



全国高等职业教育规划教材

供配电技术实训

马誌溪 主编



附赠DVD光盘 含教学视频、教学图片等



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

供 配 电 技 术 实 训

主 编 马 誌 溪

副主编 陈 茂 林

参 编 赵衍青 廖基宏 粘孝先

主 审 陈才俊 戴绍基



机械工业出版社

“供配电技术”套书由《供配电技术基础》及《供配电技术实训》两书及两张配套光盘构成。本书主要内容包括：供配电工程的实际操作，供配电系统的构成设备及成套，供配电系统的主接线及布局，系统及彼此连接的实施，系统测量、控制及保护的实现，系统的运行与运用，以及综合实训——课程设计共7个实务课题，讲述了工业及民用供配电工作必备的实际知识。

配套的“实践光盘”内容包括：供配电器件、设备图片——12类器件和设备，供配电工程现场教学视频——12个视频、20组照片，供配电技术资料——3大类相关标准、规范目录、15种常用数据资料及供配电工程课程设计指导实例——某工业工程供配电设计4部分。它提供了通常极难获得的供配电技术理论联系实际资料，尤其对尚不具备实践条件的教学具有较大帮助。

本书适用于“电气自动化”、“电力系统自动化”、“供用电技术”、“机电一体化”及“建筑电气”等专业的高职高专及普通高校本科教学。适当取舍后也可作为成人教育、相关专业人员专业培训及自学提高的教材。

图书在版编目(CIP)数据

供配电技术实训/马誌溪主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 6
全国高等职业教育规划教材
ISBN 978-7-111-46237-8

I. ① 供… II. ① 马… III. ① 供电系统—高等职业教育—教材
② 配电系统—高等职业教育—教材 IV. ① TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第056748号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:刘闻雨 责任校对:刘志文

版式设计:赵颖喆 责任印制:李洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2014年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.25印张·1插页·343千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-46237-8

ISBN 978-7-89405-377-0(光盘)

定价:36.00元(含1DVD)

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

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

“供配电技术”套书由《供配电技术基础》《供配电技术实训》及两张配套光盘——“教学光盘”及“实践光盘”构成。

本套书的编写思路有3项特点。

一是覆盖“工厂供配电”及“建筑供配电”。因为无论是基础理论和实践知识，还是学生毕业后工作所用，此两方向内容大量交叉，故作此合并。

二是立足当前、面向市场。高度重视观念的时代性，方案及设备的现实性。

三是针对高职高专及普通高校本科生的从业需求，实现从“内特性”向“外特性”，从“为什么”、“依据什么”的推导、计算，向“如何用”、“如何用好”、“如何处理”的综合运用的重心转移。

本套书的编写形式有4点创新。

一是“教学光盘”中各章（共8章）的“电子教案”与基础教材中的内容一一对应。“部分练习题解答”则提供了各章练习题中难度较高的题目的计算、分析、涉图部分的解答。

二是“实践光盘”的“影、像、资料”与实践教材的“文、表、图”相辅相成。光盘中“影、像、资料”以及虚拟现场教学、实验室参观、资料馆查阅等现代手段，实现了真正意义上的多媒体综合教学。

三是“模块化结构”。模块化结构加上“教材加选用标注的目录”，使本套书适用于“设计、制造、施工、管理、营销”各从业岗位对人才多元化、多角度、多层次的不同需求。

四是“闽台合作”。中国台湾建国科技大学4位博士参与编写，将本书的资料收集范围扩展到台湾地区，既吸取了此领域台湾地区学者的教学及技术观念，也将实践的眼界拓展到海峡彼岸、甚至更远。

本书由泉州信息职业技术学院教授马誌溪主编，并承蒙一直辛勤于电气工程专业设计一线的原机械工业部第四设计研究院教授级高工陈才俊认真审查，高职教育及教学研究、业内著述颇丰的河南工业职业技术学院电气工程系戴绍基教授又再次把关，对全书各章节再度审阅，并提出大量宝贵意见。本书编写还得到泉州信息职业技术学院的林东院长及院、系各级全力支持，该院赵衍青老师参与了编写。叶俊滨、康伟平、苏鑫鑫、张科柏、陈家深、陈水荣等同学承担了文字录入、图纸加工、影像处理、光盘合成等工作，整个光盘监制为林明生。中国台湾建国科技大学领导高度重视本书的闽台合作编写，该校陈茂林博士任本书副主编，廖基宏博士（台湾电机技师）及粘孝先博士参编。他们为编写本书提供了中国台湾地区变电所及供配电装置照片，收集了中国台湾地区供配电两个重要法规及4本教材。

本书纳入“福建省高等职业教育教材建设计划”，在编写中得到了福建省教育厅的大力支持。本书也为“海峡两岸职业教育交流合作中心 2011 年度闽台高校合编教材”立项，并获得专项资助，在此表示衷心感谢！

此书针对的是“供配电技术”这一涵盖范围广、发展更新迅猛、高新技术渗透力度大的专业技术领域的技术人才的综合技术能力的培养，编者虽尽个人之努力，并集各方倾力相助，但终因水平及见识有限，编写时间仓促，误、漏、不详之处，请读者给予批评指正！

在此特向指导者、支持者、参与者、参考书籍的编作者、各单位领导、老总、教学同仁、各位友人及同志们表示最诚挚的谢意！

编者

目 录

前言

实务课题1 供配电工程的实际操作 1

1.1 绘图与识图 1

1.1.1 绘图规则 1

1.1.2 电气图形符号 12

1.1.3 电气文字符号 16

1.1.4 电气参照代号 18

1.1.5 识图规则 21

1.2 设计 22

1.2.1 设计的阶段 22

1.2.2 设计的文件 25

1.2.3 电气工程设计图的分类 31

1.2.4 相关专业的协作 34

1.2.5 设计的开展 35

1.3 施工 45

1.3.1 施工用电 45

1.3.2 施工范畴 52

1.3.3 施工组织 60

1.3.4 施工管理 63

#1.3.5 工程的招投标 64

1.4 监理 73

1.4.1 概述 73

1.4.2 工作内容 74

1.4.3 工作作法 80

1.4.4 工程质量的评定验收 84

1.5 工程造价 87

1.5.1 工作内容 87

1.5.2 造价定额 88

1.5.3 工程量计算 88

1.5.4 计价规范 89

实训“电气工程一次图”读识、剖析、

讨论 91

练习 91

实务课题2 供配电系统的构成设备及

成套 92

2.1 高压设备 92

2.1.1 高压一次设备的认识 92

2.1.2 高压一次设备的选择与校验 101

2.2 变压设备 103

2.2.1 电力变压器的认识 103

2.2.2 电力互感器的认识 105

2.3 低压设备 106

2.3.1 低压一次设备的认识 106

2.3.2 低压一次设备的选择与校验 110

2.4 设备成套 111

2.4.1 高压成套电器设备的认识 111

2.4.2 低压成套电器设备的认识 116

2.4.3 成套电器的成套性 119

实训“电器设备制造及成套厂”现场

参观、讲课及讨论 122

练习 122

实务课题3 供配电系统的主接线及

布局 123

3.1 电气主接线 123

3.1.1 实例剖析 123

3.1.2 实施 125

3.2 布局 128

3.2.1 变配电所的布局方案 128

3.2.2 工厂变电所布局实例 139

3.2.3 建筑变电所布局实例 140

实训“居住小区供配电系统”现场

参观、讲课及讨论 141

练习 141

实务课题4 系统及彼此连接的实施 ... 142

4.1 线材 142

4.1.1 裸线 142

4.1.2 母线 143

4.1.3 绝缘电线 144

4.1.4 电缆 144

4.2 敷设方式 149

4.2.1 架空敷设	149	6.1 防触电的措施	194
4.2.2 地面下敷设	151	6.1.1 触电的急救	194
4.2.3 桥架敷设	153	6.1.2 绝缘电阻的测量	195
4.2.4 管、槽敷设	154	6.1.3 接地电阻的测量	196
4.2.5 母线槽敷设	155	6.2 系统的运行和维护	196
4.3 敷设实例	155	6.2.1 变配电所的运行和维护	196
4.3.1 架空线路	155	6.2.2 电力线路的运行和维护	199
4.3.2 非架空线路	157	6.3 系统供用电的管理	200
实训 “工业或公用工程配电网” 现场		6.3.1 计划用电	200
参观、讲课及讨论	158	6.3.2 用电管理	202
练习	158	6.3.3 用电的计量	203
实务课题 5 系统测量、控制及保护的		6.3.4 供电的定量	206
实现	159	6.4 系统智能化的构架实例	207
5.1 二次设备	159	6.4.1 变配电所的智能化	207
5.1.1 控制开关	159	6.4.2 工业供配电的智能化	208
5.1.2 继电器	162	6.4.3 建筑供配电的智能化	209
5.1.3 接触器	165	实训 “变配电所、站” 现场参观、	
5.1.4 信号设备及测量仪表	166	讲课及讨论	209
5.2 二次回路图	168	练习	209
5.2.1 表达方式	168	实务课题 7 综合实训——课程设计	211
5.2.2 回路标号	170	7.1 概述	211
5.2.3 图样设计及绘制	174	7.1.1 选题原则	211
5.3 二次回路的工艺文件	181	7.1.2 题目的布置	211
5.3.1 接线图	181	7.2 题目及条件	212
5.3.2 单元接线图、表	184	7.2.1 工业工程	212
5.3.3 端子接线图、表	185	7.2.2 公用工程	215
5.3.4 互连接线图、表	187	7.2.3 文教工程	216
5.3.5 电缆配置图、表	188	7.2.4 住宅工程	217
5.3.6 屏面布置图	190	7.3 具体要求	218
5.3.7 工艺设计	191	7.3.1 整体要求	218
实训 “电气工程二次图” 读识、剖析及		7.3.2 各题侧重	218
讨论	193	参考文献	219
练习	193		
实务课题 6 系统的运行与运用	194		

标“#”的为选学内容

实务课题 1 供配电工程的实际操作

1.1 绘图与识图

图样是传达工程信息的技术文件，具有严格的格式、要求及约定，这就是制图规范——工程界画图、识图、用图共同遵循的技术交流的“工程语言的语法”。本书仅介绍与电气工程设计相关的部分。

1.1.1 绘图规则

1. 图样及其幅面

图样通常由边框线、图框线、标题栏、会签栏等组成，如图 1-1 所示。

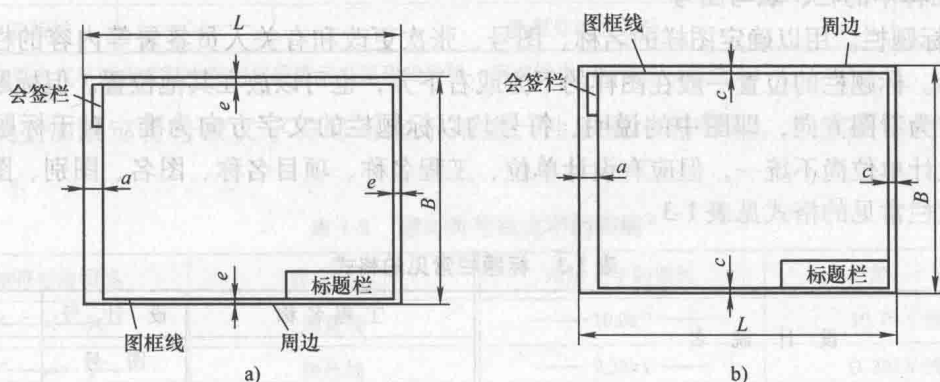


图 1-1 图样格式

a) 留装订边 b) 不留装订边

注：装订边为保护图样将其边缘折叠，以缝切机钉线的图样边缘。

图样的幅面是指由边框线所围成的图面，共分 5 类：A0 ~ A4，尺寸见表 1-1。A0、A1、A2 号图样一般不得加长，A3、A4 号图样可根据需要加长，加长幅面尺寸见表 1-2。

表 1-1 基本幅面尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
宽×长 ($B \times L$) / (mm×mm)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
不留装订边边宽 (C) /mm	10	10	10	5	5
留装订边边宽 (e) /mm	20	20	20	10	10
装订侧边宽 (a) /mm	25				

表 1-2 加长幅面尺寸

序 号	代 号	尺寸/(mm × mm)
1	A3 × 3 (1.5A2)	420 × 891
2	A3 × 4 (2.0A2)	420 × 1189
3	A4 × 3 (1.5A3)	297 × 630
4	A4 × 4 (2.0A3)	297 × 841
5	A4 × 5 (2.5A2)	297 × 1051

2. 图幅的分区

图样的幅面分区的数目视图的复杂程度而定，但每边必须为偶数，按图样相互垂直的两边各自均等分区，分区的长度为 25 ~ 75mm。分区代号竖向用大写拉丁字母从上到下标注，横向用阿拉伯数字从左往右编号，分区代号由字母和数字表示，字母在前，数字在后。图 1-2 所示图样中线圈 K1 的位置代号为 B5，按钮 SB3 位置代号为 C3。

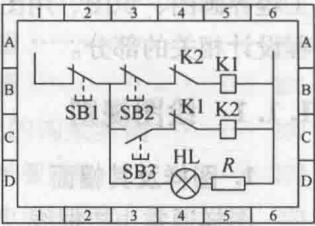


图 1-2 图幅分区示例

3. 图样中的栏、表与图号

1) 标题栏。用以确定图样的名称、图号、张次更改和有关人员签署等内容的栏目，又称作图标。标题栏的位置一般在图样的下方或右下方，也可以放在其他位置。但标题栏中的文字方向为看图方向，即图中的说明、符号均以标题栏的文字方向为准。对于标题栏的格式，各设计单位尚不统一，但应有设计单位、工程名称、项目名称、图名、图别、图号等内容。标题栏常见的格式见表 1-3。

表 1-3 标题栏常见的格式

设 计 院 名				工 程 名 称		设 计 号
						图 号
审 定			设 计			项 目
审 核			制 图			
总 责 任 人			校 对			图 名
专 业 负 责 人			复 核			

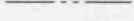
- 2) 会签栏。供相关专业设计人员会审图样时签名用，不要求会签的图样可不设此栏。
- 3) 材料表。设计说明往往附有设备材料表，其序号自下而上排列，目的是便于添加。
- 4) 图号。位于标题栏，用以区分每类图样的编号。编号中要按相应规定表达出工程（多另以工程号表示）、专业（电专业还多分为强电、弱电及智能）、设计阶段（“方案设计”、“初步设计”、“施工图设计”、“修改设计”）、甚至每类图样的张次（多另以张次号表示）。

4. 图样中的线与字

- 1) 图线。图线宽分为 6 种：0.25mm、0.3mm、0.5mm、0.7mm、1.0mm、1.4mm（呈 $\sqrt{2}$ 递增）。一套图应事先确定线宽 2 ~ 3 种及平行线距（不小于粗线宽的 2 倍，且不小于

0.7mm)。电气工程制图中常用的有9种,见表1-4。

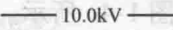
表 1-4 电气工程制图中常用的图线

序号	图线名称	图线形式	机械、建筑工程图中	电气工程图中	图线宽度
1	粗实线		可见轮廓线	电气线路(主电路、干线、母线)	$b=0.5\sim 2\text{mm}$
2	细实线		尺寸线,尺寸界线,剖面线	一般线路、控制线	约 $b/3$
3	虚线		不可见轮廓线	屏蔽线、机械连线、电气暗敷线、事故照明线	约 $b/3$
4	点画线		轴心线,对称中心线	控制线、信号线、围框线(边界线)	约 $b/3$
5	双点画线		假想的投影轮廓线	辅助围框线、36V以下线路	约 $b/3$
6	加粗实线		无	汇流排(母线)	约 $2\sim 3b$
7	较细实线		无	建筑物轮廓线(土建条件)、用细实线时的尺寸线、尺寸界线、软电缆、软电线	约 $b/4$
8	波浪线		断裂处的边界线、视图与剖视的分界线		约 $b/3$
9	双折线		断裂处的边界线		约 $b/3$

注:建筑电气平面布置图中常用实线表示沿屋顶暗敷线,用虚线表示沿地面暗敷线。

图线上加限定符号或文字符号可表示用途、性质及电压等级,形成新的图线符号,见表1-5。

表 1-5 增加符号或文字的图线

增加符号的图线	含 义	增加文字的图线	含 义
	避雷线		10.0kV 线路
	接地线		0.38kV 线路

2) 字体。图样上汉字、字母及数字均是图的重要组成部分,书写必须端正、清楚,排列整齐,间距均匀。汉字除签名外,推荐用长仿宋简化汉字直体、斜体(右倾与水平线成75°)中的一种。字母、数字用直体。其字体大小视幅面大小而定,字高有20mm、14mm、10mm、7mm、5mm、3.5mm、2.5mm共7种,字宽为字高的2/3,汉字字粗为字高的1/5,数字及字母的字粗为字高的1/10。字体最小高度见表1-6。

表 1-6 图样中的字体最小高度

基本图样幅面	A0	A1	A2	A3	A4
字体最小高度/mm	5	3.5	2.5	2.5	2.5

图线和字体在用CAD作图时,还必须符合计算机制图的有关规定。

5. 图的比例、尺寸及标注

1) 比例。图样所绘图形与实物大小的比值即比例。缩小比例的比例号前面的数字通常为1,后面的数字为实物尺寸与图形尺寸的比例倍数。平面图中多取1:10、1:20、1:50、

1:100、1:200、1:500 共 6 种缩小比例（建筑物总大于图样）。供配电工程图中的设备布置图、平面图、构件详图需按比例，且多用 1:100，其余图不按比例画。

2) 尺寸。图样中标注的尺寸数据是工程施工和构件加工的重要依据，由尺寸线、尺寸界线、尺寸起止点（实心箭头或 45°斜短画线构成）及尺寸数字 4 要素组成。尺寸标注示例如图 1-3 所示。

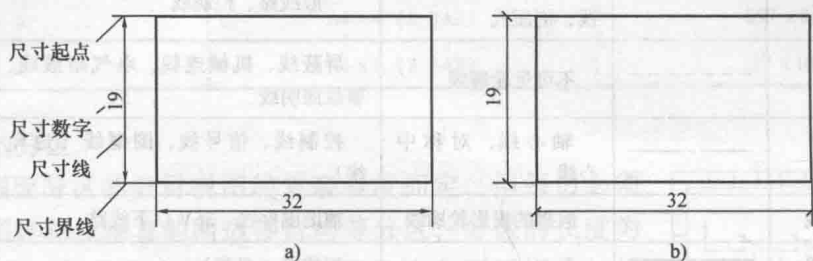


图 1-3 尺寸标注示例

a) 用箭头线表起止 b) 用斜短画线表起止

CAD 作图时，也须参照“计算机制图标准”执行。

3) 通用符号。各相关专业平面图用标志性通用符号如下。

① 方位标志：位于北半球的我国，多取“上北下南、左西右东”方式，平面图中采用“方位标志”表示北向，以定方位，如图 1-4a 所示。

② 风向频率标志：根据设备安装点所在地区多年四季风向的各向风次数的统计百分均值，按比例进行绘制。图中实线表示全年，虚线表示夏季，又称为风玫瑰图，如图 1-4b 所示。

③ 等高线：以总平面图上绝对标高相同的点连成的曲线的预定等高距的曲线族，表征地貌的缓陡及坡度特性，如图 1-4c 所示。

④ 标高：

a. 相对标高——设备、线路相对于室外基准地坪的安装高度，如图 1-4d 所示；

b. 敷设标高——设备、线路相对于本安装层室内基准地坪的安装高度，如图 1-4e 所示。

如层高 3m 的二层楼面板插座敷设标高为 0.3m，而相对室外地坪的相对标高则为 3.3m。

⑤ 定位轴线：承重墙、柱、梁等承重构件位置，以点画线画出的辅助确定图上符号位置的辅助线。定位轴线水平方向以阿拉伯数字自左至右编号，垂直方向以拉丁字母（I、O、Z 除外）编号，外面多加小圆框。同时轴线作为尺寸线也便于标注尺寸，如图 1-4f 所示。

附加轴线则是在主轴线间添加的轴线，以带分数的圆框表示。分母为前主轴线编号，分子为附加轴线编号。如 2/B，意为 B、C 轴线间第二条附加轴线。

4) 标注符号。注释、详图、索引及数据标注示例如图 1-5 所示。

① 注释：当图示不够清楚、需补充解释时使用，注释可采用文字、图形、表格等能清楚说明对象的各种形式。用 CAD 作图时，详见有关章节的计算机作图规则的介绍。注释有如下两种方式。

a. 直接放在说明对象附近。

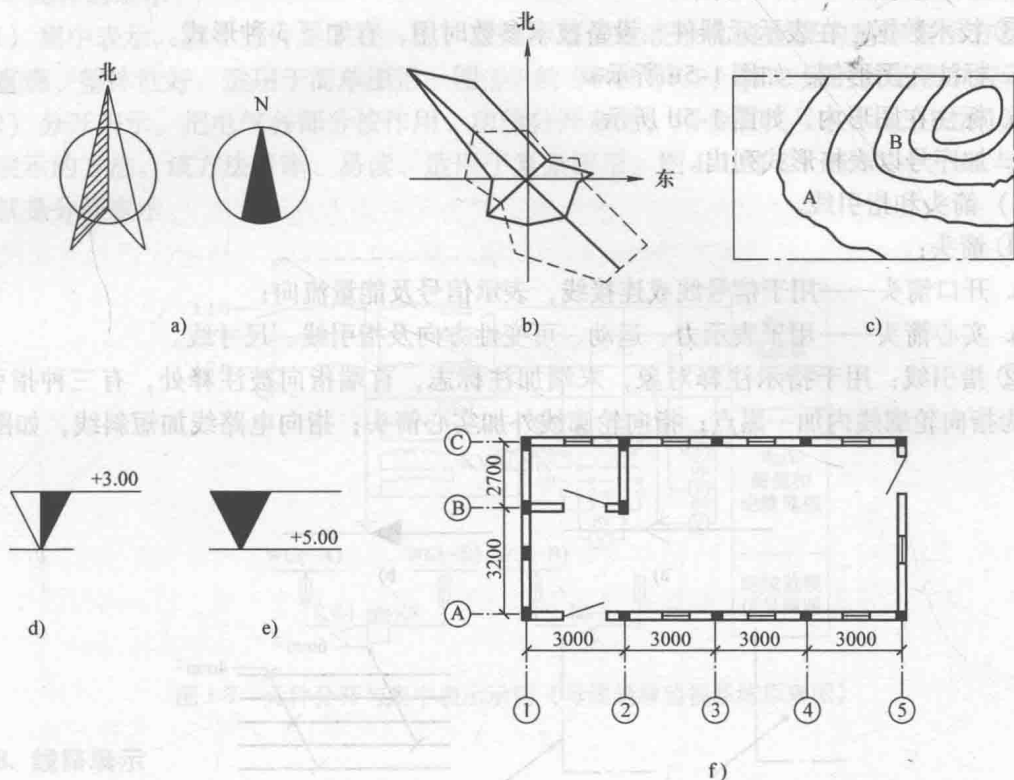


图 1-4 平面图通用标志示例

a) 方位标记 b) 风向频率标记 c) 等高线 d) 室内标高 e) 室外标高 f) 定位轴线

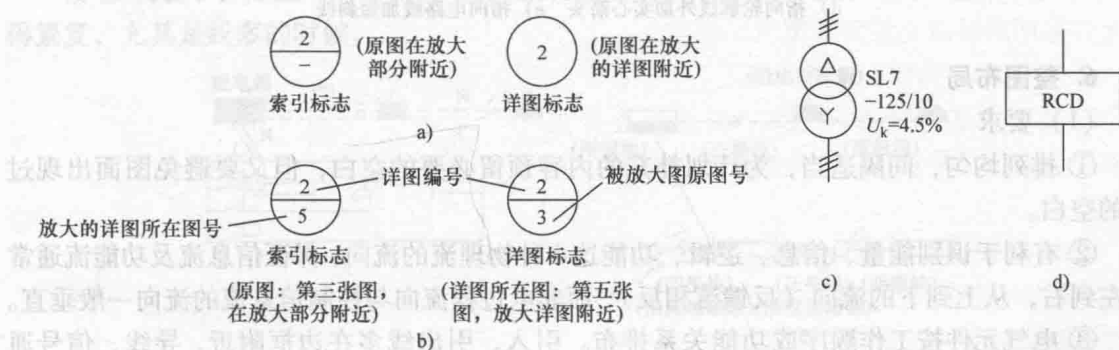


图 1-5 注释、详图、索引及数据标注示例

a) 2#详图在本图中 b) 第三张图的 2#详图在第五张图

c) 技术数据 (SL7 等) 标注在图形侧 d) 技术数据 (“RCD”) 标注在图形内

b. 加标记，注释放在图面适当位置。当图中有多个注释时，按编号顺序置于边框附近。多张图样的注释，可集中放在第一张图内。

② 详图索引：详细表示装置中部分结构、做法、安装措施的单独局部放大图称为详图。它与被放大图的索引方式是：被放大部分标索引标志，置于被部分放大的原图上，详图部位

使用详图标志如图 1-5a、b 所示。

③ 技术数据：在表示元器件、设备技术参数时用，有如下 3 种形式。

- a. 标注在图形侧，如图 1-5c 所示。
- b. 标注在图形内，如图 1-5d 所示。
- c. 加序号以表格形式列出。

5) 箭头和指引线。

① 箭头：

- a. 开口箭头——用于信号线或连接线，表示信号及能量流向；
- b. 实心箭头——用于表示力、运动、可变性方向及指引线、尺寸线。

② 指引线：用于指示注释对象，末端加注标志，首端指向被注释处，有三种指引线，分别为指向轮廓线内加一黑点；指向轮廓线外加实心箭头；指向电路线加短斜线，如图 1-6 所示。

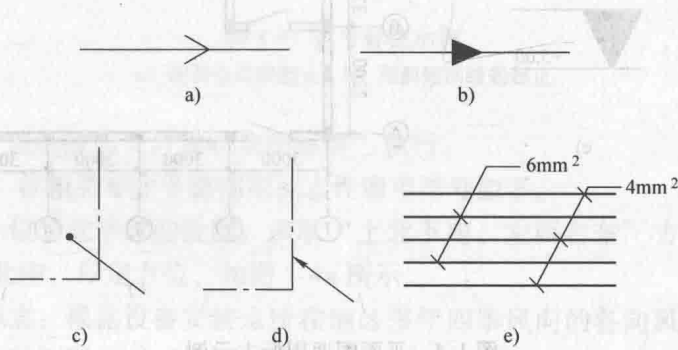


图 1-6 箭头和指引线

- a) 开口箭头 b) 实心箭头 c) 指向轮廓线内加一黑点
- d) 指向轮廓线外加实心箭头 e) 指向电路线加短斜线

6. 整图布局

(1) 要求

- ① 排列均匀，间隔适当，为计划补充的内容预留必要的空白，但又要避免图面出现过大的空白。
- ② 有利于识别能量、信息、逻辑、功能这 4 种物理流的流向，保证信息流及功能流通常从左到右，从上到下的流向（反馈流相反），而非电过程流向与控制信息流的流向一般垂直。
- ③ 电气元件按工作顺序或功能关系排布。引入、引出线多在边框附近，导线、信号通路、连接线应少交叉、折弯，且在交叉时不得折弯。
- ④ 紧凑、均衡，留足插写文字、标注和注释的位置。

(2) 方法

- ① 功能布局法：在功能布局的简图（如系统图、电路图）中，元件符号位置的布局只考虑元件彼此间的功能关系，而不考虑实际位置。功能相关的符号分组、位置靠近，电路图按顺序布局，控制系统图主控系统在被控系统左侧或上边。
- ② 位置布局法：在位置布局的简图（如平面图、安装接线图）中，元件符号位置按元件实际位置布局。符号分组，图中位置对应元件的实际位置。

7. 元件的表示

1) 集中表示。整个元件集中在一起，各部件用虚线表示机械连接的整体表示方法。该方法直观、整体性好，适用于简单图形。图 1-7 的 QF 与 QF-1、QF-2 用的就是集中表示。

2) 分开表示。把电气各部分按作用、功能分开布置，用参照代号表示它们之间关系的展开表示的方法。该方法清晰、易读、适用于复杂图形。图 1-7 的 KV 与 KV-1、KS 与 KS-1 用的就是分开表示。

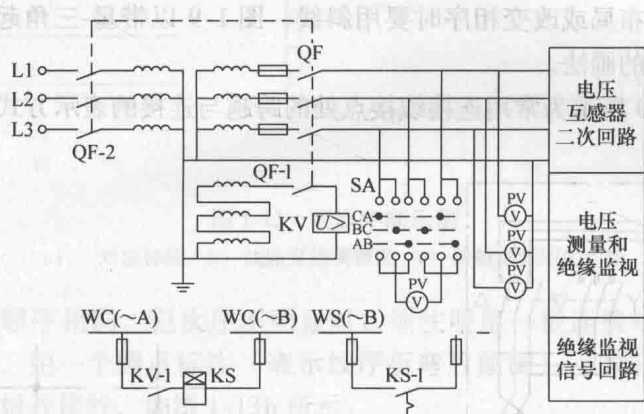


图 1-7 元件分开与集中表示示例（母线绝缘监视系统原理图）

8. 线路表示

1) 表示方法。图 1-8 为一照明配电箱供两路：一路有单相两孔及单相三孔插座各一个；另一路以一个双联开关分别控制两盏双管荧光灯及一个调速开关控制吊扇，图 a~c 为线路表示的 3 种方法的示例。

① 多线表示：如图 1-8a 所示，元件连线按导线实际布线每根都画出，尽管清楚，但显得繁复，尤其是线多的时候。

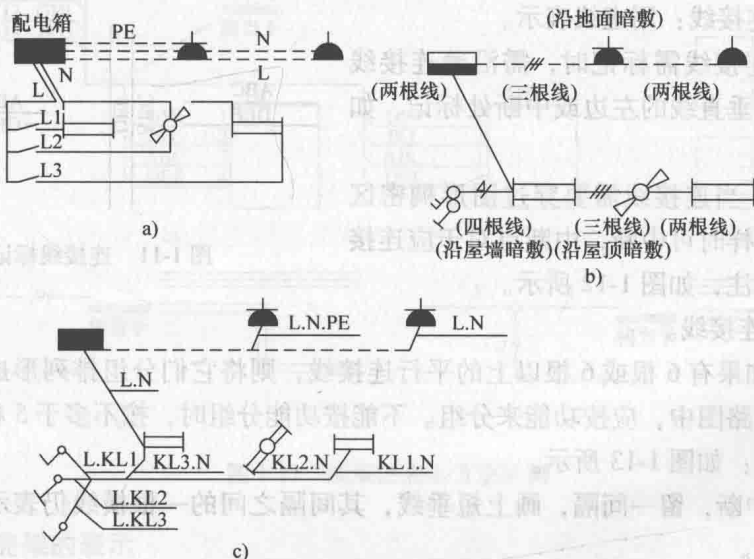


图 1-8 线路表示方法的示例

a) 多线表示 b) 单线表示 c) 组合表示

② 单线表示：如图 1-8b 所示，走向一致的元件间连线共用一条线表示，当走向变化时再分开画，常标出导线根数。这种表示方法简单，有时难理解。

③ 组合表示：如图 1-8c 所示，多线与单线表示的组合，当出现中途汇入、汇出时用斜线表示去向。这种表示方法简单、明晰、常用。

2) 一般连接线。

① 规定：除按位置布局的图外，连接线应画为水平或垂直取向的直线，且尽量避免弯曲和交叉。元件对称布局或改变相序时要用斜线，图 1-9 以带星-三角起动器的电动机电路为例，给出了连接线的画法。

② 接点：图 1-10 所示为常用连接线接点处的跨越与连接的表示方式。

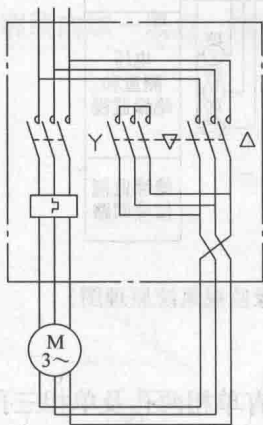


图 1-9 连接线画法的示例

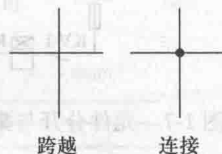


图 1-10 交叉线跨越与连接的表示法

③ 重要的电路：为突出或区分某些重要的电路（如电源电路），可采用粗实线（必要时允许采用两种以上的图线宽度）强化。

④ 预留的连接线：用虚线表示。

⑤ 标记：连接线需标记时，需沿着连接线水平线的上边、垂直线的左边或中断处标记，如图 1-11 所示。

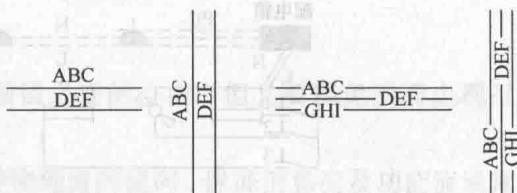


图 1-11 连接线标记示例

⑥ 中断线：当连接线需要穿过图形稠密区或连到另一张图样时可中断，中断点对于应连接点要作对应的标注，如图 1-12 所示。

3) 平行的连接线。

① 线束。如果有 6 根或 6 根以上的平行连接线，则将它们分组排列形成线束。在概略图、功能图和电路图中，应按功能来分组。不能按功能分组时，按不多于 5 根线分为一组。

② 表达方法：如图 1-13 所示。

- 线束被中断，留一间隔，画上短垂线，其间隔之间的一根横线仍表示线束，如图 1-13a 所示。
- 单根连接线汇入线束时，倾斜相接，如图 1-13b 所示。
- 线束与线束相交不必倾斜，如图 1-13c 所示。

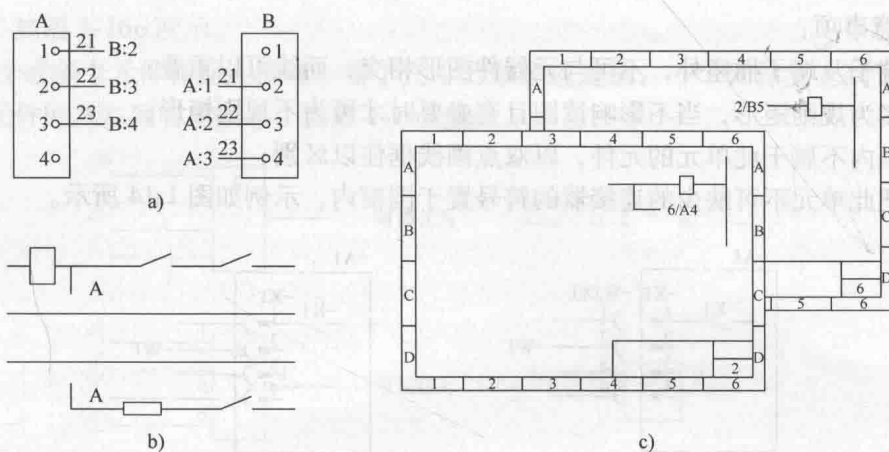


图 1-12 线路中断示例

a) 对应标注 b) 线路穿越稠密区 c) 跨越整张图的中断

- 当连接线的顺序相同，但次序不明显时，须注明第一根连接线，如图 1-13d 所示，线束折弯时，用一个圆点标注（表示线序折弯后颠倒）。如端点顺序不同，应在每一端标出每根连接线，如图 1-13b 所示。
- 线束中连接线的数量以相应数量的短斜线（如图 1-13e 所示）或一根短斜线加连接线的数字（如图 1-13f 所示）表示。

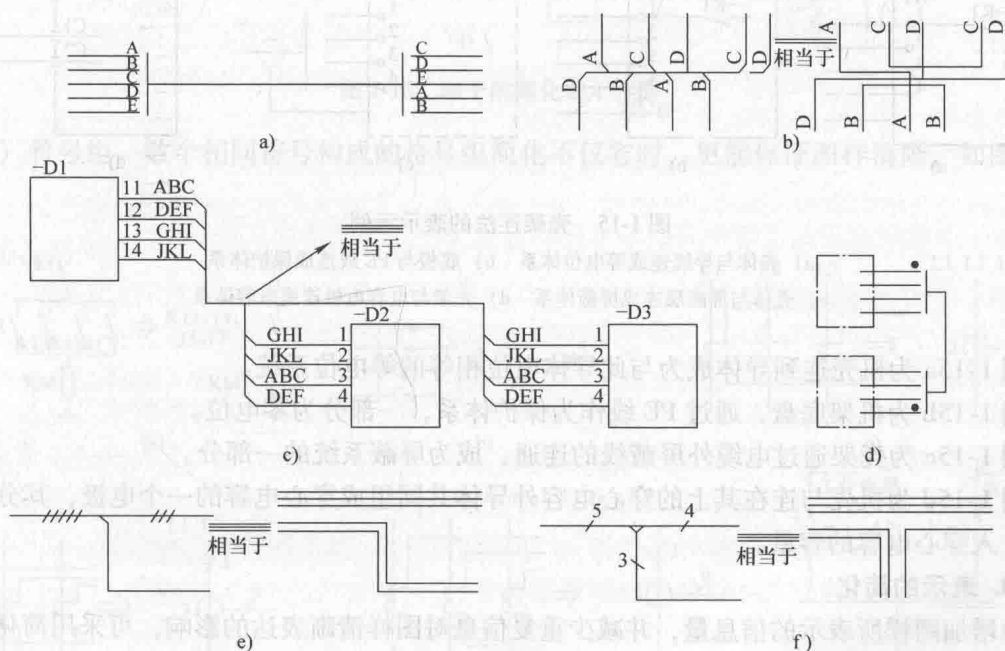


图 1-13 线束的表示方法示例

9. 围框及壳架的表示

(1) 围框

- 多数情况下使用单点画线表示围框。

2) 注意事项:

- ① 除端子及端子插座外, 不可与元器件图形相交, 而线可以重叠;
- ② 框多为规则矩形, 当不影响读图且有必要时才可为不规则矩形;
- ③ 围框内不属于此单元的元件, 以双点画线框住以区别;
- ④ 应把此单元不可缺少的连接器的符号置于围框内, 示例如图 1-14 所示。

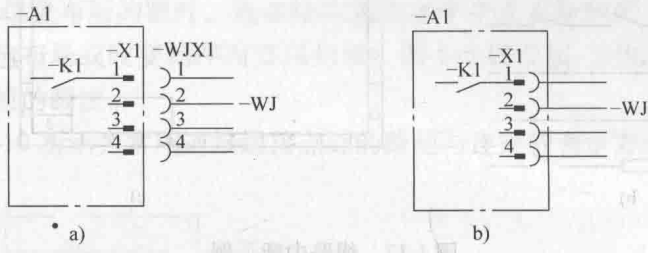


图 1-14 围框中连接器的表示示例

- a) 插头“-X1”在单元 A1 中 b) 插头及插座组“-X1”均在单元 A1 中
(插座“-WJX1”是电缆“-WJ”的组成部分在 A1 外)

(2) 壳架

导电的机壳、机架与导线连线成等电位系统、屏蔽系统的表示示例如图 1-15 所示。

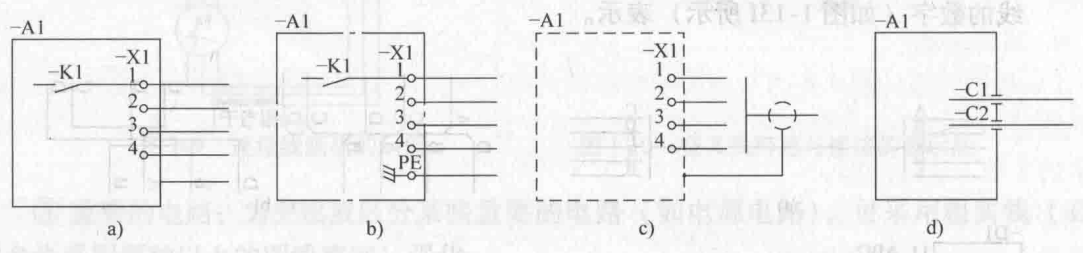


图 1-15 壳架连法的表示示例

- a) 壳体与导线连成等电位体系 b) 底板与 PE 线连成保护体系
c) 壳体与屏蔽层连成屏蔽体系 d) 壳架与电容电极连成电容体系

图 1-15a 为机壳连到导体成为与此导体电位相等的等电位系统。

图 1-15b 为机架底盘, 通过 PE 线作为保护体系, 一部分为零电位。

图 1-15c 为壳架通过电缆外屏蔽线的连通, 成为屏蔽系统的一部分。

图 1-15d 为机壳与连在其上的穿心电容外导体共同组成穿心电容的一个电极, 其分布电容应计入穿心电容的容量。

10. 表示的简化

为增加图样所表示的信息量, 并减少重复信息对图样清晰表达的影响, 可采用简化的表示方法。

1) 端子。端子的简化表示示例如图 1-16 所示。

- ① 一个元件的多个端子可用一个端子的形式来表示, 如图 1-16a 所示。
- ② 一个元件均有代号的多个端子, 端子代号用逗号隔开, 如图 1-16b 所示。
- ③ 端子编号连续不会混淆时, 只需按顺序标明第一个和最后一个端子代号, 并用“...”