



普通高等教育“十一五”国家级规划教材


机械制图学

(第二版)

主 编 侯洪生 (吉林大学)
主 审 焦永和 (北京理工大学)

2007年吉林省普通
高等学校优秀教材

2003年中国工程图
学学会优秀教材奖

 科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机械工程图学

(第二版)

主 编 侯洪生 (吉林大学)
主 审 焦永和 (北京理工大学)
副主编 王秀英 王泰花 林玉祥 闫 冠

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据2004年教育部工程图学教学指导委员会修订的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”,并总结多年教学改革经验编写而成。

本书特点是,将现代计算机三维构型设计的概念、术语和方法,与传统工程图学相融合,使其能够与当今任一款主流三维设计软件接轨配套,并形成系列教材,用于计算机三维设计的教学之中;以立体构型与分类为切入点展开教学,突出以体为主线,培养学生从三维到二维的图示能力以及从二维到三维的空间想象能力及三维构型能力。

全书共16章,主要内容有:制图基本知识;三维构型基础;投影法及几何元素的投影;几何元素间的相对位置;换面法;曲线与曲面;基本立体及复合立体的投影;轴测图;切割体及相贯体的投影;立体视图画法和立体尺寸标注;读立体视图与构型分析;机件的表达方法;标准件和常用件;零件图;装配图;表面展开图和焊接图。

本书可作为普通高等院校机械类、近机械类等专业的教材,也可作为教师和工程技术人员的参考书。与本书配套出版的《机械工程图学习题集》可供读者选用。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程图学/侯洪生主编. —2版. —北京:科学出版社,2008
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-03-021948-0

I. 机… II. 侯… III. 机械制图-高等学校-教材 IV. TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第067881号

责任编辑:马长芳 潘继敏/ 责任校对:包志虹

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

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

*

2001年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年9月第 二 版 印张:24 1/2

2008年9月第十一次印刷 字数:562 000

印数:36 501~41 500

定价:39.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

第二版前言

过去,人们用语言描述、仅能靠大脑想象的“点动成线、线动成面、面动成体”的过程,现在可用计算机 3D 技术将这一过程动态鲜活地展现在我们眼前。这一时刻的到来,预示着研究利用在二维平面上表达三维空间“点、线、面、体”的画法几何与工程图学课程体系将发生全方位的变化。

进入 21 世纪以来,随着信息技术的迅猛发展及其全方位的加速渗透,全球正经历从工业社会向信息社会的过渡,制造业信息化已成为发展的必然趋势。围绕提高产品创新能力,三维 CAD、CAE、CAM 等现代设计制造技术得到迅速推广和应用。现代计算机 3D 技术终于使人们对现实世界的描述重新回到了原始的直观三维境界,“设计从三维开始”的理念已经随着计算机应用的普及和三维设计软件的成熟迅速成为今天的现实。

工程设计现在已发展到全数字化阶段,设计制造数字化、一体化过程得以实现的核心是三维几何模型,二维视图已满足不了科技发展的需求,它也不再是设计和制造之间必不可少的环节。从“九五”的一甩(甩图板)到“十一五”的两甩(甩图纸、甩图表),即大力普及三维 CAD 教育和应用已成为我国科技发展的长期战略。另外,2004 年教育部工程图学教学指导委员会审时度势,根据科技发展和工程图学教学改革现状,重新修订了“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”。新的教学基本要求增加了“创造性构型设计能力、使用绘图软件绘制工程图样及进行三维造型设计能力的培养”。因此,现有工程图学课程体系、教学内容已不适应科技的发展,必须对工程图学课程进行全面的改革,新课程体系不应继续以二维工程图为核心,应突出三维构型设计的新理念。在工程图学教材中,应增加基于草图构形设计和特征造型的三维设计概念和方法,用现代造型理论和方法解释和理解传统内容,使传统内容与三维 CAD 设计有机融合,而不是简单的拼合,进而形成新的课程体系。

本教材就是根据科技发展趋势和 2004 年教育部工程图学教学指导委员会修订的普通高等院校工程图学课程教学基本要求,并总结多年教学改革经验修订完成的。

本教材特点如下:

1. 删减了与现代工程设计理念和工程实践无联系或联系不密切的传统内容,增加了基于草图进行计算机三维构型设计的原理和方法一章,根据三维 CAD 成型原理和方法对立体进行重新分类并按立体类型编排章节,以三维立体作为切入点展开课程内容。

2. 将计算机三维构型设计的概念、术语和方法融入有关章节。例如,平面图形中融入了二维草图的尺寸约束和几何约束的概念,立体视图中将二维草图和特征视图融为一体。

3. 用直角坐标系引出三投影面体系和投影规律,利用学生已储备的几何知识帮助其理解抽象内容,使复杂问题简单化。

4. 将计算机三维构型中的“拉伸成型”法用于轴测图的绘制,并将其放在基本立体一章之后介绍,以利于学生提前掌握轴测图的画法,使轴测图真正成为一种帮助学生阅读立体视图并想象其空间形状的工具。

5. 将现代造型方法和传统投影理论的相结合用于立体的绘制及阅读之中,使读者不但能根据二维视图快速想象出立体的形状,而且知道立体成型的方法和过程。这是本书的一个创新点。

6. 目前国内设计院所、生产企业、高等院校使用的三维设计软件种类不同,而且不断推陈出新以及版本快速升级,因此我们没有将某一种三维设计软件的使用编入教材之中。但本教材将现代计算机三维构型设计的概念、原理、方法与工程图学传统内容有机地融为一体,因此本教材可与任一种主流三维设计软件如 CATIA、UG、Inventor、Pro-E 等接轨配套形成系列教材,便于使用不同三维设计软件和教学环境的学校进行三维 CAD 的教学,从而保证现代工程图学课程体系的完整性和先进性。

7. 本书语言简练、通俗易懂。精选的插图清晰准确、立体感强,便于读者自学。

与本教材配套使用,由林玉祥主编的《机械工程图学习题集(第二版)》同时出版,可供读者选用。

参加本教材编写的有:王秀英(第一章、第十三章),王泰花(第三章、第十二章),田祝荫(第四章、第五章),侯洪生(第二章、第六章、第十章、第十一章、第十三章、第十五章),潘志刚(第七章、第八章),闫冠(第四章、第五章、第九章),林玉祥(第十四章),白海英(第十六章、附录),侯磊(第十三章、第十四章)。

本教材由吉林大学侯洪生教授主编,由中国工程图学学会图学教育专业委员会主任、北京理工大学焦永和教授主审。

本书的出版得到吉林大学教务处、机械科学与工程学院、国家工科机械基础教学基地等单位的大力支持,凝聚着参与教学改革的吉林大学工程与计算机图学教研室全体教师的智慧和汗水,在此一并表示感谢。

在这里我们还要特别感谢使用本教材第一版的院校和读者,他们给我们提出了许多建议,使本次教材的修订得以顺利完成,使其内容更加完善。

本书在编写过程中参考了一些国内同类教材、习题及有关文献,在此特向有关作者致谢!

由于我们水平有限,书中错误在所难免,希望读者批评指正。

编 者

2008 年 6 月

第一版前言

本书是根据教育部制订的高等学校工科本科“画法几何及机械制图课程教学基本要求”和最新颁布的有关国家标准,总结多年来教学改革的成果,并汲取许多兄弟院校教材的经验编写而成。

工程图学课程是高等工业院校的一门重要技术基础课。随着社会和科学技术的进步,特别是计算机技术的迅猛发展,本课程无论是在教学内容、教学手段上,还是在学生学习的方法和实践环节上,都与计算机密不可分。传统的教学模式已不能适应现代科技对人才培养的要求。因此,1998年我校将“画法几何与机械制图”同“计算机绘图”融为一体讲授。考虑到绘图软件的快速升级和推陈出新,故没有将计算机绘图内容编入本教材,而是另编写了一本不断跟踪最新绘图技术的教材《计算机绘图实用教程》(侯洪生主编,科学出版社),与本教材同步使用,从而保证本课程在内容体系上的完整性和先进性。

全书除附录外共14章,主要有以下特点:

1. 精选了画法几何部分的内容,并调整了深度,降低了点、线、面综合题和立体表面交线等内容的求解难度,使其内容更加紧凑。

2. 加强了组合体内容,增加了各种典型图例和详细分析,强化了三视图的训练,为空间构型能力的培养打下基础。

3. 充实了徒手绘图的内容,有利于培养学生在现代工程技术设计中创意和构思设计的技能和能力。

4. 丰富了零件构型方面的内容,从零件功能结构和工艺结构阐述了零件成型的过程。

5. 本教材插图全部用计算机生成。平面图形清晰准确,立体图形形象逼真,富有现代感。所选图例注意到与现代教学手段结合,为下一步制作电子版教材打下基础。

6. 教材内容科学准确,文字精练,逻辑性强。前后衔接合理,符合认知规律。

本书全部采用我国最新颁布的《技术制图》与《机械制图》国家标准及与制图有关的其他标准,并按课程内容需要分别编排在正文或附录中,以培养学生贯彻国家标准的意识和查阅国家标准的能力。

与本书配套使用的还有《机械工程图学习题集》(林玉祥主编,科学出版社2001年9月出版)。本套教材可供高等学校机械类专业使用,也可作为其他专业的教学参考书。

参加本教材编写的有:王秀英(第一章、第八章),王泰花(第二章、第十章),田祝荫(第三章、第四章),侯洪生(第五章、第十二章、第十三章),潘志刚(第六章、第九章),闫冠(第七章、第八章),林玉祥(第十一章),白海英(第十四章、附录)。

本教材由吉林大学侯洪生教授主编,由中国工程图学学会图学教育分会主任董国耀教授主审。

书中的三维图形由吉林大学机械学院软件中心郝万军、黄海林制作。

本书在编写过程中得到了吉林大学教务处、机械科学与工程学院、国家工科机械基础

教学基地等单位的大力支持,凝聚着参与教学改革全体教师的智慧和汗水,在此一并表示感谢。

本书参考了一些国内同类著作,在此特向有关作者致意!

由于我们水平有限,书中错误在所难免,希望读者批评指正。

编者

2001年7月

目 录

第二版前言	
第一版前言	
绪论	1
第一章 制图的基本知识和技能	2
第一节 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定	2
第二节 制图的基本技能	14
第三节 几何作图	20
第四节 平面图形	25
第二章 三维立体的构成与分类	30
第一节 二维草图与三维立体的构型设计	30
第二节 三维立体的分类	34
第三章 投影法与几何元素的投影	39
第一节 投影法的概念及分类	39
第二节 单面投影图与多面正投影图	40
第三节 三投影面体系及几何元素的投影	42
第四章 几何元素间的相对位置	56
第一节 点、线、平面的从属问题	56
第二节 两直线相对位置	60
第三节 直线与平面及两平面相对位置	66
第四节 综合应用	77
第五章 换面法	84
第一节 换面法的概念及变换规律	84
第二节 换面法的综合应用	89
第六章 曲线和曲面	94
第一节 曲线概述	94
第二节 平面曲线	95
第三节 空间曲线	97
第四节 曲面概述	98
第五节 常见曲面	99
第六节 曲面的切平面	103
第七章 基本立体及复合立体的投影	105
第一节 立体的三面投影与三视图	105
第二节 平面基本立体的投影及其表面上取点、线	108
第三节 曲面基本立体的投影及其表面上取点、线	110

第四节	复合立体的投影	117
第八章	轴测图	121
第一节	概述	121
第二节	正等轴测图	122
第三节	斜二等轴测图	131
第四节	轴测图上的尺寸注法	133
第五节	徒手绘制轴测图	134
第六节	轴测剖视图及轴测分解图的画法	136
第九章	切割体和相贯体的投影	139
第一节	切割体的投影	139
第二节	相贯体的投影	154
第十章	立体视图画法及立体尺寸标注	170
第一节	形体分析法绘图	170
第二节	线面分析法绘图	173
第三节	立体的尺寸标注	174
第十一章	读立体视图与构型分析	182
第一节	读立体视图的要点	182
第二节	形体分析法读图	186
第三节	线面分析法读图	187
第四节	补画第三视图及构型分析	189
第十二章	机件的表达方法	196
第一节	视图	196
第二节	剖视图	200
第三节	断面图	210
第四节	简化画法及其他规定画法	213
第五节	综合举例	217
第六节	三角投影法简介	219
第十三章	标准件和常用件	221
第一节	螺纹及螺纹联接	221
第二节	键、销及滚动轴承	233
第三节	齿轮	240
第四节	弹簧	254
第十四章	零件图	259
第一节	零件的概述	259
第二节	零件图的作用与内容	260
第三节	零件的构形	260
第四节	零件的表达方案	266
第五节	零件图中的尺寸标注	274
第六节	零件图中的技术要求	283

第七节	零件测绘	304
第八节	读零件图	308
第十五章	装配图	311
第一节	装配图的作用和内容	311
第二节	机器或部件的表达方法	313
第三节	装配图中的尺寸标注和技术要求	316
第四节	装配图中的零部件序号及明细栏	316
第五节	装配工艺结构的合理性	318
第六节	部件测绘和装配图的画法	322
第七节	读装配图和由装配图拆画零件图	325
第十六章	表面展开图和焊接图	334
第一节	平面立体表面的展开	334
第二节	可展曲面的展开	335
第三节	不可展曲面的展开	337
第四节	应用举例	339
第五节	焊接件	341
参考文献		349
附录		350

绪 论

一、本课程的研究对象、性质与任务

在现代工业生产中,设计和制造机器以及所有工程建设都离不开工程图样。在使用机器、设备时,也要通过阅读图样了解机器的结构和性能。因此,工程图样是工业生产中一种重要的技术文件,是进行技术交流不可缺少的工具,是工程界共同的技术语言。每位工程技术人员和工程管理人员都必须掌握这种语言,否则就无法从事技术工作。

工程图学是研究绘制和阅读工程图样的一门学科,它既有系统的理论,又有较强的实践性和技术性。

二、本课程的主要任务

1. 学习空间三维立体的成型方法及立体的类型。
2. 学习正投影法的基本理论及其应用。
3. 培养空间想象和思维能力以及几何构型设计的基本能力。
4. 培养零、部件的表达能力。
5. 培养徒手绘图、尺规绘图及计算机绘图的综合能力。
6. 学习贯彻机械制图国家标准,培养查阅有关设计资料和标准的能力。
7. 培养学生认真负责的工作态度和严谨的工作作风,使学生的动手能力、工程意识、创新能力、设计概念等方面得以全面提高。

三、本课程的学习方法

1. 要学好本课程的主要内容,必须认真学好投影理论,运用计算机三维构型的原理和方法结合形体分析、线面分析和结构分析等方法,由浅入深地进行绘图和读图实践,多画、多读、多想、反复地由物画图,由图想物,逐步提高空间想象能力和空间分析能力,这是学好本课程的关键。

2. 在学习本课程时,必须按规定完成一系列制图作业,并按正确的方法和步骤进行,准确使用工程制图中的有关资料,提高独立工作能力和自学能力。

3. 注意将计算机绘图、徒手绘图和尺规绘图等各种绘图技能与投影理论密切结合,能准确、快速地绘制和阅读工程图样。

由于工程图样在生产建设中起着重要的作用,绘图和读图的差错都会带来经济损失,甚至负有法律责任,所以在完成习题和其他作业的过程中,应该养成认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。学好本课程可为后继课程及生产实习、课程设计和毕业设计打下良好的基础。同时也可以以上各个环节中使自己的绘图和读图能力得到进一步的巩固和提高。

第一章 制图的基本知识和技能

主要内容 中华人民共和国国家标准《技术制图》和《机械制图》中的有关规定；绘图工具的使用方法与绘图基本技能；几何作图方法及平面图形的尺寸分析和绘图步骤等。

学习要点 了解图纸幅面及格式、比例的概念；熟悉常用线型的名称及用途；掌握尺寸标注的规则及注法；了解常用绘图工具的用途；掌握圆弧连接的作图方法；能按尺寸准确绘制平面图形；能按要求对二维草图进行尺寸约束和几何约束。

第一节 国家标准《技术制图》和《机械制图》的一般规定

图样是工程设计和制造过程中的重要技术文件，是表达设计思想，进行技术交流和指导生产的工程语言。因此，必须对制图的各个方面作出统一的规定。我国在1959年首次颁布了国家标准《机械制图》，对图样作了统一的技术规定。为适应科学技术的发展和国际贸易往来以及技术交流的需要，我国的国家标准经过了多次修改和补充，并且又颁布了国家标准《技术制图》，这些标准与相应国际标准一致性程度越来越高。

国家标准简称“国标”，属性代号为“GB”。例如 GB/T 14689—1993，其中“T”为推荐性标准，“14689”是标准顺序号，“1993”是标准颁布的年代号。本节仅介绍其中的部分标准，其余的将在后续章节中分别介绍。

一、图纸幅面和格式 (GB/T 14689—1993)

(一) 图纸幅面

绘制图样时应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。幅面共有 5 种，其代号为 A0、A1、A2、A3、A4。必要时，可按规定加长幅面，如图 1-1 所示。

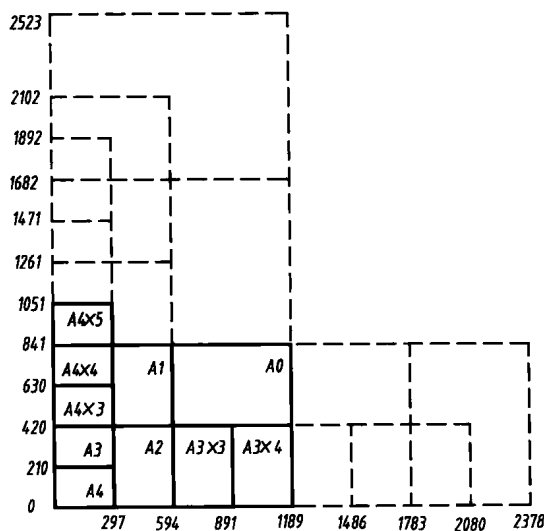


图 1-1 图纸幅面及加长边

表 1-1 图纸基本幅面及图框尺寸

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				

(二) 图框格式

图样无论是否装订,都必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,如图 1-2、图 1-3 所示。每种图框的周边尺寸按表 1-1 选取。但应注意,同一产品的图样只能采用一种格式。

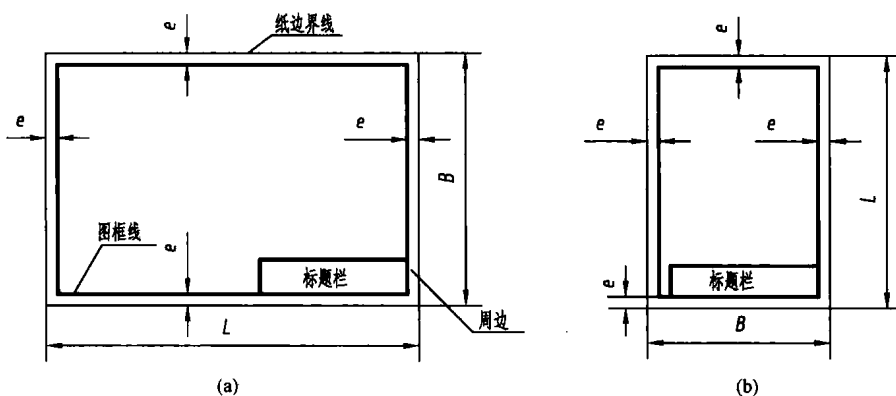


图 1-2 不留装订边的图框格式

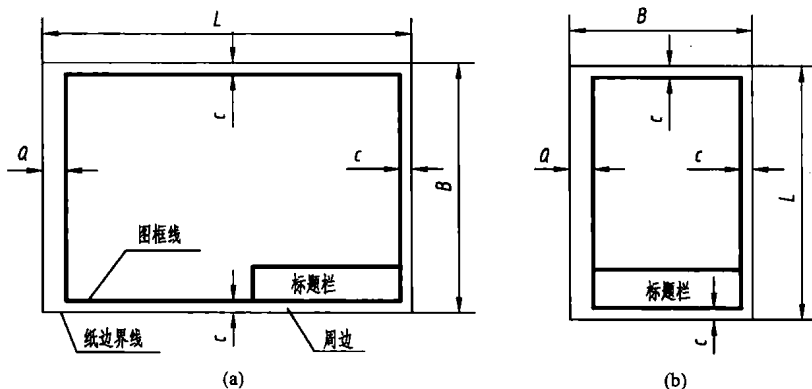


图 1-3 留装订边的图框格式

(三) 标题栏

每张技术图样中均应有标题栏,用来填写图样上的综合信息,它是图样中的重要组成部分。国家标准 GB/T 10609.1—1989 规定了标题栏格式、内容及尺寸,其格式一般由更改区、签字区、其他区和名称及代号区组成,详见图 1-4 所示。在学生的草图作业中也可以采用图 1-5 中的简单格式。

GB/T 14689—1993 规定标题栏的位置应在图纸的右下角,标题栏的长边置于水平方向,其右边和底边均与图框线重合,此时,看图的方向应与标题栏的方向一致,如

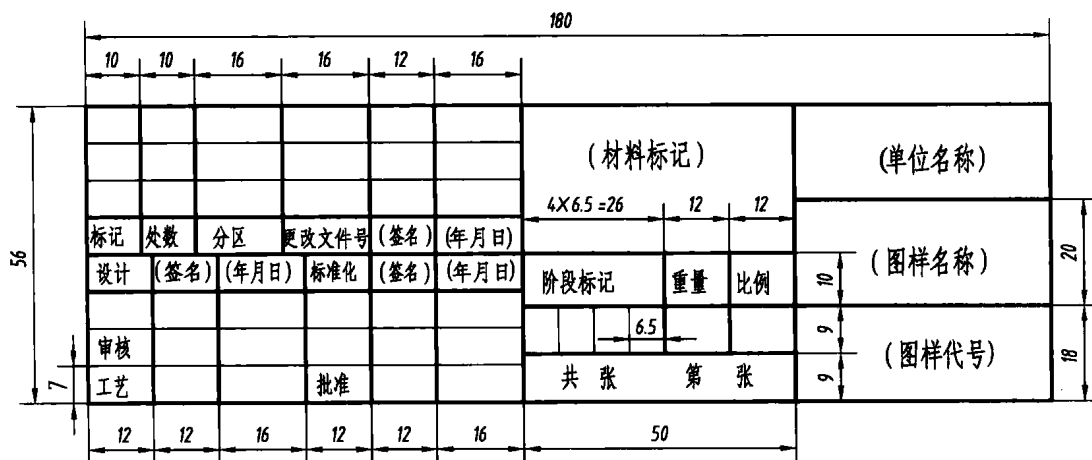


图 1-4 国家标准规定的标题栏格式

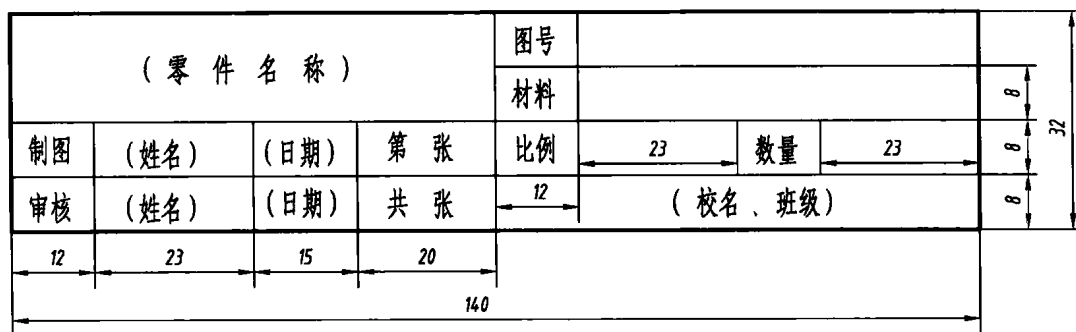


图 1-5 学生草图作业中采用的标题栏格式

图 1-2、图 1-3 所示。为利用预先印制的图纸，标准也允许将标题栏的短边置于水平位置，此时，标题栏必须位于图纸的右上角，图中必须标注方向符号，看图方向应以方向符号为准，而标题栏中的内容及书写方向不变。

为使图样复制和缩微摄影时定位方便，应在图纸各边长的中点处分别画出对中符号。对中符号用粗实线绘制，线宽不小于 0.5mm，长度从图纸边界开始至图框内约 5mm，当对中符号处在标题栏范围内时，伸入标题栏部分省略不画。方向符号是在图纸下边的对中符号处加画的一个用细实线绘制的等边三角形，其大小及所处位置如图 1-6 所示。

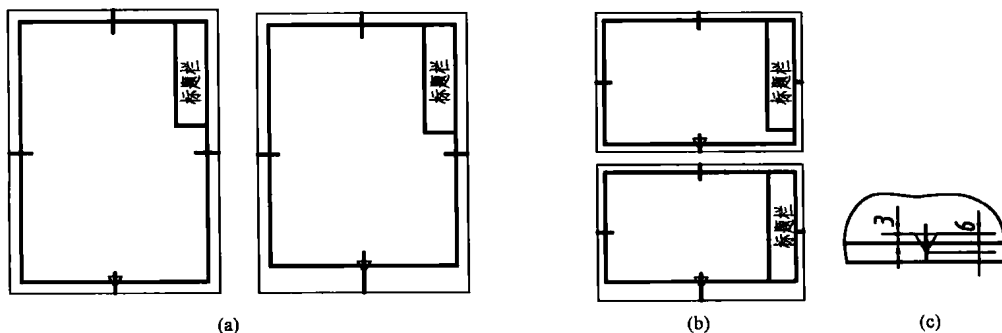


图 1-6 方向符号及对中符号

二、比例(GB/T 14690—1993)

(一) 术语

比例:图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

原值比例:比值为1的比例,即1:1。

放大比例:比值大于1的比例,如2:1等。

缩小比例:比值小于1的比例,如1:2等。

(二) 比例系列

绘图时应尽量采用1:1的原值比例,以便从图样上直接估计出机件的大小。需要按比例绘制图样时,应优先选取表1-2中所规定的比例数值。必要时,也允许选取表1-3中的比例。

表 1-2 规定的比例系列

种 类	比 例
原值比例(比值为1的比例)	1:1
放大比例(比值>1的比例)	5:1 2:1 5×10 ⁿ :1 2×10 ⁿ :1 1×10 ⁿ :1
缩小比例(比值<1的比例)	1:2 1:5 1:10 1:2×10 ⁿ 1:5×10 ⁿ 1:1×10 ⁿ

注: n 为正整数。

表 1-3 规定的比例系列

种 类	比 例
放大比例	4:1 2.5:1 4×10 ⁿ :1 2.5×10 ⁿ :1
缩小比例	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。

图样无论放大或缩小,在标注尺寸时,都应按机件的实际尺寸标注,如图1-7所示。同一张图样上的各视图应采用相同的比例,并标注在标题栏中的“比例”栏内。当某视图需要采用不同的比例时,可在名称下方或右侧标注比例,如 $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A}{1:100}$ 、 $\frac{B-B}{2.5:1}$ 、平面图1:100。

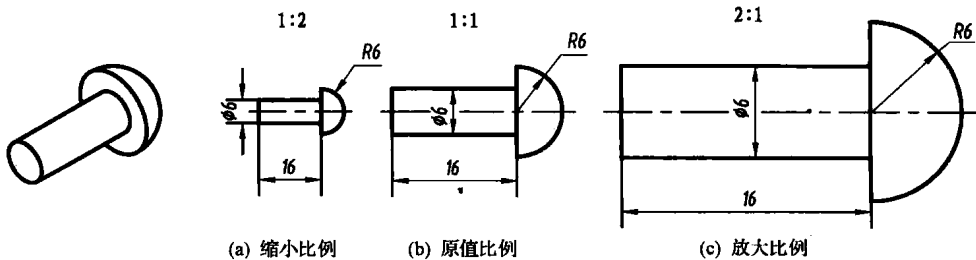


图 1-7 图形比例

三、字体(GB/T 14691—1993)

标准规定在图样中字体书写必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。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。若需要书写更大的字,字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体的高度代表字体的号数。

(一) 汉字

图样上的汉字应写成长仿宋字,并应采用国家正式颁布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm,字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。汉字不分直体或斜体。

长仿宋字的特点是:字体细长,起笔和落笔处均有笔锋,显得棱角分明,字形挺拔,与数字和字母书写在一起时,也显得协调。要写好长仿宋体,应在基本笔画和结构布局两方面下工夫。基本笔画是:横、竖、撇、捺、点、挑、钩、折等。每一笔画要一笔写成,不宜勾描。在学习基本笔画的同时,还应注意字体的写法,其要领是:横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。长仿宋字的运笔方法及示例如图 1-8 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船舶土木建筑未注铸造圆角其余技术要求两端材料
零件装配图基本线型尺寸数量比例图名间隔前后左右国家标准各项规定称备注
国家标准公差与配合标注形状和位置公差值表面粗糙度代号轮廓算术平均偏差

3.5 号字

技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑未注铸造圆角其余技术要求两端材料
零件装配图基本线型尺寸数量比例图名间隔前后左右国家标准各项规定称备注
国家标准公差与配合标注形状和位置公差值表面粗糙度代号轮廓算术平均偏差

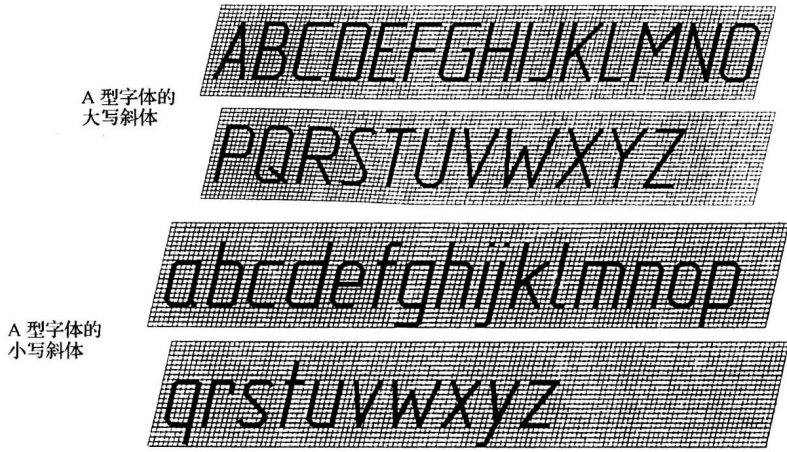
图 1-8 长仿宋体汉字示例

(二) 字母和数字

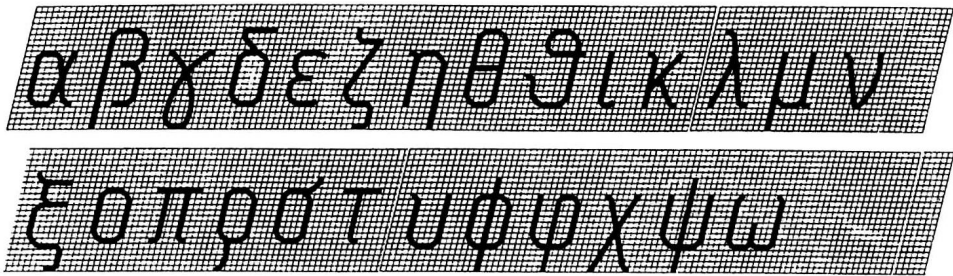
字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 $1/14$, B 型字体笔

画宽度为字高的 1/10。在同一张图上,只允许选用同一种型式的字体。

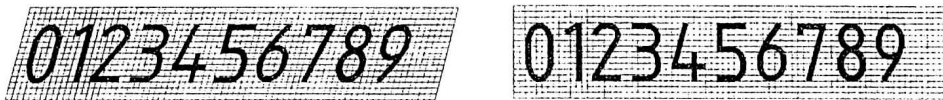
字母和数字可写成斜体和直体。斜体字的字头向右倾斜,与水平基准线成 75°(见图 1-9)。



(a) 拉丁字母示例



(b) 希腊字母示例 (A型字体小写斜体)



(c) 阿拉伯数字示例



(d) 罗马数字示例

图 1-9 字母和数字示例

(三) 综合示例

在图样中,用作指数、分数、极限偏差、注脚等数字及字母,一般应采用小一号字体。标注示例详见图 1-10。