



“十三五” 航空航天专业规划教材

航空工程制图

HANGKONG GONGCHENG ZHITU

薛建海 李家宇 主编

陆 轶 卢艳君 魏 娜 副主编

航空工业出版社

“十三五” 航空航天专业规划教材

航空工程制图

薛建海 李家宇 主编

陆 轶 卢艳君 魏 娜 副主编

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书介绍了制图的基本知识和技能、投影基础、立体的投影、组合体的视图、轴测图、机件的常用表达方法、常用航空零件画法、零件图、装配图,以及常用航空绘图软件。在零件图和装配图的章节中,除了介绍常见工程零件图和装配图的画法外,还重点介绍了飞机制图对零件图和装配图的画法要求。

本书可作为航空专业机械类和近机械类专业制图课程教材,也适用于非航空专业的大专院校近机械类专业制图课程的课堂教学,还可作为电大、函授、成教或自学的教材。

图书在版编目(CIP)数据

航空工程制图 / 薛建海, 李家宇主编. -- 北京 :
航空工业出版社, 2015. 8

“十三五” 航空航天专业规划教材

ISBN 978 - 7 - 5165 - 0866 - 4

I. ①航… II. ①薛… ②李… III. ①航空工程 - 工
程制图 - 教材 IV. ①V22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 208596 号

航空工程制图 Hangkong Gongcheng Zhitu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑 2 号院 100012)

发行部电话: 010 - 84936597 010 - 84936343

三河市华骏印务包装有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2015 年 8 月第 1 版

2015 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 26.25

字数: 671 千字

印数: 1—4000

定价: 48.00 元

总 前 言

经过几十年的快速发展，我国的制造业规模已跃居世界第一位，建立起门类齐全、独立完整的制造体系，成为支撑我国经济社会发展的重要基石。为完成中国制造由大变强的战略任务，党中央、国务院正式发布了《中国制造 2025》规划。其中，航空航天作为装备制造业的重要组成部分和高精尖科学技术的重要代表，被列为国家大力推动发展的重点领域。

随着我国航空航天技术的迅猛发展，亟需大量高水平、高素质的科研与技能型人才，国内众多的高校、职业院校纷纷开设航空航天相关的院系和专业。但与教学配套的教材储备却相对薄弱，现有的航空航天教材多存在着版本老、案例少、知识体系与工程实际相脱节等问题，不能完全满足院校的教学需要。

鉴于此，中航出版传媒有限责任公司（航空工业出版社）广泛联系多所航空航天院校，密切沟通、深入交流、共同组织，计划在“中国制造 2025”规划的指导下，在国家“十三五”规划期间，依托航空航天院校最新的教学、科研成果和我司多年的出版经验积累，开发一套紧扣课改、内容充实、体例新颖、企业参与、配套丰富的新教材——“十三五”航空航天规划教材。

该套教材计划包含飞行器的原理基础、结构技术、材料技术、气动技术、推进技术，以及发动机、机载设备、航电系统等多方面的知识，覆盖航空航天的多个专业方向，在国家“十三五”期间陆续出齐。

衷心希望本套教材最终能达到服务院校教学需要、为祖国培养高素质航空航天专业人才、助力“中国制造 2025”的目的。

编委会

前 言

本书编者多年来致力于航空专业的工程图学的教学改革，力图寻找一种适应航空业发展的教学模式。本书正是为配合这种需求而编写的。

本书为航空机械类、近机械类使用的教材，定位于培养学生工程素质，反映整个工程的进步和技术的演变，体现现代科技对工程设计绘图的影响，是一本老师和学生都易于接受和理解的教材。本书取材符合《高等学校画法几何与工程制图课程教学基本要求》和《中华人民共和国航空工业标准》。本书包括制图的基本知识和技能、画法几何、投影图的基本原理、轴测图、机件的常用表达方法、零件图和装配图的绘制和阅读。为了更好地为航空专业服务，结合航空标准和目前飞机设计公司常用的绘图软件，在本教材中加入了航空常用零件的画法、航空零件图画法规定、航空装配图画法规定和航空绘图常用软件介绍。本书将对具有丰富形体想象、创造和设计能力的人才的培养具有重要作用，并对科学、细致和求实的作风的建立具有实际效果。章节的划分符合教学单元的设置，精心设计的习题集保证了恰当的练习和足够的训练。

本书的全部内容采用了最新的国家标准和航空工业标准。

本书适合于航空专业机械类和近机械类专业制图课程40~70学时的课堂教学，也适合于非航空专业的大专院校近机械类专业制图课程的课堂教学，还可作为电大、函授、成教或自学的教材。

感谢田巨教授作为全书的主审，为本书提供了许多宝贵的建议。感谢广州民航职业技术学院工程制图教学组全体老师给予的宝贵意见和建议，感谢中航商用飞机有限公司和中航工业西安飞机工业（集团）有限责任公司的朋友给予本书中关于飞机制图部分的意见和建议。

由于编者水平与能力有限，书中错误与不当之处，恳请读者批评指正。

编 者
2015年5月

目 录

第 1 章 制图的基本知识和技能	(1)
1.1 制图标准的基本规定	(1)
1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)	(1)
1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)	(3)
1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)	(3)
1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998)	(4)
1.1.5 尺寸注法	(7)
1.2 绘图工具及其使用	(15)
1.2.1 图板	(15)
1.2.2 丁字尺	(15)
1.2.3 三角板	(15)
1.2.4 圆规	(16)
1.2.5 分规	(16)
1.2.6 比例尺	(16)
1.2.7 曲线板	(17)
1.2.8 铅笔	(17)
1.2.9 绘图纸	(18)
1.2.10 其他绘图工具	(18)
1.3 几何作图	(18)
1.3.1 等分作图	(18)
1.3.2 圆弧连接	(20)
1.3.3 圆弧的切线	(22)
1.3.4 斜度和锥度	(23)
1.3.5 常用的平面曲线	(24)
1.4 绘图的一般步骤及平面图形的作图举例	(24)
1.4.1 尺寸分析	(24)
1.4.2 线段分析	(25)
1.4.3 绘图的方法和步骤	(25)
1.5 徒手画图的方法	(27)
1.5.1 徒手画图的基本知识	(27)
1.5.2 徒手画图的基本要求	(27)
第 2 章 投影基础	(30)
2.1 投影法和视图的基本概念	(30)

2.1.1	投影法的概念	(30)
2.1.2	投影法分类	(30)
2.1.3	正投影的基本性质	(31)
2.2	三视图的形成及其对应关系	(32)
2.2.1	三视图的形成	(32)
2.2.2	三视图之间的对应关系	(34)
2.3	点的投影	(34)
2.3.1	点在两面投影体系中的投影	(34)
2.3.2	点在三面投影体系中的投影	(35)
2.3.3	特殊位置点的投影	(38)
2.3.4	两点的相对位置和重影点	(38)
2.4	直线的投影	(40)
2.4.1	直线及直线上点的投影特性	(40)
2.4.2	各种位置直线的投影特性	(41)
2.4.3	两直线的相对位置	(44)
2.4.4	直角投影定理	(47)
2.4.5	用直角三角形法求直线实长及其对投影面的倾角	(48)
2.5	平面的投影	(49)
2.5.1	平面的投影表示法	(49)
2.5.2	各种位置平面的投影特性	(51)
2.5.3	平面上的点和直线	(54)
第3章	立体的投影	(57)
3.1	平面立体的投影	(57)
3.2	曲面立体的投影	(60)
3.3	平面与平面立体表面相交	(64)
3.4	平面与回转体表面相交	(66)
3.5	立体与立体表面相交	(73)
第4章	组合体的视图	(80)
4.1	形体分析与线面分析	(80)
4.1.1	组合体的组合方式	(80)
4.1.2	组合体的表面连接形式	(81)
4.1.3	形体分析法和线面分析法	(82)
4.2	画组合体的视图	(82)
4.2.1	形体分析	(83)
4.2.2	选择主视图	(83)
4.2.3	画图步骤	(83)
4.3	组合体的尺寸注法	(86)

4.3.1	基本体的尺寸标注	(87)
4.3.2	截切和相贯形体的尺寸标注	(87)
4.3.3	常用板状形体的尺寸标注	(88)
4.3.4	组合形体的尺寸标注	(89)
4.3.5	形体标注中的注意事项	(95)
4.4	读组合体的视图	(97)
4.4.1	读图的基本要领	(97)
4.4.2	读图的基本方法	(99)
4.5	组合体的构型设计方法	(106)
4.5.1	组合体构型设计的基本要求	(106)
4.5.2	构型设计应注意的问题	(108)
4.5.3	组合体构型设计的方法	(108)
第5章	轴测图	(109)
5.1	轴测图的基本知识	(109)
5.1.1	轴测图的形成	(109)
5.1.2	轴测图的基本术语和参数	(109)
5.1.3	轴测投影的基本特性	(110)
5.1.4	轴测图的分类	(110)
5.2	正等轴测图的画法	(111)
5.2.1	正等轴测图的形成、轴间角和轴向变形系数	(111)
5.2.2	平面立体正等轴测图的画法	(111)
5.2.3	曲面体正等轴测图的画法	(114)
5.3	斜二轴测图的画法	(116)
第6章	机件的常用表达方法	(121)
6.1	视图	(121)
6.1.1	基本视图	(121)
6.1.2	向视图	(122)
6.1.3	局部视图	(122)
6.1.4	斜视图	(124)
6.2	剖视图	(125)
6.2.1	剖视图的画法	(125)
6.2.2	剖视图的标注	(127)
6.2.3	剖视图的分类	(129)
6.2.4	剖切面的分类和剖切方法	(132)
6.3	断面图	(135)
6.3.1	断面图的概念	(135)
6.3.2	断面图的分类与画法	(135)

6.4 局部放大图、简化画法和其他规定画法	(137)
6.4.1 局部放大图	(137)
6.4.2 简化画法	(138)
6.5 综合应用举例	(140)
6.6 第三角画法	(143)
6.6.1 第三角画法的6个基本视图形成及其配置	(143)
6.6.2 第三角画法与第一角画法比较	(143)
6.6.3 第三角画法的标志	(145)
第7章 常用航空零件画法	(146)
7.1 航空螺纹	(146)
7.1.1 螺纹的形成、种类和要素	(146)
7.1.2 螺纹的规定画法	(149)
7.1.3 常用螺纹种类及标注	(150)
7.2 航空螺纹紧固件	(152)
7.2.1 航空螺纹紧固件简介	(152)
7.2.2 螺纹紧固件的比例画法	(154)
7.3 航空铆钉的画法	(157)
7.3.1 实心铆钉	(157)
7.3.2 专用铆钉	(161)
7.3.3 铆钉连接	(161)
7.4 键和销	(162)
7.4.1 键	(162)
7.4.2 销	(165)
7.5 弹簧	(167)
7.5.1 圆柱螺旋压缩弹簧的各部分名称及其尺寸计算	(167)
7.5.2 圆柱螺旋压缩弹簧的规定画法	(168)
7.5.3 压缩弹簧零件图示例	(169)
7.6 滚动轴承	(169)
7.6.1 滚动轴承的构造、类型和代号	(169)
7.6.2 滚动轴承表示法	(171)
7.7 齿轮	(173)
7.7.1 齿轮各个部分名称及尺寸计算	(174)
7.7.2 直齿圆柱齿轮的规定画法	(175)
第8章 零件图	(178)
8.1 零件图的内容和典型零件画法	(178)
8.1.1 零件图的内容	(178)
8.1.2 零件图的视图选择	(179)

8.1.3 典型零件的视图表达方法选择示例	(180)
8.2 零件图的尺寸标注和技术要求	(183)
8.2.1 零件图的尺寸标注	(183)
8.2.2 零件图的技术要求	(189)
8.2.3 形状和位置公差	(202)
8.3 零件结构工艺性介绍与合理构形	(208)
8.3.1 铸造零件的工艺要求	(208)
8.3.2 零件加工面的工艺结构	(209)
8.4 读零件图及测绘零件图	(211)
8.4.1 读零件图	(211)
8.4.2 测绘零件图	(213)
8.5 航空零件图的画法规定	(219)
8.5.1 模锻件图画法	(219)
8.5.2 模锻件尺寸的标注	(219)
8.5.3 钣金件图的画法	(220)
8.5.4 框、肋零件图画法	(223)
8.5.5 型材零件图画法	(224)
8.5.6 蒙皮零件图画法	(224)
8.5.7 管子零件图画法	(224)
8.5.8 非金属件图画法	(224)
第9章 装配图	(227)
9.1 装配图的内容	(227)
9.1.1 一组视图	(227)
9.1.2 必要的尺寸	(229)
9.1.3 技术要求	(230)
9.1.4 零件序号、明细栏和标题栏	(230)
9.2 装配图的视图表达方法	(232)
9.3 装配结构的合理性	(233)
9.4 画装配图的方法和步骤	(236)
9.4.1 了解部件的装配关系和工作原理	(236)
9.4.2 画装配图的步骤	(236)
9.5 读装配图及由装配图拆画零件图	(240)
9.5.1 读装配图	(240)
9.5.2 由装配图拆画零件图	(243)
9.6 航空装配图的画法规定	(244)
9.6.1 航空装配图中焊接件画法规定	(244)
9.6.2 航空装配图中铆接件画法规定	(248)
9.6.3 胶接件画法	(252)

9.6.4	航空装配图中部件、组合件图画法	(255)
9.6.5	局部图画法	(256)
9.6.6	安装图画法	(256)
9.6.7	表格装配件图画法	(258)
第10章	常用航空绘图软件介绍	(259)
10.1	AutoCAD 软件介绍	(259)
10.1.1	AutoCAD 2012 系统的启动与退出	(260)
10.1.2	AutoCAD 2012 工作界面简介	(261)
10.1.3	AutoCAD 的文件管理	(266)
10.1.4	AutoCAD 绘图环境的设置	(267)
10.2	CATIA 绘图软件介绍	(271)
10.2.1	CATIA 绘图软件	(271)
10.2.2	CATIA 操作界面介绍	(272)
10.2.3	文件管理	(273)
10.2.4	CATIA V5 R18 基本操作	(274)
10.2.5	CATIA V5 R18 公共工具栏	(276)
10.2.6	利用 CATIA V5 绘制草图	(277)
10.2.7	CAD 图导入 CATIA V5 的应用	(282)
附录		(283)
参考文献		(296)

第 1 章 制图的基本知识和技能

工程技术中，根据投影原理及国家标准规定表示工程对象的形状、大小以及技术要求的图，称为工程图样。工程图样是工程与产品信息的载体，是工程界表达、交流的语言。工程图样是现代生产中重要的技术文件。在工程技术中，工程图样不仅是指导生产的重要技术文件，也是进行技术交流的重要工具，所以工程图样有“工程界的语言”之称。图样的绘制和阅读是工程技术人员必须掌握的一种技能。为了正确地绘制和阅读工程图样，必须熟悉和掌握有关的制图标准和规定。国家标准（简称国标）的代号为“GB”，航空工业标准的代号为“HB”。本节介绍国家标准和航空工业标准中关于制图的部分内容。

本章参考的航空工业标准：

HB 5611—1985 标准件的标志

HB 5612.1—1988 基本产品图样管理制度（飞机专业）成套性及格式

HB 5612.2—1988 基本产品图样管理制度（飞机专业）编号制度

HB 5612.3—1988 基本产品图样管理制度（飞机专业）签署、发出及版次管理

HB 5800—1999 一般公差

HB 5859.1—1996 飞机制图基本规定

1.1 制图标准的基本规定

1.1.1 图纸幅面和格式（GB/T 14689—2008）

绘制图样时应优先采用基本幅面（如表 1-1 所示）。必要时，允许选用加长幅面，但加长后幅面的尺寸必须是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出。

表 1-1 图纸的基本幅面尺寸及图框尺寸 mm

幅面代号	尺寸 ($B \times L$)	周边尺寸		
		a	e	c
A0	841 × 1189	25	20	10
A1	594 × 841			
A2	420 × 594		10	5
A3	297 × 420			
A4	210 × 297			
注：A0 号图纸幅面最大，沿长边将其对裁，可获得 A1 号图纸两张。依此类推，沿某号幅面的图纸的长边对裁就能获得该号的下一号幅面的图纸。				

1.1.1.1 图框格式

图样中的图框由内、外两框组成，外框用细实线绘制，大小为幅面尺寸，内框用粗实线绘制，图框格式分为留有装订边和不留装订边两种，两种图框格式周边尺寸分别为 a 、 c 、 e ，同一产品的图样只能采用一种格式。图样绘制完毕后应沿外框线裁边。图 1-1 所示为不留装订边图框格式。图 1-2 所示为留有装订边图框格式。

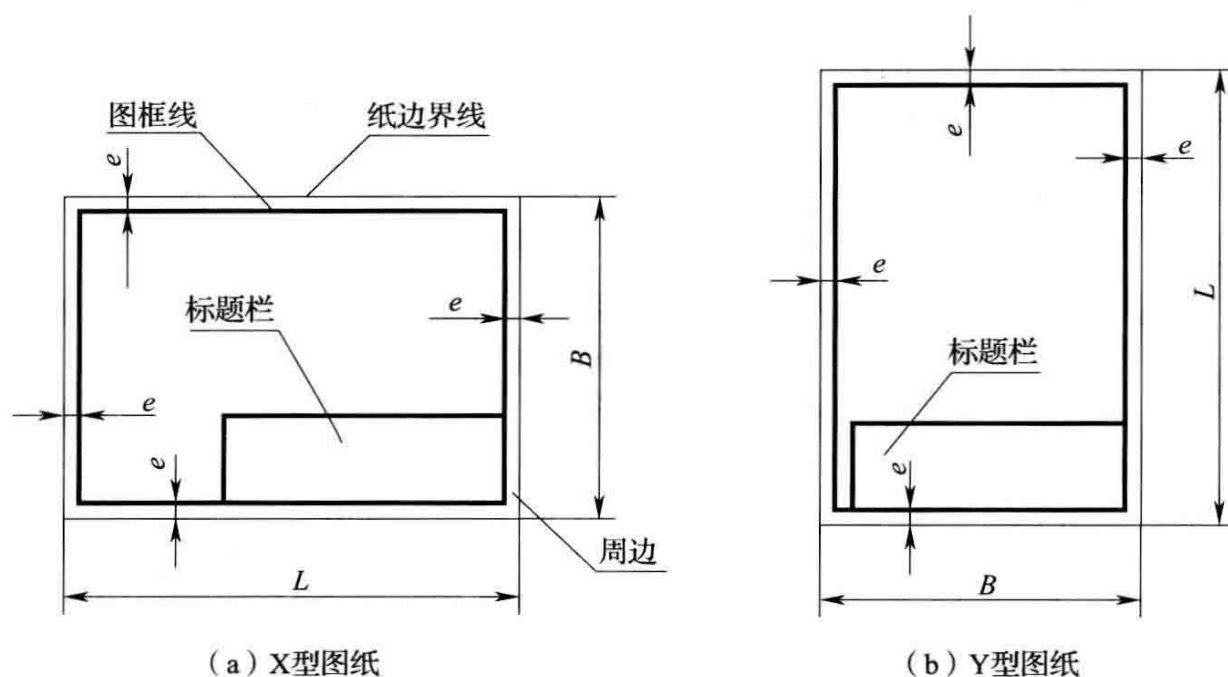


图 1-1 不留装订边的图框格式

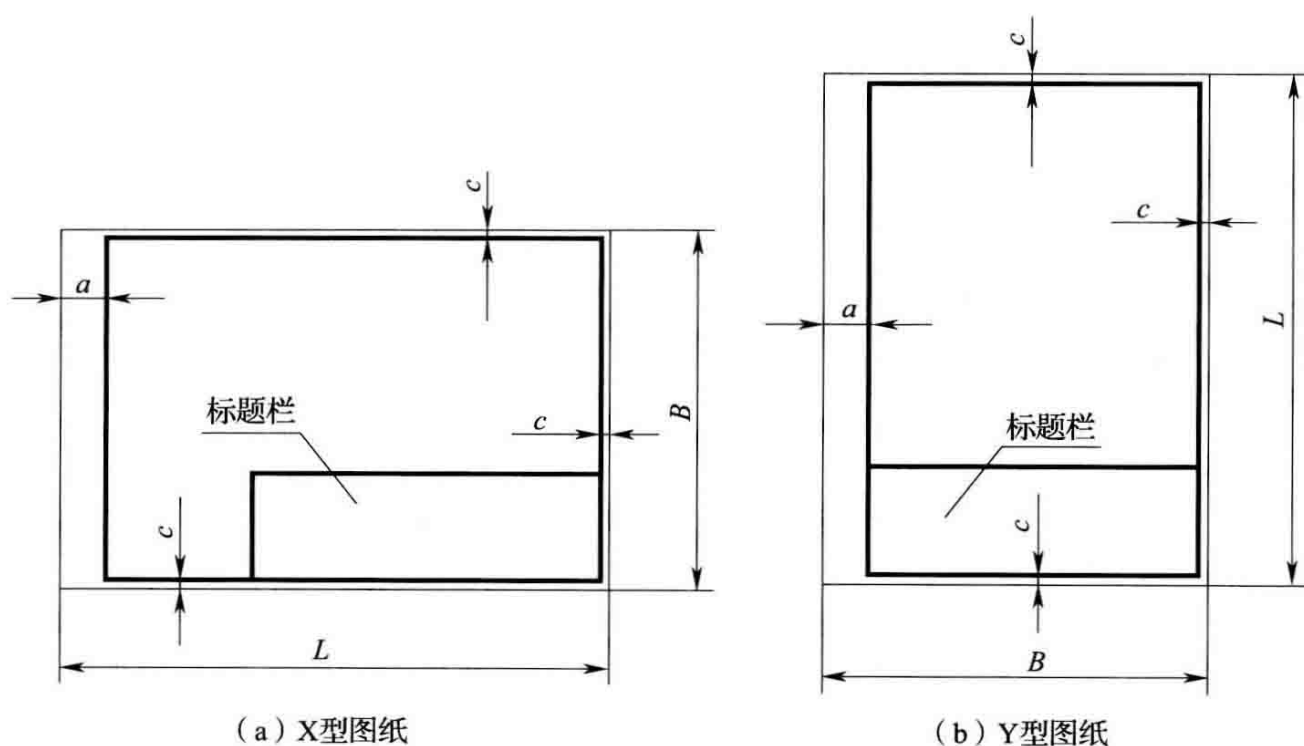


图 1-2 留有装订边的图框格式

1.1.1.2 标题栏

每张技术图样中均应画出标题栏。标题栏的格式和尺寸按 GB 10609.1—1989 的规定。

标题栏一般应位于图纸的右下角，当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，当标题栏的长边与图纸的长边垂直时，则构成 Y 型图纸。看图的方向与看标题栏的方向一致，即标题栏中的文字方向为看图方向。

作业中可以采用如图 1-3 所示的简化后的标题栏。

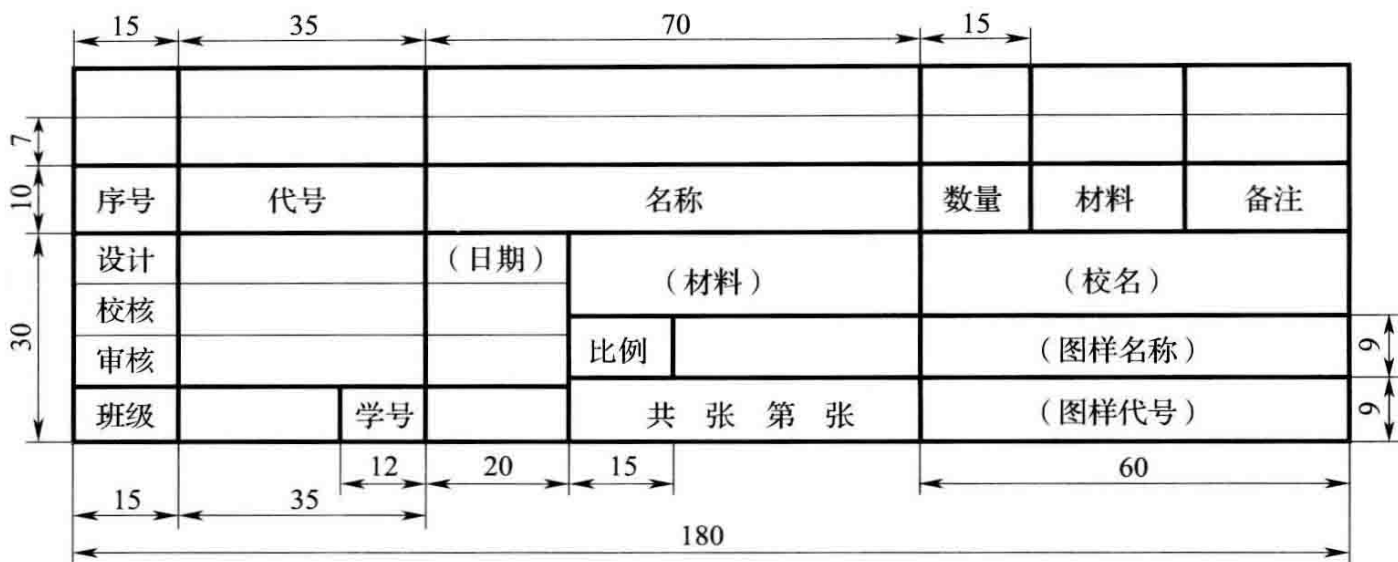


图 1-3 制图作业采用的标题栏

1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指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。

在绘制图样时，在表达清晰、能合理利用图纸图幅的前提下，应根据机件的尺寸大小和结构形状的复杂程度选择比例。若条件允许，可优先选用 1:1 的绘图比例。

需要按比例绘制图样时，首先应由表 1-2 规定的系列中选取适当的比例，必要时，也允许从表 1-2 “允许选择的比例”中选取。因各种事物的大小与结构千差万别，绘图时，应根据实际需要选取放大比例或缩小比例。

表 1-2 绘图比例

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

比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。

不论采用何种比例，图形中所标注的尺寸数值必须是实物的实际大小，与图形的比例无关。不同比例的标注示例如图 1-4 所示。

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

图样上除了表达机件形状的图形外，还要用文字和数字说明机件的大小、技术要求和其他内容。

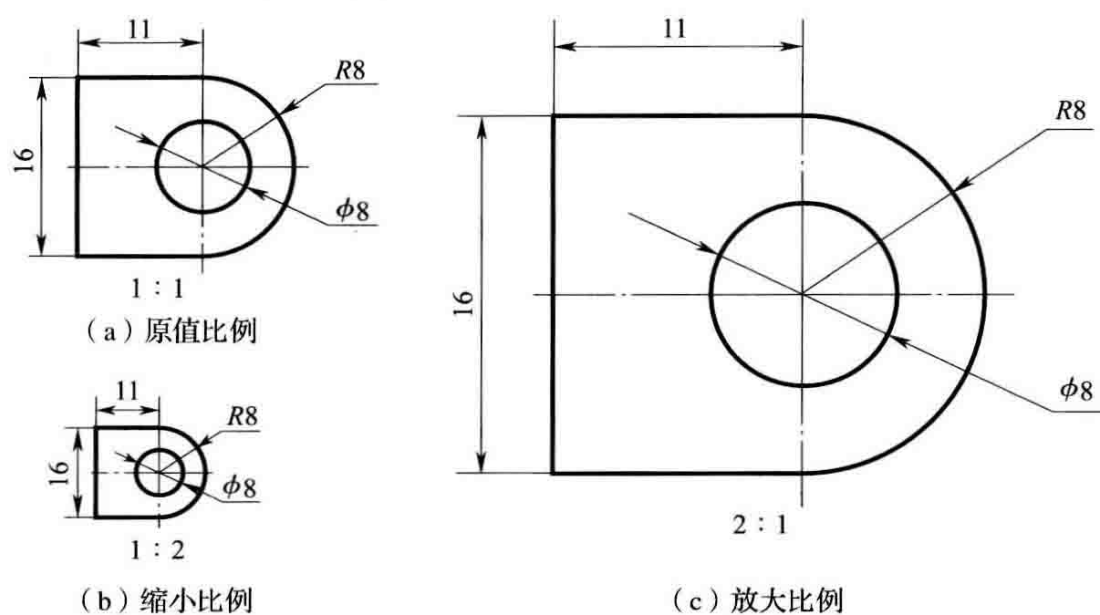


图 1-4 不同比例的标注示例

绘图过程中对字体的基本要求：

- (1) 书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀，排列整齐。
- (2) 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。如果需要书写更大的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体高度代表字体号数。
- (3) 汉字应写成长仿宋体字，并采用《汉字简化方案》中规定的国家正式公布推行的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ ，如图 1-5 所示。

图中的字体要求采用长仿宋体

制图机械电子汽车航空船舶土木

a b c d e f g h i j k l m n

A B C D E F G H I J K L M N O P

图 1-5 字体示例

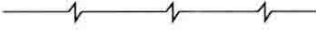
- (4) 字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度 d 为字高 h 的 1/14，B 型字体的笔画宽度 d 为字高 h 的 1/10。在同一图样上，只允许选用一种形式的字体。
- (5) 字母和数字可写成斜体或直体，斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° 。
- (6) 用作分数、指数、极限偏差、注脚等的字母和数字一般应采用小一号的字体。
- (7) 图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号以及其他符号和代号应分别符合国家的有关规定和标准。

1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998)

1.1.4.1 图线线型及尺寸

- (1) 机械工程图样上采用两类线宽，称为粗线和细线，其宽度比例关系为 2:1。
- (2) 国家标准规定了 9 种基本线型（见表 1-3）和若干种基本线型的变形。如粗实线、细实线、波浪线、双折线、细虚线、细点画线、粗点画线、细双点画线和粗虚线等。

表 1-3 工程绘图常见线型及其应用

图线名称	图线线型	图线宽度	一般应用
粗实线		d	可见轮廓线；可见过渡线
细实线		$d/2$	尺寸线、尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线及指引线等
波浪线		$d/2$	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线等
双折线		$d/2$	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线；不可见过渡线
细点画线		$d/2$	轴线、对称中心线等
粗点画线		d	有特殊要求的线或表面的表示线
双点画线		$d/2$	极限位置的轮廓线、相邻辅助零件的轮廓线等
粗虚线		d	允许表面处理的表示线

(3) 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：0.13mm, 0.18mm, 0.25mm, 0.35mm, 0.5mm, 0.7mm, 1mm, 1.4mm, 2mm。

(4) 在同一图样中，同类图线的宽度应一致。

为了保证图样的清晰度、易读性和便于缩微复制，应尽量避免采用宽度小于 0.18mm 的图线。图 1-6 所示为常用图线应用举例。

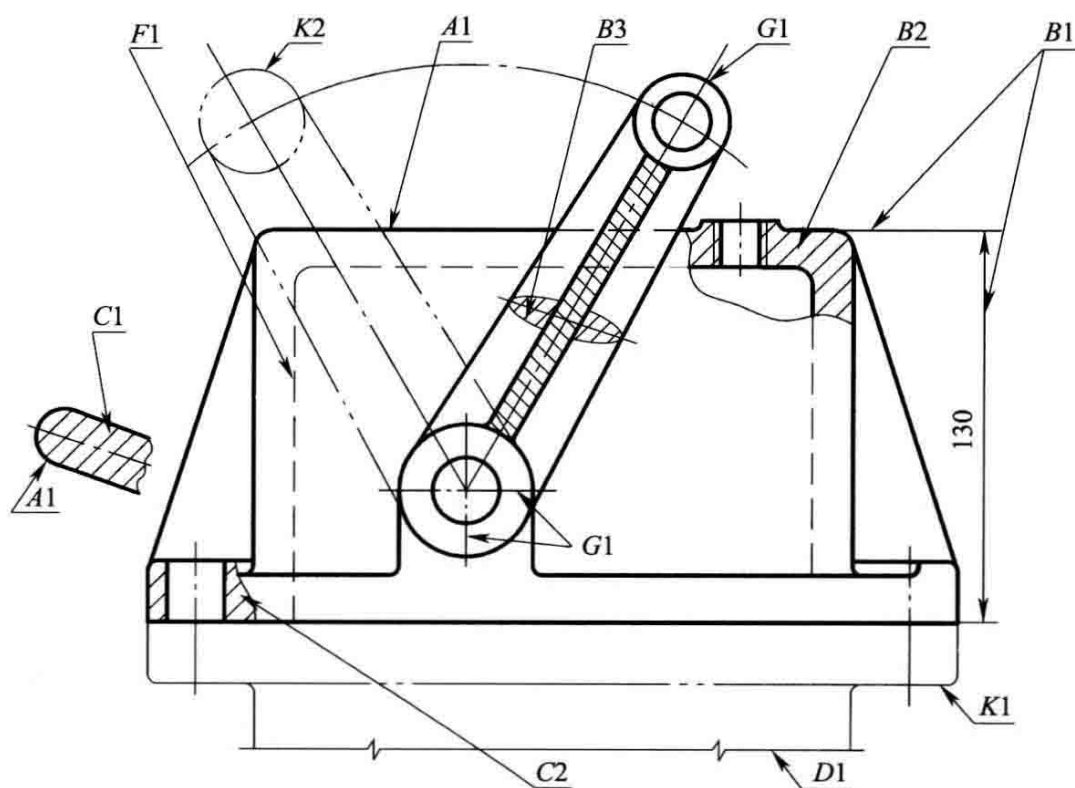


图 1-6 图线应用举例

A1—可见轮廓线；B1—尺寸线及尺寸界线；B2—剖面线；B3—重合断面的轮廓线；C1—断裂处的边界线；C2—视图和剖视的分界线；D1—断裂处的边界线；F1—不可见轮廓线；G1—对称中心线；K1—相邻辅助零件的轮廓线；K2—极限位置的轮廓线

1.1.4.2 图线的画法及其注意事项

绘图过程中应遵守以下所述几点。

(1) 为保证图样的清晰度, 两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7mm (如图 1-7 所示)。

(2) 点画线、双点画线的首末两端应是线而不是点 (如图 1-8 所示)。

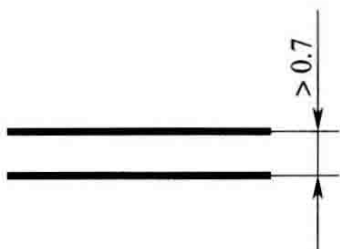


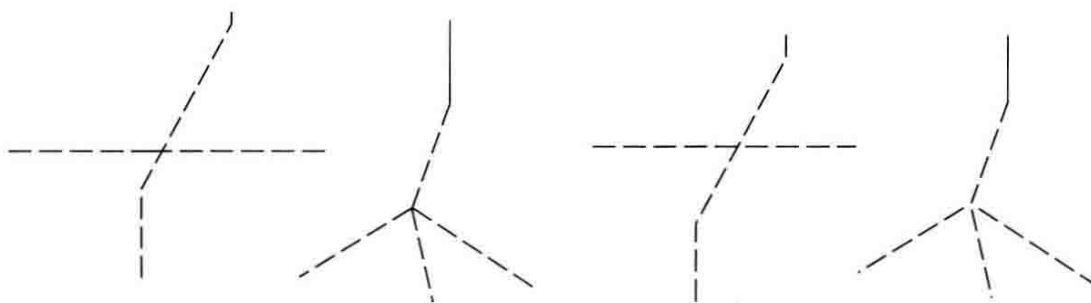
图 1-7 平行线的画法示例

正确画法: _____

错误画法: _____

图 1-8 点画线的画法示例

(3) 各种线型相交时, 都应应以线相交, 而不应该是点或间隔 (如图 1-9 所示)。

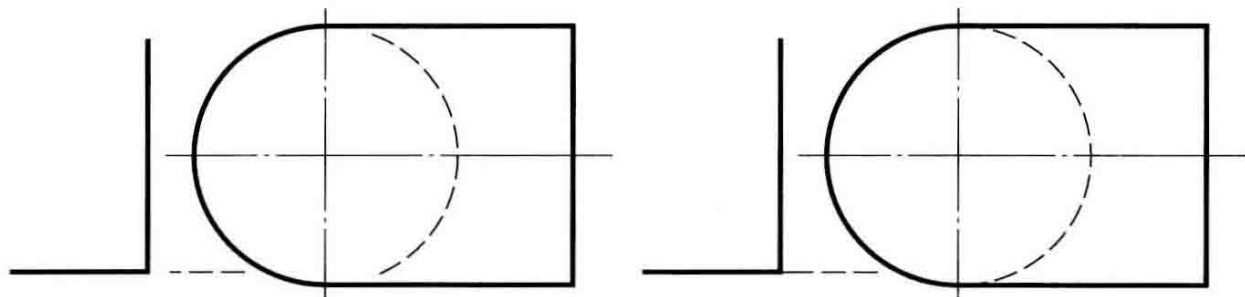


(a) 正确表达

(b) 错误表达

图 1-9 画线相交的画法示例

(4) 虚线直线在粗实线的延长线上相接时, 虚线应留出间隔; 虚线圆弧与粗实线相切时, 虚线圆弧应留出间隔 (如图 1-10 所示)。



(a) 正确表达

(b) 错误表达

图 1-10 画线延长、相切的画法示例

(5) 画圆的中心线时, 圆心应是线的交点, 点画线的两端应超出轮廓线 $2 \sim 5\text{mm}$; 当圆的图形较小时, 允许用细实线代替点画线 (如图 1-11 所示)。

(6) 当几种线条重合时, 按照下列优先顺序画出: 粗实线—虚线—点画线—细实线。

(7) 同一图样中, 同类型图线的宽度应一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等。