



高职教育数控技术专业教学改革教材

# 机床加工工艺

魏静姿 杨桂娟 主编



- 基于典型零件工艺规程制订的工作过程
- 突出职业技能的培养和职业素养的养成
- 项目驱动，教学做一体化，优化教学过程



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

本书围绕当前高职院校人才培养模式改革的要求,借鉴德国等发达国家开发行动导向课程的经验,以典型工作任务为基础,以工作过程为导向,采用学习情境组织教学内容,以项目教学的方式贯穿全书。书中每个项目都来源于企业的典型案例,重点培养学生的自学能力、创新能力以及综合职业能力。全书包括:典型零件的工艺分析与编制、零件的数控车削工艺分析与编制、零件的数控铣削工艺分析与编制、零件的加工中心工艺分析与编制四个学习领域,共十四个学习情境。

本书可作为高职院校及各类培训学校数控技术、模具设计与制造、机电一体化技术、机械制造与自动化等专业的教材,也可供企业技术人员、数控机床编程与操作人员培训和自学使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

机床加工工艺/魏静姿,杨桂娟主编. —北京:机械工业出版社,2009.8

高职教育数控技术专业教学改革教材

ISBN 978-7-111-27773-6

I. 机… II. ①魏…②杨… III. 金属切削-加工工艺-高等学校:技术学校-教材 IV. TG506

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第119755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:王德艳

版式设计:张世琴 责任校对:姚培新

封面设计:赵颖喆 责任印制:乔宇

北京京丰印刷厂印刷

2009年8月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·11.75印张·284千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27773-6

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68354423

封面防伪标均为盗版

# 数控技术专业教学改革教材

## 编委会名单

顾问	杨黎明			
名誉主任	姜大源			
主任	田秀萍			
副主任	陈玉阁			
秘书长	李淑艳			
编委会	田秀萍	陈玉阁	田利平	张建军
	马良军	崔发周	李淑艳	白洁
	魏静姿	杨桂娟	孙艳敏	刘静
	陈兴云	姜庆华	张淑玲	张冉
	戴坤	孙洪勋		
策划	王海峰			

# 序

高职院校通过校企合作、工学结合，改革传统的人才培养模式，是实现其内涵发展的必由之路。而人才培养模式改革的核心是课程改革，教学团队建设和实训基地建设都应围绕课程改革进行。可以说，课程改革是我国高职改革的一场攻坚战，高职院校既要树立坚定的信心，又要掌握科学的方法。

世界职业教育课程的改革与发展给予我们的启示是：第一，职业教育的课程应该从工作岗位、工作任务出发；第二，职业教育要强调能力本位；第三，职业教育的课程开发要求企业与学校合作，理论和实践不分家。但是，如何做到实践与理论不分家呢？1996年，德国进行了“学习领域”，也就是工作过程导向的课程改革，明确提出了理论和实践的整合可以通过获取工作过程知识加以解决。这一课程方案中所提出的工作过程，意在用一个动态的结构把技能与知识紧密结合起来。因此，工作过程很可能是理论与实践一体化的一条路径、一个手段、一种结构。

近年来，我们在研究德国“双元制”职业教育，特别是在认真研究“学习领域”课程所提出的工作过程导向的实践与理论成果的基础上，开展了工作过程系统化课程改革的探索。工作过程系统化课程吸收了模块课程的灵活性、项目课程一体化的特长，并力图在此基础上实现从经验层面向策略层面的能力发展，关注如何在满足社会需求的同时重视人的个性需求，关注在就业导向的职业教育大目标下，人的可持续发展问题、教育的本质属性问题。

一般来说，课程开发必须解决两个问题，一个是职业教育应该选择什么样的内容，另一个是这些内容应该如何结构化。

职业教育课程在内容上要更多地关注过程性的知识：一是关于经验的知识，二是关于策略的知识。经验指的是“怎么做”的知识，涉及如何做的方法；策略指的是“怎样做更好”的知识，涉及在什么情况下、在什么条件下，可以做得更好的知识。职业教育要更多地关注经验和策略，因此，职业教育课程内容的“适度够用”就是要以过程性知识为主，以陈述性知识为辅；或者说，要以经验和策略的知识为主，以事实、概念和理解、论证的知识为辅；或者进一步说，要以“怎样做”和“怎样做更好”的知识为主，“是什么”可以讲一些，“为什么”，特别是理论上的“为什么”，就可不讲或少讲。

职业教育课程在结构上要以工作过程作为对所选择内容进行排序的参照系。所谓工作过程，是个体“为完成一件工作过程并获得工作成果而进行的一个完整的工作程序”（赵志群）。工作过程系统化课程的设计，涉及学科知识的解构以及在工作过程中进行重构的问题。基于工作过程系统化的课程开发，绝对不是消灭知识、不要知识，而是重构知识。它包含两个命题。一个命题是：“适度够用的理论知识在数量上没有发生变化，但在排序的方式上发生了变化”（姜大源）。这句话曾有误读，认为解构就是把原来所有的书本知识拆解，然后放到工作过程中去，这是不对的；解构的关键在于如何在学科体系中去提取适度够用的知识，并与工作过程进行整合。另一个命题是：“适度够用的理论知识的质量发生变化，不是知识的空间物理位移而是在工作过程中的融合”（姜大源）。这是一个很重要的解构和重

构的思想，它意味着职业教育不能只满足于解决现实的职业资格所涉及的具体的工作过程中的问题，因为具体工作过程的六个要素，即对象、内容、手段、组织、产品和环境是动态变化的。但是，由于完成一个具体工作任务的人的思维过程的完整性，即资讯、计划、决策、实施、检查、评价这六个步骤是相对固定的，因此，从变化的具体的工作过程中去掌握相对“不变”的思维过程，即企图用具体的个性去获取一般的共性，用抽象出来的共性和一般，去应对新的个性和新的具体，就解决了由“变”向“不变”的跃迁，进而可从容应对新的“变”，这正是系统化、结构化的课程设计的灵魂。系统化的项目、系统化的模块、系统化的产品和系统化的案例等各种载体形式，使得我们在课程单元（学习情境）及其载体的设计上获得了极大的成功。

世界上的技术无非是三大类技术：实体性技术、规范性技术、过程性技术。实体性技术表现为物化的设备和工具，它是技术的空间存在、物理存在，是技术“三维”的存在。规范性技术，像文本的工艺和规则，特别是服务业，更多的是与时间的顺序有关系，而往往与设备没有关系，它是技术的时间存在，是技术“一维”的存在。而所谓过程性技术，则是人的经验和策略，它是不能脱离个体而存在的技术，是以“技能”的形式呈现的。人类有目的性的活动，一是与序列即与时间有关；二是与方式即与空间有关，是人类四维时空的活动。个体正是在这一四维时空的职业工作过程中，通过个体的经验和策略，即通过技能——过程性技术，使实体性技术和规范性技术为人类创造价值。这一过程实际上是把潜在的“遮蔽”的技术，经过技能“去蔽”而显现为实在的技术的过程。工作过程系统化课程，旨在既要通过具体的课程载体掌握技能与知识，又要从具体的课程载体中跳出来，促进人的可持续发展。

唐山工业职业技术学院是河北省重点建设的示范性高职院校，从20世纪90年代就开始建立校内生产型实训基地，目前已建成单体单层面积达2万平方米的大型校内综合实训基地，形成了“前校后厂，产学一体；面向区域，开放办学”的特色，具有工学结合的传统优势。在校企合作、双证融通、顶岗实习、双师培养以及国际合作等方面，该校都作了大量有益的探索，有力地支撑了工作过程系统化的课程改革。该院数控技术专业拥有国家职业教育实训基地，一直以培养高素质、高技能人才为目标，是河北省高职高专示范专业。这个专业在原有项目课程的基础上，经过工作任务分析、行动领域归纳、学习领域编制、教学情境设计，开发了工作过程系统化课程（学习领域课程），并于2008年秋季开始实施。

本教材是该专业工作过程系统化课程的配套教材，它打破了学科知识系统化的编排结构，按照工作过程的顺序进行内容安排，每个教学项目都经过了布置任务、分析任务、制定计划、实施计划、检查评价等环节，体现了工作过程系统化的基本教学思想，是高职教材编写的一次有益尝试。

姜大源

# 前 言

本教材是根据当前高职教育人才培养模式改革要求,在完成基于工作过程的课程编制和教学情境设计的基础上,由专业教师与企业技术人员合作开发而编写的。课程内容参照了相关的国家职业标准。

当前高职教育已从扩大规模向提高质量转型,而传统的高职教育课程无论在结构上还是在内容上都已成为高职教育发展过程中的主要瓶颈之一,如何构建符合高职教育自身规律的课程模式,已经成为高职教育界广大同仁的共同课题。基于工作过程的学习领域课程作为一种新的高职教育课程模式,能够有效地克服传统学科课程存在的缺陷,是课程改革的发展方向。唐山工业职业技术学院数控技术专业在课程专家和行业专家的指导和参与下,以人才培养目标为依据选择典型载体,运用“现代行动导向”教学观创设教学情境,探索工作任务转换为教学内容的思路与方法,开发了基于工作过程的学习领域课程体系,将专业实践课融于学习领域课程中,实现融教、学、做于一体的教学模式。本教材的编写正是为了满足实施学习领域课程的需要。

本教材选择典型零件作为载体,创设学习情境,以培养学生的综合职业能力为目标,通过项目教学,结合生产实际,由浅入深,循序渐进,力求使学习者能做到学以致用、举一反三,在预定时间内掌握典型零件的工艺分析及工艺规程的制订方法。全书包括:典型零件的工艺分析与编制、零件的数控车削工艺分析与编制、零件的数控铣削工艺分析与编制、零件的加工中心工艺分析与编制四个学习领域,共十四个学习情境。

本教材是按照任务驱动的项目教学单元结构而编写的,内容简明,图文并茂,通俗易懂,项目分析典型、全面,教学情境接近实际生产情境,具有很强的实践性、职业性和开放性,有利于培养学生的综合职业能力。本教材可作为高职院校及各类培训学校相关专业师生的教材,也可供工程技术人员、数控机床编程与操作人员培训和自学使用。

本教材由魏静姿、杨桂娟任主编,由孙艳敏、刘静、马良军任副主编。全书由魏静姿统稿,其中,学习情境一、二、三(共10个项目)由魏静姿编写,学习情景四、五、六、七、八、九、十、十一、十二(共9个项目)由杨桂娟编写,学习情境十三由孙艳敏编写,学习情境十四由马良军编写,所有的零件图由刘静绘制,所有项目拓展中的图由高倩云绘制,所有的实例由高端香及企业专家付国胜审核。

由于编者水平有限,书中难免存在一些错误和缺点,恳请读者给予批评指正。

编 者

# 目 录

序  
前言

## 学习领域一 典型零件的工艺分析与编制

学习情境一 回转体类零件的工艺分析与编制 .....	3
项目一 传动轴零件的工艺分析与编制 .....	3
项目二 轴承套零件的工艺分析与编制 .....	21
项目三 传动齿轮零件的工艺分析与编制 .....	29
项目四 钻轴零件的工艺分析与编制 .....	42
学习情境二 箱体类零件的工艺分析与编制 .....	44
项目一 变速箱壳体零件的工艺分析与编制 .....	44
项目二 车床主轴箱零件的工艺分析与编制 .....	52
项目三 钻床主轴箱零件的工艺分析与编制 .....	63
学习情境三 异形类零件的工艺分析与编制 .....	66
项目一 支架零件的工艺分析与编制 .....	66
项目二 连杆零件的工艺分析与编制 .....	75
项目三 曲轴零件的工艺分析与编制 .....	90

## 学习领域二 零件的数控车削工艺分析与编制

学习情境四 轴类零件的数控车削工艺分析与编制 .....	103
学习情境五 套类零件的数控车削工艺分析与编制 .....	117
学习情境六 综合类零件的数控车削工艺分析与编制 .....	123

## 学习领域三 零件的数控铣削工艺分析与编制

学习情境七 盖板类零件的数控铣削工艺分析与编制 .....	127
学习情境八 异形类零件的数控铣削工艺分析与编制 .....	138
学习情境九 支架类零件的数控铣削工艺分析与编制 .....	144
学习情境十 综合类零件的数控铣削工艺分析与编制 .....	149

## 学习领域四 零件的加工中心工艺分析与编制

学习情境十一 壳体类零件的加工中心工艺分析与编制 .....	153
学习情境十二 箱体类零件的加工中心工艺分析与编制 .....	159

## VIII

学习情境十三 高速加工技术 .....	166
学习情境十四 数控加工工艺前沿技术介绍 .....	172
后记 .....	179
参考文献 .....	180



# 学习领域一

## 典型零件的工艺分析与编制



# 学习情境一 回转体类零件的工艺分析与编制

## 项目一 传动轴零件的工艺分析与编制

### 一、项目要求

分析某机床主轴箱传动轴零件（见图 1-1）的加工工艺（大批量生产），并制订工艺流程。

- 1) 时间要求：20 学时。
- 2) 质量要求：制订合理的工艺过程，并正确填写工艺文件。

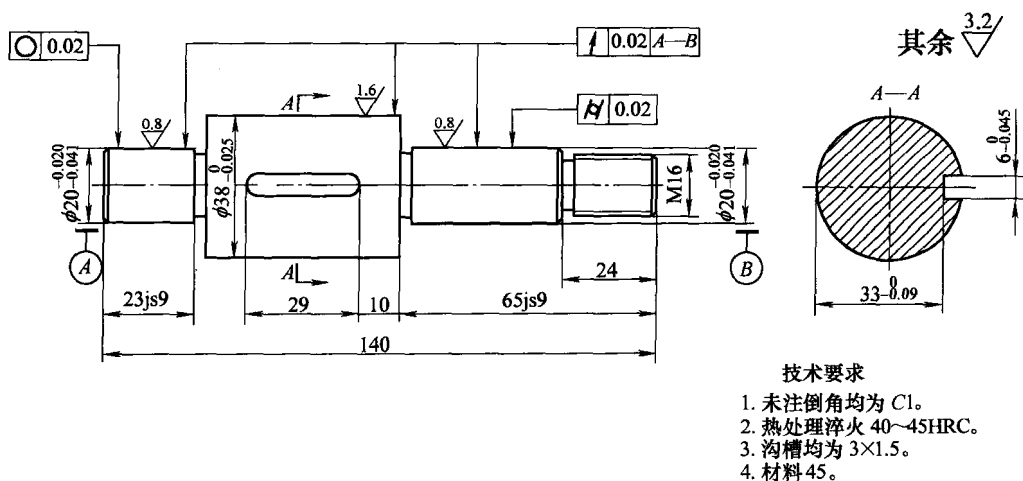


图 1-1 传动轴零件图

### 二、项目分析

#### (一) 图样分析

(1) 功用 支承传动零件并传递转矩。

(2) 结构 该传动轴为典型的阶梯轴结构，主要结构要素有：外圆柱面、端面、螺纹、键槽等，主要加工表面有两支承轴颈  $\phi 20_{-0.041}^{-0.020}$ mm、安装齿轮的轴颈  $\phi 38_{-0.025}^0$ mm，其余为次要表面，结构工艺性较合理。

(3) 技术要求 轴颈  $\phi 38_{-0.025}^0$ mm 的尺寸精度为 IT7，表面粗糙度  $R_a$  值为  $1.6\mu\text{m}$ ；两支

承轴颈  $\phi 20_{-0.041}^{-0.020}$  mm 与轴承配合,精度和表面质量要求较高,其尺寸精度为 IT7,表面粗糙度  $R_a$  值为  $0.8\mu\text{m}$ ;右端轴颈  $\phi 20_{-0.041}^{-0.020}$  mm 的外圆上规定了圆柱度公差为  $0.02\text{mm}$ ;左端轴颈  $\phi 20_{-0.041}^{-0.020}$  mm 的外圆上规定了圆度公差为  $0.02\text{mm}$ ;轴上各主要轴颈对两端轴颈  $\phi 20_{-0.041}^{-0.020}$  mm 的公共轴线的径向圆跳动公差要求为  $0.02\text{mm}$ ,以保证齿轮运转平稳。其余表面的表面粗糙度  $R_a$  值为  $3.2\mu\text{m}$ ,主要表面淬火硬度达到  $40 \sim 45\text{HRC}$ 。

## (二) 材料分析、毛坯及热处理确定

### 项目链接

轴类零件常用材料及热处理见表 1-1。

表 1-1 轴类零件常用材料及热处理

材 料	热处理方法	适用场合
Q235A、Q255A 等普通碳素结构钢	不用热处理	不重要轴
35、45、50 等优质碳素结构钢	正火(退火)、调质、淬火等	一般轴
20CrMnTi、40Cr 等合金结构钢, GCr15 等轴承钢,65Mn 等弹簧钢	调质和表面淬火、渗碳淬火或调质 和渗氮淬火	重要轴或转速高、载荷大的场合
球墨铸铁	淬火、调质或等温淬火	形状复杂或大型的轴

轴类零件常用毛坯见表 1-2。

表 1-2 轴类零件常用毛坯

条件	光轴、直径相差不大的阶梯轴	直径相差较大的阶梯轴和重要的轴		结构复杂或大型的轴
		大批量生产	单件小批生产	
毛坯种类	型材	模锻	自由锻	铸件

该轴材料为 45 钢,毛坯经正火(退火)处理,可消除残余应力,降低硬度,细化晶粒、改善组织,提高力学性能,为后续热处理作准备。调质处理使材料具有良好的综合力学性能及较高的疲劳强度,提高零件的可靠性及安全性。淬火处理提高了轴的硬度及耐磨性,满足轴的工作性能。

该传动轴结构简单,对力学性能要求较高,由于各段轴颈直径尺寸相差较大,且为大批量生产,故选用锻件(模锻)毛坯,以提高生产率,降低零件的制造成本。

## (三) 定位基准的选择

### 项目链接

#### 1. 基准

零件图上用以确定其他点、线、面位置所依据的那些点、线、面称为基准。它往往是计算、测量或标注尺寸的起点。

基准据其功用的不同,可分为设计基准和工艺基准两大类。

(1) 设计基准 在零件图上用以确定其它点、线、面位置的基准称为设计基准。它是零件图上确定加工位置的尺寸起点。当零件是回转体件且以直径标注或对称件以对称方式标注时,其设计基准为轴线、对称线或对称面。

(2) 工艺基准 零件在加工、测量、装配过程中所使用的基准称为工艺基准。工艺基准分为定位基准、工序基准、测量基准、装配基准。

1) 定位基准:在加工时,用以确定零件在机床夹具中正确位置所采用的基准称为定位基准。

2) 工序基准:在工序图上用以确定其它点、线、面位置的基准称为工序基准。即在工序图上确定加工位置的尺寸起点。

3) 测量基准:零件在测量时使用的基准称为测量基准。测量包括测量尺寸、形状和位置。

4) 装配基准:装配时用以确定零件在机器中位置的基准称为装配基准。

## 2. 定位基准

定位基准分为精基准和粗基准。精基准是指已经过机械加工的定位基准,而没有经过机械加工的定位基准则为粗基准。

### 3. 精基准的选择原则

(1) 基准重合原则 选设计基准作为定位基准,以避免定位基准与设计基准不重合而产生的基准不重合误差。

(2) 基准统一原则 采用同一组基准定位加工零件上尽可能多的表面。目的是为保证各加工面的相互位置精度。

(3) 自为基准原则 选择加工表面本身作为定位基准。

(4) 互为基准原则 当对工件上两个相互位置精度要求很高的表面进行加工时,需要用两个表面互相作为基准,反复进行加工,以保证位置精度要求。

所选精基准应保证安装可靠、夹具设计简单、操作方便。

### 4. 粗基准的选择原则

(1) 合理分配加工余量原则 对工件的重要表面,如要求去除的余量相同,则就选它作为粗基准。

(2) 保证零件相互位置要求的原则 工件上的加工表面与不加工表面有位置精度要求时,应选不加工表面作为粗基准;如果工件上有好几个不加工表面,则应选与加工表面位置要求较高的不加工面为粗基准;如果工件上每个表面都要加工,则应选加工余量最小的表面为粗基准。

(3) 便于夹紧原则 作为粗基准的平面尽量光洁、平整,面积尽量大,以使工件定位可靠、夹紧方便。

(4) 粗基准一般不得重复使用的原则 粗基准一般只在第一次加工时使用,在同一尺寸方向上不得重复使用。毛坯面粗糙、精度低,重复使用会使误差增大。

轴类零件定位基准的选择见表 1-3。

表 1-3 轴类零件定位基准的选择

定位基准类型	定位基准	适用场合
精基准	两端中心孔	精度要求较高
	外圆表面	对于空心轴或加工内表面等不能用中心孔定位,以及短小轴或粗加工为了提高工件的刚度
		精度要求不高
	外圆表面和一个中心孔	为了提高工件刚度
	内孔	加工空心轴的外圆表面(常用带中心孔的各种锥堵或心轴)
粗基准	外圆表面	

图样中的传动轴,在粗加工及半精加工时采用外圆表面加中心孔作为定位基准。由于轴类零件各主要表面的设计基准都是轴线,精加工时,用两个中心孔作为定位基准(即双顶尖装夹),既符合基准重合原则,又符合基准统一原则,可保证传动轴较高的位置精度要求。

#### (四) 工艺路线的拟定

#### 项目链接

拟定工艺路线应考虑以下几个方面:

##### 1. 加工方法的选择

表面的加工方法主要根据该表面的技术要求即尺寸精度和表面粗糙度,确定最终加工方法,然后再逐一选定该表面各有关前道工序的加工方法,一步一步向前推,确定出该表面加工方案。确定表面的加工方法还要综合考虑到生产类型、零件结构形状和加工表面的尺寸、工厂现有的设备情况、工件材质和毛坯情况等。

##### 2. 加工顺序的安排

复杂零件的机械加工要经过切削加工、热处理和辅助工序等过程。在拟订工艺路线时,要将三者一起加以考虑。

(1) 切削顺序的安排 切削顺序总的安排原则为前面工序为后面工序提供基准。具体原则如下:

1) 先粗后精:在一个零件的所有表面的加工中,一般包括:粗加工、半精加工和精加工。在安排加工顺序时,应将各表面的粗加工集中在一起首先进行,再依次集中进行各表面的半精加工和精加工,这样就使整个加工过程明显地形成先粗后精的若干加工阶段。当零件的加工质量要求较高时,一般都要经过粗加工→半精加工→精加工三个阶段;如零件的加工精度要求特别高,表面粗糙度要求特别小( $IT \geq 6$ 、 $R_a \leq 0.32 \mu m$ )时,还要经过光整加工阶段。

注意:加工阶段的划分是指零件加工的整个过程而言,具体应用时不可绝对化。对于某精度要求不高的表面,可能在粗加工阶段完成该表面的粗、精加工。

2) 先主后次: 零件的加工应先加工主要表面, 后加工次要表面。

3) 先面后孔: 零件上的平面必须先进行加工, 然后再加工孔。

4) 基面先行: 用作精基准的表面, 首先要加工出来。

(2) 热处理工序的安排 热处理分为预备热处理和最终热处理。预备热处理有: 正火、退火、时效处理、调质等。最终热处理常用的有: 淬火、渗碳淬火、渗氮淬火等。

(3) 辅助工序的安排 检验工序是主要的辅助工序, 除每道工序要进行检验外, 在粗加工后、精加工前、零件转换车间时以及重要工序之后和全部加工完毕进库之前等, 一般都要安排检验工序。其他辅助工序还有表面强化、去毛刺、倒棱、清洗和防锈等。

### 3. 工序集中与分散的确定

各表面的加工按不同的加工阶段和先后顺序组合成若干道工序, 组合时可采用工序集中或工序分散的原则。工序集中指每道工序加工内容很多, 工艺路线短, 主要适用于单件小批量生产。工序分散指每道工序加工的内容很少, 工艺路线很长。大批量生产既可以采用多刀、多轴等高效、自动机床, 将工序集中, 也可以采用将工序分散后组织流水生产。从发展的角度, 宜采用工序集中原则组织生产。

外圆表面加工方案的选择见表 1-4。

表 1-4 外圆表面加工方案的选择

序号	加工方案	经济精度	表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	适用范围
1	粗车	IT11 ~ IT12	25 ~ 12.5	适用于淬火钢以外的各种金属
2	粗车→半精车	IT9 ~ IT10	6.3 ~ 3.2	
3	粗车→半精车→精车	IT7 ~ IT8	1.6 ~ 0.8	
4	粗车→半精车→精车→滚压(抛光)	IT7 ~ IT8	0.2 ~ 0.025	
5	粗车→半精车→磨削	IT7 ~ IT8	0.8 ~ 0.4	主要用于淬火钢, 也用于未淬火钢, 但不宜加工有色金属
6	粗车→半精车→粗磨→精磨	IT5 ~ IT7	0.4 ~ 0.2	
7	粗车→半精车→粗磨→精磨→超精加工	IT5	0.1 ~ 0.05	

注: 更多外圆表面加工方案的信息查阅参考文献 [7]。

**方案一** 锻造毛坯→退火(正火)→车两端面、钻中心孔→粗车左端各外圆、掉头粗车另一端各外圆→铣键槽→调质→半精车左端各外圆、掉头半精车另一端各外圆、车螺纹→淬火、回火→粗磨各外圆→精磨各外圆→检验。

**方案二** 锻造毛坯→退火(正火)→车两端面、钻中心孔→粗、半精车右端各外圆、车螺纹→掉头粗、半精车另一端各外圆→铣键槽→淬火、回火→粗磨各外圆→精磨各外圆→检验。

**方案三** 锻造毛坯→退火(正火)→车两端面、钻中心孔→粗车左端各外圆、掉头粗车另一端各外圆→调质→半精车左端各外圆、掉头半精车另一端各外圆、车螺纹→铣键槽→淬火、回火→修研中心孔→粗磨各外圆→精磨各外圆→检验。

### 方案分析

1) 方案一中, 各加工表面的加工方案及热处理的安排合理, 加工阶段划分清晰, 零件在加工顺序上遵循了先粗后精、基面先行的原则。采用工序集中组织生产, 减少了零件的安装次数, 可提高生产效率。由于铣键槽去除的余量较多, 本方案中将其放在了粗加工阶段, 但在半精车外圆时, 由于此外圆表面的不连续, 使加工产生振动, 影响加工质量, 且容易损坏刀具, 因此键槽的加工安排不合理。轴上键槽表面的加工一般应在车削之后、磨削之前进行。轴上的螺纹一般有较高精度要求, 通常应安排在半精加工之后、磨削之前进行。

2) 方案二中, 各加工表面的加工方案合理, 在加工顺序上遵循了先粗后精、基面先行的原则。键槽加工安排合理。由于在加工过程中, 先加工工件带螺纹的一端, 此端直径小, 刚性差。在加工顺序安排时应注意先加工大直径外圆, 后加工小直径外圆, 以免一开始就降低工件的刚度。另外, 在加工过程中, 将零件一端粗、半精加工完后再粗、半精加工另一端, 加工阶段划分不清晰, 影响调质热处理的安排, 但此加工方案减少了安装次数, 提高了生产效率。

3) 方案三中, 各加工表面的加工方案合理, 加工阶段划分清晰, 热处理及加工顺序的安排也合理。中心孔在加工中多次使用会磨损、拉毛, 热处理后会变形或氧化而影响零件的加工精度, 因此对加工质量要求高的轴零件在热处理后、精加工前, 一般要研磨或修正中心孔, 以提高中心孔的定位精度。

综上所述, 传动轴的加工建议选取方案三。

## (五) 工艺过程的拟定

### 项目链接

#### 1. 工艺过程

采用机械加工的方法直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量使其成为零件的过程, 称为机械加工工艺过程 (简称工艺过程)。

#### 2. 工艺过程的组成

工艺过程是由一系列顺序排列的加工方法即工序组成的, 工序是组成工艺过程的基本单元。工序又由工步、进给、工位及安装组成。

(1) 工序 一个或一组工人在一个工作地点或一台机床上, 对同一个或几个工件进行加工所连续完成的那部分工艺过程, 称为工序。

划分依据: 工作地点 (或机床) 是否变动和加工是否连续。

(2) 工步 在加工表面不变, 加工刀具不变, 切削用量中的切削速度和进给量不变的情况下所完成的那部分工序叫工步。一个工序中含有一个或几个工步。

划分依据: 上述三个因素中任一改变, 即为不同工步。

(3) 进给 在一个工步内, 如果被加工的表面需要切除的余量较大, 一次切削无法完成, 则可分几次切削, 每一次切削称为一次进给。进给是构成工艺过程的最小单元。

(4) 安装 要加工工件, 首先应使工件在机床或夹具中相对刀具占有一个正确的位置即定位, 在切削时, 为保证工件在受到切削力、重力等作用力时正确位置不变, 必须夹



紧，零件在机床或夹具中定位、夹紧的过程叫安装。在一道工序中，可有一次或几次安装。零件在加工时，应尽量减少安装次数。

(5) 工位 为了减少由于多次安装而带来的误差及时间损失，常采用回转工作台、回转夹具或移动夹具，使工件在一次安装中，先后处于几个不同的位置进行加工。工件在机床上所占据的每一个位置称为工位。

传动轴零件加工工艺过程见表 1-5。

表 1-5 传动轴零件加工工艺过程

工序号	工序内容	定位基准
工序 1	锻造毛坯	
工序 2	退火	
工序 3	车端面, 钻中心孔	外圆柱面
工序 4	粗车左端各外圆分别至 $\phi 40 \times 77\text{mm}$ 、 $\phi 22 \times 22\text{mm}$ ; 调头粗车另一端外圆分别至 $\phi 22 \times 64\text{mm}$ 、 $\phi 17 \times 23\text{mm}$	外圆柱面和一中心孔
工序 5	调质	
工序 6	半精车左端各外圆分别至 $\phi 38.5\text{mm}$ 、 $\phi 20.5\text{mm}$ , 切槽 $3 \times 1.5\text{mm}$ , 倒角; 调头, 半精车另一端外圆分别至 $\phi 20.5\text{mm}$ 、 $\phi 15.74\text{mm}$ , 切槽分别至 $3 \times 1.5\text{mm}$ , 倒角, 车螺纹 M16	外圆柱面和一中心孔
工序 7	粗精铣键槽至 $6\text{mm} \times 33\text{mm} \times 29\text{mm}$	外圆柱面和一端面
工序 8	淬火、回火 40 ~ 45HRC	
工序 9	修研中心孔	
工序 10	粗磨三外圆, 尺寸分别至 $\phi 20.1_{-0.033}^0\text{mm}$ 、 $\phi 38.1_{-0.039}^0\text{mm}$ 及 $\phi 20.1_{-0.033}^0\text{mm}$	两中心孔
工序 11	精磨三外圆, 分别至图样尺寸	两中心孔
工序 12	检验	

## (六) 机械加工余量、工序尺寸及毛坯尺寸的确定

### 项目链接

(1) 加工余量 加工余量指加工时从加工表面上切去的金属层厚度。加工余量分为工序余量和总余量。

1) 工序余量: 指某一表面在一道工序中被切除的金属层厚度。

2) 总余量: 指零件从毛坯变为成品时从某一表面所切除的金属层总厚度。