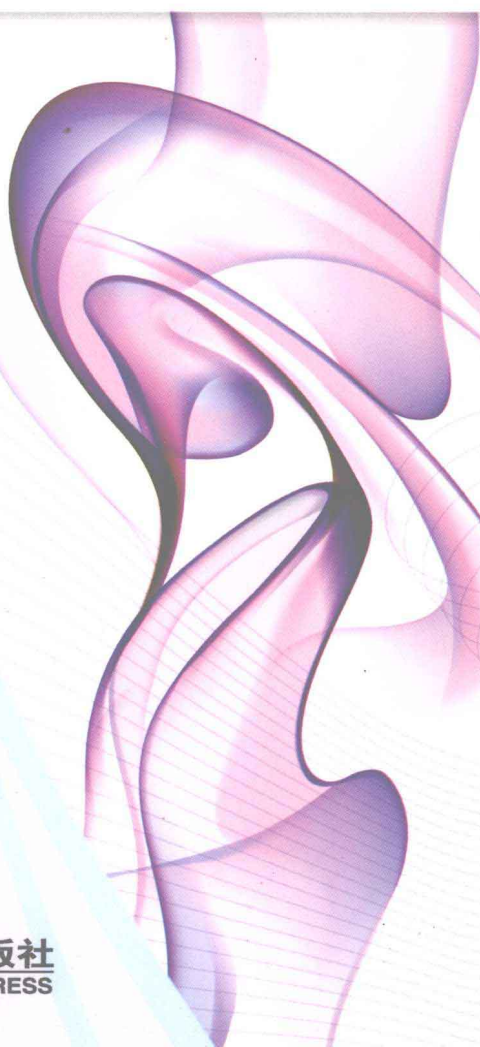


高等职业教育机械制造与自动化专业规划教材
国家示范性高职院校建设项目成果

主轴制造

■ 娄岳海 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高等职业教育机械制造与自动化专业规划教材
国家示范性高职院校建设项目成果

主 轴 制 造

主 编	娄岳海	
副主编	王循明	
参 编	邹菊花	潘晓东
主 审	周纯江	

机 械 工 业 出 版 社

本书是国家示范性高职院校重点建设专业——机械制造与自动化专业的核心教材之一,依据《主轴制造课程标准》编写。本书充分体现了项目课程的设计思想,以选自企业实际生产的机床主轴零件为载体,按企业制造主轴的工艺流程依次排列项目,循序渐进,并在项目基础上进一步细分模块,以培养学生具有主轴零件加工的工艺过程设计、设备选择、主要工装的选择与设计、工艺规程的编制和操作、质量检测与质量分析,以及生产运作管理等基本职业能力。

本书适用于高等职业院校机械制造与自动化专业,也可作为高等职业院校相关专业、中等职业学校机电类专业、企业培训的教学参考书,并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

主轴制造/娄岳海主编. —北京:机械工业出版社,
2010.9

高等职业教育机械制造与自动化专业规划教材
国家示范性高职院校建设项目成果
ISBN 978-7-111-31741-8

I. ①主… II. ①娄… III. ①主轴-制造-高等学校:
技术学校-教材 IV. ①TH133.2

·中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第171247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:王海峰 责任编辑:王海峰 于奇慧

版式设计:霍永明 责任校对:任秀丽

责任印制:杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2011年1月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·16.25印张·399千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31741-8

定价:28.00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

序

2006年,教育部启动了以重点专业建设为主要任务的国家示范性高等职业院校建设,目的是通过示范建设,全面推进高等职业教育的专业建设水平,探索并形成中国的高职教育特色。专业建设改革的主要内容是人才培养模式改革、课程体系构建、课程建设与教学模式改革。其中,人才培养模式是指导性的原则,人才培养方案与课程体系是实施性的支撑,课程建设与教学模式改革是基础性的保障,其根本的出发点是提高技能型人才的培养质量。

工艺在振兴装备制造业中起着基础性作用,浙江省的一些中小企业由于工艺管理不善、工艺纪律松弛、工艺技术相对落后,制约了制造业企业的快速发展。有鉴于此,浙江机电职业技术学院机械制造与自动化专业构建了“夯实机械基础、强化工艺实施、启迪创新思维、注重技能训练”的能力递进专业课程体系,为浙江省中小企业培养生产一线未来的“机械制造工艺师”。

示范建设过程中,在浙江省机械工业联合会的行业专家和杭州前进齿轮箱集团有限公司、浙江杭叉工程机械股份有限公司、浙江联强数控机床股份有限公司等制造业企业技术专家的参与指导下,机械制造与自动化专业将工艺实施能力确定为专业人才培养的核心能力,并在浙江省人力资源和社会保障厅的支持下,共同开发了浙江省机械制造工艺师职业标准。通过工艺师职业岗位典型工作任务分析,设计了传动轴制造、主轴制造、箱体制造、异形件制造四门核心课程,将工艺师职业标准内容通过学、练、做一体化的项目模块课程加以实施。

四门核心课程通过对原机械制造工艺、现代加工设备、切削原理与刀具、机床夹具设计等课程的知识内容进行分解与组合,以传动轴→主轴→箱体→异形件四类零件的制造过程为载体,按照图样分析过程、工艺分析过程、工艺方案制订过程、主要工装设计过程、生产组织、产品质量检验与分析处理过程的工艺实施流程整合教学内容。但反映的典型工艺技术各有侧重,加工工艺由易到难,专业知识由浅入深;课程的部分教学外移至企业进行,同时开展企业实践。学生要了解传动轴等四类零件的整个生产流程,独立完成传动轴的加工和其他零件如主轴等的精加工工序,对所编制工艺文件进行验证和修改,将教学与实际零件的加工过程相融合,从而提高工艺实施能力。

四门核心课程遵循能力培养的递进规律,通过每个零件制造的工艺流程循环和各类零件的学习内容循环,由浅入深、由简到繁地培养学生的工艺实施能力。该学习过程有效地改变了学生由于一门课程不合格而造成的评价考核问题,

并通过多次循环不断强化和巩固了学生的知识和能力。

为了较好地解决知识系统化与教学实施项目化的形式冲突,机械制造与自动化专业在课程教学内容组织过程中,将以往以学科化课程为核心的教学内容组织形式改为以项目为导向的教学内容组织形式,即将相关课程内容按工艺实施工作过程的知识目标、技能目标划分成若干个教学模块。如将工艺规程编制过程中的刀具应用内容分解为:金属切削原理、刀具基础、车刀选择与应用、铣刀选择与应用、孔加工刀具选择与应用等;再将各课程教学模块根据每个加工零件的项目知识目标、技能目标及实践训练项目教学要求进行组合,构建正交流程的项目课程教学内容。教学过程中结合具体零件分别将图样分析、工艺分析、刀具及夹具技术与应用、技术测量等按教学模块组织教学,一个具体零件结束后再进行下一个零件的项目教学,形成了一种纵、横配合的“坐标系”活页教材:每一模块均以零件工艺实施工作过程编写教学内容,形成纵向的项目形式教材;当需要进行系统知识学习时,可按横向技术方向将各项目中的相关活页组合,形成如“金属切削机床”、“切削原理与刀具”、“机械制造工艺”、“夹具设计”等知识系统化形式教材,最终形成纵贯的传动轴、主轴、箱体、异形件四个项目行动导向课程教学体系与横切的若干相对系统学科知识体系。

四门核心课程以零件制造项目为载体,以工艺实施流程为线索,实现了课程教学内容的解构和重构,在实施项目教学的同时也保证了知识的系统化。希望能在高职的改革大潮中,形成一定的专业特色。

屠 立

前 言

为深化高等职业教育教学改革,探索工学交替、任务驱动、项目导向、顶岗实习等有利于增强学生能力的教学模式,加强高职院校学生实践能力和职业技能的培养,浙江机电职业技术学院机械制造与自动化专业作为国家示范性高职院校重点建设专业,与行业、企业专家合作,设置了以机械制造工艺实施为主线的课程体系。本书依据《主轴制造课程标准》编写,是专业核心系列教材之一。

《主轴制造》是轴的制造中的提高篇,通过主轴制造中相关知识和技能的学习,目标是让学生在掌握普通传动轴零件加工的基本知识和基本技能的基础上,培养学生具有精密主轴零件加工的工艺过程设计、设备选择、主要工装的选择与设计、工艺规程的编制和操作、质量检测与质量分析,以及生产运作管理等基本职业能力。

本书具有以下主要特点:

1. 教材充分体现了项目课程设计思想。教材以主轴制造项目为载体实施教学,以完成主轴加工的工作任务来驱动,通过选自企业实际生产的机床主轴零件,按企业制造主轴的整个工艺过程组织教材内容,培养学生完整、合理地编制主轴零件的机械加工工艺规程、组织批量生产、进行质量检测与质量分析的应用能力。

2. 教材的编排形式遵循项目课程的原理。教材按照主轴制造工艺流程依次排列项目,循序渐进;并在项目的基础上进一步细分模块,体现内容的连续性和完整性,便于学生对主轴制造知识的掌握与应用。

3. 教材突出对学生综合职业能力的训练。每个项目首先明确教学目标,每个模块按照教学目标、案例分析、相关知识及针对性练习编写,既易懂易学,又符合生产实际。理论知识和技能要求的选取紧紧围绕主轴制造工作任务完成的需要进行,同时又充分考虑了高等职业教育对理论知识学习的需要,并融合了机械制造工艺师职业资格证书对知识、技能和素质的要求。

4. 教材体现了“新知识、新技术、新方法”等内容。教材将主轴制造过程中的新技术、新工艺和新方法及时纳入其中,以贴近企业实际需要和机械制造行业的发展。

本书由浙江机电职业技术学院娄岳海任主编,浙江机电职业技术学院王循明任副主编,参与编写的还有浙江联强数控机床股份有限公司邹菊花、杭州前进齿轮箱集团有限公司潘晓东。其中项目一、项目二、项目三由娄岳海编写,项目四由邹菊花编写,项目五由王循明编写,项目六由潘晓东编写。全书由娄岳海统稿,由周纯江审阅全稿。

本书在编写过程中得到浙江联强数控机床股份有限公司和杭州前进齿轮箱集团有限公司的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有不足之处,恳请广大师生和读者提出宝贵意见,以便今后修改、完善。

编 者

目 录

序

前言

导论	1
项目一 主轴零件的加工工艺过程设计	4
模块1 主轴零件的工艺分析	4
模块2 主轴零件的材料与毛坯选择	7
模块3 主轴零件的工艺过程设计	30
项目二 主轴零件精加工设备的选择	57
模块1 数控车床的选择	57
模块2 外圆磨床的选择	80
项目三 主轴零件主要工装的选择与设计	94
模块1 数控车刀的选用	94
模块2 砂轮的选用	111
模块3 数控车床夹具、外圆磨床夹具的选用与设计	123
项目四 主轴零件的工艺规程编制及加工操作	131
模块1 主轴零件工艺规程的编制	131
模块2 主轴零件的切削加工操作	177
项目五 主轴零件的质量检测与质量分析	181
模块1 主轴零件的加工质量检测	181
模块2 主轴零件的加工质量分析	187
项目六 主轴零件的生产计划编制与生产调度	221
模块1 主轴零件成批生产作业计划的编制	221
模块2 主轴零件成批生产的进度控制	243
附录 主轴制造课程标准	247
参考文献	252

导 论

一、课程性质

本课程是机械制造与自动化专业核心课程，是一门实践性、综合性、灵活性较强的专业技术课程。通过主轴制造中相关专业技术知识的学习，目标是让学生在掌握普通传动轴零件加工的基本知识和基本技能的基础上，培养学生具有精密主轴零件的切削加工、设备选择、主要工装的选择与设计、工艺规程的编制、质量检测与分析，以及生产运作管理等基本职业能力。本课程要以机械制图、机械设计基础、产品几何技术规范基础、数控编程实训等课程的学习和具备机械加工中级工水平为基础，是轴的制造中的提高篇，必须在学习了传动轴制造课程后进行，同时也是进一步学习箱体制造、异形件制造等课程的基础。

二、课程内容

本课程打破了以知识传授为主要特征的传统学科课程模式，转变为以企业实际生产的机床主轴零件为载体，以完成主轴制造任务为中心、按企业制造主轴的整个工艺过程组织课程内容。为此，我们选取了某公司生产的 LK32-20207 数控车床主轴作为项目案例（其立体图如图 0-1 所示，平面图如图 0-2 所示），按照该主轴加工工艺流程依次排列项目。本课程的内容包括主轴零件的加工工艺过程设计、主轴零件精加工设备的选择、主轴零件主要工装的选择与设计、主轴零件的工艺规程编制及加工操作、主轴零件的质量检测与质量分析、主轴零件的生产计划编制与生产调度六个项目。每个项目又细分为多个模块，每个模块首先提出要求达到的教学目标，接着以 LK32-20207 主轴作为案例进行详细分析，然后围绕该主轴加工工作任务完成的需要提供相关知识、技能及针对性练习等，并融合了机械制造工艺师职业资格证书对知识、技能和素质的要求。

三、课程目标

本课程的目标是：使学生掌握精密轴类零件机械加工工艺编制与实施过程中的工艺分析、毛坯选择、工艺过程设计、精加工设备选择、主要工装选用与设计、工艺规程制订、质量检测与质量分析、生产运作管理等相关知识和能力，初步

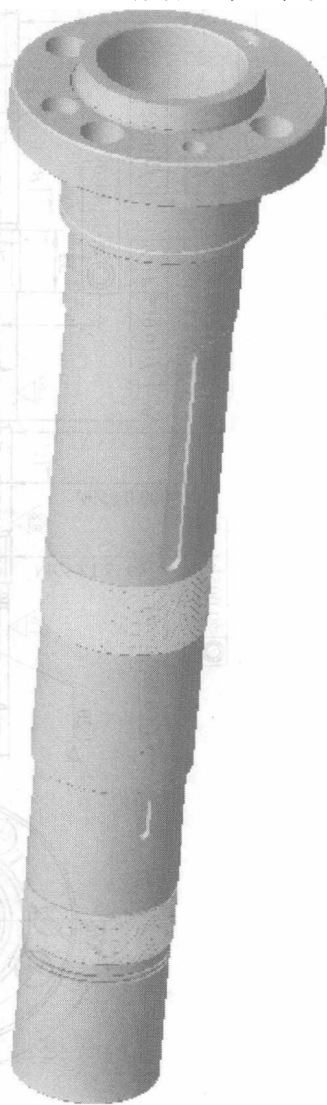
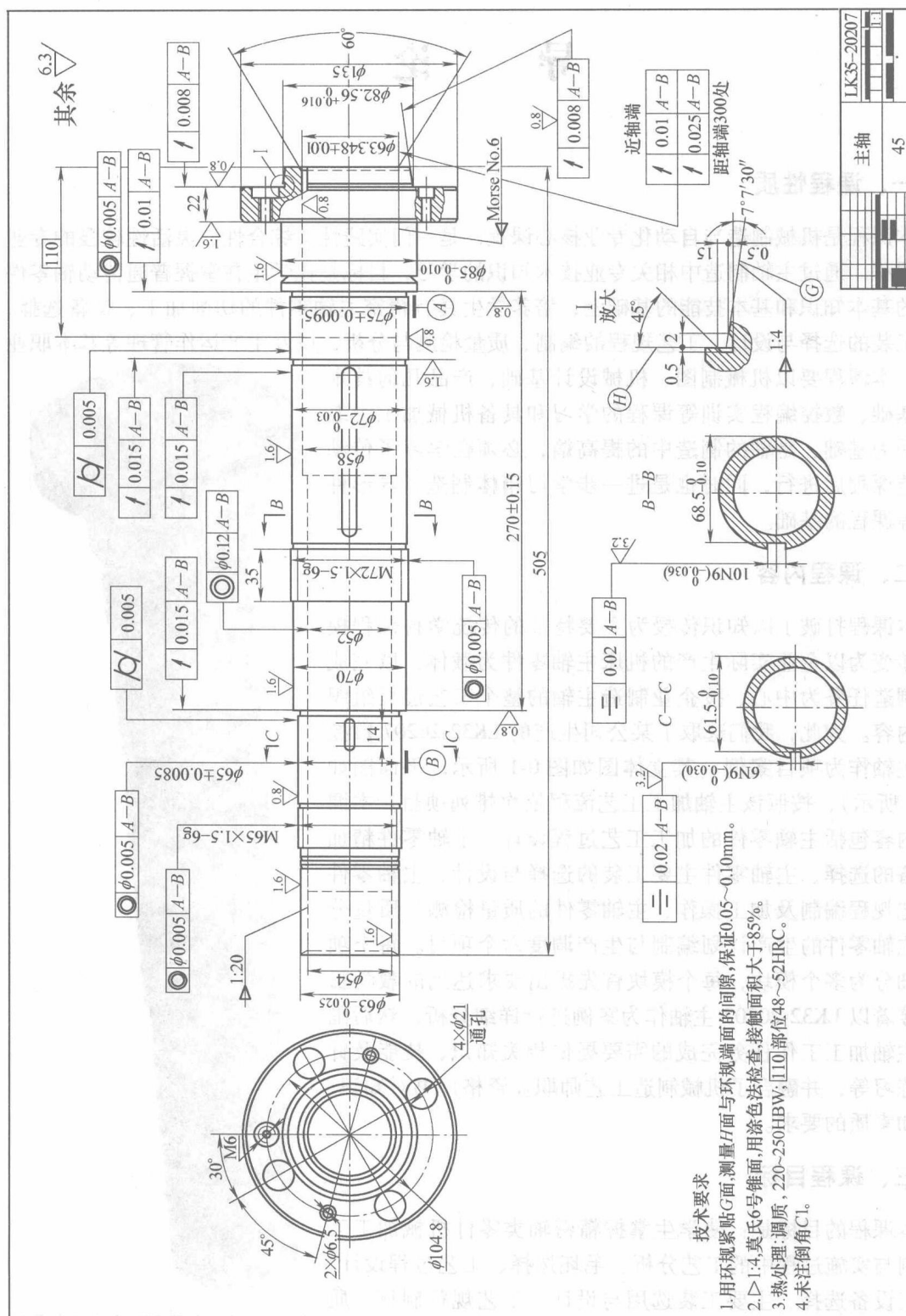


图 0-1 LK32-20207 主轴立体图



具备高精度轴类零件工艺实施的基本职业能力；同时培养学生熟练运用手册、图表等技术资料的能力和实践能力、善于沟通和合作的团队精神与职业素质。

四、教学建议

学习本课程目的在于应用，在于提高机械加工工艺水平。因此，在教学中要注重理论联系实际，不断总结提高。教学需通过校企合作、校内外实训基地来实施，课堂与实习地点一体化。教学活动设计需安排学生到机床制造企业或主轴制造企业顶岗实习，使学生走入真实的工作岗位，身处真实的生产现场，在专业教师或企业指导老师的现场讲解、指导、示范下，观摩、熟悉主轴的整个生产流程；有条件的院校可安排学生独立操作主轴的若干加工工序，教、学、做相结合，增强学生的实际操作能力。教学过程中，要应用多媒体、视频、金工实训室、工艺装备展示室、组合夹具与虚拟设计实训室、工艺及创新实训室等校内实训基地，构建职业情境，以营造有利于学生学习的环境，培养学生的综合职业能力。

五、教学评价

教学评价应采用阶段评价、过程性评价与目标评价相结合的形式，加强实践性教学环节的考核，注重学生动手能力和实践中分析问题、解决问题能力的考核。结合案例分析、实际操作等手段，充分发挥学生的主动性和创造力，注重考核学生的综合职业能力及水平，引导学生进行学习方式的改变。

六、学习建议

本课程实践性较强，其内容安排主要依据从实践到理论再到实践的线索加以展开，即先案例分析，再相关理论知识，然后安排练习。案例来自生产企业，理论来源于生产实际，也是长期生产实践的总结。因此，学习本课程必须注重理论与实践相结合，知识与技能相结合。一方面，要善于运用已学过的专业基础课和专业课，如机械设计基础、计算机应用技术、电工电子、公差与配合、传动轴制造等课程，提高综合应用的能力；另一方面，要积极利用工学结合、顶岗实习的机会，多深入生产现场，锻炼动手能力、解决实际问题能力，提高职业能力；再一方面，在具体的机械制造中，同一结构的加工方法多种多样，极具灵活性，因此，在实际的运用中，必须根据具体条件和实际情况，灵活地分析和处理，以获得解决生产实际问题的最佳方案，培养创新意识。当然，学习中还要加强相互交流合作，培养团队协作精神。

项目一 主轴零件的加工工艺过程设计

【教学目标】

最终目标：能合理设计主轴零件的机械加工工艺过程。

促成目标：

- 1) 会识读主轴零件图。
- 2) 能对主轴零件进行技术要求分析和结构工艺性分析。
- 3) 能合理选择主轴零件的毛坯并绘制毛坯图。
- 4) 会合理设计主轴零件的机械加工工艺过程。

模块1 主轴零件的工艺分析

一、教学目标

最终目标：能对主轴零件进行技术要求分析和结构工艺性分析。

促成目标：

- 1) 会识读主轴零件图。
- 2) 能对主轴零件进行技术要求分析。
- 3) 能对主轴零件进行结构工艺性分析。

二、案例分析

在正式制订零件的机械加工工艺规程前，先要进行零件的工艺分析。零件的工艺分析主要是从加工制造的角度对零件进行可行性分析，主要包括零件图样分析和零件的结构工艺性分析两方面内容。

从图 0-2LK32-20207 主轴零件图样看，我们可以把它的加工表面分成四类。

第一类为最主要的加工表面，它们是影响机床精度最大的表面，如 $\phi(75 \pm 0.0095)\text{mm}$ 、 $\phi(65 \pm 0.0085)\text{mm}$ 、 $\phi(75 \pm 0.0095)\text{mm}$ 与 $\phi 85_{-0.010}^0\text{mm}$ 之间的台阶面、1:4 短锥、莫氏 6 号锥孔，以及 1:4 短锥与 $\phi 135\text{mm}$ 外圆之间的台阶面等。这六个面中，其中支承轴颈 $\phi(75 \pm 0.0095)\text{mm}$ 、 $\phi(65 \pm 0.0085)\text{mm}$ 、 $\phi(75 \pm 0.0095)\text{mm}$ 与 $\phi 85_{-0.010}^0\text{mm}$ 之间的台阶面用于安装主轴轴承，是主轴部件的装配基准，它们的精度高低直接影响车床的回转精度（径向圆跳动、轴向窜动等），尺寸公差等级一般为 IT5 ~ IT6。该主轴两支承轴颈的圆柱度和其公共轴线的同轴度公差均为 0.005mm，表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.8\mu\text{m}$ 。前支承台阶面对两支承轴颈公共轴线的端面圆跳动公差为 0.01mm，表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.8\mu\text{m}$ 。1:4 短锥、1:4 短锥与 $\phi 135\text{mm}$ 外圆之间的法兰面是安装卡盘或拨盘的定位面，它们的精度影响卡盘或拨盘的定心精度；它们对两支承轴颈公共轴线的斜向圆跳动和端面圆跳动公差均为 0.008mm，表面粗糙度 R_a 值不大于 $0.8\mu\text{m}$ ，锥面接触面积大于 85%。

莫氏 6 号主轴锥孔是主轴的主要工作表面之一，一般有三种用途：第一是在装配机床时，用于调整车床主轴轴线与床身导轨之间的平行度（即上母线与侧母线）；第二用于安装加工夹具，保证工件的重复定位精度；第三用于安装顶尖或工具锥柄，其轴线要与两个支承轴颈的轴线尽量重合，否则将影响机床精度，使工件产生同轴度等误差。因此主轴锥孔对两支承轴颈公共轴线的斜向圆跳动，在近轴端的公差为 0.01mm，距轴端 300mm 处的公差为 0.025mm，表面粗糙度 Ra 值不大于 $0.8\mu\text{m}$ ，锥面接触面积大于 85%，距轴端 110mm 范围的硬度要求为 48~52HRC。

第二类为主要的加工表面，它们也影响着机床的精度。如 $\phi 72_{-0.03}^0\text{mm}$ 、 $\phi 63_{-0.025}^0\text{mm}$ 、 $M65 \times 1.5 - 6g$ 、 $M72 \times 1.5 - 6g$ 、 $\phi 72_{-0.03}^0\text{mm}$ 与 $\phi (75 \pm 0.0095)\text{mm}$ 之间的台阶面、 $\phi (65 \pm 0.0085)\text{mm}$ 与 $\phi 70\text{mm}$ 之间的台阶面，以及 10N9、6N9 键槽八处加工表面，这些表面主要用来支承和夹紧齿轮等传动部件，它们的加工精度主要影响车床传动的平稳性和噪声。

第三类为后端面 1:20 锥孔，这是工艺用孔，它本身对机床的精度没有影响，但影响着其他加工表面的加工质量，是主轴加工和修配用的工艺基准。

第四类为其余表面，单从主轴零件本身来说作用不是很大，只是起到连接的作用，但它们影响机床的平稳性。当主轴装在车床上作高速转动时，如果这些加工表面的同轴度不好，就会产生很大的振动，特别是外圆越大，其离心力越大，产生的振动也越大，因此必须对它们进行精度控制。

从上述分析可以看出，主轴的主要加工表面是两个支承轴颈、锥孔、前端短锥面及其端面、安装齿轮的各个轴颈等。而保证支承轴颈本身的尺寸精度、几何形状精度、两个支承轴颈之间的同轴度、支承轴颈与其他表面的相互位置精度和表面粗糙度，则是主轴加工的关键。

一般轴类零件也不外乎这些要求，只不过根据它们在机器中的位置和作用及机器本身的精密程度不同而有所不同罢了。

三、相关知识

（一）轴类零件的功用、分类和结构特点

轴是组成机械的重要零件，也是机械加工中常见的典型零件之一。轴类零件的功用为支承传动零件（齿轮、带轮、凸轮等）、传动转矩、承受载荷，以及保证装在主轴上的工件（或刀具）具有一定的回转精度。

轴类零件按其结构形状的特点，可分为光轴、阶梯轴、空心轴和异形轴（包括曲轴、凸轮轴和偏心轴等）四类，常见轴的种类如图 1-1 所示。若按轴的长度和直径的比例来分，又可分为刚性轴（ $L/d \leq 12$ ）和挠性轴（ $L/d > 12$ ）两类。

轴类零件的加工表面主要有内外圆柱面、内外圆锥面、轴肩、螺纹、花键、键槽和沟槽等。

以图 0-2 所示的 LK32 数控车床主轴为例，该轴既是阶梯轴又是空心轴，并且是长径比小于 12 的刚性轴。根据其结构和精度要求，在加工过程中对这种轴的定位基准面选择、深孔加工和热处理变形等方面，应给予足够的重视。

（二）轴类零件的技术要求

轴通常是由支承轴颈支承在机器的机架或箱体上，实现传递运动和动力的功能。支承轴

颈表面的精度及其与轴上传动件配合表面的位置精度对轴的工作状态和精度有直接的影响。因此,轴类零件的技术要求通常包含以下几个方面。

1. 尺寸精度

轴类零件的尺寸精度主要指轴的直径尺寸精度和长度尺寸精度。按使用要求,轴类零件的支承轴颈一般与轴承配合,是轴类零件的主要表面,影响轴的回转精度与工作状态,通常对其尺寸公差等级要求较高,为 IT5 ~ IT7; 对于装配传动件的配合轴颈,尺寸公差等级要求可低一些,为 IT6 ~ IT9。轴的长度尺寸通常规定为公称尺寸,对于阶梯轴的各台阶长度,按使用要求可相应给定公差。

2. 形状精度

轴类零件的形状精度主要是指支承轴颈的圆度、圆柱度,一般应将其控制在尺寸公差范围内,对精度要求高的轴,应在图样上标注其形状公差。

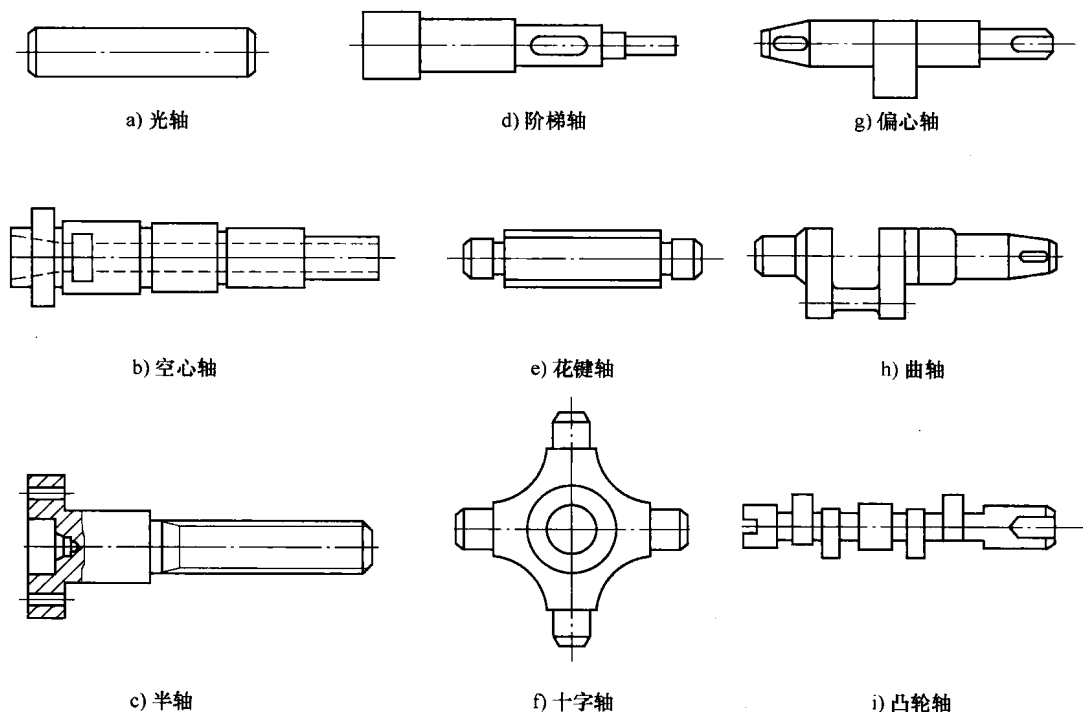


图 1-1 轴的种类

3. 位置精度

保证配合轴颈相对支承轴颈的同轴度或圆跳动,是轴类零件位置精度的普遍要求,它会影响传动件的传动精度。通常普通精度的轴,配合轴颈对支承轴颈的径向圆跳动一般为 0.01 ~ 0.03mm,对于高精度轴,则为 0.001 ~ 0.005mm。

此外,相互位置精度还有内外圆柱面间的同轴度,轴向定位端面与轴线的垂直度、端面圆跳动要求等。

4. 表面粗糙度

根据机器的精密程度、运转速度的高低,轴类零件的表面粗糙度要求也不相同。一般配

合轴颈的表面粗糙度 Ra 值为 $2.5 \sim 0.63\mu\text{m}$, 支承轴颈的表面粗糙度 Ra 值为 $0.63 \sim 0.16\mu\text{m}$ 。

(三) 轴类零件的结构工艺性

所谓轴类零件的结构工艺性, 是指轴类零件的结构应尽量简单, 有良好的加工和装配工艺性, 以利于减少劳动量、提高劳动生产率及减少应力集中, 提高轴类零件的疲劳强度。

1. 设计合理的结构, 利于加工和装配

1) 为减少加工时的换刀时间及装夹工件的时间, 同根轴上的所有圆角半径、倒角尺寸、退刀槽宽度应尽可能统一; 当轴上有两个以上键槽时, 应置于轴的同一条母线上, 以便一次装夹后就能加工。

2) 轴上的某轴段需磨削时, 应留有砂轮的越程槽; 需车削螺纹时, 应留有退刀槽。

3) 为去掉毛刺, 利于装配, 轴端应倒角。

4) 当采用过盈配合联接时, 配合轴段的零件装入端常加工成导向锥面。若还附加键联接, 则键槽的长度应延长到锥面处, 以便于轮毂上键槽与键的对中。

5) 如果需从轴的一端装入两个过盈配合的零件, 则轴上两配合轴段的直径不应相等, 否则第一个零件压入后, 会把第二个零件配合的表面拉毛, 影响配合。

2. 改进轴的结构, 减少应力集中

1) 轴上相邻轴段的直径不应相差过大; 在直径变化处, 尽量用圆角过渡, 且圆角半径尽可能大。当圆角半径增大受到结构限制时, 可将圆弧延伸到轴肩中, 称为内切圆角; 也可加装过渡肩环, 使零件轴向定位。

2) 轴上与传动件轮毂孔配合的轴段, 会产生应力集中。配合越紧, 零件材料越硬, 应力集中越大。其原因是, 传动件轮毂的刚度比轴大, 在横向力作用下, 两者变形不协调, 相互挤压, 导致应力集中。尤其在配合边缘, 应力集中更为严重。改善措施: 在轴、轮毂上开卸载槽。

3) 选用应力集中小的定位方法。采用紧定螺钉、圆锥销钉、弹性挡圈、圆螺母等定位时, 需在轴上加工出凹坑、横孔、环槽、螺纹, 易引起较大的应力集中, 应尽量不用; 用套筒定位则无应力集中。在条件允许时, 用渐开线花键代替矩形花键, 用盘铣刀加工的键槽代替面铣刀加工的键槽, 均可减小应力集中。

四、思考与练习

主轴零件图的分析主要包括哪些方面? 对零件图进行工艺分析有何作用?

五、练习与提高

试分析 LK32-20207 主轴的结构工艺性。

模块 2 主轴零件的材料与毛坯选择

一、教学目标

最终目标: 能合理选择主轴毛坯, 并绘制主轴零件毛坯图。

促成目标:

- 1) 会查阅工艺手册。
- 2) 能确定主轴零件材料。
- 3) 能确定主轴零件毛坯的形状和尺寸。
- 4) 会绘制主轴零件毛坯图。

二、案例分析

1. 主轴零件的材料选择

主轴零件的材料在没有特殊要求的情况下,通常选用 45 优质碳素钢或者 40Cr 合金钢,主要有以下四方面原因。

- 1) 经调质处理后能获得良好的综合力学性能。
- 2) 加工性能良好。
- 3) 热处理性能良好,在淬火方面虽然存在缺陷(如产生裂纹),但经正火等处理后,缺陷还是可控制的。

- 4) 材料比较普遍,取材容易,价格实惠。

LK32 数控车床主轴选用综合性能良好的 45 钢。

2. 主轴零件的毛坯选择

主轴零件的毛坯主要有两种:一种是型材直接下料;另一种是锻件。

从 LK32-20207 主轴零件图看,本主轴零件的毛坯选择锻件,主要有以下两方面的原因。

- 1) 因本零件最大直径 $\phi 135\text{mm}$ (法兰) 和最小直径 $\phi 63\text{mm}$ 相差较大,而且最大直径的长度只有 22mm,大部分的径向尺寸相对较小,因此采用锻件省时、省料。

- 2) 锻造零件能细化晶粒,使内部组织更致密。

LK32-20207 主轴零件每月生产 150 件,年生产纲领为 1800 件,锻件重量 25.44kg,生产类型属于中批生产。考虑到该主轴为阶梯轴,结构较简单,实际生产中采用自由锻件作毛坯。

3. 主轴零件毛坯的加工余量和毛坯公差确定

根据 GB/T 21469—2008《锤上钢质自由锻件机械加工余量与公差 一般要求》、GB/T 21471—2008《锤上钢质自由锻件机械加工余量与公差 轴类》,确定 LK32-20207 主轴锻件的机械加工余量与公差,锻件精度等级定为 F 级。

为了提高锻打生产率,方便操作,将锻件坯料加工成如图 1-2 所示结构。查表得,法兰 $\phi 135\text{mm}$ 毛坯(热轧棒料)直径为 $\phi 150\text{mm}$, $\phi 85_{-0.1}^0\text{mm}$ 台阶毛坯直径为 $\phi 90\text{mm}$,此两段台阶轴不锻打, $\phi 90\text{mm}$ 段用于锻打时夹持。考虑右边锻打的影响,为保证 $\phi 85_{-0.1}^0\text{mm}$ 质量,将 $\phi 90\text{mm}$ 放大至 $\phi 95\text{mm}$ 。

查表 1-5,本零件锻打最大直径为 $\phi 75\text{mm}$,零件总长 505mm,得 $a = (10 \pm 4)\text{mm}$ 。

各台阶的余量与极限偏差为 $a = (10 \pm 4)\text{mm}$ 。

为简化锻件结构,将 $\phi(75 \pm 0.0095)\text{mm}$ 、

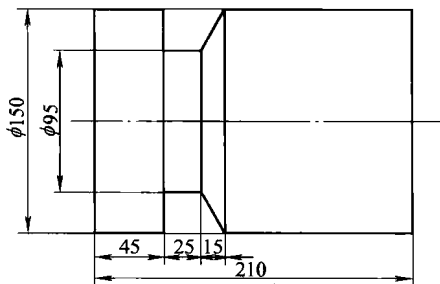


图 1-2 LK32-20207 主轴锻件坯料图

$\phi 72_{-0.03}^0 \text{ mm}$ 、 $M72 \times 1.5$ 、 $\phi 70 \text{ mm}$ 合并成 $\phi(75 + 10 \pm 4) \text{ mm} = \phi(85 \pm 4) \text{ mm}$ 台阶轴, $\phi(65 \pm 0.0085) \text{ mm}$ 、 $M65 \times 1.5$ 、 $\phi 63_{-0.025}^0 \text{ mm}$ 合并成 $\phi(65 + 10 \pm 4) \text{ mm} = \phi(75 \pm 4) \text{ mm}$ 台阶轴。

考虑到本零件法兰部分为热轧棒料, 长度 L 的余量与极限偏差取 $a = (10 \pm 4) \text{ mm}$ 。

4. 主轴零件毛坯图的绘制

根据以上分析、计算, LK32-20207 主轴的毛坯图如图 1-3 所示。

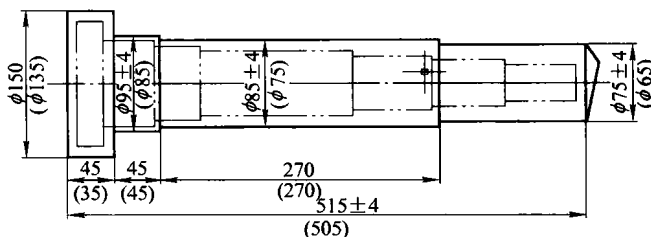


图 1-3 LK32-20207 主轴毛坯图

三、相关知识

(一) 轴类零件的材料和毛坯

为了保证轴能够可靠地传递动力, 除了正确的结构设计外, 还应正确地选择材料、毛坯类型和热处理方法。

1. 轴类零件的材料

轴类零件材料的选取, 主要根据轴的强度、韧性、刚度和耐磨性, 以及制造工艺性决定, 力求经济、合理。

45 钢是一般轴类零件常用的材料, 经过调质处理可得到较好的加工性能, 而且能获得较高的强度和韧性等综合力学性能。对于受载较小或不太重要的轴, 也可用 Q235、Q255 等普通碳素钢。对于受力较大, 轴向尺寸、重量受限制或者有某些特殊要求的轴, 可采用合金钢。如 40Cr 合金结构钢适用于中等精度而转速较高的轴, 这类钢经调质和表面淬火处理后, 具有较高的综合力学性能。轴承钢 GCr15 和弹簧钢 65Mn 可用于精度较高、工作条件较差的情况, 这些材料经调质和表面高频感应加热淬火后再回火, 表面硬度可达 50 ~ 58HRC, 具有较高的疲劳强度和耐磨性。对于在高转速、重载荷等条件下工作的轴, 可选用 20Cr、20CrMnTi、20Mn2B 等低碳合金钢, 这些钢经渗碳淬火处理后, 一方面能使心部保持良好的韧性, 另一方面能获得较高的耐磨性, 但其热处理后变形较大; 还可采用渗氮钢 38CrMoAl 等, 经调质和渗氮后, 不仅具有良好的耐磨性和抗疲劳性能, 而且其热处理变形也较小。

2. 轴类零件的毛坯

轴类零件常用的毛坯是型材(圆棒料)和锻件, 某些大型或结构复杂的轴(如曲轴), 在质量允许的情况下可采用铸件。比较重要的轴大都采用锻件。

型材毛坯分热轧或冷拉棒料, 均适合于光滑轴或直径相差不大的阶梯轴。

锻件毛坯经加热锻打后, 金属内部纤维组织沿表面分布, 因而有较高的抗拉、抗弯及抗扭强度, 一般用于重要的轴。

锻件有自由锻件、模锻件和精密模锻件三种。

(1) 自由锻件 是由金属经加热后锻压(用手工锻或用机锤)成形, 使毛坯外形与零件的轮廓相近似。由于采用手工操作锻造成形, 精度低, 加工余量大(毛坯加工余量为 1.5

~10mm), 加之自由锻造生产率不高, 所以适用于单件、小批生产中, 生产结构简单的锻件。

(2) 模锻件: 是由毛坯加热后采用锻模在压力机上锻造出来的锻件。模锻件的精度、表面质量及综合力学性能都比自由锻件高, 尺寸偏差达 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$, 表面粗糙度 Ra 值为 $12.5\mu\text{m}$, 毛坯的纤维组织好, 强度高, 生产率较高; 但需要专用锻模及锻锤设备。大批量生产中, 中小型零件的毛坯常采用模锻件。

(3) 精密模锻件: 锻件形状的复杂程度取决于锻模, 尺寸精度高, 尺寸公差达 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$, 锻件变形小, 能节省材料和工时, 生产率高; 但需专门的精锻机或使用两套不同精度的锻模, 采用无氧化和少氧化的加热方法, 适用于成批及大量生产。

模锻通常按所用的设备分为锤模锻、热模锻压力机模锻、螺旋压力机模锻、水压机模锻、平锻机模锻和电热锻等。

3. 轴类零件的热处理

主轴零件在机加工前、后和过程中一般均需安排一定的热处理工序。在机加工前, 对毛坯进行热处理的目的主要是改善材料的切削加工性、消除毛坯制造过程中产生的内应力。如对锻造毛坯通过退火或正火处理可以使钢的晶粒细化, 硬度降低, 便于切削加工, 同时也可消除锻造应力。对于圆棒料毛坯, 通过调质处理或正火处理可以有效地改善材料的切削加工性。在机加工过程中的热处理, 主要是为了消除各个加工阶段产生的内应力, 以利于保证后续加工工序的加工精度。终加工工序前的热处理, 目的是使工件能达到要求的表面力学物理性能, 同时消除应力。

(二) 锻件毛坯形状和尺寸的确定

1. 锤上钢质自由锻件机械加工余量与公差 (摘自 GB/T 21469—2008 ~ GB/T 21471—2008)

(1) 基本概念

1) 机械加工余量。为使零件具有一定的加工尺寸和表面粗糙度, 在零件表面需要加工的部分, 即在锻件上留一层供作机械加工用的金属, 称作机械加工余量, 如图 1-4 所示。

2) 余块。为简化锻件外形及锻造过程, 在锻件的某些地方加添一些大于机械加工余量的金属, 这种加添的金属称作余块, 如图 1-4 所示。

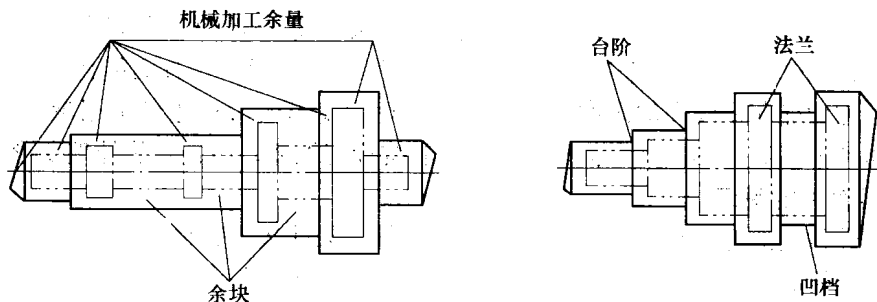


图 1-4 锤上钢质自由锻件基本概念示例

3) 法兰。在锻件上的台阶, 其长度小于本身直径的 0.5 倍, 而且其直径比其两端邻接的直径均大于 1.5 倍者, 此台阶称作法兰, 如图 1-4 所示。

4) 凹档。锻件某一部分的直径 (或非圆形锻件的截面尺寸) 小于其邻接两部分的直径