



典型工件加工系列丛书

典型工件磨削

DIANXING GONGJIAN MOXUE

郑文虎 主编

十大类典型工件



YZLI0890117419

多个磨削实例



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

典型工件加工系列丛书

典型工件磨削

郑文虎 主编



YZLI0890117419



机械工业出版社

本书以图文并茂的形式,介绍了典型工件的磨削加工工艺性、磨削条件的准备、磨削加工步骤和磨削过程中应注意的问题。其中包括轴类工件、套类工件、平面工件、圆锥工件、薄壁工件、偏心工件、螺纹工件、成形面和曲线面工件、刀具、齿轮共10大类104种典型工件的磨削加工。

本书通过典型工件的磨削实例,重点介绍了磨削工艺过程的特点,除供从事磨削加工工作的技术工人学习参考外,还可供机械加工工艺技术人员和职业院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

典型工件磨削/郑文虎主编. —北京:机械工业出版社,
2011.1

(典型工件加工系列丛书)

ISBN 978-7-111-32750-9

I. ①典… II. ①郑… III. ①磨削 IV. ①TG58

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第244012号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王英杰 赵磊磊 责任编辑:赵磊磊

版式设计:霍永明 责任校对:李秋荣

封面设计:鞠杨 责任印制:李妍

北京机工印刷厂印刷

2011年1月第1版第1次印刷

140mm×203mm·7.875印张·208千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-32750-9

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着科学技术的飞速发展与进步,机械制造业中的磨削加工广泛地应用于产品零件的加工工艺过程中。它是制造高精度、高表面质量零件最常用、最有效且成本较低的加工手段。据有关资料介绍,磨削加工占机械加工总量的30%~40%。在金属切削机床的11大类中,磨床的品种与规格最繁多。由此可见,磨削加工在现代制造业中的地位极其重要。现在精度和表面质量要求高的零件,都需经过磨削加工。

磨削加工中的主要问题有:根据工件材料的性能和工件结构与加工精度合理选择砂轮特性与形状;合理修整砂轮;磨床与夹具的选择与调整;合理选择磨削用量与磨削液;根据工件结构和加工精度与表面质量合理选择磨削步骤;磨削过程中缺陷产生的原因与预防措施等。要想磨削加工好每一个工件,就必须对上述问题予以重视。

本书是以典型工件的磨削为核心,对每一个特定工件的材料、结构、加工精度和表面质量进行分析后,介绍了磨削条件的准备、磨削步骤和磨削中应注意的问题。本书用十章分别对轴类工件、套类工件、平面工件、圆锥面工件、薄壁工件、偏心工件、螺纹工件、成形面与曲线面工件、刀具和齿轮工件的磨削过程进行讲述。其中第十章由李季昌、王涛和马伟锋同志编写。由于实践范围所限,所列举的工件很不全面,但磨削的原理和规律基本相同,供读者借鉴。

本书在编写过程中,得到了中国北车集团北京南口轨道交通机械有限责任公司的大力支持,同时参考了其他作者所编写的相关资料与书籍,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者的水平和实践范围所限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 轴类工件的磨削	1
一、45 钢细长轴的磨削	1
二、45 钢淬火细长光轴的磨削	4
三、40Cr 淬火微锥度心轴的磨削	6
四、45 钢台阶轴的磨削	8
五、45 钢淬火传动轴的磨削	10
六、45 钢淬火台阶细长轴的磨削	12
七、45 钢花键轴的磨削	14
八、9Mn2V 淬火磨床砂轮主轴的磨削	19
九、38CrMoAlA 渗氮螺纹磨床主轴的磨削	22
十、15 钢渗碳淬火内圆磨头主轴的磨削	26
十一、9Mn2V 淬火磨床传动方轴的磨削	30
十二、20MnVB 渗碳淬火磨床头架主轴的磨削	34
十三、65Mn 局部淬火平面磨床主轴的磨削	36
十四、45 钢铣床主轴的磨削	39
十五、40Cr 空心轴长轴的磨削	42
十六、45 钢表面镀 Cr 活塞杆的磨削	43
十七、钛合金小直径细长轴的磨削	44
十八、不锈钢台阶轴的磨削	46
第二章 套类工件的磨削	48
一、45 钢淬火轴承套的磨削	48
二、铸铁套的磨削	50
三、钛合金轴套的磨削	51
四、45 钢台阶套的磨削	54
五、45 钢车床尾座套筒的磨削	56
六、40Cr 淬火齿轮内孔的磨削	58

七、45 钢齿条套筒的磨削	60
八、9Mn2V 淬火气门轴套的磨削	61
九、38CrMoAl 渗氮环形量规的磨削	64
十、45 钢高精度台阶套的磨削	66
十一、铸铁不通孔台阶套的磨削	68
十二、铸铁内圆磨具壳体的磨削	70
十三、45 钢深孔套筒的磨削	71
十四、45 钢轴承套的磨削	73
第三章 平面工件的磨削	76
一、45 钢淬火平行六方体垫块的磨削	76
二、铸铁六方体的磨削	77
三、45 钢凹形槽底座的磨削	80
四、45 钢斜垫块的磨削	82
五、45 钢台阶滑块的磨削	84
六、铸铁 V 形块的磨削	86
七、45 钢淬火 V 形槽导板的磨削	88
八、40Cr 淬火等边三角块的磨削	90
第四章 圆锥工件的磨削	93
一、40Cr 淬火圆锥检验棒的磨削	93
二、45 钢淬火莫氏钻套的磨削	95
三、45 钢淬火卧式铣床刀杆的磨削	97
四、45 钢磨床砂轮平衡轴的磨削	99
五、45 钢莫氏锥孔轴的磨削	100
六、45 钢内外莫氏圆锥套的磨削	102
七、45 钢莫氏圆锥轴的磨削	104
八、40Cr 莫氏圆锥心轴的磨削	105
九、38CrMoAl 渗氮莫氏圆锥套规的磨削	108
十、38CrMoAl 渗氮莫氏圆锥塞规的磨削	111
十一、不锈钢外方形内莫氏圆锥套的磨削	113
十二、45 钢淬火圆锥轴的磨削	117
十三、40Cr 淬火微锥度心轴的磨削	118
十四、GCr15 淬火双内圆锥套的磨削	120
十五、9CrSi 淬火微锥度塞规的磨削	122

十六、GCr15 淬火磨床主轴的磨削	123
十七、硬质合金顶尖的磨削	125
第五章 薄壁工件的磨削	127
一、弹簧钢薄壁套的磨削	127
二、GCr15 淬火台阶薄壁套的磨削	129
三、45 钢内外台阶薄壁套的磨削	131
四、45 钢长方形薄片的磨削	133
五、弹簧钢薄膜片的磨削	135
六、不锈钢垫板的磨削	136
七、40Cr 圆形薄片的磨削	138
八、GCr15 淬火薄壁套的磨削	140
九、45 钢凹面薄板的磨削	142
第六章 偏心工件的磨削	144
一、45 钢偏心轴的磨削	144
二、40Cr 钢方形偏心套的磨削	145
三、45 钢双偏心轴的磨削	148
四、球墨铸铁三拐曲轴的磨削	150
第七章 螺纹工件的磨削	154
一、45 钢梯形螺丝杠的磨削	154
二、GCr15 淬火双头蜗杆的磨削	156
三、45 钢梯形螺纹精密丝杠的磨削	160
四、合金钢双圆弧滚珠丝杠的磨削	163
五、40Cr 梯形螺纹丝杠的磨削	167
六、合金钢淬火螺纹磨床丝杠的磨削	170
七、多头小导程螺纹橡胶辊的磨削	173
八、异形螺纹橡胶辊的磨削	174
九、多头大导程螺旋槽橡胶辊的磨削	176
第八章 成形面和曲线面工件的磨削	179
一、45 钢淬火球头轴的磨削	179
二、45 钢淬火内球面座的磨削	182
三、40Cr 淬火球面轴承的磨削	183
四、SR460mm 球面副的磨削	184
五、GCr15 淬火 R2000mm 内圆弧工件的磨削	187

六、40Cr 淬火圆弧板的磨削	189
七、碳素工具钢卡板的磨削	190
八、碳素工具钢 90°V 形导轨的磨削	192
九、45 钢淬火外球面轴的磨削	195
十、钛合金凹圆弧工件的磨削	197
第九章 刀具的磨削	200
一、直齿铰刀的磨削	200
二、圆柱螺旋齿铣刀的磨削	203
三、交错齿三面刃铣刀的磨削	206
四、锥柄立铣刀的磨削	208
五、盘形插齿刀前刀面的磨削	211
六、锥度铰刀的磨削	213
七、小模数齿轮滚刀的磨削	216
八、四方孔拉刀的磨削	218
九、直齿套式铰刀的磨削	222
第十章 齿轮的磨削	224
一、合金钢淬火标准直齿圆柱齿轮的展成法磨削	224
二、合金钢淬火斜齿圆柱齿轮的展成法磨削	226
三、合金钢淬火修形圆柱齿轮的展成法磨削	229
四、合金钢淬火标准圆柱齿轮的数控成形磨削	232
五、合金钢淬火修形齿轮的数控标准修形磨削	235
六、合金钢渗碳淬火修形圆柱齿轮点对点数控成形磨削	238
参考文献	243

第一章 轴类工件的磨削

一、45 钢细长轴的磨削

图 1-1 所示的细长轴，材料为 45 钢，经调质处理，其硬度为 230~250HBW，抗拉强度 $R_m^\ominus$ 为 750MPa，伸长率 δ 为 13%，冲击韧度 a_k 为 39.2J/cm²，热导率 K 为 50.2W/(m·K)。材料的磨削加工性相对较好。

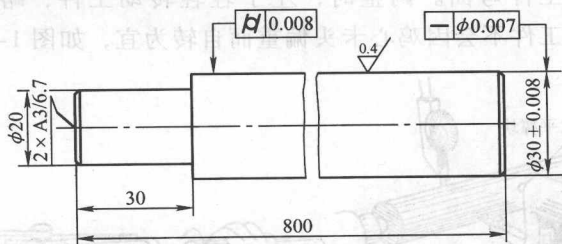


图 1-1 细长轴

此细长轴的加工精度和表面质量较高，它的长径比大于 20，工件的刚度较差，在磨削力的作用下，易产生振动和弯曲变形，造成磨削出的工件呈现竹节形和腰鼓形，使工件的形状误差增大，所以磨削此细长轴有一定的难度。

1. 磨削前的准备

- 1) 选用 M1432A 型万能外圆磨床。
- 2) 选用 WAF46K6V 为特性的砂轮，并做好砂轮平衡工作。
- 3) 先把磨床空运转 3~5min，以排除液压缸中的空气。
- 4) 把上、下工作台的标尺刻度调整到“0”位，以使工作台沿纵向移动的方向和工件轴线平行。
- 5) 为了保证工件磨削后的圆度，应对工件两端中心孔进行

[⊖] 现在抗拉强度的代号为 R_m (N/mm²)，过去用 δ_b (MPa)。

研磨，研磨后擦洗干净，涂上润滑脂。

6) 为减小径向磨削力，应用带尖角的金刚石笔，把砂轮修整得锋利一些。在粗磨时，把砂轮修整得粗糙一些。在精磨时，把砂轮修整得锋利一些，并把砂轮的两尖角用磨石轻微倒圆，以防止脱粒划伤工件表面。

7) 根据工件的长度调整磨床尾座在工作台上的位置，使磨床头架与尾座两顶尖的距离小于工件长度。

2. 磨削步骤

1) 工件用两顶尖定位，调整顶尖的顶紧力。顶紧力要小，否则会使工件弯曲。调整时，左手轻轻转动工件，略感轻松，以松手后工件不会因鸡心卡头偏重而自转为宜，如图 1-2 所示。

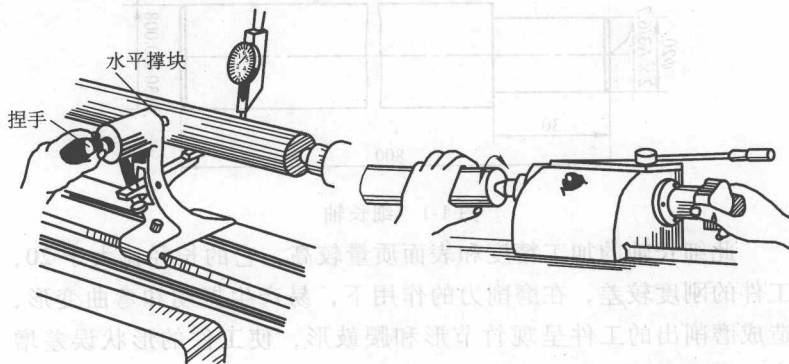


图 1-2 顶紧力的调整

2) 在工件的中部磨出中心架支承的外圆。此外圆直径为 $\phi 30^{+0.08}_{+0.05}$ mm，它的圆度和径向圆跳动应在 0.005 mm 以内，长度大于中心架托爪的宽度，表面粗糙度值应达到 $R_a 0.4 \mu\text{m}$ ，采用切入法磨出。

3) 调整中心架。在磨好的中心架要支承的工件外圆处，安装好中心架。调整中心架垂直与水平托爪时，以不使工件变形和位移为原则，不能破坏两顶尖对工件的定位，但必须使中心架两托爪面与工件外圆接触。为了防止调整时工件受力变形，

也可分别将指示表^①的测量头放在支承圆和外侧素线上, 然后使工件旋转, 分别调整两托爪, 使指示表的指针摆动 1~2 小格为宜。然后在中心架托爪处注上润滑油。

4) 粗磨 $\phi 30\text{mm} \pm 0.008\text{mm}$ 外圆, 留精磨余量 $0.07 \sim 0.08\text{mm}$ 。在磨削的过程中, 一定要用千分尺检查工件两端和中间直径是否相同。如不相同, 就需调整上工作台与中心架托爪。为了便于掌握调整量, 可在工件外侧素线用指示表测量。一定要在达到圆柱度要求后, 才磨至要求的尺寸。这时的磨削用量是: $v_c = 35\text{m/s}$, $n_w = 70 \sim 85\text{r/min}$, $a_p = 0.005 \sim 0.012\text{mm}$, $f = (0.3 \sim 0.6) \text{ Bmm/r}$ 。

5) 精修整砂轮, 为精磨作准备。

6) 磨削中心架支承的外圆至 $\phi 30_{+0.015}^{+0.010}\text{mm}$, 按照 3) 的要求与方法, 重新调整中心架, 然后用指示表检查, 支承圆的径向跳动应小于 0.004mm 。

7) 精磨 $\phi 30\text{mm} \pm 0.008\text{mm}$ 外圆至尺寸。

3. 注意的问题

1) 磨削中心架支承圆时, 由于工件刚度差, 会产生振动, 毛坯也有可能弯曲, 为了保证此处的圆度, 砂轮的切入速度一定要尽量慢。

2) 在磨削的过程中, 要检查顶尖对工件的顶紧力的变化, 如不符合要求, 要作适当的调整, 不能过松或过紧, 并随时进行润滑。

3) 修整砂轮时, 应选用 0.7ct ($1\text{ct} = 1 \times 10^{-4}\text{kg}$) 的金刚石, 金刚石的尖角应为 80° 左右, 以保证修整出的砂轮锋利, 从而减小磨削阻力。

4) 要随时检查工件的圆柱度误差。如果超差, 应对上工作台和中心架水平托爪进行微调。

5) 工件虽有中心架辅助支承, 但是由于工件刚度的影响,

① 指示表包括百分表和千分表。

还会产生形状误差,这时应增加光整次数,并减小纵向进给量,来消除误差。

6) 工件磨好后,要垂直吊放,以防变形。

二、45 钢淬火细长光轴的磨削

图 1-3 所示的细长光轴,材料为 45 钢,经淬火处理。它的硬度为 45HRC,抗拉强度 R_m 为 1459MPa,其韧性和塑性极差,热导率只有不淬火 45 钢的 1/7,所以它的磨削加工性较差,容易产生磨削烧伤和裂纹等磨削缺陷。

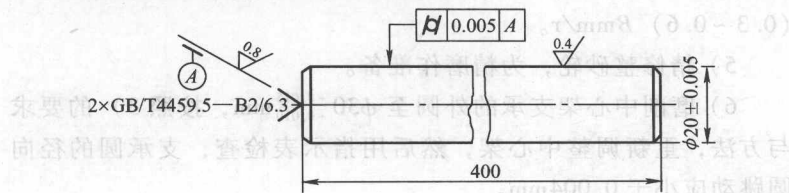


图 1-3 细长光轴

此细长光轴的长径比为 20,由于材料为淬火 45 钢,所以硬度较高,其刚度稍差。它的尺寸精度为 $\phi 20\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$,形状公差中的圆柱度公差为 0.005mm,还需将工件掉头磨出。工件磨削后以两中心孔定位,检验工件的圆度、同轴度和径向圆跳动,所以磨削它具有一定的难度。

1. 磨削前的准备

1) 研磨工件两端中心孔,以保证工件磨削后的圆度要求,并在工件的一端装上鸡心卡头。

2) 找正磨床工作台的位置,使磨床头架和尾座两顶尖中心的连线与工作台的纵向运动方向平行。

3) 移动磨床尾座,调整两顶尖间的距离,使工件在两顶尖间的顶紧力适当后,将尾座紧固。在工件两中心孔中涂上润滑脂,把工件安装在两顶尖之间,并调整好拨杆位置。

4) 选择 M1432A 型万能外圆磨床或 M1332A 型外圆磨床。选择 AF60M6V 为特性的砂轮,并根据粗磨阶段对砂轮进行修整。

5) 选择磨削用量。粗磨时, $n_w = 100 \sim 180 \text{ r/min}$, $f = (0.4 \sim 0.6) \text{ Bmm/r}$, $a_p = 0.01 \text{ mm}$ 。精磨时, $n_w = 100 \sim 180 \text{ r/min}$, $f = (0.2 \sim 0.4) \text{ Bmm/r}$, $a_p = 0.005 \text{ mm}$ 。

2. 磨削步骤

1) 用对刀法在工件两端作横向进给, 将工件磨圆后记下横向进给手轮的刻度值, 退刀后测量已磨工件的外径, 按照横向进给手轮的刻度值和工件两端直径的差值, 判断工作台的调整方向与调整量。如果手轮刻度值相同, 而工件靠磨床尾座一端直径较小时, 工作台应按顺时针方向调整; 反之, 工作台则按逆时针方向调整。调整时, 为了直观, 可将指示表安装在磨床的下工作台上 (如图 1-4 所示), 表头接触上工作台侧面, 即可获得精确调整量。重复上述步骤, 直到两端对刀后横向进给手轮的刻度值相同和工件两端直径相同为止, 此时上工作台已初步校正。

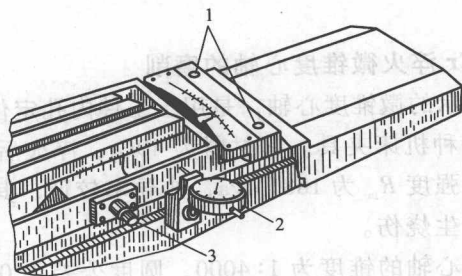


图 1-4 工作台的校正

1—紧固螺钉 2—指示表 3—调整螺钉

2) 采用纵磨法磨削工件, 待全长磨圆后, 测量工件两端直径, 并根据工件两端直径的差值, 再对工作台进行精细调整, 使工件全长的圆柱度控制在 0.005 mm 以内。

3) 对工件进行粗磨和精磨, 使工件外径达到 $\phi 20 \text{ mm} \pm 0.005 \text{ mm}$, 表面粗糙度值达到 $R_a 0.4 \mu\text{m}$ 。

4) 将工件卸下, 掉头安装鸡心卡头, 在两端中心孔涂上润滑脂, 在靠近未磨的外圆处涂上薄薄的一层显示剂 (红油或蓝

油), 再将工件安装在磨床两顶尖之间。

5) 采用切入法磨削余下的工件外圆, 当横向进给到显示剂颜色变淡消失的瞬间, 即刻退刀。

3. 注意的问题

1) 要保持砂轮锋利。当砂轮磨钝时, 应及时进行修整, 以免增大径向磨削力, 防止磨削烧伤和裂纹。

2) 一定要先把磨床的上工作台调整至达到要求, 再开始正式磨削。

3) 要精确校正磨床的上工作台, 通常靠近头架一端的工件外圆直径大约为 0.003mm , 这样可减小接刀痕迹。

4) 在磨削过程中, 还要正确调整顶尖的顶紧力, 并注意润滑。当发现有烧伤痕迹时, 要及时修整砂轮, 使砂轮锋利。也可适当增加工件转速, 可避免工件表面磨削烧伤。

5) 切削液一定要清洁, 浇注时一定要充分。

三、40Cr 淬火微锥度心轴的磨削

图 1-5 所示的微锥度心轴, 是用于工件内孔定位和加工工件其他表面的一种机床夹具。其材料为 40Cr, 淬火后硬度为 $50 \sim 55\text{HRC}$, 抗拉强度 R_m 为 1881MPa , 热导率较低, 其磨削加工性较差, 容易产生烧伤。

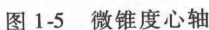
此微锥度心轴的锥度为 $1:4000$, 圆度公差为 0.003mm , 直线度公差为 0.005mm , 表面粗糙度值为 $R_a 0.4\mu\text{m}$, 小端的尺寸为 $\phi 30_{-0.005}^0\text{mm}$, 其加工精度较高。

1. 磨削前的准备

1) 选择 M1432A 型万能外圆磨床。选择 AF60M6V 为特性的砂轮, 并进行平衡和修整。

2) 研磨工件的两中心孔, 在达到要求后涂上润滑脂, 在 $\phi 26\text{mm}$ 一端装好鸡心/卡头。

3) 找正上、下工作台的位置, 使上、工作台按逆时针方向偏移一点 (角度约为 $1'$)。



5) 选择磨削用量。粗磨时, $n_w = 100 \sim 180 \text{r/min}$, $a_p = 0.01 \sim 0.015 \text{mm}$, $f = (0.4 \sim 0.6) B \text{mm/r}$; 精磨时, $n_w = 100 \sim 180 \text{r/min}$, $a_p = 0.005 \text{mm}$, $f = (0.2 \sim 0.4) B \text{mm/r}$ 。

1) 采用对刀法在工件两端作横向进给，将工件两端磨圆后，记下横向进给手轮的刻度值。如在相同刻度值，测量工件大端和小端的外径之差是否符合要求 ($0.081 \sim 0.086\text{mm}$)。如不符合要求，就要对磨床的上工作台进行调整，再对刀试磨和测量，直至工件大端与小端的外径之差为 $0.081 \sim 0.086\text{mm}$ 。

2) 采用纵磨法粗磨工件外圆, 并留 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 的精磨余量。在磨削的过程中, 应注意对顶尖的润滑和顶紧力的调整, 并关注砂轮的磨损状况。如发现砂轮磨钝, 应及时修整, 以保持良好的磨削性能。对工件两端直径进行测量时, 要注意它们

的外径之差是否达到要求,如未达到要求,应对磨床的上工作台进行微量调整。

3) 精修砂轮, 然后进行精磨, 使外径尺寸精度和工件的表面粗糙度达到要求。

4) 卸下工件, 进行质量检查。

3. 注意的问题

1) 为了保证工件的圆度公差, 在磨削前应仔细研磨工件的中心孔。

2) 如在磨削中发现工件表面有烧伤退火的黄迹现象, 应及时修整砂轮, 并适当提高工件的旋转速度。

3) 在精磨后, 应适当进行无火花磨削, 以达到降低工件表面粗糙度值的目的。

四、45 钢台阶轴的磨削

图 1-6 所示的台阶轴, 材料为 45 钢, 经调质处理, 其硬度为 230~250HBW, 抗拉强度 R_m 为 750MPa, 伸长率 δ 为 13%, 冲击韧度 a_k 为 39.2J/cm², 热导率 K 为 50.2W/(m·K), 材料的相对磨削加工性较好。

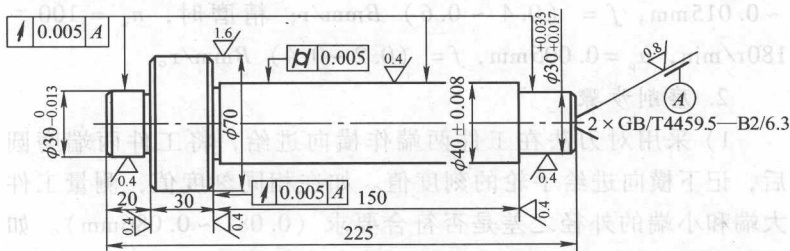


图 1-6 台阶轴

此台阶轴的圆柱度公差为 0.005mm, 各外圆柱表面对中心孔的径向圆跳动公差为 0.005mm, 外圆柱表面和台阶面的表面粗糙度值为 $R_a 0.4\mu\text{m}$, 其他外圆柱尺寸公差均较小, 有较高的加工精度要求。

1. 磨削前的准备

1) 选择 M1432B 型万能外圆磨床或 M1412 型外圆磨床。选择 WAF60L6V 特性的砂轮, 并对砂轮进行平衡和合理的修整。把上、下工作台的标尺刻度调整到 0 位。

2) 研磨工件两中心孔, 达到要求后, 擦拭干净, 并涂上润滑脂, 在工件左端 $\phi 30\text{mm}$ 外圆处装上鸡心卡头。

3) 根据工件的总长度调整磨床尾座, 使头架和尾座两顶尖间的距离小于工件总长度, 紧固磨床尾座。将工件安装在两顶尖之间后, 调整拨杆位置。

4) 选择磨削用量。此台阶轴的外圆分别采用纵磨法和切入法进行磨削。 $n_w = 100 \sim 180\text{r/min}$ 。粗磨时, $a_p = 0.015 \sim 0.02\text{mm}$, $f = (0.4 \sim 0.6) \text{Bmm/r}$; 精磨时, $a_p = 0.005\text{mm}$, $f = (0.2 \sim 0.4) \text{Bmm/r}$ 。

2. 磨削步骤

1) 采用纵磨法磨削 $\phi 40\text{mm} \pm 0.008\text{mm}$ 外圆, 在磨削过程中找正工作台, 使工件的圆柱度误差在 0.005mm 以内, 并留出精磨余量 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$ 。

2) 采用切入法磨削 $\phi 30^{+0.033}_{+0.017}\text{mm}$ 外圆至要求。

3) 精修砂轮后, 采用纵磨法精磨 $\phi 40\text{mm} \pm 0.008\text{mm}$ 外圆至要求, 同时磨削台阶面, 保证端面圆跳动在 0.005mm 以内。

4) 将工件掉头, 在已磨好的 $\phi 30^{+0.033}_{+0.017}\text{mm}$ 外圆上装好鸡心卡头, 再把工件安装在两顶尖之间。

5) 采用切入法磨削 $\phi 30^{0}_{-0.013}\text{mm}$ 尺寸至要求, 同时用砂轮侧面磨好台阶端面。

6) 卸下工件, 检查质量。

3. 注意的问题

1) 首先用纵磨法磨削工件最长的外圆, 以便找正磨床上工作台, 以保证工件的圆柱度达到公差要求。

2) 用纵向法磨削台阶右边外圆时, 要细心调整工作台行程, 以免砂轮碰撞台阶端面, 但必须使砂轮越过越程槽右边。调