

# 机械制造工艺学

西南交通大学 华瑞敖 主编

高等学校试用教材

中国

社

9

高等学校试用教材

# 机械制造工艺学

西南交通大学 华瑞敖 主编  
西南交通大学 陈善雄 主审

中国铁道出版社

1995年·北京

(京)新登字063号

### 内 容 简 介

本书共分六章,内容包括:机械加工工艺规程的制订;尺寸链及其应用;机械加工精度;表面质量;机械加工劳动生产率和经济性;夹具设计原理等。本书结合目前通用机械生产实践,精选了内容,可作为少学时的机械制造工艺课教材。

本书供高等工科院校(包括职工大学、电视大学等)通用机械各专业和管理专业等师生在教学中使用,也可供有关工程技术人员学习参考。

高等学校试用教材

### 机 械 制 造 工 艺 学

西南交通大学 华瑞放 主编

\*

中国铁道出版社出版发行  
(北京市东单三条14号)

责任编辑 吴桂萍  
各地新华书店经售

北京市燕山联营印刷厂印

---

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 11 字数: 268千

1990年11月第1版

1995年8月第2次印刷

印数: 4001—6000

---

ISBN 7-113-00859-3/TH·24 定价: 6.40元

# 前 言

《机械制造工艺学》是工程机械与起重运输机械专业的专业课教材。本书是参照专业教学计划，按讲课时数30~40学时的要求，并结合近年来教学工作实践编写的。

根据教学内容“少而精”和便于学生自学的精神，本教材以当前通用机械制造行业对工艺工作的要求，编入最基本的内容。特点是：较详细地介绍了目前生产中的关键——质量问题的分析和控制，并对机械加工劳动生产率的提高和降低成本问题作了介绍，便于学习时能全面考虑工艺中的优质、高产、低消耗这一生产目标；对工艺规程制定和夹具设计原理作了全面介绍。由于工程机械和起重运输机械的零、部件种类繁多，结构也极不相同，在本书仅举少数零件为例，详细的零件加工过程可在教学实习中另作补充。

参加本书编写的有长沙铁道学院刘家骥（第一、二章），西南交通大学武振业（第六章），西南交通大学华瑞敖（绪论、第三、四、五章），全书由华瑞敖主编，西南交通大学陈善雄主审。编写过程中，工程机械教学指导委员会进行了指导，书中部分内容引用了兄弟院校教材，在此谨向这些同志表示谢意。

编 者

1987年9月

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 绪 论                     | 1   |
| 第一章 机械加工工艺规程的制订         | 3   |
| 第一节 工艺过程的基本概念           | 3   |
| 第二节 制订机械加工工艺规程的基本原理     | 7   |
| 第三节 工艺路线的拟定             | 19  |
| 第四节 典型零件的工艺规程           | 22  |
| 第二章 尺寸链在加工及装配中的应用       | 37  |
| 第一节 尺寸链的定义和组成           | 37  |
| 第二节 尺寸链的计算              | 39  |
| 第三节 工艺尺寸链               | 43  |
| 第四节 装配尺寸链——保证机器装配精度的方法  | 46  |
| 第三章 机械加工精度              | 57  |
| 第一节 概 述                 | 57  |
| 第二节 工艺系统的几何误差           | 58  |
| 第三节 工艺系统受力变形引起的误差       | 67  |
| 第四节 工艺系统热变形引起的误差        | 78  |
| 第五节 机械加工过程中其他因素引起的误差    | 85  |
| 第六节 加工误差的统计分析法          | 87  |
| 第四章 机械加工表面质量            | 106 |
| 第一节 表面质量的基本概念           | 106 |
| 第二节 表面粗糙度及其影响因素         | 108 |
| 第三节 机械加工后零件表面层的物理机械性能变化 | 112 |
| 第四节 机械加工振动              | 114 |
| 第五章 劳动生产率和经济性           | 132 |
| 第一节 时间定额                | 132 |
| 第二节 提高工序劳动生产率的途径        | 134 |
| 第三节 数控加工及成组加工           | 138 |
| 第四节 工艺过程的技术经济分析         | 141 |
| 第六章 夹具设计原理              | 146 |
| 第一节 概 述                 | 146 |
| 第二节 工件在夹具中的定位           | 148 |
| 第三节 工件在夹具中的夹紧           | 162 |
| 主要参考文献                  | 169 |

# 绪 论

工程机械与起重运输机械广泛应用于经济建设和工业生产，它们对保证工程质量、提高生产效率和降低劳动强度起很重要的作用。建国以来，在党的领导下，工程机械与起重运输机械制造业迅速发展，现已成为具有相当规模和一定水平的机械工业部门。例如近年来我国自行设计制造的起重量为450t的重型龙门起重机、125t液压汽车起重机、200马力推土机、大型装载机等产品的制成，不仅标志着本行业机械结构设计水平的提高，也表明在制造工艺方面已具有一定的基础。因此，工程机械与起重运输机械制造业从解放前基本是空白，发展到目前大部分产品已能基本自给，成就是巨大的，应该充分肯定。但是，也必须看到，不少国内生产的产品，与国际同类先进产品相比，还有不小的差距，突出的是产品品种少、质量参差不齐、技术水平比较低。技术落后的原因是多方面的，而制造工艺的落后是其中重要原因之一。

工艺是先进技术的基础，任何先进的产品设计，都要通过工艺来保证。工艺水平不够，就不可能生产出有生命力的、高质量的产品。我国机械工业各部门间的工艺水平差别比较大，当前工程机械与起重运输机械制造业工艺工作需要加强的方面是：

**一、提高产品质量** 提高产品零部件的加工精度和装配精度，是提高产品性能指标和使用可靠性的基本手段。现在的情况是，不少产品的质量，就设备条件和技术水平来说，是完全可以满足精度要求的，但往往由于工艺混乱或执行不力而严重影响质量，甚至造成事故。因此对很多企业，如何加强工艺管理工作，完善工艺文件，严格执行工艺纪律，仍是一项有待切实做好的一项重要工作。此外，抓好技术革新、加强质量管理等，也都是提高产品质量的重要途径。

**二、不断开发新技术** 这是进一步提高产品质量的方向。目前工程机械与起重运输机械制造业不少企业的生产技术已比较陈旧，新工艺、新材料的开发应用迟缓，热加工工艺落后，这些都可以通过企业内部积极开展试验研究工作来改进。企业在条件许可下，应重视科技开发工作，成立研究机构，充实测试手段，使开发新产品和提高产品质量具有坚实的基础。

**三、提高生产专业化水平** 就目前本行业多数企业来说，生产专业化仍是提高劳动生产率和经济效益的有效途径。专业化生产可以采用较先进的专用装置，充分发挥操作人员和设备的潜力。企业的多品种产品生产，也应置于高技术的基础上，应尽快改善那些至今仍处在低技术水平的单件小批生产状况。

**四、节约材料降低成本** 产品生产的经济效益是企业的重要目标，从工艺上采取措施以降低成本是一个主要方面。例如提高热加工技术能节省大量材料和减少加工工时；提高产品的三化水平（产品系列化、部件通用化、零件标准化），能大幅度降低生产成本。目前，采取各种技术措施来节约材料和能源消耗，提高经济效益，是有很大潜力的。

制造工艺学是一门不断提高和迅速发展的学科，在生产上，工艺无论在目前或是将来，始终都是一项极为重要的工作。通过本课程的学习，基本要求为：

1. 了解工程机械零部件加工和装配的基本理论。掌握产品生产中优质、高产、低成本的规律；

2. 掌握制订机械加工工艺规程的基本原则和方法；

3. 能够初步从现有工艺水平和发展方向出发，为不断改进产品结构、革新技术等创造性地开展工艺工作。

工艺理论和工艺方法在应用时灵活性很大，因此在学习本课程时必须实事求是，根据具体情况作具体分析，同时又要注意培养综合分析问题的能力，这样才能将有关理论和方法，正确应用于生产实践。

# 第一章 机械加工工艺规程的制订

## 第一节 工艺过程的基本概念

### 一、生产过程和工艺过程

生产过程，就是由原材料转变到成品的全部过程。其中包括：原材料供应、生产准备、毛坯制造、机械加工、热处理、装配、检验、试车、油漆、包装等。由于生产的发展，许多机器不是在一个工厂内单独生产；而是由许多专业性较强的工厂共同完成。例如：汽车起重机的制造，动力由发动机厂生产；底盘、走行装置由汽车底盘厂生产；动臂油缸、油泵由液压元件厂生产；最后集中在一个工厂装配成完整的汽车起重机。一个工厂按一定的顺序将原材料制成该厂产品的全部过程，即为该厂的生产过程。

生产过程中直接改变原材料（或半成品）的形状、尺寸、性能以及决定零件相互位置关系的过程叫做工艺过程。如锻造、热处理、机械加工及装配等工艺过程。

### 二、工艺过程的组成

为了便于分析研究机械加工工艺过程，通常将其划分为更细的一些单元，如工序、安装、工步、走刀等。

1. 工序 一个（或一组）工人，在一个工作地点（或一台机床），对一个（或同时几个）工件，所连续完成的那部分工艺过程，称为工序。一个零件的工艺过程往往是由若干道工序组成。若生产规模不同，工序的划分及每一道工序所包含的加工内容也有所不同。

以图 1—1 所示的阶梯轴加工为例。在单件小批生产时，其工艺过程如表 1—1 所列，若为成批生产时，则如表 1—2 所列。

一般在单件、小批生产时，将工艺过程划分到工序，写明工序内容，画出必要的工序图，操作者就能理解。但在大批、大量生产时，为保证加工质量和生产率，就必须对工艺过程进行更细的划分。

2. 安装 工件在机床上每装夹一次所完成工序中的那一部分。一个工序可以包括一次或几次安装。如在表 1—1 工序 1 中，车完一头端面、钻中心孔，是一次安装。调头后，重新定位、夹紧、再车另一头端面、钻中心孔，又是一次安装。故在这个工序中包括两次安装。

3. 工位 一次安装内，工件在机床上所占有的每一个位置称为一个工位。如在铣床上加工台阶面 I 后，不卸下工件而仅将夹具旋转  $180^\circ$ ，使工件进入加工位置 II，此工序包括两个工位，如图 1—2 所示。采用多工位加工，可减少安装次数。

4. 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，所完成的那部分工序，称为工步。每个工序可以包括一个或几个工步，如表 1—1 的工序 1 中，包括两次车端面和两次钻中心孔，共四个工步。



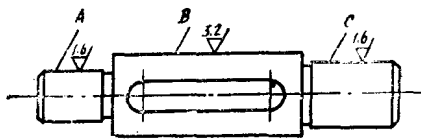
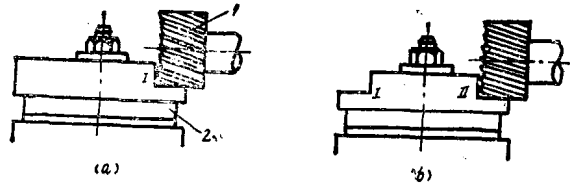


图 1—1 阶梯轴

图 1—2 一次安装两个工位  
1——刀具, 2——回转工作台。

单件小批生产阶梯轴的工艺过程

表 1—1

| 工 序 号 | 工 序 内 容                      | 设 备 |
|-------|------------------------------|-----|
| 1     | 车端面、钻中心孔, 调头车另一端面, 钻中心孔      | 车床  |
| 2     | 车外圆 A、B、切槽、倒角, 调头车外圆 C、切槽、倒角 | 车床  |
| 3     | 铣键槽、去毛刺                      | 铣床  |
| 4     | 磨外圆 A、C                      | 磨床  |

成批生产时的阶梯轴工艺过程

表 1—2

| 工 序 号 | 工 序 内 容       | 设 备       |
|-------|---------------|-----------|
| 1     | 铣端面、打中心孔      | 铣端面打中心孔机床 |
| 2     | 车外圆 A、B、切槽、倒角 | 车 床       |
| 3     | 车外圆 C、切槽、倒角   | 车 床       |
| 4     | 铣键槽           | 铣 床       |
| 5     | 去毛刺           | 钳 工 台     |
| 6     | 磨外圆 A、C       | 磨 床       |

5. 走刀 走刀为工步的一部分。当加工表面、刀具和切削用量中的转速与进给量均保持不变时, 每切去一层金属的过程, 称为一次走刀。若在一个工步中需切去较厚的金属层, 需要分二次切削, 即为二次走刀。

### 三、生产类型及其对工艺过程的影响

生产批量的大小对零件加工工艺过程有很大的影响。根据生产规模的大小不同, 零件的工艺过程会有变化, 车间所需的工艺设备也不相同。生产规模可分为下列三种类型:

(一) 单件生产 产品制造数量单一, 很少重复生产。如车站货场的某些特大型龙门起重机, 新产品试制等。

(二) 大量生产 产品的数量很大, 大多数工作地点经常重复地进行某个零件的某道工序加工。如轴承、电动葫芦的生产。

(三) 成批生产 当产品数量介于上述两种生产类型之间时, 则应成批地制造相同的产品, 而且通常是周期性地重复生产。例如汽车起重机、桥式起重机的生产。根据批量的大小, 成批生产又可分为: 小批生产、中批生产和大批生产。小批生产的工艺特点和单件生产相似; 大批生产的工艺特点则接近大量生产。

各种生产类型的工艺特点见表1—3。

各种生产类型的工艺特点

表1—3

| 生产特点<br>项 目 | 单 件 生 产                     | 成 批 生 产                    | 大 量 生 产                             |
|-------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| 毛坯的制造方法     | 铸件用木模手工造型<br>锻件自由锻造         | 铸件部分用金属模造型<br>锻件部分用模锻      | 铸件广泛采用金属模机器造型<br>锻件采用模锻及其它高生产率的制造方法 |
| 零件的互换性      | 一般采用配对生产，广泛采用钳工修配           | 大部分零件有互换性，同时保留某些修配工作       | 完全互换，某些精度较高的配合件，可用分组选配的方法           |
| 采用机床设备      | 通用机床                        | 部分通用机床和部分专用机床              | 广泛采用高生产率专用机床及生产自动线                  |
| 工艺装备        | 由划线和试切法达到尺寸要求，很少采用专用夹具和专用刀具 | 较多地采用专用夹具及专用刀具，部分靠划线和试切法加工 | 广泛采用高生产率夹具及专用刀具量具                   |
| 对工人技术水平的要求  | 需要技术熟练的工人                   | 需要一定熟练程度的工人                | 对调整工要求技术熟练，对操作工要求一般技术               |
| 对工艺文件的要求    | 通常只有简单的工艺过程卡片               | 有较详细工艺过程卡，此外，重要零件有工序卡片和工序图 | 有详细编制的工序卡片                          |

#### 四、机械加工的经济精度

由于在加工过程中有各种因素影响加工精度，所以同一种加工方法，在不同的条件下所能达到的精度不一样。甚至在相同的条件下，采用同一种加工方法，减小切削用量，多费一些工时去细心完成工艺过程中的每一个工步，也能大大提高加工精度。但这样就会降低生产率，增加了产品成本，因而是很不经济的。通常在考虑零件加工的工艺过程时，不仅要注意保证加工精度，而且同时要设法不断提高生产率和降低成本，这才符合优质、高产、低成本的要求。

加工成本和加工精度的关系如图1—3所示。图中曲线表明，同一加工方法，要达到较高的精度（即加工误差小），则加工成本就要高些；反之，则成本降低。但只是在一定范围内，这种关系才比较明显，如图1—3 B段。而曲线中A段几乎与纵坐标平行，这时即使大大减小切削用量，提高了加工成本，但加工精度提高很少，甚至不能提高。相反地，C段几乎和横坐标平行，这说明用某种加工方法去加工零件，即使零件精度要求很低，但加工成本并不能因此而无限制地降低，而必需耗费这种方法所要求的最低成本。例如在精密磨床上加工8级乃至10级精度的零件，虽然容易达到所要求的精度，保证不出废品，但这样加工成本是很高的，既不合理，又不经济。只有在B段，说明用这种方法加工，可以较经济地达到一定的精度（加工误差不大于 $\Delta b$ ）。此一定范围的精度，即为这种加工方法的经济精度。

不同的加工方法，其经济精度不同，我们可以根据具体情况加以比较，从中选择最合适的加工方法。如图1—4所示有三种不同的加工方法，其加工精度与成本的曲线为L、M及N，其中N法加工能达到的精度最高，M法次之，L法最低。显然，若生产条件允许从这三种方法中任选一种时，则当加工所要求的公差大于 $\Delta_1$ 时，用L法加工最经济；公差小于 $\Delta_2$ 时，用N法加工最经济；公差介于 $\Delta_1$ 及 $\Delta_2$ 之间时，则应采用M法来加工。

机械加工工艺师手册中提供了各种加工方法经济精度的资料，在编制工艺规程、选择加

工方法和安排工序时,可以参考。但是不能将它作为唯一的依据,而需根据具体情况加以修正,在大批生产中需特别注意这一点。因为所有加工方法的经济精度并不是固定不变的、而是随着技术的发展不断提高。机床、刀具及夹具的改善,操作者的技术革新,以及采用和创造新的工作方法,都可能提高加工精度,而成本也会不断的降低。

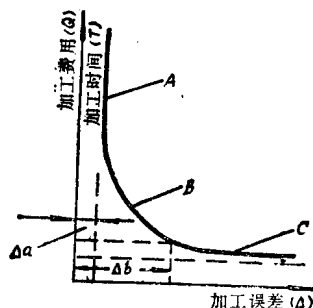


图 1-8 加工成本与精度的关系

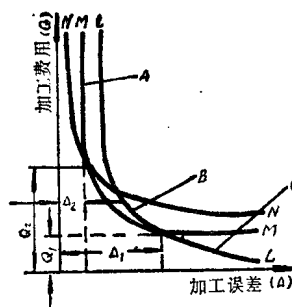


图 1-4 各种加工方法的成本与精度的关系

表 1-4 所列各种加工方法的经济精度。表中的数据是在正常生产条件下所能达到的经济精度,当条件改善时,精度可以提高。这些平均经济精度适用于长度直径比或长度宽度比为 2~3 的加工表面。当长度很大时,精度将会降低。

各种加工方法的经济精度

表 1-4

| 加工方法        | 精度等级 (IT) |          | 直径 50~80mm 时的误差 (mm) |             |
|-------------|-----------|----------|----------------------|-------------|
|             | 平均经济精度    | 上下范围     | 平均经济精度               | 上下范围        |
| 粗车、粗镗和粗刨    | IT 11     | IT 10~13 | 0.19                 | 0.12~0.46   |
| 半精车、半精镗和半精刨 | IT 10     | IT 9~10  | 0.12                 | 0.074~0.12  |
| 精车、精镗和精刨    | IT 8      | IT 7~9   | 0.046                | 0.030~0.074 |
| 精细车 (金刚车)   | IT 6      | IT 5~7   | 0.019                | 0.013~0.030 |
| 粗 铣         | IT 10     | IT 9~11  | 0.12                 | 0.074~0.19  |
| 半精铣和精铣      | IT 9      | IT 8~10  | 0.074                | 0.046~0.12  |
| 钻 孔         | IT 11     | IT 10~13 | 0.19                 | 0.12~0.46   |
| 粗 铰         | IT 8      | IT 7~8   | 0.046                | 0.030~0.046 |
| 精 铰         | IT 6      | IT 5~7   | 0.019                | 0.013~0.30  |
| 普通拉削        | IT 7      | IT 6~8   | 0.030                | 0.019~0.046 |
| 精确拉削        | IT 6      | IT 5~6   | 0.019                | 0.013~0.019 |
| 粗 磨         | IT 9      | IT 8~10  | 0.074                | 0.046~0.12  |
| 半精磨         | IT 6      | IT 5~7   | 0.019                | 0.013~0.030 |
| 精 磨         | IT 5      | IT 2~6   | 0.013                | 0.003~0.019 |
| 研 磨         | IT 4~5    | IT 1~6   | 0.008~0.013          | 0.002~0.019 |

表中粗铣的精度比刨削的精度略高,这是考虑到刨削余量一般较铣削余量大一些的缘故。在加工大型零件 (如机床床身) 时,情况就会改变。例如在龙门刨床上进行精刨时,精度要比铣削高,可以达到 9 级甚至 7 级精度。

这里没有列出超精加工和抛光的经济精度，因为其加工精度决定于前面工序的加工精度。

## 第二节 制订机械加工工艺规程的基本原理

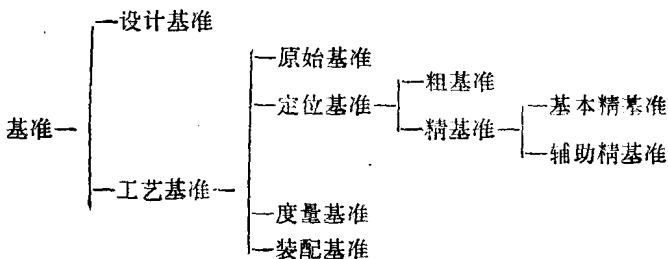
### 一、基准及其选择

制定工艺规程时，合理选择基准对保证零件精度，拟定加工顺序有很大影响，特别对于保证零件加工表面的位置精度。正确选择基准涉及面很广，下面主要介绍基准的概念和基准选择原则。

#### (一) 基准的概念

基准就是“根据”的意思，也就是在零件上用来确定其他点、线、面的位置的那些点、线、面。如果要计算和度量某些点、线、面的位置尺寸，基准就是计算和度量的起点和依据。

根据基准的功能不同，可以分类如下：



1. 设计基准。在零件图上用来确定其他点、线、面位置的基准，称为设计基准。

如图 1—5 所示。

在该零件图中竖向尺寸的标注不难看出，平面 2、3 及孔 4 的位置是根据平面 1 决定的，故平面 1 是平面 2、3 及孔 4 的设计基准。孔 5 的位置是根据孔 4 的中心线决定的，故孔 4 的中心线是孔 5 的设计基准。

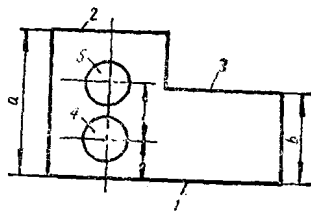


图 1—5 设计基准

2. 工艺基准。在机械加工和装配过程中采用的各种基准，总称工艺基准。按其用途的不同，又可分原始基准、定位基准、度量基准及装配基准。

(1) 原始基准（工序基准）。是在工序卡片（或其它工艺文件）上据以标定加工表面位置的点、线或面。加工表面位置的标定尺寸，称为原始尺寸。

图 1—6 所示为钻孔工序简图。这是被加工孔的原始基准的两种方案。原始基准不同，原始尺寸（ $20 \pm 0.1\text{mm}$  和  $15 \pm 0.1\text{mm}$ ）也不相同。

如图 1—7(a)所示，在加工齿轮毛坯的端面  $E$  及内孔  $F$  的工序中， $B$  面及轴线  $OO$  是  $E$  及  $F$  的原始基准，尺寸  $a$  及  $\phi F$  是原始尺寸。在图 1—7(b)中，对于加工齿轮端面  $D$  及外圆  $C$  的工序来说， $E$  面及轴线  $OO$  是  $D$  及  $C$  的原始基准，尺寸  $b$  及  $\phi C$  是原始尺寸。原始基准和原始尺寸可用于工艺过程的任何一个工序中。

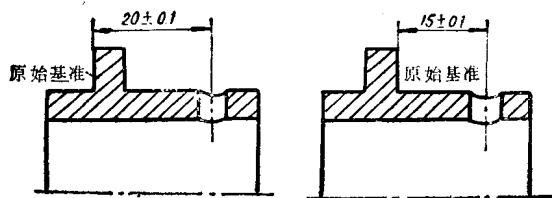


图 1—6 钻孔的不同原始基准

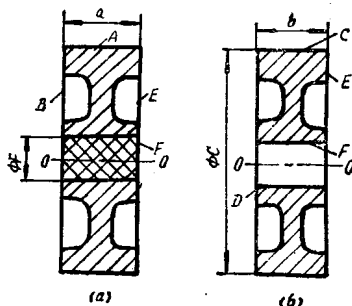


图 1—7 齿轮的加工

(2) 定位基准。工件在夹具上(或直接在机床上)定位时所用的基准,称为定位基准。如轴类零件的中心孔就用来作为轴的车、磨等工序的定位基准。

从图 1—7 (a)可以看出,在加工齿轮端面  $E$  及内孔  $F$  的第一道工序中,由于是以毛坯外圆面  $A$  及端面  $B$  确定工件在夹具上的位置,  $A$ 、 $B$  面就是此工序的定位基准。图 1—7 (b)是加工齿轮端面  $D$  及外圆  $C$  的工序,用  $E$  及  $F$  确定工件的位置,  $E$  及  $F$  是此工序的定位基准。

(3) 度量基准。检验工件加工表面位置时所用的基准,称为度量基准。例如在检验机床主轴时,以支承轴颈表面作度量基准。又如加工好的齿轮,装在心轴上检验齿圈相对内孔中心线的径向跳动,此时的齿轮孔中心线就是度量基准。

(4) 装配基准。装配时用来确定零件或部件在产品中的位置所用的基准,称为装配基准。例如装配齿轮时,齿轮孔以一定的配合精度安装在轴上,所以齿轮内孔表面就是装配基准。

## (二) 基准的选择

机械加工中基准的选择,主要是指定位基准的选择,这对加工精度有很大的影响。应该注意,作为基准的点或线,在工件上不一定具体存在,而常由某些具体表面来体现,例如在车床上用三爪卡盘夹持圆轴,实际定位表面是外圆柱面,而它所体现的基准是轴中心线,因此选择定位基准的问题,常常就是选择定位基面的问题。零件加工的第一道工序只能用毛坯的铸造、锻造或轧制表面来作定位基准,这种基准称为粗基准。在以后的加工工序中应尽量采用已加工过的表面来作定位基准,这种基准称为精基准。有时,工件上没有能作为定位基准的恰当表面,有必要在工件上专门加工出一个定位基准,这个基准就称为辅助基准。辅助基准在零件功能上没有任何用处,它仅为加工的需要而设置。例如轴类零件在加工时,用中心孔作为基准,中心孔就是辅助基准。

### 1. 粗基准的选择

粗基准选择时主要应保证各加工表面的余量均匀,以及加工面与不加工面之间有一定的相互位置精度,因此应考虑以下原则:

(1) 应当选择工件上不加工的表面作为粗基准面。如果工件上有几个不加工表面,则选择其中与加工表面间相互位置要求较高的表面作为粗基准面,如图 1—8 所示的活塞毛坯图,壁厚,要求沿圆周和顶面的壁厚均匀,质量对称,以保证活塞工作时的平稳性。所以要选择毛坯的内圆面和内顶面作为粗基准面,以保证加工后的外圆和顶面对内腔不加工面的壁厚均匀性。

(2) 应当选择工件上加工质量要求较高并且要求切除余量均匀的毛坯表面作为粗基准,例如机床床身的导轨面。零件加工余量很少,则应选择有产生废品危险的毛坯表面作为粗基准面。

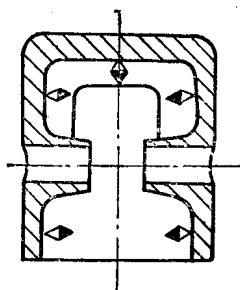


图 1-8 活塞的粗定位基准面

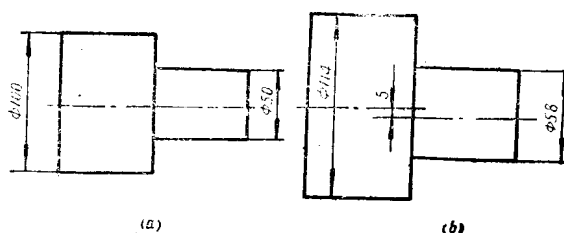


图 1-9 粗基准的选择  
(a) 零件图; (b) 毛坯图。

图 1-9 为一阶梯轴,  $\phi 100\text{mm}$  外圆的余量为  $14\text{mm}$ ,  $\phi 50\text{mm}$  外圆余量为  $8\text{mm}$ 。毛坯两个外圆之间有  $5\text{mm}$  偏心。此时就应选  $\phi 58\text{mm}$  外圆为粗基准面,先加工  $\phi 114\text{mm}$  外圆到  $\phi 100\text{mm}$ ,然后再以车过的外圆为精基准面,加工  $\phi 58\text{mm}$  外圆到  $\phi 50\text{mm}$ 。这样可保证  $\phi 50\text{mm}$  外圆有足够的余量;反之,若先以外圆  $\phi 114\text{mm}$  为粗基准,加工外圆  $\phi 50\text{mm}$  时,有可能会因余量不够而产生废品。

(3) 选择作为粗基准的表面应尽可能平整光洁,不能有飞边、毛刺、浇冒口或其它缺陷,以使定位准确,夹紧可靠。

(4) 粗基准一般只能使用一次,因为粗基准的精度及表面质量都很差,如果重复使用,会因定位误差大而不能保证加工精度。

## 2. 精基准的选择

精基准的选择主要是从如何保证加工精度和安装方便来考虑,因此,选择精基准时一般应遵循以下原则:

(1) 应尽量选择零件的设计基准作为定位基准,即基准重合的原则,这样可避免因基准不重合而引起的定位误差。如图 1-10(a)所示的工件,其大孔和底面已加工好,现需用钻模在工件上钻两个与大孔对称的小孔。若用图 1-10(b)的定位方式,即用底面和大孔中的菱形销定位,这时尺寸  $A_1$  不受尺寸  $h$  偏差的影响,就没有因基准不重合而引起的误差。

(2) 若工件以某一精基准面定位,可以比较方便地加工其它各个表面时,就应使尽可能多的表面加工都用该精基准作为定位基准。这就是基准统一的原则。例如加工齿轮,一般总是先将其孔加工好,然后以孔为精基准加工其它各个表面(包括切齿)。

(3) 有些精加工工序要求加工余量小而均匀,以保证加工质量和提高生产率,则加工时就应该选择加工表面本身作为精基准。例如活塞销孔的滚压加工,就是用销孔本身作定位基准面。

(4) 选择精基准时,必须考虑定位准确,夹紧可靠,夹具结构简单,操作方便。如图 1-11所示工件,根据基准重合原则,加工表面 3 时,应以表面 1 为定位基准;加工表面 2 时,应以表面 3 为定位基准;但若以表面 3 定位加工表面 2 (图 1-11b),因表面 3 的面积小,不易夹紧,并在切削力的作用下,工件容易松动或产生振动,安装也比较复杂,因此应以面积较大的表面 1 为定位基准 (图 1-11a)。这样,工件的安装可靠而且方便,但违

反了基准重合的原则。在这种情况下,安装的可靠性为主要矛盾,故仍以表面1定位,否则因安装不可靠而引起的误差将超过基准不重合所引起的误差。至于因基准不重合而引起的定位误差,可通过尺寸换算加以控制(见第二章)。

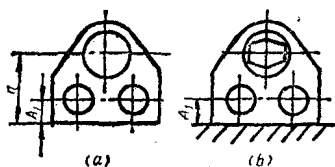


图 1—10 以设计基准为定位基准

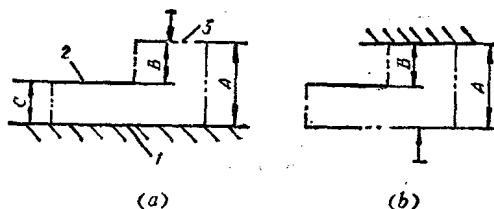


图 1—11 工件的定位夹紧方式

由上所述,定位基准选择,既要考虑零件的加工精度,又要使夹紧方便可靠,夹具的结构简单等,其与工艺过程的安排也有密切关系。上述选择基准的各条原则,在具体选择中有时是互相矛盾的,应该具体分析,以能有效地保证表面间相互位置精度为前提,正确处理。

## 二、毛坯的选择

在制订零件的工艺规程时,工艺人员要根据零件的使用性能要求和生产规模,来确定毛坯的具体结构及其制造方法。正确地选择毛坯,对于零件工艺过程的经济性和生产率都有很重要的意义。工序和工步的数量、材料的消耗、加工时间的长短以及制造过程中的费用等,都在很大程度上决定于所选择的毛坯,所以必须重视。

### (一) 毛坯的种类

机械制造中所用的毛坯,主要有以下几种:

#### 1. 铸件

形状复杂的零件,其毛坯用铸造的方法比较适宜,由于零件材料的不同,铸件可以是铸铁件,铸钢件和有色金属件等。根据零件的产量和精度要求,可以采用不同的铸造方法。一般单件小批生产可采用木模手工造型,设备简单。但毛坯精度较低。大批大量生产时,可采用金属模机器造型,毛坯的精度和生产率都能提高。压力浇铸和离心浇铸制造的毛坯,其精度和表面粗糙度较好,因此也称为精密铸造。熔模浇铸则适用于小零件的精密铸造,可以获得很高的精度。

#### 2. 锻件

锻压加工的主要形式为自由锻和热模锻,自由锻可以根据毛坯重量的不同采用手工、锻锤或压力机进行。其缺点是锻件精度低,加工余量大、材料消耗多及生产率低,不能制造形状复杂的毛坯,所以适用于单件小批生产或大型零件的毛坯制造。热模锻的毛坯制造精度高,加工余量小,生产率也高,可以锻造形状复杂的毛坯,而且材料经模锻后,纤维组织得到合理的分布,有利于提高零件的强度。但热模锻需昂贵的设备,并需要制造锻模,所以只适用于大批大量生产。

#### 3. 型材

机械制造中所用的型材其断面有圆形、四方形、大角形、管材、板材和其他特殊型材等。根据型材精度可分为普通精度的热轧料和高精度的冷拉料两类。普通机械零件多采用热轧型材;当成品零件尺寸的精度与冷拉型材的精度相符合时,其外圆可不进行机械加工,直接采用冷拉型材。有时为了在自动车床或转塔车床上加工时,能使夹紧和送料方便可靠,也采

用冷拉型材。

型材的尺寸和形状都有一定的规格系列,可根据零件的形状和尺寸选用,使切去的金属量最少。

#### 4. 焊接件

将钢材焊接成所需要的结构,简单方便,而且可以保证所要求的刚度和强度。例如桥式起重机的主梁,汽车起重机的力臂等均为钢板焊接件。

#### 5. 毛坯制造的发展趋势

毛坯制造的发展前景是很广阔的,主要采用少无切削的新工艺,诸如精铸、精锻、粉末冶金、冷挤压及特种轧制等,这些新工艺具有效率高、质量好、用料省、成本低等优点。目前正采用的有以精密铸件代替一般铸件,使精度大大提高,而且节省了某些表面的机械加工;以粉末冶金代替模锻件,其优点是工序较简单,生产率高和成本低,还可以生产形状较复杂的零件、多孔耐磨零件;以球墨铸铁代替锻钢件;以工程塑料代替金属件等。这些方法在工程机械及起重运输机械行业中都在逐步地得到推广应用。

#### (二) 毛坯的选择原则

在选择毛坯的种类和制造方法时,应考虑下列几个主要方面:

1. 零件所用的材料及其所提出的机械性能要求,在大多数情况下就已经决定了毛坯的种类。例如零件材料为铸铁,就必须用铸造方法制造毛坯,锻钢材料一般用锻压毛坯。

2. 零件的结构形状及尺寸大小,常常会影响采用某种毛坯制造方法的可能性。例如形状复杂和薄壁的毛坯就不能在金属硬模中铸造。零件愈大,采用模锻和硬模铸造的费用也就愈高。

(3) 生产数量大时,最好采用精确毛坯的制造方法。这样,虽然设备费用投资大,但生产率高,并能节约材料和减少加工成本,因而总的来看是有利的。此外,也应考虑车间的现有生产条件和发展情况,从实际出发综合分析研究所选用毛坯制造方法的技术经济效果。

### 三、加工余量及其确定

#### (一) 基本概念

各种毛坯制造方法所获得的毛坯形状一般都比较粗糙,因此必须经过一系列切削加工才能合乎技术要求,在加工过程中所切除的金属层厚度,称为加工余量。加工余量可分为工序余量和总余量。完成某一工序所必需切除的金属层厚度,称为该工序的工序余量,它等于上工序所得的加工尺寸与本工序所得的加工尺寸之差。为方便起见,将工序所得的加工尺寸称为工序尺寸。完成全部工序,即某一表面从毛坯到成品的整个加工过程所必需切除的金属层厚度,称为总余量。它等于同一加工表面的各工序余量之和。余量的大小,是指在垂直于加工表面方向上的尺寸。

#### (二) 工序余量

在加工旋转表面(外圆或孔)时,加工余量是从直径计算的,故称为对称余量,即实际所切除的金属层厚度是加工余量之半;在平面上依次进行各加工工序时,加工余量是以单边余量计算,它等于实际所切除金属层厚度。工序尺寸公差,规定在零件的“入体”方向,故对于被包容面(轴),公称尺寸就是最大尺寸;而对于包容面(孔),则公称尺寸就是最小尺寸。在规定工序尺寸公差时,主要应考虑保证下道工序有足够的加工余量,且在本工序加工中又比较容易达到要求。工序余量的数值可以查阅有关手册。



### (三) 总余量

总余量等于各工序余量之和。加工总余量的大小直接影响机械加工的加工质量、生产率和经济性。总余量不够,不能保证加工精度;总余量过大,不但增加机械加工的劳动量而且也增加了材料、工具、电力等的消耗,从而增加了成本。加工总余量的数值,一般与毛坯的制造精度有关。同样的毛坯制造方法,总余量的大小又与生产类型有关,批量大,采用较精确的毛坯制造方法,总余量就可以小些。由于粗加工的工序余量变化范围很大,半精加工和精加工的工序余量较小,所以在一般情况下,加工总余量总是足够分配的;但是在个别余量分布极不均匀的情况下,也可能使毛坯上有缺陷的表面层都切除不掉,甚至留下毛坯表面,造成残次品或废品。

### (四) 最大余量及最小余量

总余量和各工序余量都不可能绝对准确,根据加工前后尺寸的情况,加工余量可分为:

1. 最小余量 上工序加工切去了工序尺寸的全部公差带,而在本工序加工时又留下了本工序尺寸的全部公差带,这时切去的金属层称为最小余量。
2. 公称余量 最小余量与上一工序公差之和。也就是前后相邻两工序尺寸之差。例如轴的半精车公称余量等于其最小余量加上粗车工序公差。
3. 最大余量 是公称余量与本工序公差之和。例如轴的半精车最大余量为最小余量加上粗车与半精车的工序公差之和。如图 1—12(a) 所示。

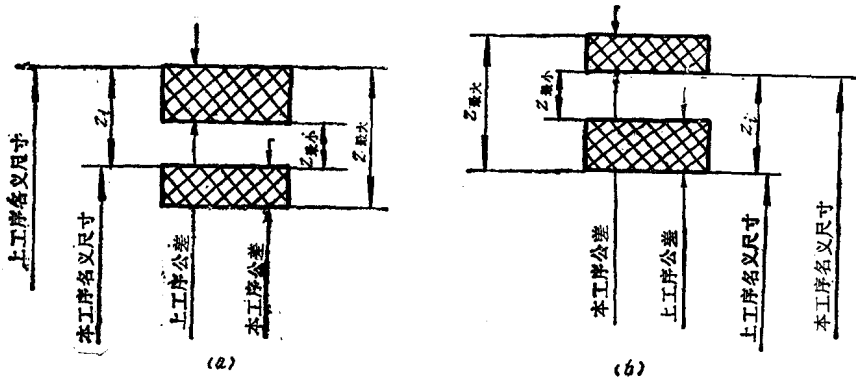


图 1—12 工序加工余量的变化  
(a) 被包容面; (b) 包容面。

应当指出:在手册中查得的余量数值,都是指公称余量。

### (五) 影响加工余量大小的因素

影响工序余量的因素比较复杂。下面仅对在一次次切削中应切去的部分作一说明,作为确定工序间余量的参考:

1. 上工序的表面粗糙度 ( $H_a$ ) 由于尺寸测量是在表面粗糙度的高峰上进行的,因此在切削中首先要将上道工序所形成的表面粗糙度切去,如图 1—13 所示。
2. 上道工序的表面破坏层 ( $T_a$ ) 如图 1—13 所示,由于切削加工后在表面上留下一层塑性变形层,这一层金属的组织已遭破坏,必须在本工序中予以切除。
3. 上道工序的尺寸公差 上道工序加工后的实际尺寸是在上道工序尺寸公差范围内变化的,因此本工序最小余量应大于上道工序的尺寸公差。上道工序加工中的表面几何形状