

普通高等教育“十三五”规划教材

机械制图

于春艳 陈 光 主编

刘玉杰 李力强 副主编



化学工业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

机械制图

于春艳 陈 光 主编

刘玉杰 李力强 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书为普通高等教育“十三五”规划教材，全书采用近期颁布的国家标准编写。全书共分十章，主要包括：制图的基本知识和技能，正投影基础，基本体及表面交线的投影，轴测图，组合体，机件的表达方法，标准件和常用件，零件图，装配图，展开图与焊接图等。本书内容将基础理论与工程应用有效地结合起来，以强化应用、培养画图和看图能力为教学重点，结合工程实例，做到理论联系实际。根据学科知识的逻辑性、系统性、规律性，在不同阶段、不同环节，对学生进行不同程度的空间思维能力、形体表达能力的训练，每一章节后面均设有本章小结、复习思考题等内容。

本书配有《机械制图习题集》，可与教材配套使用。

本书可作为普通高等院校机械类各专业的机械制图课程教材（参考教学时数为56~104学时），也可作为高职高专院校及各类成人教育学校相关课程教材。

图书在版编目（CIP）数据

机械制图/于春艳，陈光主编. —北京：化学工业出版社，2017.12
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-31219-8

I. ①机… II. ①于… ②陈… 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（2017）第 314160 号

责任编辑：满悦芝
责任校对：宋 夏

装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）
印 刷：三河市延风印装有限公司
装 订：三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张16¼ 字数416千字 2018年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899
网 址：<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：45.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书依据教育部高等学校工程图学教学指导委员会于2010年制定的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》，结合机械类各专业应用型人才培养的目标和要求，遵照“强化应用，培养画图和看图能力为教学重点”的原则编写而成。

本书具有如下特点：

(1) 先进性 教材中所涉及的术语、定义和标准等，均采用全新版的国家标准《技术制图》和《机械制图》的相关内容，书中的图样体现标准化。

(2) 实用性 全书内容以必需、够用为度，适当地简化了画法几何部分的内容，加强了综合应用能力的培养。各章节例题从工程实际需要出发，着重论述解题的分析方法，作图步骤简明、扼要，便于读者加深理解基本理论，从而提高分析和图解问题的能力。

(3) 重点突出 本教材以培养学生绘制和阅读工程图样的能力为目标，在满足工科院校教学基本要求的基础上，突出画图、看图能力的培养。

(4) 插图精美 教材中采用的大量图形，均使用计算机绘图软件绘制，图形准确、秀美、立体感强，采用双色印刷，图示重点突出、解题思路清晰。

(5) 方便学习 为了帮助学生进行知识梳理，提高课堂学习效率，在各章节后均设有本章小结、复习思考题等内容，便于学生复习、总结学习内容。为了利于学生学习，巩固教材中的知识，另有《机械制图习题集》与本教材配套使用。

教材在知识结构方面可分为三大部分：①画法几何，包括投影法、点线面投影、立体及其表面交线等内容；②制图基础，包括制图的基本知识和技能、组合体、轴测图、形体表达方法等内容；③机械图，包括标准件与常用件、零件图、装配图、展开图和焊接图等内容。教学时，可根据各专业的需要对内容做不同的取舍。

本书可作为普通高等院校机械类专业的机械制图课程教材（参考教学时数为56~104学时），也可作为高职高专院校及各类成人教育学校相关课程教材。

本书由于春艳、陈光任主编，刘玉杰、李力强任副主编，参加本书编写的人员还有吕苏华、田福润。具体编写分工如下：陈光编写第一、六章，李力强编写第二、四章，刘玉杰编写第三、七章，于春艳编写第五、八章，田福润编写第十章，吕苏华编写第九章。

本书由长春工程学院程晓新主审，审稿人对本书初稿进行了详细的审阅和修改，提出许多宝贵意见。在此表示衷心感谢。

在编写过程中，编者参考了一些同类教材，特向文献的提供者们表示感谢。由于编者水平所限，书中不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

2018年4月

目 录

绪论	1
第一章 制图的基本知识和技能	3
第一节 制图国家标准的基本规定	3
第二节 绘图工具及其使用	13
第三节 几何作图	17
第四节 平面图形的分析及画法	21
第五节 徒手绘图	23
本章小结	27
复习思考题	27
第二章 正投影基础	28
第一节 投影法概述	28
第二节 三视图的形成及投影规律	30
第三节 点、直线、平面的投影	36
本章小结	52
复习思考题	53
第三章 基本体及表面交线的投影	55
第一节 基本体的投影	55
第二节 平面与立体相交	61
第三节 立体与立体相贯	69
本章小结	73
复习思考题	73
第四章 轴测图	75
第一节 轴测图的基本概念	75
第二节 正等轴测图	76
第三节 斜二轴测图	82
第四节 轴测草图的画法	84
本章小结	88
复习思考题	89

第五章 组合体	90
第一节 组合体的构成及形体分析	90
第二节 组合体三视图的画法	93
第三节 组合体的尺寸标注	97
第四节 组合体视图的识读	102
本章小结	113
复习思考题	113
第六章 机件的表达方法	115
第一节 视图	115
第二节 剖视图	118
第三节 断面图	128
第四节 局部放大图和其他表达方法	130
第五节 综合举例	133
第六节 第三角投影法简介	136
本章小结	138
复习思考题	139
第七章 标准件和常用件	141
第一节 螺纹及螺纹紧固件	141
第二节 齿轮	154
第三节 键和销	158
第四节 滚动轴承	161
第五节 弹簧	163
本章小结	166
复习思考题	167
第八章 零件图	168
第一节 零件图概述	168
第二节 零件图视图的选择	169
第三节 零件图的尺寸标注	171
第四节 零件图上技术要求的注写	175
第五节 零件结构工艺性简介	187
第六节 常见典型零件的图例分析	191
第七节 读零件图	196
第八节 零件测绘	198
本章小结	203
复习思考题	204

第九章 装配图	206
第一节 装配图的作用和内容	206
第二节 装配图的表达方法	208
第三节 装配图的尺寸标注和技术要求	210
第四节 装配图的零、部件序号及明细栏	211
第五节 装配结构的合理性	213
第六节 装配图的画法	215
第七节 读装配图和由装配图拆画零件图	221
本章小结	225
复习思考题	227
第十章 展开图与焊接图	228
第一节 展开图	228
第二节 焊接图	235
本章小结	239
复习思考题	239
附录	240
参考文献	254

绪 论

图样是指在工程技术中,根据投影原理、标准或有关规定表示工程对象,并标有必要的技术说明的图。图样和文字一样,是人类借以表达、构思、分析和交流思想的基本工具,在技术上得到广泛的应用。工程图样也称为“工程界的语言”,是工业生产中的重要技术文件之一。

本书所研究的图样主要是机械图样。

一、本课程的地位、性质和任务

“机械制图”是工程类专业的一门必修技术基础课,是研究绘制和阅读机械图样,图解空间几何问题的理论和方法的技术基础学科。主要包括正投影理论和国家标准《技术制图》《机械制图》的有关规定。

本课程的主要任务和要求如下:

- (1) 学习、贯彻国家标准有关机械制图的各项规定。
- (2) 掌握徒手绘图、尺规绘图的作图方法。
- (3) 掌握正投影的基本理论及其应用。
- (4) 培养以图形为基础的形象思维能力。
- (5) 培养并发展空间想象能力和空间分析能力。
- (6) 掌握绘制及阅读工程图样的基本方法和技能。
- (7) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

二、本课程的学习方法

绘制和阅读机械图样是本课程学习的重点内容,因此,在学习中首先要注意掌握正投影的原理,并运用正投影的原理去解决读图和绘图中的实际问题。

(1) 强调实践性 机械制图课程是一门既有系统理论,又注重实践的技术基础课。要学好本课程,必须在理解基本理论和基本概念的基础上,通过实践,培养和建立空间想象能力与空间分析能力,提高画图能力与看图能力。因此,学生应认真、及时、独立地完成习题及绘图的训练。

(2) 注重空间想象能力的培养 在培养绘制和阅读工程形体和机件的图样的基本能力时,必须将空间想象能力及空间思维能力与投影分析和工程图样绘制过程紧密结合,注意空间形体与其投影之间的相互联系,通过“由物到图,再从图到物”进行反复研究和思考,逐步提高学生的空间逻辑思维能力和形象思维能力。

(3) 掌握正确的分析方法 在学习中,一般对理论的理解并不难,难的是理论在画图与看图中的实际应用。因此,必须注意掌握正确的画图步骤和分析解决问题的方法,将空间的解题步骤落实到投影图上,以便准确、快速地画出图形。切忌一拿到题目不经分析就盲目动手做题。

(4) 培养自学能力 在学习本课程的过程中,应注重自学能力的培养,通过及时复习和

进行阶段小结,逐步提高分析问题和解决问题的能力。学会通过自己阅读作业提示和查阅教材来解决习题和绘图训练中的问题,作为培养今后查阅有关标准、规范、手册等资料来解决工程实际问题的能力的基础。要有意识、逐步地将以往的应试学习向高等工科院校学以致用转变。

(5) 培养严谨的工作作风 工程图样是指导施工和制造的主要依据。因此绘制工程图样时,一定要做到:图形正确、表达清晰、图面整洁。如有错误或表达不清楚,则不仅会给施工或制造带来困难,而且还会造成财产损失。因此,在该课程的学习过程中,要养成认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风,避免在工程实践中画错和看错图样,造成重大损失。

三、机械制图的发展概况

语言、文字和图形是人们进行交流的主要方式,而在工程界,为了正确表示出机器及设备的形状、大小、规格和材料等内容,通常将物体按一定的投影方法和技术规定表达在图纸上,这种根据正投影原理、国家标准或有关规定绘制图形,表示工程对象,并有必要的技术说明的图,就称为工程图样。设计人员用图样来表达设计对象(绘图),生产者依据图样了解设计要求(读图)、组织制造产品,因此,工程图样常被称为工程界的语言。

我国是历史文化悠久的国家,在绘图技术方面有着辉煌的成就。根据史料记载,早在春秋战国时代的著作《周礼·考工记》中,已有关于制图工具如规、矩、绳、墨等的记载,其中规就是圆规,矩是直角尺,绳是木工画法的墨绳;在汉代《周髀算经》里已有“勾三股四弦五”正确绘制直角的方法;宋代李诫(字明仲)所著《营造法式》(1103年刊行),是我国历史上较早的一部建筑技术经典著作,书中印有大量的建筑图样,与用近代投影法所作图样比较,基本相似。而后,明朝宋应星编《天工开物》(1637年)以及其他技术书籍,也有大量图样的记载。

为使人们对图样中涉及的格式、文字、图线、图形简化和符号含义有一致的理解,我国于1959年制定了机械制图国家标准,而后不断地修订,并且参加了国际标准化组织 ISO/TC10,力图尽快与国际接轨。

到20世纪80年代,计算机图形学、计算机辅助设计(CAD)、计算机绘图在我国得到迅猛发展,除了国外一批先进的图形、图像软件如 AutoCAD、CADkey、Pro/E 等得到广泛使用外,我国自主开发的一批国产绘图软件,如天正建筑 CAD、开目 CAD、凯图 CAD 等也在设计、教学、科研生产单位中得到广泛使用。随着我国现代化建设的迫切需要,计算机技术将进一步与机械制图结合,计算机绘图和智能 CAD 将进一步得到深入发展。

第一章

制图的基本知识和技能

图样是生产过程中的重要技术资料 and 主要依据。在画图和看图过程中，首先应对制图的基本知识有所了解。基本知识内容包括技术制图的基本规定，绘图工具的正确使用，几何图形的作图方法，以及画图的基本技能等。

第一节 制图国家标准的基本规定

作为指导生产的技术文件，工程图样必须有统一的标准。这些标准对科学地生产和图样的管理起着重要作用，在绘图时应熟悉并严格遵守国家标准的有关规定。

国家标准简称“国标”，代号为“GB”，如《技术制图 图纸幅面和格式》(GB/T 14689—2008)中，“GB/T”为推荐性国家标准，“14689”为标准的编号，“2008”为标准发布的年号。除“GB/T”外，国家标准中还有“GB/Z”指导性国家标准、“GB”强制性国家标准。

《技术制图》标准对图纸幅面、比例、图线和字体等均有明确规定。

一、图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)、标题栏 (GB/T 10609.1—2008)

1. 图纸幅面尺寸

绘制技术图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。必要时，也允许按照国家标准

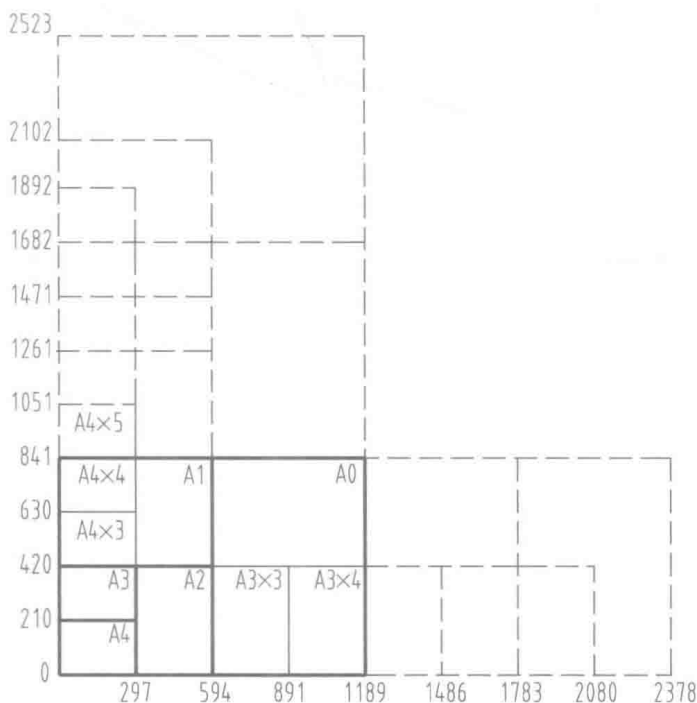


图 1-1 基本幅面与加长幅面的尺寸

规定的方法使用加长幅面，这些幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出，如图 1-1 所示。图 1-1 中，粗实线所示为基本幅面（第一选择），细实线所示为加长幅面（第二选择），虚线所示为规定的加长幅面（第三选择）。

表 1-1 图纸幅面和边框尺寸 单位：mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为留装订边和不留装订边两种，但同一产品的图样只能采用一种格式。其格式分别如图 1-2 和图 1-3 所示，尺寸见表 1-1 中的规定。加长幅面的图框尺寸，按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。

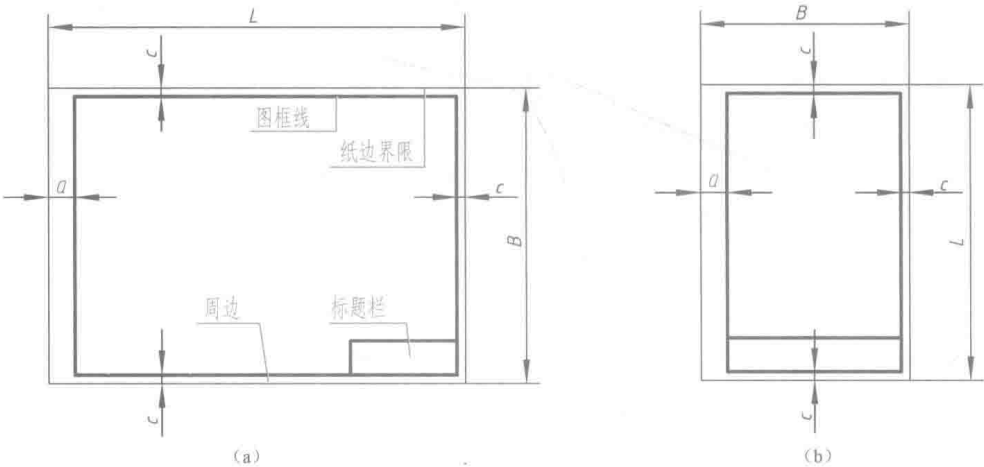


图 1-2 留装订边图纸的图框格式
(a) X 型；(b) Y 型

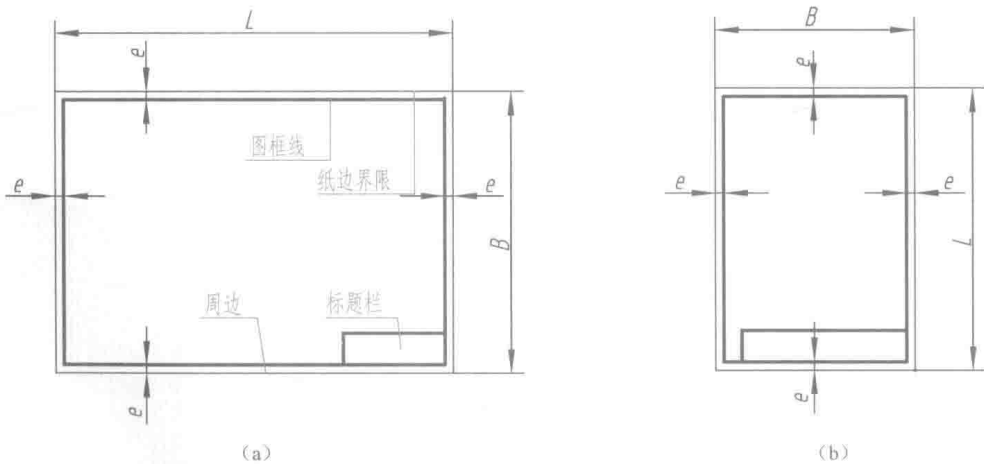


图 1-3 不留装订边图纸的图框格式
(a) X 型；(b) Y 型

3. 标题栏

(1) 标题栏的方位 每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的位置应位于图纸的右下角,如图 1-2 和图 1-3 所示。标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时,则构成 X 型图纸;若标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸。在此情况下,看图的方向与看标题栏的方向一致。

(2) 标题栏的格式和尺寸 《技术制图 标题栏》(GB/T 10609.1—2008)对标题栏的格式和尺寸做了详细规定,标题栏各部分尺寸与格式见图 1-4。其中涉及内容项目较多。

(3) 建议制图作业的标题栏采用图 1-5 所示的简化格式。

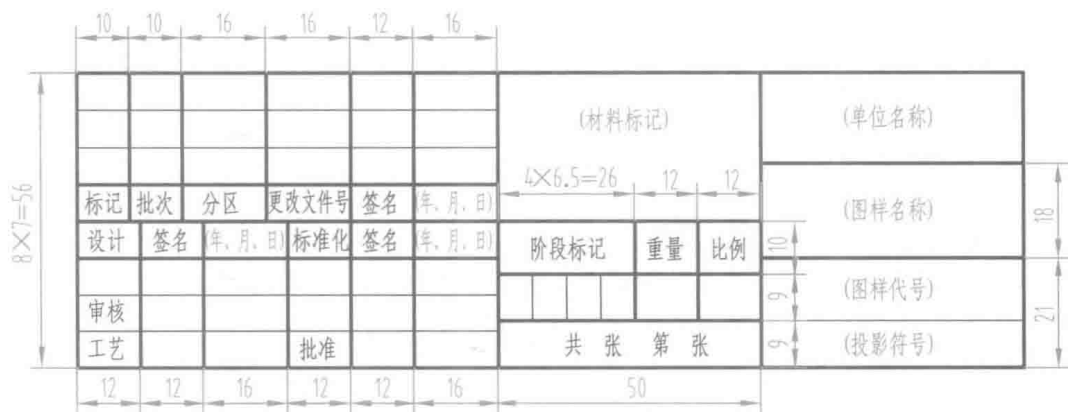


图 1-4 标题栏的格式

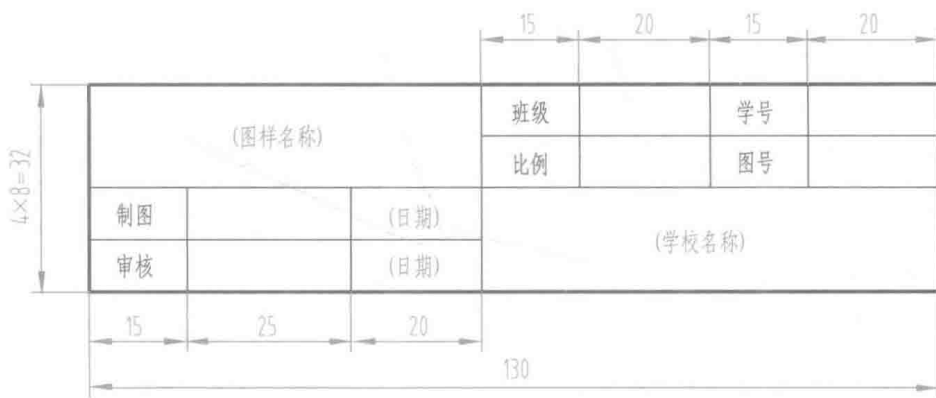


图 1-5 学校用简化标题栏

二、比例 (GB/T 14690—1993)

1. 比例术语

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比值为 1 的比例称为原值比例 (1:1); 比值大于 1 的比例称为放大比例 (如 2:1); 比值小于 1 的比例称为缩小比例 (如 1:2)。

2. 比例系列

需要按比例绘制图样时，应尽量选择原值比例，若需要进行其他选择，需符合表 1-2 中的规定，在系列中选取适当的比例。

表 1-2 比例

种类	优先选用比例	允许选用比例
原值比例	1 : 1	
放大比例	5 : 1 5 × 10 ⁿ : 1 2 : 1 2 × 10 ⁿ : 1 1 : 10 ⁿ : 1	4 : 1 4 × 10 ⁿ : 1 2.5 : 1 2.5 × 10 ⁿ : 1
缩小比例	1 : 2 1 : 5 1 : 10 1 : 2 × 10 ⁿ 1 : 5 × 10 ⁿ 1 : 1 × 10 ⁿ	1 : 1.5 1 : 2.5 1 : 3 1 : 4 1 : 6 1 : 1.5 × 10 ⁿ 1 : 2.5 × 10 ⁿ 1 : 3 × 10 ⁿ 1 : 4 × 10 ⁿ 1 : 6 × 10 ⁿ

注：n 为正整数。

3. 比例标注方法

- (1) 比例符号应以 “:” 表示 比例表示方法如 1 : 1、1 : 500、20 : 1 等。
- (2) 比例一般应标注在标题栏中的比例栏内 必要时，可在视图名称的下方或右侧标注

比例，如 $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A}{1:100}$ 、 $\frac{B-B}{2.5:1}$ 。

三、字体 (GB/T 14691—1993)

在图样上除了用图形表达机件的形状外，还需要用文字和数字注明机件的大小、技术要求及其他说明。

1. 字体的书写要求

字体书写必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

2. 字体的号数

字体的高度代表字体的号数。字体高度（用 h 表示）的公称尺寸系列为：1.8mm，2.5mm，3.5mm，5mm，7mm，10mm，14mm，20mm。如需要书写更大的字，其字体高度应按√2 的比例递增。

3. 汉字

图样及说明中的汉字应写成长仿宋字，大标题、图册封面、地形图等的汉字也可以写成其他字体，但应易于辨认。汉字的书写应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字高度 h 不应小于 3.5mm，其字宽一般为 h/√2。

仿宋字的笔画要横平竖直，注意起落，现介绍常用笔画的写法及特征（见表 1-3）。

- (1) 横画基本要平，可略向上自然倾斜，运笔起落略顿一下笔，使两端形成小三角，但应一笔完成。
- (2) 竖画要铅直，笔画要刚劲有力，运笔同横画。
- (3) 撇的起笔同竖，但是随斜向逐渐变细，运笔由重到轻。
- (4) 捺的运笔和撇的运笔相反，起笔轻而落笔重，终端稍顿笔再向右尖挑。
- (5) 挑画是起笔重，落笔尖细如针。
- (6) 点的位置不同，其写法不同，多数的点是起笔轻而落笔重，形成上尖下圆的形象。
- (7) 竖钩的竖同竖画，但要挺直，稍顿后向左上尖挑。
- (8) 横钩由两笔组成，横同横画，末笔应起重落轻，钩尖如针。
- (9) 弯钩有竖弯钩、斜弯钩和包钩三种，竖弯钩起笔同竖画，由直转弯过渡要圆滑，斜弯钩的运笔要由轻到重再到轻，转变要圆滑，包钩由横画和竖钩组成。

长仿宋字体如图 1-6 所示。

4. 字母和数字

字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度（d）为字高（h）的十四分之一，B

表 1-3 长仿宋字体基本笔画

字体	点	横	竖	撇	捺	挑	折	钩
形状	八	一	丨	丿	㇏	㇀	𠃍	乚
运笔	㇀ ㇁	㇂	㇃	㇄	㇅	㇆ ㇇	㇈	㇉

型字体的笔画宽度 (d) 为字高 (h) 的十分之一。字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜, 与水平基准线成 75° 角。在同一图样上, 只允许选用一种形式的字体。当数字与汉字同行书写时, 其大小应比汉字小一号, 并宜写直体。其运笔顺序如图 1-7 所示。

10号字

字体工整笔画清楚间隔均匀排列整齐

7号字

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

5号字

技术制图机械电子汽车航空土木建筑矿山井坑港口纺织服装

3.5号字

螺纹齿轮端子接线飞行指导驾驶航舱位挖填施工引水通风闸阀坝棉麻化纤

图 1-6 长仿宋字体



图 1-7 字母和数字运笔顺序

字母和数字的运笔顺序和示例如图 1-8 所示。

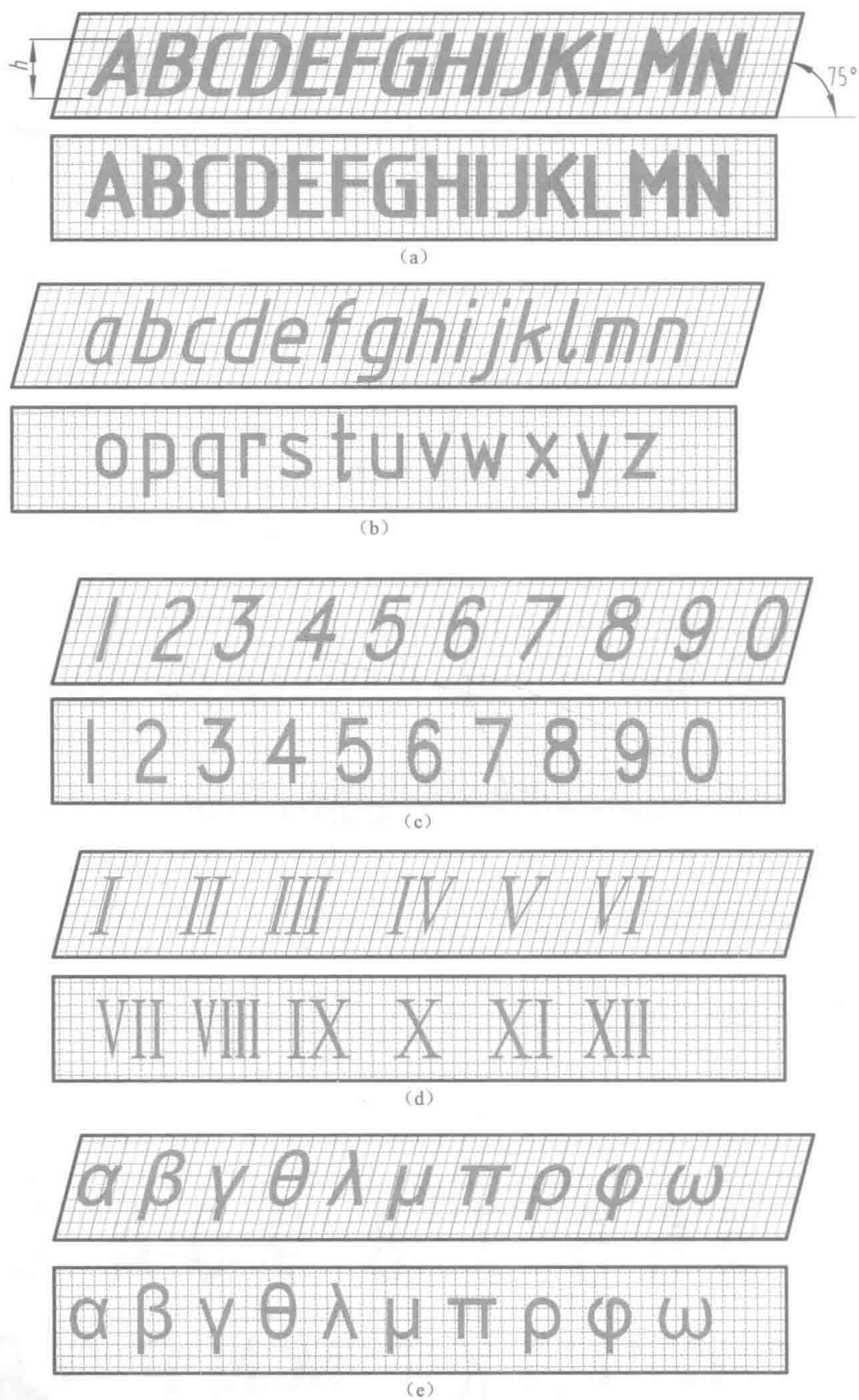


图 1-8 字母和数字的运笔顺序和示例

(a) 大写拉丁字母示例；(b) 小写拉丁字母示例；(c) 阿拉伯数字示例；
(d) 罗马数字示例；(e) 希腊字母示例

四、图线 (GB/T 4457.4—2002)

图形都是由不同的图线组成的，不同形式的图线有不同的含义，用以识别图样的结构特征。

1. 基本线型及其应用

国家标准规定基本线型见表 1-4。图 1-9 是各种图线的应用实例。

表 1-4 基本线型

代号 NO	名称		线型	宽度	用途
01	实线	粗		d	可见轮廓线
		细		$0.5d$	过渡线、尺寸线、尺寸界线、剖面线、牙底线、齿根线、引出线、辅助线等
02	细虚线			$0.5d$	不可见轮廓线
04	点画线	粗		d	有特殊要求的线或表面的表示线
		细		$0.5d$	对称中心线、轴线、齿轮节线等
基本线型的变形	细双点画线			$0.5d$	极限位置的轮廓线等
图线的组合	折断线	细		$0.5d$	断开界线
	波浪线	细		$0.5d$	断开界线

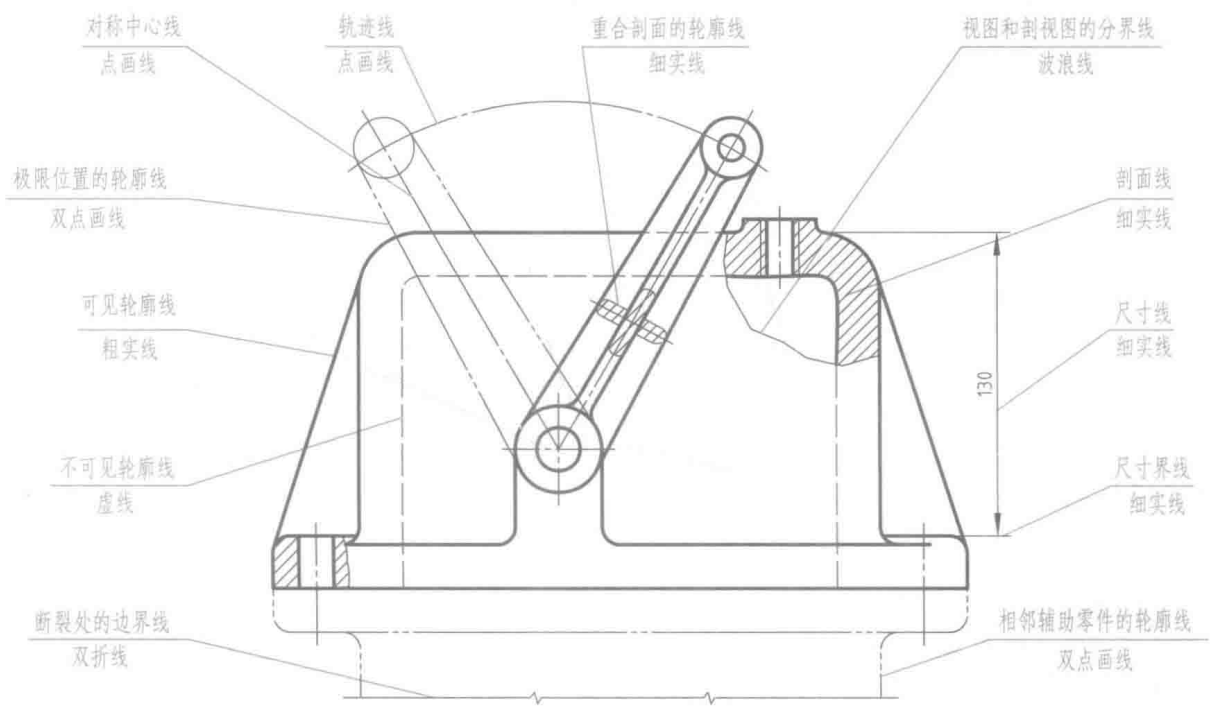


图 1-9 图线的应用实例

2. 图线的宽度

标准规定了七种图线宽度，所有线型的图线宽度 d 应按图样的类型和尺寸大小在下列数系中选择：0.25mm，0.35mm，0.5mm，0.7mm，1.0mm，1.4mm，2mm。优先采用的图线宽度是 0.5mm 和 0.7mm。在机械图样中采用粗和细两种线宽，它们之间的比例为 2 : 1，即细实线线宽为 $0.5d$ 。在制图课作业中建议采用的粗线宽为 0.7mm，细线宽为 0.35mm。

3. 图线的画法

在图纸上的图线，应做到：清晰整齐、均匀一致、粗细分明、交接正确。如图 1-9 所

示,具体画图时应注意如下几方面:

(1) 在同一张图样中,同类图线的宽度应一致。虚线、点画线、双点画线的线段长度和间隔应大致相等。

(2) 除非另有规定,两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7mm 。

(3) 绘制圆的中心线时,圆心应为长画的交点,而不得交于短画或间隔处。小圆(一般直径小于 12mm)的中心线、小图形的双点画线均可用细实线代替。中心线的两端应超出所表示的相应轮廓线 $3\sim 5\text{mm}$,如图 1-10(a)所示。

(4) 当虚线为粗实线的延长线时,之间应留有空隙。虚线与图线相交时,应在线段处相交,如图 1-10(a)所示。

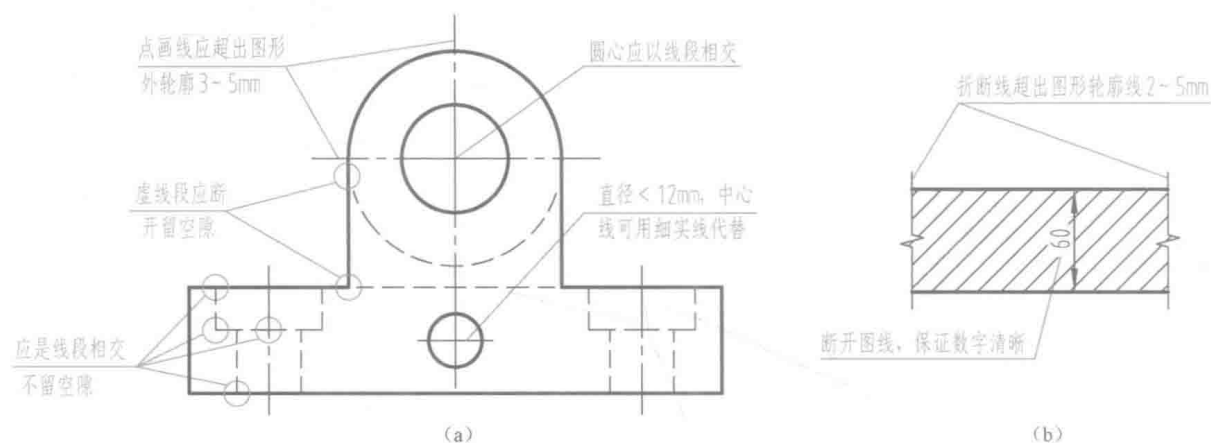


图 1-10 图线的画法

(5) 当不同线型的图线重合时,应按粗实线、虚线、点画线的先后次序选择一种线型绘制。

(6) 图线不得与文字、数字或符号重叠,不可避免时,应断开图线以保证数字等的清晰,如图 1-10(b)所示。

五、尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003、GB/T 16675.2—2012)

工程图样除了用图形表达形体的形状外,还应标注尺寸,以确定其真实大小。

1. 基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据,与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以毫米为单位时,不需标注单位符号(或名称),如采用其他单位,则应注明相应的单位符号。

(3) 图样中所标注的尺寸,为该图样所示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成及其注法

每个完整的尺寸,一般由尺寸界线、尺寸线和尺寸数字组成,如图 1-11 所示。

(1) 尺寸界线 尺寸界线用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出,也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作尺寸界线。尺寸界线一般超出尺寸线 $2\sim 3\text{mm}$,如图 1-11 所示。