

高等学校试用教材

船舶机械制造与修理工艺学

上册

（船机制造与修理专业用）

武汉水运工程学院
船机工艺教研室编

人民交通出版社

U664
W81
1

95664

高等学校试用教材

船舶机械制造与修理工艺学

上册

(船机制造与修理专业用)

武汉水运工程学院
船机工艺教研室编

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共六篇，分上下两册。

上册详细阐述了船机制造工艺基本原理、夹具设计原理和方法、各种典型表面加工等问题，并着重介绍了船用中型柴油机的制造和装配工艺，对大型柴油机的装配工艺亦作了概要的论述，同时对电加工、无屑加工、超声波加工和激光加工等新工艺亦作了扼要介绍。

下册按船机修理的拆卸、检查、修理、安装、试验等过程，详细阐述了船机零件的损伤原因、探伤方法、基本修复方法、船机拆验及其主要件修理和主机、轴系、舵系在船上的安装工艺、船舶试车等问题。

本书为高等院校“船机制造与修理”专业试用教材，亦可作为船机其它专业的教学参考书，还可供修造船厂、柴油机厂和其它从事船机工艺的技术人员、管理干部和工人以及轮机管理人员阅读。

高等学校试用教材

船舶机械制造与修理工艺学

上 册

(船机制造与修理专业用)

★ 武汉水运工程学院

船机工艺教研室编

★ 人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本：787×1092 1/32 印张：29 字数：712 千

1979年7月 第1版

1979年7月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,300册 定价：2.95元

前 言

根据交通部高等院校教材工作会议的精神，为加速培养又红又专的高级水运工程科技人才，以适应四个现代化的迫切需要，我院承担编写《船舶机械制造与修理工艺学》一书。

本书是在总结了“船机制造与修理”专业二十多年来的教学经验，并征求了有关修造船厂、柴油机制造厂、用船与验船部门、科研设计等单位的意见，以及搜集了船机制造与修理中的新工艺、新技术和新成就后编写而成。

全书内容包括：船机制造工艺基础；夹具设计；船机主要零件制造和装配工艺；船机零件的损伤及其基本修复方法；船机拆验和主要件修理；船舶主机、轴系、舵系的安装和试车等六篇，共四十六章。内容广泛、取材新颖，基本反映了我国目前船机制造与修理工艺的状况。同时，对国外在这方面的新工艺、新技术及其发展也作了若干介绍。

本书供高等院校“船机制造与修理”专业教学之用，亦可作为其它有关专业的教学参考书，对于修造船厂、柴油机厂和其它从事船机工艺的技术人员、工人和管理干部也是一本参考读物。

本书由武汉水运工程学院 陈震霖、牛求煌、杨和庭、王亭山、肖元德、濮龙根、吴宗荣、金志鸿、孙秉章等编写。并由陈震霖、牛求煌对全书进行了校阅与整理。

本书编写中曾得到上海、文冲、广州、新港、沪东、江东船厂和广州、上海柴油机厂等单位的技术人员、工人和干部的热情支持和帮助，在此表示衷心感谢。并对在本书的讨论中提了宝贵意见的同志也在此表示感谢。

由于我们业务水平有限，加之编写时间仓促，因此错误在所难免，热忱欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一篇 船机制造工艺基础

第一章 工艺过程基本概念	1
§ 1-1 生产过程和工艺过程	1
§ 1-2 机械加工工艺过程的组成	2
§ 1-3 生产类型对工艺过程的影响和船机制造工艺过程的特点	3
第二章 机械加工的精度	4
§ 2-1 加工精度的基本概念	4
§ 2-2 影响加工精度的各种因素	7
§ 2-3 工艺系统的刚度及其对加工精度的影响	17
§ 2-4 机械加工的经济精度	26
第三章 机械加工的表面质量	27
§ 3-1 基本概念	27
§ 3-2 表面质量对零件使用性能的影响	28
§ 3-3 影响表面质量的工艺因素及其控制方法	30
§ 3-4 金属切削过程中的振动及其消除方法	33
第四章 提高生产率和降低成本的工艺途径	41
§ 4-1 基本概念	41
§ 4-2 从缩短单件计算时间来提高劳动生产率和降低成本	43
§ 4-3 提高劳动生产率和降低成本的其它途径	47
第五章 机械加工工艺规程的制订	53
§ 5-1 概述	53
§ 5-2 制订工艺规程的步骤	53
§ 5-3 零件的工艺分析	54
§ 5-4 工件的安装	55
§ 5-5 基准和定位基准的选择	56
§ 5-6 工艺路线的拟定	58
§ 5-7 加工余量	61
§ 5-8 工艺尺寸的计算	63
§ 5-9 工艺文件	66
第六章 外圆加工	69
§ 6-1 概述	69
§ 6-2 外圆的车削	70
§ 6-3 外圆的磨削	74

§ 6-4	外圆的光整加工	80
§ 6-5	外圆加工方法的综合分析	82
第七章	孔加工	83
§ 7-1	概述	83
§ 7-2	钻孔	84
§ 7-3	扩孔和铰孔	89
§ 7-4	镗孔	92
§ 7-5	磨孔	97
§ 7-6	孔系加工	98
§ 7-7	孔的光整加工	98
§ 7-8	各种孔加工方法的综合分析	102
第八章	平面加工	103
§ 8-1	概述	103
§ 8-2	平面加工的各种方法	103
§ 8-3	刨、铣、磨等平面加工方法的分析比较	107
第九章	成形表面加工	108
§ 9-1	概述	108
§ 9-2	各种成形表面加工	109
第十章	螺纹加工	116
§ 10-1	概述	116
§ 10-2	螺纹的一般加工方法	117
§ 10-3	螺纹的高生产率加工方法	120
第十一章	齿轮、蜗轮和蜗杆的加工	123
§ 11-1	概述	123
§ 11-2	齿轮轮齿的加工方法	123
§ 11-3	轮齿的精加工	128
§ 11-4	锥齿轮轮齿的加工	132
§ 11-5	蜗轮轮齿的加工	133
§ 11-6	蜗杆的加工	135
第十二章	电加工工艺	136
§ 12-1	概述	136
§ 12-2	电火花加工	137
§ 12-3	电解加工	146
第十三章	超声波加工和激光加工	151
§ 13-1	超声波加工	151
§ 13-2	激光加工	154
第十四章	无屑加工	156
§ 14-1	概述	156
§ 14-2	铸造方法实现的无屑加工	157
§ 14-3	压力加工法实现的无屑加工	158

§ 14-4 冷压光加工.....	159
-------------------	-----

第二篇 夹 具 设 计

第十五章 定位原理和定位元件	171
§ 15-1 工件定位原理.....	171
§ 15-2 工件在夹具中的定位误差.....	173
§ 15-3 定位元件的基本要求.....	175
§ 15-4 工件以平面定位.....	175
§ 15-5 工件以外圆柱面定位.....	180
§ 15-6 工件以内孔定位.....	182
§ 15-7 工件以两孔定位.....	186
第十六章 夹紧机构	189
§ 16-1 基本概念.....	189
§ 16-2 斜楔夹紧机构.....	192
§ 16-3 螺旋和螺旋压板夹紧机构.....	194
§ 16-4 偏心夹紧和偏心压板装置.....	198
§ 16-5 定心夹紧机构.....	202
§ 16-6 气压及液压传动夹紧装置.....	207
第十七章 导向装置、分度装置和其它元件	209
§ 17-1 钻模套筒.....	209
§ 17-2 镗模.....	212
§ 17-3 机械靠模装置.....	220
§ 17-4 对刀装置.....	227
§ 17-5 分度装置.....	228
§ 17-6 夹具体.....	231
第十八章 机床夹具的设计	232
§ 18-1 各种机床夹具的特点.....	232
§ 18-2 组合夹具.....	234
§ 18-3 夹具设计的方法和步骤.....	237
§ 18-4 夹具设计举例.....	243

第三篇 船机主要零件制造和装配工艺

第十九章 机座制造	247
§ 19-1 机座加工的技术要求和材料.....	247
§ 19-2 机座机械加工工艺过程.....	249
§ 19-3 机座加工主要工序分析.....	251
§ 19-4 机座成品的检验.....	254
第二十章 曲轴制造	255

§ 20-1	曲轴的技术要求、材料和毛坯	255
§ 20-2	曲轴加工工艺特点分析	261
§ 20-3	整体曲轴制造	263
§ 20-4	组合曲轴制造	274
§ 20-5	曲轴成品检验	285
第二十一章	气缸套制造	289
§ 21-1	气缸套的材料和毛坯	289
§ 21-2	气缸套机械加工的技术要求	291
§ 21-3	气缸套的机械加工	292
§ 21-4	提高气缸套使用寿命的途径	297
第二十二章	活塞环制造	299
§ 22-1	活塞环的主要技术要求和检验方法	299
§ 22-2	活塞环的成形方法	301
§ 22-3	提高活塞环使用寿命的途径	305
第二十三章	活塞制造	309
§ 23-1	活塞的材料和毛坯	309
§ 23-2	活塞加工的技术要求	311
§ 23-3	筒形整体式活塞机械加工工艺	313
§ 23-4	组合活塞的加工工艺特点	320
第二十四章	连杆制造	321
§ 24-1	连杆的材料和毛坯	321
§ 24-2	连杆加工的技术要求	323
§ 24-3	筒形活塞柴油机连杆的加工	325
§ 24-4	连杆成品的检验	330
第二十五章	轴瓦制造	331
§ 25-1	概述	331
§ 25-2	轴瓦的材料	332
§ 25-3	轴瓦制造技术要求	335
§ 25-4	轴瓦制造工艺过程	336
§ 25-5	轴瓦的损伤及原因分析	342
第二十六章	喷油泵柱塞偶件制造	345
§ 26-1	概述	345
§ 26-2	喷油泵套筒的机械加工	346
§ 26-3	喷油泵柱塞的机械加工	351
§ 26-4	喷油泵柱塞偶件的检验	358
第二十七章	增压器涡轮叶片制造	361
§ 27-1	概述	361
§ 27-2	动叶片制造的技术要求	363
§ 27-3	动叶片的辗锻工艺	363
§ 27-4	叶片根部机械加工工艺	366

§ 27-5 叶片内、背弧电解加工工艺.....	366
第二十八章 螺旋桨制造.....	369
§ 28-1 螺旋桨主要结构要求和工艺特点.....	369
§ 28-2 螺旋桨的材料和毛坯.....	372
§ 28-3 螺旋桨加工.....	381
§ 28-4 螺旋桨成品检验.....	387
第二十九章 船用柴油机的装配.....	391
§ 29-1 装配工艺基础.....	391
§ 29-2 筒形活塞柴油机装配工艺过程.....	413
§ 29-3 大型低速柴油机的装配特点.....	435
附 录 本书常用计量单位与国际单位换算关系.....	455

第一篇 船机制造工艺基础

第一章 工艺过程基本概念

§1-1 生产过程和工艺过程

一、生产过程

船舶机械制造时，从原材料到制成品的全部劳动过程称为生产过程。其中包括原材料的运输、保管和生产准备；毛坯制造；零件的机械加工和热处理；部件的装配和机器的总装；产品的检验和试车；成品的油漆和包装等。

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（或半成品）可能是另一车间的成品，而它的成品又可能是其它车间的原材料（或半成品）。例如，机械加工车间的毛坯是铸造车间或锻造车间的成品；而机械加工车间的成品又是装配车间的半成品。

目前，一台船舶机器（或机械）的生产过程，往往是由许多工厂共同分工完成的。例如300型船用柴油机的生产，它并不是由一个工厂单独完成，而是由多个专业厂分别生产活塞环、活塞、气缸套、轴瓦以及燃油设备等零部件，通过协作完成造机生产任务。造船生产过程更加复杂，既有主辅机，船体及其设备，又有船舶电气等等，如果这些设备和机械的生产由一个工厂单独来完成，势必把工厂办得十分庞杂。这样的综合厂不但产品质量难于尽快提高，生产率和成本也难于达到先进指标。当前国内外先进的造机厂和造船厂都有高度的分工，摆脱了过去落后的单件生产状态，而且在中小批量生产中已经采用了自动线。这些自动线是以自动换刀的数控机床为主体并配以少量多工位机床组成的，一般都是采用电子计算机进行管理。如国外已设计制造了数控机床自动线，由两台自动换刀的数控机床和一台专用铣床组成，用于加工八种大型连杆两端的平面和大小端孔以及螺栓孔和油孔等。船厂已发展到流水生产体系，这都是分工之后使产品批量进一步扩大的结果。

二、工艺过程

工艺过程是生产过程中最主要的一部分过程，它是与改变材料（毛坯）或零件的尺寸、形状、相互位置 and 材料性质直接有关的那部分生产过程。例如把材料锻成毛坯的过程称为锻造工艺过程，把毛坯通过切削加工变成零件的过程称为机械加工工艺过程等。

工艺过程不包括工件的运输包装和

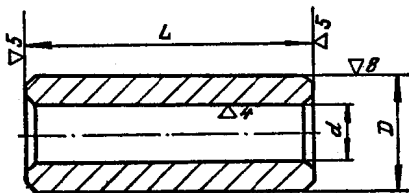


图1-1 活塞销

储存、生产准备、机床设备维修……等辅助工作。

一般所谓的船舶机械制造工艺过程，是指船机零件的机械加工、机器或机械的装配和安装过程。

图 1-1 所示为柴油机的活塞销，为了达到图纸上规定的技术要求，必须进行一系列加工。表 1-1 所列为小批生产时工艺过程，材料是 20Cr 钢。

活塞销加工工艺过程(小批生产)

表1-1

工序号	工 序 主 要 内 容	机 床 或 工 作 地 点
1	钻 中 心 孔	钻 床
2	粗、精镗中心孔，粗、精车外圆、端面	普 通 车 床
3	外圆表面热处理(渗碳、淬火)	热 处 理 车 间
4	磨 外 圆	外圆磨床 (或无心磨床)
5	修整和质量检验	钳 工 工 段

§1-2 机械加工工艺过程的组成

机械加工工艺过程一般分为工序、安装、工位、工步、走刀等部分。

工序 是工艺过程的基本单元。指由一个(或一组)工人在一个工作地点上，对一个(或同时几个)工件所连续完成的那一部分加工过程。如表 1-1 中的工序 2 在车床上车外圆和中心孔工序；工序 4 在磨床上磨外圆工序等。

安装 指在同一道工序中，工件在加工位置上装夹一次所完成的那一部分加工。例如，在单件小批生产条件下，车削活塞外圆面和活塞环槽的工序中，车裙部外圆和端面须装夹一次(称安装Ⅰ)，而顶部外圆和活塞环槽又须装夹一次(称安装Ⅱ)，所以在这道工序中包含了两次安装。

工位 是指当工件安装在回转夹具、机床的转台或旋转头上时，在工件与刀具的每一个相对位置上所完成的那一部分加工。例如图 1-2 所示为工件在三轴组合钻床上钻、扩、镗孔加工的情况。工件安装在回转工作台上，这时工件与刀具的相对位置每改变四次，便完成了该工序的工作，所以此情况为四个工位。图 1-3 所示为在六角车床上加工喷油咀体中孔的情况，这时工件一次安装完成六个工位的加工。

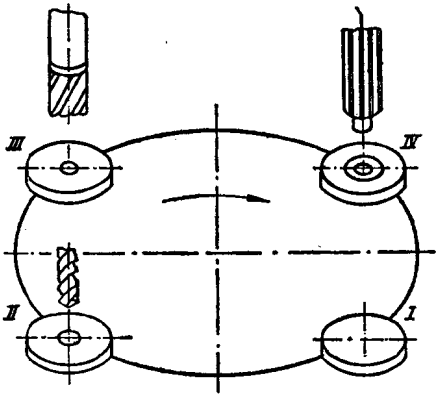


图1-2 四工位三轴钻

工步 指工件在一次安装中对一个表面用一种刀具、一种切削用量(指转速和进给量)进行的那一部分加工。例如在车削活塞外圆和活塞环槽工序时，在安装Ⅰ中车活塞顶部和活塞环槽分别属不同的工步，因为两者所加工的表面和切削用量都不同，即使在加工活塞环槽时对每一道活塞环槽也各算一个工步，这是由于各个活塞环槽属于不同的加工表面。

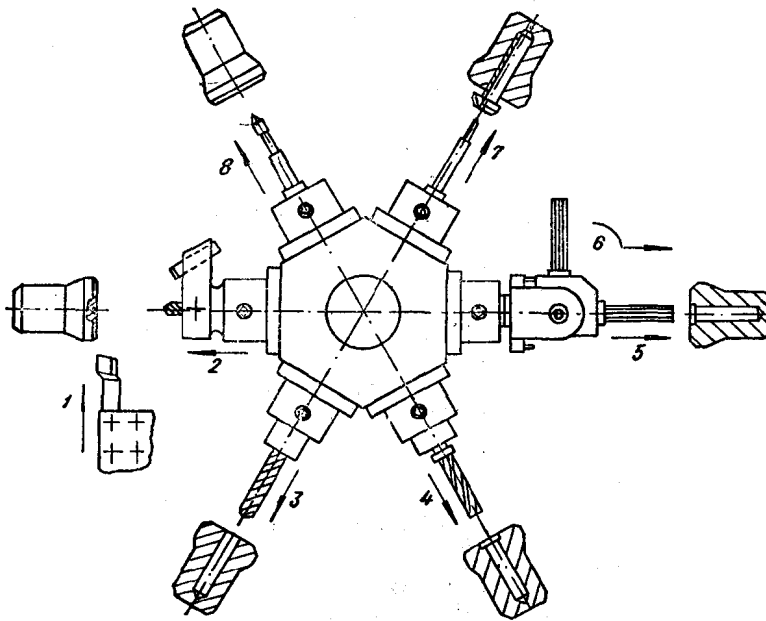


图1-3 在六角车床上加工喷油咀针阀体
1-车端面；2-打顶针孔、倒角；3-钻孔；4-扩孔；5-粗铰孔；6-精铰孔；7-钻出口孔；8-扩圆锥面

走刀 当加工余量较大时，同一刀具必须在转速和进给量不变的情况下进行多次的切削，每一次切削即称为一次走刀。

§1-3 生产类型对工艺过程的影响和船机制造工艺过程的特点

在机器制造业中，根据产品的年产量（生产纲领）的不同，一般可分为三种生产类型（生产规模），即单件生产、成批生产和大量生产。

单件生产 指一次生产一台或几台机器。大多数工作地点的加工对象是经常改变的。属于这种生产类型的工厂有：造船厂、蒸汽轮机制造厂、水轮电机厂、重型机器厂等。

成批生产 在成批生产中，产品的年产量是以十（大型机械）或百（中型机械）计算。大多数工作地点的加工对象是一批一批地定期轮换。成批生产按照每批产品数量的多少又可分为小批生产、中批生产和大批生产等三种。属于成批生产类型的工厂有船用中速或高速柴油机厂、机床厂等。

大量生产 是指产品的数量很大，大多数工作地点经常重复地进行一种零件的某一工序。属于这种生产类型的工厂有汽车制造厂、拖拉机制造厂、内燃机某些零件的专业化制造厂（活塞厂、活塞环厂、轴瓦厂等）、滚动轴承厂等。

生产类型的不同，无论在生产组织、生产管理、车间布置、毛坯生产方法、设备、工夹具、加工方法和工人的技术熟练程度等各方面的要求均有所不同。拟订工艺过程时，必须与生产类型相适应，以取得最大的经济效益。

表1-2 所列为各种不同生产类型的工艺特点比较。

船机制造业中，有一部分是属于专业制造厂，如中型柴油机制造厂、小型柴油机制造厂以及各种船舶的辅机制造厂。这些厂是具有较为典型的成批生产的工艺特点。目前在船厂中

各种不同生产类型的工艺特点

表1-2

项 目	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
毛坯制造方法	木模手工造型和自由锻造	部分用金属模和模锻	广泛使用金属模和机器造型、模锻、压铸等高生产率毛坯制造方法
零件的互换性	将相配合的零件成对地进行配对制造，没有互换性，广泛采用钳工修配	大部分零件有互换性，少数零件用钳工修配	全部零件有互换性，某些精度较高的零件配合采用分组选择装配
机床设备及其组织形式	采用万能机床，按机床类别和规格大小以“机群式”排列布置	部分万能机床和部分高生产率专用机床及万能数控机床等。机床设备按加工零件的类别分“工段”排列布置	广泛采用高生产率的专用机床和多能数控机床及自动机床。设备按流水线形式排列
夹 具	很少采用夹具，按划线及试切法达到尺寸要求	广泛采用夹具，部分靠划线进行加工	广泛采用高生产率夹具和采用调整法达到尺寸要求
工具及量具	采用标准刀具和万能量具	广泛采用专用刀具和量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
先进工艺的采用	较少采用	采用投资不大、调整简单的先进工艺	广泛采用高效先进工艺
对工艺文件的要求	通常只有简单的工艺过程卡	除有较详细的工艺过程卡外，对重要零件的关键工序有详细说明的工序操作卡	有详细的工艺文件
对操作工人的要求	需要技术熟练的操作工人	各种工种需要一定熟练程度的操作工人	对专用机床调整工技术要求较高，对一般操作工人要求不高

船机制造一般是综合性的，即在这种生产方式中既有单件生产的车间也有成批生产的车间。在单件生产的车间里制造个别种类的机器和工具，试制新型机器样品以及为修船服务的其它零件制造任务。这些车间具有表1-2中单件生产的工艺特点。在那些成批生产的车间里制造起货机、减速箱、船舶设备和各种类型的柴油主机或辅机，根据产品的年产量不同有小批生产，也有中批生产，它们都具有成批生产的特点。

国外许多船机制造厂都具有较高的生产专业化程度，由外厂供应大型铸锻件、喷油泵、喷油咀、增压器和活塞环等。

目前船厂进行技术改造着重从单件多品种的繁杂生产过渡到成批的专业化生产，是作为提高造船质量、提高生产效率和降低成本的重大措施。为了适应四个现代化的要求，使水运事业赶上并超过世界先进水平，发展专业化生产，加强厂与厂之间的社会主义大协作是必然的趋势。

专业化生产同样对提高船机生产的批量和质量以及生产率有重大作用。流水线和自动线不仅可用于中小型船机制造，即使大型船机的某些零件制造也可以采用。

第二章 机械加工的精度

§2-1 加工精度的基本概念

一、加工精度和加工误差

加工精度是指零件机械加工的精确程度，即零件经加工后的尺寸、形状和相互位置等几

何参数的实际数值同其理想数值相符合的程度。这种相符合的程度愈高，亦即加工误差愈小，则加工精度愈高；反之，加工误差愈大，则加工精度愈低。

任何机器（或机械），为了保证质量，都必须按规定的精度来制造。我们知道，机器（或机械）是由若干互相关联的零部件装配而成的，而这些零件的尺寸就反映着它们之间的一定的联系，从而保证机器的某一机械完成其特定的任务。因此机器（或机械）的最终精度就与其中各个零件的加工精度直接有关。零件的加工精度是决定机器使用性能的重要因素。

我们知道在生产实践中，采用任何一种加工方法，不管它多么精确，都不可能将零件每一个规定参数加工得绝对准确。即使同样的几个零件，加工方法和条件完全相同，各个参数也不可能完全相同，也就是说实际尺寸往往比理想尺寸偏大或偏小一些，几何形状和相互位置等参数也会有所差异。另一方面，从保证机器工作性能来讲，也没有必要使零件的尺寸或形状做得绝对准确，只要使加工出来的零件装成机器后能满足运转性能要求即可。也就是说，在不妨碍机器发挥预定作用和不影响其使用寿命的原则下，允许零件的几何参数在规定的极限范围内有一定的误差。这种加工后的实际尺寸（或形状等）的误差，称为加工误差。加工误差的大小实际上表明了精度的高低。所以，研究保证和提高加工精度问题，实际上就是研究限制或减少加工误差的问题。

加工精度可以分为：

- 1) 尺寸精度。例如直径、长度、宽度、厚度、深度的公差等；
- 2) 形状精度。例如椭圆度、不柱度、不圆度、不直度、不平度等；
- 3) 位置精度。例如平面与平面、轴心线与平面、轴心线与轴心线间的不平行度和不垂直度，外圆与外圆、外圆与孔或孔与孔的轴心线的位移度、径向跳动等。

上述三种参数的误差可以分别称为尺寸误差、形状误差和位置误差，这是加工误差的三种表现形式。

必须指出，尺寸误差，形状误差和位置误差，这三者在很多情况下是相互联系的。例如，当确定直径尺寸时（见图 2-1a），就必须考虑到圆柱表面的椭圆度和不柱度；当确定圆孔轴心线到平面的距离 H 时（见图 2-1b），就必须考虑到平面本身的不平度。只有在少数情况下，上述某些误差彼此没有什么联系，例如挠曲

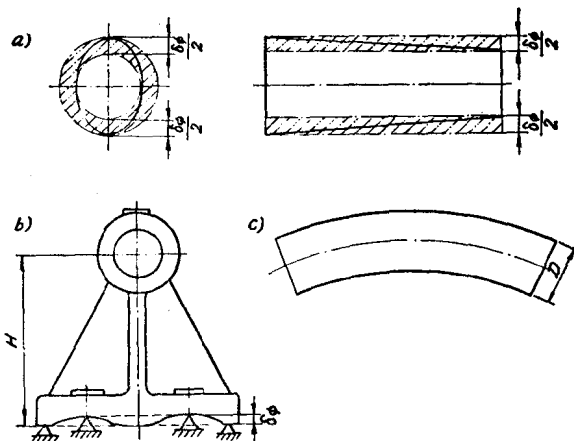


图2-1 各种误差的相互关系

的轴，其轴心线的不直度就对其直径尺寸的精度没有什么联系（见图 2-1c））。

不论那种形式的加工误差，按其性质可以分为两类，即系统误差和偶然误差。

1) 系统误差。当依次加工一批零件时，误差的大小保持不变，或按一定规律变化。前者称为常值系统误差；后者称为变值系统误差。通常，系统误差是由于机床、刀具、工件温升热变形、刀具磨损或机床调整等因素所引起。例如，铰刀的直径尺寸比规定的直径尺寸小 0.02 毫米，则铰出的所有孔都比规定的尺寸小 0.02 毫米，这种误差就是常值系统误

差。又如镗孔时，由于镗刀磨损，孔的直径将一个比一个小，而各孔直径尺寸的减小是有一定规律的，这种误差就是变值系统误差。这类误差可以通过试验分析，掌握其变化规律，采取一些措施使之消除或减小。

2)偶然误差。当加工一批零件时，各个零件的误差大小和方向（正负值）是不一定的，无明显的规律，这种误差称为偶然误差，又称随机误差。它是由于一个或若干个偶然因素所造成的，这些因素可能出现也可能不出现，例如毛坯材质硬度不均匀、毛坯加工余量不均等，都是变化不定的，无法预先确定其作用的规律性。情况虽然比较复杂，但在工艺过程中，对误差总体来说，仍然可以采用数理统计方法来揭示和找出它的变化规律来。

在生产实践中，希望获得尽可能多的合格产品，但由于加工中很多因素影响加工精度，不可避免地会出现各种加工误差，因而可能出现一些废品。这就要求工艺工作者必须善于分析影响加工精度的各种因素，分析产生加工误差的原因，并能采取有效措施，消除或减小这些影响，以保证达到规定的加工精度要求，不断提高产品质量。

总之，机械加工的精度是机器制造工艺中的基本问题之一，必须给予密切注视和深入研究。

二、加工精度的获得方法

对于规定的加工精度，可以用下列方法来达到。

1. 零件的尺寸精度

获得零件的尺寸精度的方法，一般有下列几种：

1)试切法。这种方法是通过试切、度量、调整、再试切的反复过程获得精度的。在船厂单件小批生产中常用这种方法。例如，在车床上加工外圆、内孔时，首先在工件端部一小段上边加工边测量，经多次试切，直到尺寸达到规定的公差范围时再车出整个表面来。这种方法能达到较高的加工精度，它取决于工人的技术水平和测量精度。但此法要花很多时间进行试切和度量，辅助时间也多，生产效率低。

2)尺寸刀具加工法。这种方法是用具有一定尺寸和形状的刀具进行加工，加工后即达到所要求的尺寸和形状。例如，用钻头、铰刀、拉刀、镗刀块加工孔；用丝锥、板牙加工螺纹等，其加工精度主要由刀具本身的精度保证。由于刀具制造精度可以提高，因此用尺寸刀具可以达到相当高的加工精度，同时避免了试切过程，因而生产效率比试切法要高。其主要缺点是刀具耗费比较大，并且使用的尺寸范围受到一定的限制。此法适用于各种生产规模。

3)调整法。这种方法是预先按工件规定的尺寸要求来调整好机床、夹具、刀具以及工件的相对位置和运动，然后进行加工，从而保证在加工过程中自动获得工件的尺寸。工件加工精度取决于机床调整精度，调整工作是事先由专门的调整工来完成，在加工过程中，还须对机床作定期的补充调整，所以此法的加工精度与工人的操作很少有关或根本无关。

此法的优点是能自动保证加工精度，大大地缩短了加工所需的辅助时间，生产率高，对工人的技术水平要求较低。但调整机床麻烦，调整一次所耗费的时间较长，且要有专门的调整工。若无调整工，则操作工人就要求具有较高的技术水平。这种方法广泛用于多刀车床、六角车床、龙门铣床、自动机床和自动线上。因此，此法一般只适用于成批和大量生产。

2. 零件的形状精度

零件的形状精度主要由机床的精度或刀具精度来保证。例如，在车床上加工轴类零件的外圆时，其椭圆度、不圆度主要取决于车床主轴的回转精度，不柱度、不圆柱度主要取决于

车床主轴轴心线与导轨的不平行度以及导轨的扭曲等；车床两顶针在水平面上的不同轴度也将引起工件的不柱度。此外，刀具的磨损也会引起工件的不柱度等。当用成形刀具加工时，零件的形状精度取决于刀具的精度。

3. 零件的位置精度

零件的位置精度主要由机床精度、夹具精度和工件的安装精度来保证。例如，在平面上钻孔时，孔轴心线对平面的不垂直度取决于钻头进给方向与工作台或夹具定位面不垂直度。在车床上车端面时，端面对轴心线的不垂直度取决于机床横向溜板进给方向与主轴轴心线的不垂直度。在铣床上用甲平面定位铣削与之平行的乙平面时，甲乙两平面的不平行度取决于工件在铣床上的安装精度。

综上所述，规定的加工精度与机床、夹具、刀具等的制造误差、工件安装误差、度量误差和机床调整误差等一系列因素有关。

§2-2 影响加工精度的各种因素

工件在机械加工以后，其尺寸、表面形状和位置不可避免地会存在着误差，而引起这些误差的原因很多，如前所述，它和切削加工时的工艺系统——机床、夹具、刀具、工件等的制造误差，以及它们在工作中的磨损，或者由切削力、重力、夹紧力所引起的弹性变形，或由温升所引起的热变形等有关。

工件的安装误差、度量误差和机床调整误差也必然会影响加工精度。

此外，当采用近似的加工原理所带来的理论上有误差时，以及当毛坯材料存在内应力，切除一层金属后引起内应力重新分布时，都将会影响零件的加工精度。

根据生产实践及试验总结，影响加工精度的因素有下列各项：

- 1) 加工原理误差；
- 2) 机床的制造误差和磨损；
- 3) 夹具的制造误差和磨损；
- 4) 刀具的制造误差和磨损；
- 5) 工件的安装误差；
- 6) 工艺系统弹性变形所引起的误差；
- 7) 工艺系统热变形所引起的误差；
- 8) 工件残余内应力所引起的误差；
- 9) 度量误差；
- 10) 调整误差。

上述误差，不是在任何情况下都会出现。在不同情况下，其影响程度是不同的，必须对具体问题作具体分析。

为了解决加工误差与规定的加工精度间的矛盾，必须对每种误差因素有一个明确的认识，经过观察和分析，指出限制或减少加工误差的有效措施，以便解决这个矛盾，从而保证或提高加工精度，下面分别讨论各种误差的性质、特点及其对加工精度的影响。

一、加工原理误差

加工原理误差亦称加工方法误差，是指在切削过程中采用了近似的加工运动方式或者是

近似的刀具形状而产生的。

例如，用滚切法加工齿轮的齿形就是一种近似加工方法。在滚切过程中齿形的形成是断续的。因此，所切成的齿形实际上是一根曲折线，它只与渐开线相近似，齿形就有误差，如图 2-2 所示。如果齿轮的齿数愈多、滚刀的齿数愈多以及滚刀上螺线头数愈少时，则形成齿形的曲折线的直线线段就愈多，这时曲折线就愈接近于理论上的渐开线。

又如，在万能铣床上用模数铣刀加工渐开线齿轮时，理论上要求每种模数和齿数，都应有相应的铣刀，才能使刀具的齿形与齿轮的槽形完全相同。因为齿轮渐开线的形成，是由基圆展开，当齿数、模数不同时，基圆大小则不同，齿形就不同。因此，就必须备用大量不同规格的铣刀，这是很不经济的，也是不大可能的。实际生产中是把每种模数的齿轮，按其齿数分组，在一定齿数范围内使用同一把铣刀，但是铣刀的刀齿是按照最小齿数的齿形来设计的。因此，对于加工组内其它齿数的齿轮时，就会出现因近似的加工原理而引起的齿形误差，如图 2-3 所示。

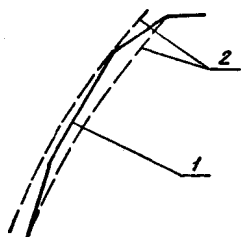


图2-2 齿轮齿形的误差
1-实际齿形；2-理论齿形

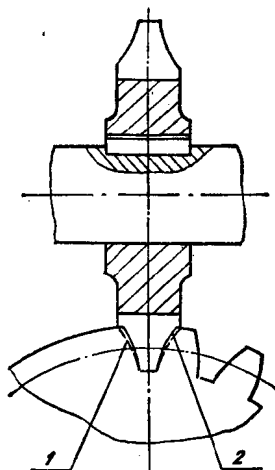


图2-3 用模数铣刀铣齿轮时所产生的齿形误差
1-理论齿形；2-实际齿形

再如，在螺丝车床上加工蜗杆时，由于蜗杆的周节存在有多位小数（ $t = \pi m$ ， m 为蜗杆模数， t 为蜗杆周节），在选取挂轮时，只能取小数四位或五位近似值来计算，这样，将会因采用近似计算而带来蜗杆周节误差。

通常在公制车床（丝杆为公制）上车英制螺纹，在铣床上铣螺旋槽，在插齿机、滚齿机上加工齿轮时，都遇到近似选取配换挂轮，这样，加工出来的英制螺纹、螺旋槽、齿轮等，都存在近似值引入的加工误差。

加工原理误差可以用数学分析法计算。在有的情况下其误差可能很大，如上面所说的用模数铣刀铣齿轮的例子，当模数稍大一点的齿轮，其齿形误差常可达 0.05~0.10 毫米以上。但有的情况下其误差可能很小，例如车蜗杆的例子，如果挂轮很全，由近似的加工方法所引起的周节误差，将小到可以忽略的程度。现在有很多非常精密的机床（例如齿轮磨床、精密铲床等），也都是采用近似的挂轮计算方法。

在生产中，采用近似加工方法，可以避免机床结构复杂化，使刀具形状简化，刀具数量减少，成本降低。因此不能得出错误的结论，认为凡有加工原理误差的加工方法都不能成为一种完善的加工方法。只要加工误差能合理地限制在一定的公差范围内，不影响工件的加工精度要求，采用近似加工方法是完全合理和可行的。