



普通高等教育“十二五”规划教材

机械制图

张黎骅 张建军 主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

机械制图

张黎骅 张建军 主编

郑 严 吕小荣 张道文 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

机械制图作为工程技术人员必须掌握的技术语言,是机械工程类学科的一门技术基础课程。学生对机械制图掌握的好坏关系到他们后续专业课程的学习以及设计能力。

本书是按最新颁布的国家标准《技术制图》和《机械制图》的要求,结合近几年教学改革的经验,并参考国内外同类教材编写而成的。本书理论体系严谨,知识点明确,以机械图样的绘制和识读为主线,深入浅出地介绍了机械图样的绘制和识读的基本方法及理论,以帮助读者学会机械图样的绘制和阅读。内容包括:制图的基本知识与技能、正投影基础、立体的投影及表面展开、立体截切与相贯的投影、组合体的视图及尺寸注法、轴测投影、机械图样的表达方法、标准件和常用件的画法、零件图、装配图的识读、计算机绘图基础等 11 章。

本书适用于普通高等学校机械类、非机械类本科专业的基础课教学,也可供其他相关专业使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程制图/张黎骅,张建军主编. —北京:科学出版社

(普通高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-035678-9

I. ①机… II. ①张…②张… III. ①机械制图-高等教育-教材
IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 231819 号

责任编辑:宋 芳 艾冬冬/责任校对:王万红

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 12 月第 一 版 开本:787 × 1092 1/16

2012 年 12 月第一次印刷 印张:21 3/4

字数:510 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8602

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

为了适应教学改革的发展,满足普通高等学校机械工程以及相关专业的教学需要,并针对教学时数减少的特点,本书按照新制订的机械类“画法几何及机械制图”大纲的基本要求编写。在编写过程中,始终以培养应用型人才为目标,突出基础理论,注重实践环节,强调学以致用,力求做到内容精练、重点突出,并且便于学生自学。

本书的内容主要有四部分,即画法几何、制图基础、机械制图、计算机绘图。画法几何部分遵循认知规律,将画法几何的内容集中,并对内容作了大幅度的精简,删减了绕平行轴旋转法、立体表面的展开等部分内容,适当地减少了有关点、线、面的综合图解问题,降低了画法几何的难度,加强了手工画图的训练,以提高学生的构图能力。在机械制图部分包含了普通高等学校机械工程以及相关专业的工程图学课程的需求,并注重理论与工程实际相结合,突出培养机械形体图示表达能力和绘图基本技能。计算机绘图部分主要以提高学生的空间思维能力及培养学生实际动手能力为重点,介绍了 AutoCAD 2012 绘图软件的常用绘图命令和图形处理的基本方法,要求学生达到能够应用计算机绘制本专业的工程图样,并培养学生贯彻国家相关标准的意识。

本书由四川农业大学张黎骅、西南大学张建军任主编,西南石油大学郑严、四川农业大学吕小荣、西华大学张道文任副主编,全书由张黎骅统稿。本书编写具体分工为:四川农业大学吕小荣(第1章),四川农业大学张黎骅、李光辉、邓启国(第2、8、9章),四川农业大学曾赞(第3章),西华大学张道文(第4章),滁州学院吕小莲(第5章),浙江林学院赵超(第6章),西南大学张建军(第7章),成都大学程跃(第10章),重庆大学李伟、四川农业大学刘涛涛(第11章)。此外,四川农业大学的邓国陶、赖海六、王超、罗刚、袁敏、咎俊、曾政、王瑞、何家梅等同学在稿件整理和计算机绘图等方面做了大量工作。

本书在编写过程中,得到了同行和专家的热情帮助,也参考和借鉴了许多国内同类教材,在此特向有关作者致谢。

由于编者水平有限,本书难免存在不足之处,恳请广大读者和同行批评指正。

目 录

绪论	1
思考题	5
第1章 制图的基本知识与技能	6
1.1 制图国家标准的基本规定	6
1.2 尺寸标注	13
1.3 手工绘图工具的使用及几何作图	18
1.4 平面图形的画法	26
思考题	29
第2章 正投影基础	30
2.1 投影法概述	30
2.2 三面投影图的形成及其投影规律	32
2.3 点的投影	34
2.4 直线的投影	38
2.5 平面的投影	45
2.6 直线与平面及平面与平面的相对位置	50
* 2.7 投影变换	59
思考题	67
第3章 立体的投影及表面展开	68
3.1 平面体的投影	68
3.2 曲面体的投影	71
* 3.3 立体表面的展开	77
思考题	83
第4章 立体截交与相贯的投影	84
4.1 平面体的截交线	84
4.2 曲面体的截交线	88
4.3 立体的相贯线	94
思考题	103
第5章 组合体的视图及尺寸标注法	104
5.1 概述	104
5.2 组合体三视图的画法	108
5.3 组合体的尺寸标注	111
5.4 识读组合体的视图	119
思考题	133

第6章 轴测投影	134
6.1 轴测投影的基本知识	134
6.2 正等轴测图	136
6.3 斜二轴测图	143
思考题	146
第7章 机械图样的表达方法	147
7.1 视图——表达机件外形的方法	147
7.2 剖视图	151
7.3 断面图	165
7.4 习惯画法和简化画法	169
* 7.5 第三角画法	173
思考题	175
第8章 标准件和常用件的画法	176
8.1 螺纹的规定画法和标注	176
8.2 螺纹紧固件的画法	184
8.3 齿轮的画法	192
8.4 键和销联接的画法	200
8.5 滚动轴承的画法	205
8.6 弹簧的画法	209
思考题	212
第9章 零件图	213
9.1 零件图概述	213
9.2 零件图的视图选择	215
9.3 零件图的尺寸标注	217
9.4 零件图的技术要求	223
9.5 零件的工艺结构	231
9.6 典型零件图的分析	235
9.7 识读零件图	242
9.8 零件图的测绘及零件图的绘制	244
* 9.9 零件焊接图	250
思考题	256
第10章 装配图	257
10.1 装配图概述	257
10.2 装配图的表达方法	262
10.3 识读装配图并拆画零件图	273
10.4 部件的测绘	279
10.5 装配图与零件图的比较	285
思考题	286

第 11 章 计算机绘图基础	287
11.1 AutoCAD 的基本概念和基本操作	287
11.2 AutoCAD 的常用命令	293
11.3 AutoCAD 的辅助绘图工具和图层操作	299
11.4 AutoCAD 的文字标注及尺寸标注	303
11.5 绘图实例	308
思考题	311
附录	312
附录 A 图纸幅与格式 (GB/T 14689—1993)	312
附录 B 螺纹	313
附录 C 常用标准件	316
附录 D 滚动轴承	324
附录 E 极限与配合	327
附录 F 表面粗糙度及其应用	333
附录 G 零件倒角与倒圆	335
附录 H 常用钢铁材料	336
附录 I 金属材料的常用热处理和表面处理	337
参考文献	339

绪 论

“机械工程制图”是研究绘制机械工程图样的理论、方法和技术的一门技术基础课程,并为后续课程的学习提供了基础。机械工程制图是使用规定的方式、方法清楚地表达机器设备或机械零件的形状、结构、尺寸、材料和技术要求的技术文件。在现代工业生产中,技术人员在设计、制造、安装机械、电器、仪器仪表等各种设备时都离不开机械图样。它以投影法为理论基础,以图示为手段,以工程对象为表达内容。本章主要介绍机械工程制图课程的研究对象、目的与任务、内容与方法以及学习方法。

1. 本课程的研究对象

机械工程制图的研究对象是机械工程图样。在工程界,根据投影原理、标准或有关规定表示工程对象,并有必要的技术说明的图形文件,称为工程图样。工程图样是工程技术中一种重要的技术资料,是工程技术人员表达思想的语言,是工程技术部门广泛使用的技术交流工具。在设计机器时,设计者要通过图样来表达设计思想、意图和要求;在制造机器时,无论做毛坯、加工、检验还是装配等,都要以图样为依据;在使用机器时,使用者要通过图样来了解机器的结构特点和性能;在技术交流、科技合作时,也要用图样来交流科学技术成果和先进技术经验。为此人们通常把工程图样称为“工程界的语言”。

机械图样是使用规定的方式、方法清楚地表达机器设备或机械零件的形状、结构、尺寸、材料和技术要求的技术文件。机械图样可分为两类。一类为零件图,反映零件的形状、结构、尺寸、材料以及制造、检验时所需要的技术要求等,用以指导该零件的加工、检验。如图 0-1 所示为带轮的立体图,如图 0-2 所示为带轮的零件图,整个视图采用一个全剖面主视图和左面局部视图来清楚表达带轮零件。从图样中可以得知:绘图比例为 $1:2$,带轮的材料为 45 号优质碳素钢,两带槽中心距为 15mm,带轮总宽为 35mm,带轮最大直径为 $\phi 126\text{mm}$,带轮中心孔直径为 $\phi 22\text{mm}$,带轮加工完成后进行淬火处理等。另一类为装配图,是部件和整机装配、调试的依据,如图 0-3 所示为齿轮式机油泵的结构与组成,图 0-4 是齿轮式机油泵的装配图。齿轮式机油泵的装配图采用了三视图中的主视图和左视图来表达油泵总成各零件的装配关系。从图样中可以得知:机油泵由 17 个零件组成,每个零件的名称、数量、材料等信息可从明细表中查阅。总成总长为 118mm,总宽为 85mm,最高为 95mm,安装孔采用 $M6 \times 30$ 的螺钉,中心距为 70mm 等。装配图、零件图的作用如图 0-5 所示。

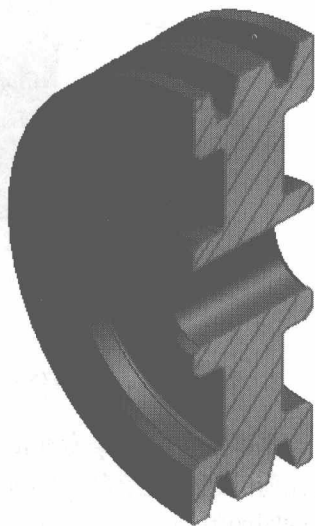


图 0-1 带轮的立体图

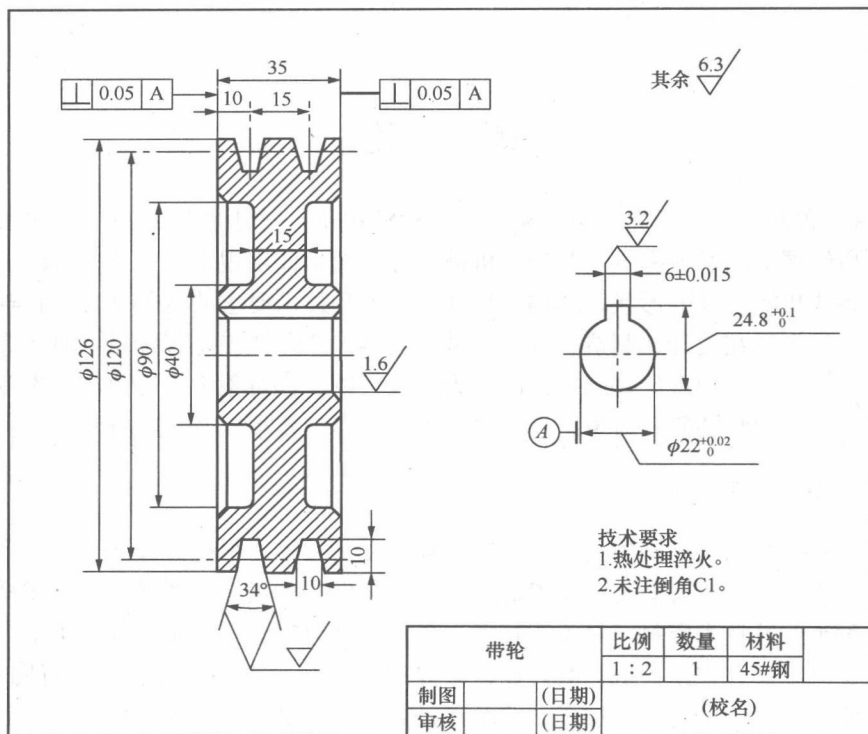


图 0-2 带轮的零件图

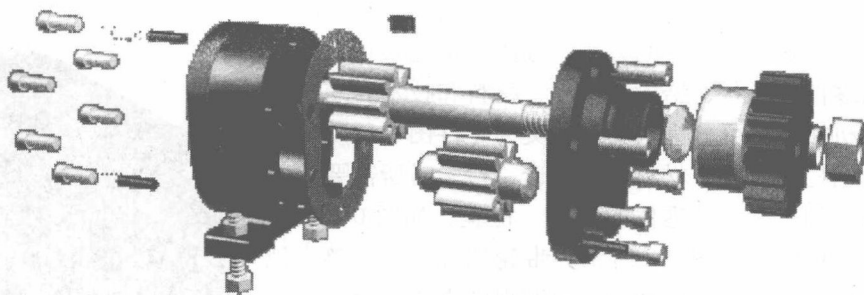


图 0-3 齿轮式机油泵的结构与组成

2. 本课程的目的和任务

本课程是机械类专业的一门既有理论、又有实践的重要学科基础课。它研究解决空间几何问题以及绘制、阅读机械工程图样的理论和方法。其主要目的是培养学生的绘图和读图的能力，并通过实践，培养他们的空间想象能力。

本课程的主要任务如下：

- (1) 学习投影法（主要是正投影法）的基本理论及其应用。
- (2) 培养空间想象能力和空间几何问题的图解能力。
- (3) 学习、贯彻工程制图的有关国家标准，培养绘制和阅读机械类工程图样的初步

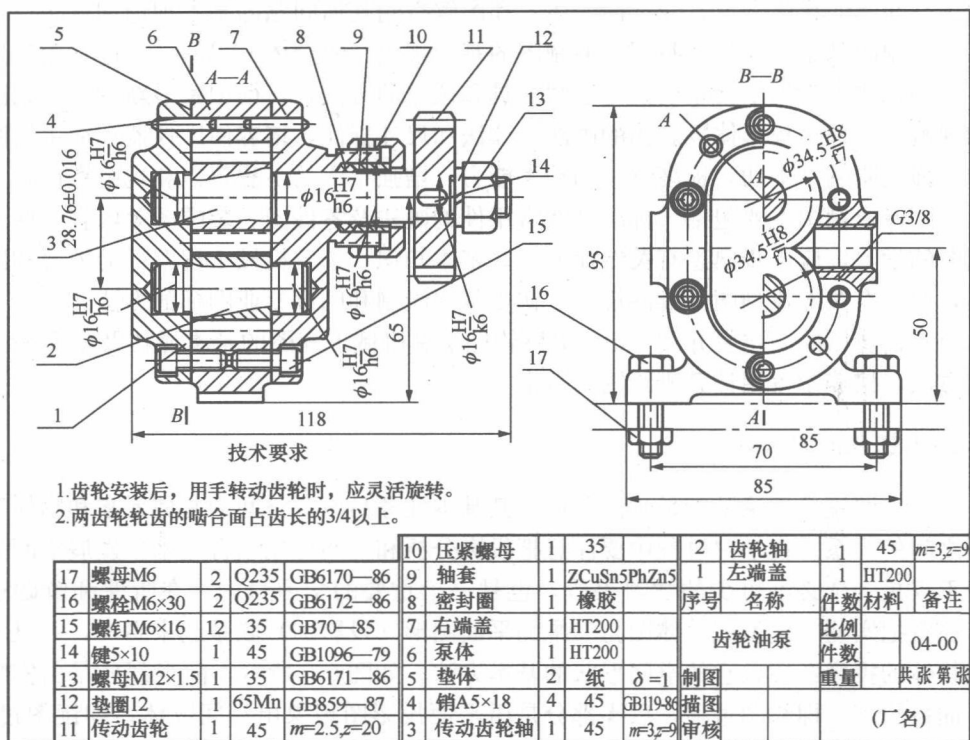


图 0-4 齿轮式机油泵装配图

能力。

(4) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

(5) 在学习过程中还必须有意地培养自学能力、分析问题和解决问题的能力。

3. 本课程的内容与要求

机械制图课程就是在学习和运用投影方法、投影理论和形体表达方法的基础上, 研究阅读和绘制机械图样的技术和方法, 是培养阅读和绘制机械图样基本技能的一门学科。其主要研究重点和难点是, 机械图样的表达、阅读与绘制。

本课程包括画法几何、制图基础、专业制图和计算机绘图, 具体内容与要求如下。

(1) 画法几何部分主要介绍了点、直线、平面及基本立体的投影原理、方法和投影特性, 是机械制图的理论基础。通过学习投影法, 掌

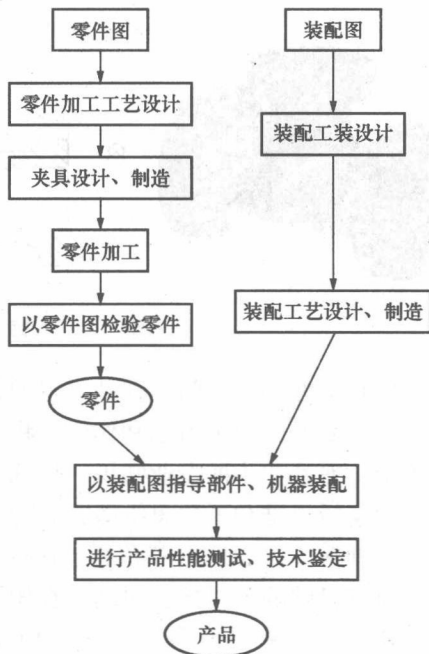


图 0-5 装配图和零件图的作用

握表达空间几何形体(点、线、面、体)和图解空间几何问题的基本理论和方法。

(2) 制图基础主要包括我国机械制图的基本规定、组合体三视图、机件常用表达方法等内容,要求学生学会正确使用绘图工具和仪器的方法,贯彻国家最新颁布的制图标准和规范,掌握工程形体投影图的画法、读法和尺寸标注,培养使用仪器和徒手绘图的能力,强化制图基本功,提高学生的动手能力,增强学生的工程意识和规范意识。

(3) 专业制图主要包括:标准件及常用件的画法及零件图、装配图等内容。通过专业制图的学习,应逐步熟悉有关专业的一些基本知识,了解机械工程图样的内容和图示特点,遵守有关专业制图标准的规定,初步掌握绘制和阅读专业图样的方法。

(4) 计算机绘图主要介绍 AutoCAD 软件绘制机械工程图的基本操作及主要命令的使用方法,培养学生用计算机绘图的基本能力。

4. 本课程的学习方法

(1) 本课程的理论基础是画法几何,其基本任务是研究空间的几何元素和物体与其投影之间的关系。在学习过程中要注意把投影分析和空间想象结合起来。发展空间想象能力不仅是一个必不可少的学习手段,也是一个重要的学习目的。在听课和解题过程中,注意把实物、模型或立体图与二维的平面图形(投影图)联系起来思考,并且掌握根据物体的投影图想象它的空间形状的基本方法。如图 0-6 所示,前半部分是由实物绘制平面投影图,即绘图过程,后半部分是由平面投影图想象出空间物体,即读图过程。学习时要下工夫培养空间思维能力,由浅入深,逐步理解三维空间物体和二维平面图形(投影图)之间的对应关系,并要坚持反复练习。

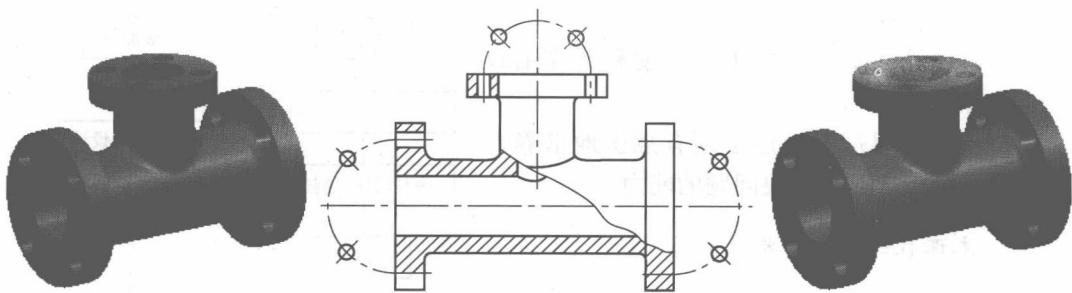


图 0-6 “实物—投影图—实物”的思维过程

(2) 本课程是一门实践性较强的课程,在学习中认真地完成一定数量的习题和作业是非常必要的。通过习题和作业,将理解和应用投影法的基本理论、贯彻制图标准的基本规定、熟悉初步的专业知识、训练手工绘图的操作技能,与培养对三维形体相关位置的空间逻辑思维和形象思维能力、绘图和读图能力紧密地结合起来。完成每个作业都必须认真理解,认真地用三角板、圆规、铅笔来完成;对于计算机绘图,更是要注意实践,要有足够的上机操作时间。在做作业过程中肯定会遇到困难,应独立思考,独立完成作业。实在解决不了时,可求助于老师或同学,但决不能抄袭。

(3) 学习制图基础,应了解、熟悉和严格遵守国家标准的有关规定。逐步培养自己遵守国家制图标准来绘制图样的习惯,小到一条线、一个尺寸,大到图样的表达,都要

严格控制图标准中的规定来绘制，绝对不能自己想怎样画就怎样画。只有按国家制图标准来绘制的工程图样才有可能成为工程界技术交流的语言。

(4) 本课程也是一门培养严谨、细致学风的课程。工程图样是施工的依据，往往由于图样上一条线的疏忽或一个数字的差错，造成严重的返工、浪费，甚至导致重大损失。所以，从初学制图开始，就应严格要求自己，培养自己认真负责的工作态度和严谨细致的良好学风，一丝不苟，力求所绘制的图样投影正确无误，尺寸齐全合理，表达完善清晰，符合国家标准和加工制造的要求。

(5) 注重培养自学能力，在自学中要循序渐进和抓住重点，把基本概念、基本理论和基本知识掌握好，然后深入理解有关理论内容和扩展知识面。

思 考 题

1. 何谓机械图样？机械工程制图的研究对象是什么？
2. 为什么将工程图样称为“工程界的语言”？
3. 如何学好机械工程制图？

第 1 章 制图的基本知识与技能

教学要求：

本章主要介绍机械制图标准中的图纸幅面、比例、字体、图线等制图基本规定和尺寸注法、常用的绘图方法。通过本章的学习，重点熟悉《技术制图》和《机械制图》国家标准的基本规定和制图基本知识；掌握手工作图的绘图方法和平面图形的画图步骤。

1.1 制图国家标准的基本规定

图样作为工程界的共同语言，是工程设计和信息交流的重要技术文件。为便于绘制、阅读和管理工程图样，绘制工程图样必须严格遵守相关制图标准。国家标准《技术制图》(GB/T 50104—2001)和《机械制图》(GB/T 50104—2001)是绘制和阅读技术图样的准则和依据，必须严格遵守。这里，“GB”为强制执行国标，“GB/T”为推荐性国标，代号后面的第一组数字表示标准编号，第二组数字表示该标准的发布年代。

1.1.1 图线

1. 线型及其用法

国家标准《机械制图图样画法 图线》、《技术制图 图线》(GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998)规定了机械工程图样中使用的 9 种基本图线的名称、用途等，如表 1-1 所示。

机械工程图样中各种线型采用粗、细两种图线宽度，线宽比率为 2 : 1。绘图时，应根据图样的复杂程度与比例大小，先从下列线宽系列中选取粗线宽度 b ：2.0mm、1.4mm、1.0mm、0.7mm、0.50mm、0.35mm，常用的 b 值为 0.5~1.0mm。

表 1-1 机械工程图样使用线型及其用途

名 称	线 形	线宽	主 要 用 途
粗实线		b	可见轮廓线 可见过渡线
细实线		$0.5b$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、指引线以及螺纹的牙底线、齿轮的齿根圆等
细虚线		$0.5b$	不可见轮廓线、不可见过渡线等
粗虚线		b	允许表面处理的表示线
细点画线		$0.5b$	中心线、对称线、轨迹线、节圆及节线等
粗点画线		b	限定范围表示线

续表

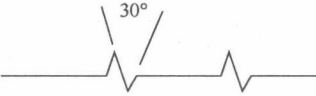
名 称	线 形	线宽	主 要 用 途
双点画线 (双点长画线)		0.5b	假想轮廓线、成型前原始轮廓线
波浪线		0.5b	断裂处的边界线、局部剖视图中视图和剖视的分界线
双折线		0.5b	断裂处的边界线

图 1-1 所示为图线应用的实例。

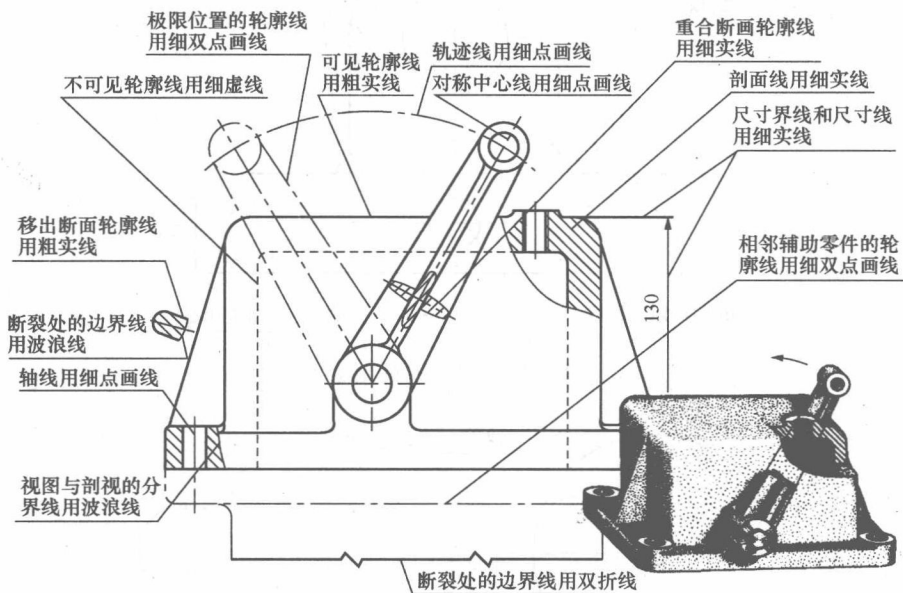


图 1-1 图线应用的实例

2. 图线的画法 (GB/T 50001—2010)

根据国家标准 GB/T 17450—1998 规定, 不论铅笔线还是墨线都要做到清晰整齐、均匀一致、粗细分明、交接正确。同一张图纸内, 相同比例的各个图样, 应选用相同的线宽组。同一种线形的图线宽度应保持一致。虚线、点画线的线段长度和间隔宜各自相等。虚线的画长为 2~6mm, 间隔为 0.5~1mm; 单点长画线或双点长画线长为 15~20mm, 如图 1-2 所示。图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆, 不可避免时, 应首先保证文字的清晰。

虚线、点画线、双点画线与同种线形或其他线形相交时, 均应相交于“画线”处, 如图 1-3 所示。中心线的绘制方法如图 1-4 所示。圆心应在画线处, 首末两端应是画而不是点, 且超出图形 2~5mm。若图形较小, 可用细实线取代点画线。

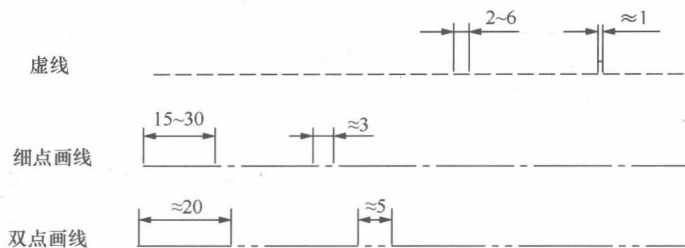


图 1-2 虚线、细点画线及双点画线的画法

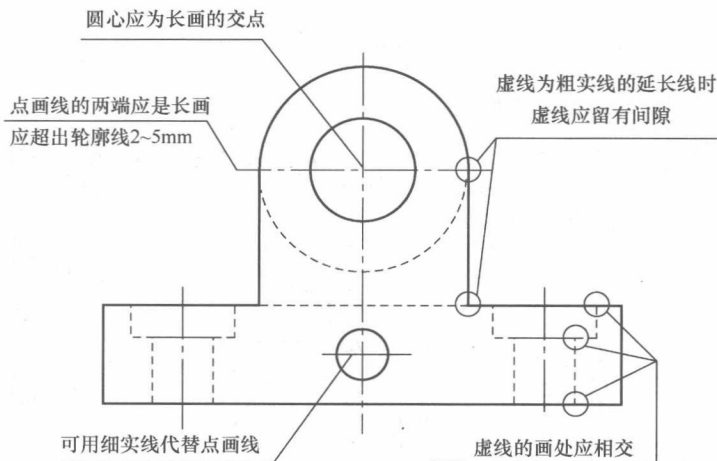


图 1-3 虚线相交的画法

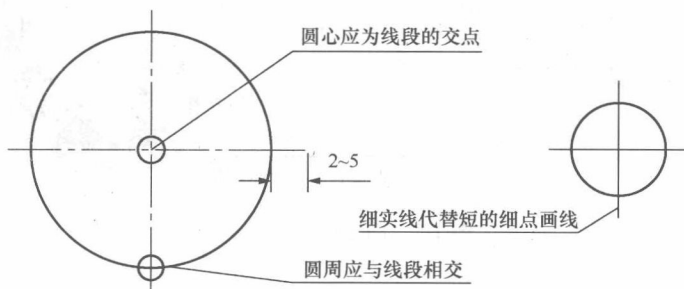


图 1-4 绘制中心线的方法

1.1.2 字体

国标中规定了技术图样中字体（汉字、字母和数字）的结构形式及基本尺寸。书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的大小以号数（字体的高度，单位为 mm）表示，尺寸系列有 1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。如有需要，字高可按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

图样及其说明的文字应写成长仿宋体字，其高度 h 不应小于 3.5mm，字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体字的书写要领是横平竖直、起落带锋、结构均匀、填满方格，如图 1-5 所

示。如图 1-6 所示为长仿宋体字示例。

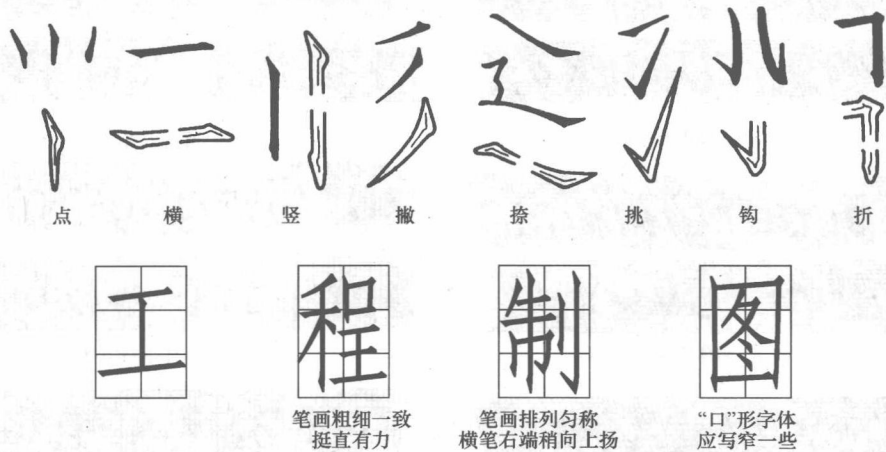


图 1-5 长仿宋字体的写法

10号字

机械制图 工程图样 土木建筑

7号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

图 1-6 长仿宋体字字例

字母、数字可以写成直体或斜体（逆时针向上倾斜 75°），与汉字写在一起时，宜写成直体。书写的数字和字母不应小于 2.5 号。在同一图样上，只能允许选用一种形式的字体，字母和数字的书写字例如图 1-7 所示。

1.1.3 图纸幅面和格式

为了便于图纸的装订、保管以及合理地利用图纸，国标对绘制工程图样的图纸幅面和格式作了规定。图纸幅面是指图纸的大小规格，如表 1-2 所示为图纸基本幅面和图框的尺寸（必要时，图纸幅面可按规定加长）。图框是图纸上绘图区的边界线。图框的格式有横式和竖式两种，如图 1-8 所示。加长图纸的幅面尺寸见附录 A。

表 1-2 图纸幅面代号和尺寸 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
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

ABCDEF GHIJ KLMN
OPQRST UVWXYZ

(a) 斜体大写字母

ABCDEF GHIJ KLMN
OPQRST UVWXYZ

(b) 直体大写字母

abcdefghijklmn
opqrst uvwxyz

(c) 斜体小写字母

abcdefghijklmn
opqrst uvwxyz

(d) 直体小写字母

0123456789

(e) 斜体数字

0123456789

(f) 直体数字

IIIIIVVVVVVVVIIIXX

(g) 斜体罗马数字

IIIIIVVVVVVVVIIIXX

(h) 直体罗马数字

10JS5(± 0.003) M24-6h

$\phi 25 \frac{H6}{m5} \frac{II}{2:1} \sqrt{Ra6.3} R8 \phi 20^{+0.010}_{-0.023}$

(i) 数字和字母的应用

图 1-7 数字及字母的写法

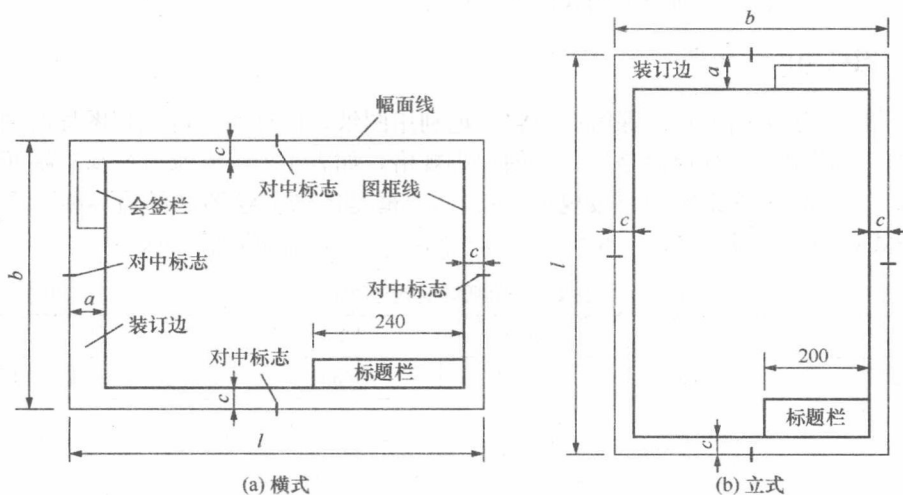


图 1-8 需要装订边的图框格式