



普通高等教育“十三五”规划教材

工程制图

严寒冰 主编



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

工程制图

主编 严寒冰

参编 姚 兰 伍瑾斐 赵丽娜

蔚泽峰 王志宏

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在优化传统工程图学内容的基础上,结合 CDIO 工程教育模式的理念,以项目设计为导向,以能力培养为目标,为非机械类专业,尤其是电子类学生提供工程图学及工程设计的基本知识与能力培养的学习资料,包括制图基本知识、投影基础、基本体及组合体的投影、轴测图、机件常用表达方法、标准件及常用件、零件图、装配图、计算机绘图基础等内容。书中强调制图标准的重要性,将初学者较容易犯错的内容进行重点讲解。与本书配套的《工程制图习题集》(蔚泽峰主编)由科学出版社同时出版,可供选用。

本书可作为高等院校理工科近机类专业工程图学的基础教材,也可作为相关工程技术人员自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/严寒冰主编. —北京:科学出版社, 2018.6

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-03-057825-9

I. ①工… II. ①严… 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 129621 号

责任编辑:邓 静 张丽花 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:霍 兵 / 封面设计:迷底书装

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>

北京密东印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2018 年 6 月第一次印刷 印张:15

字数:356 000

定价:49.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

工程教育要求在开放的国际环境下,培养具有较深厚的理论知识、较强的工程实践能力、良好的综合素质,以及具有开创性和国际竞争力的高层次工程技术人员。工程图样是进行技术交流的重要工具,是工程师交流的语言。图样的绘制和阅读是工程技术人员必须掌握的一种技能。

本书经过长时间的酝酿,总结了多名一线教师在工程制图教学中长期积累的丰富经验以及近年来的教学研究与改革成果,同时汲取兄弟院校同类教材的优点,力求满足 21 世纪人才培养目标对工程图学的新要求。本书包括制图的基本知识、投影基础、基本体及组合体的投影、轴测图、机件的常用表达方法、标准件及常用件、零件图、装配图、计算机绘图基础等内容,每个部分均有相应的知识点和内容小结,循序渐进,使学生掌握完整的图学基本理论和机械制图的基础知识。本书具有如下特点。

1. 以项目引导方式进行教材构建

根据“以项目设计为导向(design-directed learning),以能力培养为目标”的 CDIO 培养模式,将教学过程中总结出的实例融入本书中,在第 1 章就将滚珠丝杠的直线运动模组及其控制系统的绘制作为项目任务,读者可以带着明确的任务目标进入各章节的学习,“在学中做,在做中学”。使书中的图例尽可能地反映现代产品设计制造过程,为学生后续课程的学习奠定良好的基础。

2. 按照子任务组织教学

本书将课程任务分解到各章节中,各子任务包括机械零件、电路接线图、控制柜体的绘制,教师和学生也可以根据自己的专业方向,有针对性地选择完成不同的子任务,为进一步学习专业知识时所需的图形学知识及识图、绘图能力打下基础。

3. 配合三维制图软件

传统的教材通常以画法几何和常用件、零件图、装配图为基础内容,以轴测图帮助构思、想象物体的形状,以 AutoCAD 等平面制图为主的软件作为绘图工具。但轴测图不是一种严格的工程图样,通常只用于对构件的结构(如管路图)进行辅助理解等为数不多的场合。同时,伴随各种三维软件的发展和广泛使用,机械设计目前通常是通过三维模型反求二维图纸。为此,本书在内容的组织上将二维图形与三维实体相结合,以 Inventor2012 作为绘图软件,既强调手绘能力,也强调与当前设计模式接轨。

4. 重点内容明确

本书每一章均设立了教学目标,以期学生能掌握重点内容。在正文中学生容易忽略的内容,用楷体、加粗字体、双下划线或上述组合形式进行强调,便于学生重点关注。

本书由成都信息工程大学“工程制图”课程组教师共同编写。严寒冰编写第1章、第10章，赵丽娜编写第2章，伍瑾斐编写第3章、第9章，姚兰编写第4章、第6章，蔚泽峰编写第5章，王志宏编写第7章、第8章，书中部分章节的插图由李光旭绘制，全书由蔚泽峰统稿。成都信息工程大学秦东兴、秦光旭、胡茶根对本书的编写给予了极大帮助，提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促，编者水平有限，书中疏漏及不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2018年3月

目 录

第 1 章 项目引入	1
1.1 直线运动模组及绘图任务	1
1.2 控制系统及接线图绘制任务	2
1.3 控制柜体绘制任务	4
第 2 章 制图的基本知识	5
2.1 国家标准制图的相关规定	5
2.1.1 图纸幅面与格式	5
2.1.2 比例	7
2.1.3 字体	8
2.1.4 图线	9
2.1.5 尺寸注法	10
2.2 制图方法与技能	14
2.2.1 尺规绘图	14
2.2.2 徒手绘图	19
2.3 平面图形分析及尺寸标注	21
2.3.1 平面图形的尺寸分析	22
2.3.2 平面图形的线段分析	22
2.3.3 平面图形的作图步骤	23
第 3 章 投影法及基本几何要素的三视图	24
3.1 投影法	24
3.1.1 投影的概念	24
3.1.2 投影法的类别	24
3.2 三视图	26
3.2.1 三投影面体系	26
3.2.2 三视图的形成及投影规律	27
3.3 点的投影	28
3.3.1 点在三投影面体系中的投影	28
3.3.2 两点的相对位置和重影点	29
3.4 直线的投影	29
3.4.1 直线投影的特性	29
3.4.2 点与直线的相对位置及其投影特性	32
3.4.3 直线与直线的相对位置及其投影特性	33

3.5 平面的投影	35
3.5.1 各种位置平面的投影特性	35
3.5.2 点、直线与平面的相对位置及其投影特性	38
第4章 工程形体的三视图	41
4.1 平面体	41
4.1.1 棱柱的投影表达及面上取点	41
4.1.2 棱锥的投影表达及面上取点	42
4.2 回转体	44
4.2.1 圆柱体的投影表达及面上取点	44
4.2.2 圆锥体的投影表达及面上取点	45
4.2.3 圆球的投影表达及面上取点	47
4.3 平面截切体	48
4.3.1 截交线的性质	48
4.3.2 棱柱截切	48
4.3.3 棱锥截切	49
4.4 回转截切体	50
4.4.1 圆柱截切	50
4.4.2 圆锥截切	52
4.5 相贯体	54
4.5.1 表面取点法	54
4.5.2 辅助平面法	56
第5章 组合体	59
5.1 组合体的组合方式及其表面的过渡关系	59
5.1.1 组合体及其组合方式	59
5.1.2 形体之间的表面过渡关系	60
5.2 组合体视图的画法	62
5.2.1 形体分析法画图	62
5.2.2 线面分析法画图	62
5.3 组合体视图的阅读	64
5.3.1 读图的要点	64
5.3.2 读图的方法	65
5.4 组合体的尺寸标注	66
5.4.1 基本形体的尺寸标注	66
5.4.2 带切口形体的尺寸标注	67
5.4.3 常见简单形体的尺寸标注	68
5.4.4 组合体的尺寸标注	68

第 6 章 机件的常用表达方法	74
6.1 视图	74
6.1.1 基本视图	74
6.1.2 向视图	74
6.1.3 局部视图	76
6.1.4 斜视图	76
6.2 剖视图	77
6.2.1 剖视图的基本概念	77
6.2.2 剖视图的种类	81
6.2.3 剖切平面的种类	84
6.2.4 剖视图中的—些规定画法	87
6.3 断面图	88
6.3.1 断面图的基本概念	88
6.3.2 断面图的画法	89
6.3.3 断面图的标注	90
第 7 章 零件图	91
7.1 零件图的作用和内容	91
7.1.1 零件图的作用	91
7.1.2 零件图的内容	91
7.1.3 视图选用与表达	93
7.1.4 尺寸标注	107
7.2 技术要求	110
7.2.1 极限	110
7.2.2 配合	112
7.2.3 形位公差	116
7.2.4 表面质量	117
7.2.5 热处理及表面处理	121
7.3 零件图的阅读	121
7.3.1 读图方法	121
7.3.2 读图步骤	122
7.4 零件图的绘制	123
第 8 章 装配图	128
8.1 装配图的作用和内容	128
8.1.1 装配图的作用	128
8.1.2 装配图的内容	128
8.1.3 规定画法	130
8.1.4 尺寸标注	132
8.1.5 零部件编号	133

8.1.6	明细栏	134
8.1.7	技术要求	134
8.1.8	装配结构的合理性	135
8.2	装配图的阅读	136
8.2.1	了解装配体	137
8.2.2	分析视图	137
8.3	装配图的绘制	138
第 9 章	电气制图	146
9.1	电气制图概述	146
9.1.1	电气工程图的表达形式	146
9.1.2	电气工程图的种类	147
9.2	电气制图的基本知识	148
9.2.1	电气制图的一般规则	148
9.2.2	电气工程图中的图形符号	149
9.2.3	电气技术中的文字符号制定通则	151
9.2.4	电气技术中的项目代号	153
9.3	电路图	154
9.3.1	电路图的用途	154
9.3.2	电路图的绘制规则	155
9.4	接线图和接线表	161
9.4.1	接线图中项目、端子和导线的表示方法	161
9.4.2	几种接线图和接线表的绘制规则	163
第 10 章	Inventor 2012 基础	168
10.1	Inventor 2012 简介	168
10.2	Inventor 2012 环境	168
10.2.1	用户界面	169
10.2.2	新建文档	169
10.2.3	零件图的绘制	170
10.3	直线运动模组设计	173
10.3.1	零件设计	173
10.3.2	零件的装配	195
10.3.3	工程图	200
10.4	电气接线图的绘制	206
附录	丝杠螺母副所有零件体零件图	213
参考文献		232

第1章 项目引入

本章学习目标

- 了解本书三个子项目的内容及其应用。
- 知晓标准的重要性。
- 初步建立工程的概念。

工程制图是一门学习如何绘制和阅读工程图样的基础必修课程，是一门学习如何用图形表达信息和从图形中获取信息的课程，也是一门培养学生遵循设计标准的课程。

任何机件的形状、大小和加工，都不是能简单地用普通语言或文字表达清楚的。必须按照统一的规定画出它们的图样，作为施工、交流的依据，表达设计师构思的手段。工程图样被誉为工程界的语言，是工程技术部门的一项重要的技术文件。制图相关标准是绘制工程图样和制订技术文件时所必须遵守的，它起到统一工程语言的作用。因此，根据工程制图的国家标准阅读工程图样的技能是工程制图课程的主要内容之一。

本章给出滚珠丝杠直线运动模组及其控制系统，并在后续章节陆续给出各部件的工程图样，包括零件图、装配图，通过多个子项目完成课程任务的知识体系学习和技术能力培养，向读者介绍绘制视图的基本原理、常见形体结构的视图特点、机件的常见表达形式、绘制工程图样的方法和规范，从而培养读者的读图和绘图能力。

1.1 直线运动模组及绘图任务

直线运动模组最早是在德国开发的，用于上下料机械手、裁移设备、涂胶设备、贴片设备等，是继直线导轨、滚珠丝杠直线传动机构后的自动化升级单元。可以通过各个单元的组合实现负载的直线、曲线运动，并具有单体运动速度快、重复定位精度高、本体质量轻、占设备空间小、寿命长的优点。

直线运动模组当前已普遍运用于测量、激光焊接、激光切割、涂胶机、喷涂机、打孔机、小型数控机床、雕铣机，并适用于教育等场所。当前广泛使用的直线运动模组可分为两种类型：同步带型和滚珠丝杠型。

同步带型直线运动模组主要组成包括皮带、直线导轨、铝合金型材、联轴器、电机、光电开关等，如图 1-1 所示。

滚珠丝杠型直线运动模组主要组成包括滚珠丝杠、直线导轨、滚珠丝杠支撑座、联轴器、电机等，如图 1-2 所示。

滚珠丝杠型直线运动模组广泛用于短距离精确传动，是目前工具机械和精密机械上最常用的传动装置之一。工作时，电机通过联轴器带动滚珠丝杠旋转，通过滚珠将滑动摩擦变为滚动摩擦，从而提高机械效率和传动的灵敏性。与之连接的螺母会随滚珠丝杠的转动角度按照对应规格的导程转化成直线运动，被动工件可以通过螺母座和螺母连接，从而实现精密的直线运动。

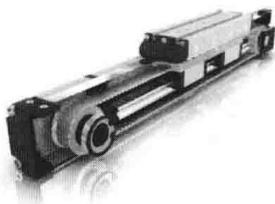


图 1-1 同步带型直线运动模组

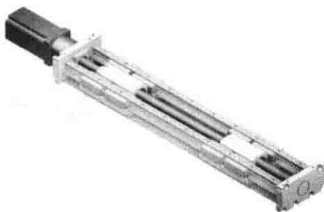


图 1-2 滚珠丝杠型直线运动模组

对于图 1-3 所示的滚珠丝杠型直线运动模组，需要在理解其工作原理的基础上，结合后续章节中对应的知识描述，能够绘制主要零部件的相关工作图样。通过模型装配，掌握对滚珠丝杠型直线运动模组进行装配、检验、安装及维修的基本技能。

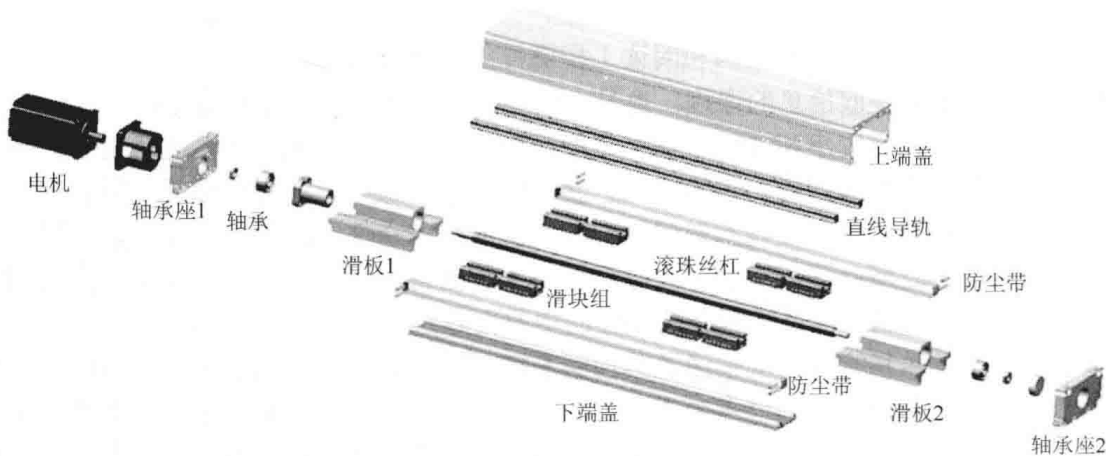


图 1-3 滚珠丝杠型直线运动模组拆分图

1.2 控制系统及接线图绘制任务

电气控制系统图一般有三种：原理图、布置图和接线图。

电气原理图的目的是便于阅读和分析控制线路，一般分主电路和辅助电路(控制电路)两部分。实际绘制时应根据结构简单、层次分明清晰的原则，采用电器元件展开形式绘制。它包括所有电器元件的导电部件和接线端子，但并不按照电器元件的实际布置位置来绘制，也不反映电器元件的实际大小。

电器元件布置图主要是表明电气设备上所有电器元件的实际位置，为电气设备的安装及维修提供必要的资料。电器元件布置图可根据电气设备的复杂程度集中绘制或分别绘制。图中不需要标注尺寸，但是各电器代号应与有关图纸和电器清单上的元器件代号相同。

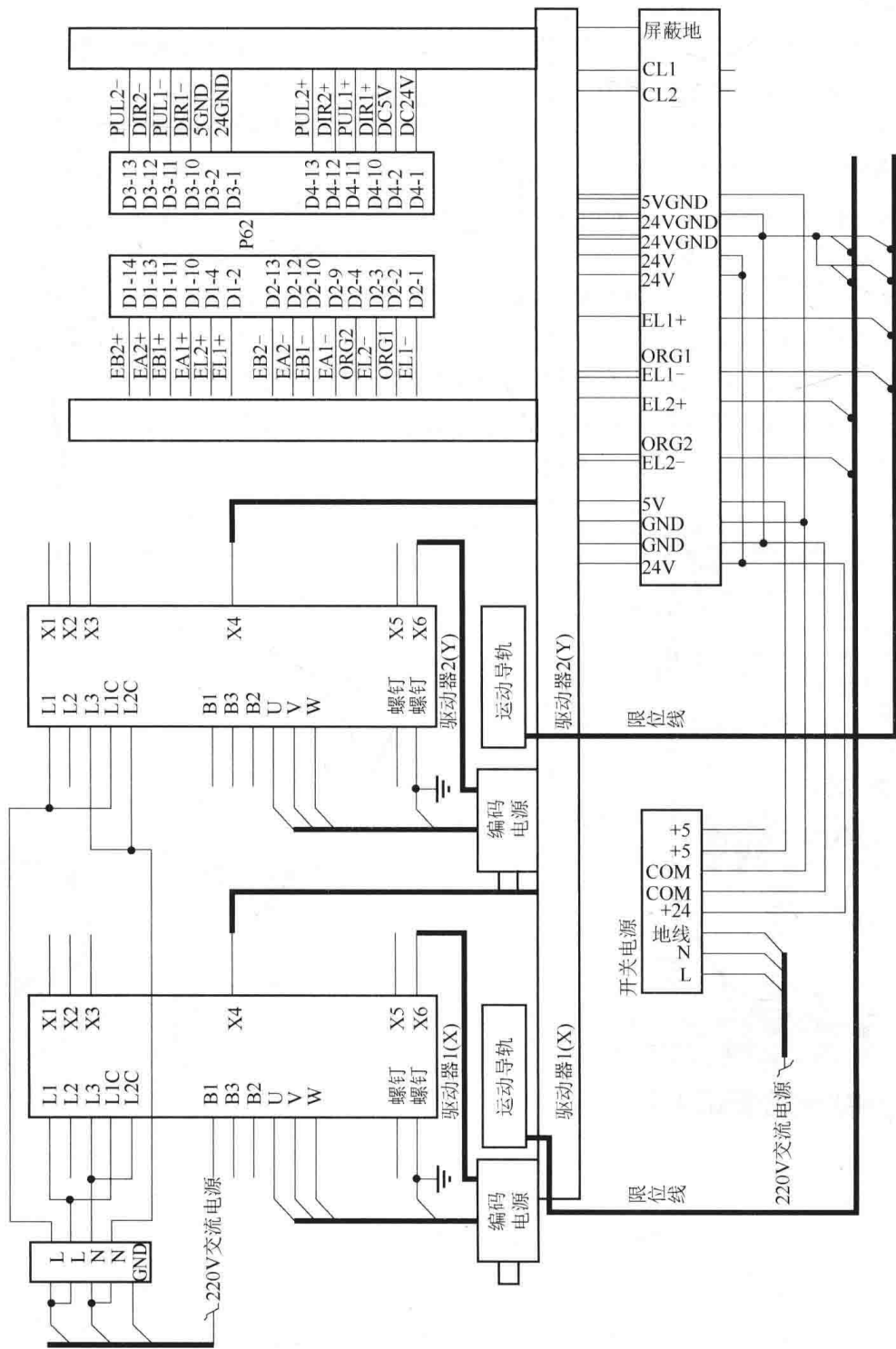
电气接线图是表示电气控制系统中各项目(包括电气元件、组件、设备等)之间连接关系、连线种类和敷设路线等详细信息的电气图，是检查电路和维修电路不可缺少的技术文件，根据表达对象和用途不同，可细分为单元接线图、互连接线图和端子接线图等。

直线运动模组通常采用交流伺服电机或步进电机驱动，可采用 PLC、DSP 或运动控制卡控制驱动器进行。

对图 1-4 给出的运动控制卡驱动交流伺服电机的控制板接线图，需要在掌握控制系统的

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

基本结构的基础上，绘制符合电气规范要求的接线图，能清楚表达各电气元件的接线要求。可采用 Altium Designer(AD)软件绘制控制系统及接线图，也可采用电气专用的 AutoCAD Electrical 软件进行绘制。为保持一致性，本书只介绍采用 AutoCAD 绘制电气控制图的方法。



1.3 控制柜体绘制任务

控制柜体(机柜)内安装的各种按钮开关、控制器等,对各种设备实现近程或远程控制,主要功能是控制负载启停,或根据工艺要求对负载进行某些调节控制。通过控制柜将控制设备进行集成,还有利于控制系统与外界隔离、屏蔽,避免设备间的相互干扰,同时便于在发生故障时的检修工作。控制柜是电气控制设备不可缺少的组成部分,是电气控制设备的载体。

设计时,控制柜体应有一定的机械强度,周边平整无损伤。要求采用具有一定厚度($>2\text{mm}$)的冷轧钢板制作。控制柜体内外均应做防腐蚀处理,喷塑或镀锌层无脱落。二层板要求镀锌并有可靠接地,安装板后部留有足够盘线空间并应符合国家及行业生产的验收规定;控制面板及其上元器件与箱内元器件净距离通常应不小于 200mm 。箱体、箱门都要可靠接地。接线端子应与最大导线截面匹配,内有接地要求的电器、盘面,其外壳应可靠接地;接地线采用铜编织线。图 1-5(a)为立式控制柜的实物图,图 1-5(b)是集成操作台功能控制柜,适用于控制系统较简单、需要与计算机交互的情况。

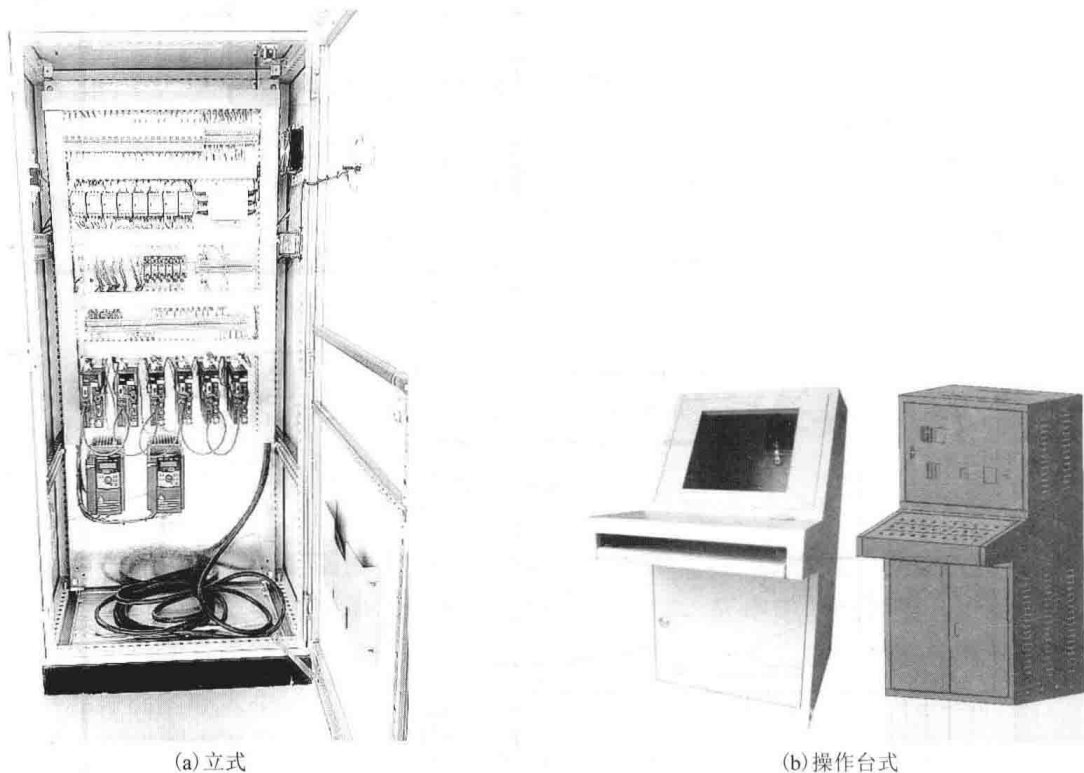


图 1-5 控制柜

控制柜机柜既要满足各电气单元的组合功能条件,如安全的要求、检修性能、形式的统一、组合的标准、功能的分配、外形美观等,还要满足柜体本身要求,如坚固可靠、美观、调整容易、符号规范、制造的适用性以及针对特殊场合的特殊设计等。

对图 1-5(b)给出的操作台式控制柜体,需要按照机械设计规范建立三维实体模型,生成展开图。

第2章 制图的基本知识

本章学习目标

- 掌握《技术制图》和《机械制图》有关标准的基本规定。
- 掌握图样画法的基本规定。
- 掌握常用绘图工具的使用方法。
- 掌握常用几何图形的作图方法及平面图形的分析方法。

2.1 国家标准制图的相关规定

工程图样是工程技术人员表达设计思想、进行技术交流的工具，是设计和制造过程中的重要技术文件，是工程界交流的语言。要准确无误地进行技术思想交流，绘制工程图样时需要严格遵守《技术制图》和《机械制图》的相关规定。《技术制图》是指基本技术标准，《机械制图》是机械专业的制图标准。

中华人民共和国国家标准简称“国标”，“GB”为这两个汉字的拼音首字母，如“GB/T 14689—2008”，其中“T”表示推荐性标准，“T”后的数字表示标准编号，分隔号“—”后的数字为该标准颁布的年份。本节主要按照 GB/T 14689—2008《技术制图 图纸幅面和格式》及相关要求，介绍图纸幅面与格式、比例、字体、图线以及尺寸注法的相关规定。

2.1.1 图纸幅面与格式

1) 图纸幅面

为了使图纸便于装订和保管，绘制图样时应优先采用 GB/T 14689—2008 规定的 5 种基本幅面，如表 2-1 所示。必要场合允许采用国家标准所规定的加长幅面，加长幅面的尺寸由基本幅面的短边乘以整数倍后得到。例如，幅面代号为 A3×2 的尺寸为 $B \times L = 420 \times 594$ ；A4×3 的尺寸为 $B \times L = 297 \times 630$ 。

表 2-1 基本幅面及周边尺寸 单位：mm

幅面代号		A0	A1	A2	A3	A4
幅面尺寸 $B \times L$		841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
周边尺寸	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。图框的格式分为不留装订边和留有装订边两种，但同

70				15	25	10	20	
(图名)				图号		成绩		8
				比例				8
制图	(姓名)	(日期)	(学校、专业、班级)					16
批阅								
15	30	25	70					

图 2-4 制图作业用简化标题栏格式

2.1.2 比例

绘图比例是图形与其对应的实物之间的线性尺寸之比。画图时为便于观察机件的实际大小，一般情况下优先采用的比例为 1：1。但当机件太小或太大时，为了在图纸上清晰表达出机件形状，需将机件放大或缩小数倍后绘制成图。国家标准中规定了绘制图样时采用的比例，常用比例见表 2-2。不论采用何种比例，图样中所标注的尺寸均为物体的真实尺寸，如图 2-5 所示。

表 2-2 常用绘图比例(*n* 为正整数)

种类	比例	
	第一系列(优先选择)	第二系列(允许选择)
原值比例	1：1	—
缩小比例	1：2 1：5 1：10	1：1.5 1：2.5 1：4 1：6
	1：1×10 ⁿ 1：2×10 ⁿ 1：5×10 ⁿ	1：1.5×10 ⁿ 1：2.5×10 ⁿ
		1：4×10 ⁿ 1：6×10 ⁿ
放大比例	2：1 5：1	2.5：1 4：1
	1×10 ⁿ ：1 2×10 ⁿ ：1 5×10 ⁿ ：1	2.5×10 ⁿ ：1 4×10 ⁿ ：1

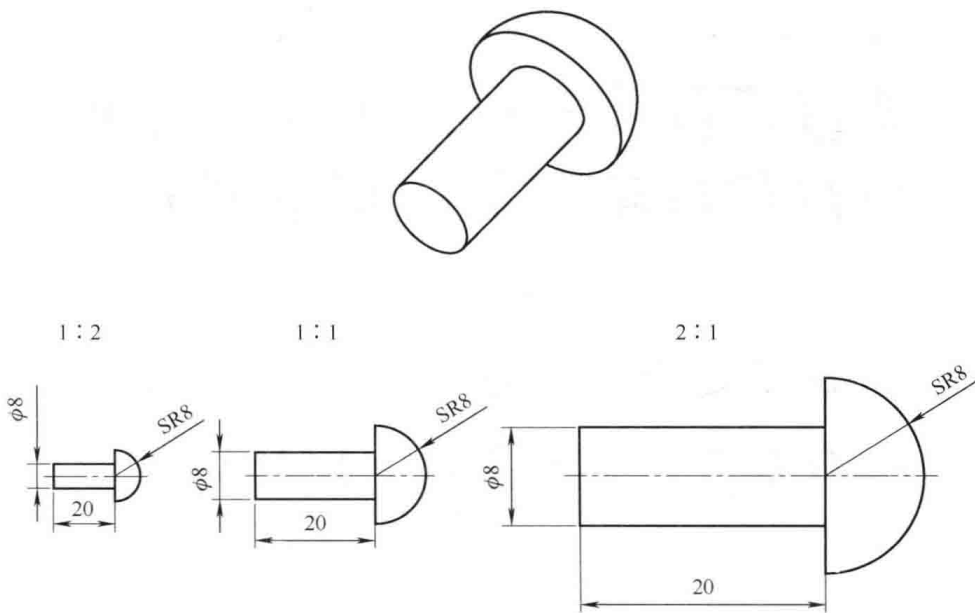


图 2-5 不同比例绘制的图形

绘制同一机件的各个视图时,应尽量采用相同的比例,并将其标注在标题栏中的比例栏内。当图样中的个别视图采用了与标题栏中不相同的比例时,必须在该视图上方另行标注其比例。

2.1.3 字体

图样中书写的字体须工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体高度 h (单位: mm)系列为1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。字体的高度代表字体的号数。汉字应写成长仿宋体,并应采用国家正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度不应小于3.5mm,字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

字母和数字分A型和B型。A型字体的笔画宽度为字高(h)的 $1/14$, B型字体的笔画宽度为字高(h)的 $1/10$,在同一图样上只能选用一种类型的字体。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° 。用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字或字母,一般采用小一号字体。不同字体示例如图2-6所示。

横 平 竖 直 注 意 起 落 结 构 均 匀 填 满
方 格 机 械 制 图 轴 旋 转 技 术 要 求 键

(a) 长仿宋体汉字示例(宽:高=2:3)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

(b) 阿拉伯数字示例(A型)

I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

(c) 罗马数字示例(A型)

A B C D E F G H I J K L M
N O P Q R S T U V W X Y Z

(d) 大写字母斜体示例(B型)

a b c d e f g h i j k l m
n o p q r s t u v w x y z

(e) 小写字母斜体示例(B型)

图 2-6 不同字体示例