

中等专业学校教材

无线电机械制造工艺学

薛立锵 肖 忠 编



西北电讯工程学院出版社

内 容 简 介

全书共分两篇十三章。内容包括：机械加工工艺规程的编制、机械加工质量、轴类零件加工工艺、套类零件加工工艺、箱体类零件加工工艺、齿轮加工工艺、凸轮加工工艺、微波元件加工工艺、成组工艺、装配工艺、特种工艺、冷冲压工艺和塑料成型工艺等。

本书重视工艺基本理论的论述，有较多编制零件工艺规程的实例和分析，有关标准均采用最新国家标准或部颁标准，如GB4457~4460—84、GB3505—83、GB1031—83、GB131—83等。

本书是中等专业学校无线电机械制造等专业的教材，也可供从事机械加工的技术人员参考。

中等专业学校教材
无线电机械制造工艺学
薛立锵 肖 忠 编

西北电讯工程学院出版社出版
雁塔区罗家寨印刷厂印刷

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 25 4/16 字数 627000

1985年12月第一版 1985年12月第一次印刷 印数 1-5000

统一书号：15322·35

定价：4.50元



出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校工科电子类专业课教材的编审、出版的组织工作。从1977年底到1982年初，由于各有关院校，特别是参与编审工作的广大教师的努力和有关出版社的紧密配合，共编审出版了教材一百五十九种。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应社会主义现代化建设培养人才的需要，反映国内外电子科学技术水平，达到“打好基础、精选内容、逐步更新、利于教学”的要求，在总结第一轮教材编审出版工作经验的基础上，电子工业部于1982年先后成立了高等学校《无线电技术与信息系统》、《电磁场与微波技术》、《电子材料与固体器件》、《电子物理与器件》、《电子机械》、《计算机与自动控制》，中等专业学校《电子类专业》、《电子机械类专业》共八个教材编审委员会，作为教材工作方面的一个经常性的业务指导机构。并制定了1982~1985年教材编审出版规划，列入规划的教材、教学参考书、实验指导书等共二百一十七种选题。在努力提高教材质量，适当增加教材品种的思想指导下，这一批教材的编审工作由编审委员会直接组织进行。

这一批教材的书稿，主要是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中评选择优和从第一轮较好的教材中修编产生出来的。广大编审者，各编审委员会和有关出版社都为保证和提高教材质量作出了努力。

这一批教材，分别由电子工业出版社、国防工业出版社、上海科学技术出版社、西北电讯工程学院出版社、湖南科学技术出版社、江苏科学技术出版社、黑龙江科学技术出版社和天津科学技术出版社承担出版工作。

限于水平和经验，这一批教材的编审出版工作肯定还会有许多缺点和不足之处，希望使用教材的单位、广大教师和同学积极提出批评建议，共同为提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系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镔担任主编,贵州无线电工业学校贺泽成担任主审。编审者均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一百八十学时。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》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。

本教材由薛立镔编写第一、二、三、四、五、六、七、九、十一章,肖忠编写第八、十、十二、十三章,薛立镔统编全稿。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

第一篇 机械加工工艺

第一章 机械加工工艺规程的编制

第一节 机械加工工艺

过程的基本概念 3

一、生产过程与工艺过程 3

二、工艺过程的组成 4

三、生产类型及其工艺特征 6

第二节 工艺规程的编制步骤 8

一、工艺规程的概念 8

二、编制工艺规程的原始资料 9

三、编制工艺规程的程序 9

第三节 零件的工艺性分析 10

一、分析零件的结构 10

二、分析零件的技术要求 13

第四节 毛坯的选择 13

一、毛坯的种类和制造方法 13

二、毛坯种类和制造方法的选择 15

第五节 定位基准的选择 16

一、工件的安装与

获得规定尺寸的方法 16

二、基准的概念 17

三、定位基准的选择 19

第六节 工艺路线的拟定 23

一、加工方法的选择 23

二、加工顺序的安排 32

三、工序的组合——集中与分散 35

第七节 加工余量的确定 36

一、总加工余量和工序加工余量 36

二、影响加工余量的因素 37

三、余量计算公式的应用 39

四、确定加工余量的方法 39

第八节 工艺尺寸的计算 39

一、毛坯尺寸的计算 39

二、工艺尺寸及其公差确定 40

三、工艺尺寸链 41

第九节 工艺过程的生产率及

经济性分析 49

一、时间定额 49

二、提高生产率的基本途径 50

三、工艺过程的技术经济分析 52

第十节 编制工艺规程的实例 53

一、工艺文件的格式 53

二、实例 54

第二章 机械加工质量

第一节 机械加工

精度的基本概念 63

第二节 影响加工的精度因素 63

一、原理误差 63

二、工艺系统的几何误差 64

三、工艺系统力效应产生的误差 69

四、工艺系统热变形产生的误差 76

五、工件内应力引起的变形 79

六、工件安装、调整和测量误差 81

第三节 加工误差的综合分析 83

一、误差的性质 83

二、误差的合成 83

三、用统计法分析加工误差 84

四、工艺论证 92

第四节 保证和提高加工精度的途径 94

一、直接消除或减小原始误差 94

二、补偿或抵消原始误差 94

三、转移变形和转移误差 95

四、误差分组 96

五、“就地加工”达到最终精度 97

六、误差平均法 98

第五节 机械加工的表面质量 99

一、概述 99

二、影响表面几何形状特征的因素

及改善的措施 101

三、表面物理机械性能的变化

及改善途径 101

四、机械加工过程中的振动 104

第三章 轴类零件加工工艺

第一节 概述	111
一、轴类零件的功用、 分类和结构特点	111
二、轴类零件的技术条件	111
三、轴类零件的毛坯	112
四、轴类零件的安装	112
第二节 外圆表面的加工	115
一、外圆表面加工方法的选择	115
二、外圆表面的精密加工	115
第三节 外花键的加工	123
第四节 细长轴的加工	124
一、细长轴的结构和工艺特点	124
二、加工中防止变形和振动的措施	124
第五节 典型轴类零件 工艺过程的拟定	126
一、零件的作用和主要技术要求	126
二、毛坯选择	127
三、定位基准的选择	127
四、工艺路线的拟定	127
五、工序余量和工序尺寸	127
第六节 轴类零件的精度检验	128
一、热处理硬度的检验	128
二、表面粗糙度检验	128
三、外圆柱面的检验	129
四、圆柱面的精度检验	130
第七节 轴类零件加工中的质量问题 及其解决办法	130
一、外圆磨削表面的缺陷及防止	130
二、车削、磨削细长轴的缺陷和防止	131
三、圆锥面加工的缺陷和解决办法	131
第八节 螺纹和丝杠加工	131
一、螺纹加工方法的选择	131
二、丝杠的技术要求、 工艺特点和材料	132
三、丝杠加工工艺过程分析	133
第四章 套类零件加工工艺	
第一节 概述	138
一、套类零件结构特点	138
二、套类零件的技术要求	138
三、套类零件的材料和毛坯	139
四、套类零件的定位和安装	139
第二节 孔的加工方法	140
一、孔加工方法的选择	140
二、孔的精密加工	140

第三节 典型套类零件工艺 过程的拟定	144
一、零件的作用和主要技术要求	144
二、毛坯的选择	144
三、定位基准的选择	144
四、工艺路线的拟定	145
五、加工余量和工序尺寸	145
第四节 套类零件的精度检验	146
一、孔的尺寸精度和形状精度检验	146
二、相互位置精度检验	146
第五节 套类零件加工的质量问题和 解决办法	147
一、工件变形	147
二、保证表面相互位置精度的方法	148
第五章 箱体类零件加工工艺	
第一节 概述	150
一、箱体类零件功用、 结构特点和技术要求	150
二、箱体类零件的材料及毛坯	151
三、箱体类零件的结构工艺性	151
四、箱体类零件的安装	152
第二节 平面的加工	153
一、平面加工方法的选择	153
二、平面的精密加工	154
第三节 箱体类零件的孔系加工	156
一、平行孔系的加工	156
二、同轴孔系的加工	161
三、交叉孔系的加工	162
第四节 箱体类零件工艺过程 的拟定	162
一、拟定箱体工艺过程的原则	162
二、定位基准的选择	163
三、拟定工艺过程的实例	164
第五节 箱体类零件的检验	165
一、平面的直线度和平面度的检验	166
二、孔精度和相互位置精度的检验	166
第六节 箱体类零件加工质量分析	167
一、主轴系统和镗杆受力变形的影响	167
二、镗杆和导向装置的 几何误差的影响	169
三、镗孔方式对镗孔精度的影响	170
四、箱体受力变形和热变形的影响	171
第六章 齿轮加工工艺	
第一节 概述	172

一、齿轮的技术要求.....	172	二、成组工艺的基本概念.....	220
二、齿轮材料和毛坯.....	174	第二节 成组工艺的分类编码	221
第二节 圆柱齿轮的加工	174	一、分类编码系统.....	221
一、齿坯加工.....	174	二、零件的编码.....	223
二、齿形加工.....	175	三、零件的分组.....	224
三、滚齿精度分析.....	182	第三节 成组加工的工艺设计	225
四、齿端加工.....	188	第四节 成组工艺的生产组织形式	226
第三节 圆柱齿轮工艺过程的拟定	189	一、成组单机加工.....	226
一、齿形加工方案的选择.....	189	二、成组生产单元.....	226
二、热处理工序的安排.....	189	三、成组流水线.....	227
三、修整基准的方法及其工序的安排.....	190	第五节 计算机辅助制造简介	227
四、实例.....	190	一、成组技术与数控技术结合.....	227
第四节 蜗轮副加工工艺	192	二、成组技术与计算机辅助工艺设计.....	227
一、概述.....	192	第十章 装配工艺	
二、蜗轮齿形加工.....	194	第一节 概述	229
第七章 凸轮加工工艺		一、装配的概念.....	229
第一节 概述.....	197	二、装配系统.....	229
一、凸轮的功用、类型和结构特点.....	197	三、装配工艺过程组成和装配工艺文件	230
二、凸轮的技术要求.....	198	四、装配的组织形式.....	233
三、凸轮的材料和毛坯.....	198	五、装配的生产类型及其特点.....	234
第二节 凸轮型面的加工	199	六、装配精度.....	235
一、直接加工法.....	199	七、例行试验.....	235
二、仿形法.....	202	第二节 装配尺寸链分析	236
第三节 凸轮加工工艺实例.....	204	一、装配尺寸链的组成.....	236
第八章 微波元件加工工艺		二、装配尺寸链组成的最短路线原则.....	237
第一节 概述.....	207	第三节 保证装配精度的方法	237
一、微波元件的功用、类型和结构特点	207	一、完全互换法.....	238
二、微波元件的技术要求.....	208	二、概率法.....	242
三、微波元件的工艺特性.....	210	三、选择装配法.....	245
第二节 波导元件的加工工艺	210	四、修配法.....	246
一、直波导的加工.....	210	五、调节装配法.....	248
二、弯波导的加工.....	211	第十一章 特种加工	
三、扭波导的加工.....	214	第一节 电加工	252
第三节 腔体的加工工艺	215	一、电化学加工.....	252
一、腔体的结构特点.....	215	二、电腐蚀加工.....	255
二、腔体工艺过程的拟定.....	215	三、电子束加工.....	257
第四节 银钎焊工艺在微波元件		第二节 超声机械加工	259
工艺中的应用	216	一、基本原理.....	259
一、银钎焊工艺的特点.....	216	二、超声机械加工的特点和应用.....	260
二、银钎焊的工艺过程.....	217	第三节 激光加工	260
三、银钎焊工艺过程中有关问题.....	217	一、激光及其特性.....	261
第九章 成组工艺		二、激光加工的基本原理.....	261
第一节 概述.....	220	三、激光加工的特点和应用范围.....	261
一、发展背景.....	220		

第二篇 冷冲压工艺和塑料成型工艺

第十二章 冷冲压工艺

第一节 概述 263

一、冷冲压加工的工艺特点 263

二、冷冲压的基本工序 263

三、冷冲压用的材料 267

四、冷冲压设备简介 267

第二节 冲裁 271

一、冲裁过程分析 271

二、冲裁时凸模与凹模间的间隙 273

三、凸模和凹模刃口尺寸的确定 275

四、冲裁力、推件力和卸料力 278

五、冲裁件的排样和条料宽度 281

六、精密冲裁 284

七、整修 288

第三节 冲裁模 289

一、冲裁模的分类 289

二、冲裁模的典型结构 290

三、冲裁模的主要部件与零件结构 296

四、冲裁模的设计步骤及设计要点 305

第四节 弯曲 308

一、弯曲过程分析 308

二、弯曲件的质量分析 309

三、弯曲毛坯尺寸的确定 312

四、弯曲力的计算 314

五、弯曲模 315

第五节 引伸 317

一、引伸工艺的特点 318

二、圆筒形工件的引伸系数和
引伸次数的确定 320

三、引伸件毛坯尺寸的确定 326

四、压边力和引伸力的计算 329

五、引伸模 331

第六节 冷挤压 333

一、概述 333

二、冷挤压力的计算 336

三、冷挤压工艺过程的几个问题 337

第七节 成形 340

一、胀形 341

二、缩口 343

三、翻边 345

四、校平和整形 348

第八节 冷冲压件工艺规程的编制 ... 349

一、冷冲压件的结构工艺性 349

二、冷冲压加工方案的确定 351

三、半成品形状和尺寸的确定原则 352

四、冲压设备的选泽 353

五、实例分析 353

第十三章 塑料成型工艺

第一节 概述 358

一、塑料的性能、种类和用途 358

二、塑料的成形方法 361

三、塑料零件的结构特征 362

第二节 热固性塑料的压制成型 368

一、压塑成形原理 368

二、挤塑(挤压)成型原理 368

三、热固性塑料压制成型工艺过程 369

四、热固性塑料压制成型工艺参数 371

第三节 热塑性塑料的注射成型 373

一、热塑性塑料注射成型原理 373

二、热塑性塑料注射成型工艺过程 374

三、热塑性塑料注射成形工艺参数 376

第四节 热固性塑料的注射成型 378

第五节 塑料成型模具 380

一、塑料成型模具的类型和
典型结构 380

二、成型设备 384

三、模具成型零件的设计 386

四、分型面和浇注系统 387

五、模具的加热和冷却系统 389

第六节 塑料零件的金属涂覆工艺 ... 391

一、概述 391

二、涂覆前的处理 391

三、涂覆方法 392

第七节 塑料的切削加工简介 393

一、塑料的切削性能 394

二、塑料切削加工的切削力 394

三、塑料切削加工的要点 394

绪 论

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

无线电机与普通机械相比较,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;随着电子工业的发展,对机械加工技术的要求将越来越高。

《无线电机机械制造工艺学》是研究无线电机机械制造工艺过程和工艺方法的一门应用科学,是无线电机机械制造专业的一门主要专业课。它与本专业开设的其他课程一起,为培养无线电机机械制造技术人员起着重要的作用。

本课程内容有五个部分:

(一)机械制造工艺的基本理论。包括第一章机械加工工艺规程的编制,第二章机械加工质量。

(二)典型零件加工工艺。包括第三章轴类零件加工工艺,第四章套类零件加工工艺,第五章箱体类零件加工工艺,第六章齿轮加工工艺,第七章凸轮加工工艺,第八章微波元件加工工艺。

(三)装配工艺。

(四)先进工艺和特种工艺介绍。包括第三、四、五各章中讲述的精密、超精密加工技术,第九章成组工艺和第十一章特种工艺。

(五)冷冲压工艺和塑料成型工艺。

加强工艺基本理论的教学是本课程的重要任务。工艺基本理论同其他基本理论一样,不是一成不变的,它随着机械加工技术的发展不断地发展和充实着。工艺基本理论的中心内容是:编制零件机械加工工艺规程的原理;控制零件加工精度和表面质量的理论;提高生产效率、降低生产成本的理论。它们与装配工艺的中心内容——控制产品装配精度的方法一起,构成机械制造工艺的基本理论。这些知识是任何机械产品制造都通用的基本知识。掌握这些知识,能使学生在编制工艺规程、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理论基础,而且有利于扩大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,无线电机机械制造的典型零件如前所述。研究各类典型零件的工艺方法和工艺过程是培养学生编制零件加工工艺规程能力的有效方法。

先进的机械加工技术,是实现电子工业现代化的重要保证。为适应电子工业对零件的高精度要求,精密和超精密加工技术、微细加工技术,已成为机械制造工艺发展的一个重要方面。成组工艺是为适应迅速更新和发展产品品种的需要,改变多品种、中小批生产技术落后,生产效率低,转产周期长的不利局面而发展起来的新技术。电子计算机在机械制造中的应用是机械加工技术发展的又一个重要方面。本教材根据各种先进工艺技术在国内的应用情况和发展趋势,对它们的原理和特点分别作了适当的介绍。

在现代无线电机机械产品中,除了机械加工零件外,还有数量较多的板料冲压零件和塑料成型零件。为此本教材增加了冷冲压工艺和塑料成型工艺的内容,以适应电子产品生产的需

要。这些知识，对于从事机械制造工艺工作的人员是必要的，对于部件制造或产品制造的主管技术人员也是不可缺少的。

通过本课程的学习，应掌握现代机械制造工艺的基本理论，熟悉各类典型零件、冲压零件和塑料零件的工艺过程和工艺方法。在生产实习、实验、作业、课程设计等教学环节的配合下，应具备编制中等复杂程度零件工艺规程和初步具有分析、解决生产实际中一般工艺问题的能力，并对各种先进工艺技术有一定了解。

如前所述，《无线电机机械制造工艺学》有其独立的理论和系统，但它同时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《夹具设计》等有密切联系，本课程中对许多问题的研究，都是在上述各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。

《无线电机机械制造工艺学》是从生产实践和工艺科研实践中总结、发展起来的一个学科，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，特别要重视工艺基本理论的学习，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，就是要联系生产实际，学生在学习期间和参加工作以后，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。同时还应经常查阅有关刊物，注意国内外机械加工技术的新成就，并进行分析研究，藉以不断更新自己的知识。

第一篇 机械加工工艺

第一章 机械加工工艺规程的编制

第一节 机械加工工艺过程的基本概念

一、生产过程与工艺过程

机械产品的生产过程，是指从原材料到成品之间的全部劳动过程，通常包括：

1. 原材料、半成品和成品的运输和保管；
2. 生产准备（图纸、工艺、刀具、夹具、量具、模具等的准备）；
3. 毛坯制造；
4. 将毛坯加工成零件；
5. 将零件装配成机器；
6. 检验和试车；
7. 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、部件和毛坯，分散给若干工厂制造，最后由一个工厂装配。故某一工厂的生产过程，仅仅是整个产品生产过程的一部分。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。无线电产品（如雷达、电视机等）的生产过程，同样是由若干工厂联合完成的，甚至它的机械部分也是由若干工厂联合完成的。此时，某一工厂所用的原材料、半成品或部件，则是另一些工厂的成品。而本工厂的成品，往往又是另外工厂的半成品或元件。

一个工厂的生产过程，又分为若干车间的生产过程。某一车间所用的原材料（或半成品），可能是另一车间的成品，而它的成品又可能是其他车间的原材料。例如机械加工车间的原材料，可能是铸造、锻压和冷冲压等车间的成品（铸件、锻件和冲压件），而机械加工车间的成品（零件），又是装配车间的原材料。

综上所述，工厂（或车间）的生产过程，是指工厂（或车间）把进厂（或车间）的原材料、半成品或零部件变为成品的全部劳动过程。

在工厂的生产过程中，有直接把原材料变为零件、再把零件装配成机器的主要过程，也有如运输、保管、工装制造、设备维修、质量检验和统计报表等辅助过程。凡是直接变原材料为零件的过程，即改变原材料形状、尺寸（铸、锻、冲压和机械加工）和材料性能（冷压、热处理）的过程与产品装配的过程，称为机械制造工艺过程。

在机械制造工艺过程中，有改变原材料形状、尺寸使之成为毛坯的毛坯制造工艺过程，

有改变原材料和半成品机械性能的热处理工艺过程；还有改变毛坯形状、尺寸和材料性能，使之成为零件的机械加工工艺过程；也有产品装配的装配过程等等。本章主要讨论的是机械加工工艺过程（以下简称工艺过程），但有时也要涉及毛坯制造和热处理的问题。

二、工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列工序组成的。每个工序又分为安装、工位、工步和走刀。

(一) 工序

是指一个（或一组）工人，在一台机床上（或一个工作地点），对一个（或同时几个）工件进行加工所连续完成的那一部分工艺过程。

这里有三个要素，即工人、机床（或工作地点）和对工件的连续加工。它们是否改变，是划分工序的依据。例如图 1-1 所示阶梯轴，当生产数量较多（例如 1000 件）时，其工艺过程由六个工序组成，见表 1-1。这六个工序的区别，正是上述三个要素有了变动。

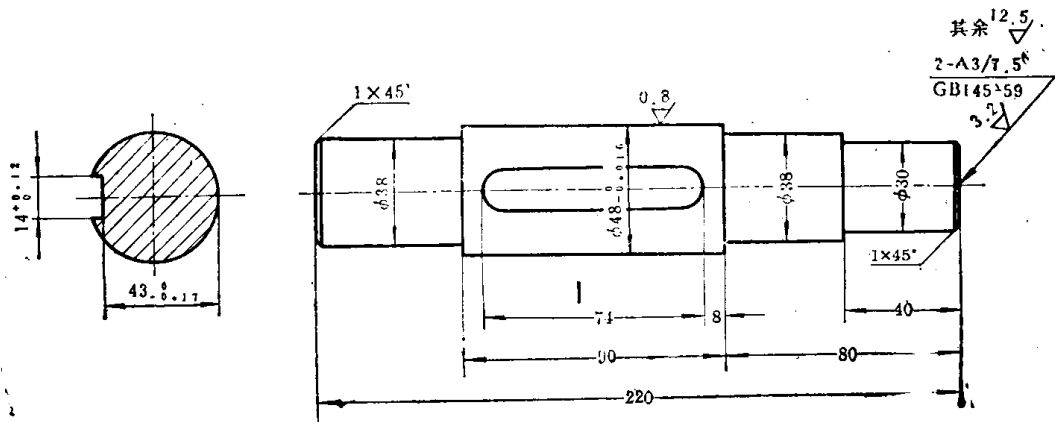


图 1-1 阶梯轴

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	车外圆右段	车 床
4	车外圆左段	车 床
5	铣 键 槽	立 铣
6	磨 外 圆	外 圆 磨 床

当生产数量很少时，表 1-1 中工序 3、4 的工作内容，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、车外圆右段和车外圆左段，可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。

工序是零件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，是指工件在机床（或夹具）上装卸一次所完成的那一部分工艺过

程。

在一个工序中，工件可以安装一次，也可以安装几次。但多次安装会带来安装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工件的安装次数。

(三)工位

生产中，有时为了减少工件多次安装带来的误差和时间损失，常将工件装在转位工作台或转位夹具上，使工件在机床上取得不同位置，依次进行不同的加工。工件在机床上每变一个位置所完成的那部分工艺过程，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。在该工序中工件仅安装一次，利用回转工作台使每个工件能在六个工位上依次进行钻、扩、铰加工。

由此可知，采用多工位加工，可以减少安装次数，提高生产效率。

(四)工步

在加工表面、切削刀具以及切削用量中的转速和进给量不变的情况下所完成的那部分工序，称为一个工步。其中只要有一个因素变动，则成为另一工步。在一个工序中，总有一个或几个工步。

按此定义，图 1-1 所示零件的车外圆右段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。

车外圆左段工序中共有两个工步：

- ①车外圆 $\phi 38$ ；
- ②倒角。

如果将图 1-1 中 $\phi 30\text{mm}$ 表面改为 $\phi 30_{-0.1}^{+0.1}\text{mm}$ 、粗糙度 $R_a \leq 3.2\mu\text{m}$ ，则此表面应先粗车，然后减小进给量再半精车。这时，因为进给量改变了，所以该工步分成了粗车和半精车两个工步。

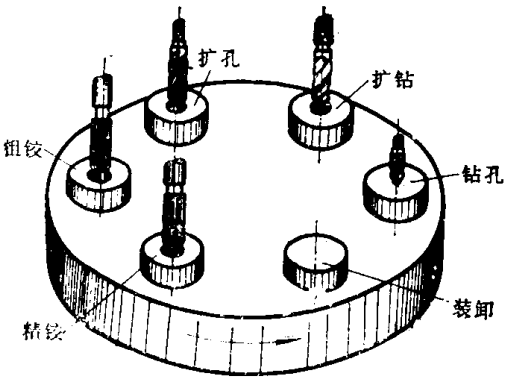


图 1-2 多工位加工

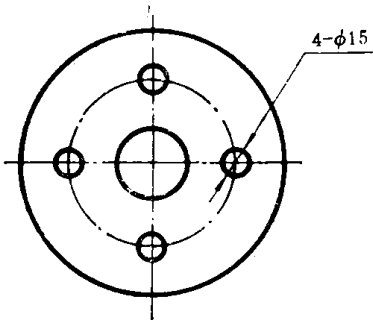


图 1-3 包括四个相同加工表面的工步

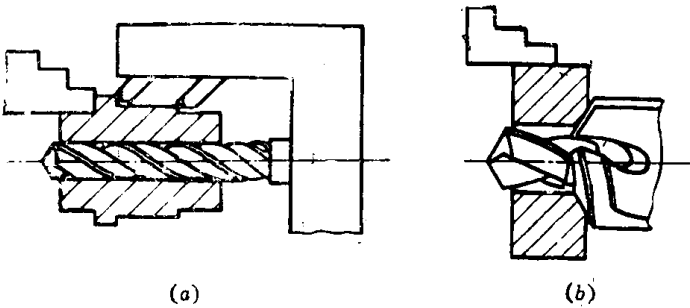


图 1-4 复合工步

零件上几个完全相同的表面，当采用相同刀具和切削用量加工时，应当成一个工步看

待。图 1-3所示零件上的四孔 $\phi 15\text{mm}$ ，用一个钻头，以相同的切削用量顺序加工，也作为一个工步。

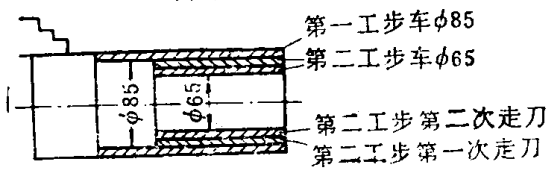


图 1-5 车阶梯轴的工步与走刀

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

（五）走刀

当被加工表面余量较多不能一次切除，或为了获得较高的精度和较小的表面粗糙度时，常需对某一表面进行多次切削。在一个工步中每切去

一层金属，称为一次走刀，如图 1-5所示。

根据以上五项内容，将图 1-1 所示零件的工艺过程归纳成表 1-2，以便对工艺过程、工序、安装、工步的概念和它们之间的相互关系，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			3	车外圆 $\phi 30$	
II			车端面打中心孔	车 床			4	倒 角	
	A		三爪夹外圆		IV			车外圆左段	车 床
		1	车 右 端 面			A		调头、两顶尖安装	
		2	钻 中 心 孔				1	车外圆 $\phi 38$	
	B		调头、三爪夹外圆				2	倒 角	
		1	车 端 面		V			铣 键 槽	立式铣床
		2	钻 中 心 孔			A		平口钳夹外圆	
III			车外圆右段	车 床			1	铣 键 槽	
	A		两顶尖安装		VI			磨 外 圆	外圆磨床
		1	车外圆 $\phi 48$ (留磨量)			A		两顶尖安装	
		2	车外圆 $\phi 38$				1	磨外圆 $\phi 48_{-0.016}^0$	

三、生产类型及其工艺特征

生产类型决定于产品的生产纲领。产品的生产纲领就是产品的年产量。某零件的生产纲领 N ，是指包括备品率和废品率在内的该零件的年产量。其计算方法如下：

$$N = Qn(1 + \alpha \% + \beta \%) \tag{1-1}$$

- 式中 N ——零件的生产纲领（件/年）；
 Q ——产品的生产纲领（台/年）；
 n ——每台产品中该零件的数量（件/台）；
 $\alpha \%$ ——备品率，随产品交付给用户和修理单位的易损零件备用品；

$\beta\%$ ——废品率，补充生产过程中不可避免的废品量。

人们按生产纲领和产品大小的不同，将生产分成三种不同的类型。

(一)单件生产

产品年产量小，每年生产极少重复，甚至完全不重复。例如专用非标设备制造、新产品试制和重型产品制造等。工厂中的工具车间和机修车间的生产也属这一类型。

(二)成批生产

产品的年产量较大，全年任务分批投产，每批投产的数量称为批量，全年生产周期性地重复。如雷达、通讯机和金属切削机床的生产。根据批量的大小，成批生产又分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产工艺过程的特点接近于单件生产，大批生产工艺过程的特点接近于大量生产，中批生产工艺过程的特点则介于小批和大批生产之间。

(三)大量生产

生产纲领很大，不是分批投产，在大多数工作地点长期不断地重复同一道工序的加工，整个工艺过程流水式地进行。无线电元器件、标准件、汽车和轴承等的制造属于这类生产。

生产类型的具体划分可参照表 1-3 进行。

表 1-3 生产类型与零件生产纲领的关系

生产类型	同 类 零 件 的 年 产 量 (件)		
	重 型 机 械	中 型 机 械	轻 型 机 械
单 件 生 产	<5	<10	<100
小 批 生 产	5~100	10~200	100~500
中 批 生 产	100~300	200~500	500~5000
大 批 生 产	300~1000	500~5000	5000~50000
大 量 生 产	>1000	>5000	>50000

各类生产类型的工艺过程特点，可归纳成表1-4。

表 1-4 各种生产类型的主要工艺特点

	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
毛 坯 制 造	木模造型和自由锻造。毛坯精度低、加工余量大	部分采用金属型铸件、熔模铸件和模锻件	广泛采用金属型铸件、熔模铸件、压力铸件和模锻件。毛坯精度高、加工余量小
机 床 设 备	通用机床。按机床种类及型号的“机群式”布置	通用机床和部分高效率机床。按工艺路线分工段布置	高效率专用机床和自动机床。按流水线形式布置
夹 具	通用夹具。非特殊情况不采用专用夹具	广泛采用专用夹具，部分依靠划线加工	广泛采用高效率专用夹具。依靠夹具和调整法达到精度要求
刀 具 和 量 具	通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具和专用量具	高效率专用刀具和自动测量仪器

(续表)

	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
对 工 人 的 要 求	技术熟练的工人	一定熟练程度的工人	对操作工人的技术要求低, 对调整工人的技术要求高
工 艺 规 程	简单的工艺过程卡片	详细的工艺过程卡片或工艺卡片。重要零件的关键工序有工序卡片	详细的工艺规程
生 产 率	低	中	高
成 本	高	中	低

由此可见, 不同的生产类型, 对毛坯、机床、工具、加工方法、工人熟练程度、生产组织管理和车间布置等的要求都很不相同。因此, 编制工艺规程时, 必须了解生产纲领, 明确生产类型, 充分考虑到不同生产类型的工艺特点。

第二节 工艺规程的编制步骤

一、工艺规程的概念

任何零件的工艺过程都可能有若干个, 但在某一生产条件下, 其中必有一个工艺过程既能保证质量, 生产效率又较高、成本也较低, 这就是合理的工艺过程。将合理的工艺过程用文字和技术语言(图形、符号), 按一定的格式写成文件, 用来指导生产, 此文件称为工艺规程(或工艺文件)。

任何正确合理的工艺规程, 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定的, 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规定的加工顺序、加工内容、选用的设备和工具等进行生产, 任何人不得违反和改变它的内容, 以便保证产品质量, 使生产有计划有组织地进行, 充分发挥设备利用率。

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进步。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, 或国内外同行业已经有了先进工艺方法等, 就需要对现行工艺规程加以改进和完善。但是必须经过调查和必要的工艺试验, 并按一定的手续进行修改。

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。

鉴于工艺规程在生产中的重要作用, 所编制的工艺规程必须做到: **保证质量、提高效率、降低成本**。首先要保证质量。为此必须充分考虑和采取一切确保质量的措施。

在保证质量的前提下, 还要提高效率, 以保证生产任务的完成。同时, 要减少人力、物力的消耗, 降低成本, 做到经济地生产。但提高效率和降低成本有时是相互矛盾的。例如采用先进的高生产率设备, 虽可提高产量, 但这些设备价格高、投资大, 若产品年产量不大, 则设备利用率低, 其经济性可能很差。只有当产品年产量大到一定程度, 高生产效率的设备才能充分利用, 此时不但提高了生产率, 制造成本也随之下降。由此可见, 生产率和降低成本是与产品年产量密切联系的。因此, 编制工艺规程时, 必须使选择的高生产率设备的投资与产品年产量相适应。

此外, 编制工艺规程还必须确保安全生产。

二、编制工艺规程的原始资料

零件的工艺规程, 决定于零件的结构、材料、质量要求、年生产量和本厂实际工艺条件等因素。因此在编制工艺规程之前, 必须掌握和研究以下原始资料:

1. 产品的整套图纸(包括装配图)。

2. 产品验收的质量标准。

3. 产品的生产纲领。生产纲领决定着生产类型, 对工厂的生产过程和生产组织起着决定性的作用, 因此是编制工艺规程的依据。

4. 有关零件毛坯或型材的资料。成批、大量生产时, 铸、锻、冲压件等毛坯制造, 都有毛坯制造图。通常毛坯图由毛坯制造的技术人员设计绘制, 经机械加工工艺技术员会同审查确定。机械加工技术员必须掌握毛坯图, 以了解毛坯余量, 铸件分型面、浇口、冒口的位置, 以及模锻件的飞边位置、出模斜度等等。只有这样, 才能正确选择零件加工时的装夹部位和加工方法。

单件小批生产时, 一般不绘毛坯图。工艺技术员应掌握国家现行标准(或工厂标准)中关于铸、锻件毛坯余量的资料。

5. 本厂的生产条件。编制工艺规程必须立足于本厂的生产条件。脱离本厂实际的工艺规程, 是不能指导生产的。为此, 工艺技术员必须了解本厂设备的种类、型号、规格和现有精度, 工人的技术水平, 工具车间制造专用工装的能力, 本厂制造专用非标设备和改装设备的能力等。

6. 国内外生产工艺技术的发展情况。要了解国内外先进工艺技术, 学习一切行之有效的东西, 以便结合本厂具体情况加以应用, 保证工艺规程的先进性。

三、编制工艺规程的程序

编制零件工艺规程, 可按以下程序进行:

(一) 研究图纸

1. 通过研究零件图和装配图(包括查看产品质量验收标准), 要明确产品的性能、用途和工作条件, 各零件的相互装配关系, 各零件在整机(或部件)中的作用, 各零件的结构特点, 各零件的主要技术要求和关键技术问题。这些都是进行以后各项程序的依据。