

张璐青 编著

JIXIE LINGJIAN
JIAGONG JIQIAO YU DIANXING SHILI

机械零件

加工技巧与典型实例

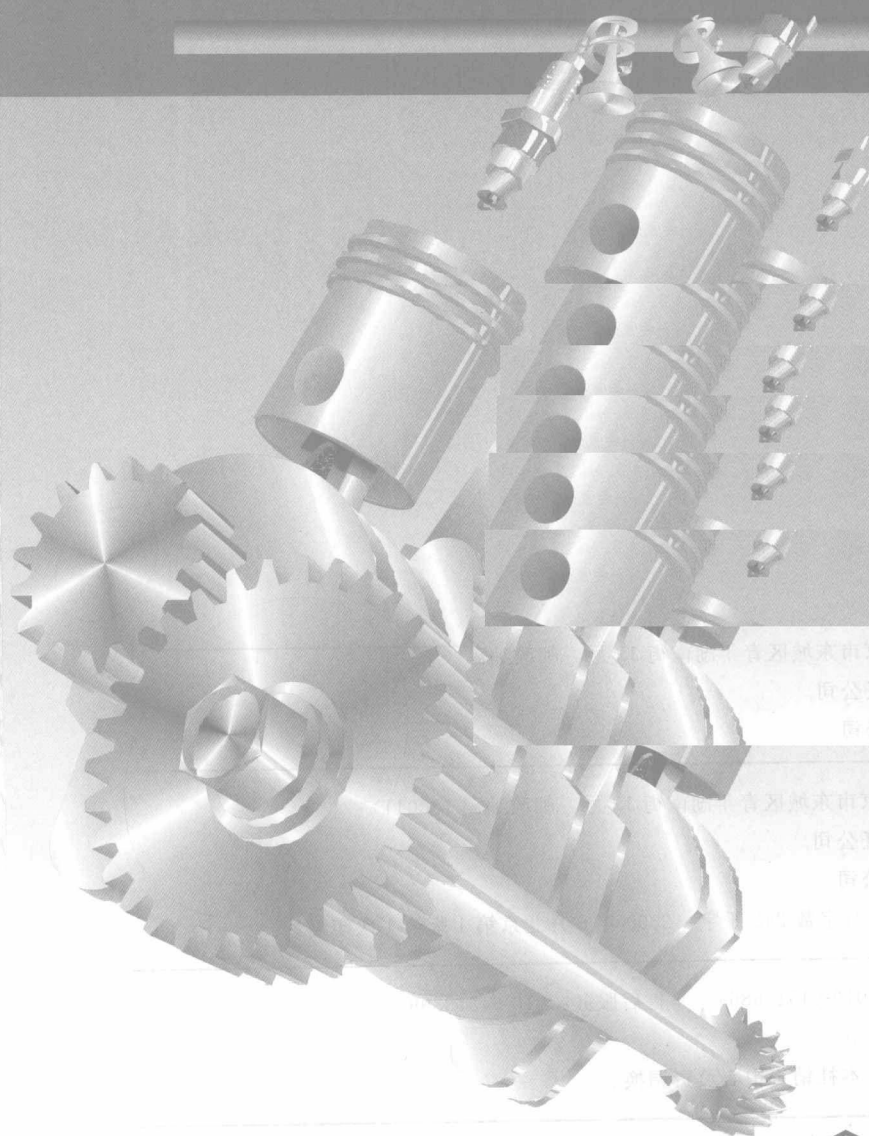


化学工业出版社

张璐青 编著

JIXIE LINGJIAN
JIAGONG JIQIAO YU DIANXING SHILI

机械零件 加工技巧与典型实例



张璐青 张璐青 张璐青



化学工业出版社

·北京·

本书共分6章,内容涵盖了轴类、套类、螺纹及蜗杆、组合件、连杆及叶片类零件以及一些特殊零件的加工技巧与典型实例。书中所引用的实例,大部分来自生产第一线及技术改革的成果。对每个实例均配有详细的工艺分析和技巧说明,数控车和数控铣的实例还配有详细的程序说明。全书内容通俗易懂,实用性强。

本书的读者对象主要是机械加工行业的技术工人,包含车工、铣工、刨工、磨工等,以及从事数控编程和操作工作的相关人员。本书还可作为职业技术学院师生教学和学习的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械零件加工技巧与典型实例/张璐青编著. —北京:
化学工业出版社, 2009. 6
ISBN 978-7-122-04987-2

I. 机… II. 张… III. 机械元件-加工 IV. TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第028574号

责任编辑:黄 滢

文字编辑:张绪瑞

责任校对:李 林

装帧设计:周 遥

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张10 $\frac{3}{4}$ 字数248千字 2009年6月北京第1版第1次印刷

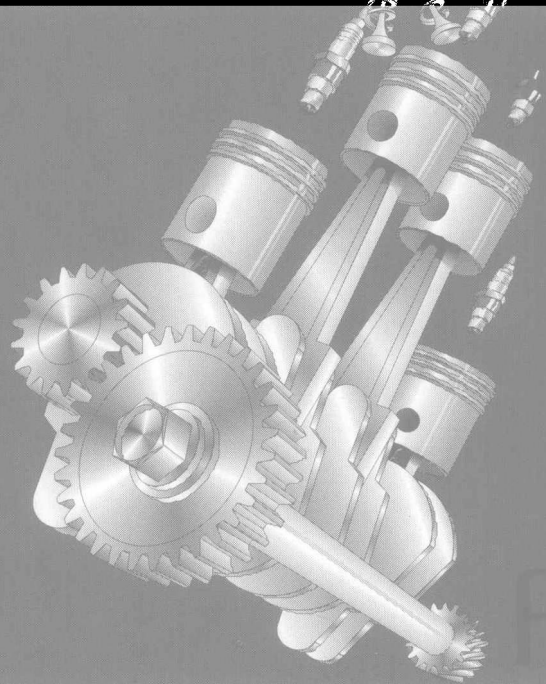
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:29.00元

版权所有 违者必究



前言

Foreword

制造业是我国最大的产业和国民经济重要的组成部分，要实现其又好又快发展，作为制造业生力军的技术工人起着至关重要的作用。我国技术工人数量众多，这部分人群又都渴望能够得到不断的培训和提高，以进一步提升自身的技术水平，实现自己的人生价值。但机械加工涉及的专业知识面较广，经验和技巧性很强，初学者难以很快掌握加工要领。经验丰富的高级技术工人又大多没有将其经验以文字的形式进行传授，多数是一个师傅带几个徒弟。许多经验性的东西无法为广大技术工人所熟知。基于此，笔者编著了本书。

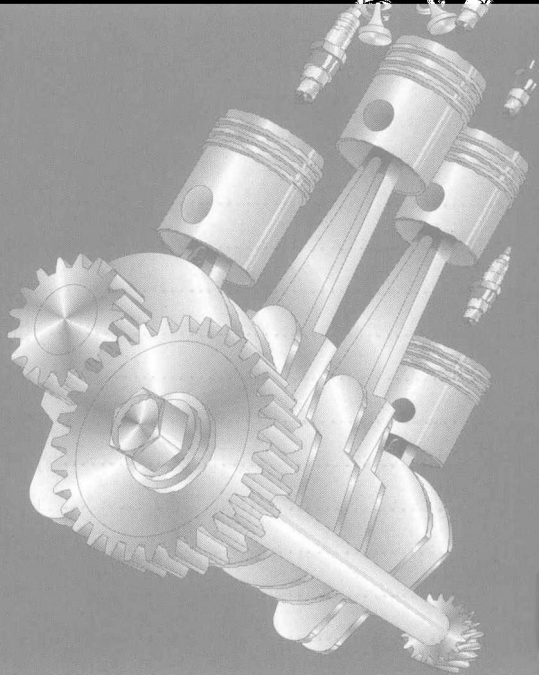
全书共分6章，内容涵盖了轴类、套类、螺纹及蜗杆、组合件、连杆及叶片类零件以及一些特殊零件的加工技巧与典型实例。书中所引用的实例，大部分来自生产第一线及技术改革的成果。对每个实例均配有详细的工艺分析和技巧说明，数控车和数控铣的实例还配有详细的程序说明。全书内容通俗易懂，实用性强。

本书的读者对象主要是机械加工行业的技术工人，包含车工、铣工、刨工、磨工等，以及数控编程和操作的相关人员。本书还可以作为职业技术学院师生教学和学习的参考用书。

本书由株洲技术学院张璐青编著，赵刚、欧阳运良、张红军、贺红妮、张建、曾海为本书的编写做了大量工作。王伟、言俊禹、刘德学、胡琴、雷杰、严钦荣等生产一线的高级技师、技师也为本书提供了大量加工实例素材。刘少军为本书进行了审稿工作。在此一并向他们表示衷心感谢！

由于笔者水平有限，在编写过程中难免有不妥和疏漏之处，真诚希望广大读者批评指正。

编著者

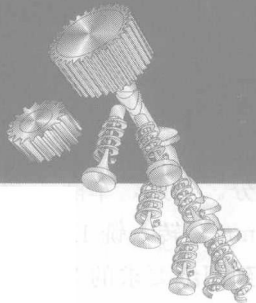


目 录

Contents

第 1 章 复杂轴类零件的加工	1
【例 1-1】 大中型精密轴类零件的加工	1
【例 1-2】 车床光杆的加工	5
【例 1-3】 渗碳轴的加工	10
第 2 章 梯形螺纹及蜗杆的加工	12
【例 2-1】 三线梯形螺纹轴加工	13
【例 2-2】 四线梯形螺纹轴加工	17
【例 2-3】 双线内外梯形螺纹对配加工	21
【例 2-4】 在数控车床上加工双线大螺距梯形螺纹	28
【例 2-5】 蜗杆轴加工	33
【例 2-6】 盲孔内螺纹的加工	38
第 3 章 典型套类零件的加工	41
【例 3-1】 内圆弧轴承套的加工	41
【例 3-2】 滚轮的加工	45
【例 3-3】 加工反射镜座	47
【例 3-4】 不锈钢梯形螺纹套的加工	50
【例 3-5】 球形套的加工	53
【例 3-6】 发动机盖的加工	57
【例 3-7】 双联齿轮的加工	59
【例 3-8】 支架零件的加工	61
【例 3-9】 间隔圈的加工	62
第 4 章 组合件加工	69
【例 4-1】 十字交错五组合件的加工	69

【例 4-2】 椭圆组合件的加工	75
第 5 章 连杆及叶片类零件的加工	89
【例 5-1】 加工杠杆体	89
【例 5-2】 加工连杆	90
【例 5-3】 加工底板	92
【例 5-4】 加工导轮叶片冲压凹模	94
【例 5-5】 加工导轮叶片冲压凸模	105
【例 5-6】 加工轴颈零件	115
第 6 章 特殊零件的加工	129
【例 6-1】 螺旋送料轴的加工	129
【例 6-2】 磨圆弧样板夹具的设计及样板磨削方法	131
【例 6-3】 深孔薄壁球面工件的加工	133
【例 6-4】 系列主动齿轮滚齿的装夹方法	135
【例 6-5】 大型拉刀的修复	138
【例 6-6】 聚酰胺（尼龙）薄壁件的加工	143
【例 6-7】 不锈钢阀门的加工	146
【例 6-8】 阀体类螺纹的加工	149
【例 6-9】 刷座加工质量工艺改进办法	156
【例 6-10】 球面螺纹加工	159
参考文献	162



【例 1-1】大中型精密轴类零件的加工

加工图 1-1 所示大中型精密轴类零件，试进行工艺分析，并对工艺问题提出处理方法。

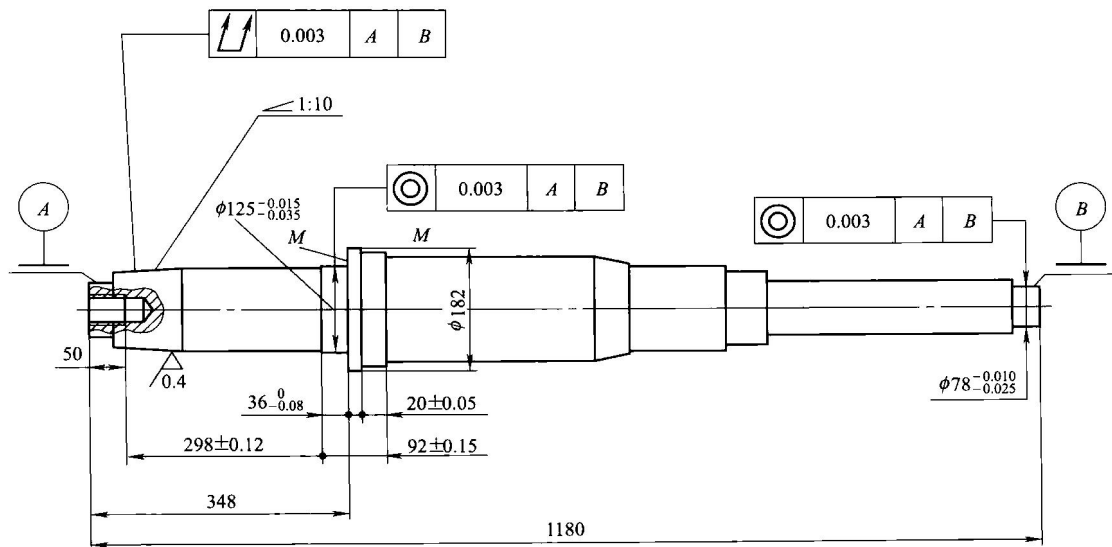


图 1-1 大中型精密轴零件

(1) 加工工艺分析

① 加工难点分析

该零件直径大、工件长、自身重量大，在实际加工过程中装夹困难，车削时无法按常规将工件塞入主轴孔装夹；工件长度基本接近车床床身的长度极限；自身重量大、靠人力无法直接搬运及装卸；精度要求高，一旦出现废品损失较大。解决此类零件的加工问题，主要从加工工艺、刀具、测量以及工艺定位基准着手，既能保证安全，又能保证加工质量，同时还兼顾提高生产效率。

② 工件的装夹方法

工件的毛坯是 $\phi 200 \times 1200$ 的 38CrMoAlA 圆钢，自身的质量有 130kg 以上，在车床上打中心孔既不方便又不安全。故安排在 T68 镗床上打两端的中心孔 B5-GB 87。两顶尖装夹粗车（后顶尖采用活动顶尖），较之常用的一夹一顶粗车装夹方式，装卸方便且整个系统刚性、稳定性较好。留量 3~4mm，调质热处理 230~248HB。该材质热处理变形不大，一般不需要进行校直，但检测变形量是否小于加工余量却是必不可少的一道工序。清洁中心孔后，两顶尖装夹（后顶尖采用硬质合金死顶尖）加工过程中需始终注意其温度的变化，防止因为高温而造成的顶尖开裂甚至是脱落，导致工件掉落砸坏设备，精车所有外表面、精车所

有长度尺寸至工艺要求。其中,在加工沟槽及螺纹时容易发生振刀的现象,采用中心架作为辅助支撑后可以有效地解决这一问题。换装四爪卡盘,一夹一托装夹,车平两端面,加工内孔部分。至此,车削工序完成,转入粗磨工序,先是粗研中心孔,粗磨留精磨量 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$,转入铣工序,粗、精铣各个键槽,完成后上磨床精研中心孔定位锥面,直至其圆度达到图纸要求的 $3\mu\text{m}$ 以下,之后精磨各尺寸至要求。

(2) 刀具及切削用量的选择

① 粗加工切削用量及刀具的选择方法

a. 刀具的选择 考虑零件加工特点,结合考虑材料本身的切削性能(热处理前加工性能较好)和加工条件,选用 YT14 的牌号,粗车刀主要解决刀具的强度问题,刀具前角为 15° ,主偏角为 75° ,后角较小为 5° ,副偏角也较小,为 3° ,刃倾角为 8° ,取正值。通过实验和对比,以上切削参数的刀具可以获得理想的断屑效果和较高的耐用度(图 1-2)。

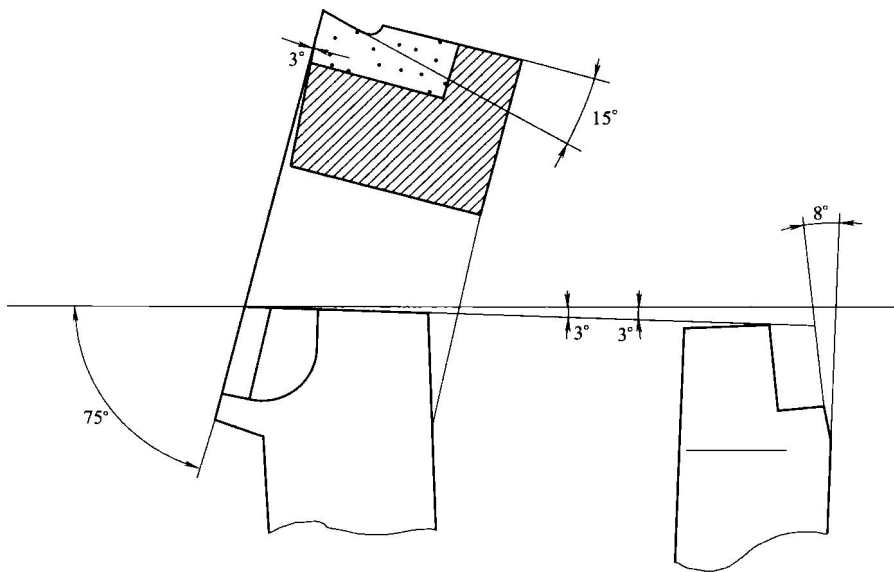


图 1-2 大中型精密轴零件的粗车刀

b. 切削用量的选择

- 采用中、低切削速度。因为工件的直径较大,自身重量大,故不宜采用较高的转速,以免产生较高的切削温度,使刀具耐用度降低。

- 采用大的背吃刀量、大的进给量,以提高加工效率。

② 精加工刀具的选择 在半精车、精车时,由于材料经过调质热处理,强度、韧性和硬度均有所提高,用 YT15 的刀具加工磨损很严重,而使用 YW1 的刀具加工,可提高加工的表面质量及刀具的耐用度,切削效果均有所改善。需要注意的是,此时的加工已经不宜采用断屑而必须用卷屑的方式来处理切屑,精车时刀具的几何参数见图 1-3。

(3) 轴向尺寸的控制与测量

在车床上加工轴类零件,径向尺寸由于外表面互为基准,所以测量与控制都比较容易。而轴向尺寸的控制则要复杂一些。首先必须确认零件轴向尺寸的设计基准,方可安排合理的

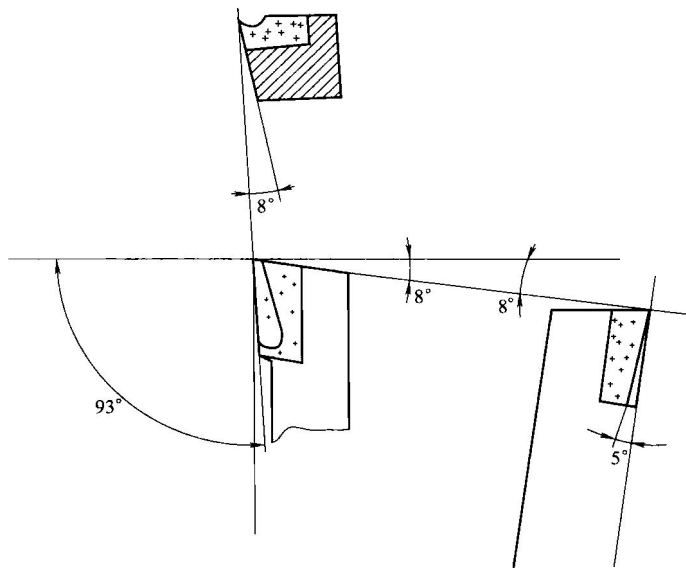


图 1-3 大中型精密轴零件的精车刀

加工路线；其次，由于设计基准与工艺基准（测量基准）有可能不重合或者因为径向尺寸大小不一而带来一系列问题使加工、测量感到非常棘手。如图 1-1 所示，端面 M 为该轴左半部分轴向尺寸的设计基准，端面 N 为该轴右半部分轴向尺寸的设计基准。所以加工该轴的左端，必须先加工 M 面，再以 M 为基准加工 N 面，然后再以 N 面为基准控制该轴右端的轴向尺寸。而 M 、 N 间的尺寸控制由于两外圆直径相差较大，测量很不便。为解决测量问题，可特制专用量具，即将一把新的 300mm 的长脚游标卡尺截掉半支脚（截掉部分长度为两外圆半径之差），专门用来检测这一尺寸。但效果仍不够理想，很难把握真实尺寸。分析图 1-4 可知，相关联的 4 个尺寸中，除 A_4 不好测量外，其他 A_2 、 A_3 、 A_1 用深度游标卡尺都很好控制。通过建立尺寸链换算，封闭环 A_4 的尺寸可以计算出来。类似的情况在这根轴上还有一处，就是孔的端面到 M 的距离，也是由于无法直接测量，而必须通过尺寸链的计算（见图 1-4）来获得可以直接测量的数据。

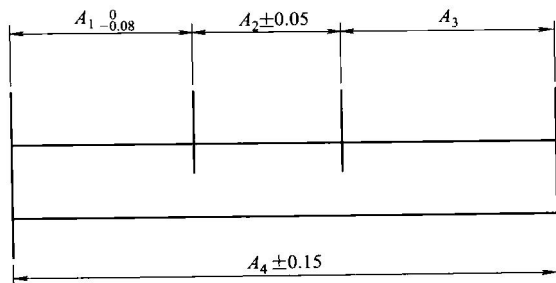


图 1-4 尺寸链图

（4）定位基准的确定

轴类零件径向定位基准粗加工时一般可以用三爪自定心卡盘以外圆定位，精加工时则常

采用中心孔，应用基准统一的原则即粗车、精车、铣削及磨削等多道工序采用同一基准，既方便快捷进行定位，又能较好地保证定位精度，避免了由于定位基准不统一而带来的加工误差。

粗车时所用中心孔可放在 T68 镗床上加工，对其位置度及形状度要求不是很高，只要将圆度控制在 0.015 以内即可，若圆度误差超过 0.02 ，则精加工时中心孔的修整将变得非常困难。而影响加工精度。

精加工时中心孔可在磨床上与硬质合金死顶尖自研磨而获得。

(5) 加工误差分析及控制

由于该轴形状公差、位置公差要求都非常高，如对两轴承位置的同轴度误差的要求是小于 $3\mu\text{m}$ ，圆锥面对轴线全跳动误差的要求小于 $3\mu\text{m}$ ，圆锥面的配合要求是涂色检查着色面积大于 95% ，而要满足这些加工精度的要求，则必须保证设备的精度和定位基准的精度达到要求。

加工中较容易出现的问题是圆度误差无法控制到 $3\mu\text{m}$ 以下，故而导致同轴度误差、圆跳动误差及锥面着色面积均会超差。

产生误差的可能原因如下。

① 研磨设备精度达不到要求，应严格控制和检查主轴精度、导轨精度、尾座中心高、砂轮的动、静平衡等与圆度误差相关的项目指标。

② 中心孔的精度达不到要求。中心孔是在磨床上与硬质合金死顶尖自研磨而成的，要保证足够的研磨时间。

③ 顶尖接触面过长，出现过定位。两顶尖的装夹方式从定位原理上分析，一般可以把一个中心孔的圆锥面视为一个点，两顶尖装夹后，除 X 轴的转动外，其余 5 个自由度均被限制。然而该轴自身重量大，其一端的中心孔为 B6.3/GB 87，锥面长度接近 8mm ，另一端的定位锥面长度更大，接近 10mm 。相对于该轴的长度与重量，这两锥面本不算长；但以这两锥面作为定位基准面，加工如此高精度要求的轴，则可能出现干涉。这是因为此时的中心孔已经不能再视为点，而应该看作短圆锥面，前顶尖限制了沿 Y 轴和 X 轴及 Z 轴的移动；后顶尖也限制了工件沿 Y 轴和 Z 轴的移动及两个转动；产生了重复定位而影响加工精度。可将后顶尖孔的一个锥面改短至 3mm 左右或是将 B 型中心孔改为 R 型中心孔，以避免重复定位。

(6) 加工技巧总结

① 对于超长的轴类零件，在车床上打中心孔既不方便又不安全。安排在 T68 镗床上打两端的中心孔较好。

② 加工外圆时采用两顶尖装夹，粗加工时后顶尖用活动顶尖，精加工时采用硬质合金死顶尖以保证零件的加工精度。

③ 在加工沟槽及螺纹时容易发生振动，采用中心架作为辅助支撑后可以有效地解决这一问题。换装四爪卡盘，一夹一托装夹，车两端面，加工内孔。

④ 在半精车、精车时，为减少刀具磨损，可用 YW1 代替 YT15 的刀具材料，以改善工件加工的表面质量、提高刀具寿命。为提高断屑效果，卷屑槽采用前窄后宽的小圆弧形式，磨正值刃倾角，以控制切屑流向。

⑤ 为保证 $3\mu\text{m}$ 零件的圆度公差要求, 应保证机床有良好的精度, 并保证中心孔的研磨精度, 特别是两顶尖孔与顶尖的接触长度不要太大, 或将一处中心孔改成 R 型, 以免发生干涉和过定位而影响圆度公差要求。

【例 1-2】 车床光杆的加工

加工图 1-5 所示的车床光杆。

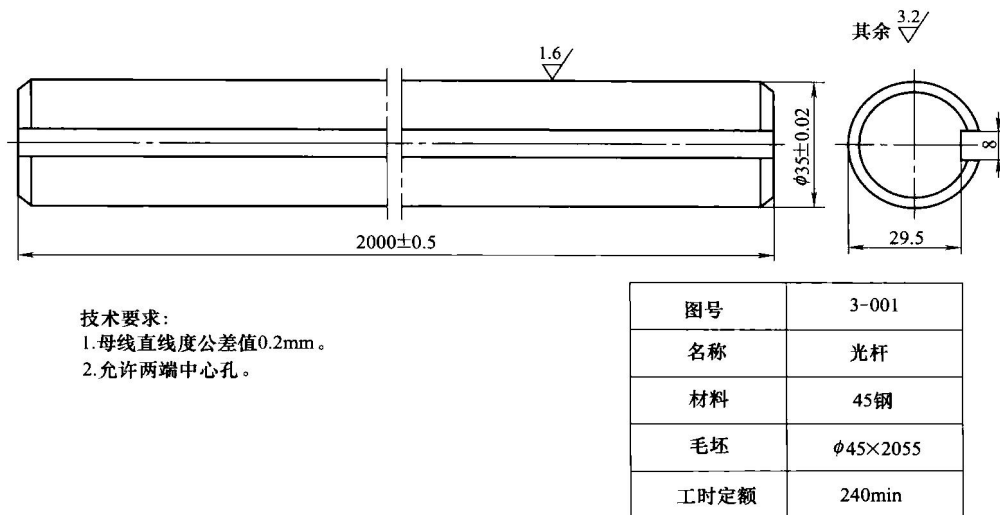


图 1-5 车床光杆的加工

(1) 主要技术要求

- ① $\phi 35 \pm 0.02$ 外圆全长 2000mm 。
- ② 侧母线直线度允许差 0.2mm 。
- ③ 外圆柱面全部 $1.6/\sqrt{\text{ }}$ 。

(2) 工艺分析及难点解决方法

此光杆实为细长轴类工件 ($L/D > 20$), 其形状虽不复杂, 但从该零件主要技术要求及零件长度来看, 要保证 4h 按质按量完成零件加工, 并非易事, 操作者必须仔细考虑各加工环节可能存在或出现的问题, 确定正确可行的加工方法, 确保加工顺利进行。

① 此轴细长, 具有柔、软、弯特性。切削时, 要充分考虑径向切削分力对加工的影响, 选择合理的几何角度, 适时调整跟刀架支承爪支承力度。

② 由于该轴比较长、刚性差, 受本身重力影响使轴中部下垂、旋转时, 受离心力作用后产生机械振动, 影响正常加工。宜采用三支承爪跟刀, 如图 1-6 所示。

③ 光杆轴热膨胀性不容忽视。工件加工时切削热和跟刀架支承爪与工件间摩擦热会使工件受热后伸长弯曲而变形, 造成支承爪与工件接触不均匀, 产生加工振动, 应采用合理的工件装夹方法与反向车削法的进刀方式。

④ 加工时, 由于刀具进给距离比较长, 由刀具起刀点至终点, 刀具易磨损, 工件容易形成锥度误差。加工时应选择合适的刀具材料和合理的切削用量。

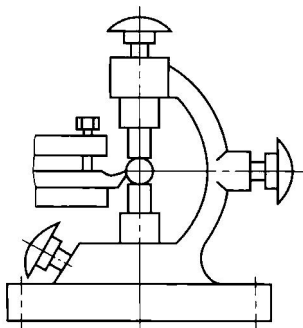


图 1-6 三支承爪

(3) 设备选择

可选择 C6140 加长型车床，主电动机功率 7kW 以上，普通精度。尾座与主轴旋转中心等高，高度误差不大于 0.10mm。

(4) 加工方法与步骤

① 调质处理 T235，调质处理能使材料获得良好的综合力学性能，对材料的软、易弯曲的特性有所改善。

② 毛坯料校直 校直可使车削余量均匀，减少车削时间，也可减少因工件不直旋转时带来的离心力，避免加工振动，一般采用机械敲打法校直。但按常规方法敲打之处若在凸处易造成材料急剧变形，应力集中，产生材料缺陷；故采用反击法校直较好，即用弧面扁锤敲打凹面一方，从工件弯曲中心向两侧渐进敲打，使凹面处金属延伸，从而达到毛坯伸直的目的，如图 1-7 所示。扁锤内弧面的圆弧半径应大于毛坯工件的半径（图 1-8）。此法适于毛坯弯曲较小情况，当毛坯件弯曲较大时，应采用热校直或其他校直方法。

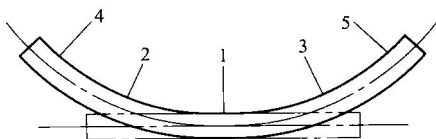


图 1-7 反击校直

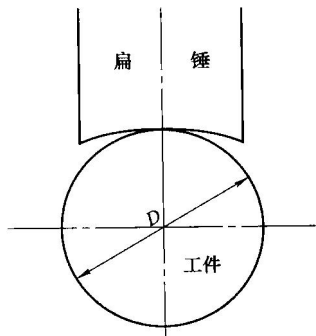


图 1-8 扁锤敲击工件示意

③ 车端面，钻中心孔 将毛坯工件穿入机床主轴孔内卡紧（塞木材或橡胶等物以防工件跳动），先车端面，而后车一段外圆（为跟刀架支承爪圆弧修磨做准备），外径大小应与粗

车工件第一刀后工件直径大小相仿，长度约为 40mm，表面粗糙度 R_a 为 $12.5 \sim 63 \mu\text{m}$ ，钻中心孔，注意 60° 内锥圆弧的正确与光整。同样方法，工件掉头装夹一端车小段外径，长约 30mm， R_a 为 $3.2 \sim 6.4 \mu\text{m}$ ，只要车成即可。

④ 采用一夹一顶方法装夹工件（图 1-9）但应在卡盘夹紧工件的卡爪面垫入 $\phi 4 \times 20\text{mm}$ 钢丝圈或缺口钢环，夹入长度 $15 \sim 20\text{mm}$ ，使工件与卡爪为线接触，以便减少定位接触长度，防止因过定位导致的对工件的干涉而引起的工件弯曲变形；轴尾处安装可使用轴向伸缩的弹性活动顶尖，当工件发生受热膨胀时，顶尖能作微量轴向位移，减少因工件伸长而导致的弯曲变形压力。后顶尖安装的松紧程度应适当，安装时，可用手指轻轻夹住活动顶尖，以工件转动时能带动活动顶尖旋转为宜；车削过程中，要随时注意将顶尖逐步后退少许，只要冷却得当，此工件最多不会超过 0.5mm 热变形伸长量；加工时最好采用三爪跟刀架，以增加支承面积和支承刚性。

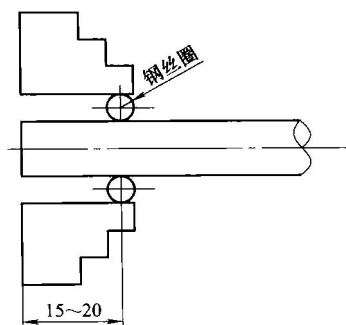


图 1-9 反向车削装夹示意

⑤ 研磨跟刀架的支承面 车削细长轴时，跟刀架必须安装牢固，使各支承块（材料 HT200）与工件研磨后保证紧密贴合，切削运转时呈精密滑动配合，良好接触。

支承爪与工件的接触好坏是车削此细长轴的技术关键之一，要使支承爪表面如同轴瓦与轴一般能很好地承受切削力，同时不易磨损，保证工件切削平稳持久。因此，应在每粗车一刀之前，必须研磨支承爪的圆弧面使之与工件轻度接触，保持很小的间隙配合，要求既不能太松，也不能太紧。

修整方法：以 600r/min 以上转速使工件转动，让跟刀架各支承爪与已粗加工好的工件圆柱表面接触，并逐渐加压（不加切削液）。反复研磨后，用切削液冲洗掉金属粉末，再注入机油精磨，可提高支承爪的密合度和表面硬度，约 $2 \sim 3\text{min}$ 后，得到一个与工件外圆尺寸相近的光滑内圆弧表面，可作为粗加工光杆第一刀使用。

若支承爪研磨不到位将会给光杆的加工带来较大的影响，如图 1-10 所示。图 1-10 (a) 所示支承弧正确。图 1-10 (b) 所示支承爪圆弧过大，在车削中易产生振动。图 1-10 (c) 所示支承爪圆弧过小，支承爪与工件线接触，易磨损，工件圆柱面易加工成棱柱形、椭圆形或麻花形。

光杆在粗车第二刀前也应做相应的支承爪研磨，不同的是粗圆柱的准备尺寸应改为与车完第二刀后即得工件直径尺寸相近。

⑥ 进给方向选择 车削此轴时，宜采用反向进给方式，即进给方向从床头走向尾座，

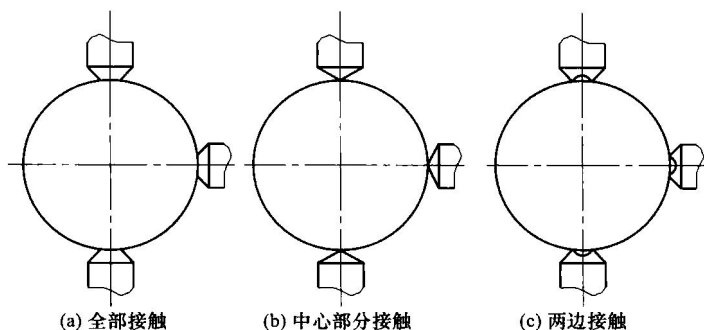


图 1-10 跟刀架支承爪接触位置

能有效减少工件径向跳动而达到消振目的（图 1-11）。这是因为车削时使用三爪跟刀架，加工时的主切削力和径向切削力主要由跟刀架承受，轴向切削力是应考虑的主要问题，反向进给轴向切削力 P_x 指向工件尾座端（图 1-11）。与正向进给时工件承受压力的状态相反，故能起到将柔性长轴拉直的作用，这种车削细长工件时“变压为拉”的车削方法能很好地防止工件变形弯曲。

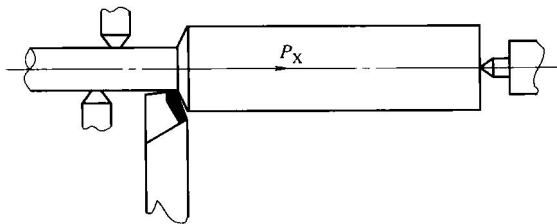


图 1-11 反向切削工件受力状况

车前，先靠近卡爪处车跟刀支承基准，大小为第一刀应车至尺寸，长度应长于支承的直径约 15~20mm 并在准备接刀处车成小于 45° 的倒角，防止接刀时“让刀”现象而产生“竹节形”误差，跟刀架支承爪应在车刀后 3~4mm 处，距离不能太远，以免工件受力后产生振动。在加工过程中，要始终保持切削区域充分冷却，以减少跟刀架支承爪磨损而失去支承精度，且应随时关注跟刀架支承情况，适时调整避免过松过紧现象。

⑦ 粗车工艺 采用反向车削，两刀粗车到留精车余量（一般 0.05~0.10mm）。

a. 粗加工工具的选择 75° 粗车刀，刀片材料 YT15，如图 1-12 所示。

刀具特点：

- 主偏角较大，使径向力减小，轴向力增加，能减少切削振动，拉直工件而防止弯曲变形；

- 前角 $15^\circ \sim 20^\circ$ ，切削刃锋利，切削轻快；

- 断屑槽磨成 $R2.5 \sim 4.0\text{mm}$ ，有良好的卷屑作用，并增大实际切削前角，装刀时刀尖应略高于中心 0.1~0.15mm，可增大前角、减小切削力，在切削中利用刀尖部分托住工件，用以抵消跟刀架支承爪作用力，实际上起到相当于跟刀架第四支卡爪的作用。

b. 切削用量的确定 切削速度 $v = 32\text{m/min}$ ，进给量 $f = 0.3 \sim 0.35\text{mm/r}$ ，切削深度 $a_p = 3 \sim 5\text{mm}$ 。

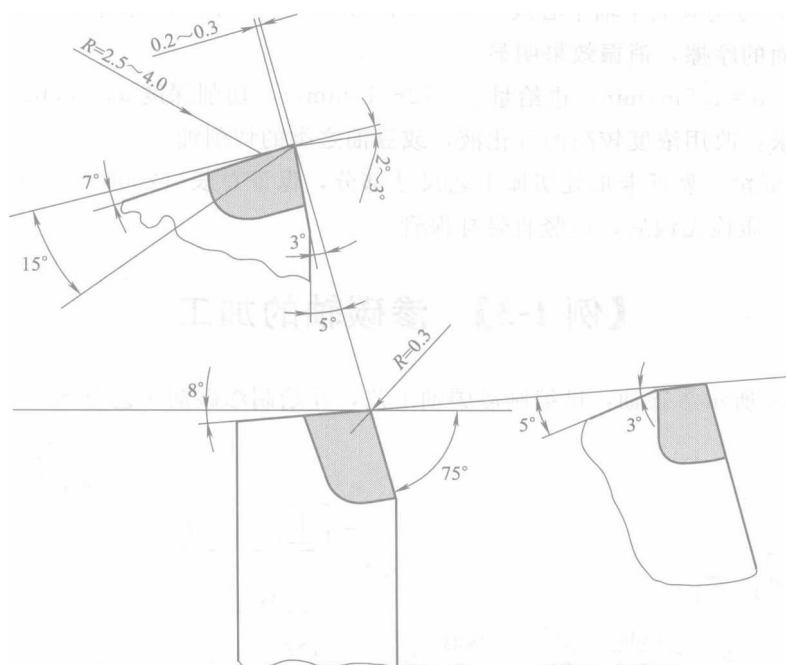


图 1-12 75°粗车刀几何形状

c. 冷却要求 粗车全程用浓度较低的乳化液充分加注。

⑧ 精车工艺 一般采用低速车削，宽刃弹性刀杆（若精车满足 $L/D < 50$ 的细长轴时可使用 93° 偏刀中高速切削），进行大走刀精车，如无此种弹性刀杆，也可使用高速钢刀条代替，如图 1-13 所示。

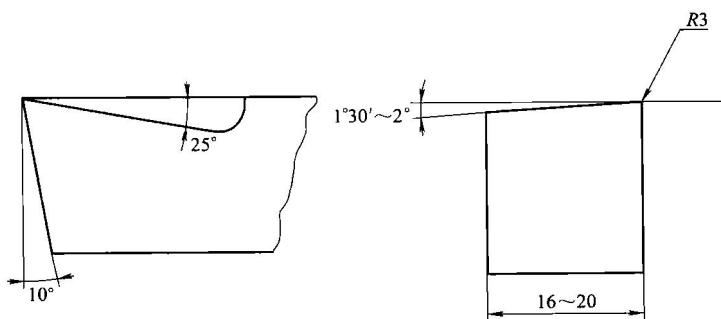


图 1-13 高速钢精车刀几何形状

精车刀特点：

- 刀具有较大前角，刀尖无倒棱，切削轻快，切屑呈铝薄纸状；
- 刀刃宽度大于进给量 1.5 倍以上，可以修光工件表面；
- 用 $1^\circ 30' \sim 2^\circ$ 刀倾角，切屑沿待加工表面排出；
- 刀刃必须研磨平直；

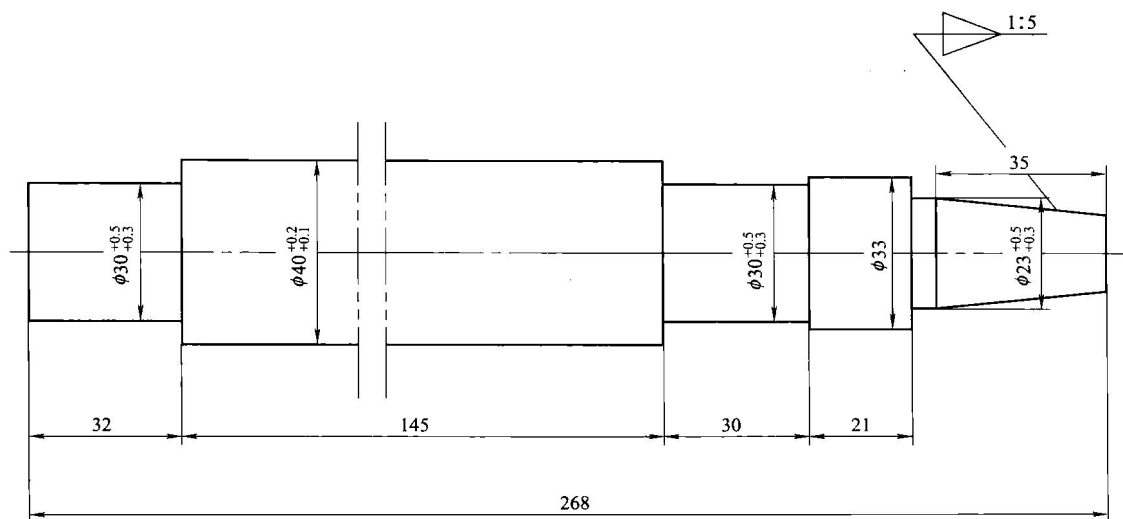


图 1-15 渗碳轴工艺草图

色检查，接触面应大于 50%；掉头装夹车削时，应保证要磨削的表面与两中心孔的径向圆跳动公差小于 0.1mm。

b. 热处理 渗碳并校直，磨削的表面与两中心孔的径向圆跳动公差小于 0.2mm。

c. 去碳车削 中心架支承挡，一端夹住，用中心架支承另一端，去端面 3mm，重打中心孔；掉头车削，取总长打另一中心孔；半精车螺纹外圆，留余量 1mm，磨削长度控制 30 及 $\phi 23$ 外圆控制长度 44mm；切槽 $2 \times 2 \times 0.5$ 至尺寸，倒角。

d. 热处理 淬火至 58~63HRC。

e. 研 研磨两中心孔。

f. 粗磨 将 $\phi 40$ 外圆磨至尺寸；粗磨两处 $\phi 30$ JS6、 $\phi 23$ 外圆及锥面，均留余量 0.2~0.25mm。

g. 热处理 低温时效，以消除内应力。

h. 精车 一夹一顶车削螺纹退刀槽及螺纹外圆、螺纹至尺寸。

i. 研 研磨中心孔。

j. 精磨 精磨两处 $\phi 30$ JS6、 $\phi 23$ 外圆及锥面，注意端面垂直度及锥面接触面大于 70% 的技术要求。

k. 检查，清洗，涂油，入库。

(2) 加工技巧总结

渗碳轴一般是轴颈处需淬火，故在粗车、半精车、渗碳淬火后进行磨削加工；而螺纹及两端面不需淬火的部位则必须考虑需在渗碳后进行去碳（去碳层单边约为 3mm），后再淬火，淬火后工件由于去掉了渗碳层属低碳仍可进行精车，以完成螺纹及两端面加工。