

中等专业学校試用教科书

# 机器制造工艺学

上册

蕭熙林等編著



中国工业出版社

中等专业学校试用教科书



# 机器制造工艺学

上册

蕭熙林等編著

中国工业出版社

本书系按照第一机械工业部1959年修订的机器制造工艺学教学大纲草案编写的。为了照顾一般读者的需要，编写时增添了个别章节。本书可作为中等专业学校机器制造工艺学教学用书，亦可供一般工程技术人员参考。

本书分两册出版。上册包括机械加工工艺规程设计基础，下册包括典型零件加工及装配工艺。

本书由萧熙林同志主编。参加编校修订工作的有朱有璠、张揖慰、曹元吉、赵志修、吴致义、王英杰等同志。

## 机器制造工艺学

上册

萧熙林等编著

\*

中国工业出版社出版（北京后厂胡同10号）

（北京市书刊出版事业许可出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本  $850 \times 1168 \frac{1}{32}$  · 印张  $7 \frac{3}{8}$  · 字数 186,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数 00,001—17,533 · 定价 (9-4) 0.73 元

统一书号: 15165·705(-机-106)

# 目 次

|           |   |
|-----------|---|
| 緒 論 ..... | 5 |
|-----------|---|

## 第一篇 機械加工工艺規程設計基礎

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第一章 機械制造工艺的基本概念与定义 ..... | 12 |
|--------------------------|----|

- |                       |    |
|-----------------------|----|
| 1 机械加工工艺过程的組成 .....   | 13 |
| 2 机器制造的生产类型及其特征 ..... | 18 |

|              |    |
|--------------|----|
| 第二章 基准 ..... | 22 |
|--------------|----|

- |                         |    |
|-------------------------|----|
| 1 基准的种类 .....           | 22 |
| 2 定位基准的選擇 .....         | 28 |
| 3 基准改变时尺寸与公差的換算方法 ..... | 31 |
| 4 机械加工时工作的安裝方式 .....    | 35 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第三章 机械加工的精度 ..... | 41 |
|-------------------|----|

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 1 机械加工精度的概念 .....           | 41  |
| 2 机器零件在机械加工时所产生的誤差种类 .....  | 42  |
| 3 机械加工誤差产生的原因及提高精度的方法 ..... | 43  |
| 4 研究加工精度的統計方法 .....         | 69  |
| 5 研究加工精度的計算分析法 .....        | 85  |
| 6 平均經濟精度 .....              | 101 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第四章 机器零件的表面质量 ..... | 108 |
|---------------------|-----|

- |                        |     |
|------------------------|-----|
| 1 影响表面光洁度的因素 .....     | 108 |
| 2 影响表面层物理机械性质的因素 ..... | 122 |
| 3 表面质量对零件使用性能的影响 ..... | 128 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第五章 毛坯及加工余量 ..... | 131 |
|-------------------|-----|

- |                        |     |
|------------------------|-----|
| 1 机械加工常用的毛坯种类 .....    | 131 |
| 2 毛坯的選擇 .....          | 133 |
| 3 毛坯的公差 .....          | 134 |
| 4 毛坯余量、工序余量和工序公差 ..... | 137 |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 5 影响工序余量的因素 .....              | 149 |
| 6 工序余量的确定方法 .....              | 145 |
| 7 材料消耗定额的计算 .....              | 146 |
| <b>第六章 结构工艺性</b> .....         | 149 |
| 1 毛坯的工艺性 .....                 | 151 |
| 2 对热处理的零件结构的工艺要求 .....         | 158 |
| 3 机械加工的工艺性 .....               | 162 |
| 4 装配的工艺性 .....                 | 170 |
| 5 零件结构的继承性 .....               | 173 |
| 6 零件的节料性 .....                 | 173 |
| <b>第七章 机械加工工艺规程的设计方法</b> ..... | 176 |
| 1 设计工艺规程的意义 .....              | 176 |
| 2 设计工艺规程的原始资料 .....            | 177 |
| 3 机械加工工艺规程的设计顺序 .....          | 181 |
| 4 工艺文件 .....                   | 192 |
| <b>第八章 工艺过程的综合研究</b> .....     | 200 |
| 1 提高劳动生产率的途径 .....             | 200 |
| 2 工序的集中与分散 .....               | 211 |
| 3 工艺过程的经济评比 .....              | 215 |
| <b>第九章 工艺规程的典型化</b> .....      | 222 |
| 1 编制零件分类表 .....                | 222 |
| 2 编制零件的典型工艺规程 .....            | 225 |
| 3 实施工艺规程典型化的技术经济效果 .....       | 228 |

## 緒 論

生产过程的主要因素是人的劳动、劳动对象和劳动资料。在劳动资料中起决定作用的是生产工具。生产工具即是人在生产活动中所使用的工具。生产工具的发展水平是人类控制自然的尺度，也是生产发展的尺度。在人类历史中，生产工具经过长期不断的发展，从石器时代一直到现代。生产逐渐的提高，加强了人类对自然的控制、改造和利用的力量。

我国是世界上文化和科学发展最早的国家之一，亦是在世界上最先应用机械作为生产工具的。所以我国在机械制造方面具有光辉而悠久的历史。

早在公元前 2000 年左右，我国就制造出了生产丝织品的纰车和机杼；公元前 1000 多年，制造出了具有两个车轮和车厢的車子，这是世界上出现最早最完善的运输工具。到了汉朝已采用金属来制造車軸和軸承了。

公元 600 年間，我們的祖先利用水力渦輪和齒輪系制出水轉連磨用来加工谷物；公元 1300 年間，我国已制出整套的紡織机械，用来生产紡織品；公元 1405 年間，我国已能制造远渡海洋的大船。明朝太监郑和就曾以 62 艘大船，載有 27000 人出使南洋，远至非洲东海岸。

我們的祖先不仅发明和創造了各种机械，同时在机械制造方面，也写下了光辉的史頁。公元前 530 年左右，我国已有钻削的工艺。在公元 1668 年，我国制造天文仪器上的铜环，除鑄造成形外，并采用与近代銑削相似的加工方式进行加工（图 0-1）。工作时将工件固定，利用直径长达 2 丈的鑲片式刀具，由畜力带动旋轉进行加工。銑削过的工作并用磨石磨削（图 0-2），类似近代的研磨加工，使所制工件更加精致。銑刀用鈍后，可拆下刀片刃

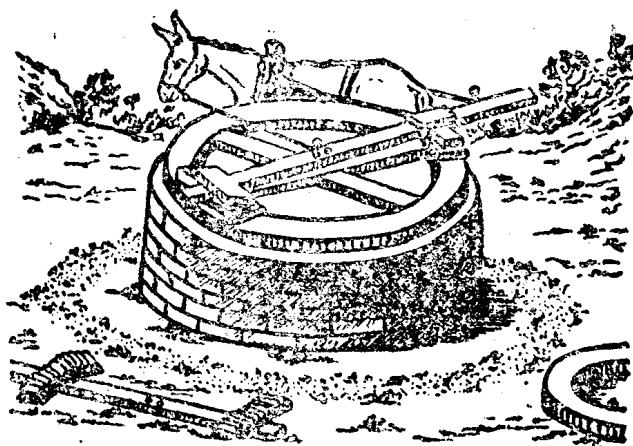


图0-1 公元1668年我国天文仪器上铜环的  
加工工艺——刨削。

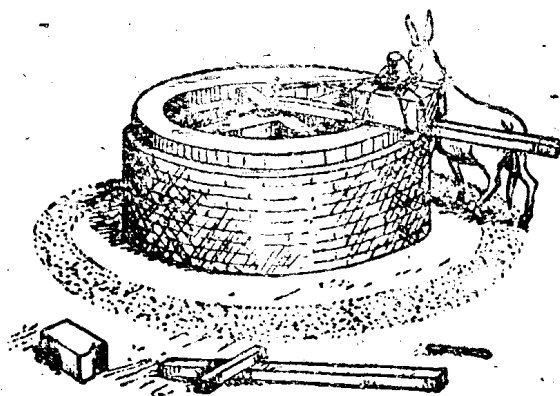


图0-2 公元1668年我国天文仪器上铜环的  
加工工艺——研磨。

磨。刃磨铣刀片的工具（图0-3）与近代使用的砂轮机相类似。

在古代著作方面，明朝的大机械工程学家王征（1571年生）著有《诸器图说》。宋应星著的“天工开物”是综合各种工程的一本伟大著作。这些著作虽然记载了很多宝贵的历史资料，但也只是反映我们祖先伟大创造成就的一小部分，而这一部分由于我国长时期受着封建势力的束缚，特别是国民党反动派统治中国期

間，一貫媚外，不重視搜集和研究我國勞動人民在歷史上的偉大創造，因而使這些資料至今尚屬殘缺。解放後，由於黨的領導，大力搜集研究和整理了反映機器製造業，在古代發展情況的資料文物。預望不久的將來，更多的史實，將祖先們千萬代的智慧結晶和勞動成果一一列舉，使我們得以繼承和發揚光大。

當我國還在封建社會的時候，歐美的許多國家已進入資本主義社會，其機器製造工業的發展也超過了我們。到19世紀中

葉，資本主義國家入侵我國，更扼殺了我們工業的獨立發展。使之形成了半封建半殖民地的機器製造工業，只能為帝國主義的掠奪而服務。

舊中國的機器製造工業，從清朝封建官僚李鴻章於1862年在上海開設製炮局起，直到國民黨反動政權徹底被推翻止，已有87年的歷史。但是，在這87年期間的機器製造工業，同其他事業一樣，在帝國主義、封建主義和官僚資本主義的壓迫和束縛下，沒有得到正常的發展。當時機器製造工業的數量很少，設備簡陋，技術落后，只能修配，不能獨立製造，完全從屬於帝國主義的工業體系，不能掌握自己的命運，也不能成為獨立的機器製造業。解放前夕，國民黨反動派在徹底崩潰之前，又對其進行了瘋狂的破壞，使本來就是殘缺不全的機器製造工業，奄奄待斃。

解放後，新的社會制度為機器製造工業帶來了新的生命。在黨和政府的正確領導下，工人階級以無比的勞動熱情和頑強的戰鬥意志，使機器製造工業迅速的得到了恢復和發展。

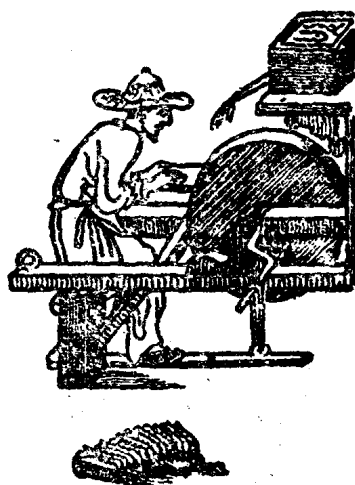


圖0-3 公元1668年我國機械加工刀具的刃磨方法。



1949~1952年，在这短短的三年恢复期中，我国机器制造工业在历史上开创了新的纪元。摆脱了以往的从属地位，制造出许多从未制造过的机器。

从1953年起，我国开始了伟大的发展国民经济的第一个五年计划，进入了有计划的建设时期。在第一个五年计划建设中，新建和改建了许多国家工业化所必需的骨干企业，并对原有的国营企业进行了一系列的整顿和技术改造。与此同时，对私营企业也进行了社会主义改造。从而奠定了我国现代化机器工业的初步基础。

自1958年起，我国开始了发展国民经济的第二个五年计划。在第二个五年计划的第一年度——1958年，机器制造工业同其他方面一样，坚决地贯彻执行了党的鼓足干劲、力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线和一整套两条腿走路的方针，实现了前所未有的大跃进，把机械工业推向了一个更高的发展阶段。1958年全国机械工业的总产值较1957年增长约80%。同时我国机器设备的自给率也大大提高。在第一个五年计划期间，许多大型的精密设备一般都靠进口，自给率最高的年份约占60%左右，而大跃进的1958年自给率更有了新的增长。

1958年我国机器工业高速度的飞跃发展，一方面是由于在已有的基础上，充分地吸取了国内外的先进经验。但更主要的是由于党的总路线鼓舞了机器工业全体职工的干劲，坚持政治挂帅，破除了迷信，发扬了高度的创造精神，开展了广泛的技术革新和技术革命运动。在大跃进中，很多职工发挥了敢想敢干的精神，克服了重重困难，制造出很多从未作过的高大精尖新的机器和仪表。并且创造了化[大]为[小]、拼[小]为[大]、以[铸]代[锻]、以[铁]代[钢]，以及许多的先进工艺等行之有效的技术经验。这些经验的正确应用和不断提高，不论在当前或今后，对加速掌握大型和精密产品的制造技术都有重大的意义。

十年来，我国机器制造工业突飞猛进。发展速度远远超过了

世界上任何資本主义国家。从1949年至1958年我国机器工业总产值的增长将近40倍，而資本主义国家中最发达的英美两国，在大体相当的时期内只增长了50%左右。

现在我国机器工业基本上形成了完整的体系。現已有冶金设备制造业、发电设备制造业、采矿设备制造业、炼油和化工设备制造业、飞机制造业、无綫电制造业、機車車輛制造业、汽車制造业、船舶制造业、拖拉机和农业机器制造业、軸承制造业、动力机械制造业、机床和工具制造业、精密仪器和仪表制造业、紡織机械和輕工业机械制造业、以及其他机器制造业等数十个制造行业。并且遵循着党的社会主义建設总路綫，在建設現代化机器工业骨干企业的同时，采取了全民动手、大搞群众运动、土洋結合、地方工业与中央工业并举，形成了大型企业同中、小型企业相結合的星罗棋布的机械工业网，大大改善了机器工业的分布状况；迅速提高了机器工业的生产能力。

机械工业的工艺工作在大跃进的1958年也有了显著的变化。在1958年出现了新的企业管理原則——两参一改三結合，广大职工群众参与了工艺工作，出现了一个生动活泼的局面，工艺工作不再是少数人冷冷清清的局面，而成为群众性的工作，轰轰烈烈的开展起来了。工艺工作成为群众性的工作，并不意味着取消工艺規程，相反的是发挥了群众的創造性，集中了群众的智慧，使工艺規程更加完善和先进。并且使工艺規程具备了巩固的群众基础，切实可行，保证了工艺規程的貫徹。

我国机器制造工业在党和政府的正确领导下，完成了从修配到制造的过渡，又从制造一般的机器设备开始进入了能够制造大型、精密和尖端机器设备的阶段。

十年来我国机器制造工业的輝煌成就是世界上空前未有的。但为使我国早日成为具有現代工业、現代农业和現代科学文化的社会主义强国，必須在党的领导下，繼續坚决貫徹总路綫，实现更大的跃进。

与此同时，必需培养更多的技术力量，研究更多的科学理论，不断的提高生产水平。

机器制造工艺学是技术理论与生产实际密切结合的一门科学。它是研究机器制造过程中，机械加工及装配部分的生产问题，使毛坯通过最经济最合理的生产过程，得出满足质量要求的产品。

机器制造工艺学的主要内容包括下列三部分：

**1 机械加工工艺规程的设计基础** 这部分内容包括机械加工工艺的一般基础问题。有机器制造工艺的基本概念和定义；加工基准问题；毛坯及余量选择问题；机械加工精度问题；机器零件的表面质量问题；结构工艺性问题；工艺规程的设计方法；工艺过程的综合研究以及工艺规程典型化问题。

**2 典型零件的加工** 这部分内容包括各种典型表面的加工方法和精度分析，以及具有代表性的零件的加工工艺的分析。

**3 机器的装配** 这部分内容包括装配的基本概念；装配的组织形式；尺寸链的应用及装配工艺规程的设计问题。

由于近代科学技术和生产的迅速发展，对机器制造提出更高的要求。因此，机器制造工艺学的发展前途将是研究如何提高加工精度、表面质量和生产率；减轻工人的体力劳动；创造和推广先进的工艺技术；在高速、高温、高载荷下工作或其他具有特殊要求的机器制造方法。

机器制造工艺学在各门技术科学中，仍是一门比较年轻的科学。但目前它已占有相当重要的地位。它是在现代化机器制造中，工程技术人員必須掌握的一門科学。学习机器制造工艺学的目的是为了掌握机械加工和装配工艺的基础理论，以及編訂工艺规程的实际技能。通过本門科学的学习，能从技术-经济效果上作工艺分析；能以批判的态度对待设备和工艺装备的选择；合理的运用各种标准、各种工作方法和工作位置的組織；善于发掘生产潜力；广泛的利用一切先进的技术經驗，以便在满足产品质量要求的前提下，以最大限度的提高生产率和降低成本。

机器制造工艺学是一门综合性的科学。它是研究在机械加工和装配过程中所有综合性的问题。因此在学习机器制造工艺学同时，必须掌握金属工艺学、金属切削原理与切削刀具、金属切削机床、公差配合与技术测量、夹具设计、以及生产经济组织与计划等知识。并需具有一定的生产知识和技术水平，才能将机器制造工艺学中的理论知识融会贯通，运用到实际生产中去。

机器制造的领域非常广阔，不可能将所有各种机器的制造方法一一叙述。对机器制造工艺学的学习主要在于掌握一般工艺理论，并通过典型示例，培养对机器制造中所需解决问题的分析能力，和熟练的运用各种理论资料和生产经验。在学习过程中必须密切联系实际，使所学知识能 [举一反三]，得以实际应用。

# 第一篇 机械加工工艺规程设计基础

---

## 第一章 机械制造工艺的基本概念与定义

任何一种机器的产生，要经过许多种劳动过程。因此，机器制造是许多劳动过程的综合，按照一定的顺序将原材料制成各种零件并装配成机器。这些过程的总和，称为机器的生产过程。

任一机器的生产，由于它的用途、特性、构造和复杂程度的不同，以及所需材料的多样化和生产数量的多少，整个机器的生产过程是很庞大的。为了使各个工厂的生产专业化，从而提高生产率，降低成本，通常一部机器的生产过程，是分散在若干个工厂中进行。最后集中在一个工厂，得出完整的机器产品。例如，汽车制造厂生产汽车，但汽车的整个生产过程并不是完全在汽车制造厂进行。其中汽车上所需的轮胎、轴承、玻璃、仪表、电器等等的生产过程，则分散在另外的工厂中进行。最后在汽车制造厂得出产品——汽车。一个工厂只负责完成整个机器生产的一部分，称为工厂的生产过程。

工厂的生产过程又可按车间分为若干个车间生产过程。例如铸造车间生产过程、锻造车间生产过程、机械加工车间生产过程、装配车间生产过程、热处理车间生产过程等。车间生产过程中，某一车间所需的原料可能是另一车间（或工厂）的成品。而它的成品又可能是其他车间（或工厂）的原料。例如机械加工车间的原料为铸造车间、锻造车间、或轧钢工厂的成品，而机械加工车间的成品又为装配车间或其他工厂的原料。

任何车间的生产过程都是由主要过程和辅助过程两部分组成。主要过程是与原料（或半成品）改变为成品直接有关的过程，

也称工艺过程。例如切削加工、装配、热处理等。而辅助过程则为与原料（或半成品）改变为成品间接有关的过程。如检验、运输、保管、刀具刃磨、机床修理、制订报表、计划及统计等。

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。机械加工工艺过程是改变工件形状、尺寸及金属性能的一部分生产过程。

任何零件的机械加工工艺过程均可可是多种多样的。如按照一定条件，取其中最合理的工艺过程予以确定，并以文件表示，则为工艺规程。

### 1. 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一个或几个依次排列的工序所组成。毛坯便通过这些工序变成成品。

**工序** 一个（或一组）工人在一个固定地点，对一个（或一组）工件连续进行的工作（亦即完成工艺过程的一部分），称为工序。

如图 1-1 所示的零件，其加工工艺过程包括五个工序。见表 1-1。

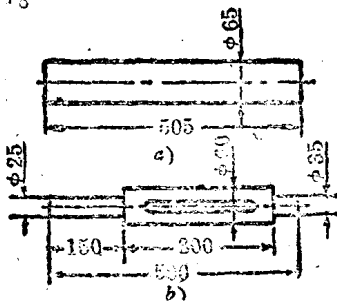


图 1-1 轴:

a—毛坯图; b—零件图。

表 1-1 图 1-1 b 零件加工

| 工序   |             |      |
|------|-------------|------|
| 工序编号 | 工序名称        | 工作地点 |
| 1    | 车端面<br>钻中心孔 | 车床   |
| 2    | 车外圆         | 车床   |
| 3    | 铣键槽         | 键槽铣床 |
| 4    | 磨外圆         | 外圆磨床 |
| 5    | 修毛刺         | 钳工台  |

又如图 1-2，加工板件的孔 1 需钻孔及铰孔。假如每个工件都是依次的先钻孔，然后铰孔，则为一个工序。若将一批工件上的孔全部先钻好，然后再全部进行铰孔，即使是在一台机床上进

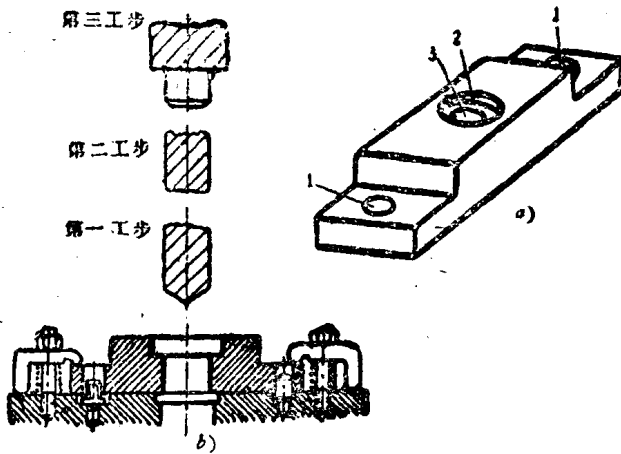


图1-2 板件的孔加工:

a—零件图; b—2, 3孔加工图。

行, 也是为两个工序。

工序是工艺过程的基本组成部分, 并且是生产计划及成本核算的基本单元。

安装 同一工序中, 工件在一次装夹内所完成的工作, 称为安装。

一个工序可包括一次或几次安装。

如图 1-1 所示例中的车外圆工序, 当车  $\phi 35$  及  $\phi 60$  的外圆时, 装在车床顶尖上是一次安装。而在车  $\phi 25$  外圆时, 工件掉头重新装在顶尖上则为另一次安装。即一个工序中包括有两次安装。若两次安装分别在两台机床上进行, 或一批工件在一台机床上进行加工, 但全部零件的  $\phi 35$  及  $\phi 60$  外圆都已加工完了, 然后再加工全部  $\phi 25$  外圆, 则为两个工序。这时每个工序只包括一次安装。

工件在加工中, 安装次数增多, 相应的装卡时间也增多, 故常常会使加工精度降低。因而采用不卸下工件而能改变工件与刀具相关位置的夹具 (如各种迴转夹具) 或机床 (如多轴车床) 来加工工件, 可得到良好的效果。

**工位** 在一次安装下，工件在机床上每占一个位置，称为工位。工件在每一个工位上，完成一定的工作。

如图 1-3 所示，铣削台阶面 II 为一个工位。当台阶面 II 铣削完后，并不卸下工件，而是拔出定位销使工件连同夹具旋转部分一起迴轉 180°，将 I 面轉至原来 II 面的位置进行铣削，则为另一工位。亦即在一次安装下分成两个工位进行加工。

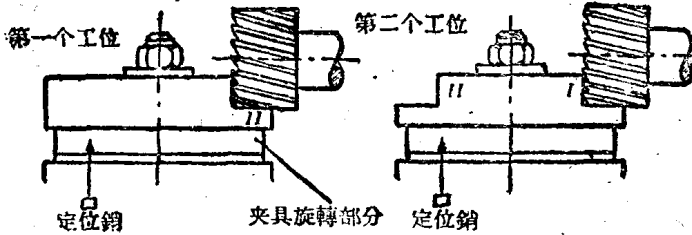


图 1-3 以两个工位加工工件。

又如图 1-4 为在四軸自动車床上加工工件。每一主軸所占位置即为一个工位。

**工步** 工步为工序的一部分。当在被加工表面、切削工具和机床的切削用量（不包括切削深度）均保持不变的情况下，所完成工序中的全部或部分工作，称为工步。

一个工序中可包括一个或数个工步。

如图 1-2 所示，工件上的孔 2 及 3 的加工为一个工序，是在钻床上进行的。该工序共由三个工步組成：

第一工步：钻孔 3；第二工步：扩孔 3；第三工步：铰孔 2。

由钻孔 3 改为扩孔 3 时，由

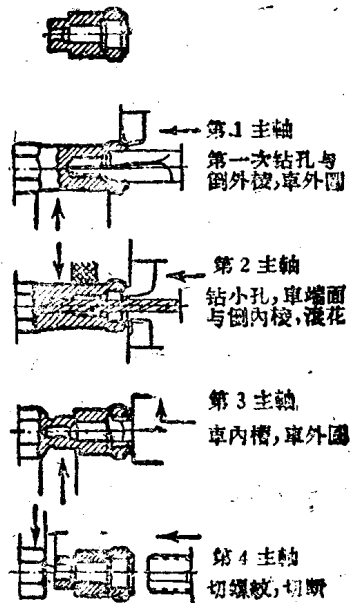


图 1-4 在四軸自动車床上加工零件。



于刀具及切削用量的改变,故扩孔3为第二工步。由扩孔改为铰孔时,由于刀具及被加工表面的改变,故铰孔2为第三工步。

又如图1-5所示轴的加工,可分为8个工步:

1. 粗车 $\phi 40$ ; 2. 粗车 $\phi 25$ ; 3. 粗车端面 $\phi 40$ ; 4. 粗车端面 $\phi 25$ ; 5. 粗车 $\phi 20$ ; 6. 粗车端面 $\phi 40$ ; 7. 粗车端面 $\phi 20$ ; 8. 精车 $\phi 40$ 。

上例中1、2工步的划分是由于工件被加工面的改变; 2、3工步、4、5工步及7、8工步的划分是由于工件被加工面、刀具及切削用量的改变; 3、4工步及6、7工步的划分是由于工件被加工面的改变。

图1-5所示工件,若在普通车床上利用顶尖装夹,以一个工序完成全部加工,则前四个工步为一次安装,后四个工步为一次安装。若分两个工序完成,则每个工序有一次安装,四个工步。

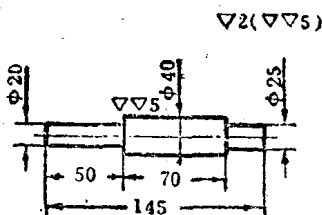


图1-5 轴。

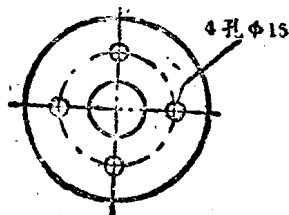


图1-6 钻四个 $\phi 15$ 毫米的孔。

若精车是在另外一台车床进行,则为三个工序。第一工序一次安装,四个工步;第二工序一次安装,三个工步;第三工序一次安装,一个工步。

一个工序中,几个相同的工步(几个加工面完全相同,刀具及切削用量亦不改变)连续进行时,则这些工步在工艺规程中并写成一个工步。

如图1-6所示,在工件上钻四个 $\phi 15$ 毫米的孔,加工时连续进行,则工艺规程上可写为一个工步。

又如在卧式铣床上用圆片模数铣刀加工32齿的齿轮,在工艺