

工人高级操作技能
训练辅导丛书

钳工

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

机械工业出版社

本书是以《工人高级操作技能训练大纲》为依据，为提高高级钳工的操作技能而编写的辅导丛书之一。

本书内容包括：高精度和大工件的加工；液压系统的故障排除；机械设备的装配；机械设备的修理；精密机床性能试验和几何精度的检验及编制工艺等。还介绍了机械行业常见的工作实例。书中配有大量的插图，更加直观，对提高高级钳工的操作技能有一定的帮助。

本书由上海大隆机器厂华海葆、卜万锁、王思国编写，华海葆任主编，全书由常州机床厂刘国平审定。

钳 工

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

责任编辑：朱 华 责任校对：丁丽丽
封面设计：肖 晴 版式设计：罗文莉
责任印制：张俊民

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $12^{1/4}$ ·字数293千字

1991年1月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷

印数00,001—14,400·定价：6.10元

ISBN 7-111-01894-X/TG·478

工人高级操作技能训练辅导丛书

编委会名单

主任委员：郭洪泽

副主任委员：李宜春 田国开

委员：(以姓氏笔划为序)

王美珍 刘葵香 杨晓毅 张惠英

胡有林 胡振中 董无岸 董慎行

前 言

高级技术工人是体力劳动与脑力劳动融为一体的新型的专门人才，是增强企业活力和国家四化建设中的重要技术力量。高级技术工人的状况如何，是企业素质好坏的一个重要标志。

当前，机电工业企业中高级技术工人数量不足、技术素质偏低、年龄偏高、青黄不接、后继乏人，已成为企业生产发展和技术进步的严重障碍。大力开展高级技术工人培训工作，加紧培养一批高级技术工人，尽快改变企业高级工严重短缺的局面，建成一支以中级工为主体、高级工为骨干的技术工人队伍，是进一步发展机电工业的当务之急。

1987年原国家机械工业委员会制定颁布了《工人高级操作技能训练大纲(试行)》，作为机械行业开展高级工操作技能培训的依据。为了帮助企业更好地贯彻《大纲》，提高技能培训质量，并为广大中、高级技术工人自学成才提供方便，现又组织力量编写了《工人高级操作技能训练辅导丛书》。《丛书》共17种，包括了《大纲》中列入的15个通用技术工种，有车工、镗铣工(镗工部分)、镗铣工(铣工部分)、刨工、磨工、齿轮工、钳工、工具钳工、铸造工、锻工、模锻工、铆工、电焊工、模型工、油漆工、热处理工和维修电工。

《丛书》是依据《工人技术等级标准(通用部分)》中有关工种的“应会”部分和《工人高级操作技能训练大纲(试行)》的要求编写的。编写的指导思想坚持了“面向企业，面向生产，自学为主，学以致用”的原则，紧密围绕提高工人的实际操作技能和分析解决生产中实际问题的能力这一根本宗旨，重点介绍了具有代表性和先进性的生产工艺、设备及操作方法、技能技巧，并把有关的技能知识有机地融合进去。

在具体内容的安排上，各书以本工种中级工“应会”为起点，依次介绍了高级工应掌握的复杂设备的调整、试车方法；复杂装置和设备生产岗位的全部操作要求；复杂、典型零件的加工工艺、检查方法和先进的操作技巧；国内外有关的新技术、新工艺、新材料、新设备的推广、应用情况。书中收集列举了大量的操作实例，图文并茂，具有较强的针对性、实用性，有助于工人举一反三，利用所掌握的工艺分析能力、技能知识和操作方法，解决生产中的实际问题，开展技术革新。

《丛书》是由上海机电工业管理局组织企业的工程技术人员、技工培训教师和优秀的老技师、老工人合作编写的。北京、江苏、河南、湖南、陕西等省、市机械工业企业的有关同志参加了审稿。

编写、出版高级工操作技能训练方面的书，在我国还是第一次，缺乏借鉴，难度很大。为了编好《丛书》，编、审人员和有关方面付出了艰巨的劳动，谨向他们致以衷心的感谢！并恳切地希望广大技工教育工作者和读者给《丛书》多提宝贵意见，以便将来修订，使之更好地为高级工培训工作服务。

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会

1989年2月

目 录

前言

第一单元 概述	1
第二单元 高精度工件和大工件的加工	2
(一) 精密凸轮和大型机体的划线	2
(二) 精密工件的研磨	9
(三) 精密大工件的刮削	22
(四) 特殊孔加工及钻型介绍	33
(五) 镶嵌样板的加工制作	40
第三单元 液压系统的故障排除	44
(一) 液压元件的故障排除	44
(二) 典型机床液压系统的故障排除	67
第四单元 机械设备的装配	78
(一) 装配精度的检测	78
(二) 空箱定位装配	81
(三) 过盈连接装配	89
(四) 组、部件装配	95
(五) T68型卧式镗床总装配	106
第五单元 机械设备的修理	111
(一) 主轴机构的修理	111
(二) 导轨面的修理	130
(三) 分度蜗轮副的修理	139
(四) 修理部件的拼装	149
第六单元 精密机床性能试验和几何精度检验	158
(一) Y38-1型滚齿机主要加工内容	158
(二) Y38-1型滚齿机空运转试验	158
(三) Y38-1型滚齿机负荷试验	159
(四) Y38-1型滚齿机工作精度试验	159
(五) Y38-1型滚齿机几何精度检验	161
第七单元 编制工艺	167
(一) 了解零件类加工工艺	167
(二) 编制装配工艺及工艺分析	167

第一单元 概 述

随着科学技术的不断发展，各种先进的金属切削机床（如仿形机床和特种加工机床等）的应用越来越广泛。各种机械设备的结构都比较先进。如果采用旧的加工方法和修理方法，是远远不能满足这些先进设备的需要。目前各种新技术、新设备、新材料、新工艺的推广和应用，促使我们必须学习和了解这些四新的知识。因此，我们只有勤奋学习，努力掌握和提高本专业的技术知识。学习理论的目的是为了更好地应用，仅有理论而不去接触实际，这种理论是无用的。高级钳工应在学习理论知识的基础上，尽快与实际工作有机地结合。钳工的工作范围较广，要全面掌握新技术的知识是件很不容易的事。因此，希望在实践中结合本单位的具体工作选择重点内容进行训练，提高综合分析能力和操作技能，从严要求，尽快掌握。

工艺分析能力是高级钳工必须具有的重要内容，新设备、新材料的应用要用新的工艺去适应。在现代化的大批量生产中，虽然采用了各种新的专用机床设备及专用工艺装备，它的工艺过程自动化较高，然而专用机床的调整和工艺装备的改造却对钳工提出了更高要求。有些工厂尚有相当数量的机床设备需要改造，这些工作有待钳工去解决。要对机床设备进行改造，首先要了解产品的加工工艺，适应产品需要。新技术、新设备、新材料用新的工艺去适应，而老设备、老机床经过合理改进，也能发挥新的作用，这是无数实践已证明了的。高级钳工应用新的技术知识对老设备进行改造，在实践中增强分析问题和解决问题的能力。

现代化的生产，要求钳工有很强的实际工作能力和适应能力，并熟练地掌握钳工操作的各项技能。高级钳工要对新设备的安装、调试、验收直至设备维修，都要努力地学习并掌握，同时要参加本单位新产品的试制工作。在高难度零件的加工、制造、装配、调试中都要以熟练的操作技能和理论知识相结合，才能保证质量。熟练的操作技能是基础，合理的加工工艺是保证。目前各种先进的机床设备均与电气、液压相联系，为此要求每个钳工对这方面的知识应有一定了解与掌握，否则难以完成钳工应做的工作。

根据部颁“工人技术等级标准”和“工人高级操作技能训练大纲”要求，本书编写内容有：高精度工件的加工制作、机床设备的装配与检测、典型机构零件修理与调整、液压系统的故障排除、典型零件加工工艺等。由于机械加工有其共性，对类型基本相同的零件和结构都有普遍指导意义。我国机械工业的具体情况是：大厂的机械设备和工艺装备都较先进，中小型工厂则相对落后些，所以本书编写基本上由浅入深。我们希望通过本书某一内容介绍，结合本单位的具体实例，能学到一种较为先进和实用方法，有利于提高实际工作水平。

第二单元 高精度工件和大工件的加工

内容提示 本单元主要介绍高精度工件和大工件的加工与制作，如精密导轨和大型基准平板的刮削、高精度工件的研磨和测量、特殊孔的加工钻削以及凸轮划线和大工件划线等。

目的 通过这一单元学习，在加工高精度和大工件的技能和技巧方面有一定的提高，特别对于大工件的划线和高精度工件的制作，增强解决实际问题的能力和应变能力。

(一) 精密凸轮和大型机体的划线

凸轮机构是机械自动控制的重要元件，它广泛应用于各种自动或半自动的机械设备中。凸轮机构一般由凸轮、从动件、支承凸轮和从动件机架等组成。通过不同凸轮的转动，可以使从动件获得周期性的连续或间歇的直线往复运动以及摆动，使机械按规定的程序进行工作。

凸轮形状虽然很多，综合起来大致可以分为盘形凸轮、圆柱形凸轮和块状凸轮三种。盘形凸轮形状为盘形，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。外接凸轮，其从动件在往复时多半靠弹簧的力量或自重而运动；内接凸轮，又称平面沟槽凸轮，其从动件的往复运动完全由凸轮控制；共轭凸轮，其从动件上两个转子与凸轮轮廓曲线始终保持接触，从动件的往复运动也完全由凸轮控制。在上述各种盘形凸轮中，外接凸轮加工简单，应用较广；内接凸轮及共轭凸轮加工较困难，主要应用在高速机构中。圆柱形凸轮形状为圆柱形，其从动件沿凸轮轮廓曲线作轴向直线往复运动。块状凸轮是将凸块镶拼在支承盘或板面上，可以调整中心距离，凸轮作往复运动或摆动，其从动件沿凸轮轮廓曲线作相应地往复移动或摆动。

凸轮的轮廓曲线是根据从动件的动作要求设计的，经常用到的有等速运动曲线、等加速和等减速运动曲线、余弦加速度运动（简谐运动）曲线以及正弦加速度运动曲线等。但是，除了尖端从动件外，由上述运动曲线直接求得的凸轮轮廓曲线，并不就是凸轮的实际轮廓曲线。以转子从动件为例，首先求得的轮廓曲线是表示转子的中心移动轨迹，通常称作理论轮廓曲线，而实际轮廓曲线则是转子圆相切的曲线，即谓“包络线”。在凸轮工件图样中，通常都会绘有两种轮廓曲线，特别对要求高的凸轮（如内接凸轮和共轭凸轮），有时还须按理论轮廓曲线的尺寸数据进行划线，所以必须搞清楚凸轮的理论轮廓曲线和实际轮廓曲线的不同概念，防止在凸轮划线工作中混淆出错。

1. 凸轮划线实例

(1) 盘形端面沟槽凸轮的划线 如图2-1a所示为盘形端面沟槽凸轮，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，即得凸轮的实际轮廓曲线。其划线步骤如下（见图2-1b）。

1) 凸轮坯件除端面沟槽外，凸轮应全部加工完成。划线时将工件 $\phi 90\text{mm}$ 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) 先划中心十字线和分度射线,然后转动分度头划出 8° 基准线、 41° 及 $68^\circ 45'$ 的分度射线。

3) 划 $R108\text{mm}$ 、 $R56.5\text{mm}$ 的圆弧,转动分度头分别划出 41° 、 $68^\circ 45'$ 的圆弧。

4) 划 $R65\text{mm}$ 、 $R35\text{mm}$ 的圆弧:先在分度头上定出 $R65\text{mm}$ 、 $R35\text{mm}$ 的圆心。先将 $R65\text{mm}$ 所在角度射线转至垂直位置,用划线尺按分度头中心高上方(或下方)加上(或减去)两半径之和(或差)较高的数值,即 $R56.5 + R65 = 121.5\text{mm}$,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 $R35\text{mm}$ 的圆弧。

5) 划 $R85\text{mm}$ 圆弧: $R85\text{mm}$ 为外切于 $R65\text{mm}$,内切于 $R35\text{mm}$ 的过渡圆弧。划线时先以 $R65 + R85\text{mm}$ 为半径、以 O_1 为圆心划圆弧;再以 $R85 - R35\text{mm}$ 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。再用同样方法求得另一圆心 O_3' 。然后,以 O_3 及 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 $R25\text{mm}$ 为半径,沿滚子中心曲线全长均匀地取一系列的点为圆心,并作一系列圆,然后作与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在与键槽16中心线偏 8° 的装配基准线上划一组粗线标记。

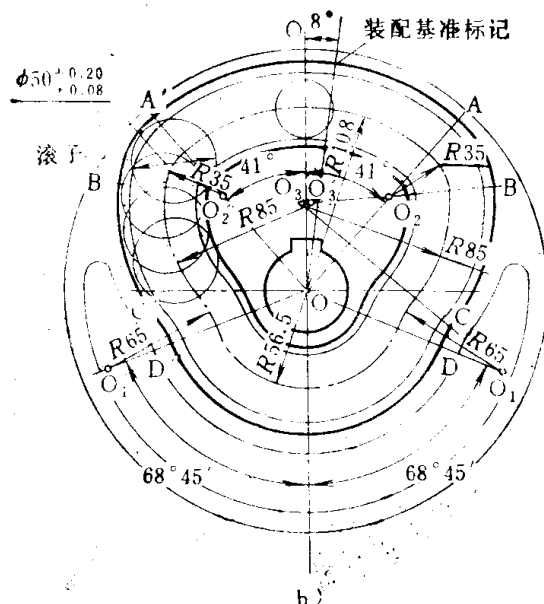
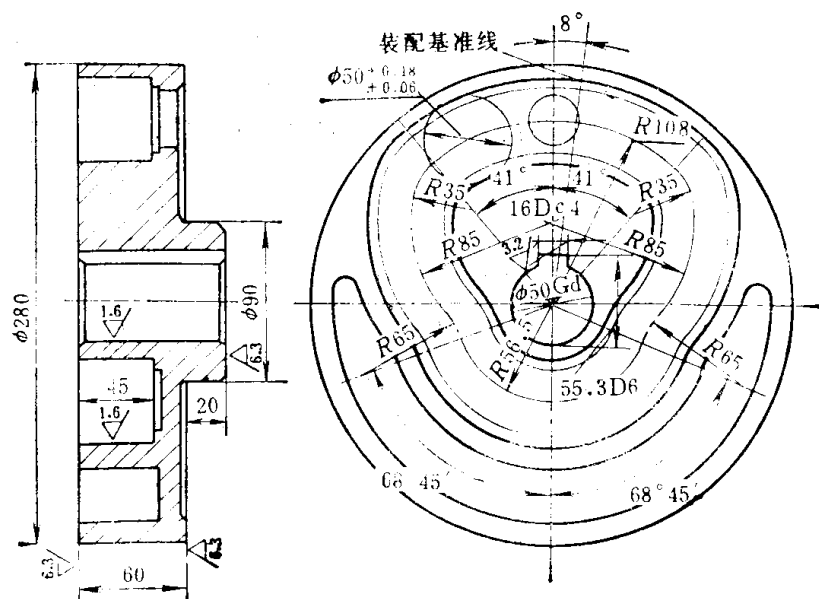


图2-1 盘形端面沟槽凸轮划线
a) 工件 b) 划线方法

② 标记轮廓曲线的各公切点：连接圆心 O 与 O_2 并延长，使与轮廓曲线相交于 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 并延长，使与轮廓曲线相交于 B 点；连接圆心 O_3 与 O_1 ，与轮廓曲线相交于 C 点；连接圆心 O 与 O_1 ，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) 去掉不必要的辅助线和样冲孔，保证加工线和标记的清晰。

(2) 共轭凸轮的划线 共轭凸轮通常用于高速凸轮机构中，由于它要求从动件上两个转子，在任意位置都与凸轮轮廓曲线保持接触(即所谓共轭)，所以对凸轮曲线的精度要求很高，为了保证凸轮曲线达到共轭要求，划线方法也有一定的特点。凸轮曲线如图2-2所示，两从动件转子的中心距为 310mm ，在划线时利用转子中心距为定值这一共轭特性来进行，其方法如下：

1) 在分度头上划出凸轮工件的中心十字线与分度射线。

2) 按图样上的凸轮升降曲线数值，划理论轮廓曲线。先在分度头上用划线尺划出凸轮上半部各条分度射线上的升降点(即转子中心)，取下工件后在各点上打好样冲眼，利用精度较高的带划线卡脚的游标卡尺，将两卡脚中心距调整至 310mm ，然后将卡脚尖定在中心孔上，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各条分度射线上的各个升降点。打好各点上的样冲眼，这些点便构成了凸轮的理论轮廓曲线。

3) 划凸轮的实际轮廓曲线，将划规调整至转子半径 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，再用曲线板作出它的包络线，这就是凸轮的实际轮廓曲线。然后，在曲线与各条分度射线的交点上分别打上样冲眼，划线工作即已完成。

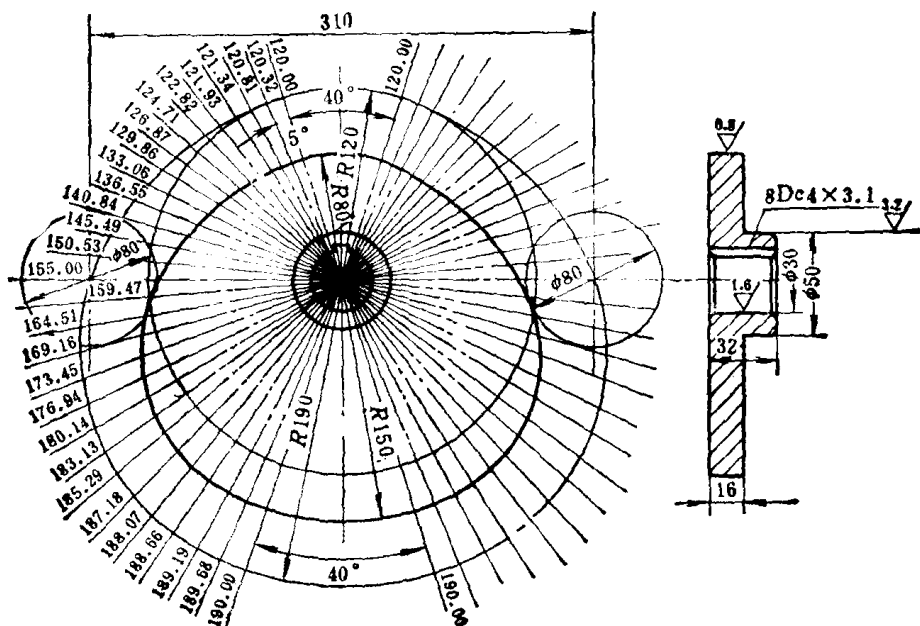


图2-2 往复移动的共轭凸轮

2. 大型工件划线实例

(1) 划线平台的拼装 大工件划线一般都采用大型平台，如缺少大型平台，则可通过拼装平台或其他方法进行划线。

方法1: 如工件长度超过划线平台三分之一时, 则可采用将工件移位的方法进行划线。首先在工件中部把所有能够划到的线划好, 然后将工件分别向左右两端移位。但是, 每次移位都必须在工件中部校正基准线与平台表面的平行。这样, 工件左右两端的线都能划到。但是, 有的工件只需进行一次移位, 即能完成全部划线工作。如条件许可, 可将工件的2/3部分置于平台上, 先将这部分的所有线都划好, 然后将工件移至另一端。在校正好工件基准线与平台平行后, 即可将余下部分尚未划到部位的线划好, 直至全部完成。

方法2: 如工件长度略长于划线平台, 则以平台为基准, 另外用小平台或平尺接出基准平台的外端, 并校正接长平台或平尺与基准平台之间的平行度、以及至基准平台之间的高低。这样, 划针盘则可在接长小平台或平尺上进行划线。但必须注意, 绝不要让工件接触到接长平台或平尺, 以免影响接长小平台或平尺的高低尺寸及平行度, 保证划线质量。

方法3: 将可调垫铁置于坚实的水泥地上, 然后将工件置于可调垫铁上面, 在工件两端分别放置两根相互平行的导轨(其导轨可用平直的工字钢或经过加工过的条形铸铁, 长度和宽度均根据工件的需要选用), 在两根导轨的端部, 分别放置两根平尺。并将两根平尺面调整到同一水平面(平尺应靠近工件两边, 便于划线)。在调整工件高低和划线时, 均以平尺面为基准, 划针盘将在平尺面上进行划线。

方法4: 拼装平台时, 可先将可调垫铁置于坚实的水泥地上, 然后将拼装平台搁置在可调垫铁上, 在其中的一块平台面上放置高度尺(或标尺)。可采用土建用的水准仪, 将其架设在待拼装平台的附近, 其装置如图2-3所示。校正时, 先借助水准仪自身的水准器校正到水平位置, 然后将水准仪对准平台上的高度尺(或标尺), 通过目镜观察上面的刻度值, 并将高度尺分别移至平台四个角的位置, 用可调垫铁将平台四个角调整至同一读数, 这就表示平台面已校正水平。第一块平台校正后, 即可采用相同方法, 利用水准仪和高度尺依次校正第二块、第三块……平台至水平, 并与第一块平台面的校正基准读数一致, 这样平台面的拼装已达到要求。另外, 如平台拼装的距离不大, 则可用平行平尺、等高垫块和水平仪测量两块拼装平台之间的高低, 并用可调垫铁使其拼装平台调整到同一水平。这样可同样达到平台拼装的要求, 且又简便。

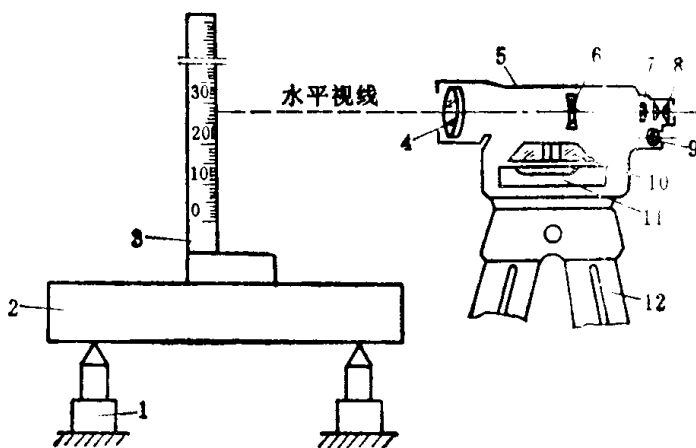


图2-3 水准仪拼装大型平台的方法

- 1—可调支承座 2—中间平台 3—高度尺 4—物镜
5—水准仪 6—调焦镜 7—分划板 8—目镜 9—改大镜 10—棱镜组 11—长水准器 12—三角架

(2) 大型泥浆泵机座划线 图2-4是大型泥浆泵机座工件图, 其外形尺寸为3876mm × 1652mm, 重约7t。

1) 划线要求: 划底平面的加工线、宽度1652mm轴承孔两端面的加工线、3— $\phi 368$ mm的镗孔线、尺寸1532.5mm的止口线及机盖贴合面的加工线等。

2) 产品分析: 该机座是采用20钢板焊接成形。由于先分成组部件拼装焊接, 然后整体焊接, 因此存在着一定的焊接变形。

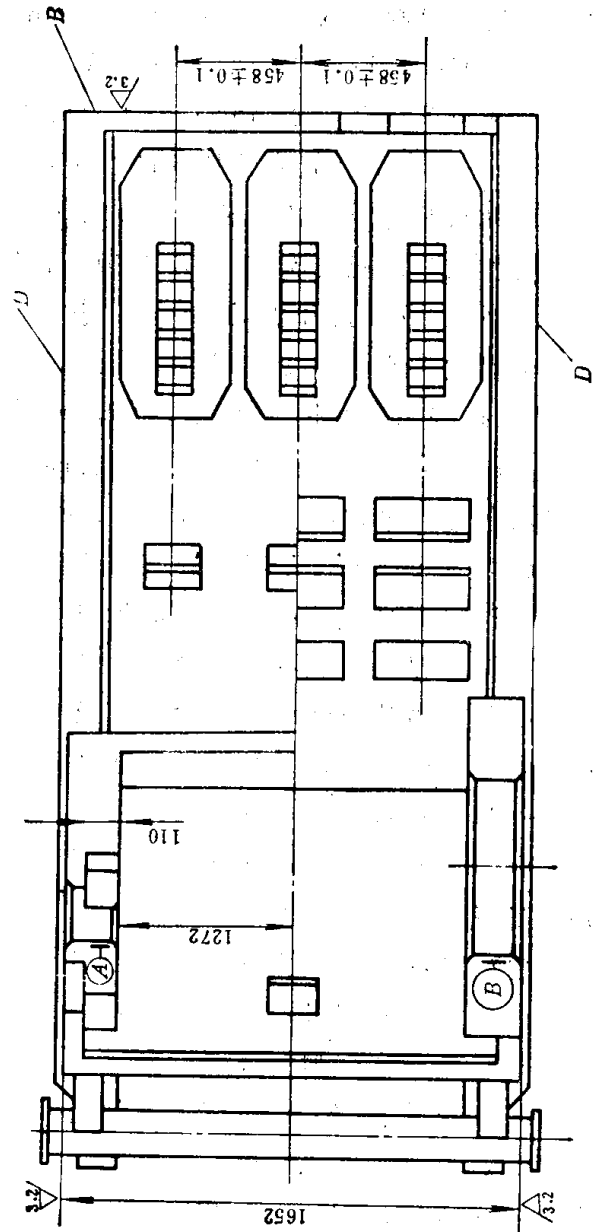
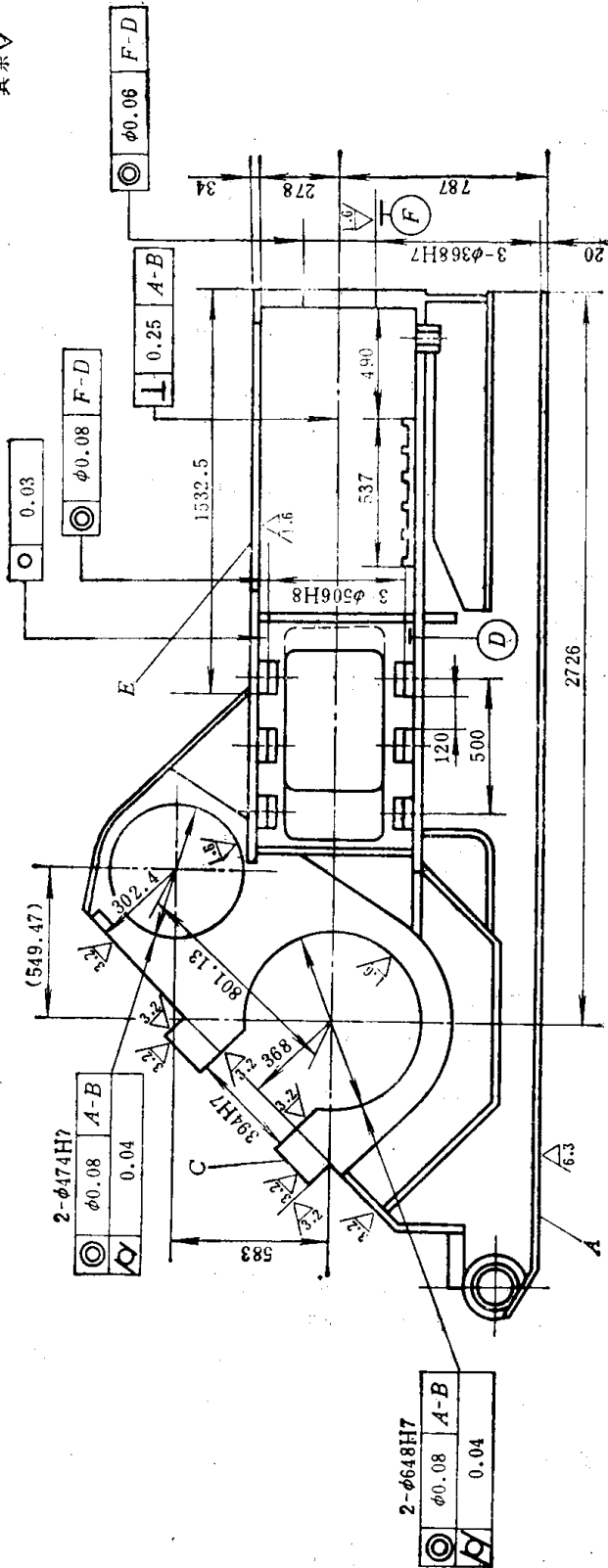


图2-4 泥浆泵机座

3) 选择划线基准: 根据工件各加工面的要求, 应选择以主视图为划线基准, 这样能照顾到 3— $\phi 368\text{mm}$ 孔、3— $\phi 506\text{mm}$ 孔、2— $\phi 648\text{mm}$ 孔、2— $\phi 474\text{mm}$ 孔及机座底平面的加工线。

4) 划线步骤:

①在 2— $\phi 648\text{mm}$ 、2— $\phi 474\text{mm}$ 、3— $\phi 368\text{mm}$ 等毛坯孔内放置划线中心垫块。

②将机座 A 面放置在平台上面三个千斤顶上 (两个千斤顶放在 2— $\phi 648\text{mm}$ 孔处, 一个千斤顶放在 $\phi 368\text{mm}$ 孔处)。

③确定中心孔时, 应以机座左、右两个轴承孔定出左、右两中心, 但又要根据机座前端 3— $\phi 368\text{mm}$ 孔来确定前面中心, 这样能使三个中心找正为一个理想中心线。

④用划针盘在划线用尺架上定一个高度值 (即以 787mm 加上千斤顶高度)。

⑤划机座中心线及 2— $\phi 474\text{mm}$ 孔的中心线, 同时将 2— $\phi 474\text{mm}$ 孔和 2— $\phi 648\text{mm}$ 孔的上下镗孔线划出, 以及划 787mm 底平面的加工线。

⑥将工件转向 90° , 以机座 D 面置于三个千斤顶上, 根据机座 1272mm 中心、 $\phi 368\text{mm}$ 孔的中心确定机座的垂直中心线, 并用直角尺校正底平面的加工线。

⑦以垂直中心线划 1652mm 两轴承端面的加工线及 3— $\phi 368\text{mm}$ 孔的镗孔线, 并在底平面上任意位置划出一条垂直校正线。

⑧拆除 3— $\phi 368\text{mm}$ 毛坯孔内的中心垫块, 将机座前端 B 面置于三个千斤顶上, 借助直角尺找正底平面上的加工线和校正线, 使机座垂直于平台。

⑨根据 1532.5mm 止口加工线和 2— $\phi 648\text{mm}$ 以及 2— $\phi 474\text{mm}$ 孔的中心, 确定机座前端 B 面的加工线。

⑩以机座前端 B 面的加工线来确定 1532.5mm 的加工线、 2726mm 的中心线和 $2726\text{mm}-549.47\text{mm}$ 的中心线, 并划出以上两孔的镗孔线。

⑪将机座转向 180° , 使机盖贴合面 C 向下, 并用两个千斤顶支撑, 用另一个千斤顶支撑在机座 E 面的 1532.5mm 处。根据 2— $\phi 648\text{mm}$ 孔和 2— $\phi 474\text{mm}$ 孔的中心为基准, 划出机盖贴合面的加工线及 394mm 的加工线。

⑫拆除轴承孔内的中心垫块。

(3) 大型压缩机机座划线 图 2-5 是大型压缩机机座, 其外形尺寸为 2762mm , 重量约 5t 。

1) 划线要求: 划对机座底平面 (A 面) 的加工线、上平面 (C 面) 的加工线、机座两侧 (B 面) 的四个中体孔平面的加工线、5— 400mm 轴承端盖止口线、5— 410mm 中间撑杆平面的加工线和机座两端 D、E 面的加工线等。

2) 选择划线基准: 根据机座各加工面的要求, 应选择以主视图为基准较合理, 这样能照顾到 4— $\phi 365\text{mm}$ 的中体孔与 5— $\phi 236\text{mm}$ 轴承孔上下平面的加工线。

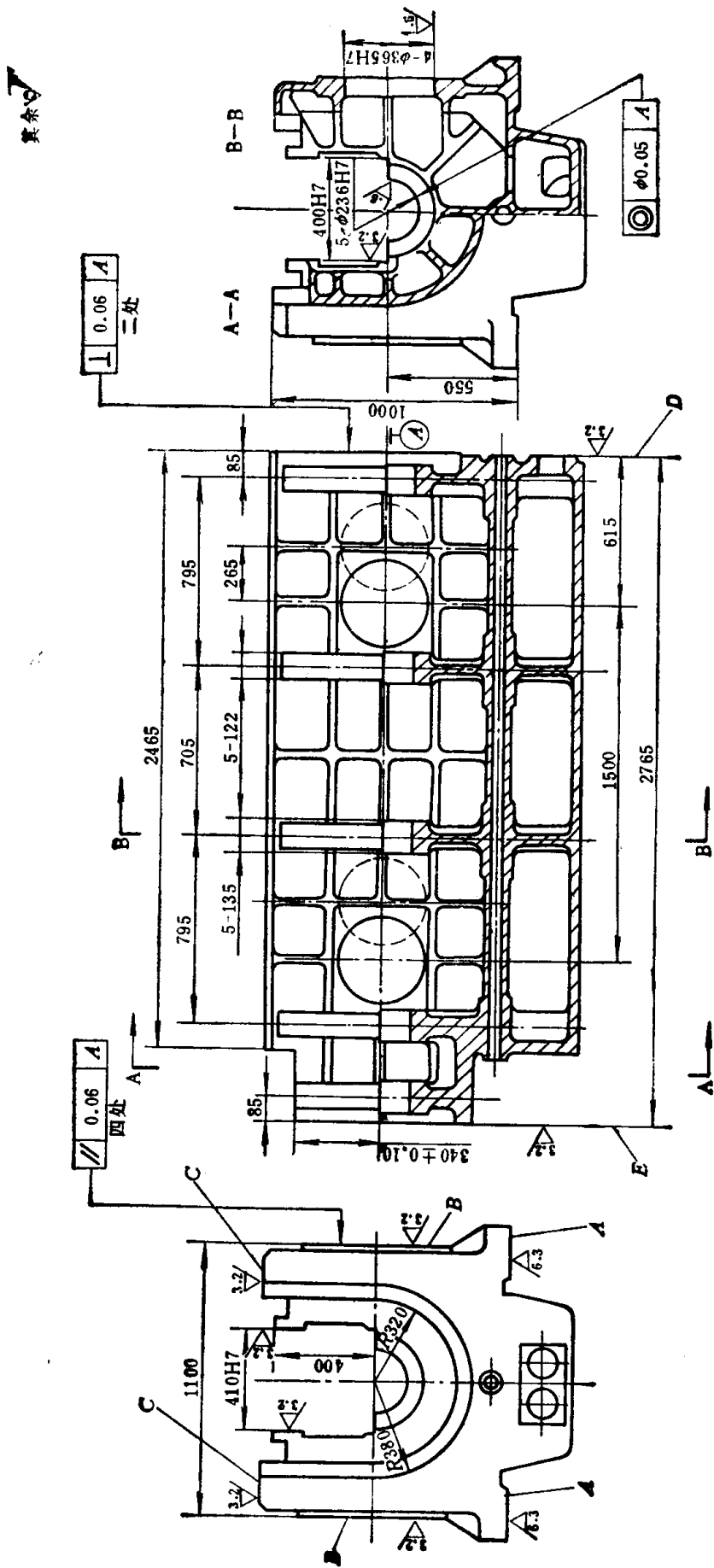
3) 划线步骤:

①在 4— $\phi 356\text{mm}$ 中体毛坯孔内放置划线中心垫块。

②将机座 C 面置于平台上面的三个千斤顶上。根据两侧 B 面四个中体贴合面 295mm 和 310mm 的高度定出四个中体的中心线。

③综合考虑 D、E 两端两个轴承孔中心和 B 面上的四个中体中心、机座上下 A、C 两平面的加工线, 确定一个理想中心线。

④用划针盘将中心线高度在尺架上定一个数值。



⑤根据中心线划出四个中体孔上下的镗孔线和A、C两平面的加工线，以及410mm撑杆平面线、340mm轴承中心至上平面止口的加工线。

⑥将工件转向90°，把B面向下置于三个千斤顶上，用直角尺校正两端直线，根据机座端面640mm中心距定出工件中心线，并在尺架上定一个数值。

⑦以中心线划出两端400mm两轴承孔的止口加工线和两端410mm撑杆配合线，以及1100mm四个中体两端面的加工线、 $\phi 236\text{mm}$ 轴承座的镗孔线，并在机座底平面上任意划一条校正线。

⑧将工件竖立（以端面D向下）置于三个千斤顶上，并用直角尺校正两条十字校正线，使工件垂直于平台。

⑨将工件2465mm定出中心，并在尺架上定一个数值。

⑩以2465mm的中心，划出下面两个 $\phi 365\text{mm}$ 中体孔的镗孔线。

⑪将工件转向180°，以机座端面E向下，使工件置于三个千斤顶上，用划针盘及直角尺校正两条十字垂直线和中心线，并在尺架上定一个数值。

⑫根据机体中心线划出另外三个 $\phi 236\text{mm}$ 轴承孔端面的加工线及另两个 $\phi 365\text{mm}$ 中体镗孔线。

⑬ 拆除中心垫块。

（二）精密工件的研磨

1. 研磨原理

研磨时，磨料或研磨剂，受到工件或研具的压力后，作相对运动，部分磨粒被不规则地嵌入研具和工件表面，构成了一种半固定或浮动的无数个“多刃”研削面。由于研具的运动，使磨料对工件产生微量的挤压和切削，工件表面则被切去一层极薄的金属，这是研磨的物理作用。有些研磨剂还有一定的化学作用，如氧化铬、硬脂酸或其他化学研磨剂等。如采用这些研磨剂对工件进行精研或抛光时，与空气接触的金属表面很快形成一层氧化膜，由于氧化膜容易脱落，用较软的研磨剂即能去掉这层氧化膜，而又不损伤工件的基体。在研磨过程中，氧化膜不断地形成（化学作用），又不断地被破坏（物理作用），经过多次反复研磨，使工件得到较高的尺寸精度和较细的表面粗糙度。由此可见，研磨实际上是物理作用和化学作用的综合。

2. 研磨方法

研磨加工方法有涂敷研磨和压嵌研磨两种。在研磨加工时，应根据不同技术要求来进行选择。对表面粗糙度有更高要求的，可在研磨后进行抛光加工。经过抛光后的工件，可得到较细的表面粗糙度。

（1）涂敷研磨 需要研磨的工件，都是在精镗或磨削加工后进行的。涂敷研磨即在研具表面或工件上涂一层极薄的研磨剂进行研磨，磨粒在研具和工件表面间处于浮动的半运动状态，从而对工件表面起着研削、摩擦、滚挤的综合作用。采用涂敷研磨法研磨，研具的使用时间不宜过长，涂敷的研磨剂要适当，同时要有足够的润滑液，否则磨粒将由浮动逐渐变为呆滞和静止，影响工件质量，严重时会使工件加工面出现划痕等疵病。由于涂敷研磨法用的磨料不易均匀地分布，因此其加工精度不如压嵌研磨高。所以涂敷研磨仅适用于研磨精度

要求一般的工件。

(2) 压嵌研磨 压嵌研磨是将细微粉粒均匀地涂在两研具表面,然后把研具互相对研,使细微粉粒嵌入两研具表面,形成具有一定半牢度的“多刃”研削面。工件在这嵌附微粒的研具上研磨后,表面纹络细密,能得到较高的尺寸精度和较细的表面粗糙度。这种研磨方法适用于尺寸精度在 $1\mu\text{m}$ 左右,表面粗糙度值 $Ra0.05$ 以下。但是这种研磨方法效率较低,不及涂敷研磨法高,而且对工作场地有较高要求。

(3) 抛光 经过研磨加工后的工件,其表面粗糙度还不能符合要求时,可采用抛光加工。在抛光过程中,由于工作速度比研磨快,工件表面温度又比研磨高,因此有利于促进氧化膜的形成,所以抛光加工起的化学作用要比研磨显著得多。精密抛光剂一般都采用硬脂酸与氧化铬的混合物,因为由它们形成的薄膜,很快会使工件表面氧化,同时又能对研具表面的磨粒起到保护作用。从而能快速获得较细的表面粗糙度。

3. 精密研磨的工作场地和要求

高精度研磨,是对工件的一种精加工。为保证加工质量,对研磨场地必须提出以下要求。

(1) 温度 金属物体都有热胀冷缩的特性,虽然温差对工件尺寸精度只有微小数值的变化,但对精密研磨来说,这一微小数值的变化足以影响工件的质量。所以对精密研磨的场地温度应有一定要求,因为温度对工件尺寸精度直接有影响。

1) 工件长度(或直径)误差为 $10\sim5\mu\text{m}$,研磨场地的温度约 $20\pm5^\circ\text{C}$,如条件有限可在常温下研磨。

2) 工件长度(或直径)误差为 $5\sim2\mu\text{m}$,研磨场地的温度约 $20\pm3^\circ\text{C}$ 。

3) 精确度更高的工件,研磨场地的温度应控制在 $20\pm1^\circ\text{C}$ 或更小范围内。

(2) 湿度 研磨场地的湿度要小,因空气湿度大对工件表面容易锈蚀,影响质量,所以要求场地的相对湿度在约 $40\sim60\%$ 左右。

(3) 场地清洁度 尘埃对精密研磨的表面质量有很大影响,如果在研磨过程中有较粗的尘埃屑飞落在工件与研具之间,则会造成研具和工件表面划伤和损坏,严重影响表面质量。所以精密研磨的工作场地一定要保持清洁,装置吸尘器,地面、墙壁周围和工作台等非金属物品宜用湿布擦抹,不要用扫帚或鸡毛帚做清洁工作。

(4) 震动 震动也能影响精密研磨加工和精度测量,所以应选择合理的场所作精密研磨工场,避免外界影响质量。

(5) 操作者 操作者本身的清洁工作应引起重视,如衣、鞋及其他生活用具等,也要采取必要的清洁措施。

研磨时,双手握捏工件,因手汗是酸性,极易使金属表面锈蚀,因此一定要引起注意。实践证明,精密研磨经常会碰到因手汗造成工件锈蚀,所以应采取防围措施。

4. 磨料、研具、润滑剂和研磨剂的配比

(1) 磨料 磨料是研磨加工的重要因素,常用的磨料种类及特性见表2-1。

1) 磨料的粒度按其粗细分为磨粉和微粉两个组别,见表2-2所列。

2) 常用的研磨粉见表2-3所示。

3) 研磨硬质合金、陶瓷等高硬度材料制成的高精度和表面粗糙度较细的模具和量具,大都采用“合成钻石研磨膏”。它是有人造金刚石为主要原料,经过严格分选而制成的成品,使用较为方便。合成钻石研磨膏制品有各种规格见表2-4,使用时可根据工件表面粗糙度要

求来选用。研磨时将少量研磨膏置于容器内，加入适量的蒸馏水调成糊状，均匀地涂在研具或工件表面，即可进行研磨。

(2) 研具和研具材料 研具在研磨加工中是保证工件几何精度的重要条件。因此研具材料、几何精度和表面粗糙度等都有较高要求。

表2-1 磨料的种类与用途

系 列	磨料名称	代号	特 性	适 用 范 围
氧化铝系	棕 刚 玉	GZ	棕褐色，硬度高，韧性大，价格便宜	粗、精研磨钢、铸铁、黄铜
	白 刚 玉	GB	白色。硬度比棕刚玉高，韧性比棕刚玉差	精研磨淬火钢、高速钢、高碳钢及薄壁零件
	铬 刚 玉	GG	玫瑰红或紫红色。韧性比白刚玉高，磨削光洁度好	研磨量具、仪表零件及细的表面粗糙度
	单晶刚玉	GD	淡黄色或白色。硬度和韧性比白刚玉高	研磨不锈钢 高钒高速钢等强度高，韧性大的材料
碳化物系	黑碳化硅	TH	黑色有光泽。硬度比白刚玉高，性脆而锋利，导热性和导电性良好	研磨铸铁、黄铜、铝、耐火材料及非金属材料
	绿碳化硅	TL	绿色。硬度和脆性比黑碳化硅高，具有良好的导热性和导电性	研磨硬质合金、硬铬、宝石、陶瓷、玻璃等材料
	碳化硼	TP	灰黑色。硬度仅次于金刚石，耐磨性好	精研磨和抛光硬质合金、人造宝石等硬质材料
金刚石系	人 造 金 刚 石	JR	无色透明或淡黄色、黄绿色或黑色。硬度高，比天然金刚石略脆，表面粗糙	粗、精研磨硬质合金、人造宝石、半导体等高硬度脆性材料
	天 然 金 刚 石	JT	硬度最高，价格昂贵	
其 他	氧 化 铁		红色至暗红色。比氧化铬软	精研磨或抛光电钢、铁、玻璃等材料
	氧 化 铬		深绿色	

表2-2 磨料的粒度

		(μm)		
组别	号 数	基本尺寸	号 数	基本尺寸
磨 粉	100°	160~125	180°	80~63
	120°	125~100	240°	63~50
	150°	100~80	280°	50~40
微 粉	W40	40~28	W5	5~3.5
	W28	28~20	W3.5	3.5~2.5
	W20	20~14	W2.5	2.5~1.5
	W14	14~10	W1.5	1.5~1
	W10	10~7	W1	1~0.5
	W7	7~5	W0.5	0.5~更细

表2-3 常用的研磨粉

研磨粉号数	用 途	可达到的表面粗糙度(μm)
100~280°	用于初研磨	Ra0.2~0.1
W40~W20	粗研磨加工	Ra0.1~0.05
W14~W7	半精研磨	Ra0.05以上
W5以下	精研磨加工	

表2-4 合成钻石研磨膏规格表

规格	基本颗粒尺寸 (μm)	颜色	可加工表面粗糙度值 (供参考)	规格	基本颗粒尺寸 (μm)	颜色	可加工表面粗糙度值 (供参考)
W ₁₆	16	青莲	Ra0.1~0.05	W ₁	1	桔红	Ra0.025~0.012
W ₁₀	10	蓝	Ra0.1~0.05	W _{0.5}	0.5	天蓝	Ra0.012~0.006
W ₇	7	玫红	Ra0.1~0.05	W _{0.25}	0.25	棕	镜面研磨
W ₅	5	桔黄	Ra0.05~0.025	W _{0.1}	0.1	中蓝	镜面研磨
W ₃	3	草绿	Ra0.05~0.025				

1) 板条形研具(研磨平板)：用于研磨工件平面，如量块、精密量具和精密机械设备的导轨等。

2) 研磨棒：它是研磨工件的圆柱孔和圆锥孔的研具，它有整体式和可调式两种，见图2-6所示。

①整体式研磨棒的特点是制造容易，缺点是外径磨损后无法补偿。因此，对每个工件的孔径研磨要有2~3个预先制造好的分为粗、半精、精研余量的研磨棒。要求精度高的孔，则研磨棒的数量越多。整体式研磨棒适用于单件加工的工件研磨。

②可调式研磨棒的特点是，磨损后能在一定的尺寸范围内可以调整补偿，延长使用时间，缺点是制造比整体式研具复杂。可调式研磨棒适用于批量生产的工件研磨。

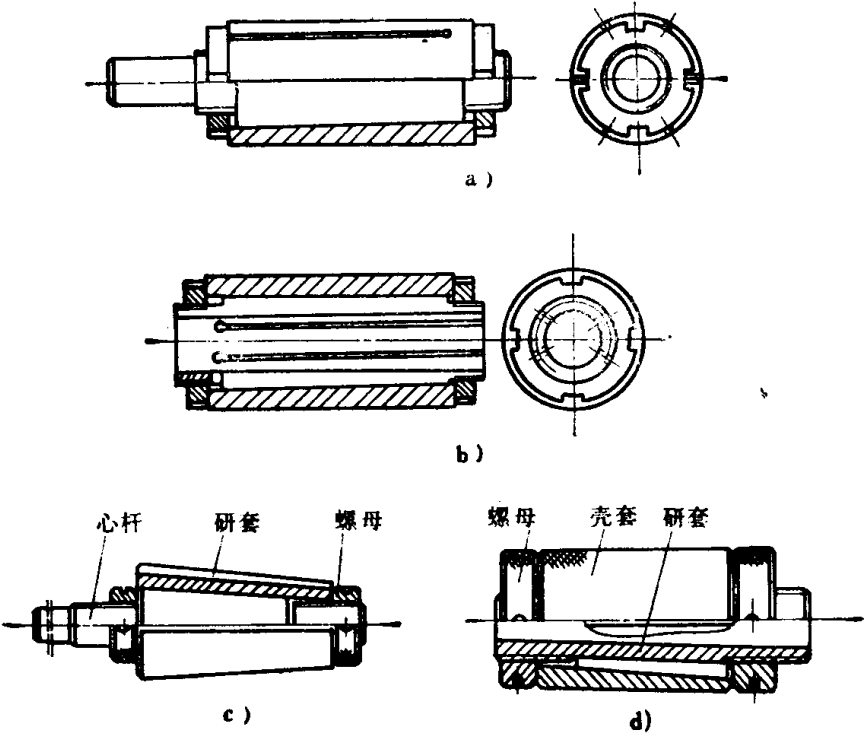


图2-6 圆柱和圆锥形可调式研具

a) 外圆柱型可调式研具 b) 内圆柱型可调式研具 c) 外圆锥型可调式研具 d) 内圆锥型可调式研具

3) 压砂平板的校准：

将刮削或磨削过的平板，放置在不易移动的工作台上，使其平稳可靠。校准时用湿研磨，其顺序是由粗到细更换磨粉，先用W20研磨粉将磨削刀痕磨去，保证其基本平面度，然后再用W10和W10以下的研磨粉来细化表面粗糙度和修整平板的微量误差。

校准时大都采用“三块法”，使其误差得到均匀，相互对研顺序与基准平板刮削用的三块对研法基本相同，其不同点是用研磨粉对平板表面作微量研削，所以应根据研磨的特性来处理。

①平板在研磨过程中要保持等温，可采用间歇研磨的方法。在板面接触不均匀的情况下，采用间歇研磨更有利于保证质量，因平板在连续研磨中由于时间过长会产生发热变形。