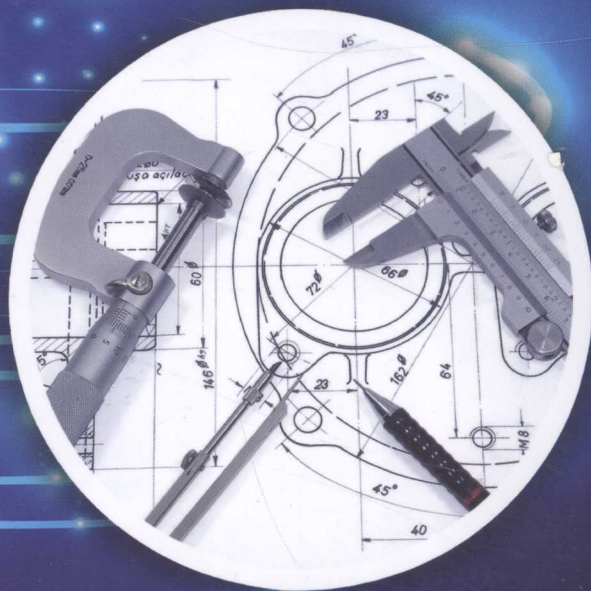


机械制图

钱孟波 徐云杰 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机 械 制 图

主 编 钱孟波 徐云杰
副主编 范兴铎 俞伟鹏 张雪芬
参 编 杨俊凯 张学良 应钊钊 李应生



机械工业出版社

TH126

470

全书共分 8 章, 内容包括机械基础知识, 机械制图基础知识, 点、线、面的投影基础, 组合体视图及尺寸标注, 机件的图样画法, 标准件与常用件, 零件图, 装配图。轴测图和手绘图等内容分别插入有关章节。本书配有《机械制图习题集》, 可选用。

本书适用于普通高等学校工科和应用理科类专业, 也适用于各类成人高校, 并可供刚刚从事机械设计工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图/钱孟波, 徐云杰主编. —北京: 机械工业出版社, 2014. 7
ISBN 978-7-111-46878-3

I. ①机… II. ①钱…②徐… III. ①机械制图-高等学校-教材
IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 134762 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 黄丽梅 责任编辑: 黄丽梅 版式设计: 霍永明

责任校对: 肖琳 封面设计: 陈沛 责任印制: 李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 17.25 印张 · 347 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-46878-3

定价: 39.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

网络服务

电话服务

策划编辑电话: (010) 88379770

社服务中心: (010) 88361066

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010) 68326294

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010) 88379649

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书参照适用于应用型本科高校的机械类、非机械类各专业本科课程的教学基本要求，在继承传统制图精华的基础上，大胆创新，勇于改革。

1. 在内容的编排上做了调整。制图开设于大学一年级，学生对工程和机械完全没有准确的概念，本书首先介绍了机械的基本概念，让学生对机械有个初步的认识，然后介绍了制图的意义、图样的形成过程、典型的加工设备和典型的机器结构，让学生在初始阶段易于理解机械制图的课程设置意义。

2. 结合计算机辅助设计技术的发展，弱化了复杂相贯线、轴测图等应用三维建模技术很容易就可以实现的一些画法。

3. 本书注重和后续课程的有机结合，书中的实例和后续机械 CAD 基础、机械设计等课程保持一致。

4. 教材编写过程中注重“图”字，采用以图带文的形式编写，大量采用三维实体建模和实物照片实例，便于理解，方便学生学习。

本书由浙江农林大学机械工程制图教学团队编写，钱孟波、徐云杰担任主编。具体分工如下：第 1 章、第 2 章由徐云杰编写，杨俊凯、张学良等参编；第 3 章由张雪芬编写；第 4 章、第 8 章由钱孟波编写；第 6 章由杨俊凯和张学良编写；第 5 章由俞伟鹏编写；第 7 章由范兴铎编写；应钊钊、李应生参加了电子教材的制作。

由于编者水平有限，本书难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正，以便再版时修正。

编 者

目 录

绪论	1
第1章 机械基础知识	3
1.1 机械的基本概念	3
1.2 零件的生产过程	5
1.3 机械图的形成	9
1.4 制图中常见简单典型结构简介	12
第2章 机械制图基础知识	17
2.1 制图国家标准的部分规定	17
2.2 绘图仪器和仪器的使用方法	25
第3章 点、线、面的投影基础	35
3.1 投影法的基本概念	35
3.2 点的投影	37
3.3 直线的投影	42
3.4 平面的投影	51
3.5 直线与平面、平面与平面的相对位置	60
3.6 投影变换	65
3.7 基本立体	74
3.8 立体的截交线	86
3.9 立体的相贯线	99
3.10 轴测投影图	109
第4章 组合体视图及尺寸标注	118
4.1 三视图的形成	118
4.2 组合体组合形式及其分析方法	119
4.3 画组合体视图的方法步骤	121
4.4 组合体的尺寸标注	125
4.5 读组合体视图的方法和步骤	129
4.6 组合体视图三维建模	133
第5章 机件的图样画法	136
5.1 视图	136
5.2 剖视图	140
5.3 断面图	152
5.4 其他规定画法和简化画法	155
5.5 机件各种表示法综合运用的方法和步骤	158

第6章 标准件与常用件	165
6.1 螺纹	165
6.2 螺纹紧固件	170
6.3 键连接	176
6.4 销连接	178
6.5 齿轮	179
6.6 滚动轴承	183
6.7 弹簧	186
第7章 零件图	188
7.1 零件图的内容	188
7.2 零件图的视图选择与尺寸标注	189
7.3 零件图的技术要求	195
7.4 满足工艺性零件结构画法	209
7.5 看零件图的方法与步骤	212
7.6 典型零件图分析	214
第8章 装配图	221
8.1 装配图概述	221
8.2 装配图的表达方法	223
8.3 装配图的画法	225
8.4 装配图的零件序号及明细表、标题栏	228
8.5 读装配图和拆画零件图	230
8.6 机器测绘	235
8.7 常见装配结构	240
附录	245
附录 A 标准结构	245
附录 B 标准件	246
附录 C 技术要求	259
参考文献	268

绪 论

1. 课程的研究对象

工程图样是工程信息的载体,它准确地表达工程对象的形状、尺寸、材料和技术要求等。工程图样是制造机器、工程施工的主要依据,被称为“工程界的技术语言”。

“机械制图”课程的主要内容包括:机械基础知识,机械制图基础知识,点、线、面的投影基础,组合体视图及尺寸标注,机件的图样画法,标准件与常用件,零件图,装配图等相关内容。在学习本门课程的基础上,需结合生产实践才能深入领会,熟练、准确地掌握阅读和设计表达工程图样。

2. 课程的学习目的和任务

本课程是工科类本科生必修的一门重要的技术基础课。本课程的目的就是学习阅读工程图样和进行图样的设计及表达。

本课程的主要任务:

- 1) 通过制图基础知识和基本技能的学习,培养掌握国家标准《技术制图》《机械制图》和其他有关国家标准规定及绘制工程图的能力。
- 2) 通过投影法的学习,能够用二维平面图形表达三维空间形状。
- 3) 通过零件图和装配图的学习,培养阅读和设计表达零件图、装配图的能力。
- 4) 通过系统学习本课程,培养对空间形体的逻辑思维、形象思维能力,并培养耐心细致、严肃认真的工作作风。
- 5) 为今后使用二维及三维软件进行辅助设计及图样绘制打下基础。

3. 课程的学习方法

本课程既包含投影基础知识、齿轮算法等系统的理论知识,又包含了非常强的实践应用知识,因此要学好本课程,必须要掌握一定的学习方法和学习技巧。

- 1) 学习投影法的基础知识时既要按照投影的基本规律进行分析,又要结合三维空间立体进行想象。
- 2) 学习基本绘图方法时要注重理论和实践相结合,不能凭空想象,要通过大量的习题不断练习才能熟练掌握各项绘图技巧。
- 3) 学习组合体相关知识时要注意组合体和零件之间的区别,注重形体分析为主、线面分析为辅的组合体读图、绘图方法。
- 4) 学习零件图和装配图时注意和机械设计、机械制造等相关领域知识结合,切忌随意空想。

5) 阅读教材时注意以三维空间立体结构和图文内容对照,有利于充分发挥和
帮助建立空间构思能力。

6) 在学习过程中自始至终都应注意必须严格遵守制图的国家标准,按照正确
的方法和步骤看图、绘图,使所绘图样的内容正确、图面整洁。

7) 自觉培养自学能力和创新、创造能力,提高分析问题、解决问题的能力。

第 1 章 机械基础知识

1.1 机械的基本概念

机械（英文名称：machinery）是指机器与机构的总称。机械就是能帮人们降低工作难度或省力的工具装置，像筷子、扫帚以及镊子一类的物品都可以被称为机械，只不过它们是简单机械。而复杂机械由两种或两种以上的简单机械构成。通常把这些比较复杂的机械叫做机器。从结构和运动的观点来看，机构和机器并无区别，泛称为机械。

机器是由各种金属和非金属部件组装成的装置，消耗能源，可以运转、做功。它可用来代替人的劳动，进行能量变换以及产生有用功。任何一台机器或一个部件都是由若干个零件按照一定的关系装配而成的。

零件是机械制造过程中的基本单元。零件是组成机械和机器不可分拆的单个制件，其制造过程一般不需要装配工序，如轴套、轴瓦、螺母、曲轴、叶片、齿轮、凸轮、连杆体、连杆头等。

生产机器需要经过设计和制造两个阶段。机械设计是根据使用要求对机械的工作原理、结构、运动方式、力和能量的传递方式、各个零件的材料和形状尺寸、润滑方法等进行构思、分析和计算，并将其转化为具体的描述，以作为制造依据的工作过程。机械制造是指把原材料按照设计的要求变为成品的全过程。

制造阶段将原料（毛坯）制成零件，一般需要经过毛坯生产和机械加工两个阶段。为了改善材料的性能，还要进行热处理。图 1-1 所示为轴毛坯图，图 1-2 所示为轴零件。

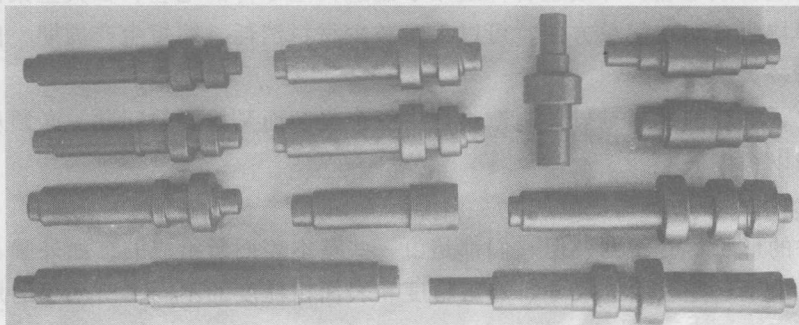


图 1-1 轴毛坯图

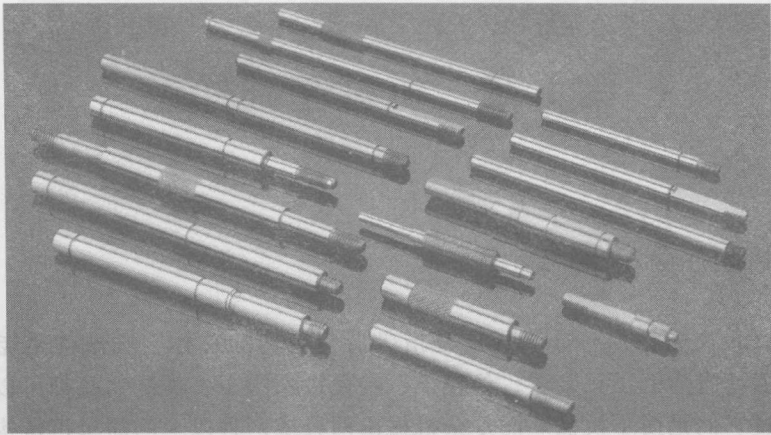


图 1-2 轴零件

一个零件的制造过程往往有很多不同的方案。工艺过程的设计，就是根据零件的尺寸形状、技术要求以及现有设备等情况，选择合适的毛坯和机械加工方法，使零件的制造最经济合理，生产率最高，成本最低。

1. 毛坯的种类和选择

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——适用于强度要求较高、形状比较简单的零件毛坯。
- 3) 冲压件——适用于中小尺寸的板料零件，一般可不再经过切削加工，用于成批大量生产。
- 4) 型材——它是钢锭经轧制、挤压或拉制的方法制成的原材料，有较高的机械性能。热轧型材的尺寸较大，精度低，用于做一般零件的毛坯。拉制的型材尺寸较小，精度较高，用于制造中小型零件，适合自动机床加工。
- 5) 焊接组合件——它是将板料、锻压件、铸件、型材或机械加工的半成品，通过焊接组合成毛坯。焊接组合件适用于制造大型零件的毛坯，如大型柴油机的缸体等。焊接组合制造简单方便，可以大量减少材料消耗，缩短生产周期，但焊接件的热变形较大。

总之，毛坯的选择是机器制造过程中一个复杂而又重要的问题，必须从各个方面综合加以考虑。

2. 零件表面的加工

零件的形状尽管不同，但它们都是由一些基本表面所组成的，如外圆、内圆和平面等。由于这些表面的尺寸、加工精度和表面粗糙度的不同，所采用的加工方法也不一样。

- (1) 外圆加工 在各种机器和仪器、仪表中，轴类、套类和盘类零件的主要

表面是外圆面。外圆加工的主要方法是车削和磨削。通常车削用于粗加工和半精加工,磨削主要用于精加工。

(2) 孔加工 机器中带孔的零件也很普遍。一般情况下,加工孔要比加工外圆困难些。因为孔加工刀具的尺寸要受到孔径的限制,而且切削过程中工件的冷却、排屑和测量等都不方便,特别是加工直径小的深孔,刀杆细,刚性差,困难更大。因此,加工同样精度等级的孔比加工外圆需要更多的工序,花费更多的时间。

(3) 平面加工 箱体、盘形和板形零件的主要表面是平面。平面的技术要求除了表面粗糙度以外,常常还要考虑其形状和位置精度,如垂直度和平行度等。

平面可用车、铣、刨和磨等方法加工。轴套类和盘类零件的端平面,通常在车床上一次装夹后与外圆或内孔同时加工出来,这样既容易保证它们之间的相互垂直,同时也节省了辅助时间。铣削和刨削是平面加工的主要方法。刨削适用于单件小批生产或加工狭长的平面。铣削加工具有较高的生产率,在成批大量生产中均以铣代刨。刨削和铣削多用于平面的精加工或半精加工。

1.2 零件的生产过程

1.2.1 铸造毛坯零件

铸造是将金属熔炼成符合一定要求的液体并浇进铸型里,如图1-3所示,经冷却凝固、清理处理后得到有预定形状、尺寸和性能的铸件的工艺过程。铸造毛坯因近乎成型,从而达到免机械加工或少量加工的目的,降低了成本,并在一定程度上减少了制作时间。铸造是现代装备制造业的基础工艺之一。

零件的使用要求决定了毛坯形状特点,各种不同的使用要求和形状特点,形成了相应的毛坯成形工艺要求。零件的使用要求具体体现在对其形状、尺寸、加工精度、表面粗糙度等外部质量,以及对其化学成分、金属组织、力学性能、物理性能和化学性能等内部质量的要求上。铸造毛坯适合做形状复杂的零件,形状复杂的毛坯一般采用铸造方法制造,薄壁零件不宜用砂型铸造。图1-4所示为减速箱铸造毛坯件。

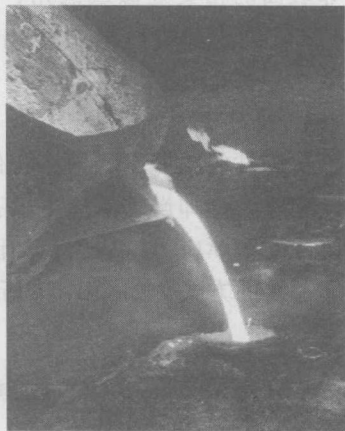


图1-3 铸造

1. 起模斜度

铸造类毛坯件，为了便于在砂型中取出模样，在铸件的内外壁上沿起模方向常设计出一定的斜度，称为起模斜度（或叫铸造斜度），如图 1-5 所示。起模斜度的大小通常为 $1:100 \sim 1:20$ ；用角度表示时，手工造型木模样为 $1^\circ \sim 3^\circ$ ，金属模样为 $1^\circ \sim 2^\circ$ ，机械造型金属模样为 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ 。起模斜度的大小一般为 0.5° 、 1° 、 2° ，最大为 3° 。

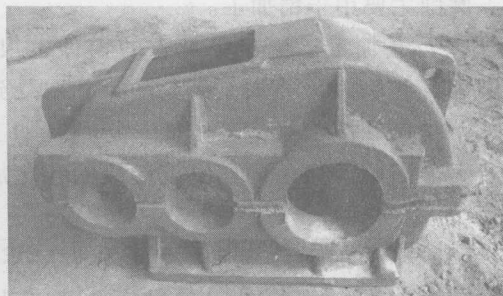


图 1-4 减速箱铸造毛坯件

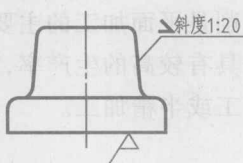
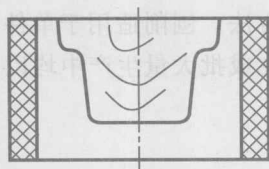


图 1-5 起模斜度

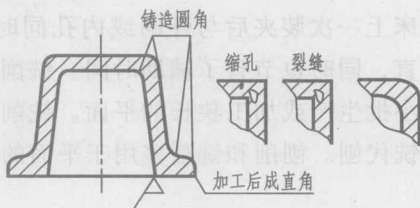


图 1-6 铸造圆角

2. 铸造圆角

为便于铸件造型，避免从砂型中起模时砂型转角处落砂及浇注时铁液将砂型转角处冲毁，防止铸件转角处产生裂纹、组织疏松和缩孔等铸造缺陷，通常将铸件上相邻表面的相交处做成圆角，称为铸造圆角。铸造圆角半径一般取壁厚的 $0.2 \sim 0.4$ 倍，可从有关标准中查出。铸造圆角的大小一般取 $R = 3 \sim 5\text{mm}$ ，如图 1-6 所示。

3. 铸件壁厚

若铸件的壁厚不均匀，铸件在浇注后，因各处金属冷却速度不同，壁厚处先凝固，壁厚处冷却慢，易产生缩孔，或在壁厚突变处产生裂纹，如图 1-7c 所示。因此铸件的壁厚应尽量均匀，如图 1-7b 所示。当必须采用不同壁厚连接时，应采用逐渐过渡的方式，如图 1-7a 所示。铸件的壁厚尺寸一般直接注出。

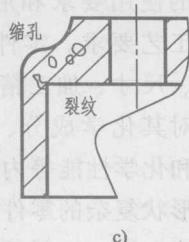
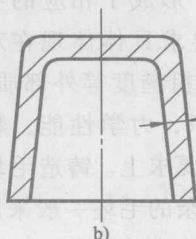
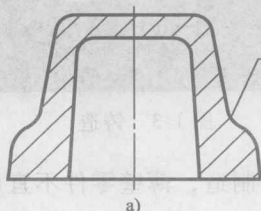


图 1-7 铸件壁厚

为了便于制模、造型、清砂、去除浇冒口和机械加工,铸件形状应尽量简化,外形尽可能平直,内壁应减少凸凹结构,如图 1-8b 所示为合理结构,图 1-8a 所示为不合理结构。

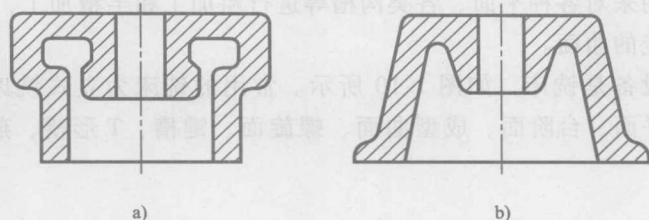


图 1-8 铸件内外结构形状应简化

a) 不合理 b) 合理

1.2.2 加工零件

1. 车削加工

车削加工是在车床上利用车刀对工件的旋转表面进行切削加工的方法。它主要用来加工各种轴类、套筒类及盘类零件上的旋转表面和螺旋面,其中包括:内外圆柱面、内外圆锥面、内外螺纹、成型回转面、端面、沟槽以及滚花等。此外,还可以钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等。车削加工总的来说是外圆表面的粗加工方法。

车削加工设备是车床,如图 1-9 所示。常用的车床为卧式车床,大型零件往往在立式车床上进行加工,自动化加工常常在车削加工中心上进行,大批量生产中 also 采用专用车床进行加工(如凸轮轴车床)。

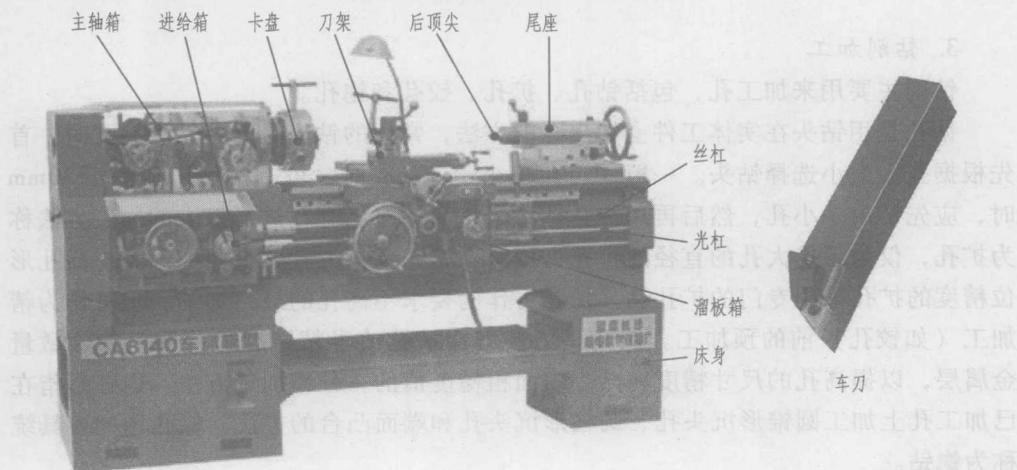


图 1-9 CA6140 型卧式车床

卧式车床的工艺范围十分广泛，能车削内外圆柱面、圆锥面、环槽及各种螺纹，还可以进行钻孔、扩孔、攻螺纹和滚花等。

2. 铣削加工

铣削主要用来对各种平面、各类沟槽等进行粗加工和半精加工，用成型铣刀也可以加工出固定的曲面。

铣削加工设备是铣床，如图 1-10 所示。常用的铣床为立式铣床。概括而言，铣削可以加工平面、台阶面、成型曲面、螺旋面、键槽、T 形槽、燕尾槽、螺纹、齿轮等。

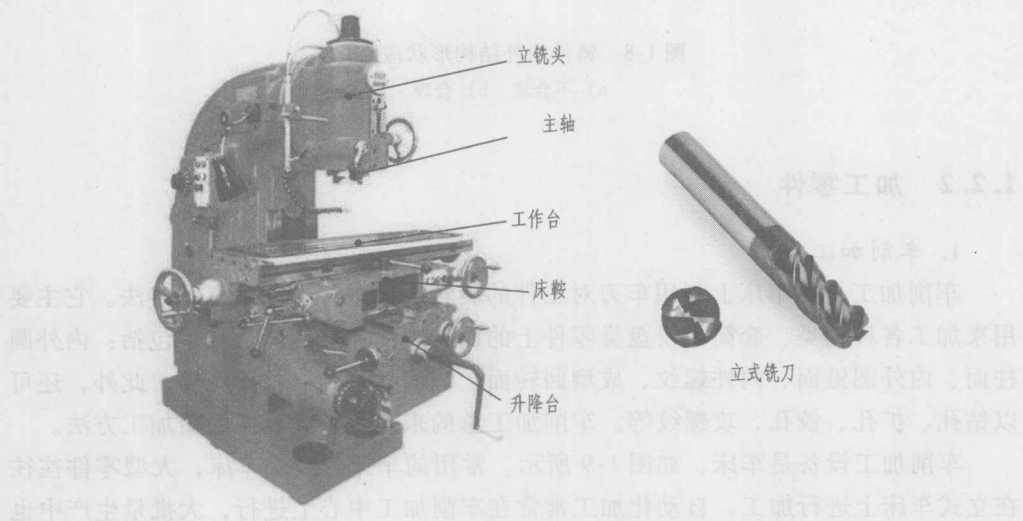


图 1-10 X5032b 型立式铣床

3. 钻削加工

钻削主要用来加工孔，包括钻孔、扩孔、铰孔和铰孔。

钻孔是用钻头在实体工件上钻出孔的方法，常用的钻头是麻花钻。钻孔时，首先根据孔径大小选择钻头。一般，当孔径小于 30mm 时，可一次钻出；大于 30mm 时，应先钻出一小孔，然后再用扩孔钻将其扩大。对已有孔进行扩大的加工方法称为扩孔，仅为了扩大孔的直径的扩孔可用麻花钻，在扩大孔的直径的同时提高孔形位精度的扩孔采用专门的扩孔钻。扩孔可作为要求不高孔的最终加工，也可作为精加工（如铰孔）前的预加工。铰孔是用铰刀在扩孔或半精镗后的孔壁上切除微量金属层，以提高孔的尺寸精度和减小表面粗糙度值的一种精加工方法。铰孔是指在已加工孔上加工圆锥形沉头孔、圆柱形沉头孔和端面凸台的方法。铰孔用的刀具统称为铰钻。

钻削加工中常用的设备是钻床（图 1-11），有台式钻床、立式钻床和摇臂钻床。

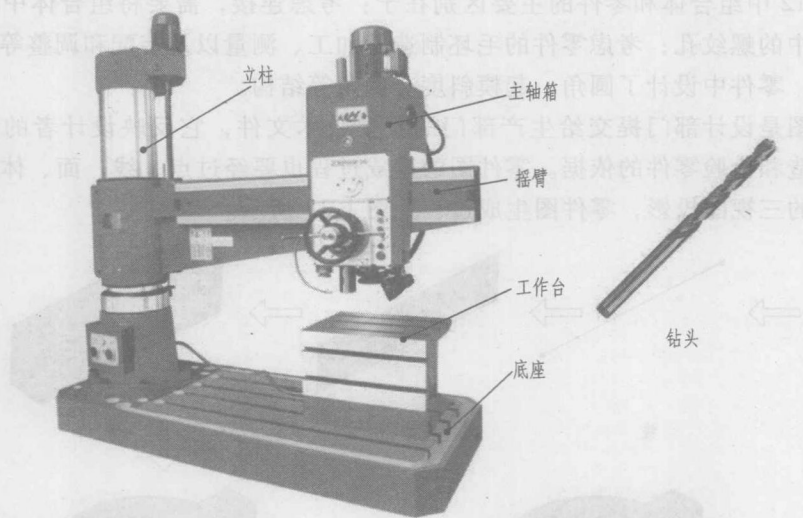


图 1-11 3032 型摇臂钻床

1.3 机械图的形成

机器或部件的设计阶段，一般是先设计画出装配图，然后再根据装配图进行零件设计，画出零件图。零件图是生产中指导制造和检验该零件的主要图样，它不仅把零件的内外结构形状和大小表达清楚，还需要对零件的材料、加工、检验、测量提出必要的技术要求，包含了制造和检验零件的全部技术资料。

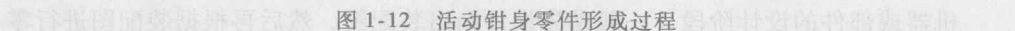
机器或部件的制造阶段，先根据零件图进行零件加工和检验，再按照依据装配图所制定的装配工艺规程将零件装配成机器或部件；在产品或部件的使用、维护及维修过程中，也经常要通过装配图来了解产品或部件的工作原理及构造。零件图与装配图之间反映了整体与局部的关系，彼此互相依赖，非常密切。

零件图和装配图作为设计和制造过程重要的技术资料，为了让每位技术人员都能够绘制和阅读工程图样，自由交流技术思想，对图样的画法、尺寸标注、表面粗糙度等都必须要做统一的规定，这个规定就是国家标准。

1. 零件图的生成

以台虎钳中的活动钳身为例说明。活动钳身是台虎钳中的一般零件，活动钳身零件的形成过程如图 1-12 所示，经由点、线、面、体、组合体最后生成零件。活动钳身零件较为复杂，因此一般都假想并抽象成组合体进行分析，组合体是由基本体（简单立体）经过叠加、切割等方式形成；基本体又是由基础的点、线、面组成；在组合体的基础上综合考虑零件在机器中的功能、工艺要求以及美观、经济等因素，确定出零件的结构形状和尺寸。

零件图是设计部门提交给生产部门的重要技术文件，它反映设计者的设计意图，是制造和检验零件的依据。零件图的生成过程也要经过点、线、面、体的投影和组合体的三视图投影，零件图生成过程如图 1-13 所示。



组合体三视图与零件图的主要区别在于：组合体是简单的点、线、面、体的投影，零件图涉及机器（或部件）对零件的要求，同时还涉及结构和制造的可能性与合理性，因此零件图需要有一定的设计和工艺知识才能完成。

由活动钳身零件及零件图生成过程可见，任何零件的生成都是由点开始并按照一定的规律进行投影，因此点、线、面、体等投影的基本知识和基本原理是设计、绘制零件图的基础。

2. 机器或部件图的形成

若若干个零件按照一定的装配关系装配形成机器或部件。在设计的过程中首先要根据设计的要求设计机器或部件的整体结构，其次再根据整体结构的需要设计零件。

装配图是设计部门提交给生产部门的重要技术文件，它反映设计者的设计意图，是设计、装配、调整、检验、安装、使用和维修的依据。装配图的生成过程是经过点、线、面、体的投影和组合体的三视图投影以及多组合体的三视图投影叠加最后生成装配图。

多组合体三视图与装配图的主要区别在于：多组合体是简单的组合体叠加，装配图要反映出机器或部件的工作原理、性能要求、零件间的装配关系和零件的主要结构形状，以及在装配、检验、安装时所需要的尺寸数据和技术要求。

随着计算机辅助设计（CAD）技术的应用和发展，计算机辅助绘图技术和设计理念也发生了很大的变化。从最初的先画装配图，由装配图拆画零件图演变为先画零件和装配体，再由装配体生成装配图和零件图，即从二维设计演变为三维设计。三维CAD是新一代数字化、虚拟化、智能化设计平台的基础，是培育创新型人才的重要手段。在当前制造业全球化协作分工的大背景下，我国企业广泛、深入应用三维设计技术，院校加大三维创新设计方面的教育，已是大势所趋。

以台虎钳为例说明，首先根据设计要求和设计意图手绘草图，建立部件或机器各零部件之间的整体关系，分析出各个结构部分的相对位置及消隐关系，同时手绘三视图；依据确立的总体尺寸和功能尺寸要求进行零件三维建模设计，将设计好的零件按照装配关系装配、校核形成装配体，在软件中将装配体进行二维工程图转换形成装配图，将零件进行二维工程图转换形成零件图，台虎钳装配图生成过程如图1-14所示。

本书的设计理念和设计思路是以三维实体模型生成二维装配图和零件图为主线，将工程实例贯穿于全书，点、线、面、体投影的基本规律以及组合体、零件、机器或部件等的分析都取自于本章所讲述的典型结构中，力求通过本书的学习让学生能够掌握机器及零部件设计的基本思路和基本过程，为后续计算机绘图打下良好的基础。