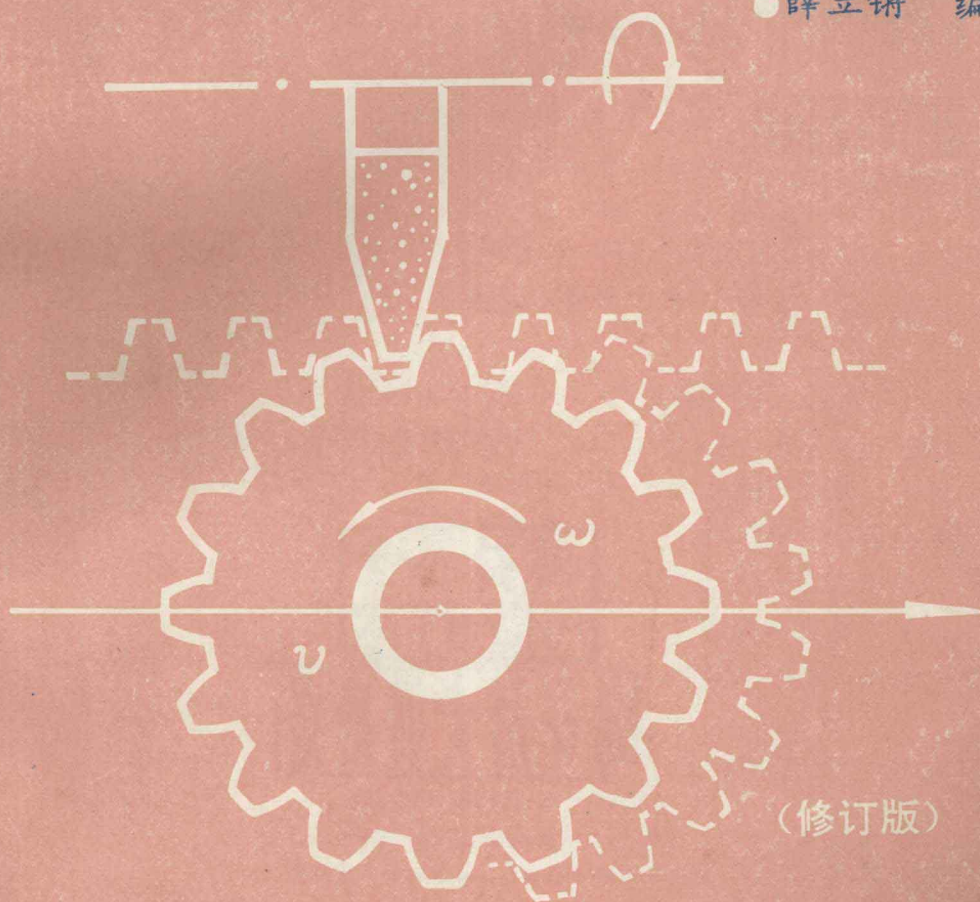


GH

中等专业学校工科电子类教材

电子机械制造 工艺学

● 薛立铨 编



(修订版)

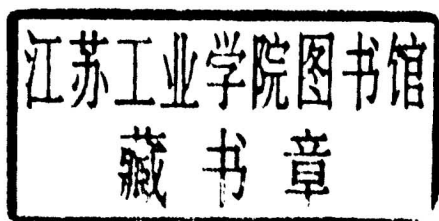
● 西安电子科技大学出版社

中等专业学校教材

电子机械制造工艺学

(修订版)

薛立锵 编



西安电子科技大学出版社

1994

(陕)新登字 010 号

内 容 简 介

本书共 13 章, 内容包括: 机械制造的基本概念、机械加工工艺规程设计、机械加工精度、机械加工表面质量、提高劳动生产率的措施和工艺过程的经济性分析、电子机械典型零件工艺、特种加工和装配工艺等。

本书是 1985 年第一版的修订本。作者经过多年教学实践, 重新精选了内容, 其目的旨在突出工艺基本知识和基本理论, 重视培养学生分析和解决生产技术问题的能力。该书选取了较多的设计工艺规程的实例和分析, 采用国家最新标准(含机械制造工艺术语、尺寸链计算方法), 同时吸收新技术, 介绍了机械加工技术的新发展。

本书是中等专业学校电子机械制造专业的教材, 也可作其它有关专业和职业学校的教材, 还可供从事机械制造的技术人员参考。

中等专业学校教材
电子机械制造工艺学
【修订版】

薛立锦 编
责任编辑 梁庆华 姜永刚

西安电子科技大学出版社出版
陕西省军区长城印刷分厂印刷

陕西省新华书店发行 各地新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 19 4/16 字数 449 千字

1985 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 2 版 1994 年 12 月第 3 次印刷 印数 9 001—11 000

ISBN 7-5606-0317-3/TH·0013 (课) 定价: 10.90 元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作的规定,我部承担了全国高等学校和中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力,有关出版社的紧密配合,从1978~1990年已编审、出版了三个轮次教材,及时供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要,贯彻国家教委《高等教育“八五”期间教材建设规划纲要》的精神,“以全面提高教材质量水平为中心,保证重点教材,保持教材相对稳定,适当扩大教材品种,逐步完善教材配套”,作为“八五”期间工科电子类专业教材建设工作的指导思想,组织我部所属的九个高等学校教材编审委员会和四个中等专业学校专业教学指导委员会,在总结前三轮教材工作的基础上,根据教育形势的发展和教学改革的需要,制订了1991~1995年的“八五”(第四轮)教材编审出版规划。列入规划的,以主要专业主干课程教材及其辅助教材为主的教材约300多种。这批教材的评选推荐和编审工作,由各编委会或教学指导委员会组织进行。

这批教材的书稿,其一是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐,由编审委员会(小组)评选择优产生出来的,其二是在认真遴选主编人的条件下进行约编的,其三是经过质量调查在前几轮组织编定出版的教材中修编的。广大编审者、各编审委员会(小组)、教学指导委员会和有关出版社,为保证教材的出版和提高教材的质量,作出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作还可能有缺点和不足之外,希望使用教材的单位,广大教师和同学积极提出批评和建议,共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

机械电子工业部电子类专业教材办公室

修 订 版 前 言

本教材系按原机械电子工业部的工科电子类专业教材 1991~1995 年编审出版规划,在 1982~1985 年编审出版规划的《无线机械制造工艺学》教材基础上进行修编的,由中专电子机械专业教学指导委员会征稿并推荐出版。责任编委为梁国元。

本教材由成都电子机械高等专科学校薛立镛编写,贵州无线电工业学校贺泽成主审。

本课程的参考教学时数为 109 学时,其主要内容为:机械制造工艺的基本概念、机械加工工艺规程设计、机械加工精度、机械加工表面质量、提高劳动生产率的措施和工艺过程的经济性分析、电子机械典型零件(轴、套、箱体、齿轮、凸轮、微波元件)加工工艺、特种加工和装配工艺。为了适应现代电子工业对机械加工技术的更高要求,第五章中着重介绍了成组工艺、多品种中小批生产的柔性自动化加工(含 NC 加工、CNC 加工、MC、FMC、FMS)和计算机辅助工艺规程设计(CAPP)。使用本教材时应注意:机械制造工艺基本概念的有关术语,均按国标机械制造工艺基本术语 GB4863—85 解释;第十章凸轮加工工艺和第十一章微波元件加工工艺是选读内容,可根据各时期对人才知识的具体要求取舍;各章讲授顺序可视学生已有生产知识情况加以调整。

参加审阅本教材的还有任永光、刘平、陈勇等同志,他们为本书提出许多宝贵意见,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1993.10

第一版前言

本教材由中等专业学校电子机械类专业教材编审委员会机械制造专业编审小组评选审定，并推荐出版。

该教材由成都无线机械学校薛立镛担任主编，贵州无线电工业学校贺泽成担任主审。编审者均是依据机械制造专业编审小组审定的编写大纲进行编写和审阅的。

本课程的参考教学时数为 180 学时。其主要内容为：机械加工工艺规程的编制；机械加工质量；轴类、套类、箱体、齿轮、凸轮等零件加工工艺；微波元件加工工艺；成组工艺；装配工艺；特种工艺；冷冲压工艺；塑料成型工艺等。

全书有以下几个特点：重视了加强工艺基本理论，并以较多的实例辅助论证；有较多的编制工艺规程的实例和典型零件工艺过程分析的例子，以培养学生编制工艺规程的能力；对现代先进工艺技术有一定介绍；全书涉及的标准均采用最新国家标准和有关部颁新标准。

本书是中等专业学校(四年制)无线机械制造专业、无线电设备结构设计专业及电子专用设备专业的“无线机械制造工艺学”课程的教材，它是以无线机械制造专业的需要为基础，兼顾其他两专业的需要编写而成的。采用本教材时，可按各专业的情况对教材内容进行必要的增删，个别章节的讲授顺序也可作一定的调整。

本教材由薛立镛编写第一、二、三、四、五、六、七、九、十一章，肖忠编写第八、十、十二、十三章，薛立镛统编全稿。参加审阅工作的还有李钟猛同志，他为本书提供了许多宝贵意见，这里谨表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论	1	§ 2-4 工序设计	41
第一章 机械制造工艺的基本概念	3	一、加工余量的确定	41
§ 1-1 生产过程与工艺过程	3	二、工序尺寸的计算	45
一、生产过程	3	三、工序图的绘制	52
二、工艺过程	3	四、切削用量和时间定额的确定	53
§ 1-2 工艺过程的组成	4	§ 2-5 设计零件机械加工工艺	
一、工序	4	规程举例	54
二、安装	5	一、零件的主要加工表面和技术要求	55
三、工位	5	二、工艺过程设计	55
四、工步	5	三、工序设计	56
§ 1-3 工艺规程及其作用	7	四、填写工艺文件	57
一、工艺规程	7	第三章 机械加工精度	58
二、工艺规程的作用	7	§ 3-1 机械加工精度的基本概念	58
§ 1-4 生产类型及其工艺特征	7	§ 3-2 影响加工精度的因素	58
一、生产纲领和生产类型	7	一、原理误差	59
二、生产类型的工艺特点	9	二、工艺系统的几何误差	59
§ 1-5 工件的装夹	11	三、调整误差和装夹误差	64
一、工件的定位、夹紧和装夹	11	四、工艺系统受力变形	65
二、工件装夹的方式	11	五、工艺系统受热变形	72
§ 1-6 基准	12	六、工件内应力引起的变形	77
一、设计基准	12	七、测量误差	79
二、工艺基准	12	§ 3-3 保证和提高加工精度的途径	80
第二章 机械加工工艺规程的设计	15	一、直接减小原始误差	80
§ 2-1 概述	15	二、补偿或抵消原始误差	80
一、设计机械加工工艺规程的原则	15	三、转移原始误差	81
二、设计工艺规程的原始资料	15	四、分化原始误差(又称误差分组)	82
三、机械加工工艺文件的格式	15	五、“就地加工”	82
四、设计机械加工工艺规程的程序	16	六、均化原始误差(又称误差平均法)	83
§ 2-2 零件图的分析研究	20	§ 3-4 加工误差的统计分析	84
一、认识零件	20	一、加工误差的性质	84
二、审查图纸	20	二、统计分析方法	84
§ 2-3 工艺过程设计	24	第四章 机械加工的表面质量	97
一、毛坯的选择	24	§ 4-1 加工表面质量概述	97
二、定位基准的选择	27	一、表面质量的含义	97
三、零件加工方法的选择	32	二、表面质量对产品性能的影响	97
四、加工顺序的安排	34	三、机械加工表面质量的研究内容	99
五、工序的组合——集中与分散	39	§ 4-2 表面物理机械性能的变化及	
六、机床和工艺装备的选择	40	改善措施	99

一、工件表层加工硬化	99	一、外圆表面加工方案的选择	152
二、改善表面金相组织变化的 工艺措施	100	二、外圆表面的精密加工	153
三、表面残余应力和磨削裂纹	102	§ 6-3 外花键的加工	159
§ 4-3 表面强化工艺	104	§ 6-4 细长轴的加工	160
一、滚压加工	104	一、细长轴的结构和工艺特点	160
二、挤孔	105	二、加工中防止变形和振动的措施	160
三、喷丸	105	§ 6-5 轴类零件的质量分析	162
§ 4-4 机械加工过程中的振动	106	一、外圆磨削表面的缺陷及防止	162
一、自由振动	106	二、车削、磨削细长轴的缺陷和防止	164
二、受迫振动(强迫振动)	107	三、圆锥面加工的缺陷和解决方法	164
三、自激振动(颤振)	108	§ 6-6 轴类零件的精度检验	164
第五章 提高劳动生产率的措施和 工艺方案的经济性分析	113	一、形状精度检验	164
§ 5-1 提高机械加工生产率的途径	113	二、尺寸精度检验	164
一、缩减单件时间	113	三、位置精度检验	165
二、采用先进工艺方法	115	四、圆锥面的检验	165
三、多机床看管	116	§ 6-7 制订轴类零件工艺的举例	166
四、采用成组工艺	117	一、零件的作用和主要技术要求	166
五、采用高效和自动化加工	117	二、工艺过程设计	166
§ 5-2 成组工艺	118	三、工序余量和工序尺寸	168
一、概述	118	§ 6-8 螺纹和丝杠加工	169
二、成组工艺的分类编码	118	一、螺纹加工方法的选择	169
三、成组工艺设计	126	二、丝杠的技术要求、工艺特点 和材料	170
四、成组工艺的生产组织形式	128	三、丝杠加工工艺过程分析	171
§ 5-3 高效和自动化加工	129	第七章 套类零件加工工艺	175
一、大批大量生产自动化的途径	129	§ 7-1 概述	175
二、多品种中小批生产自动化的途径	130	一、套类零件的结构特点	175
§ 5-4 计算机辅助工艺规程 设计(CAPP)	140	二、套类零件的技术要求	175
一、概述	140	三、套类零件的材料和毛坯	176
二、CAPP 的基本原理与方法	140	四、套类零件的装夹	176
三、CAPP 举例	143	§ 7-2 孔的加工方法	177
§ 5-5 工艺过程的经济性分析	145	一、孔加工方案的选择	177
一、生产成本和工艺成本	145	二、孔的精密加工	177
二、工艺方案的经济性对比	146	§ 7-3 套类零件的主要工艺问题和 解决办法	181
第六章 轴类零件加工工艺	148	一、保证各面对内孔轴线位置 精度的方法	181
§ 6-1 概述	148	二、防止工件加工变形的办法	182
一、轴类零件的功用、分类和 结构特点	148	§ 7-4 套类零件的精度检验	183
二、轴类零件的技术条件	148	一、孔的尺寸精度和形状精度检验	183
三、轴类零件的装夹	149	二、相互位置精度检验	183
§ 6-2 外圆表面的加工	152	§ 7-5 制订套类零件工艺的举例	184
		一、零件的作用和主要技术要求	184

二、毛坯的选择	185	八、研齿	225
三、定位基准的选择	185	九、齿端加工	226
四、工艺路线的拟定	185	§ 9-3 圆柱齿轮工艺规程的制订	226
五、加工余量和工序尺寸	185	一、齿形加工方案的选择	226
第八章 箱体零件加工工艺	187	二、热处理工序的安排	227
§ 8-1 概述	187	三、修整基准的方法	228
一、箱体零件的功用、结构特点		四、制订齿轮零件工艺举例	228
和材料	187	§ 9-4 蜗轮副加工工艺	230
二、箱体零件的技术要求和		一、概述	230
主要工艺问题	187	二、蜗轮的典型工艺过程	231
三、箱体零件的结构工艺性	189	三、蜗轮的齿形加工	232
四、箱体零件的装夹	190	第十章 凸轮加工工艺	235
§ 8-2 平面的加工	192	§ 10-1 概述	235
一、平面加工方案的选择	192	一、凸轮的功用、类型和结构特点	235
二、平面的精密加工	192	二、凸轮的技术要求	235
§ 8-3 箱体类零件的孔系加工	194	三、凸轮的材料和毛坯	236
一、平行孔系的加工	195	§ 10-2 凸轮型面的加工	236
二、同轴孔系的加工	199	一、直接加工法	237
三、交叉孔系的加工	200	二、仿形法	240
§ 8-4 孔系加工精度分析	201	§ 10-3 凸轮加工工艺实例	242
一、悬臂镗镗杆受力变形的影响	201	第十一章 微波元件加工工艺	245
二、镗孔方式的影响	202	§ 11-1 概述	245
三、镗杆与导向套精度的影响	202	一、微波元件的功用、类型和	
四、切削热和夹压力的影响	203	结构特点	245
§ 8-5 箱体零件的检验	203	二、微波元件的技术要求	246
一、平面度和直线度的检验	203	三、微波元件的工艺特性	248
二、孔距精度和相互位置精度的检验	204	§ 11-2 波导元件的加工工艺	248
§ 8-6 箱体类零件工艺的制订	205	一、直波导的加工	248
一、拟定箱体工艺过程的原则	205	二、弯波导的加工	249
二、定位基准的选择	206	三、扭波导的加工	252
三、制订箱体零件工艺的举例	207	§ 11-3 腔体的加工工艺	253
第九章 齿轮加工工艺	209	一、腔体的结构特点	253
§ 9-1 概述	209	二、腔体工艺过程的拟定	254
一、齿轮的技术要求	209	§ 11-4 银钎焊工艺在微波元件	
二、齿轮的材料和毛坯	211	工艺中的应用	256
§ 9-2 圆柱齿轮的加工	211	一、银钎焊工艺的特点	256
一、齿坯加工	211	二、银钎焊的工艺过程	256
二、滚齿	212	三、银钎焊工艺过程中的有关问题	256
三、插齿	220	第十二章 特种加工	260
四、剃齿	220	§ 12-1 电加工	260
五、磨齿	222	一、电化学加工	260
六、珩齿	224	二、电腐蚀加工	263
七、冷挤齿轮	225	三、电子束加工	266

§ 12-2 超声机械加工	267	§ 13-3 保证装配精度的方法	275
一、基本原理	268	一、完全互换法	275
二、超声机械加工的特点和应用	268	二、概率法(不完全互换法)	277
§ 12-3 激光加工	269	三、分组选配法	280
一、激光及其特性	269	四、修配法	282
二、激光加工的基本原理	270	五、调节法	285
三、激光加工的特点和应用范围	270	§ 13-4 装配工艺规程的制订	289
第十三章 装配工艺	271	一、产品分析	289
§ 13-1 概述	271	二、确定装配组织形式	289
一、装配的概念	271	三、确定装配顺序、绘制	
二、机械装配精度	271	装配工艺系统图	290
三、装配工作的基本内容	272	四、装配方法的选择	291
§ 13-2 装配尺寸链分析	273	五、装配工序的划分与设计	292
一、装配尺寸链的概念	273	六、填写装配工艺文件	292
二、装配尺寸链的建立	274	七、制订产品检测与试验规范	292
三、装配尺寸链组成的最短路线原则	275	参考文献	295

绪 论

电子产品除了电气部分外,通常还有机械部分。因此,机械制造是电子产品的主要生产手段之一,且现代电子产品的制造质量也常常需要先进的机械加工技术来保证。

电子机械与普通机械相比,主要有以下特点:零部件一般体积小、重量轻,而且愈来愈向微型化、轻量化发展;零部件采用铜、铝等有色金属较多;有一些特殊结构的零件;在工艺上,随着电子技术的迅速发展,对加工精度和加工的柔性自动化要求将愈来愈高。

当前机械加工技术的发展趋势有三个方向,即高精度、高效自动化和特种加工。对应的高技术目标是纳米级技术($1\text{ nm}=0.001\text{ }\mu\text{m}$)、计算机集成制造系统(CIMS)和激光复合加工技术。在精度方面,现代机械加工技术已经能够稳定掌握 $10\sim0.1\text{ }\mu\text{m}$ 的加工精度,最高可达 $0.1\sim0.01\text{ }\mu\text{m}$ 的加工精度(还不能稳定掌握),并向纳米级加工技术(尺寸单位用微米计,加工精度为 $0.01\sim0.001\text{ }\mu\text{m}$)发展。在高效自动化方面,为了适应多品种自动化生产的需要,向着数控化、柔性化和集成化方向发展。计算机集成制造系统(CIMS)是一个工厂全盘集成制造系统,它借助计算机将经营决策、产品设计、生产准备、零件加工、产品装配、检验和销售等等各个自动化子系统有机地综合集成起来,成为高效益、高柔性自动化、智能化的生产系统。虽然世界上至今还没有一个真正完善的 CIMS,但普遍认为,它代表了当代制造业的最高水平,是机械工业自动化发展的方向。先进工业国的数控机床加工已经普及,柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS)已相当广泛。我国起步晚,但从改革开放至“七五”计划结束,已开发 150 个数控机床品种,年产量接近 3 000 台,并生产了 FMC 15 台, FMS 1 套。此外,北京机床研究所和清华大学等单位分别对 CIMS 的研究开发,也取得了较大进展。在特种加工方面,激光加工技术发展最快,这一高技术与计算机数控技术结合,并与其它加工技术复合后,比常规加工方法的加工质量好,生产效率特别高,有时成本也会降低。我国制造的各种数控激光机和激光加工系统,已能对各种材料进行打孔、切割、焊接、热处理和喷涂。

“电子机械制造工艺学”是研究电子机械制造过程和工艺方法的一门应用科学,是电子机械制造专业的主要专业课之一。它与本专业开设的其它课程一起,为培养电子机械制造技术人员起着重要的作用。

本课程内容有 3 个部分:

(1) 机械制造的基本知识和基本理论。包括机械加工工艺规程设计、机械加工精度、机械加工表面质量、工艺过程的生产率与经济性分析,以及尺寸链在零件加工和产品装配中的应用等内容。

(2) 典型零件加工工艺。包括电子产品中常见的轴类零件、套类零件、箱体类零件、齿轮类零件、凸轴类零件和微波元件等的加工工艺。

(3) 先进工艺和特种工艺介绍。包括精密加工工艺、表面强化工艺、特种工艺、成组工艺和柔性自动化加工工艺等。

加强工艺基本知识和工艺基本理论的教学是本课程的重要任务之一。这些基本知识和理论是任何机械产品制造都通用的知识和理论。掌握它们,能使学生在设计工艺规程、控

制产品制造质量和解决生产实际问题等诸方面有一个较好的基础,并有利于拓展他们参加工作后的适应能力。

不同的制造行业有着不同的典型零件,研究电子机械典型零件的工艺方法和工艺过程是培养学生设计零件加工工艺规程能力的有效方法。

先进的机械加工工艺技术,特别是柔性自动化加工工艺、精密工艺和特种工艺,是实现电子工业现代化的重要保证之一。本教材根据各种先进工艺技术的应用情况和发展趋势,对它们的原理、特点和应用都作了适当介绍。

读者通过本教材(课程)的学习,应达到:掌握现代机械制造的基本理论和基本知识;熟悉各类典型零件的工艺过程和工艺方法;在生产实习、下厂参观、实验、作业和课程设计等教学环节的配合下,具备设计中等复杂程度零件工艺规程和初步具有分析、解决生产实际中的一般工艺技术问题的能力;并对各种先进工艺技术有一定了解。

如前所述,“电子机械制造工艺学”有其独立的理论和系统,但又是一门综合性的课程。它与许多技术基础课程和专业课程,如“金属工艺学”、“公差配合与技术测量”、“金属切削原理与刀具”、“金属切削机床”和“机床夹具设计”等都有着密切的联系。本课程对许多问题的研究,都是在上述课程的基础上进行的,有的就是上述各课程知识的综合应用。

“电子机械制造工艺学”是从生产实践和科研实践中总结、发展起来的一门学科,因此,学习本课程的基本方法是“理论联系实际”。即既要重视理论,又要重视实践,两者不可偏废。重视理论,特别要重视工艺理论的学习,因为它是生产实践的总结和结晶,对于指导生产、解决生产实际问题用处很大。重视实践,首先要重视生产实习、实验和工艺课程设计等实践性教学环节的学习,同时,不论在校学习还是参加工作之后,都需要深入实际、深入现场,与工人结合起来,不断运用已有的理论知识去分析和解决生产中出现的问题,从而不断巩固和充实所学理论知识,提高解决生产实际问题的能力。此外,还应经常查阅有关资料,注意国内外机械加工技术的新成就,并进行分析研究,借以不断更新自己的知识。

第一章 机械制造工艺的基本概念

机械制造工艺是各种机械制造方法和过程的总称。掌握机械制造工艺的基本概念,对于学好本课程是很重要的。

§ 1-1 生产过程与工艺过程

一、生产过程

机械产品的生产过程,是指将原材料转变为成品的全过程。通常包括:

- (1) 原材料的运输和保管;
- (2) 生产准备工作(如产品图纸、工艺文件、夹具、刀具、量具和模具等的准备);
- (3) 毛坯制造;
- (4) 毛坯经机械加工和热处理成为零件;
- (5) 将零件装配成机器;
- (6) 检验和调试;
- (7) 机器的油漆和包装。

在现代生产中,某一机械产品(特别是复杂产品)的生产过程,往往不是由一个工厂单独完成,而是将它的零件和部件分散给若干工厂制造,最后由一个工厂装配完成的。这样做,有利于组织专业化生产,从而提高生产效率、降低成本。电子产品的机械部分,往往也是由若干工厂联合完成的。

一个工厂的生产过程,又分为若干车间的工艺过程。故某一车间的成品往往又是另一车间的原材料。例如铸造、锻造和冷冲压车间的成品(铸件、锻件和冲压件),就是机械加工车间的毛坯;而机械加工车间的成品(零件),又是装配车间的原材料。

二、工艺过程

在机械产品的生产过程中,有直接将原材料转变为零件,再把零件装配成机器的主要过程,也有如运输、保管、工具制造、设备维修和统计报表等的辅助过程。凡直接转变原材料为成品的过程,即改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品(或半成品)的过程,均称为机械产品的工艺过程。

在工艺过程中,将原材料经过铸造、锻压、冷冲压和焊接变为铸件、锻件、冲压件或焊接件的过程,分别称为铸造、锻造、冲压或焊接工艺过程。将铸、锻件毛坯或型材,通过机械加工,改变它们的形状、尺寸、相对位置和性质,使其成为合格零件的过程,称为机械加工工艺过程。将零件的半成品或成品,通过热处理方法,改变其材料性质的过程,称为热处理工艺过程。最后将合格的零件、外购件和标准件装配成组件、部件和机器的过程,称为装配工艺过程。

本书主要讨论的是机械加工工艺过程和装配工艺过程。但有时也必然要涉及毛坯制造

和热处理的问题。

§ 1-2 工艺过程的组成

机械制造的各种工艺过程，都是按一定顺序逐步进行的，通常是将车间划分成相应的若干工作地(安装机床、设置工具和其它设备)，由一个工人或一组工人，在一处完成工艺过程的一部分工作。为了便于组织生产，合理使用设备、工具和劳动力，以确保质量，提高生产率，各种工艺过程均划分为一系列工序。在机械加工工艺过程和装配工艺过程中，还将工序细划分为安装、工位和工步。

一、工序

一个或一组工人，在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程，称为工序。例如，一个工人在一台车床上对一个工件车端面、外圆、退刀槽、螺纹和切断；一组钳工在一个工作地对一批零件去毛刺；一组装配工人在一个工作地配刮机床的导轨，它们都各是一道工序。

这里有三个要素，即工人、工作地(或机床)和对工件的连续工作，它们是否改变，是

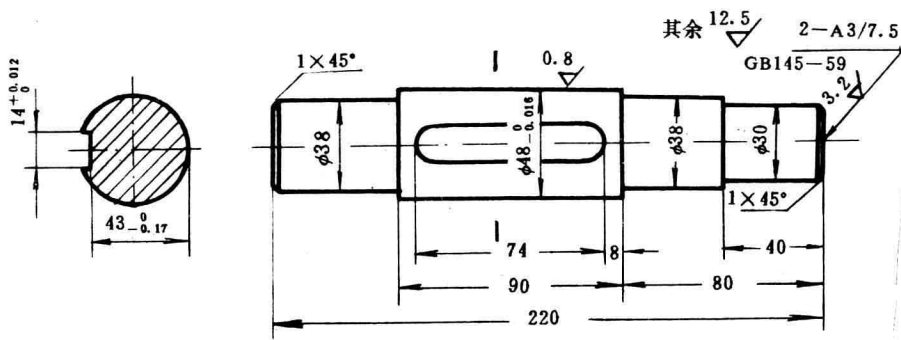


图 1-1 阶梯轴

划分工序的依据。例如图 1-1 阶梯轴零件，当生产数量较多时(如 1 000 件)，其机械加工工艺过程由六道工序组成，见表 1-1。这六道工序的区别，正是上述三个要素有了改变。

当生产数量较少时，表 1-1 中工序 3、4 的工作内容，也可由一个工人在一台车床上，先将整批工件右段外圆车成，再调头车左段外圆，因为工件加工不连续，这样也算两道工序；当只加工一件时，车端面打中心孔、车右段外圆和车左段外圆，可

表 1-1 阶梯轴加工工艺

工序号	工 序 名 称	机 床
1	下料	锯床
2	车端面打中心孔	车床
3	车右段外圆	车床
4	车左段外圆	车床
5	铣键槽	立铣
6	磨外圆	外圆磨床

由一个工人在一台车床上连续完成,这时三道工序合并成了一个工序。

工序是各种工艺过程的基本组成部分,也是生产计划和成本核算的基本单元。

二、安装

安装是工序的一部分,是指工件(或装配单元)经一次装夹后所完成的那一部分工序。

在一道工序中,可以有一个或几个安装。但安装数多,会带来装夹误差和增加工件装卸的辅助时间。因此,在一道工序中应尽量减少安装个数。

三、工位

在某些工序中,有时为了减少工件多次装夹带来的误差和时间损失,常将工件装在转位工作台、转位(或移位)夹具上,使工件不需改变装夹就能取得不同的工作位置,依次进行不同的加工。这种为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件(或装配单元)与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置,称为工位。

图 1-2 所示是在多轴钻床上完成 IT7 级内孔加工的例子。在该工序中,工件仅装夹一次,利用回转工作台,工件能在六个工位上依次进行装卸、钻孔、扩钻、扩孔、粗铰和精铰的加工。

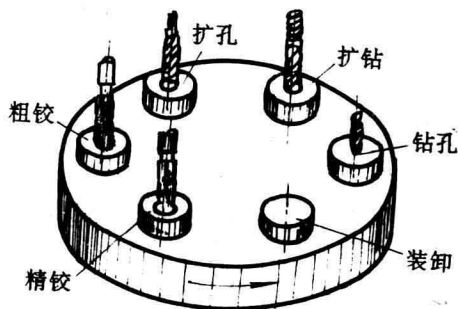


图 1-2 多工位加工

四、工步

在加工表面(或装配时的连接表面)和加工(或装配)工具不变的情况下,所连续完成的那部分工序,称为工步。

按此定义,图 1-1 所示零件车右段外圆工序中共有四个工步:

- (1) 车外圆 $\phi 48$ (留磨削余量);
- (2) 车外圆 $\phi 38$;
- (3) 车外圆 $\phi 30$;
- (4) 倒角 $1 \times 45^\circ$ 。

车左段外圆工序中共有两个工步:

- (1) 车外圆 $\phi 38$;
- (2) 倒角 $1 \times 45^\circ$ 。

如果将图 1-1 中 $\phi 30$ 外圆表面改为 $\phi 30H9$ 、 $R_a \leq 3.2 \mu m$,则此表面应先粗车,然后换车刀再作半精车。这时,因为刀具变了,所以原工步分成了粗车和半精车工步。

零件上几个完全相同的表面,当采用相同的刀具加工时,为简化工艺文件的书写,当成一个工步看待。例如图 1-3 所示零件上的四孔 $\phi 15 \text{ mm}$,用一支钻头顺序加工,工艺文件上记为一个工步——钻 4— $\phi 15$ 孔。

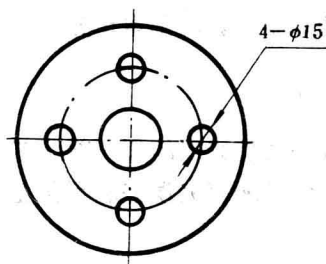


图 1-3 盘形零件

为了提高生产效率,有时用几把刀具或一把复合刀具,同时完成几个表面的加工(图 1-4),也当作一个工步,称为复合工步。

在机械加工工艺过程的工步中,有时因被加工表面余量很厚不能一次切除,或为了获得较高的精度和较细的表面粗糙度,常需对某一表面多次切削。这时,每切去一层金属就称为一次走刀,如图 1-5 所示。

按照上面 4 项所述,将图 1-1 零件的机械加工工艺过程归纳成表 1-2,以便于对机械加工工艺过程、工序、安装、工步的概念和它们之间的关系,有更清楚的认识。

表 1-2 阶梯轴机械加工工艺过程的组成

工序号	安装号	工步号	工序、安装、工步的内容	机 床	工序号	安装号	工步号	工序、安装、工步的内容	机 床
I			下 料	锯 床	II	A	3	车外圆 $\phi 30$	车 床
			车端面打中心孔	车 床			4	倒角 $1 \times 45^\circ$	
II	A		三爪夹外圆		IV			车左段外圆	车 床
		1	车右端面					调头、两顶尖安装	
	B	2	钻中心孔			A	1	车外圆 $\phi 38$	
			调头、三爪夹外圆				2	倒角 $1 \times 45^\circ$	
		1	车端面		V			铣键槽	立式铣床
		2	钻中心孔					平口钳夹外圆	
III			车右段外圆	车 床	VI	A	1	铣键槽	外圆磨床
			两顶尖安装					磨外圆	
		1	车外圆 $\phi 48$ (留磨量)					两顶尖安装	
		2	车外圆 $\phi 38$				1	磨外圆 $\phi 48 - \frac{0}{-0.015}$	

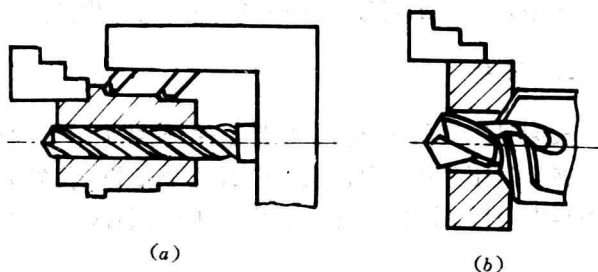


图 1-4 复合工步

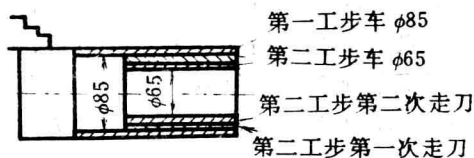


图 1-5 车阶梯轴的工步与走刀

§ 1 - 3 工艺规程及其作用

一、工艺规程

任何零件加工或产品装配的工艺过程及其操作方法都可能若干个,但在某一生产条件下,其中必有一个既能保证质量,又能提高生产效率,降低成本的合理的工艺过程 and 操作方法。为了使生产能满足“优质、高产、低消耗”的要求,需要把合理的工艺过程 and 操作方法用文字和技术语言(图形、符号),按一定的格式写成工艺文件,用来指导生产。这种规定产品或零部件制造工艺过程 and 操作方法等的工艺文件,称为工艺规程。

二、工艺规程的作用

好的工艺规程,总是根据劳动人民长期生产实践和工艺科研实践总结出来的经验,结合具体生产条件制订的,并通过生产实践不断加以改进和完善。因此,它起着以下重要作用:

(1) 它是指导生产的主要技术文件。工艺规程的主要作用是指导生产。一切生产人员都必须严格按照工艺规程的规定组织和进行生产,任何人不得违反和改变它的内容,以保证生产的优质、高产、低消耗。

工艺规程不是一成不变的。工艺技术在不断发展,人们的认识也在不断提高。一个好的工艺规程有时也会出现缺陷。当生产出现薄弱环节,或工人有了革新创造,或国内外同行已经有了先进工艺方法等,就需对现行工艺规程加以改进和完善。但必须经过调查和必要的工艺试验,并按一定的审批手续进行修改。

(2) 它是新产品投产前进行生产技术准备和生产计划、调度的依据。机械产品的投产,事先必须根据工艺规程和其他资料进行生产准备。例如所需专用刀具、夹具和量具(以下简称专用工艺装备或专用工装)的制造,原材料、半成品和标准工具的供应,人员配备等工作。计划、调度部门则要根据生产纲领和工艺规程,安排各类零件的投产时间、数量和调整机床负荷等等。

(3) 在新建或扩建、改建工厂时,工艺规程是进行工厂设计的原始资料之一。当有了产品的整套工艺规程和年产量后,才能正确地决定设备的种类、型号和数量,车间的面积和布置,对各类人员的要求和数量,以及投资金额等等。

§ 1 - 4 生产类型及其工艺特征

一、生产纲领和生产类型

(一) 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。它包括产品全年、季度或每月的产量。例如,计划期为一年的生产纲领,就是产品的年生产量。

产品中某零件的生产纲领,除满足产品计划外,还应包括它的备品率和平均废品率。