



钳工划线问答

常宝珍 刘葭 编



 机械工业出版社
China Machine Press

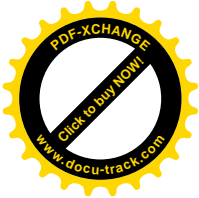


钳工划线问答

常宝珍 刘 葭 编



机械工业出版社



本书以问答的形式介绍了钳工划线工作中所涉及的工具和一般划线方法，并重点介绍了一些特殊工件的划线方法，如箱体划线、畸形工件划线及钣金工件的划线，对操作者实际的划线工作将起到一定的指导作用，特别对箱体划线，本书详细地介绍了两则划线实例，使读者在实际类似工件的划线工作中能借鉴、参考。

本书是作者参考了近年来国内机械加工行业中有关介绍划线工序的书籍，并在结合生产实践经验的基础上编写而成的。在内容叙述、插图等方面力求通俗易懂。本书适合技工学校学生和初学钳工划线工作的青工及有关技术工人阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

钳工划线问答/常宝珍、刘葭编. —北京: 机械工业出版社, 2000

ISBN 7-111-08631-7

I. 钳… II. ①常…②刘… III. 钳工—划线—问答 IV. TG931-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 79272 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: 朱 华 王英杰 版式设计: 张世琴

责任校对: 吴春平 封面设计: 方 芬 责任印制: 郭景龙

北京第二外国语学院印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

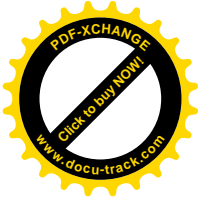
2002 年 1 月第 1 版·第 2 次印刷

787mm × 1092mm^{1/32} · 6.25 印张 · 138 千字

5 001—8 000 册

定价: 10.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527



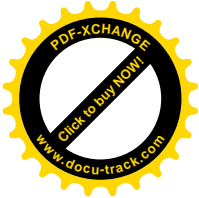
前 言

提高整体工人队伍的素质，对广大工人进行技术培训，做好新老工人的技术交替，是企业的一项重要工作内容，也是保证产品质量，降低成本，创企业名牌，关系企业命运的大事。特别是在当前国有企业部分工人转岗，乡镇企业的逐步扩大，一部分农民进入工厂，对这批人进行技术培训更是刻不容缓。还有，在岗的生产工人有繁重的生产任务，不可能拿出更多的时间脱产学习。因此，需要有适合工人特点的学习用书，本书的出版就是体现这一特点。

本书以《工人技术等级标准》为依据，结合生产一线工人自学的特点，采用问答形式编写的。在编写过程中，力求结合生产实践，既有理论的阐述，又能密切联系生产实际，使读者在阅读后取得立竿见影的效果。

由于编写时间仓促，加之水平有限，书中难免有疏漏之处，希望广大读者批评指正。

编者



目 录

前言

第一章 划线工具

1. 划线平台所用平板的规格有哪级?	1
2. 平板的精度是怎样规定的? 划线用的平板是哪 级?	1
3. 怎样进行平板的维护保养工作?	2
4. 划线方箱有几种? 各有什么用途?	2
5. 一般划线方箱的精度要求是怎样的?	3
6. 垫铁有哪几种? 各有什么用途? 怎样进行维护保 养?	3
7. V形块有哪几种? 各有哪些用途? 怎样进行维护 保养?	4
8. 什么是直角板? 什么是C形夹头? 有哪些用 途?	5
9. 什么是托轮? 主要用途是什么?	6
10. 千斤顶有哪几种? 使用千斤顶给大件划线时应 注意哪些问题?	7
11. 什么是划针? 怎样正确使用划针?	9
12. 划线盘有哪几种? 如何使用?	10
13. 什么是高度标尺? 怎样使用高度标尺?	11
14. 高度游标卡尺的使用与维护方法如何?	12



15. 什么是划卡? 有何用途? 12

16. 划规有哪几种基本形式? 各有何用途? 13

17. 什么是地规? 六角规? 特殊圆规? 怎样使用
它们划线? 14

18. 什么是平尺? 怎样使用保养? 16

19. 角尺有哪几种? 各有何用途? 16

20. 什么是样冲? 什么是配划样冲? 18

21. 打样冲眼时一般使用多大的锤子? 20

22. 划线时使用的测量工具一般有哪些? 20

23. 划线时还需用哪些辅助工具? 21

24. 划线用的涂料一般有哪些? 23

第二章 划线的基本方法

1. 毛坯件划线的特点是什么? 25

2. 什么叫划线找正? 找正的原则是什么? 25

3. 毛坯件划线决定放置基准和划线顺序的原则
是什么? 26

4. 一般毛坯件划线的方法有哪些? 26

5. 什么是划线时的借料? 27

6. 什么是半成品? 半成品划线基准的选择原则
是什么? 28

7. 常见的划线基准的选择条件有哪些? 29

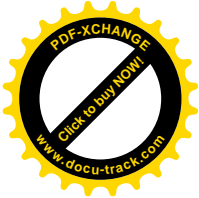
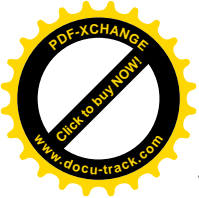
8. 怎样划平行线? 31

9. 怎样划垂直线? 33

10. 怎样划角度线? 34

11. 怎样划圆弧连接线? 38

12. 怎样在圆周上划任意等分线? 40



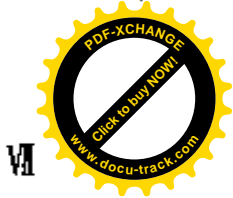
13. 怎样用分度头划线?	45
14. 位置精确度要求较高的孔是怎样划线的?	45
15. 怎样打样冲眼? 打样冲眼时应注意哪些问题?	47
16. 样冲眼打歪后怎样进行纠正?	47

第三章 仿划线、配划线及样板划线

1. 在哪种情况下可采用仿划线的方法?	49
2. 仿划线时仿划的依据是什么? 仿划线时应注意什么?	49
3. 仿划线的一般步骤有哪些?	49
4. 采用仿划线有哪些利弊?	50
5. 在哪种情况下可采用配划线?	51
6. 配划线一般有哪几种方法?	51
7. 采用配划线有哪些利弊?	51
8. 怎样用工件直接配划线?	51
9. 怎样用纸片拓印配划线?	53
10. 怎样用印迹配划线?	54
11. 在哪种情况下可采用样板划线?	55
12. 样板划线的作用有哪些?	55
13. 做划线样板一般用什么材料?	56
14. 制作样板要注意哪些问题?	57
15. 使用样板和保存样板要注意哪些问题?	57
16. 怎样用单块样板划线?	58
17. 怎样用组合样板划线?	60

第四章 圆形工件的划线

1. 怎样用定中心十字尺划轴中心线?	62
--------------------------	----



2. 怎样用 V 形块划轴中心线?	62
3. 怎样用划卡划轴中心线?	64
4. 怎样用中心规划轴中心线?	64
5. 怎样用拉线的方法划轴中心线?	65
6. 利用几何原理怎样划中心线?	67
7. 怎样用填料法划孔中心线?	68
8. 怎样用不填料法划孔的加工界限?	69
9. 怎样划圆柱面上方孔的位置线?	70
10. 轴类零件如何划线?	71
11. 套类零件如何划线?	73
12. 怎样划圆柱面上的相贯线?	75
13. 相贯线划线器的构造是怎样的?	76
14. 怎样在圆柱形台阶面上划圆?	77
15. 怎样划圆周等分线?	77
16. 怎样使用划大圆工具划半径圆周线?	78
17. 划大圆工具的构造是怎样的?	79
18. 怎样使用无心等分器划线?	79
19. 无心等分器的构造是怎样的?	80

第五章 箱体划线

1. 箱体划线应注意哪些问题?	82
2. 箱体内壁不加工时, 怎样找正箱体内壁?	83
3. 何谓第一划线位置? 第二划线位置?	83
4. 怎样在箱体工件上划垂直线?	83
5. 简述垂直划线盘的构造如何?	84
6. 箱体划线前应做什么准备工作?	85
7. 箱体划线实例简介。	85



第六章 凸轮齿轮划线

1. 凸轮机构有哪几部分组成?	100
2. 凸轮形状一般可分为几类? 各有何特点?	100
3. 什么是理论轮廓曲线和实际轮廓曲线? 它们有什么不同?	101
4. 凸轮划线前应作哪些准备?	102
5. 怎样用分度头划中心十字线?	102
6. 怎样用分度头划凸轮分度射线?	103
7. 不能用分度头时怎样划分度射线? 并举例说明?	104
8. 结合工件说明怎样划凸轮圆弧轮廓曲线?	107
9. 什么是等速运动曲线?	110
10. 划等速运动曲线有哪几种方法? 各有何特点?	110
11. 怎样划凸轮等速运动曲线?	111
12. 用何种方法划圆柱凸轮轮廓曲线?	113
13. 划凸轮曲线时应注意哪些事项?	114
14. 举例说明等速运动曲线凸轮轮廓线的划法?	114
15. 举例说明怎样对块状凸轮进行划线?	117
16. 举例说明摆动凸轮的划线方法?	119
17. 怎样对要求较高的凸轮进行精密划线?	122
18. 什么是共轭凸轮? 有何特点?	123
19. 怎样划共轭凸轮?	123
20. 举例说明怎样划盘形沟槽凸轮?	125
21. 齿轮划线适用于哪些情况?	127
22. 常见的齿形划线法有哪些? 各有何特点?	128



23. 怎样在齿坯上划齿轮齿形? 129

24. 举例说明怎样用直角坐标法划齿轮齿形的样板? 130

25. 划人字齿轮的原则是什么? 为什么? 134

26. 怎样划人字齿? 134

第七章 大型工件及畸形工件划线

1. 大型工件划线有哪些不利因素? 136

2. 大型工件划线时怎样拼凑大型平台? 136

3. 什么是拉线吊线法? 它适用于哪种情况? 137

4. 大件划线后如何进行检查和校对? 138

5. 举例说明水压机工作台面的划线过程? 139

6. 怎样划大轴坯件线? 142

7. 如何选择畸形工件的基准? 143

8. 畸形工件的安置方法有哪些? 144

9. 怎样划偏心零件? 145

第八章 钣金划线

1. 多面体分为几类? 各有何特点? 147

2. 多面体的结合方法有哪些? 148

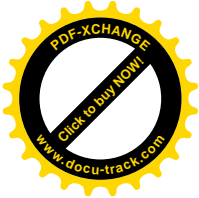
3. 什么叫截交线、相贯线、截面? 各有何特点? 148

4. 什么叫母线、导线和素线? 148

5. 立体表面按其母线分为哪几类? 各有何特性? 149

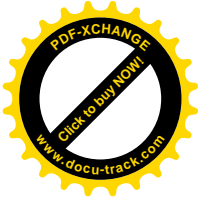
6. 什么叫展开? 152

7. 怎样理解可展表面与不可展表面? 152



X

8. 试分析图 8-10 所示两个形体表面的可展性? ...	154
9. 怎样用直角三角形法求线段的实长? 并举例说明?	155
10. 怎样用旋转法求线段实长? 并举例说明?	157
11. 怎样用换面法求线段实长? 并举例说明?	159
12. 什么是平行线法? 其原理是什么? 它适用于哪种情况?	160
13. 什么是放射线法? 其原理是什么? 它适用于哪种情况?	162
14. 什么是三角形展开法? 其原理是什么? 它适用于哪种情况?	163
15. 怎样用三角形法做上口倾斜方锥管展开图? ...	164
16. 怎样计算各种几何图形的面积?	166
17. 怎样计算各种几何体的表面积?	169
18. 怎样制作迂回 180°的螺旋方管?	171
19. 怎样用分瓣展开法制作球形体? 并举例说明。 ...	174
20. 怎样用分带展开法制作球形体? 并举例说明? ...	175
21. 怎样对三节 90°圆管弯头进行展开计算? 并举例说明?	178
22. 怎样对四节及多节 90°圆管弯头进行展开计算?	181
23. 什么是板厚处理?	182
24. 断面形状为曲线形的构件怎样作板厚处理? ...	182
25. 断面为折线的构件应怎样作板厚处理?	184
26. 表面有倾斜度的构件如何作板厚处理?	185
27. 不铲坡口构件如何作板厚处理? 举例说明? ...	186
28. 铲坡口构件如何作板厚处理?	188



第一章 划线工具

1. 划线平台所用平板的规格有哪些？

答 划线平台一般都用型材制作台架，台架上放置平板，来作为划线平台。划线平台是划线最基本的工具。根据 GB/T4986—1985 规定，平板有 16 种规格，见表 1-1。

表 1-1 平板规格 (单位: mm)

序号	尺寸		序号	尺寸	
	长	宽		长	宽
1	160	100	9	800	800
2	160	160	10	1000	630
3	250	160	11	1000	1000
4	250	250	12	1250	1250
5	400	250	13	1600	1000
6	400	400	14	1600	1600
7	630	400	15	2500	1600
8	630	630	16	4000	2500

2. 平板的精度是怎样规定的？划线用的平板是哪级？

答 平板是经过精加工的铸铁板，工作面的精度分为六个等级，有 000、00、0、1、2 和 3 级。一般用来划线的平



板为 3 级平板，000、00、0、1、2 级用作质量检验。

3. 怎样进行平板的维护保养工作？

答 划线平板的平面是划线工作的基准面，它的平面度误差直接影响划线精度；所以对于划线平板应注意经常维护保养，以保证划线尺寸精确。

1) 应尽量做到划线平板各处均匀使用，避免局部磨凹。

2) 要经常保持平板的清洁，以免平板平面被铁屑、砂子等杂质磨坏。

3) 在平板上安放工件时应轻放，防止平板表面被撞击，一旦平板表面受到工件或其他物体撞击，应马上把受到撞击而凸起的部分修复。

4) 决不可以在划线平台平板表面做任何需要锤击的工作。

5) 平板用完后，应擦干净。较长时间不用应涂上防锈油，防止锈蚀。

4. 划线方箱有几种？各有什么用途？

答 划线方箱是铸铁制成的，有普通方箱（图 1-1a）和特殊方箱（图 1-1b）两种。

普通方箱可用于把工件平行垫高；当高度游标尺不够高时，也可在高度游标尺下垫上几块方箱；也可用作直角尺用。有些工件可用 C 形夹头夹在方箱上，翻转方箱就可一次划出全部互相垂直的线来。

特殊方箱附有夹紧装置，便于夹紧各种工件，可划各类小型零件。并带有 V 形槽，可划各种轴类零件。

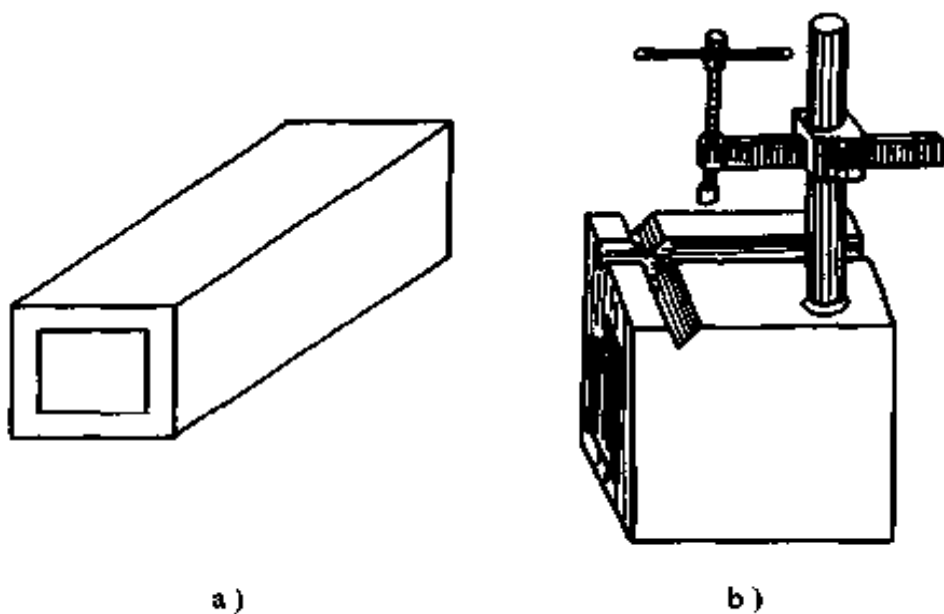
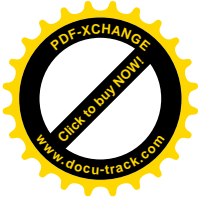


图 1-1 划线方箱
a) 普通方箱 b) 特殊方箱

5. 一般划线方箱的精度要求是怎样的？

答 划线方箱的精度要求一般是 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 面积上平面度误差为 0.01mm ，相对平面互相平行，相邻平面互相垂直，平行度误差与垂直度误差为 0.01mm 。

6. 垫铁有哪几种？各有什么用途？怎样进行维护保养？

答 垫铁一般有平行垫铁（图 1-2a），斜楔垫铁（图 1-2b），调整 V 形块（图 1-3）。

平行垫铁是钢制的，相对的两个平面互相平行。每副平行垫铁有两块，两块的高和宽两个尺寸是一起磨出的。平行垫铁常有许多副，其尺寸各不相同，主要用来把工件平行垫高。斜楔垫铁用于支承和调整各种毛坯件，也可用于微量调节工件的高低。调整 V 形块用于支承工件的圆柱面，支承

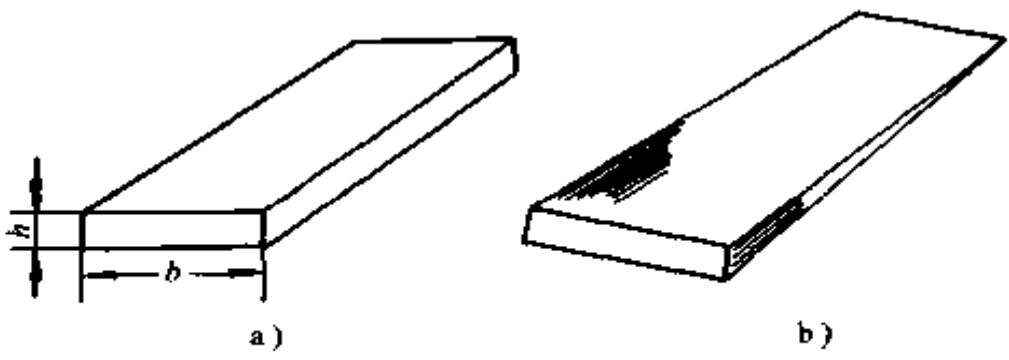


图 1-2 垫铁
a) 平行垫铁 b) 斜楔垫铁

轴类零件，可微量调节工件的高低。

平行垫铁是精密工具，用后要涂油放在专用的木盆中，防止碰坏、生锈。斜楔垫铁和调整V形块也应注意防锈、防止变形、防止损伤。

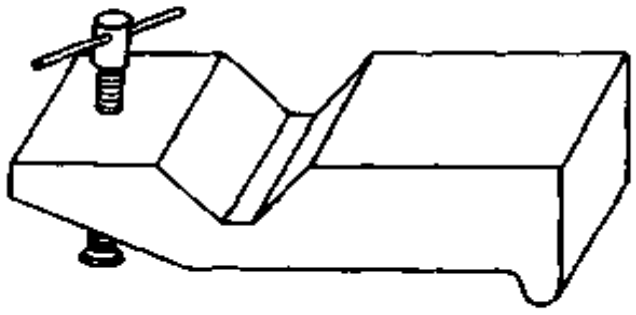


图 1-3 调整 V 形块

7. V形块有哪几种？各有哪些用途？怎样进行维护保养？

答 V形块一般有普通V形块（图1-4a），精密V形块（图1-4b），和带有夹持弓架的V形块（图1-5）。

V形块主要用来安放轴、套筒、圆盘等圆形工件，以便找中心与划出中心线。一般V形块都是一副两块，两块的平面与V形槽都是在一次安装中磨出的。精密V形块的尺寸应做成 $b = h$ ，相互表面间的平行度、垂直度误差为 0.001mm 。V形槽的中心线在V形块的对称平面内并与底面

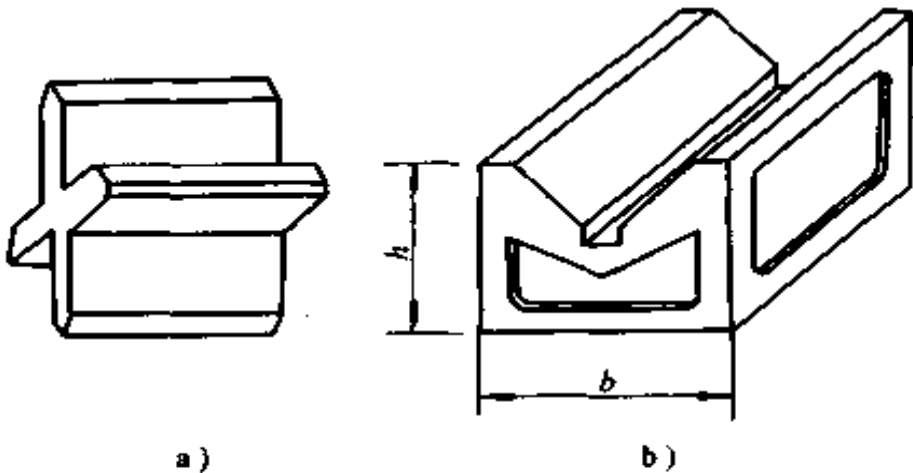
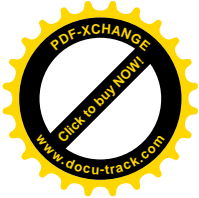


图 1-4 V形块
a) 普通 V形块 b) 精密 V形块

平行，对称度、平行度的误差均为 0.01mm。V 形槽半角误差在 $\pm 30''$ ~ $\pm 1'$ 范围内。精密 V 形块也可作划线方箱使用。带有夹持弓架的 V 形块，可以把圆柱形的工件牢固地夹持在 V 形块上，翻转到各个位置来进行划线。

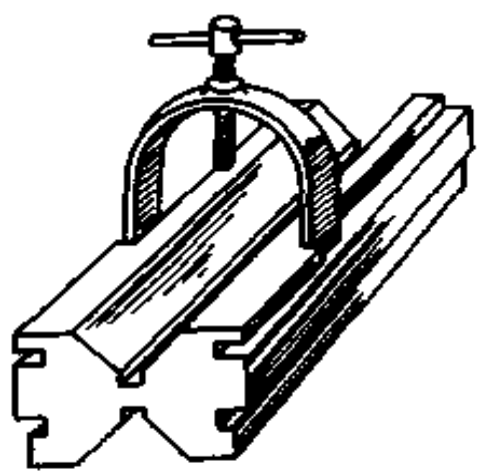


图 1-5 带有夹持弓架的 V形块

V 形块属于精密工具，用后应涂油放在专用的木盒中。

8. 什么是直角板？什么是 C 形夹头？有哪些用途？

答 直角板（图 1-6）用铸铁制成，经过精刨加工，有的还经过刮削。它的两个平面的垂直精度较高。直角板上的孔或槽是搭压板时穿螺钉用的。

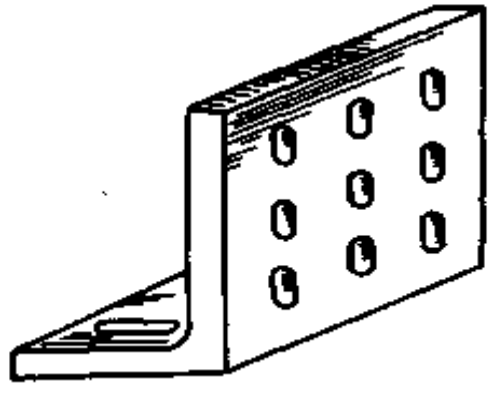


图 1-6 直角板

C形夹头如图 1-7 所示, 用于将工件固定在直角板上, 特别是薄而面积较大的工件划线时, 可将工件夹在直角板的垂直面上。当需要在工件上划与底面垂直的线时, 可把工件底面用 C 形夹头或压板固定在直角板的垂直面上, 如图 1-8 所示。

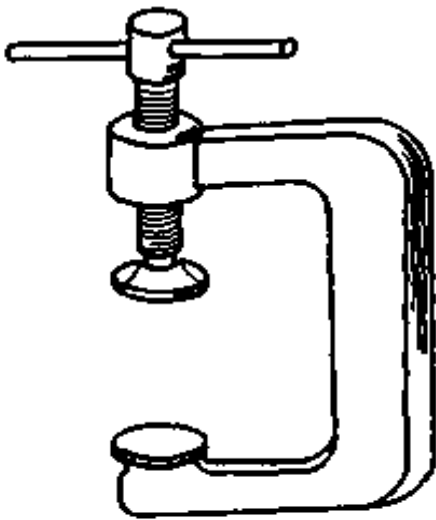


图 1-7 C形夹头

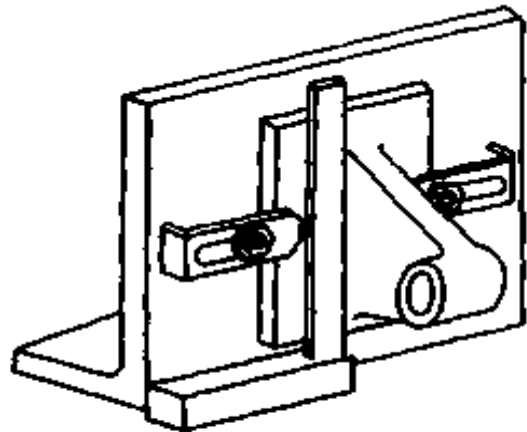


图 1-8 直角板在划线中的应用

9. 什么是托轮? 主要用途是什么?

答 一般的托轮(图1-9)是指由两个滚轮支架及底座

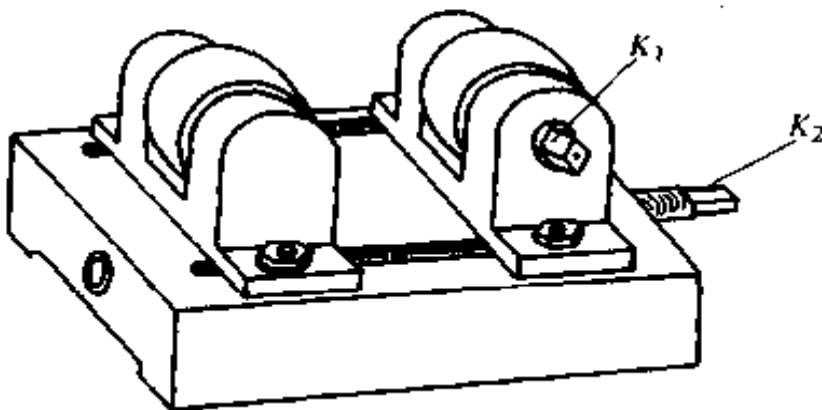
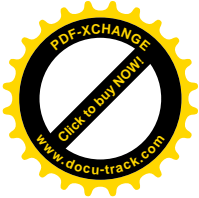


图 1-9 托轮



构成的。两个滚轮在底座的长槽中可移动，滚轮与轴键联接，轴与支架的结构用滚珠轴承或滚柱轴承，并使轴的一端伸出支架端盖外成四方体（图示中的 K_1 部），以便工作时转动滚轮进行划线。

托轮一般供直径很大的圆柱形工件划线用，根据工件的大小可调整两个滚轮之间的距离。滚轮支架下部与底座上的丝杠相联，调整距离时，用扳手卡住 K_2 部的方头转动，丝杠前后段两部分螺旋方向不同，使得两滚轮间距离变动用于对不同直径的工件划线。

10. 千斤顶有哪几种？使用千斤顶给大件划线时应注意哪些问题？

答 结构完善的千斤顶如图 1-10a 所示，由螺杆 1、螺母 2、锁紧螺母 3、六角螺钉 4 与底座 5 组成。在螺杆上铣一条键槽，六角螺钉的圆柱头就嵌在键槽中。底座的孔没有内螺纹，其内孔与螺杆的外径滑配。旋动螺母时，因螺杆不能转动，所以它沿轴向上下运动。图 1-10b 是一种简单的千斤顶，它只由螺杆和底座两个零件组成，螺杆上部铣出两个扁平面，可用扳手转动螺杆。

千斤顶螺杆的顶端，做成略带圆角的锥面，这样支承点稳定，尤其是对图 1-10b 所示的简单千斤顶更应如此。因为这种千斤顶如果采用顶端为平端（图 1-10d），那么一方面转动螺杆时很吃力，另外很可能使零件移动位置，甚至从千斤顶上掉下来。为了使千斤顶的螺杆易于转动，可在螺杆顶端嵌入钢球，如图 1-10c 所示。带 V 形块的千斤顶（图 1-10e），可用于支持工件的圆柱面。

使用千斤顶给大件划线时要注意以下问题：

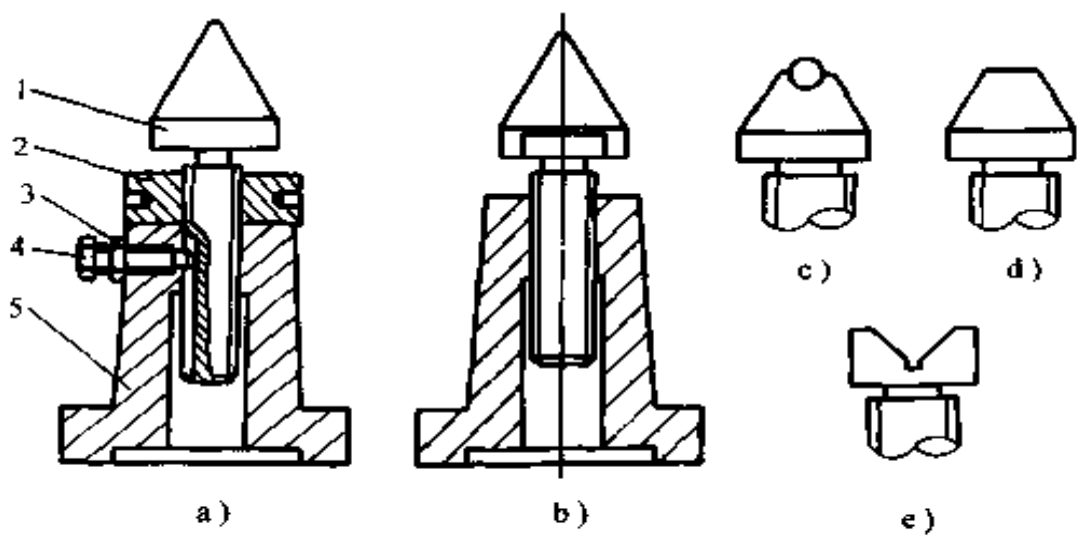
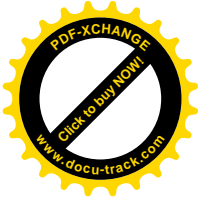


图 1-10 千斤顶

a) 千斤顶 b) 简单千斤顶 c) 顶端嵌球
d) 顶端为平面 e) 带 V 形块的千斤顶

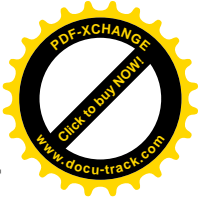
1—螺杆 2—螺母 3—锁紧螺母 4—六角螺钉 5—底座

1) 3 个千斤顶的支承点离工件的重心要尽量远，3 个支承点所组成的三角形面积应尽量大。在工件较重的一端应该放二只千斤顶，较轻的一端放一只。

2) 千斤顶底面要擦干净，并安放平稳，不能摇动。当千斤顶顶在圆弧面上时，在所顶位置应打一个较大的样冲眼，把千斤顶尖端顶在样冲眼内，这样可以防止滑动。

3) 当工件需要竖起来划线，3 个千斤顶顶在一个窄长的平面上时，此时要用行车把工件吊住起保险作用。正常时，绳子不吃力，千斤顶有调节工件高低的余地，万一工件倒下来，绳子就吃上力了。

4) 当工件很重或 3 只千斤顶所支承的面积较小，则在工件下应再垫几个保险千斤顶。为了不改变 3 个支承千斤顶的支承平面，这些保险千斤顶与工件间应该有一点距离，不承重。



11. 什么是划针？怎样正确使用划针？

答 划针是在工件上划线的基本工具。目前常用的划针是 $\phi 3 \sim \phi 4\text{mm}$ 弹簧钢丝的端头焊上硬质合金窄条，然后用手工磨尖而成（图 1-11）。也有将高速钢（锋钢）条锻打拔细、磨尖，或直接用弹簧钢丝磨尖作划针的。划针尖端的角度为 $15^\circ \sim 20^\circ$ 。为使划针耐用，可将尖端部分的角度稍磨大一点。弯头划针用在直划针划不到的地方。

用划针划线时，划针与工件各方面倾斜的角度如图 1-12

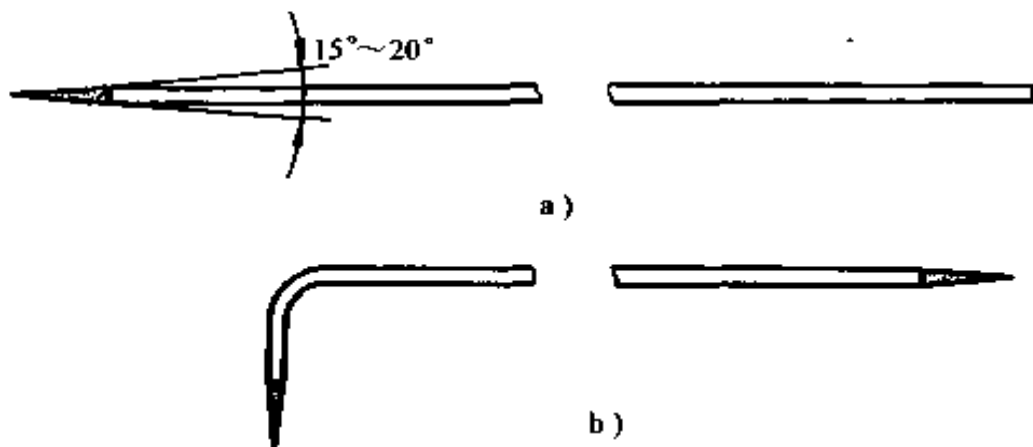


图 1-11 划针

a) 常用划针 b) 弯头划针

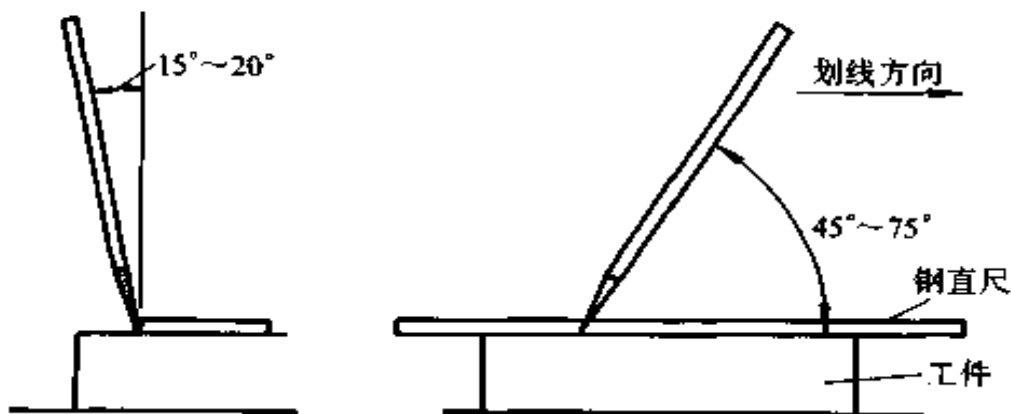


图 1-12 用划针划线的方法



所示，划线时划针不要左右摇摆。

划针很尖，使用时要小心，千万不能插在胸袋中。划针不用时，最好在针尖部套上细的塑料软管，不使针尖露出。

12. 划线盘有哪几种？如何使用？

答 划线盘主要有以下几种：图 1-13b 所示是划线工作中经常使用的普通划线盘，划针的一端焊上硬质合金，另一端弯头是校正工件用的，适用于划中小型零件。图 1-13c 所示的一种是大型划线盘，用于划大型工件，它的高度在 1.5m~3.5m 不等。为使推动方便，在底盘下配装若干钢球。为防止划线盘主杆在使用时摇摆，底盘可作得大一些、重一些。紧固划针的螺钉宜用“山”字螺钉。图 1-13a 所示的是可以微调的划线盘，旋动调整螺钉，使装有支杆的摆动杠杆转动很小角度，这样划针尖就有微量的上下移动。这种划线盘目前主要用在刨床、车床上校正工件位置，因为它刚性较差，划线的效果不太好。

用划线盘划线时，应使划针尽量与被划表面垂直，使划针的针尖和被划面接触，这样划出的线就准确、可靠。在成批划线时，为了减少调整划针高度的时间，一般每一划线盘只划一个尺寸的线，所以要使用许多个划线盘。划针伸出的长度应该尽量短些，这样划线盘的刚性较好，划针不会抖动。用大的划线盘划线时，在划线盘移动的地方要涂上一层油，这样推动划线盘省力，划线时划针也不会抖动。

划线盘不用时，划针尖要朝下放，或者在划针尖上套一段塑料软管，不使针尖露出，以保护划针尖不被撞坏或扎伤别物。

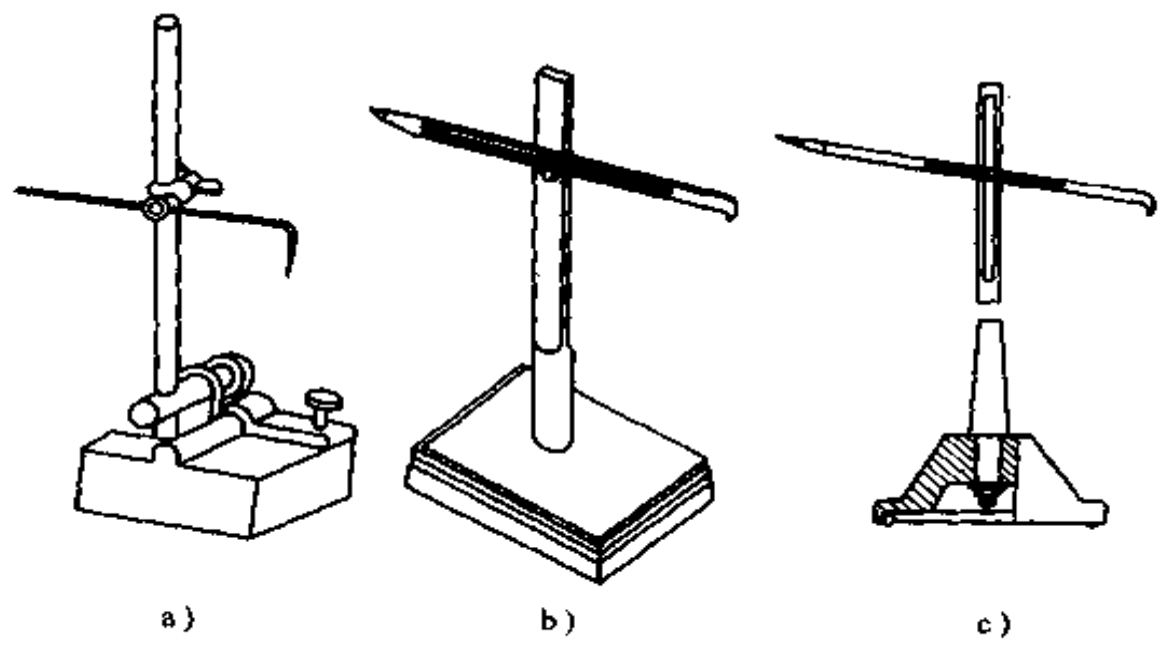


图 1-13 划线盘

a) 可微调划线盘 b) 普通划线盘 c) 大型划线盘

13. 什么是高度标尺？怎样使用高度标尺？

答 高度标尺是由划线尺架与钢直尺组成，钢直尺垂直固定在划线尺架上（图 1-14）。所划的尺寸可用划针直接从钢直尺上取得。钢直尺的每一刻度是 1mm（部分是 0.5mm）。如果所划的尺寸不是整数毫米，那么取尺寸时，只能用划针尖在两刻度间进行估计。用划线盘与高度标尺配合取尺寸，划线精度为 $\pm 0.2\text{mm}$ 左

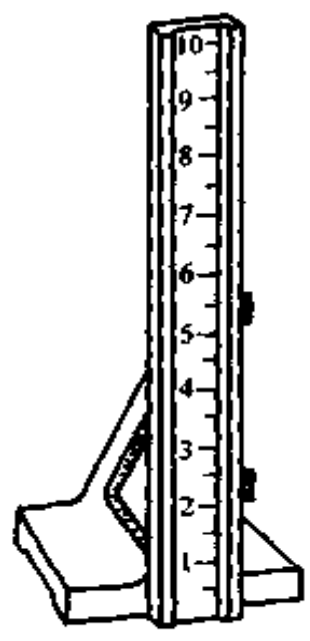


图 1-14 高度标尺

右，这种办法用于毛坯划线。

14. 高度游标卡尺的使用与维护方法如何？

答 高度游标卡尺（图 1-15）实际上就是高度标尺和划线盘的组合，它的划线脚前端镶硬质合金，它的读数值一般为 0.02mm，用于半成品（光坯）划线。它是精密工具，不允许用它划毛坯。要防止碰坏硬质合金划线脚。万一硬质合金崩掉一角时，要仔细地在平整的绿色碳化硅砂轮上修磨其侧面，以保持划线脚的锋利，高度游标卡尺要防止锈蚀，不用时应涂好防锈油装在盒中或装进特制的直立箱子中。

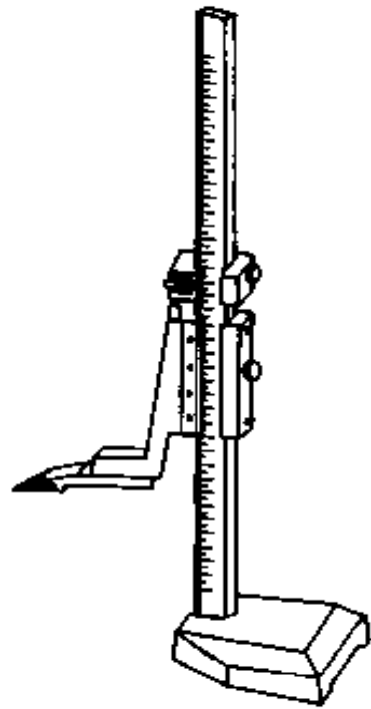


图 1-15 高度游标卡尺

15. 什么是划卡？有何用途？

答 划卡的形状如图 1-16 所示。夹角磨成约 15° ，尖脚部分的合金头内侧，应和卡脚内侧成一个平面（图 1-16 中 M 向），外侧磨成圆弧形，两只脚尖应基本平齐。划卡的长度大约在 100 ~ 500mm 之间。划卡一般用于毛坯划线，一些大中型工件不宜夹持在夹具上或不能放置在平

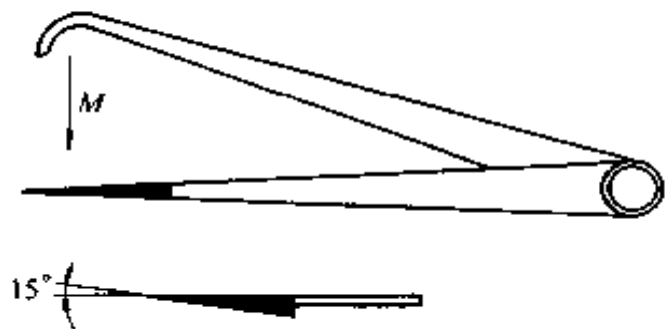
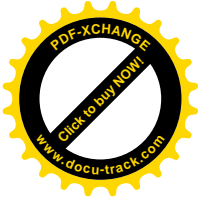


图 1-16 划卡



台上划线时，用划卡弯脚勾住作为基准的面，尖脚一端即可划线，如图 2-6、图 4-4 所示。

16. 划规有哪几种基本形式？各有何用途？

答 划规有三种基本形式，如图 1-17 所示。图 1-17a 所示为普通划规，使用最多。在圆规夹脚上焊有硬质合金。尖脚部分应磨成内侧为稍向里勾的一个小平面，外侧为圆弧形，内外侧夹角为 25° 。这种划规的尖脚部分，也可作成活的，用螺钉拧紧。图 1-17b 所示为扇形划规。图 1-17a、b 两种划规调节尺寸较麻烦，但刚性较好，用途较广，适于划毛坯，扇形划规还适于作等分划线。图 1-17c 所示为弹簧圆规，调节尺寸方便，但刚性不如前两种，一般用在光坯上划圆。圆的直径小于 12mm 时，最好用制图仪器中的小圆规，

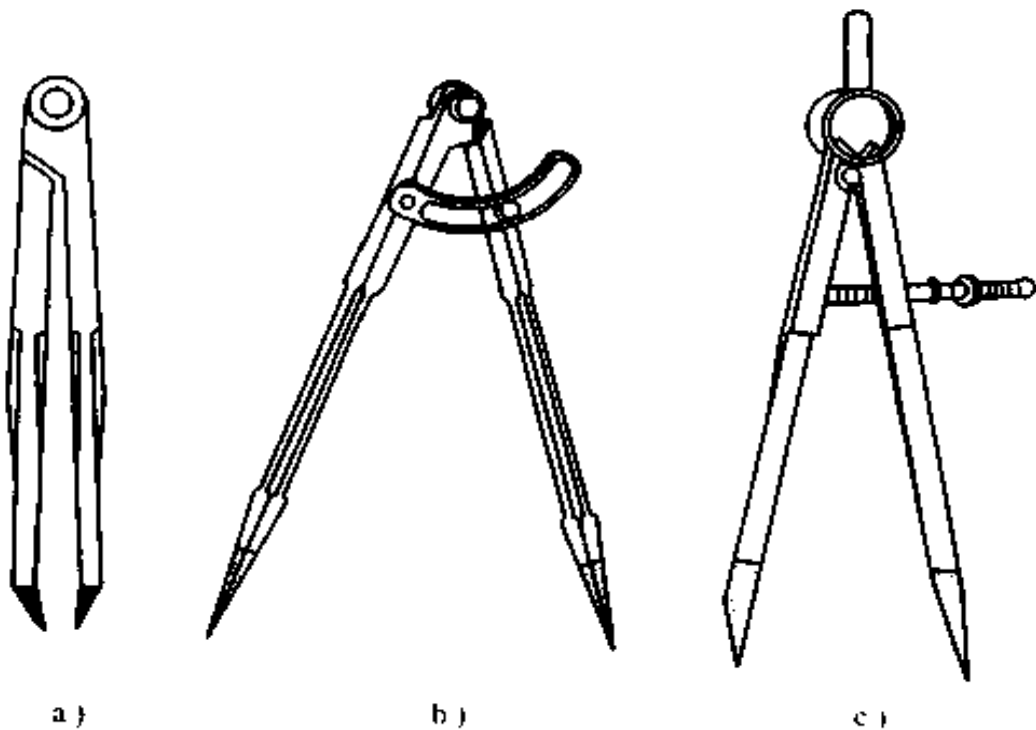
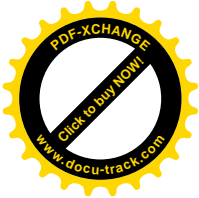


图 1-17 划规

a) 普通划规 b) 扇形划规 c) 弹簧划规



在装铅笔的脚上换装一根划针。这种划规也适宜用作划等分。

以上三种划规的长度规格在 100 ~ 500mm 之间。

17. 什么是地规？六角规？特殊圆规？怎样使用它们划线？

答 地规又称梁圆规，是一种特殊形式的长杆划规，它的用途用于划大型工件。

地规的结构如图 1-18 所示，是由一个钢管、两个套环、两个拧紧手柄和两只脚组成，图中所画的还附有微调装置。

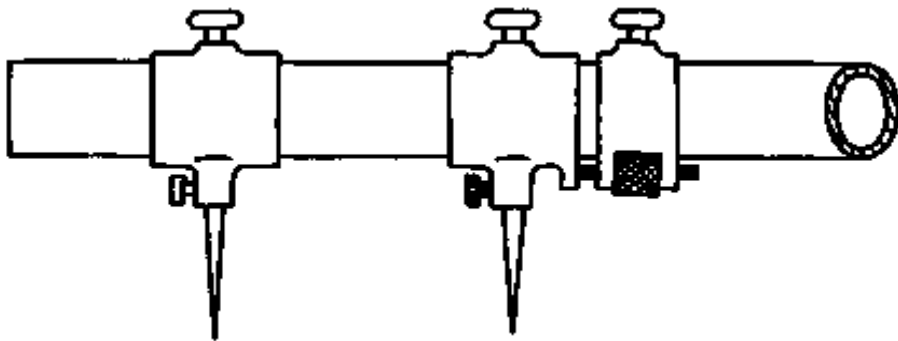


图 1-18 地规

地规的长度可从 500mm 开始，直至 5 ~ 6m 不等。长度大于 4m 以上的地规，为了增加刚性，应在中间段焊加强肋。

六角规（图 1-19）的用途和划规、地规相同，但又超越它们。因它有六节，可任意调整，能划圆心和圆线之间有障碍物的圆线，而且

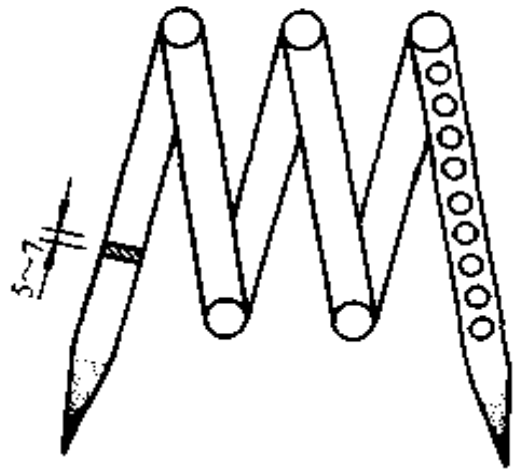
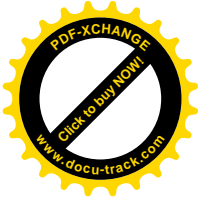


图 1-19 六角规



还可以像划卡一样，按工件的外圆或内孔找中心。

六角规的结构如图 1-19 所示，由六节钢板条铆制而成，两头两节稍长于中间四节，每节大约 150 ~ 300mm 长。为减轻质量，可在每节上钻若干个孔。

用圆规划圆时，圆规两尖脚要在同一平面上，如果两尖脚不在同一平面上，则尖脚间的距离就不是所划圆的半径。如果由于零件形状的限制，圆规两尖脚不能在同一平面内时，这时若要划出半径为 r 的圆，则圆规两尖脚的距离应调整为 R (图 1-20)。 $R = \sqrt{r^2 + h^2}$ ， h 为两阶梯表面的垂直距离。当 h 较大时，由于圆规定心尖脚不能顶在样冲眼的中心，所以划出的圆是有误差的。因此，只有 h/r 较小时才能在阶梯面上划圆。

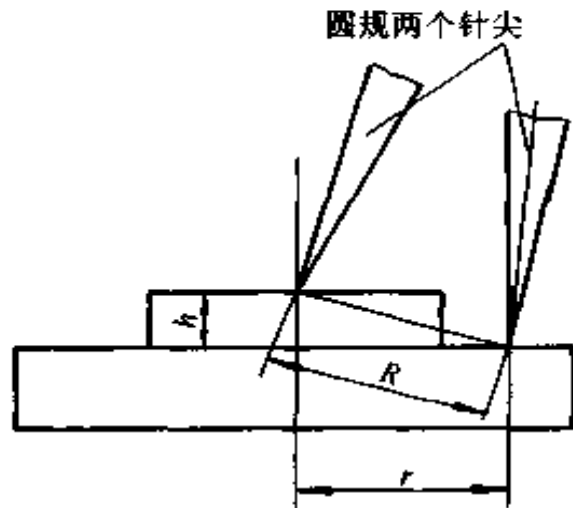


图 1-20 在阶梯表面上划圆

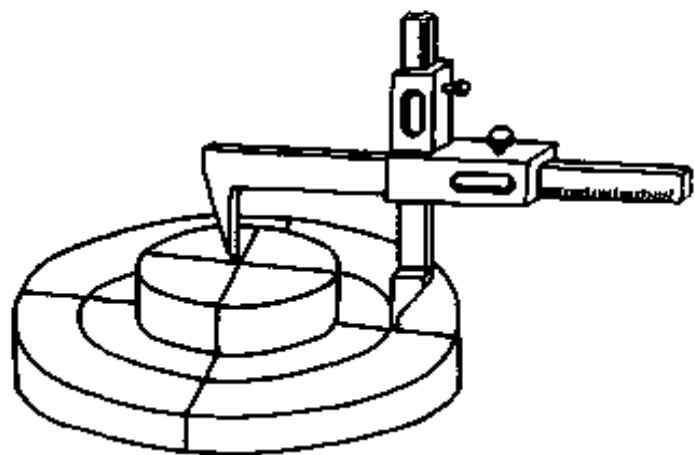
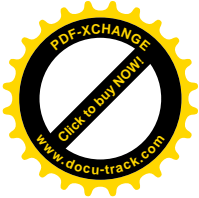


图 1-21 特殊圆规

当阶梯高度较大时，就需要用一种特殊圆规 (图 1-21) 划圆，这种圆规的一只脚可调节长短，两脚间距可平行移动。



18. 什么是平尺？怎样使用保养？

答 平尺的形状如图 1-22 所示，由中碳钢板制成，两个侧面要直而且平行，其长度可随工作需要决定，通常是 1~4m。用划针沿平尺的侧面可在工件表面上划直线，或用它的侧面贴在加工好的平面上，以延伸此平面，检查、测量和此平面有关的尺寸。使用平尺时，应注意不要和工件或其他物品相撞。平尺用完后应放在一个平面上，以防止变形。

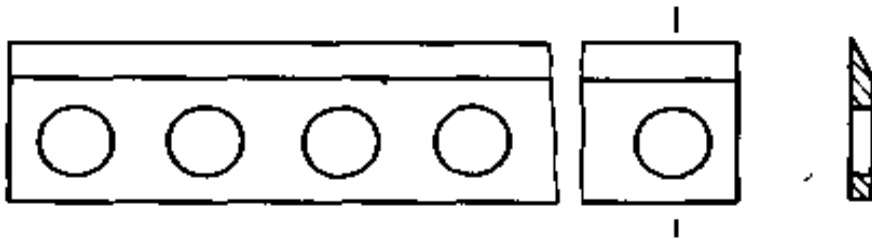
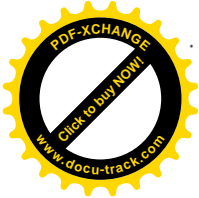


图 1-22 平尺

19. 角尺有哪几种？各有何用途？

答 角尺分为 90°角尺和游标万能角度尺两种。

90°角尺的形状如图 1-23 所示。图 1-23a、c 是一般的矩形角尺。图 1-23d 是宽座角尺，在工厂里使用最为广泛。图 1-23b 是三角形角尺，在划线中也经常使用。除此以外，还有圆柱角尺，刀口矩形角尺，刀口角尺等多种形状的角尺，一般用于生产现场检验普通工件。图 1-24 所示的为几种应用 90°角尺的划线方法。在图 1-24 中，a 表示划卡沿着角尺在划线方箱正面划线，这种划线方法在划坯件时用得很多。使用时应注意划卡的两脚尖等高，并要同时移动。b 表示用



角尺靠在方箱正面，在顶面上划与正面相垂直的线。c 表示用角尺贴在方箱正面划垂直线。d 表示用角尺检查方箱左側面对底面的垂直性。

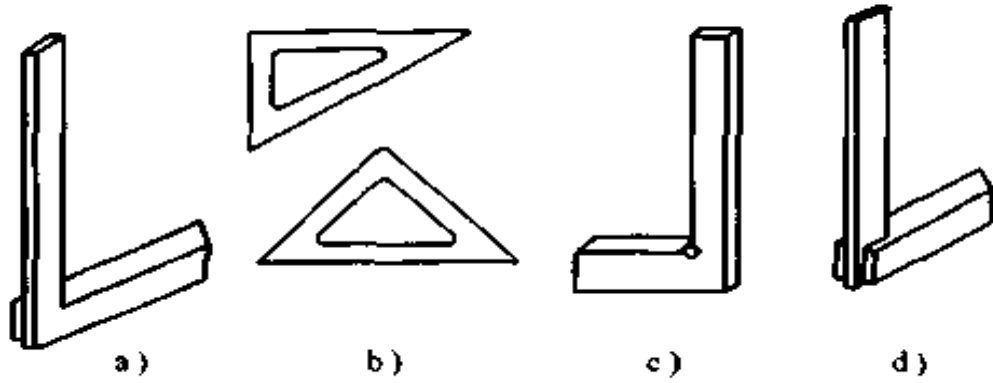


图 1-23 90°角尺

a)、c) 矩形角尺 b) 三角形角尺 d) 宽座角尺

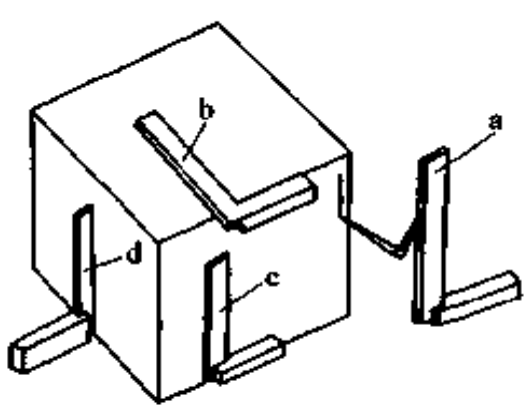


图 1-24 用 90°角尺划线的方法

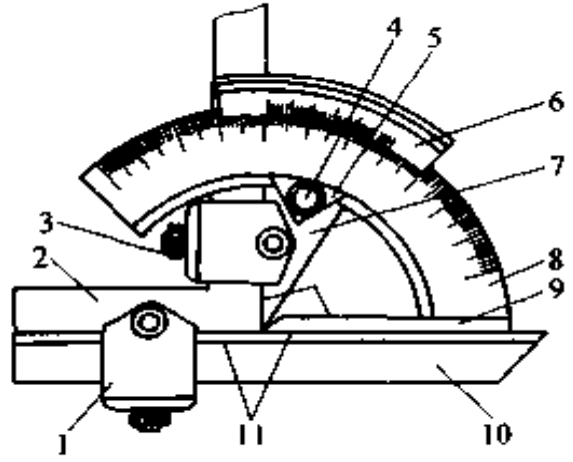


图 1-25 游标万能角度尺 (1 型)

- 1—卡块 2—角尺 3、4—螺母
- 5—制动头 6—游标尺 7—扇形板
- 8—主尺 9—基尺 10—可换尺
- 11—测量面

游标万能角度尺有 1 型 (图 1-25) 和 2 型两种，主要用于划线后的检验与产品的检验。2 型游标万能角度尺加设了微动轮和放大镜、附加量尺，测量角度更为精确。

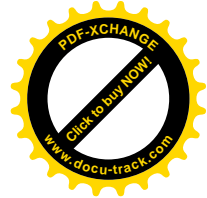


图 1-26 所示的为几种简易的划线用角尺。图 1-26a 为直径角尺，用于在圆柱形工件的端面划中心线和找中心点。图 1-26b 为滑动角尺，用途和固定角尺相同，它的一个尺臂可滑动，适应面较大。图 1-26c 为可转动角尺，可在 180° 范围内检查、测量和划出工件上所需的角度。

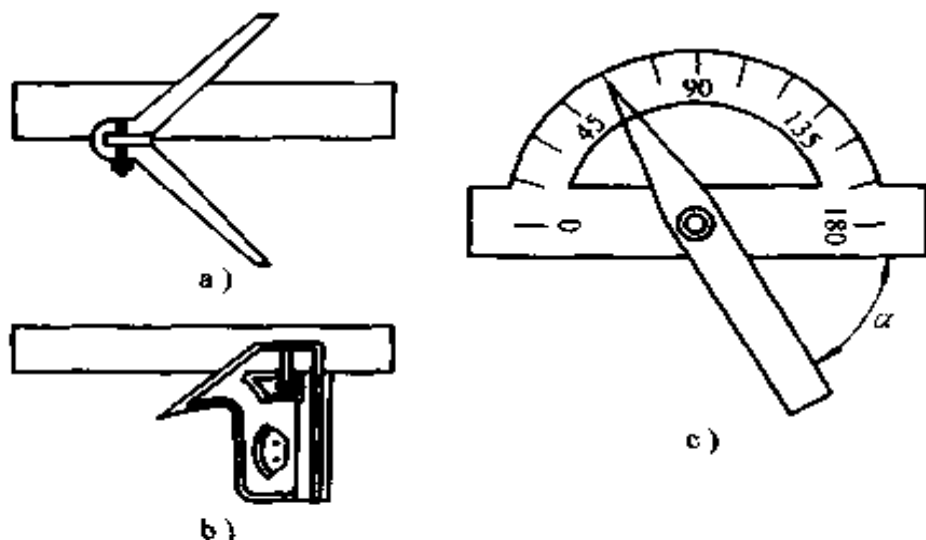


图 1-26 简易划线角度尺

a) 直径角尺 b) 滑动角尺 c) 可转动角尺

20. 什么是样冲？什么是配划样冲？

答 为避免在加工和装配过程中，所划得线条变得模糊或消失，所以每当划线结束时，要在所划各线上冲眼。用以在工件上打出样冲眼的工具称为样冲。

图 1-27 所示的三种样冲，图 1-27a 为普通样冲，使用最多。使用这种样冲时，要注意使样冲和被冲面垂直，以免打斜。

线条上打样冲的多少应根据不同情况而定，中心线上必须打；圆弧线和交叉线上多打；长的直线上少打；毛坯面上

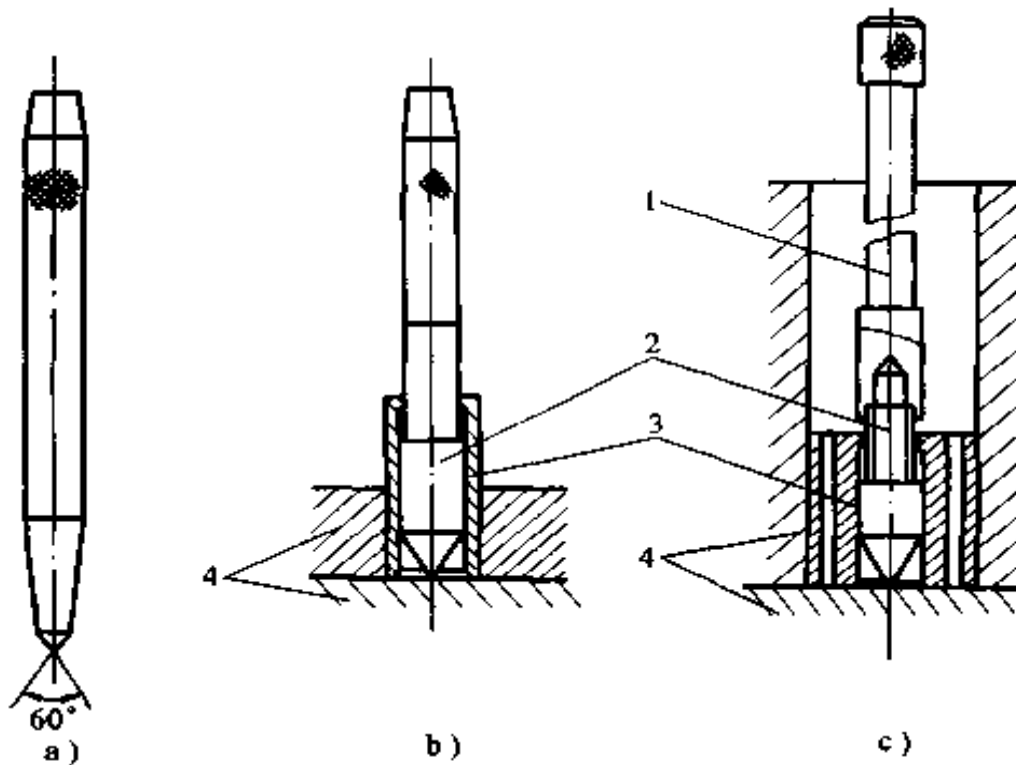


图 1-27 样冲

a) 普通样冲 b) 浅孔配划样冲 c) 深孔配划样冲
1—接杆 2—冲头 3—套环 4—配划零件

打得大而多；光面上打得小而少。样冲眼应和加工线重合，加工后可留下一半样冲眼，作为划线是否正确的依据。

普通样冲的长度约为 100mm。样冲尖角度约为 $65^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

用废丝锥、绞刀改制成的样冲很耐用，值得推广使用。

在生产中，对联接的工件，因受设备和工件形状等条件的限制，不能直接配钻，需要按甲件配划乙件，因此需要与其相适应的配划样冲。图 1-27b 是浅孔配划样冲，图 1-27c 是深孔配划样冲。

配划样冲的结构由套环和冲头组成。深孔配划样冲的套环多两个排气孔和一个接杆。配划直径不同的孔，要更换直



径不同的套环。套环的长度约为 50mm。套环和冲头之间是滑配合，以保证其同心。

21. 打样冲眼时一般使用多大的锤子？

答 打样冲眼使用 0.25kg 锤子为宜。

22. 划线时使用的测量工具一般有哪些？

答 划线时使用的测量工具有：

(1) 钢直尺 钢直尺

是一种测量工具，在一定的范围内也可当作平尺使用。图 1-28 为钢直尺代替平尺使用的情况，用钢直尺贴在轴的端面上，用另一钢直尺配合这钢直尺测量到 P 面的尺寸。要用钢直尺的窄面贴在端面上，并使钢直尺和端面基本垂直。

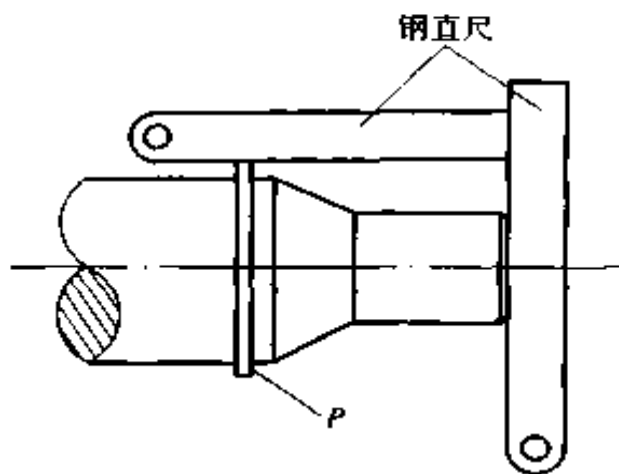
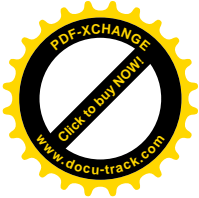


图 1-28 钢直尺的使用

(2) 钢卷尺 钢卷尺是测量较长距离的尺寸时所使用的量具。钢卷尺的误差较大，对一个新的钢卷尺要进行一次鉴定，以便了解它的误差是多少。

(3) 划线尺架 划线尺架有固定尺架和可调尺架两种。其形状和结构如图 1-14 所示。工作时，用两个紧固螺钉将钢直尺卡在尺架的长槽内，按实际需要调好钢直尺高度，用划线盘在钢直尺上截取所需尺寸，然后按要求划到工件的各个高度上去。



可调尺架如图 1-29 所示，可调尺架便于调整钢直尺，使用十分方便，工作效率高，因此在划线工作中广泛采用。可调尺架由立杆和底座组成。在立杆上装有两个滑块，用连接杆联接。钢直尺插进滑块头部的槽里，它的位置可用两个调节螺钉来确定。调整使用方法如下：一手松开粗调螺钉，一手扶住并移动钢直尺，使划线盘的划针对准钢直尺上的某一数值后，即拧紧粗调螺钉，固定钢直尺。在通常情况下一次便可对准。有时一次对不准时，可旋动微调螺钉作进一步的调节。微调螺钉的下端和底座是联接在一起的，旋转微调螺钉，可使两个滑块连同钢直尺沿着立杆往上或往下滑动。

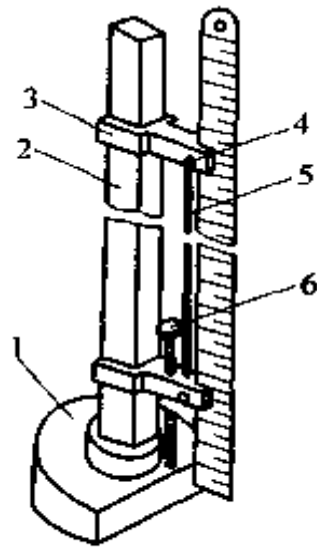


图 1-29 可调尺架

- 1—底座 2—立杆
3—滑块 4—粗调螺钉
5—连接杆 6—微调螺钉

尺架的高度，一般为 300 ~ 2000mm。

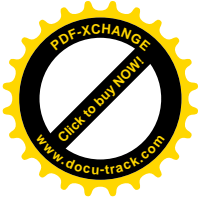
(4) 游标卡尺和高度游标尺 游标卡尺和高度游标尺可作为精密划线和划线完工后复校尺寸时用的量具。

23. 划线时还需用哪些辅助工具？

答 划线时还需用的辅助工具有：

(1) 木条 用木条打入空心件的孔内，找中心和划圆或划曲线时用，为使中心点准确，应预先在木条的中心部位钉一块铁皮。

(2) 铅条 铅条具有较好的塑性，用它打入小型工件孔内，找中心点和划圆线时用。



(3) 可调中心顶 可调中心顶的结构、形状如图 1-30 所示，四方螺母焊在角钢上，螺钉顶可用扳手或钢丝进行调整。它的特点是质量轻，使用方便，顶得牢靠。一般用在大型工件的内孔划线时。

(4) 尼龙线 尼龙线具有抗拉强度大，质量轻，好收藏等优点。用它代替平尺划长线，使用时拧直尼龙线，按线划出若干点，用长钢直尺或平尺按点分段划出这全长线，尼龙线既可在平面上拉直，又可在空间所需要的位置拉直，它是大件划线的有效工具之一。

(5) 线坠 线坠的形状、结构如图 1-31 所示。它由一个钢制坠头、坠帽和尼龙线组成，为保证线坠准确好用，坠头尖和尼龙线应重合于一条直线上，坠帽上穿过尼龙线的孔只能等于或稍大于尼龙线的直径。

线坠的用途和直角尺相同。不过它的体积很小，质量轻，能长能短，适应性很强，是划大型工件的有效工具之一。例如，利用它划垂直线。悬挂线坠时，使尼龙线尽量靠近被划面，但不要和被划面上的任何一点相接触。用划针按尼龙线所示位置，直接在被划面上划出两点，取下尼龙线，用钢直尺对准这两点连线，就是铅垂线。



图 1-30 可调中心顶

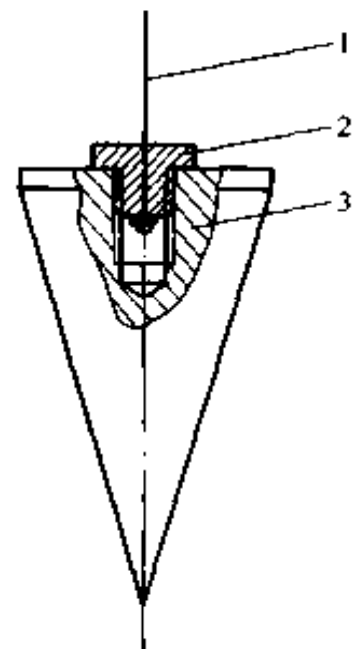
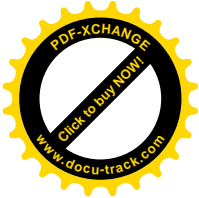


图 1-31 线坠
1—尼龙线 2—坠帽
3—坠头



(6) 中心支架 给大型空心工件划线时,无法使用木条、铅条来确定它的中心点。中心支架就是代替它们的一种比较理想的工具。这种支架的筒体下段外圆部的中心和顶盖的中心是一致的,所以它可以将划在平台上的工件中心点引到所需要的空间高度上去。反过来,也可将在空间的工件中心点投到平台上来。

中心支架的结构如图 1-32 所示,要求各段严格同心,筒体下段底面与中心线严格垂直。下段最大外圆部直径为 250mm。中心支架高度的调整范围是 400 ~ 1000mm,这些尺寸不是固定的,可随时根据需要放大或缩小。筒体的上段和中段都有一个长槽,拧紧螺钉通过长槽来固定各段高度,同时防止各段自由转动,而改变工件在顶盖面内的中心点位置。

(7) 分度头 分度头用来划轴类、盘类工件的中心线、等分线,十分准确方便。划线时也可直接使用卡盘圆周上的刻度进行分度或等分。

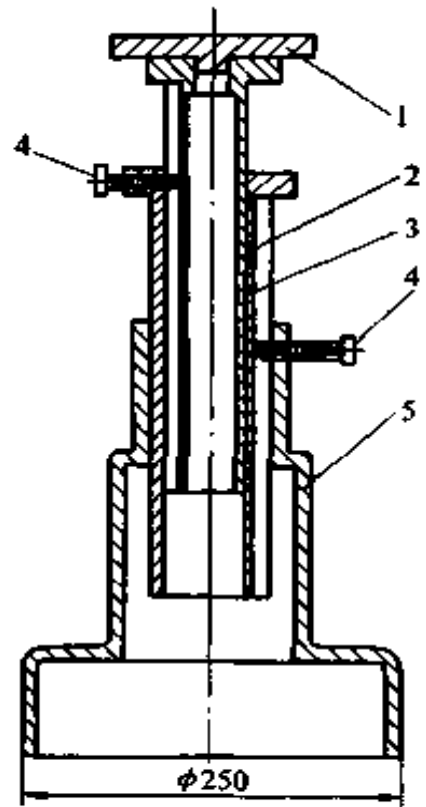


图 1-32 中心支架
1—顶盖 2—筒体上段
3—筒体中段 4—拧紧螺钉
5—筒体下段

24. 划线用的涂料一般有哪些?

答 为了使划在工件表面的线条清晰,一般在划线前要将划线部位的表面清理干净,然后再涂上一层薄而均匀的涂



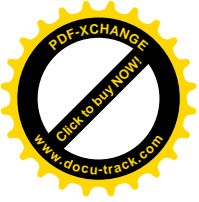
料，待涂料干燥后，即可进行划线。涂料的种类较多，我们应该根据划线工件的情况来选择，下面介绍几种常用的涂料。

(1) 石灰水 熟石灰用水泡开，即成石灰水，如再加入适量熬成糊状的牛皮胶，可以增强附着力。一般用于铸、锻件毛坯表面划线时的涂色。

(2) 锌钡白 俗名立德粉，主要成分为硫化锌（ ZnS ）和硫酸钡（ $BaSO_4$ ）。它的优点是颜色纯白，遮盖能力强，能耐热抗碱，受日光长久曝晒后虽会变色，但只要重新放在阴暗处，仍可恢复原色。这种涂料的成品是粉末，使用时必须加水和适量熬成糊状的牛皮胶调匀。一般用于重要的铸、锻件毛坯表面划线时涂色。

(3) 品紫 用体积分数为 2% ~ 4% 紫颜料（如青莲、蓝油）、体积分数为 3% ~ 5% 漆片（虫胶漆）和体积分数为 91% ~ 95% 酒精混合而成。也有配制好的成品。一般用于已加工表面划线时涂色。

(4) 无水涂料 由醋酸丁酯（俗称香蕉水）100g、人造树脂 0.7g、火棉胶 39g、甲基紫 1g 配制而成。其配制方法如下：先将研成粉末状的人造树脂缓缓加入到醋酸丁酯里，搅拌均匀，再将研细的甲基紫倒入后调匀，最后将按配比称好的火棉胶慢慢加入，并使三者均匀混合。等沉淀数小时后，进行试涂，若不易附着，可再加入少许人造树脂与醋酸丁酯的混合液体；如果附着过牢，则自行凝固起翘，也易脱落，可再加入几克火棉胶，无水涂料的优点是所含水分极少，涂在工件上，工件不易锈蚀。但必须置于密封的容器内，否则容易挥发，且使用时须注意防火。一般用于精密工件划线时涂色。



第二章 划线的基本方法

1. 毛坯件划线的特点是什么？

答 毛坯件划线的特点，就是以不加工面作为找正、定位和划线的基准。因为毛坯件上要进行加工的面所留余量并不一定均匀，而且铸件的浇、冒口也留在加工面上，还有飞边、毛刺等，所以，加工面就不那么平整规矩。但不加工面仍保持其应有的尺寸关系和几何形状，因此应以不加工面为划线基准，测定加工面的加工余量，然后划出加工线来。

2. 什么叫划线找正？找正的原则是什么？

答 对于毛坯工件，在划线前一般都要进行找正。所谓找正，就是利用划线盘、 90° 角尺等工具使工件的待加工表面相对于基准（不加工面）处于适当的位置。

毛坯找正的原则如下：

1) 为了保证不加工面与加工面间各点的距离相同（一般称壁厚均匀），应将不加工面用划线盘找平（当不加工面为水平面时），或把不加工面用 90° 角尺找垂直（当不加工面为垂直面时）。

2) 如有几个不加工表面时，应将面积最大的不加工表面找正，并照顾其他不加工表面，使各处壁厚尽量均匀，孔与轮毂或凸台尽量同心。

3) 如没有不加工平面时，要以欲加工孔毛坯面和凸台



外形来找正。对于有很多孔的箱体，要照顾各孔毛坯和凸台，使各孔均有加工余量而且尽量与凸台同心。

3. 毛坯件划线决定放置基准和划线顺序的原则是什么？

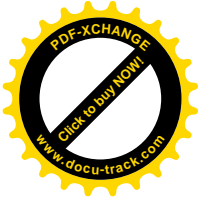
答 在决定坯件的放置基准和划线顺序时，第一个原则是以大面定小面。因坯件按大面找正后，其他较小的各平行面、垂直面或斜面，就必然处在各自应有的位置上。否则，以小面定大面，则大面很可能超出允许的误差范围。所以划线的顺序只能是先划坯件上最大的一面，再划较大的面，依次而来，最后划最小的一面。第二个原则是以复杂面定简单面，复杂面上形状位置要求多，先以复杂面找正后，简单面以复杂面的位置定位，难度较少。第三个原则是当坯件带有斜面时，划线的顺序要看斜面的大小而定，如斜面大于其他面，就应先划斜面，如斜面相当或小于其他各面时，斜面放到最后划。较小的斜面通常都是当其他各面加工好了之后才加工的。所以在划坯件线时，只要注意检查斜面的所在位置，而不必划出线来。

4. 一般毛坯件划线的方法有哪些？

答 毛坯件的划线方法，主要有四种：

(1) 直接翻转零件法 它的优点是能对坯件进行较充分、全面的检查，并有可能在所有各面划线。但这种方法的缺点很多，突出的是工作效率低，劳动强度大，调整找正困难。适宜于单件划线，或零件数量较少的时候使用。

(2) 直角板划线法 如图 1-8 所示，将划线盘靠在直角板上进行划线。它的优点是：简化工件的找正过程；适合无法翻转的薄板型工件的划线；同时还可在直角板上安上销子



或螺栓，将工件挂在或压在垂直面上划线。但因为直角板不可能做得很大，所以只适合划零件的最大尺寸不超过 1m 的中小型零件。

(3) 作辅助线法 这种方法一般是在划大型工件时采用。工件吊上平台划完第一面的线以后不再翻转，通过在平台或在工件本身上作出适当的辅助线，用各种划线工具相配合划出各不同坐标方向的线。

(4) 混合法 有时工件形状特殊，单用作辅助线法很困难，这时可考虑将工件再翻转一次，与作辅助线法相结合划完各线。

5. 什么是划线时的借料？

答 按划线基准进行划线时，若发现工件某些部分的加工余量不够，需要将各部位的加工余量重新分配，保证加工表面都有足够的加工余量，这种划线方法称为借料。借料能使某些铸锻毛坯件在尺寸、形状和位置上存在的较小误差的缺陷得到排除，从而提高毛坯件的利用率。借料是一项复杂的划线工作，尤其当工件形状复杂时，一次很难借料成功，需要多次试划，才能最后确定借料方案。

借料的一般步骤如下：

- 1) 测量和确定毛坯工件各部位尺寸的偏移量。
- 2) 确定借料的方向和大小，划出基准线。
- 3) 按图样要求，以基准线为依据，划出所有的加工线。
- 4) 检查各表面的加工余量是否合理，若不合理应重新借料，直至使加工余量合理为止。

6. 什么是半成品？半成品划线基准的选择原则是什么？

答 凡经过机床加工一次以上，而又不是成品的零件，统称为半成品。

半成品的基准面的选择原则有如下几种情况：

(1) 在零件的某一坐标方向，有加工好了的面，就应以加工面为基准划其他各线。如图 2-1 所示，划轴承座 d 孔时，就要由加工好了的底面 A 往上量取尺寸 l ，划出孔的水平中心线。

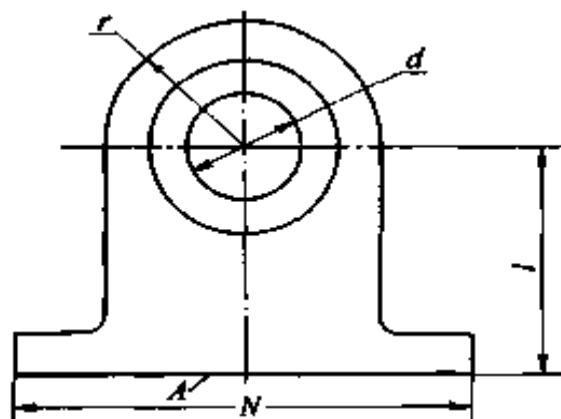


图 2-1 划轴承座线

(2) 在零件的某一坐标方向没有加工过的面，仍应以不加工面为基准划其他各线。如图 2-1 所示，水平中心线划出以后，孔的左右方向仍要按半径为 r 的不加工两侧面确定位置，保证孔有足够的加工余量。与此同时，还要照顾到两个侧面的对称性。

(3) 同是加工过的几个面，要选设计基准面为基准面，以减少定位差。或者选择尺寸要求最严的面为基准面。如图 2-2 所示，半离合器划键槽

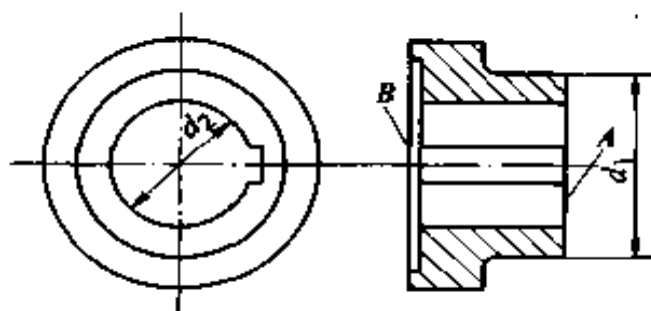
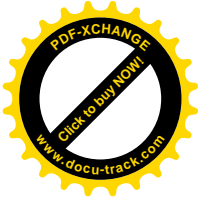


图 2-2 半离合器

线。就要以孔的中心为基准，而不要以 d_1 外圆为基准划线。因为孔 d_2 和基面 B 是一次装夹加工的，外圆 d_1 是调头装



夹加工的，两个圆不完全同心。

(4) 有个别工件，工艺或设计有特殊要求，指定要以那个面为基准，保证那一个尺寸等，这时就必须服从这些要求。

7. 常见的划线基准的选择条件有哪些？

答 在零件图上，用来确定其他点、线、面位置的基准称为设计基准。划线时，一般应选择设计基准为划线基准。这样能简化尺寸换算，提高划线质量和效率。

常见的划线基准类型有以下 3 种：

(1) 以相互垂直的两个平面（或直线）为基准 图 2-3 所示样板，需划出外形高度、宽度和孔加工线。从图样上可以看出，其设计基准为两个相互垂直的底平面和右侧平面。因此，划出

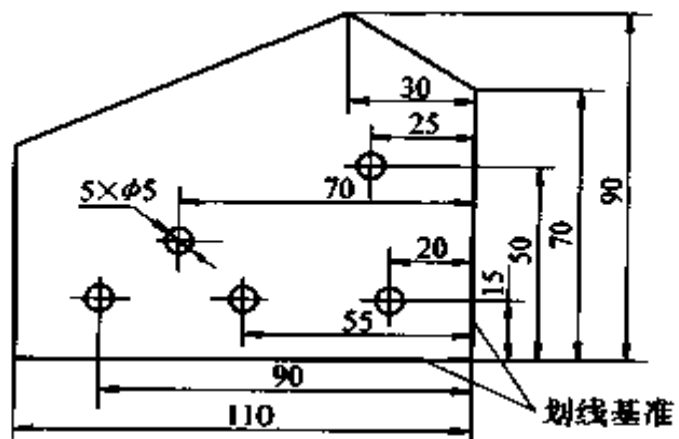


图 2-3 样板

各加工线时，应从底平面和右侧平面为划线基准。否则，要进行尺寸换算，加工尺寸也难以控制。

(2) 以两条对称中心线为基准 图 2-4 所示盖板，需划出 $\phi 25\text{mm}$ 的车削加工线和 4 个孔 $\phi 7\text{mm}$ 的钻削加工线。从图样上可以看出，其设计基准为两条对称中心线。因此划线时，应以两条相互垂直且对称的中心线为划线基准。以保证各孔加工位置与毛坯边缘对称均匀，不致影响外观质量，若以 B、C 面为划线基准，不仅要进行尺寸换算，还可能影

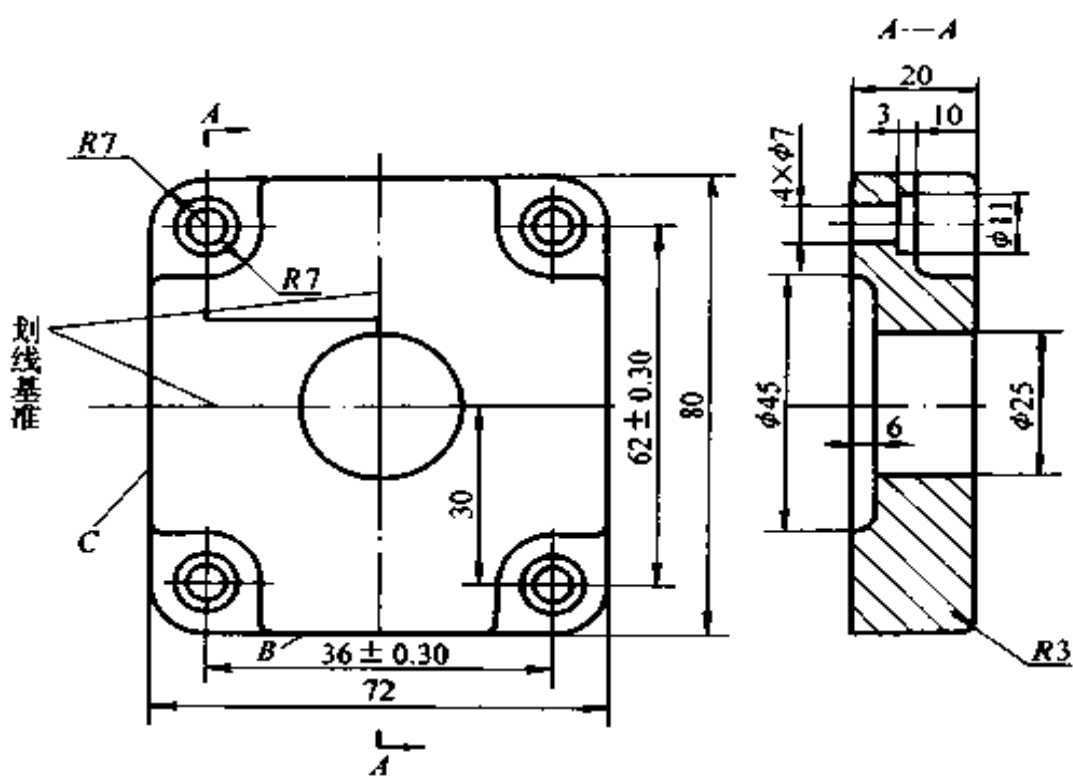


图 2-4 盖板

响工件外形的对称性。

(3) 以一个平面和中心线为基准 图2-5所示制动滑

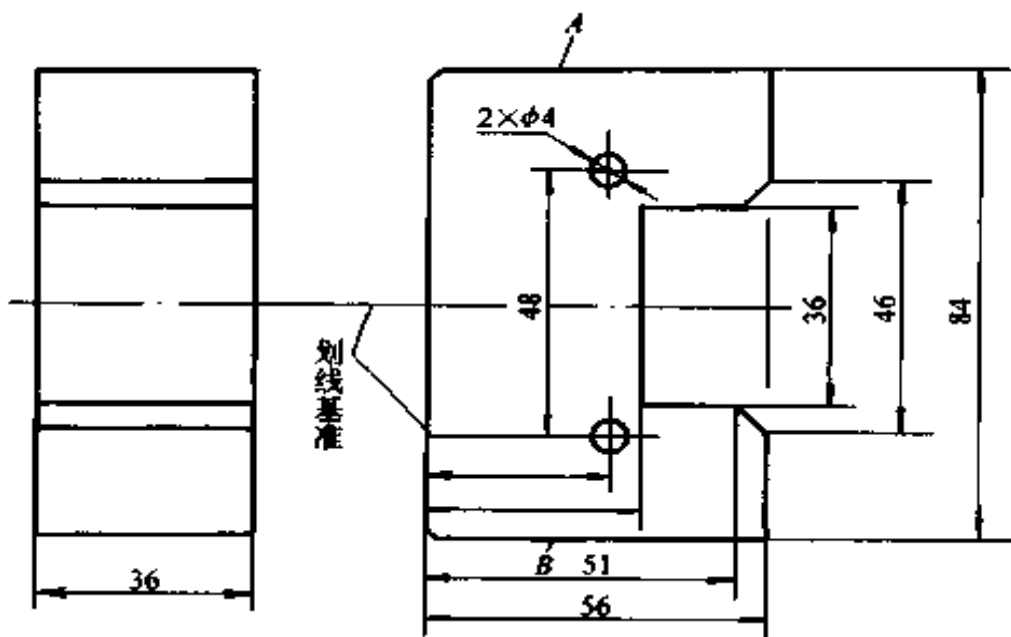
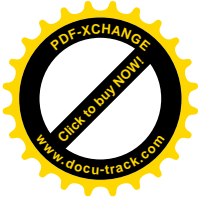


图 2-5 制动滑块



块，其设计基准为底平面和中心线，划高度方向的尺寸加工线时，应以底平面为划线基准；划宽度方向的尺寸加工线时，应以中心线为划线基准。若以 A 、 B 面为划线基准，不仅要进行尺寸换算，还难以保证工件外形左右方向的对称性。

8. 怎样划平行线？

答 划平行线有 5 种方法：

(1) 用划线盘划平行线 用划线盘在同一平台上所划的各线都是平行线。

(2) 用划卡划平行线 如图 2-6 所示，用划卡勾着已加工好的侧面，在工件的顶面上划和侧面相平行的线，这种方法只适于划两线间距离较短的平行线。划线时要注意使划卡的两只脚同时移动，带勾的一只脚不可在所靠面内上下滑动。

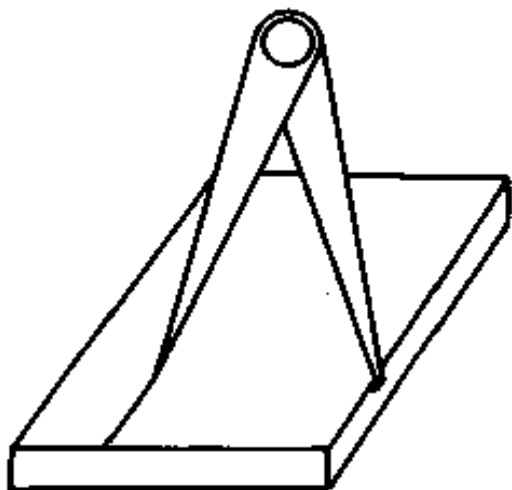


图 2-6 用划卡划平行线

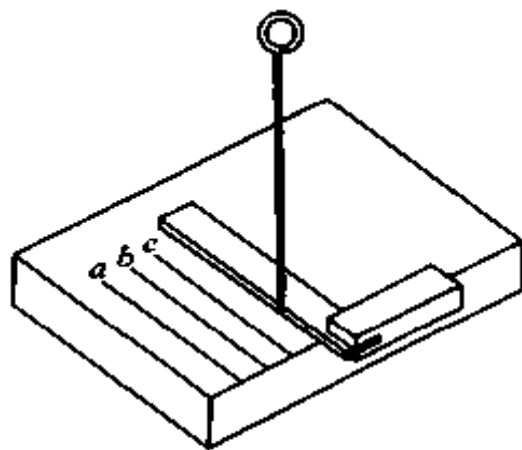


图 2-7 用 90°角尺划平行线

(3) 用 90°角尺划平行线 如图 2-7 所示，用 90°角尺靠

在零件加工过的侧面，用划针沿着角尺在顶面上划线，所划各线互相平行。

(4) 用钢直尺划平行线 如图 2-8 所示，用钢直尺按工件的侧面或一条线向一旁量取同一尺寸，划出线痕（如 a 、 b 两小段线），连接两线痕的直线，即和零件的侧面或已知线段平行。

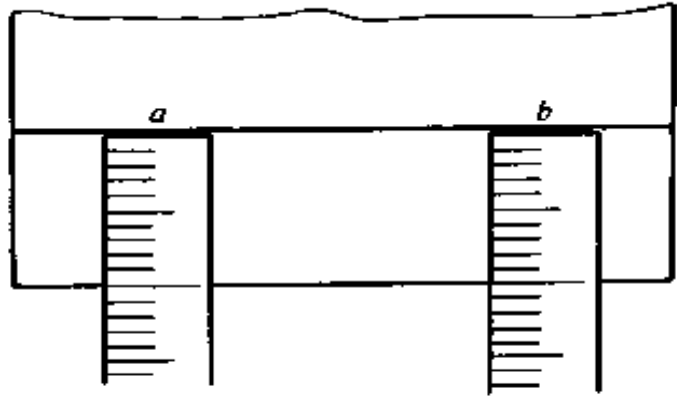


图.2-8 用钢直尺划平行线

(5) 用划规划平行线 如图 2-9a 所示，用划规截取所需要的尺寸后，在已知直线上取两点 a 、 b 为圆心向同一侧划弧，然后作两圆弧的外公切线。所划的直线就是所求的平行线。

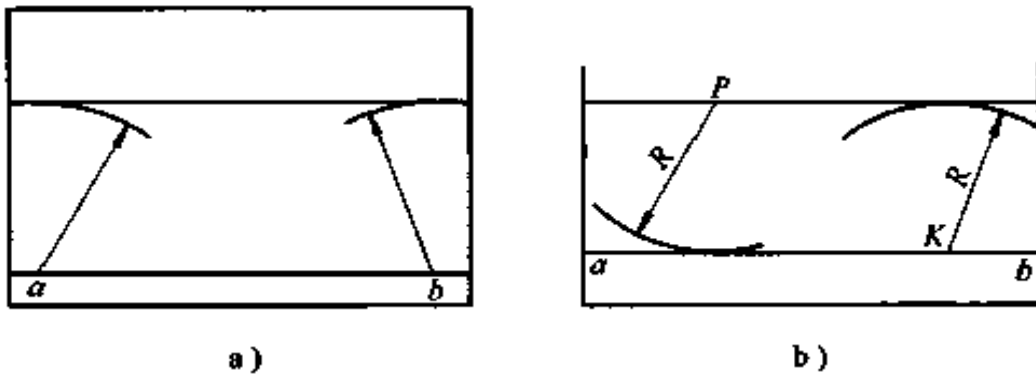
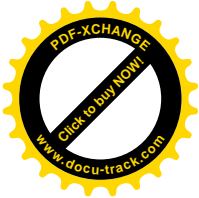


图 2-9 用划规划平行线

图 2-9b 所示，在已知直线外有一点 P ，过 P 点作已知直线的平行线。在已知点 P 找好与已知直线 a 、 b 相切的距离 R 。在直线 a 、 b 上适当处取一点 K 为圆心，以 R 长为半



径划弧。过 P 点作与所划圆弧的切线，则得所求的平行线。

9. 怎样划垂直线?

答 划垂直线一般有三种方法:

1) 用 90° 角尺划垂直线。如图 2-7 所示, 用 90° 角尺靠在一加工过的侧边, 用划针沿 90° 角尺另一边划线, 所划各线 (a 、 b 、 c 线) 都与侧面垂直。如无 90° 角尺, 而垂直度要求不高的话, 可用两根钢直尺拼成 L 形划垂直线 (图 2-10)。

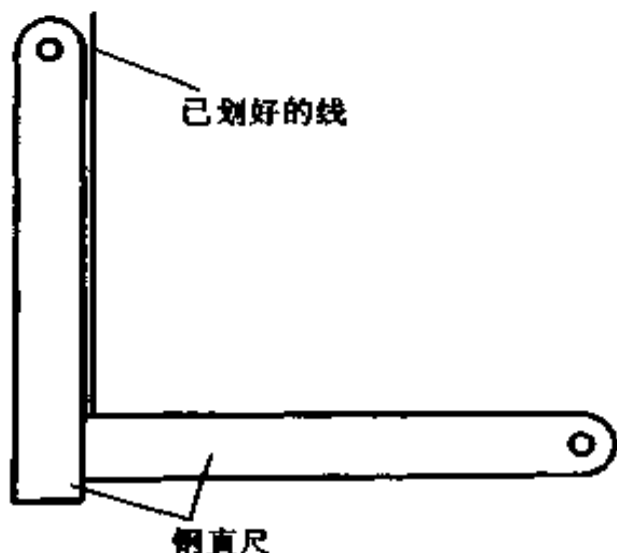


图 2-10 用两根钢直尺划垂直线

若划工件一条边的垂直线, 可把 90° 角尺厚的一面靠在工件边上, 沿直角尺另一边划线, 就可得到与工件边相垂直的线 (图 2-11)。

2) 用作图法划垂直线 (图 2-12)。在直线 AB 上的 C 点, 划一条线与 AB 线垂直, 作图法如下: 用圆规在 C 点以任意半径 r 划半圆, 与 AB 线相交于 D 、 E 两点, 分别在 D 、 E 点以任意

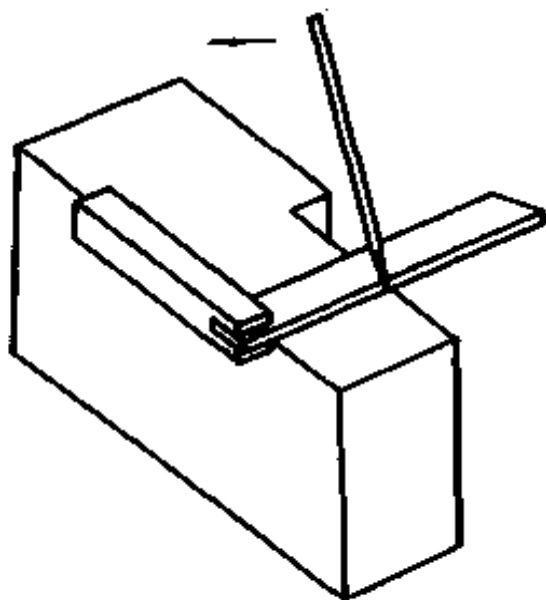


图 2-11 用直角尺靠住工件边划垂直线



半径 R 作圆弧，得交点 F ，连 CF ，此直线就是 AB 线的垂直线。 r 、 R 越大，作图精度越高。

3) 如工件可以垂直立在划线平台上，把工件上已划好的线用 90° 角尺校成垂直，然后再用划线盘或高度游标尺划线，这时划出的线就与原来的线垂直。

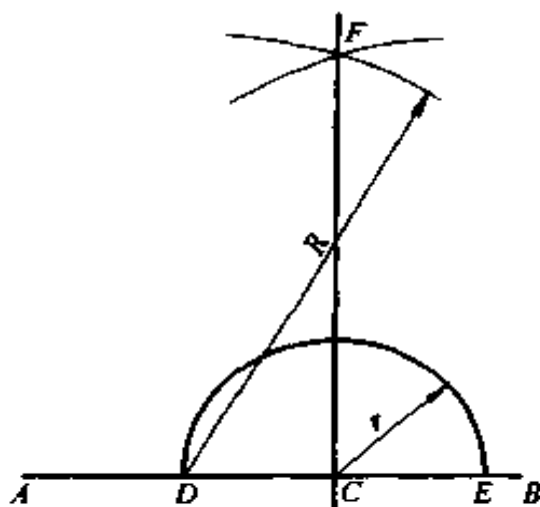


图 2-12 用作图法划垂直线

10. 怎样划角度线？

答 划角度线一般有以下几种方法：

(1) 用游标万能角度尺划角度线 将游标万能角度尺对好所需要的角度，以游标万能角度尺的一边对好零件的基准边或基准线，划针沿着游标万能角度尺的另一边划线。

(2) 用制图量角器划角度线 如图 2-13 所示，在直线 AB 上的 C 点作一条直线 CD 与 AB 成 α 角，划线时可将透明量角器的圆心对准 C 点，按量角器上的刻度在工件上划出

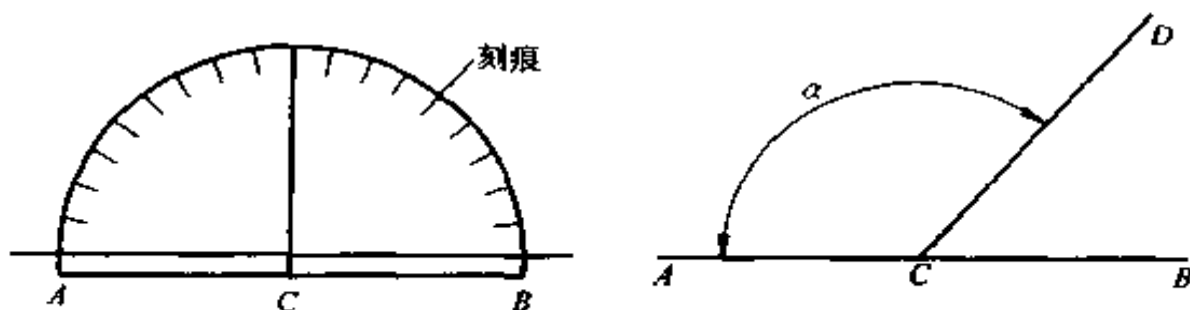
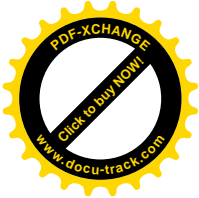


图 2-13 用量角器划角度线



刻痕，再把刻痕与 C 点连起来。

(3) 查三角函数表划角度线 如图 2-14 所示， $CO = 100$ 、 $\angle COD = 42^\circ$ 、求 CD 。划出角度线 OD 。查三角函数表 $\tan 42^\circ = 0.9$ ，则 $CD = 100 \times 0.9 = 90$

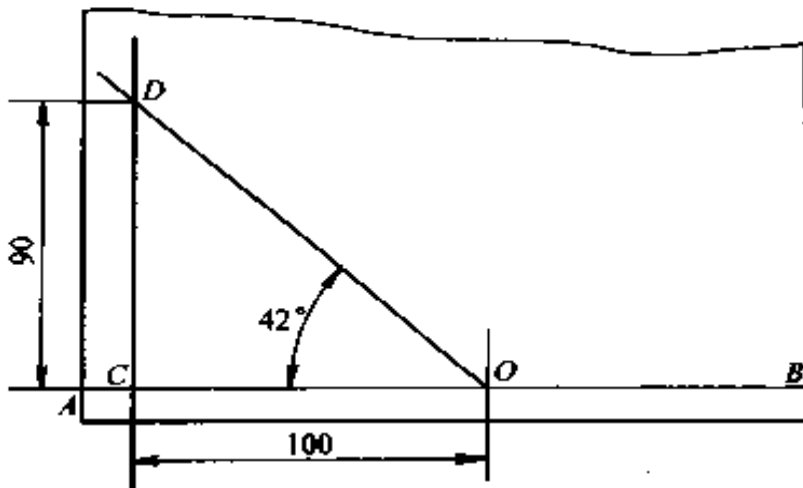


图 2-14 查三角函数表划角度线

有了这些数据以后，就在已知直线 AB 上取两个点 O 、 C ，使 $OC = 100$ ，过 C 点作 OC 的垂线，并在这垂线上量取 $CD = 90$ ，连 OD ，则 OD 与 OC 的夹角为 42° 。

(4) 查弦长表作图法划角度线 半径一定时，圆上每一个中心角，就有相应的弦长。如图 2-15 所示，过已知直线 AB 上的一已知点 O ，作一直线和 AB 夹角为 42° 。

表 2-1 是当半径 R 为 1mm ，中心角 α 从 $1^\circ \sim 180^\circ$ 变化时，所计算出的弦长值，计算公式为：

$$L = K \cdot R$$

- 式中 L ——弦长 (mm)；
- K ——表 2-1 中所相对应的数；
- R ——半径 (mm)。

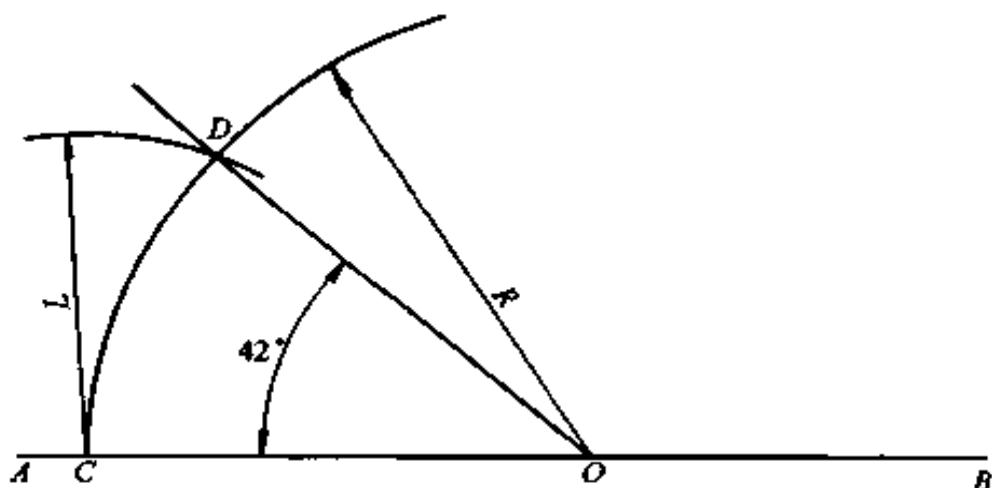


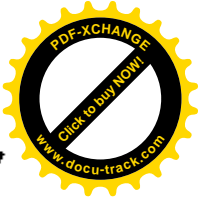
图 2-15 查表划角度线

在图 2-15 中， $\alpha = 42^\circ$ ， $K = 0.717$ ，设 $R = 100$ 。按已知值代入上述计算公式，便可求得弦长 $L = K \cdot R = 0.717 \times 100 = 71.7\text{mm}$ 。

有了上述的数据以后，就以 O 点为圆心，以 R 为 100mm 长为半径划弧，和 AB 线相交于 C 点。接着又以 C 点为圆心，以 R 为 71.7mm 长为半径划弧和第一弧相交于 D 点。连 OD ，则 OD 和 OC 的夹角为 42° 。

表 2-1 弦长表

中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长
1	0.017	8	0.139	15	0.261	22	0.382	29	0.501
2	0.035	9	0.157	16	0.278	23	0.399	30	0.518
3	0.052	10	0.174	17	0.296	24	0.416	31	0.534
4	0.070	11	0.192	18	0.313	25	0.433	32	0.551
5	0.087	12	0.209	19	0.330	26	0.450	33	0.568
6	0.105	13	0.226	20	0.347	27	0.467	34	0.585
7	0.112	14	0.244	21	0.364	28	0.484	35	0.661



(续)

中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长
36	0.618	60	1.000	84	1.338	108	1.618	132	1.827
37	0.635	61	1.015	85	1.351	109	1.628	133	1.834
38	0.651	62	1.030	86	1.364	110	1.638	134	1.841
39	0.668	63	1.045	87	1.377	111	1.648	135	1.848
40	0.684	64	1.060	88	1.389	112	1.658	136	1.854
41	0.700	65	1.075	89	1.402	113	1.668	137	1.861
42	0.717	66	1.089	90	1.414	114	1.677	138	1.867
43	0.733	67	1.104	91	1.426	115	1.687	139	1.873
44	0.749	68	1.118	92	1.439	116	1.696	140	1.879
45	0.765	69	1.133	93	1.451	117	1.705	141	1.885
46	0.781	70	1.147	94	1.463	118	1.714	142	1.891
47	0.797	71	1.161	95	1.475	119	1.723	143	1.897
48	0.813	72	1.176	96	1.486	120	1.732	144	1.902
49	0.829	73	1.190	97	1.498	121	1.741	145	1.907
50	0.845	74	1.204	98	1.509	122	1.749	146	1.913
51	0.861	75	1.217	99	1.521	123	1.758	147	1.918
52	0.877	76	1.231	100	1.532	124	1.766	148	1.922
53	0.892	77	1.245	101	1.543	125	1.774	149	1.927
54	0.908	78	1.259	102	1.554	126	1.782	150	1.932
55	0.923	79	1.272	103	1.565	127	1.790	151	1.936
56	0.939	80	1.286	104	1.576	128	1.798	152	1.941
57	0.964	81	1.299	105	1.587	129	1.805	153	1.945
58	0.970	82	1.312	106	1.597	130	1.813	154	1.949
59	0.985	83	1.325	107	1.608	131	1.820	155	1.953

(续)

中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长	中心角	弦长
156	1.956	161	1.973	166	1.985	171	1.994	176	1.999
157	1.960	162	1.975	167	1.987	172	1.995	177	1.999
158	1.963	163	1.978	168	1.989	173	1.996	178	2.000
159	1.966	164	1.980	169	1.991	174	1.997	179	2.000
160	1.970	165	1.983	170	1.992	175	1.998	180	2.000

注：本表为半径等于 1mm 时的数值。表中：中心角的单位为 ($^{\circ}$)；弦长的单位为 mm。

11. 怎样划圆弧连接线?

答 圆弧连接线的形式一般有以下三种：

(1) 角两边的圆弧连接

如图 2-16 所示，用已知连接半径为距离，分别作角两边的平行线，得到交点 O 。以 O 点为圆心，用已知半径为半径划弧即与角的两边相切。

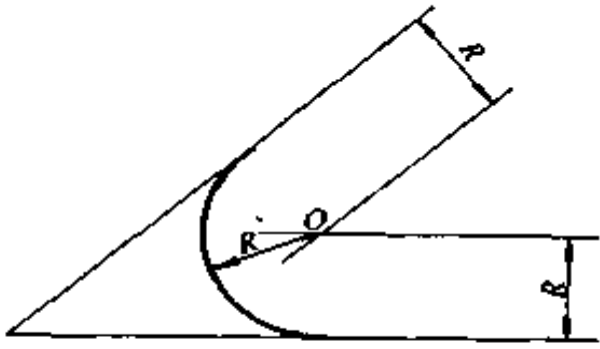


图 2-16 角两边的圆弧连接

(2) 两圆弧的圆弧连接

图 2-17a 所示为两弧与一弧外切。图中 O_1 和 O_2 的位置已定， R_1 、 R_2 和 R_3 的半径也已定，作 R_3 和 $R_1 R_2$ 外切。

分别以 O_1 、 O_2 为圆心，以 $R_1 + R_3$ 和 $R_2 + R_3$ 为半径划弧相交于一点 O_3 ，以 O_3 为圆心， R_3 为半径划弧，则这弧与 R_1 弧 R_2 弧外切。

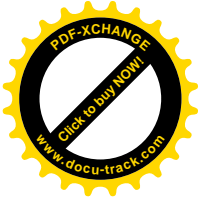


图 2-17b 所示为两弧与一弧内切。图中 O_1 和 O_2 的位置已定, R_1 、 R_2 、 R_3 的长度也已定, 作 R_3 弧和 R_1 、 R_2 弧内切。

分别以 O_1 、 O_2 为圆心, 以 $R_3 - R_1$ 和 $R_2 - R_1$ 为半径划弧相交于一点 O_3 , 以 O_3 为圆心, R_3 为半径划弧, 则此弧与 R_1 弧和 R_2 弧内切。

图 2-17c 所示为 R_3 弧和 R_1 弧内切, 和 R_2 弧外切。图中 O_1 、 O_2 位置已定, R_1 、 R_2 、 R_3 长已定, 作 R_3 弧和 R_1 弧内切和 R_2 弧外切。

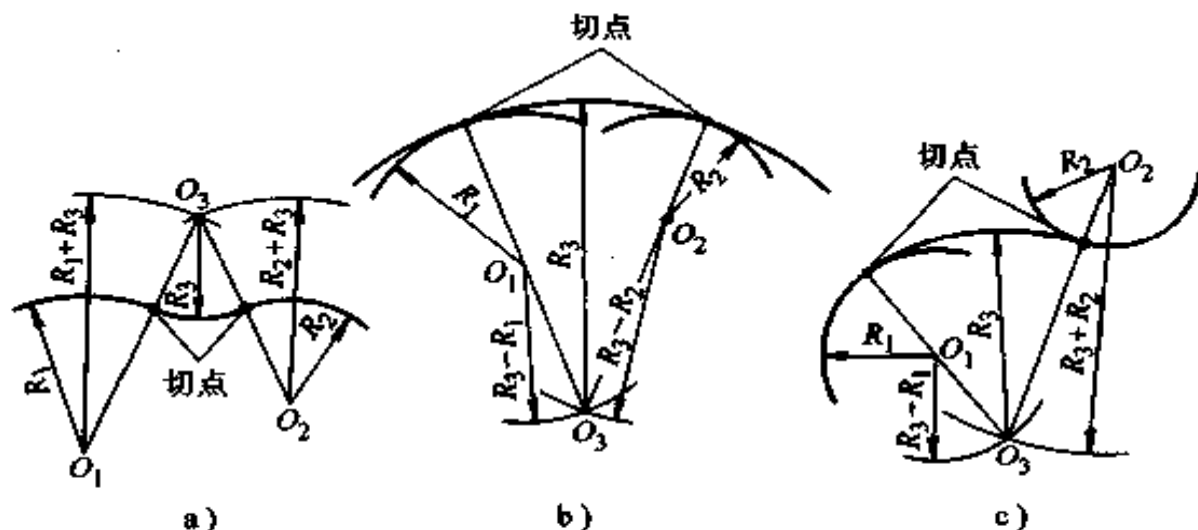
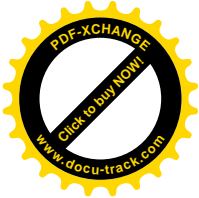


图 2-17 两圆弧的圆弧连接

- a) 与两已知弧外切 b) 与两已知弧内切
c) 与一已知弧外切—已知弧内切

分别以 O_1 、 O_2 为圆心, 以 $R_3 - R_1$ 和 $R_3 + R_2$ 为半径划弧相交于一点 O_3 , 以 O_3 为圆心, R_3 为半径划弧, 即和 R_1 弧内切, 和 R_2 弧外切。

(3) 一直线、一圆弧的圆弧连接 如图 2-18 所示, 直



线的位置的弧中心 O 的位置已定, 半径 R 和 R_1 的长度已定, 作 R_1 弧与 R 弧和直线相切。

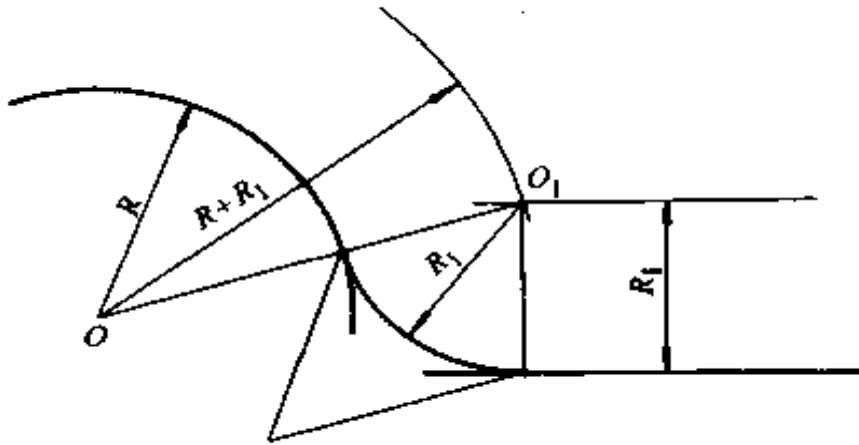


图 2-18 一直线、一圆弧的圆弧连接

以 R_1 为距离作已知直线的平行线, 以 O 为圆心, $R + R_1$ 为半径划弧得到交点 O_1 。以 O_1 为圆心, R_1 为半径划弧, 即得和 R 弧和直线相切的弧。

12. 怎样在圆周上划任意等分线?

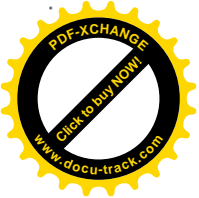
答 在圆周上划等分线有两种方法:

(1) 几何作图法等分圆周

1) 三等分 (图 2-19a), 先作直径 AB , 在 A 点以 r 为半径作两圆弧与圆周交于 C 、 D 两点, 则 B 、 C 、 D 就是圆周上的三等分点。

2) 四等分 (图 2-19b), 先作直径 AB , 然后分别在 A 、 B 点以大于圆半径 r 的任意半径作圆弧, 连接圆弧交点 C 、 D , 与圆交于 E 、 F 点, 则 A 、 B 、 E 、 F 就是圆周上的四等分点。

3) 五等分 (图 2-19c), 先按上面所说的四等分法作出



互相垂直的两直径 AB 与 CD 。在 B 点以圆半径 r 为半径作圆弧与圆交于 K 、 L 两点。连 KL ， KL 与 AB 交点为 E 。以 E 为中心，以 CE 为半径作圆弧与直径 AB 交于 F 点。再以 C 点为中心，以 CF 为半径，作圆弧与圆交于 G 点。以 CG 弦长依次在圆上划等分点得 H 、 J 、 I 。则 C 、 G 、 I 、 J 、 H 就是圆周上的五等分点。

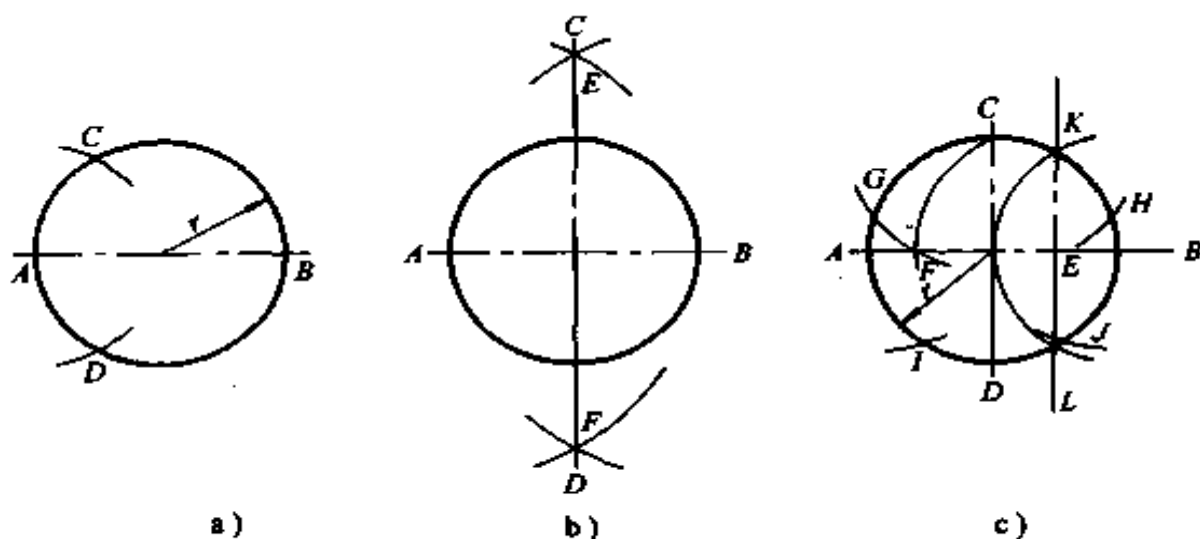


图 2-19 等分圆周的几何作图法 (一)

a) 三等分 b) 四等分 c) 五等分

4) 六等分 (图 2-20a)，先作直径 AB ，分别以 A 、 B 点为中心，以圆半径 r 为半径，作弧与圆相交于 C 、 D 、 E 、 F 点。则 A 、 D 、 F 、 B 、 E 、 C 就是圆周上的六等分点。

5) 任意等分 (图 2-20b)，先作直径 AB 。分别在 A 、 B 点以 AB 为半径作圆弧，两圆弧相交于 C 、 D 点。再根据所需等分数在直径上分段 (图中是把圆九等分，则把直径等分九段)。自 C 、 D 点与 AB 线上的奇数或偶数分段点 (图中连 2、4、6、8 点) 相连，并延长与圆周相交，则交点 I 、 J 、 K 、 L 、 H 、 G 、 F 、 E 、 A 就是圆周上的等分点。

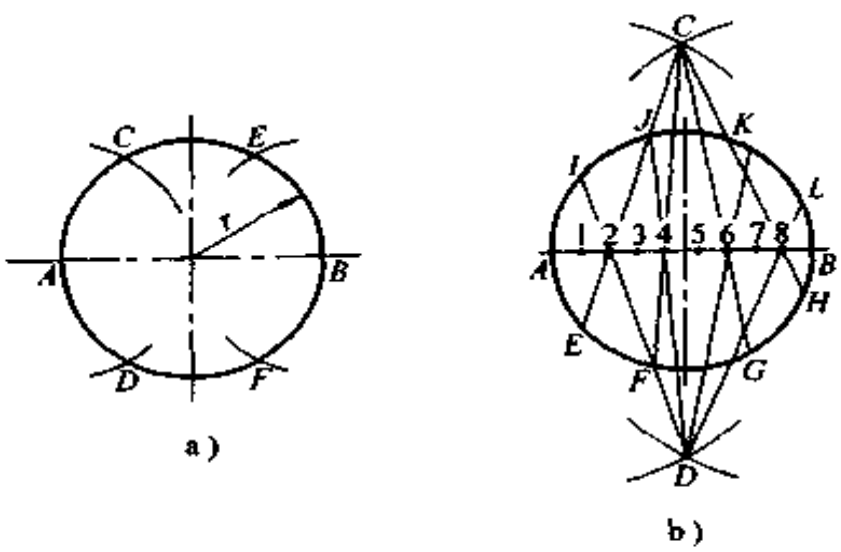


图 2-20 等分圆周的几何作图法 (二)
a) 六等分 b) 任意等分

(2) 查表求弦长等分圆周，求弦长公式为：

$$S = K \cdot r$$

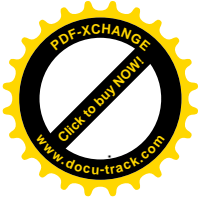
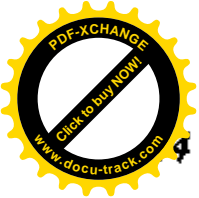
- 式中 S ——弦长 (mm)；
 K ——弦长因数，(查表 2-2 可得)；
 r ——圆的半径 (mm)。

表 2-2 等分圆周弦长因数 (K) 表

等分数	因数	等分数	因数	等分数	因数	等分数	因数
1	0.0000	9	0.6840	17	0.3676	25	0.2507
2	2.0000	10	0.6180	18	0.3473	26	0.2411
3	1.7321	11	0.5635	19	0.3292	27	0.2321
4	1.4142	12	0.5176	20	0.3129	28	0.2239
5	1.1756	13	0.4786	21	0.2980	29	0.2162
6	1.0000	14	0.4450	22	0.2845	30	0.2091
7	0.8678	15	0.4158	23	0.2723	31	0.2023
8	0.7654	16	0.3902	24	0.2611	32	0.1961

(续)

等分数	因数	等分数	因数	等分数	因数	等分数	因数
33	0.1901	60	0.1047	87	0.0722	114	0.0551
34	0.1846	61	0.1030	88	0.0714	115	0.0546
35	0.1793	62	0.1013	89	0.0706	116	0.0541
36	0.1743	63	0.0997	90	0.0698	117	0.0537
37	0.1697	64	0.0981	91	0.0690	118	0.0532
38	0.1652	65	0.0966	92	0.0683	119	0.0528
39	0.1609	66	0.0952	93	0.0676	120	0.0524
40	0.1569	67	0.0937	94	0.0668	121	0.0519
41	0.1531	68	0.0923	95	0.0661	122	0.0515
42	0.1495	69	0.0910	96	0.0654	123	0.0511
43	0.1460	70	0.0897	97	0.0648	124	0.0506
44	0.1427	71	0.0885	98	0.0641	125	0.0503
45	0.1395	72	0.0872	99	0.0635	126	0.0498
46	0.1365	73	0.0860	100	0.0628	127	0.0496
47	0.1335	74	0.0849	101	0.0621	128	0.0491
48	0.1308	75	0.0836	102	0.0616	129	0.0487
49	0.1281	76	0.0826	103	0.0611	130	0.0485
50	0.1255	77	0.0816	104	0.0604	131	0.0480
51	0.1232	78	0.0806	105	0.0599	132	0.0476
52	0.1207	79	0.0795	106	0.0592	133	0.0472
53	0.1185	80	0.0785	107	0.0587	134	0.0469
54	0.1163	81	0.0776	108	0.0582	135	0.0465
55	0.1142	82	0.0766	109	0.0576	136	0.0462
56	0.1122	83	0.0757	110	0.0571	137	0.0458
57	0.1102	84	0.0748	111	0.0566	138	0.0456
58	0.1083	85	0.0739	112	0.0561	139	0.0451
59	0.1064	86	0.0730	113	0.0556	140	0.0449



(续)

等分数	因数	等分数	因数	等分数	因数	等分数	因数
141	0.0445	151	0.0416	161	0.0390	171	0.0367
142	0.0443	152	0.0413	162	0.0388	172	0.0365
143	0.0439	153	0.0411	163	0.0385	173	0.0363
144	0.0436	154	0.0408	164	0.0383	174	0.0361
145	0.0433	155	0.0405	165	0.0381	175	0.0359
146	0.0430	156	0.0402	166	0.0378	176	0.0357
147	0.0427	157	0.0400	167	0.0376	177	0.0355
148	0.0424	158	0.0399	168	0.0374	178	0.0353
149	0.0422	159	0.0395	169	0.0372	179	0.0351
150	0.0419	160	0.0393	170	0.0369	180	0.0349

求出弦长 S 后, 用圆规将这段弦长划在圆周上就得出圆上各等分点。

例: 在 $\phi 120\text{mm}$ 的圆上作 11 等分。

解: 查表 2-2, 11 等分的因数 $K = 0.5635$

$$\begin{aligned}
 \text{弦长 } S &= K \times r \\
 &= 0.5636 \times 60\text{mm} \\
 &= 33.81\text{mm}
 \end{aligned}$$

用圆规在钢板尺上量得这一距离, 在所划圆周上依次划出这段距离, 就可把圆周分成 11 等分 (图 2-21)。

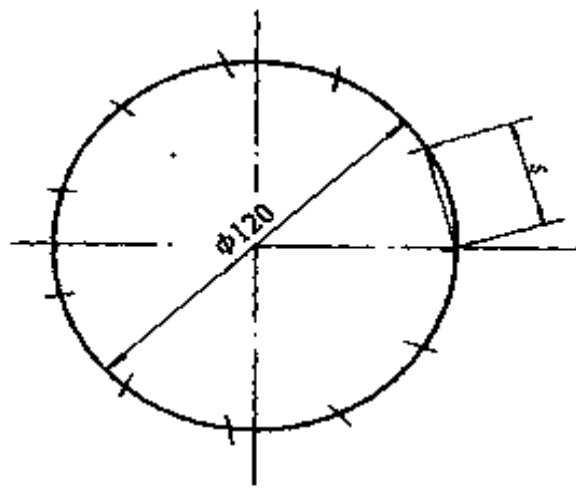
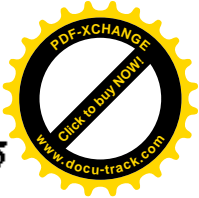


图 2-21 查表求弦长等分圆周



13. 怎样用分度头划线?

答 用分度头一般是在轴类、套类、盘类零件上划十字线、角度线、等分线。一般划角度线时, 直接看刻度盘和游标的读数而不再记分度手柄的转数和分度盘上的孔数。分度头中心高是一定的, 利用分度头划线时, 将高度游标尺调整到与分度头中心高一样, 则在工件上划出的就是直径线, 如图 2-22 中的 AB 。要划与 AB 垂直的直径线时, 先看好划 AB 线时刻度盘的读数 θ 角, 然后摇动手柄, 使三爪卡盘转动 90° , 即转到刻度盘读数为 $\theta + 90^\circ$ 或 $\theta - 90^\circ$ (看顺转还是倒转而定), 这时用原高度游标尺就能划出 CD 线。如要划出与 AB 线夹 α 角的径向线, 则只需摇动手柄将三爪卡盘转过 α 角, 即刻度盘读数为 $\theta - \alpha$, 以原高度游标尺划线即得与 AB 线夹 α 角 OE 线。如要划出离中心 O 为 L 的 F 点, 只需将高度游标尺调整到 $H + L$ 划线就可。如需在 OE 线上划出离中心 O 为 M 的 G 点, 只需转动三爪卡盘使 DE 线垂直 (即刻度盘上读数为 $[\theta - \alpha - 90^\circ]$ 或 $[\theta - \alpha + 90^\circ]$, 将高度游标尺调整到 $H + M$ 或 $H - M$ (看把 E 点转到 O 点之上还是 O 点之下而定), 划线即可。

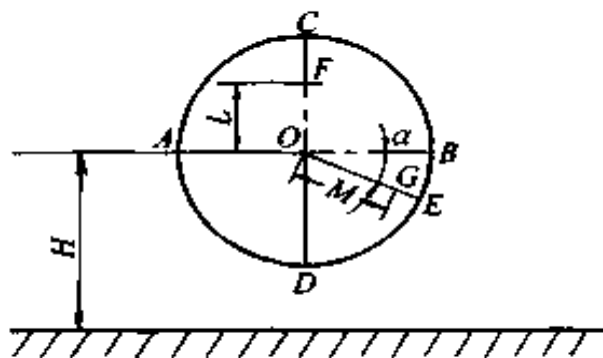


图 2-22 利用分度头划线示意

14. 位置精确度要求较高的孔是怎样划线的?

答 对于位置精确度要求较高的孔, 在圆孔线划好后,

在圆与十字中心线的交点上应打 4 个样冲眼（如孔较大应打 8 个样冲眼，另 4 个在与十字中心线成 45° 角的方向），有时为便于检查，再划一个比所钻孔直径大的检查圆（图 2-23），检查圆上不打样冲眼，以免与加工界限圆搞错。

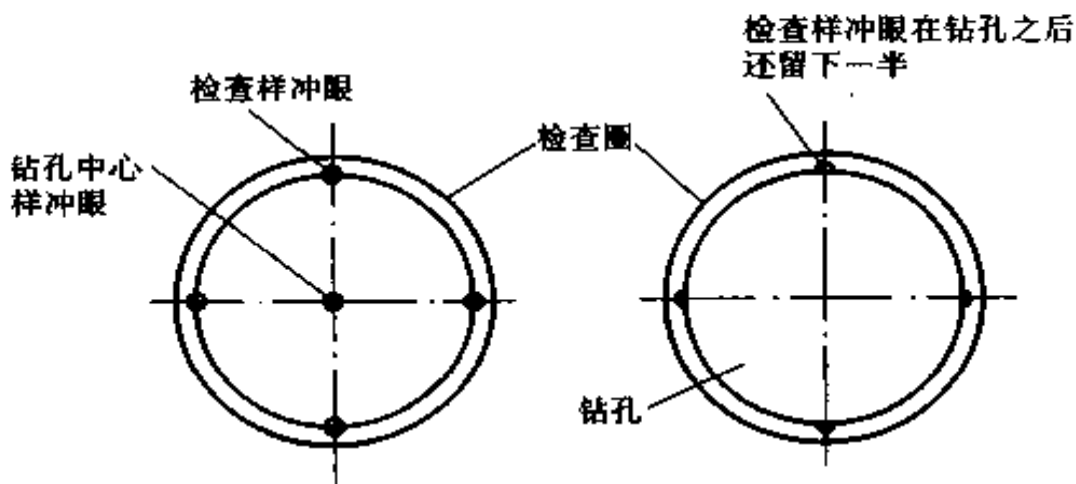


图 2-23 孔的划线、打样冲眼方法（一）

钻大孔时，可以在孔里面多划几个同心圆（图 2-24a），

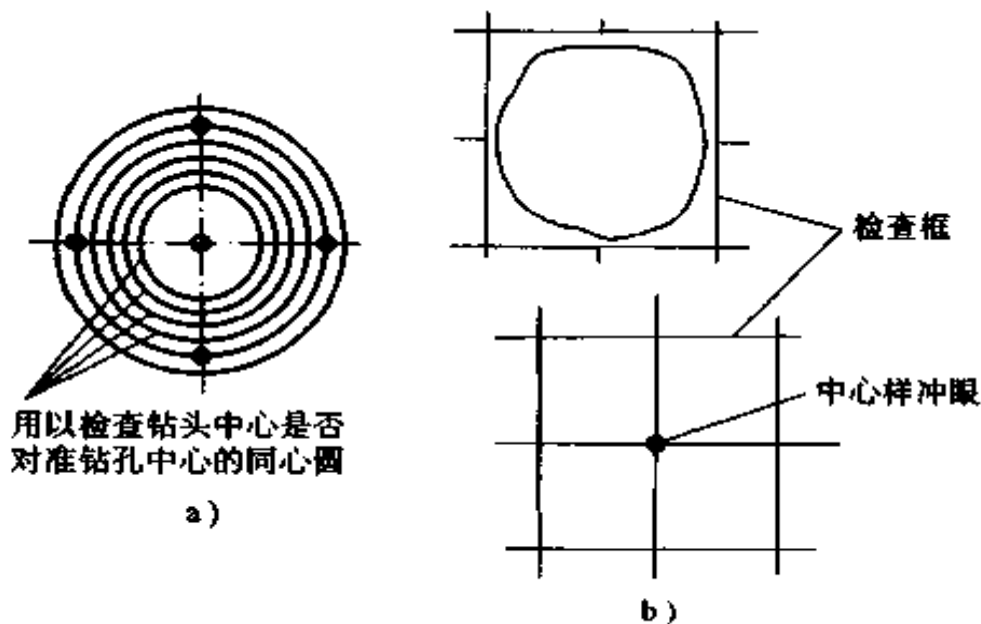
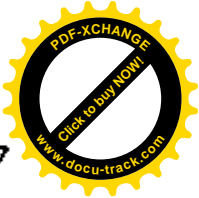


图 2-24 孔的划线、打样冲眼方法（二）



以便开始钻孔时，检查钻头中心是否对准孔中心，但是这些圆上也不打样冲眼，以免看错。

划已铸出或已锻出的毛坯孔位置时，为了省去装中心塞块，就按孔的直径划出方框，见图 2-24b，而省去划圆周线。如用高度游标卡尺划线时，用此法又方便又精确。有时为了要求划线精确，对无毛坯孔的工件也用此法划线。

15. 怎样打样冲眼？打样冲眼时应注意哪些问题？

答 打样冲眼时，应将样冲斜着放上去，冲尖对准线，手要放稳，然后将样冲扶直用锤子锤击。如果手放得不稳，样冲就不稳，扶直时冲尖会滑动，就打不准。打样冲一般用 0.25kg 或半磅的锤子。在直线上，样冲眼宜打得稀些，在曲线上宜打得密些，线条交点上也要打样冲眼。在加工界限上样冲眼宜打大些，以备加工后检查时能看清所剩样冲眼的痕迹（准确按划线加工时，加工后应留下半个样冲眼）。在中心线、辅助线（用于检查划线是否正确和加工时校正工件位置的线）上打样冲眼宜打得小些，以区别于加工界限线。圆中心处样冲眼在圆划好后最好再打大些，以便将来钻孔时便于对准钻头。如一开始就把圆心处的样冲眼打得很大，划圆时圆规中心定不稳，划出的圆不理想。

16. 样冲眼打歪后怎样进行纠正？

答 样冲眼打歪了（图 2-25a），可先将样冲斜放着向正确的位置的方向轻轻敲打（图 2-25b），当样冲眼的位置正到已对准划好的线之后，把样冲竖直了再打一下，眼就正了。

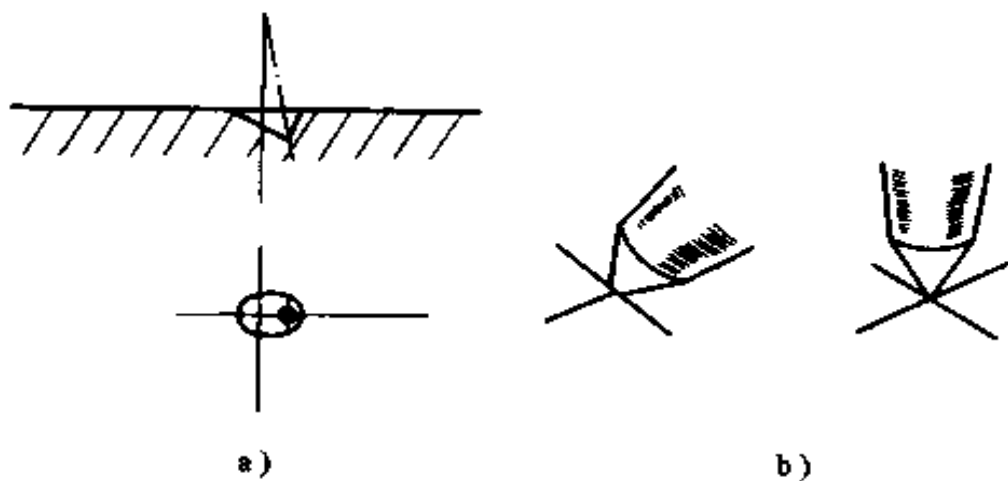
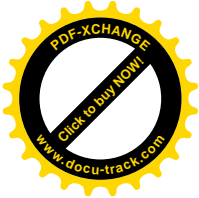


图 2-25 纠正打歪的样冲眼

a) 打歪的样冲眼 b) 纠正



第三章 仿划线、配划线及样板划线

1. 在哪种情况下可采用仿划线的方法？

答 在机修工作中，经常遇到因为大量磨损或中途损坏而又急需掉换的工件，在这种情况下，为了争取时间，往往不再画测绘图样，而直接用原来已不能使用的工件上的实际尺寸，在新的工件毛坯（光坯）上采用仿划线的方法来进行划线。

2. 仿划线时仿划的依据是什么？仿划线时应注意什么？

答 仿划线时仿划的依据就是已损坏或已磨损的原件，而不再找原设计图样或再画测绘图样等。

采用仿划线时，应注意磨损较多的部位，考虑磨损的补偿量。

3. 仿划线的一般步骤有哪些？

答 如图 3-1 所示，以仿制轴承座为例，介绍一般仿划线的划线步骤。

1) 先将已损坏的轴承座样件用楔铁或千斤顶支承好，放置在划线平台上。

2) 用划线盘对样件进行校正，使样件各待加工面与划线平台面平行。

3) 将待加工毛坯件同样用楔铁或千斤顶支承好，放置

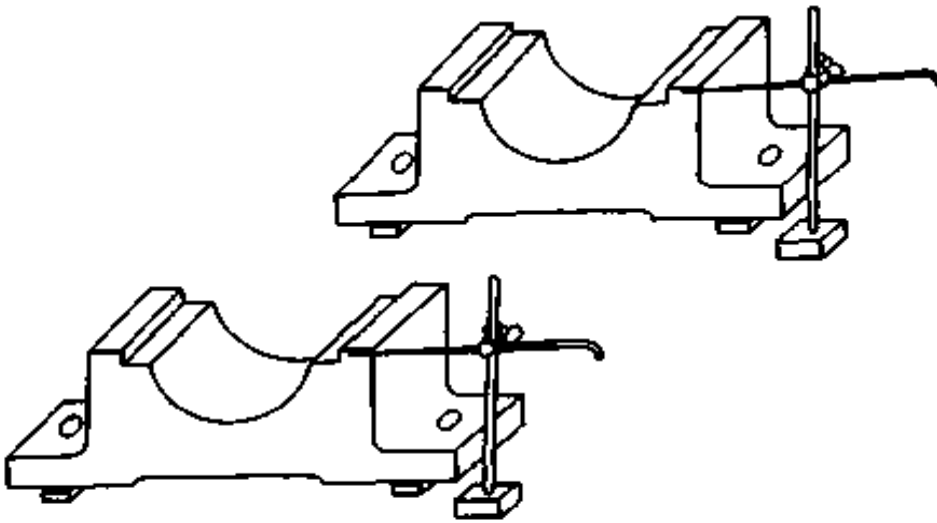


图 3-1 轴承座工件的仿划线

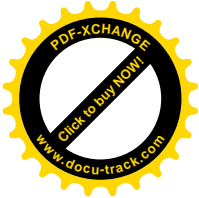
在同一块划线平台上。

4) 用划线盘对毛坯件进行校正, 使毛坯件的各待加工面与平台平面基本平行, 并使毛坯件待加工面相对样件加工面的位置来说, 加工余量分布均匀。

5) 用划线盘的划针直接在样件上量取尺寸后, 在毛坯件的相应面上划出加工线, 逐一量取逐一划出, 直至全部尺寸划完。

4. 采用仿划线有哪些利弊?

答 在维修工作中, 急需做配件时采用仿划线的方法, 省去了查找原始设计资料或画测绘图样的过程, 简化了工艺, 是应急的有力措施, 但由于是照旧件仿划, 补偿磨损量时采用的是经验估算, 尺寸不十分精确, 使用中可能会影响到与之配套的其他部件。因此, 该方法在精密设备和关键部位的配件时慎用。



5. 在哪种情况下可采用配划线?

答 在装配或者生产小批量的工件时,常常采用配划线的方法。如法兰盘的装配;机箱盖观察板的安装;门盖的安装孔;电动机的底座安装孔;变速箱上手柄等工件上的螺钉孔等等。在加工时,都可采用配划线的方法,将尺寸、位置配划在装配的主件上。

6. 配划线一般有哪几种方法?

答 配划线一般常用的有以下三种方法:用工件直接配划线,纸片拓印配划线,印迹配划线。

7. 采用配划线有哪些利弊?

答 产品生产中采用配划线工艺,可使互配工件的形位公差保持一致,在进行装配时可以顺利装配。在生产单件或者小批量的工件时也可保证小批量内规格尺寸保持一致,装配效果较好。但是在批量划线时,如果使用的配划样板如有尺寸误差则容易造成互配工件有配合误差,形成对号入座,使配件失去了互换性和通用性,影响装配工序。

8. 怎样用工件直接配划线?

答 用工件直接配划线进行装配,如图 3-2 是将箱盖上的螺钉孔直接配划到箱体上的示意图。配划前,先在箱体需要配划的部位涂好显示剂(一般可用紫色粉漆片酒精或石灰水、大白粉等水胶混合液)。安上箱盖时,要用目测或手感使箱盖与箱体安装周正,四周齐平。配划时,采用细而尖的划针尖紧靠孔壁的底部边缘进行,保证配划出的圆线位置正

确，不成多角形，这种划法，我们称之为“围划”。对一些小而深的螺钉孔，围划一圈往往不易划出正确的孔位，必须多划几圈，待去掉箱盖后，则以重复的圆圈来确定孔位，并冲上样冲孔，作为钻孔时的依据。当配划的工件质量较轻时，比较容易“走动”，往往影响到配划的准确性，所以，划线时一定要用手紧压工件。当配划件要求较高时，可先配划出1~2孔，再钻孔、攻螺纹，用螺钉紧固后，再配划或配钻其余的孔。

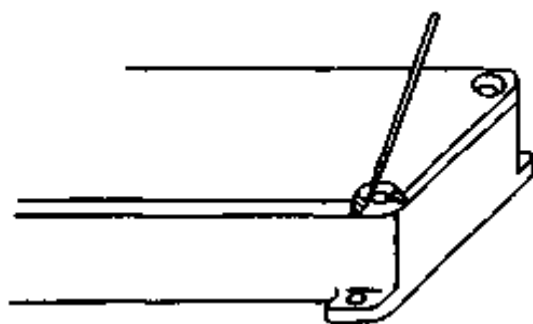


图 3-2 箱盖工件配划线

图 3-3 所示为 C630 车床进给箱上的罗通手柄。罗通手柄在进给箱上的 11 个定位孔，必须进行配划线，然后根据划出的位置线，采用钻、铰的方法进行加工。

划线前，在啮合齿轮间垫上薄纸片，使保持一定的间隙，然后移动罗通手柄，使进给箱内的齿轮位置得到正确配

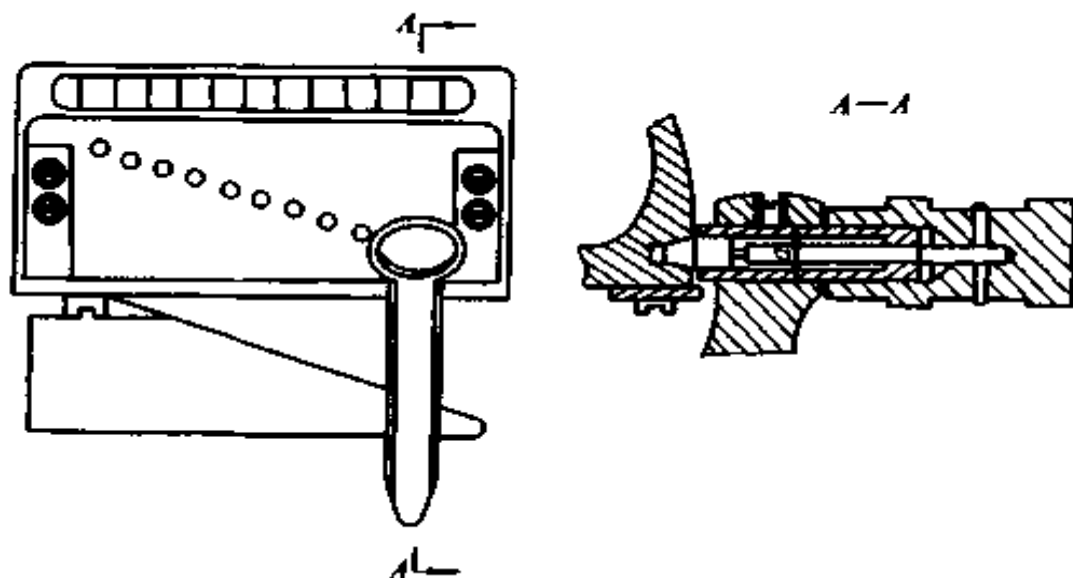
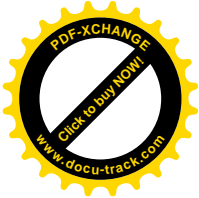


图 3-3 C630 车床罗通手柄划定位孔



合，这时，将预制的外径与 α 孔精确滑配的划针杆插入 α 孔，并用手转动划针杆，即可在进给箱相应位置上划出定位孔。其余各孔亦按此法依此划出。

9. 怎样用纸片拓印配划线？

答 有些工件需要将不通的螺纹孔反拓到配划的工件上，或者由于配划的工件装拆不方便，可采用纸片拓印的办法来划线。

先将所用的纸片用不干胶或胶带或黄油粘贴在工件上，然后用圆头木锤或紫铜棒沿着孔口边缘轻轻击穿，接着再将击穿的纸片轻轻揭下，用黄油粘贴在配划的工件上，按照纸片上的孔来确定配划工件上孔的位置。采用这种方法配划线时，应选用强度好，薄而耐油的描图纸，粘贴要牢固，轻击时要防止纸片移动；凡是有装配基准的部位，纸片的拓印与配划时的定位就要以装配基准的部位为依据，以减少划线误差。

如三爪自定心卡盘的螺纹孔需配划到法兰盘上，就需先将一张描图纸裁剪成三爪自定心卡盘的外圆那么大小的一个圆形，用黄油粘到三爪自定心卡盘的底面上，中心沿照三爪自定心卡盘的凹圆边缘用圆头木锤敲击断开，使之成为一个圆环，然后再用木锤将圆周上的螺孔逐个击穿，这样就成为一件纸片样板。将这个纸片样板再用黄油粘贴到法兰盘上，使圆环中心圆孔正好套在法兰凸台上，这时就可用划针来配划孔的位置了。

用纸片拓印的方法生产效率低，精确度也较差。但在特殊情况下，也不失为一个解决问题的好方法。生产中，特别是在维修工作中，可以使用。



10. 怎样用印迹配划线?

答 在划线工作中如果遇到样件孔深度过深或样件孔与配划孔安装时中间相隔距离很大时,无法采用其他方法划线,可采用印迹配划法。具体方法是,用一件壁厚在 2mm 以上的空心套,外径尺寸可比样件孔小到 0.15 ~ 0.25mm,在空心套的一个端边涂上印油或酚醛油漆等不易快干的显示剂,穿进样孔内往要配孔的工件上留下印迹,根据印迹配划线钻孔。

如图 3-4 所示,是用印迹配划线法将电动机支座孔配划到电动机底板上的示意图。由于电动机支座孔底部与电动机底板相隔一段距离,如用划针围划,容易产生较大误差,在这种情况下,应采用印迹配划线法。具体的作法是:将电动机位置确定后,用一根端面与轴线垂直,外径比电动机支座孔小 0.15 ~ 0.25mm 的空心套,在其端部涂上油漆,油漆要涂得薄而均匀,然后将空心套插入电动机的支座孔内,来回转动空心套,使在电动机底板上显示出钻孔位置的印迹,而后搬开电动机,按印迹位置仔细划好线,冲上样冲眼,即可开始钻孔。

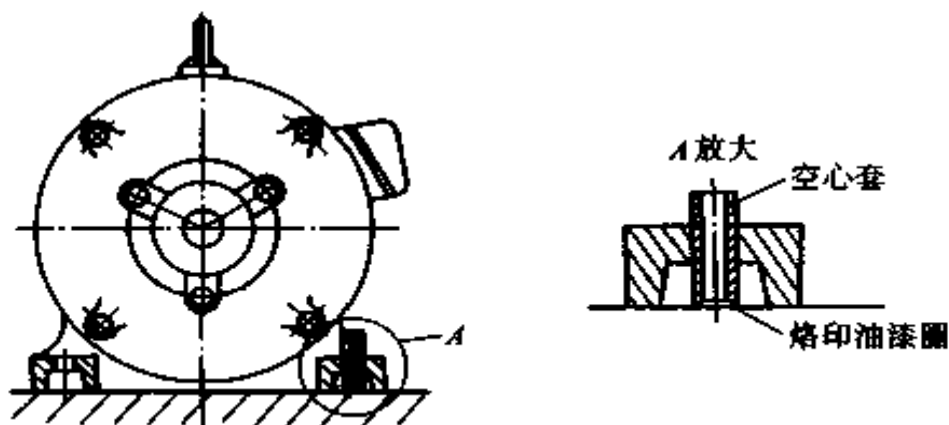
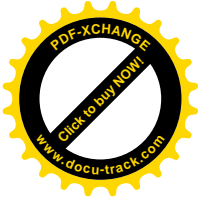


图 3-4 电动机支座印迹配划线



11. 在哪种情况下可采用样板划线?

答 在划线时,对一些无法用常规划线工具来划线的形状复杂、加工面多的工件,如凸轮、大型齿轮等,一般采用划线样板来划线。一般的钣金划线,如钣金工做烟筒弯头、铁皮三通等也都要做成划线样板,下料时直接用样板在铁皮上划线。

12. 样板划线的作用有哪些?

答 样板划线的作用有三点:

1) 提高划线工效,减轻划线工人本身的劳动强度。如图 3-5 所示是转动滑块工作图,要求划坯件线。划线时先将工件的 F 面朝下,吊上平台,用划线盘划完水平方向各线后,可制作一个如图 3-6 所示的样板。划线时把它放在 E 面上,使样板的 B 边、 C 边和 $R50$ 的边各自对好工件的 B 面、 C 面和 $R50$ 圆弧面,然后按样板的 A 、 D 边检查工件的 A 、 D 面加工余量。调整合适后,压着样板,沿着样板的 A 边和 D 边在工件的 E 面上划线,用 90° 角尺分别放在 A 面的两头,靠好样板的 A 边,在外圆周面上划线。这样 A 面的

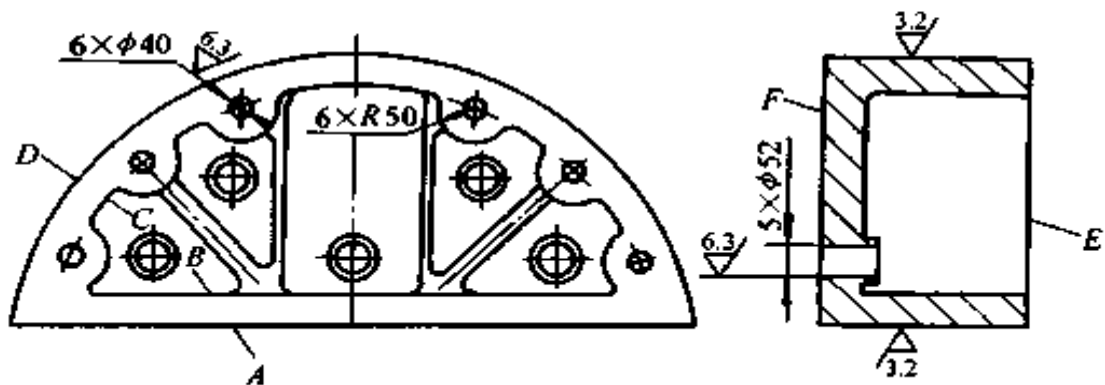


图 3-5 转动滑块工作图

加工线就在它的上、左、右三个不同的相邻面划出，接着划出证明线。因为这三方面的线已够机床找正、加工使用。所以朝下的 F 面线就可不划了。这样转动滑块坯件线就划完了。

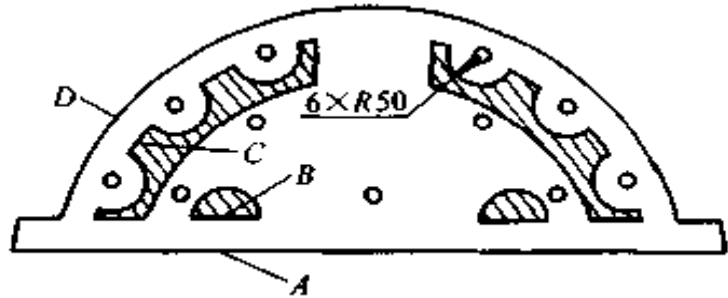


图 3-6 转动滑块滑线样板

有可能工件的 E 面不平整，沿样板的 D 边划圆弧线时，允许断续划出。

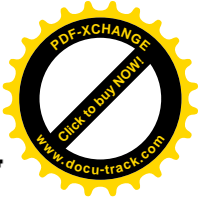
当转动滑块的各面都加工完以后，要划 6 个 $\phi 40\text{mm}$ 钻孔和 5 个 $\phi 52\text{mm}$ 钻孔时，仍可采用图 3-6 所示的样板。样板放在 E 面上，使它的 A 、 D 边严格对好工件的 A 、 D 面，用 C 形夹头或小手钳紧紧压住样板，按样板的 6 个小圆孔往转动滑块上打样冲眼，然后取下样板，按样冲眼划钻孔圆线（样板上的小圆孔直径为 $1 \sim 1.5\text{mm}$ ，用样冲小心对准、打眼）。

2) 解决划线工作中的难题。在划线工作中，常遇到一些工件，形状复杂，划线内容多，使用一般划线方法很费事，甚至无法划出，使用样板能使这样的难题简单化。

3) 保证划线质量：用一般方法划大批量的工件，由于多次重复划线，数量太多，不便校对，所以容易出现差错。如采用样板划线，只要在样板上划一次线并进行仔细检查、校对，就可使产生差错的可能性变得很小了。

13. 做划线样板一般用什么材料？

答 做划线样板的材料视工件批量的大小而定。批量较小时，可采用厚 0.5mm 左右的铜皮或铁皮，批量较大时，



则采用厚 1 ~ 2.5mm 的钢板。

14. 制作样板要注意哪些问题？

答 制作样板时要考虑以下几个问题：

1) 线要划得准，剪切加工得准。要求精度高的样板，在划线时，要同时划出两套线，做出两套同样的样板，一套作样板用，另一套作检查、校对样板用。因为生产中划线用的样板在长时间的使用中产生磨损，影响了划线的准确性。

2) 在一个样板上，要尽量充分表现出零件的全部外形，以及所需要用的各种基准线或辅助线，同时要使用方便。如图 3-6 所示的转动滑块划线样板就基本达到了这一要求。

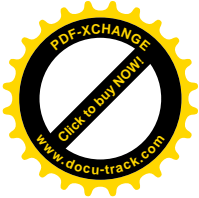
3) 尽量扩大样板的通用性，使它同时可兼顾两道工序以上的划线功能，如图 3-6 所示的转动滑块样板，划坯件时和划钻孔线时都能用。

4) 为保证样板作成以后，不变形，不走样，尽可能只用一块铁皮作成，而且在剪切、加工时，尽量保持铁皮的完整性。如图 3-6 所示的转动滑块样板，只在样板中间掏了几个洞，样板依然是一块完整的铁皮。但在做一些大型样板时，很可能要采用两块或更多的铁皮作成，这时就要注意用角钢或木板固定好样板间的互相位置。如使用铁皮的件数较多而无法固定时，就要使每相邻的两块样板有两处互相定位的基准边。

15. 使用样板和保存样板要注意哪些问题？

答 使用样板或不用样板时保存样板要注意以下几点：

1) 使用样板前要将零件表面清理干净，使样板能平坦的贴在零件表面上。



- 2) 用完后，要放在专用地点，以免损坏。
- 3) 长期使用的样板，要经常检查、修整、保持样板的准确性。

16. 怎样用单块样板划线?

答 单块样板划线一般适用于虽然形状简单，但形状不规则，又有一定批量，不易采用一般方法划线的产品。

1) 如图 3-7 所示的凸轮工件，因生产批量较大，计划采用样板划线（样板的构造见图 3-8）。制作样板时，样板上

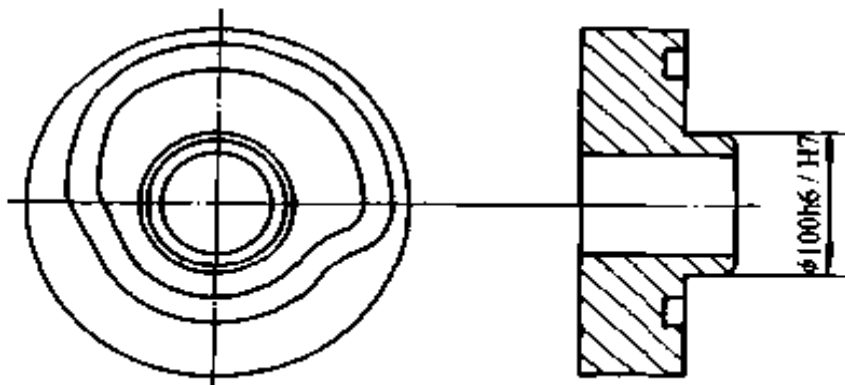


图 3-7 凸轮

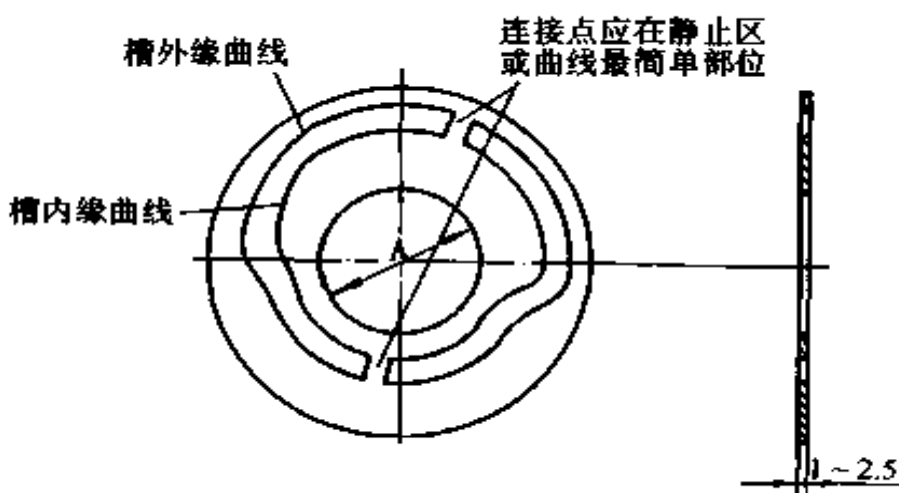
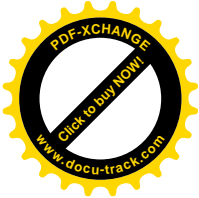


图 3-8 凸轮划线样板



的孔 A 必须与轴套外径 $\phi 100\text{mm}$ 为配合定位，槽内外缘曲线的连接点要留在推杆运动的静止区域曲线最简单的部位；划出中心十字线。划线时，将样板上的 A 孔装配在轴套上，对准工件上的中心十字线，即可用划针围划。

2) 如图 3-9 所示为大型齿轮工件的一部分，由于大型齿轮齿数较多，齿形曲线划起来又比较复杂。在生产实践中，往往采用样板划线。它主要是在工件经过车加工以后，以坯件外径和齿数等分线为基准，划出齿形的刨加工线。

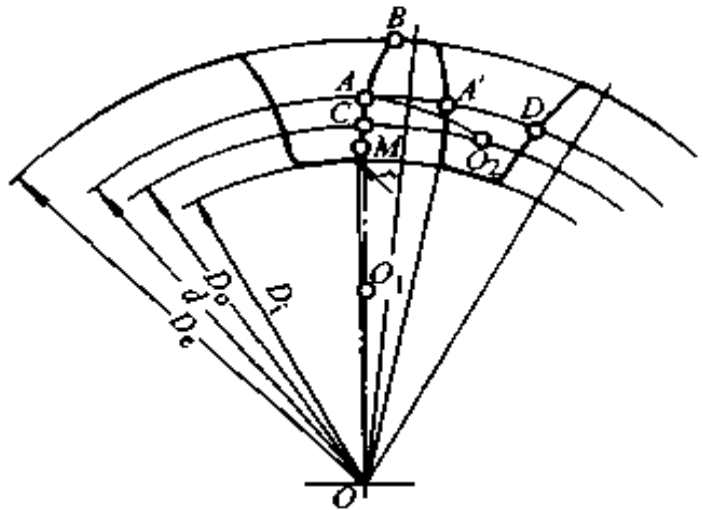


图 3-9 大型齿轮工件（局部）
和划线样板的划线

大型齿轮工件的划线样板制作时，可采用一段圆弧代替渐开线齿形的近似划法。这种划法比较简单，适用于一般精度齿轮的齿形划线。划线样板的划线过程如下（参看图 3-9）。

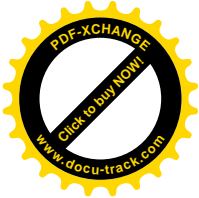
根据齿轮加工图样给定的参数，模数 m 、齿数 z 、压力角 α ，按下列公式求出节径 d 、外径 D_c 、根径 D_i 和基圆直径 D_0 。

$$\text{节圆直径 } d = z \cdot m$$

$$\text{外径 } D_c = (z + 2) \cdot m$$

$$\text{根径 } D_i = (z - 2.5) \cdot m$$

$$\text{基圆直径 } D_0 = d \cdot \cos \alpha$$



当压力角 $\alpha = 20^\circ$ 时, $D_0 = d \cdot \cos 20^\circ = 0.94d$

当压力角 $\alpha = 15^\circ$ 时, $D_0 = d \cdot \cos 15^\circ = 0.96d$

以 O 为圆心, 分别划出节圆直径、外径、根径和基圆直径。在节圆直径圆周上按齿数截取等分点 A 、 D (或近似周节 $t = \pi \cdot m$ 为弦长来截取)。以等分点为起点截取 $AA' = \frac{19}{40}t$ 、 $A'D = \frac{21}{40}t$ 。并以 AA' 中点 D' 作 OD' 线段, 对分齿形。

找出 OA 的中点 O_1 , 以 O_1 为圆心, O_1A 为半径作圆弧, 交基圆于 O_2 点。以 O_2 为圆心, O_2A 为半径作圆弧 \widehat{CB} , 即为基圆到外径之间的齿形曲线。

连接 CD , 则 CM 线段为齿形直线部分。

以 $r = 0.2m$ 为半径, 作根径处圆角。

按照上述齿形近似划法, 当基圆直径小于根径, 没有 CM 直线部分时, 则以基圆直径上 O_2 点为圆心所作的弧线直接与根径相交, 并在根径处划出圆角即可。

另一面齿形曲线可用同样方法作出。

然后在 OD' 线和齿形曲线上均匀正确地冲上样孔, 经加工后即成大型齿轮齿形划线样板。划线时, 将样板上的齿顶对准坯件上的外径, OD' 线对准坯件上预先划好的等分线, 即可依次划出齿形的刨加工线。(齿形划线详见第六章的齿轮划线部分)。

17. 怎样用组合样板划线?

答 组合样板划线与单块样板划线原理基本相同, 所不同的是: 组合样板的结构是组合式的, 可以一次划出几个面的加工线。图 3-10 所示为插床摇柄工件采用组合样板划线

的示意图。当工件上 B 、 C 、 D 、 E 四个平面经过刨加工后，需要划工件上 1~6 的钻孔线。划线时，工件 C 面置于平台面上，将定位块装入工件滑槽 E 中，靠滑槽两侧面定位，组合样板则由两个定位销与定位块固定，即可用划针围划 1~6 孔的加工线。

对于位置要求不高的螺孔和油孔（如图中 2~6 孔），也可将组合样板上的样孔，改为 60° 的小锥孔，直接用样冲把孔中心冲在工件上，这样可以减少围划的工时。

组合样板制作时的划线，可按一般划线方法划出。

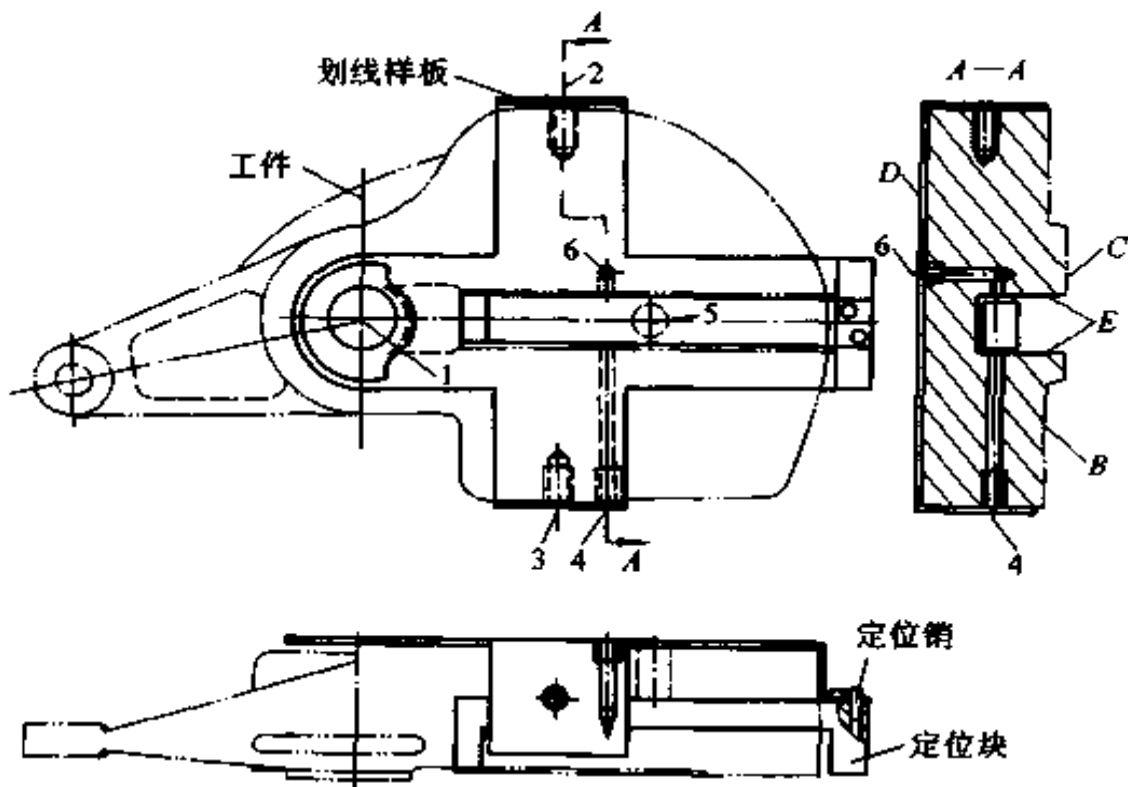
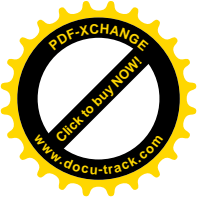


图 3-10 摇柄工件组合划线样板



第四章 圆形工件的划线

1. 怎样用定中心十字尺划轴中心线？

答 定中心十字尺的直尺工作面 K 垂直平分两只定位脚的连线，对大于两定位脚距离的轴和孔，只要将两定位脚贴紧圆柱表面或孔的内壁（图 4-1），即可划出中心线。再转动中心十字尺，用直角测量，使之转过 90° ，即可划出中心十字线，轴两端端面上中心十字线的连线，即为轴中心线。使用定中心十字尺划中心十字线是比较方便快捷的一种方法。

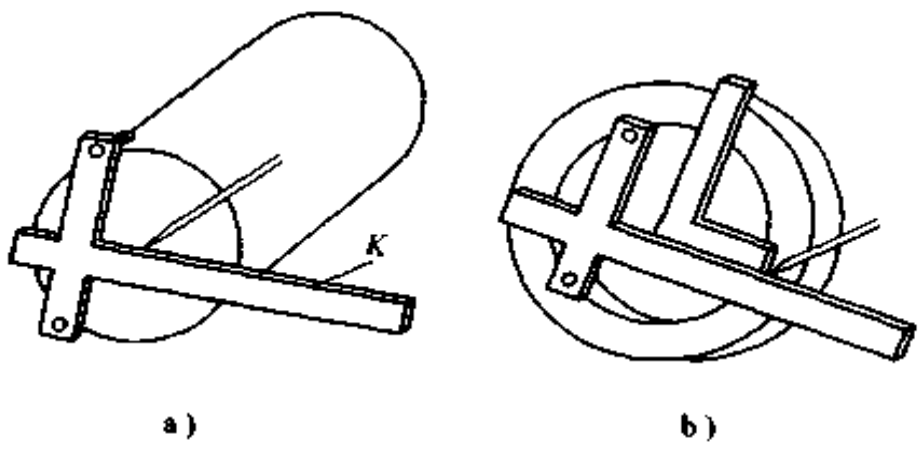


图 4-1 定中心十字尺划轴、孔中心线
a) 划轴中心 b) 划孔中心

2. 怎样用 V 形块划轴中心线？

答 使用 V 形块划轴中心线的原理如图 4-2 所示。在

$\triangle OBA$ 中,

$$AO = \frac{BO}{\sin(60^\circ/2)} = \frac{R}{\sin 30^\circ} = 2R$$

当 V 形块转动 60° 后, 圆心 O 移到 O' 位置, 所以 $AO' - BO = 2R - R = R$ 。根据上述原理, 便可确定如图 4-3 所示的划线步骤。

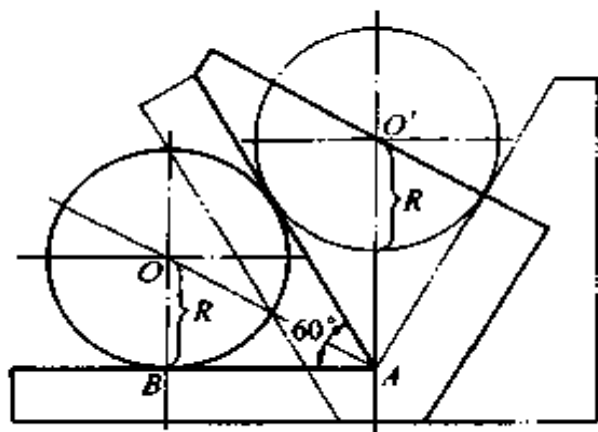


图 4-2 几何 V 形块划轴中心线原理

如图 4-3a 所示, 先将工件置于几何 V 形块的槽内, 调整划线盘的划针尖, 使与工件的最高表面等高。然后把几何 V 形块转过 60° (如图 4-3b 所示), 用在图 4-3a 中已调好高度的划线盘, 在工件两端面上划水平中心线 $A-A$ 。接着再把工件转过 90° (如图 4-3c), 划出与 $A-A$ 相交的水平中心线 $B-B$, 两端面上中心十字线交点的连线, 即为轴中心线。

这种划法适宜于较短的中、小型轴类工件。

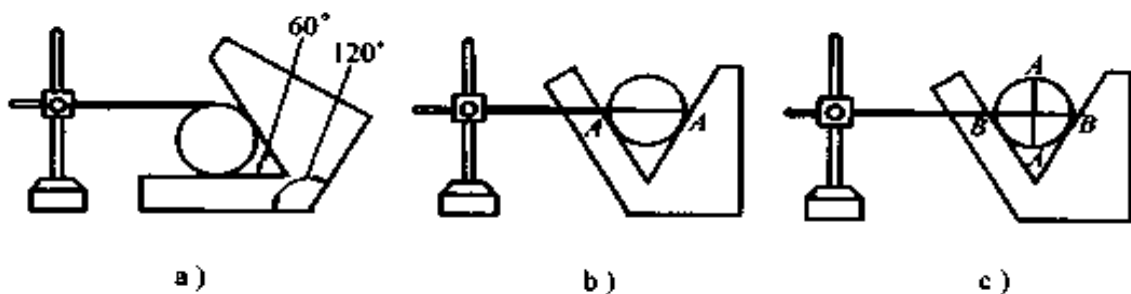




图 4-3 几何 V 形块划轴中心线

a) 校正划针高低位置 b) 划水平中心线 c) 划垂直中心线

3. 怎样用划卡划轴中心线?

答 用划卡划轴中心线,可参看图 4-4。划线时,划卡张开尺寸尽可能为轴的半径尺寸,按图示在轴的端面上划一个“”形,然后在“”形的中心位置冲样冲孔。

然后再以样冲孔为圆心,利用划卡弯脚沿轴外径检查样冲孔是否在中心,如有差异,则按照纠正样冲眼的方法进行纠正。轴两端样冲孔的连线即为轴中心线。这种划法一般用于待加工的大中型轴类工件的中心顶尖孔的位置划线。

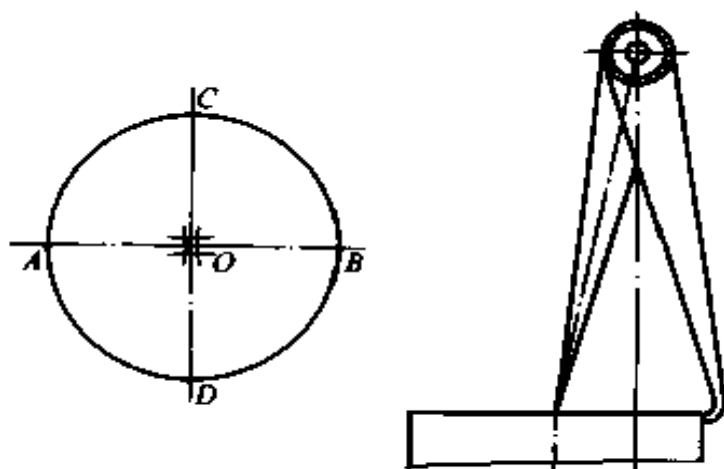


图 4-4 用划卡划轴中心线

4. 怎样用中心规划轴中心线?

答 用中心规划轴中心线,关键的是要将中心规相邻的两工作面靠住所划工件轴的外圆,如图 4-5 所示,用划针沿中心规直尺划一条线,再将中心规转过约 90°划一条线,这时工件两端面上的两个交

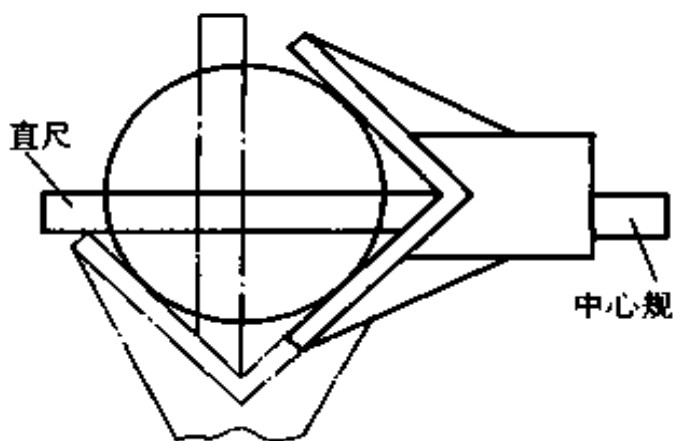
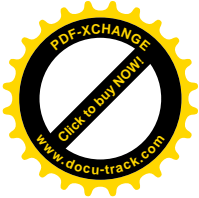


图 4-5 用中心规划轴中心线



点的连线，即为轴中心线。

5. 怎样用拉线的方法划轴中心线？

答 这种方法适用于大而又长的毛坯件工件定轴中心孔位置。由于这类工件形状很不规则，因此划线时翻转找正很困难。但是这类工件，特别是自由锻造的工件，须在划出中心孔位置，在经过钻、镗加工进入车削时，其外径都具有一定的加工余量。这就需要在划线过程中，校正工件上最弯最低的部位。采用拉线的划法对此有一定优越性。一般是将工件置于平台上的V形块或枕木上，依照图样要求的尺寸和工件的实际直径，选择加工余量最少的部位（一般在轴的中间段），作为校正依据。校正时，可用吊车进行配合，以确保安全，通过校正，使中间段与平台面基本平行。拉线划法的步骤如下：

1) 划水平中心线。如图4-6所示，先用划线盘对准加

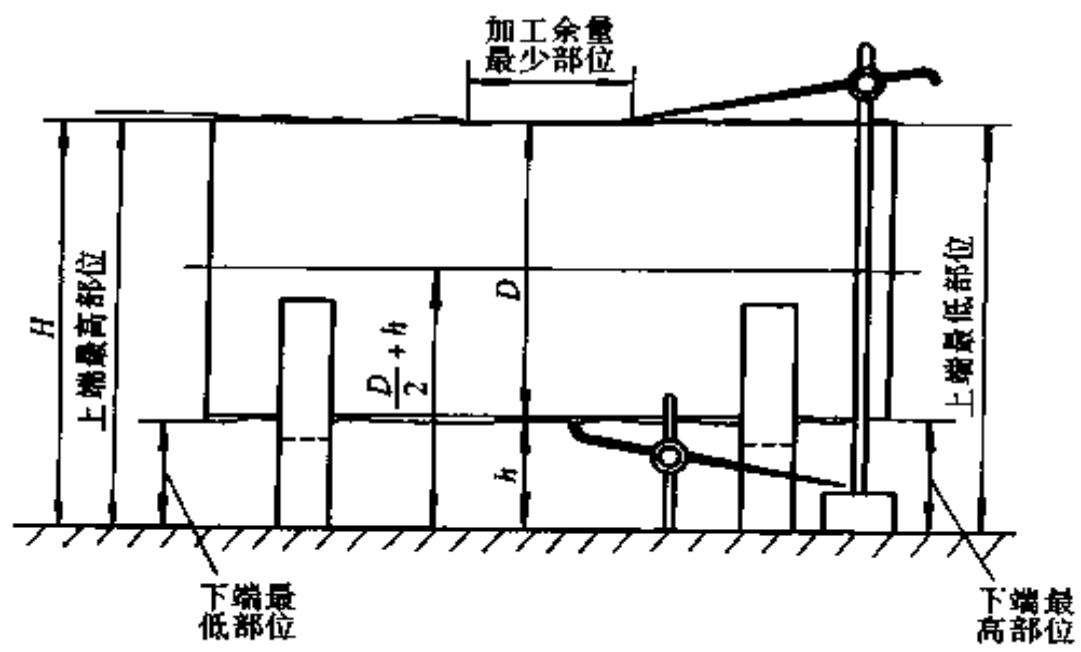


图 4-6 用拉线划水平中心线

工余量最少部位的上端，在高度标尺（如图 1-14 所示）上量取尺寸 H ，再对准此加工余量最少部位的下端，量取尺寸 h 。接着在轴的上端（全长）用划针盘找出最高和最低部位，在高度标尺上量取尺寸，并以 H 为基准，记下它与 H 的差值；同时再在轴的下端找出最高和最低部位，量取尺寸，并以 h 为基准，记下它与 h 的差值。然后对照文件上各部位的加工余量，当确认各加工部位均留有一定的加工余量时，即可按高度为 $\frac{D}{2} + h$ 的尺寸，划出水平中心线 I - I。

2) 划垂直中心线。
如图 4-7 所示，在水平中心线上靠近轴两端面处分别取 A、B 两点，用 90°角尺对准 A 点并靠住轴的一侧，然后用钢直尺量取角尺至轴的上端 $\frac{D}{2}$ 处定出 M 点，再用同样方法在 B 点处定出 N 点。接着对 M、N 两点进行拉线。（拉线用 $\phi 0.5$

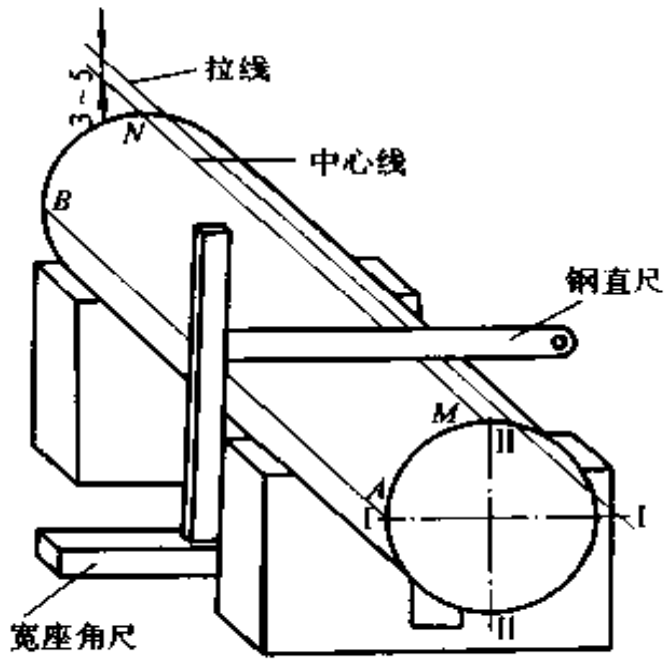
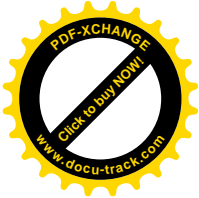


图 4-7 用拉线划法划垂直中心线

~1.5mm 的钢丝，通过拉线支架和线坠拉成的直线），拉线对准 M、N 两点，并略高于轴上端，以不碰为准。然后在轴两侧水平中心线上选几点，用定 M、N 点的方法分别测量 90°角尺到拉线的尺寸，并作好记录，根据记录数据分析拉线是否在轴的中心位置和轴各部位的加工余量。如符合要



求，即可用 90° 角尺分别贴在轴的两个端面上，对准拉线，划出 II-II 线与 I-I 线的交点，即为大件轴的中心孔位置。为了便于机床在加工中心孔时校正工件，在靠近轴两端面处的拉线位置，划出短线。最后，冲样孔，划圆线。

对于个别直径很大，变形很严重的工件，需要划两个方向的中心十字线，即在划完上述线以后，将工件翻转 45° ，再划中心十字线。根据划线结果，对第一次划出的中心孔位置进行适当的调整，则更能保证工件各部位的加工余量均匀。

对于翻转不是十分困难的大工件，待水平中心线划好后，可将工件转过 90° ，采用与划水平中心线同样的方法，划出与之相垂直的中心线，会取得良好的效果。

关于拉线划线的方法，在第七章大件划线中还要专门介绍。

6. 利用几何原理怎样划中心线？

答 利用几何原理划中心线适用于大直径缺圆环工件的定中心(如图 4-8 所示)。

划线步骤如下：

在毛坯上选取 A、B、C 三点，分别以该三点为圆心， R 为半径 (R 应比图样要求的 R_0 略大一些)，划弧 sa' 、 sb' 、 sc' ，若三弧交于一点 O ，此点即为缺圆环的圆心。通常三弧的

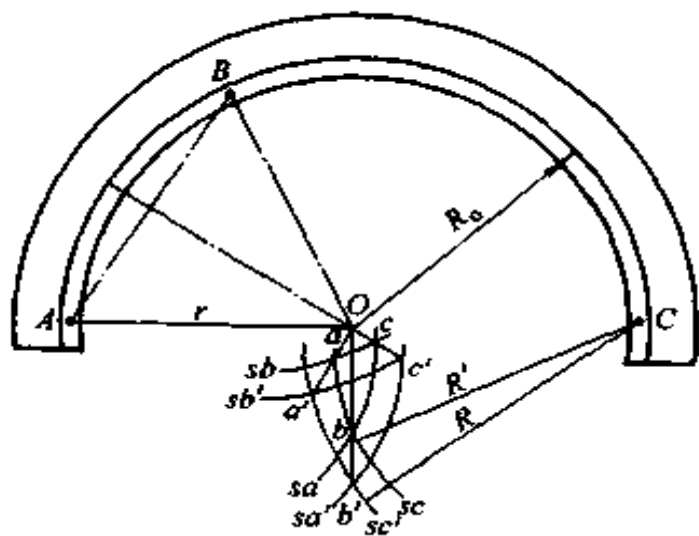
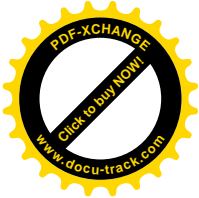


图 4-8 用几何原理划缺圆环中心线



交点有三个（如图中的 $a'b'c'$ ），此时，再分别以 A 、 B 、 C 三点为圆心，以 R' ($R' < R$) 为半径，用划规划弧 sa 、 sb 、 sc ，亦得三个交点（图中的 a 、 b 、 c ）。连接对应点 aa' 、 bb' 、 cc' ，延长任意两条连线得交点 O ，此点即为圆心。然后划规取图样尺寸 R_0 为半径，以 O 为圆心，检查毛坯加工余量，如有差异，可适当借料找正。便可划出缺圆环的加工线。

7. 怎样用填料法划孔中心线？

答 填料法划孔中心线就是将竹片或较硬的木块修锯成与孔大小相似，将其紧紧填塞进孔内（如图 4-9 所示），将填料的平面与孔的端面基本齐平。为了使圆心的定位正确，在竹片或木块的中心处镶嵌一块薄铁皮，使划出的中心十字线和冲上的样孔，都在铁皮上，即可依此划出孔的位置线和其他加工线。

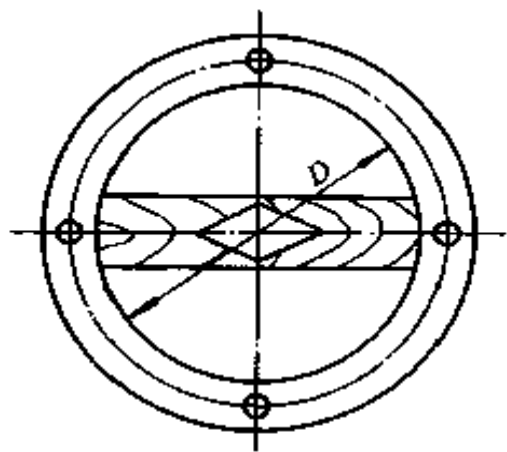


图 4-9 填料法划中心十字线

在较大的孔划线定中心，可使用一种自制的工具：可调定心器。其结构如图 4-10 所示。它备有几套不同长度的调整螺钉，针对不同的孔径，可以自由调换。校正时，用划规的一个划脚，顶住调整块中心样孔，另一划脚则对着校正基准（毛坯件为凸台外缘，半成品件为已加工孔）转动，根据误差方向和大小，可调节调整块，使中心样孔处于工件中心，即可以中心样孔为圆心，划出孔的位置线和其他线。

可调定心器也可作填料使用，待划出中心十字线后，冲

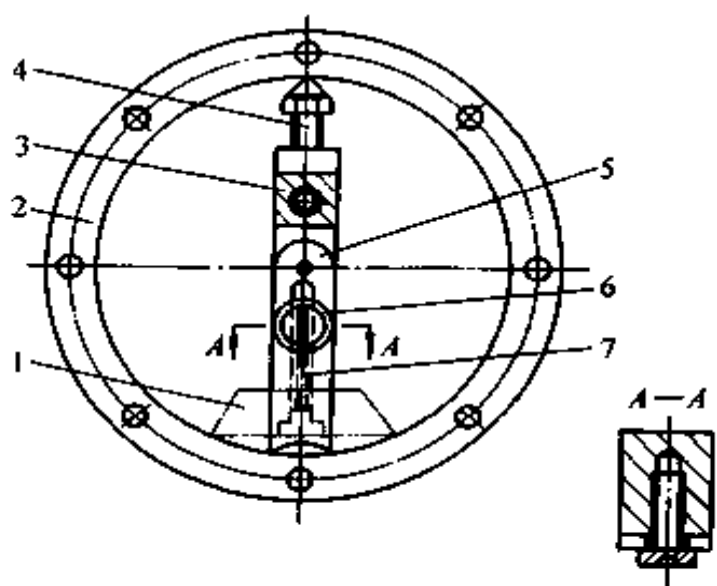
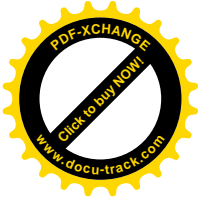


图 4-10 可调定心器
1—加固垫块 2—工件 3—支柱 4—调整螺钉
5—调整块 6—垫圈 7—螺钉

上样孔，再划出孔的位置线和其他线。

8. 怎样用不填料法划孔的加工界限？

答 不填料划线是用于那些孔径较大而孔数又较多的工件。划线步骤如下（见图 4-11）。

首先，将工件放在平台上校正，按图样尺寸，先划出各孔的中心线 $x-x$ 、 x_1-x_1 、……、 x_n-x_n 。然后在孔的上下端，以中心线为基准，孔半径为距离，分别划出平行直线 $a-a$ 、

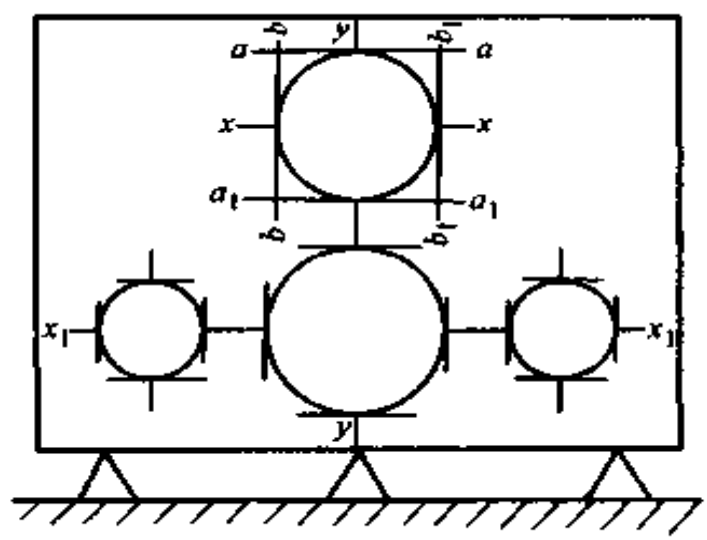
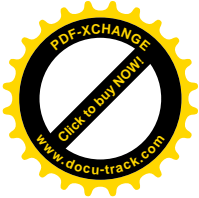


图 4-11 不填料法划孔的加工界限



a_1-a_1 、 \dots 、 a_n-a_n 。这些线就是各孔的上下加工界限。

再将工件翻转 90° ，校正 $x-x$ 线与平台面垂直，照上述方法划出垂直方向的中心线 $y-y$ 、 \dots 和加工界限 $b-b$ 、 \dots 所划的加工界限线不宜太长，以免因孔多而引起线条混乱，最好划成一个正方形。

最后在 $a-a$ 、 \dots 、 $b-b$ 、 \dots 的交点处以及加工界限线上冲好样孔。

9. 怎样划圆柱面上方孔的位置线？

答 在圆柱面上划方孔的步骤如下（见图 4-12）：

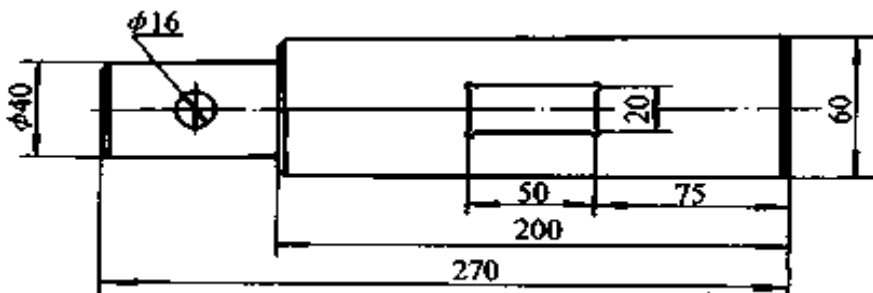
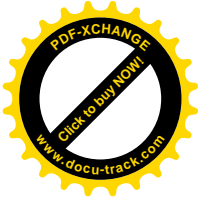


图 4-12 浮动镗刀杆上划方孔位置线

这是在一件浮动镗刀杆上划安装镗刀头的方孔位置线。划线前，将工件上 $\phi 40\text{mm}$ 的轴的部位，在分度头的三爪卡盘上夹牢，并用千分表校正。划线时，用与分度头中心等高的划线尺划出水平中心线。再以水平中心线为基准，分别上移和下移 10mm ，划出方孔上下端的加工线。然后分别用划线尺对准离端面 75mm 和距此线 50mm 处，转动分度头的三爪卡盘和工件，划出方孔左右端的加工线，冲上样孔即可。划方孔时要注意，方孔尺寸应略小于图样尺寸，以保留刮削余量。



在给较长的浮动刀杆划线时，可在其划线部位两端用等高 V 形块支承，以减少刀杆外径对轴线同心度精度的影响。

10. 轴类零件如何划线？

答 一般说来，较短的轴在分度头上划线较方便，较长的轴类零件划线有两种方法。一种方法是用等高的划线方箱和 V 形块把工件两端支承起来划线。另一种方法是在分度头上划线，用分度头夹持轴的一端，另一端用顶尖支承划线。一般长度的轴类零件，可用划线方箱或 V 形块支承工件划线。

如图 4-13 为 C6140 车床进给拉杆的零件加工图，车工工序已完成，工艺卡要求划出 8×52 键槽和 8×13 横槽的加工线，然后转入下道工序。划线步骤如下：

- 1) 首先用游标卡尺量取拉杆的实际直径 D 。
- 2) 把拉杆装夹在 100mm×100mm 的小划线方箱上，如图 4-14 所示。

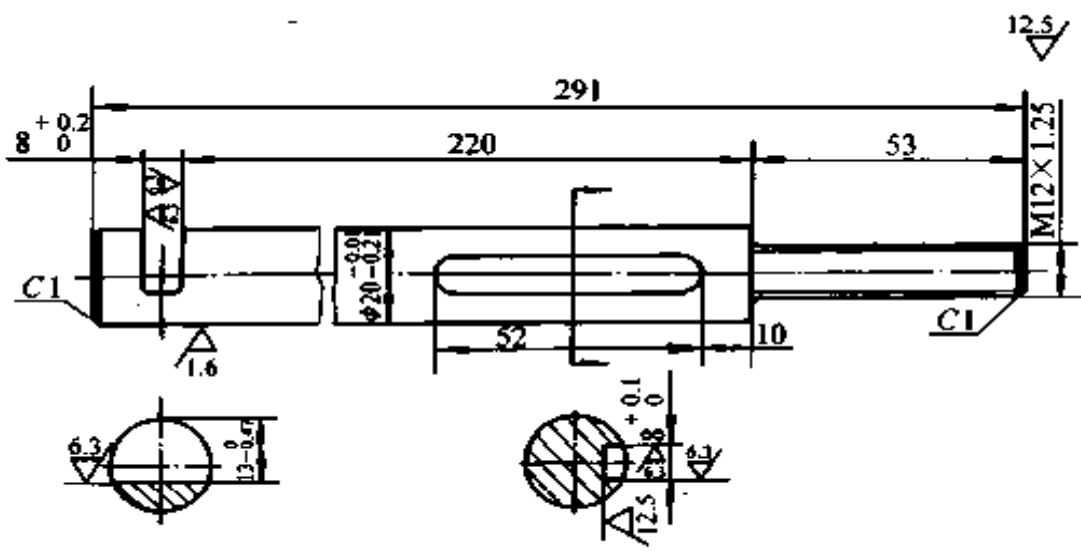


图 4-13 拉杆



3) 用高度游标卡尺量出工件的水平位置的最高点 H_1 ，以 $H_1 - \frac{D}{2}$ 为高，划出拉杆的第一条中心线。延长到拉杆的两端面上。

4) 把划线方箱翻转 90° 如图 4-15 所示，用高度游标卡尺量取工件，以 $H_2 - \frac{D}{2}$ 为高，划出工件的第二条中心线，延长到拉杆的两端面上。分别以

$H_2 - \frac{D}{2} + 3\text{mm}$ 为高，

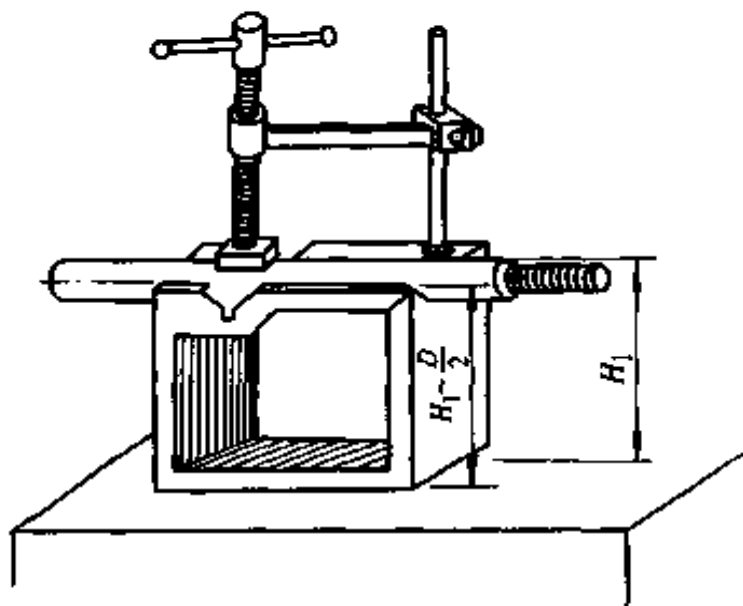


图 4-14 拉杆划线 (一)

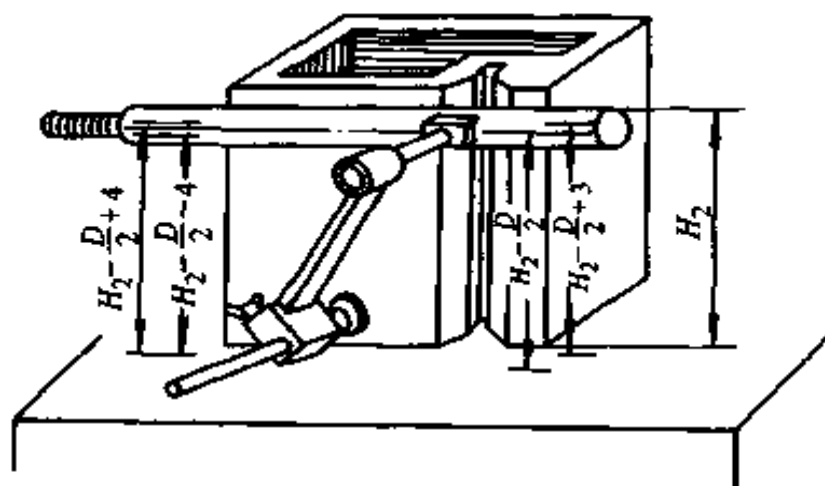
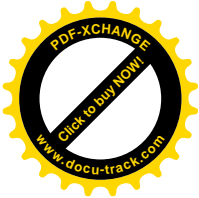


图 4-15 拉杆划线 (二)

在拉杆没有螺纹那一端前后划出一条短直线。分别以 $H_2 - \frac{D}{2} + 4\text{mm}$ 和 $H_2 - \frac{D}{2} - 4\text{mm}$ 为高，在 8×52 键槽处划两条直



线，为键槽的两条侧面加工线。

5) 如图 4-16 所示，把工件从划线方箱上取下来，拉杆带有螺纹那一端直接放在平台上，工件靠紧划线方箱 V 形槽内（或弯板），以使其中心线与平台面垂直，把高度游标卡尺分别调节到 67mm 和 111mm 的高度，划两条短线与工件第二条中心线的交点为 O_1 、 O_2 。 O_1 、 O_2 两点即为键槽两端圆弧的圆心。再把高度规分别调节到 273mm，以 281mm 的高度，沿拉杆柱面划两条线，与上一次（图 4-15）所划的线相交。

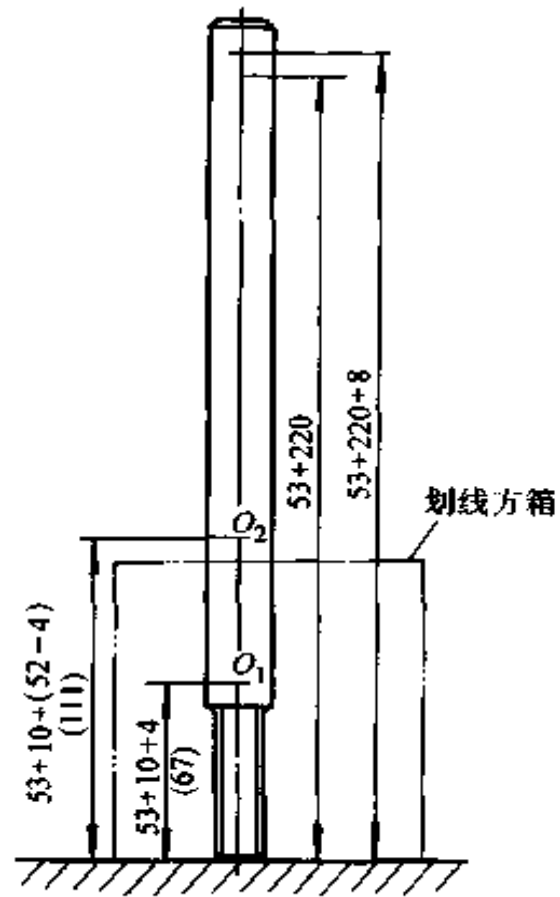


图 4-16 拉杆划线（三）

6) 分别以 O_1 、 O_2 为圆心，以 4mm 为半径划圆弧，与键槽两侧面加工线相切，涂去多余的线，在各加工线上打样冲眼。

11. 套类零件如何划线？

答 套类零件的划线，应以两个互相垂直的中心平面为基准。有两种划线方法，在分度头上划线和在平板上直接划线。在分度头上划线较为方便，可以直接用分度头的中心高度做为划线基准。图 4-17 是一轴套的零件图，车工工序已完成。工艺卡要求划出 3 个均布螺纹孔和 3 个均布的

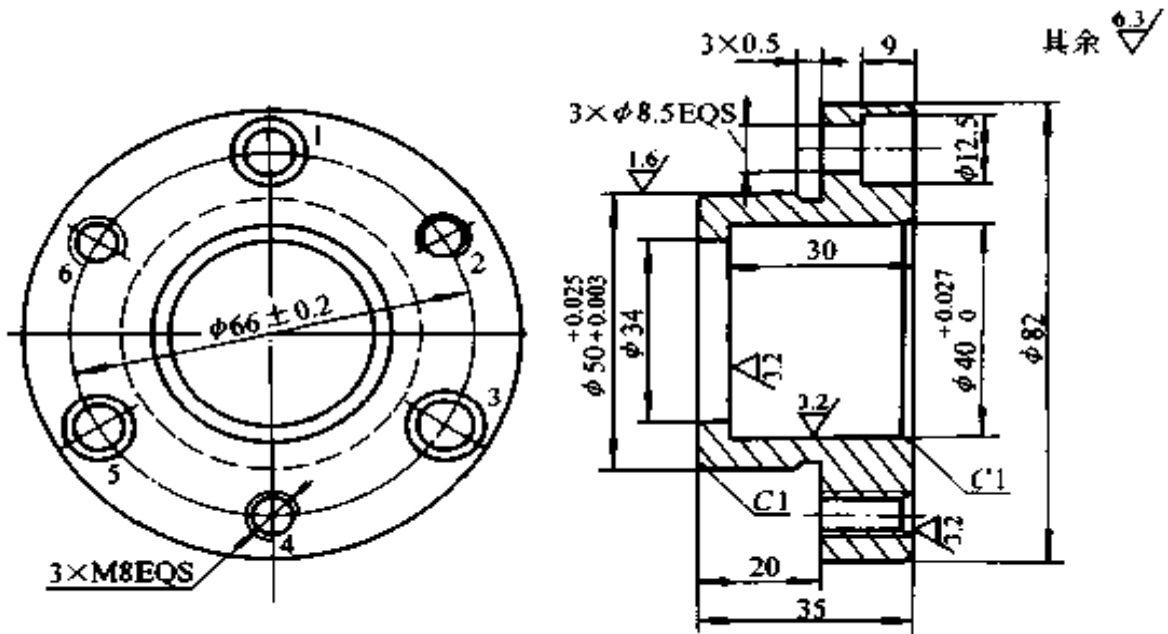


图 4-17 轴套

$\phi 8.5\text{mm}$ 通孔。划线步骤如下：

1) 把工件小端装夹在分度头的三爪上，用 90° 角尺或高度游标卡尺检查工件装夹是否有歪斜。

2) 如图 4-18a 所示，工件找正后，把高度游标卡尺调到分度头的中心高 H ，划出一水平线 a_1-a_1 ，手摇分度头的

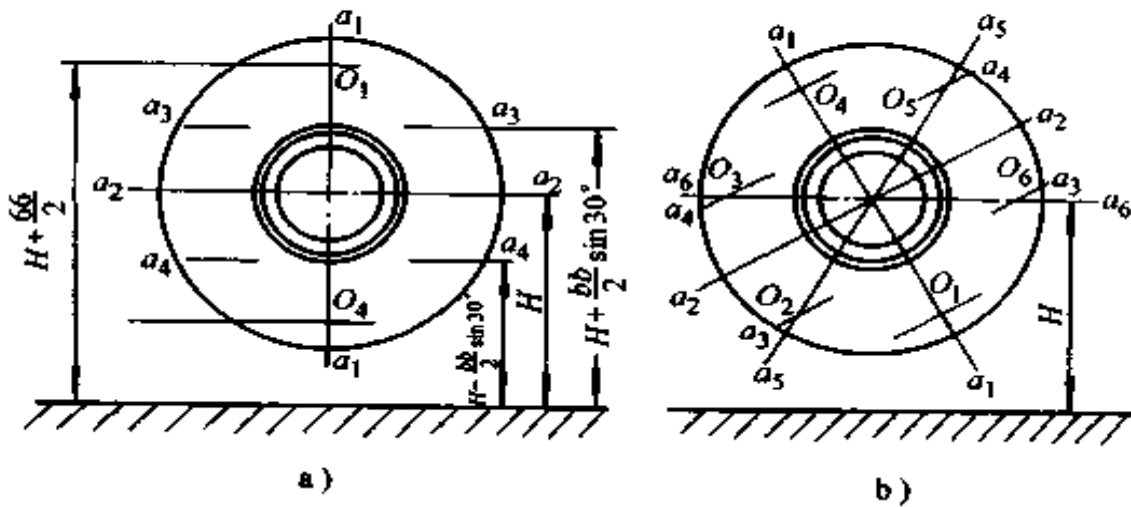
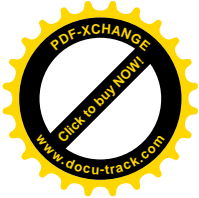


图 4-18 轴套零件划线



手柄转动 10 圈，工件顺时针转动 90° ，以高度 H 划一水平线 a_2-a_2 。这两条互相垂直的水平线，既是工件的中心线，又是工件的划线基准。

3) 划六个孔的中心线。以 a_2-a_2 为基准，将高度游标卡尺分别调整到 $H + \frac{66}{2}$ ， $H - \frac{66}{2}$ 的高度，在工件的端面上划出两直线，分别与线 a_1-a_1 相交于 O_1 、 O_4 两点， O_1 、 O_4 两点即为孔 1、4 的中心；再把高度游标卡尺分别调节到 $H + \frac{66}{2} \sin 30^\circ$ ， $H - \frac{66}{2} \sin 30^\circ$ 的高度，划出两直线 a_3-a_3 和 a_4-a_4 。这两条直线分别是孔 2、6、3、5 的第一位置线。

再划孔 2、3、5、6 的第二位置线；摇动分度头手柄，使工件顺时针转动 30° ，用高度 H 划出用高度 H 划出直线 a_5-a_5 ，再使工件顺时针转动 120° 划出直线 a_6-a_6 ，分别与直线 a_3-a_3 ， a_4-a_4 交于 O_2 、 O_3 、 O_5 、 O_6 四点，这四点就是孔 2、3、5、6 的圆心。见图 4-18b。

4) 求出各孔中心后，把工件从分度头上取下来，在各孔中心打上样冲眼，分别划出 $\phi 8.5$ ， $\phi 12.5$ 及 $\phi 6.6$ （M8 螺纹的底孔直径）各孔的加工线；在各孔的加工界限上打上均匀的样冲眼。

12. 怎样划圆柱面上的相贯线？

答 一般在直径较大的圆柱面上划较小的圆时，可用普通划规来划线。但如果在一些主管支管直径相差不大的如图 4-19 所示的工件的圆柱表面上划线，倾斜角度太大，不易划准；如若使用相贯线划线器，则可准确地划出，而且操作也较容易。划线步骤如下：

1) 先按所划圆的半径，根据旋转尺上的刻度，调整定心器尖与滑动划针尖的距离，调整后将滑动架紧固。

2) 将划线器底座置于工件圆弧面上，调整定心器的伸出长度，使定心器尖恰好与工件上的样冲孔接触。

3) 用左手揪牢定心器底座上端，防止滑动，右手掌握好旋转尺及滑动划针，按箭头方向旋转，即能划出一圆（见图 4-20），然后在线上打上样冲眼。

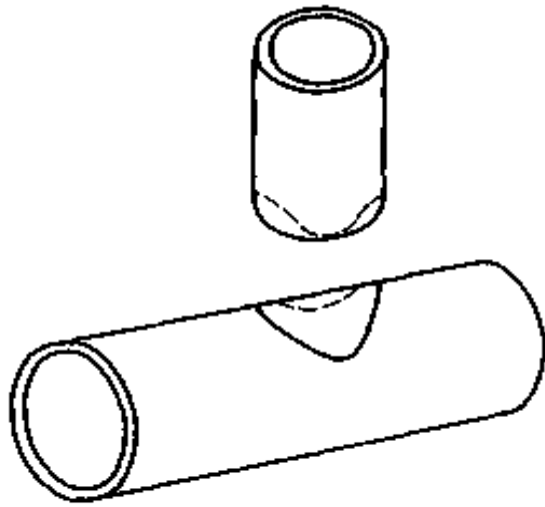


图 4-19 划圆柱面上的相贯线

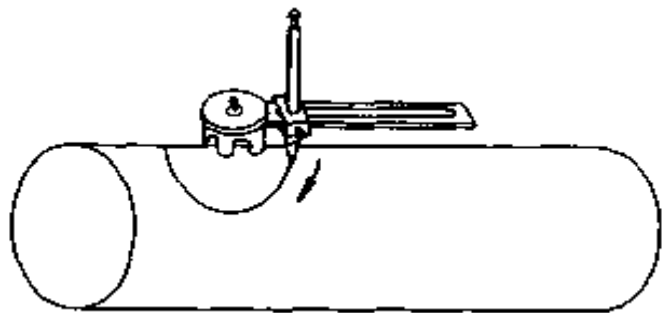


图 4-20 在圆柱面上划相贯线

13. 相贯线划线器的构造是怎样的？

答 相贯线划线器（见图 4-21）由定心器 1、旋转尺 2、滑动架 3、滑动划针 4、螺钉 5 和底座 6 组成。旋转尺是由有刻度的直尺和旋转圆片组成。定心器上带有螺杆，将底座和旋转尺固定在一起并起到旋转尺的转动圆心的作用。滑动划针可在直尺上移动位置，可调整划线圆的半径，调整好位置后，用螺钉顶紧。划线时，由底盘和定心器定位，旋转尺绕轴套旋转，滑动划针随着被划弧面垂直滑动，所以能够规

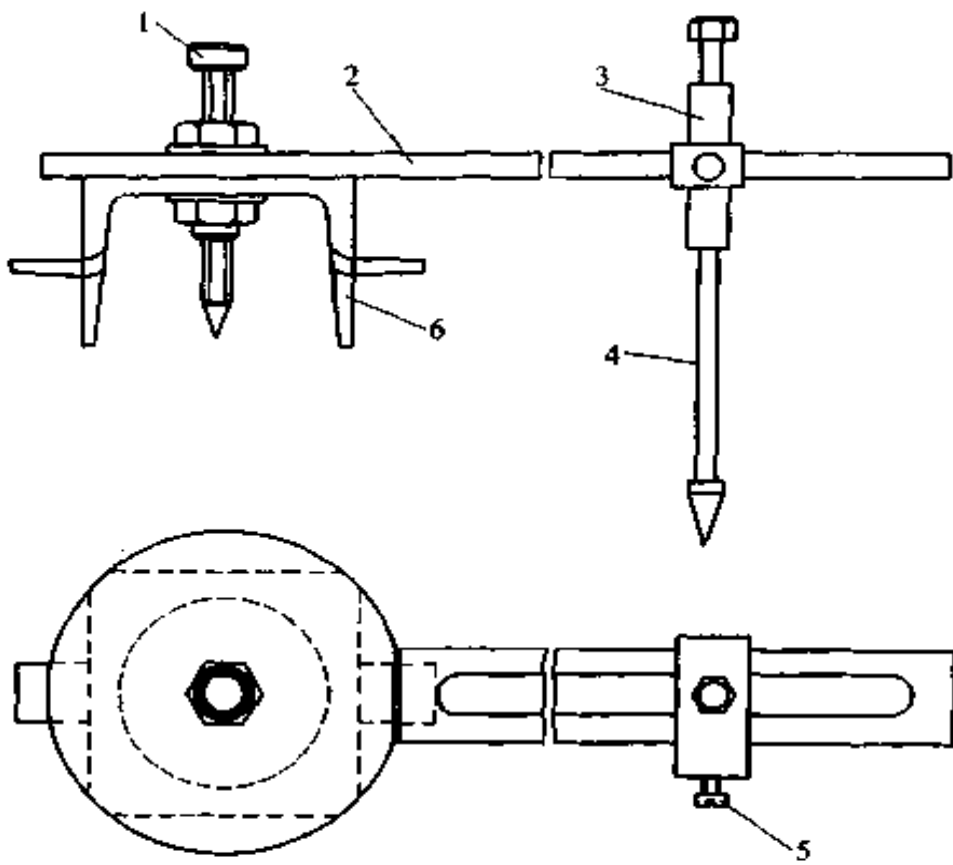
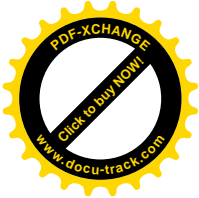


图 4-21 相贯线划线器

1—定心器 2—旋转尺 3—滑动架 4—滑动划针 5—螺钉 6—底座

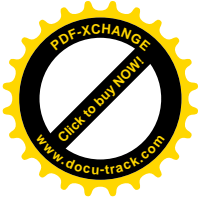
则地划出一个圆的轨迹。

14. 怎样在圆柱形台阶面上划圆？

答 在圆柱形台阶面上划圆，可用相贯线划线器来划。因为划针是垂直滑动的，可随台阶上下伸长或缩短划针的长度，在不同台阶面上划出在同一个圆上的各部分线段。

15. 怎样划圆周等分线？

答 划圆周等分线应先在工件上划出圆周，如为定心圆，可先定出圆周中心，然后划出圆周。如是空心法兰等工



件，可用填料法或可调定心器先划出圆周线，然后查等分圆周弦长系数表（见表 2-2）上的系数 K ，然后计算每一等分的弦长 a 。

如图 4-22 所示的工件，要求 R 为 75mm，8 孔均布，先求出每一等分的距离 a 。计算方法如下：

$$a = R \times K$$

式中 a ——弦长（mm）

R ——圆周半径（mm）

K ——等分圆周弦长系数（查表 2-2）根据上式计算：

$$a = R \times K = 75\text{mm} \times 0.7654 = 57.4\text{mm}$$

然后用划规在钢直尺上量取 57.4mm，在以半径 R 为 75mm 的圆周上任取一点为始点，在圆的轨迹上进行试分，如试分后，划规张开尺寸若有误差，则应调整后再试分，待划规张开尺寸 a 校准后，始可正式划等分线。最后在圆的圆周线与等分线的交点上冲样孔，划等分孔的位置线。

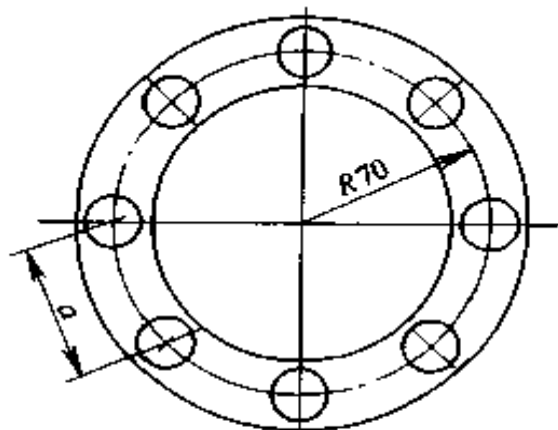


图 4-22 划圆周等分线

16. 怎样使用划大圆工具划半径圆周线？

答 在我们给大直径的空心法兰之类的工件划半径圆周线时，给中心填料难度很大，又无合适的划线工具，显得很困难。如果使用如图 4-23 所示的放大圆工具来划线，就可很方便的划出。划线时，将放大圆工具的两个滚轮贴住工件已加工的孔壁（或外圆）。划针尖依据孔径（或外圆）尺寸，调整至图样要求，其半径圆周尺寸即依据已加工面的尺寸推算而得。紧固螺钉后，用手将工具滚轮紧贴孔壁（或外圆）



移动，即可划出半径圆周线，而后再依据图样要求，用圆周等分线法等分孔。

17. 划大圆工具的构造是怎样的？

答 划大圆工具的构造非常简单（见图 4-23），主要由滚轮 1、定位板 2、圆柱销 3、调整块 4、调整螺钉 5、合金划针 6、顶紧螺钉 7 组成，若滚轮是用金属套做成时，滚轮与销轴的配合部位应用间隙配合，因间隙而产生积累误差。如直接用 GB276—89 深沟球轴承作为滚轮，效果更佳。定位的关键部位是调整块和调整螺钉，滚轮贴紧工件，调整好合金顶尖位置，将调整螺钉、顶紧螺钉都紧固好，即可进行工作。

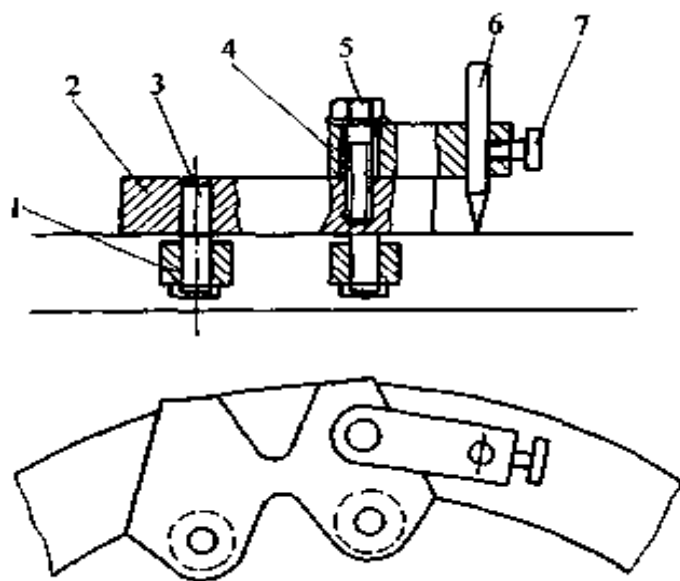
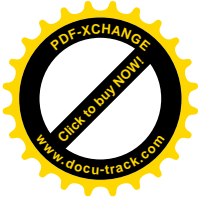


图 4-23 划大圆工具
1—滚轮 2—定位板 3—圆柱销 4—调整块
5—调整螺钉 6—合金划针 7—顶紧螺钉

18. 怎样使用无心等分器划线？

答 对于大直径的空心圆环类工件，可使用无心等分器划半径圆周线及等分位置。划线时，先将等分器的三个撑杆放进工件孔内，调整调节螺钉，由于止转螺钉的作用，使顶杆不能转动而沿轴向下移，顶杆上的顶尖把三个滑柱体涨开，使撑杆顶住孔壁。同时，由于撑杆上的平面定位块靠住



工件孔端平面，而使无心等分器与工件保持垂直位置，不致歪斜。如果工件孔径较小，则可采用夹爪撑住孔壁。刻度尺上的刻度，系按图样调整样冲杆尖伸出长度，使之等于等分孔所在位置的半径尺寸。调整后，刻度尺由紧固螺钉固定，防止在划线时移动，而影响划线质量。划线时以分度盘缺口中的 1 号定位孔为起点，用锤子轻击样冲杆顶端，在工件上冲出第一孔中心点；然后将定位杆拉起，转动刻度尺进行分度，如果是分 2 个等分孔，则转到法兰盘的第 12 号定位孔，如果分 3 个等分孔，则转到法兰盘的第 8 号定位孔……，同样在工件上冲出样孔。待工件上的等分孔全部冲好样孔后，取下等分器，用划规划圆，并在圆线上冲好样孔，即可进行钻孔加工。

19. 无心等分器的构造是怎样的？

答 无心等分器的构造较为复杂（见图 4-24），由定位部分、分度部分和样冲杆部分构成。定位部分有调节螺钉 6、调节滑块 9、紧固螺钉 8、止转螺钉 14、顶杆 18、撑杆 17、定位块（夹爪）16、滑柱体 19，其中的撑杆和定位块，应备有不同长度的撑杆和夹爪多套，以适应不同孔径的工件进行划线。分度部分有分度盘 15、分度盘螺母 7、法兰盘 11、定位杆 13、圆螺母 12、压簧 14、定位套筒 20。定位套筒与分度盘连成一体，定位杆精确活动配合在定位套筒里，基于压簧的作用，使其圆锥部分嵌入法兰盘的定位孔而得到定位。法兰盘上的定位孔预制成 24 个等分孔，并依次编号。样冲杆部分有样冲套筒 5、刻度尺 4、压簧 3、样冲杆 2、冲头螺母 1。调整好位置以后，即可直接敲击样冲杆，在工件上打出样冲眼。

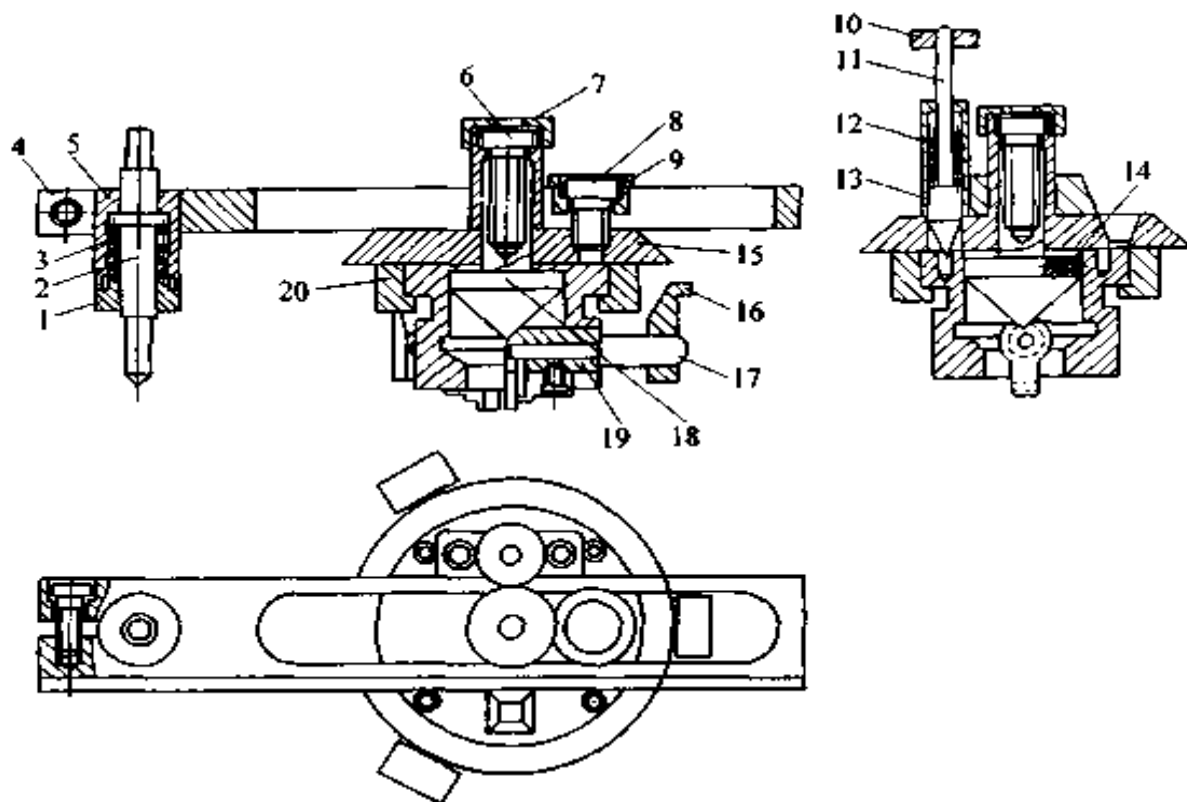
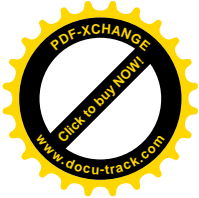


图 4-24 无心等分器

- 1—冲头螺母 2—样冲杆 3、12—压簧 4—刻度尺 5—样冲套筒
6—调节螺钉 7—分度盘螺母 8—紧固螺钉 9—调节滑块 10—圆螺母
11—定位杆 13—定位套筒 14—止转螺钉 15—分度盘 16—定位块(夹爪)
17—撑杆 18—顶杆 19—滑柱体 20—法兰盘



第五章 箱体划线

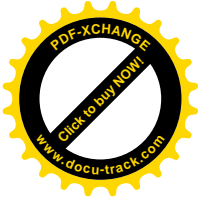
1. 箱体划线应注意哪些问题？

答 箱体工件的工艺性和加工工序都比较复杂，各种尺寸和位置精度要求较高，因此在箱体划线工作中应注意以下几个问题：

1) 箱体划线很少是一次划全线，往往要经过多次划线，所以在划线前要看懂图样要求，明确零件加工次序，按照工艺要求找出本划线工序所应划出的线，不可以把所有的加工线全部划到工件上去。因为经过一次机加工后，有的线会被加工掉，还要重划。

2) 箱体工件划线时，各孔应加中心塞块划出圆孔的圆形加工界限，或不加中心塞块划出圆孔的正方形加工界限。但不管哪种情况，都应划出十字校正线。所谓校正线就是在划主要加工孔的每一条中心线时，应在工件的四个面上都划出，供下道工序划线或机加工时校正工件位置时用。一般把基准轴孔的十字线划在箱体四个面上作为十字校正线，其他孔的十字线不必在四个面上都划出。划十字校正线应划在工件长而平直的部位，线条越长，划线部位越平直，校正越方便、准确。

3) 箱体工件一般孔较多，而且孔之间又都有很高的位置精度，所以在划线前应按图样要求对照毛坯检查毛坯质量。对不合格的毛坯能及早发现，避免工时的浪费。如果箱



体毛坯因铸造等原因造成的误差不大时，可以通过借料的方法加以挽救。借料时要多次调整检查，保证各配合孔都有加工余量，并照顾到其他部位的装配关系不受影响。

4) 大多数的箱体工件，内壁不需要加工，而且内壁与箱体内机件的间隙往往很小。所以在划线时应特别注意找正箱体内壁，有的甚至是以箱体内壁为找正基准。尤其是在用借料的方法调整各加工余量时，更要注意内壁及腔体的偏移，以保证划线和加工后的箱体能够顺利地装配。

2. 箱体内壁不加工时，怎样找正箱体内壁？

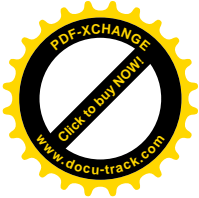
答 找正时应以待加工孔为准，因为箱体在铸造做模型时，模型的芯头是专为箱体内腔砂芯的芯头做的，是唯一模型与芯盒的连接部位，也是下芯时砂芯的主要支承部位。在制造模型芯盒时已有尺寸的严格要求，在铸造出箱体的毛坯后，尺寸变化不会太大，可以作为找正基准。但遇有铸造缺陷的箱体毛坯时，仍应从多方进行校正。

3. 何谓第一划线位置？第二划线位置？

答 箱体置于平台上的第一面划线，称为第一划线位置，它应该是待加工的孔和面最多的一面，这样有利于减少翻转次数，保证划线质量。第一面划完后，翻转后的另一面，则称为第二划线位置。

4. 怎样在箱体工件上划垂直线？

答 在箱体工件上划垂直线时，为了避免和减少翻转次数，可在平台上放一块角铁，经过校正，使角铁垂直面至工件两端中心等距，把划线盘底座靠住角铁，即能划出垂直



线。也可采用如图 5-1 所示的垂直划线盘。使用时，划线盘安放在所划线的对应位置，底座固定在平台上，紧固划针螺钉，将划针固定在转筒上，松开滑块手柄，使滑块在夹板滑槽中上下移动，转筒且可绕其心轴回转，因此可以划任意平面和曲面上的垂直线。

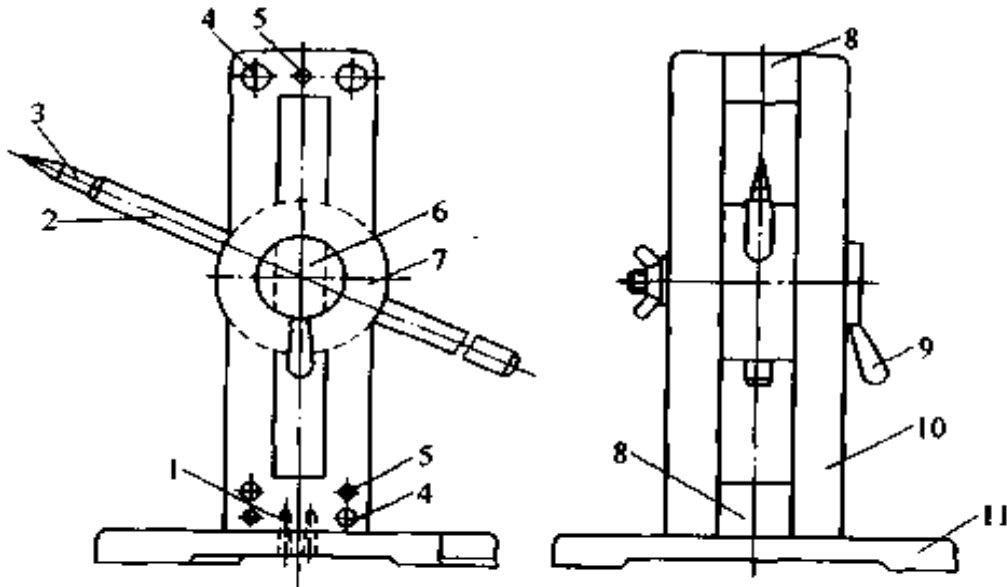


图 5-1 垂直划线盘

1、5—锥销 2—划线 3—划尖 4—螺钉 6—滑块
7—转筒 8—垫块 9—手柄 10—夹板 11—底座

5. 简述垂直划线盘的构造如何？

答 垂直划线盘的主体由底座 11 和两块夹板 10 构成，两夹板间有上、下各一块垫块 8 支承形成垂直滑槽，两夹板与上下两垫块由锥销 5 和螺钉 4 固定联接，其与底座的联接是由锥销 1 与垂直滑槽中的下垫块固定在一起。滑槽中装有滑块 6、转筒 7、划针 2、划尖 3 及手柄 9，滑块的紧固松动由手柄操纵，图 5-1 右图左侧的蝶形螺母操纵转筒及划针的紧固松动。自己动手制作垂直划线盘时，一般总高度约为底座边长的 2.5 ~ 3 倍，较大型的垂直划线盘，垂直滑槽与



底座的联接就不能只依靠锥销，应再用螺钉加固，并将垂直滑槽的底部嵌进底座里为好。

6. 箱体划线前应做什么准备工作？

答 箱体划线前应作以下准备：

(1) 工件的清理 因箱体一般是铸件毛坯，所以在划线前应对箱体毛坯进行清理。鑿去铸造毛刺、皮缝，浇冒口部位要用手砂轮磨削平整，用钢丝刷刷去毛坯内外表面的砂子，这对保证划线工作能够顺利进行是十分重要的。假如砂子不在划线前去掉，划线时砂子会落到划线平台上，不但可能划坏平台表面和高度游标卡尺底座，而且影响划线精度和速度。如果工件翻转，用千斤顶重新支撑工件时，千斤顶底座放到砂子上，会使千斤顶偏心不稳，工件倒下去造成事故。

(2) 工件的涂色 箱体的第一次划线，一般都是在铸件毛坯表面上划；所以应在要划线的毛坯表面上刷上一层石灰水，等石灰水干了以后再进行划线。

7. 箱体划线实例简介。

答 实例1 C620-1 车头箱箱体的划线

(1) 看懂零件图，搞清加工工艺要求 图 5-2 为 C620-1 车床床头箱的零件图。图中省略了各孔的尺寸公差和位置公差。但我们知道该箱体不但加工面和轴孔多，而且对其加工精度和位置精度要求很高。尽管各种精度是通过机加工来保证的，但是我们划线时也应尽量准确，否则在进行机加工时就失去了划线的参考意义。

从图中还可以看到孔 VI 中心线贯穿整个箱体，是此件的

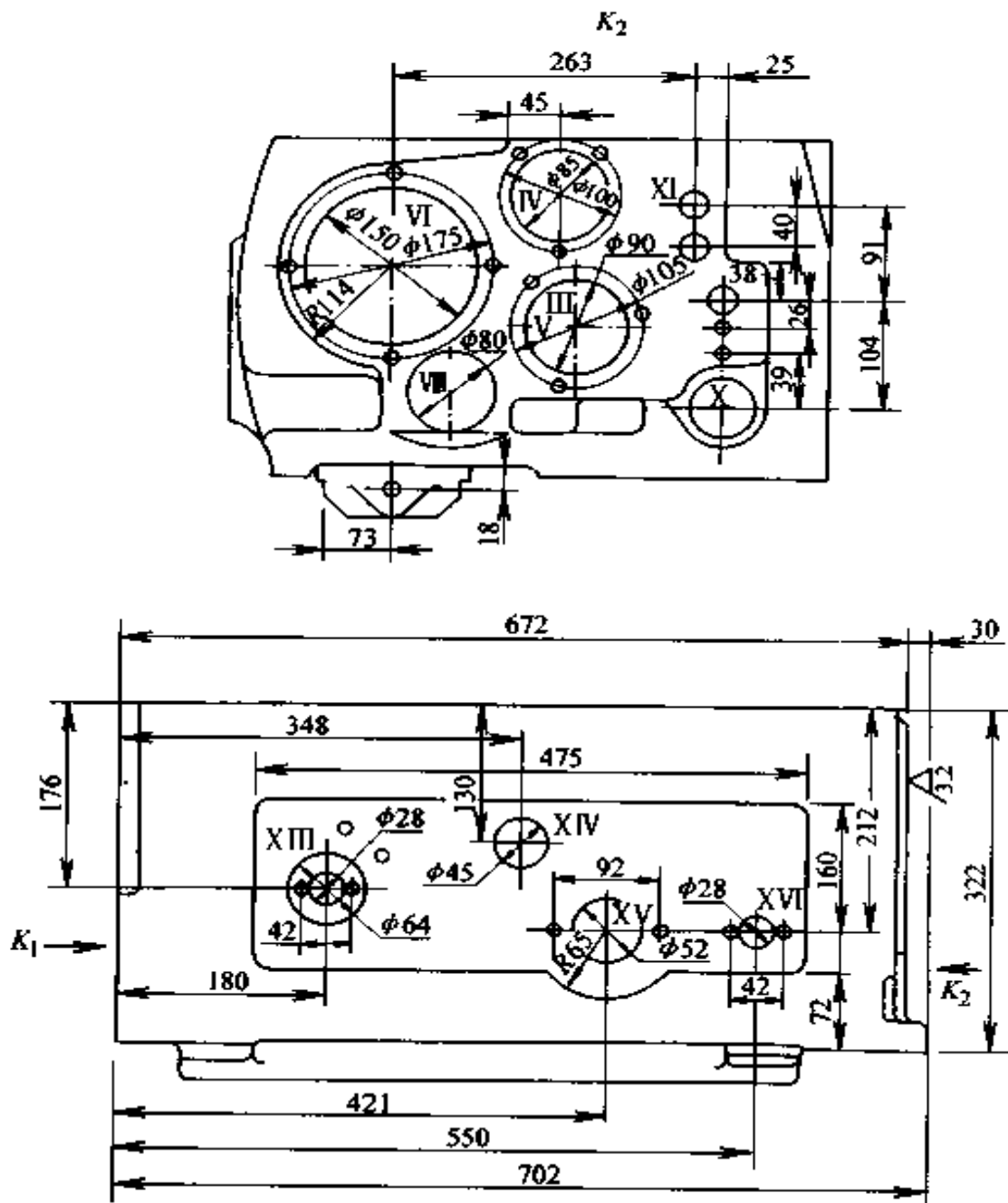
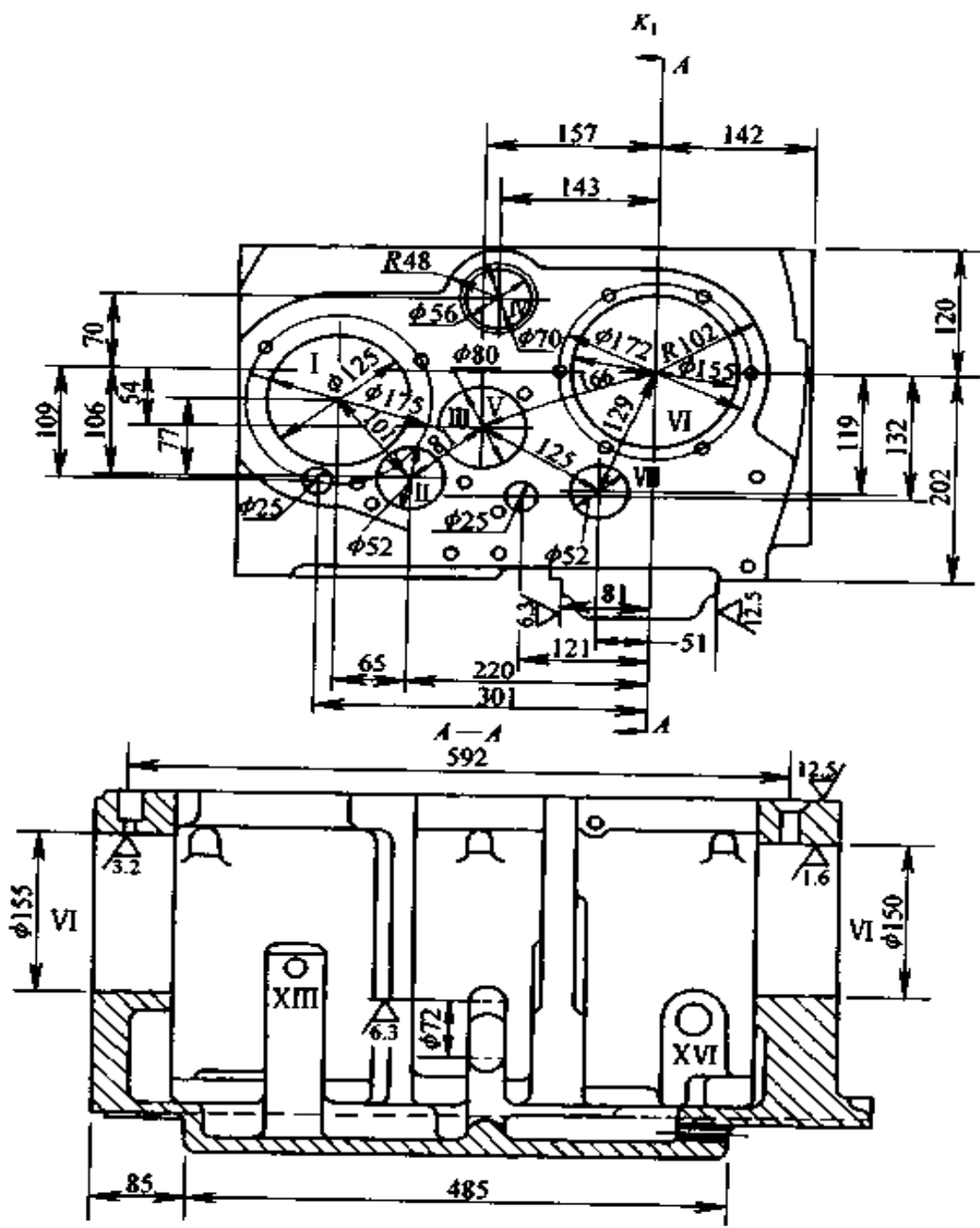


图 5-2 C620-1 车床



床头箱箱体



一个主要设计基准。孔Ⅵ又是安装机床主轴的部位，所以应该首先确定孔Ⅵ的中心线为划线基准（十字校正线），然后以它为基准划其他孔和外形的尺寸。

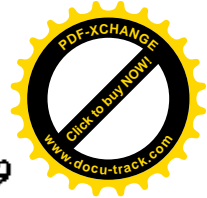
从图中还可以看出，这样的零件是不能一次划全线的。因此必须搞清工艺要求，按照工艺要求进行划线。如果是单件或小批生产，虽没有完整的工艺规程，但会有工艺过程卡片给以明确的规定划那些尺寸线。所以应该对照工艺要求找出应该划的线，其他加工线暂时不划。一般说来，C620-1床头箱箱体的划线往往分为三次，第一次划线以主轴孔为基准划出外形尺寸线；经过机加工后，再进行第二次划线。这时划线就以已加工的外形面为基准划出各孔的位置线和加工线；第三次划线则按照已加工的孔和面为基准，分别划出有关的螺孔、光孔和油孔的位置线和加工线。这样分次划线，不但简化了划线工序，提高了划线效率，而且也可以大大提高划线精度。

（2）划线前的准备工作

1) 清理工件。因 C620-1 床头箱箱体是铸件毛坯，表面附有浮砂和铸造毛刺等，需用砂轮或鑿子进行清理，并用钢丝刷去掉箱体内外表面的砂子。

2) 给工件涂色。在铸件毛坯表面上可以涂石灰水或大白混合胶水的涂料。

（3）第一次划线 由上面的分析，可知第一次划线的基准是孔Ⅵ的中心线，然后以这个基准划出箱体各部的外形尺寸线。应该看到，箱体的外形尺寸具有很重要的地位，它不但是箱体设计基准之一，而且也是箱体装配的基准面，同时又是第二次划线的基准面。所以划线时必须使各面都有足够的加工余量，这样才能使加工后保证其尺寸精度和表面粗糙



度。另外还应照顾各孔位置使各轴孔也有足够的加工余量，具体划法如下：

1) 箱体的第一次安装如图 5-3 所示。调整千斤顶的高度，用划线盘找正 A 、 B 面基本与平台面平行，并用 90° 角尺检查 G 、 C 面使其与平台面基本垂直。如差异较大，则应与 A 、 B 面相对借正。这是根据外形尺寸粗略找正的。这时一般不要急于划线，可以先验证一下找正的准确性。这时可在孔 VI 的凸台外缘划一参考线作为孔 VI 的中心线；然后以此线为基准，按照图样要求检查所有加工面和孔的位置，看是否都有加工余量。如果其中有的毛坯孔和面没有加工余量，则必须调整千斤顶的高度重新找正，直至所有孔、面都有加工余量为止；保证以后的划线均能顺利进行，并使加工后的孔壁厚薄均匀。这样，就可以以孔 VI 内壁凸台和 A 、 B 面的加工余量为依据、找出第一校正线 I - I；并为以 I - I 线为基准加 120mm 划出 A 面，减去 202mm 划出 B 面。同时检查 I 孔和其他孔的加工余量。这时箱体的第一划线位置的划线结束。

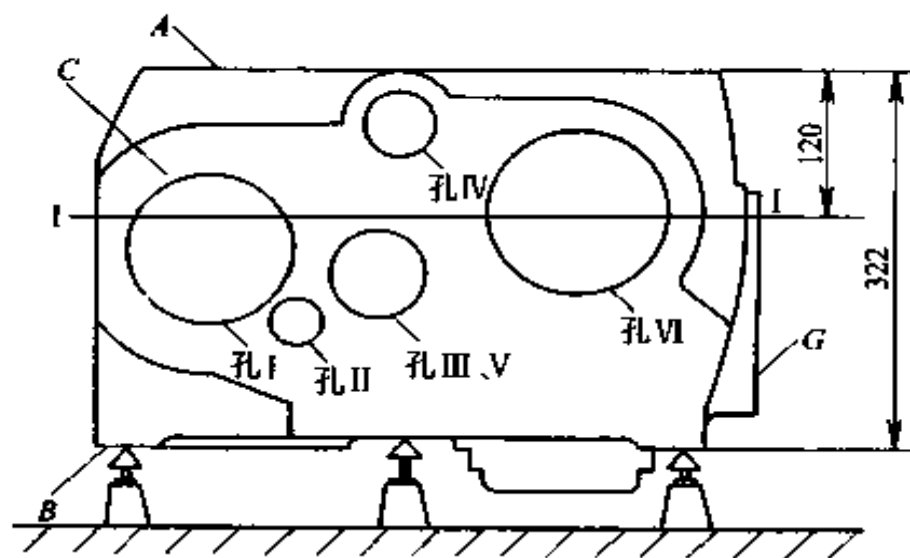


图 5-3 C620-1 车床车头箱第一划线位置

2) 将箱体翻转 90° ，进行第二次安装如图 5-4 所示。将 G 面用三只千斤顶支撑起来，调整它们的高度，用 90° 角尺校正 $I-I$ 线使其与平面垂直。参照第一次安装位置的划线，依据孔 VI 内壁凸台和 E 、 F 面划出第二校正线 $II-II$ 。以 $II-II$ 为基准，减去 142mm ，划出 G 面加工线；再以 $II-II$ 线为基准加上 81mm 划出 E 面的加工线；接着从 E 面加工线的高度减去 146mm 划出 F 面的加工线；随

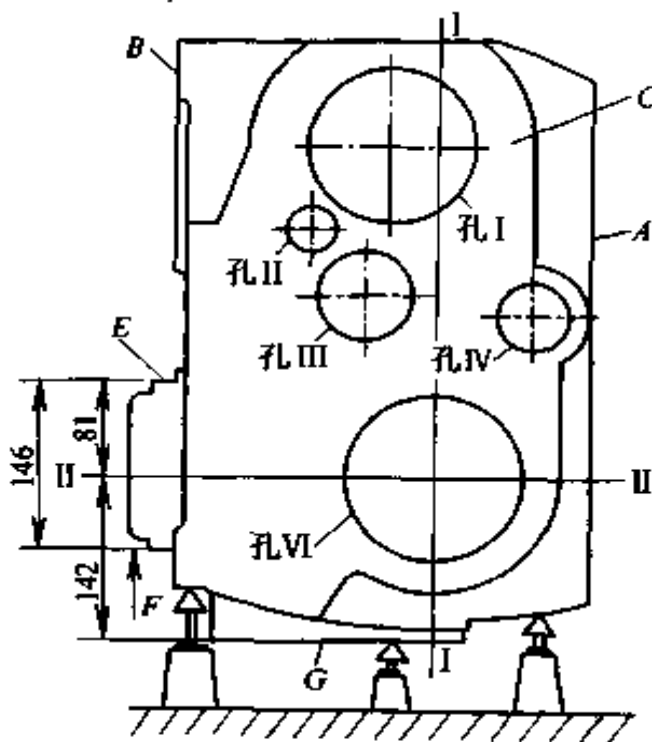
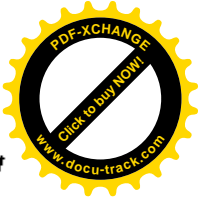


图 5-4 C620-1 车床车头箱
第二次划线位置

后用钢直尺检查各孔的上下加工余量。注意，这一步的检查同第一划线位置划完线的检查目的是一样的。其检查本身与第一次划线并没有直接的关系，不过通过检查可以及早发现毛坯的缺陷，采取必要的措施。如检查没有问题，第二划线位置的划线结束。

3) 将箱体再翻转 90° ，进行第三次安装如图 5-5 所示。三只千斤顶支撑在 D 面上，调整其高度，用 90° 角尺校正 $I-I$ 和图 5-4 中的 $II-II$ 线的延长线使其与平台面垂直。依据孔 VI 内壁凸台的高低，决定余量大小，划出 C 、 D 两面之间 672mm 的加工线。这样箱体的第三划线位置的划线结束。



4) 检查一遍所划的线有没有遗漏或错误。无误后在各加工线上打上均匀的样冲眼,防止所划的线脱落,至此第一次划线结束。工件转到机加工工序。

(4) 第二次划线

箱体转机加工工序经过切削加工后,各外形面即 *A*、*B*、*C*、*D*、*E*、*F*、*G* 面都加工完毕,成为光整平面。这就为划线工作带来了极为有利的条件,我们可以直接以工件的外形面为基准划出各孔的加工位置线。划线前在箱体的各孔内装上中心塞块,小孔装木块或铅块;大孔装可调节中心塞块。然后涂色,因是已加工表面,涂紫色酒精漆片涂料为好。

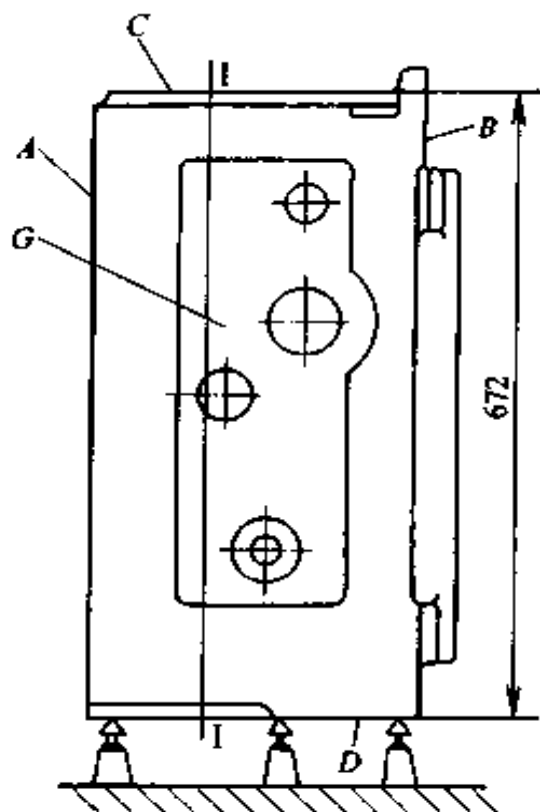
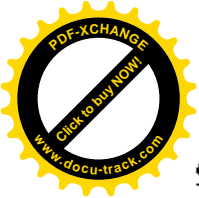


图 5-5 C620-1 车床车头箱
第三次划线位置

1) 因为 *B* 面不平(有一凸台),故箱体第一安装位置不宜把工件直接放在平台上。因此,仍然按图 5-3 所示的位置,把千斤顶换成两等高垫铁条支撑。不必校正工件,以 *A* 面为基准减去 120mm,划出孔 VI 的第一位置线或称第一条中心线;然后按照图样标准的尺寸要求,分别划出 I、II、III……孔的第一位置线。然后从 *A* 面的高度分别减去 176mm、130mm、212mm;在 *G* 面上划出 III、IV、V、VI 孔的第一位置线,完成第一划线位置的划线工作。

2) 因箱体的 *G* 面有一较大的平整已加工表面,所以把



箱体的 G 面直接放在划线平台上（参考图 5-4 所示的位置）。就是以 G 面为基准，把高度游标卡尺调到 142mm 高度在 C 面和 D 面分别划出孔 VI 的第二位置线。在 C 面上还可以分别以 $(142 + 220 + 65)\text{mm}$ 、 $(142 + 220)\text{mm}$ 、 $(142 + 157)\text{mm}$ 、 $(142 + 143)\text{mm}$ 为高度划出孔 I 、孔 II 、孔 III 、孔 IV 的第二位置线。再用同样的方法，在箱体其他表面上，依据图样标注的要求分别划出 V 、 VII ……等孔的第二位置线。完成第二划线位置的划线。

3) 参考图 5-5 所示的位置。把工件的 D 面直接放在划线平台上，以 D 面为基准。把高度规分别调到 180mm 、 348mm 、 421mm 、 550mm 的高度，划出孔 XIII 、 XIV 、 XV 、 XVI 的第二位置线。完成第三划线位置的划线。

4) 检查所划的线有无遗漏和错误，无误后，在上述各位置线的交点即孔的圆心处，轻轻冲一个样冲孔，以其为圆心，以图样要求的尺寸为半径，分别划出各孔的加工线。重要孔的加工线也应冲上样冲孔。第二次划线结束，并转镗床镗孔。

(5) 第三次划线 当箱体镗孔结束后，箱体的各主要尺寸已基本加工出来。但仍然还有一些螺孔、光孔、油孔需要钳工或其他工种继续加工。因此就不可避免的要进行第三次划线。第三次划线的部位虽然大都是箱体的次要部位，但决不能在划线时有丝毫的粗心大意。因为这时工件已基本加工完毕，如果再因划线造成加工不当引起废品，就会“前功尽弃”，造成很大的经济损失。所以第三次划线更应引起注意。

由箱体的零件图可以看出箱体上有很多均布的螺孔属于等分划线（等分划线方法见第二章 12 题圆周等分线）。其余螺孔、油孔和光孔划线既可以外形为基准划线；又可以孔的

中心线为基准划线。划线方法很多，也不困难，在这里就不介绍了。但必须指出，图样上标有配作的孔，不需要划线，等装配时，再进行加工。

实例 2 PM650 齿轮减速器箱体的划线

(1) 看懂零件图，搞清加工工艺要求 图 5-6 是 PM650 齿轮减速箱上盖的零件图，图 5-7 是 PM650 齿轮减速箱箱座的零件图。减速器的箱体由箱座和上盖组成；工作时两部分连成一体，其剖分面与传动零件的轴线重合。剖分面或称结合面应在镗轴承孔之前加工，粗糙度为 $R_a 1.6\mu\text{m}$ ，以保证剖分面的密封。从图中还可以看到箱体的三个轴承孔是箱体的关键部位，不但有较高的位置精度，而且有很高的尺寸精度，这在划线时应该注意保证必要的加工余量。箱体的另一

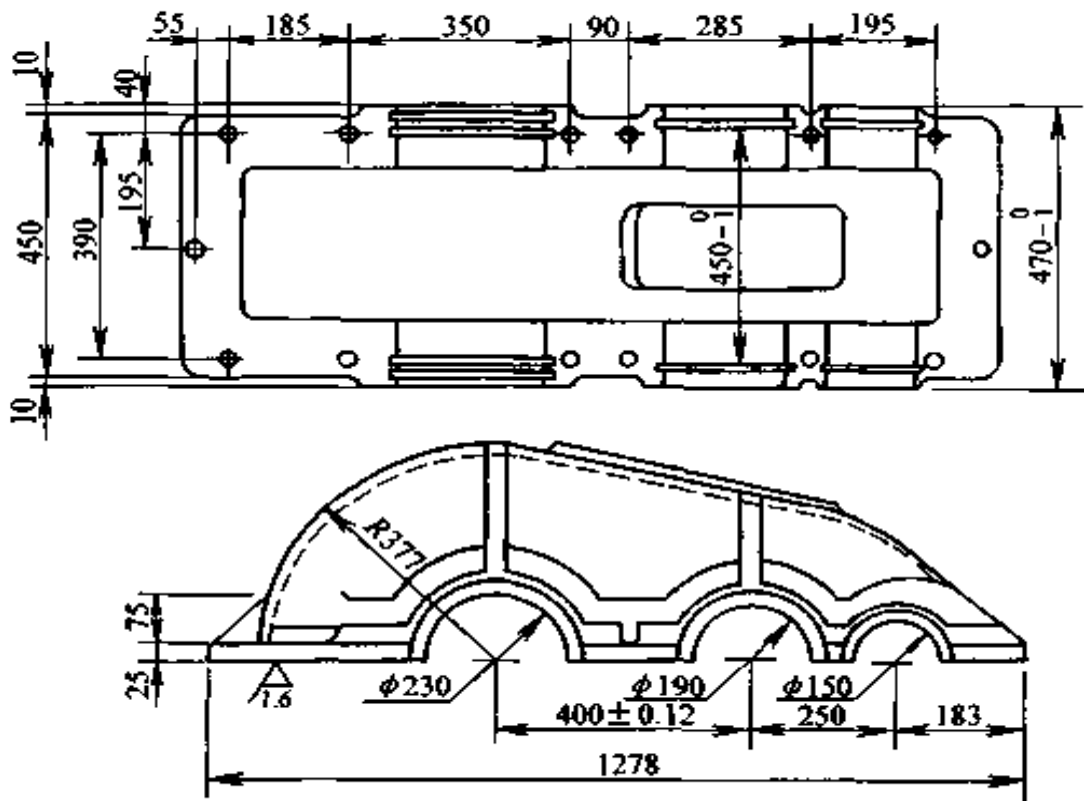


图 5-6 PM650 减速箱上盖

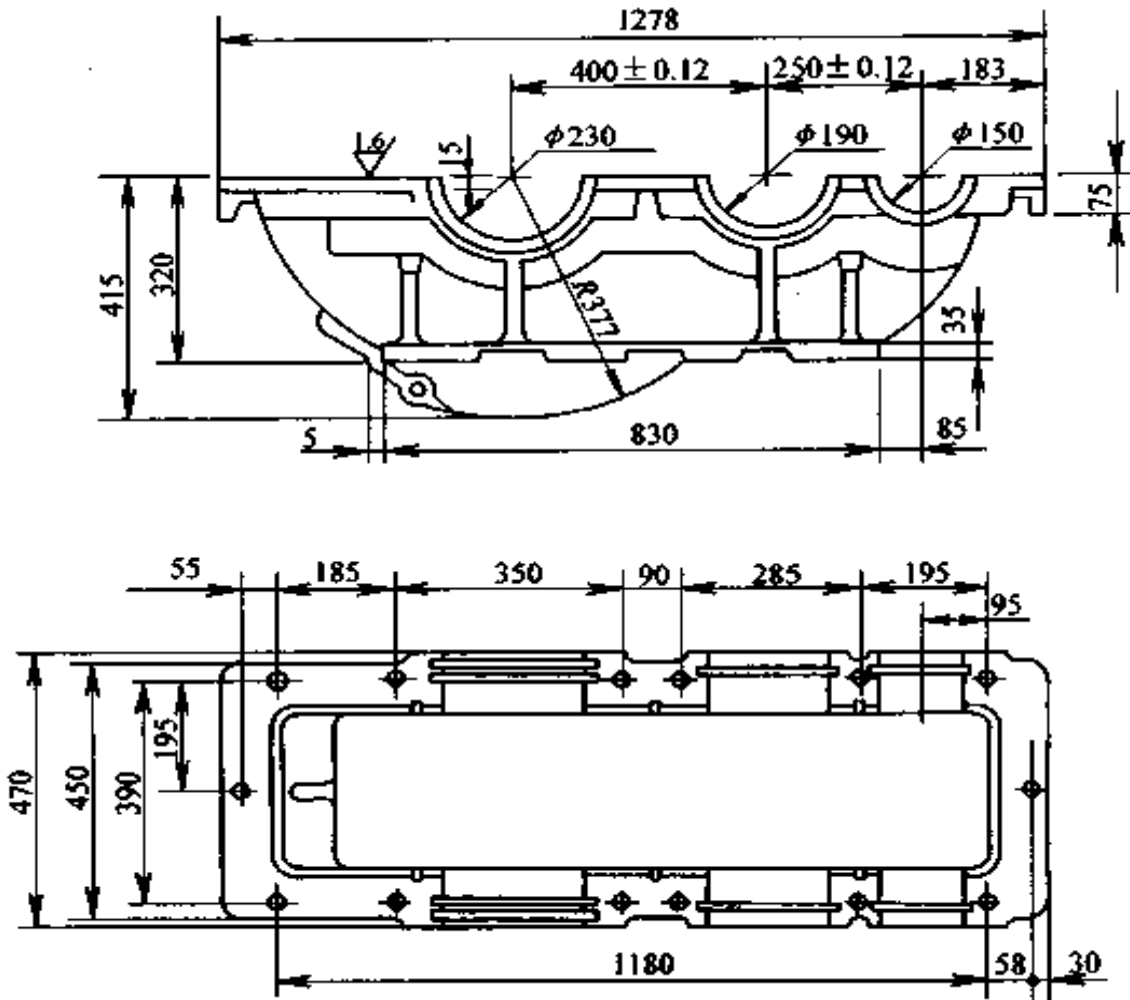
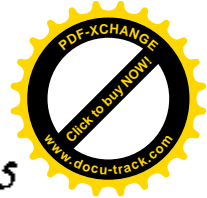


图 5-7 PM650 减速箱箱座

重要部位是它的紧固面，虽然紧固面是非加工表面，但是要承受上盖和箱座紧固在一起的紧固力，划线时应照顾紧固面与剖分面之间厚度均匀，并尽可能接近图样要求的尺寸。在上盖图中所标出的 $R377\text{mm}$ 处，装配时，内部要安装一个大齿轮，它与 $R377\text{mm}$ 处的内壁的空隙不大；划线时应考虑到划线加工后的装配不致造成两件相碰。由以上的分析可知，此箱体也是不可能一次划全线的；所以必须认真分析零件加工的工艺要求，按照工艺卡片的要求进行划线。一般说来，PM650 齿轮减速器箱体划线分四次进行。第一次划线先分别



划出上盖和箱座的剖分面（结合面）的加工线；待加工后再划出图中所示的各拧紧上盖和箱座的紧固螺栓孔和定位销孔。

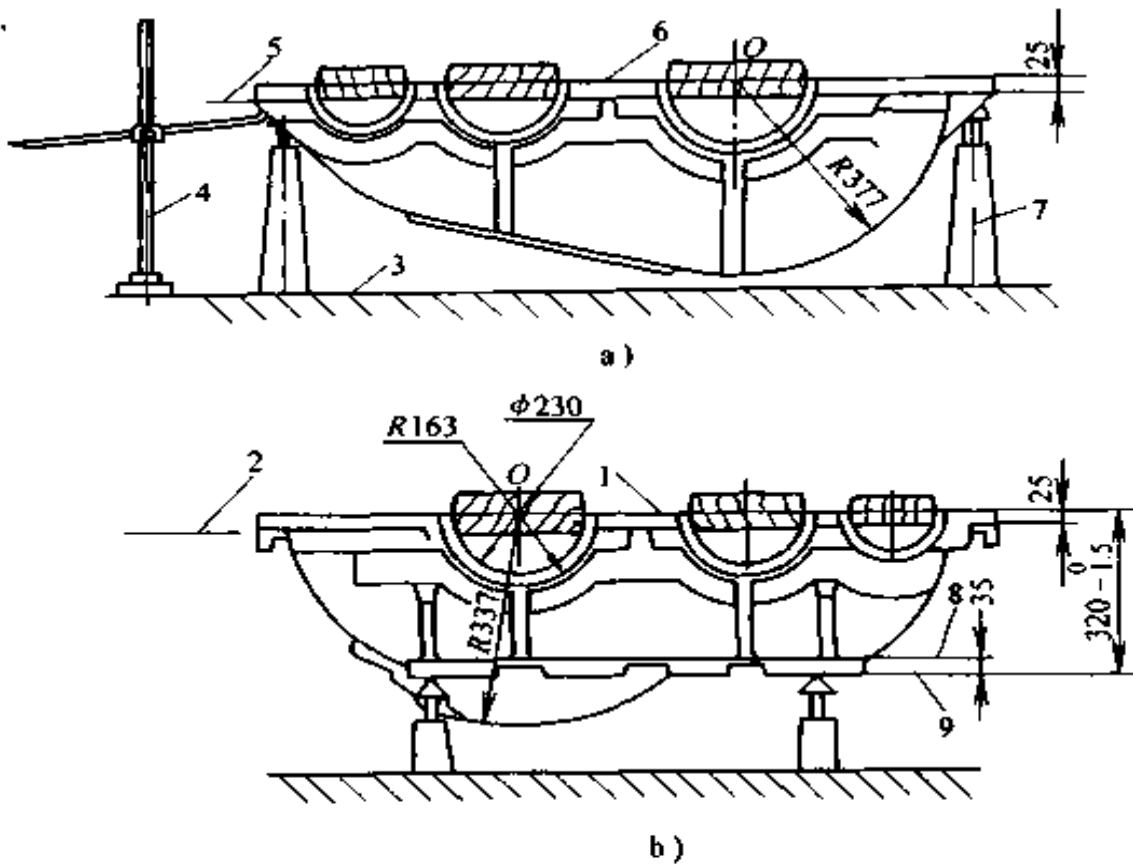


图 5-8 PM650 箱体第一次划线
1、6—剖分面 2、5、8—紧固面 3—平台
4—划针 7—千斤顶 9—底面

使与平台面基本平行。按紧固面 2 至剖分面 5 之间厚 25mm，划出剖分面的加工线。以这条剖分面的加工线为基准，减去 320mm 为高，划出底面 9 的加工线。检查剖分面的加工线上 O 点到圆弧背的尺寸 ($R377\text{mm}$ 外)，应保证其基本正确。

(4) 第二次划线 划螺栓孔和销孔线。图 5-9 所示为上盖的划线放置位置。图 5-9a 为第一划线位置按上盖内壁找正，划出箱体对称中线 I-I；然后以 I-I 线为基准分别加上 195mm，减去 195mm 在上盖的剖分面上划出两条线来。至此，各螺孔和销孔的第一位置线划完。

图 5-9b 为上盖的第二划线位置。用 90° 角尺按 I-I 线找

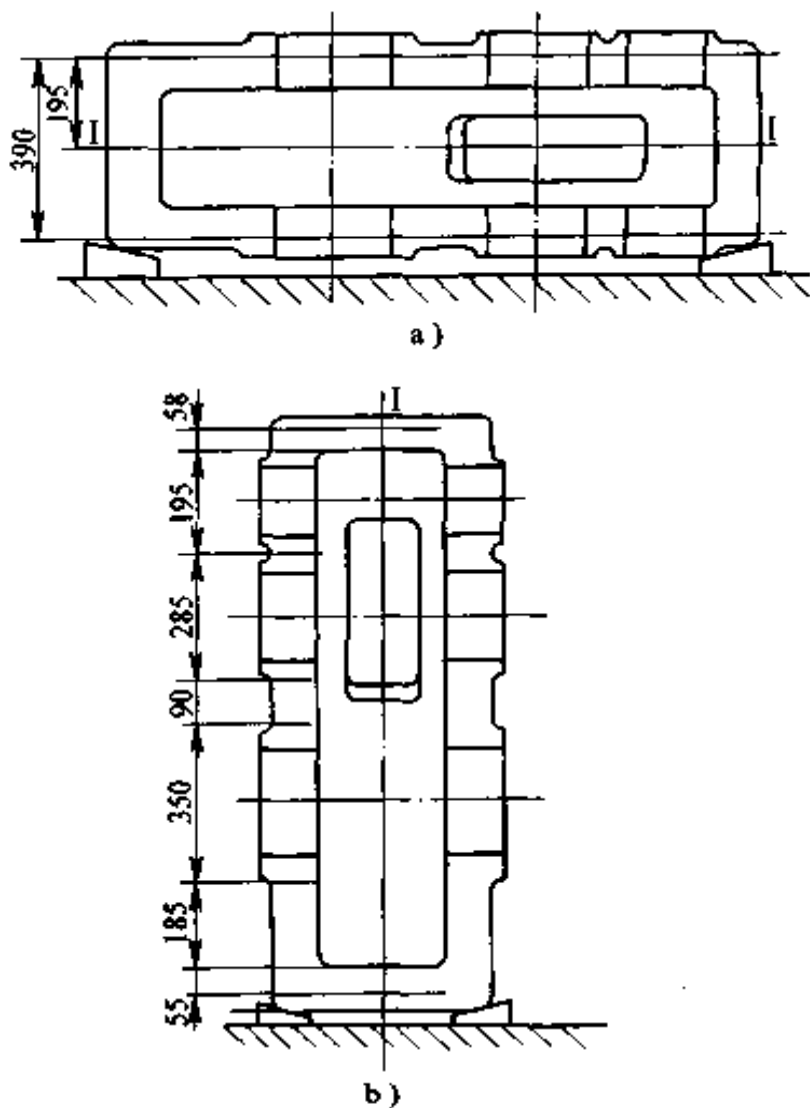


图 5-9 PM650 箱体第二次划线

正工件。按图 5-9b 所示的位置，在上盖下部紧固面取中划出第一道线与上盖中线的交点即为穿螺栓孔的中心；然后以这条线为基准分别加 55mm 、 $(55 + 185)\text{mm}$ 、 $(55 + 185 + 350)\text{mm}$ 、 $(55 + 185 + 350 + 90)\text{mm}$ 、 $(55 + 185 + 350 + 90 + 285)\text{mm}$ 、 $(55 + 185 + 350 + 90 + 285 + 195)\text{mm}$ 、 $(55 + 185 + 350 + 90 + 285 + 195 + 58)\text{mm}$ 进行划线。这 6 条线与剖分面上的第一位置线的交点就是穿螺栓孔和销孔的中心。至此，

第二位置线划线结束。

把工件取下，在各孔的中心用划规按图样要求划出各孔的加工线，转机加工，把各孔加工出来。然后把上盖放在箱座上配划各孔线，或者直接用钻床配钻箱座的各孔。

(5) 第三次划线 用螺栓和销子把上盖和箱座紧固为一体，成为工作状态，这时就可以进行第三次划线。

将箱体安放在平台上（图 5-10），用 90°角尺校正箱座底面使其与平台垂直，以决定图示前后位置。用划线盘校正平宽为 450mm（图 5-7）毛坯平面使其与平台面基本平行，以决定箱体左右两端的水平位置。工件校正结束后，即可开始划线，首先依据三个轴孔两端凸台高低和中间的凸起加强肋划出校正线 I-I。然后以 I-I 线为基准，加上 $\frac{470}{2} = 235\text{mm}$ ，调整划线盘的高度，划出箱体上端加工线；再由上端加工线减去 235mm 划出箱体下端加工线。完成第三次划线。即可转入机加工工序加工 470mm 部位。

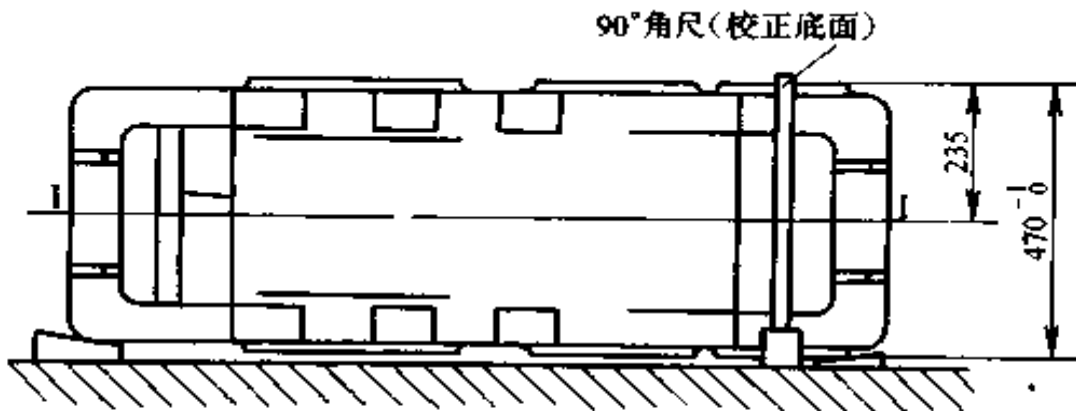
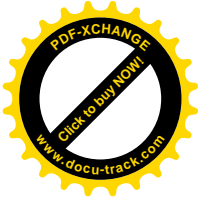


图 5-10 PM650 箱体第三次划线

(6) 第四次划线 第四次划线是划镗孔线。即分别划出 $\phi 230\text{mm}$ 、 $\phi 190\text{mm}$ 、 $\phi 150\text{mm}$ 三轴承孔的位置线和加工线。



划线前在各毛坯孔中安装中心塞块，并在划线部位涂紫色酒精漆片涂料，因为在第一次划线时已检查并照顾到各孔的加工余量，这次可以不必重新检查。

工件的安装如图 5-11 所示。因为工件不易支撑，最好用天车把工件吊住，绳索稍稍松弛一点，万一工件倒下，不至造成人身及设备事故。仔细调整千斤顶的高度，用 90°角尺分别校正箱体的底面和两侧面使其与平台面垂直。校正结束就可开始划线。

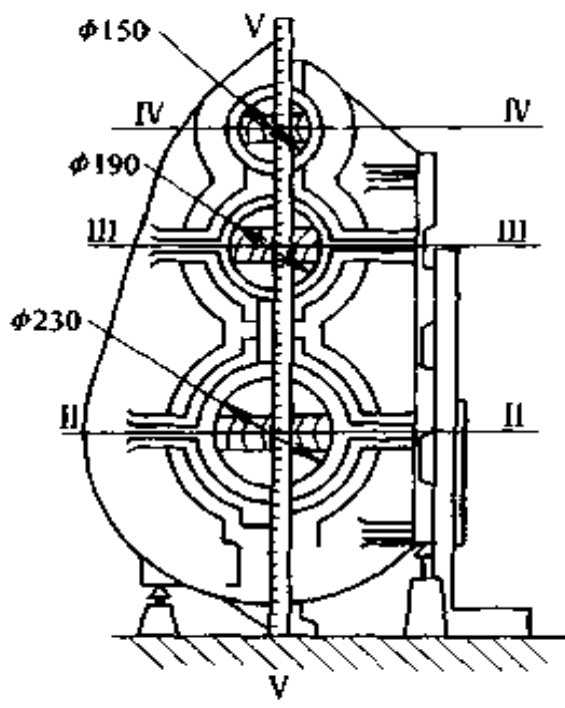
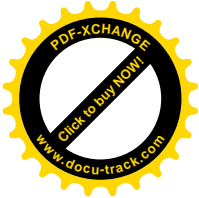


图 5-11 PM650 箱体第四次划线

首先划 $\phi 230\text{mm}$ 孔的第一位置线。怎样确定呢？应根据第一次划线时检查对中心 O 的方法（即以 $\phi 230\text{mm}$ 孔凸台外缘为依据）来确定第一位置线。这时第一次所划的线早已加工掉，我们可以仍然以 $\phi 230\text{mm}$ 孔凸台外缘为根据，照顾到各凸缘的上下，左右均匀检查无误，再划出 $\phi 230\text{mm}$ 孔的第一位置线 II-II。接着以此线为基准加上 400mm 划出 $\phi 190\text{mm}$ 孔的第一位置线 III-III。随后再加上 250mm 划出 $\phi 150\text{mm}$ 孔的第一位置线 IV-IV。然后用长钢直尺或直尺对准箱体的剖分面（图中箱盖与箱座的结合缝），在中心塞块上划出三个孔的第三位置线 V-V；分别与三孔的第一位置线 II-II、III-III、IV-IV 线相交。以三相交点为圆心，以 $R115\text{mm}$ 、 $R95\text{mm}$ 、 $R75\text{mm}$ 为半径，划出各孔的加工线。第四次划线结束，转镗床加工各孔。



第六章 凸轮齿轮划线

1. 凸轮机构有哪几部分组成？

答 凸轮机构一般由凸轮，从动件，支承凸轮和从动件的机架等组成。

2. 凸轮形状一般可分为几类？各有何特点？

答 凸轮形状千变万化，但综合起来，大致可分为三类：

(1) 盘形凸轮 如图6-1a、b、c、d、e所示，凸轮的形

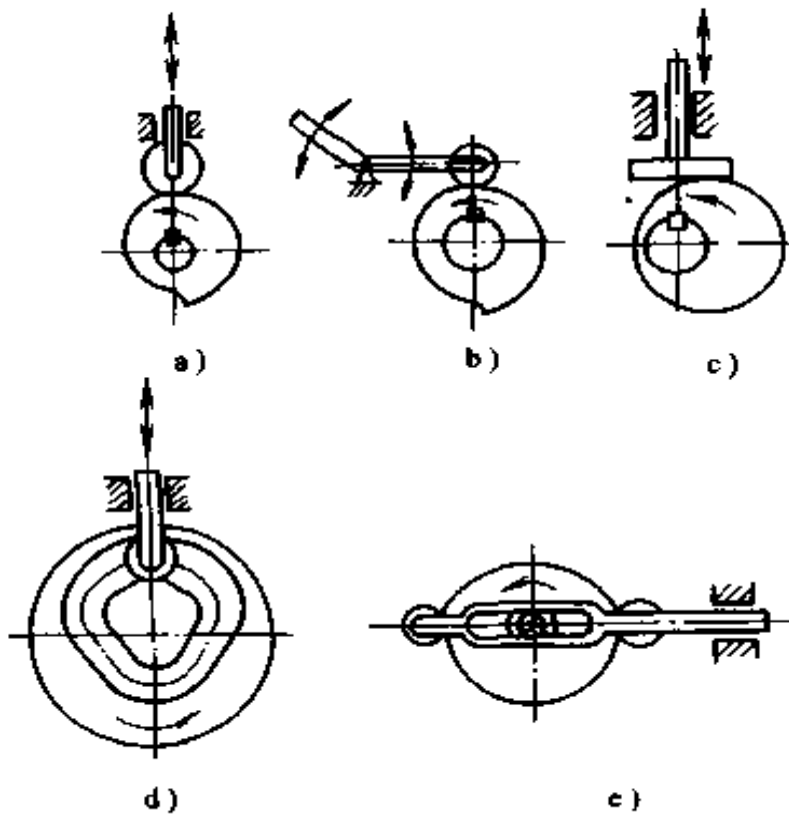


图 6-1 各种类型的凸轮

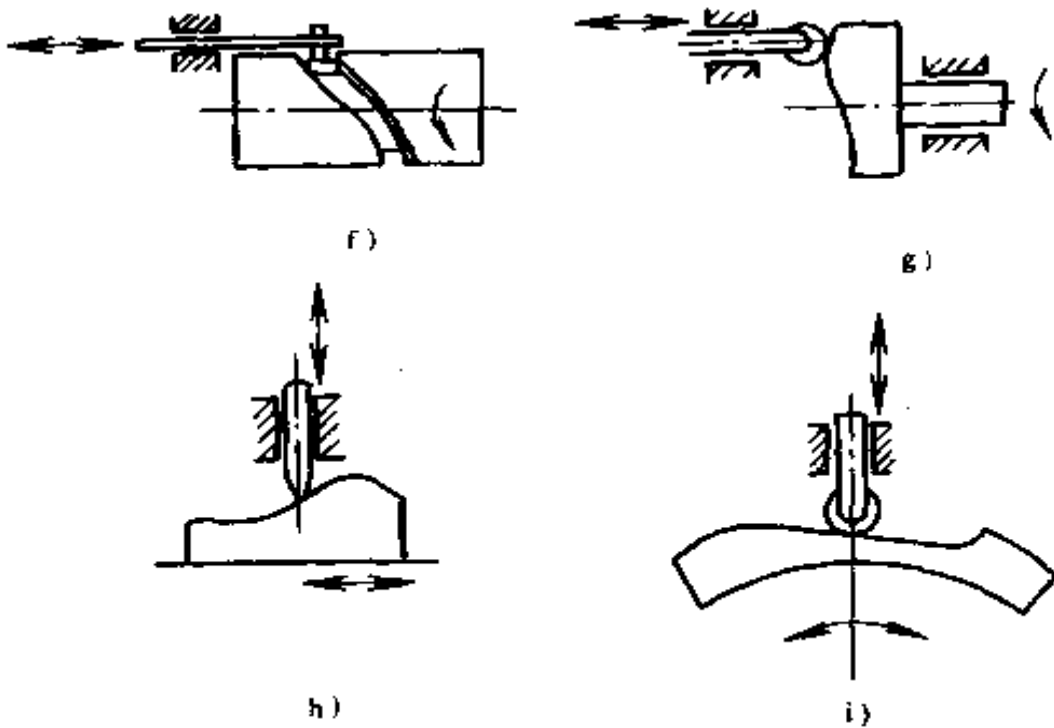
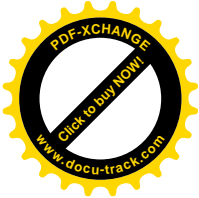


图 6-1 各种类型的凸轮 (续)

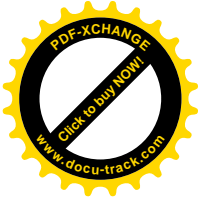
状为盘形，其从动件沿凸轮轮廓曲线作径向直线往复运动或摆动。它是凸轮机构中最基本的形式。

(2) 圆柱形凸轮 如图 6-1f、g 所示，凸轮的形状为圆柱形，其从动件沿凸轮轮廓曲线作轴向直线往复运动。其中图 6-1f 所示的凸轮又称为外圆沟槽凸轮。

(3) 块状凸轮 如图 6-1h、i 所示，凸轮镶拼在支承盘或板面上，可以调整中心距离，凸轮作往复移动或摆动，其从动件沿凸轮轮廓曲线也作相应的往复移动或摆动。

3. 什么是理论轮廓曲线和实际轮廓曲线？它们有什么不同？

答 如图 6-2 所示，以转子从动件为例，理论轮廓曲线



就是首先求得的表示转子中心的移动轨迹的轮廓曲线。实际轮廓曲线是和转子圆相切的曲线，即所谓“包络线”。但是对于尖端从动件的凸轮机构，由于从动件上始终是同一点接触，因此两种轮廓曲线完全重合。

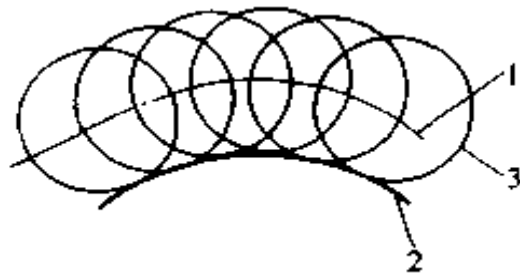


图 6-2 凸轮轮廓曲线
1—理论轮廓曲线 2—实际轮廓曲线
3—转子圆

4. 凸轮划线前应作哪些准备？

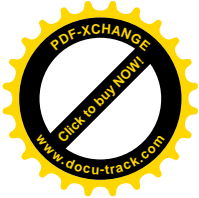
答 凸轮划线大都是在凸轮工件上的轴孔、外圆、端面等已经加工、制成半成品后，借用这些轴孔，外圆或端面作为基准来划线的。对于圆弧曲线中心点落在孔中的凸轮，应该将孔填平；对于曲线中心点落在坯件外的凸轮，则应利用几何关系或拼块等方法来划线。待划线的工件表面，需涂上甲基品紫等显色剂，以保证划出的线条清晰。

5. 怎样用分度头划中心十字线？

答 中心十字线的划法如下：

1) 将凸轮坯件装夹在分度头的三爪卡盘上（图 6-3），摇动分度头，用百分表校正坯件外圆（或内孔）和端面。

2) 用高度游标卡尺量取分度头的中心高，在坯件端面上划一条水平线，然后将分度头旋转 180° ，仍用高度游标卡尺沿该线检查，如发现不重合，则校正高度游标卡尺的高度，直至与该线重合为止，即划得第一条中心线 I-I。接着再将分度头旋转 90° ，划与 I-I 线互相垂直的第二条中心



线 II-II，这样中心十字线就划好了。

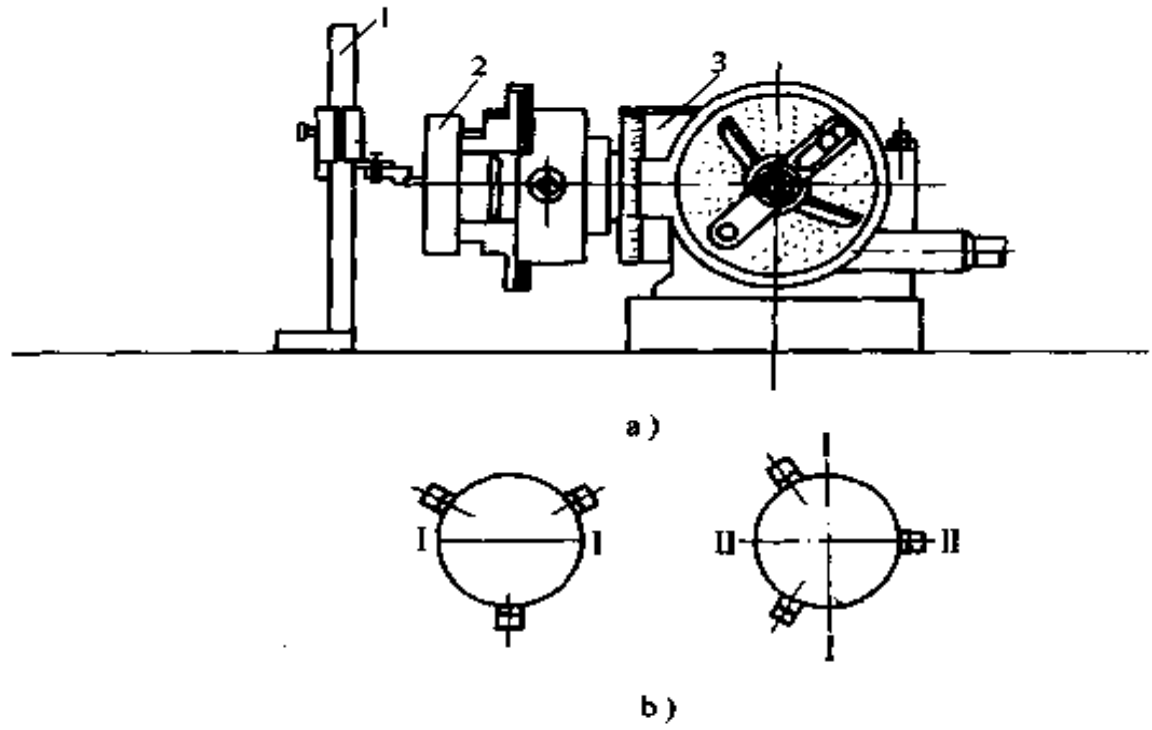
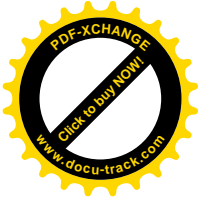


图 6-3 在分度头上划中心十字线
1—高度游标卡尺 2—工件 3—分度头

6. 怎样用分度头划凸轮分度射线？

答 利用分度头可以十分方便的划凸轮分度射线。在通常采用的分度头上，装夹工件的三爪卡盘是通过一对速比为 1:40 的蜗轮、蜗杆啮合带动的。分度操作手柄与蜗杆相联，当手柄摇过 40 转时，工件转动一周，即手柄每摇过一转，工件转过 9°。而一般凸轮的分度角都取整数值，所以我们只需将分度头分度孔板取 9 的整倍数即可十分方便而又准确的进行分度了，其分度孔数 n 的计算公式如下：

$$n = \theta \times \frac{n_0}{9}$$



式中 n ——分度孔数；
 θ ——分度角，(°)；
 n_0 ——分度孔板数。

例如 分度角 $\theta = 5^\circ$ ，取分度孔板数 $n_0 = 63$

则
$$n = 5 \times \frac{63}{9} = 35 \text{ (孔)}$$

即每次分度只需将操作手柄摇过 35 孔。

在划分度射线时，由于划针盘的划针尖在划中心十字线时，已校正在分度头中心高上，因此，我们只要用已划出的中心水平线为基准，按计算求得的分度孔数摇动手柄，即可以依次划出图样上所要求的每一条分度射线。

7. 不能用分度头时怎样划分度射线？并举例说明？

答 在不具备分度头或某些大型凸轮工件在分度头上不易装夹的条件下，我们可以采用计算法或几何作图的方法划凸轮分度射线。

如图 6-4 所示，就是应用弦长进行分度。其方法如下：

首先选一个合适的半径 R （通常可取凸轮的最小半径），用划规在工件端面上划一圆周，然后通过计算求得夹角 φ 及分度角 $\frac{\varphi}{n}$ 所对应的总弦长 S_0 与分度弦长 S ，再用划规在圆周上依次截取，如截取后终点不相重合时，可将分度弦长 S 调整试凑，直至完全等分为止。最后将中心 O 与各交点相连，即

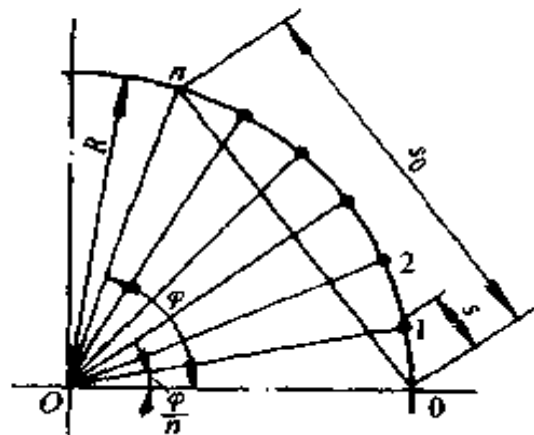
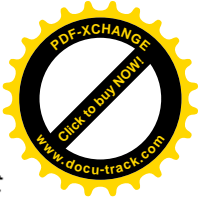


图 6-4 用弦长分度



可划出各条分度射线。总弦长计算公式如下：

$$S_0 = 2R \sin \frac{\varphi}{2}$$

式中 S_0 ——总弦长；

R ——半径；

φ ——夹角。

分度弦长计算公式如下：

$$S = 2R \sin \frac{\varphi}{2n}$$

式中 S ——分度弦长；

R ——半径；

φ ——夹角；

n ——等分数。

例 1 凸轮工件上某段曲线的夹角 $\varphi = 30^\circ$ ，需分划 6 等分，试应用弦长进行分度，凸轮曲线的最小半径为 115mm。

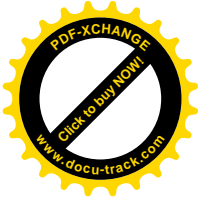
解 因为这一凸轮曲线的最小半径是整数，所以我们可以直接取它作为划线半径，即取 $R = 115\text{mm}$ ，

$$S_0 = 2 \times 115\text{mm} \times \sin \frac{30^\circ}{2} = 59.52\text{mm}$$

$$S = 2 \times 115\text{mm} \times \sin \frac{30^\circ}{2 \times 6} = 10.03\text{mm}$$

当工件装夹在 V 形块上划分度射线时，我们还可以用计算弦高的方法进行分度（图 6-5），其方法如下：首先也是在工件端面上用划规按选定半径 R 划一圆周，然后按夹角 φ 及分度角 $\frac{\varphi}{n}$ 分别求得各段弦高 H_1 、 H_2 、 H_3 …… H_n ，计算公式如下：

$$H_i = R \sin \left(\frac{i}{n} \varphi \right)$$



式中 H_i ——第 i 段弦高；
 R ——半径；
 i ——第 i 段；
 n ——等分数；
 φ ——夹角。

例 2 同上例，应用弦高进行分度，试求第 4 条分度射线及夹角 φ 所对应的弦高 H_4 与 H_6 。

解 第 4 段弦高

$$H_4 = 115\text{mm} \times \sin\left(\frac{4}{6} \times 30^\circ\right) = 39.33\text{mm}$$

夹角 φ 对应弦高

$$H_6 = 115\text{mm} \times \sin 30^\circ = 57.50\text{mm}$$

求得各段弦高后，便可将划针尖调整至工件中心高和对应各弦高的高度上，在圆周上依次截取。然后将划针调整至中心高，依次转动工件，将中心 O 与圆周上截得的各交点相连，即可划出夹角 φ 的射线及各条分度射线。当夹角 φ 过大时（如大于 60° ），截取交点就可能不清晰，甚至难于分辨，这时我们可将工件上的十字线转过 90° ，利用夹角 φ 的余角 $(90^\circ - \varphi)$ 进行划线。

此外，当等分数为 2 的几次幂时（如 2、4、8、16…… 2^n ），可以应用 2 等分角度的几何作图方法，对任一已知角 φ 依次进行 2 等分、4 等分、8 等分……，直至完全等分为止。如图 6-6 所示，将 \widehat{AB} 弧 4 等分，先将 A 、 B 两点与圆心 O 相连形成 $\angle AOB$ ；然后分别以 A 、 B 点为圆心，适当长度 R'

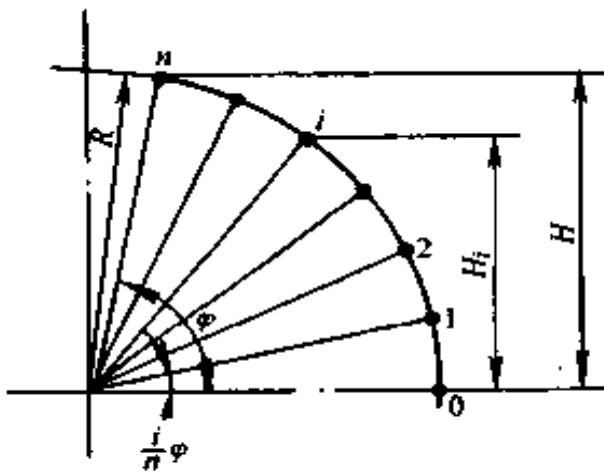
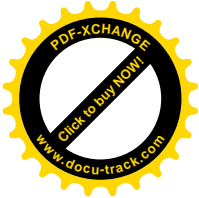


图 6-5 用弦高分度



为半径，划弧交于 C' 点，连接 OC' 交 \widehat{AB} 弧于 C 点；再分别以 A 、 B 、 C 为圆心，以适当长度 R'' 为半径，划弧交于 E' 、 D' 两点，连接 $E'O$ 、 $D'O$ 与 \widehat{AB} 弧交于 E 、 D 点，这样就把 \widehat{AB} 弧等分成了 4 等分。这种方法也可称为等分法，但它具有较大局限性，不能进行任意的分度。

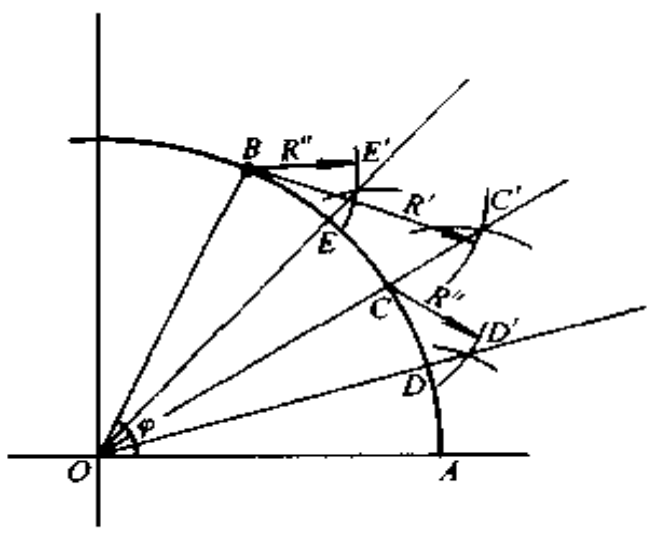


图 6-6 用等分法分度

8. 结合工件说明怎样划凸轮圆弧轮廓曲线？

答 凸轮的圆弧轮廓曲线，是根据各段圆弧中心坐标位置来决定的。在划线时，各圆弧中心位置是否准确，将对凸轮轮廓曲线产生直接影响。下面我们以圆弧凸轮工件（图 6-7）为例，介绍几种划凸轮圆弧轮廓曲线的方法。

(1) 在划线方箱或分度头上定中心划圆弧
如图 6-7 所示，凸轮轮廓曲线主要由 \widehat{ABC} 、 \widehat{CD} 、 \widehat{EF} 、 \widehat{GZ} 各段圆弧组成，此外还包括两段过渡圆弧 \widehat{DE} 、 \widehat{FG} 及直线段 AZ 。将凸轮坯件装夹在如图

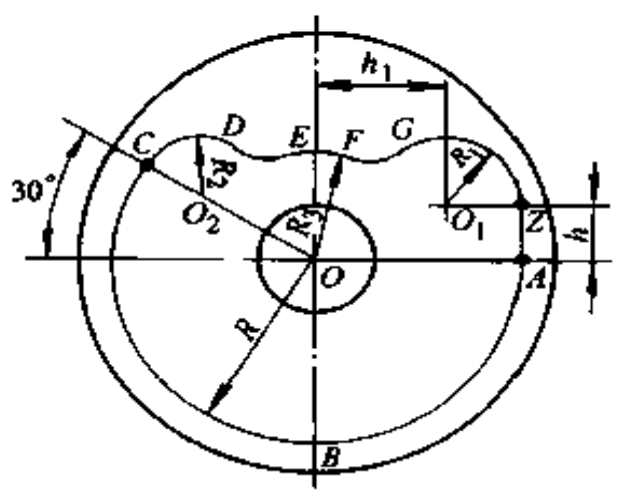


图 6-7 圆弧凸轮

6-8 所示的划线箱的 V 形槽中（或装夹在分度头卡盘上）进行划线。其划法如下：

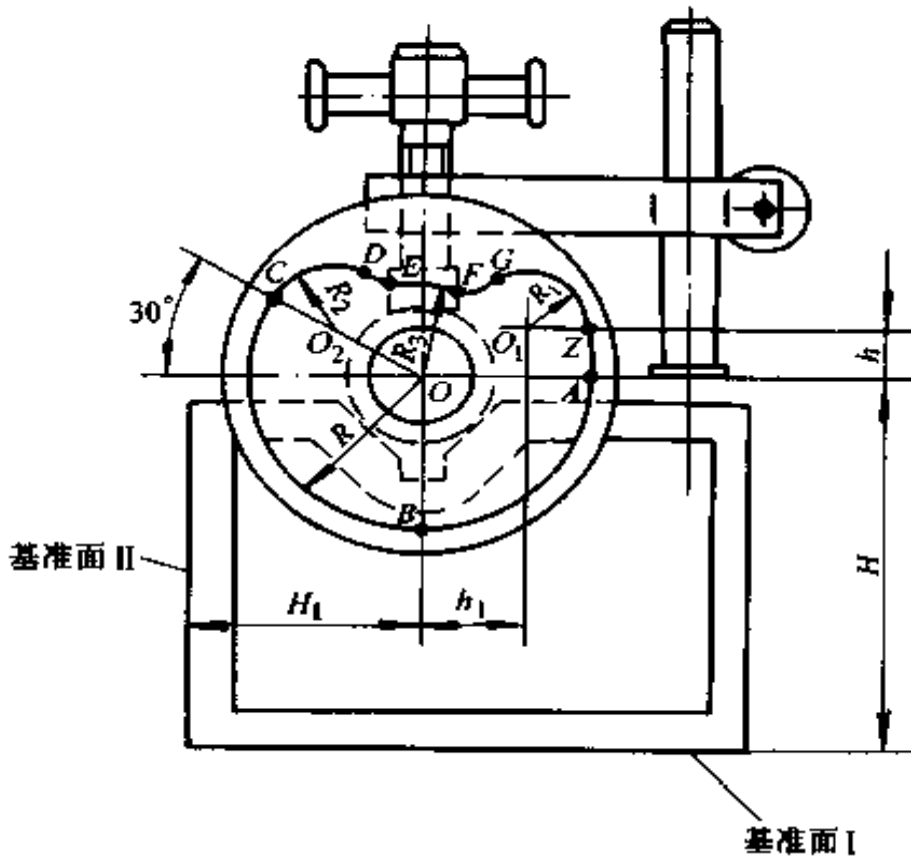
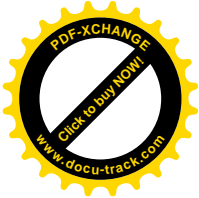


图 6-8 在划线方箱上定中心划圆弧

1) 对于其中心点与凸轮轴孔中心重合的圆弧段，如 \widehat{ABC} 及 \widehat{EF} ，可以直接在划线方箱 V 形槽中（或分度头上）转动凸轮划出。其划法是：在凸轮垂直中心线上，用划针尖在 B 点截取 OB 等于 R ，并使划针尖停在 B 点不动，转动凸轮，即可划出圆弧段 \widehat{ABC} 。再按半径 R_3 划出圆弧段 \widehat{EF} 。除此外也可用划规直接划出圆弧。

2) 对于以十字坐标标出其中心的圆弧段，如 \widehat{GZ} ，应根



据坐标定出中心 O_1 ，然后用划规划圆弧。其划法是：在划线尺上取尺寸等于 $H + h$ 划一短线，再将划线方箱翻转 90° ，在划线尺上取尺寸等于 $H_1 + h_1$ ，划线得交点 O_1 ，即为 \widehat{GZ} 段圆弧中心，然后用划规以 R_1 为半径划出圆弧段 \widehat{GZ} 。

3) 对于其中心点标注在角度射线上的圆弧段，如 \widehat{CD} ，应先分出 30° 角度射线，再将角度射线转至垂直位置，按中心高 $[H + (R - R_2)]$ 用划线尺在角度射线上截取中心点 O_2 ，用划规以 O_2 为圆心，以 R_2 为半径，即可划出 \widehat{CD} 段圆弧。

(2) 求过渡圆弧中心划圆弧 当图样上某些圆弧的中心位置没有明确地标注出来，而只是介于其他两圆弧之间，与相邻圆弧相切，这是一种过渡圆弧。过渡圆弧的中心可以从相邻圆弧和公切圆弧间的几何关系中求得，其原理是：两个相切圆弧的切点必然通过两个圆弧的中心点的连线。

1) 作已知 A 、 B 圆弧的内切过渡圆弧 C 的方法，如图 6-9a 所示。

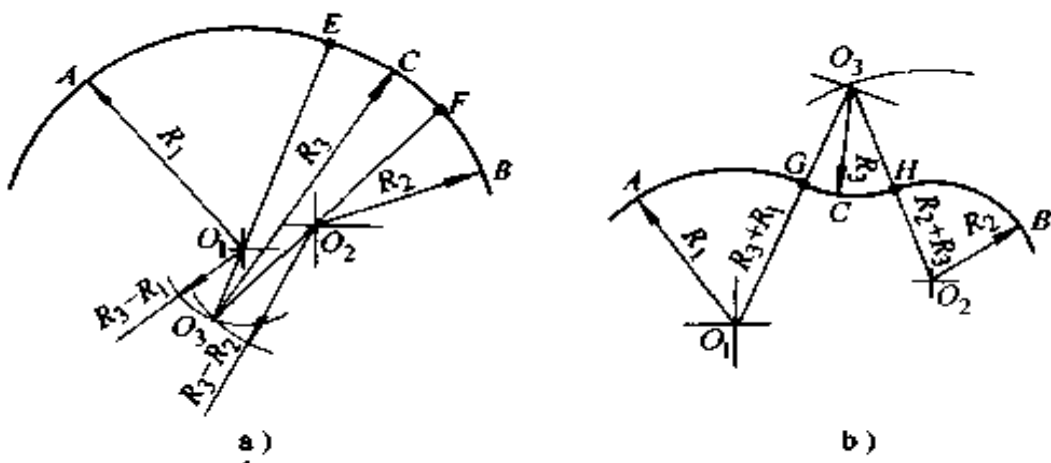
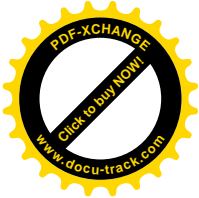


图 6-9 求过渡圆弧

a) 内切 b) 外切

E — AC 弧公切点 F — BC 弧公切点 G — AC 弧公切点 H — BC 弧公切点



已知圆弧 A 的半径为 R_1 ，中心为 O_1 ；圆弧 B 的半径为 R_2 ，中心为 O_2 ，且知过渡圆弧 C 的半径为 R_3 ，求其中心 O_3 。其作法如下：以 A 弧中心为圆心， $R_3 - R_1$ 为半径划弧；再以 B 弧中心 O_2 为圆心， $R_3 - R_2$ 为半径划弧，得交点 O_3 ，即为过渡圆弧 C 的中心。最后以 O_3 为圆心， R_3 为半径作过渡圆弧 C ，它与 A 、 B 圆弧必然相切于 E 、 F 点。

2) 作已知 A 、 B 圆弧外切过渡圆弧 C 的方法，如图 6-9b 所示。

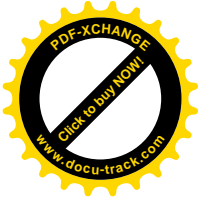
已知圆弧 A 的半径为 R_1 ，中心为 O_1 ；圆弧 B 的半径为 R_2 ，中心为 O_2 ；且知过渡圆弧 C 的半径为 R_3 ，求其中心 O_3 。其作法如下：以 A 弧中心 O_1 为圆心， $R_3 + R_1$ 为半径划弧；再以 B 弧中心 O_2 为圆心， $R_3 + R_2$ 为半径，划弧，得交点 O_3 ，即为过渡圆弧 C 的中心。最后，以 O_3 为圆心， R_3 为半径作过渡圆弧 C ，它与 AB 圆弧相切于 G 、 H 点。

9. 什么是等速运动曲线？

答 等速运动曲线是指当凸轮转过相等的角度，从动杆就移动（上升或下降）相等的距离，习惯上又称为“阿基米德螺旋线”。

10. 划等速运动曲线有哪几种方法？各有何特点？

答 划等速运动曲线有三种方法：逐点划线法、圆弧划线法、分段作圆弧法。逐点划线法准确度较高，但划法复杂。圆弧划线法划法较简单，准确度不高，是一种近似划线法，一般应用于要求不高的凸轮。分段作圆弧法也是一种近似划线法，但其将前两种方法结合起来划线，其划线法较逐



点划线法简单，准确度比圆弧划线法高。

11. 怎样划凸轮等速运动曲线？

答 (1) 逐点划线法 如图 6-10a 所示，先在坯件上划出起点 OA ，终点 OB 的角度射线，分别截取起点的半径 OA 和终点的半径 OB ，半径之差 $(OB - OA) = A'B$ 即为从动杆往复移动行程。用角度射线将作用角 $\angle AOB$ 分为若干等分 (图中为 8 等分)，然后将移动行程 $A'B$ 也分为相同的等分。在射线 OB 上，以 O 为圆心自 A' 点起，在各等分点上

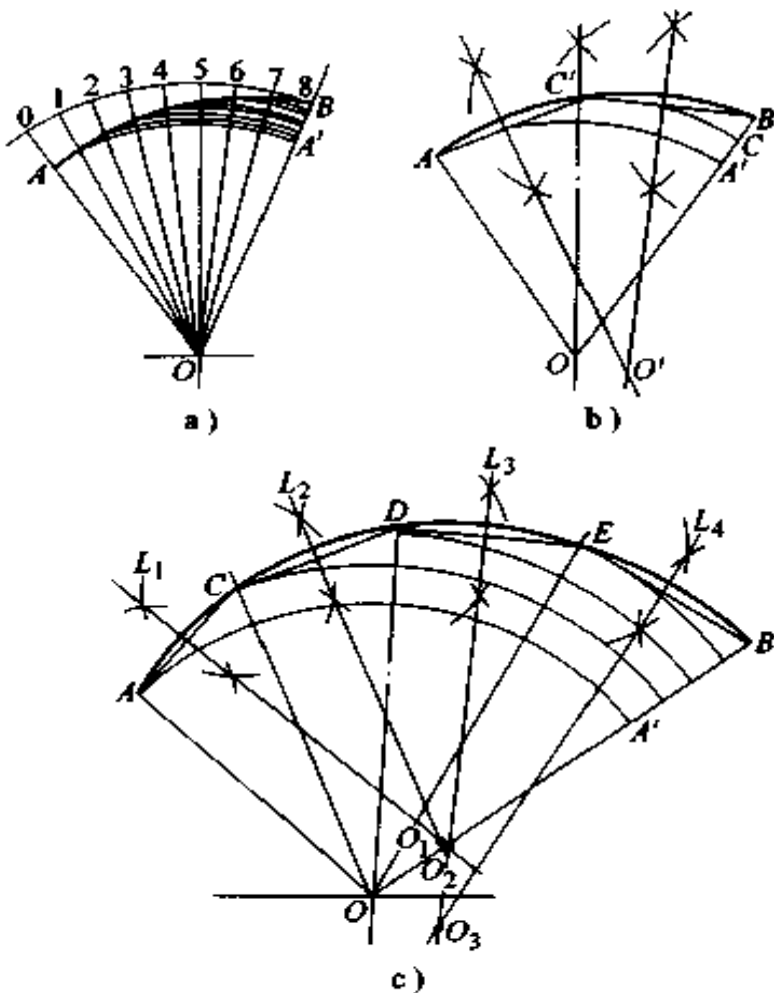
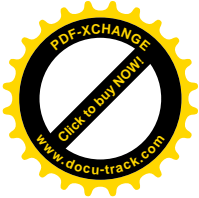


图 6-10 划等速曲线的方法

a) 逐点划线法 b) 圆弧划线法 c) 分段作圆弧法



逐点作同心圆弧，分别与对应的射线 0、1、2、3……相交取得一系列的交点，再将各交点用曲线板平滑的连接起来，即可得到等速运动曲线。等分数越多，曲线越准确。

(2) 圆弧划线法 如图 6-10b 所示，先在坯件上划出起点 OA 、终点 OB 的角度射线，分别截取起点的半径 OA ，终点的半径 OB ，以 O 为圆心， OA 为半径划圆弧，与 OB 交于 A' ，得移动行程 $A'B$ 。等分 $A'B$ 得到中点 C ，作 $\angle AOB$ 的角平分线 OC' ，以 O 为圆心， OC 为半径划弧与角平分线 OC' 相交于 C' 点，连接 AC' ， $C'B$ 线段，再分别作 AC' 、 $C'B$ 的垂直平分线相交于 O' 。以 O' 为圆心， $O'A$ 为半径划圆弧，通过 A 、 C' 、 B 三点的一段圆弧，即为近似的等速运动曲线。

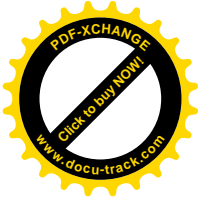
(3) 分段作圆弧法 如图 6-10c 所示，其划法如下：

1) 作起止角度射线 OA 、 OB ，截取 OA 、 OB 为起止点半径，并用射线 OC 、 OD 、 OE 将 $\angle AOB$ 若干等分（图中为 4 等分）。

2) 以 O 为圆心， OA 为半径，划圆弧，与 OB 交于 A' ，得从动杆行程 $A'B$ 。将 $A'B$ 做相同的等分（图中为 4 等分），从 OB 射线上，以 O 为圆心，从 A' 点起，在各等分点上逐点作同心圆弧，分别与相应的角度射线相交于 A 、 C 、 D 、 E 各点。

3) 连接线段 AC 、 CD 、 DE 、 EB 并分别作出这些线段的垂直平分线 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 ，得 L_1 、 L_2 的交点 O_1 ； L_2 、 L_3 的交点 O_2 ； L_3 、 L_4 的交点 O_3 。

4) 以 O_1 为圆心，过 A 、 C 、 D 点划圆弧；以 O_2 为圆心，过 C 、 D 、 E 点划圆弧；以 O_3 为圆心，过 D 、 E 、 B 点划圆弧，即为近似的等速运动曲线。



12. 用何种方法划圆柱凸轮轮廓曲线?

答 运动曲线在圆柱面上的凸轮,一般都采用在工作图上划出展开图的方法(图6-11)。其划线方法是,按照展开图,在一块平整的铜皮或铁皮上,划出横坐标 x ,纵坐标 y 。在横坐标 x 上,从 O 点起(即凸轮起始点),将凸轮圆柱面展开,展开长度为圆柱的外圆周长($\pi \times D$),代表 360° ,再将圆周长做若干等分,图上为36等分,每等分 10° 。

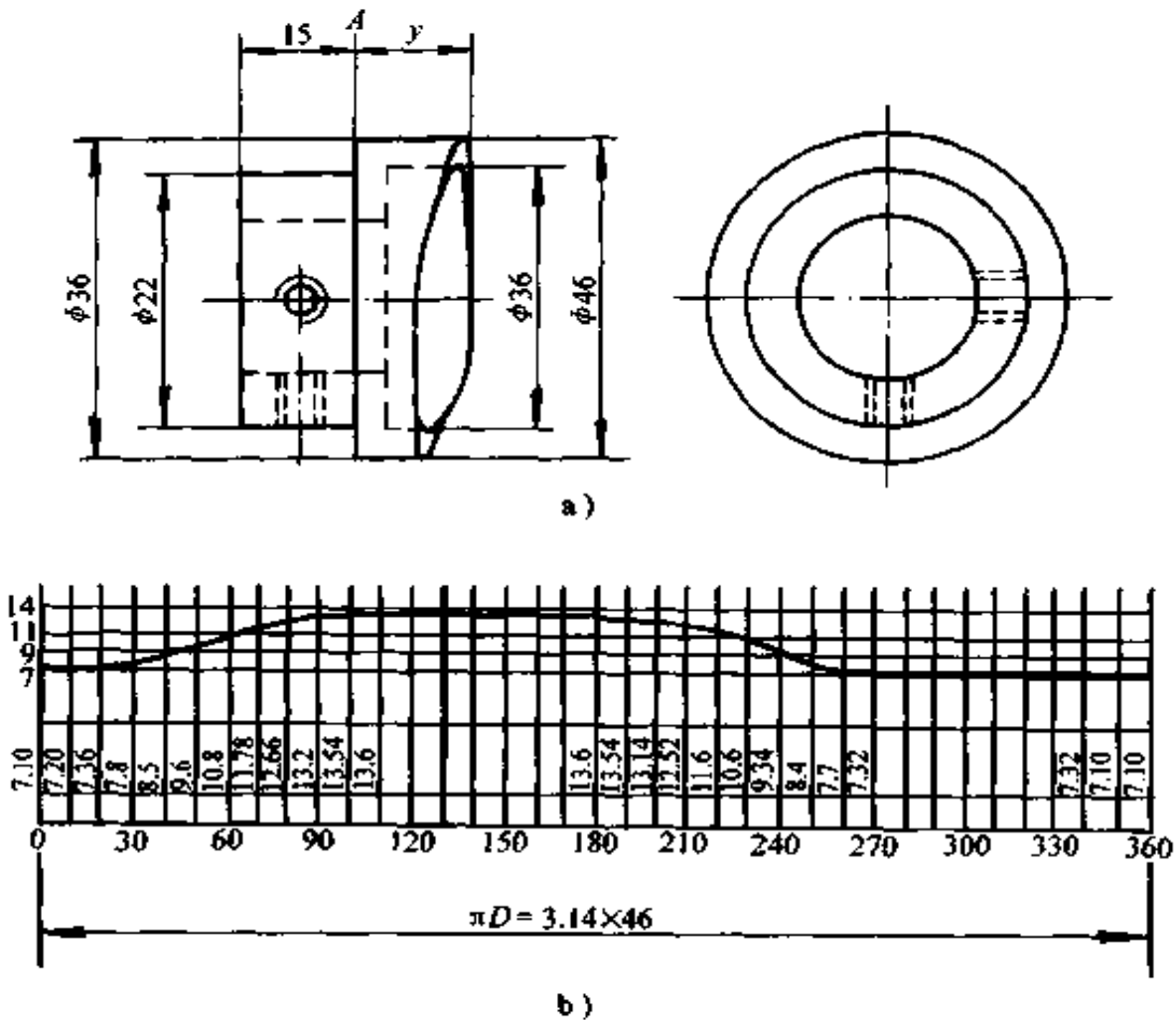
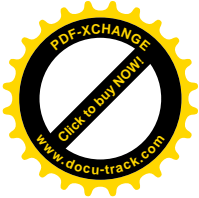


图6-11 圆柱凸轮轮廓曲线的展开方法

a) 工件 b) 凸轮曲线展开图



在等分点上分别作纵坐标 y 的平行线。再以圆柱凸轮端面 A 为基准，从 0 线开始，分别截取凸轮曲线各相应点的轴向高度，即在 y 坐标上的高度，如 0° 为 7.1mm， 10° 为 7.2mm， 20° 为 7.36mm……，依次作得各点，然后将各点用曲线板连接成平滑的曲线，用剪刀剪去多余的部分，将其围在凸轮圆柱面上，使基线与凸轮端面 A 靠齐，并按图样要求对准 0 线，即可用划针沿铜皮在凸轮圆柱表面上划出轮廓曲线。

13. 划凸轮曲线时应注意哪些事项？

答 划凸轮曲线时应注意以下几点：

1) 凸轮划线必须保持清晰、准确，曲线连接要求平滑，不需要的辅助线应当去掉，着重突出加工线。

2) 样冲必须冲正，使其落在线的正中，以便于加工、检查。

3) 凸轮曲线的公切点，如过渡圆弧的切点，应打上明确的标记，以便于加工时的掌握。凸轮曲线的起始点，装配“0”线等，必须明确的标出。

4) 对某些精度要求较高的凸轮曲线，需经过装配，调整和钳工修整准确后才能定型，划线时，应该根据工艺要求，留有一定的修整余量。

14. 举例说明等速运动曲线凸轮轮廓线的划法？

答 图 6-12 所示为铲齿车床的交换凸轮，工作曲线为从 $0^\circ \sim 270^\circ$ 等速上升曲线，即阿基米德螺旋线，上升量为 9mm，因所包含的角度达 270° ，用分段圆弧法划线较为适宜。其下降曲线从 $270^\circ \sim 360^\circ$ ，因要求不高，可直接用一段圆弧连接。其划线步骤如下：

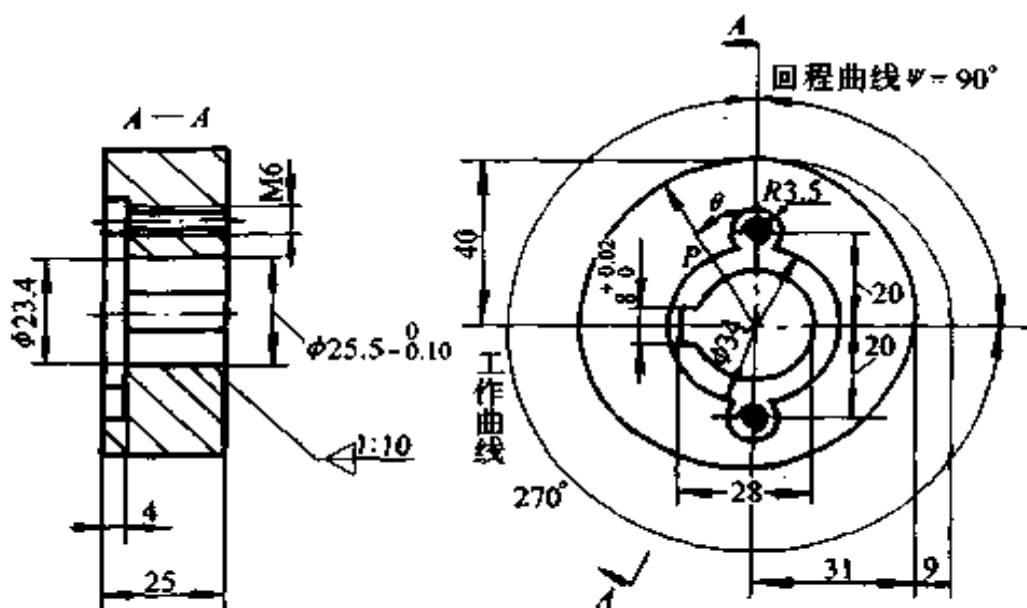
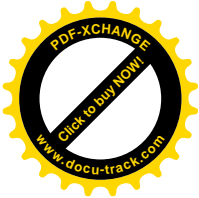


图 6-12 等速运动曲线凸轮划法 (一)

工作曲线：等速运动曲线， $P = 40 - \theta/30$

回程曲线：用一适当圆弧圆滑下降

1) 划线前准备：凸轮坯件上除外缘以外应全部加工好。划线时应以锥孔为基准，用一个大端直径为 25.5mm 锥度为 1:10 的心轴装夹，如采用 $\phi 34\text{mm}$ 的台阶孔为基准，则因第二次换向装夹车削时，会出现同轴度误差，从而显著地影响到划线质量。

2) 划中心十字线：首先将心轴装夹在分度头的三爪卡盘上，摇动分度头校正心轴，然后将凸轮坯件装夹在心轴上，以键槽定向划出中心十字线，即定出“0”位。

3) 划分度射线：凸轮工作曲线上升量为 9mm，包含角为 270° ，为了计算方便，可将曲线分成 9 等分，每等分为 30° ，上升量为 1mm。从 0° 起，分度头每转过 30° 作一射线，即可划出 1、2、3……10 (图 6-13) 共 10 条分度射线，此外在下降曲线的等分中点再划一条射线 11。

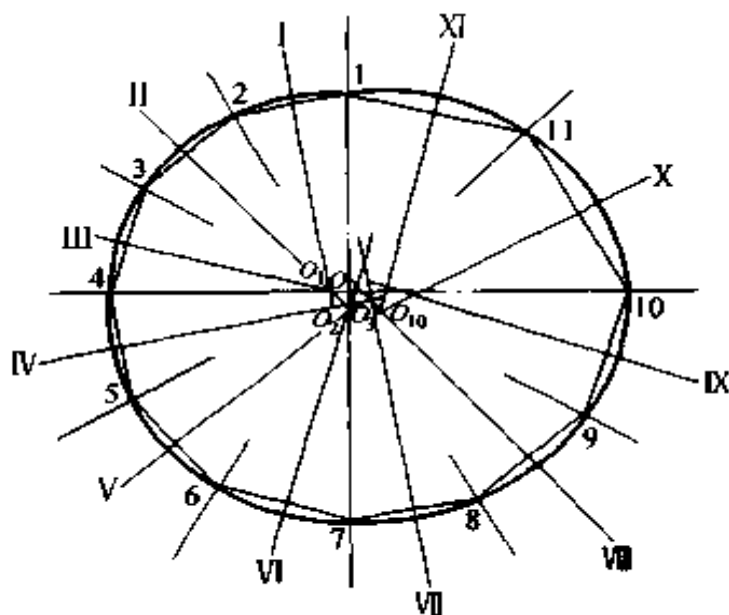
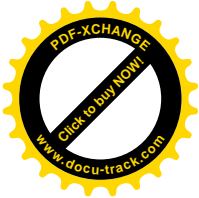


图 6-13 等速运动曲线凸轮划法 (二)

4) 定距离: 按图样尺寸及每隔 30° 上升 1mm 的要求定凸轮曲线上的各点位置, 先将坯件的“0”位转至最高点(或最低点), 用高度游标卡尺在射线 1 上截取 1 点为 $R_1 = 31\text{mm}$; 然后将分度头转过 30° , 在射线 2 上截取 2 点为 $R_2 = 32\text{mm}$; 这样依次截取, 至射线 10 上截取 10 点为 $R_{10} = 40\text{mm}$; 射线 11 上截取 11 点为 $R_{11} = 35.5\text{mm}$ 。

5) 将坯件从心轴上取下, 用外圆与 $\phi 34\text{mm}$ 孔紧配的垫铁将该台阶孔垫平, 但必须注意, 垫铁既不能松动, 又不可将划线所用的端面敲坏。

6) 求各段圆弧的中心: 首先在截得各点上冲好样冲眼, 再用划规依次作线段 1~2 的垂直平分线 I, 2~3 的垂直平分线 II, 3~4 的垂直平分线 III……, I、II 交于 O_1 , II、III 交于 O_2 , III IV 交于 O_3 ……。在各交点上冲好样冲眼, 即



求得各段圆弧的中心。

7) 划圆弧作凸轮的工作曲线：用划规以 O_1 为圆心， O_11 为半径，划 1 点至 3 点的圆弧 $\overbrace{1、2、3}$ ；再以 O_2 为圆心， O_23 为半径，划圆弧 $\overbrace{3、4、5}$ ；然后依次划圆弧 $\overbrace{5、6、7}$ 、 $\overbrace{7、8、9}$ 、 $\overbrace{9、10}$ 。上述圆弧所连成的曲线即为所求的凸轮工作曲线，它属于近似等速运动曲线。

8) 作凸轮的下降曲线：凸轮下降曲线因精度要求不高，只需用一段圆弧直接连接，因此划线时可采用圆弧划线法。(图 6-13) 作线段 10 和 11 的垂直平分线 X，线段 11 和 1 的垂直平分线 XI，X 与 XI 交于 O_{10} ，冲好样冲眼后用划规以 O_{10} 为圆心， $O_{10}1$ 为半径，划圆弧 $\overbrace{10、11、1}$ ，即可求得凸轮的下降曲线。

9) 冲样冲眼，在加工线上冲样冲眼，并去掉不必要的辅助线，以保持划线面的清晰。

15. 举例说明怎样对块状凸轮进行划线？

答 图 6-14 所示为一块状凸轮件。这种工件若为单件、小批量生产，则可按前面所述的样板划线法，先按图制作一块凸轮曲线的样板，然后在坯件上按样板划出凸轮曲线；或者也可将坯件先做成一整体，以便于装夹和求中心。在车好整体外形后即可很方便地进行凸轮划线及加工，最后再将坯件切成块状外形，但这样做比较浪费。在成批生产时，我们可先做一辅助夹具（图 6-15），以坯件的 $\phi 165\text{mm}$ 外圆为装夹基准。划线时，夹具装夹在分度头卡盘上。这种划线方法即省料，效率也较高。

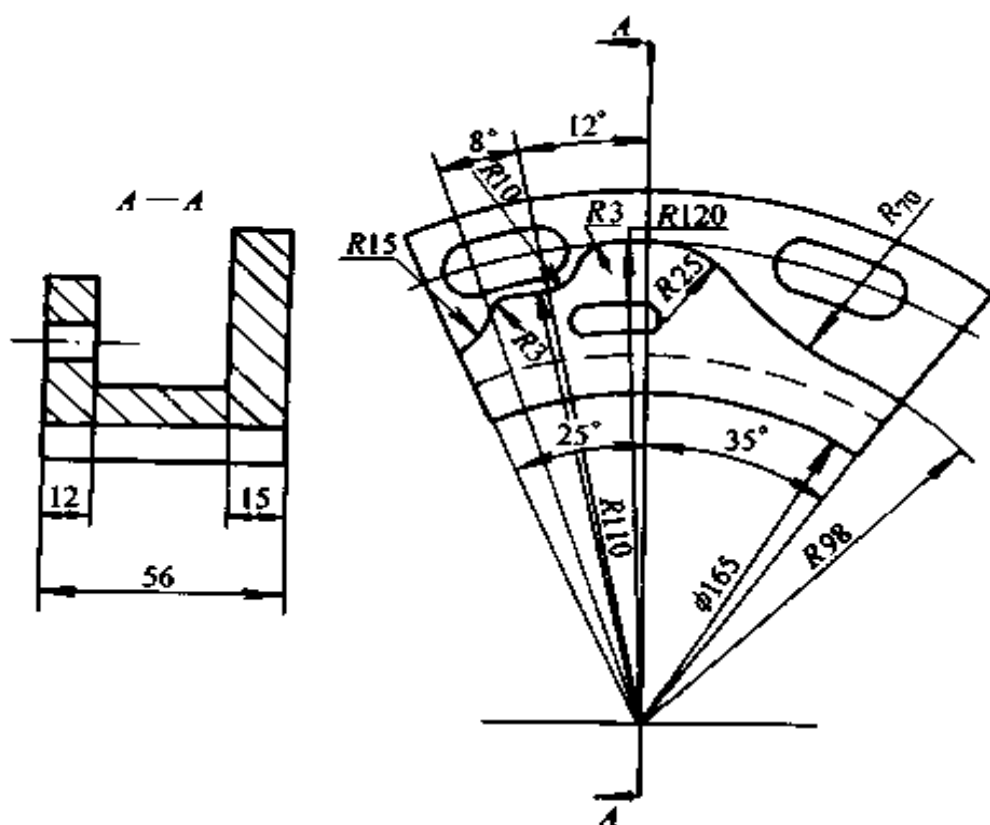


图 6-14 块状凸轮

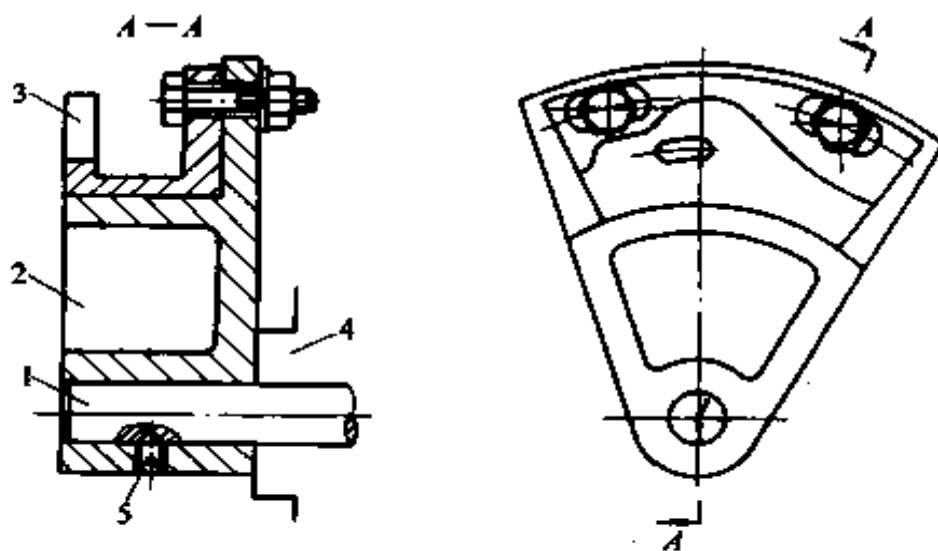


图 6-15 划线夹具

1—装夹心轴 2—夹具体 3—工件 4—卡盘 5—紧固螺钉

16. 举例说明摆动凸轮的划线方法?

答 摆动凸轮机构，在自动车床上应用较广。图 6-16 所示为钟表纵切自动车床天平刀架凸轮机构，凸轮绕轴 O_1 转动，摆杆则由于凸轮的作用绕轴 O_2 摆动，刀具安装在摆杆上，随摆动杆摆动，因此刀具的进刀尺寸便由凸轮曲线加以控制。

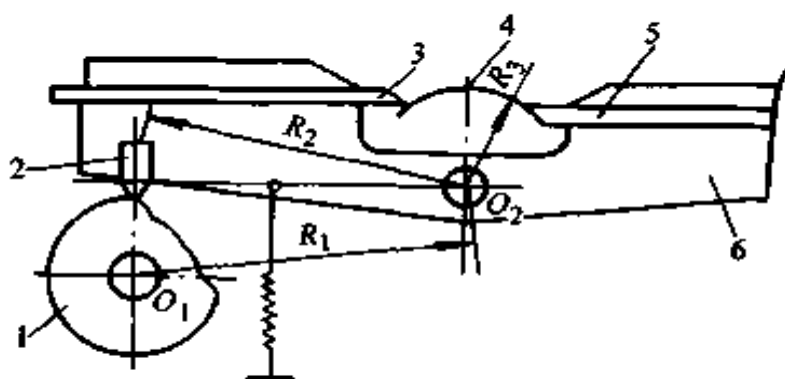


图 6-16 钟表纵切自动车床天平刀架凸轮机构

1—凸轮 2—摆动触头 3、5—刀具
4—工件中心 6—摆杆

摆动凸轮与一般从动件作直线往复运动的凸轮不同，当凸轮转过相等角度时，摆动触头（或转子中心）并不一定落在凸轮的分度射线上，所以一般不用前面所述的角度射线进行分度，通常是用摆动触头的摆动轨迹（弧线）作为凸轮的分度弧线，绘制凸轮坐标图。图 6-17 即为上述机构中摆动凸轮工件的坐标图，图中一般都标有“0”线，凸轮旋转方向，凸轮回转中心 O_1 至摆杆回转中心 O_2 的距离 R_1 ，以及摆杆上触头的摆动半径 R_2 （即摆杆回转中心 O_2 至触头与凸轮接触点之间的距离）等。图中的各条弧线就是凸轮的分度

弧线，它表示摆杆上触头的摆动轨迹，在分度弧线上分别标志有凸轮曲线的分度角与径向尺寸，分度角是指分度弧线与带有刻度的分度圆的交点读数，而径向尺寸则是指凸轮中心至分度弧线与凸轮曲线交点的距离。

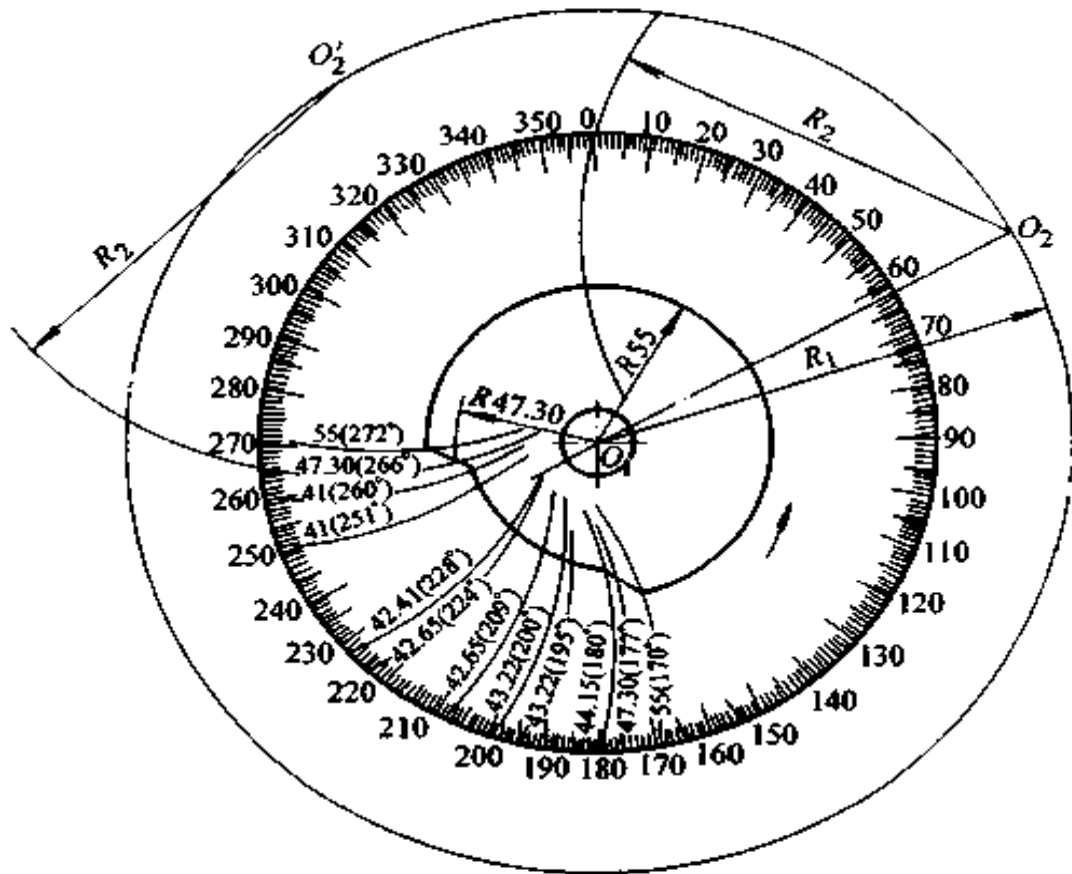


图 6-17 摆动凸轮工件坐标图

在划摆动凸轮的轮廓曲线时，可采用图 6-18 所示，装凸轮坯件装夹在划线仪中心，校正、压紧、松开活动支架上的紧固手柄，移动活动支架，调整定位滑套中心到凸轮回转中心的距离，使其等于坐标图上规定的尺寸 R_1 。然后，将如图 6-19 所示的分度弧线划线尺的定心脚插入定位滑套中，并使其划尖至定位滑套中心的距离等于尺寸 R_2 。划分度弧

线时，先定出“0”线，然后摆动手轮，按箭头方向回转分度盘，根据坐标图中的分度要求依次划出凸轮分度弧线。为了防止分度盘窜动，每次分度后必须将分度盘锁紧。

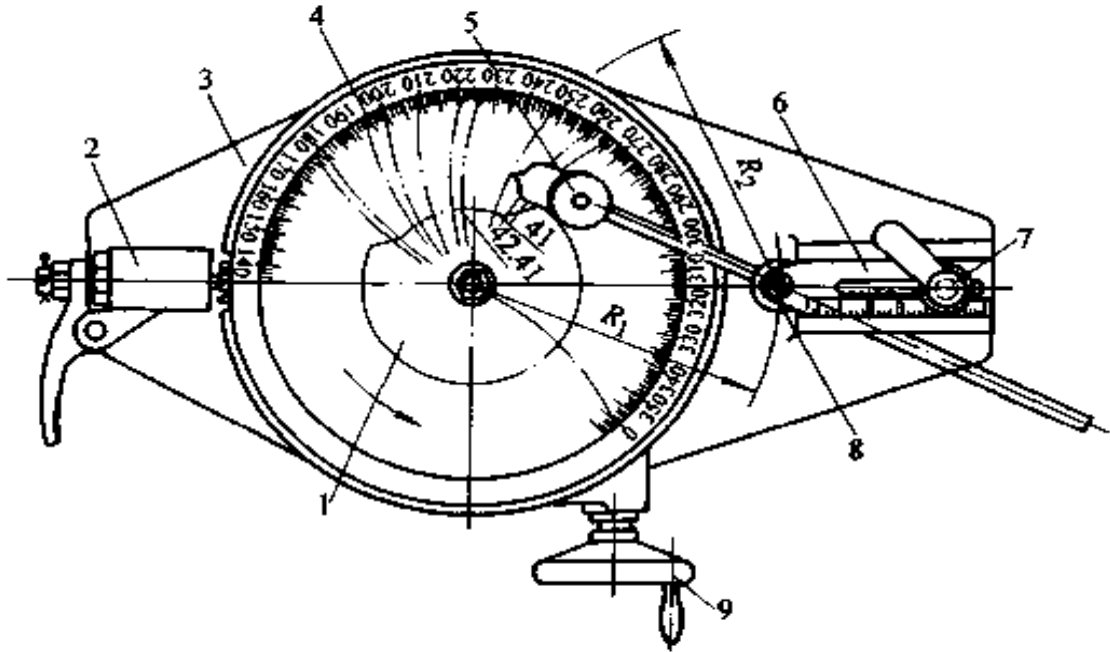


图 6-18 摆动凸轮划线仪

- 1—凸轮坯件 2—锁紧机构 3—底座 4—分度盘 5—分度弧线划线尺
6—活动支架 7—紧固手柄 8—定位滑套 9—手轮

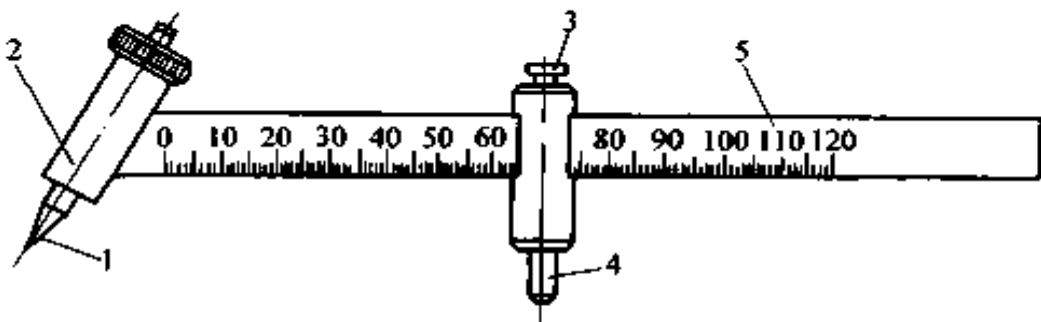


图 6-19 分度弧线划线尺

- 1—划尖 2—划尖护体 3—止动螺钉 4—定心脚 5—主尺

在划凸轮升降曲线时，为了使截取的尺寸尽可能准确，

可采用图 6-20 所示的带划线卡脚的游标卡尺，即在游标卡尺上装上中心卡脚，划线卡脚与夹持块等附件。划线时，按坐标图在卡尺上取该分度弧线上的径向尺寸，如图 6-17 中，在 228° 分度弧线上径向尺寸为 42.41mm，即调节卡脚间距离为 42.41mm，然后将卡尺上中心卡脚置于凸轮中心上，用划线卡脚划一短弧线与 228° 分度弧线相交，该交点即为凸轮升降曲线上的一点。再依次划出各条分度弧线上的各点后，即可用曲线板平滑连接，作出所要求的凸轮曲线。

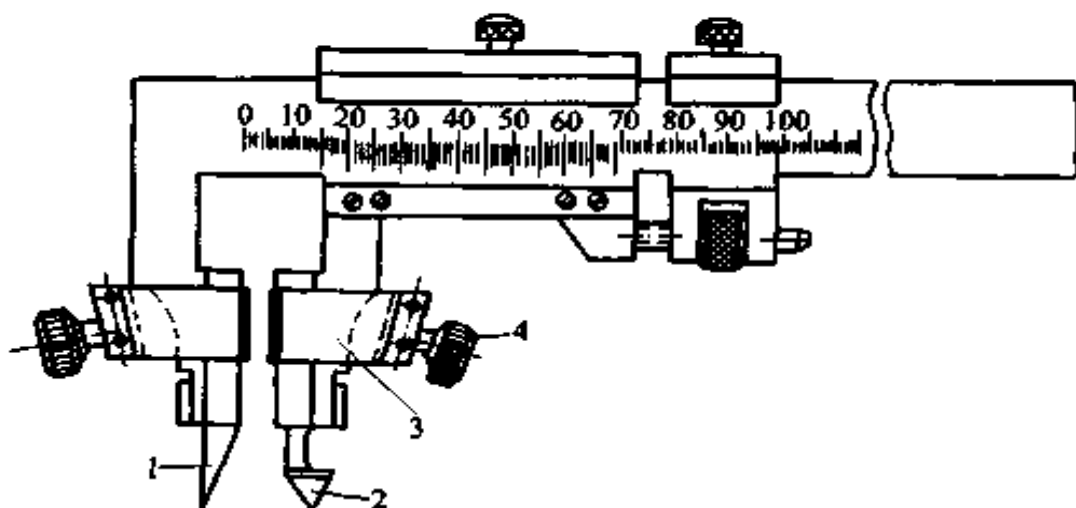


图 6-20 带划线卡脚的游标卡尺

1—划线卡脚 2—中心卡脚 3—支持块 4—紧固螺钉

最后，在凸轮坯件表面用钢印数字按坐标图标出“0”位及有关分度弧线编号标记和配件编号标记，再在凸轮曲线上冲样冲眼。

17. 怎样对要求较高的凸轮进行精密划线？

答 在凸轮工件中，内接凸轮及共轭凸轮加工要求较高。主要因为这两种凸轮应用在高速凸轮机构中，而且凸轮的理论轮廓曲线与实际轮廓曲线不重合。对于这种要求较高

的凸轮进行划线时，一般采用逐点划线法。首先划出滚子中心运动曲线，即理论轮廓曲线；然后作出与滚子运动轨迹相关的圆弧相切曲线，也就是实际轮廓曲线。

18. 什么是共轭凸轮？有何特点？

答 所谓共轭凸轮就是要求从动件上两个转子在任意位置都与凸轮轮廓保持接触，即“共轭”。共轭凸轮常应用于高速凸轮机构中，对凸轮曲线的精度要求很高。

19. 怎样划共轭凸轮？

答 图 6-21 所示为一共轭凸轮，两从动件转子的中心距为 310mm，利用转子中心为一定值这一共轭特性来进行划线，其方法如下：

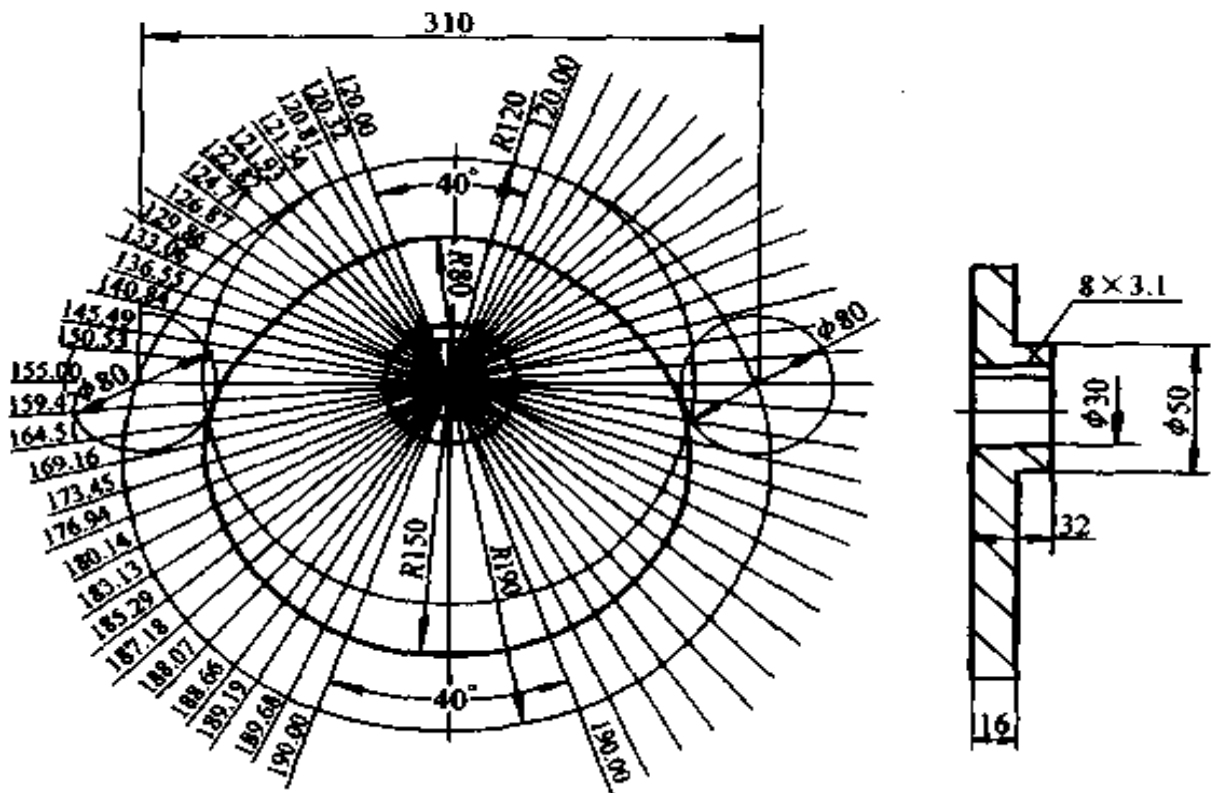


图 6-21 共轭凸轮



1) 在分度头上划凸轮工件的中心十字线与分度射线，方法同前。

2) 按图样上凸轮升降曲线数值划理论轮廓曲线，首先在分度头上用划线盘划出凸轮上半部各条分度射线上的升降点（即转子中心）。随后取下工件在各点上冲好样冲孔，再利用一把精度较高的划线用游标卡尺，将两卡脚中心距准确调整至 310mm。然后将中心卡脚尖定在已冲好的样冲孔上，用划线卡脚尖划出同一条分度射线上另一个转子的中心点，这样依次进行即可划出凸轮下半部分各分度射线上的升降点，再在这些点上冲好样冲眼。这些点便构成了凸轮的理论轮廓曲线（图 6-22）。

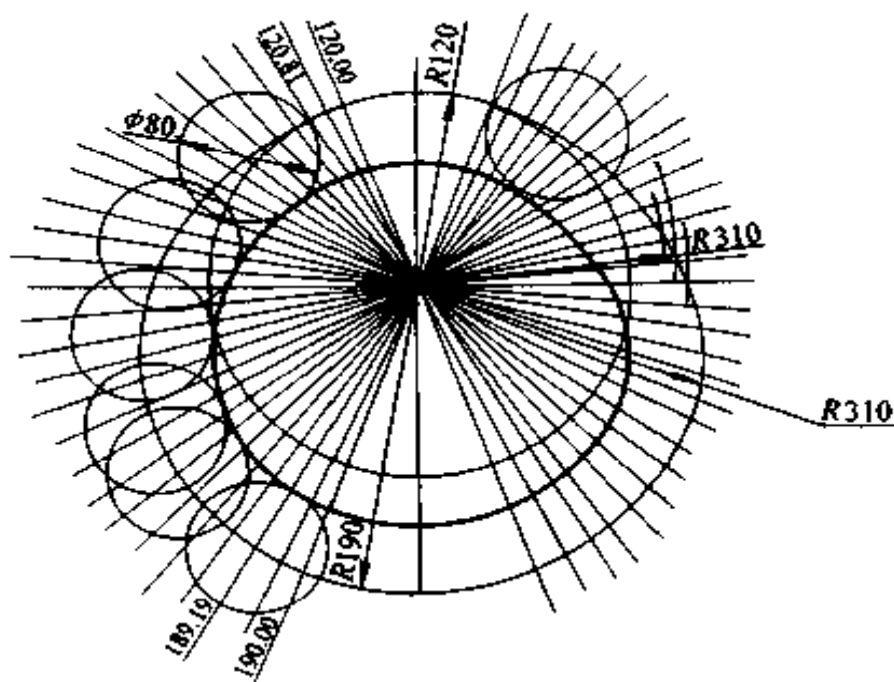


图 6-22 共轭凸轮划线

3) 划凸轮的实际轮廓曲线。将划规两脚尖间距离调整至转子半径 40mm，利用上面求得理论轮廓曲线上的各个

转子中心点，划出各个转子圆，再用曲线板作出它们的内公切曲线（即包络线），亦即凸轮的实际轮廓曲线。最后在曲线与各条分度射线的交点上分别冲好样冲孔即可。

20. 举例说明怎样划盘形沟槽凸轮？

答 图 6-23 所示为盘形端面沟槽凸轮，（即内接凸轮），凸轮的实际轮廓曲线由内槽曲线构成。划线时，应先将内槽滚子中心运动曲线，即理论轮廓曲线划出来，然后作与滚子圆弧相切的曲线，即得到凸轮的实际轮廓曲线。其划线步骤如下：

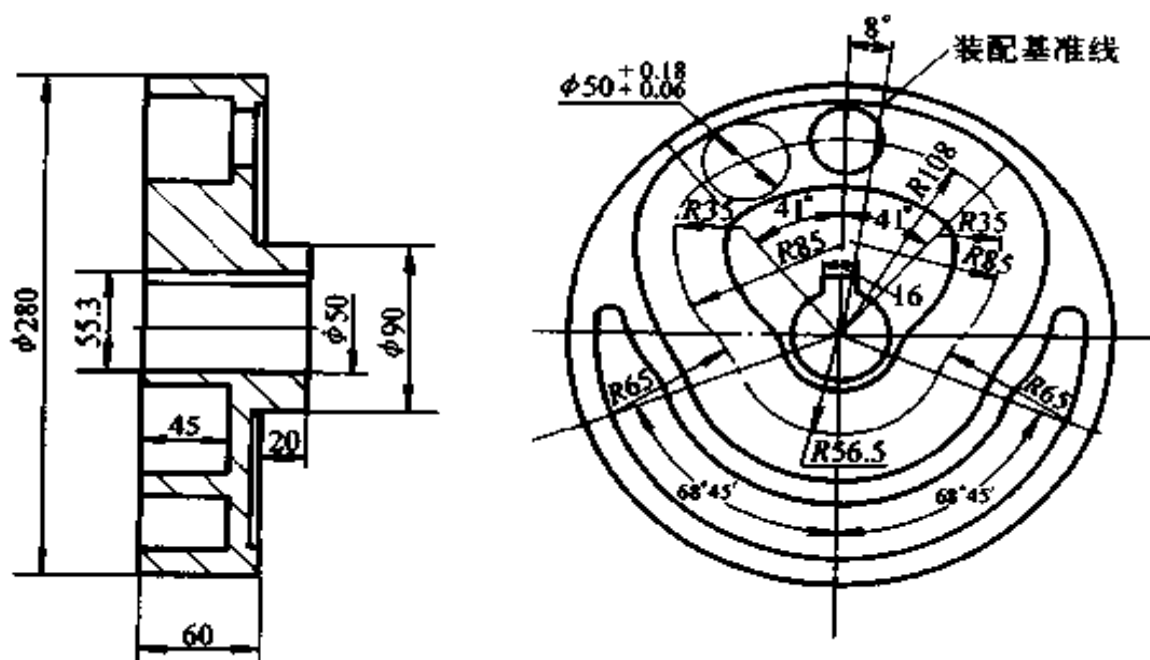
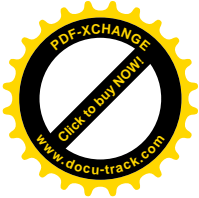


图 6-23 盘形端面沟槽凸轮

(1) 划线前准备 凸轮坯件上除端面沟槽外应全部加工完成，划线时将 $\phi 90\text{mm}$ 凸台装夹在分度头的三爪卡盘上，校正内孔 $\phi 50\text{mm}$ 和端面。

(2) 划中心十字线和分度射线 按照上述一般方法划出



中心十字线，然后转动分度头划出 8° 基准线， 41° 及 $68^\circ 45'$ 的分度射线，见图 6-24。

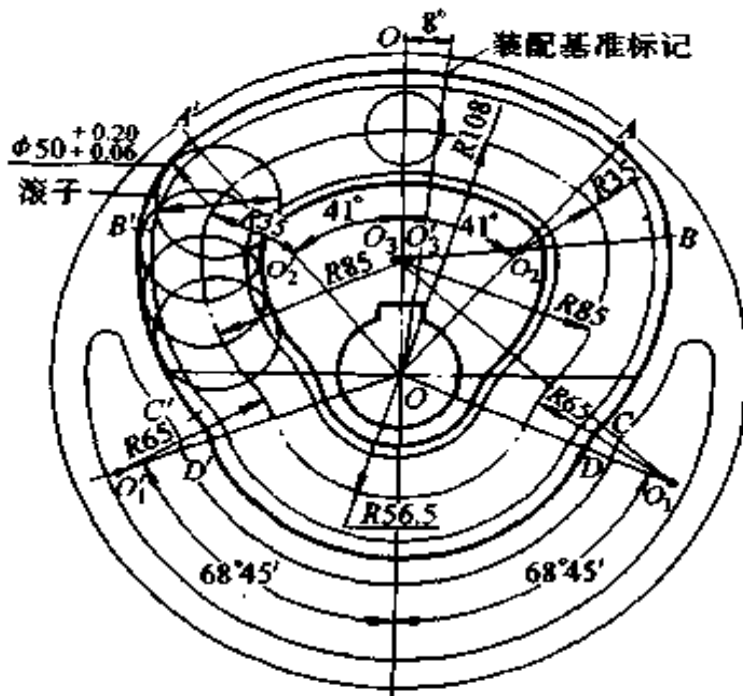
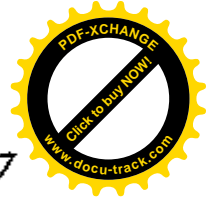


图 6-24 盘形凸轮划线方法

(3) 划 $R108\text{mm}$ 、 $R56.5\text{mm}$ 圆弧 用划线盘在垂直中心线上分别截取 $R108\text{mm}$ 与 $R56.5\text{mm}$ ，转动分度头分别划出 41° 、 $68^\circ 45'$ 的圆弧段。

(4) 划 $R65\text{mm}$ 、 $R35\text{mm}$ 的圆弧 首先在分度头上定出 $R65\text{mm}$ 、 $R35\text{mm}$ 的圆心。将 $R65\text{mm}$ 所在角度射线转至垂直位置，若划针高度等于分度头中心高的数值，则在其上方（或下方）加上（或减去）分度头中心到 $R65$ 圆心的距离，即 $56.5\text{mm} + 65\text{mm} = 121.5\text{mm}$ ，定出左右两个 $R65\text{mm}$ 的圆心 O_1 ，再用同样方法定出左右两个 $R35\text{mm}$ 的圆心 O_2 。然后，从分度头上取下凸轮坯件，用划规以 O_1 为圆心， $R65\text{mm}$ 为半径，划圆弧与 $R56.5\text{mm}$ 相切，再用同样方法划出左右两



个 $R35\text{mm}$ 圆弧。

(5) 划 $R85\text{mm}$ 圆弧 $R85\text{mm}$ 圆弧为外切于 $R65\text{mm}$ ，内切于 $R35\text{mm}$ 的过渡圆弧，划线时先以 $65\text{mm} + 85\text{mm}$ 为半径，以 O_1 为圆心，划圆弧，再以 $85\text{mm} - 35\text{mm}$ 为半径，以 O_2 为圆心，划圆弧，得交点 O_3 即为 $R85\text{mm}$ 的圆心。然后，以 O_3 为圆心，以 $R85\text{mm}$ 为半径，即可划出两个与 $R65\text{mm}$ ， $R35\text{mm}$ 相切的过渡圆弧。

(6) 作凸轮实际轮廓曲线 以滚子半径 25mm 为半径，沿滚子中心曲线全长均匀地取一系列的点为圆心，作一系列圆，然后作这些滚子圆弧相切的曲线（即包络线），两条内外包络线就是凸轮的实际轮廓曲线。

(7) 标记 作凸轮轮廓曲线特殊点的标记。

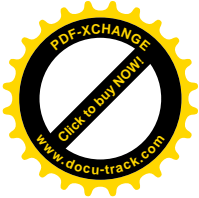
1) 在与 16mm 键槽中心线偏 8° 的装配基准线上划一短粗线作标记。

2) 标记轮廓曲线的各公切点：连接圆心 O 与 O_2 延长，使之与轮廓曲线相交于 A 点，即为 $R108\text{mm}$ 与 $R35\text{mm}$ 两段圆弧的公切点；同理，连接圆心 O_2 与 O_3 ，使之与轮廓曲线相交于 B 点；连接圆心 O_3 与 O_1 延长，使之与轮廓曲线相交于 C 点；连接圆心 O 与 O_1 延长，使之与轮廓曲线相交于 D 点，即求得各圆弧段的公切点。然后在 A 、 B 、 C 、 D 处分别划短粗线标记。

(8) 整理 去掉不必要的辅助线，冲样冲眼。

21. 齿轮划线适用于哪些情况？

答 齿轮划线主要应用于一些低精度，大模数的齿轮加工。由于没有大型齿轮机床，有时采用刨床刨齿和铣床铣齿



形的方法进行加工，因此，就必须在工件的毛坯上划出齿形线，以便于加工。

22. 常见的齿形划线法有哪些？各有何特点？

答 常见的齿形划线法有以下几种：

1) 近似划法，是用圆弧曲线代替渐开线。这种方法简单，划线速度快，但是误差较大，常用在制造齿轮木模时的划线和精度很低的齿轮划线。

2) 几何作图划齿形（渐开线）。这种方法较复杂，划线速度很慢，但精度高。

3) 根据渐开线的定义，用基圆盘划齿形。这种方法首先计算齿厚，计算基圆，然后选择钢丝（直径一般不大于 1mm）或尼龙绳，再计算基圆盘的直径，基圆盘的直径等于基圆直径减去钢丝或尼龙绳的直径。加工出基圆盘后把钢丝或尼龙绳一端固定在基圆盘上，另一端栓一划针，这样就可以按渐开线的定义划出齿形来（图 6-25）。

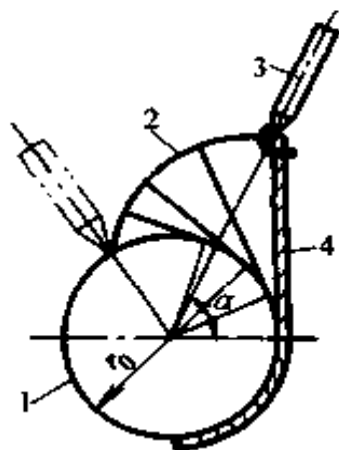


图 6-25 渐开线的形成
1—基圆 2—渐开线
3—划针 4—线

4) 直角坐标法齿形线如图 6-26 所示，首先以齿槽底部的中点为坐标的原点 O' ，以齿槽的对称线 $O'Y$ 为纵坐标轴；以 $O'X$ 为横坐标轴，计算出齿轮渐开线齿形各点的直角坐标 $(x、y)$ ，并以此来确定齿形轮廓各点的位置，再用曲线板把各点圆滑地连起来。这种方法简单易学，又可以得到精度较高的齿形轮廓线，所以在生产中得到广泛应用。

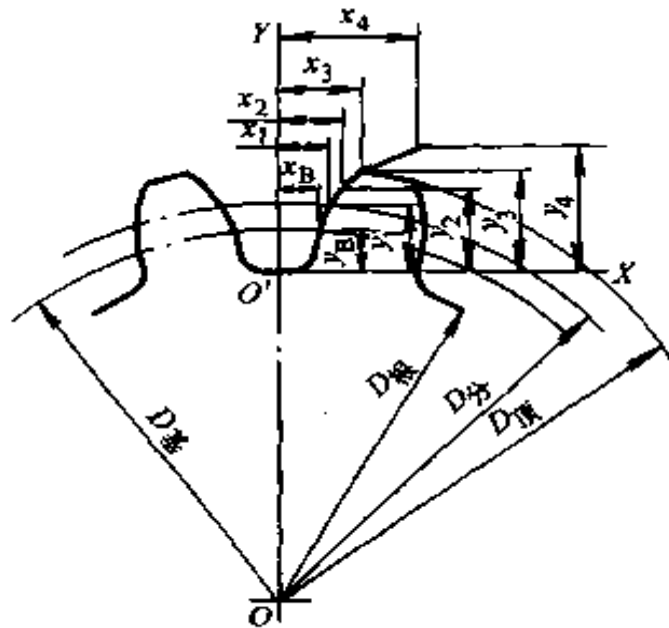
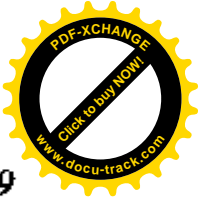


图 6-26 直角坐标划齿形

23. 怎样在齿坯上划齿轮齿形？

答 齿轮齿形的划线往往不是直接在齿轮毛坯上划线，而是先做出齿形样板，然后按齿形样板来间接在齿坯上划线。同时，又可以用样板来磨刀、检验。这样还可以大大提高齿轮的划线与加工的速度和精度。具体划法是：首先在齿坯上划出分度圆、齿顶圆和齿根圆，再近似地以 $t = \pi m$ 进行分齿，并在齿坯上划出分齿线，然后把齿形样板对称线与轮廓交点 O' ，放在齿坯的分齿线与齿根圆的交点上。并且使样板对称线与齿坯的分齿线重合，即可用划针划线。这样依次进行，就能划出齿坯上所

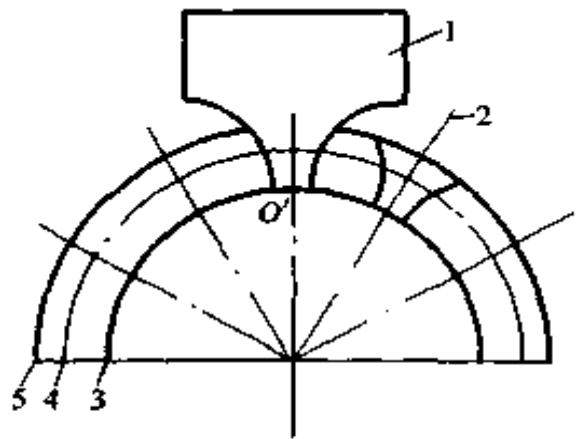


图 6-27 用样板划齿形

1—齿形样板 2—分齿线 3—齿根圆
4—分度圆 5—齿顶圆

有的齿形线（图 6-27）。

24. 举例说明怎样用直角坐标法划齿轮齿形的样板？

答 下面以 250t 冲床中的一个传动齿轮为例介绍用直角坐标法划齿轮齿形样板的具体划法。已知齿轮的 $m = 14\text{mm}$, $z = 18$, $\alpha = 20^\circ$

1) 划出直角坐标。在样板上划出 OX 与 OY 两条直线，相交而且垂直。交点 O 为坐标原点，也是齿槽底部的中点（图 6-28）。

2) 计算渐开线齿形各点的坐标。渐开线齿形各点的坐标计算很复杂又很费时间，为简化计算，将 $m = 10\text{mm}$, $\alpha = 20^\circ$ ，不同齿数的齿轮渐开线的坐标 (x, y) 见表 6-1。在计算各种渐开线齿轮齿形的坐标时根据齿数查附表，求出相应的值，然后再根据模数的大小进行换算，具体换算如下：

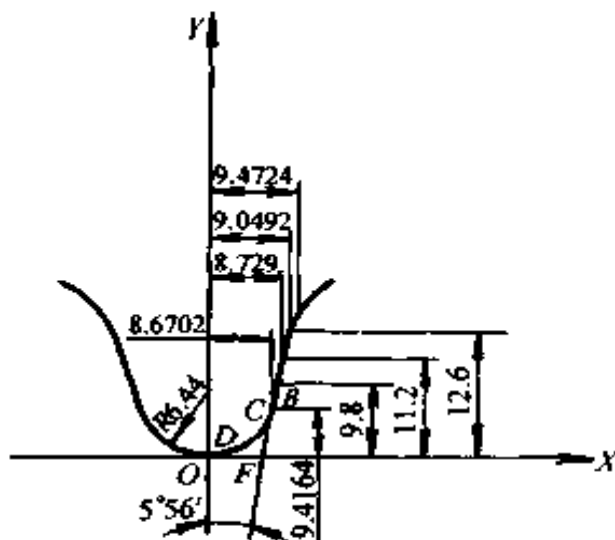


图 6-28 齿轮样板

查表 6-1，由于本齿轮的 $z = 18$ ，是在 17 ~ 20 范围内，所以按 3 号齿形，查出各点坐标 (x', y') 。又由于表中数据按模数 $m = 10\text{mm}$ 计算的，而我们需要划的齿形模数 $m = 14\text{mm}$ ，所以相应的齿形各点坐标 (x, y) 就要相应的增加 $\frac{m}{10}$ 倍，即 $\frac{14}{10}$ 倍。

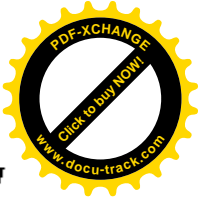
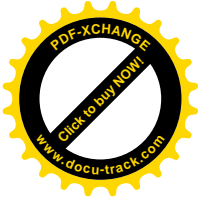


表 6-1 渐开线齿形坐标 ($m = 10mm, \alpha = 20^\circ$)

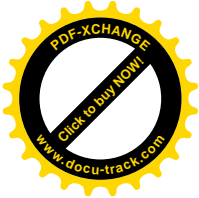
刀号或 齿数范围	No.1 ($z = 12 \sim 13$)		No.2 ($z = 14 \sim 16$)		No.3 ($z = 17 \sim 20$)		No.4 ($z = 21 \sim 25$)		No.5 ($z = 26 \sim 34$)		No.6 ($z = 35 \sim 54$)		No.7 ($z = 55 \sim 134$)		
	y	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'
圆角半径 R	5.2		4.9		4.6		4.3		4.00		3.6		3.2		
坐 标	y	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'
渐开线起 点 B 的坐标	8.588	6.652	7.828	6.451	6.726	6.193	5.716	5.925	4.975	5.680	1.375	4.928	0	4.172	
坐 标 尺 寸														4.00	5.160
	9.00	6.773							5.00	5.684	5.00	5.555	5.00	5.547	5.547
	10.00	7.138	8.00	6.488			6.00	5.939	6.00	5.888	6.00	5.817	6.00	5.718	5.718
	11.00	7.586	9.00	6.770	7.00	6.235	7.00	6.172	7.00	6.141	7.00	6.106	7.00	6.077	6.077
	12.00	8.108	10.00	7.137	8.00	6.464	8.00	6.441	8.00	6.420	8.00	6.373	8.00	6.414	6.414
	13.00	8.697	11.00	7.569	9.00	6.766	9.00	6.759	9.00	6.764	9.00	6.764	9.00	6.764	6.764
	14.00	9.352	12.00	8.061	10.00	7.134	10.00	7.127	10.00	7.131	10.00	7.125	10.00	7.129	7.129
	15.00	10.074	13.00	8.611	11.00	7.551	11.00	7.531	11.00	7.527	11.00	7.515	11.00	7.505	7.505
16.00	10.860	14.00	9.217	12.00	8.017	12.00	7.976	12.00	7.952	12.00	7.925	12.00	7.898	7.898	
		15.00	9.876	13.00	8.529	13.00	8.456	13.00	8.408	13.00	8.353	13.00	8.301	8.301	
		16.00	10.591	14.00	9.084	14.00	8.959	14.00	8.891	14.00	8.804	14.00	8.720	8.720	
			9.876	15.00	9.685	15.00	9.528	15.00	9.403	15.00	9.273	15.00	9.149	9.149	
			10.591	16.00	10.325	16.00	10.103	16.00	9.941	16.00	9.764	16.00	9.594	9.594	



(续)

刀号或 齿数范围	No.1 (z = 12 ~ 13)		No.2 (z = 14 ~ 16)		No.3 (z = 17 ~ 20)		No.4 (z = 21 ~ 25)		No.5 (z = 26 ~ 34)		No.6 (z = 35 ~ 54)		No.7 (z = 55 ~ 134)	
	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'		
圆角半径 R	5.2		4.9		4.6		4.3		4.00		3.6		3.2	
坐 标	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'	y'	x'
渐开线起 点 B 的坐标	8.588	6.652	7.828	6.451	6.726	6.193	5.716	5.925	4.975	5.680	1.375	4.928	0	4.172
坐 标 尺 寸	17.00	11.711	17.00	11.357	17.00	11.010	17.00	10.729	17.00	10.505	17.00	10.270	17.00	10.050
	18.00	12.635	18.00	12.181	18.00	11.710	18.00	11.368	18.00	11.095	18.00	10.805	18.00	10.520
	19.00	13.631	19.00	13.059	19.00	12.507	19.00	12.052	19.00	11.711	19.00	11.354	19.00	10.999
	20.00	14.704	20.00	13.983	20.00	13.324	20.00	12.770	20.00	12.354	20.00	11.919	20.00	11.493
	21.00	15.861	21.00	14.997	21.00	14.181	21.00	13.519	21.00	13.024	21.00	12.507	21.00	11.996
	22.00	17.106	22.00	16.059	22.00	15.087	22.00	14.303	22.00	13.720	22.00	13.114	22.00	12.509
	23.00	13.436	23.00	17.191	23.00	16.041	23.00	15.123	23.00	14.442	23.00	13.738	23.00	13.040
	24.00	19.894	24.00	18.395	24.00	17.040	24.00	15.978	24.00	15.190	24.00	14.380	24.00	13.580
	25.00	21.464	25.00	19.685	25.00	18.090	25.00	16.887	25.00	15.965	25.00	15.042	25.00	14.127
	26.00	23.173	26.00	21.037	26.00	19.190	26.00	17.796	26.00	16.767	26.00	15.725	26.00	14.694
27.00	25.046	27.00	22.495	27.00	20.363	27.00	18.760	27.00	17.597	27.00	16.422	27.00	15.269	
δ	5°00'		5°06'		5°56'		7°16'		9°48'					

注:本表取自标准盘形齿铣刀的渐开线齿形部分。适用于齿高系数为 1, 径向间隙为 0.2m 的齿轮, 短齿齿形, x 坐标不变, y 值需减去 0.2m。



即
$$x = \frac{14}{10}x' = 1.4x' \quad y = \frac{14}{10}y' = 1.4y'$$

由此可得渐开线的起点坐标：

$$x_B = 1.4x'_B = 1.4 \times 6.193\text{mm} = 8.6702\text{mm}$$

$$y_B = 1.4y'_B = 1.4 \times 6.726\text{mm} = 9.416\text{mm}$$

其他各点坐标分别是：

$$x_1 = 1.4x'_1 = 1.4 \times 6.235\text{mm} = 8.729\text{mm}$$

$$y_1 = 1.4y'_1 = 1.4 \times 7\text{mm} = 9.8\text{mm}$$

$$x_2 = 1.4x'_2 = 1.4 \times 6.464\text{mm} = 9.0496\text{mm}$$

$$y_2 = 1.4y'_2 = 1.4 \times 8\text{mm} = 11.2\text{mm}$$

$$x_3 = 1.4x'_3 = 1.4 \times 6.766\text{mm} = 9.4724\text{mm}$$

$$y_3 = 1.4y'_3 = 1.4 \times 9\text{mm} = 12.6\text{mm}$$

3) 划出渐开线齿形。按上面所算得的坐标 (x, y) 值在坐标系中划出各点的位置，再用曲线板把各点连成圆滑曲线即是所求的齿形的渐开线部分。

4) 划出过渡曲线。从渐开线的起点 B 开始作直线 BF 与 Y 轴的交角 $\delta = 5^\circ 56'$ (由表 6-1 查出) 与 x 轴交于 F 点。再从表 6-1 中查出 $m = 10\text{mm}$ 时，齿根圆角半径 $R' = 4.6\text{mm}$ ，

并换算为 $m = 14\text{mm}$ ，齿根圆角半径 $R = \frac{14\text{mm}}{10\text{mm}} \times 4.6\text{mm} = 6.44\text{mm}$ ，然后以 R 为半径将 BF 与 OX 轴圆滑连接起来，即得齿形的过渡线。

5) 以 Y 轴为对称轴画出另一边的齿形曲线。

注意：为了方便划线，样板齿形渐开线长度应比实际齿形的渐开线稍长一点。另外当齿轮的齿数较多，基圆小于齿根圆，渐开线起点就取在 X 轴上，这时没有过渡曲线的直线部分 BC ，只须以齿根圆角半径 R 将渐开线与 X 轴圆滑地

连接起来既可。

25. 划人字齿轮的原则是什么？为什么？

答 人字齿轮是由两个螺旋方向相反的斜齿轮组成的。在铣齿过程中，当前一半齿加工好以后，还要通过划线，将已加工好了的齿轮位置投影到没有加工的后一半外圆面上去，为铣床标示出精确的对刀用的加工位置和界限。划人字齿的原则就是要以空刀槽中心线为对称轴进行投影划线。因为两半齿幅可能不等长，如不从这中心出发来划线，就会发生螺旋角度的改变，或者使一对互相啮合的人字齿轮不能在应有的位置啮合，而产生较大的轴向移动，甚至造成废品。

26. 怎样划人字齿？

答 只要掌握上题中划人字齿轮的原则，划人字齿的方法是多样的。在这里介绍一种方法。

如图 6-29 所示，实线表示已加工好的上半齿幅的齿顶宽棱角线，虚线表示要划的下半齿幅的齿顶宽棱角线。其划线步骤如下：

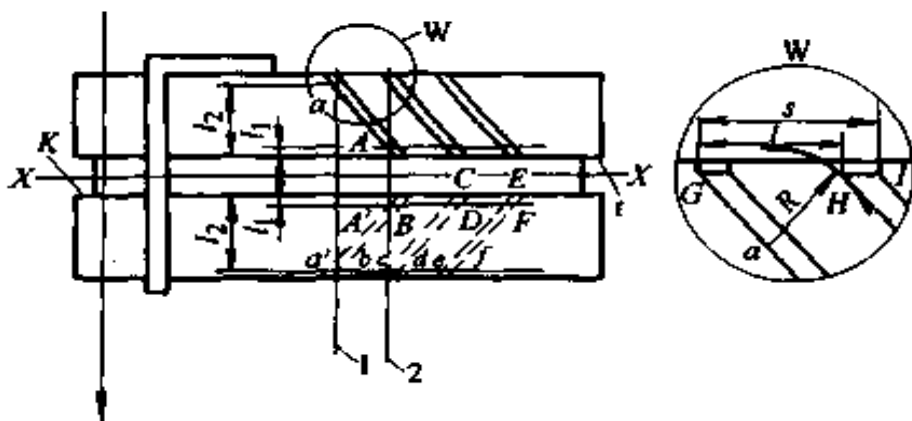
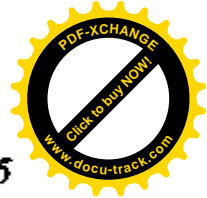


图 6-29 划人字齿轮



1) 如图 6-29 所示, 用 90° 角尺靠在齿轮的顶面适当处, 在一个齿顶划两条铅垂线 (图示中 1 和 2 线)。这两条垂线分别和一条齿顶棱边相交于 A 、 a 两点。如齿幅过长, 可采用线坠代替 90° 角尺划线。

2) 用小薄板靠紧 t 面, 划卡严格对好 A 点到 t 面的距离 L_1 。将薄板反过来靠紧 k 面, 划卡沿着薄板划线。就这样不断地移动小板划出一条和 K 面平行、距离为 L_1 的线段。这线和垂线 2 相交于 A' 点。用这样的方法再划出一条和 K 面相平行, 距离为 L_2 的线段。这条线和垂线相交于 a' 。

3) 如图 6-29 放大图所示, 齿顶棱边和端面倒角棱边所形成的交点 G 、 H 、 I 。用划规严格对好 G 、 I 两点的距离 s , 以 s 为半径, 分别以 A' 、 a' 点为圆心划弧和 L_1 线 L_2 线相交于 D 、 d 两点。又以 l 为半径, 分别以 A' 、 D 、 a' 、 d 各点为圆心划弧, 在 l_1 和 l_2 线上得到交点 C 、 B 和 F 、 b 、 c 和 f 。又分别以 C 、 c 两点为圆心, 以 L 长为半径划弧, 得到 E 、 e 两点。

4) 用一铁皮条, 分别严格地对好 $A'a$ 、 Bb 、 Cc 、 Dd 、 Ee 、 Ff 划线。

5) 检查。用划规对好已加工好的一个齿顶棱边到相邻齿顶棱边的同侧法向距离 R , (局部放大图内), 以这个 R 依次检查所划各线是否等距。最后打样冲眼。

注意: 如果齿幅很长, 两点连线不足以保证它的螺旋方向, 就可以按上述的方法在中间再划出一个点, 然后按三点连线。



第七章 大型工件及畸形工件划线

1. 大型工件划线有哪些不利因素？

答 大型工件在划线时有以下几个不利因素：一是由于工件体积大，质量大，给吊装及校正造成困难。二是由于工件体积大，划线设备小，增大了划线的难度。

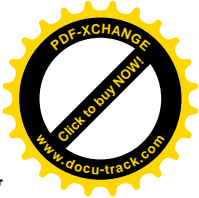
2. 大型工件划线时怎样拼凑大型平台？

答 大型工件划线时可用以下四种方法拼凑大型平台。

(1) 工件移位法 当划线工件的长度超过平台的 $1/3$ 时，可以通过将工件移位来解决缺少大型平台的困难。一般是先在工件中部划所有能够划到部位的线，然后将工件分别向左右移动，经过校正，使其基准校正线与平台面平行，即可划出大件左右端所有的线。

(2) 平台接长法 如果平台比工件略短，则以平台为基准，在大件需要划线的部位，用较长的平台或平尺，接出基准平台的外端，并校正各平面之间的平行度，以及接长平台面至基准平台面之间的高低尺寸。然后，将工件放置在基准平台面上。但应注意，绝不要让工件接触接长的平台和平尺，否则由于承受压力，必将影响到它们的高低尺寸和平行度。划线盘则可在这些平台和平尺面上移动，进行划线。

(3) 轨道与平尺调整法 这种方法是将大型工件置于坚实水泥地的调整垫铁上，用两根轨道相互平行的置于大型工



件两端。轨道为平直的“工”字钢或经过加工的条形铸铁，其长度和宽度根据大件选用，再在两根轨道端部，靠近大件的 两边分别放两根平尺，并将平尺调整成同一水平。调整大型工件和划线时，均以平尺面为基准。

(4) 水准法拼凑平台 将大件置于水泥地的调整垫铁上，在大件需要划线的部位，放置相应的平台，然后用水准法校平各平台之间的平行和等高，即可进行划线。所谓水准法，就是将盛水桶，置于一定高度，使水通过接口，橡皮管流到标准座内带刻度的玻璃管里。然后将标准座置于某一平台面上，调整平台支承的高低位置，并用水平仪校正平台面的水平位置，此时玻璃管内的水平面则对准某一刻度。而后利用这一刻度和水平仪，采用同样方法，依次校正其他平台面使之与第一次校正的平台面平行和等高（图 7-1）。

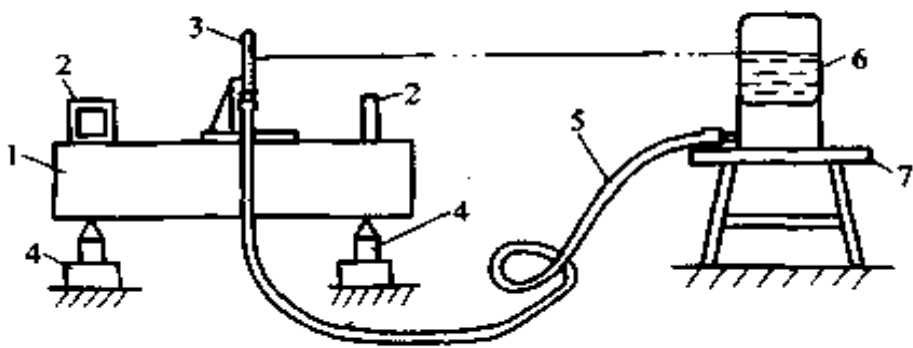
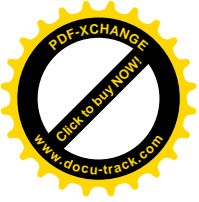


图 7-1 水准法

- 1—中间平台 2—水平仪 3—玻璃管 4—可调支承座
- 5—橡皮管 6—水桶 7—支架

3. 什么是拉线吊线法？它适用于哪种情况？

答 拉线吊线法是采用拉线（ $\phi 0.5\text{mm} \sim \phi 1.5\text{mm}$ 的钢丝通过拉线支架和线坠拉成的直线）、吊线（尼龙线）用 30° 锥



体线坠吊直。它的原理如图 7-2 所示。在平台面上设一基准直线 $O-O$ ，将两个 90° 角尺上的测量面对准 $O-O$ ，用钢直尺在两个角尺上量取同一高度 H ，再用拉线或直尺连接两点，即可得到平行线 O_1-O_1 。如果要得到距离 O_1-O_1 线尺寸为 h 的平行线 O_2-O_2 ，可在相应位置设一拉线或移动拉线位置，用钢直尺在两个 90° 角尺的 H 点至此拉线量准 h ，并使拉线与平台面平行，即可获得平行线 O_2-O_2 ，若尺寸较高，则可用线坠代替 90° 角尺。

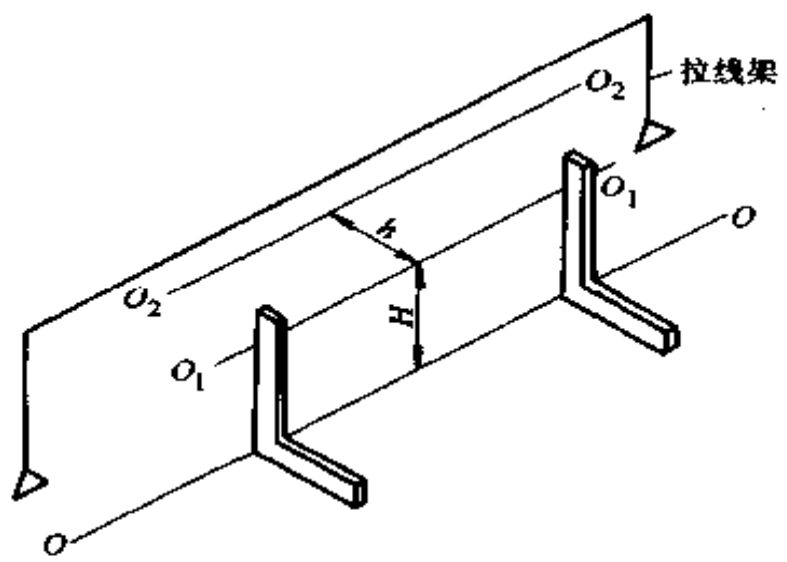
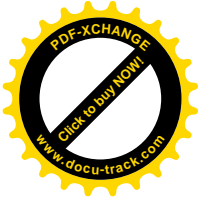


图 7-2 拉线与吊线法原理

4. 大件划线后如何进行检查和校对?

答 由于大型工件所需材料和工时较多，加工工艺复杂，而划线又是加工中校正的依据，它的正确与否直接关系到产品的质量。所以，在划线过程中，每划一条线都要反复检查校对，所有的线全部划完后，尚须复查和校对一次。

首先要检查所划的基准线以及它和各有关面、孔的关系



(包括平行、垂直或角度要求)是否准确;要检查各加工孔槽、面所划的方向,角度及位置和各加工部位之间的尺寸是否符合图样要求。

其次在自行复查时,决不能单凭划线时留下的印象,必须重新看图,查工艺。凡是经过计算的尺寸仍要复算一次,并按先后顺序,一一认真复查。当有些大件不具备复查条件时,应该随划随查,也就是说,每划完一个部位,便需及时复查一次。对一些重要的加工部位尚需反复检查。

5. 举例说明水压机工作台面的划线过程?

答 水压机工作台的划线顺序是以它的最大两个面(上下面)作为第一面(水平面)先划,同时为考虑划线方便起见,选工件的顶面朝上;再选宽度为 3000mm 的两侧面作为第二面,长为 L_1 的两个端面最后划。其划线方法如下:

1) 如图 7-3 所示,工作台的 M 面朝下,垫铁分三处支承在平台上。用划线盘按不加工面 M 和 K 找好水平。

2) 将划线盘调到底面的加工位置,保证从 M 面到底面的尺寸 ($L_3 - L_6$)。移动划线盘,绕工件一周,检查底面各处的加工余量,检查底面到不加工面 K 的尺寸,检查其他两个加工面的余量。待全部满足后,划出水平方向各加工面线 (aa 、 bb 、 cc)。到此为止第一方面的线就划完了。

3) 移动 90° 角尺到工件的一端面,并调到宽度为 L_4 的两个不加工侧面 N 的中间 (PP 处)。按 90° 角尺分别测量 L_2 、 L_5 各侧面的加工余量。待各方面满足后,由 90° 角尺过 1500mm 在工件的顶面上划出 L_2 一侧的一点 D 。把 90° 角尺移到工件的另一端,按同样的方法和步骤,在工件的顶面划

出另一点 E 。

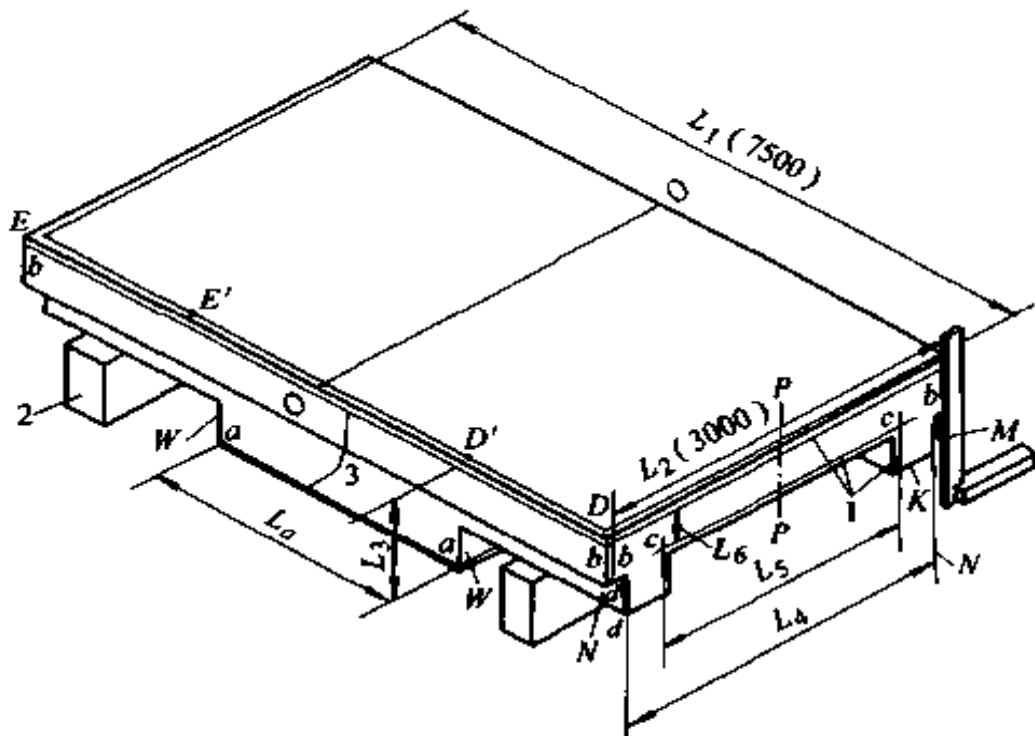
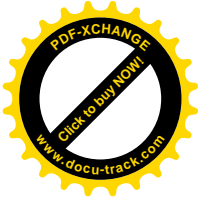


图 7-3 水压机工作台坯件划线

1—端面加工线 2—垫铁 3—工件上下面加工线

4) 拉尼龙线。尼龙线的位置应该既通过 D 、 E 两点，又不和零件顶面任何一点相接触（尼龙线的两端可拴在专用支架或其他物体上）。

5) 检查 L_5 两侧中间段的加工余量。移动 90° 角尺，在工件的中间段按尼龙线分多处检查。这个检查过程比较麻烦，将 90° 角尺放在工件的一侧，按尼龙线定好一个尺寸，然后将钢直尺从工件朝下的一面伸进去，用手握着钢直尺，使钢直尺的端面和 L_5 的一侧面对齐，看好钢直尺对准 90° 角尺的实际尺寸，经计算以后，确定 L_5 一侧面是否有加工余量。将 90° 角尺调到另一侧，继续分几处检查 L_5 的另一面。



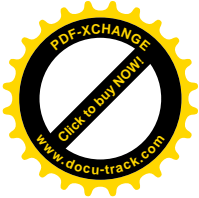
与此同时，检查 L_2 两侧面的加工余量。待上述各方面都满足后，尼龙线的位置就确定了。这时尼龙线的位置可能已作过适当的调整，不一定和原来的 D 、 E 点重合。

6) 在工件顶面按尼龙线所示位置划出 L_2 一侧面线。用划针直接对准尼龙线，在工件顶面划足够多的点（如 DD' 、 EE' 点）。取下尼龙线，用钢直尺或平尺按点分段连成一条长线。这线即是 L_2 的一侧面加工线，又是刨床加工找正线，也是划第三方面线时要用的辅助线。 L_2 另一侧的加工线，只要在零件的两端划出，不必在顶面上再划出了。

7) 在工件的两端划出 L_2 、 L_5 侧面加工线（垂直线）。移动 90° 角尺到零件的一端面，按划在工件顶面的线定位，划出 L_2 、 L_5 各侧面加工线。通过如图 7-3 所示的 90° 角尺位置，在端面上划 L_2 右侧的加工线。

8) 划 $O-O$ 中心线和 DE 直线相垂直。因两个 W 面在工件的下面，又比顶面短，不便直接按它取得中心点。所以先量取两 W 面的实长，然后用一 90° 角尺靠在工件的一端，测量出 90° 角尺到近端的 W 面的实际尺寸。以这尺寸加上 L_0 的一半，就是 90° 角尺到工件长度中点 O 的距离，以这尺寸在顶面取得 O 点。过 O 点划 DE 线的垂直线 OO 。以这垂线继续检查另一侧两个 W 面的位置，以及 L_1 两端面的加工余量。待全部满足后，这条垂线的左右位置就最后确定。

9) 划 L_1 两端面线。将尺寸为 L_1 的两端面线划在 N 面上（如图 7-3 所示的 dd 线），这样不论工件怎样加工， dd 线不会消失。划的方法是取一直角尺顺着 N 面，放在端面外，并保持和 OO 线的尺寸为 $\left(\frac{7500}{2} + 50\right)$ mm。划卡对好



50mm，沿着直角尺在 N 面上划线。同理，将其他三处 dd 线也划出。划完工件所有各线，检查无误后，打样冲眼。

6. 怎样划大轴坯件线？

答 大型轴类坯件多是经锻造而成的，其轴径和长度方向都留有加工余量。划这类零件的目的是检查轴径和长度方向的余量情况，并在这基础上决定轴心，以供机床加工中心孔时用。所以划线时要注意到尽量使轴径各处的加工余量均匀，以减少车床走空刀的现象，提高车床工效。

其划线步骤如下：

1) 将轴坯吊上平台，用 V 形块或枕木将其支承。如果轴坯某处有明显的缺陷，应将它转动到轴的上方或下方。

2) 用两个划线盘，分别按中间段（图 7-4 中轴身最长的一段）的上方和下方基本找平。接着用划线盘分别对好轴上方的最低处（如 A 处）和轴下方的最高处（如 D 、 E 处）。用钢直尺测量两划线盘所标示的尺寸，并算出其差值。如果该差值大于这段轴径所要求的尺寸，说明有余量。当然其他地方余量更大，轴心也由此决定。取第三个划线盘，将划针调到前面划线盘所示尺寸的中心。以这一轴心高用上述方法继续检查各段轴径情况，直到全部满足要求后，绕轴一周划出水平的中心线。

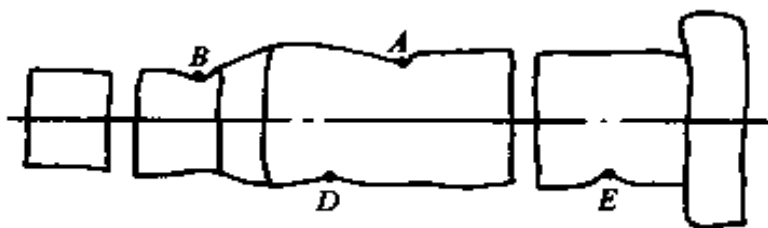
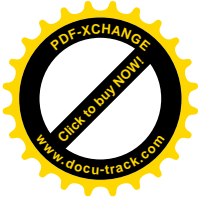


图 7-4 划轴坯水平线



3) 取两个 90° 角尺如图 7-5 所示 (俯视图), 调整到两端轴径的中心位置。

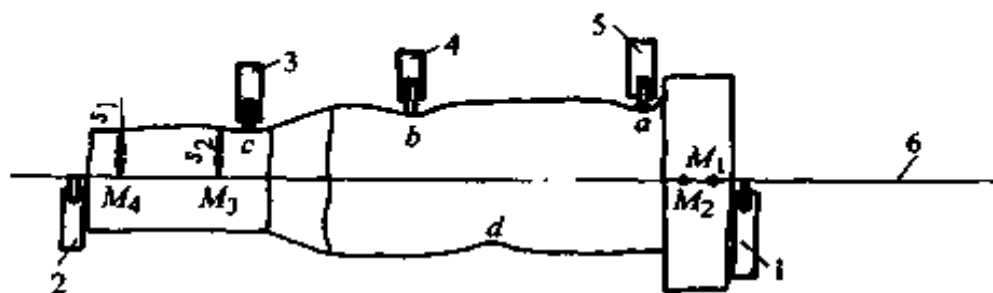


图 7-5 划轴坯垂直线 (俯视)

1、2、3、4、5— 90° 角尺 6—尼龙线

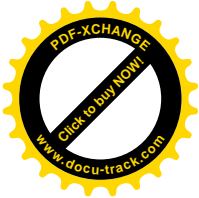
4) 在轴的上方拉尼龙线。使其既靠近两 90° 角尺又靠近轴大头的上方, 这时尼龙线的位置基本表示轴心的位置。

5) 移动 90° 角尺, 按尼龙线所示位置分别检查各段轴径的特殊点 (如图 7-5 中 a 、 b 、 c 、 d) 的加工余量。待全部满足后, 将 90° 角尺仍置于轴的两端, 对好尼龙线, 分别在两个端面上划线, 这线就是轴的垂直中心线。

6) 用划针在轴的大端直接按尼龙线在它上方划出两个点 M_1 、 M_2 , 移动 90° 角尺到轴的小头, 置于轴的一侧, 量取 90° 角尺到尼龙线的尺寸 (如图 7-5 所示 s_2), 然后由这个 90° 角尺往轴的上方过尺寸 s_2 划出一点 M_3 , 接着用同样的方法划出另一点 M_4 。分别按 M_1M_2 、 M_3M_4 连线。这线和水平中心线都是机床加工中心孔时要用的找正线。检查无误后, 打样冲眼。

7. 如何选择畸形工件的基准?

答 在划线工作中, 常常遇到一些形状奇特的工件, 这



些零件不仅外形没有一定的规律，而且内部各孔的中心线往往是既不垂直又不平行。对这种畸形工件划线基准的选择，就不能只看外形，一般情况把工件的中心线作为划线基准。当工件的中心线不能满足划线基准的要求时，可以划参考线作为辅助基准来完成工件的划线。

8. 畸形工件的安置方法有哪些？

答 畸形工件的放置方法一般有三种：

1) 利用心轴支撑工件后，放在 V 形块上或把心轴夹持在分度头的三爪卡盘上，然后进行划线，见图 7-6。

2) 利用划线方箱、弯板等夹持工件（图 7-7）。

3) 利用特制的辅助工具夹持工件。

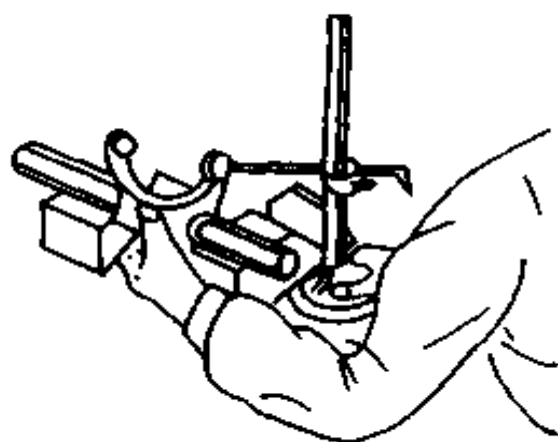


图 7-6 利用心轴支撑工件

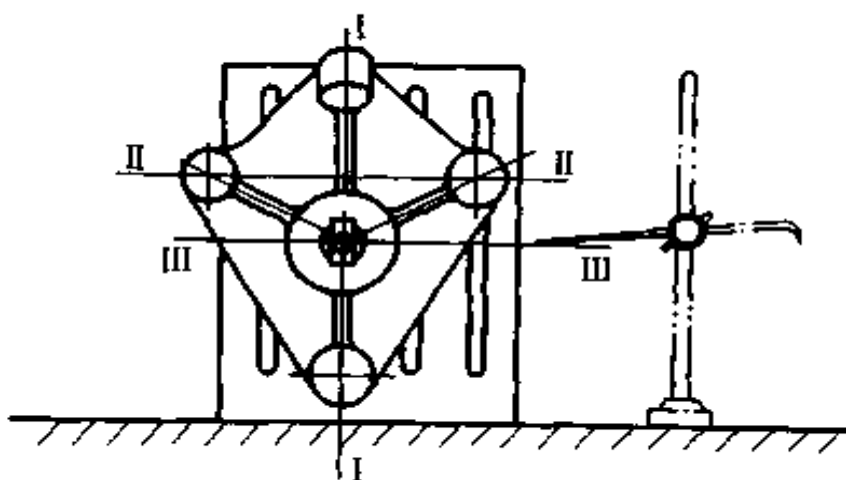
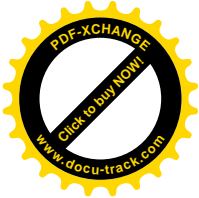


图 7-7 用弯板夹持工件



9. 怎样划偏心零件?

答 图 7-8 所示的为一偏心零件, 其外圆 D 和尺寸 B 都已加工完毕。下面以此工件为例介绍如何划偏心零件。

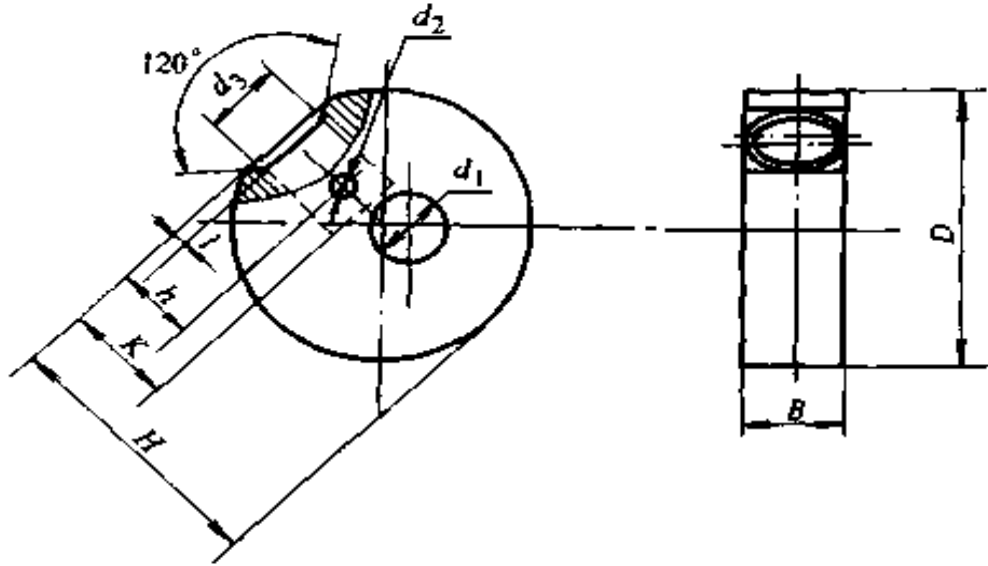


图 7-8 手柄偏心轮

1) 把偏心零件装夹在分度头的三爪卡盘上, 找正后, 用高度游标卡尺以分度头的中心高在工件上划一直线 I-I; 摇动分度头使其旋转 90° (手柄摇过 10 转), 划一直线 II-II 得到工件两条几何中心 (图 7-9)。以分度头中心高加上偏心距 e 为高, 用高度游标卡尺划一直线 III-III 与直线 I-I 交于 O_1 点, O_1 即为工件的回转中心。

2) 摇动分度头, 使其旋转 45° (手柄摇过 5 转), 用高度尺以分度头中心高减去 $\left(H - \frac{D}{2}\right)$ 为高, 划一直线 (参考线), 再以分度头中心高减去 $\left(H - \frac{D}{2} - h\right)$ 为高, 划一直线 (图 7-10)。

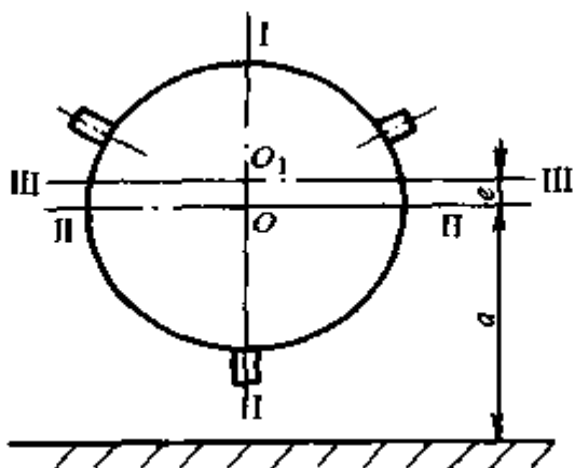


图 7-9 分度头划线 (一)

a —中心高 e —偏心距

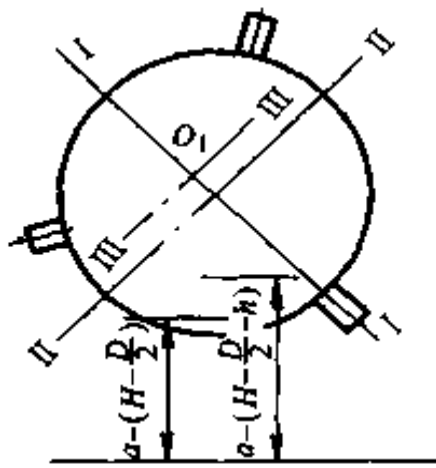


图 7-10 分度头划线 (二)

a —中心高

3) 摇动分度头手柄 10 转, 使其旋转 90° 后, 用高度尺以分度头的中心高过 O 点划一条直线 IV-IV 与上面所划的一条直线交于 O_2 , 并在圆盘的侧面划出 IV-IV 的延长线 (图 7-11)。

4) 把工件从分度头上取下, 放在平板上, 用高度游标卡尺以工件实际厚度 B 的一半为高, 在圆盘周围划线与 IV-IV 的延长线相交于 O_3 点 (见图 7-12)。

5) 用样冲在 O_1 、 O_2 、 O_3 点分别打一样冲眼。

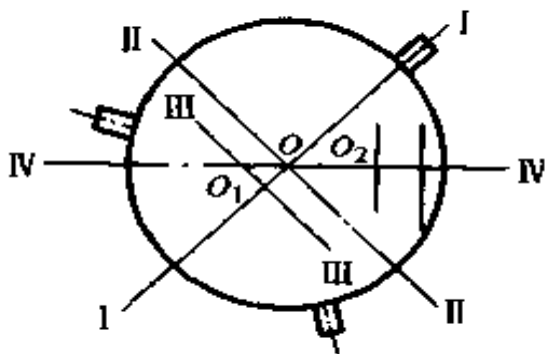


图 7-11 分度头划线 (三)

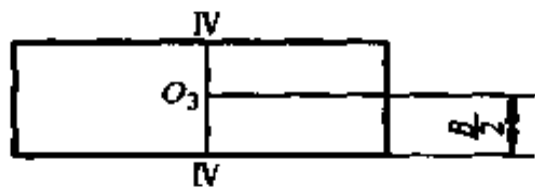
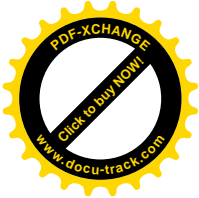


图 7-12 分度头划线 (四)



第八章 钣金划线

1. 多面体分为几类？各有何特点？

答 多面体形分为平面立体和曲面立体两大类。平面立

体又分为棱柱体和棱锥体两种。棱柱体和棱线彼此平行；棱锥体的棱线交于一点。根据多面体底面形状的不同，它们又分为三棱柱，四棱柱……，和三棱锥、四棱锥……等。其中以四棱柱和四棱锥在实际生产中应用比较广泛，而其他的则较少应用。

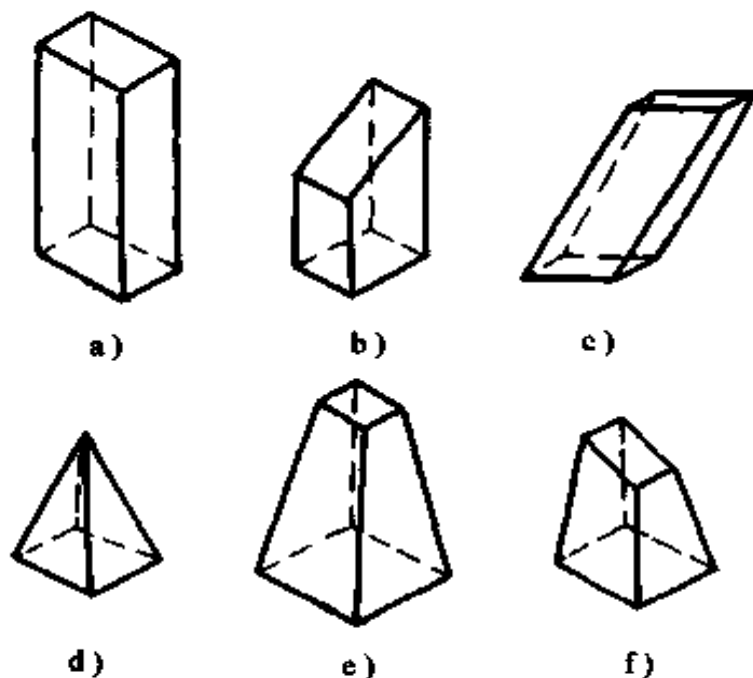


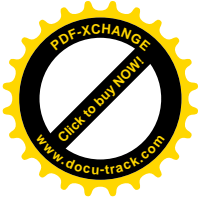
图 8-1 常用平面立体

- a) 四棱柱 b) 截头棱柱 c) 斜平行面体
d) 四棱锥 e) 棱锥台 f) 截头棱锥

图 8-1 所示为常用

的平面立体的几个实例。棱被斜截称为截头棱柱，上下截头的四棱柱又称为斜平行面体。棱锥体被平截称棱锥台，被斜截则称为截头棱锥。

曲面立体一般是圆柱体、球体和圆锥体（正圆锥体及斜



圆锥体)等。

2. 多面体的结合方法有哪些?

答 两个或两个以上的多面体相结合,其方法一般有两种:截交与相贯。

3. 什么叫截交线、相贯线、截面? 各有何特点?

答 由两立体互相贯穿而产生的表面交线叫做相贯线。当几何形体被平面剖截开来,被剖截的面称为截面(图 8-2)或断面。当两形体以截交形式结合时,其截交线即为两形体截面周围的边缘。

无论截交线或相贯线,都是截交或相贯时在它们结合的部分所产生的交线,这些交线是它们彼此之间的分界线,交线上的每一点,必然是相结合形体的共同点。

随着剖截位置的不同,几何体的截面形状也不同。例如圆柱和圆锥(包括正圆锥和斜圆锥),它们的截面形状有一个共同特点:即当截面位置与底圆平行时,截面形状都是圆,而当截面位置与底圆不平行时,则其截面形状一般情况下都会是椭圆。

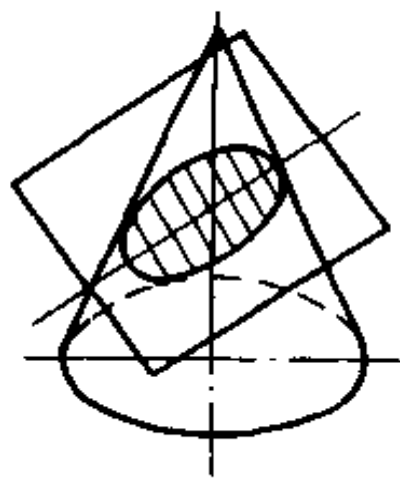
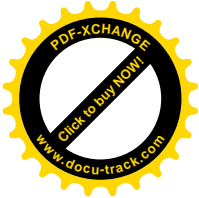


图 8-2 截面和截交线

4. 什么叫母线、导线和素线?

答 无论什么样的立体表面,都可看作是由线(直线或曲线)按一定的要求运动而形成的。这种运动着的线,就叫做母线。控制母线运动的线(或面),就叫做导线(或导面)。



母线在表面上任何一个位置叫做素线。

5. 立体表面按其母线分为哪几类？各有何特性？

答 立体表面按其母线分为直纹表面和曲纹表面两大类。

(1) 直纹表面 是以直线为母线而形成的表面。它包括柱面、锥面、切线面和其他直纹表面。

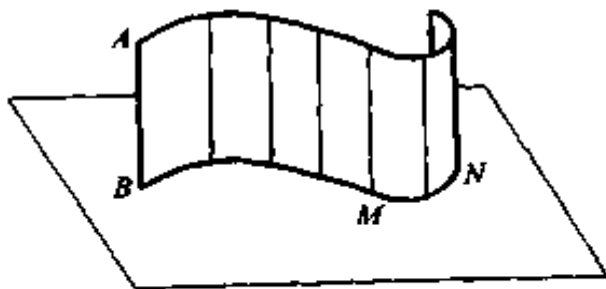


图 8-3 柱面

1) 柱面如图 8-3 所示，直母线 AB 沿导线 BMN 运动，且保持相互

平行，这样形成的面称为柱面。当柱面的导线为折线时，该柱面称为棱柱面。当柱面的导线为圆且与母线垂直时，该柱面称为圆柱面。由此可知柱面有如下性质：所有素线互相平行；用相互平行的平面截切柱面，其剖面图形相同。

2) 锥面如图 8-4 所示，直母线 AS 沿导线 AMN 运动，且母线始终通过定点 S ，这样形成的面称为锥面，定点 S 称为锥顶。

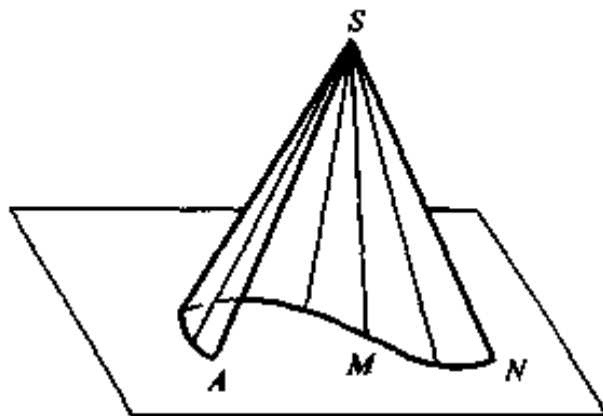


图 8-4 锥面

当锥面的导线为折线时，该锥面称为棱锥面。当锥面的导线为圆

且垂直于中心轴线时，该锥面为圆锥。由此可知锥面有如下特性：所有素线相交于一点（锥顶）；用相互平行的平面截

切锥面时，其剖面图形相似；过锥顶的剖面图形为三角形。

3) 切线面如图 8-5 所示，直母线沿导线 CMN 运动，且始终与导线相切，这样形成的面称为切线面，其导线称为脊线。

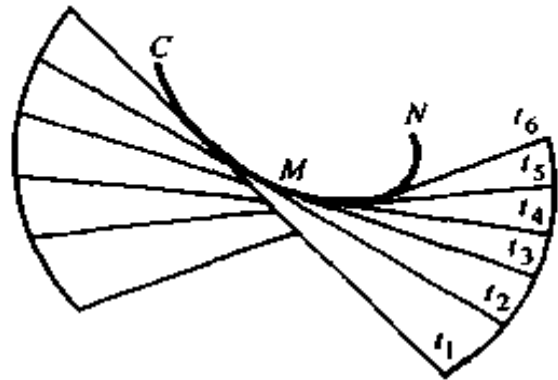


图 8-5 切线面

切线面的一个重要特征是，同一素线上各点有相同的切平面。切线面上

不相邻的两条素线一般既不平行也不相交，但当导线上两点距离趋近于零时，连续的两条切线便趋向同一平面。

4) 其他直纹表面如图 8-6 所示，直母线 AB 绕与其不在同一平面的直线 $O-O$ 旋转，这样就形成一个直纹表面(为

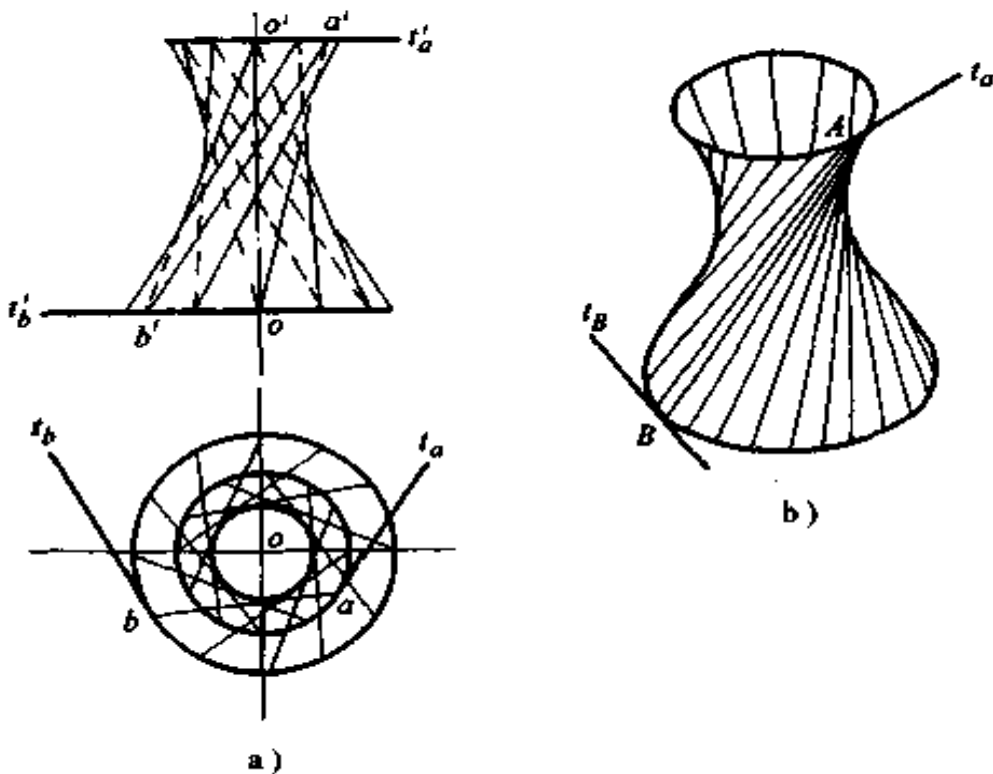
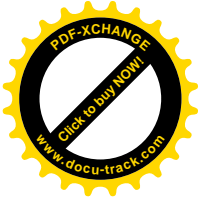


图 8-6 单叶双曲回转面



突出直素线，主视图轮廓线未加粗画出)。因它的轮廓线是一条双曲线，故被称为单叶双曲回转面。它是一种扭曲面，在这种曲面上，任意两条相邻素线既不平行也不相交，即它们是不可能处在同一平面内的。

(2) 曲纹表面 是只能以曲线为母线而形成的表面。

1) 圆球面如图 8-7 所示，以圆或圆弧为母线，绕自身的一条直径旋转，这样形成的面称为圆球面。

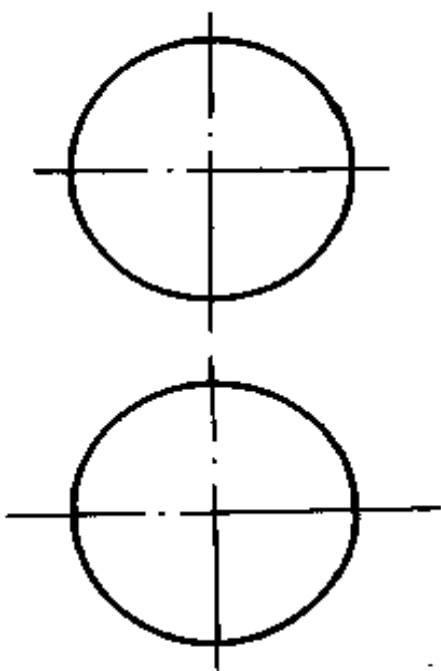


图 8-7 球面

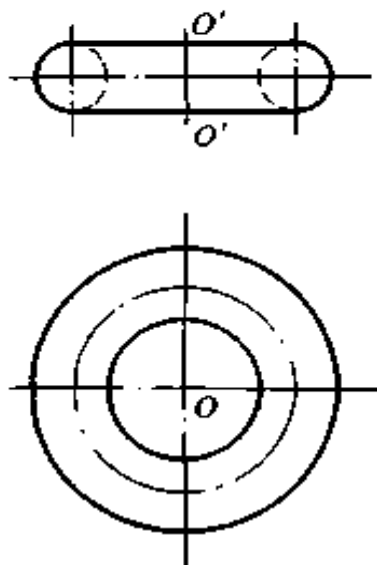
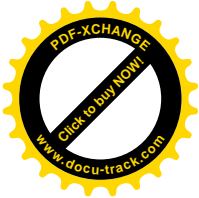


图 8-8 圆环面

2) 圆环面如图 8-8 所示，以圆或圆弧为母线，绕不通过圆心但位于同一平面上的直线 $O-O'$ 旋转，这样形成的面称为圆环面。

圆球面和圆环面的母线是曲线，其运动轨迹也是一条曲线，由此可知，曲纹表面是由两个不同方向的曲线形成的表面。



6. 什么叫展开?

答 把各种形状的立体表面,按它的实际尺寸依次画在平面上,就叫做表面展开,简称为展开。展开后所画的平面图形就称之为展开图。

7. 怎样理解可展表面与不可展表面?

答 宏观地说,凡是能够把表面很好地摊平在一个平面上的立体表面称为可展表面,否则称为不可展表面。例如,把圆柱和圆锥的侧表面从某一接缝处剪开,可以把它们的表面很平整地摊平在平面上,故圆柱面和圆锥面属可展表面。又如图 8-7 中的球面,若仅将其表面剪开一条缝,是无法很平整地把它摊在一个平面上的。所以球面是属于不可展表面。

从微观上考察,所谓可展表面就是指那些相邻两素线位于同一平面上的立体表面。因为在这种情况下,每相邻两素线构成一个小平面片,无数多个这样的小平面片累加在一个平面上,就是整个立体表面的展开图。柱面和锥面相邻的两条直素线不是平行就是相交,总可构成平面,故是可展表面。切线面在相邻两条切素线无限接近的情况下,也可构成一个微小的平面片,因此也是可展表面。曲纹表面上不存在直素线,它的两条相邻曲素线不可能构成一个平面,故是不可展表面。扭曲面如单叶双曲面虽然由直素线组成,但其相邻两条直素线是异面直线(既不平行也不相交),因而也是不可展表面。

下面再从形体侧滚的角度对这个问题作进一步的说明。如图 8-9 所示,当圆柱和圆锥侧放在平面上作连续滚动时,

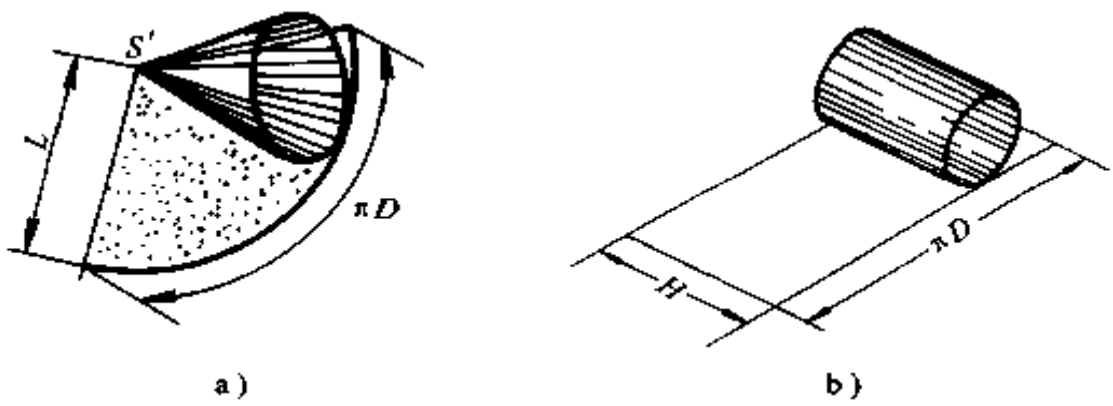
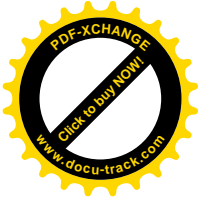
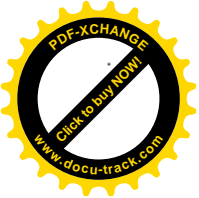


图 8-9 圆柱和圆锥滚动一周的图形
a) 圆锥 b) 圆柱

圆柱和圆锥的侧表面与平面始终相切于一条直线上，这条切线就是立体表面的一根完整素线。所以立体侧滚一周后，所有素线都与平面相切一次，也就把圆柱和圆锥的侧表面完整地印在平面上了。同理，切线面在连续滚动的过程中，曲面沿整条切素线与平面相切，每瞬间导线上的切点位置移动一个无穷小量，使得表面上相邻两条直素线构成的小平面片不断地重合到平面上，从而将整个切线面完全展开在平面上。用同样方法，还可以解释不可展表面。如图 8-7、图 8-8 所示那些曲面，将它们放在平面上侧滚，立即就会发现，它们的表面与平面相切总是一点，而不是一条素线。如果把它们滚动一周，它的表面根本不可能全部留在平面上。因此，可以断定，这样的表面是不可展表面。又如图 8-6 所示曲面，其素线虽是直线，但它在侧滚时，表面不可能始终以直素线与平面相切（如果硬要使直素线与平面重合，立体就不能在该平面上作纯滚动）。所以这样的直纹表面仍然是不可展表面。

由此可以得出这样的结论：凡是在连续的滚动中始终以

整条直素线与平面相切的立体表面，都是可展表面；反之则是不可展表面。这个结论意味着可展表面必须同时具备两个条件：

第一、由直素线组成的表面。

第二、同一条直素线上所有各点有同一的切平面。

也就是说，可展表面都是直纹表面，但直纹表面不一定是可展表面，而曲纹表面都是不可展表面。

8. 试分析图 8-10 所示两个形体表面的可展性？

答 图 8-10 为两个具有相同俯视图，但形状不相同的工件，其表面素线分布如图所示——素线的俯视投影均通过圆心，主视图仅绘出其中一条素线 $a'b'$ 。图 8-10a 是大家熟悉的，它是一个截头圆锥体，当然其表面是可展的。从切线面观点分析，直素线两 endpoint A 、 B 的切线 I II 与 III IV 互相平

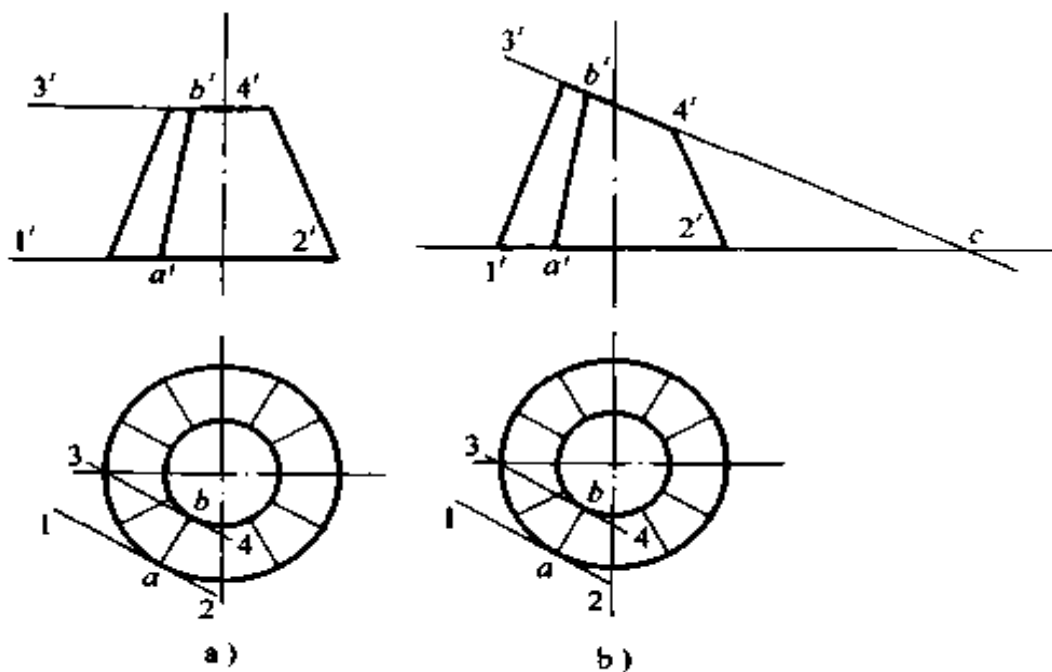
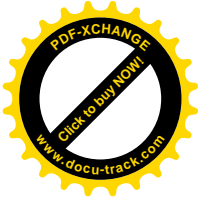


图 8-10 立体表面可展性分析

a) 截头圆锥 b) 不可展曲面



行，则直线 I II、III IV 及 AB 均在同一切平面内，由此可断定它是切线曲面，因而是可展的。

图 8-10b 乍看起来像是锥面，其实按图中所示的素线位置来判别它是一个不可展表面。只要检查一下过同一素线上各点的切线是否在同一平面内就可判定。例如直素线 AB，端点 B 在上底椭圆（水平投影为圆）上，过 B 点的切线应与椭圆在同一平面内，即水平投影为 3 4，正面投影为 3' 4'，而过端点 A 的切线为 1 2 与 1' 2'，从图中可看出，两切线水平投影平行（1 2 // 3 4），正面投影 1' 2' 与 3' 4' 却相交于点 C。不具备平行两直线或相交两直线的投影特性，说明直线 I II 与 III IV 在空间既不平行又不相交，是两条交叉直线，因而这两条切线不在一个平面内。将直素线 AB 作为表面上的一条切线，则点 A 处的切平面（I II × AB）与点 B 处的切平面（III IV × AB）不重合，故这个表面不具备可展表面的第二个条件，不可能摊平在一个平面上。

9. 怎样用直角三角形法求线段的实长？并举例说明？

答 如图 8-11 所示，线段 AB 与投影面不平行，其投影 ab 及 a'b' 不反映实长。在 ABba 平面内，过 A 点作一直线平行于 ab，并与 Bb 相交于点 B₁，则得直角三角形 ABB₁。在这个三角形中，只要知道两直角边 AB₁ 和 BB₁ 的长度，则直角三角形的斜边 AB 的实长即可求出。而 AB₁ 和 BB₁ 的长度在投影图上是可求得的，即 AB₁ = ab，BB₁ = b'b'₁，或 BB₁ = b'b_x - a'a_x。已知道这样两个直角边就可以唯一地画出所求的直角三角形。这就是直角三角形法的原理。

如图 8-11b 所示，已知 AB 直线的投影为 ab 及 a'b'，欲

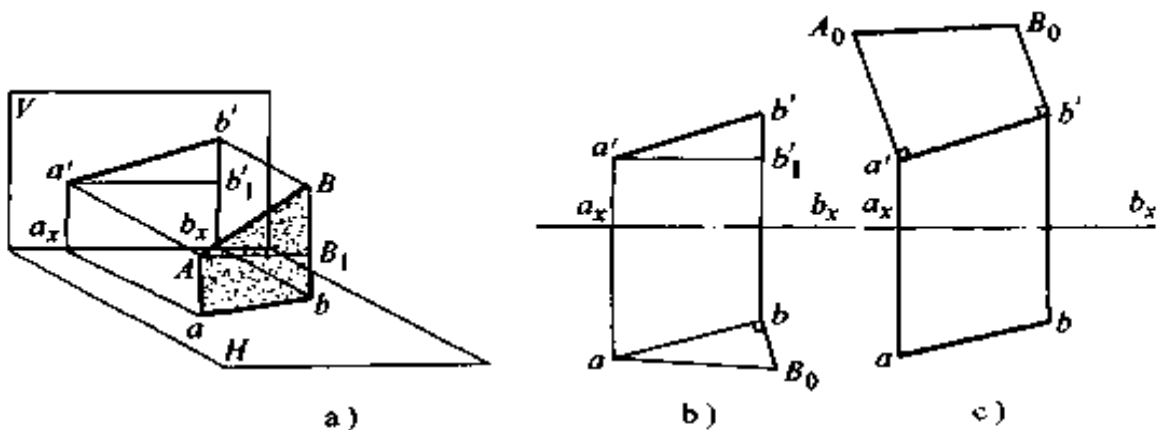


图 8-11 直角三角形法原理

求 AB 实长，可先过点 a' 作水平线，交 bb' 连线于点 b'_1 ， b'_1b' 即为所求的一个直角边。再以俯视图中 ab 为另一直角边，过点 b 引垂线并截取 $bB_0 = b'b'_1$ ，连接 aB_0 ，即为该线段实长。顺便指出，有时不是通过直角三角形，而是利用直角梯形来求解线段实长的。如图 8-11c 所示，以正面投影 $a'b'$ 为底，再过点 a' 、 b' 引垂线，分别截取 $A_0a' = aa_x$ ， $B_0b' = bb_x$ ，线段 A_0B_0 必定等于 AB 。这两种作法形式上有所差别，但本质上是一致的。

例 如图 8-12 所示，已知一般位置线段 AB 的正投影为 ab ，水平投影为 $a'b'$ ，用直角三角形来求出 AB 线段的实长。

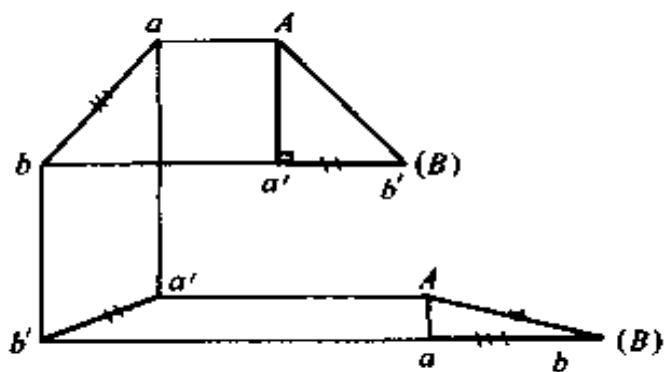
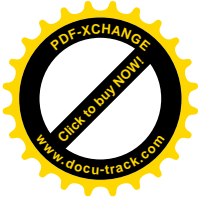


图 8-12 用直角三角形法求实长

解 方法一：如图 8-12 所示，以 AB 线段的水平投影 $a'b'$ 为一直角边，以正投影 ab 线段两端点



的高度差 Aa' 为另一直角边，作直角三角形，其斜边 Ab' 即为线段 AB 的实长。

方法二：如图 8-12 所示，以 AB 线段的正投影 ab 为一直角边，以水平投影 $a'b'$ 线段两端点高度差 Aa 为另一直角边，作直角三角形，其斜边 Ab 就是 AB 的实长。

10. 怎样用旋转法求线段实长？并举例说明？

答 由直线的投影特性可知，如果直线与投影面平行，则其投影反映实长。旋转法的原理就是将不平行于投影面的直线旋转到与投影面平行的位置，而后求出新位置的投影，从而获得直线的实长。

如图 8-13a 所示，直线 AB 的原来两个投影分别为 ab 和 $a'b'$ ，均不反映实长。现过 A 点作垂直于 H 面的直线 Ao_1 ，以 Ao_1 为轴，使直线 AB 绕 Ao_1 旋转。在旋转过程中，因 A 点在旋转轴上，其位置保持不动； B 点则绕 Ao_1 轴作圆周运动，其旋转半径为 B 点到转轴的距离 Bo_1 ，它恰好等于直线 AB 的水平投影 ab 。当 AB 旋转至与 V 面平行的新位置 AB_0 时， H 面新投影 $ab_0 // OX$ ， V 面新投影 $a'b'_0$ 便反映了 AB 的实长。根据这个原理，用旋转法求直线实长可分为两步：

1) 旋转某一投影面的投影至平行于投影轴的位置。如图 8-13b 所示，以俯视图中的 a 为圆心，以 ab 为半径画弧，使 ab 旋转至与 OX 轴平行的新位置 ab_0 。

2) 求出旋转后在另一投影面上的新投影。表现在图 8-13b 中，过主视图 b' 点引平行于 OX 轴的水平线，再过点 b_0 向主视图引投射射线，交该水平线于点 b'_0 ，连接 $a'b'_0$ ，即为 AB 旋转后的新的正面投影，它反映直线 AB 的实长。

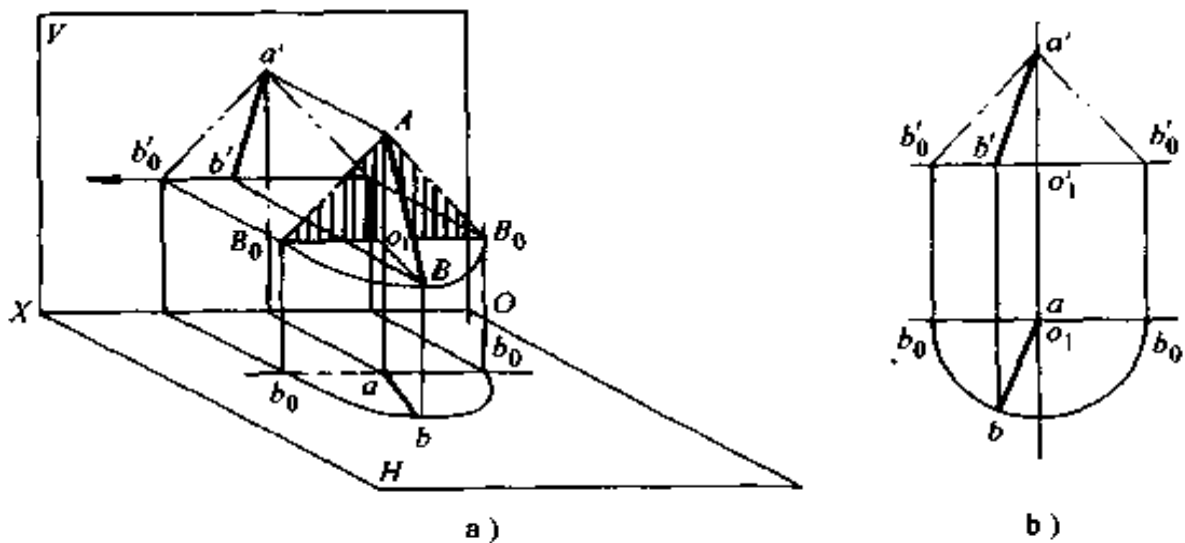
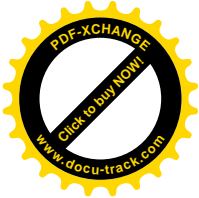


图 8-13 旋转法原理

图 8-14 是以垂直正面的直线为轴进行旋转来求得实长的。在运用旋转法求线段实长时，应当注意两点：第一，无论怎样旋转，旋转轴上点的位置是不变的（包括正面投影和水平投影均如此），如图 8-14a 中的点 A ；不在旋转轴上点的位置才会发生变化，如图 8-14a 中的点 B 。图 8-14b 的作图法是错误的，因为虽然在正面投影图中是将 a' 作为旋转中心，将 b' 旋转至 b'_0 的，但在水平投影图中，却将转轴上

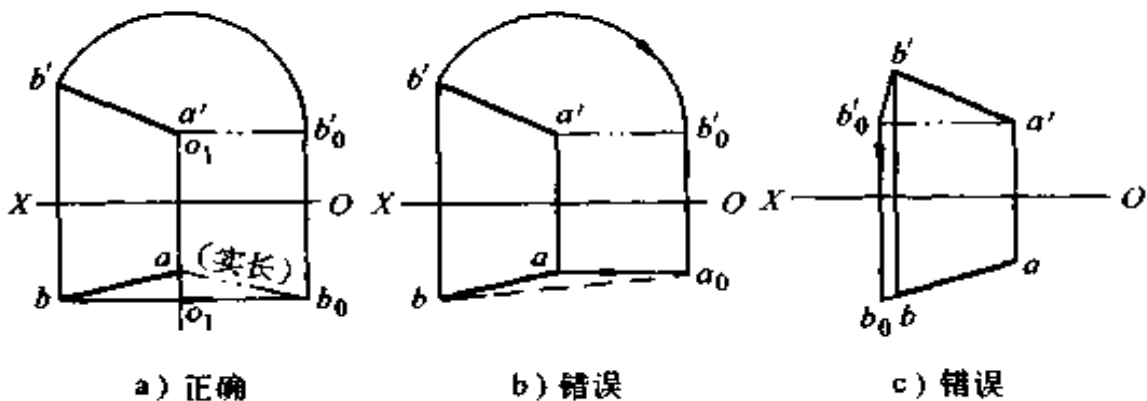
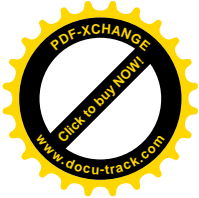


图 8-14 旋转法作图的注意事项

a) 正确 b)、c) 错误



的点 a 移动到了 a_0 点，而点 b 反而没有移动。第二，旋转过程中点的运动在其中一个投影图上是作圆周运动，而在另一投影图上则表现为平行于 OX 轴的平行移动。所以象图 8-14c 那样沿 ab 线运动，也是错误的。

11. 怎样用换面法求线段实长？并举例说明？

答 换面法的原理是使空间线段保持不动，另作新投影面使之与所求线段平行，并与原来的一个投影面垂直，则该线段在新投影面上的投影，便反映它的真实长度。

如图 8-15a 所示，直线段 AB 与 H 和 V 两个投影面都不平行，其投影都不能反映实长。这时可以作一新投影面 P ，使之与 AB 平行，并与水平面 H 垂直，则新投影 $a'_1 b'_1$ 反映 AB 的实长。

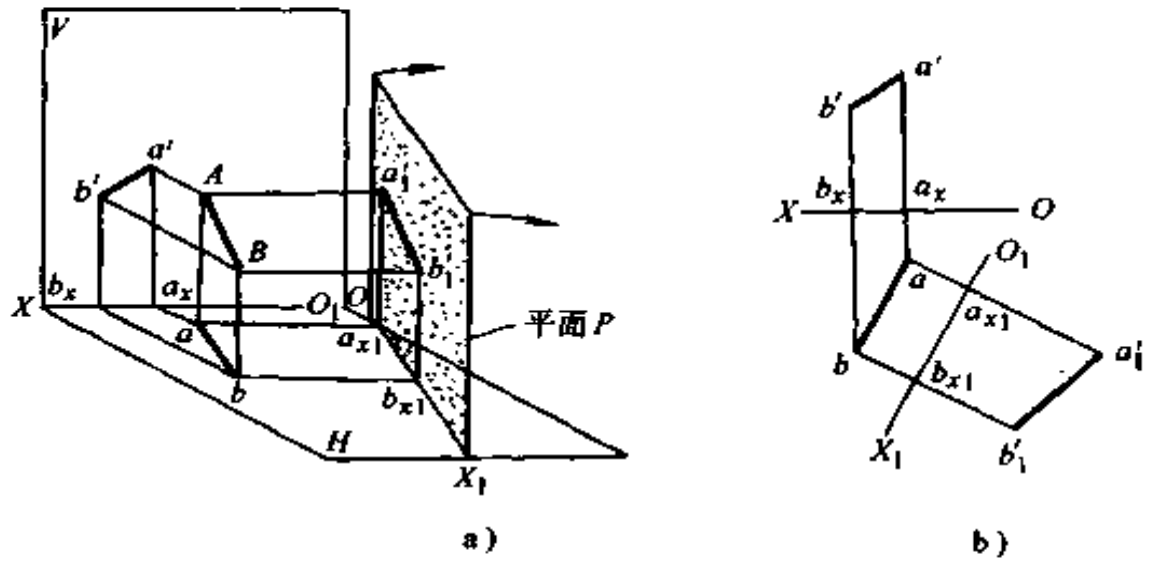


图 8-15 换面法原理

其作图步骤是：

- 1) 如图 8-15b 所示，作一新投影轴 $O_1 X_1$ 平行于 ab 。

2) 过 a 、 b 两点向 O_1X_1 轴引垂直线，并交 O_1X_1 于 a_{x1} 、 b_{x1} 两点。

3) 将 V 面投影 a' 、 b' 到 OX 轴的距离搬到新投影面上，即在垂线上量取 $a_{x1}a'_1 = a_xa'$ ， $b_{x1}b'_1 = b_xb'$ 。

4) 连接 $a'_1b'_1$ 两点，即为 AB 直线在新投影面 P 中的投影，它反映 AB 的实长。

例 试用换面法求图 8-16 所示立体上棱线 AB 的实长。

解 1) 在俯视图上作直线 $O_1X_1 // ab$ ，过 ab 两点向 O_1X_1 引垂线，交 O_1X_1 于 a_{x1} 、 b_{x1} 两点。

2) 因点 a' 就在 OX 轴上，故点 a'_1 也就在 O_1X_1 轴上，与点 a_{x1} 重合。

3) 在垂线上截取 $b_{x1}b'_1 = b_xb'$ ，得点 b'_1 。

4) 连接 $a'_1b'_1$ ，即为 AB 的实长。

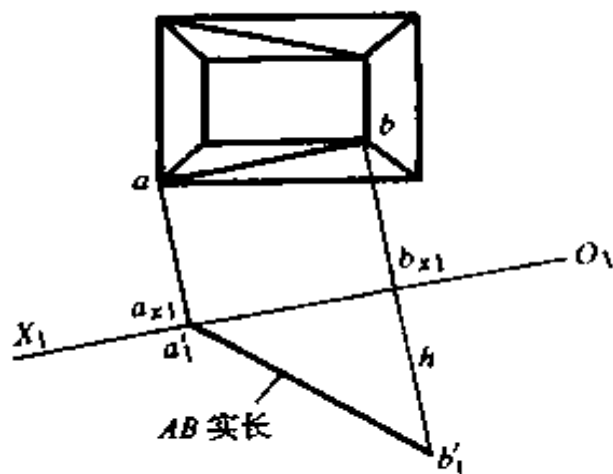
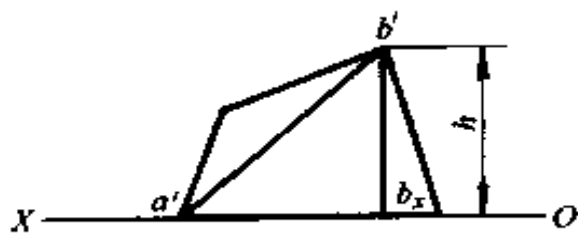
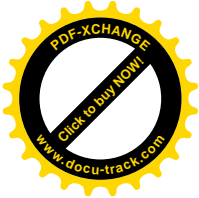


图 8-16 用换面法求实长

12. 什么是平行线法？其原理是什么？它适用于哪种情况？

答 按照棱柱面的棱线或圆柱面的素线，将棱柱面或圆



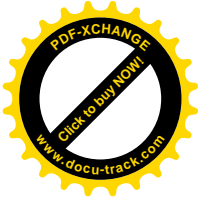
柱面划成一系列四边形，而后依次摊开，得到展开图，称为平行线法。

平行线法作图原理见表 8-1。

表 8-1 平行线法作图原理

原理	示意图	
	空间示意图	平面示意图
两平行直线 ($L // M$) 可确定一平面。如果两平行直线的距离已知 (如相距 R) 就认为它们的相对位置被确定		
已知两平行线段的长度和相对位置 (如 l_1 、 l_2) 则可确定一平面图形		
已知一组平行线段的长度和相对位置 (如 l_1 、 l_2 、 l_3 、 l_4 及其相互距离 R_1 、 R_2 、 R_3) 便可确定一组平面图形		

平行线法就是利用这个原理，用一组平行线把立体表面



分割成若干小平面图形，求出其实际大小后，再依次把这些小平面对图形画在同一平面上，最后得到立体表面的展开图。

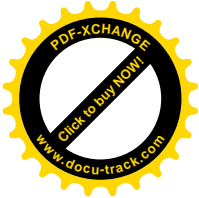
13. 什么是放射线法？其原理是什么？它适用于哪种情况？

答 将锥体的表面围绕锥顶依次摊开，得出该锥体的表面展开图，此法又称为放射线法。

两相交直线，可确定一平面。如果知道两相交直线段的长度和相应端点之间的距离，则可确定由它们组成的平面图形的真实大小。又如果从同一个点出发，引一系列直线，并且知道它们的长度及端点位置，则可确定出一组汇聚于一点的，连续的三角形图形（图形呈放射状态）。这就是放射线法的作图原理，它可用表 8-2 来说明。

表 8-2 放射线法作图原理

原理	示意图	
	空间示意图	平面示意图
两相交直线可确定一平面		
已知相交直线的长度（如 l_1 、 l_2 ）、位置（如 A 、 B 两点距离 R 或 $\angle ASB$ ），则可确定平面图形 SAB		



(续)

原理	示意图	
	空间示意图	平面示意图
如果以点 S 为公共交点, 作一组相交线, 并知道相交直线的长度 (如 l_1 、 l_2 ……), 及各端点之间距离 (如 R_1 、 R_2 ……), 则可获得一组共顶的三角形		

放射线法就是利用这个原理, 把立体表面用放射线分割成共顶的若干三角形小平面, 求出其实际大小后, 仍用放射线形式依次将它们画在同一平面上, 最后得到立体表面的展开图。

放射线法适用于锥面的展开。

14. 什么是三角形展开法? 其原理是什么? 它适用于哪种情况?

答 将一些表面分成若干三角形, 求出实长后画出展开图的方法称为三角形展开法。根据三点可确定一平面的原理, 如果知道三点之间的相互距离, 便可以确定一个平面图形——三角形 (图 8-17)。如果连续求得更多的点, 则会作得更多的三角形, 由许多的三角形便可以组成一个大的几何图形。

三角形展开法, 就是利用上述原理, 把立体的表面分割成一定数量的小三角形平面, 即立体表面被看作是由这些三角小平面所组成。然后, 把这些三角小平面依次展出在平面

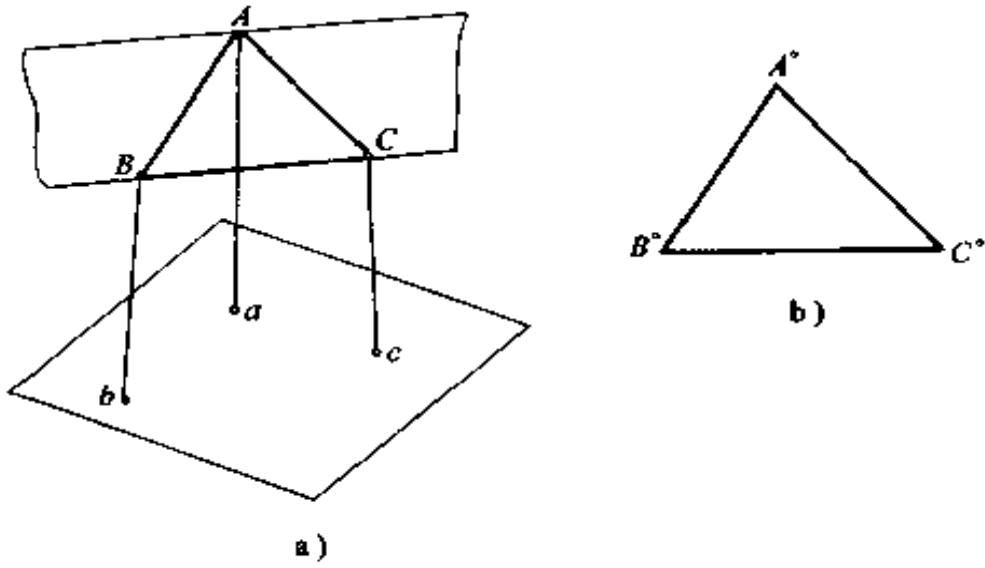


图 8-17 三点确定一平面
a) 空间示意图 b) 平面图

上，从而形成整个立体表面的展开图。

三角形展开法适用于任何形体的展开，但其步骤较为繁琐。

15. 怎样用三角形法做上口倾斜方锥管展开图？

答 上口倾斜方锥管（图 8-18），其大小两端皆为矩形，但由于小头是倾斜的，所以左右板形状不同，而前后侧板的展开图形状是相同的。所以要分三块分别放样。为了说明作展开图原理，将上口倾斜方锥管的大小头，用线段代号标明（图 8-19）。

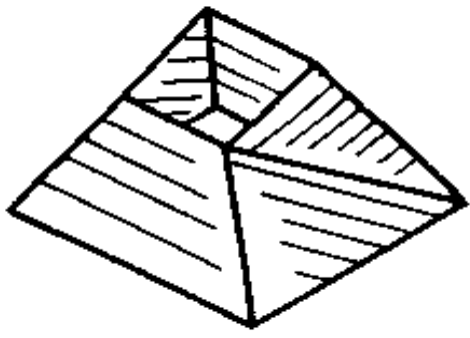
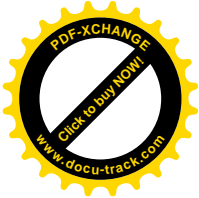


图 8-18 上口倾斜的方锥管

作图步骤如下（图 8-20）：

- 1) 画出工件的主视图和俯视图，因上口倾斜，在俯视



图里不能反映上口的实形，只有 1—2 和 3—4 两线段能反映实长。1—4 和 2—3 在主视图里的投影 b_1 反映其实长。下口各边都能在俯视图中反映实长。

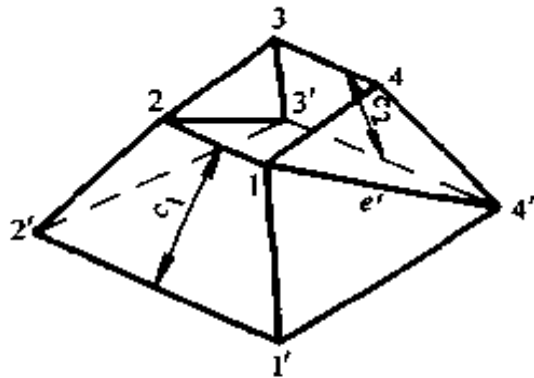


图 8-19 上口倾斜方锥管
各段代号

2) 画出左右侧板的展开图，左右侧板都是梯形，这两个梯形的上下边都是一样长，从

俯视图里向左右引水平线就能画出。两个梯形的不同处，在于梯形的高不一样，右侧板的高为 c_2 ，左侧板的高为 c_1 ， c_1 与 c_2 都能从主视图中得到。画完这两个侧板之后，就得到两个梯形的斜边之长 c'_1 和 c'_2 ， c'_1 和 c'_2 也就是工件的棱线实长。在前后侧板下料时必须用到这两根棱线的实长。

3) 前后侧板分别由两个三角形组成。底边的长度从俯视图里直接向下引垂线即得， b_1 的长度从主视图中得到； c'_1 和 c'_2 的长度从左、右侧板上得到，最后只要求出 e' 的长度，就可把展开图画成。 e' 是线段 e 的实长， e 是前后侧板对角线的水平投影。把 e 作为一个直角边，再到主视图里去量取该线段两 endpoint 的高度差 h_1 ，以 h_1 作为另一直角边，画出直角三角形，其斜边就是实长 e' 。具备上述条件后，即可画出前、后侧板展开图。

以上各板块的展开图，可以连在一起得整块料。

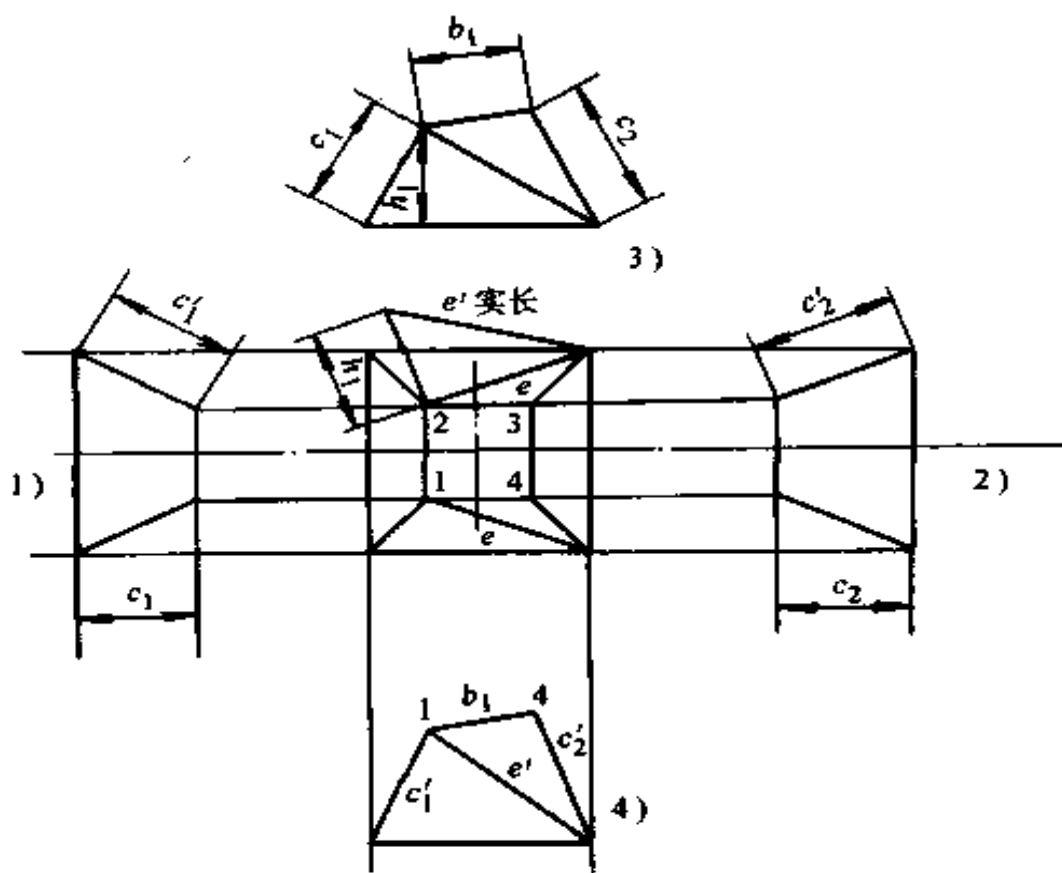


图 8-20 上口倾斜方锥管展开下料图

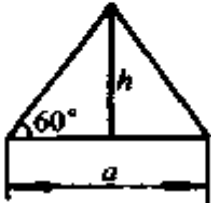
1) 一左侧板展开图 2) 一右侧板展开图

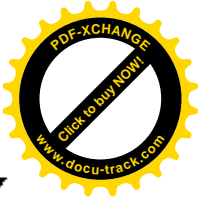
3) 一后侧板展开图 4) 一前侧板展开图

16. 怎样计算各种几何图形的面积?

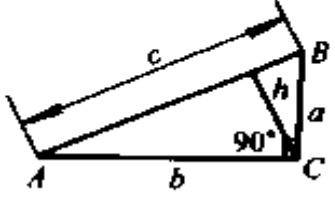

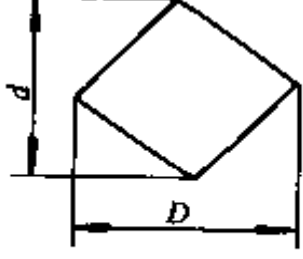
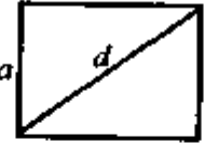
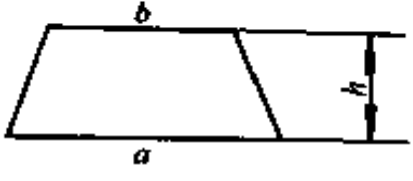
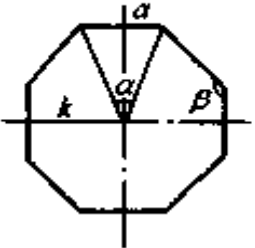
答 各种几何图形的面积计算见表 8-3。

表 8-3 各种几何图形的面积计算

名称和图形	面积 (F)
等边三角形 	$F = 0.433a^2$ 或 $F = 0.578h^2$ 式中 $h = 0.866a$ $a = 1.155h$

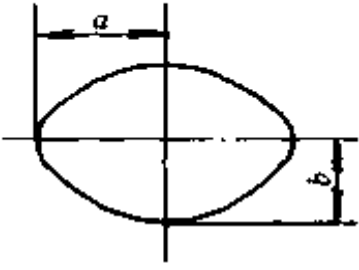
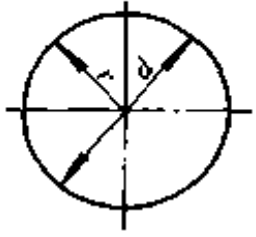
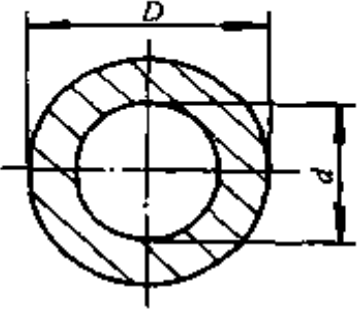

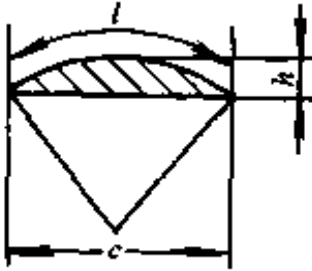


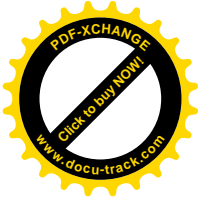
(续)

名称和图形	面积 (F)
直角三角形 	$F = \frac{1}{2} ab$ $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ $h = \frac{ab}{c}$
平行四边形或矩形 	$F = b \cdot h$
菱形 	$F = \frac{1}{2} Dd$ $a = \frac{1}{2} \sqrt{D^2 + d^2}$
正方形 	$F = a^2 \text{ 或 } F = \frac{1}{2} d^2$ $a = 0.707d$ $d = 1.414a$
梯形 	$F = \frac{a+b}{2} \cdot h$ 或 $F = mh \left(m = \frac{a+b}{2} \right)$
正多边形 	$F = \frac{a \cdot k}{2} \cdot n$ 式中 a ——边长, k ——弦距, n ——边数 圆心角 $\alpha = \frac{360}{n}$ 内角 $\beta = 180^\circ - \frac{360}{n}$

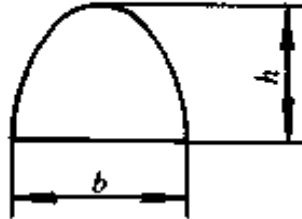


(续)

	名称和图形	面积 (F)
椭圆		$F = \pi ab$
圆		$F = \pi r^2$ 圆周长 $c = \pi d$
圆环		$F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$
扇形		$F = \frac{\pi r^2 \alpha}{360}$
圆弓形		$F = \frac{lr - c(h)}{2}$ $l = \frac{\pi r \alpha}{180}$



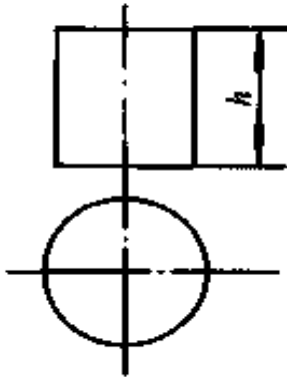
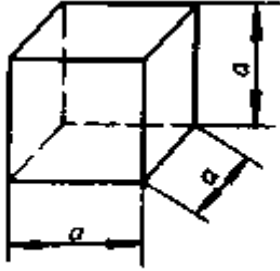
(续)

	名称和图形	面积 (F)
抛物形		$F = \frac{2}{3}bh$

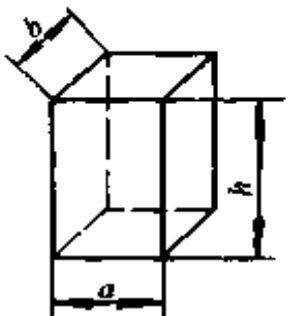
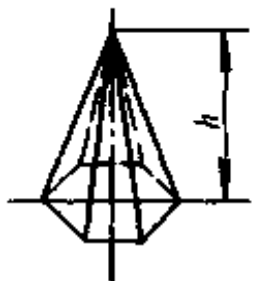
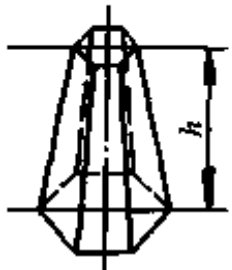
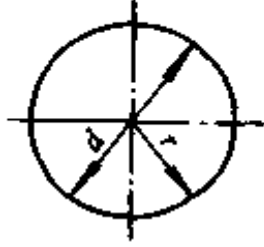
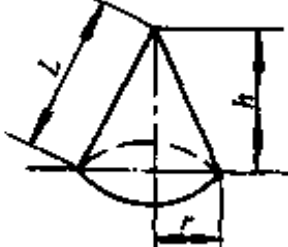
17. 怎样计算各种几何体的表面积?

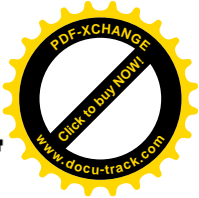
答 各种几何体表面积的计算可见表 8-4。

表 8-4 各种几何体表面积的计算

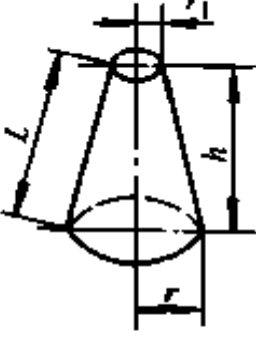
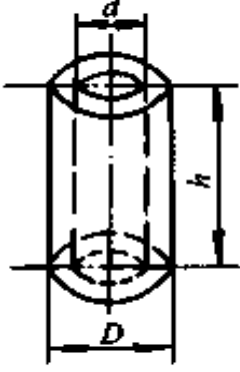
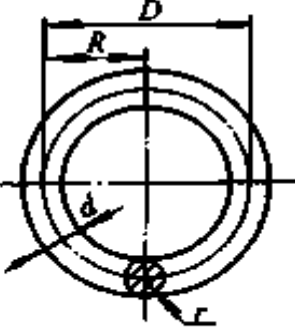
	名称和图形	表面积
圆柱体		侧表面 $M = 2\pi rh = \pi dh$
正方体		表面 $s = 6a^2$

(续)

	名称和图形	表面积
长方体		表面 $s = 2 (ah + bh + ab)$
棱锥体		表面 $s =$ 各三角形面积 + 底面积
棱锥台		表面 $s =$ 各梯形面积和 + 顶面积 + 底面积
球		表面 $s = 4\pi r^2 = \pi d^2$
圆锥体		侧表面 $M = \pi Lr = \pi r \sqrt{r^2 + h^2}$



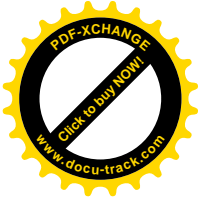
(续)

	名称和图形	表面积
圆锥台		侧表面 $M = \pi L (r + r_1)$
空心柱体		表面 $S = \pi h (D + d) + \frac{\pi}{2} (D^2 - d^2)$
圆环体		表面 $S = 4\pi^2 Rr \approx 39.48 Rr$ $\approx 9.87 Dd$

18. 怎样制作迂回 180°的螺旋方管?

答 图 8-21 为实物投影图, 已知尺寸为 a 、 h 、 r 、 t 。

(1) 俯视图和主视图的画法 如图 8-22 所示, 先用已知尺寸画出俯视图的外观和主视图的两个断面。分别 6 等分



俯视图内、外半圆周，等分点为 $1'$ 、 $2'$ 、 \dots 、 $7'$ 和 1 、 2 、 \dots 、 7 。以细实线连接 $1'-1$ 、 $2'-2$ 、 \dots 、 $7'-7$ 和以双点划线连接 $1'-2$ 、 $2'-3$ 、 \dots 、 $6'-7$ 。再分别 6 等分主视图高 $(h+a)$ 等分为 1 、 2 、 \dots 、 7 。通过各等分点引水平线，与由俯视图各等分点引上垂线相交于对应点，并连接成曲线即可得出主视图。

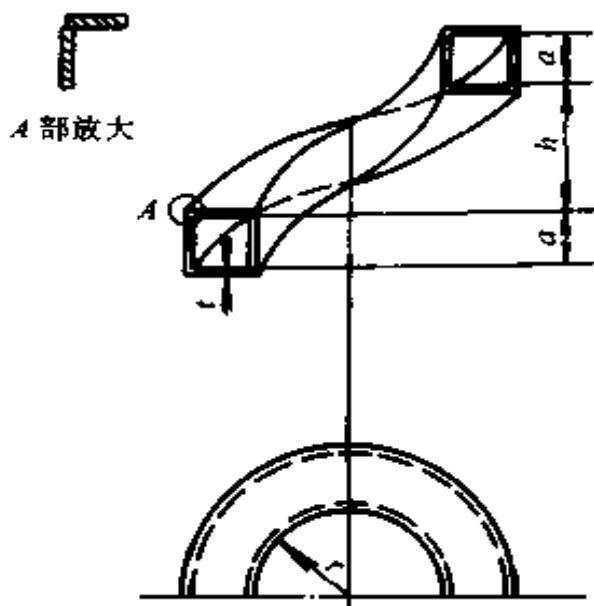


图 8-21 180°螺旋管

(2) 实长线的求法

俯视图中 $1'-1$ 、 $2'-2$ 、 \dots 、 $7'-7$ 为空间线段实长，且等于 a' 。投影为双点画线 b （即 $1'-2$ 、 $2'-3$ 、 \dots 、 $6'-7$ ）的线段实长求法是：由俯视图点 2 引与 $1'-2$ 垂直的线段，取 $2-2''$ 等于主视图等分高 h_1 ， $1'-2''$ 即为所求实长线段 b' 。

(3) 内侧板展开图画法 在主视图向左引的水平线上，取等于俯视图内半圆周长（厚板则按板厚中心） L_1 ，并照录各 6 等分点，由这些点引上垂线，与由主视图各等分点向左引水平线对应交于点 $1''$ 、 $2''$ 、 \dots 、 $7''$ ，并连成直线（因是直线实际只求首尾二点 $1''$ 、 $7''$ 亦可），即得出内侧板展开图。用同样的方法求外侧板展开图。其中 $1''-2''$ 即为俯视图中投影为 $1'-2'$ 的弧线的实长， $1'''-2''$ 即为与 $1-2$ 对应的空间线段的实长。

(4) 上下侧板展开图画法。按俯视图 a' ， b 线连接形式，用实长线 $1'-1$ ，内外侧板斜 $1''-2''$ 和 $1'''-2''$ 作等分弧

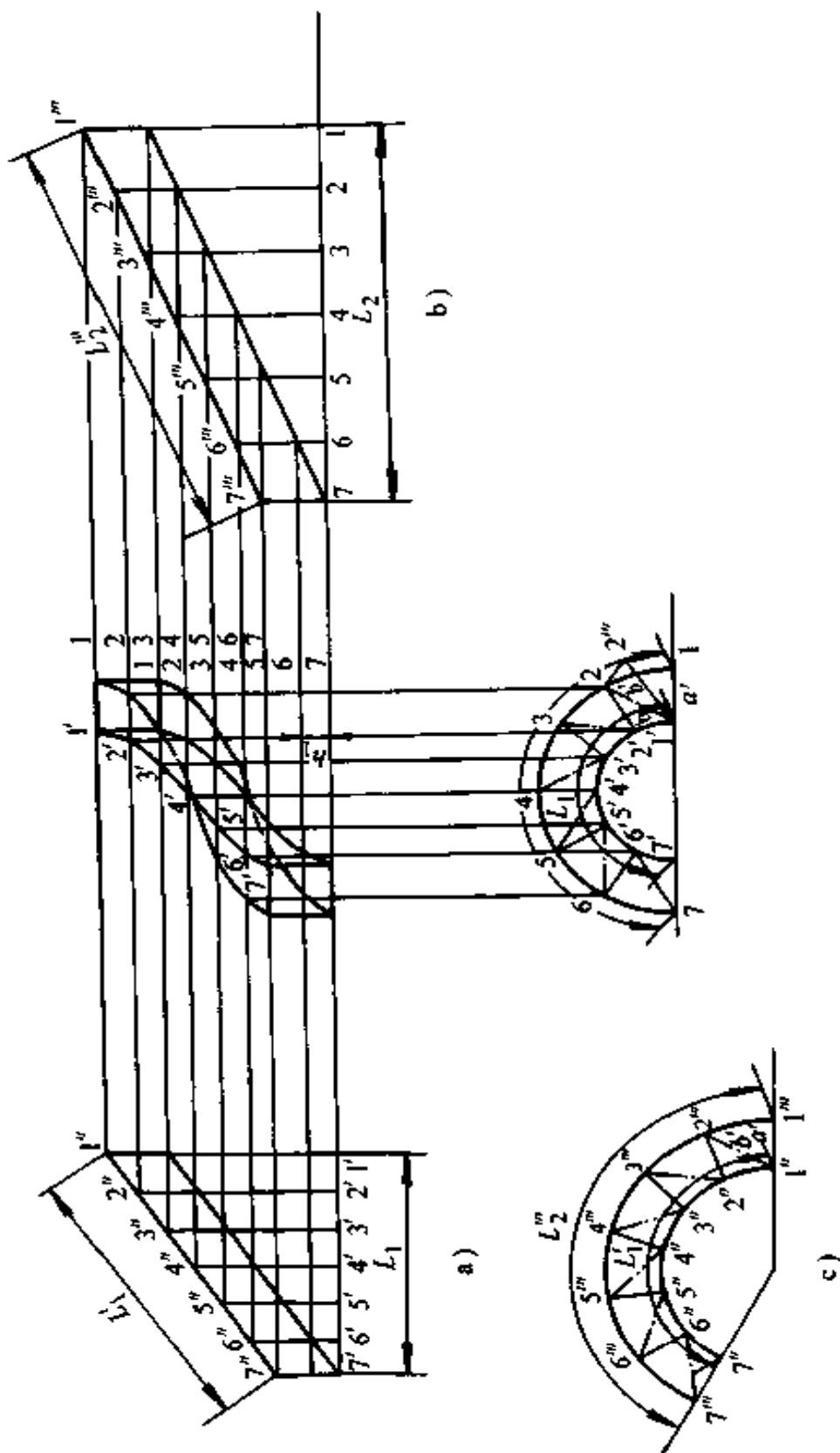


图 8-22 180°螺旋方管展开图
a)内侧面展开图 b)外侧面展开图 c)上下侧面展开图

长，步骤如下：以 $1''$ 、 $1'''$ 为圆心 b' 、 $1'''-2''$ 为半径作弧交于 $2''$ 点，以 $1''$ 、 $2''$ 点为圆心， $1''-2''$ 、 $2''-2$ 为半径交于 $2'$ 点，顺次求出 $1''$ 、 $2'' \cdots 7''$ ，及 $1'''$ 、 $2''' \cdots 7'''$ 点，并连成曲线即得出所求展开图。

19. 怎样用分瓣展开法制作球形体？并举例说明。

答 球形体是不可展开体，它具有两个弯曲方向，因此不能很自然地展成一个平面，而只能用近似的方法展开。一般采用分瓣展开和分带展开的方法。

图 8-23 是球形体的实物图和展开图。具体作法如下：在已知直径 D_0 的圆周上，分圆周为若干等分，连接各等分点成内接圆的多边形，并将各等分点与圆心相连，即成组合球体。

计算公式

$$R = R_0 \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$L = \pi R$$

$$l_n = 2R \sin \varphi_n \tan \frac{\alpha}{2}$$

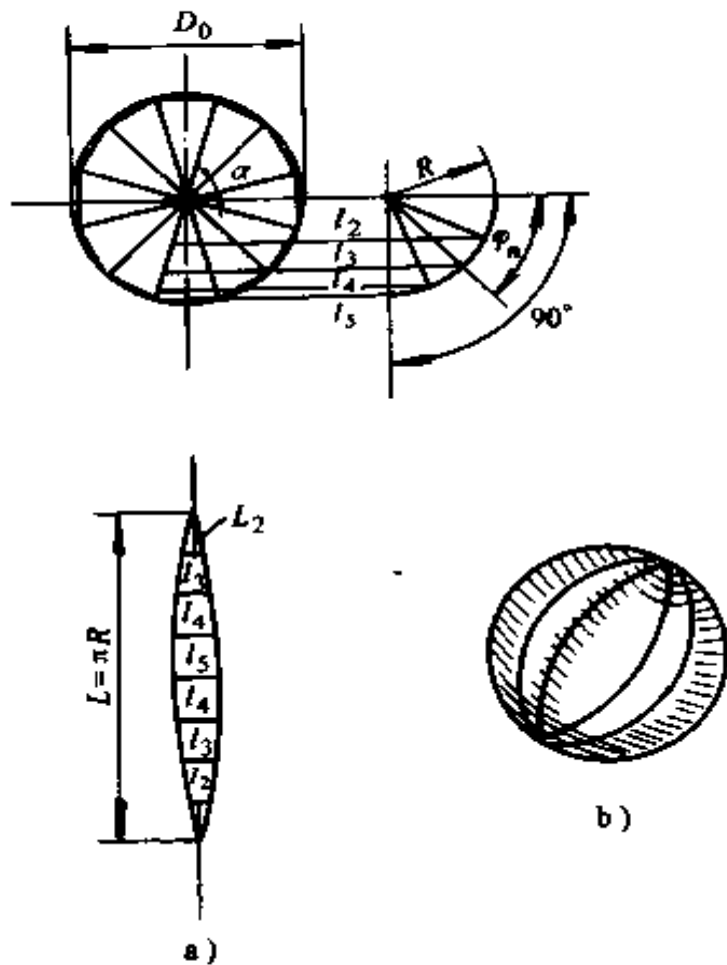
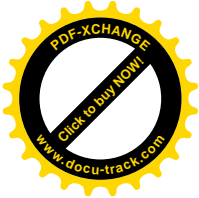


图 8-23 分瓣展开法
a) 展开图 b) 实物图



式中 R ——多边形内切圆半径；
 R_0 ——球体半径；
 α ——多边形一边所对角度；
 L ——每瓣总长；
 l_n ——每瓣等 n 段宽；
 φ_n ——每瓣等分数所对角度。

例 已知球体直径 $D_0 = 500\text{mm}$ ，试计算球体分瓣展开各部分尺寸？

解 设在 D_0 圆周上作 16 等分，即把球体分为 16 瓣 ($n = 16$)，则 $\alpha = \frac{360}{n} = 22^\circ 30'$ ；再把每一瓣横向分为 8 等分，则 $\varphi = \frac{180^\circ}{8} = 22^\circ 30'$ ，由已知得 $R_0 = \frac{D_0}{2} = 250\text{mm}$

$$R = R_0 \cos \frac{\alpha}{2} = 250 \cos 11^\circ 15' = 245\text{mm}$$

$$L = \pi R = 3.14 \times 245\text{mm} = 770\text{mm}$$

$$L_n = 2R \sin \varphi_n \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$L_1 = 2 \times 245\text{mm} \times \sin 0^\circ \times \tan 11^\circ 15' = 0\text{mm}$$

$$L_2 = 2 \times 245\text{mm} \times \sin 22^\circ 30' \times \tan 11^\circ 15' = 37\text{mm}$$

$$L_3 = 2 \times 245\text{mm} \times \sin 45^\circ \times \tan 11^\circ 15' = 67\text{mm}$$

$$L_4 = 2 \times 245\text{mm} \times \sin 67^\circ 30' \times \tan 11^\circ 15' = 90\text{mm}$$

$$L_5 = 2 \times 245\text{mm} \times \sin 90^\circ \times \tan 11^\circ 15' = 97\text{mm}$$

20. 怎样用分带展开法制作球形体？并举例说明？

答 图 8-24 是球形体的实物和投影图。已知球体直径为 D_0 ，将球体表面按分割成横带的方法展开。横带的数量

或圆周的等分数，根据球的大小确定，以弦长尽可能接近弧长为好。这样把一个球体分成几节圆锥体，然后把几节圆锥体展开计算。具体作法如下：

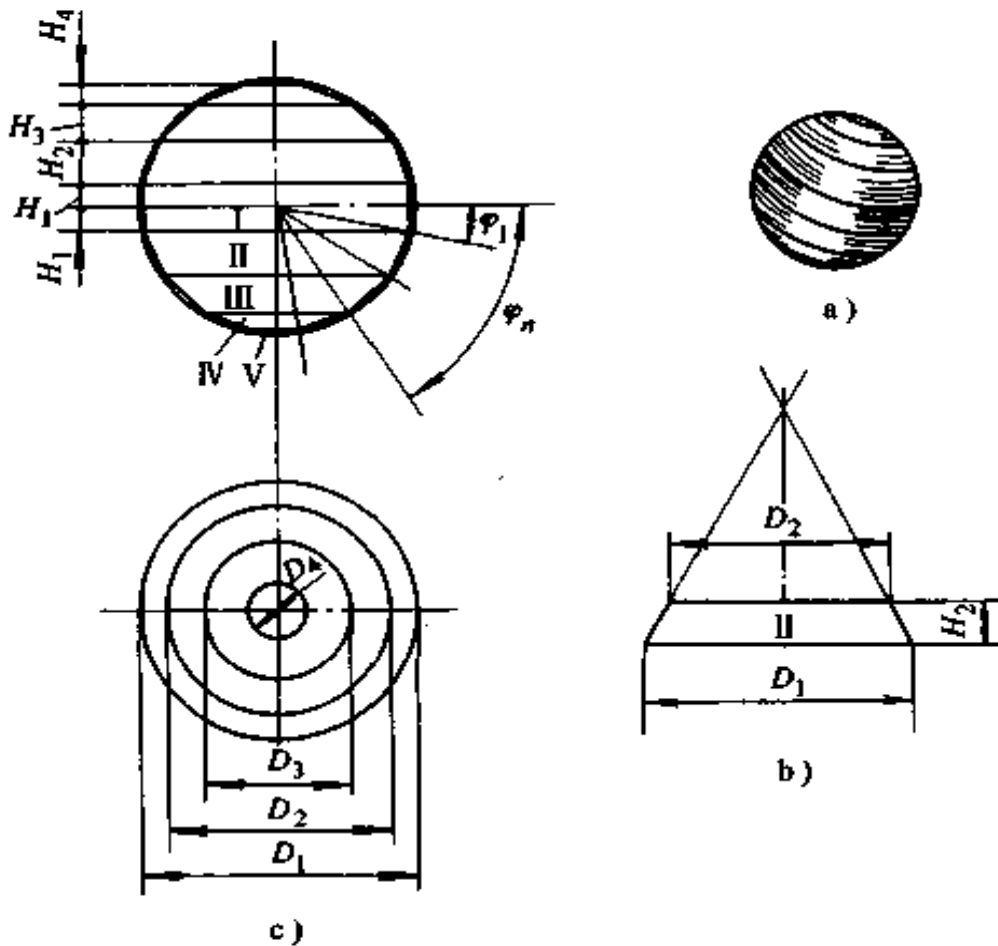
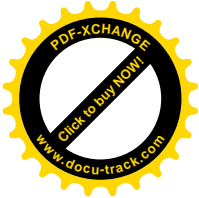


图 8-24 分带展开法

a) 实物图 b) 球体的一部分 c) 展开原理

将圆周分成 16 等分，连接各等分点成内接多边形，然后将两侧的同位水平点连接起来，即把球体分为九段。上下顶部 V 为两个小圆锥体，由于小圆锥的高度很小，因此可将小圆锥体改取成一个小圆板，当顶部为一块圆板时，则不必再作展开。中间部分 I 可以近似为一圆柱体，展开为一矩



形板，剩下的 6 个圆锥体两两相同，所以只要分别对 II、III、IV 三个圆锥体展开计算就可以了，其展体展开如图 8-25 所示。

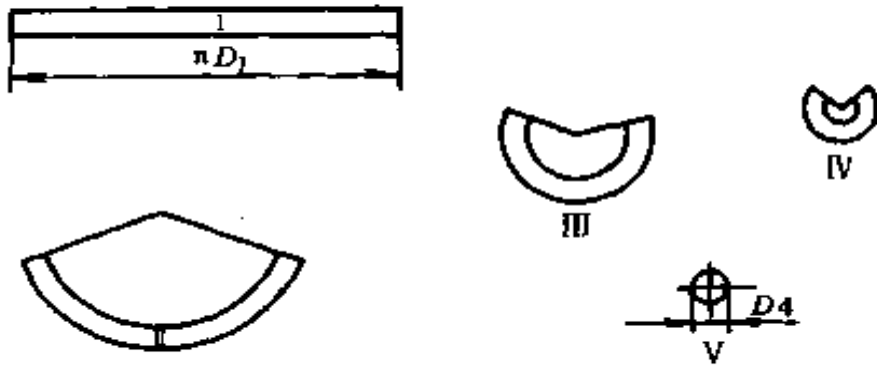


图 8-25 分带展开示意图

由图 8-24 可知要把球体各部分作展开计算，关键是要求出锥体大小头的直径和高度。其计算公式如下：

$$D_n = D_0 \cos \varphi_n$$

$$H_n = R_0 \sin \varphi_n - \sum_{i=1}^{n-1} H_i$$

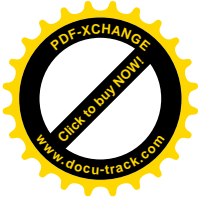
式中 D_0 ——球体直径；

D_n ——第 n 段直径；

φ_n ——第 n 段角度。

例 已知球体的直径 $D_0 = 500\text{mm}$ ，试计算球体分段展开各部分尺寸？

解 设在 D_0 圆周上作 16 等分，即 $n = 16$ ，则 $\frac{360^\circ}{16} = 22^\circ 30'$ ，从 φ_2 开始以此值依次递加，起始角 $\varphi_1 = \frac{22^\circ 30'}{2} = 11^\circ 15'$ ，由此得



$$R_0 = \frac{D_0}{2} = 250\text{mm}$$

$$D_1 = 500\text{mm} \times \cos 11^\circ 15' = 490\text{mm}$$

$$D_2 = 500\text{mm} \times \cos 33^\circ 45' = 416\text{mm}$$

$$D_3 = 500\text{mm} \times \cos 56^\circ 15' = 278\text{mm}$$

$$D_4 = 500\text{mm} \times \cos 78^\circ 45' = 98\text{mm}$$

$$H_1 = R_0 \sin 11^\circ 15' = 49\text{mm}$$

$$H_2 = R_0 \sin 33^\circ 45' - H_1 = 90\text{mm}$$

$$H_3 = R_0 \sin 56^\circ 15' - (H_2 + H_1) = 69\text{mm}$$

$$H_4 = R_0 \sin 78^\circ 45' - (H_3 + H_2 + H_1) = 39\text{mm}$$

21. 怎样对三节 90°圆管弯头进行展开计算？并举例说明？

答 90°圆管弯头又称虾米弯管，弯头往往都是由几部分组成，一般由三节或四节组成，也可以由多节组成。不论弯头的断面为圆形、矩形或椭圆形，其组合方法都是一样。弯头的组合是按几何方法得出的，它的中间任一节为两头任一节的两倍；也就是说，弯头的中间节都是相等，而首节同尾节相等。下面介绍三节虾米弯管的展开计算。

图 8-26 所示为三节虾米弯管的展开图，其计算公式如下：

$$L_n = (R \pm r \cos \varphi_n) \tan 22^\circ 30'$$

$$L'_n = 2L_n$$

$$L = 2L_1 + L'_2$$

式中 R ——弯头半径；

r ——弯管半径；

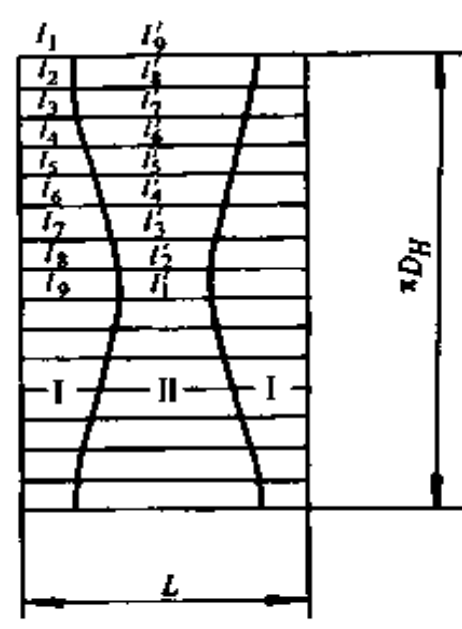
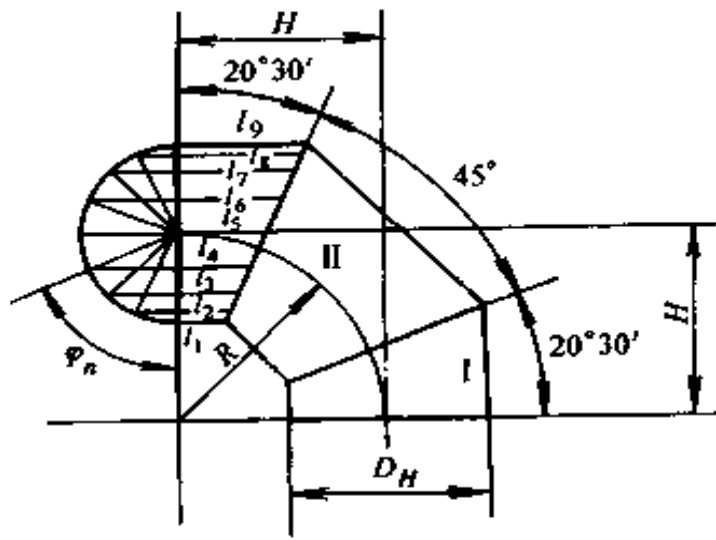
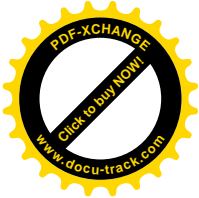


图 8-26 三节弯管展开图

- φ_n ——圆周等分后第 n 段所对应的角度；
- l_n ——首尾节各段长度；
- l'_n ——中间节各段长度；
- L ——板料总长。

例 已知弯管外径 $D_H = 820\text{mm}$, $R = 800\text{mm} + 50\text{mm} =$



850mm (一般焊接弯头都留有焊接尺寸, 通常为 50mm, 所以大管径的焊接弯头一般 $R = \text{标称管径} + 50$), 作弯管的展开计算。

解 设圆周等分数为 $n = 16$, $\frac{360}{16} = 22^\circ 30'$, φ 以此值递加, 由此知得

$$r = \frac{D_H}{2} = \frac{820}{2} \text{mm} = 410 \text{mm}$$

$$l_1 = (850 \text{mm} - 410 \text{mm} \times \cos 0^\circ) \times \tan 22^\circ 30' = 182 \text{mm}$$

$$l_2 = (850 \text{mm} - 410 \text{mm} \times \cos 22^\circ 30') \times \tan 22^\circ 30' = 195 \text{mm}$$

$$l_3 = (850 \text{mm} - 410 \text{mm} \times \cos 45^\circ) \times \tan 22^\circ 30' = 232 \text{mm}$$

$$l_4 = (850 \text{mm} - 410 \text{mm} \times \cos 67^\circ 30') \times \tan 22^\circ 30' = 287 \text{mm}$$

$$l_5 = (850 \text{mm} - 410 \text{mm} \times \cos 90^\circ) \times \tan 22^\circ 30' = 352 \text{mm}$$

$$l_6 = (850 \text{mm} + 410 \text{mm} \times \cos 67^\circ 30') \times \tan 22^\circ 30' = 417 \text{mm}$$

$$l_7 = (850 \text{mm} + 410 \text{mm} \times \cos 45^\circ) \times \tan 22^\circ 30' = 472 \text{mm}$$

$$l_8 = (850 \text{mm} + 410 \text{mm} \times \cos 22^\circ 30') \times \tan 22^\circ 30' = 509 \text{mm}$$

$$l_9 = (850 \text{mm} + 410 \text{mm} \times \cos 0^\circ) \times \tan 22^\circ 30' = 522 \text{mm}$$

$$l'_1 = 2l_1 = 364 \text{mm}$$

$$l'_2 = 2l_2 = 390 \text{mm}$$

$$l'_3 = 2l_3 = 464 \text{mm}$$

$$l'_4 = 2l_4 = 574 \text{mm}$$

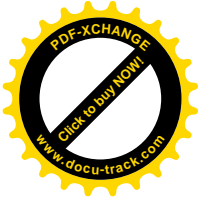
$$l'_5 = 2l_5 = 704 \text{mm}$$

$$l'_6 = 2l_6 = 834 \text{mm}$$

$$l'_7 = 2l_7 = 944 \text{mm}$$

$$l'_8 = 2l_8 = 1018 \text{mm}$$

$$l'_9 = 2l_9 = 1044 \text{mm}$$



$$L = 2l_1 + l'_9 = 1408\text{mm}$$

22. 怎样对四节及多节 90°圆管弯头进行展开计算?

答 如图 8-27 所示, 为四节 90°圆管弯头的展开图, 其计算公式如下:

$$l_n = (R \pm r \cos \varphi_n) \tan 15^\circ$$

$$l'_n = 2l_n$$

$$l = 3l_1 + 3l_9$$

式中 l_n ——首尾节各段长度;

R ——弯头半径;

r ——弯管半径;

l'_n ——中间节各段长度;

φ_n ——圆周等分后第 n 段所对应的角度。

由此可知, 90°圆管弯头不论其节数多少, 均可按上述计算方法计算并做展开图。

其计算公式如下:

$$l_n = (R + r \cos \varphi_n) \tan \alpha$$

$$l'_n = 2l_n$$

式中 l_n ——首尾节各段长度;

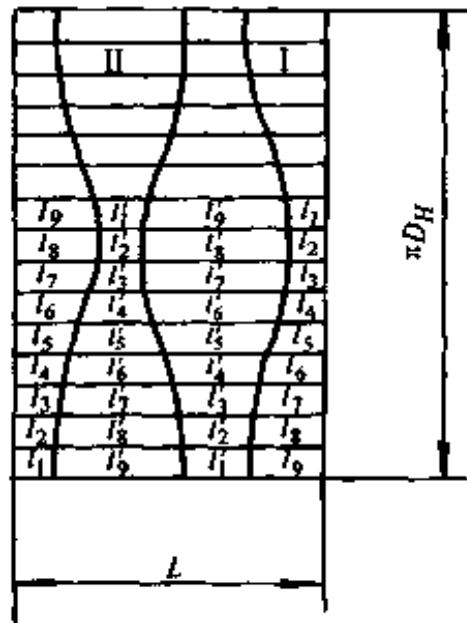
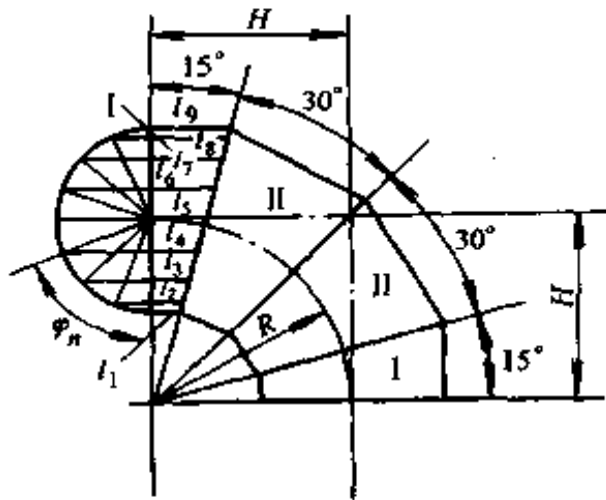


图 8-27 四节弯管展开图

- α ——等分角；
- R ——弯头半径；
- r ——弯管半径；
- l_n ——中间节各段长度；
- φ_n ——圆周等分后第 n 段所对应的角度。

23. 什么是板厚处理？

答 为了消除板厚对构件的尺寸和形状的影响，所采取的一些相应措施。这些措施的实施过程就叫板厚处理。

24. 断面形状为曲线形的构件怎样作板厚处理？

答 当板弯曲时（图 8-28），里皮 1 压缩，外皮 3 拉伸，它们都改变了原来的长度，只有板厚中性层长度不变。假定板厚中心层 2 与中性层重合（实际上弯曲时长度不变的中性层将依弯曲程度的不同而有所位移，并不总在板厚中心层上）。

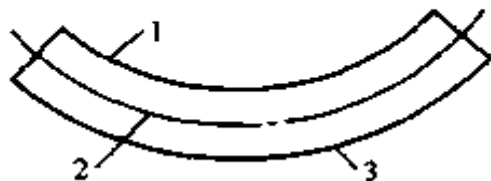
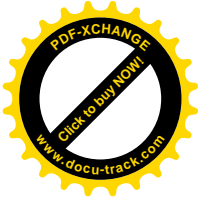


图 8-28 断面为曲线构件的板厚处理
1—里皮 2—中心层 3—外皮

因此下料时展开长度应该以中心层的展开长度为准。

圆管是断面为曲线形构件的特例如图 8-29 所示，其展开长度必须以中径为准来计算。正因为本图中圆管的内径、外径对求展开图没有用，所以只要画出中径（即板厚中心层）展开图即可（图 8-30）。这种处理方法，对于所有断面为曲线形状的构件都适用。

对于在成品圆管上划下料线，往往先做出样板再卷在成



品上划线，这样样板的展开长度就不能以圆管的中心层为准了。而是以圆管的外径 D 与样板厚度 t 的和乘 π 再加上 1.5mm ，（图 8-31）。样板的展开长度公式为：

$$L = \pi(D + t) + 1.5\text{mm}$$

式中 L ——展开长度；
 t ——样板厚度；
 D ——成品圆管外径；
 1.5 ——由于样板不可能与圆管外皮完全贴合而加的修正值。

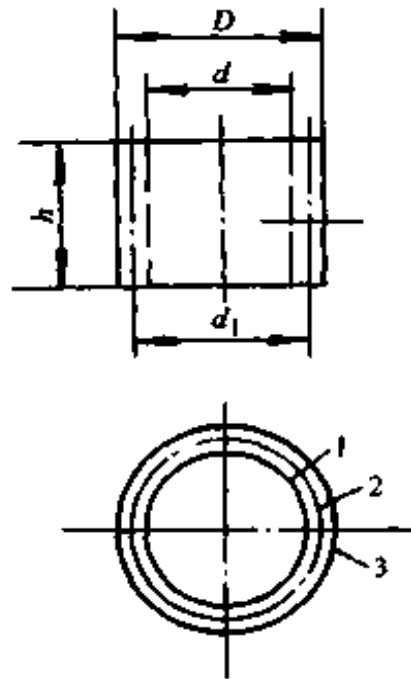


图 8-29 圆管构件
 1—里皮 2—中心层
 3—外皮

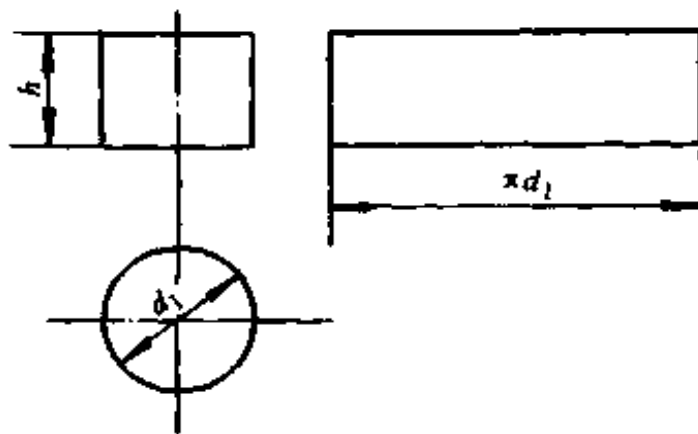


图 8-30 圆管下料展开图

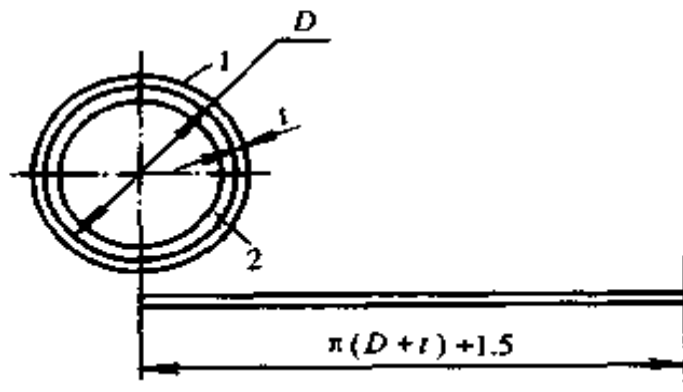


图 8-31 样板展开长度

1—样板 2—圆管

25. 断面为折线的构件应怎样作板厚处理?

答 板料弯折成折线形状时的变形与弯曲成弧状的变形是不同的。图 8-32 所示为一断面为方形的直管，板料仅在角点处发生急剧弯折，除里皮长度变化不大外，板厚中心层与外皮都发生了较大的长度变化。所以矩形断面管的展开长度应以里皮的展开长度为准。因而只要画出里皮展开图即可（图 8-33）。断面为矩形的方管的板厚处理以里皮为准的原则，也适用于其他呈折线断面的构件。

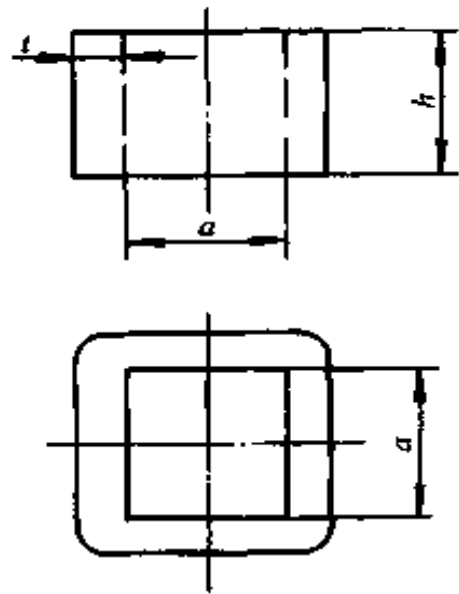


图 8-32 矩形管板厚处理

如果矩形管是由四块板拼焊而成，则因拼接的情况不同而又有不同的板厚处理。例如图 8-34 所示相对的两块板夹住另两块板时，则相邻两板的下料宽度就有所不同，一块应

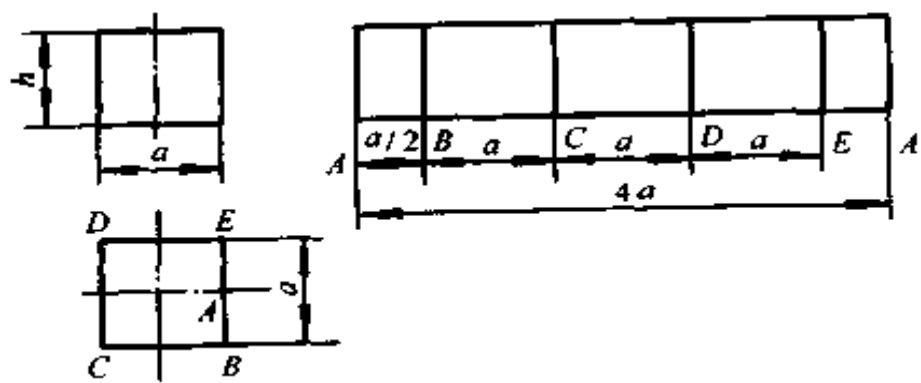
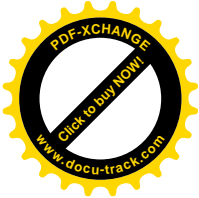


图 8-33 矩形管下料展开图

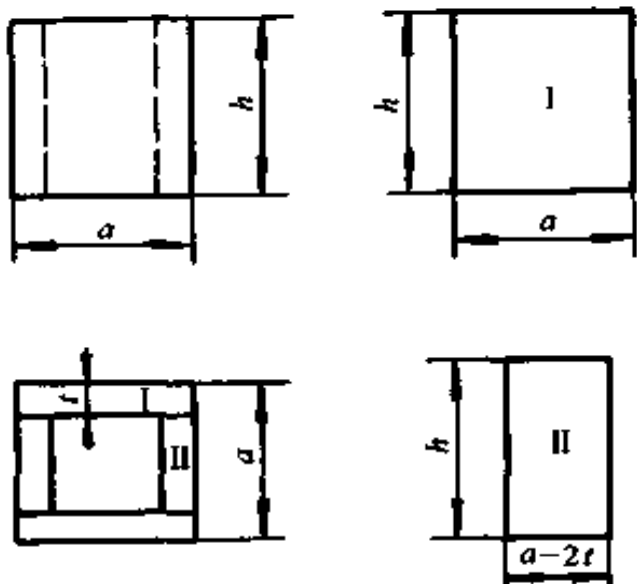


图 8-34 拼接矩形管板厚处理

按里皮下料，一块则应按外皮下料。

26. 表面有倾斜度的构件如何作板厚处理？

答 图 8-35 为一天圆地方构件（上端为圆形，下端为方形），而其侧表面均为倾斜状（所有锥体都是如此），因此上下口的边缘不是平的，上下口都是外皮高，里皮低。因此做展开图时其高度取上下口板厚中心处的垂直距离，也就是

图 8-21 中 h 。如果板料并不很厚，或需进行修边加工，那么可以不取 h 作为高，而取主视图上下边线总长度 h_1 为高。

不仅天圆地方构件的高度应作这样的板厚处理，就是一般锥形构件也应照此处理。即展开图的高度以上下口板厚中心之间的垂直距离为准。

图 8-35 所示零件，上口为圆，故按中径放样，取中径值均等于 $D - t$ ；下口为方形，故按里皮放样，取边长值等于 $a - 2t$ 。高度按上下口板厚中心的垂直距离取为 h 。作板厚处理后的尺寸见图 8-36。

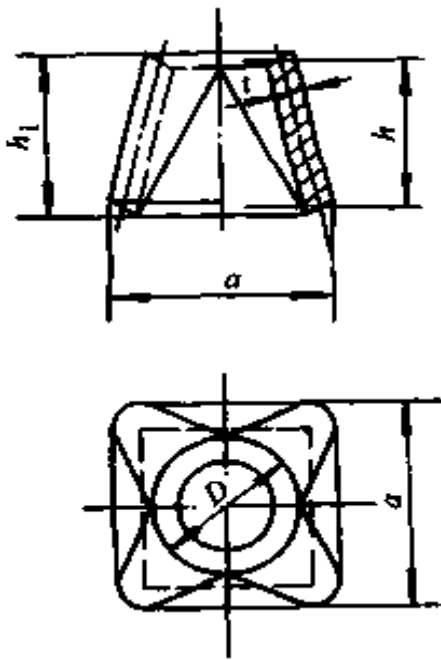


图 8-35 天圆地方形构件

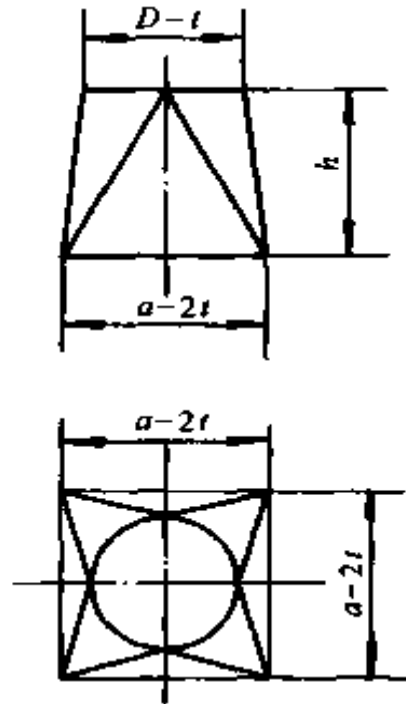


图 8-36 展开尺寸图

27. 不铲坡口构件如何作板厚处理？举例说明？

答 图 8-37 为一不铲坡口的等径弯头。其弯头内侧，

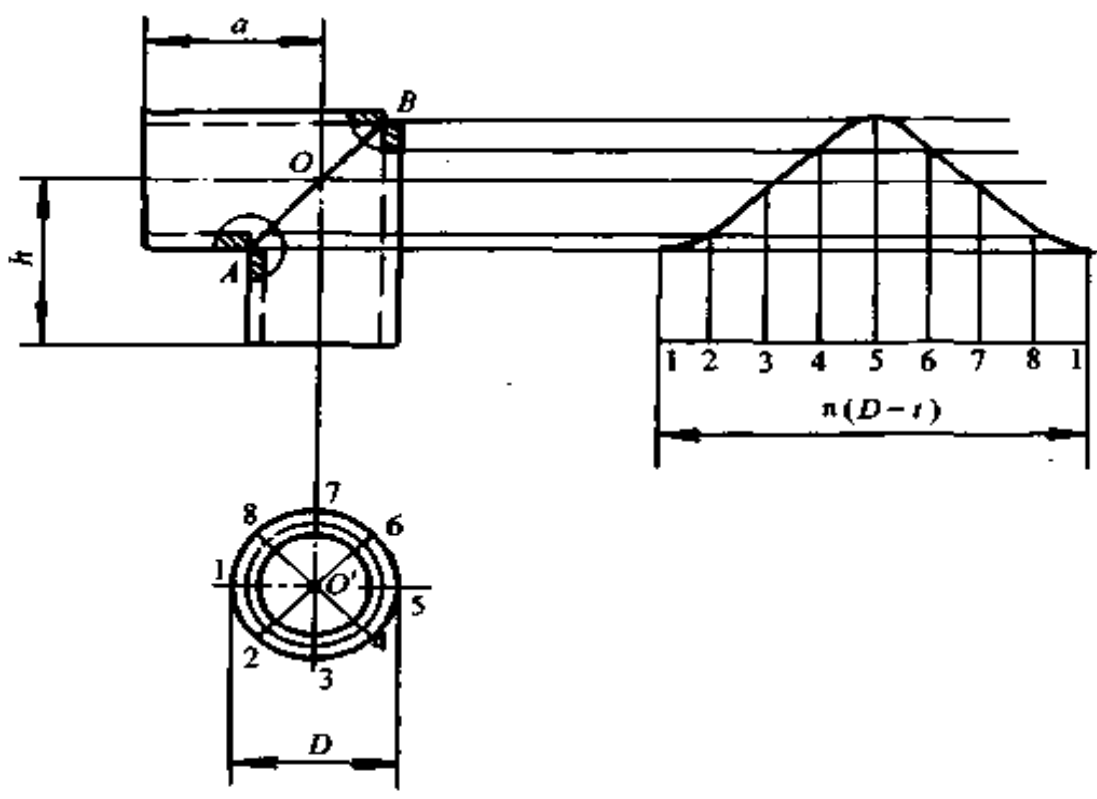
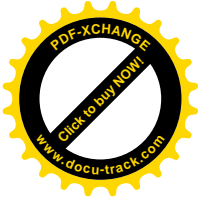


图 8-37 等径弯头展开图

圆管外皮在 A 处接触，而弯头外侧，圆管里皮在 B 处接触；中间点 O 附近，可以看成是圆管中径接触，由于板的厚度大而形成的自然坡口。 A 处坡口在里， B 处坡口在外。由上述分析不难看出：圆管的展开高度， A 处以圆管外皮的高度为准； B 处以圆管的里皮高度为准； O 处以圆管的板厚中心层的高度为准。因此在作展开图时的板厚处理规则是：断面图上的等分点 $1 \sim 8$ ，其中 $1、2、8$ 三点画在外皮上，因其离 A 点近；同样 $4、5、6$ 三点要画在里皮上，而 $3、7$ 两点画在中径上。这样画好后才可以用平行线法作展开图。展开图的长度应等于中径的展开长度。展开图上各处的相应高度按上述分析的结果截取。



28. 铲坡口构件如何作板厚处理？

答 铲坡口便于焊接，能提高构件的强度，其板厚处理方法比较复杂，这里，我们只对圆管（或圆锥）铲 X 形坡口（里外铲坡口）和方管（或棱锥）铲 V 形坡口的情况作一简单介绍。

1) 图 8-38 是 90°圆管弯头，铲成 X 形坡口后可以很明显的看出是板厚中心层接触。因此做展开图中只画出板厚中心层（图中的双点画线）即可。其高度也按板厚中心层处理。

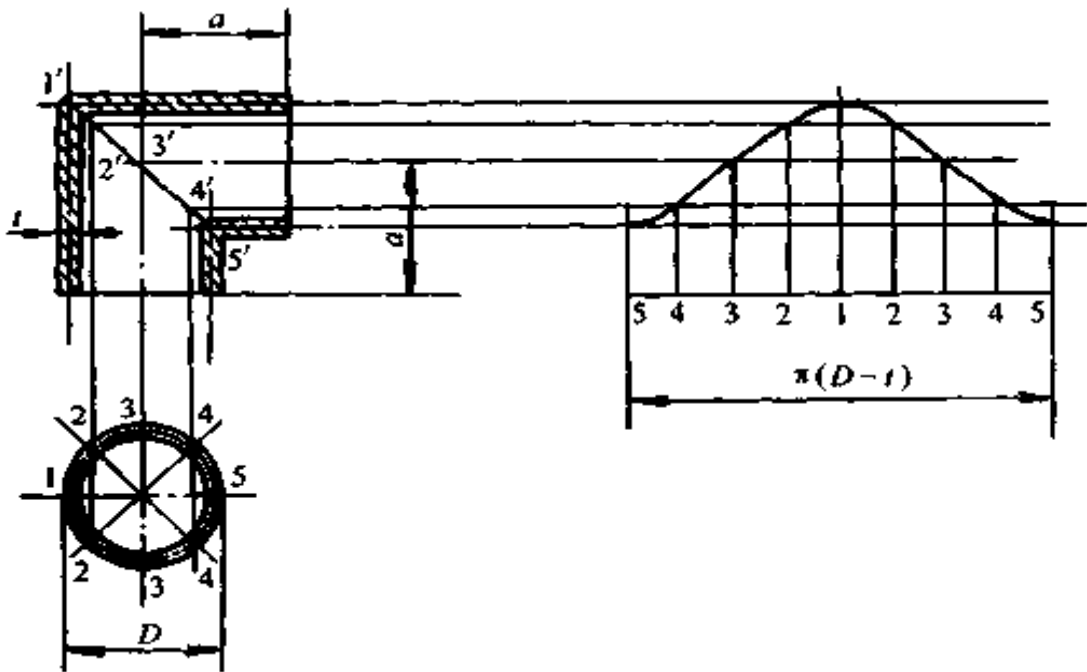


图 8-38 X 形坡口圆管展开图

2) 图 8-39 是一个任意角度的方管弯头，其坡口处理为单面铲 V 形坡口，可以看出接口处均为里皮接触，因此作展开图时划出里皮尺寸即可。

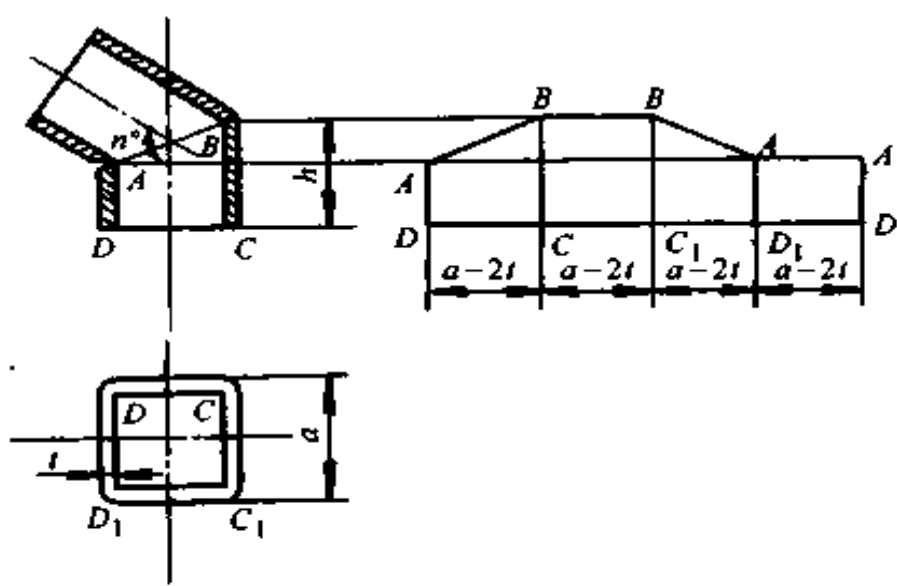
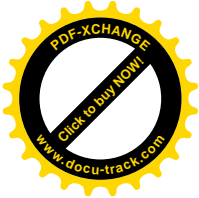


图 8-39 矩形弯管展开图