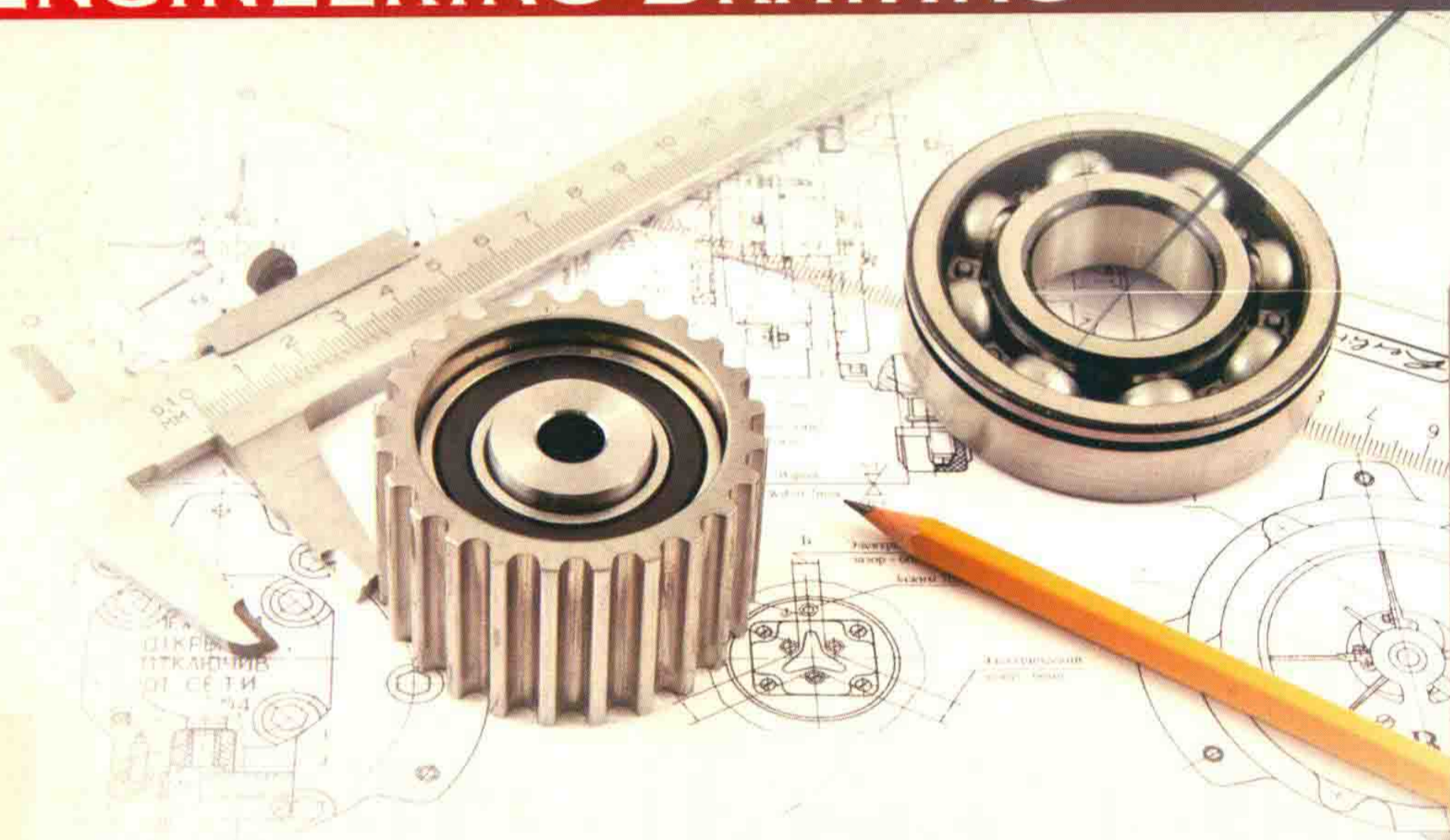


▶ 普通高等教育“十三五”规划教材

工程制图

ENGINEERING DRAWING



◎ 杨波 宋卫卫 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

工 程 制 图

主 编 杨 波 宋卫卫
副主编 王艳芳 崔卫华 潘永智
参 编 顾英妮 刘鲁宁 孙 宾 宋开峰 葛荣雨
时圣勇 章希胜 田希杰 王高琦 李 永
陈洪堂 张成梁 安延涛 杨玉娥
主 审 董国耀



机械工业出版社

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》及现行的《技术制图》和《机械制图》国家标准,结合近年来教学实践和教学改革成果编写而成的。

为满足不同专业工程制图课程教学的需求及学生课后学习、查阅的需要,本书尽量通俗易懂,术语规范,理论、概念等解释清晰;体系新颖,各章节自成体系又前后关联;内容由浅入深、由简到繁,循序渐进,符合学生的认知规律;采用大量综合应用示例来说明相关理论和方法在工程实际中的应用,注重理论联系实际,有利于学习者对相关内容的理解和工程素养的培养。

本书突出图学基础,兼顾专业图样,除绪论外,由基础篇和专业篇两大部分组成。其中基础篇包括制图基本知识、投影基本知识、基本几何元素的投影、基本立体及其表面交线、组合体及其分析方法、图样的基本画法和尺寸标注;专业篇包括常用零件与零件图、装配图、焊接图、电气图和化工工程图。书后附有附录和参考文献。

本书配套有《工程制图习题集》,与本书内容关联紧密,是本书中实训内容的补充,力求贴近工程实际。此外,本书还配有电子课件和习题答案,选用本书的教师可登录机械工业出版社教育服务网(www.cmpedu.com)下载。

本书配套有“工程制图VR学习系统”内容涵盖了与本书及习题集内容同步的电子教材、电子习题集、电子课件、电子习题集答案以及全部VR虚拟模型及视频,借助移动终端为学生提供了便捷的自主学习平台,同时方便教师教学。

本书可作为高等院校工科各专业工程制图课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/杨波,宋卫卫主编. —北京:机械工业出版社,2018.8
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-60278-1

I. ①工… II. ①杨… ②宋… III. ①工程制图-高等学校-教材
IV. ①TB23

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第156323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:舒恬 责任编辑:舒恬 杨璇

责任校对:王延 封面设计:张静

责任印制:张博

北京华创印务有限公司印刷

2018年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.75印张·1插页·460千字

标准书号:ISBN 978-7-111-60278-1

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

→ 前言 ←

工程制图是工程技术人员必备的基本技能，是一个把工程、技能和艺术完美结合的学科。工程制图课程是帮助学生学习教育技术、培养工程素养的入门课程，对培养学生掌握科学思维方法，增强工程意识和创新精神具有重要作用。随着社会对人才需求的变化、高校教学改革的深入以及飞速发展的现代科技的影响，这门古老的学科也在经历着变革，并焕发出新的活力。

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》及现行的《技术制图》和《机械制图》国家标准，结合近年来教学实践和教学改革的成果编写而成的。在本书编写过程中，编者研究、参考了大量经典教材及近年出版的特色教材，征求了许多教学一线教师的意见，结合了当前高校工科相关专业的课程设置。

本书为适应新的教学需求和教学改革的发展趋势而写，注重基础性、工程性、应用性，从培养学生工程图学基本能力和基本技能出发，更加注重理论与实际应用的有机结合，并贯彻现行国家标准。本书编写时力求体系科学、内容精当、术语规范、图文并茂、作图过程清晰，既便于教师组织教学，也利于学生课后自学和查阅。

本书的主要特色如下。

1) 根据课程内容之间的内在联系，按照循序渐进的认知规律设计本书的体系。总体上分为基础篇和专业篇，基础篇共设7章，为各专业必学内容，专业篇共设5章，包含机械、电气、化工专业的专业制图及焊接图，这样既扩大了本书的应用面，也有利于不同专业根据需要取舍内容。基础篇内的章节编排既自成体系又相互关联，从投影基础到点、线、面、体的投影再到图样画法，循序渐进，脉络清晰，强化画法几何为图示服务的教学理念；每章节的内容和要求目的明确，突出教学基本要求规定的必学内容，并通过“综合示例”贯彻理论与实践相结合的原则，注重培养学生分析问题和解决问题的能力。第2、3、4章注重基本理论与基本方法的训练，第5章为“组合体及其分析方法”，则着眼于分析问题、解决问题的科学思维方法的训练。

2) 为使各章内容前后连贯、相对独立，在一些内容的编排上做了一些调整，与经典教材有所不同。将“尺寸标注”单列一章，使之与图形表达分开，内容完整自成体系，既方便课堂教学也有利于学生课后自学；将“轴测投影图”放到“投影基本知识”一章中，一方面可使本章中介绍的投影的基本理论和方法相对完整，另一方面也与当前三维设计的理念相吻合，同时也可以作为一种辅助读图手段，方便学生后续的学习；将“标准件与常用件”和“零件图”合为一章“常用零件与零件图”，并适当调整部分内容，这样编排旨在使机械专业图样相关内容相对集中，便于学生理解。

3) 每章正文前有“内容提要”和“本章重点”，可以帮助学生明确学习目标和学习重点；后有“思考题”，可以引导学生对所学内容进行思考和总结。

4) 写法上力求概念清晰、术语规范、语言严谨、叙述流畅、图文并茂,便于自学。

5) 贯彻、使用新标准,本书中涉及的技术要求及规范均采用现行的国家标准和行业标准。

6) 配有与本书及习题集内容同步的“工程制图 VR 学习系统”,内容涵盖了电子教材、电子习题集、电子课件、电子习题集答案以及全部 VR 虚拟模型及视频,借助移动终端为学生提供了便捷的自主学习平台,同时方便教师教学。

本书由杨波、宋卫卫任主编,并与王艳芳、崔卫华、潘永智、顾英妮、刘鲁宁、孙宾、宋开峰、葛荣雨、时圣勇、章希胜、田希杰、王高琦、李永、陈洪堂、张成梁、安延涛、杨玉娥共同编写完成。

本书是济南大学图学教研室多年教学研究的成果和教学实践的经验总结,凝聚了全体教师的智慧、心血和辛勤劳动,在此表示深深的谢意。

本书由董国耀教授任主审,董教授在百忙之中对本书提出了很多建设性的修改意见,在此表示衷心的感谢!

本书得到山东省本科高校教学改革研究项目和济南大学出版基金资助。

本书编写过程中参考了一些同类教材(书后的“参考文献”),在此向这些文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和疏漏,敬请读者批评指正。

编者



“工程制图 VR 学习系统”下载二维码

→ 目录 ←

前言		
绪论	1	
0.1 本课程的性质和任务	1	
0.2 课程内容简介	1	
0.3 本课程的学习方法	3	
思考题	4	
基 础 篇		
第1章 制图基本知识	6	
1.1 国家标准的基本规定	6	
1.2 绘图工具与仪器绘图	17	
1.3 几何作图	22	
1.4 徒手绘图	28	
1.5 计算机绘图	31	
思考题	32	
第2章 投影基本知识	33	
2.1 投影的概念及其分类	33	
2.2 工程中常用的投影图	34	
2.3 三面正投影图的形成及投影规律	36	
2.4 轴测投影图的形成及画法	40	
思考题	50	
第3章 基本几何元素的投影	52	
3.1 点的投影	52	
3.2 直线的投影	56	
3.3 平面的投影	63	
3.4 直线与平面、平面与平面的相对位置 关系	68	
思考题	72	
第4章 基本立体及其表面交线	73	
4.1 立体的构成与分类	73	
4.2 基本立体的投影	76	
4.3 立体表面的点和线	81	
4.4 平面与立体表面的交线	87	
4.5 两立体表面相交的交线	94	
思考题	100	
第5章 组合体及其分析方法	101	
5.1 组合体的组合方式及其表面连接 关系	101	
5.2 形体分析法和线面分析法	102	
5.3 组合体视图的画法	103	
5.4 组合体视图的阅读	106	
5.5 综合应用示例分析	110	
思考题	113	
第6章 图样的基本画法	114	
6.1 视图	114	
6.2 剖视图	119	
6.3 断面图	133	
6.4 局部放大图	137	
6.5 常用规定画法和简化画法	139	
6.6 综合应用示例分析	143	
6.7 第三角画法简介	146	
思考题	148	
第7章 尺寸标注	149	
7.1 基本立体的尺寸标注	149	
7.2 切割体和相贯体的尺寸标注	150	
7.3 常见板类零件的尺寸标注	151	
7.4 组合体的尺寸标注	152	
7.5 轴测图的尺寸标注	159	
思考题	160	
专 业 篇		
第8章 常用零件与零件图	162	
8.1 零件与零件图	162	
8.2 零件上的螺纹和常见工艺结构	164	
8.3 标准件与常用件的规定画法	173	

8.4 零件图的视图选择	187	11.2 电气图简介	243
8.5 零件图的尺寸标注	190	11.3 建筑电气工程图简介	249
8.6 零件图的技术要求	194	思考题	251
8.7 零件图的阅读	205	第 12 章 化工工程图	252
思考题	207	12.1 概述	252
第 9 章 装配图	208	12.2 化工设备图	252
9.1 装配图的作用与内容	208	12.3 化工工艺图	259
9.2 装配图的表达方法	211	思考题	268
9.3 装配图中的尺寸标注和技术要求	216	附录	269
9.4 装配图中的零、部件序号及明细栏	217	附录 A 螺纹	269
9.5 常见的装配工艺结构	219	附录 B 螺纹紧固件	272
9.6 装配图的绘制	223	附录 C 平键	279
9.7 装配图的阅读	225	附录 D 销	280
思考题	230	附录 E 滚动轴承	281
第 10 章 焊接图	231	附录 F 常用零件结构要素	283
10.1 焊缝符号	231	附录 G 极限与配合	284
10.2 焊接图简介	234	附录 H 常用材料	288
思考题	237	附录 I 化工设备及化工工艺图图例	291
第 11 章 电气图	238	参考文献	293
11.1 概述	238		

绪论

“图”以其形象、直观的特点成为人类表达和交流思想的重要信息载体，而工程图则是工程与产品信息的载体，是根据投影理论、按一定标准表示工程对象的形状、尺寸、材料和技术要求等的“图”，在工程中起着类似于文字语言的作用，因此，常被称为“工程界的语言”。工程图样是表达和交流技术思想的重要技术文件，是设计、制造、安装、调试和使用、维修等的主要依据。因此，掌握绘制和阅读工程图样的方法是每个工程技术人员都必须具备的基本技能。

0.1 本课程的性质和任务

工程制图是研究工程信息表达、交流与传递的课程。它以几何学为基础，以投影理论为方法，研究几何形体的构成、表达及工程图样的绘制和阅读，培养学生形象思维能力和图形表达能力。该课程是一门既有系统理论和方法又有较强实践性和实用性的技术基础课，对培养学生的绘图、读图能力，空间思维能力以及基本的工程素养具有重要作用，为学生在后续课程的学习和课程设计、毕业设计中，进一步巩固和提高绘制与阅读工程图样的能力打好基础。

本课程的主要任务如下。

- 1) 学习正投影法的基本理论和作图方法。
- 2) 学习工程形体的构成及表达。
- 3) 培养正确绘制和阅读工程图样的基本能力。
- 4) 培养空间思维能力和创新思维能力。
- 5) 培养仪器绘图、徒手绘制工程图样的能力。
- 6) 培养贯彻、执行国家标准的意识和能力。
- 7) 培养严谨认真、求实创新的工作作风和工程素养。

此外，教学过程中还应有意识地培养学生的自主学习能力，分析问题和解决问题的能力，理论联系实际的能力，及开拓、创新意识等。

0.2 课程内容简介

课程内容主要包括两大部分：制图基础和专业工程图。其中，制图基础可分为投影理论、制图标准、几何形体和工程形体的表达方法、基本绘图方法等。专业工程图部分以机械图为主介绍专业工程图样的绘制和阅读，同时对其他行业的工程图样，如电气工程图、化工工程图及焊接图中涉及的相关行业标准和绘图方法进行简介。

下面以千斤顶为例，初步认识工程图样，概况了解本课程的主要内容。

千斤顶是简单的承重机械，由7种零件组成。图0-1所示为千斤顶立体图。

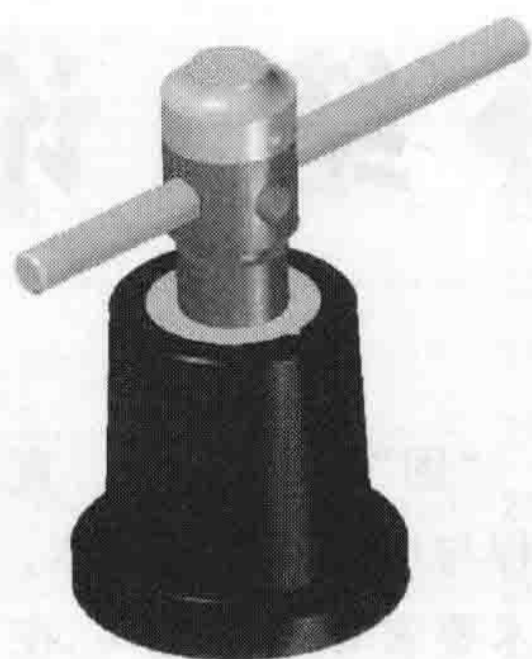


图0-1 千斤顶立体图
(轴测图)

(1) 工程图样 工程图样是表达和交流技术思想的工具，不同行业的工程图样所表达的内容和所涉及的行业标准不同，但投影理论和基本的制图标准是相同的。无论哪个行业都离不开机械设备，因此每个与机械有关的工程技术人员都必须能够绘制和阅读机械图样。机械图样主要分两类：装配图和零件图。任何机器或部件都是由若干零件按一定的装配关系和技术要求装配而成的，装配图是用于表示整个机器或部件、组件的技术图样，如图0-2所示千斤顶装配图，表达了各零件间的安装位置和连接关系；零件图是用于表达单个零件的图样，如图0-3所示千斤顶中的一个零件“丝杠”的零件图。

(2) 投影理论 介绍用投影法表达空间几何形体和图解空间几何问题的基本原理和方法。正投影法的原理和应用贯穿课程始终，是本课程的基本理论方法。图0-1所示为采用单面正投影法绘制的千斤顶的正等轴测图，而图0-2和图0-3则是采用多面正投影法绘制的基本视图。

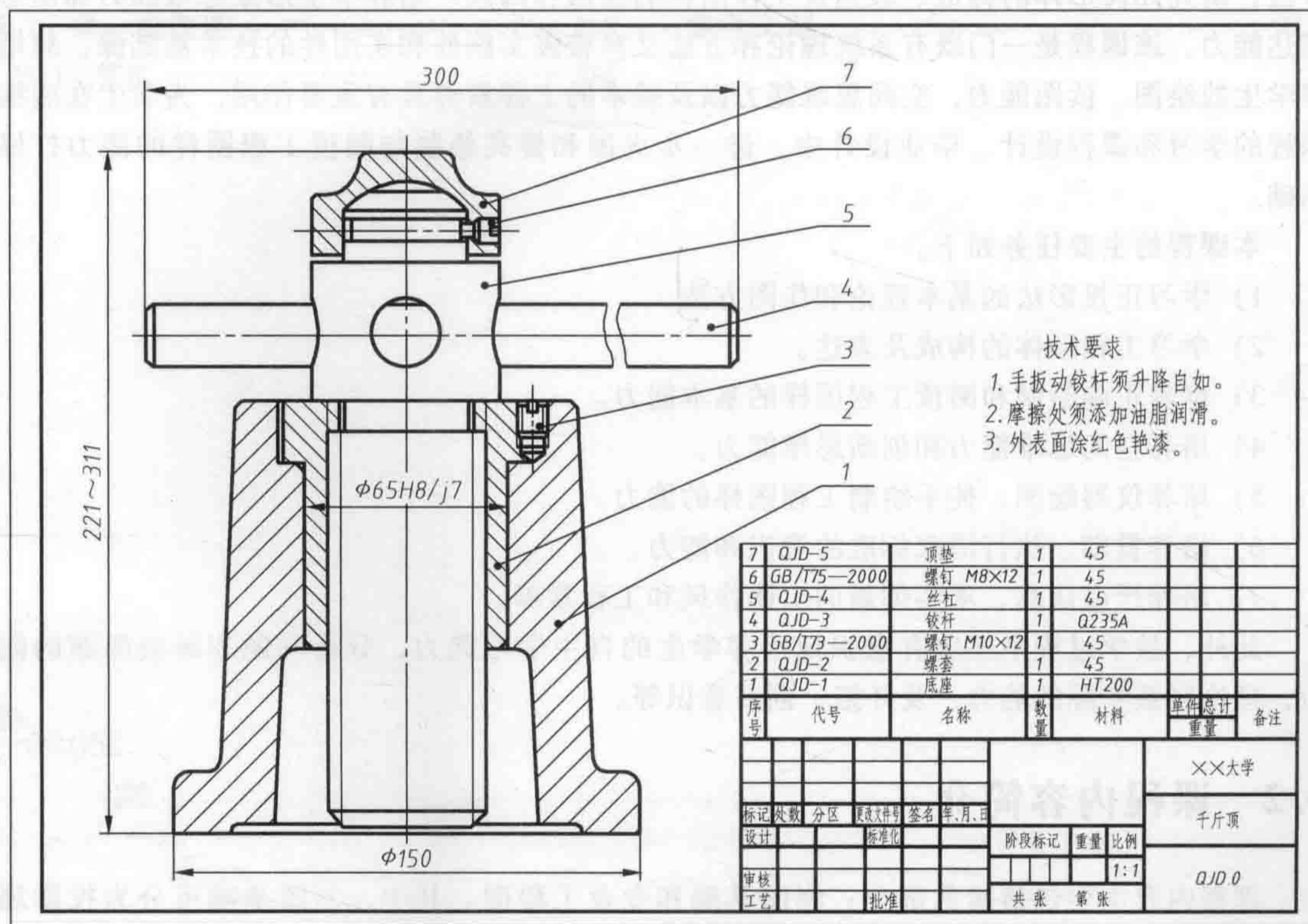


图0-2 千斤顶装配图

(3) 制图标准 介绍《技术制图》《机械制图》和其他专业工程图相关国家标准的有关内容。工程图样作为“工程界的语言”，其内容和表达方法必须有统一的规定，否则会出

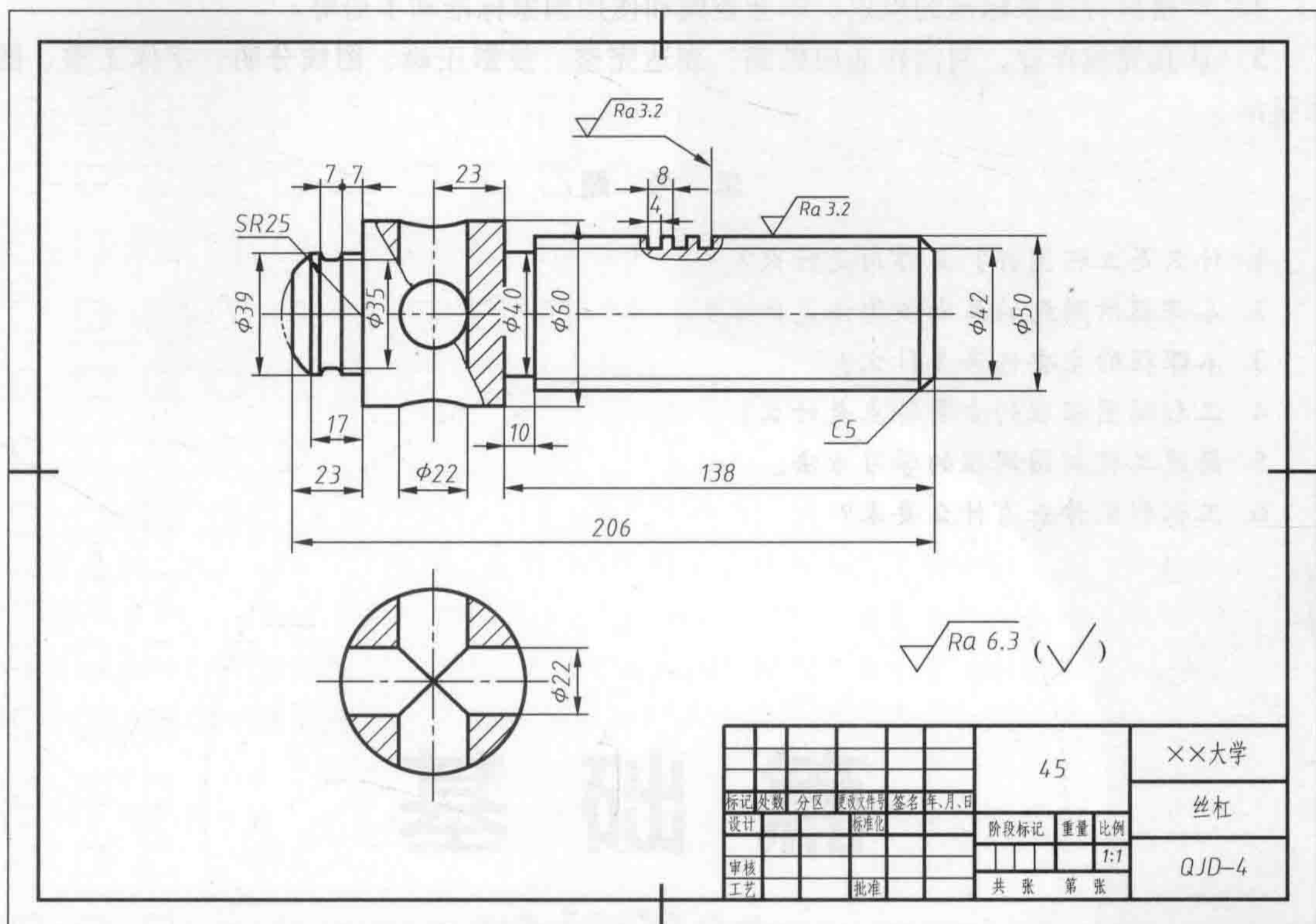


图 0-3 丝杠零件图

现理解上的偏差，甚至无法交流。图 0-2 和图 0-3 中的图纸幅面、图框格式、图线、文字、尺寸标注等国家标准都做了统一的规定，学习过程中要养成自觉遵守国家标准的习惯。

(4) 表达方法 介绍几何形体和工程形体的表达方法。零件图和装配图中表达对象位置的摆放、投射方向的确定以及视图种类及数量的选择等，都应按一定的规则、要求以及所表达对象的特征来进行。

(5) 绘图方法 绘图方法包括仪器绘图、徒手绘图和计算机绘图，本书着重介绍仪器绘图和徒手绘图的方法与技能，计算机绘图知识请参阅相关书籍。

0.3 本课程的学习方法

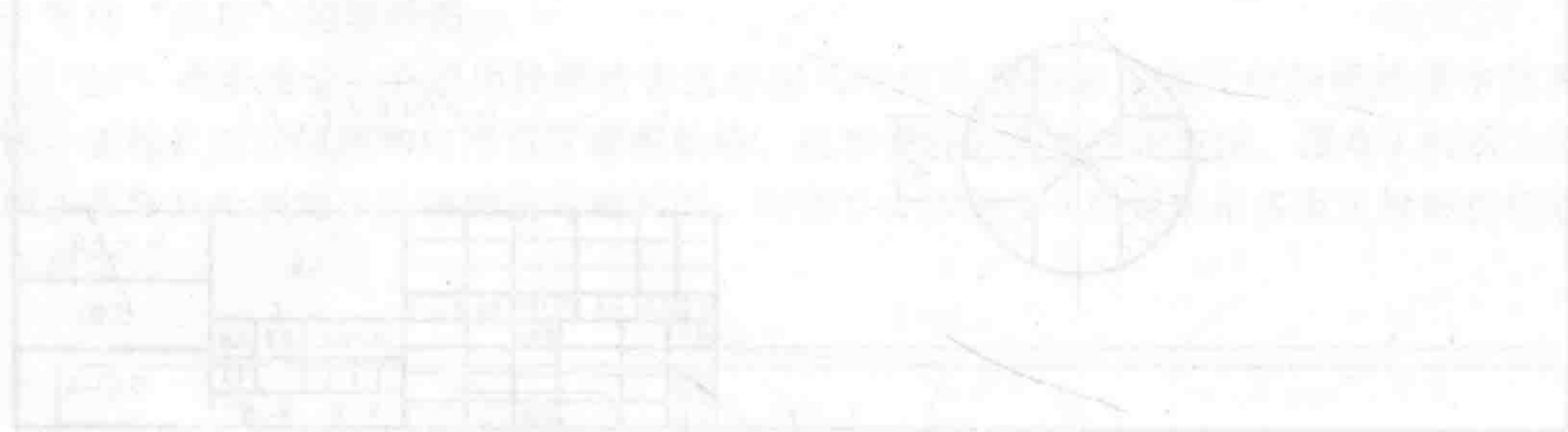
本课程是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课，是学生大学入学后接触的第一门体现工科特点的课程。有别于其他基础课的学习方法，在本课程的学习过程中，一方面要注意掌握基本理论和方法，另一方面，必须通过大量的画图、看图实践才能做到理论联系实际，深化课程内容，提升绘图和读图能力。具体建议如下。

- 1) 认真听课，掌握课程中的基本理论和方法。
- 2) 理论联系实际，通过一系列的绘图和读图实践，不断进行由物画图、由图想物的转化训练，培养空间思维和分析能力。
- 3) 按正确的方法和顺序画图，养成正确使用绘图仪器和工具的习惯。

- 4) 严格执行国家标准的规定，学会查阅和使用国家标准和手册等。
- 5) 认真完成作业，制图作业应做到：表达完整、投影正确、图线分明、字体工整、图面整洁。

思考题

- 1. 什么是工程图样？其作用是什么？
- 2. 本课程所用到的基本投影法是什么？
- 3. 本课程的主要任务是什么？
- 4. 工程制图课程的主要特点是什么？
- 5. 简述工程制图课程的学习方法。
- 6. 工程制图作业有什么要求？



基础篇



第 1 章

制图基本知识

内容提要：在工程实际中，设计和制造部门普遍使用工程图样来表达物体。绘制和阅读工程图样，必须熟悉并严格遵守《技术制图》与《机械制图》国家标准，正确使用绘图工具和仪器，掌握正确的绘图方法与步骤，具备徒手绘图的能力，还要树立耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。本章将简要介绍制图国家标准中对图纸幅面和格式、比例、字体、图线和尺寸标注的有关规定，绘图的基本方法和常用几何作图法等内容。

本章重点：制图国家标准的有关规定，圆弧连接的几何作图方法，平面图形的尺寸与线段分析。

1.1 国家标准的基本规定

1.1.1 图纸幅面和格式

1. 图纸幅面尺寸

国家标准 GB/T 14689—2008 中规定，绘制图样时，应优先采用表 1-1 所规定的基本幅面；必要时，允许选用加长幅面，加长幅面的尺寸由基本图幅的短边成整数倍增加后得到，如图 1-1 所示。

表 1-1 基本幅面及图框尺寸 (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
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为无装订边和有装订边两种，如图 1-2 所示，但同一产品的图样只能采用一种格式。需要装订的图样，采用图 1-2b 所示格式，一般采用 A4 幅面竖装或 A3 以上幅面横装。图框尺寸，见表 1-1。

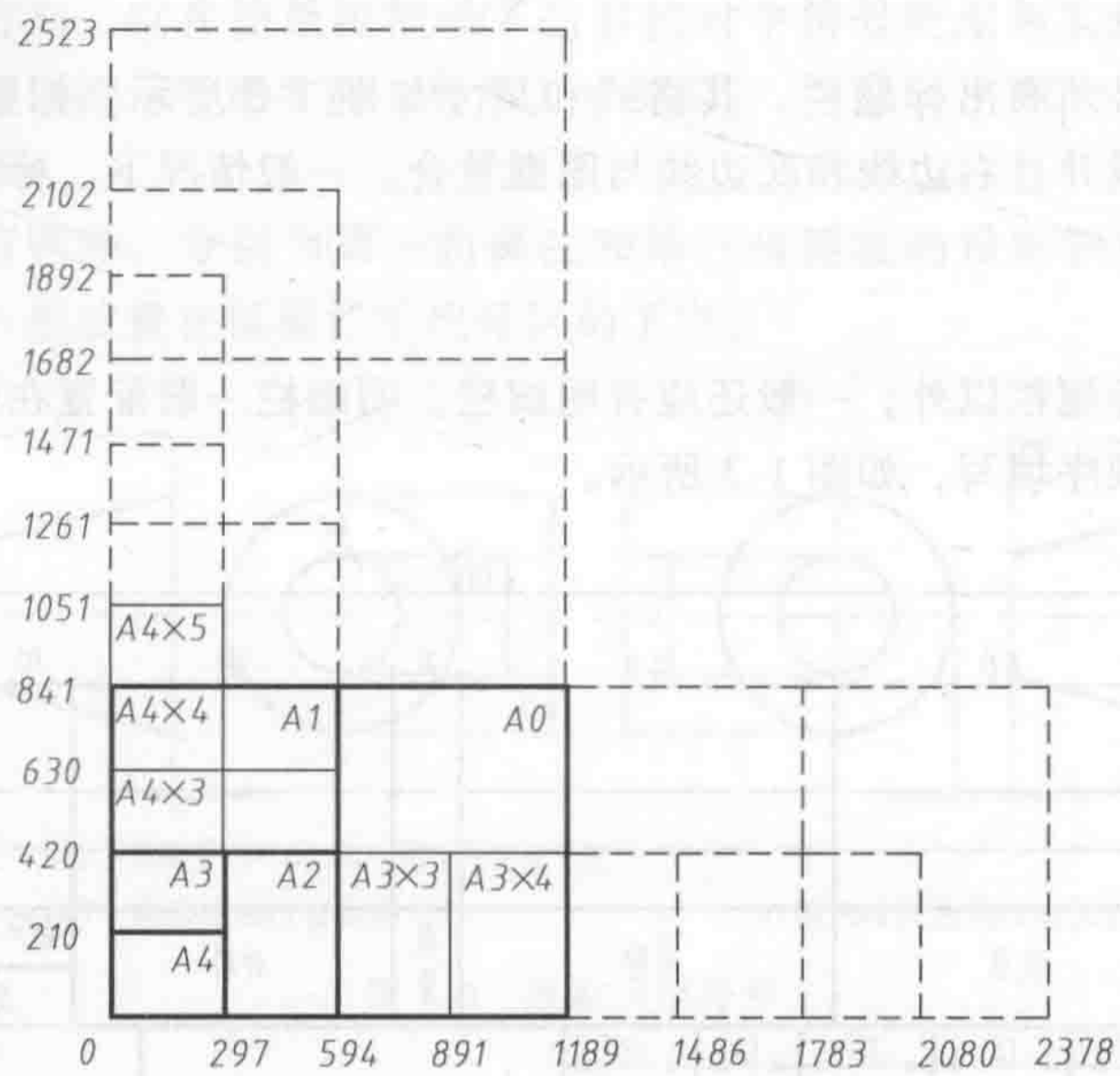


图 1-1 图纸的幅面尺寸

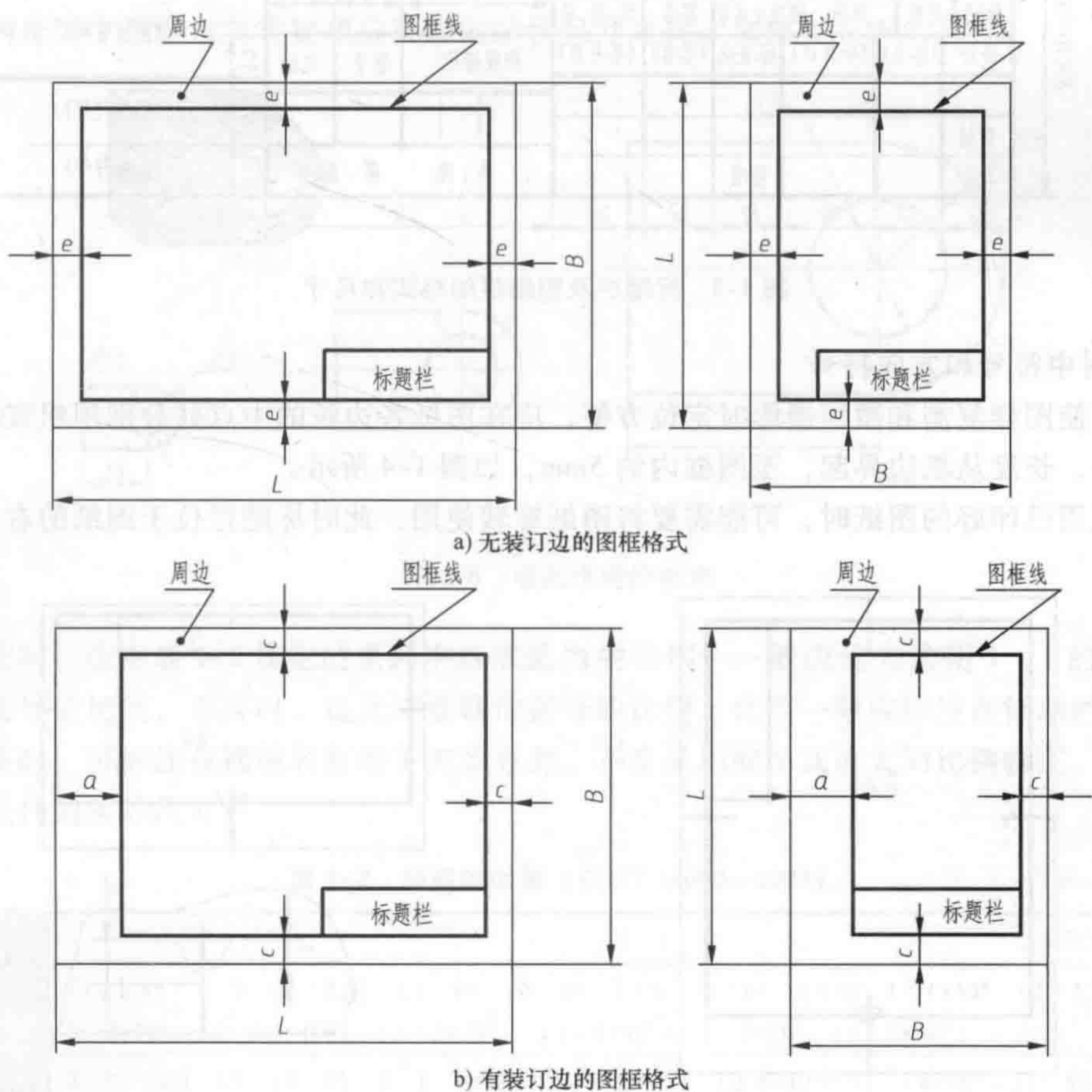


图 1-2 图框格式

3. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏，其格式和尺寸如图 1-3 所示。标题栏位于图纸的右下角，其外框为粗实线并且右边线和底边线与图框重合。一般情况下，标题栏中的文字方向应当与看图方向一致。

4. 明细栏

装配图中除有标题栏以外，一般还应有明细栏。明细栏一般配置在装配图中标题栏的上方，按由下而上的顺序填写，如图 1-3 所示。

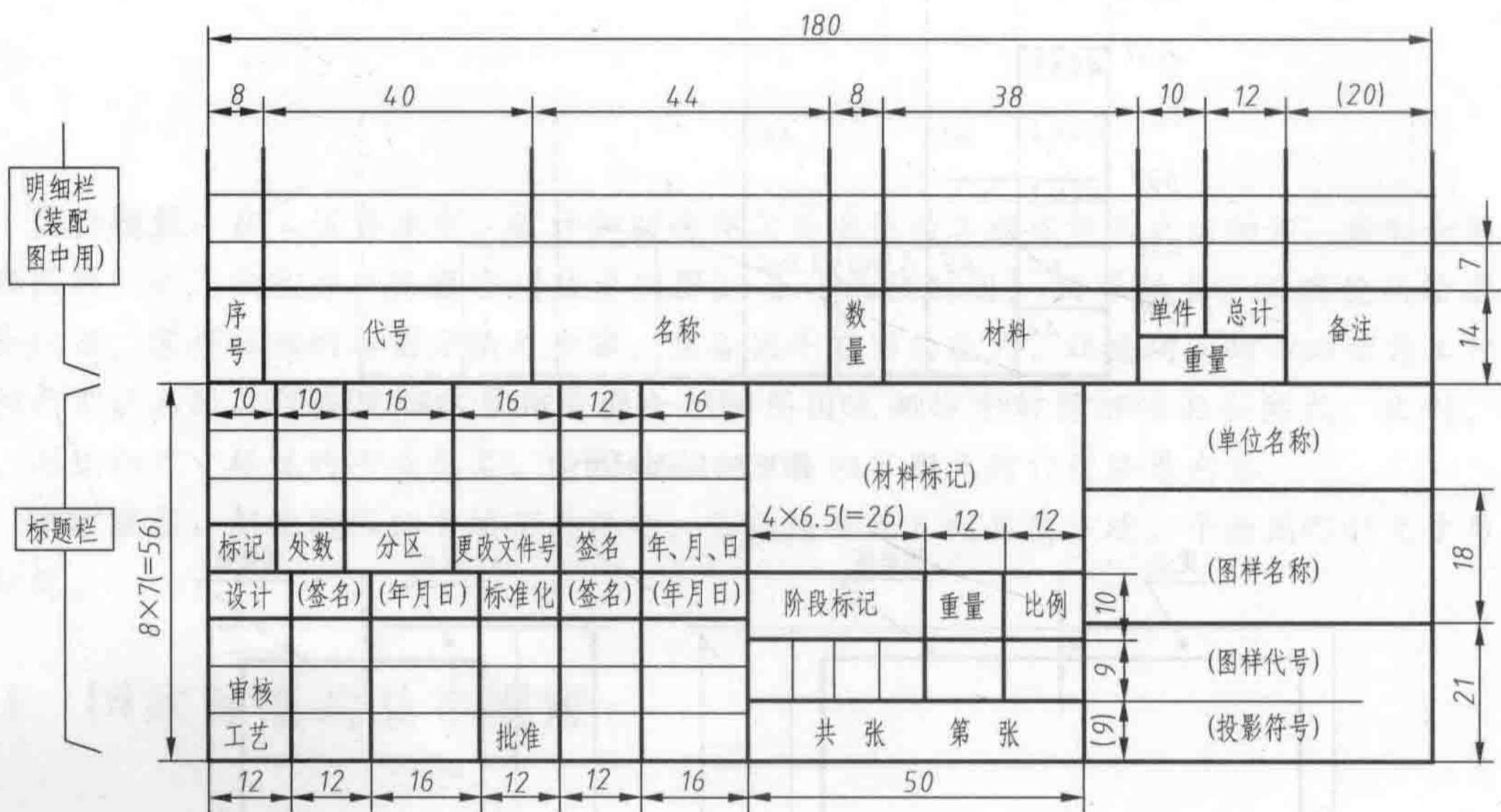


图 1-3 标题栏及明细栏的格式和尺寸

5. 对中符号和方向符号

为了使图样复制和微缩摄影时定位方便，应在图纸各边长的中点处分别用粗实线绘制出对中符号，长度从纸边界起，至图框内约 5mm，如图 1-4 所示。

当使用已印好的图纸时，可能需要将图纸旋转使用，此时标题栏位于图纸的右上角，为

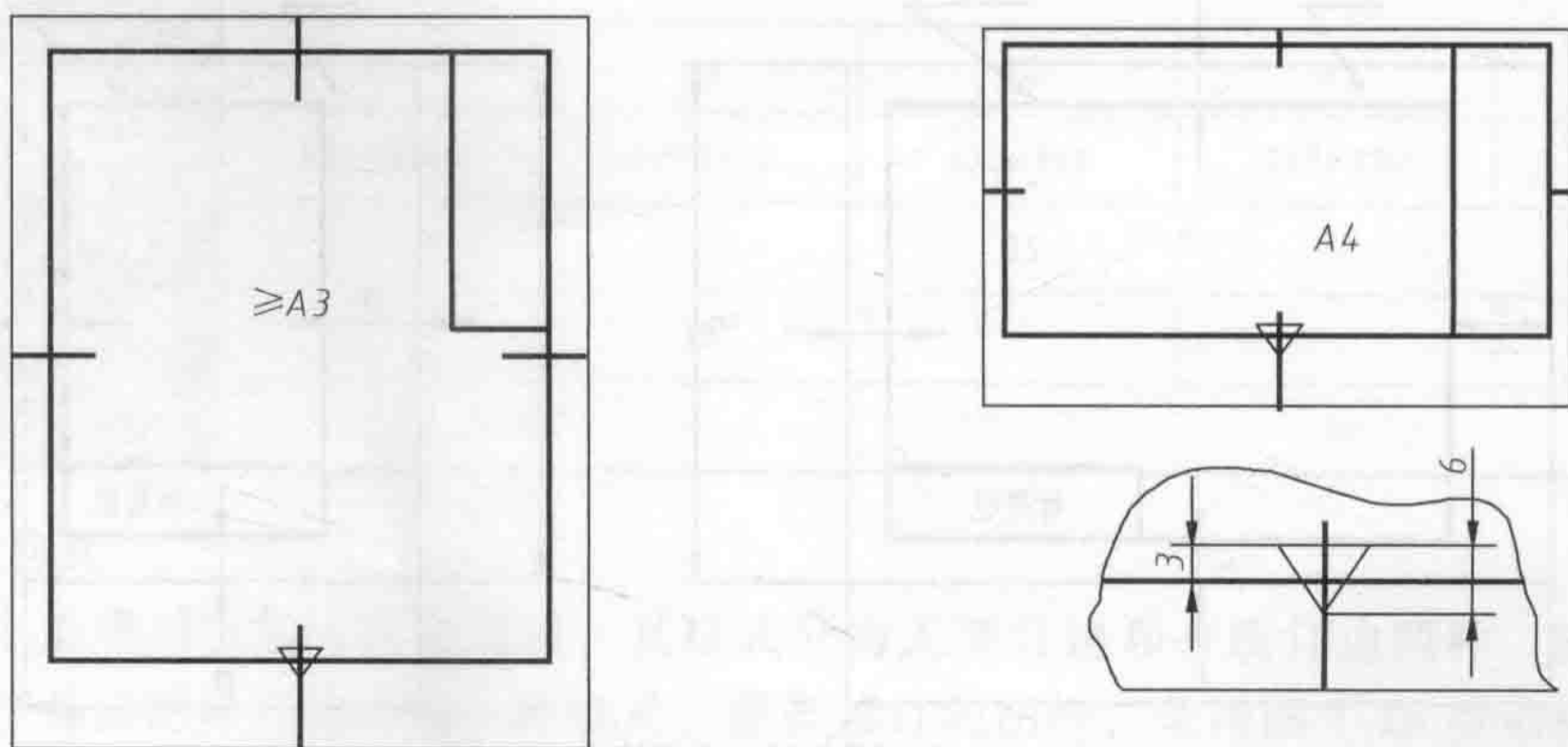


图 1-4 对中符号和方向符号

了明确绘图和看图方向,应在图纸图框线下边界的对中符号处用细实线绘制一个等边三角形,称为方向符号,以指示看图方向,如图 1-4 所示。

6. 投影识别符号

投影识别符号有两种,分别为第一角画法和第三角画法的投影识别符号,如图 1-5 所示。投影识别符号一般放置在标题栏中代号区的下方。

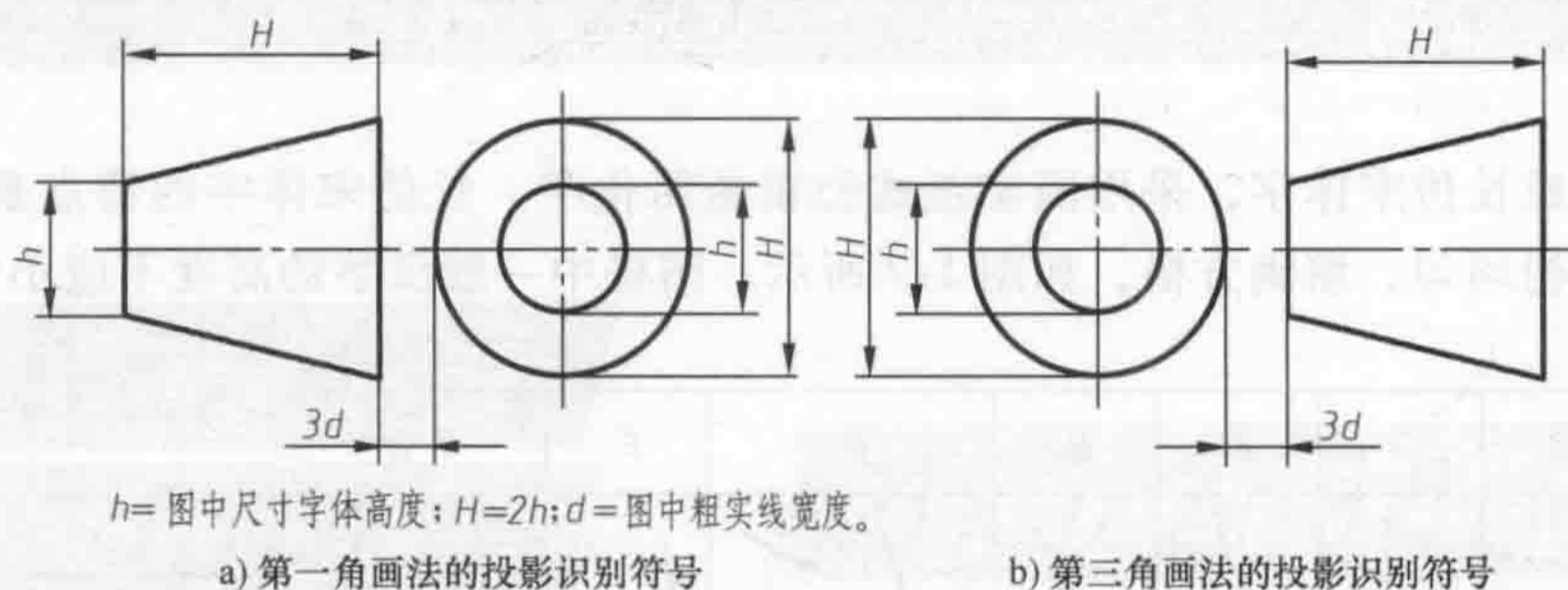


图 1-5 投影识别符号

1.1.2 比例

比例是图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,如图 1-6 所示。

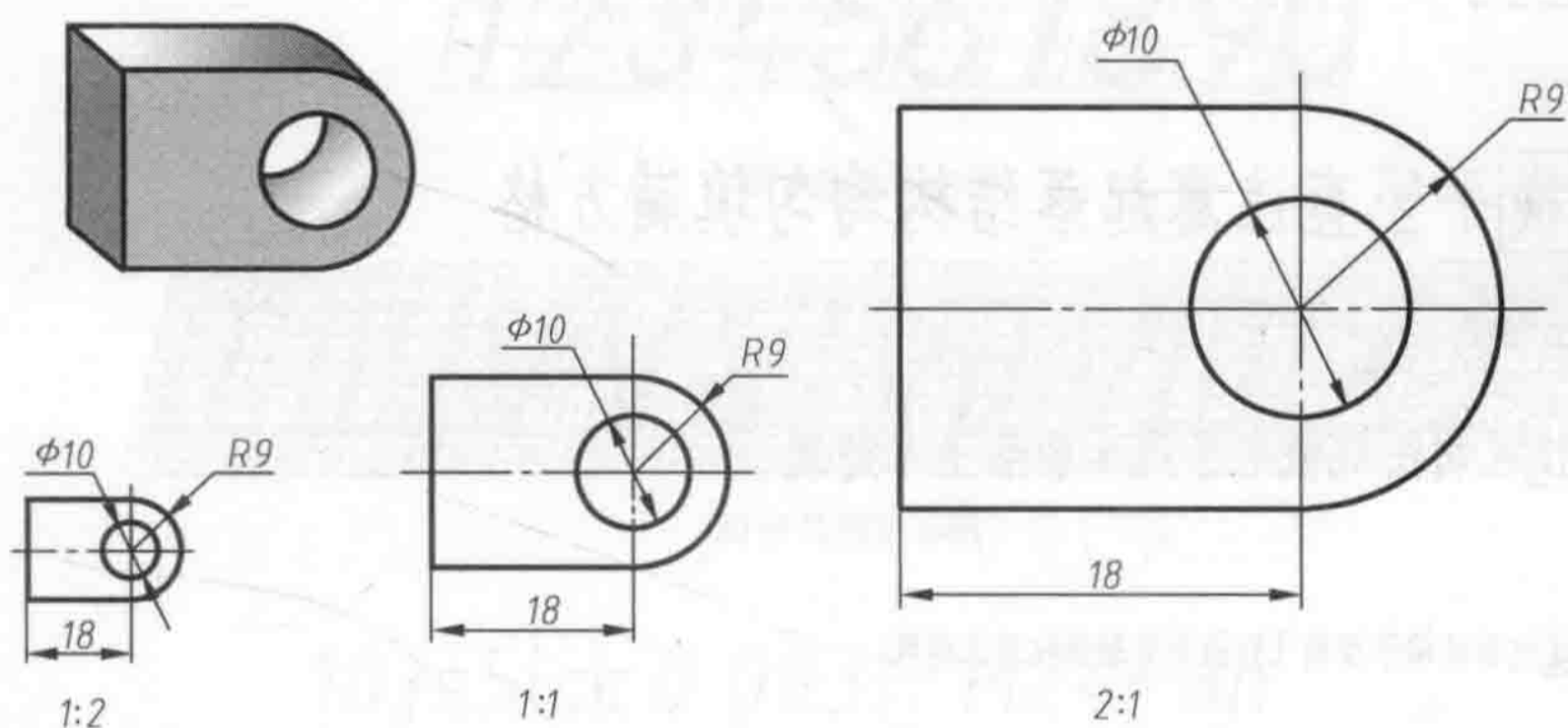


图 1-6 绘图比例的概念

绘图时,应由表 1-2 规定的系列中选取适当的比例,一般应优先选用 1:1 的比例和表中不带括号的比列,必要时,也允许选取带括号的比列。比例一般应标注在标题栏比例一栏内,必要时,可标注在视图名称的下方或右侧。不论采用缩小或放大的比例画图,图样中必须标注机件的实际尺寸。

表 1-2 绘图的比例 (GB/T 14690—1993)

原值比例	1:1
缩小比例	(1:1.5) 1:2 (1:2.5) (1:3) (1:4) 1:5 (1:6) 1:10 1:1×10 ⁿ (1:1.5×10 ⁿ) 1:2×10 ⁿ (1:2.5×10 ⁿ) (1:3×10 ⁿ) (1:4×10 ⁿ) 1:5×10 ⁿ (1:6×10 ⁿ)
放大比例	2:1 (2.5:1) (4:1) 5:1 1×10 ⁿ :1 2×10 ⁿ :1 (2.5×10 ⁿ :1) (4×10 ⁿ :1) 5×10 ⁿ :1

注: n 为正整数。

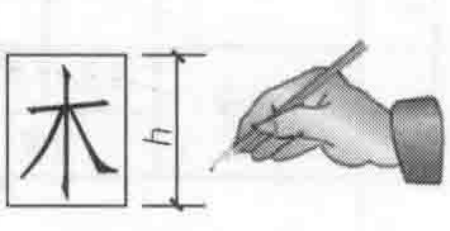
1.1.3 字体

GB/T 14691—1993《技术制图 字体》规定，书写汉字、数字、字母必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数，即字体的高度（用 h 表示）分为 8 种，即 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20，单位为 mm。字体的宽度一般为 $h/\sqrt{2}$ ，各种字体的示例如下。

1. 汉字

汉字应写成长仿宋体字，采用国家正式公布的简化字。长仿宋体字的特点是横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格，如图 1-7 所示。图样中一般汉字的高度不应小于 3.5 号。

名称	横	竖	撇	捺	挑	点	钩
形状							
笔法							



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船舶土木建筑

3.5号字

螺纹齿轮端子接线飞行指导驾驶舱位施工通风

图 1-7 汉字字体示例

2. 数字和字母

数字和字母分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高的 $1/14$ ，B 型字体的笔画宽度为字高的 $1/10$ 。数字和字母可写成直体或斜体。在同一张图样上，只允许采用一种形式的字体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。用作指数、分数、极限偏差等的数字及字母，一般采用小一号字体。数字和字母的应用示例，如图 1-8 所示。

另外，GB/T 18229—2000 中规定：不论图幅大小，CAD 工程图的字母和数字一律用 3.5 号字，汉字一律用 5 号字。

1.1.4 图线

1. 图线的形式

机械图样中一般采用国家标准 GB/T 4457.4—2002 中规定的图线线型，见表 1-3。图线