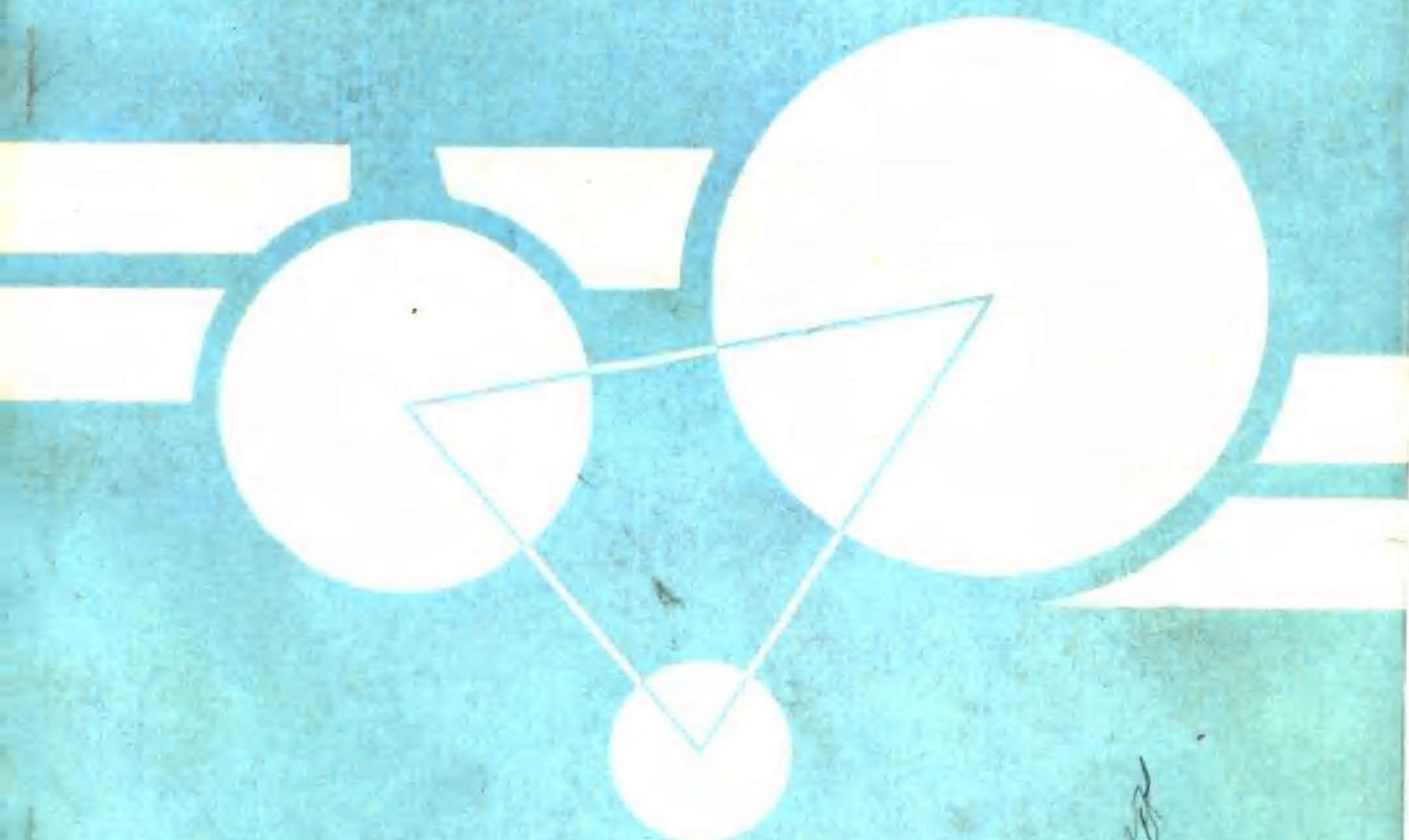


机械制造工艺学

路亚衡 段守道 李鹤九 主编



华中工学院出版社

前 言

这次编写的教本，是根据《机械制造工艺学》教材编审组1982年西安会议所制订的教学大纲，并在总结我室60年、65年、80年编写出版各版教本（人民教育出版社、机械工业出版社出版）的编写经验和多年教学经验的基础上，又更新了部分内容，于1982年10月至1984年2月期间编写而成的。

在本教本中，有少数章节（如第一章的图论方法解尺寸链、第三章的振动问题若干分析）系作为加深的内容，供学生课外自学之用。

本书可作为高等工科院校机械制造工艺及设备专业的教材，也可供从事机械制造专业的科技人员参考。

本书由华中工学院机械制造教研室有关教师集体编写，由路亚衡、段守道、李鹤九同志担任主编工作。参加编写的人员有：第一章——段守道、席宏阜，第二章——李鹤九、孙寅初、路亚衡，第三章——刘忠、师汉民、陈志祥，第四章——段守道、陈志祥，第五章——章崇义、李鹤九、孙寅初，第六章——路亚衡、宾鸿赞、闻立楷、孙健。

本书由华中工学院出版社钟利章同志担任责任编辑工作，在编审工作中，还对本书提出了很多修改和补充意见。

对于本书不足之处，敬请兄弟院校教师和广大读者批评指正。

编 者

1984年8月

目 录

绪 论	(1)
第一章 机械加工工艺规程	(2)
§ 1—1 概述	(2)
§ 1—2 机械加工的生产组织形式	(8)
§ 1—3 机械零件的工艺分析	(9)
§ 1—4 定位基准的选择	(12)
§ 1—5 工艺路线的拟定	(16)
§ 1—6 加工余量的确定	(25)
§ 1—7 工艺尺寸的计算	(29)
§ 1—8 生产率分析	(44)
§ 1—9 经济性分析	(47)
§ 1—10 机械零件的相似原理与成组加工	(50)
第二章 机械加工精度	(66)
§ 2—1 基本概念	(66)
§ 2—2 理论误差与工艺系统几何误差	(68)
§ 2—3 工艺系统力变形引起的加工误差	(82)
§ 2—4 工艺系统热变形引起的加工误差	(99)
§ 2—5 概率统计法分析加工误差	(109)
§ 2—6 保证和提高加工精度的综合分析	(124)
第三章 加工表面质量与振动	(134)
§ 3—1 机械加工表面质量概述	(134)
§ 3—2 加工表面质量及其工艺影响因素	(136)
§ 3—3 提高表面质量的加工方法	(141)
§ 3—4 机械加工中振动的基本概念	(152)
§ 3—5 机械加工中的强迫振动	(156)
§ 3—6 机械加工中的自激振动	(163)
第四章 典型零件的加工工艺	(175)
§ 4—1 箱体的加工工艺	(175)
§ 4—2 主轴的加工工艺	(192)
§ 4—3 圆柱齿轮的加工工艺	(204)
第五章 机械装配工艺	(229)
§ 5—1 概述	(229)
§ 5—2 装配尺寸链	(229)
§ 5—3 装配方法及其选择	(231)
§ 5—4 装配工艺规程的制订	(242)
§ 5—5 典型部件的装配	(245)

第六章 机械制造工艺的新发展	(255)
§ 6—1 计算机辅助制造.....	(255)
§ 6—2 计算机辅助制订工艺规程与编制数控程序.....	(258)
§ 6—3 机械制造工艺过程优化.....	(262)
§ 6—4 柔性制造系统.....	(270)
§ 6—5 特种加工工艺.....	(273)
主要参考文献	(277)

绪 论

机械制造业是国民经济中的重要组成部分，它担负着为国民经济各部门提供技术装备的任务，对传统产业是这样，在新技术革命中也是这样。

机械制造业首先要为我国正在发展着的传统产业包括农业、重工业、轻工业以及其他产业提供质量优良、技术先进的技术装备；同时还要为微电子技术、新材料、新能源、生物工程等新技术的生产和应用提供基础装备。

当前新技术对机械制造业的要求有以下的特点：一、新技术产品的高效稳定、安全可靠是特别重要的，这就要求生产新技术产品的技术装备具有更高的质量，因而要求机械制造业的技术水平有进一步的提高。二、新技术将广泛地应用于各个产业部门，渗透到社会的各个方面，这就要求新技术产品本身具有多样性，因而要求机械制造业能够提供生产具有多样性新技术产品的技术装备。三、新技术的发展与应用将越来越快，更新周期将越来越短，这就要求为新技术提供生产手段的更新速度进一步加快，因而要求机械制造业具有更强的适应能力。

新技术所提出的上述要求，影响和制约着机械制造业的发展方向。新技术的革命必然导致技术装备的革命。在这种情况下，机械制造业所承担的任务就大大加重了，所要解决的研究课题也就更多更广了。

机械制造工艺学就是研究如何科学地最优地生产各种技术装备——机械装备的一门技术学科，也就是研究在机械制造中优质、高产、低消耗地生产机械装备的原理和方法的科学。由于在机械制造过程中所涉及的问题极为广泛，因此机械制造工艺学一般只讨论机械加工和机械装配方面的问题。

所谓机械制造工艺即是优质、高产、低消耗地生产机械装备，而优质、高产、低消耗即是从质量、生产率、经济性三方面来衡量生产，这三者具有辩证关系，在解决某一工艺技术问题时必须全面地加以考虑。例如，要提高机械装备的加工质量，就必须深入研究在加工过程中各种工艺误差因素对加工质量影响的规律；要提高加工的生产率，就要考虑采用高效的工艺方法和装备，以及先进的生产组织和管理方式；为了提高加工的质量和生产率而采用某种新的工艺方法和措施时，还必须考查其所获得的经济效果，需要通过经济分析或经济论证加以确定。

机械制造工艺学是机械制造工艺及设备专业的一门主要的专业课程。通过本门课程的学习，应使学生掌握机械制造工艺的基本理论知识，学会分析机械加工过程中产生误差的原因，能对具体的工艺问题进行分析，并能提出改进质量、提高效率、降低成本的工艺途径。

同时，通过生产实习、课程设计、实验等教学环节的配合，使学生熟悉制订工艺规程的原则、步骤和方法，具有制订工艺规程及设计夹具的能力。此外，对于计算机辅助机械制造和机械制造新工艺有一定的了解。

第一章 机械加工工艺规程

在机械制造企业中，常采用各种机械加工的方法将毛坯加工成零件，然后将这些零件装配成机械。在生产上，为了使零件的机械加工过程满足“优质、高产、低消耗”的要求，首先要制订零件的机械加工工艺规程，然后再按照这一工艺规程来对零件进行加工。本章即讨论制订机械加工工艺规程的基本原理和方法。

§ 1-1 概述

一、机械加工工艺过程

在制造机械时，从原材料制成机械的全过程称为机械的生产过程，它包括：

- (1) 原材料的运输、保存和准备;
- (2) 毛坯的制造;
- (3) 毛坯经过机械加工、热处理而成为零件;
- (4) 零件装配成机械;
- (5) 机械的质量检查及运行试验;
- (6) 机械的油漆和包装。

在机械的生产过程中，零件的机械加工是在机械加工车间进行的。在机械加工车间中，直接改变毛坯的形状和尺寸使之变成所需零件的过程称为零件的机械加工工艺过程，它是机械加工车间生产过程的主要部分。

零件的机械加工工艺过程是由许多机械加工工序组合而成的，毛坯依次通过这些工序而变成所需的零件。

所谓工序，是一个（或一组）工人在一个工作地点上所连续完成一个（或同时几个）零件的机械加工工艺过程中的某一部分工作，它是工艺过程的基本组成部分。一个零件需经过若干个工序的加工才能成为成品。例如图 1-1 所示为一阶梯轴，要求外圆表面加工到 h6 级精度，则其工艺过程需具有五个工序，如下表所示。

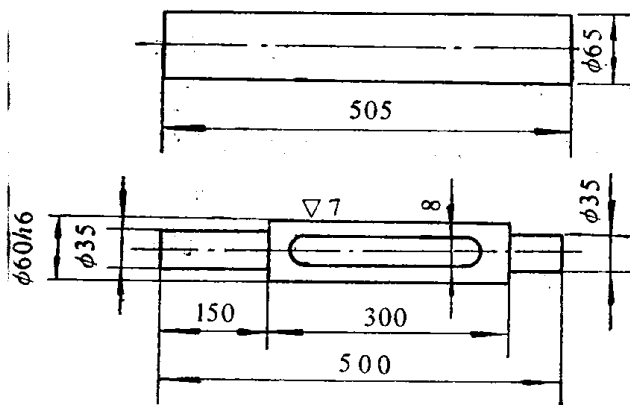
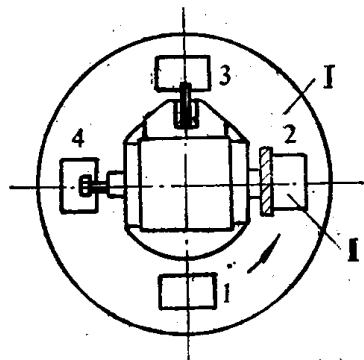


图 1-1 阶梯轴毛坯及零件

工序编号	工 序 名 称	工作地点
1	铣端面打顶尖孔	顶尖孔机床
2	车外圆	车床
3	铣键槽	铣床
4	磨外圆	磨床
5	去毛刺	钳工台

在有些情况下，在一个工序中，工件在加工过程中需多次改变位置，以便进行不同的加工工作，这时工件在机床上所占的每一位置称为一个工位。一个工序可以包括几个工位，如图 1-2 所示，在具有回转工作台的铣床上，工位 1 用来装卸工件，工位 2~4 分别加工零件的三个表面，因此该工序具有四个工位。

有时在一个工序中，还需以各种不同的切削工具和切削用量加工不同的表面，其中以同样工具、同样切削用量加工同一个或同一组表面的那部分工作称为一个工步。一个工序又可以包括几个工步，如图 1-3 所示，在六角自动车床上加工零件的一个工序，包括了六个工步。



I—回转工作台 II—工件
图 1-2 包括四个工位的工序

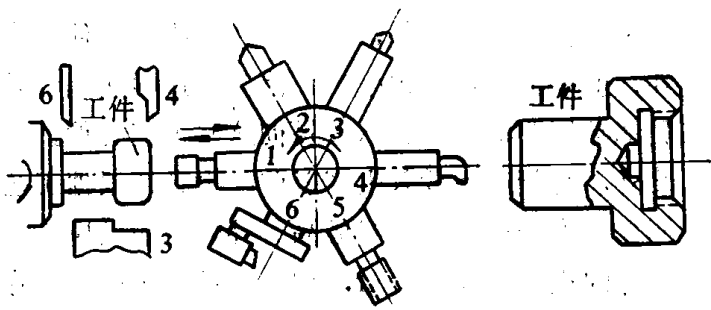


图 1-3 包括六个工步的工序

在一个工步中，有时因所需切去的金属层很厚而不能一次切完，则需分成几次进行切削，这时每次切削就称为一次走刀，如图 1-4 所示。

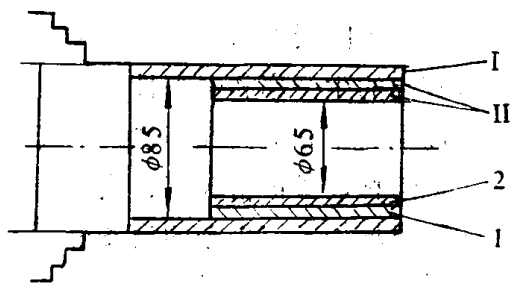
二、机械加工工艺规程

如上所述，一个零件都是由若干个工序、工位、工步所组成的工艺过程制造出来的。为了使所制造出的零件能满足“优质、高产、低消耗”的要求，这一工艺过程便不能随意安排或仅凭经验来确定的，而必须按照机械制造工艺学的原理和方法，并结合生产实践和具体生产条件予以确定，同时将其有关内容用一定的表格形式规定下来。

这种用表格形式所规定下来的机械加工工艺过程就成为相应的工艺文件，并称之为机械加工工艺规程。

在各个机械制造工厂中所使用的机械加工工艺规程的具体格式是不完全一样的，但基本内容是相同的。在生产上用来说明工艺规程的工艺文件，包括机械加工工艺过程卡片和机械加工工序卡片，分别如表 1-1、表 1-2 和表 1-3 所示。对于半自动机床及自动机床还要有机床调整卡片；对于检验工序还有检验工序卡片。

零件的机械加工工艺过程卡片是说明零件的整个工艺过程应如何进行的。在这种卡片上，有产品的名称和型号、零件的名称和图号、毛坯的种类和材料、工序的序号及名称和内容、完成各工序的车间、所用的机床和工艺装备、工时定额等，如表 1-1 所示，它适用于小批量生产。对于大批量生产用的加工工艺过程卡片，除上述内容外，还要有说明每个工序



I—第一工步（在φ85） II—第二工步（在φ65）
1—第二工步第一次走刀 2—第二工步第二次走刀

图 1-4 以棒料制造阶梯轴

及工步所加工的表面、所取的切削用量、要求达到的尺寸和公差等，如表1-2所示。关于工艺过程卡片所包括内容的详细程度，可以按照零件加工过程的情况（包括生产批量的大小及机器设备、工艺装备的现状等）予以确定。

零件的机械加工工序卡片，则是更详细地说明零件的各个工序应如何进行的。在这种卡片上，要画出工序图，表明该工序的加工表面及所达到的尺寸和公差、工件的装夹方式、刀具的类型和位置、进刀方向和切削用量等，如表1-3所示。在零件批量较大时都要采用这种卡片。

零件的机械加工工艺规程是机械加工车间指导生产的工艺文件，即工艺过程卡片是指导零件整个工艺过程的文件，工序卡片是指导零件各个加工工序的文件。在生产上有了这些工艺文件，就能很好地组织生产，使工艺过程达到优质、高产、低消耗的要求。所以，一切生产人员都必须严格执行、认真贯彻这些工艺文件。

此外，在新产品投入生产以前，也必须根据工艺规程进行有关的技术准备和生产准备工作。例如，安排原材料、半成品、外购件的供应，刀具、夹具、量具的设计、制造和采购，安排零件的投料时间和批量，调整设备的负荷等。在新建、扩建或改建机械制造厂房时，也要根据工艺规程统计出所建车间应配备的机床设备的种类和数量，所需的车间面积和生产人员数量，以及确定车间的平面布置和厂房的基建要求等。

三、制订机械加工工艺规程的要求和应做工作

如前所述，工艺规程是指导生产的工艺文件。因此，所制订的工艺规程应保证零件的加工质量，达到图纸上所提出的各项技术要求，同时在保证达到加工质量的基础上，使工艺过程具有较高的生产率和经济性。

提高生产率和提高经济性，二者有时是相互矛盾的。在采用先进的设备时，虽然可提高生产率，但这种设备价格较高、投资较大，若零件的产量不大，经济性就可能很差。可是，若零件的产量增加了，先进的设备得到了充分利用，则此时既可提高生产率，也能提高经济性。所以，采用先进设备的投资多少应与所加工零件的产量大小相适应。

一般在制订工艺规程时，应该根据零件产量和现有设备，在保证加工质量的基础上选择最经济合理的工艺方案。为此，在制订机械加工工艺规程时应进行的工作如下：

（1）根据零件的年产量和相似特征，确定零件加工的生产组织形式。在零件的年产量较大时，可对这些零件分别进行加工；在零件的年产量较小时，可对那些特征相似的零件组织起来进行加工，并在此基础上采用相应的生产组织形式。

（2）分析零件图和产品装配图，找出主要技术要求和关键技术问题，审查和改善零件的结构工艺性，确定所用毛坯。在将相似零件组织起来进行加工时，为了采用相同的方法和设备，常需对这些零件的结构进行必要和适当的改进。

（3）选择定位基面，拟定工艺路线，确定各工序所用的设备、刀具、夹具、量具和辅助工具。工艺路线的拟定，包括确定各表面的加工工序和划分加工阶段，安排各表面的加工顺序，决定工序的集中与分散的程度等。在将相似零件组织起来进行加工时，还要确定零件及工序的组合方式。

（4）确定各工序的加工余量，计算工序尺寸及公差，并确定各主要工序的技术要求及检验方法。

- (5) 确定切削用量及工时定额，平衡生产节拍。
- (6) 计算工艺成本，分析经济效果。
- (7) 填写工艺文件。

表 1-1 机械加工工艺过程卡片 (适用于小批量生产)

工 厂	机械加 工工艺 过程卡 片	产品名称及型号		零件名称		零件图号				
		材 料	名称	毛 坯	种 类	零件重量 (公斤)	毛 重	第 页		
			牌号		尺 寸		净 重		共 页	
			性能		每 台 件 数		每批件数			
工序号	工 序 内 容		加工车间	设备名称 及 编 号	工 艺 装 备 名 称 及 编 号 夹具 刀具 量具			技术等级	时 间 定 额 (分)	
									单 件	准 备 终 结
更改内容										
编 制		校 对		审 核		会 签				

表 1-2 机械加工工艺过程卡片 (适用于大批量生产)

工 厂	机械加 工工艺 过程卡 片	产品名称及型号		零件名称		零件图号									
		材 料	名称	毛 坯	种 类	零件重量 (公斤)	毛 重	第 页							
			牌号		尺 寸		净 重		共 页						
			性能		每 台 件 数		每批件数								
工 序	装 夹	工 步	工 序 内 容	同 时 加 工 零 件 数	切 削 用 量			设备 名 称 及 编 号	工 艺 装 备 名 称 及 编 号			技 术 等 级	工 时 定 额 (分)		
					切削深度 (毫米)	切削速度 (米/分)	每分钟转 数或往复 次数	进 给 量 (毫米/转或 毫米/双行程)		夹 具	刀 具	量 具		单 件	准 备 终 结
更改内容															
编 制		校 对		审 核		会 签									

表 1-3 机械加工工序卡片

工 厂	机 械 加 工 工 序 卡 片		产 品 名 称 及 型 号	零 件 名 称	零 件 图 号	工 序 名 称	工 序 号	第 页
								共 页
				车 间	工 段	材 料 名 称	材 料 牌 号	机 械 性 能
				同 时 加 工 件 数	技 术 等 级		单 件 时 间 (分)	准 备 终 结 时 间 (分)
				设 备 名 称	设 备 编 号	夹 具 名 称	夹 具 编 号	冷 却 液

[illegible]

四、制订机械加工工艺规程的指导思想和基本方法

在制订机械加工工艺规程时，为了使所规定的工艺过程能取得实质性的技术经济效果，必须把它建立在科学的指导思想和方法上。

随着现代科学技术的发展，现代系统工程学也相应地诞生了，并正在迅速地向前发展。现代系统工程学是研究使任何创造物质的过程实现最优化、合理化的科学。这门科学正在不断地深入和扩展到各个科学技术领域，并促使各项科学技术取得新的进步。

现代系统工程学认为，任何一个复杂的创造过程都是一种系统，这个所谓的系统，具有以下意义：

(1) 任何一个系统都是由一些单元所组成的整体。即系统是在一定环境下，为了达到一定的目的，由互相关联而又可以识别的一些单元集合起来所构成的整体。

(2) 任何一个系统又是由一些子系统所组成的整体。即由一些低一级的系统组成为一个高一级的系统，并依次组成为一个最高级的总的系统。在这个总系统中，低一级的系统所要达到的主要目的是根据高一级的另一个范围更大的系统的需要及要求来确定的。

现代系统工程学还认为，为了使任何一个复杂的创造过程组成一个最优的系统，必须从系统的整体及其子系统和单元的相互关联之中去选择和设计这些子系统和单元，才能充分发挥整个系统的功能，使得整个系统取得最佳的总体效果，成为最优化、合理化的系统。否则，即使最优设计了各个子系统和单元，整个系统也未必是最优的，甚至适得其反。

很显然，现代系统工程学对机械制造业的发展是有着巨大的促进作用的。按照系统工程学的观点来进行分析，在工业生产部门，一个企业或一个车间的总的产品生产过程是由产品的各个零部件的生产过程有机地结合在一起而构成的整体；一个零件的总的生产过程是由这个生产过程的各个工序有机地结合在一起而构成的整体。若是分别地孤立地去制订每个零件的加工过程和加工工序，则机械产品的生产过程和机械零件的生产过程都不能成为最优的过程或系统，并且在实际生产过程中必然会出现非常混乱和落后的生产状况。

因此，在制订机械加工工艺规程时，必须建立一个正确的指导思想，即必须从整个产品生产总过程与各个零件生产过程的相互联系出发，来制订各个零件的加工工艺规程；必须从每个零件生产总过程与各个加工工序的相互联系出发，来制订各个工序的加工方案。

按照上述的指导思想，可以提出在制订机械加工工艺规程时应采用的方法，这就是：

(1) 在制订零件的机械加工工艺规程时，首先要对构成产品的全部零件进行相似性的分析，以便通过零件的相似性找到各个零件生产过程的相互联系；然后按照零件的相似性对全部零件进行科学地分组，以便为各个零件组找到最优化的生产组织形式。

(2) 在制订零件的机械加工工艺规程时，还要对零件加工过程的全部加工工序进行工序尺寸、工序节拍和工序成本的相互联系的分析，以便找到各个工序在质量、效率、经济效果方面的相互联系；然后对各个加工工序在尺寸、节拍、成本方面提出合理的工艺要求，以便为各个加工工序找到最优化的加工方式。

将零件按照相似性组织起来进行加工，可使工艺过程取得较好的技术经济效果，这种加工方法称为成组加工。成组加工在世界上是从五十年代起逐步发展起来的一项先进技术。在我国，近几年来也在不断地采用这项技术。

§ 1-2 机械加工的生产组织形式

由于零件机械加工的工艺规程与其所采用的生产组织形式是密切相关的，所以在制订零件的机械加工工艺规程时，应首先确定零件机械加工的生产组织形式。

通常，先根据零件的年生产纲领选取合适的生产类型，然后再根据所选用的生产类型来确定零件机械加工的生产组织形式。

一、生产纲领的计算

某种零件（包括备品和废品在内）的年产量称为该零件的年生产纲领。生产纲领的大小对零件的加工过程和生产组织起着重要的作用，它决定了各个工序所需的专业化和自动化的程度，决定了所应选用的工艺方法和机床设备。

年生产纲领可按式计算：

$$N = Qn(1 + a\% + b\%),$$

式中， N 为零件的年生产纲领（件）， Q 为机械产品的年产量（台/年）， n 为每台机械产品中所含加工零件的数量（件/台）， $a\%$ 为备品的百分率， $b\%$ 为废品的百分率。

二、生产纲领和生产类型的关系

在生产上，系按照生产纲领的大小选用相应规模的生产类型，即单件生产、成批生产、大量生产。但是，生产纲领和生产规模的关系还随零件的大小及复杂程度而有所不同，表1-4表示了它们之间的大致关系，可供参考。

表 1-4 生产纲领和生产类型的关系

生产类型	零件的年生产纲领（件）		
	重型零件（30公斤以上）	中型零件（4~30公斤）	轻型零件（4公斤以下）
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

各种生产类型有各自的工艺特点。

1. 单件生产

在单件生产中，一般多采用普通机床和标准附件，极少采用专用夹具，靠划线及试切法保证尺寸精度。所以，零件的加工质量及生产率主要取决于工人的技术熟练程度。

2. 成批生产

成批生产是在一年中分批地生产相同的零件，生产呈周期性的重复。每批生产相同零件的数量称为批量。批量是根据零件的年生产纲领和一年中的批数计算出来的，而批数的大小要根据具体生产条件来决定。成批生产又可分为小批、中批、大批生产三种类型。

在成批生产中，既采用通用机床和标准附件，也采用高效率机床和专用工艺装备，在零件加工时，广泛采用调整法，部分采用划线法。因而，对工人的操作技术水平要求较单件生产的为低。

3. 大量生产

大量生产是在机床上长期地进行某种固定的工序。

在大量生产中，广泛采用专用机床、自动机床、自动生产线及专用工艺装备。由于工艺过程自动化程度高，所以对操作工人的技术水平要求较低，但对机床的调整工人的技术水平要求较高，由此可以看出，大量生产是一种先进的生产类型。

三、生产类型和生产组织形式的确定

在计算出零件的生产纲领以后，即可根据生产纲领的大小，参考表1-4所提出的规范，确定相应的生产类型。生产类型确定以后，就可确定相应的生产组织形式，即在大量生产时采用自动线、在成批生产时采用流水线、在单件小批生产时则采用机群式的生产组织形式。

在前面还分析到，各种生产类型有不同的工艺特点，即大量生产优于成批生产，成批生产优于单件生产，所以还应设法提高零件的生产纲领和改变生产规模，以便选用更好的生产组织形式来组织生产。这一工作，是按照零件的相似原理对零件进行相似性分析，再按照零件的相似程度将相似零件划分为零件组，从而扩大零件组的生产纲领，并使之得以实现。关于零件的相似原理及相似零件组的建立将在本章最后一节中论述。

§ 1-3 零件的工艺分析

对零件进行工艺分析，以及对产品零件图提出修改意见，是制订工艺规程时的一项重要工作，它包括如下两个方面：

一、分析和审查产品零件图和装配图

通过分析产品零件图及有关的装配图，了解零件在机械中的功用。在此基础上，进一步审查图纸的完整性和正确性，例如图纸是否有足够的视图，尺寸和公差是否标注齐全，若有错误和遗漏，应及时提出修改意见。

同时，还要分析零件的技术要求：被加工表面的尺寸精度和几何形状精度，各个被加工表面之间的相互位置精度，被加工表面的光洁度、表面质量、热处理要求等。通过分析，了解这些技术要求的作用，并从中找出主要的技术要求、在工艺上难于达到的技术要求，特别是对制订工艺方案起决定作用的技术要求。

在分析技术要求时，还应考虑到影响达到技术要求的主要因素，并着重研究零件在加工过程中可能产生的变形及其对技术要求的影响，以便通过这一步工作，掌握制订工艺规程时应解决的主要问题，为合理地制订工艺规程作好必要的准备。

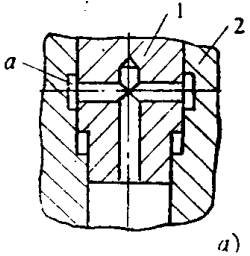
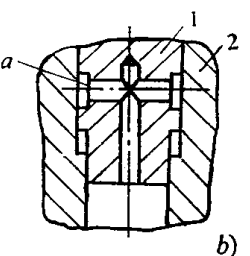
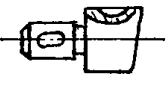
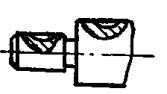
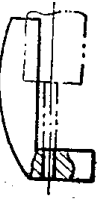
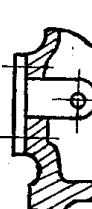
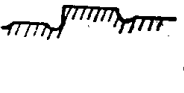
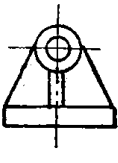
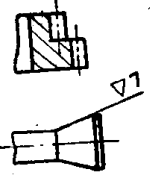
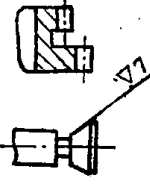
二、分析零件的结构工艺性

零件的结构工艺性是影响零件在加工过程中能否多快好省地被加工出来的一项基本特性。许多功能作用完全相同而结构工艺性不同的两个零件，它们的加工方法与制造成本常常有着很大的差别，所以应仔细检查零件的结构工艺性，必要时提出修改意见。

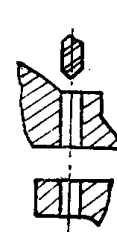
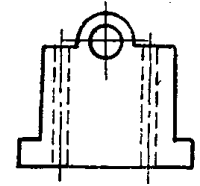
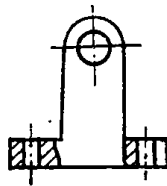
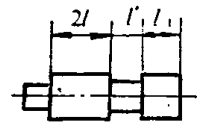
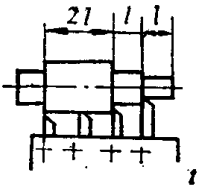
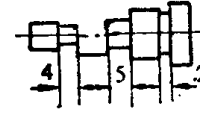
表1-5列举了一些关于结构工艺性的范例。表中，A栏表示不好的结构工艺性，B栏表示好的结构工艺性。

在按照零件的相似性将零件组织起来进行加工时，还必需仔细研究有关零件的功能结构和结构工艺性，并提出修改零件结构形状的方案，使有关零件具有一致的结构形状特征和结构工艺性。

表 1-5 结构工艺性的例子

序 号	(A) 结构工艺性不好	(B) 结构工艺性好	说 明
1			在结构A中，件2上的凹槽a不便于加工和测量。宜将凹槽a改在件1上，如结构B
2			键槽的尺寸、方位相同，则可在一次装夹中加工出全部键槽，提高生产率
3			结构A的加工面不便引进刀具
4			箱体类零件的外表面比内表面容易加工，应以外部连接表面代替内部连接表面
5			结构B的三个凸台表面，可在一次走刀中加工完毕
6			结构B的底面的加工劳动量较小
7			结构B有退刀槽保证了加工的可能性，减少刀具(砂轮)的磨损

(续)

序 号	(A) 结构工艺性不好	(B) 结构工艺性好	说 明
8	 o)	 p)	加工结构A上的孔时钻头容易引偏
9	 q)	 r)	结构B避免了深孔加工, 节约了零件材料
10	 s)	 t)	加工表面长度相等或成倍数, 直径尺寸沿一个方向递减, 便于布置刀具, 可在多刀半自动车床上加工, 如结构B所示
11	 u)	 v)	凹槽尺寸相同, 可减少刀具种类, 减少换刀时间, 如结构B所示

§ 1-4 定位基准的选择

在制订零件加工的工艺方案时，必需首先解决一个问题，这就是如何在机床上正确安装所加工的零件即工件，并且选用工件上的哪一个表面来进行安装。

所谓安装，就是先使工件在机床上占有某一确定的位置（定位），然后再将工件夹紧，以便加工时在各种外力作用下，工件始终能保持所获得的位置。在制订工艺方案时，先要确定采用工件上的哪一个表面来实现定位，并且先将这个定位表面加工好，以使用它定位再来加工工件上的其他表面。

一、工件的定位

工件定位是按照定位原理实现的。

在空间任何一个自由刚体，或在机床工作台上任何一个工件，都可处在任意一个位置状态，或可发生任意方向的改变，即沿空间坐标轴 X 、 Y 、 Z 三个方向的移动，和绕此三坐标轴的转动。此时，自由刚体或工件均有六个自由度。

工件定位时，必须按照工件所需的确定位置约束住这六个自由度。此即工件的六点定位原理。

例如，图1-5表示一个六方体工件在空间坐标系中的位置状态。现以 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 表示沿 X 、 Y 、 Z 三坐标轴移动的自由度，以 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ 表示绕 X 、 Y 、 Z 三坐标轴转动的自由度，并采用下述方法来约束这六个自由度：

（1）在 X - Y 平面上，按照一定的位置要求设置三个支承，把工件放在这三个支承上，就约束了工件的三个自由度 $\vec{X}$ 、 $\vec{Y}$ 、 $\vec{Z}$ ；

（2）在 X - Z 平面上，按要求设置两个支承，把工件靠向这两个支承，就约束了 $\vec{Z}$ 、 $\vec{Y}$ 两个自由度；

（3）在 Y - Z 平面上，按要求设置一个支承，使工件靠向这个支承，就约束了 $\vec{X}$ 这个自由度。

通过上述的方法，工件依靠这六个支承约束了所有六个自由度，工件的位置就被确定，此时工件就实现了定位。至于定位以后，防止工件相对于六个支承作反向的移动和转动，则属于夹紧要解决的问题。不能认为工件定位以后和夹紧以前，工件有可能相对六个支承作反向运动就没有得到定位。此外，还应严格区别定位和夹紧的不同作用，不能误认为夹紧即是定位。工件夹紧以后，虽然不能再产生位置上的变化，但工件的六个自由度并不一定全部被约束，例如一个圆柱形短轴被夹紧在三爪夹头中，这时只约束了四个自由度。

工件定位所用的支承是通过具体的定位元件来实现的。在确定工件的定位方法时，一般还不允许几个定位元件同时约束某一个自由度，即不允许重复约束或重复定位，因为重复定位将使工件或定位元件产生变形，严重地影响加工精度。但在某些情况下，重复定位还有利于保证加工精度，例如当工件刚度较差时，容易受力变形，这时适当地增加定位元件支承工件的某一定位表面，虽然有重复约束，但可减小工件的变形。在有些情况下，工件加工时并

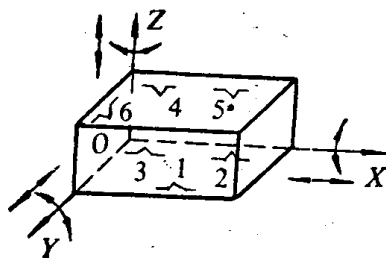


图1-5 六方体工件的定位

不一定要约束所有六个自由度，则可根据具体情况约束有关的自由度。

关于具体的定位方式问题，在机床夹具设计课程中还有详细的论述，本书不再多言。

二、工件的定位基准

工件定位时，工件上和定位支承相接触的表面称为定位基准。工件上以哪一个表面作为定位基准，必须按照一定的原则来选择。为了能正确地选择定位基准，先应了解有关定位基准的几个概念。

基准：在零件上，用以确定所研究的某个面、线、点的位置所依据的面、线、点称为基准。

基面：有时作为基准的线、点不一定具体存在，而是由具体表面来体现，这个表面称为基面。例如，图1-6为一个齿轮的零件图，齿轮的外圆表面 $\phi 50h8$ 的基准为齿轮的中心线，但中心线不具体存在，所以这个基准是由齿轮中心的内孔表面来体现的，故内孔表面即为一基面。

基准按其不同情况下的作用可分为设计基准和工艺基准，如图1-7所示。

设计基准 (S_z)：在零件图上，用以确定某一面、线、点的位置所依据的基准，即标注设计尺寸的起点，称为设计基准。例如，在图1-7a所示的一个短阶梯轴的零件图中，表面Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的设计尺寸 d 、 D 、 C 的设计基准即为其中心线。

工艺基准：在加工和装配过程中所使用的基准称为工艺基准。工艺基准按其用途的不同又可分为工序基准、定位基准、度量基准和装配基准。

工序基准 (X_z)：在工件的加工工序图上所用的基准，它是某一工序所要达到的加工尺寸（即工序尺寸）的起点。

定位基准 (W_z)：工件加工时定位所用的基准，为工件上与定位支承直接接触的一个具体表面即定位基面 (W_m)，它是某工序直接达到的加工尺寸的起点。

度量基准 (L_z)：工件加工时或加工完毕后进行测量所用的基准。

装配基准 (P_z)：零件在机械上装配时用来确定零件在机械上的位置所用的基准。

在图1-7所示表面Ⅱ的加工工序图中，工件的中心线既为该工序的工序基准，又为定位基准，即这两种基准重合，并且与设计基准也重合，这时工序尺寸 D 是直接由本工序得到的。在表面Ⅲ的加工工序图的第二种方案中，工序基准与定位基准不重合，这时工序尺寸 $C + D/2$ 不是直接由本工序得到的，即加工表面的工序尺寸的起点不是定位基准。

定位基准又分为粗基准和精基准。在加工过程的最初工序中，只能用毛坯上未经加工的表面作为定位基准，这种定位基准称为粗基准。在以后的工序中，则使用经过加工的表面作为定位基准，这种定位基准称为精基准。在制订工艺规程时，总是先考虑选择怎样的精基准把各个表面加工出来，然后考虑选择怎样的粗基准把作为精基准的表面先加工出来。下面就来讨论精基准和粗基准的选择。

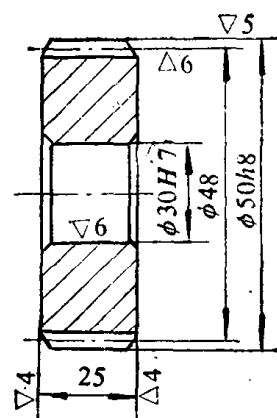


图1-6 齿轮