷灌完全部控制面积。

喷灌机起步前，应将管道调整呈一直线状态。移动中，当某一行走轮超前或滞后1.5m左右时（一般移动6~10次位置后才可能出现此情况），或管道侧向偏移3m时，就需人工进行一次调整。调整时一般从中央向两端逐步进行，需时0.6~1h。喷头在每一次移位后，均应保持中心线铅直位置，以防运行失灵。

几种典型的滚移式喷灌机的主要技术性能见表6-8。

第三节 行喷式喷灌机

一、双悬臂式喷灌机

双悬臂式喷灌机是将两翼状的对称桁架，悬臂安装在动力机上，桁架中有一根或两根弦杆是喷洒支管，其上安装许多低压喷头或开有喷孔，水泵、增速箱等装置在动力机架上，动力采用拖拉机或柴油机。水泵由明渠或管道供水（图6-14）。

双悬臂式喷灌机的优点是工作压力低（一般100~300kPa），喷灌质量较好，工作效率

表6-8 滚移式喷灌机主要技术性能

机 型		8YG-60				8YG-27		BK-11		沃尔热卡(волжанки)ЛКШ系列					
配套动力	型 号	6135G		6135AG		495或4115		F5L413R							
	功率(马力)	120		150		55		113							
配套	型 号	300JC 130×11	300JC 160×9	300JC 210×9	8BP-75	B100-120 (或250JC80×15)		S160-27/58 (双级泵)		用压力管网给水 或泵站供水					
	流量(m ³ /h)	130	160	210	240	80(64~96)		250~270		115	97.2	82.8	68.4	54.0	39.6
水深	扬程(m)	97~100	97~100	97~100	75~80	80									
	总长(m)	600(包括输水三通33个)				500		1200							
输水干管	管径×壁厚×节长(m)	φ150×2×6000				φ115×2×6200		φ150×2×12000							
	材质、联接方式	Lr21Y合金防锈铝、双挂钩快速接头													
喷洒支管	总长(m)	400				200		400		395.6	345.1	295	244.6	194.2	143.8
	管径×壁厚×节长(m)	φ125×2.5×10000				φ90×2×10000		φ125×1.5×10000							
	材质、联接方式	Lr3Y合金防锈铝、双挂钩快速接头													
喷头	型 号	LPPY 17(仿南SOCA)						SOCA(摇臂式)							
	进水口直径(m)	φ17													
	喷嘴直径(mm)	34(12)、45供选用													
	喷水量(m ³ /h)	6.12								3.5~4					
	工作压力(kPa)	250~400~500													
	射程(m)	19~24(21)													
	个 数	8~11						20~40(22)		64	56	48	40	32	24
行走轮	型 式	钢圈辐条式(带抓泥板)						钢圈辐条式(带抓泥板)							
	直径×宽度(m)	1.5×0.12								1.91×0.11或1.20×0.12					
	地隙(m)	0.68						0.75		0.89					
发动机	型号 功率(马力)	4马力16F单缸立式四冲程风冷汽油机						5.5马力LM 250汽油机		4马力“友谊”汽油机					
减速器	形式与减速比	1KB-160型一级蜗杆、二、三级圆柱齿轮 <i>i</i> =2174								三级减速					
	机 长(m)	100×2~800(双翼运行)				200×2~400		120		791.2	694.8	590	489.2	388.1	287.6
整机性能	控制面积(亩)	1440×2=2880								1050~1500					
	喷灌强度(mm/h)	9~20						12~30		13		15~18			
	均匀系数	0.8~0.85								0.69					
	水滴直径(mm)	1.15~3.0								2.6					
能 力	滚移速度(m/min)	8								9					
	爬坡能力(%)	24								24		2			
	整机重(t)	10~11								5.13(无水)		4.84	4.26	3.68	3.10
经济	每台参考价(万元)	9.6(带深井泵),9.2(带离心泵)				6.0									
指标	亩投资(元/亩)	30; 40(亩运行费3.3元)													
	生产国别、厂家	黑龙江红星隆机械厂						南斯拉夫		苏 联					

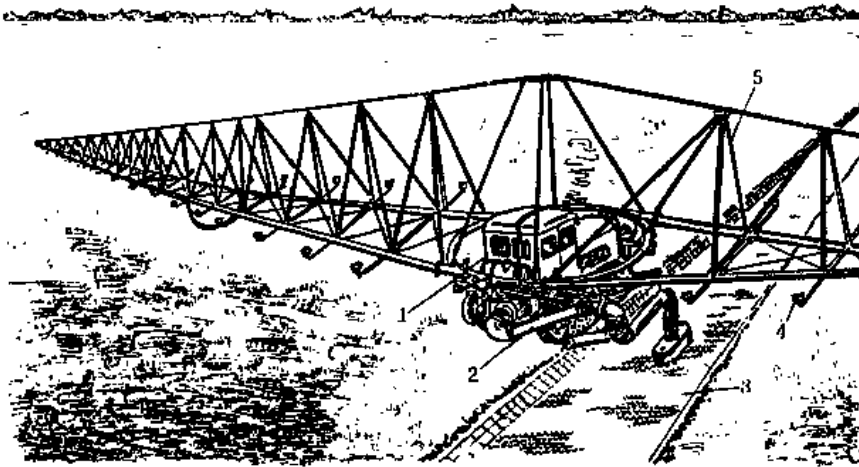


图 6-14 双悬臂式喷灌机

1—拖拉机；2—水泵吸水管；3—渠道；4—低压喷头；5—桁架

较高。缺点是结构庞大，费钢材，机行道和渠道占地较多（一般宽 6 ~ 7 m）、修建质量要求高，适应地形坡度的能力小。

它可用于各种作物的喷灌，适用于面积较大的较平整土地，不适于粘性土壤。

双悬臂式喷灌机有以下几种作业方式：

- (1) 沿渠道边走边喷洒（图 6-14）；
- (2) 用压力管道供水，定点旋转喷洒（图 6-15）；
- (3) 用压力管道供水，一边旋转喷洒，一边直线自走（或钢索牵引一段距离，其长度视压力管给水栓间距而定）。

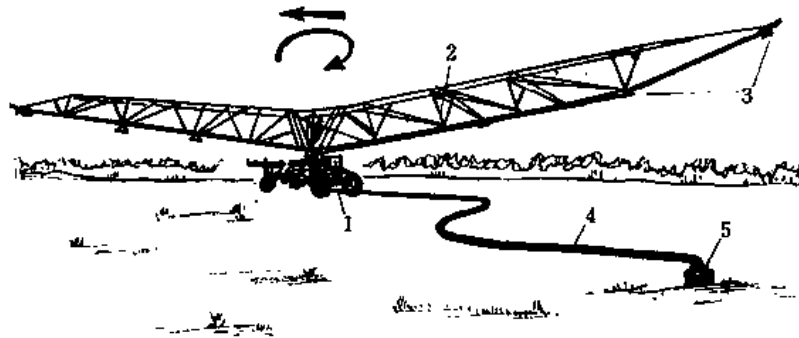


图 6-15 旋转双悬臂式喷灌机

1—动力机组；2—桁架；3—喷头；4—高压输水软管；5—给水栓

(一) 装在拖拉机上的双悬臂式喷灌机

拖拉机沿渠移动，从明渠取水，在其控制宽度内喷洒。在国外苏联、法国等用得较多。苏联生产的ДДА-100МА型，就是一种比较完善的、大批量生产的双悬臂式喷灌机。我国新疆昌吉州102团于1974年试制、1978年完善了新垦120型（仿苏）双悬臂式喷灌机。

1. 结构概况

以新垦120型为例说明(图6-14)。

(1) 配套东方红-75H带液压操纵机构的拖拉机,并将变速箱前加装副变速箱,进一步减速,使运行速度适应灌水要求。在动力输出轴上加装增速箱提高转速(从570r/min增至1450r/min)与水泵配套。水泵充水用柴油机废气自吸装置。

(2) 机组中央,从拖拉机底盘固定承托转向圆环管及框架,使机组能旋转和控制悬臂的平衡,框架两侧接三角形截面的桁架。

(3) 在拖拉机尾部用托架固定水泵,吸水管有提升装置,底阀加装船形漂浮器。

(4) 悬臂为两个三角锥形桁架,上弦管呈平直形,两根下弦管自基部向端部上翘收拢,管径渐小,其上横向安装喷洒支管和折射式喷头。

2. 主要技术性能见表6-9。

表6-9 双悬臂式喷灌机主要技术性能

机 型		新垦120型	苏联ДДА-100М型	苏联ДДА-100МА型
配套拖拉机型号		东方红-75H型(或东-54)	ДТ-54А	ДТ-75型
配 套 水 泵	型 号	8B-18	8K-12	
	转速 (r/min)	1450	1508	1687
	流量 (m ³ /h)	252	360	468
	工作压力 (kPa)	180	265	370
外 形 尺 寸 (长×宽×高) (m)	工作状态	4.12×110×4.7	5.5×110.3×4.6	5.5×110.3×4.6
	运输状态		110.3×4.8×4.6	
地 隙 (m)		1.55		
机组重(不计拖拉机)(kg)		4000(自重)1000(水重)	4460	4240
运 行 速 度 (m/h)	前 进	400,600,800三档	411 (运输时为4300)	940 运输时为4610
	后 退	400	370	575
机长(喷幅)(m)		120	120	120
喷 头		折射式,孔径8~18mm,横向幅宽10~16m	喷嘴孔径12、13、14、15、22(mm);流量1.8L/s,末端流量3.6L/s,共64个	喷嘴流量2.3L/s,末端流量5L/s
平均喷灌强度(mm/h)		2.6~5.3	6~30	
一个行程平均灌水深度(mm)			7.5	5
操作机手(人)		2	1	
参考控制面积(亩)		1000		
参考价(元/台)		30000(包括拖拉机)		
亩耗钢(kg)		4		
生产率(亩/h)		6.3(m=40m ² /亩)	9(m=40m ² /亩)	12(m=40m ² /亩)

(二) 双悬臂自走式喷灌机

这类喷灌机形式很多。牵引动力多为柴油机,少数为拖拉机牵引、三点悬挂拖车装载及绞盘钢索牵引。一般是将桁架对称装置在三轮或四轮小车上,桁架较短,截面为倒置三

角形，即一根下弦管为喷洒支管，其管径较粗，两根上弦常为拉筋，上、下弦间用支立三角架及斜拉筋张紧。喷洒支管上安装几个中、高压喷头，其总流量不超过150m³/h。这种单下弦杆的结构重量较轻、两翼较短，可使桁架绕中心支架旋转。旋转力矩一般是利用装在桁架上的不同大小的喷头和喷嘴射出不平衡高速水流的反作用力产生的。

我国黑龙江宝清喷灌机厂研制的天鹅牌SX100型双悬臂式喷灌机，能沿渠自走，边走边喷洒，它的结构简单、机动性好，是一种成本较低而效率较高的喷灌机。

主要技术性能见表6-10。

表 6-10 双悬臂自走式喷灌机主要技术性能

机 型	XZP-70	天鹅SX-100	L110 ^A (法国)
外型尺寸(长×宽×高)(m)	74×5.9×7	100	96×2.5×4.7
入机流量(m ³ /h)	65.5~90	360	40
入机工作压力(kPa)	400~650	IS100-80-160(原配125HD-4)	490
水泵型号	4B91或150D30		压力管网上给水栓供水
配套功率(kW)	55	15	
自走 动力	型号 470Q四缸风冷汽油机 功率(kW(马力)) 22.4(30)	2100或2105柴油机 16.4(22)或18(24)	雪铁龙牌汽油机 22.4(30)
自走方式	汽油机带动变速箱通过两级链传动	二级蜗轮蜗杆减速带动轮子 $i = 22:40$	
移动速度(m/h)	最大3600,可调	100	
管道及桁架结构形式	12根节长6m(变径)管作下弦,由向末端逐渐变小的倒置三角形和拉索悬置组成双悬臂	变径管作桁架下弦,由若干倒置三角形作腹架由拉索相连组成双悬臂	双悬臂桁架横截面为倒置三角形,水管为下弦
喷 头	折射式 $d_1 = 4 \sim 9$ mm,共12个,及末端反向喷管		
喷洒幅宽(m)	69~81	100	110
一次降水深(mm)		9~50	
地 隙 (m)	2.6	2	2.3
爬坡能力(%)	7		
参考控制面积(亩)	一个工作位置22~30	945	一个工作位置14
备 注	1)由兰州农业水泵厂生产(仿制BOOM-70EM),每台参考价2.2万元(带500m ϕ 125供水管及附件) 2)平均喷灌强度 $p = 5 \sim 11$ mm/h	由黑龙江省宝清喷灌机厂研制、生产	1)由法国劳洛公司生产 2)整机重1400kg 3)喷灌强度 $p = 5$ mm/h

二、绞盘式喷灌机

绞盘式喷灌机是指由软管供水，用绞盘卷绕软管或钢索，牵引1~3个远射程喷头，使喷头在喷灌过程中沿作业路线移动的喷灌机。

绞盘式喷灌机是一种已广泛使用的机型，采用的国家很多，如联邦德国、澳大利亚、英美、法、奥地利、瑞典、丹麦、西班牙、意大利、匈牙利、南斯拉夫和捷克斯洛伐克等。有些国家这种喷灌机喷灌的面积占喷灌总面积的比重很大，如联邦德国已达到20%。

(一) 优缺点

1. 优点

- (1) 喷头车在喷洒过程中能自走、自停，管理简便，操作容易，省工（基本上一人可管理一台），劳动强度较低；
- (2) 结构紧凑、成本较低，材料消耗较少，田间工程量少；
- (3) 机动性好，供水可用压力干管，也可用抽水机组；
- (4) 适应性强，不受地块中障碍物限制。

2. 缺点

- (1) 耗能大，大型机组一般工作压力要求600~700kPa，管道水头损失较大，运行费用较高；
- (2) 机行道较宽，一般要求4~6m，占地较多；
- (3) 软管工作条件差，道路不光滑时，带水的管道很容易磨损；
- (4) 喷灌强度较大，受风影响较大。

(二) 适应范围

能够适应各种大小形状和地形坡度起伏的地块；适应灌溉各种高杆和矮杆作物（如玉米、大豆、土豆、牧草等），以及某些果树和经济作物（如甘蔗、茶叶、香蕉等）；要求土质不要太粘重。

(三) 钢索牵引绞盘式喷灌机

1. 结构

钢索牵引绞盘式喷灌机有大、中、小各种类型，结构不一。一般为一台轮式（少数用履带式）小车，车上带有驱动动力机、钢索绞盘和远射程喷头等，输水软管另缠绕在一绞盘上，挂在喷灌车后，或分开成两车。喷灌车上还装有速度控制、钢索导向、自动停车和安全保护等机构（图6-16）。

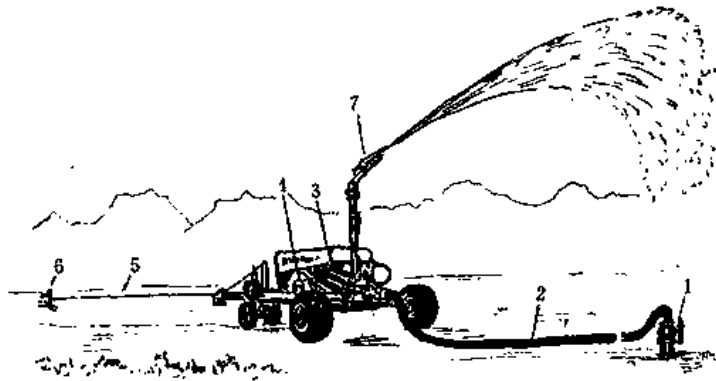


图 6-16 钢索牵引绞盘式喷灌机

- 1—给水栓； 2—供水软管； 3—液压装置；
- 4—钢索绞盘； 5—钢索； 6—锚固桩； 7—喷头

喷洒过程中，驱动机构的动力是用喷灌自身所具有的压力水，驱动机构有旋转喷嘴、液压缸或水蜗轮等，它带动缠绕钢索的绞盘，使喷灌车沿钢索牵引方向匀速移动。移动速度的控制方式较多，水蜗轮驱动是用变速箱控制钢索绞盘的转速；液缸驱动是用排除缸内

废水的喷嘴直径大小来控制活塞行程。除上述两种形式外,还有其它控制移动速度的方法。

2. 运行方式

如图 6-17 所示,喷灌车呈条带状喷洒,条带长视机组大小而定。对于大型机组,长约 400m (为输水软管长度的 2 倍),宽 80~100m。

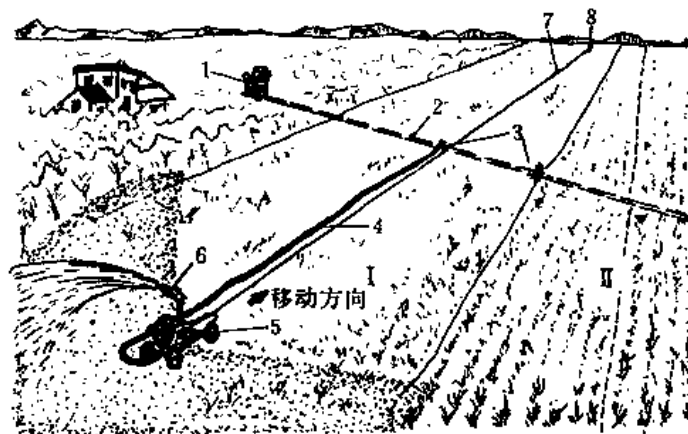


图 6-17 钢索绞盘牵引式喷灌机作业方式图

1—泵站; 2—地下干管; 3—给水栓; 4—高压输水软管; 5—喷灌车; 6—喷头; 7—牵引钢索; 8—锚固桩

一般大中型机组作业程序是:

- (1) 把软管接在输水干管的给水栓上;
- (2) 用拖拉机或其它动力拖着喷灌车沿机行道把软管铺展开,直至地头;
- (3) 把牵引钢索固定在另一端地头的锚固桩上;

(4) 打开给水栓的阀门,压力水通过软管达喷灌车,驱动动力机,带动变速箱和钢索绞盘,卷绕钢索,从而使喷灌车朝给水栓方向边移动边喷洒,充水软管在机行道上随喷灌车拖动;

(5) 喷头成 300° 左右的扇形喷洒,使之在前进方向上留有干道,喷灌车行至锚固桩处,便自动停机;

(6) 将接在给水栓上的软管进口改接在压缩机的管口上,装在喷灌车上的微型空气压缩机由拖拉机动力输出轴带动,产生压缩空气在几分钟内将管中积水驱走,然后将拖拉机动力输出轴改接在缠管的卷盘花键上,迅速将软管缠绕在软管卷盘上;

- (7) 用拖拉机将喷灌车和软管绞盘车牵引到另一条带,重复上述过程。

几种典型的钢索牵引绞盘式喷灌机的主要技术性能见表 6-11。

(四) 软管牵引绞盘式喷灌机

1. 结构

软管牵引绞盘式喷灌机一般由喷头车和绞盘车两部分组成,压力水由供水系统的压力干管或移动式抽水机组供给。绞盘车包括绞盘、输水半软管、底盘、驱动绞盘的动力机(如水蜗轮、水压缸等)、调速装置、软管缠绕导向装置和安全机构等(图 6-18)。

2. 作业方式

表 6-11 钢索牵引绞盘式喷灌机主要技术性能

型 号		WJP (微型)	波普T-35 (大型)
外形尺寸 (长×高×宽) (m)		1.45×0.85×1.05	4.37×2.06×1.94
整机重量(不包括水泵、 动力机) (kg)		66	1200
水 泵	型 号	YL 40-40-80 (高速泵 $n = 6000r/min$)	
	流量 (m ³ /h) 扬程 (m)	6 37	34~100 45~60
动 力 机	型 号	Y90S-2 微型电动机	拖拉机等
	功率 (kW)	1.5	56 (75马力)
喷 头		PY, 20 1个与旋转喷嘴	P150R (纳尔逊) 垂直播臂式 1个
管 道		加厚棉塑软管7551型, 内径 $\phi 40$, 长50m	锦纶织物涂合成橡胶软管, 外径 $\phi 95$, 壁厚3mm, 长201m
自走动力系统		水力驱动旋转臂, 喷嘴 $2 \times \phi 3$, 带动一级圆柱 齿轮, 一级蜗杆减速 ($i = 240$) 驱动绞盘	水涡轮 ($D = 189mm$) 带动变速箱及链轮驱动 绞盘
自走速度 (m/h)		15	10~60
一次降水深 (mm)		10~20	17~37
一个条带面积 (亩)		2.4	68.4 ($400 \times 114m^2$)
喷灌强度 (mm/h)		4	6~10
喷灌均匀系数		>0.75	>0.75
备 注		1) 由北京农业工程大学、河南新乡喷灌机厂研制 生产, 1986年部级鉴定 2) 参考控制面积每台40亩 3) 每台参考价900元	1) 由澳大利亚辛普森·波普公司生产 2) 每台参考价2.5万元 3) 喷灌效率最多每班45亩

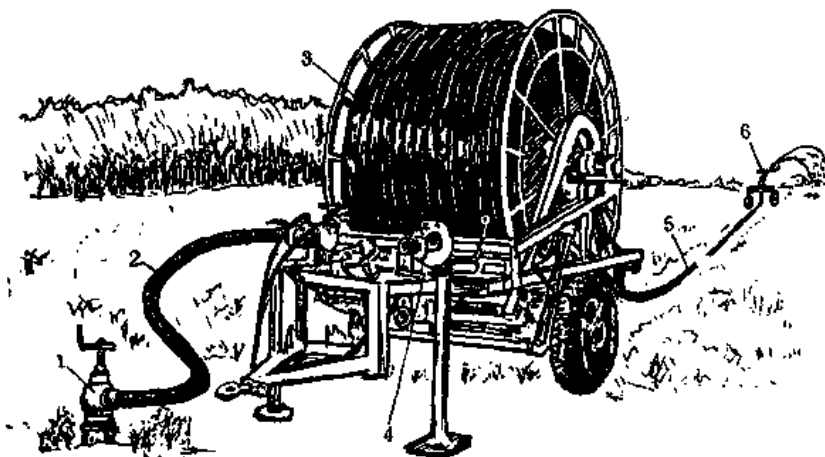


图 6-18 软管牵引绞盘式喷灌机

1—给水栓; 2—供水干管; 3—绞盘车;
4—自动控制装置; 5—PE半软管; 6—喷头车

作业方式随绞盘安装在底盘(机架)上的位置而不同, 最常见的是喷灌机牵引方向与

喷头车作业方向垂直(图6-19)。

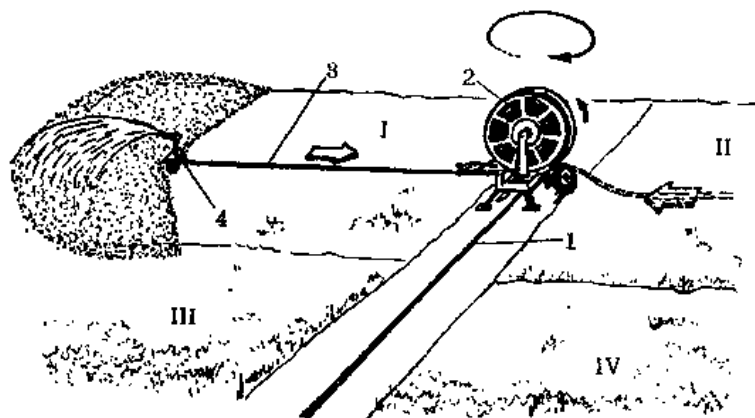


图 6-19 软管牵引绞盘式喷灌机作业方式示意图

1—供水干管；2—绞盘车；3—PE半软管；

4—远射程喷头车；I—IV—喷灌顺序

(1) 用拖拉机(40~60马力)将喷灌机牵引到地边第一条带的给水栓处(一般给水栓布置在条带长方向的中间),将绞盘车调转90°,接上水源;

(2) 用拖拉机将喷头车和半软管牵引到地头;

(3) 打开给水栓供给压力水,开始喷灌。因绞盘缠绕半软管,使喷头车边喷洒边倒退(喷头约成300°以内的扇形喷洒),直退至绞盘车处即自动停车;

(4) 用拖拉机将喷灌机转动180°,将喷头车及管道牵引至该条带的另一侧,重复上述步骤;

(5) 该条带两侧全部喷完后,用拖拉机将喷灌机牵引到另一条带,继续以上顺序进行喷灌。

3. 使用特点

(1) 喷头车轮间距一般可以调整,它应与作物行距相适应,以免压毁作物。

(2) PE管铺设时,不要使管子拉得过紧;管子应在导引架内,使其在垄沟中直线拖动;管子在绞盘上应留下一圈,以免在连接处发生过度变形而断裂。

(3) 开启供水阀要缓慢,使管子内压力逐渐增加,且不能超过机组额定压力。

(4) 在运行中不能调整喷头。在高压线下喷灌时,喷头离高压线距离应大于喷射高度。

(5) 当所喷灌的地块地面阻力很大(特别是PE管全部伸开),绞盘车的稳定性仅靠制动刹车及支锚墩等还可能达不到要求时,应将拖拉机挂在绞盘车上。

(6) 水质要清洁,进入水蜗轮的水不应挟带较大的石子和杂物,进入水压缸的水应经过过滤。

几种典型软管牵引绞盘式喷灌机主要技术性能见表6-12。

三、中心支轴式喷灌机

中心支轴式喷灌机又称时针式喷灌机、圆形喷灌机。它是将装有许多喷头的薄壁金属

表 6-12 软管牵引绞盘式喷灌机主要技术性能

型 号		JP90/300 (风亭牌)	J75/200 (风亭牌)	JP110 (金城牌)	许迪S110 K (西德)	佩罗马特 90/350 (西德)
外形尺寸 (长×宽×高) (m)		4×3.2×2.9	3×1.5×2.5		4.6×2.3×3.3	4.1×2.05×3.1
整机重量 (kg)		3200	1500		3500	2250
水 泵	型 号	IS80-50-250	IS800-65-160	IS100-65-315	IS100-65-250	IS80-65-250
	流量 (m ³ /h)	50	50	100	100	50
	扬程 (m)	80	32	125	80	80
动 力 机	型 号	Y180M-2	Y132S ₂ -2		东方红 75 拖拉机	
	功率 (kw)	22	7.5	75 (100 马力)	56 (75 马力)	22 (30 马力)
喷 头		PYC60 垂直播臂式 1 个, R = 40~45m	PYC40 垂直播臂式, 1 个, R = 37m	PYC 垂直播臂式 R = 36~60m	P200R 纳尔逊垂 直播臂式, R = 55~60m	ZN30W 播臂式 R = 42~48m
管 道		改性聚乙烯 (PE) 软管, φ80 长 270~320 m	特质 PE 管, φ75, 长 180m	特质 PE 管 φ110, 长 110m	高低压聚乙烯管 φ110·长 400m	ND10 特质 PE 管 φ90 长 350m
自走动力系统		冲击式水涡轮带动 齿轮箱 (6 级, i = 762) 及链轮驱动绞盘	用水压缸 (包括控 制阀、分配阀、换向 机构、棘轮等) 推动 绞盘	橡胶囊水压机推 动绞盘	水压机、棘轮驱 动绞盘	水涡轮通过齿轮 箱、链轮减速, 驱 动绞盘
喷头车行速 (m/h)		11~54		10~30	9~110	20~40
平均降水深 (mm)		10~50			7~100	
平均喷灌强度 (mm/h)		< 8	5.26		20~40	8 左右
喷灌均匀系数		> 0.7		0.74		0.68~0.8
一个条带面积 (亩)		32~42	15	22~48	77 (430×120m ²)	41~45
备 注		1) 本机由江苏农机 研究所、徐州第二水 泵厂研制生产 2) 动力还可配 30 马 力拖拉机或柴油机 3) 每台参考价约 1.95 万元控制面积 300~400 亩	1) 本机研制生产单 位同左 (1984 年) 2) 另有变型 JP75/ 200d 型, 为带多喷头 机组配 PYC15 喷头 7 个	1) 由兰州农业水 泵厂研制生产 2) 每台控制面积 200~800 亩	1) 本机由西德许 迪公司制造 2) 每台参考价 2.975 万元	1) 本机为西德佩 罗马特公司制造 2) 每台参考价 3.57 万元

长管道的一端, 用可旋转的弯头与位于地块中央的固定竖管联接, 竖管作为支轴并供给压力水。薄壁金属管高架在等间距的若干个塔车上, 中心支轴处和各塔车上有一套保证管道可靠移动的系统, 使管道保持近似直线绕中心支轴按调节好的速度连续旋转进行喷灌作业 (图 6-20)。

中心支轴喷灌机 1952 年首创于美国, 到本世纪 70 年代美国许多州都已使用。其喷灌面积约占美国总喷灌面积的 40%。其它国家也相继引进和仿制, 据不完全统计已有 30 多个国家使用了中心支轴式喷灌机。有些国家发展很快, 如苏联 1968 年从美国引进“伐利”型水力驱动中心支轴式喷灌机, 1971 年仿制, 1977 年增加到 1.79 万台, 而且还有少量出口到西欧。我国 1978 年从美国引进, 已有不少省研制, 并有几个生产厂小批量生产电力和水力驱

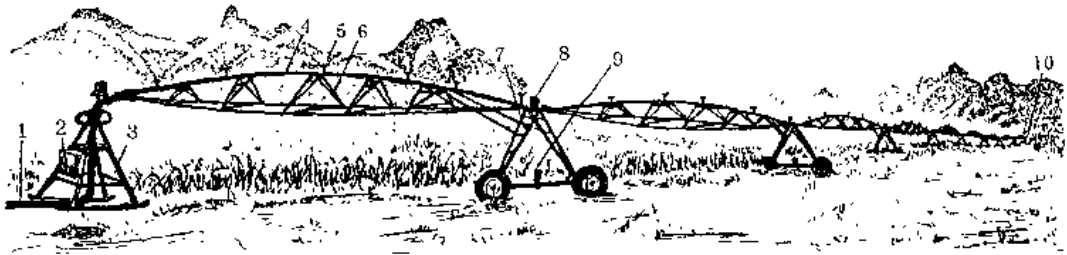


图 6 20 电力驱动中心支轴式喷灌机

1—供水干管；2—电控箱；3—中心支轴座；
4—喷洒支管；5—中（低）压喷头；6—腹架；7—塔车；
8—塔车控制箱；9—塔车驱动电机；10—远射程喷头

动中心支轴式喷灌机。据初步统计，我国1985年约有200余台中心支轴式喷灌机在运行。

(一) 优缺点

1. 优点

(1) 自动化程度高。和地面灌溉比可节省90%以上的劳力，和其它喷灌机比，可节省25~75%的劳力。能昼夜自动喷灌，一人在中心控制室可同时控制8~12台（有的甚至20余台），灌溉近万亩土地，工作效率很高。

(2) 节约用水。喷水量可在5~100mm内调节，均匀度高（均匀系数可达85%），比沟灌少用水30%~60%。

(3) 增加产量。一般玉米可增产10%~20%，如美国内布拉斯加州，采用这种喷灌机喷灌的玉米平均产量588kg/亩。牧草喷灌后，每3亩地可养一头肉牛，而过去沙丘草地露天放牧每头肉牛需30亩草地。对于其它作物，增产效果也很显著。

(4) 适应性强。可灌溉地形坡度达30%左右的丘陵山坡地，几乎适宜于灌溉所有的作物和土壤。

(5) 一机多用。可结合喷施化肥与农药等，对于氮肥溶液有更好的喷洒效果。

2. 缺点

(1) 只能喷灌圆形面积，对于矩形地的四个地角喷不上。目前虽有些补救办法，但投资大，都不理想。

(2) 耗能多，运行费用高。

(3) 在作物需水高峰期，要求喷灌机连续运转，一旦有一处出故障，就会影响到全机工作，因此，需要有足够的备件和维修力量。

(4) 一般为了增加外圈的控制面积，常采用远射程大流量喷头喷洒，致使喷灌强度远大于土壤入渗速度，造成径流损失。

(二) 适应范围

中心支轴式喷灌机几乎适用各种质地的土壤及大田作物、经济作物、蔬菜、牧草等各种作物类型。我国西北、东北、华北各省区和广东、广西、云贵高原等地的广大农牧业区，凡土地连片，地中无障碍物，均可使用。对于干旱缺水的浅丘区与黄土高原区，深井和高扬程灌区以及土壤瘠薄、渗漏严重的地区效果更好。

(三) 结构特点

中心支轴式喷灌机的结构与驱动形式关系密切。驱动形式有水力驱动（分液压缸型和旋转喷嘴型）、电力驱动、油压驱动、钢索绞盘驱动及气压驱动等多种，最常见的是电力驱动和水压缸驱动。

1. 水力驱动中心支轴式喷灌机（图 6-21）

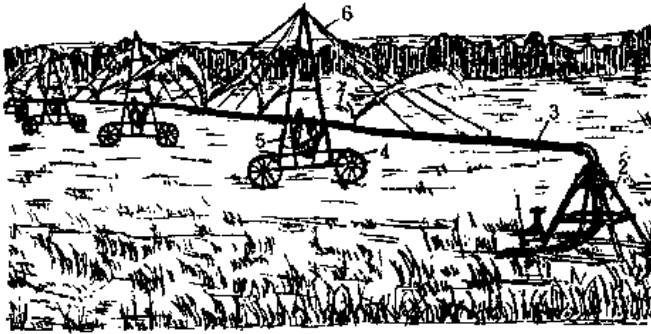


图 6-21 水力驱动中心支轴式喷灌机

1—供水干管；2—中心支轴座；3—喷洒支管；
4—塔车；5—水力驱动系统；6—悬吊钢索系统；
7—摇臂式喷头

(1) 喷洒支管。用法兰盘刚性联接，无柔性接头，一般采用直径为 6 英寸（152.4mm）、壁厚 2~3 mm 的薄壁镀锌钢管组装而成。

(2) 跨架与塔架。采用悬吊钢索式拉吊支承管道、水平钢索加强管道刚度以保持稳定，使结构简单、轻巧，节省钢材。塔架是以底梁为底的等腰三角形，底梁的两端焊有可转动的钢轮支座。每跨长（即塔车间距）不等（一般为 25~40m），以满足受力要求和适应地形变化。

(3) 行走轮。为钢轮，钢轮轮缘上焊有若干抓泥板条，以防在泥泞的地块作业时打滑，同时，它也是驱动机构的重要组成部分。

(4) 水力驱动装置。包括水压缸、节流阀、分配阀、传动杠杆、抓泥板条等。水压缸的缸体是运动件，空心连杆和活塞是固定件。水压缸产生的推力通过传动杠杆猛推轮缘上的抓泥板条，使钢轮移动 10cm 左右的距离。连续推拉动作，使喷灌机向前移动。

(5) 速度调节机构。安装在末端塔车上，速度调节阀可以控制从管路中进入水压缸的流量，即控制末端塔车的行走速度。其它塔车通过同步控制机构与末端塔车对直，从而可以控制整机的运行速度。

(6) 同步控制机构。安装在除末端塔车外的其它各塔车上，它是利用装在相邻两塔车上的变位连杆反映出相邻两跨的角变位，并将变位传递给控制杆，带动节流阀，改变水压缸的流量，从而改变不同步塔车的移动速度。

(7) 安全保护装置。有两套，一套机械式、一套电气式，都能在机组出现故障时使喷灌机自动停车，起到保护喷灌机的作用。机械式安全保护装置设在末端塔车的停车机构上，用钢索通过导轮成之字形与各塔车联系，直至中心支轴。当某两个相邻塔车间出现不允许的角变位时，钢索张紧，使末端塔车的球阀关闭停止运行，以达到全机停车。电气式安全保护装置是用 12V 或 24V 电源线路串联在各塔车同步机构的水银开关上，当某一塔车严重不同步时，同步控制传动杆就使水银开关倾倒，切断电气回路，从而关闭柴油机，使喷灌机停车。

(8) 行走钢轮和塔车的刹车装置。在下坡时，起防止下滑作用。

2. 电力驱动中心支轴式喷灌机

由中心支轴座、塔车、腹架、末端悬臂、驱动系统、电控系统、安全保护系统和喷头等八个部分组成，必要的配套设备有动力机（如柴油机、电动机、发电机）、水泵、闸阀

等，另外还有根据需要选用的辅助设备，包括成套肥料喷洒装置、自动正反转装置、末端喷头自动启闭装置、水压降低的低压开关、低温自动停机装置、地角臂系统、照明灯和转移地块的牵引装置等。

(1) 抽水机组。从井中抽水一般采用井泵机组，从河渠抽水一般采用离心泵机组。

(2) 中心支轴座 (图 6-22)。中心支轴座安装在灌溉面积的中心，是喷灌机的回转支轴，也是喷灌机的控制中心。中心支轴架是由四根异形角钢柱，上、中、下横拉角钢，旋转弯头等组成的四棱锥架。旋转弯头下端用U形橡胶密封圈及连接卡箍与进水竖管相连。

集电环装在旋转弯头上，它可避免喷灌机在旋转过程中，将输电至各塔车的电缆缠绕在中心支轴上。控制环是安装自动定点停车及末端喷头自动启闭设备用的。

中心支轴座底部有两根滑撬角钢，用锚固链上的两块短角钢和螺栓固定在钢筋混凝土基础上，喷灌机需要转移到另一地块时，拆开螺栓，即可拖移。

(3) 腹架。是由喷洒管道、支立三角架和拉筋等组成的空间拱架结构。它既是过流部件，也是承重部件。喷灌管道常采用直径152、168或203mm，壁厚2~3mm的热浸镀锌薄壁钢管。支立三角架由角钢用螺栓连成，起腹杆作用，根据不同跨长，每跨可有4~7个。拉筋采用 $\phi 19$ 或 $\phi 22$ 的等直径圆钢筋 (图 6-23)。

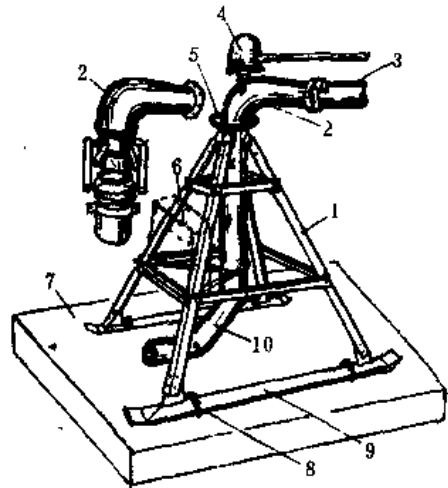


图 6-22 中心支轴式喷灌机中心支轴座
1—四棱锥架；2—旋转弯头；3—喷洒支管；
4—集电环；5—控制环；6—主控箱；7—
钢筋混凝土基础；8—锚固链；9—滑撬垫板；
10—进水管

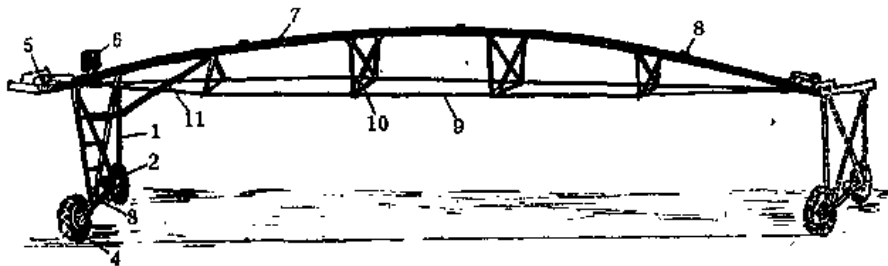


图 6-23 组成喷灌机的基本单元——标准跨架示意图

- 1—塔架；2—驱动电机及调速系统；3—底架；4—行走胶轮；
5—柔性接头；6—塔车控制箱；7—喷洒支管；8—安喷头竖管孔；
9—拉筋；10—支立三角架；11—斜支撑杆

(4) 塔车。由角钢、钢管底梁、行走轮和驱动系统等组成，它是腹架的支座，也是喷灌机的驱动部件 (图 6-23)。

拱形腹架的一端和塔车固定，另一端用柔性接头和另一跨联接，一个腹架和一个塔车组成喷灌机的一个“单元”。两个塔车的距离称为跨距，一般分为标准跨和长跨，标准跨一般长32~39m；长跨一般长52~56m，长跨组成的喷灌机主要用于耕地面积大、地势较

平的情况下。喷灌机由跨架单元组成可长可短的机组。目前喷灌机的长度由63m到1182m（常见机长为400m左右），转一圈可控制60~6556亩（一般为800亩左右），400m长的机组转一圈所需时间可根据作物需要调整到8小时至7天或更长时间。

末端塔车结构和标准塔车基本相同，但增加了末端悬臂管和悬吊钢索，它是喷灌机运行速度的控制塔车（图6-20）。

（5）驱动装置。包括塔车控制箱、驱动电动机、减速器、传动装置及行走轮等。

驱动电动机多采用起动转矩大、允许频繁起动的三相异步电动机，功率为0.6~1kW，转速较低，有过流过载保护。

减速器形式较多，因为减速比一般较大，所以常采用2~3级减速，采用最多的是蜗轮蜗杆减速器，其次是链轮、圆柱齿轮和液压马达行星齿轮减速器等。

行走轮多用橡胶轮，对于粘性土用低压高浮动式轮，外径1.2m，轮宽0.36m，轮胎压力为98~112kPa。对于砂性土盐碱地等为了降低造价，可以采用钢轮。

（6）电控系统。包括速度控制、同步控制、安全保护等系统，多采用120V单相电源。

速度控制是由中心处主控制箱内百分率定时器（时间继电器）决定的，根据作物的需水要求，调整百分率定时器的旋钮，电讯号直接传至末端塔车控制器的接触器，使电动机按百分率定时器调整的时间间隔运行。一般百分率定时器发出讯号的周期是1min，所以，如果将百分率定时器旋钮调到100%处，末端塔车就会连续不断地移动；如果调到50%时，末端塔车移动30s、停30s，余类推。这样，虽然塔车移动线速度不变，即电动机转速和减速箱的减速比固定不变，但由于运行和停止的时间比例变化，末端塔车的平均运行速度也就改变了。其它塔车由于有同步控制也跟随末端塔车的运行速度变化，这样，就使整机的运行速度改变。

同步控制系统是使喷灌机各塔车近似运行在一条直线上（实际上是一条向前或向后的微弓形线）的系统。它的基本原理是，控制某一塔车上柔性接头处反映出的相邻两跨管道的角变位在一定的范围内（如 0.5° ），以便随时向后一塔车对直，使该塔车不致超前或滞后于其它塔车，达到和其它塔车同步的目的。例如当某塔车停止运行；而后面（从中心向外数）相邻塔车移动一段距离后，该相邻两跨管道产生了角变位，控制臂推动塔架控制箱中的凸轮，使微动开关常开触点闭合，接触器通电，塔车电动机启动，该塔车移动一段距离，稍超出后一塔车位置后即停止移动。此时，该塔车又与前一塔车的管道有了角变位，又使前一塔车移动，如此依次从末端传至中心，使喷灌机近似成一直线向前慢慢移动。由于调速的百分率定时器位置不同，使喷灌机同时运行的塔车数也不同，而所有塔车同时运行的情况是不会出现的。

各种中心支轴式喷灌机的安全保护系统虽然类型不同，项目各异，但是综合起来有同步保护、过水量保护、电动机过流过载保护、短路保护、防雷电保护、低温保护和低压保护等。同步保护是当某塔车控制箱的运行微动开关出故障时，相邻两跨的角变位会继续增大，控制臂继续推动凸轮带动安全微动开关，使常闭触点断开，切断电源，使整机停车。过水量保护是为了避免因某一塔车安全微动开关失灵或末端塔车打滑等原因，使喷灌机长时间停留在一处喷灌，灌水量大大超过计划值而设置的。它是在第一塔车（或倒数第二塔

车) 控制箱内安装一个延时继电器, 串接在通至各塔车的安全回路中, 它有一对常闭触点, 通电时不动作, 断电时, 延时断开。如果先调好延时时间 (如 3 分钟), 当出故障时, 继电器到延时时间后就自动切断回路使整机停车。

(7) 喷洒系统。中心支轴式喷灌机采用的喷头绝大部分是全圆喷洒的摇臂式喷头。随着能源紧张, 用低压折射式喷头有所增加。

因为沿喷洒支管离中心支轴越远控制面积越大, 为了达到灌水均匀的目的, 沿喷洒支管各段的出流量应不同, 即各管段出流量与该管段距中心支轴距离成正比。因此, 喷头配置有三种基本形式:

1) 采用中压摇臂式喷头, 等距离布置, 喷头规格自中心至末端逐渐增大。其特点是喷洒面积大, 喷灌强度小, 均匀度较好, 受风影响较小, 但雨滴较大, 易击实土壤。

2) 用相近规格的小型摇臂式喷头, 但间距从中心至末端逐渐加密。其特点是喷洒重叠面积增大, 均匀度提高, 喷洒宽度较窄, 个别喷头运转失灵所造成的影响较小, 雨滴也较小。

3) 采用低压折射式喷头, 自中心至末端喷头的喷水量逐渐增加。其特点是工作压力低、耗能少, 抽水费用减少 10~40%, 喷洒宽度窄, 雨滴小, 但喷灌强度大 (比上两种大 2~3 倍), 适合于砂性土, 不适合于粘土, 受风影响较大

(8) 地角臂系统。我国尚未生产, 只在引进美国的喷灌机上有此系统。它是在中心支轴的末端塔车外, 伸展地角跨架和悬臂。有地角臂系统后能增加喷灌地角面积 17%, 但是它的造价昂贵, 所以一般不提倡采用。

(四) 作业方式

中心支轴式喷灌机控制面积为圆形, 对于方形地, 每台喷灌机有 22% 的地角土地不能灌溉, 因此在规划设计时, 井位应布置成等边三角形, 这样可以提高土地利用。如果一台喷灌机控制两个作业面积, 则采用菱形布置为宜 (图 6-24)。但是, 由于水力驱动中心支轴式喷灌机只能顺时针旋转, 故在布局上要考虑牵引方向和位置。

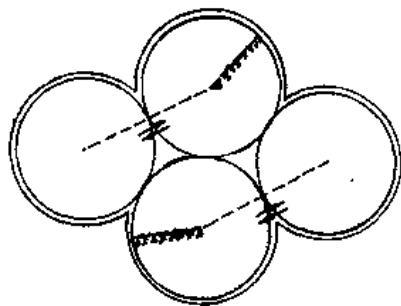


图 6-24 中心支轴式喷灌机菱形布置作业示意图

(五) 几种中心支轴式喷灌机主要技术性能 (表 6-13)

四、平移式喷灌机

平移式喷灌机又称直线连续自走式喷灌机, 一般从明渠中取水 (用井水作水源时, 需二次提水, 多井汇流于渠中)。明渠位于喷灌机的中央 (或一侧)。喷灌机由若干个跨架单元组成一直线形的机组, 在中央 (或一侧) 有控制中心, 称为中央跨。喷灌机运行时其轴线垂直于渠道中心线, 即喷灌机的塔车轮子的移动轨迹是平行于渠道中心线的。中央跨架骑渠 (或在渠道的一边) 行走。柴油机、水泵、发电机、控制与导向设备等安装在中央跨塔车的吊架上, 悬挂在渠道水面上方。在中央跨的两边各由几个标准跨架单元联结而成,

几种中心支轴式喷灌机主要技术性能

表 6-13

机 型	DYP-421 344	DYP-400	DYP-416	PYT-370 拖移式	DYP-400	ZMP-210 206	YX-471	新垦110-300	“伐利”2071	“维马提克” 307	SYP-400水动	“伐利” 1250水动
机 长 (m)	421 344	400	412	356	384.5	216 210	420	298	389.4	393.15	395	359
流 量 (m ³ /h)	180 120	160~240	190~200	80~160	140	65 74	155	132.4	122~159		160	83~160
入机压力 (kPa)	700~800	500	500	443~511	500, 400	450 220		500	400~500		540	443~489
塔 车 数 (个)	11 9	10	10	8	9	5	11	8	10	7	10	10
每 跨 长 度 (m)	32 38.4	39.3	40.2	40, 50	40	39 40	36	36	31.5, 37.8	48, 54	38.4	32, 36.5
未 润 湿 臂 长 (m)	9.2(φ102)	9(φ104×4)	12(3*无接管)	15(φ108×2)	24.5(φ106)	10(φ102)	15	10	6, 9, 18	12.2	13.2	3
管 径 × 管 厚 (mm)	159×3	159×3	159×3	159×3	159×3	159×3	152×3	150(内径)	168.3×2.78	168.3×2.78	159×3	152.4×1.9
管 节 长 (m)		9.75	10	10	10	10	12	12			10	12.05
型 式	拖臂式 (单、双跨)	拖臂式	拖臂式	拖臂式 (仿雨鸟)	拖臂式 LP-WX-15 40	折射式	工农-1型、 折射式、 PY40(2个)	折射式、 PY15	雨鸟牌 拖臂式	雨鸟牌 拖臂式	PY10, PY15, PY20	雨鸟牌 拖臂式
工 作 压 力 (kPa)	455~612			443~418	250~370	250~260		150~200	300~400			
个 数 (个)	47 (包括)35 未端		91	37~71	39	67 82		74~100			39 未端PY130 (1个)	
型 号	JO ₁ -21-4	JO ₂	JO ₁ -22-4	JO ₂ -22-6	JO ₁ -22-6	JO ₂ -4-22T	JO ₁ -21-4-W	JO ₂ -22-4	三相异步 立式电机		水缸φ203, 长410mm, 行程220mm, 工作压力 250~400kPa 双向φ90, 行程50mm 推力150~ 1300ks	立式水缸
功 率 (kW)	1.1(1.5)	1.1	1.5	1.1	1.1	1.5(L1)	1.1	1.1	1.0马力	1.0马力		
转 速 (r/min)	1410	1410	1410	960	950	1440	1430	1414	170			

续表

机 型	DYP-421 DYP-344	DYP-400	DYP-416	PYT 370 拖移式	DYP-400	ZMP-210 206	YX-471	新型110-300 三角带 两级蜗杆	“伐利”2871 两级蜗杆	“雷马维克” 307 两级蜗杆	SYP-400水动	“伐利” 1260水动
减 速 箱	49 × 38	40 × 50	49 × 38	42 × 47	28 × 40	38 × 51	49 × 32	26 × 29 × 49	52			
行走轮 D(直径) (m) b(轮宽)	11-28胶轮 (D=1.315, b=0.305)	胶轮(D × b =1.2 × 0.3) 胶轮(D × b =1.2 × 0.3)	11-32水田胶轮 (D=1.360, b=0.3)	14-28胶轮 (D=1.44, b=0.39)	胶轮 (D=1.42)	11-28水田 胶轮 (D=1.315, b=0.305)	胶轮(D=1)	钢轮(D=1)	高浮动式轮	高浮动式轮	钢轮 (D=1.52, b=0.24)	钢轮 (D=1.1, b=0.18)
发 电 机 功 率 (kW)	90				15	50			10		3	
柴 油 机 型 号	6315D-8		6135	电 网 电 源	6135	4135	电 网 电 源	电 网 电 源	3500MK11		6135	
功 率 (kW)	150	82	120	电 机 40kW	120	80	电 机 75kW	电 机 40kW	110		120	
水 泵 型 号	65H-6 离 心 泵	250J B 180-5	150D30 × 2	10180 × 15	101D140 × 4	21D-80 × 15	150D30 × 3	101D140 × 10	10M50-4		121160 × 7	
流 量 (m ³ /h)	120~198	180	190	60~102	140	80	155	140	123		160	
扬 程 (m)	70~80	90	54		70	60	87	50	88		84	
转 速 (r/min)	2930	2300	1480	1470		1450		1460			1450	
地 隙 (m)	3	3.1	2.6	2.6	2.76	2.1	2.5	2.6	2.8~3.2	2.75	2.4	2.2~2.3
允 许 爬 坡 (%)	20	胶轮18 铁轮15	20	20	20	20(10)	20		30	12	30°	<10
转 一 圈 时 间 (h)	12.7~196 11.5~196	15.5~96	13~231	16.8~168	10.2~158	7.2~72	15~144	34~170	8.3~16.9	12~20	20~106	39~63
降 水 量 (mm)	4~50	最 大 29~42 最 小 4.5~6.7	3~60	2.73~27.3 5.46~54.6					5.1~66		8~50	

续表

机 型	DYP-421-344	DYP-400	DYP-416	PYT 370 拖移式	DYP-400	ZMP 206 210	YX-471	新星110-300	“伐利”2071	“祖马提克” 307	SYP-400(手动)	“伐利” 12m手动
均匀系数(%)	85~88	86		87					>91		80~85	
喷灌强度 (mm/h)	2~50	17.8		0.5~10 1~20	16.36	8.2	12.0	32.25	22.44		0.5~22	
一个作业点 控制面积(亩)	904~930, 644	891	900	645 1290	730(980)	244	1038		785	971.2	825	655
总重量 (kg)	20823 (无水) 17151	24000, 16000 (有水)(无水)	14340 (无水)	18000 (无水)	24700 17700 (有水)(无水)	13195 9210 (有水)(无水)	25000	15000	24500	17010	18700(无水)	
参考价 (元/台)	108000	128000	100000		110000	40000	100000		65880		190000(60000)	59104
亩投资 (元/亩)	114.9(77.143)	154	72		146.7(112.24)	167			137.27		30~50	74
生 产 厂	辽宁鞍山农 牧机械一厂	哈尔滨红 旗机械厂	广西南宁福 秧机厂	黑龙江哈 尔滨水泵厂	黑龙江宝清 喷灌机厂	河北蒙北 牧场修配厂	陕西渭南 华阳农场	新疆110 团场	美国 凡尔蒙公司	美国林森公司	内蒙通辽 农机厂	美国 凡尔蒙公司
鉴定时期		1983.9省农垦		1980.8省级		206型1981 省级 210型1982						
备 注	△型号说明: D Y P -100 ├──机长 ├──喷灌机 ├──圆形 └──电力驱动 △通过省级 鉴定	行走轮转速 0.705r/min. 中心支轴高 3872mm. 每磅重量 (kg) 胶轮有水 2243. 铁轮有水 1520. 车架拱高 1.21m. 轮地压 72kPa	通过省级鉴定	△拖移位 置时可用75 马力拖拉机, 牵引速度应 小于2~ 4 km/h △通过省 级鉴定	1980.8省级	行走轮转 速3r/min. 轮胎压力 140kPa			行走轮转速 0.57~0.71 r/min. 轮胎压力 98~112kPa		通过部级 鉴定	每塔车带水 重量1647kg

标准跨架单元是由管道、腹架，塔车及驱动、控制、喷洒等部件组成（图 6-25）。

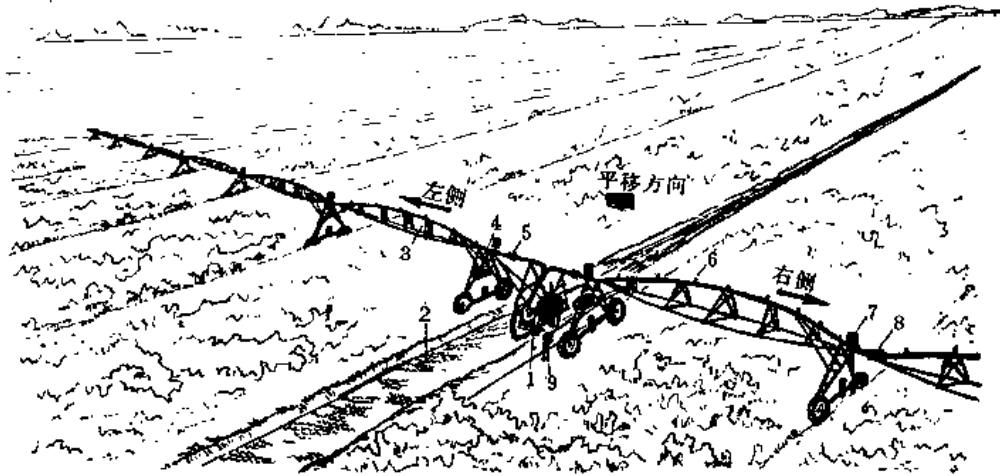


图 6-25 平移式喷灌机示意图

1—水泵；2—渠道；3—腹架；4—塔车；5—中央跨架；
6—喷头；7—塔车控制箱；8—柔性接头；9—导向系统

平移式喷灌机出现于本世纪 70 年代，美国首先研制，1977 年才正式用于大田灌溉。

(一) 优缺点

1. 优点

(1) 能灌溉矩形地块，没有浇不上的地角，土地利用率可高达 98%，而中心支轴式喷灌机加上末端远射程喷头，土地利用率只有 87%。

(2) 与传统的农业耕作措施和耕作方向相适应，轮辙对农机（特别是收割机）作业影响很小，播前不需平整轮辙；对于牧场每周需割 2~3 次草，中心支轴式喷灌机的圆形轮辙对割草机作业很不利。

(3) 沿机长方向喷洒均匀，受风的影响小，喷灌质量高。

(4) 适于低压喷洒，管道水头损失较小，减少能耗。采用低压喷头，还有利于兼施化肥农药。

(5) 结构简单，喷灌管道可用不同直径的管子组成，喷头采用同一型号等距布置，每一塔车电控设备完全相同，装配、保养、维修方便。

(6) 自动化程度高，喷灌机长度可长可短，控制面积可大可小，而且比同一机长的中心支轴式喷灌机控制面积大，降低了单位面积投资和耗能指标。

(7) 运行速度调节范围大，能满足各种作物不同生育期的需水要求。

(8) 可用于喷施化肥、杀虫剂、杀菌剂、除草剂、植物生长调节剂等，还可部分代替中耕、植保等农业机械，做到一机多用。

2. 缺点

主要是适应地坡能力较差，要求地面较平；增加了导向系统，使造价提高且妨碍交通；如采用明渠供水，需设拦污设备。

由于平移式喷灌机的优点多，所以，近年来我国发展较快。在美国国内新发展的灌区，有许多是采用平移式喷灌机。

(二) 适应范围

和中心支轴式喷灌机基本一样,但它适应地形坡度能力要小,而对不同土壤及不同风速风向的适应能力较强。

(三) 结构

平移式喷灌机是在中心支轴式喷灌机的基础上发展起来的,它实际上是两台中心支轴式喷灌机成反对称联接在中央跨上,因此,跨架结构基本相同,但由于供水方式、运行状况不同,所以,平移式喷灌机也有其独特结构。

1. 中央跨架

中央跨架是平移式喷灌机的“首脑”部位,它起着中心支轴式喷灌机中心支轴座的作用。

中央跨由两个塔车承受抽水机组与吊架重量,左右对称,分立在渠道两旁(或一侧),塔车结构和标准塔车相同,只是底梁管稍厚些。

抽水机组一般在工厂组装好,运至工地,只需将悬吊角钢和稳定支撑固定好,即可接上进、出水管。水泵常采用离心泵,安装支座采用橡胶减震垫,水泵启动时的排气可用柴油机废气自吸。吸水管上安有拦污栅,为减轻重量,用轮子支撑在渠底上。出水管装有闸阀、量水表、压力表等。在吊架的一侧安装控制箱,一般包括主控制箱,辅助控制箱、向前运行导向控制箱,向后运行导向控制箱和柴油机控制箱等。

2. 导向系统

平移式喷灌机不象时针式喷灌机有固定的中心支座,如果它在横向运动时无约束,则喷灌机会偏离渠道吸不上水,甚至使中央跨架掉入渠中,损坏机器。因此,必须有导向控制系统来约束它在横向(喷灌机轴线方向)上的位移。

导向控制系统主要有触杆微动开关式、无线电跟踪式和机车牵引式等三种形式,目前,比较经济而且应用较多的是触杆微动开关式。

触杆微动开关式导向系统是沿渠道一侧平行渠道中心线设置导向钢索或导向混凝土墙。工作时,两根触杆置于导向钢索的两侧。当喷灌机运行产生偏斜时,触杆之一将离开钢索,导向控制箱中的微动开关等控制元件将使喷灌机的某一侧塔车降低运行速度,达到两边重新对直。导向控制的灵敏度由平行于中央渠道的轮子轨迹判断,一般要求其偏差在102~152 mm之间。

3. 喷头

平移式喷灌机上的喷头多用相同型号的低压喷头,等距离布置。由于通过塔车处受到局部限制及管道的沿程水头损失,为使喷头喷水量一致,喷头孔径有微小区别,即愈靠外端,孔径愈大。

(四) 几种平移式喷灌机的主要技术性能(表6-14)

五、平移-回转式喷灌机

在研制中心支轴式和平移式喷灌机的基础上,为了提高喷灌机对水源、地形的适应性及提高时间利用率,近几年我国吸收国外技术,又研制成功了平移-回转式喷灌机。

表 6-14

几种平移式喷灌

机 型	新垦-250	新垦-240	DPP-250	243	
机 长 (m)	243	240	224	234	
流 量 (m ³ /h)	280	188	128	90	
入机压力 (kPa)	360	300	500	350	
塔 车 数 (个)	7	8	6	7	
每塔长度 (m)	40	38	40	36	
外端悬臂长 (m)	0		24.5 (φ106)		
管 道	外径×壁厚(mm)	159×3	134	159×3	114×4
	节 长 (m)			10	
喷 头	型 式	PY, S20	折射式	微型拂臂式 (仿美)	工农-4型 (塑)
	工作压力 (kPa)	300	200	350	280
	个 数	60	150	23	40
驱 动 电 机	型 号			JO ₂ -22-6	
	功 率 (kW)	0.6	0.8	1.1	0.746
	转 速 (r/min)	1410		930	
减 速 箱	型 式	三级: 皮带、少齿差、齿轮	两级蜗杆	两级蜗杆	三级: 蜗杆、圆锥齿、圆柱齿
	减 速 比 <i>i</i>	4170 2×263.3×8		28×40	60×3×6
行走轮 (直径×轮宽)	110×22钢轮		142×34胶轮	100×20钢轮	
发电机功率 (kW)	12	12	12	5	
水 泵	型 号	6BA-8 (2台)		6B33	4B-35
	扬程 (m)	36.5		50	34.8
	转 速 (r/min)	1450		1700	
柴 油 机	型 号	4120	4115	4115	295
	功率 (马力)	(80) 72	55	65	22
地 隙 (m)	2.35	17	2.5	2.0	
允许爬坡 (%)	5	10	20	10	
最大运行速 (m/min)	1.17	2.08	1.98	1.0	
整机重 (估) (t)	22	13	9 (无水) 14.25	10	
控制面积 (亩)	338	900	900~1300	500	
每台售价 (万元)	6 (试制)	4.9 (估)	5 (估)		
亩 投 资 (元)	64.2	54.4	55.5		
亩 耗 钢 (kg)	19.3	11.1	10.0	17	
研制生产单位	新疆芳草湖农场 (1979)	新疆122兵团 (1979)	黑龙江省宝清喷灌机厂 (1980.8)	武汉东西湖农场水电学院 (1978)	

机主要技术性能

新疆250	PDP-400	黑缎200	准 马 提 克	“伐利” 9880
246.5	365	295	798.8	793
360	240~260	90	568	520.7
90	500	350	440	
7	10	6	16	14
40	39	40	54.13	56.4
	9.8 (φ108)	15		
159×6	159×4	108	168.8×3.05	163.8
	13	6		
折射式	仿“雨鸟”40、30型	折射式	扇形折射式	折射式
90、60	390		160	141
	58、82	87	292	
JO ₂ -8014	JO ₂ -W	JO ₂ -31-67		
0.75	1.1~1.5	1.5	0.56 (14台) 0.746 (末)	0.746
1410	1420	950		
三级：皮带、少齿差、蜗轮	两级蜗杆	两级蜗杆	二级：圆柱齿、蜗杆	两级蜗杆
480	40×50	30×52	2500	
钢轮	丰收35拖拉机后胶轮	φ110×20钢轮	14.9×24"胶轮	
24	15	30	“利马”18.7	10~30
8B-18A (2台)	200PB-48	4B-35	考奈尔GRB6484	
	48	35		
	1480			
4120	6120FL ₂	4110	卡特匹勒	卡特匹勒
72	100	60	150	135
1.4	3.3	3.6	2.75	2.75
10	10	15	< 7	较平坦
1.43	16.2~146	21	1.58	1.98
17	22.57(无水)、29.13(有水)		38	44
1000	1180.64	1000	1923 3976 (管二)	1942
6.8 (试制)	9.5		美国国内价8.07万美元 (12.51万元)	9.6万美元 (14.88万元)
	80.46 (机)、173 (总)		63 (31.5)	76.6
			18.2 (9.58)	
新疆奎屯农垦129兵团 (1978)	河北芦台农场 (1984.9)	黑龙江绥化 水机厂	美国林赛公司	美国凡尔蒙公司

表 6-15

几种平移-回转式喷灌机主要技术性能

机 型		晋农PYD-200	晋农PYD 75	DPYP400
机 长 (m)		171×6×6	75×6×6	400
流 量 (m ³ /h)		109	65	平移时207, 圆形176
入机压力 (kPa)		300	230	250
塔车数 (个)		7 (包括主塔车)	2 (包括主塔车)	10
每跨长度 (m)		48	48	40
外端悬臂长 (m)		24.4	24.4	18.5
管道(外径×壁厚×节长) (mm)		125×2.5×8000	125×2.5×8000	φ159
喷 头	形式×个数	PY ₁ : 15×24, PY ₂ : 15A×3 PY ₃ : 40×1	折射式×20	0~360m处折射式, 悬臂辐射式
	工作压力 (kPa)		187	
驱 动 电 机	型 号	JO ₁ -21-6	JO ₁ -21-6	JO ₂ -22-6
	功率 (kW)	0.8	0.8	1.1
减 速 箱	型 式	一级圆柱齿轮 二、三级蜗轮蜗杆	一级圆柱齿轮 二、三级蜗轮蜗杆	两级蜗轮蜗杆
	减 速 比	高速1:1648 中速1:2466 低速1:4896	高速1:1648 中速1:2466 低速1:4896	(28×40) 1:1120
行 走 轮		钢轮辐条式φ1.1m	钢轮辐条式φ1.1m	13.6/12~22 (英寸)
发 电 机	型 号	724-54-5	724-53-3	
	功率 (kW)	5	3	
水 泵	型 号	4B-54	4B-20	101D140×14
	扬程 (m)	47.8	22.6	
	转速 (r/min)	2900	2900	
柴 油 机	型 号	495	195	4135
	功率 (马力)	50	12	80
地隙 (m)		2.2	2.2	2.76
允许爬坡 (%)		15	15	20
运行速度 (m/min)		高速1.96 中速1.3 低速0.658		
整机重 (t)		约12 (有水) 7.5 (无水)		约18 (无水)
控制面积 (亩)		615	365	2000
每台售价 (万元)		约4.0		10:0
每kW浇地数 (亩)		9.04		18.38
亩投资 (元)		65		51.5
亩耗钢 (kg)		12.2		
主塔车轮数		4个, 每轮一个电机	4个, 每轮一个电机	3个轮
生 产 厂		山西襄垣县农机厂	山西襄垣县农机厂	黑龙江宝清喷灌机厂
备 注		机长系列75、100、120、140、170、200、220、240, 只有200型已鉴定		1980年鉴定

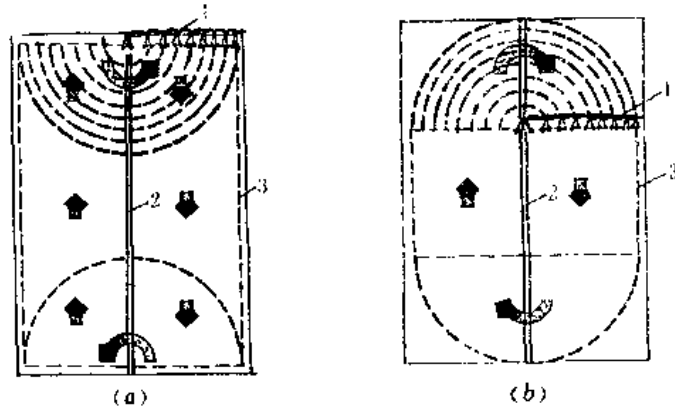


图 6-26 平移-回转式喷灌机田间作业示意图

(a) 平移运行；(b) 平移-回转结合运行
1—喷灌机；2—渠道；3—喷洒边界

第四节 喷灌机适应性与使用性能的评定

以上介绍了12种喷灌机，事实上，世界各国还有其它多种多样的喷灌机，如用拖拉机牵引支管（带有许多喷头和小轮）一端移动的端拖式；带喷头拖管的滚移式；多塔车长轴驱动平移式；折叠桁架双悬臂式及用程序控制实现高度自动化的降雨机器人等。这些喷灌机因各具特点、适应着不同条件而得到保持和发展。

我国条件复杂，仅靠少数几种喷灌机不能适应全国需要，必须根据各地具体情况，进行详细的技术经济可行性分析，然后决定当地应选何种喷灌机或以哪一种喷灌机为主。当然，对于同一地区，喷灌机的种类应尽可能少些，以便于运用管理。

喷灌机的适应性主要看所选择的喷灌机是否符合当地的条件，其中较重要的是水源（水量、水质、保证率），土壤（组成、土壤水、盐渍化），作物（种类组成、行垄向），地块大小及坡度，风情（主风向、风速），经济结构与水平，技术水平及农业现代化规划等，这些条件的具体要求在有关章节中已介绍。但是，喷灌机的适应性集中反映在它的使用性能上。评定喷灌机使用性能的定性指标（有的可以定量）主要有以下几方面：

（一）适用性能

适用性能是指喷灌机是否适应本地区的农业自然条件。

1. 水力性能

（1）水力性能（包括喷灌强度、组合均匀系数和雾化指标）是否适应当地作物与土壤的要求。

（2）水力性能是否可调以及可调的范围多大，是否能适应本地区不同作物、不同土壤的喷灌要求；是否能兼用于喷药、喷液态肥等综合用途。

2. 操作性能

（1）操作是否灵活、轻巧、劳动强度小。

（2）安全自动保护设备是否完善、可靠。

(3) 拆装、维修保养是否方便, 可以用零部件拆装所需工时来衡量。

3. 行走性能

(1) 田间道路上的通过性。在田间道路, 特别是在喷湿后的道路上行走, 轮子的附着力是否能够避免打滑。

(2) 作物行间的通过性。用喷灌机的地隙高度以及轮子两侧保护带宽宽度来衡量其在作物行间的通过性能。对于中心支轴式、平移式等定轨迹运动的机组, 则还要看其轨迹的稳定性。

(3) 田间转移时的通过性。用最小地隙、最小转弯半径、最大越障高度或越沟深度, 以及机组外形尺寸等来衡量其转移时的通过性。

(二) 经济性能

经济性能是指使用喷灌机经济效果的评价。

1. 运行可靠性与耐用性

(1) 运行可靠性可以用一定运行时间内发生的故障及零部件损坏的性质、严重程度、次数等来考核。

(2) 耐用性可用主要(或关键)零部件需要更换或修理以前的使用时间来考核。

2. 配套合理性与生产效率

(1) 配套合理一般系指在满足较好的水力性能的前提下, 管路压力损失适当, 泵和动力均在高效范围内工作(柴油机工作在最小比油耗附近)。可以用实际工作点效率对于性能曲线上最高效率的降低值来衡量。

(2) 生产效率是指实际生产率与纯生产率之比。实际生产率是喷灌机在实际工作时间内的生产率; 纯生产率是扣除了转移地点、正常的停水维修时间后的生产率。喷灌机的生产率可用每小时完成的工作量(喷水量或在一定的灌水定额下完成的灌溉面积)来表示。

3. 实际单位油耗或电耗以及额定操作人员数目

在喷灌机实际工作时间内, 完成单位工作量(如浇 1m^3 水或在一定喷水定额下浇1亩地)所消耗的燃油量(kg)或电量(kW·h)。机油消耗量以占燃油消耗量的百分数表示。应当指出, 喷灌机在完成工作时, 如果需要辅助机械(如转点时要拖拉机牵引等), 辅助机械的耗能应计入实际单位耗能量中。这一指标以及额定操作人员数反映了运转的经济性。

4. 综合利用性能及机组的售价

用喷灌机附带能进行的其它作业项目(如施液肥、农药等)的多少, 以及由于综合利用而使机组售价的加价大小来衡量其综合利用性能。

(三) 劳保性能

劳保性能是指操作人员的安全和健康不受损害是否有保障。

1. 安全性能

行驶是否平稳、制动是否良好, 自动安全保护是否齐全, 开式传动部件是否设有防护罩等。

2. 保健性能

运行时噪声和振动情况如何, 操作是否灵便舒适, 操作人员视野是否清晰, 机组外形是否美观等。

有压管道的水力计算

第一节 各种材料管道的沿程水头损失

一、有压管道沿程水头损失的基本公式

有压管道沿程水头损失的达西-魏斯巴赫公式为

$$h_f = \lambda \frac{Lv^2}{d2g} \quad (7-1)$$

式中 h_f ——沿程水头损失 (m)；
 λ ——管流沿程阻力系数；
 L ——管道长度 (m)；
 d ——管道内径 (m)；
 v ——管道过水断面平均流速 (m/s)；
 g ——重力加速度， $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

式 (7-1) 表达了沿程水头损失与沿程阻力系数、管道的管径、管长和流速(或流量)的关系。在沿程阻力系数已知的情况下，可由 (7-1) 式确定 h_f 、 d 、 v 或 Q 等数据。因此，式 (7-1) 为有压管道水力计算的基本公式。

对于雷诺数 $Re < 2320$ 时的圆管层流，沿程阻力系数可由理论求得：

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (7-2)$$

对于雷诺数 $Re > 2320$ 时的紊流，其沿程阻力系数目前是由实验研究确定。

二、各种材料管道沿程水头损失计算公式

为了工程设计中使用方便，工程界根据对每种材料管道的沿程阻力系数（或沿程水头损失）与流态的关系直接进行实验研究，制定经验公式，进行计算。

在有压管道系统的设计中，管道沿程水头损失公式的选用，应符合两个原则：

- (1) 选用的公式必须符合该种管材管内水流的流态实际，以保证计算的正确性。
- (2) 为了便于经济管径和管道系统经济运行的分析计算，在喷灌管道系统设计中也是为了便于在灌洒支管沿程水头损失计算中采用多口系数法，选用的公式必须是单项式指数公式，就是说，沿程水头损失 h_f 应能表达为流量（或流速）的指数函数和管径的指数函数的单项式公式，如

$$h_f = f \frac{LQ^m}{d^b} = S_0 Q^m L \quad (7-3)$$

由式(7-1)可知

$$S_0 = \frac{f}{d^b} = \frac{8\lambda}{\pi^2 g d^5} \quad (7-4)$$

式中 S_0 ——比阻，即单位管长、单位流量时的沿程水头损失；

f ——与沿程阻力系数有关的系数，是一个有量纲的量；

Q ——管中流量；

m ——流量指数，与沿程阻力系数有关；

b ——管径指数，与沿程阻力系数有关；

其余符号意义同前。

根据上述原则经论证，对于各种材料管道沿程水头损失计算建议采用以下各经验公式（式中所用符号意义同前）。

1. 塑料硬管

$$h_f = 0.000915 \frac{LQ^{1.77}}{d^{4.77}} = S_0 Q^{1.77} L \quad (7-5)$$

式中

$$S_0 = \frac{0.000915}{d^{4.77}} \quad (7-6)$$

2. 铝或铝合金管

$$h_f = 0.000800 \frac{LQ^{1.74}}{d^{4.74}} = S_0 Q^{1.74} L \quad (7-7)$$

$$S_0 = \frac{0.000800}{d^{4.74}} \quad (7-8)$$

3. 石棉水泥管

$$h_f = 0.00118 \frac{LQ^{1.85}}{d^{4.89}} = S_0 Q^{1.85} L \quad (7-9)$$

$$S_0 = \frac{0.00118}{d^{4.89}} \quad (7-10)$$

4. 旧钢管和旧铸铁管

$$h_f = 0.00179 \frac{LQ^{1.9}}{d^{5.1}} = S_0 Q^{1.9} L \quad (7-11)$$

$$S_0 = \frac{0.00179}{d^{5.1}} \quad (7-12)$$

5. 钢筋混凝土管

$$h_f = 10.29 \frac{LQ^2 n^2}{d^{5.33}} = S_0 Q^2 L \quad (7-13)$$

$$S_0 = 10.29 \frac{n^2}{d^{5.33}} \quad (7-14)$$

上式中 n 为管壁糙率, 本手册计算表中采用 $n = 0.013$ 、 0.014 、 0.015 和 0.017 四种 (表 7-1 与表 7-11), 使用时根据管壁实际情况选择, 如果壁面很粗糙, 也可取更大的值。

现将各种材料的管道沿程水头损失公式的 f 、 m 与 b 值, 归纳列表 7-1。

表 7-1 沿程水头损失公式中的 f 、 m 、 b 值

管道种类	$h_f = f \frac{LQ^m}{d^b}$			
	f (Q 以 m^3/s 计, d 以 m 计)	f (Q 以 m^3/h 计, d 以 mm 计)	m	b
塑料硬管	0.00915	0.948×10^5	1.77	4.77
铝管或铝合金管	0.00800	0.861×10^5	1.74	4.74
石棉水泥管	0.00118	1.455×10^5	1.85	4.89
旧钢管旧铸铁管	0.00179	6.25×10^5	1.9	5.1
钢筋混凝土管				
$n = 0.013$	0.00174	1.312×10^6	2	5.33
$n = 0.014$	0.00201	1.516×10^6	2	5.33
$n = 0.015$	0.00232	1.749×10^6	2	5.33
$n = 0.017$	0.00297	2.240×10^6	2	5.33

三、各种材料管道 S_0 数值表及 h_f 计算实例

为了简化计算工作, 将各种材料管不同管径的比阻 S_0 值算出并列于表 7-2 至表 7-11, 供计算沿程水头损失时使用, 若管内径与表中所列数值不符时, 需进行换算 (参看以下计算实例)。

【例 7-1】硬聚氯乙烯管道, 长 $L = 450m$, 通过流量 $Q = 0.022m^3/s$, 外径 \times 壁厚 = $160 \times 5(mm)$, 试求沿程水头损失 h_f 及管内流速。

解: 管内径 $d = 160 - 2 \times 5 = 150(mm)$, 由表 7-2 查得 $S_0 = 7.789$, 代入式 (7-5):

$$h_f = 7.789 \times (0.022)^{1.77} \times 450 = 4.08 (m)$$

或由表 7-2 取 $S_0 = 3.952 \times 10^{-6}$, 代入式 (7-5) 时考虑改变流量的单位为 m^3/h , 有

$$h_f = 3.952 \times 10^{-6} \times \left(\frac{0.022 \times 3600}{1} \right)^{1.77} \times 450 = 4.08 (m)$$

$$\text{流速 } v = \frac{Q}{A} = \frac{0.022}{0.785 \times 0.15^2} = 1.25 (m/s)$$

【例 7-2】聚丙烯 II 型管, 外径 \times 壁厚 = $160 \times 8.3(mm)$, 通过流量 $Q = 0.025m^3/s$, 管长 $L = 300m$, 求沿程水头损失 h_f 。

解: 此管内径 $d = 160 - 2 \times 8.3 = 143.4(mm)$, 在表 7-3 查不出相应的 S_0 值。为此, 需进行换算。

由式 (7-5) 可知, 两种不同管径但同管长同流量的沿程水头损失有如下关系

$$h_f = h'_f \times \left(\frac{d'}{d}\right)^{4.77}$$

从表 7-3 查得相近管径 $d' = 148.6\text{m}$ 的比阻值 $S'_0 = 8.145$, 求出 $h'_f = S'_0 Q^{1.77} L = 8.145 \times (0.025)^{1.77} \times 300 = 3.57\text{ (m)}$, 所以, 对 $d = 143.4\text{mm}$ 的聚丙烯管

$$h_f = 3.57 \times \left(\frac{148.6}{143.4}\right)^{4.77} = 4.23\text{ (m)}$$

用式 (7-5) 直接计算校核

$$\begin{aligned} h_f &= 0.000915 \times \frac{300 \times (0.025)^{1.77}}{(0.1434)^{4.77}} \\ &= 4.23\text{ (m)} \end{aligned}$$

说明计算正确。

【例 7-3】 薄壁铝管, 外径 \times 壁厚 $= 102 \times 2\text{ (mm)}$, 长 $L = 150\text{m}$, 输送流量 $Q = 35.10\text{m}^3/\text{h}$, 求沿程水头损失 h_f 。

解: 内径 $d = 102 - 2 \times 2 = 98\text{ (mm)}$ 。由表 7-4 查得相应的比阻 $S_0 = 48.38$, 代入式 (7-7), 并注意改变 Q 的单位为 m^3/s ;

$$\begin{aligned} h_f &= S_0 Q^{1.74} L = 48.38 \times \left(\frac{35.10}{3600}\right)^{1.74} \times 150 \\ &= 2.30\text{ (m)} \end{aligned}$$

或查取表 7-4 中另一相应比阻值 $S_0 = 3.138 \times 10^{-5}$, 代入式 (7-8) 得

$$\begin{aligned} h_f &= S_0 Q^{1.74} L = 3.138 \times 10^{-5} \times (35.10)^{1.74} \times 150 \\ &= 2.30\text{ (m)} \end{aligned}$$

所得结果完全一样。

【例 7-4】 采用石棉水泥管作输水干管, 内径 $d = 300\text{mm}$, 通过流量 $Q = 0.14\text{m}^3/\text{s}$, 管长 $L = 200\text{m}$, 求沿程水头损失 h_f 。

解: 根据 $d = 300\text{mm}$ 由表 7-5 查得 $S_0 = 0.4254$, 代入式 (7-9), 得

$$\begin{aligned} h_f &= S_0 Q^{1.85} L = 0.4254 \times (0.14)^{1.85} \times 200 \\ &= 2.24\text{ (m)} \end{aligned}$$

或由表 7-5 查得另一种 $S_0 = 1.121 \times 10^{-7}$, 代入式 (7-9) 并注意改变 Q 的单位为 m^3/h , 得

$$\begin{aligned} h_f &= S_0 Q^{1.85} L = 1.121 \times 10^{-7} \times \left(\frac{0.14 \times 3600}{1}\right)^{1.85} \times 200 \\ &= 2.24\text{ (m)} \end{aligned}$$

两种算法结果相同。

【例 7-5】 镀锌焊接加厚钢管, 外径 $D = 88.5\text{mm}$, 壁厚 $\delta = 4.75\text{mm}$, 管长 $L = 200\text{m}$, 通过流量 $Q = 10\text{L/s}$, 求沿程水头损失 h_f 。

解: 钢管内径 $d = 88.5 - 2 \times 4.75 = 79\text{ (mm)}$, 在表 7-7 中查不到相应的 δ_0 值。由式 (7-11) 知

$$h_f = h'_f \times \left(\frac{d'}{d}\right)^{5.1}$$

由表 7-7 查得内径 $d' = 80.5\text{mm}$ 的比阻 $S'_0 = 681.2$, 代入式 (7-11) 得 $h'_f = S'_0 Q^{1.9} L = 681.2 \times (0.01)^{1.9} \times 200 = 21.59\text{ (m)}$, 所以内径 $d = 79\text{mm}$ 钢管的沿程水头损失为

$$\begin{aligned} h_f &= h'_f \times \left(\frac{d'}{d}\right)^{5.1} = 21.59 \times \left(\frac{80.5}{79}\right)^{5.1} \\ &= 23.76\text{ (m)} \end{aligned}$$

【例 7-6】 钢筋混凝土管, 长 $L = 2000\text{m}$, 内径 $d = 350\text{mm}$, 通过流量 $Q = 110\text{L/s}$, $n = 0.013$, 求沿程水头损失 h_f 及管内流速。

解: 由表 7-11, 查取当 $d = 350\text{mm}$ 及 $n = 0.013$ 时的比阻值 $S_0 = 0.4685$, 由式 (7-13) 计算

$$h_f = S_0 Q^2 L = 0.4685 \times (0.110)^2 \times 2000 = 11.34\text{ (m)}$$

或查取另一种值 $S_0 = 3.615 \times 10^{-8}$ 并注意改变流量的单位为 m^3/h , 则

$$h_f = S_0 Q^2 L = 3.615 \times 10^{-8} \times (3600 \times 0.110)^2 \times 2000 = 11.31 \text{ (m)}$$

两种算法结果一样。

$$\text{流速 } v = \frac{Q}{A} = \frac{0.110}{0.785 \times 0.35^2} = 1.14 \text{ (m/s)}$$

表 7-2 硬聚氯乙烯管 (SG78-75) 的比阻 S_0 值

序号	外径 D (mm)	壁厚 δ (mm)	计算内径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)
1	25	1.5	22	7.380×10^4	3.745×10^{-2}
2	32	1.5	29	1.976×10^4	1.003×10^{-2}
3	40	2.0	36	7.045×10^3	3.575×10^{-3}
4	50	2.0	46	2.188×10^3	1.110×10^{-3}
5	63	2.5	58	7.242×10^2	3.675×10^{-4}
6	75	2.5	70	2.953×10^2	1.499×10^{-4}
7	90	3.0	84	1.238×10^2	6.281×10^{-5}
8	110	3.5	103	46.79	2.375×10^{-5}
9	125	4.0	117	25.48	1.293×10^{-5}
10	140	4.5	131	14.86	7.541×10^{-6}
11	160	5.0	150	7.789	3.952×10^{-6}
12	180	5.5	169	4.410	2.238×10^{-6}
13	200	6.0	188	2.653	1.346×10^{-6}

注 本表所列为聚氯乙烯 I 型管壁厚。

表 7-3 聚丙烯管 (SG 246-81) 的比阻 S_0

序号	外径 D (mm)	壁厚 δ (mm)	计算内径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)
1	25	2.0	21.0	9.214×10^4	4.675×10^{-2}
2	32	2.2	27.6	2.502×10^4	1.270×10^{-2}
3	40	2.8	34.4	8.751×10^3	4.440×10^{-3}
4	50	2.0	46.0	2.188×10^3	1.110×10^{-3}
5	63	2.3	58.4	7.609×10^2	3.556×10^{-4}
6	75	2.7	69.6	3.035×10^2	1.540×10^{-4}
7	90	3.2	83.6	1.266×10^2	6.425×10^{-5}
8	110	3.9	102.2	48.57	2.464×10^{-5}
9	125	4.4	116.2	26.33	1.336×10^{-5}
10	140	5.0	130.0	15.41	7.822×10^{-6}
11	160	5.7	148.6	8.145	4.133×10^{-6}
12	180	6.4	167.2	4.641	2.355×10^{-6}
13	200	7.1	185.8	2.806	1.424×10^{-6}

注 外径 25, 32 和 40, 系采用 III 型管壁厚; 外径 50 ~ 200, 系 I 型管壁厚。

表 7-4 铝管或铝合金管的比阻 S_0 值

序 号	外 径 D (mm)	壁 厚 δ (mm)	内 径 d (mm)	S_0	S_0
				(Q 以 m^3/s 计)	(Q 以 m^3/h 计)
1	50	1.5	47	1575	1.022×10^{-3}
2	65	1.5	62	423.8	2.748×10^{-4}
3			70	238.4	1.546×10^{-4}
4	76	1.5	73	195.4	1.267×10^{-4}
5			80	126.6	8.210×10^{-5}
6			86	89.86	5.827×10^{-5}
7			89	76.38	4.953×10^{-5}
8			97	59.79	3.294×10^{-5}
9	102	2.0	98	48.38	3.138×10^{-5}
10			100	43.96	2.851×10^{-5}
11		2	104	36.51	2.360×10^{-5}
12		2.0	108	30.53	1.980×10^{-5}
13			117	20.89	1.355×10^{-5}
14		2.0	125	15.27	9.900×10^{-6}
15			150	6.433	4.172×10^{-6}

表 7-5 石棉水泥管 (GB3039-82、GB3041-82) 比阻 S_0 值

序 号	公 称 直 径 D_R (mm)	内 径 d (mm)	S_0	S_0
			(Q 以 m^3/s 计)	(Q 以 m^3/h 计)
1	75	75	374.0	9.859×10^{-5}
2	100	100	91.60	2.415×10^{-5}
3	150	150	12.61	3.325×10^{-6}
4	200	200	3.089	8.144×10^{-7}
5	250	250	1.037	2.735×10^{-7}
6	300	300	0.4254	1.121×10^{-7}
7	350	350	0.2002	5.277×10^{-8}
8	400	400	0.1042	2.747×10^{-8}
9	450	450	0.05857	1.544×10^{-8}
10	500	500	0.03499	9.224×10^{-9}

表 7-6 石棉水泥管比阻 S_0 值

内径 d (mm)	S_0		内径 d (mm)	S_0	
	Q 以 m^3/s 计	Q 以 m^3/h 计		Q 以 m^3/s 计	Q 以 m^3/h 计
50	2716	7.160×10^{-4}	322	0.2009	7.933×10^{-3}
75	374.00	9.859×10^{-5}	338	0.2374	6.258×10^{-3}
100	91.60	2.415×10^{-5}	368	0.1566	4.129×10^{-3}
119	39.13	1.031×10^{-5}	386	0.1240	3.269×10^{-3}
123	33.29	8.775×10^{-6}	456	0.05490	1.447×10^{-3}
141	17.07	4.500×10^{-6}	482	0.04186	1.103×10^{-3}
147	13.92	3.670×10^{-6}	546	0.02275	5.998×10^{-4}
189	4.074	1.074×10^{-6}	576	0.01752	4.617×10^{-4}
195	3.496	9.217×10^{-7}	672	0.008242	2.173×10^{-4}
236	1.375	3.625×10^{-7}	768	0.004290	1.131×10^{-4}
243	1.192	3.142×10^{-7}	864	0.002412	6.358×10^{-5}
279	0.6066	1.599×10^{-7}	960	0.001441	3.798×10^{-5}
291	0.4937	1.301×10^{-7}			

注 本表所列内径为旧规格。

表 7-7 焊接钢管 (GB3092-82)、镀锌焊接钢管 (GB3091-82) 比阻 S_0 值

序 号	公称直径 D_g (mm)	外 径 D (mm)	壁 厚 δ (mm)	内 径 d (mm)	S_0	S_0
					(Q 以 m^3/s 计)	(Q 以 m^3/h 计)
1	6	10	2.00	6.0	3.840×10^4	67.19
2	8	13.5	2.25	9.0	4.855×10^7	8.497
3	10	17.0	2.25	12.5	9.091×10^6	1.591
4	15	21.3	2.75	15.8	2.752×10^6	0.4816
5	20	26.8	2.75	21.3	6.000×10^5	0.1050
6	25	33.5	3.25	27.0	1.790×10^5	3.133×10^{-2}
7	32	42.3	3.25	35.8	4.247×10^4	7.432×10^{-3}
8	40	48.0	3.50	41.0	2.126×10^4	3.721×10^{-3}
9	50	60.0	3.50	53.0	5.742×10^3	1.005×10^{-3}
10	65	75.5	3.75	68.0	1.611×10^3	2.819×10^{-4}
11	80	88.5	4.00	80.5	681.2	1.192×10^{-4}
12	100	114.0	4.00	106.0	167.4	2.930×10^{-5}
13	125	140.0	4.50	131.0	56.86	9.949×10^{-6}
14	150	165.0	4.50	156.0	23.33	4.083×10^{-6}

注 本表按普通钢管的壁厚编制。

表 7-8 中等管径和大管径钢管的比阻 S_0 值

序 号	公称直径 D_g (mm)	外 径 D (mm)	壁 厚 δ (mm)	内 径 d (mm)	S_0	S_0
					(Q 以 m^3/s 计)	(Q 以 m^3/h 计)
1	175	194	10	174	13.37	2.339×10^{-6}
2	200	219	10	199	6.741	1.180×10^{-6}
3	225	245	10	225	3.603	6.306×10^{-7}
4	250	273	10	253	1.981	3.487×10^{-7}
5	275	299	10	279	1.203	2.105×10^{-7}
6	300	325	10	305	0.7637	1.336×10^{-7}
7	325	351	10	331	0.5032	8.806×10^{-8}
8	350	377	10	357	0.3422	5.988×10^{-8}
9	400	426	10	406	0.1776	3.107×10^{-8}
10	450	478	10	458	0.09604	1.681×10^{-8}
11	500	529	10	509	0.05605	9.809×10^{-9}
12	600	630	10	610	0.002227	3.897×10^{-9}
13	700	720	10	700	0.01104	1.931×10^{-9}
14	800	820	10	800	0.005588	9.775×10^{-10}
15	900	920	10	900	0.003083	5.361×10^{-10}
16	1000	1020	10	1000	0.00179	3.132×10^{-10}

表 7-9 砂型离心铸铁管 (GB3421-82) 的比阻 S_0 值

序 号	公称直径 D_g (mm)	外 径 D (mm)	P 级 管				G 级 管			
			壁 厚 δ (mm)	内 径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)	壁 厚 δ (mm)	内 径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)
1	200	220.0	8.8	202.4	6.183	1.082×10^{-4}	10.0	200	6.571	1.150×10^{-4}
2	250	271.6	9.5	252.6	1.998	3.495×10^{-7}	10.8	250	2.106	3.685×10^{-7}
3	300	322.8	10.0	302.8	0.7824	1.387×10^{-7}	11.4	300	0.8309	1.454×10^{-7}
4	350	374.0	10.8	352.4	0.3656	6.397×10^{-8}	12.0	350	0.3785	6.624×10^{-8}
5	400	425.6	11.5	402.6	0.1854	3.244×10^{-8}	12.8	400	0.1916	3.353×10^{-8}

续表

序号	公称直径 D_g (mm)	外径 D (mm)	P 级 管				G 级 管			
			壁厚 δ (mm)	内径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)	壁厚 δ (mm)	内径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)
6	450	476.8	12.0	452.4	0.1023	1.789×10^{-8}	13.4	450	0.1051	1.839×10^{-8}
7	500	528.0	12.8	502.4	0.05991	1.048×10^{-8}	14.0	500	0.06139	1.074×10^{-8}
8	600	630.8	14.2	602.4	0.02374	4.154×10^{-9}	15.6	599.6	0.02431	4.254×10^{-9}
9	700	733.0	15.5	702.0	0.01088	1.904×10^{-9}	17.1	698.8	0.01113	1.948×10^{-9}
10	800	836.0	16.8	802.6	0.005492	9.615×10^{-10}	18.5	779.0	0.005398	1.120×10^{-9}
11	900	939.0	18.2	902.6	0.003019	5.283×10^{-10}	20.0	899.0	0.003081	5.391×10^{-10}
12	1000	1041.0	20.5	1000.0	0.001790	3.132×10^{-10}	22.6	955.8	0.002254	3.945×10^{-10}

表 7-10

连续铸铁管 (GB3422-82) 的比阻 S_0 值

序号	公称直径 D_g (mm)	外径 D (mm)	A 级 管				B 级 管			
			壁厚 δ (mm)	内径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)	壁厚 δ (mm)	内径 d (mm)	S_0 (Q 以 m^3/s 计)	S_0 (Q 以 m^3/h 计)
1	75	93.0	9.0	75.0	977.3	1.710×10^{-4}	9.0	75.0	977.3	1.710×10^{-4}
2	100	118.0	9.0	100.0	225.3	3.943×10^{-3}	9.0	100.0	225.3	3.943×10^{-3}
3	150	169.0	9.2	150.6	27.92	4.086×10^{-6}	10.0	149.0	29.49	5.160×10^{-6}
4	200	220.0	10.1	199.8	6.604	1.156×10^{-6}	11.0	198.0	6.916	1.210×10^{-6}
5	250	271.6	11.0	249.6	2.123	3.715×10^{-7}	12.0	247.6	2.212	3.870×10^{-7}
6	300	322.8	11.9	299.0	0.8451	1.479×10^{-7}	13.0	296.8	0.8776	1.536×10^{-7}
7	350	374.0	12.8	348.4	0.3875	6.781×10^{-8}	14.0	346.0	0.4014	7.024×10^{-8}
8	400	425.6	13.8	398.0	0.1965	3.439×10^{-8}	15.0	395.6	0.2027	3.547×10^{-8}
9	450	476.8	14.7	451.4	0.1034	1.810×10^{-8}	16.0	444.8	0.1115	1.951×10^{-8}
10	500	528.0	15.6	496.8	0.06343	1.110×10^{-8}	17.0	494.0	0.06529	1.143×10^{-8}
11	600	630.8	17.4	596.0	0.02507	4.387×10^{-9}	19.0	592.8	0.02576	4.509×10^{-9}
12	700	733.0	19.3	684.4	0.01150	2.012×10^{-9}	21.0	691.0	0.01179	2.063×10^{-9}
13	800	836.0	21.1	793.8	0.005812	1.017×10^{-9}	23.0	790.0	0.005956	1.042×10^{-9}
14	900	939.0	22.9	893.2	0.003184	5.572×10^{-10}	25.0	889.0	0.003262	5.708×10^{-10}
15	1000	1041.0	24.8	991.4	0.001871	3.273×10^{-10}	27.0	987.0	0.001914	3.349×10^{-10}
16	1100	1144.0	26.6	1090.8	0.001149	2.011×10^{-10}	29.0	1086.0	0.001175	2.057×10^{-10}
17	1200	1246.0	28.4	1189.2	0.0007397	1.294×10^{-10}	31.0	1184.0	0.0007564	1.324×10^{-10}

表 7-11

钢筋混凝土管 (GB4034-83) 比阻 S_0 值

序号	管率 n	S_0 (Q 以 m^3/s 计)				S_0 (Q 以 m^3/h 计)			
		内径 d (mm)	0.013	0.014	0.015	0.017	0.013	0.014	0.015
1	100	372.0	431.9	496.0	635.0	2.870×10^{-3}	3.398×10^{-3}	3.826×10^{-3}	4.901×10^{-3}
2	150	42.85	49.75	57.14	73.15	3.307×10^{-4}	3.914×10^{-4}	4.408×10^{-4}	5.645×10^{-4}
3	200	9.248	10.74	12.33	15.79	7.136×10^{-7}	8.447×10^{-7}	9.513×10^{-7}	1.218×10^{-6}
4	250	2.815	3.268	3.754	4.805	2.172×10^{-7}	2.572×10^{-7}	2.896×10^{-7}	3.709×10^{-7}
5	300	1.065	1.237	1.420	1.818	8.220×10^{-8}	9.730×10^{-8}	1.096×10^{-7}	1.403×10^{-7}
6	350	0.4685	0.5438	0.6246	0.7996	3.615×10^{-8}	4.278×10^{-8}	4.818×10^{-8}	6.171×10^{-8}
7	400	0.2299	0.2669	0.3066	0.3924	1.774×10^{-8}	2.100×10^{-8}	2.365×10^{-8}	3.020×10^{-8}
8	450	0.1227	0.1425	0.1636	0.2095	8.469×10^{-9}	1.121×10^{-8}	1.262×10^{-8}	1.617×10^{-8}
9	500	0.06999	0.08125	0.09332	0.1195	5.400×10^{-9}	6.392×10^{-9}	7.189×10^{-9}	9.220×10^{-9}
10	600	0.02649	0.03075	0.03075	0.04521	2.044×10^{-9}	2.419×10^{-9}	2.724×10^{-9}	3.489×10^{-9}
11	700	0.01165	0.01352	0.01553	0.01988	8.986×10^{-10}	1.084×10^{-9}	1.198×10^{-9}	1.534×10^{-9}
12	800	0.005716	0.006636	0.007621	0.009756	4.410×10^{-10}	5.220×10^{-10}	5.879×10^{-10}	7.530×10^{-10}
13	900	0.003051	0.003542	0.004068	0.005208	2.354×10^{-10}	2.786×10^{-10}	3.138×10^{-10}	4.019×10^{-10}
14	1000	0.001740	0.002020	0.002320	0.002970	1.343×10^{-10}	1.589×10^{-10}	1.790×10^{-10}	2.292×10^{-10}

四、柔性管沿程水头损失计算

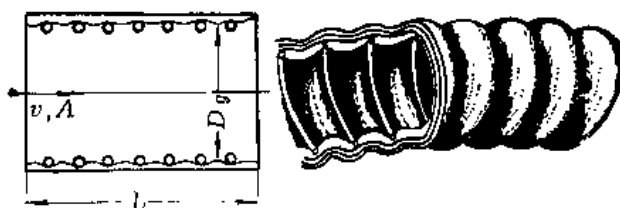
喷灌工程中，有时采用加筋或不加筋的橡胶管、锦纶塑料软管、维纶塑料软管、高压聚乙烯塑料软管等柔性管道。它们的沿程水头损失计算仍可采用式（7-1）的形式，即

$$h_f = \lambda \frac{L v^2}{d_j 2g} \quad (7-15)$$

应当注意的是柔性管道的管长、管径和粗糙度都可能随管内承受水压的大小而变。若忽略不计管长的变化，则上式中沿程阻力系数 λ 和计算内径 d_j 是随管道内压强而变的。

(一) 加筋螺旋波纹胶管

加筋螺旋波纹胶管（图7-1），沿程阻力系数 λ 值可根据公称直径 D_s ，由表7-12或图7-2查出。



加筋螺旋波纹胶管计算内径 d_j ，随压力的变化值，根据胶管的公称直径 D_s ，由图7-3查出。

图7-1 加筋螺旋波纹胶管

表7-12

D_s (mm)	25	32	38	50	65
λ	0.051~0.057	0.053~0.066	0.072~0.090	0.083~0.094	0.085~0.100

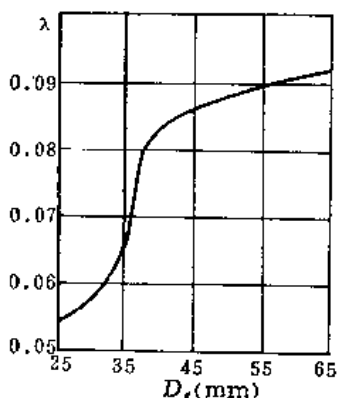


图7-2

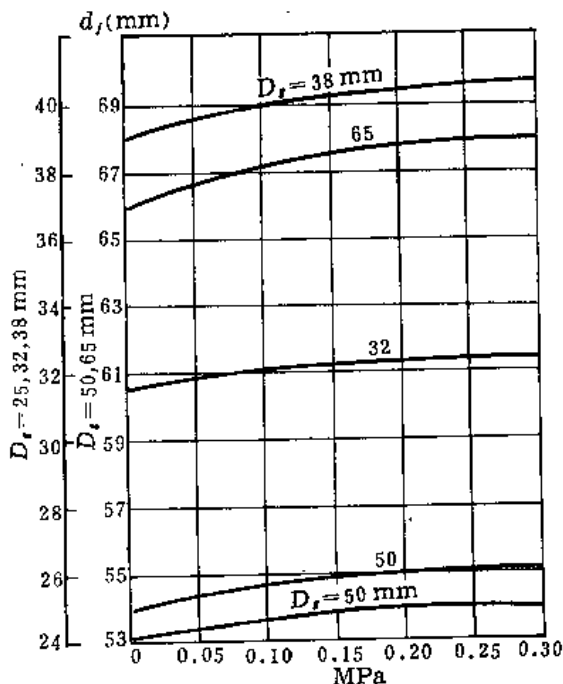


图7-3

(二) 加筋光滑胶管

光滑的加筋胶管(图7-4), 沿程阻力系数 λ 值可根据公称直径 D_s 、雷诺数 Re 和管内压力 p , 由表7-13和7-14查得, 或由图7-5和图7-6查得。雷诺数的计算式为

$$Re = \frac{vD_s}{\nu} \quad (7-16)$$

式中 v —— 管中流速 (m/s);

D_s —— 公称直径 (m);

ν —— 水的运动粘滞系数, 与水温有关, 见表7-15。

表 7-13 λ 值 ($D_s = 65 \text{ mm}$)

p (MPa)	$Re \times 10^{-5}$							
	0.4	0.5	0.8	1	1.4	2	2.5	4
0.025	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
0.10	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
0.15	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05
0.20	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07
0.25	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	

表 7-14 λ 值 ($D_s = 100 \text{ mm}$)

p (MPa)	$Re \times 10^{-5}$									
	0.25	0.4	0.6	0.8	1	1.4	2	2.5	4	6
0.025	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02				
0.05		0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02		
0.10			0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	
0.15			0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
0.20			0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
0.25				0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	

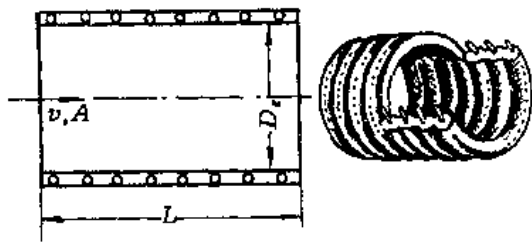


图 7-4

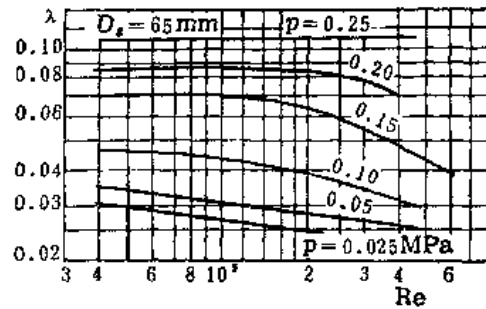


图 7-5

表 7-15 不同水温时的运动粘滞系数值

水温 (°C)	0	5	10	15	20	25	30
ν (m ² /s)	0.000018	0.000015	0.000013	0.000011	0.000010	0.000009	0.000008

加筋光滑胶管计算内径 d_j 随压力 p 的变化值, 可根据胶管的公称直径 D_n , 由图 7-7 查出。

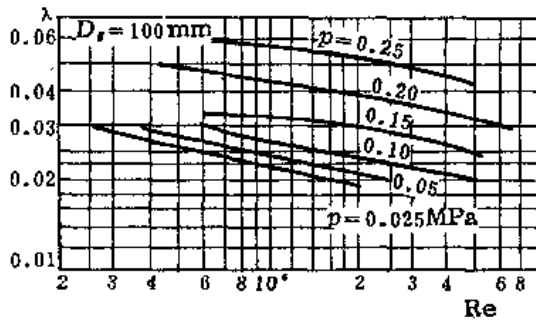


图 7-6

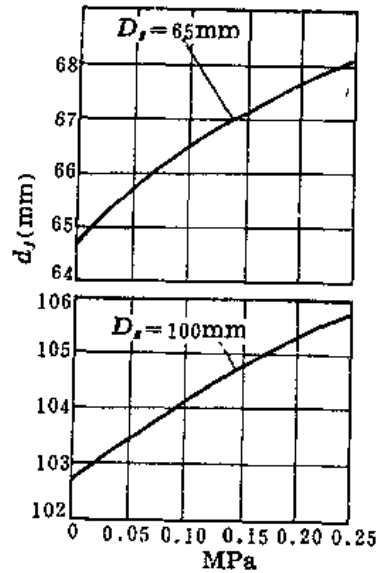


图 7-7

(三) 无筋光滑胶管

无筋光滑胶管 (图 7-8) 沿程阻力系数 λ 值, 可用下式计算:

$$\lambda = \frac{A_1}{Re^{0.265}} \quad (7-17)$$

式中 A_1 为与胶管质量有关的系数, $A_1 = 0.38 \sim 0.52$ 。上式适用于雷诺数 $Re = 5000 \sim 120000$ 。 λ 值也可由表 7-16 或图 7-9 查取。

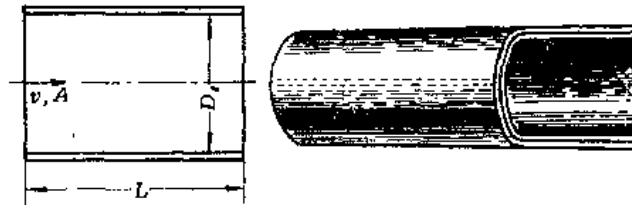


图 7-8

表 7-16

$Re \times 10^{-4}$	0.4	0.6	1	2.0	4.0	6.0	10	20
λ ($A_1 = 0.52$ 时)	0.057	0.052	0.046	0.038	0.031	0.028	0.025	0.020
λ ($A_1 = 0.38$ 时)	0.042	0.038	0.033	0.028	0.023	0.020	0.018	0.015

无筋光滑胶管随压力变化的计算内径 d_j ，可根据公称直径 D_g ，由图7-10查出。

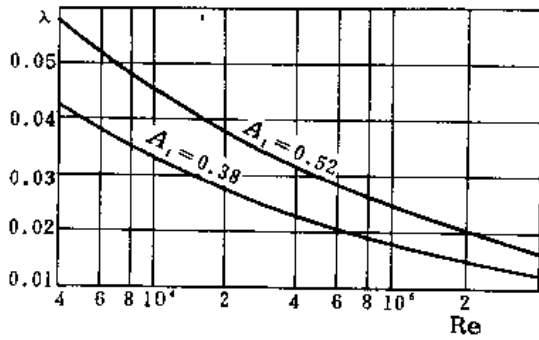


图 7-9

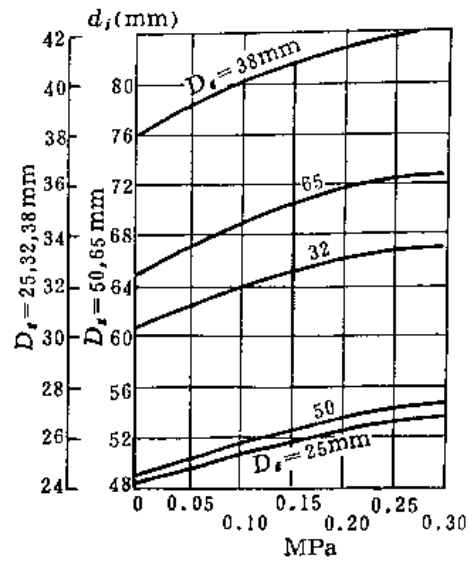


图 7-10

(四) 各种塑料软管

塑料软管沿程阻力系数不但受流量、压强、管径等影响，还与软管铺设的地面平整程度和软管的顺直状况有关。

塑料软管沿程阻力系数，目前公认的成熟的研究成果还不多见，建议利用塑料硬管的沿程阻力系数公式

$$\lambda = k \frac{0.25}{Re^{0.226}}$$

式中 k 为系数，根据软管布置的顺直程度、弯曲段数目、转弯半径大小及铺设地面的平整程度，可取 $k=1.1 \sim 1.5$ 。

第二节 管道多口出流时沿程水头损失的多口系数

多口出流管道的沿程水头损失 H_f ，与同一管道但全部流量只在管末端出流时的沿程水头损失 h_f 之比，称为多口系数，以 F 表示，即

$$F = \frac{H_f}{h_f} \quad (7-18)$$

为此，按非多口出流求出沿程水头损失 h_f ，再乘以多口系数 F ，就可求得多口出流管道（如喷灌支管、微喷灌和滴灌毛管）的沿程水头损失 H_f ，即

$$H_f = F h_f \quad (7-19)$$

则

$$H_f = F_1 \cdot h_f = 0.471 \times 9.24 = 4.35 \text{ (m)}$$

【例 7-9】 喷灌支管采用镀锌焊接钢管, 公称直径为 100 mm, 内径 $d = 100 \text{ mm}$, 管长 $L = 155 \text{ m}$, 管上安 16 个喷头, 间距 10 m, 但第一喷头离支管进口 $l_1 = 5 \text{ m}$, 支管流量共为 $Q = 8 \text{ L/s}$, 求此支管喷灌时的沿程水头损失。

解: 由表 7-7 查得, $S_0 = 167.4$, 代入公式 (7-11)

$$h_f = S_0 Q^{1.9} L = 167.4 \times (0.008)^{1.9} \times 150 \\ = 2.61 \text{ (m)}$$

由表 7-21 查得当 $m = 1.9$ 和 $N = 16$ 时的多口系数 $F_{0.5} = 0.357$,

则

$$H_f = F_{0.5} \times h_f = 0.357 \times 2.61 \\ = 0.93 \text{ (m)}$$

表 7-17 流量指数 $m = 1.74$ 的多口系数

出水口 数目 N	多口系数		出水口 数目 N	多口系数	
	F_1 ($X = 1$)	$F_{0.5}$ ($X = 0.5$)		F_1 ($X = 1$)	$F_{0.5}$ ($X = 0.5$)
2	0.651	0.534	16	0.395	0.377
3	0.548	0.457	17	0.394	0.376
4	0.499	0.427	18	0.393	0.375
5	0.471	0.412	19	0.391	0.375
6	0.452	0.402	20	0.391	0.375
7	0.439	0.396	22	0.389	0.374
8	0.430	0.392	24	0.388	0.373
9	0.422	0.389	26	0.384	0.372
10	0.417	0.386	28	0.383	0.372
11	0.412	0.384	30	0.381	0.371
12	0.408	0.382	35	0.379	0.370
13	0.404	0.380	40	0.279	0.370
14	0.401	0.379	50	0.375	0.369
15	0.399	0.378	100	0.370	0.367
			>100	0.365	0.365

表 7-18 流量指数 $m = 1.75$ 的多口系数

出水口 数目 N	多口系数		出水口 数目 N	多口系数	
	F_1 ($X = 1$)	$F_{0.5}$ ($X = 0.5$)		F_1 ($X = 1$)	$F_{0.5}$ ($X = 0.5$)
2	0.650	0.533	16	0.395	0.376
3	0.546	0.455	17	0.394	0.375
4	0.499	0.426	18	0.392	0.374
5	0.469	0.410	19	0.390	0.374
6	0.451	0.401	20	0.389	0.373
7	0.438	0.395	22	0.387	0.372
8	0.429	0.390	24	0.385	0.371
9	0.421	0.387	26	0.383	0.371
10	0.415	0.384	28	0.382	0.370
11	0.410	0.382	30	0.380	0.370
12	0.405	0.380	35	0.378	0.369
13	0.403	0.379	40	0.376	0.368
14	0.400	0.378	50	0.374	0.367
15	0.398	0.377	100	0.369	0.365
			>100	0.364	0.364

表 7-21 流量指数 $m=1.9$ 的多口系数

出水口 数 目 N	多 口 系 数		出水口 数 目 N	多 口 系 数	
	F_1 ($X=1$)	$F_{0.5}$ ($X=0.5$)		F_1 ($X=1$)	$F_{0.5}$ ($X=0.5$)
2	0.634	0.512	16	0.377	0.357
3	0.529	0.436	17	0.375	0.356
4	0.480	0.405	18	0.373	0.355
5	0.451	0.390	19	0.372	0.355
6	0.433	0.381	20	0.370	0.354
7	0.419	0.375	22	0.368	0.353
8	0.410	0.370	24	0.366	0.352
9	0.402	0.367	26	0.364	0.352
10	0.396	0.365	28	0.363	0.351
11	0.392	0.363	30	0.362	0.351
12	0.388	0.361	35	0.359	0.350
13	0.384	0.360	40	0.357	0.349
14	0.381	0.358	50	0.355	0.348
15	0.379	0.357	100	0.350	0.347
			>100	0.345	0.345

表 7-22 流量指数 $m=2$ 的多口系数

出水口 数 目 N	多 口 系 数		出水口 数 目 N	多 口 系 数	
	F_1 ($X=1$)	$F_{0.5}$ ($X=0.5$)		F_1 ($X=1$)	$F_{0.5}$ ($X=0.5$)
2	0.625	0.500	16	0.365	0.345
3	0.519	0.422	17	0.363	0.344
4	0.469	0.393	18	0.362	0.340
5	0.440	0.378	19	0.360	0.343
6	0.421	0.369	20	0.359	0.342
7	0.408	0.363	22	0.356	0.341
8	0.398	0.358	24	0.354	0.341
9	0.391	0.356	26	0.353	0.340
10	0.385	0.353	28	0.351	0.340
11	0.380	0.351	30	0.350	0.339
12	0.376	0.349	35	0.348	0.338
13	0.373	0.348	40	0.346	0.338
14	0.370	0.347	50	0.343	0.337
15	0.367	0.346	100	0.338	0.335
			>100	0.333	0.333

第三节 管道的局部水头损失

局部水头损失产生于下列各种场合：

水流过水断面发生变化时，例如断面的突然扩大或缩小，断面的逐渐变大或收缩；

水流的方向发生变化时，例如水流通过弯管、三通、四通等管件时；

水流通过各种闸阀、逆止阀、底阀、滤网，各种流量计如文丘里、孔板和喷嘴流量计时。

局部水头损失的计算有两种方法。

1. 以流速水头乘一个系数计算

$$h_j = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (7-23)$$

式中 ζ ——局部水头损失系数（或局部阻力系数），一般由实验测定，可由表 7-24 查得；

v ——流速，一般指局部阻力以后的管中流速，但也有取局部阻力以前管中流速的，查用表 7-24 时应加注意；

g ——重力加速度。

2. 以当量长度代入沿程水头损失公式计算

当量长度 l_e 的意义是：在长为 l_e 的直管段产生的沿程水头损失值，刚好相当于该局部水头损失值。因此有

$$\lambda \frac{l_e v^2}{d} = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (7-24)$$

由此得当量长度计算公式为

$$l_e = \frac{\zeta d}{\lambda} \quad (7-25)$$

沿程阻力系数 λ 与雷诺数 Re 和管壁粗糙度有关，因此，同一的局部水头损失系数值，因 λ 值不同而有不同的 l_e 值。只有在粗糙紊流时， λ 只与粗糙度有关，而与 Re 无关。在实际计算时， l_e 可视为与雷诺数无关而等于常量。

采用当量长度计算局部水头损失，就是把当量长 l_e 代入达西-魏斯巴赫公式 (7-1)，计算相当于 l_e 长度直管段的沿程水头损失，就得相应的局部水头损失，即

$$h_j = \lambda \frac{l_e v^2}{d} = S_0 Q^m l_e \quad (7-26)$$

因此，可以利用各种沿程水头损失的水力计算表来计算 h_j 。本手册只是对塑料管道系统的某些局部水头损失，采用当量长度法计算。塑料管道配件的局部水头损失的当量长度见表 7-24。

若把计算局部水头损失的当量长度 l_e 和全管长 L 加在一起，代入沿程水头损失公式 (7-1)，就可直接算得管道的总水头损失：

$$\left. \begin{aligned} h_w &= h_f + h_j = \lambda \frac{L + l_i}{d} \frac{v^2}{2g} \\ h_w &= S_0 Q^m (L + l_i) \end{aligned} \right\} \quad (7-27)$$

【例 7-10】 聚氯乙烯塑料管道, 全长 $L = 400\text{m}$, 管径 $d = 58\text{mm}$, 流量 $Q = 3.4\text{L/s}$, 管道有 90° 弯头两个, 分流三通两个, 这几项局部水头损失为多少? 全管总水头损失为多少?

解: 查表 7-24, 近似取 $d = 62.7\text{mm}$ 的塑料管各项计算局部水头损失的当量长度, 弯头 $l_i' = 2.44\text{m}$, 三通 $l_i'' = 4.57\text{m}$,

$$\begin{aligned} l_i &= 2l_i' + 2l_i'' = 2 \times 2.44 + 2 \times 4.57 \\ &= 14.02 \text{ (m)} \end{aligned}$$

查表 7-2, 相当 $d = 58\text{mm}$ 的比值 $S_0 = 7.242 \times 10^2$,

局部水头损失为

$$\begin{aligned} h_j &= S_0 Q^{1.77} l_i = 7.242 \times 10^2 \times (0.0034)^{1.77} \times 14.02 \\ &= 0.43 \text{ (m)} \end{aligned}$$

沿程水头损失为

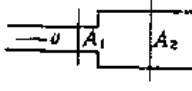


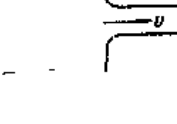
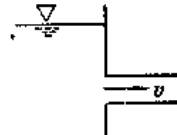
$$\begin{aligned} h_f &= S_0 Q^{1.77} L = 7.242 \times 10^2 \times (0.0034)^{1.77} \times 400 \\ &= 12.38 \text{ (m)} \end{aligned}$$

全管总水头损失为

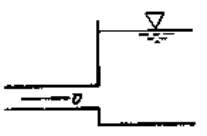
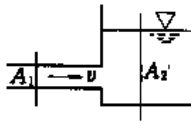
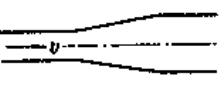
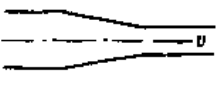
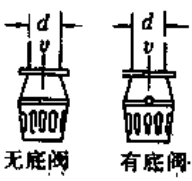
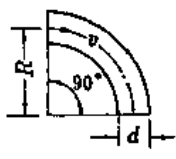
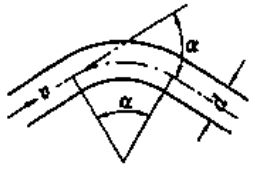
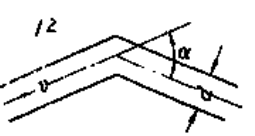
$$\begin{aligned} h_w &= h_f + h_j = 12.38 + 0.43 \\ &= 12.81 \text{ (m)} \end{aligned}$$

表 7-23

管道局部水头损失系数表

名称	计算局部水头损失公式: $h_j = \zeta \frac{v^2}{2g}$, 式中 v 如图说明	
	简图	局部水头损失系数 ζ 值
断面突然扩大		$\zeta = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$
断面突然缩小		$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)$
进口		完全修圆 0.05 ~ 0.10
		稍微修圆 0.20 ~ 0.25
		没有修圆 0.5

续表

名称	简图	局部水头损失系数 ζ 值									
出 口		流入 水库 (池)	1.0								
		流入 明渠	A_1/A_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5			
			ζ	0.81	0.64	0.49	0.36	0.25			
			A_1/A_2	0.6	0.7	0.8	0.9				
			ζ	0.16	0.09	0.04	0.01				
渐放管			0.25								
渐缩管			0.1								
莲蓬头 滤水网		有底阀	吸水管直径 d (mm)	40	50	75	100	125	150		
			ζ	12	10	8	7	6.5	6		
		无底阀	吸水管直径 d (mm)	200	250	300	400	500	750		
			ζ	5.2	4.5	3.7	3	2.5	1.6		
弯 管		1.	R/d	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	
			ζ_{90°	1.20	0.80	0.60	0.48	0.36	0.30	0.29	
		2.	d (mm)	50	100	150	200	250	300	350	400
			ζ_{90°	0.36	0.36	0.37	0.37	0.40	0.42	0.42	0.45
			d (mm)	450	500	600	700	800	900	1000	
			ζ_{90°	0.45	0.46	0.47	0.48	0.48	0.49	0.50	
		$\zeta_\alpha = a\zeta_{90^\circ}$	α	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	
			a	0.40	0.55	0.65	0.75	0.83	0.88	0.95	
			a	90°	100°	120°	140°	160°	180°		
			a	1.00	1.05	1.13	1.20	1.27	1.33		
急转弯管		圆形	α	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
			ζ	0.2	0.3	0.4	0.55	0.70	0.90	1.10	
		矩形	α	15°	30°	45°	60°	90°			
			ζ	0.025	0.11	0.28	0.49	1.20			
铸 铁 弯 头	标准90°弯头	d (mm)	75	100	125	150	200	250	300	350	
		ζ	0.34	0.42	0.43	0.48	0.49	0.52	0.58	0.59	
		d (mm)	400	450	500	600	700	800	900		
		ζ	0.60	0.62	0.64	0.67	0.68	0.70	0.71		

续表

名称	简图	局部水头损失系数 ζ 值					
斜三通		0.05					
		0.15					
		0.5					
		1.0					
		3.0					
孔板		孔口截面直径与进水管直径之比 $(\frac{d}{D})$	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55
		ζ	309	87	50.4	29.8	18.4
		孔口截面直径与进水管直径之比 $(\frac{d}{D})$	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
		ζ	11.3	7.35	4.37	2.66	1.55
标准喷嘴		孔口截面直径与进水管直径之比 $(\frac{d}{D})$	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55
		ζ	108.8	29.8	16.9	9.9	5.9
		孔口截面直径与进水管直径之比 $(\frac{d}{D})$	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
		ζ	3.5	2.1	1.2	0.76	
文丘里管		收缩截面直径与进水管直径之比 $(\frac{d}{D})$	0.30	0.40	0.45	0.50	0.55
		ζ	19	5.3	3.06	1.9	1.15
		收缩截面直径与进水管直径之比 $(\frac{d}{D})$	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80
		ζ	0.69	0.42	0.26		
水泵入口		1.0					

表 7-24

塑料管件局部水头损失的当量长度 (m)

内径 (mm)	12.51	15.8	20.9	26.6	35	40.9	52.5	62.7	77.9	100.0	102.3	127.3	154.0	202.7
有分流三通	0.91	1.22	1.52	1.83	2.13	2.44	3.66	4.57	4.88	6.1	6.71	8.53	9.75	11.58
无分流三通		0.34	0.43	0.55	0.70	0.82	1.07	1.28	1.59		2.07			
90°弯头	0.46	0.46	0.61	0.84	1.22	1.22	1.83	2.44	2.44	3.05	3.66	4.27	5.49	6.71
45°弯头	0.23	0.23	0.31	0.42	0.53	0.61	0.76	0.91	1.22	1.37	1.52	1.83	2.44	3.05
承插接头		0.15	0.23	0.31	0.38	0.46	0.61	0.91	0.91		1.22		1.91	
阴阳接头		0.31	0.46	0.61	0.84	1.07	1.37		1.98		2.74		4.27	

第四节 喷灌管道的水锤计算

有压管道中, 由于流速急剧变化而引起管道中水流压力急剧升高或降低的现象, 称为水锤(或水击)。通常有水泵起动产生的起动水锤、关闭阀门产生的关阀水锤和停泵产生的停泵水锤, 而以停泵水锤危害最大。

一、水锤计算用参数

(一) 水锤波传播速度

1. 对于匀质圆形薄壁 ($e/d < \frac{1}{20}$) 管

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{Ee}}} \quad (7-28)$$

式中 a ——水锤波传播速度 (m/s);

d ——管径 (m);

e ——管壁厚度 (m);

K ——水的体积弹性模数 (Pa), 随水温和压力的增加而增大, 25个大气压以下的冷水 (水温为 10°C), $K = 2.025\text{GPa}$;

E ——管道材料的纵向弹性模数 (Pa), 不同管材的 E 值见表 7-25。

表 7-25 各种管道的纵向弹性模数

管 材	E (GPa)	备 注	管 材	E (GPa)	备 注
钢 管	206	1GPa = 10^9N/m^2 1Pa = 1N/m^2	聚 乙 烯 管	1.4~2	温度 $t = 20^{\circ}\text{C}$
球墨铸铁管	151		聚 氯 乙 烯 管	2.8~3	
铸 铁 管	108	有 机 玻 璃 管	4.9~9.8		
钢筋混凝土管	20.58	聚 丙 烯 管	0.0000784		
铝 管	69.58	橡 胶 管	0.000002~0.000006		
石棉水泥管	32.34				

2. 对于钢筋混凝土管

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{K}{E_c} \frac{d}{e(1 + 9.5a_0)}}} \quad (7-29)$$

式中 E_c ——钢筋混凝土的弹性模数, $E_c = 20.58\text{GPa}$;

a_0 ——管壁内环向含钢系数, $a_0 = \frac{f}{e} = 0.015 \sim 0.05$, f 为每米长管壁内环向钢筋断面积;

其余符号意义同前。

(二) 水锤相时

$$\mu = \frac{2L}{a} \quad (7-30)$$

式中 μ ——水锤相时, 表示水锤波在管道中来回传播一次所需时间 (s);

L ——管长 (m);

a ——水锤波传播速度 (m/s)。

(三) 管道特性常数

$$\rho = \frac{av_0}{2gH_0} \quad (7-31)$$

式中 ρ ——管道特性常数;

v_0 ——管内为恒定流时 (即正常工作时) 的流速 (m/s);

H_0 ——管内为恒定流时 (即正常工作时) 的水泵扬程 (m);

g ——重力加速度, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ 。

(四) 管道中水柱惯性时间常数

$$T_b = \frac{Lv_0}{gH_0} \quad (7-32)$$

式中 T_b ——水柱惯性时间常数 (s);

其余符号意义同前。

(五) 水泵机组转子的惯性时间常数

$$T_o = \frac{26.85GD^2 \cdot n_0^2}{N_0} \quad (7-33)$$

式中 T_o ——水泵机组转子的惯性时间常数 (s);

GD^2 ——机组转子的飞轮惯量 ($\text{N} \cdot \text{m}^2$), 电机转子惯量可从电机样本中查出, 水泵转子惯量约为电机转子惯量的 20%;

n_0 ——正常工作时的转速 (r/min);

N_0 ——正常工作时的轴功率 (kW)。

二、关阀水锤压力计算

阀门关闭历时 (T_s) 等于或小于一个水锤相 (μ) 时, 称为瞬时关闭。瞬时关闭产生的水锤称为直接水锤。反之, 当 $T_s > \mu$ 时, 称为缓慢关闭, 此时产生的水锤称为间接水锤。

(1) 瞬时完全关闭管道末端 (下游) 阀门时, 在阀前产生的最高压力水头 (m) 为

$$H_{\max} = H_c + \frac{av_0}{g} \quad (7-34)$$

式中 H_c ——阀门前的静水头或初始压力水头 (m);

其余符号意义同前 (下同)。

(2) 瞬时部分关闭管道末端 (下游) 阀门时, 在阀前产生的最高压力水头 (m) 为

$$H_{\max} = H_c + \frac{a(v_0 - v_1)}{g} \quad (7-35)$$

式中 v_1 ——瞬时部分关闭阀门后管内产生的流速 (m/s)。

式 (7-34) 和式 (7-35) 是两种情况下的直接水锤压力计算公式。

(3) 缓慢关闭自压或恒定喷灌系统末端 (下游) 阀门时, 在阀前产生的最高压力水头 (m) 为

$$H_{\max} = H_c + \frac{H_c}{2} \times \frac{T_b}{T_s} \left[\frac{T_b}{T_s} + \sqrt{4 + \left(\frac{T_b}{T_s}\right)^2} \right] \quad (7-36)$$

(4) 瞬时关闭机压喷灌系统中水泵出口 (即管道始端) 处的闸阀时, 阀后产生的压力水头 (m) 为

1) 最小值:

$$H_{\min} = H_0 - \frac{av_0}{g} \quad (7-37)$$

2) 最大值:

当 $H_{\min} > -10\text{m}$ 时,

$$H_{\max} = H_0 + av_0/g \quad (7-38)$$

当 $H_{\min} < -10\text{m}$ 时,

$$H_{\max} = 2H_0 + 10 + \frac{a}{g} \cdot \frac{v_1}{\sqrt{1 + \frac{h_w}{H_0 + 10} \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2}} \quad (7-39)$$

式中 $v_1 = v_0 - \frac{g}{a}(H_0 + h_w + 10)$;

h_w ——管路水头损失 (m)。

(5) 缓慢关闭机压喷灌系统中水泵 (即管道始端) 处的闸阀时, 阀后产生的压力水头 (m) 为

$$H_{\min} = H_0 - \frac{H_0 T_b}{2 T_s} \left[\frac{T_b}{T_s} + \sqrt{4 + \left(\frac{T_b}{T_s}\right)^2} \right] \quad (7-40)$$

【例 7-11】 有一喷灌管道系统, 采用铝合金管, 管径 $d = 104\text{mm}$, 壁厚 $e = 2\text{mm}$, 通过流量 $Q = 50\text{m}^3/\text{h}$, 正常工作时, 系统正常压力水头 $H_0 = 44.22\text{m}$, 管道长 $L = 230\text{m}$, 设阀门 (下游末端) 在 $T_s = 0.5\text{s}$ 时间内瞬时完全关闭, 求水锤压力。

解: (1) 计算水锤波传播速度:

已知 $d = 104\text{mm}$, $e = 2\text{mm}$, $E = 69.58\text{GPa}$, $K = 2.025\text{GPa}$, 代入式 (7-28) 得

$$a = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{2.025 \times 10^9 \times 0.104}{69.58 \times 10^9 \times 0.002}}} = 898.9 \text{ (m/s)}$$

(2) 判断水锤种类:

计算水锤相时 $\mu = \frac{2L}{a} = \frac{2 \times 230}{898.9} = 0.512 \text{ (s)}$

因 $T_s = 0.5\text{s} < \mu$, 故产生的是直接水锤。

(3) 计算水锤压力

$$v_0 = \frac{Q}{A} = (50/3600) : (0.785 \times 0.104^2) = 1.64 \text{ (m/s)}$$

采用公式 (7-34), 求得阀门前管内最高压力水头为

$$H_{\max} = H_c + \frac{av_0}{g} = 44.22 + \frac{898.9 \times 1.64}{9.8} = 194.26 \text{ (m)}$$

由 $\frac{H_{\max}}{H_0} = \frac{194.26}{44.22} = 4.39$ 可知, 直接水锤产生的压力水头为原来正常工作压力水头的 4.39 倍, 所以应尽力避免直接水锤的发生。

三、事故停泵过程中各主要参数的简易计算

在事故停泵过程中, 由于水锤作用引起的最低和最高压力, 以及机组转子的最高逆转速等最不利参数及其出现时刻, 是确定管道设计压力、选配管道阀件和水锤防护措施的主要依据。

各主要参数的计算方法如下:

(一) 水泵处出现的最低压力

$$H_{\min} = K_1 (1 - p_1) H_0 - Z \quad (7-41)$$

式中 H_{\min} ——水泵处出现的最低压力 (m);

H_0 ——水泵的正常工作扬程 (m);

Z ——泵轴线与正常前池水位的高差 (m);

p_1 ——根据 T_b/T_a , 从图 7-11 中曲线 p_1 查得的水泵处最大降压率 (相当于工作扬程的百分数);

K_1 ——扬程修正系数, $K_1 = \frac{H_p}{H_c - h_w}$, 此处 H_p 为水泵的额定扬程 (m), H_c 为静扬程, h_w 为管道水头损失 (m)。

(二) 管道中点处出现的最低压力

$$H'_{\min} = K_1 (1 - p_2) H_0 - Z' \quad (7-42)$$

式中 H'_{\min} ——管道中点处出现的最低压力水头 (m);

Z' ——管道中点与前池水位的高差 (m);

p_2 ——根据 T_b/T_a , 从图 7-11 曲线 p_2 查得的管道中点处最大降压率 (相当于工作扬程的百分数)。

应该指出, 假如求得 H_{\min} 或 H'_{\min} 值低于各该处的汽化压力, 则表示该处将出现水柱中断现象, 应当采取相应的防护措施。

(三) 水泵处出现的最高压力

$$H_{\max} = H_s - Z + K_2 K_4 p_3 H_0 \quad (7-43)$$

式中 H_{\max} ——水泵处出现的最高压力水头 (m);

K_2 ——最高增压时的扬程修正系数, $K_2 = \frac{H_c - h_w}{H_p}$;

K_4 ——最高增压时的比转数修正系数, 可由表 7-27 查出

p_3 ——根据 T_b/T_a ，从图 7-11 曲线 p_3 查得的最大增压率(相当于工作扬程的百分数)。

表 7-26

最高增压时的扬程修正系数

比转数 n_s	60	90	100	130	190	220	280
K_4	1.06	1.04	1.03	1.00	0.75	0.70	0.65

(四) 管道中点处出现的最高压力

$$H'_{\max} = H_c + Z' + K_2 K_4 p_4 H_0 \quad (7-44)$$

式中 H'_{\max} ——管道中点处出现的最高压力 (m)；

p_4 ——根据 T_b/T_a ，从图 7-11 曲线 p_4 查出的最大增压率(相当于工作扬程的百分数)。

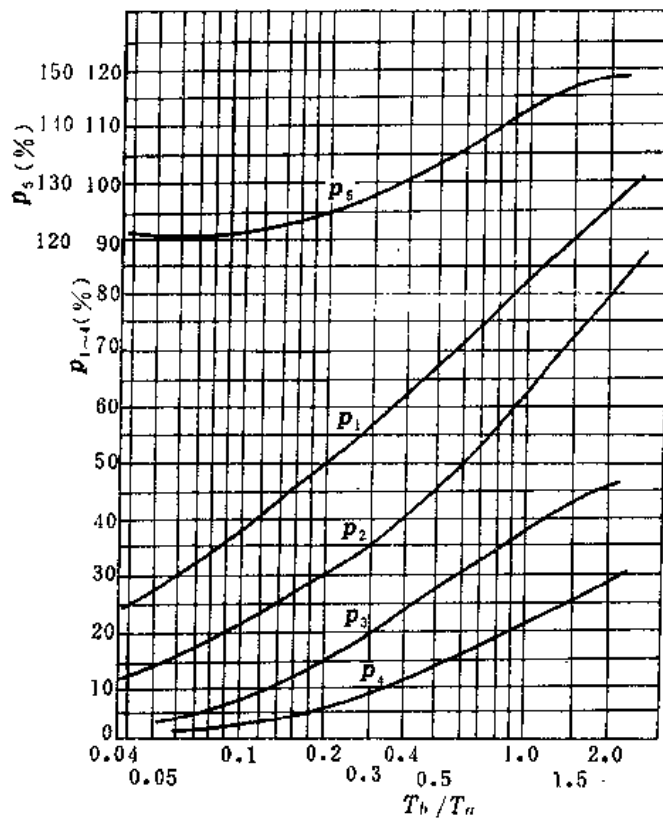


图 7-11

(五) 机组转子出现的最高逆转数

$$n_{\max} = K_3 K_5 p_5 n_0 \quad (7-45)$$

式中 n_{\max} ——机组转子最高逆转数 (r/min)；

p_5 ——根据 T_b/T_a ，从图 7-11 曲线 p_5 查出的机组转子增速率(相当于正常转速的百分数)；

K_3 ——最高逆转数的扬程修正系数， $K_3 = \sqrt{\frac{H_c - h_w}{H_p}}$ ；

K_5 ——最高逆转数的比转数修正系数，可从表 7-28 查出；

n_0 ——机组转子的正常转数 (r/min)。

表 7-27 最高逆转数的扬程修正系数

比转数 n_s	60	90	130	200	250	300	350
K_s	0.90	0.94	1.00	1.03	1.10	1.14	1.20

(六) 开始倒流、开始逆转和出现最高逆转速的时刻

可根据 T_b/T_a ，从图 7-12 曲线 T_1 、 T_2 、 T_3 中分别查出相应的 T_i/T_b ，再乘以 T_b 值，就可得出相应的 T_i 。

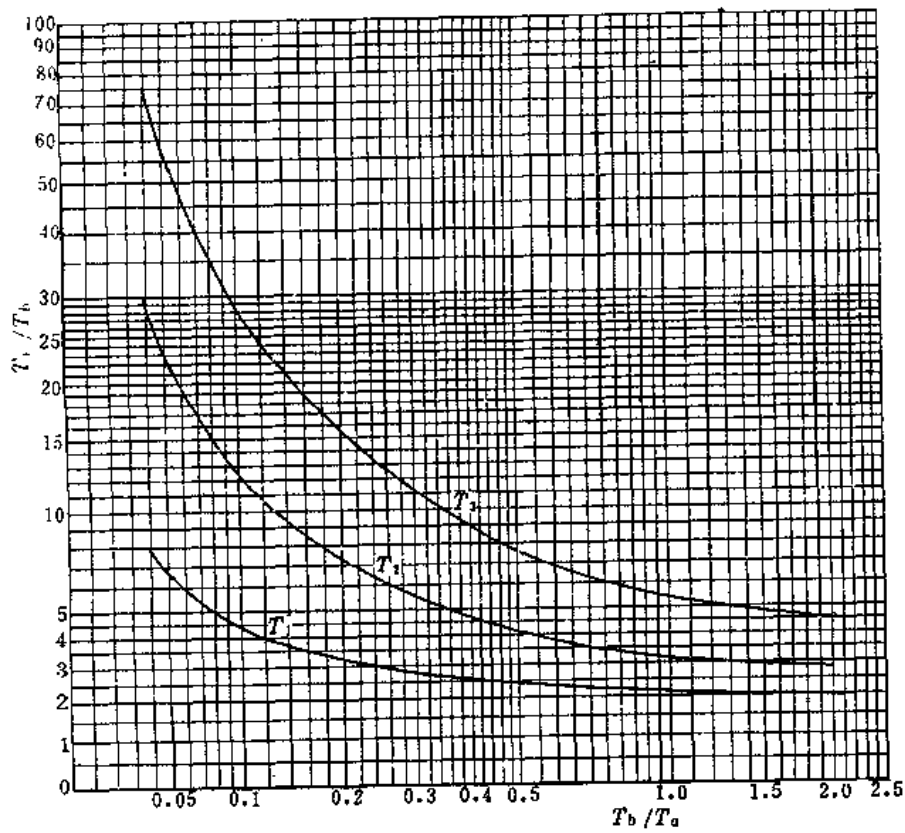


图 7-12 事故停泵最不利参数出现时刻计算图

第八章

喷灌工程规划

第一节 规划设计阶段及成果要求

一、规划设计阶段

对于喷灌面积在500亩以上的喷灌工程,其规划设计应分两个阶段进行,即规划(也称设计任务书、总体设计)和技术设计。喷灌面积在500亩以下者,可直接按技术要求一步完成。

二、规划设计成果要求

(一) 规划阶段成果要求

规划阶段应提出设计任务书和工程规划布置图。

1. 设计任务书的内容

- (1) 灌区基本情况。简要阐明灌区的自然条件,生产条件和社会经济条件。
- (2) 喷灌可行性分析。根据自然、生产和社会经济条件从技术和经济两方面对喷灌的必要性和可能性做出论证。必要时对不同灌溉方式作出方案比较。
- (3) 喷灌系统类型的选择。从技术和经济上论证所选系统的合理性,必要时对可供选择的几种系统类型作出方案比较。
- (4) 水源分析及水源工程规划。阐明设计标准的选定,水源来水量和喷灌用水量的计算方法与成果,以及水源工程的规划方案。
- (5) 喷灌系统的规划布置。阐明规划布置的原则,对骨干管(渠)道的位置、走向以及枢纽工程的布置作出必要的说明。
- (6) 投资概算及效益分析。列出工程投资概算的方法和成果,以及对工程建成后可能获得的效益的分析预计结果。

2. 工程规划布置图

在地形图上绘出灌区的边界线,压力分区线,水源工程、泵站等主要建筑物和骨干管(渠)道的初步布置。为使图幅大小适用,所用地形图比例尺如下:灌区面积5000亩以下者宜为1/2000~1/5000;5000亩以上者可为1/5000~1/10000。

(二) 技术设计阶段成果要求

技术设计阶段应提出设计说明书,工程平面布置图,主要管(渠)道纵(横)断面图,管道系统结构示意图和工程建筑物设计图。必要时,还应提出各种非标准设备或部件设计图。

1. 设计说明书的内容

(1) 基本资料。内容与设计任务书相同, 但应进一步具体化。

(2) 系统选型。如在设计任务书中已作充分论证, 此处可省略。

(3) 灌溉制度及灌溉用水量计算。按设计标准列出灌区各种作物的灌溉制度及灌溉用水量、用水流量的计算成果。

(4) 水源分析及水源工程规划。按设计标准列出水源流量、水位等特征值以及水质分析成果。说明水源工程规划的方法与成果。

(5) 喷头选型及组合。写出所选喷头的规格、型号和性能参数, 喷头组合形式和组合间距, 均匀度、喷灌强度和雾化指标的设计标准和校核结果。

(6) 系统布置。阐明系统布置所遵循的原则及所考虑的因素, 管(渠)道的级数, 各级管(渠)道的数量、长度等特征值。

(7) 工作制度及轮灌方式。列出工作制度中的各项数值以及轮灌编组、轮灌次序等安排。

(8) 管材与管径选择。各级管道的材质与管径选择的原则与方法, 以及校核计算结果, 列出管道的规格型号统计表。

(9) 管道系统结构。对管道的埋深、坡度, 闸阀、节制阀、排气阀、泄水阀和镇墩等附属设施的设置作出说明。

(10) 水泵与动力选配。系统设计流量和扬程的确定方法和计算成果, 所选水泵与动力机的规格型号及各项性能参数, 水泵安装高程以及水泵站的结构形式等。

(11) 材料、设备用量及投资预算。列出各种设备和建筑材料的规格型号和用量清单, 以及工程投资预算表。

(12) 技术经济计算。阐明效益计算、经济分析和各项技术经济指标的计算方法和成果。

(13) 其它。如对施工安装与运行管理方面的注意事项作出必要的说明等。

2. 设计图纸

(1) 工程平面布置图。平面布置图在地形图上绘出, 其比例尺宜为 $1/1000 \sim 1/2000$ 。图中应示出灌区边界及内部分区线、水源及水源工程, 泵站及输电线路, 各级管道(或渠道)位置及其名称与编号, 各类闸阀以及其它附属设施的位置。

(2) 管(渠)道纵断面图。绘出各级固定管(渠)道的纵断面图(固定支管一般可仅绘一、二条作典型)。管道纵断面图应绘出地面线、管底线, 标出各种管件(各类闸阀、三通、四通、异径管等)和镇墩的位置, 底栏应包括桩号、地面高程、管底高程、挖深、纵坡和管径等栏。渠道纵断面图应绘出地面线、水面线、渠底线, 标出进水闸、节制闸、分水闸以及各种建筑物的位置, 底栏应包括桩号、地面高程、水面高程、渠底高程、挖深和纵坡等栏。纵断面图的纵横比例尺一般应不相同, 以图幅大小适当、图面清晰为准。

渠道还应绘出标准横断面图。

(3) 管道系统结构示意图。以透视或平面形式绘出固定管道系统的结构示意, 标出各级各段管道的材质、长度、管径, 注明管道系统中各种设备和管件的规格型号。

3. 蓄水工程容积的确定

根据设计标准满足喷灌用水要求，并尽量节省工程量的原则，通过来水和用水的水量平衡计算，确定蓄水工程容积。

(四) 喷灌系统选型

根据灌区自然和社会经济条件，因地制宜地选择喷灌系统类型，并常需对可能选择的几种类型从技术和经济上加以分析比较，择优选定。

(五) 压力规划

以力求压力均衡，确保喷灌质量和节约能源为目标，综合考虑水源水位、灌区地面高程变化、地块分布、输水距离，以及可供选择的设备规格等因素，对全灌区进行压力规划，必要时做出压力分区。

(六) 工程规划布置

在综合分析水源位置、地块形状、耕作方向、地形、地质、风向，以及现有排水、道路、林带和供电系统等因素的基础上，作出喷灌工程规划布置，绘出规划布置图，以求有利于工程达到安全可靠、投资较低和方便运行管理的目的。为了寻求最优的布置方案，常需进行多方案的比较。

(七) 投资概算及效益分析

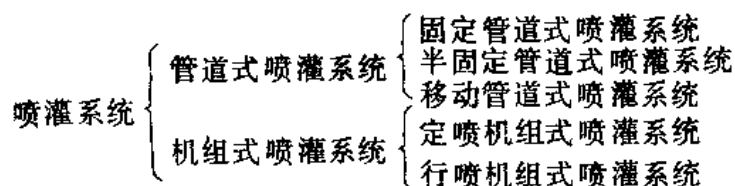
对主要材料和设备的用量和投资造价以及工程运行费用作出估算，面上的工程和设备可以典型地块的计算结果为指标，扩大概算出全灌区的数值。对工程建成后的增产增收效益及主要经济指标作出分析计算。

第三节 喷灌系统类型的选择

一、喷灌系统分类

把灌溉水源、喷灌设备和田间工程有机联系起来，以达到将灌溉水均匀地喷洒到田间，来满足农作物对水分的要求，这样一种水利工程设施称之为喷灌系统。

喷灌系统的类型很多，从规划设计方法这一角度出发可对喷灌系统作如下分类：首先按系统的设备组成的特点，可分为管道式喷灌系统和机组式喷灌系统。水源、喷灌泵与各喷头间由一级或数级压力管道连接，且这些管道和机、泵需由设计者自行选配，这样的喷灌系统称为管道式系统；使用厂家成套生产的喷灌机（组）的喷灌系统，称为机组式系统。管道式喷灌系统根据管道的可移程度，又分为固定管道式、半固定管道式和移动管道式系统；若按获得压力的方式，又可分为机压式和自压式喷灌系统。机组式喷灌系统按其喷洒特征又分为定喷机组式和行喷机组式系统。以上分类可参见下面的体系表。



二、各类喷灌系统的特点及适用条件

(一) 固定管道式喷灌系统

水泵与动力机构成固定的泵站, 各级管道多埋入地下(也有固定于地面的), 喷头装在固定于支管的竖管上, 亦即系统各组成部分(通常除喷头可装卸轮灌于竖管间以外)在整个灌溉季节, 甚至常年固定不动。

固定管道式喷灌系统运行操作方便, 易于管理, 生产效率高, 工程占地少, 且便于实行自动化控制。其主要缺点是设备利用率低, 耗材多, 投资大, 目前我国固定管道式系统的设备投资一般为300~500元/亩, 其中管道投资常占50%以上, 甚至达80%左右。

固定管道式系统适用于灌水次数频繁、经济价值较高的蔬菜和经济作物区, 以及城市园林、花卉、绿地的喷灌。

(二) 移动管道式喷灌系统

一个可以移动的水泵及动力机组, 配有一定数量的可移动管道, 并带有多个喷头工作, 亦即整个喷灌系统除水源及水源工程以外, 从水泵与动力机, 各级管道, 直到喷头都可以拆卸移动, 轮流使用于不同地块。

移动管道式喷灌系统设备利用率高, 设备用量与投资造价较低(设备投资约100元/亩左右)。缺点是, 机、泵、管等设备的拆装搬移劳动强度较大, 生产效率较低, 有时还会损伤作物; 设备的维修、保养工作量增加; 供水渠道及沿渠道路占有一定面积。

移动管道式喷灌系统适用于各种作物, 但当为高秆密植作物, 土质粘重或地形复杂的情况下, 将给设备的拆装移动带来困难。

(三) 半固定管道式喷灌系统

泵站和干管固定不动, 支管和喷头是可移动的。与固定管道式系统相比, 由于支管可以移动并重复使用, 减少了用量, 降低了投资; 与移动管道式系统相比, 则由于机、泵、干管不移动, 方便了运行操作, 提高了生产效率。因此, 半固定管道式喷灌系统的设备用量、投资造价和管理运行条件均介乎固定管道式与移动管道式之间, 是值得推荐和重点发展的形式。

(四) 定喷机组式喷灌系统

在田间布设一定规格的输水明渠或暗管, 每隔一定距离设置供抽水用的工作池, 喷灌机沿渠(管)移动, 在每个预定的抽水点(工作池)处作定点喷洒。根据所用的机组不同又可分为两种系统。

1. 使用单喷头机组的系统

这种系统形式简单, 施工方便, 使用灵活, 一套机组反复使用, 设备简单, 投资小, 动力还可综合利用。其缺点是机具移动频繁, 劳动强度大, 管理不便, 喷灌质量不易保证, 田间工程占地多。适用于喷洒质量要求不高、灌水次数不多的地方或临时抗旱性的喷灌。对于解决山丘地区零星、分散耕地的灌溉, 是一种较好的形式。

2. 使用多喷头机组的系统

这种喷灌系统除在设计方法上与移动管道式喷灌系统不同外, 其优缺点与适用条件均

与后者相同。

(五) 行喷机组式喷灌系统

在田间接一定规格修建供水设施，喷灌机在连续移动过程中进行喷洒灌溉。

行喷机组式喷灌系统机械化、自动化程度高，运行操作方便，工作效率高，节省操作管理人员，喷洒时受风的影响小，均匀度较高，但一般耗能较多，一次性投资较高，维修保养需较高的技术水平。

行喷机组式系统一般适用于土地开阔连片，地形平坦，田间障碍物少，以及经济条件、技术力量较强的地方。但由于行喷式喷灌机类型多样，规模各异，故其优缺点与适用条件不尽相同，在采用时应根据拟选机型的规格与性能（参见第六章）做出具体分析。

第四节 喷灌设计标准

我国灌溉规划中常采用灌溉保证率法确定灌溉设计标准。喷灌工程设计保证率应根据自然条件和经济条件确定。丰水地区或作物经济价值较高时，可取较高值；缺水地区或作物经济价值较低时，可取较低值，但一般不宜低于85%。

通常是在以往的年份中选出符合设计保证率的某一年，作为设计代表年，并以此作为规划水源工程的依据。设计代表年的选择，视掌握资料的情况，可有以下几种方法。

(一) 按气象资料选择设计代表年

1. 用降水量资料

以灌区多年降水量资料组成系列，进行频率计算，推求符合设计保证率的年降水量，并按照年降水量与其相近而其降水分布又对灌溉不利的原则，选择实际年份作为设计代表年。当灌区作物单一或存在主要作物时，如用年降水量计算，可能出现作物生长期降水频率与设计保证率不符的情况，故宜用主要作物灌水临界期的降水量进行频率计算，并据此选择设计代表年。

2. 用蒸发量资料

用灌区年水面蒸发量（或主要作物灌水临界期的水面蒸发量）系列，以递增次序排列，进行频率计算，选择频率和设计保证率相同（或相近）的年份为设计代表年。

3. 用蒸发量与降水量的差值

用年水面蒸发量与年降水量的差值（或主要作物灌水临界期两者的差值）组成系列，以递增次序排列，进行频率计算，并选择设计代表年。

(二) 按来水量资料选择设计代表年

以水源的来水量组成系列，进行频率计算，按频率和设计保证率相同（或相近）的年份选择设计代表年。采用此法时，应注意根据不同的水源类型对其供水量资料作认真分析，排除人为影响因素，以避免因没有考虑用水情况而造成的误差。

(三) 按用水量资料选择设计代表年

利用本地区的灌溉试验与生产实践资料或利用水文气象资料推求历年作物需水量，并

通过频率计算选择符合设计保证率的代表年。此法需要较长系列的灌溉试验或调查资料，一般不易获得，且对所得资料应作分析修正，以建立在同一基础上。如用气象资料推算历年作物需水量，则计算工作量较大。

(四) 按来水用水综合选择代表年

用来水和用水的差值或用调节后的蓄水容积组成系列进行频率计算，并选择设计代表年。此法反映了灌溉设计保证率的真实涵义，但所需资料甚多，计算工作量甚大，有条件的大面积喷灌区可考虑采用。

第五节 喷灌用水量计算

一、作物需水量

作物田间需水量是指作物在正常生长的情况下，供应植株蒸腾和棵间土壤蒸发所需的水量，故亦称为作物腾发量。它是制定作物灌溉制度、计算灌溉用水量的重要依据。

作物需水量受作物、气象、土壤与农业措施等多方面因素的影响，各地相差悬殊，有条件时应根据当地或邻近地区的喷灌试验确定。本手册第一章中所列数值是根据几年来我国各地的试验资料得出的，可供设计中参考使用。联合国粮农组织推荐了计算作物需水量的几种方法，系经过深入研究和大量验证后确定的方法，适用地区较广。只要具备一般的气象资料与作物方面的资料，依靠给出的图表，便可计算，值得我们在喷灌工程规划设计中试用。现介绍国际上用得较多，计算成果又较可靠的彭曼法。

(一) 计算内容与步骤

1. 计算参考作物腾发量 (E_0)

参考作物腾发量的定义是：“一种开阔草地上的腾发速度，此草地系由高度为8~15cm、高矮均匀、生长正常的青草完全覆盖着，而且不缺水分”。用参考作物腾发量来体现气候对作物需水量的影响。

在收集和评价有关气象资料的基础上，用改进彭曼公式计算参考作物腾发量。

2. 确定作物系数 (K_c)

作物系数是作物腾发量与参考作物腾发量的比值，用以体现作物特性对需水量的影响。

根据作物种类、种植或播种时间、生育阶段以及常遇的气候条件，选定作物各生育阶段或各时段的 K_c 值。

3. 计算作物腾发量 (E_p)

按 $E_p = K_c E_0$ 计算作物腾发量。

以上计算可以30天或10天为一个时段，利用各时段内的日平均气象资料来计算 E_0 ，再计算各时段的 E_p ，表示时段内的平均值。在喷灌工程规划设计时，当已选定设计代表年后，可计算该年作物生长期或灌溉临界期各时段的 E_p 值。

(二) 参考作物腾发量的计算

改进彭曼公式为

$$E_0 = C [WR_n + (1 - W)f(v)(e_a - e_d)] \quad (8-1)$$

式中 R_n ——净辐射量，以所能蒸发的水量计 (mm/d)；

$f(v)$ ——风函数；

e_a ——平均气温条件下的饱和水气压 (hPa)；

e_d ——实际平均水气压 (hPa)；

W ——取决于温度与高程的加权系数；

C ——考虑白天与夜晚天气影响的修正系数。

(1) 饱和水气压 e_a 。可根据计算时段内的平均气温，由表 8-4 查得。

(2) 实际平均水气压 e_d 。可由空气湿度资料换算。因空气湿度资料可以相对湿度表示，或以干湿球温度表示，还可以露点温度表示，故 e_d 的换算也可有三种情况，举例如下。

表 8-1 大气顶层接受的太阳辐射 R_0 。(以造成的水面蒸发量 mm/d 计)

纬 度	北 半 球											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
50°	3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.1	14.1	10.9	7.1	4.5	3.2
48°	4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7
46°	4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3
44°	5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7
42°	5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2
40°	6.1	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7
38°	6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1
36°	7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6
34°	7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2
32°	8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8
30°	8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3
28°	9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8
26°	9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3
24°	10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7
22°	10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2
20°	11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7
18°	11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1
16°	12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6
14°	12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.1	14.1	12.8	12.0
12°	12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5
10°	13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9
8°	13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3
6°	13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7
4°	14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1
2°	14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4
0°	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

表 8-3 不同温度与高程条件下辐射对E_a影响的加权系数K数值

温度(°C) \ 高程(m)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
0	0.43	0.46	0.48	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.68
500	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70
1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73
3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75
4000	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.76	0.78

温度(°C) \ 高程(m)	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86
1000	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
2000	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
3000	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.88	0.88	0.89
4000	0.79	0.81	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89	0.90	0.90

【例8-1】 已知平均气温 $T = 24.5^{\circ}\text{C}$ ，平均相对湿度 $H = 45\%$ 。

计算：根据 $T = 24.5^{\circ}\text{C}$ ，查表8-4，得 $e_s = 30.8\text{hPa}$ ，

则 $e_a = e_s \cdot H / 100 = 13.9\text{hPa}$ ，

【例8-2】 已知以通风干湿球温度计测得的干球温度 $T_d = 22^{\circ}\text{C}$ 湿球温度 $T_s = 16^{\circ}\text{C}$

计算：根据 $T_d = 22^{\circ}\text{C}$ ， $T_d - T_s = 6^{\circ}\text{C}$ ，由表8-5查得（高程在1000m以下） $e_a = 14.2\text{hPa}$ 。

【例8-3】 已知露点温度 $T_L = 12^{\circ}\text{C}$

计算：查表8-4， $T_L = 12^{\circ}\text{C}$ 时 $e_s = 14\text{hPa}$ 。

(3) 风函数 $f(v)$ ，其经验公式为

$$f(v) = 0.27 \left(1 + \frac{v}{100} \right) \quad (8-2)$$

式中 v —— 2 m高处的平均风速 (km/d)。

若风速资料是在其他高度上测得的，则可按下列式换算成 2 m 高处的风速。

$$v_2 = v_z (2/z)^{0.2} \quad (8-3)$$

式中 v_2 —— 2 米高处的风速；

v_z —— z 米高处的风速；

z —— v_z 的测量高度 (m)。

(4) 净辐射 R_n 。净辐射为地表接受的辐射量与支出的辐射量之差，不具备实测资料时，可按以下公式计算：

$$R_n = R_{n1} - R_{n2} \quad (8-4)$$

$$R_{n1} = (1 - a) R_s \quad (8-5)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50n/N) R_0 \quad (8-6)$$

$$R_{n2} = f(T) \cdot f(e_a) \cdot f(n/N) \quad (8-7)$$

$$f(T) = \sigma T_k^4 \quad (8-8)$$

$$f(e_a) = 0.34 - 0.044 \sqrt{e_a} \quad (8-9)$$

$$f(n/N) = 0.1 + 0.9n/N \quad (8-10)$$

式中 R_0 ——大气顶层接受的太阳辐射量,以所能蒸发的水量计 (mm/d), 仅与纬度和一年内所处的时间有关, 可由表 8-1 查得;

R_l ——到达地表的太阳辐射 (mm/d);

R_{nl} ——净短波辐射 (mm/d);

R_{nl} ——净长波辐射, 是地表的能量损失 (mm/d);

a ——太阳辐射的反射率, 大多数作物的反射率为 20~25%, 一般可取为 23%;

n ——实测日平均日照小时数, 可从当地气象台站取得;

N ——可能最大日平均日照小时数, 对于不同纬度和月份, 其值可查表 8-2;

σ ——斯蒂芬-波尔兹曼常数, $\sigma = 2 \times 10^{-9}$ [mm/(d·K⁴)];

T ——平均气温 (°C);

T_k ——以绝对温度表示之平均气温 (K), $T_k = 273 + T$;

其余符号意义同前。

净辐射的计算步骤参见例 8-4。

【例8-4】北纬 38°, 某年 5 月份平均气温为 20.6°C, 平均相对湿度为 57%, 平均日照小时为 7.6h/d, 计算净辐射 R_n 。

1) 由表 8-1 查得北纬 38°, 5 月份的大气顶辐射量 $R_0 = 16.4$ mm/d;

2) 由表 8-2 查得上述纬度、月份的日平均最大日照小时 $N = 14.2$ h, 则 $n/N = 7.6/14.2 = 0.54$;

3) 用式 (8-5) 和式 (8-6) 计算:

$$R_{nl} = (1-a)(0.25 + 0.50n/N)R_0 = 0.4 \times 16.4 = 6.56 \text{ (mm/d)};$$

4) 根据平均气温 20.6°C, 查表 8-4, 得饱和水汽压 $e_s = 24.3$ hPa, 则实际水汽压 $e_a = e_s \cdot H/100 = 24.3 \times 0.57 = 13.9$ hPa;

5) 根据 T 、 e_a 和 n/N 按式 (8-8)、式 (8-9) 和式 (8-10) 算得

$$f(T) = 14.7, \quad f(e_a) = 0.18, \quad f(n/N) = 0.59,$$

则 $R_{nl} = 14.7 \times 0.18 \times 0.59 = 1.56$ (mm/d);

6) 计算净辐射:

$$R_n = R_{nl} - R_{nl} = 6.56 - 1.56 = 5 \text{ (mm/d)}。$$

(5) 加权系数 W 。加权系数 W 反映 E_0 与 R_0 关系中气温与高程的影响。不同气温与高程条件下的 W 值见表 8-3。气温是指计算时段 (例如一个月) 内的平均气温, 若资料中只给时段内的最高气温 (T_{max}) 与最低气温 (T_{min}), 则可取二者的平均值作为平均气温。

(6) 修正系数 C 。考虑到各地气候条件与彭曼公式假定的前提不全相符, 故应加以修正。修正系数 C 可根据最大相对湿度 H_{max} 、太阳辐射量 R_s 、白天风速 v_b 和白天风速与夜晚风速的比值 v_b/v_n , 从表 8-7 查出。

用彭曼法确定参考作物腾发量计算步骤较多, 为使计算有条不紊, 可利用图 8-1 所示的计算框图进行。

【例8-5】山西临汾市郊, 纬度 36.1°N, 灌区平均地面高程 165m, 根据设计标准, 选用 1972 年作为设计代表年, 并以 6 月份作为作物 (苹果) 的灌水临界期。据临汾市气象站资料, 该月平均气温为 25.8°C, 平均相对湿度为 51%, 平均白天最小湿度为 37%, 平均夜晚最大湿度为 65%, 平均日照数为 8.6h/d, 日平均风速为 2.2m/s, 白天平均风速为 2.6m/s, 夜晚平均风速为 1.7m/s (均为 10m 高风速仪测得), 试计算参考作物腾发量。

计算利用框图进行 (图 8-1), 计算结果 $E_0 = 6.76$ mm/d。

说明:

- 1) $e_a = e_s \cdot H/100 = 33.2 \times 0.51 = 16.93 \text{ (hPa)}$;
- 2) 因所给出的风速为10m高风速仪测得, 故应换算为2m高之风速, 平均风速 $v = 2.2(2/10)^{0.2} = 1.6 \text{ (m/s)}$
 $= 138.2 \text{ (km/d)}$, 白天风速 $v_b = 2.6(2/10)^{0.2} = 1.9 \text{ (m/s)}$;
- 3) C值根据 $H_{max} = 65\%$, $R_s = 9.37 \text{ mm/d}$ 、 $v_b = 1.9 \text{ m/s}$ 和 $v_b/v_A = 2.6/1.7 = 1.53$, 由表8-7内插查得。

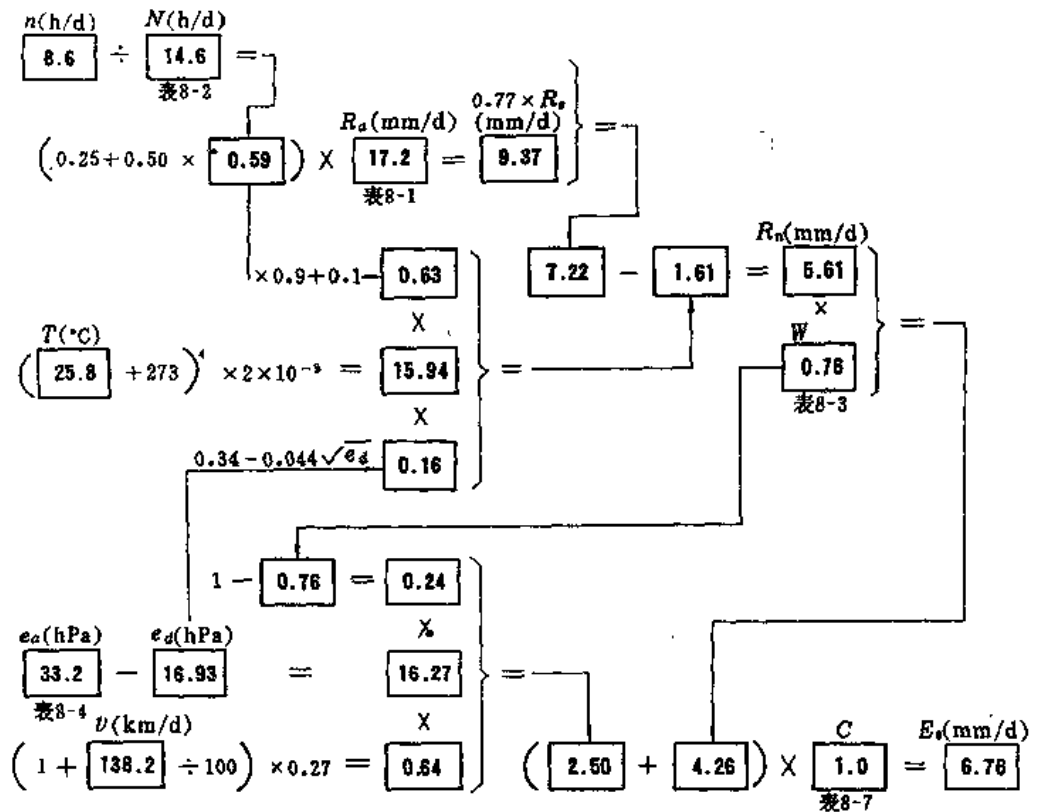


图 8-1 参考作物腾发量计算框图

表8-4 饱和水气压 e_s 与平均气温 T 的关系

$T(°C)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$e_s(\text{hPa})$	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5
$T(°C)$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$e_s(\text{hPa})$	12.3	13.1	14.1	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
$T(°C)$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
$e_s(\text{hPa})$	25.4	26.9	28.4	29.9	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	
$T(°C)$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$e_s(\text{hPa})$	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

注 利用露点温度 T_d 资料也可以从此表中确定实际的水气压 e_a (例如 $T_d = 18°C$, 则 $e_a = 20.6 \text{ hPa}$)。

表 B-7

彭曼公式中的修正系数C值

R_s (mm/d) v_A (m/s)		$H_{max} = 30\%$				$H_{max} = 60\%$				$H_{max} = 90\%$			
		3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
$v_b/v_A = 4$													
0		0.85	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3		0.79	0.84	0.92	0.97	0.92	1.00	1.11	1.19	0.99	1.10	1.27	1.32
6		0.68	0.77	0.87	0.93	0.85	0.96	1.11	1.19	0.94	1.10	1.26	1.33
9		0.55	0.65	0.78	0.90	0.76	0.88	1.02	1.14	0.88	1.01	1.18	1.27
$v_b/v_A = 3$													
0		0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3		0.76	0.81	0.88	0.94	0.87	0.96	1.06	1.12	0.94	1.04	1.18	1.28
6		0.61	0.68	0.81	0.88	0.77	0.88	1.02	1.10	0.86	1.01	1.15	1.22
9		0.46	0.56	0.72	0.82	0.67	0.79	0.88	1.05	0.78	0.92	1.06	1.18
$v_b/v_A = 2$													
0		0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3		0.69	0.76	0.85	0.92	0.83	0.91	0.99	1.05	0.89	0.98	1.10	1.14
6		0.53	0.61	0.74	0.84	0.70	0.80	0.91	1.02	0.79	0.92	1.05	1.12
9		0.37	0.48	0.65	0.76	0.59	0.70	0.84	0.95	0.71	0.81	0.96	1.06
$v_b/v_A = 1$													
0		0.86	0.90	1.00	1.00	0.96	0.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.01
3		0.64	0.71	0.82	0.89	0.78	0.86	0.94	0.99	0.85	0.92	1.01	1.05
6		0.43	0.53	0.68	0.79	0.62	0.70	0.84	0.93	0.72	0.82	0.95	1.00
9		0.27	0.41	0.59	0.70	0.50	0.60	0.75	0.87	0.62	0.72	0.87	0.96

(三) 作物系数的选择

影响作物系数 K_c 值的主要因素是作物种类、播种（或种植）时间、发育阶段、全生长期长短以及常遇气候条件。

1. 大田作物与蔬菜

全生长期内作物系数的变化可概化为如图 8-2 所示折线。作出这一变化过程线，即可确定任何时段的 K_c 值。

上述 K_c 值过程线绘制步骤如下：

确定作物全生育期和各生长阶段的天数及起止日期；

确定生长初期的 K_c 值，并绘成水平线；

确定生长中期的 K_c 值，并绘成水平线；

初期末尾和中期起始点间用直线连接，表示发展期的 K_c 值变化；

确定收割或完熟时的 K_c 值，点绘在生长期末尾，并将其与中期末尾点用直线连接，是为生长后期的 K_c 值变化线。

(1) 生长阶段的划分。将作物全生长期划分为初期、发展期、中期和后期 4 个阶段，

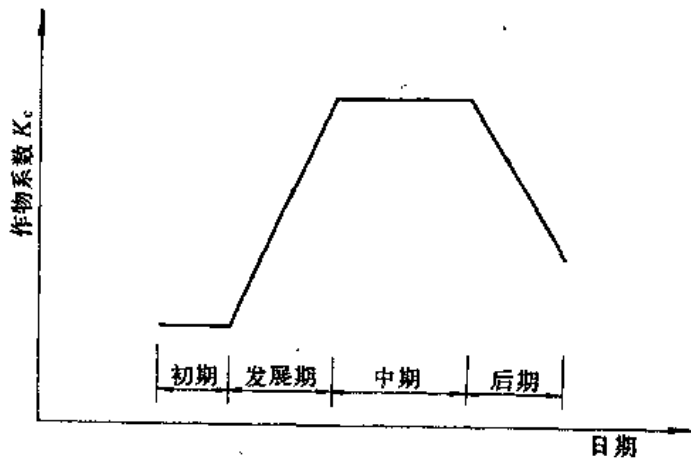


图 8-2 作物系数变化示意图

其划分标准为：

- 1) 初期：包括出芽期和生长前期，此时期内地表未被作物覆盖或被少许覆盖（覆盖率小于10%）；
- 2) 发展期：从初期末到地表开始完全覆盖（覆盖率达70~80%）；
- 3) 中期：从地表完全覆盖到开始成熟，开始成熟的标志是叶子变色（豆类）或落叶（棉花）。对于一年生作物，此阶段应包括开花期；
- 4) 后期：从开始成熟到完全成熟或收割。

生长阶段的划分，应根据当地或气候条件相似地区的生产实践和试验资料确定。表 8-8 列出了部分作物各生长阶段的大致天数，供参考。

(2) 生长初期的 K_c 值。预计灌水和有效降雨的平均间隔天数，根据已计算的 E_0 值，从图 8-3 中查取 K_c 。

(3) 生长中期和完熟时的 K_c 值。根据相对湿度和风速条件，从表 8-9 查取 K_c 。当最小湿度介乎 20% 和 70% 之间时可内插。

2. 果树

部分果树的 K_c 值列于表 8-10 至表 8-13，供参考。

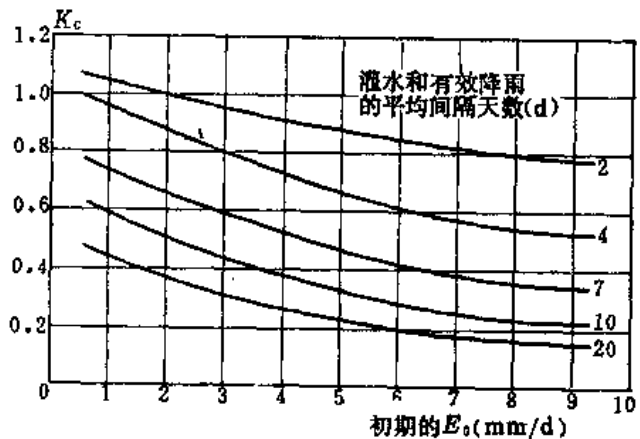


图 8-3 生长初期内的平均 K_c 值与 E_0 值的关系

表 8-8

部分作物生长阶段天数 (d)

作物	生长阶段			
	初期	发展期	中期	后期
小麦	15~20	25~30	50~65	30~40
玉米	15~30	30~45	30~45	10~30
高粱	20~25	30~40	40~45	20~30
棉花	20~30	40~50	50~60	40~55
大豆	20~25	25~35	45~65	20~30
花生	15~35	30~45	30~50	20~30
甘蔗	10~30	150~350	70~200	50~70
甜菜	25~30	35~60	50~70	30~50
烟草	10	20~30	30~35	30~40
菜豆(鲜)	15~20	15~20	20~30	5~20
菜豆(干)	15~20	15~20	25~45	20~25
豌豆(鲜)	10~25	25~30	25~30	5~10
豌豆(干)	10~25	25~30	25~30	20~30
马铃薯	20~30	30~40	30~60	20~35
甘兰	20~30	30~35	20~30	10~20
番茄	10~15	20~30	30~40	30~40
洋葱	15~20	25~35	25~45	35~45
西瓜	10~20	15~20	35~50	10~15

表 8-9

部分作物在生长中期和完熟时的 K_c 值

作物	灌 度		$H_{min} > 70\%$				$H_{min} < 20\%$			
	风速(m/s)		0~5		5~8		0~5		5~8	
	生长阶段		III	IV	III	IV	III	IV	III	IV
小麦、大麦、燕麦	1.05	0.25	1.1	0.25	1.15	0.2	1.2	0.2		
玉米	1.05	0.55	1.1	0.55	1.15	0.6	1.2	0.6		
甜玉米	1.05	0.95	1.1	1.0	1.15	1.05	1.2	1.1		
高粱	1.0	0.5	1.05	0.5	1.1	0.55	1.15	0.55		
粟	1.0	0.3	1.05	0.3	1.1	0.25	1.15	0.25		
谷类	1.05	0.3	1.1	0.3	1.15	0.25	1.2	0.25		
棉花	1.05	0.65	1.15	0.65	1.2	0.65	1.25	0.7		
亚麻	1.0	0.25	1.05	0.25	1.1	0.2	1.15	0.2		
大豆	1.0	0.45	1.05	0.45	1.1	0.45	1.15	0.45		
花生	0.95	0.55	1.0	0.55	1.05	0.6	1.1	0.6		
向日葵	1.05	0.4	1.1	0.4	1.15	0.35	1.2	0.35		
甜菜	1.05	0.6	1.1	0.6	1.15	0.6	1.2	0.6		
甘蔗	1.05	0.6	1.1	0.6	1.15	0.7	1.2	0.7		
薯类	1.05	0.7	1.1	0.7	1.15	0.75	1.2	0.75		
菜豆(鲜)	0.95	0.85	0.95	0.85	1.0	0.9	1.05	0.9		
菜豆(干)	1.05	0.3	1.1	0.3	1.15	0.25	1.2	0.25		
豌豆(鲜)	1.05	0.95	1.1	1.0	1.15	1.05	1.2	1.1		
扁豆	1.05	0.3	1.1	0.3	1.15	0.25	1.2	0.25		
十字花科植物(甘兰等)	0.95	0.8	1.0	0.85	1.05	0.9	1.1	0.95		

续表

湿度		$H_{min} > 70\%$				$H_{min} < 20\%$			
		0 ~ 5		5 ~ 8		0 ~ 5		5 ~ 8	
风速 (m/s)		0 ~ 5		5 ~ 8		0 ~ 5		5 ~ 8	
作物	生长阶段	III	IV	III	IV	III	IV	III	IV
		番茄	III	1.05	0.6	1.1	0.6	1.15	0.65
茄子	III	0.95	0.8	1.0	0.85	1.05	0.85	1.1	0.9
萝卜	III	0.8	0.75	0.8	0.75	0.85	0.8	0.9	0.85
胡萝卜	III	1.0	0.7	1.05	0.75	1.1	0.8	1.15	0.85
莴苣	III	0.95	0.9	0.95	0.9	1.0	0.9	1.05	1.0
黄瓜	III	0.9	0.7	0.9	0.7	0.95	0.75	1.0	0.8
洋葱	III	0.95	0.75	0.95	0.75	1.05	0.8	1.1	0.85
菠菜	III	0.95	0.9	0.95	0.9	1.0	0.95	1.05	1.0
芹菜	III	1.0	0.9	1.05	0.95	1.1	1.0	1.15	1.05
辣椒 (鲜)	III	0.95	0.8	1.0	0.85	1.05	0.85	1.1	0.9
南瓜	III	0.9	0.7	0.9	0.7	0.95	0.75	1.0	0.8
甜瓜	III	0.95	0.65	0.95	0.65	1.0	0.75	1.05	0.75

注 生长阶段III表示中期,IV表示后期末尾(完熟时)。

表 8-10

落叶果树及坚果作物的K₀值

月 份	有地面覆盖物										无地面覆盖物 (地面翻耕, 无杂草)									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
苹果、樱桃	冬季有严重的霜冻, 地面覆盖从4月份计起																			
湿润, 风力轻微到中等		0.5	0.75	1.0	1.1	1.1	1.1	0.85				0.45	0.55	0.75	0.85	0.85	0.8	0.6		
湿润, 风大		0.5	0.75	1.1	1.2	1.2	1.15	0.9				0.45	0.55	0.8	0.9	0.9	0.85	0.65		
干燥, 风力轻微到中等		0.45	0.85	1.15	1.25	1.25	1.2	0.95				0.4	0.6	0.85	1.0	1.0	0.95	0.7		
干燥, 风大		0.45	0.85	1.2	1.35	1.35	1.25	1.0				0.4	0.65	0.9	1.05	1.05	1.0	0.75		
桃、杏、梨、李	冬季有轻微霜冻, 地面覆盖物不休眠																			
湿润, 风力轻微到中等		0.5	0.7	0.9	1.0	1.0	0.95	0.75				0.45	0.5	0.65	0.75	0.75	0.7	0.55		
湿润, 风大		0.5	0.7	1.0	1.05	1.1	1.0	0.8				0.45	0.55	0.7	0.8	0.8	0.75	0.6		
干燥, 风力轻微到中等		0.45	0.8	1.05	1.15	1.15	1.1	0.85				0.4	0.55	0.75	0.9	0.9	0.7	0.65		
干燥, 风大		0.45	0.8	1.1	1.2	1.2	1.15	0.9				0.4	0.6	0.8	0.95	0.95	0.9	0.65		
苹果、樱桃、核桃	冬季有轻微霜冻, 地面覆盖物不休眠																			
湿润, 风力轻微到中等	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.05	0.85	0.8	0.6	0.7	0.8	0.85	0.85	0.8	0.8	0.75	0.65		

表 8-13 葡萄的 K_c 值

月份 气候条件	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
有严重霜冻地区的成年葡萄园, 5月初开始生长, 9月中旬收摘, 生长中期地面覆盖率为40~50%												
潮湿, 风力 轻微到中等					0.50	0.65	0.75	0.80	0.75	0.65		
潮湿, 风大					0.50	0.70	0.80	0.85	0.80	0.70		
干燥, 风力 轻微到中等					0.45	0.70	0.85	0.90	0.85	0.70		
干燥, 风大					0.50	0.75	0.90	0.95	0.90	0.75		
有轻微霜冻地区的成年葡萄园, 4月初开始生长, 8月末或9月初收摘, 生长中期地面覆盖率为30~35%												
潮湿, 风力 轻微到中等				0.50	0.55	0.60	0.60	0.60	0.60	0.50	0.40	
潮湿, 风大				0.50	0.55	0.65	0.65	0.65	0.65	0.55	0.40	
干燥, 风力 轻微到中等				0.45	0.60	0.70	0.70	0.70	0.70	0.65	0.35	
干燥, 风大				0.45	0.65	0.75	0.75	0.75	0.75	0.65	0.35	
干热地区的成年葡萄园, 2月末或3月初开始生长, 7月后半月收摘, 生长中期覆盖率为30~50%												
干燥, 风力 轻微到中等			0.25	0.45	0.60	0.70	0.70	0.65	0.55	0.45	0.35	
干燥, 风大			0.25	0.45	0.65	0.75	0.75	0.70	0.55	0.45	0.35	

注 葡萄园的地面条件是: 干净、无杂草, 灌水次数少, 地面经常保持干燥。

二、设计灌溉制度的拟定

农作物的灌溉制度是指播前及全生育期内的灌水次数、灌水日期、灌水定额和灌溉定额。设计灌溉制度是指符合设计标准的代表年的灌溉制度, 它是确定灌区设计流量和用水量的依据。

(一) 设计灌溉制度的拟定方法

在灌区规划设计中, 常采用以下3种方法来确定灌溉制度。

1. 总结群众丰产灌水经验

根据当地或邻近地区群众积累的多年喷灌和其它灌溉的经验, 深入调查符合设计要求的干旱年份的灌水次数、灌水时间和灌水定额等数据, 据此分析确定设计灌溉制度。

2. 利用灌溉试验资料

多年来各地进行了不少喷灌田间试验, 积累了一定的资料。在认真分析试验条件的基础上, 可以作为制定设计灌溉制度的主要依据。本书第一章所列资料可供参考。

3. 用水量平衡计算方法

利用农田水量平衡原理, 经分析计算制定灌溉制度。当参与计算的各因子数据准确时,

计算结果较为可靠。

(二) 按水量平衡原理制定灌溉制度

在作物生育期内的任一时段 t ，土壤计划湿润层 H 内储水量的变化可用下列水量平衡方程式表示：

$$W_t - W_0 = W_T + P_0 + K + M - E \quad (8-11)$$

式中 W_0, W_t ——分别为时段初和时段末的土壤计划湿润层内的储水量；

W_T ——由于计划湿润层增大而增加的水量（如无变化则无此项）；

P_0 ——保存于土壤计划湿润层内的有效雨量；

K ——时段 t 内的地下水补给量， $K = kt$ ， k 为时段内平均每昼夜地下水补给量；

M ——时段 t 内的灌溉水量；

E ——时段 t 内的作物田间需水量， $E = E_p t$ ， E_p 为时段内平均每昼夜的作物田间需水量。

1. 土壤计划湿润层深度 (H)

计划湿润层深度是指对作物进行灌溉时，计划调节控制土壤水分状况的土层深度。它随作物根系发育而增大，但一般蔬菜不超过 0.4m，大田作物不超过 0.6m，果树不超过 1.0m。

2. 由于计划湿润层增大而增加的水量 (W_T)

由于计划湿润层增大，可利用一部分深层土壤的原有储水量。

$$W_T = 10(H_2 - H_1)\gamma\beta = 10(H_2 - H_1)\beta' \quad (8-12)$$

式中 W_T ——由于计划湿润层增大而增加的水量 (mm)；

H_1 ——计算时段初计划湿润层深度 (m)；

H_2 ——计算时段末计划湿润层深度 (m)；

γ ——土壤干容重 (t/m^3)；

β, β' ——($H_2 - H_1$) 深度的土层中的平均含水量，分别以占干土重和占土体积的 % 计。

3. 有效降雨量 (P_0)

有效降雨量是指保存在土壤计划湿润层内可被作物利用的降雨量，其值为降雨总量减去径流量和渗入计划层以下的渗漏量。可先估算出降雨入渗量，再在参与水量平衡计算中减去超过计划湿润层土壤允许最大储水量的深层渗漏量。

降雨入渗量可用降雨入渗系数表示：

$$P_s = aP \quad (8-13)$$

式中 P_s ——降雨入渗量 (mm)；

P ——一次降雨量 (mm)；

a ——降雨入渗系数，其值与一次降雨量、降雨强度、降雨延续时间、土壤性质、地面覆盖及地形等因素有关，一般应根据当地实测资料确定，表 8-14 中数值供参考。

表 8-14

P (mm)	5	5~50	50~100	100~150	150~200
a	0	1.0	0.8	0.75	0.70

4. 地下水补给量 (K)

地下水补给量是指地下水借土壤毛细管作用上升至作物根系吸水层内而被作物利用的水量, 其大小与地下水埋深、土壤性质、作物需水强度和计划湿润层含水量等有关, 一般认为当地下水埋深超过3.5m时, 补给量可忽略不计。K值应根据当地或条件类似地区的试验和调查资料估算。

利用上述方程式逐时段进行水量平衡计算(可采用图解法或列表法进行, 计算时段一般取为5天或1旬), 并使计划湿润层内的土壤储水量始终保持在作物允许的最大储水量 (W_{max}) 和最小储水量 (W_{min}) 之间, 便可定出每次灌水的时间和定额。 W_{max} 和 W_{min} 按 (8-14) 和 (8-15) 式计算:

$$W_{max} = 10Hy\beta_{max} = 10H\beta'_{max} \quad (8-14)$$

$$W_{min} = 10Hy\beta_{min} = 10H\beta'_{min} \quad (8-15)$$

式中 β_{max} 、 β'_{max} ——分别为以占干土重%和占土体积%表示的允许的土壤最大含水量, 一般采用土壤田间持水量;

β_{min} 、 β'_{min} ——上述两种%所表示的允许的土壤最小含水量, 一般取为土壤田间持水量的0.6倍;

其余符号意义同前。

【例8-6】华北某地苹果园, 土质为轻壤土, 田间持水量为32% (体积比), 地下水埋深约2.5m, 5、6两月气候干旱少雨, 而果树需水趋近高峰, 考虑为灌水临界期。已推算出设计代表年5、6两月的平均果树田间需水量分别为3mm/d和5.2mm/d, 并根据降雨量记录推算得设计代表年该两月的有效降雨量(表8-15第7栏)。试推求上述两个月内的喷灌灌水定额和灌水时间。

本例采用列表法作水量平衡计算, 计算时段为5天, 详见表8-15。

表 8-15 某地苹果园水量平衡计算 (单位: mm)

时段起止 日期 (日/月)	计划湿润层 深度 (m)	计划湿润层内储水量		时段初 计划湿润层 储水量	作物需 水量	有效降 雨量	计划湿润层 加深增加 水量	地下水 补给量	水量平衡 差(5) -(6)+ (7)+(8)+(9)	灌水定额	时段末计 划湿润层 储水量 (10)+(11)	灌水日期 (日/月)
		最大	最小									
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
1.5至5.5	1.0	320	192	192	15			5	182	60	242	1.5
6.5至10.5	1.0	320	192	242	15			5	232		232	
11.5至15.5	1.0	320	192	232	15			5	222		222	
16.5至20.5	1.0	320	192	222	15			5	212		212	
21.5至25.5	1.0	320	192	212	15			5	202		202	
26.5至31.5	1.0	320	192	202	18	12		6	202		202	
1.6至5.6	1.0	320	192	202	26			5	181	60	241	3.6
6.6至10.6	1.0	320	192	241	26			5	220		220	
11.6至15.6	1.0	320	192	220	26			5	199		199	
16.6至20.6	1.0	320	192	199	26	25		5	203		203	
21.6至25.6	1.0	320	192	203	26			5	182	60	242	21.6
26.6至30.6	1.0	320	192	212	26			5	221		221	
					249	37		61		180		

注 1.因4月份基本无雨, 故5月初的计划湿润层储水量假设已达允许最小值, 即192mm;
 2.地下水补给量根据地下水埋深、土壤质地和作物根系深度等因素, 参照有关试验资料, 分析确定为每11mm;
 3.计算校核: 来水量-192-37-61-180=470, 耗水量-249-37-221-170, 两者相等, 计算无误;
 4.由此算得的各次灌水量为净灌水定额, 欲得毛灌水定额, 尚需除以喷洒水利用系数。

三、设计灌水定额和灌水周期的确定

当灌区种植单一作物，不存在几种作物同时灌水，且水源的状况无需进行多日以上的调蓄时，为了计算喷灌系统的设计流量，并不需要定出完整的灌溉制度，而只需确定某一次典型的灌水定额和灌水周期，称之为设计灌水定额和设计灌水周期。作物的灌水定额和周期随年份和生育阶段不同而有所变化，为了确保工程的设计标准，应使设计灌水定额和周期符合设计代表年的灌水临界期（作物需水强烈、计划湿润层大）的情况。

设计灌水定额和设计灌水周期应根据当地或气候相似地区的喷灌试验资料，以及群众的丰产灌水经验，加以认真分析总结确定。在具备必要的基本资料时也可通过计算确定。

(一) 设计灌水定额的计算

$$m = 0.1\gamma H (\beta_1 - \beta_2) \frac{1}{\eta} \quad (8-16)$$

$$\text{或} \quad m = 0.1H (\beta'_1 - \beta'_2) \frac{1}{\eta} \quad (8-17)$$

式中 m ——设计灌水定额 (mm)；

γ ——土壤干容重 (g/cm^3)；

H ——计划湿润层深度 (cm)，一般大田作物可取为 40~60 cm，蔬菜 20~30 cm，

果树 80~100 cm，第一章所列各种农作物主要根系活动层深度可供参考；

β_1 、 β'_1 ——分别为以干土重%和以土体积%表示的适宜土壤含水量上限，一般取为田间持水量的 80~100%，第一章所列数值供参考；

β_2 、 β'_2 ——分别为以干土重%和以土体积%表示的适宜土壤含水量下限，一般取为田间持水量的 60~80%，第一章所列数值供参考；

η ——喷洒水利用系数，如无试验资料，可参照表 8-16 选取。

灌水定额除以水层深度 (mm) 表示外，还常以单位面积的水体积 ($\text{m}^3/\text{亩}$) 表示，

两者的关系是： $1\text{ mm} = \frac{2}{3}\text{m}^3/\text{亩}$ 。

【例 8-7】 油菜，粘壤土，田间持水量为 38% (体积比)，气候湿润，常见风速为 2.5 m/s，试计算喷灌设计灌水定额。

(1) 参照表 1-17，取计划湿润层深度 $H = 40\text{ cm}$ ；

(2) 取适宜土壤含水量上、下限为田间持水量的 95% 和 75%，则

$$\beta'_1 = 0.95 \times 0.38 = 36\%$$

$$\beta'_2 = 0.75 \times 0.38 = 28.5\%$$

(3) 参照表 8-16，取 $\eta = 0.9$

(4) 代入 (8-17) 式计算灌水定额：

$$m = 0.1H (\beta'_1 - \beta'_2) \frac{1}{\eta} = 0.1 \times 40 (36 - 28.5) \frac{1}{0.9} = 33 (\text{mm})$$

或 $m = \frac{2}{3} \times 33 = 22 (\text{m}^3/\text{亩})$ ，

表8-16 喷洒水利用系数 η 值

风速(m/s)	< 3.4		3.4~5.4	
气候条件	湿润	干燥	湿润	干燥
η	0.9	0.8	0.8	0.7

(二) 设计灌水周期的计算

$$T = \frac{m}{E_p} \eta \quad (8-18)$$

式中 T ——设计灌水周期 (d)；

m ——设计灌水定额 (mm)；

E_p ——作物日需水量 (mm/d)，取符合设计保证率的代表年灌水临界期的平均日需水量；

η ——喷洒水利用系数。

【例8-8】已知南方某地甘蔗的设计喷灌灌水定额为45mm，气候湿润，风较大，试计算设计灌水周期。

(1) 根据当地甘蔗喷灌试验资料分析，在干旱年份甘蔗需水量强烈的伸长期8月份日平均需水量为6mm，即 $E_p = 6 \text{ mm/d}$ ；

(2) 根据气候条件取 $\eta = 0.8$ ；

(3) 依公式 (8-18) 计算设计灌水周期：

$$T = \frac{m}{E_p} \eta = \frac{45}{6} \times 0.8 = 6 \text{ d}。$$

在设计实践中，也可先根据经验定出灌水周期，再利用式 (8-18) 反算灌水定额。

【例8-9】黄瓜，气候干燥，风大，灌水临界期平均日需水量为8.5mm/d，试确定设计灌水定额和灌水周期。

(1) 黄瓜对水分敏感，需要勤浇，根据生产实践经验，取设计灌水周期 $T = 2 \text{ d}$ ；

(2) 根据气候条件，取 $\eta = 0.7$ ；

(3) 根据式 (8-18) 计算设计灌水定额：

$$m = \frac{E_p T}{\eta} = \frac{8.5 \times 2}{0.7} = 24 \text{ (mm)}$$

$$\text{或 } m = \frac{2}{3} \times 24 = 16 \text{ (m}^3/\text{亩)}$$

四、喷灌用水量及用水流量的计算

(一) 设计年用水量计算

1. 直接推算法

对于某种作物的某次灌水，其用水量可按以下公式计算：

$$W_j = m A \quad (8-19)$$

$$W_m = \frac{W_j}{\eta_c} \quad (8-20)$$

式中 W_j ——净喷灌用水量，即要求喷头供出的水量 (m^3)；

W_m ——毛喷灌用水量，即要求水源供给的水量 (m^3)；

a_1, a_2, a_3 ——各种作物喷灌面积占全灌区喷灌面积的比值；

其余符号意义同前

同理按式 (8-20) 计算毛用水量。

表 8-19 为某灌区设计代表年喷灌用水过程推算示例。

表 8-19 设计喷灌用水量计算

项目 月份	冬小麦	烟草($a = 29\%$)		玉米($a = 47\%$)		红薯($a = 24\%$)		综合灌水 定 额 m_c (m ³ /亩)	净用水量 W_j (k m ³)	毛用水量 W_m (k m ³)
	$a = 71\%$	m (m ³ /亩)	am (m ³ /亩)	m (m ³ /亩)	am (m ³ /亩)	m (m ³ /亩)	am (m ³ /亩)			
10	55	39.1						39.1	250	250
11	20	14.2	40	11.6				25.8	165	165
12										
1										
2	25	17.8						17.8	114	114
3										
4	90	63.9	15	4.4				68.3	437	437
5	30	21.3	80	23.2				44.5	285	285
6			60	17.4	40	18.8	15	3.6	39.8	255
7			30	8.7	40	18.8			27.5	176
8					45	21.2	30	7.2	28.4	182
9							60	14.4	92	92
全年	220	156.3	225	65.3	125	58.8	105	25.2	305.6	195.6

注 1. 灌区面积6400亩，其中冬小麦4550亩，烟草1850亩，麦地又套种玉米3000亩、红薯1550亩；
2. 全部管道输水，不允许漏水，故 $\eta_c = 1.0$ 。

(二) 喷灌设计流量计算

1. 单一作物时

当灌区只种植一种作物时，根据设计灌水定额和设计灌水周期按下式计算设计流量：

$$Q_j = \frac{mA}{Tt} \tag{8-23}$$

$$Q_m = \frac{Q_j}{\eta_c} \tag{8-24}$$

式中 Q_j, Q_m ——喷灌系统设计净流量和毛流量 (m³/h)；

m ——设计灌水定额 (m³/亩)；

A ——喷灌面积 (亩)；

T ——设计灌水周期，即灌水延续天数 (d)；

t ——每日净喷灌时间 (h)；

η_c ——喷灌输水系统水的利用系数。

2. 多种作物时

当灌区内种植多种作物，且不同作物的灌水时间有可能重合时，一般应通过绘制灌水率图来推求设计流量和流量过程。

单位灌溉面积上净灌溉用水量称为灌水率(或灌水模数)，某种作物某次灌水的灌水

率按下式计算:

$$q = \frac{a m}{0.36 T t} \quad (8-25)$$

式中 q ——灌水率 ($L \cdot s^{-1}/10^3$ 亩)

a ——该种作物的种植面积占灌区总面积的百分数;

其余符号意义同前。

按上式可计算设计代表年的各种作物各次灌水的灌水率 (举例如表 8-20), 再按其灌水时间依次绘于一张图上, 称为灌水率图 (图 8-4)。初步绘制的灌水率图应作必要修正, 使其变化较为平稳和连续。修正时, 要以不影响作物需水要求为原则, 尽量保持主要作物关键用水期的各次灌水不动或稍有移动 (前后移动不超过 3 天)。为了提高加压水泵的效率, 灌水率的最大值和最小值应尽量接近。修正前、后的灌水率图见图 8-4(a)、(b)。

灌水率图确定后, 灌区的设计流量一般按最大灌水率计算, 当最大灌水率延续时间很短时也可用次大值计算, 这一灌水率称为设计灌水率。

$$Q_d = q A \quad (8-26)$$

式中 q ——设计灌水率;

其余符号同前。

上例中从修正后的灌水率图读得灌水率的最大值为 $41.34 L \cdot s^{-1}/10^3$ 亩, 若灌区总面积为 6000 亩, 则设计净用水流量为 $Q_d = 41.34 \times 6.0 = 248 (L/s) = 0.25 (m^3/s)$ 。

若按上式计算灌水率图每一时段的流量, 则可得到设计代表年灌区喷灌用水流量过程线。

表 8-20 西北某喷灌灌区灌水率计算表

作物名称	种植面积比例 (%)	生育阶段	灌次序	灌水时间 (日/月)	灌水定额 ($m^3/亩$)	灌水延续时间 (d)	灌水率 ($L \cdot s^{-1}/10^3$ 亩)
冬小麦	30	分蘖	1	1/11 ~ 10/11	30	10	20.83
		返青	2	11/2 ~ 17/3	25	7	24.80
		拔节	3	11/4 ~ 17/4	25	7	24.80
		抽穗	4	11/5 ~ 17/5	25	7	24.80
		灌浆	5	1/6 ~ 7/6	20	7	19.84
玉米	50	苗期	1	20/5 ~ 26/5	25	7	41.34
		拔节	2	21/6 ~ 27/6	25	7	41.34
		穗花	3	11/7 ~ 17/7	25	7	41.34
		灌浆	4	4/8 ~ 10/8	20	7	33.07
谷子	20	苗期	1	25/5 ~ 31/5	25	7	16.53
		拔节	2	25/6 ~ 1/7	20	7	13.23
		穗花	3	30/7 ~ 5/8	20	7	13.23
		灌浆	4	20/8 ~ 26/8	20	7	13.23
糜子	30	苗期	1	27/6 ~ 3/7	20	7	19.84
		拔节	2	22/7 ~ 28/7	20	7	19.84
		穗花	3	14/8 ~ 20/8	20	7	19.84
		乳熟	4	27/8 ~ 2/9	20	7	19.84

注 每日喷灌时间按 12h 计, 故 $q = \frac{a m}{4.32 T}$ 。

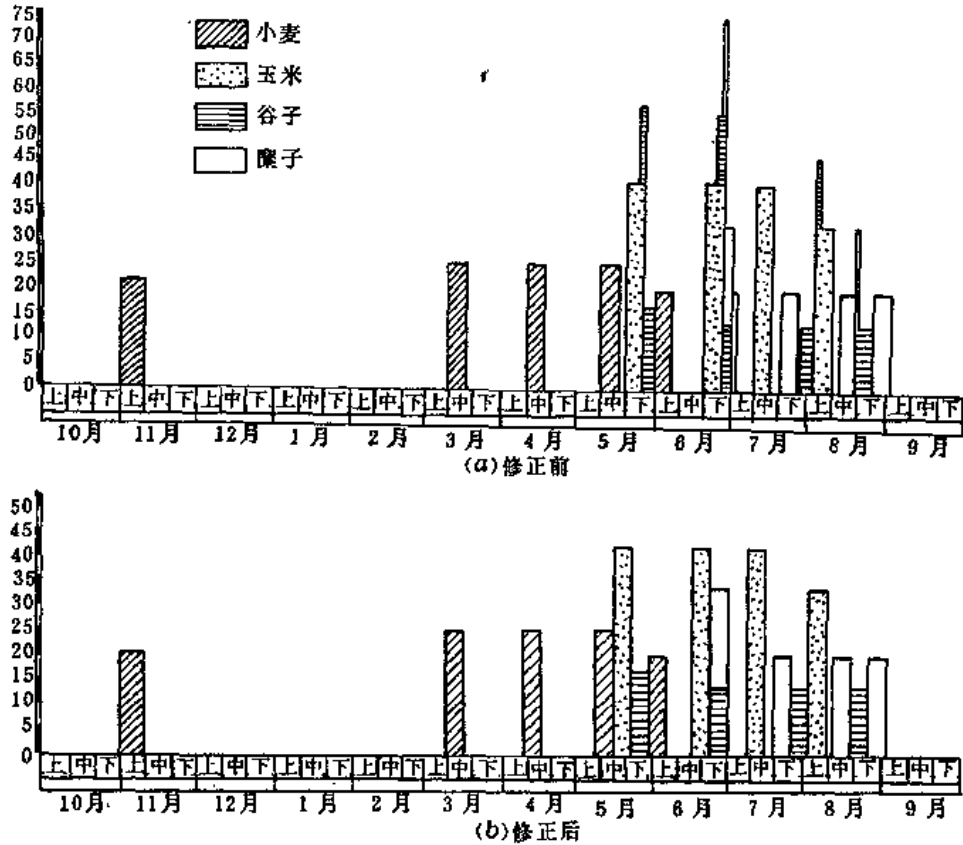


图 8-4 西北某喷灌区灌水率图
(a) 修正前、(b) 修正后

五、按随机用水计算喷灌设计流量

当喷灌工程控制面积较大，灌区内用水单位较多，作物的种类较多时，各用水单位和各种作物需要灌水的时间和用水量的任意性较大，难以执行统一编制的轮灌制度。在这种情况下，可将管网上的各种取水口的启闭看成是一个个独立的随机事件，按随机用水推求各级管道的设计流量，其公式为

$$Q = \sum_{i=1}^j n_i p_i q_i + U \sqrt{\sum_{i=1}^j n_i p_i p_i' q_i^2} \quad (8-27)$$

- 式中 Q ——管道的设计流量 (m^3/h)；
- n_i ——某一等级取水口的数目；
- p_i ——某一等级取水口的开启机率；
- p_i' ——某一等级取水口的不开启机率 $p_i' = 1 - p_i$ ；
- q_i ——某一等级取水口的标准流量 (m^3/h)；

U ——正态分布函数中的自变量；

j ——取水口等级数目。

1. 取水口开启机率 p

表示取水口的开启时间占整个灌水时间的比例,可按取水口控制面积内需要的水量与取水口可提供的水量的比值计算,即

$$p = \frac{0.667 E_p A}{n q t_r} \quad (8-28)$$

式中 E_p ——作物日需水量 (mm/d) ;

A ——取水口控制面积 (亩) ;

n ——取水口数目;

q ——取水口标准流量 (m^3/h) ;

t_r ——日喷灌工作时间 (h) 。

为了保持取水的随意性,管网中每一等级取水口的开启机率均应小于 1,即给水栓可供水量应大于其控制面积要求的水量。 p 愈小,随机性愈大,但管网流量亦随之增大,故在设计中一般 p 以定为 0.75 左右为宜。

2. 正态分布函数中的自变量 U

根据正态分布规律可写出

$$P(x_i \leq X) = \Phi\left(\frac{X - np}{\sqrt{npq}}\right) = \Phi(U) \quad (8-29)$$

式中 X 为灌溉时取水口可能开启的数目, $P(x_i \leq X)$ 为取水口开启数小于或等于 X 个的累积概率。

累积概率 P 表示同时开启的取水口不超过某一数目(或流量不超过某一数值)出现的机会,反映了其保证程度,称为设计流量保证率。在规划设计中,应根据灌区规模大小,所设置的取水口多少,作物对水分的敏感程度,以及整个工程的重要程度等,合理地确定设计流量保证率 P 。管网愈大,取水口愈多, P 值可愈小,但一般以不低于 80% 为宜;当取水口数目 $n \leq 5$ 时,取 $P = 100\%$,此时 $Q = nq$ 。

U 值可根据 P 值从标准正态分布函数数值表(表 8-21)中查取。

【例 8-21】有一管网,取水口分四个等级,每一等级取水口的数目、控制面积和标准流量见表 8-22 前四栏,若作物需水量 $E_p = 4.2 \text{ mm/d}$,设计流量保证率定为 $P = 95\%$,图 8-5 示出该管网的一部分(箭头下的数字表示取水口的等级),试推求各管段的设计流量。

当 $P = 95\%$ 时,由表 8-21 查得 $U = 1.645$;按式(8-28)计算各级取水口的开启率,按式(8-27)计算管网各结点的设计流量。计算采用列表法

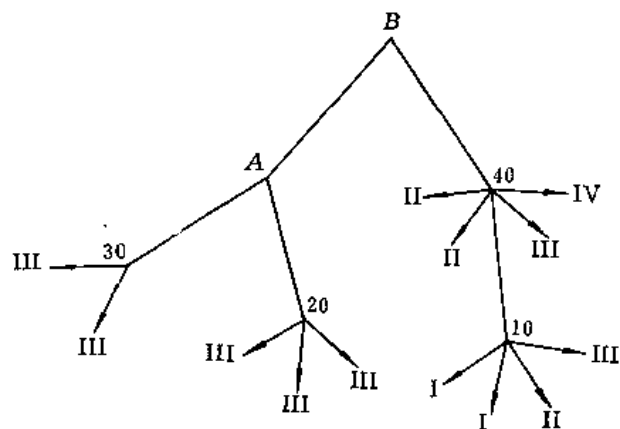


图 8-5

见表 8-22 和表 8-23。

表 8-21

设计流量保证率 P (%)	70	80	85	90	95	99	99.9	99.9997
U	0.525	0.842	1.033	1.282	1.645	2.37	3.09	4.5

表 8-22

取水口等级	取水口数目 n_i	控制面积 A_i (亩)	取水口流量 q_i (m^3/h)	取水口开启率 p_i (%)	$p_i q_i$	$p_i p_i q_i^2$
I	14	470	9	75	6.75	15.19
II	25	1410	18	63	11.34	75.52
III	64	5980	27	69	18.63	155.93
IV	7	960	36	76	27.36	236.39

表 8-23

流量推算表

计算 结点	各级取水口数目 (n_i)				累积取水 口数目	$\sum n_i p_i q_i$	$\sum n_i p_i p_i q_i^2$	$U \sqrt{\sum n_i p_i p_i q_i^2}$	设计流量 Q (m^3/h)
	I	II	III	IV					
10	2	1	1	0	4			63.0	
40	2	3	2	1	8	112.14	805.19	158.82	
20	0	0	3	0	3			81.0	
30	0	0	2	0	2			54.0	
A	0	0	5	0	5			135.0	
B	2	3	7	1	13	205.29	1584.84	270.78	
⋮									

第六节 水源分析与水利计算

一、水源水量分析计算

作为喷灌工程的水源，可有河川径流、当地地面径流、地下水以及已建成的水利工程供水等不同类型。因水源类型以及掌握资料情况不同，水源水量的计算方法也不同。

(一) 河川径流

当喷灌灌区从河道引水时，为了进行工程的规划设计，需推求与设计保证率相同频率的年或时段（作物生育期、灌水临界期等）径流量及其时程分配。

1. 年及时段径流量计算

(1) 具有较长系列径流资料时。当取水断面或邻近有水文测站并记录有较长系列（一般至少20年左右）的径流资料时，可通过频率计算推求符合设计频率的年或时段径流量（频率计算的方法参见《水工设计手册》或有关水文学书籍）。

(2) 径流资料较少时。当径流观测年限较短或有缺测年份，无足够代表性时，应通过相关分析插补延长年径流系列，再进行频率计算。常用的插补延长方法如下：

1) 径流量相关法。用上、下游站或邻近流域测站的径流量资料作为参证变量与本站径流量建立相关关系，以插补延长本站径流量。

2) 降雨径流相关法。用本流域降雨量与径流量建立相关关系，从而插补延长径流量系列。

相关分析的具体方法参见《水工设计手册》或有关水文学书籍。

(3) 无实测径流资料时。当本流域缺乏径流资料时，为了估算设计年或时段径流量，可采用以下两种方法：

1) 水文比拟法。将上、下游测站或邻近相似流域的径流资料通过按面积内插或换算的办法移用到设计流域来，计算公式为

$$W = W_1 + \frac{F - F_1}{F_2 - F_1} (W_2 - W_1) \quad (8-30)$$

或
$$W = \frac{F}{F'} W' \quad (8-31)$$

式中 W ——设计流域的径流量；

W_1, W_2, W' ——分别为上游站、下游站和参证站的径流量；

F ——设计流域的面积；

F_1, F_2, F' ——分别为上游站、下游站和参证站的流域面积。

采用上述两式可直接换算出设计频率的径流量，也可换算出径流量的多年平均值，并移用参证流域的变差系数 c_v 和偏态系数 c_s 值，从而再推求设计频率的径流量。

水文比拟法的出发点是流域径流形成条件的相似性，故使用前应认真分析论证参证流域与设计流域在气象和自然地理条件等方面的相似性。

2) 等值线图法。我国各省区大多编印有水文手册或水文图集，其中绘有年径流等值线图。这些等值线图大致有两类：一类是年径流（一般用径流深表示）统计参数均值和 C_v 的等值线图，以及 C_v/C_s 的数值分区表；另一类是多种频率（ $P=10, 20, 50, 80, 90, \dots\%$ ）的年径流设计值的等值线图。使用前者时先查出三个统计参数，再计算设计频率的年径流量；使用后者可直接查出某个设计频率的年径流量。

等值线图的使用方法是：首先圈出设计流域的轮廓，其次定出流域面积的重心（沿不同方向作出大致将面积等分为二的若干直线，取其交点作为流域重心），最后查出重心处的径流深数值（重心介于两条等值线之间时用直线内插求算）。图8-6所示流域重心 C 处于年径流深500和550两条等值线之间，且距前者约为两线间距的 $1/4$ ，则该流域的年径流深

$$\text{为 } h = 500 + \frac{1}{4} (550 - 500) = 513 \text{ (mm)}。$$

2. 径流时程分配计算

求得符合设计标准 P 的年及时段径流量 W_p (或平均流量 Q_p) 后, 还要进一步推求它在时程上的分配过程 (也称年内分配)。常以月或旬为时程单位, 推求各月 (或旬) 的径流量 (或平均流量)。为了计算设计年内分配过程, 在具有径流资料时, 通常是从实测资料中选取某一年作为典型年, 并对其年内分配过程加以缩放。

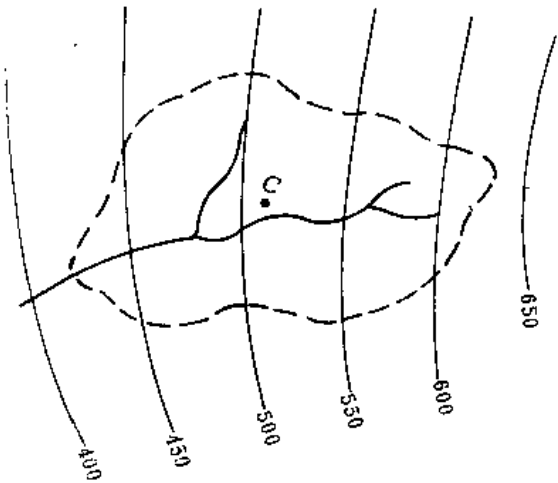


图 8-6 查用等值线图示例

(1) 典型年的选择原则。1) 典型年的年 (或时段) 径流量, 应与设计值相近; 2) 典型年的径流分配过程对工程设计偏于不利, 如枯水期长, 枯水期内水量分配不均等。

(2) 缩放方法。一般可采用同倍比法, 即首先计算设计年 (或时段) 径流量与典型年 (或时段) 径流量的比值作为缩放系数 ($k = W_p/W_d$), 然后用缩放系数 k 去乘典型年的各月 (或旬) 径流量, 即得出设计年径流年内分配过程。计算示例见表 8-24。

当缺乏实测径流资料时, 可从邻近相似流域选取典型年进行缩放, 或采用地区性水文手册中所提供的相似流域各月径流的分配比例, 计算出设计年的各月径流量。计算示例见表 8-25。

表 8-24

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
典型年月径流量 (万 m^3)	95.8	116.5	137.3	106.2	155.4	134.7	852.1	681.2	176.2	90.7	114.0	82.9	2743
设计年月径流量 (万 m^3)	94.0	114.3	134.7	104.2	152.5	132.1	835.9	668.3	172.9	89.0	111.8	81.3	2691

注 $k = \frac{2691}{2743} = 0.981$

表 8-25

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
月分配比例 (%)	3.0	3.8	4.5	4.4	2.6	6.9	10.0	29.3	13.2	11.0	6.8	4.5	100
月径流量 (万 m^3)	14.5	18.4	21.8	21.2	12.6	33.4	48.4	142.0	63.8	53.2	32.9	21.8	484

注 例如 6 月份径流量 = $0.069 \times 484 = 33.4$ (万 m^3)。

(二) 当地地面径流

拦蓄当地地面径流作为喷灌水源时, 通常无实测径流资料可循, 只能利用各地水文手

册提供的经验图表、公式或各地从生产实践中总结出来的经验数据, 以及通过实地调查了解, 估算出多年平均的来水量。有时需同时采用多种方法估算, 以便互相对照、修正, 得出较为符合实际的数值。下面是估算多年平均年径流量的一些方法。

1. 单位面积产水量法

$$W_0 = w_0 F \quad (8-32)$$

式中 W_0 ——多年平均年径流量 (m^3 或万 m^3);

w_0 ——多年平均单位面积产水量 (m^3 /亩或万 m^3/km^2), 不少省、地在总结以往的径流资料和经验的基础上, 分区给出这一数值。例如据陕西省资料, 陕北为 $30m^3$ /亩, 关中 $70m^3$ /亩, 陕南 $100m^3$ /亩, 四川省重庆地区为 $300m^3$ /亩等;

F ——集水面积 (亩或 km^2), 有地形图时可从图上量得, 无图时可通过实地访问与必要的勘测, 估算来水范围的平均长度和宽度, 进而估算出集水面积。

有些省市还分区给出不同频率的年产水量值, 则可估算出符合某一频率的年径流量。

例如山东省分县给出 $P = 50\%$ 和 75% 的年产水量。

2. 径流深等值线法

$$W_0 = 1000h_0 F \quad (8-33)$$

式中 h_0 ——多年平均年径流深 (mm), 根据集水面积所在位置从地区性水文手册的等值线图上查取;

W_0 和 F 的意义同上式, 单位分别为 m^3 和 km^2 。

由于水文手册上的径流深等值线图主要是根据中等流域的资料绘制的, 集水面积愈小, 查得之径流深一般偏低, 应辅于实地调查加以分析修正。

3. 年雨量乘径流系数法

$$W_0 = 1000C P_0 F \quad (8-34)$$

式中 P_0 ——多年平均年降雨量 (mm), 可向附近气象站、水文站查询, 也可由水文手册中的年雨量等值线图查得;

C ——年径流系数, 为年径流深与年降雨量之比, 其值可由水文手册中查得, 也可根据附近流域的实际观测资料确定;

其余符号同前。

4. 实地调查

对于本地区或条件相似的邻近地区现有利用当地地面径流的蓄水工程 (如小水库、塘堰等) 的容积、集水面积和多年运行过程中的复蓄情况加以调查了解, 按下式估算单位面积产水量。

$$w = \frac{Vn}{F} \quad (8-35)$$

式中 V ——蓄水工程容积 (m^3);

n ——年内的复蓄次数, 不同地区、不同年份均不一致, 例如对于孤立的塘堰, 湖北省丰水年为 $1.5 \sim 2.0$, 平均年 $1.2 \sim 1.5$, 干旱年 $0.5 \sim 1.0$, 可经调查获得;

其余符号意义同前。

(三) 地下水

利用地下水作为喷灌水源时,应首先收集已有的水文地质资料(如含水层的埋藏深度,含水层的岩性、厚度、层次结构、出水率,咸淡水分层和水质条件等),以及地下水开发利用规划的资料,以了解本地区地下水储量及其开采条件等。当前的喷灌灌区规模都不大,其水源常是单井或有数几个井,在进行规划设计时,主要应掌握井的出水量以及确定合理的井距。

1. 机井出水量估算

根据具备的条件,机井出水量可采用以下几种方法估算。

(1) 按理论公式计算。较为简单的是按稳定渗流公式计算井的出水量,各种井的计算公式如下。

潜水完整井(图8-7):

$$Q = 1.364K \frac{(2H - S)S}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (8-36)$$

式中 Q ——井的出水量 (m^3/d);

K ——渗透系数 (m/d), 根据试验资料确定, 表8-26中数值供无实测资料时参考;

H ——含水层厚度 (m);

S ——井中水位降深 (m), 采用离心泵抽水时一般可取 $4 \sim 6m$;

R ——影响半径 (m), 无实际观测资料时可用经验公式估算, 其中之一是

$$R = 2S \sqrt{HK};$$

r_0 ——井的半径 (m);

承压完整井(图8-8):

$$Q = 2.73K \frac{MS}{\lg \frac{R}{r_0}} \quad (8-37)$$

式中 M ——承压含水层厚度 (m);

其余符号意义同前式。

潜水非完整井(图8-9):

$$Q' = Q \sqrt{\frac{L}{h}} \sqrt{\frac{2h-L}{h}} = 1.364 \frac{KS(2H-S)}{\lg R - \lg r_0} \sqrt{\frac{L}{h}} \sqrt{\frac{2h-L}{h}} \quad (8-38)$$

式中 Q' ——非完整井出水量 (m^3/d);

Q ——完整井出水量 (m^3/d);

L ——滤水管长度或井的进水部分长度 (m);

h ——动水位至不透水层的距离 (m);

其余符号同前。

承压非完整井(图8-10):

$$Q' = Q \sqrt{\frac{L}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-L}{M}} = 2.73 \frac{KMS}{\lg R - \lg r_0} \sqrt{\frac{L}{M}} \sqrt[4]{\frac{2M-L}{M}} \quad (8-39)$$

式中符号意义同前。

非完整井的出水量也可写成

$$Q' = BQ \quad (8-40)$$

式中 B 称为非完整性修正系数, 可根据 $\frac{h}{L}$ 或 $\frac{M}{L}$ 从表 8-27 查得。

表 8-26 渗透系数经验数值

岩 性	K (m/d)	岩 性	K (m/d)
重亚粘土	< 0.05	中粒砂	5 ~ 20
轻亚粘土	0.05 ~ 0.1	粗粒砂	20 ~ 50
亚粘土	0.1 ~ 0.5	粗砂夹砾石	50 ~ 100
黄土	0.25 ~ 0.5	砾石	100 ~ 500
粉土质砂	0.5 ~ 1.0	漂砾石	20 ~ 150
细粒砂	1 ~ 5	漂石	500 ~ 1000

表 8-27 井的非完整性修正系数 B 值

$\frac{h}{L}$ 或 $\frac{M}{L}$	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
B	0.88	0.78	0.71	0.66	0.57	0.52	0.47	0.41	0.37

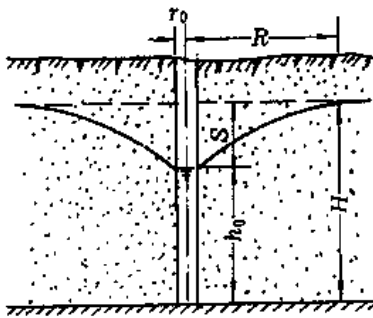


图 8-7 潜水完整井

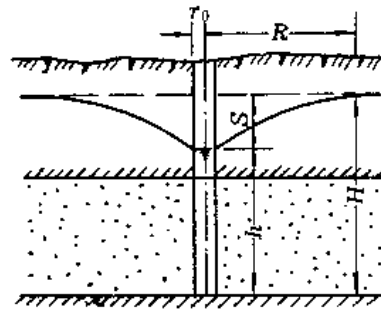


图 8-8 承压完整井

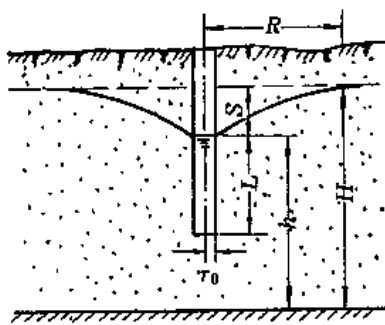


图 8-9 潜水非完整井

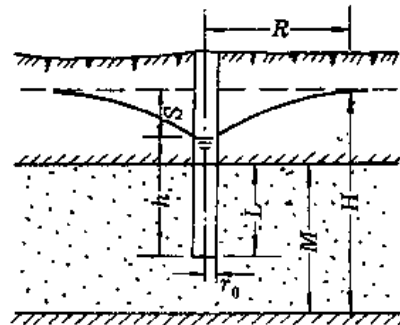


图 8-10 承压非完整井

(2) 按砂层出水率计算。当已知含水砂层厚度、质地及其出水率时,可按以下公式计算机井的出水量。此法也可用来根据所要求的单井出水量反求井深。

单一砂层时:

$$Q = MqS \quad (8-41)$$

式中 Q ——单井出水量 (m^3/h);

M ——含水砂层厚度 (m);

q ——含水砂层的出水率,即每米砂层在水位降深1m时的出水量 [$\text{m}^3\text{h}^{-1}/(\text{m}\cdot\text{m})$],

根据试验资料确定,表8-28中数值供参考;

S ——计划抽水降深(m),一般采用4~6m。

多种砂层时:

$$Q = M_1q_1S + M_2q_2S + \dots + M_iq_iS \quad (8-42)$$

式中 M_1, M_2, \dots, M_i 和 q_1, q_2, \dots, q_i 相应为各砂层的厚度和出水率。

表8-29是根据山东省资料列出的一般降深情况下的每米砂层出水量,表中数值乘以取水砂层厚度即得单井出水量,在粗略估算时可供参考。

表 8-28 各种砂层的出水率 [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / (\text{m} \cdot \text{m})$]

砂层名称及粒径 (mm)	粉砂 0.05~0.1	细砂 0.1~0.25	中砂 0.25~0.5	粗砂 0.5~2.0	砾石 >2.0
河北省 (井径200mm)	0.12~0.15	0.19~0.23	0.3~0.48	0.41~0.62	
河南省 (井径700mm)		0.6	1.0	1.4	5.0

表 8-29

砂层名称及粒径 (mm)	砾石 >2.0	粗砂 2.0~0.5	中砂 0.5~0.25	细砂(包括粉砂) 0.25~0.05
每米厚度出水量 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{m}$)	>35	30~20	20~10	9~3

(3) 由抽水试验确定。前面介绍的计算出水量公式,当实际的计算条件与公式的推导前提不符或计算参数不准时,计算结果将出现较大误差,而通过抽水试验确定出水量能获得较满意的结果。

根据抽水试验资料,可以绘制出水量(Q)与水位降深(S)关系曲线,继而求出曲线的方程式,即经验公式。由得出的经验公式,可计算设计降深时的出水量,也可根据确定的出水量预测相应的水位降深值。

通过抽水试验可获得可靠的机井出水量数值,但测试和计算工作量较大。关于抽水试验时的具体技术要求, $Q-S$ 关系曲线类型的判别和回归方程的建立方法等请参看第一章第五节。

(4) 用类比法估计。在缺乏资料的地方,可以通过调查周围已成机井的井深、出水量及相应的水位降深等数值,从而估计出所规划机井的应有深度和预计出水量。

2. 机井间距的确定

水井的平面布置应根据水文地质条件,地下水资源状况,并结合地形、提水机械和作物布局等情况确定,以确保在任何时间灌溉工作都能正常进行,在多年运用中取水条件不恶化。

机井间距是机井合理布局的主要环节,下面是几种确定井距的简单方法。

(1) 单井灌溉面积法。在地下水补给比较充足,地下水资源比较丰富,开采量与补给量基本平衡的情况下,井的间距可根据井的出水量及其所能喷灌的面积来计算,计算公式为

$$\text{方形布井时: } D = \sqrt{\frac{667 QT t \eta_c}{m}} \quad (8-43)$$

$$\text{梅花形布井时: } D = \sqrt{\frac{770 QT t \eta_c}{m}} \quad (8-44)$$

式中 D ——机井间距 (m);

Q ——有井群干扰抽水时的单井出水量 (m^3/h);

T ——整个控制面积上喷灌一次所需时间 (d);

t ——每天纯喷灌时间 (h);

m ——灌水定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$);

η_c ——管(渠)系水的利用系数。

(2) 开采模数法。在地下水补给量不能满足灌溉用水需要的地区,计划开采量应等于地下水可开采资源,以保持地下水水量的均衡,则可按下列公式计算机井密度和井距(方形布置):

$$N = \frac{\varepsilon}{QT_y t} \quad (8-45)$$

$$D = 1000 \sqrt{\frac{QT_y t}{\varepsilon}} \quad (8-46)$$

式中 N ——机井密度(每平方公里平均井数);

ε ——允许开采模数,即单位面积年允许开采量 [$\text{m}^3/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$];

T_y ——机井每年工作时间 (d);

其余符号意义同前。

(四) 由已建成工程供水

当喷灌灌区是由已建成的水利工程(水库、渠道等)有控制地供水时,应调查收集该工程历年向各用水单位供水的流量资料,以及今后的供水规划,经分析计算,推求符合设计标准的年份可向本灌区提供的水量和流量,以便确定喷灌用水量是否有保障,是否需要再调节。

二、蓄水工程容积计算

当水源设计来水流量始终等于或大于喷灌设计用水流量时,天然的来水过程即可满足喷灌要求,一般不需要修建蓄水工程。当来水流量有时小于用水流量,而一定时段内的来

水总量等于或大于用水总量时,为了满足喷灌用水要求,就必须规划一定规模的蓄水工程来对来水量加以调蓄,改变天然来水过程,使其与喷灌用水要求相适应。因此,蓄水工程的容积需根据来水和用水的平衡关系来确定。下面是不同情况下蓄水容积的计算方法。

(一) 通过调节计算确定容积

在掌握水源来水流量的情况下(如井灌区,经测试计算水井出水量为已知;山区利用泉水喷灌,其流量稳定不变;水源为河川径流而已算得设计年的径流过程;利用原有水利工程而供水流量为已知等),便可通过调节计算确定蓄水工程容积。调节周期可长可短,例如一日、多日、一个季节、一年等,应视水源来水流量与喷灌用水流量的对比关系,本着既保证喷灌用水要求又尽量节省工程量的原则来确定。以下对几种调节举例说明。

1. 日调节

当来水流量小于用水流量,而昼夜来水量可满足喷灌日用水量时,可按日调节确定蓄水容积。

【例8-11】 喷灌面积50亩,设计灌水定额 $20\text{m}^3/\text{亩}$,灌水延续时间为7d,每日纯喷灌10h,干旱年份水源在灌溉季节有稳定流量 $7\text{m}^3/\text{h}$,若取输水系统水的利用系数为0.95,试确定蓄水池容积。计算喷灌用水量:

$$Q = \frac{20 \times 50}{7 \times 10 \times 0.95} = 15.0(\text{m}^3/\text{h}) > 7\text{m}^3/\text{h} \text{ (水源流量)}$$

故需建蓄水池调蓄水量。

$$\text{每日来水量: } 7 \times 24 = 168 (\text{m}^3)$$

$$\text{每日用水量: } 15 \times 10 = 150 (\text{m}^3)$$

日来水量大于日用水量,可进行日调节。因喷灌的10h来水量为 $7 \times 10 = 70(\text{m}^3)$,尚缺 $150 - 70 = 80(\text{m}^3)$ 水量,故蓄水池的有效容积应为 80m^3 ,再考虑蓄水时因蒸发和渗漏的损失(根据地质和防渗处理情况可估为有效容积的10~20%,本例取为10%),则蓄水池容积可定为

$$V = 1.1 \times 80 \approx 90(\text{m}^3)$$

2. 多日调节

【例8-12】 水源流量仍为 $7\text{m}^3/\text{h}$,灌水定额仍为 $20\text{m}^3/\text{亩}$,喷灌面积120亩,若一次灌水时间仍为7d,而两次灌水间可允许有不超过10天的间隙时间,试确定蓄水池容积。

因设计喷灌面积增大,1天的用水量超过了昼夜来水量,日调节已不能满足,考虑利用灌水间隔时间蓄水,因轮灌周期可为17天,这期间的来水量为

$$17 \times 24 \times 7 = 2860 (\text{m}^3)$$

一次灌水用水量为

$$\frac{20 \times 120}{0.95} = 2526 (\text{m}^3)$$

来水量大于用水量,故可以一个轮灌期(17天)为调节周期。

灌水的7天来水量为 $7 \times 24 \times 7 = 1176(\text{m}^3)$,尚欠 $2526 - 1176 = 1350(\text{m}^3)$,需由蓄水池提供,故蓄水池容积

$$V = 1.1 \times 1350 \approx 1500 (\text{m}^3)$$

3. 年调节

年调节计算是将一年内来水有盈余的月份的余水蓄存起来,以供水量不足月份的用水。

【例8-13】 灌区面积4200亩,其中小麦2700亩,玉米1500亩,作物的设计灌溉制度见表8-17。水源为一河流,经水文计算已求得设计典型年的各月来水量〔表8-30第(2)栏〕。试计算蓄水工程容积。

$$V = KW_0 \quad (8-47)$$

式中 V —— 蓄水工程容积 (m^3) ;

W_0 —— 多年平均年来水量 (m^3) ;

K —— 调节系数, 根据经验 $K = 0.3 \sim 1.0$, 在雨量较丰, 沟道中经常有水的地方取小值; 在干旱少雨, 沟道时常断流的地方取较大值; 对于集水面积小, 平常无水, 仅汛期大雨才有雨水汇集时取最大值。

2. 按用水量计算容积

$$V = \frac{KW}{(1 - \rho\%)} \quad (8-48)$$

式中 W —— 年喷灌用水量 (m^3) ;

ρ —— 库塘渗漏、蒸发损失水量的百分数, 一般小型库塘可按 $10\% \sim 20\%$ 考虑; 其余符号同上式。

库塘容积的确定, 应比较上述两种计算结果, 取其中的较小者。当用水量小于来水量时, 一般应按用水量确定容积, 来水大于用水不多时, 亦可按来水设计; 若来水量小于用水量时, 按来水量设计, 再根据来水量规划喷灌面积, 其计算式为

$$A = \frac{W_0 (1 - \rho\%)}{E} \quad (8-49)$$

式中 A —— 可喷灌面积 (亩) ;

E —— 毛喷灌定额, 即每亩地一年灌溉总用水量 (m^3 /亩) ;

其余符号意义同前。

【例8-14】某山区有耕地1500亩, 种植旱作物, 拟在山沟上修山塘拦蓄地面径流作为水源发展喷灌, 集水面积 $0.5 km^2$, 试确定山塘容积。

从本地区水文手册中的多年平均年降雨量等值线图中查得该流域处的年降水量 $P_0 = 550 mm$, 又根据邻近流域的降雨径流资料, 并对照本流域产流条件分析, 取径流系数 $C = 0.4$, 则按式 (8-34) 计算多年平均年径流量。

$$W_0 = 1000CP_0F = 1000 \times 0.4 \times 550 \times 0.5 = 11 \text{ (万 } m^3 \text{)}$$

旱作物喷灌灌溉定额取为 $E = 100 m^3$ /亩, 则1500亩耕地的年用水量为

$$W = AE = 1500 \times 100 = 15 \text{ (万 } m^3 \text{)}$$

以上计算表明来水量小于用水量, 应按来水量确定容积, 考虑到本地区干旱少雨, 集水面积又小, 山沟平时干枯无水, 只拦蓄汛期雨水, 故取调节系数 $K = 1.0$, 则山塘容积应为

$$V = KW_0 = 11 \text{ (万 } m^3 \text{)}$$

可喷灌面积为

$$A = \frac{W_0 (1 - \rho\%)}{E} = \frac{110000 (1 - 0.1)}{100} = 990 \text{ (亩)}$$

三、蓄水工程地址选择

蓄水工程位置选择, 应考虑下列因素。

1. 地形条件

应尽量选择局部地形上的低凹点或山埡、山嘴、山弯处, 最好是口小、肚大、底平, 以使工程量较小而容积较大。较大山塘和小水库还要考虑在地形上便于布置溢洪道和放水

洞等建筑物。

2. 地质条件

蓄水工程的基础最好是不漏水的土层或较完整的岩石,以防渗漏并减少防渗处理费用。较大的山塘和小水库还要考虑坝基的稳固。

3. 水源条件

汇集地面径流的塘库要有足够的集水面积,以获得足够的水量;有长流水补给时,要便于水源的引入。

4. 高程条件

假如蓄水工程有条件建在位置较高的地方,则可利用天然水头实现自压喷灌或减少机械加压的扬程。

5. 输水距离

蓄水工程应尽量靠近灌区,以缩短输水距离,又便于管理运行。

技术经济计算

第一节 技术经济计算的原则与方法

一、计算目的

在喷灌工程的建设和运行管理中，必须讲究经济效益，进行技术经济计算，目的是：

(1) 可行性分析。在喷灌工程兴建之前，通过技术经济计算对其投资的经济效益和资源利用程度进行预测，分析评价工程项目是否可行，以确保喷灌工程建设能收到实效。

(2) 设计方案选优。对技术上可行的各项设计方案进行经济计算，分析与评价其经济效益，选择技术上先进、经济上合理的最优设计方案。

(3) 运行管理方案选优。在喷灌工程的运行管理中，通过技术经济计算与评价，考核规划设计的技术经济指标，选择安全、高效、低耗、经济合理的最佳运行方案，判别运行管理的技术经济状况，评定管理技术水平，以充分发挥现有喷灌工程的经济效益，并为今后的规划设计和运行管理积累科学数据。

二、计算原则

为了正确地分析、评价喷灌工程的经济效益，技术经济计算应遵循以下原则：

(1) 坚持实事求是的科学态度。进行技术经济计算必须从喷灌工程的实际出发，重视调查研究，坚持实事求是，防止主观片面性。

(2) 基本资料要真实可靠。要全面地搜集技术经济计算所需要的资料，并进行系统的分析整理。对所有资料的来源及其正确程度应进行分析、评价、去伪存真，防止按需取舍；对有疑问的资料应进行核实或作进一步调查。把技术经济计算建立在真实可靠的数据资料基础上。

(3) 计算项目要全面完整。喷灌工程的经济效果是通过工程的投资、年费用和效益计算结果的对比来衡量的，故所有的工程费用和效益都应计算在内，并尽可能用货币指标表示，要做到不遗漏、不重复、不夸大或缩小。在计算效益时，既要计算直接效益，也要计算间接效益；在计算工程费用时，既要计算喷灌工程本身所需要的费用，也要计算由于修建喷灌工程面需要修建的其他相关工程的费用；对综合措施的投资和效益应进行合理分摊。

(4) 不同方案的技术经济比较应有可比性。参与计算比较的各工程方案在技术上、经济上应是现实可行的，并应在同一基础上进行比较；各方案的投资、费用和效益的计算深度和精度应一致；计算方法（静态或动态）、计算年限和利率等应相同。反之，例如在进行喷灌工程投资计算时，有的计入水源工程投资，有的没有计入；在进行喷灌与地面灌投

资比较时，把只计蓄、引水工程不计田间工程的地面灌投资，与喷灌总投资相比；在分析喷灌增产效益时，用不同年份的资料来作喷灌与不灌、喷灌与其他灌水方法的比较；在分析喷灌与其他灌水方法灌溉用水量大小，只用一次灌水量进行比较，等等。这样的比较就不具备一致的基础，失去了可比性，因而是科学的。

(5) 计算方法要切实可行。目前我国喷灌工程的规模较小，面积大多在百亩到数千亩，很少达到万亩，属小型农田水利工程，投资多为民办公助。为便于在基层推广应用，技术经济计算的项目不宜过多，方法不宜过分复杂，应在满足经济分析的前提下，尽量做到简明、具体、实用。

(6) 选择方案要全面衡量。在评价和选择工程方案时，不但要考虑经济效果大小，还必须结合政治、社会、国家政策法令、生态环境、资源利用程度，以及当地人民生活条件等因素，进行综合评价，全面衡量，选择综合最佳方案。

三、计算方法

技术经济计算的基本方法有静态法和动态法两大类。

(一) 静态法

在分析计算时不考虑资金的时间价值的方法叫静态法。它是把各类工程的投资、年费用和效益，按实际发生的情况，简单地分别迭加起来，并按规定的经济指标进行比较，评定工程的经济效益。常用的方法有还本年限法、效益系数法和抵偿年限法。静态法的优点是指标概念清楚，计算简单，便于使用；主要缺点是没有考虑资金的时间价值，没有把投资效益当作一个过程，不能反映不同投资和效益对经济效益的影响，因而不能全面真实地反映经济规律。

(二) 动态法

考虑资金的时间价值的方法叫动态法。它是采用一定的折算率（利率）把不同年份的工程投资、年费用和效益折算到某一年（基准年）的现值或相等的年值进行比较，评定工程的经济效益。主要方法有现值法、年金法、效益费用比法（亦称益本比法）和内部回收率法等。动态法的最大优点是考虑了资金的时间价值，能较全面地反映投资和效益随时间而变化的过程，符合实际情况。

以往我国在水利经济计算中，主要采用静态法。近年来，多采用动态法。根据我国目前实际情况，水利电力部1985年颁发的《喷灌工程技术管理规程》（SD148-85）中规定：一般应采用动态法进行经济分析，主要采用还本年限，效益费用比和内部回收率等指标表示；对于比较简单的轻小型喷灌机组或者在初步估计工程效益时，也可采用静态分析法，喷灌效益以还本年限和投资效益系数表示。

第二节 资金时间价值的计算

一、资金的时间价值

资金一般指用货币表现的财产、物资、现款和债权债务等。

资金（货币）是有时间价值的，今天的现有值和将来某一定时间的总额是不一样的，今年的1元钱不同于明年的1元钱。资金投入生产，可通过劳动创造出新的价值；存入银行，可以获息而增值。例如现有100元，将其存入银行，如年利率为10%，则一年后就是110元；如放在家中，明年虽然仍是100元，但实际上只等价于现在的90.91元。这种资金随时间而产生的增值或损失值，就是资金的时间价值。

二、资金流量图

在一个利息周期系统中，反映资金收、支变化情况的叫资金流量。将资金流量按时间坐标绘出即为资金流量图，其一般形式如图9-1所示。横坐标表示周期数，以 n 表示，水利技术经济计算以一年为一个周期。

资金流量图都是从零开始，每一周期（年）的资金流量都集中绘于每一周期（年）之末，图中的周期号代表该周期之末，如 $n=1$ 时，即为第一年之末，也就是第二年之初。纵坐标表示收支的资金额，收入为正，箭头向上；支出为负，箭头向下。

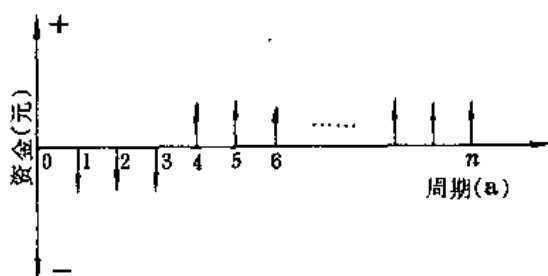


图 9-1 资金流量图

三、时间价值计算

(一) 符号意义

在时间价值计算中，采用下列代表符号：

- n ——计算周期的期数（ a ）；
- i ——年利率（%）；
- P ——资金的现值，或本金（元）；
- F ——期末本利和，或终值（元）；
- A ——各期均等年值（元）。

(二) 单利和复利

资金时间价值的计算方法有两种，即单利和复利。

1. 单利

各期的利息只按原来的本金来计算，不把利息加到本金中再生息，这种计息的方法叫单利法。总利息与利息的期数成正比。计算式为

$$F = P(1 + ni) \tag{9-1}$$

2. 复利

各期末的利息加到各期初的本金中，再作为下期初的新本金来计息，也就是各期利息本身也计息，这种以利滚利的计算方法叫复利法，其表达式为

$$F = P(1 + i)^n \tag{9-2}$$

现举一例说明单利和复利的差别，如借款1000元，年利率为10%，问10年后归还总金额多少？

按单利法用式 (9-1) 计算:

$$F = P(1 + ni) = 1000(1 + 10 \times 0.1) = 2000 \text{ (元)}$$

按复利法用式 (9-2) 计算:

$$F = P(1 + i)^n = 1000(1 + 0.1)^{10} = 2593.7 \text{ (元)}$$

从计算结果来看, 两者差别较大。复利法比较符合经济发展规律。如在经济建设中投入10万元资金, 可创造1万元的纯收入, 这1万元不可能放置起来不用, 还要投入到经济建设中去, 再创造一定的纯收入, 依此循环下去, 这就是扩大再生产的过程。因此, 在技术经济计算中, 一般都按复利法进行计算。

(三) 复利公式

在技术经济计算中, 常用的复利公式有两类共6个, 这些计算公式和用途列于表9-1。各公式中的复利因子可由表9-2查得。

表 9-1 复利计算公式表

公式名称	公式用途	计算公式	复利因子	公式号	示意图
一次 整付	复本利和 已知现值 P , 求算终值 F	$F = P(1 + i)^n$	$(1 + i)^n$	(9-2)	
	现值换算 已知终值 F , 求算现值 P	$P = F \left[\frac{1}{(1 + i)^n} \right]$	$\frac{1}{(1 + i)^n}$	(9-3)	
分期 等值	复本利和 已知年值 A , 求算终值 F	$F = A \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i}$	(9-4)	
	累积资金 已知终值 F , 求算年值 A	$A = F \left[\frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right]$	$\frac{i}{(1 + i)^n - 1}$	(9-5)	
资金 回收 支付	资金回收 已知现值 P , 求算年值 A	$A = P \left[\frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$	$\frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$	(9-6)	
	现值换算 已知年值 A , 求算现值 P	$P = A \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right]$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$	(9-7)	

【例9-1】某人计划每年存入100元, 年利率为6%, 10年后能得到多少钱?

解: 利用分期等值复本利和公式 (9-4) 进行计算, 由表 9-2 查得复本利和因子

$$\frac{(1 + i)^n - 1}{i} = 13.181$$

$$\text{故 } F = A \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right] = 100 \times 13.181 = 1318.1 \text{ (元)}$$

【例9-2】某工程投资10万元, 分析期为20年, 年利率为10%, 每年应回收 (摊还) 多少元?

解: 按公式 (9-6) 计算, 由表 9-2 查得资金回收因子

表 8-2 复利因子表

利率 i	期数 n	一次整付		分期等值支付				期数 n	利率 i
		复本利和 因子	现值因子	累积资金 因子	复本利和 因子	资金回收 因子	现值因子		
		已知 P 求 F $(1+i)^n$	已知 F 求 P $\frac{1}{(1+i)^n}$	已知 F 求 A $\frac{1}{(1+i)^n - 1}$	已知 A 求 F $(1+i)^n - 1$	已知 P 求 A $\frac{i}{(1+i)^n}$	已知 A 求 P $\frac{1}{i(1+i)^n}$		
5%	1	1.050	0.9524	1.00001	1.000	1.05001	0.952	1	5%
	2	1.102	0.9070	0.48781	2.050	0.53781	1.859	2	
	3	1.158	0.8638	0.31722	3.152	0.36722	2.723	3	
	4	1.216	0.8227	0.23202	4.310	0.28202	3.546	4	
	5	1.276	0.7835	0.18098	5.526	0.25098	4.329	5	
	6	1.340	0.7402	0.14702	6.802	0.19702	5.076	6	
	7	1.407	0.7107	0.12282	8.142	0.17282	5.786	7	
	8	1.477	0.6768	0.10472	9.549	0.15472	6.463	8	
	9	1.551	0.6446	0.09069	11.026	0.14069	7.108	9	
	10	1.629	0.6139	0.07951	12.578	0.12951	7.722	10	
	15	2.079	0.4810	0.04634	21.578	0.09634	10.380	15	
	20	2.653	0.3789	0.03024	33.065	0.08024	12.462	20	
	25	3.386	0.2958	0.02095	47.725	0.07095	14.094	25	
	30	4.322	0.2314	0.01505	66.436	0.06506	15.372	30	
	35	5.516	0.1813	0.01107	90.316	0.06107	16.374	35	
40	7.040	0.1421	0.00828	120.794	0.05828	17.159	40		
50	11.467	0.0872	0.00478	209.336	0.05478	18.256	50		
6%	1	1.060	0.9434	1.00001	1.000	1.06001	0.943	1	6%
	2	1.121	0.8900	0.48544	2.060	0.54544	1.833	2	
	3	1.191	0.8396	0.31411	3.184	0.37411	2.673	3	
	4	1.262	0.7921	0.22860	4.375	0.28860	3.465	4	
	5	1.338	0.7473	0.17740	5.637	0.23740	4.212	5	
	6	1.419	0.7050	0.14437	6.975	0.20337	4.917	6	
	7	1.504	0.6651	0.11914	8.394	0.17914	5.582	7	
	8	1.594	0.6274	0.10104	9.897	0.16104	6.210	8	
	9	1.689	0.5919	0.08702	11.491	0.14702	6.802	9	
	10	1.791	0.5584	0.07587	13.181	0.13587	7.360	10	
	15	2.397	0.4173	0.04296	23.275	0.10296	9.712	15	
	20	3.207	0.3118	0.02719	36.785	0.08719	11.470	20	
	25	4.292	0.2880	0.01823	54.863	0.07823	12.783	25	
	30	5.743	0.1741	0.01265	79.055	0.07265	13.785	30	
	35	7.686	0.1301	0.00897	111.430	0.06897	14.498	35	
40	10.285	0.0972	0.00646	154.755	0.06646	15.046	40		
50	18.419	0.0543	0.00344	290.321	0.06344	15.762	50		
7%	1	1.070	0.9346	1.00000	1.000	1.07000	0.935	1	7%
	2	1.145	0.8734	0.48310	2.070	0.55310	1.808	2	
	3	1.225	0.8163	0.31106	3.215	0.38105	2.624	3	
	4	1.311	0.7629	0.22523	4.440	0.29523	3.387	4	
	5	1.403	0.7130	0.17389	5.751	0.24389	4.100	5	
	6	1.501	0.6663	0.13980	7.153	0.20980	4.766	6	
	7	1.606	0.6228	0.11555	8.654	0.18555	5.389	7	
	8	1.718	0.5820	0.09747	10.260	0.16747	5.971	8	
	9	1.838	0.5439	0.08349	11.978	0.15349	6.515	9	
	10	1.967	0.5084	0.07338	13.816	0.14233	7.024	10	

续表

利率	期数 <i>n</i>	一次整付		分期等值支付				期数 <i>n</i>	利率
		复本利和 因子	现值因子	累积资金 因子	复本利和 因子	资金回收 因子	现值因子		
		已知 <i>P</i> 求 <i>F</i> $(1+i)^n$	已知 <i>F</i> 求 <i>P</i> $\frac{1}{(1+i)^n}$	已知 <i>F</i> 求 <i>A</i> $\frac{1}{(1+i)^n - 1}$	已知 <i>A</i> 求 <i>F</i> $(1+i)^n - 1$ <i>i</i>	已知 <i>P</i> 求 <i>A</i> $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	已知 <i>A</i> 求 <i>P</i> $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$		
7 %	15	2.759	0.3625	0.03980	25.129	0.10980	9.108	15	7 %
	20	3.870	0.2584	0.02439	40.995	0.09439	10.594	20	
	25	5.427	0.1843	0.01581	63.247	0.08581	11.654	25	
	30	7.612	0.1314	0.01059	94.458	0.08059	12.409	30	
	35	10.676	0.0937	0.00723	138.233	0.07723	12.948	35	
	40	14.974	0.0668	0.00501	199.628	0.07501	13.332	40	
	50	29.456	0.0339	0.00246	406.511	0.07246	13.801	50	
8 %	1	1.080	0.9259	1.00000	1.000	1.08000	0.926	1	8 %
	2	1.168	0.8573	0.48077	2.080	0.56077	1.783	2	
	3	1.260	0.7938	0.30804	3.246	0.38804	2.577	3	
	4	1.360	0.7350	0.22152	4.506	0.30192	3.312	4	
	5	1.469	0.6806	0.17046	5.867	0.25046	3.993	5	
	6	1.587	0.6302	0.13632	7.336	0.21632	4.623	6	
	7	1.714	0.5835	0.11207	8.923	0.19207	5.206	7	
	8	1.851	0.5403	0.09402	10.637	0.17402	5.747	8	
	9	1.999	0.5003	0.08008	12.487	0.16008	6.247	9	
	10	2.159	0.4632	0.06903	14.486	0.14903	6.710	10	
	15	2.172	0.3152	0.03683	27.152	0.11683	8.559	15	
	20	4.661	0.2146	0.02135	45.761	0.10185	9.818	20	
	25	6.818	0.1460	0.01308	73.105	0.09368	10.675	25	
	30	10.062	0.0994	0.00883	113.281	0.08883	11.258	30	
	35	14.785	0.0676	0.00580	172.313	0.08580	11.655	35	
	40	21.724	0.0460	0.00386	259.050	0.08386	11.925	40	
	50	46.900	0.0213	0.00174	573.753	0.08174	12.233	50	
9 %	1	1.0900	0.9174	1.00001	1.000	1.09001	0.9174	1	9 %
	2	1.1881	0.8417	0.47847	2.090	0.56847	1.7591	2	
	3	1.2950	0.7722	0.30506	3.278	0.35506	2.5316	3	
	4	1.4116	0.7084	0.21867	4.573	0.30867	3.2397	4	
	5	1.5386	0.6499	0.16709	5.985	0.25709	3.8896	5	
	6	1.6771	0.5963	0.13292	7.523	0.22292	4.4859	6	
	7	1.8280	0.5470	0.10869	9.200	0.19869	5.0829	7	
	8	1.9926	0.5019	0.09068	11.028	0.18068	5.5348	8	
	9	2.1719	0.4604	0.07680	13.021	0.16680	5.9952	9	
	10	2.3673	0.4224	0.06582	15.193	0.15582	6.4176	10	
	15	3.6424	0.2745	0.03406	29.360	0.12406	8.0607	15	
	20	5.6043	0.1784	0.01955	51.159	0.10955	9.1785	20	
	25	8.6229	0.1160	0.01181	84.699	0.10121	9.8226	25	
	30	13.2674	0.0754	0.00734	136.304	0.09734	10.2736	30	
	35	20.4134	0.0490	0.00484	215.705	0.09464	10.5668	35	
	40	31.4085	0.0318	0.00296	337.872	0.09296	10.7574	40	
	50	74.3548	0.0134	0.00123	815.053	0.09123	10.9617	50	

续表

利率 <i>i</i>	期数 <i>n</i>	一次整付		分期等值支付				期数 <i>n</i>	利率
		复本利和 因子	现值因子	累积资金 因子	复本利和 因子	资金回收 因子	现值因子		
		已知 <i>P</i> 求 <i>F</i> $(1+i)^n$	已知 <i>F</i> 求 <i>P</i> $\frac{1}{(1+i)^n}$	已知 <i>F</i> 求 <i>A</i> $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	已知 <i>A</i> 求 <i>F</i> $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	已知 <i>P</i> 求 <i>A</i> $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	已知 <i>A</i> 求 <i>P</i> $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$		
10%	1	1.1000	0.9091	1.00000	1.000	1.10001	0.9091	1	10%
	2	1.2100	0.8264	0.47619	2.100	0.57619	1.7355	2	
	3	1.3310	0.7513	0.30212	3.310	0.40212	2.4868	3	
	4	1.4641	0.6830	0.21547	4.641	0.31547	3.1698	4	
	5	1.6105	0.6209	0.16380	6.105	0.26380	3.7908	5	
	6	1.7716	0.5645	0.12961	7.716	0.22961	4.3552	6	
	7	1.9487	0.5132	0.10541	9.487	0.20541	4.8694	7	
	8	2.1436	0.4665	0.08744	11.436	0.18744	5.3349	8	
	9	2.3579	0.4241	0.07364	13.579	0.17364	5.7590	9	
	10	2.5937	0.3855	0.06275	15.937	0.16275	6.1445	10	
	15	4.1772	0.2394	0.03147	31.772	0.13147	7.6061	15	
	20	6.7274	0.1486	0.01746	57.274	0.11746	8.5136	20	
	25	10.8346	0.0923	0.01017	98.346	0.11017	9.0770	25	
	30	17.4491	0.0573	0.00608	164.491	0.10608	9.4259	30	
	35	28.1619	0.0356	0.00369	271.019	0.10369	9.6442	35	
40	46.2583	0.0221	0.00226	442.383	0.10226	9.7791	40		
50	117.388	0.0085	0.00086	1163.878	0.10086	9.9148	50		
12%	1	1.1200	0.8929	1.00000	1.000	1.12000	0.8929	1	12%
	2	1.2544	0.7972	0.47170	2.120	0.59170	1.6900	2	
	3	1.4049	0.7118	0.29635	3.374	0.41635	2.4048	3	
	4	1.5735	0.6355	0.20923	4.779	0.32923	3.0773	4	
	5	1.7623	0.5674	0.15741	6.353	0.27741	3.6048	5	
	6	1.9738	0.5066	0.12323	8.115	0.24323	4.1114	6	
	7	2.2107	0.4523	0.09912	10.089	0.21912	4.5638	7	
	8	2.4760	0.4039	0.08130	12.300	0.20130	4.9676	8	
	9	2.7731	0.3606	0.06768	14.776	0.18768	5.3283	9	
	10	3.1058	0.3220	0.05698	17.549	0.17698	5.6502	10	
	15	5.4736	0.1827	0.02682	37.280	0.14682	6.8109	15	
	20	9.8463	0.1037	0.01388	72.052	0.13388	7.4694	20	
	25	17.0000	0.0588	0.00750	133.334	0.12750	7.8431	25	
	30	29.9598	0.0334	0.00414	241.332	0.12414	8.0552	30	
	35	52.7994	0.0189	0.00232	431.662	0.12232	8.1755	35	
40	93.0506	0.0107	0.00130	767.088	0.12130	8.2438	40		
50	289.000	0.0035	0.00042	2400.006	0.12042	8.3045	50		
15%	1	1.1500	0.8696	1.00000	1.000	1.15000	0.8696	1	15%
	2	1.3225	0.7561	0.46512	2.150	0.61112	1.6257	2	
	3	1.5209	0.6575	0.28798	3.472	0.43798	2.2832	3	
	4	1.7490	0.5718	0.20027	4.993	0.35027	2.8550	4	
	5	2.0114	0.4972	0.14832	6.742	0.29832	3.3522	5	
	6	2.3131	0.4323	0.11424	8.754	0.26424	3.7845	6	
	7	2.6600	0.3759	0.08036	11.067	0.24036	4.1604	7	
	8	3.0590	0.3269	0.07285	13.727	0.22285	4.4873	8	
	9	3.5179	0.2843	0.05957	16.786	0.20957	4.7716	9	
	10	4.0455	0.2472	0.04925	20.304	0.19925	5.0188	10	

续表

利率	期数 n	一次整付		分期等值支付				期数 n	利率 i
		复本利和 因子	现值因子	累积资金 因子	复本利和 因子	资金回收 因子	现值因子		
		已知 P 求 F $(1+i)^n$	已知 F 求 P $\frac{1}{(1+i)^n}$	已知 F 求 A $\frac{i}{(1+i)^n - 1}$	已知 A 求 F $\frac{(1+i)^n - 1}{i}$	已知 P 求 A $\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$	已知 A 求 P $\frac{1}{i(1+i)^n}$		
15%	15	8.1370	0.1229	0.02102	47.580	0.17102	5.8474	15	15%
	20	18.3664	0.0611	0.00976	102.443	0.15976	6.2593	20	
	25	32.9187	0.0304	0.00470	212.791	0.15470	6.4642	25	
	30	66.2111	0.0151	0.00230	434.741	0.15230	6.5660	30	
	35	133.174	0.0075	0.00113	881.180	0.15113	6.6166	35	
	40	267.860	0.0037	0.00056	1779.067	0.15056	6.6418	40	
	50	1083.639	0.0009	0.00014	7217.598	0.15014	6.6805	50	
18%	1	1.1800	0.8475	1.0000	1.000	1.1800	0.8475	1	18%
	2	1.3924	0.7182	0.45872	2.180	0.63872	1.5856	2	
	3	1.6430	0.6086	0.27992	3.572	0.45992	2.1743	3	
	4	1.9388	0.5158	0.19174	5.215	0.37174	2.6901	4	
	5	2.2878	0.4371	0.13978	7.154	0.31978	3.1272	5	
	6	2.6995	0.3704	0.10591	9.442	0.28591	3.4971	6	
	7	3.1855	0.3139	0.08236	12.141	0.26236	3.8115	7	
	8	3.7588	0.2660	0.06524	15.327	0.24524	4.0776	8	
	9	4.4354	0.2255	0.05240	19.086	0.23239	4.3030	9	
	10	5.2338	0.1911	0.04251	23.521	0.22251	4.4941	10	
	15	11.9736	0.0835	0.01640	60.965	0.19640	5.0916	15	
	20	27.3927	0.0365	0.00682	146.826	0.18682	5.3527	20	
	25	62.6678	0.0160	0.00292	342.599	0.18292	5.4669	25	
	30	143.3683	0.0070	0.00126	790.835	0.18126	5.5168	30	
35	327.9910	0.0030	0.00056	1816.617	0.18055	5.5386	35		
40	750.362	0.0013	0.00024	4163.121	0.18024	5.5482	40		
50	3927.249	0.0003	0.00005	21812.500	0.18005	5.5541	50		
20%	1	1.2000	0.8333	1.0000	1.000	1.2000	0.8333	1	20%
	2	1.4400	0.6944	0.45455	2.200	0.65455	1.5278	2	
	3	1.7280	0.5787	0.27473	3.640	0.47473	2.1065	3	
	4	2.0736	0.4823	0.18629	5.368	0.38629	2.5887	4	
	5	2.4883	0.4019	0.13438	7.442	0.33438	2.9906	5	
	6	2.9860	0.3349	0.10071	9.930	0.30071	3.3255	6	
	7	3.5832	0.2791	0.07742	12.916	0.27742	3.6046	7	
	8	4.2998	0.2326	0.06061	16.499	0.26061	3.8372	8	
	9	5.1598	0.1938	0.04808	20.799	0.24868	4.0310	9	
	10	6.1817	0.1615	0.03852	25.959	0.23852	4.1925	10	
	15	15.4070	0.0649	0.01388	72.035	0.21388	4.6755	15	
	20	38.3375	0.0261	0.00536	186.687	0.20536	4.8696	20	
	25	95.3958	0.0105	0.00212	471.979	0.20212	4.9476	25	
	30	237.3752	0.0042	0.00086	1181.877	0.20086	4.9789	30	
	35	590.6648	0.0017	0.00034	2948.327	0.20034	4.9915	35	
	40	1489.762	0.0007	0.00014	7343.816	0.20014	4.9966	40	
	50	9100.353	0.0001	0.00002	45496.870	0.20002	4.9995	50	

续表

利率	期数 n	一次整付		分期等值支付				期数 n	利率
		复本利和 因子	现值因子	累积资金 因子	复本利和 因子	资金回收 因子	现值因子		
		已知 P 求 F $(1+i)^n$	已知 F 求 P $\frac{1}{(1+i)^n}$	已知 F 求 A $\frac{F}{(1+i)^n - 1}$	已知 A 求 F $(1+i)^n - 1$	已知 P 求 A $\frac{P}{(1+i)^n - 1}$	已知 A 求 P $\frac{A}{(1+i)^n - 1}$		
25%	1	1.2500	0.8000	1.00000	1.000	1.25000	0.8000	1	25%
	2	1.5625	0.6400	0.44445	2.250	0.69445	1.4400	2	
	3	1.9591	0.5120	0.26230	3.812	0.51230	1.9520	3	
	4	2.4414	0.4096	0.17344	5.768	0.42344	2.3616	4	
	5	3.0617	0.3277	0.12185	8.207	0.37185	2.6893	5	
	6	3.8147	0.2621	0.08882	11.259	0.33882	2.9514	6	
	7	4.7683	0.2097	0.06634	15.073	0.31634	3.1611	7	
	8	5.9604	0.1678	0.05040	19.842	0.30040	3.3289	8	
	9	7.4505	0.1342	0.03876	25.802	0.28876	3.4631	9	
	10	9.3132	0.1074	0.03007	33.253	0.28007	3.5705	10	
	15	28.4214	0.0352	0.00912	109.686	0.25912	3.8593	15	
	20	86.7348	0.0115	0.00292	342.939	0.25292	3.9539	20	
	25	264.6826	0.0038	0.00095	1054.771	0.25095	3.9849	25	
	30	807.7749	0.0012	0.00031	3227.103	0.25031	3.9951	30	
	35	2465.124	0.0004	0.00010	9856.504	0.25010	3.9984	35	
40	7522.934	0.0001	0.00003	30087.750	0.25003	3.9996	40		
45	22958.08	0.0000	0.00001	91828.370	0.25001	3.9998	45		
30%	1	1.3000	0.7692	1.00000	1.000	1.30000	0.7692	1	30%
	2	1.6900	0.5917	0.43478	2.300	0.73478	1.3609	2	
	3	2.1970	0.4552	0.25063	3.990	0.55063	1.8161	3	
	4	2.8561	0.3501	0.16163	6.187	0.46163	2.1662	4	
	5	3.7129	0.2693	0.11058	9.043	0.41058	2.4356	5	
	6	4.8268	0.2072	0.07839	12.766	0.37839	2.6427	6	
	7	6.2748	0.1594	0.05687	17.583	0.35687	2.8021	7	
	8	8.1573	0.1226	0.04192	23.858	0.34192	2.9247	8	
	9	10.6044	0.0943	0.03124	32.015	0.33124	3.0190	9	
	10	13.7858	0.0725	0.02346	42.619	0.32346	3.0915	10	
	15	51.1854	0.0195	0.00598	167.285	0.30598	3.2682	15	
	20	190.0474	0.0053	0.00159	630.158	0.30155	3.3158	20	
	25	705.6308	0.0014	0.00043	2348.771	0.30043	3.3286	25	
	30	2219.949	0.0004	0.00011	8729.836	0.30011	3.3321	30	
	35	9727.660	0.0001	0.00003	32422.230	0.30003	3.3330	35	

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.11746$$

$$\text{故 } A = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] = 100000 \times 0.11746 = 11746 \text{ (元)}$$

第三节 费用计算

一、投资计算

喷灌工程投资是指全部工程达到设计效益时所需要的一次或分期投入的全部建设资金,包括工程与设备投资、勘测设计费、附属工程费、不可预见费等,所有的人工费、材料费、运输费都应计入总投资内。为便于分析比较,应按各具体工程分类进行计算,一般情况下可分为以下几项。

(一) 蓄、引水工程投资

包括水库、蓄水池(含喷灌区内部蓄水设施)、引水枢纽、引水渠道、水井等。

(二) 泵站工程投资

包括水源泵站和加压泵站(或喷灌机组),指由进水池到出水池之间的吸水管、压水管、水泵、动力设备、泵房等的全部土建工程和设备购置安装等费用之总和。

(三) 输变电工程投资

指泵房配电盘(或机组)以前专为喷灌目的而架设的输、变电工程费用。

(四) 喷灌管道(含田间喷灌渠道)及设备投资

指干管进口以下各级管道和附件、管道上的装置,或喷灌区内的田间渠道、渠道建筑物、工作池、压力池、调压池,以及喷头和附件的全部费用。

如果喷灌与其他灌溉工程(包括已建工程)或其他部门共同使用一个水源工程,而需要向有关部门交纳水费时,则喷灌工程总投资中不计水源工程投资,但专门为喷灌增加的水源工程投资,仍应计入喷灌工程总投资内。

(五) 其他费用

(1) 勘测设计费。按喷灌工程和设备总投资的2%~5%计。

(2) 不可预见费。按喷灌工程和设备总投资的5%~7%计。

(3) 附属工程费。包括为喷灌工程所必须修建的附加工程投资,喷灌设备储存、保养和管理用房的建筑费,以及其他必须的投资。

如果喷灌工程由国家和集体、群众共同举办,应将总投资划分为国家负担和集体、群众负担两部分。集体、群众的投资,除直接投入的资金外,还应包括投劳、投物等。劳务投资按当地标准工资或该地区近期平均的劳动日价值与国家付给的民工生活补助费的差额计算。物资投资按当地合理的价格估计。

如工期较长,需分几年施工时,应分别列出各项目的投资。

二、年费用计算

年费用包括折旧费和年运行费两部分。

(一) 折旧费

折旧费也叫年固定费，是指喷灌工程在有效使用期内，每年应摊还的投资额，最后积累到相当于喷灌工程的总投资。

1. 折旧年限

折旧年限是影响折旧费用大小的主要因素，如果折旧年限长，则折旧率低；反之，折旧年限短，则折旧率高。折旧年限一般按喷灌工程和设备经济寿命以及其他因素综合确定。所谓经济寿命就是当喷灌工程和设备使用到其年总成本（工程和设备的年份摊成本与年维修操作费用之和）为最小的这一年的年限。各类设施的折旧年限可采用表9-3所列数值。

2. 计算方法

折旧费的计算应对喷灌工程各部分分别进行，其方法如下：

(1) 静态折旧法：

$$d = \frac{K}{n} \quad (9-3)$$

式中 d ——折旧费（元）；

K ——喷灌工程总投资（元）；

n ——折旧年限（a）。

(2) 动态折旧法：

$$d = \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] K \quad (9-4)$$

式中 i ——年利率（%）；

$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$ ——资金回收因子，此处称为动态折旧系数或折旧费率；

其他符号同前。

动态折旧系数中的年利率应不小于7%。

表 9-3 各类喷灌设施折旧年限及大修费率表

固 定 资 产 分 类	折 旧 年 限 (a)	每 年 平 均 大 修 理 费 率 (%)
一、坝、闸建筑物		
1. 中、小型坝闸	50	0.5~1.0
2. 中、小型涵闸	40	1.5
3. 木结构、尼龙等半永久坝、闸	10	2.0
4. 泥沙淤积多的坝、闸	30	1.0~1.5
5. 蓄水池、压力池	30	1.0~1.5
二、引水、灌排渠道		
1. 中、小型一般护砌渠道	40	1.5
2. 混凝土、沥青等护砌防渗渠道	30	2.0

续表

固定资产分类	折旧年限 (a)	每年平均大修理费率 (%)
3. 塑料等非永久性防渗渠道	25	3.0
1. 跌水、渡槽、倒虹吸、节制闸、分水闸和桥涵等 渠系建筑物	30	2.0
三、水井		
1. 深井	20	1.0
2. 浅井	15	1.0
四、房屋建筑		
1. 钢筋混凝土、砖石混合结构	40	1.0
2. 永久性砖木结构	30	1.5
3. 简易砖木结构	15	2.0
1. 临时性土木建筑	5	3.0
五、机电设备		
1. 小型电力排灌设备	20	2.0
2. 小型机械排灌设备	10	4.0
3. 中、小型闸阀、启闭设备	20	1.5
六、输配电设备		
1. 铁塔、水泥杆	40	0.5
2. 电缆、木杆线路	30	1.0
3. 变电设备	25	1.5
4. 配电设备	20	0.5
七、喷灌机		
1. 大、中型喷灌机	15	5.0
2. 小型喷灌机	10	5.0
八、地面移动管道		
1. 薄壁铝 (铝合金) 管	15	2.0
2. 镀锌薄壁钢管	10	2.0
3. 塑料管	5	0
4. 塑料软管	2	0
九、地埋管道		
1. 钢筋混凝土管、石棉水泥管	40	1.0
2. 钢管、铸铁管	30	1.0
3. 塑料管	20	1.0
十、喷头		
1. 金属喷头	5	0
2. 塑料喷头	2	0
十一、工具、仪表		
1. 生产工具、用具、勘测、实验、观测、研究等仪器 器设备	10	0.5
2. 其他常用用具	10	0

(二) 年运行费

年运行费是指喷灌工程运行管理中每年所需支付的各项经常性费用，一般应包括：

1. 燃料、动力费

燃料、动力费指喷灌工程在运行管理中动力机所消耗的油、电费以及泵房照明、抽真空、通风、自动控制等辅助设备所用的动力费，它与各年实际的运行情况有关。在规划设计阶段，可根据拟定的设计运行方案，参照类似工程的能耗指标和价格分析确定，并取多年平均值为计算依据。缺乏资料时，可以中等干旱年作为计算标准。在运行管理阶段，应根据实际运行管理资料分年核算。辅助设备用电费一般占主机用电费的 2% ~ 8%。

高扬程抽水灌区的电价按国家有关规定选用。

2. 维修费

维修费指喷灌工程设施的定期大修、岁修以及日常维修、养护等费用。维修费与喷灌工程的类型、使用频繁程度和管理方式等有关，一般可按工程设施投资的一定百分比进行估算。具体费率可参照类似工程分析确定，其中大修费率也可使用表9-3数值。

3. 管理费

管理费指管理人员和喷灌作业人员的工资、行政管理费以及日常观测和科学试验费等。管理费主要与喷灌工程的类型、规模、任务以及所需设置的管理机构大小等有关，可依据有关规定或参照类似工程的实际费用分析确定。

4. 其他经常性支出的费用

当喷灌工程是由其他部门或单位供水而需要交纳水费时，年运行费还应包括水费在内。

以土建工程投资为主的喷灌工程一般不计残值和清理费，以金属设备投资为主的喷灌工程应计残值，净残值按原值的3%计。

三、费用分摊

喷灌与其他部门或单位共同使用一个水源工程或其他设施时，共同使用的部分，其投资和年运行费应合理分摊。

(一) 按用水量分摊

共用的水源工程投资按用水量比例进行分摊。计算公式如下：

$$K_p = K \left(\frac{W_p}{W_p + W_g} \right) \quad (9-5)$$

式中 K_p ——喷灌分摊的投资（元）；

K ——共用工程或设备的投资（元）；

W_p ——喷灌多年平均用水量（ m^3/a ）；

W_g ——其他部门或单位多年平均用水量（ m^3/a ）。

(二) 按用电量分摊

共用的输配电工程投资按用电量比例进行分摊。计算公式如下：

$$K_p = K \left(\frac{E_p}{E_p + E_g} \right) \quad (9-6)$$

式中 E_p ——喷灌多年平均用电量（ $kW \cdot h/a$ ）；

E_g ——其他部门多年平均用电量（ $kW \cdot h/a$ ）；

其余符号同前。

如果喷灌工程规模较小，投资不易分摊，而向主要部门交纳水费或电费时，就不再分摊共用工程的投资。

第四节 效益计算

喷灌效益包括喷灌工程修建后所增加的产品产值,省工、省地、省水等所增加的收益,以及由修建喷灌工程所获得的其他收益。

一、增产效益计算

(一) 计算特点与要求

(1) 效益计算应反映水文现象的随机性。喷灌增产值应按包括丰水、平水、枯水年份在内的多年平均增产值计算。如资料允许,应尽可能采用长系列试验资料,逐年计算增产值并推求多年平均值。如资料短缺,可选包括丰、平、枯等几个设计代表年进行计算,然后绘效益与相应经验频率的关系曲线,求多年平均增产值。

(2) 效益计算应反映农业增产的综合性特点。农业增产是水利和农业技术等各种措施共同作用的结果,不应把增产值全部作为灌溉效益,需进行合理的分配。

(3) 效益计算应反映地区性特点。应根据各地区的气候、水土资源、作物组成结构、农业生产水平和人民生活水平等条件,因地制宜,合理计算喷灌增产值。

(4) 农产品价格应能反映产品价值的真实情况。在效益计算中,对粮、棉、油等农产品价格,在农产品调出地区,按国家现行超购价格计算;对农产品调入地区,增产的自给部分按国家调运到该地区的农产品成本计算,超过部分按国家现行超购价格计算。

(二) 计算方法

喷灌前后农业技术措施基本相同时,增产值等于喷灌与非喷灌相比所增加的产值,可按下式计算:

$$B = \sum_{i=1}^N A (a_i Y_{pi} - \beta_i Y_i) D_i \quad (9-7)$$

式中 B ——喷灌多年平均增产值(元/a);

A ——喷灌区面积(亩);

a_i ——喷灌的第*i*种作物的种植面积比例;

β_i ——非喷灌的第*i*种作物的种植面积比例;

Y_{pi} ——喷灌的第*i*种作物的多年平均单位面积产量(kg/亩);

Y_i ——非喷灌的第*i*种作物的多年平均单位面积产量(kg/亩);

D_i ——第*i*种作物产品单价(元/kg);

N ——作物种类数。

喷灌前后农业技术措施不同时,增产值为喷灌和由于改进农业技术措施的综合效益,应对按式(9-12)算得的增产效益进行合理分配,分配的方法有:

(1) 分摊系数法。认为增产效益是水利和农业技术措施共同作用的结果。喷灌只是增产手段之一,故应进行分摊。灌溉增产效益与总增产效益的比值,叫灌溉效益分摊系数,

以 ε 表示。将式(9-12)乘以分摊系数 ε ,即为喷灌增产值。 ε 值应根据调查和试验资料分析确定。无资料时,对实行补水灌溉和农业生产水平中等的半湿润、半干旱地区,分摊系数 ε 可取为0.2~0.6。由于变化范围较大,取值时,应参照类似喷灌区的资料分析确定。

(2) 扣除农业生产成本法。在农业总产值中减去全部农业生产成本费(包括种子、肥料、农药、耕作、劳力、生产杂支、生产管理以及其他全部农业技术措施的费用),余额作为喷灌效益。对于没有灌溉便没有农业的干旱地区,此法较为合理。根据陕西调查,关中地区(属半干旱、半湿润区)水浇地的农业生产费用约占农业总产值的30%~32%,可供参考。

(3) 扣除增加的农业生产费用法。将发展喷灌后,农业技术措施增加的生产费用(包括种子、肥料、植保、管理等),考虑合理的报酬率后,从式(9-12)中扣除,余下的部分作为喷灌的增产值。

二、其他效益计算

其他效益主要包括省水、省地、省工等所带来的效益。应结合地区具体情况,通过调查和分析对比进行估算。如难以定量或效益不明显时,也可暂不估算,或仅对效益比较显著部分进行估算。

(一) 省水效益

喷灌节省的水量用于农业生产时,可以扩大的喷灌面积的增产值计算效益;用于工业或城镇供水时,可以水费收入计算效益。

(二) 省地效益

喷灌比地面灌占地少,可将由于喷灌所增加的耕地面积的增产值,扣除农业生产费用,作为省地所带来的效益。如果喷灌后作物复种指数提高,由于喷灌增加的作物复种面积的增产值,亦应作为省地效益。

(三) 省工效益

按喷灌前后喷灌面积上节省的总工日数乘该地区或单位的平均工日值计算。

第五节 经济分析

一、分析方法

(一) 动态法

用动态法分析喷灌经济效益时,采用还本年限、效益费用比和内部回收率等指标进行计算。

1. 计算原则

(1) 采用动态法时,一般将喷灌工程基本建成,开始受益的第一年作为基准年。

(2) 从基准年(点)起到计算的终止年止的年数称为经济分析期。喷灌工程的分析期宜采用20年。参与比较的方案,分析期应相同,基准年应一致。各项工程和设备的折旧年

限短于分析期的,应考虑设备更新费用;长于分析期的,应减去其残值。为简化计算,可先将基准年的各项工程和设备投资,按折旧年限分别折算成年固定费用(折旧费),并将各项累积值作为喷灌工程的年总固定费,然后再将分析期的年总固定费折算到基准年,作为工程的总投资,与喷灌总效益进行比较,计算经济指标。

(3) 喷灌工程的各年投资应按年初一次投入,当年计息。各年的效益和运行费应按年末一次结算,当年不计息。施工期和分析期的年利率应一致,一般应大于7%,以不小于银行贷款利率或国民经济平均增长率为宜。

(4) 一般小型喷灌工程多为当年修建、当年完工和收效(施工期小于1年),经济计算中可不计算投资利息。面积较大的喷灌工程,需几年完成时(大于1年),则应按规定的利率将各年的投资折算到基准年。折算到基准年的喷灌工程投资,可以用下述简化公式计算:

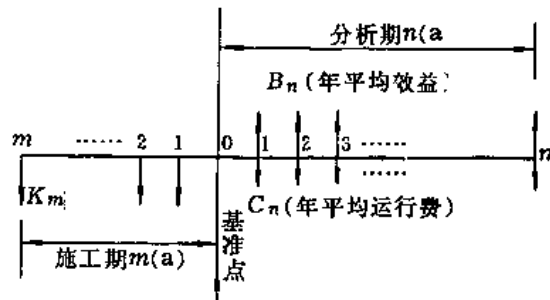


图 9-2 喷灌投资、效益流量示意图

$$K = \sum_{j=1}^m K_j \left(1 + \frac{mi}{2}\right) \quad (9-8)$$

式中 K ——折算到基准年的喷灌系统投资(元);

K_j ——喷灌工程各年投资(元);

m ——喷灌工程施工期年数(a);

i ——年利率(%)。

喷灌工程的投资和效益流量图见图 9-2。

2. 计算方法

(1) 还本年限 T 。按下式计算:

$$T = \frac{\lg(B-C) - \lg(B-C-iK)}{\lg(1+i)} \quad (9-9)$$

式中 K ——喷灌工程总投资(元);

B ——喷灌工程多年平均增产值(元/a);

C ——喷灌工程多年平均运行费(元/a);

i ——年利率。

(2) 效益费用比 R 。为折算到基准年的总效益与总投资之比,按下式计算:

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \cdot \frac{B-C}{K} \quad (9-10)$$

式中 n ——经济分析期年数(a),其余符号同前。

(3) 内部回收率 I 。为效益费用比 $R=1.0$ 时,喷灌工程可承担的利率,可按下式通过试算求得:

$$\frac{I(1+I)^n}{(1+I)^n - 1} = \frac{B-C}{K} \quad (9-11)$$

式中符号意义同前。

效益费用比 R 、内部回收率 I 和还本年限 T 的计算式都是根据折算到基准年的工程费用和效益总值求得的，形式比较简单，便于使用。这三个公式存在着内在的关系，例如，根据实际工程资料计算，当 $R=1.2$ 时， $I=10\%$ ， $T=13a$ 。因此，在确定这些指标时，应考虑他们的一致性，一般采用其中的一种指标即可，如果为了从不同角度评价喷灌工程经济效益，也可同时采用三种指标进行计算。

效益费用比 R 、内部回收率 I 和还本年限 T 之间的关系式如下：

$$R = f_1 \left[\frac{(1+i)^T}{(1+i)^T - 1} \right] \quad (9-12)$$

$$\frac{I(1+I)^n}{(1+I)^n - 1} = \frac{R}{f_2} \quad (9-13)$$

式中 $f_1 = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n}$ ；

$f_2 = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$ ，可从表 9-2 至表 9-7 中查得；

其余符号同前。

R 、 T 、 I 关系也可由图 9-3 查得。

(二) 静态法

采用静态法时，喷灌工程投资效益以还本年限和投资效益系数表示，按下列公式计算：

$$T = \frac{K}{B-C} \quad (9-14)$$

$$e = \frac{B-C}{K} \quad (9-15)$$

式中 T ——还本年限 (a)；

K ——喷灌工程总投资 (元)；

B ——分析期内喷灌工程多年平均增产值 (元/a)；

C ——分析期内喷灌工程多年平均运行费 (元/a)；

e ——投资效益系数。

二、经济指标标准

经济分析指标达到规定的标准要求时，才可修建喷灌工程。进行工程方案比较时，一般应选用经济指标高的设计方案。各项经济指标的要求如下：

(一) 效益费用比 R

效益费用比的极限值为 1，国外要求大于 2。根据我国实际情况，既考虑增产增收，能获得一定的投资效益的要求，又有利于推广省水型灌溉农业，以解决少水地区的灌溉问

题，喷灌效益费用比大于1.2时认为可行。

(二) 还本年限 T

对于还本年限，目前我国还没有统一的规定。应注意在生产实践中积累这方面的资料，以便逐步订出还本年限的指标标准。根据各地喷灌试点试验资料统计，目前喷灌工程的还本年限大致范围为：经济作物 2~5 年，粮食作物 7~10 年，可供参考。一般喷灌工程的还本年限不大于 13 年时，认为可行。

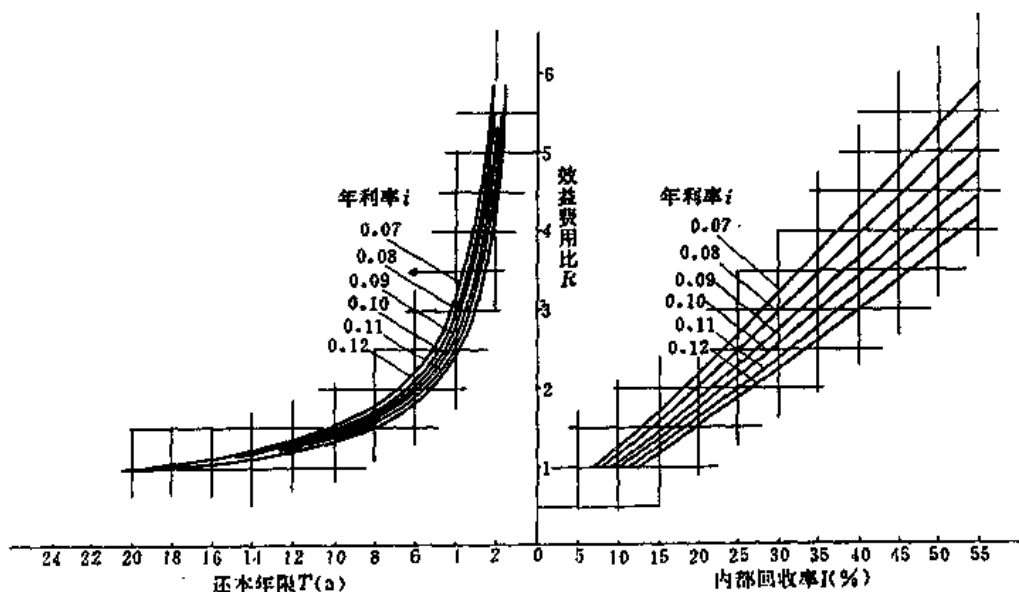


图 9-3 $R-T-I$ 关系图 (分析期为 20 年)

第六节 技术经济指标

为了从各方面反映喷灌工程建设的技术经济特征，全面衡量、评价喷灌工程的技术经济效果和设计、管理水平，除计算还本年限、效益费用比和内部回收率等指标外，作为选择设计方案和运行方案的辅助标准，还应计算单项技术经济指标，以便能反映：

- (1) 水、土资源利用水平；
- (2) 对人力、物力、财力的利用程度和消耗水平；
- (3) 工程投入和收益水平；
- (4) 工程设计水平、管理水平和技术特性。

一、投资指标

喷灌工程亩投资

$$K_m = \frac{K}{A} \quad (9-16)$$

式中 K_m ——喷灌工程亩投资 (元/亩) ;
 K ——喷灌工程总投资 (元) ;
 A ——喷灌面积 (亩) , 下同。

二、材料用量指标

1. 亩管道用量

$$L_m = \frac{L}{A} \quad (9-17)$$

2. 亩材料用量

按下式分别计算钢铁、塑料、水泥等主要材料的每亩用量:

$$W_m = \frac{W}{A} \quad (9-18)$$

式中 L_m ——亩管道长度 (m/亩) ;
 L ——喷灌工程管道总长度 (m) ;
 W_m ——亩材料用量 (kg/亩) ;
 W ——喷灌工程材料用量 (kg) 。

三、动力、能耗指标

1. 亩装机功率

$$N_m = \frac{N_z}{A} \quad (9-19)$$

2. 亩年用电 (油) 量

$$E_m = \frac{E}{A} \quad (9-20)$$

式中 N_m ——亩装机功率 (kW/亩) ;
 N_z ——喷灌工程装机功率 (kW) ;
 E_m ——亩年用电 (油) 量 [kW·h / (a·亩) 或 kg / (a·亩)] ;
 E ——喷灌工程年用电 (油) 量 (kW·h/a 或 kg/a) 。

四、用工指标

1. 工程建设亩用工

$$G_{jm} = \frac{G_j}{A} \quad (9-21)$$

2. 喷灌作业亩用工

$$G_{zm} = \frac{G_z}{A} \quad (9-22)$$

式中 G_{jm} ——喷灌工程建设每亩用工数 (工日/亩) ;
 G_j ——喷灌工程建设总用工数 (工日) ;
 G_{zm} ——喷灌作业亩年用工数 [工日/(a·亩)] ;
 G_z ——喷灌作业年用工总数 (工日/a) 。

五、用水指标

1. 省水百分率

$$R_s = \frac{M_d - M_p}{M_d} \times 100\% \quad (9-23)$$

2. 单位水量产值

$$B_s = \frac{B_p}{M_p} \quad (9-24)$$

3. 设计喷灌用水率

$$q = \frac{Q}{A} \quad (9-25)$$

式中 R_s ——喷灌省水百分率 (%) ;
 M_d ——地面灌年毛总用水量 (m^3/a) ;
 M_p ——喷灌年毛总用水量 (m^3/a) ;
 B_s ——单位水量产值 (元/ m^3) ;
 B_p ——喷灌产值 (元/a) , 下同 ;
 q ——设计喷灌用水率 ($m^3 \cdot h^{-1}/亩$) ;
 Q ——喷灌工程设计流量 (m^3/h) 。

六、费用指标

1. 亩运行费

$$C_{ym} = \frac{C_y}{A} \quad (9-26)$$

2. 亩年费用

$$C_{nm} = \frac{d + C_y}{A} \quad (9-27)$$

式中 C_{ym} ——喷灌工程亩年运行费 [元/(a·亩)] ;
 C_y ——喷灌工程年运行费 (元/a) ;
 C_{nm} ——喷灌工程亩年费用 [元/(a·亩)] ;
 d ——工程折旧费 (元/a) 。

七、增产指标

1. 亩增产量

$$\Delta Y = Y_p - Y_o \quad (9-28)$$

2. 增产百分率

$$R_z = \frac{\Delta Y}{Y_o} \quad (9-29)$$

3. 亩净增产值

$$\Delta B_j = \frac{B_p - A \cdot C}{A} \quad (9-30)$$

式中 ΔY ——喷灌亩增产量 (kg/亩)；

Y_p ——喷灌亩产量 (kg/亩)；

Y_o ——喷灌前亩产量 (kg/亩)；

R_z ——喷灌增产百分率 (%)；

ΔB_j ——喷灌亩净增产值 (元/亩)。

以上指标可根据各个工程的具体情况选用其中的几项或全部，以能说明问题为度。

第七节 计算实例

一、基本情况

某自压半固定式喷灌工程，喷灌面积为3500亩，设计流量为168 L/s，多年平均喷灌用水量为57.42万m³。从一水库工程引水作为喷灌水源，共用的水源工程投资为2200万元，多年平均总用水量为8440万m³。喷灌系统各项工程和设备投资见表9-4。计划分三年施工，第四年开始受益。喷灌区原为旱坡地，主要种植小麦和玉米，其种植比例分别为70%和60%，根据种植规划，喷灌后小麦和玉米的种植比例分别为90%和85%。

二、费用计算

(一) 投资计算

1. 喷灌水源工程分摊投资

按用水量比例分摊

$$\begin{aligned} \text{喷灌分摊投资} &= \frac{\text{喷灌用水量}}{\text{库渠工程总用水量}} \times \text{库渠工程总投资} \\ &= \frac{57.42}{8440} \times 2200 = 14.97 \text{ (万元)} \end{aligned}$$

2. 基准年投资折算

表 9-4 折旧费及大修费计算表

项 目	工程投资 原值(元)	施工期 (a)	折算到基准 年的投资 (元)	折旧年限 (a)	折旧系数	折旧费 (元)	年平均大修 费率(%)	年平均大修费 (元)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
水源工程分摊	149700.0	3	165418.5	50	0.07245	11986.22	0.5	827.09
压力池、镇墩等	20342.6	3	22478.6	40	0.07501	1686.12	1.5	337.18
自应力钢筋混凝土管	176156.0	3	185278.8	40	0.07501	13897.76	1.0	1852.79
薄壁钢管	35848.0	3	37640.4	15	0.10980	4132.92	2.0	752.81
钢管及配件	18450.0	3	20387.3	30	0.08059	1643.01	1.0	203.87
闸阀	21450.0	3	23702.3	20	0.09439	2237.23	1.5	355.53
管理用房	11000.0	3	12155.0	30	0.08059	979.57	1.0	121.55
金属喷头及配件	7130.0	3	7881.96	5	0.24389	1922.33		
生产及常用工具	5000.0	3	5525.0	10	0.14233	786.37		
合计	445379.6		492144.46			43255.71		4450.82

以第三年末作为基准年(点),施工期为3年,年利率取7%,根据式(9-13)折算到基准年的各项工程投资见表9-4中的第(4)项。

3. 折旧费计算

根据表9-3确定各项工程折旧年限,由表9-2查得折旧系数,由式(9-9)计算折旧费,分别见表9-4中的(5)、(6)、(7)项。

4. 工程总投资

取分析期为20年。由于各分项工程的折旧年限有的大于分析期,应考虑残值,有的小于分析期,需考虑设备更新问题。因此将各项工程折旧费之和〔即表9-4中的第(7)项合计〕,用式(9-7)折算到基准年的现值,作为工程的总投资K,折算中年利率采用7%,故得

$$K = 43255.71 \times \frac{(1+0.07)^{20} - 1}{0.07(1+0.07)^{20}}$$

$$= 43255.71 \times 10.594 = 458250.89 \text{元}$$

(二) 年运行费

1. 大修费

根据表9-3确定年平均大修费率,算得大修费见表9-4中的第(9)项。

2. 岁修费

根据类似工程的经验,按占总投资的0.8%计,故岁修费 = $492144.46 \times 0.008 = 3937.16$

元

3. 管理费

参照其他工程管理经验,每亩以3.5元计,算得管理费 = $3500 \times 3.5 = 12250$ 元

自压喷灌无动力费,故

$$\text{年运行费} C = 4450.82 + 3937.16 + 12250 = 20637.98 \text{ (元)}$$

二、效益计算

本工程效益主要为增产效益。根据30年资料分析，灌区旱地多年平均亩产为：小麦159.64 kg，玉米118.25 kg。由试验和调查分析，喷灌多年平均亩产为：小麦229.35 kg，玉米283.75 kg。按超购价格计算，小麦单价为0.594元/kg，玉米单价为0.23元/kg。灌溉分摊系数采用0.5。由公式(9-12)求得灌区增产值为

$$\begin{aligned} B &= \sum_{i=1}^N A (a_i Y_{pi} - \beta_i Y_i) D_i \varepsilon \\ &= 3500 [(0.9 \times 229.35 - 0.7 \times 159.64) \times 0.594 \\ &\quad + (0.85 \times 283.75 - 0.6 \times 118.25) \times 0.23] \times 0.5 \\ &= 150360 (\text{元}) \end{aligned}$$

三、经济分析

(一) 效益费用比 R

$$\begin{aligned} R &= \frac{B-C}{K} \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \\ &= \frac{150360 - 20637.98}{458250.89} \cdot \frac{(1+0.07)^{20} - 1}{0.07(1+0.07)^{20}} = 3 \end{aligned}$$

(二) 还本年限 T

$$\begin{aligned} T &= \frac{\lg(B-C) - \lg(B-C-iK)}{\lg(1+i)} \\ &= \frac{\lg(150360 - 20637.98) - \lg(150360 - 20637.98 - 0.07 \times 458250.89)}{\lg(1+0.07)} \\ &= 4.2(\text{a}) \end{aligned}$$

(三) 内部回收率 I

$$\begin{aligned} \frac{I(1+I)^n}{(1+I)^n - 1} &= \frac{B-C}{K} \\ \frac{I(1+I)^{20}}{(1+I)^{20} - 1} &= \frac{150360 - 20637.98}{458250.89} = 0.2831 \end{aligned}$$

由试算求得 $I = 28\%$

四、技术经济指标

(一) 喷灌投资

1. 亩总投资 K_m

$$K_m = \frac{492144.46}{3500} = 140.61 (\text{元/亩})$$

2. 水源工程亩投资 K_s

$$K_s = \frac{165418.5}{3500} = 47.26 \text{ (元/亩)}$$

3. 管系及设备亩投资 K_g

$$K_g = \frac{326725.96}{3500} = 93.35 \text{ (元/亩)}$$

(二) 亩管道用量 L_m

$$L_m = \frac{16957}{3500} = 4.85 \text{ (m/亩)}$$

(三) 喷灌作业亩年用工 G_{zm}

$$G_{zm} = \frac{1565}{3500} = 0.45 \text{ [工日/(a·亩)]}$$

(四) 用水指标

1. 设计喷灌用水率 q

$$q = \frac{168}{3500} = 0.048 \text{ (L·s}^{-1}\text{/亩)}$$

2. 单位水量产值 B_s

$$B_s = \frac{150360}{574200} = 0.26 \text{ (元/m}^3\text{)}$$

(五) 年费用

1. 亩运行费 C_{ym}

$$C_{ym} = \frac{20637.98}{3500} = 5.89 \text{ [元/(a·亩)]}$$

2. 亩年费用 C_{nm}

$$C_{nm} = \frac{43255.71 + 20637.98}{3500} = 18.25 \text{ [元/(a·亩)]}$$

(六) 增产指标

1. 增产量 ΔY

$$\text{小麦 } \Delta Y = 229.35 - 159.64 = 69.71 \text{ (kg/亩)}$$

$$\text{玉米 } \Delta Y = 283.75 - 118.25 = 165.5 \text{ (kg/亩)}$$

2. 亩增产值 ΔB_j

$$\Delta B_j = \frac{150360 - 43255.71 - 20637.98}{3500} = 24.7 \text{ (元/亩)}$$

管道式喷灌系统设计

第一节 设计内容与步骤

管道式喷灌系统为定位喷洒。无论是固定管道式、半固定管道式还是移动管道式都有一定的喷洒位置。因此其设计内容与步骤大体相同，一般按下列顺序进行：

- (1) 根据基本资料和工程规划确定田间管网、输配水管道、加压泵站和水源工程的设计范围。
- (2) 确定田间管网和输配水管道的布置方案。
- (3) 确定喷头组合形式和运行方式。
- (4) 确定喷头沿支管的间距和支管间距，选择喷头，给出喷头的工作参数。
- (5) 绘制喷灌系统平面布置图，确定喷灌工作制度。
- (6) 进行管道水力计算，选择各级管道的材质，确定各级管道的管径，计算管道系统各控制点的测管水头。
- (7) 进行管道纵剖面设计和管道系统结构设计，确定各种管件及附件的规格、型号及数量。
- (8) 选配水泵和动力装置。
- (9) 进行泵站和水源工程设计。
- (10) 编制预算，提出施工要求和运行管理技术要求等。

第二节 管道布置

管道式喷灌系统的各级管道布置，取决于灌区的地形起伏、地块形状、耕作与种植方向、水源位置、风向风速等情况，需要进行多方案比较，从中择优。

一、布置原则

管道系统的布置一般应遵循以下原则：

- (1) 喷洒支管应尽量与耕作方向平行。
- (2) 喷洒支管应尽量与作物种植的垄向保持一致。
- (3) 喷洒支管最好平行等高线布置，如果条件限制，至少也应尽量避免逆坡布置。
- (4) 在风向比较恒定的灌区，喷洒支管应尽量避免平行风向布置。

- (5) 给支管配水的干管或分干管, 其布置的位置应尽量使多数的喷洒支管长度相同。
- (6) 干管与分干管、分干管(或干管)与喷洒支管连接处, 应避免锐角相交。
- (7) 输水与配水干管的布置应便于支管轮灌。
- (8) 水源位置可选择时, 应优先考虑水源在灌区中央的方案。

二、影响管道布置的主要因素

由于影响管道布置的因素多, 在有些场合, 上述各条原则之间会出现矛盾。此外, 地形、地块和耕作种植方向等条件也并非不能改变。为此, 应根据灌区的具体条件, 分析影响管道布置的主要因素, 作出技术上和经济上最有利的布置。影响管道布置主要有下列5个因素:

1. 地形条件

在地形不很平坦具有起伏的灌区, 支管平行等高线成水平状铺设, 有利于支管和竖管喷头的施工安装。当地形起伏不平, 支管无法沿等高线布置时, 应将配水干管或分干管布置在高处, 使支管由高处向低处铺设, 以地形高差弥补支管水头损失。如果配水管不能布置在高处只能使用上坡的支管, 则应使上坡的支管较短。对于地面坡度较陡或梯田的地形, 若采用半固定或移动系统, 一般只有将移动支管布置成平行等高线才现实可行。

2. 地块形状

地块形状不规则会给管道布置带来困难。当地块较大时, 可用分区布置的方法解决。分区时应使小地块基本规整, 支管在小地块内的走向一致。对于输水干管的布置, 固定、半固定式系统需做各种布置方案的比较; 移动式系统因配水干管或分干管都设置在地面, 为使移动方便和避免损伤作物, 干管应尽量在分区边界。如果地块尚有坡度, 则应将配水管道布置于高处。

3. 耕作与种植方向

有的灌区处于漫坡地带, 耕作、种植方向是顺坡, 支管如平行等高线布置, 与耕作、种植方向就不能保持一致, 这时一般应按耕种方向布置喷洒支管, 配水干管沿等高线布置并使其处于支管上方, 使支管顺坡下铺。

有时在同一地块内存在不同的耕作种植方向, 造成管道布置困难, 这时宜根据管道布置的要求, 对耕作方向作必要的调整和统一。

4. 风向和风速

喷灌季节如果灌区内风速很小, 则支管的布置可不考虑风向; 如果风速达到或超过 2 m/s , 且存在主风向时, 支管最好垂直主风向布置。但在有些场合, 例如河谷地, 其主风向往往与等高线平行, 这时就要根据喷灌系统的类型采用不同方法处理。对于固定式系统, 配水干管或分干管宜沿等高线并走高处。支管下坡铺设并与主风向垂直; 对于半固定或移动式系统, 喷洒支管是移动的, 一般仍沿等高线布置。

5. 水源位置

当水源或地块位置可以选择时, 将水源置于设计地块中央, 有利于使管道系统投资降低。当水源虽有选择余地但不能选在地块中央时, 应先布置田间管网, 然后再布置配水干

管或分干管，最后视地形、地质等情况，对输水管进行布置，此时需进行方案比较。

三、田间管道布置示例

田间管网的布置主要有两种类型，示例如下：

1. 丰字形布置 (图10-1和图10-2)

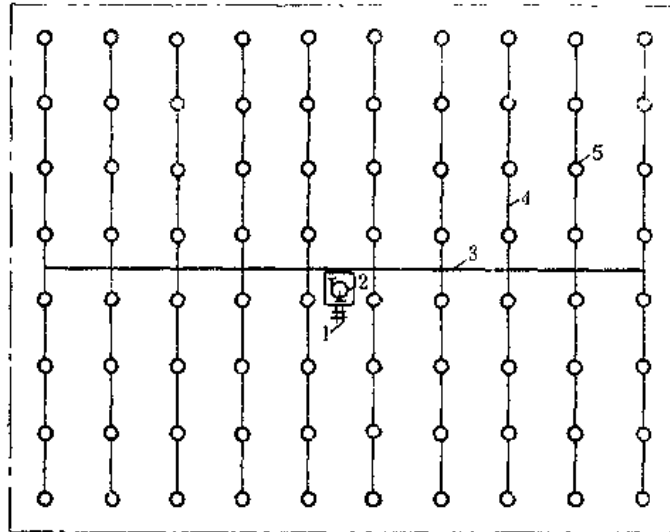


图 10-1 丰字形布置 (一)

1—水井；2—泵站；3—配水干管；4—支管；5—喷头

2. 梳子形布置 (图10-3)

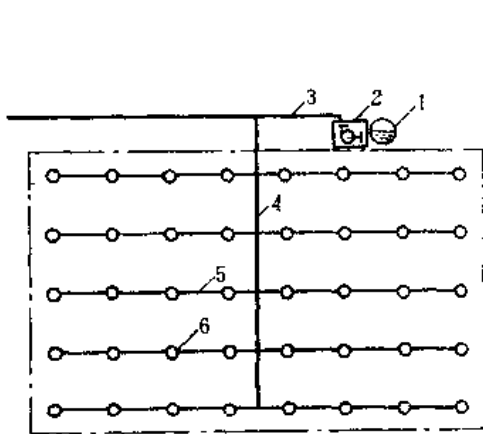


图 10-2 丰字形布置 (二)

1—蓄水池；2—泵站；3—输水干管；
4—配水干管；5—支管；6—喷头

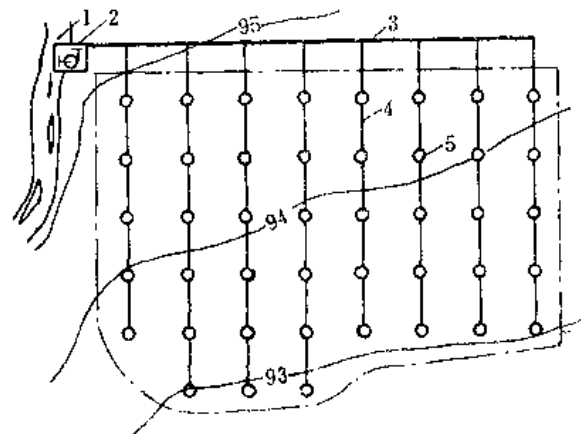


图 10-3 梳子形布置

1—河渠；2—泵站；3—配水干管；
4—支管；5—喷头

第三节 喷头选择与组合间距

一、基本要求

喷头选择包括喷头型号、喷嘴直径和工作压力的选择。在选定喷头之后，喷头的流量、射程等性能参数也就随之确定。在一定的自然条件下，如果组合间距和运行方式也确

定下来, 则喷灌强度、组合均匀度和雾化指标也都可得到。因此, 选择喷头和确定间距的依据是满足喷灌质量的要求, 并做到经济合理。

按照国家标准《喷灌工程技术规范》的规定, 可将选择喷头和确定组合间距的具体要求归纳为下列4点:

- (1) 喷灌强度不超过土壤的允许喷灌强度值。
- (2) 喷灌的组合均匀系数不低于规范规定的数值。
- (3) 雾化指标 $\left(\frac{h_z}{d}\right)$ 值不低于作物要求的数值。
- (4) 有利于减少喷灌工程的年费用。

二、喷头的喷洒方式和组合形状

喷头的喷洒方式视喷头的类型和附属设备的不同可有多种, 如全圆喷洒、扇形喷洒、矩形喷洒、带状喷洒等。在管道式喷灌系统中, 主要使用全圆喷洒, 而在田边路旁或房屋附近则使用扇形喷洒。

喷头的组合形式也称布置形式, 一般用相邻4个喷头平面位置组成的图形表示。喷头的基本布置形式有两种, 矩形组合和平行四边形组合。矩形组合用喷头沿支管布置的间距 a 、相邻两支管的布置间距 b 表示, 如图10-4。平行四边形组合除用喷头间距 a 及支管间距 b 外, 尚需增加两相邻支管上喷头偏移的距离 e , 如图10-5。

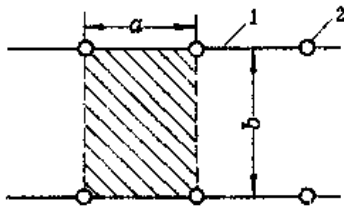


图 10-4 矩形组合
1—支管; 2—喷头

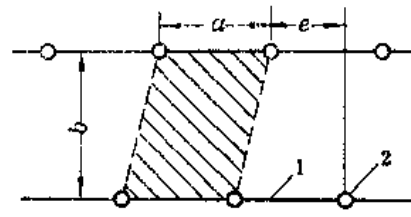


图 10-5 平行四边形组合
1—支管; 2—喷头

一般情况下, 无论是矩形组合还是平行四边形组合, 应尽可能使支管间距 b 大于喷头间距 a , 以利于节省支管(对固定式喷灌系统), 或避免频繁移动支管(对半固定式、移动式喷灌系统)。在有稳定风向时, 宜采用 $b > a$ 的组合并应使支管垂直风向, 一般也应使支管与风向的夹角大于 45° 。当风向多变时, 应采用等间距, 即 $a = b$ 的组合。此时,

对矩形布置来说就变成了正方形布置, 如图10-6。如果平行四边形布置的 $e = \frac{a}{2}$, 则可将平行四边形分为两个面积完全相等的等腰三角形。所以亦称等腰三角形组合, 如图10-7。

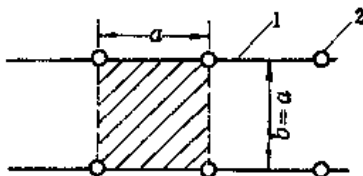


图 10-6 正方形组合
1—支管; 2—喷头

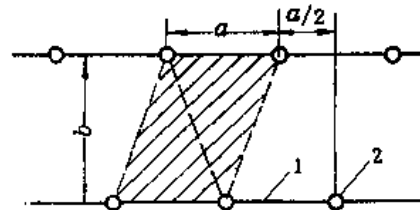


图 10-7 等腰三角形组合
1—支管; 2—喷头

当平行四边形的偏距 $e = \frac{a}{2}$ ，且其短对角线与喷头间距 a 相等时，平行四边形分为两个全等的正三角形，亦称正三角形组合。正三角形组合时 $a > b$ ，对节省支管或减少支管移动次数是不利的，其抗风能力也低于等间距布置。对稳定的风向，即使是支管平行风向布置，也较其他 $a > b$ 的组合要差，所以一般情况下不宜采用正三角形的组合形式，只有在风速甚小且无均匀度要求的情况下使用。

三、设计喷灌强度

由于喷灌系统的运行方式以及风向风速等条件不同，即使是型号及工作参数相同的喷头，在相同的组合形式下，其喷灌强度也不一样。要满足喷灌质量的要求，必须使系统在整个灌溉期内的喷灌强度不超过允许喷灌强度。设计喷灌强度是设计情况下可能出现的最大喷灌强度，它是喷洒水利用系数近似为 1、设计规定的运行情况、确定的喷头工作参数和组合形式、设计风速下的喷灌强度。

当喷洒水利用系数近似为 1 时，设计喷灌强度可用下式求取：

$$\rho = \frac{1000Q}{A} \quad (10-1)$$

式中 ρ ——设计喷灌强度 (mm/h)；

Q ——各同时喷洒喷头的流量和 (m^3/h)；

A ——各喷头同时喷洒时地平面上的湿润面积 (m^2)。

当喷头工作参数和运行情况改变时，流量 Q 要改变；当风速、喷头参数和组合形式、运行情况改变时，湿润面积 A 要改变，因此只有在上述各参数一定时，喷灌强度才是一个确定值，并可据 (10-1) 式求出。单个喷头独立喷洒是最简单的运行情况，如果风速小于 $0.1m/s$ ，喷头参数也已确定，则其设计喷灌强度为

$$\rho_s = \frac{1000q}{\pi R^2} \quad (10-2)$$

式中 ρ_s ——无风情况下单喷头全圆喷洒的设计喷灌强度 (mm/h)；

q ——喷头流量 (m^3/h)；

R ——喷头射程 (m)。

当风速不超过 $1 m/s$ 时，湿润面积较无风时并无显著缩小，所以在设计风速小于或等于 $1 m/s$ 的情况下，仍用上式计算。

当风速超过 $1 m/s$ ，湿润面积就要减少；如果有相邻的喷头同时喷洒，由于各喷头湿润的面积有重叠，各喷头同时喷洒的湿润面积小于各喷头独自喷洒时湿润面积之和，这时设计喷灌强度显然比单喷头无风条件下全圆喷洒的喷灌强度大，即 $\rho > \rho_s$ 。这时，设计喷灌强度可以通过修正 ρ_s 的方法用下式计算：

$$\rho = Kw C_p \rho_s \quad (10-3)$$

式中 ρ ——设计喷灌强度 (mm/h)；

C_p ——布置系数，查表10-1；

K_w ——风系数，查表10-2；

ρ_s ——定义见(10-2)式，可由喷头性能表查出。

对于单支管多喷头同时全圆喷洒的 C_p 值，除用表10-1中的公式计算外，也可用图10-8中的 C_p-a/R 曲线求取。

表 10-1 不同运行情况下的 C_p 值

运行情况	C_p
单喷头全圆喷洒	1
单喷头扇形喷洒 (扇形中心角为 α°)	$\frac{360}{\alpha}$
单支管多喷头同时全圆喷洒	$\pi - \frac{\pi}{90} \arccos \frac{a}{2R} + \frac{a}{R} \sqrt{1 - (\frac{a}{2R})^2}$
多支管多喷头同时全圆喷洒	$\frac{\pi R^2}{ab}$

注 表内各式中 R 为喷头射程， a 为喷头在支管上的间距， b 为支管间距。

表 10-2 不同运动情况下的风系数 K_w 值

运行情况		K_w
单喷头全圆喷洒		$1.15v^{0.314}$
单支管多喷头	支管垂直风向	$1.08v^{0.194}$
同时全圆喷洒	支管平行风向	$1.12v^{0.302}$
多支管多喷头同时喷洒		1

注 1. 式中 v 为风速，以 m/s 计；

2. 单支管多喷头同时全圆喷洒，若支管与风向既不垂直又不平行时，可近似地用线性插值方法求取 K_w ；

3. 本表公式适用于风速 v 为 $1 \sim 5.5m/s$ 的区间。

四、组合间距的确定

喷头的组合间距与喷头射程有关，也受喷灌强度的制约，且有一定的均匀度要求，因此，组合间距的确定，应在保证喷灌质量的前提下，与喷头的选择结合进行。

确定喷头组合间距常用的方法有3种，第一种是先选喷头定参数，再定间距，然后验算是否满足喷灌质量要求；第二种是先确定控制喷灌质量的参数，再据以选择喷头及其参数，然后确定间距；第三种是先确定组合间距，再按喷灌质量要求找出控制条件，然后据以选择喷头及其参数。

第一种方法的优点是对喷头的品种规格有多少要求不高，缺点是不能避免试算；第二种方法是由第一种方法改进而来，可避免试算，在优化设计中使用也较方便；第三种方法的优点是对管道的规格有多少要求不高，也可避免试算，缺点是要求有足够多的喷头品种规格供选择。因此，在喷头、支管、干管规格较少或不齐全时，以采用第二种方法较好；在有足够多的品种规格可供选择时，用第三种方法最方便。当然，对有经验的设计人员来说，无论采用哪一种方法，均可得到满意的结果。下面依次介绍这3种方法。

(一) 先选喷头的方法

1. 选择喷头及其参数

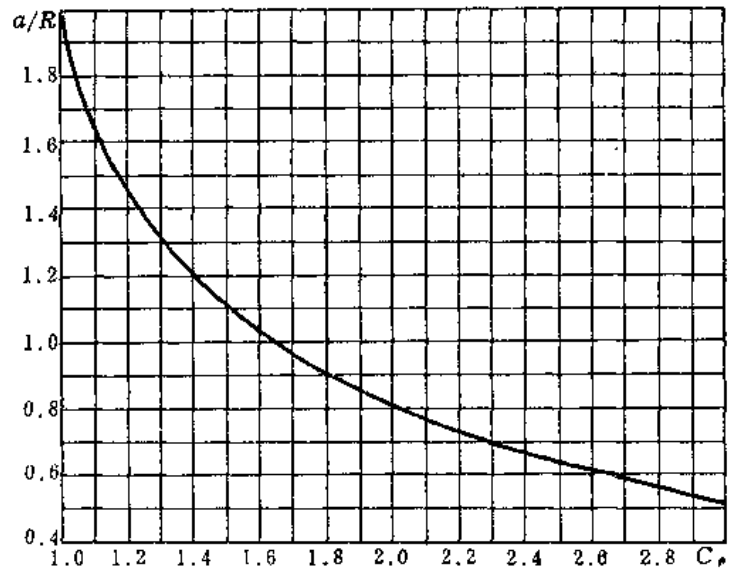


图 10-8 单支管多喷头同时全圆喷洒的 C_p-a/R 曲线

喷头参数包括工作参数和性能参数，工作参数指喷头的工作压力和口径，性能参数指喷头流量和射程。喷头的工作参数确定后，性能参数也就随之确定。第二章中列有各种喷头的性能表，可根据需要进行选择。

选择喷头参数时要满足作物对雾化程度的要求，即喷头工作压力与喷嘴直径的比值 (h_p/d) 应该满足第一章表1-19中所列出的雾化指标值。因喷头性能表中喷头工作压力用 p 表示，单位为 kPa，而口径为 d ，单位是 mm，故 $h_p/d = 100p/d$ 。

由于在喷头性能表中能满足雾化程度要求的参数有很多组，而这很多组参数在计算出组合间距后却不一定都能满足均匀度和喷灌强度的要求，因此下面介绍几点经验，供参考。

(1) 土壤质地对允许喷灌强度的数值有很大影响，粘性土壤的允许喷灌强度比砂性土壤要小得多，所以当灌区土壤粘重时，应注意选择 ρ_s 值较小的一组喷头参数， ρ_s 可用式 (10-2) 计算。

(2) 风对喷灌质量的影响很大，风速高时喷洒的湿润面积急剧减小，使喷灌强度增大，所以当灌溉季节风速较高时，选择的喷头参数应使 ρ_s 较小。

(3) 喷灌系统的运行方式也影响喷灌强度，在相邻支管上多喷头同时喷洒的情况下，要求 ρ_s 要小；在只有一条支管上的喷头同时喷洒的情况下， ρ_s 应较小；没有相邻喷头同时喷洒的单喷头运行情况， ρ_s 可较大。

(4) 地形坡度对允许喷灌强度也有影响，所以在地形坡度较大时，应选 ρ_s 小的喷头性能参数。

2. 确定间距射程比，计算组合间距

组合间距应当达到规定的喷洒均匀度要求，并在此条件下尽量做到经济合理。我国国标《喷灌工程技术规范》规定，“在设计风速下，喷灌均匀度不应低于75%。”为满足这一要求，最理想的办法是使用选定的喷头，在各种低于和等于设计风速的条件下，做各种组合间距的实验，从中挑选最合理的间距，但这在实际上是难以做到的。现实的办法是根据对各种喷头的大量测试，计算出不同风速下各种布置形式的间距射程比，制成图表或经验公式，用以求取在满足某种均匀度要求下的组合间距。国内近年来广泛使用的 PY₁ 系列喷头，在满足均匀系数 $C_u = 75\%$ 条件下的最大组合间距射程比已在表10-3和表10-4中列出，经过多年使用表明是符合实际的，对其他类似喷头也可参考使用。对于等间距布置，即喷头在支管上的间距等于或近似等于支管间距的情况，习惯按表10-3中的垂直风向间距射程比计算，但对 PY₁ 型系列喷头中 PY₁₅₀ 以下的品种，使用表10-4也可以达到 $C_u \geq 75\%$ 的要求。对于在 PY₁ 系列基础上改进和扩大而形成的 PY₂ 系列喷头，其仰角为 $27^\circ \sim 30^\circ$ 的品种，性能参数与 PY₁ 系列相近或略有提高，所以同样可使用表10-3和表10-4选取间距射程比；PY₂ 系列其他仰角较小的品种，受风的影响小，采用上述两表的数值时，均匀系数是增大的，满足 $C_u \geq 75\%$ 将更有保证。

根据设计风速，可以从表10-3中找到满足均匀度要求的两项最大值，即垂直风向的最大间距射程比和平行风向的最大间距射程比。

如果支管垂直风向布置，沿支管的喷头间距 a 与风向垂直，选用的间距射程比 K_a 应不大于表10-3垂直风向一列中查得的数值，而支管间距选用的 K_a 应不大于平行风向一列中查

表 10-3 PY₁型喷头不等间距布置时的最大间距射程比

设计风速 (m/s)	最大间距射程比	
	垂直风向	平行风向
0.3~1.6	1	1.3
1.6~3.1	1~0.8	1.3~1.1
3.1~5.1	0.8~0.6	1.1~1

表 10-4 PY₁型喷头等间距布置时的最大间距射程比

设计风速 (m/s)	最大间距射程比
0.3~1.6	1.1~1
1.6~3.1	1~0.9
3.1~5.1	0.9~0.7

得的数值。如果支管平行风向布置则相反，选用的 K_a 应不大于表10-3平行风向一列中查得的数值，而 K_b 应不大于垂直风向一列中查得之数值。如果支管不平行也不垂直风向，则应视支管与风向的夹角 β ($0 < \beta < 90^\circ$) 对 K_a 、 K_b 进行调整。由于在灌溉季节，绝对一定的风向实际上并不存在，通常认为风向的摆幅在 $\pm 22.5^\circ$ 以内，就是有一定风向，而表10-4是在 $\pm 15^\circ$ 的条件下测试得出，因此当 β 在 0° 或 90° 附近时可不调整；当 β 在 30° 左右，按平行风向查得之值减0.1作为 K_a 的最大值，按垂直风向查得之值加0.1作为 K_b 的最大值；当 β 在 60° 左右，按垂直风向查得之值加0.1作为 K_a 的最大值，按平行风向查得之值减0.1作为 K_b 的最大值；当 β 在 45° 左右，可按等间距布置处理。

对等间距布置的情况，可据设计风速查表10-4或查表10-3中垂直风向一列（如选用PY系列可查表10-4，其他喷头查表10-3）。由于 $K_a = K_b$ ，所以只要 K_a 不大于表中查得之数值即可。

间距射程比 K_a 、 K_b 选定后，按下两式计算组合间距：

$$a = K_a R \quad (10-4)$$

$$b = K_b R \quad (10-5)$$

计算得到 a 、 b 后，还应调整到可适应管道的规格长度。对移动式支管来说，规格的管道节长多为4、5、6m，有带竖管座和不带座的两种，所以喷头间距 a 应向最近的节长整数倍或节长整数倍的组合调整。例如求出的 a 值为15.7m，则可使用两节5m管和一节6m带座管， a 值调整为16m。有些品种不带竖管座，但有专用的带座短接管，这时 a 值应调整为节长整数倍加短接管长。对固定式支管上喷头间距以及对支管间距 b ，都应该根据所用管道的规格作出类似的调整。

a 、 b 调整后，与计算结果相差通常不会很大，但有时因管道节长规格太少，与计算结果的差别比较大，这时需要校核实际使用的间距与喷头射程的比值是否仍不超出表列数值，如不超过，则 $C_u \geq 75\%$ 仍满足；如超出表列数值，则需重新调整间距。

3. 验算设计喷灌强度

在选喷头、定间距的过程中已满足了雾化程度和均匀度的要求，但是否满足喷灌强度的要求，还需进行验算。验算的公式为

$$\rho < [\rho] \quad (10-6)$$

将式(10-3)代入，得

$$K_w C_p \rho_s \leq [\rho]$$

即

$$\rho_{s \max} = \frac{[\rho]}{K_w C_p} \quad (10-7)$$

式中 $[\rho]$ ——灌区土壤的允许喷灌强度 (参见第一章表1-11和表1-12)。

由已知的风速、风向, 选择的喷头参数和调整后的间距, 求出 K_w 、 C_p 及 ρ_s , 视其是否满足 (10-6) 式, 或 ρ_s 是否小于由式 (10-7) 算得的 $\rho_{s, \max}$, 如满足, 则验算通过, a 、 b 可以确定下来, 所选喷头及参数也可确定下来; 如不满足, 则需重新选择喷头及其参数, 重复上述过程, 直至满足要求为止。

【例10-1】某灌区采用移动管道式喷灌系统, 单支管轮灌, 地面平均坡度为6%, 土质为壤粘土, 作物要求雾化指标不小于3500, 灌溉季节常见的风速不大于3m/s, 风向多变, 试选择喷头并计算组合间距。

解: (1) 选择喷头及其参数:

由第二章表2-3 选PY120喷头, 工作压力为 $p = 300 \text{ kPa}$, 嘴径 $d = 8 \text{ mm}$, 此时射程 $R = 20 \text{ m}$, 流量 $q = 3.94 \text{ m}^3/\text{h}$, $\rho_s = 3.13 \text{ mm/h}$ 。

$$h_p/d = 100 \times 300/8 = 3750 > 3500$$

满足雾化程度要求。

(2) 选间距射程比, 计算组合间距:

因无固定风向, 喷头用等间距布置, 由表10-4 查得间距射程比为 $1 \sim 0.9$, 选 $K_a = K_b = 0.9$, 由式 (10-4) 计算得

$$a = b = 0.9 \times 20 = 18 \text{ (m)}$$

选三节 6 m 长的铝管为移动支管的基本单元, 其中一节为带座管, 正好是 18 m; 选三节 6 m 长的铝管为移动干管的基本单元, 其中一节带阀座管, 亦正好为 18 m, a 、 b 不需调整, 可以满足 $C_u > 75\%$ 的要求。

(3) 验算设计喷灌强度:

按最不利情况考虑, 当风向变化至平行支管时喷灌强度最大, 由表10-2查得

$$K_w = 1.12v^{0.302}$$

将设计风速代入得

$$K_w = 1.12 \times 3^{0.302} = 1.56$$

又由表10-1查得单支管多喷头同时喷洒情况下 C_p 的计算公式并以 $a = 18 \text{ m}$ 、 $R = 20 \text{ m}$ 代入, 得

$$C_p = \frac{\pi}{\pi - \frac{\pi}{90} \arccos \frac{18}{2 \times 20} + \frac{18}{20} \sqrt{1 - \left(\frac{18}{2 \times 20}\right)^2}} = 1.81$$

由第一章表1-11查得壤粘土的允许喷灌强度为 10 mm/h , 又由表1-12查得地面坡度为 $5 \sim 8\%$ 时应降低 20% , 所以

$$[\rho] = 10 \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 8 \text{ mm/h}$$

将 $K_w = 1.56$ 、 $C_p = 1.81$ 、 $\rho_s = 3.13 \text{ mm/h}$ 代入式 (10-3) 得

$$\rho = 1.56 \times 1.81 \times 3.13 = 8.84 \text{ (mm/h)} > 8 \text{ (mm/h)}$$

因 $\rho > [\rho]$, 喷灌强度不符合要求, 故需重选喷头及其参数。

(4) 重选喷头进行各项计算:

改用PY120喷头另一组参数 $p = 300 \text{ kPa}$ 、 $d = 7 \text{ mm}$ 、 $R = 19 \text{ m}$ 、 $q = 2.96 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $\rho_s = 2.63 \text{ mm/h}$, 此时

$$h_p/d = 100 \times 300/7 = 4286 > 3500$$

雾化程度符合要求。

选 $K_a = K_b = 0.9$, 得 $a = b = 0.9 \times 1.9 = 17.1 \text{ m}$, 按管道规格长度调整为 $a = b = 18 \text{ m}$, 此时的间距射程比为

$$K'_a = K'_b = 18/19 = 0.947$$

不超过表列数值, 因此均匀度仍满足要求。

因 K_w 只与风速有关, 所以 $K_w = 1.56$ 不变, C_p 值改用 $K'_a = 0.947$ 及 $a = 18 \text{ m}$ 、 $R = 19 \text{ m}$ 代入公式, 得

$$C_p = \frac{\pi}{\pi - \frac{\pi}{90} \arccos \left(\frac{0.947}{2}\right) + 0.947 \sqrt{1 - \left(\frac{0.947}{2}\right)^2}} = 1.72$$

将各已知数据代入式 (10-3), 得

$$\rho = 1.56 \times 1.72 \times 2.63 = 7.06 \text{ (mm/h)} < 8 \text{ (mm/h)}$$

因 $\rho < [\rho]$, 喷灌强度符合要求, 所以可选定PY120喷头, 其工作压力参数为 $p = 300 \text{ kPa}$ 、 $d = 7 \text{ mm}$, 组合间距确定为 $a = b = 18 \text{ m}$ 。

(二) 先定控制参数的方法

对均匀度来说, 控制参数是 K_a, K_b ; 对喷灌强度来说, 控制参数是 $\rho_{s \max}$; 对雾化程度来说, 控制参数是 h_p/d 值。

1. 确定控制参数

在风速、风向和支管布置已知的情况下, K_a, K_b 即可确定, 由于要顾及 a 、 b 的调整, 所以在选定 K_a, K_b 时, 一般选较小值。

在土壤质地和地面坡度已知的情况下, $[\rho]$ 是定值, 再根据风速和 K_a, K_b 可求得 C_p 与 K_w , 代入式 (10-7), $\rho_{s \max}$ 即可确定。

适宜的雾化指标则可由表 1-19 按作物种类查到。

2. 选择喷头及其参数

由喷头性能表中选取 h_p/d 值不小于适宜雾化指标值的工作参数, 并据以查出射程和流量, 算出 ρ_s , 只要 ρ_s 不大于 $\rho_{s \max}$, 即可满足要求。有的喷头性能表中 (如PY1系列) 列有 ρ_s 一栏, 选择时就更为方便。这里说明一点, 一般情况下, 所选的参数常使 ρ_s 为 $\rho_{s \max}$ 的 70%~90%, 因为灌区内土壤质地不可能十分一致, 地面坡度也不会很均匀, 使 ρ_s 小些, 留有一定的余地, 对应付特殊情况是有益的。

3. 计算组合间距并进行调整

用选定的 K_a, K_b 及 R 代入 (10-4)、(10-5) 两式, 计算出 a 与 b , 并按管长规格调整。由于选取的 K_a, K_b 较小, 习惯上往大的方向调整, 此时, 只要调整的幅度不大, 组合间距即可确定。

【例10-2】某固定式喷灌系统所在地势平坦, 土质为壤土, 作物要求的雾化指标为 5000, 设计风速为 3.3 m/s, 风向比较稳定, 确定设计风向为东偏南 25°, 作物南北向种植, 已确定在各分干管控制区内实行单支管轮灌, 试选择喷头并确定组合间距。

解: (1) 确定控制参数

由表 1-11 查得壤土之允许喷灌强度为

$$[\rho] = 12 \text{ mm/h}$$

确定支管顺作物种植方向南北布置, 则其与风向夹角为 $\beta = 90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$, 查表 10-3, 取垂直风向间距射程比 0.7, 平行风向间距射程比 1.1, 考虑 β 的影响, 调整为

$$K_a = 0.8 \quad K_b = 1.0$$

因 $\beta = 65^\circ$, K_w 需用 0° 与 90° 夹角分别计算后插取, 当 $v = 3.3 \text{ m/s}$ 时

$$K_w(0^\circ) = 1.12 \times 3.3^{0.202} = 1.61$$

$$K_w(90^\circ) = 1.08 \times 3.3^{0.194} = 1.36$$

插值计算得

$$K_w(65^\circ) = \frac{(90 - 65) \times 1.61 + 65 \times 1.36}{90} = 1.43$$

又由图 10-8, 查得 $a/R = 0.8$ 时 $C_p = 2.02$

代入 (10-7) 式, 得

$$\rho_{s \max} = \frac{12}{1.43 \times 2.02} = 4.15 \text{ (mm/h)}$$

(2) 选择喷头及其参数:

由喷头性能表中找出 $h_p/d \geq 5000$, $\rho_s < 4.15 \text{ mm/h}$ 的喷头参数有多组; 选择PY120喷头, 工作压力 $p = 400 \text{ kPa}$

嘴径 $d = 8\text{mm}$ 的一组参数, 此时射程 $R = 22\text{m}$, 流量 $q = 4.55\text{ m}^3/\text{h}$, $\rho_s = 3.01\text{ mm/h}$.

因 $h_p/d = 100 \times 400/8 = 5000$, 又 $\rho_s = 3.01\text{ mm/h}$ 小于 $\rho_{s\text{max}}$, 所以雾化程度和喷灌强度均满足要求。

(3) 确定组合间距:

由 (10-4)、(10-5) 两式计算得

$$a = 0.8 \times 22 = 17.6 \text{ (m)}$$

$$b = 1 \times 22 = 22 \text{ (m)}$$

现选用塑料管为地埋固定干、支管, 其规格长度为 4、5、6m 一节, 三通长为 0.3m, 因此最后确定

$$a = 2 \times 6 + 1 \times 5 + 1 \times 0.3 = 17.3\text{m}$$

$$b = 2 \times 6 + 2 \times 5 + 1 \times 0.3 = 22.3\text{m}$$

此时

$$K'_a = 17.3/22 = 0.79$$

$$K'_b = 22.3/22 = 1.01$$

均在允许范围之内, 均匀度也满足要求, 最后定 $a = 17.3\text{m}$ 、 $b = 22.3\text{m}$, 用 PY120 喷头, $p = 400\text{ kPa}$, $d = 8\text{mm}$ 。

(三) 先定组合间距的方法

1. 选择组合间距

先按支管的规格长度选定与其适应的喷头间距 a , 再据风速、风向及支管布置方向依表 10-3 选 K_a 、 K_b , 然后按干管的规格长度选与其适应的支管间距 b , 使之满足 $b < \frac{K_b}{K_a} a$, b

亦选定, 此时应校核选之 K'_b , 如 $K'_b = \frac{b}{a} K_a$ 仍不超过表列数值 (当 $0^\circ < \beta < 90^\circ$ 时不超过调整后之值), 则 a 、 b 即可确定; 如超过则调整 b 值。对于风向不定的情况, 因选择 $K_a = K_b$, 所以据表 10-4 确定 K_a 后, K_b 及 b 也随之确定。

2. 确定控制条件

对于均匀度要求, 控制条件为 $a/R < K_a$ 和 $b/R < K'_b$, 由于在计算 K'_b 时有 $K'_b = \frac{b}{a} K_a$ 的关系,

所以只要满足 $R > \frac{a}{K_a}$ 即可。

对于喷灌强度和雾化程度的要求, 控制条件与第二种方法相同。

3. 选择喷头及其参数

由第二章各种喷头性能表中找出 h_p/d 符合要求、 $\rho_s < \rho_{s\text{max}}$ 的各组参数, 取 $R = a/K_a$ 的组别即可。

【例 10-3】 某灌区为半固定式喷灌系统, 其输水主干管和干管地埋固定, 分干管和支管为薄壁钢管, 风向恒定, 支管垂直风向布置, 设计风速为 2.5m/s , 土质为壤粘土, 地面坡度为 5% , 作物要求雾化指标值为 3500 , 支管在各分干控制区内单管轮灌, 试确定组合间距并选喷头。

解: (1) 选定组合间距:

选定 $a = 18\text{m}$, 适应三节 6m 钢管, 其中一节带整管座, 据风速为 2.5m/s 查表 10-3, 初选 $K_a = 0.9$ 、 $K_b = 1.2$,

选 $b = 24\text{m}$, 核算 K'_b

$$K'_b = \frac{24}{18} \times 0.9 = 1.2$$

与初选值一样, 不需调整, 因此选定 $a = 18\text{m}$ 、 $b = 24\text{m}$, $K_a = 0.9$ 、 $K'_b = 1.2$ 可保证均匀度满足要求。

(2) 确定控制条件:

要求喷头射程 $R > a/K_a$,

即

$$R > 18/0.9, \text{ 即 } R > 20\text{m};$$

要求雾化指标适宜

即

$$h_p/d > 3500;$$

要求喷灌强度满足 $\rho_s \leq \rho_{s \max}$ 。

由第一章表1-11与表1-12, 可得

$$[\rho] = 10 \left(1 - \frac{20}{100}\right) = 8 \text{ (mm/h)}$$

又由风速求得

$$K_w = 1.08 \times 2.5^{0.194} = 1.29$$

由 a/R 值查图10-8, 得 $C_p = 1.81$

代入式(10-7), 得

$$\rho_{s \max} = \frac{8}{1.29 \times 1.81} = 3.42 \text{ (mm/h)}$$

(3) 选择喷头及其参数。

选PY120喷头, 工作压力 $p = 300 \text{ kPa}$, 嘴径 $d = 8 \text{ mm}$, 相应的射程 $R = 20 \text{ m}$, 流量 $q = 3.94 \text{ m}^3/\text{h}$, $\rho_s = 3.13 \text{ mm/h}$ 此时

$$h_p/d = 100 \times 300/8 = 3750 > 3500;$$

$$R = 20 \text{ m},$$

$$\rho_s = 3.13 \text{ mm/h} < 3.42 \text{ mm/h}。$$

均满足要求, 因此确定 $a = 18 \text{ m}$, $b = 24 \text{ m}$, 喷头为PY120, 工作压力为 $p = 300 \text{ kPa}$, 喷嘴直径 $d = 8 \text{ mm}$ 。支管与分干管均为6m节长的铝管, 每三节中有一节带整管座或带截止阀体的三通管。

第四节 喷灌工作制度

先按组合间距将支管和喷头工作位置, 连同干管、控制设备等绘制于地形图上, 成为管系平面布置图。然后拟定喷灌工作制度, 包括喷头在工作点上喷洒的时间、喷头每日可喷洒的工作点数、每次同时喷洒的喷头数和轮灌方案。

一、喷头在工作点上喷洒的时间

喷头在工作点上喷洒的时间与灌水定额、喷头参数和组合间距有关, 可用下列公式求得。

$$t = \frac{abm}{1000q} \quad (10-8)$$

式中 t ——喷头在工作点上喷洒的时间 (h);

a ——喷头沿支管的布置间距 (m);

b ——支管的布置间距 (m);

m ——设计灌水定额 (mm);

q ——喷头流量 (m^3/h)。

二、喷头每日可喷洒的工作点数

对于每一喷头可独立启闭的喷灌系统, 每日可喷洒的工作点数用下式求出

$$n = \frac{tr}{t + ty} \quad (10-9)$$

式中 n ——每日可喷洒的工作点数；
 t_r ——每日喷灌作业时间 (h)；
 t ——喷头在工作点上喷洒的时间 (h)；
 t_y ——移动、拆装和启闭喷头的时间 (h)。

对于不具备喷头启闭设备而直接控制支管的喷灌系统,仍可用式(10-9),但此时 n 为支管每日可喷洒的工作位置数, t_y 为拆装、移动和启闭支管的时间, t 为支管在工作位置上喷洒的时间。因为支管上的喷头同时喷洒,所以 t 仍可按式(10-8)计算。

如果喷灌系统配有备用支管,拆装、移动和启闭可不占用喷灌的作业时间,此时 t_y 为零。

三、每次同时喷洒的喷头数

对于每一喷头可独立启闭的喷灌系统,每次同时喷洒的喷头数用(10-10)式计算

$$n_p = \frac{N}{nT} \quad (10-10)$$

式中 n_p ——每次同时喷洒的喷头数；
 N ——灌区内喷头工作点总数；
 n ——每日喷洒的工作点数；
 T ——设计灌水周期(天数)。

对于直接控制支管的喷灌系统, n_p 可表示每次同时喷洒的支管数, N 表示灌区内支管的工作位置总数, n 表示每日喷洒的支管工作位置数,仍用(10-10)式求取。

四、轮灌方案

轮灌可使管道的利用率提高,从而降低设备投资。确定轮灌方案时,应考虑以下要点:

- (1) 轮灌的编组应该有一定规律,以方便运行管理。
- (2) 各轮灌组的工作喷头总数应尽量接近,从而使系统的流量保持在较小的变动范围之内。
- (3) 轮灌编组应该有利于提高管道设备利用率。
- (4) 轮灌编组时,应使地势较高或路程较远的组别喷头数略少;地势较低或路程较近的组别喷头数略多,以利于保持增压水泵始终工作在高效区。
- (5) 制定轮灌顺序时,应将流量分散到各配水管道,避免流量集中于某一条干管配水。

第五节 管道系统设计

管道系统设计应在各级管道的平面布置和轮灌方案确定后进行,其内容包括各级管道的管材与管径选择、各级固定管道的纵剖面设计、管道系统的结构设计和管系各控制点的压力计算。

一、各级管道的流量分配

在轮灌方案确定之后, 各级各段管道在整个轮灌过程中所通过的流量均系已知, 这时应将其按轮灌顺序列成表格, 据以进行管道水力计算和选择管径。由于每一条管道, 以及同一条管道的不同管段在轮灌过程中流量有变化, 这时一般应取各管或管段中通过的最大流量为该管或管段的设计流量。有时某一条配水管道或输水管道, 其最大流量通过的时间在设计灌水周期内所占总过水时间的比例甚小, 此时应再取一个次大的流量为第二设计流量, 在下一步的计算中进行方案比较, 用年费用作为衡量其是否经济的指标。

二、管材和管径的选择

(一) 管材选择

管材的选择应根据当地的具体情况如地质、地形、气候、运输、供应以及使用环境和工作压力等条件, 结合各种管材的特性及使用条件进行选择, 各种管材的特性及使用条件参阅第三章。

一般情况下, 对于地埋的固定管道, 应优先选用不会锈蚀的钢筋混凝土管、塑料管和石棉水泥管等, 也可用铸铁管和镀锌钢管; 对于地面的移动管道, 则应采用带有快速接头的薄壁铝或铝合金管、薄壁镀锌钢管和专用的塑料管等。

(二) 支管管径的选择

支管的管径选择, 除与支管的设计流量有关外, 还要受允许压力差的限制。《喷灌工程技术规范》规定, 同一条支管任意两个喷头间的工作压力差应在设计喷头工作压力的20%以内, 用公式表示为

$$h_w + \Delta z \leq 0.2h_p \quad (10-11)$$

式中 h_w ——同一支管上任意两喷头间支管段水头损失加上两竖管水头损失之差 (m), 一般情况下, 可用支管段的沿程水头损失计算;

Δz ——两喷头的进水口高程差 (m), 当前面喷头较高时 Δz 为负值;

h_p ——设计喷头工作压力 (m)。

由式 (10-11) 可以看出, 在选择支管的管径前, 必须先找到 $h_w + \Delta z$ 为最大的两个喷头的位置。一般情况下, 如果支管逆坡上行, 分处支管首末位置的两个喷头的 $h_w + \Delta z$ 最大; 如果支管在平坦地面上布置, 则 $\Delta z = 0$, 此时也是支管首末两喷头间的压力差最大; 如果支管沿线地形有起伏或下坡, 则需要绘出压力水头线和地面线, 从中找出最大压力差的两个喷头位置, 这种情况常需进行试算。

具体计算 h_w 可采用第七章所列公式, 通常可将其代入式 (10-11), 然后据各已知数据解出管径。需要注意的是, 在计算两喷头间水头损失时, 要正确选定流量和多口系数。如某支管上共有 5 个喷头, 欲求支管上第 2 个喷头至第 5 个喷头间支管管段的压力水头损失, 则计算时流量应取 $(5-2)q = 3q$, 而非 $5q$; 多口系数应按孔口数 $N = 5 - 2 = 3$ 确定, 而不是取 $N = 5$ 。

算得支管管径之后, 还需按管径规格取整。对半固定式、移动式喷灌系统的移动支管, 考虑运行与管理的要求, 应尽量使各支管取相同的管径, 至少也需在一个灌片上统一, 最

大的管径最好控制在100mm左右,以利移动。对固定的地理支管,管径可以变化,但规格不宜很多,一般最多变径两次。

【例 10-4】某支管全长120m,共带有PY120型喷头8个,喷头工作压力为300 kPa,喷嘴直径为7mm,喷头沿支管的布置间距为16m,第一个喷头距支管入口处8m。支管逆坡布置,首末喷头高差为1.8m,现拟采用铝质移动支管,试确定其管径。

解: (1) 由喷头性能表查得喷头流量为:

$$q = 2.96 \text{ m}^3/\text{h}$$

(2) 采用铝质支管时,管道的沿程水头损失用下列公式计算,公式中的 f 、 m 和 b 值由第七章查得。

$$h_f = 0.861 \times 10^5 \frac{Q^{1.74}}{D^{4.74}}$$

在移动式支管的水力计算中,通常可不考虑局部水头损失,因为移动支管常用一种管径,流速水头逐次减小,抵偿了局部损失,所以可认为 $h_w \approx h_f$ 。据式(10-11)可写出

$$0.861 \times 10^5 \frac{FLQ^{1.74}}{D^{4.74}} + 1.8 = 0.2 \times 30$$

(3) 自第一个喷头到末端的支管管段长为 $L = 7 \times 16 = 112$ (m),此管段的入口流量 $Q = 7 \times 2.96 = 20.72$ (m^3/h),由孔口数 $N = 7$ 及 $X = 0.5$ 查得多口系数 $F = 0.439$,代入后解方程

$$D^{4.74} > \frac{0.861 \times 10^5 \times 0.439 \times 112 \times (20.72)^{1.74}}{0.2 \times 30 - 1.8}$$

得

$$D > 56.2 \text{ mm}$$

(4) 按铝质移动支管规格,取 $\phi 65$,其内径 $D = 62 \text{ mm}$ 。

(三) 干管管径的选择

干管是支管以上各级输配水管道的总称,有时为便于区分,也专指其中某一级管道。干管管径的选择关系到系统的设备投资和运行费用,且所占比重甚大,因此选择干管管径的原则是在满足下一级管道流量和压力的前提下,使系统投入费用最小。用现在的设计方法要做到这一点是困难的。目前在设计中大体采用两种方法,一是使用传统方法,通过方案比较择优;另一是使用优化设计方法,通过计算机寻优。传统设计方法的优点是易于根据实地情况,灵活确定影响系统投入费用和收益的因素,变量不是很多但针对性强,缺点是设计的优劣取决于设计人员的素质与经验,且难免漏掉好的方案。关于优化设计,目前国内外可使用的还只是局部优化方法,研究的成果均系布置形式已定或运行状态已定条件下的优化设计,其优点是在此局部可以找出最优方案,缺点是变量(即影响系统投入产出的因素)还难以考虑得全,就整体而言则尚待继续研究。因此,目前在管系设计(主要是管径选择)方面,较好的方法是传统方法与局部优化方法结合,尽量使系统的投入费用减小,收益增加,以达到费省效宏的目的。

对于某级干管,常因地形或其他条件的限制,需将其水头损失限定在某一范围以内,这时可仿照支管的设计方法,用限定的最大水头损失反推管径;对于主干、干管串接成一条管道的情况,采用经济管径法求管径是可行的;对一般的干管,可先用经济管径法求出各级管径,作为初选管径,然后根据压力要求、分流要求和布置的调整,通过比较确定管径。

干管的经济管径可用式(10-12)或式(10-13)计算。

当动力为电动机时:

$$D = K (In X_d)^a Q^b \quad (10-12)$$

当动力为柴油机时:

$$D = 0.8K (t_n X_c)^a Q^\beta \quad (10-13)$$

两式中 D ——干管的经济管径 (mm) ;
 t_n ——干管每年工作小时数;
 X_d ——电价 (元/kW·h) ;
 X_c ——柴油价 (元/kg) ;
 Q ——干管设计流量 (m³/h) ;
 K 、 a 、 β ——系数和指数。

上两式是在单管无分叉或交会的情况下,用干管年费用最小原则导出。对常用的钢筋混凝土管(包括自应力钢丝网水泥压力管)、铸铁管和硬聚氯乙烯管三类管材,其系数和指数见表10-5。

表 10-5 三类管材的 K 、 a 、 β 值

管 材 类 别	K		a	β
	按静态分析计算	按动态分析计算		
钢筋混凝土管	13	11	0.16	0.18
铸 铁 管	12	10	0.16	0.17
硬聚氯乙烯管	11	10	0.15	0.13

表10-5所列数值系按第三章表列管价计算得到,如当地管价与其不一致,则可在按式(10-12)或式(10-13)算出之 D 值上按公式(10-14)进行修正。

$$D' = \left(\frac{Y}{Y'} \right)^a D \quad (10-14)$$

式中 D' ——修正后的经济管径 (mm) ;
 Y ——第三章表列管价;
 Y' ——当地实际管价;
 D ——由式(10-12)或式(10-13)算出的管径 (mm) ;
 a ——指数,查表10-5。

计算出干管的经济管径后,应向规格的管内径调整,调整时应对相邻的两个规格管径进行比较;亦可将干管分两段,各取一种管径。

【例10-5】某固定式喷灌系统的输水干管与第一级配水管串接,设计流量 $Q = 200\text{m}^3/\text{h}$,干管每年运行100天,每天工作14h,泵站使用电动机为动力机,电价为0.08元/kW·h,干管选用铸铁管,当地价格为600元/t。

解:由表10-5查得 $K = 10$ 、 $a = 0.16$ 、 $\beta = 0.17$,由式(10-12)计算得

$$D = 10 (100 \times 14 \times 0.08)^{0.16} \times 200^{0.17} = 256.7 \text{ (mm)}$$

因当地铸铁管价格与第三章表列价格不一致,所以管径需要修正,由第三章查得 $Y = 470\text{元/t}$,而 $Y' = 600\text{元/t}$,因此代入(10-14)可得

$$D' = \left(\frac{470}{600} \right)^{0.16} \times 256.7 = 246.9 \text{ (mm)}$$

取200mm与250mm两种管径,通过比较其投资差额和由于水头损失差引起的年运行费用差额,得知取250mm内径时为经济,因此确定使用内径为250mm的铸铁管。

三、管道纵剖面设计

管道纵剖面设计应在喷灌系统平面布置图绘制后进行,如果系统的平面布置并非在地

形图上绘制，则应有各固定管道沿线的地形剖面图。

管道纵剖面设计的主要内容是确定各级固定管道在立面上的位置。一般情况下，应尽量使管道在立面上顺直，并要避免大量开挖。在管道沿线地面起伏较大时，地埋固定管道也可随地面起伏，但要避免山峰状隆起（可采用平坡过渡）。在起伏的管道上，隆起的部位要设置进排气阀，低谷的部位则要设置泄水阀。

对于地埋管道的纵坡，设计时应考虑土壤的稳定性和施工的方便，一般情况下不应超过1:1。

对于地埋管道的埋深，一般应使管顶位于冻土层以下。在田间的地埋固定管道，管顶至地面的距离还应大于机耕深度，一般应不小于0.4m。

管道纵剖面设计后应绘出管道纵剖面图，它包括输水干管、配水干管和分干管的纵剖面图，以及固定地埋支管的纵剖面图。有的喷灌系统地埋支管很多，全部绘出工作量很大且无必要，此时可选择有代表性的少量支管（一般为2~3根）绘制纵剖面图。

管道纵剖面图所用比例尺，纵横向是不相同的，通常高程比例尺取1:100或1:200；水平距比例尺取1:1000或1:2000，此时使用方格纸是很方便的。

管道的纵剖面图应绘出地面线、管底线，并标出控制阀、三通、四通、弯头、异径管、进排气阀、泄水阀、安全阀、伸缩节等所在位置。如果管道中设有镇墩和支墩，亦应标注位置。

管道纵剖面图的底栏，一般应包括桩号、地面高程、管底高程和挖深四项，对只有一种坡度的管道，亦可将管坡注在底栏之内。

管道纵剖面图示例见图10-9。

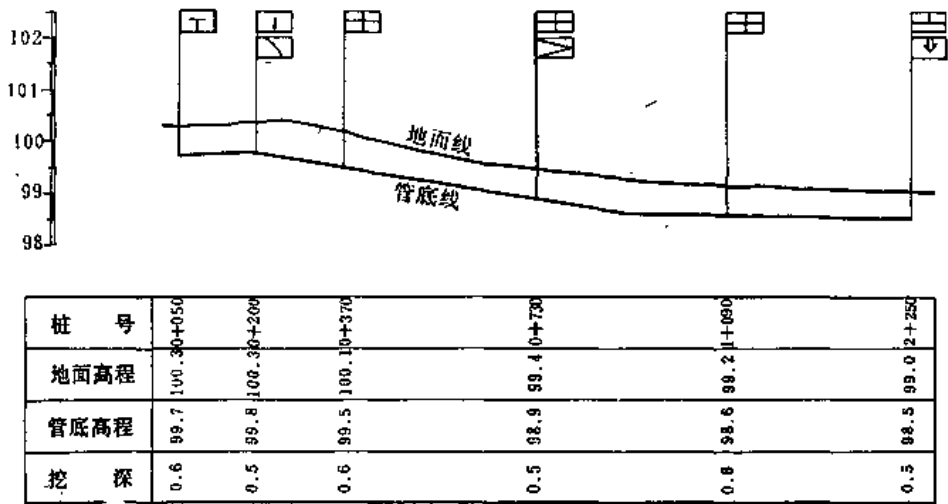


图 10-9 管道纵剖面图示例

四、管道系统结构

在各级管道的平面位置和立面位置确定后，即可进行管道系统结构设计，设计时需要注意下列要点：

(1) 确定竖管高度时，应以植株不阻碍喷头的喷洒为最低限，常用的竖管高度在0.5m至2m之间。当竖管高度超过2m或使用的喷头较大时，为使竖管稳定，应增设竖管支架、张

索或支桩等。

(2) 在支管入口处应安装控制阀门，在其后装压力表，以保证喷头工作压力和流量的稳定。当干管固定、支管移动时，阀门应固定安装，压力表则随支管移动。

(3) 当固定的输配水管道坡度较陡或管径较大时，为稳定管道位置，应设置镇墩；管线较长时还应设置支墩。对于镇墩、支墩的构造和设计计算，可参阅《机电排灌设计手册》等有关书籍。

(4) 对温度和不均匀沉陷比较敏感的固定管道，应设置柔性接头。柔性接头每隔一定距离设置一个，距离的长短视具体情况确定。

(5) 装置于地埋固定管道上的阀门及地埋固定管与地面管连接处的阀门，均应修建阀门井，阀门井不宜很大，但应该满足操作和检修的要求。

管道系统结构确定后，应以透视图的形式绘制出管道系统结构示意图，在图上标出各种管道的材质、管径、长度、各种管件和附件的规格以及材质。绘制管道系统结构示意图时，应该与喷灌系统的平面布置图以及固定管道纵剖面图互相核对，无误后再进行下一步工作。管道系统结构示意图，如图10-10。

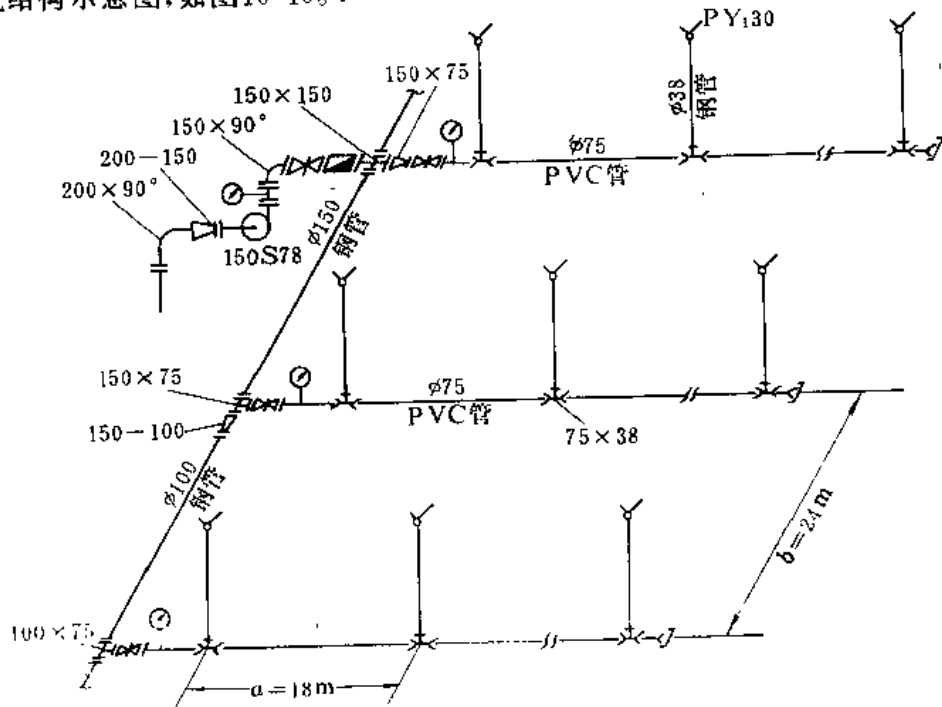


图 10-10 管道系统结构示意图

五、管道系统各控制点的压力

管道系统各控制点的压力系指喷洒支管入口、配水干管（或分干管）的入口、输水主干或干管入口和其他特殊点的测管水头。在这些控制点处通常均设有调节阀和压力表，以保证系统正常运行。计算各控制点在各个轮灌编组时的水头，一方面是为了选择水泵，另一方面也是为了给系统运行提供基础数据。

支管入口压力的计算是系统其他各控制点压力计算的基础，如果支管入口压力出现较大误差，则其他各控制点的压力也将出现较大误差，因此对支管的压力计算应特别注意，力

求使其符合实际。

以往计算支管的入口压力，是用设计喷头工作压力，加上喷头与支管入口的最大压力差来确定。原有计算方法的优点是简单，但存在着支管实际流量必然偏大的缺点，因为这样确定支管入口压力的结果是使支管上压力最低的喷头，其实际工作压力等于设计压力，流量也与设计相符，而其他喷头的压力都大于设计压力，流量当然也要超过设计值，所以支管的流量在这个入口压力下必然超过设计值，分干管、干管也超过设计流量，因此必须降低工作压力最小喷头的设计压力。用逐级试算的方法可以求出合适的支管入口压力，但工作量大，要用计算机。最好是用实测确定支管入口压力，目前有的科研单位已把常用的移动式支管，在标准喷嘴、各种设计压力下带有不同个数喷头和不同间距时的支管入口压力和流量关系进行了测定，从而为解决支管入口压力提供了实验测定的方法。但是，不可能在每一个工程设计时都进行这样的测定，因此下面介绍两种近似计算的方法：

(一) 降低 $0.1h_p$

这种方法比较简单，它是在原有方法计算出支管入口压力后，再减去设计喷头工作压力的10%，用公式表示为

$$H_l = H_{l_0} - 0.1h_p \quad (10-15)$$

式中 H_l ——支管入口压力水头 (m)；

H_{l_0} ——用原有方法计算的支管入口压力水头 (m)；

h_p ——设计喷头工作压力水头 (m)。

这个方法适用于喷头与支管入口压力差较大的情况，但仍会使整个支管流量低于设计值，不过不致影响喷灌质量。

(二) 降低 $0.25h_f$

这一方法也较简单，它是在原有方法计算所得的支管入口压力水头中，减去首末喷头间支管水头损失的25%，用公式表示为

$$H_l = H_{l_0} - 0.25h_f \quad (10-16)$$

式中 h_f ——支管上首末两喷头间管段的沿程水头损失 (m)；

其他符号同前。

这个方法适用于只有一种管径且支管沿线地势平坦的情况，当喷头个数较多时，支管实际流量很接近设计值，但在喷头数低于5个时，仅比原方法稍有改善。

【例 10-6】 铝制移动支管全长 180m，内径为 62mm，安装有 PY120 喷头 10 个，设计工作压力为 300kPa，喷嘴直径为 7mm。竖管高 1m，内径为 25mm。喷头间距为 18m，首端喷头到入口亦为 18m，支管沿线地势平坦，试确定支管入口压力。

解：由第二章查得 PY120 喷头当 $p = 300\text{kPa}$ 、 $d = 7\text{mm}$ 时，流量 $q = 2.96\text{m}^3/\text{h}$ 。

(1) 按原法计算

因地势平坦， $\Delta Z = 0$ ，支管入口压力即为喷头压力水头、支管首末端间的水头损失与竖管高度及其水头损失之和。由第七章查得计算公式中的指数 $m = 1.74$ 、 $b = 4.74$ ，系数 $f = 0.861 \times 10^5$ ，又多孔管当 $N = 10$ 、 $X = 1$ 时，多孔系数 $F = 0.417$ ，因此支管水头损失

$$\begin{aligned} h_f &= \frac{0.861 \times 10^5 \times 180 \times 29.6^{1.74} \times 0.417}{62^{4.74}} \\ &= 7.49 \text{ (m)} \end{aligned}$$

由于喷头的工作压力是在入口前200m处测试(参见国标《旋转式喷头试验方法》),所以竖管长度及水头损失均以 $L = 1 - 0.2 = 0.8\text{m}$ 计算,竖管水头损失

$$h_f = \frac{0.861 \times 10^5 \times 0.8 \times 2.96^{1.74}}{25^{4.74}} = 0.11 \text{ (m)}$$

支管入口压力水头为

$$H_{f_0} = 30 + 7.49 + 0.8 + 0.11 = 38.4 \text{ (m)}$$

(2) 按降低0.1 h_f 计算

支管入口压力水头为

$$H_f = 38.4 - 0.1 \times 30 = 35.4 \text{ (m)}$$

(3) 按降低0.25 h_f 计算

支管入口压力水头为

$$\begin{aligned} H_f &= 38.4 - 0.25 \times \frac{0.861 \times 10^5 \times 162 \times 26.64^{1.74} \times 0.422}{62^{4.74}} \\ &= 36.98 \text{ (m)} \end{aligned}$$

本例的实测情况为:使用山西产单挂钩移动式铝管,节长6m,每三节中有一节带竖管座,竖管高1m,实测场地平坦,支管入口处安装压力计,其前为调节阀门,水泵出口处安装流量计,水泵在测试时仅向被测支管供水。实测结果为

$$\begin{aligned} p_1 &= 350\text{kPa}, & Q &= 28.8\text{m}^3/\text{h}, \\ p_1 &= 360\text{kPa}, & Q &= 30.1\text{m}^3/\text{h}. \end{aligned}$$

用插值法计算,当 $Q = 29.6\text{m}^3/\text{h}$ 时, p_1 应为356.15kPa,相当于 $H_f = 35.615\text{m}$ 。显然,0.1 h_f 法为 $H_f = 35.4\text{m}$,略偏低,但很接近;0.25 h_f 法为 $H_f = 36.98\text{m}$,仍偏高,但也较原法($H_{f_0} = 38.4\text{m}$)为优。

支管入口压力确定后,再计算分干管、干管入口压力,这时可根据系统在各轮灌编组时各管段的流量,分别计算沿程水头损失和局部水头损失,然后再计算各控制点的压力。计算不同管材管道水力损失的公式从第七章中选取。

将各轮灌编组时各控制点的压力算得之后,应将结果按轮灌顺序列成表格,作为系统运行时的依据。与此同时,可以得到系统的流量范围和输水管入口的压力范围,这是选择水泵所必须的数据。使用流量和压力两个范围来选择水泵,较之使用最大扬程或最大流量选择水泵的方法更为合理,因为它显示了在系统的整个运行过程中,水泵是否能始终工作在高效区。

第六节 山区管道式喷灌系统设计

一、类型与组合

按照水源与灌区的相对位置及高差、水源工程的形式,可将山区管道式系统归纳为蓄水、引水和提水三种基本类型;按照喷灌系统取得水压力的方式,又可分为利用自然落差的自压和使用水泵加压的机压两种基本形式。组合后,山区喷灌系统可以有以下几类:

(一) 自压喷灌系统

水源位置在灌区上方,来水流量和自然落差形成的水头均可满足喷灌的要求,此时水源直接向压力管道供水。这类系统不需水泵加压,投资相对减少,运行费用甚小,是山区最适宜发展的喷灌系统。

(二) 引水式自压喷灌系统

水源来水流量和自然落差形成的水头可以满足喷灌的要求,但水源位置与灌区相距较远。此时可沿等高线修建引水渠道或铺设引水无压管道,将水引至灌区上方的控制点,再向压力管道供水。

(三) 蓄水式自压喷灌系统

灌区上方没有现成的水源,但有一定的汇水面积,此时可根据喷灌的压力要求,在灌区上方的控制点修建蓄水池,拦蓄其上部的地面径流,并向压力管道供水。如在灌区上方原有一些蓄水塘、潭,则亦可加以利用。这类喷灌系统控制面积一般较小。

(四) 引蓄结合的自压喷灌系统

自然落差形成的水头满足喷灌要求,来水总量也够灌区所需,但水源位置距灌区较远,流量也小于喷灌所需流量。这时可在水源处修建蓄水池调蓄,再用明渠或无压管道将水引至灌区上方控制点。也可先将水源来水引至灌区上方,在控制点位置修建蓄水池,蓄水调节后向压力管道供水。

(五) 提水式机压喷灌系统

水源的来水流量可以满足喷灌要求,但水源位置低于灌区,需要水泵提水和加压。这时可在水源处修建泵站,一次提水同时加压向压力管道供水。亦可用水源泵站将水提到灌区,再由灌区的加压泵站将来水加压后向压力管道供水。

(六) 提蓄结合的机压喷灌系统

水源的来水总量足够喷灌需要,但其流量小于喷灌系统设计流量,水源位置又低于灌区。此时可在水源处修建蓄水池调蓄,再一次提水加压向压力管道供水。也可在灌区建蓄水池,由水源泵站提水到池进行调蓄,再由加压泵站将水加压后向压力管道供水。

还有一种喷灌系统,是在灌区上方控制点处建蓄水池,由水源泵站提水高蓄,然后利用蓄水池与灌区的落差形成水头,将水送至压力管道。这种系统称为提水蓄能式机压喷灌系统。

(七) 引、提结合的机压喷灌系统

水源来水流量满足喷灌系统要求,但水源位置距灌区较远且低于灌区。此时可先由明渠或无压管道将水引至灌区附近,然后一次提水加压向压力管道供水,或分提水和加压二级泵站向压力管道供水。亦可先提水到一定高程,然后引水到灌区,由位于灌区的加压泵站将水加压后向压力管道供水。

(八) 引、蓄结合的机压喷灌系统

水源总来水量足够喷灌,但流量小于喷灌系统所需,水源位置距灌区较远且低于灌区。这时可在水源处建蓄水池先进行调蓄,然后用明渠或无压管道引水到灌区附近,再一次提水加压或分级提水加压将水送至压力管道。亦可先提水到一定高程,再引水至灌区调蓄,而后由加压泵站从蓄水池取水加压后送至压力管道。还有一种办法是先将水引至灌区附近的蓄水池进行调蓄,再一次提水加压或分级提水加压将水送至压力管道。在条件许可的情况下,应优先选用先引后蓄再提水加压的方案。此时引渠或管的利用率高而过水流量小,可以节省投资;蓄水建筑仍在低位,且与泵站相邻,土建工程集中,施工方便。先引再提

后蓄水加压的方案也较好,其引水工程同上一方案,蓄水池虽在较高位置,但仍与加压泵站相邻,且与灌区临近;虽多了一个提水泵站,但提水的流量是水源来水流量,小于喷灌系统流量,相对地提高了提水泵站的利用率,缩小了规模,所以也是常被采用的方案。

当然,亦可将水高蓄,成为提水蓄能式喷灌系统。

(九) 自压与机压结合的喷灌系统

水源位置高于灌区,但还不能完全满足灌区或部分灌区喷灌对水压力的要求。这时可利用自然落差的水头再用水泵增压;或在灌区低处利用自然水头、高处设置水泵增压。

上述九种类型的山区管道式喷灌系统,虽在布置时各有其特点,但在系统设计时,则可归纳为自压与机压两种基本类型。至于机压与自压结合的喷灌系统,也是综合两种方法进行,或是以一种方法为主进行设计,用另一种方法进行补充。

二、自压喷灌系统设计

(一) 自压喷灌系统设计的特点

自压喷灌系统中喷头的工作压力和各级管道的水力损失,都靠地形落差提供和补偿,不需耗油或耗电,运行费用相当小。所以自压喷灌系统设计应在满足喷灌质量的前提下,使系统投资尽量减少,并使运行操作方便利于管理。

1. 对地形高差的基本要求

发展自压喷灌,要有一定的地形落差。为了满足喷头工作压力的要求,水源水位与灌区地面就应有足够大的高差。一般喷灌系统的喷头工作压力都不低于200kPa,加上竖管高和各种水头损失,要求地形落差至少应有25~30m;对微喷灌系统,亦至少应有15~20m。如果水源与灌区没有这么大的地形高差,就不能实现完全的自压喷灌,而需用水泵补充加压。

2. 地面坡度对各级管道的影响

竖管的高度取决于作物的高矮,其安置宜成铅垂状,但有时因地面倾斜,使竖管难以铅垂安置,这时可允许竖管在一定限度内倾斜。我国国家标准《旋转式喷头试验方法》中规定,旋转式喷头在竖管与铅垂线夹角为 10° 时,喷头仍可可靠运转。因此,竖管倾斜安装时,其倾斜角不应超过 10° ,以保证喷头的可靠运转。这个数值,相当于竖管垂直于坡度为17.6%的地面安置时的情况,所以,如果竖管垂直坡面安装,则地面坡度不应大于17.6%。对于固定式喷头,因喷头不转动,倾斜角的大小不影响喷头正常运行,所以竖管安置可不受限制,但仍宜铅垂或垂直坡面安装,以保证喷灌质量。

对于支管,在自压系统中通常尽可能沿等高线布置,这时,地面坡度对其影响不大;少数情况下,顺坡布置支管,则管径可以小些,或管道可以长些。逆坡支管只在不得已时采用,这时,管长应缩短。

对于配水给支管的分干管或干管,一般均顺坡向下布置,这时,可利用地形落差补偿水头损失,从而使管径减小。

对于给分干配水的干管,通常沿等高线布置,这时地面坡度影响不大;有时沿山脊或缓坡向下布置,则亦可利用地形落差补偿水头损失。

对于输水主干管,它从水源到灌区,必须满足下一级管道所需的入口压力。对于一项

具体工程，由灌区内部管网的设计就可得到要求的输水主干管末端压力，而从水源到灌区亦即输水主干管首末端的地形高差必须大于此值。在获得相同压力的情况下，如果地面坡度陡，输水管就短，或者可用较小的管径；反之，管道就要长，或者需使用较大的管径。所以自压喷灌系统希望输水主干管沿线的地面坡度陡些。

3. 输水主干管沿线的适宜地形坡度

(1) 输水主干管长度。设输水主干管入口处的压力水头为零，则

$$L = \frac{H_M}{\frac{I}{\sqrt{1+I^2}} \frac{fQ^m}{D^b}} \quad (10-17)$$

式中 L ——输水主干管长度 (m)；
 H_M ——管末端需要的压力水头 (m)；
 I ——地面坡度；
 Q ——输水主干管内通过的流量 (m^3/h)；
 D ——输水主干管内径 (mm)；
 f, m, b ——系数和指数，查表7-1。

由于输水主干管内通过的流量，在设计初始阶段可用灌水率乘以主干管控制的面积计算，所以 (10-17) 式亦可写成下列公式

$$L = \frac{H_M}{\frac{I}{\sqrt{1+I^2}} \frac{f(qA)^m}{D^b}} \quad (10-18)$$

式中 q ——毛灌水率 ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}/\text{亩}$)；
 A ——输水主干管控制的灌区面积 (亩)；
 其余符号同前。

(2) 输水主干管的设备亩投资。

$$S = \frac{Y_d L}{A} \quad (10-19)$$

式中 S ——输水主干管的设备亩投资 (元/亩)；
 Y_d ——管道单价 (元/m)；
 其余符号同前。

将式 (10-18) 代入，得

$$S = \frac{Y_d H_M}{\left[\frac{I}{\sqrt{1+I^2}} \frac{f(qA)^m}{D^b} \right] A} \quad (10-20)$$

式中符号及单位同前。

式 (10-20) 中的 Y_d 是根据所选管材和管径 D 由第三章查得，所以 Y_d 是随 D 变化的。对于具体工程， q 、 I 、 A 和 H_M 都是已知数，管材选定后， f 、 m 和 b 也已知，这时 S 只随 D 变化，并且有一个最小值 S_m ，称为输水主干管的最小设备亩投资，其对应的 D 即为输水主干管的经济管径。将选定的管材在各种 H_M 、 I 、 A 、 q 下的 S_m 求出，统计为回归方程，得

$$S_m = K_s \frac{q^x H_M^y}{A^z} \quad (10-21)$$

式中 S_m ——输水主干管最小设备亩投资（元/亩）；

K_s 、 x 、 y 、 z ——系数和指数；

其余符号同前。

(3) 输水主干管沿线的适宜地形坡度：将(10-21)式改写成下式

$$I = K_I \frac{q^u}{A^v} \left(\frac{H_M}{S_m} \right)^w \quad (10-22)$$

式中 I ——输水主干管设备亩投资最小时的地形坡度；

K_I 、 u 、 v 、 w ——系数和指数；

其余符号同前。

由式(10-22)可知， I 随 S_m 而变。在其他各因素不变的情况下， S_m 增大则 I 减小，反之亦然。对于某个自压喷灌工程，若限定一个经济上合理的输水主干管设备亩投资，相应地就有一个经济上合理的地形坡度，小于这一坡度经济上将不合理，故式中 I 亦为输水主干管的适宜地形坡度最小值。

对于常用的钢筋混凝土管（包括钢丝网水泥管）、铸铁管和硬聚氯乙烯管，其系数 K_s 、 K_I 和指数 x 、 y 、 z 、 u 、 v 、 w 列入表10-6。本表的适用条件为：一条输水主干管控制的灌区面积100~5000亩；钢筋混凝土管（包括钢丝网水泥管）工作压力100~800kPa，内径100~100mm；铸铁管为普压级，内径75~100mm；硬聚氯乙烯管为600kPa级，外径63~400mm；毛灌水率为0.15~0.32m³·h⁻¹/亩；地面坡度为3%~20%。

还应指出，统计表中各项系数、指数时所用的管价是用第三章所列的价格，即钢筋混凝土管是按工作压力为100~800kPa级的表列管价计算；铸铁管是按550元/t计算；硬聚氯乙烯管是按4000元/t计算。如果当地管价与之不同，则应进行修正。修正时先计算当地管价与表列管价的比值 r ，若求 S_m ，只需将用式(10-21)算得之值乘以 r ；若求 I ，则应以 $S'_m = S_m/r$ 代入式(10-22)计算。

表 10-6

管 材	K_s	x	y	z	K_I	u	v	w
钢筋混凝土管	2.32	0.39	0.61	1.19	2.02	0.33	0.54	0.81
铸 铁 管	2.34	0.42	0.56	1.21	1.95	0.35	0.47	0.83
硬聚氯乙烯管	0.28	0.7	0.29	1.39	0.4	0.51	0.21	0.72

【例 10-7】某山区自压喷灌工程，控制面积300亩，拟使用硬聚氯乙烯管为输水管，为下级管道提供300kPa的工作压力，已知作物日需水量为3mm，喷洒水利用系数为0.85，输水管在灌溉季节每天工作14小时，现要求将输水管的亩投资限制在10元/亩以下，已知当地硬聚氯乙烯压力管的价格为4500元/t，求输水管沿线适宜的最低地面坡度

解：先求毛灌水率 $q = \frac{3 \times 666.7}{1000 \times 0.85 \times 14} = 0.168 (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} / \text{亩})$

因表列管价为4000元/t，当地管价为4500元/t， $r = 4500/4000 = 1.125$ 。由表10-6查得 $K_I = 0.4$ 、 $u = 0.51$ 、

$v = 0.21, w = 0.72$, 代入式 (10-22)

$$I = \frac{0.4 \times 0.168^{0.54}}{300^{0.21}} \times \left(\frac{30}{10/1.125} \right)^{0.72} = 0.117 \sim 0.12$$

即适宜地面坡度的最小值为12%。

(二) 自压喷灌系统的管道布置

1. 布置原则

本章第二节所述的管道布置原则, 也适用于自压喷灌系统, 但在布置自压系统的管道时, 还应考虑以下几点:

(1) 自压喷灌系统的管道布置应以地形、地势为主要因素, 喷洒支管应尽量沿等高线布置, 配水给支管的分干管或干管应尽量垂直等高线下坡布置。

(2) 要充分利用落差造成的自然水头, 在地势较高、喷灌压力不足的地方, 可采用水泵增压、微喷灌或滴灌扩大灌溉面积。

(3) 各级管道, 尤其是固定的地埋管道, 应避免在滑坡地带或地基不稳定的地区通过。

(4) 自压喷灌系统的形式以采用固定、半固定为宜, 全移动式自压喷灌系统在山区一般是弊多利少, 应慎重对待。

(5) 有条件时, 应结合农村生活用水、小水力发电站用水、乡镇工业副业用水等发展自压喷灌。

2. 管道布置的基本形式

山区自压喷灌管道系统有下列三种基本形式, 均属树状管网。

(1) 梳齿形。适用于顺坡、但宽度较窄的带形灌面。喷灌系统自沿山腰的渠道取水, 配水干管较短, 一般不超过300m, 其布置如图10-11。

梳齿形布置还有一种三级管道的形式, 此时输水主干管与干管连接, 成为一条管道, 沿灌区上界布置, 向配水分干管供水。

(2) 杈形。适用于坡面较规整、无沟槽切割的坡地或塬台地。喷灌系统的控制面积一般较大, 配水分干管较长, 可达3000 m, 其布置如图10-12。

杈形布置一般有主干管、干管、分干管和支管四级管道。

(3) 鱼骨形。适用于山丘区的

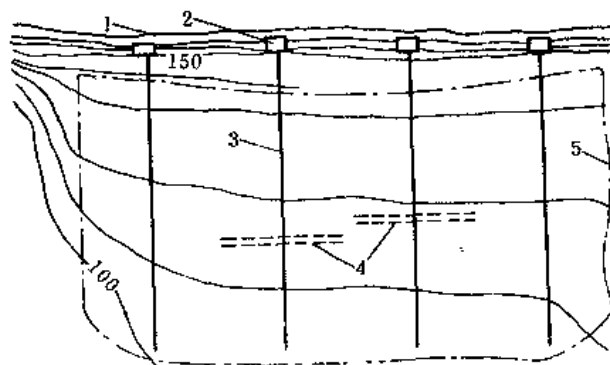


图 10-11 梳齿形布置

1—渠道; 2—管道进口; 3—干管; 4—支管; 5—灌区范围

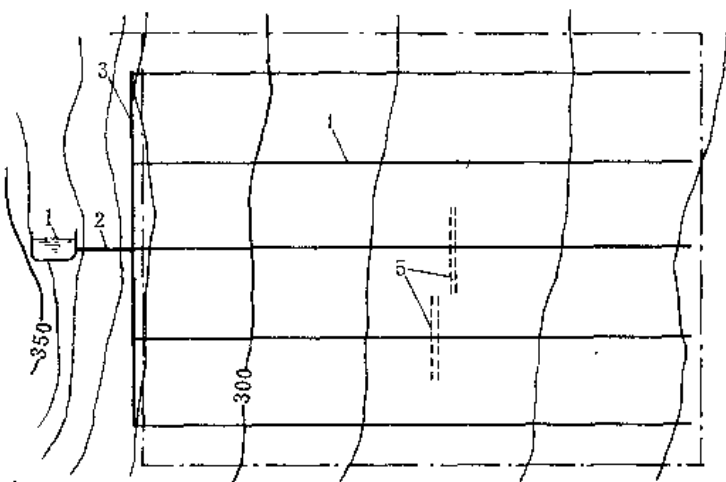


图 10-12 杈形布置

1—蓄水池; 2—主干管; 3—干管; 4—分干管; 5—支管

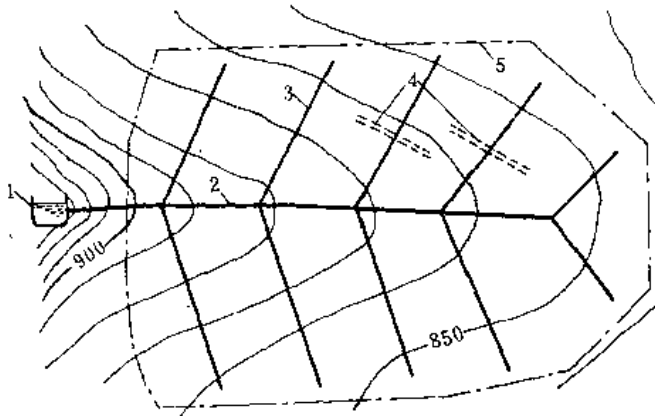


图 10-13 鱼骨形布置

1—蓄水池；2—干管；3—分干管；4—支管；5—灌区范围

脊梁地形。干管一般是沿山脊线布置，一条干管控制一道梁；配水分干管在干管两侧顺坡垂直等高线布置，或与等高线斜交。干管长，分干管短，其布置如图10-13。

鱼骨形布置实际上也是四级管道，因为输水主干管与干管前后相连成为一条，所以就分为三级管道，即干管、分干管和支管。

以上三种基本形式的输配水管道布置，都为喷洒支管沿等高线布置提供了条件，从而保证了支管上喷头流量的均匀分配，也方便了移动式支管的拆装和运移。

移动式支管的拆装和运移。

3. 不同地形管道系统布置

山区地形地貌复杂，往往不能用单一的基本布置解决管道系统的布置问题。下面介绍几种典型地形地貌条件下的管系布置方法。

(1) 河谷山坡地。山脊河谷的灌面一般分布在两侧山坡上，特点是地面坡度陡，相对高差大。这时应以山梁、山坡为单元考虑管系的布置和管道分级。耕地集中、面积较大的地块，可采用半固定式喷灌系统的形式；面积较小的地块不一定纳入系统，可以自成体系，用单级管道解决。

河谷山坡地的管道系统布置的一般规律是将输水主干管与干管连接成一条管道，沿山脊布置，配水干管垂直等高线或与等高线斜交，控制两侧山坡地，因此基本上是鱼骨形布置，补以梳齿形干管和分干管，解决带状坡地。在山腰盘山渠道以下的灌面，则可利用水渠与灌面的落差，自成单元，解决零星地块。对于面积大而规整的坡地则可由干管接出分干管，用杈形布置控制。

图10-14为山脊河谷地布置示例。

(2) 丘陵地。丘陵地的灌面一般比较破碎，地形坡度变化较大，且多有沟槽切割。管道系统应以山脊为单元进行布置，输水干管沿山脊线布置，分干管斜插或等间距布置，形成鱼骨形或杈形。其布置示例如图10-15。

(3) 坡地。指坡面较大且较完整的山前坡地或塬坡地，一般坡度较缓，顺坡向被河沟切成带状灌面。此时管系布置以杈形为主，鱼骨形为辅，管道不必纳入一个喷灌系统。

(4) 塬台地。塬台地的地形为台阶形，灌面在台上，开阔平坦，从源头到河谷逐台降低，两台之间高差大而集中。管道系统的布置一般是将输水干管沿灌面上方等高线布置，分干管顺台面坡向下布置。因此分干管往往很长，间距亦大，属典型的杈形布置形式。

对于窄而长的单级塬台地，可将分干管平行塬坎布置在台地上方，支管顺塬坡布置，此时为两级管道的独立梳齿形布置。

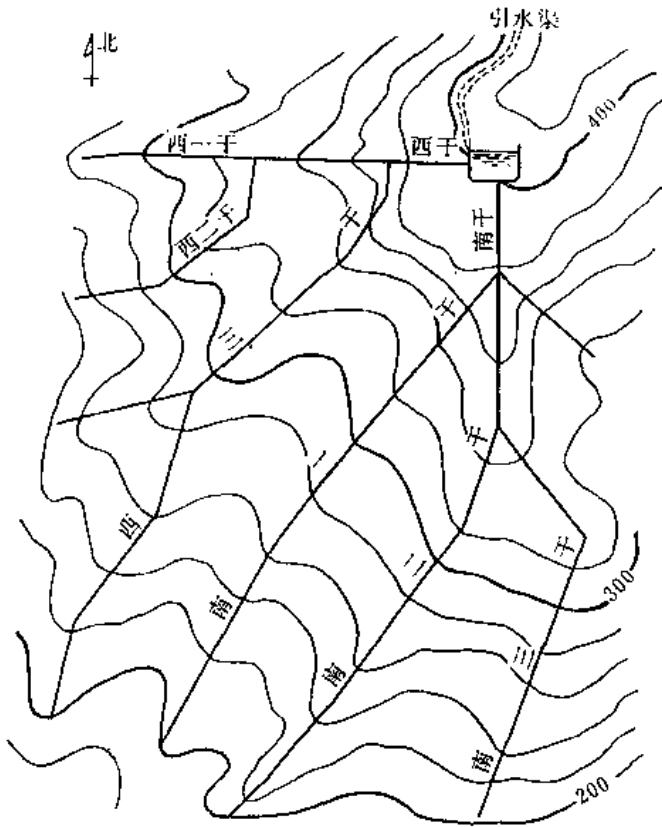


图 10-14 山脊河谷地自压喷灌系统管道布置

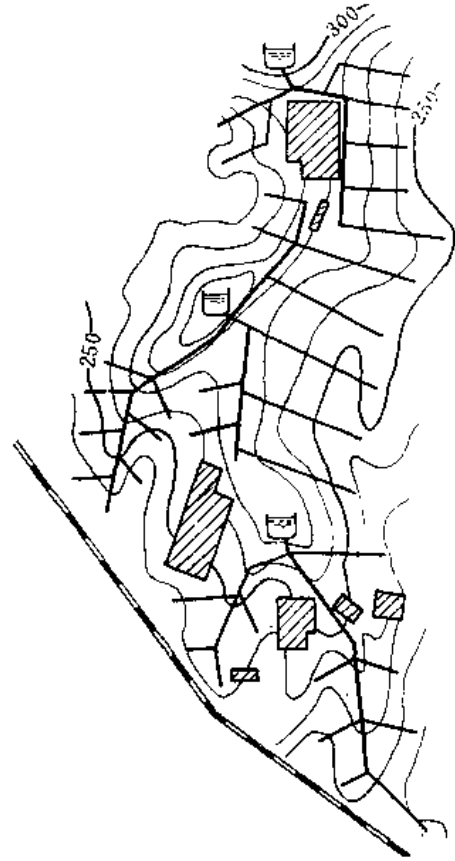


图 10-15 丘陵地自压喷灌系统管道布置

(三) 自压喷灌系统的压力分区

在灌面大、管道长、坡度陡的自压喷灌系统中，顺坡的干管首末两端压力相差甚大，若按一种喷头工作压力设计，往往顾此失彼。如图10-16，若选用工作压力 H_1 ，从图上可以看出，其控制面积最大，但有很大部分自然水头需用人为办法消除，水头的利用率很低；如果选用工作压力 H_3 ，水头利用率似乎提高了，但控制面积很小，实际上也没有很好地利用水能。因此需要进行压力分区，在不同的地段采用不同的工作压力，以充分利用自然水

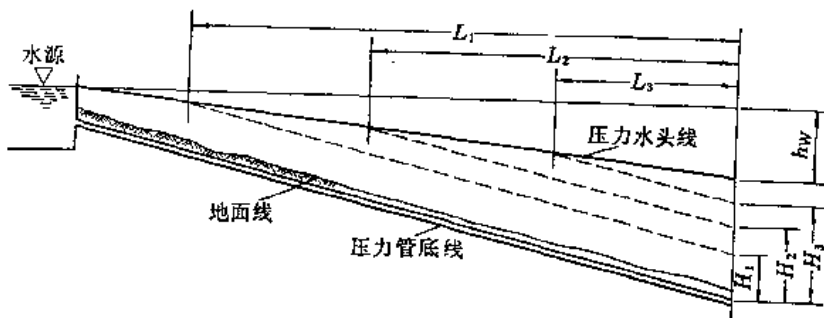


图 10-16 输水管纵剖面示意图

头,提高喷灌效益和降低设备投资。在确定压力分区时需要进行多方面比较,考虑下列问题:

(1) 各压力区的设计水头需与喷头的工作压力相适应;在同一压力区内,应选用同一工作参数的喷头。

(2) 压力分区不宜过多,每区控制面积不宜过小,并需与喷灌作业区协调。面积较大的灌区,以分2~3区为宜。

(3) 应尽量利用各区内的剩余水头,抵偿干管的水头损失。

(4) 干管中水流的流速应有限制,以保证系统的安全。一般情况下流速不应超过3m/s,输水主干管或承压能力较低的管道,流速应不超过2.5m/s。

【例 10-7】 某山区有坡地180亩,长500m,宽210m,其上部长180m,坡度为18%;中部长170m,坡度为8%;下部长150m,坡度为6%。地块上部建有蓄水池,采用续灌(干管)及轮灌(支管)结合的方法喷灌,已知系统采用钢筋混凝土干管,内径为150mm,入口流量为60m³/h,可供选择的喷头为PY₁₅和PY₃₀两种,试进行压力分区。

解:(1) 估算支管入口最小压力

按PY₁₅最低工作水头为20m,加上最大压力差 $0.2 \times 20 = 4$ (m),则支管入口最小压力水头为24m;同理,PY₃₀喷头的支管入口最小压力水头为 $30 + 0.2 \times 30 = 36$ (m)。

(2) 计算PY₁₅工作区起始位置

当 $Q = 60\text{m}^3/\text{h}$ 、 $D = 150\text{mm}$,钢筋混凝土管的每米水头损失经计算为0.015m,已知灌面坡度为18%,因此可得PY₁₅工作区距起点的距离为

$$L_1 = \frac{24}{0.18 - 0.015} = 145 \text{ (m)}$$

即距水源145m处可开始使用PY₁₅喷头

(3) 计算PY₃₀工作区起始位置

因干管续灌,在 L_1 之后干管中的流量为 $Q_1 = \frac{60}{500} \times (500 - 145) = 42.6\text{m}^3/\text{h}$,经计算此时每米管中水头损失为0.008m,因PY₁₅灌溉一片面积,在使用PY₃₀时已进入中部,此时坡度为8%,所以可得PY₃₀工作区距PY₁₅起点的距离

$$L_2 = \frac{36 - 24}{0.08 - 0.008} = 170 \text{ (m)}$$

(4) 划出压力分区范围

由上面计算可知,在0~145m,水压不足,应采用水泵增压解决;在145~315m,使用PY₁₅喷头;315m以下,使用PY₃₀喷头。

实际上PY₃₀的区域尚可扩大,因上部较陡,在145至180m一段内的地形高差大于本例使用8%计算所得之数值,但本例主要为了说明设计步骤,所以在PY₃₀区域的计算中,使用了中部的坡度

(四) 减压设施

当自压喷灌系统输水或配水管道很长,沿管线的地形坡度又很陡时,管内的压力水头愈往下愈大,往往超过管道本身的承压能力,这时必须采取减压措施以保证安全。

国内目前采用比较广泛的方法是设池减压。根据配水方式的不同,分为减压续灌和减压轮灌两种措施。

1. 减压续灌

由水源直接和通过减压池同时向各小区供水,如图10-17。在水源位置和管系布置确定

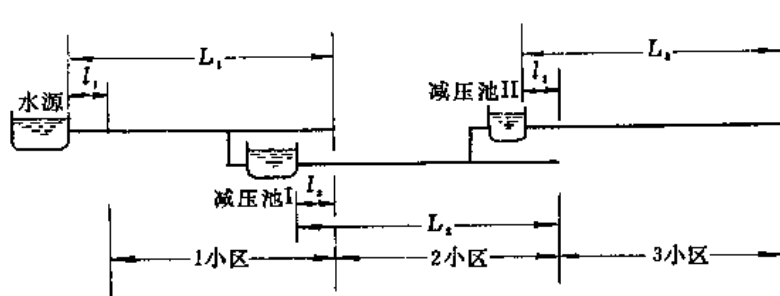


图 10-17 减压续灌示意图

之后,即可根据管道的允许压力、支管入口压力及地形条件,确定各小区的范围和减压池的位置。

设第1小区的上边界高程为 Z_{1a} ,下边界高程为 Z_{1b} ,则

$$Z_{1a} = Z_0 - H_{t_1} - h_{w_1} \quad (10-23)$$

式中 Z_0 ——水源设计水位 (m);

H_{t_1} ——第1小区要求的支管入口压力水头 (m);

h_{w_1} ——干管在水源到第一小区上边界管段内的水头损失 (m)。

为充分利用自然水头,减少进入灌区之前的输水压力损失,同时又避免过份地增大管径,根据实践经验,本段管道损失水头以控制在支管入口压力的5~15%为宜,这样式(10-23)可改写为

$$Z_{1a} = Z_0 - (1.05 \sim 1.15) H_{t_1} \quad (10-24)$$

设进入第1小区前的平均地面坡度为 i_{t_1} ,则进入第1小区前干管段的长度为

$$l_1 = \frac{Z_0 - Z_{1a}}{i_{t_1}} \quad (10-25)$$

设管道的允许压力水头为 $[H_1]$,则第1小区下边界高程为

$$Z_{1b} = Z_0 - [H_1] \quad (10-26)$$

根据水源至第1小区末干管沿线的平均地面坡度 i_{t_1} ,可求得第1干管总长

$$L_1 = \frac{[H_1]}{i_{t_1}} \quad (10-27)$$

同理可求得以下各小区边界高程、干管长和减压池位置。

2. 减压轮灌

减压轮灌时,减压池位置和小区边界的确定与续灌时相同。减压轮灌的运行顺序如下(图10-18):

(1) 小区喷灌: 关闭闸阀 b_1 、 c_1 、 d_1 , 开启闸阀 a_1 , 由水源池直接向1小区供水喷灌。

(2) 小区喷灌: 关闭 a_1 、 b_2 、 c_2 、 d_2 , 开启 b_1 、 c_1 、 d_1 、 a_2 , 水流自水源经由减压池I输至2小区喷灌。

(3) 小区喷灌: 关闭 a_1 、 a_2 , 开启 b_1 、 c_1 、 d_1 、 b_2 、 c_2 、 d_2 , 水历经减压池I和II输至3小区喷灌。

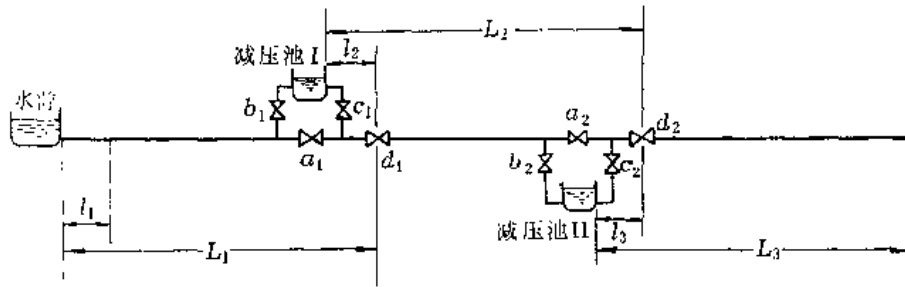


图 10-18 减压轮灌示意图

(五) 管道设计

1. 管系的配水方式

在自压喷灌系统中，支管一般都是轮灌，而配水管则为续灌。当只有一个压力区、控制面积又比较小时，可以将支管集中轮灌；有两个或两个以上压力区时，应将其再分为几个作业区，支管则在各作业区同时轮灌。作业区的划分应满足以下要求：

- (1) 作业区的范围在同一压力区内。
- (2) 同一压力区内的各作业区面积大致相等。
- (3) 作业区的划分避免和作物种植产生矛盾。
- (4) 作业区内的支管、喷头等设备的规格和性能相同。

2. 管道的设计压力

(1) 设计压力：管道按设计要求运行时的工作压力。设计压力根据喷头工作压力和管道水头损失求出，是指导系统运行的工作压力。

(2) 最大设计压力：管系已充满水，但喷头尚未开启时的静水压力。最大设计压力用来选择管材和进行小区减压计算。

(3) 校核压力：开关阀门时产生的水锤压力。用以校核管道在产生水锤时是否安全。

3. 管径选择和水力计算

自压喷灌系统各级管道的管径选择，除支管外均与机压系统有区别，而在自压喷灌系统中，同为顺坡向下铺设的管道，输水管和配水管的管径选择也不一样。管道的水力计算均使用第七章中公式，但自压喷灌系统的水力计算需要结合减压区、压力区和作业区的划分进行。

(1) 输水主干管的管径选择。输水主干管的管径选择，原则是在满足管末压力要求的前提下使其设备亩投资最小。由式 (10-20)，将其中管道单价表示成管内径的指数函数即 $Y_a = aD^b$ 的形式，则其经济管径为

$$D = \left[\left(1 + \frac{b}{\beta} \right) \frac{\sqrt{1+I^2}}{I} Q^m \right]^{\frac{1}{b}} \quad (10-28)$$

或

$$D = K_D \left[\frac{\sqrt{1+I^2}}{I} Q^m \right]^{\frac{1}{b}} \quad (10-29)$$

式中 D ——输水主干管的经济管径（内径）（mm）；
 I ——地面坡度；
 K_D, f, b, m ——系数和指数；
 Q ——管内通过的流量（ m^3/h ）。

由于各种管道水头损失计算公式中的管径指数 b 值均在 5 左右，其倒数值在 0.2 左右，因此当地面坡度不大于 0.3（30%）时，式（10-29）可化简为

$$D = K_D \left(\frac{Q^m}{I} \right)^{\frac{1}{b}} \quad (10-30)$$

现将常用的三种管材的 $K_D, m, 1/b$ 和 m/b 值列入表 10-7，其适用的管道规格与表 10-6 相同。

表 10-7

管 材	K_D	m	$1/b$	m/b
钢筋混凝土管	20	2	0.19	0.38
铸 铁 管	19.2	1.9	0.2	0.37
硬聚氯乙烯管	11.6	1.77	0.21	0.37

当管道单价与第三章表列价不同时，由于铸铁管和硬聚氯乙烯管均以重量计价，价格的变化对各种管径是同一规律，所以 $Y_d = aD^\beta$ 中的 β 值不变， K_D 也不变，仍可使用式（10-29）或式（10-30）；对于钢筋混凝土管（包括钢丝网水泥管），因其壁厚主要由构造确定，单位管长价格基本上与管径成正比，也就是 $\beta \approx 1$ ，所以 K_D 也不变或变化甚微，即使以 $\beta = 1$ 代入式（10-28）求 D ，其计算误差也不到 1%，因此也仍用式（10-29）或式（10-30）计算经济管径。

算出经济管径后，需要向相邻的规格内径调整，由于相邻的规格内径有大小两种，所以应分别计算两种管径下的设备亩投资，选设备亩投资小的那种管径，作为输水主干管的管径。计算设备亩投资仍用式（10-20），其中 qA 项直接用 Q 代入。

【例 10-8】某自压喷灌工程的输水主干管选用钢丝网水泥压力管，已知设计流量为 $96m^3/h$ ，地面坡度为 10%，主干管控制面积为 320 亩，下级管道入口要求提供的工作压力为 350 kPa，试选择其管径并计算所需管长。

解：由表 10-7 查得 $K_D = 20, m = 2, 1/b = 0.19$ ，因 $I = 10\% = 0.1 < 0.3$ ，所以用式（10-30）求管径，计算得

$$D = 20 \times (96^2 / 0.1)^{0.19} = 175.5 \text{ (mm)}$$

规格管径相邻的有 $D = 150\text{mm}$ 与 $D = 200\text{mm}$ 两种，现分别计算其设备亩投资进行比较。由第三章查得 800 kPa 级管价，当 $D = 150\text{mm}$ 时 $Y_d = 15.3$ 元/m， $D = 200\text{mm}$ 时 $Y_d = 19.7$ 元/m，由式（10-17）与式（10-19）计算得

当 $D = 150\text{mm}$ 时

$$L = \frac{35}{\frac{0.1}{\sqrt{1+0.1^2}} - \frac{1.312 \times 10^6 \times 96^2}{150^{5.33}}} = 507 \text{ (m)}$$

$$S = \frac{15.3 \times 507}{320} = 24.2 \text{ (元/亩)}$$

当 $D = 200\text{mm}$ 时

$$L = \frac{35}{\frac{0.1}{\sqrt{1+0.1^2}} \cdot \frac{1.312 \times 10^6 \times 96^2}{200^{5.33}}} = 376.6 \text{ (m)}$$

$$S = \frac{19.7 \times 376.6}{320} = 23.2 \text{ (元/亩)}$$

比较结果, 选用 $D = 200\text{mm}$ 的钢丝网水泥管。由于管长为 376.6m , 地形高差只有 37.7m , 管内最大设计压力不超过 400kPa , 所以可改选 400kPa 级的管道, 这时 $Y_d = 16.3\text{元/m}$ 、 $S = 19.2\text{ (元/亩)}$ 。

上述经济管径公式适用于管长可变的情况, 例如水源位置及高程可选择的情况、灌区上边界可调整的情况等。如果水源位置已定, 灌区边界也不能变更, 则输水主干管的长度即为确定值, 这时不能再用经济管径方法选择管径, 而应根据已知的管长及其他已知数据, 选定管材后代入式 (10-17), 解出管径 D , 再向较大的规格管径调整。或者分取较大较小两种规格管径, 将主干管分两段, 一段用较大规格管径, 另一段用较小规格管径, 以使设备亩投资尽量减小。

【例 10-9】 同上例, 但管长已确定为 366m , 试选择管径。

解: 因管长已知, 应使用式 (10-17) 求 D , 此时 $L = 366\text{m}$ 、 $H_M = 35\text{m}$ 、 $I = 0.1$ 、 $f = 1.312 \times 10^6$ 、 $Q = 96\text{m}^3/\text{h}$

$$366 = \frac{35}{\frac{0.1}{\sqrt{1+0.1^2}} \cdot \frac{1.312 \times 10^6 \times 96^2}{D^{5.33}}}$$

$$D^{5.33} = 3.346 \times 10^{12}$$

$$D = 220.86 \text{ (mm)}$$

取规格管径 $D = 250\text{mm}$, 因静水头为 $IL = 36.5\text{m}$ 不到 40m , 选用工作压力为 400kPa 的管子即可, 此时 $Y_d = 20.3\text{元/m}$, 设备亩投资为

$$S = \frac{20.3 \times 366}{320} = 23.2 \text{ (元/亩)}$$

如取两种管径组合, $D_1 = 200\text{mm}$, $Y_{d1} = 16.3\text{元/m}$; $D_2 = 250\text{mm}$, $Y_{d2} = 20.3\text{元/亩}$ 。对第 1 管段, 有 $\frac{I}{\sqrt{1+I^2}} L_1 - h_{f1} = H_M$ 及 $h_{f1} = f L_1 Q^m / D_1^b$; 对第 2 管段有 $\frac{I}{\sqrt{1+I^2}} L_2 - h_{f2} = H_M - H_{M1}$ 及 $h_{f2} = f L_2 Q^m /$

D_2^b 。又因 $L_1 + L_2 = L$, 所以将各已知数据代入, 可得

$$L_1 = 149.9\text{m} \quad L_2 = 216.1\text{m}$$

取 $L_1 = 150\text{m}$, $L_2 = 216\text{m}$, 则设备亩投资为

$$S = \frac{16.3 \times 150}{320} + \frac{20.3 \times 216}{320} = 21.3 \text{ (元/亩)}$$

为了尽量降低投资, 最后确定主干管分两段, 一段长 150m , 管径为 200mm ; 另一段长 216m , 管径为 250mm 。

(2) 顺坡配水干管 (或分干管) 的管径选择。配水管要保证下一级管道的入口压力, 所以对顺坡管来说, 既需利用地形落差抵偿水头损失, 不使上级管道增加压力水头, 又不要使下面的管道入口压力增高, 因此最好的办法是使水力坡降与地面坡度相等, 此时其管径即为经济管径。用公式表示为

$$D = \left(f \frac{Q^m}{I} \right)^{\frac{1}{b}} \quad (10-31)$$

式中 D ——自压系统顺坡配水管的经济管径 (内径) (mm);

其余符号同前。

计算所得的管径亦应向规格管径调整。

(3) 配水管沿等高线布置时的管径选择。这种管道多为典型四级管道中的第二级，其上为输水主干管。本级管道在一定流量下，若管径大，本级设备亩投资就大，但要求主干管末端的压力就小；反之，本级设备亩投资就小，但要求主干管末端的压力大。所以这一级管径选择应该与输水主干管一并考虑，目前习惯的做法是选择不同管径组合进行方案比较。也常遇到输水主干管末端压力受条件限制不能变动的情况，这时，相当于配水管首末压力差已知，因此可以据此反求管径。

三、机压喷灌系统设计要点

山区机压喷灌系统设计的内容、步骤和方法，与平原区基本一样，但山区的机压系统多了提水这项内容，所以管道系统的布置需要补充几种形式。

(一) 单级提水加压

适用于地形高差不大、面积较小的坡地或局部高地。管系一般由干管、支管两级组成，泵站布置在水源处，一次提水同时加压向干管供水。

(二) 分级提水加压

对于地形高差大，且超过管道承压能力的坡地或台地，应将管系分区布置，划分的依据是高程和灌溉面积，如图10-19。由图上可看出，水源泵站只起提水作用，一区、二区扬

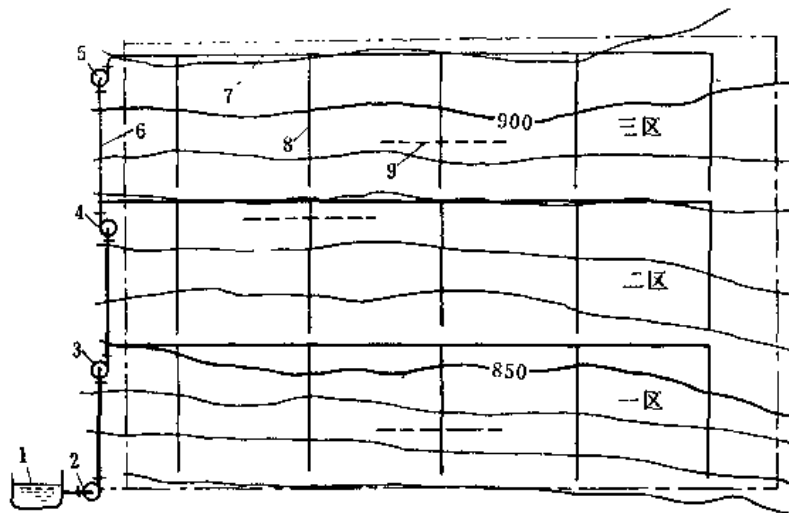


图 10-19 分级提水加压布置图

1—蓄水池；2—水源泵站；3—一区扬水站；4—二区扬水站；
5—三区扬水站；6—主干管；7—干管；8—分干管；9—支管

水站一方面需给本站的干管加压供水，同时还要向上面一级扬水站提水，而最后一区，也就是最上面的扬水站，则只对本区干管加压供水。对于兼顾提水和加压的扬水站，可以分泵各自专用；在提水高度和干管所需水头相近时亦可由同一水泵兼顾，但此时只能各区轮灌。

(三) 分区提水加压

对于面积较大地形复杂的山脊河谷地，集中一处建站往往很不经济，这时宜分成几个独立的系统。这些独立系统的管系和泵站布置，可根据实际情况采用上述第一或第二种布置方式。

(四) 利用自然水头补充增压

适用于自压喷灌区以上的灌面，其特点是水泵只需补充增压。这时常与自压系统共用一根干管，泵站设在水源下方或输水管侧，系统的布置与自压区一并考虑。

机压、自压结合的喷灌系统是山区常见的形式，其管道系统的布置比较复杂，但可充分利用自然水头，扩大喷灌面积，效益是明显的。图10-20是这种系统布置的一个实例。

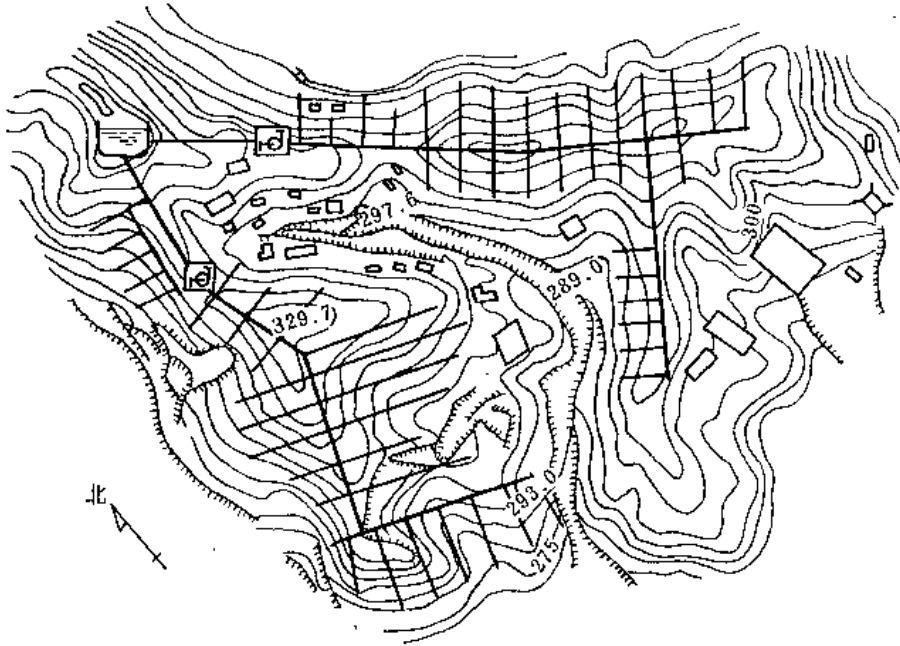


图 10 20 机压自压结合的喷灌系统管道布置图

四、提水蓄能式喷灌系统设计要点

与一般提蓄式机压喷灌系统不同，提水蓄能式是提水高蓄，依靠蓄水池的高度来满足喷灌压力要求，因此其系统设计相当于一个扬水站设计和一个自压喷灌系统设计的结合，扬水站的出水池就是自压喷灌系统的蓄水池。

由于提水高蓄，使提水蓄能式喷灌系统较一般提蓄式机压系统，要多铺设一段从高位蓄水池到灌区的管道，水流在其间多了一次往返，要额外损失一部分水头，设备投资和运行费用都要增加，所以并不经济。一般只有在喷灌季节供电没有保证，或是系统的输水管道翻山越岭自上方进入灌区时才采用提水蓄能式喷灌系统。因为在第一种情况下，不蓄能便无法正常喷灌；而在第二种情况下，输水管道并不增加长度，不会造成水流的徒劳往返，在蓄水池下面的管道系统，工作状态与自压喷灌相同，反而比自下而上的机压系统有利。

第七节 设计示例

某水库下游沿河土地约500亩,原为料场,水库建成后,管理部门开展多种经营,种植经济作物,由于土壤透水性较强,降雨分配不均,产量低而不稳,因此计划采用喷灌方法进行灌溉,经勘测、规划后,确定兴建半固定管道式喷灌工程,投资按低利率3%计息。

一、基本资料

(一) 地形

实测1:2000地形图。

(二) 土壤

含砾的砂壤土,土层厚度不小于1m,土壤容重为 1.45g/cm^3 。

(三) 作物

花生。邻县试验站有8年花生大田喷灌试验资料,因自然条件基本相同,有较高参考价值,所以摘录如下:

1. 水文年

8年中湿润年占2年,平水年占2年,干旱年占4年。

2. 与灌溉制度有关的参数

花生在各生育期的日需水量、适宜计划湿润层深度和适宜土壤含水量列于表10-8。

3. 灌溉定额与增产效益

8年灌与不灌的单产,喷灌的灌溉定额和灌水次数,按干旱年、平水年、湿润年的顺序排列入表10-9。

表 10-8

生育期	日需水量 E_p (mm/d)	计划湿润层深度 H (cm)	适宜土壤含水量 β (占田间持水量的%)
苗期	0.8~2.1	20	60~70
花针期	3.5~4.7	30~40	55~75
结荚期	4.2~6.2	30~40	65~85
饱果期	2.1~4.3	20~30	70~80

表 10-9

水文年	干旱年				平水年		湿润年	
	1	2	3	4	5	6	7	8
不灌单产 (kg/亩)	192.3	222.3	258.9	262.5	320.4	327.5	264.4	343.0
喷灌单产 (kg/亩)	389.5	388.2	380.1	350.8	348.8	368.8	298.5	364.6
灌水次数	6	6	5	6	4	3	3	1
灌溉定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$)	13.5	13.5	11.5	13.5	9.0	7.0	6.5	2.0

(四) 水源

灌区南部为水库下游河道,灌溉季节,水库可按 $1\text{m}^3\text{s}^{-1}$ /万亩的流量给灌区供水,供水时在水库管理处南的河水位为79.0m,汛期洪水位为81.5m。

(五) 气象

据当地气象站36年资料,多年平均降水量为652mm,降水主要集中在6、7、8三个月,年际变化甚大,年内分配亦不均匀;多年平均水面蒸发量为1513mm;最大冻土层深度为0.5m;灌溉季节日间风速在1.5~3.2m/s间,多年平均值为2.7m/s,风向基本上是西南和南东南两种情况,喷灌在整个白天进行,夜间不作业。

(六) 动力

供电有保证。水库施工时有一台变压器供料场和工程指挥部办公及生活用电,水库建成后,这台变压器仅供管理处办公及照明用电,容量颇有余裕,可以承担灌溉负荷,但如喷灌系统配套动力功率超过50kW,则需考虑增容及另备专用变压器。电费统一由管理处支出,为0.15元/kW·h。

(七) 交通

灌区附近有公路干线,公路支线则贯穿灌区南北,灌区到附近火车站约20km,外地设备由铁路转运也较方便。

(八) 其它

水库有土建工程施工及输配电工程安装的技术队伍。喷灌系统的设计、设备购置和安装均委托喷灌工程公司进行。

二、设计内容

根据基本资料及水库管理部门的条件,确定设计内容范围如下:

(一) 管道系统

各级管道布置,管材选择,管径、管长及连接方式的设计,控制设备的选择,喷洒器的选型及工作参数的确定等。

(二) 加压泵站

水泵选型,水泵工作范围的确定,水泵安装高程的计算,配套动力的选择等。

(三) 水源工程

水量平衡计算,确定是否需要建设蓄水工程等,如需修建工程,应进行规划和结构设计。

(四) 运行方案

轮灌编组、工作制度的确定,不同灌水定额情况下的运行参数等。

(五) 设备投资预算及经济分析

包括喷灌系统设备明细和投资预算,土建工程投资估算,运行费用计算等。经济分析要求用动态法,计算效益费用比和还本年限。

三、灌水定额和灌水周期的拟定

(一) 设计灌水定额

灌水定额按公式计算,参考邻县试验资料确定计划湿润层深度 $h = 40\text{cm}$;土壤含水量

上下限按田间持水量的85%与65%设计,由第一章查得容重为 1.45g/cm^3 的砂壤土,其田间持水量为22(重量%),因风速低于 3.4m/s ,喷洒水利用系数取 $\eta=0.85$,则灌水定额为

$$m = 0.1 \times 1.45 \times 40 \times (0.85 - 0.65) \times 22 \times \frac{1}{0.85} = 30 \text{ (mm)}$$

(二) 设计灌水周期

花生灌水临界期为结荚期,由第一章得知山东花生在灌水临界期的日需水量平均为 $4.8\sim 5.2\text{mm/d}$,而邻县试验结果日需水量为 $4.2\sim 6.2\text{mm/d}$,现取 $E_p=5.2\text{mm/d}$ 计算,则灌水周期为

$$T = \frac{30 \times 0.85}{5.2} = 4.9 \text{ (d)}$$

取灌水周期为5天。

四、确定管系总体布置

灌区地势南低北高,公路贯穿南北将其分为东西两块,因此宜分两区布置,尽量减少管线穿越公路。按东西两块面积之比约为2:3,可大致将西块分为3个小区,东块分为2个小区,每个小区面积约为100亩,在灌水周期的5天内,各小区内部可进行单支管轮灌。现考虑两种布置方案,如图10-21。图中实线表示第一方案,虚线表示第二方案,点划线为地块边界。

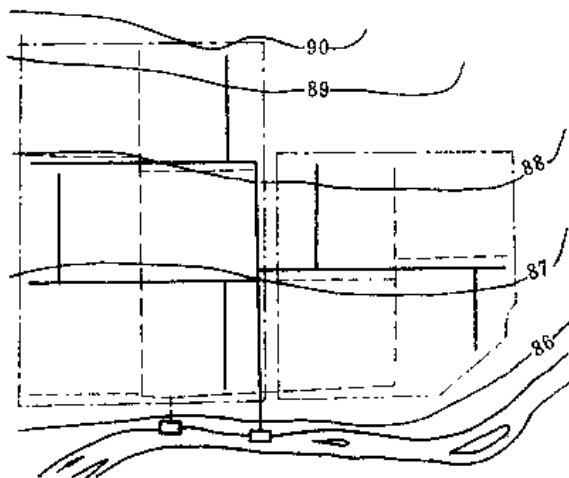


图 10-21 两种管系总体布置方案

第一方案的优点是配水分干管东西向布置,不受地形坡度影响,各支管入口压力比较均衡,干管和输水主干管串联,因此实际上只有三级管道,干管的长度也比较短。第二方案的优点是支管沿等高线布置,无逆坡支管,

输水管虽有两级,但干管已分流,管径可减小,输水配水管道的总长度也较短。对两个方案的输配水管道进行经济比较如表10-10(管材为800kPa级钢丝网水泥管,流量和管径按控制面积估算)。

从表10-10可看出,第二方案输配水管道亩投资较低,而支管又无逆坡情况,也不比第一方案投资大,因此确定采用第二方案。

五、选择喷头,确定组合间距

因系小区的轮灌,采用单支管的运行方式,如有特殊情况,则另行处理。

(一) 确定控制喷灌质量的参数

由第一章查得砂壤土的允许喷灌强度为 $[\rho] = 15 \text{ mm/h}$ ，因平均坡度小于5%不用折减。风向多为西南、南东南，相当于与支管成 45° 和 67.5° ，由表10-3当风速为 2.7 m/s 时选 $K_a = 0.9$ 、 $K_b = 1.2$ ，因风向夹角为 $45^\circ \sim 67.5^\circ$ ，调整为

$$K_a = 1.0$$

$$K_b = 1.1$$

考虑到本例中最不利情况为风向夹角为 45° 的情况。由表10-2查得公式计算风系数

$$K_w(0^\circ) = 1.12 \times 2.7^{0.302} = 1.51$$

$$K_w(90^\circ) = 1.08 \times 2.7^{0.194} = 1.31$$

则

$$K_w(45^\circ) = (1.51 + 1.31) / 2 = 1.41$$

当 $K_a = 1$ ，由图10-8查得间距系数 $C_p = 1.64$

将 C_p 、 K_w 、 $[\rho]$ 代入式 (10-7)

$$\rho_{s, \max} = \frac{15}{1.41 \times 1.64} = 4.91 \text{ (mm/h)}$$

表 10-10

流 量 (m^3/h)	管 径 (mm)	第 一 方 案			第 二 方 案		
		管长 (m)	单价 (元/m)	复价 (元)	管长 (m)	单价 (元/m)	复价 (元)
30	100	810	10	8100	350	10	3500
60	150	380	15.3	5814	720	15.3	11016
90	200	20	19.7	394	225	19.7	4432.5
150	250	230	25.7	5911	10	25.7	1028
合 计 (元)		20519			20076.5		
亩投资 (元/亩)		41.04			40.15		

(二) 选择喷头及其参数

查表1-19，花生属经济作物，雾化指标不应低于3000~4000，考虑到在花针期需要喷灌，以取其上限较妥。

由第二章喷头性能表，选PY₁20喷头，工作压力 $p = 300 \text{ kPa}$ ，嘴径 $d = 7 \text{ mm}$ ，此时流量 $q = 2.96 \text{ m}^3/\text{h}$ ，射程 $R = 19 \text{ m}$ ， $\rho_s = 2.63 \text{ mm/h}$ 。选择本组参数主要考虑两个因素，一是 ρ_s 较小，为了应付可能出现的相邻两支管同时喷洒的情况；另一是按布置方案，支管流量约在 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右，按喷头流量 $q = 2.96 \text{ m}^3/\text{h}$ ，正好是10个喷头，管长也大致适宜。选择这一组参数时

$$h_p/d = 100 \times 300/7 = 4286 > 4000$$

$$\rho_s = 2.63 < 4.39 \text{ (mm/h)}$$

故雾化程度和设计喷灌强度均满足要求。

(三) 确定组合间距

根据所定的 K_a 和 K_b ，现已知 $R = 19 \text{ m}$ ，则

$$a = 1.0 \times 19 = 19 \text{ (m)}$$

$$b = 1.1 \times 19 = 20.9 \text{ (m)}$$

移动铝管的节长为 4、5、6 m 三种，如选用 3 节 6 m 管则 $a = 18\text{ m}$ ，如用 4 节 5 m 管则 $a = 20\text{ m}$ ，显然 5 m 管在两喷头间要多用一对接头，因此选 $a = 18\text{ m}$ ；钢丝网水泥管等节长均为 3 m，支管间距可用 18 m 或 21 m，考虑到风向为西南时，理应取 $a = b$ ，所以初定用 18 m，但钢丝网水泥管等其三通系另外配置的管件，不象铝管那样就在 6 m 管上带有竖管座，所以应在两支管间加上三通的长度，查第三章的管件规格，当干管管径为 150~200 mm 时，三通长为 266 mm，因此选 $b = 18 + 0.27 \approx 18.3(\text{ m})$ 。此时 $K'_a = 18/19 = 0.947$ ， $K'_b = 18.3/19 = 0.963$ ，均小于原选定值，所以均匀度亦能符合要求。

最后确定 $a = 18\text{ m}$ ， $b = 18.3\text{ m}$ ；喷头用 PY₁20 型，工作参数 $P = 300\text{ kPa}$ ， $d = 7\text{ mm}$ ；性能参数 $q = 2.96\text{ m}^3/\text{h}$ ， $R = 19\text{ m}$ 。

六、拟定喷灌工作制度

(一) 确定喷头工作及支管位置

先绘出草图，如图 10-22，在西、东两区中间标出一、二干管位置，再由北边界开始，

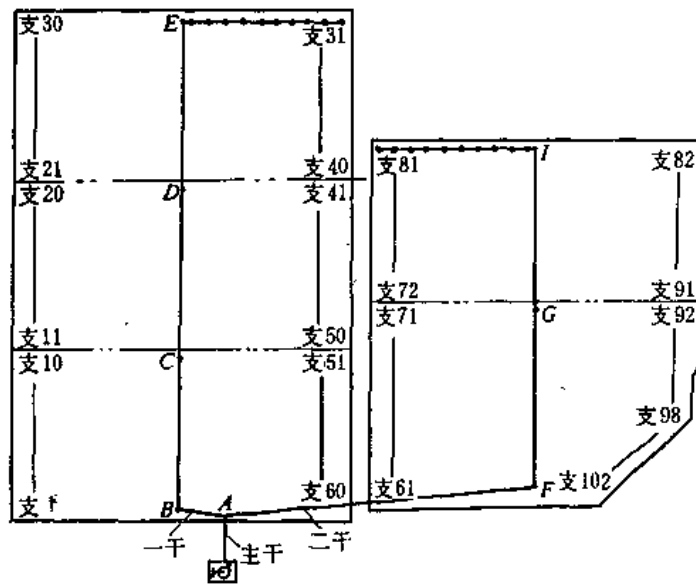


图 10-22 喷灌系统平面布置示意图

间隔 9 m 布置第一条支管，以后每隔 18.3 m 布置一条，一、二干两侧均如此处理；再由每条支管入口后 9 m 处布置喷头工作点，再沿支管每隔 18 m 布置一个工作点，最后将支管编号，整个灌区有 102 个支管工作的位置，有 999 个喷头工作点。

(二) 计算喷头在工作点上喷洒的时间

$$t = \frac{18 \times 18.3 \times 30}{1000 \times 2.96} = 3.34 (\text{ h})$$

即喷头在工作点上喷洒时间为3.34 h, 相当于3小时20分。

(三) 计算支管每天可喷洒的工作位置数

为充分利用每天可能的喷灌时间, 也避免在刚喷灌过的湿地上拆装支管, 确定配置两套备用移动支管, 因此支管的拆装不占用喷洒作业时间。根据基本资料提供的情况, 喷灌不在夜间作业, 白天则有14 h可以工作, 所以

$$n = \frac{14}{3.34} = 4.19$$

取 $n = 4$, 即支管每天可喷洒4个位置, 由布置示意图知, 相应地喷头每天可喷40个工作点。

(四) 计算每次同时喷洒的支管数

由于灌区布置的支管位置数总共有102条, 东区南部四条支管最短, 可合并为两次喷洒, 因其喷头数为11个, 接近10个, 所以影响整个系统流量的幅度甚小, 这样即可用100个支管位置进行计算, 此时

$$n_1 = \frac{N}{nT} = \frac{100}{4 \times 5} = 5$$

即每次轮灌同时需用5条支管。

七、编制轮灌顺序、确定各级管道的设计流量

(一) 编制轮灌顺序

因每次需工作5条支管, 为分散流量、避免增大管径, 将整个灌区按一干、二干的配水部分划为5小区, 对应于BC、CD、DE和FG、GI 5个管段, 每个管段控制的支管工作位置见表10-11。

表 10-11

管道名称	管长 (m)	直接控制的支管位置		
		编号	条数	喷头工作点数
一 干	输水段 AB	45		
	配水段 BC	165	支1~10, 支51~60	20
	配水段 CD	183	支11~20, 支41~50	20
	配水段 DE	183	支21~40	20
二 干	输水段 AF	339		
	配水段 FG	183	支61~71, 支92~102	22
	配水段 GI	183	支72~91	20
主 干	输水段 OA	39.5		

由于各小区绝大多数情况下只有一条支管工作, 可互不干扰, 但每一小区的支管工作顺序组合起来之后对B、F两点的压力影响并不小, 现将比较后的较好的轮灌顺序列入表10-12。

表 10-12 支管轮灌顺序表

轮灌顺序	干						十						同时工作 的喷头数	每日喷头 工作位置数	
	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数	支管号/喷头数			
第一天	1	支1	10	支41	10	支21	10	支91	10	支71	10			50	200
	2	支2	10	支42	10	支22	10	支72	10	支92	10			50	
	3	支3	10	支43	10	支23	10	支73	10	支93	10			50	
	4	支4	10	支44	10	支24	10	支74	10	支94	10			50	
第二天	5	支5	10	支45	10	支25	10	支75	10	支95	10			50	197
	6	支6	10	支46	10	支26	10	支76	10	支96	9			49	
	7	支7	10	支47	10	支27	10	支77	10	支97	9			49	
	8	支8	10	支48	10	支28	10	支78	10	支98	9			49	
第三 天	9	支9	10	支49	10	支29	10	支79	10	支99	7	支102	4	51	202
	10	支10	10	支50	10	支30	10	支80	10	支00	6	支101	5	51	
	11	支51	10	支11	10	支31	10	支81	10	支61	10			50	
	12	支52	10	支12	10	支32	10	支82	10	支62	10			50	
第四 天	13	支53	10	支13	10	支33	10	支83	10	支63	10			50	200
	14	支54	10	支14	10	支34	10	支84	10	支64	10			50	
	15	支55	10	支15	10	支35	10	支85	10	支65	10			50	
	16	支56	10	支16	10	支36	10	支86	10	支66	10			50	
第五 天	17	支57	10	支17	10	支37	10	支87	10	支67	10			50	200
	18	支58	10	支18	10	支38	10	支88	10	支68	10			50	
	19	支59	10	支19	10	支39	10	支89	10	支69	10			50	
	20	支60	10	支20	10	支40	10	支90	10	支70	10			50	

表 10-13

管道名称	管长 (m)	设计流量 (m ³ /h)	首末端高差 $Z_{\text{末}} - Z_{\text{首}}$ (m)
— 干 DE 段	183	29.6	+1.77
— 干 CD 段	183	59.2	+1.13
— 干 BC 段	165	88.8	+0.7
— 干 AB 段	45	88.8	+0.1
二 干 GI 段	183	29.6	+1.23
二 干 FG 段	183	59.2	+1.11
二 干 AF 段	339	59.2	+0.1
三 干 OA 段	39.5	118	+1.1
支 管	171	29.6	-0.19 ~ +0.22

(二) 确定各管段的设计流量

在 BC、CD、DE 和 GI 四个区内，管道入口流量不随轮灌顺序改变。在 FG 区，轮灌序号为 6~8 时，入口流量为 19q；序号为 9、10 时，入口流量为 21q；其余为 20q。由于 FG 区大部时间均为 20q 及其以下，所以取设计流量为 20q，其余四区设计流量分别为 10q、

20 q 和30 q ，现将其连同管段长和首末端地面高差列入表10-13，为设计方便起见，将支管及主干管也一并列入。

由表10-13看出，系统流量 $Q = 148\text{m}^3/\text{h}$ 小于来水流量 $Q_0 = \frac{1}{1000} \times 493 \times 3600 = 177.48\text{m}^3/\text{h}$ ，因此不必设计蓄水调节工程。

八、管道设计及水力计算

(一) 支管设计

选用山西产薄壁铝管，每节长度为6m，每条支管28节，其中有9节带竖管座。支管与干管上的给水栓用快速接头连接，入口后一段支管选用维塑软管，长3m，因此每条支管共长171m，第一个竖管座至给水栓的距离为9m，其后每隔18m铝管有一竖管座，支管末端为第十个竖管座。在支96~支102位置时，分别从末端减去3节、9节、12节、15节和18节，其末端分别为第九、第七、第六、第五和第四个竖管座。

为方便拆卸连接，支管采用一种口径。按规范要求，支管上任意两个喷头之间的水头差应不超过喷头压力水头的20%，即 $h_w + \Delta Z < 0.2h_p$ 。由于所选用的铝管在竖管座处的局部水头损失不大，且于其后均有一部分流速水头转化为压力水头，所以式中 h_w 可用沿程水头损失 h_f 代入计算。另外，从各条支管位置处的地形来看，因基本上按等高线布置，同一支管上喷头间地形高差很小，最大水头差是在支管上首末两个喷头之间。

由第七章查得 $f = 0.861 \times 10^5$ 、 $m = 1.74$ 、 $b = 4.74$ ，又当 $m = 1.74$ ，孔口数 $N = 9$ 、 $X = 1$ 时，多口系数 $F = 0.422$ ，各支管中首末两喷头的地形高差最大值 $\Delta Z_{\max} = 0.22$ ，将这些数据代入式(10-11)

$$\frac{0.861 \times 10^5 \times (9 \times 18) \times (9 \times 2.96)^{1.74} \times 0.422}{D^{4.74}} + 0.22 < 0.2 \times 30$$

解得 $D \geq 61.77$ (mm)

选择外径为65mm、内径为62mm的铝管为移动式支管。

(二) 干管设计

干管选择浙江产钢丝网水泥压力管，节长3m，先用经济管径法初选，待进行水力计算后调整管径。参考邻县试验成果，在干早年平均灌溉定额为 $130\text{m}^3/\text{亩}$ ，折合为 $130 \times 1.5 = 195\text{m}^3$ ，干管每年工作小时数为

$$t_n = \frac{195}{30} \times 5 \times 14 = 455 \text{ (h)}$$

按动态法求经济管径，按式(10-12)及表10-5算得

$$D = 11 \times (455 \times 0.15)^{0.16} Q^{0.48} = 21.62Q^{0.48}$$

各管段的经济管径及实选管径列入表10-14。

干管配水段三通、渐缩管等均用铸铁管件；干管输水段与配水段连接处设镇墩；干管与支管连接处用专用给水栓，给水栓底座通过渐缩管与干管上三通用法兰连接，连接处设阀门井；干管与主干管连接处分别设置干管闸阀，并设阀门井。

表 10-14

管 段	AB	AF	BC	CD	DE	FG	GI
设计流量 (m ³ /h)	88.8	59.2	88.8	59.2	29.6	59.2	29.6
经济管径 (mm)	186.2	153.3	186.2	153.3	109.9	153.3	109.9
实选管径 (mm)	200	150	200	150	150	150	150

(三) 主干管设计

主干管分两段，一段为泵的出水管，长 2 m 左右，另一段 OA 与两干管连接，长为 39.5m，需过公路。前者裸露于外，选用钢管；后者仍采用钢丝网水泥压力管。主干管管径仍用经济管径法计算。

水泵出口段： $Q = 148\text{m}^3/\text{h}$ ， $t_n = 455\text{h}$ ， $D = 205.8\text{mm}$ ，实选内径待选泵后确定。

OA 段： $Q = 148\text{m}^3/\text{h}$ ， $D = 238.8\text{mm}$ ，因管短，实选内径为 200mm 的钢丝网水泥压力管。

(四) 管网水力计算

1. 支管入口压力水头

本设计中因最大水头差产生在首末端喷头间，所以应该用末端喷头入口压力作为计算基准。支管入口水头应等于末端喷头工作水头、末端喷头入口与支管入口的高程差、竖管水头损失与支管水头损失诸项之和。由于喷头入口压力按国家标准规定系指喷头实际入口下 200mm 处的测管压力，所以竖管的计算长度应为竖管高度减 0.2m。花生的植株高度可达 0.5m 以上，所以选用 $\phi 33$ 铝质竖管，其内径为 25mm，长度为 0.75m，计算长为 0.55m。

末端喷头的工作水头以设计喷头压力的 90% 计（用降低 0.1 h_p 的方法）；支管入口与末端的地形高差最大为 0.22m，因此支管入口的压力水头为

$$\begin{aligned}
 H_I &= 0.9 \times 30 + 0.55 + 0.22 + \frac{0.861 \times 10^5 \times 0.55 \times 2.96^{1.74}}{25^{4.74}} \\
 &\quad + \frac{0.861 \times 10^5 \times 168 \times 29.6^{1.74}}{62^{4.74}} \times 0.375 \\
 &\quad + \frac{0.948 \times 10^5 \times 3 \times 29.6^{1.77}}{63^{4.77}} = 34.43 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

即支管入口压力水头需保证有 34.43 (m)。

2. 管道水头损失计算公式

从水泵出口到最后根支管入口的水头损失即为管网的水头损失，它在各轮灌顺序号时是不相同的，需一一计算，现仍按沿程水头损失和局部水头损失分别计算。

(1) 沿程水头损失

钢丝网水泥压力管按下式计算：

$$h_f = \frac{1.312 \times 10^6 L Q^2}{D^{5.33}}$$

铸铁管按下式计算：

$$h_f = \frac{0.625 \times 10^6 \cdot L \cdot Q^{1.9}}{D^{5.1}}$$

(2) 局部水头损失

局部水头损失均用下式计算

$$h_j = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

因设计流量单位为 m^3/h ，管径单位为 mm ，为便于计算，将其化为下式：

$$h_j = 6375.5 \zeta \frac{Q^2}{d^5}$$

管系中各局部损失系数列入表 10-15。

3. 干管配水段入口压力水头

(1) 一干配水段入口压力水头 H_B

一干管配水段入口在 B 点，其压力水头 H_B 是 DE 段支管的入口压力水头 H_I 加上此入口到 B 点的水头损失 h_w ，如果 DE 段支管入口高于 B 点，则再加上两者的高程差，反之减去高程差。由于在各轮灌序号 DE 段支管的位置不一样， CD 、 BC 段的支管位置也不同，因此高程差和水头损失均不相同，需要逐一计算，计算结果列入表 10-16。在计算中， DE 段支管入口水头 $H_I = 34.43\text{m}$ ，是最大值，由于最小值为 34.02m ，相差极微，为安全计，一律使用最大值计算，由此引起的喷头流量误差不足 0.1% 。

(2) 二干配水段入口压力水头 H_F

二干管配水段入口在 F 点，其压力水头 H_F 的计算方法与一干管配水段相同。为便于比较，计算结果也列入表 10-16。

4. 干管入口压力水头

系统的一、二干管入口均在 A 点，两干管在 A 后分别设有控制闸阀，因此 A 处所需的压力水头，可由一干和二干分别算出，即 H_{A1} 、 H_{A2} ，按表 10-14 中初选的管径、不同轮灌顺序时的流量和管长，分别计算输水段中的水头损失，加上 H_B 或 H_F ，得 $H_{A1} = 40.12 \sim 41.34\text{m}$ ， $H_{A2} = 42.17 \sim 43.3\text{m}$ 。此时 H_A 应该采用大值 H_{A2} 计算，而在一干则需要阀门削减这部分多余水头，这不够合理。改善的方法可以采用减小 AB 段管径，使投资降低，也减小了一干的多余水头，使 H_{A1} 接近 H_{A2} ；也可以采用增大 AF 段管径，减小 AF 段的水头损失，使 H_{A2} 接近 H_{A1} ，此时运行费用降低，但投资增加。两方案比较的结果列入表 10-17。

表列数据是按年运行 315h 计算，是用的平均值，相当于灌溉定额为 $90\text{m}^3/\text{亩}$ ，如用干旱年计算，则年费用增量对改变 AF 段管径方案来说，可下降至 -35.7 元，显见此方案较好。

最后确定将输水管 AF 前 198m (66×3) 改用 $D = 200\text{mm}$ 管径，后段不变，此时 $H_{A2} = 40.54 \sim 41.31\text{m}$ ， H_A 取定为 H_{A1} 的最大值 41.34m 。

5. 主干管入口压力水头

主干管入口接水泵出口，其所需压力水头为 $H_M = H_A + \Delta Z + \Sigma h_f + \Sigma h_j$ ，设水泵安装高程为 $Z_P = 82.5\text{m}$ ，因 A 处高程 $Z_A = 86.1\text{m}$ ， $\Delta Z = 3.6\text{m}$ ，算至泵轴，又计算得由 A 至泵出口的沿程水头损失为 $\Sigma h_f = 0.64\text{m}$ ，局部水头损失为 $\Sigma h_j = 0.89\text{m}$ ，因此

表 10-15 局部损失系数表

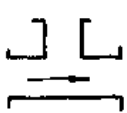

名 称	三通				闸 阀 (全开)	给 水 栓 (全开)	渐 缩 管 渐 放 管	弯 头	
								90°	45°
ξ	0.1	0.5~0.8	1.5	1.5	0.1	2	0.1 0.25	0.5	0.2

表 10-16

轮灌顺序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
管 段	一 千 配 水 段																			
入口流量 Q_n (m ³ /h)	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8
支管口水头 H_i (m)	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43
Σh_f (m)	2.58	2.53	2.48	2.43	2.39	2.34	2.29	2.24	2.19	2.14	2.14	2.19	2.24	2.29	2.34	2.39	2.43	2.48	2.53	2.58
Σh_j (m)	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93
高 程 差 ΔZ (m)	1.93	2.07	2.21	2.35	2.49	2.63	2.78	2.9	3.3	3.6	3.6	3.3	2.9	2.78	2.63	2.49	2.35	2.21	2.07	1.93
入 口 水 头 H_n (m)	39.87	39.96	40.05	40.14	40.23	40.32	40.42	40.49	40.84	41.09	41.09	40.84	40.49	40.42	40.32	40.23	40.14	40.05	39.96	39.87
管 段	二 千 配 水 段																			
入口流量 Q_p (m ³ /h)	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	56.24	56.24	56.24	62.16	62.16	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2	59.2
支管口水头 H_i (m)	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43	34.43
Σh_f (m)	2.17	2.17	2.07	1.96	1.86	1.63	1.54	1.46	1.26	1.41	1.06	1.22	1.32	1.43	1.54	1.64	1.75	1.86	1.96	2.07
Σh_j (m)	0.89	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.91	0.91	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.89
高 程 差 ΔZ (m)	1.25	1.25	1.36	1.47	1.58	1.69	1.78	1.92	2.07	2.22	2.37	2.37	2.22	2.07	1.92	1.78	1.69	1.58	1.47	1.36
入 口 水 头 H_p (m)	38.74	38.74	38.75	38.74	38.75	38.63	38.63	38.68	38.67	38.97	38.73	38.89	38.84	38.8	38.76	38.73	38.75	38.75	38.74	38.75

表 10-17

项 目	方 案	A B 改用 150mm管径	A F前198m改用200 mm管径
	干管输水段年折旧费增量 (元)		8.5
年运行费增量 (元)		0	- 51.5
合计年费用增量 (元)		8.5	- 13.8

$$H_M = 41.34 + 3.6 + 0.64 + 0.89 = 46.47 \text{ (m)}$$

九、水泵与动力机选配

(一) 设计扬程和设计流量

水泵设计扬程为

$$H = H_M + \Sigma h_{f1} + \Sigma h_{j1} + \Delta Z_1$$

式中 H_M ——主干管入口压力水头 (m)；

Σh_{f1} ——水泵吸水管路的沿程水头损失之和 (m)；

Σh_{j1} ——水源至主干管入口所有局部水头损失之和 (m)；

ΔZ_1 ——水泵安装高程与水源水位之高差 (m)。

由于水泵型号尚未选定，根据 $H_M + \Delta Z_1$ 的数值和系统流量，基本上可以确定在 100mm 150mm 口径之间选择，所以按此两种口径分别计算设计扬程。泵站位于管理处下游，水源水位为 78.9m，则扬程为

水泵口径为 100mm 时：

$$H = 46.47 + 0.52 + 1.44 + 3.6 = 52.03 \text{ (m)}$$

水泵口径为 150mm 时：

$$H = 46.47 + 0.25 + 1.15 + 3.6 = 51.47 \text{ (m)}$$

水泵设计流量为设计扬程情况下的对应流量：

$$Q = 51 \times 2.96 = 150.96 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

(二) 水泵及动力机的选配

根据设计流量和设计扬程选择两台 4BP50 型喷灌用离心泵，其性能如表 10-18 所示。

表 10-18

型 号	流 量 Q (m^3/h)	扬 程 H (m)	转 速 n (r/min)	功 率 (kW)		效 率 η (%)	允许吸上直 空高度 (H_s) (m)	参考价 (元/台)
				轴功率 P	配套功率			
4BP50	60	51.2	2900	15.0	17	71.5	7.8	192
	80	52.7		11.5		78.0		
	100	48.8		17.3	79.6			
	120	44.0		18.7	77.0			

选择两台 Y160L-2 型电动机与之配套，其功率为 18.5kW，转速为 2930r/min，参考价 630 元/台。

(三) 水泵参数校核

1. 扬程核算

因原计算按一台水泵考虑，现选两台 100mm 口径的 4BP50 型泵，需增加一个合流三通，

所以局部损失应增加 $h_f = 3 \times 6375.5 \frac{150.96^2}{156^4} = 0.73 \text{ (m)}$ ，因此扬程应为 $H = 52.03 + 0.73$

$= 52.76 \text{ (m)}$ ，对应单台水泵的流量应为 $Q = 0.5 \times 51 \times 2.96 = 75.48 \text{ (m}^3/\text{h)}$ ，查 4BP50 水泵 $H-Q$ 曲线，对应于 $Q = 75.48 \text{ m}^3/\text{h}$ 的 $H = 53.1 \text{ m}$ ，扬程尚有少许余裕。其他情况下流量较小，扬程有余。

2. 水泵效率范围

喷灌系统的流量范围为145.04~150.96m³/h,在两台4BP50水泵并联后,其工作范围对应的效率范围为 $\eta=77.7\sim78.3\%$,是在高效区内。

3. 水泵安装高程校核

水泵安装高程之最大值按第四章式(4-15)计算

$$Z_a = Z_s + [H_s] - 10.09 + \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_{m1} - \frac{v^2}{2g} - \Delta z$$

$$= 78.9 + 7.8 - 10.09 + 10.21 - 0.43 - 1.67 - 0.36 - 0.5$$

$$= 83.86 \text{ (m)}$$

今将水泵安装于 $Z_p=82.5\text{m}$ 高程,安全可行。

十、绘制设计图样

- (一) 喷灌系统平面布置图,图10-23
- (二) 主干、一千与二千纵剖面图,图10-24(a)、(b)、(c)
- (三) 管系结构示意图,图10-25
- (四) 阀门井示意图,图10-26

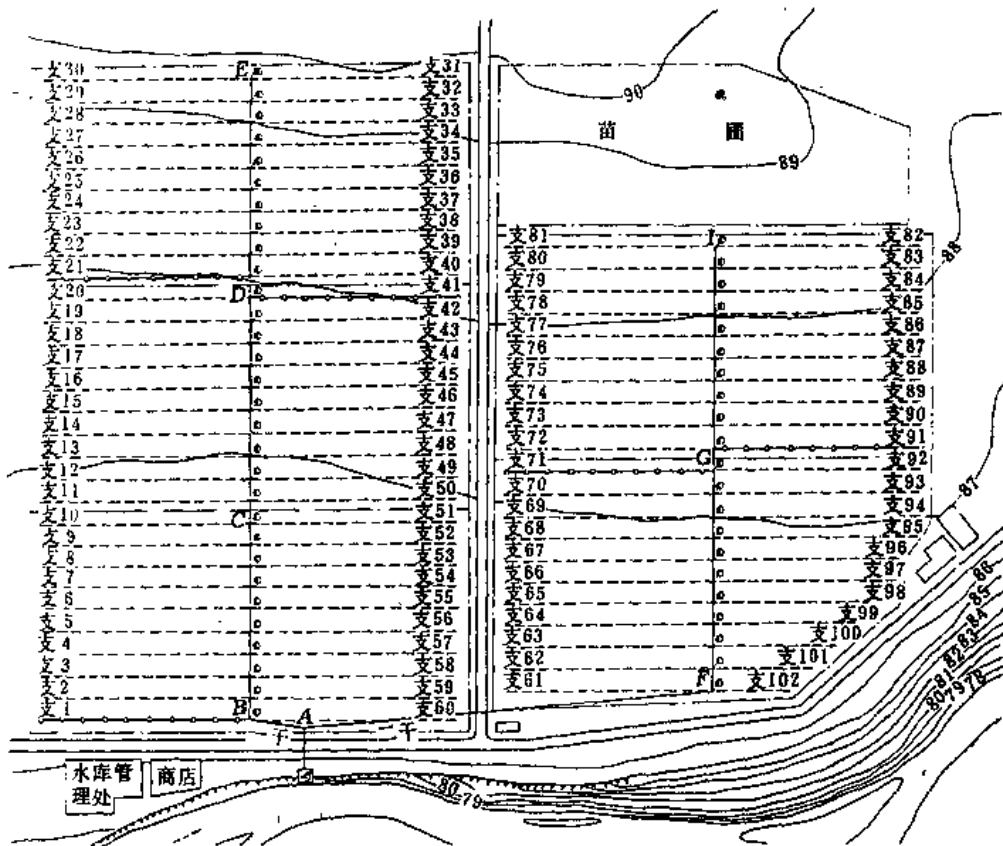


图 10-23 喷灌系统平面布置图

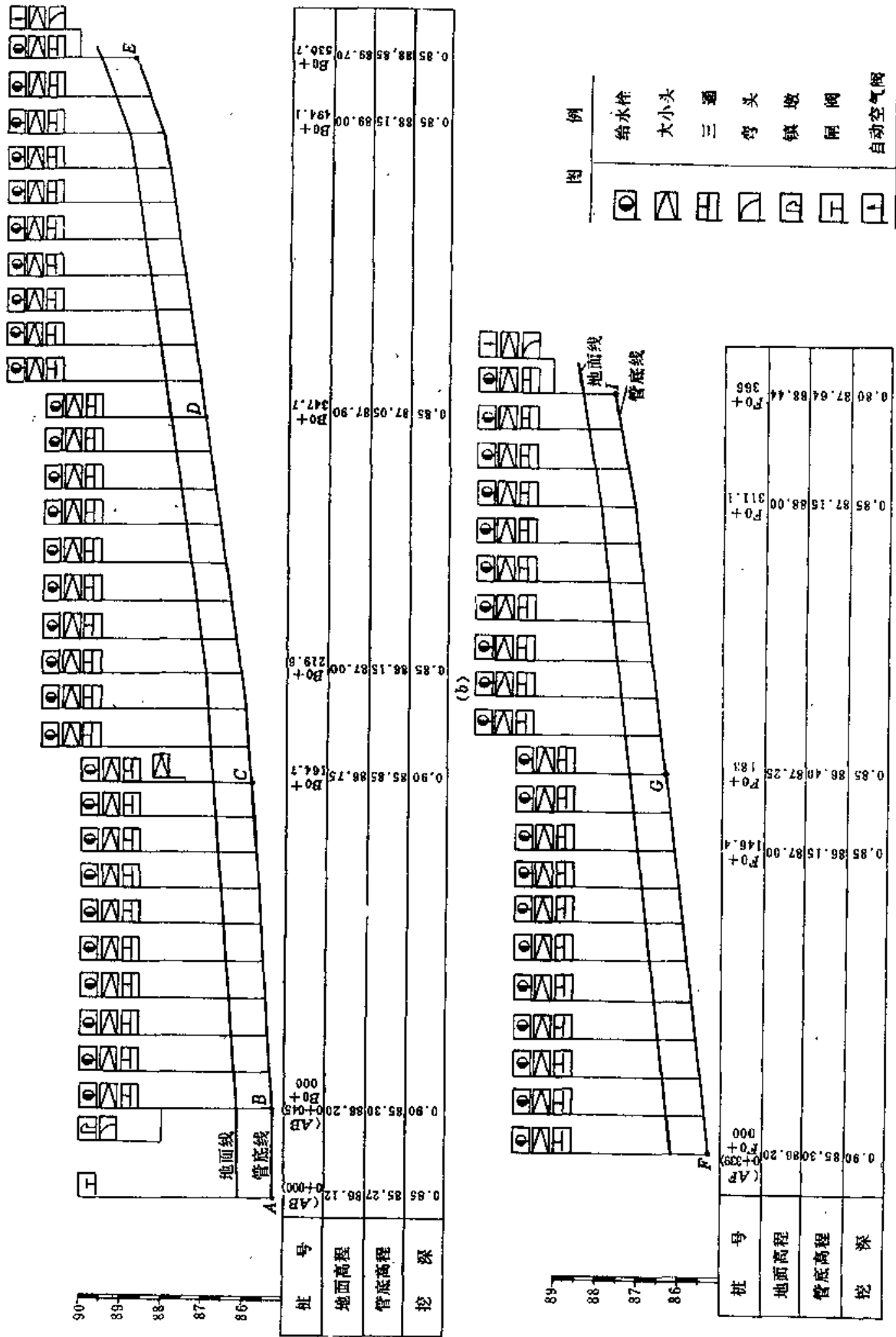


图 10-24 管道纵剖面图 (单位: m)

(a) 主干管, (b) 下管, (c) 二下管

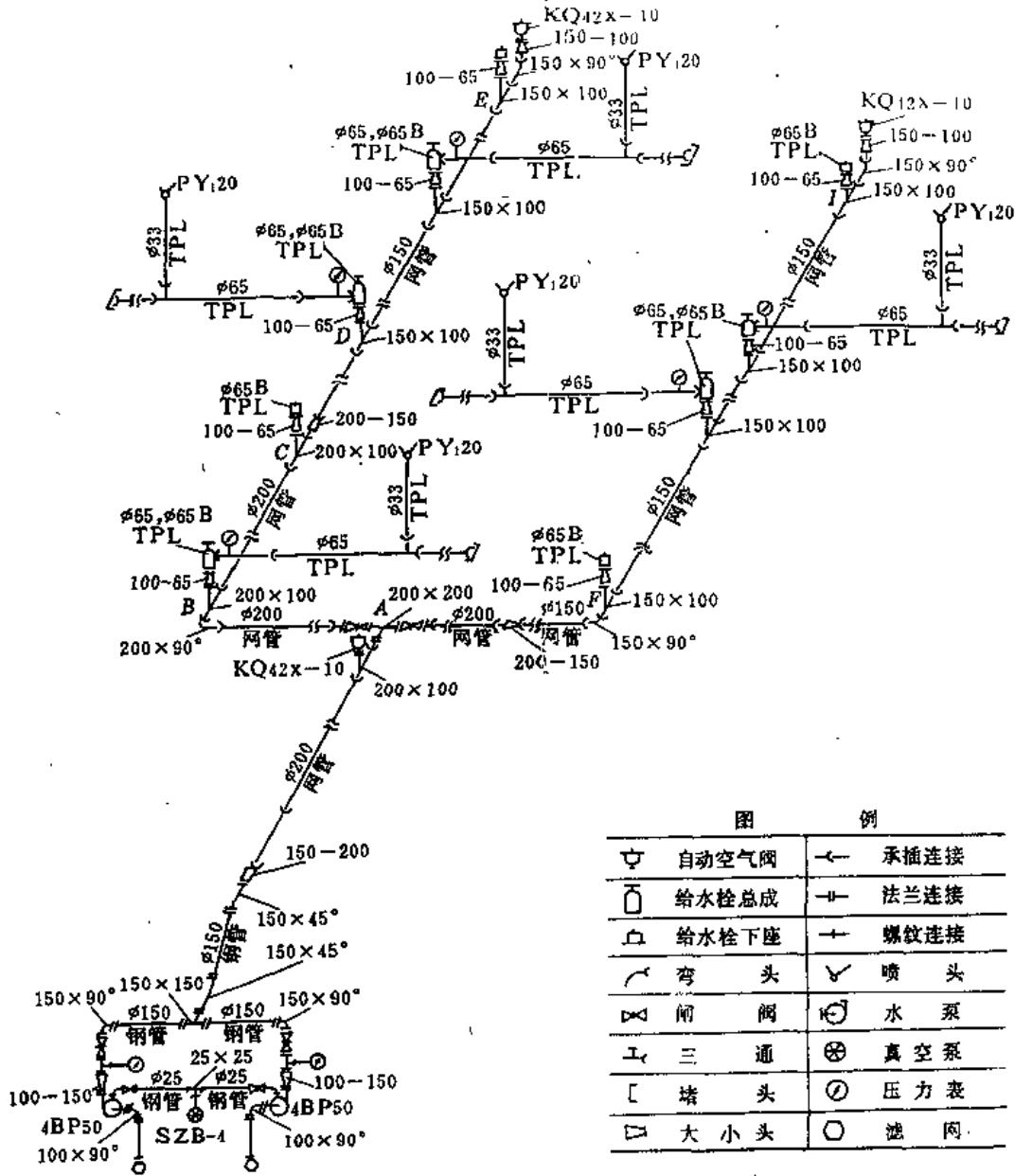


图 例			
☐	自动空气阀	←	承插连接
□	给水栓总成	— —	法兰连接
□	给水栓下座	—+—	螺纹连接
⤵	弯 头	∨	喷 头
⊗	闸 阀	⊙	水 泵
⊥	三 通	⊕	真 空 泵
[堵 头	⊙	压 力 表
▽	大 小 头	○	滤 网

图 10-25 管系结构示意图

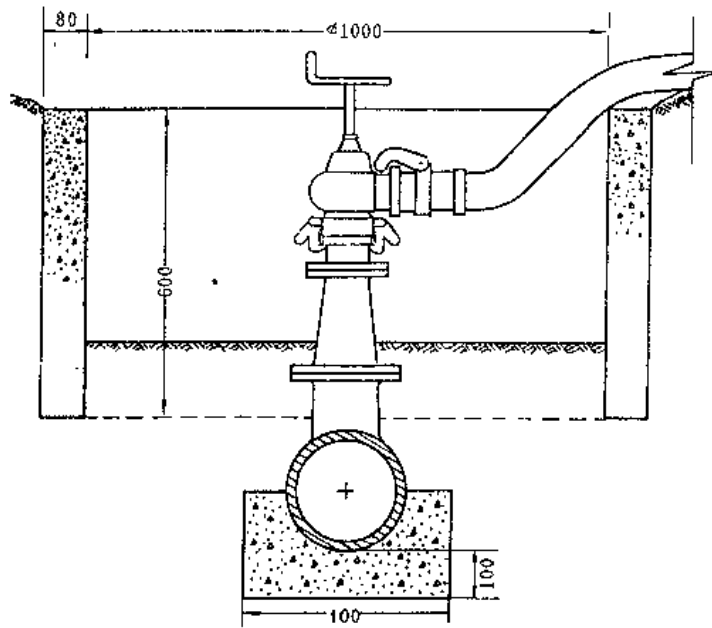


图 10-26 阀门井示意图

十一、主要设备与投资预算

喷灌系统的主要设备及投资列入表10-19,计70014元;土建工程部分经与水库管理处一同估算为10324元,施工安装和设计费以及运输等费用共12432元,总计为92770元,考虑10%不可预见费,总投资为102047元,系统控制面积为494亩,亩投资为206.6元/亩。

十二、技术经济计算

(一) 年费用计算

1. 折旧费 (表10-20)

表 10-20

喷灌系统各类设备折旧费

项 目	投资原值 (元)	折旧年限 (年)	折旧系数	折 旧 费 (元)	年平均大 修费率 (%)	年平均大 修 费 (元)
水泵机组及电气设备	2541	20	0.06721	171		
钢丝网水泥管	22190	10	0.01326	960	1.0	221.9
铝 管	31180	15	0.08377	2916	2.0	683.7
喷 头	5735	5	0.2181	1252		
铁 管 件 等	2939	30	0.05101	150	1.0	29.1
阀门及充水设备	1370	20	0.06721	92	1.5	20.6
仪表类设备	300	10	0.1172	61		
低压输电线路	500	10	0.01326	22	1.0	5
泵房阀门井及其它 土建工程设施	10324	30	0.05101	527	1.0	103.2
合 计	90338			6151		1063.8

表 10-19 喷灌系统的主要设备及投资

设备名称	型号及规格	单位	数量	单价 (元)	总价 (元)
水泵	4BP50	台	2	192	384
电动机	Y 160L-2	台	2	630	1260
电气设备		套	1	900	900
钢管 (水煤气管)	$\phi 100 \times 4 \text{ mm}$	m	14	8	112
钢管 (水煤气管)	$\phi 150 \times 4 \text{ mm}$	m	8	12.5	100
钢丝网水泥管	$\phi 150-3 \text{ m}$	节	290	46	13340
钢丝网水泥管	$\phi 200-3 \text{ m}$	节	150	59	8850
铝直管	TPL 1-65-6	节	290	59.05	17125
铝三通管	TPL 2-65-6	节	140	86.5	12110
堵头	TPL 5-65	个	20	5.84	117
快接软管	TPL 9-65-3	根	20	24.05	481
给水栓上体	TPL 6-65	个	20	29.4	588
竖管	TPL 4-33-0.75	根	155	13.19	2044
喷头	PY:20	个	155	37	5735
给水栓下座	TPL 7-65 B (法兰接)	个	51	33.75	1721
闸阀	Z 45T-10 200 mm	个	2	175	350
闸阀	Z 45T-10 150 mm	个	2	125	250
快速自动空气阀	KQ 42X-10 (13)	个	3	90	270
三通 (铁)	150 \times 150 三盘	个	1	55	55
三通 (铁)	150 \times 100 承插盘	个	45	24	1080
三通 (铁)	200 \times 100 承插盘	个	11	42	462
三通 (铁)	200 \times 200 三盘	个	1	60	60
插盘短管 (铁)	200	个	1	38	38
渐缩管 (大小头) (铁)	100 \times 85 双盘	个	55	10	550
渐缩管 (大小头) (铁)	200 \times 150 插承	个	2	25	50
渐缩管 (大小头) (铁)	150 \times 100 插盘	个	2	15	30
渐缩管 (大小头) (铁)	150 \times 100 双盘	个	2	15	30
90°弯头 (铁)	200 承插	个	1	60	60
90°弯头 (铁)	150 承插	个	3	44	132
90°弯头 (铁)	150 双盘	个	2	45	90
90°弯头 (铁)	100 双盘	个	2	10	20
45°弯头 (铁)	150 双盘	个	2	35	70
压力表		个	20	25	500
真空表		个	2	25	50
真空泵组	SZB-4等	套	1	500	500
低压输电	水平距100m			500	500
合 计					70014

2. 工程总投资折算 (分析期20年)

$$K = 6154 \times \frac{(1+0.03)^{20} - 1}{0.03(1+0.03)^{20}} = 91556 \text{元}$$

3. 年运行费

(1) 大修费。由表10-20知年大修费合计为1063.8元。

(2) 动力能耗费。动力机实际功率为水泵轴功率除以传动效率和电机效率。考虑一定的安全系数,按两台共32kW计,年工作小时以315h计,年能耗费为1512元。

(3) 管理费。参考其他工程经验按2.5元/亩计,为1250元。

年运行费 $C = 1063.8 + 1512 + 1250 = 3825.8$ (元)。

(二) 效益计算

由基本资料中表10-9知,不灌平均单产为273.9kg/亩,喷灌平均单产为361.2kg/亩,增产为87.3kg/亩,按每千克1元计,灌区494亩总增产为 $B = 43126.2$ 元,因试验对比其它投入和措施均相同,所以不再乘分摊系数。

(三) 经济分析

1. 效益费用比

$$R = \frac{B-C}{K} \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$= \frac{43126.2 - 3825.8}{91556} \times 14.877 = 6.37$$

2. 还本年限

$$T = \frac{\lg(B-C) - \lg(B-C-K)}{\lg(1+i)}$$

$$= \frac{\lg(43126.2 - 3825.8) - \lg(43126.2 - 3825.8 - 0.03 \times 91556)}{\lg(1+0.03)}$$

$$= 2.46 \text{ (a)}$$

由于效益费用比 $R = 6.37$, 远大于1.2, 而还本年限也只有3年, 所以本项工程的兴建将会有较好的经济效益。

第十一章

机组式喷灌系统设计

喷灌机在田间作业时，必需有相应的供水系统相配合，有的机组还要求有适当的道路，才能顺利地工作。与管道式喷灌系统一样，机组式喷灌系统设计的目的，仍是要满足作物需水、喷灌三要素以及田间轮灌操作、管理方便等要求。

机组式喷灌系统设计的任务，可分为两种情况：第一种情况是使用单台动力机和泵，配一个喷头的喷灌机的系统。由于这类喷灌机的性能已固定，除非原配套不合理，一般不宜再调整，因此系统设计的任务是确定和布设机组的工作位置（定喷式）或工作路线（行喷式），布置和设计供水系统，安排轮灌等。我国现有的中、小、轻型单喷头喷灌机都属于这一类。第二种情况是使用从管网给水栓提取压力水的喷灌机系统。这类喷灌机的水力性能有较大的可调范围，如改换喷嘴、连接管管径等。尤其是配多喷头的大型机组，可根据需要改变喷头或喷嘴的配置，机组可根据所担负的灌溉面积大小来设计和组装，这就给设计人员提供了更多的选择余地，要求设计人员具有更高的技术水平。喷灌系统设计应兼顾农田规划设计和机组性能两个方面，使其协调，取得技术上和经济上最好的效果。

喷灌机的类型及性能在第六章中已介绍。本章仅根据我国常用的四种喷灌机，介绍其系统设计方法。

（1）定喷机组式喷灌系统设计：采用定喷方式工作的机组很多，有单喷头的，也有多喷头的，如我国与现有拖拉机或动力配套的单喷头喷灌机、滚移式喷灌机、拖管式喷灌机等。机组的形式虽然多变，但如将机组看成一个整体，则其在田间的工作状况是相同的。

（2）绞盘式喷灌系统设计：绞盘式喷灌机在田间工作采用行喷方式，多数是单喷头连续移动喷灌，近年来喷头车上亦有采用悬臂式多喷头的。绞盘式喷灌系统分钢索牵引和特质聚乙烯管牵引两类，但系统设计基本相同。

（3）中心支轴式喷灌系统设计：中心支轴式喷灌机是一种多喷头行喷式机组，且各喷头所担负的喷灌面积不等，系统设计较为复杂。

（4）平移式喷灌系统设计：平移式喷灌机也是一种多喷头行喷式机组，但各喷头所担负的喷灌面积相等。双臂式喷灌机的喷灌系统设计可归入这一类。

第一节 定喷机组式喷灌系统设计

一、机组选型

定喷机组的选型一般应根据地形、喷灌面积的大小、土壤、作物以及水源状况等因素决定，有条件时应通过技术经济综合分析来确定。

一般地说，在地块较小、水源比较分散或坡度较大的地方，可采用手提式或手抬式喷

灌机组；在面积大、种植作物单一、水源充足以及地面比较平坦的地方，可采用拖拉机悬挂式或牵引式喷灌机组，若为低秆作物，亦可采用滚移式喷灌机组；介于这两种情况之间的地方，可采用手推车式小型喷灌机组、拖拉机配套的小型喷灌机组以及人工移管式中、小型喷灌机组。

二、机组台数的确定

(一) 计算单台机组的控制面积

单台机组的控制面积可按下式计算

$$A_0 = \frac{1000TtQ}{m} \quad (11-1)$$

式中 A_0 ——单台喷灌机组的控制面积 (m^2)；

T ——灌水周期 (d)；

t ——喷灌机组每天净喷灌时间 (h)，一般可按 8~10h 计算；

Q ——喷灌机组流量 (m^3/h)，根据喷头的喷水量计算得到，如为单喷头机组，即为喷头的喷水量；

m ——灌水定额 (mm)。

(二) 计算机组台数

喷灌面积上所需喷灌机组的台数按下式计算

$$n = \frac{A}{A_0} \quad (11-2)$$

式中 n ——机组台数，计算值不是整数时，取大于该值的整数；

A ——设计喷灌面积 (m^2)。

三、喷洒方式与田间布置

(一) 喷洒方式

1. 全圆喷洒

多喷头作业的定喷机组式喷灌系统的喷洒方式多采用全圆喷洒。喷头的布置与管道式喷灌系统相同，一般在风向多变的情况下，采用正方形布置；在有稳定主风向的情况下，采用矩形或等腰三角形布置。

2. 扇形喷洒

单喷头作业的定喷机组式喷灌系统的喷洒方式有时采用扇形喷洒。作业时，喷灌机如为单向控制，喷头最好顺风向喷洒；喷灌机如为双向控制，则喷头应垂直风向喷洒。喷洒扇形中心角一般可用 270° ，以便给机组的移动留出一条干燥的退路。对于多喷头作业的定喷机组式喷灌系统，在灌溉季节风向稳定且有条件顺风喷洒的情况下，亦可采用扇形喷洒；在地块边缘有道路、房屋等不应喷洒时，则需在田边布置喷头作 180° 或 90° 的扇形喷洒。

(二) 田间布置

对于不同的机组形式，可考虑不同的布置方式。如直联式单喷头机组，它的喷头是与水泵直连的，机组整个进入田间操作，因此就需要按喷点间距布置集水井（工作池），并

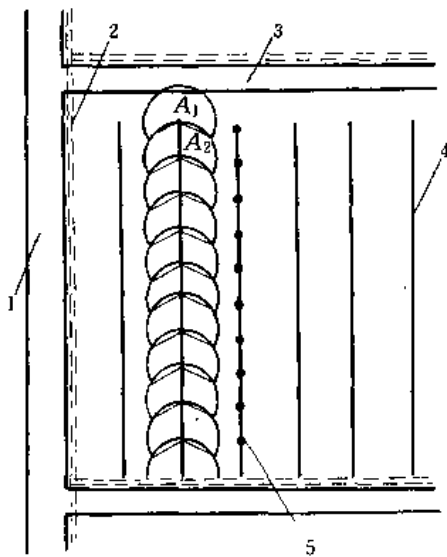


图 11-1 直联式单喷头机组田间布置示意图

1—道路；2—输水泵；3—田间渠；
4—工作渠；5—工作池

用渠道或暗管输水，将各工作池串通，同时布置机行道，以备机组出入。如果是管引式（喷头与水泵间以管道连接）机组，则需按喷头间距 a 、支管间距 b 布置支管位置及干管（或渠道）位置，并在干管或渠道上按支管间距布置给水栓或机组工作池。在一般情况下应尽可能使支管顺耕作方向布置，在坡地、梯田，支管应顺等高线布置。对于滚移式喷灌机，如果支管管首带一段连结软管，则可按一个给水栓供 3 个支管位置来布置干管上的给水栓。

1. 直联式单喷头机组

一般骑渠或沿田间渠道移动，田间渠道顺耕作方向布置。如图 11-1 所示。

喷灌机在 A_1 点位置喷洒后至 A_2 点再进行喷洒，直至第一条渠道喷完后再移至下一条渠道。

田间渠道（工作渠）的长度约 100~300 m，最好是喷头间距的倍数，渠道上每隔一个喷头间距设置一个供喷灌机取水的工作池。喷头间距和工作渠的间距应根据工作条件，按喷头喷洒组合后能确保一定均匀度的原则来确定。

2. 管引式单喷头机组

可沿田间渠道两边作业，如图 11-2 所示。如机组移至位置 A_1 ，喷头由管道引出至 B_1 点进行扇形喷洒，当 B_1 点喷完后，退至 B_2 点喷洒；待此条管道位置各喷点依次喷完后，再将喷头连同管道移至 C_1 、 C_2 各喷点进行喷洒；当取水点 A_1 两边都喷洒完毕后，机组移至 A_2 点，再重复上述方式进行喷洒。

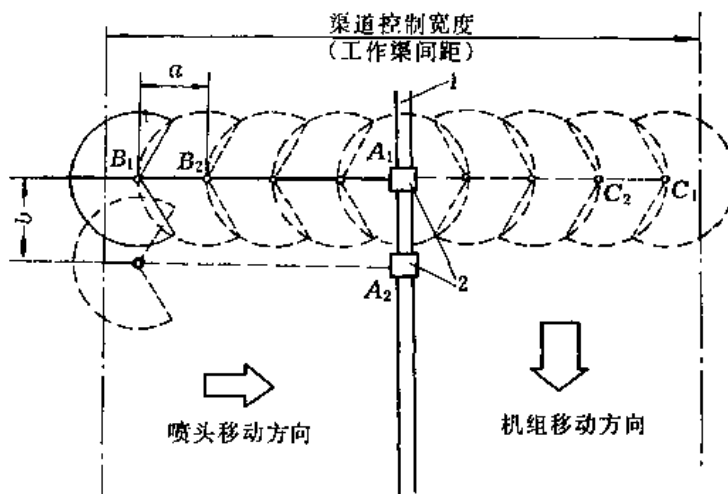


图 11-2 管引式单喷头机组田间布置示意图

1—工作渠；2—机组

3. 管引式多喷头机组

田间布置如图11-3、图11-4和图11-5所示。支管移动间距 b 的确定和管道式喷灌系统相同。

4. 滚移式喷灌机

田间布置如图11-6所示。

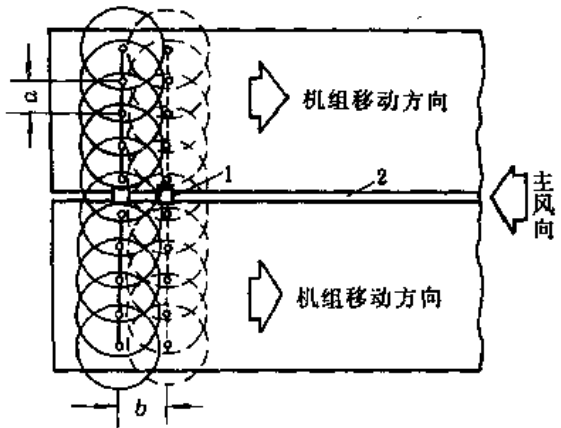


图11-3 管引式多喷头机组田间布置形式之一
1—机组；2—工作渠

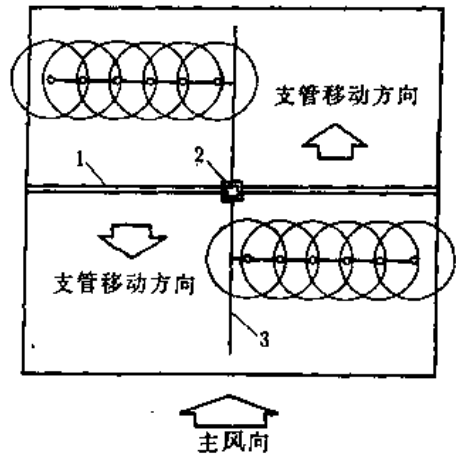


图11-4 管引式多喷头机组田间布置形式之二
1—工作渠；2—机组；3—干管

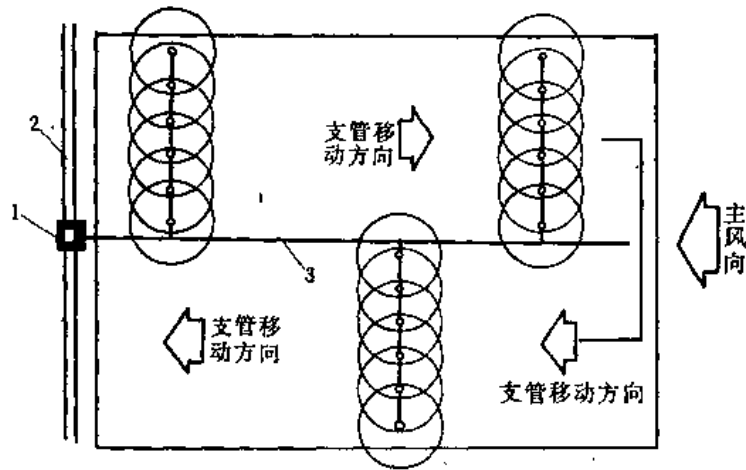


图11-5 管引式多喷头机组田间布置形式之三
1—机组；2—丁作渠；3—干管

四、田间工程设计

定喷机组式喷灌系统除水源外都是可移动的，所以其田间工程设计主要是设计输水明渠或暗管，确定工作池尺寸以及布置机行道等。

(一) 明渠

输水明渠的设计流量应根据自其中取水的喷灌机的喷水量，并考虑输水损失确定。如

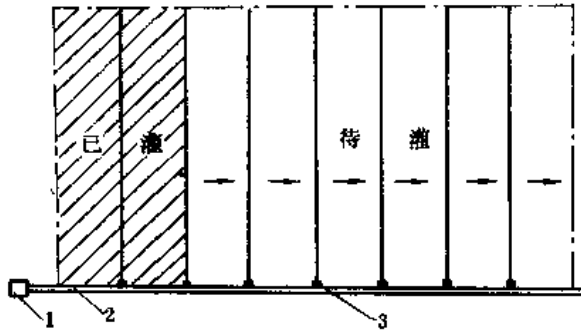


图 11-6 滚移式喷灌机田间布置示意图

1—泵站；2—干管；3—给水栓

果渠道还兼作田间排水之用，则还应考虑通过排水流量的要求。输水明渠最好加以衬砌或采用其它的防渗措施，以减少输水损失，提高水的利用系数。

渠道为不加衬砌的土渠时，一般都做成梯形断面，其断面边坡系数视土质而定，通常为 $1:1 \sim 1:1.5$ 。对砂性土壤，边坡应缓些；粘重土壤则可陡些。混凝土或砖石衬砌渠道可采用矩形断面。如用预制混凝土件衬砌，则可做成U形断面，以改善受力情况并增大输水能力。

(二) 暗管

暗管的埋设深度应考虑机耕和冬季防冻，因此至少为 0.6m ，并宜埋设于本地冰冻深度以下。定喷机组式系统的输水暗管，一般是低压管道，可采用混凝土管或缸瓦管，亦可因地制宜采用其它管材，在确保安全运行的前提下，尽量降低造价。暗管的断面尺寸计算方法与一般输水管道相同。为防止堵塞，暗管从明渠引水时，进口应设置拦污栅。

(三) 工作池

工作池是喷灌机组的取水点，由于水泵吸水要求有一定的水深，所以机组从明渠或暗管吸水时，一般都应设置集水的小池。目前我国大量的定喷机组是轻、小型，所用的水泵流量都不太大，因此，工作池中的水深只要保持在 50cm 左右就可以。如果明渠或暗管内的水深超过此值，亦可不设工作池。对于大、中型的定喷机组，工作池的尺寸应按水泵进水池的有关规定设计。若暗管的直径较大，为了便于清除来自暗管中的泥沙、污物和探测管内是否损坏等情况，工作池应能容得人上下。有条件时，暗管上的工作池最好能加盖。

工作池一般可用砖砌，或用大口径混凝土管护壁，如图11-7所示。对于暗管上的工作池，常因地形关系而使池顶部高出地面，此时最好适当调整纵坡，使池顶高程降低，以免妨碍耕作。

(四) 机行道

沿着农渠或输水暗管一侧，应设机行道。如果为直联式单喷头机组，还应沿着工作渠或工作暗管一侧布置机行道。机行道的宽度应大于机组的宽度，以确保机组能方便地移动。地下输水暗管一般多与机行道结合，下面是暗管，上面是机行道，这时工作池与机行道可采用以下几种布置方式：

- (1) 使池口与路面齐平，池口加盖，盖上留通气孔，见图11-7(a)
- (2) 使工作池设置在路边，用一根小管与暗管的顶部连接，见图11-7(b)
- (3) 在设置工作池的地方，把该段暗管拐向路的一侧，见图11-7(c)

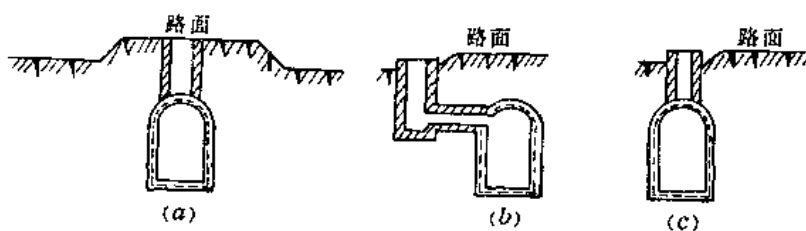


图 11-7 工作池与机行道的相对位置示意图

五、设计实例

【例11-1】

(一) 基本资料

- (1) 种植作物：小麦。
- (2) 地形及面积：平坦，总耕地面积480亩。
- (3) 土质：砂壤土。
- (4) 水源：输水明渠，位于田块的一侧，流量 $500\text{m}^3/\text{h}$ 以上，水质良好。
- (5) 气象：灌溉季节多南风，常见风速 3m/s 左右。

(二) 确定灌溉制度

1. 设计灌水定额

参考有关资料，本地区砂壤土的田间持水量为37%（体积%），适宜土壤含水量上限为29.6%，适宜土壤含水量下限为22.2%，取土层湿润深度为40cm，洒水的利用系数为0.9，计算灌水定额：

$$m = 0.1 \times 40 (29.6 - 22.2) \frac{1}{0.9} = 33 \text{ (mm)}$$

$$\text{或 } m_0 = 22\text{m}^3/\text{亩}$$

2. 设计灌水周期

小麦需水旺期的日需水量取为 $E_p = 4.5\text{mm/d}$ ，则灌水周期为

$$T = \frac{m}{E_p} \eta = \frac{33}{4.5} \times 0.9 = 6.6, \text{ 取为 } 7\text{d}$$

(三) 选用机组及确定喷洒方式

选用华北12C小型喷灌机组，该机组配移动管道100m和PY1-50型喷头一个，工作压力为400kPa时，喷水量为 $24.7\text{m}^3/\text{h}$ ，射程为36.6m，喷灌强度为 $0.098\text{mm}/\text{min}$

拟采用 240° 扇形喷洒，此时 $C_p = 1.5$ ，而风系数为

$$K_w = 1.15v^{0.314} = 1.15 \times 3^{0.314} = 1.62$$

则喷灌强度为 $\mu = K_w C_p \rho_s = 1.62 \times 1.5 \times 0.098 = 0.24 \text{ (mm}/\text{min})$

$$= 14.3\text{mm}/\text{h} < 15\text{mm}/\text{h} \text{ (砂壤土允许喷灌强度)}$$

(四) 计算单台机组的控制面积

每日纯喷灌时间定为 $t = 10\text{h}$ ，则一台机组可控制

$$A_0 = \frac{1000TtQ}{m} = \frac{1000 \times 7 \times 10 \times 24.7}{33} \approx 52394 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\approx 80 \text{ (亩)}$$

(五) 计算喷灌面积上所需机组台数

$$n = \frac{A}{A_0} = \frac{480}{80} = 6 \text{ (台)}$$

(六) 确定作业方式及田间布置

根据地块为南北向，长680m，宽170m，以及主风向为南风这些特点，决定将田间工作渠（暗管）布置成南北向，喷灌机沿渠（暗管）两边作业，喷头垂直风向作 240° 喷洒。

考虑到灌溉季节常见风速较大,故喷头工作点采用矩形布置, $a = 0.9R = 33\text{m}$, $b = R - 36\text{m}$, 则地块布置南北向工作渠(暗管)二条。喷灌作业和田间布置见图11-8。

(七) 计算每个工作点的喷灌时间

每个工作点的有效控制面积

$$S = ab = 33 \times 36 = 1188 \text{ (m}^2\text{)} = 1.78 \text{ (亩)}$$

则每点喷灌时间

$$t = \frac{Sm_0}{Q} = \frac{1.78 \times 22}{24.7} = 1.59 \text{ (h)}$$

(八) 田间工程设计

为节约用水和充分利用耕地,采用地下暗管输水,每条暗管的流量为3台喷灌机的流量,经计算采用当地生产的内径为300mm的混凝土井管作为输水暗管,并用水泥砂浆接缝。

根据本地区最大冻土深度40cm,以及渠道水位情况,确定管道埋深60cm(管顶至地面)。在预定的喷灌机每个取水点上修建工作池,采用70cm内径的混凝土管固壁,为便于清理可能带入管道的泥沙、污物,池底略低于管底,并用砖砌,工作池的结构尺寸见图11-9。为防止渠道中的漂浮物进入暗管,在暗管进口处设拦污栅

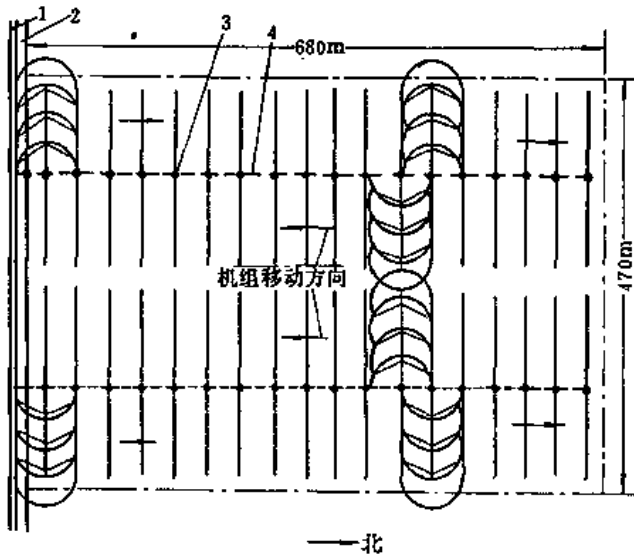


图 11-8 田间作业及工程布置图

1—输水渠; 2—道路; 3—工作渠; 4—工作点

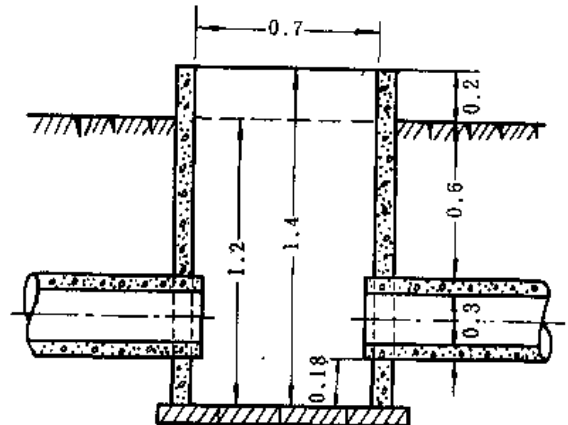


图 11-9 暗管及工作池结构

(图中尺寸以m计)

第二节 绞盘式喷灌系统设计

一、钢索牵引绞盘式喷灌系统设计

(一) 机型选择

机型的选择,应综合分析下列诸因素后确定:

- (1) 设计灌溉面积大小,地形及田块形状;
- (2) 作物种类及其根系深度、高峰需水量;

- (3) 土壤性质及其持水能力;
 - (4) 水源来水情况;
 - (5) 泵的扬程或给水栓处提供的压力;
 - (6) 风的情况。
- (二) 估算系统总流量 Q

$$Q = \frac{0.667E_p A}{t\eta} \quad (11-3)$$

式中 Q ——系统总流量 (m^3/h);
 A ——系统控制的总灌溉面积 (亩);
 E_p ——高峰期日需水量 (mm/d);
 t ——机组一天内净工作小时数 (h);
 η ——喷洒水利用系数。

(三) 选择喷头和软管

1. 选择喷头或雨炮

(1) 一个喷头或雨炮的流量等于或大于系统总流量, 则只需一台机组, 否则就要多台机组。

(2) 校核其喷灌强度, 应不超过土壤允许喷灌强度。注意, 如需作扇形喷洒时, 喷灌强度要增大。从横向均匀考虑, 扇形角以 270° 为好。

(3) 选择喷头的仰角。风速较大时, 应选用低仰角喷头。

(4) 对于雨炮还应选择喷嘴的形式——环形或锥形。前者雾化好, 近喷枪处水量分布好; 后者射程远, 对有风条件下喷洒有利。

2. 选择软管

主要根据灌溉面积和所需流量来选。要求水力摩阻小, 工作压力 1.03MPa , 有快速接头, 在湿土中拖移有较高的强度, 耐腐耐磨。

(四) 田间布置

(1) 将田块分成长条形地块, 其最大长度为管长 L 的2倍, 可达 402m 。钢索长度为 402m , 锚固在田块的一端, 而给水栓布置在中央, 或距地块另一端为管长 L 处。对于不规则的地块, 亦可分成长度不等的条田来灌溉。几种布置参见图11-10。

(2) 在喷灌机及软管拖移路线上留 $2.4\sim 3.6\text{m}$ 宽的通道, 可以种植低矮的饲料作物。

(3) 要考虑风向和地面坡度。条田的轴线应垂直主风向。虽然这种机型能用于 11° 的地面坡度, 但最好避免在拖移路线上有明显的坡度。

(4) 为了横向灌水均匀, 条田间的湿润范围要搭接一部分。条田轴线之间的距离与风速及喷枪的湿润直径有关。Big Boss公司的建议如表11-1。

(五) 轮灌设计

1. 确定机组牵引速度

$$v = \frac{1000q}{B \cdot m} \quad (11-4)$$

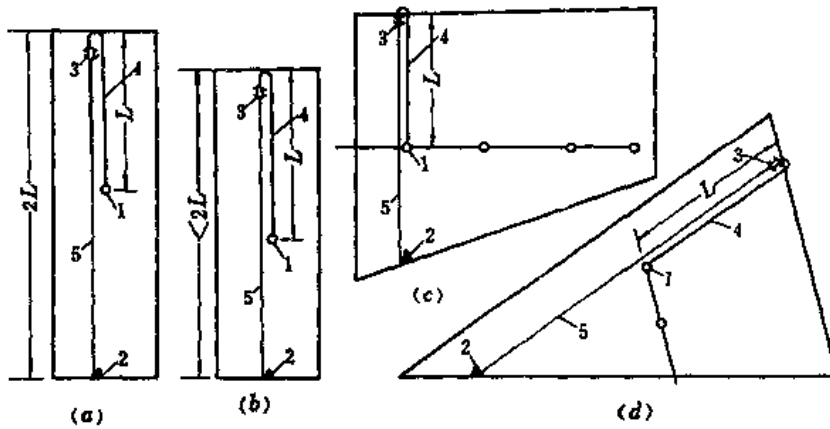


图 11-10 钢索牵引绞盘式喷灌机田间布置图

(a) 田块长等于软管长的 2 倍；(b) 田块长小于软管长的 2 倍；(c)、(d) 田块形状不规则
1—给水栓；2—锚定；3—绞盘机；4—供水软管；5—钢索

式中 v ——机组牵引速度 (m/h)；
 q ——机组的流量 (m^3/h)；
 B ——条形地块轴线的间距 (m)；
 m ——灌水定额 (mm)。

表 11-1

条形田块轴线的间距

(单位: m)

喷 洒 直 径 (m)	风 速 (m/s)						
	>4.5		2~4.5		< 2		无风
	条形田块轴线间距占喷洒直径的倍数						
	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8
61	30	34	37	40	43	46	49
76.2	38	42	46	49	53	57	61
91.4	46	50	55	59	64	69	73
106.7	53	59	64	69	75	80	85
121.9	61	67	73	79	85	91	98
137.2	69	76	82	88	96	103	110
152.4	76	84	91	99	107	114	122
167.6	84	92	101	109	117	126	134
182.9	91	101	110	119	128		

2. 一条条田所需的灌水时间

$$t_1 = \frac{L}{v} \quad (11-5)$$

式中 t_1 ——一条条田所需灌水时间 (h)；
 L ——条田长度 (m)；

其余符号同前。

3. 轮灌周期

$$T = \frac{m}{E_p} \eta \quad (11-6)$$

式中 T ——轮灌周期 (d)；

其余符号同前。

4. 一台机组所担负的条田数目

$$n = \frac{T}{t_l} \quad (11-7)$$

求出一台机组所担负的条田数 n 后，即可算出其担负的灌溉面积。

不同牵引速度、不同条田轴线间距时的灌溉面积和所需灌溉时间如表11-2。

表 11-2 不同牵引速度和条田轴线间距的灌溉面积和所需灌溉时间

前进速度 (m/h)	单位时间灌溉面积 (亩/h)								条田长402m 需要灌溉 时间 (h)
	条田轴线间距 (m)								
	50	60	70	80	90	100	110	120	
7	0.53	0.63	0.74	0.84	0.95	1.05	1.16	1.26	57.43
9	0.68	0.81	0.95	1.08	1.22	1.35	1.49	1.62	44.87
18	1.35	1.62	1.89	2.16	2.43	2.70	2.97	3.24	22.33
36	2.70	3.24	3.78	4.32	4.86	5.40	5.94	6.48	11.16
72	5.40	6.48	7.56	8.64	9.72	10.80	11.88	12.96	5.58
108	8.10	9.72	11.34	12.96	14.58	16.20	17.82	19.44	3.72
144	10.80	12.96	15.12	17.28	19.44	21.60	23.76	25.92	2.79
180	13.50	16.20	18.90	21.60	24.30	27.00	29.70	32.40	2.23
条田长402m时 的灌溉面积 (亩)	30.15	36.18	42.21	48.24	54.27	60.30	66.33	72.36	

不同喷头流量、条田轴线间距和牵引速度时的灌水量见表11-3。

5. 所需机组的台数

设计灌溉面积内，需要机组的台数，可从总条田数除以一台机组可担负的条田数 n 而得。如条田长度不一时，则在轮灌排序后，再确定所需机组台数。

(六) 推算泵站扬程

泵站扬程根据喷灌地面与水源水位的高差、各级管道的水头损失以及设计喷头工作压力等因素确定，具体计算方法在管道式喷灌系统设计中已介绍，本处不再重复，其中软管的水头损失可按第七章介绍的方法计算，也可查表11-4。

表 11-3 不同喷头流量、条田轴线间距和牵引速度的灌水量 (单位: mm)

喷头流量 (m ³ /h)	轴线间距 (m)	牵引速度 (m/h)								
		7	9	18	36	54	72	108	144	180
20	40	71	56	28	14	9	7	5	3	3
	45	63	49	25	12	8	6	4	3	2
	50	57	44	22	11	7	6	4	3	2
	55	52	40	20	10	7	5	3	3	2
25	40	89	69	35	17	12	9	6	4	3
	45	79	62	31	15	10	8	5	4	3
	50	71	56	28	14	9	7	5	3	3
	55	65	51	25	13	8	6	4	3	3
30	45	95	74	37	19	12	9	6	5	4
	50	86	67	33	17	11	8	6	4	3
	55	78	61	30	15	10	8	5	4	3
	60	71	56	28	14	9	7	5	3	3
35	45	111	86	43	22	14	11	7	5	4
	50	100	78	39	19	13	10	6	5	4
	55	91	71	35	18	12	9	6	4	4
	60	83	65	32	16	11	8	5	4	3
40	50	114	89	44	22	15	11	7	6	4
	55	104	81	40	20	13	10	7	5	4
	60	95	74	37	19	12	9	6	5	4
	65	88	68	34	17	11	9	6	3	3
45	55	117	91	45	23	15	11	8	6	5
	60	107	83	42	21	14	10	7	5	4
	65	99	77	38	19	13	10	6	5	4
	70	92	71	36	18	12	9	6	4	4
50	55	130	101	51	25	17	13	8	6	5
	60	119	93	46	23	15	12	8	6	5
	65	110	85	43	21	14	11	7	5	4
	70	102	79	40	20	13	10	7	5	4
55	55	143	111	56	28	19	14	9	7	6
	60	131	102	51	25	17	13	8	6	5
	65	121	94	47	24	16	12	8	6	5
	70	112	87	44	22	15	11	7	5	4

续表

喷头流量 (m ³ /h)	轴线间距 (m)	牵引速度 (m/h)								
		7	9	18	36	54	72	108	144	180
60	60	143	111	56	28	19	14	9	7	6
	65	132	103	51	26	17	13	9	6	5
	70	122	95	48	24	16	12	8	6	5
	75	114	89	44	22	15	11	7	6	4
65	60	155	120	60	30	20	15	10	8	6
	65	143	111	56	28	19	14	9	7	6
	70	133	103	52	26	17	13	9	6	5
	75	124	96	48	24	16	12	8	6	5
70	60	167	130	65	32	22	16	11	8	6
	65	154	120	60	30	20	15	10	7	6
	70	143	111	56	28	19	14	9	7	6
	75	133	104	52	26	17	13	9	6	5
80	65	176	137	68	34	23	17	11	9	7
	70	163	127	63	32	21	16	11	8	6
	75	152	119	59	30	20	15	10	7	6
	80	143	111	56	28	19	14	9	7	6
90	65	198	154	77	38	26	19	13	10	8
	70	184	143	71	36	24	18	12	9	7
	75	171	133	67	33	22	17	11	8	7
	80	161	125	63	31	21	16	10	8	6
100	85	220	171	85	43	28	21	14	11	9
	70	204	159	79	40	26	20	13	10	8
	75	190	148	74	37	25	19	12	9	7
	80	179	139	69	35	23	17	12	9	7
110	70	224	175	87	44	29	22	15	11	9
	75	210	164	81	41	27	20	14	10	8
	80	196	153	76	38	25	19	13	10	8
	85	185	144	72	36	24	18	12	9	7
120	70	245	190	95	48	32	24	16	12	10
	75	229	178	89	44	30	22	15	11	9
	80	214	167	83	42	28	21	14	10	8
	85	202	157	78	39	26	20	13	10	8

表 11-4 100 m 软管的沿程水头损失 (单位: m)

D_0 (mm)	63.5	76.2	88.9	104.8	114.3	127.0
Q (m^3/h)						
20	4.5	1.8				
25	6.8	2.8				
30	9.5	3.9				
35	12.6	5.2				
40	16.2	6.7	3.1			
45	20.1	8.3	3.8			
50	24.4	10.1	4.7			
55		12.0	5.7			
60		14.1	6.7	3.0		
65		16.3	7.7	3.5		
70		18.8	8.9	4.0		
80		24.0	11.3	5.1	3.3	
90			14.1	6.3	4.1	
100			17.1	7.7	5.0	3.0
110			20.4	9.2	6.0	3.6
120			24.0	10.8	7.1	4.2
140				14.3	9.4	5.6
160				18.4	12.0	7.2
180				22.8	15.0	9.0
200				27.8	18.2	10.9
250					27.5	16.5
300						23.1
350						30.7

二、特质PE管牵引绞盘式喷灌系统设计

管引与索引在系统设计上是类似的,但田间布置略有区别,即条田长度等于管长。绞盘车在给水管附近,喷头车拉至田块另一端,然后开始工作,如图11-11。由于喷头车有高架,可调节轮距使轮子在垄沟内行进,故对于矮秆作物可不必专门预留通道。如浇灌高秆作物,则通道处可种矮秆作物。

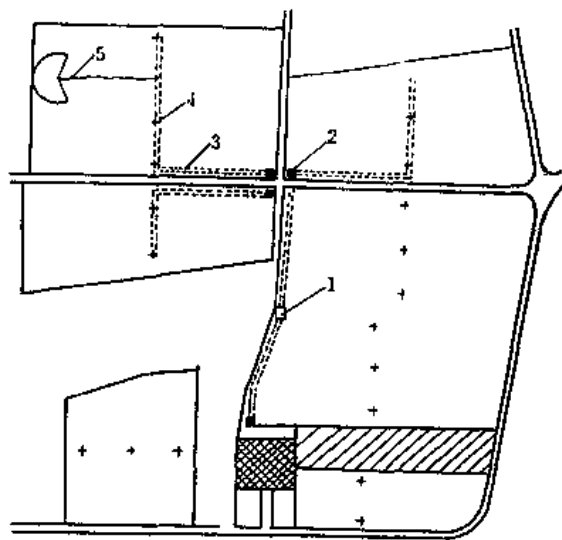


图 11-11 软管牵引绞盘式喷灌机田间布置图

1--泵站; 2--控制阀; 3--固定管; 4--给水栓; 5--绞盘机

第三节 中心支轴式喷灌系统设计

中心支轴式喷灌机是一种积木式组合机械，1台机可以控制的灌溉面积近千亩。喷灌大田作物时，1台机可灌1~3个田块，则控制面积更大。在畜牧场排污灌溉中，用单跨桁架中心支轴式喷灌机，则可转移更多的田块。

在规划设计中心支轴式喷灌系统时，常遇有3种情况：

(1) 根据现有土地规划情况，配与之相适应的中心支轴式喷灌机。

(2) 引进一台性能已确定的中心支轴式喷灌机，安排与之相适应的田块，并解决水源、原动力等配套问题。

(3) 对新开垦的土地，则需同时规划土地和相应的机组性能，使之相互协调。

机组性能可以组合、调节，是这类喷灌系统的突出优点，但也给系统设计增加了难度。

我国的经验表明，这类喷灌系统应大面积连片多台集中使用，既便于管理，又可发挥其经济效益。

一、中心支轴式喷灌系统的规划与布置

(一) 田块大小（一台喷灌机控制面积）的确定

确定田块大小应考虑以下因素：

1. 水源的供水能力

特别是由井中提水时，要考虑单井出水量的限制。如用多井汇流，则要增加水源工程的投资。

2. 喷灌强度的限制

这种机型的特点是离中心支轴愈远的喷头所担负的灌溉面积愈大，要求出流量愈大，喷灌强度愈大。另一方面，为了充分发挥机组的效率，亦希望喷灌强度大些，周转快些。因此，在设计中常以离中心支轴最远的末端喷头的喷灌强度为控制数，允许土壤表面局部积水成洼，但以不产生径流为限。土壤表面允许积水深可参见第一章基本资料中所提供的数值（表1-15）。

形成土壤表面积水的过程可由图11-12来说明，对于距中心支轴最远的某一点来说，该点喷头射程为 r_L ，喷灌机通过该点所需时间为 $t = \frac{2r_L}{v}$ ， v 是该点喷灌机的行进速度。

假定该点处喷灌机轨迹的切线方向水量分布为椭圆形曲线，则此曲线与该点土壤入渗曲线间所夹阴影部分即为地面积水深。

喷灌强度 ρ_L 愈大、 t 愈大，则转一圈的灌水量（灌水定额）亦愈大，积水亦愈多。因此在机组水力性能已定的条件下，必定有一个适当的 t ，使积水控制在允许值内。

3. 其它因素

(1) 地块内地形应平坦，地面坡度应在该种机型的爬坡能力之内，应不存在妨碍机

组运行的特殊地形和地物。

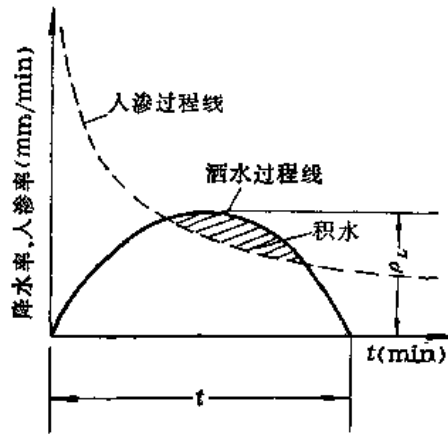


图 11-12 土壤表面积水过程示意图

- (2) 田块内土质应一致，作物应单一，农业技术措施也应做到一致。
- (3) 照顾到其它机械化作业、产品运输等对田块大小的要求。
- (4) 从整体规划考虑，田块愈大，田块间留出的空地亦愈大，可利用来布置居民点、综合加工基地等，使土地得到充分利用。
- (5) 从农业经济体制考虑，以一个田块为一个基本的经济核算单位为宜。

(二) 田块的布置

有正方形布置和三角形布置两种形式，如图11-13。采用何种布置应根据具体情况而定。方形布置土地利用率为78.54%，三角形布置时为90.67%，即后者空地率比前者减少2.3倍。如利用空地安排居民点或加工点，则方形布置时空地面积较大，布置较为有利，且与外界联系的道路顺直。高压线等布置亦较方便。

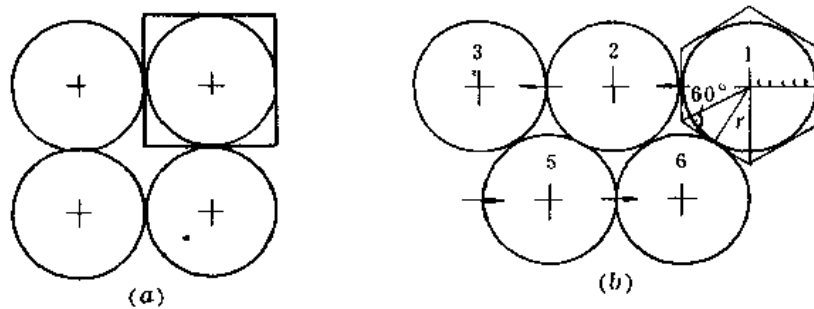


图 11-13 中心支轴式喷灌机田间布置图

(a) 正方形布置；(b) 三角形布置

(三) 规划布置中应统筹考虑的其它问题

(1) 水源为地下水时，应对其可开采量作出适当评价；为河川径流由管网输水，应对分级加压和集中加压等不同方案作出论证；在多水源情况下，则应分析各水源可提供的水量，并从经济供水角度分析提出各水源提供水量的比例。

(2) 动力用电的高压线应从田块边界通过, 低压电缆送至中心支轴处, 力求使连接于各喷灌机中心支轴处的低压电缆总长度最短。

(3) 是否使用地角臂来浇灌地角应有充分的经济论证。

二、中心支轴式喷灌系统的设计步骤 (当机组性能已定时)

(一) 设计步骤

1. 确定湿润圆半径 R (m) 及相应湿润圆面积 A (亩)

在确定 R 时, 一般不必担心机组是否能组合成这一长度。如美国有标准跨度与长跨度两类桁架共 5 种: 前者长为 32、38.4、44.8 (m); 后者长为 51.8、56.4 (m)。末端悬臂尚有 6.1、9.1、12.8、19.2、25.9 (m) 等 5 种。再加上可附加末端喷枪, 一般可组合成各种长度。我国生产的机组, 桁架跨度一般为 40m。

2. 确定灌水临界期作物需水量 E_p (mm/d) 及喷洒水利用系数 η (参见第八章)

3. 确定支管需要总流量 Q_0 。

$$Q_0 = \frac{0.0278 E_p A}{\eta} \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (11-8)$$

上式是按 24 小时连续工作时计算的流量。一般中心支轴式喷灌机可通过的流量在 90 ~ 340 m³/h。

4. 确定转一圈的最短时间 t_1

$$t_1 = \frac{2\pi R_L}{60v_{\max}} \quad (\text{h}) \quad (11-9)$$

式中 R_L ——末端塔架至中心支轴的距离 (m);

v_{\max} ——末端塔架最大前进速度, 在机组性能说明书中有规定 (m/min)。

5. 按 v_{\max} 转一圈的最小净灌水深度 h_j

$$h_j = \frac{E_p t_1}{24} \quad (\text{mm}) \quad (11-10)$$

此时百分率时间继电器的读数是 100%。当其读数为 0% 至 100% 之间的任一数 $x\%$ 时,

$$h_j = \frac{E_p t_1}{24x} \quad (\text{mm}) \quad (11-11)$$

相应末端塔架前进速度 v_x 为

$$v_x = v_{\max} \cdot x \quad (\text{m}/\text{min}) \quad (11-12)$$

6. 确定运行的最小速度 v_{\min}

当土壤透水性大时, v_{\min} 可由机组本身的性能确定。但百分率时间继电器在 0 ~ 10% 这一段运行不可靠, 所以至少应调至略大于 10% 的读数运行, 此时即是机组的 v_{\min} 。

当土壤粘重时, 由允许地面积水深的数值来确定 v_{\min} , 其方法如下:

(1) 末端喷头的最大喷灌强度 ρ_{\max}

$$\rho_{\max} = \frac{1273Q_0}{Rr} \quad (\text{mm}/\text{h}) \quad (11-13)$$

式中 r ——末端喷头射程 (m)；

其余符号同前。

上式是假设末端喷头沿圆形轨迹切线方向的水量分布呈椭圆形，其中间的最大喷灌强度为 ρ_{\max} ，即图 11-12 中的 ρ_L 值。

(2) 以土壤表面允许积水深的数值为控制数，求距中心支轴 R 处通过某一地面标记点（椭圆形曲线通过该点）所需的时间 t ，此即该点最长的受水时间。超过这一时间，积水深即超过允许值，形成径流。

允许最长受水时间 t 根据具备的资料情况按以下方法推求：

当有系统的试验资料时，以 ρ_{\max} 为纵坐标， t 为横坐标，在双对数纸上画出允许积水深为不同常数的一组线。使用时，可由 ρ_{\max} 通过相应某一允许积水深的线，直接查得 t 值。

当无上述试验资料时，必须具有土壤入渗过程线（如图 11-12），并将末端喷头沿运行轨迹切线方向的水量分布图（假定为椭圆形）亦画在该图上，取不同的 t 时，椭圆与入渗曲线所割的阴影面积亦不同。可进行试算，当阴影面积值接近土壤表面允许积水深值时， t 即所求。

阴影面积（地表积水量）可分时段累加而得。土壤入渗过程线常可用下式表示：

$$I = Kt^{-b} \quad (11-14)$$

式中 I ——入渗率 (mm/h)；

t ——入渗时间 (h)；

K, b ——特性系数和指数，与土壤种类有关。

(3) 末端塔架运行的最小速度 v_{\min}

$$v_{\min} = \frac{2r}{60t} \quad (\text{m/min}) \quad (11-15)$$

以 v_{\min} 运行一圈相应所需时间 t_2 为

$$t_2 = \frac{2\pi R_L}{60v_{\min}} = \frac{\pi R_L t}{r} \quad (\text{h}) \quad (11-16)$$

喷灌机运行一圈的时间可在 t_1 至 t_2 内调节， t_2 相应的灌水深度 h_j 为

$$h_j = \frac{E_p t_2}{24} \quad (\text{mm}) \quad (11-17)$$

7. 灌水定额 m 与灌水周期 T

设计灌水定额和灌水周期可按第八章介绍的方法确定，也可以计划湿润层土壤贮水能力的 $1/3 \sim 1/2$ 定为净灌水定额 (m_j)，再按 $T = m_j / E_p$ 计算灌水周期。每米深土壤的平均贮水能力，在缺乏实测资料时，可参考表 11-5。

表 11-5

每米土壤平均贮水能力

(单位: mm)

砂 土	砂 壤 土	壤 土	粘 壤 土	粘 土
11.66	83.33	166.66	199.99	83.33

(二) 算例

【例 11-2】 有一块方形耕地面积为 1091 亩, 边长为 853 m, 欲布置一台中心支轴式喷灌机。灌水临界期需水量为 7.6 mm/d, 喷洒水利用系数为 0.7, 末端塔架至中心支轴距离为 389 m, 末端塔架最大前进速度为 1.8 m/min, 末端喷头射程为 21.3 m, 土壤为粘土, 计划湿润层为 0.4 m。

求最小、最大及百分率时间继电器为 70% 时的灌水定额 (灌水高), 并求该土壤条件下的适宜灌水定额、灌水周期及相应的百分率时间继电器的读数 x 。

解:

$$(1) \text{ 湿润圆半径 } R = \frac{853}{2} = 426.5 \text{ (m)}$$

$$\text{湿润圆面积 } A = \frac{\pi R^2}{667} = 856.8 \text{ (亩)}$$

(2) 总流量 Q_0

$$Q_0 = \frac{0.0278 E_p A}{\eta} = \frac{0.0278 \times 7.6 \times 856.8}{0.7} = 258.6 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

处于中心支轴喷灌机可通过的流量范围。

(3) 转一圈的最短时间 t_1

$$t_1 = \frac{2\pi R_L}{60v_{\max}} = \frac{2 \times 3.14 \times 389}{60 \times 1.8} = 22.63 \text{ (h)}$$

(4) 按 v_{\max} 转一圈的最小净水深 h_j

$$h_j = \frac{E_p t_1}{24} = \frac{7.6 \times 22.63}{24} = 7.166 \text{ (mm)}$$

(5) 当百分率时间继电器调至 70% 时的净灌水深

$$h_j = \frac{E_p t_1}{24x} = \frac{7.6 \times 22.63}{24 \times 0.7} = 10.24 \text{ (mm)}$$

相应

$$v_{70\%} = v_{\max} \times 0.7 = 1.26 \text{ (m/min)}$$

(6) 确定最小行速 v_{\min}

1) 末端喷头的最大喷灌强度 ρ_{\max}

$$\rho_{\max} = \frac{1273 Q_0}{Rr} = \frac{1273 \times 258.6}{426.5 \times 21.3} = 36.24 \text{ (mm/h)}$$

2) 末端喷头处地面某点受水时间 t

为免试算, 这里假定由试验得 $t = 1 \text{ h}$

3) 末端塔架运行最小速度 v_{\min}

$$v_{\min} = \frac{2r}{60t} = \frac{2 \times 21.3}{60 \times 1} = 0.71 \text{ (m/min)}$$

相应运行一圈所需时间 t_2

$$t_2 = \frac{2\pi R_L}{60v_{\min}} = \frac{2 \times 3.14 \times 389}{60 \times 0.71} = 57.37 \text{ (h)} = 2.39 \text{ (d)}$$

此时净灌水深

$$h_j = \frac{E_p t_2}{24} = \frac{7.6 \times 57.37}{24} = 18.17 \text{ (mm)}$$

(7) 根据土壤容量确定净灌水定额 m_j :

由表 11-5 查得粘土每 m 平均贮水能力为 83.33 mm, 在 0.4 m 湿润层内, 按缺水 1/3 时即灌水计, 则净灌水定额为

$$m_j = 83.33 \times 0.4 \times \frac{1}{3} = 11.11 \text{ (mm)}$$

相应灌水周期为

$$T = \frac{m_j}{E_p} = \frac{11.11}{7.6} = 1.46 (d) < 2.39 (d)$$

处于机组性能范围之内。

执行这一灌水定额时的百分率继电器读数应调至 x

$$x = \frac{E_p t_1}{m_j \times 24} = \frac{7.6 \times 22.63}{11.11 \times 24} = 0.645 = 64.5\%$$

三、中心支轴式喷灌系统的水力计算

从系统设计的角度看，必须求出中心支轴处的压力和流量，以便选配泵和动力。另外还必须知道其喷头配置及水量分布状况是否满足设计要求。

(一) 水力计算公式

1. 支管流量分布

$$Q = Q_0 \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad (11-18)$$

式中 r ——支管上某一点离中心支轴的距离 (m)；

R ——湿润圆半径 (m)；

Q_0 ——进入支管的总流量 (m^3/h)；

Q —— r 点处的流量 (m^3/h)。

支管上流量分布见图 11-14。

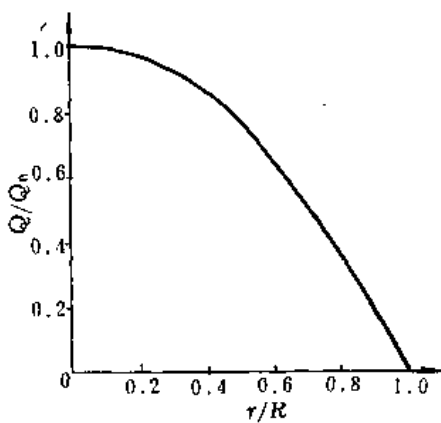


图 11-14 支管上流量分布图

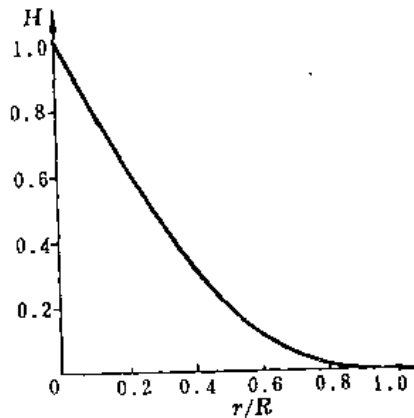


图 11-15 支管上压力分布图

2. 中心支轴处需要的最小压力水头 (h_0)

$$\frac{h_0 - h_R}{h_m} = F \quad (11-19)$$

式中 h_R ——支管末端需要的压力水头 (m)；

h_m ——支管上无喷头出流，通过全部流量时的水头损失值 (m)。

此式分子是支管上有喷头出流时首尾压差，所以 F 实际上是多口系数。中心支轴式喷灌机上喷头数目多，所以 F 值接近常数 0.538 (钢管)。

3. 支管上的压力分布 (为简便计，设流量指数 $m = 2$)

$$H = \frac{h_r - h_R}{h_0 - h_R} \cdot \left(1 - \frac{15}{8} \left(x - \frac{2x^3}{3} + \frac{x^5}{5} \right) \right)$$

$$= 1 - 1.875x + 1.25x^3 - 0.375x^5 \quad (11-20)$$

式中 H ——压力分布系数；
 h_r —— r 点的压力水头；
 x ——距离比， $x = r/R$ 。

压力分布如图 11-15。只要知道喷头位置 r ，计算 x ，便可从图中查得 H ，再按上式求出该点压力水头 h_r 。 H 值亦可由表 11-6 查出。

表 11-6 中心支轴式喷灌机压力分布

$x = \frac{r}{R}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
H	1	0.82	0.63	0.47	0.32	0.21	0.11	0.05	0.01	0.0	0.0

4. 消能孔板孔径 d 的确定

中心支轴附近约 $1/3$ 支管长度上的喷头，出流量小，要求压力小，但支管内压力大，故常需在装喷头的竖管上装一孔板，消除其多余的压力，孔板孔径可按式计算：

$$d = 8.9357 \frac{q^{0.5}}{\mu^{0.5} \Delta h^{0.25}} \quad (\text{mm}) \quad (11-21)$$

式中 q ——该处喷头流量 (m^3/h)；
 μ ——孔板的流量系数，一般为 $0.6 \sim 0.65$ ；
 Δh ——欲消除的多余压力水头 (m)。

(二) 算例

【例 11-3】有一台中心支轴式喷灌机，设计支管长 $L = 392.5 \text{m}$ ，管内径 $D = 145 \text{mm}$ 。末端喷枪流量 $q = 18.84 \text{m}^3/\text{h}$ ，射程 $l = 30 \text{m}$ ，压力 $h_R = 40 \text{m}$ 。 $r = 50 \text{m}$ 处喷头工作流量为 $1.51 \text{m}^3/\text{h}$ ，压力水头要求 30m 。消能孔板流量系数为 0.6 。试求入机总流量 Q_0 ，中心支轴处压力水头 h_0 ， $r = 50 \text{m}$ 处的压力水头及消能孔板孔径。

解：(1) 求入机总流量 Q_0

$$\text{湿润圆半径} \quad R = L + l = 392.5 + 30 = 422.5 \quad (\text{m})$$

代入式 (11-18)

$$18.84 = Q_0 \left(1 - \frac{392.5^2}{422.5^2} \right)$$

得 $Q_0 = 137.5 \quad (\text{m}^3/\text{h})$

(2) 求中心支轴处压力 h_0

先求无出流时的水头损失 (按第七章钢管的计算式)：

$$h_m = 6.25 \times 10^5 \frac{Q_0^{1.9} L}{D^{5.1}} = 625000 \times \frac{137.5^{1.9}}{145^{5.1}} \times 392.5 = 26.89 \quad (\text{m})$$

据式 (11-19) $h_0 = 0.538 \times 26.89 + 40 = 54.47 \quad (\text{m})$

(3) 求 $r = 50 \text{m}$ 处压力

$$x = 50/422.5 = 0.118$$

由式 (11-20) $H = 1 - 1.875 \times 0.118 + 1.25 \times (0.118)^3 - 0.375 \times (0.118)^5$
 $= 0.781$

则 $\frac{h_r - 40}{54.47 - 40} = 0.781$ ，故 $h_r = 51.30 \text{m}$

(4) 求 $r = 50\text{m}$ 处喷头竖管上消能板孔径

该处多余压力为 $51.30 - 30 = 21.30 (\text{m})$

按式 (11-21) 计算消能板孔径

$$d = 8.9357 \times \frac{1.51^{0.5}}{0.6^{0.5} \times 21.30^{0.25}} = 6.6 (\text{mm})$$

四、牧场排污喷灌的喷头布置

一般牧场以畜群为单位, 畜舍排污通过贮粪池发酵、稀释后, 由中心支轴式喷灌机洒至附近牧草地。如用一台 60m 跨度的只有一跨的中心支轴式喷灌机, 可以多点使用。喷灌机上装排污用射流式喷头, 出流量大, 其喷射扇形角布置如图 11-16。

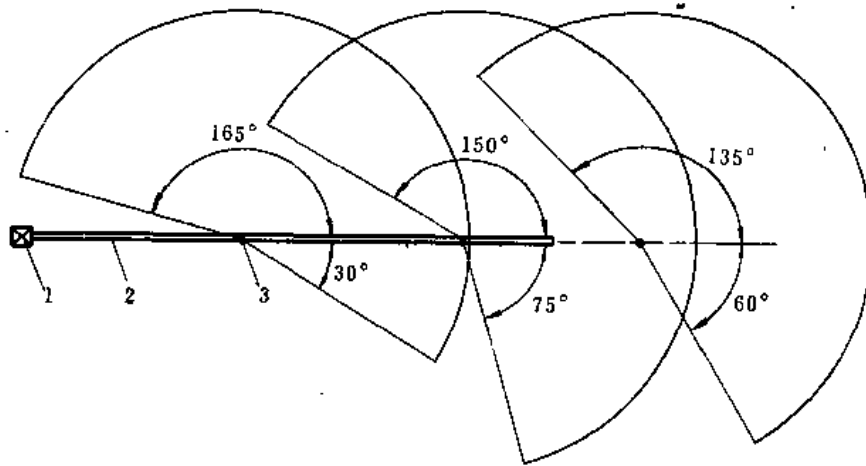


图 11-16 牧场排污喷灌的喷头布置

1—中心支轴; 2—支管; 3—喷头

第四节 平移式喷灌系统设计

一、平移式喷灌系统的规划与布置

(一) 田块大小的确定

田块大小的确定取决于以下因素:

1. 水源供水能力

由于整机平移, 一般由渠道供水, 沿渠吸水喷灌。亦可采用一侧以一段软管接给水栓, 喷一段距离后再改换下一个给水栓的办法来供水。田块的大小应与水源的供水能力相适应。如为了获得足够的水量而修建一些水源工程 (如群井汇流等), 则应充分考虑到由此带来的投资造价与运行费用的增加。

2. 喷灌强度

在机长确定后, 喷灌强度决定了该机控制灌溉面积的能力, 喷灌强度 ρ 由下式确定:

$$\rho = \frac{1000Q_0}{2rB} \quad (\text{mm/h}) \quad (11-22)$$

式中 Q_0 ——喷灌机流量 (m^3/h)；

r ——喷头射程 (m)；

B ——喷幅宽度 (即沿平移机长度方向的湿润宽度) (m)。

当选定喷头后, r 即已确定, 将土壤允许喷灌强度 $[\rho]$ 代入上式, 则可反求出机组最大流量值:

$$Q_{\max} = \frac{2r[\rho]}{1000} B \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (11-23)$$

喷灌机的流量不应超过 Q_{\max} 值。当 B 、 Q_0 已确定, 则田块长度 L 亦确定

$$L = \frac{1000tQ_0}{B} \cdot \frac{1}{E_P} \quad (\text{m}) \quad (11-24)$$

式中 t ——日净喷洒水作业小时数。

当土壤较粘重时, 亦可根据允许积水深确定田块长度, 其原理同中心支轴式。

3. 其它因素

确定田块大小时应考虑的其他因素与中心支轴式系统相同, 此处不重复。

(二) 田块布置及轮灌方式

由于是长方形地块, L 、 B 确定后, 布置比较方便。可视不同机型要求在中间轴线处布置渠道和路, 或者一侧布置压力管道或给水栓。

由于平移机控制面积较大, 一台机灌一个田块, 不再纵向拖移, 所以机组在田块内的轮灌方式可有如图 11-17 所示的 5 种方案。其中 I、II 方案有干行程 (不喷水行走), 但对田块内某点而言, 灌水的时间间隔相同; III、IV 方案无干行程, 但两次灌水的时间间隔有差异; V 方案用于灌水定额较大, 或者土壤允许喷灌强度较小的场合。

二、平移式喷灌系统的设计步骤

在经过土地规划田块大小已确定的情况下, 喷灌系统的设计步骤如下:

1. 求灌水临界期需水量 E_P (参见第八章)

2. 求系统总流量 Q_0 [按式 (11-8)]

3. 确定灌一次水的最短时间 t_1

$$t_1 = \frac{L}{60v_{\max}} \quad (\text{h}) \quad (11-25)$$

式中 L ——地块长度 (m)；

v_{\max} ——机组最大行速 (m/min)。

4. 计算最小净灌水深 h_j

$$h_j = \frac{E_P t_1}{24x} \quad (\text{mm}) \quad (11-26)$$

式中 x ——百分率时间继电器读数。

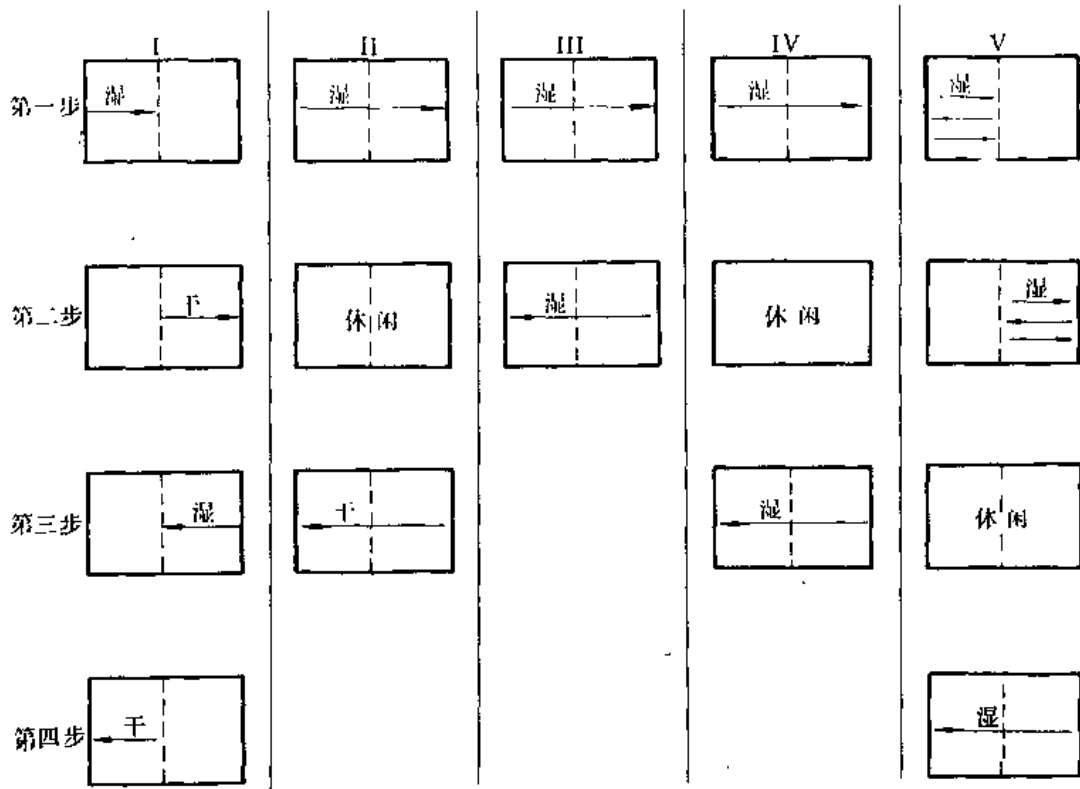


图 11-17 平移式喷灌机田间工作方案

I、II、III、IV、V 方案编号

5. 确定最小行进速度 v_{\min} (1) 最大降雨强度 ρ_{\max}

$$\rho_{\max} = \frac{636.62Q_0}{B \cdot r} \quad (\text{mm/h}) \quad (11-27)$$

式中 Q_0 ——系统总流量 (m^3/h)； B ——田块宽度 (m)； r ——喷头射程 (m)。

垂直支管方向的降水分布呈椭圆形。

(2) 求通过某点所需时间 t (方法同中心支轴式)。(3) 求最小行速 v_{\min}

$$v_{\min} = \frac{2r}{60t} \quad (\text{m/min}) \quad (11-28)$$

则灌一次水最长时间为 t_2

$$t_2 = \frac{L}{60v_{\min}} \quad (\text{h}) \quad (11-29)$$

相应的

$$h_j = \frac{Et_2}{24} \quad (\text{mm}) \quad (11-30)$$

6. 确定灌水定额 m 与灌水周期 T (方法同中心支轴式)。

三、平移式喷灌系统的水力计算

1. 支管流量的分布

$$Q = Q_0 \left(1 - \frac{b}{B}\right) \quad (11-31)$$

式中 b ——支管中任一点与支管起点的距离 (m)；

Q —— b 处支管中的流量 (m^3/h)；

B ——总喷幅宽 (m)；

Q_0 ——机组总流量 (m^3/h)。

此分布呈直线关系 (如图 11-18)。

2. 支管需要的最小压力 h_0 水头 (m)

$$\frac{h_0 - h_b}{h_m} = F \quad (11-32)$$

式中 h_b ——支管上任一点处 (距支管起点的距离为 b) 的压力水头 (m)；

其余符号同式 (11-19)。

此式中 F 值由于流量分布规律与中心支轴式不同, 所以数值亦不同, 平移式 $F = 0.3418$ 。

3. 支管上的压力分布

$$H = \frac{h_b - h_B}{h_0 - h_B} = 1 - 3x + 3x^2 - x^3$$

式中 h_B ——支管末端需要的压力水头 (m)；

x ——距离比, $x = b/B$ 。

其分布规律如表 11-7 及图 11-19。

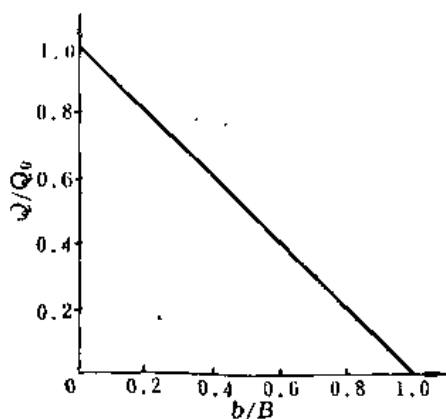


图 11-18 平移支管流量分布图

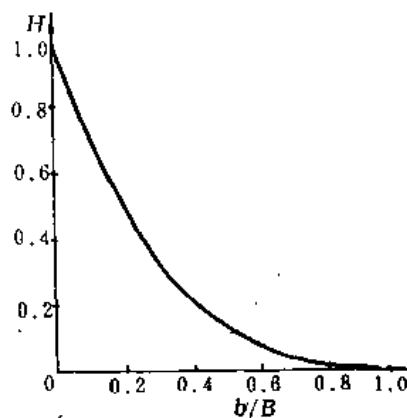


图 11-19 平移支管压力分布图

表 11-7 平移支管压力分布

h/B	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
H	1	0.512	0.216	0.064	0.008	0

将图 11-19 与图 11-15 作一比较, 可发现平移式在管前部的水头损失大于中心支轴式。从起点到管长的 20% 处, 已损失一半水头。

实际上支管各点压力、流量均不等, 各喷头出流量有差别。在设计中有两种处理方法:

其一, 为使各喷头出流均匀, 最末一个喷头按设计喷头工作压力工作, 则前面各喷头的压力均超过设计工作压力, 为保持喷头流量一致, 应加消能设施。

其二, 为减少各喷头出流量不一致性, 而维持支管总出流量保持不变, 即总出流量等于喷头设计流量和喷头数目的乘积, 则管首压力水头 h_0 按下式确定 (参见图 11-20)。

$$h_0 = h_p + \frac{2}{3} h_f \quad (11-33)$$

此式也可用于其它按平移方式工作的支管设计中。

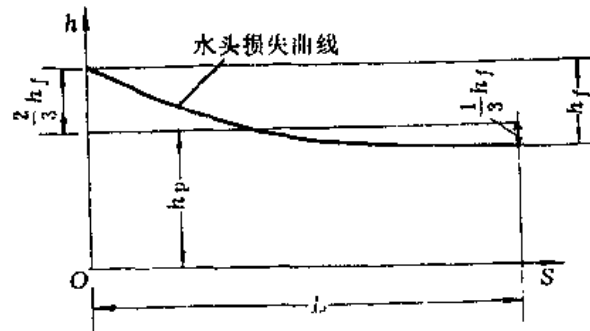


图 11-20 平移管管首压力确定

微 喷 灌

微喷是近10年在滴灌和喷灌的基础上发展起来的一种新型灌水技术，它用微小喷头代替滴灌的滴头，把水或含有可溶性化肥或化学杀虫剂的水缓慢而较均匀地喷洒在每棵作物根系周围的土壤上。这种灌水方式的特点与滴灌相似，是一种工作压力低、流量小、供水频繁、湿润局部土壤的灌水方法；有时为了改善作物生态环境的需要，也采用喷雾的喷头调节田间小气候。微喷除了兼有喷灌和滴灌的主要优点外，还克服了两者的某些缺点。例如微喷较滴灌不易堵塞，湿润范围较大有利根系发育，减少干湿交接处土壤盐分积聚对根系的影响，调节部分田间小气候；它较之普通喷灌节省能量、提高水的利用系数，受风影响小，易于结合灌溉进行施肥，有利于田间作业的平行进行，以及能利用较咸的水进行灌溉等。微喷灌也存在一些缺点，例如对水质的处理与对系统的管理要求较高，单位面积的投资也较高等，所以目前尚未在大田使用。然而，由于微喷具有上述的许多优点，近年来在国外的果园、葡萄园以及城市绿地、苗圃上得到推广应用。在澳大利亚和以色列等一些灌溉水质矿化程度日益增高的地区，因不宜采用喷灌，微喷灌有取代普通喷灌的趋势。80年代初以来，我国开始了微喷技术设备的研制工作，并取得了初步成绩，在一些行栽经济作物如果树、茶叶、木耳等方面的灌溉试验也收到了较好的效果。

典型的微喷系统组成如图12-1所示。它主要由以下4大部分组成。

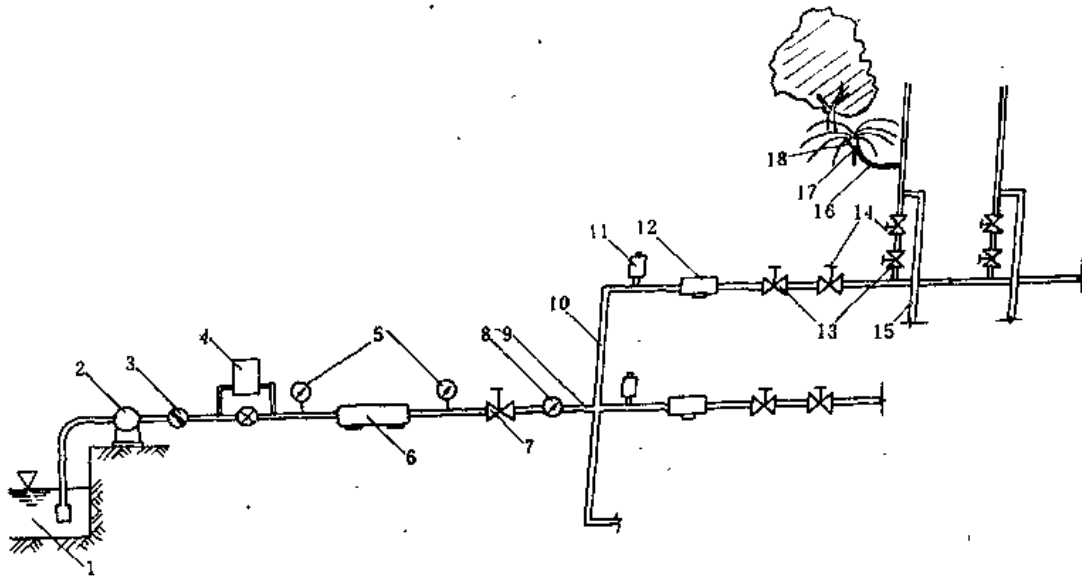


图 12-1 典型微喷系统组成示意图

- 1—水源； 2—泵站； 3—逆止阀； 4—化肥罐与注入器； 5—压力表； 6—过滤器； 7—闸
- 阀； 8—流量计； 9—干管； 10—支管； 11—空气阀； 12—次级过滤器； 13—启闭阀；
- 14—压力调节阀； 15—毛管； 16—微喷头连接管； 17—微喷头插杆； 18—微喷头

1. 系统首部

它包括水源、泵站、逆止阀、化肥注入器与化肥罐、过滤器、压力计、流量计和水表等。

2. 干、支输水管道

必要时在输水管道中还装有管道的防护装置，如空气阀、安全阀或减压阀等。

3. 支管（微喷灌溉单元）首部

典型的支管首部由空气阀、次级过滤器、启闭阀、压力调节阀和测压孔等组成。

4. 田间灌溉系统

它包括毛管及其首部的启闭阀与压力调节阀、微喷头及其插杆与连接管等。

第一节 微 喷 灌 设 备

一、微 喷 头

（一）微喷头的结构与分类

微喷头也是喷头的一种，但具有喷水量小、射程近、雾化性能好以及体积小等特点。它的具体作用是转变系统中的压力水并控制喷洒水量、射程、喷灌强度、水量分布与水滴大小等因素来满足作物对灌溉的要求。因此，喷头的结构形式与制造质量的好坏直接影响到整个微喷的灌水质量。

从结构原理与尺寸大小来说，大多数微喷头是普通喷头的微型化，其几何尺寸一般都在10cm以下，多为2~4cm之间。工作压力一般在50~300kPa之间，而以100~200kPa更常见，喷水量一般在300L/h以内，射程多在7m以内。微喷头是微喷系统最关键的部件之一，其工作的可靠性，性能的稳定性以及喷洒量的均匀性是微喷系统至关重要的问题。在设计与选用微喷头时应遵循结构简单、工作可靠、体积小、成本低和喷嘴口径精确等原则。

微喷头的形式与规格很多，可作出按喷洒图形和按结构形式两种分类。按喷洒图形不同，可以分为全圆喷洒和扇形喷洒两种，如图12-3所示用扇形喷头可以进行具有方向性的喷洒，例如扇形缺口对着树干，可以避免树干挡水而造成局部灌水强度过大引起水土流失。按结构形式可分为固定式和旋转式两种。

1. 固定式微喷头

固定式微喷头在整个喷洒过程中没有可动的部件。它的特点是结构最简单，喷洒图形变化多，但射程较小，喷水量大，喷灌强度也高。根据它的结构与水流形状又可以分为折射式、缝隙式、离心式与孔管式四种，后两种在微喷灌中用得较少，这里不作介绍。

（1）折射式微喷头。折射式微喷头是靠折射锥折挡裂散射流，实现喷灌。它与普通折射式喷头没有太大差别，只是结构更简单，喷洒图形更多样化（总的仍是圆形和扇形两种，见图12-2）。塑料折射式微喷头通常一体塑成，没有部件之分。折射锥的角度在 $120^\circ \sim 180^\circ$ 之间变化，折射锥的面也可以是带沟槽的，用它来调节射程，以便控制湿润面积的大小。

（2）缝隙式微喷头。缝隙式微喷头是从缝隙中喷出水舌来进行喷洒灌溉，图12-3的微喷头是常见的一种。它由喷体（包括进水管、喷嘴以及分别与水管和盖帽连接的接头）与

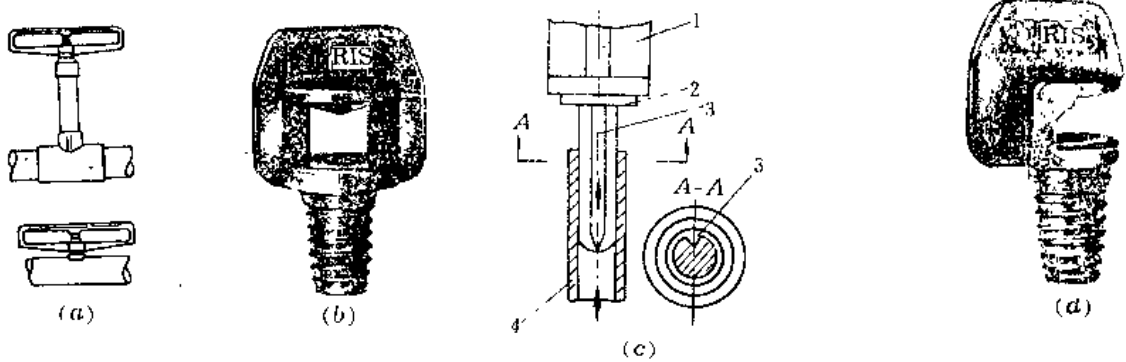


图 12-2 各种折射式微喷头

1—装卸喷头用的手把；2—折射锥；3—水槽；4—连接管

盖帽组成（图12-3）。盖帽上有缝隙孔眼。水流经过喷嘴射向盖帽顶，经过折射从缝隙喷出。喷水的形状由缝隙的大小与分布来定。喷头的水力性能主要取决于喷嘴的大小及盖帽的形状。缝隙式喷头射流集中，故其射程略远于折射式喷头，因而喷灌强度较低，使用范围更广。它的缺点在于盖帽缝隙处强度较低，易损坏。

2. 旋转式微喷头

旋转式微喷头集中一股或多股旋转的射流进行灌溉。由于射流集中，射程较固定式微喷头略远。为了降低成本与减少出现故障的机会，其结构力求简单，都不设置换向机构，只作全圆喷洒，旋转的动力也多靠射流的反作用力，如图12-4（a）。近年来也有微型摇臂式喷头问世，但由于结构复杂、价格高，还未能推广应用。由钢球推动旋转的微喷头，也由于结构复杂、易磨损、故障多等缺点，实践中使用不多。

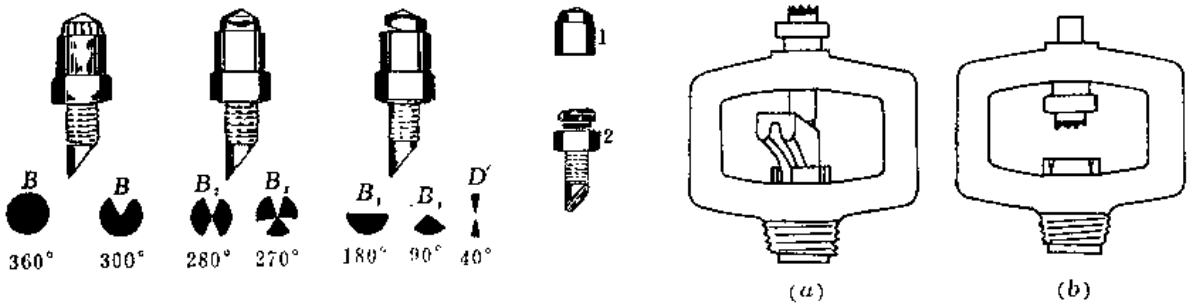


图 12-3 缝隙式微喷头及其喷洒图形

1—带缝隙的盖帽；2—喷头

图 12-4 常见的一种反作用式旋转微喷头

(a) 作旋转微喷头用；(b) 作折射式微喷头用（除掉驱动器，并把驱动器的轴套倒装成折射锥）

图12-4所示的微喷头是目前最流行的旋转微喷头形式。它由喷体、喷嘴、支架与驱动器等主要部件组成，驱动器上设有一条或多条扭曲凹槽，喷嘴射出的水流进入这些凹槽内并以一定的仰角切向射出。切向射流的反作用力迫使驱动器支架的轴快速旋转，使射流连续改变方向，达到圆形喷洒的目的。由于这种喷头的旋转轴承部件不象其它类型喷头那样安设在流道内（空心轴），可避免水中泥沙以及内水压力对回转部件的影响，从而大大提

高了喷头运转的可靠性。当喷头运行终止时，驱动器由于重力的使用下落，自行遮挡孔口，从而防止了各种飘落物和尘垢的堵塞；又由于驱动器在运行中带动支轴转动，有助于减少碳酸钙在孔口的沉淀与附着。此外，这种类型的微喷头把驱动器拆除并倒装驱动器的轴套后便可改旋转式微喷头为折射式微喷头，见图12-4（b）。

（二）微喷头的主要技术参数

微喷头的主要技术参数和普通喷头一样，包括喷嘴数量与直径、工作压力、喷水量、射程、喷灌强度、水量分布图形和雾化程度。此外微喷头还有一个重要的技术参数是制造误差，它是设计微喷灌系统均匀度的主要依据之一。上述各项参数的定义除射程和制造误差需另作说明外，其它多与普通喷头相同。

1. 射程

它定义为无风条件下喷灌强度为 0.15 mm/h 的那一点到喷头的距离。

2. 制造误差

它是指制造工艺对喷水量的影响程度，用制造误差系数 F_D 表示，按下式计算：

$$F_D = \frac{S_d}{q_0} \quad (12-1)$$

$$S_d = \sqrt{\frac{q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - nq_n^2}{n-1}} \quad (12-2)$$

$$q_0 = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{n} \quad (12-3)$$

式中

F_D ——喷头制造误差系数；

S_d ——喷头流量的标准偏差；

q_1, q_2, \dots, q_n ——各喷头的实测流量（L/h）；

q_0 ——喷头实测流量平均值（L/h）；

n ——供测试的喷头数，一般要求 $n \geq 25$ 。

微喷头按 F_D 大小可以分为3个等级，如表12-1。

表 12-1

微喷头制造误差等级表

等 级	F_D 值	备 注
A	< 0.05	质 量 很 好
B	< 0.10	质 量 好
C	> 0.10	建 议 不 用

微喷头流量与射程的关系可用幂函数的形式来表示：

$$q = kH^x \quad (12-4)$$

$$R = aH^b \quad (12-5)$$

式中 q ——喷水量（L/h）

R ——射程（m）；

H ——工作压力（kPa）；

k 、 a ——比例系数，与微喷头特性及所用单位有关；

x 、 b ——指数，与流态或喷头特性有关。

x 值的大小，反映了该喷头流量对压力波动的敏感程度，其值越小，越容易保持流量的均匀。常见微喷头的 x 值变化在0.50~0.55之间。

(三) 微喷头与管道的连接

微喷头与毛管的连接方式有多种，可以直接安插在毛管上，为了灵活地布置微喷头，更多的情况是从毛管引出连接管再与微喷头相连，并用一插杆将其固定在某一位置。当需要微喷头有一定高度时，可设置一段竖管，其高度按灌溉的要求而定，通常为30~40cm。微喷头与毛管的连接参见图12-5。

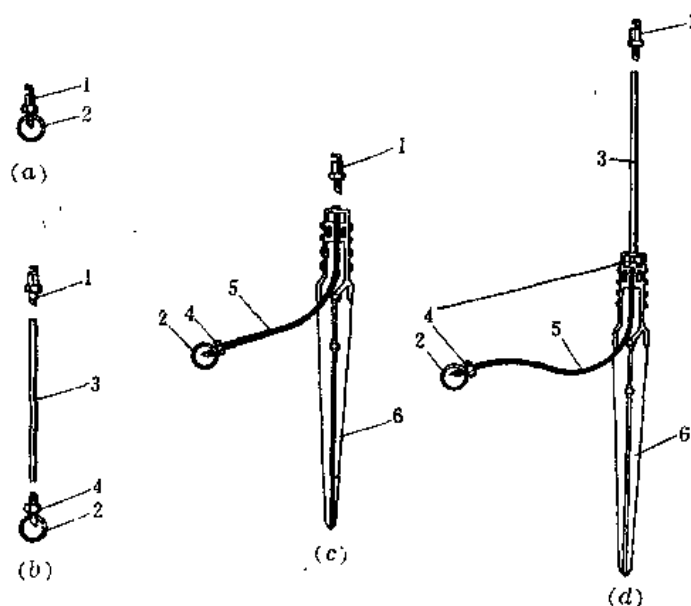


图 12-5 微喷头与毛管的连接

1—微喷头；2—毛管；3—竖管；4—接头；5—连接管；6—插杆

(四) 我国常见的微喷头规格与性能

1. 低压塑料雾化喷头

这种微喷头由新乡农田灌溉研究所研制，属折射式，有单向喷洒与双向喷洒之分，其结构如图12-6所示；(a)为双向喷洒，湿润面积近于圆形；(b)为单向喷洒，湿润面积近于半圆形。水力性能如表12-2所示。本喷头性能可靠，雾化程度高，在高温干燥地区使用时水量损失甚大。

2. LWP型微喷头

LWP型微喷头为沙市塑料一厂产品，结构如图12-7所示，可作旋转与折射两种使用。其水力性能见表12-3。

二、过 滤 设 备

(一) 过滤设备的分类

供微喷灌系统使用的过滤设备，按过滤的功能可分为粗过滤设备和细过滤设备。粗过

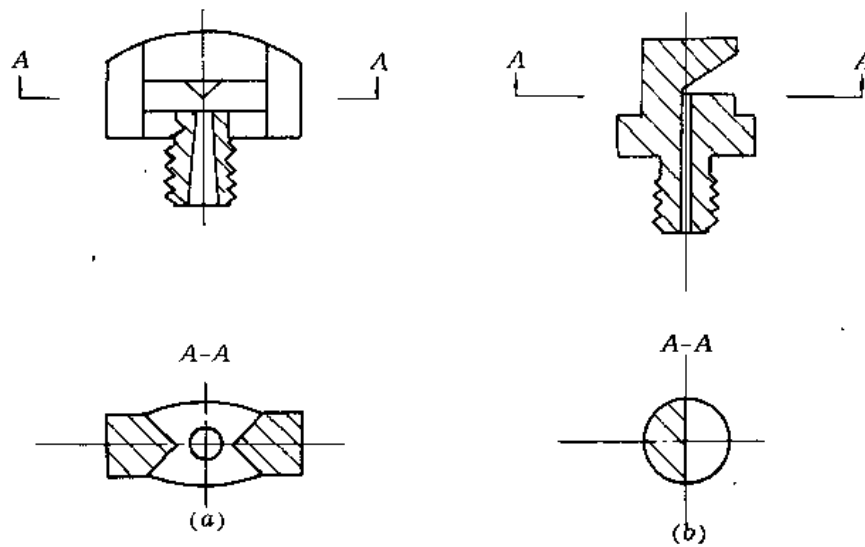


图 12-6 低压塑料雾化喷头结构示意图

(a) 双向喷洒; (b) 单向喷洒

表 12-2 低压塑料雾化喷头水力性能表

型 号	工作压力 (kPa)	喷水量 (L/h)	射程 (m)	单喷头平均喷灌强度 (mm/h)	湿润面积 (m ²)	流量指数 x
单 向	49	28.5	1.5	4.3	5.45	0.49
	98	41.0	1.4	6.1	4.69	
	147	50.0	1.4	7.5	4.51	
	196	57.5	1.5	7.9	4.95	
双 向	49	30.5	2.0	3.5	6.10	0.51
	98	44.0	2.7	4.5	7.39	
	147	54.0	2.7	5.7	7.55	
	196	62.5	3.0	7.2	9.61	

表 12-3 LWP型微喷头水力性能表

喷嘴直径 (mm)	工作压力 (kPa)	流量 (L/h)	射程 (m)		喷灌强度 (mm/h)	
			旋 转	折 射	旋 转	折 射
1.2	100	45	3.0	1.7	1.55	4.8
	150	57	3.4	1.7	1.51	6.0
	200	69	3.6	1.7	1.62	7.3

滤设备一般有离心式过滤器和沉沙池两种；细过滤设备主要采用筛网式或叠片式过滤器，有时也使用砂石过滤器。按过滤器冲洗方式可分为手动冲洗与自动冲洗两种。目前我国尚未制造自动冲洗过滤器。

(二) 离心式过滤器

离心式过滤器是利用水流环流的离心力来分离水中的沙粒，见图12-8。根据这个原理，接近水比重或更轻的杂质是不能被分离的。当它的效率达到最高时能清除98%的0.074mm以上的沙粒。用它作粗过滤可以大大减轻次级过滤器的负担。它最大的优点是工作时连续自动排沙，不用停机冲洗。它的主要缺点是水头损失较大，达90~100kPa；在系统起动与停机时，系统中管道的流速下降，过滤效力降低。

(三) 筛式过滤器

筛式过滤器是一种最常用的过滤器，它用筛网来拦截污物，主要用来清除沙粒和小量的藻类。筛网由不锈钢、尼龙以及聚酯等化纤材料制成。这种过滤器的冲洗一般不用拆卸筛网就可以进行。按冲洗的形式可以分为贯流式（图12-9）、冲刷式（图12-10）和喷射式（图12-11）。贯流式常用于手动冲洗，后两种多属自动冲洗。筛式过滤器的优点是，结构简单、容易操作、维修方便、造价低（自动冲洗的除外）；它的缺点是当藻类过多时，筛网多被堵死，不能滤去微生物或胶体。

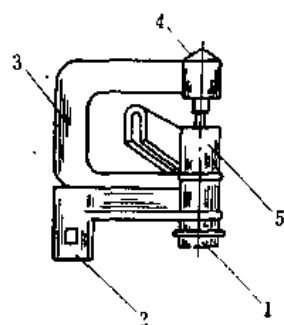


图 12-7 LWP型微喷头
外形示意图

1—水管接头；2—插杆接口；3—弓形支架；4—折射锥；5—旋转臂

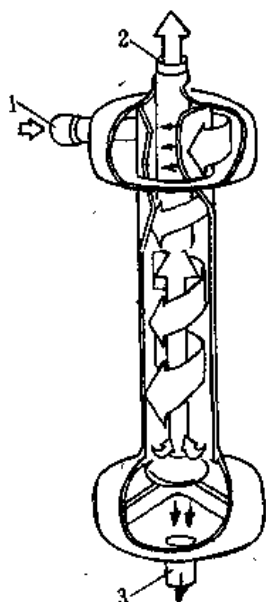


图 12-8 离心式过滤器工作原理图

1—进水口；2—出水口；3—排沙口

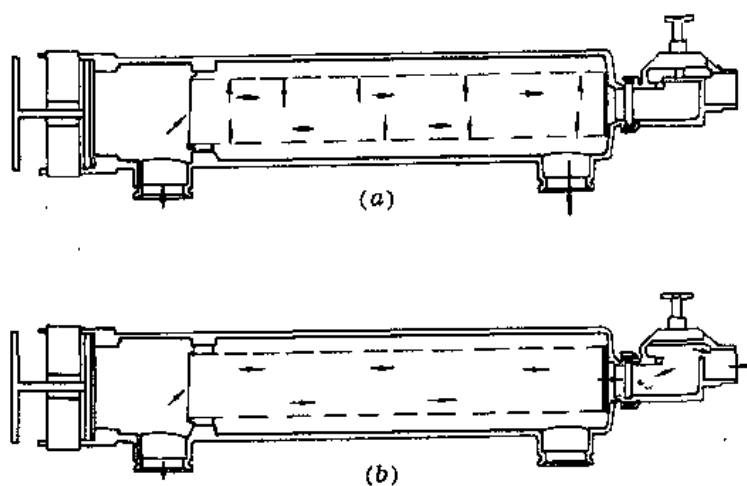


图 12-9 贯流冲洗筛式过滤器

(a) 过滤；(b) 冲洗

(四) 叠片式过滤器

叠片式过滤器的主体由数量众多的带沟槽薄塑料叠片组成（图12-12），被过滤的水流

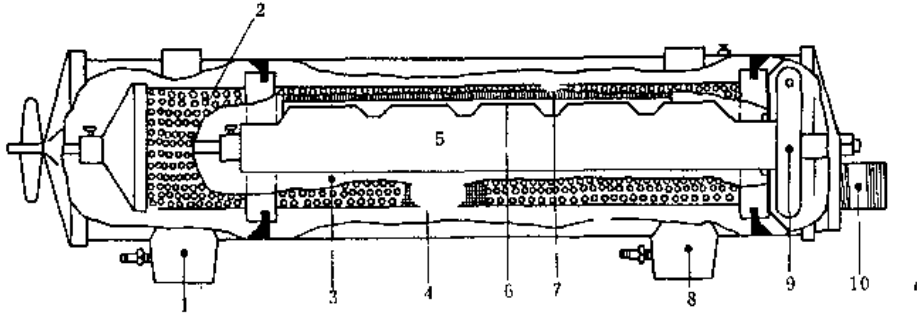


图 12-10 冲刷冲洗筛式过滤器

1—进口；2—第一级预滤孔；3—内腔；4—第二级细滤网；5—空心管；
6—链状吸污口；7—清污刷；8—出口；9—喷嘴式驱动器；10—排污口

通过叠片的沟槽进入下游，泥沙被拦截在叠片之外。这种过滤器的优点是较筛网式易彻底冲洗积污，但手续麻烦，必须把叠片拆卸及用手工冲洗。目前我国尚未制造这种过滤器。

三、化学剂注入设备

进行微喷灌时，常根据需要把化肥、杀虫剂或除草剂等注入管道中，随灌溉水一起喷洒。这样往往比单独施加化学剂的效果好。常见的化学剂注入设备有容积泵、文丘里管与差压罐三种。

(一) 容积泵

柱塞泵与隔膜泵常用来向管道注入化学剂，见图12-13(a)。这种方法的优点是化学剂注入量精确，浓度恒定；缺点是成本高，维护费用高，且需额外的动力来驱动。动力可使用电动机、内燃机或灌溉系统中的水力等。

(二) 文丘里管

文丘里管是一种最简单的化学剂注入设备。它的构造简单，用塑料一次压注制成，造价低且不需额外的动力设备见图12-13(b)，所以在小型微喷系统中较常见。它进出口的压力差由主管道的阀门来调节。文丘里管的主要缺点是压力损失很大，常为进口压力的20%以上，所以在较大型的微喷系统中使用这种设备时，常串联一个微型离心泵以补偿文丘里管的水头损失(图12-11)。

(三) 差压罐

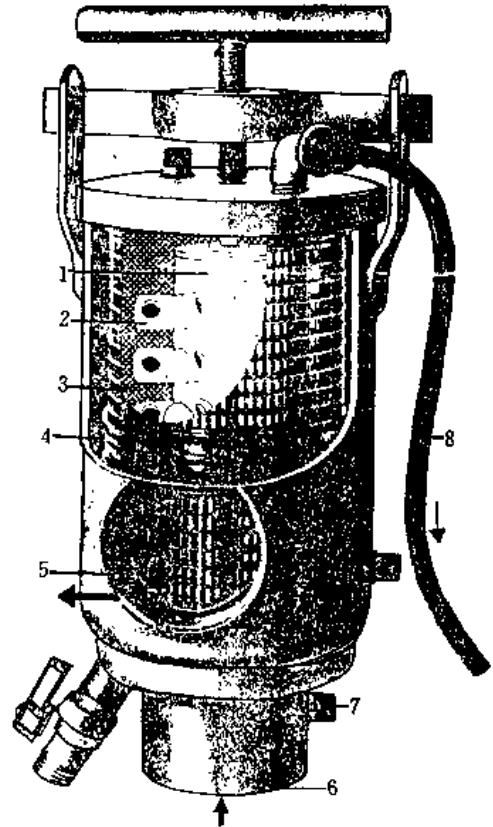


图 12-11 喷射冲洗筛式过滤器

1—转子；2—喷嘴；3—滤网；4—支架；
5—出口；6—进口；7—侧孔；8—接水管

在较大型的微喷系统中使用这种设备时，常串联一个微型离心泵以补偿文丘里管的水头损失

差压罐是化学剂注入器中，比较简单、可靠、高效的一种设备（图12-15）。主管道的

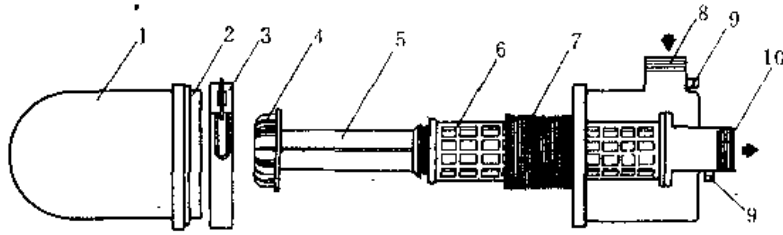


图 12-12 叠片式过滤器

1—盖；2—密封圈；3—箍；4—筒盖；5—伸缩轴；6—伸缩套筒；7—过滤叠片；8—入口；9—测压孔；10—出口

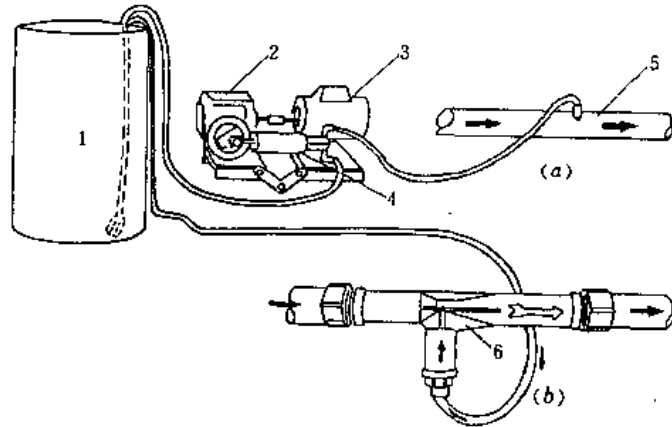


图 12-13 柱塞泵和文丘里管注入系统示意图

1—化肥筒；2—变速箱；3—电机；4—柱塞泵；5—F管；6—文丘里管

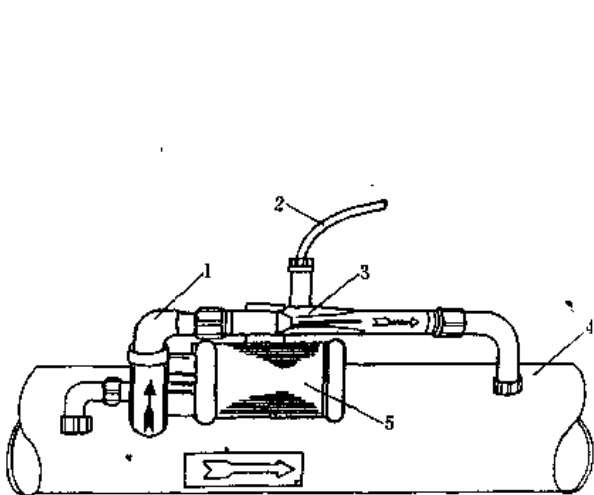


图 12-14 微型离心泵与文丘里管系统示意图

1—微型离心泵；2—化肥液吸入软管；
3—文丘里管；4—干管；5—电机

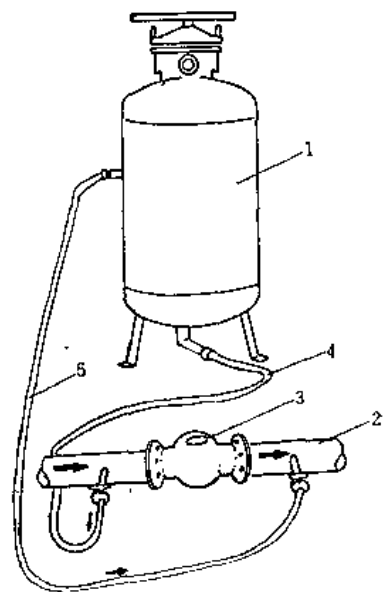


图 12-15 差压罐注入系统示意图

1—压力罐；2—干管；3—测压阀；4—进水软管；5—出水软管

调压阀造成15kPa的水头损失,使阀门前的高压水通过水管进入密封的压力罐,将罐内的化学剂压入阀门下游的低压管段内。压力罐内应设有清水隔膜把化学剂溶液与流入的高压水分开,以免在注入过程中溶液浓度发生变化,同时可防止化学剂对罐的腐蚀。注入量的调节,可通过进出水管的阀门与流量计来控制。

四、管道及附件

(一) 管材

微喷灌系统基本上设计成固定式。通常把作输配水用的干、支管道埋入地下,工作管道(毛管)则可以铺设在地面,也可以埋入地下。微喷灌系统对管材的要求与普通喷灌的要求原则上没有区别,只是由于它的流量与工作压力的介乎滴灌与喷灌之间,所以它对管材的强度、规格的要求也是介乎这两者之间。但由于微喷灌使用的压力范围更接近滴灌系统,所以使用的管材质地可与滴灌的相同。例如干、支管可以使用石棉水泥管、预应力钢筋混凝土管、硬聚氯乙烯管、改性聚丙烯管等。毛管则使用聚乙烯管或聚氯乙烯管等。沈阳七塑和沙市一塑生产的聚乙烯管材(表12-4)可作为微喷的毛管使用。

表 12-4 沈阳七塑和沙市一塑聚乙烯管材规格

序 号	规格(内径mm)	近似重量(g/m)	参考价格(元/m)	备 注
1	φ10	37	0.15	沙市一塑不生产φ13规格
2	φ13	50	0.21	
3	φ15	71	0.31	
4	φ20	130~140	0.54	
5	φ25	200~220	0.80	
6	φ32	300~308	1.18	
7	φ40	380~412	1.50	
8	φ50	400~606	2.35	

(二) 管件接头

连接微喷灌系统末一、二级管道使用的各种管件接头要求结构简单、安装方便、使用可靠和价格便宜。它们主要包括等径或变径的对接接头、弯头、三通等。其连接形式通常有:

用于硬管的接头:丝扣式与承插式(使用粘合剂封闭)两种。

用于软管的接头:倒钩式与箍式两种(图12-16)。

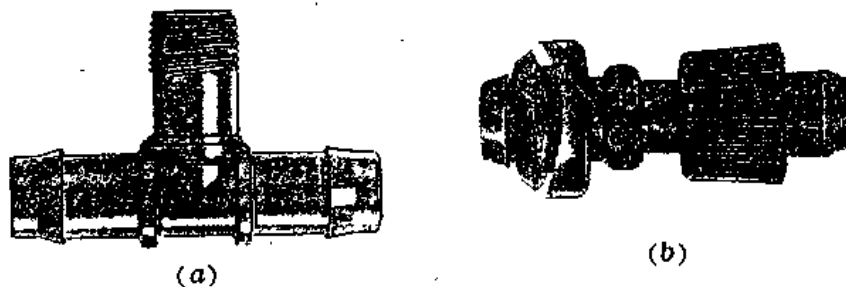


图 12-16 软管接头
(a) 倒钩式; (b) 箍式

(三) 管末端冲洗阀

毛管与支管的末端常设置冲洗阀来代替堵头，以便定期冲洗残存在支、毛管端部的淤泥或微生物团块，这样可有效地预防对微喷头的堵塞。管端冲洗阀可以使用手动闸阀，但需人工操作。管端自动冲洗阀则在微喷系统的启动与关闭过程中压力处在较低值时自动打开，达到冲洗的目的；当管内压力上升，阀塞弹簧受压，阀塞便自动关闭（图12-17）。这种阀除作冲洗用外，也是冬季停喷排水防冻的好设备

(四) 流量调节器

为了较精确地控制各支管或毛管进水的流量，可以使用流量调节器。图12-18是流量调节器的结构示意图。其原理是：水从上游A处通过阀口3进入下游B，当上游压力上升，推动阀隔膜2往上走，带动阀塞上升，使阀口3的过水面积减小；上游压力若下降，隔膜2受弹簧的压迫而往下走，使阀口3的过水面积增大。这样便可以保持管道通过的流量接近恒定。

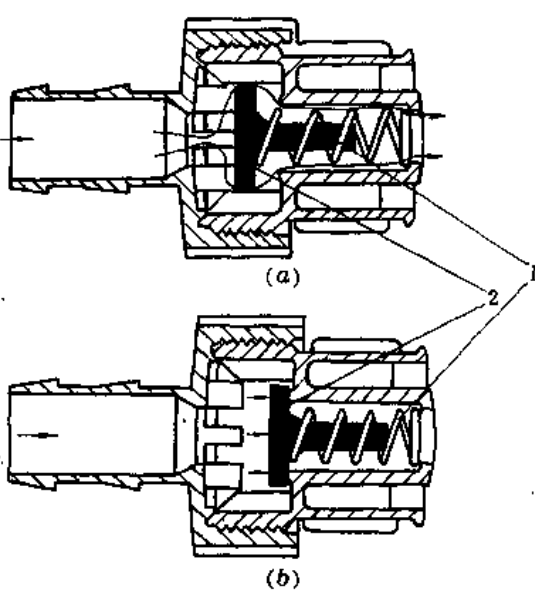


图12-17 管末端自动冲洗阀结构示意图

(a) 冲洗； (b) 关闭
1—弹簧； 2—橡皮阀塞

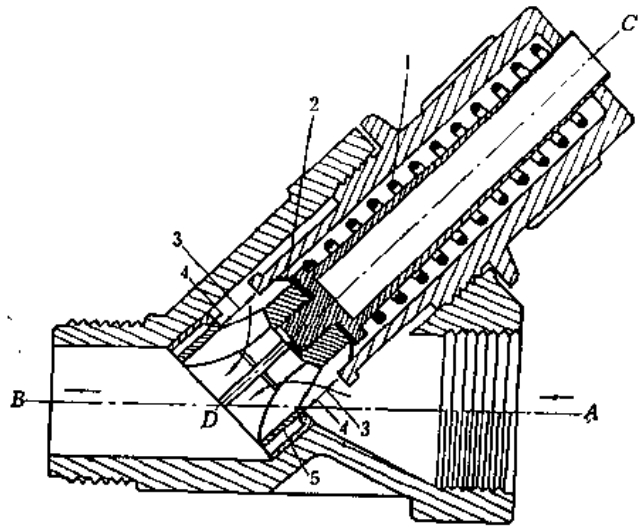


图 12-18 流量调节器结构示意图

1—弹簧； 2—阀隔膜； 3—阀孔
开度； 4—阀座； 5—阀塞（套筒）

2受弹簧的压迫而往下走，使阀口3的过水面积增大。这样便可以保持管道通过的流量接近恒定。

(五) 空气阀

为了排除管中的空气或控制产生水锤负压，在管道的制高点处应设空气阀（图12-19）。当管道中水未冲满或出现负压时，阀球因自重或管外大气压的作用而下降，空气便能自由进、出，达到补偿管内负压或排放空气的作用。当水管内冲满水时，球体浮起自动封住出口，达到止水的目的。

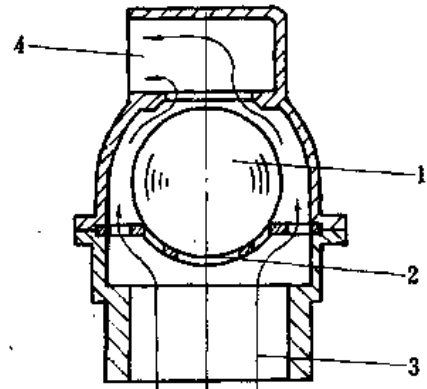


图 12-19 空气阀结构示意图

1—浮球； 2—带孔的支架； 3—气流方向； 4—排气孔

第二节 管道水力计算

一、微喷管道水力计算的特点及常用公式

(一) 微喷管道水力学的特点

微喷灌管道中的水流是稳定的。干管、分干管在系统中主要作为输水管道，具有一般的管道水力学特性；而支管与毛管由于分流的缘故，管道中的水流沿程是变化的。支管和毛管可以认为具有相似的水力学特性——多口出流。微喷灌管道的水力学计算就是按上述特点进行的。

(二) 微喷灌水力设计的任务与原则

微喷灌管道水力设计的任务是在流量已选定的情况下，计算各级输水管道的水头损失。在满足喷头工作压力与设计均匀度的条件下，确定合理的支、毛管长度和干、分干、支、毛管的内径，以及各级管道进口处的压力控制设施。

在微喷管道系统中，通常在支管的进口处安装压力控制阀门（或压力调节器），调整每个支管进口的压力，使每个支管所控制的面积成为一个微喷灌的单元区。要求每个单元区内各喷头的喷水量的变化不超过10%，即相应压力的变化不应超过20%。

对于没有坡度的平地，同一个微喷单元内，支管与毛管的水头损失之和要小于或等于设计喷头工作压力的20%，即

$$\Delta H_a + \Delta H_b \leq 0.2H_p \quad (12-6)$$

式中 ΔH_a ——支管进口至毛管进口处的水头损失 (m)；

ΔH_b ——毛管进水口处到计算喷头的水头损失 (m)；

H_p ——设计喷头工作压力 (m)。

如果单元地块内有高度变化，则还需计入支管进口处与计算喷头处的高程差异值 $\Delta H'_1$ ：

$$\Delta H_a + \Delta H_b + \Delta H'_1 \leq 0.2H_p \quad (12-7)$$

当计算喷头处的高程高于支管进口处的高程时， $\Delta H'_1$ 为正值；否则为负值。

通常喷头压力偏差允许值 ($0.2H_p$)，按下面的比例分摊给支管与毛管：毛管占60~50%，支管占40~50%。

如果支管或毛管较长，为了经济的目的，可由不同管径的数段管道组成，这时管道的水力计算要按管径分段进行。为了便利施工，同一管道内使用的管径的规格不宜过多，以不超过2~3种为宜。

干管（包括分干管）的水力计算主要是在满足各灌水单元进口压力的要求下确定其合理的管径。由于干管以输水为主，分流很少，故不能按多口出流计算。确定干管的直径主要有两种方法：一是限定水头损失；二是选取一个经济的水力坡降 i_0 。限定水头损失的设计方法主要是依据水源与抽水设备条件，限制管道系统的水头损失不超过一个控制值。这种方法的缺点是经济观点不鲜明，而经济水力坡降法则具有较鲜明的经济观点。根据目前国内滴灌经验， i_0 值在0.03~0.06之间。微喷灌的流量较滴灌大， i_0 值可以适当增大，以

求管径较小,节省投资,但要受管道的限制流速控制,避免水锤发生时破坏管道。通常使用的PVC塑料管与石棉水泥管,流速一般不宜超过2.25 m/s,若流速控制在1.6 m/s以内则更为安全。

(三) 常用管道水力学公式

供干管用的管道材质较多,其水力学计算要按选用的材质与流态而定,可参照第七章的有关公式计算。而支管与毛管通常使用的是聚乙烯或聚氯乙烯管,被认为是水力学光滑管,第七章中有关公式仍可使用,但考虑到微喷使用流量单位一般较小,为了使用方便,这里仍作有关公式的介绍。

1. 达西——韦斯巴赫公式

$$h_f = 6.377\lambda LD^{-5} Q^2 \quad (12-8)$$

式中 h_f ——管道的沿程水头损失 (cm);

L ——管道长度 (m);

D ——管道直径 (mm);

Q ——管中流量 (L/h);

λ ——摩擦系数。

当管中流态为层流 ($Re < 2000$) 时,其摩擦系数为

$$\lambda = 64 / Re \quad (12-9)$$

$$Re = 3.5368Q / (Dv) \quad (12-10)$$

式中 Re ——雷诺数;

Q ——流量 (L/h);

D ——管径 (mm);

v ——运动粘滞系数 (cm^2/s), 5℃时等于0.015; 10℃, 0.0131; 20℃, 0.01。

当管中流态为不稳定的过渡流 ($2000 < Re < 4000$) 时,其摩擦系数近似地为

$$\lambda = 3.42 \times 10^{-5} Re^{0.85} \quad (12-11)$$

当流态为光滑紊流 ($4000 < Re < 100000$) 时, λ 可用勃拉休斯公式计算:

$$\lambda = 0.316 Re^{-0.25} \quad (12-12)$$

当雷诺数更大 ($10^5 < Re < 10^7$) 时, λ 可用科尔勃鲁公式计算:

$$\frac{1}{\lambda} = 1.81g \frac{Re}{7} \quad (12-13)$$

2. 哈森——威廉斯公式

$$H_f = 0.628LD^{-4.871} (100Q/C)^{1.852} \quad (12-14)$$

式中符号及单位同前, C 值见表12-5。

3. 多口系数计算公式

多口系数计算公式与第七章普通喷灌系统计算的公式相同。多口出流条件下的水头损失 H_f 则等于多口系数 F 与普通输水管道水头损失 h_f 的乘积:

$$h_f = F \cdot h_f \quad (12-15)$$

4. 塑料管道多口出流综合计算式

式 (12-16) 是根据澳大利亚多元图解 (Polyplot) 诺模图概括得出的,适用于塑料管道

表 12-5 常用管材的 C 值

管 道 种 类	C	备 注
塑料管 (如PVC、PE管等)	150	管径小时, C值可以取小些
石棉水泥管	140	
新钢管及新的光滑铸铁管	130	
铝合金管、镀锌钢管、锦纶软管	120	
半旧的钢管、铸铁管	110	
使用多年的旧钢管、铸铁管、离心浇 注的混凝土管	100	
普通混凝土管	90	

多口出流条件下的水头损失计算。使用时要求出流口数目在10个以上。它的计算值相当于 $C = 135$ 时的哈-威公式计算值, 故使用本式时不需另算管道的局部损失。

$$H_f = 0.26839 S_q^{1.77} D^{-1.77} L^{2.68} \quad (12-16)$$

式中 H_f ——多口出流条件下的水头损失 (m);

S_q ——比流量 ($L \cdot h^{-1}/m$),

$$S_q = \frac{\text{出流口的流量}}{\text{出流口的间距}}, \text{ 或 } = \frac{\text{管道进口总流量}}{\text{管道总长}}$$

D ——管径 (mm);

L ——从管道末端算起的长度 (m)。

已知 H_f 、 S_q 、 D 与 L 四项中的任意三项, 利用公式 (12-16) 即可以求出其余的一项。当已知 S_q 与 D 值时, 改变不同的管长 L 就可以求出水头损失与管长的关系曲线——多口出流沿程水头损失曲线。

二、变径管多口出流的水力学设计方法

变径管多口出流的水力学问题通常包括全管线均匀多口出流与分管段均匀多口出流 (即各分管段间的分流流量 q_i 不相等, 但在同一管段内的分流流量相等), 解决这类问题的方法可以用有限单元法, 通过计算机的帮助求出总的水头损失, 而最简便的方法是使用虚拟管段多口系数法或水头损失曲线图解法。现重点介绍虚拟管段多口系数法。

(一) 变径管均匀多口出流水力计算

设一毛管由三段不同管径及长度组成, 它们分别是 D_1 、 L_1 、 D_2 、 L_2 、 D_3 、 L_3 。每个喷头的流量为 q 、各段的喷头数目分别为 N_1 、 N_2 、 N_3 , 如图12-20。

现分别虚拟三种单一管径的多孔出流, 他们的管径、管长、进口流量和分水口数目分别为 D_1 、 l_1 、 Q_1 、 n_1 、 D_2 、 l_2 、 Q_2 、 n_2 、 D_3 、 l_3 、 Q_3 、 n_3 。其中各段管的进口流量分别为

$$Q_1 = q \times N_1 = q \times n_1$$

$$Q_2 = q \times (N_1 + N_2) = q \times n_2$$

$$Q_3 = q \times (N_1 + N_2 + N_3) = q \times n_3$$

各虚拟管段的长度分别为

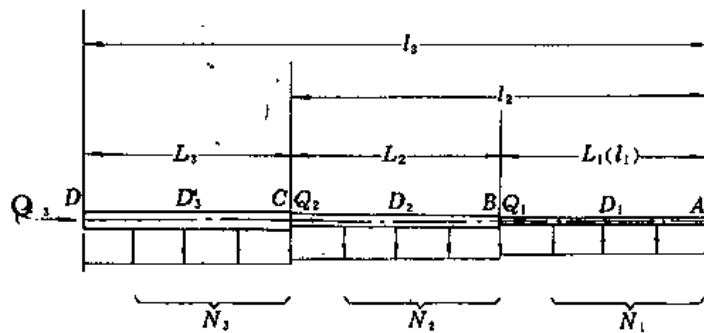


图 12-20 变径管的多口出流示意图

$$\begin{aligned} l_1 &= L_1 \\ l_2 &= L_1 + L_2 \\ l_3 &= L_1 + L_2 + L_3 \end{aligned}$$

于是，根据 n_i 可以查（求）出各管段的多口系数 F_i 及相应的多口出流水头损失 $H(l_i, D_i, Q_i)$ 。它们的水头损失曲线如图12-21。

第一管段 AB 的管径为 D_1 ，其虚设管段长度为0。因此，根据 n_1 可求出 F_1 。本段的实际水头损失为

$$H(l_1, D_1) = F_1 h_{f1} l_1 \quad (12-17)$$

式中 h_{f1} 为第一管段的每米管长的普通非多孔管道水头损失值，根据 D_1, Q_1 求得。

第二管段 AC 的管径为 D_2 ，长度为 l_2 ，分流孔数为 n_2 。其水头损失为

$$H(l_2, D_2) = F_2 h_{f2} l_2 \quad (12-18)$$

式中 h_{f2} 为第二管段每米管长的普通非多孔管道水头损失值，根据 D_2, Q_2 求得。

第二管段 AC 中的虚设管段为 AB 。它的多口系数与 F_1 相同，它的水头损失为

$$H(l_1, D_2) = F_1 h_{f1}' l_1 \quad (12-19)$$

式中 h_{f1}' 为虚设管 AB 每米管长的普通非多孔管道水头损失，据 D_2, Q_1 求得。

于是，真实管段 BC 的水头损失为前面两者的差值：

$$H(L_2, D_2) = H(l_2, D_2, Q_2) - H(l_1, D_2, Q_1) \quad (12-20)$$

同理，第 i 真实管段的实际水头损失可用下式求得：

$$H(L_i, D_i) = H(l_i, D_i, Q_i) - H(l_{i-1}, D_i, Q_{i-1}) \quad (12-21)$$

这样，具有 k 段变径管的多口出流水头损失 H_f 便可以按上述方法叠加而得：

$$\begin{aligned} H_f &= H(L_1, D_1) + H(L_2, D_2) + \dots + H(L_k, D_k) \\ &= \sum_{i=1}^k [H(l_i, D_i, Q_i) - H(l_{i-1}, D_i, Q_{i-1})] \quad (12-22) \end{aligned}$$

(二) 变径管分段均匀多口出流水力计算

设一管道由三段不同的管径及长度组成，且每段的多口分流量 q_i 也不相同（例如对支管来说，当所属每段支管的毛管长度不一样，毛管的引流流量 q_i 也就不相同），它们分别为： $D_1, L_1, q_1, N_1, D_2, L_2, q_2, N_2, D_3, L_3, q_3, N_3$ 。如图12-22，图中 a_1, a_2, a_3 为

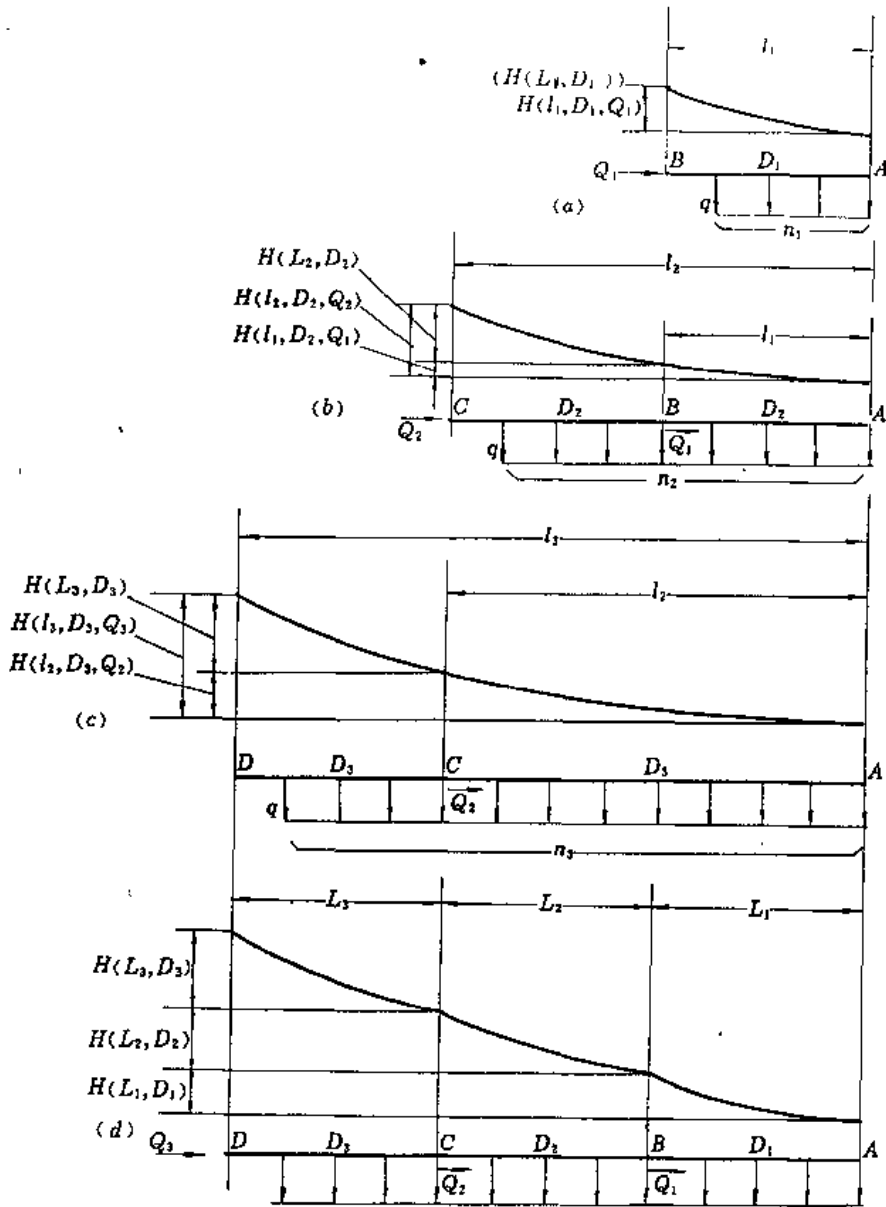


图 12-21 虚拟单一管径水头损失与真实水头损失叠加图

各段分流口的间距。计算的办法与上述原理相似，仍使用引入虚拟单一管径的办法。但由于各管的 q_i 各不相同，需改变上面虚拟管长 l_{i-1} ，以及虚拟段的多口出流数目与系数，并使这三个数值所构成流量 Q_{i-1} 与实际情况相符。

现以第二管段 BC 的计算过程来说明。若虚拟有一单一管径为 D_2 的均匀多口出流管 $A'C$ 其长度与分流口数分别为（图 12-23）：

$$l_2 = L_2 + l'_1 \quad (12-23)$$

$$n_2 = N_2 + n'_1 \quad (12-24)$$

式中 l'_1 和 n'_1 分别为虚拟管段的长度和分流口的数目。

在虚拟管中要求 B 处的流量 Q_1 仍与实际 B 断面的流量 Q_1 相等。这样有

$$Q_1 = q_1 N_1$$

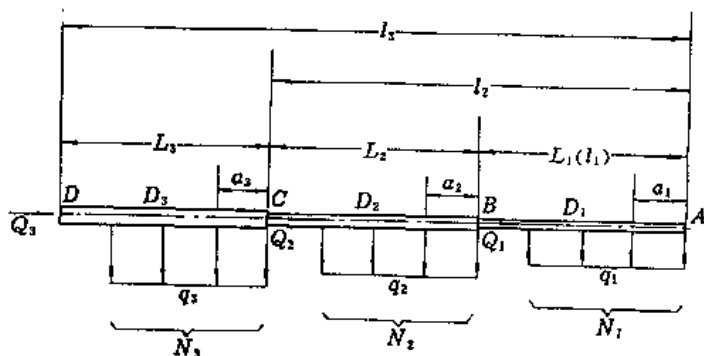


图12-22 变径管分段均匀多口出流示意图

因又有

$$Q_1 = q_2 n_1'$$

$$n_1' = q_1 N_1 / q_2 \quad (12-25)$$

故

于是，虚拟管长为

$$l_1' = a_2 n_1' \quad (12-26)$$

有了进口流量 Q_1 、管径 D_2 、分流口数目 n_1' 以及管长 l_1' ，便可求出虚拟管段 $A'B$ 的多口系数 F_1' 与水头损失

$$H(l_1', D_2, Q_1) = F_1' h_{f1} l_1' \quad (12-27)$$

则BC段的实际水头损失为

$$H(L_2, D_2) = H(l_2, D_2, Q_2) - H(l_1', D_2, Q_1)$$

同理，总的水头损失可由各分段实际水头损失组成：

$$H_f = \sum_{i=1}^k [H(l_i, D_i, Q_i) - H(l_{i-1}, D_i, Q_{i-1})] \quad (12-28)$$

式(12-28)是式(12-22)的通解，所以使用式(12-28)可以解决多口出流的绝大部分情况。

(三) 变径管多口出流列表计算举例

根据式(12-23)至式(12-28)可以依据管径不同进行分段并列表或编成计算机程序进行计算，现举例如下：

【例12-1】微喷毛管长 L 为168m，安装微喷头数 N 为56个，喷头间距 a 为3m，喷头流量 q 为45L/h，使用三段不同内径的PE管，各段的管内径、管长和喷头数分别为： $D_1 = 20\text{mm}$ 、 $L_1 = 48\text{m}$ 、 $N_1 = 16$ ， $D_2 = 32\text{mm}$ 、 $L_2 = 60\text{m}$ 、 $N_2 = 20$ ， $D_3 = 40\text{mm}$ 、 $L_3 = 60\text{m}$ 、 $N_3 = 20$ 。试求全毛管的水头损失。

水头损失计算公式按哈—威公式，取 $C = 120$ ，全部计算列表进行，计算结果毛管水头损失为1.99m（表12-6）。

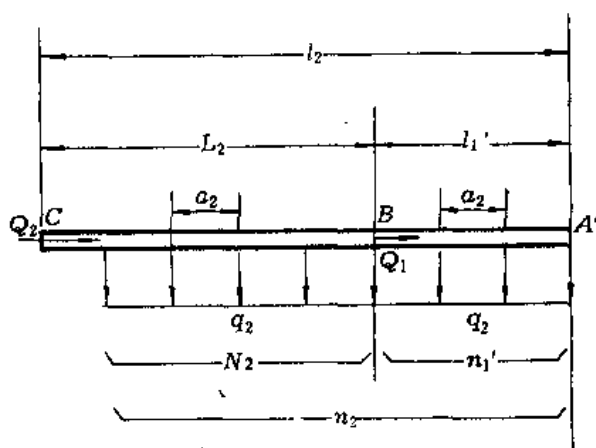


图12-23 第二段管段虚拟图

【例 12-2】 微喷支管长180m,供30条毛管,毛管间距 a 为6m。从末端数起,第1~10毛管的流量为720L/h(每条毛管负担10个微喷头),这一段支管长 L_1 为60m,管内径 D_1 为50mm;第11~30毛管的流量为1440L/h(每条毛管负担20个微喷头),这一段支管长 $L_2 = 120m$,管内径 $D_2 = 100mm$ 。试求支管的水头损失。

计算公式仍采用哈-威公式, $C = 120$, 计算过程按表12-7进行,计算结果(自末端起)第一段水头损失为0.79m,第二段为1.22m,支管全长水头损失为2.01m。

三、多元图解 (Polyplot) 法

(一) 多元图解法的原理与使用条件

多元图解法为澳大利亚工程师们所首创。

影响管道内压力变化的因素,除了管道摩擦损失外还有管道的铺设坡度。如果把管道的摩擦损失与管道的坡度按相同的比例尺绘在一起,便能清楚地看到这两个因素沿管道对管内压力的影响。此外,如在图中同时绘上压力允许变化的范围(即为保证各喷头喷水均匀而给定的压力允差),便可以直观地判明沿管长各处的压力变化是否符合规定。利用这种方法来设计多口出流管道叫多元图解法。

使用这种方法,要求各分流口的流量相同、间距相等,即管中流量均匀递减,且末端的流量为零;分流的数目要求不少于10个,若分流数目过少,图解的结果将不准确。

(二) 多元图解法的主要用途

多元图解法主要用来解决以下的多口出流水力设计问题:

(1) 单一管径均匀多口出流的水力设计。给定喷头流量(均匀出流)、地形坡度变化与压力允差范围,求合适的管径与管长。

(2) 变径管均匀多口出流的水力设计。给定喷头流量(均匀出流)、地形坡度变化与压力允差范围,使用数种管径(沿流向从大到小排列),求各段的管径与管长。

(3) 变径管分段均匀多口出流的水力设计。给定各段多口出流的比流量 S_e ,地形坡度变化与压力允差范围,求各段适用管径与管长。

(4) 陡坡地消能装置的定位与技术要求。根据地形条件与管道水流情况,确定集中削减水能的位置与消能的数值。

(三) 多元图解法的方法与步骤

1. 单一管径或变管径均匀出流水力设计

现以一个例子来说明具体图解步骤与方法。

【例 12-3】 已知一毛管的铺设坡度为2%,管长150m,所安装的喷头的流量为45L/h,喷头的间距3m,喷头工作压力150kPa,允许工作压力差为 ± 15 kPa。试用多元图解法求出合适的管径与相应的管段长度。

解:

(1) 找出可能使用的水头损失曲线。

计算比流量 S_e 。

$$S_e = \frac{45}{3} = 15 \text{ (L} \cdot \text{h}^{-1}/\text{m)}$$

根据此值在图12-24左上角的转换图中找出 $S_e = 15 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}/\text{m}$ 的直线(使用内插法),并用透明纸把该图的纵横坐标与该直线描下来待用。

因可能提供的管子内径有 $\phi 13$ 、 $\phi 15$ 、 $\phi 20$ 和 $\phi 25$ mm等4种。按此,在描下的透明纸转换图中找出这4种管径相应的工作(水头损失)曲线号码——从纵坐标找出相应管径,作水平线与 S_e 斜线相交,再从交点引垂线与

表12-6 变径管均匀出流水头损失计算

序号	计算项目及公式	分段管号码		
		i = 1	i = 2	i = 3
1	Q_{i-1} (L/h)	0	720	1620
2	$Q_i = q_i N_i + Q_{i-1}$ (L/h)	720	1620	2520
3	$n'_{i-1} = Q_{i-1} / q_i$	0	16	36
4	$n_i = N_i + n'_{i-1}$	16	36	40
5	$l'_{i-1} = a_i n'_{i-1}$ (m)	0	48	108
6	$l_i = L_i + l'_{i-1}$ (m)	48	108	168
7	F_i ——据 n_i 由第七章多口系数表查得	0.383	0.361	0.360
8	F'_{i-1} ——据 n'_{i-1} 由第七章多口系数表查得		0.383	0.361
9	$H(l_i, D_i, Q_i) = F_i l_i \frac{0.628 \left(\frac{100 Q_i}{C} \right)^{1.852}}{D_i^{4.871}}$ (m)	0.74	0.71	0.85
10	$H(l'_{i-1}, D_i, Q_{i-1}) = F'_{i-1} l'_{i-1} \frac{0.628 \left(\frac{100 Q_{i-1}}{C} \right)^{1.852}}{D_i^{4.871}}$ (m)	0	0.07	0.24
11	$H_{fi} = (9) - (10)$ (m)	0.74	0.64	0.61
12	$H_f = \sum H_{fi}$		1.99	

表12-7 变径分段均匀出流水头损失计算表

序号	计算项目及公式	分段管号码	
		i = 1	i = 2
1	Q_{i-1} (L/h)	0	7200
2	$Q_i = q_i N_i + Q_{i-1}$ (L/h)	7200	36000
3	$n'_{i-1} = Q_{i-1} / q_i$	0	5
4	$n_i = N_i + n'_{i-1}$	10	25
5	$l'_{i-1} = a_i n'_{i-1}$ (m)	0	30
6	$l_i = L_i + l'_{i-1}$ (m)	60	150
7	F_i ——据 n_i 由第七章多口系数表查得	0.402	0.371
8	F'_{i-1} ——据 n'_{i-1} 由第七章多口系数表查得		0.456
9	$H(l_i, D_i, Q_i) = F_i l_i \frac{0.628 \left(\frac{100 Q_i}{C} \right)^{1.852}}{D_i^{4.871}}$ (m)	0.79	1.23
10	$H(l'_{i-1}, D_i, Q_{i-1}) = F'_{i-1} l'_{i-1} \frac{0.628 \left(\frac{100 Q_{i-1}}{C} \right)^{1.852}}{D_i^{4.871}}$ (m)	0	0.01
11	$H_{fi} = (9) - (10)$	0.79	1.22
12	$H_f = \sum H_{fi}$		2.01

横坐标相交，即得出工作曲线的号码。若得出的号码数为小数，要把小数部分弃掉，取整以求安全。本例与这4种管相应的水头损失曲线号码为10、12、16和19。

(2) 绘制管道的地形剖面线与设计压力允许变化范围图。用透明纸把图12-24中的主图纵横座标与刻度描出。

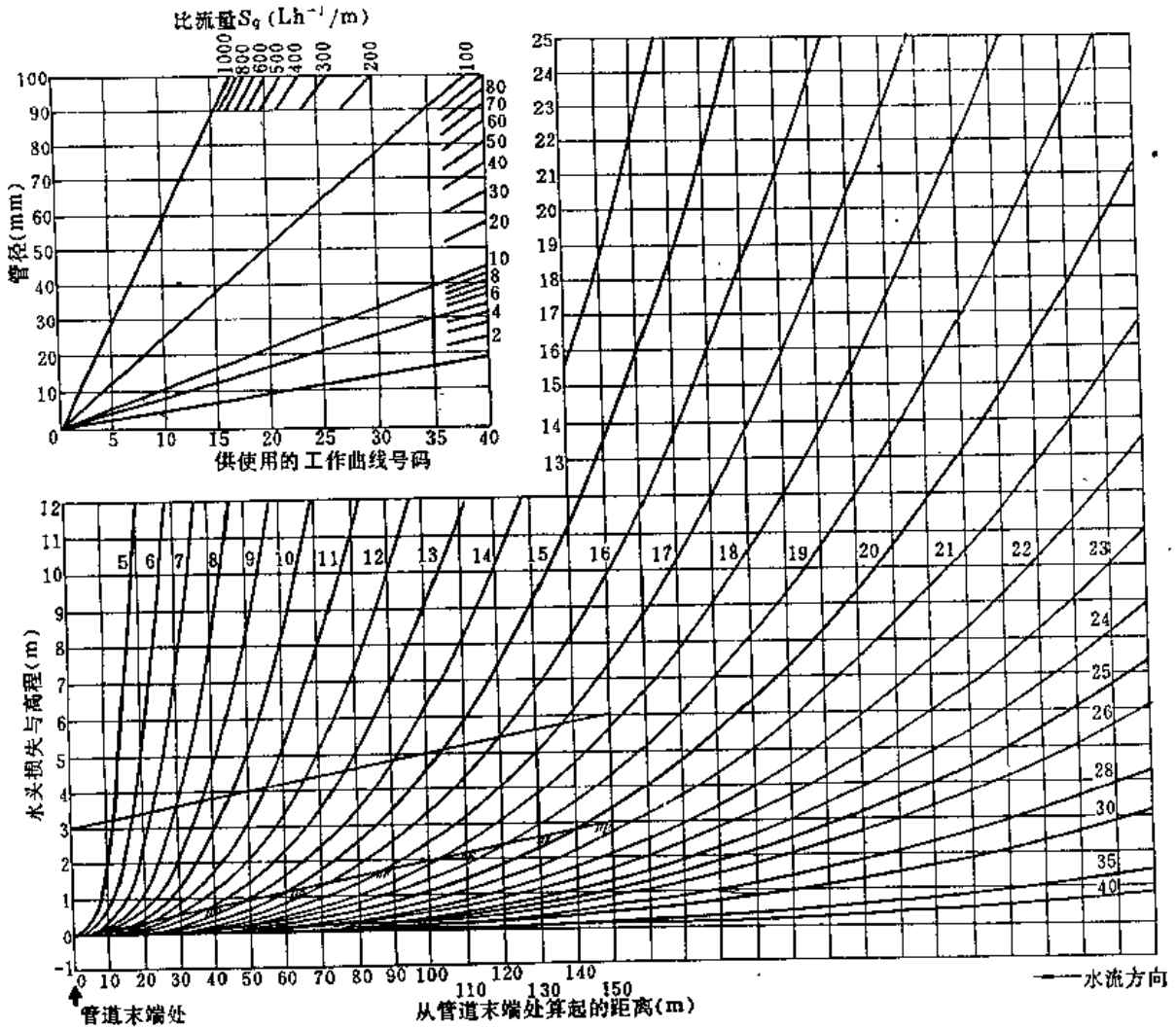


图 12-24 多元图解设计曲线图

坐标原点为毛管的末端位置。按地形坡度、压力允差与管道长度在该透明纸上绘出管道纵剖面线。对本例来说，在管长150m处上部，找出 $H = 2‰ \times 150 = 3$ (m)的高程点A，连AO即为图解用的管道地形剖面线(图12-25)。将压力允差(15kPa改写为总允差30kPa(即3m)。作一线BC与地形剖面线平行，两线的高差铅垂方向距离为3m，由此组成的封闭区OACB即为压力允差区。

(3) 确定合理的管径与管长。将绘好地形线和压力允差范围的透明图覆盖在图12-24的主图上，并使两图的纵坐标在任何时候都保持完全重合，上下平移透明纸，看看可供使用的管径相应的工作曲线是否能包含在压力允差范围之内。本例中当曲线与地形斜坡线OA相切时，10号、12号和16号3条曲线分别在43m、63m和113m处超出允差区，只有19号曲线可完全包括其内(图12-25)，因此选用 $\phi 25$ mm的管子能完全满足设计要求。但为了经济，可选用多种(常不超过3种)管径代替单一管径。此时可通过上下平移透明纸来确定各段管径和管长，原则是使各段相应管径的水头损失曲线所组成的全管曲线不超出压力允差范围。在本例中，若拟采用 $\phi 13$ 、 $\phi 20$ 和 $\phi 25$ mm三种管径，则先使OA线与10号曲线相切，描出10号曲线，平移透明纸使16号曲线与OA线相切，并将其描出，再通过平移使19

号曲线通过C点, 并将其描出, 此时所描出的3条曲线分别相交于D点与E点, 给出了3种管径的分界点, 即自管末往前计, 使用 $\phi 13$ 、 $\phi 20$ 和 $\phi 25$ mm的管子长度分别为19m、63m和68m(图12-26)。

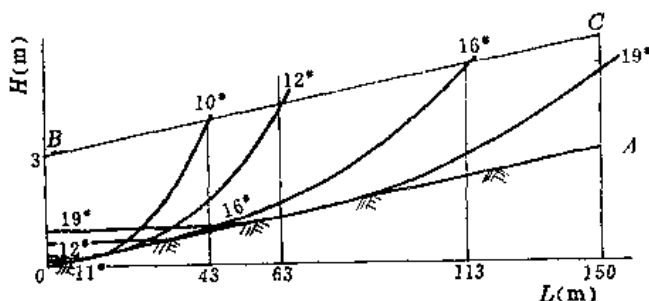


图 12-25

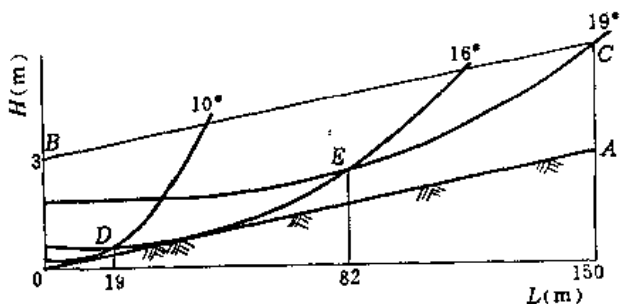


图 12-26

2. 变径管分段均匀出流水力设计

变径管分段均匀出流的水力设计按下述步骤进行: 第一管段 OD 的解法和全管均匀出流时的方法一样, 用第一段的比流量 S_{q1} 通过换转图确定可能选用的水头损失工作曲线号, 然后在第一压力允差区选用合适的管径〔从图12-27(a)中看出, 本例中选择 $\phi 10$ mm是合适的〕。通过 D 点作一竖直线 $D-D$ 。求第二管段 DE 时, 需先利用式(12-25)与式(12-26)求出虚拟管段的长度 l_1 , 再用 S_{q2} 确定可能选用的水头损失工作曲线号, 用透明纸将它们描出, 并在横坐标轴上长度为 l_1 处作一竖线 $D'-D'$, 然后将绘有压力允差区的透明图盖在 S_{q2} 的工作曲线图上, 使 $D-D$ 与 $D'-D'$ 重叠, 上下平移, 找出适用的工作曲线与相应的管径, 图12-27(b)中选用的是 $\phi 25$ mm管子, 从图中可看出, 由 $\phi 10$ 和 $\phi 25$ 两种管径所组成的全管水头损失曲线包含在压力允差范围之内, 符合设计要求。

3. 陡坡消能设计

设一地形与压力允差区如图12-28(a)所示, 拟选用 $\phi 13$ mm的管子。图解后看出, 用此管子只有 $O'D$ 一段在允差区内。过 D 点作横作标的垂线, 该处(距原点/处)即为消能设施安置的地方。上下平移描图纸, 使 $\phi 13$ 的水头损失曲线重新落入压力允差区内, 得曲线 $D'E$ 与过 D 的垂线交于 D' 点, 则 DD' 的高度即为所需消能的数值〔图12-28(b)〕。这时流过消能设施的流量为 $l \cdot S_q$ (L/h)。

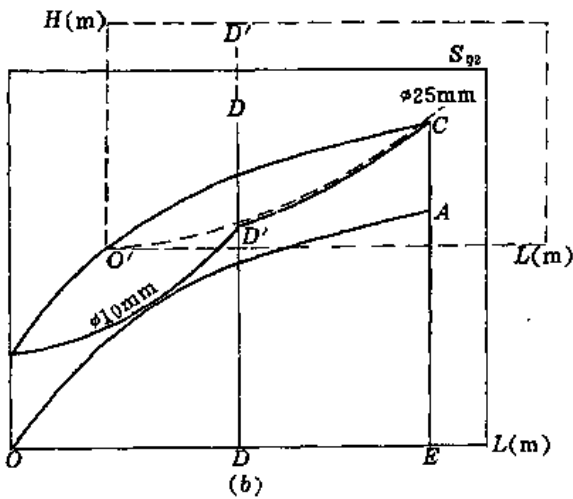
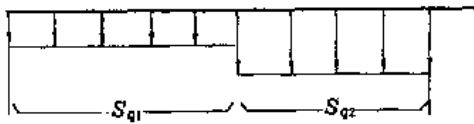
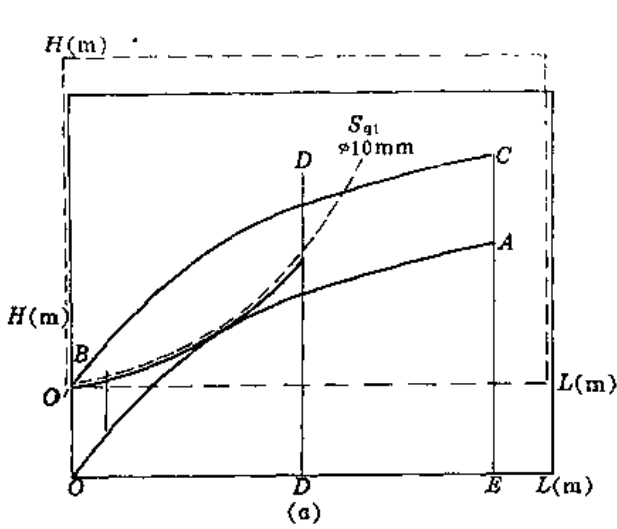


图 12-27

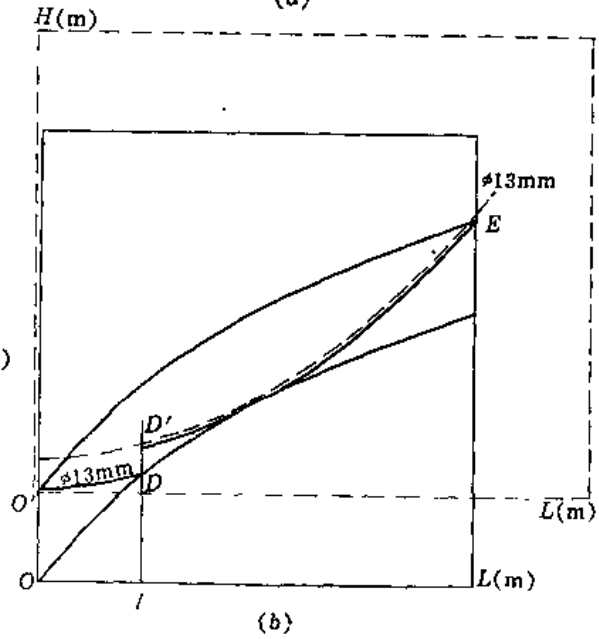
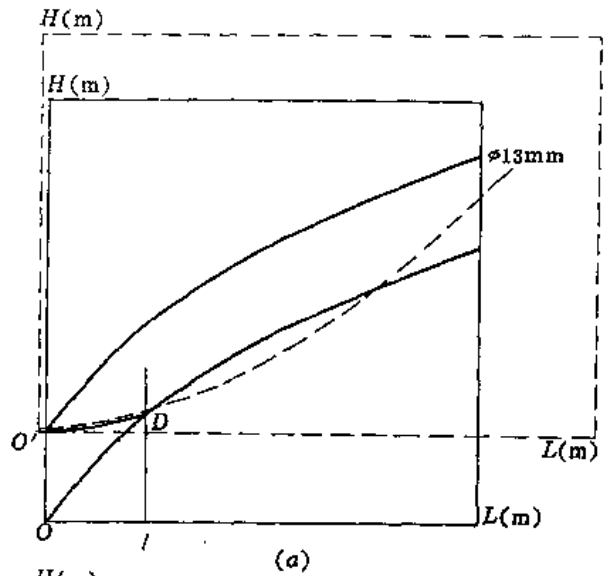


图 12-28

第三节 微喷灌系统的规划设计

一、微喷灌系统规划设计的内容与特点

微喷灌系统的规划设计内容和方法步骤都与一般喷灌基本一样，可以参考第八章与第十章进行。但由于微喷本身的特点，它在水质处理设计，施肥灌溉和化学剂的注入设计等方面比一般喷灌要求高；灌溉制度设计，系统的布置方法与要求也有不同。本节只着重介绍这些不同点。

二、灌溉制度

(一) 作物需水量

作物需水量仍按第八章所介绍的方法进行计算，但微喷通常为局部灌溉，棵间土壤常较干燥，因此微喷条件下的作物需水量常比全面灌溉时为小，可按式估算：

$$E_{mp} = C_y E_p \quad (12-29)$$

式中 E_{mp} ——微喷的作物日需水量 (mm/d)；

E_p ——一般灌溉的作物日需水量 (按第八章方法确定)，可取最大蒸发月的日平均蒸发量 (mm/d)；

C_y ——微喷土壤湿润比，即微喷时湿润的土壤面积与全面积之比。

土壤湿润比可根据经验确定，也可根据作物的覆盖率按以下经验公式计算：

$$C_y = 0.5C + 0.5 \quad (12-30)$$

式中 C 为作物覆盖率，即覆盖面积与种植面积的比值。

(二) 灌水周期

微喷浅浇勤灌的特点比一般喷灌更为突出，因此它的灌水周期比后者短。为了获得好的产量，在灌水周期内要维持作物较高的蒸腾率。设计灌水周期应考虑气候条件、作物种类、土壤质地等因素确定。气候干旱，作物对水分敏感，土壤砂性保水能力差，则灌水周期应短，否则可长些。一般蔬菜等浅根作物为 1~2 天，果树等深根作物可为 5~7 天。

在确定灌水周期时，可借鉴当地的滴灌试验成果，微喷的周期可与滴灌相近或略长一些。

(三) 灌水定额

灌水定额按下式确定：

$$m = \frac{E_{mp} T}{\eta} = \frac{C_y E_p T}{\eta} \quad (12-31)$$

式中 m ——设计灌水定额 (mm)；

T ——设计灌水周期 (d)；

η ——喷洒水利用系数，一般采用 0.9；

其余符号同前。

对于果园，每株果树的灌水定额为

$$m = \frac{C_y A E_p T}{\eta} \quad (12-32)$$

式中 A ——每株果树的种植面积，即株距与行距的乘积 (m²)；

m ——每株果树的灌水定额 (L)。

三、微喷头的配备与布置

喷头的配备与布置主要依据作物种类、植株间距、设计灌水定额与周期、地形坡度、土壤质地与入渗能力而定。

(一) 微喷头的配备

微喷头的配备首先要求其日平均喷水量必须满足作物设计日平均灌水量的要求，其次喷头的喷灌强度必须小于土壤的允许喷灌强度。由于微喷头的喷水量较滴头大，通常每棵树设置一个微喷头就能满足需水的要求。有时为了获得对称的湿润区或加大喷灌强度，每棵树可以配置两个半圆喷洒的折射式或缝隙式喷头。

(二) 微喷头的布置

微喷头的布置主要按作物根系发育的要求进行。一般要求有30%~70%的根系能接受到灌溉水，以保证作物正常产量和保持有足够的锚固力。当有盐碱化问题时，喷洒湿润区的边缘会引起盐分的积累，这时盐分的积累区要距树远些，避免盐分对果树根系的影响。在非盐碱化地区，在喷灌强度满足要求的前提下，湿润范围不要过大，以避免引起棵间杂草滋生和土壤蒸发过大。

喷头的安装高度与喷射仰角根据需要确定。有些情况下，如雾灌木耳、茶树，喷灌园林花草等，需将喷头架设于一定高度，以湿润木耳架和作物茎叶。一般微喷果树都是树下灌溉，喷头常安置在20~30cm高处，喷洒时一般要求不射树叶，以免影响射程与水量的分布；当使用含盐的水进行喷灌时，更不允许喷湿树叶，以免烧伤叶子，危害果树生长。微喷头的平面布置形式如下。

1. 固定式（折射式与缝隙式）微喷头的平面布置

固定式微喷头具有射程较短，喷洒图形多样化（全圆与扇形）的特点。通常布置在靠近树干的地方，但要求主要湿润区与树干的距离不小于树高的 $\frac{1}{4}$ ，并且把主要湿润区布置在主风向的上风位置，以保证树有足够的抗风锚固力。常见的布置图形有如下3种：

(1) 每树配两个半圆喷洒微喷头〔图12-29(a)〕。喷头安置在每棵树冠下的两边，对称地控制树的全部根区。这种配置方法，树的受水量大，喷灌强度高，适用于水源供水时间短的轮灌区，以及砂土地入渗强度高的地方。由于喷水量大，毛管的过水断面也大，系统投资会增加。

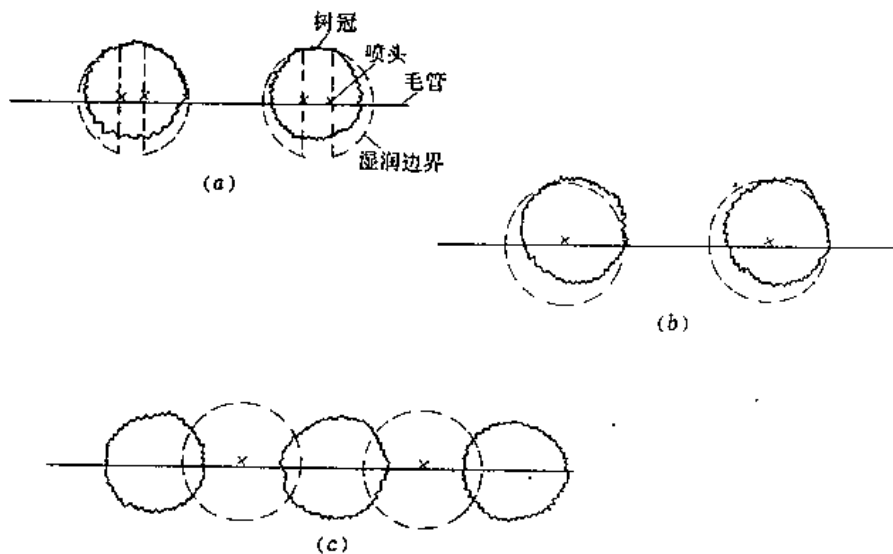


图 12-29 固定式微喷头布置形式示意图

(2) 每树配一个全圆喷洒微喷头〔图12-29(b)〕。适用于宽树距时的一种布置形式。这种形式喷灌强度较前者小些，但树干对水量分布的均匀度有一定影响。

(3) 两树间配一个全圆喷洒微喷头〔图12-29(c)〕。适用于窄树距时的布置。每个喷头照顾两棵树，每棵树由两个喷头进行灌溉。这种形式喷头布置在树冠外面，有利于观察与检查喷头是否工作正常。

2. 旋转式微喷头的平面布置

旋转式微喷头的特点是射程较远，喷水量较大，喷灌强度较低。这种喷头可布置得离树干远些。它的布置形式有如下几种：

(1) 每株树前布置一个喷头〔图12-30(a)〕。适用于宽树距时使用，一树一喷头。一般应将喷头安置于树冠外缘下，这样可见度高，便于观察检查；若置于树冠下，则不便管理。

(2) 每个树间布置一个喷头〔图12-30(b)〕。微喷头置于两树冠之间的空隙内，每株树分别由两个喷头的一半水量来喷洒，树距不宽时适用。

(3) 每隔一个树间布置一个喷头〔图12-30(c)〕。当树的间距足够小，一个喷头的喷水量能满足两株树的要求时，可采用这种形式。

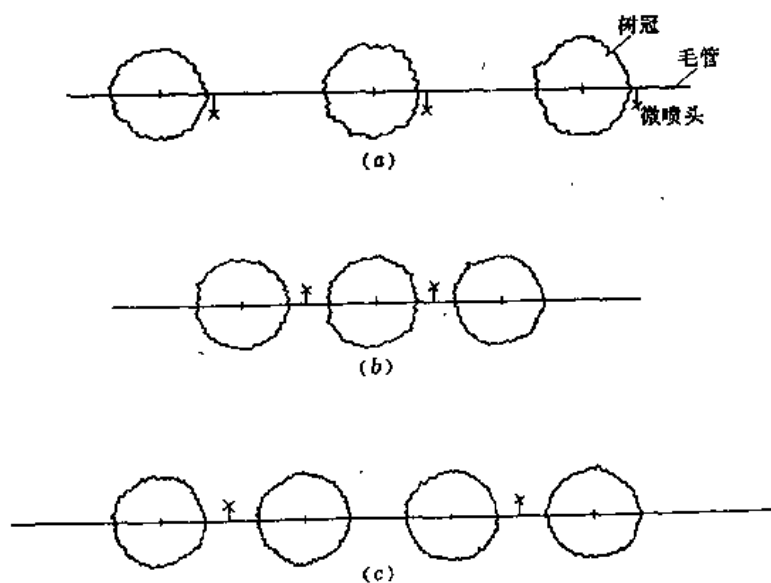


图12-30 旋转式微喷头布置形式示意图

四、微喷灌工作制度

微喷灌的工作制度与轮灌方案的制定原则与一般喷灌相同，可参照第十章所介绍的方法进行。

对于灌水周期按一日设计的系统，其水量应在当天或预先供应，通常整个系统进行续灌。对于质地较轻的砂砾土壤，由于保水力很差，不能预先把水蓄在根系活动层中，要随用随灌，灌水时间应主要在白天，以早上9时至下午3时为好。如果设计灌水周期在一天

以上，则可按轮灌的办法进行。每天灌水时间长短的安排，要考虑土壤的持水能力、作物的需水特性，以及系统检修与各用水单位的要求等因素。

五、管道系统的规划设计

微喷系统中的管道系统的规划设计原则与方法可参考本书第八章与第十章的有关内容。以下只简述有关的设计步骤与注意事项。

(一) 管道系统的布置

微喷管道系统的布置除了需按第十章的要求进行外，还应便于轮灌区与灌溉单元区的划分，并有利于同一单元区内各个微喷头的工作压力保持在允许范围内，以确保灌水均匀度的要求。

图12-31为一灌溉单元管道布置示意图，图中以不同粗细的线条示出各级管道和控制闸阀。在同一级管道中改变管径时，可用变径接头符号绘出变换管径的位置，并标明各段管径。由于微喷头间距小数量大，一般可省去喷头不画，只需注明喷头布置间距与其规格或另绘一幅喷头布置大样示意图。

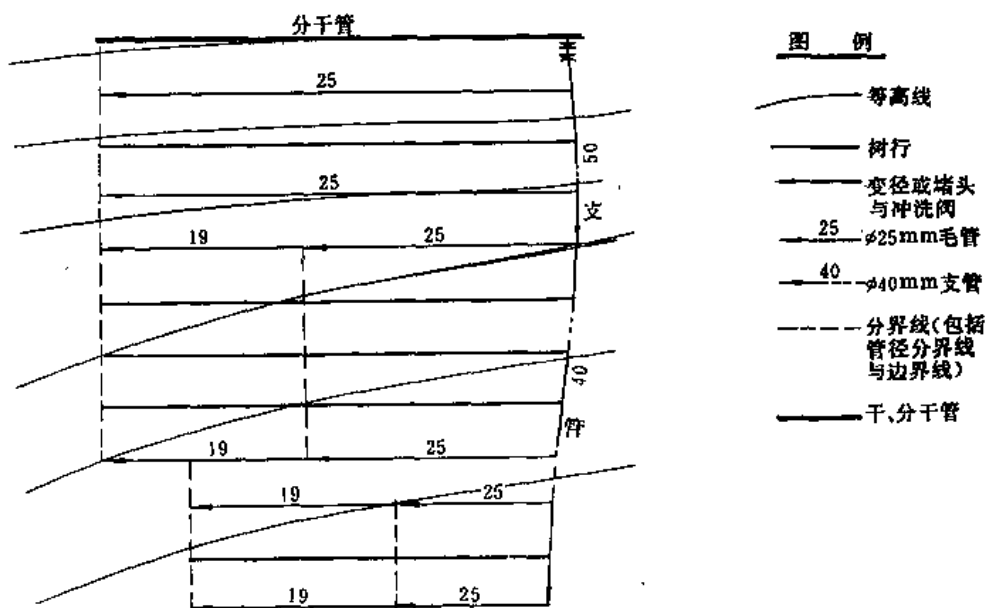


图 12-31 微喷灌溉单元管道布置示意图

(二) 各级管道流量的分配

在微喷头的配备与微喷灌的工作制度确定后，便可按毛、支、干逐级推求并列管道过水流量，随即可粗略估计总扬程并校核水泵工作点。如果发现明显的不合理，则需进行轮灌区或灌溉单元区的调整，重新作出各级管道的流量计算，供水头损失计算用。

(三) 各级管道管材与管径的选择

微喷灌的毛、支两级管道多属多口出水水力特性，其水力计算可按本章第二节方法进行。分干管以上的管道多为输水管道，可按第七章的有关方法进行。

水力计算通常从灌溉单元开始。在灌溉单元内选择不同地面坡度的典型毛管进行水力设计,按压力允差的规定范围确定毛管管径并推出毛管进水口的压力要求,然后再确定支管管径并推出灌溉单元,即支管进水口的压力要求。

有了各灌溉单元进水口的压力要求和轮灌制度,便可以进行分干管与干管的水力设计。此时应按最不利的流量分配形式进行计算,并使干、分干管的压力在任何时候都能满足各灌水单元的要求。如果上级管道的压力超出下级管道的要求时,可以采用调压阀或水阻管来削减过高的压力。所以通常在灌溉单元进水口处设有两个阀门,第一个作为开关用,第二个作为压力调节用。作为调压的阀门只需在系统试运行时的压力要求调整一次后便可以固定不动;平时运行只需启闭作开关用的阀门。进行干管、分干管的水力计算时,经验证明,其计算结果以水力坡降线呈直线状为好,这样的管径比较经济。

微喷管道的纵剖面设计、结构设计、管材与管件的选择等可以参照第十章有关内容进行。其中管道中的保护措施,如防水锤和排空气等问题在微喷系统中同样是不可忽视的。

六、水质处理

微喷灌的水质处理的任務主要是防止系统堵塞,其次是使灌溉水质符合作物和土壤的需要。水质处理可以分为物理处理与化学处理两大类。一般情况下微喷灌水质不需做化学处理。

物理处理的任務是使用物理的方法除去灌溉水中较大的固体杂质,防止系统中过流小孔的堵塞。其内容包括选择过滤颗粒的尺寸、过滤器的形式与级数,以及过滤器的规格尺寸、冲洗方式、冲洗时间间隔与冲洗水量等。

(一) 过滤器目数、类型与级数的选定

过滤器的目数是指每平方英尺过滤筛的孔数,用以表示筛眼的大小。当筛网的目数在450的范围内时,目数与筛眼尺寸的关系如式(12-33):

$$d = \frac{15000}{m} \quad (12-33)$$

式中 d ——筛眼孔径 (μm);

m ——目数。

目数愈大则筛眼孔径愈小,通过水流时的水头损失就愈大。所以在满足过滤要求的前提下,应尽可能选用较大的筛眼尺寸,以求过滤器的水头损失不至过大,或在给定水头损失的条件下可减小过滤器的外形尺寸。对于微喷头来说,过滤无机物如砂粒等,筛网孔径为喷头喷嘴直径的 $\frac{1}{2}$ 即可以防堵塞;过滤有机物颗粒,则筛网孔径为喷嘴直径的 $\frac{1}{3}$ 即可。

过滤器供滴灌使用时,因滴头孔口小且流道长,筛网孔径应为滴头孔径的 $\frac{1}{7} \sim \frac{1}{10}$ 。常见筛网孔径尺寸及使用范围见表12-8。由此,选择过滤设备时,首先要根据系统中最小过流通

表12-8 常见筛网孔径尺寸与适用范围

目数	12	20	30	50	75	120	155	200	450
孔径 μm	1200	800	500	300	200	130	100	80	22
孔径 mm	1.2	0.8	0.5	0.3	0.2	0.13	0.10	0.08	0.022
适用范围	喷头			微喷头		滴头			饮用水 及实验 室用水

道的尺寸来定出所需过滤器的目数，然后根据选用的目数从产品样本中选择适当的过滤器类型。

当水源含沙量不大时，设置一至二级过滤器便可。如果只有一级过滤器，则把它设在水泵出口侧，有时为了防止这一级过滤器突然失效时污物进入喷嘴，故在支管或毛管进口处也设一级小过滤器。若是水源非常混浊，要过滤的泥沙或杂质甚多，通常在精过滤器（按上述要求选用的过滤器）之前，再设一级粗过滤器，先除去大部分大颗粒的杂质，从而减轻精过滤器的负担，使其免于频繁的冲洗。

（二）过滤器型号选择与水头损失计算

过滤器的水头损失与过滤器的形式、通过流量的大小（单位过水面积的过流量），以及过滤器积存的污物数量（即时有效过水面积）等有关。过流量与水头损失的关系可从厂方提供的性能表中查得。所选过滤器的容量要适当，使通过过滤器产生的水头损失在合理的范围之内。在系统中，计算过滤器的水头损失时，通常采用冲洗前过滤器最大的水头损失（即积存污物数量最多时的水头损失），当这一数值超过我们事先的规划要求时，则需改用容量较大的过滤器，或增加过滤器数量与其并联，使过滤器单位面积的过流量减小，以减小压力降的数值。当使用数个过滤器时，它们的冲洗可以轮流地进行而不需中断供水，这时选用过滤器的容量（单位面积过流能力）应大于灌溉系统的设计流量。

（三）冲洗方式与冲洗周期的确定

冲洗方式有连续冲洗和间歇冲洗之分，主要与产品结构有关。如离心式泥沙分离器是连续冲洗的；而筛网式则是间歇冲洗的。间歇冲洗又分为自动冲洗、手动阀门冲洗和过滤器拆卸后冲洗等3种形式。这些形式的选用一方面决定于设备投资的大小与设备的供应可能性，另一方面也决定于冲洗的频率。一般地说，冲洗频繁每天一次以上，可考虑使用自动冲洗式；而冲洗周期较长，一星期冲一次的，可以考虑使用拆卸后冲洗的过滤器；冲洗周期介乎上述两者之间的，可以选用手动冲洗式。

通常，当拦截的杂质积累到一定数量，引起过滤器的附加水头损失增加到20~30kPa时即需进行冲洗。冲洗的周期与冲洗耗水量主要取决于水质与过滤器的结构本身，通常按试验数据确定。

七、施肥灌溉设计

通过微喷进行施肥可以直接把肥料喷洒到作物根系发育的湿土区，不仅可大大提高肥效，而且节约了常规施肥所需设备和用工。使用这种办法通过少施勤施，能使作物在整

个生长期里保持均匀的营养，达到显著增产、省肥、省劳力的效果。

(一) 适用于微喷施肥的肥料类型

通过微喷施加的肥料必须是可溶性的，如果只是部分溶解，且颗粒较大便容易引起微喷头或其它部件的堵塞，破坏微喷系统正常工作。另外还要注意所施肥料不要在喷洒过程中造成损失或直接损害作物。例如喷施氨水时，会在空中和在喷洒后的叶面及土壤表面挥发掉；如果灌溉水的pH值为中等以上时，氨的损失更大；又如铵盐对作物有毒性，叶面上的浓度积累可能产生伤害，施肥后要充分淋洗叶面。钾肥和磷肥在土壤中移动很慢，用人工将它施在作物根部处效果更好些。常用商品肥料的组成、溶解度、酸度、以及盐分指数，见表12-9。

表 12-9 商品肥料主要营养成分与性状

肥 料	N (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	溶解度 (g/L)	酸 度 当 量	盐 分 指 数
硝酸铵 NH ₄ NO ₃	33.5			97	62	105
硫酸铵 (NH ₄) ₂ SO ₄	21			700	110	69
硝酸钙 Ca(NO ₃) ₂	15.5			2670	20	58
尿素 CO(NH ₂) ₂	45~46			1190	71	75
氯化钾 KCl		60~62		277	中性	116
硝酸钾 KNO ₃	13	14~66		135	23	74
硫酸钾 K ₂ SO ₄		50~53		67	中性	46
磷酸氢钙 (NH ₄) ₂ HPO ₄	16~18		46~48	413	70	34
磷酸二氢铵 NH ₄ H ₂ PO ₄	11		48	225	58	
磷酸 H ₃ PO ₄			52~54	液 体	110	

- 注 1. 酸度当量是指中和100kg肥料所需要的CaCO₃的kg数；
 2. 盐分指数是指肥料使土壤溶液的渗透压增加与等量的硝酸钠引起的渗透压增加(为100%)相比较的值；
 3. 本表数值仅供参考，具体使用时应以肥料的产品说明为准。

(二) 肥料类型对土壤性质的影响

1. 对土壤酸碱度的影响

土壤本身和肥料都有酸性、中性和碱性之分(表12-9)。如果在酸性的土壤上施过量的酸性肥料(如铵盐和尿素等)会加剧土壤的酸化，并且会使锰等一些元素游离出来，达到毒害作物的浓度。硝酸盐多呈碱性作用，其中硝酸钠与硝酸钾对土壤结构有不利的影响。

2. 对土壤溶液浓度的影响

各种肥料对土壤溶液的盐分浓度效应各不相同(表12-9)。当土壤溶液的渗透压增加时，作物吸收水分的能力减少，作物生长速度和产量都会降低，严重时作物还会枯死。但多数肥料的盐分指数都很低，对作物危害很小。施用过量的氯化物(Cl⁻)与硫酸盐(SO₄)会毒害作物。过量的施用单一肥料时，土壤中可溶性盐的浓度就增高，会烧伤作物根部，抑制生长发育。当用含有氯化钾或硫酸铵的肥料时，可能积累氯化物或硫酸盐离子，如果不及时淋走，就会被作物吸收而中毒。浅浇勤灌的微喷灌结合施肥，只要灌溉水中的肥料浓度掌握适当，就会有效地避免上述问题的产生。

(三) 施肥标准与肥料用量计算

一般来说,浅浇勤灌结合连续施肥的方法不易出现过量施肥的问题。但为了正确的进行连续施肥,应在施肥前后定期进行土壤分析,以取得使用肥料的类型和施肥量的新数据,因地制宜地总结出合理的施肥标准。

1. 肥料注入流量

肥料注入到灌溉系统的流量大小,决定于肥料溶液的浓度、灌溉面积及单位施肥量,可用(12-34)式计算:

$$q_f = \frac{F_r A}{C t t_r} \quad (12-34)$$

式中 q_f ——肥料溶液注入流量 (L/h);

F_r ——单位面积的施肥量 (kg/亩);

A ——灌溉面积 (亩);

C ——肥料本身的溶液浓度 (kg/L);

t ——灌水历时 (h);

t_r ——施肥历时与灌水历时之比值,通常为0.8,即预留20%的灌水历时来冲洗系统。

2. 灌溉水中肥料浓度

灌溉水中肥料的浓度宜为4~60ppm(百万分之一)或更高些,具体的数值主要依据化肥的特性与作物、土壤的要求,通过试验来定。如果已确定了单位面积的施肥量 F_r ,则灌溉水中的浓度可以按式(12-35)计算:

$$F_c = \frac{6.7 F_r}{t_r M_x} \quad (12-35)$$

式中 F_c ——灌溉水中的肥料浓度 (ppm);

M_x ——毛灌溉水深 (mm);

其余符号同前。

3. 肥料稀释度的计算

商品肥料中各营养元素的成分常以元素重量与溶液体积的百分数(%W/V)来表示,当灌溉水的肥料浓度(ppm)为已知时,可以据此求出肥料应具有稀释度 D ,即灌溉水体积与肥料体积之比为:

$$D = \frac{\%(W/V) \times 10000}{F_c} \quad (12-36)$$

例如,用含0.8%(W/V)的氧化钾溶液注入灌溉水中使之变为浓度为40ppm的灌溉水,则其稀释度为

$$D = \frac{0.8 \times 10000}{40} = 200$$

即注入时氧化钾溶液与灌溉水的比例为1:200。

4. 肥料罐容积的计算

肥料罐容积一般按储存一次施肥的肥料溶液来设计:

$$V = \frac{F_r A}{C} \quad (12-37)$$

式中 V ——肥料罐容积 (L)；

其余符号同前。

(四) 肥料注入设备的选择

肥料注入设备主要根据经济条件和市场供应的可能性来选择。系统设计时要考虑防止肥料污染水源,故常在化肥注入处的上游干管上安装逆止阀以防止含肥料的水倒流入水源。使用这些设备所引起的水头损失应计入系统总水头损失之中。

第四节 设计示例

一、灌区基本情况^①

我国北方某林场位于一水库南岸的一个半岛上,包括3个山头,总占地面积约1300亩。东、北、西三面环水,水源条件很好。现除已种植大量松、柏、刺槐和枫树外,还种有160亩苹果、桃、李等果树。林场计划在此基础上,两年内扩大苹果的种植面积至300亩,并改建与新建灌溉系统,解决这300亩果园的灌溉问题。

(一) 地形

本灌区属山地果园,灌溉地块分别分布在放射状的3个山头上,沿山梁走向的地面坡度不大。果园中山坡的坡度约为10~20%,沿果树种植走向的坡度约为1~6%。测有1:2000的地形图。

(二) 气象

年平均气温11.5℃,最高温度40℃,最低温度-19.5℃。无霜期205天左右。多年平均降雨量600mm,集中在六、七、八、九4个月内,其降雨量占全年的80%左右,冬、春少雨、雪,易形成春旱。年平均蒸发量1900mm左右,其中五、六、七3个月的蒸发量约占全年的45%。春、夏多南风,风速平均为2.6m/s。最大冻土层深80cm。

(三) 土壤

本区土层较薄,表层20~30cm属风化土,以下为风化岩,透水性很强,保水性差,质地为砂土。土壤容重为1.43g/cm³,最大田间持水量为35%(体积比),允许喷灌强度为14mm/h。土壤呈中性,pH值为6.8。

(四) 水文

水源为某大水库,水量充足,但水位变化较大,汛期内水中含有泥沙与杂草等。

(五) 作物

需灌作物以苹果为主,间有少量的桃、核桃和红果等。种植间距一般为6×6m,但老果园规格不一。果树主要沿等高线种植,梯田的种植坡度多在1~6%之间。中山为老果园,果树分布零散;北山与南山为新建果园区,种植相对集中。

^① 本节灌区主要资料及原始设计由水利电力部水利水电科学研究院刘玉华同志提供。

(六) 原有水利设施

林场原有抽水站及供地面灌溉用的管道和小型蓄水池。抽水站电源的容量不够大，扩建时要重新架线。

二、灌溉方法的选择

该林场原有的灌溉系统与生活用水系统结合，通过二级泵站将水库的水抽送到蓄水池，再经过管道自流送往生活区与各片果林，在灌溉季节用橡皮管引水灌溉。这样不单劳动强度大，而且由于地形陡，常常发生顺坡连续串灌，引起土壤冲蚀；又由于土层薄、保水力差，风化石层渗漏严重，所以水的利用系数和劳动生产率都很低。为了改变这种状况，曾对滴灌、喷灌和微喷作了比较，考虑到滴灌的堵塞问题严重，喷灌的耗能大且与挂果期间频繁的杀虫相干扰，因此决定采用树下微喷灌的方法。

三、系 统 规 划

该系统准备一次规划分期实施。第一期工程包括可供300亩用水的抽水设备和输水干管、120亩的田间工程以及将灌溉系统与生活用水分开；其余工程均安排在第二期。

(一) 取水方式的确定与首部规划

果园三面环水，可以分散就近取水，也可以集中取水分散使用。考虑到水库水位涨落较大，水边线的进退幅度变化较大，需采用滑道式或浮动式泵站取水，如果采用分散取水方案，不但工程造价高而且管理也不便，因此决定采用在西北原有泵站处集中取水，两级提水，充水利用原有泵房与滑道设施的方案。在第二级抽水站出口处设筛网式过滤器与差压式隔膜施肥罐，进行水质处理与施肥灌溉(图12-32)。

(二) 轮灌区的划分

将300亩果园按地形条件与分布情况划分为面积大致相等的6个续灌区，每区约50亩。第一期工程仅一、二区受益。每个续灌区内再分为3个轮灌区。实行区间续灌，区内轮灌的方式进行灌溉，这样既能减小干管或分干管的断面又便于均衡各作业组的用水需求。具体分区如下：

I 区 中山干管东部

II 区 中山干管西部

III 区 中山干管阴坡

IV 区 北山干管

V 区 南山干管东部

VI 区 南山干管西部

(三) 管道系统的布置

管道系统基本上按干、分干、支、毛四级布置，个别地方因地形或原有种植的要求还设有分支管一级，共五级。干、分干管沿灌区最高处(山脊)布置，以便于控制各灌水单元。北山与中山灌区多成带状分布，干管与分干管、分干管与支管按传统方式相互垂直布置。南山灌区各灌水单元较为分散，分干管的布置按最小树生成法原理布置，以缩减输水

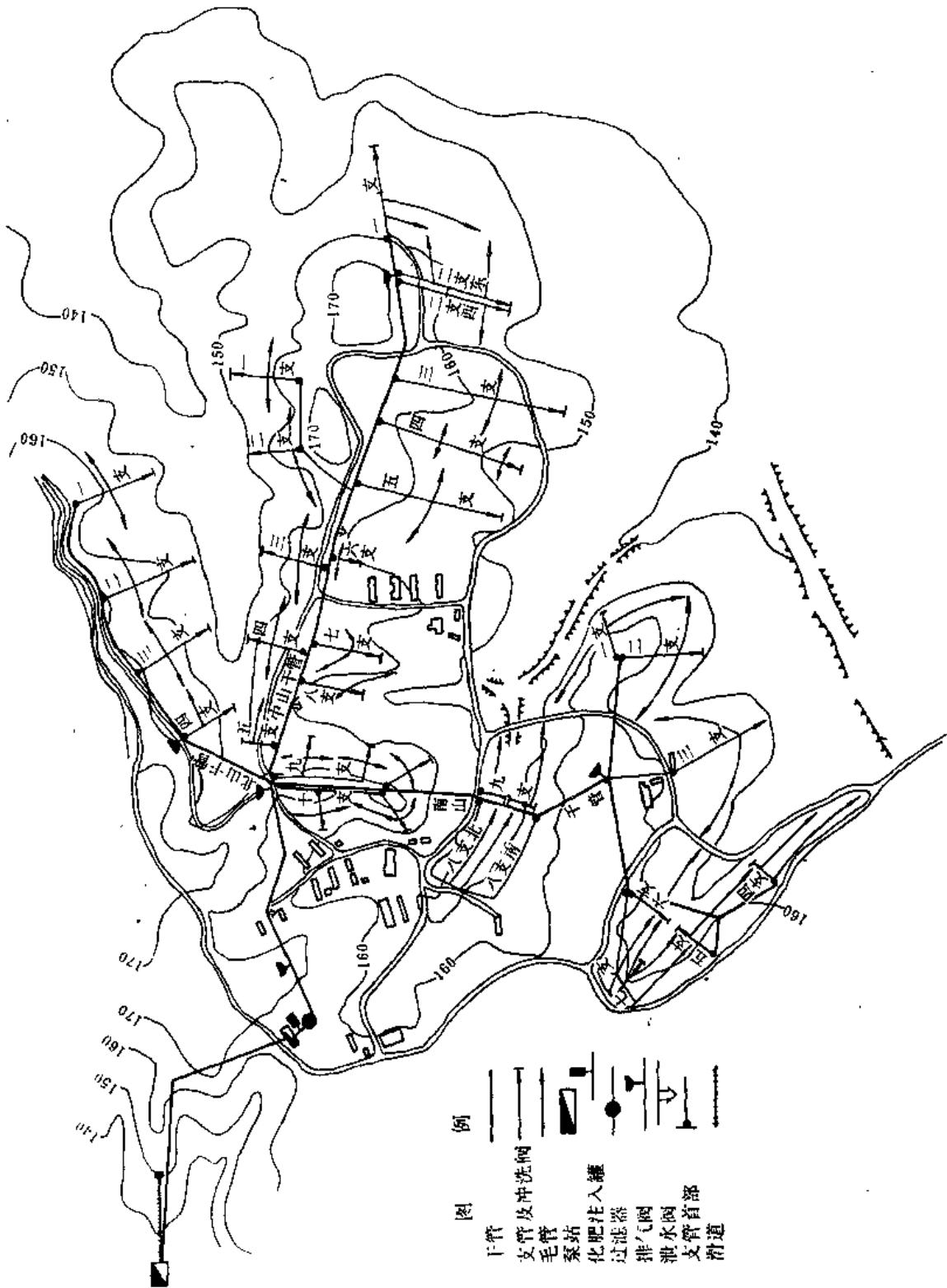


图 12-32 系统平面布置图

距离和降低工程造价。支（分支）管、毛管组成灌水单元，各灌水单元间进行轮灌。一般支管（分支管）垂直等高线布置，所以毛管沿果树行即沿等高线布置。在管道最高处设排气阀；在最低处设泄水阀，在支、毛管的末端设排水冲洗阀，以作冬季排水与必要的冲淤用。在每灌水单元的首部设次级过滤器及调压阀、启闭阀各一个。

四、灌溉用水量计算

（一）作物需水量 E_p

因缺乏当地微喷试验资料，参考邻近地区苹果的滴灌试验资料，取参考作物腾发量 $E_0 = 6\text{mm/d}$ ，苹果的作物系数 $K_c = 1.15$ ，覆盖率对腾发量的影响系数 $C_y = 0.83$ ，则设计需水量为

$$\begin{aligned} E_p &= C_y K_c E_0 \\ &= 0.83 \times 1.15 \times 6 \\ &= 5.727 \text{ (mm/d)} \end{aligned}$$

（二）灌水周期 T

考虑灌区土壤保水力差以及为了发挥微喷的浅浇勤灌能维持作物处于高蒸腾率的特点，灌水周期 T 定为6天。由于每续灌区内分为3个轮灌区，故每个轮灌区的灌水时间为2天。

（三）灌水定额 m

$$\begin{aligned} m &= E_p A T / \eta \\ &= 0.005727 \times 6 \times 6 \times 6 / 0.9 \\ &= 1374.48 \text{ (L/株)} \end{aligned}$$

（四）微喷头的选择与布置

初步按每天灌水时间为16h计算，每株树布置一个微喷头，则其流量 q 应为

$$q = \frac{1374.48}{16 \times 2} = 43 \text{ (L/h)}$$

决定采用农田灌溉研究所研制的双向拆射式喷头，其压力为98kPa时，喷水量为44L/h，射程为2.7m，喷头平均喷灌强度为4.5mm/h（小于土壤允许喷灌强度），流量指数 $x = 0.51$ 。由于湿润圆面积约 7.4m^2 ，能湿润30%以上的果树根系，从而能保证果树足够的抗风锚固力。

由于这种喷头射程较近，可按图12-29（b）的形式布置。

因喷头的设计喷水量采用44L/h，故每天的灌水时间为15.64h。

（五）灌溉供水流量的计算

$$Q = \frac{E_p A}{t \eta} = \frac{0.005727 \times 300 \times 667}{15.64 \times 0.9} = 81.4 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

五、输配水管网设计

输水管的水力设计是在各灌水单元内的配水网的设计基础上进行的。输水管的具体设

计与一般喷灌系统的完全一样，本例中已略去。关于灌水单元的配水管网设计以中山干东端的一支（图12-33）为例。

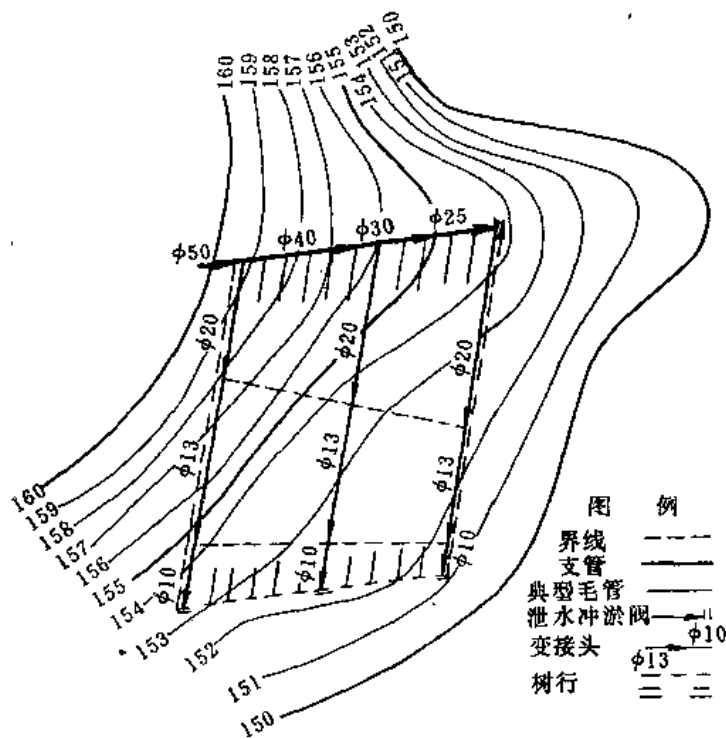


图 12-33 中山干管一支管灌水单元平面图

(一) 支、毛管压力允差分配的选定

(1) 灌水单元内的压力允差定为微喷头设计压力98kPa的±10%，即近似2m水头。

(2) 考虑到支管坡度较毛管陡得多，总的压力允差又较小，如支、毛管的压力允差比例对分，则毛管将需很大的管径才能满足要求，所以拟用二八的分摊原则，即支管的允差为 $0.2 \times 2 = 0.4$ (m)；毛管的允差为 $0.8 \times 2 = 1.6$ (m)。

(二) 计算比流量与可能使用的水头损失曲线号

1. 毛管比流量

$$S_{q毛} = \frac{\text{微喷头流量}}{\text{微喷头间距}} = 44/6 \approx 8 \text{ (L} \cdot \text{h}^{-1}/\text{m)}$$

2. 毛管可能使用的曲线号

毛管可能选用的管径有13mm、15mm和20mm三种。当 $S_{q毛} = 8 \text{ Lh}^{-1}/\text{m}$ 时，从图12-24中可查出相应的曲线号为

管径 (mm):	13	15	20
曲线号码:	13	14	17

3. 支管比流量

$$S_{q支} = \frac{\text{毛管流量}}{\text{毛管间距}} = \frac{44 \times 21}{7.1} = 130 \text{ (L} \cdot \text{h}^{-1}/\text{m)}$$

4. 支管可能使用的曲线号

支管可能选用的管径有25mm、32mm、40mm和50mm 4种。当 $S_{支} = 130 \text{ Lh}^{-1}/\text{m}$ 时,从图12-24中可查出相应的曲线号为

管径 (mm): 25 32 40 50

曲线号码: 7 11 14 17

(三) 毛管水力设计

由于本灌水单元内地形变化不规则,可取单元内的首、末与中间三条毛管(即毛12、毛1与毛6),作典型进行图解。图解时,分别绘出各毛管相应的地形变化与规定的压力允差值(1.6m),用毛管可能应用的水头损失工作曲线(即13、14、17号)进行图解,求得各管段的管径与长度(图12-34),并把结果标注在单元图(图12-33)上。将这三条毛管上的相应尺寸的变径接头用虚线连接,则虚线与其它毛管的交点即为该毛管相应变径接头的位置;两相邻虚线截取的毛管长度为该管径的推算长度。在图解毛6,选择管径为10mm与13mm管段长度时,应照顾到毛1与毛12相应变径接头连接的位置,使毛1、毛6与毛12各变径接头的连线尽可能成一直线。

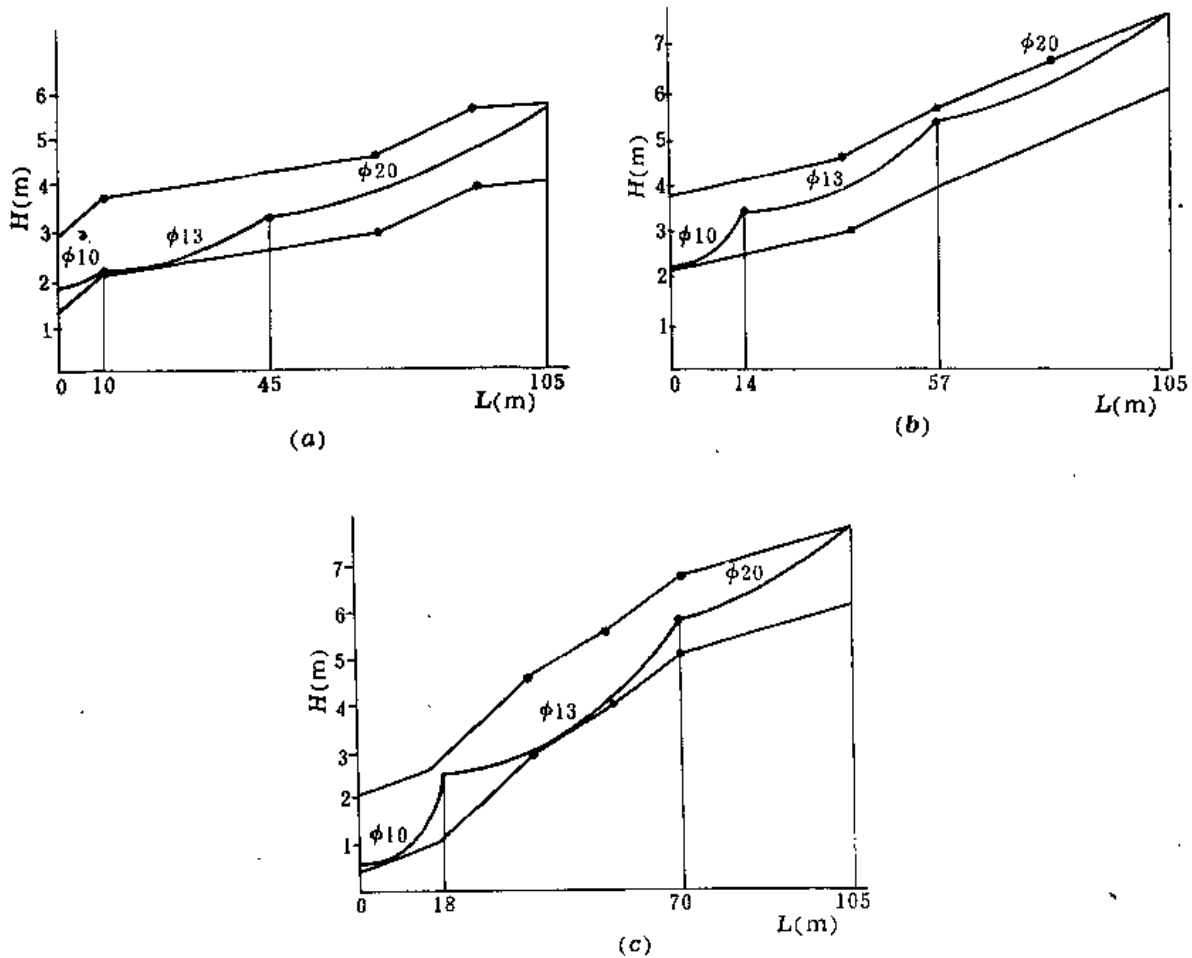


图 12-34 毛管图解设计

(a) 毛1; (b) 毛6; (c) 毛12

(四) 支管水力设计

1. 支管上各段管径与其长度的确定

本支管的前端有4.8m为单纯输水长度,为简化水力计算,仍设全支管为均布的多口出流,故全长都可使用多元图解法设计。首先根据支管经过的相对地形变化与规定分配的压差0.4m,绘出压力允差区,再应用可能使用的水头损失曲线(号码为7、11、14和17)进行图解(图12-35)。然后将求得各段管径与长度绘在灌水单元平面图(图12-33)上。

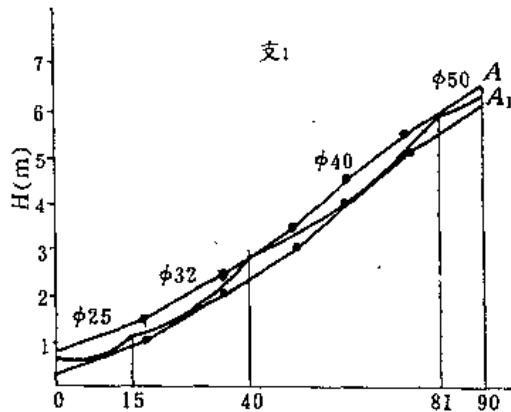


图 12-35 支管图解设计

2. 支管流量的计算

本支管通过的流量为12条毛管流量之和,即

$$Q_{支} = 44 \times 21 \times 12 = 11088 \text{ (L/h)}$$

3. 灌水单元进水口设计水位的确定

灌水单元进水口设有压力调节阀、启闭阀和次级过滤器,所以进口处的设计水位应为图解中进口处水力曲线端点A₁应有的水头与上述3个设备水头损失之和。曲线端点A₁的水头是根据压力允差顶点A的高程而定的。A点的应有压力高程为进口处地面高程、喷头工作压力及总喷头工作压力允差之半的总和,即

$$H_A = 160.2 + 10 + \frac{2}{2} = 171.2 \text{ (m)}$$

现A₁比A低0.25m,故A₁点的压力应为

$$H_{A_1} = 171.2 - 0.25 = 170.95 \text{ (m)}$$

压力调节阀与启闭阀的水头损失各为0.1m,次级过滤器水头损失为0.3m(按产品性能确定),所以灌水单元进口处要求的压力为

$$H_1 = 170.95 + 0.1 + 0.1 + 0.3 = 171.45 \text{ (m)}$$

六、水质处理设计

由于水源一般在汛期含沙并有树叶、水草等杂物漂浮,故在第二级抽水站出口处设第一级过滤器;又由于部分干管利用原有地面灌溉系统的铸铁管,为防止铁管腐蚀剥落的氧

化物进入支管，同时防止第一级过滤器失灵后，泥沙、杂物进入支管，拟在每一灌水单元处设第二级过滤装置。

(一) 第一级过滤器的选用

系统中最小的过流孔径为微喷头喷嘴（约1.1mm）故过滤设备可以选用50~80目（即过滤孔径为0.3~0.18mm）的筛网式过滤器。根据过水流量为 $81.4\text{m}^3/\text{h}$ ，正常的过流水头损失为0.15m，当因积污水头损失升到0.45m时，即需进行冲洗，故将过滤器的水头损失设计值定为0.45m。

(二) 次级过滤器的选用

灌水单元的设计流量多在 $10\sim 12\text{m}^3/\text{h}$ 之间，可以选用进出口径为1英寸的斜置式筛网过滤器，最大的过流能力为 $12\text{m}^3/\text{h}$ ，水头损失设计值为0.3m。

（其他有关设计从略）

主要参考文献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所主编, 中国土壤, 科学出版社, 1978。
- [2] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编, 土壤物理性质测定法, 科学出版社, 1978。
- [3] 中国农业土壤概论编委会, 中国农业土壤概论, 农业出版社, 1982。
- [4] 允许喷灌强度试验研究协作组, 允许喷灌强度的测定和对我国土壤允许喷灌强度的建议, 喷灌技术, 1980年。
- [5] C.H.佩尔主编, 姚汉源等译, 喷灌, 水利出版社, 1980。
- [6] 西北农学院、华北水利水电学院编, 地下水利用, 水利出版社, 1981。
- [7] 施钧亮、窦以松、朱尧洲, 喷灌设备与喷灌系统规划设计, 水利电力出版社, 1979。
- [8] 蒋定生、金兆森, 摇臂式喷头设计原理, 水利出版社, 1981。
- [9] 赵世臣, 常用金属材料手册, 冶金工业出版社, 1978。
- [10] 史群, 喷灌管材分类及使用条件, 喷灌技术, 1978.4。
- [11] 千浙民, 农用水泵的构造与使用, 上海科学技术出版社, 1981。
- [12] 刘竹溪, 水泵及水泵站, 水利电力出版社, 1986。
- [13] 李英能、狄美良, 恒压喷灌泵站设计中的几个问题, 喷灌技术, 1985.2。
- [14] 中国农业机械化服务总公司, 排灌机械产品目录, 中国农业机械出版社, 1986。
- [15] 中国市政工程西北设计院主编, 给水排水设计手册, 中国建筑工业出版社, 1986。
- [16] 中国农业机械化科学研究院, 实用机械设计手册, 中国农业机械出版社, 1985。
- [17] 机械工程手册、电机工程手册编写委员会, 机械工程手册, 机械工业出版社, 1982。
- [18] 机械工程手册、电机工程手册编写委员会, 电机工程手册, 机械工业出版社, 1983。
- [19] 丛培善, 排灌机械配套使用手册, 中国农业机械出版社, 1982。
- [20] 农电手册编写组, 农电手册, 水利电力出版社, 1980。
- [21] B. M. 别列捷夫, 喷灌机械理论和构造, 中国农业机械出版社, 1981。
- [22] 北京农业机械化学院《喷滴灌译丛》编译组, 喷滴灌译丛, 农业出版社, 1982。
- [23] 许一飞, 国外喷灌机发展概况, 喷灌技术, 1977。
- [24] 徐正凡主编, 水力学, 高等教育出版社, 1987。
- [25] 武汉水利电力学院、华东水利学院, 水力学, 高等教育出版社, 1984。
- [26] A.M.库尔干诺夫、H.Φ.菲得洛夫, 给水排水系统水力计算手册, 中国建筑工业出版社, 1983。
- [27] 瞿树东, 灌溉支管的修正多口系数, 喷灌技术, 1981.2。
- [28] 华绍曾、杨学宁等编译, 实用流体阻力手册, 国防工业出版社, 1985。
- [29] 华东水利学院主编, 水工设计手册第2、8卷, 水利电力出版社, 1984。
- [30] 武汉水利电力学院主编, 农田水利学, 水利出版社, 1980。
- [31] 菲智译, 作物需水量计算, 吉林水利, 1984.1、3期。
- [32] 喷灌工程技术管理规程编写组, 喷灌工程技术经济指标的研究, 喷灌技术, 1985.4。
- [33] 农业技术经济编写组, 农业技术经济学, 中国人民大学出版社, 1981。
- [34] 胡维松等, 水利工程经济分析的基本原则和方法, 水利经济, 1984.2。
- [35] 施钧亮, 定位喷洒系统的设计喷灌强度, 喷灌技术, 1980.2。
- [36] 施丽贞, 自压喷灌输水管道的优化设计, 喷灌技术, 1983.4。
- [37] Lionel rolland, "mechanized sprinkler irrigation" FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, ROME 1982.

-
- [38] 陈大猷、李嵩德, 微喷灌, 水利电力出版社, 1988。
 - [39] JENSEN M.N. et al. DESIGN AND OPERATION OF FARM IRRIGATION SYSTEMS ASAE PUBL., 1981.
 - [40] BOSWELL M.J. MICRO-IRRIGATION DESIGN MANUAL JAMES HARDIE IRRIGATION PUBL., 1985.
 - [41] HARDIE IRRIGATION. POLYPLOT. JAMES HARDIE IRRIGATION PUBL., 1984.
 - [42] 中华人民共和国国家标准, 喷灌工程技术规范 (GBJ 85-85)。
 - [43] 中华人民共和国国家标准, 旋转式喷头型式与基本参数 (GB5670.1-85)。
 - [44] 中华人民共和国国家标准, 管子和管路附件的公称直径、公称压力和试验压力 (GB1047、1048-70)。
 - [45] 中华人民共和国国家标准, 喷灌用金属薄壁管 (GB5896-86)。
 - [46] 中华人民共和国国家标准, 喷灌用金属薄壁管及管件技术条件 (GB5897-86)。
 - [47] 中华人民共和国水利电力部标准, 喷灌工程技术管理规程 (SD148-85)。