



普通高等教育“十二五”国家级规划教材

普通高等教育“十二五”住建部规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

中国土木工程学会教育工作委员会 审订

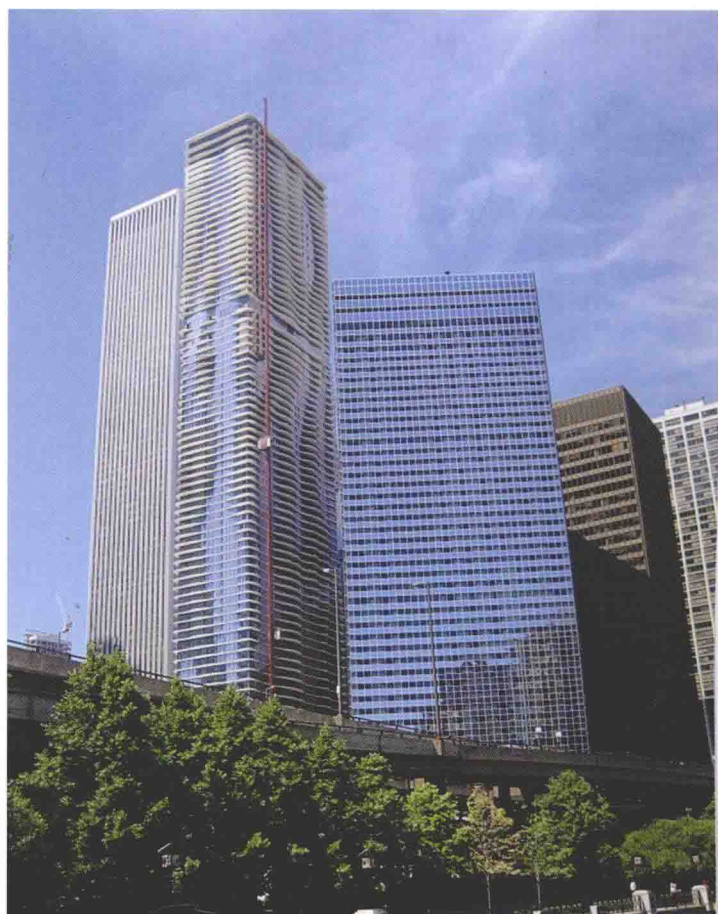
土木工程制图

(第4版)

T M G C Z T

何铭新 李怀健 主编

谢步瀛 主审



武汉理工大学出版社

WUTP Wuhan University of Technology Press

普通高等教育“十二五”国家级规划教材

普通高等教育“十二五”住建部规划教材

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等学校土木工程专业新编系列教材

本书曾获第五届全国高校出版社优秀畅销书一等奖

本书的配套课件曾获第五届全国高校计算机课件评比优胜奖

中国土木工程学会教育工作委员会 审订

土木工程制图

(第4版)

主 编 何铭新 李怀健

副主编 张 斌

主 审 谢步瀛

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书及其配套的《土木工程制图习题集》(第4版)是普通高等学校土木工程专业新编系列教材中的两册,由普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会根据教育部1998年颁布的专业目录和2011年住建部高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》组织编写,并由中国土木工程学会教育工作委员会审订。

本书是在原《画法几何及土木工程制图》(第3版)的基础上,参照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》所推荐的“土木工程制图”课程的核心知识单元和知识点、教育部工程图学教学指导委员会2010年制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》、当前土建制图方面有关的国家标准[包括本书第3版出版后修订的《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010)、《总图制图标准》(GB/T 50103—2010)、《建筑制图标准》(GB/T 50104—2010)、《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2010)、《建筑给水排水制图标准》(GB/T 50106—2010)以及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等]和目前各校使用较多的 AutoCAD 2012 版本,以及适应本课程的教学改革的趋向而修订的。本书及其配套习题集从本版起,按上述《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中推荐的课程名称改称《土木工程制图》和《土木工程制图习题集》。

本书的内容有:绪论;制图的基本知识和基本技能,点、直线、平面和平面曲线的多面正投影,投影变换,平面立体、曲面、曲面立体、空间曲线的多面正投影,平面、直线与立体相交以及两立体相交,轴测投影,标高投影,组合体的多面正投影和组合体的构型设计,表示工程形体的图样画法;钢筋混凝土构件图和钢结构图,房屋的建筑施工图和结构施工图,给水排水施工图,道路、桥梁、涵洞、隧道工程图,建筑信息模型(BIM)简介。计算机绘图基础的有关内容都分别插入融合于上述相应的部分。

本书可作为高等学校土木工程专业本科(涵盖建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程、铁道工程等方面)和给水排水工程专业本科或其他相近专业的“土木工程制图”课程的教材,也可供其他类型的学校,如职工业余大学、函授大学等有关专业使用。与本书配套习题集以及助教、助学课件也同步修订,仍都由武汉理工大学出版社出版发行,可按需向出版社索取。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程制图 / 何铭新, 李怀健主编. —4 版. —武汉: 武汉理工大学出版社, 2015.7

ISBN 978-7-5629-4809-4

I. ①土… II. ①何… ②李… III. ①土木工程-建筑制图 IV. ①TU204

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 310372 号

项目负责人:蔡德民 刘永坚 田道全

责任编辑:张莉娟

责任校对:张明华

装帧设计:兴和设计

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

印 刷:崇阳文昌印务有限责任公司

经 销:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16

印 张:22

字 数:728 千字

版 次:2015 年 7 月第 4 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:192001—202000 册

定 价:44.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:(027)87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

• 版权所有,盗版必究 •

普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会

(第4届)

学术顾问:

吕西林 李杰 罗福午 李少甫 甘绍熺 包世华 毛鹤琴

辛克贵 刘立新 李必瑜 彭少民 何铭新 吴培明 胡敏良

主任委员:

李国强 朱宏亮 田高

副主任委员:

刘伟庆 邹超英 白国良 徐礼华 雷宏刚 贾连光 朱彦鹏

张永兴 张俊平 刘殿忠 缪昇 王岚 周学军 赵明华

委员:(以姓氏笔画为序)

王林 王燕 王月明 王天稳 王社良 王泽云 袁海庆

邓铁军 王新武 王毅红 吴炎海 卢文胜 白晓红 蒋沧如

叶献国 孙俊 孙强 刘长滨 李书进 李启令 曾志兴

李怀建 刘剑飞 孙家齐 过静珺 李碧雄 张立人 窦立军

陈水生 邵旭东 陈伯望 宋固全 张国强 张科强 戴国欣

吴雪茹 吴辉琴 何培玲 周云 俞晓 饶云刚 魏瑞演

姜玉松 段兵廷 柳炳康 赵瑞斌 徐伟 秦建平 袁广林

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘书长:蔡德民

第 4 版前言

本书是在 2009 年出版的《画法几何及土木工程制图》(第 3 版)的基础上,按教育部工程图学教学指导委员会 2010 年制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》、住建部高等学校土木工程学科专业指导委员会 2011 年颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》推荐的“土木工程制图”课程的核心知识单元和知识点、当前正在实施的与本课程有关的制图标准和设计规范、现今许多学校在教学中使用的计算机绘图软件 AutoCAD,以及适应最近在我国土木工程中正在推行的图示方法和各校对本课程的教学改革趋向而修订的。与本书配套的《土木工程制图习题集》(第 4 版)以及与它们配套的助教助学课件也同时修订出版。由于住建部高等学校土木工程学科专业指导委员会已将土木工程专业“画法几何”和“工程制图与计算机绘图”两门课程合成一门推荐课程“土木工程制图”,所以本书与配套习题集也分别改称《土木工程制图》与《土木工程制图习题集》。本书第 1 版曾获同济大学第八届优秀教材奖,第 2 版获第五届全国高校出版社优秀畅销书一等奖,第 3 版被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,与本书及习题集配套的多媒体课件于 2009 年在第五届全国高等学校计算机课件评比中获优胜奖,本版被评为普通高等教育“十二五”国家级规划教材、普通高等教育“十二五”住建部规划教材。

本书这次修订主要考虑了下列 5 个方面:

(1) 调整了教材的体系结构。将原第 3 版的画法几何和制图基础整合成制图基础,并按当前本课程仍包含计算机绘图基础的一些学校的教学改革趋向,将原第 3 版的计算机绘图基础的内容分插融合到本课程各相应的内容中去,从而将原第 3 版绪论、画法几何、制图基础、土木工程专业图、计算机绘图基础五部分整合成绪论、制图基础、土木工程专业图三部分。

(2) 适当压缩了本课程的学时数。根据各校本课程的教学现状和教改趋向,在上述这两个对本课程的教学有指导意义的文件所规定的本课程的必学内容能得到基本保证的前提下(但透视投影既不作为必学内容,也不作为选学内容;计算机另行设课的学校,本课程不含计算机绘图基础的内容),将本书原第 3 版编后语中所建议使用本套教材与配套习题集的教学安排的高、中、低三档的学时数由 110、80、60 调整为 85、68、51,其中的低学时是计算机绘图另行设课而本课程不包含计算机绘图基础的学时数。具体的教学安排建议见本版的编后语,本版适当降低原第 3 版的画法几何的深、广度,不削弱原第 3 版中的制图基础、计算机绘图基础和土木工程专业图。

(3) 对土木工程专业图的处理。由于本书原第 3 版中对土木工程专业的建筑工程方向、道路与桥梁工程方向以及给水排水工程专业的专业图都已做了详细的介绍,认为还应增加一点地下工程方向、铁道工程方向的专业图,但考虑到本书的篇幅已颇大,不宜再过多地增加专业图,且道路与桥梁工程和铁道工程都属交通土建工程,道路与铁路都有路线工程图,桥梁、涵洞、隧道工程图,虽然因道路与铁路不同而有所差异,但也有许多相似之处,在今后绘图和读图时,较易触类旁通;道路与桥梁工程方向的隧道图也可看作是地下工程方向的一种专业图,为了兼顾地下工程方向,本版在建筑工程方向的房屋结构施工图中加了也可看作是地下工程方向的专业图的地下室例图。由于本书从第 1 版出版以来,房屋施工图,给水排水施工图,道路、桥梁、涵洞、隧道工程图,一直都是土木工程专业图的强档,不宜削弱,且对土木工程中的地下工程方向和铁道工程方向也有些兼顾,所以本版也就不再多增加地下工程专业图和铁道工程专业图。如有些学校目前仍按教育部 1998 年颁布的专业

目录前的地下工程专业、铁道工程专业招生或虽按教育部 1998 年颁布的专业目录中的土木工程专业招生,但在进校时就明确是地下工程方向或铁道工程方向的班级的本课程,按上面所述的也可使用本书,若任课教师或专业人士认为应在本课程中适当添加少量它们的专业图时,可由教师按需选材补充。

(4)对选学内容的处理。本书的轴测投影中的正面斜等测、标高投影、不属本专业或专业设定方向的专业图(但正面斜等测是给水排水工程专业的必学内容,标高投影是土木工程专业道路与桥梁工程、地下工程、铁道工程方向的必学内容)是选学内容;此外,若须再加本书未包含的其他选学内容,例如阴影、透视,建议教师可参阅书后参考文献中的[2]或[4]进行适当补充。

(5)本书必须随着时代前进的步伐与时俱进。由于在 2009 年本书第 3 版出版后,教育部、住建部分别于 2010 年、2011 年颁布了上述对本课程的教学有指导意义的两个文件,应遵循这两个文件及时了解各校本课程的教学现状与教改趋向,适当调整教材体系结构、内容并建议使用修订后的新教材的学时数。住建部于 2010 年发布了新修订的国家标准《混凝土结构设计规范》以及有关房屋建筑制图的六册国家标准,中国建筑标准设计研究院于 2011 年修订了国家建筑标准设计图集《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规范和构造详图》,计算机绘图软件 AutoCAD 也逐年更新到 2014 版,应该及时调整、修改、更新、补充本书中的有关内容。为了响应当前我国仍在推广的混凝土结构施工图平面整体设计方法以及用管道展开系统图表示一般高层建筑和大型公共建筑的管道系统图的画法,本版就按 2011 年新修订的上述关于平法的国家建筑标准设计图集和 2010 年修订的《建筑给水排水制图标准》再进一步适当扩展;由于当前国内外建筑业正在推行对建筑模型信息技术的应用,本版就在土木工程专业图的最后,对建筑信息模型(BIM)技术做了简介,需用时可选学;对计算机绘图软件,本版就改用较新的当前很多学校正在使用的 AutoCAD 2012 版本。鉴于当前对本课程中原有的计算机绘图基础的处理有三种情况:有些学校将它抽出,另设“计算机绘图”课程;有些学校将它的内容分插融合到本课程中用它绘图的地方;有些学校则仍与过去一样,都集中放在本课程的最后阶段进行教学。为了使上述的三种情况都能较顺利地使用本书,本版将原第 3 版中集中编写于书后的计算机绘图基础的内容分插融合到用它绘图的各处。这样,在使用本书进行教学时:上述第一种情况的学校,可将书中的计算机绘图基础的内容全部删去;第二种情况的学校就可按本书的顺序进行教学;第三种情况的学校则仍可将书中计算机绘图基础的内容全部抽出,都集中在本课程最后阶段进行教学。这样对这三种情况的学校使用时都较方便,能及时满足当前教学的需要。

本版在修订过程中,参阅了一些有关的书籍,谨向这些书籍的编者衷心致谢;本版仍由普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会委托同济大学谢步瀛教授审阅,他提出了许多有益建议并提供了帮助,也向他衷心致谢。

本版由何铭新、李怀健担任主编,张斌担任副主编。绪论、制图基础由同济大学何铭新编写,土木工程专业图(除道路、桥梁、涵洞、隧道工程图外)由同济大学李怀健编写,道路、桥梁、涵洞、隧道工程图由长沙理工大学张斌编写,书中各处的计算机绘图基础的所有内容都由同济大学陈星铭编写。与本版教材与习题集配套的助教、助学的课件由同济大学李怀健做了相应的修订。由于编者水平所限,书中难免有不妥和疏误之处,热忱欢迎批评指正。

编者

2014 年 1 月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 土木工程制图课程概述	(1)
1.1.1 本课程的性质和任务	(1)
1.1.2 本课程的内容结构	(1)
1.1.3 本课程的学习方法	(2)
1.2 投影的基本知识	(2)
1.2.1 投影法及其分类	(2)
1.2.2 土木工程中常用的投影图	(3)
1.3 我国在土木工程制图方面的成就及当前的发展方向	(4)
本章小结	(5)
2 制图基础	(6)
2.1 制图的基本知识和基本技能	(6)
2.1.1 有关土木工程图的制图标准及其基本规定	(6)
2.1.2 绘制土木工程图的三种绘图方法	(13)
2.1.3 几何作图	(16)
2.1.4 平面图形的尺寸标注和画法	(18)
2.1.5 AutoCAD 绘图软件的基本用法和二维绘图	(21)
2.2 点、直线、平面和平面曲线的多面正投影	(45)
2.2.1 投影面体系及点的投影	(45)
2.2.2 直线的投影	(52)
2.2.3 平面和平面曲线的投影	(60)
2.2.4 直线与平面以及两平面的相对位置	(69)
2.2.5 点、直线、平面间的综合作图题示例	(80)
2.3 投影变换	(81)
2.3.1 投影变换的目的和方法	(81)
2.3.2 换面法以及用换面法求解定位和度量问题示例	(82)
2.3.3 以投影面垂直线为轴的旋转法简介	(89)
2.4 平面立体、曲面、曲面立体、空间曲线的多面正投影	(92)
2.4.1 平面立体	(92)
2.4.2 曲面和曲面立体	(98)
2.4.3 空间曲线、圆柱螺旋线和平螺旋面	(110)
2.5 平面、直线与立体相交以及两立体相交	(116)
2.5.1 平面、直线与立体相交	(116)
2.5.2 两立体相交	(136)
2.6 轴测投影	(155)
2.6.1 轴测投影的基本知识	(155)
2.6.2 正等测的画法	(157)
2.6.3 斜等测和斜二测的画法	(166)
2.6.4 轴测投影的选择	(171)
2.7 标高投影	(173)
2.7.1 点和直线	(173)
2.7.2 平面	(177)
2.7.3 曲线、曲面及地面	(184)
2.7.4 应用示例	(192)

2.8 组合体的多面正投影和组合体的构型设计	(196)
2.8.1 组合体投影图的画法	(196)
2.8.2 组合体投影图的尺寸注法	(201)
2.8.3 组合体投影图的读法	(204)
2.8.4 组合体的构型设计	(207)
2.8.5 AutoCAD 三维绘图简介	(209)
2.9 表示工程形体的图样画法	(219)
2.9.1 投影法和视图配置	(219)
2.9.2 剖面图和断面图	(222)
2.9.3 简化画法	(231)
2.9.4 AutoCAD 绘制工程形体的图样示例	(232)
2.9.5 第三角画法简介	(237)
本章小结	(238)
3 土木工程专业图	(239)
3.1 钢筋混凝土构件图和钢结构图	(239)
3.1.1 钢筋混凝土构件简介	(239)
3.1.2 钢筋混凝土构件详图示例	(242)
3.1.3 钢结构构件及其详图示例	(248)
3.2 房屋的建筑施工图和结构施工图	(251)
3.2.1 房屋施工图概述	(251)
3.2.2 总平面图和施工总说明	(254)
3.2.3 建筑平面图	(258)
3.2.4 建筑立面图	(266)
3.2.5 建筑剖面图	(269)
3.2.6 建筑详图	(272)
3.2.7 基础平面图和基础详图	(279)
3.2.8 楼层结构平面图	(282)
3.2.9 混凝土结构施工图平面整体表示方法示例	(285)
3.2.10 楼梯的结构详图	(292)
3.3 给水排水施工图	(294)
3.3.1 给水排水施工图概述	(294)
3.3.2 室内给水排水施工图	(297)
3.3.3 室外给水排水施工图	(306)
3.3.4 管道上的构配件详图示例	(310)
3.4 道路、桥梁、涵洞、隧道工程图	(310)
3.4.1 道路、桥梁、涵洞、隧道工程图概述	(310)
3.4.2 道路路线工程图	(312)
3.4.3 桥梁工程图	(316)
3.4.4 涵洞工程图	(322)
3.4.5 隧道工程图	(325)
3.5 建筑信息模型(BIM)简介	(328)
3.5.1 BIM 的基本特点	(328)
3.5.2 BIM 的应用及其软件	(329)
3.5.3 Revit 建筑建模软件的使用	(330)
本章小结	(336)
参考文献	(337)
编后记	(338)

1 绪 论

本章提要

本章主要阐述下列内容:

- (1) 本课程的性质和任务。
- (2) 本课程的内容结构。
- (3) 本课程的学习方法。
- (4) 投影法及其分类。
- (5) 土木工程中常用的投影图。
- (6) 土木工程制图的发展史和发展方向。

1.1 土木工程制图课程概述

1.1.1 本课程的性质和任务

工程图样是工程与产品技术信息的载体,是工程界表达、交流技术思想的语言,因而土木工程的设计与施工都离不开土木工程专业图。由于人们常将给水排水工程专业的施工图列入土木工程专业图内,所以本课程是土木工程专业和给水排水工程专业的一门必修的技术基础课。学习本课程的目的是培养学生绘制和阅读土木工程专业图的能力,因为本课程属技术基础课,只能为学生的绘图和读图能力打下一定的基础,还有待于在后续课程、生产实习、课程设计和毕业设计中继续培养和提高。当前我国各校对本课程的设置有三种模式:将原属本课程的计算机绘图基础的内容抽出,另行设置计算机绘图课程;计算机绘图基础的内容不抽出,仍按过去的传统,放在本课程的最后进行教学;计算机绘图基础内容不抽出,但将它分插融合在本课程的有关内容中进行教学。本书按第三种模式编写,如用第一种模式,则可将本书和配套习题集中有关计算机绘图基础的内容全部删去;如用第二种模式,则可将本书和配套习题集中有关计算机绘图基础的内容全部抽出,集中到本课程的最后进行教学;如用第三种模式,则可按本书和配套习题集的顺序进行教学。

本课程的主要任务是:

- (1) 培养用投影法以二维平面图形表达三维空间形状的能力。
- (2) 培养对空间形体的形象思维能力。
- (3) 培养创造性构型设计能力。
- (4) 培养使用计算机绘图软件绘制工程图样及三维造型设计的能力。
- (5) 培养使用绘图仪器、徒手绘制工程图样和阅读土木工程专业图的能力。
- (6) 培养工程意识和标准化意识。
- (7) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

1.1.2 本课程的内容结构

本课程的内容可分制图基础和土木工程专业图两大部分。制图基础部分的内容有:培养学生贯彻执行《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010)、技术制图等工程规范基础,掌握徒手绘图、仪器绘图、计算机软件绘图三种绘图方法的绘图能力基础,掌握绘制点、线、面、体及其相对几何关系投影图的投影理论基础;掌握基本体和组合体的造型过程和方法的构型方法基础,掌握绘制和阅读组合体的投影图、标注组合体尺寸的方法以及表示工程形体的图样画法的表达技术基础。土木工程专业图部分的内容有:钢筋混凝土构

件图和钢结构构件图,房屋的建筑施工图和结构施工图,给水排水施工图,道路、桥梁、涵洞、隧道工程图,其中土木工程专业后期学习方向的专业图是土木工程专业本课程的必学内容,给水排水施工图是给水排水工程专业本课程的必学内容,钢筋混凝土构件图和钢结构构件图是这两个专业共同的必学内容,本书中其余的土木工程专业图可由任课教师作为选学内容按需取舍,宜根据各校给本课程的学时参考本书编后记中对本课程教学安排的建议作适当处理。

1.1.3 本课程的学习方法

由于本课程是一门理论严谨、实践性强、与工程实践有密切联系的课程,所以应该理解投影理论,重视理论联系实际,加强实践性教学环节,认真地完成一定数量的绘图与读图的习题和作业,由浅入深地反复通过由物画图和由图想物的实践,将理解投影理论、用投影法表达三维空间形状,增强工程意识、标准化意识、创新意识和贯彻执行国家标准的意识,了解初步的专业知识,训练仪器绘图、手工绘图和计算机绘图的操作技能,与培养对空间形体的形象思维能力、培养绘制和阅读土木工程专业图的能力、培养学生掌握科学的思维方法,紧密地结合起来。

1.2 投影的基本知识

1.2.1 投影法及其分类

人们受到光线照射物体在平面上投下影子的自然现象启示,创造了用投射射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法,这种方法称为投影法。根据投影法所得到的图形,称为投影或投影图;在投影图中,得到投影的面称为投影面。投影法分为中心投影法和平行投影法两类,平行投影法又分为正投影法和斜投影法。

如图 1.1 所示,用交汇于一点 S (投射中心)的诸投射射线将 $\square ABCD$ 向投影面 P 投射,在投影面 P 上得出图形 $\square abcd$,即为 $\square ABCD$ 的投影。点 a 、 b 、 c 、 d 分别是投射射线 SA 、 SB 、 SC 、 SD 与投影面 P 的交点,即 $\square ABCD$ 的四个顶点 A 、 B 、 C 、 D 的投影;而直线 ab 、 bc 、 cd 、 da 则分别是 $\square ABCD$ 的四条边 AB 、 BC 、 CD 、 DA 的投影。习惯上用大写字母表示空间的几何元素,用小写字母表示它们的投影。投射射线都交汇于一点的投影法,称为中心投影法;按中心投影法所得到的投影,称为中心投影或透视投影(透视投影图,简称透视图)。

如图 1.2 所示,用相互平行的投射射线将 $\square ABCD$ 向投影面 P 投射,在投影面 P 上得出图形 $\square abcd$,即为 $\square ABCD$ 的投影。点 a 、 b 、 c 、 d 分别是通过 $\square ABCD$ 的四个顶点 A 、 B 、 C 、 D 的投射射线与投影面 P 的交点,即这四个顶点的投影;而直线 ab 、 bc 、 cd 、 da 则分别是 $\square ABCD$ 的四条边 AB 、 BC 、 CD 、 DA 的投影。投射射线相互平行的投影法,称为平行投影法;投射射线与投影面垂直时,称为正投影法;投射射线与投影面倾斜时,称为斜投影法。按正投影法所得到的投影,称为正投影(正投影图);按斜投影法所得到的投影,称为斜投影(斜投影图)。

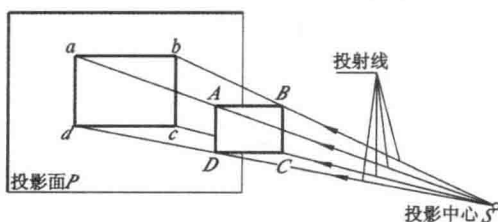


图 1.1 中心投影法

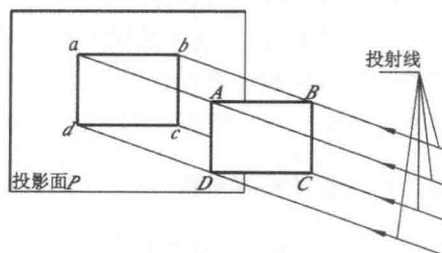


图 1.2 平行投影法

在工程图样中广泛应用的是正投影,本书除了在 2.6 和 3.3 中有一部分述及斜投影外,都讲述正投影,并常将正投影简称投影。

1.2.2 土木工程中常用的投影图

土木工程中常用的投影图有多面正投影图、轴测投影图、透视投影图和标高投影图。

多面正投影图由物体在两个互相垂直的投影面上的正投影,或在两个以上的投影面(其中相邻的两投影面互相垂直)上的正投影所组成。例如图 1.3 是由三级踏步和左、右各一块矩形栏板所构成的台阶的三面正投影图,由这个台阶分别向正立的、水平的和侧立的三个互相垂直的投影面所作的正投影组成,图中被遮的不可见投影画成虚线。多面正投影图是土木工程中最主要的图样,本书主要讲述多面正投影图。

轴测投影图是将物体连同其直角坐标体系,沿不平行于任一坐标平面的方向,用平行投影法将其投射在单一投影面上所得的图形,可以是正投影,也可以是斜投影,通常省略不画坐标轴的投影。例如图 1.4 就是图 1.3 所示的台阶用斜投影画出的轴测投影图,图中被遮的不可见投影通常省略不画。轴测投影图有较强的立体感,在土木工程中常用来绘制给水排水、采暖通风和空气调节等方面的管道系统图,本书在 2.6 和 3.3 中将讲述有关的轴测投影图。

透视投影图是用中心投影法将物体投射在单一投影面上所得的图形。例如图 1.5 就是图 1.3 所示的台阶的透视投影图。透视投影图有很强的立体感,形象逼真,如拍摄的照片和人的视觉形象那样,图中通常也不画出不可见的投影。当投射中心、投影面和物体的相对位置配置得不同时,可以获得不同的透视图。在建筑设计中,常用透视图作为表现房屋、道路和桥梁等外貌的符合视觉印象的效果图。本书未编入透视投影,如有需要,可参阅后面所列的参考文献[2]、[3]、[4]、[5]、[6]中的任一册。

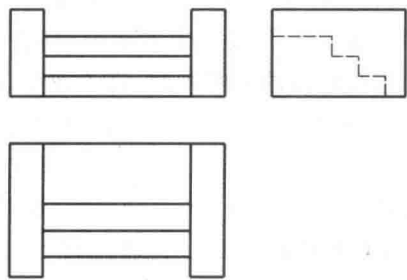


图 1.3 多面正投影图

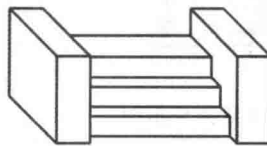


图 1.4 轴测投影图



图 1.5 透视投影图

标高投影图是在物体的水平投影上加注某些特征面、线以及控制点的高程数值和比例的单面正投影。它常用来表达地形和工程建筑物,例如图 1.6(b)就是用标高投影图表达的一个山丘的地形图。图 1.6(a)说明了形成图 1.6(b)所示的地形图的概念:假设平坦的地面是高度为零的水平基准面 H ,将 H 面作为投影面,它与山丘交得一条交线,也就是高程标记为零的等高线;再以高于水平基准面 H 10m、20m 的水平面与山丘相交,分别交得高程标记为 10、20 的等高线;作出这些等高线在水平基准面 H 上的正投影,标注出高程数字,并画出比例尺或标注出比例,就得到了如图 1.6(b)所示的用标高投影图表达的这个山丘的地形图。本书将在 2.7 中阐述标高投影的作图原理和画法,在土木工程专业图中有时也会用到一些与地形有关的用等高线表示的图样。

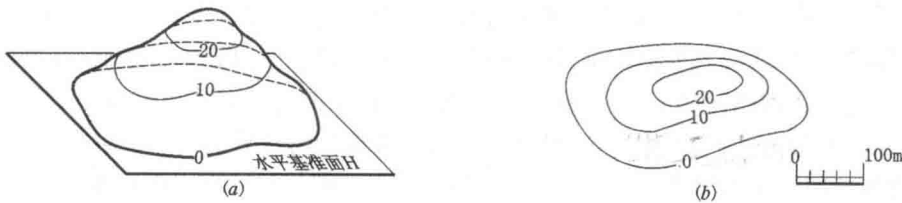


图 1.6 标高投影图
(a)地形图的形成;(b)地形图

1.3 我国在土木工程制图方面的成就及当前的发展方向

我国是世界上的文明古国之一,在长期的生产实践中,在图示理论和制图方法的领域里,积累了很多经验,创造了许多辉煌的成就。从历史记载中可知,我国很早就采用正确的作图方法,采用绘图与施工画线工具,并能画出宫殿和房屋的图样,按图建造。例如:在《周髀算经》中就有商高用直角三角形边长为 3:4:5 的比例作直角三角形的记载;于春秋战国时的著作中,也曾述及绘图与施工画线工具的应用,如在墨子的著述中就有“为方以矩,为圆以规,直以绳,衡以水,正以锤”,矩是直角尺,规是圆规,绳是木工用于弹画墨线的墨绳,水是用水面来衡量水平方向的工具,锤是用绳悬挂重锤来校正铅垂方向的工具;在《史记》的《秦始皇本纪》中,还述及“秦每破诸侯,写放其宫室,作之咸阳北阪上”,就是说,秦国每征服一国后,就令人画出该国宫室的图样,并照样建造在咸阳北阪上。尤其值得提出的是:宋代李诫所著的《营造法式》(公元 1097 年奉旨编修,1100 年成书,1103 年刊行),它是我国历史上关于建筑技术、艺术和制图的一部著名的建筑典籍,也是世界上很早刊印的建筑图书,共三十六卷,其中工程图样有六卷之多,书中所运用的图示方法,与现代土木工程制图中所用的颇相近,图 1.7 就是《营造法式》第三十一卷中的一个图样。

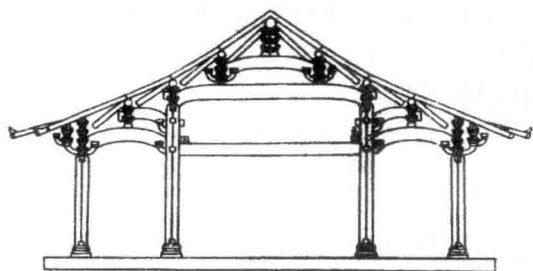


图 1.7 《营造法式》中的建筑工程图样示例

虽然在我国历史上对土木工程制图有过许多成就,但由于我国在新中国成立前有一段较长的时期处于半封建半殖民地的状态,工农业生产发展滞缓,工程制图的发展也受到阻碍,在土木工程制图方面没有统一的标准。在中华人民共和国成立后的这六十多年中,随着科学技术、工农业生产和工程建设的不断发展,理论图学、应用图学、制图技术、制图教育、制图标准和计算机图学等方面,都得到了相应的发展。在制图标准方面,新中国成立后,为了适应社会主义建设的需要,在 1956 年,国家建设委员会批准

了《单色建筑图例标准》,建筑工程部设计总局发布了《建筑工程制图暂行标准》。在此基础上,建筑工程部于 1965 年批准颁布了《建筑制图标准》(GBJ 9—65,其中 GBJ 是我国在建筑方面的国家标准的代号,9 表示它的编号,65 表示 1965 年颁布),后来随着改革开放和工程建设发展的需要,又经 1973 年、1986—1988 年、2001 年、2010 年的修订、修改补充成当前正在实施的有关房屋建筑方面的《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010,GB 是国家标准的代号,简称国标,GB/T 表示推荐性的国标,不带/T 的 GB 表示强制性的国标,由此标明国家标准的属性。鉴于部分国标是在国标清理整顿前颁布出版的,当时未标注属性,批准年份用两位数表示,本书都按现在的规定标明属性,并用四位数表示批准的年号)等六个制图标准。此外,我国对土木工程的其他专业也陆续制定了相应的关于制图的国家标准或部颁标准、行业标准,例如《道路工程制图标准》(GB 50162—1992)等;有时人们还常将水利水电工程图也列入土木工程专业图,有《水利水电工程制图标准》(SL 73—1995,SL 是我国水利部的部颁标准的代号),另外,还有《水电水利工程基础制图标准》(DL/T 5347—2006,DL 是我国电力行业标准的代号)等五个水电水利方面的制图标准,土木工程方面的制图标准,今后还将根据生产和建设的需要,继续制订和修订。随着科学技术和生产建设的进展,制图工具和手段也产生了变革,世界上从 20 世纪 50 年代开始进行自动绘图的研究,诞生了第一台自动绘图机后,工程制图就进入了以手工操作向自动化绘图的变革,计算机绘图逐渐广泛地应用到各个领域,计算机图学(Computer Graphics,简称 CG)这门新兴的交叉学科就逐步形成了。在绘图自动化的基础上,又实现了计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD),计算机绘图为计算机辅助设计的发展提供了条件与基础,计算机辅助设计中提出的各种问题又返回来促进计算机绘图的发展。在土木工程方面也是这样,随着 20 世纪 60 年代可以人机对话的交互式图形显示技术的发展,人们就开始进行计算机辅助建筑设计(Computer Aided Architectural Design,简称 CAAD),到 20 世纪 80 年代在世界上就得到了推广应用。计算机辅助建筑设计能用计算机按一定的条件和要求进行最优选择和计算,并能将计算结果绘制成施工图输出。在我国国内各土木建筑设计部门中,计算机绘图和计算机辅助设计已推广和普及,我国的设计院都实现了以计算机绘图替代手工绘图。由于当前国内外建筑业正在推进对建筑模型信息技术的应用,在本书最后也作了简介。

本章小结

学习本章后,应明确本课程的性质、任务和学习方法,并了解下述内容:

本课程是土木工程类专业的一门必修的技术基础课,学习本课程的目的是培养学生绘制和阅读土木工程专业图的能力。本课程的主要任务是:培养用投影法以二维平面图形表达三维空间形体的能力,对空间形体的形象思维能力,创造性构型设计能力,使用计算机绘图软件绘制工程图样及进行三维造型设计的能力,用仪器、徒手绘制工程图样和阅读土木工程专业图的能力;以及培养工程意识和标准化意识,培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

本课程包括制图基础、土木工程专业图两部分。在学习本课程时,应认真完成一定数量的习题和作业,将理解和应用投影理论、贯彻制图标准的基本规定、熟悉初步的专业知识、训练仪器绘图、手工绘图和计算机绘图的操作技能,与培养对空间形体的形象思维能力、培养绘制和阅读土木工程专业图的能力、培养学生科学的思维方法,紧密地结合起来。

投射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法,称为投影法;根据投影法所得到的图形,称为投影。投影分为中心投影和平行投影两类,平行投影又分为正投影和斜投影,工程图样广泛应用正投影。

土木工程中常用的投影图是:多面正投影图、轴测投影图、透视投影图、标高投影图。

土木工程制图是在人们的生产建设实践中产生和发展起来的,在我国历史上有很多成就,但由于我国在新中国成立前有一段较长的时期处于半封建半殖民地的状态,制图技术的发展也受到阻碍,新中国成立后,得到了相应的发展。今后土木工程制图仍将随着我国生产建设的发展而不断发展。

2 制图基础

本章提要

本章主要阐述下列内容:

- (1)有关土木工程图的制图标准及其基本规定。
- (2)绘制土木工程图的三种绘图方法。
- (3)平面图形的尺寸标注和画法。
- (4)AutoCAD 绘图软件的基本用法和三维绘图。
- (5)点、直线、平面和平面曲线的多面正投影。
- (6)投影变换。
- (7)平面立体、曲面、曲面立体、空间曲线的多面正投影。
- (8)平面、直线与立体相交,以及两立体相交。
- (9)轴测投影。
- (10)标高投影。
- (11)组合体的投影图和组合体的构型设计。
- (12)AutoCAD 三维绘图简介。
- (13)表示工程形体的图样画法,AutoCAD 绘制工程形体的图样示例。

2.1 制图的基本知识和基本技能

2.1.1 有关土木工程图的制图标准及其基本规定

绪论中已述及工程图样是工程与产品技术信息的载体,是工程界表达、交流技术思想的语言,所以必须有统一的规定。我国对各类工程制图分别发布了相关的制图标准,这里摘录了土木工程方面应用最广的《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010)中的部分内容,在本课程的制图基础阶段应严格遵守、熟练掌握;其余内容和有关的专业制图标准,将在以后陆续介绍。应提及的是:我国已发布了一些适用各类技术图样的技术制图国家标准,可查阅书后的参考文献[16]。凡本书未述及的制图标准中的内容,需用时请读者查阅有关标准。

2.1.1.1 图纸幅面与标题栏

图纸幅面有 A0、A1、A2、A3、A4 五种,幅面和图框的格式见图 2.1,其尺寸见表 2.1。图纸的短边尺寸不应加长,A0~A3 的长边尺寸可按《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2010)的规定加长,需用时可查阅该标准。图纸幅面及图框格式有横式幅面和立式幅面两种,A0~A3 图纸宜横式使用,必要时,也可以立式使用。

需要微缩复制的图纸,在图框四个边上均随有对中标志,如图 2.1 所示;在其一个边上有一段准确米制尺度,图 2.1 中未画出,需用时可查阅 GB/T 50001—2010。学生在学习阶段的制图作业,都不画对中标志和米制尺度。

图纸幅面及图框尺寸(mm)

表 2.1

幅面代号 尺寸代号	A0	A1	A2	A3	A4
$b \times l$	841×1198	594×841	420×594	297×420	210×297
c	10			5	
a	25				

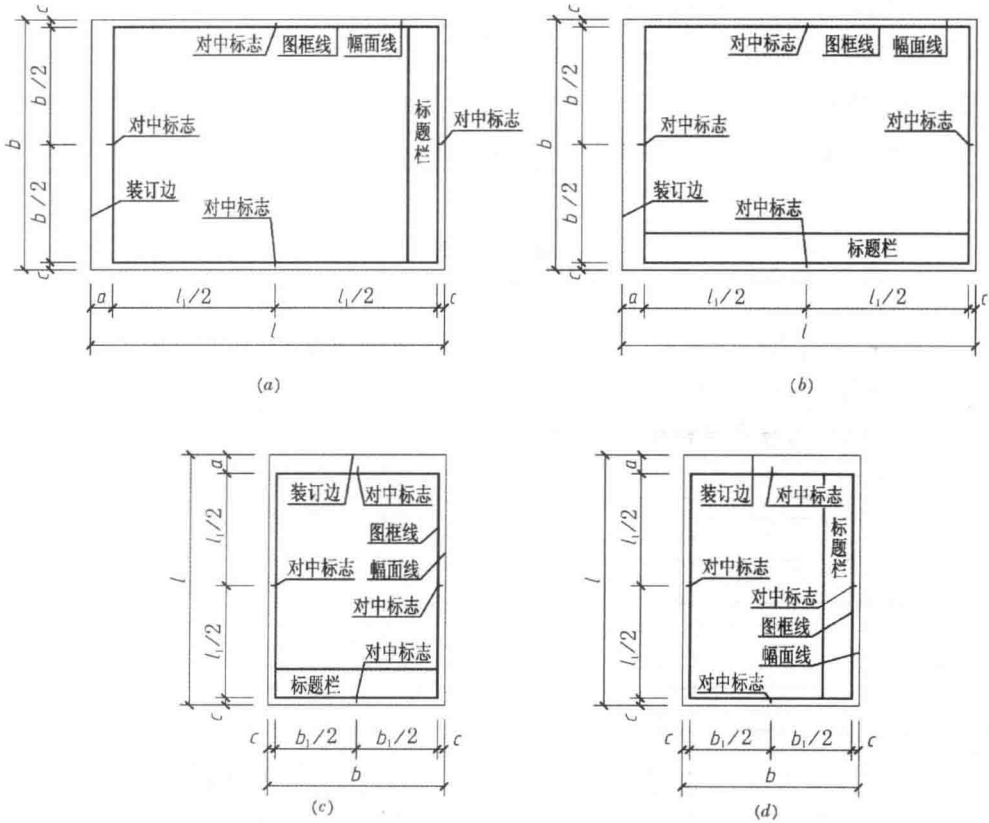


图 2.1 图纸幅面和图框的格式

(a) A0~A3 横式幅面(一); (b) A0~A3 横式幅面(二); (c) A0~A4 立式幅面(一); (d) A0~A4 立式幅面(二)

标题栏应符合 GB/T 50001—2010 的规定,如图 2.2(a)、(b)所示,根据工程的需要选择确定其尺寸。学生在学习阶段的制图作业,建议采用图 2.2(c)所示的标题栏,画在图框的右下角。

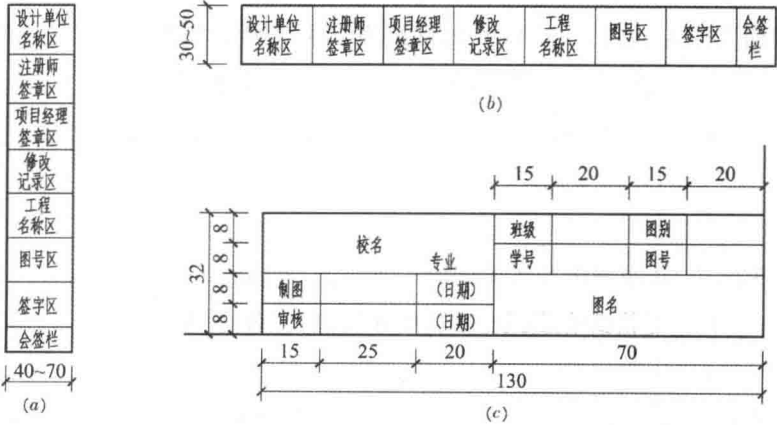


图 2.2 标题栏的格式

(a) 工程图纸标题栏(一); (b) 工程图纸标题栏(二); (c) 学生制图作业建议使用的标题栏

2.1.1.2 图线

(1)线宽与线型

工程图样都是用不同线宽与线型的图线所绘制的。图线的宽度 b ,宜从 1.4、1.0、0.7、0.5、0.35、0.25、0.18、0.13(mm)线宽系列中选取。图线宽度不应小于 0.1mm。

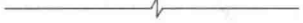
每个图样应根据复杂程度与比例大小,先选定基本线宽 b ,再选用表 2.2 中相应的线宽组。同一张图纸内,相同比例的各图样,应选用相同的线宽组。

工程建设制图应选用表 2.3 所示的图线。

线宽组 表 2.2

线宽比	线宽组(mm)			
b	1.4	1.0	0.7	0.5
$0.7b$	1.0	0.7	0.5	0.35
$0.5b$	0.7	0.5	0.35	0.25
$0.25b$	0.35	0.25	0.18	0.13

图 线 表 2.3

名称	线 型	线宽	用 途
实线	粗		b 主要可见轮廓线
	中粗		$0.7b$ 可见轮廓线、尺寸起止符号斜短线
	中		$0.5b$ 可见轮廓线、变更云线
	细		$0.25b$ 尺寸线、尺寸界线、图例填充线、家具线
虚线	粗		b 见各有关专业制图标准
	中粗		$0.7b$ 不可见轮廓线
	中		$0.5b$ 不可见轮廓线、图例线
	细		$0.25b$ 图例填充线、家具线
单点长画线	粗		b 见有关专业制图标准
	中		$0.5b$ 见有关专业制图标准
	细		$0.25b$ 中心线、对称线、轴线等
双点长画线	粗		b 见各有关专业制图标准
	中		$0.5b$ 见各有关专业制图标准
	细		$0.25b$ 假想轮廓线、成型前原始轮廓线
折断线		$0.25b$	断开界线
波浪线		$0.25b$	断开界线

图纸的图框和标题栏线的宽度:当幅面代号为 A0、A1 时,图框线为 b ,标题栏外框线为 $0.5b$,标题栏分格线为 $0.25b$;当幅面代号为 A2、A3、A4 时,图框线为 b ,标题栏外框线为 $0.7b$,标题栏分格线为 $0.35b$ 。学生的制图作业的图框线和标题栏外框线建议用 b ,标题栏分格线建议用 $0.25b$ 。

在本课程的制图基础阶段,本书将可见轮廓线都画成线宽为 b 的粗实线,将不可见轮廓线都画成线宽为 $0.5b$ 的中虚线。

(2)图线画法

- ①相互平行的图例线,其净间隙或线中间隙不宜小于 0.2mm。
- ②虚线、单点长画线或双点长画线的线段长度和间隔,宜各自相等。当在较小图形中绘制单点长画线或双点长画线有困难时,可用实线代替。
- ③单点长画线或双点长画线的两端不应是点,点画线与点画线或其他图线交接时,应是线段交接。
- ④虚线与虚线或其他图线交接时,应是线段交接。虚线为实线的延长线时,不得与实线连接。
- ⑤图线不得与文字、数字或符号重叠、混淆,不可避免时,应首先保证文字等的清晰。图线画法的正误对比如图 2.3 所示。

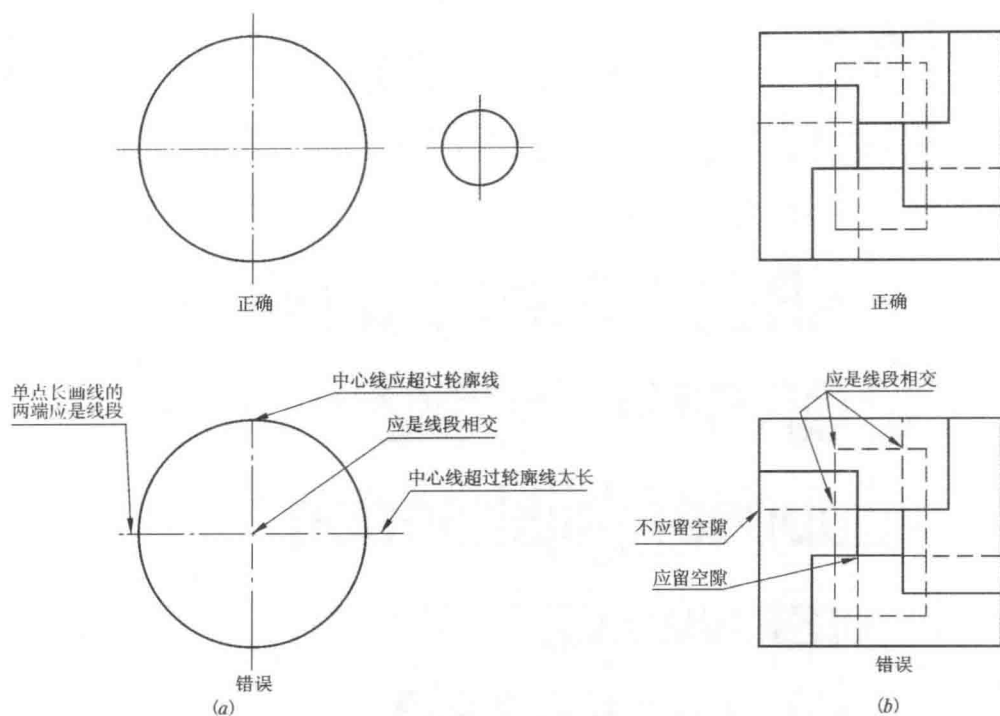


图 2.3 图线画法的正误对比
(a)单点长画线的画法示例;(b)虚线的画法示例

2.1.1.3 字体

文字、数字和符号都是工程图纸的重要内容。如果工程图纸中的文字、数字和符号书写得不清楚,容易造成工程事故,同时也影响图面的美观。因此,图纸上所需注写的文字、数字或符号等,均应笔画清晰、字体端正、排列整齐,标点符号应清楚正确。

图样及说明中的汉字,宜采用长仿宋体或黑体。长仿宋体的高宽关系应符合表 2.4 的规定,黑体字的宽度与高度应相同。学生的制图作业建议采用长仿宋体。汉字的简化字书写应符合国家有关汉字简化方案的规定。

长仿宋体字的宽度与高度的关系(mm)

表 2.4

字 高	20	14	10	7	5	3.5
字 宽	14	10	7	5	3.5	2.5

图样及说明中的拉丁字母、阿拉伯数字与罗马数字的书写规则,GB/T 50001—2010 中有较详细的规定,需用时可查阅该标准。拉丁字母、阿拉伯数字与罗马数字的字高,不应小于 2.5mm。当需写成斜体字时,其斜度应是从字母的底线逆时针向上倾斜 75°,斜体字的高度和宽度应与相应的直体字相等。数量的数值注写,应采用正体阿拉伯数字。各种计量单位凡前面有量值的,均采用国家颁布的单位符号注写,单位符号应采用正体字母。分数、百分数和比例数的注写,应采用阿拉伯数字和数学符号。当注写的数字小于 1 时,应写出个位的“0”,小数点应采用圆点、齐基准线书写。

长仿宋汉体、拉丁字母、阿拉伯数字与罗马数字示例应符合现行国家标准《技术制图 字体》(GB/T 14691—1993)的有关规定。

为了写好图纸上的文字、数字或符号,请读者按照图 2.4 所示的字体示例以及图 2.5 所示的长仿宋体的基本笔法示例多做练习。