

机械制造工艺学

李凤玲 主 编
原立涛 李立青 副主编

东北林业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制造工艺学/李凤玲主编. —哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2003.3

ISBN 7-81076-468-3

I. 机... II. 李... III. 机械制造工艺—高等学校—教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 052601 号

责任编辑: 郭 郢

封面设计: 徐洪权



NEFUP

机械制造工艺学

Jixie Zhizao Gongyixue

李凤玲 主编

原立涛 李立青 副主编

东北林业大学出版社出版发行

(哈尔滨市和兴路 26 号)

东北农业大学印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 13.75 字数 316 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

印数 1—1 000 册

ISBN 7-81076-468-3

TH·33 定价: 28.00 元

内 容 提 要

本书主要讲述了机械加工工艺规程,机床夹具的设计,机械加工精度和表面技术,机器的装配工艺和特种加工等内容。理论叙述由浅入深,实际内容充实,图文并茂。

本书为高等院校机械类、机电一体化类专业本科生教材,也可作高等专科学校、成人教育、电视大学同类或相近专业的教材或参考书,也可供工厂、院、所从事机械制造、机械设计工作的工程技术人员学习参考。

前 言

在本套教材的编写过程中,我们特别注意把握知识的应用与能力的培养。因此,在内容的选取上,着重处理好理论与实际应用的关系,而对基础理论知识是在必需、够用的原则上做了必要的调整,对学生可能提出的一些似是而非的问题做了更加详细的阐述,对理论知识本身的产生过程,讲求思路,简化推导,重点介绍理论知识的应用,强调工程师的基本训练,加强分析和解决实际问题的能力 & 工程应用素质的培养。

第一章为基本概念,主要介绍为讲授下面几章内容所必须了解的有关生产过程、工艺过程、生产类型和各类基准的概念。

第二章为工件的装夹及夹具设计,主要是研究机器零件加工时应首先解决的准确、快速装夹工件的问题。

第三章介绍机械加工的质量要求,主要是以机器零件为研究对象,分析了各种误差对加工精度的影响。

第四章是阐述机械加工表面质量,分析研究控制加工粗糙度和物理、力学性能等问题,进而研究保证零件的使用性能和寿命。

第五章是介绍机械的装配工艺,主要是分析研究保证机器的装配精度及提高装配精度和效率等问题。

第六章介绍了特种加工(包括电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工等)的基本原理、基本特点及其应用情况。

本书由黑龙江科技学院嵩山校区李凤玲主编,黑龙江科技学院嵩山校区原立涛及哈尔滨工业大学李立青任副主编。其中,李凤玲编写了第一、二章,原立涛编写了第三、四章,李立青编写了第五、六章。

由于编者水平有限以及编写时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2002年8月

目 录

第一章 机械加工工艺规程设计	(1)
§ 1-1 概述	(1)
§ 1-2 基准	(4)
§ 1-3 零件的工艺性分析及毛坯的选择	(6)
§ 1-4 工艺过程设计	(8)
§ 1-5 工序设计	(17)
§ 1-6 机械加工的生产率与经济性	(24)
第二章 工件的装夹与夹具设计	(32)
§ 2-1 概述	(32)
§ 2-2 工件的定位	(37)
§ 2-3 工件的夹紧	(69)
§ 2-4 夹具的对定	(79)
§ 2-5 夹具体	(85)
§ 2-6 各类机床夹具	(86)
§ 2-7 专用机床夹具的设计	(91)
第三章 机械加工质量	(99)
§ 3-1 概述	(99)
§ 3-2 加工精度的获得方法	(103)
§ 3-3 工艺系统的原有误差对尺寸精度的影响	(105)
§ 3-4 工艺系统的原有误差对形状精度的影响	(110)
§ 3-5 工艺系统的原有误差对位置精度的影响	(119)
§ 3-6 工艺系统受力变形对加工精度的影响	(123)
§ 3-7 工艺系统热变形对加工精度的影响	(129)
§ 3-8 工艺系统磨损及残余应力对加工精度的影响	(136)
§ 3-9 加工总误差的分析与估算	(139)
第四章 机械加工表面技术	(145)
§ 4-1 概述	(145)
§ 4-2 表面质量对零件使用性能的影响	(148)
§ 4-3 表面粗糙度及其降低的工艺措施	(151)
§ 4-4 表面层的物理、力学性能及其改善的工艺措施	(158)
§ 4-5 残余应力产生的原因及影响因素	(161)
§ 4-6 机械加工中的振动及其控制措施	(164)
第五章 机器的装配工艺	(170)
§ 5-1 概述	(170)

§ 5-2 装配尺寸链	(172)
§ 5-3 保证装配精度的方法	(178)
§ 5-4 装配工艺规程制定	(186)
第六章 特种加工	(190)
§ 6-1 电火花加工	(190)
§ 6-2 电解加工	(195)
§ 6-3 超声加工	(198)
§ 6-4 激光加工	(203)
§ 6-5 电子束加工	(207)
§ 6-6 离子束加工	(209)
主要参考文献	(213)

第一章 机械加工工艺规程设计

§ 1-1 概 述

一、生产过程与工艺过程

制造和修理产品时，将原材料转变为成品的全过程称为生产过程。一件产品的生产过程是很复杂的，它包括：生产手段的准备和工作地点的组织服务；材料和半成品的取得与保管；机器零件的各个加工阶段；产品的装配；材料、毛坯、成品的运输；生产各阶段的技术检查；成品包装和其他与产品有关的劳动。为了便于组织管理生产和有利于保证质量，提高生产率，降低成本，一台产品的生产过程往往是由几个工厂共同完成，所以一个工厂的成品可以是另一个工厂的原材料或半成品。一个工厂的生产过程，又可分为各个车间的生产过程，这样，一个车间的成品，可能是另一个车间的原材料或半成品。例如，铸造车间、锻造车间的成品——铸件、锻件就是机械加工车间的毛坯，而机械加工车间的成品，又是装配车间的原材料。

在机器的生产过程中，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称为工艺过程。上述过程可以通过不同的工艺方法来完成，因而工艺过程又可具体分为铸造、锻造、冲压、焊接、机械加工、特种加工、热处理、表面处理、装配等工艺过程。而以文件形式确定下来的工艺过程就形成了工艺规程。准确地讲，工艺规程是规定产品或零部件制造工艺和操作方法等的工艺文件。

采用机械加工方法，直接改变加工对象的形状、尺寸和表面性能，使之成为成品的过程，称为机械加工工艺过程。本课程的主要内容是讲述和研究机械加工工艺过程中的一些主要问题。

二、生产类型及工艺特点

在机械制造中，根据企业产品品种和数量以及生产专业化程度，一般可分为三种生产类型，即单件小批生产、中批生产和大批大量生产。若生产类型不同，则无论是在生产组织、生产管理、车间机床布置，还是在毛坯制造方法、机床种类、工具、加工或装配方法及工人技术要求等均有所不同。为此，制订机器零件的机械加工工艺过程和机器产品的装配工艺过程，以及在选用机床设备和设计工艺装备时，都必须考虑不同生产类型的特点，以取得最大的经济效益。

各种生产类型的特点和要求如表 1-1 所示。

生产类型也可按生产纲领来定量划分。企业在计划期内应当生产的产品产量称为生产纲领。如果机器产品的计划期以年度计算，此时的生产纲领为年生产纲领，也称年产

量。机器产品中某零件的生产纲领除了预计的生产计划数量以外，尚需包括一定的备品率和平均废品率。机器零件的生产纲领可按以下公式计算，即：

$$N_{\text{零}} = N \cdot n(1 + \alpha + \beta)$$

式中 $N_{\text{零}}$ ——机器零件在计划期内的产量（件/年）；

N ——机器产品在计划期内的产量（台/年）；

n ——每台机器产品中该零件的数量（件/台）；

α ——备品率；

β ——平均总收入废品率。

机器零件的生产纲领确定之后，还需要根据生产车间的具体情况，将零件在计划期间分批投入生产，一次投入或产出同一产品（或零件）的数量称为生产批量。

表 1-1 列出各种生产类型的产品数量，可供参考。

表 1-1 生产类型

生产类型	同一产品的生产纲领（件/年）		
	重 型 机 械	中 型 机 械	小 型 机 械
单件生产	<5	<20	<100
小批生产	5~100	20~200	10~500
中批生产	100~200	200~500	500~5000
大批生产	-	500~5000	5000~50000
大量生产	-	>5000	>50000

根据生产纲领的大小和产品品种的多少，就可以确定零件的生产类型。但必须考虑到零件的重量。显然，同样产量的零件，重型和轻型的加工难度差别很大，所要求技术措施也不同。确定生产类型的性质虽无严格的规定，但一般是根据产品的重量和产量来划分。

三、机械加工工艺规程所包括的内容和作用

某一零件的机械加工工艺规程规定了该零件加工工艺的全过程和操作方法。一般应该包括：零件加工的工艺路线及所经过的车间和工段、采用的机床和工艺装备、各工序的具体加工内容、切削用量和工时定额等。机械加工工艺规程的作用有如下三个方面：

(1) 机械加工工艺规程是指导生产的主要技术文件。机械加工工艺规程是车间中一切从事生产的人员都要严格、认真贯彻执行的工艺技术文件，按照它组织和进行生产，就能做到各工序科学地衔接，实现优质、高产和低消耗。

(2) 机械加工工艺规程是生产准备和计划调度的主要依据。在产品投入生产之前，可以根据机械加工工艺规程进行一系列的准备工作，如原材料和毛坯的供应、机床的调整、专用工艺装备的设计与制造、生产作业计划的编排、劳动力的组织，以及生产成本的核算等。根据机械加工工艺规程，制订所生产产品的进度计划和相应的调度计划，使

生产均衡、顺利地进行。

表 1-2 各种生产类型的工艺过程的特点

项 目	工 艺 特 点		
	单件小批生产	中批生产	大批大量生产
加工对象	经常变换	周期变换	固定不变
产品数量	少	中	大量
机床设备和布置	采用通用设备和机群布置	采用通用和专业设备, 按工艺路线或机群布置	广泛采用专用设备、自动机床, 按流水线布置或采用自动线
夹具	多采用通用夹具, 极少用专用夹具	主要采用专用夹具	广泛采用高效专用夹具
刀具和量具	采用通用刀具和通用量具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高效专用刀具和专用量具
毛坯制造和加工余量	木模造型, 自由锻造, 毛坯精度低, 加工余量大	部分采用金属模和模锻, 毛坯精度和加工余量中等	广泛采用模锻、金属模压力铸造等高效高精度方法制造毛坯, 毛坯精度高, 加工余量小
尺寸获得方法	试切法	调整法	调整法、自动获得法
工艺文件	只制定简单的工艺过程卡	要有工艺过程卡和重要工件主要工序的工序卡	要有很详细的工艺规程和各种工艺文件
操作工人技术水平	高	中等	一般
生产率	低	中等	高
成本	高	中等	低

(3) 机械加工工艺规程是新建或扩建工厂、车间的基本技术文件。在新建或扩建工厂、车间时, 只有根据机械加工工艺规程和年生产纲领, 才能准确确定生产所需机床的种类和数量、工厂或车间的面积、机床的平面布置和生产工人的工种、等级、数量, 以及各辅助部门的安排等。

四、制订机械加工工艺规程的原则和步骤

(一) 制订工艺规程要遵循的原则

(1) 必须可靠地保证零件图上技术要求的实现。在制订机械加工工艺规程时, 如果发现零件图某一技术要求规定得不适当, 只能向有关部门提出建议, 不得擅自修改零件图或不按零件图去做。

(2) 在规定的生产纲领和生产批量下, 一般要求工艺成本最低。

(3) 充分利用现有生产条件, 少花钱、多办事。

- (4) 尽量减轻工人的劳动强度, 保障生产安全, 创造良好、文明的劳动条件。
- (二) 制订机械加工工艺规程所依据的主要原始资料
- (1) 技术要求齐全的被加工零件的工作图和必要的装配图。
 - (2) 产品验收的质量标准。
 - (3) 产品的生产纲领和生产类型。
 - (4) 本厂的生产条件, 如加工设备、工艺装备情况, 工人技术水平, 毛坯生产条件以及专用设备、专用工装的制造能力。
 - (5) 国内外工艺技术的发展情况。
 - (6) 有关的工艺手册与图册资料。
- (三) 搜集掌握了这些原始资料并确定了生产类型和生产形式后, 即可着手制订工艺规程, 一般遵循以下步骤:
- (1) 分析被加工零件。
 - (2) 确定毛坯。
 - (3) 设计工艺过程: 包括划分工艺过程的组成、选择定位基准、选择加工方法、安排加工顺序和组合工序等。
 - (4) 工序设计: 包括选择加工设备及工艺装备, 确定加工余量、工序尺寸、切削用量及计算工时定额等。
 - (5) 填写工艺文件。

§ 1-2 基 准

基准是用来确定生产对象上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面。在机器零件的设计和加工过程中, 按不同要求选择哪些点、线、面作为基准, 是直接影响零件加工工艺性和各表面间尺寸、位置精度的主要因素之一。

根据作用及应用的场合不同, 基准可分为设计基准和工艺基准两大类。

一、设计基准

零件设计图上所采用的基准, 称为设计基准。这是设计人员从零件的工作条件、性能要求出发, 适当考虑加工工艺性而选定的。一个机器零件, 在零件图上可以有一个, 也可以有多个设计基准。图 1-1 (a) 所示齿轮的外圆和分度圆的设计基准是齿轮内孔的中心线, 而表面 A、B 的设计基准是表面 C; 图 1-1 (b) 所示的车床主轴箱体, 其主轴孔的设计基准是箱体的底面 M 及小侧面 N。

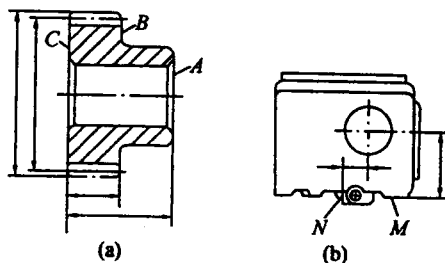


图 1-1 零件图中的设计基准

二、工艺基准

零件在工艺过程中所采用的基准,称为工艺基准。其中又包括工序基准、定位基准、测量基准和装配基准,现分述如下。

(一) 工序基准

在工序图上,用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、位置的基准,称为工序基准。

图1-2(a)所示的工件, A 为加工表面,本工序要求为 A 对 B 的尺寸 H 和 A 对 B 的平行度,故外圆下母线 B 为本工序的工序基准。图1-2(b)所示的工件,加工表面为孔 ϕD ,要求其中心线与 A 面垂直,并与 C 面和 B 面保持距离尺寸为 L_1 和 L_2 ,因

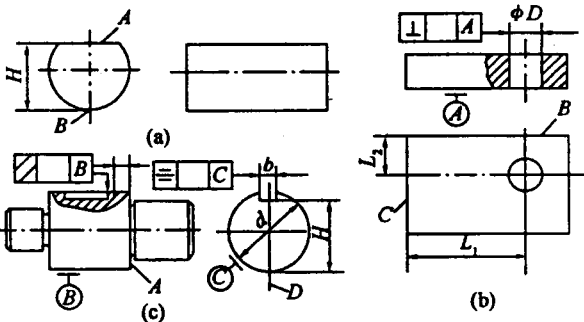


图1-2 工序图中的工序基准

此表面 A 、 B 、 C 均为本工序的工序基准。工序基准除采用工件上实际表面或表面上的线以外,还可以是工件表面的中心、对称面或对称线等。如图1-2(c)所示的小轴中,键槽的工序基准既有凸肩面 A 和外圆母线 B ,又有外圆表面的轴向对称面 D 。

(二) 定位基准

工件在机床上或夹具中进行加工时,用作定位的基准,称为定位基准。

图1-3(a)所示的车床刀架座零件,在平面磨床上磨顶面,则与平面磨床磁力工作台相接触的表面为该道工序的定位基准。图1-3(b)所示的齿坯拉孔加工工序,被加工内孔在拉削时的位置是由齿坯拉孔前的内孔中心线确定的,故拉孔前的内孔中心线为拉孔工序的定位基准。图1-3(c)所示的零件在加工内孔时,其位置是由与夹具上定位元件1、2相接触的底面 A 和侧面 B 确定的,故 A 、 B 面为该工序的定位基准。

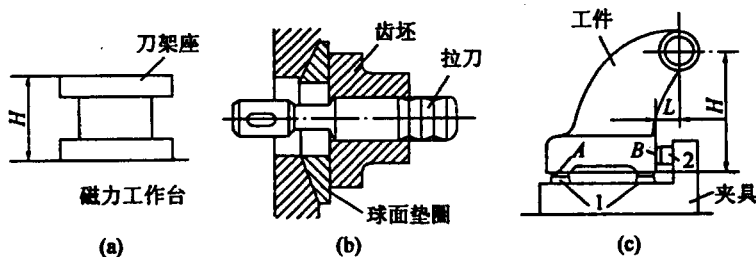


图1-3 工件在加工时的定位基准

(三) 测量基准

在测量时所采用的基准,称为测量基准。

图 1-4 (a) 所示为根据不同工序要求测量已加工表面位置时所使用的两个不同的测量基准，一为小圆的上母线，另一则为大圆的下母线。图 1-4 (b) 的床头箱体零件，为测量加工后主轴孔的轴线 OO 对底面 M 的平行度，也是以 M 面为测量基准，通过垫铁、标准平台、心棒及百分表对平行度进行间接测量。

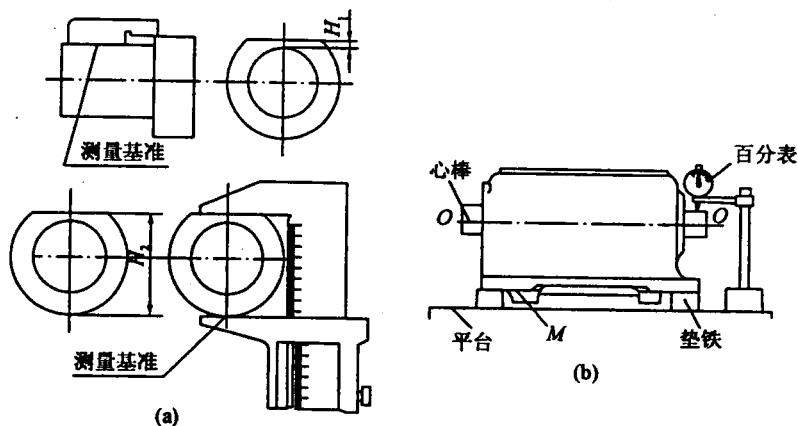


图 1-4 工件上已加工表面的测量基准

(四) 装配基准

在机器装配时，用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准，称为装配基准。图 1-5 (a) 所示，齿轮是以其内孔 A 及端面 B 为装配基准。图 1-5 (b) 的主轴箱部件，装配时是以其底面 M 及小侧面 N 与床身的相应面接触，确定主轴箱部件在车床上的相对位置，故 M 及 N 面为主轴箱部件的装配基准。

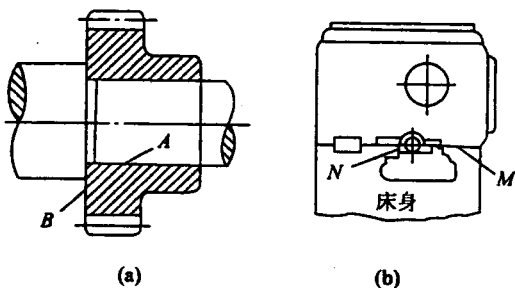


图 1-5 机器零、部件装配时的装配基准

§ 1-3 零件的工艺性分析及毛坯的选择

一、零件的工艺性分析

在制定零件的机械加工工艺规程之前，首先应对该零件的工艺性进行分析，零件的工艺性分析包括以下两方面内容。

(一) 了解零件的各项技术要求，提出必要的改进意见

分析产品的装配图和零件的工作图，其目的是熟悉该产品的用途、性能及工作条件，明确被加工零件在产品中的位置和作用，进而了解零件上各项技术要求，找出主要技术要求和加工关键，以便在拟订工艺规程时采取适当的工艺措施加以保证。

(二) 审查设计图纸

从加工的角度出发, 审查设计图纸的合理性, 并建议设计部门修改。审查的内容包括:

(1) 检查图纸的完整性和正确性: 例如, 是否有足够的视图, 尺寸、公差和技术要求是否标注齐全等。若有错误或遗漏, 应提出修改意见。

(2) 审查图纸技术要求和材料选择的合理性: 产品设计应当遵循经济性原则, 即在不影响使用性能的前提下, 尽量降低对加工制造的要求。因此, 应由工艺技术人员审查零件的技术要求是否过高, 在现在生产条件下是否能够达到, 以便同设计人员共同研究探讨通过改进设计的方法达到经济合理。同样, 材料选择上不仅考虑使用性能及材料成本, 还要考虑加工需要。如果材料选用不合理, 可能使整个工艺规程的安排发生问题。

(3) 审查零件结构的工艺性: 零件结构工艺性涉及面很广, 具有综合性, 必须全面综合地分析。零件的结构对其机械加工工艺过程的影响很大, 使用性能完全相同而结构不同的两个零件, 它们的加工难易和制造成本可能有很大差别。所谓良好的结构工艺性, 首先是这种结构便于机械加工, 即在同样的生产条件下能够采用简便和经济的方法加工出来。此外, 零件结构还应适应生产类型和具体生产条件的要求。

二、毛坯的选择

正确地选择毛坯具有很大的技术经济意义。毛坯的种类及其质量对零件的机械加工质量、加工方法、材料利用率、机械加工劳动量等都有直接影响。

(一) 毛坯的种类

机械加工中常用的毛坯有:

- (1) 铸件: 适用于做形状复杂的零件毛坯;
- (2) 锻件: 适用于要求强度较高、形状比较简单的零件;
- (3) 型材: 热轧型材的尺寸较大、精度低, 多用作一般零件的毛坯。冷拉型材尺寸较小、精度较高, 多用于制造毛坯精度要求较高的中小零件, 适宜于自动机加工;
- (4) 焊接件: 对于大件来说, 焊接件简单方便, 特别是单件小批量生产, 可以大大缩短生产周期, 但焊接的零件毛坯变形较大, 需要经过时效处理后才能进行机械加工;
- (5) 冷冲压件: 适用形状复杂的板料零件, 多用于中小尺寸零件的大批、大量生产。

(二) 选择毛坯应考虑的因素

(1) 选择毛坯应该考虑生产规模的大小, 它在很大程度上决定采用某种毛坯制造方法的经济性。如生产规模较大, 便可采用精度高、生产高的毛坯制造方法, 这样虽然一次投资较高, 但均分到每个毛坯上的成本就较少。而且, 由于精度较高的毛坯制造方法的生产率一般也比较高, 既节约原材料又可明显减少机械加工劳动量, 再者, 毛坯精度高还可简化工艺和工艺装备, 降低产品的总成本。

(2) 选择毛坯应考虑工件结构形状和尺寸大小。它决定了选用方法的可能性和经济性。例如形状复杂的薄壁件毛坯, 往往不采用金属模铸造, 尺寸较大的毛坯也往往不采

用模锻和压铸造。某些外形特殊的小零件，由于机械加工困难，往往采用较精密的毛坯制造方法，如压铸造、精密仪器模铸造等，以最大限度地减少机械加工余量。

(3) 选择毛坯应考虑零件的机械加工性能要求。毛坯制造方法不同，将影响其机械性能。例如锻件的机械性能高于型材，对重要的零件，不论其结构和形状的复杂程度如何，均不宜于直接选用轧制型材而要选用锻件。金属型浇注的铸件强度高于砂型浇注的铸造件。

(4) 选择毛坯应考虑到工件的工艺性能要求：如铸造铁、青铜不能锻造，只能铸造。各种材料加工工艺性和制坯方法可参阅相关资料。

(5) 选择毛坯，应从本厂的现有设备和技术水平出发考虑其可能性和经济性。例如，我国生产的第一台 12 000 吨水压机的大立柱，整锻困难，就采用焊接结构。

(6) 选择毛坯还应考虑利用新工艺、新技术和新材料的可能性，如精铸、精锻、冷轧、冷挤压、粉末冶金和工程塑料等。应用这些毛坯制造方法后，可大大减少机械加工量，有时甚至可不再进行机械加工，其经济效益非常显著。

§ 1-4 工艺过程设计

在对零件的工艺性进行分析和选定毛坯之后，即可制订机械加工工艺过程，一般可分两步进行。第一步是设计零件从毛坯到成品零件所经过的整个工艺过程，这一步是零件加工的总体方案设计；第二步是拟定各个工序的具体内容，也就是工序设计。这两步内容是紧密联系的，在设计工艺过程时应考虑有关工序设计的问题，在进行工序设计时，又有可能修改已经设计的工艺过程。

由于零件的加工质量、生产、经济性和工人的劳动强度等，都与工艺过程有着密切关系，为此应在进行充分调查研究的基础上，多设想一些方案，经分析比较，最后确定一个最合理的工艺过程。

设计工艺过程时所涉及的问题主要是划分工艺过程的组成、选择定位基准、选择零件表面加工方法、安排加工顺序和组合工序等。现分述如下。

一、工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由若干个按一定顺序排列的工序组成。工序是组成工艺过程的基本单元，也是制定生产计划、进行经济核算的基本单元。工序又可细分为安装、工位、工步、走刀等组成部分。

(一) 工序

是指一个或一组工人，在一个工作地点或一台机床上对同一个或同时几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。

划分工序的条件是操作者、工作地、加工对象三者不变和工作的连续性，其中有一个不满足即为另一道工序。例如，一个工人在一台车床上完成车外圆、端面、空刀槽、螺纹、切断；一组工人对一批零件去毛刺。这里的连续性，是指工序内的工作需连续完

成,不能插入其他工作内容或者阶段性加工。

(二) 安装

安装是指工件(或装配单元)通过一次装夹后所完成的那一部分工序。

工件某道工序的加工,往往不可能通过一次装夹全部完成。

(三) 工位

有些工序中,一次装夹后,工件的加工需作若干次位置的改变(每一位置有一个或一组相应的加工表面)。为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件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一个工位。如图1-6所示在具有回转工作台的专用铣床上,有三个工位分别加工零件的三个表面,工位1为装卸工件工位。这说明,此工序包括四个工位。采用多工位加工,可以减少装夹次数,缩短辅助时间,提高生产效率。

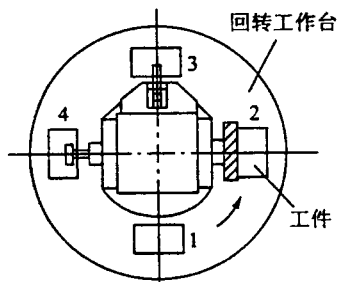


图 1-6 包括四个工位的工件

(四) 工步

当加工表面、切削工具和切削用量中的转速与进给量均保持不变时所连续完成的那一部分工艺过程,称为工步。构成工步的三个要素中(加工表面、刀具、切削用量)只要有一个要素改变了,就不能认为是同一个工步。工步是构成工序的基本单元,一个工序中可以只有一个工步,也可以包括多个工步。

图1-7所示为六角车床上加工套类零件的工序包括六个工步。当几个相同的工步连续进行时,为了简化工艺,通常算作一个工步。

为了提高生产效率,采用几把刀具或一把复合刀具同时加工一个或几个表面可算作一个工步,称为复合工步。如图1-8中工步3和工步4就是复合工步。

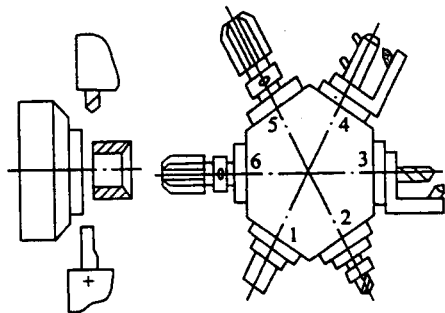


图 1-7 具有六个工步的工序

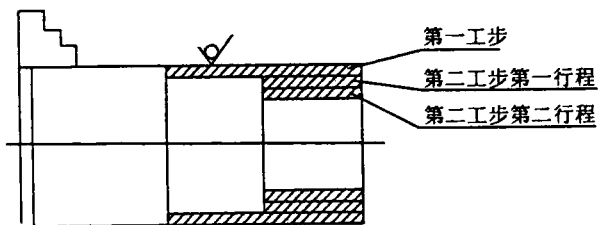


图 1-8 棒料车削加工成阶梯轴的多次行程

(五) 行程(或走刀)

有些工步,由于余量较大或其他原因,需要同一刀具在同一切削用量(仅指转速及进给量)下对同一表面进行多次切削,这样,刀具对工件的每一次切削就称为一次行程(或走刀)。如图1-8所示,将棒料加工成阶梯轴,第二工步车右端外圆分两次行程。

二、选择定位基准

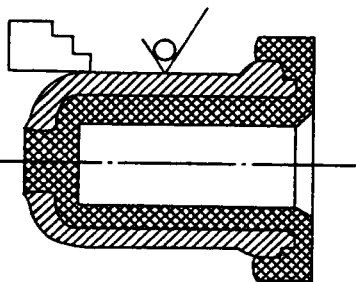
正确地选择定位基准是设计工艺过程的一项重要内容。

在最初的工序中，只能选择未经加工的毛坯表面作为定位基准，这种表面称为粗基准，用加工过的表面作定位基准，则称为精基准。另外，在有些情况下，为了满足工艺需要，在工件上专门设计的定位面，称为辅助基准。

(一) 粗基准的选择

粗基准的选择，影响各加工面的余量分配及不需加工表面与加工表面之间的位置精度。这两方面的要求常常是相互矛盾的，因此在选择粗基准时，必须首先明确哪一方面是主要的，一般可遵循如下原则：

(1) “相互位置要求”原则：如果必须首先保证工件上加工表面与不加工表面之间的位置要求，则应以不加工表面作为粗基准。如果在工件上有很多不需加工的表面，则应以其中与加工表面的位置精度要求较高的表面作粗基准。如图 1-9 所示，为保证不加工的外圆表面与内孔的同轴度（壁厚均匀），应选外圆面作粗基准。



(2) “余量均匀”原则：如果必须首先保证工件某重要表面的余量均匀，应选择该表面作粗基准。例如机床的床身导轨面不仅精度要求高，而且导轨表面要有均匀的金相组织和较高的耐磨性，这就要求导轨面的加工余量较小而且均匀（因为铸造表面不同深度处的耐磨性相差很多），故首先应以导轨面作为粗基准加工床身的底平面，然后再以床身的底平面为精基准加工导轨面（图 1-10a），反之将造成导轨面余量不均匀（图 1-10b）。

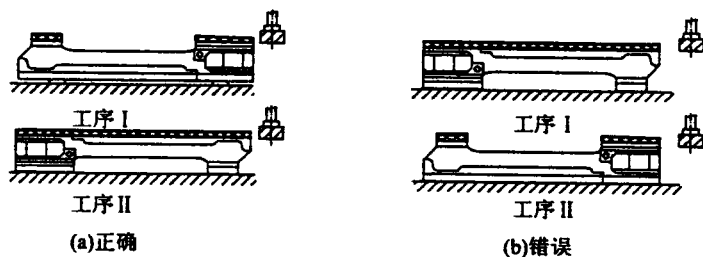


图 1-10 床身加工的粗基准选择

(3) “粗基准不重复使用”原则：在可能产生较大的位置误差时，粗基准应避免重复使用。

(4) “定位可靠”原则：先作粗基准的表面，应平整且没有浇口、冒口或飞边等缺陷，以便定位可靠。

(二) 精基准的选择

精基准的作用是根据加工出零件上满足技术要求的各个加工表面。

选择精基准应考虑如何保证加工精度和装夹准确方便，一般应遵循如下原则：

(1) 用设计基准作为精基准，以便消除基准不重合误差，即所谓“基准重合”原则。

图 1-11 所示的零件，其孔间距 (20 ± 0.04) mm 和 (30 ± 0.03) mm 有很严格的要求，而 $\phi 30$ H7 孔与 B 面的距离 (35 ± 0.01) mm 却要求不高，当 $\phi 30$ H7 孔与 B 面加工好后，在加工 $\phi 18$ mm 孔时，如果如图那样以 B 面作为精基准，夹具虽然比较简单，但孔间距 (20 ± 0.04) mm 很难保证，除非把尺寸 (35 ± 0.01) mm 的公差缩小到 (35 ± 0.03) mm 以下。

但如果改用图中所示的夹具，直接以两个孔 $\phi 18$ mm 的设计基准 $\phi 30$ H7 的中心线作为精基准，虽然夹具较复杂，但很容易保证尺寸 (20 ± 0.04) mm 和 (30 ± 0.03) mm 的要求。

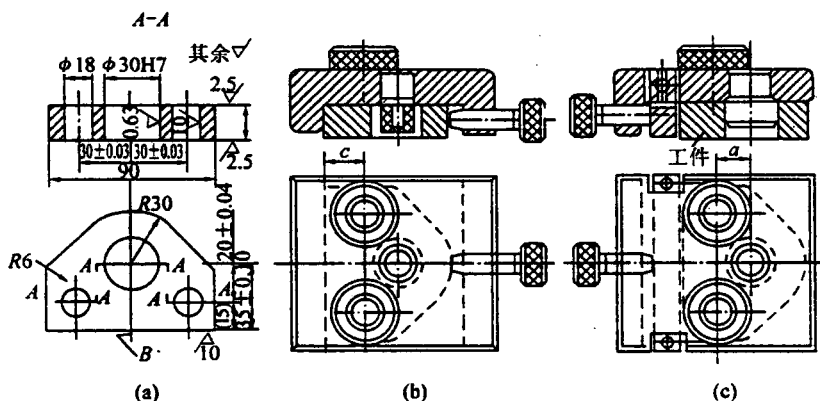


图 1-11 基准重合原则的示例

(2) 当工件以某一组精基准定位可以较方便地加工其他各表面时，应尽可能在多数工序中采用此组精基准定位，即所谓“基准统一”原则。

统一基准的表面，一般都应是面积较大、精度较高的平面、孔以及其他距离较远的几个面的组合。例如：

① 箱体零件用一个较大的平面和两个距离较远的孔作精基准（没有孔时用大平面及两个与大平面垂直的边作精基准，或者专门加工出两个工艺孔）；

② 轴类零件用两个顶尖孔作精基准；

③ 圆盘类零件（如齿轮等）用其端面 and 内孔作精基准。

使用统一基准并不排斥个别工序采用其他基准，特别当统一基准与设计基准不重合时，可能因基准不重合误差过大而超差，这时应直接用设计基准作为定位基准。

(3) 当精加工或光整加工工序要求余量尽量小而均匀时，应选择加工表面本身作为精基准，而该加工表面与其它表面之间的位置精度则要求由先行工序保证，即遵循“自为基准”原则。