

高等学校教学用书

重型机器制造工艺学

东北工学院 王生力 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书
重型机器制造工艺学

东北工学院 王生力 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 25 1/2 字数 608 千字

1980年7月第一版 1983年5月第二次印刷

印数12,501~17,900册

统一书号: 15062·3546 定价 2.00元

前 言

本书是根据冶金部1977年教材会议制订的冶金机械、矿山机械专业教学计划和重型机器制造工艺学教学大纲编写的。

本书内容主要包括：机器制造工艺基础理论；典型表面及典型零件加工；机器装配及尺寸链；大型机床；夹具设计基础及特种工艺等。书中着重阐述重型机器制造工艺特点，并力求反映国内外重型机器制造的新技术及新成就。

本书作为冶金机械专业和矿山机械专业“重型机器制造工艺学”课的教材，也适于类似此两专业的“机器制造工艺学”课的教材，并可供从事重型机器制造工作的工程技术人员参考。

本书由中南矿冶学院颜竞成编写第一章、第六章；昆明工学院张梓华编写第二章、第八章；江西冶金学院宋安仁、赵李鑫编写第三章；东北工学院何维玲编写第四章、第十一章（第七节）；东北工学院张澄编写第五章、第十一章；西安冶金建筑学院王正槐编写第七章；东北工学院王生力编写第九章、第十章，并负责校对、修改、整理全书内容。

本书在编写中得到许多工厂、学校的大力支持，编写后又得到第一重型机器厂、第二重型机器厂、太原重型机器厂、衡阳冶金机械修造厂及东北重型机械学院、吉林工业大学、重庆大学等单位的有关同志的审阅，提出了许多宝贵意见，特此表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中缺点和错误在所难免，请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章	机械加工工艺过程	1
第一节	生产过程和工艺过程	1
第二节	工艺过程的组成	1
第三节	制定工艺过程的基本要求	2
第四节	生产类型对工艺过程的影响	3
第五节	制定工艺过程的方法、步骤及所需原始资料	4
第六节	工艺过程典型化	9
第七节	工艺尺寸的换算	10
第二章	工件的安装与夹具设计基础	13
第一节	基准及其选择	13
第二节	六点定位原理	17
第三节	工件的安装方式	20
第四节	夹具的分类及组成	22
第五节	定位元件和定位误差	25
第六节	夹紧装置和夹紧力计算	35
第七节	典型夹具及设计特点	47
第八节	夹具设计的方法与步骤	58
第三章	机械加工质量	61
第一节	机械加工精度	61
第二节	已加工表面质量	83
第四章	轴的加工	96
第一节	概述	96
第二节	通用轴的加工	96
第三节	轴类零件主要表面的机械加工方法	100
第四节	专用轴的加工	121
第五章	套筒类零件的加工	129
第一节	概述	129
第二节	套筒类零件的加工工艺	132
第三节	套筒类零件主要表面的加工	134
第四节	大型油膜轴承的加工	145
第六章	箱体及机架的加工	157
第一节	概述	157
第二节	箱体的机械加工工艺	158
第三节	平面加工	162
第四节	孔系加工	168
第五节	轧机架架的加工	173
第七章	齿轮及花键加工	183
第一节	概述	183
第二节	成形法铣齿	186

第三节	滚齿加工	188
第四节	插齿	200
第五节	人字齿轮加工	201
第六节	齿形精加工	204
第七节	齿轮加工精度分析	208
第八节	圆弧齿轮及鼓形齿轮加工	220
第九节	直齿圆锥齿轮加工	225
第十节	蜗轮副的加工	232
第十一节	花键联接加工	249
第八章	特种工艺	252
第一节	电火花加工	252
第二节	电解加工	257
第三节	激光加工	263
第四节	特种工艺复合加工	271
第九章	机器的装配	277
第一节	装配概念	277
第二节	装配尺寸链	277
第三节	装配工作法	297
第四节	典型部件的装配	301
第五节	机器的总装配	315
第十章	机器结构工艺性	330
第一节	零件机械加工的结构工艺性	330
第二节	机器结构的装配工艺性	341
第十一章	大型机床	347
第一节	机床的分类	347
第二节	大型与重型车床	348
第三节	大型钻床与镗床	356
第四节	龙门刨床与龙门铣床	366
第五节	大型磨床	368
第六节	数字控制机床	370
第七节	机械加工自动线	380
附表 1	各类机床上加工时几何形状的平均经济精度	395
附表 2	立式车床系列的基本参数与技术性能	397
附表 3	新系列摇臂钻床的型号规格与基本参数	397
附表 4	我国卧式镗床系列的基本参数	398
附表 5	落地镗铣床与落地镗床系列及基本参数	398
附表 6	重型龙门刨床的型号与基本参数	399
附表 7	龙门铣床系列型号与基本参数	399

第一章 机械加工工艺过程

第一节 生产过程和工艺过程

要制造一台符合质量要求的机器，必须经过生产准备工作、毛坯制造、零件的机械加工、热处理、机器的装配、质量检验及试车、油漆和包装等几个过程，这种由原材料到成品之间各个相互关联的劳动过程之总和，称为生产过程。

由于机器的用途、复杂程度和生产数量的不同，整台机器的生产过程是多种多样的。为了使各个工厂的生产能专业化，通常将一台比较复杂的机器的生产过程，分散在若干个工厂中进行，最后集中到一个工厂里制成完整的机器产品，这样能提高生产率和降低成本。这就要求有些工厂专门负责制造零部件。一个工厂只负责完成某些零部件的生产，叫做这个工厂的生产过程。因此，生产过程这个概念，可以是整台机器的制造过程，也可以是某一部件或某一零部件的制造过程。

工厂的生产过程又可分为若干车间的生产过程。某一车间所用的原材料（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（半成品）。例如，机械加工车间的原材料是铸造车间或锻压车间的成品，而机械加工车间的成品又是装配车间的原材料（半成品）。

生产过程是由主要过程和辅助过程两部分组成的。主要过程是与原材料或半成品改变为成品直接有关的过程，这些直接有关的过程称为工艺过程。例如，切削加工、热处理、装配等。辅助过程是与原材料改变为成品间接有关的过程，例如运输、保管、机床修理、设计制造工艺装备等。

机械加工车间生产过程中的主要过程称为机械加工工艺过程。它是直接改变毛坯的形状和尺寸，使之变为成品的一部分生产过程。同样，装配车间中零部件装配成机器的过程称为装配工艺过程。

任何零件的工艺过程可以是多种多样的，但其中总有一个工艺过程是最合理的，将合理工艺过程的各项内容编写成工艺文件，用来指导生产，这就是工艺规程。工艺规程是指导生产的重要文件，也是组织和管理生产的基本依据。它是以生产实践为基础，并通过实践不断改进和完善。

第二节 工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列的工序组合而成的，毛坯依次地通过这些工序而变成成品。

工序 工序是指工件在某一个工作地点上（例如一台机床或一个钳工位置上）被加工时所连续完成的那一部分工艺过程。一个零件往往要经过若干工序制成。例如，图 1-1 所示 JZQ-250 减速机中的被动轴，在成批生产中需经过表 1-1 所示的七道工序加工完成。

工序是工艺过程的基本组成部分，又是生产管理和经济核算的基本依据。

安装 工件在机床上每装卸一次所完成的那部分工序称为安装。一道工序中可以包括一次或几次安装。如表1-1所示第四道工序包括两次安装，当车 $\phi 60$ 、 $\phi 70$ 的外圆时，装夹在车床顶尖上是一次安装，而车 $\phi 55$ 、 $\phi 60$ 外圆时，工件必须调头重新装夹在顶尖上，这时为另一次安装。若把两次安装中所作的工作分成两台车床来完成，则成为两道工序，每道工序只包括一次安装。

工步 工序又可划分为工步。当被加工表面、切削工具和切削用量(不包括切削深度)均保持不变时所完成的那部分工序，称为工步。一道工序中包括一个或几个工步。例如表1-1中第二道工序中包括粗车外圆 $\phi 70$ 、 $\phi 60$ 、 $\phi 55$ 、倒角等好几个工步。在工序内划分为若干个工步，主要在生产量比较大，组织流水生产的情况下才有必要这样做。因为这样做便于设计制造工艺装备、机床调整、计算工时定额和组织管理生产。在重型机器制造中，多是单件小批生产，可不必划分工步。

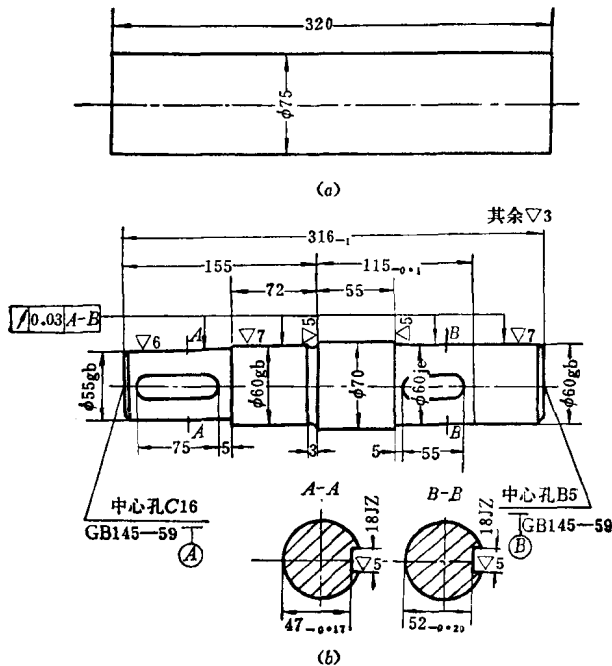


图 1-1 减速机被动轴及其毛坯

步，通常只是把加工内容扼要地填入工艺卡片的工序内容一栏中。

表 1-1 JZQ-250 减速机被动轴机械加工工艺过程

工序号	工 序 名 称	工 序 内 容	设 备 与 工 具
1	打顶尖孔	平两端端面，打顶尖孔	普通车床
2	粗 车	粗车各外圆，端面，倒角	普通车床
3	热 处 理	调质处理	
4	精 车	$\phi 60$ 、 $\phi 55$ 留余量，其余车到尺寸	普通车床
5	磨 削	磨 $\phi 60$ 、 $\phi 55$ 到尺寸	外圆磨床
6	划 线	划两键槽加工线	钳 工 台
7	铣	铣 键 槽	立式铣床

第三节 制定工艺过程的基本要求

无论是制定零件的机械加工工艺过程，还是装配工艺过程，都必须保证质量、生产率和经济性三方面的基本要求，即做到优质、高产、低消耗地制造出产品来。

制定工艺过程的首要原则是保证加工质量。机械产品的技术要求，是由设计人员根据设备的使用要求，考虑到制造工艺上的可能性和经济上的合理性来制定的。从制造工艺来说，机械设备的质体现在装配精度、加工精度和加工表面质量等方面的技术要求上。因此，制定工艺过程的任务之一，是保证产品达到规定的技术要求。

最大限度地提高生产率是制定工艺过程的另一个原则。有时质量和数量二者是相互矛盾的，在处理这一对矛盾的关系上，要“好”字当头，在确保质量的基础上求数量。

在制定工艺过程时还必须考虑经济性。因为在一定的生产条件下，可以制定出好几个能够满足技术要求的工艺方案来，这时应进行分析比较，选定经济性合理、成本最低的工艺方案，达到“好中求省”的要求。但是，社会主义的企业必须从全国一盘棋的全局出发（例如，为了抢修某冶金厂或某矿山机械设备，首先考虑的是被抢修厂矿的时间，在保证加工质量的基础上，要求抢修尽可能快，经济上考虑退居次位。又如，战争时期的国防工业，其生产率占首要地位，因而制造成本问题降为次要地位）。

在制定工艺过程时，加工质量、生产率和经济性三方面的要求必须全面考虑，当三者之间发生矛盾时，应以保证质量为主，因为若质量不符合要求，提高生产率和经济性就没有任何意义。

第四节 生产类型对工艺过程的影响

一个被加工零件的结构和技术要求是决定工艺过程内容的一个基本因素，而在各种生产条件下，则以由产品年产量（生产任务）所确定的生产类型对工艺过程内容和特征有着重要的影响。

每年所需制造的产品数量称为生产纲领。根据生产纲领的大小不同，可分为三种不同的生产类型：

1. 单件生产 单个地、少量地制造不同结构和尺寸的产品，并且很少重复，甚至完全不重复，这种生产称为单件生产。冶金机械、部分矿山机械的生产通常属于单件生产。

2. 成批生产 成批地制造相同零件的生产，称为成批生产。部分矿山机械的生产属于成批生产。

成批生产时，每批制造的相同产品或零件的数量称为批量。根据批量的大小，还可分为大批生产、中批生产和小批生产。小批生产的组织形式和工艺特征接近于单件生产，而大批生产则接近于大量生产。

表 1-2 各种生产类型的工艺特征

序号	项 目	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
1	零件出产型式	事先不决定是否重复生产	周期地成批生产	长时间连续生产
2	毛坯制造方法	木模砂型铸造和自由锻造	部分采用金属模造型及模锻	广泛采用金属模、机器造型、模锻及其他高生产率方法
3	机床设备	通用（万能）机床	通用机床和部分专用机床	广泛使用高效率专用机床和自动机床
4	工、夹具	通用夹具，一般刀具、通用量具	广泛采用夹具、专用刀具（但不复杂）和专用量具	采用高效率的夹具、专用刀具和量具
5	机床布置方式	按机床类型的不同，用机群式布置	按照零件的组别进行机床布置	按照零件的工艺过程，将机床布置成流水生产线
6	工艺文件形式	编制简单的工艺过程卡片	编制成较详细的工艺卡片	采用工艺卡片或工序卡片

3. 大量生产 产品的制造数量很多,大多数工作地点经常重复地进行一种零件的某一工序,这种生产称为大量生产。例如,汽车制造、拖拉机制造、轴承制造均属于大量生产。

由于生产类型不同,无论在生产组织、车间布置、毛坯、设备、工具、加工方法和工人的熟练程度等各方面的要求均有所不同。例如,在大量生产时,由于每个工作地点固定地完成某一工序,因此有条件采用高效率的专用机床和工、夹具,劳动生产率可以大大提高,产品的成本也可降低。但在单件小批生产时,则须用万能性的机床和工、夹具,如果仍使用这些高效率专用机床和工、夹具,由于加工对象经常改变,机床的调整频繁而又复杂,因此,不但不能提高生产率,反而会提高成本,经济上也不合理。所以在制定零件工艺过程时,必须与生产类型相适应,以取得较好的经济效果。

各种不同生产类型的工艺特征见表1-2。

第五节 制定工艺过程的方法、步骤及所需原始资料

制定零件机械加工工艺过程的方法和步骤一般是:分析研究产品的装配图和零件工作图;根据生产任务决定零件的制造批量;选定毛坯类型;最后拟定工艺路线,填写工艺文件。在制定工艺过程时,一般需要有下列原始资料和参考资料:

(1) 产品装配图和零件工作图;

(2) 生产纲领;

(3) 毛坯和半成品的情况;

(4) 实现工艺过程的条件 即现有机床和工夹量具的目录和说明书、机床精度现状、设备更新计划、工夹具制造能力、生产工人的技术水平及车间的组织形式等;

(5) 各种参考资料 如各类机械加工工艺手册,各类主要零件的典型工艺过程,或类似零件的经过生产考验的工艺过程等等。

下面分别讨论制定工艺过程中的几个主要问题。

一、研究分析产品的装配图和零件工作图

首先对产品的装配图进行分析研究,从而熟悉该产品的用途、性能及工作条件,并明确被加工零件在产品中的地位和作用,然后对零件工作图进行工艺分析和工艺审查。工艺分析就是分析被加工要求与加工方法之间的矛盾。在一般情况下,设计人员在进行零件结构设计时就已经考虑到工艺上的可能性,即进行了工艺分析,所以通常都能满足加工要求。但在个别情况下,发现图纸上某些要求不恰当或加工很难达到技术要求时,可以在不影响产品性能的前提下,通过一定的手续进行修改,以简化加工方法。

在工艺分析中要抓主要问题。因为零件上一般都有许多表面要加工,但其中必有一些加工表面是主要的,它的精度、光洁度、硬度要求均较高(如冷轧工作辊的辊颈和辊身,齿轮的齿面和基准孔等),是加工中的主要矛盾。对零件图进行工艺分析时应考虑以下几个问题:

1. 审查图纸的完整性和正确性 例如,是否有足够的视图,尺寸、技术要求是否标注齐全等,如有错误或遗漏,应提出修改意见。

2. 审查零件材料是否恰当 零件材料的选择要立足于国内并考虑制造厂、机修厂的具体情况,尽可能采用现有材料,同时应尽可能少用贵重金属。此外,所用的材料必须有

良好的加工性, 否则, 可能使加工发生困难。

3. 分析零件的技术要求 零件的技术要求一般包括: 被加工表面的尺寸精度、几何形状精度、各加工表面之间相互位置精度、表面光洁度、热处理及其他要求等。我们要分析这些技术要求是否合理和必要, 在现有的生产条件下能否达到, 需要采取何种工艺措施。

4. 审查零件的结构工艺性 零件结构对加工工艺过程的影响很大, 若零件的使用性能完全相同, 而结构不同, 则其加工方法及制造成本有很大的差别。因此在进行零件结构设计时, 不仅要考虑使用性能、操作方便和机械强度、刚度等, 还要考虑到它能否容易地、经济地进行机械加工和装配, 即要求零件具有良好的结构工艺性。

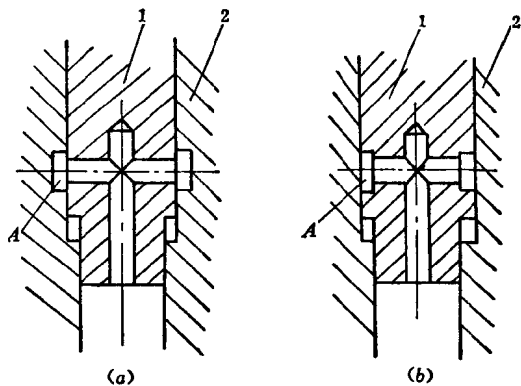


图 1-2 凹槽加工工艺性

例如图 1-2 所示的组件。件 1 为轴, 件 2 为孔, 当采用图 (a) 结构时, 件 2

上的凹槽 A 不便于加工和测量, 若将凹槽 A 改在件 1 上 (图 (b)), 对使用性能毫无影响, 零件的结构工艺性就好多了。

对上面这些问题作较全面的工艺分析之后, 就可以找出零件加工中的主要问题, 采取相应的工艺措施, 达到优质、高产、低消耗的要求。

二、毛坯类型的选择

毛坯种类不同, 机械加工工艺过程也不相同, 因此在制定工艺过程时, 必须了解毛坯情况, 正确地选择毛坯类型。

在单件小批生产的重型机器制造中, 制造零件所用毛坯主要有: 铸件 (铸钢件、铸铁件、有色金属铸件)、锻压件 (主要是锻钢件)、型材和焊接结构件 (铸焊、铸锻焊、型材和锻件组焊) 等。选择毛坯时应考虑以下几个问题:

(1) 生产批量的大小是选择毛坯类型的重要条件 当生产批量很大时, 宜采用精度和生产率较高的毛坯制造方法, 使毛坯的形状和尺寸尽量与成品接近, 减少机械加工劳动量, 如精密铸造、模锻等。但在单件小批生产的冶金矿山机械厂, 主要采用木模手工砂型铸造和自由锻造, 毛坯粗糙, 与成品尺寸相差较大, 因此机械加工劳动量较大。

(2) 零件材料和机械性能也是选择毛坯的重要依据 当采用铸铁材料时, 一定是铸造毛坯; 形状复杂的钢质箱体、机架、大齿轮等, 通常用铸造毛坯。强度要求高而形状又不很复杂的钢质零件, 如轴、中小型齿轮等, 一般采用锻造毛坯及标准棒料。

(3) 毛坯选择还必须考虑毛坯车间的具体生产条件和任务情况。例如, 有些工厂熔铸能力有限, 无法铸造大型铸件, 这时只好采用分段铸造或锻造, 然后用电渣焊拼焊在一起, 成为联合结构的毛坯。又如在某些冶金或矿山的机修车间, 为了赶修任务, 经常用型钢、钢板和锻件组焊成一些毛坯。

在大批大量生产或单件生产复杂的重型零件时, 应由毛坯车间提出铸件毛坯图或锻件毛坯图, 它是选择粗基准和设计夹具的重要资料之一。利用型材作毛坯时可不必画毛坯

图。在单件小批生产一般零件时，通常也没有单独的毛坯图，而是在制定加工工艺过程中一起考虑毛坯类型和毛坯尺寸。

三、工艺过程的拟定

拟定零件机械加工的工艺过程，包括选定各个表面的加工方法，各个表面的加工顺序，定位基准面，装夹方法；确定工序集中和分散程度；合理选用机床、刀具；确定所用夹具的大致结构等等。

1. 表面加工方法的选择

机械零件一般都是由一些简单的几何面，如外圆、孔、平面或成形表面等组合而成的。根据这些表面所要求的加工精度、表面光洁度和零件的结构特点，选用相应的加工方法和加工方案。

例如，加工2级精度、光洁度 $\nabla 6\sim 7$ 的孔，可以采用以下各种不同方案：

- (1) 钻—扩—粗铰—精铰；
- (2) 粗镗—半精镗—精镗；
- (3) 粗镗—半精镗—磨削；
- (4) 钻（扩）—拉。

方案（1）在生产量较大时用得很多。成批生产常在立式钻床，摇臂钻床或六角车床上连续进行各个工步。大批大量生产多在自动机床或组合机床上加工。此方案适于加工直径小于 $\phi 80$ 毫米的孔，工件材料应为未淬火钢或铸铁，对于有色金属，铰孔不易保证所需的表面光洁度。

方案（2）多用于加工毛坯上铸出或锻出的孔，孔径不宜太小，否则因镗杆太细而工艺系统刚度差，影响加工质量，箱体零件通常用这种方案。

方案（3）最适用于已经淬火的工件。方案（4）适用于大批大量生产，因拉刀制造复杂，成本高，工件材料可为未淬火钢、铸铁及有色金属，但孔不宜太长，工件也不宜太笨重，最好是中小型回转体类零件。

由此可见，表面加工法的选择，与生产规模、零件材料种类和硬度、零件的结构形状、被加工表面的尺寸等许多因素有关。此外，还应考虑制造厂具体生产条件。所以在选择加工方法时，应周密考虑并深入实际调查研究，这样才能拟定出一个合理的方案。

2. 加工顺序的确定

零件上各个表面的加工，究竟谁前谁后，不同的安排顺序，会得到截然不同的经济效果，如果安排得不好，甚至连加工质量也不能保证。下面所讲的问题，只是在处理加工顺序方面的基本经验。

（1）划分加工阶段 生产实践证明，加工精度要求较高的零件一般将工艺过程分为粗加工和精加工两个阶段进行，即首先将所要加工的表面都粗加工一遍，然后在第二阶段对要求较高的表面进行精加工。将工艺过程分阶段进行的原因在于：

1）粗加工时从毛坯上切去大量多余金属，可以及时发现零件的缺陷，以便及时处理，避免过多地浪费工时。同时精加工集中到后面，也可以减少碰坏已加工表面的可能性。

2）零件在粗加工时被切去一层较厚的金属，内应力会重新分布，产生新的变形；其次粗加工时切削力大，所需夹紧力也大，这样会引起工件产生弹性变形，以及由于切削

热导致工件产生热变形等，所有这些变形都会在加工后慢慢地表现出来。因此粗加工后应该留出内应力重新分布所需的时间。如果粗、精加工不分开，就无法纠正上述原因所产生的变形。

3) 粗精加工分开，可以合理地选择和使用机床。对粗加工工序可选择功率大而精度较低的机床，对精加工则可选择功率较小精度高的机床。这样既可以保证加工精度，又可以获得较高的生产率，并且有利于长期保持精加工机床的精度。

此外，当零件加工精度要求很高时，还可以将加工过程划分为粗加工、半精加工和精加工三个阶段，对于某些精密复杂零件，甚至还可划分为粗加工、半精加工、精加工和精细加工（或光整加工）四个阶段进行。

应当指出，阶段划分过细，有可能延长生产周期，使生产组织管理复杂化，因此在能够满足加工质量的前提下，通常只分粗、精加工两个阶段。在有些情况下，例如零件加工精度要求不高，或者生产批量较小，又受到设备条件限制，可以把粗精加工安排在同一工序中进行。当加工某些重型零件时，考虑到运输、装夹困难，经常在一台机床上完成某些表面粗精加工，但要求采取一些工艺措施。

(2) 合理地安排工件各表面的加工顺序 安排工件表面的加工顺序，一般从以下几方面考虑：

1) 作为精基面的表面，应当安排在前面加工。如齿轮的基准孔和端面，箱体零件的底面或剖分面，轴类零件顶尖孔等。所以制定零件的工艺过程时，应首先选择定位基准面。

2) 加工出精基面之后，接着对精度要求高的各主要表面进行粗加工，再穿插一些次要表面的粗加工。然后依次进行各表面的半精加工和精加工。要求高的主要表面精加工或光整加工，应安排到最后进行。但某些次要表面（紧固螺钉孔），也可放到最后加工。此外，在加工过程中容易出现毛坯缺陷（铸件的缩孔等）的表面，也应尽量放前，以避免大量的工时浪费。

3) 应当尽量避免工件在工艺过程中往返运输，因此在确定各工序的顺序时，应考虑车间内机床的布置情况。在不影响加工质量的前提下，尽可能按机床布置情况安排各工序顺序。

4) 对于大型和重型零件，由于工件在机床或平板上安装比较困难，因此常采用工序集中的办法，在每台机床上尽可能进行多工步加工，并且希望在一次装夹中加工尽可能多的表面。

(3) 热处理工序的安排 在零件的机械加工工艺过程中，常常需要安排热处理工序。由于热处理工序的插入，也将使工艺过程划分为几个阶段，影响加工顺序的安排。常用的几种热处理工序安排如下：

1) 为了改善金属的组织 and 加工性能以及消除内应力的热处理工序，如退火、正火等，一般应安排在机械加工之前进行，当有特殊要求时，可将正火工序安排在粗加工后进行。

2) 对结构复杂的大铸件，各部分的厚度不均匀，由于冷却快慢不同，结果在铸件中产生内应力。为了减少因加工后内应力重新分布而引起的变形，应在粗加工后，安排一次人工时效处理。对于高精度而容易变形的零件，应安排二次时效处理，即：铸造—粗加

工—时效—半精加工—时效—精加工。对于一般零件，可以安排一次时效处理；最好是将铸件存放一段时间后，再进行粗加工，然后人工时效。有些锻件，如薄壁筒、细长轴等，也需进行时效处理。

为了减少工件的往返运输，缩短生产周期，对尺寸小、要求低的零件，只在铸造出毛坯后安排一次人工时效就可以了。

3) 调质处理主要是改善材料的综合机械性能。许多中碳钢和合金钢零件，常常应进行调质处理，一般安排在粗加工后进行。当零件尺寸不太大时，也可安排在机械加工之前进行。前者称光坯调质，后者叫毛坯调质。

4) 为了提高零件表面硬度和耐磨性而进行的热处理工序，如淬火、渗碳淬火、氮化处理等，一般安排在工艺过程的后部，该表面的最终工序之前。

5) 有些零件表面需要镀层，此工序一般在机械加工完毕之后进行。

(4) 检验工序的安排 检验工序是保证产品质量的重要环节，通常在下列场合下安排：

- 1) 粗加工全部结束后，精加工之前。
- 2) 送往其他车间加工前后，特别是热处理前后。
- 3) 重要工序（或工时长的工序）的中间和前后。
- 4) 终加工之后。

3. 工序的集中与分散

工序的集中与分散是拟定工艺过程的两个不同的原则。工序分散是将零件各个表面的加工分得很细，工序多，工艺过程长，而每道工序所包含的加工内容却很少。工序集中则相反，一种零件的加工只集中在少数几道工序里完成，而每道工序所包含的加工内容却很多。

工序集中的优点：

(1) 减少工件的安装次数，这样既有利于保证加工表面之间的相互位置精度，又可减少装卸工件的辅助时间。

(2) 减少机床数量，并相应减少操作工人，节省车间面积。

工序分散的优点：

(1) 机床设备及工、夹具比较简单，调整比较容易，能较快适应新的生产对象，生产工人易熟练操作技术。

(2) 有利于选择最合理的切削用量，减少机动时间。

工序集中和分散各有优点，必须根据生产规模、零件结构特点和技术要求、机床设备等具体生产条件进行综合分析来决定。在单件小批生产的重型零件加工中，为了保证加工表面之间相互位置精度，减少装卸和运输工件的劳动量，一般都用工序集中的原则。在大批、大量生产中却经常采用工序分散的原则来制定工艺过程，有利于组织流水生产。

4. 选择各工序所用机床

选择机床时，应考虑以下几个方面：

(1) 机床的规格尺寸应与被加工零件外廓尺寸相适应。按这方面来选定机床的类型和规格，使之充分发挥机床的使用性能。例如直径不太大的轴类、盘类、套类零件，可以在一般车床上加工；而直径大、长度短的盘类、套类零件宜在端面车床或立式车床上加

工。又如箱体零件上主要孔的加工，当箱体尺寸不大时可在普通卧式镗床上镗孔，而大型箱体上的孔系加工则在落地镗床上进行。

(2) 所选机床的精度应与被加工零件所要求的加工精度相适应。机床精度过低，则不能满足零件加工精度要求，机床精度过高则是一种浪费，同时也不利于保护机床精度。这种“以精干精”的原则是指一般而言。当缺乏精密机床而又需加工精密零件时，也可“以粗干精”。但在这种情况下应采取一定的工艺措施。例如大型冷轧工作辊的辊颈和辊身要求磨削，许多工厂缺乏大型磨床，可以在重型车床上装一磨头来进行磨削加工。

(3) 机床的功率、刚度和工作参数，应与最合理的切削用量相适应。粗加工时应选择有足够功率和刚度的机床，以免切削深度和进给量的选用受到限制。精加工的机床应有足够的刚度和较高的转速，以保证零件的加工精度和光洁度。

(4) 所选机床的生产率应与规定的零件生产计划相适应。当加工零件批量很大时，应选用高生产率机床，因为机床的生产率低，则同一工序必须用几台机床来加工，显然增加了机床、夹具、刀具、量具和工人数目，工序间的运输也因之而复杂起来。相反，若机床生产率过高，就不能使机床达到满负荷，造成不必要的浪费。在单件小批生产中，基本上采用通用机床。

(5) 选择机床应考虑到车间设备的具体情况。例如，大型镗床、镗铣床、大滚齿机等，常常负荷最重，应设法（自制土简设备）减轻大机床的负荷。

四、填写工艺文件

零件的机械加工工艺过程制定出来以后，应将有关内容填入各种不同的卡片，各种卡片总称为工艺文件。

在产量很小时，工业规程编制得比较简单，一般是在一张卡片上填写出产品的名称和型号、工件名称、件号、所用材料、重量等等，并简要地列出各工序名称和顺序，每个工序的主要加工内容，所用机床种类，以及工时定额等内容，这种卡片称为机械加工工艺过程卡片，或称为工艺过程卡片。

在生产量较大时，工艺规程编得较详细些，除了上述内容外，还包含各个工步所加工的内容，要达到的尺寸和公差，重要工序还要绘出工序草图，各工序中所用的机床型号、刀具、夹具、量具的名称及编号等，这种卡片称为工艺卡片或加工工艺卡片。

在大批大量生产中，常常为各个工序填写一份工序卡片，在工序卡片上绘出工序草图，表示出完成本工序后的工件的形状、尺寸和公差，工件安装方式，刀具的形状和位置，必要时还规定切削用量等。

各工厂所用的工艺文件具体格式不统一，但内容大致相同。

第六节 工艺过程典型化

重型机器制造多属于单件小批生产，其特点是产品品种多、尺寸重量大以及结构复杂。这些机器的生产准备和制造周期长，往往需要几个月甚至几年时间。因此尽量缩短生产周期和降低制造成本是制造厂最迫切的任务之一。而工艺过程典型化能部分地解决这方面的问题。

工艺过程典型化，就是整理现有工艺，将它系列化和规格化，在这基础上加以归纳分析比较和总结，最后制定出最合理的典型工艺过程。在单件小批生产的工厂里，典型工艺

过程基本上分为两类。

第一类是标准件的典型工艺工程。它是按着设计部门标准化零件为依据来制定的，是一种固定性质的工艺过程，它实际上是工厂标准工艺卡片。

第二类是通用件及专用件的典型工艺过程。它不是以具体零件为对象，而是根据相同或类似结构的零件为对象所编制的典型工艺，这种典型工艺实际上是一种指导性工艺文件。

任何机器上都有它的专用件和通用件。通用件在冶金矿山机器制造中，约占零件总数的一半以上。这些共同性零件，虽然尺寸不一，但其结构是相同或相似的，例如齿轮、减速机箱体、轴套等，因而其工艺过程基本相似。这些常用的通用件按类别编制出来的工艺过程，具有典型性、通用性，故称为典型工艺过程。

所谓专用件的典型工艺过程，是某种机器所特有的零件工艺过程典型化。例如冷轧机的轧辊是专用零件，它们虽然尺寸不同，但基本工序是相同或类似的，给这些轧辊制定出一个典型工艺过程，即可基本适合于不同尺寸的冷轧机轧辊加工。

工艺过程典型化的优点：

(1) 能缩短生产准备和工艺准备工作的时间 由于有了典型工艺过程，使工艺人员制定零件工艺过程时有所依据，可大大缩短制定工艺过程的时间。机械加工车间有了典型化工艺，工夹具可以通用化和标准化，机床任务固定等等。

(2) 可提高工艺准备工作的质量 由于工艺人员在制定工艺过程时，常常主要凭自己的知识和经验，这就有可能在同样的生产条件下，加工形状和精度要求相同的零件，所制定的工艺过程不同，而机械加工劳动量和成本可能相差很多。而有了典型化工艺做参考，可以克服制定工艺过程不统一的问题，使设计的工艺过程容易符合生产实际，有利于提高工艺准备工作的质量。

(3) 为更多地采用先进的制造工艺创造条件 典型工艺实行后，有可能组织同类零件成批生产，因此可以采用先进的毛坯制造工艺，减小加工余量，使用高生产率可调的工、夹具，采用先进的加工方法等等，使单件小批生产也能获得成批生产的优越条件。

(4) 工艺过程典型化可以促使机器和零件结构的规格化和标准化 这样能使新产品设计周期大大缩短，提高了结构工艺性。

总之，工艺过程典型化可将单件小批生产的工艺特征转化成具有成批生产的特点，达到既能降低生产成本，又能提高产品质量。其实施典型工艺程度越高、收效也就越大。

第七节 工艺尺寸的换算

凡是在零件图纸上没有注出，而在加工过程中要用到的尺寸，或在检验时需要测量的尺寸，都叫做工艺尺寸。如图1-3a是皮带运输机的滚筒，从零件的工作出发，应该保证 $720^{+0.6}$ 毫米尺寸，但这个尺寸在加工中很难直接控制，较好的办法是控制两端止口长度来控制 $720^{+0.6}$ 毫米尺寸，因而把图(a)的尺寸标注改为图(c)的形式，图中两端尺寸 $15_{-0.1}$ 毫米就是工艺尺寸。

根据设计尺寸计算工艺尺寸时，要用尺寸链进行计算。下面举例说明工艺尺寸计算方法。

例一，图1-3所示皮带运输机滚筒，增环 $A_1 = 750^{+0.4}$ 毫米和封闭环 $A_2 = 720^{+0.6}$ 毫米是

设计尺寸, 要求的工艺尺寸是减环 A_2 和 A_3 。

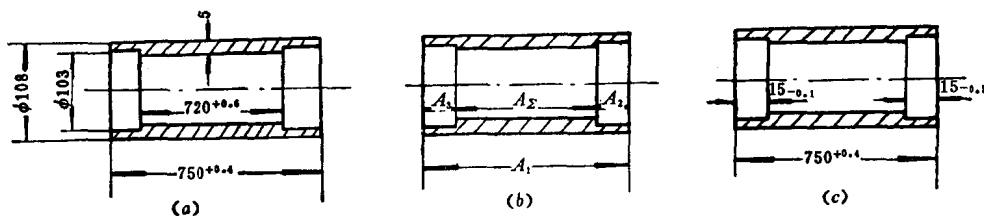


图 1-3 皮带运输机滚筒的工艺尺寸换算

公称尺寸按公式: $A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{j=n+1}^{m-1} A_j$ 求得:

$$A_{\Sigma} = A_1 - (A_2 + A_3)$$

即 $A_2 + A_3 = A_1 - A_{\Sigma} = 750 - 720 = 30$ 毫米

由于此零件是对称的, 故 $A_2 = A_3 = 15$ 毫米。

环 A_2 和 A_3 的最大极限尺寸按公式: $A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^n A_{i \max} - \sum_{j=n+1}^{m-1} A_{j \min}$ 求得:

$$A_{\Sigma \max} = A_{1 \max} - (A_{2 \min} + A_{3 \min})$$

$$A_{2 \min} + A_{3 \min} = A_{1 \max} - A_{\Sigma \max} = (750 + 0.4) - (720 + 0.6) = 29.8 \text{ 毫米}$$

$$A_{2 \min} = A_{3 \min} = \frac{29.8}{2} = 14.9 \text{ 毫米}$$

环 A_2 和 A_3 的最小极限尺寸按公式: $A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^n A_{i \min} - \sum_{j=n+1}^{m-1} A_{j \max}$ 求得:

$$A_{\Sigma \min} = A_{1 \min} - (A_{2 \max} + A_{3 \max})$$

$$A_{2 \max} + A_{3 \max} = A_{1 \min} - A_{\Sigma \min} = 750 - 720 = 30 \text{ 毫米}$$

$$\therefore A_{2 \max} = A_{3 \max} = \frac{30}{2} = 15 \text{ 毫米}$$

因此求得的工艺尺寸 $A_2 = A_3 = 15_{-0.1}^0$ 毫米。

例二, 图1-4 a 为一齿轮基准孔的局部示意图。齿轮孔按 $\phi 84.8^{+0.07}$ 毫米 精 镗 后 再 插 键 槽, 然后淬火热处理, 最后精磨至 $\phi 85^{+0.035}$ 毫米。现要求保证键槽深度尺寸为 $89.7^{+0.23}$ 毫米, 问应按什么尺寸来插键槽, 即求工艺尺寸 $A_1^{+0.1}$ 。

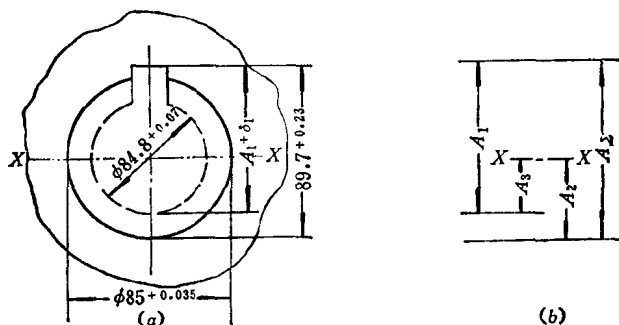


图 1-4 齿轮基准孔与键尺寸的工艺尺寸换算

按题意首先画尺寸链图，孔直径从孔中心处划起（此处假定磨孔与镗孔的偏心很小，忽略不计），如图1-4 b 所示。被求的尺寸 $A_1^{+0.035}$ 和磨后半径 $A_2 = 42.5^{+0.0175}$ 毫米是增环，镗孔后半径 $A_3 = 42.4^{+0.035}$ 毫米是减环，而 $89.7^{+0.23}$ 毫米不是直接保证而是间接得到的尺寸，所以是封闭环 A_Σ 。

A_1 的公称尺寸按公式： $A_\Sigma = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{j=n+1}^{m-1} A_j$ 求得：

$$A_\Sigma = A_1 + A_2 - A_3$$

$$A_1 = A_\Sigma - A_2 + A_3 = 89.7 - 42.5 + 42.4 = 89.6 \text{ 毫米}$$

A_1 的最大极限尺寸按公式： $A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^n A_{i \max} - \sum_{j=n+1}^{m-1} A_{j \min}$ 求得：

$$A_{\Sigma \max} = A_{1 \max} + A_{2 \max} - A_{3 \min}$$

$$A_{1 \max} = A_{\Sigma \max} - A_{2 \max} + A_{3 \min} = (89.7 + 0.23) - (42.5 + 0.0175) + 42.4 = 89.8125 \approx 89.813 \text{ 毫米}$$

A_1 的最小极限尺寸按公式： $A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^n A_{i \min} - \sum_{j=n+1}^{m-1} A_{j \max}$ 求得：

$$A_{\Sigma \min} = A_{1 \min} + A_{2 \min} - A_{3 \max}$$

$$A_{1 \min} = A_{\Sigma \min} - A_{2 \min} + A_{3 \max} = 89.7 - 42.5 + (42.4 + 0.035) = 89.635 \text{ 毫米}$$

因此，所求到的工艺尺寸为 $A_1^{+0.035}_{-0.035}$ 毫米。