

# 袖珍 铸造工手册

杜西灵 杜 磊 编



机械工业出版社  
China Machine Press

# 袖珍铸造工手册

杜西灵 杜磊 编



机械工业出版社

本手册是依据劳动部和原机械工业部 1995 年颁发的《工人技术等级标准》中的铸造工标准和《中华人民共和国职业技能鉴定规范》(考核大纲)铸造工的要求,为初、中级铸造工编写的。

主要内容有:铸造合金、铸造合金熔炼、造型材料、砂型(芯)制造、铸造工艺、浇注、铸件落砂与清理、四种常用的特种铸造方法以及专业数学计算。

本手册可供初、中级铸造工查阅和使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

袖珍铸造工手册/杜西灵,杜磊编. —北京:机械工业出版社,1999.11

ISBN 7-111-07641-9

I. 袖… II. ①杜… ②杜… III. 铸造-手册  
IV. TG2-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 64070 号  
机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华 责任校对:张佳

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001年2月第1版·第2次印刷

850mm×1168mm<sup>1</sup>/<sub>64</sub>·16.75印张·2插页·583千字

4 001—7 000 册

定价:27.00 元

# 前 言

为促进铸造生产发展和铸造水平的提高，从铸造生产实际出发，依据劳动部和原机械工业部 1995 年的《工人技术等级标准》中的铸造工标准和《中华人民共和国职业技能鉴定规范》(考核大纲)铸造工，编写了这本手册。

手册简明扼要，主要为生产现场的初、中级铸造工查阅有关材料标准、操作技能、工艺参数、计算方法、质量数据等提供方便。希望这本手册能为初、中级铸造工在提高职业技能、改善铸件质量、降低铸件成本中发挥作用。

本手册第一、九章由杜磊编写，其余由杜西灵编写，全书由杜西灵统稿。编写过程中得到中国石油天然气集团公司装备司专家徐德兴高级工程师的关心和支持。中信重型机械公司副总工程师李道同、孙和庆高级工程师为手册编写提供了有关标准与资料。特别是余茂祚教授级高级工程师为手册出版付出了大量心血和汗水。在此一并致谢。手册编写中，参阅了有关文献，引用了有关资料和例证，特此，向原作者表示深切谢意。

由于时间仓促，定有错漏之处，敬请读者批评指正。

编 者



# 目 录

前言

第一章 铸造合金 .....	1
一、铸钢 .....	1
(一) 铸钢分类及牌号表示方法 .....	1
(二) 铸造碳钢 .....	2
(三) 铸造低合金钢 .....	13
(四) 特殊性能高合金铸钢 .....	13
二、铸铁 .....	39
(一) 铸铁分类 .....	39
(二) 灰铸铁 .....	39
(三) 球墨铸铁 .....	48
(四) 蠕墨铸铁 .....	56
(五) 可锻铸铁 .....	59
(六) 特殊用途铸铁 .....	61
三、铸造非铁合金 .....	95
(一) 铸造铝合金 .....	107
(二) 铸造铜合金 .....	107
(三) 铸造锌合金 .....	107
(四) 铸造轴承合金 .....	168

<b>第二章 铸造合金熔炼</b> .....	178
<b>一、碱性电弧炉炼钢</b> .....	178
(一) 炼钢用原材料 .....	178
(二) 电弧炉的基本结构与型号 .....	179
(三) 氧化法炼钢过程及控制 .....	184
(四) 熔炼工艺 .....	210
<b>二、感应电炉炼钢</b> .....	241
(一) 感应电炉结构与型号 .....	241
(二) 制备坩埚 .....	245
(三) 酸性感应电炉炼钢工艺 .....	251
(四) 碱性感应电炉炼钢工艺 .....	256
<b>三、冲天炉化铁</b> .....	262
(一) 冲天炉基本结构、参数及专用风机 .....	262
(二) 冲天炉化铁基本原理 .....	276
(三) 冲天炉炉料 .....	278
(四) 冲天炉配料计算与主要工艺参数 .....	278
(五) 冲天炉操作要点 .....	295
(六) 冲天炉熔炼的炉况判断 .....	297
(七) 冲天炉熔炼常见故障 .....	297
(八) 孕育铸铁熔炼 .....	305
(九) 球墨铸铁熔炼 .....	314
<b>四、铸造铜、铝合金熔炼</b> .....	326
(一) 铸造铜合金熔炼 .....	326

(二) 铸造铝合金熔炼 .....	329
<b>第三章 造型材料 .....</b>	<b>334</b>
一、原材料 .....	334
(一) 原砂 .....	334
(二) 粘结剂 .....	351
(三) 辅助材料 .....	374
二、型砂与芯砂 .....	376
(一) 粘上砂 .....	377
(二) 水玻璃砂 .....	402
(三) 油砂 .....	418
(四) 呋喃树脂砂 .....	421
(五) 特种型(芯)砂 .....	427
三、涂料 .....	429
(一) 砂型铸造用涂料标准 .....	429
(二) 涂料配方 .....	432
(三) 涂料配制工艺 .....	440
四、砂芯修补砂、修补膏及胶合剂 .....	441
(一) 修补砂 .....	441
(二) 修补膏 .....	442
(三) 胶合剂 .....	443
五、配砂守则及安全操作要点 .....	444
<b>第四章 砂型(芯)制造 .....</b>	<b>447</b>
一、手工造型(芯) .....	448

(一) 常用工具、量具及工装 .....	449
(二) 砂箱造型 .....	462
(三) 刮板造型 .....	517
(四) 地坑造型 .....	538
(五) 手工制芯 .....	557
二、机器造型(芯) .....	587
(一) 砂型的紧实度 .....	588
(二) 紧实方法 .....	590
(三) 翻箱与起模方法 .....	590
(四) 造型机造型 .....	595
三、砂型(芯)烘干 .....	609
(一) 烘干原理 .....	609
(二) 烘干过程 .....	610
(三) 烘干规范 .....	610
(四) 烘干设备 .....	612
(五) 烘干质量检测及评定 .....	612
(六) 操作规程 .....	612
四、合型 .....	624
(一) 型芯的固定 .....	624
(二) 型芯的排气 .....	624
(三) 砂型的紧固 .....	635
(四) 合型操作规程 .....	635
<b>第五章 铸造工艺</b> .....	<b>644</b>

## 目

一、确定浇注位置和分型面的原则 .....	644
(一) 浇注位置的确定原则 .....	644
(二) 分型面的选择原则 .....	645
二、浇注系统 .....	646
(一) 浇注系统的组成和作用 .....	647
(二) 浇注系统的结构类型 .....	654
(三) 浇注系统各组元截面尺寸 .....	657
(四) 内浇道位置开设的原则 .....	707
三、冒口 .....	707
(一) 冒口的作用、种类和形状 .....	707
(二) 冒口位置的设置原则 .....	707
(三) 冒口尺寸的确定 .....	710
四、出气孔 .....	742
(一) 出气孔的作用 .....	742
(二) 出气孔设置原则 .....	742
(三) 出气孔形状和尺寸 .....	743
五、冷铁 .....	743
(一) 冷铁的作用、类型及应用 .....	743
(二) 铸钢件冷铁 .....	745
(三) 铸铁件冷铁 .....	753
六、铸肋 .....	759
(一) 防裂肋 .....	759
(二) 防变形肋 .....	761

七、芯头尺寸与间隙 .....	762
(一) 水平芯头的长度、斜度和间隙 .....	762
(二) 垂直芯头的高度、斜度和间隙 .....	762
八、铸造工艺参数 .....	769
(一) 铸造收缩率 .....	769
(二) 起模斜度 .....	771
(三) 工艺补正量 .....	777
(四) 铸件尺寸公差 .....	779
(五) 机械加工余量 .....	782
(六) 分型负数 .....	785
(七) 铸造工艺符号 .....	785
<b>第六章 浇注 .....</b>	<b>797</b>
<b>一、钢的浇注 .....</b>	<b>797</b>
(一) 盛钢桶种类和规格 .....	797
(二) 盛钢桶的烘烤 .....	801
(三) 镇静时间 .....	801
(四) 浇注温度 .....	802
(五) 浇注速度 .....	802
(六) 铸钢件浇注操作要点 .....	806
<b>二、铸铁的浇注 .....</b>	<b>807</b>
(一) 浇包种类和规格 .....	807
(二) 修包与烤包 .....	814
(三) 浇注温度 .....	817

(四) 浇注速度 .....	818
(五) 铸铁浇注技术要点 .....	819
三、非铁合金的浇注 .....	822
(一) 铸造铝合金浇注工艺 .....	822
(二) 铸造铜合金浇注温度 .....	822
(三) 铸造锌合金浇注温度 .....	822
(四) 铸造轴承合金熔铸 .....	822
<b>第七章 铸件落砂与清理</b> .....	<b>832</b>
一、铸件的落砂 .....	832
(一) 铸件在砂型内的冷却时间 .....	832
(二) 落砂方法 .....	840
二、铸件的清理 .....	844
(一) 浇冒口去除 .....	844
(二) 铸件表面清理 .....	859
(三) 铸件表面铲磨 .....	859
三、铸件缺陷分类 .....	873
四、铸件缺陷的修补 .....	881
(一) 手工电弧焊焊补 .....	884
(二) 气焊焊补 .....	909
(三) 环氧树脂粘补法 .....	912
(四) 铸件渗漏的修补 .....	912
五、铸件热处理 .....	920
(一) 铸钢件的热处理 .....	920

(二) 铸铁件的热处理 .....	933
(三) 非铁合金铸件内应力的消除 .....	951
六、铸件质量检验 .....	953
(一) 铸件质量的现代内涵 .....	953
(二) 铸件质量检验及质量分级 .....	954
(三) 铸件缺陷检验方法 .....	958
<b>第八章 特种铸造 .....</b>	<b>971</b>
一、熔模铸造 .....	971
(一) 制造压型 .....	972
(二) 制造蜡模 .....	974
(三) 制备型壳 .....	979
(四) 焙烧、浇注及清理 .....	987
二、陶瓷型铸造 .....	988
(一) 造型材料 .....	991
(二) 陶瓷浆料的配制 .....	997
(三) 陶瓷型铸造工艺 .....	1001
三、负压(V法)造型 .....	1001
(一) 工艺过程 .....	1001
(二) 基本工装及设备 .....	1001
(三) 主要原材料 .....	1008
(四) 特点 .....	1011
四、压力铸造 .....	1011
(一) 压铸机 .....	1011



(二) 特点 .....	1016
<b>第九章 专业数学计算 .....</b>	<b>1017</b>
一、常见几何体体积 .....	1017
二、常用几何图形面积 .....	1019
三、铸造合金的密度 .....	1023
四、木模常用材料的密度 .....	1024
五、铸件重量的计算方法 .....	1024
六、浇满一个铸型所需金属液重量 .....	1030
七、工艺出品率的计算 .....	1031
八、压铁重量与抬型力的计算 .....	1032
九、轮形件的分肋方法 .....	1039
十、计算铸件模数和冒口模数的方法 .....	1042
<b>参考文献 .....</b>	<b>1057</b>

# 第一章 铸造合金

铸造合金包括铸钢、铸铁、铸造非铁合金。

## 一、铸 钢

### (一) 铸钢分类及牌号表示方法

1. 铸钢的分类 铸钢可按化学成分分类,也可按使用特性分类,见表 1-1。

表 1-1 铸钢的分类(均质量分数)

按化学成分分类	铸造碳钢	低碳钢 $C \leq 0.25\%$ 中碳钢 $C: 0.25\% \sim 0.60\%$ 高碳钢 $C: 0.60\% \sim 2.00\%$
	铸造合金钢	低合金钢 合金元素总量小于等于 5% 中合金钢 合金元素总量: 5%~10% 高合金钢 合金元素总量大于等于 10%
按使用特性分类	工程与结构用铸钢	碳素结构钢 合金结构钢

(续)

按使用 特性分 类	铸造特殊 钢	不锈钢 耐热钢 抗磨钢 镍基合金 其它
	铸造工具 钢	刃具钢 模具钢
	专业铸造用钢	

## 2. 铸钢牌号的表示方法(表 1-2)

### (二) 铸造碳钢

#### 1. 一般工程用铸造碳钢件

##### (1) 牌号与化学成分(表 1-3)

当铸件材质有磁性要求或在后续工序中需经热处理或其它表面处理, 应限定碳钢化学成分。这时可参考表 1-1 数据, 在订货时以附加条件的方法提出化学成分要求。

(2) 力学性能 一般工程用铸造碳钢力学性能应符合表 1-5 规定。

##### (3) 铸造碳钢特性及应用举例(表 1-6)

表 1-2 铸钢牌号表示方法

铸钢代号		ZG	
主要验收依据	钢种	牌号表示方法	举 例
力学性能	工程与结构用铸造碳钢和高强度钢	在 ZG 后面加两组数字, 第一组为屈服强度, 第二组为抗拉强度, 两组数字之间用“—”隔开	ZG200-100 ——抗拉强度(MPa) ——屈服强度(MPa) ——铸钢代号
化学成分	铸造碳钢	在 ZG 后面接一组数字, 表示名义碳的质量分数为万分之几	ZG25 ——碳的名义质量分数为万分之 25, 即名义碳的质量分数为 0.25% ——铸钢代号
化学成分	铸造中、低合金钢和高合金钢	在 ZG 后面用一组数字表示铸钢碳的名义质量分数为万分之几; 其后排列各主要合金元素符号, 元素符号后面用整数标出其名义百分质量分数	

(续)

铸钢代号		ZG	
主要验收依据	钢种	牌号表示方法	举例
化学成分	铸造合金 铸钢	锰平均质量分数 $\leq 0.9\%$ 时牌号中不注符号,在 $0.9\% \sim 1.4\%$ 时只注符号不注含量 其它合金元素平均质量分数为 $0.9\% \sim 1.4\%$ 时,在该元素符号后面标注数字1	
	铸钢	铜的平均质量分数 $\leq 0.15\%$ 其它元素平均质量分数 $\leq 0.15\%$ 时,牌号中不注元素符号 铜和其它元素的平均质量分数 $> 0.15\%$ , $\leq 0.9\%$ 时,在牌号中只标元素符号不标含量	ZG15Cr1Mn1V 
		铌、硼、氮、稀土等微量合金元素平均质量分数 $\leq 0.5\%$ 时只标符号 当主要合金元素多于一种,可只标当前两种或前三种元素的名义含量	

1. 用化学成分命名的铸造碳钢片前已不用,下同。

表 1-3 一般工程用铸造碳钢牌号与化学成分  
(GB11352—89)

铸钢牌号	化学成分的上限值(质量分数)(%)									
	C	Si	Mn	S	P	残余元素				
						Ni	Cr	Cu	Mo	V
ZG200-400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.30	0.35	0.30	0.20	0.05	
ZG230-450	0.30									
ZG270-500	0.40	0.60	0.90							
ZG310-570	0.50									
ZG340-640	0.60									

注：1. 对上限每减少  $w(C)0.01\%$ ，允许增加  $w(Mn)0.04\%$ 。ZG200—100 含锰质量分数最高至  $1.00\%$ ，其余四个牌号 Mn 最高质量分数至  $1.20\%$ 。

- 残余元素总质量分数不超过  $1.00\%$ ，如需方无要求，残余元素可不进行分析。
- 各国工程用铸造碳钢大体上按强度分类，制定相应牌号。至于化学成分，除 S、P 外，一般不限定或只规定上限。在保证强度要求条件下，由铸造厂根据具体情况确定冶炼目标。这种按强度分类方法有利铸造厂安排生产。

表 1-4 铸造碳钢件化学成分(质量分数,%)

牌 号	C	Mn	Si
ZG15	0.12~0.22	0.35~0.65	0.20~0.45
ZG25	0.22~0.32	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG35	0.32~0.42	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG45	0.42~0.52	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG55	0.52~0.62	0.50~0.80	0.20~0.45

注：此表用于新旧牌号过渡时期，对化学成分有要求时参考。

表 1-5 一般工程用铸造碳钢力学性能最小值

(GB11352-89)

铸 钢 牌 号	屈服强度 $\sigma_s$ 或 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	根据合同选择		
				断面收缩率 $\psi$ (%)	冲击性能	
					$A_{KV}$ /J	$a_{KU}$ /(J/cm <sup>2</sup> )
ZG200-400	200	400	25	40	30	59
ZG230-450	230	450	22	32	25	44
ZG270-500	270	500	18	25	22	34
ZG310-570	310	570	15	21	15	29
ZG340-640	340	640	10	18	10	20

注：1. 表中断面收缩率和冲击韧度如需方无要求时，由供方选择其一。 $A_{KV}$ 是V形缺口试样冲击吸收功， $a_{KU}$ 是U形缺口试样冲击韧度。

2. 表中所列各牌号性能适用于厚度为100mm以下的铸件，当铸件厚度超过100mm时表中规定的 $\sigma_s$ 屈服强度仅供设计使用。

表 1-6 一般工程用铸造碳钢特性及应用举例

牌 号	特 性	应 用 举 例
ZG200-400	有良好的塑性、韧性和焊接性能	用于受力不大，要求韧性的各种机械零件，如机座、变速箱壳等
ZG230-150	有一定的强度和较好的塑性、韧性，焊接性能良好，切削性能尚可	用于受力不大，要求韧性的各种机械零件，如机座、外壳、轴承盖、底板、阀体、犁柱等
ZG270-500	有较高的强度和较好的塑性，铸造性能良好，焊接性尚好，切削性能佳，用途广泛	用于轧钢机机架、轴承座、连杆、箱体、曲拐、缸体等
ZG310-570	有高的强度、硬度和耐磨性，可切削性中等，焊接性较差、流动性好、裂纹敏感性较大	用作齿轮，棘轮等



(续)

牌 号	特 性	应用举例
ZG310-640	有高的强度、硬度和耐磨性，切削性能中等，焊接性较差，流动性较好，裂纹敏感性较大	用作齿轮、棘轮等

2. 焊接结构用铸造碳钢件 为确保结构件的可靠性和方便施焊，这类铸钢与一般工程用铸钢稍有不同，主要是C、Si含量较低，对残余元素的含量限制也较严。购买方认为必要时，可以限定钢的碳当量。

## (1) 化学成分(表 1-7)

表 1-7 焊接结构用铸造碳钢件的化学成分  
(质量分数, 上限)(%) (GB7659 - 87)

铸钢 牌号	C	Si	Mn	S	P	残 留 元 素					
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	总和
ZG200- 430H	0.20	0.50	0.80	0.01	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.8
ZG230- 450H	0.22	0.50	1.20	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.8

(续)

铸钢 牌号	C	Si	Mn	S	P	残留元素					总和
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	
ZG275 485H	0.25	0.50	1.20	0.01	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.8

注：各个牌号C的质量分数，每降低0.01%，允许Mn的质量分数上限增加0.04%，但Mn的质量分数增加量不得超过0.2%。

(2) 碳当量的规定 购买方认为有必要时，可在订货时要求碳当量符合表1-8的规定。碳当量(CE)根据铸钢化学成分(质量分数)按下式计算

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

表 1-8 碳当量的规定(适用于订货时商定用)

铸 钢 牌 号	碳当量 CE(质量分数)(%)
	≤
ZG200-400H	0.38
ZG230-450H	0.43
ZG275 485H	0.45

(3) 力学性能 焊接结构用铸造碳钢的力学性能，

见表 1-9。

表 1-9 焊接结构用铸造碳钢力学性能  
(GB7659 87)

铸 钢 牌 号	拉 伸 性 能				冲击性能	
	$\sigma_s$ 或 $\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_{KV}$	$a_{KU}$
	MPa		%		J	J/cm <sup>2</sup>
	≥				≥	
ZG200-400H	200	400	25	40	30	59
ZG230-450H	230	450	22	35	25	44
ZG275-485H	275	485	20	35	22	34

注：1. 表中冲击性能指标为三个夏比冲击试样试验结果的平均值。三个试样中只允许有一个试样的试验结果小于指标，但不得小于指标的 2/3。

2. 冲击性能中仅当供方尚不具备夏比(V形缺口)试样加工条件时，允许暂按夏比(U形缺口)试样的冲击韧性值  $a_{KU}$  交货。

3. 当铸件厚度超过 100mm 时，表中的屈服强度仅可供设计使用。

3. 铸造碳钢的铸造性能 与铸铁相比，铸造碳钢的铸造性能较差。流动性较低，易形成冷隔；氧化和吸气性较大，易形成夹渣和气孔；体收缩和线收缩偏大，易形成缩孔、疏松、热裂和冷裂；熔点较高，易形成粘砂。

碳钢中的元素对铸造性能的影响,见表 1-10 及表 1-11。

表 1-10 元素对铸钢铸造性能的影响

元 素	影 响
碳(C)	有利于改善流动性
硅(Si)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低熔点,改善流动性。中碳钢 Si 的质量分数由 0.25% 增至 0.45% 时,由于良好的脱氧作用,流动性有明显改善</li> <li>2. S. 质量分数在 0.4% 范围内,改善热裂倾向,含量高时,易形成柱状晶,增加热裂倾向</li> </ol>
锰(Mn)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 缩小结晶范围,提高流动性</li> <li>2. 增加体收缩和线收缩,增加冷、热裂倾向</li> <li>3. 生成 MnO, MnO 与 SiO<sub>2</sub> 作用易形成化学粘砂</li> </ol>
硫(S)	生成 MnS, Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , 降低流动性,并增加热裂倾向
磷(P)	改善流动性,但增加冷裂及热裂倾向
镍(Ni)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改善流动性</li> <li>2. 易生成枝晶,增大热裂倾向</li> </ol>
铬(Cr)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生成夹杂物,生成氧化膜,使钢液变稠,降低流动性。高铬钢铸件易形式皱纹及冷隔</li> <li>2. 增加体收缩,增大缩孔倾向</li> <li>3. 减少导热性,增大热裂倾向</li> </ol>

(续)

元 素	影 响
铜(Cu)	1. 降低熔点, 缩小结晶范围, 改善流动性 2. 大约质量分数 $>1\%$ 时, 易于自由析出, 增加热裂倾向, 加 Si、Mn 可提高 Cu 在铁中的溶解度
钼(Mo)	1. 低合金范围内, 降低流动性 2. 略增加缩孔倾向 3. 质量分数在 $1\%$ 以下时, 生成 MoS, 在晶界上析出, 降低导热性, 并增大收缩及冷、热裂倾向 4. 含量高时, 提高高温强度, 改善热裂倾向
钒(V)	1. 质量分数为 $0.25\% \sim 1.0\%$ 时, 生成氧化膜, 略降低流动性 2. 提高高温强度, 略改善热裂倾向
铝(Al)	1. 作脱氧剂加入时, 质量分数小于 $0.15\%$ , 有良好脱氧作用, 改善流动性 2. 作合金元素加入时, 形成 $Al_2O_3$ 和 $Al_2S_3$ , 夹渣和氧化膜, 降低流动性 3. 增大收缩, 增大热裂倾向
钛(Ti)	显著降低流动性
稀有元素	脱氧脱硫, 改善流动性, 减少热裂倾向

表 1-11 铸造性能及其影响元素

铸 造 性 能	影 响 元 素
提高流动性	Si、P、Cu、Ni、Mn
降低流动性	Ti、Cr、Al、S、V、Mo、W
增加缩孔倾向	C、Cr、Mn、V、Mo、Ni
减少热裂倾向	V、Mn <sup>①</sup> 、Al <sup>②</sup> 、Si <sup>②</sup>
增加热裂倾向	S、Si、P、Cu <sup>②</sup> 、Mn、Cr、Mo、Ni

① 在铸造碳钢中有此特性。

②  $w(\text{Cu}) > 1.0\%$  以上时。

### (三) 铸造低合金钢

低合金铸钢，在强度、韧性和淬透性、抗大气腐蚀和耐磨损性等方面均优于碳钢，具有比碳钢更为良好的综合力学性能。

铸造低合金钢的牌号及化学成分，见表 1-12，力学性能见表 1-13。

### (四) 特殊性能高合金铸钢

#### 1. 高锰铸钢

(1) 牌号、化学成分、力学性能(表 1-14 和表 1-15)

(2) 组织及性能特点

表 1-12 大型铸造低合金钢的牌号与化学成分(质量分数,%) (JB/T6402-92)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG30Mo	0.27~	0.30~	1.20~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.34	0.50	1.50						
ZG40Mn	0.35~	0.30~	1.20~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.15	0.45	1.70						
ZG40Mn2	0.35~	0.20~	1.60~	≈0.035	—	—	—	—	—
	0.45	0.40	1.80						
ZG50Mn2	0.45~	0.20~	1.50~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.55	0.40	1.80						
ZG20Mn (ZG20SiMn)	0.12~	0.60~	1.00~	≈0.035	—	—	≈0.10	—	—
	0.22	0.80	1.30						
ZG35Mn (ZG35SiMn)	0.30~	0.60~	1.10~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.10	0.80	1.40						
ZG35SiMnMo	0.32~	1.10~	1.10~	≤0.035	—	—	—	0.20~	≤0.30
	0.40	1.40	1.40					0.30	

(续)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG35CrMnSi	0.30~ 0.40	0.50~ 0.75	0.90~ 1.20	≤0.035		0.50~ 0.80	—	—	—
ZG20MnMo	0.17~ 0.23	0.20~ 0.40	1.10~ 1.40	≤0.035		—	—	0.20~ 0.35	≤0.30
ZG55CrMnMo (ZG5CrMnMo)	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	≤0.035		0.60~ 0.90		0.20~ 0.30	≤0.30
ZG40Cr1 (ZG40Cr)	0.35~ 0.45	0.20~ 0.40	0.50~ 0.80	≤0.035		0.80~ 1.10	—	—	—
ZG34Cr2Ni2Mo (ZG34CrNiMo)	0.30~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 1.00	≤0.035		1.40~ 1.70	1.40~ 1.70	0.15~ 0.35	—
ZG20CrMo	0.17~ 0.25	0.20~ 0.45	0.50~ 0.80	≤0.035		0.50~ 0.80	—	0.40~ 0.60	—
ZG35CrMo (ZG35CrMo)	0.30~ 0.37	0.30~ 0.50	0.50~ 0.80	≤0.035		0.80~ 1.20	—	0.20~ 0.30	—



(续)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG42Cr1Mo (ZG42CrMo)	0.38~	0.30~	0.60~	≤0.035	0.80~	0.23~ 0.30			
	0.45	0.60	1.00		1.20				
ZG50Cr1Mo (ZG50CrMo)	0.46~	0.25~	0.50~	≤0.035	0.90~	0.15~ 0.25			
	0.54	0.50	0.80		1.20				
ZG65Mn	0.60~	0.17~	0.90~	≤0.035	—				
	0.70	0.37	1.20						
ZG28NiCrMo	0.25~	0.30~	0.60~	≤0.035	0.35~	0.35~ 0.55	0.40~		
	0.30	0.80	0.90		0.85		0.80		
ZG30NiCrMo	0.25~	0.30~	0.70~	≤0.035	0.60~	0.35~ 0.50	0.60~		
	0.35	0.60	1.00		0.90		1.00		
ZG35NiCrMo	0.30~	0.60~	0.70~	≤0.035	0.40~	0.40~ 0.50	0.60~		
	0.37	0.90	1.00		0.90		0.90		

注: 1. 括号内的牌号为传统牌号。

2. 残余元素质量分数: Ni ≤ 0.30%, Cr ≤ 0.30%, Cu ≤ 0.25%, Mo ≤ 0.15%, V ≤ 0.05%, 残余元素总质量分数 ≤ 1%。如高方无要求, 残余元素不作验收依据。

表 1-13 大型低合金铸钢的力学性能及应用举例 (JB/T6402---92)

牌 号	热处理 状 态	$\sigma_s$ / MPa $\geq$	$\sigma_b$ / MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KU}$ /J $\geq$	$A_{KV}$ /J $\geq$	$A_{NDVM}$ /J $\geq$	HRS	应用举例
ZG30Mn	正火+ 回火	300	558	18	30	—	—	—	163	
ZG40Mn	正火+ 回火	295	640	12	30	—	—	—	163	用于承受摩擦 和冲击的零件， 如齿轮等
ZG40Mn2	正火+ 回火	395	590	20	55	—	—	—	179	用于承受摩擦 的零件，如齿轮 等
	调质	685	835	13	15	35	35	269~ 302		
ZG50Mn2	正火+ 回火	445	785	18	37	—	—	—	—	用于高强度零 件如齿轮、齿轮 缘等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ MPa $\geq$	$\sigma_b$ MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KL}$ /J $\geq$	$A_{KV}$ /J $\geq$	$A_{F10VM}$ /J $\geq$	HBS	应用举例
ZG20Mn	正火+ 回火	295	510	14	30	39		—	156	焊接及流动性 良好, 作水压机 缸、叶片、喷嘴 体、阀弯头等
		300	500~ 650	24	—	—	45	—	150~ 190	
ZG35Mn	正火+ 回火	345	570	12	20	24	—	—	—	用于承受摩擦 的零件
		415	640	12	25	27	—	27	—	
ZG36SiMnMo	正火+ 回火	305	640	12	20	24	—	—	—	制造负荷较大 的零件
		490	690	12	25	27	—	27	—	

(续)

HBS	应用举例
217	<u>用于承受冲击、磨损的零件，如齿轮、滚轮等</u>
156	用于受压容器，如泵壳等
—	有一定红硬性用于锻模等
242	用于高强度齿轮
0~90	用于特殊要求的零件，如锥齿轮、小齿轮、桥式起重机的行走轮、轴等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ / MPa $\geq$	$\sigma_b$ / MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KV}$ /J $\geq$	$A_{KUVM}$ /J $\geq$	HBS	应用举例
ZG20CrMo	调质	245	460	18	30	24	-	-	用于齿轮、锥 齿轮及高压缸零 件等
ZG34Cr1Mo	调质	510	740~ 880	12	-	-	27	-	用于齿轮、电 炉支承轮、轴套、 齿圈等
ZG42Cr1Mo	调质	490	690~ 830	11	-	-	21	200~ 250	用于高负荷零 件、齿轮、锥齿 轮等
ZG50Cr1Mo	调质	520	740~ 880	11	-	-	34	200~ 260	用于减速器零 件、齿轮、小齿 轮等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ / MPa $\geq$	$\sigma_b$ / MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KU}$ /J $\geq$	$\Delta_{KV}$ /J $\geq$	$A_{KDVm}$ /J $\geq$	HBS	应用举例
ZG65Mn	正火   回火	不规定	不规定	—	—	—	—	—	—	用于球磨机衬板等
ZG28NiCrMo	—	420	630	20	40	—	—	—	—	用于直径大于300mm的齿轮铸件
ZG30NiCrMo	—	590	730	17	35	—	—	—	—	用于直径大于300mm的齿轮铸件
ZG35NiCrMo	—	660	830	14	30	—	—	—	—	用于直径大于300mm的齿轮铸件

表 1-14 高锰铸钢的牌号及化学成分(质量分数%) (GB/T 15680--1998)

牌 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
ZGMn13-1	1.10~1.45			—	—		0.09
ZGMn13-2	0.90~1.35		0.30~1.00		—	0.010	
ZGMn13-3	0.95~1.35	11.00~ 14.00		—	—	0.035	
ZGMn13-4	0.90~1.30			1.50~2.50	—		0.070
ZGMn13-5	0.75~1.30		0.30~1.00		0.90~1.20		

注：牌号中 ZGMn13 系铸造高锰钢，“—”后的阿拉伯数表示品种代号。

高锰钢铸件成品分析的化学成分允许偏差规定如下：

元 素	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
偏差(%)±	0.05	0.40	0.10	0.10	0.07	0.005	0.005

表 1-15 高锰铸钢的力学性能(GB/T5680 1998)

牌 号	力 学 性 能				
	$\sigma_s$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$A_{KU}$	硬度
	/MPa $\geq$	/MPa $\geq$	(%) $\geq$	/(J/cm <sup>2</sup> ) $\geq$	HBS $\leq$
ZGMn13-1	—	635	20	—	—
ZGMn13-2	—	685	25	147	300
ZGMn13-3	—	735	30	147	
ZGMn13-4	390	735	20	—	
ZGMn13-5					

注：水韧处理后试样的力学性能须符合表中规定。或供需双方协商另定验收数值。

1) 组织 高锰铸钢的铸态组织是奥氏体+碳化物。经 1050~1100℃加热水淬处理后(即水韧处理)，绝大多数碳化物固溶于奥氏体中，钢的组织转变为单相奥氏体或奥氏体+少量碳化物。因此具有良好的塑性和韧性，且



裂纹扩展速率很低，使用中安全可靠。

2) 性能特点 表现在使用中，在较大冲击负荷或接触应力作用下，钢的表面产生加工硬化，其表面硬度升高可达 500HBS，而内部仍有良好韧性。因此具有良好的耐磨性，且能承受冲击负荷而不致破裂。

### (3) 铸造性能

1) 收缩较大，其线收缩比铸造碳钢大 30%。自由线收缩率为 2.4%~3.0%，凝固收缩率为 6.0%。液相线温度为 1400℃。

2) 流动性较好。浇注温度要严格控制，不能太高，使铸件晶粒粗大，导致力学性能恶化。

3) 裂纹倾向较大。冒口应在水韧处理以后且在边冷却的条件下边切割，以免碳化物析出而开裂。

4) 粘砂倾向大。高锰钢液易生成 MnO，呈碱性，型砂中的 SiO<sub>2</sub> 呈酸性，两者易发生化学反应导致铸件表面粘砂。故铸型和砂芯应采用碱性的镁砂粉涂料。

5) 高锰钢难加工，因而铸件上孔眼尽量铸出，或局部嵌铸不易淬硬的软钢。

(4) 高锰钢缺陷焊补原则 高锰钢在铸态时存在着网状碳化物和铸造应力。重新加热时在 250~800℃ 之间存在碳化物析出的脆性温度区间，因而其焊接性很差。对其缺陷补焊应注意以下几个原则，

1) 补焊必须在水韧处理后进行。

- 2) 为减少或消除热影响区, 不宜连续焊。
- 3) 焊后要快速冷却, 尽量边焊边冷。
- 4) 焊条用高锰钢焊条或奥氏体不锈钢焊条。
- 5) 焊前先将加工硬化层处除去。

(5) 应用 适用于抗冲击抗磨损的铸件, 如球磨机衬板, 破碎机牙板、颚板、轧臼壁, 挖掘机斗齿、斗壁, 铁道道岔, 拖拉机和坦克履带板等。

## 2. 铸造不锈钢

(1) 牌号及化学成分(表 1-16)

(2) 力学性能 经热处理后不锈铸钢件的力学性能见表 1-17, 表中的表面硬度不作验收依据。

(3) 不锈钢铸件热处理 通常情况下热处理由供方进行, 热处理规范见表 1-18。

(4) 应用 适用于一般用途的大型不锈钢砂型铸件。ZG06Cr13Ni4Mo 是工程结构中用的低碳马氏体不锈铸钢中有代表性的牌号。这种钢具有良好力学性能、耐疲劳性能、大截面均一性能和工艺性能。广泛用于制造水电站过流部件、水泵、压缩机叶轮、原子能电站铸件和压力容器等装置。长江葛洲坝 12.5 万 kW 水轮机机组为代表的重达 25~40t 的不锈钢叶片, 是该钢种应用成功实例。

## 3. 铸造耐热钢

(1) 牌号及化学成分 适用于在砂型中铸造的普通工程用耐热钢铸件的牌号及化学成分见表 1-19, 当需方

表 1-16 大型不锈钢铸件牌号及化学成分(质量分数, %)(JB/Γ6405—92)

牌 号	C	Si ≤	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	N
ZG15Cr13 (ZG1Cr13)	≤0.15 1.50	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.040	11.5~ 14.0	≤1.00	≤0.05	—	—	—
ZG20Cr13 (ZG2Cr13)	0.16~ 0.24	1.00	≤0.60	≤0.030	≤0.035	11.5~ 14.0	—	—	—	—	—
ZG30Cr13 (ZG3Cr13)	0.20~ 0.40	1.50	≤1.00	≤0.040	≤0.040	11.5~ 14.0	≤1.00	≤0.05	—	—	—
ZG12Cr18Ni9Ti (ZG1Cr18Ni9Ti)	≤0.12 1.50	≤0.80 2.00	0.80~ 2.00	≤0.030	≤0.040	17.0~ 20.0	8.00~ 11.00	—	5×(C— 0.03)~ 0.80	—	—
ZG06Cr13Ni4Mo (ZG0Cr13Ni4Mo)	≤0.06 1.00	≤1.00	≤1.00	≤0.030	≤0.030	11.5~ 14.0	3.50~ 4.50	0.40~ 1.00	—	—	—
ZG06Cr13Ni6Mo (ZG0Cr13Ni6Mo)	≤0.06 0.70	≤0.80	≤0.80	≤0.030	≤0.030	12.0~ 14.0	5.50~ 6.50	0.40~ 1.00	—	—	—
ZG08Cr19Ni9 (ZG0Cr19Ni9)	≤0.08 2.00	≤1.50	≤1.50	≤0.040	≤0.040	17.0~ 21.0	8.00~ 11.00	—	—	—	—

(续)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	N
ZG08Cr19Ni11Mo3 (ZG08Cr19Ni11Mo3)	≤0.08	1.50	≤1.50	0.04	0.04	18.0~ 21.0	9.00~ 13.00	3.00~ 4.00	—	—	—
ZG12Cr22Ni12 (ZG12Cr22Ni12)	≤0.12	2.00	≤1.50	0.04	0.04	20.0~ 23.0	10.00 ~ 13.00	—	—	—	—
ZG20Cr25Ni20 (ZG20Cr25Ni20)	≤0.20	2.00	≤1.50	0.04	0.04	23.0~ 27.0	19.00 ~ 31.00	—	—	—	—
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N (ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3- Cu2N)	≤0.12	1.50	8.00~ 10.00	0.06	0.035	16.00 ~ 19.00	3.00~ 5.00	2.90~ 3.50	—	2.00~ 2.50	0.16~ 0.26
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN (ZG12Cr18Mn13Mo2CuN)	≤0.12	1.50	12.00 ~ 14.00	0.06	0.035	17.00 ~ 20.00	—	1.50~ 2.00	—	1.00~ 1.50	0.19~ 0.26

注：括号内为传统铸造不锈钢牌号。

表 1-17 不锈钢钢件的力学性能 (JB/T6405 92)

牌 号	抗拉强度	屈服强度	伸长率 $\delta$ (%)	断面 收缩率 $\psi$ (%)	硬 度 HBS
	$\sigma_b$ / MPa	$\sigma_s$ / MPa			
ZG15Cr13	620	450	18	30	$\leq 241$
ZG20Cr13	588	392	16	35	170~235
ZG30Cr13	690	485	15	25	$\leq 269$
ZG12Cr18Ni9Ti	440	195	25	32	-
ZG06Cr13Ni4Mo	760	550	15	35	$\geq 220$
ZG06Cr13Ni6Mo	750	550	15	35	$\geq 220$
ZG08Cr19Ni9	485	205	35	-	-
ZG08Cr19Ni11Mo3	520	240	25	-	-
ZG12Cr22Ni12	485	195	35	-	-
ZG20Cr25Ni20	450	195	30	-	-
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N	588	291	25	35	-
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN	588	294	30	10	-

要求铸件成品分析时，按表 1-20 的规定。

表 1-18 不锈钢的热处理规范(JB/T6405--92)

牌 号	热 处 理 规 范
ZG15Cr13	1. 加热到大于等于 995 C， 空冷，并在大于等于 595 C 回 火或者 2. 在 $\geq 790$ C 退火
ZG20Cr13	
ZG30Cr13	
ZG12Cr18Ni9Ti	1. 加热到大于等于 1040 C， 保持足够时间，水淬或者 2. 采用能达到验收条件的 其它方式
ZG06Cr13Ni4Mo	1. 退火应大于 600 C 2. 正火和淬火：在 $A_{c3}$ 点以 上进行 3. 回火：在 $A_{c1}$ 点上下进行 一次或二次回火
ZG06Cr13Ni6Mo	
ZG09Cr19Ni9	加热到 $\geq 1040$ C，保持足够 时间，水淬或用其它快冷方式
ZG08Cr19Ni11Mo3	
ZG12Cr22Ni12	
ZG20Cr25Ni20	加热到 $\geq 1093$ C，保持足够 时间，水淬或其它快速冷却方 式
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N	加热到 1100~1150 C，保持 足够时间，水淬或其它快速冷 却方式
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN	

表 1-19 大型铸造耐热钢的牌号及化学成分(质量分数,%) (JB/T6403--92)

牌 号 (原 牌 号)	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	N	Ti
ZG40Cr9Si2 (ZG4Cr9Si2)	0.35~ 0.50	2.00~ 3.00	≤1.70	0.035	0.030	8.00~ 10.0	—	—	—	—
ZG30Cr18Mn12Si2N (ZG3Cr18Mn12Si2N)	0.26~ 0.36	1.60~ 2.40	11.0~ 13.0	0.060	0.040	17.0~ 20.0	—	—	0.22~ 0.28	—
ZG35Cr24Ni7SiN	0.30~ 0.40	1.30~ 2.00	0.80~ 1.50	0.040	0.030	23.0~ 25.5	7.00~ 8.50	—	0.20~ 0.28	—
ZG20Cr26Ni5 (ZG3Cr25Ni5)	≤0.20	≤2.10	≤1.00	0.040	0.010	24.0~ 28.0	4.00~ 6.00	≤0.50	—	—
ZG30Cr20Ni10 (ZG3Cr20Ni10)	0.20~ 0.40	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	18.0~ 23.0	8.0~ 12.0	≤0.50	—	—
ZG35Cr26Ni12	0.20~ 0.50	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	24.0~ 28.0	11.0~ 14.0	—	—	—
ZG35Cr28Ni16	0.20~ 0.50	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	26.0~ 30.0	14.0~ 18.0	≤0.50	—	—
ZG40Cr25Ni20 (ZG4Cr25Ni20)	0.35~ 0.45	≤1.75	≤1.50	0.040	0.040	23.0~ 27.0	19.0~ 22.0	≤0.50	—	—

(续)

牌号 (原牌号)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Ti
ZG40Cr30Ni20 (ZG4Cr30Ni20)	0.20~ 0.60	≤2.30	≤2.00	0.040	0.040	28.0~ 32.0	18.0~ 22.0	≤0.50	—	—
ZG35Ni24Cr18Si2	0.30~ 0.40	1.50~ 2.50	≤1.50	0.035	0.030	17.0~ 20.0	23.0~ 26.0	—	—	—
ZG30Ni35Cr15 (ZG3Ni35Cr15)	0.20~ 0.35	≤2.50	≤2.00	0.040	0.040	13.0~ 17.0	33.0~ 37.0	—	—	—
ZG45Ni35Cr26	0.35~ 0.55	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	24.0~ 28.0	33.0~ 37.0	≤0.50	—	—
ZG40Cr22Ni4N (ZG4Cr22Ni4N)	0.35~ 0.45	1.20~ 2.00	≤1.00	0.030	0.030	21.0~ 24.0	3.50~ 6.00	—	0.23~ 0.30	—
ZG30Cr25Ni20 (ZG3Cr25Ni20)	0.20~ 0.35	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	24.0~ 28.0	18.0~ 22.0	≤0.50	—	—
ZG20Cr20Mn9Ni25N (ZG2Cr20Mn9Ni25N)	0.18~ 0.28	1.80~ 2.70	8.50~ 11.0	0.030	0.030	17.0~ 21.0	2.0~ 3.0	—	0.20~ 0.28	—
ZG08Cr18Ni12Mo2Ti (ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)	≤0.08	≤1.50	0.80~ 2.00	0.015	0.030	16.0~ 19.0	11.0~ 13.0	2.00~ 3.00	—	0.30~ 0.70



表 1-20 大型耐热铸钢成品化学成分允许偏差  
(质量分数%)(JB/T6403 92)

元 素	化学成分范围	允许偏差±
C	$\leq 0.10$	0.002
	$>0.10 \sim 0.30$	0.005
	$>0.30 \sim 0.60$	0.01
	$>0.60 \sim 1.20$	0.03
Mn	$\leq 1.00$	0.03
	$>1.00 \sim 3.00$	0.04
	$>3.00 \sim 6.00$	0.05
	$>6.00 \sim 10.00$	0.06
	$>10.00 \sim 15.00$	0.10
P	$\leq 0.04$	0.005
	$>0.04$	0.010
S	$\leq 0.04$	0.005
Si	$\leq 1.00$	0.05
	$>1.00 \sim 3.00$	0.10
Cr	$>4.00 \sim 10.00$	0.10
	$>10.00 \sim 15.00$	0.10
	$>15 \sim 20$	0.20
	$>20 \sim 30$	0.25
	$>30$	0.30

(续)

元素	化学成分范围	允许偏差±
Ni	>1.00~5.00	0.07
	>5.00~10.00	0.10
	>10.00~20.00	0.15
	>20.00~30.00	0.20
	>30.00~50.00	0.30
Mo	≤0.60	0.03
	>0.60~2.00	0.05
	>2.00~7.00	0.10
Ti	≤1.00	0.05
N	>0.19~0.25	0.02
	>0.25~0.35	0.03

(2) 力学性能 耐热钢铸件的力学性能一般不作为验收项目。当需方要求时可采用单铸试块取样试验,其值应符合表 1-21 的规定。

(3) 最高使用温度、特性及应用举例 耐热钢铸件广泛用于工作温度超过 650℃ 的场合,并且许多情况下还在不同腐蚀性介质中工作,因此选用耐热钢铸件的牌号不仅要考虑其强度,还要注意在不同腐蚀介质中的耐腐蚀性。各钢种最高使用温度、特性及应用见表 1-22。

表 1-21 耐热钢铸件的力学性能  
(JB/T6403—92)

牌 号 (原牌号)	交货状态	$\sigma_s$ ( $\sigma_{0.2}$ ) MPa	$\sigma_b$ MPa	$\delta$ (%)
ZG40Cr9Si2 (ZG4Cr9Si2)	950℃退火	—	550	—
ZG30Cr18Mn12Si2N (ZG3Cr18Mn12Si2N)	1100~1150 (油冷、水 冷或空冷)	—	490	8
ZG35Cr24Ni7SiN	—	(340)	540	12
ZG20Cr26Ni5 (ZG3Cr25Ni5)	—	—	590	—
ZG30Cr20Ni10 (ZG3Cr20Ni10)	—	(235)	490	23
ZG35Cr26Ni12	—	(235)	490	8
ZG35Cr28Ni16	—	(235)	490	8
ZG40Cr25Ni20 (ZG4Cr25Ni20)	—	(235)	440	8
ZG40Cr30Ni20 (ZG4Cr30Ni20)	—	(245)	450	8
ZG35Ni24Cr18Si2	—	(195)	390	5

(续)

牌 号 (原牌号)	交货状态	$\sigma_s$ ( $\sigma_{0.2}$ ) /MPa	$\sigma_b$ / MPa	$\delta$ (%)
ZG30Ni35Cr15 (ZG3Ni35Cr15)	—	(195)	440	13
ZG45Ni35Cr26	—	(235)	440	5
ZG40Cr22Ni4N (ZG4Cr22Ni4N)	调质	150	730	10
ZG30Cr25Ni20 (ZG3Cr25Ni20)	调质	240	510	48
ZG20Cr20Mn9Ni2SiN (ZG2Cr20Mn9Ni2SiN)	调质	420	790	40
ZG08Cr18Ni12Mo2Ti (ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)	1150℃ 水淬	210	490	30

表 1-22 各耐热钢种最高使用温度、特性及应用举例(JB/T6403—92)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG40Cr9Si2 (ZG4Cr9Si2)	800	高温强度低, 抗氧化最高至 800℃, 长期工作的受载件的工作温度低于 700℃。用于坩埚、炉门、底板等构件

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG30Cr18Mn12Si2N (ZG3Cr18Mn2Si2N)	950	高温强度和抗热疲劳性较好。用于炉罐、炉底板料筐、传送带导轨、支承架、吊架等炉用构件
ZG35Cr24Ni7SiN	1100	抗氧化性好。用于炉罐、炉辊、通风机叶片、热滑轨、炉底板、玻璃水泥窑及搪瓷窑等构件
ZG20Cr26Ni5 (ZG3Cr26Ni5)	1050	承载条件下使用温度可达650℃，轻负荷时可达1050℃，在650~870℃易析出 $\sigma$ 相。可用于矿石焙烧炉，也可用于不需要高温强度的高硫环境下工作的炉用构件
ZG30Cr20Ni10 (ZG3Cr20Ni10)	900	基本上不形成 $\sigma$ 相。可用于炼油厂加热炉、水泥干燥窑、矿石焙烧炉和热处理炉构件

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特 性 及 应 用 举 例
ZG35Cr26Ni12	1100	高温强度高, 抗氧化性能好, 在规格范围内调整其成分可使组织内含有一些铁素体, 也可为单相奥氏体。广泛用于许多类型的炉子构件, 但不宜用于温度急剧变化的地方
ZG35Cr28Ni16	1150	具有较高温度的抗氧化性能。用途同 ZG40Cr25Ni20
ZG40Cr25Ni20 (ZG4Cr25Ni20)	1150	具有较高的蠕变极限和持久强度, 抗高温气体腐蚀能力强。用于热处理炉炉辊、辐射管、钢坯滑板、管支架、制氢转化管、乙烯裂解管以及需要较高蠕变极限的零件
ZG40Cr30Ni20 (ZG4Cr30Ni20)	1150	在高温含硫气体中耐蚀性好。用于气体分离装置、焙烧炉衬板

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG35Ni2-(Cr)8Si2	1100	用于加热炉传送带、螺机、 紧固件等高温承载零件
ZG30Ni35Cr15 (ZG3Ni35Cr15)	1150	抗热疲劳性好, 用于渗碳 炉构件, 热处理炉板、导轨、 轮子、铜焊夹具、蒸馏器、辐 射管、玻璃轧辊, 排瓷窑构件 以及周期加热的紧固件
ZG45Ni33Cr26	1150	抗氧化性及抗渗碳性良 好, 高温强度高, 用于乙烯裂 解管、辐射管、弯管、接头、 管支架, 炉辊以及热处理用 夹具等
ZG40Cr22Ni4N (ZG4Cr22Ni4N)	—	用于 1000℃ 以上炉用件
ZG30Cr25Ni20 (ZG3Cr25Ni20)		用于 1000℃ 以上炉用件
ZG20Cr20Mn9Ni2SiN (ZG2Cr20Mn9Ni2Si2N)		用于连铸机吊架等

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG08Cr18Ni12Mo2Ti (ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)	—	用于连铸机零件

## 二、铸 铁

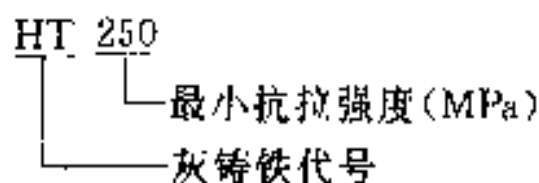
### (一) 铸铁分类

铸铁分类的方法较多,可按铸铁的使用性能、断口特征或成分特征来分,但较为方便和常用的则是将铸铁分成七大类。见表 1-23。

### (二) 灰铸铁

1. 灰铸铁的牌号 国家标准根据直径  $\phi 30\text{mm}$  单铸试棒的抗拉强度值,将灰铸铁分为六个牌号,见表 1-24。

牌号中“HT”是“灰铁”二字汉语拼音的第一个大写正体字母,其后的数字表示该牌号灰铸铁的最小抗拉强度。如



灰铸铁的抗拉强度与铸件壁厚有关,同一牌号的灰铸铁不同壁厚处会得到不同的抗拉强度。为了便于设计



表 1-23 铸铁的分类

分 类	特 征			性 能
	组 织	断 口	成分(质量分数)	
1. 灰铸铁 (1) 普通灰铸铁 (2) 高强度灰铸铁	基体+片状石墨	灰色	仅含C、Si、Mn、P、S五元素或外加少量合金元素	$\sigma_b$ : 150 ~ 400MPa 基本上无韧性
2. 球墨铸铁	基体+球状石墨	灰色(银白色)	1 普通五元素或外加不同量的合金元素 2. Mn 残 $\geq 0.03\%$ RE 残 $\geq 0.02\%$	$\sigma_b$ : 400~900MPa $\delta$ : 2~20% $\alpha_K$ : 15~120J/cm <sup>2</sup>
3. 蠕墨铸铁	基体+蠕虫状石墨(往往伴有球状石墨)	灰色(斑点状)	同球墨铸铁, 但Mg 残及RE 残量可稍低	$\sigma_b$ 及 $\delta$ 比球墨铸铁低, 高于灰铸铁
4. 可锻铸铁(黑心)	生坯: 珠光体+莱氏体 退火后: 基体+团絮状石墨	生坯: 银白色 退火后: 灰色(黑色绒状)	低碳, 低硅 Cr $\leq 0.06\%$	$\sigma_b$ : 300 ~ 700MPa $\delta$ : 2%~12%

工程结构件用铸铁

(续)

分 类	特 征			
	组 织	断 口	成分(质量分数)	性 能
5. 抗磨铸铁	基体 + 不同类 型的渗碳体	银白色 (中锰铸铁 与冷硬铸铁 例外)	除五元素外, 可加 入低、中、高量合金 元素	高的抗磨性能但 韧性较低
6. 耐热铸铁	基体—片状或 球状石墨	灰色	有 Si、Al、Cr 系(中 硅、高铝、中硅铝、高 铬等铸铁)	有高的耐热性及 抗氧化性能, 但强 度较低, 较脆
7. 耐蚀铸铁	基体—片状或 球状石墨	灰色	主要合金元素 Si、 Ni 含量高	主要有高的耐腐 蚀性能

特殊用途铸铁

和使用,表 1-25 给出了各牌号不同壁厚的灰铸铁件能达到的抗拉强度的参考值,当供需双方协商同意时,也可用从铸件上切下的试块加工成试样来测定铸件材质的性能,应符合表 1-25 的规定。

表 1-24 灰铸铁牌号及力学性能  
(GB9439-88)

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $\geq$
HT100	100
HT150	150
HT200	200
HT250	250
HT300	300
HT350	350

表 1-25 灰铸铁件的抗拉强度  
(GB/T9439-88)

牌 号	铸件壁厚/mm		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $>$
	$>$	$\leq$	
HT100	2.5	10	130
	10	20	100
	20	30	90
	30	50	80

(续)

牌 号	铸件壁厚/mm		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa
	>	≤	
HT150	2.5	10	175
	10	20	145
	20	30	130
	30	50	120
HT200	2.5	10	220
	10	20	195
	20	30	170
	30	50	160
HT250	4.0	10	270
	10	20	240
	20	30	220
	30	50	200
HT300	10	20	290
	20	30	250
	30	50	230

(续)

牌 号	铸件壁厚 mm		抗拉强度 $\sigma_b$ MPa
	>	~	
HT350	10	20	310
	20	30	290
	30	50	260

注：当一定牌号的铁液浇注壁厚均匀而形状简单的铸件时，壁厚变化所造成的抗拉强度的变化，可从本表查出参考性数据。当铸件壁厚不均匀，或有型芯时，此表仅能近似地给出不同壁厚处的大致的抗拉强度值。铸件设计应根据关键部位的实测值进行。

2. 化学成分 化学成分对灰铸铁的组织有很大影响。各牌号灰铸铁的化学成分与铸件壁厚有关。表 1-26 中数据供参考。

3. 铸造性能 灰铸铁具有良好的铸造性能：

(1) 流动性 灰铸铁的熔点较低，结晶温度范围较小，在适宜的浇注温度下，具有良好的流动性，容易充填形状复杂的薄壁铸件，且不易产生气孔，浇不足、冷隔等缺陷。

(2) 收缩性 灰铸铁的浇注温度较低，凝固中发生共析石墨化转变，使其线收缩小，产生的铸造应力也较

小,所以铸件出现挠曲变形和开裂的倾向以及形成缩孔、缩松的倾向都较小。

表 1-26 灰铸铁化学成分(质量分数,%)

牌号	铸件壁厚/mm	C	Si	Mn	P≤	S≤
HT100	<10	3.6~3.8	2.3~2.6	0.4~0.6	0.40	0.15
	10~30	3.5~3.7	2.2~2.5			
	>30	3.1~3.6	2.1~2.1			
HT150	<20	3.5~3.7	2.2~2.4	0.4~0.6	0.40	0.15
	20~30	3.4~3.6	2.0~2.3			
	>30	3.3~3.5	1.8~2.2			
HT200	<20	3.3~3.5	1.9~2.3	0.6~0.8	0.30	0.12
	20~40	3.2~3.4	1.8~2.2			
	>40	3.1~3.3	1.6~1.9			
HT250	<20	3.2~3.4	1.7~2.0	0.7~0.9	0.25	0.12
	20~40	3.1~3.3	1.6~1.8			
	>40	3.0~3.2	1.4~1.6			
HT300	>15	3.0~3.2	1.4~1.7	0.7~0.9	0.20	0.10
HT350	>20	2.9~3.1	1.2~1.6	0.8~1.0	0.15	0.10

注:高于HT250的牌号,是通过孕育处理得到的。

## 1. 应用(表 1-27)

表 1-27 灰铸铁件的特性及应用举例

牌号	特 性	应 用 举 例
HT100	铸造性能好, 工艺简便, 铸造应力小, 不用人工时效处理, 减振性优良	适用于负荷小, 对摩擦、磨损无特殊要求的零件。如盖、外罩、油盘、手轮、支架、底板、重锤等
HT150	特 性 与 HT100 基本相同, 但有一定的机械强度	适用于承受中等应力 ( $\sigma_b < 19.8\text{MPa}$ ), 摩擦面间单位压力小于 $0.49\text{MPa}$ 下受磨损的零件, 以及在弱腐蚀介质中工作的零件。如机床上的支柱、底座、齿轮箱、刀架、床身轴承座、工作台, 圆周速度 $6\sim 12\text{m/s}$ 的带轮, 工作压力不大的管件和壁厚小于等于 $30\text{mm}$ 的耐磨轴套, 以及在纯碱或染料介质中工作的化工容器、泵壳、法兰等

(续)

牌号	特 性	应 用 举 例
HT200 HT250	强度较高,耐磨、耐热性较好,减振性良好,铸造性较好,但需人工时效处理	适用于承受较大的应力( $\sigma_b < 29.42\text{MPa}$ ),摩擦面间单位压力大于 $0.49\text{MPa}$ (大于 $10\text{t}$ 的大型铸件可大于 $1.47\text{MPa}$ )和要求一定气密性或耐腐蚀的零件。如一般机械制造中较为重要的铸件(如气缸、齿轮、机座、机床床身和立柱);汽车拖拉机的气缸体、气缸盖、活塞、刹车轮、联轴器盘等,具有测量平面的检验工件(如划线平板、V形铁、平尺、水平仪框架等);承受压力小于 $7.35\text{MPa}$ 的液压缸、泵体、阀体、圆周速度 $12\sim 20\text{m/s}$ 的带轮,要求有一定耐蚀能力和较高强度的化工容器、泵壳、塔器等
HT300 HT350	这是属于高强度、高耐磨性一级的灰铸铁。其强度和耐磨性均优于以上各牌号铸铁,但白口倾向大,铸造性能差,铸后需进行人工时效处理	适用于承受高应力( $\sigma_b < 19\text{MPa}$ ),摩擦面间单位压力大于等于 $1.96\text{MPa}$ ,要求保持高度气密性的零件,如:机械制造中某些重要的铸件,如剪床、压力机、自动车床和其它重型机床的床身、机座、机架及受力较大的齿轮、凸轮、衬套;大型发动机的曲轴、气缸体、缸套、气缸盖等;高压的液缸、水缸、泵体、阀体、锻锻和热锻锻模,冷冲模,圆周速度大于 $20\sim 25\text{m/s}$ 的带轮等



### (三) 球墨铸铁

球墨铸铁是向出炉的铁液中加入球化剂和孕育剂而得到球状石墨的铸铁。

1. 球墨铸铁的牌号 按单铸试块验收时, 其牌号、力学性能, 见表 1-28 和表 1-29。

表 1-28 单铸试块的力学性能(GB/T1348-88)

牌 号	抗拉强	屈服强	伸长率	供 参 考	
	度 $\sigma_b$	度 $\sigma_s$	$\delta$		
	/MPa	(MPa)	(%)		
	最 小 值			硬度 HBS	基体金相组织
QT400-18	400	250	18	130~180	铁素体
QT400-15	400	250	15	130~180	铁素体
QT450-10	450	310	10	160~210	铁素体
QT500-7	500	320	7	170~230	铁素体+珠光体
QT600-3	600	370	3	190~270	珠光体+铁素体
QT700-2	700	420	2	225~305	珠光体
QT800-2	800	480	2	245~335	珠光体或回火组 织
QT900-2	900	600	2	280~360	贝氏体或回火马 氏体

注: 牌号中, “QT”是球铁的代号, 其后第一组数字代表该牌号球铁的最小抗拉强度, 第二组数字代表最低伸长率。

表 1-29 单铸试块 V 形缺口试样的冲击韧度  
(GB/T1348-88)

牌 号	最小冲击韧度 $a_K$ (J/cm <sup>2</sup> )			
	室温 23 C ± 0 C		低温 -20 C ± 2 C	
	三个试样平均值	个别值	三个试样平均值	个别值
QT400-18	14	11	—	—
QT400-18L	—	—	12	9

注：牌号中字母“L”，表示在低温时的冲击值。

按附铸试块验收时，其牌号、力学性能，见表 1-30 和表 1-31。

根据硬度值验收力学性能时，其硬度牌号，见表 1-32。

## 2. 铸造性能

(1) 流动性较灰铸铁低 球墨铸铁的成分在共晶成分附近，原本流动性较好与灰铸铁相近。但铁液经球化处理和孕育处理后，温度下降，故流动性较灰铸铁低。因此应提高浇注温度。浇口尺寸比灰铸铁放大 15%~30%，以提高流动性。

(2) 线收缩较灰铸铁小 如图 1-1 所示，缩前膨胀球墨铸铁比灰铸铁大 2~4 倍，故线收缩较灰铸铁小。铸

表 1-30 附铸试块的力学性能 (GB/T1348-88)

牌 号	铸件壁厚 /mm	抗拉强度		屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	伸长率 $\delta(\%)$	供 参 考	
		$\sigma_b/\text{MPa}$	最 小 值			布氏硬度 HBS	基体金相组织
QT400-18A	>30~60	390	250	250	18	130~180	铁素体
	>60~200	370	240	240	12		
QT400-15A	>30~60	390	250	250	15	130~180	铁素体
	>60~200	370	240	240	12		
QT500-7A	>30~60	450	300	300	7	170~240	铁素体: 珠光体
	>60~200	420	290	290	5		
QT600-3A	>30~60	600	360	360	3	180~270	珠光体+铁素体
	>60~200	550	340	340	1		
QT700-2A	>30~60	700	400	400	2	220~320	珠光体
	>60~200	650	380	380	1		

注: 1. 牌号中字母“A”, 表示该牌号在附铸试块上测定的力学性能, 以区别表 1-28 中的单铸试块测定的性能。

2. 对于重量 $\geq 2000\text{kg}$ , 壁厚 30~200mm 的铸件, 优先采用附铸试块验收力学性能。

造线收缩率生产中一般取 0.7%~0.9%。

表 1-31 附铸试块 V 形缺口试样的冲击韧度  
(GB/T1348—88)

牌 号	壁厚 /mm	最小冲击韧度 $a_K$ /(J/cm <sup>2</sup> )			
		室温 23℃±5℃		低温 -20℃±2℃	
		三个试样 平均值	个别 值	三个试样 平均值	个别 值
QT400-18A	>30~60	14	11	—	—
	>60~200	12	9	—	—
QT400-18AL	>30~60	—	—	12	9
	>60~200	—	—	10	7

表 1-32 球墨铸铁件硬度牌号(GB1348--88)

硬 度 牌 号	硬度 HBS	基体金相组织	供 参 考		
			抗拉强 度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强 度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长 率 $\delta$ (%)
			最 小 值		
QT-H330	280~360	贝氏体或回火马氏体	900	600	2
QT-H300	245~335	珠光体或回火组织	800	480	2

(续)

硬 度 牌 号	硬 度 HBS	基体金相组织	供 参 考		
			抗拉强 度 $\sigma_b$	屈服强 度 $\sigma_{0.2}$	伸 长 率 $\delta$
			(MPa)	(MPa)	(%)
			最 小 值		
QT H265	225~305	珠光体	700	420	2
QT-H230	190~270	珠光体+铁素体	600	370	3
QT-H200	170~230	铁素体+珠光体	500	320	7
QT-H185	160~210	铁素体	450	310	10
QT-H155	130~180	铁素体	400	250	15
QT H150	130~180	铁素体	400	250	15

注：1. 硬度可在附铸的易割试块上测定，硬度应经供需双方商定。

2. 硬度试块在铸件上的位置由供需双方商定。

3. 硬度试验应在与铸件连接的面上进行。

4. 需热处理时，硬度块应在热处理后从铸件上取下。

5. 只有生产工艺稳定时，可根据硬度值验收力学性能。按硬度值验收时，必须检验金相组织，其球化等级不能低于4级。

(3) 体收缩较灰铸铁大，近于碳钢 由于其液态收缩和凝固收缩很大，故具有很大的缩孔、缩松倾向。应采

取定向凝固、增设冒口、运用冷铁，以减少缩孔。增加铸型刚度，加强孕育，快速冷却，以减少缩松。

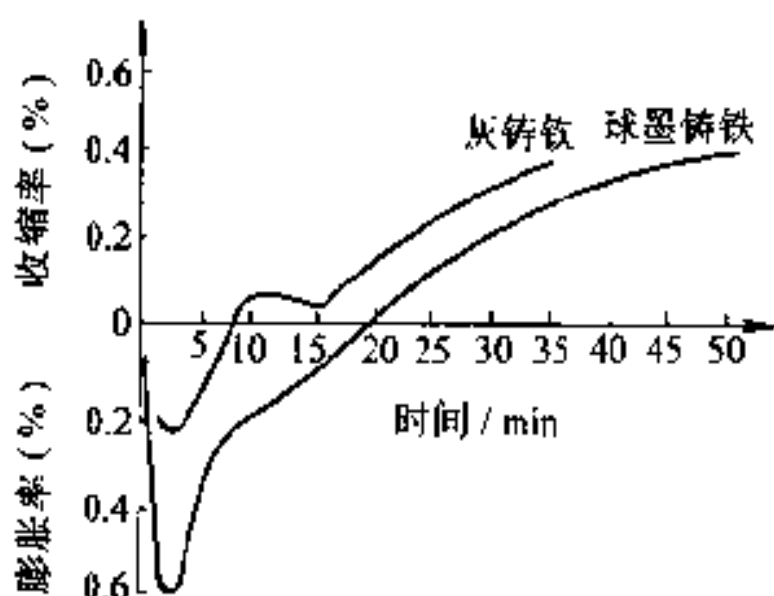


图 1-1 自由线收缩曲线

试棒直径：30mm，成分： $w(\text{C})=3.51\%$ ， $w(\text{Si})=2.31\%$

(4) 冷裂变形倾向大于灰铸铁 由于其铸造应力是灰铸铁的 2~3 倍，故应采取措施减少应力，防止冷裂和变形。

3. 球墨铸铁件特性和应用 由于石墨呈球形，其削弱金属基体和造成应力集中的作用大大减小，因而能充分发挥基体的作用，力学性能明显优于灰铸铁而接近于钢。并保持有耐磨、减振、缺口不敏感等灰铸铁的特征。另外球墨铸铁还可进行各种热处理来改善金属基体组织，进一步提高力学性能，且生产方便，铸造性能和切削性能都较好，因此得到广泛应用。见表 1-33。

表 1-33 球墨铸铁的特性及应用

牌 号	基体组织 (体积分数)	主要特性	应 用 举 例
QT400-18 QT400-15	铁素体 (100%)	具有良好的焊接性能和切削性能, 常温冲击韧度高而且脆性转变温度低。同时, 低温韧性很好	1. 农机具: 重型机引五铧犁, 轻型二铧犁, 悬挂犁上的犁柱、犁托、犁侧板、牵引架、收割机及割草机上的导架、差速器壳、护刃器 2. 汽车、拖拉机、手扶拖拉机: 牵引框、轮毅、驱动桥壳体、离合器壳、差速器壳、离合器拨叉、弹簧吊耳、汽车底盘悬挂件
QT450-10	铁素体 ( $\geq 80\%$ )	焊接性能、切削性能均较好, 塑性略低于 QT400-18, 而强度与冲击能量冲击功优于 QT400-18	3. 通用机械: 阀门的阀体、阀盖、支架、压缩机上承受一定温度的高低压气缸、输气管 4. 其它: 铁路垫板、电动机机壳、齿轮箱、汽轮机壳
QT500-7	珠光体+铁素体 ( $< 80\% \sim 50\%$ )	具有中等强度和塑性, 切削性能尚好	内燃机的机油泵齿轮、汽轮机中温气缸隔板、水轮机的阀门体、铁路机车车辆轴瓦、机器座架、传动轴、链轮、飞轮、电动机架、千斤顶座等

(续)

牌 号	基体组织 (体积分数)	主要特性	应 用 举 例
QT600-3	铁素体+ 珠光体 ( $<80\% \sim 10\%$ )	中高强度、 低塑性、耐磨 性较好	1. 内燃机：5 ~ 4000hp <sup>①</sup> 柴油机和汽油机的曲轴，部分轻型柴油机和汽油机的凸轮轴、气缸套、连杆、进排气门座 2. 农机具：脚踏脱粒机齿条、轻载荷齿轮、畜力犁铧 3. 机床：部分磨床、铣床、车床的主轴 4. 通用机械：空调机、气压机、冷冻机、制氧机及泵的曲轴、缸体、缸套 5. 冶金、矿山、起重机械：球磨机齿轴、矿车轮、桥式起重机大小车滚轮
QT700-2 QT800-2	珠光体 或回火索 氏体	有较高强 度，耐磨性、 低韧性(或低 塑性)	1. 农机具：犁铧、耙片、低速农用轴承套圈 2. 汽车：弧齿锥齿轮、转向节、传动轴 3. 拖拉机：减速齿轮 4. 内燃机：凸轮轴、曲轴
QT900-2	下贝氏 体或回火 马氏体，回 火托氏体	有高的强 度，耐磨性、 较高的弯曲 疲劳强度、接 触疲劳强度 和一定的韧 性	1. 农机具：犁铧、耙片、低速农用轴承套圈 2. 汽车：弧齿锥齿轮、转向节、传动轴 3. 拖拉机：减速齿轮 4. 内燃机：凸轮轴、曲轴

① 1hp=745.7W。



## (四) 蠕墨铸铁

表 1-34 蠕墨铸铁的牌号

(JB/T4463—1999)

牌号	抗拉强度 $\sigma_b$	屈服强度 $\sigma_{0.2}$	伸长率 $\delta$	硬度 HBS	蠕化率 VG (%) $\geq$	基体组织
	(MPa)	(MPa)	(%)			
	不 小 于					
Ru1420	420	335	0.75	200~280		珠光体
RuT380	380	300	0.75	193~274		珠光体
RuT340	340	270	1.00	170~219	50	珠光体+铁素体
RuT300	300	240	1.50	140~217		铁素体+珠光体
RuT260	260	195	3	121~197		铁素体

注：1. 在牌号中，“RuT”代表“蠕墨铸铁”，其后面的数字代表该牌号的最小抗拉强度。抗拉强度是用单铸试块测定的。

2. 除抗拉强度外，如需方对屈服点、伸长率、硬度提出要求时，可按上表中验收，或协商另定技术条件。牌号 RuT260 的伸长率必须作为验收依据。

3. 铸件金相组织中的蠕化率按表中规定验收。

4. 蠕墨铸铁件的力学性能和基体，可经热处理达到。对热处理有特殊要求的蠕墨铸铁件可由供需双方商定。

大部分石墨为蠕虫状的铸铁称蠕墨铸铁。蠕墨铸铁是一种新型铸铁材料，其组织和性能介于球墨铸铁和灰铸铁之间，具有良好的综合性能。特别是其导热性优于球墨铸铁，而抗生长和抗氧化性较其它铸铁均高。另外，其耐磨性优于孕育铸铁及高磷耐磨铸铁。

1. 牌号(表 1-34)

2. 铸造性能 蠕墨铸铁的铸造性能比球墨铸铁好，与灰铸铁接近，因而形状复杂的铸件也能用它来制造。其铸造性能，见表 1-35。

表 1-35 蠕墨铸铁的铸造性能

铸造性能	特 征
流动性	1. 由于蠕墨铸铁的碳当量高( $w(\text{CE})=4.3\% \sim 4.6\%$ )，接近共晶成分，又经加蠕化剂去硫去氧的作用，所以具有良好的流动性 2. 在同一浇注温度下，蠕墨铸铁流动性比 HT300 高 3~7 倍，浇注温度越低时，两者的流动性相差越大 3. 工艺上可采取比 HT300 低的浇注温度
收缩性	1. 缩前膨胀比灰铸铁大，因而对铸型刚度要求高 2. 体收缩率为 1%~5%，缩孔倾向比灰铸铁大，但比球墨铸铁小的多 3. 线收缩率为 0.9%~1.1%，与灰铸铁相近 4. 材质由灰铸铁改为蠕墨铸铁的铸件，一般不需要重新设计模样和浇冒口系统

3. 应用 由于蠕墨铸铁的良好性能,使其得以广泛地应用。主要制造些经受热循环载荷,要求组织致密、结构复杂、强度高的铸件(见表 1-36)。

表 1-36 各牌号蠕墨铸铁的应用

牌号	组织	性能特点	应用举例
RuT420 RuT380	珠光体	强度高、硬度高、具有高耐磨性。需加入合金元素或经正火热处理。适用于制造要求强度和耐磨性高的零件	活塞环、气缸套、制动盘、玻璃模具、刹车鼓、钢珠研磨盘、吸淤泵体等
RuT340	珠光体 + 铁素体	强度、硬度较高,具有较高的耐磨性和热导率。适用于制造要求强度、刚度较高及耐磨的零件	带导轨面的重型机床件、大型龙门铣横梁、大型齿轮箱体、盖座,刹车鼓、飞轮、玻璃模具、起重机卷筒,烧结机滑板、液压阀体等
RuT300	铁素体 + 珠光体	强度和硬度适中,有一定的塑韧性,热导率较高,致密性较好。适用于制造要求较高强度及承受热疲劳的零件	排气管、变速箱体、气缸盖、纺织机零件、液压件、钢锭模、某些小型烧结机篦条等

(续)

牌号	组织	性能特点	应用举例
RuT260	铁素体	强度一般、硬度较低、有较高的塑韧性和热导率。铸件一般需退火热处理。适用于制造承受冲击负荷及热疲劳的零件	增压器废气进气壳体、汽车、拖拉机的某些底盘零件

### (五) 可锻铸铁

可锻铸铁又称玛钢或玛铁。是白口铸铁通过石墨化或氧化脱碳进行可锻化处理，改变其金相组织成分而获得的有较高韧性的铸铁为可锻铸铁。可锻铸铁中的石墨呈团絮状，对金属基体割裂作用和引起的应力集中较小，因此，抗拉强度显著提高（ $\sigma_b$ 一般达300~400MPa，最高达700MPa）。尤其是这种铸铁有着相当高的塑性和韧性（ $\delta \leq 12\%$ ， $\alpha_K \leq 30\text{J/cm}^2$ ），可锻铸铁就是因此而得名，其实并不能真的被锻造。

我国生产的可锻铸铁多数是黑心铁素体可锻铸铁，也生产少量珠光体可锻铸铁，而白心可锻铸铁因其力学性能差，退火周期长，应用较少。

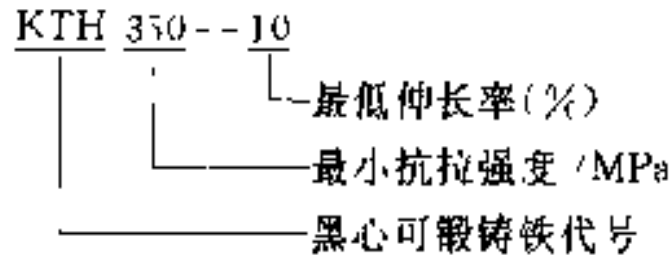
1. 牌号 黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁的牌号和力学性能见表1-37。

表 1-37 黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁的牌号  
及力学性能(GB/T9440 88)

类型	牌 号		试样 直径 $d$ mm	抗拉强 度 $\sigma_1$	屈服点 $\sigma_2$	伸长率 $\delta$ (%) ( $L_0 =$ $3d$ )	硬度 HBS
	A 系列	B 系列		MPa		$\geq$	
黑心可 锻铸铁	KTH300 -06		12 或 15	300	—	6	$\leq 150$
	—	KTH330 03		330	—	8	
	KTH350 -10	—		350	200	10	
	—	KTH370 -12		370	—	12	
珠光体 可锻铸 铁	KTZ450 06	—	12 或 15	450	270	6	150~200
	KTZ550 -04			550	340	4	180~250
	KTZ650 02	—		650	430	2	210~260
	KTZ700 -02	—		700	530	2	210~290

- 注：1. 试样直径 12mm，只适用于铸件壁厚小于 10mm 的铸件。  
 2. 对珠光体可锻铸铁的试样二种直径尺寸，如需方没有规定，供方可任选其中一种。  
 3. 牌号 KTH300-06 适用于气密性零件。  
 4. 牌号 B 系列为过渡牌号。

牌号中的“KTH”是黑心可锻铸铁的代号，“KTZ”是珠光体可锻铸铁的代号，随后的第一组数字代表该牌号的最低抗拉强度，第二组数字代表其最低伸长率，如：



2. 铸造性能(表 1-38)

3. 应用(表 1-39)

#### (六) 特殊用途铸铁

特殊用途铸铁指的是：抗磨铸铁、耐热铸铁和耐蚀铸铁。这些铸铁由于加入了各种合金元素，明显地具有某种特殊性能，又称合金铸铁。

1. 抗磨铸铁 常用的抗磨铸铁有三类，即：冷硬铸铁、耐磨铸铁、抗磨白口铸铁。它们都具有好的抵抗磨料磨损的能力，即好的抗磨性(也称耐磨性)。

(1) 冷硬铸铁 冷硬铸铁是通过激冷的工艺方法，使铸件激冷层的碳保持化合碳的形式而形成白口或麻口的铸铁。

1) 金相组织特点 最常用的是冷硬铸铁轧辊。其特点是外层呈白口组织，内层呈灰口组织，在白口层和灰口层之间是一层麻口过渡层。因而冷硬轧辊表面硬度很高，具有高的抗磨能力，又能承受一定的工作应力。

表 1-38 可锻铸铁的铸造性能

铸造性能	特 点
流动性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 碳、硅含量低，熔点高，凝固温度范围较大，故流动性较灰铸铁差</li> <li>2. 要求较高浇注温度，一般薄壁件大于等于 1350℃，中厚件大于 1320℃</li> <li>3. 易产生冷隔和浇不足，工艺上要采取防止的措施</li> </ol>
收缩性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铸态组织为白口，凝固时无石墨析出，体收缩大(5.3%~6.0%)缩孔、缩松倾向大</li> <li>2. 设置足够尺寸和数量的冒口和冷铁，以控制铸件的凝固和补缩，由于均为小件，一般采用暗冒口</li> <li>3. 浇口要有强的挡渣能力，并且铁液经浇口通入冒口引入型腔，以增强冒口补缩作用</li> <li>4. 线收缩较大(1.5%~1.8%)，但石墨化退火时又有不同程度的膨胀，故铁素体可锻铸铁模样缩尺采用 0%~1.0%</li> <li>5. 铸型和型芯要有较好退让性</li> <li>6. 由于收缩大，故内应力较大，裂纹倾向大，铸件易断裂</li> </ol>

表 1-39 可锻铸铁的特性和应用举例  
(GB/T9440--88)

牌 号	特 性	应 用 举 例	
黑心可锻铸铁	KTH300 06	有一定的韧性和强度, 气密性好	适用于承受低动载荷及静载荷, 要求气密性好的工作零件, 如管道配件、中低压阀门等
	KTH330 -08	有一定的韧性和强度	用于承受中等载荷和静载荷的工作零件。如: 农机上的犁刀、犁柱、车轮壳、机床用的扳手以及钢丝绳轧头等
	KTH350 -10 KTH370 -12	有较高的韧性和强度	用于承受较高的冲击、振动及扭转负荷下的工作零件。如汽车拖拉机上的前后轮壳、差速器壳、转向节壳、制动器等, 农机上的犁刀、犁柱以及铁道零件、冷暖器接头、船用电动机壳等
珠光体可锻铸铁	KTZ450 -06 KTZ550 -04 KTZ650 -02 KTZ700 -02	韧性低但强度大, 硬度高, 耐磨性好且切削加工性能好	可用来代替低碳、中碳、低合金钢及有色合金制作承受较高载荷、耐磨损并要求有一定韧性的重要工作零件。如: 曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、摇臂、活塞环、轴承、犁刀、耙片、闸、万向接头、棘轮、扳手、传动链条、矿车轮等



表 1-40 冶金轧辊冷硬铸铁化学成分(质量分数, %)(GB/T1504—79)

轧辊 分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg	
非球墨铸铁 冷硬轧辊	普通冷硬铸铁 轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12						≥	
	钼合金冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12			0.2~ 0.6				
	低铬钼冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12		0.2~	0.2~				
	铬钼冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12		0.6	0.6				
	低镍铬冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12		0.3~	0.3~		0.8~		
	低镍铬冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12	0.5~	0.2~			1.1		
	低镍铬钼冷硬 铸铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12	1.0	0.6					
	中镍铬冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12	0.5~	0.2~	0.2~				
								1.0	0.6	0.6			
								1.0~	0.4~				
								1.6	0.7				

(续)

轧辊 分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg
球墨铸铁复合轧辊 冷硬轧辊	普通球墨铸铁 复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	—	—	—	—	0.04
	铝冷硬球墨铸 铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	—	0.2~ 0.6	—	—	0.04
	铸铝冷硬球墨 铸铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	0.2~ 0.6	0.2~ 0.6	—	—	0.04
	铸铜冷硬球 墨铸铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	0.3~ 0.8	0.3~ 0.8	—	0.8~ 1.6	0.04
	铸铜冷硬球 墨铸铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	0.2~ 0.6	0.2~ 0.6	0.2~ 0.6	—	0.04
	高镍铸铝冷硬 球墨铸铁复合轧 辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	3.0~ 4.5	0.8~ 1.5	0.2~ 0.6	—	—	0.04

(续)

轧辊分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg
冷硬轧辊	普通冷硬球墨铸铁心轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	—	—	—	—	—	—
	铝冷硬心部球墨铸铁轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	—	—	0.2~0.8	—	—	—
	铸铜冷硬心部球墨铸铁轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	—	0.3~0.8	0.3~0.8	—	n.B-1.5	—
	高镍铸铝冷硬心部球墨铸铁轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	3.0~4.5	0.8~1.5	0.2~0.6	—	—	—
半冷硬轧辊	普通半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.5~1.2	0.3	0.03	—	—	—	—	—	0.04
	低铬半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.5~1.2	0.3	0.03	—	0.2~0.6	—	—	—	0.04
	低铬相半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.5~1.2	0.3	0.03	—	0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	0.04
	镍铬铝半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.2~0.7	0.12	0.02	1.5~2.5	0.2~0.1	0.3~0.8	—	—	0.04



(续)

轧辊 分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg
无限冷硬轧辊	中镍铬铝无限冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~	0.8~	0.5~	0.3	0.03	1.0~	0.3~	0.2~			0.04
		3.8	2.5	1.2			3.0	1.2	0.8			
无限冷硬轧辊	高镍铬铝无限冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~	0.8~	0.5~	0.3	0.03	3.0~	0.6~	0.2~			0.04
		3.8	2.5	1.2			4.5	1.5	0.8			

注：1. 冷硬轧辊可采用单一铁液浇注，也可采用两种铁液复合浇注，工厂方法多采用半冲洗法，全冲洗法及离心铸造法。

2. 半冷硬轧辊一般是用代替锻钢或铸钢轧辊，要求有较高的强度，适当的硬度，多采用球墨铸铁或合金铸铁制造。

3. 无限冷硬轧辊，多采用合金铸铁制造，加入镍、铬、铝等合金元素，改变铸铁的基体组织，这种轧辊的辊身也是在金属型中浇注的。轧辊从表面到中心其硬度是缓慢递减的。

表 1-41 非冶金轧辊冷硬铸铁化学成分性能及应用

类型	化学成分(质量分数,%)							白口深度/mm	表面硬度 HS	辊颈硬度 HS <sub>V</sub>	硬度差 HS	应用
	C	Si	Mn	P	S	合金元素						
普通冷硬铸铁	3.3~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.45~0.55	0.12		5~40	63~72	48	—	橡胶、塑料轧辊	
	3.3~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.45~0.55	0.12	Cr0.2~0.3 Mo0.2~0.4	6~25	≥68	48	—	橡胶、塑料、油墨、烟草轧辊	
镍铬合金铸铁	3.3~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.45~0.55	0.12	Ni0.4~0.8 Cr0.2~0.3	6~25	≥68	48		橡胶、塑料轧辊	
	3.4~3.7	0.6~0.8	0.3~0.45	0.5~0.6	0.12	Cr0.30~0.5 Cu0.8~1.0	10 <sup>+8</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 φ201~φ300mm	
铜铸铁	3.3~3.6	0.55~0.75	0.3~0.45	0.5~0.6	0.12	Cr0.30~0.5 Cu0.8~1.0	12 <sup>+10</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 φ301~φ400mm	
	3.2~3.5	0.45~0.65	0.3~0.45	0.45~0.55	0.12	Cr0.30~0.5 Cu0.8~1.0	15 <sup>+15</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 φ401~φ700mm	

(续)

类型	化学成分(质量分数,%)							白口深度/mm	表面硬度HS	辊颈硬度HS	硬度差HS	应用
	C	Si	Mn	P	S	合金元素	白口					
铸钢	3.1~3.4	0.4~0.5	0.3~0.45	0.45~0.55	0.12	Cr0.3~0.5 Cu0.8~1.0	20 <sup>+20</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 ≥φ701mm	
镍铬钼铸钢	3.5~3.8	0.3~0.55	0.4~0.6	0.45~0.55	0.12	Ni0.5~0.6 Cr0.2~0.35 Mo0.2~0.4	20~50	68~72	—	2~3	面粉、油脂、造纸轧辊 φ160~φ600mm 辊心可采用HT150,离心铸造空心轧辊	
	3.5~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.4~0.5	0.12	Ni1.2~1.5 Cr0.3~0.5 Mo0.2~0.4		72~74	55		造纸轧辊	
铸钢	3.5~3.8	0.7~0.9	0.5~0.6	0.4~0.5	0.12	Cr0.6~0.8 V0.1~0.2	1/10D (辊颈)	68~72	—	2~3	面粉轧辊,辊心可采用HT150离心铸造空心轧辊	

表 1-42 耐磨铸铁件的牌号及化学成分(质量分数, %)(JB/ZQ4304 97)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	Cr	ΣRE	Mg
MT-4	3.00~	1.50~	0.60~	≤0.030	≤0.140	1.00~	0.40~	—	—	—
	3.40	2.00	0.90	—	—	1.30	0.50	—	—	—
Cu-Cr-Mo 合金铸铁	3.20~	1.30~	0.50~	≤0.030	≤0.150	0.60~	0.30~	0.20~	—	—
	3.60	1.80	1.00	—	—	1.10	0.70	0.60	—	—
MQTMn6 中 锰 抗 磨 球 墨 铸 铁	—	3.60~	5.50~	—	—	—	—	—	—	—
	—	4.20	6.50	—	—	—	—	—	—	—
MQTMn7	3.20~	3.70~	>6.50	—	—	—	—	—	0.03	0.025
	3.70	4.30	~7.50	<0.01	<0.02	—	—	—	~	~
MQTMn8	—	3.30~	>7.50	—	—	—	—	—	—	—
	—	4.40	~9.60	—	—	—	—	—	0.045	0.05
QTMn8MoCu	3.00~	2.00~	8.00~	—	—	0.50~	1.50~	—	—	—
	3.50	2.50	9.00	—	—	0.80	2.00	—	—	—

注: 1. JB/ZQ4304-97标准中不包括牌号QTMn8Mo—Cu。

2. “M”、“Q”、“T”分别是“磨”、“球”、“铁”三字汉语拼音的第一个字母。
3. 中锰抗磨球墨铸铁的锰的质量分数范围, 除订货协议有规定外, 不作为验收依据。锰抗磨球墨铸铁的基体组织以马氏体和奥氏体为主。主要用作选矿螺旋分级机叶片、磨机衬板等。



表 1-43 耐磨铸铁的力学性能(≥)(JB/ZQ4304—97)

牌 号	抗弯强度 $\sigma_{bb}/\text{MPa}$		抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	冲击功 $A_{kv}/\text{J}$	硬度 HBS (HRC)	挠 度 $f/\text{mm}$		组 织 特 点
	砂型	金属型				砂型	金属型	
			试样直径/ $\text{mm}$					
	30	50						
MT-4	355	—	175	—	195~260	—	—	细小珠光体和中细片状石墨, 珠光体体积含量大于85%, 磷共晶为细小网状并均匀分布; 不允许有游离的渗碳体
Cu-Cr-Mo 合金铸铁	430	—	235	—	200~255	—	—	石墨主要是分散片状
中锰 抗磨 球墨 铸铁	MQ1Mn6	510	—	31	(44)	3.0	2.5	(马氏体-贝氏体)+奥氏体+碳化物-少量莱氏体
	MQ1Mn7	470	—	35	(41)	3.5	3.0	体

(续)

牌 号	抗弯强度 $\sigma_{bb}/\text{MPa}$		抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	冲击功 $A_{kv}/\text{J}$	硬度 HBS (HRC)	挠 度 $f/\text{mm}$		组 织 特 点
	砂型	金属型				支距/mm	砂型	
			试样直径/mm					
	30	50	—	—	—	300	500	
MQTMn8	430	490	—	39	(38)	4.0	3.5	奥氏体+(马氏体+贝氏体)+碳化物+少量索氏体
QTMn8Mo Cu <sup>①</sup>	250	—	—	4K: 4.0 J/cm <sup>2</sup>	(55)	—	—	碳化物+(马氏体+贝氏体)+少量奥氏体+索氏体

注：1. Cu-Cr-Mo合金铸铁熔炼过程与一般灰铸铁相同，合金材料完全在炉内加入。

2. 中锰抗磨球墨铸铁力学性能中的挠度和砂型铸造直径30mm的抗弯试棒的抗

弯强度值，除订货协议有规定外，不作为验收依据。

① 标准 JB/ZQ4304—97 中不包括此牌号。

2) 化学成分 冶金轧辊冷硬铸铁的化学成分,见表 1-10。非冶金轧辊冷硬铸铁的化学成分见表 1-11。

(2) 耐磨铸铁 耐磨铸铁铸件的牌号及化学成分应符合表 1-12 的规定。

耐磨铸铁铸件的力学性能应符合表 1-13 的规定。

耐磨铸铁应用举例,见表 1-14。

表 1-14 耐磨铸铁件应用举例

牌 号	应 用 举 例
MT 1	用作一般的耐磨零件
Cu Cr Mo 合金铸铁	可用作活塞环、机床床身、卷筒、密封圈等耐磨零件
中 锰 抗 磨 球 墨 铸 铁	MQTMn6 具有较好的硬度和冲击韧度。适用于低应力下工作的抗磨零件。如:建材电力行业的小于 $\phi 2.4\text{m}$ 球磨机、粉碎水泥原料及煤粉等取代锻钢磨球,磨耗率降低 50% 以上。输送泥砂管道、石油泥浆筛放流器等
	MQTMn7 具有中等硬度和冲击韧度。适用于中等应力下工作的抗磨件。如:用于小于 $\phi 2.0\text{m}$ 球磨机或其它受冲击应力较小的衬板、选矿用螺旋分级机叶片、锤头、砂泵叶轮等
	MQTMn8 具有冲击韧度高、硬度低的特征。适用于高应力磨削、磨损工况下使用的抗磨件。用于 $\phi 2.0 \sim \phi 2.5\text{m}$ 球磨机衬板,取代高锰钢,使用寿命相当,造矿用螺旋分级机叶片、颚板等

表 1-45 抗磨白口铸铁的牌号及化学成分(质量分数, %)(GB8263 87)

牌 号	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	W	S	P
KmTB Mn5W3	3.0~	0.8~	4.0~					2.5~	0.10	0.15
	3.5	1.3	6.0					3.5		
KmTB W5Cr4	2.5~	0.5~	0.5~	3.5~				4.5~	0.10	0.15
	3.5	1.0	1.0	4.5				5.5		
KmTB Ni4Cr2-DT	2.7~	0.3~	0.3~	2.0~	0~	3.0~			0.10	0.15
	3.2	0.8	0.8	3.0	1.0	5.0				
KmTB Ni1Cr2-GT	3.2~	0.3~	0.3~	2.0~	0~	3.0~			0.10	0.15
	3.6	0.8	0.8	3.0	1.0	5.0				
KmTB Cr9Ni5Si2	2.5~	1.5~	0.3~	8.0~	0~	4.5~			0.10	0.15
	3.6	2.2	0.8	10.0	1.0	6.5				
KmTB Cr2Mo1Cu1	2.4~	≤1.0	1.0~	2.0~	0.5~		0.8~		0.10	0.15
	3.6		2.0	3.0	1.0		1.2			

(续)

牌 号	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	W	S	P
KmTB Cr15Mo2 DT	2.0~	≤1.0	0.5~	13.0~	0.5~	0~	0~		0.06	0.10
	2.8		1.0	18.0	2.5	1.0	1.2			
KmTB Cr15Mo2-GT	2.8~	≤1.0	0.5~	13.0~	0.5~	0~	0~		0.06	0.10
	3.5		1.0	18.0	3.0	1.0	1.2			
KmTB Cr20Mo2Cu1	2.0~	≤1.0	0.5~	18.0~	1.5~	0~	0.8~		0.06	0.10
	3.0		1.0	22.0	2.5	1.5	1.2			
KmTB Cr26	2.3~	≤1.0	0.5~	23.0~	0~	0~	0~		0.06	0.10
	3.0		1.0	28.0	1.0	1.5	2.0			

注: 1. 牌号中“KmTB”表示“抗磨铁白口”, 其后排列的是合金元素符号及其平均质量分数。“DT”和“GT”分别表示“低碳”和“高碳”。

2. 一般情况下, 抗磨白口铸铁的化学成分(质量分数)不作为验收依据, 但应作为生产中分析和控制的检测项目。如果需方对抗磨白口铸铁的化学成分(质量分数)有要求, 则应符合表中的规定。

(3) 抗磨白口铸铁 作为抵抗磨料磨损用的铸铁一般是在白口状态下使用。其组织为坚强的金属基体支持着坚硬的碳化物,使铸铁能抵抗磨损。根据使用条件,抗磨白口铸铁可以不含合金元素,也可以含低、中、高量合金元素。

1) 抗磨白口铸铁(表 1-45~表 1-48)

表 1-46 抗磨白口铸铁的硬度(GB8263-87)

牌 号	洛 氏 硬 度 HRC		
	铸 态	淬 火 态 <sup>①</sup>	软化退火态
KmTB Mn5W3	50~60		--
KmTB W5Cr4	50~65	—	—
KmTB Ni4Cr2-DT	—	≥53 <sup>②</sup>	--
KmTB Ni4Cr2-GT	--	≥55 <sup>②</sup>	—
KmTB Cr9Ni5Si2	--	≥55	—
KmTB Cr2Mo1Cu1	50~56	≥55	≤40
KmTB Cr15Mo2-DT	40~56	≥58	≤40
KmTB Cr15Mo2-GT	50~58	≥58	≤40
KmTB Cr20Mo2Cu	50~58	≥58	≤40
KmTB Cr26	50~58	≥55	≤40

注: 1. 抗磨白口铸铁的硬度作为验收依据,应符合表中的规定。

2. 抗磨白口铸铁的其它力学性能一般不作为验收依据。如果需方有要求,其试验方法和性能指标由供需双方商定。

① 包括淬火态和淬火+回火态。

② 回火态硬度。

表 1-47 抗磨白口铸铁的金相组织和使用特性  
(GB8263- 87)

牌 号	金 相 组 织		使 用 特 性
	铸 态	淬 火 态	
KmTBMn5W3	共晶碳化物 (Fe, Mn, W) C) + 马氏体 + 残余奥氏体	—	适用于较小冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBW5Cr4	共晶碳化物 (Fe, W, Cr) <sub>3</sub> C) + 马氏体 + 残余奥氏体	—	适用于较小冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBNi4Cr2-DT	共晶碳化物 (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 马氏体 + 贝 氏体 + 残余奥 氏体	—	适用于中等冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBNi4Cr2-GT	共晶碳化物 (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 马氏体 + 残 余奥氏体	—	适用于较小冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBCr9Ni5Si2	共晶碳化物 (Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> + (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 马氏体 + 残 余奥氏体	共晶碳化物 (Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> + (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 一次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	有很大淬透性、 适用于较大冲击 载荷的磨料磨损

(续)

牌 号	金 相 组 织		使用特性
	铸 态	淬 火 态	
Km11BCr2Mo1Cu1	共晶碳化物 [(Fe, Cr) <sub>3</sub> C] —索氏体 + 马氏体	共晶碳化物 (Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	适用于较小冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr15Mo2-DT	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 奥氏体及其 转变产物	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余奥氏体	适用于较小冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr15Mo2-GT			适用于中等冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr20Mo2-Cu1	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] —奥氏体及其 转变产物	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余奥氏体	有很好的淬透性, 适用于较大冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr26	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 奥氏体	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余奥氏体	有良好的抗蚀性和抗高温氧化性, 适用于较大冲击载荷的磨料磨损



表 1-48 抗磨白口铸铁铸造性能及工艺特点

铸造性能	抗磨白口铸铁共同特点是铸造性能较差，由于热导率低、塑性差、收缩大、白口铸铁的热裂和冷裂倾向大。不能铸造形状复杂的铸件
工艺特点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 必须充分注意铸件的补缩，采用冒口和冷铁，按定向凝固，冒口可按碳钢规定计算</li> <li>2. 浇口可按灰铸铁计算，但各断面应再加 20%~30%</li> <li>3. 冒口不易切除，不能用气割，因而宜用侧冒口或易割冒口</li> <li>4. 工艺上要采取防裂措施，开箱不能太早以保证在 540℃ 以下缓冷</li> <li>5. 浇注温度要低，一般小件为 1380~1420℃，壁厚 100mm 以上件为 1350~1400℃</li> <li>6. 开箱精整后首次加热时极易引起裂纹，因而热处理要严格规定速度升温</li> </ol>

2) 普通白口铸铁 普通白口铸铁不含合金元素。具有高碳低硅的特点。组织为：珠光体+渗碳体。没有石墨，硬度较高。但渗碳体呈网状分布，脆性较大。生产简便，成本低，广泛用于一般抗磨零件。如犁铧，小型球磨机的磨球，清理设备用的铁丸和星铁等。其化学成分见表 1-49。

表 1-49 普通白口铸铁化学成分

序号	化学成分(质量分数,%)					金相组织	硬度 HRC	热处理	应用
	C	Si	Mn	P	S				
1	3.5~ 3.8	<3.6	0.15~ 0.20	<0.3	0.2~ 0.4	珠光体+ 渗碳体	—	铸态	磨粉机 磨片、 导板
2	2.6~ 2.8	0.7~ 0.9	0.6~ 0.8	<0.3	<0.1	珠光体+ 渗碳体	—	铸态	犁铧 <sup>①</sup>
3	4.0~ 4.5	0.4~ 1.2	0.6~ 1.0	0.11~ 0.40	<0.1	莱氏体或 莱氏体+ 渗碳体	50~ 55	铸态	犁铧 <sup>①</sup>
4	2.2~ 2.5	<0.0	0.5~ 1.0	<0.1	<0.1	贝氏体+ 少量托氏 体+渗碳 体	55~ 59	900 C. 1h 淬入 230 ~ 300 C 盐浴保温 1.5h, 空 冷	犁铧 <sup>①</sup>

注：1. 碳的作用最大，它能增加渗碳体量，从而提高抗磨性，但降低韧性，所以对受冲击较大的零件，应选用下限。为了避免出现石裂，降低抗磨性，硅量应作限制。

2. 表中序号 4，是一种等温淬火的贝氏体白口铸铁，具有较高的韧性，适用于受冲击力较大的场合，用这种材料作犁铧，使用在沙性土壤其效果优于 65Mn。

① 为用沙性土壤的犁铧。

表 1-50 低合金白口铸铁化学成分(质量分数,%)

序号	低合金白口 铸铁名称	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	V	Ti
1	镍-铜马氏体 白口铸铁	2.4~ 3.5	≤1.0	1.0~ 2.0	≤0.15	≤0.10	2.0~ 3.0	0.5~ 1.0	0.8~ 1.2	—	—
2	低铬稀土白口铸 铁	2.4~ 2.6	0.8~ 1.2	0.8~ 1.2			2.5~ 3.0				
3	钨铬白口铸铁	3.2~ 3.4	0.4~ 0.9	0.8~ 1.2	≤0.18	≤0.15	1.5~ 1.7	≤0.4	3.3~ 3.8		
4	多元低合金白口 铸铁	2.8~ 3.6	2.8~ 3.5	4.5~ 5.5	≤0.10	≤0.10	0.3~ 0.5		0.3~ 0.5	3.25~ 0.4	0.08~ 3.2
5	52# 白口铸铁	3.2~ 3.1	≤1.0	1.5~ 2.0	≤0.15	≤0.10	3~ 4	0.5~ 0.6	1.5~ 2.0		

表 1-51 低合金白口铸铁组织和力学性能

序号	状态	金相组织	力学性能			
			HRC	$a_K$ / (J/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bb}$ / MPa	$f_l$ mm
1	铸态 980℃/4h 空冷 + 300℃/2h 空冷	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 + 少量 马氏体	50~	4.0~	500~	1.5~
			55	5.0	530	1.8
2	980℃淬入 260 - 300℃/3h 盐浴, 空冷	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 贝氏体 - 残余 奥氏体	53~	4.0~	430~	-
			58	6.0	550	-
3	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 + 少量 马氏体	55~	-	-	-
			60	-	-	-
4	铸态	(Fe, Mn, Cr) <sub>3</sub> C + 马氏体 - 残余奥氏体	45~	6.5~	650~	2.5~
			55	8.0	830	3.0
5	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 - 少量 马氏体	52~	3.0~	700~	-
			58	5.0	720	-

3) 低合金白口铸铁 在普通白口铸铁中加入少量合金元素(Cr、Mo、Cu、B等), 可以提高碳化物的微观硬度, 强化金属基体, 从而提高耐磨性。有含Cr、Mo、Cu等元素的白口铸铁和硼白口铸铁。

含铬、钼、铜等元素的白口铸铁 采用冲天炉熔炼, 铸态使用, 生产成本较低。但碳化物仍为连续网状故脆性较大, 抗磨性高于普通白口铸铁。其化学成分力学性能, 见表1-50和表1-51, 其应用见表1-52。

表 1-52 低合金白口铸铁的应用

序号	名 称	应 用
1	铬-钼 铜 马氏体白口铸铁	1. 炉前用质量分数1%的1"稀土铁孕育, 可进一步提高韧性和抗磨性 2. 热处理后, 力学性能与镍硬1型铸铁接近 3. 用于受冲击负荷不大的抗磨件, 如平盘磨煤机辊套, 水泥球磨机细粉仓的衬板
2	低铬稀土白口铸铁	用于抛丸机叶片, 定向套等零件
3	铜铬白口铸铁	用于白云石搅拌机的易磨损件上 寿命比用高锰钢高10倍

(续)

序号	名称	应用
4	多元低合金白口铸铁	<p>铸铁以锰和硅为主要元素,以铬、钨、钒、钛为辅助元素,其铸态力学性能较高</p> <p>用于薄壁易磨损件,如搅拌机的内外刮板和衬板</p>
5	32"白口铸铁	用于生产中小型杂质泵易磨损件

**硼白口铸铁** 加入的硼主要进入碳化物中,可提高抗磨性。用于低应力磨料磨损的工况,如电厂除灰系统灰渣泵中的易磨损件。其化学成分见表 1-53,力学性能见表 1-54。

4) 中合金白口铸铁 中合金白口铸铁中以 Cr 为主要合金元素,除 Cr 外还有以 Mn 或 W 作为主要合金元素的。其种类有镍硬白口铸铁、中铬白口铸铁、锰白口铸铁和钨铬白口铸铁四种。

**镍硬白口铸铁** 镍硬铸铁是含镍铬的白口铸铁,国际上通常称 Ni-Hard,按含铬的质量分数可分为 Cr2% 和 Cr9% 两种。镍硬白口铸铁的化学成分见表 1-55,其力学性能见表 1-56,其应用举例见表 1-57。

**中铬白口铸铁** Ni-Hard4 是中铬型的白口铸铁,其

表 1-53 硼白口铸铁化学成分(质量分数,%)

序号	名称	C	Si	Mn	S	P	B	Mo	Cu	Ti	RE
1	高碳低硼	2.9~	0.9~	0.5~	≤	≤	0.14~	0.5~	0.8~	≤	0.02~
	白口铸铁	3.2	1.6	1.0	0.05	0.1	0.25	0.7	1.2	0.18	0.08
2	低碳高硼	2.2~	0.9~	0.5~	≤	≤	0.4~	0.5~	0.8~	≤	0.02~
	白口铸铁	2.4	1.6	1.0	0.05	0.1	0.55	0.7	1.2	0.18	0.08

表 1-54 硼白口铸铁的组织 and 力学性能

序号	状态	金相组织	力学性能		
			硬度 HRC	冲击韧度 $\alpha_K$ (J/cm <sup>2</sup> )	抗弯强度 $\sigma_{0.1}$ (MPa)
1	铸态	Fe <sub>3</sub> (C, B)   少量 Fe <sub>2</sub> (C, B) <sub>6</sub>   珠光体—马氏体   残余奥氏体	52~58	3.5~1.2	440~560

(续)

序号	状态	金相组织	力学性能		
			硬度	冲击韧度 $\alpha_K$ ( $J/cm^2$ )	抗弯强度 $\sigma_{bb}$ MPa
1	940 C · 1h, 油淬	$Fe_3(C, B)$ + 少量 $Fe_{23}(C, B)_6$ + 二次碳化物 马氏体 + 残余奥氏体	HRC	4.4 ~ 8.1	
	250 C · 2h 回火		62 ~ 65		
	铸态	$Fe_3(C, B)$ + 少量 $Fe_{23}(C, B)_6$ + 珠光体, 马氏体 - 残余奥氏体	49 ~ 54	2.5 ~ 3.4	150 ~ 510
	980 C / 1h, 油淬		$Fe_3(C, B)$ - 少量 $Fe_{23}(C, B)_6$ + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余奥氏体	63 ~ 65	3.3 ~ 4.1
250 C · 2h 回火					



表 1-55 国际镍公司的镍硬铸铁化学成分(质量分数,%)

分 类	牌 号	C <sub>总</sub>	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo <sup>①</sup>
Cr2%类	Ni-Hard1	3.0~	0.3~	0.3~	≤0.15	≤0.30	3.3~	1.5~	0~
		3.6	0.5	0.7			4.8	2.6	0.4
	Ni-Hard2	≤2.9	0.3~ 0.5	0.3~ 0.7	≤0.15	≤0.30	3.3~ 5.0	1.4~ 2.1	0~ 0.4
Cr9%类	Ni-Hard3	1.0~	0.4~	0.4~	≤0.05	≤0.05	4.0~	1.4~	—
		1.6	0.7	0.7			4.75	1.8	
Cr9%类	Ni-Hard4	2.6~	1.8~	0.4~	≤0.1	≤0.06	5.0~	8.0~	0~
		3.2	2.0	0.6			6.5	9.0	0.4

注: 含  $w(\text{Cr})2\%$  的白口铸铁一般用冲天炉熔炼, 近代也有用电炉熔炼, 含  $w(\text{Cr})9\%$  的白口铸铁可用任何电炉熔炼, 铸件只作低温回火即可使用。Ni-Hard4 则必须经高温热处理才能使用。

① 特殊情况下采用。

表 1-56 镍硬铸铁的力学性能

牌 号	硬 度	抗弯强 度 $\sigma_{bb}$ /MPa	挠度 $f$ /mm	抗拉强 度 $\sigma_b$ /MPa	弹性模量 $E$ /MPa	艾氏冲击吸 收功 $A_k$ ( $\phi 30$ mm 试棒)	
							HBS
Ni-Hard1	砂型	550~ 650	2.0~ 2.8	500~ 620	230~ 350	169000~ 183000	28~41
	金属型	600~ 725	2.0~ 3.0	560~ 850	350~ 420	169000~ 183000	35~55
Ni-Hard2	砂型	525~ 625	2.5~ 3.0	560~ 680	320~ 390	169000~ 183000	35~48
	金属型	575~ 675	2.5~ 3.0	680~ 870	420~ 530	169000~ 183000	48~76
Ni-Hard4	砂型	550~ 700	2.0~ 2.8	620~ 750	500~ 600	196000	35~42
	金属型	600~ 725	2.5~ 3.8	680~ 870			48--76

中加入大量贵重的镍。为了不用镍，用Cu、Mo、Mn联合合金化，可以达到相同的目的，而得中铬白口铸铁。其化学成分和力学性能见表1-58。

表 1-57 镍硬铸铁交货状态及使用举例

牌 号	热处理方式	使 用 举 例
Ni-Hard1 Ni-Hard2	方法一： 275℃保温 12 ~ 24h，空冷	用于加工金属轧辊，包括心部为灰铸铁或球墨铸铁，外层为镍硬铸铁的双金属轧辊 制作球磨机衬板和磨球、磨煤机的辊套、输送管道、抛丸机或抛砂机中的易磨损件、杂质泵中的易磨损件
	方法二： 450℃保温 4h，空冷或炉冷至室温，或冷至 275℃继之以 275℃保温 4 ~ 16h，空冷	
Ni-Hard4	一般件： 750~800℃，保温 4~8h，空冷或炉冷	Ni-Hard3 主要用于球磨机的磨球 Ni-Hard4 可以作大于 200mm 厚的大铸件
	大型铸件： 550℃保温 4h，空冷，继之以 450℃保温 16h，空冷	

注：铸态镍硬铸铁具有足够的硬度，但冲击疲劳强度不高，为提高冲击疲劳强度，提高硬度和消除内应力，就要进行热处理。

表 1-58 中铬白口铸铁化学成分与力学性能

化学成分(质量分数,%)									力学性能				
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Al	使用 HRC	抗弯强 度 $\sigma_b$ (MPa)	挠度 / mm	冲击韧 度 (J/cm <sup>2</sup> )	热处理
2.6	1.5	1.5	0.01	0.01	8.0	0.32	0.01	0.2	75	784	2.29	6.36	880~920 C空冷
3.2	2.0	2.0	0.01	0.01	10.0	0.53	0.01	0.3	65	431	2.80	9.31	230~300 C回火

**锰白口铸铁** 这种铸铁以 Mn 为主要合金元素, 成本低, 但抗磨性较低, 铸造性能较差。其化学成分见表 1-59, 其力学性能见表 1-60。

表 1-59 锰白口铸铁化学成分(质量分数,%)

序号	名称	C	Si	Mn	Cr	Mo	Cu	S	P
1	中锰白口铸铁	2.5	0.6	5.0	0~1.0	0~0.6	0~1.0	0.01	0.01
		~	~	~					
		3.5	1.5	6.5					
2	奥氏体锰铸铁	1.7	0.8	7.0	—	—	—	0.1	0.1
		~		~					
		2.0		8.5					

**锰钨白口铸铁** 其化学成分见表 1-61, 其力学性能

见表 1-52。

表 1-60 锰白口铸铁的力学性能及应用举例

序号	状态	金相组织 (M - 马氏体, A 奥氏体)	力学性能				用途 举例
			硬度 HRC	冲击韧 度 $\alpha_k$ ( $J/cm^2$ )	抗弯强 度 $\sigma_{bb}$ (MPa)	挠度 $f$ (mm)	
1	铸态	$(Fe, Mn, Cr)_3C$	57~	4.0~	—	—	泵体、磨 球、衬板
		$\cdot M + Ar^0$	62	$10^1$			
2	铸态	$(Fe, Mn)_3C + A$	36~	6.8~	650~	3.2~	磨辊、齿 板
			37	$7.0^2$	720	3.6	
	980°C, 空 冷	$(Fe, Mn)_3C + M$ — Ar	33~ 35	17~ $.8^2$	800~ 830	4.2~ 4.6	

① 冲击试样为 10mm×10mm×55mm, 无缺口。

② 为  $\phi 15$ mm 试样艾氏冲击值。

③ Ar 为残余奥氏体, 下同。

表 1-61 锰钨白口铸铁化学成分(质量分数, %)

序号	名称	C	Si	Mn	P	S	W	V	Ti
1	锰钨耐磨 1 号	2.5~	1.0~	1.2~	$\leq$	$\leq$	1.2~	0~	0~
		3.0	1.5	1.6	0.12	0.15	1.8	0.3	0.3
2	锰钨耐磨 2 号	3.0~	0.8~	4.0~	$\leq$	$\leq$	2.5~	0~	0~
		3.5	1.2	6.0	0.12	0.15	3.5	0.3	0.3

表 1-62 锰钨白口铸铁力学性能及应用特点

序号	状态	金相组织 (S—索氏体, P—珠光体) M—马氏体	力学性能				应用 特点
			硬度 HRC	冲击韧 度 $\alpha_K$ / J/cm <sup>2</sup>	抗弯强 度 $\sigma_{bb}$ / MPa	挠度 f /mm	
1	铸态	(Fe, W) <sub>3</sub> C + S— P	40~ 60	3.0~ 5.0	520~ 630	—	适用于要求 机械加工的零 件, 铸态使用
2	铸态	(Fe, Mn, W) <sub>3</sub> C + M+Ar	54~ 65	3.0~ 6.0	420~ 570	1.8~ 2.5	硬度较高, 在 铸态使用

钨铬白口铸铁 其化学成分见表 1-63, 力学性能见表 1-64。

表 1-63 钨铬白口铸铁的化学成分  
(质量分数, %)

序号	名称	C	Si	Mn	W	Cr	Cu	S	P
1	W5Cr4	2.0~	0.5~	0.5~	4.5~	3.5~	—	≤	≤
		3.5	1.0	3.0	5.5	4.5	—	0.12	0.15
2	W9Cr6	2.0~	0.5~	0.5~	8.5~	5.7~	—	≤	≤
		3.5	1.0	3.0	9.5	6.5	—	0.12	0.15
3	W16Cr2	2.4~	0.3~	1.5~	15.0~	2.0~	1.0~	≤	≤
		3.0	0.5	3.0	18.0	3.0	2.0	0.05	0.10

表 1-64 钨铬白口铸铁力学性能及应用

序号	铸态	金相组织	力学性能				应用
			硬度 HRC	冲击韧 度 $\alpha_k$ (J/cm <sup>2</sup> )	抗弯强 度 $\sigma_{bb}$ (MPa)	挠度 $f$ mm	
3	铸态	$(Fe, W)_3C + M$ - Ar	53~ 64	1.5	500	1.5~ 2.5	主要用于 冲击载荷不 大的低应力 冲蚀磨料磨 损和高应力 融磨磨料磨 损的场所
	900℃ / 1.5h, 空冷 250℃ 1h, 空冷	$(Fe, Cr, W)_3C$ - 二次碳化物 · M - Ar	58	4.0	-	-	
	铸态	$(Fe, W)_3C +$ $(Fe, W)_6C + M$ - Ar	58~ 62	5.5	510	2.0~ 2.5	
	铸态	$(Fe, W, Cr)_6C$ · A	55~ 60	5.0~ 8.0	500~ 750	1.8~ 2.2	
	920℃, 空 冷	$(Fe, W, Cr)_6C$ · $M_{23}C_6$ · M - Ar	63~ 65	4.5~ 5.5	630~ 650	2~ 2.0	

5) 高合金白口铸铁-高铬白口铸铁 在高合金白口铸铁中, 应用最为广泛的是含  $w(Cr) \sim 12\% \sim 20\%$  的高铬白口铸铁。高铬白口铸铁通常要用高温热处理来获得

表 1-65 美国 Climax 铜公司的高铬白口铸铁

牌号	化学成分(质量分数,%)	空冷时不析出珠光体的最大截面/mm	硬度 HRC						
			铸态	淬火退火					
号	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Cu	
超高碳	3.6~4.3	0.3~0.8	0.7~1.0	<0.05	0.10	14~16	2.5~3.0	—	—
	高碳	3.2~3.6	0.3~0.8	0.7~1.0	0.05	0.10	14~16	2.5~3.0	—
中碳		2.8~3.2	0.3~0.8	0.5~0.8	0.05	0.10	14~16	2.5~3.0	—
	低碳	2.4~2.8	0.3~0.8	0.5~0.8	0.05	0.10	14~16	2.4~2.8	—
15-2-1		2.8~3.5	0.4~0.8	0.6~0.9	0.05	0.06	14~16	1.9~2.2	0.5~1.2
	20-2-1	2.6~2.9	0.4~0.8	0.6~0.9	0.05	0.06	18~21	1.4~2.0	0.5~1.2

注：1. 表中 15-3 是指质量分数为 Cr15%-Mo3%，15-2-1 是指质量分数为 Cr15%-Mo2%-Cu1%。  
 2. 同一牌号高铬白口铸铁，又以碳的高低来区分，低碳的韧性好而硬度低，适用于冲击载荷较大的场合；高碳的则用于冲击载荷较小的场合，表现出良好的抗磨性。20-2-1 适用于厚壁件。

(1) 碳为下限时，大断面中可能出现贝氏体。



表 1-66 耐热铸铁牌号、成分、性能(GB9137 88)

牌 号	化学成分(质量分数,%)							抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	硬度 HBS
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al		
			$\leq$						
RTCr	3.0~ 3.8	1.5~ 2.5	1.0	0.20	0.12	0.50~ 1.00		200	189~ 288
	3.0~ 3.8	2.0~ 3.0	1.0	0.20	0.12	>1.00 ~2.00	—	150	207~ 288
RTCr16	1.6~ 2.4	1.5~ 2.2	1.0	0.10	0.05	15.00~ 18.00	—	340	400~ 450
	2.4~ 3.2	4.5~ 5.5	0.8	0.20	0.12	0.5~ 1.00	—	140	160~ 270
RQTSi4	2.4~ 3.2	3.5~ 4.5	0.7	0.10	0.03	—	—	480	187~ 269
	2.7~ 3.5	3.0~ 4.5	0.5	0.10	0.03	Mo0.3 ~0.7	—	540	197~ 280

# 第一章 铸造合金

铸造合金包括铸钢、铸铁、铸造非铁合金。

## 一、铸 钢

### (一) 铸钢分类及牌号表示方法

1. 铸钢的分类 铸钢可按化学成分分类,也可按使用特性分类,见表 1-1。

表 1-1 铸钢的分类(均质量分数)

按化学成分分类	铸造碳钢	低碳钢 $C \leq 0.25\%$ 中碳钢 $C: 0.25\% \sim 0.60\%$ 高碳钢 $C: 0.60\% \sim 2.00\%$
	铸造合金钢	低合金钢 合金元素总量小于等于 5% 中合金钢 合金元素总量: 5%~10% 高合金钢 合金元素总量大于等于 10%
按使用特性分类	工程与结构用铸钢	碳素结构钢 合金结构钢

(续)

按使用 特性分 类	铸造特殊 钢	不锈钢 耐热钢 抗磨钢 镍基合金 其它
	铸造工具 钢	刃具钢 模具钢
	专业铸造用钢	

## 2. 铸钢牌号的表示方法(表 1-2)

### (二) 铸造碳钢

#### 1. 一般工程用铸造碳钢件

##### (1) 牌号与化学成分(表 1-3)

当铸件材质有磁性要求或在后续工序中需经热处理或其它表面处理, 应限定碳钢化学成分。这时可参考表 1-1 数据, 在订货时以附加条件的方法提出化学成分要求。

(2) 力学性能 一般工程用铸造碳钢力学性能应符合表 1-5 规定。

##### (3) 铸造碳钢特性及应用举例(表 1-6)

表 1-2 铸钢牌号表示方法

铸钢代号		ZG	
主要验收依据	钢种	牌号表示方法	举 例
力学性能	工程与结构用铸造碳钢和高强度钢	在 ZG 后面加两组数字, 第一组为屈服强度, 第二组为抗拉强度, 两组数字之间用“—”隔开	ZG200-100 ——抗拉强度(MPa) ——屈服强度(MPa) ——铸钢代号
化学成分	铸造碳钢	在 ZG 后面接一组数字, 表示名义碳的质量分数为万分之几	ZG25 ——碳的名义质量分数为万分之 25, 即名义碳的质量分数为 0.25% ——铸钢代号
化学成分	铸造中、低合金钢和高合金钢	在 ZG 后面用一组数字表示铸钢碳的名义质量分数为万分之几; 其后排列各主要合金元素符号, 元素符号后面用整数标出其名义百分质量分数	

(续)

铸钢代号		ZG	
主要验收依据	钢种	牌号表示方法	举例
化学成分	铸造合金 铸钢	锰平均质量分数 $\leq 0.9\%$ 时牌号中不注符号,在 $0.9\% \sim 1.4\%$ 时只注符号不注含量 其它合金元素平均质量分数为 $0.9\% \sim 1.4\%$ 时,在该元素符号后面标注数字1	
	铸钢	铜的平均质量分数 $\leq 0.15\%$ 其它元素平均质量分数 $\leq 0.15\%$ 时,牌号中不注元素符号 铜和其它元素的平均质量分数 $> 0.15\%$ , $\leq 0.9\%$ 时,在牌号中只标元素符号不标含量	ZG15Cr1Mn1V 
		铌、硼、氮、稀土等微量合金元素平均质量分数 $\leq 0.5\%$ 时只标符号 当主要合金元素多于一种,可只标当前两种或前三种元素的名义含量	

1. 用化学成分命名的铸造碳钢片前已不用,下同。

表 1-3 一般工程用铸造碳钢牌号与化学成分  
(GB11352—89)

铸钢牌号	化学成分的上限值(质量分数)(%)									
	C	Si	Mn	S	P	残余元素				
						Ni	Cr	Cu	Mo	V
ZG200-400	0.20	0.50	0.80	0.04	0.30	0.35	0.30	0.20	0.05	
ZG230-450	0.30									
ZG270-500	0.40	0.60	0.90							
ZG310-570	0.50									
ZG340-640	0.60									

注：1. 对上限每减少  $w(C)0.01\%$ ，允许增加  $w(Mn)0.04\%$ 。ZG200—100 含锰质量分数最高至 1.00%，其余四个牌号 Mn 最高质量分数至 1.20%。

- 残余元素总质量分数不超过 1.00%，如需方无要求，残余元素可不进行分析。
- 各国工程用铸造碳钢大体上按强度分类，制定相应牌号。至于化学成分，除 S、P 外，一般不限定或只规定上限。在保证强度要求条件下，由铸造厂根据具体情况确定冶炼目标。这种按强度分类方法有利铸造厂安排生产。

表 1-4 铸造碳钢件化学成分(质量分数,%)

牌 号	C	Mn	Si
ZG15	0.12~0.22	0.35~0.65	0.20~0.45
ZG25	0.22~0.32	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG35	0.32~0.42	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG45	0.42~0.52	0.50~0.80	0.20~0.45
ZG55	0.52~0.62	0.50~0.80	0.20~0.45

注：此表用于新旧牌号过渡时期，对化学成分有要求时参考。

表 1-5 一般工程用铸造碳钢力学性能最小值

(GB11352-89)

铸 钢 牌 号	屈服强度 $\sigma_s$ 或 $\sigma_{0.2}$ /MPa	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	根据合同选择		
				断面收缩率 $\psi$ (%)	冲击性能	
					$A_{KV}$ /J	$a_{KU}$ /(J/cm <sup>2</sup> )
ZG200-400	200	400	25	40	30	59
ZG230-450	230	450	22	32	25	44
ZG270-500	270	500	18	25	22	34
ZG310-570	310	570	15	21	15	29
ZG340-640	340	640	10	18	10	20

注：1. 表中断面收缩率和冲击韧度如需方无要求时，由供方选择其一。 $A_{KV}$ 是V形缺口试样冲击吸收功， $a_{KU}$ 是U形缺口试样冲击韧度。

2. 表中所列各牌号性能适用于厚度为100mm以下的铸件，当铸件厚度超过100mm时表中规定的 $\sigma_s$ 屈服强度仅供设计使用。

表 1-6 一般工程用铸造碳钢特性及应用举例

牌 号	特 性	应 用 举 例
ZG200-400	有良好的塑性、韧性和焊接性能	用于受力不大，要求韧性的各种机械零件，如机座、变速箱壳等
ZG230-150	有一定的强度和较好的塑性、韧性，焊接性能良好，切削性能尚可	用于受力不大，要求韧性的各种机械零件，如机座、外壳、轴承盖、底板、阀体、犁柱等
ZG270-500	有较高的强度和较好的塑性，铸造性能良好，焊接性尚好，切削性能佳，用途广泛	用于轧钢机械架、轴承座、连杆、箱体、曲拐、缸体等
ZG310-570	有高的强度、硬度和耐磨性，可切削性中等，焊接性较差、流动性好、裂纹敏感性较大	用作齿轮，棘轮等



(续)

牌 号	特 性	应用举例
ZG310-640	有高的强度、硬度和耐磨性，切削性能中等，焊接性较差，流动性较好，裂纹敏感性较大	用作齿轮、棘轮等

2. 焊接结构用铸造碳钢件 为确保结构件的可靠性和方便施焊，这类铸钢与一般工程用铸钢稍有不同，主要是C、Si含量较低，对残余元素的含量限制也较严。购买方认为必要时，可以限定钢的碳当量。

## (1) 化学成分(表 1-7)

表 1-7 焊接结构用铸造碳钢件的化学成分  
(质量分数, 上限)(%) (GB7659 - 87)

铸钢 牌号	C	Si	Mn	S	P	残 留 元 素					
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	总和
ZG200- 430H	0.20	0.50	0.80	0.01	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.8
ZG230- 450H	0.22	0.50	1.20	0.04	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.8

(续)

铸钢 牌号	C	Si	Mn	S	P	残 留 元 素					总和
						Ni	Cr	Cu	Mo	V	
ZG275 485H	0.25	0.50	1.20	0.01	0.04	0.30	0.30	0.30	0.15	0.05	0.8

注：各个牌号C的质量分数，每降低0.01%，允许Mn的质量分数上限增加0.04%，但Mn的质量分数增加量不得超过0.2%。

(2) 碳当量的规定 购买方认为有必要时，可在订货时要求碳当量符合表1-8的规定。碳当量(CE)根据铸钢化学成分(质量分数)按下式计算

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

表 1-8 碳当量的规定(适用于订货时商定用)

铸 钢 牌 号	碳当量 CE(质量分数)(%)
	≤
ZG200-400H	0.38
ZG230-450H	0.43
ZG275 485H	0.45

(3) 力学性能 焊接结构用铸造碳钢的力学性能，

见表 1-9。

表 1-9 焊接结构用铸造碳钢力学性能  
(GB7659 87)

铸 钢 牌 号	拉 伸 性 能				冲击性能	
	$\sigma_s$ 或 $\sigma_{0.2}$	$\sigma_b$	$\delta_5$	$\psi$	$A_{KV}$	$a_{KU}$
	MPa		%		J	J/cm <sup>2</sup>
	≥				≥	
ZG200-400H	200	400	25	40	30	59
ZG230-450H	230	450	22	35	25	44
ZG275-485H	275	485	20	35	22	34

注：1. 表中冲击性能指标为三个夏比冲击试样试验结果的平均值。三个试样中只允许有一个试样的试验结果小于指标，但不得小于指标的 2/3。

2. 冲击性能中仅当供方尚不具备夏比(V形缺口)试样加工条件时，允许暂按夏比(U形缺口)试样的冲击韧性值  $a_{KU}$  交货。

3. 当铸件厚度超过 100mm 时，表中的屈服强度仅可供设计使用。

3. 铸造碳钢的铸造性能 与铸铁相比，铸造碳钢的铸造性能较差。流动性较低，易形成冷隔；氧化和吸气性较大，易形成夹渣和气孔；体收缩和线收缩偏大，易形成缩孔、疏松、热裂和冷裂；熔点较高，易形成粘砂。

碳钢中的元素对铸造性能的影响,见表 1-10 及表 1-11。

表 1-10 元素对铸钢铸造性能的影响

元 素	影 响
碳(C)	有利于改善流动性
硅(Si)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 降低熔点,改善流动性。中碳钢 Si 的质量分数由 0.25% 增至 0.45% 时,由于良好的脱氧作用,流动性有明显改善</li> <li>2. S. 质量分数在 0.4% 范围内,改善热裂倾向,含量高时,易形成柱状晶,增加热裂倾向</li> </ol>
锰(Mn)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 缩小结晶范围,提高流动性</li> <li>2. 增加体收缩和线收缩,增加冷、热裂倾向</li> <li>3. 生成 MnO, MnO 与 SiO<sub>2</sub> 作用易形成化学粘砂</li> </ol>
硫(S)	生成 MnS, Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , 降低流动性,并增加热裂倾向
磷(P)	改善流动性,但增加冷裂及热裂倾向
镍(Ni)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改善流动性</li> <li>2. 易生成枝晶,增大热裂倾向</li> </ol>
铬(Cr)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 生成夹杂物,生成氧化膜,使钢液变稠,降低流动性。高铬钢铸件易形式皱纹及冷隔</li> <li>2. 增加体收缩,增大缩孔倾向</li> <li>3. 减少导热性,增大热裂倾向</li> </ol>

(续)

元 素	影 响
铜(Cu)	1. 降低熔点, 缩小结晶范围, 改善流动性 2. 大约质量分数 $>1\%$ 时, 易于自由析出, 增加热裂倾向, 加 Si、Mn 可提高 Cu 在铁中的溶解度
钼(Mo)	1. 低合金范围内, 降低流动性 2. 略增加缩孔倾向 3. 质量分数在 $1\%$ 以下时, 生成 MoS, 在晶界上析出, 降低导热性, 并增大收缩及冷、热裂倾向 4. 含量高时, 提高高温强度, 改善热裂倾向
钒(V)	1. 质量分数为 $0.25\% \sim 1.0\%$ 时, 生成氧化膜, 略降低流动性 2. 提高高温强度, 略改善热裂倾向
铝(Al)	1. 作脱氧剂加入时, 质量分数小于 $0.15\%$ , 有良好脱氧作用, 改善流动性 2. 作合金元素加入时, 形成 $Al_2O_3$ 和 $Al_2S_3$ 夹杂和氧化膜, 降低流动性 3. 增大收缩, 增大热裂倾向
钛(Ti)	显著降低流动性
稀有元素	脱氧脱硫, 改善流动性, 减少热裂倾向

表 1-11 铸造性能及其影响元素

铸 造 性 能	影 响 元 素
提高流动性	Si、P、Cu、Ni、Mn
降低流动性	Ti、Cr、Al、S、V、Mo、W
增加缩孔倾向	C、Cr、Mn、V、Mo、Ni
减少热裂倾向	V、Mn <sup>①</sup> 、Al <sup>①</sup> 、Si <sup>②</sup>
增加热裂倾向	S、Si、P、Cu <sup>②</sup> 、Mn、Cr、Mo、Ni

① 在铸造碳钢中有此特性。

②  $w(\text{Cu}) > 1.0\%$  以上时。

### (三) 铸造低合金钢

低合金铸钢，在强度、韧性和淬透性、抗大气腐蚀和耐磨损性等方面均优于碳钢，具有比碳钢更为良好的综合力学性能。

铸造低合金钢的牌号及化学成分，见表 1-12，力学性能见表 1-13。

### (四) 特殊性能高合金铸钢

#### 1. 高锰铸钢

(1) 牌号、化学成分、力学性能(表 1-14 和表 1-15)

(2) 组织及性能特点

表 1-12 大型铸造低合金钢的牌号与化学成分(质量分数,%) (JB/T6402-92)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG30Mo	0.27~	0.30~	1.20~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.34	0.50	1.50						
ZG40Mn	0.35~	0.30~	1.20~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.15	0.45	1.70						
ZG40Mn2	0.35~	0.20~	1.60~	≈0.035	—	—	—	—	—
	0.45	0.40	1.80						
ZG50Mn2	0.45~	0.20~	1.50~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.55	0.40	1.80						
ZG20Mn (ZG20SiMn)	0.12~	0.60~	1.00~	≈0.035	—	—	≈0.10	—	—
	0.22	0.80	1.30						
ZG35Mn (ZG35SiMn)	0.30~	0.60~	1.10~	≤0.035	—	—	—	—	—
	0.10	0.80	1.40						
ZG35SiMnMo	0.32~	1.10~	1.10~	≤0.035	—	—	—	0.20~	≤0.30
	0.40	1.40	1.40					0.30	

(续)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG35CrMnSi	0.30~ 0.40	0.50~ 0.75	0.90~ 1.20	≤0.035	—	0.50~ 0.80	—	—	—
ZG20MnMo	0.17~ 0.23	0.20~ 0.40	1.10~ 1.40	≤0.035	—	—	—	0.20~ 0.35	≤0.30
ZG55CrMnMo (ZG5CrMnMo)	0.50~ 0.60	0.25~ 0.60	1.20~ 1.60	≤0.035	—	0.60~ 0.90	—	0.20~ 0.30	≤0.30
ZG40Cr1 (ZG40Cr)	0.35~ 0.45	0.20~ 0.40	0.50~ 0.80	≤0.035	—	0.80~ 1.10	—	—	—
ZG34Cr2Ni2Mo (ZG34CrNiMo)	0.30~ 0.37	0.30~ 0.60	0.60~ 1.00	≤0.035	—	1.40~ 1.70	1.40~ 1.70	0.15~ 0.35	—
ZG20CrMo	0.17~ 0.25	0.20~ 0.45	0.50~ 0.80	≤0.035	—	0.50~ 0.80	—	0.40~ 0.60	—
ZG35CrMo (ZG35CrMo)	0.30~ 0.37	0.30~ 0.50	0.50~ 0.80	≤0.035	—	0.80~ 1.20	—	0.20~ 0.30	—



(续)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
ZG42Cr1Mo (ZG42CrMo)	0.38~	0.30~	0.60~	≤0.035	0.80~	0.23~ 0.30			
	0.45	0.60	1.00		1.20				
ZG50Cr1Mo (ZG50CrMo)	0.46~	0.25~	0.50~	≤0.035	0.90~	0.15~ 0.25			
	0.54	0.50	0.80		1.20				
ZG65Mn	0.60~	0.17~	0.90~	≤0.035	—				
	0.70	0.37	1.20						
ZG28NiCrMo	0.25~	0.30~	0.60~	≤0.035	0.35~	0.35~ 0.55	0.40~		
	0.30	0.80	0.90		0.85		0.80		
ZG30NiCrMo	0.25~	0.30~	0.70~	≤0.035	0.60~	0.35~ 0.50	0.60~		
	0.35	0.60	1.00		0.90		1.00		
ZG35NiCrMo	0.30~	0.60~	0.70~	≤0.035	0.40~	0.40~ 0.50	0.60~		
	0.37	0.90	1.00		0.90		0.90		

注: 1. 括号内的牌号为传统牌号。

2. 残余元素质量分数: Ni ≤ 0.30%, Cr ≤ 0.30%, Cu ≤ 0.25%, Mo ≤ 0.15%, V ≤ 0.05%, 残余元素总质量分数 ≤ 1%。如高方无要求, 残余元素不作验收依据。

表 1-13 大型低合金铸钢的力学性能及应用举例 (JB/T6402---92)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ / MPa $\geq$	$\sigma_b$ / MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KU}$ / J $\geq$	$A_{KV}$ / J $\geq$	$A_{NDVM}$ / J $\geq$	HRS	应用举例
ZG30Mn	正火 + 回火	300	558	18	30	—	—	—	163	
ZG40Mn	正火 + 回火	295	640	12	30	—	—	—	163	用于承受摩擦和冲击的零件, 如齿轮等
ZG40Mn2	正火 + 回火	395	590	20	55	—	—	—	179	用于承受摩擦的零件, 如齿轮等
	调质	685	835	13	15	35	35	269~302		
ZG50Mn2	正火 + 回火	445	785	18	37	—	—	—	—	用于高强度零件如齿轮、齿轮缘等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ MPa $\geq$	$\sigma_b$ MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KL}$ /J $\geq$	$A_{KV}$ /J $\geq$	$A_{F10VM}$ /J $\geq$	HBS	应用举例
ZG20Mn	正火+ 回火	295	510	14	30	39		—	156	焊接及流动性 良好, 作水压机 缸、叶片、喷嘴 体、阀弯头等
		300	500~ 650	24	—	—	45	—	150~ 190	
ZG35Mn	正火+ 回火	345	570	12	20	24	—	—	—	用于承受摩擦 的零件
		415	640	12	25	27	—	27	—	
ZG36SiMnMo	正火+ 回火	305	640	12	20	24	—	—	—	制造负荷较大 的零件
		490	690	12	25	27	—	27	—	

(续)

HBS	应用举例
217	<u>用于承受冲击、磨损的零件，如齿轮、滚轮等</u>
156	用于受压容器，如泵壳等
—	有一定红硬性用于锻模等
242	用于高强度齿轮
0~90	用于特殊要求的零件，如锥齿轮、小齿轮、桥式起重机的行走轮、轴等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ / MPa $\geq$	$\sigma_b$ / MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KV}$ /J $\geq$	$A_{KUVM}$ /J $\geq$	HBS	应用举例
ZG20CrMo	调质	245	460	18	30	24	-	-	用于齿轮、锥 齿轮及高压缸零 件等
ZG34Cr1Mo	调质	510	740~ 880	12	-	-	27	-	用于齿轮、电 炉支承轮、轴套、 齿圈等
ZG42Cr1Mo	调质	490	690~ 830	11	-	-	21	200~ 250	用于高负荷零 件、齿轮、锥齿 轮等
ZG50Cr1Mo	调质	520	740~ 880	11	-	-	34	200~ 260	用于减速器零 件、齿轮、小齿 轮等

(续)

牌 号	热处 理 状 态	$\sigma_s$ / MPa $\geq$	$\sigma_b$ / MPa $\geq$	$\delta$ % $\geq$	$\psi$ % $\geq$	$A_{KU}$ /J $\geq$	$\Delta_{KV}$ /J $\geq$	$A_{KDVm}$ /J $\geq$	HBS	应用举例
ZG65Mn	正火   回火	不规定	不规定	—	—	—	—	—	—	用于球磨机衬 板等
ZG28NiCrMo	—	420	630	20	40	—	—	—	—	用于直径大于 300mm 的齿轮 铸件
ZG30NiCrMo	—	590	730	17	35	—	—	—	—	用于直径大于 300mm 的齿轮 铸件
ZG35NiCrMo	—	660	830	14	30	—	—	—	—	用于直径大于 300mm 的齿轮 铸件

表 1-14 高锰铸钢的牌号及化学成分(质量分数%) (GB/T 15680--1998)

牌 号	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
ZGMn13-1	1.10~1.45			—	—		0.09
ZGMn13-2	0.90~1.35		0.30~1.00		—	0.010	
ZGMn13-3	0.95~1.35	11.00~ 14.00		—	—	0.035	
ZGMn13-4	0.90~1.30			1.50~2.50	—		0.070
ZGMn13-5	0.75~1.30		0.30~1.00		0.90~1.20		

注：牌号中 ZGMn13 系铸造高锰钢，“—”后的阿拉伯数表示品种代号。

高锰钢铸件成品分析的化学成分允许偏差规定如下：

元 素	C	Mn	Si	Cr	Mo	S	P
偏差(%)±	0.05	0.40	0.10	0.10	0.07	0.005	0.005

表 1-15 高锰铸钢的力学性能(GB/T5680 1998)

牌 号	力 学 性 能				
	$\sigma_s$ /MPa ≥	$\sigma_b$ /MPa ≥	$\delta_5$ (%) ≥	$A_{KU}$ /(J/cm <sup>2</sup> ) ≥	硬度 HBS ≤
ZGMn13-1	—	635	20	—	—
ZGMn13-2	—	685	25	147	300
ZGMn13-3	—	735	30	147	
ZGMn13-4	390	735	20	—	
ZGMn13-5					

注：水韧处理后试样的力学性能须符合表中规定。或供需双方协商另定验收数值。

1) 组织 高锰铸钢的铸态组织是奥氏体+碳化物。经 1050~1100 C 加热水淬处理后(即水韧处理)，绝大多数碳化物固溶于奥氏体中，钢的组织转变为单相奥氏体或奥氏体+少量碳化物。因此具有良好的塑性和韧性，且



裂纹扩展速率很低，使用中安全可靠。

2) 性能特点 表现在使用中，在较大冲击负荷或接触应力作用下，钢的表面产生加工硬化，其表面硬度升高可达 500HBS，而内部仍有良好韧性。因此具有良好的耐磨性，且能承受冲击负荷而不致破裂。

### (3) 铸造性能

1) 收缩较大，其线收缩比铸造碳钢大 30%。自由线收缩率为 2.4%~3.0%，凝固收缩率为 6.0%。液相线温度为 1400℃。

2) 流动性较好。浇注温度要严格控制，不能太高，使铸件晶粒粗大，导致力学性能恶化。

3) 裂纹倾向较大。冒口应在水韧处理以后且在边冷却的条件下边切割，以免碳化物析出而开裂。

4) 粘砂倾向大。高锰钢液易生成 MnO，呈碱性，型砂中的 SiO<sub>2</sub> 呈酸性，两者易发生化学反应导致铸件表面粘砂。故铸型和砂芯应采用碱性的镁砂粉涂料。

5) 高锰钢难加工，因而铸件上孔眼尽量铸出，或局部嵌铸不易淬硬的软钢。

(4) 高锰钢缺陷焊补原则 高锰钢在铸态时存在着网状碳化物和铸造应力。重新加热时在 250~800℃ 之间存在碳化物析出的脆性温度区间，因而其焊接性很差。对其缺陷补焊应注意以下几个原则，

1) 补焊必须在水韧处理后进行。

- 2) 为减少或消除热影响区, 不宜连续焊。
- 3) 焊后要快速冷却, 尽量边焊边冷。
- 4) 焊条用高锰钢焊条或奥氏体不锈钢焊条。
- 5) 焊前先将加工硬化层处除去。

(5) 应用 适用于抗冲击抗磨损的铸件, 如球磨机衬板, 破碎机牙板、颚板、轧臼壁, 挖掘机斗齿、斗壁, 铁道道岔, 拖拉机和坦克履带板等。

## 2. 铸造不锈钢

(1) 牌号及化学成分(表 1-16)

(2) 力学性能 经热处理后不锈铸钢件的力学性能见表 1-17, 表中的表面硬度不作验收依据。

(3) 不锈钢铸件热处理 通常情况下热处理由供方进行, 热处理规范见表 1-18。

(4) 应用 适用于一般用途的大型不锈钢砂型铸件。ZG06Cr13Ni4Mo 是工程结构中用的低碳马氏体不锈铸钢中有代表性的牌号。这种钢具有良好力学性能、耐疲劳性能、大截面均一性能和工艺性能。广泛用于制造水电站过流部件、水泵、压缩机叶轮、原子能电站铸件和压力容器等装置。长江葛洲坝 12.5 万 kW 水轮机机组为代表的重达 25~40t 的不锈钢叶片, 是该钢种应用成功实例。

## 3. 铸造耐热钢

(1) 牌号及化学成分 适用于在砂型中铸造的普通工程用耐热钢铸件的牌号及化学成分见表 1-19, 当需方

表 1-16 大型不锈钢铸件牌号及化学成分(质量分数, %)(JB/T 6405—92)

牌 号	C	Si ≤	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	N
ZG15Cr13 (ZG1Cr13)	≤0.15 1.50	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.040	11.5~ 14.0	≤1.00	≤0.05	—	—	—
ZG20Cr13 (ZG2Cr13)	0.16~ 0.24	1.00	≤0.60	≤0.030	≤0.035	11.5~ 14.0	—	—	—	—	—
ZG30Cr13 (ZG3Cr13)	0.20~ 0.40	1.50	≤1.00	≤0.040	≤0.040	11.5~ 14.0	≤1.00	≤0.05	—	—	—
ZG12Cr18Ni9Ti (ZG1Cr18Ni9Ti)	≤0.12 1.50	≤0.80 2.00	0.80~ 2.00	≤0.030	≤0.040	17.0~ 20.0	8.00~ 11.00	—	5×(C— 0.03)~ 0.80	—	—
ZG06Cr13Ni4Mo (ZG0Cr13Ni4Mo)	≤0.06 1.00	≤1.00	≤1.00	≤0.030	≤0.030	11.5~ 14.0	3.50~ 4.50	0.40~ 1.00	—	—	—
ZG06Cr13Ni6Mo (ZG0Cr13Ni6Mo)	≤0.06 0.70	≤0.80	≤0.80	≤0.030	≤0.030	12.0~ 14.0	5.50~ 6.50	0.40~ 1.00	—	—	—
ZG08Cr19Ni9 (ZG0Cr19Ni9)	≤0.08 2.00	≤1.50	≤1.50	≤0.040	≤0.040	17.0~ 21.0	8.00~ 11.00	—	—	—	—

(续)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cu	N
ZG08Cr19Ni11Mo3 (ZG08Cr19Ni11Mo3)	≤0.08	1.50	≤1.50	0.04	0.04	18.0~ 21.0	9.00~ 13.00	3.00~ 4.00	—	—	—
ZG12Cr22Ni12 (ZG12Cr22Ni12)	≤0.12	2.00	≤1.50	0.04	0.04	20.0~ 23.0	10.00 ~ 13.00	—	—	—	—
ZG20Cr25Ni20 (ZG20Cr25Ni20)	≤0.20	2.00	≤1.50	0.04	0.04	23.0~ 27.0	19.00 ~ 31.00	—	—	—	—
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N (ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3- Cu2N)	≤0.12	1.50	8.00~ 10.00	0.06	0.035	16.00 ~ 19.00	3.00~ 5.00	2.90~ 3.50	—	2.00~ 2.50	0.16~ 0.26
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN (ZG12Cr18Mn13Mo2CuN)	≤0.12	1.50	12.00 ~ 14.00	0.06	0.035	17.00 ~ 20.00	—	1.50~ 2.00	—	1.00~ 1.50	0.19~ 0.26

注：括号内为传统铸造不锈钢牌号。

表 1-17 不锈钢钢件的力学性能 (JB/T6405 92)

牌 号	抗拉强度	屈服强度	伸长率 $\delta$ (%)	断面 收缩率 $\psi$ (%)	硬 度 HBS
	$\sigma_b$ / MPa	$\sigma_s$ / MPa			
ZG15Cr13	620	450	18	30	$\leq 241$
ZG20Cr13	588	392	16	35	170~235
ZG30Cr13	690	485	15	25	$\leq 269$
ZG12Cr18Ni9Ti	440	195	25	32	-
ZG06Cr13Ni4Mo	760	550	15	35	$\geq 220$
ZG06Cr13Ni6Mo	750	550	15	35	$\geq 220$
ZG08Cr19Ni9	485	205	35	-	-
ZG08Cr19Ni11Mo3	520	240	25	-	-
ZG12Cr22Ni12	485	195	35	-	-
ZG20Cr25Ni20	450	195	30	-	-
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N	588	291	25	35	-
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN	588	294	30	10	-

要求铸件成品分析时，按表 1-20 的规定。

表 1-18 不锈钢的热处理规范(JB/T6405--92)

牌 号	热 处 理 规 范
ZG15Cr13	1. 加热到大于等于 995 C， 空冷，并在大于等于 595 C 回 火或者 2. 在 $\geq 790$ C 退火
ZG20Cr13	
ZG30Cr13	
ZG12Cr18Ni9Ti	1. 加热到大于等于 1040 C， 保持足够时间，水淬或者 2. 采用能达到验收条件的 其它方式
ZG06Cr13Ni4Mo	1. 退火应大于 600 C 2. 正火和淬火：在 $A_{c3}$ 点以 上进行 3. 回火：在 $A_{c1}$ 点上下进行 一次或二次回火
ZG06Cr13Ni6Mo	
ZG09Cr19Ni9	加热到 $\geq 1040$ C，保持足够 时间，水淬或用其它快冷方式
ZG08Cr19Ni11Mo3	
ZG12Cr22Ni12	
ZG20Cr25Ni20	加热到 $\geq 1093$ C，保持足够 时间，水淬或其它快速冷却方 式
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N	加热到 1100~1150 C，保持 足够时间，水淬或其它快速冷 却方式
ZG12Cr18Mn13Mo2CuN	

表 1-19 大型铸造耐热钢的牌号及化学成分(质量分数,%) (JB/T6403--92)

牌 号 (原 牌 号)	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Ni	Mo	N	Ti
ZG40Cr9Si2 (ZG4Cr9Si2)	0.35~ 0.50	2.00~ 3.00	≤0.70	0.035	0.030	8.00~ 10.0	—	—	—	—
ZG30Cr18Mn12Si2N (ZG3Cr18Mn12Si2N)	0.26~ 0.36	1.60~ 2.40	11.0~ 13.0	0.060	0.040	17.0~ 20.0	—	—	0.22~ 0.28	—
ZG35Cr24Ni7SiN	0.30~ 0.40	1.30~ 2.00	0.80~ 1.50	0.040	0.030	23.0~ 25.5	7.00~ 8.50	—	0.20~ 0.28	—
ZG20Cr26Ni5 (ZG3Cr25Ni5)	≤0.20	≤2.00	≤1.00	0.040	0.010	24.0~ 28.0	4.00~ 6.00	≤0.50	—	—
ZG30Cr20Ni10 (ZG3Cr20Ni10)	0.20~ 0.40	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	18.0~ 23.0	8.0~ 12.0	≤0.50	—	—
ZG35Cr26Ni12	0.20~ 0.50	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	24.0~ 28.0	11.0~ 14.0	—	—	—
ZG35Cr28Ni16	0.20~ 0.50	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	26.0~ 30.0	14.0~ 18.0	≤0.50	—	—
ZG40Cr25Ni20 (ZG4Cr25Ni20)	0.35~ 0.45	≤1.75	≤1.50	0.040	0.040	23.0~ 27.0	19.0~ 22.0	≤0.50	—	—

(续)

牌号 (原牌号)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Ti
ZG40Cr30Ni20 (ZG4Cr30Ni20)	0.20~ 0.60	≤2.30	≤2.00	0.040	0.040	28.0~ 32.0	18.0~ 22.0	≤0.50	—	—
ZG35Ni24Cr18Si2	0.30~ 0.40	1.50~ 2.50	≤1.50	0.035	0.030	17.0~ 20.0	23.0~ 26.0	—	—	—
ZG30Ni35Cr15 (ZG3Ni35Cr15)	0.20~ 0.35	≤2.50	≤2.00	0.040	0.040	13.0~ 17.0	33.0~ 37.0	—	—	—
ZG45Ni35Cr26	0.35~ 0.55	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	24.0~ 28.0	33.0~ 37.0	≤0.50	—	—
ZG40Cr22Ni4N (ZG4Cr22Ni4N)	0.35~ 0.45	1.20~ 2.00	≤1.00	0.030	0.030	21.0~ 24.0	3.50~ 6.00	—	0.23~ 0.30	—
ZG30Cr25Ni20 (ZG3Cr25Ni20)	0.20~ 0.35	≤2.00	≤2.00	0.040	0.040	24.0~ 28.0	18.0~ 22.0	≤0.50	—	—
ZG20Cr20Mn9Ni25N (ZG2Cr20Mn9Ni25N)	0.18~ 0.28	1.80~ 2.70	8.50~ 11.0	0.030	0.030	17.0~ 21.0	2.0~ 3.0	—	0.20~ 0.28	—
ZG08Cr18Ni12Mo2Ti (ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)	≤0.08	≤1.50	0.80~ 2.00	0.015	0.030	16.0~ 19.0	11.0~ 13.0	2.00~ 3.00	0.30~ 0.70	—



表 1-20 大型耐热铸钢成品化学成分允许偏差  
(质量分数%)(JB/T6403 92)

元 素	化学成分范围	允许偏差±
C	$\leq 0.10$	0.002
	$>0.10 \sim 0.30$	0.005
	$>0.30 \sim 0.60$	0.01
	$>0.60 \sim 1.20$	0.03
Mn	$\leq 1.00$	0.03
	$>1.00 \sim 3.00$	0.04
	$>3.00 \sim 6.00$	0.05
	$>6.00 \sim 10.00$	0.06
	$>10.00 \sim 15.00$	0.10
P	$\leq 0.04$	0.005
	$>0.04$	0.010
S	$\leq 0.04$	0.005
Si	$\leq 1.00$	0.05
	$>1.00 \sim 3.00$	0.10
Cr	$>4.00 \sim 10.00$	0.10
	$>10.00 \sim 15.00$	0.10
	$>15 \sim 20$	0.20
	$>20 \sim 30$	0.25
	$>30$	0.30

(续)

元素	化学成分范围	允许偏差±
Ni	>1.00~5.00	0.07
	>5.00~10.00	0.10
	>10.00~20.00	0.15
	>20.00~30.00	0.20
	>30.00~50.00	0.30
Mo	≤0.60	0.03
	>0.60~2.00	0.05
	>2.00~7.00	0.10
Ti	≤1.00	0.05
N	>0.19~0.25	0.02
	>0.25~0.35	0.03

(2) 力学性能 耐热钢铸件的力学性能一般不作为验收项目。当需方要求时可采用单铸试块取样试验,其值应符合表 1-21 的规定。

(3) 最高使用温度、特性及应用举例 耐热钢铸件广泛用于工作温度超过 650℃ 的场合,并且许多情况下还在不同腐蚀性介质中工作,因此选用耐热钢铸件的牌号不仅要考虑其强度,还要注意在不同腐蚀介质中的耐腐蚀性。各钢种最高使用温度、特性及应用见表 1-22。

表 1-21 耐热钢铸件的力学性能  
(JB/T6403—92)

牌 号 (原牌号)	交货状态	$\sigma_s$ ( $\sigma_{0.2}$ ) MPa	$\sigma_b$ MPa	$\delta$ (%)
ZG40Cr9Si2 (ZG4Cr9Si2)	950℃退火	—	550	—
ZG30Cr18Mn12Si2N (ZG3Cr18Mn12Si2N)	1100~1150 (油冷、水 冷或空冷)	—	490	8
ZG35Cr24Ni7SiN	—	(340)	540	12
ZG20Cr26Ni5 (ZG3Cr25Ni5)	—	—	590	—
ZG30Cr20Ni10 (ZG3Cr20Ni10)	—	(235)	490	23
ZG35Cr26Ni12	—	(235)	490	8
ZG35Cr28Ni16	—	(235)	490	8
ZG40Cr25Ni20 (ZG4Cr25Ni20)	—	(235)	440	8
ZG40Cr30Ni20 (ZG4Cr30Ni20)	—	(245)	450	8
ZG35Ni24Cr18Si2	—	(195)	390	5

(续)

牌 号 (原牌号)	交货状态	$\sigma_s$ ( $\sigma_{0.2}$ ) /MPa	$\sigma_b$ / MPa	$\delta$ (%)
ZG30Ni35Cr15 (ZG3Ni35Cr15)	—	(195)	440	13
ZG45Ni35Cr26	—	(235)	440	5
ZG40Cr22Ni4N (ZG4Cr22Ni4N)	调质	150	730	10
ZG30Cr25Ni20 (ZG3Cr25Ni20)	调质	240	510	48
ZG20Cr20Mn9Ni2SiN (ZG2Cr20Mn9Ni2SiN)	调质	420	790	40
ZG08Cr18Ni12Mo2Ti (ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)	1150℃水淬	210	490	30

表 1-22 各耐热钢种最高使用温度、特性及应用举例(JB/T6403—92)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG40Cr9Si2 (ZG4Cr9Si2)	800	高温强度低, 抗氧化最高至 800℃, 长期工作的受载件的工作温度低于 700℃。用于坩埚、炉门、底板等构件

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG30Cr18Mn12Si2N (ZG3Cr18Mn2Si2N)	950	高温强度和抗热疲劳性较好。用于炉罐、炉底板料筐、传送带导轨、支承架、吊架等炉用构件
ZG35Cr24Ni7SiN	1100	抗氧化性好。用于炉罐、炉辊、通风机叶片、热滑轨、炉底板、玻璃水泥窑及搪瓷窑等构件
ZG20Cr26Ni5 (ZG3Cr26Ni5)	1050	承载条件下使用温度可达650℃，轻负荷时可达1050℃，在650~870℃易析出 $\sigma$ 相。可用于矿石焙烧炉，也可用于不需要高温强度的高硫环境下工作的炉用构件
ZG30Cr20Ni10 (ZG3Cr20Ni10)	900	基本上不形成 $\sigma$ 相。可用于炼油厂加热炉、水泥干燥窑、矿石焙烧炉和热处理炉构件

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性和应用举例
ZG35Cr26Ni12	1100	高温强度高, 抗氧化性能好, 在规格范围内调整其成分可使组织内含有一些铁素体, 也可为单相奥氏体。广泛用于许多类型的炉子构件, 但不宜用于温度急剧变化的地方
ZG35Cr28Ni16	1150	具有较高温度的抗氧化性能。用途同 ZG40Cr25Ni20
ZG40Cr25Ni20 (ZG4Cr25Ni20)	1150	具有较高的蠕变极限和持久强度, 抗高温气体腐蚀能力强。用于热处理炉炉辊、辐射管、钢坯滑板、管支架、制氢转化管、乙烯裂解管以及需要较高蠕变极限的零件
ZG40Cr30Ni20 (ZG4Cr30Ni20)	1150	在高温含硫气体中耐蚀性好。用于气体分离装置、焙烧炉衬板

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG35Ni2-(Cr)8Si2	1100	用于加热炉传送带、螺机、 紧固件等高温承载零件
ZG30Ni35Cr15 (ZG3Ni35Cr15)	1150	抗热疲劳性好, 用于渗碳 炉构件, 热处理炉板、导轨、 轮子、铜焊夹具、蒸馏器、辐 射管、玻璃轧辊, 排瓷窑构件 以及周期加热的紧固件
ZG45Ni33Cr26	1150	抗氧化性及抗渗碳性良 好, 高温强度高, 用于乙烯裂 解管、辐射管、弯管、接头、 管支架, 炉辊以及热处理用 夹具等
ZG40Cr22Ni4N (ZG4Cr22Ni4N)	—	用于 1000℃ 以上炉用件
ZG30Cr25Ni20 (ZG3Cr25Ni20)		用于 1000℃ 以上炉用件
ZG20Cr20Mn9Ni2SiN (ZG2Cr20Mn9Ni2Si2N)		用于连铸机吊架等

(续)

牌 号 (原牌号)	最高使用 温度/℃	特性及应用举例
ZG08Cr18Ni12Mo2Ti (ZG0Cr18Ni12Mo2Ti)	—	用于连铸机零件

## 二、铸 铁

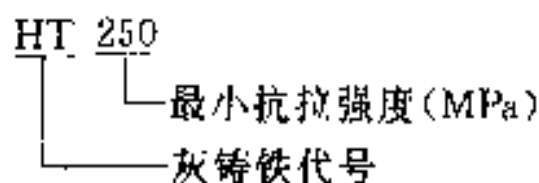
### (一) 铸铁分类

铸铁分类的方法较多,可按铸铁的使用性能、断口特征或成分特征来分,但较为方便和常用的则是将铸铁分成七大类。见表 1-23。

### (二) 灰铸铁

1. 灰铸铁的牌号 国家标准根据直径  $\phi 30\text{mm}$  单铸试棒的抗拉强度值,将灰铸铁分为六个牌号,见表 1-24。

牌号中“HT”是“灰铁”二字汉语拼音的第一个大写正体字母,其后的数字表示该牌号灰铸铁的最小抗拉强度。如



灰铸铁的抗拉强度与铸件壁厚有关,同一牌号的灰铸铁不同壁厚处会得到不同的抗拉强度。为了便于设计



表 1-23 铸铁的分类

分 类	特 征			性 能
	组 织	断 口	成分(质量分数)	
1. 灰铸铁 (1) 普通灰铸铁 (2) 高强度灰铸铁	基体+片状石墨	灰色	仅含C、Si、Mn、P、S五元素或外加少量合金元素	$\sigma_b$ : 150 ~ 400MPa 基本上无韧性
2. 球墨铸铁	基体+球状石墨	灰色(银白色)	1 普通五元素或外加不同量的合金元素 2. Mn 残 $\geq 0.03\%$ RE 残 $\geq 0.02\%$	$\sigma_b$ : 400~900MPa $\delta$ : 2~20% $\alpha_K$ : 15~120J/cm <sup>2</sup>
3. 蠕墨铸铁	基体+蠕虫状石墨(往往伴有球状石墨)	灰色(斑点状)	同球墨铸铁, 但Mg 残及RE 残量可稍低	$\sigma_b$ 及 $\delta$ 比球墨铸铁低, 高于灰铸铁
4. 可锻铸铁(黑心)	生坯: 珠光体+莱氏体 退火后: 基体+团絮状石墨	生坯: 银白色 退火后: 灰色(黑色绒状)	低碳, 低硅 Cr $\leq 0.06\%$	$\sigma_b$ : 300 ~ 700MPa $\delta$ : 2%~12%

工程结构件用铸铁

(续)

分 类	特 征			
	组 织	断 口	成 分(质量分数)	性 能
5. 抗磨铸铁	基体 + 不同类型的渗碳体	银白色 (中锰铸铁与冷硬铸铁例外)	除五元素外, 可加入低、中、高量合金元素	高的抗磨性能但韧性较低
6. 耐热铸铁	基体—片状或球状石墨	灰色	有 Si、Al、Cr 系(中硅、高铝、中硅铝、高铬等铸铁)	有高的耐热性及抗氧化性能, 但强度较低, 较脆
7. 耐蚀铸铁	基体—片状或球状石墨	灰色	主要合金元素 Si、Ni 含量高	主要有高的耐腐蚀性能

特殊用途铸铁

和使用,表 1-25 给出了各牌号不同壁厚的灰铸铁件能达到的抗拉强度的参考值,当供需双方协商同意时,也可用从铸件上切下的试块加工成试样来测定铸件材质的性能,应符合表 1-25 的规定。

表 1-24 灰铸铁牌号及力学性能  
(GB9439-88)

牌 号	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $\geq$
HT100	100
HT150	150
HT200	200
HT250	250
HT300	300
HT350	350

表 1-25 灰铸铁件的抗拉强度  
(GB/T9439-88)

牌 号	铸件壁厚/mm		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa $>$
	$>$	$\leq$	
HT100	2.5	10	130
	10	20	100
	20	30	90
	30	50	80

(续)

牌 号	铸件壁厚/mm		抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa
	>	≤	
HT150	2.5	10	175
	10	20	145
	20	30	130
	30	50	120
HT200	2.5	10	220
	10	20	195
	20	30	170
	30	50	160
HT250	4.0	10	270
	10	20	240
	20	30	220
	30	50	200
HT300	10	20	290
	20	30	250
	30	50	230

(续)

牌 号	铸件壁厚 mm		抗拉强度 $\sigma_b$ MPa
	>	~	
HT350	10	20	310
	20	30	290
	30	50	260

注：当一定牌号的铁液浇注壁厚均匀而形状简单的铸件时，壁厚变化所造成的抗拉强度的变化，可从本表查出参考性数据。当铸件壁厚不均匀，或有型芯时，此表仅能近似地给出不同壁厚处的大致的抗拉强度值。铸件设计应根据关键部位的实测值进行。

2. 化学成分 化学成分对灰铸铁的组织有很大影响。各牌号灰铸铁的化学成分与铸件壁厚有关。表 1-26 中数据供参考。

3. 铸造性能 灰铸铁具有良好的铸造性能：

(1) 流动性 灰铸铁的熔点较低，结晶温度范围较小，在适宜的浇注温度下，具有良好的流动性，容易充填形状复杂的薄壁铸件，且不易产生气孔，浇不足、冷隔等缺陷。

(2) 收缩性 灰铸铁的浇注温度较低，凝固中发生共析石墨化转变，使其线收缩小，产生的铸造应力也较

小,所以铸件出现挠曲变形和开裂的倾向以及形成缩孔、缩松的倾向都较小。

表 1-26 灰铸铁化学成分(质量分数,%)

牌号	铸件壁厚/mm	C	Si	Mn	P≤	S≤
HT100	<10	3.6~3.8	2.3~2.6	0.4~0.6	0.40	0.15
	10~30	3.5~3.7	2.2~2.5			
	>30	3.1~3.6	2.1~2.1			
HT150	<20	3.5~3.7	2.2~2.4	0.4~0.6	0.40	0.15
	20~30	3.4~3.6	2.0~2.3			
	>30	3.3~3.5	1.8~2.2			
HT200	<20	3.3~3.5	1.9~2.3	0.6~0.8	0.30	0.12
	20~40	3.2~3.4	1.8~2.2			
	>40	3.1~3.3	1.6~1.9			
HT250	<20	3.2~3.4	1.7~2.0	0.7~0.9	0.25	0.12
	20~40	3.1~3.3	1.6~1.8			
	>40	3.0~3.2	1.4~1.6			
HT300	>15	3.0~3.2	1.4~1.7	0.7~0.9	0.20	0.10
HT350	>20	2.9~3.1	1.2~1.6	0.8~1.0	0.15	0.10

注:高于HT250的牌号,是通过孕育处理得到的。

## 1. 应用(表 1-27)

表 1-27 灰铸铁件的特性及应用举例

牌号	特 性	应 用 举 例
HT100	铸造性能好, 工艺简便, 铸造应力小, 不用人工时效处理, 减振性优良	适用于负荷小, 对摩擦、磨损无特殊要求的零件。如盖、外罩、油盘、手轮、支架、底板、重锤等
HT150	特 性 与 HT100 基本相同, 但有一定的机械强度	适用于承受中等应力 ( $\sigma_b < 19.8\text{MPa}$ ), 摩擦面间单位压力小于 $0.49\text{MPa}$ 下受磨损的零件, 以及在弱腐蚀介质中工作的零件。如机床上的支柱、底座、齿轮箱、刀架、床身轴承座、工作台, 圆周速度 $6\sim 12\text{m/s}$ 的带轮, 工作压力不大的管件和壁厚小于等于 $30\text{mm}$ 的耐磨轴套, 以及在纯碱或染料介质中工作的化工容器、泵壳、法兰等

(续)

牌号	特 性	应 用 举 例
HT200 HT250	强度较高, 耐磨、耐热性较好, 减振性良好, 铸造性较好, 但需人工时效处理	适用于承受较大的应力 ( $\sigma_b < 29.42\text{MPa}$ ), 摩擦面间单位压力大于 $0.49\text{MPa}$ (大于 $10\text{t}$ 的大型铸件可大于 $1.47\text{MPa}$ ) 和要求一定气密性或耐腐蚀的零件。如一般机械制造中较为重要的铸件 (如气缸、齿轮、机座、机床床身和立柱); 汽车拖拉机的气缸体、气缸盖、活塞、刹车轮、联轴器盘等, 具有测量平面的检验工件 (如划线平板、V形铁、平尺、水平仪框架等); 承受压力小于 $7.35\text{MPa}$ 的液压缸、泵体、阀体、圆周速度 $12\sim 20\text{m/s}$ 的带轮, 要求有一定耐蚀能力和较高强度的化工容器、泵壳、塔器等
HT300 HT350	这是属于高强度、高耐磨性一级的灰铸铁。其强度和耐磨性均优于以上各牌号铸铁, 但白口倾向大, 铸造性能差, 铸后需进行人工时效处理	适用于承受高应力 ( $\sigma_b < 19\text{MPa}$ ), 摩擦面间单位压力大于等于 $1.96\text{MPa}$ , 要求保持高度气密性的零件, 如: 机械制造中某些重要的铸件, 如剪床、压力机、自动车床和其它重型机床的床身、机座、机架及受力较大的齿轮、凸轮、衬套; 大型发动机的曲轴、气缸体、缸套、气缸盖等; 高压的液缸、水缸、泵体、阀体、锻锻和热锻锻模, 冷冲模, 圆周速度大于 $20\sim 25\text{m/s}$ 的带轮等



### (三) 球墨铸铁

球墨铸铁是向出炉的铁液中加入球化剂和孕育剂而得到球状石墨的铸铁。

1. 球墨铸铁的牌号 按单铸试块验收时, 其牌号、力学性能, 见表 1-28 和表 1-29。

表 1-28 单铸试块的力学性能(GB/T1348-88)

牌 号	抗拉强	屈服强	伸长率	供 参 考	
	度 $\sigma_b$	度 $\sigma_s$	$\delta$		
	/MPa	(MPa)	(%)		
	最 小 值			硬度 HBS	基体金相组织
QT400-18	400	250	18	130~180	铁素体
QT400-15	400	250	15	130~180	铁素体
QT450-10	450	310	10	160~210	铁素体
QT500-7	500	320	7	170~230	铁素体+珠光体
QT600-3	600	370	3	190~270	珠光体+铁素体
QT700-2	700	420	2	225~305	珠光体
QT800-2	800	480	2	245~335	珠光体或回火组 织
QT900-2	900	600	2	280~350	贝氏体或回火马 氏体

注: 牌号中, “QT”是球铁的代号, 其后第一组数字代表该牌号球铁的最小抗拉强度, 第二组数字代表最低伸长率。

表 1-29 单铸试块 V 形缺口试样的冲击韧度  
(GB/T1348-88)

牌 号	最小冲击韧度 $a_K$ (J/cm <sup>2</sup> )			
	室温 23 C ± 0 C		低温 -20 C ± 2 C	
	三个试样平均值	个别值	三个试样平均值	个别值
QT400-18	14	11	—	—
QT400-18L	—	—	12	9

注：牌号中字母“L”，表示在低温时的冲击值。

按附铸试块验收时，其牌号、力学性能，见表 1-30 和表 1-31。

根据硬度值验收力学性能时，其硬度牌号，见表 1-32。

## 2. 铸造性能

(1) 流动性较灰铸铁低 球墨铸铁的成分在共晶成分附近，原本流动性较好与灰铸铁相近。但铁液经球化处理和孕育处理后，温度下降，故流动性较灰铸铁低。因此应提高浇注温度。浇口尺寸比灰铸铁放大 15%~30%，以提高流动性。

(2) 线收缩较灰铸铁小 如图 1-1 所示，缩前膨胀球墨铸铁比灰铸铁大 2~4 倍，故线收缩较灰铸铁小。铸

表 1-30 附铸试块的力学性能 (GB/T1348-88)

牌 号	铸件壁厚 /mm	抗拉强度		屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	伸长率 $\delta(\%)$	供 参 考	
		$\sigma_b/\text{MPa}$	最 小 值			布氏硬度 HBS	基体金相组织
QT400-18A	>30~60	390	250	250	18	130~180	铁素体
	>60~200	370	240	240	12		
QT400-15A	>30~60	390	250	250	15	130~180	铁素体
	>60~200	370	240	240	12		
QT500-7A	>30~60	450	300	300	7	170~240	铁素体: 珠光体
	>60~200	420	290	290	5		
QT600-3A	>30~60	600	360	360	3	180~270	珠光体+铁素体
	>60~200	550	340	340	1		
QT700-2A	>30~60	700	400	400	2	220~320	珠光体
	>60~200	650	380	380	1		

注: 1. 牌号中字母“A”, 表示该牌号在附铸试块上测定的力学性能, 以区别表 1-28 中的单铸试块测定的性能。

2. 对于重量 $\geq 2000\text{kg}$ , 壁厚 $30\sim 200\text{mm}$ 的铸件, 优先采用附铸试块验收力学性能。

造线收缩率生产中一般取 0.7%~0.9%。

**表 1-31 附铸试块 V 形缺口试样的冲击韧度**  
(GB/T1348—88)

牌 号	壁厚 /mm	最小冲击韧度 $a_k$ /(J/cm <sup>2</sup> )			
		室温 23℃±5℃		低温 -20℃±2℃	
		三个试样 平均值	个别 值	三个试样 平均值	个别 值
QT400-18A	>30~60	14	11	—	—
	>60~200	12	9	—	—
QT400-18AL	>30~60	—	—	12	9
	>60~200	—	—	10	7

**表 1-32 球墨铸铁件硬度牌号(GB1348--88)**

硬 度 牌 号	硬度 HBS	基体金相组织	供 参 考		
			抗拉强 度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强 度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长 率 $\delta$ (%)
			最 小 值		
QT-H330	280~360	贝氏体或回火马氏体	900	600	2
QT-H300	245~335	珠光体或回火组织	800	480	2

(续)

硬 度 牌 号	硬 度 HBS	基体金相组织	供 参 考		
			抗拉强 度 $\sigma_b$	屈服强 度 $\sigma_{0.2}$	伸 长 率 $\delta$
			(MPa)	(MPa)	(%)
			最 小 值		
QT H265	225~305	珠光体	700	420	2
QT-H1230	190~270	珠光体+铁素体	600	370	3
QT-H1200	170~230	铁素体+珠光体	500	320	7
QT-H185	160~210	铁素体	450	310	10
QT-H155	130~180	铁素体	400	250	15
QT H150	130~180	铁素体	400	250	15

注：1. 硬度可在附铸的易割试块上测定，硬度应经供需双方商定。

2. 硬度试块在铸件上的位置由供需双方商定。

3. 硬度试验应在与铸件连接的面上进行。

4. 需热处理时，硬度块应在热处理后从铸件上取下。

5. 只有生产工艺稳定时，可根据硬度值验收力学性能。按硬度值验收时，必须检验金相组织，其球化等级不能低于4级。

(3) 体收缩较灰铸铁大，近于碳钢 由于其液态收缩和凝固收缩很大，故具有很大的缩孔、缩松倾向。应采

取定向凝固、增设冒口、运用冷铁，以减少缩孔。增加铸型刚度，加强孕育，快速冷却，以减少缩松。

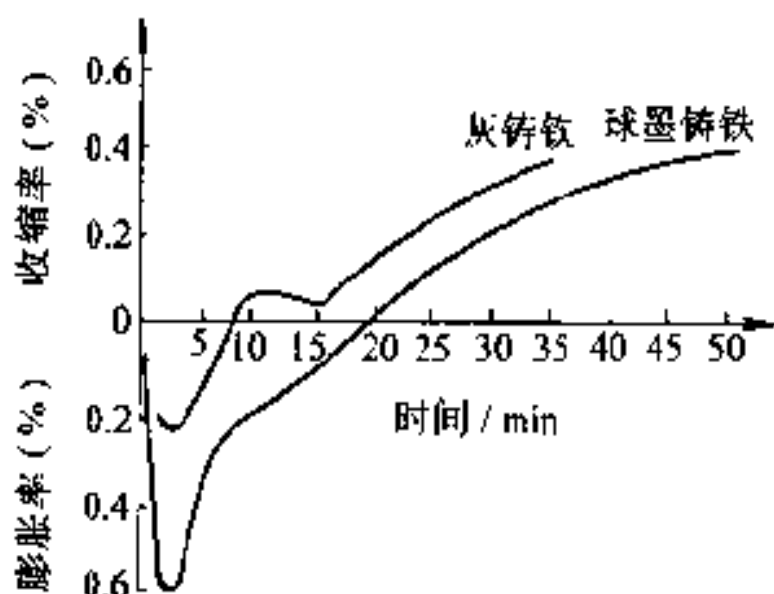


图 1-1 自由线收缩曲线

试棒直径：30mm，成分： $w(\text{C})=3.51\%$ ， $w(\text{Si})=2.31\%$

(4) 冷裂变形倾向大于灰铸铁 由于其铸造应力是灰铸铁的 2~3 倍，故应采取措施减少应力，防止冷裂和变形。

3. 球墨铸铁件特性和应用 由于石墨呈球形，其削弱金属基体和造成应力集中的作用大大减小，因而能充分发挥基体的作用，力学性能明显优于灰铸铁而接近于钢。并保持有耐磨、减振、缺口不敏感等灰铸铁的特征。另外球墨铸铁还可进行各种热处理来改善金属基体组织，进一步提高力学性能，且生产方便，铸造性能和切削性能都较好，因此得到广泛应用。见表 1-33。

表 1-33 球墨铸铁的特性及应用

牌 号	基体组织 (体积分数)	主要特性	应 用 举 例
QT400-18 QT400-15	铁素体 (100%)	具有良好的焊接性能和切削性能, 常温冲击韧度高而且脆性转变温度低。同时, 低温韧性很好	1. 农机具: 重型机引五铧犁, 轻型二铧犁, 悬挂犁上的犁柱、犁托、犁侧板、牵引架、收割机及割草机上的导架、差速器壳、护刃器 2. 汽车、拖拉机、手扶拖拉机: 牵引框、轮毅、驱动桥壳体、离合器壳、差速器壳、离合器拨叉、弹簧吊耳、汽车底盘悬挂件
QT450-10	铁素体 ( $\geq 80\%$ )	焊接性能、切削性能均较好, 塑性略低于 QT400-18, 而强度与冲击能量冲击功优于 QT400-18	3. 通用机械: 阀门的阀体、阀盖、支架、压缩机上承受一定温度的高低压气缸、输气管 4. 其它: 铁路垫板、电动机机壳、齿轮箱、汽轮机壳
QT500-7	珠光体+铁素体 ( $< 80\% \sim 50\%$ )	具有中等强度和塑性, 切削性能尚好	内燃机的机油泵齿轮、汽轮机中温气缸隔板、水轮机的阀门体、铁路机车车辆轴瓦、机器座架、传动轴、链轮、飞轮、电动机架、千斤顶座等

(续)

牌 号	基体组织 (体积分数)	主要特性	应 用 举 例
QT600-3	铁素体+ 珠光体 ( $<80\% \sim 10\%$ )	中高强度、 低塑性、耐磨 性较好	1. 内燃机：5 ~ 4000hp <sup>①</sup> 柴油机和汽油机的曲轴，部分轻型柴油机和汽油机的凸轮轴、气缸套、连杆、进排气门座 2. 农机具：脚踏脱粒机齿条、轻载荷齿轮、畜力犁铧 3. 机床：部分磨床、铣床、车床的主轴 4. 通用机械：空调机、气压机、冷冻机、制氧机及泵的曲轴、缸体、缸套 5. 冶金、矿山、起重机械：球磨机齿轴、矿车轮、桥式起重机大小车滚轮
QT700-2 QT800-2	珠光体 或回火索 氏体	有较高强 度，耐磨性、 低韧性(或低 塑性)	1. 农机具：犁铧、耙片、低速农用轴承套圈 2. 汽车：弧齿锥齿轮、转向节、传动轴 3. 拖拉机：减速齿轮 4. 内燃机：凸轮轴、曲轴
QT900-2	下贝氏 体或回火 马氏体，回 火托氏体	有高的强 度，耐磨性、 较高的弯曲 疲劳强度、接 触疲劳强度 和一定的韧 性	1. 农机具：犁铧、耙片、低速农用轴承套圈 2. 汽车：弧齿锥齿轮、转向节、传动轴 3. 拖拉机：减速齿轮 4. 内燃机：凸轮轴、曲轴

① 1hp=745.7W。



## (四) 蠕墨铸铁

表 1-34 蠕墨铸铁的牌号

(JB/T4463—1999)

牌号	抗拉强度 $\sigma_b$	屈服强度 $\sigma_{0.2}$	伸长率 $\delta$	硬度 HBS	蠕化率 VG (%) $\geq$	基体组织
	(MPa)	(MPa)	(%)			
	不 小 于					
Ru1420	420	335	0.75	200~280		珠光体
RuT380	380	300	0.75	193~274		珠光体
RuT340	340	270	1.00	170~219	50	珠光体+铁素体
RuT300	300	240	1.50	140~217		铁素体+珠光体
RuT260	260	195	3	121~197		铁素体

注：1. 在牌号中，“RuT”代表“蠕墨铸铁”，其后面的数字代表该牌号的最小抗拉强度。抗拉强度是用单铸试块测定的。

2. 除抗拉强度外，如需方对屈服点、伸长率、硬度提出要求时，可按上表中验收，或协商另定技术条件。牌号 RuT260 的伸长率必须作为验收依据。

3. 铸件金相组织中的蠕化率按表中规定验收。

4. 蠕墨铸铁件的力学性能和基体，可经热处理达到。对热处理有特殊要求的蠕墨铸铁件可由供需双方商定。

大部分石墨为蠕虫状的铸铁称蠕墨铸铁。蠕墨铸铁是一种新型铸铁材料，其组织和性能介于球墨铸铁和灰铸铁之间，具有良好的综合性能。特别是其导热性优于球墨铸铁，而抗生长和抗氧化性较其它铸铁均高。另外，其耐磨性优于孕育铸铁及高磷耐磨铸铁。

1. 牌号(表 1-34)

2. 铸造性能 蠕墨铸铁的铸造性能比球墨铸铁好，与灰铸铁接近，因而形状复杂的铸件也能用它来制造。其铸造性能，见表 1-35。

表 1-35 蠕墨铸铁的铸造性能

铸造性能	特 征
流动性	1. 由于蠕墨铸铁的碳当量高( $\alpha(\text{CE})=4.3\% \sim 4.6\%$ )，接近共晶成分，又经加蠕化剂去硫去氧的作用，所以具有良好的流动性 2. 在同一浇注温度下，蠕墨铸铁流动性比 HT300 高 3~7 倍，浇注温度越低时，两者的流动性相差越大 3. 工艺上可采取比 HT300 低的浇注温度
收缩性	1. 缩前膨胀比灰铸铁大，因而对铸型刚度要求高 2. 体收缩率为 1%~5%，缩孔倾向比灰铸铁大，但比球墨铸铁小的多 3. 线收缩率为 0.9%~1.1%，与灰铸铁相近 4. 材质由灰铸铁改为蠕墨铸铁的铸件，一般不需要重新设计模样和浇冒口系统

3. 应用 由于蠕墨铸铁的良好性能,使其得以广泛地应用。主要制造些经受热循环载荷,要求组织致密、结构复杂、强度高的铸件(见表 1-36)。

表 1-36 各牌号蠕墨铸铁的应用

牌号	组织	性能特点	应用举例
RuT420 RuT380	珠光体	强度高、硬度高、具有高耐磨性。需加入合金元素或经正火热处理。适用于制造要求强度和耐磨性高的零件	活塞环、气缸套、制动盘、玻璃模具、刹车鼓、钢珠研磨盘、吸淤泵体等
RuT340	珠光体 + 铁素体	强度、硬度较高,具有较高的耐磨性和热导率。适用于制造要求强度、刚度较高及耐磨的零件	带导轨面的重型机床件、大型龙门铣横梁、大型齿轮箱体、盖座,刹车鼓、飞轮、玻璃模具、起重机卷筒,烧结机滑板、液压阀体等
RuT300	铁素体 + 珠光体	强度和硬度适中,有一定的塑韧性,热导率较高,致密性较好。适用于制造要求较高强度及承受热疲劳的零件	排气管、变速箱体、气缸盖、纺织机零件、液压件、钢锭模、某些小型烧结机篦条等

(续)

牌号	组织	性能特点	应用举例
RuT260	铁素体	强度一般、硬度较低、有较高的塑韧性和热导率。铸件一般需退火热处理。适用于制造承受冲击负荷及热疲劳的零件	增压器废气进气壳体、汽车、拖拉机的某些底盘零件

### (五) 可锻铸铁

可锻铸铁又称玛钢或玛铁。是白口铸铁通过石墨化或氧化脱碳进行可锻化处理，改变其金相组织成分而获得的有较高韧性的铸铁为可锻铸铁。可锻铸铁中的石墨呈团絮状，对金属基体割裂作用和引起的应力集中较小，因此，抗拉强度显著提高（ $\sigma_b$ 一般达300~400MPa，最高达700MPa）。尤其是这种铸铁有着相当高的塑性和韧性（ $\delta \leq 12\%$ ， $\alpha_K \leq 30\text{J/cm}^2$ ），可锻铸铁就是因此而得名，其实并不能真的被锻造。

我国生产的可锻铸铁多数是黑心铁素体可锻铸铁，也生产少量珠光体可锻铸铁，而白心可锻铸铁因其力学性能差，退火周期长，应用较少。

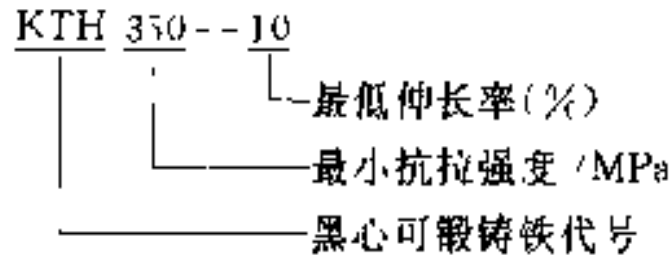
1. 牌号 黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁的牌号和力学性能见表1-37。

表 1-37 黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁的牌号  
及力学性能(GB/T9440 88)

类型	牌 号		试样 直径 $d$ mm	抗拉强 度 $\sigma_1$	屈服点 $\sigma_2$	伸长率 $\delta$ (%) ( $L_0 =$ $3d$ )	硬度 HBS
	A 系列	B 系列		MPa		$\geq$	
黑心可 锻铸铁	KTH300 -06		12 或 15	300	—	6	$\leq 150$
	—	KTH330 03		330	—	8	
	KTH350 -10	—		350	200	10	
	—	KTH370 -12		370	—	12	
珠光体 可锻铸 铁	KTZ450 06	—	12 或 15	450	270	6	150~200
	KTZ550 -04			550	340	4	180~250
	KTZ650 02	—		650	430	2	210~260
	KTZ700 -02	—		700	530	2	210~290

- 注：1. 试样直径 12mm，只适用于铸件壁厚小于 10mm 的铸件。  
 2. 对珠光体可锻铸铁的试样二种直径尺寸，如需方没有规定，供方可任选其中一种。  
 3. 牌号 KTH300-06 适用于气密性零件。  
 4. 牌号 B 系列为过渡牌号。

牌号中的“KTH”是黑心可锻铸铁的代号，“KTZ”是珠光体可锻铸铁的代号，随后的第一组数字代表该牌号的最低抗拉强度，第二组数字代表其最低伸长率，如：



2. 铸造性能(表 1-38)

3. 应用(表 1-39)

#### (六) 特殊用途铸铁

特殊用途铸铁指的是：抗磨铸铁、耐热铸铁和耐蚀铸铁。这些铸铁由于加入了各种合金元素，明显地具有某种特殊性能，又称合金铸铁。

1. 抗磨铸铁 常用的抗磨铸铁有三类，即：冷硬铸铁、耐磨铸铁、抗磨白口铸铁。它们都具有好的抵抗磨料磨损的能力，即好的抗磨性(也称耐磨性)。

(1) 冷硬铸铁 冷硬铸铁是通过激冷的工艺方法，使铸件激冷层的碳保持化合碳的形式而形成白口或麻口的铸铁。

1) 金相组织特点 最常用的是冷硬铸铁轧辊。其特点是外层呈白口组织，内层呈灰口组织，在白口层和灰口层之间是一层麻口过渡层。因而冷硬轧辊表面硬度很高，具有高的抗磨能力，又能承受一定的工作应力。

表 1-38 可锻铸铁的铸造性能

铸造性能	特 点
流动性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 碳、硅含量低，熔点高，凝固温度范围较大，故流动性较灰铸铁差</li> <li>2. 要求较高浇注温度，一般薄壁件大于等于 1350℃，中厚件大于 1320℃</li> <li>3. 易产生冷隔和浇不足，工艺上要采取防止的措施</li> </ol>
收缩性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铸态组织为白口，凝固时无石墨析出，体收缩大(5.3%~6.0%)缩孔、缩松倾向大</li> <li>2. 设置足够尺寸和数量的冒口和冷铁，以控制铸件的凝固和补缩，由于均为小件，一般采用暗冒口</li> <li>3. 浇口要有强的挡渣能力，并且铁液经浇口通入冒口引入型腔，以增强冒口补缩作用</li> <li>4. 线收缩较大(1.5%~1.8%)，但石墨化退火时又有不同程度的膨胀，故铁素体可锻铸铁模样缩尺采用 0%~1.0%</li> <li>5. 铸型和型芯要有较好退让性</li> <li>6. 由于收缩大，故内应力较大，裂纹倾向大，铸件易断裂</li> </ol>

表 1-39 可锻铸铁的特性和应用举例  
(GB/T9440--88)

牌 号	特 性	应 用 举 例	
黑心可锻铸铁	KTH300 06	有一定的韧性和强度, 气密性好	适用于承受低动载荷及静载荷, 要求气密性好的工作零件, 如管道配件、中低压阀门等
	KTH330 -08	有一定的韧性和强度	用于承受中等载荷和静载荷的工作零件。如: 农机上的犁刀、犁柱、车轮壳、机床用的扳手以及钢丝绳轧头等
	KTH350 -10 KTH370 -12	有较高的韧性和强度	用于承受较高的冲击、振动及扭转负荷下的工作零件。如汽车拖拉机上的前后轮壳、差速器壳、转向节壳、制动器等, 农机上的犁刀、犁柱以及铁道零件、冷暖器接头、船用电动机壳等
珠光体可锻铸铁	KTZ450 -06 KTZ550 -04 KTZ650 -02 KTZ700 -02	韧性低但强度大, 硬度高, 耐磨性好且切削加工性能良好	可用来代替低碳、中碳、低合金钢及有色合金制作承受较高载荷、耐磨损并要求有一定韧性的重要工作零件。如: 曲轴、凸轮轴、连杆、齿轮、摇臂、活塞环、轴承、犁刀、耙片、闸、万向接头、棘轮、扳手、传动链条、矿车轮等



表 1-40 冶金轧辊冷硬铸铁化学成分(质量分数, %)(GB/T1504—79)

轧辊 分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg	
非球墨铸铁 冷硬轧辊	普通冷硬铸铁 轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12						≥	
	钼合金冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12			0.2~ 0.6				
	低铬钼冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12		0.2~	0.2~				
	铬钼冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12		0.6	0.6				
	低镍铬冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12		0.3~	0.3~		0.8~		
	低镍铬冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12	0.5~	0.2~			1.1		
	低镍铬钼冷硬 铸铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12	1.0	0.6					
	中镍铬冷硬铸 铁轧辊	2.9~ 3.8	0.25~ 0.8	0.2~ 0.70	0.5	0.12	0.5~	0.2~	0.2~				
								1.0	0.6	0.6			
								1.0~	0.4~				
								1.6	0.7				

(续)

轧辊 分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg
球墨铸铁复合轧辊 冷硬轧辊	普通球墨铸铁 复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	—	—	—	—	0.04
	铝冷硬球墨铸 铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	—	0.2~ 0.6	—	—	0.04
	铸铝冷硬球墨 铸铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	0.2~ 0.6	0.2~ 0.6	—	—	0.04
	铸铜冷硬球 墨铸铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	0.3~ 0.8	0.3~ 0.8	—	0.8~ 1.6	0.04
	铸铝冷硬球 墨铸铁复合轧辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	—	0.2~ 0.6	0.2~ 0.6	0.2~ 0.6	—	0.04
	高镍铸铝冷硬 球墨铸铁复合轧 辊	2.9~ 3.7	0.4~ 1.0	0.4~ 1.0	0.5	0.03	3.0~ 4.5	0.8~ 1.5	0.2~ 0.6	—	—	0.04

(续)

轧辊分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg
冷硬轧辊	普通冷硬球墨铸铁心轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	—	—	—	—	—	—
	铝冷硬心部球墨铸铁轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	—	—	0.2~0.8	—	—	—
	铸铜冷硬心部球墨铸铁轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	—	0.3~0.8	0.3~0.8	—	n.B-1.5	—
	高镍铬铝冷硬心部球墨铸铁轧辊	2.9~3.7	0.25~0.8	0.2~0.7	0.5	0.12	3.0~4.5	0.8~1.5	0.2~0.6	—	—	—
半冷硬轧辊	普通半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.5~1.2	0.3	0.03	—	—	—	—	—	0.04
	低铬半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.5~1.2	0.3	0.03	—	0.2~0.6	—	—	—	0.04
	低铬相半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.5~1.2	0.3	0.03	—	0.2~0.6	0.2~0.6	—	—	0.04
	镍铬铝半冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~3.8	0.8~2.5	0.2~0.7	0.12	0.02	1.5~2.5	0.2~0.1	0.3~0.8	—	—	0.04

(续)

轧辊分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg	
无限冷硬轧辊	带铅无限冷硬 铸铁轧辊	2.9~	0.6~	0.6~	0.3	0.12	-	0.6~	0.2~	-	-	-	
		3.7	1.2	1.2				1.2	0.5				
	中铬镍钼无限 冷硬铸铁轧辊	2.9~	0.6~	0.6~	0.3	0.12	1.0~	0.7~	0.2~				
		3.7	1.2	1.2			3.0	1.3	0.6				
	高镍铬钼无限 冷硬铸铁轧辊	2.9~	0.6~	0.6~	0.3	0.12	3.0~	1.0~	0.2~				
		3.7	1.2	1.2			4.5	1.5	0.6				
	球墨铸铁	低铅无限冷硬 球墨铸铁轧辊	2.9~	0.8~	0.5~	0.3	0.03	-	0.2~	-	-	-	0.04
			3.8	2.5	1.2				0.6				
低铅钼无限冷 硬球墨铸铁轧 辊		2.9~	0.8~	0.5~	0.3	0.03	-	0.2~	0.2~			0.04	
		3.8	2.5	1.2				0.6	0.6				

(续)

轧辊 分类	轧辊名称	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W	Cu	Mg
无限冷硬轧辊	中镍铬铝无限冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~	0.8~	0.5~	0.3	0.03	1.0~	0.3~	0.2~	—	—	0.04
		3.8	2.5	1.2			3.0	1.2	0.8			
无限冷硬轧辊	高镍铬铝无限冷硬球墨铸铁轧辊	2.9~	0.8~	0.5~	0.3	0.03	3.0~	0.6~	0.2~	—	—	0.04
		3.8	2.5	1.2			4.5	1.5	0.8			

注：1. 冷硬轧辊可采用单一铁液浇注，也可采用两种铁液复合浇注，工厂方法多采用半冲洗法，全冲洗法及离心铸造法。

2. 半冷硬轧辊一般是用代替锻钢或铸钢轧辊，要求有较高的强度，适当的硬度，多采用球墨铸铁或合金铸铁制造。
3. 无限冷硬轧辊，多采用合金铸铁制造，加入镍、铬、铝等合金元素，改变铸铁的基体组织，这种轧辊的辊身也是在金属型中浇注的。轧辊从表面到中心其硬度是缓慢递减的。

表 1-41 非冶金轧辊冷硬铸铁化学成分性能及应用

类型	化学成分(质量分数,%)							白口深度/mm	表面硬度 HS	辊颈硬度 HS <sub>V</sub>	硬度差 HS	应用
	C	Si	Mn	P	S	合金元素						
普通冷硬铸铁	3.3~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.45~0.55	0.12		5~40	63~72	48	—	橡胶、塑料轧辊	
	3.3~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.45~0.55	0.12	Cr0.2~0.3 Mo0.2~0.4	6~25	≥68	48	—	橡胶、塑料、油墨、烟草轧辊	
镍铬合金铸铁	3.3~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.45~0.55	0.12	Ni0.4~0.8 Cr0.2~0.3	6~25	≥68	48		橡胶、塑料轧辊	
	3.4~3.7	0.6~0.8	0.3~0.45	0.5~0.6	0.12	Cr0.30~0.5 Cu0.8~1.0	10 <sup>+8</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 φ201~φ300mm	
铜铸铁	3.3~3.6	0.55~0.75	0.3~0.45	0.5~0.6	0.12	Cr0.30~0.5 Cu0.8~1.0	12 <sup>+10</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 φ301~φ400mm	
	3.2~3.5	0.45~0.65	0.3~0.45	0.45~0.55	0.12	Cr0.30~0.5 Cu0.8~1.0	15 <sup>+15</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 φ401~φ700mm	

(续)

类型	化学成分(质量分数,%)							白口深度/mm	表面硬度HS	辊颈硬度HS	硬度差HS	应用
	C	Si	Mn	P	S	合金元素						
铸钢	3.1~3.4	0.4~0.5	0.3~0.45	0.45~0.55	0.12	Cr0.3~0.5 Cu0.8~1.0		20 <sup>+20</sup> <sub>-2</sub>	≥70	—	≤3	造纸轧辊 ≥φ701mm
镍铬钼铸钢	3.5~3.8	0.3~0.55	0.4~0.6	0.45~0.55	0.12	Ni0.5~0.6 Cr0.2~0.35 Mo0.2~0.4		20~50	68~72	—	2~3	面粉、油脂、造纸轧辊 φ160~φ600mm 辊心可采用HT150,离心铸造空心轧辊
	3.5~3.8	0.4~0.8	0.3~0.5	0.4~0.5	0.12	Ni1.2~1.5 Cr0.3~0.5 Mo0.2~0.4			72~74	55		造纸轧辊
铸铁	3.5~3.8	0.7~0.9	0.5~0.6	0.4~0.5	0.12	Cr0.6~0.8 V0.1~0.2		1/10D (辊颈)	68~72	—	2~3	面粉轧辊, 辊心可采用HT150 离心铸造空心轧辊

表 1-42 耐磨铸铁件的牌号及化学成分(质量分数, %)(JB/ZQ4304 97)

牌 号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	Cr	ΣRE	Mg
MT-4	3.00~	1.50~	0.60~	≤0.030	≤0.140	1.00~	0.40~	—	—	—
	3.40	2.00	0.90			1.30	0.50	—	—	—
Cu-Cr-Mo 合金铸铁	3.20~	1.30~	0.50~	≤0.030	≤0.150	0.60~	0.30~	0.20~	—	—
	3.60	1.80	1.00			1.10	0.70	0.60	—	—
MQTMn6 中 锰 抗 磨 球 墨 铸 铁		3.60~	5.50~			—	—	—		
		4.20	6.50			—	—	—		
MQTMn7	3.20~	3.70~	>6.50			—	—	—	0.03	0.025
	3.70	4.30	~7.50	<0.01	<0.02	—	—	—	~	~
MQTMn8		3.30~	>7.50			—	—	—	0.045	0.05
		4.40	~9.60			—	—	—		
QTMn8MoCu	3.00~	2.00~	8.00~			0.50~	1.50~	—		
	3.50	2.50	9.00			0.80	2.00	—		

注: 1. JB/ZQ4304-97 标准中不包括牌号 QTMn8Mo—Cu。

2. “M”、“Q”、“T” 分别是“磨”、“球”、“铁”三字汉语拼音的第一个字母。
3. 中锰抗磨球墨铸铁的锰的质量分数范围, 除订货协议有规定外, 不作为验收依据。锰抗磨球墨铸铁的基体组织以马氏体和奥氏体为主。主要用作选矿螺旋分级机叶片、磨机衬板等。



表 1-43 耐磨铸铁的力学性能(≥)(JB/ZQ4304—97)

牌 号	抗弯强度 $\sigma_{bb}/\text{MPa}$		抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	冲击功 $A_{kv}/\text{J}$	硬度 HBS (HRC)	挠 度 $f/\text{mm}$		组 织 特 点
	砂型	金属型				砂型	金属型	
			试样直径/ $\text{mm}$					
	30	50						
MT-4	355	—	175	—	195~260	—	—	细小珠光体和中细片状石墨, 珠光体体积含量大于85%, 磷共晶为细小网状并均匀分布; 不允许有游离的渗碳体
Cu-Cr-Mo 合金铸铁	430	—	235	—	200~255	—	—	石墨主要是分散片状
中锰 抗磨 球墨 铸铁	MQ1Mn6	510	390	—	31	3.0	2.5	(马氏体-贝氏体)+奥氏体+碳化物-少量莱氏体
	MQ1Mn7	470	440	—	35	3.5	3.0	体

(续)

牌 号	抗弯强度 $\sigma_{bb}$ /MPa		抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	冲击功 $A_{kv}$ /J	硬度 HBS (HRC)	挠 度 $f$ /mm		组 织 特 点		
	砂型	金属型				砂型	金属型		支距/mm	
			30	50	300					500
	试样直径/mm									
中锰抗磨球墨铸铁	MQTMn8		430	490	—	39	(38)	4.0	3.5	奥氏体+(马氏体+贝氏体)+碳化物+少量索氏体
	QTMn8Mo Cu <sup>①</sup>		250	—	—	4K: 4.0 J/cm <sup>2</sup>	(55)	—	—	碳化物+(马氏体+贝氏体)+少量奥氏体+索氏体

注：1. Cu-Cr-Mo合金铸铁熔炼过程与一般灰铸铁相同，合金材料完全在炉内加入。

2. 中锰抗磨球墨铸铁力学性能中的挠度和砂型铸造直径30mm的抗弯试棒的抗

弯强度值，除订货协议有规定外，不作为验收依据。

① 标准 JB/ZQ4304—97 中不包括此牌号。

2) 化学成分 冶金轧辊冷硬铸铁的化学成分,见表 1-10。非冶金轧辊冷硬铸铁的化学成分见表 1-11。

(2) 耐磨铸铁 耐磨铸铁铸件的牌号及化学成分应符合表 1-12 的规定。

耐磨铸铁铸件的力学性能应符合表 1-13 的规定。

耐磨铸铁应用举例,见表 1-14。

表 1-14 耐磨铸铁件应用举例

牌 号	应 用 举 例	
MT 1	用作一般的耐磨零件	
Cu Cr Mo 合金铸铁	可用作活塞环、机床床身、卷筒、密封圈等耐磨零件	
中 锰 抗 磨 球 墨 铸 铁	MQTMn6	具有较好的硬度和冲击韧度。适用于低应力下工作的抗磨零件。如:建材电力行业的小于 $\phi 2.4\text{m}$ 球磨机、粉碎水泥原料及煤粉等取代锻钢磨球,磨耗率降低 50% 以上。输送泥砂管道、石油泥浆筛放流器等
	MQTMn7	具有中等硬度和冲击韧度。适用于中等应力下工作的抗磨件。如:用于小于 $\phi 2.0\text{m}$ 球磨机或其它受冲击应力较小的衬板,选矿用螺旋分级机叶片、锤头、砂泵叶轮等
	MQTMn8	具有冲击韧度高、硬度低的特征。适用于高应力磨削、磨损工况下使用的抗磨件。用于 $\phi 2.0 \sim \phi 2.5\text{m}$ 球磨机衬板,取代高锰钢,使用寿命相当,造矿用螺旋分级机叶片、颚板等

表 1-45 抗磨白口铸铁的牌号及化学成分(质量分数, %)(GB8263 87)

牌 号	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	W	S	P
KmTB Mn5W3	3.0~	0.8~	4.0~					2.5~	0.10	0.15
	3.5	1.3	6.0					3.5		
KmTB W5Cr4	2.5~	0.5~	0.5~	3.5~				4.5~	0.10	0.15
	3.5	1.0	1.0	4.5				5.5		
KmTB Ni4Cr2-DT	2.7~	0.3~	0.3~	2.0~	0~	3.0~			0.10	0.15
	3.2	0.8	0.8	3.0	1.0	5.0				
KmTB Ni1Cr2-GT	3.2~	0.3~	0.3~	2.0~	0~	3.0~			0.10	0.15
	3.6	0.8	0.8	3.0	1.0	5.0				
KmTB Cr9Ni5Si2	2.5~	1.5~	0.3~	8.0~	0~	4.5~			0.10	0.15
	3.6	2.2	0.8	10.0	1.0	6.5				
KmTB Cr2Mo1Cu1	2.4~	≤1.0	1.0~	2.0~	0.5~		0.8~		0.10	0.15
	3.6		2.0	3.0	1.0		1.2			

(续)

牌 号	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cu	W	S	P
KmTB Cr15Mo2 DT	2.0~	≤1.0	0.5~	13.0~	0.5~	0~	0~		0.06	0.10
	2.8		1.0	18.0	2.5	1.0	1.2			
KmTB Cr15Mo2-GT	2.8~	≤1.0	0.5~	13.0~	0.5~	0~	0~		0.06	0.10
	3.5		1.0	18.0	3.0	1.0	1.2			
KmTB Cr20Mo2Cu1	2.0~	≤1.0	0.5~	18.0~	1.5~	0~	0.8~		0.06	0.10
	3.0		1.0	22.0	2.5	1.5	1.2			
KmTB Cr26	2.3~	≤1.0	0.5~	23.0~	0~	0~	0~		0.06	0.10
	3.0		1.0	28.0	1.0	1.5	2.0			

注: 1. 牌号中“KmTB”表示“抗磨铁白口”, 其后排列的是合金元素符号及其平均质量分数。“DT”和“GT”分别表示“低碳”和“高碳”。

2. 一般情况下, 抗磨白口铸铁的化学成分(质量分数)不作为验收依据, 但应作为生产中分析和控制的检测项目。如果需方对抗磨白口铸铁的化学成分(质量分数)有要求, 则应符合表中的规定。

(3) 抗磨白口铸铁 作为抵抗磨料磨损用的铸铁一般是在白口状态下使用。其组织为坚强的金属基体支持着坚硬的碳化物，使铸铁能抵抗磨损。根据使用条件，抗磨白口铸铁可以不含合金元素，也可以含低、中、高量合金元素。

1) 抗磨白口铸铁(表 1-45~表 1-48)

表 1-46 抗磨白口铸铁的硬度(GB8263-87)

牌 号	洛 氏 硬 度 HRC		
	铸 态	淬 火 态 <sup>①</sup>	软化退火态
KmTB Mn5W3	50~60		--
KmTB W5Cr4	50~65	—	—
KmTB Ni4Cr2-DT	—	≥53 <sup>②</sup>	--
KmTB Ni4Cr2-GT	--	≥55 <sup>②</sup>	—
KmTB Cr9Ni5Si2	--	≥55	—
KmTB Cr2Mo1Cu1	50~56	≥55	≤40
KmTB Cr15Mo2-DT	40~56	≥58	≤40
KmTB Cr15Mo2-GT	50~58	≥58	≤40
KmTB Cr20Mo2Cu	50~58	≥58	≤40
KmTB Cr26	50~58	≥55	≤40

注：1. 抗磨白口铸铁的硬度作为验收依据，应符合表中的规定。

2. 抗磨白口铸铁的其它力学性能一般不作为验收依据。如果需方有要求，其试验方法和性能指标由供需双方商定。

① 包括淬火态和淬火+回火态。

② 回火态硬度。

表 1-47 抗磨白口铸铁的金相组织和使用特性  
(GB8263- 87)

牌 号	金 相 组 织		使 用 特 性
	铸 态	淬 火 态	
KmTBMn5W3	共晶碳化物 (Fe, Mn, W) C) + 马氏体 + 残余奥氏体	—	适用于较小冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBW5Cr4	共晶碳化物 (Fe, W, Cr) <sub>3</sub> C) + 马氏体 + 残余奥氏体	—	适用于较小冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBNi4Cr2-DT	共晶碳化物 (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 马氏体 + 贝 氏体 + 残余奥 氏体	—	适用于中等冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBNi4Cr2-GT	共晶碳化物 (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 马氏体 + 残 余奥氏体	—	适用于较小冲 击载荷的磨料磨 损
KmTBCr9Ni5Si2	共晶碳化物 (Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> + (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 马氏体 + 残 余奥氏体	共晶碳化物 (Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> + (Fe, Cr) <sub>3</sub> C <sub>2</sub> + 一次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	有很好淬透性、 适用于较大冲击 载荷的磨料磨损

(续)

牌 号	金 相 组 织		使用特性
	铸 态	淬 火 态	
Km11BCr2Mo1Cu1	共晶碳化物 [(Fe, Cr) <sub>3</sub> C] —索氏体 + 马氏体	共晶碳化物 (Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	适用于较小冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr15Mo2-DT	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 奥氏体及其 转变产物	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	适用于较小冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr15Mo2-GT			适用于中等冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr20Mo2-Cu1	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] —奥氏体及其 转变产物	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	有很好的淬透性, 适用于较大冲击载荷的磨料磨损
Km11BCr26	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 奥氏体	共晶碳化物 [(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub> ] + 二次碳化物 + 马氏体 + 残余 奥氏体	有良好的抗蚀性和抗高温氧化性, 适用于较大冲击载荷的磨料磨损



表 1-48 抗磨白口铸铁铸造性能及工艺特点

铸造性能	抗磨白口铸铁共同特点是铸造性能较差，由于热导率低、塑性差、收缩大、白口铸铁的热裂和冷裂倾向大。不能铸造形状复杂的铸件
工艺特点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 必须充分注意铸件的补缩，采用冒口和冷铁，按定向凝固，冒口可按碳钢规定计算</li> <li>2. 浇口可按灰铸铁计算，但各断面应再加 20%~30%</li> <li>3. 冒口不易切除，不能用气割，因而宜用侧冒口或易割冒口</li> <li>4. 工艺上要采取防裂措施，开箱不能太早以保证在 540℃ 以下缓冷</li> <li>5. 浇注温度要低，一般小件为 1380~1420℃，壁厚 100mm 以上件为 1350~1400℃</li> <li>6. 开箱精整后首次加热时极易引起裂纹，因而热处理要严格规定速度升温</li> </ol>

2) 普通白口铸铁 普通白口铸铁不含合金元素。具有高碳低硅的特点。组织为：珠光体+渗碳体。没有石墨，硬度较高。但渗碳体呈网状分布，脆性较大。生产简便，成本低，广泛用于一般抗磨零件。如犁铧，小型球磨机的磨球，清理设备用的铁丸和星铁等。其化学成分见表 1-49。

表 1-49 普通白口铸铁化学成分

序号	化学成分(质量分数,%)					金相组织	硬度 HRC	热处理	应用
	C	Si	Mn	P	S				
1	3.5~ 3.8	<3.6	0.15~ 0.20	<0.3	0.2~ 0.4	珠光体+ 渗碳体	—	铸态	磨粉机 磨片、 导板
2	2.6~ 2.8	0.7~ 0.9	0.6~ 0.8	<0.3	<0.1	珠光体+ 渗碳体	—	铸态	犁铧 <sup>①</sup>
3	4.0~ 4.5	0.4~ 1.2	0.6~ 1.0	0.11~ 0.40	<0.1	莱氏体或 莱氏体+ 渗碳体	50~ 55	铸态	犁铧 <sup>①</sup>
4	2.2~ 2.5	<0.0	0.5~ 1.0	<0.1	<0.1	贝氏体+ 少量托氏 体+渗碳 体	55~ 59	900 C. 1h 淬入 230 ~ 300 C 盐浴保温 1.5h, 空 冷	犁铧 <sup>①</sup>

注：1. 碳的作用最大，它能增加渗碳体量，从而提高抗磨性，但降低韧性，所以对受冲击较大的零件，应选用下限。为了避免出现石裂，降低抗磨性，硅量应作限制。

2. 表中序号 4，是一种等温淬火的贝氏体白口铸铁，具有较高的韧性，适用于受冲击力较大的场合，用这种材料作犁铧，使用在沙性土壤其效果优于 65Mn。

① 为用沙性土壤的犁铧。

表 1-50 低合金白口铸铁化学成分(质量分数,%)

序号	低合金白口 铸铁名称	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	V	Ti
1	镍-铜马氏体 白口铸铁	2.4~ 3.5	≤1.0	1.0~ 2.0	≤0.15	≤0.10	2.0~ 3.0	0.5~ 1.0	0.8~ 1.2	—	—
2	低铬稀土白口铸 铁	2.4~ 2.6	0.8~ 1.2	0.8~ 1.2			2.5~ 3.0				
3	钒铬白口铸铁	3.2~ 3.4	0.4~ 0.9	0.8~ 1.2	≤0.18	≤0.15	1.5~ 1.7	≤0.4	3.3~ 3.8		
4	多元低合金白口 铸铁	2.8~ 3.6	2.8~ 3.5	4.5~ 5.5	≤0.10	≤0.10	0.3~ 0.5		0.3~ 0.5	3.25~ 0.4	0.08~ 3.2
5	52# 白口铸铁	3.2~ 3.1	≤1.0	1.5~ 2.0	≤0.15	≤0.10	3~ 4	0.5~ 0.6	1.5~ 2.0		

表 1-51 低合金白口铸铁组织和力学性能

序号	状态	金相组织	力学性能			
			HRC	$a_K$ / (J/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_{bb}$ / MPa	$f_l$ mm
1	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 + 少量 马氏体	50~	4.0~	500~	1.5~
	980°C/4h 空冷 + 300°C/2h 空冷	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 马氏体 + 残余 奥氏体	55~	5.0~	530~	1.8~
2	980°C 淬入 260 - 300°C/3h 盐浴, 空冷	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 贝氏体 - 残余 奥氏体	53~	4.0~	450~	-
	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 + 少量 马氏体	55~	6.0~	550	-
3	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 + 少量 马氏体	55~	-	-	-
	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 马氏体 - 残余奥氏体	45~	6.5~	650~	2.5~
4	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 - 少量 马氏体	52~	8.0~	820	3.0~
	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 - 少量 马氏体	58~	3.0~	700~	-
5	铸态	(Fe, Cr) <sub>3</sub> C + 索氏体 - 少量 马氏体	58~	5.0~	720	-

3) 低合金白口铸铁 在普通白口铸铁中加入少量合金元素(Cr、Mo、Cu、B等), 可以提高碳化物的微观硬度, 强化金属基体, 从而提高耐磨性。有含Cr、Mo、Cu等元素的白口铸铁和硼白口铸铁。

含铬、钼、铜等元素的白口铸铁 采用冲天炉熔炼, 铸态使用, 生产成本较低。但碳化物仍为连续网状故脆性较大, 抗磨性高于普通白口铸铁。其化学成分力学性能, 见表1-50和表1-51, 其应用见表1-52。

表 1-52 低合金白口铸铁的应用

序号	名 称	应 用
1	铬-钼 铜 马氏体白口铸铁	1. 炉前用质量分数1%的1"稀土铁孕育, 可进一步提高韧性和抗磨性 2. 热处理后, 力学性能与镍硬1型铸铁接近 3. 用于受冲击负荷不大的抗磨件, 如平盘磨煤机辊套, 水泥球磨机细粉仓的衬板
2	低铬稀土白口铸铁	用于抛丸机叶片, 定向套等零件
3	铜铬白口铸铁	用于白云石搅拌机的易磨损件上 寿命比用高锰钢高10倍

(续)

序号	名称	应用
4	多元低合金白口铸铁	<p>铸铁以锰和硅为主要元素,以铬、钨、钒、钛为辅助元素,其铸态力学性能较高</p> <p>用于薄壁易磨损件,如搅拌机的内外刮板和衬板</p>
5	32"白口铸铁	用于生产中小型杂质泵易磨损件

**硼白口铸铁** 加入的硼主要进入碳化物中,可提高抗磨性。用于低应力磨料磨损的工况,如电厂除灰系统灰渣泵中的易磨损件。其化学成分见表 1-53,力学性能见表 1-54。

4) 中合金白口铸铁 中合金白口铸铁中以 Cr 为主要合金元素,除 Cr 外还有以 Mn 或 W 作为主要合金元素的。其种类有镍硬白口铸铁、中铬白口铸铁、锰白口铸铁和钨铬白口铸铁四种。

**镍硬白口铸铁** 镍硬铸铁是含镍铬的白口铸铁,国际上通常称 Ni-Hard,按含铬的质量分数可分为 Cr2% 和 Cr9% 两种。镍硬白口铸铁的化学成分见表 1-55,其力学性能见表 1-56,其应用举例见表 1-57。

**中铬白口铸铁** Ni-Hard4 是中铬型的白口铸铁,其

表 1-53 硼白口铸铁化学成分(质量分数,%)

序号	名称	C	Si	Mn	S	P	B	Mo	Cu	Ti	RE
1	高碳低硼	2.9~	0.9~	0.5~	≤	≤	0.14~	0.5~	0.8~	≤	0.02~
	白口铸铁	3.2	1.6	1.0	0.05	0.1	0.25	0.7	1.2	0.18	0.08
2	低碳高硼	2.2~	0.9~	0.5~	≤	≤	0.4~	0.5~	0.8~	≤	0.02~
	白口铸铁	2.4	1.6	1.0	0.05	0.1	0.55	0.7	1.2	0.18	0.08

表 1-54 硼白口铸铁的组织 and 力学性能

序号	状态	金相组织	力学性能		
			硬度 HRC	冲击韧度 $\alpha_K$ ( $J \cdot cm^2$ )	抗弯强度 $\sigma_{0.1}$ (MPa)
1	铸态	Fe <sub>3</sub> (C, B)   少量 Fe <sub>2</sub> (C, B) <sub>6</sub>   珠光体—马氏体   残余奥氏体	52~58	3.5~1.2	440~560

(续)

序号	状态	金相组织	力学性能		
			硬度	冲击韧度 $\alpha_K$ ( $J/cm^2$ )	抗弯强度 $\sigma_{bb}$ MPa
1	940 C · 1h, 油淬	$Fe_3(C, B)$ + 少量 $Fe_{23}(C, B)_6$ + 二次碳化物 马氏体 + 残余奥氏体	HRC	4.4 ~ 8.1	
	62 ~ 65				
	250 C · 2h 回火				
2	铸态	$Fe_3(C, B)$ + 少量 $Fe_{23}(C, B)_6$ + 珠光体, 马氏体 - 残余奥氏体	49 ~ 54	2.5 ~ 3.4	150 ~ 510
	980 C / 1h, 油淬		63 ~ 65	3.3 ~ 4.1	—
	250 C · 2h 回火				



表 1-55 国际镍公司的镍硬铸铁化学成分(质量分数,%)

分 类	牌 号	C <sub>总</sub>	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Mo <sup>①</sup>
Cr2%类	Ni-Hard1	3.0~	0.3~	0.3~	≤0.15	≤0.30	3.3~	1.5~	0~
		3.6	0.5	0.7			4.8	2.6	0.4
	Ni-Hard2	≤2.9	0.3~ 0.5	0.3~ 0.7	≤0.15	≤0.30	3.3~ 5.0	1.4~ 2.1	0~ 0.4
Cr9%类	Ni-Hard3	1.0~	0.4~	0.4~	≤0.05	≤0.05	4.0~	1.4~	—
		1.6	0.7	0.7			4.75	1.8	
Cr9%类	Ni-Hard4	2.6~	1.8~	0.4~	≤0.1	≤0.06	5.0~	8.0~	0~
		3.2	2.0	0.6			6.5	9.0	0.4

注: 含  $w(\text{Cr})2\%$  的白口铸铁一般用冲天炉熔炼, 近代也有用电炉熔炼, 含  $w(\text{Cr})9\%$  的白口铸铁可用任何电炉熔炼, 铸件只作低温回火即可使用。Ni-Hard4 则必须经高温热处理才能使用。

① 特殊情况下采用。

表 1-56 镍硬铸铁的力学性能

牌 号	硬 度	抗弯强度 $\sigma_{bb}$ /MPa	挠度 $f$ /mm	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	弹性模量 $E$ /MPa	艾氏冲击吸收功 $A_k$ (φ30mm 试棒)
Ni-Hard1	砂型	550~650	2.0~2.8	230~350	169000~183000	28~41
	金属型	600~725	2.0~3.0	350~420	169000~183000	35~55
Ni-Hard2	砂型	525~625	2.5~3.0	320~390	169000~183000	35~48
	金属型	575~675	2.5~3.0	420~530	169000~183000	48~76
Ni-Hard4	砂型	550~700	2.0~2.8	500~600	196000	35~42
	金属型	600~725	2.5~3.8	680~870		48--76

中加入大量贵重的镍。为了不用镍，用Cu、Mo、Mn联合合金化，可以达到相同的目的，而得中铬白口铸铁。其化学成分和力学性能见表1-58。

表 1-57 镍硬铸铁交货状态及使用举例

牌 号	热处理方式	使 用 举 例
Ni-Hard1 Ni-Hard2	方法一： 275℃保温 12 ~ 24h，空冷	用于加工金属轧辊，包括心部为灰铸铁或球墨铸铁，外层为镍硬铸铁的双金属轧辊 制作球磨机衬板和磨球、磨煤机的辊套、输送管道、抛丸机或抛砂机中的易磨损件、杂质泵中的易磨损件
	方法二： 450℃保温 4h，空冷或炉冷至室温，或冷至 275℃继之以 275℃保温 4 ~ 16h，空冷	
Ni-Hard4	一般件： 750~800℃，保温 4~8h，空冷或炉冷	Ni-Hard3 主要用于球磨机的磨球 Ni-Hard4 可以作大于 200mm 厚的大铸件
	大型铸件： 550℃保温 4h，空冷，继之以 450℃保温 16h，空冷	

注：铸态镍硬铸铁具有足够的硬度，但冲击疲劳强度不高，为提高冲击疲劳强度，提高硬度和消除内应力，就要进行热处理。

表 1-58 中铬白口铸铁化学成分与力学性能

化学成分(质量分数,%)									力学性能				
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Cu	Al	使用 HRC	抗弯强 度 $\sigma_b$ (MPa)	挠度 / mm	冲击韧 度 (J/cm <sup>2</sup> )	热处理
2.6	0.4	1.5	0.010	0.010	8.0	0.32	0.002	0.2	75	784	2.29	6.36	880~920 C空冷
3.2	0.4	2.0	0.010	0.010	9.0	0.53	0.003	0.3	65	431	2.80	9.31	280~300 C回火

**锰白口铸铁** 这种铸铁以 Mn 为主要合金元素, 成本低, 但抗磨性较低, 铸造性能较差。其化学成分见表 1-59, 其力学性能见表 1-60。

表 1-59 锰白口铸铁化学成分(质量分数,%)

序号	名称	C	Si	Mn	Cr	Mo	Cu	S	P
1	中锰白口铸铁	2.5	0.6	5.0	0~1.0	0~0.6	0~1.0	0.010	0.010
		~	~	~					
		3.5	1.5	6.5					
2	奥氏体锰铸铁	1.7	0.8	7.0	—	—	—	0.1	0.1
		~		~					
		2.0		8.5					

**锰钨白口铸铁** 其化学成分见表 1-61, 其力学性能

见表 1-52。

表 1-60 锰白口铸铁的力学性能及应用举例

序号	状态	金相组织 (M-马氏体, A-奥氏体)	力学性能				用途 举例
			硬度 HRC	冲击韧性 度 $\alpha_k$ ( $J/cm^2$ )	抗弯强度 度 $\sigma_{bb}$ (MPa)	挠度 $f$ /mm	
1	铸态	$(Fe, Mn, Cr)_3C$	57~	4.0~	—	—	泵体、磨 球、衬板
		$\cdot M + Ar^0$	62	$10^1$			
2	铸态	$(Fe, Mn)_3C + A$	36~	6.8~	650~	3.2~	磨辊、齿 板
			37	$7.0^2$	720	3.6	
	980°C, 空 冷	$(Fe, Mn)_3C + M$ —Ar	33~ 35	17~ $.8^2$	800~ 830	4.2~ 4.6	

① 冲击试样为 10mm×10mm×55mm, 无缺口。

② 为  $\phi 15$ mm 试样艾氏冲击值。

③ Ar 为残余奥氏体, 下同。

表 1-61 锰钨白口铸铁化学成分(质量分数, %)

序号	名称	C	Si	Mn	P	S	W	V	Ti
1	锰钨耐磨 1 号	2.5~	1.0~	1.2~	$\leq$	$\leq$	1.2~	0~	0~
		3.0	1.5	1.6	0.12	0.15	1.8	0.3	0.3
2	锰钨耐磨 2 号	3.0~	0.8~	4.0~	$\leq$	$\leq$	2.5~	0~	0~
		3.5	1.2	6.0	0.12	0.15	3.5	0.3	0.3

表 1-62 锰钨白口铸铁力学性能及应用特点

序号	状态	金相组织 (S—索氏体, P—珠光体) M—马氏体	力学性能				应用特点
			硬度 HRC	冲击韧度 $\alpha_K$ / J/cm <sup>2</sup>	抗弯强度 $\sigma_{bb}$ / MPa	挠度 f /mm	
1	铸态	(Fe, W) <sub>3</sub> C + S— P	40~ 60	3.0~ 5.0	520~ 630	—	适用于要求机械加工的零件, 铸态使用
2	铸态	(Fe, Mn, W) <sub>3</sub> C + M+Ar	54~ 65	3.0~ 6.0	420~ 570	1.8~ 2.5	硬度较高, 在铸态使用

钨铬白口铸铁 其化学成分见表 1-63, 力学性能见表 1-64。

表 1-63 钨铬白口铸铁的化学成分  
(质量分数, %)

序号	名称	C	Si	Mn	W	Cr	Cu	S	P
1	W5Cr4	2.0~	0.5~	0.5~	4.5~	3.5~	—	≤	≤
		3.5	1.0	3.0	5.5	4.5			
2	W9Cr6	2.0~	0.5~	0.5~	8.5~	5.7~	—	≤	≤
		3.5	1.0	3.0	9.5	6.5			
3	W16Cr2	2.4~	0.3~	1.5~	15.0~	2.0~	1.0~	≤	≤
		3.0	0.5	3.0	18.0	3.0	2.0		

表 1-64 钨铬白口铸铁力学性能及应用

序号	铸态	金相组织	力学性能				应用
			硬度 HRC	冲击韧 度 $\alpha_k$ ( $J/cm^2$ )	抗弯强 度 $\sigma_{10}$ (MPa)	挠度 $f$ mm	
3	铸态	$(Fe, W)_3C + M$ - Ar	53~ 64	1.5	500	1.5~ 2.5	主要用于 冲击载荷不 大的低应力 冲蚀磨料磨 损和高应力 融磨磨料磨 损的场所
	900°C / 1.5h, 空冷 250°C 1h, 空冷	$(Fe, Cr, W)_3C$ - 二次碳化物 · M - Ar	58	4.0	-	-	
	铸态	$(Fe, W)_3C +$ $(Fe, W)_6C + M$ - Ar	58~ 62	5.5	510	2.0~ 2.5	
	铸态	$(Fe, W, Cr)_6C$ · A	55~ 60	5.0~ 8.0	500~ 750	1.8~ 2.2	
	920°C, 空 冷	$(Fe, W, Cr)_6C$ · $M_{23}C_6$ · M - Ar	63~ 65	4.5~ 5.5	630~ 650	2~ 2.0	

5) 高合金白口铸铁-高铬白口铸铁 在高合金白口铸铁中, 应用最为广泛的是含  $w(Cr) \approx 12\% \sim 20\%$  的高铬白口铸铁。高铬白口铸铁通常要用高温热处理来获得

表 1-65 美国 Climax 钼公司的高铬白口铸铁

牌号	牌号	化学成分(质量分数,%)										空冷时不析出珠光体的最大截面/mm	硬度 HRC	
		C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	Cu	铸态	淬火		退火	
	超高碳	3.6~4.3	0.3~0.8	0.7~1.0	<0.05	0.10	14~16	2.5~3.0	—	—	—	—	—	—
		15-3	3.2~3.6	0.3~0.8	0.7~1.0	0.05	0.10	14~16	2.5~3.0	—	—	70	51~56	62~57
	中碳		2.8~3.2	0.3~0.8	0.5~0.8	0.05	0.10	14~16	2.5~3.0	—	—	90	50~54	60~65
		15-2-1	2.4~2.8	0.3~0.8	0.5~0.8	0.05	0.10	14~16	2.4~2.8	—	—	120	44~48	58~63
	低碳		2.8~3.5	0.4~0.8	0.6~0.9	0.05	0.06	14~16	1.9~2.2	0.5~1.2	—	200 <sup>(1)</sup>	50~55	60~67
		20-2-1	2.6~2.9	0.4~0.8	0.6~0.9	0.05	0.06	18~21	1.4~2.0	0.5~1.2	—	>200	50~54	60~67

注：1. 表中 15-3 是指质量分数为 Cr15%-Mo3%，15-2-1 是指质量分数为 Cr15%-Mo2%-Cu1%。  
 2. 同一牌号高铬白口铸铁，又以碳的高低来区分，低碳的韧性好而硬度低，适用于冲击载荷较大的场合；高碳的则用于冲击载荷较小的场合，表现出良好的抗磨性。20-2-1 适用于厚壁件。

(1) 碳为下限时，大断面中可能出现贝氏体。



表 1-66 耐热铸铁牌号、成分、性能(GB9137 88)

牌 号	化学成分(质量分数,%)							抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	硬度 HBS
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al		
			$\leq$						
RTCr	3.0~ 3.8	1.5~ 2.5	1.0	0.20	0.12	0.50~ 1.00		200	189~ 288
	3.0~ 3.8	2.0~ 3.0	1.0	0.20	0.12	>1.00 ~2.00	—	150	207~ 288
RTCr16	1.6~ 2.4	1.5~ 2.2	1.0	0.10	0.05	15.00~ 18.00	—	340	400~ 450
	2.4~ 3.2	4.5~ 5.5	0.8	0.20	0.12	0.5~ 1.00	—	140	160~ 270
RQTSi4	2.4~ 3.2	3.5~ 4.5	0.7	0.10	0.03	—	—	480	187~ 269
	2.7~ 3.5	3.0~ 4.5	0.5	0.10	0.03	Mo0.3 ~0.7	—	540	197~ 280

表 1-73 铸造铝合金杂质允许含量 (GB/T1173-1995)

序号	合金牌号	合金代号	杂质的质量分数含量 (%) ≤													杂质总和						
			Fe		Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti	Zr	Ti+Zr	Be	Ni	Sn	Pb	S	J				
			S	J																		
1	ZAlSi7Mg	ZL101	0.5	0.9		0.2		0.3	0.35					0.25	0.1			0.01	0.05	1.1	1.5	
2	ZAlSi7MgA	ZL101A	0.2	0.2		0.1		0.1	0.10			0.20						0.01	0.03	0.7	0.7	
3	ZAlSi12	ZL102	0.7	1.0		0.3	0.10	0.1	0.5	0.2											2.0	2.2
4	ZAlSi3Mg	ZL104	0.6	0.9		0.1		0.25						0.15				0.01	0.05	1.1	1.4	
5	ZAlSi5Cu1-Mg	ZL105	0.6	1.0				0.3	0.5					0.15	0.1			0.01	0.05	1.1	1.4	
6	ZAlSi5Cu1-MgA	ZL105A	0.2	0.2				0.1	0.1									0.01	0.05	0.5	0.5	

(续)

序号	合金牌号	合金代号	杂质的质量分数含量(%)																
			Fe	Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Pb	Ti	Zr	Tr+Zr	Be	Ni	Sn	Ph	杂质总和		
			S	J													S	J	
7	ZAlSi8Cu1 Mg	ZL106	0.6	0.8			0.2									0.01	0.05	0.9	1.0
8	ZAlSi7Cu1	ZL107	0.5	0.6	0.1		0.3	0.3								0.01	0.05	1.0	1.2
9	ZAlSi12Cu2- Mg1	ZL108		0.7			0.2		0.2							0.3	0.01	0.05	1.2
10	ZAlSi2Cu1 -Mg1Ni1	ZL109	0.7				0.2	0.2	0.2	0.2						0.01	0.05		1.2
11	ZAlSi5Cu6- Mg	ZL110	0.8				0.6	0.5								0.01	0.05		2.7
12	ZAlSi9Cu2- Mg	ZL111	0.1	0.4			0.1									0.01	0.05	1.0	1.0
13	ZAlSi7Mg1.1	ZL114A	0.2	0.2	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1						0.01	0.03	0.75	0.75

(续)

序号	合金牌号	合金代号	杂质的质量分数含量(%)														杂质总和						
			Fe		Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Ti	Zr	Ti+Zr	Be	Ni	Sn	Pb	S	J					
			S	J																			
14	ZAlSi5Zn1 Mg	ZL115	0.3	0.3	0.1				0.1									0.01	0.05	0.3	1.0		
15	ZAlSi8MgBe	ZL116	0.6	0.6	0.3	0.3	0.1				0.2	0.2	0.10					0.01	0.05	1.0	1.0		
16	ZAlCu5Mn	ZL201	0.25	0.3	0.3			0.05	0.2			0.2									1.0	1.0	
17	ZAlCu5MnA	ZL201A	0.15		0.1		0.05	0.1			0.15											0.4	
18	ZAlCu4	ZL203	0.8	0.8	1.2			0.05	0.25	0.1	0.2	0.1						0.01	0.05	2.1	2.3		
19	ZAlCu5Mn CdA	ZL204A	0.15	0.15	0.06			0.05	0.1		0.15											0.4	
20	ZAlCu5Mn- CdVA	ZL205A	0.15	0.15	0.06			0.05										0.01				0.3	0.3

(续)

序号	合金牌号	合金代号	杂质的质量分数含量(%)														杂质总和		
			Fe		Si	Cu	Mg	Zn	Mn	Pb	Ni	Sn	Pb	Zr	Hf	Zr	S	P	
			S	P															
21	ZAlRE5Cu3 Si2	ZL207	0.6	0.6			0.2											0.8	0.8
22	ZAlMg10	ZL301	0.3	0.3	0.3	0.10		0.15	0.2						0.07	0.05		1.0	1.0
23	ZAlMg5Si3	ZL303	0.5	0.5		0.1		0.2										0.7	0.7
24	ZAlMg8Zn1	ZL305	0.3		0.2	0.1		0.1											0.3
25	ZAlZn11Si7	ZL104	0.7	1.2		0.6												1.8	2.0
26	ZAlZn6Mg	ZL402	0.5	0.6	0.3	0.25		0.1										1.35	1.65

注：熔模及壳型铸造的主要元素及杂质含量按表 1-73 表 1-74 中砂型指标检验。

表 1-74 铸造铝合金的力学性能(GB/T1173—1995)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
1	ZAlSi7Mg	ZL101	S,R,J,K	F	155	2	50
			S,R,J,K	T <sub>2</sub>	135	2	45
			JB	T <sub>4</sub>	185	4	50
			S,R,K	T <sub>4</sub>	175	4	50
			J,JB	T <sub>5</sub>	205	2	60
			S,R,K	T <sub>5</sub>	195	2	60
			SB, RB, KB	T <sub>5</sub>	195	2	60
			SB, RB, KB	T <sub>6</sub>	225	1	70
			SB, RB, KB	T <sub>7</sub>	195	2	60
			SB, RB, KB	T <sub>8</sub>	155	3	55
2	ZAlSi7MgA	ZL101A	S,R,K	T <sub>4</sub>	195	5	60
			J, JB	T <sub>4</sub>	225	5	60

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HRS(5/ 250/30)
2	ZAISi7MgA	ZL101A	S, R, K	T <sub>5</sub>	235	4	70
			SB, RB, KB	T <sub>6</sub>	235	4	70
			JB, J	T <sub>5</sub>	265	4	70
			SB, RB, KB	T <sub>6</sub>	275	2	80
			JB, J	T <sub>6</sub>	295	3	80
3	ZAISi12	ZL102	SD, JB, RB, KB	F	145	4	50
			J	F	155	2	50
			SB, JB, RB, KB	T <sub>3</sub>	135	4	50
			J	T <sub>2</sub>	115	3	50
4	ZAISi9Mg	ZL104	S, J, R, K	F	145	2	50
			J	T <sub>1</sub>	195	1.5	65
			SB, RB, KB	T <sub>6</sub>	225	2	70

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
4	ZAlSi9Mg	ZL101	J, JB	T <sub>6</sub>	235	2	70
5	ZAlSi5Cu1Mg	ZL105	S, J, R, K	T <sub>1</sub>	155	0.5	65
			S, R, K	T <sub>2</sub>	195	1	70
			J	T <sub>3</sub>	235	0.5	70
			S, R, K	T <sub>6</sub>	225	0.5	70
			S, J, R, K	T <sub>7</sub>	175	1	65
6	ZAlSi5Cu1MgA	ZL105A	S, R, K	T <sub>5</sub>	275	1	80
			J, JB	T <sub>6</sub>	295	2	80
7	ZAlSi8Cu1Mg	ZL106	SB	F	175	1	70
			JB	T <sub>1</sub>	195	1.5	70
			SB	T <sub>5</sub>	235	2	60
			JB	T <sub>5</sub>	255	2	70



(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
7	ZAlSi8Cu1Mg	ZL106	SB	T <sub>2</sub>	245	1	80
				T <sub>3</sub>	265	2	70
				T <sub>4</sub>	225	2	60
				T <sub>5</sub>	245	2	60
8	ZAlSi7Cu4	ZL107	SB	F	165	2	65
				T <sub>6</sub>	245	2	90
				F	195	2	70
				T <sub>4</sub>	275	2.5	100
9	ZAlSi2Cu2Mg1	ZL108	J	T <sub>1</sub>	195	-	85
				T <sub>6</sub>	255	-	90
10	ZAlSi2Cu1Mg1Ni1	ZL109	J	T <sub>1</sub>	195	0.5	90
				T <sub>4</sub>	245	-	100

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
11	ZAlSi5Cu6Mg	ZL110	S	F	125	—	80
			J	F	155	—	80
			S	T <sub>1</sub>	145	—	80
			J	T <sub>1</sub>	165	—	90
12	ZAlSi9Cu2Mg	ZL111	J	F	205	1.5	80
			SB	T <sub>4</sub>	255	1.5	90
			J, JB	T <sub>6</sub>	315	2	100
13	ZAlSi7Mg1A	ZL114A	S, B	T <sub>5</sub>	290	2	85
			J, JB	T <sub>5</sub>	310	3	90
14	ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	S	T <sub>4</sub>	225	4	70
			J	T <sub>4</sub>	275	6	80
			S	T <sub>5</sub>	275	3.5	90

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
14	ZAlSi5Zn1Mg	ZL115	J	T <sub>6</sub>	315	5	100
15	ZAlSi8MgBe	ZL116	S	T <sub>4</sub>	255	4	70
			J	T <sub>4</sub>	275	6	80
			S	T <sub>5</sub>	295	2	85
			J	T <sub>5</sub>	335	4	90
16	ZAlCu5Mn	ZL201	S, J, R, K	T <sub>4</sub>	295	8	70
			S, J, R, K	T <sub>5</sub>	335	4	90
			S	T <sub>7</sub>	315	2	80
17	ZAlCu5MnA	ZL201A	S, J, R, K	T <sub>5</sub>	390	8	100
18	ZAlCu4	ZL203	S, R, K	T <sub>4</sub>	195	6	60
			J	T <sub>4</sub>	205	6	60

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能·不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
18	ZAlCu4	ZL203	S、R、K J	T <sub>5</sub> T <sub>5</sub>	215 225	3 3	70 70
19	ZAlCu5MnCdA	ZL204A	S	T <sub>6</sub>	440	4	100
20	ZAlCu5MnCdVA	ZL205A	S S S	T <sub>5</sub> T <sub>6</sub> T <sub>7</sub>	440 470 460	7 3 2	100 120 110
21	ZAlRE5Cu3Si2	ZL207	S J	T <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	165 175	—	75 75
22	ZAlMg10	ZL301	S、J、R	T <sub>4</sub>	280	10	60
23	ZAlMg5Si1	ZL303	S、J、R、K	F	145	1	55

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法	合金状态	力学性能, 不低于		
					抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS(5/ 250/30)
24	ZAlMg8Zn1	ZL305	S	T <sub>4</sub>	290	8	90
25	ZAlZn11Si7	ZL401	S、R、K	T <sub>1</sub>	195	2	80
			J	T <sub>1</sub>	245	1.5	90
26	ZAlZn6Mg	ZL402	J	T <sub>1</sub>	235	4	70
			S	T <sub>1</sub>	215	4	65

注: 1. 表中的合金铸造方法、变质处理符号为: S—砂型铸造, J—金属型铸造, R—熔模铸造, K—壳型铸造, B—变质处理。

2. 表中合金状态代号为: F—铸态, T<sub>1</sub>—人工时效, T<sub>2</sub>—退火, T<sub>3</sub>—固溶处理加自然时效, T<sub>5</sub>—固溶处理加不完全人工时效, T<sub>6</sub>—固溶处理加完全人工时效, T<sub>7</sub>—固溶处理加稳定化处理, T<sub>8</sub>—固溶处理加软化处理。

表 1-75 铸造铝合金主要特性和应用举例

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL101	砂型、金属型、壳模和熔模铸造	<p>系铝硅镁系列二元合金,特性是:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铸造性能良好,其流动性高,无热裂倾向,线收缩小,气密性高,但稍有产生集中缩孔和气孔倾向。</li> <li>2. 有相当高的耐蚀性,在这方面与ZL102相近。</li> <li>3. 可经热处理强化。</li> <li>同时,合金淬火后,有自然时效能力,因而具有较高强度和塑性。</li> <li>4. 易于焊接,切削加工性能中等。</li> <li>5. 耐热性不高。</li> <li>6. 铸件可经变质处理或不经变质处理</li> </ol>	适用于铸造形状复杂承受中等负荷的零件,也可用于要求高的气密性、耐蚀性和焊接性能良好的零件,但工作温度不得超过200°C,如水泵及传动装置壳体,水冷发动机气缸体,抽水机壳体,仪表外壳,汽化器等
	ZL101A		成分、性能和ZL101基本相同,但其杂质含量低,且加入少量Ti以细化晶粒,故其力学性能比ZL101有较大程度提高	同ZL101。主要用于铸造高强度铝合金铸件

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL102	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系典型的铝硅二元合金，是应用最早的一种普通硅铝明合金，特性是：1. 铸造性能和ZL101一样好，但在铸件断面厚大处易产生缩孔，吸气倾向较大。2. 耐蚀性高，能经受得住湿的大气、海水、二氧化碳、浓硝酸、氨、硫、过氧化氢的腐蚀作用。3. 不能热处理强化，力学性能不高，但随铸件壁厚增加，强度降低的程度小。4. 焊接性能良好，但切削性能差，耐热性不高。5. 须经变质处理	常在铸态或退火状态下使用，适用于铸造形状复杂，承受较低载荷的薄壁铸件以及要求耐腐蚀和气密性高，工作温度小于或等于200℃的零件、如仪表壳体，机器罩，盖子，船舶零件等

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL104	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝硅镁锰系列四元合金，特性是：1. 铸造性能良好，流动性好，无热裂倾向，气密性良好，线收缩小，但吸气倾向大，易于形成针气。2. 可经热处理强化，室温力学性能良好，但高温性能较差（只能在小于或等于 200℃ 下使用）。3. 耐腐蚀性好（类似于 ZL102，但较 ZL102 低）。4. 切削加工性能和焊接性能一般。5. 铸件须经变质处理	适于铸造形状复杂薄壁、耐腐蚀和承受较高静载荷和冲击载荷的大型铸件，如水冷式发动机的曲轴箱，滑块和气缸盖、气缸体及其它重要零件，但不宜于工作温度超过 200℃ 的场所



(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL105	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝、硅、铜、镁系列四元合金。特性是：1. 铸造性能良好，流动性好，收缩率较低，吸气倾向小，气密性良好，热裂倾向小。2. 熔炼工艺简单，不需采用变质处理和高压下结晶等工艺措施。3. 可热处理强化，至温强度较高，但塑性、韧性较低。4. 高温力学性能良好。5. 焊接性能和切削加工性能良好。6. 耐蚀性尚可	适于铸造形状复杂、承受较高静载荷的零件以及要求焊接性能良好，气密性高或工作温度在 225℃ 以下工作的零件，如：水冷发动机气缸体、气缸头、气缸盖，空冷发动机头和发动机曲轴箱等。ZL105 合金在航空工业中应用相当广泛

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL105A		特性和 ZL105 基本相同,但其杂质 Fe 的含量较少,且加入少量 Ti 细化晶粒,属于优质合金,故其强度高于 ZL105 合金	同 ZL105。主要用于铸造强度高 的铝合金铸 件
	ZL106	砂型、金属型铸造	系铝硅铜镁锰多元合金,特性是: 1. 铸造性能良好,流动性好、气密性高、无热裂倾向、线收缩小,产生缩孔气孔倾向也较小。2. 可经热处理强化,室温下具有较高力学性能,高温性能也较好。3. 焊接和切削加工性能良好。4. 耐腐蚀性能接近于 ZL101 合金	适于铸造形状复杂,承受高静载荷的零件,也可用于要求气密性高或工作温度在 225℃ 以下的零件,如泵体、水冷发动机的气缸头等

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL107	砂型、金属型铸造	系铝硅铜三元合金，铸造流动性 和抗热裂倾向均较 ZL101、ZL102 及 ZL104 差，但比铝-铜、铝-镁合金 要好的多；吸气性较 ZL101、ZL102 小，可热处理强化，在 20~250℃ 温 度范围内力学性能较 ZL104 高；切 削加工性能良好，耐腐蚀性不高；铸 件需进行变质处理(砂型)	用于铸造形状复杂、 壁厚不均、承受较高负 荷的零件，如机架、柴 油发动机的附件、汽化 器零件、电气设备外壳 等

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL108	金属型铸造	系铝、硅、铜、镁、锰多元合金，是我國目前常用的一种活塞铝合金，其特性是：1. 密度小、热膨胀系数低、热导率高、耐热性能好，但切削加工性能较差；2. 铸造性能良好、流动性好、无热裂倾向、气密性高、线收缩小，但易形成集中缩孔，且有较大的吸气倾向。3. 可经热处理强化，室温 and 高温力学性能都较高。4. 熔炼中需经变质处理，一般在硬模中(金属模)铸造，可以得到尺寸精确的零件，节省了加工时间，也是其一大优点	主要用于铸造汽车、拖拉机的发动机活塞和其它在250℃以下高温中工作的零件，当要求热膨胀系数小、强度高、耐腐蚀性高时，也可采用这种合金

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL109	金属型铸造	系加有部分Ni的铝、硅、铜、铁多元合金和ZL108一样,也是一种常用的活寒铝合金,其性能和ZL108相似。加Ni的目的在于提高其高温性能,但实际上效果并不显著,故在这种合金中的含Ni量有降低和取消的倾向	同ZL108合金

(续)

系 列	合 金 代 号	铸 造 方 法	主 要 特 性	应 用 举 例
(1) 铝硅合金	ZL111	砂型、金属型铸造	系铝硅铜镁钛多元合金、特性是：1. 铸造性能良好，流动性好、充型能力优良，一般无热裂倾向，线收缩小，气密性高，可经受过高压气体和液体的作用。2. 在熔炼中需经变质处理，可经热处理强化，在铸态或热处理后的力学性能是铝硅系合金中最好的，可和高强铸铝合金 ZL201 相媲美，且高温性能也较好。3. 切削加工性能和焊接性良好。4. 耐蚀性较差	适用于铸造形状复杂，承受高负荷、气密性要求高的大型铸件以及在高压气体或液体下工作的大型铸件，如转子发动机的缸体、缸盖、水泵叶轮和军事工业中的大型壳体等重要机件

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL114A	砂型、金属型铸造	这是成分、性能和ZL101A优质合金相近似的铝硅系铝合金。由于杂质含量少，含镁量较ZL101A高，且加入少量的铍以消除杂质Fe的有害作用，故在保持ZL101A优良的铸造性能和耐蚀性的同时，显著提高了合金的强度	这种合金是铝硅系合金中强度最高的品种之一，主要用于铸造形状复杂、高强度铝合金铸件，由于铸较昂贵，同时合金的热处理温度要求控制较严，热处理时间较长等原因，应用受到一定限制

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL115	砂型、金属型铸造	系加入少量锶的铝、硅、镁、锌多元合金。加锶的目的是作为共晶硅的长效变质剂，以提高合金在热处理后的力学性能；成分中的锌也可起到辅助强化作用。因此这种合金特性是：在具有铝、硅、镁系合金优良的铸造性能和耐蚀性的同时，兼有高的强度和塑性，是铝硅合金中高强度品种之一	主要用于铸造形状复杂，高强度铝合金铸件以及耐蚀的零件 这种合金在熔炼中不需再经变质处理



(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(1) 铝硅合金	ZL116	砂型、金属型铸造	系铝硅镁铍多元合金,其特点是:杂质中允许较多的Fe含量和含有少量的Be; Be的作用是使Fe形成化合物,使粗大针状的含Fe相变成团状,同时,铍还有促进时效强化的作用,故加铍后显著提高了合金的力学性能,使其成为铝硅合金中高强度品种之一。加Be还提高耐腐蚀性。由于合金的含硅量高,有利获得致密的铸件	适用于制造承受高压的油壳泵体等发动机附件以及其它外形复杂、要求高强度、高耐腐蚀性的机件 因Be的价格甚贵,且有毒,所以这种合金在使用上受到一定限制

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(2) 铝铜合金	ZL201	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系加有少量锰、钛元素的铝-铜合金,其特性是:1.铸造性能不好,流动性差,形成热裂和缩孔倾向大,线收缩大,气密性低,但吸气倾向小。2.可热处理强化、经热处理后,合金具有很高的强度和良好的塑性、韧性,同时,耐热性高。在强度高和耐热性两方面,ZL201是铸造铝合金中最好的合金。3.焊接性能和切削加工性能良好。4.耐蚀性能差	适用于铸造工作温度为175~300°C或窄温下承受高负荷、形状不太复杂的零件,也可用于低温下(-70°C)承受高负荷的零件,是用途较广的一种铝合金

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(2) 铝铜合金	ZL201A	同ZL201	成分性能和 ZL201 基本相同,但其杂质控制较严,属于优质合金,力学性能高于 ZL201 合金	同 ZL201, 主要用于要求高强度铝合金铸件的场所
	ZL202	砂型、金属型铸造	这是一种典型的铝-铜二元合金,特性是:1. 铸造性能不好,流动性、收缩和气密性等均一般,但较 ZL203 要好,热裂倾向大,吸气倾向小。2. 热处理强化效果差,合金强度低,塑性及韧性差,并随铸件壁厚增加而明显降低。3. 熔炼工艺简单,不需要进行变质处理。4. 有良好的切削加工性能和焊接性能;耐蚀性差,密度大。5. 耐热性较好	用于铸造小型、低载荷的零件,也可用于铸造在较高工作温度下( $\leq 250^{\circ}\text{C}$ )工作的零件,如小型内燃发动机的活塞和气缸头等。此合金,山上密度大、强度低,脆性高,已为其它合金所取代,现在很少应用

(续)

系 列	合金 代号	铸造 方法	主 要 特 性	应 用 举 例
(2) 铝铜合金	ZL203	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	<p>这是一种典型的铝-铜二元合金(含铜量比ZL202低),特性是</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铸造性能差,流动性低,形成热裂和疏松倾向大,线收缩大、气密性一般,但吸气倾向小;</li> <li>2. 经淬火处理后,有较高的强度和好的塑性;铸件经淬火后有自然时效倾向;</li> <li>3. 熔炼工艺简单,不需要变质处理;</li> <li>4. 切削加工性能和焊接性良好;</li> <li>5. 耐腐蚀性差(特别是在人工时效状态下的铸件);</li> <li>6. 耐热性不高</li> </ol>	<p>适于铸造形状简单,承受中等静载荷或冲击载荷,工作温度不超过200℃并要求切削加工性能良好的小型铸件,如曲轴箱,支架、飞轮盖等</p>

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(2) 铝铜合金	ZL 204A	砂型铸造	这是加入少量Cd、Ti元素的铝-铜合金，通过加入少量Cd以加速合金的结晶，并降低合金中有害杂质含量，选择合适的热处理工艺而获得 $\sigma_b$ 达137MPa的高强度耐热铝合金。这种合金属于固溶体型合金，结晶间隔较宽，铸造工艺较差，一般用于砂型铸造。不适用于金属型铸造。	这类高强度耐热铸铝合金的力学性能达到了铸铝合金的水平，它们的力学性能可以与一般的铸铝合金媲美。作为受力构件，在航空工业中获广泛应用。
	ZL 205A	砂型铸造	性能同ZL204A。这是在ZL204A的基础上加入了Cd、V、Zr、B等微量元素而发展起来的。 $\sigma_b$ 达137MPa以上的高强度耐热铝合金，微量V、B、Zr等元素能进一步提高合金的热强度，Cd能改善合金的人工时效效果，显著提高合金的力学性能。合金的耐热性高于ZL204A。	同ZL204A

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(3) 铝稀土金属合金	ZL207A	砂型、金属型铸造	<p>系 Al-RE(富铈混合稀土金属)为基的铸造铝合金。这种合金除含有较高的 RE 以外, 还含有 Cu、Si、Mn、Ni、Mg、Zr 等元素。特性是:</p> <p>1. 耐热性好, 可在高温下长期使用, 工作温度可达 400℃。2. 铸造性能良好, 结晶温度范围只有 30℃左右, 充型能力良好, 且形成针孔的倾向较小, 铸件的气密性高, 不易产生热裂和疏松。3. 缺点是室温力学性能较低, 成分复杂</p>	可用于铸造形状复杂, 受力不大, 在高温下长期工作的铸件

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(4) 铝镁合金	ZL301	砂型、金属型和模铸造	系典型的铝-镁二元合金，其特性是：1. 在海水、大气等介质中有很高的耐蚀性，在这方面是铸造铝合金中最好的。2. 铸造性能差，流动性产生气孔，形成热裂的倾向一般，易产生显微疏松、气密性低，收缩率低，吸气倾向大。3. 可热处理强化，铸件在淬火状态下使用，具有较高的强度和良好的塑性、韧性，但具有自然时效倾向。在长期使用过程中，塑性明显下降、变脆，并出现应力腐蚀倾向。4. 耐热性不高。5. 切削加工性能良好，可以达到很低的表面粗糙度，表面经抛光后，能长期保持原来的光泽。6. 焊接性能较差。7. 熔炼容易氧化、且熔铸工艺较复杂，废品率高。	适用于铸造高静载荷和冲击载荷，暴露在大气或海水等腐蚀介质中，工作温度不超过200℃，形状简单的大、中、小型零件，如雷达底座、水上飞机和船舶配件(发动机匣、起落架零件，船用舷窗等)及其它装饰用零部件等

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(4) 铝镁合金	ZL303	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	<p>这是添加 <math>w(\text{Si}) = 1\%</math> 左右和少量 <math>\text{Mn}</math> 及 <math>w(\text{Mg}) = 5\%</math> 左右的铝镁-硅系合金, 其特性是, 1. 耐腐蚀性能高, 并类似接近 ZL301 合金, 2. 铸造性能尚可, 流动性一般, 有氧化, 吸气, 形成缩孔的倾向 (但比 ZL301 好), 收缩率大, 气密性一般, 形成热裂倾向比 ZL301 小, 3. 在铸态下具有一定力学性能, 但不能经热处理明显强化, 4. 高温性能较 ZL301 好, 5. 切削性能和抛光性与 ZL301 一样好, 而焊接性则较 ZL301 有明显改善, 6. 生产工艺简单, 但熔炼中容易氧化和吸气</p>	<p>适用于铸造同腐蚀介质接触和在较高温度 (<math>\leq 220^\circ\text{C}</math>) 下工作, 承受中等负荷的船舶、航空及内燃机零件, 如海轮配件, 各种壳体, 气冷发动机气缸头以及其它装饰性零部件等</p>



(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(4) 铝镁合金	ZL305	砂型铸造	这是加入少量 Be、Ti 元素的铝-镁-锌系合金,它是 ZL301 的改型合金,由于 ZL301 有自然时效倾向,力学性能稳定性差和有应力腐蚀倾向,故应用受到很大限制。针对 ZL301 合金这一缺点,降低其 Mg 含量,并加入 Zn 及少量 Ti,从而提高了合金的自然时效稳定性和抗应力腐蚀能力。合金中加入微量 Be,可防止在熔炼和铸造过程中的氧化现象。合金其它性能均与 ZL301 相近	用途与 ZL301 基本相同,但工作温度不宜超过 100°C。因为这种合金在人工时效温度超过 100°C 时,大量强化相析出,抗拉强度虽有提高,但塑性大幅度下降,应力腐蚀现象也同时加剧

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(b) 铝锌合金	ZL401	砂型、金属型、壳型和熔模铸造	系铝、锌、硅、镁四元合金，俗称锌硅铝明，其特性是：1. 铸造性能好，流动性好，产生缩孔和形成热裂的倾向小，线收缩小，但有较大的吸气倾向；2. 在熔炼中需进行变质处理。3. 它的主要优点在于铸态下具有自然时效能力，因而即可获得高的强度，不必进行热处理。4. 耐热性好、耐腐蚀性一般、密度大。5. 焊接和切削加工性能良好。6. 价格便宜	适于铸造大型、复杂和承受高的静载荷而又不便进行热处理的零件。但工作温度不得超过200℃，如汽车零件、医疗器械、仪器零件、日用品等。因密度大，在某些场合下限制了它的应用

(续)

系列	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
(5) 铝锌合金	ZL402	砂型和金属型铸造	这是含有少量Cr和Ti的铝锌镁系合金, 其特性是: 1. 铸造性能尚好, 流动性和气密性良好, 疏松和热裂倾向都不大。2. 在铸态时效后即可获得较高的力学性能, 在-70°C的低温下仍能保持良好的力学性能, 但高温性能低(工作温度小于等于150°C)。3. 有良好的耐腐蚀性和抗应力腐蚀性能, 在这方面超过铝铜合金而接近于铝硅合金。4. 切削加工性能良好, 焊接性能一般。5. 铸件经人工时效后尺寸稳定。6. 密度较大	用于承受高的静载荷和冲击载荷而又不便进行热处理的铸件, 也可用于要求同腐蚀介质接触和尺寸稳定性高的零件, 如高速旋转的整铸叶轮, 飞机起落架, 空气压缩机活塞, 精密仪表零件等。因密度大也限制了它的应用

表 1-76 铸造铜合金的牌号及化学成分(GB1176 87)

序号	合金牌号	合金名称	主要化学成分(质量分数,%)													
			Sn	Zn	Pb	P	Ni	Al	Fe	Mn	Si	Cu				
1	ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	3-8-6-1 锡青铜	2.0~4.0 4.0	6.0~9.0 9.0	4.0~7.0 7.0		0.5~1.5								余量	
2	ZCuSn3Zn11Pb4	3-11-1 锡青铜	2.0~4.0 4.0	9.0~13.0 13.0	3.0~6.0 6.0											余量
3	ZCuSn5Pb5Zn5	5-5-5 锡青铜	4.0~6.0 6.0	4.0~6.0 6.0	4.0~6.0 6.0											余量
4	ZCuSn10Pb1	10-1 锡青铜	9.0~11.5			0.5~1.0										余量
5	ZCuSn10Pb5	10-5 锡青铜	9.0~11.0		4.0~6.0											余量
6	ZCuSn10Zn2	10-2 锡青铜	9.0~11.0 11.0	1.0~3.0												余量
7	ZCuPb10Sn10	10-10 铅青铜	9.0~11.0 11.0		8.0~11.0											余量

(续)

序号	合金牌号	合金名称	主要化学成分(质量分数,%)												
			Sn	Zn	Pb	P	Ni	Al	Fe	Mn	Si	Cu			
8	ZCuPb15Sn8	15—8 铅青铜	7.0~9.0		13.0~17.0										余量
9	ZCuPb17Sn4Zn4	17—4—4 铅青铜	3.5~5.0	2.0~6.0	14.0~20.0										余量
10	ZCuPb20Sn5	20—5 铅青铜	4.0~6.0		18.0~23.0										余量
11	ZCuPb30	30 铅青铜			27.0~33.0										余量
12	ZCuAl8Mn13Fe3	8 13 3 铝青铜								7.0~9.0	2.0~4.0	12.0~14.5			余量
13	ZCuAl8Mn13Fe3- Ni2	8—13—3—? 铝青铜							1.8~2.5	7.0~8.5	2.5~4.0	11.5~14.0			余量
14	ZCuAl9Mn2	9—? 铝青铜								8.0~10.0		1.5~2.5			余量

(续)

序号	合金牌号	合金名称	主要化学成分(质量分数,%)										
			Sn	Zn	Pb	P	Ni	Al	Fe	Mn	Si	Cu	
15	ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	9-4-4-2 铝青铜					4.0~5.0	8.5~10.0	4.0~5.0	0.8~2.5			余量
16	ZCuAl10Fe3	10-3 铝青铜						8.5~11.0	2.0~4.0				余量
17	ZCuAl10Fe3Mn2	10-3-2 铝青铜						9.0~11.0	2.0~4.0	1.0~2.0			余量
18	ZCuZn38	38 黄铜		余量									60.0~63.0
19	ZCuZn25Al6Fe3Mn3	25-6-3-3 铝黄铜		余量				4.5~7.0	2.0~4.0	1.5~4.0			60.0~66.0
20	ZCuZn26Al4Fe3Mn3	26-4-3-3 铝黄铜		余量				2.5~5.0	1.5~4.0	1.5~4.0			60.0~66.0
21	ZCuZn31Al2	31-2 铝黄铜		余量				2.0~3.0					66.0~68.0

(续)

序号	合金牌号	合金名称	主要化学成分(质量分数,%)											
			Sn	Zn	Pb	P	Ni	Al	Fe	Mn	Si	Cu		
22	ZCuZn35Al2Mn2Fe1	35-2-2-1 铝黄铜		余量					0.5~ 2.5	0.5~ 2.0	0.1~ 3.0			57.0 ~ 65.0
23	ZCuZn38Mn2Pb2	38-2-2 黄铜		余量	1.5~ 2.5						1.5~ 2.5			57.0 ~ 60.0
24	ZCuZn40Mn2	40-2 铜		余量							1.0~ 2.0			57.0 ~ 60.0
25	ZCuZn40Mn3Fe1	40-3 1 黄铜		余量							3.0~ 4.0			3.0 - 58.0
26	ZCuZn33Pb2	33 2 铜		余量	1.0~ 3.0									63.0 ~ 57.0
27	ZCuZn40Pb2	40-2 铜		余量	0.5~ 2.5				0.2~ 0.8					58.0 ~ 63.0
28	ZCuZn16Si4	16 4 铜		余量									2.5~ 4.0	79.0 ~ 81.0

注：牌号中“ZCu”表示“铸铜”，其后排列的是合金元素符号，数字是其名义质量分数。

表 1-77 铸造铜合金的力学性能 (GB 1176 87)

序号	合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于			
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	布氏硬度 HBS
1	ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	S	175		8	60
		J	215		10	70
2	ZCuSn3Zn11Pb4	S	175		8	60
		J	215		10	60
3	ZCuSn5Pb5Zn5	S、J	200	90	13	60*
		Li、La	250	100*	13	65*
4	ZCuSn10Pb1	S	220	130	3	80*
		J	310	170	2	90*
		Li	330	170*	4	90*
		La	360	170*	6	90*



(续)

序号	合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于			
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	布氏硬度 HBS
5	ZCuSn10Pb5	S	195		10	70
		J	245		10	70
6	ZCuSn10Zn2	S	240	120	12	70*
		J	245	140*	6	80*
		Li, La	270	140*	7	80*
7	ZCuPb10Sn10	S	180	80	7	60*
		I	220	140	5	70*
		Li, La	220	110*	6	70*
8	ZCuPb15Sn8	S	170	80	5	60*
		J	200	100	6	65*
		Li, La	220	100*	8	65*

(续)

序号	合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于				布氏硬度 HBS
			抗拉强度 $\sigma_b/\text{MPa}$	屈服强度 $\sigma_{0.2}/\text{MPa}$	伸长率 $\delta(\%)$		
9	ZCuPb17Sn4Zn4	S	150		5	55	
		J	175		7	60	
10	ZCuPb20Sn5	S	150	60	5	45*	
		J	150	70*	6	55*	
11	ZCuPb30	La	180	80*	7	55*	
		J	—			25	
12	ZCuAl8Mn13Fe3	S	600	270*	15	160	
		J	650	280*	10	170	
13	ZCuAl8Mn13Fe3- Ni2	S	645	280	20	160	
		J	670	310*	18	170	

(续)

序号	合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于			
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	布氏硬度 HBS
14	ZCuAl9Mn2	S	390		20	85
		J	440		20	95
15	ZCuAl9Fe4Ni4Mn2	S	630	250	16	160
		S	490	180	13	100*
16	ZCuAl10Fe3	J	540	200	15	110*
		Li, La	540	200	15	110*
17	ZCuAl10Fe3Mn2	S	490		15	110
		J	540		20	120
18	ZCuZn38	S	295		30	60
		J	295		30	70

(续)

序号	合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于			
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_s$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	布氏硬度 HBS
19	ZCuZn25Al6Fe3Mn3	S	725	380		
		J	740	400*	7	170*
		Li, La	710	400	7	170*
		S	600	300	18	120*
20	ZCuZn26Al4Fe3Mn3	J	600	300	18	130*
		Li, La	600	300	18	130*
21	ZCuZn31Al2	S	295		12	80
		J	390		15	90
22	ZCuZn35Al2Mn2Fe1	S	450	170	20	100*
		J	475	200	18	110*
		Li, La	475	200	18	110*

(续)

序号	合金牌号	铸造方法	力学性能, 不低于			
			抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	屈服强度 $\sigma_{0.2}$ /MPa	伸长率 $\delta$ (%)	布氏硬度 HBS
23	ZCuZn38Mn2Pb2	S	245		10	70
		J	345		18	80
24	ZCuZn40Mn2	S	345		20	80
		J	390		25	90
25	ZCuZn40Mn3Fe1	S	440		18	100
		J	490		15	110
26	ZCuZn33Pb2	S	180	70*	12	50*
27	ZCuZn40Pb2	S	220		15	80*
		J	280	120*	20	90*
28	ZCuZn16Si4	S	315		15	90
		J	390		20	100

注: 1. 表中铸造方法 S—砂型铸造; J—金属型铸造; L<sub>a</sub>—离心铸造; L<sub>a</sub> 连续铸造;

2. 有“\*”符号的数字为参考值。

3. 布氏硬度试验力的单位为牛顿(N)。

表 1-78 铸造铜合金的主要特性和应用举例

分类	合金代号 铸造方法	主要特性	应用举例	
锡 青 铜	3---8--- 6---1 锡青铜	砂型、 金属型 铸造	这是在铜锡合金中加入一些锌、铅、镍元素而形成的锡青铜,其特性是:有良好的铸造工艺性能和耐蚀性,气密性好,可在流动的海水中工作	适于在压力为2.5MPa的蒸汽、海水及淡水中工作的管配件以及工作温度在225℃左右的薄壁(<12mm)铸件、泵体、加油器、轴承等
	3---11---4 锡青铜	砂型、 金属型 铸造	这是在二元锡青铜合金中加入一些锌、铅而形成的四元锡青铜。其特性是:有良好铸造工艺性能和耐蚀性,易加工	适于管路用的配件,旋塞、止动器、污水管和燃气管接头等
	5---5---3 锡青铜	砂型、金 属型、离 心铸造和 连续铸造	这是在二元锡青铜合金中加入一些锌、铅形成的四元锡青铜,其特性是:有中等的强度、良好的耐磨性、耐蚀性,易加工	适于压力10MPa,速度2.5m/s条件下工作的轴承、轴套及其它耐磨零件

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
锡 青 铜	10-1 锡青铜	砂型、金属型、离心铸造、连续铸造	这是在二元锡青铜合金中加入一些磷而形成的三元锡青铜,其特性是:有良好的耐磨、耐蚀、耐压性,强度高,工作温度可达260℃	适于制造电动机轴承,机床螺杆、螺母、发动机进排气门导套、蜗杆、齿轮、轮缘、叶轮、轴套、衬套等
	10-5 锡青铜	砂型、金属型铸造	这是在二元锡青铜合金中加入一些铅而形成的三元锡青铜,其特性是:有较高的强度,良好的耐磨性、耐蚀性,特耐稀硫酸、盐酸和脂肪酸	适于在中高速、重载荷条件下工作的轴承,环体耐蚀的耐件
	10-2 锡青铜	砂型、金属型、离心铸造、连续铸造	这是在二元锡青铜合金中加入一些锌而形成的三元锡青铜,其特性是:有良好的耐磨、耐蚀、耐压性,强度较高,致密性好	适于在1.5MPa工作的重要管路配件、阀、旋塞、泵、叶轮,大型轴套以及船用推进器轴的摩擦件等

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
铝青铜	8-13-3 铝青铜	砂型、金属型铸造	这是在铝铜二元合金中加入一些铁和锰元素而形成的四元铝青铜，其特性是：有很高的强度和硬度，良好的耐磨性和铸造性能，耐腐蚀性较ZCuAl8Mn13Fe-3Ni2低，作为耐磨件工作温度可达100℃，可以焊接	适用于重型机械用的轴套，要求强度高、耐磨、耐压的零件，如衬套、法兰、阀体、泵体等
	8-13-3-2 铝青铜	砂型、金属型铸造	这是在铝铜二元合金中加入一些铁、锰、镍合金元素形成的四元铝青铜，其特性是：有很高的力学性能，在大气、海水和淡水中均有良好的耐腐蚀性，腐蚀疲劳强度高，铸造性能好，合金组织致密，气密性高，可以焊接，但不允许钎焊	适于要求强度高、耐蚀的重要零件，如大型船用螺旋桨、高压泵体阀体、耐压耐磨件如蜗轮、齿轮、法兰、衬套等



(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
铝青铜	9-2 铝青铜	砂型、金属型铸造	此合金是在铝、铜二元合金中加入一些锰元素形成的三元铝青铜，其特性是：有较高的力学性能，良好的耐磨性和耐蚀性，铸造性能好，组织致密、气密性高，可以焊接	适于作耐蚀、耐磨零件，形状简单的大型铸件如衬套、齿轮以及250℃以下工作的管配件、增压器内气封等
	9-4 4-2 铝青铜	砂型铸造	这是在铝、铜二元合金中加入一些铁、锰、镍元素形成的五元铝青铜，其特性是：有很高的力学性能，在大气、淡水和海水中均有优良的耐蚀性、抗空泡腐蚀性好，腐蚀疲劳强度高，并有良好的耐磨性和铸造性能，在400℃以下具有耐热性，可以热处理	适于要求强度高、耐蚀的重要铸件，是船舶螺旋桨的重要材料之一，也可用作耐磨和100℃以下工作的零件，如轴承、齿轮、蜗轮、螺母、法兰、阀体、导向套管、管配件等

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
	10—3 铝青铜	砂型、金属型、离心铸造、连续铸造	这是在铝铜二元合金中加入一些铁元素形成的三元铝青铜,其特性是:有高的力学性能、高的耐磨性、良好的耐蚀性。大型铸件自700℃空冷,以防止缓冷脆性	适于要求强度高、耐磨耐蚀的重要铸件,如大型轴套、螺母、蜗轮以及250℃以下工作的管配件等
铝青铜	10 3 2 铝青铜	砂型、金属型铸造	这是在铝、铜二元合金中加入一些铁、锰元素形成的四元铝青铜,其特性是:有高的力学性能和耐磨性,在大气、淡水和海水中有良好的耐蚀性,可热处理,大型铸件自720℃空冷,可防止缓冷脆性	适于要求强度高,耐磨、耐蚀的零件,如齿轮、轴承、衬套、管嘴、耐热管配件等

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
普通黄铜	38 黄铜	砂型、金属型铸造	这是铜和锌组成的二元合金。其特性是：有一定的强度、耐腐蚀性、良好的铸造工艺性，价格便宜	适于一般用途的小型结构件，装饰铸件
铝黄铜	25-6-3-3 铝黄铜	砂型、金属型、离心铸造、连续铸造	这是在铜锌二元合金中加入少量的铝、铁、锰合金元素形成的一种五元特种黄铜，其特性是：有很高的强度、硬度、良好的耐磨性、耐腐蚀性	主要用于大型阀门杆、齿轮、凸轮、低速重载轴承、压紧螺母、液压传动零件等
	26-4-3-3 铝黄铜	砂型、金属型、离心铸造、连续铸造	这是在铜锌二元合金中加入少量的铝、铁、锰合金元素形成的一种五元特种黄铜，其特性是：有高的强度，良好的耐腐蚀性和铸造工艺性	适用于海军铸件、齿轮、枪架、衬套、轴承等

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
铝黄铜	31—2 铝黄铜	砂型、金属型铸造	这是在铜锌二元合金中加入少量的铝元素形成的一种三元特种黄铜,其特性是:有较高的强度,在大气、淡水和海水中有良好的耐蚀性	适于作大气、海水中工作的耐蚀零件,如冷凝器和热交换器附件等
	35—2—2—1 铝青铜	砂型、金属型铸造	这是在铜、锌二元合金中加入少量铝、铁、锰合金元素形成的一种五元特种黄铜,其特性是:有较高的强度、塑性和良好的耐磨性	适于要求强度和韧性的铸件,如杠杆摇臂、阀门杆、齿轮、衬套、轴承等
锰黄铜	38—2—2 锰黄铜	砂型、金属型铸造	这是在铜、锌二元合金中加入少量的锰、铝元素形成的一种特种黄铜,其特性是:有较高的强度,良好的耐磨性、耐蚀性和切削加工性能	适于作轴承、衬套和其它耐磨件、车辆轴承的加强件等

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
锰 黄 铜	40-2 锰黄铜	砂型、金 属型铸造	这是在铜、锌二元合金中加入少量锰元素形成的一种二元特种黄铜，其特性是：在海水、氯化物及过热蒸汽中有良好的耐蚀性、焊接性和较高的强度	适于管道工程零件，支承止推轴承、骨架、衬套以及需镀锡的零件等
	40-3-1 锰黄铜	砂型、金 属型铸造	这是在铜、锌二元合金中加入少量锰形成的一种三元特种黄铜，其特性是：有较高的强度，良好的铸造性能和焊接性能，在大气、海水中有良好的耐蚀性、抗空泡和抗污性低于镍、铝青铜和高锰铝青铜	适于制作温度300℃以下的外形不复杂的重要构件，海水中工作的船舶构件，如螺旋桨叶片等

(续)

分类	合金代号	铸造方法	主要特性	应用举例
铅黄铜	33 2 铅黄铜	砂型铸造	这是在铜锌二元合金中加入少量的铅形成的一种三元特种黄铜, 其特性是, 有一定的强度, 良好的切削加工性能和色彩	适于不承受高压的一般用途铸件, 无线电接头, 装饰铸件等
硅黄铜	16 4 硅黄铜	砂型、金属型铸造	这是在铜锌二元合金中加入少量的硅形成的一种特种黄铜, 其特性是: 在大气、海水中有较高的耐蚀性, 比一般黄铜的抗应力腐蚀性好, 有较高的强度和优良的铸造工艺性能	适于压铸和精铸薄壁铸件、壳形铸件及工作温度250℃以下的耐水压零件, 主要用作轴承、海水泵叶轮、淡水用小船螺旋桨、齿轮、摇臂、闸门等

凡锌的质量分数不小于60%, 并含有铝、铜或镁等组元的合金为锌合金。

铸造锌合金牌号及化学成分(表 1-79)。

铸造锌合金的力学性能(表 1-80)。

表 1 79 铸造锌合金牌号及化学成分

(质量分数, %)(GB/1 1175 1997)

序号	合金牌号	合金代号	合金元素				杂质含量(不大于)						杂质总和
			Al	Cu	Mg	Zn	Fe	Pb	Cd	Sn	其它		
1	ZZnAl1Cu1Mg	ZA4-1	3.5~	0.75~	0.03~	其余	0.1	0.015	0.005	0.003			0.2
			4.5	1.25	0.08								
2	ZZnAl4Cu3Mg	ZA4-3	3.5~	2.5~	0.03~	其余	0.075		Pb+Cd 0.009	0.002			
			4.3	3.2	0.05								
3	ZZnAl6Cu1	ZA6-1	5.6~	1.2~		其余	0.075		Pb+Cd 0.09	0.002	Mg 0.005		
			6.0	1.6									
1	ZZnAl6Cu1Mg	ZA8-1	8.0~	0.8~	0.015	其余	0.075	0.006	0.006	0.003	Mn 0.01		
			8.8	1.3	0.030								

(续)

序号	合金牌号	合金代号	合金元素						杂质含量(不大于)						杂质总和
			Al	Cu	Mg	Zn	Fe	Pb	Cd	Sn	其它				
5	ZZnAl9Cu2Mg	ZA9-2	8.0~	1.0~	0.03~	其余	0.2	0.03	0.02	0.01	Si0.1	0.35			
			10.0	2.0	0.05										
6	ZZnAl11Cu1Mg	ZA11-1	10.5~	0.5~	0.015	其余	0.075	0.006	0.003	Cr0.01	Mn0.01	Ni0.01			
			11.5	1.2	~ 0.030										
7	ZZnAl11Cu5Mg	ZA11-5	10.0~	4.0~	0.03~	其余	0.2	0.03	0.02	0.01	Si0.05	0.35			
			12.0	5.5	0.05										
8	ZZnAl27Cu2Mg	ZA27-2	25.0~	2.0~	0.010	其余	0.075	0.006	0.003	Cr0.01	Mn0.01	Ni0.01			
			28.0	2.5	~ 0.020										



表 1-80 铸造锌合金力学性能  
(不低于)(GB/T 1175 1997)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法及状态	抗拉强度 $\sigma_b$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS
1	ZZnAl4Cu1Mg	ZA4-1	J、F	175	0.5	80
2	ZZnAl4Cu3Mg	ZA4-3	S、F	220	0.5	90
			J、F	240	1.0	100
3	ZZnAl6Cu1	ZA6-1	S、F	180	1.0	80
			J、F	220	1.5	80
4	ZZnAl8Cu1Mg	ZA8-1	S、F	250	1.0	80
			J、F	225	1.0	85
5	ZZnAl9Cu2Mg	ZA9-2	S、F	275	0.7	90
			J、F	315	1.5	105
6	ZZnAl11Cu1Mg	ZA11-1	S、F	280	1.0	90
			J、F	310	1.0	90
7	ZZnAl11Cu5Mg	ZA11-5	S、F	275	0.5	80
			J、F	295	1.0	100
8	ZZnAl27Cu2Mg	ZA27-2	S、F	400	3	110

(续)

序号	合金牌号	合金代号	铸造方法及状态	抗拉强度 $\sigma_b$ / MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	布氏硬度 HBS
8	ZZnAl27Cu2Mg	ZA27-2	S、T <sub>3</sub>	310	8	90
			J、F	420	1	110

注：1. 合金代号中，“ZA”表示“锌、铝”，其后的第一组数字表示铝的平均质量分数的百分含量，第二组数字表示铜的质量分数的百分含量。

2. 合金代号读法，如 ZA4-1 读作锌铝四一，ZA27 读作锌铝二七，依此类推。

3. 工艺代号：S- 砂型铸造；J- 金属型铸造；F- 铸态；T<sub>3</sub>- 均匀化处理。

4. T<sub>3</sub> 工艺为 320℃、3h、炉冷。

#### (四) 铸造轴承合金

适于制造锡基、铅基双金属滑动轴承以及铜基、铝基合金整体滑动轴承。

铸造轴承合金牌号及化学成分(表 1-81)。

铸造轴承合金的力学性能(表 1-82)。

锡基及铅基铸造轴承合金的主要特性和应用举例(表 1-83)。

表 1-81 铸造轴承合金牌号及化学成分

(质量分数, %)(GB/T 1174-1992)

分类	合金牌号	Sn	Pb	Cu	Zn	Al	Sb	Ni	Mn	Si	Fe	Bi	As	其它元素总和
锡基	ZSnSb12Pb10Cu4	9.0 ~ 11.0	2.5 ~ 5.0	0.01	0.01	11.0 ~ 13.0	—	—	—	—	0.1	0.08	0.1	0.55
	ZSnSb12Cu6Cd1	0.15 ~ 6.8	4.5 ~ 6.8	0.01	0.05	10.0 ~ 13.0	0.3 ~ 0.6	—	—	—	0.1	—	0.1 ~ 0.7	0.1 ~ 0.15
	ZSnSb10Cu6	0.32 ~ 6.5	3.5 ~ 6.5	0.01	0.01	10.0 ~ 12.0	—	—	—	—	0.1	0.03	0.1	0.55
	ZSnSb8Cu4	0.35 ~ 4.0	3.0 ~ 4.0	0.005	0.015	7.0 ~ 8.0	—	—	—	—	0.1	0.03	0.1	0.55
铅基	ZSnSb4Cu	0.35 ~ 17.0	1.0 ~ 3.0	0.01	0.01	4.0 ~ 5.0	—	—	—	—	—	0.03	0.1	0.50
	ZPbSb16Sn16Cu2	15.0 ~ 17.0	1.5 ~ 2.0	0.15	—	15.0 ~ 17.0	—	—	—	—	0.1	0.1	0.5	0.5

(续)

分类	合金牌号	Sn	Pb	Cu	Zn	Al	Sb	Ni	Mn	Si	Fe	Bi	As	其它元素总和	
铅基	ZPbSb15Sn5Cu3Cd2	5.0 ~ 6.0		2.5 ~ 3.0	0.15		14.0 ~ 16.0	—	—	—	0.1	0.1	0.6 ~ 1.0	Cd1.75 ~ 2.25	0.4
	ZPbSb15Sn10	9.0 ~ 11.3		0.7*	0.0050	0.005	14.0 ~ 16.0	—	—	—	0.1	0.1	0.6	Cd0.05	0.45
			其余												
	ZPbSb15Sn5	4.0 ~ 5.5		0.5 ~ 1.0	0.15	0.01	14.0 ~ 15.5	—	—	—	0.1	0.1	0.2		0.75
	ZPbSb10Sn6	5.0 ~ 7.0		0.7*	0.0050	0.005	9.0 ~ 11.0	—	—	—	0.1	0.1	0.25	Cd0.05	0.7
铜基	ZCuSn5Pb5Zn5	4.0 ~ 6.0	4.0 ~ 6.0		4.0 ~ 6.0	0.01	0.25	2.5*		0.01	0.03	—	—	P0.05 S0.10	0.7
	ZCuSn10P1	9.0 ~ 11.3	0.25	其余	0.05	0.01	0.05	0.10	0.05	0.02	0.10	0.005	—	P0.5~ 1.0 S0.05	0.7

(续)

分类	合金牌号	Sn	Pb	Cu	Zn	Al	Sb	Ni	Mn	Si	Fe	Bi	As	其它元素总和
铜基	ZCuPb10Sn10	9.0 ~ 11.0	8.0 ~ 11.0		2.0*	0.01	0.5	2.0*	0.2	0.01	0.25	0.005	—	Pb, Sn ≤0.10
	ZCuPb15Sn8	7.0 ~ 9.0	13.0 ~ 17.0		2.0*	0.01	0.5	2.0*	0.2	0.01	0.25	—	—	Pb, Sn ≤0.10
	ZCuPb20Sn5	4.0 ~ 6.0	18.0 ~ 23.0	其余	2.0*	0.01	0.75	2.5*	0.2	0.01	0.25	—	—	Pb, Sn ≤0.10
铝基	ZCuPb30	1.0 ~ 3.0	27.0 ~ 33.0		0.01	0.2	—	—	0.3	0.02	0.5	0.005	0.10	Pb, Sn ≤0.10
	ZCuAl10Fe3	0.5 ~ 1.0	0.2 ~ 1.0		0.4	8.5 ~ 11.0	—	3.0*	1.0*	0.20 ~ 4.0	2.0 ~ 4.0	—	—	—
	ZAlSn6Cu1Ni1	5.5 ~ 7.0	—	0.7 ~ 1.3	—	—	—	0.7 ~ 1.3	—	0.1 ~ 0.7	0.7 ~ 0.7	—	—	Fe, Si, Mn ≤1.0

注：1. 表中所列两个数值，指该合金主要元素含量分数的范围，表中所列单一数值系指允许的其它元素最高的质量分数。

2. 表中有“\*”符号的数值，不计入其它元素总和。

表 1-82 铸造轴承合金的力学性能

(GB/T 1174 1992)

分类	合金牌号	铸造方法	力学性能, $\geq$		
			抗拉强度 $\sigma_b$ ·MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	硬度 [HBS]
锡基	ZSnSb12Pb10Cu4	J	-	-	29
	ZSnSb12Cu6Cd1	J	-	-	34
	ZSnSb11Cu6	J	-	-	27
	ZSnSb8Cu4	J	-	-	24
	ZSnSb4Cu4	J	-	-	20
铅基	ZPbSb16Sn16Cu2	J	-	-	30
	ZPbSb15Sn5Cu3Cd2	J	-	-	32
	ZPbSo15Sn10	J	-	-	24
	ZPbSo15Sn5	J	-	-	20
	ZPbSb10Sn6	J	-	-	18
铜基	ZCuSn5Pb5Zn5	S、J	200	13	60*
		Li	250	13	65*
	ZCuSn10P1	S	200	3	80*
		J	300	2	90*
		Li	330	4	90*
	ZCuPb10Sn10	S	180	7	65
		J	220	5	70
Li		220	6	70	

(续)

分类	合金牌号	铸造方法	力学性能, $\geq$		
			抗拉强度 $\sigma_t$ /MPa	伸长率 $\delta_5$ (%)	硬度 HBS
铜基	ZCuPb15Sn8	S	170	5	60*
		J	200	6	65*
		Li	220	8	75
	ZCuPb20Sn5	S	150	5	15*
		J	150	6	55*
	ZCuPb30	J			25*
ZCuAl10Fe3	S	490	13	100*	
	J, Li	540	15	110*	
铝基	ZAlSn5Cu1Ni1	S	110	10	35*
		J	130	15	40*

注：表中有“\*”号者是硬度的参考值。

表 1-83 锡基轴承合金主要特性和应用举例

合金牌号	主要特性	应用举例
ZSnSb12Pb10-Cu1	这是含锡量最低的锡基合金、特性是：性软而韧、耐压、硬度较高，因含铅，浇注性能较其它锡基轴承合金差，热强性也较低，但价格比其它锡基合金较低	适于浇注一般中速、中等载荷发动机的主轴承，但不适用高温部分

(续)

合金牌号	主要特性	应用举例
ZSnSb11Cu6	<p>这是机械工业中应用较广的一种锡基轴承合金，其成分特点是：锡含量较低，铜、锑含量较高。其性能特点是：有一定韧性、硬度适中(27HBS)，抗压强度较高，可塑性好，所以它的减摩性和抗磨性均较好，其冲击韧性虽比 ZSnSb8Cu4、ZSnSb4Cu4 锡基轴承合金差，但比铅基轴承合金高。此外，还有优良的导热性和耐蚀性，流动性能好，膨胀系数比其它巴氏合金都小。缺点是疲劳强度较低，故不能用于浇注层很薄和承受较大振动载荷的轴承。此外，工作温度不能高于 110℃，使用寿命较短</p>	<p>适于浇注重载、高速、工作温度低于 110℃ 的重要轴承，如 2000hp 以上的高速蒸汽机，500hp 的涡轮压缩机和涡轮泵，1200hp 以上的快速行程柴油机，750kW 以上的电动机，500kW 以上的发电机，高转速的机床主轴的轴承和轴瓦</p>
ZSnSb8Cu4	<p>除韧性比 ZSnSb11Cu6 较好，强度及硬度比 ZSnSb11Cu6 较低外，其它性能与 ZSnSb11Cu6 近似，但因含锡量高，价格较 ZSnSb11Cu6 更贵</p>	<p>适于浇注工作温度在 100℃ 以下的压力大的大型机器轴承和轴衬、高速高载荷汽车发动机、薄壁双金属轴承</p>



(续)

合金牌号	主要特性	应用举例
ZSnSb4Cu4	这种合金的韧性是巴氏合金中最高的，硬度及强度比ZSnSb11Cu6略低，其它性能与ZSnSb11Cu6近似，但价格也最贵	用于要求韧性较大和浇注层厚度较薄的重载高速轴承，如内燃机、涡轮机，特别是航空和汽车发动机的高速轴承及轴衬
ZPbSb15Sn16-Cu2	这种合金和ZSnSb11Cu6相比，它的摩擦因数较大，硬度相同，抗压强度较高，在耐磨性和使用寿命方面也不低，尤其是价格便宜的多。缺点是冲击韧性低，在室温下是比较脆的。当轴承经受冲击负荷作用时，易形成裂纹和剥落；当轴承经受静载荷作用时，工作情况比较好	适于工作温度小于120℃下承受无显著冲击载荷、重载高速的轴承，如汽车拖拉机的曲柄轴承和1200hp以内的蒸汽或水力涡轮机，750kW以内的电动机，500kW以内的发电机，500hp以内的压缩机以及轧钢机等轴承

(续)

合金牌号	主要特性	应用举例
ZPbSb15Sn5-Cu3Cd2	这种合金含锡量比 ZPbSb16Sn16Cu2 约低 2·3, 但因加有镉(Cd)和砷(As), 它们之间性能却无多大差别。它是 ZPbSb16Sn16Cu2 很好的代用材料	用以代替 ZPbSb16Sn16Cu2 浇注汽车、拖拉机发动机的轴承, 以及船舶机械, 100~250kW 电动机、抽水机、球磨机 and 金属切削机床齿轮箱轴套
ZPbSb15Sn10	这种合金的冲击韧性比 ZPbSb16Sn16Cu2 高, 它的摩擦因数虽然较大, 但因其具有良好的磨合性和可塑性, 所以仍得以广泛使用。合金经热处理后(退火), 塑性、韧性、强度和减摩性能均大大提高, 而硬度则有所下降, 故一般在浇注后均进行热处理, 以改善其性能	用于浇注承受中等压力、中速和冲击负荷机械的轴承, 如汽车、拖拉机发动机的曲轴轴承和连杆轴承。此外, 也适于高温轴承
ZPbSb15Sn5	这是一种性能较好的铅基低锡轴承合金, 和锡基轴承合金 ZSnSb11Cu6 相比, 耐压强度相同, 塑性和导热率较差, 在高温高压和中等冲击负荷情况下, 它的使用性能比锡基轴承合金差, 但在温度不超过 (80~100)℃ 和冲击载荷较低条件下, 这种合金完全可以适用, 其使用寿命并不低于锡基轴承合金 ZSnSb11Cu6	可用于低速、轻压力条件下工作的轴承。一般多用于浇注矿山、水泵轴承, 也可用于汽轮机、中等功率电动机, 拖拉机发动机, 空压机等轴承和轴衬

(续)

合金牌号	主要特性	应用举例
ZPbSb10Sn6	<p>这种合金是锡基轴承合金ZSnSb4Cu4理想的代用材料,其主要特性是:1. 强度与弹性模数的比值<math>\sigma_b/E</math>较大,抗疲劳剥落的能力较强。2. 由于铅的弹性模数较小,硬度较低,因而具有较好的顺应性和嵌藏性。3. 铅有自然润滑性能,并有较好的油膜吸附能力,故有较好的抗咬合性能。4. 铅和钢的摩擦因数较小,硬度低,对轴颈的磨损小。5. 软硬适中,韧性好,装配时易于刮削加工,使用中容易磨合。6. 原材料成本低廉,制造工艺简单,浇注质量易于保证。缺点是耐蚀性和合金本身的耐磨性不如锡基轴承合金</p>	<p>可代替ZSnSb4Cu1用于浇注工作层厚度不大于0.5mm,工作温度不超过120C的条件下,承受中等负荷或高速低负荷的轴承。如汽车汽油发动机、高速转子发动机、空压机、制冷机、高压油泵等专用机械轴承,也可用于金属切削机床、通风机、真空泵、离心泵、燃气泵、水力透平机和一般农机上的轴承</p>

注: 1hp=745.7W。

## 第二章 铸造合金熔炼

### 一、碱性电弧炉炼钢

#### (一) 炼钢用原材料

铸钢熔炼用的原材料有以下几种。

#### 1. 金属炉料

(1) 炼钢生铁 要求  $w(\text{P}) < 0.1\%$ ,  $w(\text{S}) < 0.05\%$ 。

(2) 废钢 这是电弧炉炼钢的主要材料,回炉碳钢、回炉合金钢应分类保管,以便合理利用各种合金元素。

(3) 铁合金 作为合金元素加入的铁合金有锰铁、硅铁、铬铁、钼铁、钛铁、钨铁、钒铁等。加入铁合金的目的是调整钢液的化学成分。

#### 2. 辅助材料

(1) 氧化剂 有铁矿石和氧气、氧化铁皮。

(2) 还原剂(脱氧剂) 有锰铁、硅铁、铝、焦炭等。

(3) 增碳剂 常用的有碎电极、焦炭等。

(4) 造渣剂 有石灰石、石灰和氟石等。

3. 耐火材料 碱性电弧炉的耐火材料主要有镁砖、镁铬砖、碳砖、镁碳砖、镁砂、白云石等。用于砌筑、打

结、修补炉底、炉墙和炉衬等。镁砂用的粘结剂是焦油沥青或卤水，打结炉衬时用焦油沥青，修补炉时用卤水。

所有原材料均有国家标准，铸造厂应针对产品对象，严格按标准中技术要求的质量指标采购供应，规范存放和管理，科学合理使用。优质的原材料是炼好钢的前提条件。

## (二) 电弧炉的基本结构与型号

### 1. 电弧炉基本结构(图 2-1)

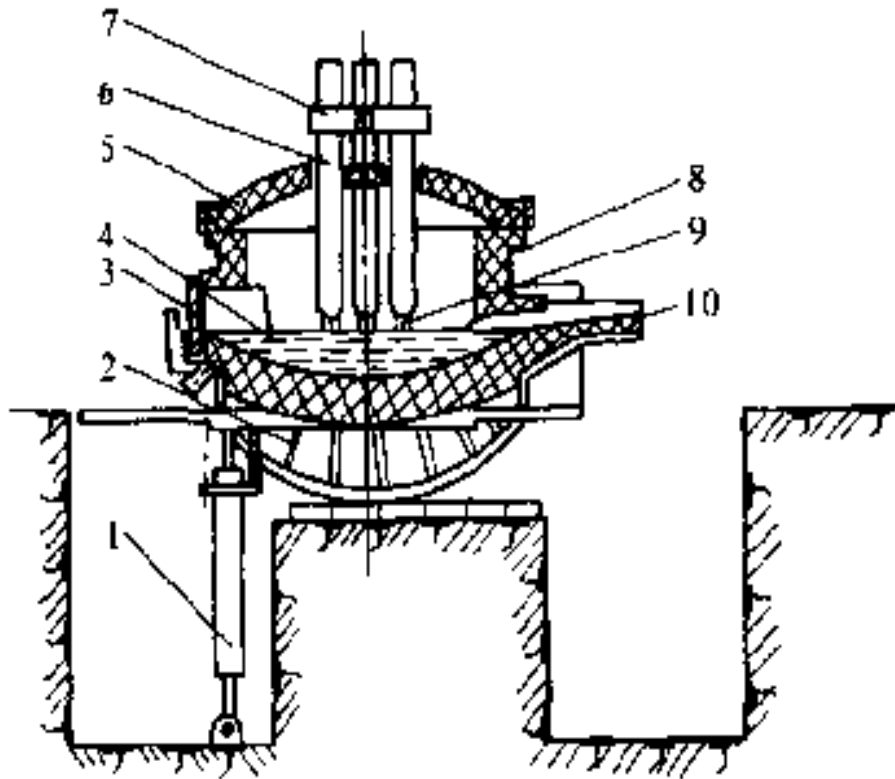


图 2-1 炼钢电弧炉结构示意图

- 1- 倾炉液压缸 2- 倾炉摇架 3- 炉门  
4- 熔池 5 炉盖 6 电极 7 电极  
夹持器 8- 炉体 9 电弧  
10- 出钢槽

炉体外壳由钢板制成,内部砌筑耐火材料。碱性电炉采用镁砖和粘土砖,镁砖内侧用卤水镁砂或焦油镁砂打结炉衬,砌成的碱性电炉炉体的剖面,如图 2-2 所示。

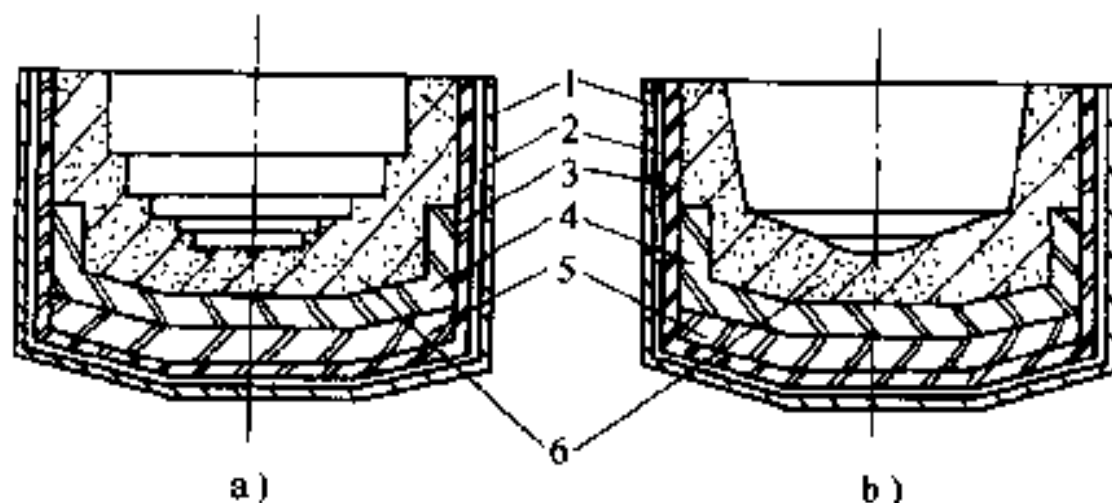


图 2-2 碱性电炉炉体剖面

a) 阶梯式 b) 平滑碟式

- 1 炉壳钢板 2 8~15mm 厚石棉板(补偿耐火砖受热膨胀和绝热用) 3—115mm 厚侧砌镁砖  
4—115mm 厚直砌镁砖 5—55mm 厚平砌粘土砖(绝热层) 6—打结镁砂层

炉盖常用耐火砖砌成,其外沿是用钢板制成的炉盖圈(空心,内部通水冷却)。碱性电炉炉盖一般用高铝砖砌成。图 2-3 是砖砌的电弧炉炉盖。

炉盖除用耐火砖砌的外,还有用高温水泥和高铝矾土捣制的;或用高铝质耐火泥和镁质耐火泥组成的铝镁浇注料灌注而成的整体炉盖;还有全部用钢板制成的通

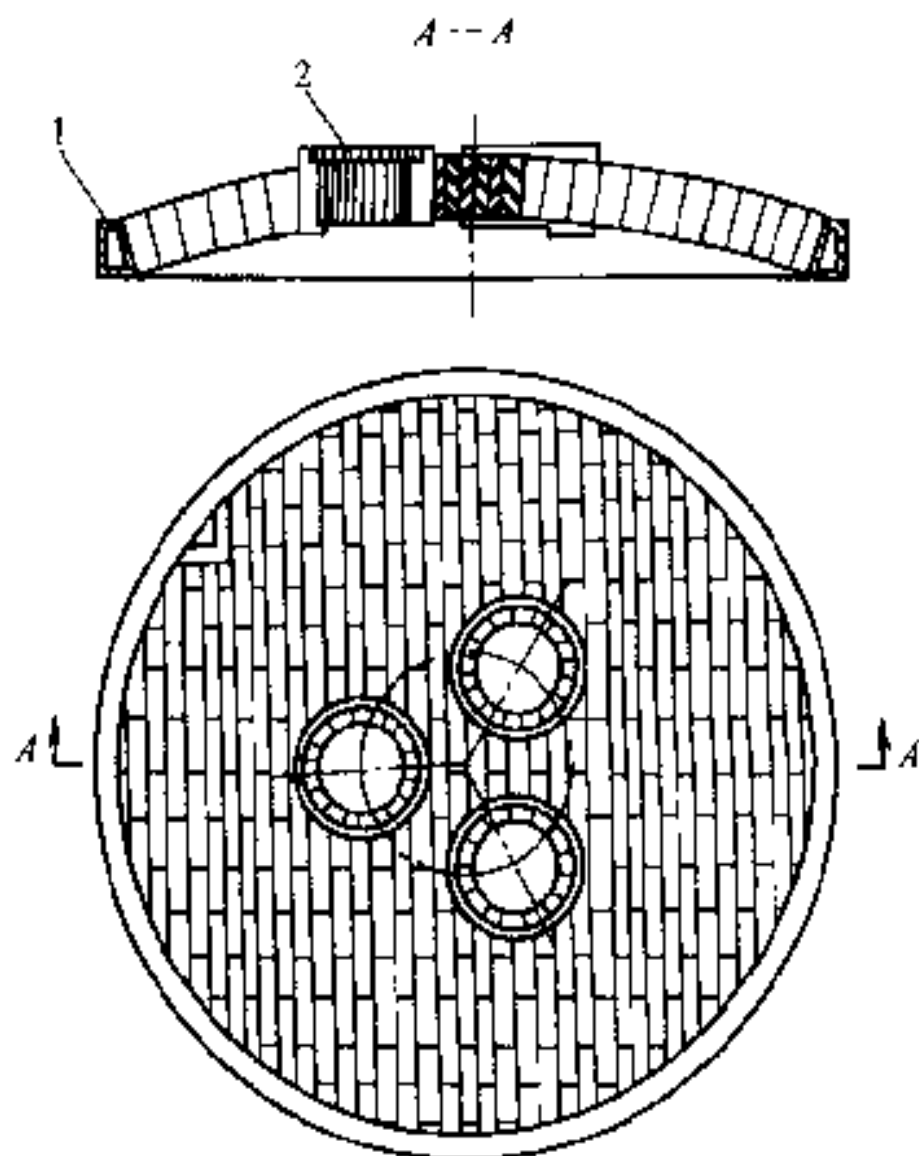


图 2-3 砖砌电弧炉炉盖

1—炉盖圈 2—电极孔砖

水冷却的水冷炉盖(内壁有耐火涂层)。

2. 电弧炉的型号 目前我国制造的三相电弧炉的主要形式是炉盖旋转式机械化顶装料型。其优点是占用车间面积小, 型号见表 2-1。

表 2-1 炉盖旋转式顶装料 HX 型电弧炉型号

型号	HX-1.5	HX-3	HX-5	HX-10	HX-20	HX-30	HX-50	HX-75	HX-100
炉壳内径/ mm	2200	2700	3240	3800	4200	4600	5400	5800	6400
额定容量/t	1.5	3	5	10	20	30	50	75	100
变压器额定 容量/kVA	1250	2200	3200	5500	9000	12500	18000	25000	32000
电抗器额定 容量/kVA	200 (内装)	250 (内装)	320 (内装)	350 (内装)	400 (内装)	—	—	—	—
变压器一次 电压/kV	6 10	6 10	6 10	10	35	35 60 110	35 60 110	35 60 110	35 60 110
变压器二次 电压/V	210~ 104	220~ 110	240~ 121	260~ 139	300~ 140	340~ 150	380~ 160	430~ 170	480~ 180
	4 级				13 板				



(续)

型号	HX 1.5	HX-3	HX-5	HX-10	HX-20	HX-30	HX-50	HX-75	HX-100
额定电弧电流/kA	3.4	5.78	7.7	12.2	17.32	21.2	27.34	33.56	38.5
频率/Hz	50								
石墨电极直径/mm	200	250	300	350	350	400~ 450	500	500	600
倾炉角: 出钢方向/出渣方向	45°/14°				45°、12°				
冷却水消耗量/(m <sup>3</sup> /h)	14	15	20	25	33	80	133	100	
金属结构重量/t	8	19	42	62	125	165	277	370	
炉体总重/t	16.6	37	66	91	192	243	372	500	—

### (三) 氧化法炼钢过程及控制

电弧炉熔炼过程按以下程序进行：补炉、装料、通电熔化、加氧化剂沸腾、还原脱氧、出钢。

1. 补炉 每炼完一炉钢就应补炉，目的是修补侵蚀和损坏的炉衬，延长炉子寿命，保证安全生产。补炉材料和方法见表 2-2。

#### 2. 配料及装料

(1) 配料 配料主要是指确定炉料比例，配碳和控制磷和硫。

1) 炉料的使用比例 在炉料供应正常情况下，炉料的比例可参考表 2-3。

2) 配碳方法 配碳，即确定炉料的平均含碳量。

① 炉料的平均含碳量等于钢的规格含碳量与氧化期脱碳量的总和。熔炼碳钢时的氧化脱碳量参考表 2-4。

大修炉后熔炼第一炉的脱碳质量分数应在 0.50% 以上；

中修炉后熔炼第一炉的脱碳质量分数应在 0.40% 以上。

例如，取氧化脱碳质量分数为 0.25% 时，炉料的平均含碳量如表 2-5。

② 在生产中配料，可先凭经验，初步确定一个炉料比例，然后根据下式核算炉料的平均含碳量。

表 2-2 补炉材料及补炉方法

补炉材料 种 类	镁		卤水 密度 /(g/ cm <sup>3</sup> ) >	沥青 粒度 /mm	配比 (质量比)	混拌 方法	应 用
	粒度 /mm	温度 /C					
卤水镁 砂(湿补 材料)	0~8		1.3		100 : (8~10)	人工或用 搅拌机	适于垫炉 底下陷部位
	20/40 <sup>(3)</sup>		1.3		100 : (10~12)	碾磨机	适于贴补 渣线部位
沥青凉镁 砂 沥青热镁 砂	2~4	室温		0~8	100 : (9~12)		镁砂可用 熟白云石或 过烧石灰代 替
	0~8	80~ 100		0~ 15	100 : (9~12)		

(续)

补炉材料 种类	镁		砂	卤水 密度 (g/ cm <sup>3</sup> ) >	沥青 粒度 /mm	配比 (质量比)	混拌 方法	应用
	粒度 /mm	温度 /°C						
	补 炉 方 法	<p>1. 工具:人工衬炉用大管贴补或铁锨投补。机械补炉用压缩空气喷补或机械投补</p> <p>2. 操作要点:“高温、快补、薄补”,即趁炉衬还在高温时迅速完成炉衬修补,以利补炉材料自行烧结</p> <p>3. 操作顺序:出钢后开启炉门,升起电极,迅速扒净渣线、炉坡上残留的钢渣;然后将炉体向出钢口方向倾斜10°~20°;投补出钢口两侧渣线,随后补好炉门两侧及渣线部位,再顺补其它损伤的地方</p>						

① 20/40 表示镁砂粉主要粒度组成为三筛,其首筛筛号为20(粒径0.850mm)、尾筛筛号为40(粒径0.425mm),主要粒度组成分三筛不小于75%(GB/T9442-1998)。

表 2-3 炉料的比例

炉料种类	说 明	使用比例 (质量分数, %)
废钢	指轧钢切头、锻钢料头、厚钢板边角料、废机器零件	余量
浇冒口及 废铸件	要求尽量少带有泥砂等不洁物	35~50
钢屑	指切屑、薄钢皮、碎料	15~30
生铁	指铸造生铁 Z20 或炼钢生铁 P08, P10	<15

表 2-4 碳钢的氧化脱碳量(质量分数,%)

炉料条件 钢液用途	较 好	较 差	很 差
	钢屑用量 < 15 或 生铁用量 < 15	钢屑用量 15~ 30 或生铁 用量 15~40	钢屑用量 30~ 50 或生铁 用量 40~60
浇注一般铸件	0.20~0.30	0.30~0.40	0.40~0.50
浇注钢锭	0.30~0.35	0.35~0.50	0.50~0.70
浇注重要铸件	0.35~0.40	0.40~0.60	

表 2-5 炉料的含碳量(质量分数,%)

牌 号	钢的规格 含碳量	要求炉料平 均含碳量
ZG200-400(ZG15)	0.12~0.22	0.37~0.47
ZG230-150(ZG25)	0.22~0.32	0.47~0.57
ZG270-500(ZG35)	0.32~0.42	0.57~0.67
ZG310-570(ZG45)	0.42~0.52	0.67~0.77
ZG340-640(ZG55)	0.52~0.62	0.77~0.87

$$C_{\text{平均}} = \frac{C_{\text{铁}} \times Q_{\text{铁}} + C_{\text{钢}} \times Q_{\text{钢}} + C_{\text{浇冒}} \times Q_{\text{浇冒}} + C_{\text{钢屑}} \times Q_{\text{钢屑}}}{Q_{\text{铁}} + Q_{\text{钢}} + Q_{\text{浇冒}} + Q_{\text{钢屑}}}$$

式中  $C_{\text{平均}}$  —— 炉料的平均碳的质量分数 (%)。

$C_{\text{铁}}$ 、 $C_{\text{钢}}$ 、 $C_{\text{浇冒}}$ 、 $C_{\text{钢屑}}$  分别为生铁、废钢、浇冒口、钢屑碳的质量分数 (%)；

$Q_{\text{铁}}$ 、 $Q_{\text{钢}}$ 、 $Q_{\text{浇冒}}$ 、 $Q_{\text{钢屑}}$  —— 分别为生铁、废钢、浇冒口、钢屑的加入量(kg)。

当  $C_{\text{平均}} >$  配料要求时, 可适当减少生铁加入量;

当  $C_{\text{平均}} <$  配料要求时, 可采用电极碎块(或焦炭粉、无烟煤碎块)作增碳材料, 进行增碳。在计算增碳材料加入量时, 可将这些材料碳的质量分数按 100% 计。增碳材料加入量按下式计算

$$Q_{\text{增}} = (C_{\text{配}} - C_{\text{平均}}) \times Q_{\text{料}}$$

式中  $Q_{\text{增}}$ ——增碳材料加入量(kg);

$C_{\text{配}}$ ——配料要求的平均碳的质量分数(%);

$C_{\text{平均}}$ ——炉料实际的平均碳的质量分数(%);

$Q_{\text{料}}$ ——炉料总量( $Q_{\text{铁}} + Q_{\text{钢}} + Q_{\text{废屑}} + Q_{\text{钢屑}}$ )(kg)。

钢屑的含碳量(指往钢液中带人的碳量),应视具体质量作不同处理:

当钢屑无锈时,按实际含碳量计算:

当钢屑锈蚀严重时,由于在冶炼过程中实际起铁矿石作用,不仅不能使钢液增碳,反而会使其脱碳,因此不计入它往钢液中带人的碳,相反,还要增加其氧化脱碳量。一般在炉料中每加入质量分数为1%锈蚀钢屑,可相应配入质量分数为1%生铁,以增加碳量。

3) 控制磷、硫含量 一般规定,炉料的平均磷、硫的质量分数均应低于0.06%。以免因脱磷和硫量过多而延长冶炼时间。

(2) 装料 补炉完毕即可进行装料。除0.5t小型电弧炉采用人工装料外,容量1.5t以上的电弧炉均用装料机从炉顶装料。装料时应作到“快速、密实、布料合理”。装料要求见表2-6。

3. 熔化期 装料完毕,盖好炉盖检查无误,即可通电起弧熔化。熔化期特点是熔化所占时间最长(约占全部熔炼时间50%以上),熔化所耗电量最大(占整炉钢用电

表 2-6 装料的操作要求

装料要求	说 明
装料前 1. 先排除故障	即装料前应先检查炉体、炉盖、冷却系统、电气设备、机械装置是否正常。如有故障,应先排除故障后再装料
装料前 2. 先铺一层造渣石灰	为保护炉底,减轻炉料对炉底的冲击和提前造渣脱磷,可在炉底和炉坡处先均匀铺一层占炉料重量 $\sim 2\%$ 的石灰,如炉料含磷较高时可加适量碎矿石
装料 3. 快速、密实、合理布料(用开底式装料罐加料)	在料罐底部先装部分小块料垫炉底,然后将大块难熔的废钢装在电极下面的高温区,并用中块、小块炉料填实塞紧,随后装入生铁锭,最后装剩余的小块炉料。用于增碳用的电极块和焦炭块应装在中、下部,以减少烧损,确保配碳准确性 料罐应力求装得紧密,以利导电、导热
装料后 4. 在炉料上面电极下的部位放数块焦炭	目的是便于起弧和稳定电弧
装料量 5. 应与电弧炉变压器的功率相匹配	应避免经常性大幅度超载装料,以免因延长炼钢时间而降低钢液质量和增加单位电耗( $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ 钢)



量60%以上)。熔化期的熔炼要求：一是加速熔化炉料并达到一定温度；二是脱出钢液中部分磷，减少和防止钢液在熔化过程中吸气和挥发。炉料熔化过程及其控制见表2-7。

1. 氧化期 加入氧化剂使钢液中的碳氧化，熔池产生沸腾的阶段称氧化期。氧化期主要是脱磷，去除钢液中的气体和夹杂物，并提高钢液的温度。其氧化期过程控制见表2-8。

表 2-7 熔化期炉料熔化过程及控制

阶段	控制措施	熔化过程及说明
送电		按照合理供电制度作业，缩短熔炼时间
熔化初期	使用大功率，加快炉料熔化	开始电极下面的炉料先熔化，形成三个熔井，随之电极不断向下移动，经过约15~25mm即达最低位置。在电极下降过程中，炉子中心部位的炉料熔化形成三个小井(称穿井)。随着熔化进行，炉底钢液液面上升，为保持一定长度的电弧，电极必须相应地向上回升，于是电极周围的炉料踣落(称塌料)并熔化
	推料助熔	炉门、出钢口两侧及处于低温区的炉料，离电极较远不易熔化，可以人工用耙子将这些炉料推入熔池，加速熔化

(续)

阶段	控制措施	熔化过程及说明
熔化初期	吹氧助熔	当炉料熔化 70% 或炉温升至 900℃ 后, 可吹氧助熔。吹氧管直径为 $\frac{3}{4}$ in 或 1in, 吹氧压力为 0.5MPa, 吹氧时将吹氧管从炉门插入钢液内, 但不要深入到炉底或靠近炉壁, 以免损坏炉衬。吹氧助熔能显著缩短熔化时间又利于除气和排除夹杂物
熔池形成后	及时加入石灰造渣覆盖	<p>炉料熔化后形成熔池。在炉料熔化过程中, 炉料中的铁、硅、锰、磷等元素被氧化, 生成的氧化物与石灰化合形成炉渣, 覆盖在钢液表面, 保护钢液不直接暴露在电极下吸气和氧化, 并稳定了电弧, 加速钢液升温 and 提前脱磷</p> <p>造渣材料主要是石灰。除了在装料时已加入的一部分石灰外, 当炉料熔化、电极开始下降时, 再分批投入石灰, 投入量约占装料重量的 1%~2%。当炉渣粘稠时为改善其流动性可加入适量氟石、氧化铁皮予以稀释</p>
熔化末期	加入小块矿石以加速脱磷	在熔化末期, 根据炉料含磷情况, 可分批加入小块矿石, 加入矿石总量为装料重量的 1%~2%, 以加速脱磷

(续)

阶段	控制措施	熔化过程及说明
熔化末期	取样分析 C	炉料熔化 90% 左右时, 取样分析钢液中的碳元素含量
炉料熔清后	取样分析 C、Mn、P	炉料熔清后, 充分搅拌熔池, 从熔池中心取样分析 C、Mn、P。并记录
	质量问题的补救措施	<p>1. 如含磷量过高时, 可带电放渣或扒渣, 出渣后随即加入石灰和氟石造新渣</p> <p>2. 如钢液含碳量不足, 进入氧化期前应先增碳。增碳材料有: 电极碎块; 含硫较少, 带人的夹杂物少, 最纯净, 吸收率 70%~80%</p> <p>低磷生铁: 如铸造生铁 Z20, 炼钢生铁 P08, P10 中含磷量为 1 级的生铁, 以防磷过多, 吸收率 100%</p> <p>含低硫的焦炭碎块: 吸收率 50%~70%</p> <p>无烟煤碎块: 吸收率 50%~75%</p>
	最后扒除大部或全部熔渣并造新渣	炉料全部熔化后, 熔化期即结束, 这时炉渣中含有大量的磷, 应排放大部或全部炉渣, 以防后期返磷。然后及时投入石灰、氟石等造渣材料重新造渣

表 2-8 氧化期过程控制及原理

阶段	过程控制	原 理
脱磷	<p>氧化期前期，钢液温度较低，大约 1450℃，主要是造渣脱磷</p> <p>熔化期结束加入的熔剂全部熔化后，立即加入质量分数为 1% 经烘烤的铁矿石，电压保持中档，勿使温度过快升高</p> <p>必要时及时采取倾炉自动流渣或扒渣，将炉渣中 <math>4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5</math> 除掉，并不断加入石灰、氟石补充渣量，保持炉渣高碱度、高氧化铁、流动性良好的炉渣</p> <p>当磷的质量分数比</p>	<p>矿石的主要成分是氧化铁 <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>，它与钢液起如下反应</p> $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeO}$ <p>反应产物 <math>\text{FeO}</math> 使磷顺利氧化，生成五氧化二磷：</p> $2[\text{P}] + 5[\text{FeO}] = (\text{P}_2\text{O}_5) + 5[\text{Fe}]$ <p>五氧化二磷密度小，几乎不溶于钢液，一旦生成即转入炉渣，并与渣中氧化铁生成磷酸铁</p> $3\text{FeO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ $(\text{P}_2\text{O}_5) + 3(\text{FeO}) = (3\text{FeO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5) + Q$ <p>温度高于 1450℃ 时，磷酸铁不稳定，易分解，因此，在炼钢温度下，以 <math>\text{FeO}</math> 为主的炉渣脱磷能力很低，而氧化钙能与五氧化二磷生成稳定的化合物，扒渣时去除，因此，炉渣中应有适量的氧化钙，脱磷反应式如下：</p>

(续)

阶段	过程控制	原 理
脱磷	规格磷的质量分数低一半以上时，结束脱磷操作	$2[P] + 5[FeO] + 4(CaO) = (4CaO \cdot P_2O_5) + 5[Fe] + Q$ <p>可见提高脱磷效果必须是：一造成强氧化性(FeO)的质量浓度15%~20%)，强碱性(碱度R <math> \frac{CaO}{SiO_2} </math> 在2.5~3.0之间)和流动性良好(粘度小)的炉渣；二是炉温不宜过高</p> <p>因此，应抓紧在熔化期和氧化期前一阶段造渣脱磷并及时放掉高磷炉渣，以免后期发生“返磷”</p>
脱碳	脱磷结束后，把钢液温度提高到1550℃以上，随后，分批加入矿石，造成氧化脱碳沸腾除气，脱碳速度控制在0.01%~0.03 C%/min	<p>加入矿石造成钢液氧化脱碳沸腾除气，即：</p> $FeO + C = CO \uparrow + Fe - Q$ <p>反应生成大量的CO，引起钢液的剧烈沸腾，钢液中的气体氢和氮随CO逸出。悬浮在钢液中的夹杂物也同时被气泡吸附带出过入炉渣，从而钢液得到净化。</p>

(续)

阶段	过程控制	原 理
脱碳	<p>当碳的质量分数脱到略低于规格要求的下限时, 停止加入矿石, 让钢液净沸腾5~15min(大炉上限, 小炉下限)</p> <p>必要时可排放 1/3 左右的渣量, 使钢液在薄渣层下均匀净沸腾</p>	<p>随碳的氧化沸腾, 造成钢液脱碳, 当脱到略低于规格下限时, 停止加矿石, 转入钢液净沸腾, 让残存在钢液中过量 FeO 继续与碳反应, 进一步净化钢液</p> <p>氧化末期, 钢液中碳的质量分数(终点碳)是否进入规格, 应及时判断, 以便冶炼继续进行, 除传统取样分析外, 还有经验判断和炉前快速分析, 见表 2.9</p>
取样分析		<p>沸腾结束, 取样分析 C、P, 应低于规格要求</p> <p>终点碳的质量分数上限 = 规格碳的质量分数中值 - 0.07%</p> <p>终点碳的质量分数下限 = 规格碳的质量分数下限 - 0.08% (适用于碳的质量分数大于 0.20% 的钢种)</p> <p>终点碳的质量分数下限 = 规格碳的质量分数下限 - 0.06% (适用于碳的质量分数小于等于 0.20% 的钢种)</p>
测温		<p>要求氧化末期钢液温度比出钢温度高出 20~30℃, 至少应不低于出钢温度</p>

(续)

阶段	过程控制	原 理
除渣	<p>除渣条件：氧化末期，当钢液中碳和磷的质量分数、温度均已达到要求时，可除渣</p> <p>除渣方法：在通电条件下放出质量分数为60%~70%的炉渣，然后，升起电极，在停电的条件下，快速扒净其余的炉渣，并立即造新渣</p>	
碳不合格的补救措施	<p>1. 氧化末期未控制好，致钢液碳的质量分数过低时，可在扒渣后增碳。但限制增碳量：低中碳钢限制在0.10%以内，高碳钢限制在0.15%以内。增碳方法：</p> <p>1) 电极块增碳——块度10~15mm，使用前须经烘干，扒渣后加在钢液面上；碳的吸收率在80%左右，带入钢液杂质少。2) 生铁增碳法——采用低磷生铁。应清洁无锈，用前须经干燥；扒渣后加入钢液中，碳的吸收率为100%，易控制增碳量；但带入钢液杂质较多</p> <p>2. 若钢液碳的质量分数过高时，可扒除大部分氧化渣，在薄渣下次氧，脱去多余的碳分</p> <p>提示：扒渣增碳和薄渣吹氧均延长熔炼时间，应尽量避免</p>	

注：有%的数字均为质量分数。

表 2-9 判断终点碳的方法

经验方法	观察火焰	氧化脱碳过程中,观察电极孔和炉门处的火焰,当火焰突然收缩时,表明钢液碳的质量分数已低于 0.1%,此法适用于判断低碳量
	看钢液火花	取少量钢液倒在钢板上,观察钢液飞溅被氧化产生的火花形状 当火花较短,分岔较多,表明钢碳的质量分数高 当火花较长,分岔较少,则碳的质量分数低
炉前快速分析仪		能在 2~3min 内确定钢液碳的质量分数及其元素成分,既方便又准确

氧化期除加矿石脱碳法外,还有吹氧脱碳和吹氧-矿石脱碳两种方法,见表 2-10。

表 2-10 氧化期吹氧脱碳和吹氧-矿石脱碳方法

吹氧脱碳方法		吹氧-矿石脱碳法	
吹氧的湿度条件	需要钢液有足够高的温度,对铸造碳钢熔炼,规定必须钢液温度 1560℃(热电偶温度)以上,方可开始吹氧操作	加矿石的湿度条件	熔炼碳钢时,加矿石前钢液的最低温度为 1520~1550℃(加矿时钢液 $w(C) > 0.70\%$ 时取下限, $w(C) \leq 0.70\%$ 时取上限)



(续)

吹氧脱碳方法		吹氧 矿石脱碳法	
供氧方式 (两种)	1. 氧气站通过管道供氧 2. 氧气瓶组成直流排供氧	矿石用量	单独采用矿石脱碳时, 1t 钢液脱碳(以C%质量分数), 约需矿石1~1.5kg; 高碳钢取下限, 低碳钢取上限) 采用吹氧 矿石脱碳时, 可根据吹氧与加矿石的比例确定矿石实际用量
吹氧管 (局部 分组成)	1. 固定管(接至炉前分流管) 2. 可换管, 直径3~4in 两者之间用螺纹或插管方式连接		
吹氧压力	0.6~0.8MPa	操作要点	采取分批加矿石的方式。一般分2~3批加矿石, 在两批矿石之间吹氧, 每次吹氧后自动流渣, 提高钢液温度, 促使钢液沸腾活跃均匀
氧气纯度	含 $\alpha$ (O)99%左右, 含水分尽量低		
耗氧量	当脱碳质量分数为0.3%左右时, 每1吨液平均耗氧量大致为4~6m <sup>3</sup>		
吹氧操作	吹氧管倾斜大约30°, 从炉门插入熔池液面下50~150mm深度, 吹氧时移动吹氧管, 以使整个熔池均匀沸腾 脱氧速度为大于等于0.03 C%/min	净沸	当C略低于规格的下限时, 停止加矿和吹氧, 进行净沸腾5~15min, 让残存在钢液中过量的氧化亚铁(FeO)继续与碳反应, 进一步净化钢液脱碳速度为0.01%~0.02 C%/min

(续)

吹氧脱碳方法		吹氧 矿石脱碳法	
扒渣	当钢液中 C、P 符合工艺要求, 钢液温度足够高时, 可以扒除氧化渣, 进入还原期	扒渣	当钢液中 C、P 符合工艺要求, 钢液温度足够高时, 可扒除氧化渣, 进入还原期

5. 还原期 炼钢过程中继氧化期之后进行脱氧、脱硫和调整化学成分的阶段为还原期。氧化期结束时钢液中氧量很高, 若不去除, 将影响铸钢的性能, 因此, 脱氧成为还原期的关键环节。脱氧原理是利用与氧亲和力较大的元素, 直接或间接从钢液夺取以  $\text{FeO}$  形式存在的氧, 生成另一种不溶于钢液的氧化物而除去。炼钢的还原过程及控制如下:

(1) 预脱氧 停电、扒净全部氧化渣后, 先向熔池加入块状锰铁, 进行沉淀脱氧, 亦称预脱氧。加入量按钢的规格锰量按下限计入。在还原过程中炉渣中的氧化锰会有一部分被还原使钢液增锰, 故预脱氧时加入锰量不宜过高, 以防还原期末钢液锰量超出规格要求。

(2) 造稀薄渣 预脱氧锰铁加入后, 应快速加入稀薄渣料造薄渣覆盖钢液。渣料配比(重量比)为石灰: 氟石: 碎耐火砖块 = 4: 1.5: 0.2。总加入量为钢液重量的

2%~3%。用大电压烧 10min 左右使渣料迅速熔化成流动性良好的薄渣覆盖钢液，以减少钢液吸气和降温。

(3) 造还原渣脱氧 稀薄渣形成后，随即造还原渣还原，即进行扩散脱氧。还原渣有两种：白渣和电石渣。白渣适用于熔炼含碳量较低 ( $w(C) < 0.35\%$ ) 的钢种；电石渣适用于熔炼含碳量较高 ( $w(C) > 0.35\%$ ) 的钢种。其造渣方法和调整炉渣方法分别见表 2-11 和表 2-12。

表 2-11 白渣的造渣方法及炉渣调整

造渣方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 先加入石灰、氟石，熔化后再加入碳粉</li> <li>2. 加入量：石灰 8~12kg/t 钢液，氟石 1~2kg/t 钢液 碳粉 1.5~2.0kg/t 钢液</li> <li>3. 紧闭炉门，密封电极孔，使炉外空气不进入或少进入炉内，保持炉内足够的还原气氛，经 10~15min 后，渣料熔化成流动性良好的白渣</li> </ol>
调整炉渣	<p>随还原过程进行，炉渣的脱氧能力逐渐失去，为保持炉渣脱氧能力，需要补充渣料调整炉渣，方法是：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 每隔 6~8min，加一批渣料</li> <li>2. 每批渣料加入量：石灰 4~6kg/t 钢液，硅铁粉 2~3kg/t 钢液，一直调整到形成良好的白渣为止</li> <li>3. 钢液在白渣下还原时间不少于 25~30min，以使充分脱氧和脱硫</li> </ol>

(续)

白渣下的还原反应原理	<p>还原过程中, 钢液脱氧和脱硫是同时进行的, 渣中的碳和硅铁粉起脱氧作用, 石灰起脱硫作用, 其反应式是:</p> $(C) + (FeO) = [Fe] + CO \uparrow$ $(CaO) + (FeS) = (FeO) + (CaS)$ $2(FeO) + (Si) = 2[Fe] + (SiO_2)$ <p>反应中的生成物 CO 逸出, SiO<sub>2</sub>、CaS 等进入渣中, 从而使钢液得到脱氧和脱硫, 反应不断进行, 渣中的 (FeO)、(FeS) 被还原而减少, 钢液中的 [FeO]、[FeS] 扩散到渣中继续参加反应, 如此下去, 钢液中的氧和硫便逐渐被脱去, 还原过程一直进行到炉渣由黑变灰再变白, 白渣的出现表明钢液中的 FeO 还原殆尽</p>
------------	---

表 2-12 电石渣的造渣方法及炉渣调整

造渣方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 先加入石灰、氟石, 熔化后再加入碳粉</li> <li>2. 总加入量: 石灰 8~12kg/t 钢液, 氟石 1~2kg/t 钢液 碳粉 4~5kg/t 钢液</li> <li>3. 渣料加入后, 紧闭炉门, 密封电极孔, 加大电流还原 15~20min</li> </ol>
------	---

(续)

调整炉渣	<p>随还原反应进行, 炉渣脱氧能力逐渐失去, 此时, 需要补充渣料调整炉渣, 以保持炉渣脱氧能力。方法是:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 每隔 8~12min, 加入一批渣料</li> <li>2. 每批渣料中, 石灰 4~6kg/t 钢液, 磷粉 1~2kg/t 钢液, 调整过程一直进行到良好的电石渣形成为止</li> <li>3. 钢液在良好的电石渣下还原时间为 15~25min</li> <li>4. 将电石渣变成白渣, 其方法是: 将炉门打开, 让空气进入炉内, 使渣中的电石被空气中的氧所氧化而变成白渣(即石灰)</li> </ol>
还原反应原理	<p>电石渣配料中的碳粉比白渣配料多, 在电弧高温和还原性炉气下, 渣中部分石灰被还原生成电石(<math>\text{CaC}_2</math>)即:</p> $(\text{CaO}) + 3(\text{C}) = (\text{CaC}_2) + (\text{CO})^{\uparrow}$ <p>电石参加反应造成脱氧和脱硫, 即:</p> $(\text{CaC}_2) + 3(\text{FeO}) + (\text{CaO}) = 2(\text{CaO}) + 3(\text{Fe}) + 2(\text{CO})^{\uparrow}$ $(\text{CaC}_2) + 3(\text{FeS}) + (\text{CaO}) = 3(\text{CaS}) + 3(\text{Fe}) + 2(\text{CO})^{\uparrow}$ <p>电石渣较粘, 不易与钢液分离, 浇注时易流入铸型, 因此, 在电石渣还原 15~25min 后, 必须将电石渣变成白渣。炉渣中残留的电石(<math>\text{CaC}_2</math>)氧化生成石灰变为白渣的反应为:</p> $2(\text{CaC}_2) + 3(\text{O}_2) = 2(\text{CaO}) + 1(\text{CO})^{\uparrow}$

(4) 脱氧质量检验与脱硫 脱氧质量检验: 取钢液浇注圆杯试样来判断脱氧质量。圆杯试样的铸型一般用

钢制成，也有用砂型的，其结构见图 2-4。脱氧质量的判断见表 2-13。

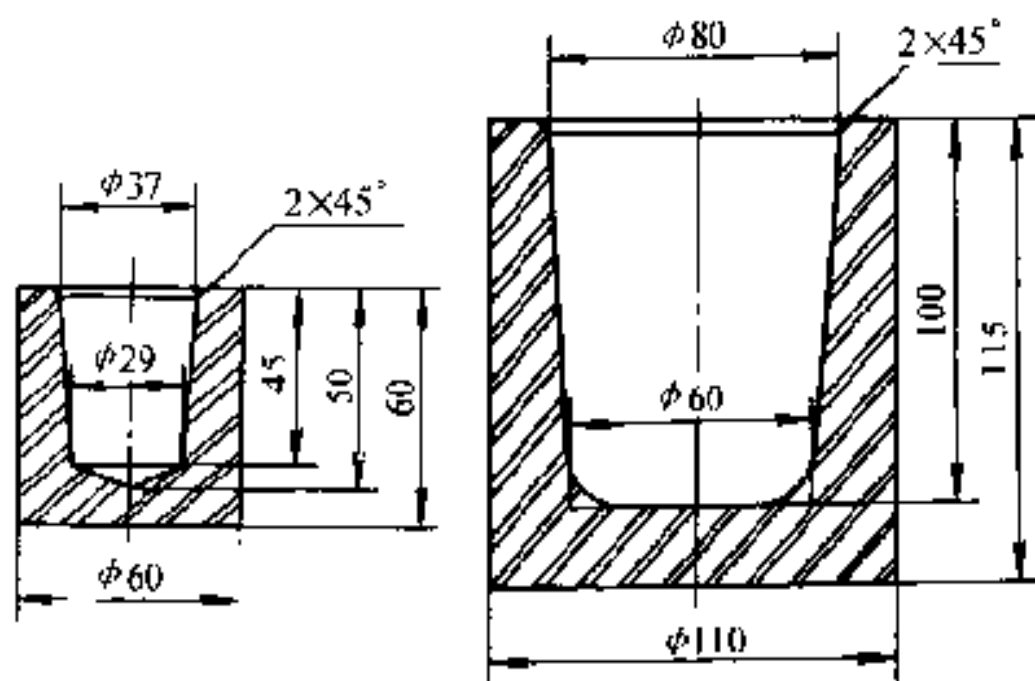


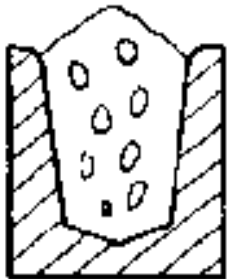


图 2 4 圆杯试样铸型的结构

表 2-13 圆杯试样判断脱氧质量

圆杯试样剖面			
试样顶面特征	凹陷显著	凹陷不明显或不凹陷	凸起
脱氧质量	良好	不良	很差

脱硫:脱硫主要靠还原期完成。脱硫的必要条件是:①脱氧要好。还原期钢液脱氧与脱硫有连带关系,氧含量高,硫也不容易去除,因此,为了脱硫要使钢液脱氧要好,降低钢中含氧量。②钢液温度要高。③炉渣碱度要高,即要有足够的氧化钙浓度,还原性要好,即氧化铁浓度要低,渣量要大,而且流动性良好。当还原期具备脱硫的必要条件时,就能将钢液中硫脱到很低程度。操作中,造好低氧化铁(白渣下要求渣中 $w(\text{FeO}) \leq 0.8\%$ ,电石渣下要求渣中 $w(\text{FeO}) \leq 0.6\%$ )、高温(还原期中基本保持冶炼过程在钢液出钢温度条件下进行)、高碱度(碱度 $R = \text{CaO}/\text{SiO}_2 = 3$ 左右时,含硫量最低, $w(\text{S}) \approx 0.005\%$ )、良好流动性(炉渣粘度大则脱硫慢。判断粘度可用铁钎粘渣,适宜的粘渣层厚度为均匀的3mm时粘度最好,脱硫快)的还原渣、适当增大渣量(渣量一般为钢液重量的2.5%~3.5%,如还原期开始硫的质量分数大于0.06%时,应适当增大渣量),加强搅拌钢液和推渣操作,以加速渣钢反应,尽量多的将硫去除。

(5) 测温 还原期末钢液含氧和硫的质量分数已达合格要求,可进行测温。钢的出炉温度是冶炼过程控制钢液温度的基本依据。出炉温度由下式决定:

出炉温度 = 浇注温度 + 出钢过程温降 - 钢包中停留温降

表 2-14 为碳钢铸件浇注温度。表 2-15 为不同钢液量条件下出钢温降和钢包中停留时温降参考值。表 2-16

为钢液重量为 3~5t。出钢后钢液在钢包中静置 5min 后开始浇注条件下，钢液出炉温度。

表 2-14 碳钢的浇注温度

钢中碳的规格成分 (质量分数,%)	浇注温度 (°C)
0.10~0.20	1540~1560
0.20~0.30	1530~1550
0.30~0.40	1520~1540
0.40~0.50	1510~1530
0.50~0.60	1500~1520

表 2-15 出钢降温<sup>1)</sup>及钢包中降温速度<sup>2)</sup>

钢液重量/t	1	3	5	10	15
出钢降温/°C	80~100	70~90	60~80	50~70	40~60
钢包中降温 速度/(°C/min)	1~0	3~1	2~3	1.8~2.5	1.5~2

- 1) 出钢降温，系指在包衬烘烤至暗红约 700°C 条件下，自钢液出炉时起，至注满钢包时为止时的钢液温度降低值。
- 2) 钢包中停留降温，系指出钢后钢液在包中镇静 5~7min 期间和浇注过程中包内钢液散热而引起的降温。



表 2-16 碳钢的出炉温度

钢中碳的规格成分 (质量分数,%)	出炉温度/℃
0.10~0.20	1620~1640
0.20~0.30	1610~1630
0.30~0.40	1600~1620
0.40~0.50	1590~1610
0.50~0.60	1580~1600

(6) 调整化学成分 当钢液温度达到出钢温度要求时,调整钢液的化学成分。冶炼碳素铸钢时,加入适量的锰铁和硅铁来调整钢液的锰和硅的质量分数;冶炼合金铸钢时,除了硅、锰外,还要调整其它合金元素的含量。化学成分调整须在良好的白渣下进行,如果造的还原渣是电石渣,须变成白渣后再进行化学成分调整。

(7) 终脱氧 化学成分和温度都调整好以后,即可用铝进行“终脱氧”(最后的脱氧)。如果钢液是用于浇注铸件,湿型时加铝量为钢液重量的0.15%,干型时加铝量为钢液重量的0.1%。

用铝脱氧操作方法有两种:一种是插铝法——将铝块插入炉内钢液中,进行脱氧。另一种是冲铝法——将铝块放在出钢槽内或盛钢桶底,利用钢液将铝块冲熔进行脱氧。其中以插铝法效果较好。插铝时必须停电操作以确

保安全生产。

6. 出钢 终脱氧结束，即可停电，准备出钢。出钢前做到：

(1) 先将堵出钢口的材料掏出，清理出钢口和出钢槽。

(2) 准备好各种工具 and 盛钢桶。盛钢桶须充分干燥，并烤至暗红或红色(700~1000℃)。

(3) 由专人负责倾炉出钢。

出钢时，采用“大口出钢”“钢渣混出”，即不扒除炉渣，出钢时流柱要粗，不能散流，使钢液与炉渣一起倾入钢包中。从而使钢渣充分搅拌增加接触面积，进一步脱硫。

钢液全部出完后，在钢液表面盖上保温材料。在盛钢桶中镇静 5min 后，开始浇注。

### 7. 电弧炉合理供电制度

(1) 电弧炉的主要电气装置的作用 三相电弧炉，高压供电线路的电压一般为 3300V 或 10000V。高压线路的电流经过空气断路器、高压油开关、塞流线圈(电抗)、电压切换开关而接在电炉变压器的一次绕组上，经过降压以后，由变压器的二次绕组以低电压(127V, 220V 等数档)供给电极。

有关主要电气装置的作用见表 2-17。

(2) 合理的供电制度 每一座电炉均应作短路试验，测定其电气特性曲线，据此选定其自身合理的电流和电压的数值。

表 2-17 三相电弧炉电气系统主要装置的作用

装置名称	作用
空气断路器	电路开关。经常是闭合的。只有在修理电炉停电时，方才断开
高压油开关	炼钢过程中，接通或断开电源时使用。需要经常接通或断开。炼炉钢的过程中，往往要开闭几次。开关中的耐高压绝缘油有熄弧作用
电流电压测量装置 (高压部分)	显示高压电路中的电流与电压
塞流线圈(电抗)	<p>1. 电流通过时，起到阻抗的作用。熔化期中当炉料崩塌时，发生短路，塞流线圈产生反电动势，限制电流过大，起保护电气设备的作用</p> <p>2. 起稳定电弧的作用</p>
塞流线圈切换开关	往高压电路中插入或切除塞流线圈用
电炉变压器	为适应电弧炉冶炼的需要，比一般电力变压器的过负荷能力大，并能经受得住冲击电流和短路电流的作用
功率自动调节装置	根据电极电流的反馈，在一定范围内自动调节供电功率，并起稳定电弧的作用

为保护电气设备,在熔化期穿井和塌料时,必须带上塞流线圈(电抗)。电极自动调节系统的稳定性较高时,应尽早切除电抗,以减少无用功损失。

熔化期用大功率、氧化期用中等功率,还原期用较小功率。

氧化法炼钢的合理供电制度见表 2-18。

#### (四) 熔炼工艺

1. 铸造碳钢氧化法治炼工艺 碳钢冶炼工艺有两种,一种是熔化期、氧化期、还原期传统的三阶段冶炼工艺。另一种是在熔化期提前吹氧,一直持续到氧化期終了,将熔化和氧化结合为一个连续过程的冶炼工艺,称熔氧结合工艺。传统的冶炼工艺要点见表 2-19,两种工艺操作主要区别见表 2-20。

2. 低合金铸钢的冶炼工艺 用氧化法可以冶炼各种铸造低合金钢。其冶炼方法与碳钢相似。只是应注意掌握铁合金的加入量和加入时间。

##### (1) 配料与装料

- 1) 熔炼低合金钢的炉料配比,见表 2-21。
- 2) 各种合金配入量、加入时间及收得率,见表 2-22。
- 3) 铁合金加入量的计算方法,见表 2-23。
- 4) 炉料含碳量确定方法,见表 2-24。
- 5) 炉料含磷量平衡核算,见表 2-25。
- 6) 装料的基本要求,见表 2-26。

表 2-18 氧化法炼钢的合理供电制度

时 期	序 号	时 间	条 件	供电制度		说 明
				电压	电流	
熔	1	点弧时	炉料上层是钢屑或 轻薄料	高	—	钢屑和轻薄料的导电性差
			炉料上层是重、实料	低		
化	2	开始熔化阶段	电弧埋入炉料前	低	小	电弧降低炉盖的寿命
			电弧埋入炉料后	高	大	
期	3	熔化过程中	电极第一次降到炉底时	低	小	高压电弧对炉底的灼热能 力强，机械冲击力大，易引起 炉底过热与起坑。特别是轻薄 料多，熔池中钢液少时，炉底 更易丁过热和起坑
			三根电极降到炉底 后 10~15min 起，至炉 料熔清			

(续)

时 期	序 号	时 间	条 件	供电制度		说 明
				电压	电 流	
熔 化 期	4	炉料熔清后	熔化过程中用吹氧 助熔	高	大	采用吹氧助熔能使炉渣发泡, 泡沫渣包裹住电弧, 炉盖的灼热程度轻, 不用吹氧助熔, 炉渣不发泡, 电弧的高温损伤炉盖
			熔化过程中不用吹 氧助熔	低	小	
氧 化 期	5	吹氧前	吹氧脱碳法	高	大	吹氧后期, 如钢液温度过高, 可低电压吹氧
	6	吹氧后	吹氧脱碳法	低	小	
	7	矿石沸腾	矿石脱碳法	高	大	矿石沸腾不官用低电压, 因低电压电弧的热影响区小, 熔池不能全面被加热, 易使熔池边缘部分钢液脱碳困难
	8	净沸腾	矿石脱碳法	低	小	

(续)

时期	序号	时间	条件	供电制度		说明
				电压	电流	
还原期	9	还原初期	扒除氧化渣并加入稀薄渣料后	高	中	使用较大的功率, 以加速渣料的熔化
	10	还原过程中	稀薄渣形成后, 直至还原終了	低	小	应避免在还原后期用高电压大功率进行钢液的提温, 因高电压提温易造成炉渣温度过高(炉渣温度与钢液温度和悬殊)的现象, 出钢后, 高温炉渣严重侵蚀盛钢桶塞杆, 甚至将塞杆熔断

表 2-19 铸造碳钢氧化法冶炼工艺要点

时期	序号	工 序	操 作 要 点
熔 化 期	1	通电熔 化	用允许的最大功率送电, 熔化炉料
	2	助熔	推料助熔。熔池形成后, 加入适量渣料造渣。炉料熔化 60%~80% 时, 可吹氧助熔。熔化末期, 适当减小送电功率
	3	取 样、 扒渣	炉料熔清后, 充分搅拌钢液。取 1 号钢样, 分析 C、P, 带电放出全部或大部炉渣, 加入渣料, 保持渣量在 3% 左右
氧 化 期	4	脱碳	当钢液温度达到 1560℃ 以上时, 可吹氧脱碳, 或吹氧-矿石脱碳操作。吹氧压力 0.6~0.8MPa, 耗氧量(单独吹氧时)约 6~9m <sup>3</sup> /t 钢
	5	估 碳、 取 样	估计钢液含碳量降至低于规格下限 0.02%~0.04% 时, 停止供氧。充分搅拌钢液。取 2 号钢样, 分析 C、P、Mn
还 原 期	6	扒 渣、 预脱氧	除去全部氧化渣(除渣过程中先带电, 后停电), 加入锰铁, 并加入质量分数为 2%~3% 渣料[石灰: 氟石: 耐火砖块(质量比) = 4: 1.5: 0.2], 造稀薄渣



(续)

时期	序号	工序	操作要点
还原期	7	还原	稀薄渣形成后, 加入还原渣料(冶炼 $w(C) > 0.35\%$ 钢种时造电石渣, $w(C) \leq 0.35\%$ 钢种时, 造白渣), 恢复通电, 进行还原。钢液在良好的还原渣下, 保持的时间一般不少于 20min
	8	取样	充分搅拌钢液, 取 3 号钢样, 分析 C、Si、Mn、P、S, 并取渣样分析
	9	调整成分	根据钢样分析结果, 调整钢液化学成分(含硅量须于出钢前 10min 内调整)
	10	测温	测量钢液温度, 要求出炉温度如下。并作圆杯试样, 检查钢液脱氧情况, 出钢温度见表 2-16
出钢	11	出钢	钢液温度符合要求, 圆杯试样收缩良好时, 停电, 升高电极, 插铝, 出钢

表 2-20 碳钢的传统工艺与熔氧结合工艺主要区别

区别	传统工艺	熔氧结合工艺
配料	考虑炉料平均含碳量时, 包括成品钢含碳量与一定的氧化脱碳量(需要时须增碳)	不须考虑炉料平均含碳量
吹氧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 炉料熔化 70% 左右时, 开始吹氧助熔</li> <li>2. 吹氧脱碳: 待钢液含碳量接近规格成分时, 停止吹氧</li> <li>3. 耗氧量约 <math>1 \sim 6 \text{ m}^3/\text{t}</math> 钢</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 少量炉料熔化后即开始吹氧, 吹氧过程一直持续到钢液含碳量达到痕迹值</li> <li>2. 耗氧量一般为 <math>25 \sim 40 \text{ m}^3/\text{t}</math> 钢</li> </ol>
除渣	分别在氧化期、还原期終了时, 扒除全部炉渣	在整个熔化-氧化期中, 边吹氧边流渣
增碳	氧化期終了时, 一般再进行增碳。只在钢液过氧化时进行少量增碳	吹氧结束后, 扒除炉渣, 往钢液中喷射石墨粉进行增碳至规格含碳量(碳的吸收率质量分数约 70%~80%)

(续)

区别	传统工艺	熔氧结合工艺
还原	加石灰、硅铁粉和炭粉(或碳化硅)进行还原,还原(包含形成白渣及钢液在白渣下进行还原)的时间,一般应不少于 35~40min	加石灰、硅铁粉(或碳化硅)进行还原。还原时间不限,钢液温度符合要求,形成流动性良好的白渣时,还原过程即告完成

表 2-21 冶炼低合金钢炉料配比

序号	炉料种类	比例(质量分数,%)
1	浇冒口及废铸件(只能用所炼钢种的浇冒口及废铸件)	35~50
2	钢屑(切屑、薄钢皮、碎料等)	≤15
3	生铁(铸造生铁、或炼钢生铁)	<15
1	废钢(本钢种的废钢,不要引入本钢种所不应含的合金元素)	余量

表 2-22 铁合金的加入时间、配入量及收得率

合金名称	化学成分(质量分数)(%)	熔点 / (°C)	密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	配入量	用途	加入时间及条件	收得率(质量分数)(%)
锰铁	76~98	1250~1314	7.1~7.2	规格: 中粗、下	预脱氧 调整含锰量 或加入合金元素	扒除氧化渣后加入 还原期中在良好的白渣下加入	85~90 93~95
	15~75	1210~1330	5.5~3.5	中	脱氧 调整含硅量 或加入合金元素	造还原渣时, 加入硅铁粉 出钢前 7~10min, 在良好的白渣下加入	30~40 93~95
铬铁	60~70	1250~1680	6.94~7.29	中, 下	加入合金元素	还原期中, 在良好的白渣下还原 15min 后加入	95

(续)

合金名称	化学成分(质量分数)(%)	熔点 / C	密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	配入量	用途	加入时间及条件	收得率(质量分数)(%)
钼铁	50~80	1140~1750	9.0	中下	加入合金元素 调整含钼量	随炉料装入, 或 熔化末期加入, 在 还原期调整	95~98
钨铁	70~80	1600~2000	16.4	中上	加入合金元素 调整成分	氧化末期加入 (不氧化法在装料 时加入) 在还原期加入 (补加钨后须经 15mm 以上才能出 钢)	95~98

(续)

合金名称	化学成分(质量分数)(%)	熔点/°C	密度/(g/cm <sup>3</sup> )	配入量	用途	加入时间及条件	收得率(质量分数)(%)
钛铁	20~40	1450~1580	6.0	中上	加入合金元素	出钢前5~10min加入(停电,不扒渣),或出钢前加入盛钢桶中 当钢中 $w(\text{Ti}) < 0.15\%$ 时 $w(\text{Ti}) > 0.15\%$ 时	30~60 40~70
钒铁	40~50	1480~1540	7.0	上	加入合金元素	出钢前5~8min加入,或炉后顺钢流加入 当钢中含 $w(\text{V}) < 0.3\%$ 时 $w(\text{V}) > 1.0\%$ 时	80~90 95~98

(续)

合金名称	化学成分(质量分数)(%)	熔点/ /°C	密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	配入量	用途	加入时间及条件	收得率 (质量分 数)(%)
钨铁	10~ 15	1380	7.2	5	加入合金元素	出钢前3~5min 加入,或在盛钢桶 中 $\frac{1}{4}$ 钢液时加入 (块度20mm)	30~60
镍铁	>99	1425~ 1455	8.7	中下	加入合金元素 补加元素	装料或熔化期加 入 在氧化期加入	97~99
铌铁	20~ 56	1410~ 1500	7.4			出钢前5~ 15min加入	60~80
铜		1080	8.7	中下	加入合金元素	熔化末期或氧化 初期加入	95~98

(续)

合金名称	化学成分(质量分数)(%)	熔点 / C	密度 / (g/cm <sup>3</sup> )	配入量	用途	加入时间及条件	收得率 (质量分数)(%)
铝	50~99	1150~660	4.9 2.7	上	预脱氧 加入合金元素	还原初期加入量 $w(\text{Al}) > 0.8\%$ 时 在钢液脱氧良好 条件下, 于出钢前 8~15min, 停电扒 渣后, 插铝	85 60~80
硅锰合金	Si20 Mn65		6.3			还原初加入, 含 $w(\text{Si}) \leq 0.15\%$ 时	Si30~50 Mn65~85
氮化锰	$N \leq 1.5$					还原中后期加 入, 加在不含N锰 铁之后	75~98
硅钙合金	Ca37 Si59	1000~1145	2.55			炉后顺钢流加入	



表 2-23 冶炼低合金钢时铁合金加入量计算方法

计算公式	铁合金加入量(kg) = $\frac{(\text{规格要求成分} - \text{钢液中残余量})\% \times \text{钢液量}}{\text{铁合金中合金成分}\% \times \text{收得率}\%}$ (kg)
生产中常用的近似公式	铁合金加入量(kg) = $\frac{(\text{规格成分中值} - \text{钢液中残余量})\% \times \text{装料量}}{\text{铁合金中合金成分}\%}$ (kg)
查表法	查表 2-22, 按表中配入量计算

表 2-24 低合金钢炉料含碳量的计算方法(质量分数)

计算程序	计算项目	计算方法
1	规格成分含碳重下限	查所炼钢的牌号, 找出化学成分的规格含碳重下限值
2	在还原期炉渣使钢液增加的碳量	经验数据: 0.02% ~ 0.04%

(续)

计算程序	计算项目	计算方法
3	铁合金带入的碳量	$\text{铁合金增碳量}(\%) - \text{铁合金的含碳量}(\%) \times \text{铁合金的加入量}(\%)$
4	氧化终点时碳量	$\text{终点碳}(\%) - \text{规格含碳量下限}(\%) - \text{铁合金增碳量}(\%) \cdot (0.02 \sim 0.04)\%$
5	氧化脱碳量	在炉料条件较好的条件下，氧化脱碳量取为 $0.30\% \sim 0.45\%$ 采用矿石脱碳法时，取下限 采用吹氧脱碳法时，取上限
6	炉料含碳量	炉料应有的含碳量： $\text{炉料平均含碳量}(\%) = \frac{\text{氧化终点碳}(\%) + \text{氧化脱碳量}(\%)}{2}$

表 2-25 低合金钢含磷量的平衡核算(质量分数)

目的	冶炼各阶段含磷量的控制要求			
	取样分析时间	配料时炉料平均值	炉料熔清时	氧化期末除渣时
由于铁合金中一般都含有磷(尤其是锰铁中含磷较高),为防止由于铁合金使钢液增磷而造成含磷量出格,在配料时,应对钢液含磷量作仔细平衡核算	含磷量(%) ≤	0.05	0.02	0.015

表 2-26 冶炼低合金钢时装料基本要求

序号	基本要求	目的
1	炉料块度、布料原则与冶炼碳钢一样	
2	先在炉底、炉坡处加入质量分数为 1% ~ 2% 的石灰后再装料	保护炉底; 使在熔化期提前造渣脱磷
3	装料要求紧实	利于导电、导热
4	随炉料加入的合金(镍、铜等),要避开电弧区	减少合金元素的烧损

(2) 低合金钢冶炼工艺要点和出钢温度 低合金钢冶炼工艺与碳钢相似。其工艺要点和出钢温度，见表 2-27。

表 2-27 低合金钢的冶炼工艺要求与出钢温度

工艺要点	要求(质量分数)	说 明
氧化脱碳量(%)	0.30~0.15	是指炉料条件较好时，而炉料条件较差时应适当增加脱碳量
氧化终点碳(%)	比规格含碳量的下限低 0.02~0.04	指在还原期中加入的是低碳铁合金的情况，如用高碳铁合金时，终点碳应再适当降低
还原渣种类	C $\leq$ 0.35%的合金钢规定用白渣，要求 FeO $\leq$ 0.8% C $>$ 0.35%的合金钢可以用电石渣，要求 FeO $\leq$ 0.5%	采用电石渣或弱电石渣时，在还原末期加硅铁调整成分前 5min，必须将电石渣变为白渣
终脱氧插铝量(kg.t 钢)	0.6~0.8	因某些合金元素(特别是钒、钽、钼)本身有脱氧作用，故终脱氧插铝量比碳钢略低

(续)

1. 工艺点	要求(质量分数)	说 明
钢 号	适宜出钢温度:(	此出钢温度适用的条件是:
ZG16Mn	1620~1640	1. 钢液量为 3~5t
ZG20CrMo	1610~1630	2. 钢液出炉后在盛钢桶中镇静 5~10min
ZG20MnMo	1600~1620	3. 用于浇注中、小铸件
ZG20MnSi	1600~1620	若钢液量和浇注铸件情况不同, 应适当调节出炉温度
ZG35CrMo	1600~1620	
ZG35MnSi	1590~1610	
ZG40Cr	1590~1610	
ZG5CrMnMo	1580~1600	

(3) 低合金钢 ZG20CrMo 铸钢冶炼工艺(表 2-28)

表 2-28 低合金钢 ZG20CrMo 氧化法冶炼工艺

时 期	序 号	工 序	操 作 要 点
熔 化 期	1	通电熔化	用允许的最大功率送电, 熔化炉料
	2	助熔、加钼铁	推料助熔。熔化后期, 加入适量渣料及矿石。炉料熔化 60%~80% 时, 吹氧助熔。熔化末期, 加入钼铁, 并改用较低的电压供电

(续)

时 期	序 号	工 序	操 作 要 点
熔 化 期	3	取样, 扒渣	炉料熔清后, 充分搅拌钢液, 取 1 号钢样, 分析 C、P、Mo, 要求 $w(C) \geq 0.40\%$ , $w(P) \leq 0.02\%$ 。符合要求时, 带电放出大部分炉渣后, 加入渣料造渣, 保持渣量在 3% 左右
氧 化 期	4	脱碳	钢液温度在 1560℃ 以上时, 即可吹氧脱碳, 吹氧压力 0.6~0.8MPa。当火焰大量从炉口冒出时, 停止供电, 继续吹氧。耗氧量约 6~9m <sup>3</sup> /t 钢
	5	估碳, 取样	估计含碳量降到 0.15% 左右, 停止吹氧, 充分搅拌钢液, 取 2 号钢样, 分析 C、P, 要求 $w(P) \leq 0.015\%$
还 原 期	6	预脱氧	扒除大部分炉渣, 加入锰铁预脱氧, 并加入渣料造稀薄渣
	7	加铬铁	稀薄渣形成后, 加入预热的铬铁
	8	还原	加入渣料, 恢复供电, 造白渣还原
	9	取样	铬铁熔清, 炉渣变白后, 充分搅拌钢液, 取 3 号钢样, 进行全分析, 并取渣样分析, 要求 $w(FeO) \leq 0.8\%$

(续)

时 期	时 序 号	序	操 作 要 点
还 原 期	10	调整成分	根据钢样的分析结果, 调整化学成分 (含硅量于出钢前 10min 内调整)
	11	测温	测量钢液温度, 要求出炉温度 $1610 \sim 1630^{\circ}\text{C}$ 。作圆杯试样, 检验钢液脱氧情况
出 钢	12	出钢	钢液温度符合要求, 圆杯试样收缩良好时, 停止供电, 升高电极, 插铝 0.8kg/t 钢, 终脱氧, 出钢

ZG20CrMo 的冶炼工艺可作为冶炼一般低合金钢的参考。

3. 高合金钢冶炼工艺 用氧化法可以冶炼各种牌号的高合金铸钢。但要注意, 高合金铸钢化学成分的特点是合金含量很高而碳和磷含量很低。冶炼过程中合金的加入量很多, 因而由合金带入钢液中的碳和磷增多, 在以后的还原期又不能采取脱碳和脱磷操作, 致使造成化学成分难以控制, 一不小心, 碳和磷超出规格。因此, 选择合金成分及磷、碳含量的控制, 是冶炼高合金钢的关键。

本手册载入两种具有代表性的高合金钢冶炼工艺,

一种是铬镍不锈钢冶炼工艺，另一种是高锰钢冶炼工艺。

(1) 铬镍不锈钢冶炼工艺 以 ZG12Cr18Ni9Ti 的冶炼为例，介绍铬镍不锈钢的冶炼工艺。

此牌号的冶炼工艺可供 Cr13 型和 Cr-Ni-Mo-Ti 型不锈钢冶炼时的参考。

Cr13 型的牌号有 ZG15Cr13、ZG20Cr13 等。

Cr-Ni-Mo-Ti 型的牌号有 ZG1Cr18Ni12Mo2Ti、ZG1Cr18Ni12Mo3CuTi 等。

1) ZG12Cr18Ni9Ti 钢的成分(表 2-29)，表中的控制成分系指冶炼过程的控制目标。

表 2-29 ZG12Cr18Ni9Ti 钢化学成分(质量分数，%)

化学成分	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	P	S
规格成分	≤0.12	≤1.5	0.8~ 2.0	17.0~ 20.0	8.0~ 11.0	5~(C -0.3) ~0.8	≤0.040	≤0.030
控制成分	0.06	0.5~ 0.7	1.1~ 1.8	17.5~ 18.5	9.0~ 10.0	0.5~ 0.7	0.030	0.025

2) 配料、炉衬、装料及冶炼工艺要点(表 2-30)。

3) ZG12Cr18Ni9Ti 钢的冶炼工艺(表 2-31)。



表 2 30 ZG12Cr18Ni9Ti 冶炼工艺要点

要 点		控 制 措 施	
配 料	炉 料	生铁	低磷生铁
		废钢	低磷废钢
		钢屑	不用, 或尽量少用
		配碳	炉料熔清时钢液的 $w(C) > 0.35\%$
	合金加入 时间和 配入量	镍	还原期加入, 按电解镍规格成分的中值配入
		铬铁	还原期加入, 采取微碳铬铁
		锰铁	还原期加入, 采用低碳锰铁, 或金属锰
	钛铁	出钢前 5~10min 加入, 按规格成分中值配入(收得率按 60% 计)	
炉 衬	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 冶炼铬镍不锈钢炉衬和修炉材料为白云石砂</li> <li>2. 规定大修炉衬后的前正炉不炼不锈钢, 以免吸气</li> <li>3. 冶炼铬镍不锈钢的前一炉不炼含高碳、高磷的钢种如 ZGMn13</li> </ol>		
装 料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 装料原则和冶炼碳钢的相同</li> <li>2. 先在炉底炉坡处加质量分数为 1% 的石灰, 后再装料</li> <li>3. 镍加在炉底, 其位置应躲开电极</li> </ol>		

(续)

	要 点	控 制 措 施
冶 炼 工 艺 要 点	还原剂选用	1. 还原剂必须无碳，采用硅钙粉和铝粉 2. 还原初期加硅钙粉，后期用硅钙粉和铝粉(1:1)混合还原剂
	铁合金的加入方法	1. 在还原期加入，应预热至红热状态加入，应在钢液经过预脱氧后加入 2. 分两批加入，第一批加入2/3，并随即加入3~4kg/t钢的硅钙粉进行还原。熔清后，再加剩余的1/3，全部熔清后，扒除绝大部分炉渣，补入新渣料，并用硅钙粉和铝粉混合还原剂还原，直至炉渣变白
	钛铁	加钛铁前作到： 1. 严格控制钢液中 $w(\text{Si}) < 0.5\%$ 2. 炉渣须经过良好还原 $w(\text{FeO}) < 0.5\%$ ， $w(\text{渣量}) < 3\%$ 3. 钛铁须烘干，块度适当(20~200mm) 4. 可向钢液中插铝0.5kg/t钢脱氧 在出钢前5~10min，停电，边推渣边用渣肥将钛铁压入钢液，加后不再送电，搅拌熔池，即可终脱氧和出钢

表 2-31 ZG12Cr18Ni9Ti 钢氧化法冶炼工艺

时 序 期 号	序	操 作 要 点
熔 化 期	1 通 电 熔 化	用允许的最大功率通电, 熔化炉料
	2 助 熔	炉料助熔。熔化后期, 加入质量分数为 2%~3% 的渣料, 及适量矿石(加入量视炉料含磷量而定)。熔化至 60%~80% 可吹氧助熔, 并加质量分数为 1% 的矿石。熔化末期可适当减小送电功率
	3 取 样、扒 渣	炉料熔清时, 搅拌钢液, 取 1 号钢样, 分析 C、P、Ni(要求 $w(C) = 0.25\% \sim 0.45\%$ , $w(P) \leq 0.010\%$ ), 扒除全部炉渣, 补入质量分数为 2% 的渣料
氧 化 期	1 脱 碳	测钢液温度, 达 1560℃ 以上时, 即可吹氧脱碳。氧气压力 0.6~0.8MPa, 耗氧量 12~18m <sup>3</sup> /t 钢
	5 估 碳 取 样	当钢液含碳量降至 $w(C) \leq 0.1\%$ 时, 升高电极, 停止供电, 继续吹氧, 估计含碳量降至 $w(C) 0.04\%$ 时, 停止吹氧, 搅拌钢液, 取 2 号钢样, 分析 C、P

(续)

时 期	序 号	工 序	操 作 要 点
	6	预脱氧、 加铬铁	加入低碳锰铁和硅钙预脱氧，快速加入烤红的铬铁(全部加入量的 $\frac{2}{3}$ )，并加硅钙粉还原。恢复通电，用大功率熔化铬铁。待铬铁熔清时，再加剩余部分铬铁，继续加硅钙粉还原，适当减小电功率
还 原 期	7	取样、扒 渣	全部铬铁熔清，炉渣颜色由黑变绿时，取3号钢样，分析C、P、Si、Mn，扒除绝大部分炉渣，补入新渣料，用混合还原剂进行还原。炉渣变白时，取样分析FeO，要求 $w(\text{FeO}) < 0.5\%$ ，测量钢液温度
	8	调整成 分	根据钢样分析结果，调整成分，继续用混合还原剂进行还渣
	9	加钛铁	测量钢液温度，当钢液温度达到 $1640 \sim 1660 \text{ C}$ 时，作圆杯试样。当试样收缩良好时，即可升高电极，停电，插铝 $0.5 \text{ kg/t}$ 钢，推升渣，加入钛铁
出 钢	10	出钢	钢液化学成分和温度符合要求时，插铝 $0.8 \text{ kg/t}$ 钢进行终脱氧，随即出钢

- 1 冶炼铬、镍、钼不锈钢 ZG1Cr18Ni12Ti 钢时，可参考此工艺，钼铁应在吹氧助熔后，取1号钢样前加入。此钢的出炉温度为 $1650 \sim 1670 \text{ C}$ 。

(2) 高锰钢的冶炼工艺 高锰钢属奥氏体耐腐钢。钢的特点:①化学成分中含有较高的锰和碳,冶炼中需要加入大量的锰铁,故由锰铁带入钢液中较多的磷和硅,增加裂纹倾向。②冶炼过程若脱氧不好,钢液中会形成较多的  $MnO$ ,使铸件废品率增加 3 倍。③由于含锰量高,钢的熔点降低,需要在较低温度下熔炼和浇注。针对以上特点,在冶炼时采取碱性炉冶炼;要作好良好的高温沸腾下除气操作,脱碳质量分数  $>0.30\%$ ,还原期炉渣具有较强脱氧能力,出钢前炉渣中  $FeO/MnO < 1.0\%$ ;要严格控制温度,温度过高,脱氧不良,钢中的  $MnO$  与耐火材料中  $SiO_2$  作用,易造成钢包芯杆断裂、漏钢、粘砂、裂纹等缺陷。

1) 化学成分(表 2-32)。

2) 配料、炉衬及装料要求(表 2-33)。

表 2-32 ZGMn13 钢的化学成分(质量分数,%)

化学成分	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni
				≤	≤	≤	≤
规格成分	0.9~1.3	11.0~14.0	0.3~0.8	0.10	0.05	0.5	0.5
控制成分	0.9~1.1	12.0~14.0	0.3~0.5	0.06	0.05	0.5	0.5

注:高锰钢中的铬和镍属于杂质元素,是由炉料或炉衬带入的。

表 2-33 ZGMn13 钢的配料、炉衬、装料要求

项 目		要 求
配 料	炉料	碳素废钢
	熔清碳	炉料熔清时钢液中 $w(C) > 0.5\%$ ，以保氧化脱碳质量分数 $> 0.30\%$
	炉料平均 含 P 量	$w(P) < 0.01\%$
	锰铁	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 采用高碳锰铁、中碳锰铁、低碳锰铁配合使用</li> <li>2. 低碳锰铁较贵，少用</li> <li>3. 还原期加入</li> </ol>
炉衬条件和 装料要求		与冶炼碳钢相同

3) ZGMn13 钢冶炼工艺要点(表 2-34)。

表 2-34 ZGMn13 钢的冶炼要点

要 点		措 施
脱 磷	熔化期脱 磷措施	<p>由于锰铁含磷量较高，又是在还原期加入，故在熔化期和氧化期尽量脱磷</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 尽量采用低磷炉料</li> </ol>

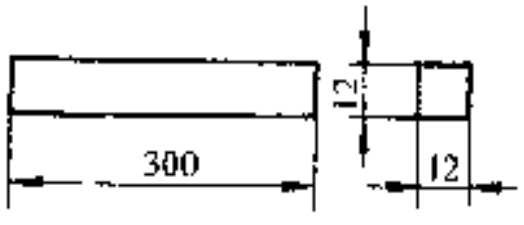
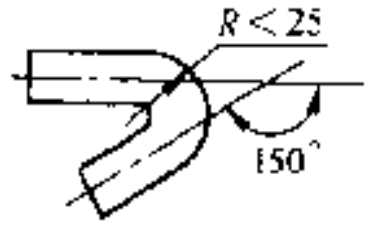
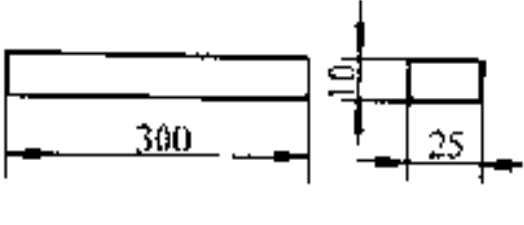
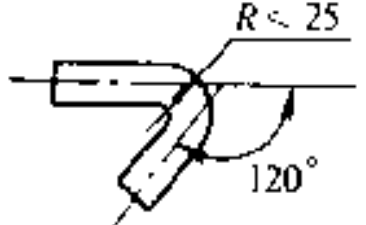
(续)

要 点	措 施
脱磷	<p>熔化期脱磷措施</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2 装料前,先在炉底炉坡处加入质量分数为2%~3%的石灰和质量分数为1%的氧化铁皮(或矿石)</li> <li>3 熔化中,随时加石灰和氧化铁皮(或矿石),形成高碱度、强氧化性炉渣,以利脱磷</li> <li>4 熔化末期采取自动流渣操作</li> <li>5 熔清后,根据钢液中含磷量多少,扒除全部或大部炉渣</li> </ol>
脱磷	<p>氧化期脱磷措施</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 熔清后钢液中含磷量仍较高,可在氧化期继续脱磷</li> <li>2 分2~3批加入氧化铁皮(或矿石)调整炉渣,并自动流渣,直至含磷量达到要求</li> <li>3 氧化末期,含磷量达到<math>w(\text{P}) &lt; 0.015\%</math>时,才可以扒除氧化渣,开始还原</li> </ol>
加锰铁方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 还原期加入锰铁,通常多在稀薄渣条件下加入,预先烧红并趁红热状态加入</li> <li>2 由于锰铁加入量多,应分批加入,批量根据炉温条件而定</li> <li>3 锰铁加入的块度50~100mm左右</li> <li>4 锰铁密度大,易沉淀于炉底,加每批锰铁后,应充分搅拌熔池</li> </ol>

(续)

要 点	措 施
脱氧质量的 检验方法	<p>为保证钢具有高韧性，要求钢液充分脱氧。脱氧检验除用试杯试样外，还可用弯曲试样判断脱氧是否良好，方法如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 弯曲试样呈长条形，长 300mm，断面有二种，一种是 12mm×12mm，另一种是 25mm×10mm，在与铸件相同铸型材料条件下铸出</li> <li>2. 取钢液浇注试样，冷凝后表面呈红黄色（约 700~800℃）时，取出，淬入常温水中冷却后，将试样弯曲呈 150°或 120°角（表 2-35）</li> <li>3. 观察弯曲部分表面上不出现裂纹，说明脱氧质量合格</li> </ol>

表 2-35 两种高锰钢弯曲试样

试样种类	弯 曲 前	弯 曲 后
第一种		
第二种		



1) ZGMn13 钢冶炼工艺(表 2-36)。

表 2-36 ZGMn13 钢氢化法炼钢工艺

时 期	序 号	工 序	操 作 要 点
熔 化 期	1	通电熔 化	用允许的最大功率送电, 熔化炉料
	2	取渣	推料助熔, 熔化后期加入适量渣料及矿 石, 炉料熔化到 60%~80% 时, 可吹氧助熔。 熔化末期换用较低电压供电
	3	取样、扒 渣	炉料全熔后, 充分搅拌钢液, 取 1 号钢样, 分析 C、P。根据含磷量高低, 决定扒除全部 或大部分炉渣, 并重新造渣
氧 化 期	4	氧化脱 碳	钢液温度在 1560℃ 以上, 炉渣流动性良好 时, 可吹氧脱碳, 吹氧压力 0.6~0.8MPa
	5	估碳、取 样	估计钢液含碳量降至 $w(C)0.22\%$ 左右 时, 停止吹氧。充分搅拌钢液, 取 2 号钢样, 分析 C、P(要求 $w(P)\leq 0.015\%$ , 才可以扒 除氧化渣)
还 原 期	6	预脱氧	扒除全部氧化渣, 加入预脱氧剂锰铁 5~ 10kg/t 钢, 加入稀薄渣料
	7	加 锰 铁。 还原	稀薄渣化好后, 加入烤红的锰铁, 随即造 电石渣还原, 钢液在电石渣下还原 15min 后, 将电石渣变为白渣

(续)

时 期	序 号	工 序	操 作 要 点
还 原 期	8	取样	锰铁熔清后, 经过充分搅拌钢液, 取 3 号钢样, 作全分析, 并继续还原。取渣样分析, 要求 $w(\text{FeO}) \leq 0.5\%$
	9	调整成分	根据钢样分析结果, 调整化学成分(含硅量在出钢前 10min 内调整)
	10	作弯曲试样	取钢液浇注弯曲试样, 进行检验, 如不合格, 须继续还原一段时间, 重作试验, 直至合格为止
	11	测温	测量钢液温度, 要求出炉温度 $1470 \sim 1490^\circ\text{C}$ 。并作圆杯试样, 进一步检验脱氧情况
出 钢	12	出钢	钢液温度符合要求, 圆杯试样收缩良好时, 停电, 升高电极, 插铝 $0.7\text{kg/t}$ 钢, 终脱氧, 出钢。要求大口出钢, 钢渣回流

① 由于高锰钢含碳量较高, 采用电石渣还原, 方法为:

第一步: 加入全部(或大部)锰铁后, 加第一批渣料, 渣料组成为: 石灰  $5 \sim 6\text{kg/t}$  钢、氟石  $1 \sim 1.5\text{kg/t}$  钢、碳粉  $2 \sim 3\text{kg/t}$  钢。渣料加入后, 关闭炉门及出钢口, 还原 20min 左右, 形成电石渣。

第二步: 电石渣形成后, 加第二批渣料, 调整炉渣。渣料组成为: 石灰  $5 \sim 6\text{kg/t}$  钢、氟石  $1 \sim 1.5\text{kg/t}$  钢、碳粉  $1.5 \sim 2\text{kg/t}$  钢、硅铁粉  $1.5 \sim 2\text{kg/t}$  钢。钢液在良好的电石渣下还原的时间应不少于 15min。

## 二、感应电炉炼钢

感应电炉是靠装在坩埚周围的线圈感应器，通入交流电后产生交变磁场，使坩埚内的金属炉料产生感应电动势，从而引起强大的涡流，利用涡流产生的热量使炉料加热直至熔化，然后将温度和化学成分调整到要求的规格内。

炼钢用感应电炉都是无铁心式的，通常根据使用电流频率分三类：

高频感应电炉：电流频率一般是20~30万Hz，电炉容量一般是10~60kg，适用于实验室科学研究，小规模冶炼特殊钢和特殊合金。

中频感应电炉：有两种电源可供选用，一种是中频发电机变频电源，频率为1000~2500Hz，另一种是晶闸管变频电源，频率为1000Hz，电炉容量一般为50~1000kg。碱性炉适于熔炼高锰铸钢和铬镍不锈钢；酸性炉适用熔炼碳素结构铸钢和低合金铸钢。

工频感应电炉：采用工业用电的频率(50Hz)，容量一般为100~10000kg。熔炼速度不如中频炉快。冷炉起熔没有大的起熔块难以起熔，并且还需配有庞大补偿电容设备，因此，在使用上不如中频炉灵活方便。

### (一) 感应电炉结构与型号

全套感应电炉由电炉本体、电气配套设备及相应的

机械传动、保护装置等组成。电炉本体基本结构如图 2-5 所示。主要组成是炉架 7、感应线圈 2 和坩埚 3。感应线圈是用紫铜管绕制而成，用紧固零件同炉架装配成一个结实的整体。工作时铜管中通水冷却。铜管表面要进行绝缘处理。碱性炉的坩埚用镁砂打结，酸性炉的坩埚用硅砂打结。

中频发电机变频的感应电炉型号见表 2-37，工频感

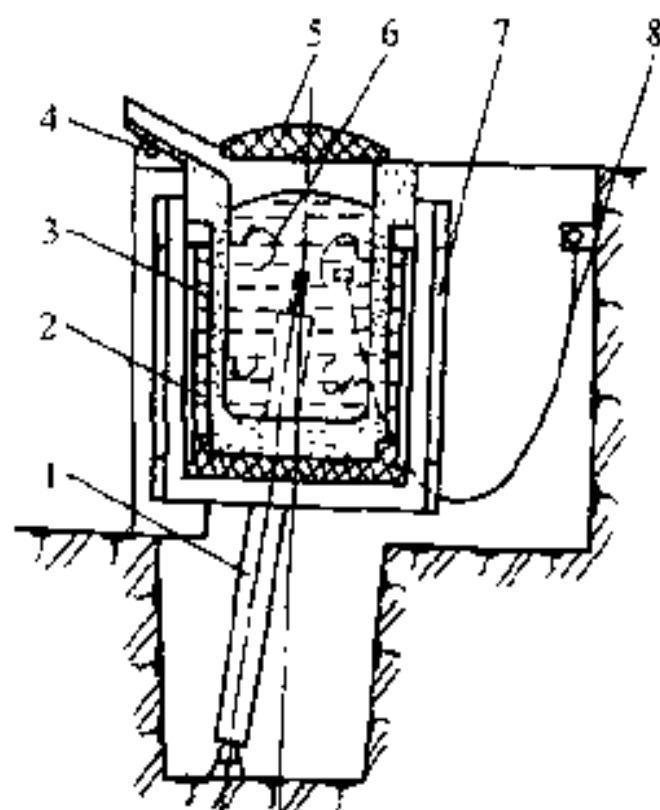


图 2-5 无芯感应炉

- 1—倾炉用液压缸 2—感应线圈 3—坩埚  
4—转动轴 5—炉盖 6—熔融金属  
搅拌方向 7—炉架 8—电源线

应电炉主要技术性能见表 2-38。

表 2-37 无芯式中频感应炼钢电炉的型号

序号	技术性能	电 炉 型 号			
		GGW- 0.06	GGW- 0.15	GGW 0.43	GGW- 0.5
1	电炉容量/kg	60	150	430	900
2	额定功率/kW	30	100	250	500
3	感应圈电压/V	750	1000	2000	2000
4	相数	1	1	1	1
5	频率/Hz	2500	2500	2500	1000
6	功率消耗/(kW/kg)	0.83	0.66	0.58	0.55
7	工作温度/℃	1600	1600	1600	1600
8	熔炼时间/min	60	75	75	70
9	单位耗电量/(kW·h/t)	1000	950	940	770
10	耗水量/(m <sup>3</sup> /h)	1	1	5	4-5
11	坩埚直径(炉口/尺寸/mm);	φ220/φ170	φ275/φ225	φ430/φ380	φ560/φ480
	(炉底/mm)	360	520	555	800
	高度/mm				
12	炉体外形尺寸	1245×	1245×	2280×	2120×
	长/mm×宽/mm	1030×	1030×	1920×	2700×
	×高/mm	1096	1096	2180	380

表 2-38 无芯式工频感应炉的主要技术性能

序号	技术性能	电炉容量/kg									
		100	150	250	400	500	700	1500	3000	10000	
1	额定功率/kW	100	100	130	135~ 200	180	310	450	750	2700	
2	感应圈电压/V	380	380	380	380	380	1000	380	500	1000	
3	感应圈匝数	70	54	46	40	36	60	18+18+18+18+18	18+18+18+18+18	—18	
4	每匝电压/V	5.43	7	8.26	9.5	10.6	16.7	21.1	27.8	55.6	
5	频率/Hz	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
6	功率消耗 kW/kg	1	0.67	0.52	0.43	0.36	0.43	0.3	0.25	0.27	
7	炼钢生产率 kg/h	—	100	—	—	—	—	500~ 700	—	—	
8	炼钢单位耗电量/ (kW·h/t)	—	1200	—	—	—	—	900~ 1000	—	—	

## (二) 制备坩埚

1. 坩埚材料 酸性坩埚材料见表 2-39, 碱性坩埚材料见表 2-40。

表 2 39 酸性坩埚材料

材料名称		炉衬材料				炉领材料 <sup>1</sup>			
耐火材料	硅	化学成分(质量分数,%)	SiO <sub>2</sub>	杂质含量					
			40~49.5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	水分		
	砂	粒度要求/mm	5~6	2~3	0.5~1	硅石粉	1~2	0.2~0.5	硅石粉
			25	20	30	25	30	50	20
配比(质量分数,%)									
粘 结 剂		硼 酸	质量分数为 1.7%~2.0%的硼酸成分(质量分数,%) 水分≤0.5			质量分数为 10%水玻璃, 或质量分数为 20%的粘土和少量水玻璃			
配制方法		硅砂+硼酸, 干混(不加湿润剂)				细硅砂(或全部硅石粉)+水玻璃, 湿混			

(续)

材料名称	炉衬材料	炉领材料
打结坩埚方法	采用干打结法，以保证炉衬质量	湿打结法

i) 炉领，系指坩埚的上口，即感应圈以上的部分。

表 2-40 碱性坩埚材料组成

坩埚容量/ kg	坩埚材料组成 (质量分数, %)			粒度组成 (质量分数, %)			
	镁砂	电熔 镁砂	电熔 氧化铝	5~20 /mm	3~5 /mm	1~3 /mm	<1 /mm
10~30	70~ 80	30~ 20	—		30	45	25
250~3000	50~ 20	50~ 80	—	20	25	35	20
≥1000		70~ 60	30~ 40	—	—	—	—
粘结剂组成(质量分数, %)	名称	硼酸	水玻璃	粘土	氟石		
	硼酸粘结剂	1.5~2.5	—	—	—		
	水玻璃粘结剂	—	5	—	—		



(续)

粘 结 剂 组 成	名 称	硼 酸	水 玻 璃	粘 土	氟 石
质量 分数 (%)	水 玻 璃 硼 酸 粘 结 剂	1	5	-	-
	粘 土 硼 酸 粘 结 剂	1.5~1.8	-	2~2.5	-
	氟 石 粘 结 剂	-	-	-	5

注：1. 所用镁砂须经磁选，去除其中含铁杂质，确保坩埚绝缘件。

2. 镁砂分冶金镁砂和电熔镁砂两种，在耐急冷急热方面后者优于前者，但价贵。

3. 冶金镁砂应符合了 GB2273-80 中 MS-88Ga 的规定。

4. 电熔氧化铝是一种中性耐火材料，其耐火度和耐急热急冷能力都较好，是很好的坩埚材料。用电熔氧化铝和电熔镁砂配合制作大吨位感应电炉的坩埚，其使用寿命较长。

2. 石棉绝缘层 紧靠感应器的内面有一层用石棉板(或石棉布、玻璃丝布)围成绝缘筒、使感应器与坩埚内部炉料绝缘。在坩埚底部垫上 2~3 层石棉板作隔热片。如图 2-6 所示。

3. 坩埚模样 坩埚模样用于形成坩埚内腔形状，按

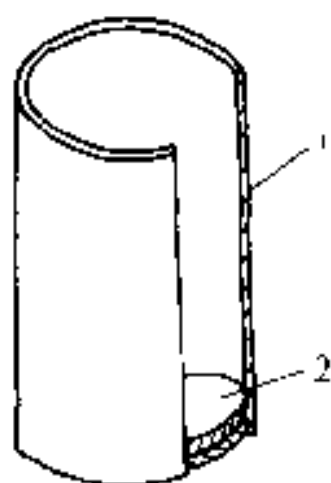


图 2-6 感应电炉坩  
坩用石棉绝缘层

- 1 石棉网筒  
2 石棉圆片

其材料分为钢模样和石墨模样两种。钢模样常用钢板焊成或铸钢注成的空心结构(图 2-7), 壁上钻出许多  $\phi 3\text{mm}$  的小孔。坩埚打结完毕钢模样一般不取出, 在烘干和烧结坩埚时利用它起电感应加热作用。并且炼第一炉钢时, 钢模样随炉料一起熔化掉。石墨模样用石墨电极材料车削而成, 坩埚打结完毕并在烘干和烧结中不取出, 利用石墨模样的电感应起加热作用。坩埚烧结后再将石墨模样取出。

#### 4. 坩埚打结方法(表 2-41)

表 2-41 坩埚的打结方法

步骤	操作方法
1	在感应器内侧放好石棉绝缘层, 在炉底面放 2~3 层石棉隔热圆片
2	在炉底石棉圆片上, 铺一层厚 20~40mm 的坩埚材料, 并捣实
3	放入模样, 对准中心线后将其固定
4	分批加入坩埚材料, 每批厚 20~30mm, 逐层捣实。小坩埚由二人手工捣实, 大坩埚用风动捣固棒捣实。注意坩埚下部靠近炉底的锥体部分, 特别要捣实, 以防裂纹造成漏钢事故

(续)

步骤	操作方法
c)	打结酸性坩埚时，当捣到坩埚上部(感应器以上部分)时，改用含粘土(或水玻璃)的硅石粉加固混合物捣制

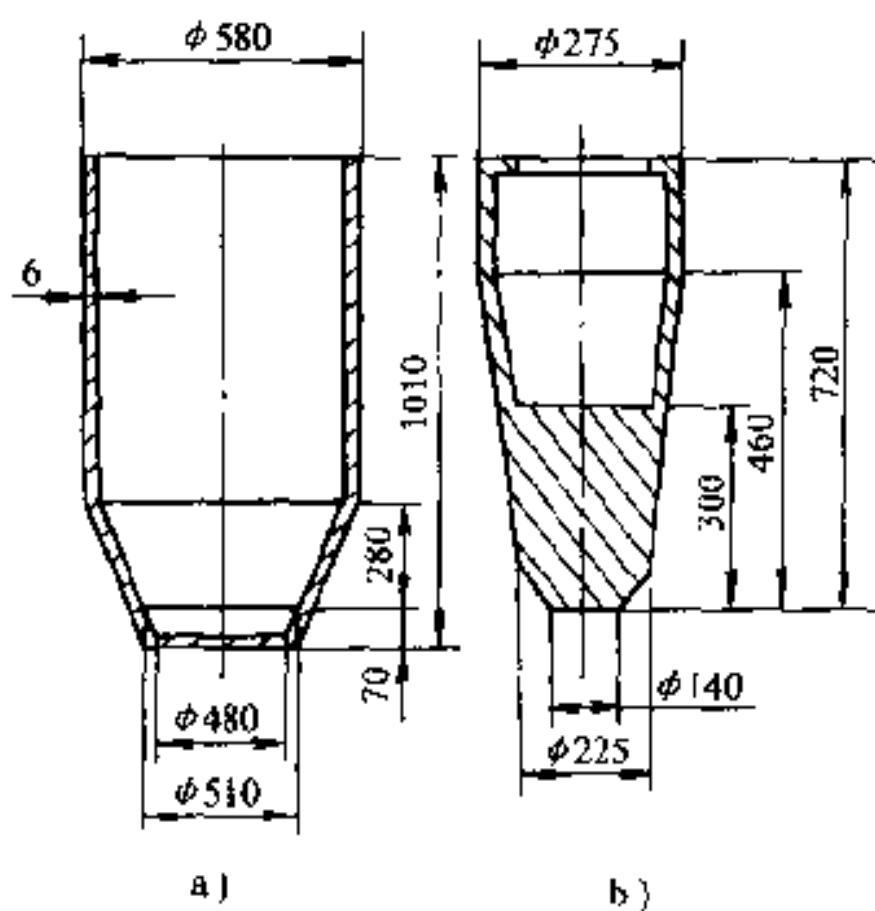


图 2-7 打结坩埚用钢模样

a) 1.5t 炉用钢板焊接的钢模样

b) 150kg 炉用铸钢模样

5. 坩埚的烧结 坩埚烧结采用电烘炉法,其烘炉规范见表 2-42、表 2-43。为使坩埚充分烧结,第一次开炉能连续多熔化几炉为好,每炼完最后一炉应盖好炉盖,以免急冷造成坩埚裂纹。

表 2-42 1.5t 感应电炉烘炉规范

烘炉时间/h	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12
每 5min 内送电时间	30s	45s	1min	1min30s	2min	2min30s

表 2-43 150kg 感应电炉的烘炉规范

规 范	送电电压/V	送电时间/h	断电时间/h
用电压调节器时	130	1.5	0.3
	220	1.5	0.3
	220	2	0.3
	260	1	0.3
	380	1	0.5
	380	熔化	—
不用电压调节器时	220	1.5	0.3
	220	2	0.3
	220	2	0.3

(续)

规 范	送电电压/V	送电时间/s	断电时间/h
不用电压调节器时	380	0.5~1	1~6 <sup>1</sup>
	220	2	0.3
	220	2	0.3
	380	熔化	

1 4~6h, 指砂中水分能充分蒸发所需要的时间。

### (三) 酸性感应电炉炼钢工艺

酸性感应电炉不适于用氧化法炼钢。一般是造酸性渣, 不能脱磷和脱硫。如炉料条件很差, 必须炉内脱磷或脱硫时, 可在短时间内造碱性脱磷脱硫炉渣来处理钢液(表 2-44)。酸性感应电炉不用扩散脱氧方法脱氧而用沉

表 2-44 酸性感应电炉内脱磷和脱硫方法

序号	要 点	脱磷方法	脱硫方法
1	造渣材料及加入量(占钢液重量)	碱性造渣材料(石灰: 氟石=3:1)加入量3%~3.5%, 氧化铁加入量1%~1.4%	碱性造渣材料(石灰: 氟石=3:1), 加粉和硅铁粉加入量1%

(续)

序号	要 点	脱磷方法	脱硫方法
2	处理时间	炉料化清后及时处理	还原末期进行处理
3	钢液温度条件	在低温的钢液温度(1520℃左右)下进行	在较高的钢液温度(1580~1620℃)下进行
4	处理方法	在钢液温度达1520℃左右时,扒除原有炉渣,加入氧化铁皮,搅拌钢液,送电1~3min,升温至1540℃左右,加入碱性造渣材料并送电3~5min,然后降温至1480℃左右,扒净炉渣,再造酸性渣	出钢前1~5min,将配好的造渣材料加入炉内,送电2~3min,然后加入碳粉和硅铁粉,并及时出钢
5	较好的炉渣成分(质量分数)	CaO40%~60%, SiO <sub>2</sub> 15%~20%, FeO10%~15%, MnO3%~6%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.5%~2.0% (炉渣碱度 R = 2~3.5)	CaO40%~60%, SiO <sub>2</sub> 20%~30%, MnO1%~1.5%, FeO<0.8% (炉渣碱度 R = 2~3)

(续)

序号	要 点	脱磷方法	脱硫方法
6	处理效果 (质量分数)	脱磷效率 15%~ 20%	脱硫效率 30%~ 40%

淀脱氧法脱氧。酸性感应炉不适用冶炼高锰钢和含铝、钛的钢种。

1. 配料 碳：炉料中平均碳的质量分数按规格成分下限计配。磷和硫：炉料中平均磷的质量分数和硫的质量分数均比规格成分的限量低 0.005%~0.01%。硅、锰及合金元素收得率参考表 2-45。

表 2-45 酸性感应电炉不氧化法  
的合金元素收得率(质量分数)

元素名称	合金名称	适宜的加入时间	收得率(%)
Ni	金属镍	装料时	100
Mo	钼铁	装料时	98
W	钨铁	装料时	98
Cr	铬铁	装料时	95
Mn	锰铁	出钢前 10min	90
Si	硅铁	出钢前 7~10min	100
V	钒铁	出钢前 7min	92~95

2. 装料 感应电炉坩埚内的温度分布如图 2-8 所示。装料方法见表 2-46

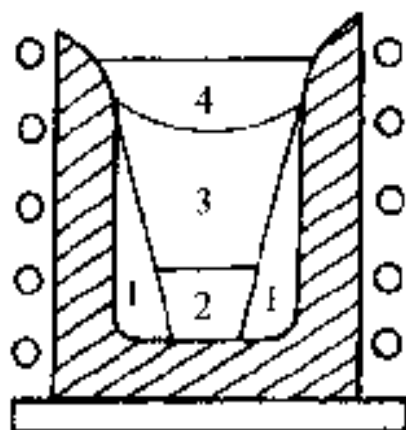


图 2-8 感应炉坩埚内的温度分布

1--高温区 2、3 较高  
温区 4 低温区

表 2-46 酸性和碱性感应电炉装料方法

项目	中、小容量感应电炉	大容量感应电炉
合理布料原则与装料方法	坩埚底部加小块料；小块料上加铁合金，上面加中块料。坩埚边缘部位加入块料，大块料间隙中填充小块料 炉料装的紧实以利导电	适于采用料斗装料。料斗用钢板焊接而成，外形尺寸与坩埚内衬轮廓一致。料斗预先装好炉料。料斗随炉料一起装入坩埚内，一起被熔化



3. 炼钢工艺 以耐热钢 ZG1Cr25Ni20Si2 为实例见表 2-47。

表 2-47 ZG1Cr25Ni20Si2 钢酸性感应电炉  
不氧化法冶炼工艺

时 期	序 号	工 序	操 作 摘 要
熔 化 期	1	通电熔化	开始通电时, 供给 60% 左右的功率, 待电流冲击停止后, 逐渐将功率增至最大值
	2	捣料助熔	随着坩埚下部炉料熔化, 经常注意捣料, 防止“搭桥”, 并陆续添加炉料
	3	造渣	大部分炉料熔化后, 加入造渣材料(一般用碎玻璃)造渣, 其加入质量分数约为 1.5%
	4	取样、扒渣	炉料基本化清时, 取钢样进行全分析, 并将其余的炉料加入炉内, 炉料全熔后, 减小功率, 倾炉扒渣, 并另造新渣
还 原 期	5	脱氧及调整成分	加入低碳锰铁和硅铁脱氧, 并调整硅、锰含量, 然后加入低碳铬铁, 调整含铬量
	6	测温, 作圆杯试样	测量钢液温度(要求达到 1550°C 以上), 并作圆杯试样, 检查钢液脱氧情况
出 钢	7	终脱氧 出钢	钢液化学成分和温度符合要求, 脱氧情况良好时, 插铝 1kg/t 钢, 终脱氧, 停电, 倾炉出钢

#### (四) 碱性感应电炉炼钢工艺

碱性感应电炉炼钢能脱磷和脱硫。一般采用不氧化法炼钢,必要时也可采用氧化法炼钢,但要特别注意吹氧操作时控制氧气压力和吹氧气流方向,以防吹穿坩埚壁。钢液脱氧采用沉淀脱氧和扩散脱氧相结合的方法,扩散脱氧用的脱氧剂可采用碳粉、硅铁粉、硅钙粉、铝粉,视冶炼钢种而选定。碱性感应电炉适于冶炼碳钢和各种合金钢。

1. 配料(表 2-48)
2. 装料 见表 2-46。
3. 冶炼工艺 碱性感应电炉不氧化法冶炼工艺

表 2-48 碱性感应电炉炉料的配料

元素	配 料 要 求	
C	采用不氧化法时	炉料平均含碳量按规格成分的下限配入
	用氧化法时	炉料平均碳的质量分数比规格成分的下限高 0.2%~0.3%,即氧化脱碳质量分数为 0.2%~0.3%
P	炉料平均 $w(P) \leq 0.06\%$	
S	炉料平均 $w(S) \leq 0.05\%$	
合金元素	不氧化法中,合金元素的收得率参考表 2-49	

表 2-49 碱性感应电炉不氧化  
法炼钢中合金元素收得率

元素名称	合金名称	适宜的加入时间	元素收得率 (质量分 数,%)
镍、铜、钼、 铌、钨	金属镍、金属 铜、钼铁、铌铁、 钨铁	装料时	100
铬	铬铁	装料时	97~98
锰	锰铁、金属锰	装料时 还原期	90 94~97
氮	氮化锰、氮化 铬	还原期(加稀土 时) 还原期(不加稀土 时)	10~50 35~95
钒	钒铁	还原期	95~98
硅	硅铁	出钢前 10min	90
铝	金属铝	出钢前 3~5min	93~95
钛	钛铁	出钢前插铝终脱 氧后加入	85~92
硼	硼铁	临出钢前加入, 或 出钢时加在钢包中 冲熔	50

实例。见表 2-50 和表 2-51。碳钢碱性感应电炉氧化法冶炼工艺，见表 2-52。

表 2-50 ZG1Cr18Ni9Ti 不锈钢碱性感应电炉不氧化法冶炼工艺

时 期	序 号	序 号	操 作 要 点
氧 化 期	1	通电熔化	开始通电 6~8min 内供给 60% 的功率，待电流冲击停止后，逐渐将功率增至最大值
	2	捣料助熔	随坩埚下部炉料熔化，随时注意捣料，防止“搭桥”，并继续添加炉料
	3	造渣	大部分炉料熔化后，加入造渣材料（石灰粉：氟石粉=2：1）造渣覆盖钢液。造渣材料加入量（质量分数）为 1%~1.5%
	4	取样扒渣	约 95% 炉料熔清时，取钢样作全分析，并将其余 5% 的炉料加入炉内。全部炉料熔清后，将功率降至 40%~60% 倾炉扒渣，并另造新渣
还 原 期	5	脱氧	渣料化清后，往炉渣面上加脱氧剂（石灰粉：铝粉=1：2）进行扩散脱氧。脱氧过程中可用石灰粉和氟石粉调整炉液的粘度，使炉渣具有良好的流动性

(续)

时期	序号	工 序	操 作 要 点
还原期	6	调整成分	根据分析结果调整化学成分, 其中含硅量应在出钢前 10min 内调整
	7	测温, 作圆杯试样	测量钢液温度, 并作圆杯试样, 检查钢液脱氧情况
	8	加钛铁	钢液温度达到 1630~1650℃, 圆杯试样收缩良好时, 扒除一半炉渣后, 加入钛铁, 并将钛铁压入钢液
出钢	9	终脱氧、出钢	钛铁熔清后, 插铝 1kg/t 钢进行终脱氧。插铝后 2~3min 以内停电, 倾炉出钢

表 2-51 ZGMn16Al3Si2 钢碱性感应  
电炉不氧化法冶炼工艺

时期	序号	工 序	操 作 要 点
熔化期	1	通电熔化	开始通电 6~8min 内供给 60% 的功率, 待电流冲击停止后, 逐渐将功率增至最大值
	2	捣料助熔	随着坩埚下部炉料熔化, 随时注意捣料, 防止“搭桥”, 并继续添加炉料

(续)

时期	序号	工序	操作要点
熔 化 期	3	造渣	大部分炉料熔化后, 加入造渣材料(石灰粉: 氟石粉=2:1)造渣覆盖钢液, 造渣材料加入质量分数为1%~1.5%
	4	取样扒渣	约95%的炉料熔清时, 取钢样作全分析, 并将其余5%的炉料加入炉内, 全部炉料熔清后, 将功率降至40%~60%, 倾炉扒渣, 另造新渣
还 原 期	5	脱氧	渣料化清后, 往炉渣面上加脱氧剂(石灰粉: 铝粉=1:2)进行扩散脱氧, 脱氧过程中可用石灰粉和氟石粉调整炉渣粘度, 使炉渣具有良好的流动性
	6	调整成分	根据化学分析结果调整钢液化学成分, 其中含硅量应在出钢前10min内调整
	7	测温、作圆杯试样	测量钢液温度, 并作圆杯试样, 检查钢液脱氧情况
	8	插硅钙	钢液温度达1560℃以上, 圆杯试样收缩良好时, 插入质量分数为0.2%的硅钙进一步脱氧
	9	插铝	钢液温度达1580℃以上, 除去全部炉渣, 随即加入质量分数为0.07%的冰晶石粉, 并进行插铝(垂直插入炉内)
出 钢	10	出钢	插铝后, 搅拌钢液, 停电, 倾炉出钢

表 2-52 碳钢碱性感应电炉氟化法冶炼工艺

时 期	序 号	I 序	操 作 要 点
熔 化 期	1	通电熔化	开始通电时供给 60% 的功率, 待电流冲击停止后, 逐渐将功率增至最大值
	2	捣料助熔	随着坩埚下部炉料熔化, 随时注意捣料, 防止“搭桥”, 并继续添加炉料
	3	造渣	大部分炉料熔化后, 加入造渣材料(石灰粉: 氟石粉=2:1)造渣覆盖钢液, 造渣材料加入质量分数为 1%~1.5%
	4	取样扒渣	质量分数约 95% 炉料熔清时, 取 1 号钢样, 分析 C、P, 并将其余质量分数 5% 的炉料加入炉内。炉料熔清后, 将功率降至 40%~60%, 倾炉扒除全部炉渣, 并加入渣料重新造渣
氧 化 期	5	氧化脱碳	钢液化学成分(含氧化脱碳量)符合要求, 钢液温度达到 1570℃ 以上时, 进行氧化脱碳操作, 脱碳可用吹氧法或矿石法
	6	估碳, 取样	估计钢液含碳量达到规格成分的下限, 停止供氧, 取 2 号钢样, 进行全分析
还 原 期	7	脱氧	渣料化清后, 往炉渣面上加脱氧剂(石灰粉: 碳粉=2:1)进行扩散脱氧。脱氧过程中可用石灰粉和氟石粉调整炉渣粘度, 使炉渣具有良好的流动性

(续)

时 期	序 号	序	操 作 要 点
还 原 期	8	调整成分	根据钢样分析结果, 调整钢液成分, 其中含硅量应在出钢前 10min 内调整
	9	测温, 作圆杯试样	测量钢液温度, 并作圆杯试样, 检查钢液脱氧情况
出 钢	10	终脱氧 出钢	钢液温度达到出炉温度(见表 2-9 序号 10), 圆杯试样收缩良好时, 插铝 0.8kg/t 钢进行终脱氧, 插铝后 2~3min 内, 停电、倾炉、出钢

### 三、冲天炉化铁

生产中常用的中小型冲天炉多为侧送风、多排风口、酸性、焦炭冲天炉。

#### (一) 冲天炉基本结构、参数及专用风机

1. 冲天炉结构 冲天炉类型虽多但其基本结构大体相同。

图 2-9 为两排大间距冲天炉基本结构。表 2-53 为中、小型冲天炉各部组成及其作用。表 2-54 为冲天炉各部位炉衬特点。表 2-55 为冲天炉炉衬修理材料配方。



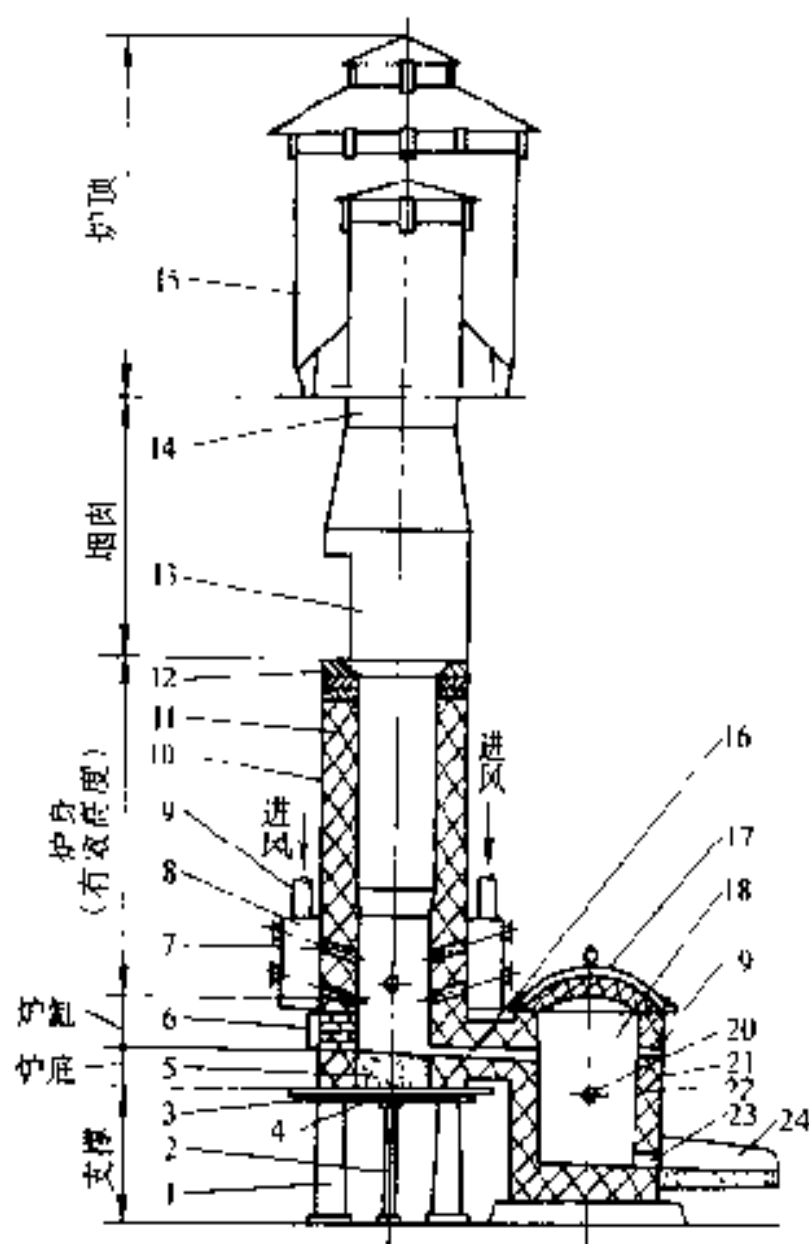


图 2-9 冲天炉基本结构

- 1—炉腿 2—炉门支撑 3—炉底板 4—炉门  
 5—炉底 6—工作门 7—风口 8—风箱  
 9—进风管 10—炉壳 11—炉衬  
 12—铸铁砖 13—加料口 14—烟囱 15—  
 火花捕灭器 16—过桥 17—前炉盖 18—  
 前炉 19—过桥窥视孔 20—出液口 21—  
 前炉炉壳 22—前炉炉衬 23—出铁口  
 24—出铁槽

表 2-53 中小型冲天炉各部分组成及其作用

名称	组成特点	作用
支撑及炉底	<p>整炉座在炉底板上，通过四根炉腿支撑在炉基上。炉底板中心开设一个大圆孔，装有两扇半圆形带铰链的金属炉门。门合上后锁紧支空，填砂捣实构成炉底。熔化结束，炉底门支柱拉倒，打开炉底门，捣破炉底，炉内剩余底焦和金属炉料坠落地面</p>	<p>承受炉子及炉料全部重量，方便清理余料和修炉</p>
炉体	<p>炉体包括炉缸和炉身。炉体外壳用 6~12mm 厚钢板焊接而成。内砌耐火砖及耐火材料形成炉衬，炉衬厚度为 180~250mm。</p>	
	<p>底排风口下沿至炉底砂床顶面之间的炉体为炉缸</p> <p>无前炉的冲天炉炉缸，高度多为 450~600mm，炉缸上并有出铁口、出渣口和工作门</p>	<p>汇集与贮存铁液和熔渣</p>
	<p>有前炉的冲天炉炉缸，高度尽可能低，一般为 200~400mm，以减少底焦耗量，减少铁液增碳增硫。炉缸一侧通过过桥与前炉连通</p>	<p>使铁液汇集并导入前炉</p>

(续)

名称	组成特点	作用
炉体	<p>自加料口下沿至第一排风口中心线为炉身，此段高度为有效高度。炉身下部设有环形风箱，风箱内侧有多排风口通向炉内，下面一排风口为主风口，上面几排风口为辅助风口。由鼓风机鼓入的空气经风箱，通过风口鼓入炉内。风箱起进入炉内空气均匀稳定的作用</p>	<p>容纳炉料、焦炭燃烧、金属料预热、熔化、过热及渣的全部熔化过程均在其中进行</p>
烟囱	<p>自加料口下沿至炉顶统称烟囱。烟囱下部内衬耐火砖或红砖，顶端设有火花捕火器</p>	<p>造成抽力，利于点火自然，收集火花，排除烟尘，减轻环境污染</p>
前炉	<p>设在冲天炉前面，多呈圆筒形，用6~12mm厚钢板卷焊而成。外壳直径与后炉相近，内衬耐火材料厚150~250mm，底部开有出铁口，侧面中下部开有出渣口，正面与过桥对应处开有窥视孔。上端装有前炉炉盖。通过过桥与炉缸连通</p>	<p>贮存铁液，使铁液化学成分、温度均匀，缩短铁液在炉缸中停留时间，减少铁液增碳增硫</p>
过桥	<p>断面形状多为甲形，小端面尺寸(宽×高)取10mm×(60~50)mm×75mm，接前炉的一端修成大端，倾斜度保持1/30~1/20，以便铁液和熔渣流入前炉</p>	<p>铁液和熔渣由炉缸流入前炉的通道</p>

表 2-54 冲天炉各部位炉衬特点

冲天炉各部位	工况条件	常用材料
烟囱	与废气接触，温度不高，炉衬可长期不更换	普通耐火粘土砖 如(NZ) 30
加料以下 1m 以内	工作温度低于 500℃。加料受撞击，要求炉衬力学强度高，耐冲击	铸铁砖
预热区	工作温度 500 ~ 1100℃，受炉料的机械磨损作用，要求炉衬有足够的强度和耐火度	普通耐火粘土砖， 如(NZ)-30
熔化区和过热区	受高温炉气、火焰、铁液和熔渣的作用，工作温度可达 1700℃左右。要求炉衬较高的耐火度，抗熔渣和热稳定性。此处炉衬经常须更换和修补	质量较好的耐火粘土砖，如(NZ)-10 和搪炉材料
炉缸	受高温铁液和熔渣作用。工作温度约 1500 ~ 1650℃。要求炉衬较高的耐火度、抗渣性和热稳定性。此处炉衬须常修补	质量较好的耐火粘土砖，如(NZ)-40 和搪炉材料
炉底	工作条件同炉缸。每炉次后都须更换	型砂；炉底顶层可敷填一层焦炭砂

(续)

冲天炉各部位	工况条件	常用材料
过桥	受高温铁液和熔渣强烈冲刷, 要求炉衬较高耐火度和抗冲刷能力	过桥填料和质比较好的耐火砖, 如(NZ)-10 或成形耐火砖
前炉	受高温铁液和熔渣侵蚀, 工作温度约 1450~1500°C, 要求炉衬具有较高的耐火度、抗渣性和热稳定性, 并具有良好的保温性能	外层: 耐火粘土砖(NZ) 35 和隔热材料 内层: 前炉内壁搽料
出铁槽、出渣槽	受铁液、熔渣的冲刷, 但作用时间较短	耐火粘土砖(NZ)-35 和前炉内壁搽料

表 2-55 冲天炉炉衬修理材料配方

材料名称	配方(质量分数, %)						
	粘土耐火泥	耐火砖粉	焦炭粉	硅石粉	型砂	石墨粉	水
后炉搽料 1	40~30	—	—	60~70	—	—	适量

(续)

配方(质量分数,%)

材料名称	粘土	耐火泥	耐火 砖粉	焦炭粉	碎石粉	型砂	石墨粉	水
后炉搪料	10	20	35	—	35	—	—	适量
后炉搪料	—	40~ 20	—	—	60~ 80	—	—	适量
砖缝填料	40~ 30	60~ 70	—	—	—	—	—	适量
砖缝填料	—	40~ 30	60~ 70	—	—	—	—	适量
炉底填料	—	—	—	—	—	100	—	—
炉底顶层 填料	10~ 5	—	—	50	—	40~ 45	—	适量
过桥搪料	30~ 20	—	—	—	60~ 70	—	10	适量
前炉内壁 搪料	20~ 10	—	—	80~ 90	—	—	—	适量
前炉外层 隔热材料	10	—	—	10	20	60	—	适量

(续)

材料名称	配方(质量分数,%)							
	粘土	耐火泥	耐火砖粉	焦炭粉	碎石粉	型砂	石墨粉	水
前炉内壁和过桥涂料	10	-	-	-			90	适量

2. 冲天炉主要参数 表 2-56 为两排大间距冲天炉主要参数。表 2-57 为多排小风口曲线炉膛冲天炉主要参数。

3. 冲天炉专用鼓风机(表 2-58、表 2-59)

表 2-56 两排大间距冲天炉主要参数

主要参数		名义熔化率/(t/h)				
		1	2	3	5	7
炉	风口区内径/mm	400	500	650	850	950
	熔化带内径/mm	500	600	750	950	1050
膛	炉膛平均内径/mm	450	550	700	900	1000
炉壳外径/mm		900	1000	1200	1430	1700
炉缸高度/mm		250	250	250	300	300
炉底厚度/mm		200	200	250	250	300

(续)

主要参数		名义熔化率/(t/h)					
		1	2	3	5	7	
有效高度/mm		3500	4000	4500	5800	6300	
有效高度比 $H/D$		7.0	7.1	7.0	5.1	6.0	
前炉与冲天炉中心距/mm		1030	1200	1450	1600	2000	
加料平台高度/mm		1500	3000	6000	7000	850	
炉距/mm		450	500	600	700	800	
排数/炉径		1.0	0.91	0.86	0.78	0.8	
风 口 参 数	风口直径 /mm × 个数	北京焦(第一排)	27 × 4	27 × 6	35 × 6	45 × 6	43 × 8
		(第二排)	× 5	× 5	× 5	× 5	× 5
	×/(°)	铸造焦(第一排)	27 × 4	27 × 6	35 × 6	45 × 6	43 × 8
		(第二排)	× 10	× 10	× 10	× 10	× 10
	风口比	北京焦(%)	3	3	3	3	3
		铸造焦(%)	5	5	5	5	5
	内径/mm		570	700	800	970	1080
	渣口高度/mm		640/ 400	750/ 540	890/ 520	1010/ 650	1100/ 700



(续)

主要参数		名义熔化率 (t/h)					
		1	2	3	5	7	
前炉	有效容量 t	6.71	1.5	2.0	3.5	5.7	
	外壳直径/mm	970	1050	1200	1420	1720	
	装料底焦高度/mm	1500	1550	1600	1650	1700	
	风箱风压/kPa	10~	11~	12~	13~	15~	
		11	12	13	14	16	
I	理论风量	北京焦/(m <sup>3</sup> /min)	9.8	19.5	29.8	48.8	68.3
		铸造焦/(m <sup>3</sup> /min)	10.3	20.7	31.0	51.7	72.4
艺	风口分配	北京焦	50'	50'	50'	50'	50'
			50	50	50	50	50
	比二排/ ·排	北京焦	30	40'	10'	50'	10;
		铸造焦	60	60	60	60	60
参	铁液温度	北京焦/C	1420	1420	1420	1420	1420
			~	~	~	~	~
			1150	1150	1450	1150	1450
		铸造焦/C	1470	1470	1470	1470	1470
		1520	1520	1520	1520	1520	
数	铁焦比		8~	8~	8~	8~	8~
			10	10	10	10	10
	熔化强度/(t·m <sup>2</sup> ·h)	6.3	8.1	7.8	7.9	8.9	

(续)

主要参数		名义熔化率/(t/h)					
		1	2	3	5	7	
工艺参数	燃烧比(%)	50~60	50~60	50~60	50~60	50~60	
	元素烧损 (质量分数)	Si(%)	15	15	15	15	15
		Mn(%)	20	20	20	20	20
风机	风量/(m <sup>3</sup> /min)	20	35	50	85	2×60	
	额定风压/kPa	11	13	15	20	35	
	电机功率/kW	7.5	13	22	55	2×55	
原材料块度	金属料<1mm	150	180	240	300	330	
	焦炭>1mm	60	70	80	90	100	

- 注：1. 炉膛平均内径=(风口区内径+熔化带内径)/2。  
 2. 风口比及熔化强度均按炉膛平均内径计。  
 3. 当焦炭质量分别低于北京焦或铸造焦时，可按表中数值将风口比适当缩小。  
 4. 理论风量系按燃烧比55%，铁焦比10:1，北京焦和铸造焦固定碳质量分数分别为85%及90%计。  
 5. 本表摘自“两排大间距”冲天炉三化系列。

表 2-57 多排小风口曲线炉膛冲天炉主要参数

主要参数		熔化率 (t/h)				
		2	3	4	5	7
炉膛	最大处直径/mm	600	700	800	900	1050
	主风口处直径/mm	150	510	620	690	850
最大直径处与主风口处直径的距离/m		1.0	1.1	1.2	1.35	1.55
炉缸深度/mm		200	220	250	280	300
有效高度/mm		3900	4800	5400	5700	6000
炉膛底部距第一排风口高度/mm		1400	1600	1700	1760	2200
风口总面积/主风口处炉膛截面(%)		3~5				
主风口面积/风口总面积(%)		45~65				
风口排数		4~5				
每排风口个数/个		4	6	8	8	8~10
各排风口排距/mm		150~200	150~200	150~250	150~250	200~250
主风口截面处送风强度/(m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·min)		150~150				
炉壳外径/mm×厚度/mm		φ900×6	φ1200×6	φ1280×8	φ1400×8	φ1550×10

(续)

主要参数	熔化率/(t/h)				
	2	3	4	5	7
送风管道公称直径/mm	φ200	φ250	φ300	φ350	φ400
加料平台负荷/(t/m <sup>2</sup> )	0.7	0.7	1.2	1.2	1.5
空气耗量/(m <sup>3</sup> /min)	24	36	48	60	81
炉渣粒化耗水量/(t/h)	15	18	19	21	24

表 2-58 冲天炉专用 8-09、9-12 型高压离心鼓风机

冲天炉 熔化率 (t/h)	冲天炉专用高压离心鼓风机			
	推荐风机型号	风量 (m <sup>3</sup> ·min)	风压 (kPa)	功率 (kW)
1	8-09-11NO. 7.1D	18	12	7.5
2	8-09-11NO. 8D	36	16	15
3	8-09-11 NO. 9D	54	15	18.5
	NO. 8D		20	30
	9-12-11NO. 9D		17	30
5	8-09-11 NO. 9D	84	19	37
	NO. 8D		18	37
	9-12-11NO. 9D		22	55
7	9-12-11NO. 9D	112	22	55
	10-16-11NO. 8D	112	17	55

表 2-59 冲天炉专用 HTD 系列高压离心鼓风机

风机型号	风机主要参数			电动机		所配冲天炉 (t)
	风量 (m <sup>3</sup> / min)	风压 (kPa)	轴功率 (kW)	型 号	功率 (kW)	
HTD12-11	12	7	2.1	JO <sub>2</sub> 11-2	5.5	0.5
				Y132S <sub>1</sub> -2	5.5	
HTD20-11	20	11	5.1	JO <sub>2</sub> 12-2	7.5	1
				Y132S <sub>2</sub> -2	7.5	
HTD35-12	35	12	10.4	JO <sub>2</sub> S <sub>2</sub> -2	13	2
				Y160M <sub>1</sub> -2	15	
HTD50-11	50	13	14.3	JO <sub>2</sub> 61-2	17	3
				Y160L-2	18.5	
HTD50-12	50	15	16.7	JO <sub>2</sub> 71-2	22	3
				Y180M-2	22	
HTD85-21	85	20	37.6	JO <sub>2</sub> 91-2	55	5
				Y250M-2	55	
HTD120-21	120	25	64.2	JO <sub>2</sub> 92-2	75	7
				Y280S-2	75	

## (二) 冲天炉化铁基本原理

在冲天炉内金属炉料和焦炭直接接触，利用对流传热原理发生程度不同的热交换，使金属料预热、熔化、过热，同时其成分也发生增碳、增硫，硅、锰氧化烧损等变化，最后熔制出合乎技术要求的高温优质铁液，完成熔炼目的。

图 2-10 是冲天炉化铁的基本过程。点火后，先将底焦加至规定高度，后按照金属炉料→层焦→熔剂顺序逐层将炉料加至加料口下沿(图中 a)。开风后由风口进入炉内的空气与底焦接触发生燃烧反应，产生热量，由此而生成的高温炉气穿过炉料向上流动，对炉料加热，并使底焦顶面上的金属炉料熔化。熔化后的液滴在穿过底焦缝隙下落的过程中，被高温炉气和炽热焦炭进一步加热。这种在金属炉料熔化温度以上的加热过程称为过热，由此使铁液达到较高温度。最后过热的铁液经炉底过桥流入前炉。在高温炉气下，石灰石约在 700℃分解成石灰(CaO)和二氧化碳。石灰是碱性氧化物，能与焦炭中的灰分和炉衬侵蚀物形成的酸性氧化物结合成熔点较低的炉渣。由于炉气、焦炭和炉渣的相互作用，金属的化学成分也会发生变化，铁液的最终化学成分是金属炉料的原始成分与熔化过程中成分变化的综合结果。由此可知，只有对底焦燃烧、热量传递和冶金反应同时进行合理控制，才能熔制高温优质铁液。

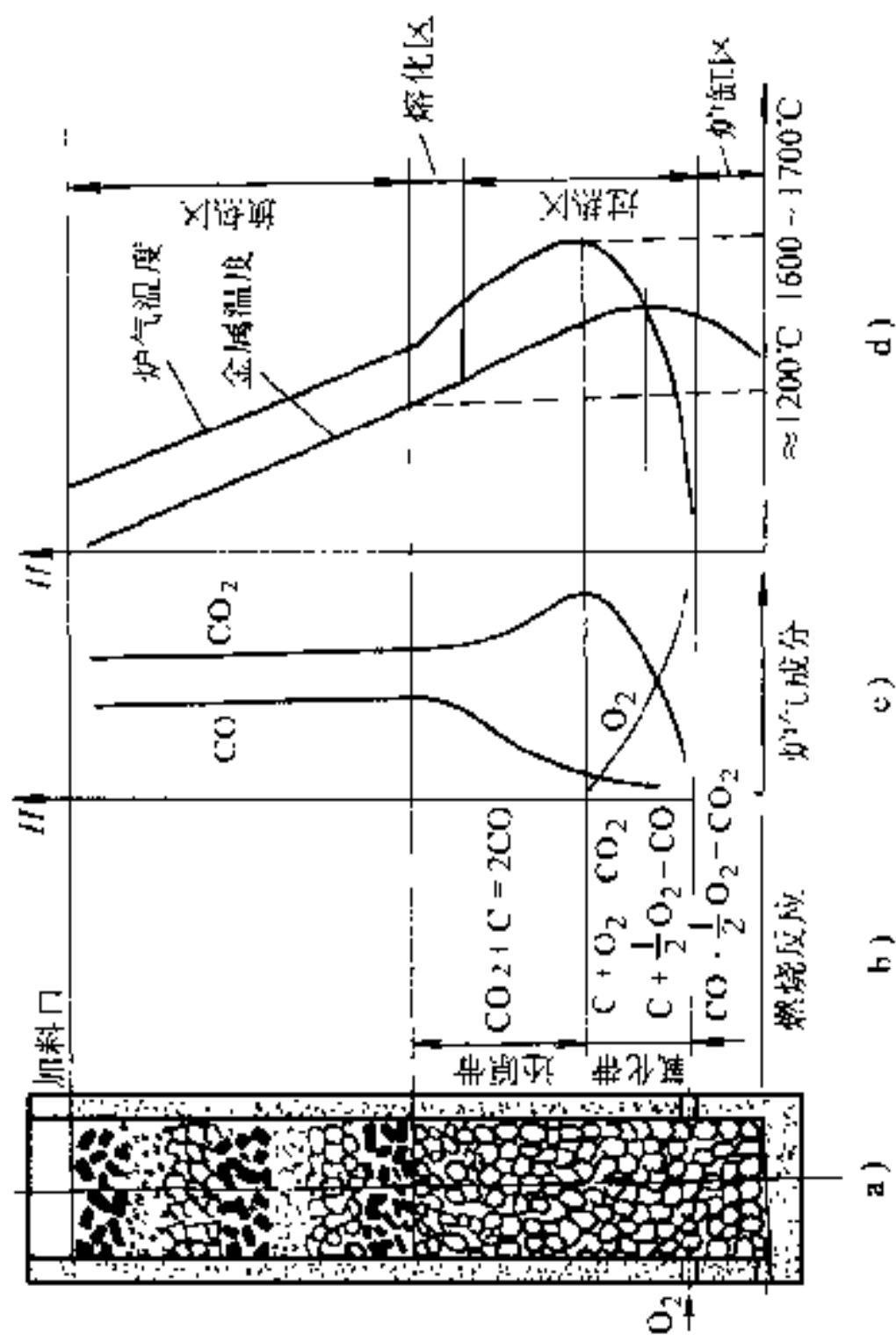


图 2.10 冲天炉化铁过程原理

a) 装料图 b) 燃烧反应 c) 炉气成分曲线 d) 炉温分布曲线

### (三) 冲天炉炉料

包括金属炉料、燃料和熔剂。金属炉料包括铸造用生铁、回炉铁、废钢和铁合金。生铁是生产各种铸铁的基本材料；回炉铁的利用能降低成本和减少占地面积；废钢主要是为降低铸铁碳硅含量；铁合金主要是为补足所需的元素成分。对金属炉料除化学成分有规定的要求外，还有洁净度和块度的要求。生产中常用的新生铁、硅铁、锰铁的规格分别见表 2-60~表 2-64。

焦炭是冲天炉主要常用燃料。其固定碳质量分数应在 80% 以上，强度要高，灰分、硫分、水分和挥发物含量要少，反应性要低，以保证焦炭有较高发热量，较低的对铁液的渗硫作用，且在燃烧时能充分燃烧生成二氧化碳（表 2-65、表 2-66）。

石灰石和氟石是冲天炉常用熔剂，主要用于造渣和脱硫（表 2-67）。

### (四) 冲天炉配料计算与主要工艺参数

1. 配料计算 配料是根据铸件的化学成分，计算并确定各种金属炉料的配合比例。

配料计算时，应有以下四方面原始数据：

- 1) 铸件要求的化学成分。
- 2) 各种金属炉料的化学成分。
- 3) 熔炼过程中各种元素的增减率（表 2-68）。
- 4) 炉前（出铁槽或铁液包中）加入合金元素的回收



表 2-60 铸造用生铁(GB718-82)

铁号	牌号	铸 31	铸 30	铸 26	铸 22	铸 18	铸 14		
	代号	Z34	Z30	Z26	Z22	Z18	Z14		
化学成分(质量分数)(%)	C	>3.3							
	Si	>3.20~3.60							
	Mn	1组	<0.50						
		2组	>0.50~0.90						
		3组	>0.90~1.30						
	P	1级	<0.06						
		2级	>0.06~0.10						
		3级	>0.10~0.20						
		4级	>0.20~0.40						
		5级	>0.40~0.90						
	S	1类	<0.03						
		2类	<0.04						
		3类	<0.05						
								$\leq 0.04$	
								$\leq 0.05$	
							$\leq 0.06$		

注: 1. 块重(5±2)kg。

2. 熔炼低牌号灰铸铁宜选用 Z22、Z26、Z30; 熔炼高牌号灰铸铁宜选用 Z14、Z18。

表 2-61 球墨铸铁专用生铁(GB1412-85)

牌号	化学成分(质量分数,%)															
	Si			Mo			P			S						
				1组	2组	3组	特级	1级	2级	3级	特级	1类	2类	3类		
Q10	$\leq 1.00$	$\leq 0.20$	$> 0.20$	$> 0.50$	$> 0.50$	$> 0.50$	$\leq 0.05$	$> 0.05$	$> 0.05$	$> 0.06$	$> 0.06$	$> 0.08$	$\leq 0.02$	$> 0.02$	$> 0.03$	$< 0.06$
Q12	$> 1.00 \sim 1.40$	$\sim 0.50$	$\sim 0.50$	$\sim 0.80$	$\sim 0.80$	$\sim 0.80$	$\sim 0.06$	$\sim 0.06$	$\sim 0.08$	$\sim 0.08$	$\sim 0.10$	$\sim 0.10$	$\sim 0.03$	$\sim 0.04$	$\sim 0.04$	$\leq 0.05$
Q16	$> 1.40 \sim 1.80$															$\leq 0.05$

表 2-62 炼钢用生铁(GB717 82)

牌号	炼 U4	炼 08	炼 10
代号	L04	L08	L10
Si	<0.45	>0.45~0.85	>0.85~1.25
Mn	一组	<0.30	
	二组	>0.30~0.50	
	三组	>0.50	
P	一级	<0.15	
	二级	>0.15~0.25	
	三级	>0.25~0.40	
S	特类	<0.02	
	一类	>0.02~0.03	
	二类	>0.03~0.05	
三类	>0.05~0.07		

化学成分(质量分数)(%)

注: 1. 块重(5~2)kg。

2. 熔炼球墨铸铁时除选用专用生铁(表 2-61)外, 也可选用 L04、L08、L10。

表 2-63 硅铁(GB2272 87)

牌 号	化学成分(质量分数,%)									
	Si	Al	Ca	Mn	Cr	P	S	C		
	范 围									
FeSi90Al1.5	87.0~95.0	1.5	1.5	0.4	0.2	0.04	0.02	0.2		
FeSi90Al3	87.0~95.0	3.0	1.5	0.4	0.2	0.04	0.02	0.2		
FeSi75Al0.5-A	74.0~80.0	0.5	1.0	0.4	0.3	0.035	0.02	0.10		
FeSi75Al0.5-B	72.0~80.0	0.5	1.0	0.5	0.5	0.04	0.02	0.2		
FeSi75Al1.0-A	74.0~80.0	1.0	1.0	0.4	0.3	0.035	0.02	0.1		
FeSi75Al1.0-B	72.0~80.0	1.0	1.0	0.5	0.5	0.04	0.02	0.2		
FeSi75Al1.5-A	74.0~80.0	1.5	1.0	0.4	0.3	0.035	0.02	0.1		
FeSi75Al1.5-B	72.0~80.0	1.5	1.0	0.5	0.5	0.04	0.02	0.2		
FeSi75Al2.0-A	74.0~80.0	2.0	1.0	0.4	0.3	0.035	0.02	0.1		
FeSi75Al2.0-B	74.0~80.0	2.0	1.0	0.4	0.3	0.04	0.02	0.1		
FeSi75Al2.0-C	72.0~80.0	2.0		0.5	0.5	0.04	0.02	0.2		
FeSi75 A	74.0~80.0	-		0.4	0.3	0.035	0.02	0.1		
FeSi75 B	74.0~80.0	-		0.4	0.3	0.04	0.02	0.1		
FeSi75-C	72.0~60.0	-		0.5	0.5	0.04	0.02	0.2		
FeSi65	65.0~<72.0	-		0.6	0.5	0.04	0.02	-		
FeSi45	40.0~47.0	-		0.7	0.5	0.04	0.02	-		

注: 铸铁不用 FeSi90Al1.5, FeSi90Al3。

表 2-64 锰铁(GB3795-87)

类别	牌 号	化学成分(质量分数,%)									
		Mn		C		Si		P		S	
低碳锰铁	FeMn85C0.2	85.0~90.0		0.2				0.10			
	FeMn80C0.4	80.0~85.0		0.1		1.0		2.0		0.30	
	FeMn80C0.7			0.7				0.20		0.02	
中碳锰铁	FeMn80C1.0	80.0~85.0		1.0		0.7		1.5		0.30	
	FeMn80C1.5			1.5		1.0				0.02	
	FeMn78C1.0	78.0~85.0		1.0				0.20			
	FeMn75C1.5	75.0~82.0		1.5		1.5		2.5		0.55	
高碳锰铁	FeMn75C2.0			2.0						0.40	
	FeMn79C7.5	79.0~85.0				1.2				0.30	
	FeMn75C7.5-A	75.0~<79.0		7.5						0.33	
	FeMn75C7.5-B	75.0~<79.0				1.5		2.5		0.38	
	FeMn65C7.0	65.0~70.0		7.0		2.0		3.0		0.40	

注：铸铁不用低碳锰铁。

表 2-65 铸造焦炭技术标准 (GB8729 88)

指 标	级 别		
	特 级	一 级	二 级
块 度	>80		
	80~60		
	>60		
$w$ (水分)(%)	≤		5.0
$w$ (灰分)(%)	≤8.00	8.01~10.00	10.01~12.00
$w$ (挥发分)(%)	≤	15	
$w$ (硫分)(%)	≤	0.80	0.80
$w$ (转鼓强度)(%)	≥	85.0	77.0
$w$ (落下强度)(%)	≥	92.0	84.0
显气孔率(%)	≤	40	45
碎焦率(<40mm)(%)	≤	4.0	

表 2-66 冶金焦技术标准 (GB1996--80)

种类	灰分 $A_g(\%)$		硫分 $S_Q(\%)$		力学性能(%)							挥发分 $V_r(\%)$	水分 $W_Q(\%)$	焦末含量 (%)
	牌 号 I	牌 号 II	I 类 $\leq$	II 类	抗碎强度( $M_{10}$ )			耐磨强度( $M_{25}$ )						
					I 组 $\geq$	II 组 $\geq$	III 组 $\geq$	I 组 $\leq$	II 组 $\leq$	III 组 $\leq$	IV 组 $\leq$			
大块焦 $>40\text{mm}$					80.0	76.0	72.0	65.0	8.0	9.0	16.0	1.0	4.0	1.0
大中块焦 $>25\text{mm}$	12.0		$\leq 0.60$											
		13.50		$\leq 0.80$									5.0	5.0
中块焦 $20\sim 40\text{mm}$													$\approx 12.0$	$\approx 12.0$

注：有%的数值均为质量分数。

表 2-67 铸造化铁炉用石灰石(JB/Z 72 64)

指 标 名 称	石灰石级别	
	ZS-1	ZS-2
1. 氧化钙(CaO)(%)	≥ 52	≥ 50
2. 二氧化硅(SiO <sub>2</sub> )(%)	≤ 1.6	≤ 1
3. 氧化镁(MgO)(%)	≤ 2.5	≤ 3.5
4. 不熔解剩余物(%) (含 SiO <sub>2</sub> )	≤ 2	≤ 5
5. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	≤ 1.5	≤ 3
6. 碎块<20mm(%)	≤ 2	≤ 2

注：有%的均为质量分数。

率(表 2-69)

(1) 配料计算方法：

1) 计算炉料中各元素的应有含量，可用下式计算

$$X_{\text{炉料}} = \frac{X_{\text{铁液}}}{1 \pm \eta\%}$$

式中  $X_{\text{炉料}}$ ——炉料中元素的质量分数(%)；

$X_{\text{铁液}}$ ——铁液中元素的质量分数(%)；

$\eta\%$ ——熔炼过程中元素增减率。“+”号用于元素增加，“-”号用于元素减少。

当  $X$  代表元素 C、Si、Mn、S、P 时，则炉料中五大元素的应有含量，可分别用以下公式计算。



表 2-68 熔炼过程中常见元素的增减率  $\eta$ (%)

元 素	增(+)减(-)情况		元素	增(·)减(-)情况	
	极限范围	一般范围		极限范围	一般范围
C	炉料中 < 3.2	+(0~60)	Cr	-(10~20)	-(8~12)
	炉料中 < 3.6	-(0~10)	Mo	-(0~10)	-(3~1)
Si	-(0~40)	-(10~20)	Cu	(0~3)	-(1~2)
Mn	(10~50)	-(15~25)	Ni	(0~3)	-(1~2)
P	0	0	V <sup>VI</sup>	-	-(30~40)
S	+(25~100)	+(10~80)	Ti <sup>IV</sup>	-	(40~50)

① 以钒钛牛铁形式加入。

表 2-69 炉前加入合金元素的回收率(质量分数,%)

元 素	加入合金	回收率	元 素	加入合金	回收率
Si	硅铁	80~90	Mo	钼铁	>95
Mn	锰铁	85~95	Ni	镍	100
Al	铝	30~40	Cu	紫铜	100
B	硼铁	40~50	Bi	铋	30~50
Ti	钛铁	60~70	Sb	锑	75
V	钒铁	≈85	Sn	锡	90
Cr	铬铁	>85			

$$C_{\text{炉料}} = \frac{C_{\text{铁液}}}{1 + \eta\%}$$

$$Si_{\text{炉料}} = \frac{Si_{\text{铁液}}}{1 - \eta\%}$$

$$Mn_{\text{炉料}} = \frac{Mn_{\text{铁液}}}{1 - \eta\%}$$

$$S_{\text{炉料}} = \frac{S_{\text{铁液}}}{1 + \eta\%}$$

$$P_{\text{炉料}} < P_{\text{铁液}}$$

式中  $C_{\text{炉料}}$ 、 $Si_{\text{炉料}}$ 、 $Mn_{\text{炉料}}$ 、 $S_{\text{炉料}}$ 、 $P_{\text{炉料}}$

分别为炉料中碳、硅、锰、硫、磷的质量分数(%)；

$C_{\text{铁液}}$ 、 $Si_{\text{铁液}}$ 、 $Mn_{\text{铁液}}$ 、 $S_{\text{铁液}}$ 、 $P_{\text{铁液}}$

分别为铁液中碳、硅、锰、硫、磷的质量分数(%)；

$\eta\%$

熔炼过程中元素增减率(表 2-68)

炉料中含碳量也可用下列经验公式估算

$$C_{\text{炉料}} = 2(C_{\text{铁液}} - 1.8)\%$$

式中  $C_{\text{炉料}}$ 、 $C_{\text{铁液}}$  分别为炉料及铁液中碳的质量分数；

1.8%——增碳系数，随炉子增碳量大小和原始含碳的质量分数而变化，一般为 1.7%~1.9%。

2) 确定废钢配比(表 2-70)。

表 2-70 废钢配比(质量分数,%)

铸铁 牌号	灰 铸 铁					球墨 铸铁	蠕墨 铸铁	可锻 铸铁
	HT150	HT200	HT250	HT300	HT350			
废钢 配比	0~10	15~20	20~30	30~40	40~50	0~ 15	0~ 15	70~ 95

注：根据车间回炉料情况，也可先确定回炉料配比。

3) 根据炉料应有的碳的质量分数，计算生铁和回炉料的配比。

设生铁配比为  $X$ ，回炉料配比为  $Y$

$$\begin{cases} X + Y + \text{废钢配比}(\%) = 100\% \\ C_{\text{生铁}} \cdot X + C_{\text{回炉料}} \cdot Y + C_{\text{废钢}} \cdot (\text{废钢配比}\%) = C_{\text{炉料}} \end{cases}$$

解方程组得出生铁配比  $X$  和回炉铁配比  $Y$ 。

4) 核算硅量、锰量等，计算硅铁、锰铁等的用量即

配比，即核算硅、锰含量是否足够，不足之数由硅铁、锰铁补齐。超过了，应重新调整炉料配比。

铁合金配比 =

$$\frac{\text{炉料中应有合金元素含量} - \text{炉料中所含合金元素含量}}{\text{铁合金中合金元素含量} \times (1 - \text{合金元素烧损率})}$$

式中 炉料中应有合金元素含量 =

$$\frac{\text{铁液要求合金元素含量} \times \text{炉前加入合金元素量}}{1 - \text{合金元素烧损率}}$$

炉前加入合金元素量 = 炉前加入铁合金量 × 铁合金中合金元素含量 × 回收率

5) 核算硫、磷含量，看其是否在允许范围之内。

6) 将计算结果列成配料单(表 2-71)。

表 2-71 配料单(质量分数)

牌号	项 目	生铁	废钢	回炉料	45%硅铁	65%锰铁
	炉料配比 (%)					
	批料重量, kg ( )					

低牌号灰铸铁炉料配比(经验)(表 2-72)

(2) 配料计算实例：已知铸件材质的牌号是 HT200，要求铁液化学成分： $w(\text{C})3.2\%$ ， $w(\text{Si})1.7\%$ ， $w(\text{Mn})0.8\%$ ， $w(\text{P}) < 0.2\%$ ， $w(\text{S}) < 0.12\%$ 。该成分、炉料成分、炉内元素增减率汇总于表 2-73。

表 2-72 低牌号灰铸铁金属  
炉料配比参照表(质量分数,%)

牌 号	HT100	HT150	HT200
废 钢	0~10	0~15	15~25
回炉铁	60~40	65~40	55~35
新生铁	40~50	35~45	30~40

表 2-73 原始数据汇总表(质量分数,%)

化学成分		C	S	Mn	P	S
铁液		3.2	1.7	0.8	<0.2	<0.12
炉 料	生铁	3.8	2.5	0.8	0.2	0.05
	回炉铁	3.3	1.7	0.6	0.2	0.10
	废钢	0.2	0.15	0.45	0.05	0.05
	硅铁		45	—	—	—
	锰铁	—	—	60	—	—
炉内元素增减率		+15	-10	-15	0	+50

配料计算:

1) 计算金属炉料中各元素应有的平均含量

$$w(C_{\text{炉料}}) = \frac{w(C_{\text{铁液}})}{1+15\%} = \frac{3.2\%}{1.15} = 2.8\%$$

$$w(Si_{\text{炉料}}) = \frac{w(Si_{\text{铁液}})}{1-10\%} = \frac{1.7\%}{0.9} = 1.89\%$$

$$w(\text{Mn}_{\text{炉料}}) = \frac{w(\text{Mn}_{\text{铁液}})}{1 - 15\%} = \frac{0.8\%}{0.85} = 0.94\%$$

$$w(\text{S}_{\text{炉料}}) < \frac{w(\text{S}_{\text{铁液}})}{1 + 50\%} = \frac{0.12\%}{1.5} = 0.08\%$$

$$w(\text{P}_{\text{炉料}}) < 0.2\%$$

2) 根据本厂情况确定回炉铁配比(质量分数)为 15%。

3) 根据金属炉料应有的含碳量,计算生铁和废钢的配比。设生铁配比为  $X$ , 废钢配比为  $Y$ 。则得方程组

$$\begin{cases} X + Y + 45\% = 100\% \\ 3.8X + 0.2Y - 3.3 \times 45\% = 2.8\% \end{cases}$$

解方程组得  $X = 33\%$ ,  $Y = 22\%$

4) 核算硅量, 计算硅铁加入量

由生铁、回炉铁、废钢三种炉料中已带来的硅量为  
 $2.5\% \times 33\% + 1.7\% \times 45\% + 0.15\% \times 22\% = 1.623\%$

金属炉料中应有的含硅量为 1.89%

尚缺硅  $1.89\% - 1.623\% = 0.267\%$

应补加的硅铁量为  $\frac{0.267\%}{45\%} = 0.59\%$

5) 核算锰量, 计算锰铁加入量

三种炉料中已带来的锰量为

$0.8\% \times 33\% + 0.6\% \times 45\% + 0.15\% \times 22\% = 0.633\%$

金属炉料中应有的含锰量为 0.94%

尚缺锰  $0.94\% - 0.633\% = 0.307\%$

应补加的锰铁量为  $\frac{0.307\%}{60\%} = 0.51\%$

6) 校验磷、硫含量 二种炉料带来的磷量为

$$0.2\% \times 33\% + 0.2\% \times 45\% + 0.05\% \times 22\% \\ = 0.167\% < 0.2\%$$

三种炉料带来的硫量为

$$0.05\% \times 33\% + 0.1\% \times 45\% + 0.05\% \times 22\% \\ = 0.0725\% < 0.12\%$$

故磷、硫合格

7) 将计算结果列成配料单(表 2-74)

表 2-74 配料单

牌号	项 目	生铁	回炉铁	废钢	45% 硅铁	60% 锰铁
HT200	炉料配比(质量分数,%)	33	45	22	0.59	0.51
	批料重/kg	66	90	14	1.18	1.02

注: 配料单中批料重量以 200kg 计算。

## 2. 冲天炉主要工艺参数

(1) 底焦高度的确定(参考表 2-75)

(2) 批焦量与批铁量的确定(表 2-76)

表 2-75 底焦高度

炉膛最大直径/mm	500	600	700	900	1100
底焦高度/mm	1250	1300	1350	1400	1500

表 2-76 批焦重量与批铁重量

冲天炉规格	1	2	3	5	7	
名义熔化率/(t/h)	0.9~1.3	1.7~2.4	2.7~3.9	4.5~6.4	5.5~7.9	
实际熔化率/(t/h)	400	550	700	900	1000	
炉膛内径/mm	0.120	0.238	0.385	0.636	0.785	
炉膛截面积/m <sup>2</sup>	100~200	140~200	140~200	140~200	140~200	
批焦厚度/mm	6~13	17~24	27~34	43~64	55~79	
批焦重量/kg	40~80	110~150	170~240	280~400	340~490	
不同焦耗下的批铁重量/kg	16%	40~90	110~160	180~260	300~430	370~530
	15%	40~90	120~170	190~280	320~460	390~560
	14%	50~100	130~180	210~300	350~490	420~610
	13%	50~100	140~200	230~330	385~530	460~660
	12%	50~120	150~220	250~350	410~580	500~720
	11%	60~130	170~240	270~390	450~640	550~790
	10%	70~110	190~270	300~430	500~710	610~880
	9%	80~160	210~300	340~490	560~800	690~990

(1) 指每百千克金属炉料的耗焦重量(kg), 称单位焦耗量, 亦可用批焦占批铁重量的百分率表示(%); 亦称层焦比, 层焦耗。



(3) 批熔剂量 批熔剂(石灰石)量一般为批焦量的20%~40%，常选30%。或为批铁量的2%~5%。

(五) 冲天炉操作要点(表 2-77)

表 2-77 冲天炉熔炼操作和控制要点

L 序	操作和控制要点
炉料准备	1. 焦炭要筛分，剔除焦末，块度不匀时，应分级使用，不得混用 2. 金属炉料要按牌号或成分堆放，按规定块度，块重破碎 3. 炉料要洁净，锈蚀严重者要除锈
修炉及烘烤	1. 修炉前要加好防护盖。修炉要紧实，尺寸要符合规定，应特别注意风口、过桥及炉底的修理质量 2. 炉衬材料配比要合适，并不应过湿，以手捏能成团为宜，修炉材料见表 2-73 3. 炉包修好后要用慢火充分烘烤
点火及装料	1. 点火时间要控制好，不得过早或过晚，一般在开风前 2~2.5h 点火 2. 底焦分二次加入，点火木柴烧旺后加 40% 的底焦，待全部燃烧后再加 40% 底焦，从风口捣实，从加料口测量高度，高度不够用其余 20% 底焦补加到规定高度 3. 按配料通知单配料，过磅要准确，允差 3%~5%，磅秤要定期校验

(续)

序	操作和控制要点
点火及装料	<p>4. 加料顺序要正确，先加石灰石，后按废钢→新生铁→铁合金→回炉铁→焦炭→石灰石依次加入。加料批数要记录</p> <p>5. 熔化中要及时加料，维持料柱在规定高度，一旦发生棚料要及时排除</p> <p>6. 出铁口、出渣口、观察口要敞开，自然通风引燃焦炭和预热</p>
熔化及控制	<p>1. 开风及停风前，都要先打开窥视孔，以防 CO 气积聚爆炸</p> <p>2. 料装满后，自然通风 15~30min，预热炉料，然后鼓风熔化，并随即关闭观察孔。待铁花从出铁口喷出时即用泥塞头将其堵死</p> <p>3. 经常观察风口状况，插风口操作要仔细，应保持风口尺寸大小、明亮和通畅</p> <p>4. 出铁量要准确，牌号要分清。变更牌号时，要加隔焦，注意处理好交界铁液，该铁液不能浇注重要铸件</p> <p>5. 准确进行炉前处理</p> <p>6. 要及时出渣，注意观察炉渣特征</p> <p>7. 风量风压要定时计量，且力求稳定</p> <p>8. 按规定取好试样，检测好铁液温度，作好炉况判断，保证熔化正常运行</p>

(续)

序 号	操作和控制要点
熔化及控制	9. 中途停风时, 要先打开观察孔, 后停风。复风时, 要先送风, 后关闭观察孔。停风时要出净铁液, 并视停风时间长短补加适量焦炭
停风打炉	1. 最后一批炉料加完后, 上足压炉铁 2. 停料后, 在熔化中风量应相应减少 3. 停炉前要先打开观察孔, 然后停风, 出净炉内铁液和熔渣 4. 打炉前, 作好一切准备, 注意炉底无积水, 打炉动作要快, 稳妥, 确保安全 5. 打炉后要快速用水熄灭红热焦炭和铁块 6. 有炉脚时, 要继续鼓风 20~30min

### (六) 冲天炉熔炼的炉况判断

冲天炉熔炼, 炉况是否正常, 可通过观察风口、渣口、加料口及风量风压、炉渣、铁液温度和化学成分变化等各种现象, 凭借经验对炉况进行判断。见表 2-78。

### (七) 冲天炉熔炼常见故障

冲天炉熔炼过程中常见故障的类型、预兆、产生原因、防止与排除方法, 见表 2-79。

表 2-78 炉况判断

项目	从什么位置观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
风 口 观 察	开风后， 从风口观察 铁液滴	若 6~8min 见到铁液滴	底焦高度合适
		>10min	底焦过高
		<5min	底焦过低
	熔化过程 中观察风口	风口发白发亮	底焦燃烧良好，炉温较高
		铁液落下速度快	底焦高度合适，铁液温度较高
		风口发暗，有黑渣，铁液发红，滴到焦炭上停顿一下才落下，流动性差	底焦太低，炉温及铁液温度偏低，应及时补加接力焦，并适当减小风量
风口情况良好，熔化率降低		底焦过高	
	风口结渣	炉温低，炉渣太粘	
加料口 观察	从加料口 观察火焰	火焰呈桃红色，并带少量蓝色，加批料后即熄灭	风量正常

(续)

项目	从什么位置 观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
加料口 观察	从加料口 观察火焰	火焰升高, 带黄色, 加料后压不住火	已发生搭棚, 或风量 过大
		不见火焰, 有白烟无 力地旋出	风口结渣
		无火焰	铁焦比高时, 炉气中 CO少
		加料口处废气中 CO 质量分数为 8%~10%, 废气温度为 300~ 400℃	炉况正常
风量风压 观察	用罗茨式 风机鼓风时	风压上升, 风机声音 沉闷	炉内阻力增加, 风口 有堵塞
		风压下降	料柱偏低, 或预热带 上部料块过大造成搭 棚, 或风箱漏风
	用离心式 鼓风机时	风压增加、风量减少	风口结渣, 炉料细碎 时炉内阻力增加
		风压降低, 风量增加	炉内搭棚, 或炉料不 满

(续)

项目	从什么位置观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
出渣口观察	在带前炉，出渣口作业，观察渣口火苗	火苗呈蓝色，或黄色，有少量白烟	底焦合适，炉况正常
		火苗发红，甚至喷出黑烟	底焦太低，或炉内搭棚，铁液温度下降
		喷出很多白渣棉，火焰有力	底焦偏高，风量大
		出渣口突然外喷，压力增加	炉内已经搭棚堵塞
		若外喷压力逐渐减少，甚至停止外喷	过桥堵塞
炉渣观察	将炉渣拉成细丝，在亮处观察炉渣颜色	黄绿色玻璃状，或灰白色玻璃状	炉况正常，熔剂加入量合适
		炉渣上带白道，或白点	炉温低，石灰石加入量多，应补加接方焦，并减少熔剂量
		黑色玻璃状，很致密，密度较大	炉温低，铁液氧化严重，渣中含氧化铁较多，石灰石加入量少，应补加接方焦，减少风量和增加熔剂

(续)

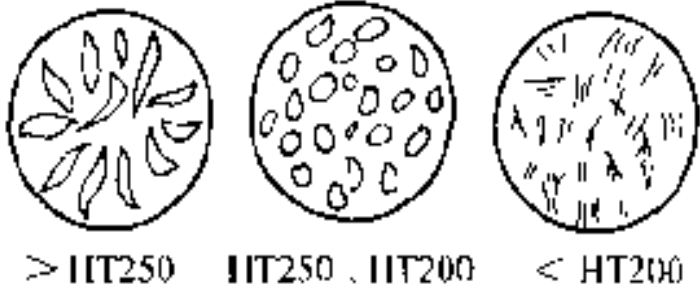
项目	从什么位置观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
炉渣	将炉渣拉成细丝。在亮处观察炉渣颜色	黑色玻璃状，很疏松，放渣时渣中出气泡	这是熔化中最坏的情况，渣中 FeO 的质量分数远大于 12%~15%，应及时减少风量，补加焦炭，但不能停风，以免凝炉
		深咖啡色	炉渣含硫量高所致，应勤放渣，防止渣中硫回到铁液中
铁液温度观察	观察铁液颜色和流动性	铁液发白，流动性好	铁液温度高
		铁液不十分白，但流动性好	铁液中 C、Si 量高，温度正常
		铁液发白，流动性不好	铁液氧化较严重，铁液温度往往不高
	铁液温度	前期高，而后逐渐下降	炉膛逐渐扩大，底焦高度下降，或层焦不足。此时，应调整风量，补加接力焦
突然下降		搭棚造成底焦高度下降，或是风口堵塞，炉衬塌落，风箱漏风	

(续)

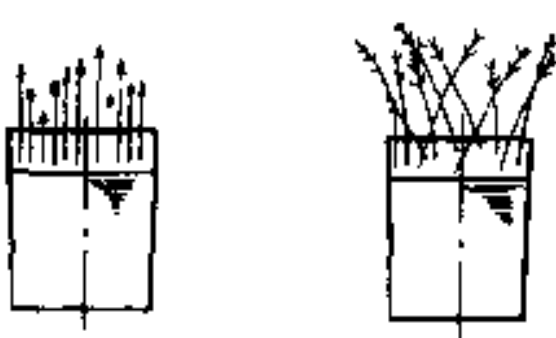
项目	从什么位置观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
铁液温度观察	铁液温度	忽高忽低	炉料块度差别太大, 或批料过大, 或送风不稳定, 或经常棚料而造成。应调整风量 and 批量, 料块大小应搭配使用
	出铁槽上铁液流表面白亮氧化皮状况	铁液完全被氧化皮覆盖	铁液温度/℃ < 1340
		氧化皮宽度 > 一个手指	1340 ~ 1350
		氧化皮宽度 < 一个手指	1360 ~ 1370
		没有氧化皮	> 1380
		有火头且冒白烟	> 1400
铁液化学成分的观察	观察铁液花纹	铁液出炉至浇包时, 铁液表面的碳硅和空气中的氧接触发生氧化, 因而在铁液表面形成时现时灭的花纹。花纹种类与铁液化学成分有关。观察花纹的变化, 就可在浇注之前大致判断铁液化学成分	花纹越细越多, 铸铁牌号越低(如图1所示)



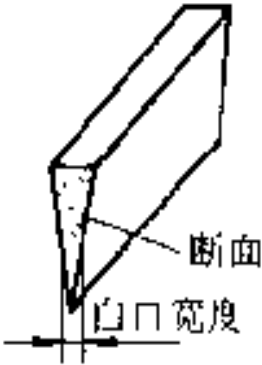
(续)

项目	从什么位置观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
铁液化学成分的观察	观察铁液 花纹	 <p style="text-align: center;">碳硅含量增加</p>	<p style="text-align: center;">图 1 由铁液花纹判断铸铁牌号高低</p>
铁液化学成分的观察	观察铁液飞溅的火花	出铁时, 从浇包中飞溅出来的火花有两种形式(如图 2 所示)。即扫帚状火花、雪花状火花	<p>含碳量低时, 扫帚状火花多</p> <p>含硅量低时, 雪花状火花多</p> <p>这两种火花越多, 表示 C、Si 含量越低, 也就是铁液越“硬”, 铸铁牌号越高</p> <p>生产可锻铸铁时, 雪花状火花特别多</p>

(续)

项目	从什么位置 观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题												
铁液化学成分的观察		 <p>a) 扫帚状火花      b) 雪花状火花</p> <p>图 2 由火花特征判断铸铁牌号高低</p>													
	观察三角 试块断面的 白口宽度	白口宽度越大	铁液中 C、Si 含量越 低												
	白口宽度越小	C、Si 含量越高													
	<p>在相同条件下，一定牌号铁液对应着一定范围的白口宽度：</p> <table border="1" data-bbox="462 1680 1292 1904"> <tr> <td>牌号</td> <td>HT100</td> <td>HT150</td> <td>HT200</td> <td>HT250</td> <td>HT300</td> </tr> <tr> <td>白口 宽度 / mm</td> <td>0~2</td> <td>2~3.5</td> <td>3.5~5</td> <td>5~6.5</td> <td>6.5~8</td> </tr> </table>			牌号	HT100	HT150	HT200	HT250	HT300	白口 宽度 / mm	0~2	2~3.5	3.5~5	5~6.5	6.5~8
牌号	HT100	HT150	HT200	HT250	HT300										
白口 宽度 / mm	0~2	2~3.5	3.5~5	5~6.5	6.5~8										

(续)

项目	从什么位置 观察什么	观察到什么现象和特征	判断出炉况什么问题
铁液化学成分的观察	观察三角试块断面的白口宽度	 <p>图 3 三角试样白口宽度</p>	<p>如白口宽度过大, 说明 C、Si 含量太低, 可加硅的质量分数为 75% 的硅铁调整</p> <p>如白口宽度过小, 说明 C、Si 含量太高, 此时, 如铁液温度允许, 可加入锰铁或洁净的废钢片加以调整, 如温度不高, 则降级使用</p>

### (八) 孕育铸铁熔炼

孕育铸铁主要是指由碳、硅含量较低的原铁液, 经孕育处理而得到的高强度灰铸铁。按灰铸铁件分类的国家标准 (GB9349—88) 孕育铸铁牌号有 HT250、HT300、HT350 三种。

#### 1. 孕育铸铁熔炼的主要工艺参数 (表 2-80)

为防止铸件薄壁处产生白口或麻口, 应注意孕育铸铁允许的最小壁厚。在碳量不变条件下孕育铸铁件壁厚与含硅量关系见表 2-81。

表 2-79 冲天炉熔炼中常见故障

常见故障	预 兆	产生原因	防止与排除方法
棚料 (悬料、搭棚)	料面停止下降； 加料口火焰变旺； 风压大幅度波动； 常伴有低沉的嗡嗡声	1. 炉内有上天下小的倾斜料，或炉衬凹凸不平； 2. 料块过大，或形状不规则； 3. 焦炭、熔剂质量不好	1. 用长铁杆撬桶炉料； 2. 控制炉料尺寸，修炉保持上小下大； 3. 短时间停风，使炉料降温收缩而下降，或间断送风使棚料松动； 4. 炉料下落后，适当补加接力焦； 5. 棚料严重长时间不能排除，炉内出烧空，应立即打炉，以防冻结。

(续)

常见故障	预兆	产生原因	防止与排除方法
风口 见铁 (落料)	未熔化的金属炉料 进入风口区	1. 糊料时间长 2. 金属炉料块度过大 3. 炉料中混有大块钢料 4. 底焦过低, 炉温不高 5. 风量过大, 炉料下降太快, 预热不充分	1. 预防糊料 2. 维持好底焦高度 3. 从风口处把铁料向内推移, 然后又闭风口, 提高风口前温度, 使铁料熔化 4. 控制风量和炉料大小 5. 加接力焦, 减风熔化, 促便炉状正常
出铁 口打不 开 (冻结)		1. 出铁口的喇叭口小, 圆柱孔段长, 形状不正确 2. 铁液温度低, 烘炉不充分 3. 堵出铁口时, 泥塞未塞进铁口里 4. 熔化过程中停风时间过长	1. 细心地凿穿出铁口 2. 用氧气熔穿出铁口 3. 开风后, 出铁口不堵, 放出部分冷铁液 4. 修筑备用出铁口

(续)

常见故障	预兆	产生原因	防止与排除方法
炉底漏铁液		1. 春炉底的型砂太干 2. 炉底春得不结实, 或炉底与炉壁交界处圆角修的不好 3. 装引火柴时, 撞裂炉底	1. 停风, 堵住漏铁液处, 或喷水冷却 2. 严重时, 出净铁液, 打炉 3. 按工艺规则要求春实炉底
过桥堵塞	前炉窥视孔处, 或出液口处, 火焰软弱无力	1. 过桥过长, 降温严重 2. 过桥高度太矮, 被焦炭块堵住 3. 炉渣粘度太大 4. 过桥没有烘烤透 5. 底焦中混有碎铁, 铁液温度低, 造成凝固	1. 加高过桥尺寸, 尽量缩短过桥 2. 过桥修成向前炉逐渐扩大的喇叭口形, 过桥进口近旁摆几块大焦炭 3. 多加石灰石 4. 烘透过桥 5. 及时用铁杆经前炉窥视孔捅通过桥

(续)

常见故障	预兆	产生原因	防止与排除方法
爆炸		<ol style="list-style-type: none"><li>1. 升风或停风操作不当, 炉内 CO 气体倒流入风箱、风管, 与空气混合后形成爆炸</li><li>2. 炉中混有爆炸物, 或封闭的容器</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 升风前, 先要打开窥视孔, 送风后再关闭; 停风时, 先打开窥视孔, 后停风</li><li>2. 严格检查原材料</li></ol>
烧红 (炉壳发红)		<ol style="list-style-type: none"><li>1. 炉衬搪修的不好, 熔炼中脱落</li><li>2. 熔剂过量并偏向一边, 使炉衬侵蚀过深</li><li>3. 耐火材料差, 熔炼时间过长</li><li>4. 风口布置不合理, 进风不均匀</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 向发红处浇水冷却, 同时及时清除炉子周围的积水</li><li>2. 用洁水的麻袋敷于发红处, 并及时更换干了的麻袋</li><li>3. 如同时出现漏铁液时, 应立即停风、出铁、打炉</li></ol>

(续)

常见故障	预 兆	产 生 原 因	防 止 与 排 除 方 法
发渣	炉渣体积猛增，颜色变黑发泡 铁液氧化严重，炉渣中FeO猛增，Si、Mn烧损严重，炉前三角试样白口增加 加料口，出渣口冒出大量黑烟并有炉渣喷出	1. 风量过大，铁液氧化 2. 底焦过低 3. 熔剂量少，炉渣碱度太低 4. 炉料锈蚀严重，或夹杂的砂子太多 5. 炉衬大量脱落	1. 减少风量 2. 增加底焦高度，多加石灰石 3. 从风口吹入氟石粉 4. 立即放渣 5. 如炉渣从风口进入风箱，则立即打炉 6. 加强炉料除锈去污处理
风口结渣	风口处看不见焦炭，或被渣粘糊住 风压升高 料面下降变慢	1. 炉料缸物太多，熔剂太碎 2. 底焦中灰分和脏物较多 3. 开炉初期温度低 4. 修炉尺寸不合要求	1. 交替关闭风口，使凝渣逐渐熔化（应同时减少风量），补加接力和熔剂 2. 从风口吹入熔剂 3. 开风初期，风量适当减少，点火不宜过早，炉料要符合工艺要求 4. 严重时，立即打炉



表 2-80 孕育铸铁主要工艺参数(质量分数)

牌号	化学成分(%)							孕育硅量 75Si-Fe (%)
	C	Si		Mn	P	S		
		孕育前	孕育后					
HT250	2.8~3.3	0.9~1.1	1.0~1.7	0.8~1.2	<0.15	<0.12		0.3~0.6
HT300	2.8~3.2	0.8~1.0	1.1~1.7	0.8~1.2	<0.15	<0.12		0.4~0.7
HT350	2.7~3.1	0.6~0.8	1.1~1.6	1.0~1.4	<0.10	<0.12		0.6~0.8
牌号	CE (%)	配料碳 量(%)	废钢加入量(%)		出铁温度 /°C	孕育温度 /°C	浇注温度 /°C	
			有前炉	无前炉				
HT250	3.40~3.66	1.9~2.8	20~30	30~35	1450~1460	1350~1420	1320~1340	
HT300	3.36~3.56	1.8~2.6	35~40	40~50	1460~1480	1360~1430	1330~1350	
HT350	3.26~3.43	1.7~2.4	15~55	60~70	1470~1490	1380~1440	1350~1360	

表 2-81 孕育铸铁含硅量与铸件壁厚关系

铸件壁厚, mm	5	10	20	30	40	70	100
$\omega(\text{Si})(\%)$	2.5	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2

2. 孕育剂 常用的孕育剂是 FeSi75(表 2-63)。

3. 孕育处理 采用出铁槽冲入法。

(1) 孕育剂粒度(表 2-82)。

表 2-82 孕育剂粒度

出铁温度 / $^{\circ}\text{C}$	每次处理铁液重量 / kg	硅铁粒度 / mm
1400~1440	50~100	2~5
	100~1000	5~10
	1000~5000	15~20

(2) 孕育剂预热温度: 300~500 $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 硅铁孕育剂吸收率(质量分数): 70%~80%。

(4) 加入时间: 孕育剂均匀撒在出铁槽铁流上应占出铁时间 3/4 左右。

4. 炉前检验 采用三角试片法。

常用三角试片尺寸和适用的白口宽度见表 2-83。

各种牌号孕育铸铁在孕育前和孕育后三角试片白口

宽度允许波动范围见表 2-84。生产中应根据上述原则和铸件壁厚加以选定(表 2-85)。

表 2-83 三角试样尺寸

编号	适用白口宽度/mm	试样尺寸·mm		
		h	A	L
1	6	25	12.5	130
2	10	40	20	130
3	12	50	25	150
4	25	100	50	150

图例	<p>B—白口宽度</p> <p>C—白口深度</p> <p>D—麻口层</p>	
----	--	--

表 2-84 孕育铸铁孕育前后白口宽度

牌号	三角试样白口宽度/mm		前后白口宽度 比值
	孕育前	孕育后	
HT250	6~12	3~9	1.3~2.0:1
HT300	8~15	4~11	1.4~2.0:1
HT350	9~20	4~13	1.5~2.5:1

表 2-85 某车间按铸件壁厚控制的三角试片白口宽度

牌号	铸件壁厚 /mm	三角试片白口宽度/mm		FeSi75 加入 量(质量分数· %)
		原铁液	孕育后	
HT250	8~15	6~12	3~4	0.4~0.8
	35		5~7	
	60		7~9	
HT300	15	8~15	4~6	0.55~0.90
	35		7~9	
	60		9~11	
HT350	20	9~12	4~6	0.65~1.05
	35		9~11	
	60		11~13	
HT400	20	12~24	4~6	0.65~1.2
	35		9~11	
	60		12~11	

### (九) 球墨铸铁熔炼

在高碳、低硫的原铁液中,加入适量的球化剂和孕育剂,使石墨球化就得到球墨铸铁。

1. 球墨铸铁化学成分(表 2-86、表 2-87 表 2-88)

2. 球化剂 球化剂按主要元素的化学成分含量分为 12 个牌号见表 2-89。使用条件见表 2-90,粒度见表 2-91。

表 2-86 各类铁素体球墨铸铁  
推荐化学成分(质量分数,%)

类别	C	Si	Mn	P	S	Mg	RE
退火铁素体球墨铸铁	3.5~3.9	2.0~2.7	≤0.6	≤0.07	≤0.02	0.03~0.06	0.02~0.04
铸态铁素体球墨铸铁	3.5~3.9	2.5~3.0	≤0.3	≤0.07	≤0.02	0.03~0.06	0.02~0.04
低温用铁素体球墨铸铁	3.5~3.9	1.4~2.0	≤0.2	≤0.04	≤0.01	0.04~0.06	

注：典型铸件如汽车驱动桥壳体(QT190-15或QT450-10)和离心球墨铸铁管。

表 2-87 珠光体球墨铸铁推荐化学成分(质量分数,%)

状态	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo
铸态	3.6~3.8	2.1~2.5	0.3~0.5	≤0.07	≤0.02	0.5~1.0	0~0.2
	3.5~3.7	2.0~2.4	0.4~0.8	≤0.07	≤0.02	0~1.0	0~0.2

注：典型铸件如各种曲轴(其成分见表2-88)和大断面铸件。

球化剂加入质量分数：一般为1.1%~1.7%，铁液中含硫量越高，则加入量越多。

3. 孕育剂 球墨铸铁的孕育剂有硅铁、钡硅铁、锶

表 2-88 各种曲轴的牌号、成分

类别	型号	牌 号	主要化学成分(质量分数,%)							热处理
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo	
小型	195 柴 油机	QT600-3	3.6~	2.0~	0.5~	<0.10	<0.02			正火
			3.9	2.5	0.80					
小型	A195 柴油机	QT700-2	3.6~	1.8~	0.7~	≤0.10	≤0.02			铸态
			3.9	2.3	1.0					
中型	6100 柴 油机	QT600- 3	3.75~	1.8~	≤0.5	≤0.07	≤0.02	0.45~		铸态
			3.95	2.1				0.60		
中型	汽车汽 油机	QT800-2	3.7~	2.5	<0.5	≤0.07	≤0.03	0.82	0.39	正火
			3.9							
大型	6120 柴 油机	QT900-2	3.6~	2.1~	0.3~	<0.07	≤0.03	0.45~	0.40	淬火, 回火
			3.8	2.5	0.4			0.85		
大型	6300 柴 油机	QT500-3	3.6~	2.0~	0.5~	≤0.08	≤0.015	0.8~	0.30	正火, 回火
			3.8	2.1	0.7			1.0		
大型	4000 马 力柴油机	QT500-2	3.5~	2.4~	0.74~	0.046~	0.01	0.42~	0.15~	淬火, 回火
			3.8	2.5	0.96	0.061		0.53	0.20	

表 2-89 球墨铸铁用球化剂牌号 (JB/T9228—1999)

牌 号	Mg	RE	Si	Ca	Mn	Al		Ti	Fe
						≤	≤		
QRMg5RE1	1.0~<6.0	0.5~<1.5	35~44	1.5~2.5	1	0.5	0.5	余	
QRMg7RE1	6.0~<8.0	0.5~<1.5	35~44	≤4.0	4	0.5	0.5		
QRMg6RE2	5.0~<7.0	1.5~<2.5	35~44	2.0~3.0	4	0.5	0.5		
QRMg7HRE2	6.0~<8.0	(HRE) 1.5~<2.5	35~44	≤4.0	4	0.5	0.5		
QRMg8RE3	7.0~<9.0	2.5~<4.0	35~44	2.0~3.5	4	0.5	1.0		
QRMg8RE5	7.0~<9.0	4.0~<6.0	35~44	≤4.0	4	0.5	1.0		
QRMg8RE7	7.0~<9.0	6.0~<8.0	35~44	≤4.0	4	0.5	1.0		
QRMg10RE7	9.0~<11.0	6.0~<8.0	35~44	≤4.0	4	0.5	1.0		
QLMg6RE2	5.5~6.5	1.5~<2.5	4.0~5.0	≤4.0	1.3	0.5	0.4	量	
QLMg8RE3	7.5~8.5	2.5~3.5	4.5~5.5	≤0.5	1.4	0.5	0.6		
QLMg8RE5	7.5~8.5	4.5~5.5	7.0~8.5	≤0.8	1.6	0.5	1.0		
Mg99	≥99.85	—	0.03	—	—	0.05	—	≤0.05	

注：1. 牌号中 Q、R、L 分别为球化剂、热熔炼法、冷压制法的汉语拼音字头，HRE 为重稀土的代号。

2. 稀土镁球墨铸铁合金球化剂供货粒度分三个档次：5~15mm，10~25mm，20~40mm。标外粒度不得超过总重量的 5%。根据供需双方协商也可大块供货。低硅压块球化剂供货粒度由供需双方协商确定。

3. 球化剂中的氧化镁的质量分数不得大于 1.0%。球化剂不得粉化。

表 2-90 球化剂推荐使用条件 (JB/T9228—1999)

球化剂 牌 号	推荐使用条件			适用条件	说 明
	原 铁 液				
	熔炼方法	处理温度/℃	w(S)(%)		
QRMg5RE1	冲天炉 脱	1450~1520	≤0.02	铁素体球铁件	所推荐适用铸件 类型并无绝对界限
QRMg6RE2	硫·电炉		≤0.03	珠光体球铁件	
QRMg8RE3	电炉	1450~1520	0.025~0.04	铁素体球铁件	
QRMg8RE5				珠光体球铁件	
QRMg8RE7	冲天炉	1400~1450	0.05~0.10	各类球铁件	
QRMg7RE1	冲天炉—脱	1450~1520	≤0.02	大断面球铁件	生产珠光体铸件 时,可熔入或外加 适量的Cu、Ni等金 属
QRMg7HRE2	硫·电炉				
QLMg6RE2	冲天炉、电炉	1400~1520	≤0.10	各类球铁件	可单独使用,也 可与普通球化剂混 合使用 必要时可加适量 稀土镁钎铁合金
QLMg8RE3					
QRMg8RE5 Mg99					



表 2-91 球化剂粒度选用

处理铁液量/kg	<100	100~500	>500
球化剂粒度/mm	10~20	20~30	30~50

硅铁、硅钙、铈等，大多数采用 FeSi75。

孕育剂粒度根据浇包容量选定，见表 2-92。

孕育剂加入前应预热。

孕育剂加入质量分数一般为 0.8%~1.2%，铁素体球墨铸铁取上限，珠光体球墨铸铁可略少，其量应根据炉

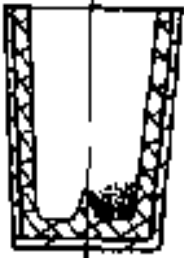
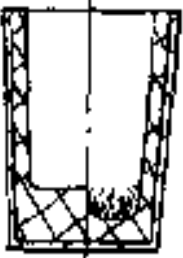
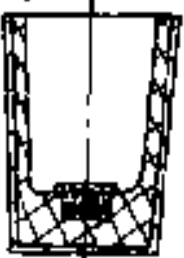

表 2-92 球墨铸铁孕育剂粒度选用

铁液包容量/kg	≤20	20~200	200~1000	500~2000	2000~10000
孕育剂粒度/mm	0.2~1	0.5~2	1.5~6	3~12	8~32

前三角试片白口宽度及铸件要求进行调整。

4. 球化处理工艺 球化处理方法很多，现只介绍冲入法。它设备简单、操作简便、适应性广。球化处理铁液包(表 2-93)。

表 2-93 冲入法球化处理的铁液包

形 式				
	a)	b)	c)	d)
	a) 堤坝式	b) 凹坑式	c) 洞穴式	d) 平底式

(续)

结构	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 深度 <math>h</math> 与内径 <math>D</math> 之比 <math>h/D=1.5\sim 1.8</math>, 包细而深, 有较长距离使铁液吸收钛蒸气</li> <li>2. 堤坝或凹坑内面积占包底 <math>2/5\sim 1/2</math>, 堤高或坑深以能容纳球化剂和其它覆盖剂即可</li> </ol>
使用要求	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用前包底的残渣, 铁应清除干净</li> <li>2. 使用前先将处理包预热至 <math>600\sim 800\text{C}</math>, 呈暗红或红色</li> </ol>
使用球化剂	稀土镁硅铁合金
应用	常用堤坝式包底。也可用凹坑式或洞穴式。也可用平底包但球化剂吸收率较低

球化处理工艺要点: 冲入法球化处理工艺要点见表 2-94。

表 2-94 冲入法球化处理工艺要点


工 序	工 艺 操 作 要 点
球 化 剂 装 载	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将球化剂(稀土镁硅铁合金)放入堤坝或凹坑内, 平底包可放入一侧</li> <li>2. 表面覆盖硅铁 <math>\text{FeSi}75</math>(粒度等于或小于球化剂的粒度, 是孕育剂量的一部分)</li> <li>3. 合金适当紧实, 表面覆盖草灰。当铁液温度较高时, 为延缓反应, 其上还盖以铁板或钢板或铁屑</li> <li>4. 如需脱硫, 将脱硫剂(苏打、电石等)放于堤坝或凹坑的另一侧</li> </ol>

(续)




工 序	工 艺 操 作 要 点	
出铁处理	一次出铁	1. 铁液冲向包内未放球化剂的一侧 2. 出铁温度一般大于 1400~1420℃ 3. 冲入 2/3~1/2 的铁液, 其深度大于 200~250mm
	球化反应	1. 冲入后正常球化反应(沸腾)2~4min, 没有爆发性飞溅 2. 如迟迟不反应, 需用铁棒捅破覆盖层引爆
	补加铁液 (孕育处理)	1. 后补其余 1/3~1/2 铁液时, 可随流于出铁槽内加入剩余部分的孕育剂(硅铁), 并充分搅拌使孕育剂均匀熔化入铁液中 2. 正常情况下, 补铁液时, 铁液面上有火苗窜出, 若无火苗, 应适当补加球化剂 3. 控制出铁总量, 过多, 引起球化不良, 过少, 会大量出现白口, 增加收缩, 造成退火和加工困难
扒渣	1. 加集渣剂草灰或珍珠岩 2. 搅拦铁液后, 彻底扒渣	
覆盖草灰	盖草灰, 保温并防止回流	
炉前检验	1. 深入液面下取样浇三角试样, 球化合格, 立即浇注 2. 炉前球化质量检验方法见表 2-95	

5. 球墨铸铁石墨球化分级和石墨大小分级(表 2-96 及表 2-97)

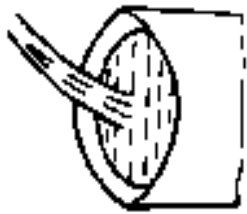

表 2-95 炉前球化质量检验方法

检验方法	方法要领	简图	图	球化良好	球化不良
三角试样判断法	球化孕育处理搅拌均匀后，从液面下取铁液浇注三角试样。待试样冷到暗红色（600～700℃）取出沾水急冷，打断后，看断面的收缩、颜色、气味等特征		圆角	试样呈较大圆角	试样棱角清晰
			缩凹	三角试样顶面和两侧有缩凹	无缩凹
			颜色	断口细密如绒，或银灰色细密	暗灰粗晶粒，或银灰色分布细小黑点
			缩松	断口中心有缩松	无缩松
			白口	断口尖端白口清晰	完全无白口，且断口灰暗
			敲击声	清脆金属声	低哑如击木声
			气味	沾水后最断的断面有电石气味	遇水无气味

(续)

检验方法	方法要领	简图	球化良好	球化不良
火苗判断法	球化后的铁液，在补加铁液搅拌倒包时，铁液表面有火苗窜出（是镁蒸气逸出燃烧时产生的）：火苗越多，越长，越有力，则球化越好。但铁液温度偏高时，火苗有萎缩现象		大于10mm的大火苗二个以上，小火苗多而有力	
			有一个大火苗，杂有十个以上小火苗	
			小火苗小于15mm，且少而无力	

(续)

检验方法	方法要领	简图	球化良好	球化不良
火苗判断法	但铁液温度偏高时，火苗有萎缩现象		看不到火苗	
铁液表面膜判断法	与灰铸铁不同，球化处理后的铁液表面有一层厚的氧化膜。这个特征纯镁球墨铸铁较稀土镁球墨铸铁更突出		铁液表面平静并覆盖一层氧化皱皮，温度下降后，出现五颜六色的浮皮	铁液表面翻腾，氧化皱皮时断时续

(续)


检验方法	方法要领	简图	球化良好	球化不良
铁液表面膜判断法	与灰铸铁不同, 球化处理后的液表面有一层厚的氧化膜。这个特征纯镁球墨铸铁较稀, 球墨铸铁更突出		表面脆弱剧烈(同灰铸铁) 氧化皮极少, 且集中在中央	

表 2-96 球化分级(GB9941-88)

球化分级	石墨形状	球化率(%)
1级	石墨呈球状, 少量团状, 允许极少数团絮状	$\geq 95$
2级	石墨大部分呈球状, 余为团状和极少数团絮状	$90 \sim < 95$
3级	石墨大部分呈团状和球状, 余为团絮状, 允许有极少数蠕虫状	$80 \sim < 90$
4级	石墨大部分呈团絮状和团状, 余为球状和少量蠕虫状	$70 \sim < 80$
5级	石墨呈分散分布的蠕虫状、球状、团状、团絮状	$60 \sim < 70$
6级	石墨呈聚集分布的蠕虫状、片状及球状、团状、团絮状	

注: 球化等级也可用球化率表示。

表 2-97 石墨大小分级 (GB9941 88)

级别	石墨直径( $\times 100$ )/mm	级别	石墨直径( $\times 100$ )/mm
3级	$>25\sim 50$	6级	$>3\sim 6$
4级	$>12\sim 25$	7级	$>1.5\sim 3$
5级	$>6\sim 12$	8级	$\leq 1.5$

## 四、铸造铜、铝合金熔炼

### (一) 铸造铜合金熔炼

#### 1. 炉料(表 2-98)

表 2-98 铸造铜合金熔炼的炉料分类

分 类		选 料 原 则
金属炉料	新金属料	在保证合金质量前提下,尽量少用新金属料
	回炉料	在保证合金质量前提下,多用各种铜合金的浇冒口及废料,以降低其成本
	中间合金	常用的有铜镍、铜铝、铜铁、铜锰及磷铜
辅助材料	覆盖剂	常用的有四种:木炭;碎玻璃与苏打混合料;苏打与硼砂混合料;硼砂与长石混合料 作用:防止氧化和造渣 用量:以盖满金属液表面为原则。采用坩埚时,用量为炉料重量的 0.7%~1.5%



(续)

分 类	选 料 原 则
辅 助 材 料	<p>氧化剂</p> <p>作用：除气，由氧化物和造渣剂组成</p> <p>常用的有二种(质量分数)：氧化铜 50% + 碎玻璃 50%；氧化铜 50% + 硅砂 25% + 硼砂 25%，加入量约为炉料量 1%~2%</p>
	<p>精炼剂</p> <p>作用：具有吸附或溶解氧化物并聚集成渣的能力</p> <p>常用的有二种(质量分数)：食盐(NaCl) 60% + 冰晶石(<math>\text{Na}_3\text{AlF}_6</math>) 40%；冰晶石 20% + 氟石(<math>\text{CaF}_2</math>) 20% + 氟化钠 60%，加入量为 0.2%~1%</p>

## 2. 锡青铜的熔炼工艺(表 2-99)

表 2-99 锡青铜的熔炼工艺

熔炼设备	坩埚炉(气体或液体燃料)
工 序	熔 炼 工 艺
1. 预热坩埚	将坩埚加热至暗红色(600~700℃)
2. 加覆盖剂	在坩埚底部铺一层焙烧过的干燥木炭
3. 装料	<p>1. 装入纯铜及回炉料(回炉料量允许占炉料总量的 70%~75%)</p> <p>2. 在装好的料上加一层木炭</p> <p>3. 盖上炉盖</p>

(续)

熔炼设备	坩埚炉(气体或液体燃料)
工 序	熔 炼 工 艺
4. 鼓风熔化	调节风量,使炉内维持弱氧化性气氛,火焰呈透明白色加速铜料完全熔化,并过热至 1120~1150℃
5. 加磷铜预脱氧	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加磷铜预脱氧,加入量占炉料总量的 0.3%</li> <li>2. 用石墨棒搅拌熔池</li> </ol>
6. 加覆盖剂,升温	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 补加新木炭</li> <li>2. 将铜液过热至 1250~1280℃</li> </ol>
7. 加锌、铅、锡搅拌	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铜液冷却至 1200~1250℃</li> <li>2. 先加入预热 150℃ 的纯锌,再加入纯铅,最后加纯锡</li> <li>3. 搅拌熔池</li> </ol>
8. 调整温度	加热铜液,使其高于浇注温度 50~100℃,一般为 1150~1180℃
9. 扒渣	扒去液面上熔渣和木炭
10. 加磷铜	加入总重量 0.1% 以下的磷铜(也可将这部分磷铜加入烤红的浇包内)
11. 除气	用六氯乙烷(0.2%~0.4%)或吹入干燥氮气、除气

(续)

熔炼设备	坩埚炉(气体或液体燃料)
厂 序	熔 炼 工 艺
12. 炉前检验	取样进行化学分析; 进行折断(或延展)试验和含气量试验
13. 出炉, 浇注	1. 用抱钳将坩埚自炉内提出, 用石墨挡板挡渣浇注 2. 若坩埚容量很大, 可将钢液转入预先烤红的小包(将上述质量分数为 0.1% 的磷铜应加入小包), 浇注

## (二) 铸造铝合金熔炼

### 1. 炉料(表 2-100)

表 2-100 铝合金熔炼的炉料和辅助材料

分 类	常用材料及作用
金 属 炉 料	新金属: 重熔用铝锭(GB1196-88)、精铝锭(GB8641-88)
	回炉料: 指相同牌号的废铸件、浇冒口、切屑等的重熔锭和锻件、轧制件的料头等
	中间合金: 常用的有铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金、铝锰合金(HB5371-87)

(续)

分 类	常用材料及作用
辅 助 材 料	熔剂 常用的为：KCl 和 NaCl 各半的混合物 作用：溶解和吸附铝合金液中的氧化物，将炉气与铝合金液隔离，减少吸气和氧化
	变质剂 常用的有二种(质量分数)：一种是 NaF 67% + NaCl 33% 混合物，另一种是 NaF 25% + NaCl 62.5% + KCl 12.5% 混合物 作用：含硅量高的铝合金液须进行变质处理，细化晶粒，提高力学性能
	除气精 炼剂 常用的有：ZnCl <sub>2</sub> 、MnCl <sub>2</sub> 、FeCl <sub>3</sub> 及 C <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub> (六氯乙烷)此外，也可通入氮气，氯气进行除气精炼 作用：去除铝合金液中悬浮状态的非金属夹杂物，金属氧化物和溶解在铝合金液中的气体

2. 铸造铝合金熔炼工艺 铝合金牌号多，各具体的熔炼工艺有差别，但其基本原则相同。表 2-101 是 ZL-104 的熔炼工艺过程。

表 2-101 ZL-104(ZAlSi9Mg)的熔炼工艺过程

熔炼设备	电阻式坩埚炉
程 序	工 艺 操 作
配料计算	根据 ZL-101 合金的化学成分规格要求，计算各种炉料加入量

(续)

熔炼设备	电阻式坩埚炉
程序	工艺操作
配料计算	<p>回炉料所占比例应少于炉料总重的 80%。</p> <p>元素烧损率(质量分数): Mg 为 20%~30%。硅、锰变化不大。</p> <p>铁是有害杂质, ZL-104 合金铸件, 砂型铸造时, 铁质量分数不大于 0.3%。</p>
熔化前的准备	<p>1. 炉料要求洁净, 浇道中铁质过滤网应事先除去。</p> <p>2. 熔炉和工具: 坩埚壁及工具上的残渣、铁锈、旧涂料要清除干净; 用锤轻击坩埚检查有无裂纹, 观察坩埚内外表面有无缺陷; 坩埚及工具烘烤 150~200℃; 坩埚内表面及工具应喷刷涂料, 使用前烘烤 300~650℃; 坩埚涂料组成为(质量分数): 耐火粘土 32% + 细硅砂 19% + 碳酸钠 17% + 水; 工具涂料组成为(质量分数): 氧化锌 25% + 石墨粉 1.4% + 水玻璃 5% + 水。</p>
装料	<p>1. 加热坩埚到暗红色(300~500℃)。</p> <p>2. 各种炉料预热到 150~180℃。</p> <p>3. 装料顺序: (1) 回炉料 (2) 纯铝 (3) 铝硅合金</p>

(续)

熔炼设备	电阻式坩埚炉
程 序	工 艺 操 作
装料	(4) 上述炉料全熔后升温到 690~710℃ (5) 铝锰中间合金 (5) 轻轻搅动熔池, 加速熔化和均匀 (7) 680~700℃时将纯镁块快速加入熔池
精炼	1. 炉料全熔后, 在 700~720℃时, 通入氯气 8~10min 2. 撇渣 3. 静置 10~15min 4. 静置同时, (1) 在石墨铸型内浇注出饼状含气试样, 发现含气量过高, 则应重新通入氯气精炼 (2) 炉前试样光谱分析检查含镁量, 若镁量不足应补加镁
变质处理	1. 精炼后, 将铝液升温至 730~760℃ 2. 在液面上撒入三元变质剂(加入量占铝合金液重量的 2%~3%; 变质剂成分为(质量分数): NaF 45% + NaCl 40% + KCl 15%) 3. 保持 15min 4. 搅拌 2min

(续)

熔炼设备	电阻式坩埚炉
程 序	工 艺 操 作
变质处 埋	5. 撇除熔渣 6. 浇注检查变质效果的试样(试样直径15mm,长200mm,砂型):弯曲试样,若断裂角度小于90°,断裂面为均匀细晶粒,呈银白色,表明变质效果良好。若断裂角度很大,断面晶粒粗,呈暗灰色有闪亮小点,表明变质不完全,应重新变质处理
浇注	1. 调整温度到740--750℃时浇注 2. 在30min内浇完

## 第三章 造型材料

### 一、原材料

型(芯)砂的原材料主要有原砂、粘结剂及附加物。

#### (一) 原砂

原砂有铸造用硅砂、石灰石砂及特种砂。

##### 1. 铸造用硅砂

(1) 矿物组成(见表 3-1)

表 3-1 铸造用硅砂的矿物组成

硅砂分类	主要矿物组成	杂质
人造硅砂	主要矿物成分：石英	除石英外，还
天然硅砂 (水洗砂、擦洗砂、精选砂等)	石英——透明、浅色或无色的晶体，其结构为硅氧四面体。(此硅氧四面体的矿物名称为石英)。化学成分为 $\text{SiO}_2$ ，故硅砂过去又称石英砂 粒度：0.053~3.35mm 的耐火颗粒 密度：2.65g/cm <sup>3</sup> 莫氏硬度：7 级 熔点：1713℃	含有长石、云母、铁的氧化物、碳酸盐及粘土等矿物。这些矿物的存在，降低了硅砂耐火度，故称杂质



硅砂中石英的含量越高,杂质的含量越低,其耐火度就越高。按二氧化硅的质量分数铸造用硅砂分五级见表 3-2。铸造用硅砂的含泥量分级见表 3-3。

**表 3-2 硅砂按二氧化硅含量分级**  
(质量分数,%) (GB/T 9442—1998)

分级代号	最小二氧化硅含量	应 用
98	98	用于铸钢件型砂、芯砂
96	96	
93	93	用于小型铸钢件或大中型铸铁件的型砂、芯砂
90	90	
85	85	用于中小型铸铁件型砂、芯砂

- 注: 1. 铸造用硅砂以二氧化硅质量分数作为主要验收依据,应符合此表中的规定。
2. 使用化学粘结剂时,铸造用硅砂的酸耗值不大于 5mL。
3. 对于每批铸造用硅砂,供方都必须提供其加工方法(如水洗、擦洗等)。
4. 袋装烘干硅砂的水的质量分数不大于 0.3%,须使用内有塑料袋衬的双层包装。
5. 如需方对 GB/T 9442—1998 标准未列项目,如杂质的质量分数、微粉的质量分数、烧结点、灼烧减量等有特殊要求时,供需双方可在订货协议中规定。

**表 3-3 铸造用硅砂的含泥量分级**  
(GB/T9442 1998)

分级代号	最大含泥量 (质量分数,%)	技术要求
0.2	0.2	铸造用硅砂的含泥量应符合此表的规定。其中：水洗砂含泥量质量分数不大于 1.0%，擦洗砂含泥量质量分数不大于 0.3%，精选砂含泥量质量分数不大于 0.2%
0.3	0.3	
0.5	0.5	
1.0	1.0	
2.0	2.0	

(2) 颗粒特性 颗粒特性主要指硅砂的粒度、均匀度及形状。

**粒度** 砂粒越大则型砂耐火度越高,透气性越好,但强度降低,铸件表面粗糙。铸造用硅砂的粒度采用《铸造用试验筛》进行分析,其筛号与筛孔的基本尺寸见表 3-4。

**表 3-4 铸造用试验筛的筛号与筛孔尺寸**  
(GB/T9442 -1998)

筛号	6	12	20	30	40	50
筛孔尺寸 /mm	3.35	1.70	0.850	0.600	0.425	0.300

(续)

筛号	70	100	140	200	270	底盘
筛孔尺寸 /mm	0.212	0.150	0.106	0.075	0.053	—

**均匀度** 铸造用硅砂的主要粒度组成部分三筛不小于75%，四筛不小于85%。砂粒集中则粒度均匀，粒度越均匀则透气性好。针对某一牌号的硅砂，生产厂都须提供其平均细度及其粒度分布图表。

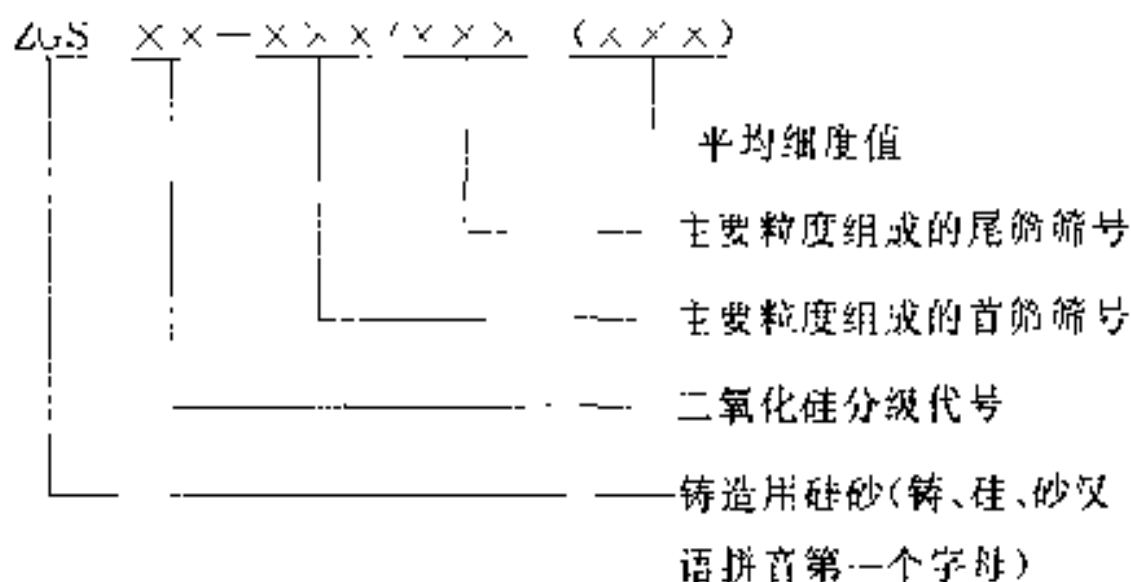
**形状** 铸造用硅砂的颗粒形状根据角形因数分级，见表3-5。

**表 3-5 硅砂颗粒形状按角形因数分级**  
(GB/T9442--1998)

角形因数	$\leq 1.5$	$\leq 1.30$	$\leq 1.45$	$\leq 1.63$	$> 1.63$
分级代号	○	○-□	┌	└-△	△
形 状	圆 形	椭圆形	钝角形	方角形	尖角形

用角形因数描述硅砂颗粒形状的圆整程度，角形因数越接近1则砂粒形状就越接近圆球形，角形因数越大，则砂粒形状就越偏向于尖角形。圆形砂粒组成的空隙最大，透气性最好，尖角形砂粒表面往往很粗糙，易粘附粘结剂，利于获得高的强度。

## (3) 牌号 铸造用硅砂的牌号表示方法:



**举例** ZGS93-40/100(53)表示该牌号硅砂的二氧化硅为93级,主要粒度组成为四筛(表3-4),其中首筛筛号为40,尾筛筛号为100,其粒度的平均细度值为53。

对于每批硅砂供方都必须提供产品质量合格证。质量合格证内写入供方对所供应的每批硅砂按技术要求进行检验的结果和牌号。需方对硅砂质量检验中如有一项指标不符合标准规定时,应在同批产品中重新加倍抽样进行复验。复验结果仍不符合规定时,由供需双方协商解决,或委托仲裁单位裁定,仲裁单位由双方协商选定。

## 2. 石灰石砂 石灰石砂是铸钢件型(芯)砂的原砂。

(1) 矿物组成 石灰石砂矿物组成见表3-6,石灰石砂按 $w_{CaO}$ 分级见表3-7。

表 3-6 石灰石砂矿物组成

矿物组成	主要矿物组成	方解石
	杂 物	含少量的白云石、硅石、铁矿石等矿物
化学成分	主要化学成分	碳酸钙 $\text{CaCO}_3$
	限制化学成分	含有少量氧化镁 $\text{MgO}$ 、氧化铝 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、二氧化硅 $\text{SiO}_2$ 及微量其它氧化物和硫化物 限制氧化镁 $\text{MgO}$ 含量, 实际上是限制碳酸镁含量, 因碳酸镁 $\text{MgCO}_3$ 量大时受热分解, 使铸件表面粗糙 限制二氧化硅的质量分数小于 6%, 因为它是砂尘根源, 又使铸件粘砂(特别是高锰钢铸件)

表 3-7 石灰石砂分级与化学成分  
(质量分数, %)

原砂类型	级别	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	应 用
石灰石及大理石	1	$\geq 52$	自订	自订	大型铸钢件型芯砂
	2	$\geq 50$	$< 2.0$	$< 2.0$	
	3	$\geq 48$	$< 4.0$	$< 3.0$	中小型铸钢件型芯砂
	4	$\geq 45$	$< 8.0$	$< 6.0$	
白云石	--	$\geq 35$	9~17	$< 3.0$	

## (2) 颗粒特性

**粒度** 铸造用石灰石砂按粒度大小分为五组，见表 3-8。

表 3-8 石灰石砂粒度

筛号	主要粒度组成部分的筛孔尺寸, mm		
20/40	0.850	0.600	0.125
30/50	0.600	0.425	0.300
40/70	0.425	0.300	0.212
50/100	0.300	0.212	0.150
70/140	0.212	0.150	0.106

注：1. 除表中的五组是三筛制外，有些厂采用四筛制两种，即 20/50 (0.850 ~ 0.300mm) 和 30/70 (0.600 ~ 0.212mm)。五筛制，即 20/70 (0.850 ~ 0.212mm)。二筛制，即 30/40 (0.600 ~ 0.425mm)。

2. 石灰石砂含粉量高，降低型砂透气性，降低油砂干湿度，一般限制含粉量小于 0.075mm 的粒径质量分数应小于 3%~5%。

**原砂均匀度** 表 3-8 中各组砂子粒度集中率应大于 85%，主要粒度组成部分以外，上部各筛粗粒总和应小于下部各筛细粒之和。

**砂粒形状** 石灰石砂经加工后所得到的砂粒形状分

为近似圆形、多角形、尖角形、和条形、片形。实际上使用的原砂形状是上述形状之混合物。

条、片形的沙子使型砂透气性、流动性等工艺性能显著降低，因此在技术标准中规定原砂颗粒形状为近似圆形和多角形，尽量避免使用条形和片形。

### (3) 石灰石砂应用特点(表 3-9)

表 3-9 石灰石砂应用特点

特 点	与铸件质量的关系
<p>1. 石灰石砂主要化学成分是碳酸钙 <math>\text{CaCO}_3</math> 在浇注中，碳酸钙在 <math>700 \sim 900^\circ\text{C}</math> 下分解，生成氧化钙 <math>\text{CaO}</math> 和二氧化碳 <math>\text{CO}_2</math>，这种氧化性气体在高温下使铁氧化生成氧化铁</p> $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ $\text{Fe} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{FeO} + \text{CO} \uparrow$ $3\text{FeO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO} \uparrow$ $2\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow 3\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \uparrow$ <p>可见，在浇注时，石灰石砂放出大量一氧化碳 <math>\text{CO}</math> 和二氧化碳 <math>\text{CO}_2</math> 气体，发气量比硅砂高的多</p>	<p>由于发气量大，铸件产生气孔的倾向增加</p>
<p>2. 生成的氧化钙、氧化铁 <math>\text{FeO}</math> 以及型砂中游离的二氧化硅 <math>\text{SiO}_2</math>，三者能形成一组新的低熔点(<math>1280 \sim 1310^\circ\text{C}</math>)的玻璃状而溶体，低熔点非晶体化合物不粘铸钢件，易清砂</p>	<p>不粘砂，易清理，使铸钢件表面光洁。可见，石灰石砂中氧化钙含量越高越好，其它含量越低越好</p>

(续)

	特 点	与铸件质量的关系
高温特性	3. 加热时, 石灰石砂线膨胀率不大, 因而高温时铸型内应力不大, 烘干后砂型很少出现裂纹	基本消除夹砂缺陷
耐碾性	石灰石砂硬度较低, 莫氏硬度为 3 级, 耐碾性差, 易粉碎易细化	当粒径小于等于 0.212mm 的细粒含量最高时, 导致型砂性能恶化, 影响铸件质量, 铸钢用石灰石砂对细粒应有限制

石灰石砂耐碾性分三等, 其评定方法见表3-10所示。

表 3-10 铸造用石灰石砂耐碾性评定

试验用 改 备	碾轮与 底盘间 距/mm	干 砂 样 (已筛去 0.212mm 细粒的 砂)·kg	碾 压 时 间 ·min	碾 压 后 的 干 样、通 过 0.212mm 筛 的 细 粒 砂 kg	耐碾性评定 (质量分数)	
					$\frac{X}{F}$	耐碾性
碾轮式 小混砂 机	10	5	5	X	$\leq 5.0\%$	优
					5.0~ 15.0%	中
					$\geq 15.0\%$	劣(不 宜用)



## 3. 特种砂

(1) 锆砂(锆英石砂) 常用作特殊复杂件或高合金钢铸件的面砂或涂料。锆砂矿物组成、分类及粒度规格分别见表 3-11~表 3-13。

表 3-11 锆砂矿物组成

主要矿物组成	杂质
锆砂主要矿物组成: 硅酸锆 $ZrSiO_4$ 熔 点: $2430^{\circ}C$ 分解温度: $1510^{\circ}C$ 具有高的导热性和小的热膨胀系数 密 度: $4.5 \sim 4.7 g/cm^3$ 莫氏硬度: 7~8 级	含少量杂质 $Fe_2O_3$ 、 $CaO$ 后, 熔点降为 $2000^{\circ}C$

表 3-12 锆砂化学成分

(质量分数, %)(JB/T9223 1999)

分类 等级	$(Zr \cdot Hf)O_2$	$SiO_2$	$TiO_2$	$Fe_2O_3$	$P_2O_5$	$Al_2O_3$
1	$\geq 66.00$	$\leq 33.00$	$\leq 0.30$	$\leq 0.15$	$\leq 0.20$	$\leq 0.30$
2	$\geq 65.00$	$\leq 35.00$	$\leq 1.00$	$\leq 0.25$	$\leq 0.20$	$\leq 0.50$
3	$\geq 63.00$	$\leq 33.50$	$\leq 2.50$	$\leq 0.50$	$\leq 0.25$	$\leq 1.00$
4	$\geq 60.00$	$\leq 34.00$	$\leq 3.50$	$\leq 0.80$	$\leq 0.30$	$\leq 1.20$

表 3-13 锆砂粒度规格  
(JB/T9223-1999)

粒 度 规 格	筛 孔 尺 寸 ·mm						峰 值 含 量 (质量分 数,%)
	0.212	0.150	0.106	0.075	0.053	0.020	
	各筛上的质量分数(%)						
特细砂				≥75		≤1.83	≥30
细 砂	--		≥75			≤1.80	≥35
中细砂		≥75				≤2.0	≥35

注: 1. 峰值含量系指粒度集中的相连三个筛号中, 中间筛号上的残留的质量分数。

2. 铸造用锆砂的  $w(\text{水}) \leq 0.3\%$ 。

3. 酸耗值小于等于 5。

4. 放射性比活度总量小于等于  $7 \times 10^4 \text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$  ( $2 \times 10^{-3} \text{Ci} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。

(2) 镁砂 镁砂属碱性材料, 一般多用于高锰钢铸件的面砂, 芯砂或涂料。镁砂矿物组成及化学成分分别见表 3-14 及表 3-15。

表 3-14 镁砂矿物组成

主要成分	氧化镁 $\text{MgO}$ 。是天然菱镁矿 $\text{MgCO}_3$ 在 $1550 \sim 1600 \text{C}$ 下焙烧的产物
纯镁砂熔点	$2800 \text{C}$ 。由于其中含有杂质 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 等, 使其熔点一般低于 $2000 \text{C}$

(续)

密度/(g/cm <sup>3</sup> )	3.5
莫氏硬度	4~4.5级

表 3-15 镁砂化学成分  
(质量分数, %)(GB2273 -88)

牌 号	MgO ≥	SiO <sub>2</sub> ≤	CaO ≤	灼减量 ≤	适 用
MS-91	91	1.5	1.6	0.3	高锰钢铸件 型、芯砂、涂料
MS-89	89	5.0	2.5	0.5	
MS-87G	87	7.0	2.5	0.5	
MS-84G	84	9.0	2.5	0.5	
MS-88Ga	88	4.0	5.0	0.5	用于修炉补炉 材料
MS-83Ga	83	5.0	8.0	0.8	
MS-78Ga	78	6.0	12.0	0.8	

注：在选用MS-91, MS-89, MS-87G, MS-84G 牌号时，要严格控制在烧品和杂质的质量分数小于等于2%，其余牌号小于等于3%，其中焦炭的质量分数小于等于0.06%。

(3) 铬铁矿砂 铬铁矿砂主要用于大型铸钢件和各

种合金钢铸件的面砂和抗粘砂涂料。铬铁矿砂的矿物组成、分级及粒度分组分别见表 3-16~表 3-18。

表 3-16 铬铁矿砂的矿物组成

主要矿物组成	杂质
主要矿物组成： $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 纯 $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 耐火度大于 1900℃ 具有好的抗碱性渣的作用 密度： $4.0 \sim 4.8 \text{g/cm}^3$ 莫氏硬度：5.5~6 级	铬铁矿砂中最有害杂质是碳酸盐 ( $\text{CaCO}_3$ 、 $\text{MgCO}_3$ )。在与钢液接触时，分解出 $\text{CO}_2$ ，使铸件表面产生气孔 因此，铬铁矿砂要在 300~950℃ 焙烧，使其中碳酸盐分解，然后，加工破碎成一定粒度

表 3-17 铬铁矿砂按物化性能分级

(JB/T6984—93)

等级 编号	化学成分 (质量分数,%)			物化性能		
	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	灼减量 (质量分数,%)	耐火度 (℃)	含水量 (质量分数,%)
	$\geq$	$\leq$	$\leq$	$\leq$	$>$	$\leq$
1	45	3	1	0.5	1800	0.5
2	35	5	2	1	1700	

表 3-18 铬铁矿砂按粒度分组  
(JB/T6984 93)

分组代号	主要粒度组成 /mm		
21	0.300	0.212	0.150
15	0.212	0.150	0.106
10	0.150	0.106	0.075

注：主要粒度组成系指相邻三筛残留量之和大于等于 75%，中间筛残留量大于等于 25%，底盘残留量小于 2%。

(4) 橄榄石砂 用作中型铸钢件，特别是高锰钢铸件的面砂。橄榄石砂的矿物组成、性能分级及粒度分组分别见表 3-18~表 3-20。

表 3-19 橄榄石砂的矿物组成

主要矿物组成	杂 质
橄榄石砂是铁橄榄石 $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ 与镁橄榄石 $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ 的固溶矿物 ( $\text{Mg} \cdot \text{FeSiO}_4$ ) 耐火度：1690~1800℃ 密度：3.2~3.6( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) 莫氏硬度：6~7 级 热胀系数较硅砂小，系均匀膨胀，无相变，不含游离 $\text{SiO}_2$ ，故无硅尘危害 不与铁和锰的氧化物反应，具有较强的抗金属氧化物侵蚀的能力	随固溶中铁橄榄石浓度提高，即 $\text{FeO}$ 含量增加，其熔点下降。因此橄榄石砂中 $w(\text{FeO})$ 应小于 10% 橄榄石中往往含有蛇纹石，即含水镁硅酸盐，随蛇纹石含量增加，其熔点也下降，灼减量，发气量增大。因此，橄榄石砂中含蛇纹石越少越好，一般质量分数小于 20%

表 3-20 橄榄石砂按物化性能分级

(JB/T6985 95)

等 级	化学成分 (质量分数, %)			物 理 性 能			
	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	灼减量(质 量分数, %)	耐火度: (°C)	含水(质量 分数, %)	含泥量(质 量分数, %)
1	47	10	10	1.5	1690	0.5	0.5
2	44	42	10	3.0	1690	0.5	
3	42	44	10	3.0	1690	1.0	

表 3-21 橄榄石按粒度分组

(JB/T6985 93)

粒度 分组	筛 孔 尺 寸 /mm									
	0.85	0.60	0.125	0.30	0.212	0.15	0.106	0.075	0.073	
代号	筛上余留量(质量分数, %)									
42	≤15	≥75			≤10					
30	≤15		≥75			≤10				
21	≤15			≥75			≤10			
15	≤15				≥75			≤10		
10	≤15					≥75			≤10	

(5) 刚玉砂 由于价格昂贵, 一般只用在铸造尺寸精度高, 粗糙度细的合金钢铸件。它是熔模, 陶瓷型精密铸造的良好的造型材料。刚玉砂的矿物组成及化学成分

分别见表 3-22 及表 3-23。

表 3-22 刚玉砂的矿物组成

主要矿物组成	刚玉砂是高铝矾土，经粉碎洗涤后，在电炉中经 2000~2400℃ 下熔炼而制得，又称电熔刚玉，刚玉是高纯度的三氧化二铝 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 达 99%~99.5%
结构	呈白色或灰白色的六方晶体 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
熔点 /℃	2000~2500
密度 /( $\text{g}\cdot\text{cm}^3$ )	3.85~3.9
莫氏硬度 $\gamma$	9 级
稳定性	高温时，体积稳定，对酸对碱具有较高的化学抵抗性

表 3-23 刚玉砂的化学成分和粒度

(GB2479—83)

(GB2478—83)

名称	粒度范围 /mm	化学成分(质量分数,%)		
		$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$
白刚玉	0.750~0.175 (24~80 目) <sup>1)</sup>	$\geq 98.50$	$\leq 0.50$	
	0.150~0.06 (100~240 目)	$\geq 98.50$	$\leq 0.70$	

(续)

名 称	粒度范围 mm	化学成分(质量分数,%)		
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>
白刚玉	W63~W14	≥98.00	≤0.80	--
	W10~W5	≥97.00	≤0.80	--
棕刚玉	4.90~2.2 (4~9目)	94.5~97.0		
	0.150~0.076 (100~180目)	≥93.5		1.50~3.80
	0.066~0.061 (220~240目)	≥92.5		1.50~3.80

注:刚玉在国民经济中主要用于磨料行业,因而粒度是按磨料行业的磨料粒度组成为:4目(4.75mm)、12目(1.70mm)、16目(1.20mm)、20目(0.850mm)、24目(0.795mm)、30目(0.600mm)、36目(0.475mm)、46目(0.400mm)、60目(0.276mm)、70目(0.212mm)、80目(0.177mm)、100目(0.150mm)、120目(0.125mm)、150目(0.995mm)、180目(0.075mm)、240目(0.061mm)、280目(0.054mm)及更细的W63(0.063mm)、W40(0.040mm)、W28(0.028mm)、W20(0.020mm)、W14(0.014mm)、W10(0.010mm)、W7(0.007mm)、W5(0.005mm)、W3.5(0.0035mm)等。铸造用刚玉的粒度可参照硅砂粒度的要求选用。配制涂料涂膏应选用刚玉粉。(目)为英制单位,已禁用。稿中单位mm是编辑加的



## (二) 粘结剂

粘结剂在铸造生产中,不仅影响型芯砂性能,而且影响铸件质量。因此对粘结剂提出以下性能要求:

易于均匀分布在砂粒表面和砂粒之间,使型砂具有一定的湿强度和干强度:

具有必要的流动性和不粘模性;

具有较低的发气性和小的吸湿性;

浇注后应具有良好的溃散性;

不应放出对人体有害的气味;

来源丰富,成本低。

能同时满足上述性能要求的粘结剂实际上是找不到的,生产中只能根据具体生产条件、铸件特点,抓住质量主要问题,正确选用粘结剂,配制出以某种性能为主的型、芯砂

粘结剂种类很多,归结起来如表 3-24 所示。

表 3-24 铸造用粘结剂种类

无机粘结剂	粘土类	普通粘土
		膨润土
	水玻璃	
	水泥	

(续)

有机粘结剂	植物油类	桐油
		亚麻籽油
		改性米糖油
		塔油
	矿物油类	合脂(合成脂肪残渣)
		渣油
	水溶性粘 结剂	合成树脂
		亚硫酸盐木浆废液(纸浆残液)
		淀粉及 $\alpha$ 淀粉
		糊精
糖浆		

注：在诸多粘结剂中，铸钢生产常用的有粘土、水玻璃、合脂等，铸铁生产中以粘土粘结剂的应用最为广泛，其次是油类、树脂类粘结剂等。

1. 粘土类粘结剂 粘土在铸造生产中广泛应用，来源丰富，价格便宜，用它作粘结剂配制的型砂可获得足够的强度和良好的塑性。

(1) 粘土的矿物组成与粘结性能(表 3-25)

表 3 25 粘土的矿物组成及粘结性能

矿物组成	<p>1. 粘土是由石英 <math>\text{SiO}_2</math>、二氧化二铝 <math>\text{Al}_2\text{O}_3</math> 及微量金属氢化物、硫化物等矿物组成</p> <p>2. 粘土中金属氧化物、硫化物的存在, 降低了粘土耐火度, 使铸件易产生化学粘砂, 故称为杂质</p> <p>3. 粘土主要成分: 水化硅酸铝 <math>m\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot r\text{H}_2\text{O}</math></p>	
粘结能力	粘土本身质点结构	粘土的颗粒越小, 分散度越大, 其粘结能力和可塑性越强
	被水润湿的特性	粘土只有被水润湿后, 其粘结能才能显示出来。粘土最大粘结能力和可塑性只有最适合的含水量时才能达到
	湿、干强度的建立	粘土颗粒呈鳞片状, 被水润湿后, 能解离成分散度很高的片状质点, 其中小于 $0.01\mu\text{m}$ ( $1\mu\text{m}$ ) 的质点形成了胶体溶液, 包在砂粒周围, 将砂结合, 使型砂获得湿强度, 烘干时, 水分蒸发, 胶体质点与砂粒紧密结合在一起, 使型砂获得干强度

(2) 粘土的种类 按矿物成分不同, 粘土分普通粘土和膨润土两类, 其特性见表 3-26。

(3) 粘土的选用(表 3-27)

(1) 膨润土的活化处理(表 3 28)

表 3-26 粘土的种类及其特性

特性 \ 种类	普通粘土	膨润土
主要矿物	高岭石	蒙脱石
主要成分	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
晶体结构	二层型	三层型
颗粒大小	较细, 直径 0.003~0.004mm (0.3~0.4 $\mu\text{m}$ ) 厚度 0.0005~0.02mm (0.05~2 $\mu\text{m}$ )	极细, 直径 0.0002~0.002mm (0.02~0.2 $\mu\text{m}$ ) 厚度 $\approx$ 0.0002mm (0.002 $\mu\text{m}$ )
比表面/( $\text{m}^2/\text{g}$ )	50~100	250~500
吸水体积膨胀	较小	较大
加热体积收缩	较小	较大
粘结能力	小	大(比普通粘土大2~3倍)
湿强度	低	高
干强度	高	低
吸水量	小	大
熔化温度	1650~1775 C	1200~1300 C

(续)

特性 \ 种类	普通粘土	膨润土
别名	又称白泥, 呈白色或灰白色, 其中耐火度高的称耐火粘土(或生火泥); 成分较纯的称高岭土(或瓷土); 紫泥是一种含氧化铁较多的普通粘土, 统称铸造用粘土	又称陶土, 呈白色粉状或呈灰色、浅蓝色、微粉红色、绿色, 颗粒极细, 被水润湿后其体积要膨胀数倍至十几倍, 故得名膨润土, 统称铸造用膨润土

表 3-27 粘土的选用

粘土分类	选 用
普通粘土	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 常用于干型的粘结剂</li> <li>2. 与膨润土混合使用, 可用于干型</li> <li>3. 铸钢用粘土在 1100℃ 时强度最高, 型砂容让性、溃散性不好</li> </ol>
膨润土	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 广泛用于湿型和表干型</li> <li>2. 一般铸件, 常用钙膨润土、钙钠膨润土 厚大铸件、流水线生产的铸件及易夹砂的铸件, 选用钠膨润土、钠钙膨润土, 但混砂时间略长于钙膨润土</li> <li>3. 高压造型、射压造型采用钠膨润土</li> </ol>

表 3-28 膨润土的活化处理

为什么 活化处理	<p>天然膨润土分钙质膨润土和钠质膨润土两类。其中：钙质膨润土资源丰富，便宜；而钠质膨润土粘结力强，但资源有限，较贵</p> <p>为充分利用资源，提高钙质膨润土性能，可通过活化处理将钙质膨润土转变为钠质膨润土</p>
活化处 理方法	<p>在配砂时，加入膨润土量 3%~5% (质量分数) 的碳酸钠 (即苏打, <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>)。用钠盐中钠离子置换钙质膨润土中的钙离子，即：<math>\text{Ca}^{2+}</math>-膨润土 + <math>\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightarrow{\text{在水介质中}} 2\text{Na}^+</math>-膨润土 + <math>\text{CaCO}_3</math></p>

## (5) 铸造用粘土和膨润土的标准

## 1) 普遍粘土的标准 (表 3-29~表 3-32)

表 3-29 铸造用粘土按耐火度分级

(JB/T9227 1999)

等 级	高耐火度	低耐火度
等级代号	G	D
耐火度 / °C	>1580	1350~1580

表 3-30 铸造用粘土按湿压强度值分级  
(ZB/T9227—1990)

等级代号	5	3	2
工艺试样湿压强度值/kPa	>50	>30~50	20~30
混合料配制	标准砂 2000g, 粘土 200g, 水 100mL, 干混 2min, 湿混 8min		

表 3-31 铸造用粘土按干压强度值分级  
(JB/T9227—1999)

等级代号	5C	3C	2C
工艺试样干压强度值/kPa	>500	>300~500	200~300
混合料配制与烘干	混合料配制见表 3-30。试样在 180℃—5℃ 保温 1h, 在干燥器中冷却至室温后, 进行测定		

表 3-32 铸造用粘土牌号表示方法

规则	N 铸造用粘土代号 牌号以耐火度等级、湿压强度值等级和干压强度值等级表示
----	---

(续)

举例	耐火度高的,湿压强度值是 30~50kPa,干压强度值大于 500kPa 的铸造粘土,其牌号为(表 3-29,表 3-30,表 3-31):  NG 3 50
----	---

- 注: 1. 各牌号的铸造用粘土,其含水的质量分数小于 10.0%。  
 2. 其重量的 95%以上应通过筛孔尺寸为 0.106mm 的铸造用试验筛。

2) 膨润土的标准:铸造用膨润土按其 主要交换性阳离子分四类和按 pH 值分两类,见表 3-33。按工艺试样湿压强度值分四级,见表 3-34。按工艺试样热湿拉强度值分四级,见表 3-35。膨润土牌号表示方法,见表 3-35。

表 3-33 膨润土分类(JB/T9227 1999)

分 类	代 号	按主要交换性阳离子分类说明
钠膨润土	PNa	钠离子为主要交换性阳离子,占阳离子交换容量的质量分数 50%或 50%以上
钙膨润土	PCa	钙离子为主要交换性阳离子,且占阳离子交换容量的质量分数的 50%或 50%以上



(续)

分 类	代 号	按主要交换性阳离子分类说明
钠钙膨 润土	PNaCa	钠离子和钙离子为主要交换阳离子, 均占阳离子交换容量的质量分数50%以下, 其中Na离子含量多于钙离子
钙钠膨 润土	PCaNa	同PNaCa, 只是Ca离子多于Na离子
酸性	S	按膨润土的pH值不同分类
碱性	J	

表 3-34 膨润土按工艺试样湿压强度值分级  
(JB/T9227 1999)

等级代号	10	7	5	3
湿压强度 值/kPa	>100	>70~100	>50~70	≤30~50
混合料 配 制	混合料: 标准砂 2000g, 膨润土 100g, 水 40mL 混制工艺: 干混 2min, 加水后再混 8min, 测定 紧实率 检验: 当紧实率小于 43% 时, 可按每毫升水提 高紧实率 1.5% 估算加少量水, 湿混 2min, 再检查紧实率 若紧实率大于 47%, 将试料过筛 1~2 次再检查紧实率 紧实率在 43%~47% 范围内即可			

表 3-35 膨润土按工艺试样热湿拉强度分级  
(JB/T9227-1999)

等级代号	25	20	15	5
热湿拉强度/kPa	>2.5	>2.0~2.5	>1.5~2.0	0.5~1.5
混合料配制	同表 3-34			

表 3-36 膨润土牌号表示方法

规则	以分类、湿压强度值分级代号和热湿拉强度值分级代号顺序排列表示牌号
举例	湿压强度值为 30~50kPa, 热湿拉强度值为 0.5~1.5kPa 的酸性钙膨润土的牌号(表 3-33、3-34、3-35): PCaS 3-5

注: 1. 各牌号的铸造膨润土, 其吸附亚甲基蓝量应大于 20g/100g 土。

2. 水的质量分数应不大于 12.0%, 冬季允许小于 15%。

3. 其重量的 95% 以上应通过筛孔尺寸为 0.075mm 的铸造用试验筛。

2. 水玻璃 水玻璃特点及制造工艺, 见表 3-37。

表 3-37 水玻璃特点及制造工艺

特点	<p>1. 水玻璃(泡花碱)是硅酸钠的水溶液。化学式为 <math>\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>2. 纯的水玻璃颜色呈无色透明粘稠液体</p>
----	---

(续)

特点	当含有三氧化二铁 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、三氧化二铝 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、氧化钙 $\text{CaO}$ 等杂质时, 则带有黄绿、青灰或黄色
制造工艺	<p>1. 将硅砂与苏打 <math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math> 按一定比例混合, 或者硅砂与无水芒硝 <math>\text{Na}_2\text{SO}_4</math> 及炭(焦炭、木炭、或无烟煤)按一定比例混合。</p> <p>2. 放入反射炉中, 加热到 <math>1300\sim 1400\text{C}</math>, 则生成熔融的硅酸钠</p> <p>3. 经水淬, 或冷却后, 粉碎成碎块</p> <p>4. 把碎块放入沸水中溶解并经浓缩。或者把碎块装入蒸汽压力为 <math>0.4\sim 0.7\text{MPa}</math> 的压力釜内加热溶解、沉淀、浓缩而制成硅酸钠胶体水溶液, 即为水玻璃</p>

(1) 水玻璃的牌号 铸造用水玻璃的牌号分两种, 见表 3-38。

表 3-38 铸造用水玻璃的牌号及性能  
(ZBJ31073—38)

牌号	密度/ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$w(\text{SiO}_2)$ (%) $\geq$	$w(\text{Na}_2\text{O})$ (%) $\geq$	模数 $M$	$w(\text{Fe})$ (%) $\leq$	$w(\text{水不溶物})$ (%) $\leq$
ZS 2.9	1.4~1.5	25.7	16.2	2.51~2.9	0.04	0.6

(续)

牌号	密度, (g/cm <sup>3</sup> )	w(SiO <sub>2</sub> ), (%)	w(Na <sub>2</sub> O), (%)	模数 M	w(Fe) (%)	w(水不 溶物) (%)
ZS 2.5	1.5~1.56	29.2	12.6	2.2~2.5	0.05	0.8

注:  $w(\text{SiO}_2)$ 、 $w(\text{Na}_2\text{O})$ 、 $w(\text{Fe})$ 、 $w(\text{水不溶物})$ 分别表示  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}$  和水不溶物的质量分数。

## (2) 模数及其调整方法

1) 模数是影响水玻璃一系列性能的一个重要工艺参数。

二氧化硅与氧化钠的摩尔数之比值称为水玻璃的模数, 用  $M$  表示。

$$M = \frac{\text{SiO}_2 \text{ 的摩尔数}}{\text{Na}_2\text{O 的摩尔数}} = \frac{\text{SiO}_2\% \cdot \text{SiO}_2 \text{ 分子质量}}{\text{Na}_2\text{O}\% \cdot \text{Na}_2\text{O 分子质量}}$$

$$= \frac{\text{SiO}_2\% (\text{重量})}{\text{Na}_2\text{O}\% (\text{重量})} \times 1.033$$

式中 1.033 是  $\text{SiO}_2$  的摩尔数与  $\text{Na}_2\text{O}$  摩尔数的比值, 即  $62 : 60 = 1.033$ 。

水玻璃模数一般取  $M = 2.2 \sim 2.6$ 。模数过大, 硬化时间缩短, 强度降低; 过小, 则硬化时间延长, 甚至不硬化。因而, 水玻璃模数常需根据气候条件和不同季节加以控制和调整。

2) 模数的调整。降低水玻璃模数的实质是用火碱

(NaOH)中和水玻璃中游离的 $\text{SiO}_2$ ，其方法，是向原高模数水玻璃溶液中加入摩尔浓度为10%~20%的NaOH水溶液，从而使模数 $M$ 值降低。其加入量按式(3.1)计算。

提高水玻璃模数的实质是用工业氯化铵( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )中和水玻璃中的一部分氧化钠( $\text{Na}_2\text{O}$ )其方法是向原低模数的水玻璃溶液中加入摩尔浓度为10%的 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 水溶液。其加入量按式(3.2)计算。

$$X = 13.3 \frac{B}{M} - 12.9C \quad (3.1)$$

$$Y = 1.73 \left( C - \frac{B}{M} \right) \quad (3.2)$$

式中  $X$  —— 每千克水玻璃应加 NaOH 的克数；  
 $Y$  —— 每千克水玻璃应加  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的克数；  
 $M$  —— 要求达到的模数；  
 $B$  —— 原水玻璃中  $\text{SiO}_2$  摩尔浓度(%)；  
 $C$  —— 原水玻璃中  $\text{Na}_2\text{O}$  摩尔浓度(%)。

### (3) 密度及其调整方法

1) 密度也是衡量水玻璃的一个重要指标。密度决定水玻璃溶液中二氧化硅与氧化钠的绝对浓度和含水量。

对于模数一定的水玻璃，密度越大，说明含硅酸钠越多，其中游离的 $\text{SiO}_2$ 越多，硬化后的强度越高。密度大的水玻璃溶液粘度大，混砂困难，因此生产中常将水玻璃密度控制在 $1.48 \sim 1.56 \text{g/cm}^3$ 。

由于温度对密度影响大，所以说密度时应说明是什

么温度下测定的密度。

密度用符号  $\rho$  表示，也有用波美度  $Be^\circ$  表示的。两者之间的数值可用经验公式(3-3)换算：

$$\rho = \frac{145}{145 - Be^\circ} \text{ 或 } Be^\circ = 145 - \frac{145}{\rho} \quad (3-3)$$

2) 密度的调整。当密度(或浓度)太大时，可以加水稀释，其加入量可按式(3-4)计算

$$\text{加水量(kg)} = \frac{G(\rho - \rho_1)}{\rho(\rho_1 - 1)} \quad (3-4)$$

式中  $G$  - 要稀释的水玻璃重量(kg)；

$\rho$  - 稀释前的水玻璃密度( $g/cm^3$ )；

$\rho_1$  - 稀释后水玻璃需要达到的密度( $g/cm^3$ )。

(4) 水玻璃的选用(表 3-39)

表 3-39 水玻璃的选用

模 数 $M$		密度/ ( $g/cm^3$ )	选 用
2.2~2.5	夏季	1.48~ 1.56	适于大型铸件、单件小批生产的铸件用的水玻璃砂， $CO_2$ 硬化水玻璃砂、水玻璃自硬砂、有机酯水玻璃砂
2.6~2.9	冬季		
2.6~2.9			适用于中、小型铸件和大批量生产的铸件

注：选用时，水玻璃中铁和水不溶物的含量应符合标准要求，且越低越好。

## 3. 桐油和亚麻油(表 3-40、表 3-41)

表 3-40 桐油、亚麻油的特点

植物油	特 点	油 砂 特 点		加入量 (质量分数)
		优 点	缺 点	
桐油	浅色油 状液体	1. 干强度高, 透气性好, 不吸湿, 出砂性好 2. 可制造形状复杂, 截面细薄的砂芯	1. 湿强度低, 加入适量粘土或糊精可提高油砂湿强度	一般为 1%~3%, 太少, 则强度下降; 过多, 则强度、透气性、出砂性下降而发气性增大
亚麻油	深琥珀色, 有强烈特殊气味		2. 成本高	

表 3-41 铸造用桐油和亚麻油的技术要求

技术要求	密 度/ (g/cm <sup>3</sup> )	碘 值 (韦氏法)	皂化值/ (mgKOH/g)	工艺试样 干拉强度 (MPa)
桐油 (GB8227-87)	0.9360~ 0.9395	163~173	190~195	≥2.0
亚麻籽油 (GB8235—87)	0.9260~ 0.9365	≥175	188~195	≥2.0

## 1. 合脂(表 3-42~表 3-45)

表 3-42 合脂的特点

合脂特点	合 脂 稀释剂	合脂砂特点		加入量 (质量 分数)	应 用
		优 点	缺 点		
1. 合脂 粘结剂简 称合脂 2. 是以 石蜡为原 料制取合 成脂肪酸 的残液, 以适量溶 剂稀释配 成的合脂 粘结剂	1. 有煤 油和 200 号溶剂油 2. 稀释 比控制在 粘度值达 40 ~ 60s 为宜	1. 吸湿 性小, 干 强度高, 出砂性好 2. 可代 替桐油砂 制作复杂 的细薄砂 芯, 复杂 程度达 I 级, II 级 及部分 I 级	1. 湿强 度低, 流 动性稍差 于油砂 2. 有粘 模倾向	一般为 2%~4%	适于汽 车、拖拉 机、矿山 车辆、石 油机械等 重要铸钢 件上

表 3-43 合脂按粘度值分级

(GB12216--90)

等级代号	粘度值(N-63°C, s)
10	≥15~10
80	>10~80
120	>80~120

注:合脂粘结剂的稀释剂可选用符号 GB253—81 规定的灯  
用煤油和符合 GB1922—80 规定的 NY—200 号溶剂油。



表 3-44 合脂按干抗强度值分级  
(GB12216-90)

等级代号	工艺试样抗拉强度/MPa
16	$\geq 1.4$
17	$\geq 1.7$

表 3-45 合脂牌号表示方法

规 则	<p>HZ—XXX XX</p> <p>———工艺试样抗拉强度值等级代号</p> <p>———粘度值等级代号</p> <p>———“合”与“脂”的汉语拼音第一个字母</p>
举 例	<p>铸造用合脂粘结剂的粘度值为 4s, 抗拉强度值为 1.4MPa 时, 其牌号可表示为</p> <p style="text-align: center;">HZ-4C 14</p>

#### 3. 呋喃树脂

(1) 特点 含糠醇的树脂称呋喃树脂。其特点见表 3-46。

表 3-46 呋喃树脂造型制芯的特点

优 点	缺 点	应 用
1. 砂芯在芯盒中硬化，不进炉烘干，可取消烘炉和不用烘干板 2. 硬化速度快，只需1min至十几分钟，提高了劳动生产率 3. 砂芯在芯盒内硬化后取出，变形小，尺寸精确 4. 制芯过程大为简化，便于机械化自动化	1. 在混砂制芯过程和浇注中产生刺激性气味 2. 呋喃树脂价格较贵	对希望获得精度高的优质铸件、解决复杂砂芯制造和深孔铸件出砂问题，呋喃树脂是目前较理想的粘结剂

(2) 分类 按硬化时是否需要加热可分为两种。

1) 热硬呋喃树脂 是液体树脂，一般呈黄褐色或棕红色，用于热芯盒制芯。按含氮量不同而分类见表 3-47。

在表 3-47 中呋喃 I 型树脂广泛用于灰铸铁和非铁合金铸件的砂芯，它的特点是：加热 200~250℃后，产生不可逆的硬化反应。热硬树脂砂反应速度快，流动性好，强度高、脱模性好。采用热芯盒射芯时成形性好，

虽然湿强度低，但砂芯是在热芯盒内硬化，不影响生产，只是热芯盒设有加热和顶芯装置，芯盒的制造费用较高，适用于小件大批量砂芯生产。

表 3-47 热芯盒用树脂按含氮量分类及应用

分 类	型 号	$w(N)(\%)$	芯砂应用范围
高氮树脂 (糠醇改性尿 醛树脂)	呋喃 I 型 DR-2 F101, F102 FFD181	$\leq 13.5$	非铁合金铸 件和简单的中 小型灰铸铁 件、可锻铸铁 件的砂芯
中、低氮树脂 (酚醛改性尿 醛树脂)	ZNR-1 FFD393	5~8	发动机缸 体、缸盖和一 般灰铸铁件、 可锻铸铁件的 砂芯
	F03	$< 5$	
无氮树脂 (糠醇改性酚 醛树脂)	呋喃 II 型 302, 304	$< 0.3$	球墨铸铁 件、铸钢件砂 芯

热芯盒用呋喃 I 型树脂性能见表 3-48。

表 3-48 热芯盒用呋喃 I 型树脂性能

粘度 20℃ (mPa·s)	$w$ (固体) (%)	$w$ (游离 甲醛) (%)	pH 值	$w$ (N) (%)	工艺试样 干拉强度 (MPa)	存放期 月
3000	75	5	5.5~7.0	13.5	2.5	6
混合 料配制 及制样	标准砂 2000g, 树脂 50g, 固化剂 10g(氯化铵:尿素:水=1:3:3) 砂与固化剂混合 1min, 加树脂混合 2min, 射砂压力 0.5~0.7MPa 热芯盒温度 210℃±5℃, 硬化时间 20~40s					

注： $w$ (固体)、 $w$ (游离甲醛)、 $w$ (N)分别表示固体、游离甲醛、氮的质量分数。

2) 冷硬呋喃树脂 冷硬呋喃树脂用于白硬砂。国内用于白硬砂的呋喃树脂有两类：脲醛改性呋喃树脂和酚醛改性呋喃树脂。

i) 脲醛改性呋喃树脂 主要原料是尿素、甲醇和糠醇。分低氮呋喃树脂( $w$ (N)=0.3%~2%)，中氮呋喃树脂( $w$ (N)=2%~5%)和高氮呋喃树脂( $w$ (N)=5%~13.5%)。这种树脂工艺性能好，所使用的时间适宜，旧

砂再生容易,再生砂性能优于新砂,可实现再生砂添加少量新砂循环使用,废砂排放量很低。

低氮呋喃树脂可用于小型铸钢件、大型铸铁件;中氮呋喃树脂用于铸铁件;高氮呋喃树脂用于非铁合金铸件。

② 酚醛改性呋喃树脂 主要原料是本酚、甲醛和糠醇。树脂  $w(N)$  仅为  $0 \sim 0.3\%$ , 故通称为无氮树脂。它的工艺性稍差于脲醛改性呋喃树脂,硬透性较差,因此要恰当掌握起模时间。此类树脂与砂粒表面覆着性差,因此必须使用偶联剂,常用的偶联剂是 KH550。

无氮呋喃树脂主要用于普通铸钢件生产。

铸造用自硬呋喃树脂分类、分级牌号表示方法见表 3-49。

表 3-49 铸造用自硬呋喃树脂分类、分级牌号表示方法  
(JB/T7526-94)

	分类代号	W(无氮)	D(低氮)	Z(中氮)	G(高氮)
	$w(N)(\%)$	$\leq 0.3$	$> 0.3 \sim 2.0$	$> 2.0 \sim 5.0$	$> 5.0 \sim 15.0$
按氮含量分类	型号	CHG-IV	CHG-I		CHG-I
	实例	NQS-1	F701, 705		7501
		F700	NQS-2		FFD131,
		FFD-102, 103	FFD-104, 121		141
		FFD-301, 405	SFAR70-2		KJN-I
	KAS, SFAR900			B7F-70	

(续)

按 工 试 抗 强 分	工艺试样抗拉强度/MPa <sub>≥</sub>			
	等级代号	W	D	Z
1(一级)	0.8	1.3	2.2	1.9
2(二级)	0.5	1.0	1.8	1.6
按 游 甲 分	游离甲醛(质量分数,%)			
	等级代号	≤0.4		
04(一级)				
08(二级)	>0.4~≤0.8			
牌 号 表 示 方 法	ZF—××N—×—××			
	树脂中游离甲醛等级代号 工艺试样抗拉强度等级代号 树脂中实际氮含量 铸造用自硬呋喃树脂的汉语 拼音了头			
例如:氮的质量分数为3.5%,抗拉强度2.5MPa,游离甲 醛的质量分数为0.34%的铸造自硬呋喃树脂牌号为: ZF—3.5N—1—01				

注:1. 铸造用自硬呋喃树脂为淡黄色至棕色透明或半透明均匀液体,其贮存期应不小于180天。

2. 各牌号的铸造用自硬树脂性能应符合表中的规定。

3. 铸造用自硬呋喃树脂还符合以下规定,粘度(mPa·s, 20℃)无氮、低氮中氮时为≤100,高氮时为≤200。密度(g/cm<sup>3</sup>, 20℃)均为1.15~1.25。pH值(20℃)均为7.0±0.5。

4. 需方有特殊要求,可在订货协议中商定。

## 6. 其它粘结剂(表3-50)

表3-50 较常用粘结剂的特点和应用

粘结剂	优点	缺点	应用
纸浆废液	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿强度高</li> <li>2. 退让性好</li> <li>3. 价格便宜</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 吸湿性大</li> <li>2. 易粘模</li> </ol>	常与其它粘结剂配合使用
糖浆	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿强度高</li> <li>2. 退让性好</li> <li>3. 出砂性好</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 吸湿性大</li> <li>2. 容易发酵</li> </ol>	芯砂中辅助粘结剂糖浆易发酵常加入福尔马林防腐
糊精	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿强度和干强度高</li> <li>2. 退让性好</li> <li>3. 出砂性好</li> <li>4. 铸件表面光洁</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 吸湿性大</li> <li>2. 粮食制品, 应用受限制</li> </ol>	油砂的辅助粘结剂
沥青	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不吸湿</li> <li>2. 高温强度下降较慢</li> <li>3. 退让性好</li> <li>4. 出砂性好</li> <li>5. 铸件表面光洁</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿强度低</li> <li>2. 浇注时烟雾多</li> <li>3. 其中煤沥青有毒</li> </ol>	厚大铸件要求退让性较好的砂芯

(续)

黏结剂	优点	缺点	应用
松香	1. 退让性好 2. 出砂性好 3. 不吸湿	湿强度低	油矿辅助黏结剂(松香加入前要加工成粉状)

## (三) 辅助材料(表3-51)

表3-51 常用辅助材料

辅助材料	特点	应用
石墨粉 (铅粉、炭灰)	1. 化学性不活泼 2. 耐火度很高, 熔点可达3000℃ 3. 石墨粉分两种	是一种很好防粘砂材料, 常用于铸铁件敷料和涂料
白石墨粉	呈银灰色鳞片状 耐火度较高	多用于湿型上作敷料
黑石墨粉	呈黑色粉状 含杂质量较高, 耐火度较低	常和其它材料配制用于干型的涂料





## 二、型砂与芯砂

无论铸钢、铸铁或者是非铁合金铸造所用的型(芯)砂通常以所用粘结剂命名,如粘土砂、水玻璃砂、树脂砂、油砂、合脂砂等。

由型砂所制成的砂型和砂芯,不仅用来形成铸件的形状,而且要承受金属液的高温作用,因此要求型砂应具备如表3-52所列的基本性能。

型砂的性能是配制型砂的理论依据,又是鉴别型砂质量的标准。

表3-52 型砂应具备的基本性能

基本性能	定 义
强度	在外力作用下,型砂达到破坏时单位面积上所承受的力 强度一般通过标准工艺试样测定。可分湿强度、干强度、高温强度和表面强度
透气性	型砂能通过气体的能力。一般通过工艺标准试样测定
可塑性	型砂在外力作用下变形,在外力消除后,仍能保持改变后形状的能力
耐火度	型砂抵抗高温热作用而不被熔化、软化和烧结的能力
退让性	在铸件凝固后的冷却收缩过程中,砂型的体积也能随之被压缩的能力

(续)

基本性能	定 义
耐用性	型砂使用后, 能保持原有性能的能力
出砂性	型砂在铸件落砂时, 变得是否容易溃散而被清除的性能

### (一) 粘土砂

按所造砂型是否烘干和烘干程度, 粘土砂可分为湿型砂、干型砂和表干型(表面干型砂)三类。

#### 1. 湿型砂(表3-53~表3-57)

**表3-53 湿型砂按使用条件分类**

分类	特点与要求	应 用
面砂	面砂直接与高温金属液接触, 应具有较好的性能。因此常加入较多的新材料, 混砂时间也较长	湿型砂用于生产中小型铸件, 特别用于大批量机械化造型, 如汽车、拖拉机、柴油机、轻纺机械等铸铁件
背砂	主要起填充加固作用, 强度次于面砂, 约为面砂强度70%~75%。但透气性宜较高, 以利排气 混砂时间较短, 一般由旧砂加水混制, 必要时添加少量粘土	
单一砂	通常用于机器造型, 以简化供砂系统和提高生产率 其性能介于面砂和背砂之间	

表3-54 铸铁件湿型砂性能指标

砂型类别		湿型				
铸件特征		型砂性能指标				
重量 /kg	壁厚 /mm	粒度组成 (首筛筛号/ 尾筛筛号)	w (泥量) (%)	透气性	湿压 强度/ kPa	w(水分) (%)
≤20	≤10	100/200 110/70	8~10	25~35	30~50	4.0~5.5
	>10	70/140	8~10	35~50	30~50	4.5~5.5
20~ 100	≤25	70/110	7~10	40~60	30~50	4.0~6.5
	>25	100/50	8~10	50~70	30~50	4.0~6.5
100~ 1000	≤40	100/50 50/100	9~11	60~80	40~60	4.5~6.0
	>40	50/100	10~12	70~100	45~70	4.5~6.5
1000~ 5000	≤50	50/100 40/70	11~13	100~120	50~80	5.0~7.0
	>50	70/40 30/50	12~14	100~130	60~80	5.0~7.0

注：w(泥量)、w(水分)分别表示含泥和水分的百分数

表 3-55 铸钢件湿型砂的配方

序号	配比(质量分数,%)					性能				适用		
	旧砂	新砂		膨润土	碳酸钠	糊精	其它	含水量(质量分数,%)	透气性		湿压强度(kPa)	紧实率(%)
		粒度组成	加入量									
1		100/200	100	9~11	0.2	0.2~0.4		3.8~4.3	100~200	56~57	--	小型铸钢件
2		70/140	100	7.5				3.5~4.0	>100	50~75		<100kg 碳钢件
3		70/140	100	4.5			煤粉 2~4	3.0~4.0	>80	50~70		<100kg 耐热钢件
4			100	11~14	0.2~0.4		纸浆 0.6 ~1.2 重油 2	1.8~5.8	>80	55~70		机器造型面砂
5	50	70/140	50	3	0.4			4~4.7	≧100	≧50		机器造型单—砂
6			100	7		0.6	α-淀粉 0.8	3.2~3.5	230~250	~50	55	高压造型面砂
7	100			0.2			α-淀粉 0.2	2.8	~150	~40	15	高压造型背砂

表 3-56 铸铁件湿型砂配方

序 号	新 砂		湿型砂配比(质量分数,%)					重 油	煤 粉	碳 酸 钠	膨 润 土	其 它		
	旧 砂	粒 度 组 成	加 入 量		膨 润 土	碳 酸 钠	煤 粉						重 油	其 它
			粒 度 组 成	加 入 量										
1	80~90	70/140	10~20	1.5~2		2~3								
2	50	70/140	50	4~4.5	0.16	8					柴油 0.5			
3	50	70/140	50	4~4.5	0.16	8					1.2~1.3			
4	100	50/100		巩县粘土 7.5~8.5		5~7					1.0			
5		50/140	100	巩县粘土 9.5~10.5	0.1	6~8					2.0			
6	85~90	70/140	10~15	2.0~2.5	0.1~0.12	2~3								
7	65~70	100/200 70/140	30~35	3.5~4.5	0.16~0.2	7~8								
8	70 (经除尘)	70/140	30	4~6		5						木屑 0.5		

(续)

序号	湿型砂配比(质量分数,%)									
	旧砂	新砂		膨润土	碳酸钠	煤粉	重油	其它		
		粒度组成	加入量							
9	70	70/140	30	4.5	0.1	6				
10	50	70/140	50	6~6.5	0.22	7.5~8	1.2			
11	80	50/100	20	1						
12	35	70/140	24	5		8				南京红砂
		50/100	20							8
13	70	70/140	22	1		1				
14	85	70/140	15	3~4						
15		40/70	80	8	0.5	10				
16		40/70	80	10	0.5	10				

(续)

序号	型砂性能			应用单位	实例
	w(水) (%)	湿透 气性	湿压强度 'sPa		
1	5.0~5.5	70~100	70~90	上海柴油机股份 有限公司	小型机用单砂
2	5~6	50~70	75~85		约100kg重飞轮面砂
3	5~6	35~55	80~100		约360kg重的气缸体面砂
4	5.5~6	95~45	70~80	一拖工 程机械公 司	单砂
5	5~6	20~40	90~100		240kg 气缸体面砂
6	4.5~5.5	>90	64	一汽东 锡柴油机 厂	球墨铸铁出轴
7	4.5~5.5	70~90	>85		200kg 气缸体面砂
8	冬6~6.5 夏6.5~7.0	>80	140~160	郑州纺 织机械!	墙板等大件



(续)

序号	型砂性能			应用单位	实例
	$w$ (水) (%)	湿透 气性	湿压强度 /kPa		
9	4.8~5.4	$\geq 70$	84	杭州汽 车发动机	SM102 曲轴、缸盖面砂 约 250kg 气缸体面砂
10	4.7~5.3	$\geq 45$	98	广州电 机厂	B301 湿型背砂
11	3.8~4.4	$\geq 80$	56		30 <sub>2</sub> 机座油 零件砂
12	5.5~6	55~60	80~95	大连机 床厂	车床床头箱、前后腿、溜 板箱等面砂
13	5.5~6	60~70	75~85		
14	4.5~5.5	$\geq 80$	40~50	柳州农 业机械厂	叶轮泵盖面砂 以上大件用面砂
15	4.5~5.5	70~85	70~80		
16	4.5~5.5	90~110	77~95		

注： $w$ (水)、 $w$ (总泥量)分别表示含水率和泥的质量分数。

表 3-57 非铁合金铸件湿型砂配方

序号	配比(质量分数,%)										性能			适用
	旧砂	新砂		红砂	粘土	膨润土	氟化物	其它	含水量 (质量分数,%)	透气性	湿压强度 /kPa			
		粒度组成 (筛号)	加入量											
1	70~90	70/140	10~30	8~12				重油 1.0~1.5	4.5~5.5	≥30	30~60		铜合金 铸件	
2	30	100/200	17	18	5			含泥量 9~14	4~5	>10	80~100		铜、铝 合金铸件	
3	70~85	100/200	10~20	5~10	2~3			含泥量 <12	1~5	>10	>50		铜、铝 合金铸件	
4	80~85	70/140	15~20		0.5				6.5~7.5	100~200	50		铝合金 铸件	
5	75	70/140 100/200	15 5	5					3.8~1.0	>100	120		铝合金 铸件	

(续)

序号	配比(质量分数, %)										性能			适用
	旧砂	新砂 粒度 组成 (筛号)	加入量	红砂	粘土	膨润土	氟化物	其它	含水量 (质量 分数, %)	透气性	湿压 强度 /kPa			
6		70/140 100/200	33 17	50					3.5~ 5	60~ 100	100~ 130		铝合金 铸件	
7		50/100 100/200	100				6~ 8		适量	≥40	≥40			
8	85~ 90	50/100 100/200	10~ 15		0~ 1.5		1~ 3	硫磺 0~3	适量	≥35	≥50		镁合金 铸件	
9	0~ 95	50/100 100/200	5~ 10		0~ 1.5		0.35 ~ 0.5	尿素防护剂 0.59~0.98	适量	≥35	≥50			

确定湿型砂配方的方法：

铸铁件湿型砂原材料选定方法，见表3-58。

表3-58 选择铸铁件湿型砂的原材料

原材料	选择方法及原则	
	手工造型	高密度造型
原砂	1. 根据合金种类确定原砂的 $\text{SiO}_2$ 含量。对铸铁，采用天然硅砂，或硅长石砂 2. 根据铸件大小，确定原砂粒度。对铸铁件为防止机械粘砂，采用细砂，粒度(筛号)为 50/100、70/140、100/200 3. 粒形：圆形，或多角形 4. $w$ (含水量) $\leq 1\%$	为减少砂型受热时膨胀避免引起夹砂 1. $\text{SiO}_2$ 不宜过高 2. 粒度不宜过于集中，必要时两种粒度可混合使用 3. 粒形不宜很圆
膨润土	1. 通常采用膨润土，少数也有采用普通粘土，或者两者混合使用 2. 小型铸铁件常用钙膨润土(易混均匀，流动性、出砂性好) 3. 中型铸铁件采用活化膨润土(以提高型砂强度和抗夹砂能力)	为防夹砂，最好采用天然的钠膨润土
煤粉和重油	为提高型砂抗粘砂和抗夹砂能力 1. 湿型砂中常加入煤粉 2. 重要件面砂中除煤粉外还加入重油、或渣油配合使用	1. 为提高型砂韧性，降低型砂回弹现象，一般加入少量 $\alpha$ 淀粉，或糊精 2. $\alpha$ 淀粉与糊精使用效果有明显差异。糊精使型砂湿压强度和流动性剧烈下降，而 $\alpha$ 淀粉却影响不大

2

J

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14

全用新砂配制湿型砂时,主要考虑粘土、煤粉加入量和适宜含水量,其确定方法见表3-59。湿型砂中水分是否适宜,用紧实率判断,见表3-60。

表3-59 铸铁件全用新砂配制湿型砂配方

原材料		配比(质量分数,%)		适宜加入量正确性判断方法
粘 土	膨润土	小型铸铁件	5~6	加入适宜值,根据举砂性能测定的结果调整
		较大铸铁件 及易夹砂的件	6~8	
	普通 粘土	小型铸铁件	6~8	
		较大铸铁件 及易夹砂件	9~10	
煤 粉	一般	3~10	铸件表面不光洁、有粘砂,表明煤粉加入量欠缺;铸件表面光洁并现蓝色,表明加入量过多,可酌情减少。加入量至(质量分数)8%时仍有粘砂,可附加(质量分数)1%~2%重油,能获得较好效果	
	薄小件	3~4		

(续)

原材料	配比(质量分数,%)	适宜加入量正确性判断方法
适宜水分的确定	水分对型砂性能影响非常灵敏。太干,则砂型易破碎,起模困难,易产生砂眼;太湿,则易胀砂、跑火,气孔和浇不足,夹砂;还易粘模、粘砂斗	<p>1. 最适宜水分可通过测定型砂紧实率判断,见表3-60</p> <p>2. 用手捍砂团以手感判断干湿。捍型砂时,不湿手、有潮感、易成团、不沾手、砂团上指纹清楚,表明型砂干湿较合适</p>

表3-60 适宜水分的紧实率判断法

方 法	计算公式	判 断	
		湿型砂水分适宜时的紧实率(%)	
		手工造型	机器造型
将型砂经筛孔为4.8--6.4mm的筛子过筛,松散地装入样筒内,刮去上端多余的型砂。用舂样器锤击三下,或用1MPa的压力压实。然后测量紧实距离	$\text{紧实率} = \frac{\text{紧实距离}}{\text{样筒高度}} \times 100\%$	55±10	45±5

回用旧砂时湿型砂配方，需根据旧砂的质量来确定新砂、粘土、煤粉的补加量。其确定方法，见表3-61。

表3-61 回用旧砂时湿型砂配方(质量分数)

原材料	补加量确定方法	补加量计算	补加量正确性的判断
新砂	<p>1. 当型砂中失效粘土量 <math>&gt; 7\% \sim 8\%</math> 时，型砂性能显著变坏。小于1%时，其性能影响很小，故应将型砂中失效粘土量控制在小于1%。</p> <p>2. 新砂的最低补加量可由旧砂中失效粘土量、型砂中允许的失效粘土量求出(见右)</p> <p>3. 新加补加量一般情况：小型铸铁件用砂为5%~7%，较大和重要铸铁件为15%~30%，有时达50%</p>	<p>设旧砂中失效粘土量为 <math>A</math>，型砂中允许的失效粘土量为 <math>C</math>，新砂补加量为 <math>R</math>，</p> <p>则 <math>R = 1 - \frac{C}{A}</math></p> <p>例如 <math>A = 5\%</math>， <math>C = 4\%</math></p> <p>则 <math>R = 1 - \frac{4}{5} = 20\%</math></p>	<p>1. 新砂补加量是合适，用测定型砂中含泥量来判断。若含泥量偏低，表明新砂补加量过多，可减少些。</p> <p>2. 手工造型含泥量要求小于16%~18%</p> <p>3. 机器造型含泥量要求小于12%~14%</p>

(续)

原材料	补加量确定方法	补加量计算	补加量正确性的判断
粘土	型砂中粘土补加量, 由补加新砂所需粘土量及补偿浇注后形成的失效粘土量两项之和求出	设型砂中有效粘土含量要求为 $Q$ , 新砂补加量为 $R$ . 每次浇注后粘土的失效率为 $\gamma$ (一般为 10% 左右), 粘土补加量为 $B$ 则 $B = Q [R + (1 - R)\gamma]$ 例如 $Q = 7\%$ , $R = 30\%$ , $\gamma = 10\%$ 则 $B = 7\% [30\% + (1 - 30\%) \times 10\%] = 2.59\%$	
煤粉	出	每次配砂时, 煤粉补加量可参照粘土补加量计算方法求出	
水分		可按湿型砂配方确定水分的方法求出。应注意由旧砂为主配制的型砂适宜水分比全新砂的高	



2. 干型砂 干型砂是以粘土和膨润土作粘结剂配制的型砂。干型砂基本特点、配方及改善干型砂性能的途径见表3-62~表3-66。

表3-62 干型砂基本特点及应用

基本特点	优点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 较高的干强度</li> <li>2. 较好的热稳定性和透气性</li> <li>3. 发气量低</li> </ol>
	缺点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 需要专门烘干设备、生产工序复杂、周期长</li> <li>2. 溃散性差、落砂清理时粉尘大、劳动条件差</li> <li>3. 能源消耗多</li> </ol>
应用		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主要用于浇注重、大型铸件</li> <li>2. 单件小批生产中一些质量要求高和形状复杂的中小件</li> </ol>

表 3-63 铸钢件干型砂配方

序号	名称	配比(质量分数,%)				性能				使用范围		
		旧砂	新砂		粘土	膨润土	其它	含水量 (质量 分数, %)	湿透 气性		湿压 强度 /kPa	干拉 强度 /kPa
1			粒度 组成 (筛号)	加入量	8	6	糊精 0.5	7~ 8	>200	45~ 60		>100kg 碳 钢件
2	硅石	30	12/30	53	9		纸浆残液2 木屑 6	6~ 8	>100	50~ 70	50~ 150	大齿轮芯砂
3	粘土		50/100 20/40 40/70	5 30 65	6	8	糖浆 2	7~ 8	>150	45~ 60		高锰钢重要 碳钢件
4	砂		170 筛 50/100	85 15	11~ 13		纸浆 2~3	6~ 7	≥550	45~ 55	150	大、中型铸 钢件
5			335 筛 170 筛	60 40	10~ 14		纸浆残液 0.5~1.0	7~ 8	≥400	20~ 30	100	大、中型铸 钢件面砂

(续)

序号	名称	配比(质量分数,%)				性能				使用范围	
		旧砂	新砂 粒度组成 (筛号)	粘土	膨润土	其它	含水量 (质量 分数, %)	湿透气性	湿压 强度 (kPa)		干拉 强度 (kPa)
6	碎石粘土砂	50~60	170筛	0~8			6.5~7.5	>300	25~35		大、中型铸 钢件背砂
7	粘土砂		12/30	7~7.8	PNa- 7~7.5		7.5~9.0	>150	30~42	1~300	大型铸钢件 型砂
8	石灰石粘土砂		30/50 30/70				6~8	>100	30~70	>100	高锰钢及大 件
9	石灰石粘土砂		30/50	3.5~4.0	5~5.5		6~7	>300	35~40	>300	高锰钢及碳 钢
10	石灰石粘土砂		20/50	5~5.5	6~7.5		7.5~8	>350	31~38	>300	碳钢及高锰 钢

表 3-64 铸铁件干型砂配方

序号	配比(质量分数,%)						性能				使用范围
	旧砂	新砂		膨润土	其它	含水量 (质量 分数, %)	湿透 气 率	湿压 强度 (kPa)	干剪 强度 (kPa)		
		粒度 组成 (筛号)	加入量								
1	30	20/40 30/50	20 30	8~ 10		7~8	>200	50~ 70	>150		大件面砂
2	70	30/50	30		4~5 沥青乳浊液 2	7~8	>100	50~ 70	>200		中件面砂
3	70	30/50	30	4~5		7~8	>100	45~ 60	>150		中件面砂
4	70	40/70	30	4~6		7~8	>100	45~ 60	>150		中、小件面 砂
5	20	20/40 30/50	15 40	10~ 12		7.5~ 8.5	>200	50~ 70	>150		大件芯砂
6	40	30/50	60	8~ 10		7.5~ 8.5	>100	50~ 70	>150		中、大件芯 砂

(续)

序号	配比(质量分数,%)										性能			使用范围
	用砂	新砂		粘土	膨润土	其它	含水量 (质量分数,%)	湿透 气率	湿压 强度 kPa	干剪 强度 kPa				
		粒度 组成 (筛号)	加入 量											
7	40	30/50	60	5~7		纸浆残液 2~3	7.5~ 8.5	>100	50~ 70	>200			中小件芯砂	
8		20/40	85	6	8	糖浆 3.5 焦炭粒 15 鳞片石墨 6	7.5~ 8.5	>90	60~ 80				厚壁件芯砂	
9	80	20/40	20		4~6	松香 1	8~ 10	>100	65~ 85				薄壁件芯砂	
10	10	20/40	60	5	7	糖浆 1	6.5~ 7.5	>100	67~ 87				钢锭模芯砂	
11	55~ 52			15~ 20		焦炭渣粒 28~30	8.0~ 10.0	>80	60~ 90	>80			易产生火砂 处用面砂	

表 3-65 非铁合金铸件干型砂配方

序号	配比(质量分数,%)				性能				应用范围		
	旧砂	新砂		粘土	膨润土	纸浆残液	含水量 (质量 分数, %)	湿透 气性		湿压 强度 (kPa)	干拉 强度 (kPa)
		粒度 组成 (筛号)	加入 量								
1	50~ 80	70/140	20~ 35	10~ 15			5.5~ 7.5	≥30	40~ 60	80~ 120	铜合金铸 件型砂
2	70	100/200	22	6.5	1.5		5.5~ 7.0	>40	80~ 100	250~ 400	
3	30	100/200	47	18	5		5.5~ 7.0	>40	80~ 100	250~ 400	铜合金铸 件芯砂
4	70~ 90	100/200 140/270	10~ 30			0.5	5~ 7	≥30	30~ 50	80~ 120	铝合金铸 件型砂
5	55	70/140	20	25			5~7				铝合金铸 件芯砂
6		100/200	40	60			5.5				

表3-66 改善重、大型铸件干型砂性能的途径

序号	预期目的	改进途径
1	提高透气性,防止气孔产生	选用粒度较粗的原砂 粒度(筛号)40/70、30/50、20/40
2	提高耐火度,防止粘砂	1. 选用耐火度较高的硅砂和粘土 2. 型腔表面刷水基耐火涂料
3	提高干强度、湿强度,防止冲砂、落砂、胀砂	1. 增加粘土含量 2. 加入纸浆残液、糠浆、沥青乳化剂等
4	提高退让性,防止裂纹	1. 加入(质量分数)木屑0.5%~2% 2. 加入(质量分数)焦炭屑10%~20% 3. 加入(质量分数)沥青2%~5%
5	提高出砂性,减轻清理劳动强度	1. 加入木屑 2. 适当降低干强度

## 3. 表干砂(表3-67~表3-70)

表3-67 表干砂型的基本特点

基本特点	和湿型比较:水分减小而强度和透气性提高,型腔表面烘干(烘干深度10~30mm)和干型比较:不需进烘干炉,烘干层浅,节约燃料,缩短生产周期
------	--

(续)

基本特点	缺点: 由于只是表面烘干, 故发气量比干型的高, 且多一个烘干操作工序
应用	主要用于浇注一般中、大型铸铁件

表3-68 铸铁件表干砂性能要求

性能要求	二 艺 措 施
较好的 湿强度	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿压强度大部控制在80~100kPa, 热湿拉强度大于2kPa</li> <li>2. 加碳酸钠进行活化处理</li> <li>3. 增加膨润土加入量(质量分数)8%~10%</li> </ol>
高的透 气性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 透气性<math>&gt;300</math>, 一般为600~800, 复杂件有时达2000</li> <li>2. 采用粗砂, 粒度(筛号)为12/30、20/40、30/50</li> <li>3. 旧砂要求除尘处理</li> <li>4. 增加新砂和相应的粘土含量</li> </ol>
好的抗 夹砂能力	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 表层烘干深度, 对较小件大于15mm, 对5~10t以上件为20~30mm, 烘干后及时浇注</li> <li>2. 采用活化膨润土</li> <li>3. 采用含SiO<sub>2</sub>较低的原砂</li> </ol>
高的抗 粘砂能力	型腔表面刷水基石墨涂料或石墨快干涂料



表 3-69 铸铁件表干砂的配方

序号	配比(质量分数,%)										性能			应用范围
	新砂		川砂	膨润土	碳酸钠	木屑	焦炭 粒<4mm	含水量 (质量 分数, %)	湿透 气性	湿压 强度 kPa				
	粒度 组成 (筛号)	加入 量												
1	30/50	70	30	8~10	0.4~ 0.5	2		6.5~ 7.5	>400	90~ 110			小于5t铸件芯砂	
2	30/50	70	30	6~8	0.3~ 0.4			6.0~ 7.0	>300	80~ 100			小于5t铸件型砂、芯砂	
3	30/50	20	80	4~6	0.2~ 0.3	1		6.0~ 7.0	>300	90~ 110			小于5t铸件型砂、芯砂	
4	20/40	70	30	8~10	0.4~ 0.5	2		6.5~ 7.5	>400	90~ 110			5~10t铸件芯砂	
5	20/40	20	80	4~6	0.3~ 0.5	1		6.5~ 7.5	>400	90~ 110			5~10t铸件型砂	
6	20/40	100		14~16	0.55~ 0.65	2		6.5~ 7.5	>900	100~ 120			大于10t铸件,要求透气性好的芯砂	
7	20/40	60	40	10~12	0.5~ 0.6	2	5	6.5~ 7.5	>600	100~ 120			大于10t大件,要求耐火度高的芯砂	
8	20/40	50	50	10~12	0.5~ 0.6	2		6.5~ 7.5	>600	100~ 120			大于10t大件的型、芯砂	

## 4. 粘土砂的混制工艺要点(表3-71)

表3-70 大型铸铁件表干型造型工艺特点

关键工序	工艺和操作特点
模样	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 要求光滑, 以利起模</li> <li>2. 高大模样, 作成抽芯模最有利</li> </ol>
紧实度	舂砂要匀、实, 表面硬度大于80~90
浇口	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 采取开放式浇注系统</li> <li>2. 内浇道应多而均布</li> </ol>
出气	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多开出气孔</li> <li>2. 上箱多扎通气孔</li> </ol>
刷涂料	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修好型后, 一般刷2~3遍涂料</li> <li>2. 第一遍涂料应较厚, 自然风干24h, 或用喷灯喷烘后, 才可刷下一遍</li> </ol>
表面烘干	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 采用喷灯, 或表面烘炉, 进行低温短时间烘干</li> <li>2. 干燥深度: 小型铸件 &gt;15mm &gt;5~10t 件: 20~30mm</li> <li>3. 烘干后及时浇注, 间隔不宜过长</li> </ol>

表3-71 粘土砂混制工艺要点

序号	工序	工艺要点	
1	原材料准备	旧砂	应经磁选、过筛(筛孔尺寸10mm左右)、冷却(至室温), 方可使用

(续)

序号	工序	工 艺 要 点	
1	原材料 准备	新砂	水分小于(质量分数)2%时可不烘干,而大于(质量分数)2%时应经烘干,过筛(筛孔尺寸6mm左右)
		粘土	袋装粉状粘土可直接配入。散装的应经160~200℃烘干、粉碎、过筛(筛孔尺寸0.2~0.5mm)
2	混砂 工艺	面砂	先干混后湿混。即旧砂—新砂+粘土+其它粉状材料 $\xrightarrow[3\sim5\text{min}]{\text{干混}}$ 十适量水 $\xrightarrow[4\sim6\text{min}]{\text{湿混}}$ 出碾(取样性能检验) 当全用新砂或粘土量较多时,则适当延长湿混时间,取样检验型砂性能,如不合格,或适当延长混碾时间,或调整配砂成分
		背砂	旧砂回用。即旧砂加入混砂机中开机,同时加适量水,混碾2~3min出碾。或者就地铺开砂子,洒入适量水,用铁锹翻匀,后用筛孔尺寸为4~6mm的筛子过筛
3	调匀 处理	将混好的型砂在不失去水分条件下放置一段时间(湿型砂放置2~3h,干型砂大于5h)即为调匀处理。以使型砂中水分均匀渗透到粘土中,提高型砂湿强度和透气性	

(续)

序号	工序	工 艺 要 点
4	松散处理	型砂使用前, 用松砂机, 或筛孔尺寸为5~8mm的筛子过筛, 使型砂松散, 提高型砂可塑性, 利于造型

## (二) 水玻璃砂

水玻璃砂有很多优点, 然而其溃散性差, 旧砂再生困难, 使其应用受到限制。但是水玻璃砂无毒、无味, 随环境保护的要求日益严格, 铸造工作者在溃散性研究方面的不断突破, 其应用将有扩大的趋势。

1. 水玻璃 CO<sub>2</sub> 硬化砂 是我国铸钢生产的主体型砂。有关水玻璃砂的特性、选用、配方、操作等分别见表 3-72~表 3-78。

表 3-72 水玻璃 CO<sub>2</sub> 硬化砂的工艺特性

项目	特 性
强度	<p>1. 湿强度很低。但采用硬化后起模, 故对湿强度要求不高</p> <p>2. 吹 CO<sub>2</sub> 后, 干强度很大, 水玻璃影响为: 模数: 吹 CO<sub>2</sub> 后, 高模数水玻璃砂强度低, 而低模数的则较高</p>

(续)

项目	特 性
强度	<p>吹<math>\text{CO}_2</math>时间：高模数水玻璃砂，在较短时间内，强度急剧上升，硬化时间延长反而下降。低模数水玻璃随硬化时间增加，强度不断升高</p> <p>含水量：同样的型砂强度，高模数水玻璃总含水量较高，低模数水玻璃总含水量低</p> <p>加入量：模数一定，水玻璃加入量多，则型砂强度高，但不利打箱、落砂，故在保证一定强度下加入量尽量少，一般质量分数为7%~9%</p>
白霜现象	<p>1. 白霜现象是指型砂硬化后，在潮湿空气中放置，或水玻璃总含水量过高，在砂型表面会出现白霜现象（俗称反碱）。白霜主要成分是碳酸氢钠（<math>\text{NaHCO}_3</math>）</p> <p>2. 白霜现象降低了砂型表面强度，使铸件易冲砂、粘砂，故要严格控制水玻璃砂的水分和硬化后放置时间</p> <p>3. 石灰石水玻璃砂总含水量的质量分数小于5.5%~6%，硅砂水玻璃砂总含水量的质量分数小于5%</p>

(续)

项目	特 性
保存性	<p>1. 出礞后的 <math>\text{CO}_2</math> 硬化砂, 在可塑性阶段保持时间的长短, 称保存性</p> <p>2. 石灰石水玻璃 <math>\text{CO}_2</math> 砂保存性差, 夏季更突出。为提高保存性, 一是缩短混砂时间, 控制在 10min 以内, 二是加入少量碳酸钠(纯碱), 或碳酸氢钠(小苏打), 加入量(质量分数)为 0.05%~0.15% 为宜</p>

表 3-73  $\text{CO}_2$  硬化砂原材料选用

原材料	对原材料的要求(质量分数)					
原砂	粒度组成(筛号)	$\text{SiO}_2$ (%)	含泥量(%)	$<0.075\text{mm}$ 粉粒(%)	含水量(%)	应用
	40/70	$>97$	$<0.5$	$<3.0$	$<0.5$	铸钢件
	50/100	$>90$	$<0.5$	$<3.0$	$<0.5$	铸铁件
70/140						
水玻璃	<p>1. 大多数采用模数 <math>M=2.1\sim2.6</math>, 密度 <math>\rho=1.44\sim1.50\text{g}\cdot\text{cm}^3</math></p> <p>2. 夏季为延长可使用时间, 用 <math>M=2.2\sim2.5</math> 冬季为缩短硬化时间, 用 <math>M=2.6\sim2.9</math></p> <p>3. 生产周期短的中小芯砂, 用 <math>M=2.6\sim2.9</math>, <math>\rho=1.44\sim1.50\text{g}/\text{cm}^3</math></p>					

(续)

原材料	对原材料的要求(质量分数)
溃散剂	<p>1. 在保证必要的强度条件下,尽量减少水玻璃加入量,这是改善溃散件最基本措施</p> <p>2. 选用溃散剂为</p>
铸钢件:	高岭土粉、石灰石粉、氧化铁粉、氧化镁粉
铸铁件:	糠醛渣、高岭土粉、重油

表3-74 铸钢石灰石水玻璃 CO<sub>2</sub>砂配方

配比(质量分数,%)							性能			混制工艺
砂	水玻璃	粘土	柴油	膨润土	外加水	水分	湿强度 kPa	下强度 kPa	透气性	
100	7-8		0.2	0.5~1.0	适 量	4.5~5.5	16	—	>250	1+2+4+5 混碾10min
100	6-7					4.5~5.5	5~10	>150	>550	1+2+7 混6min
100	7-8		—			5~6	5~25	>80	>800	1+2 混5min
100	7-8	~3	—	0.5~1.0		5~6	25~30	>50	>400	1+3 混2min 2+5 混5min

表 3-75 铸钢硅砂水玻璃 CO<sub>2</sub> 硬化砂配方

序号	新砂		配比(质量分数,%)					性能			应用
	粒度组成(筛号)	加入量	水玻璃	NaOH 15~20 溶液	重油	膨润土或高岭土	含水量(质量分数,%)	透气性	湿强度, kPa	硬化后抗压强度, MPa	
1	70/140	100	8~9	0.7	-	4~5	4~5	>130	25~30	>1.5	大型铸钢件型(芯)用砂
2	10/70	100	6.5~7.5	-	-	-	4.5~5.5	5~15	-		
3		100	7	0.75~1.0	0.5~1.0	3	4.5~5.5	>200	17~23	>1.0	铸钢件型、芯砂
4	30/100	100	4~1.0	1.0K 2 溃散剂 3	水 0.4~0.6	-	<3.5	>150	-	>1.0	
5	40/70	100	易洪水玻璃 5	溃散剂 1.0	水 1~1.5	-	-	-	5.5	~1.5	铸钢件型砂
6	40/70	100	ZNM-2 改性 7	-	-	-	3.5~4.2	>2450	7	>1.3	
7	再生砂	30/70	8	-	-	1~2	3.8~1.1	>100	8~12	>0.9	铸钢件型砂



表3-76 铸铁硅砂水玻璃 CO<sub>2</sub>硬化砂配方

序号	配比(质量分数,%)					性能			应用	
	新砂 粒度组成 (筛号)	加入量	旧砂	水玻璃	膨润土 或高岭土	煤粉	含水量 (质量分数, %)	湿透 气性		湿压 强度 /kPa
1	50/100	50	50	4.5~ 5.5	1~2		4~6	>80	25~ 40	小于1t 铸 铁件芯砂
2	50/100	50	50	5.5~ 6.5	1~2	2~4	4~6	>80	25~ 40	
3	40/70	60	40	5~6	2~4		4~6	>100	30~ 50	1t~5t 铸 铁件型砂
4	40/70	60	40	5.5~ 6.5	2~3	木屑 1.0~ 1.5	4~6	>100	30~ 50	1t~5t 铸 铁件芯砂

表3-77 水玻璃 CO<sub>2</sub>硬化砂的工艺操作要点

关键工序	工艺操作要点
混砂工艺	1. 设备：任何混砂机均可 2. 加料顺序：先加原砂和粉状材料，再加水和水玻璃，最后加重油 3. 混砂时间：混匀即可，时间尽量短 4. 存放：型砂放有盖容器中，或用湿麻袋盖好

(续)

关键工序	工艺操作要点
造型制芯要点	1. 紧实度：砂型要夯实，紧实度不够易产生机械粘砂 2. 出气孔：CO <sub>2</sub> 硬化砂残留水分高必须多扎出气孔，以防产生气孔 3. 砂芯：要放芯骨，以便吊运
吹CO <sub>2</sub> 硬化工艺	1. 方法：扎气眼吹气；用吹气罩吹气；表面吹气；通气管吹气 2. 吹气压力和流量：吹气压力0.1~0.15MPa，用较低流量(0.5m <sup>3</sup> /h)。压力过高、流量过大，则硬化强度低，浪费CO <sub>2</sub> ；压力过低，则吹气时间长且局部过吹强度过低 3. 吹CO <sub>2</sub> 时间：在能保证起模强度条件下，尽量缩短吹气时间。硬化后24h强度随吹气时间延长而降低

表3-78 水玻璃 CO<sub>2</sub>硬化砂常见缺陷及改善措施

常见缺陷	原因分析	改善措施
可使用时间太短	1. 原砂烘干后没有冷却到室温 2. 水玻璃模数和密度大 3. 混砂时间过长 4. 出碾时水量过低 5. 出碾后型砂保存不好	1. 原砂烘干后应冷到室温后使用 2. 夏季应用低模数水玻璃 3. 砂混匀即可，时间尽量短 4. 混砂时加水质量分数0.5~1.0% 5. 出碾后型砂放在有盖容器中或用湿麻袋盖好

(续)

常见缺陷	原因分析	改善措施
冬季室温低于10℃时,砂型吹不硬	1. 型砂的出碱含水量过高 2. 水玻璃模数密度低 3. 室温及砂温过低	1. 选模数与密度较高的水玻璃 2. 原砂烘干后使用 3. 冬季原砂预热到30℃左右 4. 混砂时加入促凝剂,硫酸亚铁( $\text{FeSO}_4$ )质量分数0.5%左右
粘模	1. 型砂含水量过高 2. 模样表面的脱模漆不合适	1. 原砂烘干后使用 2. 水玻璃密度应合适 3. 模样表面涂耐碱的脱模漆,如过氧乙烯漆、外用磁漆、聚氨酯漆 4. 在脱模漆表面再涂脱模剂
表面稳定性太低(表面粉化)	1. 水玻璃密度低 2. 原砂含水量过高 3. 吹 $\text{CO}_2$ 时间过长 4. 水玻璃加入量过低	1. 选模数和密度合适的水玻璃 2. 含水量过高的原砂烘干后使用 3. 控制吹 $\text{CO}_2$ 的压力和流量 4. 适当增加水玻璃加入量

(续)

常见缺陷	原因分析	改善措施
铸件气孔	1. 型砂残留含水量高 2. 砂型出气孔孔的少或太浅	1. 采用经烘干的原砂 2. 尽量减少水玻璃加入量 3. 多扎出气孔, 或其它有利排气措施 4. 必要将砂型烘干
铸件粘砂	1. 砂型表面没有春实 2. 原砂粒度太粗 3. 涂料质量不好或涂刷操作不当	1. 选用粒度较细的原砂 2. 砂型(芯)要春实 3. 用优质涂料、涂膏并注意涂刷质量 4. 厚壁铸钢件采用铬铁矿砂或锆砂作面砂并刷涂料
出砂困难	1. 水玻璃加入量过高 2. 原砂中 $\text{SiO}_2$ 含量偏低, 微粉和含泥量偏高	1. 采用符合要求的原砂 2. 尽量降低水玻璃加入量 3. 采用溃散性好的改性水玻璃 4. 加入适用的溃散剂 5. 采用石灰石砂作原砂 6. 采用铬铁矿砂、锆砂配制面砂 7. 采用优质涂料或涂膏

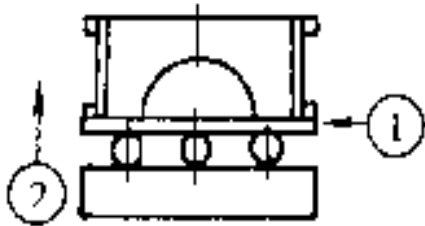
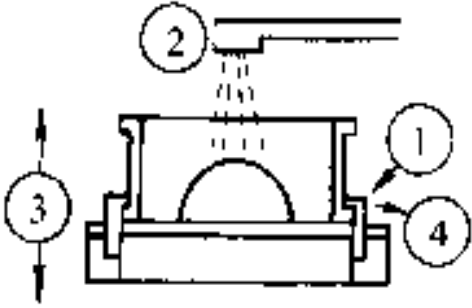
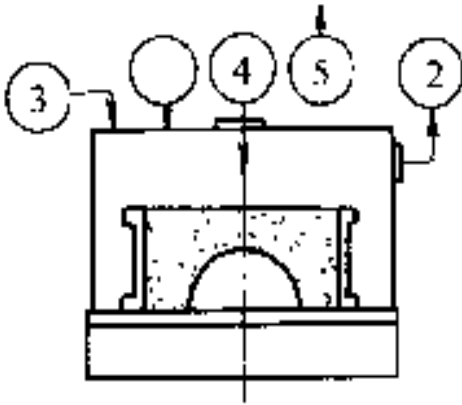

2. VRH 法 VRH 法即水玻璃砂真空置换硬化法。它不像传统的  $\text{CO}_2$  硬化法那样, 向砂型内强制吹入  $\text{CO}_2$

气使之硬化，而是采用使砂型内处于负压状况吸入  $\text{CO}_2$  气使之硬化。既生产出高质量铸型又大幅减少辅助材料加入量。可使水玻璃加入量的质量分数降低至 2.5%~3.5%， $\text{CO}_2$  消耗量降低至  $\text{CO}_2$  硬化法的 1/10~1/3，溃散性显著改善。VRH 硬化原理、工序、设备、性能要求、配方、适用范围等分别见表 3-79~表 3-84 及图 3-1。

表 3-79 VRH 硬化法原理

真空置换示意图	<p>① 抽出砂型中的空气    ② 充入 <math>\text{CO}_2</math> 气</p>
硬化原理	<p>先将水玻璃砂型送入真空硬化箱内，抽真空到 2.0~2.7kPa，并保持一定时间，进行真空脱水硬化，然后，通入 30s 左右的 <math>\text{CO}_2</math> 气，进行化学硬化</p> <p>抽真空的作用，一可以使水玻璃砂型很快脱水，促使砂型硬化，二是砂粒间的空气被抽掉，改善了 <math>\text{CO}_2</math> 气浸透性，提高了 <math>\text{CO}_2</math> 气在砂粒表面覆盖的程度</p>

表3-80 VRH 硬化工序

VRH 硬化工序	简 图
1 放置砂箱 ① 将砂箱放在带模样的底板上，运进 ② 振动台上升	
2 放砂、振动 ① 夹紧砂箱 ② 混砂机运转，放砂 ③ 振动 ④ 松开砂箱	
3 真空硬化 ① 真空硬化箱下落 ② 抽真空 ③ 充CO <sub>2</sub> ，(保持充分) ④ 二次充入空气 ⑤ 真空硬化箱上升	
4 运出砂箱 ① 驱动辊道运行	

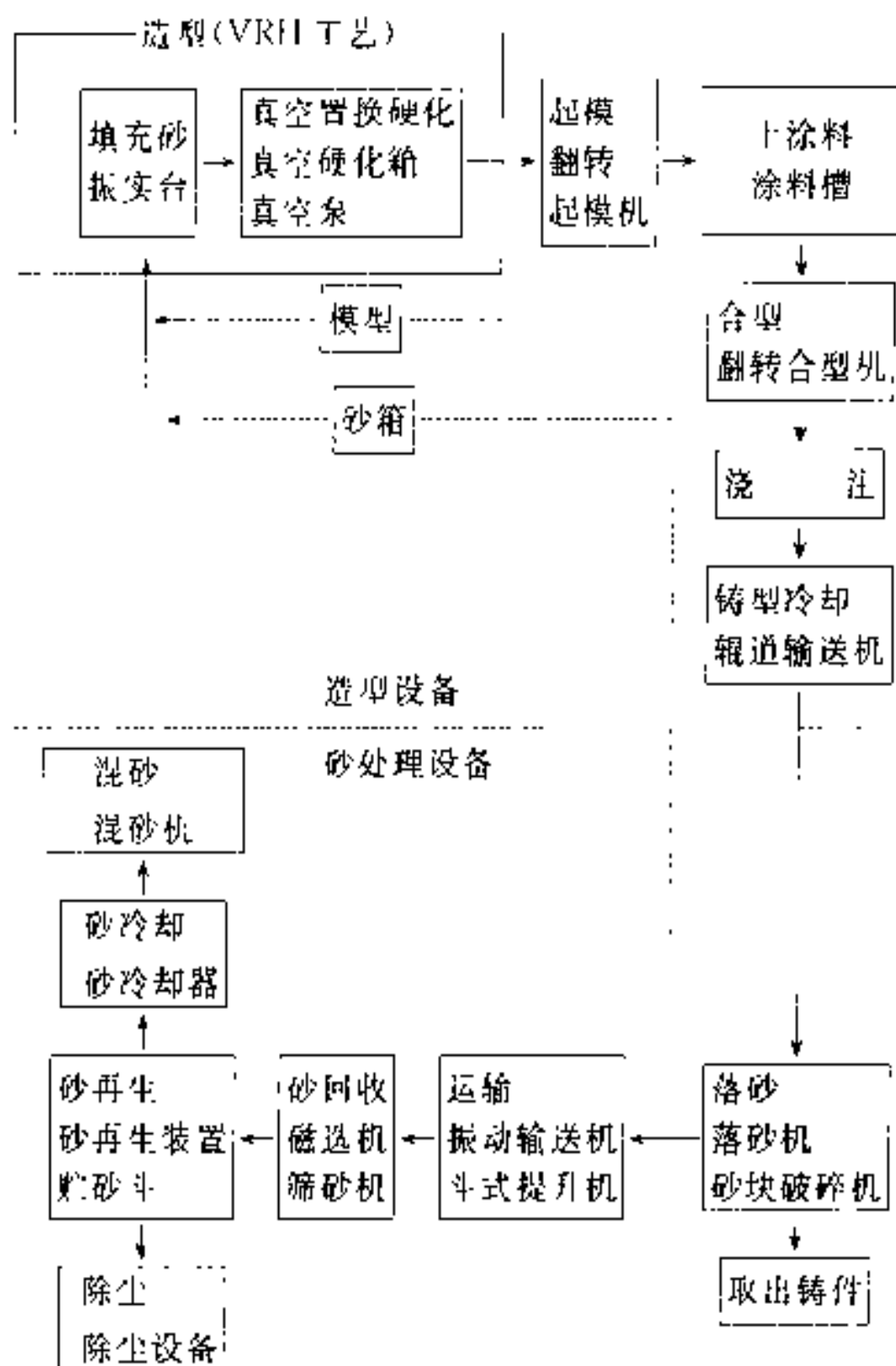


图3-1 VRH 工艺使用的主要设备

表3-81 VRH 硬化工艺对原材料性能要求

原材料	性能要求(质量分数)
新硅砂	1. $\text{SiO}_2 \geq 96\%$ 2. 水分 $\leq 0.5\%$ 3. 微粉量(过200号筛) $\leq 1.5\%$ 4. 粒形: 圆形、多角形
再生砂	1. 水分 $\leq 0.3\%$ 2. 微粉量(过200号筛) $\leq 1.0\%$ 3. 残留 $\text{Na}_2\text{O} \leq 0.5\%$
水玻璃	1. 模数 2.0~2.2 2. 密度(20℃, Be'): 夏季50~51 冬季48~50

表3-82 VRH 硬化砂基本配方及性能

配 方 (质量分数, %)	硅砂	15	
	再生砂	85	
	水玻璃	2.5~3.5	
性 能	表面稳定性	>85%	
	铸型 强度 /MPa	硬化后	50~80
		硬化2h后	80~120
		硬化24h后	200~300
	高温 强度 /MPa	200℃	300~400
		600℃	<50
800℃		150~250	



表3-83 VRH 硬化工艺要点

工艺要点	说 明
1. 混砂质量均匀性	<p>由于水玻璃加入量减少1:2, 为使砂粒表面1. 能均匀覆着一层很薄的水玻璃薄膜, 从而提高砂型强度, 在工艺上要求混砂均匀性。为此, 对混砂机性能提出了要求。根据经验介绍, 连续混砂机混砂强度不均匀性大于16%; 碾轮式混砂机混砂强度不均匀性为1. 5%且强度比连续混砂机要高0. 10~0. 20MPa</p> <p>一般混砂不均匀性应小于10%为宜</p>
2. 砂型强度及表面稳定性	<p>VRH 硬化工艺, 水玻璃加入量(质量分数)为2. 5%~3. 5%, 放置2h 后的目标值: 强度应为1. 5MPa, 表面稳定性应大于85%</p> <p>当原砂松密度<math>\geq 1. 8\text{g}/\text{cm}^3</math>时, 水玻璃加入量(质量分数)为2. 5%~3. 5%时, 砂型强度和表面稳定性可以达到目标值</p>
3. 溃散性	<p>这是 VRH 硬化工艺的关键之一。影响溃散性两个因素, 一是水玻璃加入量二是开箱时间(开箱温度)。</p> <p>当水玻璃加入量相同, 随开箱时间延长(砂温降低), 铸型溃散性改善。如宝鸡桥梁厂用镁橄榄石砂, 水玻璃加入量(质量分数)3. 5%, 24h 开箱(温度在200℃左右), 溃散性良好。芯矿出砂率达85%, 若16h 开箱, 出砂率只有60%~70%, 但开箱时间应于车间生产平衡</p>

(续)

工艺要点	说 明
4. 砂再生	对再生砂的要求，一是再生砂中残留 $\text{Na}_2\text{O}$ 含量不能太高；二是粉尘不能太多；三是落砂后要冷却到室温；四是开箱时间不能太短。为此，要加强除尘系统设计合理性并加强管理

表3-84 VRH 工艺的适用范围

序号	适 用 范 围
1	一直利用 $\text{CO}_2$ 硬化砂工艺生产的车间
2	特殊铸钢车间，如不锈钢铸件、耐热钢铸件、耐磨钢铸件生产的车间
3	小型铸钢车间
4	铜合金、铝合金铸件的生产
5	欲克服采用有机自硬性树脂砂工艺在浇注时会产生刺激性臭味这一公害的车间

### 3. 有机酯水玻璃自硬砂

(1) 硬化原理 液体硬化剂中最主要的是各种有机酯。有机酯是多元醇和弱酸形成的酯。有机酯在碱性水溶液中发生水解，生成有机酸和醇。有机酸与水玻璃反应，生成皂化物和由硅酸形成的硅酸凝胶。硅酸凝胶逐渐脱

水,使凝胶达到一定强度。所以说有机酯水玻璃自硬砂的硬化,是水玻璃形成凝胶和凝胶脱水的综合结果。

(2) 配方(表3-85、表3-86)

表3-85 有机酯水玻璃砂的原砂要求

材质	$w(\text{SiO}_2)$ (%)	$w$ (泥量) (%)	角形因数	$w$ (水分) (%)	使用温度
铸钢件	$>97$	$<0.5$	$<1.3$	$<0.3$	烘干的 原砂冷却 到室温后 使用
铸铁件	$>90$				

注： $w(\text{SiO}_2)$ 、 $w$ (泥量)、 $w$ (水分)分别表示 $\text{SiO}_2$ 、泥分、水分的质量分数。

表3-86 有机酯水玻璃自硬砂配方(质量分数)

序号	原 砂		水 玻 璃		有机酯 (液体硬化剂)	
	粒度 (筛号)	加入量 (%)	(%)		(%)	
1	10~70	100	$M=2.6$	3.5	CSC-4酯	0.21
2			$\rho=1.15\text{g}\cdot\text{cm}^3$	3.0		0.18
3			$M=2.7\sim 2.9$	4.5~	乙醇	0.4
	$\rho=1.40\text{g}\cdot\text{cm}^3$	5.0	醋酸酯			

注：CSC-4酯主要成分为乙二醇醋酸酯。

(3) 混砂工艺 混砂加料顺序：原砂→有机酯→水玻璃。

混砂时间尽量短，混匀即可。因为有机酯水玻璃自硬砂的可使用时间较短。

混砂设备，优先选用连续式混砂机、碗形或振动式等高速混砂机。

### (三) 油砂

1. 性能特点及应用 油砂具有干强度高、流动性好、不粘模性、出砂性、抗粘砂性好、不吸湿等优点，故常采用油砂来制作形状复杂、断面细薄、内腔表面要求光洁以及不容易清砂的砂芯。

铸造生产中常用的植物油粘结剂有桐油和亚麻油；常用的矿物油粘结剂有合脂，即合成脂肪酸蒸馏残渣。

2. 油砂配方(表3-87、表3-88)

表3-87 桐油、亚麻油芯砂配方

	原材料	制 芯 方 法			
		手 制 芯		机 器 制 芯	
配 比 ( 质 量 分 数 ， %)	新砂(筛号： 50/100)	100	100	100	100
	桐油或 亚麻油	2.5	2.5	2.5	2.5
	膨润土		0.5~1.0	--	--

(续)

原材料		制 芯 方 法				
		手 工 制 芯		机 器 制 芯		
配 比 (质 量 分 数, %)	糊精或淀粉	1.0~1.5		0.5~1.0		
	纸浆废液		1.0~1.5		1.5~2.0	
	水	适量	适量	适量	适量	
	含水量(质 量分数,%)	2.0~2.5	2.5~3.0	1.5~2.0	2.0~2.5	
	透 气 性	>150	>100	>100	>100	
	能	湿压强度 ,MPa	0.015~ 0.02	0.015~ 0.02	0.007~ 0.01	0.007~ 0.01
		干拉强度 ,MPa	1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0	1.6~2.0
使用范围		干强度高, 湿强度低, 制作形状复杂的砂芯		干强度高, 湿强度低, 制作形状复杂的砂芯		

表3-88 合脂芯砂的配方

原材料	制 芯 方 法				
	手 工 制 芯			机 器 制 芯	
新砂(筛号: 50/100)	100	100	100	100	100
合脂	4.0~1.5	4.0~4.5	4.0~4.5	3.5~4.0	3.5~1.0
膨润土	1.5~2.0	1.5~2.0	3~4	1.0~1.5	1.0~1.5
糊精	1.0~1.5			0.5~1.0	
纸浆废液		1.5~2.0	2.0~2.5		1.5~2.0
水	适量	适量	适量	适量	适量
含水量(质 量分数,%)	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5	2.5~3.5
透气性	>100	>100	>100	>100	>100
湿压强度 ,MPa	0.02~ 0.025	0.02~ 0.025	0.025~ 0.030	0.01~ 0.015	0.01~ 0.015
干拉强度 ,MPa	1.2~1.6	1.2~1.6	0.8~1.2	1.2~1.6	1.2~1.6
使用范围	干强度高、湿强度中等,制作形状中等复杂的砂芯		要求湿强度高、干强度中等的砂芯	干强度高、湿强度中等,制作形状中等复杂的砂芯	

## 3. 混砂工艺 油砂混砂工艺一般是:

原砂 + 粘土 - 糊精  $\xrightarrow[2\sim 3\text{min}]{\text{干混}}$  + 水 + 其它含水材料

$\xrightarrow[2\sim 3\text{mm}]{\text{湿混}}$  + 油  $\xrightarrow[5\sim 8\text{mm}]{\text{湿混}}$  出碾。

## 4. 烘干规范(表3-89)

表3-89 油砂烘干规范

类 别	最适宜烘温/℃	烘干时间/h
桐油芯砂亚麻油芯砂	200~220	1~2
合脂芯砂	210±5 一般范围为200~240	2~4

## (四) 呋喃树脂砂

## 1. 热硬呋喃树脂砂(表3-90~表3-92)

表3-90 热芯盒砂原材料选用

原材料	性能要求
原砂	1. 粒度, 采用中粒度(筛号50/100)0.300mm、0.212mm、0.150mm 2. 含泥量及微粉量270号筛(0.053mm), 加底盘上残留量(质量分数)小于3%~5%

(续)

原材料	性能要求
原砂	3. pH 值小于 7 4. 原砂应充分干燥
呋喃树脂	1. 尿醛与糠醇的缩合物, 如呋喃 I 型 2. 酚醛与糠醇的缩合物, 如呋喃 II 型 3. 尿醛、酚醛、糠醇二者的缩合物, 如 ZNR I 型中 氮树脂
固化剂	1. 呋喃 I 型树脂的固化剂: 氯化铵, 或氯化铵与尿 素的水溶液 2. 呋喃 I 型树脂的固化剂: 苯磺酸, 或对甲苯磺酸 的水溶液 3. 尿醛、酚醛、糠醇三者缩合物的固化剂: 氯化铵: 尿素: 水 = 1:3:3 配制的固化剂
添加剂	1. 氧化铁粉 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 其作用减少气孔, 减弱渗碳, 改善砂芯导热性 2. 硼砂: 减少气孔, 但易增加吸湿性 3. 硅烷: 增加强度 4. 三氯化铁: 低温时加快硬化速度 5. 尿素: 中和游离甲醛的刺激性气味



表 3-91 热芯盒树脂砂配方(质量分数)

序号	原砂		树脂 型号	脂		固化剂		氧化铁粉 (%)	水 (%)	抗拉强度 (MPa)	适用
	粒度组成 (筛号)	加入量 (%)		用量 (占砂量%)	类别	占树脂量 (%)					
1	50/100	100	呋喃 I 型	2.5	氯化铵	5	0.25	0.15~ 0.30	>2.8	小芯	
2	50/100	100	呋喃 I 型	2.3	氯化铵	5	0.25	0.15~ 0.30	>2.5	中芯	
3	50/100	100	呋喃 I 型	2.5	氯化铵尿素水 溶液(1:3:3)	20	0.25	酒精 0~0.5	--	小芯	
4	50/100	100	DR 2 型低成 本树脂	2.5	氯化铵尿素水 溶液(1:3:3)	20	0.15~ 0.20	--	>2.5	中、小 芯	
5	50/100	100	ZNR-1 型中氮 树脂	2.5~ 3.0	氯化铵尿素水 溶液(1:3:3)	20	0.15~ 0.20	--	>2.0	缸筒芯	
6	50/100	100	FC3 型 低氮树脂	2.7~ 3.0	对甲苯磺酸水 溶液	15	硅烷 KH 550 占树脂量 0.5%	--	>2.0	缸体水 套芯	
7	50/100	100	呋喃 II 型	3.0	苯磺酸水溶液	3~6	--	--	>2.5	弯管芯	

表3-92 热硬呋喃树脂砂的混砂工艺

混砂工艺	原砂+氧化铁粉 $\xrightarrow[1\text{min}]{\text{干混}}$ +固化剂 $\xrightarrow[1\text{min}]{\text{湿混}}$ +树脂 $\xrightarrow[1\text{min}]{\text{湿混}}$ 出碾
拌匀即用	无论采用哪种混砂机混砂,在树脂混拌均匀后,要立即出砂

2. 冷硬呋喃树脂砂 常温下具有自行硬化特点的呋喃树脂砂称呋喃树脂自硬砂。呋喃树脂自硬砂原材料选用、配方、混砂工艺分别见表3-93~表3-95。

表3-93 呋喃树脂自硬砂原材料选用

原材料	性能要求(质量分数)
原砂 (天然水洗砂或擦洗砂)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\text{SiO}_2</math>含量要高:铸钢大于96%~97%,铸铁大于90%,非铁合金合金大于85%</li> <li>2. 含泥量要低:一般小于0.2%~0.3%</li> <li>3. 微粉量小于0.5%~1.0%</li> <li>4. 含水量小于0.1%~0.2%</li> <li>5. 酸耗值要低:一般小于5%</li> <li>6. 粒度21号筛(0.300mm、0.212mm、0.150mm)和30号筛(0.425mm、0.300mm、0.212mm)</li> <li>7. 粒形:最好为圆形</li> </ol>
呋喃树脂	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 含糠醇的树脂,称呋喃树脂</li> <li>2. 用于自硬砂的呋喃树脂,其糠醇含量都较高,树脂存放性能改善、热强度高,但成本增加</li> <li>3. 树脂中游离甲醛是产生刺激性气体,恶化劳动环境应控制</li> <li>4. 对铸钢件、球墨铸铁件选用含糠醇量高的无氮或低氮树脂</li> </ol>

(续)

原材料	性能要求(质量分数)		
固化剂	1. 应用较多的固化剂是有机磺酸溶液(如对甲苯磺酸、二甲苯磺酸、苯酚磺酸等),它适用于各种呋喃树脂 2. 旧砂回用时,广泛采用有机磺酸 3. 对甲苯磺酸以水溶液(酸:水=7:3),或酒精溶液(酸:酒精=6.5:3.5)形式应用 4. 二甲苯磺酸性能更好		
添加剂	1. 在配方中有时加入添加剂,目的是为了改善自硬砂某些性能 2. 常用添加剂如下:		
序号	添加剂名称	加入量占树脂重(%)	作用
1	硅烷(如KH550)	0.1~0.3	偶联剂,提高强度,降低树脂加入量
2	氧化铁粉	1~1.5	防止冲砂
3	氧化铁粉	3~5	防止气孔
4	甘油	0.2~0.4	增加砂型(芯)韧性
5	苯二甲酸二丁酯	≈0.2	增加砂型(芯)韧性
6	邻苯二甲酸二辛酯	≈0.4	增加砂型(芯)韧性

表3-94 铸铁件呋喃树脂自硬砂配方

原材料	加入量(质量分数,%)	原材料性能要求(质量分数)
硅砂	100	含 SiO <sub>2</sub> 量大于 90%，含泥量小于 0.2%~0.3% 粒度(筛号)：对大件为 50/100 和 40/70，一般件为 100/200 和 50/100。原砂温度在 20~30℃ 为宜
呋喃树脂 (占原砂重)	2~3	铸铁件用呋喃树脂为 7501 型，F70 型
固化剂 (占树脂)	15~60	常用固化剂二种，一是对甲苯磺酸酒精溶液(简称 PTSA)，质量浓度 65%，二是苯磺酸酒精溶液(简称 BSA)，质量浓度 80%
偶联剂 (占树脂重)	0.2~0.3	常用的是硅烷，增加强度

表3-95 呋喃树脂自硬砂混砂工艺

混砂设备	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 最好采用连续混砂机，边混边用</li> <li>2. 当用间歇式混砂机时，混砂工艺如下所述</li> </ol>
------	--

(续)

间歇式混砂机混砂工艺	$\text{原砂} + \text{固化剂} \xrightarrow[30 \sim 60s]{\text{搅拌均匀}} \text{呋喃树脂} \xrightarrow[30 \sim 60s]{\text{搅拌均匀}}$ 出碾
注意事项	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 为防止酸性固化剂灼伤皮肤,混砂过程中要戴好手套</li> <li>2. 一定要使原砂和固化剂搅拌均匀后再加树脂</li> <li>3. 混砂时间应控制好, 以确保使用时间</li> </ol> <p>1. 用多少混多少。过多时不能及时使用, 自硬后造成浪费</p>

### (五) 特种型(芯)砂

特种型(芯)砂共同特点是耐火度高, 导热性好, 热膨胀小, 抗熔渣性较硅砂好, 与熔融金属及其氧化物不发生反应或反应缓慢。

特种型砂适用于铸造大型厚壁的碳钢件, 尤其是高锰钢和其它合金铸钢件, 防止粘砂。

各种特种型(芯)砂各具特性, 应根据具体情况选用, 在使用时注意劳动保护。

锆砂、镁砂、橄榄石砂、铬铁矿砂的配方及性能, 见表3-96。

表 3-96 特种型砂配方

特种砂名称	配比(质量分数,%)										性能						
	原砂	粘土	糖浆	水玻璃	呋喃树脂	固化剂	NaOH	重油	合脂	水	含水量(质量分数,%)	透气性	湿压	干压	下位	F切	
铝砂	100				1.0	0.3~0.5								0.2 (0.5h)	0.8 (24h)		
镁砂	100	10~12	2~3							8~9	>100	0.06~0.07	>0.5				
	100	10~12						2.5~3.0		8~10	>100	0.055~0.065		>1.5			
橄榄石砂	100			6						1.0	1.4	37	0.034				>1.0
锆铁矿砂	100	3~4	4~5							4~5	>70	0.02~0.03	>0.5				
	100	2~3		6~8			0~0.5	0.5		4~5	>50	0.03~0.05		>0.8			
100				3.0	1.1~1.5						110~120			0.9~1.6			

### 三、涂 料

(一) 砂型铸造用涂料标准(表3-97~表3-99)

表3-97 涂料代号与牌号分类与分级

(JB/T9226 1999)

代 号 与 牌 号		分 类 与 分 级					
溶剂 代号	S——水基	按稀释溶剂不同, 涂料分两类	水基涂料				
	Y——有机溶剂		有机溶剂涂料				
涂料物理 状态代号	G——膏状	按物理状态, 涂料分两种	膏料				
	F——粉状		粉料				
涂 料 代 号	SM——石墨粉	按耐火材料不同, 涂料分九类	石墨粉涂料				
	H——滑石粉		滑石粉涂料				
	JS——精制石英粉		精制矽石粉涂料				
	GL——高铝矾土粉		高铝矾土粉涂料				
	Z——棕刚玉粉		棕刚玉粉涂料				
	GY——锆英粉		锆英粉涂料				
	M——镁砂粉		镁砂粉涂料				
	MG——镁橄榄石粉		镁橄榄石粉涂料				
Q——其它	其它涂料						
牌号 表示 方法	规则	耐火粉料代号 物理状态代号 溶剂代号	按稀释剂使用状态时涂料性能, 将涂料分两级	级 别	涂料性能		
	举例	水基膏状锆英粉涂料: SG—GY 有机溶剂粉状石墨粉涂料 YF—SM			悬浮率(%)		涂层耐磨性 g(61r)
					水基 6h	有机溶剂 2h	
				—级	>95	>90	<0.50
				—级	≥90	≥85	≥0.50
				—级	~95	~90	~1.00

表 3-98 涂料的性能指标 (JB/19226---1999)

牌 号	性 能 指 标						涂 数 干、冷却 后涂层外 观
	稀释好的涂 料密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	稀释好的涂 料条件粘度 ( $\varnothing 6\text{mm}$ 流杯) /s	稀释后放置6h 涂料的悬浮率 (%)	发气量/ ( $\text{mL}/\text{g}$ )	涂层耐磨性 ( $\text{g}/64\text{r}$ )	外观	
SG-SM-1	1.28~1.35	10~15	$\geq 90$	$< 25$	0.40~1.00	观	
SG-SM-2	1.40~1.80	15~20	$\geq 90$	$< 20$	0.20~0.70		
SF SM							
SG-H	1.35~1.45	10~15	$\geq 90$	$< 30$	0.40~1.00		
SF-H							
SG-JS	1.60~1.80	10~15	$\geq 90$	$< 20$	0.20~0.70	无杂质、	
SF-JS						无裂纹的	
SG-GL	1.50~1.80	15~25	$\geq 90$	$< 20$	0.20~0.70	均匀涂层	
SF GL							
SG-Z	1.80~2.40	20~30	$\geq 90$	$< 20$	0.20~0.70		
SF-Z							
SG-CY	1.80~2.10	20~30	$\geq 90$	$< 20$	0.20~0.70		
SF-GY							
SG-M	1.50~1.80	15~20	$\geq 90$	$< 20$	0.40~1.00		
SG-MG							



(续)

牌 号	性 能 指 标						涂 层 耐 磨 性 (g(64r))	涂 层 数 干、冷却 后涂层外 观
	稀 释 好 的 涂 料 密 度 (g·cm <sup>-3</sup> )	稀 释 好 的 涂 料 条 件 粘 度 (φ6mm 流杯)	稀 释 后 放 置 6h 涂 料 的 悬 浮 率 (%)	发 气 量 (ml/g)	稀 释 好 的 涂 料 密 度 (g·cm <sup>-3</sup> )	稀 释 好 的 涂 料 密 度 (g·cm <sup>-3</sup> )		
YG-SM-1	1.18~1.25	6~12	≥85	<25	0.10~1.00	0.10~1.00	观	
YG-SM-2	1.20~1.80	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YF-SM	1.25~1.35	6~12	≥85	<30	0.40~1.00	0.40~1.00	观	
YG-H	1.40~1.60	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	无杂质、	
YF-H	1.40~1.60	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	无裂纹的	
YG-JS	1.40~1.60	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	均匀涂层	
YF-JS	1.40~1.60	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YG-GL	1.60~2.20	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YF-GL	1.60~2.20	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YG-Z	1.60~2.20	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YF-Z	1.60~2.20	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YG-GY	1.60~2.20	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YF-GY	1.60~2.20	6~12	≥85	<20	0.20~0.70	0.20~0.70	观	
YG-M	1.40~1.60	6~12	≥85	<20	0.10~0.60	0.10~0.60	观	
YG-MG	1.40~1.60	6~12	≥85	<20	0.10~0.60	0.10~0.60	观	

有机溶剂涂料

表3-99 砂型铸造涂料推荐应用范围

(JB/T9226 1999)

涂料牌号	推荐的应用范围
SG SM 1      YG SM 1	中小型铸铁件的砂型及砂芯
SG SM 2      SF-SM YG SM 2      YF-SM	大中型铸铁件的砂型及砂芯
SG-H          SF H YG-H          YF H	非铁合金铸件的砂型及砂芯
SG-JS          SG-GL YG-JS          YG GL SF-JS          SF-GL YF-JS          YF GL	中小型碳钢铸件、大中型铸铁件的砂型及砂芯
SG-Z          SG-GY SF-Z          SF-GY YG-Z          YG GY YF Z          YF-GY	碳钢及合金钢铸件、大型铸铁件的砂型及砂芯
SG-Z          SG M YF-Z          YG-M SF Z          SG-MG YG-Z          YG-MG	铸钢铸件的砂型及砂芯

## (二) 涂料配方

## 1. 水基涂料(表3-100~表3-102)

表 3-100 铸钢件干型用水基涂料配方

涂料名称	配方(质量分数,%)										性能		用途
	硅石粉	硅砂粉	镁砂粉	铅铁矿粉	铝矾土粉	活化膨润土	糖浆	纸浆	其它	水	粘度: mPa·s	密度: (g/cm <sup>3</sup> )	
硅石粉 涂料	100					2~3	6~8			适量			碳钢
	100						6~8	白坭 4~8	适量				
硅砂粉 涂料		100				1.5~3	6~8			适量			合金钢
		100					6~8	白坭 5					
		100		无机盐 适量		2~3			羧甲基纤维素 钠 0.3~1.0	适量		2.0~ 2.2	
		100			2	3			羧甲基纤维 素钠 0.2 水柏油 1.5	35	58		
		100			2				中性植物油 2	45			

(续)

涂料名称	配方(质量分数,%)										性能			用途
	钛白粉	滑石粉	镁砂粉	铬铁矿粉	铝矾土粉	活化膨润土	糖浆	纸浆	其它	水	粘度/ mPa·s	密度/ (g/ cm <sup>3</sup> )		
镁砂粉 涂料			100			1.5~ 3	4~ 6	6~ 8		适量			高锰钢	
			100					白坭 3~4	适量					
			100			1	7		水柏油 4	适量	N-6 6.5S	1.70		
铬铁矿 粉涂料				100		2~ 3	5~ 6	6~ 8		适量			合金钢	
				100				白坭 2~3	适量					
					100				适量					
铝矾土 涂料					100	2	6~ 8	6~ 8		适量			碳钢合 金钢	
					100	2	3		水柏油 1.7	适量	N <sup>6</sup> 6-12S	1.85~ 2.10		
									水柏油 4% 卤水 6~8%	适量				
石灰石 涂料			石灰石(筛号,70/ 100)100											

表 3-101 铸铁件干型水基涂料配方(质量分数,%)

序号	土状石墨粉	鳞片石墨粉	铅矾土粉	滑石粉	活化膨润土	普通粘土	水玻璃	桐油	乳白胶	SC 羧甲基纤维素	植物油	糖浆	无机盐	水
1	45	35			4	16								
2	70	30										6		
3	70	30			2~3					0.3~1			适量	
4	90~93				5.0~7.5			1.5~3.0						
5	80	20					9							
6	94				5	1								
7	95				5		5~8							
8							2.0		1.0	1.0				

注: 密度为 1.3~1.45g/cm<sup>3</sup>。

表3-102 铸铁件表干型水涂料配方  
(质量分数,%)

序号	土次石墨粉	鳞片石墨粉	膨润土	水玻璃	碳酸钠	粘土	白坭	水	密度/ (g/cm <sup>3</sup> )
1	15	35	4				16		1.45~1.48
2	57	39	3.5		0.18				
3	58	42				5		适	
4	60	40	5	2				量	
5	80	20		2					

2. 醇基涂料和自干涂料(表3-103~表3-105)

表 3-103 铸钢用醇基涂料和自干涂料配方(质量分数,%)

序号	耐填料	铝矾土粉	钙砂粉	悬浮稳定剂			PVR	交联剂	液体树脂	润湿剂	渗透剂	酒精	粘度	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
				CX I ①	CX-3 ②	有机土								
1	100					1~3		占树脂 8	2~3	0~1	适量	N 6 6-12S	涂膏 1.5~ 2.2	
2	100					2~3			3~4		0.5-3%	N 6 6-7S	1.9	
3			100	2		乌洛托品 0.3	水 45		2			2	75	2.15
4			58~ 60	7~ 9			0.3~ 0.5		1.2~ 1.25			其余		1.6~ 1.8
5			50~ 60		1.5~ 2.5		0.2~ 0.5		1~ 1.5			适量		

① 膨润土。

② 有机改性膨润土。

表3-104 铸铁用醇基涂料配方(质量分数,%)

序号	土状石墨粉	鳞片石墨粉	悬浮稳定剂			液体树脂	乙醇	酒精	丙酮	密度/(g/cm <sup>3</sup> )	注
			CX-2 1)	膨润土	PVB 2)						
1	70	30	6~8		0~0.2	4~6		适量	1.0~1.5		
2	15~40	10~30			0~1.0~2.0		15~20	10~30	5~10	-	真空造型用快干涂料

1 锂变性膨润土。

2 PVB即聚乙烯醇缩丁醛。

表3-105 铸铁件表干型用快干涂料配方

(质量分数,%)

序号	石墨粉	松香	糊精	酒精	沥青清漆	汽油
1	25				25	50
2	70	6		100		
3	70	3	3	100		
4	70		6	100		



3. 合金化涂料 铸件表面合金化涂料是指含有某些合金元素的铁合金粉末的特种涂料。

浇注时,涂料层中的铁合金粉末熔化,合金元素渗入铸件表面,获得表面合金化的铸件,以提高铸件使用寿命和质量。

使用表面合金化涂料时,铸件表面容易出现粘砂,因此,需刷两层涂料,底层使用石墨或锆砂粉防粘砂涂料,面层使用合金化涂料。

碳钢(ZG270-500)件表面合金化涂料配方,见表3-106。

铸铁件用含碲(Te)涂料配方,见表3-107。

表3-106 碳钢 ZG270-500铸件  
用表面合金化涂料配方

配方(质量分数,%)					工 艺 要 点			
高碳 铬铁 粉	锰 铁 粉	铜 粉	水 玻 璃	水	涂料层 厚度 /mm	烘干温 度 /℃	渗铬深度 (视铸件壁厚) mm	铸件表面含 铬的质量分 数(%)
92	5	3	10	适量	2.0~ 2.5	200~ 230	4~8	11.16~ 16.64

注:碳钢件表面渗铬、渗锰后,能显著提高其耐蚀性,碳钢件渗铬时应采用高碳铬铁。

表3-107 铸铁用含碲涂料配方

序号	配方(质量分数,%)						密度/ (g/ cm <sup>3</sup> )	铸铁 原组织	目的
	碲	膨 润 土	水 玻 璃	糊 精	糖 浆	水			
1	15	45		40		适量	1.35 ~ 1.40	珠光体 灰铁	使热节 处致密
2	75	20		5		适量	1.35 ~ 1.10	珠光 体灰铁	使铸件 表面成白 口
3	25	25	5	25	20	适量	1.4	合金 灰铁	使铸件 表面成白 口
4	30	50		20		适量	1.3	可锻 铸铁	防止毛 坯出现麻 口

注：在铸铁件表面可渗 Te(碲)、B(硼)、Sn(锡)、Sn-Sb(锡-铋)，能得到表面白口以提高耐磨性和防止厚壁可锻铸铁件出现麻口。最常用的是渗 Te(碲)。

### (三) 涂料配制工艺(表3-108)

表3-108 涂料的配制工艺

涂料类别	配 制 工 艺	
水基涂料	石墨粉涂料	可用搅拌机搅拌而成
	锆砂粉涂料	
	其它耐火材料的涂料	1. 可用球磨机、碾压机、胶体磨 2. 制成涂膏： 各种下料混合 $\xrightarrow[10\text{min}]{\text{干碾}}$ 液态粘 结剂 + 水 $\xrightarrow[>8\text{h}]{\text{压碾}}$ 成均匀膏状即涂膏 3. 涂膏加入叶片搅拌机，加水，搅拌成可使用的涂料
对含有糊精、糠浆的涂料，应加入福尔马林防腐剂(40ml/100kg 涂料)，以防涂料发酵		
醇基涂料	1. 先将松香等压碎 2. 放入酒精或汽油中溶解 3. 再加入糊精和防粘砂材料 4. 搅拌均匀即可使用	

#### 四、砂芯修补砂、修补膏及胶合剂

##### (一) 修补砂

用于修补砂芯表面缺损、掉角；填补工艺孔。配方见表3-109。

表3-109 砂芯修补砂的配方(质量分数,%)

序号	新砂 (筛号: 50 140)	膨润土	粘土	石墨粉	糊精	纸浆	桐油	水	工厂
1	100	32				20		≈ 12	中国一汽集团公司
2	100	12				17		适量	中国一拖工程机械集团公司
3	100	4			6			适量	上海柴油机股份有限公司
4	100	50				30	1.9	20	
5	100		10	5		8		适量	
6	100		12			17		适量	

注：先混干料，后加纸浆，最后加水调成橡皮泥的状态。

## (二) 修补膏

用于修补烘干后砂芯表面细裂纹、凹陷、未紧实处。配方见表3-110。

表3-110 砂芯修补膏配方(质量分数,%)

序号	硅石粉	鳞片石墨粉	滑石粉	膨润土	粘土	纸浆废液	糊精	桐油	水
1	90			5			5	3	
2	100			5.5			5.5	3.5	
3		100		5~6			5	1	
4		100			10	30		5	
5		10	40		10	5			
6		100		25		25		10	≈25
7		100		5~6			5		适量
8		100		25		12.5			适量
9			100	9.5					8%

注：先将膨润土和液体材料在搅拌桶内搅拌均匀，而后加入鳞片石墨，或硅石粉，搅和至细腻膏状为止。

### (三) 胶合剂

用于胶合两半砂芯，或作修补砂芯的粘结剂。配方见表3-111。

表3-111 砂芯胶合剂配方(质量分数,%)

序号	膨润土	粘土	纸浆残液	糊精	糖浆	工业用盐酸(质量浓度20%)	水	干拉强度(MPa)
1	29.3		66.6	2	2	0.1		>1.0
2	40~50			50~60			适量	>0.75
3	12		88					
4		70	30					
5	50			50				
6		44	50		6			

注：序号1胶合剂的配制方法：

- 1) 称量好的膨润土粉、糊精、糖浆倒入锅内搅拌。
- 2) 分批加入纸浆残液并不断搅拌，混成均匀液状物。
- 3) 加热煮沸10min后，加入盐酸。
- 4) 继续煮沸10min左右，到呈黑色胶液状即成。

## 五、配砂守则及安全操作要点

(表3-112、表3-113)

表3-112 配砂工艺守则

序号	关键环节	工艺守则
1	开机前的检查	所用设备是否安全、可靠，运转正常；加入足够润滑油并经空载试车；刮板、滚轮与底盘间隙是否适当

(续)

序号	关键环节	工艺守则
2	开机与加料	先开动混砂机,后加料
3	加料顺序	按工序规定的顺序加料,未经许可不能随意变动
4	定量加料	造型材料要定量加入,如发现定量加料机构失灵,必须先修复后,方可使用
5	混砂量的控制	每次混砂量不要超过混砂机规定的容量,如S116型混砂机为600kg,S114型为400kg。混砂过程不得半途停车
6	混砂时间	必须符合工艺要求
7	作到三准确	混砂过程应作到:配料准确、水分准确、混砂时间准确
8	坚持自检	混砂时要勤自检,及时发现问题,不合要求的型砂和芯砂不得使用
9	更改砂号	更换砂号时,混砂机内应放净,装面砂的砂斗应清理干净后使用
10	取样检验	按规定取样检验型砂性能
11	型砂存放	混好的型砂要松散处理、调匀处理,存放型砂要采取措施防止水分的蒸发

表3-113 配砂工安全操作要点

安全方面	安全操作要点
混砂机安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 混砂机开动之前，一定要先检查机内是否有人，或其它杂物</li> <li>2. 混砂机在运转过程中，一定不要直接用手伸入机内取样，而要用取样勺取样</li> <li>3. 混砂机在检修前，必须要做到一要把电源先切断；二要在电源开关上挂上醒目的警示牌；三要有人监护，然后才能进行检修工作</li> </ol>
提升机安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. 开动提升机之前，先检查一遍并空转1min</li> <li>5. 提升机的地坑门应随时关闭</li> </ol>
带式输送机安全	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. 开动带式输送机前，必须先用信与联系</li> <li>7. 禁止在带式输送机上睡觉和休息</li> <li>8. 不准在带式输送机上行走</li> <li>9. 带式输送机运转时禁止加油</li> <li>10. 修理和清扫时，带式输送机必须停车</li> <li>11. 带式输送机打滑或跑偏时，必须停车后才能处理</li> </ol>



## 第四章 砂型(芯)制造

砂型具有较大的适应性和灵活性，因而仍是目前应用最多和最广的一种铸型。

造型是砂型铸造最重要的生产环节。造型方法随铸件形状、大小和技术要求不同而异，但其操作技术基本类似。当一铸件具有多种造型方法时，应从保证铸件质量出发，选取最经济、简便、可靠的一种，并采取有效措施，防止铸造缺陷产生。

砂型按制造方法分类，见表 4-1。

表 4-1 砂型制造方法分类

分 类		造 型 方 法 名 称	
造 型	砂箱造型	1. 整模造型	11. 模板造型
		2. 分模造型	12. 脱箱造型
		3. 挖砂造型	13. 叠箱造型
		4. 假箱造型	14. 漏模造型
		5. 多箱造型	15. 抽心模造型
		6. 活砂造型	16. 劈箱造型
		7. 泥芯造型	17. 组芯造型
		8. 活块模造型	18. 泥芯块造型
		9. 吊砂造型	19. 实物造型
		10. 一箱多模造型	

(续)

分 类		造 型 方 法 名 称
手 工 造 型	刮板造型	20. 车刮板造型(绕轴刮板)
		21. 导向刮板造型
		22. 骨架模刮板造型
	地坑造型	23. 软砂床造型
		24. 硬砂床造型
25. 加固硬砂床造型		
机 器 造 型	压实造型	1. 单纯从实造型
		2. 单向压实造型
		3. 双向压实(差动压实)造型
	震床造型	4. 普通震床造型
		5. 微震压实造型
	射压造型	6. 射压造型
	抛砂造型	7. 抛砂造型
	气流紧实造型	8. 静压造型
		9. 气流冲击造型

## 一、手工造型(芯)

手工造型(芯)的工装简单,适应性强,成本低,广泛用于单件、小批或成批生产的各类铸件,在重大型铸件和

复杂铸件的生产中应用更为普遍。

### (一) 常用工具、量具及工装

#### 1. 常用工具、量具(表 1-2~表 4-1)。

表 4-2 常用造型工具

序号	造型工具名称	作 用
1	砂杵子	用于舂实型砂,砂冲的一端为扁头,用于舂实模样周围及狭窄部位的型砂,另一端是平头,用于砂型表面的舂实
2	风杵子(即风动捣固器)	由压缩空气带动,用于舂实较大的砂型(芯)
3	刮板(即刮尺)	用于修整较大的平面和刮去高出砂箱的型砂
4	通气针(即气眼针)	用于在砂型(芯)中扎出通气的孔眼,使浇注时产生的气体排出
5	起模针和起模钉	用于起出砂型中的模样,起模针的一端是光锥形,用来起小的模样,起模钉的一端是螺纹形,用来起大的模样
6	其它必备工具	铁锹、筛子、钢丝钳、活动扳手、掸笔、抹笔、皮老虎、粉袋、手电筒等

表 4-3 常用修型工具

序号	修型工具名称	作 用
1	砂刀(刮刀、慢勺)	1. 修整砂型(芯)的较大平面 2. 开挖浇冒口 3. 切割大的沟槽 4. 向砂型插钉时, 将钉子撒入砂型
2	砂勾(提勾)	1. 修整砂型(芯)深而窄的底面或侧面 2. 提出落入砂型底部的散砂
3	半圆(平光杆、竹片梗)	用于修整垂直弧形的内壁和它的底面
4	圆头	用于修整圆形及弧凹槽
5	法兰梗(光槽慢勺)	1. 修整砂型(芯)的深窄底面 2. 管子两端法兰的窄边
6	压勺	压勺的勺柄斜度呈 $30^\circ$ , 一端是弧面一端是平面, 用于修整砂型(芯)较小平面; 开挖较小的浇道
7	双头铜勺(秋叶)	1. 修整曲面 2. 修整窄小的凹面
8	成形慢勺	1. 修整砂型(芯)的内外圆角、方角 2. 修整砂型(芯)的弧形面

表 4-4 手工造型常用量具

序号	常用量具名称	作 用
1	钢板尺	1. 造型上常备的是 1000mm 钢板尺 2. 测量长度、外径、内径
2	卷尺	1. 有 1000mm 和 2000mm 两种规格 2. 测量长度
3	卡钳 (与钢板尺或有刻度量具配合使用)	外卡钳 用于测量外径
		内卡钳 用于测量内径、凹槽宽度
4	铁角尺	1. 用于在砂型上划线 2. 检查被测物体的垂直度
5	两脚规	用于在砂型表面划圆或划弧
6	水平仪	测量被测平面是否水平
7	砂型表面硬度计	测量砂型(芯)表面硬度

2. 模样与砂箱 手工造型的主要工艺装备是模样和砂箱。其质量直接影响到铸件精度、造型生产率和劳动强度。

(1) 模样 造型常采用的模样有木模、金属模(铝合金、铸铁、铸钢、铜合金等)、菱苦土模、塑料模、泡沫塑料

模、石膏模、水泥模等。手工造型以木模应用最广。金属模具有强度高，尺寸精确，表面光洁，耐磨耐用等优点，一般应用于大量、成批生产。

造型工在造型之前，在读懂铸造工艺图和工艺卡的基础上，对模样(芯盒)应作必要的质量检查。见表4-5

表 4-5 模样(芯盒)的检查

序号	检查项目	重点检查内容
1	模样的形状和尺寸	1. 检查轮廓尺寸及主要的中心尺寸 2. 模样上的芯头尺寸和芯盒内的芯头尺寸是否配合 3. 模样的起模斜度合理不合理 4. 芯头需不需要定位 5. 模样上有无缺角、变形、碰伤等损坏程度如何
2	模样的装配	1. 模样的分模面、芯盒的分盒面，其位置和方向是不是正确，平整 2. 定位用的是否合理(单件小批生产的用竹销，或硬木销；成批大量生产的用金属销) 3. 两半模样上的定位销与孔配合松紧是否合适，销和孔的磨损程度如何 4. 模样上活动部分连接的松紧程度是否合适，安装位置是否偏斜 5. 模样的起模装置和吊运装置安装是否正确。对大中型木模必须装上用于造型时将木模

(续)

序号	检查项目	重点检查内容
2	模样的 装配	<p>从砂型中起出的起模攀，装上用于木模搬运的吊攀，吊攀和起模攀方向相反，故往往两者做为一体</p> <p>6. 敲模装置、造型起模时必须先松模。为防止松模时敲坏木模，对常用的木模分模面上装有敲模装置</p>
3	模样结构	<p>1. 木材拼接和搭接处的强度，能否满足造型要求</p> <p>2. 骨架的横向、纵向撑档是否牢固</p> <p>3. 补砂档，对面积大、厚度薄、容易变形，或木模的结构无法加固时，常采用补砂档的形式加固木模，使之减少翘曲变形。补砂档在起模方向必须作出较大起模斜度，并作出标记，以示在造型时以补砂方法加以填平</p>
4	数量是否齐全	<p>1. 芯盒数量</p> <p>2. 浇冒口数量</p> <p>3. 刮板件数</p> <p>4. 模样构件数</p>
5	模底(底板)	<p>1. 模底板是否平直</p> <p>2. 模底板大小是否符合要求</p>

(2) 砂箱 手工造型用砂箱其分类方法较多, 如可按造型方法分、按砂箱重量和尺寸分、按砂箱结构分、按使用方法分等等, 其中按砂箱材料和制造方法分类, 见表 4-6。

表 4-6 砂箱分类

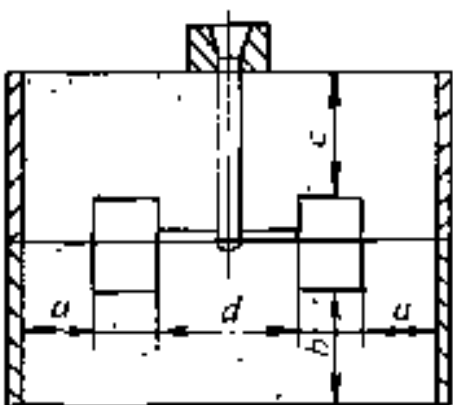
制造方法	砂箱材料	特 点	应 用
整铸砂箱	铸钢	根据需费车间 内可自行制造 使用方便	广泛用于砂箱 造型
	铸 铁		
	球墨铸铁 灰铸铁		
	铝合金	轻便、成本较 高	多用于小件脱 箱造型
装配砂箱 (拴接砂箱)	铸钢	箱壁、箱带等 加工后用螺栓联 接装配而成	用于小批生产 的大型砂箱
	铸铁		
	木质		用于小件脱箱 造型
焊接砂箱	型钢、钢板、 铸钢元件	耐用、制造周 期短	用于单件简易 临时砂箱

1) 砂箱内框尺寸的确定 砂箱的尺寸一般用砂箱内框的长、宽、高尺寸来表示。



砂箱内框尺寸是根据由零件 1 艺布置图和吃砂量来确定的。吃砂量就是模样(包含浇冒口)边沿到砂箱的内壁、箱顶、箱底、箱带之间的距离,见表 1-7。

表 4 7 吃砂量数值 (mm)

图	吃砂量		
	$a$	$b$ 和 $c$	$d$
			
模样平均轮廓尺寸 滑脱砂箱	$\geq 20$	30~50	为 一半砂型中 模样高度的 $\frac{1}{2}$
$\leq 400$	30~50	40~70	为 一半砂型 中模样高度的 $\frac{1}{2} \sim 1 \frac{1}{2}$
400~700	50~70	70~90	
700~1000	70~100	90~120	
1000~2000	100~150	120~150	
2000~3000	100~150	130~200	
3000~4000	100~150	200~250	

(续)

模样平均轮廓 尺寸	吃 砂 量		
	$a$	$b$ 和 $c$	$d$
$>4000$	150~200	$>200$	

注：1. 模样平均轮廓尺寸  $= \frac{1}{2}$  (在分型面处模样的最大长度 + 最大宽度)。

2.  $b$  和  $c$ ，一般取  $b > c$ 。

3. 横浇道到箱口的吃砂量为  $(0.8 \sim 1)a$ 。

4. 当模样的轮廓是芯头时，旁吃砂量可减少  $1/3 \sim 1/2$ ，顶吃砂量可减少  $\frac{1}{2}$ ，个别模样的芯头在砂箱长度方向上特别伸出时，可不留吃砂量。

5. 箱带下端和模样之间吃砂量一般为 25~40mm，而大铸件可留 40~80mm。

6. 浇冒口和箱壁、箱带之间吃砂量一般为 50mm 以上。

通用砂箱规格系列见表 4-8。当按模样尺寸和吃砂量计算出砂箱尺寸后，可按表 4-8 中的规格选择数值靠近的尺寸。

2) 箱壁尺寸 单件小批量生产手工造型用的简易砂箱箱壁形式和尺寸，见表 4-9。大批量生产手工造型用的砂箱箱壁形式和尺寸，见表 4-10。

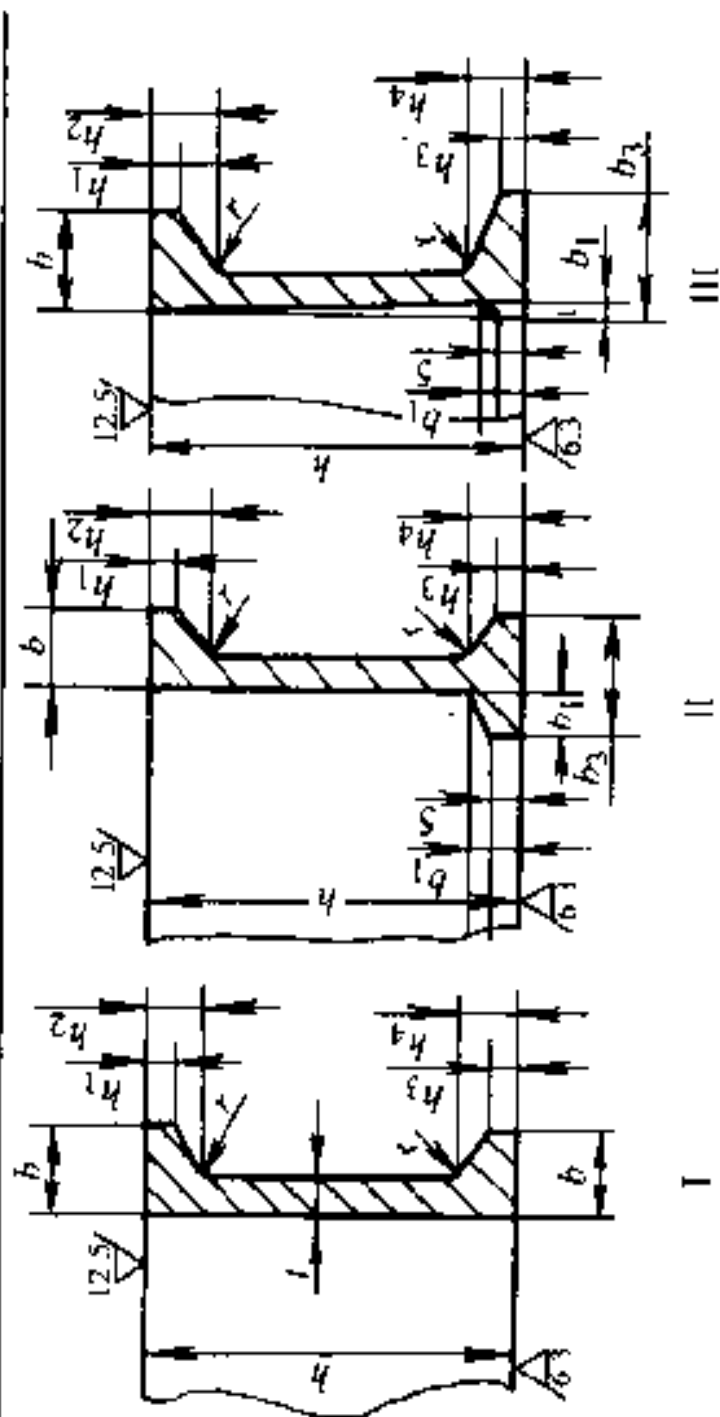




表 4 9 简易砂箱箱壁尺寸 (mm)

筒 图	I 型			II 型		
	$h$	$t$	$t_1$	$b$	$h_1$	$h_2$
砂箱内框 平均尺寸 $\frac{1.1B}{2}$	$h$	$t$	$t_1$	$b$	$h_1$	$h_2$
~500	120~200	12~15	10~13			
501~750	150~300	18~22	15~18			
751~1000	200~300	28~30	25~27			
	301~400	25~28	22~25			
1001~1500	250~300	30~35	27~32	25	30~35	27~32
	301~450	28~32	25~28			

表 4-10 砂箱箱壁尺寸 (mm)



箱 图

(续)

砂箱内框 平均尺寸 $\frac{A \cdot B}{2}$	材 质	$h$	$t$	$b$	$b_3$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$b_1$	$r$
$\leq 500$	铸钢	100~ 300	6~8	20	30	8	10	15	20	20	10	5
	球墨铸铁											
	铸铁											
501~750	铸钢	100~ 400	8~10	25	35	12	15	20	25	25	10	5
	球墨铸铁											
	铸铁											
751~ 1000	铸钢	150~ 400	12~15	35	50	15	18	25	30	30	10	5
	球墨铸铁											
	铸铁											

Q.1 砂箱内框长度:  $b$  砂箱内框宽度.

3) 箱带尺寸 合理布置箱带,可以增加砂型强度和砂箱刚度。

小砂箱常用横箱带,中大砂箱多用十字箱带。特大砂箱最好采用错位的十字箱带。为减少砂箱铸造应力,在砂箱两端可把箱带做出断口。

箱带的布置尺寸和箱带的截面尺寸见表 4-11

4) 砂箱定位方法 根据生产实际选用合适的定位方法,防止错箱,以保证铸件尺寸精度。常用的定位方法见表 4-12。

5) 箱把的配制方法 砂箱箱把,起吊运、翻箱、紧固作用。其配制方法,见表 4-13。

对于大型砂箱,由于重量大,需用桥式起重机吊运,在砂箱上设置有供吊运用的吊轴、吊耳,或吊环等搬运装置,应视砂箱重量选用其形式、材质和尺寸。

手工小型砂箱箱把结构尺寸见表 4-11。

## (二) 砂箱造型

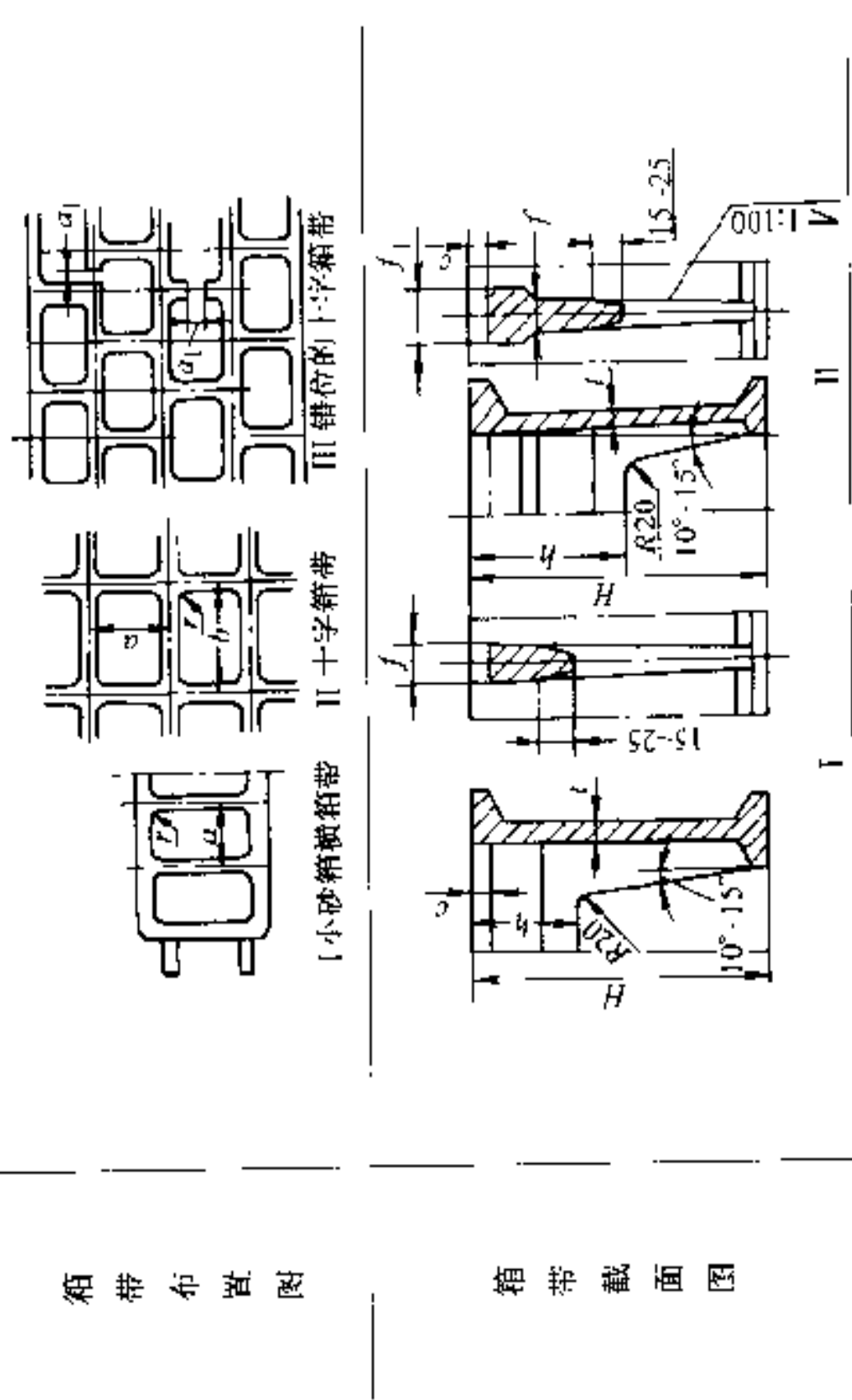
砂箱造型便于舂实、搬运、翻箱、合型、紧压等操作。适用于各种类型铸件的生产。在铸造生产中应用最广泛。

1. 造型方法 按所采用工艺装备来分,砂箱造型有两箱造型、多箱造型、劈箱造型、叠箱造型、脱箱造型等方法。其中两箱造型的应用最为普遍。

按取出模样的工艺方法来分,砂箱造型有以下十几



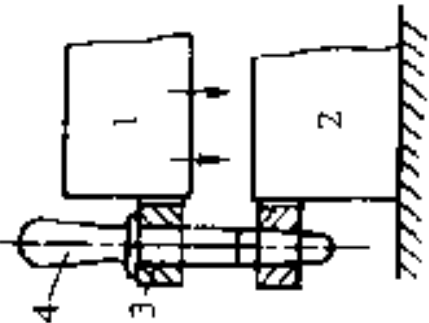
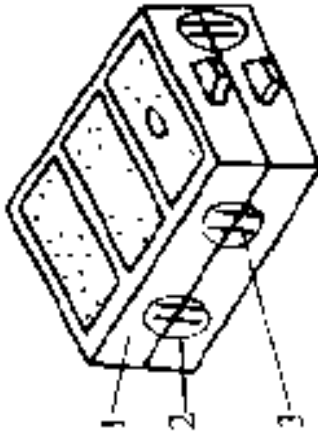
表 4-11 砂箱箱带尺寸 (mm)



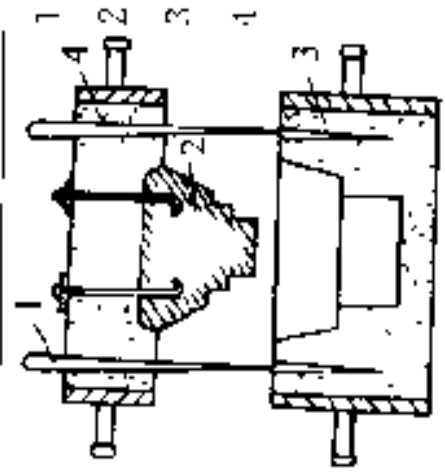
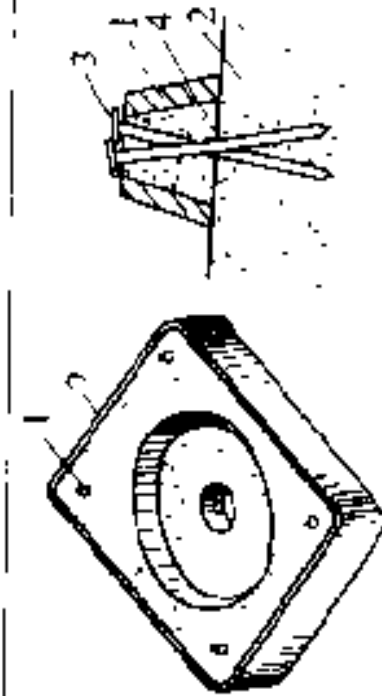
(续)

内框平均尺寸 $\frac{A+B}{2}$	箱带布置尺寸				箱带断面尺寸
	$a$	$b$	$r$	箱带断面 $a_1$	
$\leq 500$	130~180		5~10		$f_1 = (1.2 \sim 1.5)t$
501~750	150~200	150~250	5~10		$f = (0.8 \sim 1.0)t$
751~1000	200~250	200~300	10~15		$h = (0.25 \sim 0.3)H$
1001~1500	200~250	200~300	10~15	20	$t$
1501~2000	250~300	250~350	10~15	25	
2001~2500	250~300	250~350	15~20	30	A—砂箱内框长度
2501~3500	300~350	300~450	15~20	35	B—砂箱内框宽度
3501~5000	350~400	400~500	15~20	40	
$> 5000$	350~400	400~500	15~20	50	

表 4-12 砂箱的定位方法

序号	定位方法	要点与应用	简图
1	定位销定位	<p>定位销前端呈锥形，便于插入定位销套中，后部呈柱形，能精确定位</p> <p>定位销套镶在砂箱箱耳中</p> <p>造型时，上箱通过定位销定位合在下箱上，开箱后，仍通过这个定位销定位合型</p> <p>应用于大批量生产</p>	
2	划线（或打泥号）定位	<p>上下箱开箱前，在砂箱前、左、右（指造型位置）三个侧面的分型面上、下箱壁上，刻出细而直的定位线。保证在前、后、左、右方向上都不发生错箱，可用粉笔划。也可用砂泥粘贴在箱壁上用工具划出线（即打泥号）</p> <p>用于单件小批生产，手工造型的非标准砂箱</p>	

(续)

序位号	要点与应用	简图
3	<p>取两根长度比上箱高度还要长的锥形铁棒作为内箱销，开箱前，在上箱距最远的两点垂直打入砂型，一直到下型一定深度，然后拔出内箱销留下锥形孔，合型时先将内箱销插入上型锥形孔中，以它引导把上型准确合在下型上。</p>	 <p>1 内箱销 2 悬吊砂芯 3 下型 4 上型</p>
4	<p>将3~4个铁制的内箱锥空心部分填型砂，并敲入长铁钉，使其固定在下型分型面上，然后放上上箱套制上型，起模后再合型时，就以内箱锥定位合型 用于单件小批生产</p>	 <p>1 内箱链 2 下型 3 铁钉 4 型砂</p>

(续)

序号	定位方法	要点与应用	简图
5	依靠山定位	在下箱垂直的两个箱壁外侧面上，用螺栓固定(或与箱壁一块铸出)三条窄钢板(一箱壁上二条，另一箱壁上一条)，板的一端高出砂箱平面，合型时，上型紧贴钢板(称靠山)合在下型上	
6	水玻璃砂定位锥	造下型将金属母锥模 3~4 个置于砂箱 4 个角内，夯实后翻箱，将金属公锥模放在母锥模上，造上型。开箱后起出公母锥模，在上下型留下锥孔。合型前将水玻璃砂锥放入下型锥孔，依此合型	

(续)

序号	定位方法	要点与应用	简图
7	楔棒定位	用于脱箱造型的木质砂箱	<p>1—上箱 2—下箱 3 楔棒</p>
8	锥棒定位	用于地坑造型	<p>1—地坑砂型 2—上砂箱 3 锥棒</p>
9	止口定位	用于车板造型 上型和下型的定位止口与砂型同时车出	<p>1—用板车出的下型 2—用板车出的上型 3 定位止口</p>

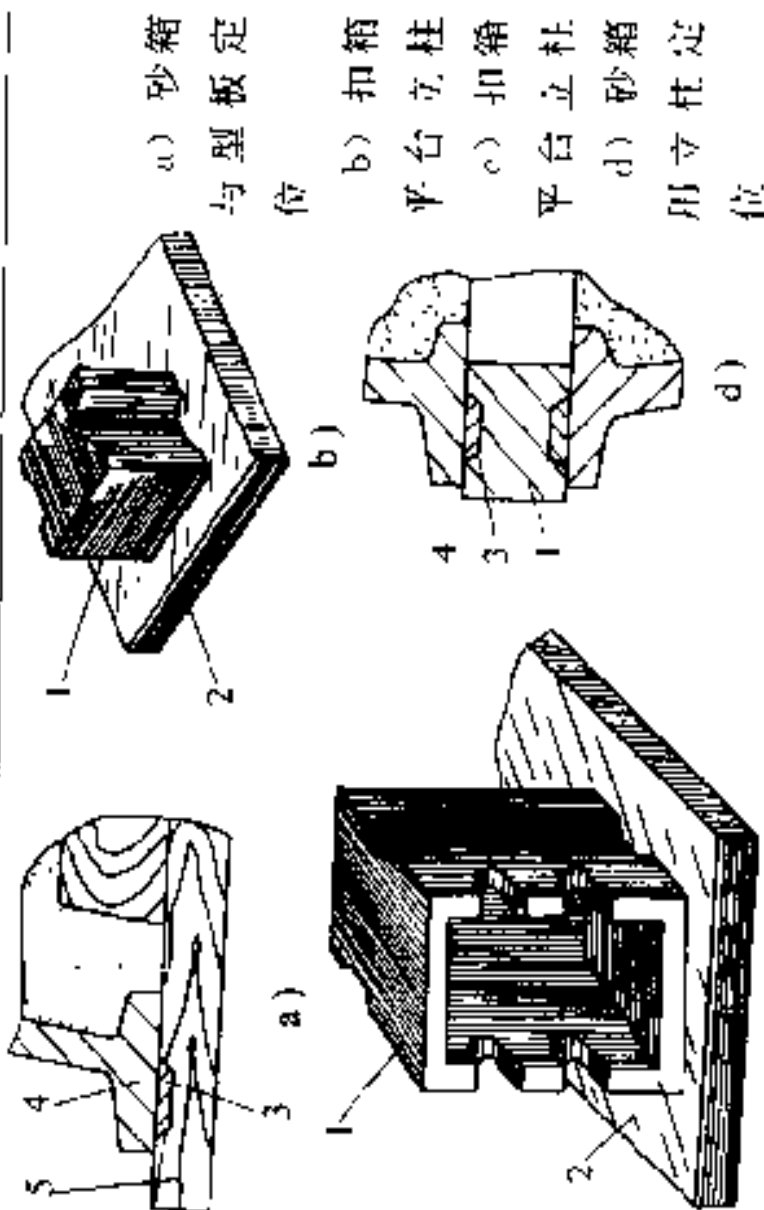
(续)

要点与应用

用于劈箱造型。模底板上设有梯形槽，侧箱上设有梯形槽，造型时砂箱的梯形条卧入模底板的梯形槽内。合型平台两端形立柱上有梯形槽，合型时砂箱上梯形条与主柱上梯形槽相配合起定位作用。有时端箱的两侧各有一梯形槽，合型时，侧箱上梯形条卧入侧箱槽内，使侧箱和端箱定位。

梯形槽定位

简图



1-带有梯形槽的立柱 2-造型平台

3-梯形条 4-砂箱 5-型板

a) 砂箱与型板定位

b) 扣箱平台立柱

c) 扣箱平台立柱

d) 砂箱用立柱定位

表 4-13 砂箱箱把的配制方法

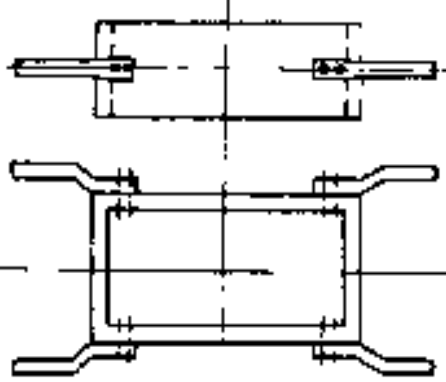
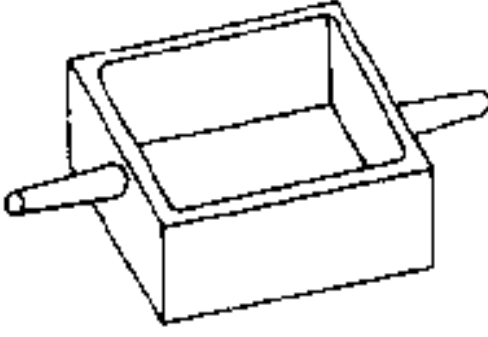
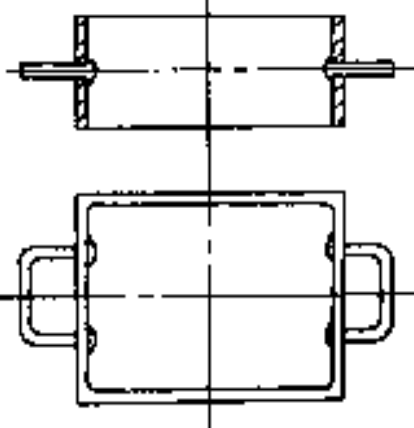
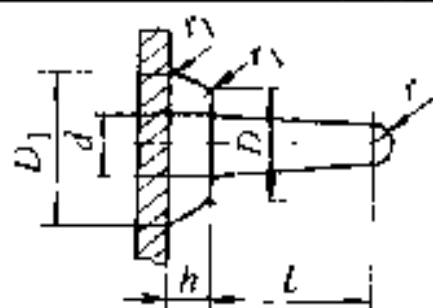
箱把配制方法	说 明	简 图
铆接箱把	用铁条铆在砂箱上 此种箱把最结实	
整铸箱把	在砂箱模样上作出箱把的模样，与砂箱同时铸出 此种方法最经济 用于非标准砂箱	
铸入式箱把 (焊接箱把)	先把铁条或吊攀埋入砂箱砂型适当位置，当浇注时，同时把它们熔接在砂箱上 此种方法既结实又经济 多用于标准砂箱上	

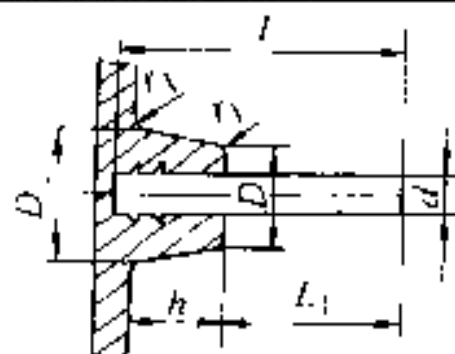


表 4-14 手工砂箱箱把结构尺寸 (mm)

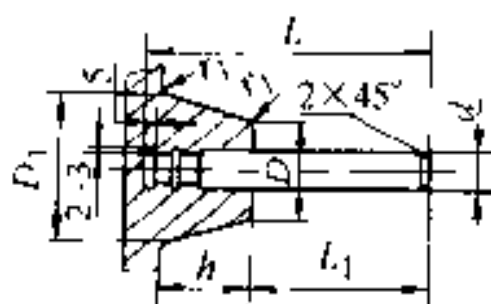
形式	砂箱内框 平均尺寸 $A \cdot B$ 2	$d$	$D$	$D_1$	$L$	$L_1$	$h$	$\gamma$	$r$
整 铸 箱 把	≈ 500	10	30	75	110		10	16	5
		45	65	80				18	
	501 ~ 750	50	75	90	120		15	20	5
		55	85	110				22	

简  
图

整铸箱把



铸入式箱把



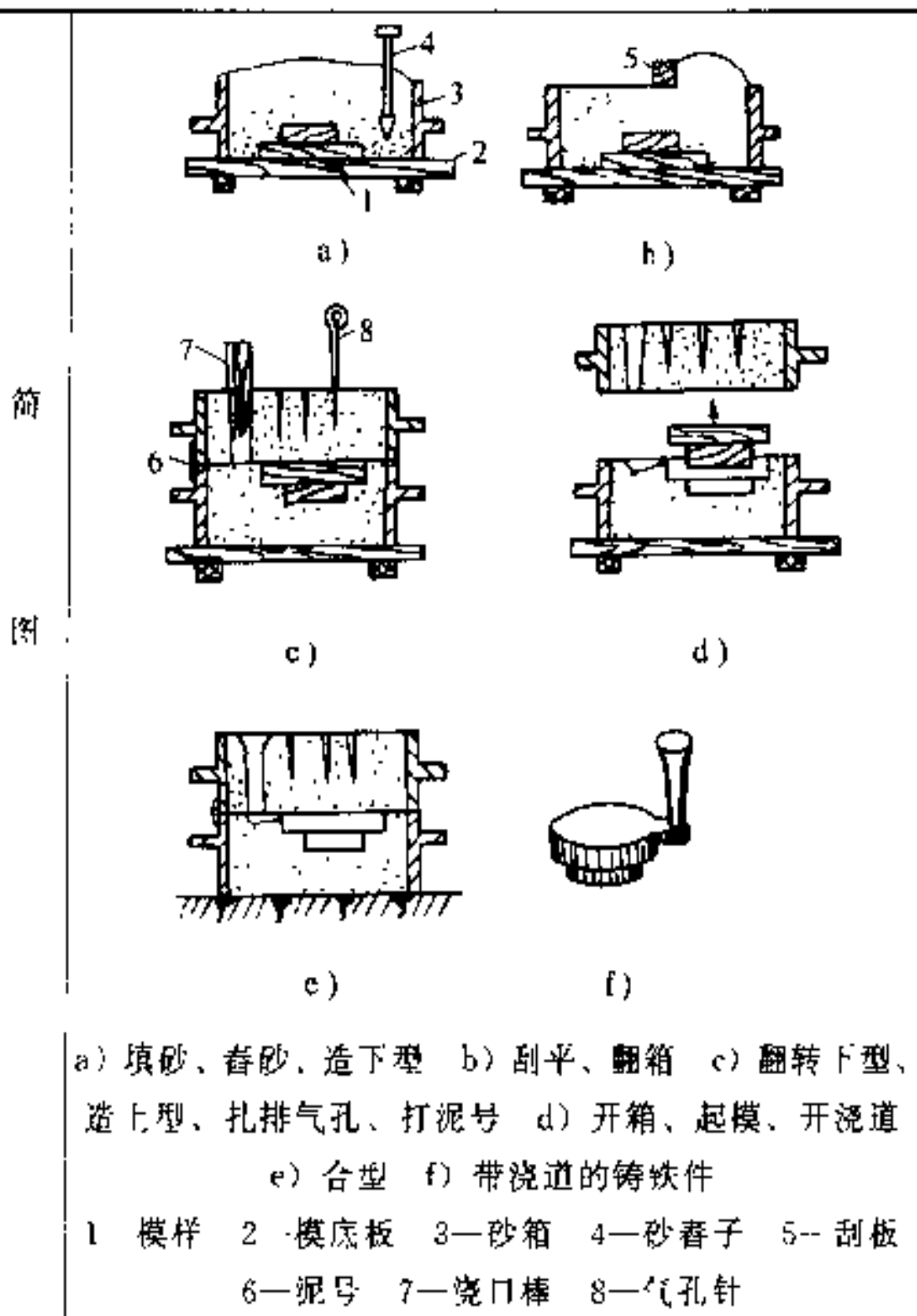
(续)

形式	砂箱内框 平均尺寸 $\frac{A+B}{2}$	$d$	$D$	$D_1$	$L$	$L_1$	$h$	$\gamma$	$\delta$
铸 入 式 箱 把	$\leq 400$	20	50	60	135	110	30	—	5
	401~ 500	25	60	70	150 170	110 130	35	—	5
	501~ 750	30	70	85	175 200	125 150	40	—	8

种造型方法。即

- (1) 整模造型(表 4-15)
- (2) 分模造型(表 4-16)
- (3) 挖砂造型(表 4-17)
- (4) 假箱造型(表 4-18)
- (5) 多箱造型(表 4-19)
- (6) 活砂造型(表 4-20)
- (7) 砂芯造型(表 4-21)
- (8) 活块模造型(表 4-22)
- (9) 吊砂造型(表 4-23)
- (10) 一箱多模造型(表 4-25)

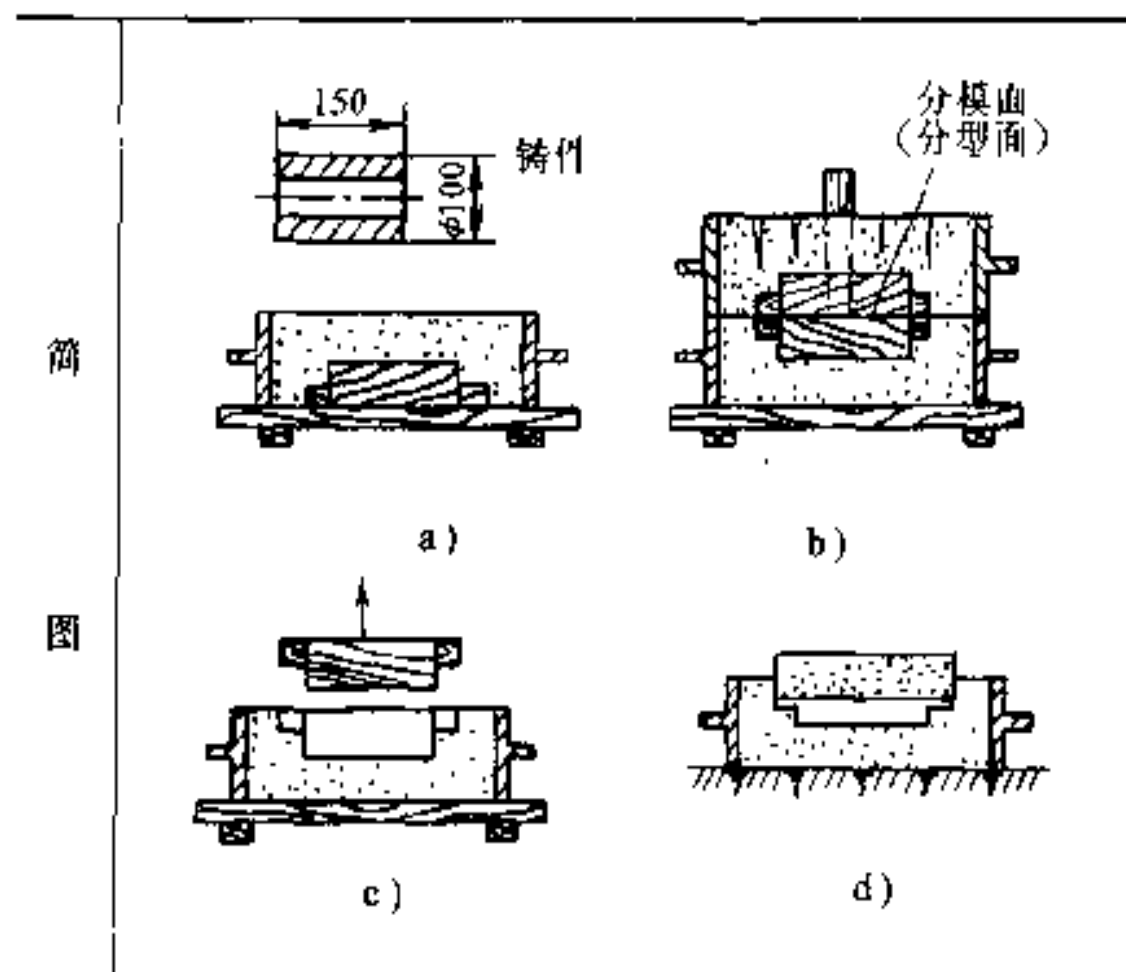
表 4 15 整模造型方法



(续)

方法	用一个整体模样造型,造型时,模样全部放在一个砂箱内,有一个平整的平型面,起模时,不采用任何特殊措施能直接将模样从砂型内取出。这是砂型铸造中最基本的造型方法
特点	模样的最大截面位于模样的一端
应用	适于各种批量生产的形状简单的铸件

表 4-16 分模造型方法



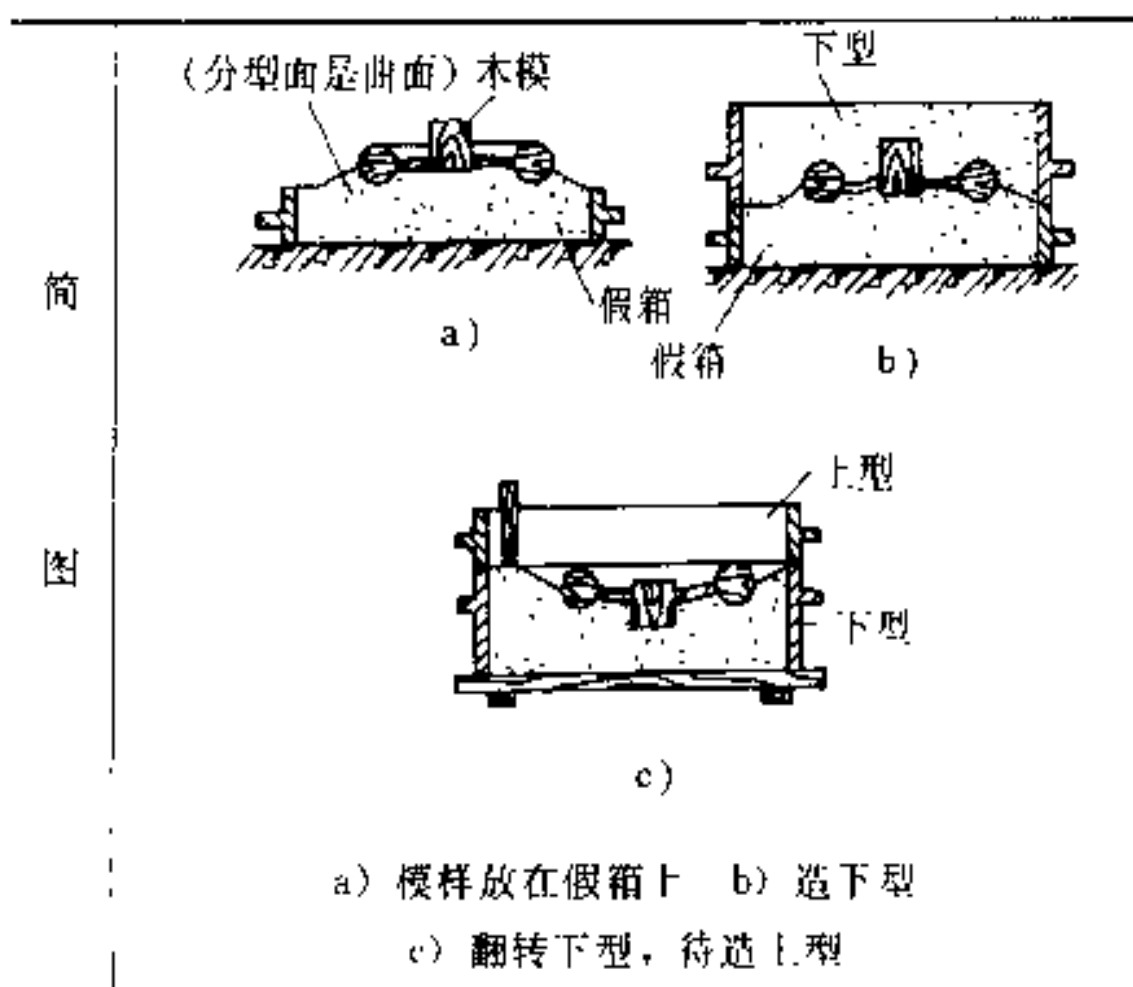




(续)

特点	<p>2. 挖砂后形成的分型面应平整, 坡度不能太陡, 以便开箱</p> <p>3. 挖砂时, 不要形成尖而薄的吊砂, 以免合型时碰坏型砂进入型腔</p>
应用	<p>对最大截面不在模样一端的整体模样, 当单件生产时, 可采用挖砂造型</p>

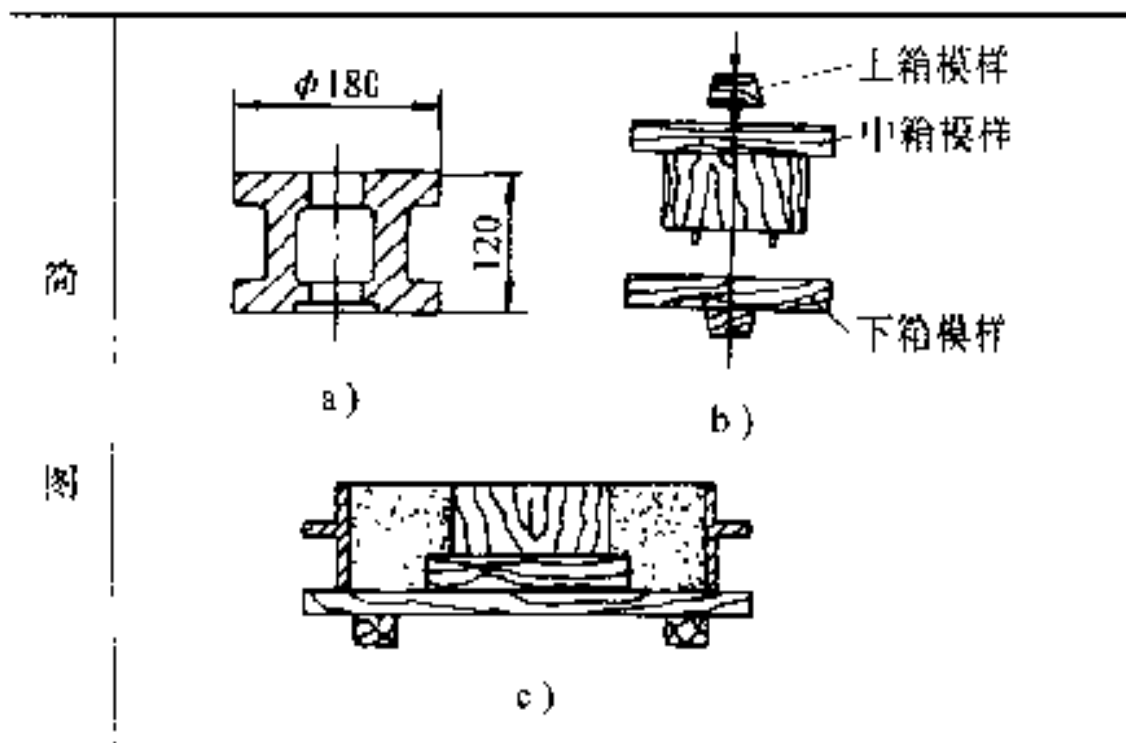
表 4 18 假箱造型方法



(续)

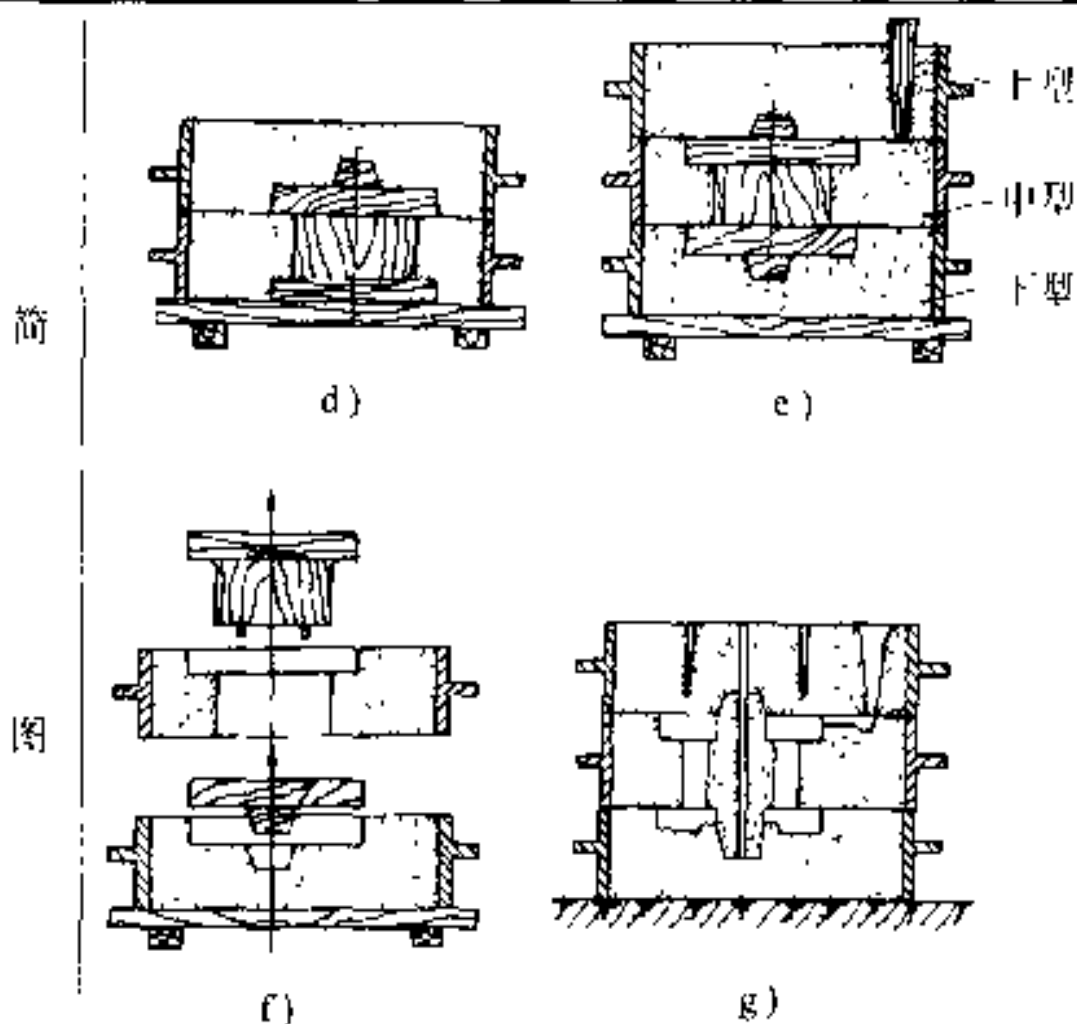
方法	<p>造型前,先做一个特制的“假箱”代替造型用的成型模底板,使模样上的“凸点线”处于分型面处的一种造型方法</p> <p>由于“假箱”只是代替模底板用于造型而不用于浇注铸件,故称这种方法为“假箱造型”</p>
特点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 假箱应做的结实,以便多次使用</li> <li>2. 假箱分型面位置必须正确、平整</li> <li>3. 造型用的假箱还可用木材或其它材料作成成型模底板代替</li> </ol>
应用	<p>最大截面不在一端的整体模样,当生产数量较多时,宜选用假箱造型</p>

表 4-19 多箱造型方法





(续)



a) 铸件 b) 模样 c) 造中型 d) 造下型  
e) 造上型 f) 取模 g) 合型

有些铸件形状,两头截面大而中间截面小,用一个分型面取不出模样,需要从小截面处分模,用两个分型面三个砂箱造型,这种方法即三箱造型

有些铸件形状更复杂,常需更多分型面才能分别取出模样的各部分,这时采用多箱造型

特点

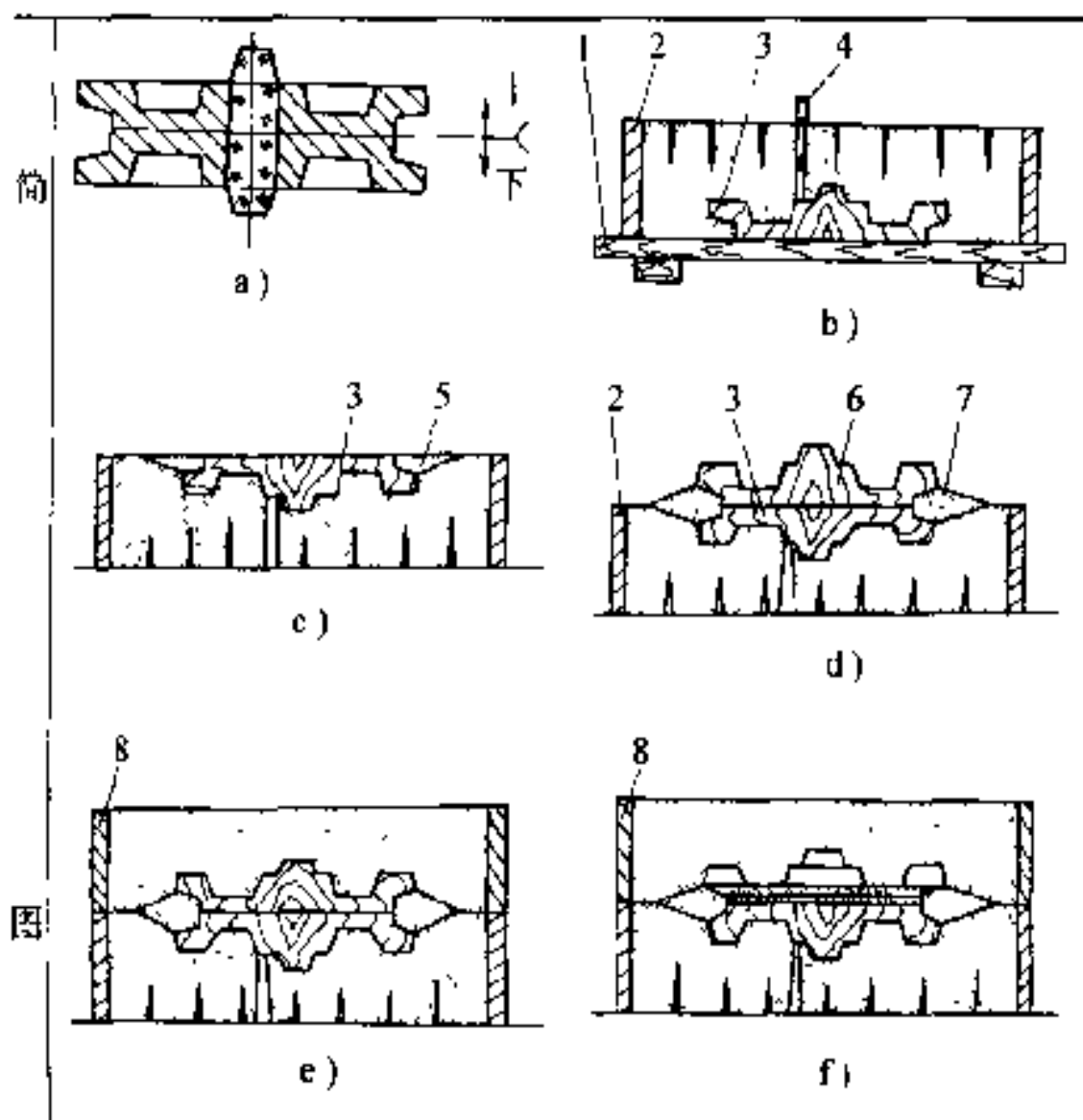
1. 先做中型,即掏箱
2. 为使中箱模样平稳地放在底板上,将其中的一个芯

(续)

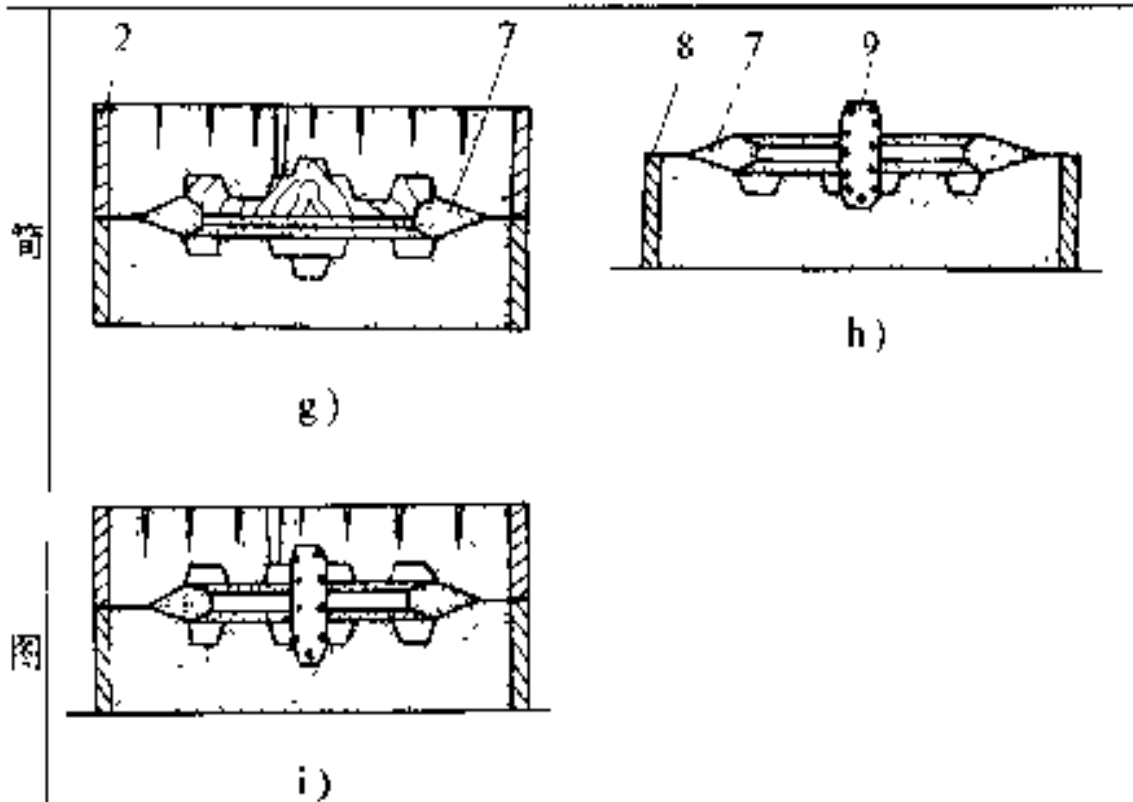
特点 头做成活动可拆式的

应用 1. 适于二个或二个以上分模面的复杂铸件造型  
 2. 有些较高大的铸件, 为便于舂砂、修型、安放型芯等工序操作, 也可采用多箱造型

表 4-20 活砂造型方法



(续)



a) 带轮的造工艺图 b) 放上半模、浇道、造上型 c) 取出直浇道模、上型翻转 $180^\circ$ 、挖砂 d) 放上下半模、制作活砂(活砂上铺一层薄纸) e) 放上下箱、造下型 f) 打开下箱,起出下模、合上下型 g) 夹紧上下箱、翻箱 $180^\circ$ 、活砂落在下型 h) 打开上箱、起出上半模、在下型中下芯 i) 合型

1—造型模底板 2—上箱 3—上半模 4 直浇道模  
5—挖砂部位 6—下半模 7—活砂 8 下箱 9·砂芯

方法

活砂是造型时,把阻碍起模的那部分砂型制作成可以活动的砂块(砂块是构成砂型的一部分),以使模样能从砂型中取出的造型方法

(续)

特点	<p>1. 通常应先舂上型, 再舂制活砂, 最后舂制下型</p> <p>2. 取模, 先翻转下型取出半片模样, 再把下型合到上型上夹紧一起翻转 <math>180^\circ</math>, 活砂落到下型中, 最后, 抬起上型取出另半片模样</p>
应用	<p>多次開箱与翻箱, 使造型操作较为麻烦, 生产率低, 因此, 只适于单件生产, 如两个最大截面间距较小的有槽带轮和滑轮的单件生产</p>

表 4-21 砂芯造型方法

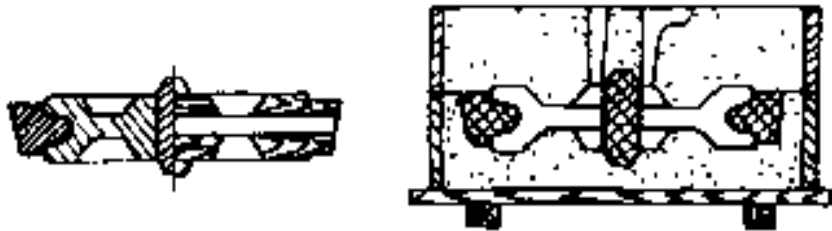
简图	 <p style="text-align: center;">a) 模样    b) 砂型</p>
方法	用砂芯代替活砂, 使造型操作得以简化的造型方法
特点	<p>1. 砂芯造型时, 砂芯应用强度较高的芯砂制芯并且使用干芯</p> <p>2. 放置砂芯处的砂型紧实度要高</p> <p>3. 砂芯与砂型要有足够的接触面</p>
应用	批量生产中, 替代活砂造型

表 4-22 活块模造型方法

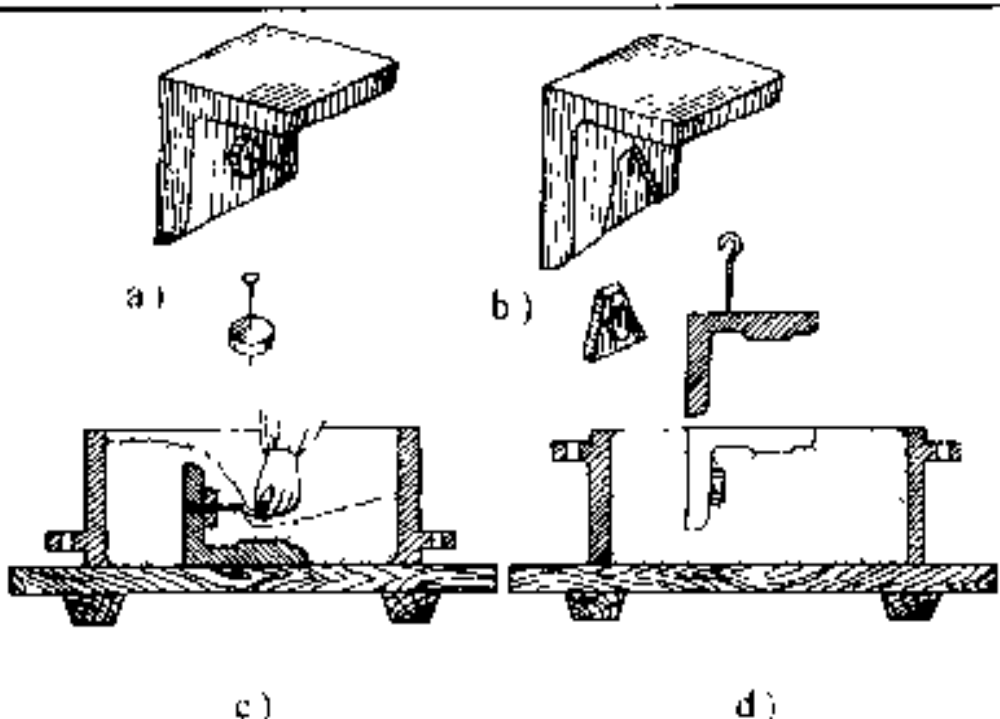
简图	 <p>a) 活块用销钉连接    b) 活块用燕尾槽连接 c) 拔出销钉    d) 起模</p>
方法	<p>将模样侧壁上的凸出部分，做成可以拆卸的活动模块，即活块。起模时，先起出模样主体，活块留在砂型内，然后，再拆弯的起模针将活块取出，从而解决了起模困难的造型方法</p>
特点	<p>1. 活块与模样主体的连接形式，有燕尾槽和活动销钉。当用销钉时，一定在活块周围型砂舂实后将活动销钉拔出，否则，模样也无法取出</p> <p>2. 舂砂时，注意不要把活块位置舂偏</p>
应用	<p>适于铸件侧壁上有较小的凸台，搭子等情况</p>

表 4-23 吊砂造型方法

方法	模样的顶部或底部有凹入部分时, 则在上型或下型上形成凸起的砂块, 凸起的砂块若在下型上称白带砂芯, 凸起的砂块若在上型上称吊砂
特点	吊砂处于悬吊状态, 强度较低, 造型时一般要采取措施加强吊砂 加强吊砂的措施见表 4-24

表 4-24 加强吊砂的措施

措施	说明	简图
· 湿型的吊砂用木片加强	<p>1) 木片应扁而薄, 以增加与型砂的接触面</p> <p>2) 木片的下部在吊砂内, 与型腔表面最短距离保持 10mm 左右, 木片上部在砂型主体内</p> <p>3) 吊砂较大时, 将木片贴紧箱带放置, 井再用木块把加固吊砂用的木片抵紧在箱带上</p>	

(续)

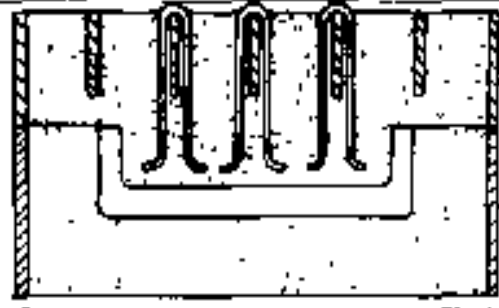

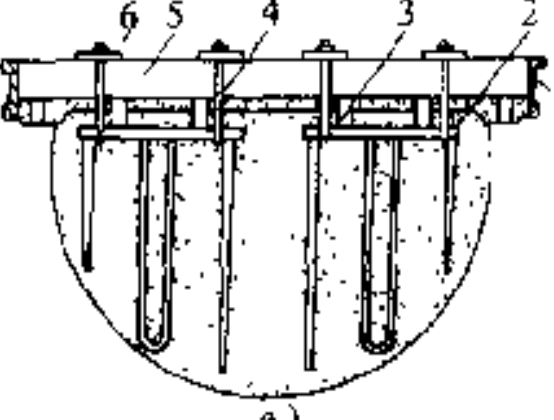
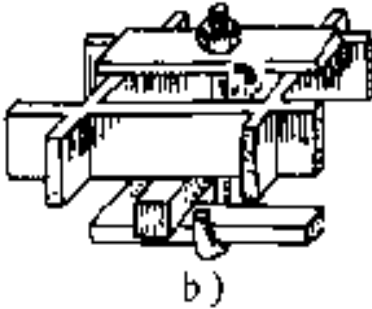
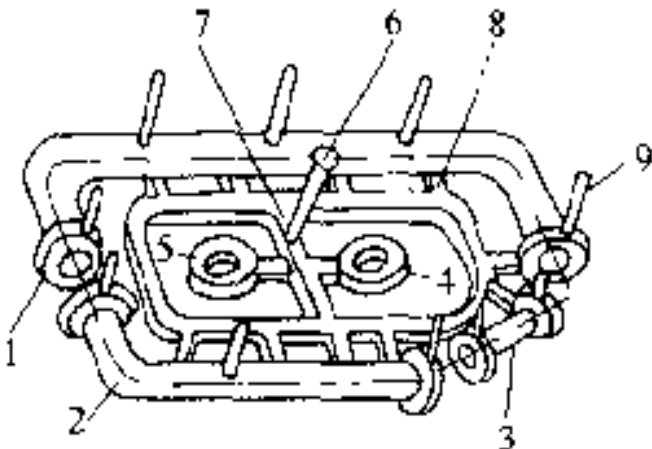
措施	说明	简图
2. 大型的吊砂用铁钩加强	铁钩用弹性不大的铁丝弯成, 一端挂在箱带上, 另一端伸入吊砂中	
3. 用箱带加强吊砂	即为定型产品, 用专用砂箱上的箱带(随形)	
4. 大而深的吊砂用骨架加强	骨架用铁钩通过鱼眼板挂在箱带上, 骨架和箱带之间塞入垫铁, 扳紧铁钩上螺母, 把铁钩收紧, 使骨架稳定	
		 <p data-bbox="863 1839 1182 1921">a) 加强吊砂方法 b) 吊砂骨架的紧固</p> <p data-bbox="735 1928 1302 2011">1-砂箱 2-骨架 3-垫铁 4-铁钩 5-箱带 6-鱼眼板</p>

表 4 25 一箱多模造型方法

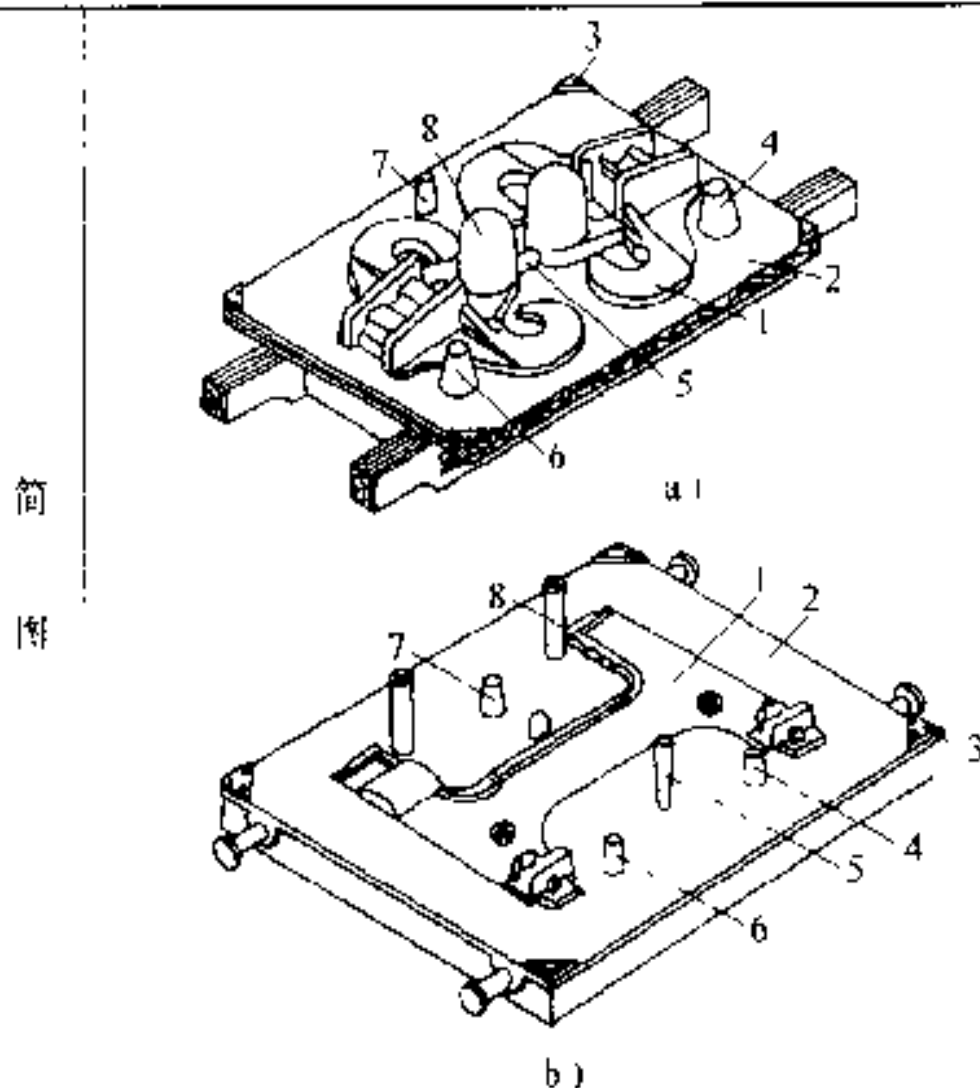
简 图	 <p data-bbox="462 929 1133 1041">1~5--铸件 6 直浇道 7 横浇道 8 内浇道 9--出气孔</p>
万 法	<p data-bbox="311 1086 1284 1198">将多个模样布置在一副砂箱内造型的一种造型方法，即为 箱多模造型</p> <p data-bbox="351 1220 1093 1265">表图中是在一箱中布置了五件不同的模样</p>
应用	<p data-bbox="351 1310 1268 1355">只适于铸件的金属牌号相同，壁厚相近的小型铸件</p>

- (11) 模板造型(表 4-26)
- (12) 脱箱造型(表 4-27)
- (13) 叠箱造型(表 4-28)
- (14) 漏模造型(表 4-29)
- (15) 抽芯模造型(表 4-30)
- (16) 劈箱造型

1) 方法 劈箱造型是将三箱造型中的中箱和模样相应部分，沿垂直方向劈成几部分，分别造型后，再组装



表 4-26 模板造型方法



a) 木质模板 b) 金属模板

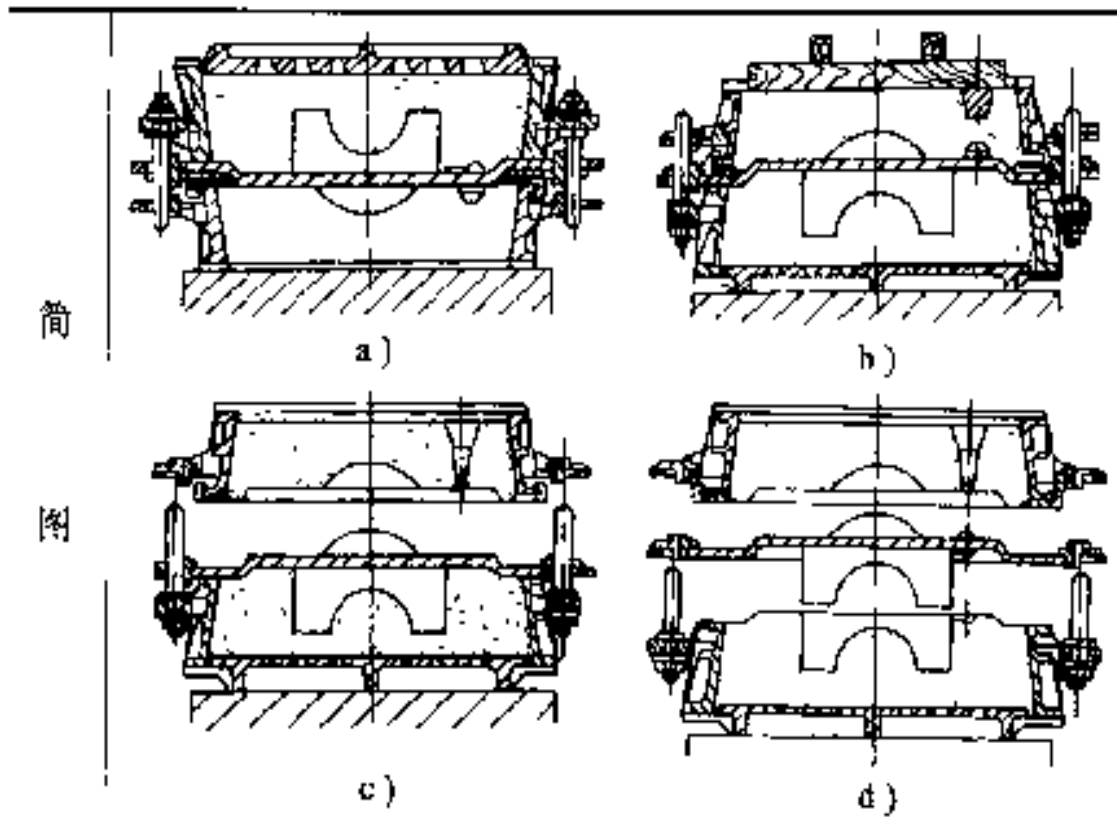
1 模样 2 模底板 3 镶角 4、6、7—定位销  
5 浇道 8 冒口

方法	模板造型又称型板造型，是把模栏、浇冒口模、定位装置固定在特制的专用造模底板上，进行造型的方法。根据铸件尺寸大小，一箱可铸一件或多件。
特点	1. 模板结构方便造型，在模板上准确地固定着模样、浇冒口模、定位装置，从而减少了要放模样，并挖浇道

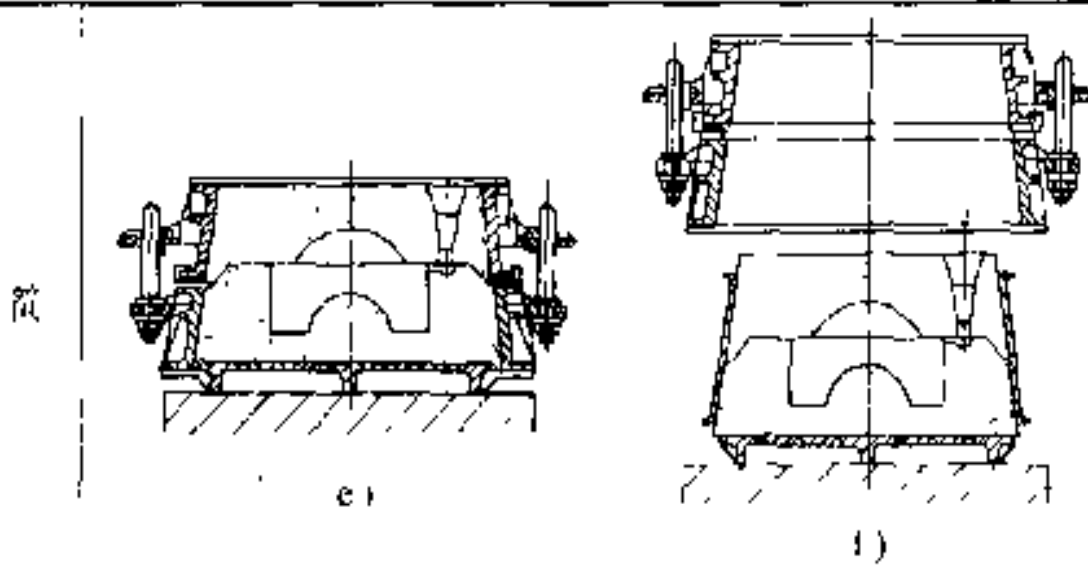
(续)

特点	<p>的工时。在模板四角镶有5~10mm厚的金属角片,造型时砂箱不直接接触模板,而且保证了分型面高出分箱面,这样,既保护了模板又提高了造型质量</p> <p>2. 可实现上下型分别在两块模板上同时造型(称分箱模板造型),造型后在下型定位能孔中,放入金属质或水玻璃砂质的定位锥销,便可合型浇注。不仅准确合型减少错箱而且缩短造型周期</p>
应用	<p>模板造价较高,但简化了造型操作,缩短了造型周期,提高了生产率和铸件质量,因此,对于生产批量较大,尺寸精度要求较高或专业化生产的铸件特别适用</p>

表 4-27 脱箱造型方法



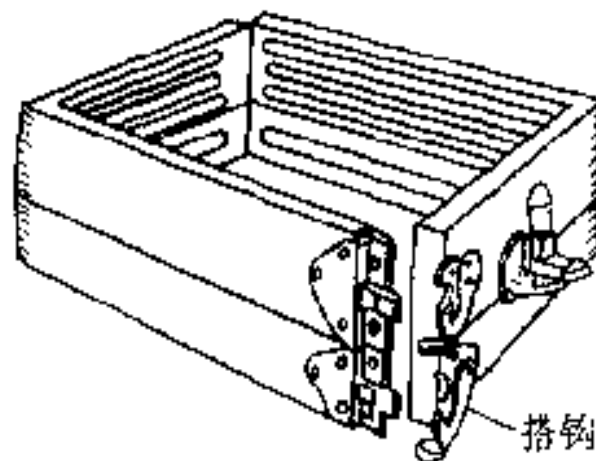
(续)



## 脱箱造型

- a) 造下型，放置托板 b) 翻转 180°，造上型  
 c) 提起上型 d) 取出模底板 e) 合好上型  
 f) 缩进上箱下部活动支承与下箱销紧、脱箱、套箱

图



## 可脱式砂箱

方  
法

脱箱造型又称活箱造型或脱活匣子。造型用的砂箱是可脱式砂箱，能松开与合拢。合拢砂箱，扣上搭钩即可造型。松开搭钩脱去砂箱，就留下砂型，如表图所示

(续)

特点	可脱式砂箱两端有定位装置,内壁开有长条形沟槽,以防搬运中砂型从箱内滑出,四角中有两个对角边是刚性固定,另两个对角边中,一个是铰链连接,另一个用搭钩连接,砂箱可以方便地打开与合拢。如表图所示
应用	适于湿型成批生产的小型铸件

表 4-28 叠箱造型方法

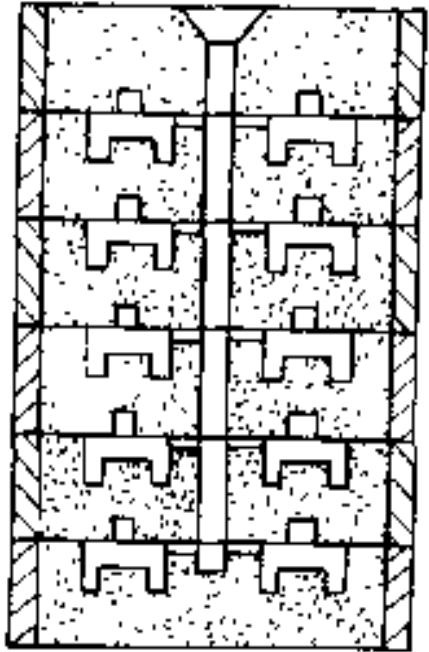
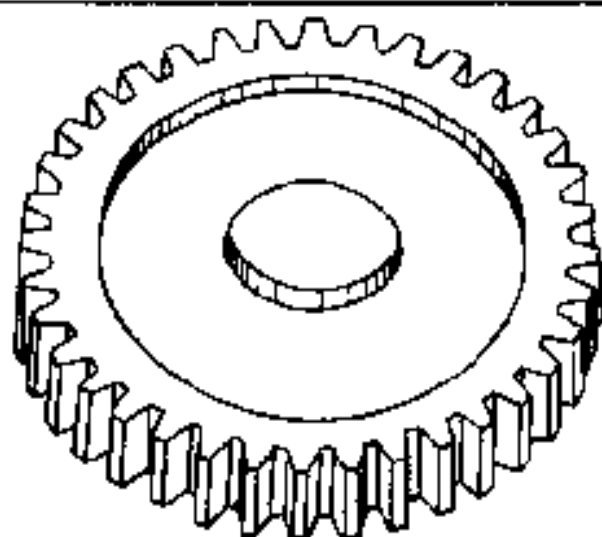
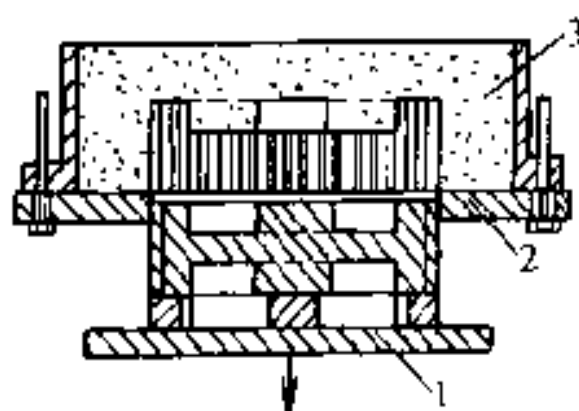
简图	
方法	<p>除最下层和最上层的砂型是只有一个面有型腔外,中间每层砂型的上下两面都有型腔,上面构成型腔的下部,下面构成型腔的上部,两块砂型叠加起来则形成一个完整的型腔</p> <p>叠箱造型就是将造好的砂型叠起来,用一个公用直浇道将金属液自上而下的引入各个型腔。如表图所示</p>
应用	适于成批生产的小而薄的铸件,可以用大包浇注小件

表 4-29 漏模造型方法

简  
图

a)



b)

漏模造型

a) 铸件 b) 进行漏模

1 - 模底板 2 - 漏板 3 - 砂型

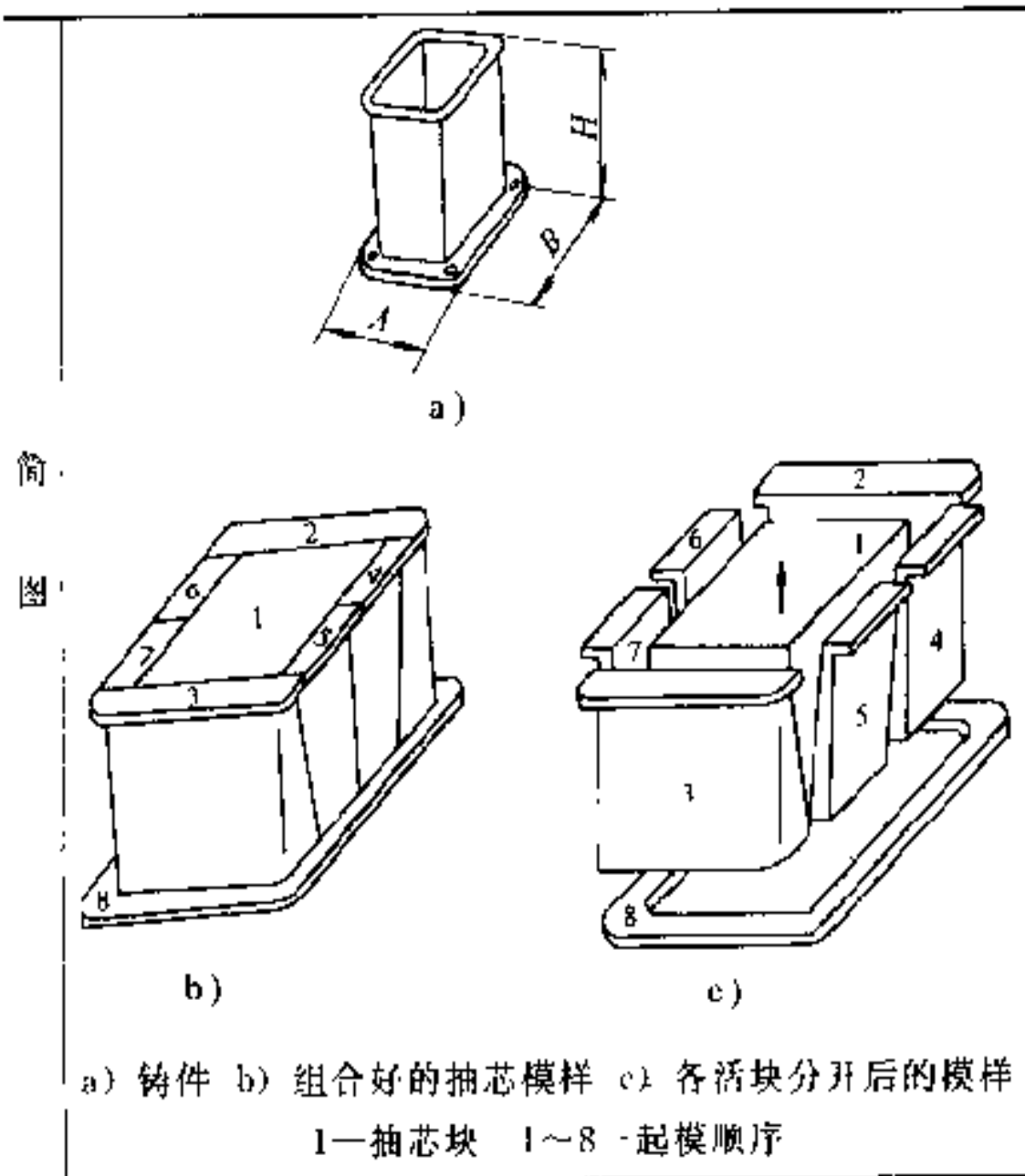
方  
法

漏模造型是将模样固定在模底板上,起模时,模样随模底板经漏模板漏出,而具有一定紧实度的型砂被漏模板托住,从而形成形状完整的砂型。如表图所示

(续)

应用	适于生产数量多、起模困难的铸件。如大量生产的齿轮、散热片、电动机外壳类的铸件
----	--

表 4-30 抽芯模造型方法



(续)

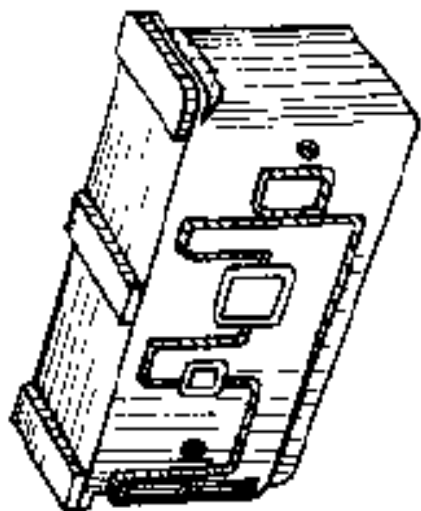
方法	抽芯模造型又称劈模造型。它是将模样分割、由中心块和周边的若干活块组成(表图所示),在模样各活块贴合面上做出较大起模斜度,模样四侧不放起模斜度。起模时,先将中间的中心块抽出,而四侧的活块,稍加松动便可依次序顺利取出
特点	对轮廓尺寸较大,起模高度较深,特别是尺寸要求较严,而起模又困难的铸件,抽芯模造型具有特殊效果,尤其是用水玻璃 CO <sub>2</sub> 硬化砂或树脂自硬砂造型更为合适 抽芯模造型用于将模样分成若干块,其贴合面接缝要求严格制造成本高
应用	适于生产批量较大的中、大型铸件

而成的造型方法。见图 4-1 与图 4-2 所示。

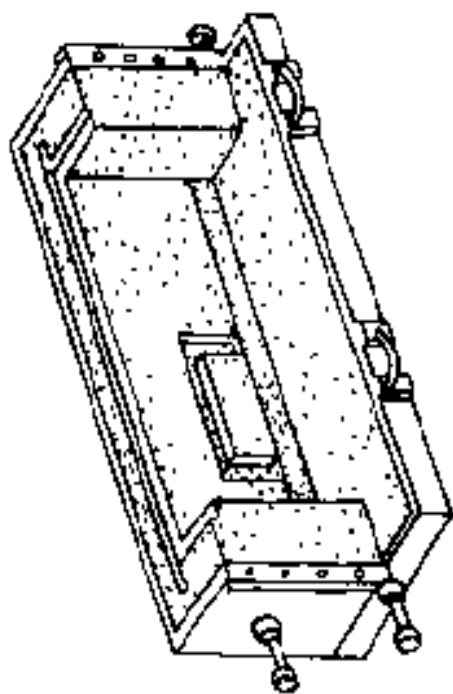
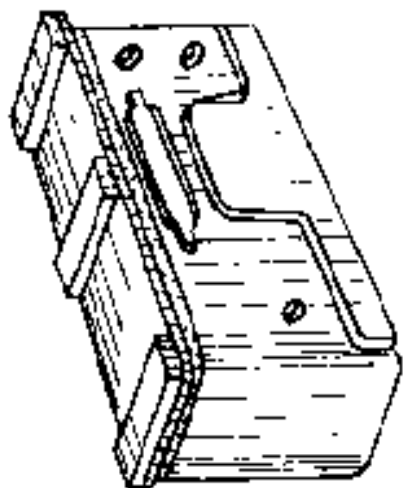
中箱通常劈成两部分或四部分,两端的称端箱板,两侧的称侧箱板。箱板和砂芯采用模板造型。然后,将砂芯先在专用的下箱平面上装配,清除灰尘杂物后,再吊装侧箱板和端箱板,并将其紧固。最后放上上箱,形成一个完整的铸型。

2) 特点 劈箱造型的模样和砂箱需劈分成几部分,使制造费用增加,生产准备周期长,但是它具明显优点:

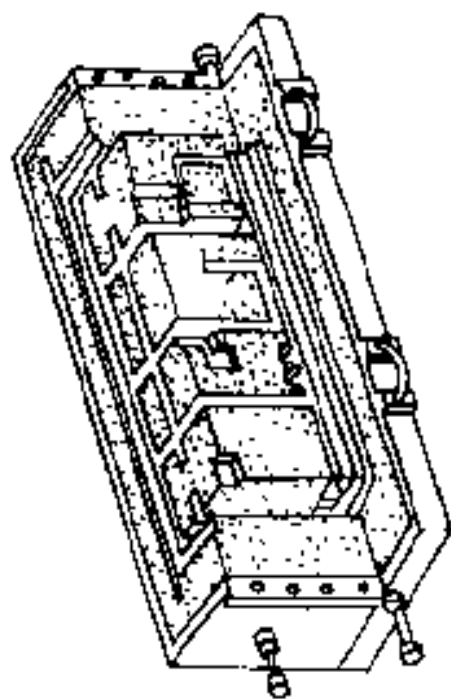
① 模样劈分成几部分后,使舂砂高度大为降低,填



a)



b)



c)



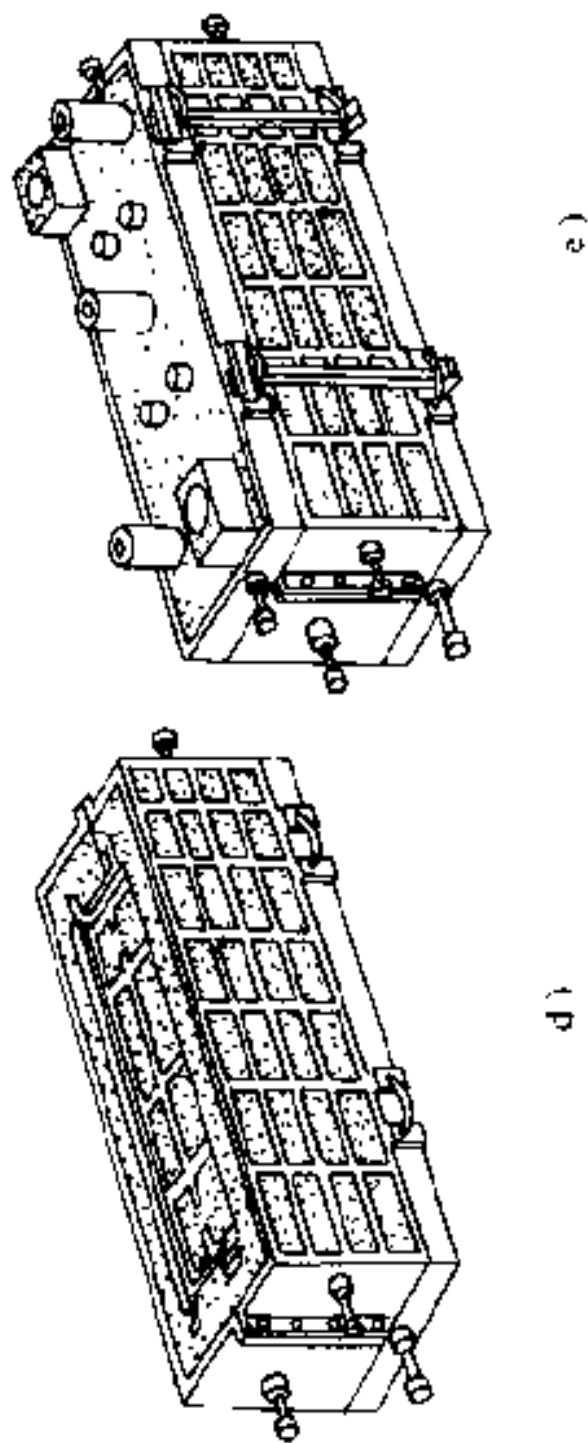


图 1 中箱造型—

(中箱劈成二部分)

- a) 模样 b) 在下箱平面上装上下侧型  
c) 装入砂芯 d) 装上前侧型 e) 合上上型

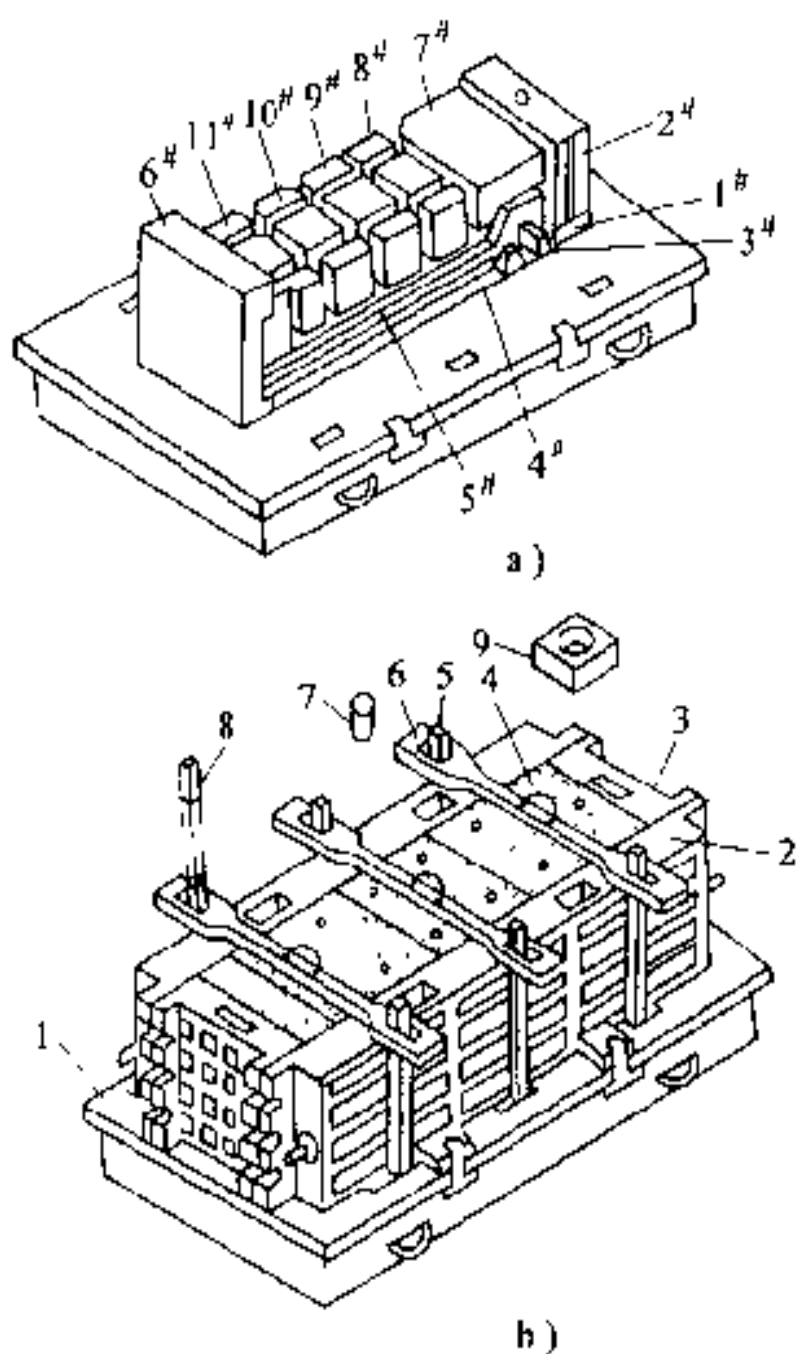


图 4-2 劈箱造型二  
(砂箱劈成四部分)

a) 在平箱板上装配砂芯 b) 装配好的砂型

- 1 平箱板 2 侧箱板 3 一端箱板 4 砂芯 5 方钢 6 拉杆  
7 排气孔圈 8 塞铁 9 浇口箱 1# ~ 11# 砂芯编号

砂、春砂、起模、修型的操作方便省力,显著提高生产率。

②) 几块模板同时造型,缩短造型周期。

③) 在敞升情况下配箱,使下芯、检测、修整方便,浮砂及杂物易吸除,从而改善了劳动条件。

1) 提高铸件尺寸精度,减少了铸造缺陷。

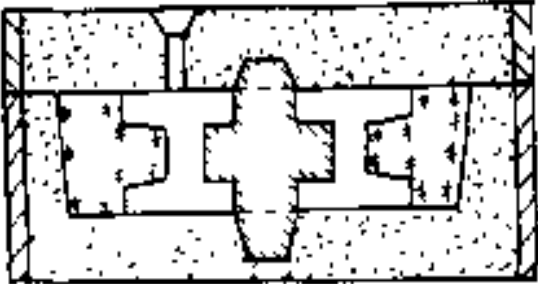
3) 应用 劈箱造型适用于成批,或大批生产的,定型定的,大型的复杂结构铸件。特别是大型复杂结构的箱体类铸件。如机床床身、大中型柴油机缸体及标准砂箱等,效果更为明显。

当车间起重设备受限制情况下,成批生产的定型的重大复杂件,也可采用劈箱造型。

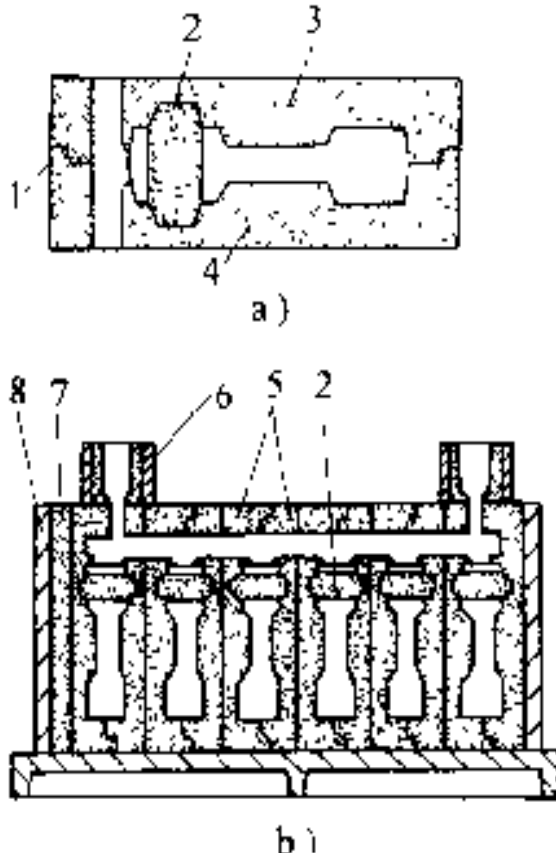
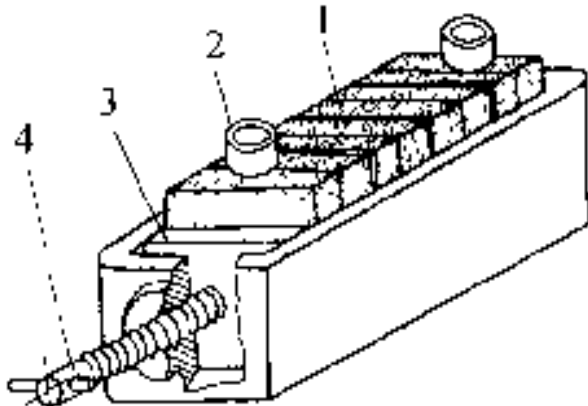
### (17) 组芯造型

1) 方法 组芯造型又称全芯造型,即铸件的外形和内腔的形状全由烘干的芯子组合而成的一种造型方法,见图 4-3 所示。常用组芯方法,见表 4-31

表 4 31 常用组芯方法

组芯方法	说 明	简 图
1. 在砂型内组芯造型	铸件外形砂芯和内腔砂芯,依次放入砂型内,以砂型为外围紧固砂,芯	

(续)

组芯方法	说 明	简 图
2. 在砂箱内组芯造型	将砂芯组合后, 套上普通砂箱, 砂箱与砂芯间隙用型砂填实, 以紧回砂型	 <p>a) 锤头合型 b) 砂箱内组芯</p> <p>1 止口定位 2—砂芯 3、4—半型组型 5—浇口杯 6—填砂 7—砂箱</p>
3. 在专用夹具中组芯造型	批量大的件, 在专用夹具中进行组芯造型, 以夹紧砂型	 <p>1—组砂型 2 浇口杯 3—活动板 4 螺柱</p>

(续)

组芯方法	说 明	简 图
4. 地坑中组芯造型	在地坑中用刮板刮出砂套和基准面, 然后在其中组芯, 砂芯与地坑砂套间隙用填实型砂	

## 2) 应用

(1) 成批生产的, 模样从砂型中起模困难的, 外形复杂的铸件。

(2) 某些特大件的生产, 因受生产条件限制, 或模样容易变形, 也可采用组芯造型。

### (18) 埋砂芯块造型

1) 方法 埋砂芯块造型是一种避免分型面过多, 简化造型操作的造型方法。

如图 4-4 的四通铸件模样, 若要使铸模从砂型中取出, 需要二个分型面, 一个分型面如图所示, 另一个分型面应在法兰 4 处, 为免去法兰 4 处分型面, 可将法兰 4 作成活动的, 然后采用埋砂芯块的造型方法。

2) 特点 采用砂芯块造型时应注意, 砂芯块应用强度较高的芯砂制作, 且为干芯, 埋砂芯块处的砂型紧实度要高, 砂芯块与砂型应有足够大的接触面积。

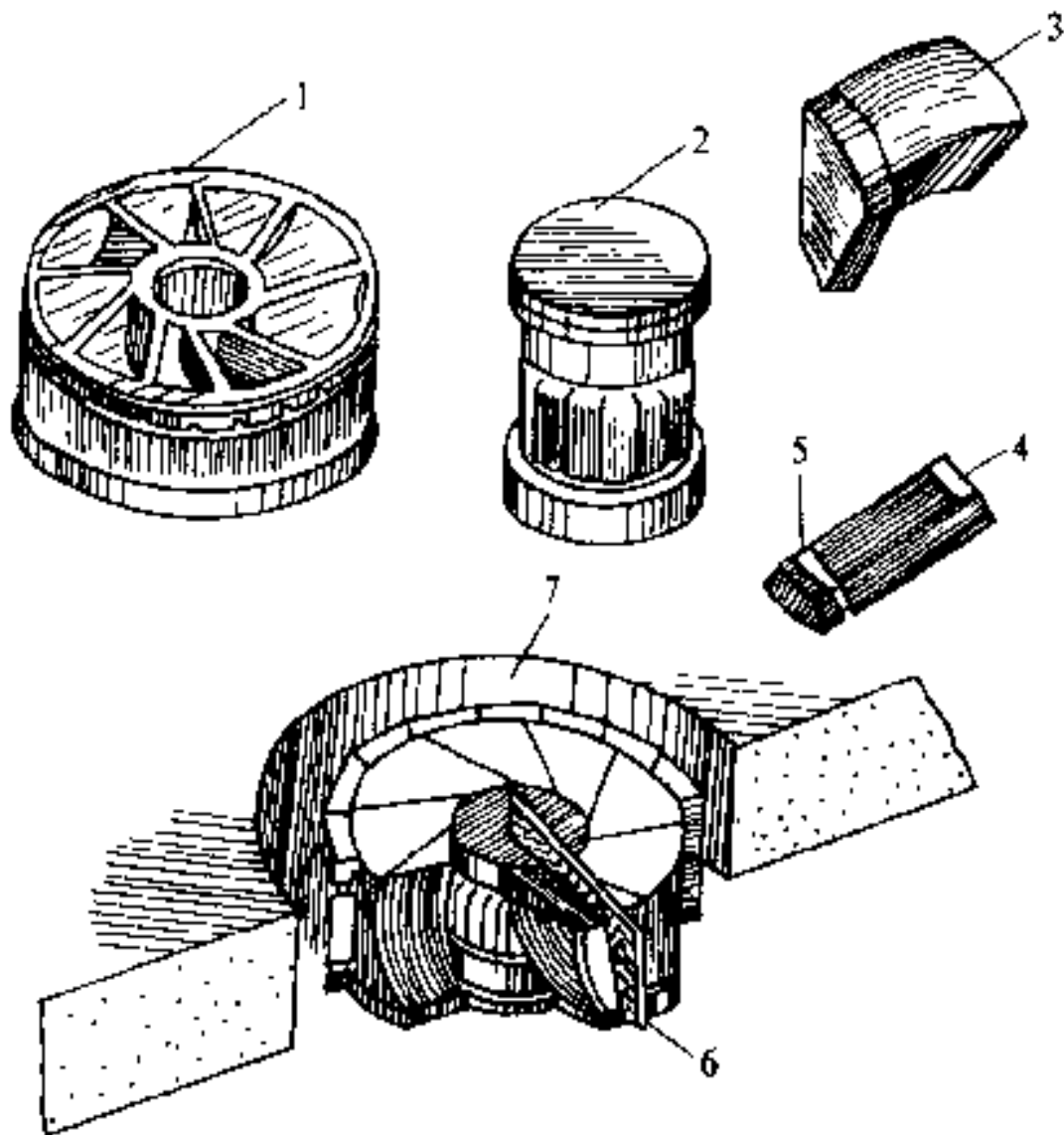


图 4-3 组芯造型

- 1 铸件 2—轴孔砂芯 3—轮叶砂芯  
4 外形砂芯 5—浇道 6—样板 7 地坑

3) 应用 有些铸件上的孔不在分型面上,需要铸出时可采用砂芯块造型;有些铸件分型面过多造型操作麻烦,为减少分型面可将分型处模样做成活块,采用埋砂芯块造型。

### (19) 实物造型

1) 方法 实物造型是直接用品件作为模样进行造型的一种造型方法。

2) 特点 采用实物造型时,铸件的收缩量和加工余量可用加大松模量和在实物表面贴厚的方法来补偿,实物上的孔可用填料填实,需要时加芯头。实物上局部取模困难可用活砂方法解决。

2) 应用 实物造型用于形状简单的急需配件。

#### 2. 造型守则:

##### (1) 造型前准备与要求

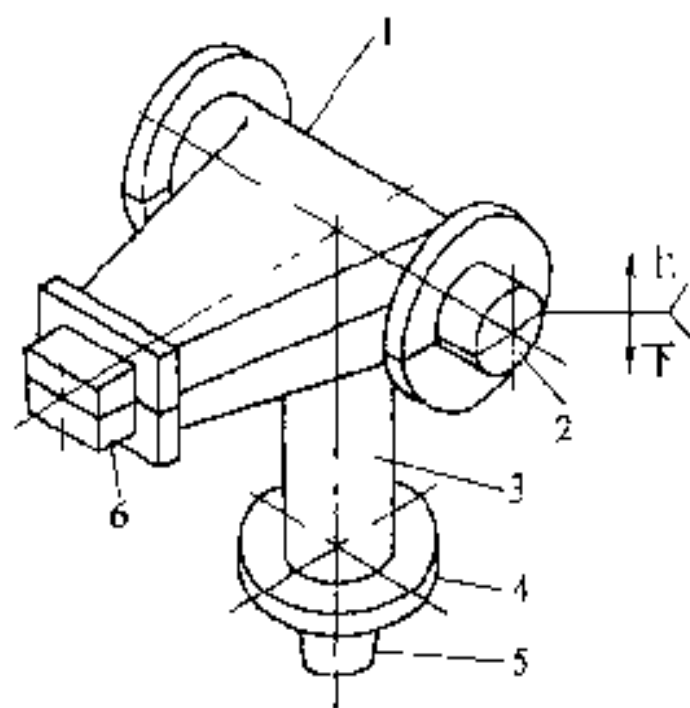
1) 熟悉铸件零件图和工艺图,按工艺要求和操作规程的规定,正确地准备模样、浇口、冒口、冷铁、模板、砂箱等以及型砂和涂料。

2) 按工艺图检查模样、活块、浇口、冒口、冷铁、模板等的件数、形状和尺寸是否完整和正确,定位装置是否严密而灵活,起模装置是否完备,如不符合要求,应即退回,配齐修好后再使用。

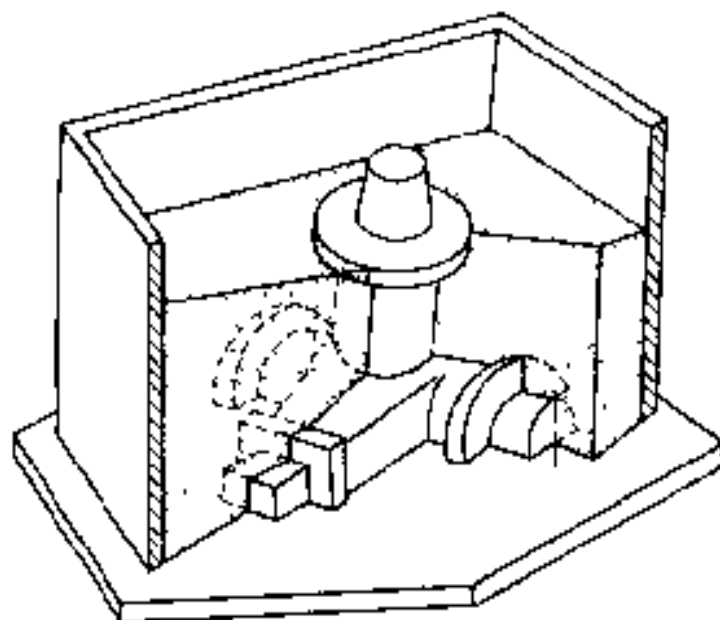
3) 内外冷铁须经清理滚筒除锈和松香酒精溶液防锈处理。表面平整干净,形状与尺寸符合工艺图要求。

4) 了解翻箱、起模和配箱操作的要求。

5) 砂箱使用前应清除粘附其上的残留干砂和锈铁皮,断裂、少吊攀的砂箱不准使用,必要时须经修复加固后方可使用。螺栓联接的旧砂箱使用前须经检查和重新



a)



b)



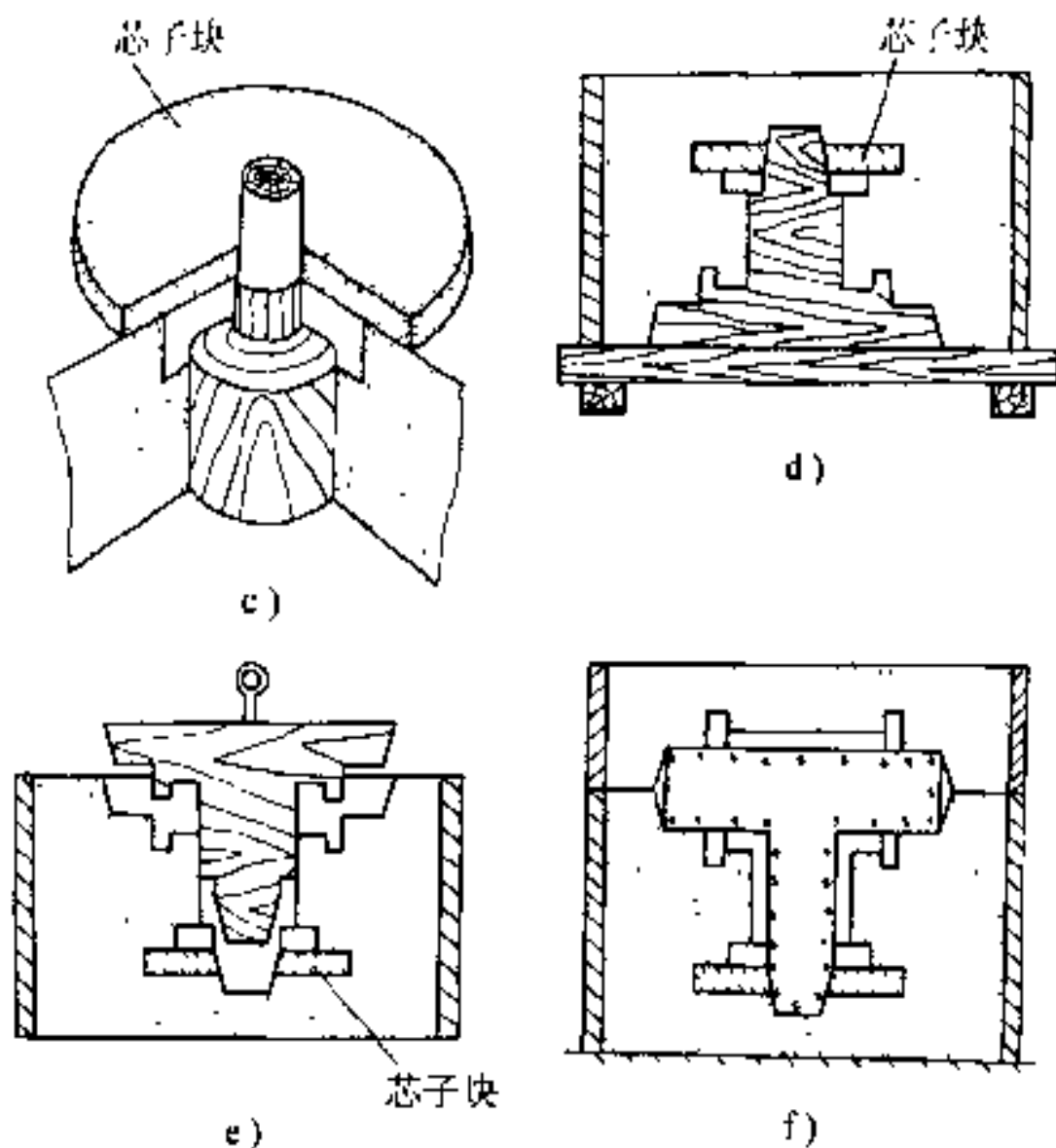


图 4-4 埋砂芯块造型

a) 四通铸件模样 b) 底板上放上箱和下模，舂砂至活动法兰 4 的上表面，刮平砂型 c) 取出法兰 4 模，套上预制的砂芯块，放到刮平的砂型面上，砂芯块下部是法兰 4 的型腔 d) 继续填砂、舂满下箱 e) 下箱翻转 180°，放上箱和上模，造上型、開箱，分別起模，砂芯块留在下型内 f) 合型

1—上模 2、5、6—芯座模 3—下模 4—法兰盘(活动的)

加固后方可使用。

6) 在砂箱内放置模样的要求:

① 模样应能从砂型中顺利取出。

② 铸件上的加工面,特别是重要加工面,应在浇注时处于底面、或侧面,尽量避免处于顶面。

③ 放好模样后,要留有开设浇冒口的位置。

④ 模样边沿到砂箱内壁各部分的吃砂量要求如表 4-32。

表 4-32 吃砂量

铸件类型	侧 面	底 面	冒 口距箱带
中小型模样/mm	$\geq 80 \sim 120$	$\geq 100 \sim 150$	$\geq 40 \sim 100$
大型模样	随模样轮廓尺寸增加,吃砂量适当增加		

⑤ 摆放模样时应考虑到与上箱中浇冒口位置一致。箱带不应妨碍浇冒口的正确设置。但在不影响质量前提下,浇冒口位置允许适当移动。

7) 一般情况下,砂箱四角应垫以厚度为 5~30mm 的垫铁,以使分型面高出分箱面。特殊情况下也不能大于 60mm,以防压塌或浇注时跑火。

8) 模样和模板应清扫干净,不得有浮尘、砂子等杂物。

9) 为防粘模和方便起模,应在模样及模板上刷涂脱

模漆和脱模剂。不同的型砂选用不同的脱模漆，如表 4-33 所示。

表 4-33 脱模漆

型砂与模样	脱模漆名称及特点
粘土砂、合脂砂、油砂用模样	刷紫胶(虫胶)片含量(质量分数)10%~42%的紫胶片酒精溶液。耐酸碱性稍差
碱性强的水泥砂、水玻璃砂用模样	刷硝基外用磁漆、耐水、耐碱性较好
呋喃树脂自硬砂用模样	刷过氯乙烯外用磁漆。有较好的耐候性、耐化学腐蚀性
各类树脂砂模样	刷聚胺酯漆。附着力强、光亮、优良的耐化学腐蚀性、耐磨性、耐久性

不同型砂脱模剂也不同，如表 4-34 所示。

10) 大中型铸件模样，或翻箱时易脱落的模样，应用铁钩将模样拉牢在箱带上。

11) 按工艺要求，将浇冒口、冷铁、砂芯排气棒、吊拉砂芯的螺栓孔棒等放妥。对吊在箱带上的和要放芯撑的大砂芯，在砂芯和箱带之间和砂芯底部放芯撑的地方，应用垫铁或放耐火砖垫结实。

12) 对大砂型和带有大吊砂的砂型，应用铁钩(砂

钩)或吊铁棍的措施加固,但铁钩和铁棍长度不能露出砂型表面,应距表面15~30mm。

表 4-34 脱模剂

脱模剂名称	使用特点
石松子粉和滑石粉	<p>石松子粉质量轻、不易为水、油所润湿,故为理想分型脱模剂</p> <p>滑石粉有油脂光泽,熔点1200~1300℃,用作非铁合金铸件与小型铸铁件涂料、敷料和脱模剂</p>
全损耗系统用油(机油)和煤油、柴油	<p>两者均为脱模剂</p> <p>而煤油还可用作合脂、渣油的稀释剂</p>
甲基硅油和甲基硅油乳状液	脱模性能优良

13) 放好合型用的内箱锥。

(2) 填砂与舂砂

1) 型砂性能必须符合工艺要求。

2) 填砂。

① 放砂箱之前,先将面砂均匀地敷在模样上,不易紧实的凹深部位、转角可光捣一捣,或用手按实,或将面砂抛上去,较高的立面可放好砂箱后,再填面砂。面砂应

过筛，在紧实后的厚度要求如表 4-35 所示。

表 4-35 面砂紧实后的厚度 (mm)

小型铸件	中型铸件	大型铸件
20~40	30~60	50~100

② 面砂上部填入松散的背砂，填入量每次不宜过多，每次填砂厚度一般控制如表 4-36 所示的厚度。

表 4-36 每次填砂厚度 (mm)

手工砂春子春砂	手工风春子春砂
75~150	150~250

③ 粘土砂干型，为减少收缩阻力，填砂时需在冒口周围及妨碍铸件收缩部位，填入锯末砂。

### 3) 春砂

① 春砂时，砂春子不能直接春打在模样上。

② 春砂时，应留心并采取措拖，不能使模样，模样上的活块、冷铁、浇冒口春偏，位置移动，保持浇冒口垂直。

③ 春砂时，应先春砂箱四角，使模样定位，后沿箱壁四周由外向里春实。逐层春实，紧实度应均匀。

④ 春砂时，砂箱内各部紧实后应有区别，一般要求

箱边附近和型腔表面应比其它部位紧。型砂不同紧实度也不同,如石灰石水玻璃砂一定要舂紧而粘土干模砂,则要松紧合适。

紧实度可用砂型表面硬度计测出,对湿型测得硬度读数一般要求是:

湿型小件为 50~70

湿型大件为 70~90

(3) 砂型排气 金属液注入型腔后产生大量气体,除靠砂型本身透气性逸出外,同时还应根据铸件结构,采用扎排气孔和安放出气冒口排气。

1) 上型和下型舂实刮平后,均应用通气针扎出出气孔。一般要求如表 3-37 所示。

表 4-37 对扎气孔的要求 (mm)

出气针直径		2~8
出气孔深度即气眼距模样表面距离	干型	30~50
	湿型	10~15
出气孔间距	大件	150~250
	小件	100~150

2) 在上砂型中局部凸台、细薄部分、铸件最高处、或易集气的地方,应扎出出气孔或安放出气冒口。

3) 一般薄平件砂型的排气：上型排气采取在分型面上距型腔边沿 5~10mm 处到砂箱边，划出多条窄的排气沟来排气。下型排气采取起模前在分型面上沿模样一周刻出一条排气槽，并通到砂箱边，另用一弯曲的弧形通气针在排气槽内扎出气孔。

4) 较高的砂型排气 每春一层均要扎出大量出气孔，以使最下面的气体排出型外

5) 吊砂很高的砂型排气：春砂时在吊砂中埋入一根草绳，每春一层从草绳处向外扎出气孔。也可用管子替代草绳，春实后抽出管子。

6) 大砂型或高砂型排气：春砂时可在砂箱四角和边沿埋入适量焦炭、炉渣等加强排气。或每春一层后扎出大量出气孔，以助最下部气体排除型外。

7) 对不是春实，而是将模样敲入砂床的砂型排气：在敲模前，在松软砂床上垂直扎出一些出气孔，后用手抹平，再将模样敲入砂床。

#### (4) 分型面修整与隔离

1) 分型面修整 两箱合型造型时，在下箱春实翻箱后，不应急于放上箱，应先对下箱分型面进行修整。

① 分型面应修光压平。

② 模样四周应修的低一些，形成一个小披缝，以防起模时带出型砂合型时压坏砂型。披缝尺寸要求如表 1-38 所示。

表 4-38 披缝的尺寸 (mm)

砂型类别		披缝厚度	披缝宽度
粘土砂干型	中小型	1~2	20~30
	较大型	3~4	
湿型		1. 披缝可适当减小 2. 也可不留披缝	

2) 分型面隔离 两箱合型造型, 下型分型面修好后, 放上箱前, 应隔离分型面。措施与应用如表 4-39 所示。

表 4-39 分型面隔离的措施与应用

隔离措施	应用
分型砂隔离	直接在分型面上均匀地撒上细干砂(即分型砂, 又称隔离砂), 注意散落在模样上的干砂应清除干净。 适用于粘土砂干型、湿型、以防上下分型面粘合
油纸或塑料薄膜隔离	用涂过稀油的纸, 或塑料薄膜贴附在分型面上 适用于水玻璃砂(CO <sub>2</sub> 硬化的砂型, 防止上箱吹 CO <sub>2</sub> 时向下型窜气



斜度较大分型面,撒上分型砂留不住时,采用如下措施:

a) 干型 可先在斜的分型面上喷一些清水,再撒分型砂。

b) 湿型 可在斜的分型面上铺一层旧报纸替代分型砂。

#### (5) 上下砂型定位

1) 尽量采用定位销。

2) 两箱合箱造型

a) 可采取金属定位锥和水玻璃砂锥定位。造下型在砂箱内三个角附近各放一个下半锥(母锥),翻箱后将另三个半锥(公锥)分别放入下半锥上,造上型。起模时,将上下型的金属锥取出。合型时放入三个形状和尺寸与金属锥一样的整体水玻璃砂锥定位。

b) 小型造型,采用合型号(泥号、或粉号、或划线)定位。开箱前在砂箱三个侧面的分箱缝处,清理干净、刷泥浆水、打泥号。泥号要求:线细、顺直、规整、清晰。

c) 也可采用埋入砂质,或砖质箱锥与合型号结合的定位方法。

3) 两箱分型模板造型 采用上下模板上设置固定的铁质锥套和箱锥定位。

#### (6) 开箱与翻箱

1) 开箱前先从上型拨出直浇道棒、明冒口,并将浇

冒口的上口部位的砂型光平,修整,并刷涂料,撒细干砂。

2) 開箱前,先用撬棍在上下箱搭手间稍微撬动,以使模样与型腔间产生微小间隙。

3) 開箱时应留心不要碰坏箱壁上的合型号。

4) 開箱时,小砂型可用两人合作開箱,必须行动一致垂直抬起。大砂型需用桥式起重机開箱,起重吊钩应调整到上型重心上方,挂上链条后先调整松紧程度,然后由一人指挥,两人扶正,开始缓慢吊起,防止摆动。

5) 翻箱时,要严格注意安全。拉模样的螺栓须在砂箱侧立平稳后去除。翻箱后砂箱应摆放平稳。

### (7) 起模

#### 1) 松模

① 清除分型砂。

② 粘上砂干型,可沿模样边沿均匀刷一层水润湿砂型,修分型面。必要时在分型面和模样四周插钉子加固。

③ 松模即活样子,松模量的要求如表 4-40 所示。

表 4-40 松模量 (mm)

模 样 深 度	松 模 量
小件: < 200	1~2
大件: > 500	2~3.5

④ 松模时,小模样应敲起模针,大中模样应用木锤

子，或垫上木块敲击模样。前后左右用力应均匀。

## 2) 起模

① 起模针(钉或钩)应设置在模样重心的上方。

② 开始起模时，先用锤子向下敲击起模针，使粘在模样上的型砂脱落，而后将起模针垂直向上提起，同时用木锤子轻轻敲击模样，待全部模样起出时，应迅速向上提出，不可偏斜和摆动。以免碰坏砂型。

③ 较大模样可以钉入两根起模针起模，减少摆动。

④ 为防止起模时带起周围型砂，可在模样四周砂型上压上压板后起模。

⑤ 不要践踏型腔表面和分型面，必要时应垫上平板等脚踏物。

⑥ 取出的模样、浇冒口应放置在一定位置，不可乱抛。

## (8) 砂型修整与增强

### 1) 修型

① 起模后，应检查分型面、型腔、发现局部松软、损坏或裸露背砂的地方，应仔细用面砂补修，使其恢复原来形状和尺寸。

② 修型应先内后外、先上后下有次序进行。以免已修好的砂型又被散砂落入弄脏。

③ 对大面积损坏处的补修，应先挖除表面层型砂，或将表层划毛，再填补高出原平面的面砂，修压后与原平

面平齐并粘牢在一起。

④ 补修粘土砂型时，若砂型太干，可先喷一层水润湿，补修后局部烘烤。补修水玻璃砂型和呋喃树脂自硬砂型，严禁用水润湿。

⑤ 所有铸件的内角都必须修成圆角（除芯头外），冒口与铸件相连的根部必须打成圆角。冒口根部的圆角如表 4-41 所示。

表 4-41 根部圆角 (mm)

冒口直径 $d$ 或宽度 $B$	$< 200$	200~	300~	400~	$> 500$
		300	400	500	~800
冒口根部 圆角半径 $R$	20~	30~	45~	60~	$> 70$
	30	40	60	70	~80

⑥ 暗冒口要扎出大气压芯的孔和出气孔，出气孔直径要求如表 4-42 所示。

表 4-42 出气孔直径 (mm)

暗冒口直径 $D$ 或宽度 $B$	出气孔直径 $d$
$\leq 200$	$> 30$
$\leq 350$	$\geq 40$
$> 350$	$\geq 50$

冒口与铸件同样大时，要留出明显的气割印。

⑦ 按工艺规定的部位修出防裂坎。

⑧ 修型时应保持砂芯座形状和位置正确。砂芯座底部，或出气孔四周应挖出小沟槽，以便放白泥条。必要时在分型面上挖出砂芯的出气槽。

⑨ 能在湿型内落好的砂芯(即干芯湿下)尽量落好固定，做到尺寸准确，出气孔通畅。

⑩ 特殊重要件，按规定在砂型内适当位置打上编号。

2) 砂型的增强 对浇注中砂型易起砂或经不住金属液冲刷的部位进行增强。增强措施一是插钉子，二是刷涂料(见序号(9))。

① 对干燥过的砂型或已硬化的砂型，在补修后应插钉子以形成坚实骨架。

② 修补好的大平面、凸台、转角、浇口附近，应插钉子加固。

③ 插明钉时，钉头应与砂型表面平齐。插暗钉时，钉头应敲扁，低于砂型表面 3~5mm，用面砂覆盖。

④ 插钉的长度，根据砂型面积和结构选取，一般钉长为 50~200mm，间距为 25~100mm，不能用弯的钉子。

⑤ 钉子应先润湿一下再垂直插入砂型，大平面上的插钉应错开排列。

### (9) 刷涂料

1) 刷涂料前应将型腔内，浇冒口内的散砂清理下

淨。

2) 涂料应刷的均匀, 凹陷处不许涂料堆积。刷完涂料的砂型必须是光滑的。

### 3) 干模砂刷涂料

① 涂料种类按工艺规定使用。

② 涂料搅拌均匀再用。一般小砂型应刷1~2遍, 中大型应刷2~3遍。刷第一遍时涂料应稠些, 密度控制在 $1.6\sim 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 之间, 刷完后应晾干一段时间, 再光压一遍, 继续刷下一遍。第二、三遍涂料应稀一些, 密度控制在 $1.4\sim 1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 之间, 刷完后晾干2~4h, 即可进窑烘干。厚壁大型铸件可抹涂膏, 涂膏厚度一般为1~2mm。

③ 在砂型内湿落的砂芯(即干芯湿下)应连同砂型再刷一遍中等浓度涂料。

④ 芯头部分可刷白泥浆涂料。

### 4) 湿型用敷料

① 将预先配制好的干敷料装在粉袋中, 抖动粉袋将敷料均匀地散在湿型表面, 必要时可用钹勺光压, 使其粘牢。

② 也可将干敷料直接撒在砂型表面, 用排笔沿一个方向将敷料涂扫, 使其均匀分布在砂型表面。

3) 呋喃树脂自硬砂型, 用醇基涂料(即快干涂料)均匀刷在砂型上, 点燃后即可固化。也可采用自干涂料, 涂料刷在砂型上, 待分散介质挥发后固化。

6) 造好砂型应按砂箱大小整齐堆放,砂箱间用垫铁垫箱。垫铁厚度,中小箱为 50~100mm,大箱为 150~200mm。

### (10) 硬化

#### 1) 水玻璃砂型的硬化

① 水玻璃  $\text{CO}_2$  砂的硬化,应控制适当的  $\text{CO}_2$  压力和流量,在半硬化状态下起模。硬化可用气眼针以穿透砂型的程度来判断。过量的  $\text{CO}_2$  会使铸型发酥或产生白霜。

② 水玻璃砂型也可采用真空置换硬化法。

③ 有机酯水玻璃自硬砂型的可使用时间较短,因此最好选用连续混砂机混砂造型,可缩短混砂时间。夏季采用硬化速度慢的有机酯和低模数水玻璃。冬季采用硬化速度快的有机酯和高模数水玻璃。应在可使用时间内完成造型。

2) 呋喃树脂自硬砂型的硬化:硬化速度应从控制树脂自硬砂的可使用时间和脱模时间着手。

### (三) 刮板造型

刮板造型是利用特制的成型板刮制铸型的一种造型方法。刮板是主要模具。刮板造型的类型、特点及应用,见表 4-13。

1. 旋转刮板造型 旋转刮板造型,即绕垂直轴旋转的刮板造型。

表 4-43 刮板造型的类型、特点及应用

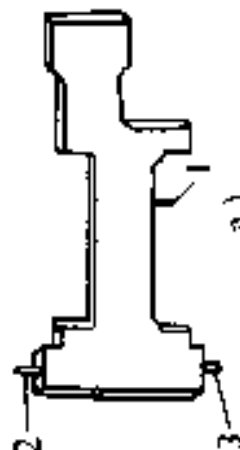

类型	旋转刮板造型	摇板造型	导向刮板造型	骨架模造型
特点	刮板绕垂直轴旋转	刮板绕水平轴旋转	刮板沿导向框定向移动	刮板沿特殊框架滑动
优点 (与实样模砂箱造型比较)	<p>1. 刮板的制作容易、投产快、节约制模材料和工时，成本低</p> <p>2. 可在砂箱内造型或地坑里造型；可刮制湿型也可刮制干型；当铸件结构不能完全采用刮板造型时，也可用刮板-实样联合造型</p> <p>3. 刮板造型定位，可采用“十字线定位”，随刮板刮出“止口定位”、“圆线定位”</p> <p>4. 大中型铸件采用刮板造型，其尺寸精度较实样模造型要高。虽操作较麻烦，费工时，精度差，但对单件生产的大件还是较经济的</p>			
应用	适用于单件、小批生产的大中型旋转体铸件，或外形简单的铸件			

(1) 旋转刮板的分类 生产中根据铸件大小，采用不同结构的刮板旋转轴，以此将刮板分为小型刮板和大型刮板两种类型，见表 4-44。

(2) 旋转刮板架设方法 小型刮板和大型刮板的架设方法不同。



表 4-44 旋转刮板的分类

类型	特征	应用	简图
小型刮板(顶针刮板或木芯刮板)	小型刮板自带旋转轴,在木质轴两端装有铁钉,用铁钉做旋转轴的轴心	适用于直径小于 1000mm 的小型回转体铸件	
			
			<p>1---铁钉 2 上顶针 3 下顶针</p>

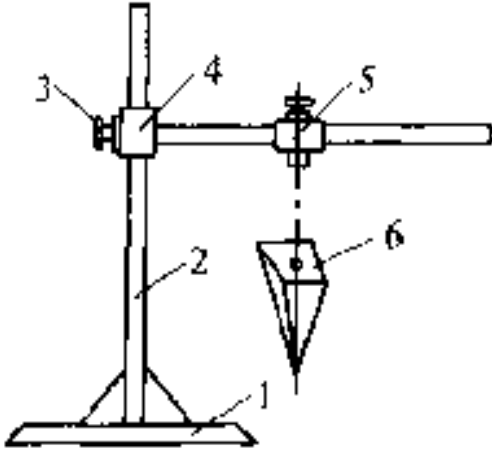
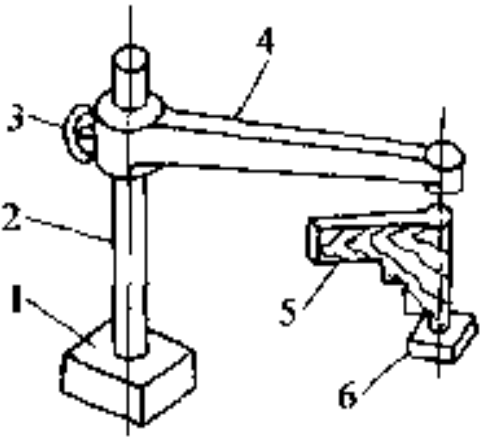
(续)

类型	特征	应用	简图
大型刮板(轴杆刮板,或铁芯刮板)	大型刮板在操作时承受的作用力很大,要求刮板刚度要好,因而将刮板用螺栓紧固在坚硬的旋转臂上,旋转臂带着刮板围绕固定中心轴旋转	适用于直径大于1000mm的中、大型回转体铸件	

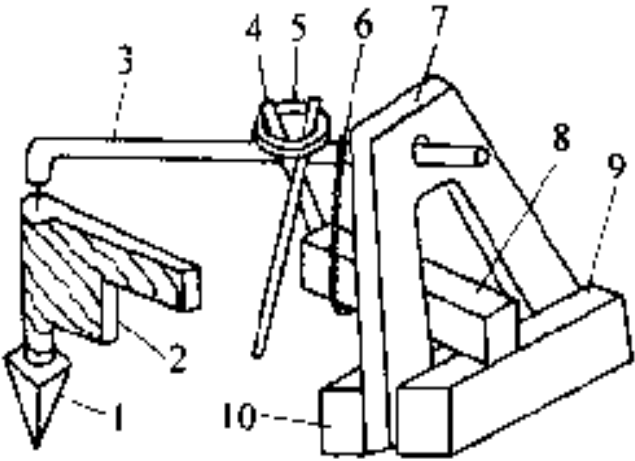
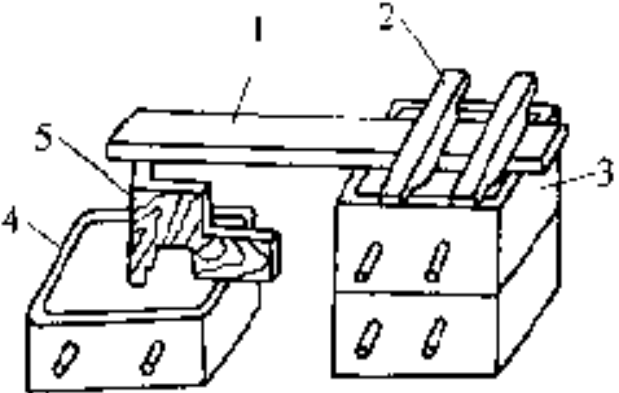
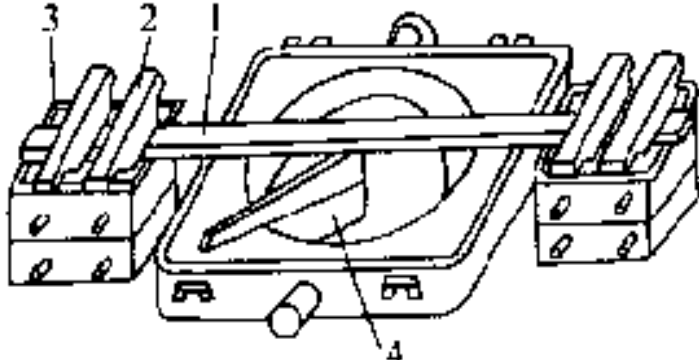
1 铁钉 2—螺钉 3 薄钢板  
4—长形螺栓孔 5 可拆部分

1) 小型刮板的架设 小型刮板架形式、有悬臂式和过桥式两类。过桥式较稳固，可刮制尺寸稍大些砂型。小型刮板的工装附具简单，见表 4-45。

表 4-45 小型刮板架的形式

形 式	简 图
悬 臂 式  可调式悬臂 刮板架	 <p>1—底座 2—立轴 3—紧固螺钉 4—转动臂 5—可调滑套 6—木桩</p>
固定式悬臂 刮板架	 <p>1—底座 2—立轴 3—紧固螺钉 4—转动臂 5—刮板 6—木桩</p>

(续)

形 式	简 图
铸铁马鞍式 刮板架  悬 臂 式	 <p>1-木桩 2 刮板 3-悬臂杆 4-支承杆 5-铁环 6 铁丝 7 马架 8、9、10 压铁</p>
砂箱式悬臂 刮板架  式	 <p>1-悬板 2 压铁 3、1 砂箱 5 刮板</p>
过桥式刮板架	 <p>1-过桥 2 压铁 3-砂箱 4-刮板</p>

可调式悬臂刮板架架设方法：

- ① 在砂箱外适当位置放置刮板架。
- ② 放上压铁稳固刮板架。
- ③ 在箱内确定刮板轴的位置，砸入木桩。
- ④ 刮板下顶针放入木桩孔内，调节悬臂高度和可调滑套位置，将刮板上顶针放入滑套孔内，松开紧固螺钉。
- ⑤ 旋转刮板  $360^\circ$ ，刮板工作面高出砂箱箱边 5mm。
- ⑥ 将紧固螺钉拧紧。

2) 大型刮板的架设方法 大型刮板架有两种类型，一类是单轴轴杠，即立轴和转动臂同一轴心，用于刮制圆形件，另一类是单轴偏心轴杠。即在立轴和转动臂间装有偏心套。用于生产双轴心的铸件，如在同一箱内可刮制不同心的两个半圆铸件，或椭圆形铸件。

① 大型刮板架的结构（图 4-5）

② 立轴与转动臂的设计尺寸（表 4-46）

③ 转动臂与偏心套的技术要求 转动臂的结构如图 4-6 所示，其技术要求：

a) 转动臂上与刮板贴合的平面需要机械加工，其表面粗糙度为  $R_a = 25\mu\text{m}$ ，并且加工面要与轴孔径向中心线重合。

b) 轴孔  $\phi 260^{+0.03}_{-0}$  mm 面的表面粗糙度为  $R_a = 3.2\mu\text{m}$ 。

表 4-46 大型刮板立轴与转动臂尺寸

(mm)

简 图	规格	1	2	3	4	
	立轴	$d$	50	60	70	80
		$H$	1450	1620	1820	2220
	转动臂	$D$	110	120	140	170
		$L$	500	900	1200	1500
		$h$	100	120	120	120
		$L_1$	80	120	140	150
		$L_2$	115	210	220	230
			×2	×3	×3	×8
		$A$	90	110	150	170
		$B$	20	24	26	30

偏心套的结构和技术要求如图 4-7 所示。

#### ① 大型刮板架设方法与校正(表 4-47)

大型刮板校正方法如图 4-8 所示。

(3) 刮板造型方法 以三肋三孔的支承轮三箱刮板造型为例说明刮板造型的操作与配箱方法。支承轮的工

艺及模样图如图 4-9 所示。

支承轮三箱刮板造型操作与配箱方法见表 4-48。

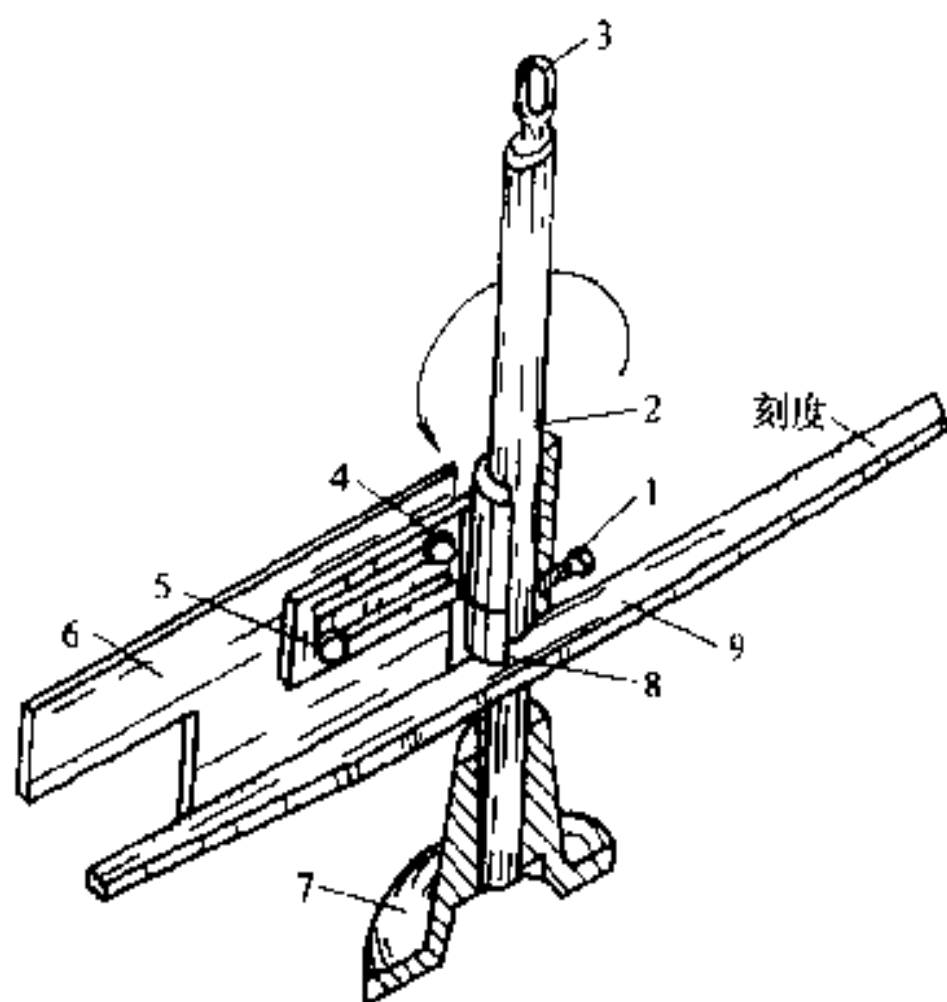


图 4-5 大型刮板架

- 1—紧定螺钉 2—立轴 3—吊环 4—转动臂  
5—螺栓 6—刮板 7—底座 8—颈圆 9—校尺

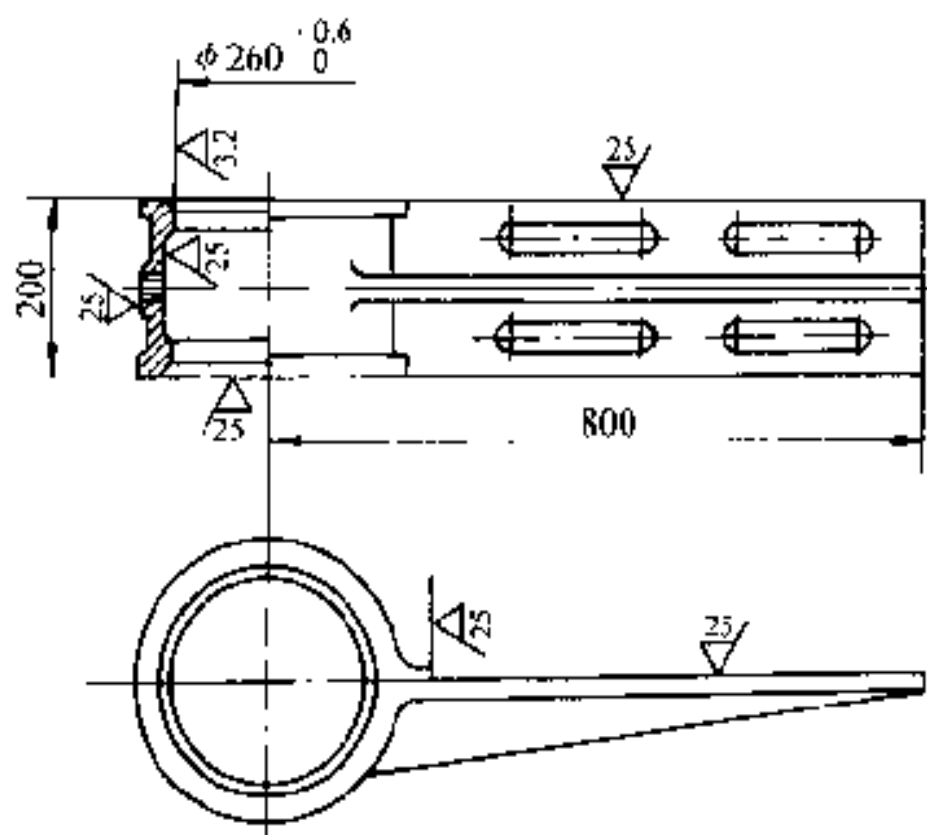


图 4-6 大型刮板的转动臂

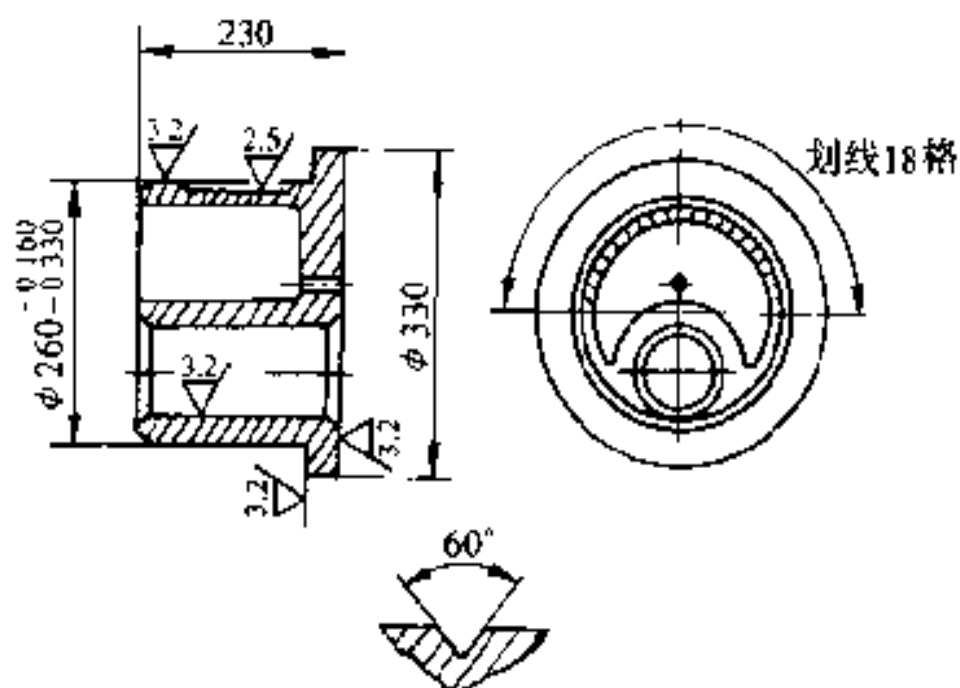


图 4-7 偏心套



表 4-47 大型刮板的架设方法

序号	操作要点	校正方法
1	地上挖坑，将底座放入坑内	用水平仪在底座相互垂直的二个方向校正水平
2	将立轴插入底座上的锥孔中	用角尺在相互垂直二个方向校验立轴垂直度
3	向底座四周填砂，舂实，使底座稳固	
	当底座是放在专月底板上时，可用螺栓将底座与底板紧固	
4	刮平砂地，撒分型砂，放砂箱	
5	在立轴上套上颈圈，并用螺钉将其固定在所需要的高度	
6	套上转动臂，并能绕轴心作 $\pm 60^\circ$ 旋转	
7	装上刮板，螺栓先不要拧太紧	1. 用单棒（刻度直尺）调整刮板的位置 2. 用水平仪校正刮板至水平 3. 刮板下面高出箱边 5mm

(续)

序号	操作要点	校正方法
8	拧紧联接刮板和转动臂的螺栓, 以使刮板在造型时不产生移动	

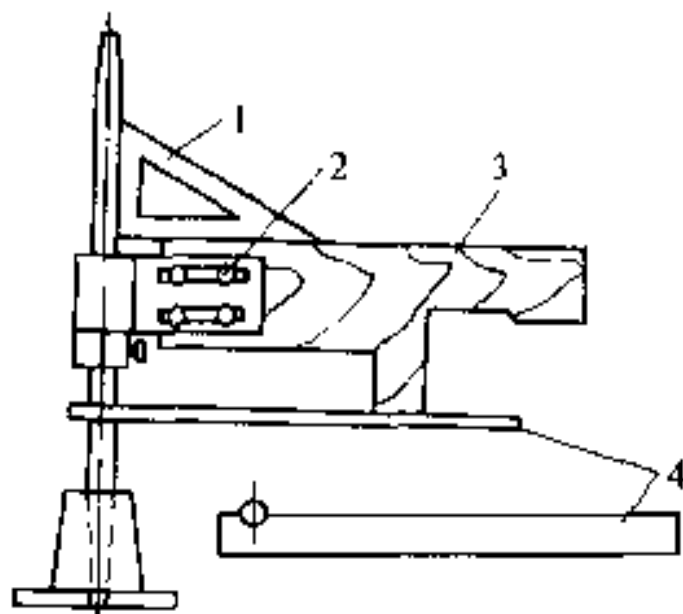


图 4-8 大型刮板校正方法

- 1 三角尺 2 可调螺栓 3 刮板  
4 量棒(校板、刻度直尺)

两箱刮板造型,其操作方法与三箱的相同,配箱时的定位方法有三种:圆线定位、出气孔定位、十字线定位。见表 4-49。

## 2. 摇板造型

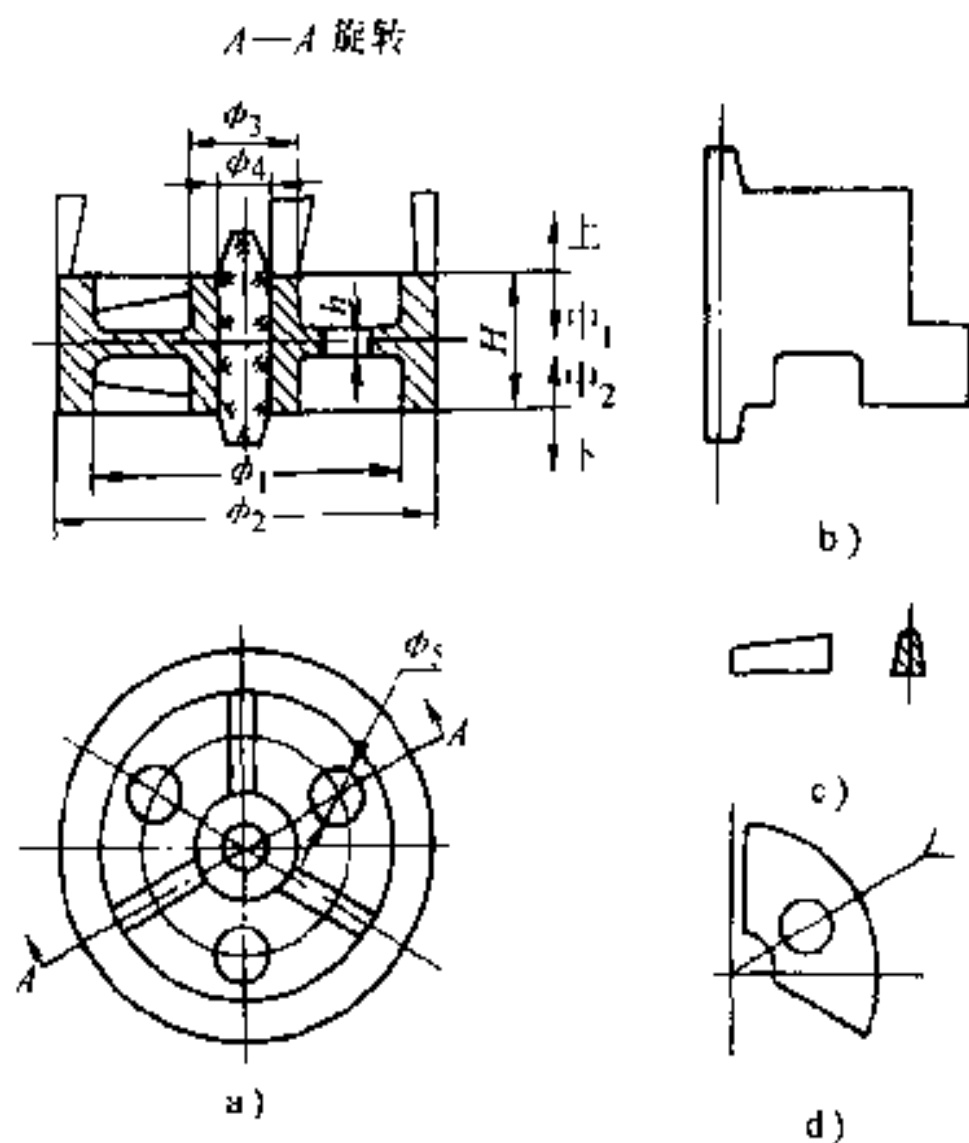


图 4-9 支承轮

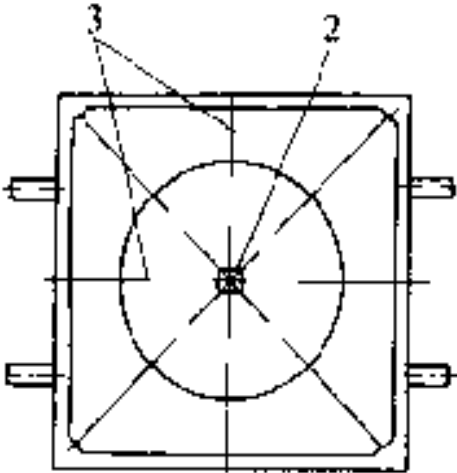
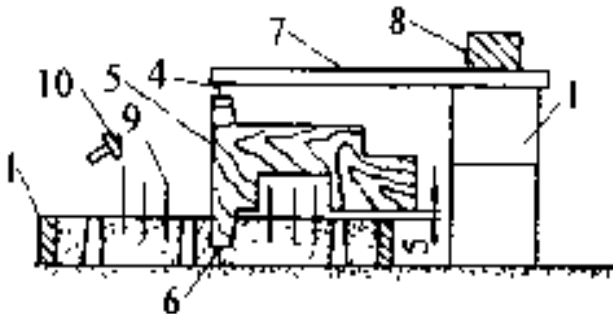
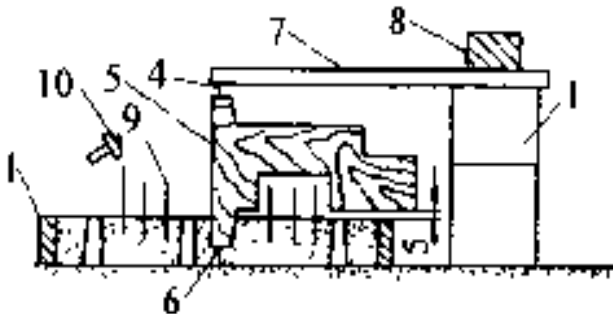
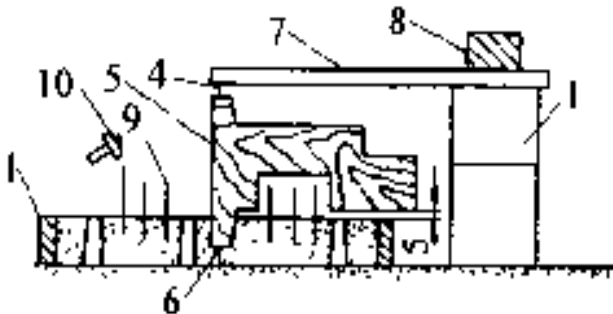
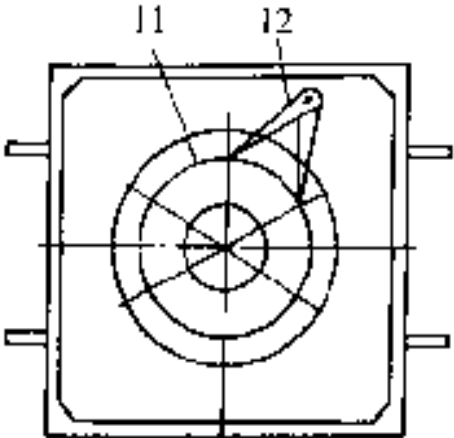
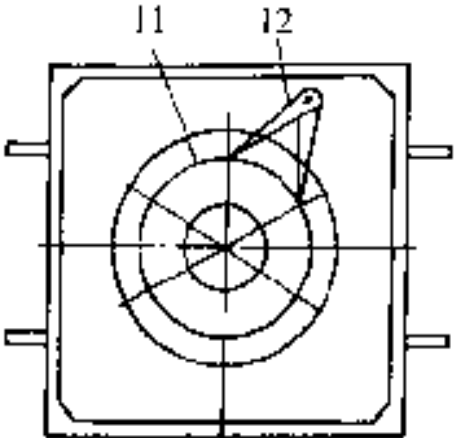
a) 工艺图 b) 上、中、下型刮板

c) 肋的实样模 d) 补孔芯盒

(1) 方法 摇板造型的实质，是绕水平轴心旋转的刮板造型，又称扇板造型，或横卧刮板造型。

摇板造型的主要模具是框架和摇板(扇板)。摇板靠轴的支撑安装在框架(框架面就是分型面)上。造型时，先

表 4 48 支承轮三箱刮板造型操作与配箱

序号	操作工序	简图
1	造上型 平场地，撒分型砂， 放好上箱	
2	填砂，舂实，刮平	
3	划出砂箱对角线交 点，在交点处砸入木桩 (图 a)	
4	刮板下顶针插入木 桩孔内，调整刮板的工 作边稍高出箱边(图 b)	
5	刮板上顶针插入悬 臂架一端的孔内，另一 端压放压铁稳定	
6	刮板旋转 360°	
7	砸入加强吊砂的铁 片(或木片)，注意在三 条肋处铁片砸入低 一些	
8	填舂吊砂处的部分 型砂，刮制上型	
9	在刮出的吊砂上孔 出气孔	

(续)

序号	操作工序	简图
10	在片砂上筛一层细面砂, 再刮一遍	<p style="text-align: center;">d)</p>
11	同时, 在吊砂上刮划出一条圆线	
12	拆除刮板、喷清水、修型	<p>1 砂箱 2—木桩 3—十字定位线 4 上顶针 5 刮板 6—下顶针 7—悬臂 8 压铁 9 铁片(或木片) 10—小锤子 11 圆线 12—分规 13—<math>\phi 5</math> 孔芯盒 14—肋 15—<math>\phi 8</math>mm 孔的圆芯</p>
13	用分规将圆线六等分, 隔一等分, 划出三条肋的中心线(图 c)	
14	借助肋的模样(图 4-9c), 挖出三条肋	<p style="text-align: center;">e)</p>
15	在肋之间, 放上随形补孔芯盒, 刷泥浆水、填砂、舂实、插钉加固, 取去芯盒(图 d)	
二	造中型(中型是一个圈样, 如图 c)	<p>1—铁片</p>
1	填砂前, 在砂箱四角垫上铁片, 以使中型的上下分型面高出箱边少许	
2	为防塌箱, 应采取措 施如在箱内壁上刷白	

(续)

序号	操作工序	简 图
3	泥浆水, 或增设箱带, 或箱角处紧实度高一些等方法 其它操作同上型	
一	造下型 1 下型上的凸起部分是自带砂芯, 不必放铁片(或木片)加固 2 作圆线的两条相互垂直的直径, 并将这两条直径引出到箱壁上定位 3 肋的等分线不必划, 也不挖, 待配箱时挖 4 其它与上型操作相同	
四	配箱(上、中、下三个砂型, 通常用中型为基准, 配正砂型, 如图 f) 1 配上中、上型 将中型放在上型上, 调整使轮缘壁厚处处	

(续)

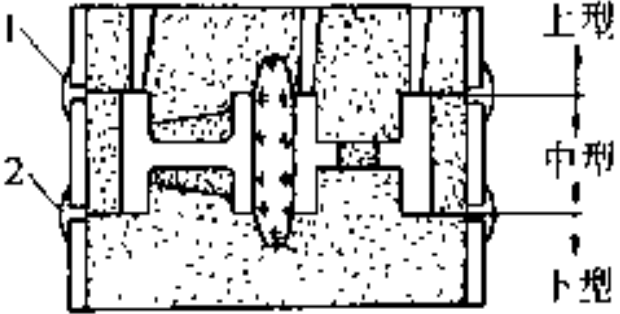
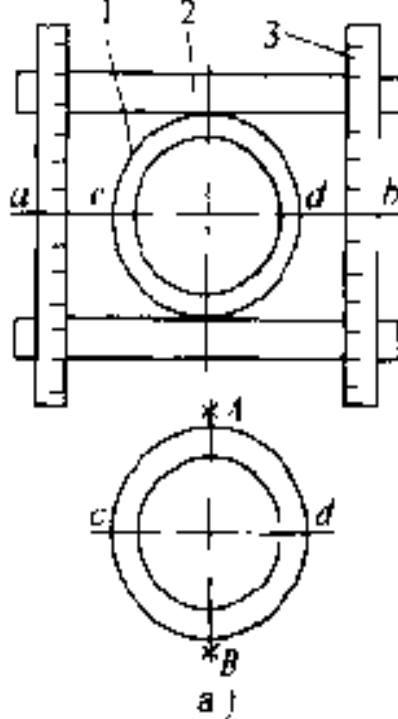
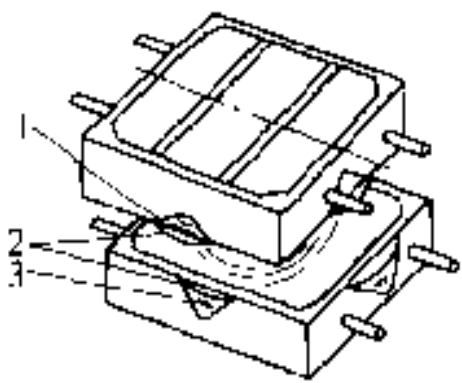
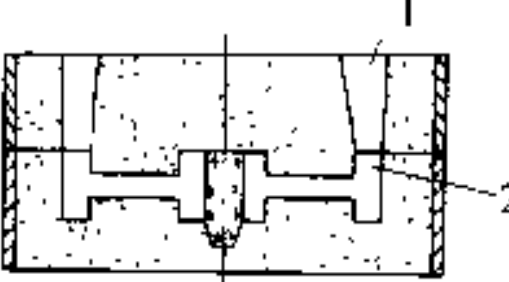
序号	操作工序	简图
	相等,在箱壁上划出定位线	
2	配正中、下型 将中型翻转放在下型上,调整使轮缘壁厚处处相等,在箱壁上做出定位线	
3	吹制下型上的三条肋 在下型轮毂内放入黑石墨粉,将上型按定位线合上,向轮毂冒口吹入压缩空气,使飞扬起来石墨粉在下型上留出肋的印迹	 <p data-bbox="938 1328 978 1373">f)</p> <p data-bbox="810 1417 1169 1462">1—中、上型定位线</p> <p data-bbox="810 1473 1169 1518">2—中、下型定位线</p>
4	取去上型和中型	
5	根据下型上印迹,借助肋的实样模挖出三条肋的形状	
6	下轴孔芯子	
7	按合型定位线,合好中型和上型	
8	放上压铁,以免浇注时抬型	

表 4-49 刮板造型合型定位方法

定位方法	操作要点	简图
1. 十字线定位法	1. 将二只直尺 2 靠在圆线 1 上 2. 用刻度直尺 3 测出二只直尺 2 的距离 3. 找出二只直尺距离的中点 a、b 4. 连结二个中点得一条线，和圆线有二个交点 c、d 5. 以这二个交点为圆心，任意长为半径，划两弧交于 A、B 两点 6. 连结 A、B 两点则得另一条合型定位线	 <p>1 圆线 2 直尺 3—刻度直尺</p>
2. 圆弧线定位法	1. 在上箱和下箱的四壁居中近分型面处，贴上一层粘性好的红砂泥(或细面砂块) 2. 在刮板上距轴心距离比箱边轴心距离长 5~10mm 处钉一个无头铁钉 3. 旋转刮板在红砂泥上划出圆弧线	 <p>1—上箱红砂泥 2—外圆弧线 3—下箱红砂泥</p>



(续)

定位方法	操作要点	简图
	1. 按圆弧线削修红砂泥 5. 合型时, 只要红砂泥圆弧线上下对准即成	
3. 出气冒口) 定位法	1. 在上型轮缘处, 均匀布置四个下部宽度等于轮缘厚度的麻出气口(或冒口) 2. 合型时, 从上型通过四个出气口向里看, 都看不到下型分型面, 即上下型合准了	 <p data-bbox="973 1153 1165 1265">1—出气口 2—轮缘</p>

在箱内填入适量型砂, 舂实、刮平, 然后把框架放在分型面上合适位置(考虑周围吃砂量应均匀), 用压铁压牢, 摇板绕水平轴心摇摆, 即可刮出所需型腔。如图 4-10 所示。

(2) 应用 主要适用于细长(甚至截面有变化)的回转体铸件。如鼓形件、缸体类、管筒类等。

### 3. 导向刮板造型

(1) 方法 导向刮板造型(又称掬板造型)是将导板框架(导框)放在分型面上, 刮板沿着导框定向移动, 刮去

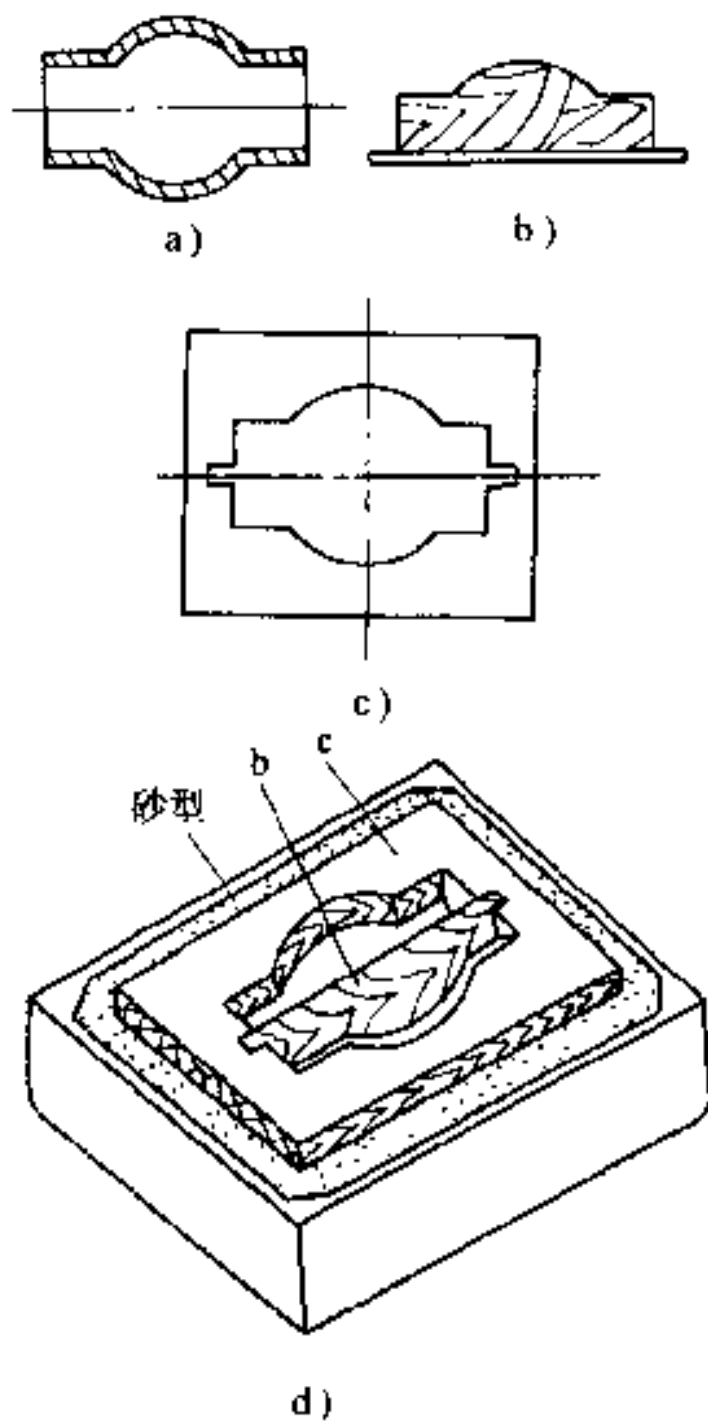


图 4-10 摇板造型

a) 铸件 b) 摇板

c) 框架 d) 摇板造型

多余的型砂而成型的——种造型方法。这种方法不像旋转刮板那样绕轴线旋转，而是以导板为基准来导向刮制砂型。如图 4-11 所示。

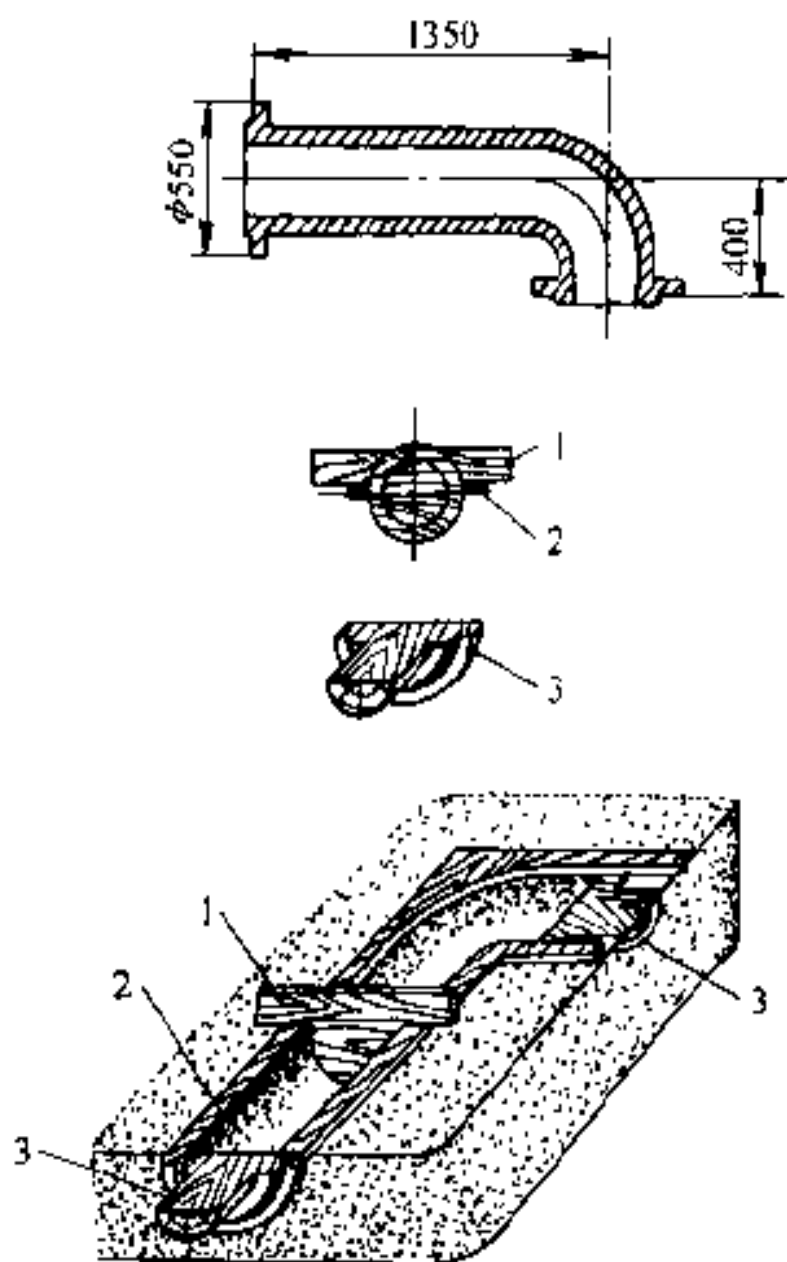


图 4-11 导向刮板造型

1 刮板 2—导框 3- 法兰模和芯头

(2) 应用 适用于生产截面无变化的各种几何形状的铸件

#### 4. 骨架模造型

(1) 方法 有些铸件截面形状不断变化, 不能用旋转刮板或导向刮板造型, 可用骨架模造型。骨架模由一些厚度与铸件壁厚相等的木条组成, 它的轮廓形状与铸件相似。如图 4-12 所示。

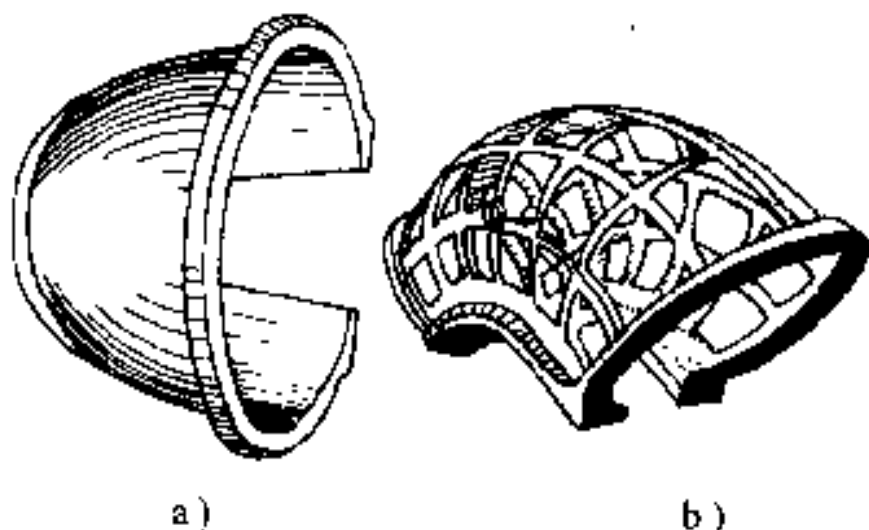


图 4-12 骨架模示意图

a) 大型蜗壳铸件 b) 骨架模

(2) 骨架模造型操作方法(见表 4-50)。


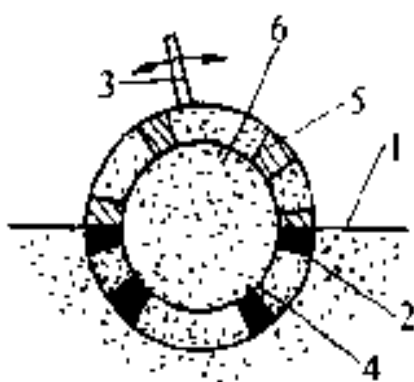
#### 5. 刮板造型时轮类件分肋方法(见第九章)

#### (四) 地坑造型

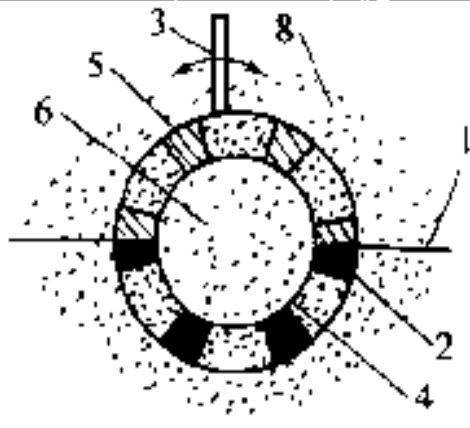
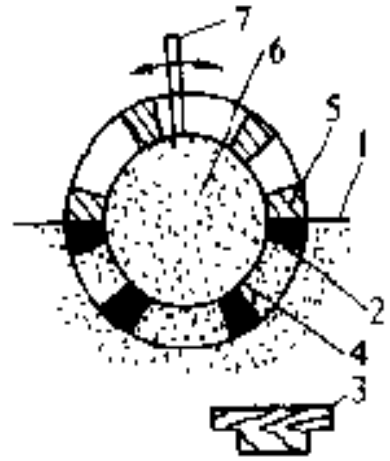
地坑造型又称地面造型。是直接在工作间地面上或地坑里制备出砂床, 不用砂箱或少用砂箱的造型方法。

1. 地坑的技术要求及砂床分类 地坑造型首先要

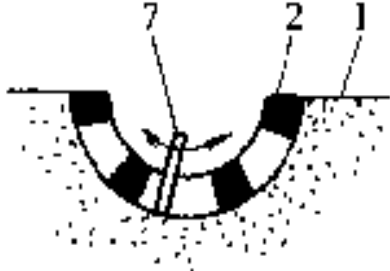
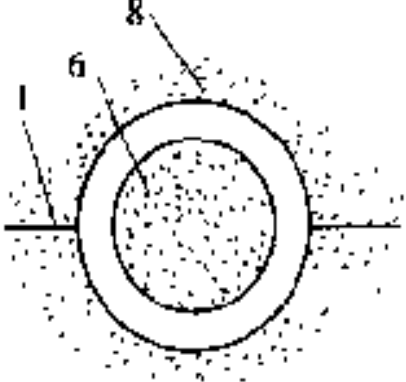
表 4-50 骨架模造型操作方法

序号	操作工序	简图
1 2 3 4	1 备好地坑硬砂床 2 先将下半骨架模放入砂床上，分模面调水平，以便于吊出砂芯 3 在骨架模的木条间，填型砂、舂实 4 用直刮板沿骨架模内表面，刮去多余型砂，形成制芯用的半个芯盒 如图 a 示	 <p>a)</p> <p>a) 沿下半模内表面刮砂，形成芯盒            1 地坑砂床 2 下半骨架模 3 刮板</p>
5 6 7	5 在骨架模内表面铺上一层薄纸 6 填入部分芯砂，放芯骨，放入形成排气道的物件，填芯砂、舂实 7 吊入上半骨架模，继续舂实芯砂，用直刮板刮去高出骨架模表面的芯砂，形成了制造上型用的模样	 <p>b)</p> <p>b) 沿上半模外表面刮砂，刮制模样            1 地坑砂床 2 下半骨架模 3—刮板 4—薄纸            5 上半模 6—砂芯</p>

(续)

序号	操作工序	简图
8	在上半骨架模样上铺上一层薄纸, 放好上砂箱、浇冒口, 填砂舂制上型	 <p data-bbox="1053 907 1093 940">c)</p> <p data-bbox="941 952 1173 996">c) 舂制上型</p> <p data-bbox="813 1008 1308 1164">1 地坑砂床 2 下半骨架模 3—刮板 4—薄纸 5—上半模 6—砂芯 8—上砂箱</p>
9 10 11	9 做好合型定位桩 10 吊去上箱 11 用带凸肩的刮板, 刮去骨架间的型砂	 <p data-bbox="1037 1657 1085 1691">d)</p> <p data-bbox="877 1769 1236 1814">d) 刮制砂芯上表面</p> <p data-bbox="813 1825 1308 1982">1—地坑砂床 2—下半骨架模 3—刮板 4 薄纸 5 上半模 6—砂芯 7—刮板</p>

(续)

序号	操作工序	简图	
12	吊去上半骨架模,对砂芯修整	 <p data-bbox="1085 772 1125 817">c)</p>	
13	吊去砂芯		
14	用带凸肩的刮板,刮去下半骨架模间的型砂		
15	吊去下半骨架模,修整砂型,形成下型		<p data-bbox="869 884 1332 1041">c) 刮制下半型型腔表面 1 地坑砂床 2 下半骨架模 7 刮板</p>
16	挖好浇注系统		 <p data-bbox="1077 1478 1117 1523">f)</p>
17	刷涂料、烘干		
	以上操作完成砂型和砂芯的制造工作		
18	下芯合型	<p data-bbox="909 1579 1300 1736">f) 合型剖面示意图 1 地坑砂床 6 砂芯 8 -- 上砂型</p>	

在车间里挖地坑制备砂床。对地坑的要求,见表 4-51。砂床的分类、特点及应用,见表 4-52。

表 4-51 准备地坑时的要求

项 目	技 术 要 求
1. 地坑与地下管道、电缆、厂房柱脚的距离	$\geq 2m$
2. 相邻地坑上沿的间距	$\geq 1.5m$ (或大于地坑深度)
3. 高大铸件的地坑, 四周应筑防水墙	以防地下水侵入型内, 引起浇注时产生爆炸
4. 模样下沿与地坑内壁距离 有浇道的侧面与内壁距离 模样底面与坑底距离	$\geq 0.6m$ $\geq 0.8m$ $0.4 \sim 0.8m$
5. 较大铸件的地坑要求	尽量采用水泥地坑
6. 一个水泥地坑中同时造二个砂型时	应用挡板铁或砂箱圈隔离
7. 重视人身安全	地坑周围应设安全栏杆

## 2. 砂床的制作方法

(1) 简易软砂床的制作 简易软砂床的型砂几乎未经舂实, 硬度很低, 模样可直接压入砂床内造型。其制备方法, 见表 4-53。

固定式简易软砂床是生产中为免去校平操作, 对常使用的简易软砂床可采用铁挡板, 校平后固定在地坑内



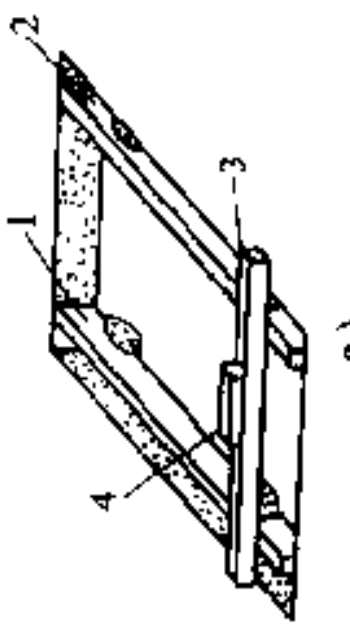
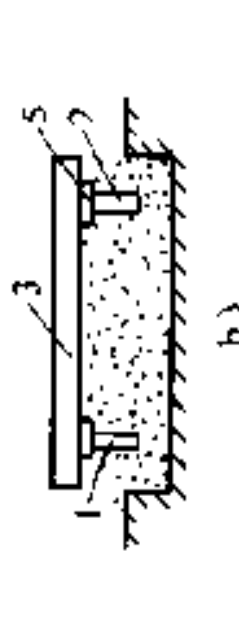
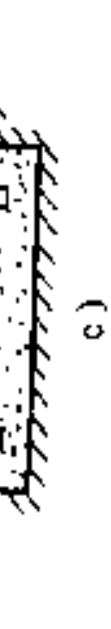
不动，以方便使用。见图 4-13 所示。

(2) 软砂床的制作(表 4-54)

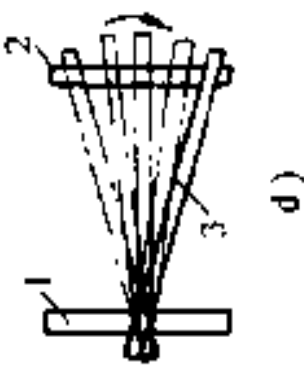
表 4-52 砂床种类、特点及应用

分 类	特 点	应 用
软砂床	简易软砂床 直接在砂地上挖坑制备，床面要求水平和松软，型砂几乎不舂实，承载能力较低，排气性不好	上部为平面的、低小的、形状简单的、表面要求不高的、允许有杂质的铸件，如铸铁芯骨、炉条、炉栅、压铁、小砂箱，砂箱板、箱体等
	软砂床 砂床底部只放焦炭或炉渣，有人工排气通道，排气性好，有一定承载能力	适用于生产高度小于 1m 的铸件
硬砂床	硬砂床 砂床底部用侧立砖垛加固，型砂经舂实硬度较高，承载能力高于软砂床	适用于生产高度大于 1m 的大型铸件
	加固硬砂床 砂床底部用铺钢轨替代侧立砖垛，型砂经舂实硬度高，承载能力高于硬砂床	适用于生产特大型铸件

表 4-53 简易软砂床制备方法

简 图	操作工序	要 点
 <p>a)</p>	1. 挖坑	砂地上挖坑，每边比模样大 150~200mm，深度比模样高度大 100~150mm
	2. 垫砂	在坑内四个角处各摊 堆砂
	3. 铺设基准挡板	沿坑长度方向，将两根平直挡板放在砂堆上
 <p>b)</p>	4. 校平基准挡板	在挡板上放一根平直刮板，用水平仪先校 根挡板，再通过水平仪和刮板校平另一根挡板。使两根挡板处于同一水平面上
	5. 固定基准挡板	在挡板二头放适量压铁，二侧填少量型砂，固定挡板不能移动
 <p>c)</p>	6. 填型砂	向坑内填入经过松散处理的松散型砂，并略高一些

(续)

简图	操作工序	要点
 <p>简易软砂床的制备</p> <p>a) 校平挡板 b) 刮平型砂 c) 压实型砂 d) 压实方法</p> <p>1、2—挡板 3—刮板 4—水平仪 5—垫板</p>	7. 沿挡板刮平	用刮板刮去高于挡板的型砂
	8. 放垫板	在两根挡板上各放一厚 10mm 的木垫板
	9. 填细面砂	筛 层厚 10mm 的细面砂
	10. 沿垫板刮平	沿垫板刮去高出垫板的面砂
	11. 取出垫板 出垫板爪 实	取出垫板 将刮板横放在二根挡板 1、一头固定不动,抬高另一头,将松散型砂压入和挡板一样平

简 图	操作工序	要 点
	12. 沿挡板刮平	用刮板沿挡板刮平型砂
	13. 复查挡板水平	再次用水平仪检查挡板水平, 发现不水平, 重新校正
	14. 筛一层薄面砂、刮平, 形成水平软砂床	在砂床上, 筛一层薄的面砂, 刮平(或慢光), 即形成水平软砂床

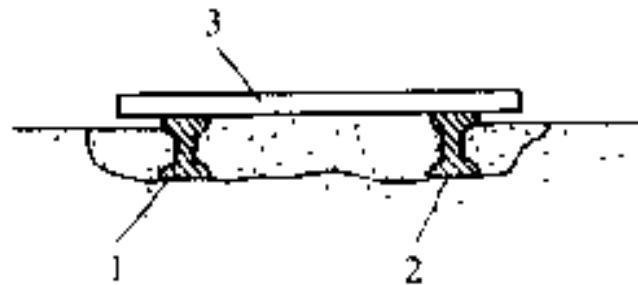
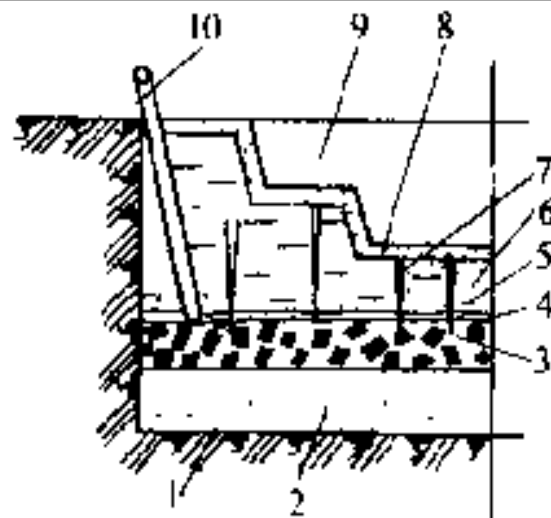


图 1-13 固定式简易软砂床

1、2 铁挡板 3 刮板

表 4-54 软砂床制作方法

软砂床结构  
简图

软砂床结构图

1 水泥地坑 2 背砂(填充砂) 3 焦炭、  
炉渣 4—草席或草袋 5 圆钢杆 6 背砂层  
7—出气孔 8 面砂层 9 型腔 10 排气管

序号	操作工序	操作要点
1	制备水泥地坑	坑深比模样大 300~500mm, 坑内四壁比模稍大一些, 以能方便填舂型砂和放加强物为准则

(续)

序号	操作工序	操作要点
2	润湿地坑四壁	用水将坑侧壁和坑底润湿一遍(图中件1)
3	填春背砂	填春背砂1~2层(图中件2)
1	刮平	用刮板刮平或铁锹铲平背砂层
5	放入排气材料	在背砂层上,放焦炭或炉渣作为排气材料,厚度为100~150mm,粒度为50~100mm(图中件3)
6	放置排气管	排气管直径 $\phi 120 \sim \phi 150$ mm铁管 当砂床面积小于 $10\text{m}^2$ 或制作狭长铸件时,放两根 当砂床面积大于 $10\text{m}^2$ 时,在坑四角各竖一根,以利浇注时引出气体(图中件10)
7	铺一层草席或草袋	在焦炭或炉渣层上面,铺一层草席或草袋隔离,以免填充砂落入堵塞排气层(图中件4)
8	填背砂,春制坑底	分层春填背砂,每次厚70~100mm厚,背砂层总厚为200~250mm,紧实度为下硬上适中,形成坑底面(图中件6)
9	埋入圆钢杆加强	在序号8填春背砂同时,在纵横方向埋入二层圆钢杆,圆钢杆间距150~200mm(图中件5)
10	刮平	刮平坑底面

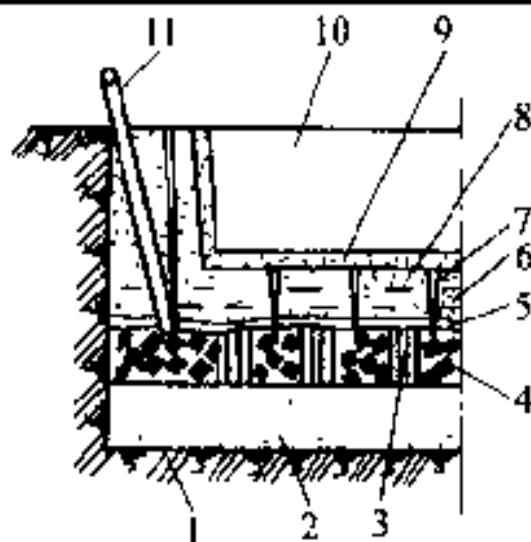
(续)

序号	操作工序	操作要点
11	扎排气孔	在坑底面上,用直径 $\phi 5 \sim \phi 8\text{mm}$ 气眼针扎排气孔直通焦炭层,气眼间距 $300 \sim 400\text{mm}$ (图中件7)
12	填入面砂并夯实	用细筛筛一层细面砂,厚度为 $15 \sim 20\text{mm}$ ,将出气孔上口封盖,以免浇注时钻入金属液并夯实(图中件8) 至此,软砂床形成(图中件9)

## (3) 硬砂床的制作(表 4-55)

表 4-55 硬砂床的制作方法

硬砂床结构简图



硬砂床结构图

- 1—水泥地坑 2—填充砂 3—侧立砖垛  
4—焦炭或炉渣 5—草席或草袋 6—砂钩  
7—背砂层 8—出气孔 9—面砂层  
10—型腔 11—排气管

(续)

序号	操作工序	操作要点
5	侧立砖垛， 填排气材料	地坑底面上填充砂舂实刮平后，摆上侧立砖垛，每3~5块砖为一组，砖垛间距约250mm，铺砖垛面积每边超出模样约300mm 砖垛之间填入焦炭或炉渣
8	填背砂	背砂层总厚为250~300mm
序号1~4, 6~7, 9~12		与表4-54中同样序号的操作工序，操作要点相同

(') 加固硬砂床的制作方法(表4-56)

### 3. 地坑造型方法

(1) 软砂床地坑实样造型 软砂床床面松软，将模样直接压入床面内造型。其操作方法见表4-57。

(2) 硬砂床地坑造型方法 硬砂床地坑造型主要用于大件和特大件的生产。分为有盖地坑造型和无盖地坑造型。采用有盖地坑造型时，必要时其上盖可用砂箱制作，但多数是用水玻璃砂芯组成。

在硬砂床中能进行刮板造型、组芯造型、刮板实模造型、实模造型等。

采用实模地坑造型时，取得型迹的方法有两种，一是卧入法(又称印迹法或复印法)，二是覆盖法(又称外吞



法)。

表 4 56 加固硬砂床制作方法

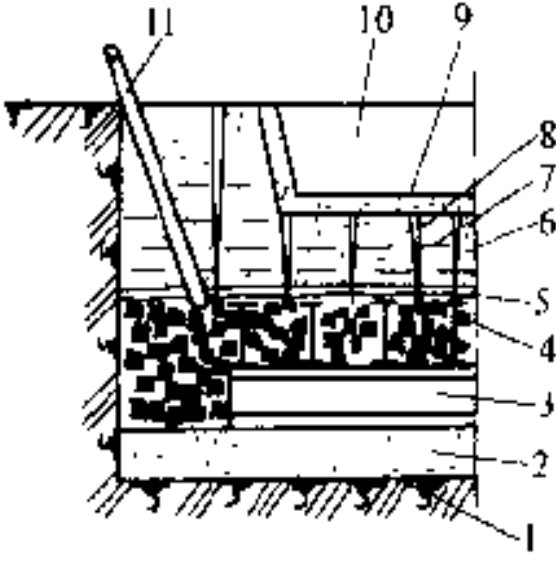
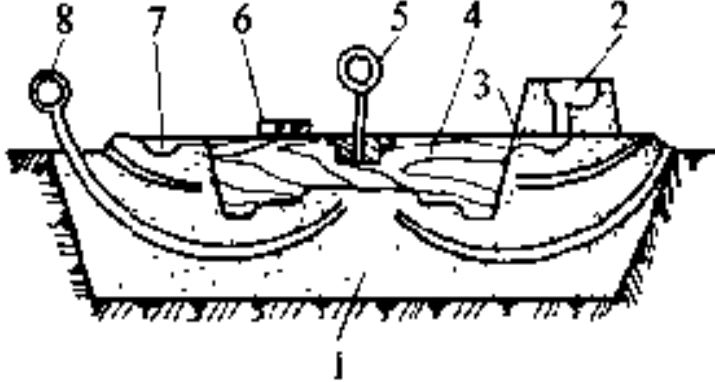
加固硬砂床 结构简图	 <p>1 水泥地坑 2 填充砂 3-- 钢轨两层 4--焦炭或炉渣 5--草席或草袋 6 背砂层 7--砂钩 8--出气孔 9--面砂层 10--型腔 11--排气管</p>	
序号	操作工序	操作要点
5	铺钢轨 填排气材 料	在坑底填充砂舂实刮平后,铺设纵横两层钢轨。轨间中心距离为 200~300mm。铺轨面积每边超出铸件约 50mm。轨端要固定牢不能移动
8	填背砂	背砂层总厚度为 300~400mm。每舂两层背砂压一层砂钩或圆钢杆
序号 1~4, 6 ~7, 9~12	与表 4-54 中同样序号的操作工序和操作要点相同	

表 4-57 软砂床地坑实模造型方法

简 图	 <p>1—软砂床 2—浇口杯 3—浇道 4 模样 5 起模针 6—水平仪 7—铁液溢流口 8—弯形通气针</p>
序号	操 作 1. 序
1	在软砂床面上摆放模样
2	模样上垫上木块，用小锤将模样轻轻敲入砂床内
3	当模样顶面与砂床面平时，用水平仪校正水平
4	用压铁压好模样
5	在模样周围补填型砂并舂实
6	用水平仪再校一次模样
7	用刮板刮去高出模样的型砂
8	用慢勺(砂刀)修光
9	用弯形通气针扎出出气孔(图示)
10	开浇道及溢流口
11	起模、模样周边刷点水、轻敲模样、扎上起模针，边起模边敲，完成起模操作
12	修型，放好浇口杯，待浇

卧入法(即印迹法或复印法) 是先将模样卧入砂床;起出模样;挖去被模样压紧的型砂部分,而在疏松或没有与模样接触的地方补填型砂。再将模样卧入和起出,采用同样方法修整型迹,如此反复操作,直至模样与型砂处处接触,型迹清楚,紧实度均匀为上。最后将模样再次校正水平后,填春型砂后起模。如图 4-14 所示。

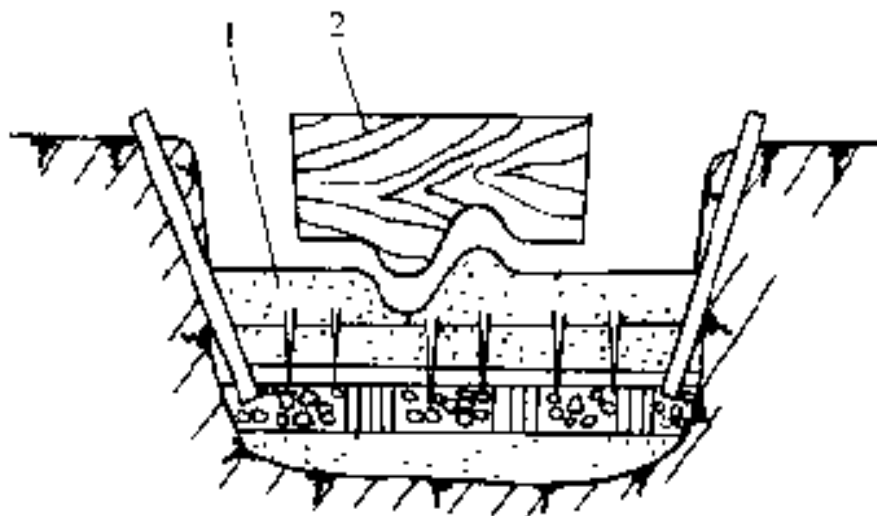


图 4-14 卧入法形成型迹

1—砂床 2—模样

外春法(即覆盖法) 是在结构上模样底部具有凹入部分时,可将模样反放在砂床近旁,在模样凹入部分填春型砂、刮平、扎出气孔,再以模样一边为轴线将其翻转扣在铺平的砂床上。校正模样水平后,压上压重,填春型砂后起模。如图 4-15 所示。

硬砂床大件或特大件的地坑造型方法,见表 4-58。

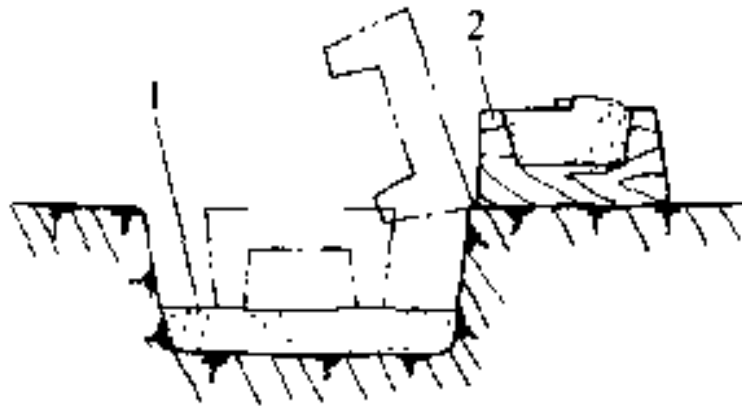


图 1-15 外舂法形成型迹

1—砂床 2—模样

表 4-58 硬砂床实模地坑造型方法

序号	关键工序	操作要点
1	摆放模样	
(1)	当模样底面为大平面时	
1)	先舂填一层面砂	在砂床上填入一层面砂，舂实
2)	刮平	用刮板刮平、刮光
3)	卧入基准钢管	沿刮平的表面，放入二根平直钢管
4)	校平基准钢管	用水平仪校平钢管，作为基准面
5)	放入模样	

(续)

序号	关键工序	操作要点
(2)	当模样底面不是平面时	
1)	先将模样放入砂床	将底面不是平面的模样放入砂床
2)	垫耐火砖	用耐火砖将模样垫稳
3)	校平	用水平仪校平模样
4)	压重	在模样上部压上压重,以稳定模样不移动
2	填春面砂及加固(砂钩)	<p>1. 从模样上的春砂孔和侧面填入面砂,春实,且硬度要均匀</p> <p>2. 每次填入松散面砂厚度约 200mm 春实厚度小于等于 100mm。特大件每次填入面砂厚度约 150mm,春实厚度小于等于 70mm。面砂层总厚度在 60~100mm,大件取上限</p> <p>3. 每春 2~3 层,要埋入一层砂钩,砂钩间距约 200mm,上下两层交错排列</p>
3	砌出耐火砖管浇道	<p>1. 横浇道用耐火砖管,距模样大于等于 250mm 端部用耐火砖堵严并用铁棍捣固</p> <p>2. 内浇道距型腔面 10~20mm,以便修出圆角</p>

(续)

序号	关键工序	操作要点
4	易缩处填入松散层	凡阻碍铸件与冒口收缩的部位,均要有松散层,如放锯末、砂、泡沫塑料块等,以提高退让性
5	型芯排气	<p>1. 在砂芯排气方向设置出气孔。当砂芯需经上型排气时,则需在上型杯定位置设置钢管或耐火砖管排气孔</p> <p>2. 型腔较深的砂型,舂砂时沿模样四周放立圆钢杆,修分型面时抽出圆钢杆留下出气孔,并用干砂填满</p> <p>圆钢杆直径 <math>\phi 20 \sim \phi 25\text{mm}</math>, 距模样距离 <math>100 \sim 150\text{mm}</math>, 排气孔间距 <math>200 \sim 400\text{mm}</math></p>
6	上型吊钢杆格架加固	<p>为防止上型塌箱,较大的砂箱,可用圆钢杆纵横排列绑成格架,用铁丝吊在箱带上</p> <p>格架表面距型面 <math>10 \sim 20\text{mm}</math>, 格子间距为 <math>150 \sim 200\text{mm}</math></p>
7	打好合型定位号	上型冲好箱后,要打好合型定位号才能開箱
8	标出砂芯装配定位标记	起模前,在型面上划出装配砂芯的有关定位线,并做好牢固的标记

(续)

序号	关键工序	操作要点
9	起模	对较高的模样, 为方便起模, 在存砂时每存 500~600mm 高度时, 敲击模样一次
10	补砂	模样上难以存砂的凹槽, 凸块, 起模后卧入或补出
11	修型	将砂型中的松软、损坏、露出背砂的地方要用面砂舂实修光。修型踩在木板上操作。粘土砂型应插钉子加固, 钉距 80~100mm
12	砂型检查	按铸造工艺图中技术要求和工艺规程, 仔细检查砂型形状和尺寸、浇冒口等是否合格
13	上涂料	合格后, 按砂型类型刷涂相应的涂料
14	烘干	上砂型可进窑干燥, 地坑里的砂型就地烘烤

### (五) 手工制芯

1. 型芯的作用及分类 型芯的主要作用是用来形成铸件的内腔, 穿透孔, 有时也用于组成铸件的外形。它是构成铸型型腔的重要组成部分。

由于型芯四面受高温金属液所包围, 受到的冲刷和烘烤比砂型更厉害。在冷却过程中由于凝固收缩, 受到很大压缩力, 因此要求型芯必须具有比砂型更高的强度、耐

火性、透气性和退让性等。

型芯的分类方法很多，通常的几种分类方法，见表1-59。

表 4-59 型芯的分类方法

型芯分类方法		特 点
一、按芯子复杂程度分为五级	1级型芯	<p>形状复杂、断面细薄、大部分被液体金属包围，在铸件里构成各种小通道，而且排气困难，构成不加工内腔</p> <p>要求型芯干强度很高，并有一定韧性、流动性好，发气量少，溃散性好，而对湿强度要求可低些，其粘结剂主要是油脂、树脂类</p> <p>如构成重要的不加工内腔，汽车内燃机缸盖、缸体中的水套型芯</p>
	2级型芯	<p>形状较复杂，主体部分断面较厚，但有非常细的凸缘、棱角或肋片，大部分表面被金属液包围，但芯头稍大，构成重要的不加工或部分不加表面</p> <p>要求型芯干强度较高，流动性和溃散性好，而对湿强度要求可低些，其粘结剂中可适当用些粘土</p> <p>如构成重要的不加工或部分不加工表面，汽车气缸体的侧面气门室型芯</p>



(续)

型芯分类方法	特 点	
3 级型芯	<p>一般复杂程度, 没有特殊细薄面, 用来形成重要的不加工表面的各种中心型芯</p> <p>要求型芯的干强度、流动性、溃散性比 1、2 级型芯低一些, 而湿强度则比它们高, 以保证在烘干前不因型芯自重而发生变形, 其粘结剂中可适当用一些粘土</p> <p>如构成重要的不加工面, 汽车气缸体曲轴箱型芯</p>	
4 级型芯	<p>一般复杂程度和不复杂的外廓型芯, 同时构成为机械加工的腔体, 但并不要求很细的表面粗糙度的型芯</p> <p>要求型芯湿强度高, 退让性好, 具有一定的干强度和透气性</p> <p>如构成需要加工的内腔, 或虽构成不加工但对内表面有特殊要求的内腔, 汽车前后轮毂型芯、后桥型芯</p>	
5 级型芯	<p>大型型芯, 构成大型铸件的很大的内腔</p> <p>对型芯要求同 4 级</p> <p>如大型机床和底座型芯</p>	
二、按小体积类大	小型芯	体积小于 $0.005\text{m}^3$
	中等型芯	体积 $0.005 \sim 0.05\text{m}^3$
	大型芯	体积大于 $0.05\text{m}^3$

(续)

型芯分类方法		特 点
三、 按度 干湿 程	湿型芯	用于中、小薄壁铸件
	干型芯	大、中、小铸件均适用
	表干型芯	用于中、小铸件，及某些不重要的大件
四、 按分 粘类 结剂	粘土型芯	粘结剂为粘土、膨润土
	水玻璃型 芯	粘结剂为水玻璃
	水泥型芯	粘结剂为水泥
	油、合脂型 芯	粘结剂为桐油、亚麻油、合脂
	树脂砂型 芯	粘结剂为呋喃树脂等

型芯的制造方法 是根据型芯尺寸、形状、批量、生产条件进行选择，手工制芯方法，见表 4-60。

典型的型芯结构，如图 4-16 所示。包括芯身（形成铸型的一部分）、芯骨、芯头和出气孔。

## 2. 芯骨

(1) 芯骨的作用与使用要求，见表 4-61。

表 4-60 手工制芯方法

手工制芯方法		特 点	应 用
芯 盒 制 芯	整体芯盒制芯	用芯盒的内表面形成型芯的形状, 型芯尺寸准确, 可制作小而复杂的型芯	各种形状、尺寸和批量的型芯均可采用
	对分式芯盒卧存制芯		
	对分式芯盒立存制芯		
	脱落式芯盒制芯		
刮 板 制 芯	刮板制芯	与刮板造型相似	单件小批生产, 形状简单或回转体的型芯
	导向刮板制芯		

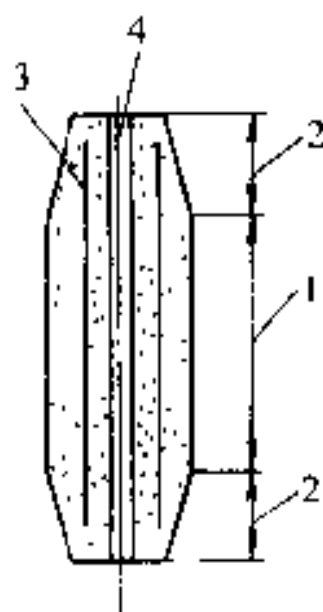


图 4-16 型芯结构

1—芯身部分 2 芯头部分 3—芯骨 4 出气孔

表 4 61 芯骨的作用及使用要求

作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 便于吊运。芯骨上均设有吊环装置，便于大型型芯的吊运</li> <li>2. 增加型芯的强度和刚度。由于芯骨的增强作用，使型芯在吊运和受金属液冲刷不变形和不断裂</li> <li>3. 固定型芯。用铁丝和螺栓将芯骨拉住并和箱带连接，使型芯固定</li> <li>4. 排除气体。中、大型圆柱型芯用铁管作芯骨、铁管的内孔是型芯的排气通道</li> </ol>
使用要求	<p>合格的芯骨必须满足以下使用要求：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有足够的强度和刚度</li> <li>2. 不应妨碍铸件收缩</li> <li>3. 清砂的容易取出</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 设置的吊环必须保证起吊平稳</li> <li>2. 结构简单，方便制芯</li> <li>3. 有合适的吃砂量</li> </ol>

(2) 芯骨的种类和制作方法：选用芯骨应根据型芯结构和工作条件进行。芯骨的种类及制作方法，见表 4-62。

(3) 铸铁芯骨的结构和尺寸：铸铁芯骨的结构，如图 4-17 所示。是由芯骨架、骨齿和吊环组成。在制作铸铁芯骨时，要考虑使用时的要求，一般要确定四个主要尺

寸,即骨架截面尺寸、骨齿直径、吊环直径及芯骨的吃砂量。

表 4-62 芯骨的种类及制作方法

序号	种 类	制 作 方 法
1	铁丝芯骨	铁丝须经退火处理 小型芯的简单芯骨,多用手弯制成铁丝芯骨当铁丝芯骨形状较复杂且数量较多时可用靠模弯制中型型芯芯骨可用铁丝扎成格架框
2	圆钢芯骨	大、中型芯骨可用不同规格圆钢焊接成所需形状
3	管子芯骨	柱形铸件芯骨可用壁上钻有许多小孔的铁管制成
4	铸铁芯骨	由骨架、骨齿、吊环组成。应用最广泛,特别是用在中、大型型芯上
5	可拆式芯骨	芯骨的顶端可插入另段芯骨的斜方孔中连接起来。清砂时只要在芯骨头部撬动芯骨,可将其抽出

1) 骨架截面尺寸(表 4-63)

2) 骨齿直径(表 4-64)

表 4-63 骨架截面尺寸 (mm)

型芯长×宽	型芯高度			
	≤100	>100~ 200	>200~ 500	>500~ 1500
	骨架截面尺寸(高×宽)			
<500×500	25×20	25×20	30×25	45×35
>500×500~1000×1000	30×25	30×25	30×25	45×35
>1000×1000~1500×1500	30×25	45×35	45×35	45×35
>1500×1500~2500×2500	45×30	45×35	45×35	55×40
>2500×2500	45×30	45×35	55×40	70×50

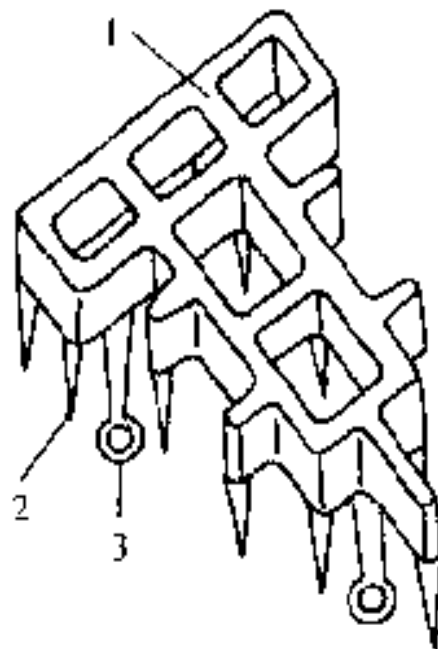


图 4-17 铸铁芯骨的结构

1--骨架 2 骨齿 3 吊环

表 4-64 铸铁芯骨齿直径 (mm)

型芯高度	插齿直径	型芯高度	插齿直径
<300	10~15	500~800	20~25
300~500	15~20	800~1200	25~30

3) 吊环直径: 芯骨上铸入的吊环, 用铁丝或圆钢弯制而成。吊环直径见表 4 65。

当每个型芯用四只吊环计, 若数目减少, 则要相应加粗。 $\phi 12\text{mm}$  四只吊环可承载 3.5t,  $\phi 15\text{mm}$  四只吊环可承载 5.5t。

(4) 芯骨的吃砂量 为不妨碍铸件收缩选用芯骨时

表 4-65 芯骨铸入吊环直径 (mm)

型芯长×宽	芯骨高度			吊环直径
	<100	>100~ 200	>200~ 500	
<500×500	3	5	8	12
>500×500~1000×1000	8	8	10	12
>1000×1000~1500×1500	8	8	12	15
>1500×1500~2000×2000	8	12	12	15
>2500×2500	12	12	15	15



要留出吃砂量，见表 4-66。

表 4-66 芯骨吃砂量 (mm)

型芯尺寸(长×宽)	吃砂量
$< 300 \times 300$	15 ~ 25
$300 < 300 \sim 500 \times 500$	20 ~ 40
$500 < 500 \sim 1000 \times 1000$	25 ~ 40
$1000 \times 1000 \sim 1500 \times 1500$	30 ~ 50
$1500 \times 1500 \sim 2000 \times 2000$	40 ~ 60
$2000 \times 2000 \sim 2500 \times 2500$	50 ~ 70

3. 型芯的排气 为使浇注时在型芯中产生的气体能顺利通过芯头及时排出，在型芯中都要开设出气孔。

对型芯中开设的出气孔应要求：①尺寸要足够大、数量足够多，才能保证产生的气体都能及时排出。②气孔要相互连通，不可中断或堵死。③气孔只应从芯头处引出，不应通到型芯的工作面，以免金属液钻入堵塞气孔。

型芯的排气方法，见表 4-67 及图 4-18

蜡线的配制及贮存方法，见表 4-68。

#### 4. 制芯方法

(1) 整体式芯盒制芯(表 4-69)

表 4-67 型芯的排气方法

序号	排气方法	型芯特点	排气孔开设方法
1	用通气针	简单的小型芯(如圆柱体型芯)	用通气针在舂好的型芯上扎出出气孔(出气眼)
2	抽粗铁丝	细长的型芯	用一根比型芯长一些粗铁丝,埋入型芯中,舂实后抽出铁丝,在芯中留下出气孔
3	抽绳子	弯曲度不大的弯曲型芯	用光滑的绳子,埋入型芯中,舂实后抽出绳子,留下出气孔
4	用蜡线或松香线 (表 4-68)	断面较薄,形状复杂的型芯	用蜡线(或松香线)埋入芯中,型芯经烘烤,蜡线熔头,留下出气孔
5	用草绳	断面厚大,形状复杂的型芯	用草绳埋入芯中,烘烤后草绳烧去,留下出气孔
6	用铁管	长圆柱体大,中型芯子	在管壁上钻有许多小孔的铁管作芯骨,铁管的管道就是出气孔
7	用工具、刮板、专用气路压板	分两半舂砂,再合并一个整体型芯	合芯前,在合并面上用工具挖出或用刮板刮出或用专用气路模板压出出气孔
8	用焦炭	断面厚大的型芯,只有出气道还不够时	在距芯盒壁 50~100mm 埋入小焦炭块或炉渣或干砂块等加强通气材料

表 4-68 蜡线配制及贮存方法

蜡线 原材料	气 温 / °C			
	5~15	16~25	26~30	31~35
	5~36			
配 比 (质量分数, %)				
白 蜡	60	60	40	40
松 香	40	40	60	60
机 油	10	8	3	2
1				1
配 制 方 法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在铁锅里放入白石蜡和松香, 加热 100~150°C 熔化</li> <li>2. 徐徐加入个损耗系统用油(机油)</li> <li>3. 搅拌均匀</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用棉线反复进行浸拖, 移出冷却, 到蜡线所需要的粗细为止</li> </ol>			
贮 存 方 法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在室温小于 30°C 时, 可保存在粘上粉中</li> <li>2. 室温大于 30°C 时, 应保存在冷水中</li> </ol>			

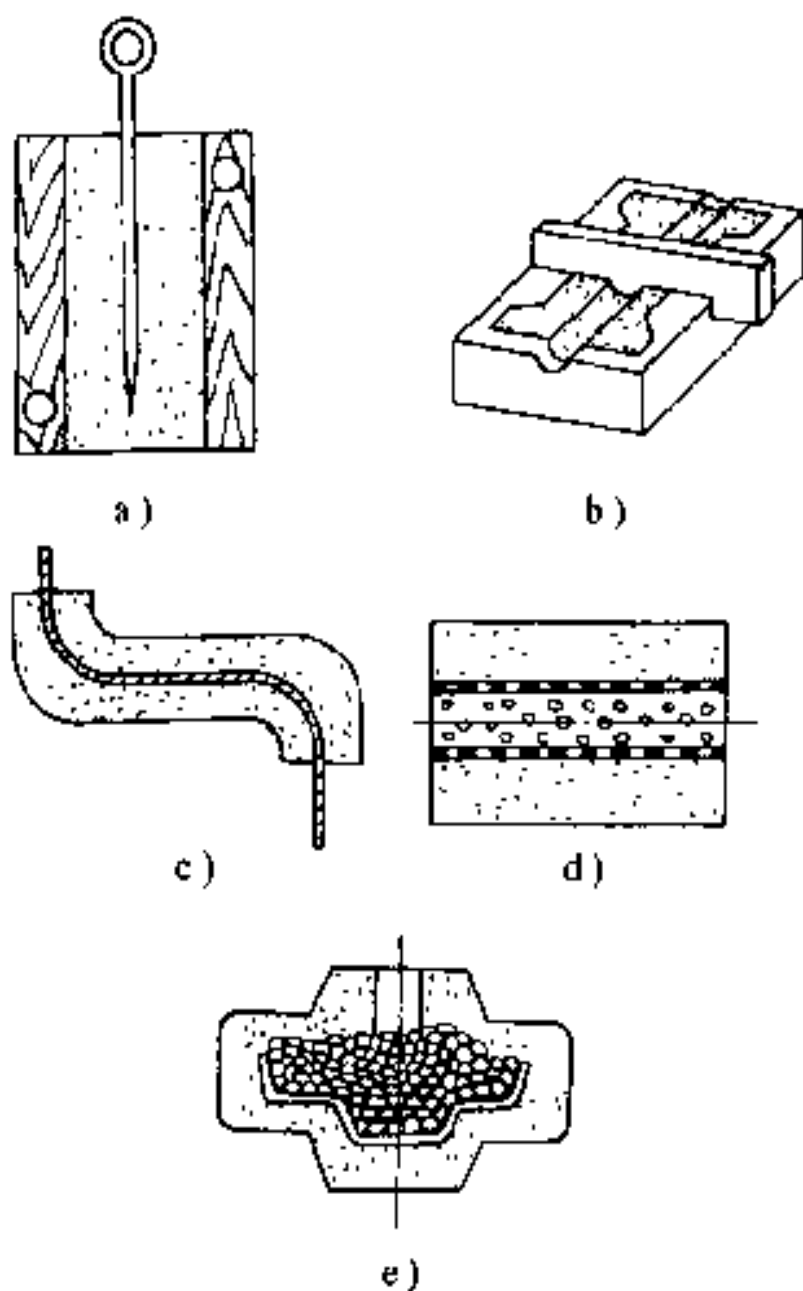


图 4-18 型芯排气方法

- a) 用通气针扎出气孔 b) 用刮板刮出气孔  
 c) 用蜡线 d) 用钢管 e) 埋焦炭

表 4-69 整体式芯盒制芯方法

简 图	<p style="text-align: center;">1 整体式芯盒 2- 型芯 3- 烘干板</p>
应用	形状简单并且有一个较大平面的中、小型型芯
序号	制芯工序及操作方法
1	芯盒内清理干净，放在制芯铁平台上，并试放芯骨
2	填春一层芯砂，芯砂厚度一般为 30~40mm。较大型芯手工春时为 70~80mm，风动砂春子春时为 100~150mm
3	在芯骨上刷泥浆水或水后，将芯骨正放（指骨架在上，骨齿和吊环在下）在芯盒里。用锤轻轻下敲芯骨，使之与芯砂贴合，并且稍低于芯盒上平面
4	填入通气材料，如焦炭、草绳等
5	继续填砂春实春满后，用刮板刮去高出芯盒平面的芯砂
6	用通气针扎出气孔
7	放上烘芯平板，与芯盒一起翻转 180°，并松动
8	取去芯盒，型芯留在烘芯板上
9	若需吊运，则应挖砂露出吊环
10	修整型芯，刷涂料

(2) 对分式芯盒制芯 对分式芯盒分垂直对分式和水平对分式两种，两半芯盒要有定位和夹紧装置。

1) 垂直对分式芯盒制芯(表 4-70)

表 4-70 垂直对分式芯盒制芯方法

简 图	<p>a) 圆柱形型芯 b) 椭圆形型芯 c) 方柱型芯 d) 六棱柱型芯 e) 夹子夹紧芯盒奔砂 f) 芯盒放平，松动 g) 取出型芯</p>
	<p>应用 短粗的圆柱状、椭圆状、方柱状、六棱柱状型芯</p>
序号	<p>制芯工序及操作方法</p> <p>1 将芯盒清理干净，检查定位销和定位孔配合是否完好。合上两半芯盒并用夹钳夹紧</p>

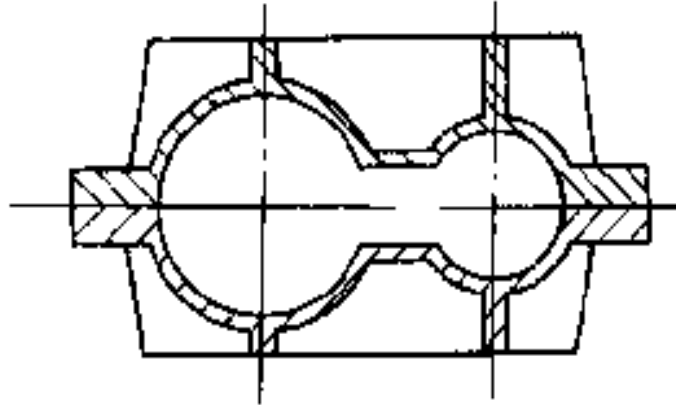
(续)

序号	制芯工序及操作方法
2	填入芯砂并舂实到一定高度(50mm左右)
3	敲入沾有泥浆的芯骨(长度比芯盒短5~6mm)
4	继续填舂芯砂至满,并刮平型芯上端面
5	沿型芯轴线孔出贯通型芯的出气孔
6	取下夹钳,芯盒放平,轻敲芯盒,使型芯芯盒间产生微小间隙(图e)
7	<p>打开芯盒,取出型芯</p> <p>1. 短粗型芯,芯盒可垂直打开,型芯垂直放在烘芯板上(图g)。或用手轻轻支持着型芯,将下半芯盒翻转并取走。把型芯放在烘芯板上。</p> <p>2. 油砂芯湿强度低。取走上半芯盒后,把一个比型芯稍大的框子套在型芯上,往框内填入芯砂,盖上烘芯板。将下半芯盒,框子,烘芯板一同翻转180°,取走下半芯盒和框子,型芯留在有砂托的烘芯板上(如图1-19)</p> <p>3. 用成型烘芯板取走湿强度低的型芯</p>

## 2) 水平对分式芯盒制芯(表4-71)

(3) 脱落式芯盒制芯 在脱落式芯盒中,把妨碍型芯起出的部分做成活块,取芯时,活块和型芯一起倒出,然后从不同方向取下各个活块。可见脱落式芯盒结构是,

表 4-71 水平对分式芯盒制芯方法

简 图	 <p style="text-align: center;">水平对分式芯盒</p>
应用	细长圆杆状型芯
序号	制芯工序及操作方法
1	两半芯盒平放于制芯平台上。
2	在一半芯盒中填实芯砂，同时，放入浸过泥浆或水的芯骨，刮去多余芯砂，使芯砂略高出芯盒分盒面。
3	在另一半芯盒中，填实芯砂。舂实过程中放入芯骨。刮平，用工具在刮平的表面上沿中心线挖出一条出气孔。
4	在刮平的平面上刷一层泥浆水。
5	合上两半芯盒，用锤敲击芯盒顶部，使上下两半型芯粘合成一体。
6	填补并修平型芯两端面，注意保持出气孔畅通。
7	取去上半芯盒。
8	取芯，用手托着，翻转下芯盒，倒出型芯。 对要求较高形状复杂型芯，两半型芯分别烘干后再粘合为整芯。



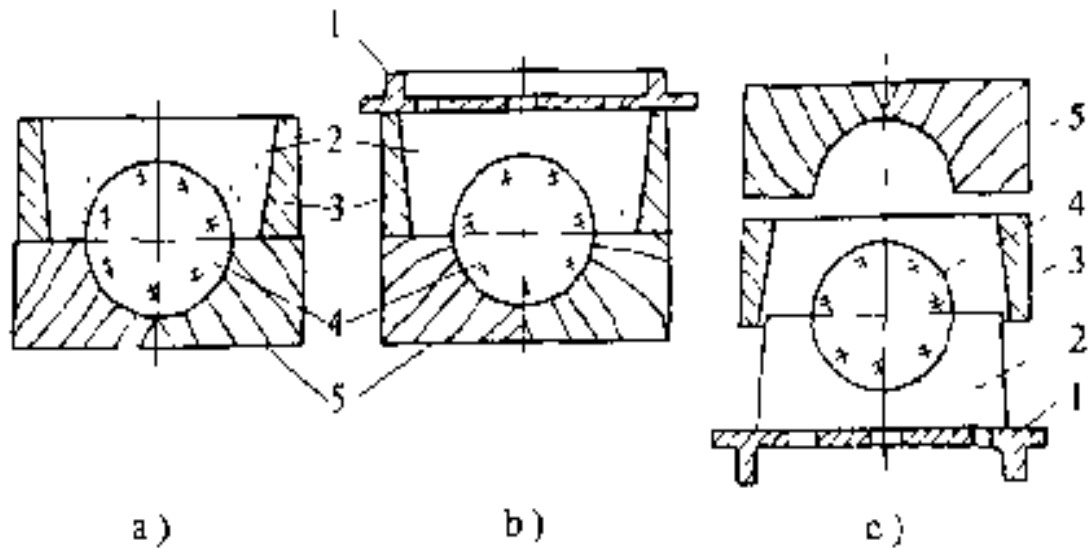


图 1-19 湿强度低时，型芯放在砂托上

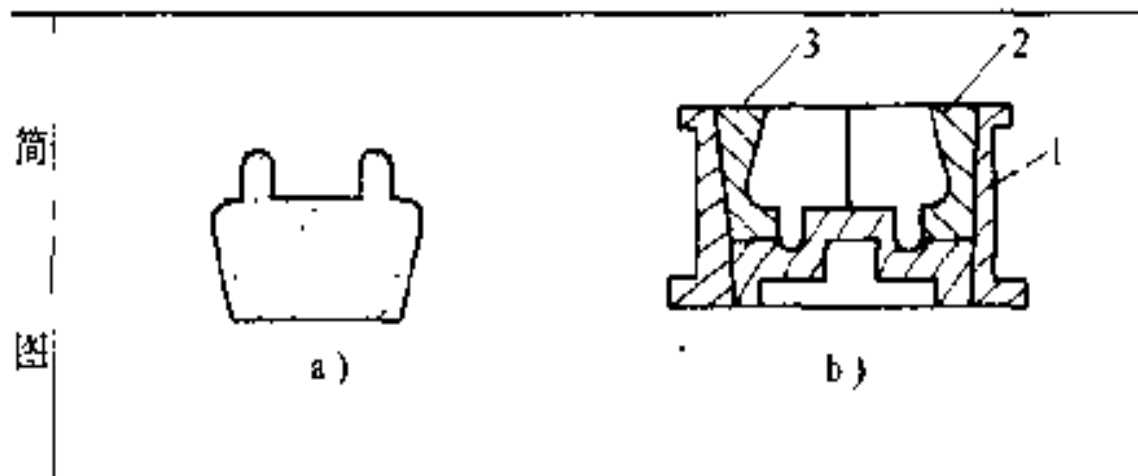
1--烘芯板 2-砂托 3--砂框 4 型芯 5 芯盒

a) 放砂框填砂 b) 芯盒翻转前

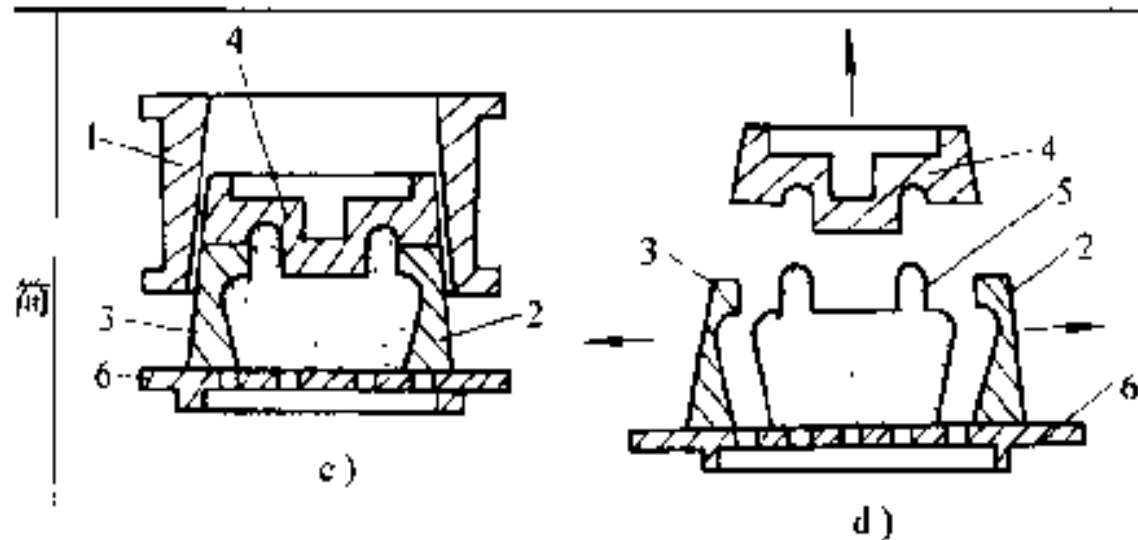
c) 型芯留在烘芯板砂托上

外部是芯盒套框，框内是由形成型芯的芯盒、活动块组成。套框内壁与活动块的结合面有相应斜度且贴合严密。如表 4-72 中图示。

表 4-72 脱落式芯盒制芯



(续)



a) 型芯 b) 脱落式芯盒 c) 取去套框

d) 活块从型芯上各方向取走

1 芯盒套框 2~3—左右半圆活动块

4 底座 5—型芯 6—烘芯板

图

应用  
序号

形状复杂,或拔模斜度小,难以直接从芯盒中取出的型芯

### 操 作 特 点

1

制芯前

按工艺图仔细检查脱落式芯盒以下内容:

- 1) 活块数目是否缺少,活块安放的位置是否错位,颠倒
- 2) 芯盒套框与活块贴合是否严密,取出是否顺畅
- 3) 需紧固的芯盒,夹具夹紧是否牢固,以免舂砂时型芯胀

大

2

制芯过程中,应做到

(续)

序号	操作特点
2	1) 舂砂时, 要防止活块移动, 防止形状复杂的凹槽漏舂 2) 芯骨位置安放要正确, 以便平稳吊运 3) 紧实度要均匀 4) 出气孔分布应均匀, 排气畅通
3	取芯 1) 取芯顺序: 先放烘芯板—烘芯板与芯盒一同翻转180°—提取套框—抽取活块—留下型芯 2) 取出活动后, 仔细检查活块周围芯砂紧实度, 并进行修整 3) 从型芯上取下的活块, 立即放回芯盒原处装上, 以防散失, 应让活块在原位准确落下, 不准硬性敲打

脱落式芯盒制芯操作方法与整体芯盒制芯操作基本相同, 见表 4-72。

(4) 刮板制芯(表 4-73)

(5) 导向刮板制芯(表 4-74)

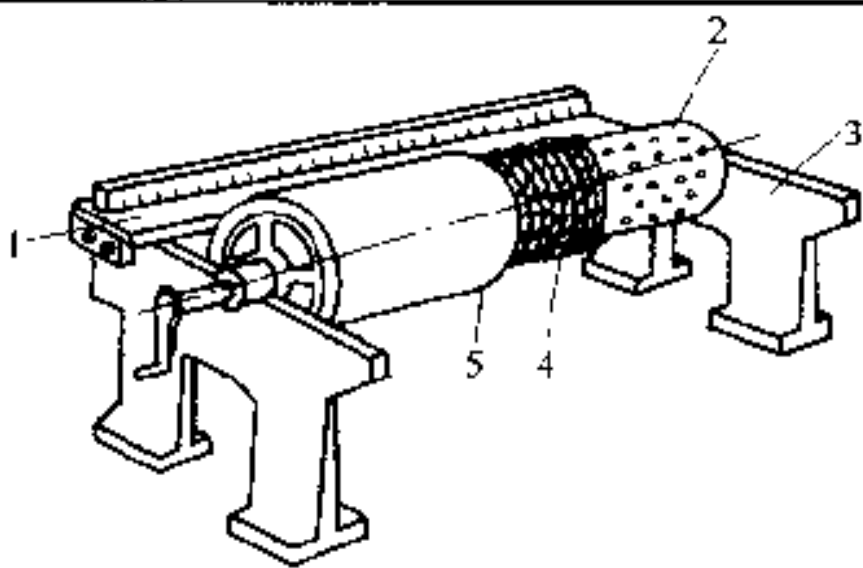
### 5. 制芯规则

(1) 制芯前的准备

1) 读懂工艺图和有关说明文件, 弄明白与制芯工序有关的内容

## 2) 检查芯盒

表 4-73 刮板制芯方法

简 图	 <p style="text-align: center;">1 刮板 2· 芯骨(铁管) 3--刮板架 4—草绳 5—型芯</p>	
应用	截面尺寸较大的圆柱形型芯	
序号	制芯工序	操作方法
1	检查刮板及预固定	<p>1) 刮板是按型芯形状制作的一块厚 20~25mm 的木板, 必须符合工艺图对其形状尺寸的要求。为减少磨损, 木板工作边沿应镶一层厚 2~3mm 的钢板</p> <p>2) 将合格的刮板预固定在刮板架上, 刮板应可以径向移动, 以调整型芯直径尺寸</p>
2	芯骨准备与安装	

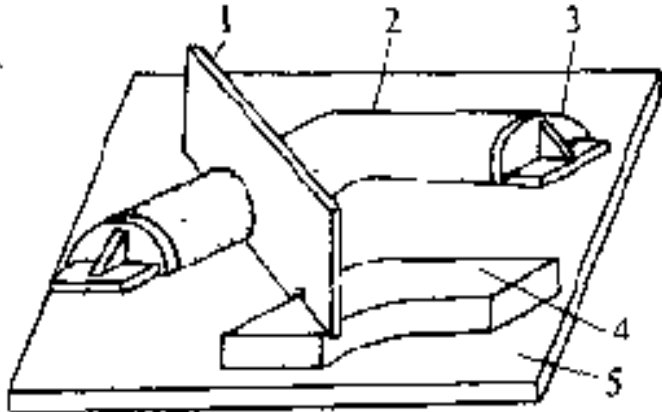
(续)

序号	制芯工序	操作方法
1)	选铁管 芯骨	根据型芯大小选用铁管。铁管直径一般取型芯最小直径的 $1/3$ ，管壁应钻有 $\phi 1 \sim \phi 7\text{mm}$ 小孔(排气)，孔距 $25 \sim 30\text{mm}$ 对大型型芯，在管子外面沿长度方向均匀地套上一些铁箍，在外箍外围均匀地扎上一些圆钢，以使芯砂与芯骨牢固连接
2)	安装铁管 芯骨	在刮板架上安放铁管。对大型型芯，管内可装一支钢轴，通过肋条与管子焊接成整体，放入刮板架轴承中或托轮上。
3)	缠草绳	将草绳一头用铁丝固定在管子一头，顺序缠在管壁上，边绕边锤实，1层或2层(2层之间糊上烂砂泥)
4)	捆铁丝，钉扁钉	缠好的草绳周围捆铁丝，并钉上敲扁钉头的扁钉，形成棍刺状。铁钉应低于型芯表面 $5\text{mm}$ 左右
5)	烧去硬毛头	用火烧掉最后一层草绳上的硬毛头
3	校正刮板位置并锁定	
1)	调整刮板位置	刮板工作边距铁管表面距离等于： $1/2(\text{型芯直径} - \text{铁管外径})$

(续)

序号	制芯工序	操作方法
2)	锁定刮板	当刮板距离调整校正正确后,拧紧压板上的螺钉,将刮板锁定在刮板架上。
4)	试刮制	在芯骨两端,各试刮一段型芯  用卡钳检测试制的两段型芯,若尺寸不符,重新调整
1)	试刮制二	
2)	段型芯检测	
5)	刮制型芯	
1)	外敷一层烂砂	在紧缠的一层草绳上,敷上一层厚约10mm的烂砂(指芯砂+水拌成的糊状物)
2)	敷芯砂舂实	敷上芯砂,并舂实
3)	转动芯骨,刮制	边转动,边刮去多余的芯砂,直至刮成工艺图所要求的型芯尺寸。型芯厚一般为25~80mm
4)	刮光	敷上层细而稀的烂芯砂,刮制出表面光洁的型芯
6)	检测	用外卡钳和刻度直尺,在刮板架上检测型芯外径。如有偏差及时修整
7)	刷涂料	根据铸件材质,在刮板架上对型芯刷上相应的涂料
8)	烘干准备	烘干前,为避免炉气进入铁管烧掉草绳,用型砂将铁管两端堵塞

表 4-74 导向刮板制芯方法

简图	 <p>1- 刮板 2- 型芯 3 挡板 4- 导向板 5 -底板</p>	
应用	只能刮制截面形状(半圆形、多边形或异形)没有变形的型芯	
序号	制芯工序	操作方法
1	检查模具	<p>1) 刮板、导向板形状尺寸应符合工艺图</p> <p>2) 底板上装有供刮板移动的导向板,应用螺钉牢固固定在底板上</p> <p>3) 底板上固定的两个半圆挡板之间距离应正好可放下所需要的型芯</p> <p>4) 刮板上应有一个沿导向板边沿移动的缺口</p>
2	填一层芯砂	在两个半圆挡板之间, 铺上一层厚 10 ~ 20mm 芯砂
3	放芯骨	将没过泥浆或水的芯骨放上

(续)

序号	制芯工序	操作方法
1	放通气材料	根据型芯结构的大小, 选放小焦炭、草绳或蜡线等
5	继续填充芯砂	填砂时可作一个辅助木框套上, 以防春砂时芯砂散开
6	刮制型芯	用刮板沿导向板移动, 刮去多余的芯砂, 制成半圆型芯
7	刷涂料	就地刷涂料
8	型芯放在烘芯板上, 送去烘干	用砂托的方法(如图 1-19 示)将型芯放在烘芯板上, 进窑烘干
9	制另一半型芯	方法同序号 1~8
10	组合型芯	将两半型芯组合, 形成一个整芯

① 芯盒内应干净。

② 芯盒的数量、编号

③ 芯盒工作面应完整, 如有变形、缺损、凹坑、裂纹及尺寸偏差和活块定位装置松动量超过规定范围, 应退回修整。

④ 芯盒上夹紧装置如紧固卡、紧固螺栓应安全可



靠。

⑤ 芯盒上定位装置如定位孔、定位销应齐全，配合灵活、严密。

⑥ 必要时，为防粘模，可刷上相应的脱模剂如煤油、全损耗系统用油（机油）、或滑石粉。

### 3) 检查芯骨

① 芯骨结构和尺寸必须符合工艺图要求。

② 芯骨必须保证型芯有足够的强度和刚度。不妨碍铸件收缩和排气。清砂时容易取出。

③ 芯骨应保证型芯硬化（指水玻璃型芯、树脂自硬型芯等）或烘干（指粘土型芯）后，能吊动。芯骨上吊环应有足够强度，铸入或焊接位置能保证吊运的型芯平稳。

4) 检查冷铁 铸钢件型芯上的外冷铁，材质必须也是钢的。尺寸形状符合工艺图要求。表面干净无锈蚀和油污，平整与铸件上圆角相吻合。

5) 芯砂和涂料 必须符合工艺规定，性能合格。

### (2) 舂砂

1) 芯盒放稳、对好活块、夹紧后方可填砂舂实。

#### 2) 放芯骨

① 芯骨上松散的型砂应清干净。

② 放入芯盒前，芯骨要刷上泥浆水，油型芯时要刷桐油。

③ 放芯骨时，芯骨要有一定的吃砂量。

1) 大型芯，当芯骨的骨齿向下时，应先填入100~150mm 芯砂，舂实铺平后敲入芯骨，应防止骨齿刺伤芯盒工作表面。当芯骨骨齿向上安放时，砂层应薄一些。

⑤ 细薄型芯，应放扁铁、铁钩、圆钉等加强物，必要时应与芯骨扎牢。

3) 大型芯的芯撑支撑处，舂砂时应放上垫铁块或耐火砖。

4) 外冷铁放入时应刷上硅石粉涂料。

5) 舂砂，应沿着外沿四周向中心舂实，严禁直接冲击芯盒内壁，紧实度要均匀，不易舂实处要用手工塞紧，活块和冷铁不要舂错位。

6) 型芯的舂砂要保持平整。

7) 对于刮板制芯，要求按工艺图校正刮板位置，粗刮后应扎排气孔至焦炭层，孔口要堵死修光。刮砂应严防表面夹层，刮好后应进行修补。

8) 对卷筒型芯，钢管芯骨上草绳要缠紧且结实。箱带、芯骨齿要固牢，骨齿吃砂量一般为15~40mm。分层舂砂，紧实度要均匀，在舂后一层砂之前应先将前一层砂的光滑面划毛，以防夹层。在刮烂砂前应先检查尺寸应符合工艺图要求。

### (3) 型芯排气要畅通

1) 根据型芯结构和大小，应分别选用适当的排气方法。

2) 气道不应中断或堵塞,排气道的排气孔应设在芯头处,以使浇注时型芯产生的气体能顺利排出。

3) 挖排气道并扎出气孔,出气孔距芯盒工作面10~20mm,严防出气孔穿透到型芯表面。在工作面上扎出气孔时应扎到焦炭层,并将孔口堵死修光。

4) 型芯扎出气孔每平方米不少于3~4个。

5) 对分型芯,用手工在分芯面上开挖排气道,砂层较厚时,还须均匀地扎出气孔。

6) 用蜡线作排气通道时,不应把蜡线撞断。

7) 焦炭或炉渣作粘土砂型芯的排气道时,其要求见表4-75。

表 4-75 排气道要求 (mm)

型芯尺寸(长×宽)	焦炭块度	焦炭离芯盒工作面距离
<500×500	20~30	60~80
500×500~1000×1000	30~60	80~100
1000×1000~1500×1500	30~60	100~120
1500×1500~2000×2000	60~100	120~150
>2000×2000	100~200	150~200

#### (4) 脱芯

1) 松芯盒时应用木锤头或垫以木块敲动。

2) 翻转芯盒时要确保安全和型芯不变形。

3) 放置型芯的平板要平整。易变形的型芯应用专用的托芯板、成型烘芯板或砂托。

4) 无合适托芯板时,可用平板和砂箱,箱内按型芯外形铺填型砂作为托芯板。型芯之间用浸过煤油的纸隔开。

#### (5) 修芯

1) 型芯脱出后,检查各部松紧程度,填补疏松部分。

2) 型芯上缺损较大处、变形处,应挖松后再行填补。修补处要保证型芯强度,形状尺寸、表面粗糙度符合工艺图要求。

3) 大修处、大平面,突出部分应插钉子加固。

4) 避免修和动芯头部分,以防变形。

5) 按要求倒好圆角。削出披缝。

6) 挖出吊环,坑洞不要挖的太大,以能进吊钩为准。

7) 吊在上箱的大型芯、舂砂后应挖开挂吊螺钉的芯骨架。

8) 若需在湿型芯上再装配辅助型芯时,应将型芯装配牢。两者通气道须连通,接缝应补好,以防金属钻入气孔。

#### (6) 刷涂料

1) 涂料只涂在型芯的工作面上。

2) 上涂料的厚薄要均匀,表面没有溢流出现,不拖

砂、不堆积。

3) 铸铁小型芯刷一次中浓度炭灰水涂料, 而大、中型芯应刷较厚的炭灰水涂料, 当一次刷不厚时, 待其稍干后再刷一次。

4) 芯头部分可刷白泥浆涂料, 以增加芯头表面强度和防止芯砂散落。

### (7) 装配

1) 凡组合型芯, 在型芯装配后应将缝隙挤牢, 插钉子加固、绑牢, 并检查尺寸符合要求。

2) 两半型芯并合时, 要刷泥浆水。并合要正确、紧密, 并用铁丝、螺栓固牢或焊接牢固, 修好接缝。排气道要畅通。刷好涂料后应烘干。

3) 打好的型芯, 要标注零件图号和型芯编号。

4) 工作结束时, 应将芯盒对装好, 整理干净、放置整齐, 工作场地清扫干净。

## 二、机器造型(芯)

造型过程包括填砂、紧实、起模、下芯、合型以及砂型和砂箱的运输。

大部分造型机主要是实现填砂、紧实和起模工序的机械化, 而合型、砂型和砂箱的运输, 则由其它辅助设备来完成。

在造型机的填砂、紧实和起模三个主要功能中, 紧实

是更为重要的,它是造型机的工艺基础,因为现代化造型方法的目标,就是要获得一个紧实度高并且分布均匀的砂型。

### (一) 砂型的紧实度

1. 紧实度 砂型(芯)的成型过程,从某种意义上讲就是型砂的紧实过程,即把松散的型砂紧实为砂型。紧实度就是表示砂型中砂粒之间互相排列和堆积紧密的程度。砂粒堆积得越紧实,其紧度就越大。砂型的紧实度可以用单位体积内型砂的重量表示,即

$$\delta = \frac{G}{V}$$

式中  $\delta$  —— 砂型的紧实度;

$G$  —— 型砂的重量;

$V$  —— 型砂的体积。

表 4-76 是几种状态型砂紧实度数值。

表 4-76 几种常见的型砂紧实度

序号	型砂的状态	紧实度 (g/cm <sup>3</sup> )
1	十分松散的型砂	0.6~1.0
2	从砂斗填到砂箱的松散砂	1.2~1.3
3	一般紧实的型砂	1.55~1.7
4	高压紧实后的型砂	1.6~1.8
5	非常紧密的型砂	1.8~1.9

确定一个砂型的平均紧实度是比较容易的，只要知道砂型的总体积和总重量，就可以利用公式计算出来。但实际上砂型的紧实度并不是处处都一样的。若要知道某处的紧实度须破坏砂型，测量起来相当麻烦而且很不容易准确，故这种方法生产中难以采用。

2. 砂型的表面硬度 紧实度虽可表示砂型内部各点紧实度分布情况，但由于不好测量，以生产中常用测定砂型表面硬度的方法，间接表示砂型的紧实程度。使用硬度计测量砂型的紧实度非常方便，且不会破坏砂型型腔，其缺点是不能测量砂型内部的紧实度。硬度计的种类和应用，见表 4-77。

表 4-77 砂型表面硬度计种类及应用

类型	钢球直径/in <sup>①</sup>	加负荷/N	应用
A 型	0.2	2.37	紧实度较低的湿型
B 型	1	9.86	用于紧实度高的湿型
C 型	锥形压头	15.00	

① 1in=25.4mm。

3. 对砂型紧实度的要求 砂型经过紧实后而具有一定强度。对紧实后的砂型最低要求是：

- (1) 能经受搬运或翻转过程中的振动而不塌落。
- (2) 在浇注时砂型型面能抵抗住金属液的冲击、冲

刷和压力。

满足上述二个要求，方可能获取尺寸精确、内部致密、表面粗糙度低的铸件。

对砂型紧实度的工艺要求，要根据实际生产条件而定。砂型表面硬度要求一般为：

一般紧实后砂型为 60~80。

手工造型或一般机器造型为 70。

高压造型为 80~90。

(二) 紧实方法(表 4-78)

(三) 翻箱与起模方法

翻箱和起模是紧密相连的两道工序。

用机器造型时，有时翻箱和起模分别由两台设备完成，即翻箱用翻箱机，起模用起模机。有时翻箱和起模在同一台造型机上完成(如 Z 2310 型翻台式震击造型机)。

1. 翻箱机 翻箱机的作用，是在下箱造完型后，把它翻转 180°，使型面向上。

按驱动方式不同，翻箱机有液压缸齿条式、曲柄式以及滚筒式三种。

图 1-20 是一种手动叉形翻箱机。造好型的下箱，从造型机送入其中的边辊道之间，托叉叉住箱把，将砂箱托起，这样以箱把为旋转轴心用手将砂箱翻转。

2. 起模方法(表 4-79)



表 4-78 机器造型的紧实方法

序号	紧实方法	成型原理	砂型特点	应用
1	震实	借机械撞击紧实成型	上松下紧,常需补压	一般铸件,中、小批 用,流动性较好的型砂
	单纯压实	借助于压头或模样所传递的压力使型砂紧实成型	按比压大小分三种: 低压 0.15~0.4MPa 中压 0.4~0.7MPa 高压 > 0.7MPa	中低压用于一般铸件,中小批生产 高压用于复杂件,大量生产
2	单向压实	一般压实比压小下 0.1MPa	紧实度不均匀	简单扁平铸件中小批生产
	差动压实	首先压头预压(上压),然后模样面补压(下压),最后压头端压	紧实度及均匀性比单向压实高	复杂铸件大量生产

(续)

序号	紧实方法	成型原理	砂型特点	应用
3	普通震压	震击加压实	紧实度比震实式高	一般铸件, 中、小批生产
	微震压实 震压	震击频率 400 ~ 3000Hz 小振幅 小于 8mm, 先微震后压实或同时进行	紧实度及均匀性都高	中、小复杂铸件的各 种批量生产
4	射压	借助压缩空气低压射砂预紧实, 而后高压压实成型。压实比压: 垂直分型大于 2MPa, 水平分型小于 1MPa	紧实度及均匀性较高	结构较简单的小件大批量生产, 特别适合无芯或少芯铸件

(续)

序号	紧实方法	成型原理	砂型特点	应用
5	静压造型	过程： (1) 在砂箱内填砂 (模板上有通气塞) (2) 用 $0.45 \sim 0.6$ MPa 压缩空气对型砂 加压紧实(一般 0.3s)，通入的压缩空 气穿过型砂经排气塞 排出，此时越靠近模 板处紧实度越高 (3) 用压头补压成 型	上下紧实度均匀	中、小复杂铸件的 中、大批量生产
	气流冲击	利用压缩空气或燃 气冲击被紧实砂型	紧实度均匀且分布 合理，靠模样处的紧实 度高于砂型背面	中、小复杂铸件的大 批量生产。比静压造型 具有更大适应性

(续)

序号	紧实方法	成型原理	砂型特点	应用
6	动压冲击	动压冲击是将高压触头和冲击造型结舍在一起的造型方法。触头可单独控制,有效长度可达砂箱高度的70%,紧实头的冲击速度可达5m/s	紧实度高且均匀	中、小复杂铸件的大批量生产,尤其适合轮廓高差悬殊的铸件
7	抛砂	借高速旋转叶片把砂团抛出,打在砂箱内砂层上使型砂逐层紧实常须人工补实		中、大铸件单件小批生产
8	真空置换硬化 (VRH法)	将水玻璃砂型置于真空室里,借助约0.05MPa的负压,使CO <sub>2</sub> 通过砂型硬化	紧实度高且均匀	各类铸件的单件小批生产,尤其适用于尺寸大小接近的中、小铸件

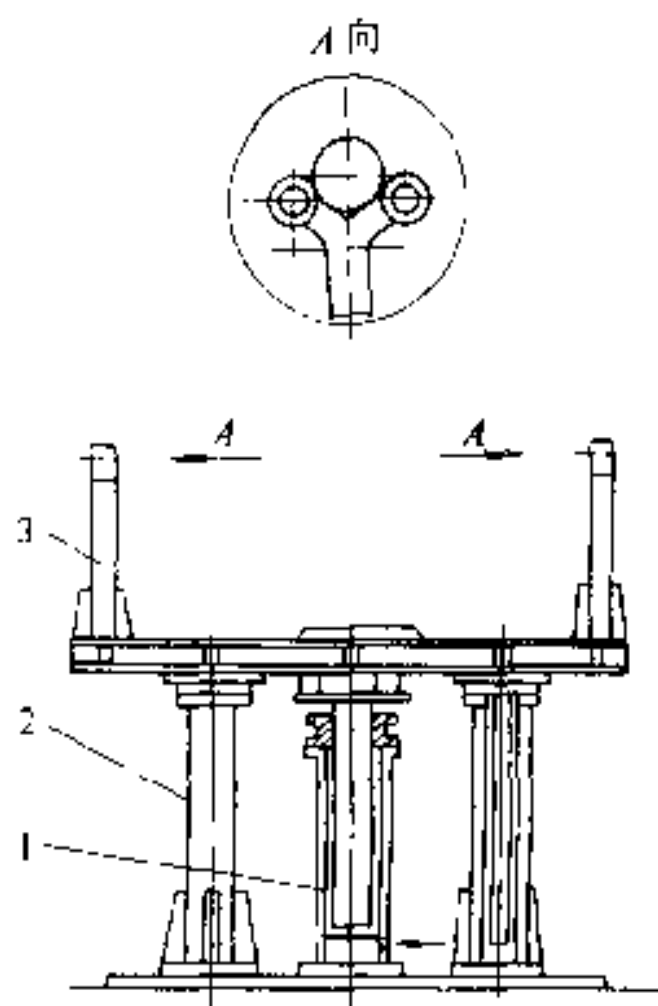


图 4 20 手动叉形翻箱机

1—升降气缸 2—导杆 3—托叉

#### (四) 造型机造型

##### 1. Z2310 型翻台震实造型机(图 4-21)

###### (1) 特点

1) 只能震击不能压实。

2) 主要由震击机构、起模机构、翻转机构三个独立的部分组成。

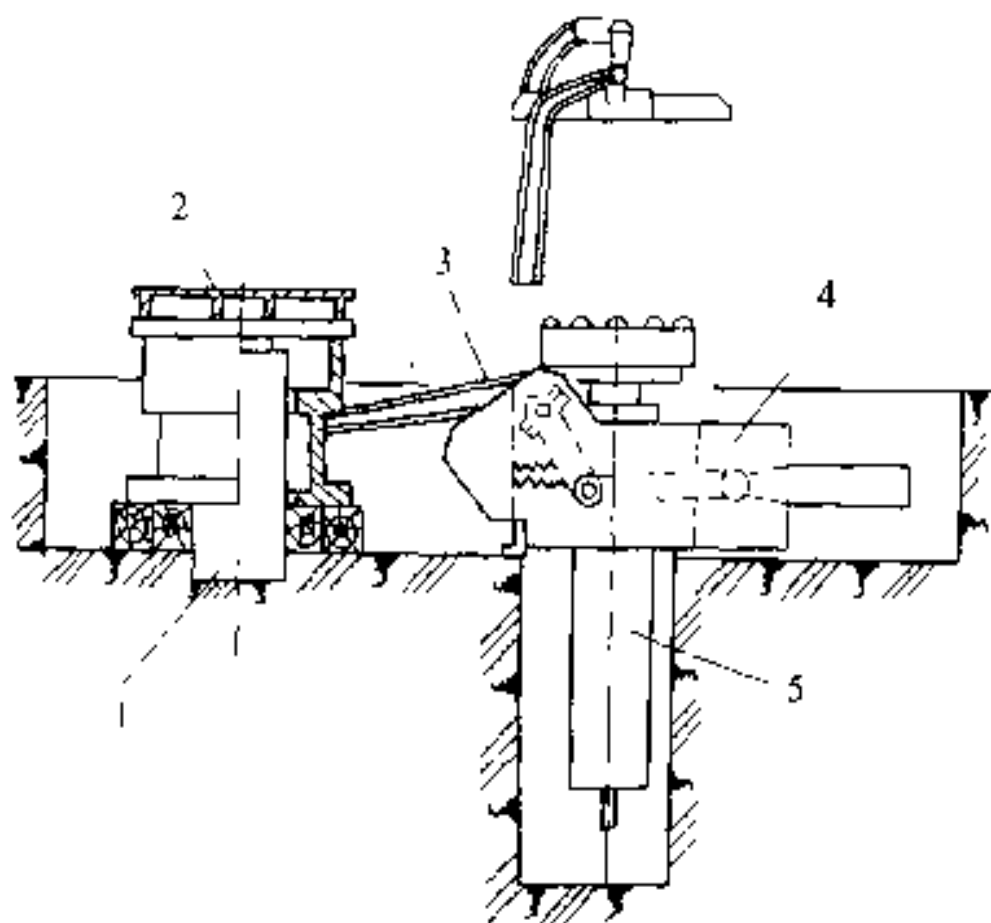


图 4-21 Z2310 型造型机

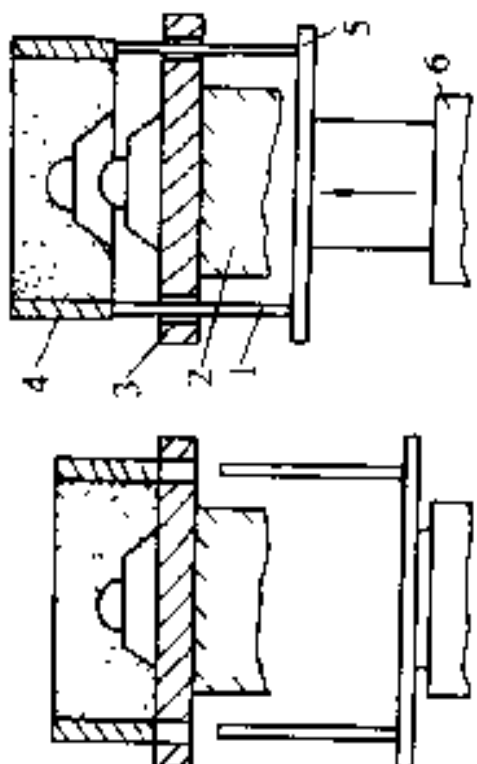
- 1 - 震击气缸 2 - 翻台 3 - 连杆  
4 - 翻台气压缸 5 - 起模液压缸

3) 在起模前,能先将砂型翻转,保证起模时砂型不损坏。

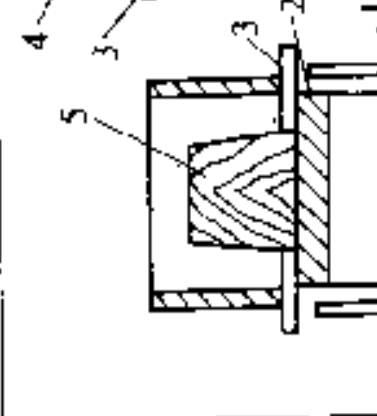
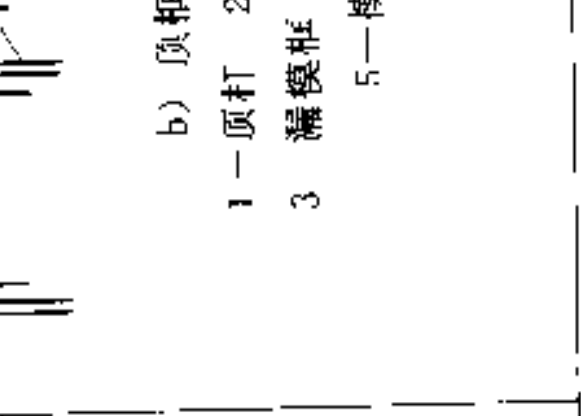
4) 砂箱规格为  $1000\text{mm} \times 800\text{mm} \times 300\text{mm}$ 。

(2) 造型过程 造型时,砂箱放在翻台上,翻台则放在震击工作台上,由双座司气阀控制震击气缸,带动翻台进行震击,将砂型紧实。砂箱顶部的松砂层可用铲子铲去余砂,也可用风动砂春紧实。

表 4-79 造型机起模方法

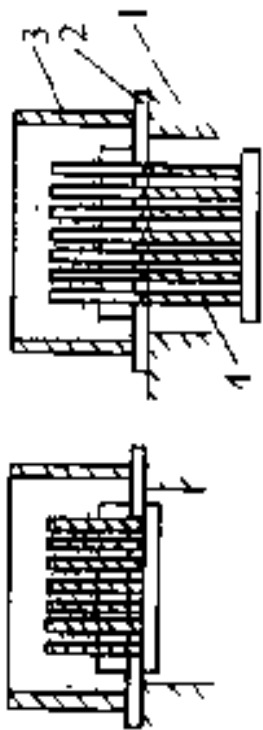
序号	起模方法	特点	简图
	<p>顶箱起模(指在不翻转砂箱情况下,将模样从砂型中取出)</p> <p>(1) 顶杆起模(图 a)</p>	<p>在造型机四角,设有四根专用顶杆,成型紧实后,四个顶杆穿过模板四角的孔,将砂箱垂直顶起,模板仍留在原工作台上。四根顶杆在同一顶杆架上安装,顶杆架由一个气缸带动</p>	 <p>a) 顶杆起模</p> <p>1—顶杆 2—工作台 3—模板 4—砂箱 5—顶杆架 6—气缸</p>

(续)

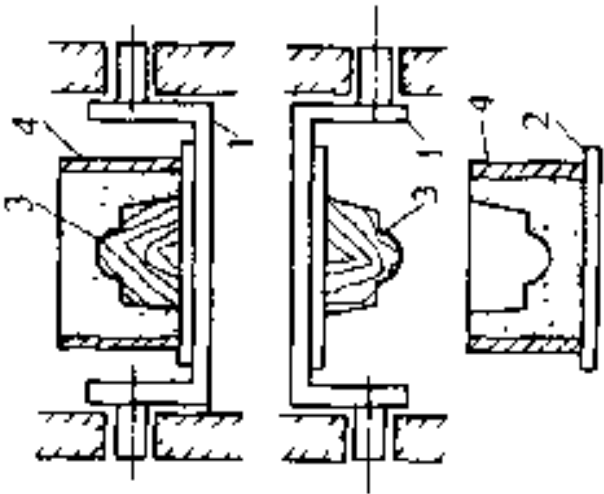
序号	起模方法	特点	简图
	顶箱起模(指在不托箱起模翻转砂箱情况下,将模样从砂型中取出)	与顶杆起模相似。不同点是砂箱被托生不动,而模样向下运动	
1	(3) 漏模	起模斜度较小而高度又较大的模样,可采用一种漏板框托件砂型,仅使模样从漏板框中漏出。模样与漏板框四周间隙为0.2~0.5mm	 <p data-bbox="909 627 957 873">b) 顶框漏模</p> <p data-bbox="973 560 1021 940">1—顶打 2 工作台</p> <p data-bbox="1037 560 1085 940">3 漏模框 4 砂箱</p> <p data-bbox="1101 672 1149 828">5—模样</p>



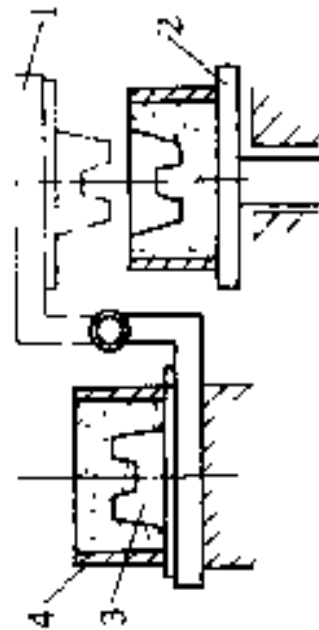
(续)

序号	起模方法	特点	简图
1	顶箱起模(指在不翻转砂箱情况下,将模样从砂型中取出)	漏板框加在顶杆起模机构上(图 b)  漏板框加在托箱起模机构上	 <p style="text-align: center;">c) 漏模法</p> <p>1- 工作台    2- 漏模板 3- 砂箱    4 模样</p>

(续)

序号	起模方法	特点	简图
2	翻转起模(指把砂箱连同模板翻转 $180^{\circ}$ ,用接箱台把砂箱接住,模板不动,当接箱台连同砂箱下降时,砂型与模样分离,达到起模目的)		 <p>d) 转台式起模</p> <p>1 转台 2—接箱台 3 模样 4—砂箱</p>

(续)

序号	起模方法	特点	简图
2	<p>翻转起模(指把砂箱连同模板翻转180°,用接箱台把砂箱接住,模板不动,当接箱台连同砂箱下降时,砂型与模样分离,达到起模目的)</p>	<p>翻台式起模法,由于砂型面朝上,所以对复杂的模样可以避免掉砂和崩裂。一般用于大、中型的下砂箱起模</p>	 <p>c) 翻台式起模 1—翻台 2—接箱台 3 模样 4—砂箱</p>

**翻转：**机器的右边有一个横的气压缸，用来推动翻台的连杆转轴。使主连杆转过 $90^\circ$ ，将翻台举到起模工作台的上面。由于小连杆的作用，翻台在举升同时翻转 $180^\circ$ ，使砂箱顶面向下。

**起模：**起模液压缸将起模工作台升起顶住砂箱。在起模工作台上设有砂箱校平机构，把砂箱平平地托住。然后，翻台板上的砂箱夹紧装置放开砂箱，起模工作台缓慢下落，完成起模工作。

(3) 应用 用于成批生产较复杂的砂型，如机床床身、柴油机体等。也常用于造较大的复杂型芯。

## 2. Z6312D 型抛砂机

Z6312D 型抛砂机的示意图，如图 4-22 所示。

### (1) 特点

- 1) 适应性较强。
- 2) 砂型紧实度均匀。
- 3) 振动小，对地基要求低，噪声小。
- 4) 抛砂机前面设有座椅，操作者可在座椅上完成全部操作过程。

(2) 造型过程 造型时，型砂由机器上方的砂斗，经圆盘给料器或直接由带式输送机送入大臂的送砂带上，然后经小臂送砂带，沿叶片转动的切线方向进入抛头，抛头把砂团以 $30\text{m/s}$ 以上的高速抛出，使型砂在砂箱中得到紧实。

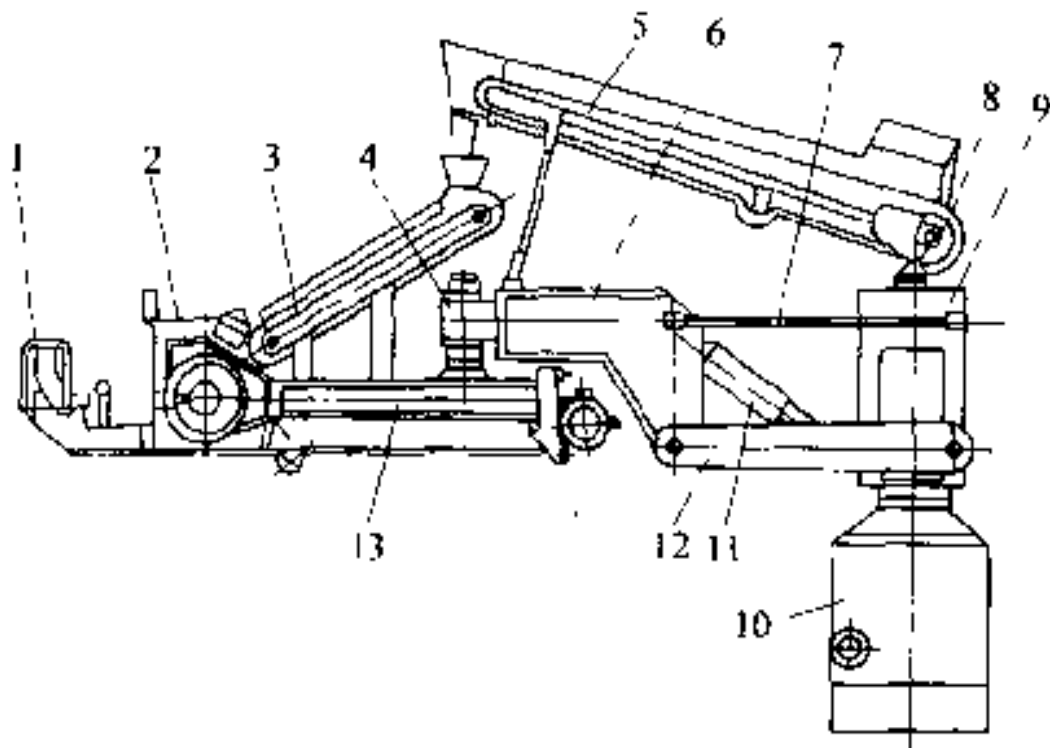


图 4-22 Z6312D 型抛砂机

- 1—座椅 2—抛头 3—小臂送砂带  
 4—小臂回转液压缸 5—大臂送砂带  
 6—平衡臂 7—空心拉杆  
 8—油冷电动机滚筒 9—立柱 10—底座  
 11—升降液压缸 12—大臂 13—小臂

为使抛头能在砂箱上方水平移动、将型砂填满整个砂箱,抛砂机的小臂和大臂分别可绕轴转动  $300^{\circ}$  及  $270^{\circ}$ 。抛头借助升降液压缸而上下升降,可适应不同高度的砂箱。

(3) 应用 适用于单件或成批生产的铸铁件粘土砂砂型(芯)。目前用的较少。

## 3. 多触头高压造型机(图 4-23)

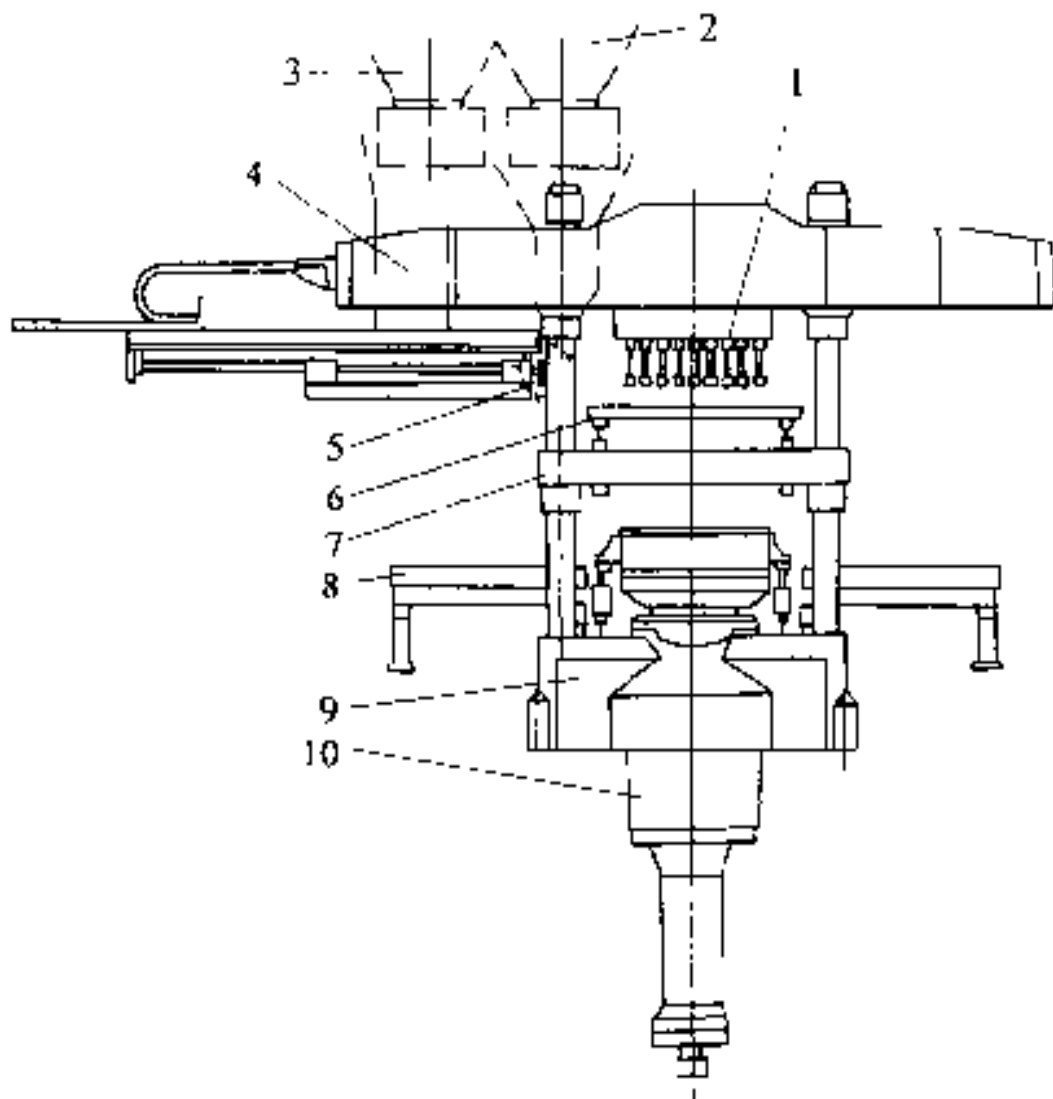


图 4-23 多触头高压造型机

- 1 多触头压头 2—面砂斗 3—背砂斗  
 4—上横梁 5—带松砂转子的加砂斗  
 6 辅助框 7 进出箱起模边辊道  
 8—模板自动循环机构  
 9—机座 10—震压机构

### (1) 特点

1) 主要结构有底座、上横梁、加砂机构、震压机构、模板自动循环机构以及液态和电控系统。多触头是浮动式。

2) 采用带松砂转子的加砂斗,可在模板上先均匀撒上一层面砂,然后再加背砂。

3) 由于有模板自动循环机构,可以在不停机情况下交替生产上下型。或把另一品种的模板调到模板穿梭机构的小车上,有利单机组线。

4) 震压机构采用弹簧加气垫双缓冲。能保证起模质量。

5) 工艺性好,能造出紧实度高并且均匀的、形状复杂的砂型。

(2) 应用 适用于单机组线生产多品种的尺寸较大的铸铁件和铸钢件,砂箱内尺寸是 $1500\text{mm}\times 1200\text{mm}\times 400\text{mm}$ ,

#### t. 无箱射压造型机(图 4-24)

(1) 特点 结构特点主要是四工序造型机,即射砂、挤压、推出、返回。由八部分组成,即机座、型腔、反压板机构、液压缸及挤压板、动力机构、气控系统、射砂系统和型腔深度控制器。

型块尺寸 $500\text{mm}\times (400\sim 600)\text{mm}\times 500\text{mm}$ ,可调节八种厚度。

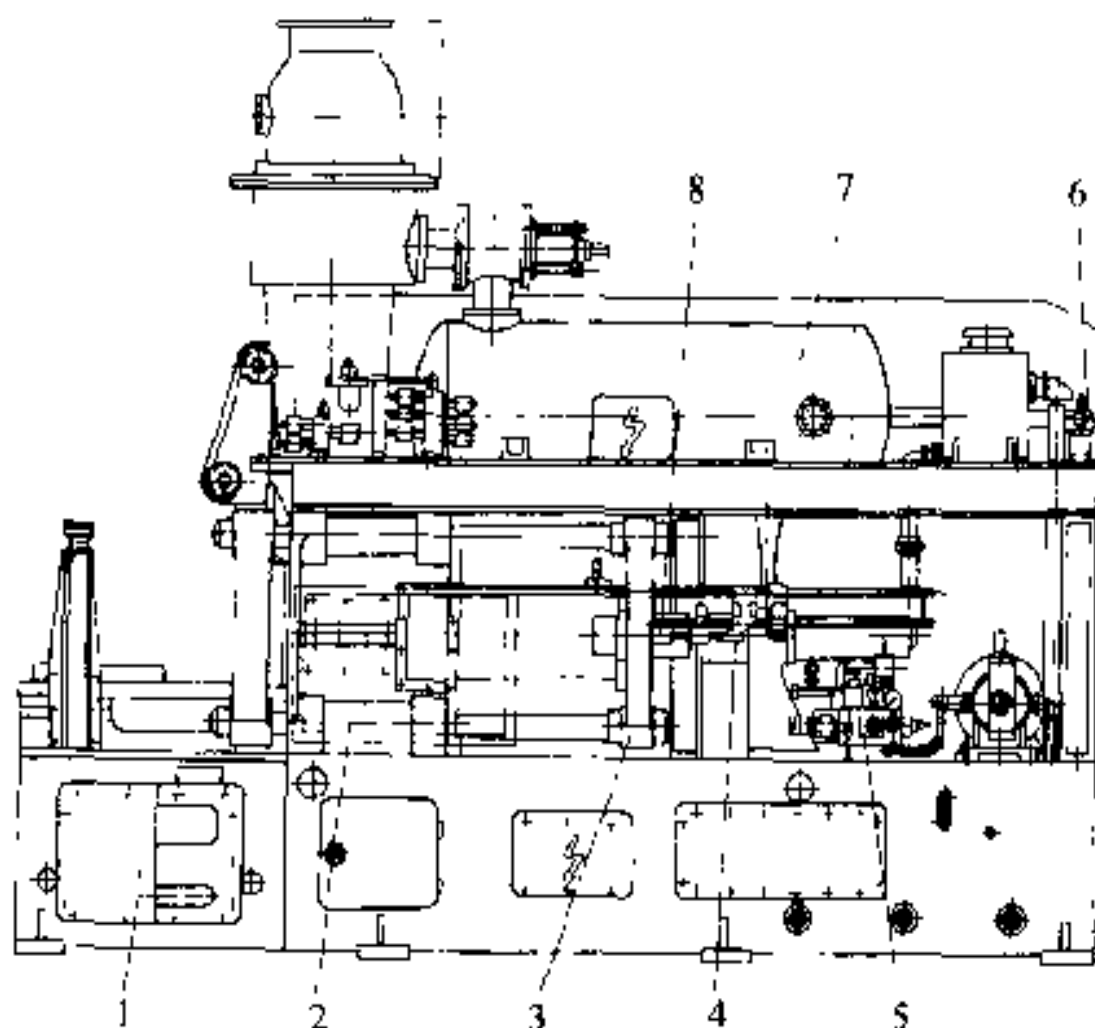


图 4 24 无箱射压造型机(垂直分型)

1- 机座 2 - 型腔 3-反压板机构

4- 液压缸及挤压板 5 - 动力机构

6-气控系统 7 - 射砂系统

8-型腔厚度控制器

工艺特点：是砂型的正反面都是型腔，都为分型面，垂直分型，连续叠箱，形成一个型列，不需要卡紧装置即可浇注。



砂型平均硬度达 90(A 型湿砂型表面硬度计), 型面利用率可达 70% 左右。

## (2) 造型过程(图 4-25)

1) 射砂(图 4-25a) 止、反压板将造型室关闭, 进行射砂。射砂结束后, 射砂阀关闭、打开排气阀, 排出筒内残余空气。

2) 压实(图 4-25b) 经  $d$  孔进入主液压缸的高压油, 作用于后活塞上, 使反压板压紧在造型室上, 同时作用于前活塞上, 使压实板对射砂时初步形成的砂型进一步压实。当砂型比压达到所需值时, 压实板停止挤压, 压实比压可按需要无级调节。

压实时, 装在模板内的振动器进行振动, 以利提高紧实度。同时, 模板加热, 以利起模。

3) 起模 I (图 4-25c) 高压油由  $b$  孔进入后液压缸, 使反压板先平行外形, 然后, 在导向凸轮控制下向上倾转到水平位置, 造型室前方门被打开, 手打下芯可在此时进行

闸门 6 此时也打开, 对射砂筒加砂。

4) 推出合型(图 4-25d) 高压油由  $c$  孔进入增速液压缸, 并通过活塞使增速液压缸内的油, 经  $e$  孔流入主液压缸, 作用于前活塞上带动压实板将砂型推出造型室, 实现合型, 并进而使整串砂型向前推进一个砂型的厚度。

5) 起模 II (图 4-25e) 高压油由  $a$  孔进入前液压

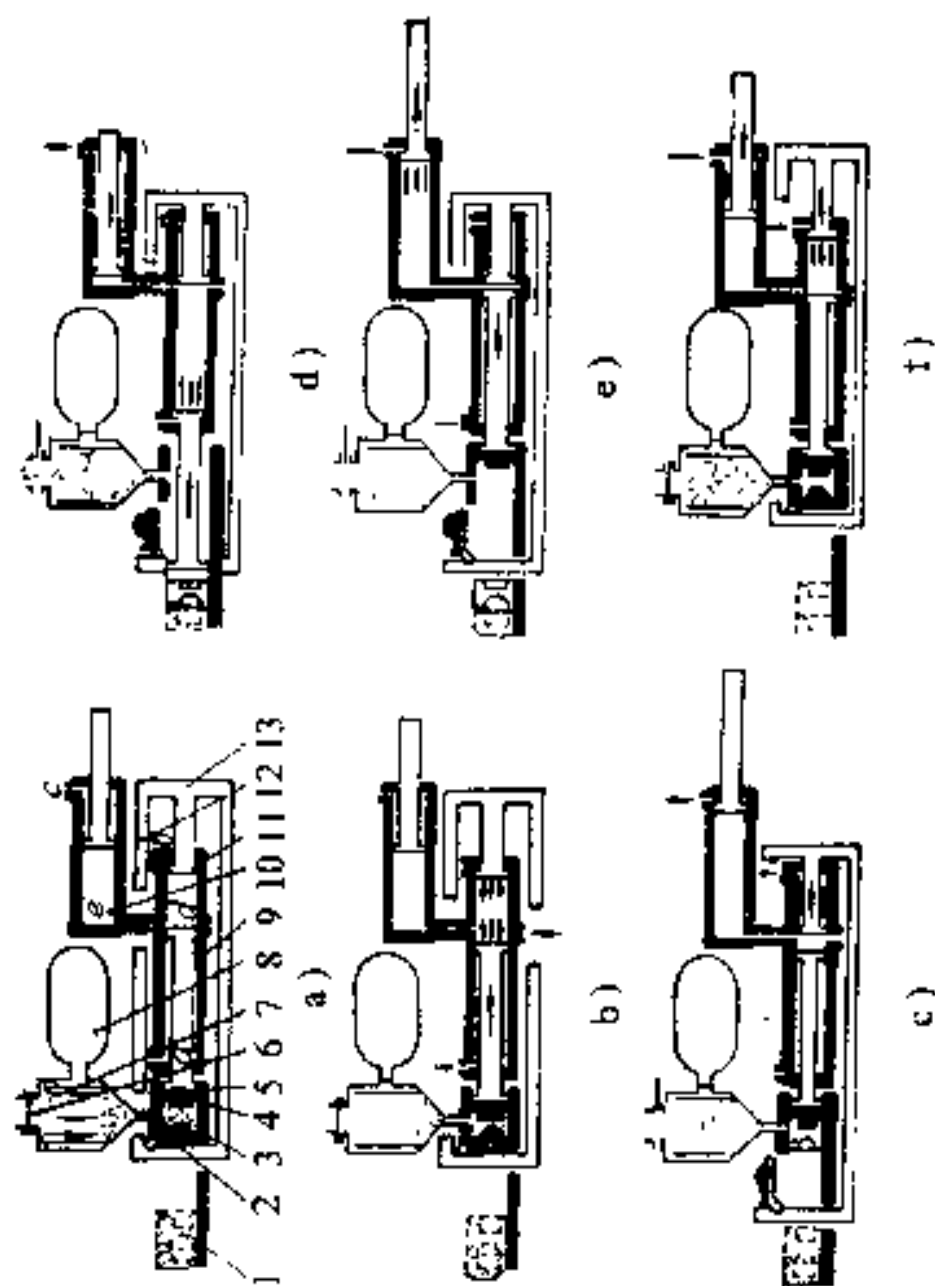


图 1-25 无箱射压造型机的造型过程

1—造好的砂型 2—反压板 3—前模板 4—后模板 5—压实板 6—闸门 7—前砂筒  
8—贮气缸 9—前液缸 10—增速液缸 11—后液缸 12—导杆 13—后框架

缸，使压实板退回，进行起模Ⅱ。压实板的初始位置，可根据砂型厚度进行调节。

6) 关闭造型室(图 1 25f) 由  $c$  孔进入增速液压缸的高压油，通过活塞使增速液压缸的油，经  $e$  孔流入主液压缸，使反压板返回初始位置。此时，停止加砂，并开始下一循环。

(3) 应用 广泛应用于大批量生产的铸造车间。尤其是可锻铸铁及灰铸铁件的应用更广泛。

### 三、砂型(芯)烘干

对于一些大型、重型及质量要求较高的铸件，为确保产品质量，目前仍采用干型铸造。砂型(芯)烘干是干型铸造的重要工序。

#### (一) 烘干原理

砂型(芯)烘干时，其脱水过程由表面水分蒸发和内部水分往外表层迁移所组成。

表面水分蒸发与砂型(芯)的表面积大小，炉气的温度高低、湿度高低、流通情况密切相关。被烘干砂型(芯)的表面积越大，炉气温度越高、湿度越低、流通性越好，则砂型(芯)表面水分蒸发就越快，烘干时间也就越短。

内部水分迁移，其速度取决于砂型(芯)内外温度差和湿度差。砂型(芯)在炉内加热，其内部湿度大表面湿度

小；内部温度低表面温度高，湿度差使水分由砂型(芯)内部向外表层迁移，有利烘干。温度差却迫使水分由砂型表层往内部扩散，对烘干不利。

为能快速烘干，须制定合理烘干工艺，一要创造最佳表面水分蒸发条件，二要促成砂型(芯)内外的湿度差大而温度差小，以到达在湿度差作用下，使砂型(芯)内部水分尽快迁移到表面层而蒸发散失。

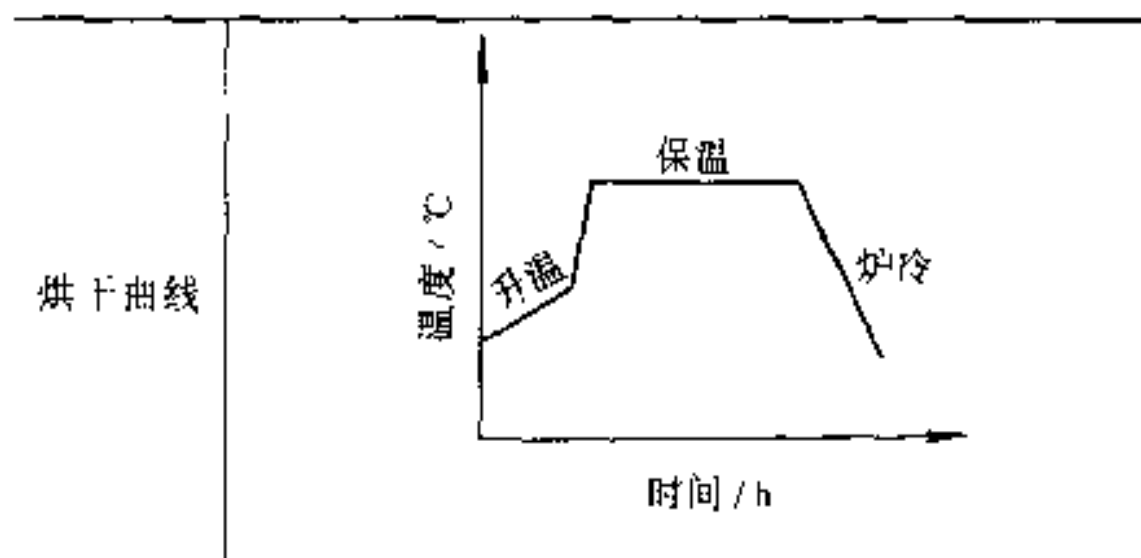
### (二) 烘干过程

根据烘干原理，炉内烘干过程应先低温，后高温，分阶段进行，见表 4-80。

### (三) 烘干规范

砂型(芯)的烘干温度取决于粘结剂的性质，烘干时间与砂型(芯)截面厚度、水分和粘结剂含量及砂粒大小有关。

表 4-80 炉内烘干操作方法



(续)

烘干过程	目的	操作要点
1. 预热阶段	升温均匀	1. 点火。应稳火慢烧, 缓慢升温 2. 关闭烟道闸门, 限制炉气流通, 保持较高炉气湿度, 减少砂型(芯)表面的水分蒸发、散失, 利用其原有湿度的高导热性, 尽快实现内外透热, 达到炉气温度, 砂型(芯)内部和表层温度均匀一致
2. 高温加热阶段	表层干燥	1. 剧烈燃烧, 使炉温急速升高, 达到规定的最高烘干温度, 进行保温 2. 全部打开烟道闸门, 加快炉气循环, 降低炉气湿度, 在湿度差作用下, 砂型内部水分尽快迁移到表层汽化、散失, 实现高温脱水
3. 炉内降温阶段	深层干燥	1. 停止燃烧, 进行炉内降温冷却至出炉温度 2. 半关烟道闸门, 利用缓缓流通的炉气和砂型(芯)自身的蓄热, 使内部残余水分扩散至表面汽化散失, 使砂型(芯)得以彻底干燥

1. 粘土砂型的烘干规范(表 4-81)

2. 粘土砂芯的烘干规范(表 4-82)

表 4-81 粘土砂型烘干规范(JB/Z205-83)

砂箱的平均轮廓尺寸/mm	升温时间/h	保温温度/°C	保温时间/h	出炉温度/°C
≤1000	3~4	300~400	3~4	<150
1001~2000	4~5	350~400	4~6	
2001~4000	5~7	350~450	6~8	

表 4-82 粘土砂芯烘干规范(JB/Z205-83)

砂芯体积/dm <sup>3</sup>	升温时间/h	保温温度/°C	保温时间/h	出炉温度/°C
≤10	2~5	260~300	2~3	<150
>10~100		300~350	3~4	
>100~500	3~4	300~400	5~6	
>500~1500	4~5	350~400	6~7	

3. 油类粘结剂砂芯烘干规范(表 4-83)

4. 其它类粘结剂砂芯烘干温度(表 4-84)

(四) 烘干设备(表 4-85)

(五) 烘干质量检测及评定(表 4-86)

(六) 操作规程

1. 装炉

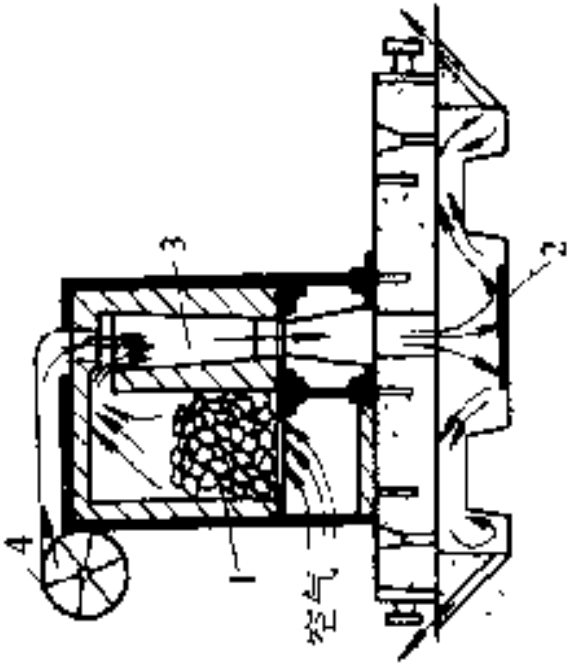
表 4-83 油类粘结剂砂芯烘干规范(JB/Z205—83)

类别	装炉温度	升温时间	保温温度	保温时间	出炉温度
	/C	/h	/C	/h	/C
桐油砂芯	160~ 200	0.5~	200~	1.5~	<150
亚麻油砂芯		1.5	230	2.5	
大件合脂砂芯		1~2	220~	2.5~	
			250	3.5	
中小件合脂砂芯		200~	1.5~		
		240	2.5		
注	油类砂芯大小分类			体积/dm <sup>3</sup>	
	大砂芯			>35~100	
	中砂芯			6~35	
	小砂芯			<6	

表 4-84 其它类粘结剂砂芯烘干温度(C)

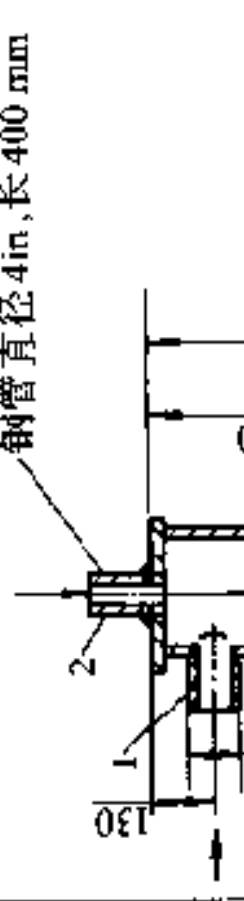
类别	最高烘干温度	最适宜烘干温度
纸浆废液砂芯	200	160~180
淀粉、糊精和低浆砂芯	180	160~180
糖浆砂芯	150~175	150~175
松香、面粉砂芯	175	—
沥青砂芯	220~240	200~220

表 4-85 烘干设备

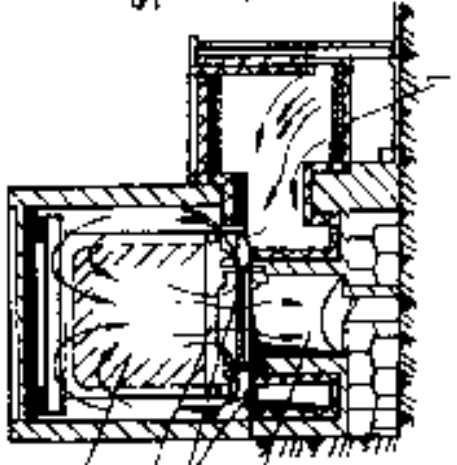
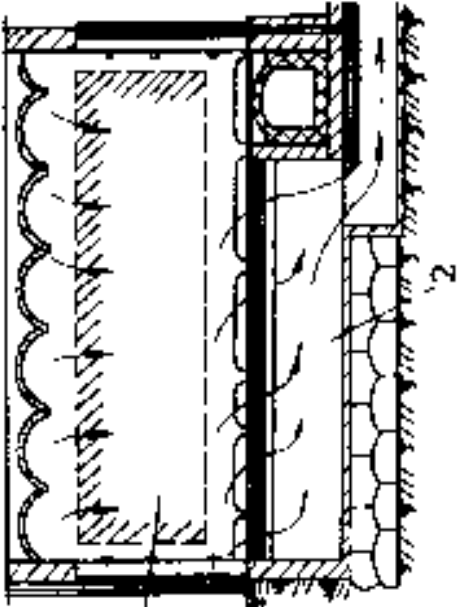
烘干方法	设备	使用方法	简图
表面烘干	鼓风机 送风(煤或 焦炭为燃 料) 图 8	合型后, 将烘十炉置于上 砂型。燃烧室 1 中产生的炉 气与鼓风机送入的空气混合 后, 沿加热管 3 经过冒口或 浇口吹入型腔中。热交换后 的废气、水气通过上下砂型 间的缝隙或特设排气孔排 出。控制烘干时间, 完成烘下 任务	 <p>a) 移动式烘十炉</p> <p>1--燃烧室 2--粘土板 3--加热管 4 鼓风机</p>



(续)

烘干方法	设备	使用方法	简图
表面烘干	移动式烘干炉 压缩空气送风(燃料为煤气) 图b	燃烧后的煤气与压缩空气混合气流,经烘炉喷嘴通过冒口、浇口或专用金属罩板上方的通孔,吹入型腔中,对铸型加热烘干,适用于大型铸件地面造型烘干	

(续)

烘干方法	设备	使用方法	简图
表面烘干	喷灯、喷枪烘干	用煤油喷灯或柴油喷枪的燃烧火焰直接烘烤砂型(芯)表面。适用表面下型、局部修理后的烘干和喷涂涂料后的烘干	
整体烘干	室式(烟煤或焦炭为燃料)周期式烘干炉	燃烧室1产生的高温气流,沿炉壁伸展,并经通道3,并由排烟孔进入烘干室,砂型(芯)失去干燥,废气经烟道2排出。适用大的砂型(芯)的烘干	 <p data-bbox="1053 672 1093 1131">c) 带台车的室式烘干炉</p> <p data-bbox="1125 604 1165 1198">1—燃烧室 2—烟道 3 火道</p> <p data-bbox="1189 683 1228 1120">4—台车 5—砂型(芯)</p>

(续)

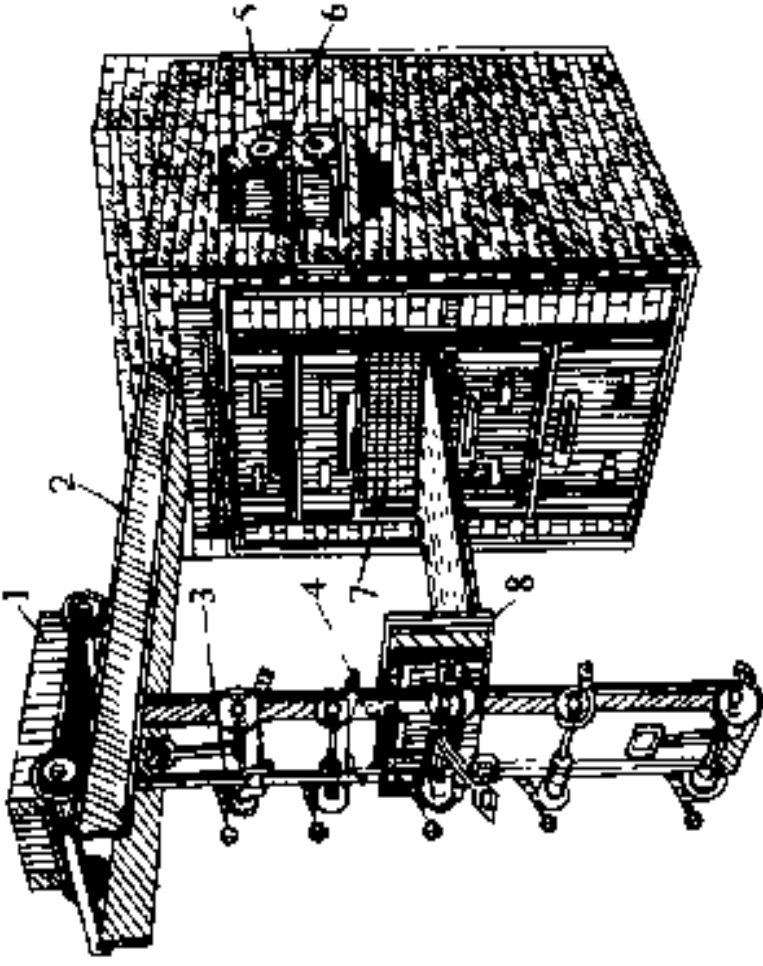
烘干方法	设备	使用方法	简图
整体烘干	抽屜式 周期式烘干炉	适用烘干小型砂 芯	 <p data-bbox="1193 407 1319 1249">d) 抽屜式烘干炉 1--小车 2 钢梁 3 把手 4- 挂钩 5--车轮 6 车轨 7 后隔板 8--前隔板</p>

表 4-86 烘干质量检测方法及评定

序号	检测方法	评定方法
1	用温度计插入出气孔中, 测量温度	当温度小于 100℃, 表明未烘干 当温度大于 100℃, 已烘干
2	用通气针插入出气孔中, 看是否有水 气凝聚在上边	金属通气针上有水蒸气凝聚, 表明未烘干
3	观察出炉时砂型(芯)排气孔, 有未水 气冒出	有水气冒出, 则未烘干
4	用手指弹击砂型(芯), 听声音	声音低沉, 表明不干燥 声音清脆, 已烘干
5	用两根金属棒插入砂型(芯)中, 其间距 5~10mm, 用导线与电流表接通, 接通开关, 导线上有低压电流流过	电流随湿度降低而减小, 当电流为零时, 则被测部位已烘干

(续)

序号	检测方法	评定方法				
6	取样检测残留水分。取样部位如下：	检测取样的残余水分(质量分数) 当水分小于0.4%，则已烘干 当水分大于0.4%，则未烘干				
	砂型					
	壁厚小于60mm					
	壁厚大于60mm					
砂芯	取距表面40mm处					
	取壁厚中心处					
	取距表面30mm处					
	油砂芯用比色法检测	烘干后的砂芯与标样比较颜色				
7	类别	砂芯颜色	表面色泽对比	评定		
	合脂砂砂芯	标样颜色	棕褐色，有光泽	呈黄色	比标样色泽	烘干不足
				或棕黄色	浅	
		呈暗棕黑色	比标样深	烘干过度		

(续)

序号	检测方法		评定方法	
		亚麻油砂芯	棕黄色或棕色有光泽	呈淡黄色或黄色或浅棕色
7			呈棕褐色或暗棕色	比标样深
				烘干过度
		油砂芯划痕法。在烘干并冷至室温的砂芯表面上划痕，观察划痕线条	划痕线条呈白色 无砂粒脱落	合格
8			划痕不呈白色线条 脱落的砂粒粘手	烘干不足
			划痕线条不呈白色 且酥松	烘干过度

## (一) 烘干炉在装炉前

1) 检查炉体、炉门、烟道、鼓风机、仪表、闸门等是否正常。

2) 检查管道或天然气管道有无泄漏。

3) 检查台车上下、辊道沟槽、牵引钢索、拖车机构等有没有障碍。

4) 检查通道是否畅通。

5) 了解砂型和砂芯尺寸、形状和要求。

## (2) 装炉

1) 合理安排装车位置。尺寸大的、砂层厚的、重要的砂型(芯)应放置在炉温较高的地方,型腔较深的砂型尽量放在上面。尽量使台车各部载重均匀。

2) 尽量将砂号相同、大小相近的砂型(芯)放在同一炉内烘干。

3) 砂芯上有凸出的砂胎处应覆盖草袋、草灰,以免过烧。

4) 装车时要避免冲撞。发现有撞坏处应立即吊下修理。

5) 要用三角铁将箱底垫平、垫稳,严禁用砖、石、木块等物作垫块。

6) 为保持炉气流通,利于烘干,在台车上堆放砂型要保持一定距离,其要求如表 4-87 所示。

7) 对于刷涂料的砂型(芯)应自然干燥 2h 以上,上

涂膏的砂型(芯)应自然干燥 1h 以上才能装炉。

表 4-87 砂型堆放距离要求 (mm)

砂型分类	砂型离台车高度	砂型离炉门距离	砂型离炉顶距离	砂型离炉壁距离	砂型上下间距
小型	50	250	150	100	30~50
中型	100	300	200	150	50~100
大型	150	350	250	200	100~150

8) 装完车后, 应迅速进炉, 关闭炉门。

## 2. 加热操作

(1) 砂型(芯)可在常温或低于 130℃ 进炉, 装炉最高温度不得超过 150℃, 高于规定温度要采用降低升温速度的方法, 在砂型(芯)达到最高温度时所需加热时间与一般情况相同。

(2) 用无烟煤加热, 点火前准备好引火物和无烟煤。用煤气加热, 不能关闭炉门点火。点火后要检查烧嘴是否燃烧。停火时要将烧嘴关好。

(3) 严格执行工艺规范。控制升温速度, 保证保温时间。防止过烧或烘不干现象。

当大小不同的砂型(芯)同炉烘干时, 应按较大的砂



型(芯)烘干规范进行。

当粘土砂型(芯)与水玻璃砂型(芯)同炉烘干时,应按粘土砂型烘干规范进行。

(4) 随时检查炉内燃烧情况,及时调整煤气流量,每隔半小时记录一次炉温。

(5) 热电偶温度计安定期校验。

(6) 台车进出炉时,车的两旁不准站人,以免砂箱倒塌伤人。

(7) 砂型烘干深度要求:

炉内烘干: 大件砂型大于 100mm

大件砂芯大于 120mm

中小件砂型,基本干透

中小件砂芯,干透

地坑造型烘干深度大于 80mm

### 3. 出炉与吊运

(1) 砂型吊放场地要摊平,砂型排列要整齐。

(2) 砂型(芯)从台车上吊下后,要检查烘干后表面质量,必要时测定残留水分,以决定是否要重新烘干。

(3) 对需要重新回炉的砂型(芯),要进炉烘干,不可遗忘。

(4) 对二次刷涂料的砂芯,应重新预热烘干,烘干温度 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

(5) 不是当天出炉的砂芯,使用前应预热烘干,烘干

温度 $180\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

## 四、合 型

合型是制造铸型的最后一道工序。在这一工序中,要进行型芯的安装。不仅应使型芯能稳固于砂型中,而且要使型芯在浇注时产生的气体能通过砂型顺利排出。当型芯安装无误后就可以终合型、紧固,完成整个砂型制造,等待浇注。

### (一) 型芯的固定

在砂型中固定型芯位置,一般是用型芯上的芯头。必要时,借助于芯撑。

1. 芯头 芯头是型芯的组成部分。常见的芯头形式,见表 4-88。

#### 2. 芯撑

型芯在砂型中主要用芯头固定,但有时型芯无法设置芯头,或只靠芯头固定仍难以稳定,此时,常采用芯撑加固型芯,以起到辅助支撑作用。

(1) 芯撑的形式(表 4-89)

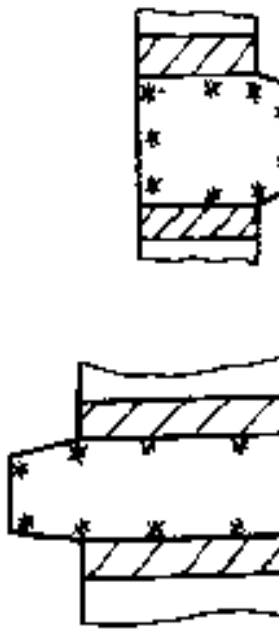
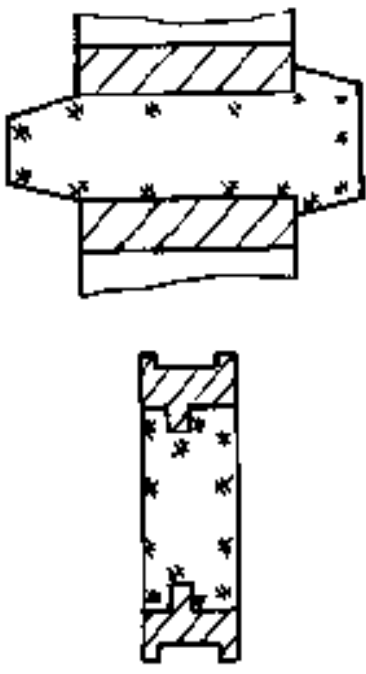
(2) 芯撑的使用方法(表 4-90)

### (二) 型芯的排气

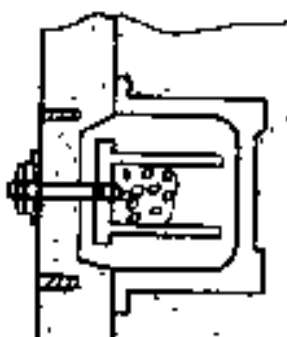
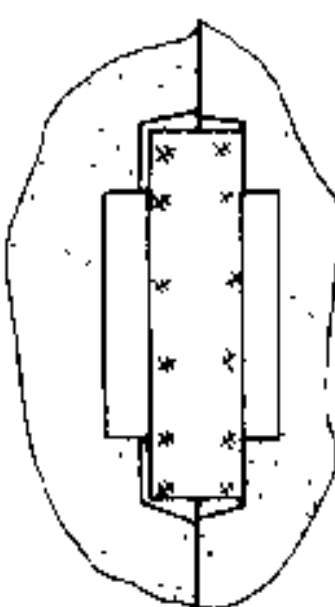
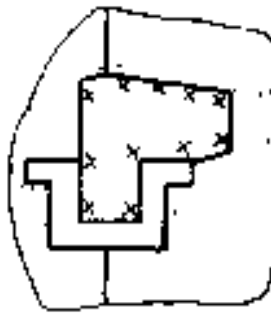
型芯在浇注时产生的气体必须能通过砂型顺利排出型外。

(1) 水平型芯的排气

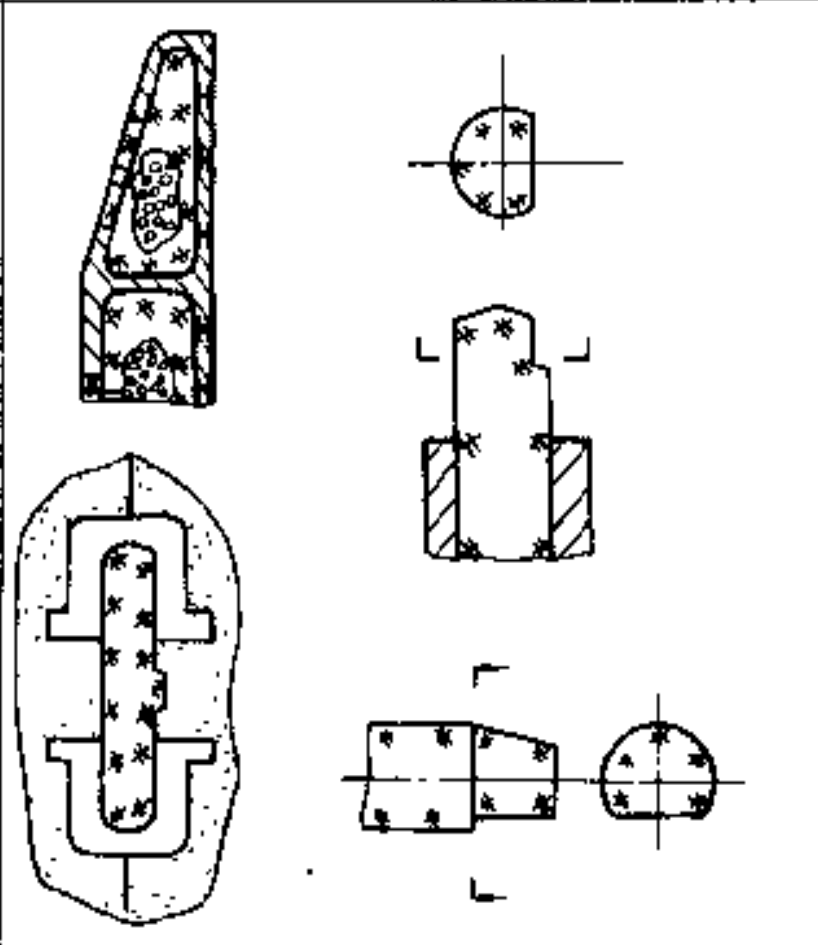
表 4-88 常见芯头形式及应用

筒 图	分类序号	芯头形式特点及应用
	<p>垂 直 芯 头</p> <p>1</p>	<p>常规的垂直型芯,上下都做芯头。定位准确,固定可靠 适用于高度大于直径的型芯</p>
	<p>2</p>	<p>只有下芯头,不做上芯头。有利于合型,适用于截面较大而高度不大的型芯 用于湿型时,型芯应高出0.5~1mm,以使型芯与上型能贴紧也可使型芯与上型留出一小间隙,在型芯上端环出气孔撒一圈细干砂形成一小砂堤,以阻挡金属液钻入 用于干型,则一定要留一间隙,环出气孔四周放一圈泥条或白棉绳,以防合型时压坏型芯及钻芯</p>

(续)

简图	分类序号	芯头形式特点及应用
	3	上下都不做芯头。有利于调整型芯位置。减小砂箱高度 适用于较稳的大型芯
	4	加大下芯头 适用于细高的型芯
	5	只有上芯头。用螺栓钩(或铁丝)将其固定在上箱上

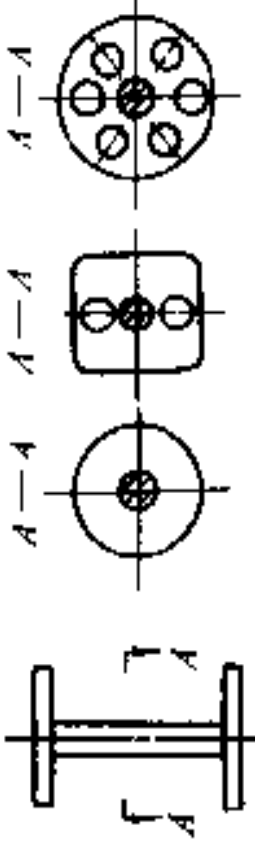
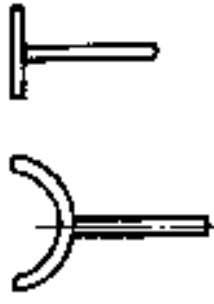
(续)

简图	分类序号	芯头形式特点及应用
	<p>6</p> <p>7</p> <p>8</p> <p>9</p>	<p>常规的水平芯头, 二端都有芯头。可使型芯稳固。放入砂型后, 应在芯头放泥条或石棉绳, 以防金属液钻入芯头的通气道中</p> <p>悬臂型芯。只在一端有芯头。型芯重心移入芯头支撑面内。必要时可放芯撑</p> <p>联合芯头(挑担芯头), 二个芯子共用一个芯头</p> <p>芯撑支承型芯。大型复杂件, 型芯多, 采用吊芯困难, 必须用芯撑支承</p>

## 水平芯头

注: 型芯在砂型中不仅要固定, 而且能在轴向和周向定位准确, 为此, 采用定位芯头。定位芯头形式也很多。表 4-88 中最后的左图是垂直定位芯头, 右图是水平定位芯头。

表 4-89 芯撑形式与应用

序号	芯撑形式	应用	简图
1	单柱双面芯撑	1) 支撑中、小型芯 2) 柱上有槽纹, 用于支撑承受压力的铸件	
2	单柱单面芯撑	用于湿型	

(续)

序号	芯撑形式	应用	简图
3	双柱或四柱芯撑	支撑中、大型芯	
4	铸铁芯撑	用于厚大铸件	

(续)


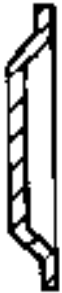
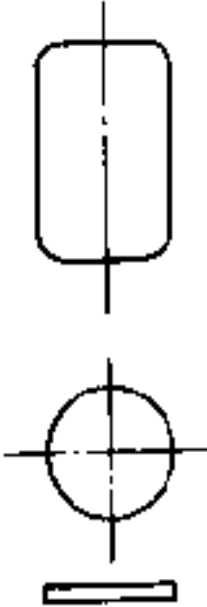
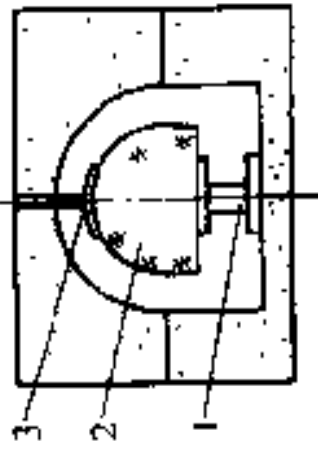
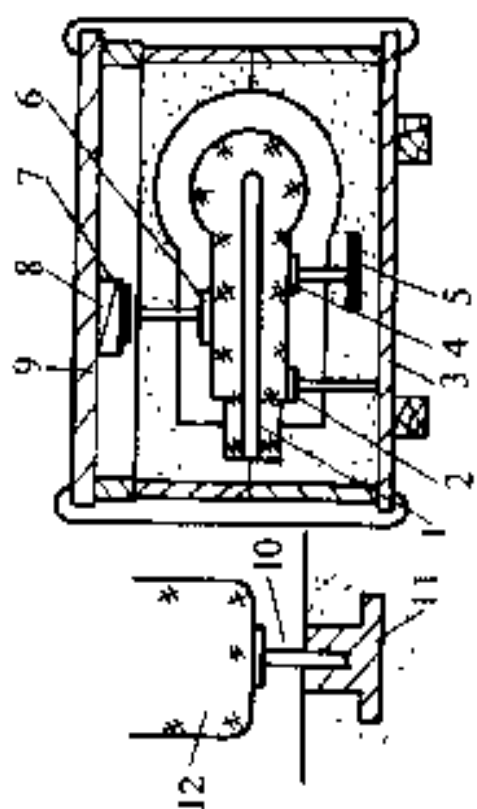
序号	芯撑形式	应用	简图
5	铁皮芯撑 (0.5mm 白 铁皮)	用于薄小铸件	
6	芯撑盖 (0.5mm 白 铁皮)	用于水压、气压 试验件, 防漏	
7	芯撑垫片	调整芯撑高度	



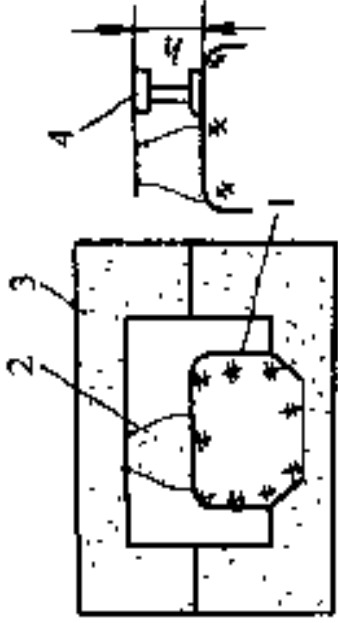

表 4-90 芯撑使用方法

序号	使用 方法	简 图
选 用 形 芯 撑 形 状	应根据在砂型中的位置,型芯和型腔的形状,铸件壁厚,选用芯撑的形状和尺寸(图 a)	 <p>a) 芯撑形状的选择 1—双面芯撑 2—型芯 3—单弧面芯撑</p>

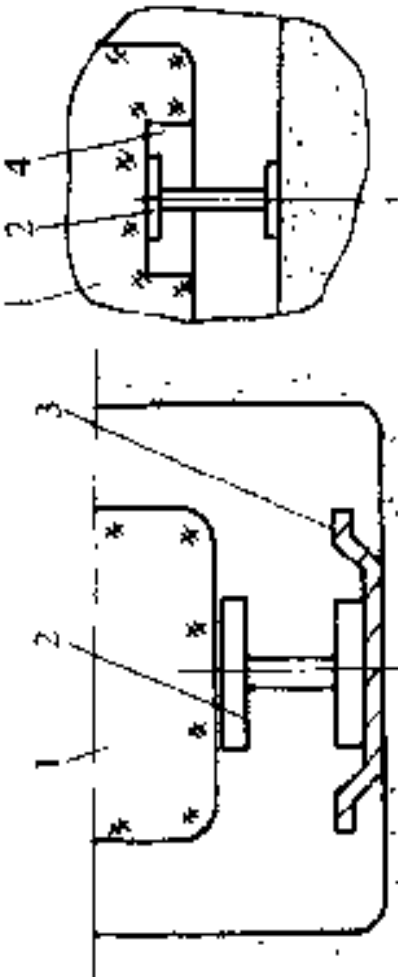
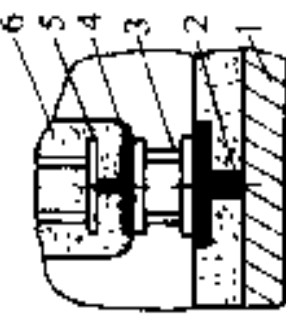
(续)

序号	使用 方法	筒 图
2	<p>芯撑杆状的一端应顶在坚硬的水平的支承物上(图 b)</p> <p>(1) 支在预埋的特种硬撑座 11 中</p> <p>(2) 芯撑 2 直接顶在底板 3 上</p> <p>(3) 芯撑 2 顶在奋砂时预埋入砂型的铁板硬撑 5 上</p> <p>(4) 芯撑 6 通过垫板 7 和压板 9 用楔铁(两块)8 楔紧</p>	 <p>b) 单面芯撑使用方法</p> <p>1、12—型芯 2、4、6、10—芯撑 3—底板 5—硬撑 7—垫板 8 楔铁(两块) 9 压板 11 特种硬撑</p>

(续)

序号	使用 方法	简 图
	<p>(1) 双面芯撑高度应等于型芯和砂型间实际距离。测取方法(图c)：在型芯上放一团软泥2，合上砂型3，然后将上型吊起，测量被压缩的泥团厚度即芯撑高度<math>h</math>(图c)</p>	 <p>c) 测取芯撑所需高度</p> <p>1—型芯 2—泥团 3—上型 4—芯撑</p>
3	<p>(2) 芯撑与型芯间有间隙时，芯撑安放不牢固，须用芯撑垫片塞紧(图d)</p>	 <p>d) 用芯撑垫片塞紧芯撑</p> <p>1—芯撑 2—芯撑垫片 3—型芯</p>

(续)

序号	使用 方法	简 图
	<p>(3) 防渗漏。对在水压力下工作铸件尽量不用芯撑。必须用时，应采取防漏措施：</p> <p>1) 芯撑下垫 0.5mm 厚薄白铁皮，让薄铁皮与铸件熔合</p> <p>2) 芯撑与铸件凸台熔合 (图 e)</p>	
3	<p>(4) 成型，为防芯撑陷入，在相应位置预埋一个铁片，以增加强度(图 f)</p> <p>(5) 芯撑双面和砂芯、砂型型腔表面要随形贴台</p>	<p>e) 使用芯撑时防渗漏措施</p> <p>1 型芯 2 芯撑 3—薄铁皮 4 铸件上的凸台</p> <p>f) 芯撑在湿型中的放置</p> <p>1 底板 2 铁片支撑 3—芯撑 4 铁片支撑 5 芯骨 6—型芯</p> 

1) 一般的水平型芯, 合型前, 用稻草或绳子的一端塞入芯头出气孔里, 另一端引到砂箱外面。合型后, 抽出稻草或绳子, 留下出气孔。

2) 较大的水平型芯, 用一根钢卷屑, 和上述方法一样放入, 作为型芯气体排出的通道。

(2) 垂直型芯的排气: 在造型时, 已在芯座上扎有出气孔。合型前, 要检查是否畅通。若没有出气孔, 下芯前一定设法要在芯座上扎出排气孔。

(3) 将砂型摆放在开有排气沟的平坦的松疏的砂地上。使下型内出来的气体由此排出。

(4) 在砂型外气体的排出口作上标记, 以便及时排气。

### (三) 砂型的紧固

砂型在下芯、精整、检查合格后, 合上上型。为防止浇注时抬型和吊运中错型, 必须进行紧固。其方法见表 4-91。

### (四) 合型操作规程

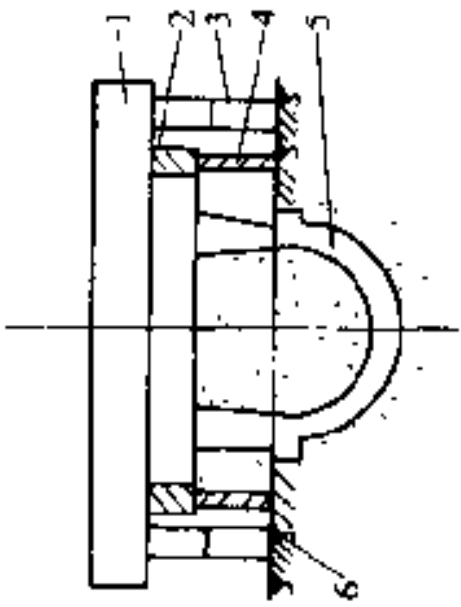
合型, 又称合箱或配箱。其工艺操作规程如下。

#### 1. 准备

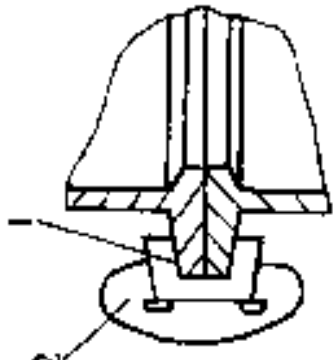
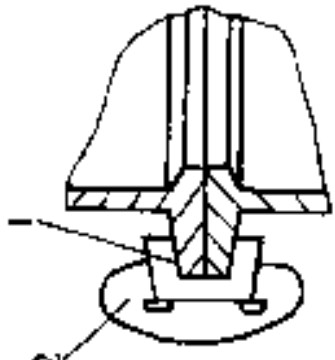
(1) 读懂工艺图, 了解铸型结构特点和工艺要求, 作到心中有数。

(2) 检查砂型和型芯质量。观察表面, 用样板或量具检测形状和尺寸, 若紧实度不合要求, 烘干不良或局部损

表 4-91 砂型紧固定方式

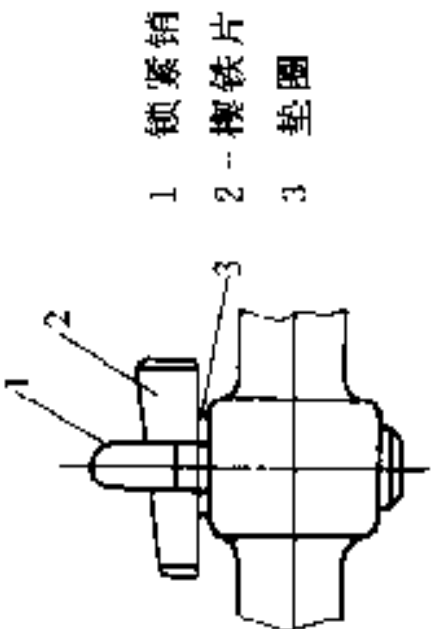
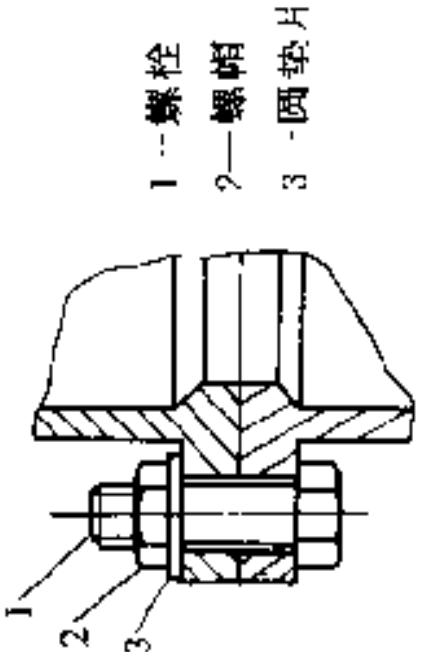
序号	紧固定方式	应用特点	简图
1	压铁	<p>1) 压铁重量一般为铸件重量的3~5倍,或由计算得出</p> <p>2) 应对称且平稳放置,尽可能放在砂箱中间。不应只压一边。不要放在箱角上以防人碰掉</p> <p>3) 应压在箱壁或箱带上,并须垫上木板。不应直接压在砂型上</p> <p>4) 不应紧靠或盖住出气孔和冒口,更不能妨碍浇注操作</p> <p>5) 若必须二块压铁迭起来,则二块之间要垫以木板,以防滑脱伤人</p> <p>6) 只有在铸件凝固后才能去掉压铁,否则产生跑火</p>	 <p>1 压铁 2 楔铁 3—垫铁 4 盖箱 5—型腔 6 地坑</p>

(续)

序号	紧固方式	应用特点	简图
1	压铁 地坑造型	采用压铁“暗压法”： 在浇注前，压铁 1 由垫铁 3 支撑，在盖箱 4 和压铁 1 之间，用楔铁 2 塞紧。分型面砂型不承受压铁重力，盖箱通过楔铁紧靠压铁，防止盖箱抬起	
2	弓形卡 (楔形箱卡)	砂箱外缘带有对称布置的楔形卡台。用弓形卡到卡台上，将上下型紧固，应用较广	

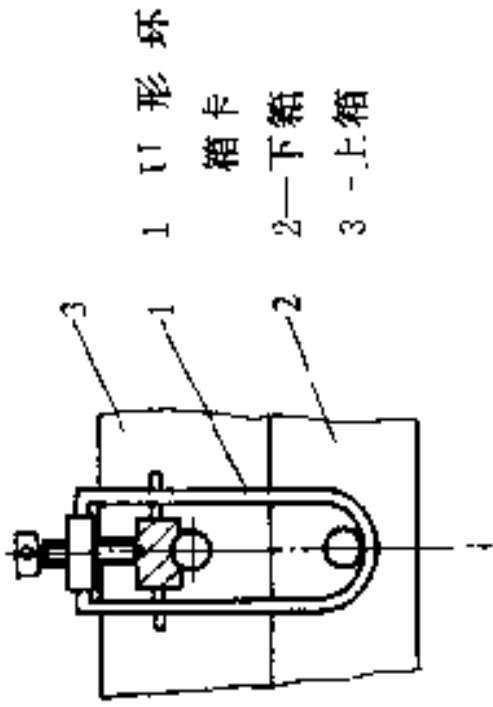
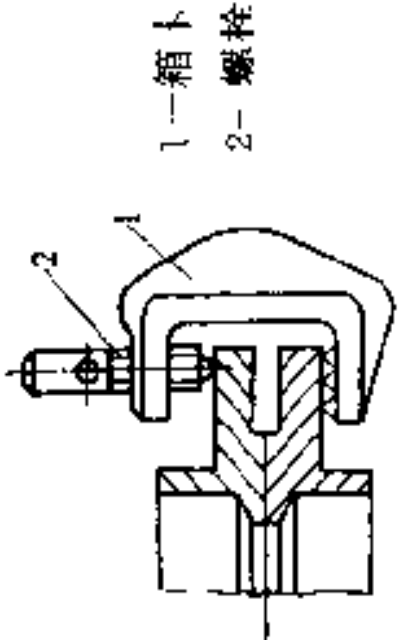
1 箱耳楔形卡台 2—弓形卡(箱卡)

(续)

序号	紧固方式	应用特点	简图
3	锁紧销	用于中、大型砂箱的小批量生产	 <p>1 锁紧销 2 楔铁片 3 垫圈</p>
1	螺栓夹紧	用于中、大型砂箱的小批量生产	 <p>1 螺栓 2 螺帽 3 圆垫片</p>



(续)

序号	紧固方式	应用特点	简图
5	U形环紧固卡	用于中、大件小批量生产的砂箱	
6	箱卡-螺栓联合夹紧	用于手工造型中小型砂箱	

坏、须仔细补修、加固、烘干再经检查合格后方可使用。

(3) 检查芯撑、内冷铁及其它铸入物的质量。在工艺和实际需要放入芯撑固定型芯时，则芯撑的形状和高度应符合工艺要求，表面应镀锡，生锈芯撑不能用。工艺上需要放入的内冷铁，其材质必须与铸件相同或相近，必须要经喷砂或喷丸处理，去除表面铁锈和油污，必要时镀锡或锌以防氧化。工艺需要铸入铸件内的钢管，表面应镀锡，管内应填实符合工艺要求的型砂，并须经烘炉烘干。

(4) 准备好紧固用的用具。如拉芯铁丝或螺栓钩，紧箱的卡具以及其它。

(5) 场地与摊箱。放置砂型的砂地应挖松摊平，并挖出排气沟以利下砂型排气。摊箱时，砂型底部要垫实，摆放要整齐，摆成行、成线，浇口杯在同一边、同牌号的摆在一起。并留出安全通道。

(6) 进入下工序的所有准备工作均应符合工艺要求，不合格者不能转入下工序。

## 2. 装配

(1) 清型：将摊开的下型型腔，侧立的上型型腔，明暗冒口，内、横、直浇道及分型面应清扫(吹)干净，无残砂。

疏通芯座中、暗冒口中、分型面上的出气孔。

分型面和芯座的高出部分要修平。

(2) 清芯：清扫型芯表面上浮砂、浮土，芯头处出气

孔要畅通，严禁堵塞。

(3) 在下型的芯座中绕出气孔放一圈泥条或石棉绳，以防压崩及防钻芯。

(4) 依次下芯并微调：按工艺图规定的次序，依次将合格型芯落入下型各自的芯座上，并微调位置，用量具检测壁厚均匀程度，使其符合工艺图中壁厚的要求。

(5) 需要芯撑支承的型芯，先测出型芯与型壁实际距离，以此决定芯撑高度。放芯撑时，芯撑平面应与型腔壁随形。若有间隙应用芯撑垫片塞紧，芯撑垫片应塞在型芯的一边，使芯撑安放稳固不松动。要求压力试验区内的芯撑必要时应采用特制芯撑。

(6) 需要在上型型腔中的吊芯，则上型平放，在芯座中绕出气孔一圈放泥条或石棉绳。

大中型型芯用螺栓钩，小型芯用铁丝，一头连接型芯芯骨，一头经上型芯座上的孔穿透上型，将型芯稳妥放入。检查壁厚均匀后用石棉绳将芯头处间隙填实并刷涂料(烘干)，再用螺栓或铁丝拉住紧固在上箱箱带上。

在上箱的下面工作时，一定注意安全。先将箱四角架稳、架牢，以防滑脱产生人身事故。

(7) 需要安放内冷铁时，内冷铁质量必须符合工艺要求。按规定控制其高度和与型壁之间的距离。

(8) 安放大气压型芯，直径大于 $\phi 130\text{mm}$ 的暗冒口，应下大气压型芯，并安放牢固，以免翻箱和浇注中掉出。

(9) 所有应在型腔内装配的项目完成并且各装配间隙填实修平、烘干后, 仔细用皮老虎或压缩空气管将型腔内各角落的散砂吹吸干净。

(10) 沿分型面型腔和浇口杯周围、芯头处绕一圈石棉绳或泥条。芯头出气孔处放入稻草或绳子, 绳子另一头引出型外。准备合型。

### 3. 合型

(1) 用桥式起重机翻转上型。并检查上型有无局部裂纹或脱落, 轻轻敲击箱壁使浮砂去掉, 并调整上箱呈水平。

(2) 在直浇道上端修筑一个高出箱带的平面, 修光喇叭口, 刷涂料, 绕直浇道放上一圈泥条, 将准备好的浇口圈(浇口杯)对准压紧坐在直浇道上。在浇口圈周围围上型砂, 以防浇注时浇口圈抬起。清除上型上散砂。

(3) 将上型吊至下型上方并缓慢平稳地(避免震动)按原来定位标记合在下型上。

(4) 验型 即再打开上型。目的是①检查直浇道是否对准下型中的横浇道。②合型后型芯是否压牢, 型腔有无压坏。③放入软泥团后, 上型厚度是否符合要求。④若需要在上型放芯撑, 则按泥团厚度决定芯撑高度。若有损坏或壁厚不合要求处, 应修整、调整。此操作对大件复杂件更为必要。

(5) 终合型 验型合格后, 若无误, 进行最后合型。

抽出连接心头出气孔的稻草或绳子，留下排气道。在砂型四角填塞适当厚度铁片，以免紧型时压坏砂型。

检查合型缝是否合严。为防跑火一般要求用烂砂泥糊型缝，但不要将排气道堵死。

(5) 用铁皮或其它板盖好浇冒口，以防杂物落入。

#### 4. 紧固砂型

(1) 小件用压铁，按铸件重量的3~5倍压重计。大中件，用原来砂型紧固设计方法夹紧。

(2) 合型后，不宜放置过久。中小型不超过24h，大型不超过48h。放置过久，须重新开型烘干，才能浇注，确保铸件质量。

# 第五章 铸造工艺

## 一、确定浇注位置和分型面的原则

浇注位置是指浇注时铸件在砂型内所处的位置。确定的是否合理，将直接影响着铸件质量，影响着模样、芯盒、砂箱的结构、型心的数目、浇冒口的位置以及造型方法。因此，它是铸造工艺的基础。

分型面是指两半个砂型相互接触的表面。确定分型面是以能方便造型起模和型芯装配为原则的。

一般情况下，总是先从保证铸件质量出发选定浇注位置，然后再从方便造型操作出发选定分型面。当浇注位置确定后，应尽量使分型面与浇注位置相适应。当简化操作成为铸造的关键时，也可优先考虑分型面。

### （一）浇注位置的确定原则

确定铸件浇注位置的一般原则：

（1）应将铸件上需要补缩的厚大部位置于浇注位置的上方或侧面，以便安放冒口，补缩铸件，防止产生缩孔和缩松。

（2）应将铸件上重要加工面朝下或侧立，以减少气孔和夹杂。

(3) 应将铸件上的大平面朝下或侧立或倾斜，以免形成夹砂和夹杂。

(4) 应保证铸件能充满，将薄壁部分朝下或侧立以利于充型，以减少浇不足或冷隔。

(5) 应有利于型芯定位、稳固、排气和检测。尽量减少型芯数量，尽量不用吊砂、吊芯、悬臂芯和芯撑。尽量使大型芯的芯头朝下。

(6) 一般情况，应使造型合型、浇注位置、铸件冷却位置一致，特殊情况如试压件，也可采用“平做立浇”。

(7) 尽量使造型、下芯、合型、检测等操作简化，降低铸件制造费用，提高生产率。

## (二) 分型面的选择原则

选定分型面，应考虑以下原则：

(1) 应保证起模方便，尽量减少或不用活块。

(2) 分型面的数目要尽量少，以简化操作，最好取分型面为平面，只有在特殊情况和大量生产时采用凹凸、曲折、阶梯形分型面，以减少铸件飞边、毛刺。

(3) 应使型芯数量最少。尽量使主体型芯位于下型，并使下芯方便，芯头固定牢靠，排气顺利，便于检测壁厚和合型。

(4) 尽量将重要加工面、加工基准面、铸件全部或大部置于同一个砂型中，最好置于下型中。以减少尺寸偏差，保证铸件尺寸精确。

(5) 分型面与浇注位置应一致，避免合型后再翻转砂型(如平做立浇)，以免铸件尺寸精度不准。

(6) 应能减轻落砂、清理和机械加工的工作量。

## 二、浇注系统

为填充型腔和冒口而开设在铸型中的一系列通道称浇注系统。浇注系统应具备表 5-1 所列基本功能。

表 5 1 浇注系统基本功能与铸件质量

序号	基本功能	对铸件质量的影响
1	引导金属液平稳、连续、均匀地充满型腔，尽量消减紊流	防止气体卷入引起氧化，减轻对型、芯的冲刷
2	造成必要的充型压力头，控制金属液流动速度和方向	确保铸件外形轮廓、转折棱角清晰
3	在规定时间内使型腔充满，保证型内液面具有足够的上升速度	避免形成夹砂、皱纹、冷隔
4	调节铸型温度，在型腔内造成符合铸件凝固控制要求的温度分布	以利补缩，减少铸造应力，防止铸件变形，裂纹



(续)

序号	基本功能	对铸件质量的影响
5	阻挡熔渣、夹杂进入型腔	避免产生渣眼
6	保证铸件质量前提下, 浇注系统要体积小、结构简单	方便制作, 便于清除浇冒口, 减少金属液消耗

### (一) 浇注系统的组成和作用

典型的浇注系统由四部分组成: 浇口杯(外浇道)、直浇道、横浇道和内浇道。如图 5-1 所示。

1. 浇口杯 浇口杯的主要作用:

(1) 承接浇包注入的金属液, 便于浇注。

(2) 缓和金属液流对型腔的冲击, 较平稳地将金属液引入直浇道。

(3) 消除由浇道吸动作用产生的水平旋涡, 避免熔渣、气体卷入型腔。

(4) 增加静压头高度, 提

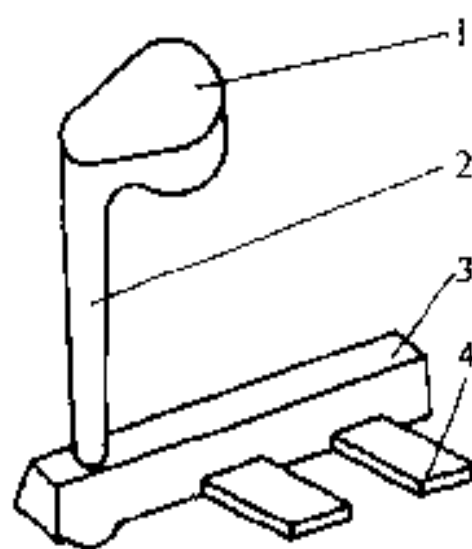
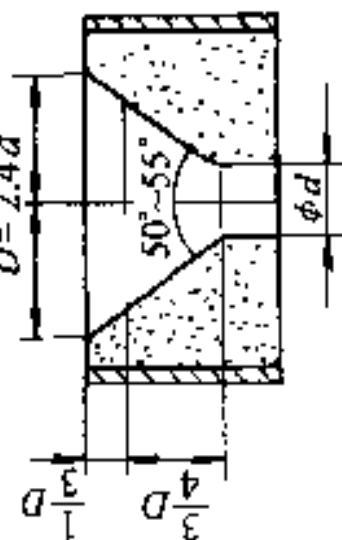
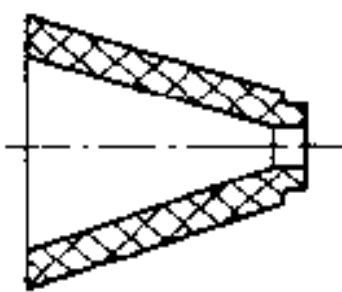


图 5-1 浇注系统  
结构示意图

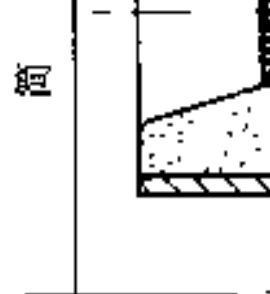
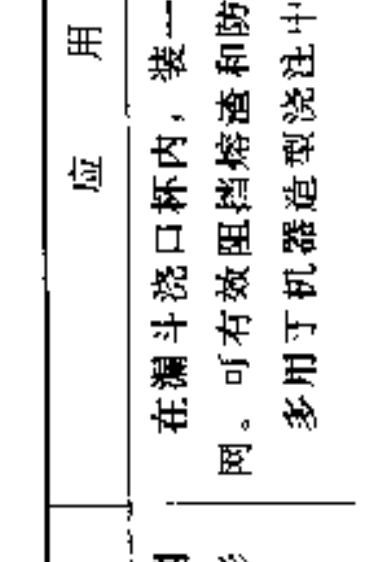
1—浇口杯 2—直浇道  
3—横浇道 4—内浇道

表 5-2 浇口杯的形式及应用

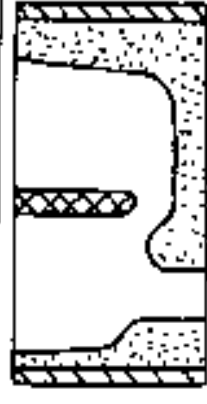
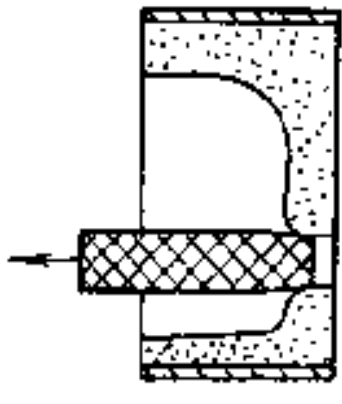
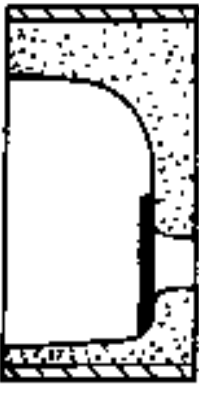
形式	应用	简图
普通漏斗形	<p>用特制的干模砂或水玻璃砂模制而成。结构简单，挡渣作用小</p> <p>适用于小型铸件或要求不高的铸件</p>	
漏斗砖形	<p>用耐火材料烧结而成</p> <p>适用于大型或重型铸钢件</p>	

漏斗形浇口杯

(续)

形 式	应 用	简 图
滤渣网 漏斗形  漏斗形浇口杯	在漏斗浇口杯内，装一个砂制的过滤网。可有效阻挡熔渣和防止卷入气体 多用于机器造型浇注中小铸铁件	
普通池形  池形浇口杯	用专用型砂捣制而成。容积较大，浇注时金属液面基本维持稳定，有利熔渣上浮不易进入直浇道 适用中、大型铸铁件	

(续)

形 式	应 用	简 图
闸门式	砂制闸门，具有挡渣作用良好，仅用于要求较高的中、大型铸铁件	
柱塞式	<p>浇注前用柱塞将直浇道堵严，待金属液注满后，拨起柱塞。可使熔渣上浮，避免浇注初期熔渣进入直浇道。若操作不当柱塞易损坏造成冲砂</p> <p>仅用于要求较高的中、大型铸铁件</p>	
熔片式	<p>特点与柱塞式相似。浇口杯容量稍大于铸件重量。浇注满后，熔片自行熔化</p> <p>熔片可用镀锡薄铁片或同牌号铸铁片。用于铸铁件浇注</p>	

池 形 浇 口 杯

高金属液充型能力。

浇口杯的形式及应用，见表 5-2。

2. 直浇道(表 5-3)

3. 横浇道(表 5-4)

**表 5-3 直浇道的作用与应用**

主要作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 是浇口杯中金属液送入横浇道的垂直通道</li> <li>2. 直浇道高低，可调节金属液注入型腔的速度和对型腔内金属液的压力。直浇道越高，越容易使型腔中细薄部分充满</li> </ol>
结构特点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直浇道是上大下小的圆锥棒，锥度 <math>1:50 \sim 1:100</math>，高度高出型腔内铸件最高处 <math>100 \sim 200\text{mm}</math>，大件高出 <math>300 \sim 500\text{mm}</math></li> <li>2. 锥形体容易使金属液充满，防止气体卷入，且起模方便</li> </ol>
应用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中小型铸件一般只用一个直浇道，在直浇道下端设有直浇道窝。大型铸件常用几个直浇道同时浇注。在直浇道下端常垫以耐火砖片，以防冲砂</li> <li>2. 对要求较高的中、大型和重型铸件，直浇道常用耐火砖管制作</li> </ol>

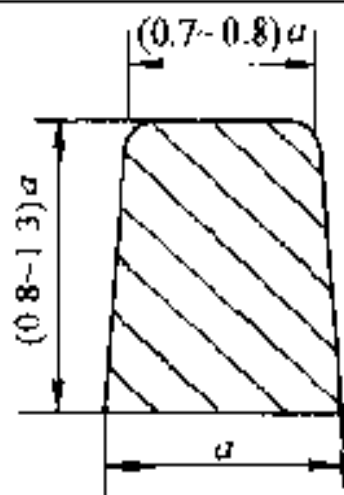
**表 5-4 横浇道主要作用及应用**

主要作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将金属液均匀分配到各个内浇道</li> <li>2. 挡渣作用</li> </ol>
挡渣条件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 横浇道应高出内浇道，为内浇道高度的 <math>4 \sim 6</math> 倍</li> <li>2. 浇注时横浇道应充满</li> <li>3. 横浇道应具有一定长度</li> </ol>

(续)

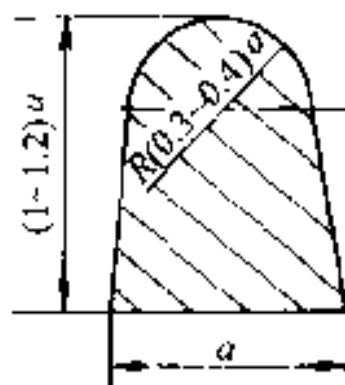
挡渣条件 满足上述条件，才利于金属液流动时熔渣上浮，与横浇道顶面接触，滞留在顶面，不进入型腔

截面形状



a)

a) 梯形

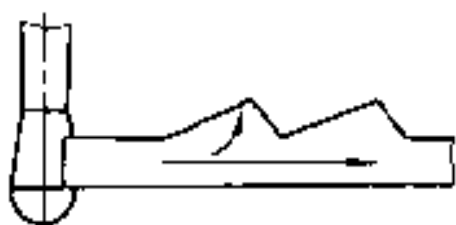


b)

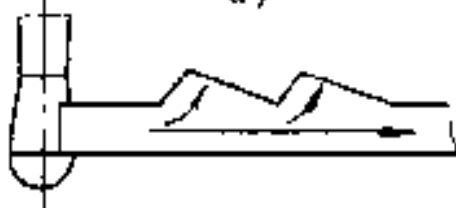
b) 圆顶梯形

挡渣结构形式

锯齿集渣式



a)

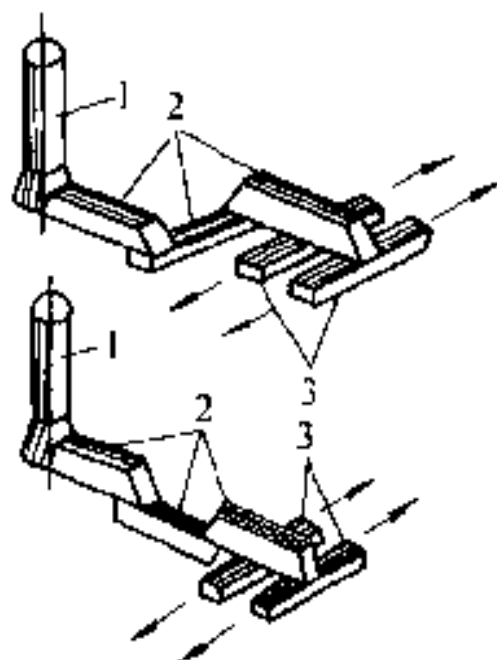


b)

a) 顺齿

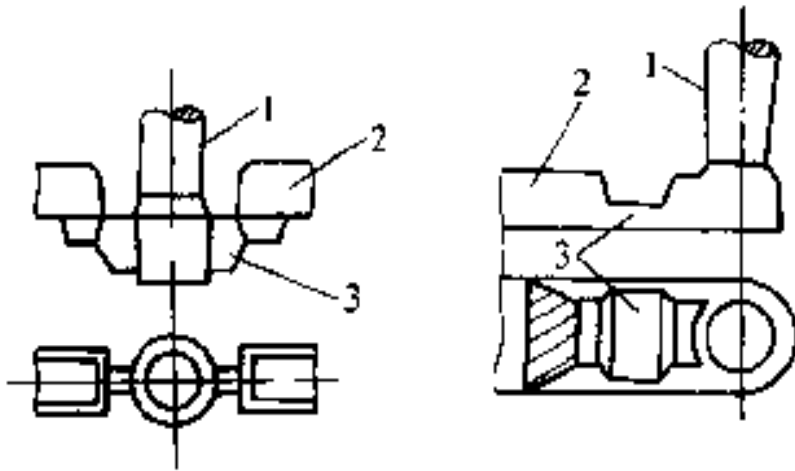
b) 逆齿

稳流式

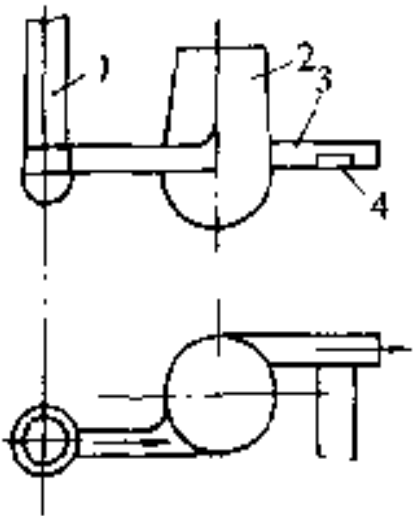
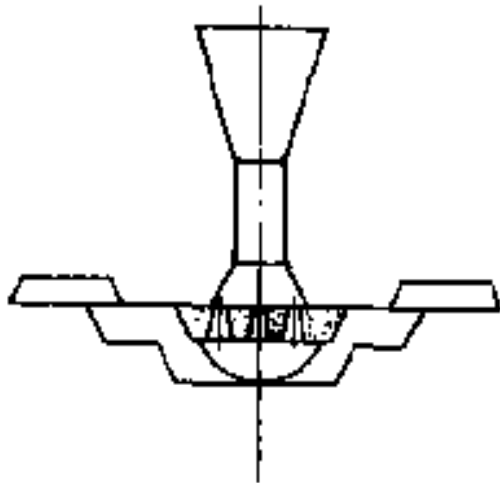


1—直浇道 2 横浇道  
3—内浇道

(续)

适用范围	中小型铸件的大批量生产	复杂中小型铸件的大批量生产
挡渣结构形式	阻流式	
	 <p style="text-align: center;">a) 垂直阻流式 b) 水平阻流式</p> <p style="text-align: center;">1—直浇道 2—横浇道 3—阻流片</p>	
适用范围	定型产品的大批量生产	

(续)

浇铸 结构 形式	离心式集渣	带滤渣网
 <p data-bbox="284 1030 734 1209">1 直浇道 2 离心集渣包 3—横浇道 4—内浇道</p>		
适用范围	中小型铸件的生产	铝合金、铜合金、铸铁等铸件生产

### 1. 内浇道

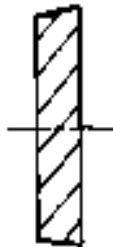
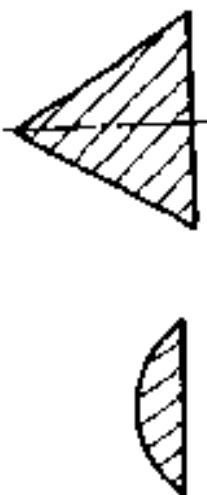
内浇道是金属液由横浇道送入型腔的流入口。内浇道确定后,按比例可确定横浇道和直浇道,因此,内浇道是设计浇注系统的中心。

内浇道特点及应用,见表 5-5。



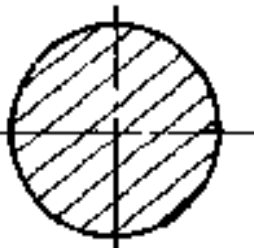
### (二) 浇注系统的结构类型



表 5-5 内浇道特点及应用

主要作用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 控制金属液流入型腔的速度和方向,</li> <li>2. 调节型腔内各部位的温度以及铸件凝固顺序</li> </ol>	
内浇道的位置	<p>内浇道距直浇道和横浇道末端应有一定的距离, 以防熔渣进入</p> <p>一般第一道内浇道距直浇道距离大于 3 倍横浇道高度, 最后一个内浇道距横浇道末端距离大于 50mm</p>	
内浇道截面形状	特点	简图
扁梯形	薄而宽, 由于薄, 挡渣作用好。广泛用于铸铁件上	
月牙形和三角形	与扁梯形不同的是冷却较快	

(续)

内浇道截面形状	特点	简图
长梯形	即深浇道，用于沿垂直壁充型	
正梯形和半圆形	散热较慢，对铸件有一定的补缩，用于希望通过浇道对铸件补缩的小型铸件	
圆形	在铸铁件上主要用于雨淋式浇口 大中型铸钢件用流钢砖作内浇道，也是圆形	

根据内浇道在铸件上开设位置不同，浇注系统的结构形式可分为顶注式、底注式、分型面注入式和阶梯式四种，还有为加强横浇道挡渣作用而出现很多形式的特殊形式浇道。见表 5-6。

### (三) 浇注系统各组元截面尺寸

当浇注系统结构类型、形式及布置确定之后，需要确定浇注系统各组元截面尺寸。一般是先确定浇注系统的最小截面尺寸，然后以最小截面为基数，按经验比例关系确定其它各组元截面尺寸。

受多种因素影响，浇注系统截面尺寸大小是在一个较大范围波动，生产中常通过查表并结合经验加以修正，确定浇注系统尺寸。

合适的浇注系统截面尺寸是保证金属液以一定速度流入型腔，并以适当上升速度充满型腔，减少浇道金属的消耗。

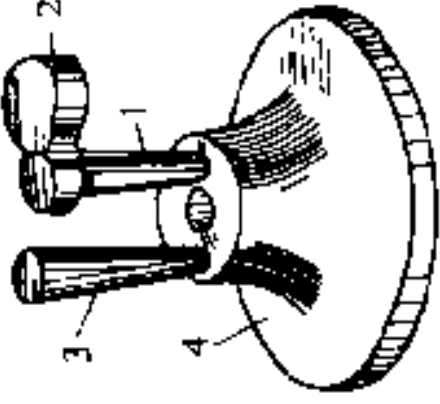
#### 1. 铸钢件浇注系统尺寸

(1) 铸钢件浇注系统特点 铸钢具有熔点高，流动性差、收缩大、易氧化的特性。故其浇注系统有表 5-7 所列的相应特点。

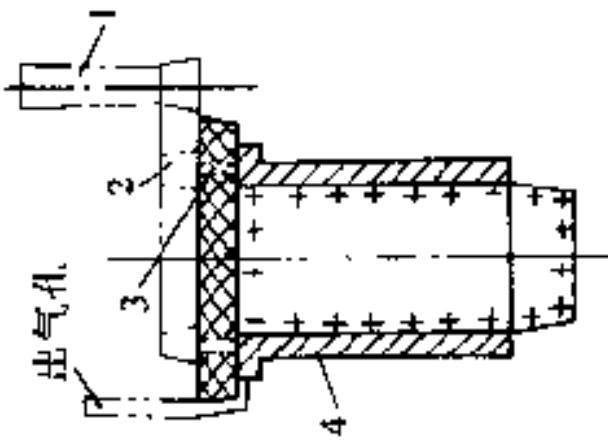
(2) 转包浇注时浇口尺寸 根据浇注钢液重量  $G$  和铸件相对密度  $d$ ，可从表 5-8 中查得  $A_{内}$ 。

根据单个浇道截面积，可从表 5-9 中选择内浇道、横浇道的截面尺寸。

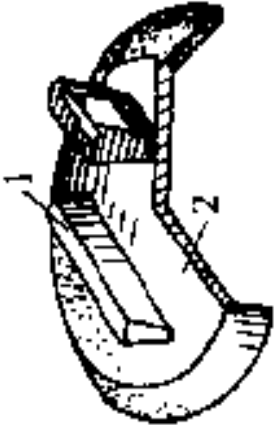
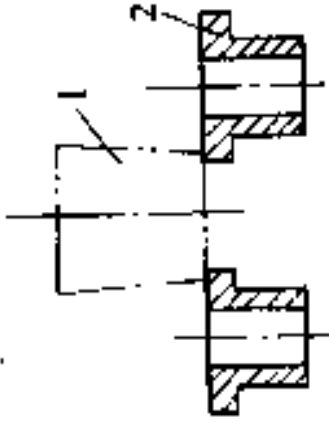
表 5 6 浇注系统结构形式及应用

类型	形式	简 图	特点及应用
顶注式(上注式)	基本形式	 <p style="text-align: center;">顶注式浇注系统</p> <p style="text-align: center;">1—直浇道 2—浇口杯 3—冒口 4—铸件</p>	<p>内浇道设在型腔的顶部。型腔上部比下部温度高,有利于自下而上的定向凝固和补缩。充型能力强。但冲击力大,流速平稳,易冲坏砂型和产生气孔、砂眼。</p> <p>适用于形状简单、高度不大于300mm 的中小型铸件和薄壁铸件。</p>

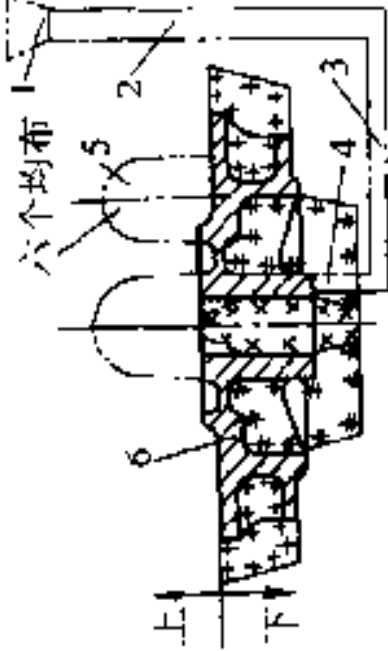
(续)

类型	形式	简图	特点及应用
顶注式(上注式)	雨淋式	 <p data-bbox="1066 1249 1109 1556">雨淋式浇注系统</p> <p data-bbox="1129 1182 1173 1624">1—直浇道 2—横浇道</p> <p data-bbox="1193 1205 1236 1601">3—内浇道 4—铸件</p>	<p data-bbox="370 376 742 987">金属液从铸件顶部的许多圆形小孔流入型内, 挡渣良好, 对型腔冲击力小、由于金属液细流下落不断冲击液面, 使熔渣不易粘附在侧壁上, 利于提高铸件质量</p> <p data-bbox="699 376 805 987">适用于壁厚均匀及要求较高的圆筒类铸件</p>

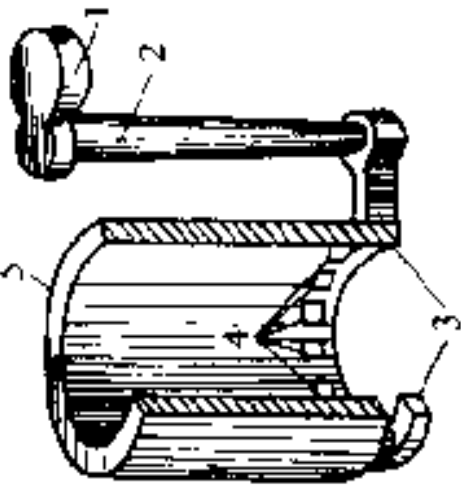
(续)

类型	形式	简 图	特点及应用
顶注式(上注式)	楔 形 式	 <p style="text-align: center;">楔形浇道</p> <p style="text-align: center;">1—楔形浇道 2—铸件</p>	<p>内浇道呈缝隙状、根部窄而长、能迅速充满型腔，好清理</p> <p>适用于薄壁容器类铸件，如薄壁盆、锅等</p>
	压 边 式	 <p style="text-align: center;">压边浇道</p> <p style="text-align: center;">1—浇道 2—铸件</p>	<p>金属液通过3~6mm的狭缝流入型腔，具有好的挡渣和补缩作用，结构简单、操作简便，易于清除主要用于厚实的中小型铸件</p>

(续)

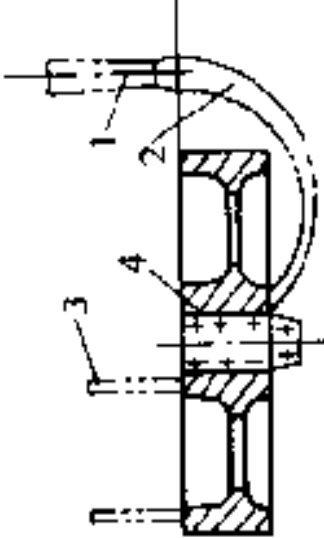
类型	形式	特点及应用
底注式(下注式)	<p data-bbox="699 1832 938 1886">基本形式</p> <div data-bbox="347 1093 737 1742"><p data-bbox="944 1249 986 1563">底注式浇注系统</p><p data-bbox="1008 1048 1114 1729">1 浇口杯 2—直浇道 3—横浇道 4 内浇道 5 冒口 6 铸件</p></div>	<p data-bbox="354 376 667 1003">内浇道设在型腔的底部 金属液充型平稳, 有利排气和 浮渣、冲击作用小, 但不利于补 缩, 对较高薄壁件易冷隔 适用于大中型厚壁铸件</p>

(续)

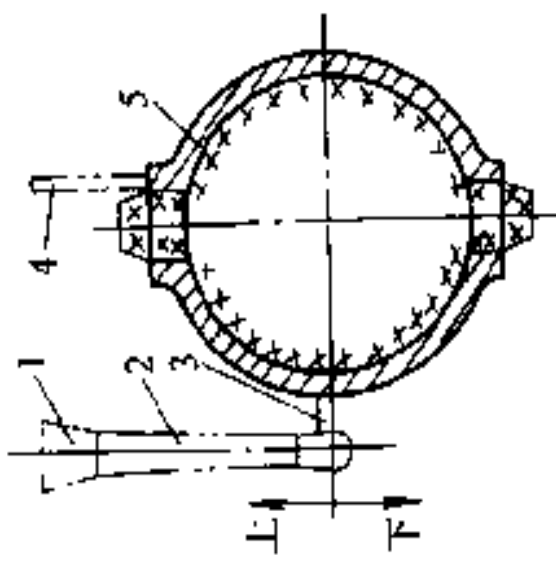
类型	形式	简图	特点及应用
底注式(下注式)	底雨淋式	 <p style="text-align: center;">底雨淋式浇注系统</p> <p>1—浇口杯 2—直浇道 3 横浇道 4 内浇道 5 铸件</p>	<p>允型均匀平稳能减少金属液氧化。但造型操作麻烦</p> <p>适用于要求较高的，形状复杂的筒类铸件及大型床身等铸铁件</p>



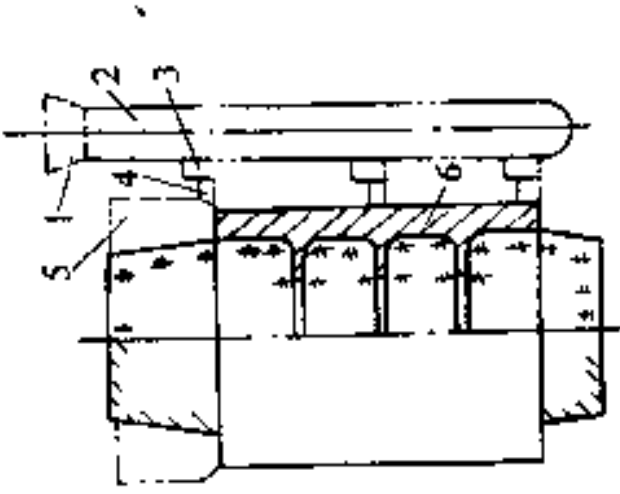
(续)

类型	形式	简图	特点及应用
底注式(下注式)	牛角式	 <p data-bbox="927 1205 970 1507">牛角式浇注系统</p> <p data-bbox="991 1093 1034 1619">1--直浇道 2--牛角内浇道 3--出气孔 4 铸件</p>	<p data-bbox="368 331 608 947">浇注系统中常设有过滤网,使金属液更平稳更洁净注入型腔适用于各种带齿牙轮及有型芯的圆柱形铸件</p>

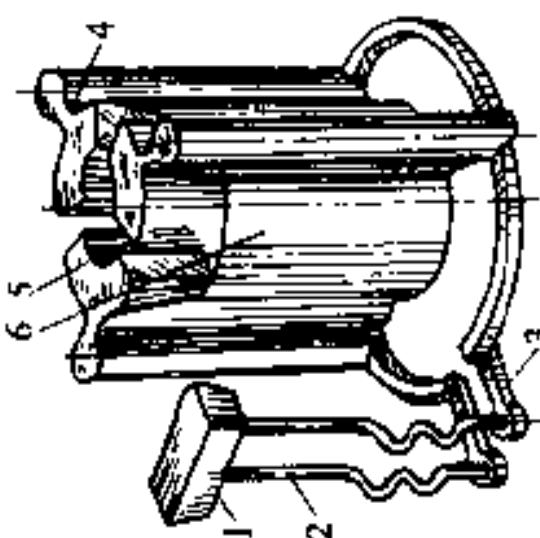
(续)

类型	形式	简图	特点及应用
分型面注入式(中注式)	基本形式	 <p style="text-align: center;">中注式浇注系统</p> <p>1—浇口杯 2—直浇道 3—内浇道 4—出气孔 5—铸件</p>	<p>金属液从中间分型面进入型腔, 造型操作简单</p> <p>适用于壁厚较均匀, 高度不太大的各类中、小型铸件。生产中广泛应用</p>

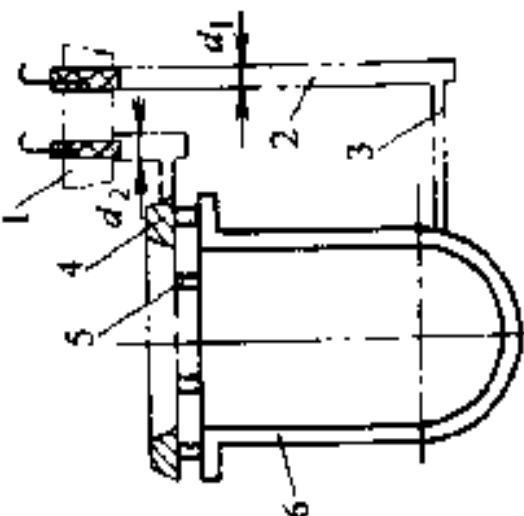
(续)

类型	形式	简图	特点及应用
阶梯式	基本形式	 <p style="text-align: center;">阶梯式浇注系统</p> <p>1—浇口杯 2—直浇道 3—横浇道 4—内浇道 5—冒口 6—铸件</p>	<p>将内浇道分上、下多层设在铸型型腔上。并自下而上逐步充满型腔</p> <p>兼有底注和顶注的优点，但造型操作较麻烦</p> <p>广泛用于结构复杂、高度大于800mm的中、大型铸件上</p>

(续)

类型	形式	简图	特点及应用
阶梯式	垂直縫隙式浇口	 <p style="text-align: center;">垂直縫隙式浇注系统</p> <p>1—浇口杯 2—直浇道 3—横浇道 4—縫隙内浇道 5—冒口 6—铸件</p>	<p>这是阶梯式浇口的特殊形式，充型平稳有利于定向凝固。适用于小型要求较高的铸钢件和有色合金铸件。也适用于一些高度较大的铸铁实体件和垂直分型的铸件。</p>

(续)

类型	形式	简图	特点及应用
	联合式	 <p data-bbox="925 1097 973 1590">(底注+上雨淋)浇注系统</p> <p data-bbox="989 1120 1037 1568">1—浇口杯 2—直浇道</p> <p data-bbox="1053 1075 1101 1612">3—底注内浇道 4—雨淋式</p> <p data-bbox="1117 985 1165 1702">横浇道 5 雨淋式内浇道 6—铸件</p> <p data-bbox="1181 1030 1228 1657">注：<math>d_2 &gt; d_1</math> 先启用 <math>d_1</math>，液面升到</p> <p data-bbox="1244 1142 1292 1545">一定高度时再启用 <math>d_2</math></p>	<p data-bbox="367 313 734 940">这是阶梯式浇口的特殊形式，兼有顶注和底注的优点。最上层金属液温度最高，造成良好定向凝固。金属液平稳注入型腔，尤其冲击和飞溅，氧化现象也大为减少。</p> <p data-bbox="750 313 861 940">适用于铸件高度较大(<math>&gt; 400\text{mm}</math>)的要求较高的铸件</p>

(续)

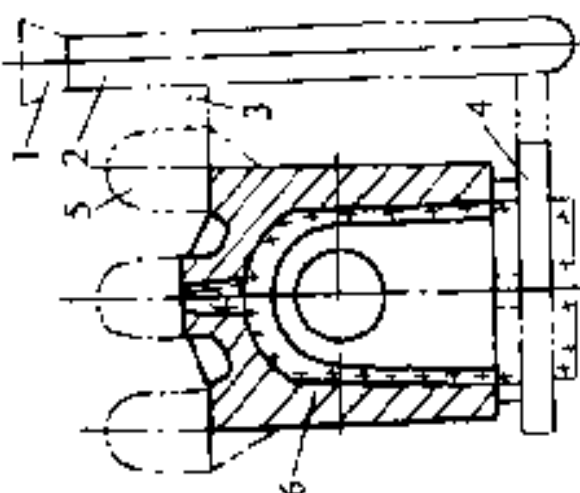
类型	形式	简图	特点及应用
	联合式	 <p data-bbox="1069 1120 1133 1612">(底雨淋+顶注)浇注系统</p> <p data-bbox="1149 1120 1212 1612">1—浇口杯 2—直浇道 3—顶注内浇道 4—底雨淋浇道 5—冒口 6—铸件</p>	

表 5-7 铸钢件浇注系统特点

钢包类型	转包浇注	塞杆包浇注
	<p>1. 浇道需具好的挡渣能力。截面比呈封闭式或半封闭式, <math>\Sigma A_{内} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{包} = 1 : (0.8 \sim 0.9) : (1.1 \sim 1.2)</math></p> <p>2. 浇道用水玻璃砂组成或全用面砂春制, 保证具有足够强度</p>	<p>1. 浇道勿需高的挡渣功能, 但应确保钢液快速平稳充满型腔。浇道呈开放式。</p> <p><math>\Sigma A_{包} : \Sigma A_{内} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{内} = 1 : (1.8 \sim 2.0) : (1.8 \sim 2.0) : (2.0 \sim 2.5)</math></p> <p>2. 浇道力求结构简单、坚固、耐冲击。大中型铸钢件应由耐火砖管组成</p>
浇注系统特点	<p>3. 对厚实及壁厚差别较大铸钢件, 应呈定向凝固, 采用金属液经冒口进入型腔, 极力强化冒口的补缩能力。对易产生裂纹, 变形的壳体类铸钢件, 内浇道应均布于薄壁处, 并尽量减少对铸件收缩的阻碍</p>	
应用	适于大批量生产的小型铸钢件	通用单件、多品种、小批量生产中、大型铸钢件

提示：内浇道厚度取小于铸件壁厚 0.7 倍以下，才不致引起在内浇道处产生缩孔。

表 5-8 小型铸钢件内浇道总截面积

注入钢液 总重量 G /kg	铸件相对密度 $d / (\text{kg}/\text{cm}^3)$						
	$\leq 1.0$	1.1~ 2.0	2.1~ 3.0	3.1~ 4.0	4.1~ 5.0	5.1~ 6.0	$> 6.0$
	$\Sigma A_{\text{内}} / \text{cm}^2$						
1	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
2	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
4	2.7	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4
6	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8
8	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2
10	4.0	3.7	3.4	3.1	2.9	2.7	2.5
13	5.2	4.8	4.4	4.0	3.5	3.0	2.7
16	6.3	5.9	5.2	4.6	3.9	3.4	3.0
20	7.5	7.7	6.2	5.4	4.5	4.0	3.4
25	9.1	8.7	7.0	6.1	5.1	4.5	3.8
30	10.2	9.3	7.5	6.7	5.6	5.0	4.2
35	11.7	9.8	8.3	7.2	6.1	5.3	4.5
40	12.5	10.6	8.8	7.7	6.4	5.6	4.8

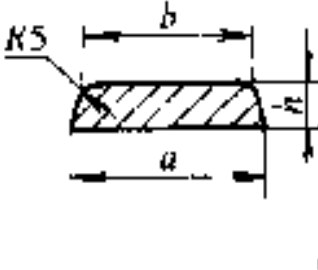
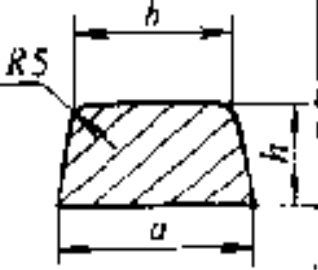
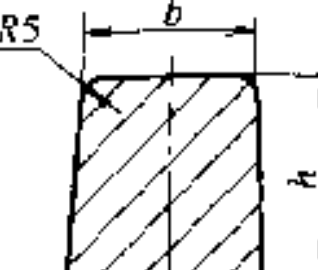


(续)

注入钢液 总重量 $G$ 'kg	铸件相对密度 $d/(kg/cm^3)$						
	$\leq 1.0$	1.1~ 2.0	2.1~ 3.0	3.1~ 4.0	4.1~ 5.0	5.1~ 6.0	$> 6.0$
	$\Sigma A_{ij}/cm^2$						
45	13.1	11.2	9.4	8.9	6.9	5.9	5.1
50	14.2	12.0	9.8	9.0	7.2	6.2	5.3
60	14.8	12.8	10.9	9.4	7.9	6.9	5.9
70	15.6	13.9	11.5	10.2	8.6	7.2	6.4
80	17.6	14.9	12.3	10.9	9.1	7.8	6.9
90	19.4	16.3	13.1	11.5	9.7	8.3	7.3
100	21.2	17.8	13.9	12.1	10.2	8.8	7.7
120	22.6	18.5	15.4	12.4	10.8	9.4	8.2
140	24.4	20.0	16.6	13.2	11.4	10.0	8.8
160	25.5	21	17.7	13.9	12.1	10.5	9.2
180	26.9	22	18.4	14.6	12.6	11.0	9.7
200	29.8	24	20.3	16.3	14.0	12.2	11.1

注：相对密度  $d = \frac{G}{V}$ ， $V$  是铸件三个方向最大尺寸之乘积。

表 5-9 小型铸钢件内浇道横浇道截面尺寸(mm)

截面 积 $/\text{cm}^2$	 $h \approx 0.2a$			 $h \approx 0.5a$			 $h \approx a$		
	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$
	0.6	18	16	3.5	11	9	6	8.5	6.5
0.8	20	18	4.0	13	11	7	9.5	7.5	9.5
1.0	23	21	4.5	15	12	7.5	11	8.5	10.5
1.2	25	23	5.0	16	13	8.5	12	9	11.5
1.4	27	25	5.5	18	14	9	13	9.5	12.5
1.6	29	27	6.0	19	15	10	13.5	10.5	13.5
1.8	31	28	6.0	20	16	10	14.5	10.5	14.5
2.0	33	30	6.5	22	18	10	15.5	11	15
2.3	35	33	7	23	19	12	16.5	12.5	16.5
2.6	37	34	7.5	24	20	12	17.5	13	17.5
3.0	40	36	8	26	21	13	19	11	19
3.4	42	39	8.5	28	23	14	20	15	20

(续)

截面 积 ( $\text{cm}^2$ )	同 1. 图			同 1. 图			同 1. 图		
	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$
3.8	44	42	9.0	29	24	15	21.5	15.5	21
4.2	47	43	9.5	31	26	15	22	16.5	22
4.6	49	45	10	32	27	16	23	17.5	23
5.0	51	47	10	33	28	17	24	18	24
5.5	53	49	10.5	35	30	17	25	18.5	25
6.0	56	52	11	36	31	18	26	20	26
6.5	58	54	11.5	37	32	19	27	21	27
7.0	60	56	12	38	32	20	27.5	22	27.5
7.5	62	58	12.5	40	33	20	29	23	29
8.0	64	60	13	42	35	21	30	24	30
9.0	68	62	14	44	38	22	32	25	32
10	73	65	14.5	46	40	23	34	26	34

(3) 塞杆包浇注的浇道尺寸 在工厂, 塞杆包包孔直径, 在产品稳定情况下, 基本上是不变的, 或变动很少。因此, 浇注系统各截面的尺寸, 多是凭经验按比例选取。

只对一些质量要求较高的大型和重型铸件，才做些必要的计算。

只要知道塞杆包包孔大小，直接查表 5-10~表 5-12 就可得到浇注系统各部截面积。

表 5-10 根据包孔确定浇道各部截面积 (cm<sup>2</sup>)

包孔 直径 /mm	一个包孔 截面积	浇注系统各组成截面积			内浇道 ≥
		直浇道	横 浇 道		
			对称	单向	
35	9.6	17.3~	8.7~	17.3~	19.2
		19.2	9.6	19.2	
40	12.6	22.6~	11.3~	22.6~	25.2
		25.2	12.6	25.2	
45	15.9	28.6~	14.3~	28.6~	31.8
		31.8	15.9	31.8	
50	19.6	35.3~	17.7~	35.3~	39.2
		39.2	19.6	39.2	
55	23.8	42.7~	21.4~	42.7~	47.6
		47.6	23.8	47.6	
60	28.3	50.0~	25~	50.0~	56.6
		56.6	28.3	56.6	
70	38.5	69.3~	34.7~	69.3~	77
		77	38.5	77	

(续)

包孔直径 /mm	一个包孔 截面积	浇注系统各单元截面积			内浇道 $\geq$
		直浇道	横浇道		
			对称	单向	
80	50.3	90.5~	45.3~	90.5~	101.6
		101.6	50.8	101.6	
100	78.5	142~	71~	142~	157
		157	78.5	157	

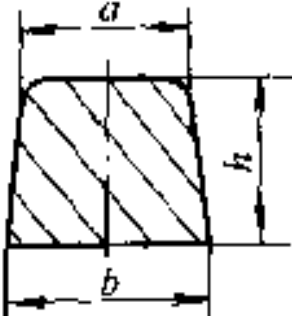
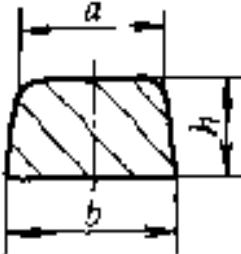
表 5-11 根据包孔直径确定浇道各  
组元耐火砖管直径和数量 (mm)

包孔直径 $d$	直浇道 直径 $d_1 >$	横浇道直径 $d_2$		内浇道直径 $d_3 \geq$			
		单向 $\geq$	对称 $\geq$	40	60	80	100
				每层内浇道数量/个			
35	60	60	40	2	1	—	—
40	60	60	40	2	1	—	—
45	60	60	40	3	1		
50	80	80	60	3	2	1	—
55	80	80	60	4	2	1	—
60	100	100	60	5	2	1	—

(续)

包孔直径 $d$	直浇道 直径 $d_1 >$	横浇道直径 $d_2$		内浇道直径 $d_3 \geq$			
		单向 $\geq$	对称 $\geq$	40	60	80	100
		每层内浇道数量/个					
70	100	100	80	6	3	2	1
80	120	120	80	8	4	2	1
100	140	140	100	13	6	3	2

表 5-12 根据包孔直径确定浇道各组元尺寸和数量 (mm)

包孔直径 $d$	直浇道直径 $d_1$	横浇道						内浇道											
																			
		单向			对称			1个			2个			3个			4个		
$a$   $b$   $h$			$a$   $b$   $h$			$a$   $b$   $h$			$a$   $b$   $h$			$a$   $b$   $h$			$a$   $b$   $h$				
35	60	35	45	45	25	35	30	45	55	40	30	40	30	25	35	25	20	30	20
40	60	45	55	50	30	40	35	55	65	45	35	45	35	30	40	25	25	35	25

(续)

包孔直径 $d$	直浇道直径 $d_1$	横浇道						内浇道											
		同上图						同上图											
		单向			对称			1个			2个			3个			4个		
		$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$	$a$	$b$	$h$
45	60	50	60	55	35	45	40	60	70	50	35	45	40	30	40	30	25	35	30
50	80	55	65	65	35	45	45	75	85	50	40	50	45	35	45	35	30	40	30
55	80	65	75	65	40	50	50	90	100	50	45	55	50	50	40	40	30	40	35

注：采用包孔直径大于 $\phi 55\text{mm}$ 者，一般应采用耐火砖管浇注系统。

大型铸钢件还可以钢液在型腔内所要求的适宜的上升速度为依据，确定浇注系统，此法称上升速度计算法，见表 5-13。

## 2. 铸铁件浇注系统尺寸

### (1) 铸铁件浇道特点(表 5-14)

确定浇注系统尺寸时，首先确定浇道最小截面积，然后，按照浇道比，计算浇注系统其它各组元尺寸。各种浇注系统截面比特点及应用，见表 5-15。

(2) 铸铁件浇道截面尺寸 确定浇道尺寸时，先确定浇道最小截面积，然后，按照浇道比，计算各组元截面积，最后，选择浇道数量、截面形状及几何尺寸。

表 5-13 上升速度法

依据		铸件重量 $G/t$										
		$\leq 5$	5~15	15~35	35~65	65~100	$>100$					
铸件结构		钢液在型腔中的最小允许上升速度 $v_1/(mm/s)$										
复杂	25	20	16	14	12	10						
中等	20	15	12	10	8	7						
简单	15	10	8	6	5	4						
1		不同包孔直径钢液浇注的流量 $q$										
		包孔直径 $d/mm$	30	35	40	45	50	55	60	70	80	100
凭经验, 选定包孔直径和数量		流量 $q/$ ( $kg/s$ )	10	20	27	42	55	72	90	120	150	195



(续)

2	计算浇注时间 $t$	$t = \frac{G}{\pi q}$	式中 $t$ —浇注时间(s) $G$ —铸件重量 + 浇冒口重量(kg) $\pi$ —包孔数量 $q$ —钢液流量(kg/s)
3	验算钢液在型腔内上升速度	$v = \frac{H}{t} \geq v_1$	式中 $v$ —钢液在型腔内上升速度(mm/s) $H$ —铸件在浇注位置的高度(mm) $t$ —浇注时间(s)
	评定		对一般铸件, 钢液在型腔内上升速度 $v$ , 应不小于最小允许上升速度 $v_1$ 。但对大型铸件, 其上升速度不应大于 30mm/s
4	确定浇注系统尺寸		根据所选包孔直径大小, 算出包孔总截面积, 依此总截面积, 按比例确定直浇道、横浇道、内浇道的总截面积, 即 $\Sigma A_{包} : \Sigma A_{直} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{内} = 1 : (1.8 \sim 2.0) : (1.8 \sim 2.0) : (2.0 \sim 2.5)$

表 5-14 铸铁件浇注系统特点

类别	铸件特征	浇道特点
灰铸铁	一般灰铸铁的氧化、吸气、收缩等倾向较小，流动性较好	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于各种浇道形式</li> <li>2. 浇道截面主要由铸件壁厚、毛重来选用</li> </ol>
球墨铸铁	球铁经球化和孕育处理后，流动性降低，易产生氧化、夹渣和皮下气孔	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 内浇道总截面积比灰铸铁大 30%~100%，能人流量送入型腔</li> <li>2. 具有良好挡渣能力和平稳充型</li> <li>3. 按定向凝固原则设计浇冒口，浇道经冒口注入，采用封闭式浇注系统</li> </ol>
可锻铸铁	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 一般为薄壁，受力较大的中小件</li> <li>2. 碳、硅含量低，熔点高，流动性差、收缩大、易氧化、易产生缩孔、裂纹</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 具有比灰铸铁更大的浇道截面</li> <li>2. 有强的挡渣能力，封闭式浇注系统</li> <li>3. 按定向凝固设计浇冒口，浇道经冒口进入</li> </ol>

表 5-15 铸铁件浇注系统截面比特点及应用

浇注系统类型	特点	截面积比		应用	
		$\Sigma A_{内}$	$\Sigma A_{横}$ $\Sigma A_{直}$		
封闭式	$\Sigma A_{内} < \Sigma A_{横} < \Sigma A_{直}$ 浇注时,很快充满全部浇道,挡渣作用较好。但冲击力大,广泛用于小件和中型中大型铸件	1	1.5	2	大型灰铸铁件
		1	1.2	1.4	大、中型灰铸铁件
		1	1.1	1.15	中、小型灰铸铁件
开放式	$\Sigma A_{内} > \Sigma A_{横} > \Sigma A_{直}$ 浇注时,横浇道和内浇道往往是小充满的,流速小而平稳,无喷射。但挡渣作用差	1	1.06	1.11	薄壁、小型灰铸铁件
		1	1.1	1.5	可锻铸铁件
		1.5~4	2~4	1	球墨铸铁件

(续)

浇注系统类型	特点	截面积比			应用
		$\Sigma A_{内}$	$\Sigma A_{横}$	$\Sigma A_{直}$	
半封闭式	$\Sigma A_{内} < \Sigma A_{直} < \Sigma A_{横}$ 浇注开始时,横浇道不充满,稍后才呈充满状态。既可减少金属液对砂型的冲刷力,又有—定挡渣作用。适用大、中、小铸件	1	1.3~1.5	1.1~1.2	中、小型铸铁件(表干型)
		1	1.4	1.2	重型机械铸铁件(表干型)
		1	1.1~1.5	1.2~1.25	中、小型铸铁件(干型)
		1	1.1	1.2	中型铸铁件(干型)
		1	1.5~1.88	1.25	薄壁、小型球墨铸铁件

1) 灰铸铁件的浇道 灰铸铁件浇道的最小截面积是内浇道。表 5-16~表 5-20 是各种不同类型灰铸铁浇道的截面面积。

**表 5-16 中小型灰铸铁件内浇道截面积**

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm				
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40
	内浇道截面积/cm <sup>2</sup>				
<1	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
1~3	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6
3~5	1.6	1.6	1.2	1.2	1.0
5~10	2.0	1.8	1.6	1.6	1.2
10~15	2.6	2.4	2.0	2.0	1.8
15~20	4.0	3.6	3.2	3.0	2.8
20~40	5.0	4.4	4.0	3.6	3.2
40~60	7.2	6.8	6.4	5.2	4.2
60~100		8.0	7.4	6.2	6.0
100~150		12.0	10.0	8.6	7.8
150~200		15.0	12.0	10.0	9.0
200~250			14.0	11.0	9.4

(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚 mm				
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40
	内浇道截面积/cm <sup>2</sup>				
250~300			15.0	12.0	10.0
300~400			15.4	13.0	12.0
400~500			16.0	14.0	13.0
500~600			18.0	15.0	14.0
600~700			20.0	17.0	15.0
700~800			21.0	20.0	17.0
800~900			26.0	22.0	19.0
900~1000			28.0	24.0	21.0

表 5-17 机床类铸铁件内浇道总截面积  $\Sigma A_{内}$ 

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm				
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40
	内浇道总截面积/cm <sup>2</sup>				
<2	0.8	0.8	0.6	0.5	0.6
2~5	1.6	1.6	1.2	1.0	0.8

(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm				
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40
	内浇道总截面积/cm <sup>2</sup>				
5~10	1.8	1.8	1.6	1.4	1.2
10~20	3.2	3.0	2.6	2.2	2.0
20~40	5.0	4.6	4.0	3.4	3.0
40~60	6.0	5.4	4.6	4.0	3.6
60~100		7.5	6.5	5.5	5.0
100~150		8.0	7.0	6.4	6.0
150~200		10.0	9.0	8.0	7.0
200~300			13.0	11.0	9.0
300~400			14.0	12.0	10.0
400~500			16.0	14.0	12.0
500~600			18.0	16.0	14.0
600~700			19.0	17.0	15.0
700~800			21.0	18.0	16.0
800~1000			23.0	19.0	17.0
1000~1500				24.0	22.0

(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚 /mm				
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40
	内浇道总截面积/cm <sup>2</sup>				
1500~2000				27.0	25.0
2000~4000				37.0	34.0
4000~7000				45.0	40.0
7000~10000				60.0	50.0

注：1. 机床类铸件，是箱体结构，薄壁复杂。

2. 常用浇道比为  $\Sigma A_{\text{直}} : \Sigma A_{\text{横}} : \Sigma A_{\text{内}} = 1.2 : 1.5 : 1$ 。

表 5-18 内燃机类铸铁件内浇道截面面积  $\Sigma A_{\text{内}}$

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm					
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40	>40
	内浇道截面积/cm <sup>2</sup>					
<5	2	1.5	1.2	1	0.8	0.5
5~10	3	2.5	2	1.5	1	0.8
10~20	4	3.5	3	2.5	2	1.5
20~40	5	4.5	4	3.5	3	2.5



(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm					
	<5	5~10	10~15	15~25	25~40	>40
	内浇道截面积/cm <sup>2</sup>					
40~60	8	7	6	5	4	3.5
60~100		8	7	6	5	4
100~150		12	10	8	6	5
150~200		15	12	10	8	6
200~300		20	15	12	10	8
300~500		25	20	15	12	10
500~700		30	25	20	15	12
700~1000		40	30	25	20	15
1000~1500			40	30	25	20
1500~2000			50	40	30	25
2000~3000			60	50	40	30

注：1. 内燃机类铸件的结构基本上是均匀薄壁箱体、套管、罩壳类铸件。

2. 对重量小于100kg的铸件常采用  $\Sigma A_{直} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{内} = 1 : 1.5 : (0.5 \sim 0.8)$ 。

3. 对重量大于100kg的铸件，常采用  $\Sigma A_{直} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{内} = 1 : 2 : (1 \sim 3)$ 。

表 5-19 纺织机械类铸铁件内浇道截面面积  $\Sigma A_p$

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm						内浇道截面面积/cm <sup>2</sup>	
	3	3~5	5~8	8~12	12~16	16~20		20~35
<0.2	0.4	0.3~ 0.4	0.3~ 0.4	0.3~ 0.1	—	—	—	—
	0.4~ 0.7	0.4~ 0.7	0.4~ 0.7	0.4~ 0.7	0.4~ 0.6	—	—	—
0.5~1	0.7~1	0.7~1	0.6~ 0.9	0.5~ 0.8	0.4~ 0.7	0.4~ 0.7	—	—
	1~1.5	1~1.5	0.8~ 1.2	0.7~1	0.7~1	0.7~1	—	—
1.5~2	2~3	1.5~2	1~1.8	0.8~ 1.8	0.8~1.5	0.8~ 1.2	0.6~ 1.2	—
	2~3	2~3	1.5~ 2.5	1.5~2	1~1.5	1~1.5	0.8~ 1.5	0.6~1

(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm							内浇道截面积/cm <sup>2</sup>
	3	3~5	5~8	8~12	12~16	16~20	20~35	
3~4	—	3~4	2.5~ 3.5	2~3	1.5~ 2.5	1.5~ 2.5	1~2	0.8~ 1.5
4~5	—	4~5	3~4	3~4	2~3.5	2~3.5	1~2	1~2
5~7	—	—	3~4	3~4	2.5~4	2~3.5	1~2	1~2
7~10	—	—	3.5~ 4.5	3.5~ 1.5	3~4.5	2~3.5	1.2~2	1.2~2
10~15	—	—	3.5~ 4.5	3.5~ 4.5	4~5	2~3.5	1.2~2	—
15~20	—	—	—	4~6	4~5	2~3.5	1.2~2	—
20~30	—	—	—	7~10 (10~12)	1.5~6	2~3.5	1.5~ 2.5	—

(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚/mm							内浇道截面积/cm <sup>2</sup>
	3	3~5	5~8	8~12	12~16	16~20	20~35	
30~45				8~12 (12~14)	5.5~7	2.5~4	2~3	—
45~60	—		—	10~14	6.5~8	4.5~8	4~8	
60~80	—	—	—	10~14	9~10	7~10	7~10	—
80~100	—		—	12~15	12~15	10~14	10~14	—
100~150	—	—	—	12~15	12~15	10~14	10~14	—
150~200				(25~35)	—	—	—	—

注：1. 括号内数字，为特殊复杂件的参考数据。

2. 常用比例  $\Sigma A_{\text{直}} : \Sigma A_{\text{横}} : \Sigma A_{\text{内}} = 1.3 : 1.15 : 1$ 。

表 5-20 重型及通用机械类铸铁  
件内浇道截面面积  $\Sigma A_n$

铸件重量 /kg	铸件壁厚 /mm					
	5~10	10~15	12~25	25~40	40~60	60~100
	内浇道截面面积/cm <sup>2</sup>					
<5	2.5	2.2	2	1.8	—	—
5~10	3	2.7	2.4	2.2	—	—
10~20	3.7	3.4	3.2	2.7	—	—
20~50	5.5	5	4.5	4	—	—
50~100	7.5	7	6.5	6	—	—
100~150	9	8.5	8	7.5	6	—
150~200	11	10	9	8	7.5	—
200~300	13	12	11	10	8	—
300~400	14	13	12	10	9	—
400~500	16	14	13	11	10	—
500~600	—	18	16	14	12	10
600~700	—	20	18	16	14	11
700~800	—	22	20	18	16	13
800~900	—	24	22	19	17	15

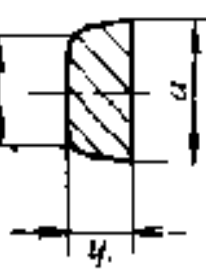
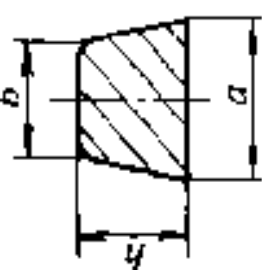
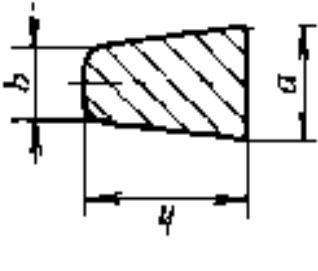
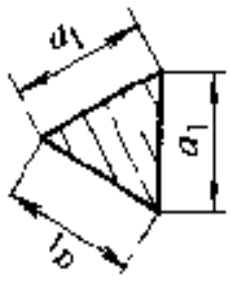
(续)

铸件重量 /kg	铸件壁厚 /mm					
	5~10	10~15	12~25	25~40	40~60	60~100
	内浇道截面积 /cm <sup>2</sup>					
900~1000		26	24	21	19	17
1000~1500		28	26	23	20	18
1500~2000	—	31	28	26	24	21
2000~3000	—	—	34	30	26	24
3000~4000	—	—	37	32	30	27
4000~5000			38	33	32	29
5000~6000	—	—	42	36	34	32
6000~8000	—	—	46	42	40	36
8000~10000	—	—	50	47	44	40
10000~15000	—	—	57	54	51	49
15000~20000	—	—	67	63	59	56
20000~30000	—	—	83	79	74	70
30000~40000	—	—	—	93	87	81

注：此类铸件结构简单，壁较厚常用浇道比为  $\Sigma A_{\text{外}} :$

$$\Sigma A_{\text{内}} : \Sigma A_{\text{外}} = 1.2 : 1.4 : 1$$

表 5-21 内浇道截面尺寸

序 号	截面积 $A_{\text{内}} / \text{cm}^2$												
		a	b	h	a	b	h	a	b	h	a	b	h
1	0.3	11	9	3	6	4	6	4	4	3	3	9	8.5
2	0.4	11	9	4	7	5	7	5	5	3	3	10	9.5
3	0.5	11	9	5	8	6	7	6	6	4	4	10	10.5
4	0.6	11	9	6	8.5	6.5	8	6.5	6.5	1.5	1.5	11	12
5	0.8	14	12	6	10	8	9	8	8	5	5	12	13.5
6	1.0	15	13	7	11	9	10	9	9	5	5	14	15
7	1.2	18	14	7.5	12	10	11	10	10	6	6	15	16.5
8	1.5	20	18	8	14	11	12	11	11	7	7	17	18.5

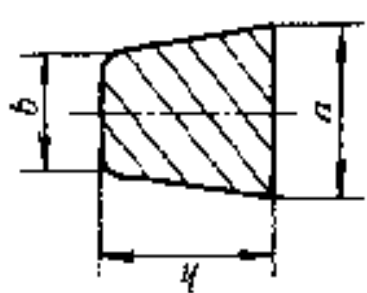
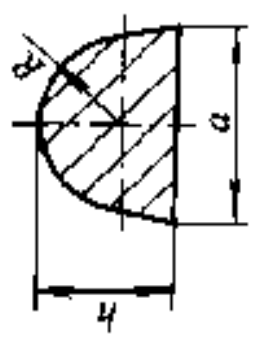
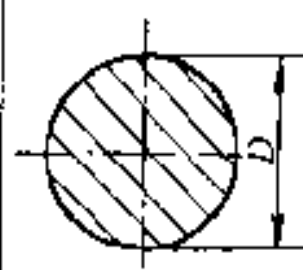
(续)

694

序 号	截面积 $A_{内}$ /cm <sup>2</sup>	同上图			同上图			同上图			
		a	b	h	a	b	h	a	b	h	
9	1.8	21	19	9	16	12	13	12	8	18	20.5
10	2.2	23	21	10	17	13	15	13	9	20	23
11	2.6	25	22	11	17.5	13.5	17	13	9	24	24.5
12	3.0	28	24	12	18	14	19	14	10	26	26
13	3.4	32	25	12	19	15	20	15	10	28	28
14	4.0	38	30	12	21	15	22	16	10	30	30.5
15	4.5	40	36	12	22	16	24	17	11	32	32.5
16	5.0	42	38	12.5	23	17	25	18	11	34	34
17	5.4	44	40	13	24	18	25.5	19	12	35	35
18	6.0	45	41	14	25	21	26	20	12	37	37
19	9.0	56	50	17	30	23	34	24	16	45	45.5
20	12	58	52	22	37	28	36	28	20	50	50



表 5-22 横浇道和直浇道截面尺寸

		横 浇 道					直 浇 道			
序 号	截 面 积 $A_{横}$ / $cm^2$					序 号	截 面 积 $A_{直}$ / $cm^2$			
		$a$	$b$	$h$	$a$				$h$	$R$
1	1	11	9	10	18	10	6	1	1.8	15
2	2	15	10	16	20	13	8	2	3.1	20
3	2.4	16	11	18	22	14	10	3	4.9	25
4	3	17	13	20	24	15	11	4	7.1	30
5	3.6	19	14	22	28	17	12	5	9.6	35

(续)

		横 浇 道						直 浇 道			
序 号	截面积 $A_{横}/cm^2$	同上图			同上图			序 号	截面积 $A_{直}/cm^2$	同上图	$D$
		$a$	$b$	$h$	$a$	$h$	$K$				
6	4	20	15	23	30	18	13	6	12.6		10
7	5	21	16	25	35	20	15	7	15.9		15
8	6	27	17	28	36	22	16	8	19.6		30
9	7	28	18	30	38	24	17	9	23.7		35
10	8	30	20	32	40	26	18	10	28.2		60
11	9	32	22	34	42	28	19	11	33.2		65
12	11	36	24	37	45	30	21	12	38		70
13	13	38	27	40	52	32	24	13	44		75
14	13.8	38	28	42	55	33	25	14	50.3		80

(续)

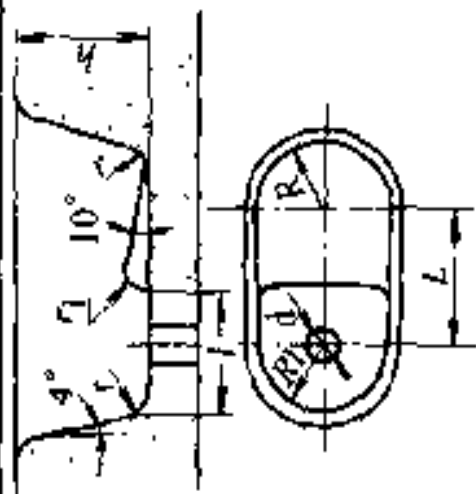
序号	横 浇 道						直 浇 道		
	同上图			同上图			序 号	截面积 $A_{直}$ /cm <sup>2</sup>	同上图
	$a$	$b$	$h$	$a$	$h$	$R$			
15	44	30	45	60	36	28	15	56.7	85
16	46	32	50	65	39	30	16	63.7	90
17	52	36	54	72	43	33	17	71	95
18	56	40	58	78	46	36	18	78.5	100
19	60	44	66	86	51	40	19	86.5	105
20	65	45	70	90	54	43	20	95.2	110
21	65	55	80	102	60	48	21	104	115
22	75	65	80	110	65	52	22	113	120
23	75	65	95	120	70	57	-	-	-

(续)

横 浇 道										直 浇 道		
序 号	截面积 $A_{横}/\text{cm}^2$	同上图				同上图			序 号	截面积 $A_{直}/\text{cm}^2$	同上图 $D$	
		$a$	$b$	$h$	$u$	$h$	$u$	$R$				
24	70	75	65	100	124	72	59	—	—	—		
25	80	85	75	100	130	78	62	—	—	—		
26	96	85	75	120	145	84	69	—	—	—		
27	100	85	75	125	146	86	70	—	—	—		
28	140	105	95	140	176	101	84	—	—	—		
29	157.5	110	100	150	185	108	88	—	—	—		
30	188	125	110	160	200	118	96	—	—	—		

表 5-23 浇口盆尺寸

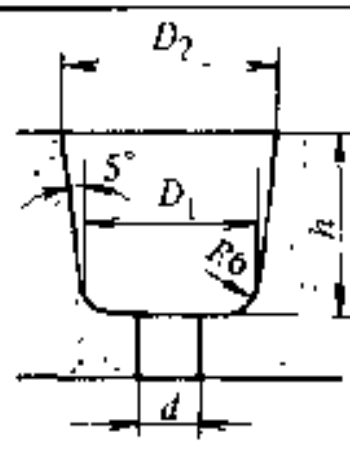
序号	铸件重量 /kg	浇口盆容量 /kg	浇口盆尺寸 /mm									
			$L$	$R$	$R_1$	$r$	$r_1$	$h$	$i$	$d$		
1	50~100	30	110	70	40	25	13	110	78	27		
2	100~200	50	140	83	47	31	15	130	96	32		
3	200~300	80	160	90	56	35	17	150	110	38		
4	300~600	170	210	125	70	50	22	200	145	45		
5	600~1000	260	260	150	105	60	25	240	170	53		
6	1000~2000	368	290	170	110	70	30	250	190	65		



简图

2) 灰铸铁件浇道截面形状和几何尺寸的确定 浇注系统各组元截面积确定之后,即可结合铸件结构特点,选择浇道数量和截面形状及截面几何尺寸。表 5-21~表 5-24 分别是内浇道、横浇道、直浇道、浇口盆、浇口杯结构尺寸。应用中注意必要修正。

表 5 24 浇口杯尺寸 (mm)

序号	直浇道下部直径 $d$					铁液量 /kg
		$D_1$	$D_2$	$h$		
1	$<16$	56	52	40	0.5	
2	16~18	58	54	42	0.6	
3	18~20	60	56	44	0.7	
4	20~22	62	58	46	0.8	
5	22~24	64	60	48	0.9	
6	24~26	66	62	50	1.0	
7	26~28	68	64	52	1.2	
8	28~30	70	66	54	1.3	

3) 球墨铸铁件内浇道总截面积比灰铸铁件大30%~100%

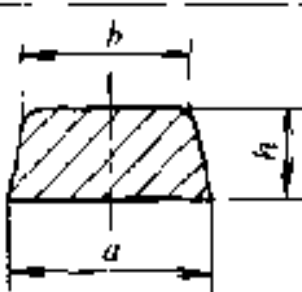
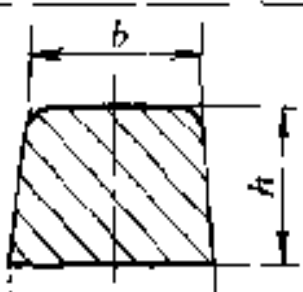
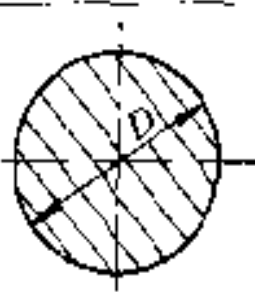
4) 可锻铸铁件浇道截面积, 见表5-25、表5-26。

表5-25 可锻铸铁件内浇道截面面积  $\Sigma A_{内}$

铸件重量 /kg	铸件主要壁厚/mm			
	3~5	5~8	8~12	12~20
内浇道总截面积/cm <sup>2</sup>				
0.3~0.5	1.5	1	1	
0.5~0.7	2	1.5	1.5	1
0.7~1		1.5	1.5	1
1~1.5	—	2	1.5	1.5
1.5~2	—	2	2	1.5
2~3		2.5	2	2
3~5	—	3	2.5	2
5~10	—	3	3	2.5
10~30	—	4	4	3
30~50		—	5	4
			—	5

表 5-26 可锻铸铁件浇道截面尺寸

(mm)

浇注系统	内 浇 道				横 浇 道				直 浇 道			
												
序号	$a$	$b$	$h$	截面积 /cm <sup>2</sup>	序号	$a$	$b$	$h$	截面积 /cm <sup>2</sup>	序号	$D$	截面积 /cm <sup>2</sup>
1	3	11	8	1	1	16	12	18	2.5	1	18	2.5
2	16	13	10	1.5	2	19	15	18	3	2	21	3.5
3	18	15	12	2	3	22	15	18	3.6	3	24	4.5
4	20	16	14	2.5	4	22	16	22	4.2	4	27	5.7
5	22	18	15	3	5	26	20	22	5	5	30	7

注：1. 当  $\Sigma A_{内} > 3\text{cm}^2$  时，内浇道应不止一个。

2. 采用  $\Sigma A_{直} : \Sigma A_{横} : \Sigma A_{内} = (2 \sim 2.5) : (1.5 \sim 2.5) : 1$ 。

3. 一般横浇道置于上箱，内浇道置于下箱，内浇道应带有圆角。

可锻铸铁件典型的浇注系统及几种加强挡渣的浇注系统形式，如图 5-2 所示。



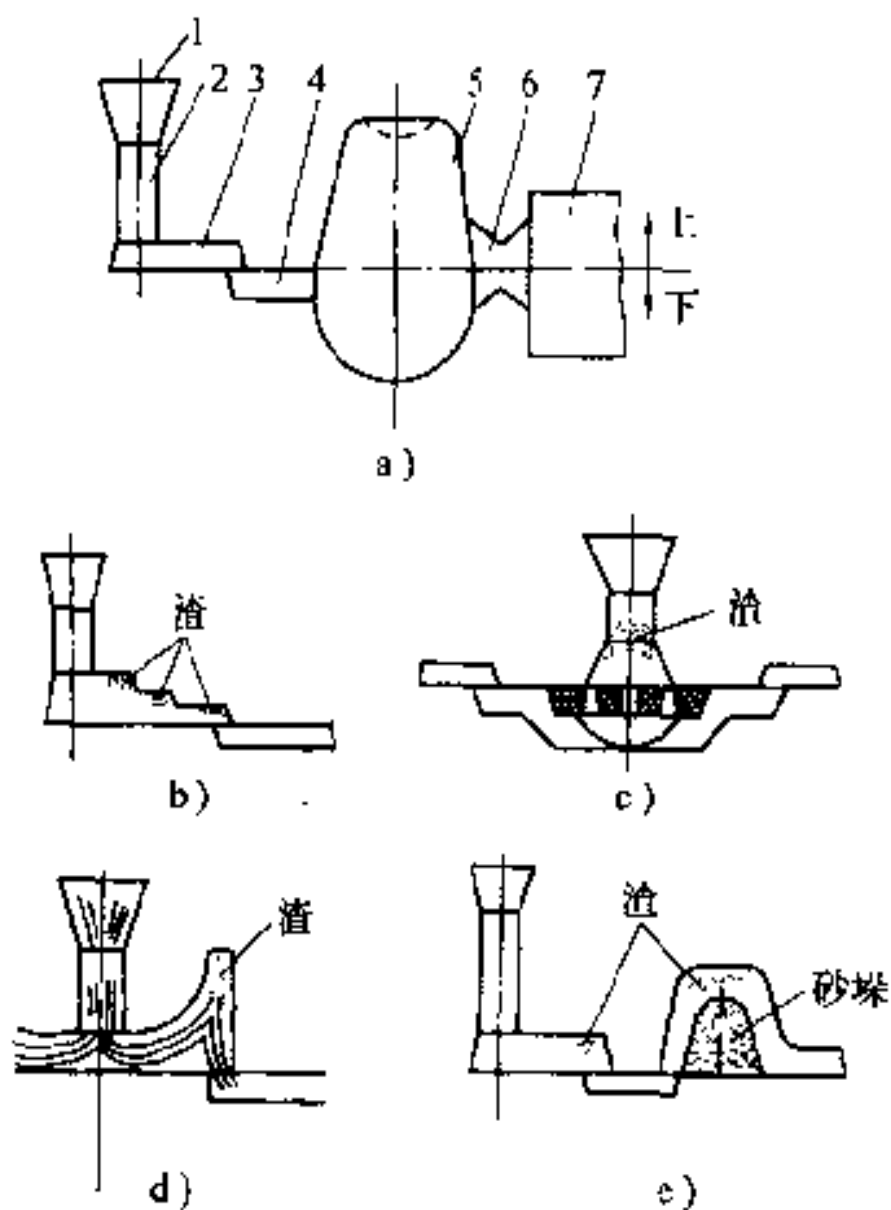


图 5-2 可锻铸铁浇注系统形式

a) 基本形式 b) 阶梯式阻渣浇道 c) 过滤网式阻渣浇道  
 d) 羊角阻渣式浇道 e) 闸门式阻渣浇道

1 浇口杯 2 直浇道 3 横浇道

4 内浇道 5 暗冒口

6 冒口颈 7 铸件

表 5-27 内浇道位置的开设原则

序号	开设原则	内浇道开设位置及其目的
1	有利铸件凝固补缩	<p>(1) 壁厚相差不大的铸件，内浇道应开设在薄壁处，且多而分散，以使铸件形成同时凝固</p> <p>(2) 壁厚相差悬殊的铸件，内浇道应开设在厚壁处，以使铸件形成定向凝固。内浇道最好经过冒口将金属液引入型腔，以加强冒口补缩作用。为避免铸件温差过大产生较大收缩应力，内浇道也可开在铸件较厚的地方</p> <p>铸钢件、可锻铸铁件、球墨铸铁件多采用定向凝固</p> <p>(3) 结构复杂的铸件，对每一个补缩区应按定向凝固开设内浇道，而整体铸件应按同时凝固开设内浇道，即内浇道多且分散地引入。这样既可使厚大部分得以补缩，又可使应力和变形最大程度地减小</p> <p>(4) 当铸件壁厚悬殊而又必须从薄处开设内浇道时，则同时应使用冷铁加快厚壁处激冷，加大冒口、点补冒口等工艺措施，以保厚壁处补缩</p>

(续)

序号	开设原则	内浇道开设位置及其目的
2	有利改善铸件的铸态组织	<p>(5) 内浇道一般不要开在铸件质量要求高的重要部位, 以免由于局部过热而造成晶粒粗大, 或产生缩孔、疏松、裂纹和精砂等缺陷</p> <p>(6) 对有耐压要求的管类铸件, 内浇道应开设在法兰处, 防止管壁产生疏松</p> <p>(7) 内浇道不要开在靠近冷铁或芯撑的地方, 以免降低冷铁激冷作用或使芯撑过早熔化</p>
3	有利铸件表面质量	<p>(8) 内浇道最好开设在要求不高的加工面上, 而不开在未加工面上, 以使铸件外表美观</p>
4	有利平稳充型	<p>(9) 内浇道应顺着铸件壁厚开设, 应避免自冲型芯、型壁、或型腔中如凸台、吊砂、吊砂等薄弱部位, 以防产生冲砂或局部过热</p> <p>(10) 对旋转体类铸件, 内浇道应切向引入, 力求方向一致, 以利将型内杂质集中排入冒口或相应的工艺凸台中</p>

(续)

序号	开设原则	内浇道开设位置及其目的
4	有利平稳充型	(11) 内浇道开设应有利充型平稳、排气和除渣。各内浇道引入的金属液流向应一致, 避免混流, 不利渣、气排除
5	有利减少收缩应力和防止裂纹	(12) 内浇道开设不应阻碍铸件收缩 (13) 内浇道开设应能使金属液快速、均匀地充型, 避免各部位温差过大 (14) 对壁厚均匀的大件, 内浇道要多、分散, 以便均匀地充型
6	有利于铸件清理	(15) 内浇道开设位置应便于清理、打磨和去除浇注系统 (16) 内浇道开设应方便开箱和清砂
7	有利于操作	(17) 内浇道应尽量开设在分型面上, 便于造型操作
8	有利于降低消耗	(18) 内浇道开设应尽量减小砂箱尺寸, 使型砂用量减小 (19) 内浇道开设应尽量减少浇注系统金属的消耗

(四) 内浇道位置开设的原则(表 5-27)。

### 三、冒 口

#### (一) 冒口的作用、种类和形状

1. 冒口的作用 冒口的主要作用是补缩,防止铸件产生缩孔和缩松。此外,冒口还有排气、集渣和判断浇注情况的作用。合理地设计冒口的位置、数量和尺寸,对获得组织致密的合格铸件具有重要意义。

2. 冒口的种类 冒口的分类见表 5-28。

3. 冒口的形状 以球形冒口最好,其次是圆柱形。因为它们表面积最小,散热最慢,凝固时间最长。但选择冒口形状要根据铸件热节处的形状而定。生产中常用的冒口形状,如图 5-3 所示。

#### (二) 冒口位置的设置原则

(1) 冒口应设在铸件热节的上方(顶冒口)或热节的侧旁(边冒口)。

(2) 冒口应尽量设在铸件的最高、最厚的部位 尽量用一个冒口补缩几个热节。

(3) 当铸件需要在不同高度上都设冒口,或部分设置冒口时,每个冒口,有特定的补缩区域,必要时采用冷铁将各个冒口补缩区隔开。

(4) 冒口尽可能设在铸件的加工面上,而不设在非加工面上,以减少精整冒口根部的工作量和节约能耗。

表 5-28 冒口的种类

分类方法		特 征
普通冒口	按在铸件上的位置分	顶冒口 直接安放在铸件顶部的最厚部位, 靠金属液重力作用来补缩 边冒口 铸件要补缩的热节不在最高处而在侧边或下半型时应用
	按冒口与大气是否相通分	明冒口 顶冒口多属明冒口
		暗冒口 边冒口多属暗冒口
	按加压方式分	大气压力冒口 冒口顶部插 1~2 根伸入冒口内腔小砂芯, 当铸件和冒口表层结壳后, 外边空气通过小砂芯压入冒口中, 增加补缩压力。比自重压力冒口补缩好
特殊冒口	压缩空气冒口	是通入压缩空气来增加钢液补缩压力的冒口, 它附带氧化发热作用, 使钢液缓慢冷却, 从而增加了冒口补缩作用
	气弹冒口	在冒口内侧壁上固定一个气弹, 当受金属液压力和高温作用, 弹壳里装的发气剂(如苏打、石灰石粉等)分解产生气体并膨胀, 将冒口内钢液压入铸件

(续)

分类方法		特征
按加热方式分	发热冒口	冒口用发热材料造型, 钢液进入冒口与发热材料接触, 发生化学放热反应, 加热冒口中的钢液
	保温冒口	用一种导热率和容积密度均非常小的保温材料作为冒口的保温套。如珍珠岩复合型保温套、纤维复合型保温套、空心微珠复合型保温套、陶粒保温套
特殊冒口	电热冒口	就是从浇注到完全凝固的全过程中始终对冒口通电加热。使冒口中金属液保持熔融状态, 保证铸件获得充分补缩用于大型铸钢件
	煤气加热冒口	用煤气加热冒口内金属液, 增加冒口补缩效率
	加氧冒口	冒口中通入氧气利用氧化发热作用减缓冒口冷却, 使冒口补缩作用加强
易割冒口		易割冒口是在铸件与冒口之间, 放一块强度高而薄的隔片, 隔片中有一个直径等于0.39冒口直径的补缩孔。由于厚度薄易热, 使钢液不易凝固, 有利补缩, 且便于切除冒口

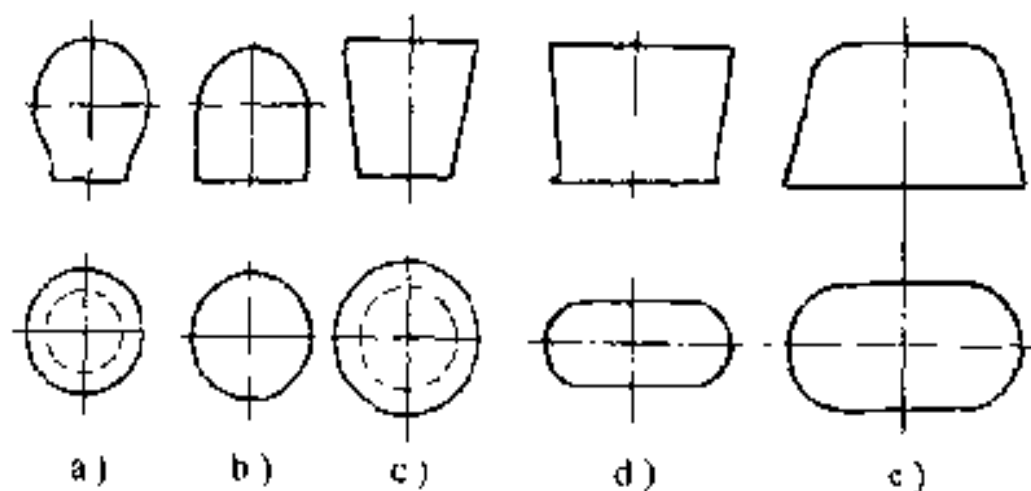


图 5.3 常用的冒口形状

- a) 球形 b) 球顶圆柱形 c) 圆柱形  
d) 腰圆柱形(明) e) 腰圆柱形(暗)

(5) 冒口尽量不设在铸件应力集中的部位和阻碍铸件收缩的部位, 以免产生裂纹。

(6) 为加强冒口补缩效果, 冒口设置应与内浇道、冷铁、补贴的设置以及加保温剂、点补金属液工艺操作结合起来考虑。

(7) 冒口设置应使切除冒口操作方便。

### (三) 冒口尺寸的确定

#### 1. 铸件热节圆直径和冒口补缩距离

(1) 铸件热节圆直径 热节圆即指在铸造工艺图中或铸件图中凝固较晚的截面上, 画出的内切圆, 这个内切圆直径, 即是热节圆直径  $D_0$ 。如图 5.4 所示。热节圆直径  $D_0$  值大, 则凝固速度慢, 热节圆直径  $D_0$  值小, 则凝固速度快。热节圆直径  $D_0$  又是确定冒口尺寸的基本工艺参数。



(2) 冒口补缩距离 如图 5-5a 左边所示, 只有靠近铸件边缘的末端区和靠近冒口的冒口区相连接, 才能获得致密的无缩松的合格铸件, 否则, 如图 5-5a 右边所示的, 将在铸件末端区和冒口区之间产生缩松区。故将冒口

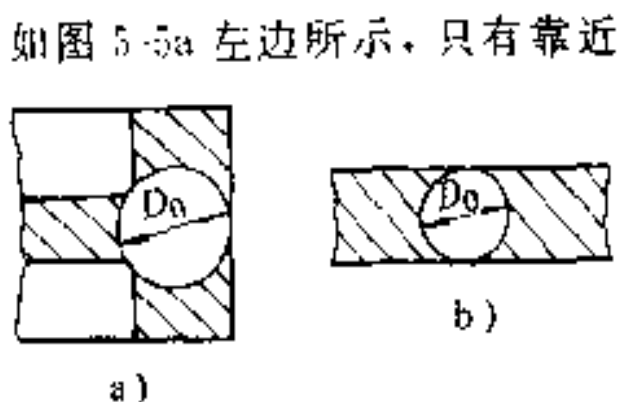


图 5-4 铸件热节圆直径

a) T形截面 b) 均匀壁厚

区与末端区之和称为冒口补缩距离。超出这个距离, 铸件中间将产生轴线缩松。可见冒口补缩距离是有限度的。冒口水平方向补缩距离是确定冒口位置和数量的基本依

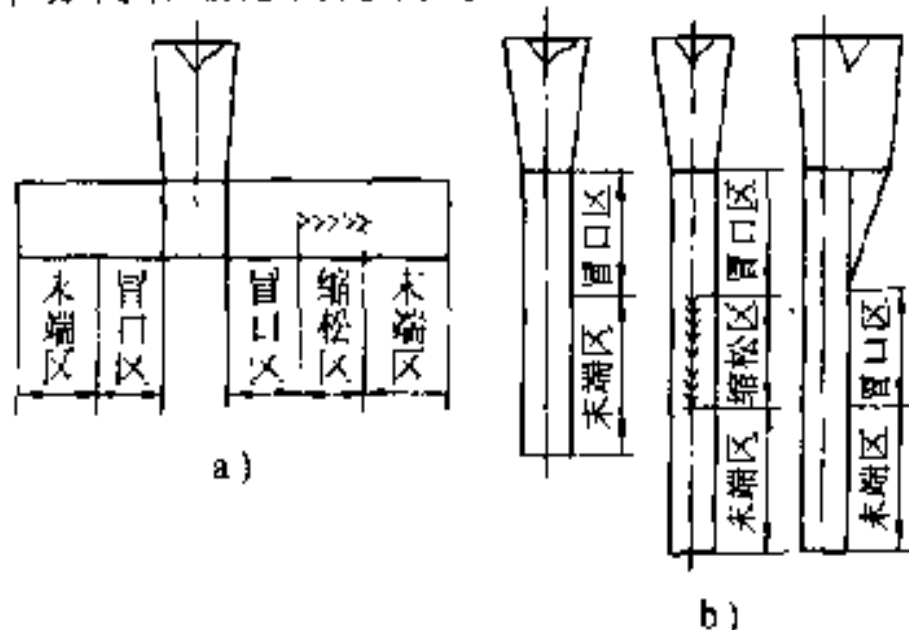


图 5-5 冒口补缩距离

a) 冒口水平方向补缩距离

b) 冒口垂直方向补缩距离

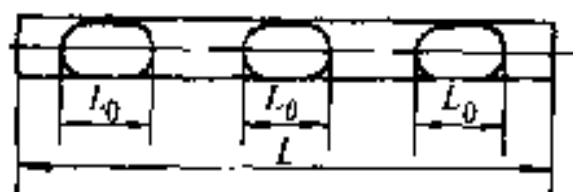
据，而冒口垂直方向补缩距离是确定冒口补贴的基本依据。补缩距离常以热节圆直径  $D_0$  的倍数来表示。

铸钢件、高强度灰铸铁件、球墨铸铁件、可锻铸铁件在确定冒口尺寸时都要涉及到补缩距离这一问题。

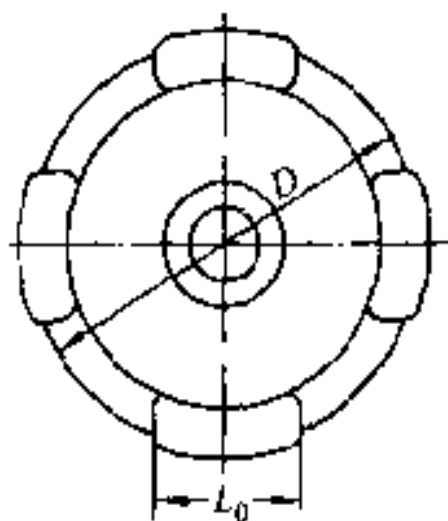
冒口水平方向的补缩距离还有一种表示方法，就是冒口延续度，也称冒口相对长度。是指冒口根部尺寸之和与铸件同方向长度之比应有一定的百分比。只要在此数值范围内，就能保证铸件不产生缩孔和缩松。对于立浇的板状铸钢件和轮形铸钢件，延续度大小随板厚和轮缘厚度而定，一般取铸件冒口面水平长度或圆周长的 30%~45%。如图 5-6 所示。

## 2. 铸钢件和铸铁件冒口的区别

(1) 同一种结构铸件，铸钢冒口比铸铁冒口大。



a)



b)

图 5-6 冒口的延续度

a) 长形件，延续度 =  $\frac{3L_0}{L} \times 100\%$

b) 轮形件，延续度 =  $\frac{4L_0}{\pi D} \times 100\%$

(2) 铸钢件补缩通道, 是从凝固开始到凝固结束应一直存在; 而铸铁件是在凝固初期(共晶转变以前)要存在, 当大量共晶凝固开始后就不需要了。这是因为石墨化膨胀量足以补充其收缩量, 因而用冒口补缩铸铁均匀板件和杆件时, 一般不必加补贴。

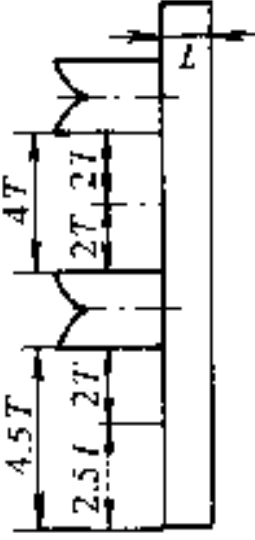
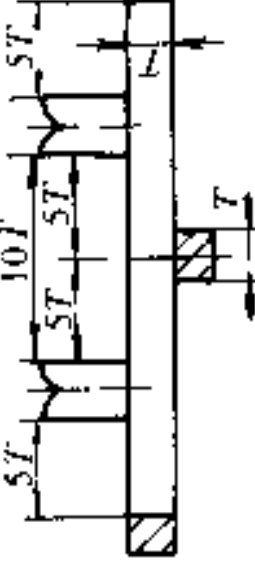
(3) 冒口颈大小有原则区别, 铸钢件冒口颈一定要大于被补缩铸件的壁厚或热节, 而灰铸铁, 球墨铸铁冒口颈尺寸一定要小于铸件被补缩处的尺寸。一般只占被补缩处铸件壁厚的 60%~70%, 最大占 85%。这是为了使铸件在大量共晶凝固以前, 冒口颈先凝固, 形成一个封闭系统。共晶凝固开始后, 充分利用石墨化膨胀力, 达到自补缩作用。若灰铸铁冒口颈尺寸大于被补缩处铸件尺寸, 当共晶凝固开始后, 冒口颈还没有凝固, 在石墨化膨胀力作用下, 铁液可能反馈进入冒口, 冷凝后在冒口根部往往出现缩孔和缩松。

3. 铸钢件冒口 根据冒口设置部位铸件的厚度或热节圆直径(有补贴时, 需加上补贴厚度)来确定冒口尺寸。确定冒口尺寸后, 用工艺出品率和冒口补缩距离(或冒口延续度)进行冒口尺寸和数量的验算。如不适当, 则需调整冒口尺寸或数量。明冒口一定撒入足够的保温覆盖剂。

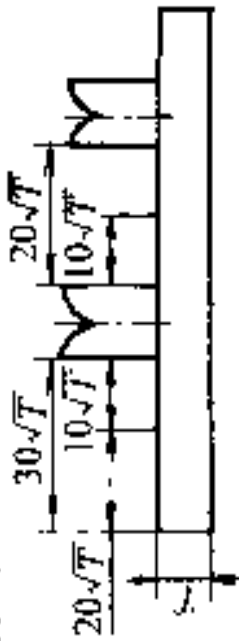
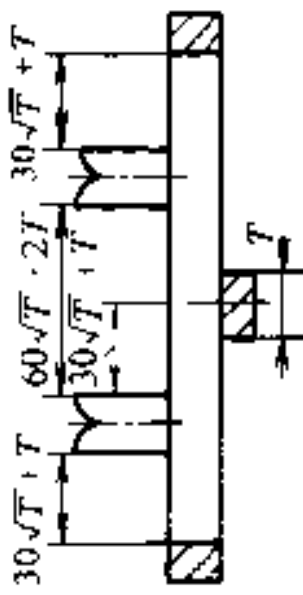
(1) 铸钢件冒口补缩距离见表 5-29 和表 5-30。

(2) 铸钢件冒口尺寸 见表 5-31~表 5-35。

表 5-29 铸钢件冒口补缩距离

铸件特征	冒口补缩距离
板状铸件 宽度 $\geq 5$ 厚度	 <p>不放冷铁</p>
适用于铸件壁厚范围 $T-12.5 \sim 100\text{mm}$	 <p>放冷铁</p>

(续)

铸件特征	冒口补缩距离
杆状铸件 $\frac{\text{宽度}}{\text{厚度}} = 1$ 适用于铸件壁厚范围 $T \sim 25 \sim 200\text{mm}$	 <p>不放冷铁</p>
	 <p>放冷铁</p>

(续)

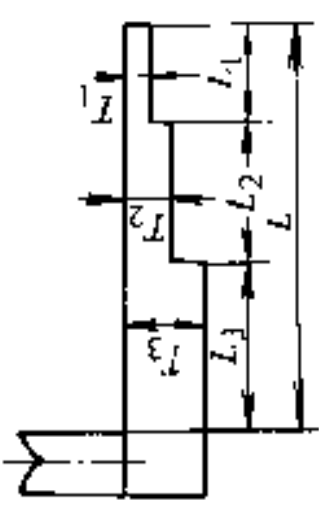
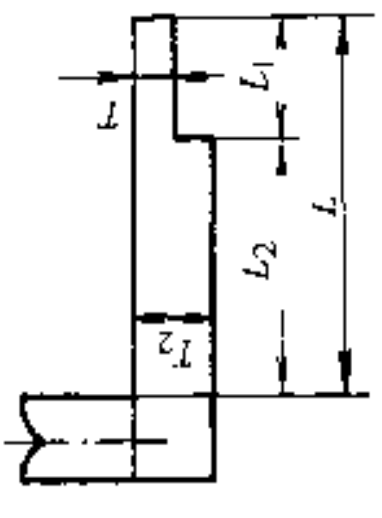
铸件特征	冒口补缩距离
阶梯板形铸件(具补缩距离比一般板状件大的多)	 $L_1 = 3.5T_1 \quad L_2 = 3(T_2 - T_1) + 110$ $L = L_1 + L_2$  $L_1 = 3.5T_2 \quad L_2 = 3.5(T_2 - T_1)$ $L_3 = 3(T_1 - T_2) + 110 \quad L = L_1 + L_2 + L_3$

表 5 30 立浇板件和轮形件的冒口延续度

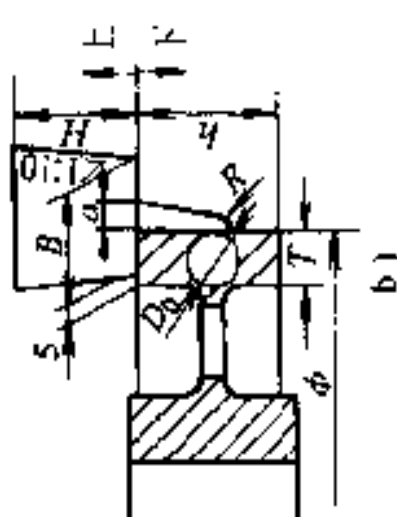
铸件名称	尺寸/mm		冒口延续度(%)
立浇的板状件	铸件厚度	$\leq 100$	38~40
		101~150	35~38
		$> 150$	30~35
单辐板齿轮	轮缘最大直径 $\phi$	$\leq 450$	35
		451~650	42~45
		651~1000	45
		$> 1000$	42
双辐板齿轮		$\leq 1500$	48
		1501~2000	46
		$> 2000$	44
齿圈			12
制动轮		600~1000	42~45
齿式半联轴套、半联轴器		$\leq 500$	25
		501~1500	25~30
		$> 1500$	30~32

表 5-31 齿轮轮缘冒口尺寸比例

简 图	轮缘厚度 $T$	冒口宽度 $B$	冒口长度 $L$	轮缘高度 $h$	冒口高度 $H$
<p>a)</p>	$\geq 50$	$T+a+30$		$\leq 150$	暗 $B+$ (0~50)
	$31 \sim 80$	$T+a$ (30~40)	(1.5~2) $B$	151~200	明 $1.5h$
				201~300	暗 $B+$ (0~50)
				301~400	明 $1.4h$
					暗 $B-$ (0~50)
					明 $1.3h$
					暗 $B+$ (0~50)
					明 $1.2h$



(续)

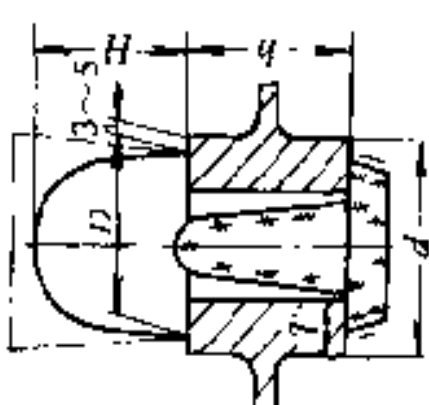
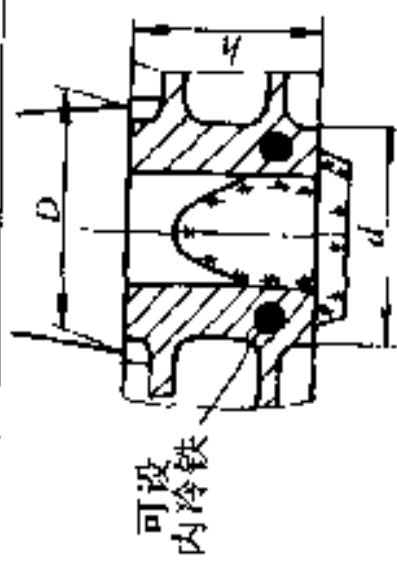
简图	轮缘厚度 $T$	冒口宽度 $B$	冒口长度 $L$	轮缘高度 $h$	冒口高度 $H$
				401~500	暗 $H \pm$ (0~50)
					明 $1.15h$
	121~ 180	$T+a+$ (50~100)	(1.5~2) $B$		501~ 600

(续)

筒图	轮缘厚度 $T$	冒口宽度 $B$	冒口长度 $L$	轮缘高度 $h$	冒口高度 $H$
<p style="text-align: center;">c)</p>	$>180$	$T+a+$ (100-- 120)	(1.5~2) $B$	601~ 650	明 (0.8~ 0.9) $h$
				651~ 900	明 (0.7~ 0.8) $h$
				$>910$	明 0.6 $h$

注:  $D_0$ ---热节圆直径。

表 5-32 齿轮轮毂冒口尺寸比例

简图	轮毂尺寸范围	冒口直径 $D(B)$	冒口高度 $H$
	$h < d \leq 180$	$D = d - (6 \sim 10)$	$H = h - 30$
	$h > 1.2d$ $d > 180$	$D = d - (6 \sim 10)$	$D   (0 \sim 40)$ 可设明冒口其高度与轮毂冒口同, 且 $H \geq 1.2D$
	$h > 2d$	$D > d$	可设明冒口, 其高度与轮毂冒口同, 且 $H \geq 1.2D$
		轮毂部分的工艺出品率应 $\leq 70\%$	

(续)

筒 图		轮 毅 尺 寸 范 围	冒 口 直 径 $D(B)$	冒 口 高 度 $H$	
		$h < \frac{d}{2}$	$D = 2T$	$H = D +$ (0~40)	
		$d > 180$	$h = \frac{d}{2}$		$D = 2.5T$
			$h = \frac{3}{4}d$		$D = 3T$
					$h = d$
		$d \geq h$ 且 $T$ 较薄	设 2 个以上冒口, 冒口总长 度等于轮毂周长 25%~30%, 冒口尺寸参数可参考本表上值		

(续)

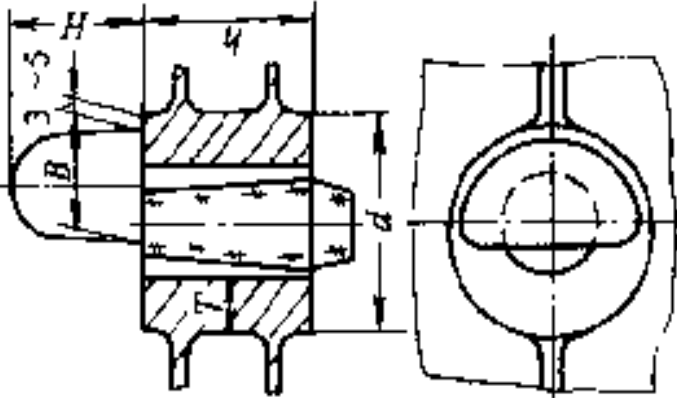
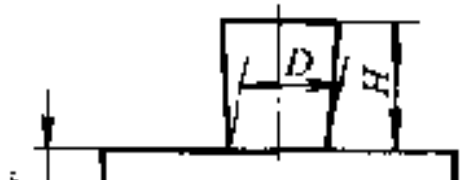
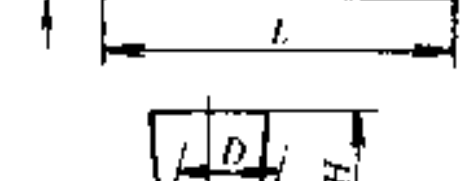

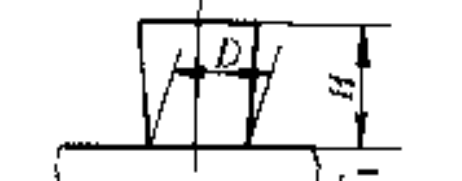

简图	轮毂尺寸范围	冒口直径 $D(B)$	冒口高度 $H$
	$h = (1 \sim 1.2)d$	$B = (0.6 \sim 0.7)d$	$H = B + (0 \sim 30)$
	$h = (1.2 \sim 1.5)d$	$B = (0.7 \sim 1.0)d$	



表 5-33 某些铸钢件局部位置冒口尺寸比例

简 图	冒口根部尺寸 $D$	冒口高度 $H$
	$\frac{L}{T} < 4$ 时 $D = (1.8 \sim 2.2)T$	$H = (1.5 \sim 2.0)D$
	$\frac{L}{T} > 4$ 时 $D = 3T$	
	$D = 2T_1 + T_2$	$H = (1.5 \sim 2.0)D$
	$D = 2T_1 + 1.5T_2$	$H = (1.5 \sim 2.0)D$
	$D = T_1 + T_2 + 2R$	$H = (1.5 \sim 2.0)D$

(续)

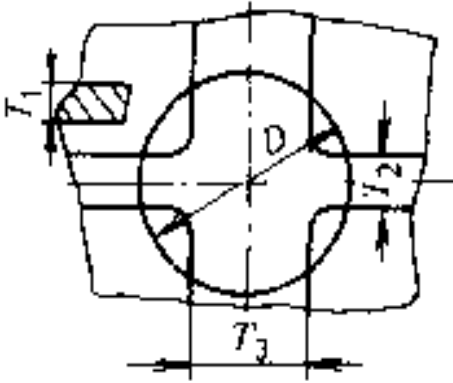
简 图	冒口根部尺寸 $D$	冒口高度 $H$
	$D = 2T_1 + 1.5$ $(T_2 \cdot T_3)$	$H = (1.5 \sim$ $2.0) D$

表 5-34 齿轮类铸钢件工艺出品率

齿轮件名称	铸件重量 /kg	工艺出品率(%)	
		明冒口	暗冒口
单辐板 齿 轮	$\leq 250$	43~52	46~55
	251~500	45~55	48~58
	501~2000	49~59	52~62
	$> 2000$	52~62	55~65
双辐板 齿 轮	$\leq 500$	50~60	53~63
	501~2000	53~63	56~66
	2001~10000	54~64	—
	$> 10000$	56~66	—



(续)

齿轮件名称	铸件重量 /kg	工艺出品率(%)	
		明冒口	暗冒口
圆锥 齿轮	$\leq 500$	$\approx 52$	$\approx 55$
	501~1000	$\approx 56$	$\approx 59$
	1001~2500	$\approx 59$	$\approx 62$
	$> 2500$	$\approx 62$	
齿圈	$\leq 3000$	58~61	
	3001~10000	58~62	--
	10001~20000	59~63	
	$> 20000$	60~64	

表 5-35 碳素钢和低合金钢铸件工艺出品率

铸件重量 /kg	铸件主要壁 厚/mm	加工面所占 比例(%)	工艺出品率(%)	
			明冒口	暗冒口
<100	$\leq 20$	$> 50$	58~62	65~69
	21~50		54~58	61~65
	$> 50$		51~55	58~62
	$\leq 20$	$\leq 50$	63~67	68~72
	21~50		59~63	65~69
	$> 50$		50~60	62~66

(续)

铸件重量 /kg	铸件主要壁 厚/mm	加工面所占 比例(%)	工艺出品率(%)	
			明冒口	暗冒口
101~500	$\leq 30$	$> 50$	63~67	66~70
	31~60		61~65	64~68
	$> 60$		58~62	62~66
	$\leq 30$	$\leq 50$	65~69	68~72
	31~60		63~67	66~70
	$> 60$		61~65	61~68
501~3000	$\leq 50$	$> 50$	64~70	66~72
	51~100		61~67	64~70
	$> 100$		59~65	62~68
	$\leq 50$	$\leq 50$	65~71	67~73
	51~100		63~69	66~72
	$> 100$		61~67	65~71
5001~ 15000	$\leq 50$	$> 50$	65~71	67~73
	51~100		63~69	65~71
	$> 100$		61~67	63~69
	$\leq 50$	$\leq 50$	64~72	66~74
	51~100		62~70	65~73
	$> 100$		61~69	64~72

(续)

铸件重量 /kg	铸件主要壁 厚/mm	加工面所占 比例(%)	工艺出品率(%)	
			明冒口	暗冒口
>15000	$\leq 100$	$> 50$	64~72	
	101~300		64~72	
	$> 300$		64~72	
	$\leq 100$	$\leq 50$	66~74	
	101~300		66~74	
	$> 300$		66~74	—

## (3) 特种冒口

1) 大气压力冒口 是指通过砂芯或尖角砂型保持

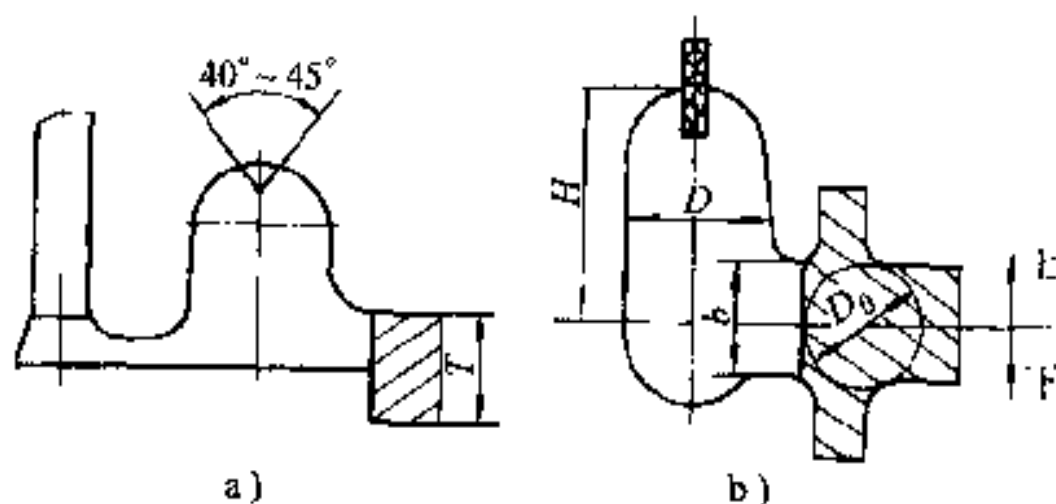


图 5 7 大气压力冒口

a) 带锥尖砂的冒口(适用中小铸铁件机器造型)

b) 带砂芯的冒口(多用于铸钢件)

冒口内与大气连通的暗冒口，如图 5-7 所示。浇注后，冒口表面结壳，外界大气压力通过砂芯的孔隙作用在冒口内部液面上，形成由大气压力和冒口液柱重力共同作用，增强了补缩效果。

大气压力冒口顶部的砂芯和出气孔尺寸，见表 5-36。

表 5-36 大气压力冒口的砂芯  
和出气孔尺寸 (mm)

简 图	<p>a)</p>	<p>b)</p>
	a) 大气压力暗冒口	b) 砂芯

(续)

D 或 B	砂芯直径 $d$		砂芯 高 $h$	气孔直 径 $d_2$	冒口出气孔 直径 $d_1$
	圆形 冒口	腰圆形 冒口			
<100	$\phi 12$	$\phi 15$	90 (120)	$\phi 3$	$\phi 20$
100~130	$\phi 15$	$\phi 15 \times 2$ 个	120	$\phi 3$	$\phi 20$
140~190	$\phi 20$	$\phi 20 \times 2$ 个	140	$\phi 4$	$\phi 20 \times 2$ 个
200~250	$\phi 25$	$\phi 25 \times 2$ 个	190	$\phi 4.5$	$\phi 25 \times 2$ 个
260~300	$\phi 30$	$\phi 30 \times 2$ 个	220	$\phi 4.5$	$\phi 30 \times 2$ 个
>300	$\phi 35$	$\phi 35 \times 2$ 个	250	$\phi 5$	$\phi 30 \times 2$ 个

注：砂芯配比(质量分数%)：硅砂 100+膨润土 3-水泥 15+适量水或硅砂 70+水泥 30+水适量。

2) 发热冒口 是指在冒口上覆盖发热剂、或在铸型内安装用发热和保温材料做成的，其内壁与冒口外形相同的保温套。见表 5-37。

表 5-37 发热保温冒口

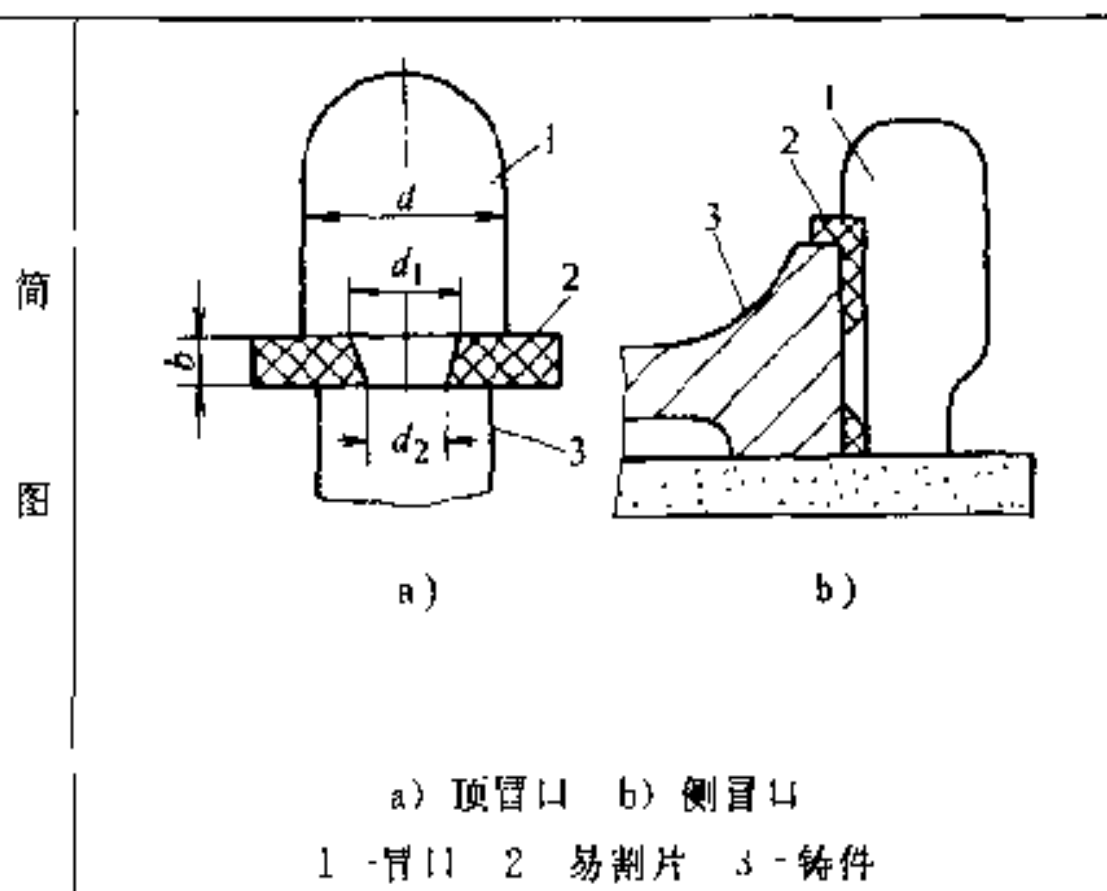
简 图	<p>a) 暗冒口    b) 明冒口</p> <p>1-保温剂    2-明冒口    3、5-发热保温套 4-铸件    6-暗冒口    7-砂陶</p>
	<p>发热冒口套材料由发热剂、保温剂、粘结剂组成</p>
发 热 冒 口 套	<p>发 热 剂</p> <p>1. 一般由铝粉、硅铁粉、氧化铁皮组成。单是铝粉和氧化铁皮的混合物称铝热剂</p> <p>2. 发热剂需加热到1250℃以上才起反应放热。这对铸钢件大冒口容易达到,对铸铁件、铜合金铸件尚有困难,因面对这类合金使用的发热套中,需加入强氧化剂硝酸钠、硝酸钾和点火剂</p>
	<p>保 温 剂</p> <p>1. 常用的保温材料有:膨胀珍珠岩、蛭石、大孔陶粒、电厂灰、陶瓷、木炭及锯木屑</p> <p>2. 作用是延长发热剂的燃烧时间和保温</p>
	<p>粘 结 剂</p> <p>常用水玻璃、膨润土、矾土水泥、酚醛树脂</p>

(续)

特点	1. 暗冒口发热套, 其根部留有 10~40mm 的普通砂圈, 以防发热套与钢液直接接触产生粘砂和增碳 2. 明冒口发热套, 在浇满后应在冒口顶面撒发热保温剂, 以防冒口散热过快
应用	适用于铸钢件

3) 易割冒口 是指冒口根部放有易割片的冒口。易割片很薄, 中间有补缩孔。见表 5-38。

表 5-38 易割片材料及主要尺寸 (mm)



(续)

尺寸	冒口直径 $d$	易割片厚度 $t$	补缩颈大端直径 $d_1$	补缩颈小端直径 $d_2$
	80	6	30	25
	100	7	34	30
	120	7	40	34
	150	8	40	34
	180	10~12	46	40
材料(质量分数)	方法一: 白泥 16%~20%+磷酸 5.6%~5.8%+耐火砖粉 30%~84%+适量水。混碾均匀后, 在芯盒内成型, 自然干燥 24~48h, 在 300~400℃ 下烘干 3h, 即可使用			
	方法二: 粘土 15%+耐火泥 60%+膨润土 10%+耐火砖粉 15%+水 12%, 混碾后成型, 自然干燥 24h 后, 在 1000~1100℃ 下干燥烧结, 保温 2~3h, 随炉冷却			
应用	此种冒口对于某些不易用机械方法切割而使用气割又易产生裂纹的高合金铸钢(如高锰钢铸件)更为适合			

#### 4. 铸铁件冒口

##### (1) 灰铸铁件冒口



1) 冒口补缩距离 灰铸铁在凝固过程中的石墨化膨胀,可以抵消部分或全部凝固时的体收缩,因而缩孔、缩松的倾向小。冒口主要用于补充液态收缩。一般低牌号或小型、截面均匀的灰铸铁件可不设冒口,只设出气孔。而对一些碳、硅含量较低的高强度铸铁、合金铸铁以及厚壁铸铁件,仍需设置冒口补缩,不过比铸钢冒口要小的多。灰铸铁的有效补缩距离,一般为冒口直径的6~10倍,或热节圆直径的10~17倍。

2) 灰铸铁件冒口尺寸 常用的灰铸铁件冒口的形式和冒口尺寸比例,见表5-39。

### (2) 可锻铸铁件冒口

1) 冒口补缩距离 可锻铸铁在铸态呈白口组织,体收缩大。广泛采用边暗冒口,内浇道经冒口将金属流入型腔以加强补缩。可锻铸铁冒口补缩距离是铸件厚度的4~4.5倍,厚壁铸件取下限。

2) 可锻铸铁边暗冒口尺寸(表5-40)。

(3) 球墨铸铁件冒口 砂型铸造时,球墨铸铁缩孔体积较灰铸铁大两倍以上,为防止缩孔缩松必设冒口。生产中多采用暗冒口并且金属液经冒口注入型腔。

1) 球铁冒口补缩距离(表5-41)

2) 球铁冒口尺寸(表5-42)

表 5-39 灰铸铁常用冒口形式和尺寸比例

冒口形式	明 冒 口			暗 边 冒 口
	明 顶 冒 口	明 边 冒 口		
简 图				
冒口直径 $D$	$D = (1.2 \sim 2.5)T$	$D = (1.2 \sim 2.5)T$	$D = (1.2 \sim 2.0)T$	
冒口高度 $H$	$H = (1.2 \sim 2.5)D$	$H = (1.2 \sim 2.5)D$	$H = (1.2 \sim 1.5)D$	

(续)

冒口形式	明冒口		暗边冒口
	明顶冒口	明边冒口	
冒口颈直径 $d$ 或长宽尺寸 $a, b$	$d = (0.8 \sim 0.9)T$	$a = (0.8 \sim 0.9)T$ $b = (0.6 \sim 0.8)T$	$d = (0.33 \sim 0.5)T$ (浇道通冒口) $d = (0.5 \sim 0.66)T$ (浇道不通冒口)
冒口底部高度 $h$	$h = (0.3 \sim 0.35)l$		$h = 0.3H$
说	1. $T$ 为铸件的厚度或热节圆直径		
明	2. 明冒口高度 $H$ 可根据砂箱高度适当调整		
	3. 随明顶冒口直径 $D$ 增大, 冒口颈处的角度取小值		

表 5-40 可锻铸铁边暗冒口尺寸 (mm)

分类	中小件冒口		大件冒口								
	简图		$D$	$D_1$	$d_1$	$H$	$h$	$h_1$	$l$	$L$	$R$
尺寸	$D$	$(3 \sim 5)T$	60	50	40	75	30	18	4	50	30
	$H$	$(1.25 \sim 1.5)D$	75	65	40	100	37.5	20	4	60	37.5
	$h$	$(0.25 \sim 0.3)H$	90	75	50	120	45	28	5	80	45
	$l$	$(0.7 \sim 0.8)T$	3~6mm								

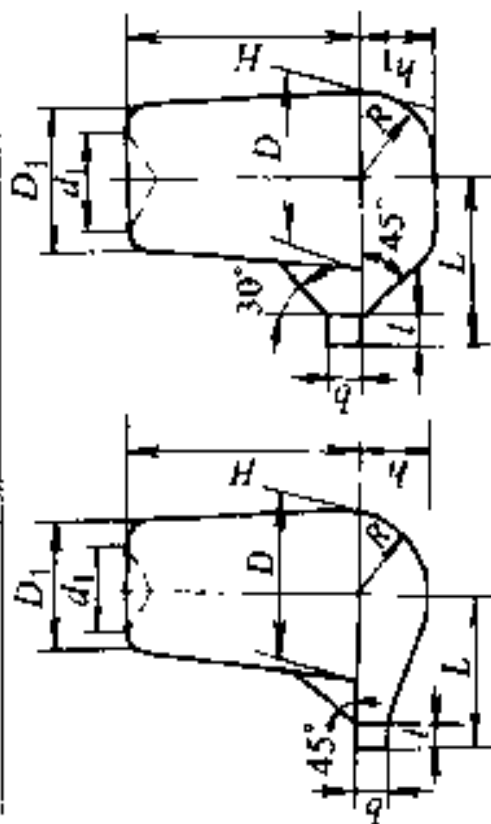


表 5.41 球铁件冒口补缩距离

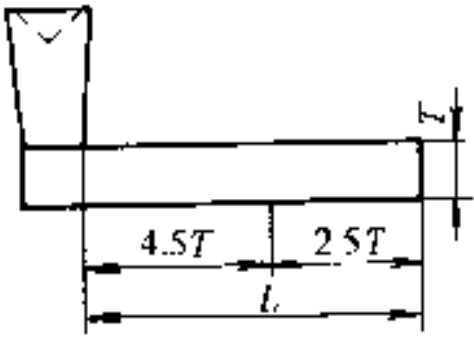
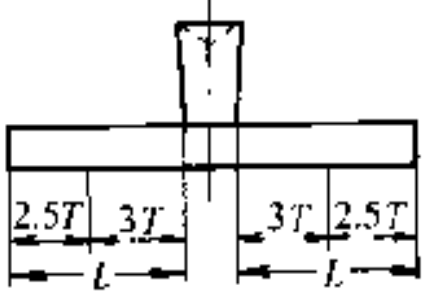
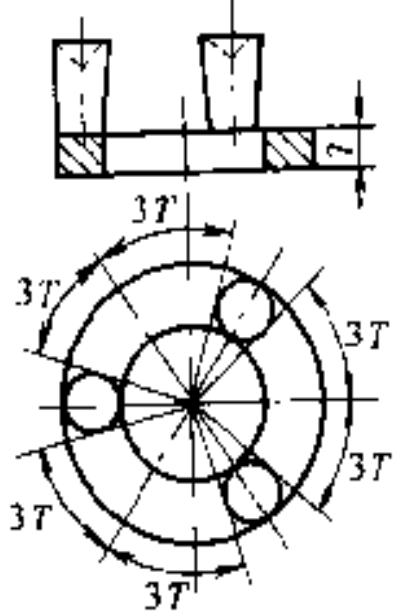
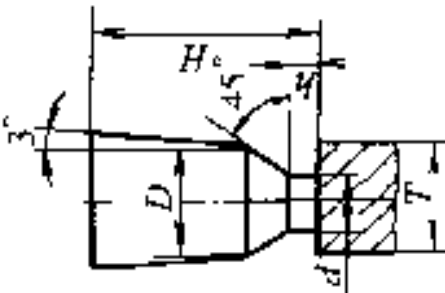
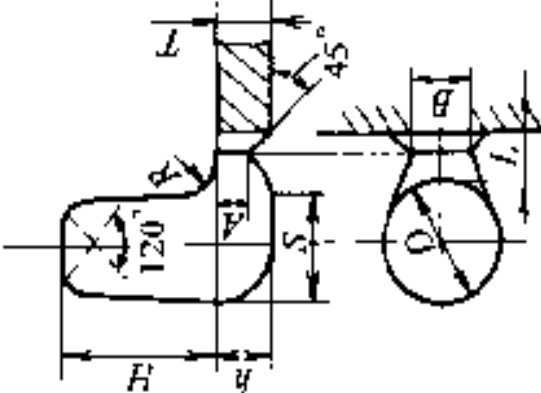
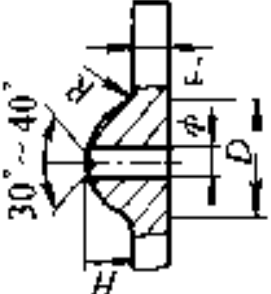
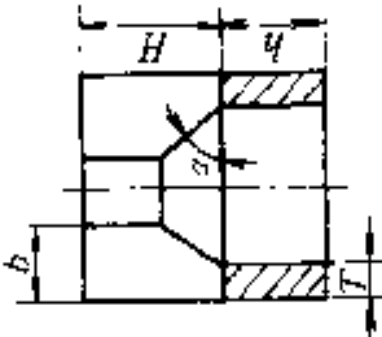
简 图	补缩条件	应 用
	冒口单向补缩	1. 适用于铸件壁厚为 10~50mm 2. 当铸件壁厚大于 50mm 时, 补缩距离可适当增加
	冒口双向补缩	
		

表 5-42 球墨铸铁常用冒口尺寸

冒口形式	明顶冒口	暗边冒口	半球状冒口	环形冒口
				

简 图

(续)

冒口形式	明顶冒口	暗边冒口	半球状冒口	环形冒口
	$D=(1.2\sim 3.5)T$	$D=(1.2\sim 3.5)T$ $H=(1.2\sim 1.5)D$	$H=(1.5\sim 4)T$	$H=(0.5\sim 1)h$
冒口尺寸	$H=(1.2\sim 2.5)D$ $d=(0.4\sim 0.7)D$	$A=(0.8\sim 0.9)T$ $B=(0.8\sim 1.2)T$ $L=(0.3\sim 0.35)D$ $h=(0.4\sim 0.5)D$	$D=2H$ $\phi=25\sim 35$	$h=(1.5\sim 2.5)T$ $\alpha$ 值: $H=0.5h, \alpha=30^\circ$
	$h=(0.3\sim 0.35)D$	$R=(0.5\sim 0.7)D$ $S=0.75D$	$R=(0.25\sim 0.4)H$	$H=0.8h, \alpha=45^\circ$ $H=h, \alpha=60^\circ$

1.  $T$  是铸件壁厚或热节圆直径2.  $\frac{D}{T}$  的值, 随铸件补缩条件而变, 条件好时, 取  $1.2\sim 1.5$ , 较好的取  $1.6\sim 2.5$ ,不好的取  $2.6\sim 3.5$ 3. 一般壁厚铸件取  $D=T+50\text{mm}$

## 四、出 气 孔

型腔的出气冒口、砂型和型芯的排气通道,统称为出气孔。

### (一) 出气孔的作用

- (1) 主要是排气。
- (2) 减少浇注时型腔内受热而骤增的气体压力,防止抬型或金属液喷溅伤人。
- (3) 降低充型时空气阻力,改善金属液充型能力,以减少铸件局浇不足或冷隔。
- (4) 排除先注入的金属冷液和浮渣。
- (5) 便于观察金属液充满型腔的程度。

### (二) 出气孔设置原则

应根据铸件排气要求,设置排气孔位置和数量。一般原则是:

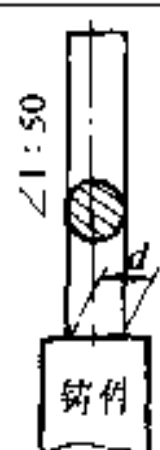
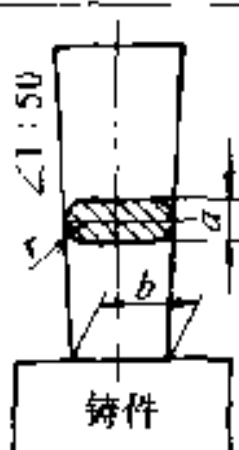
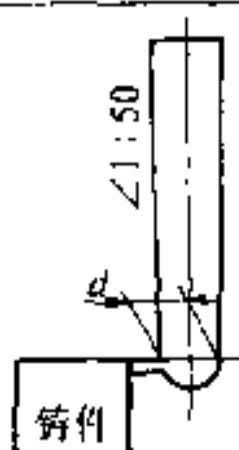
- (1) 设置在铸件浇注位置的最高点。
- (2) 设置在最后充满金属液的部位。
- (3) 设置在型芯发气和贮气较多的部位。
- (4) 设置在型腔内气体难以排除的“死角”处。
- (5) 出气孔根部不能有圆角以方便清除;根部厚度或直径应小于该处铸件壁厚,以减少缺陷。厚壁处优先采用引出式出气孔。
- (6) 必须能使型腔与大气相通。无明冒口的铸件,出



气孔总截面积应大于或等于内浇道总截面积，切实保证型腔内气体能畅顺排出。

(三) 出气孔形状和尺寸(表 5-43)

表 5-43 出气孔形状和尺寸

出气孔形状	圆形	扁形	引出气孔					
								
出气孔尺寸 'mm	圆形	$d$	8~12		用于中、小铸件			
			14~20		用于大型铸件			
	扁形	$a$	15	20	25	30	40	50
$b$		45	50	75	30	80	90	
$r$		7.5	10	12.5	15	20	25	

## 五、冷 铁

### (一) 冷铁的作用、类型及应用

1. 作用 ①与冒口配合使用，使铸件呈定向凝固，

扩大冒口有效补缩距离或范围,减少冒口数目和体积,提高金属液利用率,防止铸件产生缩孔或缩松。②加快铸件局部的冷却速度,使铸件呈同时凝固,防止铸件产生变形和裂纹。③强化铸件某些特殊部位的冷却,改善铸件金相组织,提高表面硬度和耐磨性。④减轻或防止厚壁铸件产生偏析。

2. 冷铁的种类 冷铁按在砂型中的位置不同可分为外冷铁和内冷铁两种。

外冷铁在造型时安放在模样的表面上,构成型腔的一部分,可加快与其接触的铸件壁的凝固和冷却速度。浇注后,外冷铁不与铸件熔接,清理后,可回收重复使用。外冷铁的结构形状根据铸件被激冷部位形状而定,常用的有圆角外冷铁和板形外冷铁两种。圆角外冷铁常用在铸件两壁相交的圆角部位,板形外冷铁常用在铸件凸台平面上。

内冷铁在合型时安放在型腔内,浇注后与铸件熔合成一体,永存于铸件之中,故其材质应与铸件相同或相近。内冷铁主要有圆钢内冷铁、螺旋内冷铁和架状(即栅状)内冷铁三种。螺旋内冷铁因固定不方便,浇注时易冲离,故使用较少。

3. 冷铁的应用 外冷铁的冷却效率虽然没有内冷铁高,但外冷铁的应用却比内冷铁广泛的多。冷铁应用最多的是铸钢件,相当多的铸钢件单靠冒口补缩是不够的,

常在不易用冒口补缩的加工面、凸台等部位或热节部位放冷铁,与冒口配合可防止产生缩孔、缩松和裂纹。薄壁小件多用外冷铁,大型件多用内冷铁。冷铁是控制铸钢件凝固的一种很好的工艺措施。铸铁件没有铸钢件应用的多。在铸铁件中,球墨铸铁应用的相对稍多一些,主要是用于加快凝固速度缩短凝固时间,以达提高石墨球化率。而灰铸铁、可锻铸铁应用的很少。尤其是灰铸铁由于缩孔缩松倾向小,线收缩小,很少采用冷铁来控制凝固过程。

## (二) 铸钢件冷铁

### 1. 铸钢件外冷铁

#### (1) 铸钢件外冷铁尺寸

1) 法兰和凸台常是热节较大的部位,往往又是重要工作面,通常都用板形外冷铁激冷。板形外冷铁的厚度小于25mm时,用钢板切割制成,板形外冷铁的厚度大于25mm时,用铸钢浇注成的成形外冷铁。其尺寸见表5-44。

2) 铸件两壁交接处 形成L形、T形、+形的热节点,此处易产生缩松和裂纹,常需安放圆角外冷铁。圆角外冷铁的圆角 $R$ 与铸件的圆角应相同。一般 $R = (a+b)/4$ , $a$ 和 $b$ 为组成圆角的两壁厚度。当 $R \leq 25\text{mm}$ 时,用圆钢外冷铁;当 $R > 25\text{mm}$ 时,可用半圆形外冷铁。其尺寸见表5-45。

表 5-44 板形外冷铁尺寸 (mm)

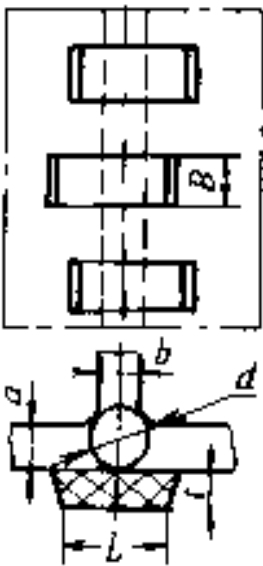
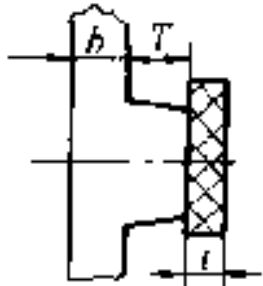
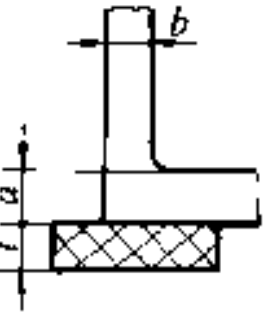
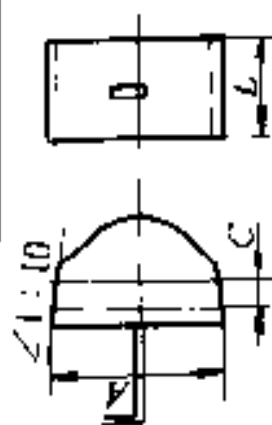
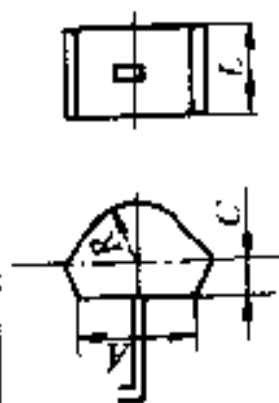
简 图		外 冷 铁 尺 寸											
	热节圆直径 $D_0$	15	20	25	30	40	50	60	80	100			
	外 冷 铁	厚度 $t$	10	12	15	20	25	30	40	50	60		
		长度 $L$	$3D_0$			$2.5D_0$			$2D_0$				
		宽度 $B$	$(1.5 \sim 2.0)D_0$										
	说 明	当 $d > 80$ 时, 应尽量放置内冷铁											
	凸台高度 $T$	15	20	25	30	35	40	50	60	70			
	$\frac{T}{b} \leq$	1.25			1.10			0.75					
	外 冷 铁	$\frac{t}{T}$	0.6~0.8			0.7~0.9			0.8~1.0				
		$t$	10	12	15	20	25	30	40	50	60		
		铸件壁厚 $a$	15	20	25	30	35	40	50	60	70		
$\frac{a}{b} \leq$		2.3			2.0			1.7					
外 冷 铁		$\frac{t}{a}$	0.4~0.6			0.5~0.7			0.6~0.8				
		$t$	8	10	12	15	20	25	30	40	50		

表 5 45 圓角外冷鉄尺寸 (mm)

圓角外冷鉄的应用	圖 示		規 格			
	形 状		铸件圓角半径 $R$	冷鉄尺寸		間 距
				$d$	$L$	
整 圓 形			10	20	80~100	50~70
			15	30	80~100	50~70
			20	40	100~120	60~80
			25	50	100~120	60~80

(续)

	铸件圆角 半径 $R$	外冷铁尺寸		
		$A$	$C$	$L$
多 半 圆 形	30	40	5	60~80
	40	60	10	60~80
	50	60	10	80~100
	60	80	15	80~100
	80	100	15	80~100
少 半 圆 形	30	70	0	60~80
	40	90	5	60~80
	50	100	5	80~100
	60	130	10	80~100
	80	170	10	80~100



## (2) 使用外冷铁的注意事项

1) 冷铁工作表面应平整光滑, 去除油污和锈蚀, 涂刷涂料。

2) 安放位置要得当, 冷铁最好置于铸件底部或侧面, 不能破坏铸件凝固顺序, 不应堵塞冒口补缩通道。

3) 厚大板状外冷铁四周作成  $45^\circ$  斜度, 以使铸件激冷面至非激冷面有一个过渡区, 避免温差过大, 使铸件产生裂纹。

4) 铸件内圆角  $R$  小于 15mm, 选用圆钢外冷铁, 大于 15mm, 选用半圆成形外冷铁。铸件热节小于 70mm, 选用外冷铁, 大于 90mm, 选用内外冷铁配合应用。铸件厚度大于 150mm, 尽量不用外冷铁, 避免铸件与冷铁熔接。

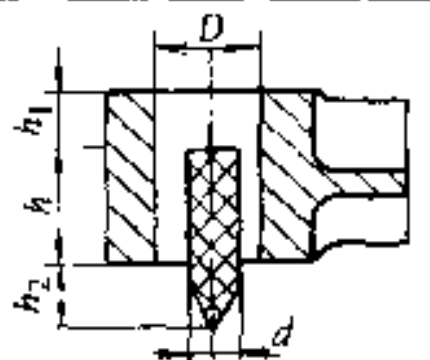
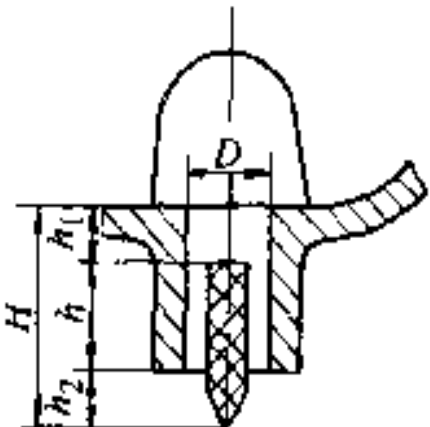
5) 冷铁直径小于 50mm, 厚度小于 80mm, 长度不宜太长。要便于固定, 数块合并使用的冷铁, 应交错排列, 间距 10~15mm, 避免因膨胀变形挤坏砂型或激冷作用过强造成铸件裂纹。

6) 铸钢件外冷铁材质不用铸铁而用普通碳素钢, 以防与铸件熔接, 使铸件渗碳产生裂纹。

## 2. 铸钢件的内冷铁

(1) 内冷铁尺寸 铸钢件内冷铁是根据所需激冷部位的形状和大小而选用。各种内冷铁尺寸分别见表 5-46~表 5-49。

表 5 46 铸件钻孔部位的内冷铁尺寸

简 图	加工孔直径 $D/\text{mm}$	内冷铁直径 $d/\text{mm}$	根数
 <p><math>h_1 = 15 \sim 25</math> 时 <math>h_2 = 0.5h</math></p>	20	8~10	1
	30	12~15	1
	40	16~20	1
	50	21~25	1
	60	26~30	1
	70	31~35	1
 <p><math>h_1 = D</math> 时 <math>h_2 = 0.5h</math></p>	80	35~40	1
	90	12~14	3
		14~16	3
	100	16~18	3
40~50		1	

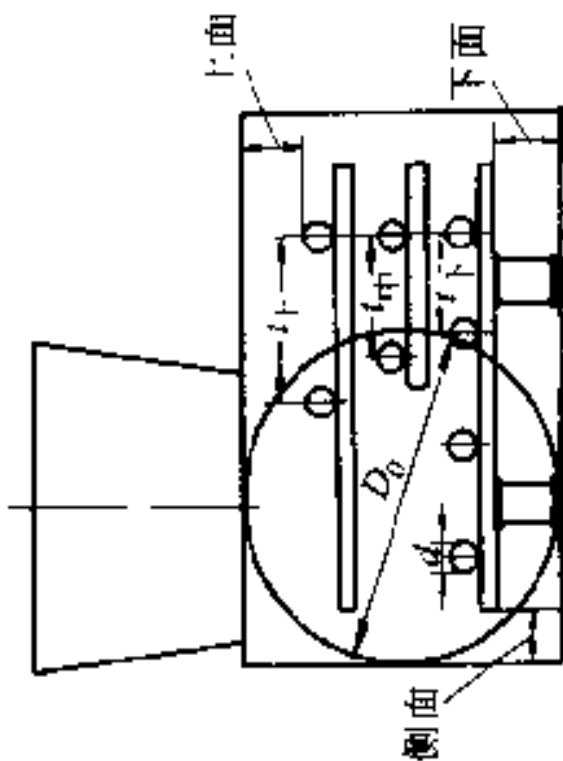
说明 1. 圆钢内冷铁放在直径小于 80mm 的加工孔部位和直径小于 120mm 的 T、十形截面的热节处。加工孔直径大于 80mm 时最好不放内冷铁，改为下芯铸出孔，或铸孔的加工孔上面放冒口

2. 同一热节放多根内冷铁时，应事先点焊在一起



表 5-47 厚实铸件架状内冷铁尺寸 (mm)

热节直径 $D_h$	圆钢直径 $d$	圆钢间距			冷铁与砂型距离				内冷铁占热节的大致百分数(%)
		$t_{下}$	$t_{中}$	$t_{上}$	非加工面		加工面		
					下、侧面	上面	下、侧面	上面	
150	10	50	50	50	30~40	40	40~50	60	1~1.4
200	12	60	70	80	36~48	50	48~60	60	1.5~1.8



(续)

热节直径 $D_0$	圆钢直径 $d$	圆钢间距			冷铁与砂型距离				内冷铁占热节的大致百分数(%)
		$t_F$	$t_M$	$t_T$	非加下面		加工面		
					下、侧面	上面	卜、侧面	上面	
300	16	70	80	90	48~64	75	64~80	80	2~2.5
400	16	80	110	150	48~64	80	64~80	80	2.8~3.2
500	16 20	100	150	200	48~64 60~80	100	64~80 80~100	100	3.3~3.5
600	16 22	120	180	240	48~64 60~80	120	64~80 80~100	120	3.6~5
800	16 25	120	190	270	48~64 60~80	160	64~80 80~100	160	4.5~6
1000	20 28	130	200	300	50~80 75~100	200	80~100 100~125	200	5~6.5
1000~ 2000	25 30	150	250	350	75~100	0.15D	100~125	0.15D	5.5~7

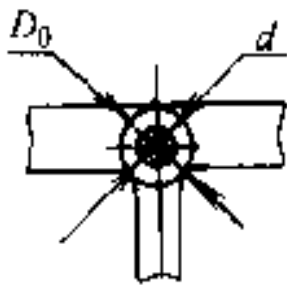
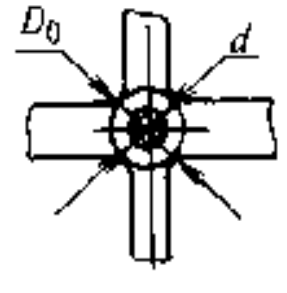
1. 梁状内冷铁广泛用于截面厚大的大型铸钢件

2. 焊制时, 圆钢排列密度, 下密上疏, 远离冒口处密, 近冒口处疏, 造成定向凝固的条件

3. 由圆钢堆叠焊接而成

应用

表 5-48 局部小热节处圆钢内冷铁尺寸

简 图	热节圆直径 $D_0/\text{mm}$	内冷铁直径 $d/\text{mm}$	内冷铁 根 数
 1 形	30	6~10	1
	40	10~12	1
	50	12~16	1
	60	16~20	1
 十 形	70	18~22	1
		12~16	2
	80	16~18	2
	90	10~18	3
	100	12~20	3
注	同一热节内放多根内冷铁时，应事先焊在一起		

## (2) 内冷铁使用注意事项

1) 内冷铁表面不得有油污和锈蚀，常用酸洗除锈和在内冷铁表面挂锡或镀铜。

2) 内冷铁安置位置不能妨碍铸件凝固和补缩。并防止贴附在铸型或暴露在加工表面上，尽量置于中央。

3) 耐压铸件不宜使用内冷铁。

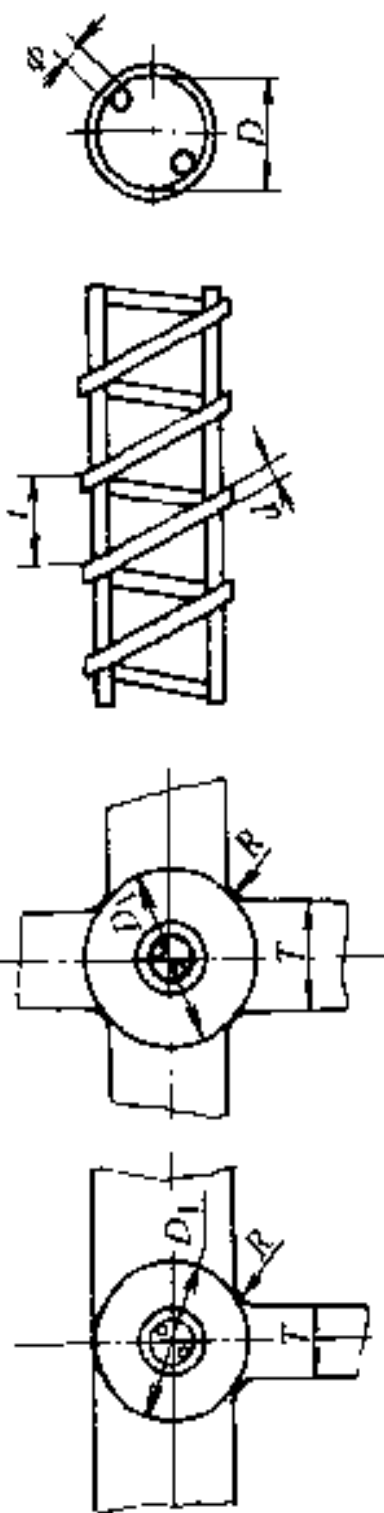
## (三) 铸铁件冷铁

表 5-49 螺旋形内冷铁尺寸 (mm)

序号	热节直径 $D_1$	冷铁尺寸					热节与冷铁重量			冷铁占 热节重 (%)
		螺旋 内径 $D$	钢丝 直径 $d$	螺旋 间距 $t$	铁芯 直径 $\phi$	铁芯 数 $n$	热节重 (kg/n.)	螺旋 线重 (kg/m)	螺旋线 与铁芯 共重 (kg/m)	
1	20	10	1~1.5	6~9	3	1	2.5	0.042	0.0986	3.5
2	30	10	2~2.5	6~15	4	1	5.5	0.102	0.2045	3.65
3	40	20	2~2.5	6~15	1	1	10	0.186	0.2885	2.88

筒

图



(续)

序 号	热节直径 $D_1$	冷铁尺寸						热节与冷铁重量			
		螺旋内径 $D$	钢丝直径 $d$	螺旋间距 $t$	铁芯直径 $\phi$	铁芯数 $n$	热节重 $(\text{kg}/\text{m})$	螺旋线重 $(\text{kg}/\text{m})$	螺旋线与铁芯 共重 $(\text{kg}/\text{m})$	冷铁占 热节重 (%)	
1	50	25	3~4	15~22	5	1	15.1	0.38	0.602	3.9	
5	60	25	3~4	15~22	5	2	22.2	0.38	0.824	3.7	
6	70	40	3~4	15~22	5	2	30.2	0.56	1.004	3.3	
7	80~90	40	5~6	30~38	8	2	40~50	0.82	1.610	4~4.1	
8	100	50	5~6	30~38	10	2	62	0.99	2.224	3.6	
9	110	50	5~6	30~38	12	2	75	0.99	2.766	3.6	
10	120~130	60	5~6	30~38	12	2	89~104	1.166	2.942	3.27~2.8	
11	140~150	60	5~6	30~38	12	3	121~139	1.166	3.83	5.2~2.8	

应 1. 主要用在断面为T形或十形的热节处

2. 是用低碳钢丝缠成螺旋形, 在螺旋中间放置圆钢铁芯做成螺旋形内冷铁

3. 这种内冷铁不好固定易冲离, 故安放时应留心

## 1. 铸铁件外冷铁

### (1) 灰铸铁、可锻铸铁的外冷铁

1) 外冷铁材料 采用铸铁或石墨、碳素砂等。

### 2) 外冷铁位置

① 铸件相邻壁厚相差悬殊时,常在厚壁处或厚薄交界转角处,放外冷铁以控制均衡凝固。

② 有硬度要求或致密度要求的铸件局部表面层,放外冷铁。

③ 当用直接外冷铁时易引起灰铸铁表层产生白口层或过冷石墨层,甚至产生裂纹,此时可采用暗冷隔(即隔砂冷铁),如图 5-8 所示。

### 3) 外冷铁尺寸

① 用于一般壁面,外冷铁厚度为铸件壁厚的 0.5~0.7 倍。

② 用于凸台处,外冷铁厚度应为凸台高出部分的 0.7~1.0 倍。

③ 暗冷铁尺寸见图 5-8,表 3-50。

(2) 球墨铸铁件的外冷铁 对厚大的球墨铸铁件,模数大,凝固慢,常降

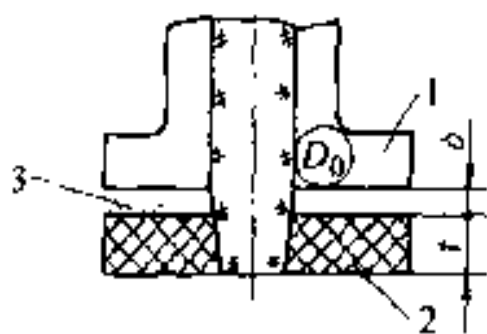
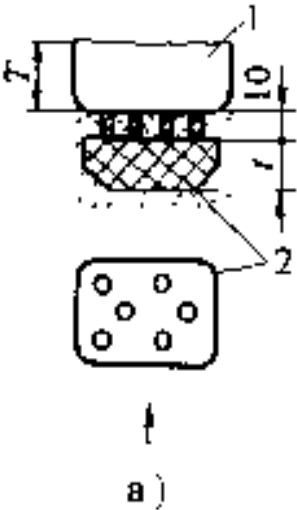
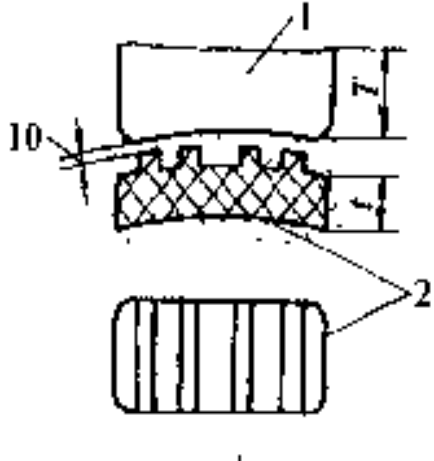


图 5-8 暗冷铁

1—铸铁件 2—外冷铁 3—敷砂层

$t = (1.0 \sim 1.4)T$ ,  $\delta = 20 \sim 30\text{mm}$

表 5-50 铸铁件外冷铁(暗冷铁)尺寸

简 图	铸铁件特点	冷铁厚度 $t$
 <p>a)</p>	1. 机床导轨面上	$t = (0.25 \sim 0.4)T$
	2. 一般灰铸铁件上	$t = (0.3 \sim 0.35)T$
	3. 要求较高的灰铸铁件上	$t = (0.5 \sim 0.6)T$
 <p>b)</p>	4. 铸件质量要求较高的点接触式冷铁(图 a)	$t = (0.5 \sim 0.6)T$
	5. 铸件质量要求较高的间接外冷铁(图 b)	$t = (0.8 \sim 1.2)T$
1 铸件 2—外冷铁	6. 可锻铸铁件	$t = 1.0T$

说明

1. 图中  $T$  表示被激冷部位的铸件壁厚或热节圆直径
2. 铸件转角处的圆角半径  $R < 30\text{mm}$  时, 可采用圆榫冷铁
3. 冷铁的长度、宽度尺寸参考铸钢件的冷铁, 冷铁的间距为  $10 \sim 30\text{mm}$
4. 机床导轨面采用石墨冷铁时,  $t = (0.3 \sim 0.5)T$

低石墨球化率,故需采用冷铁激冷,以缩短凝固时间,加快凝固速度,从而提高石墨球化率。

1) 模数小于 9cm 的球墨铸铁件,一般采用铸铁外冷铁,可使凝固时间控制在 50min 内,球化率大于 80%。

2) 模数大于 9cm 的球墨铸铁件,常采用石墨电极冷铁或开设有通风或内腔通水的铸铁冷铁,提高激冷效果,缩短凝固时间,提高铸件石墨球化率。

3) 球墨铸铁件采用外冷铁控制凝固时间小于 50min 为最好,大于 60min 会有石墨漂浮的可能。对质量要求不严的铸件,凝固时间可长一些。

### (3) 铸铁外冷铁表面涂料(表 5-51)

表 5-51 铸铁外冷铁表面涂料

砂型种类	涂料种类	应用说明
湿型	全损耗系统用油(机油)、亚麻油	在冷铁涂薄薄一层
	石蜡	冷铁烘热后,用石蜡块擦上很薄一层,即可存放或使用
干型 (质量分数)	浓石墨水	用于一般不重要铸件表面
	酒精+松香( $\leq 5\%$ )	冷铁表面刷一层涂料后造型,修型时,与砂型一块表面再刷一层石墨水涂料
	硅石粉 82%+膨润土 6%+糖浆 5%+松柏油 4%+粘土 3%	用于重要铸件表面,涂料层厚度 1~2mm,放入砂型后,表面再刷一层石墨水涂料



## 2. 铸铁件内冷铁(表 5-52)

表 5-52 铸铁件内冷铁

要 求	内冷铁表面清洁、无锈、无油污，必要时镀锡，或喷砂处理	
材质	1. 与被激冷铸件材质相同或相近 2. 或用低碳圆钢或钉子	
应用	1. 用于干型，应在砂型烘干后，放入型内 2. 用于湿型，放入冷铁后应在 3~4h 内浇注	
尺寸 数据	重量	内冷铁占被激冷部位铸件重量的 5%~7%， 不超过 10%
	直径	当机械加工孔的轴心安放圆钢内冷铁时，冷铁直径为加工孔直径的 0.3~0.5 倍

## 六、铸 肋

铸肋又称工艺肋，是为满足铸造工艺要求，铸造时给铸件增设的肋条。按其作用分为两种：防裂肋和拉肋。

## (一) 防裂肋

防裂肋(又称收缩肋，割肋)是为防止铸件产生热裂而在铸件上作出的肋条。肋条开设在铸件易裂的凹角处，方向和热裂纹方向垂直。肋条厚度小于铸件厚度，使其浇注后快速凝固，具有较高的强度，以承受铸件因收缩而产生的拉应力，防止开裂。

防裂肋主要用于铸钢件，在铸件清理时除去。

防裂肋应用，如图 5-9 所示。防裂肋尺寸，见表 5-53。

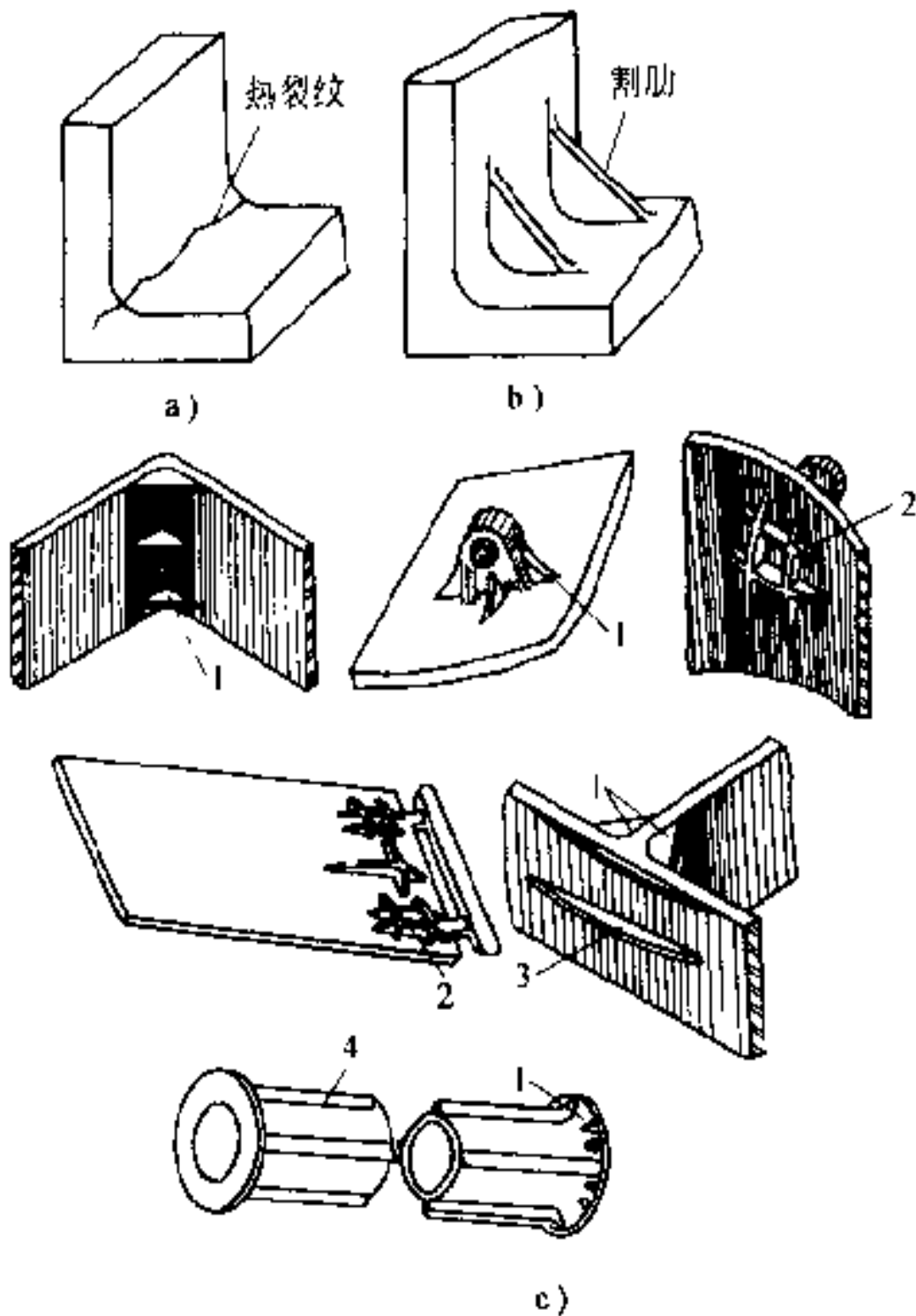
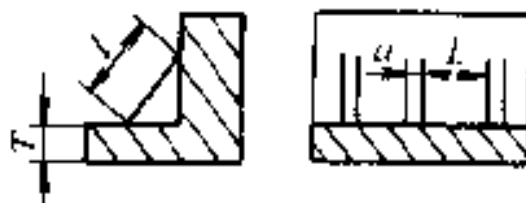


图 5-9 防裂肋的应用

a) 转角处热裂纹 b) 设置防裂肋 c) 防裂肋形状  
 1—三角形 2—井字形 3—弧形 4—长条形

表 5 53 防裂肋尺寸 (mm)

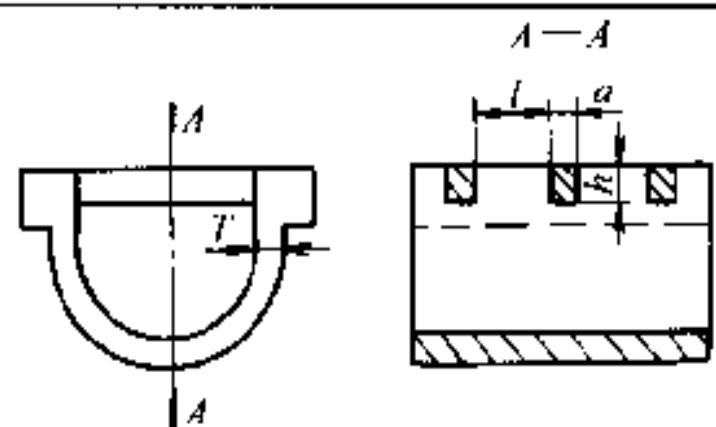
简 图 尺 寸				
	铸件壁厚 $T$ 20~ 300	肋的厚度 $a$ (0.25~ 0.35) $T$	肋的间距 $L$ (15~20) $a$	肋斜边长度 $l$ (8~12) $a$

## (二) 防变形肋

防变形肋(又称拉肋,加强肋)是为防止截面呈半环形、U形的铸件浇注后冷却时各部收缩不均而变形,在开口处设置的附加肋条。肋的厚度一般为铸件壁厚的40%~60%,使其快速凝固,承受应力,防止铸件变形。肋的截面有圆形、长方形,也有用浇注系统代替。在铸件热处理后去除。

防变形肋尺寸,见表 5-54。

表 5 54 防变形肋尺寸 (mm)

简 图		

(续)

尺寸	铸件壁厚 $T$	防变形肋 厚度 $a$	肋的间距 $l$	肋的高度 $h$	
				$a-6\sim 12$	$a-15\sim 20$
寸	10~100	(0.25~ 0.3) $T$	(9~13) $a$	$3a$	(4.5~ 5) $a$
	100~300	(0.1~ 0.2) $T$			

## 七、芯头尺寸与间隙

芯头用于支撑和定位型芯、排出浇注时型芯产生的气体，对获得合格铸件起重要作用。

为使型芯安放稳固、芯骨有一定吃砂量、模样不变形、芯头必须具有合适的尺寸(高度或长度)，为方便下芯合型，芯头应有一定斜度，并且芯头与芯座之间留有一定间隙。

芯头的尺寸(长度或高度)、斜度、间隙用查表法结合生产实际经验来确定。

(一) 水平芯头的长度、斜度和间隙(表 5-55, 表 5-56)

(二) 垂直芯头的高度、斜度和间隙(表 5-57~表 5-59)

表 5-55 水平芯头的长度  $l$  (mm)

筒 图		A-A (圆形)		A-A (矩形)					
		$s_1$	$s_2$	$s_1$	$s_2$				
$l$	$\leq 25$	26~50	101~151	201~301	401~501	701~1000	1501~2000	>	
		51~100	150	300	400	500	700	1000	2000
	$\leq 100$	25~35	35~10	50~60	60~	—	—	—	—
		35~40	45	70	80	—	—	—	—
	101~200	30~35	45~50	60~70	80~	—	—	—	—
		40~45	55	80	90	100	—	—	—
	201~100	35~45	60~70	80~90	100	—	—	—	—
		45~60	70	90	100	—	—	—	—

图中  $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$  见表 5-56 $D$  或  $(A+B)/2$

(续)

L	D 或 (A-B)/2												
	≤25	26~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~400	401~500	501~700	701~1000	1001~1500	1501~2000	>
401~600	40~60	50~70	60~80	70~90	80~90	80~100	90~100	100~110	110~120	120~130	130~150	150~170	—
601~800		60~80	70~90	80~100	90~110	100~120	110~130	120~140	130~150	140~160	150~170	—	—
801~1000			80~100	90~110	100~120	110~130	120~140	130~150	140~160	150~170	160~180	180~200	—
1001~1500			90~110	100~120	110~130	120~140	130~150	140~160	150~180	160~200	180~220	200~220	220~260
1501~2000				110~130	120~140	130~150	140~160	150~180	160~200	180~220	200~220	220~260	260~300
2001~2500				130~150	140~160	150~170	160~180	170~200	180~220	200~240	220~260	240~300	300~360
>2500					180~200	200~220	220~240	240~260	260~280	280~320	320~360	360~420	420~

表 5-56 水平芯头的斜度和间隙 (mm)

D 或 (A+B):2	≤ 50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~400	401~500	501~700	701~1000	1001~1500	1501~2000	>
	湿	0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	2.5	3.0
型	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.5	4.5
	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0
	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0
干	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	6.0	8.0	10.0
型	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0	6.0	6.0	8.0	8.0	9.0	10.0	12.0





(续)

下芯头高度  $h$  $D$  或  $(A+B)/2$ 

$L$	$D$ 或 $(A+B)/2$										
	$\leq 30$	31~60	61~100	101~150	151~300	301~500	501~700	701~1000	1001~2000	$> 2000$	
51~100	25~30	25~30	25~30	20~25	20~25	30~40	40~60	40~60	40~60	40~60	
101~150	30~35	30~35	30~35	25~30	25~30	30~40	40~60	40~60	40~60	50~70	
151~300	35~45	35~45	35~45	30~40	30~40	40~60	40~60	50~70	50~70	60~80	
301~500	40~60	40~60	40~60	35~55	35~55	40~60	40~60	50~70	50~70	80~100	
501~700	60~80	60~80	60~80	45~80	45~80	50~70	50~70	60~80	60~80	80~100	
701~1000				70~90	70~90	80~100	80~100	80~100	80~100	100~150	



表 5-58 垂直芯头的斜度 (mm)

芯头高度 $h$	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80	用 $a/h$ 表示斜度时	用角度 $\alpha$ 表示时
上芯头 $a$	2	3	4	5	6	7	9	11	12	14	$\frac{1}{5}$	$10^\circ$
下芯头 $a$	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4.5	6	7		$\frac{1}{10}$	$5^\circ$



## 八、铸造工艺参数

### (一) 铸造收缩率

铸造收缩率一般指铸造线收缩率。

铸件的收缩有液态收缩、凝固收缩和固态收缩三个连续的过程。其中液态收缩和凝固收缩的结果,使铸件最后凝固的地方产生缩孔、缩松,为消除缩孔、缩松,获取

表 5-59 垂直芯头与芯座之间的间隙  $s$  (mm)

砂型 种类	1) 或 $(A+B)/2$											
	$\leq 50$	51~100	101~150	151~200	201~300	301~400	401~500	501~700	701~1000	1001~1500	1501~2000	$> 2000$
湿型	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	2.0	2.5	2.5	3.0	3.0
干型	0.5	1.0	1.5	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0

注：1. 影响芯头与芯座间隙的因素很多，因此表中数据仅供参考。

2. 一般情况下，机器造型、湿型、生产量较大时，常用间隙为  $s=0.5\sim 1\text{mm}$ ；对于干型，人工、间隙常为  $s=2\sim 4\text{mm}$ 。
3. 当上芯头或下芯头的个数多了 1 时，可将其中定位作用不大的芯头的侧面间隙加大。

4. 树脂砂型的间隙可比干型小 50% 左右。
5. 通常将芯盒的芯头做成名义尺寸，而将模样的芯头加大来形成间隙。

组织致密的铸件,工艺上采用冒口进行补缩。固态收缩的结果,使铸件长度方向尺寸变短,其变短的量即为线收缩量。为了获取尺寸符合要求的铸件,常在制作模样时将尺寸变短的量(线收缩量)加上,以保证固态收缩后铸件尺寸符合要求。加上线收缩量以后的尺寸比原来的尺寸放大了、放大的尺寸可由铸造收缩率来确定(生产中用缩尺),铸造收缩率可用下式表达

$$\text{铸造收缩率} = \frac{L_{\text{模样}} - L_{\text{铸件}}}{L_{\text{铸件}}} \times 100\%$$

式中  $L_{\text{模样}}$  —— 模样长度;

$L_{\text{铸件}}$  —— 铸件长度。

铸造收缩率主要与铸造合金成分和砂型、型芯阻力有关,此外还与铸件结构复杂程度、壁厚大小等多种因素有关。大批量生产时常通过多次试验测出铸件的实际收缩率。而单件小批生产时,常凭经验选用铸造收缩率,并用工艺补正量和机械加工余量的措施予以调整,从而保证铸件尺寸。

表 5-60~表 5-62 分别是手工造型时铸钢件、铸铁件及非铁合金铸件的铸造收缩率经验数据,供参考。

## (二) 起模斜度

为便于起模或从芯盒中取出型芯,需要在模样和芯盒垂直分型面的壁设计一个向着分型面逐渐扩大的斜度,即称起模斜度。

起模斜度的设计类型及其应用，见表 5-63。

表 5-60 铸钢件线收缩率

钢 种 (质量分数)	砂型特点	铸造收缩率(%)
碳素钢	小型铸件	1.8~2.2
	中型铸件	1.6~2.0
	大型铸件	1.4~1.8
高锰钢 (Mn13%)	大型铸件	2.3~2.8
耐热钢 (Cr25%,Ni20%)		1.8~2.2
高铬钢 (Cr28%)		1.6
不锈钢 (Cr18%,Ni9%)		2.7

注：收缩阻力大时，取下限。

表 5-61 铸铁件铸造收缩率

铸件种类		铸造收缩率(%)	
		阻碍收缩	自由收缩
灰铸铁	中小型铸件	0.8~1.0	0.9~1.1
	大中型铸件	0.7~0.9	0.8~1.0
	特大型铸件	0.6~0.8	0.7~0.9
	筒形铸件	长度方向	0.7~0.9
直径方向		0.5	0.6~0.8

(续)

铸件种类		铸造收缩率(%)	
		阻碍收缩	自由收缩
孕育铸铁	HT250, HT300	0.7~0.9	0.9~1.1
	HT350	1.0	1.5
白口铁		1.5	1.75
球墨铸铁	珠光体球墨铸铁	0.8~1.2	1.0~1.3
	铁素体球墨铸铁	0.6~1.2	0.8~1.2
可锻铸铁	珠光体可锻铸铁	1.2~1.8	1.5~2.0
	铁素体可锻铸铁	1.0~1.3	1.2~1.5

注：1. 简单厚实铸铁的收缩率可视为自由收缩，此外，均视为阻碍收缩，按其受阻的程度，选用适当的收缩率。

2. 同一铸件，视其结构，其局部与整体、纵向与横向或长、宽、高三个方向的线收缩率可能不一致。对重要的铸件，分别给以不同的线收缩率。

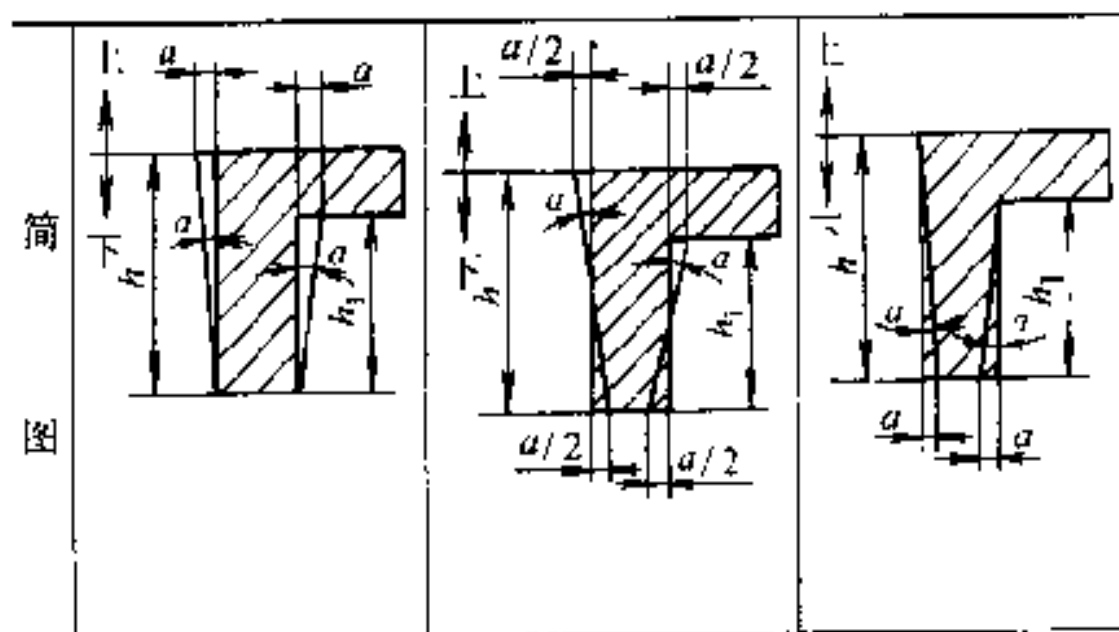
3. 线收缩率的影响因素：

- 1) 结构复杂件或厚度不均匀件、线收缩率较小并且各方向不一致。
- 2) 细长件，沿长度方向线收缩率比其它方向小。
- 3) 型芯多时，线收缩率小。
- 4) 退让性好的砂型型芯(如树脂砂)，线收缩率较大。
- 5) 湿型线收缩率比干型的大。

表 5-62 非铁合金铸件的铸造收缩率(%)

种类	收缩率		种类	收缩率	
	阻碍收缩	自由收缩		阻碍收缩	自由收缩
锡青铜	1.2	1.1	铜合金 ( $w_{Cu} 7\% \sim 12\%$ )	1.4	1.6
无锡青铜	1.6~ 1.8	2.0~ 2.2			
锌黄铜	1.5~1.7	1.8~2.0	镁合金	1.0	1.3
硅黄铜	1.6~1.7	1.7~1.8	铁合金	1.2	1.6
锰黄铜	1.8~2.0	2.0~2.3			--
铝硅合金	0.8~1.0	1.0~1.2	-	--	--

表 5-63 起模斜度类型及应用





(续)

类型	增加壁厚法	加减壁厚法	减小壁厚法
应用	用于和其它零件配合的加工面	用于不和其它零件配合的加工面	用于和其它零件配合的非加工面

注：图  $h$ 、 $h_1$ 、 $\alpha$ 、 $\alpha'$  的数值见表 5-64 及表 5-65。

粘土砂造型和自硬砂造型时的起模斜度，分别见表 5-64、表 5-65。

表 5-64 粘土砂造型用起模斜度(JB/T5105—91)

测量面高度 $h(h_1)$ , mm	金属模样、塑料模样		木 模 样	
	$\alpha$	$\alpha$ /mm	$\alpha$	$\alpha$ /mm
$\leq 10$	$2^{\circ}20'$	0.4	$2^{\circ}55'$	0.6
$> 10 \sim 40$	$1^{\circ}10'$	0.8	$1^{\circ}25'$	1.0
$> 40 \sim 100$	$0^{\circ}30'$	1.0	$0^{\circ}40'$	1.2
$> 100 \sim 160$	$0^{\circ}25'$	1.2	$0^{\circ}30'$	1.4
$> 160 \sim 250$	$0^{\circ}20'$	1.6	$0^{\circ}25'$	1.8
$> 250 \sim 400$	$0^{\circ}20'$	2.4	$0^{\circ}25'$	3.0
$> 400 \sim 630$	$0^{\circ}20'$	3.8	$0^{\circ}20'$	3.8
$> 630 \sim 1000$	$0^{\circ}15'$	4.4	$0^{\circ}20'$	5.8

(续)

测量面高度 $h(h_1)/\text{mm}$	金属模样、塑料模样		木 模 样	
	$\alpha$	$a'/\text{mm}$	$\alpha$	$a/\text{mm}$
>1000~ 1600	—	—	0°20'	2.9
>1600~ 2500	—	—	0°15'	11.0
>2500	—	—	0°15'	

表 5-65 自硬砂造型用起模斜度(JB/T5105---91)

测量面高度 $h(h_1)/\text{mm}$	金属模样、塑料模样		木 模 样	
	$\alpha$	$a'/\text{mm}$	$\alpha$	$a/\text{mm}$
$\leq 10$	3°00'	0.5	4°00'	0.8
>10~40	1°50'	1.4	2°05'	1.6
>40~100	0°50'	1.6	0°55'	1.6
>100~160	0°35'	1.6	0°40'	2.0
>160~250	0°30'	2.2	0°35'	2.6
>250~400	0°30'	3.6	0°35'	4.2
>400~630	0°25'	4.6	0°30'	5.6
>630~ 1000	0°20'	5.8	0°25'	7.4

(续)

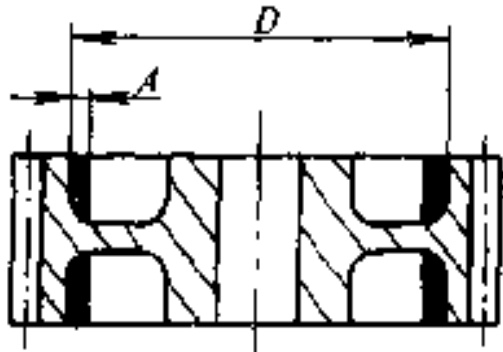
测量面高度 $h(h_1)/\text{mm}$	金属模样、塑料模样		木 模 样	
	$\alpha$	$\alpha/\text{mm}$	$\alpha$	$\alpha/\text{mm}$
$>1000\sim$ 1600	-	--	$0^{\circ}25'$	11.6
$>1600\sim$ 2500	-	--	$0^{\circ}25'$	18.2
$>2500$	-	--	$0^{\circ}25'$	

### (三) 工艺补正量

为防止铸件局部尺寸,由于各种工艺因素(如选用的缩尺与实际值不符合)影响而超差,在铸件相应的部位非加工面上增加的金属层厚度,称工艺补正量。工艺补正量一般需在生产中摸索确定。

#### 1. 齿轮件的工艺补正量(表 5-66)

表 5-66 齿轮类件工艺补正量 (mm)

简  图	
------------	--

(续)

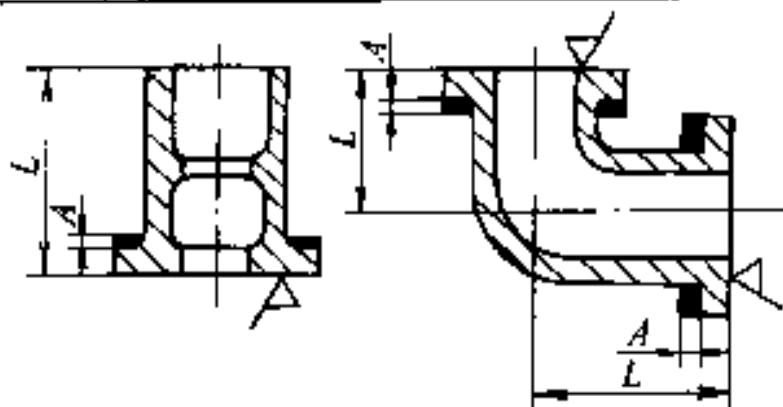
轮缘内径 $D$	工艺补正量 $A$	
	铸钢件	铸铁件
< 500	2	1
501 ~ 800	3	1.5
801 ~ 1000	4	2
1001 ~ 1400	5	2.5
1401 ~ 1800	6	3
1801 ~ 2400	8	4

## 2. 法兰铸件的工艺补正量(表 5-67)

表 5-67 法兰铸件的工艺补正量 (mm)

法兰间的 距离 $L$	工艺补正量 $A$	
	铸钢件	铸铁件
< 100	2	1

简  
图



(续)

法兰间的 距离 $L$	工艺补正量 $A$	
	铸钢件	铸铁件
101~160	3	1.5
161~250	4	2
251~400	5	2.5
401~650	5	2.5
651~1000	6	3
1001~1600	7	3.5
1601~2500	8	4
2501~4000	10	5
4001~6500	12	6
6501~8000	12	6
8001~10000	16	8
10001~12000	18	9

### 3. 铸钢凸台的工艺补正量(表 5-68)

#### (四) 铸件尺寸公差

铸件尺寸公差是指铸件公称尺寸的两个允许极限尺寸之差。在两个允许极限尺寸之内,铸件可满足加工、装配和使用要求。

铸件尺寸公差分 16 个等级,表示为 CT1~CT16。不同方式和规模生产的铸件所能达到的铸件尺寸公差等级

是不同的。单件和小批生产铸件的尺寸公差等级,当采用

表 5-68 铸钢凸台的工艺补正量 (mm)

简 图			
	凸台半径 $R$		
$L$	$<25$	$26\sim50$	$51\sim100$
	半径的增大量 $A$		
$<500$	3.5	$3.5\sim5$	$5\sim7$
$501\sim1000$	4.5	$4.5\sim6$	$6\sim8$
$1001\sim1500$	5.5	$5.5\sim7$	$7\sim9$
$1501\sim2000$	6.5	$6.5\sim8$	$8\sim10$
$2001\sim2500$	7.5	$7.5\sim9$	$9\sim11$
$2501\sim3000$	8.5	$8.5\sim10$	$10\sim12$
$3001\sim5000$	10.5	$10.5\sim12$	$12\sim14$

干、湿砂型时，无论铸钢或各种铸铁件尺寸公差等级为CT13~CT15；当采用自硬砂砂型时，铸钢件尺寸公差等级为CT12~CT14，各种铸铁件为CT11~CT13。铸件尺寸公差等级一经选定，即可按表5-69根据铸件基本尺寸查出相应的公差数值。应当注意，对单件和小批生产铸件，不适当地采用过高的工艺要求来提高铸件公差等级，通常是不经济的。

表 5-69 单件和小批生产铸件尺寸

公差数值(GB5414-86) (mm)

铸件基本尺寸	公差等级 CT				
	11	12	13	14	15
≤10	2.8	4.2	—	—	—
>10~16	3.0	4.4	—	—	—
>16~25	3.2	4.6	6	8	10
>25~40	3.6	5.0	7	9	11
>40~63	4.0	5.6	8	10	12
>63~100	4.4	6	9	11	14
>100~160	5.0	7	10	12	16
>160~250	5.6	8	11	14	18
>250~400	6.2	9	12	16	20
>400~630	7	10	14	18	22
>630~1000	8	11	16	20	25

(续)

铸件基本尺寸	公差等级 CT				
	11	12	13	14	15
>1000~1600	9	13	18	23	29
>1600~2500	10	15	21	26	33
>2500~4000	12	17	24	30	38
>4000~6300	14	20	28	35	44
>6300~10000	16	23	32	40	50

### (五) 机械加工余量

在铸件的加工面上留出的，待机械加工切除的金属层厚度，称机械加工余量。

机械加工余量的代号为“MA”，并由精到粗分为 A、B、C、D、E、F、G、H、J 共九个等级。加工余量应与铸件尺寸公差配套使用。

小批和单件生产铸件的加工余量等级按表 5-70 规定选用。

与铸件尺寸公差配套使用的铸件机械加工余量，见表 5-71。

#### 使用方法

(1) 当铸件尺寸公差等级和加工余量等级确定后，



可根据铸件最大尺寸从查 5-71 中查出加工余量。

表 5-70 小批和单件生产铸件加工余量等级与  
尺寸公差等级配套表(GB/T11350 -89)

砂型种类	加工余量等级			
	铸 钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁
干、湿砂型	$\frac{15 \sim 15}{J}$	$\frac{13 \sim 15}{H}$	$\frac{13 \sim 15}{H}$	$\frac{13 \sim 15}{H}$
自硬砂	$\frac{12 \sim 14}{J}$	$\frac{11 \sim 13}{H}$	$\frac{11 \sim 13}{H}$	$\frac{11 \sim 13}{II}$
说明	分子的数字, 表示尺寸公差等级 CT 分母的字母, 表示机械加工余量等级			

表 5-71 加工余量(GB/T11350—89)

尺寸公差等级 CT	11		12		13		14		15	
加工余量等级 MA	H	J	H	J	H	J	H	J	H	J
铸件最大尺寸/mm	加工余量/mm									
$\leq 100$	1.5	5.0	6.0	6.5	7.5	7.5	8.5	9.0	10	
	3.5	3.5	4.5	4.5	5.5	5.0	6.0	5.5	6.5	
$> 100 \sim 160$	5.5	6.5	7.5	3.0	9.0	9.0	10	11	12	
	4.5	5.0	6.0	5.5	6.5	6.0	7.0	7.0	8.0	

(续)

尺寸公差等级 CT	11		12		13		14		15	
加工余量等级 MA	H	H	J	H	J	H	J	H	J	
铸件最大尺寸/mm	加工余量/mm									
>160~250	7.0	8.0	9.5	9.5	11	11	13	13	15	
	5.5	6.0	7.5	7.0	8.5	7.5	9.0	8.5	10	
>250~400	8.5	9.5	11	11	13	13	15	15	17	
	7.0	7.5	9.0	8.0	10	9.0	11	10	12	
>400~630	9.5	11	14	13	16	15	18	17	20	
	8.0	8.5	11	9.5	12	11	13	12	14	
>630~1000	11	13	16	15	18	17	20	20	23	
	9.0	10	13	11	14	12	15	14	17	
>1000~1600	13	15	18	17	20	20	23	23	26	
	10	12	15	13	16	14	17	16	19	
>1600~2500	14	17	20	20	23	22	25	26	29	
	12	13	16	15	18	16	19	18	21	
>2500~4000	16	19	23	22	26	25	29	29	33	
	13	15	19	16	20	18	22	20	25	
>4000~6300	18	21	26	25	30	29	34	33	38	
	15	16	21	18	23	20	25	22	27	
>6300~10000	20	24	30	28	34	32	38	37	43	
	16	18	24	20	26	22	28	25	31	

(2) 表中每格有上下两个数值，上面的数值是以一侧为基准，对另一侧进行单侧加工的加工余量；下面的数值为进行双侧加工的加工余量值。

(3) 单件小批生产铸件的不同加工面，允许采用相同的加工余量。

(4) 对旋转体，铸件最大尺寸取其直径或高度中最大的尺寸。

(5) 相对浇注位置顶面加工余量等级，比底面或侧面的等级降一级选用。

(6) 铸孔加工量等级与顶面加工量等级相同。

#### (六) 分型负数

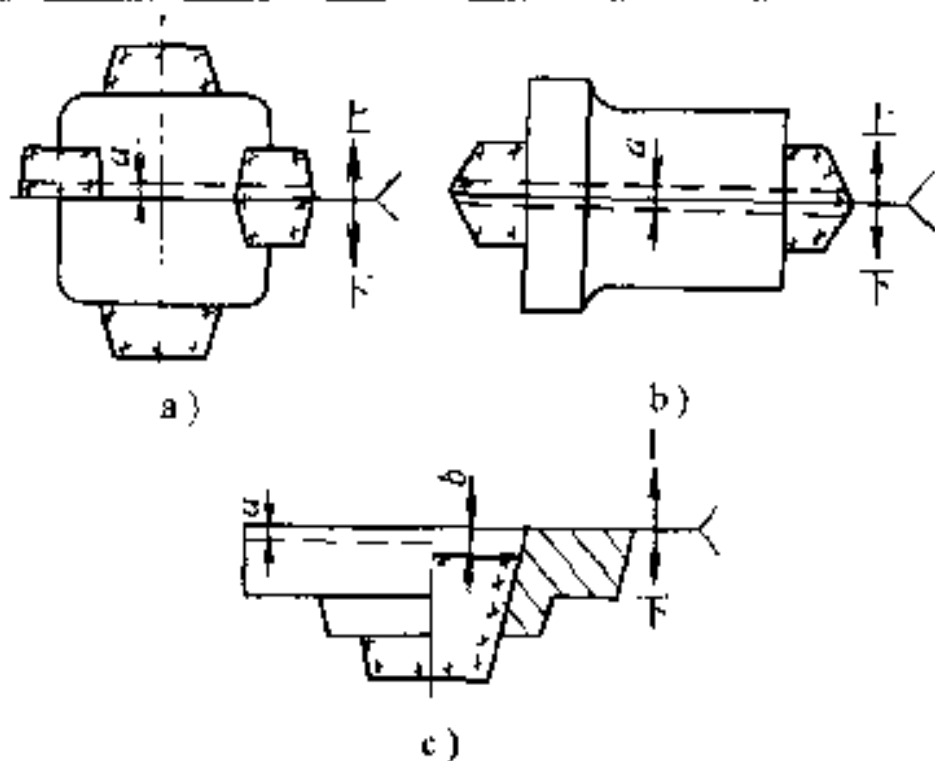
由于修型与烘干过程中砂型变形，上下分型面不可能十分平整，为防止浇注时从分型面跑火，在合型时需分型面上垫石棉绳或泥条，这就增高了型腔高度。为保证铸件尺寸符合图样要求，在模样上必须减去相应的高度，减去的数值称分型负数。表 5-72。

#### (七) 铸造工艺符号

铸造工艺符号是在铸造工艺图和工艺文件中标出的反映铸造工艺技术要求专用符号。它所代表的意义贯穿于整个铸造生产过程。工艺符号覆盖的内容有：浇注位置、分型面、分模面、活块、机械加工余量、起模斜度、不铸出孔、型芯的形状和数量、芯头的形式、尺寸和间隙及排气方向、芯撑的位置、形式和数量，浇冒口的位置、

表 5-72 模样的分型负数 (mm)

砂箱 高度	分型负数 $a$	
	干 型	表 干 型
$\leq 1000$	2	1
1001 ~ 2000	3	2
2001 ~ 3500	4	3
3501 ~ 5000	5	4

筒  
图

5

J

(续)

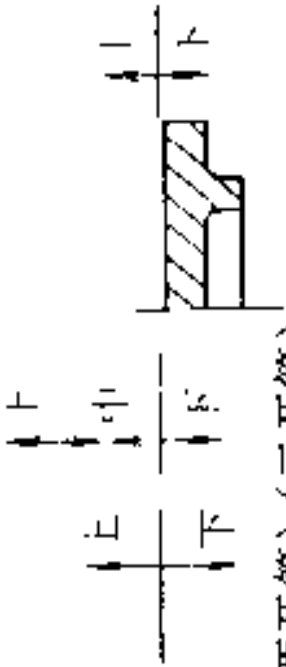
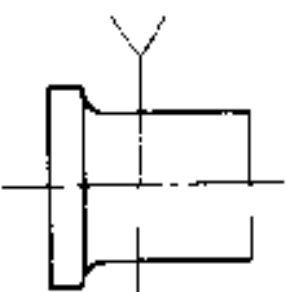
砂箱 高度	分型负数 $a$	
	干 型	表 干 型
≤5000	7	5
应用	1. 当模样上下对称, 分型负数在上下两半模样上各取一半(表图 b) 2. 当模样两半不对称, 分型负数应在上模样上取(表图 a) 3. 主体模样在下型, 分型负数留在下型(表图 c) 4. 处在分型面上的型芯间隙 $b$ 大于分型负数 $a$ (表图 c) 5. 湿型一般不留分型负数, 但砂箱尺寸大于 2m 时, 也留分型负数, 其值小于表中数值 6. 多箱造型时, 每个分型面都要留分型负数且以砂箱高度为依据	

形状和尺寸, 冷铁的位置、数量、形状和尺寸, 铸肋的位置、形状和尺寸, 附铸试样尺寸和位置, 分型负数等诸多内容。

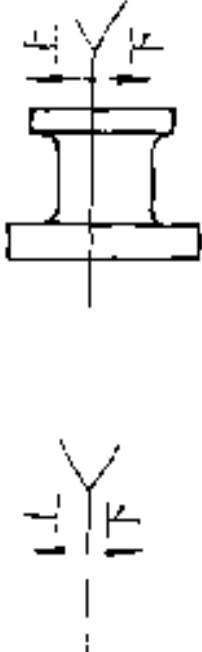
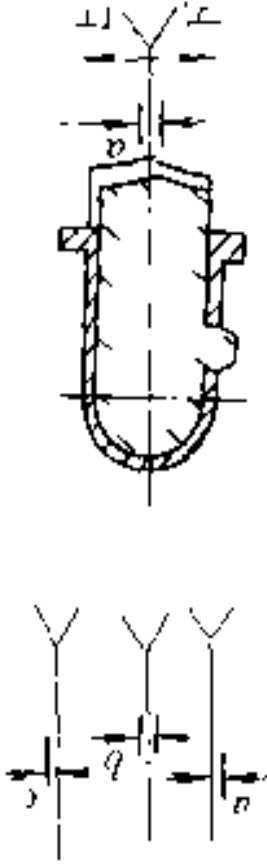
铸造现场生产人员应对铸造工艺符号有清楚的认识和理解, 并按工艺符号所代表的意义进行生产操作。

表 5-73 是铸造工艺符号及表示方法的统一规定。

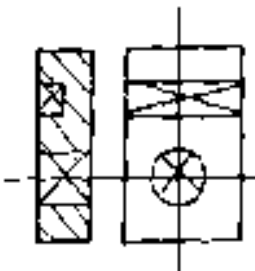
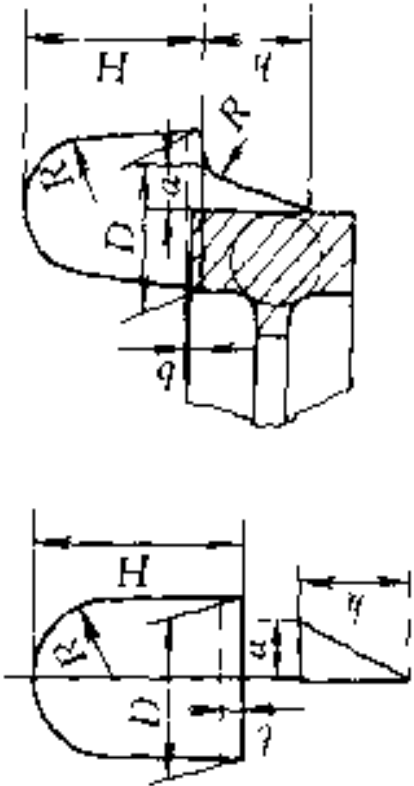
表 5 73 铸造工艺符号 (JB2135 78)

序号	工艺符号	名称	表示方法
1	 <p>(两开箱) (三开箱)</p>	分型线	用红线表示, 并用红色写出“上” (两开箱) 或“上、中、下” (三开箱) 字样
2		分模线	用红线表示, 在任一端画“Y”号

(续)

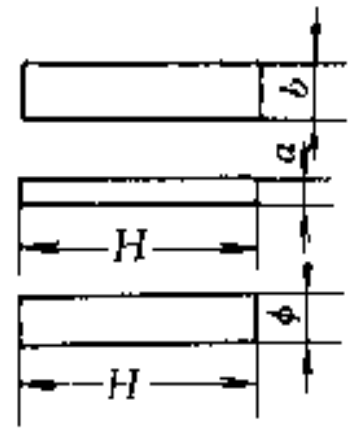
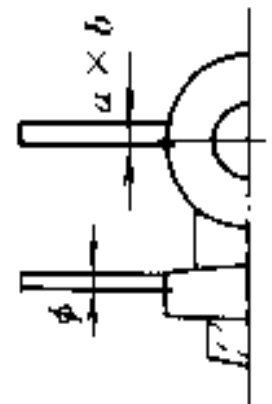
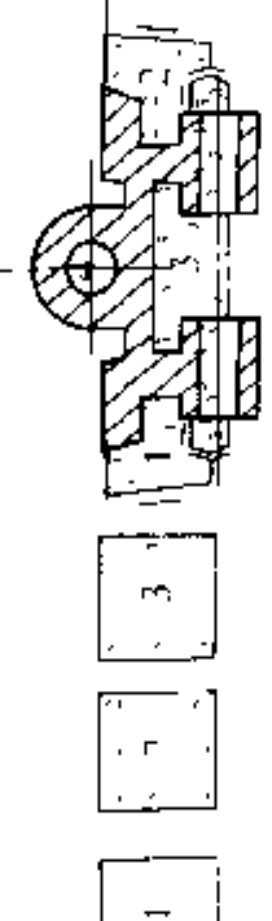
序号	工艺符号	名称	表示方法
3		分型分模线	用红线表示
4		分型负数	用红线表示, 并注明 减单数值

(续)

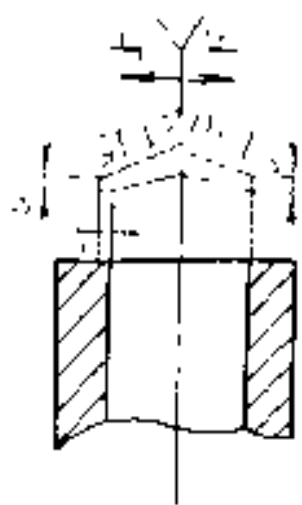
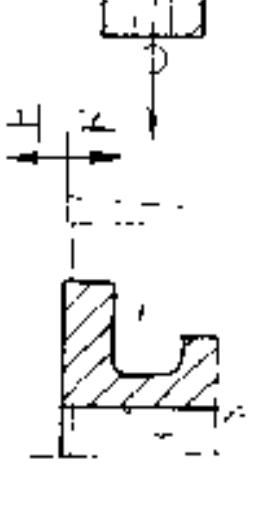
序号	工艺符号	名称	表示方法
5		不铸出的孔和槽	用红线打叉或剖面线
6		切割余量、补贴 切口、冒口切	<p>各种冒口均用红线表示，注明斜度和各部尺寸，并用序号1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、33、34、35、36、37、38、39、40、41、42、43、44、45、46、47、48、49、50、51、52、53、54、55、56、57、58、59、60、61、62、63、64、65、66、67、68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80、81、82、83、84、85、86、87、88、89、90、91、92、93、94、95、96、97、98、99、100、101、102、103、104、105、106、107、108、109、110、111、112、113、114、115、116、117、118、119、120、121、122、123、124、125、126、127、128、129、130、131、132、133、134、135、136、137、138、139、140、141、142、143、144、145、146、147、148、149、150、151、152、153、154、155、156、157、158、159、160、161、162、163、164、165、166、167、168、169、170、171、172、173、174、175、176、177、178、179、180、181、182、183、184、185、186、187、188、189、190、191、192、193、194、195、196、197、198、199、200、201、202、203、204、205、206、207、208、209、210、211、212、213、214、215、216、217、218、219、220、221、222、223、224、225、226、227、228、229、230、231、232、233、234、235、236、237、238、239、240、241、242、243、244、245、246、247、248、249、250、251、252、253、254、255、256、257、258、259、260、261、262、263、264、265、266、267、268、269、270、271、272、273、274、275、276、277、278、279、280、281、282、283、284、285、286、287、288、289、290、291、292、293、294、295、296、297、298、299、300、301、302、303、304、305、306、307、308、309、310、311、312、313、314、315、316、317、318、319、320、321、322、323、324、325、326、327、328、329、330、331、332、333、334、335、336、337、338、339、340、341、342、343、344、345、346、347、348、349、350、351、352、353、354、355、356、357、358、359、360、361、362、363、364、365、366、367、368、369、370、371、372、373、374、375、376、377、378、379、380、381、382、383、384、385、386、387、388、389、390、391、392、393、394、395、396、397、398、399、400、401、402、403、404、405、406、407、408、409、410、411、412、413、414、415、416、417、418、419、420、421、422、423、424、425、426、427、428、429、430、431、432、433、434、435、436、437、438、439、440、441、442、443、444、445、446、447、448、449、450、451、452、453、454、455、456、457、458、459、460、461、462、463、464、465、466、467、468、469、470、471、472、473、474、475、476、477、478、479、480、481、482、483、484、485、486、487、488、489、490、491、492、493、494、495、496、497、498、499、500、501、502、503、504、505、506、507、508、509、510、511、512、513、514、515、516、517、518、519、520、521、522、523、524、525、526、527、528、529、530、531、532、533、534、535、536、537、538、539、540、541、542、543、544、545、546、547、548、549、550、551、552、553、554、555、556、557、558、559、560、561、562、563、564、565、566、567、568、569、570、571、572、573、574、575、576、577、578、579、580、581、582、583、584、585、586、587、588、589、590、591、592、593、594、595、596、597、598、599、600、601、602、603、604、605、606、607、608、609、610、611、612、613、614、615、616、617、618、619、620、621、622、623、624、625、626、627、628、629、630、631、632、633、634、635、636、637、638、639、640、641、642、643、644、645、646、647、648、649、650、651、652、653、654、655、656、657、658、659、660、661、662、663、664、665、666、667、668、669、670、671、672、673、674、675、676、677、678、679、680、681、682、683、684、685、686、687、688、689、690、691、692、693、694、695、696、697、698、699、700、701、702、703、704、705、706、707、708、709、710、711、712、713、714、715、716、717、718、719、720、721、722、723、724、725、726、727、728、729、730、731、732、733、734、735、736、737、738、739、740、741、742、743、744、745、746、747、748、749、750、751、752、753、754、755、756、757、758、759、760、761、762、763、764、765、766、767、768、769、770、771、772、773、774、775、776、777、778、779、780、781、782、783、784、785、786、787、788、789、790、791、792、793、794、795、796、797、798、799、800、801、802、803、804、805、806、807、808、809、810、811、812、813、814、815、816、817、818、819、820、821、822、823、824、825、826、827、828、829、830、831、832、833、834、835、836、837、838、839、840、841、842、843、844、845、846、847、848、849、850、851、852、853、854、855、856、857、858、859、860、861、862、863、864、865、866、867、868、869、870、871、872、873、874、875、876、877、878、879、880、881、882、883、884、885、886、887、888、889、890、891、892、893、894、895、896、897、898、899、900、901、902、903、904、905、906、907、908、909、910、911、912、913、914、915、916、917、918、919、920、921、922、923、924、925、926、927、928、929、930、931、932、933、934、935、936、937、938、939、940、941、942、943、944、945、946、947、948、949、950、951、952、953、954、955、956、957、958、959、960、961、962、963、964、965、966、967、968、969、970、971、972、973、974、975、976、977、978、979、980、981、982、983、984、985、986、987、988、989、990、991、992、993、994、995、996、997、998、999、1000</p>



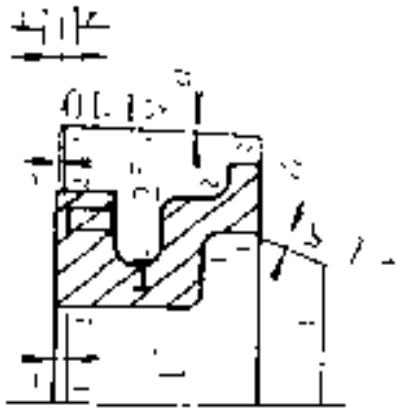
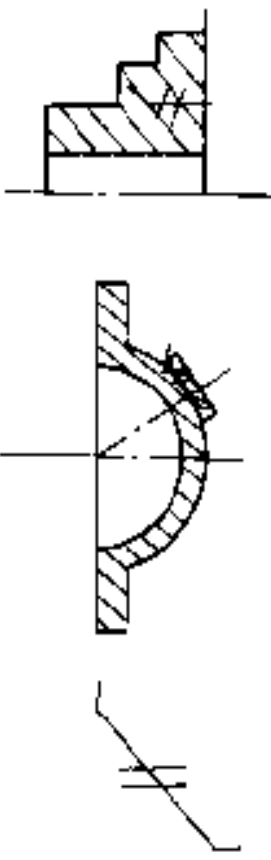
(续)

序号	工艺符号	名称	表示方法
7	 	出气孔	用红线表示, 注明各部尺寸
8		型号及芯编号 芯头边界 边界符号	用蓝线划出每个芯头边界, 并用数字表示型号编号。边界符号可用与芯编号相同的小号数字, 在芯头与型号交界处表示。习惯上也有用不同颜色线以不同的剖面符号表示

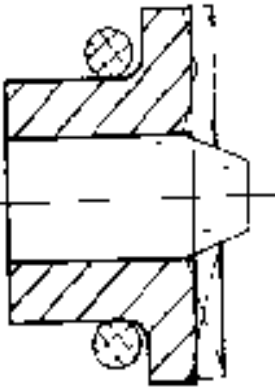
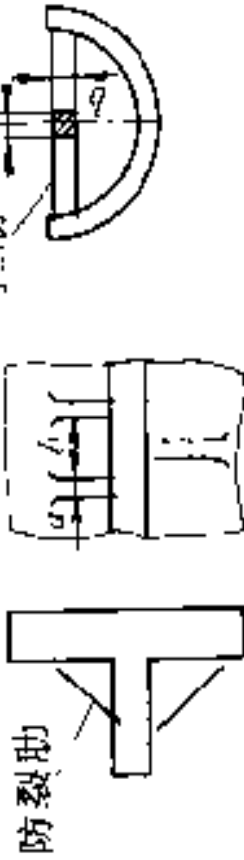
(续)

序号	L之符号	名称	表示方法
4		芯 头 斜 度 $L$	用蓝色线表示, 注明 斜度和间隙数值。 习惯上也有用型芯相 同的彩色线表示
5		向、紧固方向 捣砂方向、出汽方 向	用蓝色线表示, 箭头表 示方向, 箭尾画出不同 符号

(续)

序号	工艺符号	名称	表示方法
11		芯撑	用红线表示, 特殊结构芯撑写出“芯撑”字样
12		模样活块	用红线表示, 并在此线上画出二条平行短横线

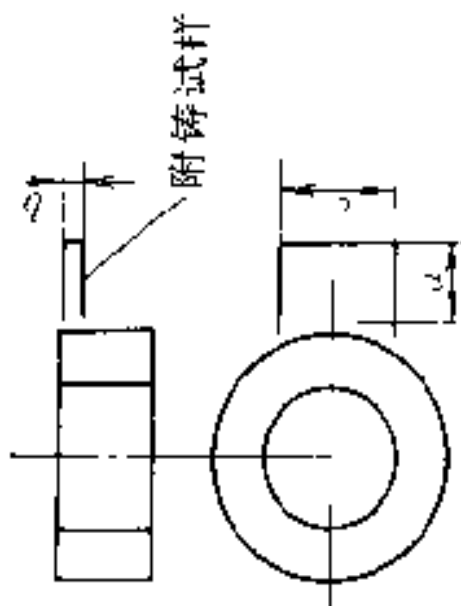
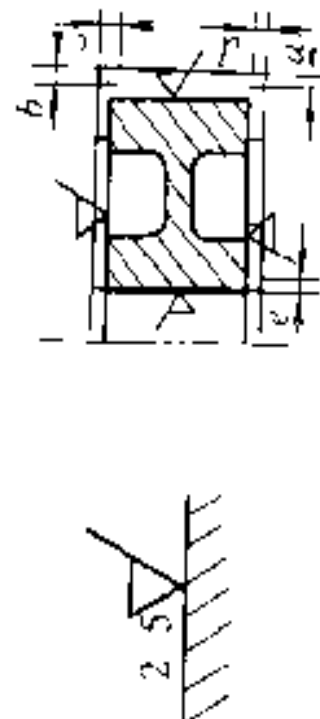
(续)

序号	工艺符号	名称	表示方法
13		冷 铁	用蓝线表示, 圆钢冷铁涂淡蓝色, 成型冷铁打叉, 注明各部尺寸、编号、间隙、数量、习惯上也有用黑色或绿色涂满
14		防裂肋、拉肋	用红线表示, 注明各部尺寸, 并写出“防裂肋”或“拉肋”字样

(续)

序号	工艺符号	名称	表示方法
15		浇汁系统	用红线或红色双线表示, 注明各部尺寸
16		样板	用蓝线画出样板轮廓及木材剖面纹理, 写出“样板”字样

(续)

序号	1. 总符号	名称	表示方法
17		附铸试样	用红线表示, 注明各部尺寸, 写出“附铸试样”字样
18		机械加工余量	用红线画出加工部位轮廓, 加工部位附近也可在集中写出“上、侧、下”字样, 集中注明加工部位数值, 特殊要求加工余量可在加工符号旁

# 第六章 浇 注

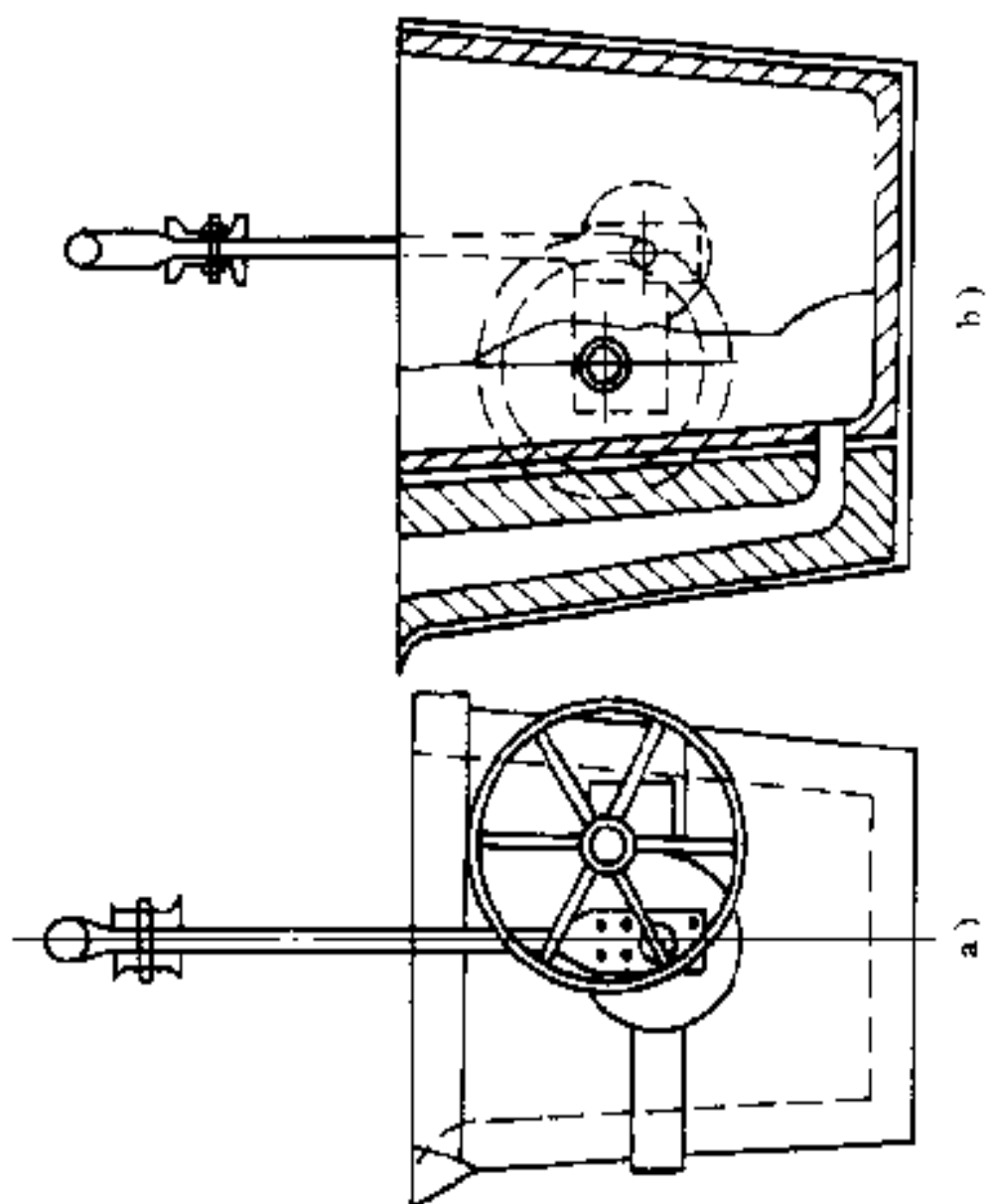
## 一、钢 的 浇 注

### (一) 盛钢桶种类和规格

盛钢桶又称钢包。按结构形式可分倾注式和底注式两类，如图 6-1 和表 6-1 所示。底注式的主要尺寸见表 6-2。

表 6-1 盛钢桶的种类及特点

盛钢桶种类		特 点
倾注式 盛钢桶	倾转式	结构简单，维修方便，但浇注时钢渣随钢液流出，因此铸钢生产中用得较少
	茶壶式	容量小。一般配合小型电弧炉或感应熔炼炉浇注用
底注式 盛钢桶	塞杆式	容量适应范围较广，能与各种容量电弧炉相配套。铸钢生产中广泛应用
	滑动水口式	





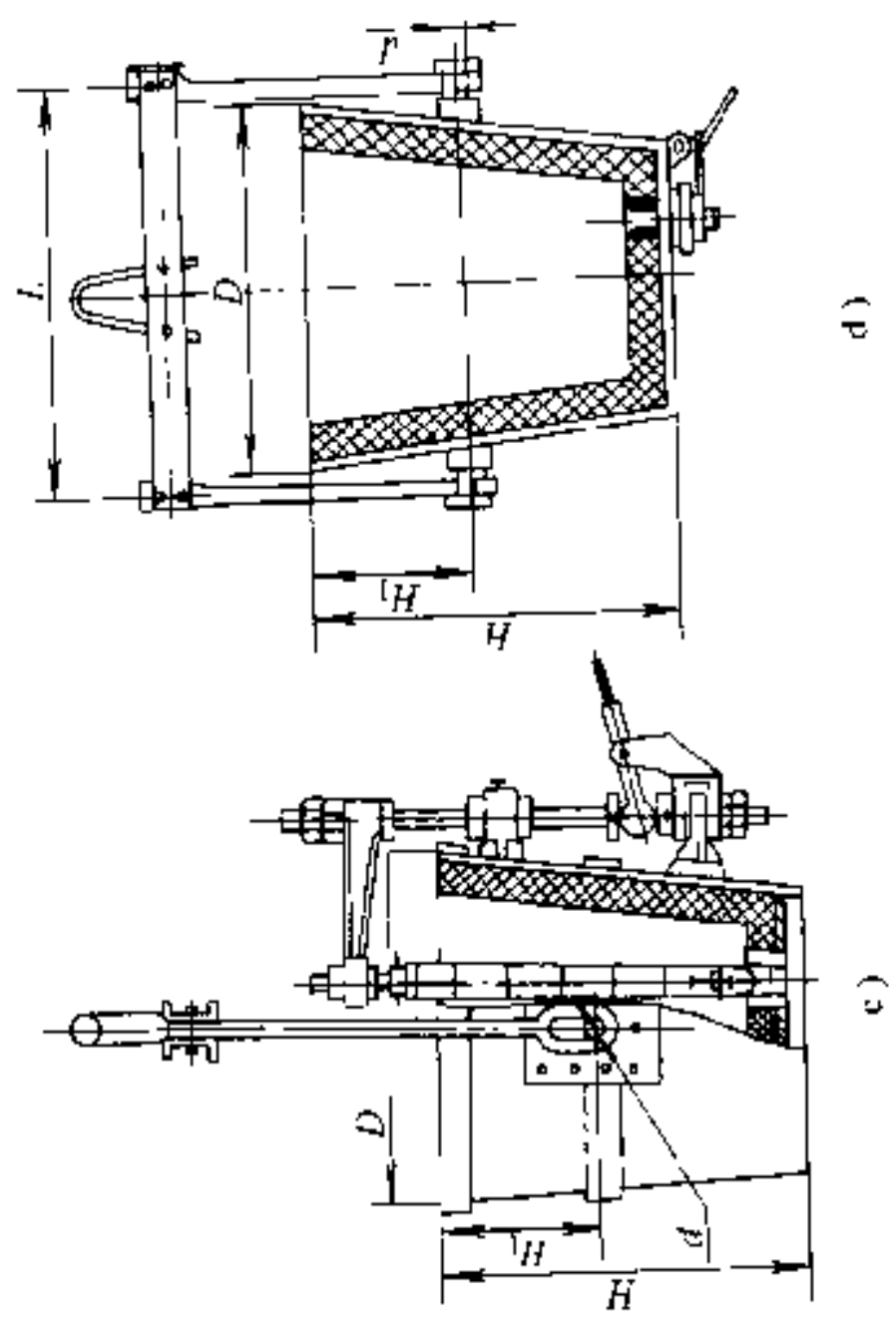


图 6-1 盛钢桶 (尺寸见表 6-2)  
 a) 倾转式 b) 茶壶式 c) 塞柱式 d) 滑动水口式

表 6 2 底注式盛钢桶

(图 5-1c,d)主要尺寸 (mm)

型 号	容 量 (t)	有效 容积 (m <sup>3</sup> )	D	H	L	d	H <sub>1</sub>	耐 火 砖			总重 (t)	
								下部	上部	底部		
								厚	高	厚 度		
LG-1 S H	1	0.6	770	880	940	80	420	100	230	80	120	3
LG-2 S H	2	0.33	950	1100	1150	80	500	100	230	80	120	1
LG-3 S H	3	0.19	1132	1188	1344	85	570	100	230	80	120	5
LG-4 S H	4	0.65	1224	1300	1451	90	595	100	300	80	120	6.5
LG-5 S H	5	0.82	1293	1350	1514	95	650	140	300	120	160	7.8
LG-6 S H	6	0.97	1408	1400	1670	100	660	140	300	120	160	9.2
LG-7 S H	7	1.12	1179	1535	1746	100	660	140	300	120	160	10.8
LG-8 S H	8	1.28	1550	1675	1822	110	670	140	350	120	160	12.4
LG-10 S H	10	1.6	1629	1750	1920	120	675	235	550	205	320	15.5
LG-15 S H	15	2.4	1855	1950	2200	150	750	235	550	205	320	23
LG-25 S H	25	4	2110	2385	2550	165	850	235	830	205	320	40
LG-35 S H	35	5.6	2298	2660	2740	190	950	235	830	205	320	52

## (二) 盛钢桶的烘烤(表 6-3)

表 6-3 盛钢桶烘烤要求

烘烤方式		1. 可用焦炭炉 2. 可用重油或柴油喷嘴 3. 可用煤气喷嘴
烘烤时间	新砌筑的盛钢桶	$\geq 24\text{h}$
	只更换工作层耐火砖的盛钢桶	$\geq 16\text{h}$
	只是小修补和更换塞杆及注口砖的正常使用的盛钢桶	$\approx 2\sim 3.5\text{h}$ 。即在电炉炼钢送电的同时开始烘烤，直至钢液出炉为止
烘烤温度		出钢前桶衬烘至红色或暗红色，即 $600\sim 800\text{C}$
火力调整原则		调整火力由小逐渐增大。要防止急火猛烤造成耐火砖衬烤裂

## (三) 镇静时间(表 6-4)

表 6-4 钢液在盛钢桶中的镇静时间

镇静的目的	使悬浮在钢液中的夹杂物上浮、净化钢液	
镇静时间	一般	不少于 5min
	特殊情况(出钢温度过高)	不超过 20min
出钢温度过高时的安全事项	1. 镇静时要注意炉渣情况,以防将塞打砖套割断 2. 镇静超过 20min 后,注口部分易凝固,造成注口不能开启	

#### (四) 浇注温度

控制浇注温度首先是严格控制钢液出钢温度,一定要使出钢温度符合所熔炼钢种及该铸件工艺规定的温度。一般,出钢温度稍偏高,可通过镇静时间长短适当调节,但出钢温度偏低,就无任何调节余地了。对碳钢而言,“低温快注”是解决浇注温度低的重要措施。

各类铸钢出钢温度、浇注温度、浇注特点见表 6-5。

#### (五) 浇注速度

根据不同情况采取合适的浇注速度,使钢液在型内连续、平稳、均匀地上升,并迅速充满型腔,是浇注操作的重要环节。

浇注中小铸钢件时,浇注时间的掌握,参见表 6-6。

表 6-5 各类铸钢件需要的出钢温度与浇注温度(°C)

铸件类型		结构复杂 薄壁小件	中等铸件	厚重大件	浇 注 特 点
壁厚/mm		20~30	50~150	150~500	
重量/kg		100~500	500~5000	25000	
碳 结 构 铸 钢	ZG230	出钢	1490~1540	1480~1520	高碳钢铸件应注意点 注补充,防止缩孔等缺陷
	ZG270	浇注	1460~1500	1440~1470	
	ZG310	出钢	1480~1500	1470~1490	
	ZG340	浇注	1450~1470	1440~1460	
合 金 结 构 铸 钢	ZG35CrMnSi	出钢	1480~1510	1470~1500	浇注温度较碳钢低些 速度应快些,防止裂纹等 缺陷
	ZG40Mn				
	ZGCr30Mn2	浇注	1450~1480	1440~1460	
	ZG40Cr	出钢	1470~1500	1460~1490	
ZG35CrMo	浇注	1430~1460	1420~1450	1400~1440	

(续)

铸件类型	结构复杂 薄壁小件	中等铸件	厚重大件	浇 注 特 点	
				壁厚/mm	重量/kg
ZGMn13	20~30	50~150	150~500	浇温取下限, 浇注速度 应比碳钢慢, 一次点注满	与高锰钢相似, 但浇注 速度应大流快浇, 防止吸 气, 注意跑火
	100~500	500~5000	25000		
ZGCr17	1380~1400	1370~1390	1350~1360	易氧化合金多, 钢液粘 滞, 取较高温度下大流速 快浇, 一次点注满	与高锰钢相似, 但浇注 速度应大流快浇, 防止吸 气, 注意跑火
	1340~1370	1330~1350	1310~1330		
Mo13 Mo2N	1420~1440	1380~1410	1360~1380	易氧化合金多, 钢液粘 滞, 取较高温度下大流速 快浇, 一次点注满	与高锰钢相似, 但浇注 速度应大流快浇, 防止吸 气, 注意跑火
	1380~1400	1350~1380	1330~1360		
ZG1Cr18Ni9	1500~1530	1490~1510	—	易氧化合金多, 钢液粘 滞, 取较高温度下大流速 快浇, 一次点注满	与高锰钢相似, 但浇注 速度应大流快浇, 防止吸 气, 注意跑火
	1470~1490	1460~1480	—		
ZGCr28	1480~1510	1470~1490	1470~1490	易氧化合金多, 钢液粘 滞, 取较高温度下大流速 快浇, 一次点注满	与高锰钢相似, 但浇注 速度应大流快浇, 防止吸 气, 注意跑火
	1440~1470	1430~1450	1410~1450		
注	1. 以上温度均为光学高温计未加校正值 2. 各地区、各厂生产条件不同, 温度均有异差 3. 铬锰氮的出钢与浇注温度, 有的认为与不锈钢无大差别, 较高温度对除气改善 钢质有利				

特殊性能铸钢

表 6 6 中小型铸钢件浇注时间

铸件重量 /kg	浇注时间/s
<100	<10
100~300	<20
300~500	<30
500~1000	<60
>1000	全流浇注

在浇注温度正常情况下，控制浇注速度一般原则按表 6-7。

表 6-7 铸钢件浇注速度控制原则

序号	铸件特点	控制原则
1	对壁厚、结构简单的铸件	取较小的浇注速度
2	含碳量较低，小型复杂的薄壁铸件	取较大的浇注速度

(续)

序号	铸件特点	控制原则
3	碳的质量分数大于0.45%的铸件(缩孔倾向大)	1. 取较小的浇注速度 2. 冒口补浇(即点冒口) 1~3次
4	高合金钢(除高锰钢件外)	1. 取大流量快速浇注 2. 冒口部分一次注满, 钢液进入冒口后流速相对减小
5	高锰钢铸件(流动性好, 导热性差, 裂纹缩孔倾向大)	1. 取比普通碳钢慢些的浇注速度以减小裂纹及缩孔倾向 2. 当钢液温度接近液相线温度浇注, 则使用较大的浇速
6	单个大型铸件, 重量大、形状长	采用双桶或多桶同时浇注, 钢液从多个浇口引入型腔

## (六) 铸钢件浇注操作要点(表 6-8)

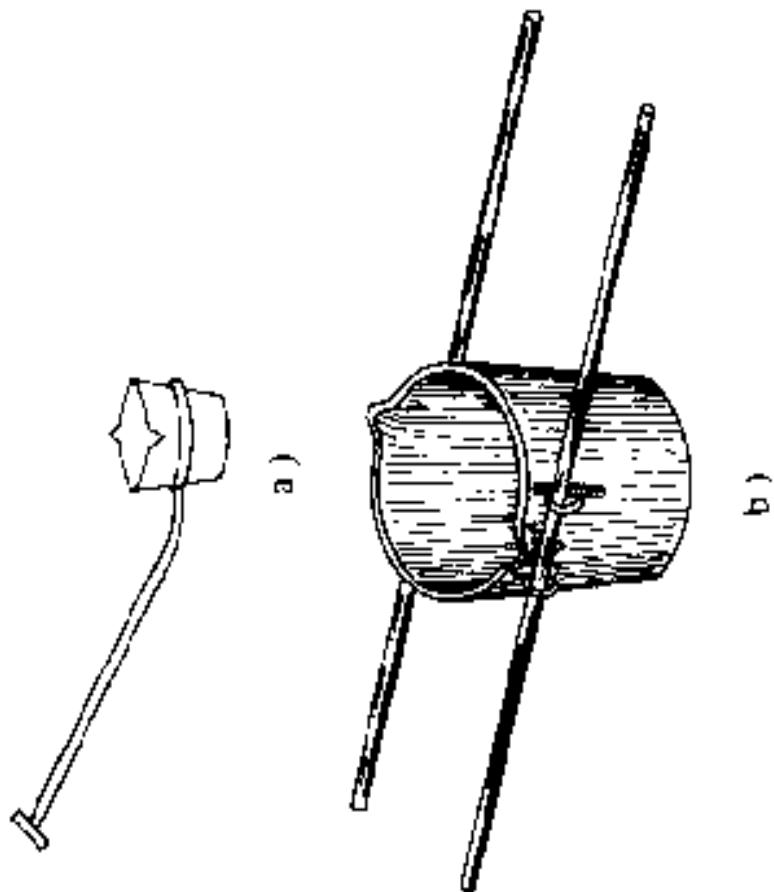
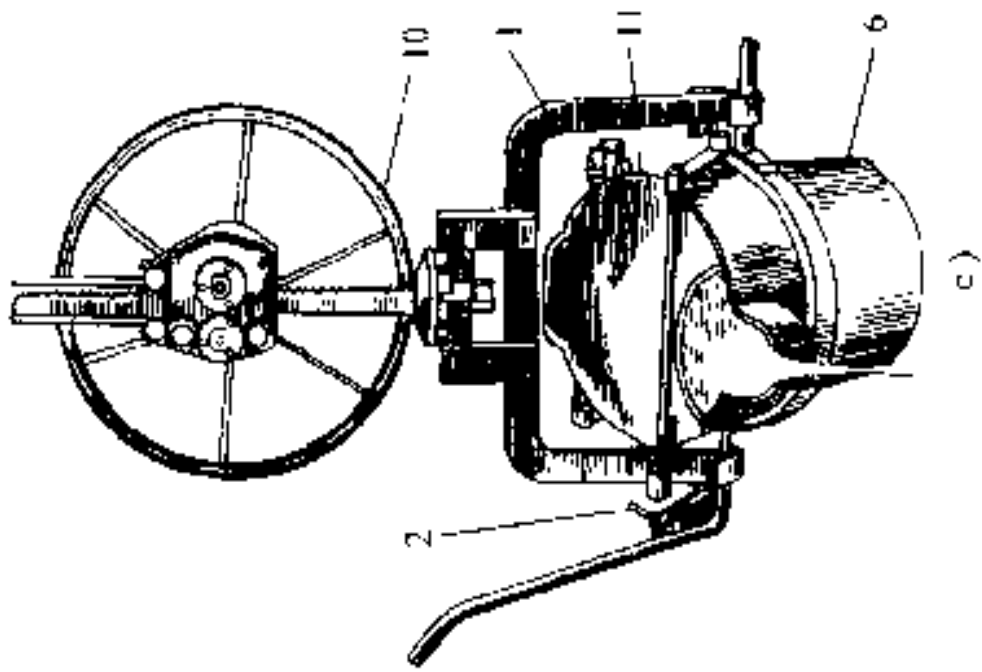


表 6-8 铸钢浇注操作要点

序号	浇注条件	浇注要点
1	一桶钢液浇多个铸型时	先浇小件、薄壁铸件及结构复杂铸件；后浇大件、厚壁铸件及结构简单铸件
2	浇注一个铸型时	浇注开始小流，后逐渐增大，待钢液上升至冒口时，应缓一下液流，再增大液流继续浇注，直至上升到冒口内规定高度。全过程不断流
3	浇完一个铸型时	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 及时往冒口内加保温剂，如草灰等</li> <li>2. 用高温钢液点浇冒口，特别是大件</li> </ol>
4	浇注中跑火时	一方面采取措施堵住，一方面细流慢浇，不可断流，以防冷隔

## 二、铸铁的浇注

### (一) 浇包种类和规格(图 6-2 和表 6-9)



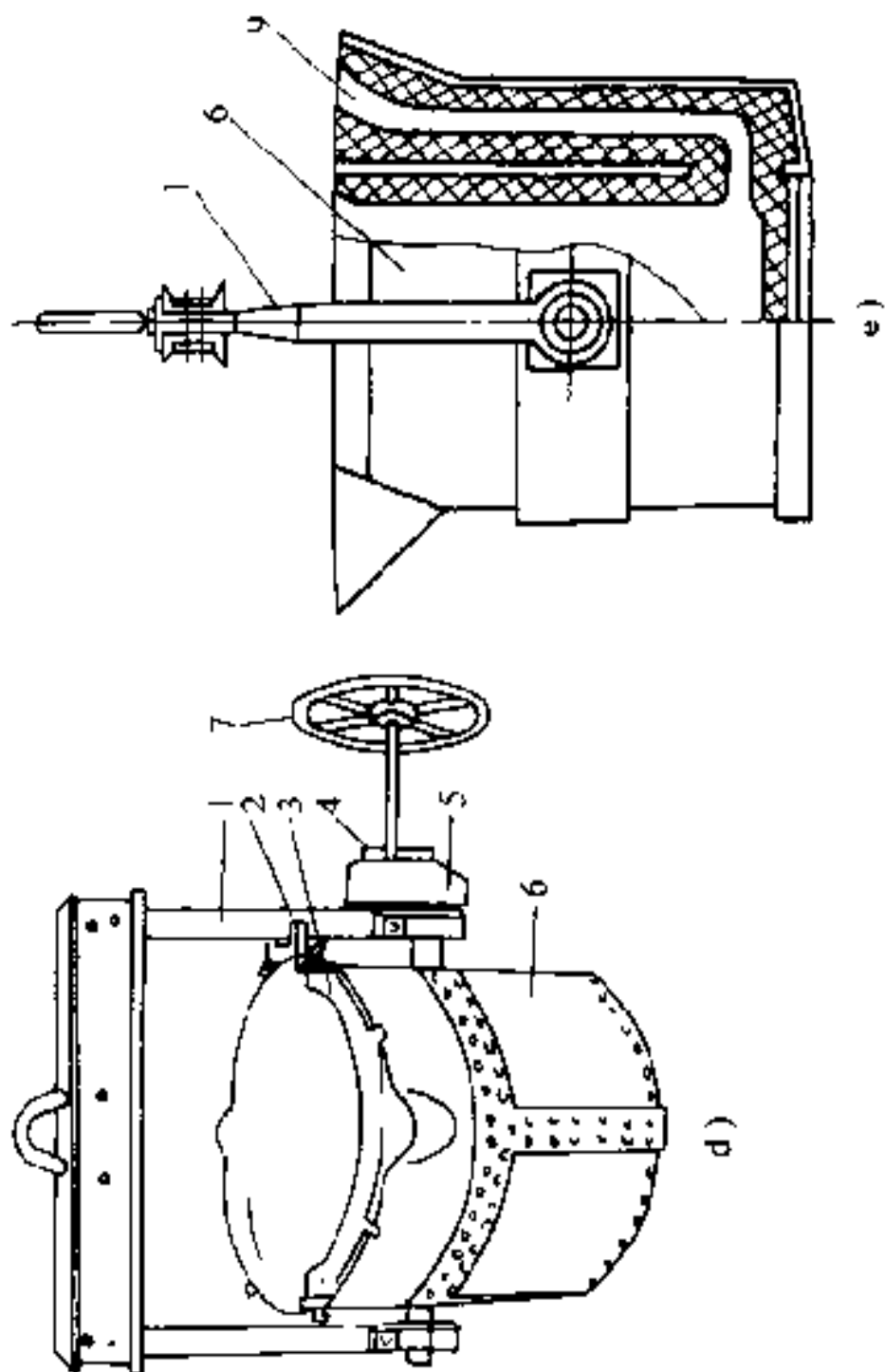


图 6-2 铁液包

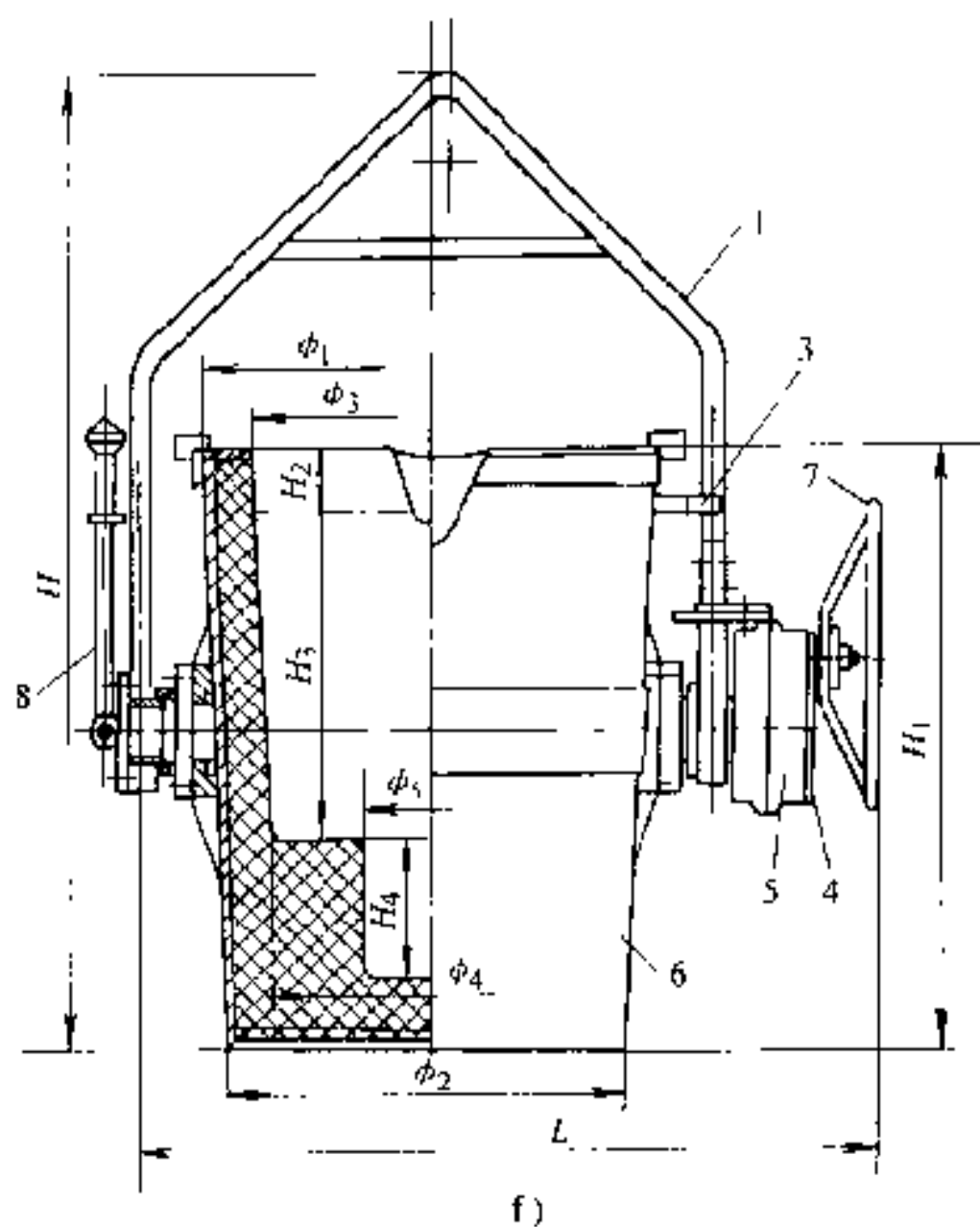


图 6 2 铁液包(绞)

- a) 握包 b) 抬包 c) 单轨吊包 d) 桥式起重机吊包  
 e) 茶壶式包 f) 球墨铸铁包(尺寸见表 6 11)
- 1—吊架 2 安全卡 3—挡渣板 4—剩余铁液指标装置  
 5 自锁蜗轮减速器 6 包体 7—手轮 8—稳包把手  
 9—茶壶嘴 10—齿条升降机构 11—护盖

表 6-9 铸铁浇包的应用

浇包形式	容量/kg	特点	应用
筒易浇包			
握包	$\leq 20$	1 个人手握包柄浇注	只适用于浇注小铸件
抬包	50~150	2 个人(或 4 人, 6 人)抬着包浇注	浇注中、小铸件
单轨吊包	$< 200$ 200~500	借助行走机构和升降器可使浇包移动和上下升降到所需位置。包口有护盖	供造型生产线上浇注中、小铸件
普通吊包			
桥式起重吊包	500~2000	1. 包上有专用的剩余铁液指示装置, 可随时知道包内铁液重量 2. 设有安全卡和自锁蜗轮, 吊运安全	浇注中、大铸件
茶壶式浇包	500~5000	在包内靠近包嘴处筑有挡渣隔墙, 便于挡渣	浇注重要的中、大件
球墨铸铁浇包	1000~2000	1. 包内深度 $H$ : 内径 $D = 1.5 \sim 1.8$ 2. 球化处理工艺简单	浇注球墨铸铁件

浇包的规格:浇包一般为上大下小的锥桶形,最外层是钢板制成的包壳,内层是耐火材料砌成的包衬。锥筒形浇包主要尺寸见表 6-10。

球墨铸铁浇包主要尺寸,见表 6-11 和图 6-21。

表 6-10 普通锥筒形浇包

包体主要尺寸 (mm)

序号	浇包容量	包壳内部尺寸			包壳钢板厚度		包衬厚度	
		上端直径	下端直径	高度	侧壁	包底	侧壁	包底
1	10kg	160	150	165				
2	15kg	175	165	185				
3	20kg	185	175	195	2~3	2~3	15	20
4	50kg	200	185	210				
5	50kg	225	210	235			20	25
6	80kg	260	240	270				
7	100kg	335	310	345	3~4	1~3	25	30
8	150kg	370	340	380				
9	300kg	470	435	480	4~6	5~8	35	50
10	500kg	550	510	560				
11	1t	690	640	710	5~8	6~10	40	60
12	2t	860	800	890			50	70

(续)

序号	浇包容量	包壳内部尺寸			包壳钢板厚度		包衬厚度	
		上端直径	下端直径	高度	侧壁	包底	侧壁	包底
13	3t	990	920	1030	6~10	8~12	60	80
14	5t	1160	1080	1210			70	90
15	10t	1550	1460	1600	13~16	12~20	120	150
16	15t	1710	1610	1770				
17	20t	1900	1780	2000	16~20	16~25	135	200
18	25t	2050	1900	2150				
19	30t	2150	2000	2300			150	250
20	35t	2250	2100	2450				

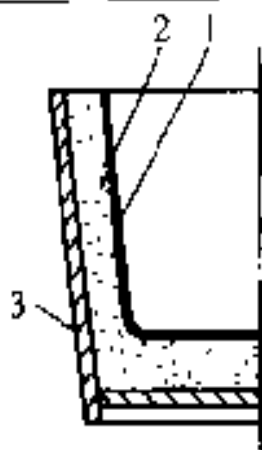
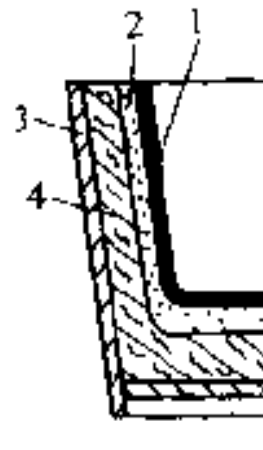
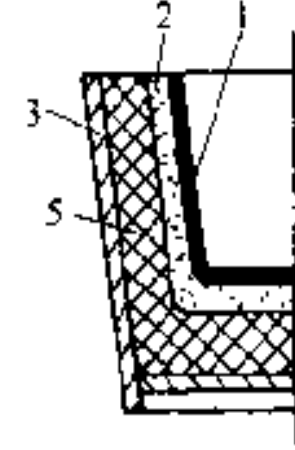
表 6-11 球墨铸铁浇包主要尺寸 (mm)

序号	容量 /t	包内腔尺寸				凹坑尺寸		包壳外部尺寸			最大轮廓尺寸	
		$\phi_3$	$\phi_1$	$H_2$	$H_3$	$\phi_5$	$H_4$	$\phi_1$	$\phi_2$	$H_1$	$H$	$L$
1	1	614	540	100	618	220	220	772	658	952	1634	1236
2	2	754.4	656	120	820	276	280	926	779	1200	1870	1330





表 6-13 修包方法

浇包按容量分类/kg	<30	30~1000	>1000
包衬结构			
	1—涂料层 2—软材料 3—包壳 4—硬材料 5—耐火砖		
新包砌筑方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在包壳内, 先搪好一层软材料</li> <li>2. 后在软材料的表面上刷一层涂料</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在包壳内, 搪一层硬材料 (即挂一层老瓷)</li> <li>2. 晾干</li> <li>3. 再搪一层软材料</li> <li>4. 最后, 刷一层涂料</li> </ol> <p>硬材料较硬, 不易脱落, 起隔离金属液、保温和防止熔穿包壳的作用</p> <p>软材料较松, 易脱落, 便于清理粘附在包衬表面上的残渣和金属</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在包壳内, 筑砌耐火砖</li> <li>2. 在耐火砖上搪一层软材料</li> <li>3. 最后刷一层涂料</li> </ol>

(续)

浇包按容量分类·kg	< 30	30 ~ 1000	> 1000
旧包修补方法	<p>浇包在浇注中受高温金属液的冲刷力和化学作用会产生局部或较轻的损伤，应及时修补。方法如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 清除干净包内残渣和金属，在清铲时，不要垂直敲打包衬，以免振裂或损伤。不需修补处的光滑平整的薄渣层可不清除</li> <li>2. 在修补处，刷一层粘土浆，敷上耐火材料，敲打结实并修光</li> </ol> <p>若用耐火砖修补，新修砌的耐火砖与原有的耐火砖一要贴合紧密，二要砖缝错开，三要砖缝要小(≤2mm)，四要用耐火泥浆把砖缝填满</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 要注重包嘴的修补质量，以保证流出的金属液不散流</li> <li>4. 最后，在包衬上刷一层涂料</li> </ol>		

表 6-14 铁液包的烘烤方法

烘烤方法	中、小浇包	用专用烘包炉或随砂型一起进烘干炉烘烤
	大型浇包	用以煤气或燃油为燃料的烘包器烘烤

(续)

操作方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 修好的包，自然晾干 4~8h</li> <li>2. 加热初始，应低温慢火，不宜加热过急</li> <li>3. 烘烤温度应达到 600℃ 左右(包衬呈红色)</li> <li>4. 检查烘烤质量、观察包壳上排气眼仍有水汽往外冒，说明未干，需要继续烘烤</li> <li>5. 包衬上有裂纹，须用衬料填平修光、烘下，以防金属液钻入熔穿包壳</li> </ol>
浇包使用温度	≥200℃

## (三) 浇注温度(表 6-15)

表 6-15 灰铸铁件的浇注温度

铸件特征	铸件壁厚/mm	浇注温度/℃
复杂的薄壁铸件	<10	1350~1420
	10~15	1320~1400
	15~25	1310~1380
中等复杂铸件	10~20	1320~1400
	20~30	1300~1380
	30~50	1280~1360
形状简单的厚壁铸件	50~100	1250~1340
	>100	1230~1300

注：1. 高牌号铸铁浇注温度取中上限。

2. 表中为光学高温计温度，未修正。

#### (四) 浇注速度

生产中常用浇注时间表示浇注速度。对一铸件而言，浇注时间长，意味着浇注速度慢，反之，意味着浇注速度快。适宜的浇注时间，应根据铸件重量、壁厚、结构、技术要求等综合考虑而定，铸铁件浇注速度一般原则和灰铸铁件浇注时间，分别见表 6-16 和表 6-17。

表 6-16 铸铁件浇注速度的一般原则

浇注速度	对铸件质量的影响	原则要求
较高	可使金属液较快充满型腔。能防止浇不足，减少金属液氧化，减少铸件各部的温度差，从而避免产生裂纹	1. 薄壁、形状复杂或具有大水平面的铸件，要采取快速浇注 2. 厚实、形状简单的铸件，宜采取慢速浇注
过高	对型腔冲刷力增大，易产生冲砂	
较低	能增大铸件各部温度差。浇注时能使铸件的缩孔集中，利于补缩	
过低	使型腔受热烘烤时间长。易使砂型翘起脱落。易产生裂纹、冷隔、夹渣等	

表 6-17 灰铸铁件浇注时间

铸件重量/kg	5~6	10~50	50~100	100~250	250~500	500~1000	1000~5000
浇注时间/s	3~4	4~9	9~12	12~20	20~28	28~40	40~85

## (五) 铸铁浇注技术要点(表 6-18)

表 6-18 铸铁的浇注技术要点

序号	技 术 要 点	方 法
一、浇注准备	一掌握四检查	<p>掌握所浇砂型的摆放位置、铸件名称、牌号、重量及浇注顺序</p> <p>一查砂型：箱卡或螺栓是否上紧；压铁量是否足够且安放位置是否影响浇注操作；浇口杯或浇口圈是否放置稳当。以免浇注时抬型跑火</p> <p>二查浇包：是否烘干、是否预热；包衬是否完整；数量是否足够、吊包的操作机构是否灵活可靠</p> <p>三查保温材料及用具：保温、聚渣、引火材料是否准备好，阻止跑火所需材料与用具是否到位。以便紧张的浇注操作忙而不乱有序进行</p> <p>四查场地：浇注场地地面不许有积水，浇注通道必须畅通</p>
二、浇注技术	1. 扒渣	<p>1. 金属液出炉后，从包嘴的后面或侧面将液面上熔渣扒除干净，并覆盖保温聚渣材料。不要碰坏包嘴上的涂料层，影响浇注</p> <p>2. 浇注前需再次除去液面上的熔渣，以免浇入铸型造成夹渣</p>

(续)

序号	技 术 要 点	方 法
一、浇注技术	1. 浇 注	<p>1. 掌握好浇注顺序 一包铁液浇注多个砂型时，一般先浇薄壁复杂件和大件，后浇口、小件和厚壁简单件 熔化初期的铁液温度低，含硫高，一般只浇注芯骨和不重要的铸铁件</p> <p>2. 浇注时，应将包嘴靠近浇口杯，挡渣棒放在包嘴附近的液面上，防止浇包中熔渣随液流流入浇口杯</p> <p>3. 浇速：浇注开始缓慢给流，防止飞溅、氧化；随后全速浇注，保持浇口杯充满，不得中断，以免偶尔流入浇口杯中的熔渣进入砂型，当砂型将要浇满时，适当降低浇速，减小抬型力，防止抬型，便于气体排出，避免铁液从冒口大量溢出</p> <p>4. 有明冒口的时候，在注满后，稍停片刻，再点冒口。浇注结束，向冒口顶面加覆盖保温剂，提高冒口补缩能力</p>
	3. 引 火	<p>浇注开始后，立即将出气孔、冒口、芯头处逸出的气体点燃，以利型腔中的气体和砂型(芯)中产生的气体快速排出</p>

(续)

序号	技 术 要 点	方 法
二、浇注技术	4. 去压铁	<p>1. 浇注后应按规定时间去除压铁, 让铸件自由收缩。中小型砂箱内的铸件浇注后 5~20min 内可去除压重或松开箱卡。大件, 按工艺规定解除砂箱紧固装置</p> <p>2. 去压铁太早, 易引起冷型跑火。去的太晚, 会增加铸件凝固冷却中的内应力, 产生裂纹</p>
三、浇注安全	<p>1. 穿戴防护用品</p> <p>2. 场地干燥、畅通</p> <p>3. 浇包吊具可靠</p> <p>4. 工具要干燥</p>	<p>1. 浇注工应按规定穿戴好劳动保护用品。非浇注人员在浇注时不得靠近</p> <p>2. 浇注场也要干燥, 不应有易燃易爆品, 浇注通道要畅通</p> <p>3. 浇包要烘干, 操作机构要灵活并可靠。两人抬包浇注时, 抬起和放下的动作要一致。桥式起重机浇注时, 吊钩、钢丝绳或链条不得有裂纹和损伤, 运送铁液时不得装得过满, 液面应低于包口 100mm, 桥式起重机移动必须鸣铃, 不得从现场人员上面经过</p> <p>4. 挡渣, 不得用生锈、潮湿、未预热的冷铁棒插入铁液内, 以免引起金属液飞溅。挡渣工不要站在包嘴的正面</p>

(续)

序号	技 术 要 点	方 法
二	5. 浇注台要牢固	5. 浇注高大铸件的砂型时, 浇注台要架设牢固, 方便, 以保安全。浇注中不得用眼睛正对冒口观察
浇注安全	6. 剩余铁液处理	6. 剩余铁液倾倒砂坑后, 干砂覆盖时不要全部盖严, 应露出局部液面以警示, 防误踏

### 三、非铁合金的浇注

(一) 铸造铝合金浇注工艺(表 6-19)

(二) 铸造铜合金浇注温度(表 6-20)

(三) 铸造锌合金浇注温度(表 6-21)

(四) 铸造轴承合金熔铸

性能优良、使用最广的铸造轴承合金是熔点低的锡基和铅基轴承合金, 统称巴氏合金。因其质地软而强度又低, 不适合于制作整体轴承, 而是将它们浇注在低碳钢(牌号 08、08F 或 10 号钢)钢壳表面, 作为双金属轴瓦材料。锡基和铅基轴承合金的熔铸见表 6-22。



表 6-19 铸造铝合金浇注工艺

合金代号	坩埚底部金属剩留量	保温浇注时间/h	总熔化时间/h	浇注温度/ $^{\circ}\text{C}$	注
ZL 101	150~200mm	2~3	4~6	680~780	
ZL-101A				680~750	
ZL-102				690~750	
ZL 104				680~760	
ZL-105				680~760	
ZL-201	金属总重量的 15%~20%	1~2	1~6	700~730	
ZL 203	150~200mm	2~3	4~6	700~760	
ZL-205A				700~750	
ZL 301	金属总重量的 15%~20%	2~3	4~6	680~710	采用有挡板的浇注
ZL 303				660~730	
ZL-305				680~740	
ZL 401	150~200mm	2~3	4~6	700~780	
ZL 402				680~750	

注：总熔化时间，砂型铸造不宜超过 4h，金属型铸造不宜超过 6h，压力铸造最长也不应超过 3h。

表 6 20 铸造铜合金浇注温度

合金牌号	合金名称	熔化温度 /℃	浇注温度/℃	
			壁厚<30mm	壁厚>30mm
纯铜		1230~1280	1200~1230	1150~1200
ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	3-8-6-1 锡青铜	1200~1250	1150~1200	1100~1150
ZCuSn3Zn11Pb4	3-11-1 锡青铜	1200~1250	1150~1200	1100~1150
ZCuSn5Pb5Zn5	5-5-5 锡青铜	1200~1250	1150~1200	1100~1150
ZCuSn10Pb1	10-1 锡青铜	1150~1200	1040~1090	980~1040
ZCuSn10Pb5	10-5 锡青铜	1200~1250	1140~1200	1120~1150
ZCuSn10Zn2	10-2 锡青铜	1200~1250	1150~1200	1100~1150
ZCuAl8Mn13Fe3	8-13-3 铝青铜	1180~1220	1160~1150	1040~1080
ZCuAl8Mn13Fe3Ni2	8-13-3-2 铝青铜	1200~1250	1060~1100	1020~1050
ZCuAl9Mn2	9-2 铝青铜	1200~1250	1140~1180	1120~1150

(续)

合金牌号	合金名称	熔化温度 / /℃	浇注温度 / /℃	
			壁厚 < 30mm	壁厚 > 30mm
ZCuAl9Fe1Ni4Mn2	9-4-4-2 铝青铜	1230~1300	1200~1250	1160~1200
ZCuAl10Fe3	10-3 铝青铜	1200~1250	1140~1200	1110~1150
ZCuAl10Fe3Mn2	10-3 2 铝青铜	1200~1250	1140~1200	1110~1150
ZCuZn38	38 黄铜	1120~1180	1060~1100	980~1060
ZCuZn25Al6Fe3Mn3	25 6-3-3 铝黄铜	1100~1160	1030~1080	980~1040
ZCuZn26Al4Fe3Mn3	26 1-3-3 铝黄铜	1100~1160	1030~1080	980~1040
ZCuZn31Al2	31-2 铝黄铜	1120~1180	1080~1120	1000~1080
ZCuZn35Al2Mn2Fe1	35-2 2-1 铝黄铜	1100~1150	1030~1060	960~1020
ZCuZn38Mn2Pb2	38 2-2 锰黄铜	1100~1150	1020~1060	980~1040
ZCuZn40Mn2	40 2 锰黄铜	1100~1150	1020~1060	980~1040

(续)

合金牌号	合金名称	熔化温度 /℃	浇注温度 /℃	
			壁厚 < 30mm	壁厚 ≥ 30mm
ZCuZn40Mn3Fe1	10-3-1 锰黄铜	1100~1150	1020~1060	980~1040
ZCuZn33Pb2	33-2 铅黄铜	1120~1160	1050~1120	1010~1060
ZCuZn40Pb2	40-2 铅黄铜	1100~1170	1030~1060	980~1040
ZCuZn16Si4	16-1 硅黄铜	1100~1150	1040~1080	980~1040

表 6-21 铸造锌合金的浇注温度

合金代号	ZAl1-1	ZAl3	ZAl8	ZAl11-1	ZAl11-5	ZAl27
浇注温度 /℃	400~430	410~440	425~480	430~485	415~470	510~590

表 6-22 锡基和铅基轴承合金的熔铸

I	序	方 法
轴承钢壳的清洗与镀锡	1. 脱脂与水洗	1) 采用质量浓度为 $\text{NaOH}$ 10% ~ 15% 的水溶液作为油脂清洗剂 2) 水洗 3) 脱脂检验: 用干净白色绸布或白纸, 擦拭钢壳表面, 检查有无污物
	2. 酸洗、水洗与沸水清洗	1) 酸洗液有两种: 盐酸 $\text{HCl}$ 溶液, 质量浓度为 10% ~ 15% 和硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 溶液, 浓度为 15% ~ 25% 2) 方法: 将钢壳浸入酸洗水溶液槽内 2 ~ 5min, 对大型轴瓦的钢壳如不能浸入酸洗槽内酸洗, 可用刷子浸酸后擦拭 3) 水洗 4) 沸水清洗 5) 钢壳表面酸洗后呈均匀银灰色光泽, 不能用手触摸, 以免沾上手指上的油脂
	3. 涂保护剂	在不镀锡的钢壳表面涂一层涂料, 干燥后起保护作用。保护涂料配方有三种(质量分数): 白垩粉 1% + 水胶 1% ~ 2% + 水 3% 或白垩粉 2% + 水玻璃 2% + 水 1% 或粘土 1% + 适量水, 调成稀糊状使用

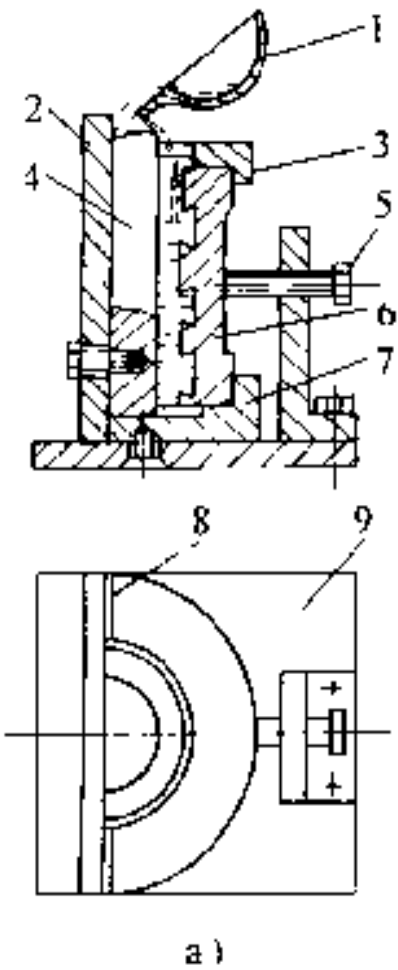
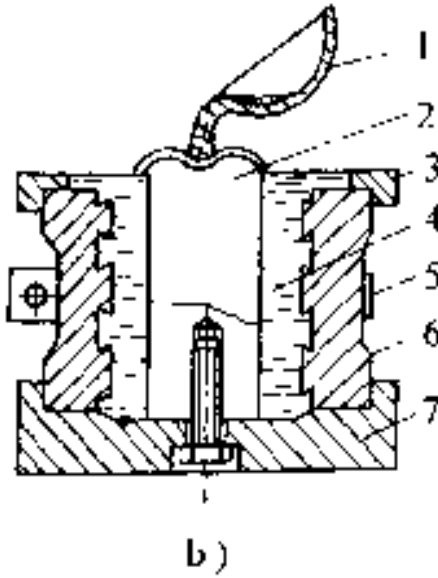
(续)

工 序	方 法
1. 涂溶剂	<p>镀锡前，在钢壳表面涂一层饱和的氯化锌水溶液。消除钢壳表面清洗后重新形成的氧化膜</p>
、轴承钢壳的清洗与镀锡	<p>镀锡层应薄而均匀。锡基轴承合金镀锡时采用纯锡。铅基轴承合金采用焊锡(质量分数: Sn60%, Pb40%)</p>
	<p>方法: 将纯锡或焊锡放在镀锡槽内熔化并升温到 270~300℃。然后, 将预热至 120℃左右的钢壳全部浸入槽内, 待锡液停止冒泡时将钢壳取出。若钢壳尺寸较大或没有镀锡槽时, 可将清洗后的钢壳加热到 300~350℃, 然后, 涂刷一层氯化锌溶液, 接着, 用纯锡条或焊锡条, 在钢壳表面往复涂抹, 使其熔化, 并用刷子将已熔化的锡液均匀地涂挂于钢壳表面</p> <p>检查: 钢壳镀锡表面呈银白色, 光亮如镜, 锡液能在工作面上流动, 则表明镀锡良好。呈浅蓝色, 表明锡液温度过高, 镀锡表面已氧化。表面出现黑斑, 表明钢壳局部表面没有清洗干净, 未镀上锡</p>

(续)

工	序	方 法
二、合金熔炼要点	锡基轴承合金	<p>1. 将干燥木炭加在坩埚底部，坩埚预热到200℃左右，加入<math>\frac{1}{3}</math>总锡量和全部铜，当料全熔后，加入预热过的锑粒，并不断搅拌，待锑全部熔化后，清渣</p> <p>2. 加入剩余的锡，当合金液升温到浇注温度时，可恒温1h，以使合金成分均匀</p> <p>3. 将合金液搅拌后，用质量分数为0.05%~0.1%的脱水氯化铵精炼。如果长时间连续浇注，可每隔1h精炼一次，静置一定时间后，扒去炉渣，即可浇注</p>
	铅锑轴承合金	<p>熔炼工艺和锡基轴承合金的基本一样。不同之处是：</p> <p>1. 熔炼开始时，一次加入全部锡和铜</p> <p>2. 锑全部熔化，并在清渣后，加入全部铅</p> <p>1. 将坩埚预热到暗红色，先加入<math>\frac{1}{3}</math>纯铅，加热至700~750℃，然后，分批加入锑粒，使锑全部熔化</p> <p>2. 清除液面上的氧化层，在660℃时加入块状砷，并用力搅拌促使其熔化。然后，加入其余的铅。在420~450℃时，最后加入铜和锡</p> <p>3. 如果炉渣过多，可在液面上撒适量的白蜡，使氧化渣还原，并与合金液分离</p> <p>4. 用质量分数为0.05%~0.1%氯化铵精炼，静置2~4min后，扒渣，浇注</p>

(续)

工 序	方 法
二、合金的浇注（重力浇注）要点 浇注工艺简图	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p>a) 半圆形轴瓦的浇注</p> <p>1—勺子 2—芯板</p> <p>3—半圆铁环 4—金属芯</p> <p>5—压紧螺钉 6—钢壳</p> <p>7—底座 8—石棉纸板 9—底板</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>b) 圆形轴瓦的浇注</p> <p>1—勺子 2—芯子</p> <p>3—铁环 4—金属液</p> <p>5—夹紧环 6—钢壳</p> <p>7—底座</p> </div> </div>



(续)

	序 号	方 法
三、合金的浇注重力浇注要点	1. 预 热	浇注前浇注工具应预热。金属芯涂一层石墨，并在装配前预热
	2. 轴瓦温度	严格控制镀锡轴瓦温度，应达到 250~270℃，使锡层处于液体状态
	3. 浇注温度	严格掌握浇注温度，控制在合金液相线温度以上 70℃左右
	4. 连续、均匀快速浇注	浇注时，金属液要连续不断，均匀快速地流入型腔，避免卷入空气和氧化
	5. 搅 拌 与 补 浇	浇注后，需用红热的铁棒，在型内轻轻搅动，以利夹杂物上浮、气体排出和合金液的补缩。当凝固接近顶部时，应补浇合金液，供补缩
	6. 喷 水 冷 却	在轴瓦底部喷水冷却，促使合金液从下而上地定向凝固

## 第七章 铸件落砂与清理

落砂与清理是铸件生产过程最后一道工序。工序的目标是获得铸件优良的表面质量和改善内部质量。为此,在这些工序中,应完成落砂除芯、去除浇冒口、表面清理与铲磨、热处理、缺陷修补、涂装等工作并进行质量的鉴别。

铸件材质、复杂程度、重量大小、技术要求、上道工序执行情况、生产方式和批量不同,则铸件清理工作的程序也不相同。

图 7-1 是铸钢件单件小批生产条件下的清理程序。

图 7-2 是灰铸铁件单件小批生产条件下的清理程序。

### 一、铸件的落砂

从砂型内取出铸件的操作,叫落砂,也称打箱。

#### (一) 铸件在砂型内的冷却时间

浇注后,铸件在砂型内应有足够的冷却时间,才能开始落砂。提早落砂,铸件的强度和韧性不够,易产生变形和裂纹;过晚落砂,将延长生产周期,降低生产率。

##### 1. 铸钢件在砂型内的冷却时间

(1) 对一般形状铸钢件,应在砂型内冷却到 250~450℃ 方可落砂称之为冷打箱工艺。铸件在砂型内的冷却

时间见图 7-3~图 7 5 所示。

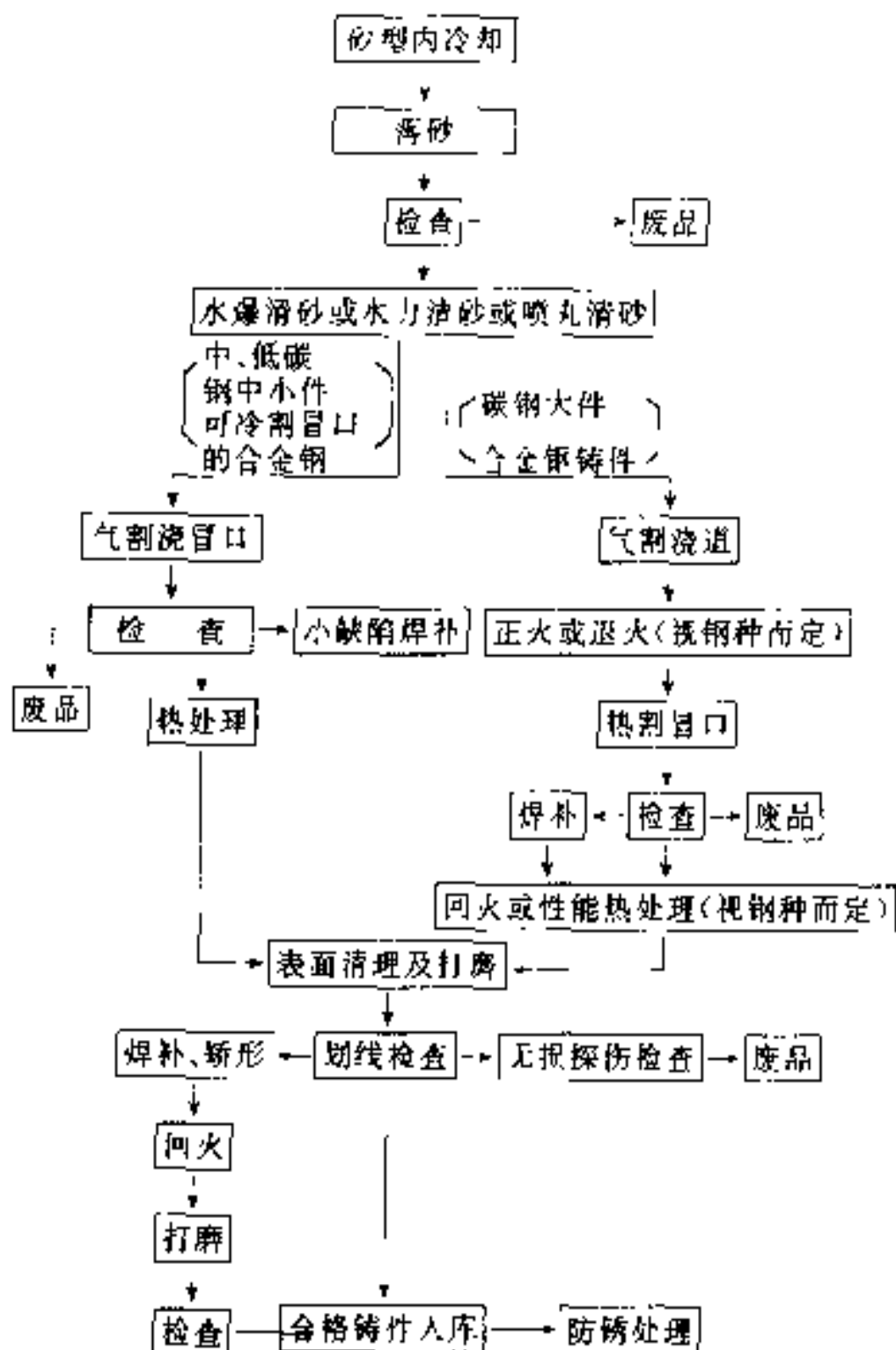


图 7-1 铸钢件清理程序

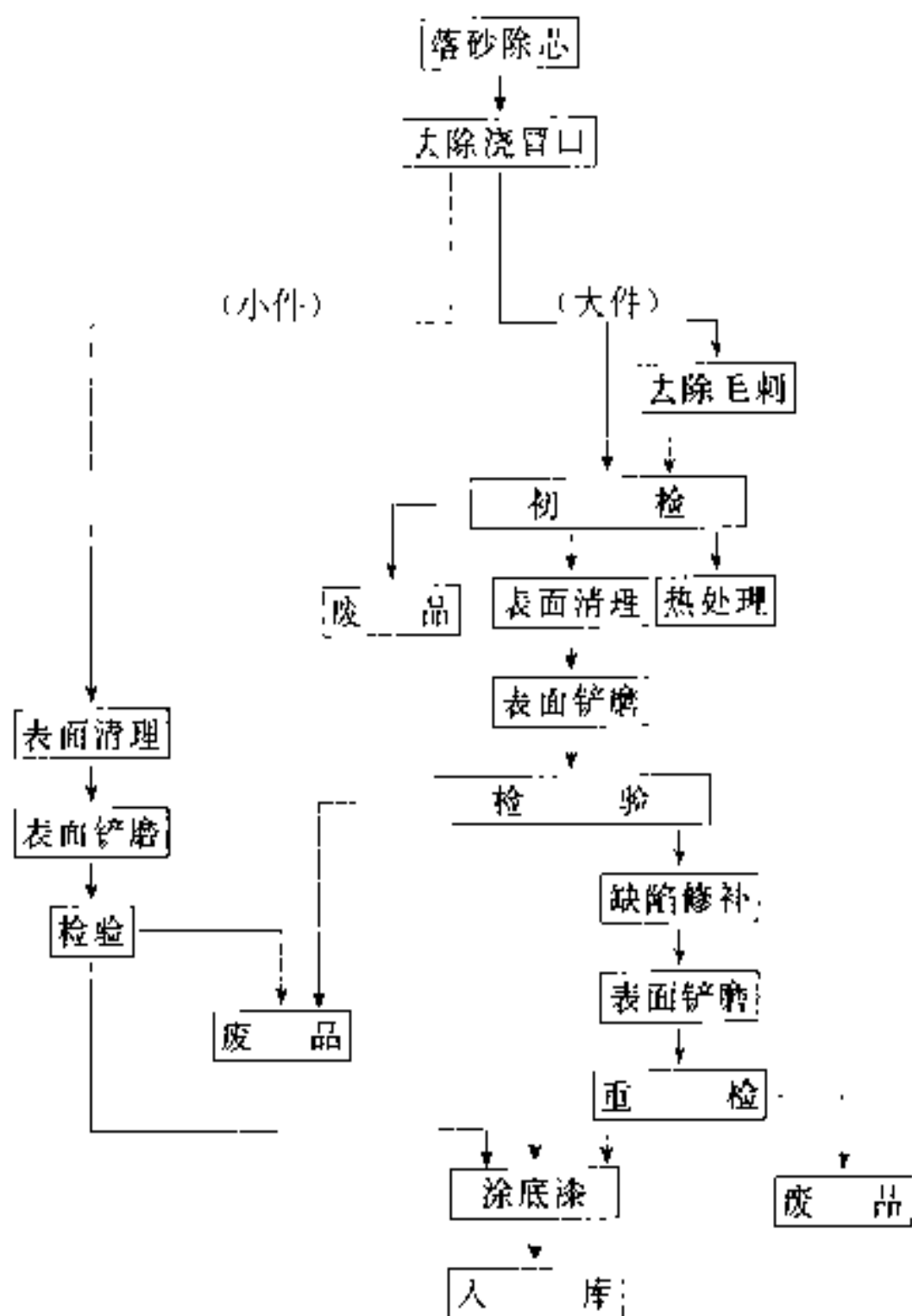


图 7-2 灰铸铁件清理程序

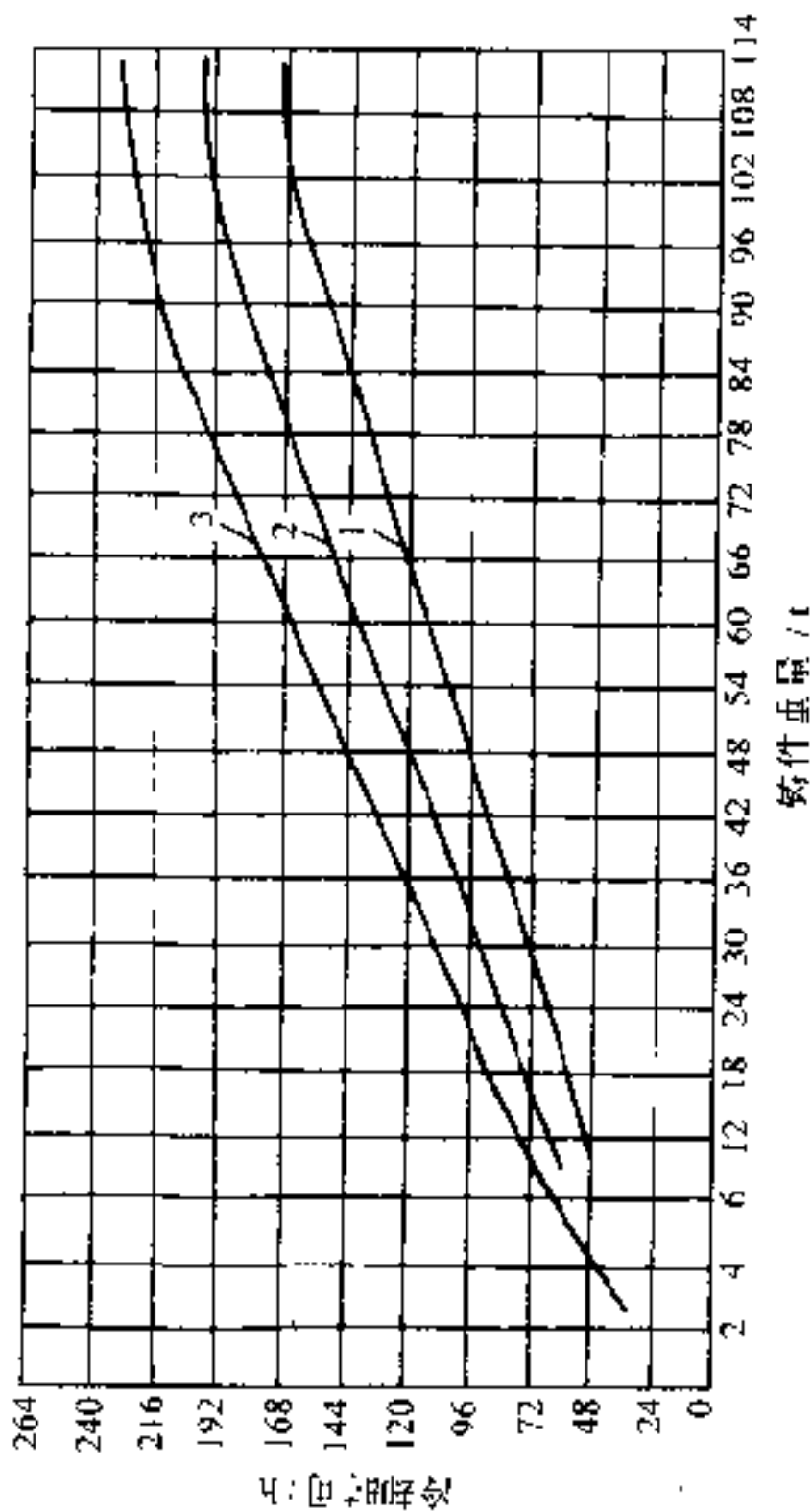


图 7 3 大型碳素铸钢件在砂型内的冷却时间

1 大多数壁厚 36~80mm 的铸件 2- 大多数壁厚 81~200mm 的铸件

3 大多数壁厚大于 200mm 的铸件

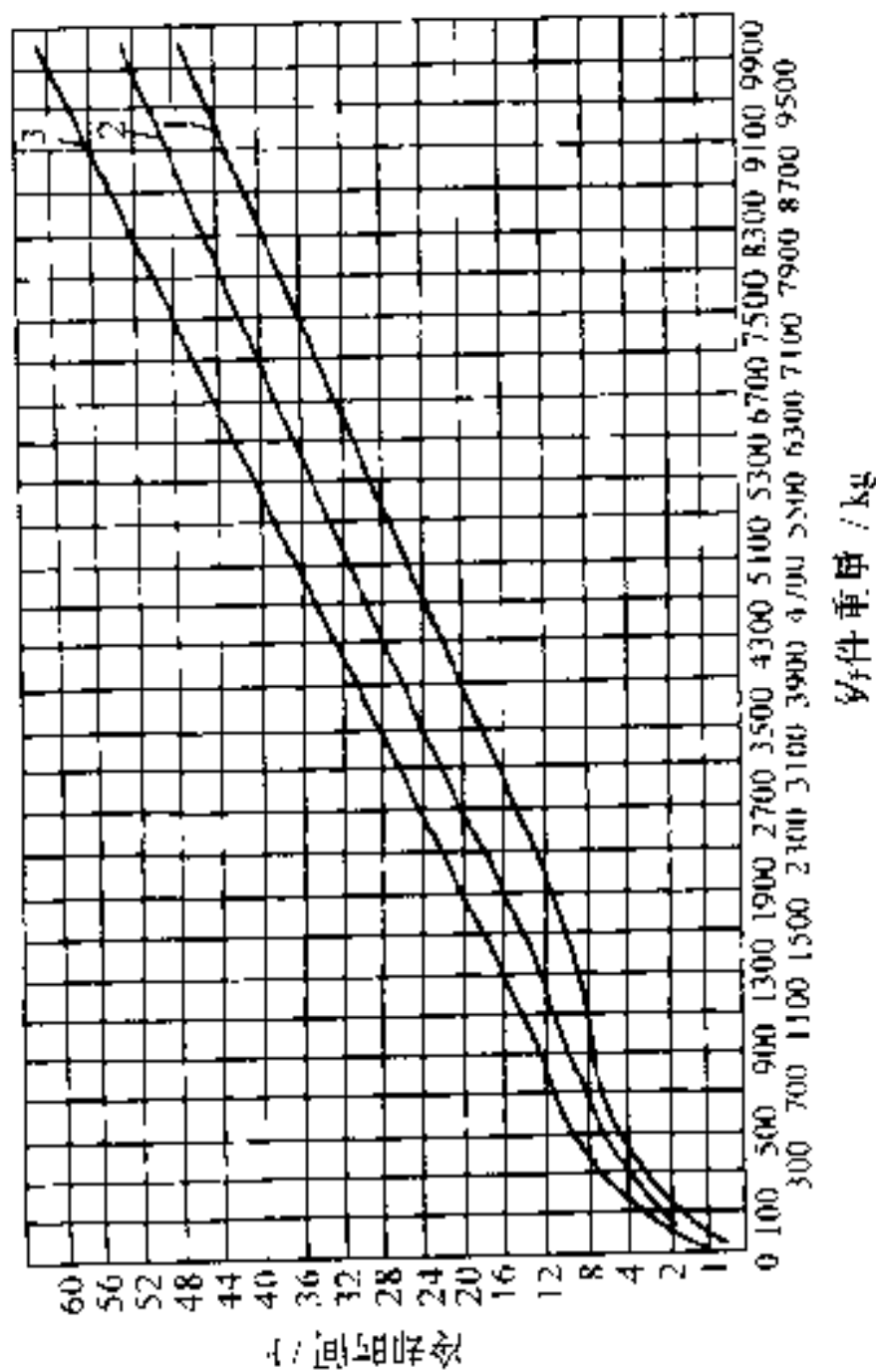


图 7-1 中、小型碳素钢铸件在砂型内的冷却时间

- 1 大多数壁厚小于 35mm 和局部较厚的铸件
- 2 大多数壁厚 36~80mm 和局部较厚的铸件
- 3 大多数壁厚 81~200mm 和局部较厚的铸件

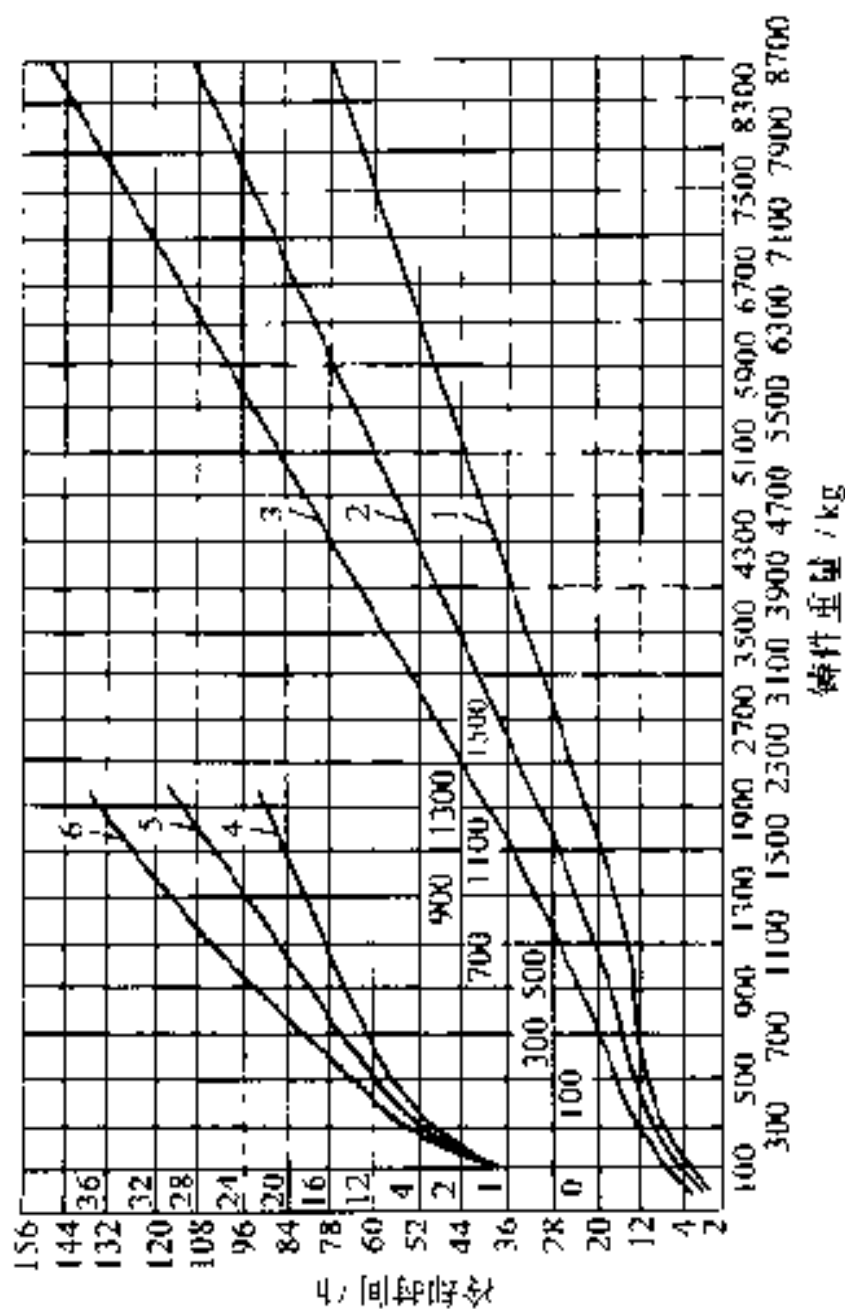


图 7-5 Zr310-570 和合金钢铸件在砂型中的冷却时间

- 1、4 - 大多数壁厚小于 35mm 和具有局部较厚的铸件  
 2、5 - 大多数壁厚为 35~80mm 和具有较厚的铸件  
 3、6 - 大多数壁厚为 81~150mm 和具有较厚的铸件  
 1、2、3 为碳素钢铸件 4、5、6 为合金钢铸件

(2) 对形状极其复杂、截面厚度相差悬殊或因砂型退让性太差,容易引起铸件产生裂纹时,不采用冷打箱工艺而采用热打箱工艺。

热打箱工艺,是指趁铸件在红热状态下快速打箱,而后立即放入保温坑内或用保温材料覆盖起来,使其缓慢冷却,尽可能在自由状态下收缩。对铸件质量会有明显提高。

2. 铸铁件在砂型内的冷却时间 一般铸铁件在砂型内冷却到  $300\sim 500\text{C}$ , 易冷裂和变形的铸铁件冷却到  $200\sim 300\text{C}$ , 易热裂和需要提高强度和硬度的铸铁件冷却到  $800\sim 900\text{C}$  时, 方可开箱落砂。

(1) 中、小型铸铁件的冷却时间, 见表 7-1。

(2) 大型、重型铸铁件的冷却时间, 见表 7-2 和表 7-3。

表 7-1 中小型铸铁件冷却时间

铸件重量 kg	铸件壁厚/mm	冷却时间/min
<5	<8	20~30
5~10	<12	25~40
10~30	<18	30~60
30~50	<25	50~100
50~100	<30	80~160



(续)

铸件重量/kg	铸件壁厚/mm	冷却时间/min
100~250	<40	20~300
250~500	<50	240~600
500~1000	<60	480~720

注：薄壁、重量轻的铸件，冷却时间取下限值，反之，取上限值。

**表 7-2 砂箱造型，重大型铸铁件冷却时间**

铸件重量/t	冷却时间/h
1~5	10~36
5~10	36~54
10~15	54~72
15~20	72~90
20~30	90~126
30~50	126~198
50~70	198~270
70~100	270~378

表 7-3 地坑造型、重大型铸铁件冷却时间

铸件重量 t	冷却时间 h
1~5	12~48
5~10	48~72
10~15	72~96
15~20	96~120
20~30	120~168
30~50	168~264
50~70	264~360
70~100	360~504

## (二) 落砂方法

1. 机械落砂除芯 机械落砂除芯设备类型有机械振动落砂机、滚筒式落砂机、风动除芯机等。其中应用最为普遍的是机械振动落砂机。

机械振动落砂机多以振动电机驱动。但按激振机理不同分为偏心振动落砂机和惯性振动落砂机。在单件小批生产及成批生产的车间,惯性振动落砂机应用的最多。振动落砂机的规格,见表 7-4。

2. 水爆清砂除芯 水爆清砂是将浇注冷却到一定温度的铸型开箱,将铸件连同其中的砂芯浸入水中,使水

表 7-4 机械振动落砂机规格

类 型	型 号	负 荷/t	栅 格 尺 寸 /mm	振 幅 /mm	功 率/kW	重 量 /t	外 形 尺 寸 长/mm×宽/mm× 高/mm
偏 心 振 动 落 砂 机	L113	2.5	1600×1600	3~6	10	3.4	2700×2400×1200
	L121	1	1600×1000	3	4	1.2	2100×1700×1100
冲 击 式 惯 性 振 动 落 砂 机	L134	4	1600×1400		4	2.1	2000×1700×1000
	L128	7.5	1800×1400	1	7.5	2.3	2300×2000×1000
	L138	8	2500×2080	35.7	17	5.04	2704×2500×1214
	L1310	10	2500×1900		13	5.3	2500×2500×1200

迅速地渗入砂型和砂芯中，利用铸型在浇注后的余热使水气化，迅速膨胀发生爆炸，而把铸件上的型砂、砂芯爆除。水爆清砂除芯方法效率高，无粉尘危害，可回收大量旧砂和芯骨。对大、中型铸件的表面清理和除芯效果尤为显著。但由于水爆清砂使铸件易产生微裂纹，因此不适用于高碳钢、合金钢及重要铸件。对中、大型低碳钢铸件目前尚有少量应用但使用得越来越少。

3. 水力清砂 水力清砂是利用高压泵输出的高压水，经管道输送到喷枪的喷嘴喷出，形成高压射流，射向铸件表面，以清除砂芯和粘附砂层的一种清砂方法。

水力清砂除芯效率高，芯骨和旧砂可回收再生，是湿法作业无粉尘危害。多用于大中型铸铁件的清砂、弥补了水爆清砂的不足，尤其适用于一些大型铸钢件、易裂铸钢件和高碳钢、合金钢以及不易水爆的铸钢件。但由于水力清砂能耗大、结构复杂、效率低，目前应用不多。

水力清砂的操作程序见图 7-5

水力清砂注意事项：

1) 待清理的铸件温度不能太高( $< 200^{\circ}\text{C}$ )，以免在水的激冷下铸件开裂。

2) 铸件在台车上摆放位置，应使喷枪喷射铸件时射流畅通无死角。

3) 调整好喷嘴与铸件间距后，水枪前后移动机构一定要锁紧，以防在反作用下突然退出伤人。



图 7-6 水力清砂操作程序

- 4) 严禁随意调整安全阀和松动高压部位螺栓。
- 5) 注意观察高压泵运行状况和压力变化。

(1) 正常运行时，高压泵声音清晰，无明显杂音，压力表指针波动小，压力较稳定。

(2) 异常时，应停车检查。当压力突然增大，应打开泄水阀检查是否有异物堵塞喷嘴。

(3) 停车前先打开泄水阀，后切断电源。在冬季，须关闭进水阀，放出高压泵内存水，以防冻裂。

(4) 清砂困难时，可采用高水压、小喷嘴。

## 二、铸件的清理

### (一) 浇冒口去除

#### 1. 浇冒口去除的方法(表 7-5)

表 7-5 铸件浇冒口去除方法

序号	去除方法	指 施	应 用
1	锤击敲 断法	用大锤按规定的锤击方向敲 断浇冒口	各种铸铁件
2	机械 冲、锯、切 法	用移动式多向气动锤冲 用圆锯机、带锯机、弓锯机 锯 用砂轮切割机切除	中小型轴类 球墨铸铁件和 可锻铸铁件
3	等离子 切割	利用等离子体电弧进行切割	各种铸铁 件、铸钢件

(续)

序号	去除方法	措 施	应 用
4	导电切割	利用具有一定机械压力和速度的工具电极(阴极)与被切割铸件(阳极)接触所产生的电弧放电来切割铸件浇冒口	成批生产的小而硬脆的铸铁件
5	电弧气刨	利用碳电极与铸件间产生高达 6000~7000℃ 的电弧来熔化金属,借助压缩空气将熔融的金属液吹除,以达切除铸件浇冒口	各种铸铁件、铸钢件
6	氧乙炔焰气割	用氧乙炔焰产生高温气流切割浇冒口	主要用于铸钢件

2. 氧—乙炔焰气割 气割过程的实质就是金属燃烧。即用氧—乙炔火焰对被切割的金属预热,预热了的金属在氧气中燃烧并放出燃烧热,氧气流将熔化的金属氧化物吹掉,从而达到切割目的。

(1) 氧气、乙炔气压力及加氧管(表 7-6)。

表 7-6 氧气乙炔气工作压力及加氧管

冒口直径 $D$ 或宽度 $B$ mm		<500	500~800	800~1000	>1000
工作 压力 MPa	氧气	0.59	1.98	0.98	0.98
	乙炔气	0.029	0.029	0.029	0.029
加氧管 规格	直径 $\phi$ mm		8	8	8
	数量 个	—	1	1~2	2

(2) 冒口切割余量及修整规定(表 7-7)

(3) 冒口热割的规定 冒口均是在清砂后气割。气割前,冒口根部清理区高度应高出切割余量 30~50mm。冒口的气割有冷割和热割。冒口直径小于 500mm 的一般铸钢件都是在室温下气割,称之为冷割。而有些铸钢件,例如高碳钢铸件、某些合金钢铸件、冒口尺寸较大及结构复杂铸钢件,在热处理前存在较大内应力,气割时易产生



裂纹，为避免裂纹，需要采用冒口热割工艺。见表 7-8

表 7.7 冒口切割余量及修整规定

冒口直径 $D$ 或 宽度 $B$ /mm	切割余量 $S$ /mm	修整规定
<100	+3 -1	1. 留冒口切割余量的目的是为 防止因气割而在接近冒口根部的铸 件上产生裂纹
101~200	+5 2	2. 若冒口设在加工面上，切割余 量可修整
201~300	+8 -2	3. 设在非加工面上的冒口，如果 切割余量影响铸件外观质量，或影 响与其它零件装配时，应修整到铸 件表面齐平
301~400	+12 -2.5	4. 补贴修整规定同 3
401~500	-16 -3	5. 浇道工艺肋气割后残根修整 与铸件表面齐平
501~600	+20 3	
601~800	+30 -4	
801~1000	+40 -4	
1001~1200	+60 -5	
>1200	+70 5	

表 7-8 冒口热割的规定

铸钢件牌号	热割温度 (°C)	热割规定
ZL230-450	150	1. 冒口直径大于 500mm 时热割 2. 可利用落砂后铸件余热切割 3. 可局部加热切割 4. 对齿轮件全部热割冒口
ZL270-500		
ZL35MnSi		
ZG20MnSi		
ZG15Cr1Mo		
ZG20CrMo	200	1. 可利用落砂后铸件余热热割 2. 可清砂后局部加热热割 3. 可利用止火后余热热割 热割后进行热处理
ZG22CrMo		
ZG310-570		
ZG35SiMn		
ZG42SiMn		
ZG35SiMnMo		
ZL35CrMnMo		
ZG40Cr		
ZG40CrMn		
ZG40CrV		
ZG35CrMnSi		
ZG1Cr13		

(续)

铸钢件牌号	热割温度/ $^{\circ}\text{C}$	热割规定
ZG15Cr2Mo <sup>1</sup>	>150	利用正火后余热热割, 割后回火
ZG20CrMoV	>300	利用退火后余热热割, 割后热处理
ZG15Cr1MoV		

基体为马氏体或马氏体+铁素体组织的高合金钢铸件, 需热割冒口

注: 热割后的冒口应留在原来位置上保温 24h 后方可吊走。如果冒口脱离了铸件, 应将铸件进炉保温缓冷。如果冒口较小可在气割面上撒盖干砂保温缓冷。

(4) 高锰钢铸件冒口的切割 高锰钢铸件由于导热性差、气割冒口时易产生裂纹。

1) 当采用边冒口、易割冒口、扁平内浇道时, 水韧处理前可用锤击掉浇冒口。

2) 水韧处理前气割较大冒口时, 气割余量大于 50mm。

3) 对尺寸较大顶冒口, 应将铸件浸入水中, 冒口露出水面气割; 水韧处理后再气割冒口残根, 且边割边用水冷却。

4) 不影响装炉的大冒口, 可水韧处理后气割, 边割

边浇水冷却。

(5) 普通冒口气割工艺中,小冒口可用单枪法切割,大冒口可用单枪法和加氧法两种气割。

加氧法气割冒口,是先借助割炬用氧乙炔焰将冒口切割处预热到高温(割炬作用是预热和扩大割口),然后用内径 $\phi 8\text{mm}$ 铜管或紫铜管作加氧管吹氧(压力 $1\sim 1.5\text{MPa}$ ),吹出的氧气流使割口处的金属剧烈氧化燃烧,并吹去燃烧生成的氧化物,随吹氧管的移动将冒口割除。加氧气割冒口时割口宽度,见表7-9。

表 7 9 加氧气割冒口时割口宽度

冒口直径 $D$ 或宽度 $B$ , mm	割口宽度/mm
$< 500$	40~60
501~800	60~90
801~1100	90~120
$> 1100$	120~180

## (二) 铸件表面清理(表7-10)

表 7 10 表面清理方法

铸件表面 清理方法	工具与设备	应 用
手工清理	固定式、手提式、风铲、悬挂式砂轮机,挫、錾、锤等	单件小批生产的 铸钢件,铸铁件

(续)

铸件表面 清理方法	工具与设备	应用
滚筒清理	圆形滚筒清理机、多角形 滚筒清理机	批量生产的小型 铸钢件、铸铁件
喷丸清理	喷丸器、喷丸清理转台、喷 丸室	批量生产的铸钢 件和铸铁件
抛丸清理	抛丸清理滚筒、履带式抛 丸清理机、转台抛丸清理机、 抛丸清理室、抛喷丸清理机	批量生产的铸钢 件、铸铁件

1. 滚筒表面清理 是利用铸件和星铁一同在旋转的滚筒中滚动时相互摩擦和碰撞，进行表面清理。

(1) 滚筒清理机规格(表 7-11)

表 7-11 圆形清理滚筒型号

型号	滚筒 直径 /mm	转速/ (r/min)	装料 重/ kg	铸件最 大尺寸 /mm	生产率 / (t/班)	功率 /kW	重量 /t	外形尺寸 长/m×宽/ m×高/m
Q116	600	39	500	300×400	2.5~3	2.6	1.9	2.7×1 ×1
Q118	800	30	1500	600×500	6~8	10	4.3	4.4×1.5 ×1.3

(续)

型号	滚筒直径 (r mm)	转速 r/min	装料重 kg	铸件最大尺寸 mm	生产率 (t/班)	功率 kW	重量 t	外形尺寸 长×宽×高 m×m×m
Q1121200	1200	23		600×800	10~12	11.4	6.2	4.7×1.8 ×1.5

## (2) 滚筒清理机操作

1) 铸件重量和壁厚差别较大时,不能同批处理。同类小件可集中倒入,长而薄的件应顺滚筒长度方向用手放入。

2) 装入量为滚筒容量的 70%~80%。不宜太少。以免滚动时碰坏铸件。

3) 滚筒中加入占铸件重 30%~15%的星铁(尺寸 20~60mm),以提高表面清理质量。

4) 运转时间视清理效果而定,一般不小于 1h。

5) 装完铸件,先将盖关上、扣紧,然后才可开机。

6) 清完后,先关闭电动机,用制动器使滚筒停止旋转。使滚筒口停在便于出清铸件的位置,然后插上保险锁,打开盖出清铸件。

2. 喷丸表面清理 利用压缩空气将金属丸高速喷射到铸件表面,打掉铸件表面上的附着物。

### (1) 喷丸设备规格(表 7-12)

表 7-12 喷丸设备规格

名称	喷丸器			转台喷丸清理机	喷丸清理室
	Q2014	Q2014B	Q2511		
型号	Q2014	Q2014B	Q2511	Q135A	Q265A
容量/m <sup>3</sup>	0.11	0.14			
喷丸量/(t/h)	1~1.5	1~1.5	1~1.5	0.35~0.4	1~1.5×2
装丸量/kg	500	370	—	—	—
耗气量/(m <sup>3</sup> /min)	6	6.5×2	—	—	—
耗丸量/(kg/个)		2~5	—	—	—
喷嘴直径/mm	10	10	—	—	—
喷嘴数/个	1	2	—	—	—
转台直径/t.m	—	—	1100	1300	2000

(续)

名称		喷丸器	转台喷丸清理机		喷丸清理率
铸件重量 /kg	总重		100	150	5000
	单重	—	20	20	
铸件最大外形尺寸 长/mm × 宽/mm × 高/mm		—	300 × 300 × 200	350 × 300 × 200	1800 × 1500 > 1500
	生产率/(kg/h)		300 ~ 350	250 ~ 300	2000
重量/t		0.9	0.82	1.7	~ 10.6
功率/kW		—			3.1
外形尺寸 长/mm × 宽/mm × 高/mm		0.72 × 0.72	1100 × 530	1.1 × 1.3	5.7 × 5.3 × 4.2
		× 1.9	× 2200	3.1 × 1.9	内尺寸 4 × 3.6 × 2.78



(2) 喷丸器的操作 Q2014B 型喷丸器如图 7-7 所示。其操作程序如下：

- 1) 令转轴 2 和各阀处于关闭位置。
- 2) 从上罩 9 按装丸量将喷丸加入喷丸器中。
- 3) 打开进气蝶阀 14 和直通阀 15, 16。

4) 使三通阀 11 处于喷射位置, 如图 7-7a 所示。上室经转换开关与大气相通, 压缩空气一路进入混合室, 一路进入下室 5。下室阀关闭。上室阀在铁丸重力作用下开启, 铁丸落完后, 在弹簧作用下上室阀被关上。

- 5) 逐渐转动转轴 2, 使喷丸循序落下, 与来自进气

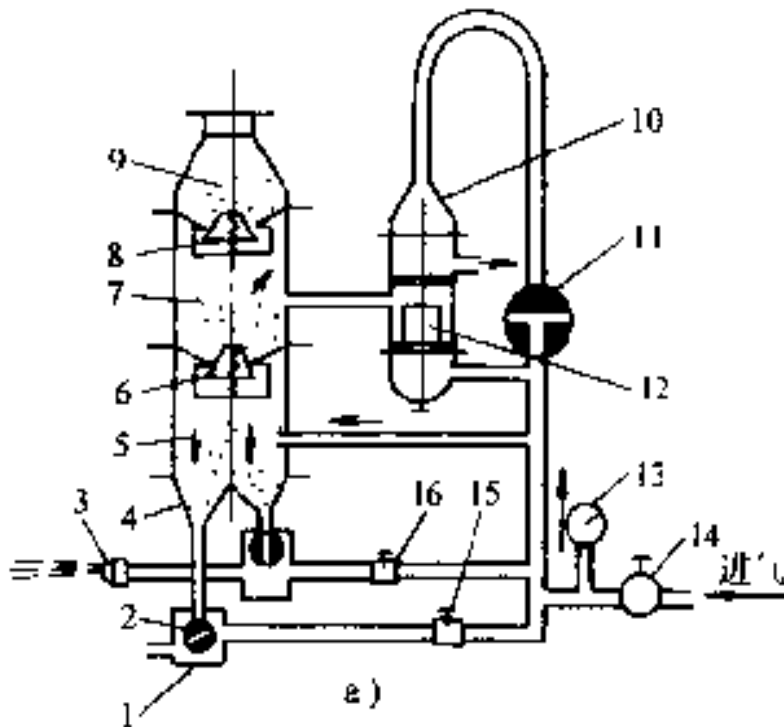


图 7-7 Q2014B 型喷丸器  
a) 喷射位置

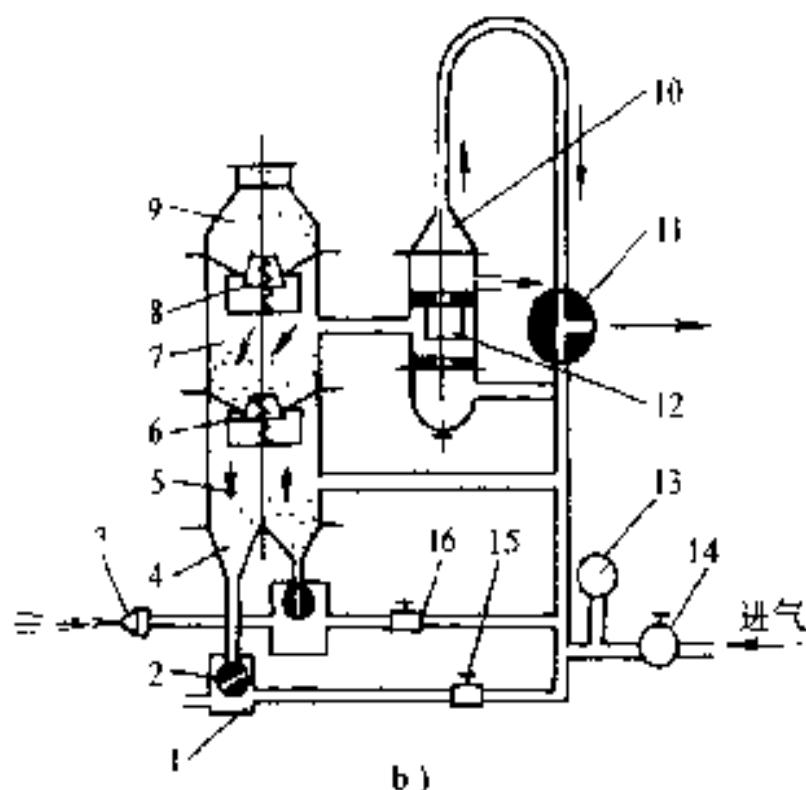


图 7-7 Q2014B 型喷丸器(续)

b) 停止喷射位置

- 1 混合室 2—转轴 3—喷嘴 ; 底座  
 5—下室 6 下室阀 7—上室 8 上室阀  
 9—上罩 10 转换开关 11 三通阀  
 12—转换开关活塞 13—压力表  
 14—闭锁蝶阀 15、16—直通阀

管的压缩空气混合后,经喷嘴 3 喷出,待喷射量适当时,停止转动。

6) 当下室喷丸喷完时,重新将喷丸从上罩加入喷丸器内,然后再使三通阀 11 处于图 7-7b 的喷射位置,使喷丸从上罩落入上室再落入下室,保持连续工作。

7) 清理完毕时,先转动转轴 2 关闭喷嘴,再关闭进气蝶阀 14,然后将三通阀转至图 7-7b 所示的停止喷射位置,使室内空气迅速排入大气。

3. 抛丸表面清理 抛丸清理是利用抛丸器将铁丸高速抛射到被清理铸件表面上,除去铸件表面粘砂、氧化铁皮及各种表面缺陷。

(1) 抛丸清理室的规格(表 7-13)

表 7-13 抛丸清理室规格

型 号	Q365A	ZJ02b
载重/t	5	5
室内尺寸 长/m×宽/m×高/m	3.4×3.4×2.5	7×2.2×2.1
铸件尺寸 长/m×宽/m×高/m	2.5×1.8×1.5	狭长铸件
生产率/(t/h)	4	5
转台 直径/mm	2000	台车尺寸 长/m×宽/m ×高/m
转速/(r/min)	2.5	3.6×1.6×0.6
功率/kW	26.5	60
重量/t	11	27
外形尺寸 长/m×宽/m×高/m	7×4.7×6.5	7.5×6×8.8

## (2) 抛丸清理室的操作

- 1) 在清理室外的电动小车上放好铸件。
- 2) 开动电动小车进入清理室内的回转台上。
- 3) 将电动小车的电缆插销取下置于地沟内。
- 4) 关闭清理室门。
- 5) 起动转台及提升机，铁丸开始循环。
- 6) 按下吸尘器按钮。
- 7) 起动抛丸器进行清理工作。根据铸件清理要求，位于顶部和侧面的抛丸器可同时工作或单独工作。
- 8) 清理完毕或需要翻转铸件继续清理时，应先停止抛丸器，后停止转台，最后打开清理室门。

## (3) 抛丸设备的安全使用

- 1) 使用前，先检查设备各部分是否正常，空载运行正常后，才可使用。
- 2) 装入铸件前，应将清理设备内积存的浮砂和杂物倒净。
- 3) 选用粒度合适、均匀、干净的铁丸，粒度通常为1~3.5mm。
- 4) 设备要保持良好密闭。抛丸器叶轮未完全停止转动前不允许打开抛丸机端盖或抛丸室门，以免铁丸飞出伤人。
- 5) 发现抛丸器运转中有严重振动现象时，应立即检修。

6) 抛丸器内叶片成对布置,重量偏差小于等于3~3.5g,以保运转平稳。若叶片一端磨损时,可对调使用。若磨损严重,应更换新叶片。更换新叶片时要保证对称安装的两叶片重量偏差在允许范围内。

7) 及时更换超过允许磨损程度的抛丸器的定向套、分配轮和护板。

8) 抛丸量应由少增多,根据清理需要调至合适为止。

9) 抛丸机运转部件应按时加注润滑油。

### (三) 铸件表面铲磨(表 7-14)

表 7-14 铸件表面铲磨方法

铲磨方法	应用
手工铲锉	用于小型铸钢件、铸铁件表面的铲、锉
风动工具铲磨	用于铲磨大中型铸件表面的粘砂飞翅、毛刺
砂轮机打磨	用于打磨各种铸件较大平面
碳弧气刨	用于铲削大中型铸件表面较厚的飞翅和较高的冒口残根

1. 风动工具表面铲光 风动工具主要有风铲、风铣刀、风钻和风砂轮等。

(1) 风铲 风铲表面清理是利用风铲铲头的往复冲

击力撞击插入的鏟子来铲除铸件表面的飞边、毛刺、残余浇冒口的一种方法。风铲的规格，见表 7-15。

表 7-15 风铲规格

型 号		C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C-	C <sub>63</sub>
铲重/kg		5	5.6	6.5	6
铲身长/mm		300	377	477	355
锤体	直径/mm	28	28	28	30
	行程/mm	61	99	139	80
	重量/kg	0.21	0.40	0.54	0.30
冲击能量/J		10.8	15.7	24.5	19.6
冲击次数/(1/min)		2100	1500	1000	2000
气管内径/mm		13	13	13	13
压缩 空气	使用气压/MPa	0.5	0.5	0.5	0.5
	耗气量/(m <sup>3</sup> /min)	0.6	0.6	0.6	0.85

### 风铲的操作

1) 使用前，将风管内水分、脏物吹净，把各风管接头拧紧。

2) 使用时，手握紧鏟子，慢慢送气，严防鏟子飞出伤人。

3) 使用中,经常注意软管接头螺母是否松动,以免脱落甩出伤人。

4) 风铲不要随意扔在地上,以免进入沙子影响使用。

5) 清铲结束,将风铲放在煤油内洗净,揩干,涂上轻润滑油。

6) 鍍子尾柄端面应加工成与风铲轴心线垂直,否则会降低清铲效率。鍍子尾柄坏了,易损坏风铲衬套,损坏了的衬套应及时更换。

(2) 风铣刀 风铣刀用于铣除铸钢件加工面上微细缺陷。其规格见表 7-16。

2. 电弧气刨表面铲割 电弧气刨又称碳弧气刨。是利用炭棒和铸件间产生高达  $6000\sim 7000\text{C}$  的电弧来熔化金属,并借助沿炭棒射出的压缩空气流将熔融金属吹除,以达切除铸件浇冒口、飞边、毛刺的目的。

电弧气刨铲割操作:

(1) 铸件上需铲割处的粘砂要清除干净。

(2) 检查极性是否正确,炭棒接正极,铸件接负极。

(3) 准备铲割时,先将总电源开关合上。然后将割矩上的钮子开关拨到通电位置,使空气管路系统的电磁阀的阀门自动打开,压缩空气进入割矩中并由弹性夹头外壁上的沟槽喷出。同时交流电动机起动,带动直流焊机运转,待运转进入稳定状态时,即可进行引弧铲割。

表 7 16 W18Cr4V 风铣刀规格

(mm)

D	L	R	齿数 $z$ 个	
			加工件	钢铸件
6	66	3, 3.5	16	10
8	60	4, 30	20	14
10	65	5, 15	22	16
12	70	6, 15	24	18
15, 70	7.5	40	30	22
20, 70	10	40	36	24

齿数  $z$

A-A 旋转

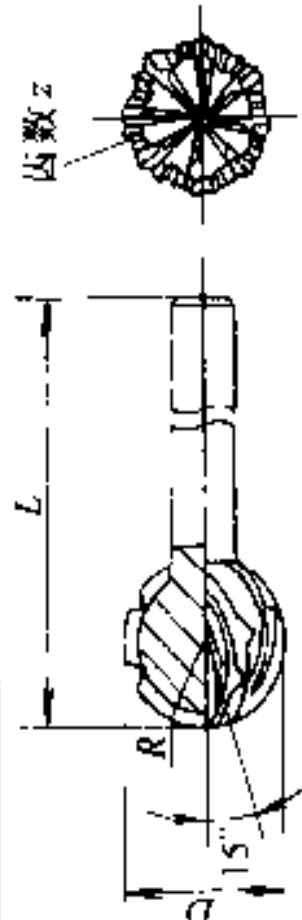
70° R0.2

90° 0.5

断屑槽

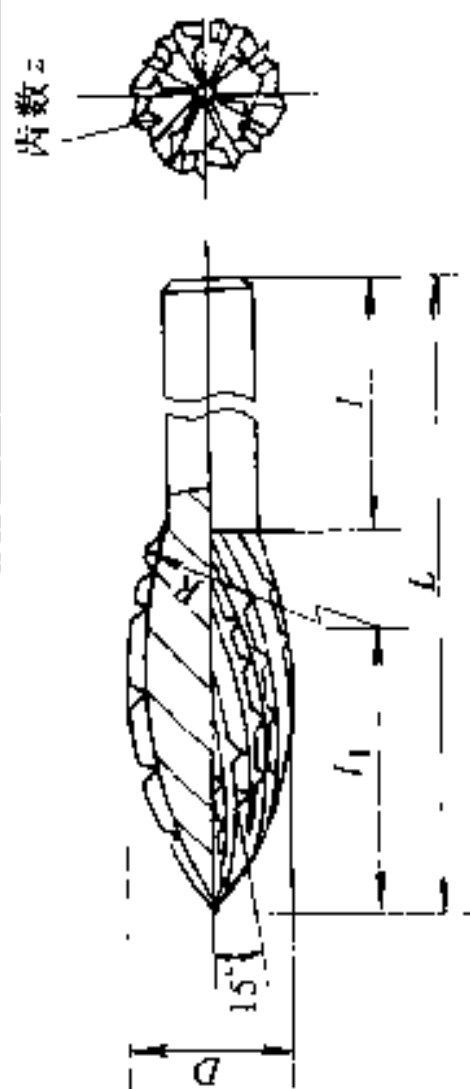


(续)

筒图	$D$	$L$	$R$	$l$	齿数 $z$ /个	
					加工件	加工铝铸件
	10	60	5	22	16	
	12	60	6	24	18	
	15	68	7.5	30	22	
	18	60	9	36	26	
	20	60	11	40	30	

(续)

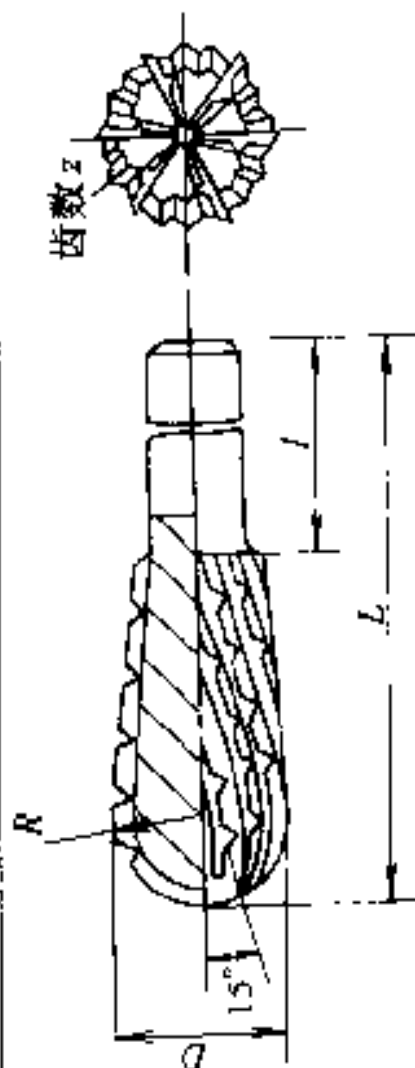
筒 图



$D$	$L$	$K$	$l$	齿数、个	$l$
				加工. 钢铸	加工. 铝铸
				件	件
10.60	20	10		22	16
12.60	25	35		24	18
15.65	30	35		30	22
20.65	35	35		34	24
					22

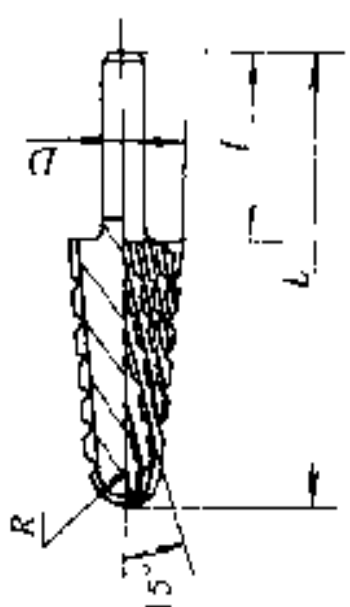
(续)

筒图




D	L	R	齿数 $z$ : 个		$i_1$
			加工 钢铸 件	加工 铝铸 件	
10	60	5	10	22	16
12	60	6	10	24	18
15	65	7.5	35	30	22
20	65	10	35	34	24

(续)

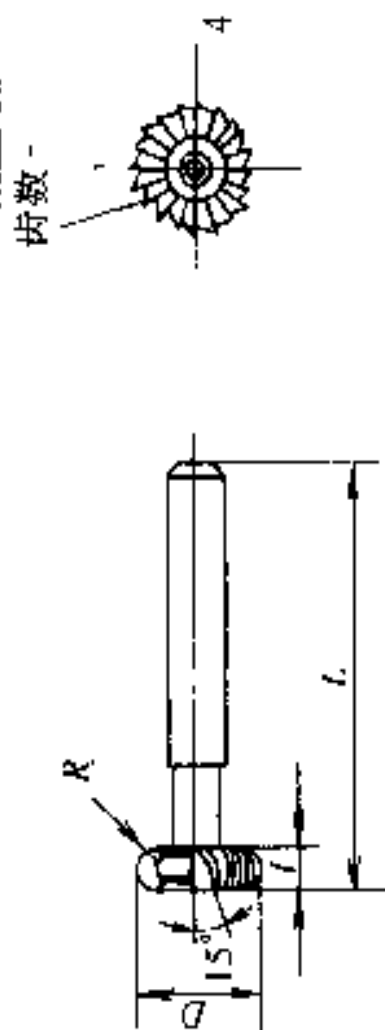
筒 图	$D$	$L$	$R$	$l$	内数 $z$ , 个		$t_1$
					加工	钢绞线铅钩 件 件	
	1065	335	3	35	22	14	
	1270	440	4	40	21	18	
	1575	510	5	30	22		
	2075	540	5	31	24		

(续)

筒图	D	L	R	l	齿数 z/个		l <sub>1</sub>
					加T. 钢铸件	加T. 铝铸件	
					件	件	
	8	60		35	20	14	
	10	65		40	22	16	
	12	70		40	24	18	
	15	75		45	30	22	
	20	75		45	34	26	

(续)

筒图



D	I	R	l	齿数 z' 个		I.
				加工 钢铸 件	加工 铝铸 件	
10	55	1.5	3	22	16	
12	55	2	4	24	18	
15	60	2.5	5	30	22	
20	60	2.5	5	36	24	

(4) 铲割时, 根据铸件上飞边毛刺厚度情况正确选择工艺参数并按工艺参数要求工作:

炭棒宽度应比铲割的飞边毛刺宽度大 2~3mm、炭棒伸出长度一般为 100~200mm。扁炭棒倾角一般为  $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。

割炬移动方向: 仰、横、俯位置铲割时一般应由右向左; 竖立位置铲割时一般应由上向下。

铲割速度应保持均匀。太快时易短路, 太慢时易断弧。电弧长度一般应保持在 0.5~1mm, 过长易断弧。

应在未铲割的飞边毛刺根部起弧, 以免割伤铸件表面。

(5) 铲割结束时, 应先断弧, 数秒钟后再切断压缩空气, 以使红热状态的炭棒冷却下来, 最后关断电源。

3. 砂轮机表面打磨 利用砂轮上尖锐而硬的砂粒打磨铸件表面, 以磨平铸件表面上飞边及浇冒口的残根。

(1) 砂轮机的规格 生产中常用的砂轮机有固定式、悬挂式、手提式三种, 见表 7-17 至表 7-19。

### (2) 砂轮机打磨操作

1) 铸件的材质越硬, 砂轮应当越软, 反之, 铸件的材质越软, 砂轮应当越硬。

2) 打磨前应用木锤轻击砂轮, 如声音清脆, 可使用; 如声音破杂则砂轮有裂纹, 应停止使用, 进行更换。

3) 砂轮机开动后, 待转速稳定时才可打磨, 砂轮机

表 7-17 固定式砂轮机规格

型号	主要技术规格				外形尺寸	
	砂轮尺寸 外径/mm× 宽度/mm	主轴转速/ (r/min)	两砂轮 中心距 离/mm	砂轮中 心高度 /mm	长 mm×宽 mm× 高 mm	重量/ kg
M3025	φ250×25	2230	190	800	640×390×950	190
M3030	φ300×32	1910	300	800	660×410×970	210
M3035	φ350×32	1650	500	800	660×455×995	210
M3040A	φ400×40	1430	700	850	870×540×1075	320
M3040	φ400×40		700	850	900×600×1200	450
S <sub>1</sub> SL-400	φ400×40		850	850	885×585×1200	425
S <sub>1</sub> SL-600	φ600×75	--	1000	850	1285×750×1310	830
M3060	φ600×75	1310 1040	1030	850	1310×750×1340	830



表 7-18 悬挂式砂轮机规格

型号名称	主要技术规格		外形尺寸 长/mm×宽/mm× 高/mm	重量/kg
	砂轮尺寸 外径/mm× 宽度/mm	主轴转速/ (r/min)		
S3140 型砂轮机	φ100×40	1860	2500×550×560	280
S <sub>1</sub> SX-400 型	φ400×40	1880	2450×550×650	250

表 7-19 手提式砂轮机规格

型号名称	主要技术规格		外形尺寸 长/mm×宽/mm× 高/mm	重量/kg
	砂轮尺寸 外径/mm× 宽度/mm	转速/ (r/min)		
S <sub>1</sub> S 100	φ100×20	2750	572×128×122	7
S <sub>1</sub> S 150	φ150×20	2750	572×150×173	8

(续)

型号名称	主要技术规格		外形尺寸 长/mm×宽/mm× 高/mm	重量/kg
	砂轮尺寸 外径/mm× 宽度/mm	转速 (r/min)		
S <sub>3</sub> SR 100 软轴式砂轮机	φ100×20	2800	400×220×273	18
S <sub>3</sub> SR 170 软轴式砂轮机	φ150×20	2800	500×410×460	15
S <sub>3</sub> SR-200 软轴管式砂轮机	φ200×20	2800	500×410×480	50
06 60 风砂轮	φ60	6000 (有负荷时)	φ70×436	2.2
D <sub>6</sub> -150 风砂轮	φ150	3100 (有负荷时)	φ170×584	6.9

圆周速度控制在  $25 \sim 30\text{m/s}$ 。

4) 应在砂轮外圆中间打磨铸件, 不可用力过大, 不可碰撞, 发现异常声音, 立即停机检查。消除故障后方可继续使用。

5) 使用手提式砂轮机时, 要注意磨削方向以防迷眼。不可放在地面上以免砂子进入。不可放在潮湿和有腐蚀性或易爆性的气体环境中, 以免电机绝缘腐蚀和引起爆炸危险。

6) 要经常维护保养。砂轮片磨损到一定程度应及时更换。更换时拧紧螺母用力要均匀, 以防砂轮破裂。

### 三、铸件缺陷分类

根据缺陷形貌特征, 国家标准 GB 5611-85, 将铸件缺陷分为 8 类 45 种, 见表 7-20。

表 7-20 铸件的缺陷分类

分类	序号	名称	特征
一、多肉类缺陷	1	飞翅、毛刺	<p>飞翅是铸件表面上厚薄不均匀的薄片状金属突起物, 常出现在铸件分型面和芯头部位</p> <p>毛刺是铸件表面上刺状金属突起物, 常出现在型和芯的裂缝处、形状极不规则。网状或脉状分布的毛刺称脉纹</p>

(续)

分类	序号	名称	特征
一、多肉类缺陷	2	抬型(抬箱)	铸件在分型面部位高度和宽度增大
	3	胀砂	铸件内、外表面局部胀大, 形成不规则的瘤状金属突起物
	1	冲砂	铸件表面上有粗糙不规则的金属瘤状物, 常位于浇道附近。在铸件其它部位则往往出现砂眼
	5	掉砂	铸件表面上的块状金属突起物, 其外形与掉落的砂块很相似。在铸件其它部位则往往出现砂眼或残缺
	6	外渗物(外渗豆)	铸件内外表面渗出来的金属物, 多数呈豆粒状, 一般出现在铸件的自由表面(明浇铸件的上表面, 离心铸件的內表面)上。外渗物的化学成分与铸件金属往往有差异
二、孔洞类缺陷	7	气孔、针孔	析出气孔(溶解在液体金属中的气体在凝固时产生的气孔)。多是细小的、呈圆形、椭圆形或针状, 分布在铸件的整体或某一部分, 其内壁光滑而光亮。是氢气孔或氮气孔或氢氮复合气孔 这些气孔在铝合金中, 常以针孔形式出现。它的大小多在1mm以下, 通常在铸件的厚大断面或热节处较为严重

(续)

分类	序号	名称	特征
二、孔洞类缺陷	7	气孔、针孔	<p>侵入气孔(型和芯的气体侵入金属液后产生的气孔),尺寸较大,孔壁光滑,表面氧化,多数呈梨形或椭圆形,位于铸件表面或内部</p> <p>反应气孔(液态金属的某些成分之间或液态金属与铸型在界面上发生化学反应产生的气孔),气孔位于铸件表皮下,有的呈分散状的针孔,有的隐藏在铸件上部并伴有夹渣</p>
	8	缩孔	<p>形状为不规则的封闭或敞露的孔洞,孔壁粗糙并带有枝状晶,常出现在铸件最后凝固的部位(热节处)</p>
	9	缩松、疏松	<p>缩松是铸件断面上出现的分散而细小的缩孔。有时借助放大镜才能发现。铸件的缩松部位在水压试验时会渗漏</p> <p>疏松形状和缩松相似,但孔洞更细小些。组织粗大、石墨粗大等缺陷也可能导致铸件组织疏松</p>

(续)

分 类	序 号	名 称	特 征
三、 裂 纹 、 冷 隔 类 缺 陷	10	冷裂	冷裂往往是穿过晶体而不是沿晶界断裂,断口具有金属光泽或呈轻微氧化色泽,通常为浅褐色。断口形状与普通抗拉试棒断口相似
	11	热裂	热裂断口常有严重的氧化黑色表面,断口沿晶粒边界产生和发展,所以裂口外形曲折而不规则,外裂表面宽而内部窄。内裂产生在铸件内部,一般在最后凝固的部位,断面常有树枝状结晶
	12	冷隔	冷隔是铸件上穿透的或不穿透的缝隙,其边缘呈圆角,多出现在远离浇道的铸件宽大上表面和薄壁处,金属流会合处或激冷部位。在充型过程中,由于金属流中断而产生的冷隔称为断流冷隔。在芯撑(或内冷铁)处产生的冷隔称为芯撑(或内冷铁)冷隔或熔合不良
	13	热 处 理 裂 纹	铸件在热处理过程中出现穿透或不穿透的裂纹,开裂处的金属表面有氧化现象

(续)

分类	序号	名称	特征
四、 表面缺陷类	14	鼠尾	铸件表面上有较浅的(深度最大达5mm)带有锐角的凹痕,凹痕内常夹有型砂,由浇道附近延伸出来,有时有分枝或交叉,通常多发生在铸件的下表面
	15	沟槽	铸件表面上有边缘光滑的V形凹痕,通常有分枝,多发生在铸件的上表面或下表面
	16	夹砂结 疤(夹砂)	铸件表面上有凸起的金属片状物,表面粗糙,边缘锐利,有一小部分和铸件本体相连。片状物与铸件之间夹有砂层
	17	机械粘 砂	铸件的部分或整个表面上粘附着一层金属和砂粒的机械混合物,多发生在砂型表面受热作用强烈的部位,如浇冒口附近,厚壁表面,内角和凹槽处,通常湿型的比干型严重。清除粘砂层时,可看到金属光泽

(续)

分类	序号	名称	特征
四、 表面 缺陷 类	18	化学粘砂	铸件的部分或整个表面上，半固地粘着一层由金属氧化物、砂子和粘土作用而生成的低熔点化合物。通常发生在铸件厚壁表面以及型芯的过热部位。化学粘砂很难从铸件表面清除，一般要用砂轮才能将粘砂层磨掉
	19	表面粗糙	铸件表面不光滑，凹凸不平
	20	皱皮	铸件表面呈现不规则的粗大皱褶，一般带有较深的网状沟槽 皱纹是镁合金和镁球墨铸铁特有的一种缺陷，通常出现在截面变化大的铸件和薄壁件的上表面
	21	缩陷	铸件厚断面或断面交接处的上表面有凹陷。大多数的缩陷都发生在铸件的厚断面处，有时也出现在内缩孔附近的表面
五、 残缺 类 缺陷	22	浇不到	铸件上产生的边角圆滑光亮的局部残缺，常出现在远离浇道的部位及薄壁处



(续)

分类	序号	名称	特征
五、 残缺类 缺陷	23	未浇满	铸件上部缺肉，边角略成圆形，浇道顶面与铸件平齐。这一缺陷和浇不到、跑火有区别，不应混淆
	24	跑火、型漏(漏箱)	跑火：铸件分型面以上的部分有严重的残缺，有时沿型腔面有类似披缝的金属壳 型漏(漏箱)：铸件有时虽有比较完整的外形，但其内部的金属已漏空，铸件呈壳状，底部有残留的多余金属
	25	损伤	铸件损伤断缺，常出现于铸肋、凸台、棱角和浇冒口与铸件连接部位
六、 尺寸、 形状和 重量差 错类缺 陷	26	尺寸和重量差错	铸件的部分尺寸或全部尺寸或重量与图样不符
	27	变形	铸件两端翘起，一端翘起，中间凸起或扭曲变形，形状与图样不符
	28	错型(错箱)	铸件的一部分与另一部分在分型面处相互错开
	29	错芯	铸件孔隙的一半，一面多肉，另一面则缺肉，不符合图样的要求

(续)

分类	序号	名称	特征
六、尺寸、形状和重量差错类缺陷	30	偏芯(漂芯)	铸件内腔的形状不变,铸件一面的壁厚减薄或穿透,另一面则加厚
	31	舂移	在分型面附近,铸件局部增厚,往往发生在容易产生舂紧过度的部位上。舂移与错型很容易混淆,错型铸件在分型面处的金属一边凸起,另一边凹进,而舂移则通常是单边凸起
七、夹杂类缺陷	32	金属夹杂物	铸件加工后,基体表面上有大小不等、形状不规则、色泽与基体金属不同的其它金属杂物
	33	冷豆	冷豆通常位于铸件的下表面或嵌入铸件内部,未完全与铸件熔合,表面氧化,其化学成分与铸件本体相同 冷豆很易与内渗豆相混淆,它们之间的本质区别在于,冷豆的化学成分与铸件本体相同,而内渗豆的化学成分则与铸件本体有差异

(续)

分类	序号	名称	特征
七、夹杂类缺陷	34	内渗豆	<p>表面光滑并带有光泽的豆状金属夹杂物,一般出现在铸件气孔或其它孔洞内部。它的化学成分接近共晶成分,和铸件本体的化学成分不一致。灰铸铁件内渗豆的硬度较铸件本体高。内渗豆常出现在灰铸铁件和球墨铸铁件中</p>
	35	夹渣	<p>铸件表面或内部的非金属夹杂物,形状极不规则,颜色因渣质不同而变化。夹渣若出现在铸件表面,清理时,部分渣子可能脱落,铸件表面便留下形状不规则的孔洞。渣子若在铸件内部,通过X射线、超声波探伤,或机械加工才能发现</p> <p>球墨铸铁有一次夹渣和二次夹渣。夹渣在铸件的断口上呈暗灰色,没有光泽,有的呈大片分布,有的呈斑点分布在基体内,可用硫印等方法显示出来。夹渣一般分布在铸件上表面,砂芯下表面或铸件的死角处。距铸件表面较近的多是一次夹渣,而下面的为二次夹渣</p>
	36	砂眼	<p>铸件内部或表面充满有砂粒的孔洞</p>

(续)

E

分类	序号	名称	特征
八、性能、成分、组织不合格	37	物理、力学性能和化学成分不合格	铸件的化学成分和强度、硬度、伸长率、冲击值、耐热、耐蚀、耐磨等性能不符合技术条件的规定。性能和成分是铸件的内在质量，要用与铸件同炉的金属液铸造的试棒进行测试
	38	石墨漂浮	球墨铸铁件断口上的表面有一层密集的石墨黑斑，与正常的银白色断面组织相比，有清晰可见的分界线。它通常位于厚大铸件断面的上表面，砂芯的下表面和铸件的死角处。用显微镜观察，可看到这个区域不但石墨数量多，而且形状多为开花状或菊花状。由于石墨的大量聚集，削弱了基体的强度，使金属的力学性能大为降低
	39	石墨粗大	<p>机械加工后铸件表面上有均匀分布并且充满石墨的孔洞，加工面呈灰黑色，断口晶粒粗大。石墨粗大的铸件，硬度和力学性能低于相应牌号的铸铁的规定值，水压试验时有渗漏现象</p> <p>石墨孔洞中的石墨剥落后，加工面出现很多残存石墨粉的孔洞，很容易和缩松混淆</p>

(续)

分 类	序 号	名 称	特 征
八、性能、成分、组织不合格	40	组织粗大	铸件加工后的表面硬度低，金相检验晶粒过于粗大，组织粗大数发生在厚壁部位，铸件受水压试验时常发生渗漏。这种缺陷若不作金相检验，很容易和缩松、针孔等混淆
	41	偏析	<p>铸件整体或部分区域出现化学成分、金相组织不一致</p> <p>枝晶偏析，常产生在结晶温度范围宽的锡青铜等合金中，每个晶粒中先凝固的难熔成分为晶轴，而易熔成分则集中在晶轴间</p> <p>比重(密度)偏析，是合金成分中密度大的集中在铸件下部，密度小的集中在上部</p> <p>区域偏析，是铸件同一水平断面上的内外成分不一致</p>
	42	白口	铸铁件的断面，全部或部分出现亮白色的组织，通常位于铸件的薄断面、棱角以及边缘部分。白口组织硬度高，性脆，加工困难

(续)

分类	序号	名称	特征
八、性能、成分、组织不合格	43	反白口	铸件断面内部出现小块白口区，白口区外围是正常组织
	44	球化不良	球墨铸铁铸件的断面上，有大块黑斑或明显可见的小黑点，愈近中心愈密，金相组织中有较多的厚片状石墨或枝晶石墨
	45	球化衰退	随着浇注过程的延续，球墨铸铁铁液球化效果逐渐消失，先是出现团状石墨，进而出现厚片状石墨

#### 四、铸件缺陷的修补

铸件缺陷，凡是经修补后可以达到技术要求及用户要求的，一般应修补回用。凡是经修补仍不能达到技术要求或虽能达到要求但经济上极不合算时，应作废。


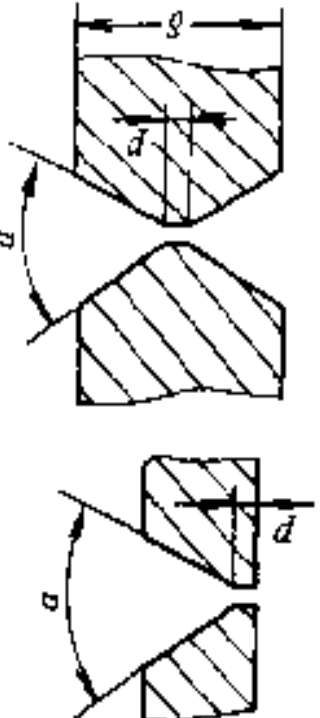
常用的铸件修补方法有焊补法、环氧树脂粘补法、浸渍法和腻子填补法等。其中焊补法具有经济、可靠等优点，应用得最广泛。

##### (一) 手工电弧焊焊补

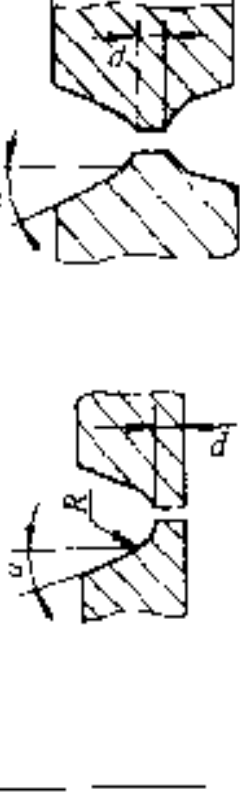
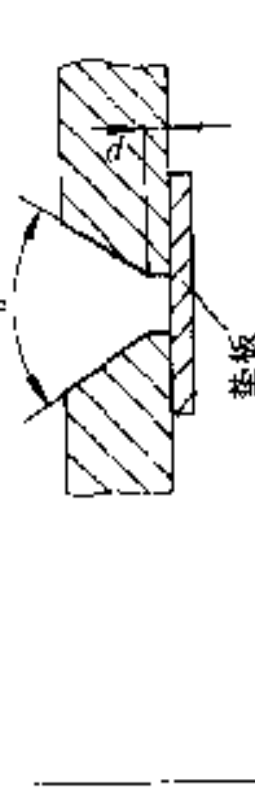
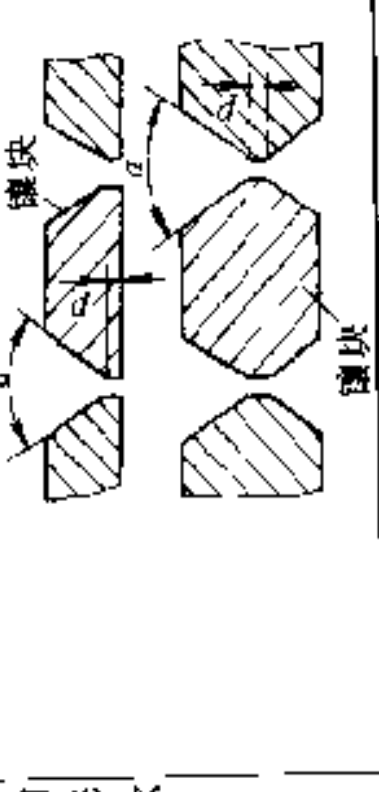
##### 1. 铸钢件缺陷的焊补

(1) 焊补前准备技术要求(JB/T5000.7 - 1993)。

表 7-21 坡口形式 (JB/T5000.7 1998)

缺陷	焊缝名称	坡口形式与尺寸
未穿透 性裂纹或 孔穴	U 形 或 方、圆形	 <p> <math>\alpha = 10^\circ \sim 15^\circ</math>  <math>R = 6 \sim 8\text{mm}</math> </p>
穿透性 裂纹	钝边 V 形 或钝边 X 形	 <p> <math>\alpha = 60^\circ \pm 5^\circ</math>  <math>\beta = 2 \sim 4\text{mm}</math>  <math>\delta &lt; 70\text{mm}</math> </p>

(续)

缺陷	焊缝名称	坡口形式与尺寸
穿透性 裂纹	U形或双 U形	 <p> <math>\alpha=10^\circ\sim 15^\circ</math>  <math>p=2\sim 4\text{mm}</math>  <math>R=6\sim 8\text{mm}</math>  <math>\delta\geq 70\text{mm}</math> </p>
穿透性或孔 穴、坡口 间隙太大	带垫板钝 边V形	 <p> <math>\alpha=55'\pm 3'</math>  <math>p=2\sim 4\text{mm}</math>            垫板为同材            质或低碳钢            板         </p>
尺寸较 大的穿 透性缺 陷	带镶块的 钝边V形 或钝边X 形	 <p> <math>\alpha=60'\sim 7'</math>  <math>p=2\sim 4\text{mm}</math>            镶块采用同            材质铸件         </p>



1) 缺陷清理和坡口形式, 焊补前必须将缺陷彻底清除, 根据铸钢件缺陷情况, 对焊补区缺陷可采用铲挖、磨削、碳弧气刨、气割或机械加工等方法清除。坡口面应修得平整圆滑, 不得有尖角存在。焊补区及坡口周围 20mm 以内的粘砂、油、水、锈等脏物必须彻底清除。对焊接性差的铸钢件, 当采用碳弧气刨或气割清理缺陷时, 应先按表 7-22 预热, 再清理缺陷。碳弧气刨后须打磨去除增碳层。对裂纹性缺陷, 为防止裂纹扩展, 可以在裂纹两端钻直径不小于  $\phi 10\text{mm}$  的止裂孔后, 再开坡口。在焊补前, 应采用磁粉探伤法或液体渗透法按有关规定对铸钢件焊补部位进行检验, 以证实缺陷被完全清除。坡口形式见表 7-21。

2) 焊前预热(JB/T5000.7-1998), 可整体预热, 也可采用局部预热。局部预热时, 缺陷处每边预热范围的宽度应不小于焊补部位铸钢件壁厚的两倍并不得小于 75mm。在焊补的全过程中, 铸钢件预热区的温度不得低于表 7-22 中规定的预热温度的下限。

表 7-22 铸钢件焊补的预热温度(JB/T5000.7-1998)

类型	铸钢牌号	预热温度/°C	说 明
碳素铸钢	ZG200-400	—	不预热
	ZG230-450		

(续)

类型	铸钢牌号	预热温度/℃	说 明
碳素铸钢	ZG270-500	100~150	一般不预热, 形状复杂, 缺陷大, 刚度大时须预热
	ZG310-570		裂纹倾向大, 严格控制温度
	ZG310-640	200~350	
低合金铸钢	ZG30Mn	200~250	裂纹倾向大, 严格控制温度
	ZG40Mn	250~300	
	ZG40Mn2		
	ZG50Mn2	350~450	严格控制温度
	ZG20Mn	150~200	
	ZG35Mn	200~250	裂纹倾向大, 严格控制温度
	ZG35SiMnMo	250~350	
	ZG35CrMnSi		
	ZG20MnMo	150~200	严格控制温度
	ZG55CrMnMo	350~450	焊接性能差, 须严格控制温度
	ZG40Cr1		
	ZG34Cr2Ni2Mo		
	ZG17CrMo*	250~350	裂纹倾向大, 严格控制温度
	ZG15Cr1Mo1V		
	ZG20CrMo		
ZG35Cr1Mo			

(续)

类型	铸钢牌号	预热温度/℃	说 明
低合金铸钢	ZG42Cr1Mo	350~450	焊接性能差, 严格控制温度
	ZG50Cr1Mo		
	ZG28NiCrMo	250~300	裂纹倾向大, 严格控制温度
	ZG30NiCrMo	300~350	
	ZG35NiCrMo		
高锰钢	ZGMn13-1	—	不预热, 在水韧处理后焊补
	ZGMn13-2		
	ZGMn13-3		
	ZGMn13-4		

注: 1. “\*” ZG17CrMo 等效采用 DIN GS17CrMo55。

2. 对表以外的钢种的预热温度, 按以下经验公式计算:

$$T = 350CE$$

式中  $T$  — 预热温度(℃);

$CE$  — 碳当量质量分数(%)。

$$CE(\%) = C - Mn/6 - (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$$

3. 碳当量质量分数小于 0.4% 的铸钢件一般不预热。当焊补重要铸钢件或铸钢件刚性很大时或车间作业环境的温度不高于 10℃ 时, 应预热到 100~150℃ 后再进行焊补。
4. 预热温度应在距焊补区熔合线外热影响区一侧 75~100mm 处测定。

3) 焊条选择与使用, 见表 7-23。

表 7-23 铸钢件焊补用焊条 (JB/T5000.7 1998)

类别	铸钢牌号	不要求等强度		要求等强度	
		焊条型号(国标)	焊条牌号	焊条型号(国标)	焊条牌号
碳素铸钢	ZG200 400	E4303	J422	E4303, F4315	J422, J427
	ZG230 450				
	ZG270 500	E4303, F4315	J422, J427	E5016, E5015	J506, J507
	ZG310-570	E5016, E5015	J506, J507	E5516-G, E5515-G	J556, J557
	ZG340-640			E6016 D1, E6015 D1	J606, J607
	ZG30Mn			E5516 G, E5515-G	J556, J557
低合金铸钢	ZG40Mn	E5016, E5015	J506, J507	E6016 D1, E6015-D1	J606, J607
	ZG40Mn2				
	ZG40Mn2*				
	ZG50Mn2	E6016-D1, E6015 D1	J606, J607	E7515-G	J757
	ZG20Mn	E4303, F4315	J422, J427	E5016, F5015	J506, J507
	ZG35Mn				
	ZG35SiMnMo	E5016, E5015	J506, J507	F6016-D1, E6015-D1	J606, J607

(续)

类别	铸钢牌号	不要求等强度		要求等强度	
		焊条型号(国标)	焊条牌号	焊条型号(国标)	焊条牌号
低合金铸钢	ZG35SiMnMo*	E6016 D1, E6015 D1	J606, J607	E7015 D2	J707
	ZG35CrMnSi	E5016, E5015	J506, J507		
	ZG20MnMo	E4316, E4315	J426, J427	E5016, E5015	J506, J507
	ZG55CrMnMo	EDRCrMnMo 15	D397	EDRCrMnMo-15	D397
	ZG40CrI	E5016, E5015	J506, J507	E6016-D1, E6015-D1	J606, J607
	ZG34Cr2Ni2Mo	E7015-D2, E7515-G	J707, J757	E8515 G	J857, J857Cr
	ZG20CrMo				
	ZG17CrMo	E5515-B2	R307	E5515-B2	R307
	ZG15Cr1Mo1V				
	ZG35Cr1Mo				
	ZG42Cr1Mo	E5016, E6016 D1	J506, J606	E7015-D2	J707
	ZG50Cr1Mo				
	ZG28NiCrMo	E5016, E5015	J506, J507	F6016 D1, F6015-D1	J606, J607
ZC30NiCrMo					
ZG35NiCrMo	E5016, E6016-D1	J506, J606	E7015 D2 E7515-G	J707 J757, J757Ni	

(续)

类别	铸钢牌号	小要求等强度		要求等强度	
		焊条型号(图标)	焊条牌号	焊条型号(图标)	焊条牌号
高锰钢	ZGMn13-1				
	ZGMn13-2	EDMn A-16,	D256, D266, EDMn-A-16,		D256,
	ZGMn13-3	EDMn-B-16		EDMn B 16	D256
	ZGMn13-4				

注: 1. 带有“\*”的铸钢牌号, 热处理为调质状态。

2. 用于铸钢件缺陷焊补的焊条应符合 GB981、GB/T5117、GB/T5118、JB T3223 标准的规定。

3. 焊条在使用前必须烘干 酸性焊条应在 75~150℃ 烘干 1~2h; 碱性低氢型结构钢焊条应在 350~400℃ 烘干 1~2h。烘干的焊条应放在 100~150℃ 保温筒(箱)内, 随用随取。

4. 低氢型焊条在常温下放置超过 4h, 应重新烘干, 重复烘干次数不宜超过 3 次。

4) 不宜在空气对流的场所进行焊补, 室温不低于 10℃。

(2) 焊补技术要求(JB/T5000.7—1998)

1) 焊工必须在取得指定部门的资格认证后才能进行操作。

2) 铸钢件缺陷的焊补应在消除铸造应力后进行。

3) 缺陷允许焊补的范围, 应按图样或订货技术条件等有关规定执行。

4) 在条件许可情况下, 应在水平位置施焊。

5) 焊补工作在条件许可情况下, 应连续进行。若在不得已中断时, 必须采取保温措施。再次焊补时, 应符合表 7-22 中的规定。

6) 焊补时, 焊条不应作过大的横向摆动。摆动幅度不得超过焊条直径的 3 倍。长度大的焊缝应分段, 交错焊接, 以减少变形应力产生。

7) 焊补过程中若发现裂纹、未熔合、夹渣、气孔等影响质量的缺陷时, 应报告质量检查员并采取措施清除缺陷, 在确认缺陷已被清除后才能继续焊补。

8) 铸钢件表面堆焊时, 焊道间的重叠量不得小于焊道宽度的 1/3。

9) 焊补刚性大的铸钢件或多层施焊时, 除第一层和最后一层外, 其余各层的每一焊道都应用平圆头风铲适度锤击。

### (3) 焊后热处理

1) 当铸钢件焊补部位的坡口深度超过所在部位壁厚的 20% 或 25mm (以两者中较小者为准) 时, 焊补后均应进行消除应力热处理。

2) 有必要时可以在焊补到坡口深度的 1/3~1/2 处时进行一次中间消除应力热处理, 消除应力热处理后继续焊满坡口, 最后再作一次消除应力热处理。

3) 根据铸钢件材质、结构及缺陷等因素, 必要时在焊后应立即入炉进行消除应力热处理。

4) 整体入炉消除应力热处理应保留自动记录曲线。

### (4) 检验

1) 检验人员应按标准 (JB/T5000.7-1998) 的规定对焊补区缺陷的清理、坡口情况, 焊工资格以及焊条烘干情况进行检查。经检查合格后, 才能焊补。

2) 焊补后焊接部位应符合图样和技术要求规定并按铸钢件相同的标准进行检验。

3) 对铸钢件重大缺陷的焊补, 必须有焊补技术记录。

特殊材料铸件的焊补, 焊前应作焊补试验, 订出焊补工艺, 焊补试样合格后方可焊补。

碳的质量分数大于 0.4% 的碳钢铸件和合金钢铸件, 缺陷焊补必须在热处理后进行。碳的质量分数小于 0.4% 的一般碳钢铸件, 缺陷焊补可在热处理前进行。

当所用的电焊条强度大于 500MPa 时, 必须使用直



流电焊机进行焊补。焊补时电流的大小见表 7-24。

表 7-24 铸钢焊补的焊接电流(A)

序号	电焊条类型	电焊条直径/mm			
		2.5	3.2	4.0	5.0
1	珠光体耐热钢焊条	60~90	90~120	140~190	190~220
2	奥氏体不锈钢焊条	50~80	80~100	110~150	160~250
3	结构钢酸性焊条	50~80	100~130	160~210	200~270
4	堆焊焊条	50~100	80~140	130~190	190~240
5	铬不锈钢焊条		80~120	120~160	160~240

## 2. 铸铁件缺陷的焊补

(1) 主要设备及工具 铸铁件电焊焊补主要设备与工具, 见表 7-25。

表 7 25 铸铁件焊补设备与工具

手工电 弧焊补 装置图			
	<p>1—焊机 2—电缆 3—焊钳 4—焊条 5—焊件 6 线夹 7 地线</p>		
设 备	电焊机	交流弧焊机	
		直流弧焊机	旋转式直流焊机 硅整流式直流焊机

(续)

工 具	1. 焊钳：有 300A 和 500A 两种
	2. 面罩：有头戴式、手拿式、有机玻璃面罩三种
	3. 导线：有橡胶套电缆和特软电缆两类
	4. 熔丝：有直流焊机熔丝和交流焊机熔丝
	5. 清理工具：有清渣锤和钢丝刷
	6. 劳保用品

(2) 焊补方法类型及应用 铸铁件焊补方法的类型及应用，见表 7-26。

表 7-26 铸铁件的焊补方法类型及应用

焊补方法	特 点	应 用
冷焊	焊前，铸件不预热，或低温（小于 400℃）预热	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 主要用于焊补非加工面上的缺陷</li> <li>2. 一般采用非铸铁焊条。焊缝强度和颜色与铸件本体不同。机械加工性差</li> <li>3. 采用镍基合金焊条，焊后铸件能机械加工</li> <li>4. 采用铸铁焊条，焊缝强度、硬度、颜色与铸件本体相近。焊后能机械加工。焊补时应大电流操作，严格执行工艺，以免焊后铸件裂纹，尤其是焊区周围刚度大的铸件</li> </ol>

(续)

焊补方法	特 点	应 用
半热焊	焊前, 铸件预热到 400℃ 左右	1. 主要用于非加工面或要求不高的加工面上缺陷的焊补 2. 焊条采用钢芯石墨化铸铁焊条。焊缝强度与铸件本体相近, 但焊后加工性能不稳定
热焊	焊前, 铸件预热到 500 ~ 700℃, 焊后保温缓冷	1. 主要用于焊补焊后仍需加工的铸件表面缺陷, 尤其是缺陷周围刚度大的铸件焊补 2. 采用铸铁焊条。焊缝强度、硬度、颜色与铸件本体基本相同。焊后不开裂, 可进行机械加工

(3) 焊补用电焊条 铸铁件焊补电焊条选用见表 7-27。电焊条规格见表 7-28。

表 7-27 焊补铸铁电焊条选用表

焊 件 特 点		供选焊条型号
灰铸铁	焊后不机械加工	J422、Z100、Z208、Z607
	焊后需机械加工	Z116、Z117、Z248、Z308、Z408、Z508、Z616
高强度铸铁	焊后需机械加工	Z116、Z117、Z408

(续)

焊件特点		供选焊条型号
球墨铸铁	焊后需机械加工	Z238、Z408、Z116、Z117
可锻铸铁	焊后不机械加工	J422、J423、Z228
耐热铸铁	焊后不机械加工	Z218

表 7-28 铸铁件焊补用电焊条规格

名称	牌号	直径 /mm	焊芯 材料	药皮 类型	电源	应用特点
钢芯铸 铁焊条	Z100	3.2 4.0	碳素 钢	氧化 型	交流 或直 流	焊件预热温 度大于 400℃ 焊后缓冷 小电流施焊
		5.0				
高钒铸 铁焊条	Z116	2.0 2.5	碳素 钢	低氢 型	交流 或直 流	焊件可不预 热
		3.2 4.0				
	Z117	2.0 2.5	碳素 钢	低氢 型	直流	焊件可不预 热
		3.2 4.0				
钢芯铸 铁焊条	Z208	3.2 4.0 5.0	碳素 钢	石墨 型	交流 或直 流	焊件预热 400℃左右焊后 缓冷
钢芯高 硅耐热铸 铁焊条	Z218	3.2 4.0 5.0	碳素 钢	石墨 型	交流 或直 流	焊件预热 100℃左右。焊 后缓冷

(续)

名称	牌号	直径 /mm	焊芯 材料	药皮 类型	电源	应用特点
钢芯可 锻铸铁焊 条	Z228	3.2 4.0 5.0	碳素 钢	石墨 型	交流 或直 流	焊件预热 400℃左右, 焊 后缓冷
钢芯球 墨铸铁焊 条	Z238	3.2 4.0 5.0	碳素 钢	石墨 型	交流 或直 流	焊件应预热 500℃左右, 焊 后缓冷并经热 处理(正火或退 火)
铸铁芯 铸铁焊条	Z248	4~8	灰铸 铁	石墨 型	交流 或直 流	焊件应预热 500℃左右, 焊 后缓冷并经热 处理(正火或退 火)
纯镍铸 铁焊条	Z308	2.5 3.2 4.0	纯镍	石墨 型	交流 或直 流	焊件可不预 热
镍铁铸 铁焊条	Z408	2.5 3.2 4.0	镍铁 合金	石墨 型	交流 或直 流	焊件可不预 热

(续)

名称	牌号	直径 /mm	焊芯 材料	药皮 类型	电源	应用特点
镍铜铸 铁焊条	Z508	2.5 3.2 4.0	镍铜 合金	石墨 型	交流 或直 流	焊件可不预 热
铜铁铸 铁焊条	Z607	2.5 3.2 4.0	纯铜	低氢 型	直流	焊件可不预 热, 也可预热 300℃
	Z616	3.2	铜芯 铁皮	低氢 型	交流 或直 流	焊件可不预 热, 也可预热 300℃
钛钙型 低碳钢电 焊条	J422	2.0 2.5 3.2 4.0 5.0 5.8	低碳 钢	钛钙 型	交流 或直 流	-
钛铁矿 型低碳电 焊条	J423	3.2 4.0 5.0 5.8	低碳 钢	钛铁 矿型	交流 或直 流	-

(4) 冷焊操作(表 7-29)

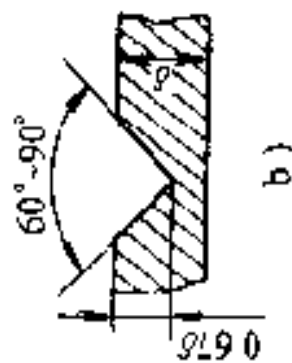
(5) 热焊操作(表 7-30)

表 7-29 铸铁焊补的冷焊操作

1. 将焊补处的油污、锈斑，用碱水、汽油擦洗或用气焊火焰清除
2. 缺陷是裂纹，应钻止裂孔(图 a)
3. 缺陷较深时，应加工出 V 形或 X 形焊接坡口(图 b)
4. 焊条必须在 100~200℃ 下烘干 2h



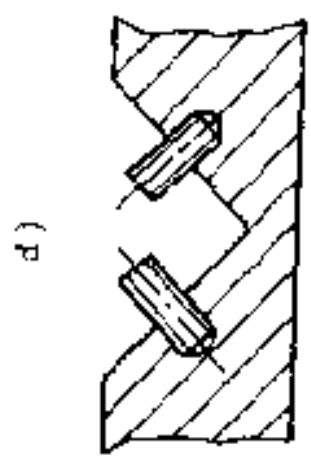
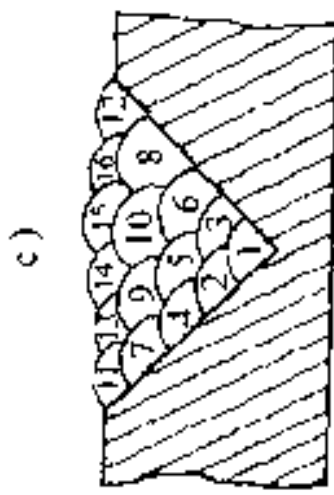
a)



b)

焊前准备

(续)



e)

1. 引弧 采用短段、断续、分散焊(图 c)

2. 焊 采用多层冷焊。焊接顺序如图 d 所示

3. 焊 采用栽丝法冷焊(图 e)

缝强度要求高的焊件

冷焊操作

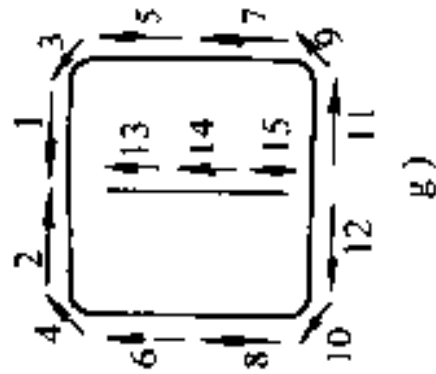


(续)

1. 在一处有多道裂纹的物件，挖除缺陷，采用镶块的方法冷焊。用低碳钢板作镶块。可作成凹鼓形镶块，焊后焊缝收缩可将它拉平，如图 f) 所示。也可作成平板镶块，平板中间开出一条缝隙，减少焊缝中的应力。焊接顺序如图 g) 所示。



f)



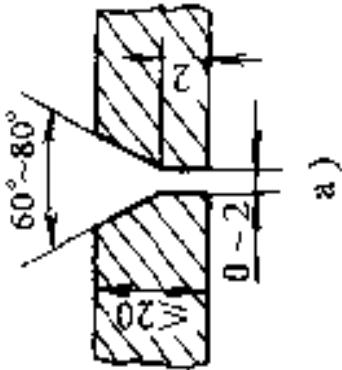
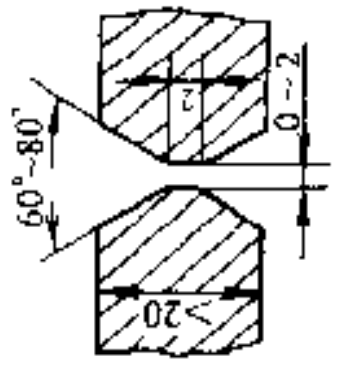
g)

冷焊操作

5. 焊条直径与电流配合与选用	铸件壁厚·mm	≤4	4~6	5~20	10~30	焊接电流·A			
						6	7		
条直径	焊条直径·mm	2	2.5	3.2	4	5	6	7	8
焊条类型	焊条类型								
钢芯铸铁焊条	钢芯铸铁焊条	-		80~	100~	130~			
高机铸铁焊条	高机铸铁焊条	10~	60~	80~	120~				
铜铁铸铁焊条	铜铁铸铁焊条	60	30	120	160				
镍基铸铁焊条	镍基铸铁焊条	-	90~	100~					
铸铁芯铸铁焊条	铸铁芯铸铁焊条	-	100	120					
			70~	90~	120~	160~			
			100	110	150	190			
					200~	250~	300~	350~	400~
					280	350	420	490	560

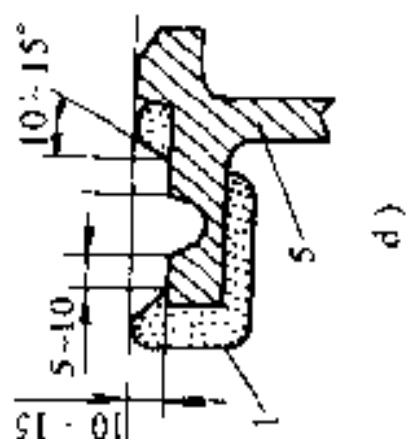
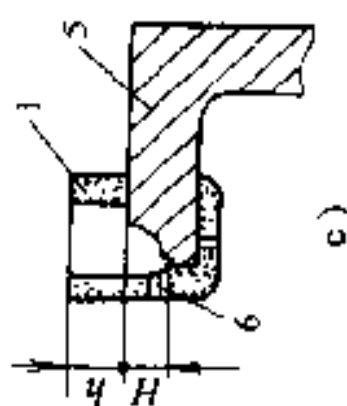
6. 缺陷填满冷至红热状态, 用锤击减少焊缝应力、焊后保温缓冷

表 7-30 铸铁件热焊操作

1. 缺陷清理	用风铲、扁铲或砂轮将缺陷处清理干净	
2. 制作坡口	缺陷处开出夹角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 坡口, 使焊条能伸入缺陷底部施焊, 防止未焊透或夹渣 (图 a、b)	

焊前准备

(续)



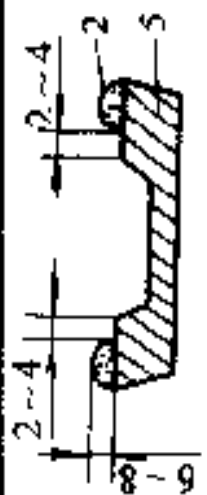
采用造型材料(质量分数为:焦炭粉30%、耐火砖粉25%、耐火土25%、石墨粉20%)或黄泥、石墨板、耐火砖造型(图c~f)

3. 穿透缺陷与边角部位缺陷

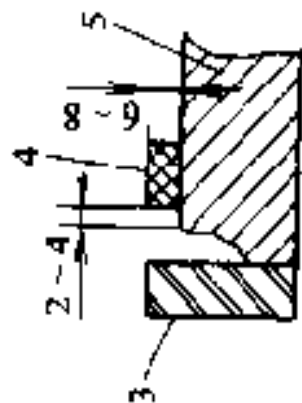
焊前准备

(续)

4. 铸件预热	铸件类型	加热温度 /℃	加热方式
	小件	500	电弧或气 焊火焰
	中件	500~550	木炭、煤气 火焰、气焊火 焰
	大件	500~600	焦炭地炉 鼓风
	特大件	600~700	砖砌炉、焦 炭地炉鼓风



e)



f)

- 1 砂型 2 泥条  
3—耐火砖 4—石墨板  
5—铸件 6—出铁口

焊前准备

1. 引弧	在缺陷的最低处开始引弧, 引弧后焊条适当摆动									
2. 维持适当弧长	弧长过长则石墨、硅铁过多烧损; 弧长太短则药皮不能熔化易残留在熔池表面									
3. 防止过热	熔池出现铁液白亮耀眼或沸腾时, 暂停施焊或投入焊芯残头降温, 待熔池正常时继续施焊									
4. 防止低温	发现熔池有熔渣停滞, 应拉长电弧指向熔渣, 以使熔渣上浮而排除									
5. 采用 人电流	铸铁芯直径 'mm	4	5	6	7	8	9	10		
	焊接电流 /A	200~240	250~300	300~360	350~420	400~480	450~540	500~600		
6. 熄弧	缺陷焊满后, 拉长电弧, 沿造型四周往复几圈使整个熔池填满, 表面呈液态时, 慢慢熄弧									
7. 缓冷	焊后进炉或盖上保温材料缓冷									

热焊操作

## (6) 半热焊操作(表 7-31)

表 7-31 铸铁件冷焊操作

焊前准备	1. 缺陷清理	方法与热焊同		
	2. 预热	缺陷部位预热 400℃ 左右		
半热焊操作	1. 预热后立即大电流施焊	焊条牌号	焊条直径/mm	焊接电流/A
		Z208	3.2	130~160
			4.0	170~200
			5.0	210~250
	2. 弧长适宜	一般为 6mm		
3. 连续堆焊	小缺陷可一次焊成 大缺陷可连续焊 3~4 层, 每焊一层后迅速清渣, 以防夹渣			
4. 缓冷	焊后用草木灰覆盖, 或石棉包裹, 要求较高时进炉缓冷			

## (二) 气焊焊补

气焊焊补是利用氧—乙炔焰产生的高温将焊丝金属

与缺陷处的铸件本体金属熔接在一起的焊补方法。

1. 气焊焊补主要设备 是乙炔发生器和回火防止器。气焊的用具是焊炬、减压表、氧气瓶及胶管等。辅助工具是扳手、钢丝刷及通针等。

2. 气焊焊补材料 铸铁件气焊的材料是氧气、乙炔、焊丝、焊剂(焊粉)等。乙炔是一种有特殊臭味的无色可燃性气体,与空气混合燃烧时产生的火焰温度为 $2350^{\circ}\text{C}$ ,与氧气混合燃烧时产生的火焰温度为 $3000\sim 3300^{\circ}\text{C}$ 。是一种具有爆炸性的危险气体,当乙炔温度超过 $300^{\circ}\text{C}$ ,压力上升到 $14.9\text{MPa}$ 时就会爆炸,因此使用时应特别注意。

铸铁件气焊焊补用的焊丝、焊剂(焊粉)见表7-32~表7-34。

表 7-32 铸铁件气焊焊补用碳钢焊丝

序号	化学成分(质量分数,%)					施焊特点
	C	Si	Mn	S $\leq$	P	
1	3.3~3.5	3.0~3.8	0.5~0.8	0.08	0.15~0.1	热焊 或冷焊
2		3.8~4.5				



表 7-33 铸铁件气焊焊补用铜合金焊丝

名称	牌号	化学成分(质量分数,%)										熔点 / (°C)	
		(锡) Sn	(砷) Si	(铜) Cu	(锰) Mn	(铁) Fe	(银) Ag	(镍) Ni	(铬) Cr	(锌) Zn	余量		
锡青铜焊丝	HS221	0.8~1.2	0.15~0.35	59~61	-	-	-	-	-	-	-	-	890
	HS222	0.7~1.0	0.05~0.15	57~59	0.03~0.09	0.35~1.2	-	-	-	-	-	-	890
银青铜焊丝	HS223	0.2~0.4	0.15~0.35	58~60.5	-	-	0.2~0.4	-	-	-	-	-	890
	HS224	-	0.30~0.70	61~69	-	-	-	-	-	-	-	-	905
高强度黄铜焊丝	HS225	0.7~1.0	0.05~0.15	57~59	0.03~0.09	0.35~1.2	-	0.8~1.2	0.12~0.16	-	-	-	900

表 7-34 铸铁件气焊焊剂(焊粉)

名称	牌号	特 性	应 用
铸铁 焊粉	气剂 201	为碱性焊剂。燃点 650℃ 能除去在焊补过程中产生的氧 化物和硅酸盐。并有助熔作用 易潮解，应密封存放	用于焊 补各种铸 铁

3. 铸铁件气焊焊补操作 气焊焊补方法有冷焊和热焊两种。其焊前准备及操作方法与手工电弧焊焊补基本上相同。其要点见表 7-35。

### (三) 环氧树脂粘补法

此法是利用强粘结力的环氧树脂粘结剂来修补铸件缺陷的一种方法。

适用于工作温度小于 100℃，不承受大的冲击负荷的铸件表面缺陷修补。

1. 环氧树脂粘结剂的配方 环氧树脂粘结剂是由环氧树脂、固化剂、增塑剂和填料等配制而成，见表 7-36。

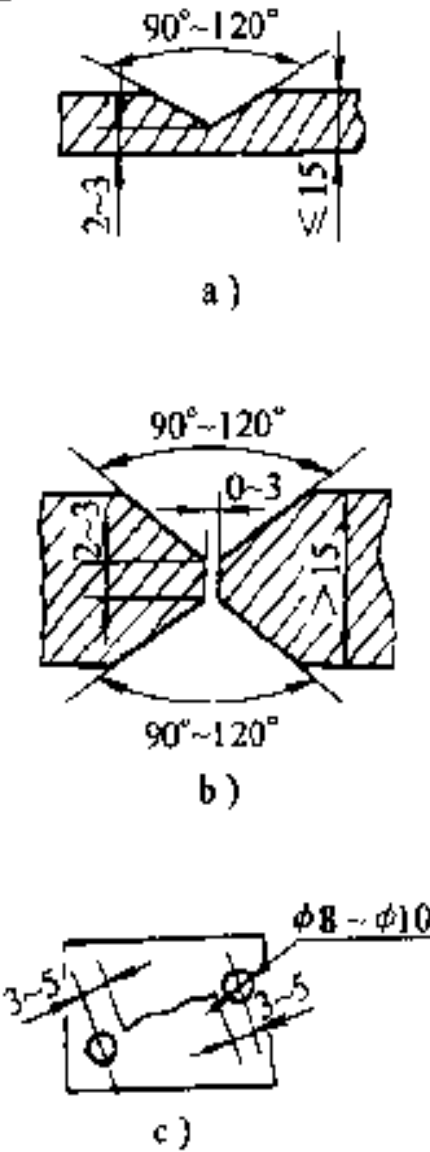
2. 环氧树脂粘结剂配制工艺和粘补方法(见表 7-37)

### (四) 铸件渗漏的修补

铸件非加工面上渗漏缺陷的修补方法有浸渍法、金属喷镀法和腻子填补法。

## 1. 浸渍法(表 7-38)

表 7-35 铸铁件气焊焊补操作要点

气焊方法	操作要点												
冷焊	<p>1. 焊丝表面和铸件缺陷清理干净</p> <p>2. 缺陷处理 根据铸件壁厚和缺陷深度作坡口, 如图 a, b 所示 缺陷是裂纹, 钻止裂孔, 如图 c 所示</p> <p>3. 采用弱碳化焰或中性焰, 以减少硅、锰烧损和消除氧化膜</p> <p>4. 根据铸件厚度选用焊炬如下:</p>												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">铸铁件厚度/mm</th> <th colspan="2">焊 炬</th> </tr> <tr> <th>焊嘴孔径/mm</th> <th>氧气压力/MPa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>&lt;20</td> <td>2</td> <td>0.39</td> </tr> <tr> <td>20~50</td> <td>3</td> <td>0.58</td> </tr> </tbody> </table>	铸铁件厚度/mm	焊 炬		焊嘴孔径/mm	氧气压力/MPa	<20	2	0.39	20~50	3	0.58	
铸铁件厚度/mm	焊 炬												
	焊嘴孔径/mm	氧气压力/MPa											
<20	2	0.39											
20~50	3	0.58											

(续)

气焊方法	操作要点	
冷焊	<p>5. 焰心与熔池距离 15~20mm, 火焰始终要盖住熔池</p> <p>6. 防止过热。发现熔池有小气泡或白亮氧化物时, 可向熔池中加入少许焊剂, 并用火焰加热熔池使气泡和夹杂上浮用焊丝挑出</p> <p>7. 最终焊缝稍高于铸件平面, 以便切削加工</p> <p>8. 保温缓冷。焊补后用火焰加热焊缝, 并用草木灰或有棉覆盖缓冷, 以防产生白口</p>	
热焊	<p>1. 坡口比冷焊时略小, 如图 d、e</p> <p>2. 局部或整体预热 600℃ 左右, 立即焊补</p> <p>3. 焊后在 650~700℃ 左右保温缓冷, 以防白口和裂纹</p>	<p>d)</p> <p>e)</p>

表 7-36 常用环氧树脂粘剂参考配方(g)

序号	环氧树脂		固化剂		增塑剂	填料					硬化特点	
			乙二胺	磷苯顺丁二酸酐		磷苯二甲酸酐	石棉粉	二氧化钛	还原铁粉	硅石粉		氧化铅粉
1	100		7~9		15~20						300~400	室温 4~6h 自行硬化
2	100		8		15					100		自行硬化
3	100		8~10		15			10	10	20		用红外线烘烤 2~3h, 至完全硬化, 然后自然干燥
4	100			30~35	10~15	20~35	50					在 120~140°C 下保持 4~5h, 即硬化
5	50	50		28~30	10~15	20~35	50					在 120~140°C 下保持 4~5h, 即硬化

(续)

序号	环氧树脂	固化剂		增塑剂	填料				硬化特点	
		乙二胺	磷苯二甲酸酐		磷苯二甲酸酐	白棉粉	二氧化钛	还原铁粉		氧化铝粉
6	6101102105634628	8		15		100				自行硬化
7	100	6 8				250				室温 21~18h, 可充分硬化
8	100		40	20					1.2%	在80℃下1.5h, 或180℃下2.5h, 随炉冷
9	100					500				在200℃下保温2h即硬化
10	100	10		20					1.2%	室温下21~1.8h, 或阳光下1~1.5h自行硬化

表 7-37 环氧树脂粘结剂配制工艺和粘补方法

<p>粘 结 剂 配 制 方 法</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 根据需要量，严格按配方称量(表 7-36)</li> <li>2. 将称量好的环氧树脂倒入烧杯中，放在 50~80℃ 的热水浴中加热，提高树脂流动性</li> <li>3. 边搅拌，边加入增塑剂</li> <li>4. 搅拌均匀后，再加入填料，继续搅拌，直至无气泡时为止</li> <li>5. 最后，加入固化剂，立即搅拌均匀，待气泡全部消失后，应立即使用</li> </ol>
<p>粘 补 方 法</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 用汽油、丙酮等将缺陷表面油污擦洗干净；用砂纸、锉刀、刮刀等工具除去缺陷上氧化物，露出金属光泽。裂纹处钻出止裂孔和开坡口</li> <li>2. 粘补应在热处理后，或涂漆前进行</li> <li>3. 将粘结剂，沿一个方向浇入，使其自然流动，直至高出铸件表面 1~2mm(浇注法)</li> </ol> <p>也可用刮刀挑取粘结剂填入，将缺陷填满后，用在酒精灯上加热的刮刀，将填入的粘结剂熨平(刮涂法)</p>

表 7-38 浸渍法

方法	用含填料和胶体物质的渗透液, 浸渍铸件, 使渗透液渗入铸件缺陷孔隙中, 固化, 以防止铸件渗漏
浸渍剂	水玻璃型浸渍剂, 能渗透小于 0.5mm 的孔隙
应用	适用于修补在海水、淡水、燃油及温度小于 130℃ 的蒸汽和空气中工作的铸件上穿透性和非穿透性疏松缺陷

## 2. 金属喷镀法(表 7-39)

表 7-39 金属喷镀法

方法	喷镀前, 将渗漏处清理干净。利用压缩空气, 将电弧(或乙炔火焰)熔化的锌金属, 喷镀到缺陷处, 进行充实修补		
用电 弧喷 镀时 的工 艺参 数	电弧	工作电压/V	20~30
		工作电流/A	50~60
	压缩 空气	压力/MPa	0.55~0.6
		喷嘴距喷镀表面距离/mm	40~60
	铸件表面温度/℃	< 70	
程序	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 喷镀时, 一层一层进行</li> <li>2. 每喷完一层, 均须用清水将其浸透</li> </ol>		



3. 腻子填补法 见表 7-40,它是利用腻子填塞缺陷进行充实修补的一种方法。适用于工作温度小于 200~300℃ 的渗漏铸件。

表 7-40 腻子填补法

腻子	配方 (质量分 数,%)	硫磺粉 80、白芨粉(中药)5、白矾 5、铝粉 10 (或石墨粉 10)
子	配制工 艺	将硫磺粉放入坩埚内,炭火熔化,然后将白矾和铝粉(或石墨粉)加入,搅拌均匀,最后,再将白芨粉加入,急速搅拌,倒入玻璃容器内,凝固即成
填补方法	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将缺陷处清理干净</li> <li>2. 用氧乙炔火焰(中性焰),或喷灯火焰,预热待补处至 300℃ 左右</li> <li>3. 将配好的腻子涂抹在预热的缺陷处,腻子化为液体,渗入针孔或微小裂纹中,冷凝后即可堵漏</li> </ol>	
安全事项	<p>制备腻子过程中,若发现硫磺燃烧,可用棉布捂严,隔绝空气即可熄灭</p> <p>在填补腻子时,发现有燃烧现象(铸件预热过高),应稍停一会,降温后再涂抹</p>	
应用	适用于工作温度小于 200~300℃ 的渗漏铸件	

## 五、铸件热处理

### (一) 铸钢件的热处理

1. 铸钢件的热处理基础 铁碳合金相图是铸钢件的热处理基础。如图 7-8 所示。铸造用钢碳的质量分数一般是在 0.1%~0.8% 范围，属亚共析钢，其常温下的金相组织是“铁素体+珠光体”。

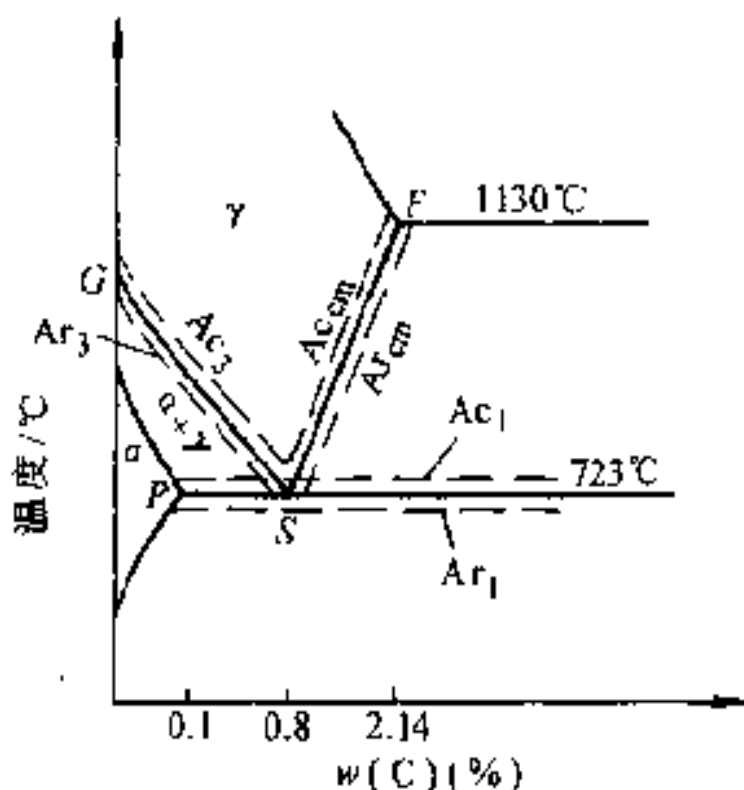


图 7-8 铸钢件热处理使用的铁碳合金状态图

钢液浇入砂型直接凝固成固体铸件所发生的一次结晶，晶粒粗大，强度较低。

若将铸钢件重新加热到图 7-8 中的  $PS$  线 ( $723^{\circ}\text{C}$ ) 以上到  $SG$  线的温度时, 珠光体就要开始转化为奥氏体 ( $\gamma$ ), 铁素体 ( $\alpha$ ) 继续存在,

若将铸钢件继续加热到图 7-8 中的  $SG$  线 (或  $SE$  线) 以上温度时, 铁素体 ( $\alpha$ ) 就要完全熔入奥氏体 ( $\gamma$ ) 中, 形成单一的奥氏体 ( $\gamma$ ) 组织。

铸钢件热处理利用上述这种特性, 使其在  $SG$  与  $SE$  线以上的温度保温, 晶体之间充分熔解并重新结晶, 再控制其冷却速度, 从而获得组织均匀、晶粒细小并且是稳定的珠光体组织。

相图上热处理加热温度是在  $PS$  与  $SG$  线 (即  $723\sim 910^{\circ}\text{C}$ ) 之间, 实际上由于铸件加热速度较快, 因而温度要比上述温度高出一定的范围。相图上临界温度与实际温度之差叫过热度。用  $Ac_1$  表示加热时珠光体转变为奥氏体的转变温度线, 用  $Ac_3$  表示加热时铁素体转变为奥氏体的终了温度线。

铸件冷却时, 实际转变温度又滞后于相图上的临界温度, 这个温度差叫过冷度。用  $Ar_1$  表示冷却时奥氏体转变为珠光体的温度线; 用  $Ar_3$  表示冷却时奥氏体转变为铁素体的开始温度线。

过热度和过冷度转变曲线如图 7-8 中虚线所示。

2. 碳钢铸件的热处理方法 碳钢铸件常用热处理方法的特点和应用范围, 见表 7-41。

表 7-41 碳钢铁件的热处理方法

序号	方法	目的	规范	热处理后的组织	应用
1	退火	细化组织, 改善切削性能, 为最终热处理作准备	加热到 $A_{c1}$ 以上, 保温一定时间, 随炉缓慢冷却	得到接近于平衡的组织	各种牌号铸钢件
			加热到 $A_{c1}$ 以上, 保温一定时间, 空冷	再结晶, 形成均匀、细小的珠光体、索氏体	
3	均匀化	消除组织偏析, 促进组织均匀化, 改善冷加工、热加工性能	加热到 $A_{c1}$ 以上, 保温一定时间, 空冷	再结晶, 获得均匀组织	高碳钢铸件
			加热到 $A_{c1}$ 以上, 保温一定时间, 空冷	使渗碳体和碳化物溶解, 并在冷却过程中, 获得马氏体组织	
1	淬火	提高硬度, 保证回火后满足力学性能要求	加热到 $A_{c1}$ 以上, 保温一定时间, 快速冷却(水、油或盐)	使渗碳体和碳化物溶解, 并在冷却过程中, 获得马氏体组织	碳钢铁

(续)

序号	方法	目的	规范	热处理后的组织	应用
5	回火	淬火的后续工序, 消除淬火应力, 改善淬火韧性和塑性, 获得所需的综合力学性能	加热到 $A_{c1}$ 以下, 保温一定时间, 空冷或炉冷	回火马氏体和托氏体等马氏体的分解物	碳钢铸
6	消除应力处理	消除铸造应力、淬火应力、机械加工应力, 稳定尺寸	加热到 $A_{c1}$ 以下 $100\sim 200^{\circ}\text{C}$ 保持一定时间随后缓冷	无组织变化	一般碳 钢铸件

3. 碳钢铸件的热处理工艺 碳钢铸件通常采用的热处理工艺是退火、正火、或正火加回火。生产中采用正火处理的居多。

(1) 正火 正火是将铸钢件加热到  $A_{c1}$  线以上  $30\sim 50\text{C}$  保温,使之完全奥氏体化,然后在静止的空气中冷却的处理工艺。

经正火处理的铸钢件,其力学性能较退火的略高,一般工程用碳钢(也有部分厚大形状复杂的合金钢铸件)多采用正火处理。

碳钢的正火温度范围如图 7-9 所示。

碳钢铸件的正火处理工艺及其硬度,见表 7-42。

(2) 退火 退火是将铸钢件加热到  $A_{c3}$  线以上  $20\sim 30\text{C}$ ,保温一定时间后,随炉冷却的热处理工艺。

退火目的,是消除铸造组织中的柱状晶、粗等轴晶、魏氏组织和树枝状偏析,以改善铸钢性能。

退火后的组织是珠光体+铁素体。

铸钢件几种退火处理加热规范如图 7-10 所示。

碳钢铸件的退火工艺及硬度,如表 7-43。

扩散退火(即均匀化退火)是退火的一个特例。它是将铸钢件加热到  $A_{c3}$  线以上  $100\sim 200\text{C}$ (即  $1050\sim 1150\text{C}$ ),保温足够长时间(20h)后空冷。这种工艺用于特大型铸钢件和钢锭,以消除晶内偏析和枝晶偏析,使铸钢成分和组织均匀化。但此工艺加热温度高,保温时间

长，所得内部组织较粗大，还需回火来细化晶粒。

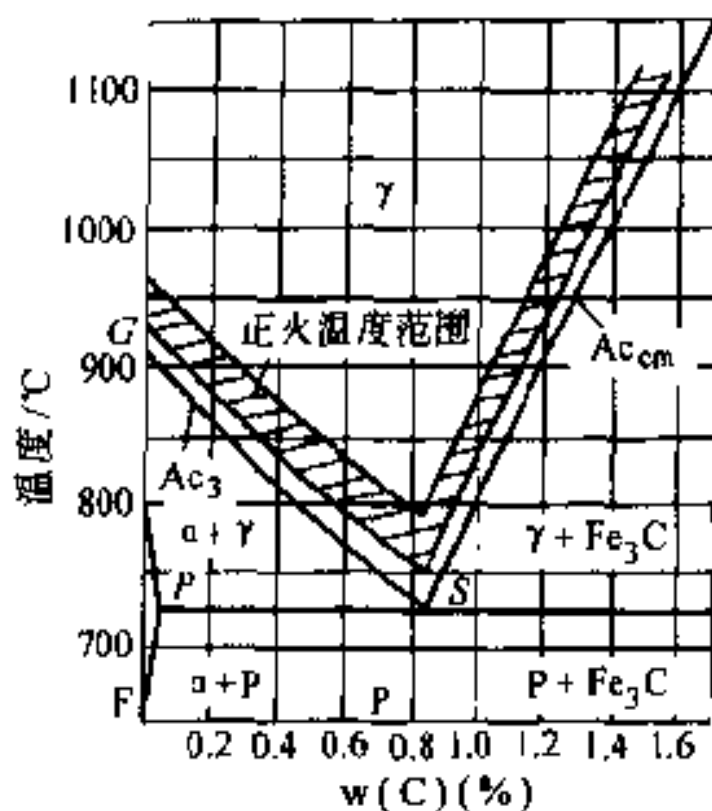


图 7-9 碳钢正火温度范围

表 7-42 碳钢铸件的正火工艺及硬度

碳的质量 分数(%)	正火温度 / °C	回 火 <sup>①</sup>		硬 度 HBS
		温度 / °C	冷却方式	
0.1~0.2	930~900	—	—	126~149
0.2~0.3	900~870	—	—	139~169

(续)

碳的质量 分数(%)	止火温度 / (	回 火 <sup>1</sup>		硬 度 HBS
		温度/ (	冷却方式	
0.3~0.4	870~840	550~650	空冷	149~187
0.4~0.5	840~820			163~217
0.5~0.6	820~800			187~228

注：铸件壁厚是保温时间估计的依据。每25mm壁厚保温30~60min，大于25mm者，每增加25mm延长保温时间30min。

① 对含碳量高，且形状复杂的碳钢铸件，为消除残留应力和改善韧性，可在正火后回火，一般铸件不必回火。

表 7-43 碳钢铸件退火工艺及退火后硬度

碳的质量 分数(%)	退火温度 / (	保 温		冷却方式	硬度 HBS
		铸件壁厚 /mm	时间/h		
0.1~0.2	910~880	<30	1	炉冷至 620(后， 出炉空冷	115~143
0.2~0.3	880~850				133~156
0.3~0.4	850~820				143~187
0.4~0.5	820~800	>30	每增加 30mm延 长1h		156~217
0.5~0.6	800~780				187~230



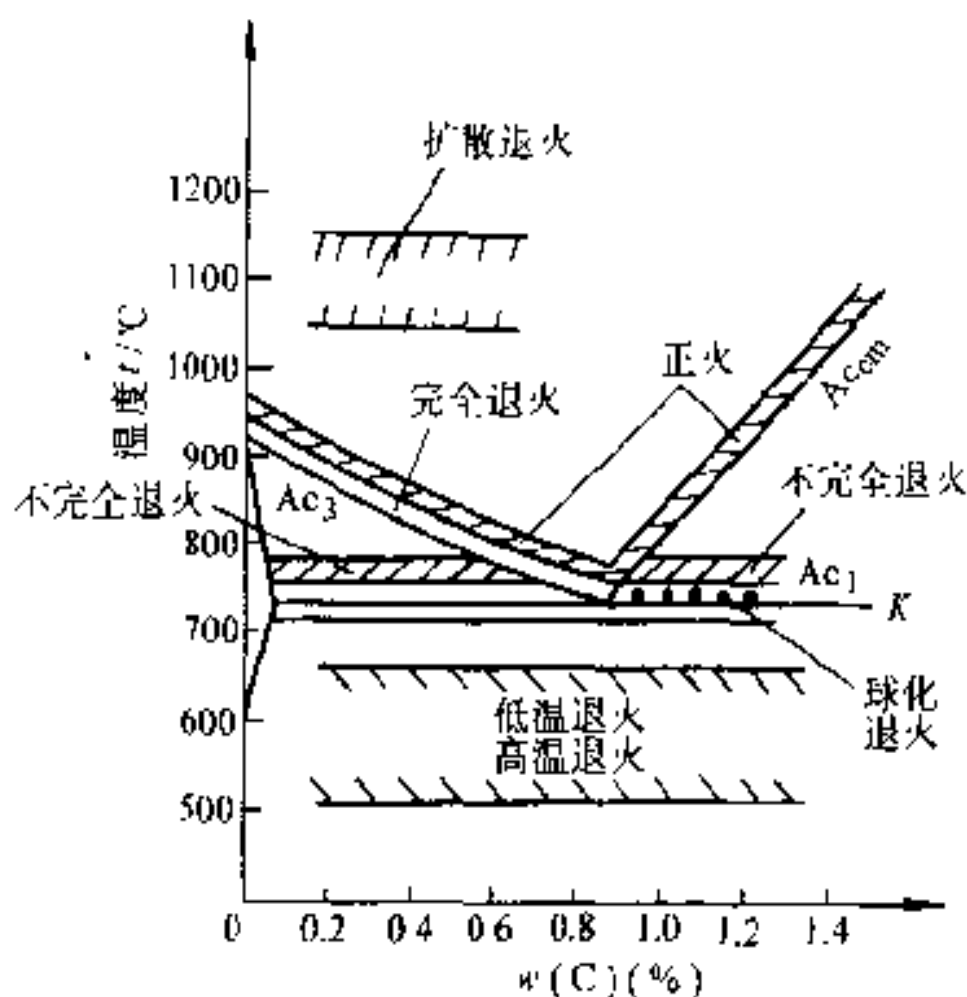


图 7-10 铸钢件几种退火处理的加热规范

(3) 回火 铸钢件用的回火,实际上就是低温退火。即将铸钢件加热到  $A_{c1}$  线以下  $100 \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$  (即  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右),保温后炉冷至  $200 \sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$  后出炉。这种方法目的只是消除内应力和改善切削加工性能,铸件内部组织不发生转变。

1) 铸钢件消除内应力回火 铸钢件消除内应力回火工艺,如图 7-11。

2) 焊补后铸钢件消除内应力回火 图 7-12 和图 7-13 是电焊焊补和气割焊补后铸钢件消除内应力回火工

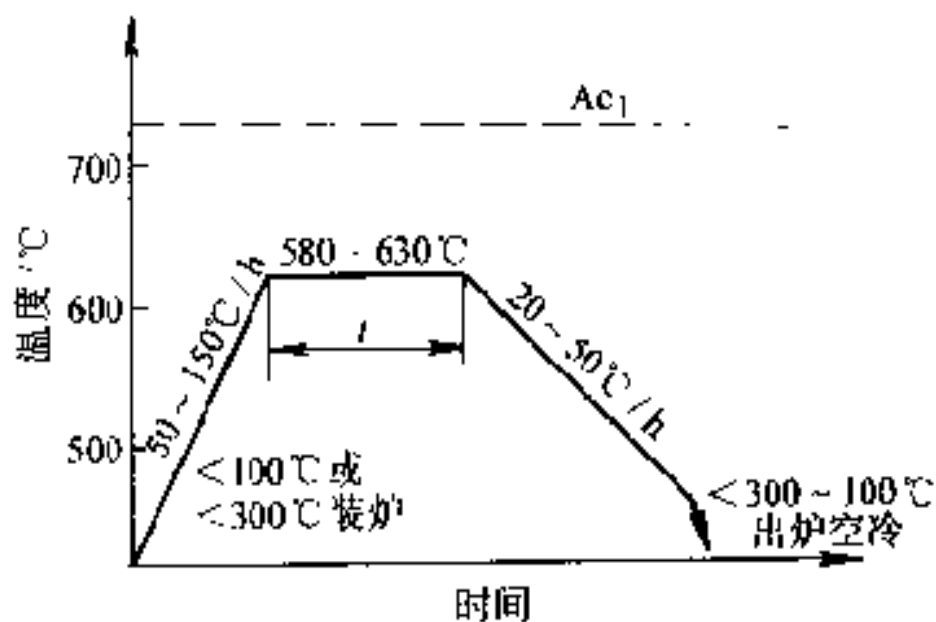
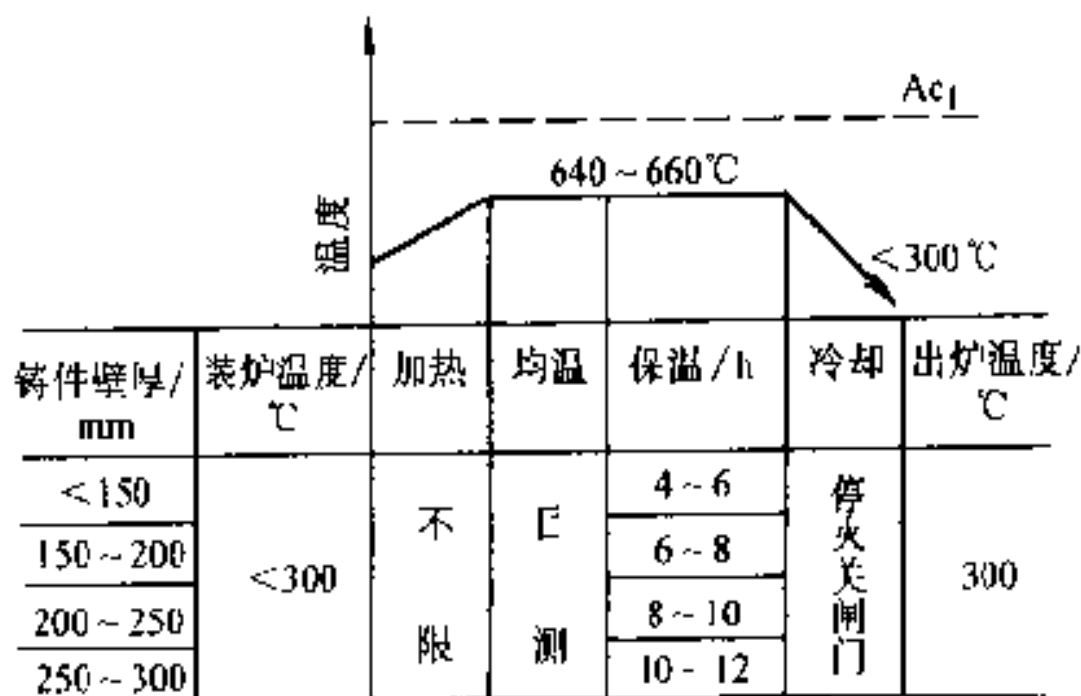


图 7-11 铸钢件消除内应力回火工艺曲线

图 7-12 焊补后铸钢件消除  
内应力回火工艺曲线

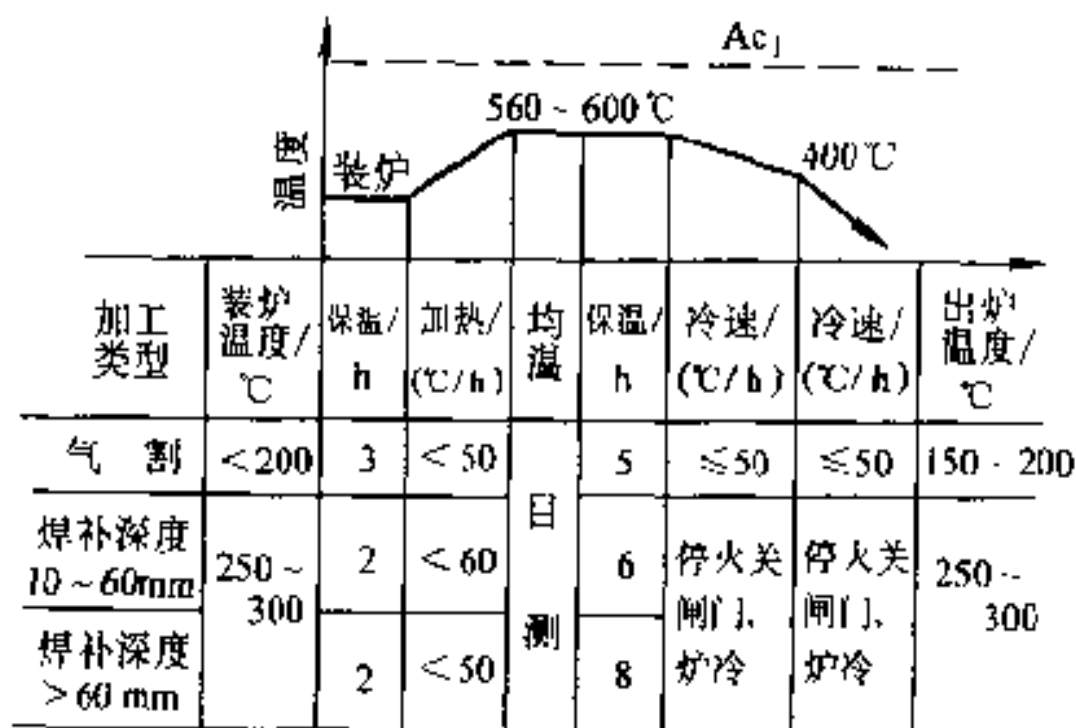


图 7-13 气割焊补后, 铸钢件消除  
内应力回火工艺

艺。适用于 ZG230—450, ZG270—500, ZG310—570, ZG20CrMo, ZG20CrMoV 及 ZG15Cr1Mo1V<sub>0</sub> 等铸钢。

4. 常用低合金铸钢件的正火或正火+回火工艺(表 7-44)

表 7-44 常用低合金铸钢件  
的正火或正火+回火温度规范

牌 号	正火温度/°C	回火温度/°C	硬度 HBS
ZG22Mn	800~900	—	—
ZG40Mn	850~870	550~620	≥163

(续)

牌 号	正火温度, C	回火温度, C	硬度 HBS
ZG40Mn2	850~870	550~600	$\geq 197$
ZG50Mn2	820~840	590~650	
ZG20SiMn	900~930	580~600	$\geq 156$
ZG35SiMn	860~880	600~620	--
ZG42SiMn	860~880	500~600	$\geq 229$
ZG50SiMn	850~870	580~600	217--255
ZG20MnMo	900~920	550~660	$\geq 156$
ZG35SiMnMo	880~900	550~650	
ZG40Cr	830~850	520~680	$\leq 212$
ZG35CrMo	860~880	550~600	--
ZG35CrMnSi	850~900	550~600	$\leq 217$
ZG30CrMnMo	860~880	650~700	

5. 高锰钢铸件的热处理 高锰钢在平衡状态下的金相组织是铁素体和碳化物。但因铸造时冷速较快,得到的铸态组织是奥氏体和碳化物。碳化物的存在降低了高锰钢的强度和韧性。为了获得高韧性必须进行热处理消除铸态组织中的碳化物,变成单一的奥氏体组织。常用的

热处理方法是水韧处理(或称淬火处理)。

水韧处理就是把高锰钢铸件重新加热到  $1100^{\circ}\text{C}$  左右,即  $A_{c3}$  线以上的奥氏体区域,并保温一定时间,使碳化物熔解到奥氏体中,然后倾入水中速冷,迫使碳化物析不出来,从而获得单一的奥氏体组织。

典型的高锰钢水韧处理工艺规范,如图 7-14 所示。

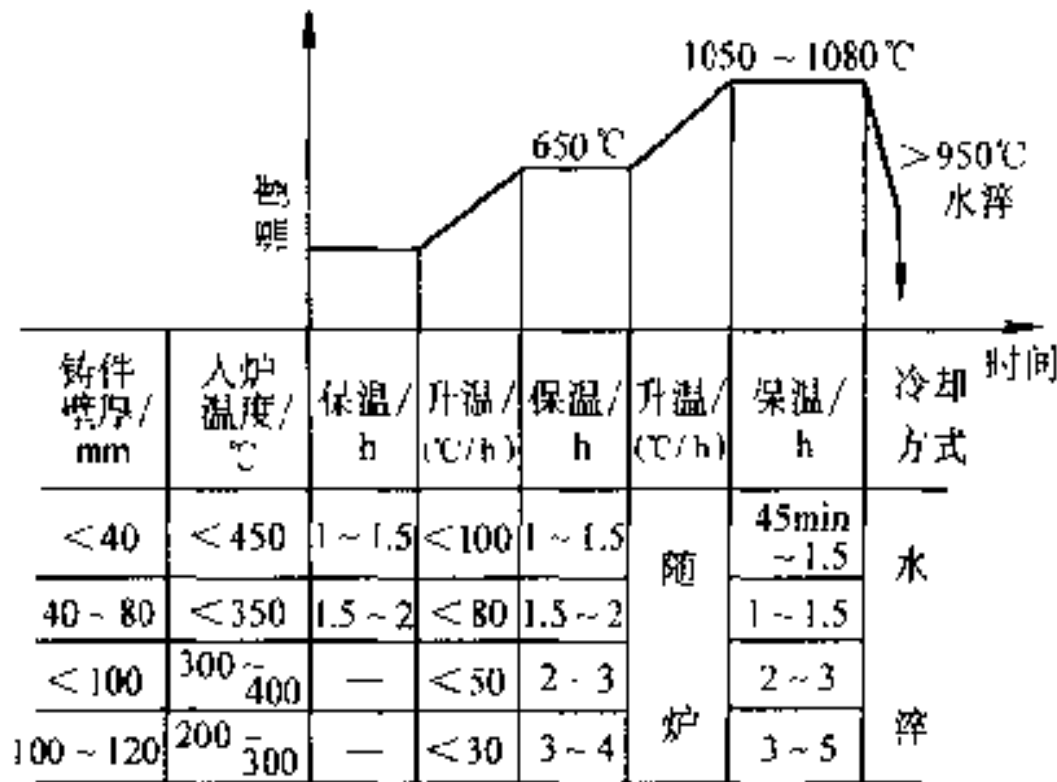


图 7-14 典型的高锰钢铸件  
水韧处理工艺规范

在图 7-14 中,保温时间主要取决于铸件壁厚,可按壁厚每 25mm 保温 1h 计算。水韧处理时铸件入水前的温度应高于  $950^{\circ}\text{C}$ ,因此铸件从出炉到入水的操作不应超

过 2min 水温保持 40℃ 以下。水韧处理后可根据铸件要求及复杂程序适当进行回火，回火温度小于 250℃。

利用铸态余热也能进行高锰钢水韧处理，方法是将铸件于 1100~1180℃ 时自砂型内取出，除芯清砂后，铸件温度允许冷却到 900~1000℃，而后，装入加热到 1050~1080℃ 的炉内保温 3~5h 后水冷。这种方法简化了热理工艺，减少铸件在型内冷却时间，能提高铸件性能。破碎机的高锰钢固定板采用上述工艺处理，在零下 30~40℃ 破碎花岗岩和花岗闪长石，使用寿命提高 50%。

#### 6. 不锈钢铸件热处理(表 7-45)

表 7-45 大型不锈钢铸件热处理规范  
(JB/T6405—92)

牌 号	热处理规范
ZG15Cr13 ZG20Cr13 ZG30Cr13	1. 加热至大于等于 995℃，空冷，并在大于等于 595℃ 回火或 2. 在大于等于 790℃ 退火
ZG12Cr18Ni9Ti	加热至大于等于 1040℃，保持足够时间，水淬或采用能达到验收条件的其它方式
ZG06Cr13Ni4Mo ZG06Cr13Ni6Mo	1. 退火应大于等于 600℃ 2. 正火—淬火：在 $A_{c3}$ 点以上温度进行 3. 回火：在 $A_{c1}$ 点上下进行一次或二次回火

(续)

牌 号	热处理规范
ZG09Cr19Ni9 ZG08Cr19Ni11Mo3 ZG12Cr22Ni12	加热到大于等于1040℃, 保持足够时间, 水淬或用其它快冷方式
ZG20Cr25Ni20	加热到大于等于1093℃, 保持足够时间, 水淬或其它快速冷却方式
ZG12Cr17Mn9Ni4Mo3Cu2N ZG12Cr18Mn13Mo2CuN	加热到1100~1150℃, 保持足够时间, 水淬或其它快速冷却方式

## (二) 铸铁件的热处理

### 1. 灰铸铁的热处理

1) 时效处理(低温退火) 目的是消除灰铸铁件中残余内应力。灰铸铁消除内应力时效处理工艺曲线, 见图7-15。

各类灰铸铁的消除内应力的时效处理工艺规范, 见表7-46。应指出, 严格控制铁液成分, 浇注工艺、砂型工艺、落砂开箱时间和冷却条件, 能减少铸造应力, 对一般铸件可不用时效热处理。

2) 石墨化退火(高温退火) 目的是在高温下使白口部分的渗碳体分解达到石墨化, 从而消除白口, 降低硬

表 7-46 灰铸铁件消除内应力时效处理工艺规范

序 号	铸 件 类 别	铸件 重量 /t	铸件 壁厚 /mm	时效热处理工艺规范					
				装炉 温度 / ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ )	加热 速度 / ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ )	退火 温度 / ( $^{\circ}\text{C}$ )	保温 时间 / h	冷却 速度 / ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ )	出炉 温度 / ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	较大的机床件 (如机床床身类铸件)	$>2$	20~80	$<150$	30~60	500~	8~16	30~40	150~
				$\approx 200$	$<100$	550			200
2	较小的机床铸件	$<1$	$<60$	$\approx 200$	$<100$	500~	3~5	20~30	150~
						550			200
3	纺织机械小铸件	$<0.05$	$<15$	$<150$	50~70	500~	1.5	30~40	150
						550			



(续)

序号	铸件类别	铸件重量/t	铸件壁厚/mm	时效热处理工艺规范						
				装炉温度/℃	加热速度/(℃/h)	退火温度/℃	保温时间/h	冷却速度/(℃/h)	出炉温度/℃	
1	结构复杂,有较高精度要求 的铸件(如鼓风机机架 等铸件)			500~						
			>70	<200	<75	550	9~10	20~30	<200	
		1.5	40~70	<200	<70	450~	8~9	20~30	<200	
			<40	<150	<60	420~	5~6	30~40	<200	
						450				
5	一般精度要求的铸件	0.1~	15~	100~	<75	500	8~10	40	<200	
		1.0	60	200						
6	筒类结构简单铸件	<0.3	10~40	100~	100~	550~	2~3	40~50	<200	
				300	150	600				

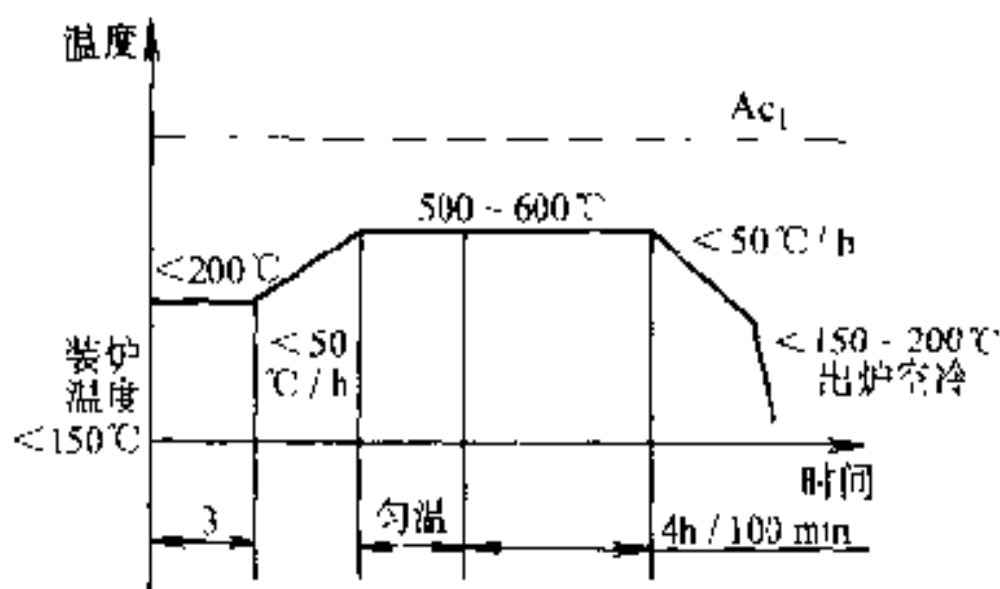


图 7-15 灰铸铁消除内应力  
时效处理工艺曲线

度，改善切削加工性能和力学性能。

石墨化退火工艺规范，如图 7-16 所示。

从图 7-16 看出：

1) 若需得到高韧性和塑性的铁素体基体时，其石墨化退火工艺为：低于  $200^{\circ}\text{C}$  装炉，以  $70 \sim 100^{\circ}\text{C/h}$  的加热速度升温至  $900 \sim 960^{\circ}\text{C}$ ，保温  $1 \sim 4\text{h}$ ，随炉冷至  $720 \sim 760^{\circ}\text{C}$ ，保温  $2 \sim 5\text{h}$ ，出炉空冷(图 7-16 中①)。

也可直接从高温随炉冷至  $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$  后出炉空冷(图 7-16 中②)。

2) 若需得到强度较高的珠光体基体，则在高温保温后就出炉空冷(图 7-16 中③)。实际上是正火。

2. 球墨铸铁的热处理 通过热处理可以改善球墨

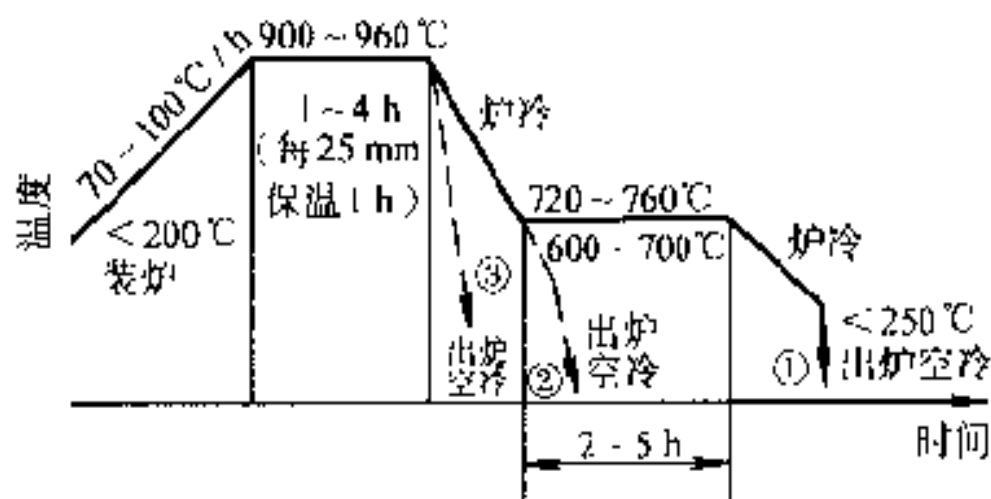


图 7-16 灰铸铁的石墨化退火工艺规范

铸铁的力学性能。常采用的有退火、正火、淬火和回火、等温淬火等。

(1) 退火 球墨铸铁退火有消除内应力退火、高温石墨化退火、低温石墨化退火其一般工艺规范见表 7-47。

(2) 正火 球墨铸铁的正火有普通正火和部分奥氏体化正火。其工艺规范见表 7-48。

(3) 淬火和回火 球墨铸铁件淬火和回火工艺规范见表 7-49。

(4) 等温淬火 球墨铸铁件等温淬火前，要求铸态组织球化良好(球化等级 1~2 级)、共晶团细小、石墨细小(6 级或更小)，无渗碳体。如有渗碳体(体积分数大于 1%)应先退火。等温淬火工艺规范见表 7-50。

### 3. 抗磨白口铸铁热处理(表 7-51)

表 7 47 球墨铸铁件退火处理的种类、目的和工艺规范

序号	退火种类	目的与应用	基体组织	
			原始	处理后
	低温时效处理	消除内应力。铸件若无其它热处理要求，般应进行消除内应力的低温时效处理	与原始组织同	与原始组织同

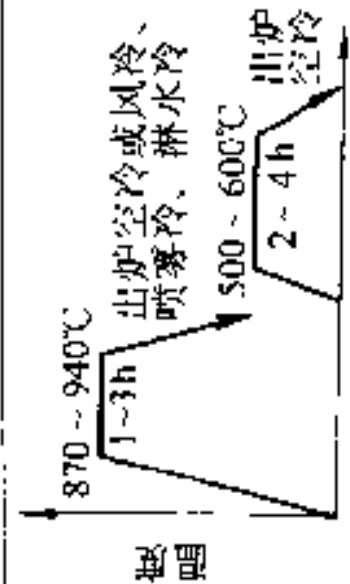
(续)

序号	退火种类	目的与应用	基体组织		退火工艺规范
			原始	处理后	
2	高温(石墨化)退火	为消除渗碳体促使珠光体分解获得高韧性铁素体的球墨铸铁去除应力	珠光体+渗碳体 铁素体 体积分数大于3%	铁素体	

(续)

序号	退火种类	目的与应用	基体组织 原始处理后	退火工艺规范
	低温(石 墨化) 退火	使珠光体分解改善 韧性 去除应力	珠光体	
3				

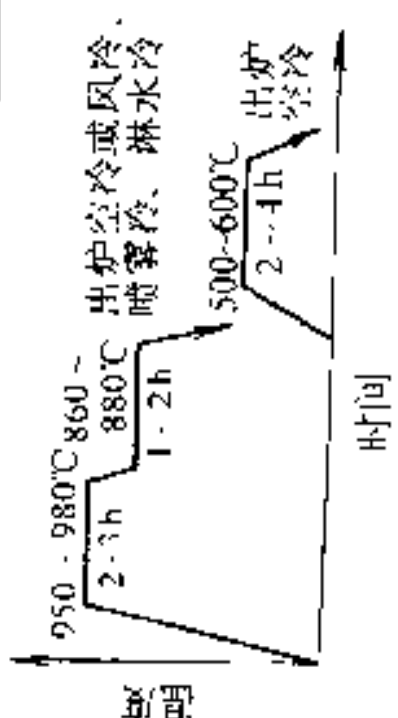
表 7-48 球墨铸铁件正火工艺规范

序号	正火名称	目的	基体组织		特点	工艺规范
			正火前	正火处理后		
1	普通正火	是获得珠光体(或索氏体)球墨铸铁如 QT800-2 QT700-2 QT600-3 正火后一般应回火,改善韧性,消除应力	无渗碳体	珠光体十少量铁素体(牛眼状)	是加热到共析转变温度以上,充分保温,使完全奥氏体化后正火	

无渗碳体时的正火

(续)

序号	正火名称	目的	基体组织		特点	工艺规范
			铸态	处理后		
	普通正火	是获得珠光体(或索氏体)球墨铸铁	珠光体+少量碳化物	珠光体+少量碳化物后,炉量铁素体(牛眼状)	采用高温正火	
	QT800-2		渗碳	珠光体+少量碳化物	采用高温正火	
	QT700-2			珠光体+少量碳化物	采用高温正火	
	QT600-3			珠光体+少量碳化物	采用高温正火	
	正火后一般应回火,改善韧性,消除应力					



有渗碳体时的正火



(续)

序正火 号名称	目的	基体组织		特点	工艺规范
		铸态	处理后		
部分 奥氏体 止火	与上述 相似	无渗 碳体	珠光 体+少 量铁素 体(破 碎状)	是在共析转变 温度范围内(即 上下临界温度之 间)保温,仅发生 部分奥氏体化后 正火	

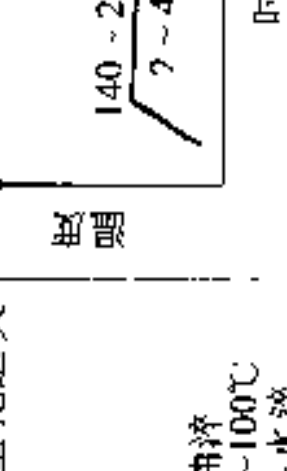
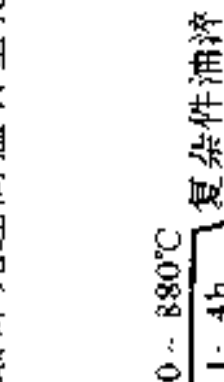

注:Ac<sub>1</sub> 共析转变温度的上限  
无渗碳体时的部分奥氏体正火

(续)

序号	正火名称	目的	基体组织 —— 铸态处理后	特点	工艺规范
2	部分奥氏体化正火	与上述相似	有渗碳体+少量铁素体(破碎状)	采取先在高温使渗碳体分解,再炉冷至共析转变温度范围内部分奥氏体化正火	<p>时间</p>

有渗碳体时的部分奥氏体化正火

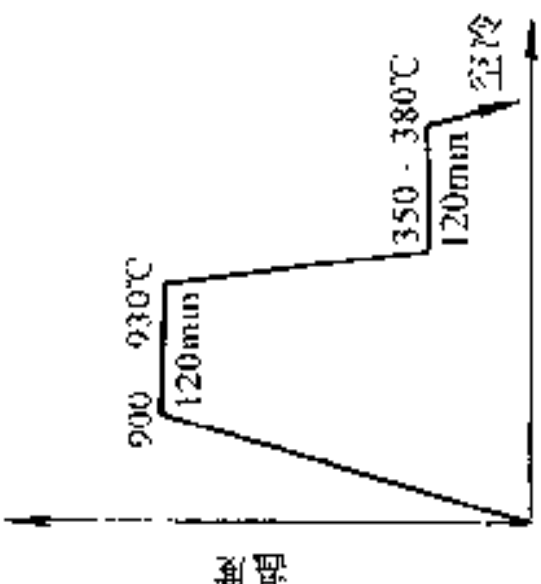
表 7-49 球墨铸铁件的淬火和回火

目的	淬火工艺规范	回火工艺规范	处理后的基体组织与硬度
提高强度、硬度和耐磨性	淬火前最好先经高温石墨化退火或正火 	 低温回火  中温回火	细针状回火马氏体—残余奥氏体 46~50HRC  回火托氏体+残余奥氏体 42~46HRC

(续)

目的	淬火工艺规范	回火工艺规范	处理后的基体组织与硬度
提高强度、硬度和耐磨性		<p style="text-align: center;">高温回火(调质)</p>	回火索氏体 + 残余奥氏体 17~35HRC

表 7 50 球墨铸铁的等温淬火规范

名称	目的	处理后基体组织	工艺规范
上贝氏体等温淬火	获得良好的断裂韧度和疲劳强度	I. 贝氏体 + 30%~40% 高碳稳定化奥氏体	 <p>900 930°C 120min 350 - 380°C 120min 空冷 时间</p>

(续)

名称	目的	处理后晶体组织	工艺规范
下贝氏体等温淬火	获取良好的耐磨性和较好的疲劳强度	下贝氏体、少量残余奥氏体+少量马氏体	<p>860 ~ 900°C 30-90 min 280-320°C 45-90 min 空冷 250-320°C 120-140 min 空冷 时间</p>

下贝氏体等温淬火及回火

表 7-51 抗磨白口铸铁热处理参考工艺规范 (GB8263-87)

牌 号	软化 退火工艺	淬火工艺	回火工艺	最大截面 尺寸/mm
KmTBMn5W3				70
KmTBW5Cr4				70
KmTBNi4Cr2 -DT			130 ~ 470 C 保 温 1 ~ 6h, 出炉空 冷, 然后, 再在 250 ~ 300 C 保温 4 ~ 16h, 出炉空冷	200 200
KmTBNi4Cr2 --GT				
KmTBCr9Ni5Si2		750 ~ 825 C 保 温 4 ~ 10h, 出炉空 冷	250 ~ 300 C 保 温 4 ~ 16h, 出炉空 冷	300
KmTBCr2Mo1Cu1	940 ~ 960 C 保 温 1 ~ 6h, 缓冷到 760 ~ 780 C, 保温 4 ~ 6h, 缓冷至 600 C 以下出炉空 冷	960 ~ 1000 C 保 温 1 ~ 6h, 出炉空 冷	200 ~ 300 C 保 温 4 ~ 6h, 出炉空 冷	100

(续)				
牌 号	软化 退火工艺	淬火工艺	回火工艺	最大截面 尺寸, mm
KmTBCr15Mo2 DT	920 ~ 960°C 保 温 1 ~ 8h, 缓冷至 700 ~ 750°C 保温 1 ~ 8h, 缓冷至 600°C 以下出炉空 冷	920 ~ 1000°C 保温 2 ~ 6h, 出炉空冷	200 ~ 300°C 保温 2 ~ 8h, 出炉空冷	120
KmTBCr15Mo2 GT	920 ~ 960°C 保 温 1 ~ 8h, 缓冷至 700 ~ 750°C 保温 4 ~ 10h, 缓冷至 600°C 以下出炉空 冷	960 ~ 1020°C 保 温 2 ~ 6h, 出炉空 冷	200 ~ 300°C 保温 2 ~ 8h, 出炉空冷	300
KmTBCr26	920 ~ 960°C 保 温 1 ~ 8h, 缓冷至 700 ~ 750°C 保温 4 ~ 10h, 缓冷至 600°C 以下出炉空 冷	960 ~ 1050°C 保 温 2 ~ 6h, 出炉空 冷	200 ~ 300°C 保温 2 ~ 8h, 出炉空冷	200



## (三) 非铁合金铸件内应力的消除

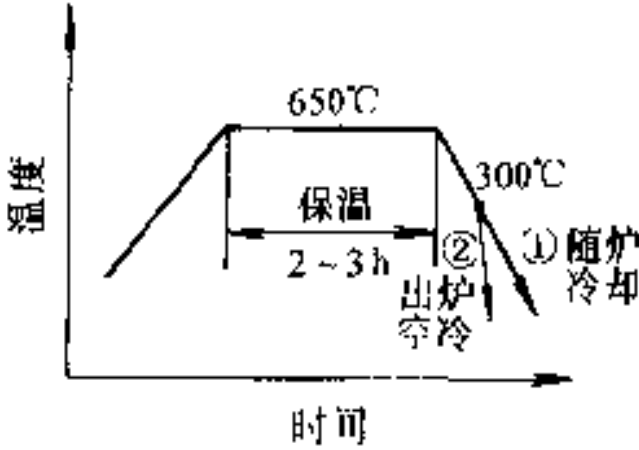
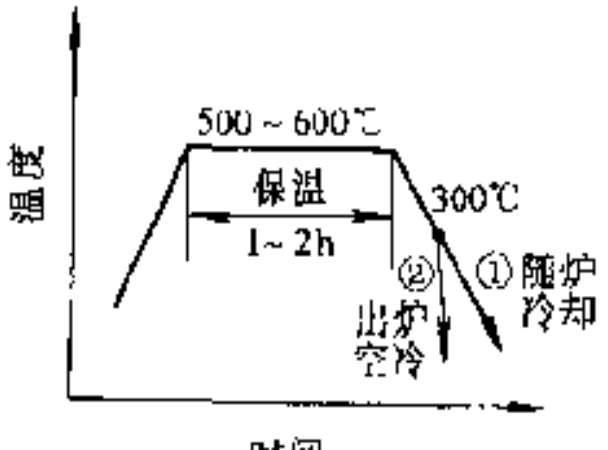
## 1. 铝合金铸件内应力的消除(表 7-52)

表 7-52 铝合金铸件内应力的消除

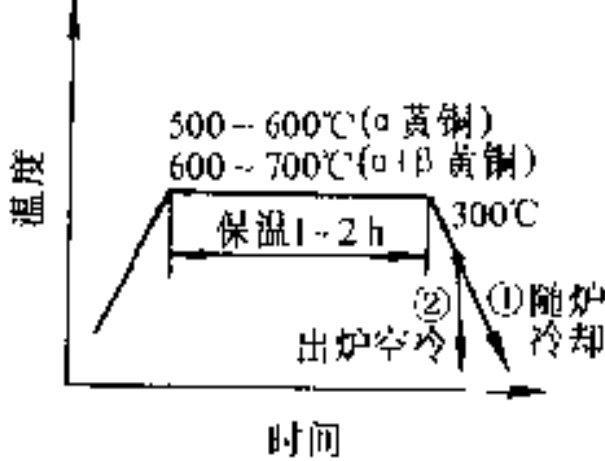
处理方式	工 艺 规 范	应 用
回火	<p style="text-align: center;">时间</p>	一般铝合 金铸件
冰冷处理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将铸态或固溶处理后的铸件, 放入冷处理炉中</li> <li>2. 冷却至<math>-50\sim-70^{\circ}\text{C}</math>或更低的温度, 保温<math>2\sim4\text{h}</math>, 出炉</li> <li>3. 出炉后在空气或热水中加热到室温, 或进炉加热到接近人工时效温度</li> </ol>	适用于尺 寸稳定性要 求较高的铝 合金铸件
循环热处 理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将铸件冷却到<math>-50\sim-70^{\circ}\text{C}</math>, 保温<math>2\sim4\text{h}</math></li> <li>2. 随后加热到<math>200^{\circ}\text{C}</math>左右, 保持 定时间</li> <li>3. 反复进行多次</li> </ol> <p>冷却温度、加热温度、保持时间和反复次数根据铸件要求而定</p>	适用于尺 寸稳定性要 求更高的铝 合金铸件

## 2. 铜合金铸件内应力的消除(表 7-53)

表 7-53 铜合金铸件的内应力消除

合金名称	时效处理工艺规范
锡青铜	 <p>温度</p> <p>650°C</p> <p>保温</p> <p>2~3h</p> <p>300°C</p> <p>② 出炉空冷</p> <p>① 随炉冷却</p> <p>时间</p>
磷青铜	 <p>温度</p> <p>500~600°C</p> <p>保温</p> <p>1~2h</p> <p>300°C</p> <p>② 出炉空冷</p> <p>① 随炉冷却</p> <p>时间</p>

(续)

合金名称	时效处理工艺规范
黄铜	 <p>500--600°C (α 黄铜) 600--700°C (α+β 黄铜) 保温1~2 h 300°C ② 出炉空冷 ① 随炉冷却 温度 时间</p>

## 六、铸件质量检验

为了保证铸件质量,除加强工序检查外,清理后的铸件,必须进行质量检验。

### (一) 铸件质量的现代内涵(表 7-51)

表 7-54 铸件质量内涵

铸件质量项目	内 涵	项 目 内 容
铸件外观质量	系指铸件表面状况和达到用户要求的程度	1. 表面粗糙度 2. 尺寸公差 3. 形状偏差 4. 重量偏差 5. 浇冒口残留量 6. 允许的表面缺陷

(续)

铸件质量项目	内 涵	项 目 内 容
铸件内在质量	系指一般不能用肉眼检查出来的铸件内部状况和达到用户要求的程度	1. 化学成分 2. 力学性能 3. 金相组织 4. 铸件内部存在的孔洞、裂纹、夹杂等缺陷
铸件使用性能	系指铸件能满足使用要求的性能	1. 铸件在强力、高速、耐磨、耐蚀、高温等不同工况条件下的工作性能 2. 被切削性能、焊接性能、运转性能、使用寿命等

## (二) 铸件质量检验及质量分级(表 7-55)

表 7 55 铸件质量检验和质量分级

序号	项 目	概 念
1	目的	质量检验目的是保证铸件质量符合交货验收的技术条件

(续)

序号	项 目		概 念
2	依据		铸件图、铸造工艺文件、有关标准及铸件交货验收技术条件
3	铸件质量	铸件外观质量	包括铸件尺寸公差、表面粗糙度、重量公差、浇冒口残留量、焊补质量、表面缺陷、表面硬度、试样断口质量
		铸件内在质量	包括铸件力学性能、化学成分、金相组织、内部缺陷、特殊的物理化学性能
4	质量检验结果分类	合格品	指外观质量和内在质量符合有关标准或交货验收技术条件的铸件
		返修品	指外观质量和内在质量不完全符合标准和验收条件,但允许返修,返修后能达到标准和验收条件的铸件
		废品	指外观质量和内在质量不合格,不允许返修或返修后仍达不到标准和验收条件的铸件
5	废品分类	内废	指在铸造厂(车间)内发现的废品铸件
		外废	指铸件在交付后发现的废品。通常在机械加工、热处理或使用过程中才显露出来,所造成经济损失远比内废的大

(续)

序号	项 目	概 念
6	合格品 合格品分等(质量等级)	铸件外观质量和内在质量符合现行国家标准、行业标准、生产过程质量稳定,用户评价能满足使用性能
	一等品	铸件外观质量和内在质量符合现行国家标准、行业标准,达到工业发达国家70年代末,80年代初水平,生产过程稳定,用户评价铸件质量达到国内先进水平
	优等品	铸件外观和内在质量符合现行国家标准、行业标准,达到同类铸件当代国际先进水平,生产过程质量稳定,用户评价铸件质量达到当代国际水平,在国际市场中有竞争力
7	铸件质量等级评定	铸件质量的所有检查项目都达到相关标准的合格品指标
	铸件质量分等指数C的计算	采用多指标加权综合评价法计算 $C = \sum C_j$ $C_j = L_j W_j$

(续)

序号	项 目	概 念
7	铸件质量等级评定 铸件质量分等指数 $C$ 的计算	$C = \frac{W_1 \cdot (\text{合格项次} \times K_1 + \text{一等项次} \times K_2 + \text{优等项次} \times K_3)}{\text{总检测项次}}$ <p>式中 <math>W_1</math>—一级指标加权值。规定成品质量加权值 <math>W_1 = 0.85</math>，技术管理加权值 <math>W_2 = 0.10</math>，用户服务加权值 <math>W_3 = 0.05</math>；</p> <p><math>W_2</math>—二级指标加权值。成品质量项下二级指标由各种铸件质量分等标准规定，或由铸造厂、用户和检验部门商定。技术管理项下二级指标加权值，工艺文件 0.40，标准采用与执行情况 0.30，检测手段完善程度 0.30，用户服务加权值为 1.0；</p> <p><math>E_i</math>—二级指标满足度。<math>K_1 = 60</math> 为合格品满足度，<math>K_2 = 80</math> 为一等品满足度，<math>K_3 = 100</math> 为优等品满足度</p>
	用质量分等指数 $C$ 评定铸件质量等级	$C \geq 80$ 的铸件为一等品 $C \geq 95$ 的铸件为优等品

(续)

序号	项 目	概 念
8	铸件质量检验方式 合检	即逐个检查所生产的全部铸件的质量 只适用于单件、小批生产或试生产或用于特殊场合的重要铸件的关键质量检验项目 如高压容器的压力密封检验
8	抽检	即每批或每隔数批随机抽取规定数量的样品铸件或试样组成样本, 依据对样本质量检验结果, 判定其代表的整批或数批铸件的质量 适用于成批或大量生产的铸件

### (三) 铸件缺陷检验方法

由于铸件作用不同, 其质量要求也各不同, 因此, 质量检验方法也不同。普通铸件一般只作外观检验。特殊用途的重要铸件还需进行理化试验和内部质量探伤检验。

1. 外观质量检验方法 铸件外观质量检验方法, 简便易行、应用普遍。见表 7-56~表 7-58。



表 7-56 铸件外观质量检验方法

检 验 项 目		常 用 检 验 方 法
表面缺陷	宏观缺陷: 缩孔、气孔、砂眼、粘砂、裂纹、浇不足等	视觉极易发现
	微观缺陷、内腔缺陷、表皮以下各种缺陷	借助放大镜、内窥镜、尖嘴锤等工具, 观察敲击来寻找
尺寸和形状		利用工作平台、支承及各种工、夹、量具, 通过直接测量, 或划线检查, 确认是否符合图样要求
表面粗糙度	砂型铸造	铸钢件
		用铸造表面粗糙度比较样块进行评定 比较样块有四种, 其中通常能达到的表面粗糙度有两种为 $\sqrt{100}$ 和 $\sqrt{50}$ 采用特殊措施能达到的有两种为 $\sqrt{25}$ 和 $\sqrt{12.5}$
	铸铁件	比较样块有六种, 其中通常能达到的表面粗糙度有四种: $\sqrt{100}$ 、 $\sqrt{50}$ 、 $\sqrt{25}$ 和 $\sqrt{12.5}$ 采用特殊措施才能达到的有两种: $\sqrt{6.3}$ 和 $\sqrt{3.2}$
		当铸件表面粗糙度低于规定等级时, 可进行精整, 精整后再进行检查评定

表 7-57 铸件重量偏差的评定

概 念	铸件公称重量	指包括加工余量和其它工艺余量, 作为衡量被检验铸件轻重的基准重量 单件和小批生产时, 以计算重量或供需双方共同认定的任何一个合格品铸件的 actual 重量作为公称重量。有时, 以标准样品的实称重量作为公称重量
	铸件重量公差	以占铸件公称重量的百分比表示的铸件重量变动的允许范围
	铸件重量公差等级	确定铸件重量公差大小程度的级别, 用代号 MT 表示。重量公差等级分 16 级, 由 MT1~MT16
	铸件重量偏差	铸件实测重量与公称重量的差值占铸件公称重量的百分比
铸件重量偏差 评定	评定前提	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用经计量部门核验的同一精度等级的衡器称量</li> <li>2. 被检铸件称量前清理干净, 浇冒口余量符合技术规定, 有缺陷铸件修补合格后称量</li> </ol>

(续)

铸件重量偏差 评定	合格	<p>以下情况之一者, 判定铸件重量偏差合格</p> <p>1. 当铸件重量大于公称重量时, 铸件重量偏差小于等于铸件重量公差的上偏差</p> <p>2. 当铸件重量小于等于公称重量时, 铸件重量偏差小于等于铸件重量公差的上偏差</p>
	不合格	<p>检验结果不属以上二种情况的其它情况时, 判定铸件重量偏差不合格</p>

表 7-58 铸钢件浇冒口切割余量检验(mm)

浇冒口直径 或宽度		$\leq 100$	$> 100 \sim 200$	$> 200 \sim 500$	$> 500 \sim 750$	$> 750$	应 用
优等品	残余高度	+3	+4	+6	+9	+13	适用于 质量严格 的出口件
	凹入量	-2	-3	-3	-5	-5	

(续)

浇冒口直径 或宽度		$\leq 100$	$> 100 \sim$ 200	$> 200 \sim$ 500	$> 500 \sim$ 750	$> 750$	应 用
等 品	残余高度	+3	+5	+7	+10	+15	
	凹入量	-2	-3	-3	-6	-6	
合格品	残余高度	-3	+6	+10	+13	+19	适用于 非出口件
	凹入量	-3	-3	-3	-6	-6	

注：铸铁件浇冒口残留量，加工面不大于4mm，非加工面不大于2mm。

## 2. 铸件表面和近表面缺陷检验方法(表 7-59~表 7-61)

表 7-59 腐蚀法检验铸件表面缺陷

序号	方 法	应 用
1	将铸件浸泡在汞和硝酸配制的溶液中，可检查铸件表面裂纹	适于铜合金和镁合金铸件
2	将铸件较长时间浸泡在盐水或海水中，视其侵蚀程度，判断其表面缺陷性质	适于不锈钢铸件
3	用盐酸或硫酸液清洗铸件表面，以发现裂纹	适于一般铸件

表 7-60 渗透法检验铸件表面缺陷

分 类	方 法	应 用
荧光探伤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将被检铸件，浸泡在荧光液中，表面缺陷处便渗入荧光液</li> <li>2. 取出铸件，擦净</li> <li>3. 放在紫外线下照射。利用荧光液在紫外线照射发光的原理，来发现缺陷位置</li> </ol>	<p>广泛用于非磁性金属铸件的检查。优点是方法简单易行，高效、低耗。缺点是灵敏度较差，要</p>
着色探伤 (PT)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将铸件表面清理和清洗洁净，干燥</li> <li>2. 在干净光洁的铸件表面上，喷洒加有红色染剂的着色溶剂(渗透剂)，着色剂渗入表面开口缺陷内</li> <li>3. 将表面上多余的着色剂清除干净</li> <li>4. 再均匀喷洒一层薄薄的白色显像粉液，由于毛细作用，渗入缺陷内的红色着色剂，便渗出，从而在可见光下能看到在显像粉上呈现出的缺陷部位和形象</li> </ol>	<p>求铸件表面的粗糙度应低</p> <p>常用于检查铸件表面开口缺陷</p>

表 7-61 磁粉探伤(又称磁力探伤)(MT)

方法	<p>磁粉探伤原理, 如图 7-17 所示。</p> <p>1. 在被测铸件表面, 撒上磁粉或浇上磁粉悬浮液</p> <p>2. 以电磁法对铸件建立磁场(图 7-17 所示), 使铸件产生磁力线</p> <p>3. 当铸件表层有裂纹、孔隙或非金属夹杂物时, 因磁阻增大, 阻碍磁力线通过, 使磁力线被迫弯曲由附近无缺陷处通过。铸件表面漏磁, 该处产生磁粉聚集和定向现象, 显示有缺陷存在, 如图 7-17 所示</p>
应用	<p>适用于检查铸钢件、铸铁件这些铁磁材质。其优点是灵敏度高, 操作简便, 速度快。缺点是不能检查非铁磁材料。铸件较深部位的缺陷不能发现。被探伤表面要光滑</p>

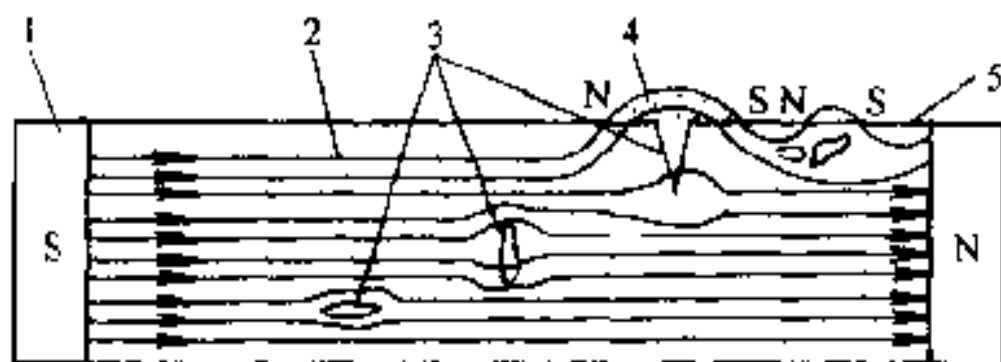


图 7-17 磁力探伤原理

1—磁极 2—磁力线 3—缺陷

4—磁粉 5—铸钢(铁)件

## 3. 铸件内部缺陷检验

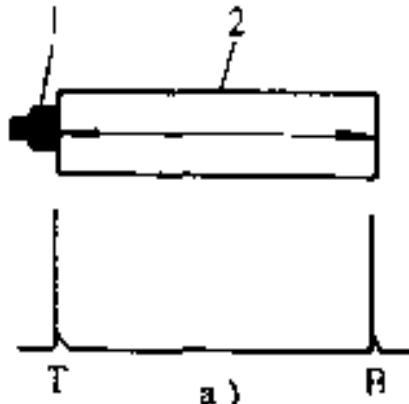
(1) 压力试验 压力试验是检验铸件内部致密性的一种方法, 见表 7-62。

表 7-62 压力试验

分类	方 法	应 用
液压试验	将高压水或油, 通入铸件内腔, 保压一定时间后, 观察铸件上若有渗漏, 或在规定试压时间内, 压力自动下降, 表明铸件内部有缺陷(如缩松、裂纹) 此方法安全, 便于发现缺陷	工作时承受压力不允许渗漏的铸件, 如阀体、缸体、泵体等, 均应进行压力试验
气压试验	将高压空气通过铸件内腔, 保压一定时间, 同时在铸件表面涂刷肥皂水, 当有渗漏时, 便有皂泡出现。表明铸件内部存在缺陷	

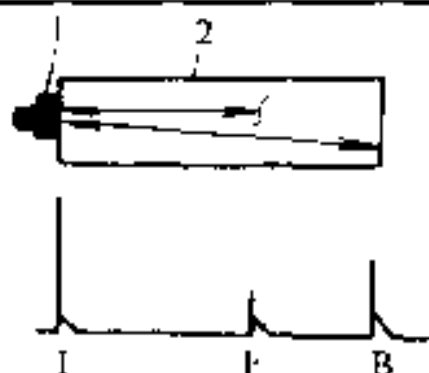
(2) 超声波探伤 是用频率大于 2 万 Hz 的超声波探测铸件内部缺陷的方法, 见表 7-63。

表 7-63 铸件内部缺陷的超声波探伤(UT)

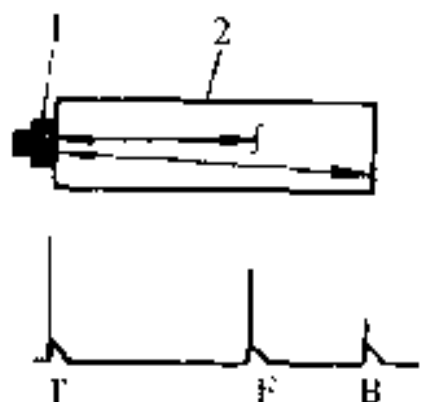
超声波探伤图 示	
-------------	--

(续)

超声波  
探伤图  
示



b)



c)

a) 无缺陷 b) 有小缺陷 c) 有大缺陷

1-探头 2 铸件

应用  
特点

- 1 适应范围广泛、灵敏度高、设备小巧、运用灵活
- 2 只能检验形状简单的铸钢件，只能探测缺陷的位置和大小，难以探知缺陷的性质
- 3 被测铸件表面要经过加工，表面粗糙度达  $R_a - 6.3\mu m$



(续)

原 理	超声波能在金属中传播，遇到缺陷界面能反射。利用这一原理发现铸件内部缺陷
方 法	<p>探伤时，在铸件上需要探伤部位表面(加工后表面粗糙度要符合技术要求)涂刷一层机油，使超声波探伤仪的探头能很好地与铸件表面贴合，让超声波能大部分进入铸件内部，然后，按一定的路线缓慢移动探头，同时，注意示波屏上的图形，根据图形，可确定缺陷深度和大小，如图示</p> <p>图 a 表示铸件没有缺陷，示波屏上只有探测面上反射形成的 T 波和底面上反射形成的 B 波。图 b 表示有缺陷，除 T 波和 B 波外，还出现了因缺陷反射形成的 F 波。根据 F 波在 T 波和 B 波之间的位置，按比例可推测出缺陷的位置(即深度)。图 c 表示，缺陷越大，经缺陷反射的能量也越多，F 波越高，而相应的 B 波要降低</p>

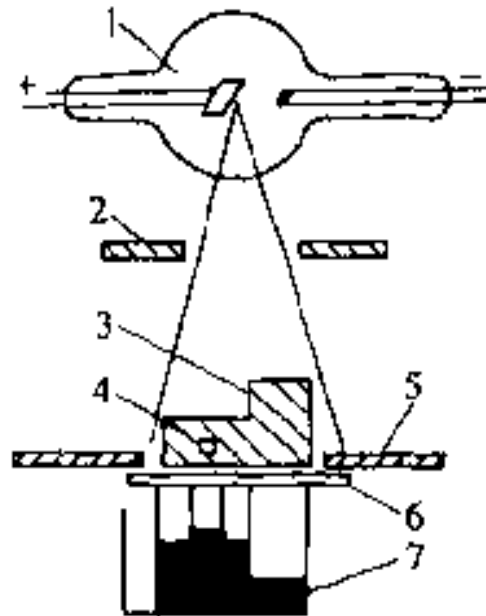
注：关于铸铁件的超声探伤，须指出，铸铁件内部的石墨相当于裂纹或夹渣缺陷，尤其是片状石墨对超声探伤灵敏度干扰更大。但利用这一点，可用超声检测方法判断铸铁件中石墨类型和力学性能。

(3) 射线探伤 是用射线检查铸件内部缺陷的方法，见表 7-64。

4. 理化性能检验 理化性能具体检验内容和要求取决于铸件的验收条件。通常铸铁件把力学性能作为验收条件。铸钢件和非铁合金铸件把力学性能和化学成分作为验收条件。见表 7-65。

表 7-64 射线探伤(RT)

射线探伤原理图



1—射线源 2—光栏 3—铸件 4—孔洞缺陷  
5—铅板 6—装有底片的暗盒 7—底片上阴影的变化

X 和  $\gamma$  射线是两种常用的比可见光波长短的电磁波，它能穿透金属，使照相胶片感光

检测时，将铸件置于射线源的短波 X 或  $\gamma$  射线照射下（表图示）。金属吸收的射线能量与其总厚度成正比。当射线遇到金属内部的孔洞或母体金属有不同吸收量的夹杂时，射线传播受到影响，其强度发生变化，产生阴影效应，显示在照相底片上

图中，被测铸件，右端厚而左端薄，因而，底片上的阴影呈现右端低而左端高。铸件左端的孔洞缺陷，使其总厚度减小，因而，该处的阴影与周围的不同。底片冲洗后，便显示出缺陷图形

应用

1. 射线探伤能发现铸件内部缺陷的类型，如缩水、疏松、疏松、夹杂物、气孔、裂纹等
2. 能探测的铸钢件厚度，X 射线小于 180mm，灵敏度高于  $\gamma$  射线。 $\gamma$  射线为小于 300mm
3. 应用时应注意安全防护

表 7-65 铸件理化性能检验方法

主要内容	检验方法	应用
化学分析法	制取化学分析试样,进行定量分析,检查铸件化学成分是否符合技术要求	为改进炉料配比和控制熔炼工艺提供依据
化学成分检验	火花鉴别法	快速鉴别钢铁化学成分
	砂轮磨削	快速鉴别钢铁化学成分

(续)

主要内容	检验方法		应用
化学成分检验	光谱分析法	试样受电激发后,其原子幅射出该元素特有光谱,并投射到分光计。测定光谱波长,可确定试样所含元素种类和数量	光谱分析法灵敏度高、精确、速度快、应用范围广,可测定金属元素但对某些非金属元素的灵敏度很低,不宜采用
	吸收光谱分析法	光源通过含有被测物质的介质时,光的一部分让被测元素的基态原子吸收。吸光大小与被测元素原子浓度成正比。以此求得被测元素含量	
金相组织检验	先将试样制成试样,然后,在金相显微镜上观察,必要时,可拍成照片,进行仔细研究分析		利于改进生产工艺 提高铸件质量
力学性能检验	依据铸件验收条件,制取单铸试样、附铸试样或本体试样,在专门测试设备上测定材料的强度、硬度、伸长率和冲击韧性等性能		检查要求的力学性能是否符合技术要求

# 第八章 特种铸造

将与砂型铸造工艺不同的其它各种铸造方法，统称为特种铸造。

## 一、熔模铸造

熔模铸造又称“熔模精密铸造”、“失蜡铸造”。是用易熔材料如蜡料制成模样，在模样上涂敷多层耐火材料，制成型壳，熔出模样后经高温焙烧即可浇注的铸造方法。

熔模铸造的工艺流程如图 8-1 所示。

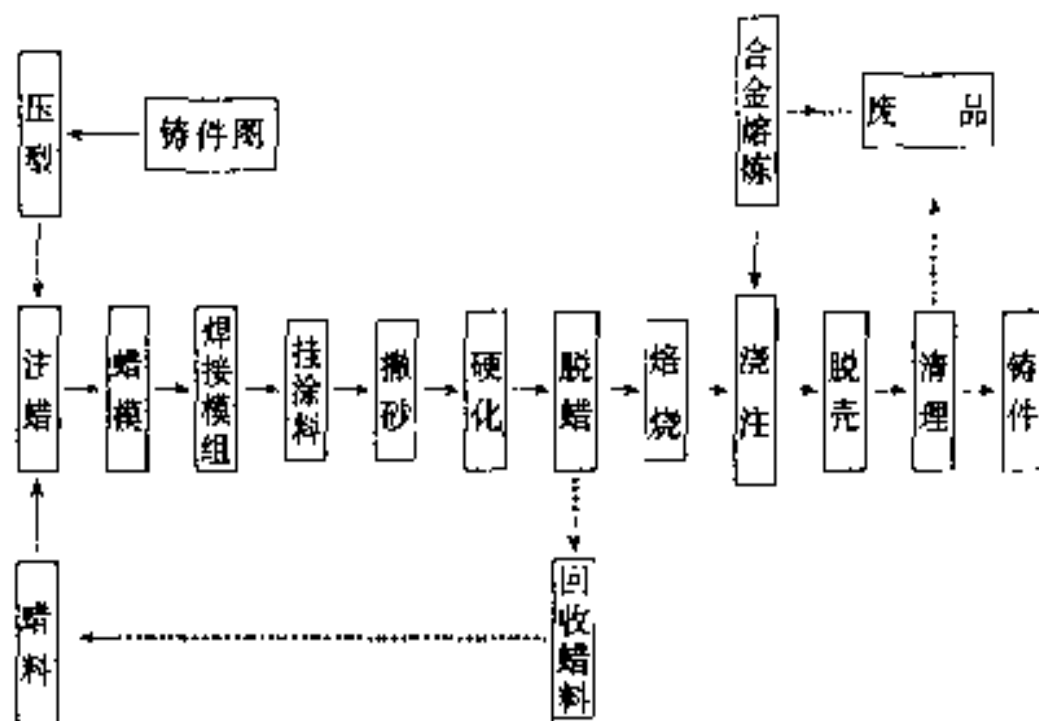


图 8-1 熔模铸造工艺流程图

熔模铸造的特点见表 8-1

表 8-1 熔模铸造特点

浇注金属范围	铸件最大重量/kg	铸件最小壁厚/mm	铸件尺寸公差/ $\mu\text{m}$	铸件表面粗糙度 $R_a$	铸件内晶粒	铸件最小孔直径/生产率	
						mm	
不限	25	0.7	100 $\pm$ 0.3	25~6.3	粗	1.5~2	中

### (一) 制造压型

压型是用于压制易熔模样的模具。是熔模铸造的重要工艺装备。压型分类，见表 8-2。

压型的一般结构：由型体、型芯、抽芯机构、起模机构、定位导向机构、锁紧机构及排气机构等组成。

表 8-2 常用压型的种类和应用

类型	特点	应用
机械加工金属压型	1. 材料：中碳钢、也有用铜合金、铝合金 2. 尺寸精度可满足设计要求，型腔表面粗糙度 $R_a = 1.6 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 3. 使用寿命可达十万次以上 4. 制造成本高	1. 生产批量大的铸件 2. 尺寸精度要求高，表面粗糙度低的铸件 3. 应用最广泛

(续)

类 型	特 点	应 用
铸造压型	1. 材料：低熔点合金，常用锡铋合金，一般熔点小于 $300^{\circ}\text{C}$ 2. 尺寸精度比机械加工金属压型低，型腔表面粗糙度 $R_a = 3.2 \sim 0.8 \mu\text{m}$ 3. 使用寿命可达几千次 4. 制造成本较低	1. 生产批量较大(几千件)的铸件 2. 型腔复杂、机械加工困难的压型 3. 试生产件
石膏压型	1. 材料：石膏 2. 尺寸精度低，型腔表面粗糙度 $R_a = 6.3 \sim 1.6 \mu\text{m}$ 3. 母模可用木模，生产周期短，成本低	1. 单件小批生产 2. 精度要求较低的铸件 3. 试生产件
塑料几型及塑料镀铜压型	1. 材料：塑料、金属嵌件(钢、铝、铜的机加工件) 2. 尺寸精度比铸造压型略低 3. 生产周期短、成本低、母模可用木模 4. 散热性差、制作蜡模时取模困难，生产率低	1. 生产批量较小时 2. 要求尺寸精度较低的铸件 3. 型腔复杂机加工困难的压型 4. 试生产件

## (二) 制造蜡模

蜡模是熔模铸造生产所采用的模样。制模过程包括：配制模料、压制蜡模和组合模组。

1. 模料及其配制 制造蜡模的易熔材料称模料。模料按其熔点分为三类，见表 8-3。

表 8-3 模料的分类

分类	熔点/℃	常用模料	应用
高熔点模料	>120	塑料模料、尿素模料	只在特殊要求时使用
中熔点模料	60~120	以松香-蜡基为主的模料	适于精度要求高、形状复杂的薄壁铸件
低熔点模料	50~60	以石蜡-硬脂酸为基的模料	用于小型和精度要求不高的铸件。广泛采用

常用低熔点模料配比，见表 8-4。

表 8-4 低熔点模料配比(质量分数，%)

序号	石蜡	硬脂酸	松香	褐炼蜡	EVA树脂	地蜡	低分子聚乙烯	乙基纤维素	聚乙炔	蜂蜡
1	50	50	—	—				—	—	—



(续)

序号	石蜡	硬脂酸	松香	褐煤蜡	EVA树脂	地蜡	低分子聚乙烯	乙基纤维素	聚乙烯	蜂蜡
2	50	50				—	—		1	
3	50	50			2~3	—	—			
4	50	45	-	—	—	—	—	3		
5	32	60	--	—	—	8	-			-
6	50	20		30	—	—	—	—		
7	95				--	—	5	—	—	—
8	80		--	15			5			
9	85		5	5	—	—	5	—	—	—
10	49	48	—	—	—	—	—	—		3
11	90~ 94		2~5	1~2	1~2			—	—	—

石蜡—硬脂酸模料应用最广。其特点见表 8-5。其配制方法见表 8-6。

表 8-5 石蜡—硬脂酸模料的特点

项 目		特 点
原 料	石 蜡	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 常用白石蜡、其熔点为 56~60℃</li> <li>2. 当温度接近 30℃时, 石蜡会软化</li> </ol>
	硬脂酸	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 硬脂酸外观呈白色或黄色的片状或针状的固体结晶, 其熔点为 58~60℃</li> <li>2. 硬脂酸加入石蜡中, 能提高模料的热稳定性、流动性及涂料对蜡模的涂挂性</li> </ol>
石蜡 硬脂酸模 料		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由 50%石蜡和 50%的硬脂酸配制而成, 其熔点为 50~60℃</li> <li>2. 优点是流动性好, 制取方法简单, 能多次使用, 蜡模表面质量高, 对水玻璃和硅酸乙脂粘结剂涂料的涂挂性好。缺点是强度较低, 热稳定性差, 冷却时收缩较大</li> <li>3. 只适宜制造小型零件</li> </ol>

表 8-6 石蜡—硬脂酸模料(又称蜡料)的制备方法

工 序	使用装备	制 备 方 法
熔化	蒸汽加热 熔化装置或 带有水套的 电加热熔化 装置	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按比例称量石蜡和硬脂酸, 并破碎成小块</li> <li>2. 放入熔化装置中加热, 使其熔化</li> <li>3. 当液态模料升温至 80~85℃时(不能超过 90℃), 进行充分搅拌</li> </ol>

(续)

工序	使用装备	制 备 方 法
过滤		1. 用 100~140 号筛或 3~5 层纱布、绸布或尼龙丝布过滤蜡料, 去除杂质
搅拌成糊状	搅拌机	5. 将过滤后的熔融蜡料倒入搅拌桶内, 开动搅拌机强力搅拌, 并冷却至糊状(温度约为 42~48℃), 倒入保温桶内备用

2. 压制蜡模 压型分型剂(质量分数): 蓖麻油 50%、酒精 50%配成。

压蜡主要工艺参数见表 8-7, 制模方法见表 8-8。

表 8-7 压蜡主要工艺参数

制蜡室温度/℃	压注温度/℃	压型温度/℃	压注压力/MPa	保压时间/s	蜡模冷却水温度/℃
15~20	10~10	20~25	0.1~1.4	0.5~3	18~26

表 8-8 压制蜡模

使用装备	制 模 方 法
气动压蜡机	1. 擦净拆开的压型, 涂上一层稀薄均匀的分型剂

(续)

使用装备	制 模 方 法
气动压蜡机	2. 合上压型，放在工作台上 3. 通过压蜡头将糊状蜡料压入压型 4. 蜡料充满型腔后，保压一定时间，使蜡模获得补缩 5. 保压后，推动封蜡板将注蜡孔盖死，防止在反作用力的作用下，蜡料从注蜡孔冒出 6. 冷却后，从压型中取出蜡模，放在冰水中冷却2~3h 7. 修整检验，合格的蜡模便可存放备用

## 3. 组合模组(表 8-9)

表 8-9 组合模组方法

使用装备	低 压 电 热 刀
组合方法	1. 将挂好蜡的直浇道棒，放在卡具上 2. 用电热刀，按工艺规程，将蜡模与直浇道焊成一体
提示注意	1. 模组上的蜡模与直浇道的轴线方向成 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，以使熔失蜡模时便于模料顺利流出

(续)

使用装备	低 压 电 热 刀
提示注意	<p>2. 模组焊接处应圆角(<math>R2 \sim R5\text{mm}</math>)过渡, 焊处应平整光滑</p> <p>3. 各蜡模之间位置应排列整齐, 蜡模之间距离不小于 <math>8 \sim 10\text{mm}</math>, 蜡模距直浇道顶部大于 <math>70\text{mm}</math>, 距直浇道尾端大于 <math>15 \sim 20\text{mm}</math>。焊好的模组应挂在架子上</p> <p>4. 在利用冒口补缩铸件时, 金属液从铸件最厚处引入, 按定向凝固原则浇注</p>

## (三) 制备型壳(表 8-10)

表 8-10 型壳的种类及特点

型壳分类	铸 件		制 壳					应 用
	尺寸精度	表面粗糙度	周期	耐火材料	价格	型壳内足否产生白霜	铸件成本	
水玻璃型壳	较低	粗	短	硅砂(粉)	低	-	低廉	碳钢、低合金钢、铝合金、铜合金

(续)

型壳分类	铸 件		制 壳				铸件成本	应 用
	尺寸精度	表面粗糙度	周期	耐火材料	价格	型壳内是否产生白霜		
硅酸乙酯型壳	高	细	长	刚玉砂较贵(粉)	较贵	产生	较高	高合金钢、各种特殊耐热合金、镁合金铸件
硅溶胶型壳	高	细	长	刚玉砂较贵(粉)	较贵	不产生	较高	
硅酸乙酯(或硅溶胶)水玻璃型壳	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 型壳内表面, 第 1、2 层涂料用硅酸乙酯或硅溶胶作粘结剂, 以后各层用水玻璃作粘结剂</li> <li>2. 铸件表面粗糙度, 与硅酸乙酯型壳和硅溶胶型壳的相近</li> <li>3. 铸造费用介于水玻璃型壳和硅酸乙酯(硅溶胶)型壳之间</li> </ol>							

本手册仅介绍水玻璃型壳的制造。其工艺过程主要包括：耐火涂料的配制及其涂挂。在涂料层上撒砂、型壳的干燥和硬化、失蜡及型壳焙烧。

#### 1. 耐火涂料的配制(表 8-11~表 8-16)

表 8-11 硅砂(粉)的化学成分  
(质量分数, %)(GB/T9442 1998)

分级代号	最小二氧化硅含量	耐火度 / (	外 观
98	98	1700	洁白
96	93	1650	个别砂粒有锈斑

表 8-12 耐火粘土规格

化学成分(质量分数, %)				耐火度 / C	粒度 (筛号)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	CaO+MgO		
≥28	≤2.5	<3	<2	1690~1710	140

表 8-13 耐火涂料用水玻璃规格

用 途	化学成分 (质量分数, %)		模数 M	密度 / (g/cm <sup>3</sup> )
	SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O		
表面层涂料	21~23	6.5~7.5	3.0~3.4	1.27~1.31
加固层涂料	23~27	7.5~9.0	3.0~3.4	1.29~1.34

注:购进的水玻璃须按表中要求调整或处理,方能用于配制涂料。

表 8-14 常用表面活性剂与消泡剂

商品名称	学名	加入量(占涂料,%)	性能
表面活性剂	渗透剂 JFC	脂肪醇聚氧乙基酚 0.01~0.10	润湿性、渗透性好、泡沫少
	润湿剂 TX-10	聚氧乙烯正烷基酚醚-10 0.03~0.06	
	农乳 130, 100	烷基酚聚氧乙基醚	分散性好, 泡沫少
消泡剂	正辛醇	0.03~0.05	消除泡沫

注: 熔模铸造用的模料, 含有蜡类憎水性材料。水基粘结剂难以覆盖蜡模整个表面, 为改善水基涂料对蜡模的润湿性, 常加入表面活性剂于涂料中, 降低其表面张力。但所有表面活性剂都产生气泡, 为消除泡沫, 往往同时加入消泡剂。

表 8-15 熔模铸造耐火涂料分类

涂料分类	涂料组成	作用
面层涂料	硅石粉 + 水玻璃	直接涂挂在蜡模上的细质涂料, 浇注时与钢液直接接触, 具有较高耐火度和化学稳定性



(续)

涂料分类	涂料组成	作用
加固层涂料	硅石粉+水玻璃 +耐火粘土	对型壳起加固作用。具有较好的高温强度

表 8-16 耐火涂料配比及配制

涂料类别		涂料组分/kg				表面活性剂(外加%)	粘度 /s	用途或特性
		硅石粉	水玻璃	粘土				
面层 涂料	水玻璃	1.05~	1	—	JFC	20~	碳素钢、 低合金钢、 铜合金、铝 合金	
	—普通硅 石粉	1.15			0.03~ 0.05	30		
加固 层涂料	水玻璃	0.5~	1	0.4~	JFC	25~	强度高。 铸后残留强 度低	
	—硅石粉 —粘土	0.6		0.5	0.03~ 0.05	10		
配制 工艺	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 将所需水玻璃加入专用涂料桶内</li> <li>2. 在搅拌的同时，加入粉状耐火材料</li> <li>3. 加完粉料后继续搅拌 30min 以上</li> <li>4. 加入表面活性剂和消泡剂</li> <li>5. 静置 30min 以上，让粉状材料充分润湿和气泡逸出</li> </ol>							

(续)

涂料类别	涂料组分/kg				粘度 /s	用途或特性
	硅石粉	水玻璃	粘土	表面活性剂(外加%)		
粘度测试	测其粘度,合格后方可使用。方法是(图 8-2):将涂料装满铜制漏斗形粘度计(又称流杯粘度计)。从孔中漏完(以漏孔透孔为准)的时间(以秒计),即为涂料粘度值					

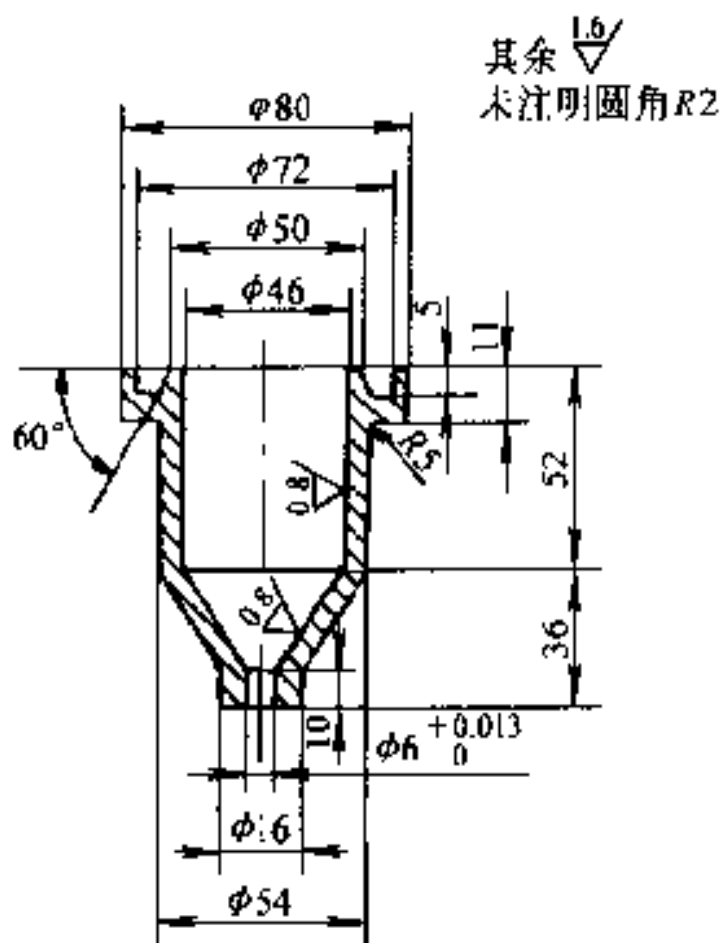


图 8-2 流杯粘度计

2. 制备型壳 型壳涂挂工艺见表 8-17, 涂挂工艺规范见表 8-18, 型壳脱(蜡)模见表 8-19。

表 8-17 型壳的涂挂、干燥及硬化工艺

工 序	工 艺 操 作 方 法
涂挂涂料(浸涂法)	1. 将蜡模组, 浸入涂料池中, 上下移动和翻转, 让涂料覆盖模组整个表面 2. 提出蜡模组, 悬挂静置, 让多余的涂料流淌、滴落到涂料池内, 直至不再滴落
涂料层上撒砂	3. 将蜡模组置于“流态撒砂机”内, 开动撒砂机, 在涂料层上均匀撒上一层砂, 形成第一层型壳
干燥与硬化	4. 从撒砂机中取出自然干燥, 以利提高型壳强度(工厂一般只在硬化后干燥) 5. 借助硬化剂进一步硬化。即将撒砂后的模组, 浸入质量浓度为18%~25%, 工作温度20~35℃的氯化铵水溶液中停留一定时间, 使粉状和粒状耐火材料粘结成坚固的硬壳 6. 提出蜡模组, 自然干燥 7. 上述1~6工序连续重复进行三次, 以保护前一层弱型壳。最后一层只挂涂料而不撒砂。形成多层型壳。型壳层数一般小件为4~5层, 大件为6~10层, 是取决于合金种类、铸件大小和复杂程度

表 8-18 水玻璃型壳涂挂工艺规范

层 次	涂 料		撒砂 粒度 (筛号)	硬化剂(氯化铵)		干燥时间/min	
	类别	粘度 /s		温度 /C	硬化时 间/min	硬化前	硬化后
第一层	面	25~40	50/100	28~32	2~3	30~90	20~30
第二层	面	20~35	50/100		3~5	5~15	
第三层	加固	23~35	6/20	30~35	5~10	5~15	
第四层及以后	加固	23~35	6/20				

表 8-19 型壳脱(蜡)模

工 序	方 法
修整型壳	1. 型壳全部干燥后, 修整型壳, 去除砂粒
脱模(热水脱蜡法)	2. 将模组装入框架中, 通过升降机构, 将模组浸入 90~95C 的热水槽中(水中最好加入质量分数为 2%~3% 的氯化铵, 以补充硬化, 加入质量分数为 10% 硼酸, 以清除型壳内皂化物), 待 15~20min(不能超过 40min) 蜡模熔失 3. 提出框架, 要在热水或质量分数为 0.5% 的热盐酸溶液中冲洗 4. 冲洗后的型壳, 倒置于空气中干燥
旧蜡回收	熔失的蜡料应很好回收。回收的蜡料必须进行还原处理后方可继续使用

## (四) 焙烧、浇注及清理(表 8-20~表 8-21)

表 8-20 水玻璃型壳焙烧、浇注

项 目	方 法	
加热设备	小批生产	采用箱式电阻炉
	大批生产	采用烧煤气或重油的连续式焙烧炉
焙烧方式	方法一	把干燥或低温(低于 300℃)焙烧后的型壳放在砂箱中,在型壳底部和四周填入干燥硅砂。然后,送入加热中焙烧,出炉后,趁热(型温约为 600~700℃)浇注
	方法二	先将高强度水玻璃型壳,放入炉中,高温(900~950℃)焙烧,出炉后,再放入砂箱中四周填入干燥硅砂,或稳固放置在填有干砂的浅砂箱内,即可浇注。此法焙烧时间短、工序简单
浇注	<p>1. 经高温焙烧后的型壳应及时浇注,即热型(650~800℃)浇注</p> <p>2. 来不及浇注时,在一周内允许再焙烧一次,但不允许进行第三次高温焙烧</p>	
清理	手工清理	清理在铸件上残存的型壳和粘砂
	机械清理	

(续)

项 目	方 法	
清理	化学清理	化学清理广泛采用碱煮法。将带残砂的铸件放入苛性钠或苛性钾或苛性苏打溶液中，加热煮沸，生成硅酸钠或硅酸钾的粘性液体，而从铸件上脱离出来，达到清除型壳(芯)的目的
	热处理	采用正火处理，以改善内部组织提高力学性能

## 二、陶瓷型铸造

陶瓷型铸造的造型方法是在砂型铸造造型方法基础上发展的新工艺，区别仅在于型腔表面。砂型的型腔表面是涂刷一层耐火涂料，以提高砂型强度和降低铸件表面粗糙度值。陶瓷型的型腔表面是一层用灌浆方法得到约10mm左右厚的特殊陶瓷层。这一陶瓷层洁白、致密、粗糙度值低、尺寸准确、耐火度高。适于浇注各种模具和大型精铸件。

陶瓷型铸造过程如图8-3所示。

陶瓷型铸造工艺流程见图8-4。

表 8-21 碱煮工艺

序号	用途	碱溶液			时间/h	中和处理						清洗	
		材料	质量浓度(%)	温度/°C		每千克液壳碱液消耗量/kg	氧化铬/g	硫酸/g	氯化钠/g	水/kg	溶液温度/°C		处理时间/min
1	清除表面粘砂(铸钢件)	NaOH	20~	110	0.8~1	4~8							热水清洗
		(工业)	30										
2	清除表面粘砂(合金钢铸件)	KOH	40~	110	1.3~1.4	4~8	90	70	1.2	1	18~	223	热水清洗
		(工业)	50								20		
		NaOH	15~	110	0.8~1	4~8	90	30	1.2	1	18~	2~3	流动清水
		(工业)	25								28		

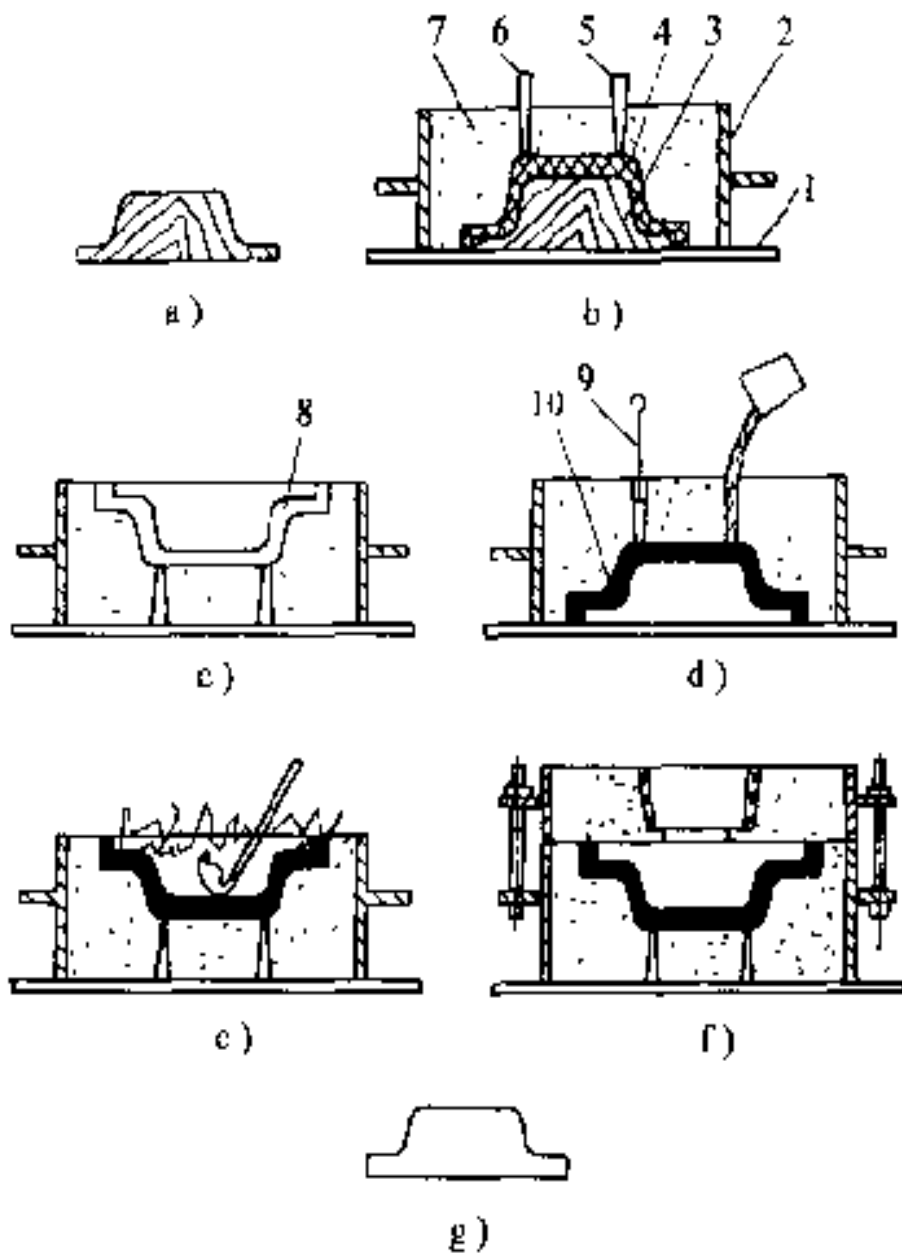


图 8-3 陶瓷型铸造过程

- a) 制作精模 b) 制作砂套 c) 起模取掉橡皮泥层 d) 灌陶瓷浆料 e) 起模、点火喷烧  
 f) 烘干、合型、浇注 g) 清理出合格铸件  
 1--模板 2--砂箱 3 精模 4 橡皮泥层  
 5—灌浆孔 6—出气孔 7—水玻璃砂套  
 8—灌浆空间 9—通气针 10 陶瓷浆层



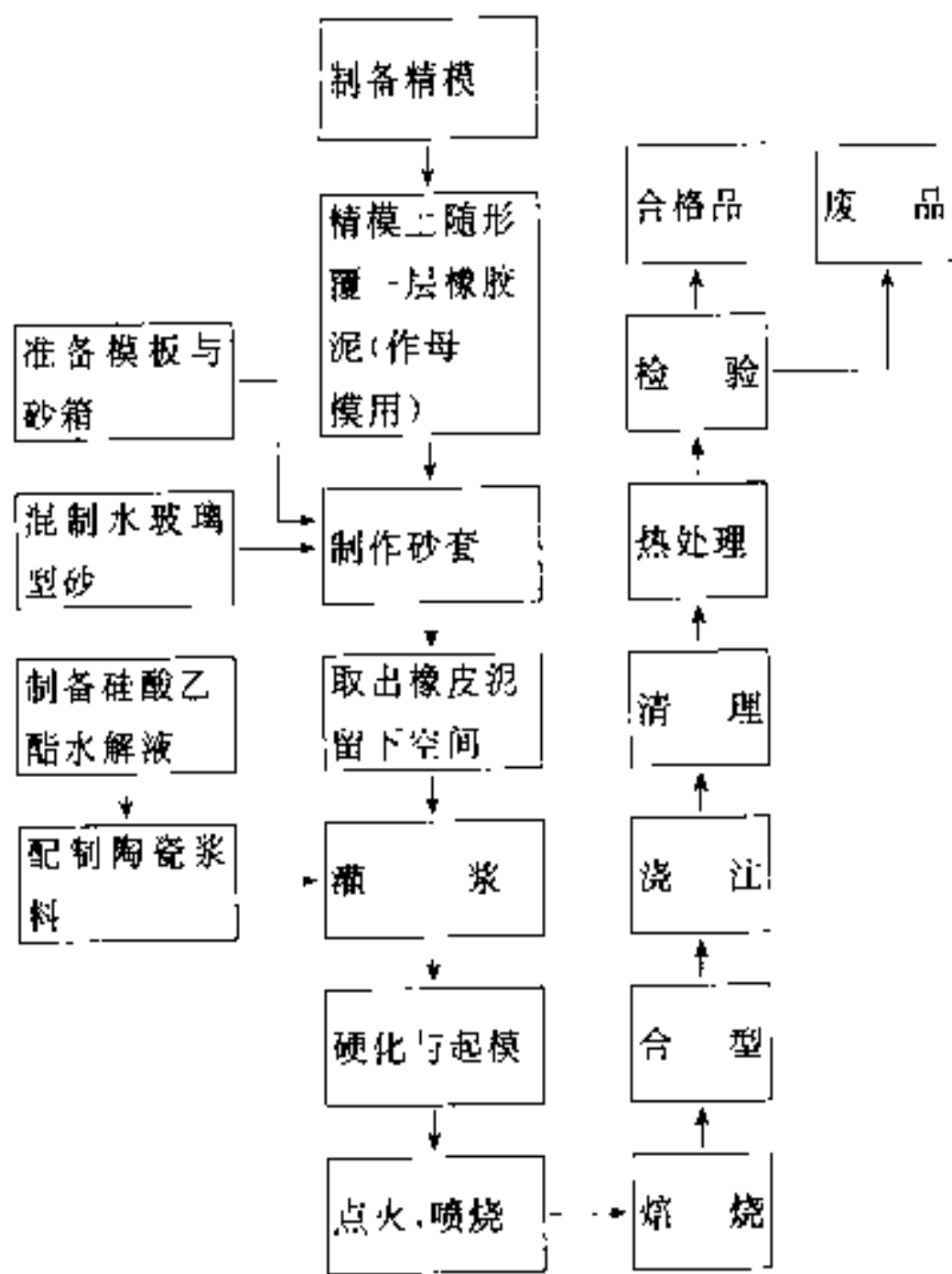


图 8-4 二艺流程

### (一) 造型材料

陶瓷型浆料是由耐火材料、水解硅酸乙脂、催化剂等混合制成。详见表 8-22~表 8-28 所示。

表 8-22 陶瓷型常用耐火材料

名称	化学成分(质量分数,%)						物理性能		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+ MgO	熔点/ C	密度: (g/cm <sup>3</sup> )	线胀系数 $\times 10^{-4} \text{C}^{-1}$	
硅砂	>97.0	<2.0	—	<0.5	—	1700	2.60	13.7	
铝矾土	4~7	>85.0	—	0.8~ 1.1	0.3~ 0.4	1800	3.2~3.4	5.0	
刚玉	<0.25	>97.0	—	<0.15	—	白: 2050 棕: 1900	1	8.6	
锆砂	<33.0	<0.30	>65.0	<0.4	—	2400	4.6	5.1	

注: 用硅砂作耐火材料时, 最好先在电炉中(850~900 C)焙烧 2h, 冷却后再用, 以减少变形。



表 8-24 硅酸乙酯水解液的配比、水解方法、性能

原 材 料	配比(体积分数,%)	水解液性能指标			动力粘度 mPa·s
		SiO <sub>2</sub>	HCl	pH 值	
硅酸乙酯	57				
工业乙醇	57				
工业蒸馏水	10	17~18	0.25~3.00	3~4	<10
盐 酸	0.2~0.5				
水解方法	<p>水解反应是在酒精全部体积内进行的,其操作应在不锈钢钢板制成的密封良好的水解器中进行</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按比例称量好原材料</li> <li>2. 先将盐酸加入水中</li> <li>3. 再将酒精加到酸化水中</li> <li>4. 在搅拌下,细流缓慢加入硅酸乙酯,进行水解,搅拌 30min,使水解液温度降至 30℃以下</li> <li>5. 倒入玻璃瓶中密封,放阴凉处(5~25℃)备用</li> </ol>				

表 8 25 硅酸乙酯水解液许可存放的最长时间

季节	室温/℃	允许最长的存放时间/天	说 明
冬季	5~15	14~16	超过允许存在时间则粘度大，无法使用
春季	18~28	7~8	
夏季	>30	≈3	

注：经有人试验，聚氯化铝(简写 PAC)是一种较好的陶瓷型铸造粘结剂，可代替或减少硅酸乙酯用量。

表 8-26 常用催化剂(又称硬化剂)

名 称	特 点	作 用	结胶时间控制	
			铸件类型	结胶时间/ min
氢氧化钙	粉状，易吸潮，在密封玻璃容器内存放	促使浆料中耐火材料和粘结剂，在较短时间内结胶硬化	大件	8~10
			中小件	3~5

表 8-27 常用脱模剂(又称分型剂)

名 称	作 用	应 用 举 例	
		母模类型	使 用 脱 模 剂
石蜡 石蜡-石墨混合料 白凡士林油 汽车上光蜡 溶有石蜡的变压器油 有机硅油 聚苯乙烯液	在母模表面上涂一层有效的脱模剂, 便于脱模	木质母模表面	先涂一层石蜡, 填补不平之处, 再涂一层凡士林或汽车上光蜡
		金属母模表面	上一层汽车上光蜡或硅油即可
		石膏母模表面	涂一层聚胺酯即可或薄薄刷一层汽车上光蜡, 脱模效果更好

表 8-28 透气剂

类 型	作 用
松香、糊精、酚醛树脂、糖浆等	加入的透气剂, 在烘干时能烧去, 使型内形成细孔的材料
双氧水、碳酸钠等	加入的透气剂, 分解时能放出气体而在陶瓷浆料中形成小气孔的材料 提示: 使用双氧水时, 应注意操作安全。不要接触皮肤, 以免灼伤

## (二) 陶瓷浆料的配制

(1) 制作陶瓷型时，浆料的耐火材料与水溶液的选用比例，见表 8-29。

表 8-29 耐火材料和水溶液的配制

耐火材料种类	耐火材料/g	水解液 mL
硅石粉	5	3
铝矾土(粉)	10	3.5~4.0
刚玉或锆砂(粉)	2	1

(2) 计算浆料用量：根据下式计算出耐火材料重量，然后再按表 9-30 便可求得水解液的用量。

$$Q = 1.9V_{\text{浆}}$$

式中  $Q$ ——耐火材料用量(g)；

1.9——浆料的近似密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$V_{\text{浆}}$ ——浆料的体积，若用橡皮泥、粘土包覆精模，可直接测出橡皮泥、粘土层的体积( $\text{cm}^3$ )。

若用木板条包覆精模、可测称出木板重量  $Q$ (g)，换算出体积。如松木密度是  $0.4 \sim 0.5 \text{g}/\text{cm}^3$ ，则有

$$V_{\text{浆}} = \frac{Q}{0.4 \sim 0.5} \quad (\text{cm}^3)$$

(3) 陶瓷型浆料各种配比，见表 8-30。

表 8-30 陶瓷型浆料的配比

序号	耐火材料配比: g (总量为 100g)			粒度: mm	水 解 液 mL	Ca(OH) <sub>2</sub> (为水解 液重 %) g	备 注
	名称	0.053	0.15~ 0.300				
1	硅石粉(砂)	55	30	15	40	0.2~0.4	灰铸铁件
2	耐白粉(砂)	70	30		50	0.4~0.6	小件铸铝件
3	铝矾土	65			40~	0.1~	灰铸铁小
	硅砂	35			15	0.6	件铸铝件
4	铝矾土粉 (砂)				35	0.4~0.6	中、小件
5					35	0.1~0.2	大件
						Ca(OH) <sub>2</sub> 1~2 MgO	



(续)

序 号		耐火材料配比/g (总量为 100g)				水 解 液 ml.	Ca(OH) <sub>2</sub> (为水解 液重的 %) g	备 注
		粒 度 /mm						
		0.073	0.15~ 0.300	0.300~ 0.500	0.106~ 0.150	0.106~ 底盘		
6	刚玉粉(砂)	W28 25	W40 25	180# 30	60# 20	37~ 40	≈0.4	中、小件用
7			W40 50	180# 30	60# 20	10	≈0.35	大件用
8	刚土粉					20	0.35~ 0.45	铸钢件
9	刚土粉					20	0.3~0.5	灰铸铁大件
	石英粉(砂)	50	30			50		

(续)

序号	耐火材料配比 g (总量为 100g)					水解液: mL	Ca(OH) <sub>2</sub> (为水解液重) %/g	备注
	名称	粒度 /mm						
10	刚玉粉	0.053	0.15~0.300	0.300~0.106	0.106~	37~ 10	0.40	
			0.300	0.600	0.150			
11	莫来石		240#			37~ 40	0.40	
			W40					
11	刚玉粉			150#		37~ 40	0.40	
				40				
11	莫来石				280"	37~ 40	0.40	
					50			
11	莫来石					37~ 40	0.40	
					50			

### (三) 陶瓷型铸造工艺

在型腔表面层灌制陶瓷浆料，背层(称砂套)用水玻璃砂填充。这种用水玻璃砂作背层的陶瓷型为砂套陶瓷型，其铸造工艺见表 8-31。

## 三、负压(V法)造型

负压(V法)造型又称“真空密封造型”。适用于铸钢、球墨铸铁、灰铸铁、铝合金等铸件小批或大批量生产。

(一) 工艺过程(表 8-32)

(二) 基本工装及设备(图 8-5 及表 8-33、表 8-34)

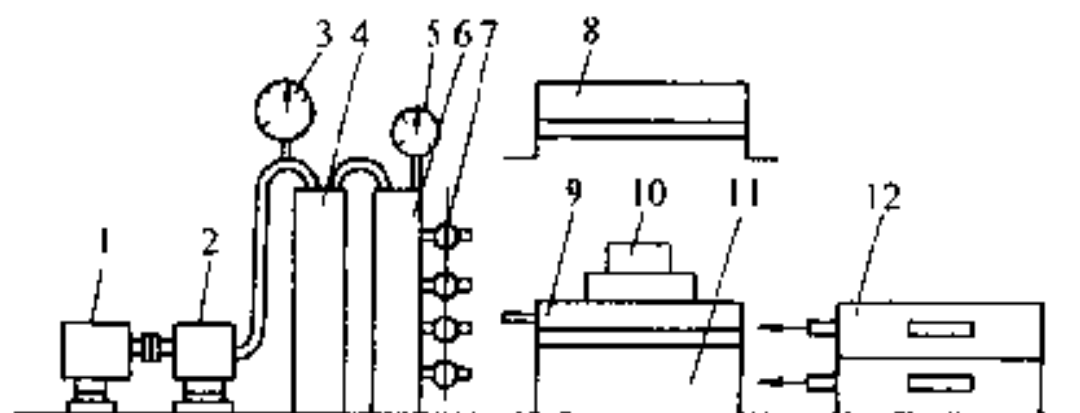


图 8-5 负压(V法)造型系统

1—电动机 2—水环式真空泵

3、5—真空表 4—滤气罐

6—分配罐 7—抽气支管

8—薄膜加热器 9—模板

10—模样 11—振实台 12—砂箱

表 8-31 砂套陶瓷型铸造工艺

序号	工序	操作方法																											
1	准备母模	母模外形和铸件一样。其几何尺寸要精确、木材质量要好、变形要小。最好采用金属模，其表面粗糙度要在 $R_a = 3.2\mu\text{m}$ 以下																											
	制造砂套	<p>(1) 砂套用玻璃砂的配方(质量分数,%)如下:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>硬化方式</th> <th>硅砂</th> <th>水玻璃(M=2.4)</th> <th>膨润土</th> <th>柴油</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CO<sub>2</sub> 硬化</td> <td>100</td> <td>7~8</td> <td>1~2</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>加有机酯(自硬)</td> <td>100</td> <td>4~5</td> <td>-</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 制造砂套的模样，在尺寸上比母模大一个陶瓷层厚度，如下:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>铸件材质</th> <th>中、小件/mm</th> <th>大件/mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>铸铝</td> <td>5~7</td> <td>8~10</td> </tr> <tr> <td>铸铁、铸铜</td> <td>6~8</td> <td>8~12</td> </tr> <tr> <td>铸钢</td> <td>8~10</td> <td>10~15</td> </tr> </tbody> </table> <p>砂套的模样是在母模上随形包覆一层木板、橡皮板、湿粘土或橡皮泥等</p> <p>(3) 砂套造型时，模样在模板上要定位，以使灌浆料时 模样周围陶瓷层厚度均匀</p> <p>(4) 作砂套时，在模样最高点处设置灌浆口，在灌浆口最近位置，按排气顺序设置若干个出气孔</p>	硬化方式	硅砂	水玻璃(M=2.4)	膨润土	柴油	CO <sub>2</sub> 硬化	100	7~8	1~2	0.5	加有机酯(自硬)	100	4~5	-	0.5	铸件材质	中、小件/mm	大件/mm	铸铝	5~7	8~10	铸铁、铸铜	6~8	8~12	铸钢	8~10	10~15
硬化方式	硅砂	水玻璃(M=2.4)	膨润土	柴油																									
CO <sub>2</sub> 硬化	100	7~8	1~2	0.5																									
加有机酯(自硬)	100	4~5	-	0.5																									
铸件材质	中、小件/mm	大件/mm																											
铸铝	5~7	8~10																											
铸铁、铸铜	6~8	8~12																											
铸钢	8~10	10~15																											
2																													

(续)

序号	工 序	操 作 方 法
3	灌浆	<p>先将母模在造型型板上定位，母模表面刷脱模剂，盖上砂套，放上通气棒，然后再调配浆料。灌浆。配浆操作（操作者戴上耐酸胶手套）：</p> <p>(1) 按比例将硬化剂（氢氧化钙）加到耐火材料中，均匀混合1~2min</p> <p>(2) 再将透气剂双氧水倒入水解液中</p> <p>(3) 然后，将准备好的水解液倒入灌浆筒中，加入耐火材料并不断搅拌，控制结胶时间（表9-26），当浆料粘度突然增人，耐火材料悬浮不再下沉，浆液不再有大量气泡逸出，手上搅拌感到有阻力时，即行灌浆</p> <p>(4) 灌浆后，1~2min 应硬化</p>
4	起模	<p>浆料凝固到用手指轻轻按，感觉有弹性时（若用砂型硬度计测达80~90时），即可起模</p>
5	喷烧	<p>起模后，立即点火喷烧陶瓷型腔，直至火焰熄灭为止，使整个陶瓷型表面形成均匀密布的乙醇挥发气道，冷却后，留下均匀密布网状显微裂纹，使自由膨胀和收缩有了间隙便丁承受热冲击，以便冷浇</p>

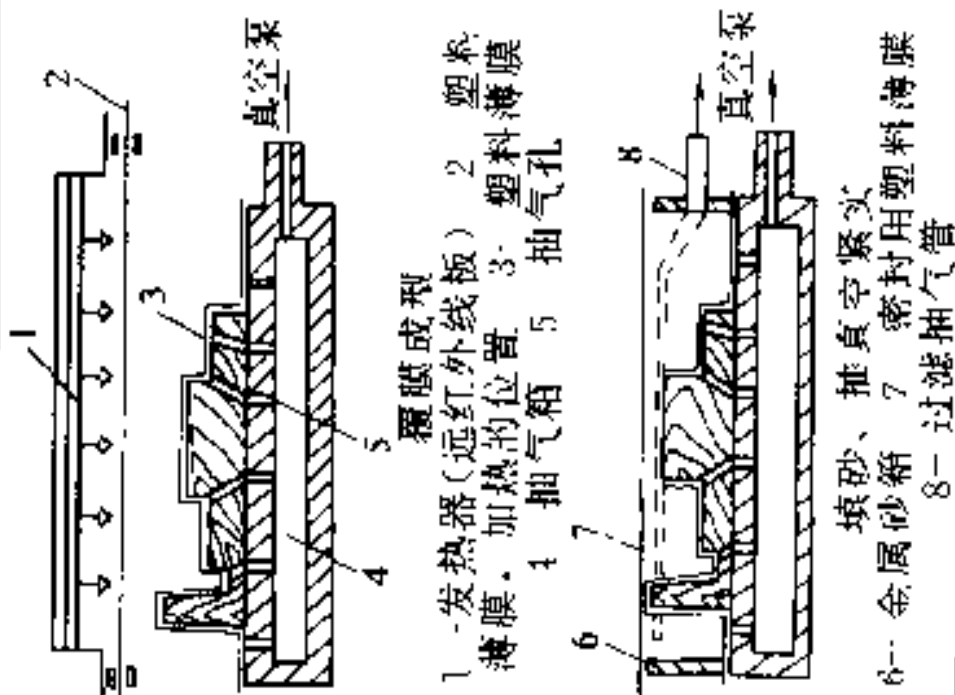
(续)

序号	工序	操 作 方 法					
		升温速度 ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ )	焙烧温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	保温时间/h		出炉温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	
6	焙烧	铸件类型			小件	中、大件	
		铸钢件	100~200	500	1~3	6~8	尽量低， 以免产生大 裂纹
		铸铁、铸铜	100~200	400~150	1~3	6~8	
		铸铝件	100~200	350~400	1~3	6~8	
7	合型	与砂造型操作相同，为防粘砂，减少氧化脱碳，合型前可往型腔表面喷一层薄而均匀的乙炔炭黑					
8	浇注	1. 合金钢铸件，流动性差，一定要热型浇注，型温控制在160~200 $^{\circ}\text{C}$					
		2. 铸铁件，流动性好，薄壁件型温控制在120 $^{\circ}\text{C}$ 左右，厚壁件可常温下浇注					
		3. 浇注要快，浇注温度高于砂型铸造的浇温30~40 $^{\circ}\text{C}$					
9	清理	1. 应控制铸件温度、尽量低些打箱，以防变形、裂纹					
		2. 采用手工和机械配合进行表面清理					
		3. 各种合金钢模具应进行必要的热处理，以消除应力，细化晶粒、降低硬度，改善组织、提高力学性能					

表 8-32 负压(V法)造型工艺过程

序号	工序及操作方法
1	制造带有抽气箱和抽气孔的模板
2	将模杆固定在中空的模底板上
3	用加热器使塑料薄膜软化，并覆盖在模板上
4	真空泵抽气(真空度在 27~34kPa)，使薄膜贴在模板上成型
5	将特制的带有过滤抽气管的夹层砂箱置于模板上
6	向砂箱内填充干砂，并借震动台微震

筒 图



(续)

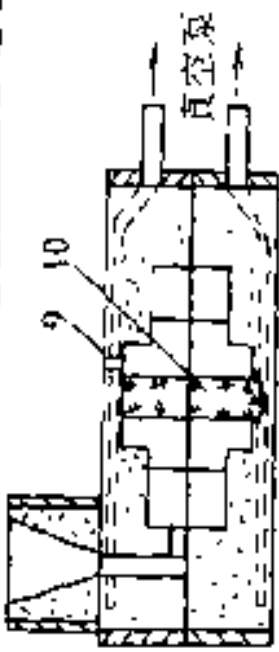

序号	工序及操作方法	简图
7	刮平铸型上平面,并覆盖塑料薄膜,压出浇口杯	 <p>Diagram showing the mold preparation stage. A cross-section of a mold box is shown with a sand core (9) and a gas channel (10). A vacuum pump (真空泵) is connected to the top. The top surface is being smoothed and covered with a plastic film.</p>
8	从砂箱抽真空(真空度 $27\sim 54\text{kPa}$ ),使砂型内外压力差达 $40\sim 53\text{kPa}$ ,型砂逐渐紧实,具有较高的硬度 砂型硬度可达 $90\sim 95$	<p>下芯、合型、浇注 9-通气道 10-型芯</p>
9	去除模板的真空度,进行起模	
10	同样方法,造下型后,可合型浇注(真空度 $40\sim 66\text{kPa}$ ),抽真空要持续到铸件完全凝固	 <p>Diagram showing the mold inversion stage. The mold box is tilted, and the sand is falling away from the cast part, which remains in its position.</p>
11	解除真空,砂型自行溃散,完成落砂及清理工作	<p>解除真空,落砂、取铸件</p>



表 8 33 负压(V 法)造型主要设备

序号	设 备	功 能
1	塑料薄膜加热器	<p>(1) 采用远红外线加热器</p> <p>(2) 塑料薄膜软化成型温度为 100℃ 左右</p> <p>(3) 加热器附设吸附薄膜的起落装置。当薄膜达到加热温度后,起落架带动薄膜下降,接近模样表面,在负压下覆模</p>
2	真空系统	<p>(1) 此系统,保证在几秒钟内抽掉振实紧实后的砂型中的空气,并在起模、合型、浇注乃至铸件冷凝过程中保持砂型内一定的真空度</p> <p>(2) 此系统主要包括:水环式真空泵、气水分离器、砂分离器、真空调节阀、单向阀、水泵等</p>
3	铸型振实台	<p>(1) 砂型紧实是在振动台上进行的</p> <p>(2) 程序:模样、模板置于抽气箱上;真空覆膜—放置砂箱—填入干砂—开动振实台,紧实砂型</p>
4	型砂冷却器	<p>(1) 采用箱式冷却器</p> <p>(2) 箱内设置数十根冷却水管,压缩空气从底部吹入空气室,通过滤布进入箱内,使型砂“沸腾”流动,与冷却水管进行对流式热交换,以达型砂降温目的</p>

(续)

序号	设备	功能
1	型砂冷却器	<p>(3) 型砂进出口高度差, 由调整出口插板高度来形成, 使型砂移向出口, 起到输送作用</p> <p>(4) 冷却器上设有除尘器, 排除型砂中粉尘</p>

表 8 34 负压(V法)造型主要工装

序号	工装	特点
1	模样及模板	<p>(1) 模样、模板上, 开设出一定数量, 直径<math>0.8\sim 2\text{mm}</math>, 孔距<math>20\sim 50\text{mm}</math>的通气孔和抽气箱相通, 抽真空时, 将塑料薄膜吸附在模样和模板上</p> <p>(2) 不留或少留起模斜度</p> <p>(3) 模样可用较软的材料制作</p>
2	砂箱	<p>(1) 特制砂箱。是在一般砂箱功能上, 增加在砂型内形成真空的功能</p> <p>(2) 根据抽气方式不同, 砂箱分: 侧吸式、背吸式、管吸式三种</p>

## (三) 主要原材料(表 8-35)

表 8-35 负压(V法)造型用主要原材料

序号	原材料	作用及选用
1	塑料薄膜 型腔薄膜 (V密封膜)	<p>(1) 经加热软化后, 借助负压吸附在模样上;</p> <p>(2) 型腔薄膜以乙烯 醋酸乙 烯共聚物薄膜(EVA)的性能最好, 其厚度为0.05~1mm, 最终厚度能减薄到0.006mm左右</p>
	背膜	<p>(1) 用于砂箱背面的密封</p> <p>(2) 背膜几乎不受热的影响, 故不必使用高质量的EVA薄膜, 一般选用农用聚乙烯薄膜(PE)</p>
2	型砂 十件砂 铅砂、铅 铁矿砂	<p>粒度选用 70 目或 100/200 的细粒砂</p> <p>粒度选用 100/200 的细粒砂</p>
3	涂料	<p>(1) 造型时, 在覆膜成型后, 放置砂箱填砂前, 在型砂一侧的塑料薄膜表面上刷涂料, 尤其是厚大的铸铁件、铸钢件更为必要</p>

(续)

序号	原材料	作用及选用												应用
		硅石粉	镁砂粉	铸砂粉	刚玉粉	石墨粉	鳞片石墨	膨润土	粘土	酚醛树脂	活性剂 B	润湿剂	乌托品 (对树脂)	
1	涂料	80~	-	-	11~5	2~	2~	0.05	-	8~	-	-	8~	铸铁件
		60	-	-	30	10	5	~0.1	-	15	-	-	15	
2		100	-	-	-	1~	2~	0.01	0.01	8~	0.01	8~	高锰钢件	
		-	-	-	-	5	5	~0.1	~0.1	15	~0.1	15		
3		81~	-	-	1~	2~	0.05	0.01	8~	0.01	8~	普通钢及合金钢铸件		
		70	30	-	1	5	~0.1	~0.1	15	~0.1	15			

(2) 涂料除具一般涂料性能外, 还需具有对塑料薄膜有足够的附着力, 不流淌、不开裂和快速干燥等特性

(3) 负压(V法)造型用涂料配方如下:

配方(质量分数, %)

## (四) 特点(表 8-36)

表 8-36 负压(V法)铸造的特点

特点	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 铸件的表面光洁, 尺寸精确、缩孔少、内部质量好</li> <li>2. 由于使用的是干砂, 98%的型砂可回收再用, 节约大量粘结剂、劳动力和能源</li> <li>3. 简化造型和落砂操作, 消除了粉尘和噪声的危害, 改善了劳动条件</li> <li>4. 对设备和操作技能要求较严</li> </ol>
应用范围	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 适用于铝、灰铸铁、球墨铸铁、铸钢各和合金小批量或大批量生产</li> <li>2. 铸件重量从几千克到几吨, 最小壁厚 2~3mm</li> </ol>

## 四、压力铸造

压力铸造简称压铸, 是熔融金属在高压下高速充型, 并在压力下凝固的铸造方法。常用比压高达几十至数百兆帕, 流速高达 5~10m/s, 充型时间极短(约为 0.1~0.2s), 因此, 高压、高速是压铸的两大特点。压铸过程是通过压铸机来实现的。

### (一) 压铸机

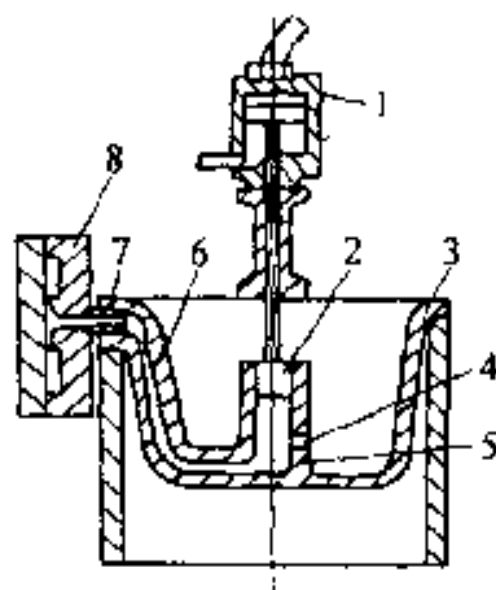
按压室的工作环境不同分为热压室式压铸机和冷压

室式压铸机两大类,冷压室式压铸机根据加压方向不同,分为立式和卧式两种。

热压室式压铸机见表 8-37,立式冷压室式压铸机见表 8-38,卧式冷压室式压铸机见表 8-39。

表 8-37 热压室式压铸机

图  
示



热压室式压铸机

- 1-气缸 2-活塞 3-坩埚 4-金属吸取孔  
5-点缸 6-通道 7-喷嘴 8-铸型

结构 热压室式压铸机,是将熔化金属用的坩埚装置与压  
特点 室连成整体,压室浸在金属液中

(续)

<p>压铸过程</p>	<p>(1) 工作时, 先闭合压铸型 8</p> <p>(2) 然后, 压缩空气进入气缸 1 中, 迫使活塞 2 下行, 将立缸 3 中的金属液, 通过通道 6 和喷嘴 7, 压入铸型 8 的型腔中</p> <p>(3) 铸件凝固后, 打开压铸型, 顶出铸件</p> <p>(4) 活塞上升, 金属液从金属吸取孔 4 中流入立缸</p> <p>(5) 再进行下次压铸</p>
<p>适用范围</p>	<p>只适用于压铸低熔点的铝合金、锌合金、锡合金、镁合金铸件</p>

表 8-38 立式冷压室式压铸机

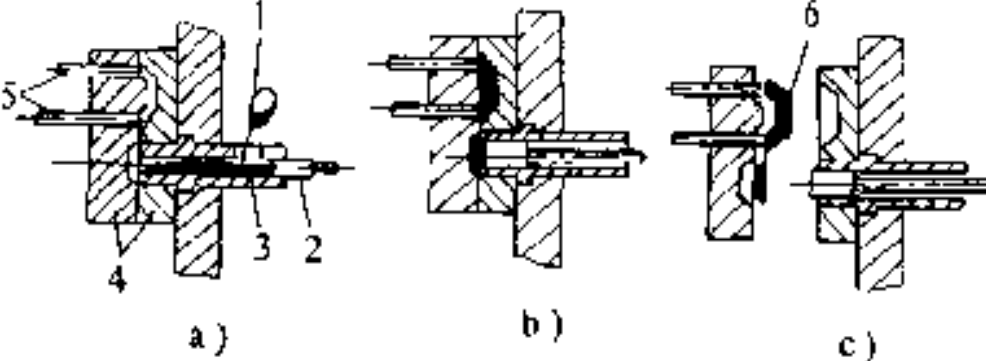
<p>简图</p>	
	<p>a) 合型并注入金属液    b) 压射    c) 开型取出铸件</p> <p>1 上冲头    2 压缩室    3—反冲头</p> <p>4—压型    5—铸件    6—剩余金属</p>

(续)

<p>结构特点</p>	<p>压铸机的压室垂直放置，压室的底由反冲头形成</p> <p>压室和压射冲头不浸于熔融金属内。而是容量的熔融金属液浇到压室中，然后，进行压射</p>
<p>压铸过程</p>	<p>如图示：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 关闭压型 1</li> <li>2. 压铸前，向压铸室 2 中浇入金属液时，反冲头 3 挡住压室出口，以免金属液流入型腔</li> <li>3. 压射时，上冲头 1 下行，反冲头 3 下降，打开出口，金属液射入型腔</li> <li>4. 铸件凝固后，上冲头 1 回升，反冲头 3 复位，同时，切断余料和浇道的连接，继续上升，将余料推出压室</li> <li>5. 最后，开型取出铸件</li> </ol>
<p>应用范围</p>	<p>适于铝合金及熔点更高的铜合金的压铸可在较低的浇注温度下，制造复杂的铸件</p>



表 8-39 卧式冷压室式压铸机

图 示	 <p>a) 合型并浇入金属液    b) 压射    c) 开型取出铸件</p> <p>1 - 熔融金属    2 - 压射冲头    3 压缩室 4 压型    5 顶杆    6 - 铸件</p>
结构 特点	压铸机的压室水平放置,压室和压射冲头不浸于熔融金属内,定量的金属液浇到压室中,然后,进行压射
压铸 过程	<p>如表图示:</p> <p>(1) 压型 4 闭合</p> <p>(2) 将金属液浇入压缩室 3 中</p> <p>(3) 压射冲头 2 向左推进,先慢速后快速将金属液经浇道压入型腔,并产生瞬间高的压力,保持在正凝固的金属上</p> <p>(4) 待铸件凝固后,打开型 4</p> <p>(5) 由顶杆 5 将铸件连同余料一起顶出</p>
适应 范围	适于铝合金及熔点更高的铜合金的压铸 可在较低浇注温度下压铸复杂的铸件

## (二) 特点(表 8-40)

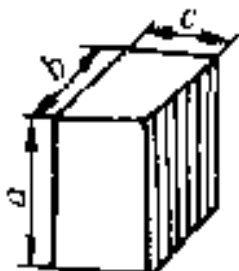
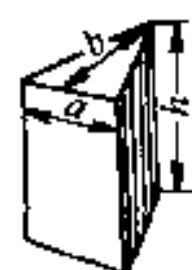
表 8-40 压力铸造的特点

优点	<p>1. 可以获得公差等级 IT11~IT13 和表面粗糙度 <math>R_a=6.3\sim3.2\mu\text{m}</math> 的铸件。可压铸各种结构复杂、轮廓清晰的薄壁深腔铸件</p> <p>2. 由于金属液冷却速度快,并在压力下结晶,所以能得到晶粒细、组织致密的铸件。机械强度比一般砂型铸造的铸件高 25%~40%</p> <p>3. 生产率高,利于实现机械化、自动化</p>
存在问题	<p>1. 由于金属液高速充填型腔,型腔中气体很难完全排除,致使铸件易产生细小的气孔</p> <p>2. 压铸设备准备周期长、成本高、只适用定型产品大量生产</p> <p>3. 压铸合金范围有局限性,多以有色金属为主,不宜压铸厚壁铸件</p>
应用范围	<p>1. 广泛用于汽车、拖拉机、航空、纺织、电器、仪表等制造业中的非铁合金中,小型铸件</p> <p>2. 重量从几克到几十千克,铸件最小壁厚可达 0.5~1mm,最小孔可达 <math>\phi 0.7\text{mm}</math></p>



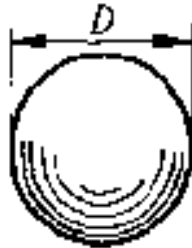

## 第九章 专业数学计算

### 一、常见几何体体积(表 9-1)


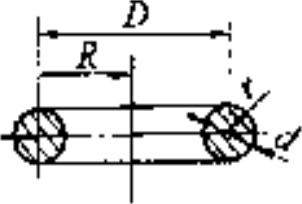
表 9-1 常见几何体体积近似计算公式

名称	图 形	近似计算公式
长方柱体	 A 3D perspective drawing of a rectangular prism. The front face is a rectangle with height 'a' and width 'b'. The depth of the prism is labeled 'c'.	$V = abc$
三角柱体	 A 3D perspective drawing of a triangular prism. The front face is a triangle with base 'a' and height 'h'. The depth of the prism is labeled 'b'.	$V = 0.5abh$

(续)


名称	图 形	近似计算公式
圆柱体		$V = 0.81D^2h$
椭圆柱体		$V = 0.8abh$
球体		$V = 0.52D^3$
中空圆柱体		$V = 0.8(D^2 - d^2)h$

(续)


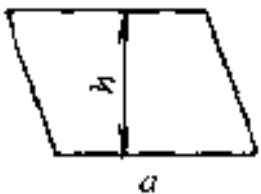
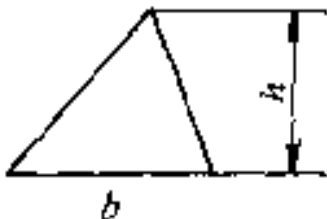
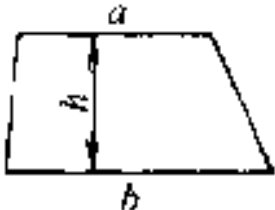
名称	图 形	近似计算公式
圆台体		$V = 0.26(D^2 + d^2 + Dd)h$
圆环体		$V = \pi D \frac{\pi d^2}{4}$ $= 2\pi^2 R r^2$ $= 19.739 R r^2$

## 二、常用几何图形面积(表 9-2)

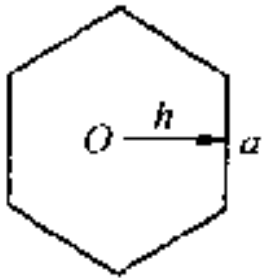
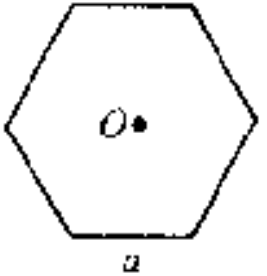
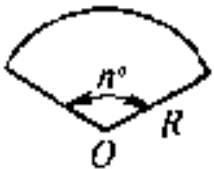
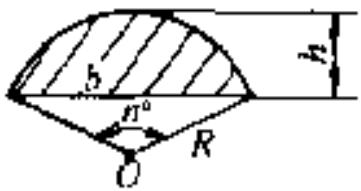
表 9-2 常用几何图形的面积

序号	几 何 图 形	名称	面积 A
1		正 方 形	$A = a^2$


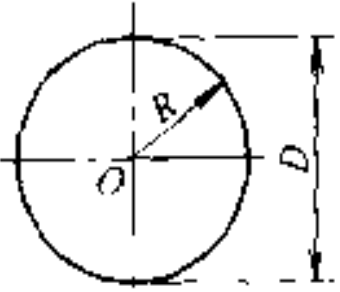
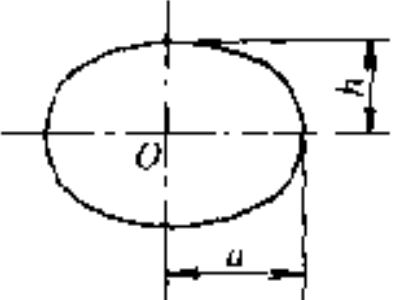
(续)

序号	几何图形	名称	面积 $A$
2		矩形	$A = ah$
3		平行四边形	$A = ah$
4		三角形	$A = \frac{1}{2}bh$
5		梯形	$A = \frac{a+b}{2}h$

(续)

序号	几何图形	名称	面积 $A$
6		正六边形	$A = \frac{nah}{2}$
7		正六边形	$A = 3 \frac{\sqrt{3}}{2} a^2$ $= 2.598a^2$
8		扇形	$A = \frac{n^\circ}{360^\circ} \pi R^2$
9		弓形	$A = \frac{n^\circ}{360^\circ} \pi R^2 - \frac{b(R-h)}{2}$ <p>经验公式</p> $A = \frac{2}{3} bh + \frac{h^2}{2b}$

(续)

序号	几何图形	名称	面积 $A$
10		环 形	$A = \pi(R^2 - r^2)$
11		圆 形	$A = \pi R^2$ $= \frac{\pi}{4} D^2$
12		椭圆 形	$A = \pi ab$



## 三、铸造合金的密度(表 9-3)

表 9-3 常用铸造合金的密度

铸 造 合 金 名 称		密度 $\rho$ (kg/dm <sup>3</sup> )
铸 钢	碳钢	7.8~7.85
	合金钢	7.5~8.1
铸 铁	灰口铁	7.0~7.3
	白口铁	7.3~7.6
	可锻铸铁	7.1~7.4
	球墨铸铁	7.1~7.3
	蠕墨铸铁	7.05~7.10
非 铁 合 金	铝铜合金	2.8~2.9
	铝硅合金	2.5~2.6
	铝镁合金	2.6~2.7
	铝锌合金	2.8~2.9
	镁合金	1.8~1.9
	锌合金	6.7~6.8
	黄铜	8.5~8.8
	铅青铜	8.9~9.7
	锡青铜	8.6~8.9
	铝青铜	7.3~7.6
	锰青铜	7.7~8.0
硅青铜	8.2~8.4	

#### 四、木模常用材料的密度

红松、杉木、柏木、水曲柳是制作木模样常用材料，其密度见表 9-4。

表 9-4 木模样常用木材密度

木模样材料	红松	杉木	柏木	水曲柳
密度/(kg/dm <sup>3</sup> )	0.44	0.38	0.59	0.69

#### 五、铸件重量的计算方法

1. 根据铸件形状、尺寸计算铸件重量

(1) 求出铸件的体积。

(2) 铸件重量等于密度乘体积，即

$$G = \rho V \quad (9-1)$$

式中  $G$  —— 铸件重量(kg)；

$\rho$  —— 铸件的金属密度(kg/dm<sup>3</sup>)；

$V$  —— 铸件体积(dm<sup>3</sup>)。

铸造生产中，由于金属液作用型腔胀大，起模前松模、模样受潮变形等原因，即使同一批浇出的铸件，其重量也不尽完全一样，因此，铸件重量可用近似计算，计算结果一般只需精确到 2~3 位有效数字。

形状简单的铸件可直接应用表 9-1 中的近似计算。

实际生产中铸件形状较为复杂，当不能用表 9-1 中公式时，可用下述简化方法：

1) 将复杂铸件分解成若干简单形体，分别计算出分解后各形体的体积，再求出整个铸件的体积。

2) 有的件可转化为易计算的形体进行计算。

3) 相对于铸件体积很小的圆角、凸台、小孔等可忽略不计。

**例 1：**计算如图 9-1 所示的铸件重量（铸件金属密度取  $7\text{kg}/\text{dm}^3$ ）。

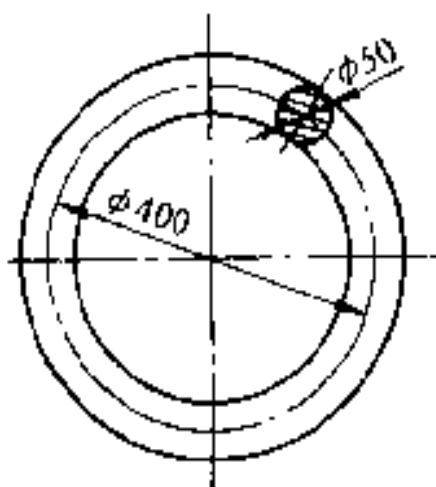


图 9-1 圆环体铸件

**解：**利用表 9-1 中几何体体积公式计算

1) 铸件体积  $V_{\text{铸}}$

$$\begin{aligned} V_{\text{铸}} &= \pi D \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= 3.14 \times 1\text{dm} \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times (0.5\text{dm})^2 \\ &\approx 2.47\text{dm}^3 \end{aligned}$$

2) 铸件重量  $G_{\text{件}}$ 

$$\begin{aligned} G_{\text{件}} &= V_{\text{件}} \rho \\ &= 2.47 \text{dm}^3 \times 7 \text{kg/dm}^3 \\ &= 17.29 \text{kg} \end{aligned}$$

例 2: 一灰铸铁底座如图 9-2 所示, 求该灰铸铁件的重量。

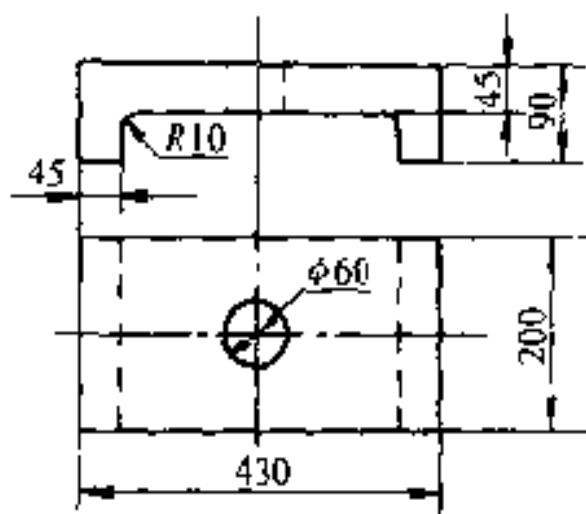


图 9-2 灰铸铁底座

解: 灰铸铁底座可分解成三个长方体, 铸件体积即为这三个长方体体积之和, 其中孔的体积很小可忽略不计。各部体积分别为  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ , 则

$$V_1 = 4.3 \text{dm} \times 2.0 \text{dm} \times 0.45 \text{dm} = 3.87 \text{dm}^3$$

$$V_2 = V_3 = 2.0 \text{dm} \times 0.45 \text{dm} \times (0.9 \text{dm} - 0.45 \text{dm}) = 0.405 \text{dm}^3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 4.68 \text{dm}^3$$

灰铸铁密度取  $7 \text{kg/dm}^3$

则底座重量

$$G = \rho V = 7 \text{kg/dm}^3 \times 4.68 \text{dm}^3 = 32.76 \text{kg} \\ \approx 33 \text{kg}$$

例 3: 有一铸钢件齿轮坯如图 9-3 所示, 计算该铸钢齿轮主坯重量。

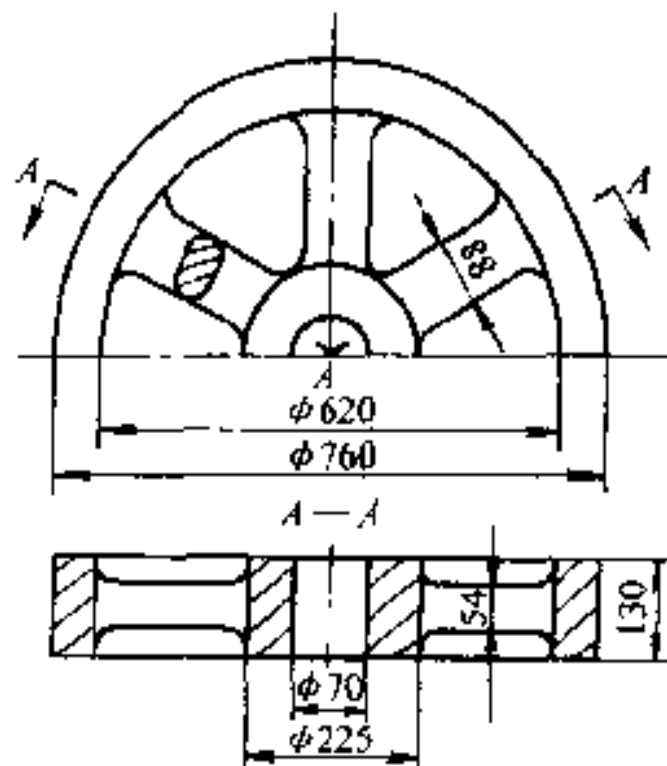


图 9-3 铸钢齿轮坯

解: 铸钢齿轮坯可分解为两个中空圆柱体和六个长方体(近似), 各部分体积分别为  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ , 则

$$V_1 = 0.8(I^2 - d^2)h \\ = 0.8 \times [(7.6 \text{dm})^2 - (6.2 \text{dm})^2] \times 1.3 \text{dm} = 20.09 \text{dm}^3$$

$$V_2 = 0.8(I^2 - d^2)h \\ = 0.8 \times [(2.25 \text{dm})^2 - (0.7 \text{dm})^2] \times 1.3 \text{dm} = 4.75 \text{dm}^3$$

$$V_3 = abc \cdot n$$

$$= 0.88\text{dm} \times 0.54\text{dm} \times 1.475\text{dm} \times 6 \\ \approx 5.63\text{dm}^3$$

铸钢齿轮坯体积  $V = V_1 + V_2 + V_3 = 30.47\text{dm}^3$

铸钢密度取  $7.8\text{kg}/\text{dm}^3$

铸钢齿轮坯重量为

$$G = 7.8\text{kg}/\text{dm}^3 \times 30.47\text{dm}^3 \\ = 237.6\text{kg} \approx 238\text{kg}$$

2. 根据模样重量计算铸件重量 适用于一些实体模样无型芯造型的铸件。

当铸件材料和模样材料一定时，铸件重量和模样重量比值也就一定，应用这个比值  $K$  就可求出铸件重量。 $K$  也称计算因数。

$$\text{因} \quad K = \frac{\text{铸件重量}}{\text{模样重量}} = \frac{\text{铸件材料的密度}}{\text{模样材料的密度}} \quad (9-2)$$

$$\text{所以铸件重量} = K \times \text{模样重量} \quad (9-3)$$

几种常用的模样材料和铸件材料的计算因数，见表 9-5。

**例 1:** 一件由红松制作的模样重量为  $2\text{kg}$ 、无型芯造型，浇出铸铁件重量为  $32\text{kg}$ 。另一红松制作的模样为  $3\text{kg}$ ，计算浇出的铸铁件重量是多少？

**解:** 铸件重量与模样重量之比为

$$K = \frac{32}{2} = 16$$

则 浇出铸铁件重量为

表 9-5 几种铸件材料和模样材料的计算因数 K

材 料	模 样 密度/ (kg/dm <sup>3</sup> )	铸件材料及密度 (kg/dm <sup>3</sup> )							
		铸钢	铸铁	可锻铸铁	铝合金	黄铜	锡青铜	钛合金	
		7.84	7.20	7.35	2.81	8.53	8.60	1.80	
计 算 因 数 K									
松 木	0.61	12.85	11.80	12.05	4.61	13.98	11.25	2.95	
红 松	0.59	13.29	12.20	12.16	4.76	14.46	11.73	3.05	
杉 木	0.32	21.50	22.50	22.97	8.78	26.66	27.16	5.63	
合成树脂	1.50	5.23	1.80	4.4	1.87	5.69	5.79	1.20	
铝合金	2.81	2.79	2.56	2.62	1.00	3.04	3.09	0.64	
黄 铜	8.53	0.92	0.84	0.85	0.33	1.00	1.02	0.21	
锡 青 铜	8.60	0.90	0.83	0.85	0.32	0.98	1.00	0.21	
灰 铸 铁	7.20	1.09	1.00	1.02	0.39	1.18	1.21	0.25	
钢	7.84	1.00	0.92	0.94	0.36	1.09	1.11	0.23	

$$G = 16 \times 3 \text{kg} = 48 \text{kg}$$

**例 2:** 一铸铁件为实体模样无型芯造型, 称得红松模样重  $5.5 \text{kg}$ , 计算浇出的铸件重量是多少?

**解:** 查表 9-5, 得计算因数  $K = 12.20$

$$\text{铸件重量 } G = 5.5 \text{kg} \times 12.20 = 67.1 \text{kg}$$

**答:** 铸铁件重量为  $67.1 \text{kg}$ 。

**例 3:** 一铝合金实体模样, 重量为  $2 \text{kg}$ , 问浇出的铸钢件、黄铜铸件重量各是多少?

**解:** 查表 9-5, 得铸钢件重量计算因数  $K = 2.79$ , 黄铜铸件重量计算因数  $K = 3.04$ 。

铸件重量分别为:

$$G_{\text{铸钢}} = 2 \text{kg} \times 2.79 = 5.58 \text{kg}$$

$$G_{\text{黄铜}} = 2 \text{kg} \times 3.04 = 6.08 \text{kg}$$

**答:** 铸钢件重量为  $5.58 \text{kg}$ , 黄铜铸件重量为  $6.08 \text{kg}$ 。

## 六、浇满一个铸型所需金属液重量

铸型金属液需要量的组成:

(1) 铸件重量, 即铸件单件重量乘以每型中铸件件数。

(2) 浇冒口重量。

(3) 浇注时损失的金属液重量。

(1) 对大型铸件使用内冷铁重量较大时, 应减去内冷铁重量。



例：铸钢件缸套，外径为 120mm，内径 80mm，高度 200mm，每型 4 件，浇冒口重量为铸件重量的 45%，铸钢密度取  $7.8\text{kg}/\text{dm}^3$ ，求每铸型需要金属液重量是多少？

解：铸件单件重量为

$$G = 0.8 \times (1.2^2 - 0.8^2) \text{ dm}^2 \times 2 \times 7.8\text{kg}/\text{dm}^3 \\ = 9.984\text{kg} \approx 10\text{kg}$$

每型四件，铸件总重量为

$$G_g = 10\text{kg} \times 4 = 40\text{kg}.$$

浇冒口重量为： $40\text{kg} \times 45\% = 18\text{kg}.$

每型需要金属液重量为

$$40\text{kg} + 18\text{kg} = 58\text{kg}$$

答：浇满铸型需要金属液重量为 58kg。

如果浇包中金属液重量少于每型需要的金属液而盲目浇注，会因浇不足导致铸件报废。

## 七、工艺出品率的计算

工艺出品率是指铸件的毛重与浇注此铸件所用的全部钢液重量的比值，即

$$\begin{aligned} \text{工艺出品率} &= \frac{\text{铸件毛重}}{\text{浇注此铸件所用全部钢液重}} (\%) \\ &= \frac{\text{铸件毛重}}{\text{铸件毛重} + \text{冒口总重} + \text{浇道总重}} (\%) \quad (9-4) \end{aligned}$$

在冒口计算中工艺出品率的作用是：

1) 评价浇冒口工艺方案优劣的依据。过高的工艺出品率, 将意味着铸件有可能产生缩孔、缩松。

2) 校核冒口尺寸和数量是否合理。将工艺出品率与生产实践中统计出来的同类铸件的工艺出品率比较, 如果过低, 表明冒口重量过大, 应考虑能否采取措施减少冒口尺寸和数量; 如果过高, 应考虑是否增加冒口尺寸和数量。

## 八、压铁重量与抬型力的计算

浇注时, 金属液压力作用于上型和型芯产生的抬型力, 常使上型抬起, 产生跑火和型芯漂浮。为此, 必须在上型上有足够的紧固力或压铁。

1. 压铁重量的确定 压铁的重量, 常用经验公式确定:

$$G_{\text{压}} = (3 \sim 5) G_{\text{件}} \quad (9-5)$$

式中  $G_{\text{压}}$  压铁重量(kg);

$G_{\text{件}}$  铸件毛重(kg);

对于大型或重型铸件, 其压铁重量按式(9-5)确定后, 需用抬箱力计算加以验证。

2. 抬型力的计算 浇注时, 作用于上型的力有四种, 即

(1) 金属液静压力产生的抬箱力  $F_{\text{静}}$ , 方向向上。

(2) 型芯剩余浮力产生的抬箱力  $F_{\text{芯}}$ , 方向向上。

(3) 浇注时金属液冲击上型产生的动压力，方向向上。

(4) 上型的重量，方向向下。

上述四种力中，动压力因影响因素较多，一般不予计算，认为可与上型的重量抵销。实践证明，动压力常超过上型重量。为了安全，加以安全因数。浇注时抬型力计算可简化为

$$\begin{aligned} F_{抬} &= K(F_{型} + F_{芯}) \\ &= K[Ahp + V_{芯}(\rho - \rho_{芯})]g \end{aligned} \quad (9-6)$$

式中  $F_{抬}$ ——抬型力(N)；

$F_{型}$ ——金属液静压力产生的抬型力(N)；

$F_{芯}$ ——型芯剩余浮力产生的抬型力(N)；

$K$ ——安全因数，铸铁一般取 1.2~1.3，铸钢一般取 1.3~1.5(人型板状件和暗冒口取 1.5，明冒口取 1.3)

$g$ ——重力加速度( $m/s^2$ )；

$A$ ——上型型腔顶面的投影面积。计算时冒口的投影面积可不减( $m^2$ )；

$h$ ——上型型腔顶面到浇口杯(或明冒口)液面的高度(m)；

$\rho$ ——金属液密度( $t/m^3$ )，铸铁取  $7t/m^3$ ，碳钢取  $7.5t/m^3$ ；

$V_{芯}$ ——型芯浸没在金属液中的体积( $m^3$ )；

$\rho_{\text{芯}}$  — 型芯密度 ( $\text{t}/\text{m}^3$ )，铸铁型芯取  $1.5\text{t}/\text{m}^3$ ，铸钢型芯取  $1.6\text{t}/\text{m}^3$ 。

若压铁重量大于抬型力，即  $G_{\text{压}} g > F_{\text{压}}$ ，则是安全的。

3. 压铁重量计算 不同的型腔其压铁重量不同，计算方法，见表 9-6。

例 1：如图 9-4 所示一铸铁管铸型，求压铁重量？（铸铁密度取  $7\text{kg}/\text{dm}^3$ ）。

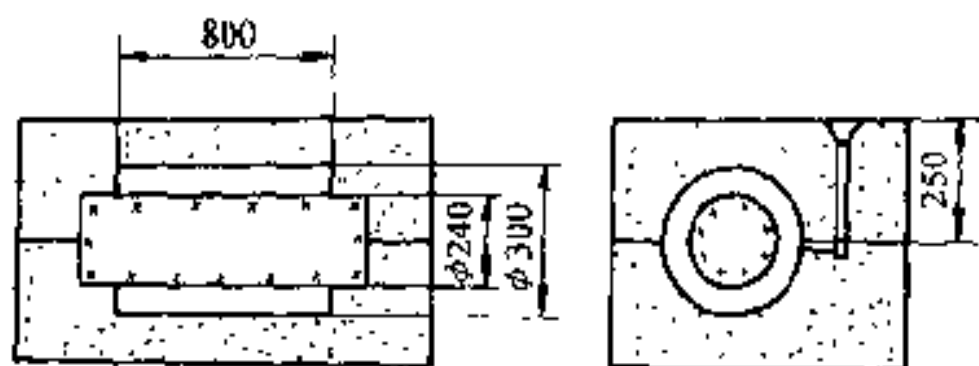


图 9-4 铸铁管铸型

解：

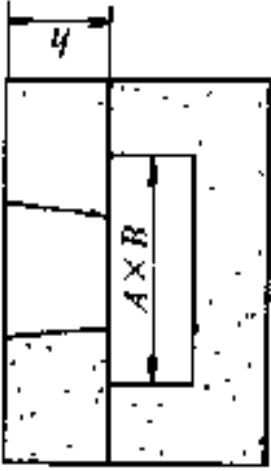
1) 由铁液静压力所产生的抬箱力  $F_{\text{压}}$

$$\begin{aligned} F_{\text{压}} &= Ah\rho g \\ &= 0.8\text{m} \times 0.3\text{m} \times 0.25\text{m} \times 7000\text{kg}/\text{m}^3 \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 \\ &= 4116\text{N} \end{aligned}$$

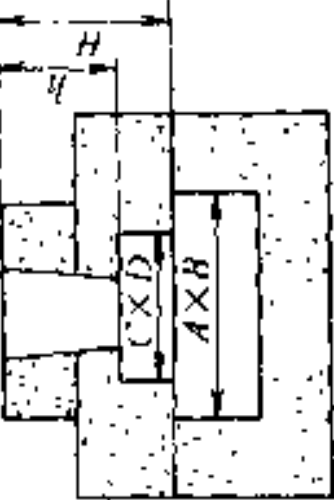
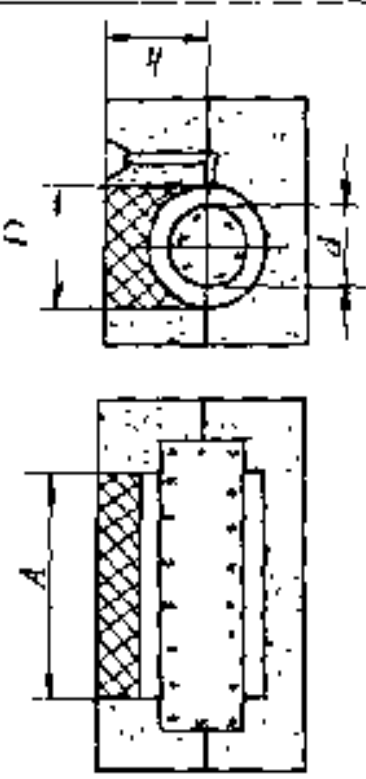
2) 由型芯剩余浮力所产生的抬箱力  $F_{\text{芯}}$

$$\begin{aligned} F_{\text{芯}} &= V_{\text{芯}}(\rho - \rho_{\text{芯}})g \\ &= 0.8 \times (0.24\text{m})^2 \times 0.8\text{m} \times (7000 - 1500)\text{kg}/\text{m}^3 \times 9.8\text{m}/\text{s}^2 \\ &= 1986.97\text{N} \end{aligned}$$

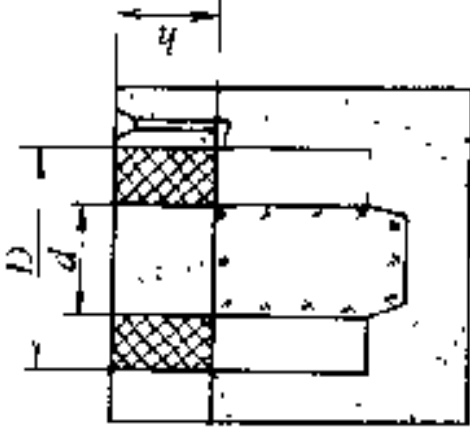
表 9-6 压铁重量的计算

序号	完整特点	压铁重量(或紧固力)计算
1	无型芯	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 1; padding-left: 20px;"> <math display="block">S = AB</math> <math display="block">G_{\text{压}} = KABh\rho</math> <p><math>G_{\text{压}}</math>—压铁重量;  <math>K</math>—安全因数, 铸铁取 1.2~1.3,            铸钢取 1.3~1.5;  <math>\rho</math>—金属液密度</p> </div> </div>

(续)

序号 型腔 特点	简图	压铁重量(或紧固力)计算
1 无型芯		$S_1 = AB - (CD)$ $S_2 = (CD)$ $G_{FE} = K [(AB - (CD))H + (CD)h] \rho$
2 有水平 型芯		$S = AD$ $V_K = 0.8d^2 A$ $G_{FE} = K [ADhp + 0.8d^2 \cdot 1(\rho - \rho_K)]$

(续)

序号	型腔特点	简图	铸铁重量(或紧固力)计算
3	有垂直型芯		<p>直立的型芯在金属液未钻入芯头下部时,无浮力作用</p> $G = 0.8 (D^2 - d^2) h \rho_c$ <p><math>G_{\text{生}} = K \cdot 0.8 (D^2 - d^2) h \rho_c</math></p> <p>需指出,若金属液钻入下芯头,将会产生很大的浮力,因此配箱时,应用白棉绳将芯头与芯座间空隙填严实,以防钻芯</p>

3) 压铁重力  $G_{\text{压}}$ 

$$\begin{aligned}
 G_{\text{压}} &= K(F_{\text{压}} + F_{\text{芯}}) \\
 &= 1.2 \times (4116\text{N} + 1986.97\text{N}) \\
 &= 7323.56\text{N} \\
 &\approx 7321\text{N}
 \end{aligned}$$

例 2: 计算如图 9-5 所示砂型压重。铸件金属密度取  $7\text{kg}/\text{dm}^3$ , 安全因数取 1.4, 上型重量不计, 计算误差上 5kg。

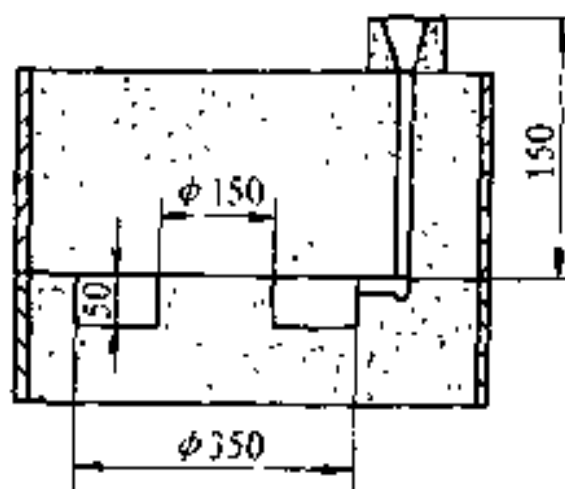


图 9-5 计算砂型压重

解: 下型中自带芯垂直、无浮力,  $F_{\text{芯}} = 0$

$$\begin{aligned}
 G_{\text{压}} = F_{\text{压}} = V\rho K &= \frac{1}{4}\pi(D^2 - d^2)hp \times 1.4 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3.14(3.5^2 - 1.5^2)\text{dm}^2 \times 1.5\text{dm} \times 7\text{kg}/\text{dm}^3 \times 1.4 \\
 &\approx 115\text{kg}
 \end{aligned}$$

即压重为 115kg。



## 九、轮形件的分肋方法

刮板造型时，常遇到轮形件（齿轮、链轮、手轮、带轮等），在刮制后需要分肋和补肋的操作。常用经验数据法和简单作图法画出分型面上圆线的等分线。

### 1. 简单作图法

(1) 四等分法 用直角尺将所需等分的圆，通过它的圆心作两根垂直线，此线与圆周的四个交点，即等分了圆及圆周。

(2) 六等分(三等分)法 以所需等分圆的半径为弦长，依次在圆周上扎出各点，然后和圆心相连，便六等分(或三等分)了圆及圆周。

(3) 五等分法 如图 9-6 所示。先过圆心  $O$  作任意相互垂直线  $AC'$  和  $A'B'$ 。再以  $B'$ 、 $C'$  两点为圆心，以所要等分圆的直径为半径，作圆弧相交于  $F$  点。最后用  $OF$  作弦长，依次在圆周上扎出各点 ( $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ )，便五等分圆及圆周。

(4) 七等分法 如图 9-7 所示。先过圆心  $O$  作任意直线  $AB'$ ，再以  $B'$  为圆心， $OB'$  为半径在圆周上划弧相交于  $C'$  点，连接  $B'C'$  线并作它的垂直平分线，并与  $B'C'$  相交一点  $D'$ 。则  $OD'$  便是七等分圆周的弦长，以此在圆周上扎出  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$ 、 $F$ 、 $G$  各点，再将各点与圆心相连，便七等分了圆及圆周。

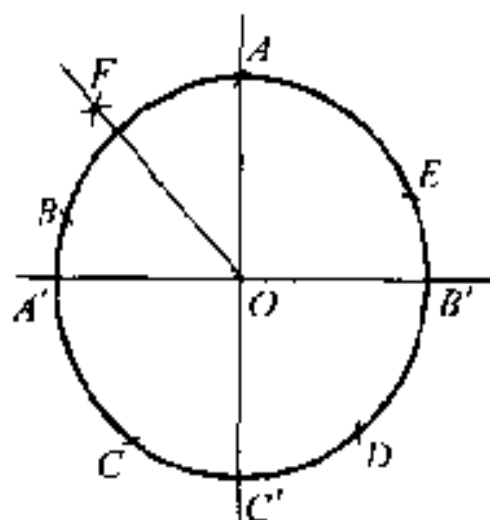


图 9-6 五等分圆周作图法

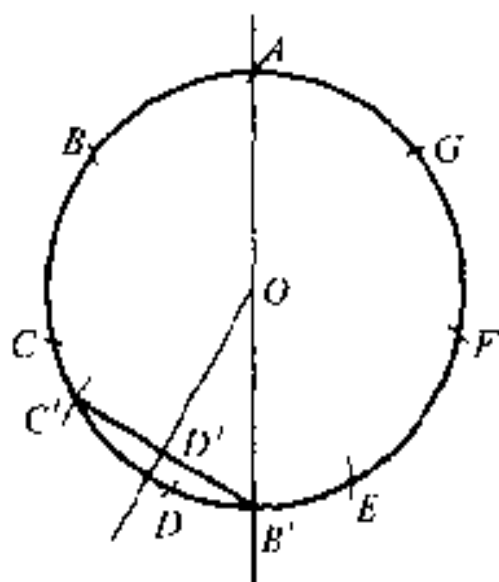


图 9-7 七等分圆周作图法

2. 计算法 轮形件刮板造型分肋时, 需要知道等分圆的弦长。等分圆的弦长可由下式得出(图 9-8 所示)。

$$L = 2R \sin \frac{\alpha}{2} \quad (9-7)$$

式中  $\alpha$ ——弦长对应的圆心角;

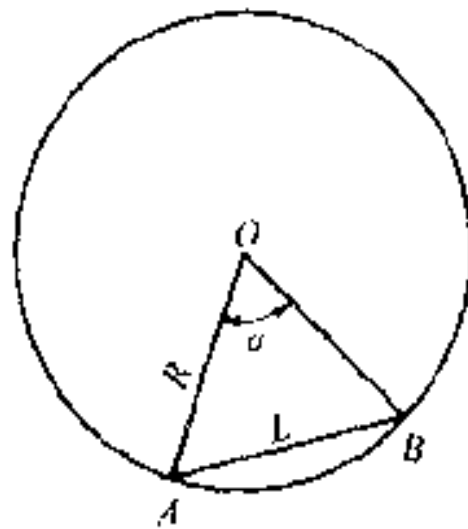


图 9 8 弦长与圆心角的关系

$R$ ——等分圆的半径；

$L$ ——等分圆的弦长。

当知道轮形件的肋数，除  $360^\circ$  测得出等分弦长对应的圆心角  $\alpha$ ，分型面上圆线半径  $R$  也已知，就可计算出等分圆的弦长  $L$ 。

上述公式，又可用于已知圆心角求弦长的其它划线计算。例如刮板造型时，需要在半径为 520mm 的圆线上挖制两个凸台，凸台间的圆心角是  $46^\circ$ ，求两凸台的中心距。测用上式计算，求两凸台中心距相当于求圆心角为  $46^\circ$  时的弦长，故

$$\begin{aligned} \text{两凸台中心距} &= 2R \sin \frac{\alpha}{2} \\ &= 2 \times 520\text{mm} \times \sin \frac{46^\circ}{2} \\ &= 406\text{mm} \end{aligned}$$

3. 经验数据法 已知轮形件的肋数(轮幅数)和分

型面上划出的圆线半径，按表 9-7 经验数据查得等分圆弦长。

表 9-7 等分圆弦长  $L$  和肋数  $n$  对应关系

肋数 $n$	3	4	5	6	7	8
等分圆弦长 $L$	$1.732R$	$1.414R$	$1.176R$	$R$	$0.866R$	$0.765R$
肋数 $n$	9	10	11	12	13	14
等分圆弦长 $L$	$0.684R$	$0.618R$	$0.564R$	$0.518R$	$0.478R$	$0.446R$

半径  $R$  根据砂型大小取值。为简化计算， $R$  取容易计算的值，如  $R$  取 100，则七等分圆周的弦长则是 86.6mm。

## 十、计算铸件模数和冒口模数的方法

1. 模数 铸件的凝固时间，取决于它的体积和冷却表面积之比，其比值称为凝固模数，简称模数。用下式表达

$$M = \frac{V}{A} \quad (9-8)$$

式中  $M$  — 模数 (cm)；  
 $V$  — 体积 (cm<sup>3</sup>)；

$A$ ——冷却表面积( $\text{cm}^2$ )。

铸件的模数小则凝固时间短；铸件的模数大则凝固的时间长；模数相同的铸件则凝固时间相等或相近

2. 冒口模数与铸件模数的关系 为实现补缩，获得致密铸件，必须满足三个基本条件：

(1) 冒口与被补缩铸件部位之间必须建立补缩通道。

(2) 冒口必须具有合适的模数。即必须满足  $M_{\text{冒}} \gg M_{\text{件}}$ ，冒口才能比铸件晚凝固。

对碳钢铸件，只要满足以下比例关系，就能实现冒口对铸件最后凝固部位的补缩。

$$\text{边冒口 } M_{\text{件}} : M_{\text{颈}} : M_{\text{冒}} = 1 : 1.1 : 1.2 \quad (9-9)$$

浇道通过边冒口浇注时

$$M_{\text{件}} : M_{\text{颈}} : M_{\text{冒}} = 1 : (1 \sim 1.03) : 1.2 \quad (9-10)$$

$$\text{冒口颈长度 } L = 2.4M_{\text{件}} - 2M_{\text{冒}}$$

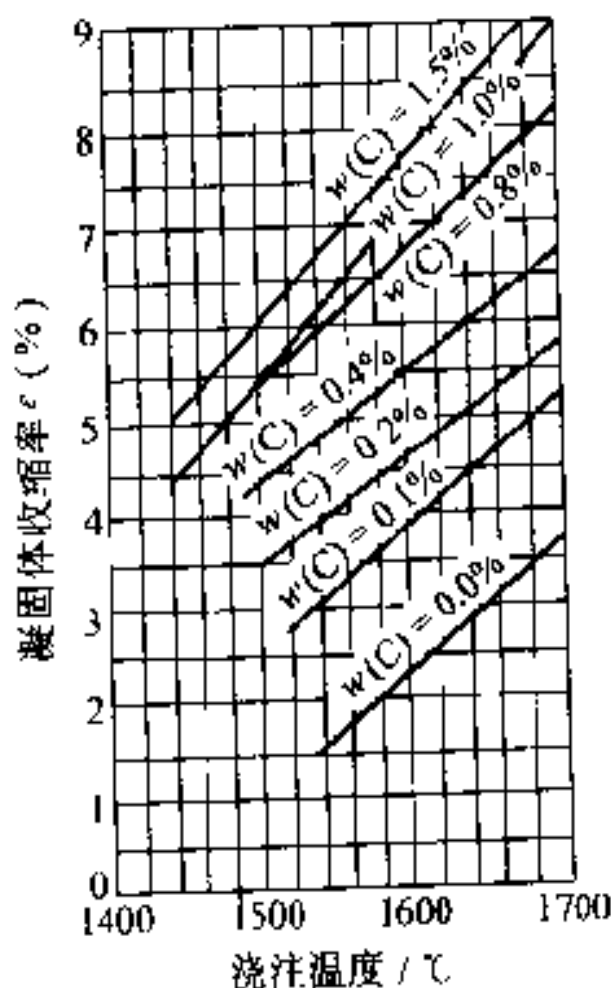
$$\text{顶冒口 } M_{\text{冒}} = (1 \sim 1.2) M_{\text{件}} \quad (9-11)$$

(3) 冒口必须贮有足量金属液，以补缩铸件体收缩。

### 3. 体积收缩率的计算

1) 碳钢体收缩率：其大小与含碳量和浇注温度有关，可由图 9-9 查出。

2) 合金钢体收缩率：它不仅与含碳量和浇注温度有关，还与合金元素含量有关。表 9-8 是浇注温度小于等于  $1600^\circ\text{C}$  时合金元素对铸钢体收缩系数的影响，应用图 9-9

图 9-9 碳钢的体收缩率  $\epsilon$ (%)

和表 9-8 可计算合金钢体收缩率。

表 9-8 合金元素对铸钢体收缩系数的影响

合金元素	W	Ni	Mn	Cr	Si	Al
体收缩系数	-0.53	-0.0354	+0.0585	+0.12	+1.03	+1.70

注：体收缩系数指每含 1% 合金元素引起体收缩率  $\epsilon$  的变化。

举例：计算 ZG12Cr18Ni9Ti 体收缩率  $\epsilon$ ，见表 9-9。

表 9-9 ZG12Cr18Ni9Ti 的体收缩率  $\epsilon$  的计算

ZG12Cr18Ni9Ti 的化学成分(质量分数%)		体收缩系数	体收缩率 $\epsilon$ (%)
C	0.10	查表 9-8	-3.7(查图 9-9)
Mn	1.20	+0.0585	-0.0702=1.2×(+0.0585)
Si	1.20	+1.03	+1.236=1.2×(+1.03)
Cr	18.00	+0.12	+2.160=18×(+0.12)
Ni	10.00	-0.0354	-0.354=10×(-0.0354)
合 计			+6.81

说明 1. 浇注温度约 1600℃(热电偶测)

2. 为安全起见，取  $\epsilon=7\%$

#### 4. 冒口补缩效率的计算

冒口中缩孔的体积( $V_{\text{孔}}$ )与冒口本身的体积( $V_{\text{冒}}$ )之比，称为冒口补缩效率( $\eta$ )，也叫冒口的补缩能力。设计冒口时，常用它来验算所设计的冒口大小和数量是否合适。

冒口补缩效率用下式表示

$$\eta = \frac{V_{\text{孔}}}{V_{\text{冒}}} \quad \text{即：} \quad V_{\text{孔}} = \eta V_{\text{冒}} \quad (9-12)$$

实际上,冒口中缩孔那部分钢液,除冒口自身凝固收缩需要外,主要用来补充铸件收缩的需要,因此,(9-12)式可演变成如下形式

$$V_{孔} - \eta V_{冒} = \epsilon (V_{冒} + V_{件})$$

推导得

$$V_{件} = \left[ \frac{\eta - \epsilon}{\epsilon} \right] V_{冒} \quad (9-13)$$

若将体积换算成重量,则(9-13)式可变成

$$G_{件} = \left[ \frac{\eta - \epsilon}{\epsilon} \right] G_{冒} \quad (9-14)$$

式中  $V_{孔}$  - 冒口中的缩孔体积( $\text{dm}^3$ );

$V_{冒}$  - 冒口体积( $\text{dm}^3$ );

$V_{件}$  - 铸件的体积( $\text{dm}^3$ );

$G_{件}$  - 铸件的重量(kg);

$G_{冒}$  - 冒口的重量(kg);

$\eta$  - 冒口补缩效率(%);普通碳钢冒口补缩效率如下:

冒口类型	暗冒口			明冒口			
	$\leq 200$	$> 200$	$\leq 500$	500~ 800	800~ 1200	1200~ 1600	$> 1600$
冒口尺寸/mm	$\leq 200$	$> 200$	$\leq 500$	500~ 800	800~ 1200	1200~ 1600	$> 1600$
补浇情况	不补浇			补浇	补浇 1次	补浇 2次	补浇3~ 4次
$\eta$ (%)	14	15	14	15	16	17~18	19~20



对球形冒口  $\eta=20\%$ ，发热冒口  $\eta=25\%$ ，保温冒口  $\eta=30\%\sim 50\%$ 。

$\epsilon$  - 钢的体积收缩率(%)，钢种不同其值也不同，生产中常用钢种的  $\epsilon$  值如下：


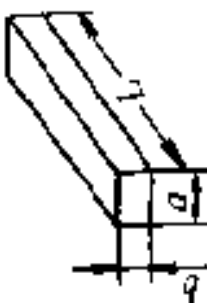
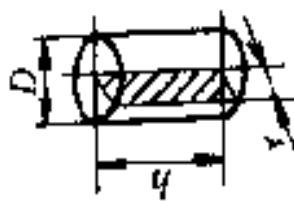
钢种	ZG230-450 ZG20MnSi	ZG270-500	ZG310-570 ZG40Mn	ZG42SiMn
$\epsilon(\%)$	4.2	4.7	5.2	5.6
钢种	ZG35CrMo	ZGMn13	ZG5CrMnMo	ZG40Cr ZG1Cr18Ni9Ti
$\epsilon(\%)$	5.0	6.3	5.8	6.7

5. 铸件模数的计算 任何复杂铸件，均可看成是由许多简单几何体(板、杆、圆柱体等)组合而成。只要掌握一些简单几何体、组合体的模数计算，就不必要再用繁琐公式计算铸件的体积和表面积。简单几何体模数计算，见表 9-10。

组合体模数的计算，见表 9-11。

不同尺寸的矩形和长方形截面长杆的模数，由图 9-10 查出。对于圆筒( $b < 5a$ )、图盘( $a < 5T$ )、L 形截面、法兰套、轮毂以及杆板相交的热节点，通常均利用杆的模数计算公式计算。

表 9-10 简单几何体的模数计算

序号	名称	图形	模数计算公式
1	平板或圆板		$a > 5l, b > 5l$ $M = \frac{T}{2}$
2	矩形或方形长杆		$l > a, b$ $M = \frac{ab}{2(a+b)}$
3	圆柱体		$h > 2.5D$ $M = \frac{D}{4}$ $h \leq 2.5D$ $M = \frac{rh}{2(r+h)}$

(续)

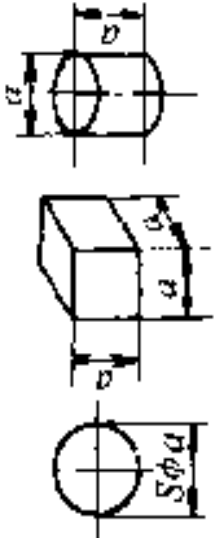
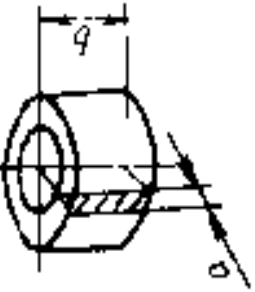
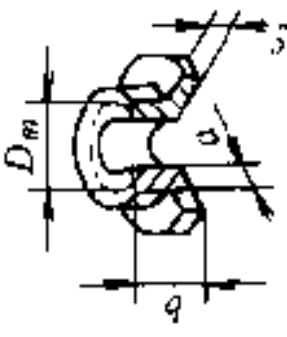
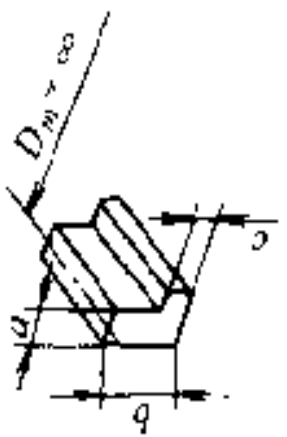
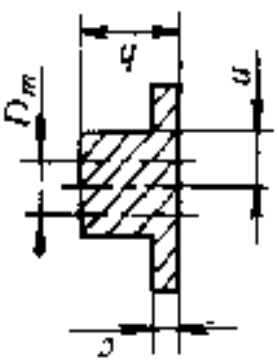
序号	名称	图 形	模数计算公式
4	球体、正圆柱体、立方体		$M = \frac{a}{6}$
5	空心圆柱体、环形体		<p><math>b &lt; 5a</math> 时, 视作展平的长打体</p> $M = \frac{ab}{2(a+b)}$ <p><math>b \geq 5a</math> 时, 视作展开的板</p> $M = \frac{a}{2}$

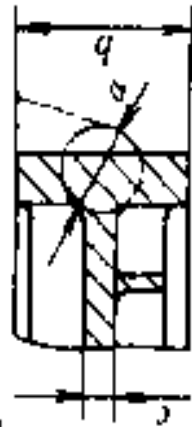

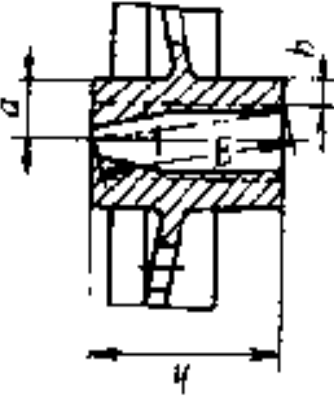
表 9-11 简单几何组合体的模数

序号	名称	组合体图形	模数计算公式
1	杆(环形体) —板(大法 v)组合		$b \leq 5a$ $M = \frac{ab}{2(a+b) - c}$
2	杆板组合		$M = \frac{ab}{2(a+b) - c}$
3	板上凸台		$M = \frac{ab}{2(a+b-c)}$

(续)

序号	名称	组合体图形	模数计算公式
4	杆板组合		$M = \frac{ab}{2(a+b+c)}$
5	十字杆组合体		$M = \frac{ab}{2(a+b)}$
6	T...L板组合		$M = r$

(续)

序号	名称	组合体图形	模数计算公式
7	轮缘		$M = \frac{ab}{2(a+b) - c}$
8	轮缘		$M = \frac{ab}{2(a+b) - c}$
9	轮毂		<p>视作梯形圆环. <math>A = \frac{a+b}{2}h</math></p> <p><math>S = a+b-h-E</math> (斜边长)</p> <p>所以 <math>M = \frac{A}{S} = \frac{\text{截面积}}{\text{截面周长}}</math></p>

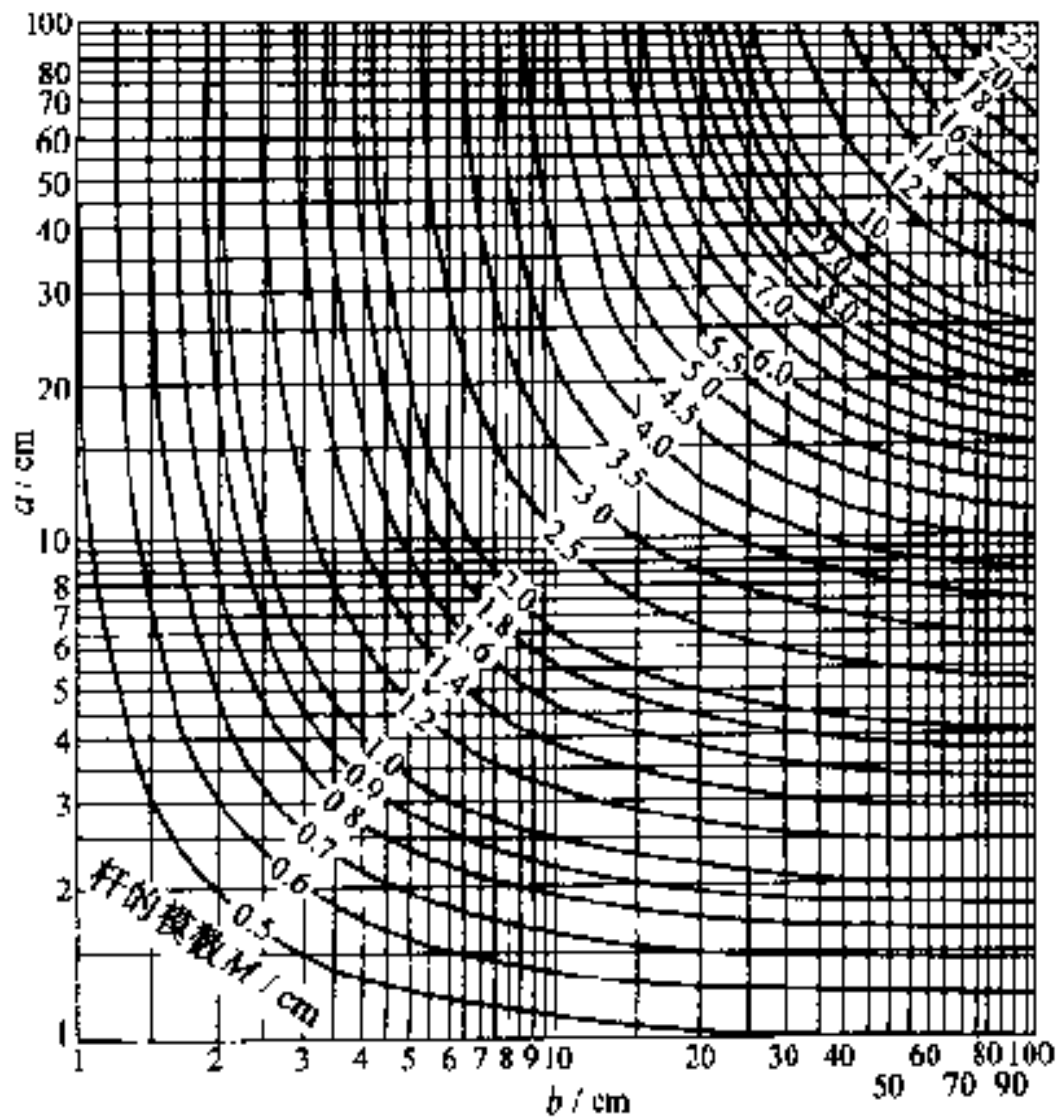


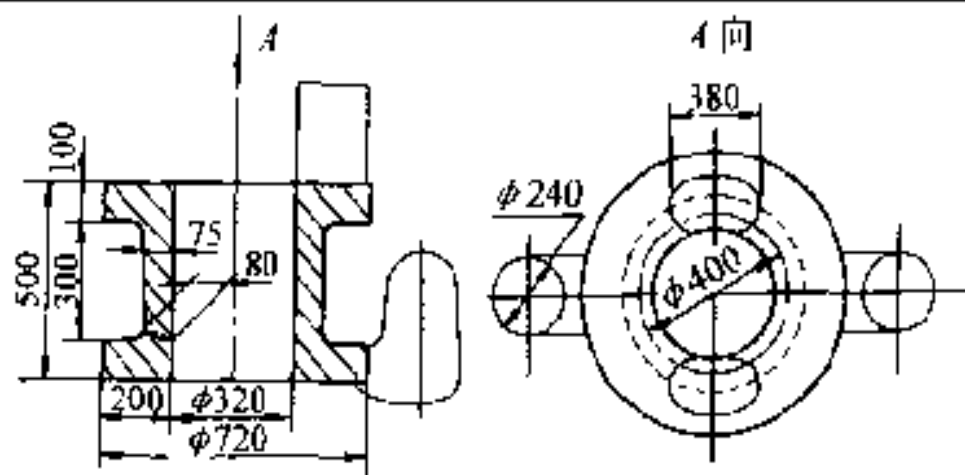
图 9-10 杆状体模数计算图表

6. 模数法计算冒口方法 以双法兰铸钢件的冒口计算为例, 说明模数法计算冒口的方法, 见表 9-12。

表 9-12 模数法计算冒口

序号	程序	计算方法
1	计算铸件模数 $M_{\#}$	<p>铸件上有多少个热节，一般应在每个热节上安放冒口。因而应分别计算出不同热节部位的模数，以便安放不同大小冒口</p> <p>考虑上、下法兰各放两个冒口，每个冒口的补缩区是半个法兰，其模数根据角形组合体公式计算</p> $M_{\#} = \frac{ab}{2(a+b)-c}$ <p>已知 <math>a=10\text{cm}</math>, <math>b=20\text{cm}</math>, 非冷却面 <math>c=8\text{cm}</math> 所以</p> $M_{\#} = \frac{10\text{cm} \times 20\text{cm}}{2 \times (10+20)\text{cm} - 8\text{cm}} = 3.84\text{cm}$

筒图



双法兰铸钢件的冒口示意图



(续)

序号	程 序	计 算 方 法
2	求冒口模数和冒口颈模数 $M_{\text{冒}}$ 及 $M_{\text{颈}}$	<p>根据计算出的铸件模数, 应用公式(9-9)、式(9-10)、式(9-11)计算出对应部位的冒口模数</p> <p>冒口模数 <math>M_{\text{冒}} = 1.2M_{\text{铸}} = 1.2 \times 3.8 \text{cm} = 4.6 \text{cm}</math></p> <p>底部法兰采用浇口通过的暗冒口, 冒口颈模数为</p> $M_{\text{颈}} = 1.03M_{\text{铸}} = 1.03 \times 3.8 \text{cm} \approx 4 \text{cm}$
3	确定体收缩率 $\epsilon$	<p>应用图 9-9, 表 9-8 查出</p> <p>已知双法兰件材质为 ZG310-570, 根据图 9-9 取 <math>\epsilon = 5\%</math></p>
4	确定冒口形状和尺寸	<p>在冒口模数、材质体收缩率 <math>\epsilon</math> 确定后, 可根据选定的冒口类型、形状, 在有关标准冒口表中查出所需冒口的具体尺寸</p> <p>查工厂标准冒口表得出:</p> <p>顶部明冒口取 <math>M_{\text{冒}} = 4.5 \text{cm}</math> 的腰圆柱形冒口, 冒口根部长和宽分别是 <math>a = 170 \text{mm}</math>, <math>b = 380 \text{mm}</math>, 单个冒口重量 <math>129 \text{kg}</math>, 当钢液体收缩率为 <math>5\%</math> 时, 每个冒口的最大补缩能力为 <math>280 \text{kg}</math></p> <p>底部暗边冒口取 <math>M_{\text{冒}} = 4.5 \text{cm}</math> 的圆形暗边冒口, 根部直径为 <math>\phi 240 \text{mm}</math>, 高 <math>H = 360 \text{mm}</math>, 冒口颈宽 <math>D = 240 \text{mm}</math>, 颈高 <math>h = 127 \text{mm}</math>, 单个冒口重量为 <math>95 \text{kg}</math>, 每个冒口的最大补缩能力为 <math>195 \text{kg}</math></p>

(续)

序号	程 序	计 算 方 法
5	校核冒口数目	<p>根据冒口有效补缩距离校核</p> <p>1. 冒口分布如表图。近似地用圆筒周长 <math>\pi D = \pi \times 100 = 1256\text{mm}</math> 代替法兰热节中心周长</p> <p>2. 上、下法兰均看作为厚度 <math>100\text{mm}</math>, 宽厚比为 <math>2:1</math> 的杆件, 查得冒口区长度为 <math>150\text{mm}</math>, 冒口的总作用范围是(以尺寸较小的下部暗冒口为依据):</p> $(240\text{mm} + 2 \times 150\text{mm}) \times 2 = 1080\text{mm}, \text{略小于 } 1256\text{mm}$ <p>说明暗冒口数目不足。但对于没有气密性要求的铸件来说, 上述四个冒口, 基本上可满足使用要求</p>
6	校核冒口最大补缩能力	<p>对圆柱形和腰圆柱形冒口, 应用 <math>V_{\text{补}} = \frac{14-\epsilon}{\epsilon} V_{\text{冒}}</math></p> <p>已知四个冒口最大补缩能力的总重量为</p> $G_{\text{补}} = 280\text{kg} \times 2 + 195\text{kg} \times 2 = 950\text{kg}$ <p>铸件重量为 <math>G_{\text{件}} = 710\text{kg}</math></p> <p>对比, 可见冒口有足够金属液供铸件补缩</p>

## 参 考 文 献

- 1 中国机械工程学会铸造专业学会编. 铸造手册. 第1~6卷. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 2 陈松原, 潘鹏飞编. 简明铸工手册. 上海: 科学技术出版社, 1999
- 3 大连重型机器厂编. 铸钢. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1981
- 4 重型机械标准编写委员会编. 重型机械标准, 第2卷. 北京: 中国标准出版社, 1998
- 5 杜西灵编. 铸造工艺问答. 北京: 机械工业出版社, 1989
- 6 国家机械工业委员会技术工人教育研究中心天津市机械工业管理局教育教学研究室编. 手工造型工. 北京: 机械工业出版社, 1987
- 7 刘幼华, 胡起萱主编. 冲天炉手册. 北京: 机械工业出版社, 1991
- 8 河北工学院李魁盛主编. 铸造工艺设计基础. 北京: 机械工业出版社, 1980
- 9 劳动部培训司组织编写. 铸工工艺学. 北京: 中国劳动出版社, 1991