

BUILDING
ELECTRICAL

建筑电气工程师手册

JIANZHU DIANQI GONGCHENGSHI SHOUCHE

《建筑电气工程师手册》编委会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

建筑电气工程师手册

JIANZHU DIANQI GONGCHENGSHI SHOUCHE

《建筑电气工程师手册》编委会 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要内容包括电气基础理论、建筑电气工程常用数据资料、建筑物电气标准与规范、设计基础、电动机与电力拖动、高低压供电系统、电气照明、电气设备控制与节能、电梯与自动扶梯、建筑防雷保护及电气安全、综合布线系统、通信和计算机网络系统、有线电视系统、安全防范系统、火灾自动报警与消防联动控制系统、智能建筑系统集成等。本书涉及面广，系统性强，内容实用，是广大从事建筑电气行业人员实用的工作手册，是建筑电气行业相关人员的工具书。

本书可供从事建筑电气设计、施工、运行、管理和维护等人员使用，也可供其他相关的电气工作者和大中专院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电气工程师手册/《建筑电气工程师手册》编委会编. —北京: 中国电力出版社, 2010
ISBN 978 - 7 - 5083 - 9689 - 7

I. 建… II. 建… III. 建筑安装工程 - 电气设备 - 手册 IV. TU85 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 201107 号

中国电力出版社出版发行

北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>

策 划: 周 娟 责任编辑: 齐 伟

责任印制: 陈焊彬 责任校对: 郝军燕 常燕昆 王开云

北京盛通印刷股份有限公司印刷·各地新华书店经售

2010 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 60.75 印张 · 1793 千字 4 插页

定价: 118.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话 (010 - 88386685)

《建筑电气工程师手册》编委会

主任委员：洪元颐 程大章

副主任委员：耿文学 李宏毅

委员：（按姓氏笔画排列）

马誌溪 马鸿雁 叶安丽 刘屏周 刘静熵

何金良 余利华 吴达金 张少军 张曙光

李英姿 李惠昇 汪云锋 肖 辉 陈水明

陈志新 姚加飞 贺湘昆 黄妙庆

秘书长：周 娟

各章主要编写人员

第1章	电气基础理论			刘静纨
第2章	建筑电气工程常用数据资料			汪云锋
第3章	建筑物电气标准与规范	贺湘昆	黄妙庆	刘屏周
第4章	设计基础			马誌溪
第5章	电动机与电力拖动			李惠昇
第6章	高低压供配电系统			李英姿
第7章	电气照明		肖 辉	余利华
第8章	电气设备控制与节能			姚加飞
第9章	电梯与自动扶梯			叶安丽
第10章	建筑防雷保护及电气安全		何金良	陈水明
第11章	综合布线系统			吴达金
第12章	通信和计算机网络系统		张曙光	张少军
第13章	有线电视系统			张少军
第14章	安全防范系统			陈志新
第15章	火灾自动报警与消防联动控制系统			张曙光
第16章	智能建筑系统集成			程大章

前 言

建筑电气行业是建筑业、房地产业、装备制造业等行业的重要组成部分，建筑电气技术的发展是随着建筑技术的发展、电气科技的发展而同步的。尤其是随着信息技术的发展，如计算机技术、控制技术、数字技术、显示技术、网络技术以及现代通信技术的发展，使建筑电气技术实现了飞跃性的发展。

建筑电气工程就是以电能、电气设备和电气技术为手段来创造、维持与改善限定空间和环境的一门学科，它是介于土建和电气两大类学科之间的一门综合学科。经过多年的发展，它已经建立了自己完整的理论和技术体系，发展成为一门独立的学科。

本手册共分为 16 章。包括电气基础理论、建筑电气工程常用数据资料、建筑物电气标准与规范、设计基础、电动机与电力拖动、高低压供配电系统、电气照明、电气设备控制与节能、电梯与自动扶梯、建筑防雷保护及电气安全、综合布线系统、通信和计算机网络系统、有线电视系统、安全防范系统、火灾自动报警与消防联动控制系统、智能建筑系统集成等。

本手册从启动到出版历时几年，得到业内专家、学者的鼎力支持，在此表示衷心感谢。由于相关标准、规范的修订，出版时间一再推迟，书中存在的问题望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 电气基础理论	1	2.3.1 导体的材料	41
1.1 电路基础理论	1	2.3.2 导体的特点及应用	42
1.1.1 电路的基本概念	1	2.3.3 电线、电缆截面选择	45
1.1.2 电路的基本定律	1	2.3.4 环境因素和校正系数	46
1.1.3 直流电路	2	2.4 线路敷设	49
1.1.4 磁路	4	2.4.1 电气线路敷设说明	49
1.1.5 交流电路	5	2.4.2 常用管材、线槽和桥架的规格	50
1.1.6 三相电路	8	2.4.3 强电线路敷设要求和选型	53
1.2 正弦波振荡电路	14	2.4.4 弱电线路敷设要求和选型	62
1.3 直流稳压电源	15	2.5 常用设备	73
1.4 数字电子技术	17	2.5.1 高压配电设备	73
1.4.1 数字信号	17	2.5.2 低压配电设备	74
1.4.2 数制转换的按权展开式	18	2.6 剧场建筑	102
1.4.3 二进制码	18	2.6.1 剧场建筑的分类及特点	102
1.4.4 基本逻辑运算	19	2.6.2 供配电系统	103
1.4.5 基本逻辑门电路	19	2.6.3 剧场照明	104
1.4.6 逻辑代数的基本定律和 基本规则	21	2.6.4 舞台机械	105
1.4.7 常用的逻辑符号图形中的 不同表示方法	22	2.6.5 剧场声学	105
1.4.8 集成组合逻辑电路	22	2.7 体育建筑	105
1.4.9 时序逻辑电路	23	2.7.1 体育建筑的等级和规模	105
1.4.10 脉冲波形的产生和变换	25	2.7.2 体育建筑设计通则	106
第2章 建筑电气工程常用数据资料	26	2.7.3 体育建筑各组成部分的特点和 使用要求	106
2.1 常用标准	26	2.7.4 供配电	107
2.1.1 国内标准的种类、分级和代号	26	2.7.5 照明	107
2.1.2 常用电气设计规范和标准	26	2.7.6 体育建筑声学设计	110
2.1.3 国际标准和国外标准	31	2.7.7 通信要求	111
2.2 常用数据	31	2.7.8 计时记分显示系统	111
2.2.1 单位指标法	31	2.7.9 弱电各系统	115
2.2.2 需要系数法	32	2.7.10 广播电视转播	115
2.2.3 电压偏差	33	2.7.11 线路敷设和设备选型	115
2.2.4 谐波	34	2.8 国外工程	116
2.2.5 谐波标准	34	2.8.1 设计过程	116
2.2.6 减小谐波影响的技术措施	35	2.8.2 考察内容	116
2.2.7 变配电所对相关专业的要求	36	2.8.3 电气专业投资调查表	118
2.2.8 电气安全净距	39	参考文献	128
2.2.9 高低压开关柜通道最小宽度	39	第3章 建筑物电气标准与规范	129
2.2.10 防护等级	40	3.1 概述	129
2.3 导体选择	41	3.1.1 建筑物电气装置的国际标准	129
		3.1.2 中国的标准化管理	138
		3.1.3 低压电气装置常用术语和定义	144

3.2 电流通过人体的效应	148	3.6.12 特低电压照明装置	258
3.2.1 人体的阻抗	149	3.7 建筑物电气装置的检验	258
3.2.2 15~100Hz 范围内正弦交流 电流的效应	151	3.7.1 概述	258
3.2.3 直流电流效应	154	3.7.2 建筑物电气装置的视检	259
3.2.4 频率 100Hz 以上的交流电流 效应	155	3.7.3 建筑物电气装置的试验	259
3.2.5 特殊波形电流的效应	157	3.7.4 试验要求	259
3.2.6 短时间单向单脉冲电流的 效应	160	第 4 章 设计基础	263
3.2.7 特低电压 (ELV) 限值	161	4.1 绘、识图知识	263
3.3 低压电气装置基本原则	164	4.1.1 电气工程图——电气技术用 文件	263
3.3.1 范围	164	4.1.2 绘制规则	264
3.3.2 基本原则	165	4.1.3 绘、识要领	273
3.3.3 设计	166	4.2 平面图	278
3.3.4 电气设备的选择	167	4.2.1 平面图形绘制	278
3.3.5 低压电气装置的安装和校验	167	4.2.2 平面图形编辑	283
3.4 建筑物电气装置的安全保护	168	4.2.3 平面图形加工	293
3.4.1 电击防护	168	4.3 文件的编制及实施	301
3.4.2 热效应防护	184	4.3.1 文件分类和代号	301
3.4.3 过电流防护	186	4.3.2 设计的构成	302
3.4.4 过电压防护	195	4.3.3 设计的实施	307
3.4.5 信息技术 (IT) 设备的抗电 磁干扰	201	4.4 设计的深度	315
3.5 电气设备的选择和安装	205	4.4.1 概述	315
3.5.1 通用规则	205	4.4.2 方案设计	315
3.5.2 电气线路	210	4.4.3 初步设计	315
3.5.3 保护、隔离、通断、控制和 检测电器	217	4.4.4 施工图设计	318
附录	230	第 5 章 电动机与电力拖动	321
3.5.4 接地和等电位联结导体	231	5.1 电动机的基本特性	321
3.5.5 低压发电设备	238	5.1.1 电动机的分类	321
3.5.6 安全设施	240	5.1.2 直流电动机	321
3.6 特殊装置或场所的要求	243	5.1.3 交流异步电动机	324
3.6.1 浴室	243	5.1.4 交流同步电动机	329
3.6.2 游泳池和喷水池	246	5.1.5 变压器	333
3.6.3 桑拿浴室	248	5.2 电力拖动系统的组成、分类与 选用	338
3.6.4 狭窄的可导电场所	249	5.2.1 电力拖动系统的组成	338
3.6.5 施工场所	249	5.2.2 电力拖动的分类与比较	338
3.6.6 医疗场所	250	5.2.3 常用生产机械的负载类型和 工作制	339
3.6.7 展览场所	254	5.2.4 电动机的选择	343
3.6.8 游乐场所	255	5.3 电力拖动系统的起动	353
3.6.9 家具	256	5.3.1 交流电动机的起动	353
3.6.10 照明电器	257	5.3.2 直流电动机的起动	357
3.6.11 室外照明	257	5.3.3 起动的校验	358
		5.4 电力拖动系统的电气制动	358
		5.4.1 能耗制动	358

5.4.2	回馈制动	359	第7章	电气照明	503
5.4.3	反接制动	360	7.1	照明设计标准	503
5.4.4	变频器传动中的制动状态	361	7.1.1	国内照明设计标准	503
5.5	电力拖动调速系统静、动态指标	364	7.1.2	国外照明标准	511
5.5.1	电力拖动系统的静态指标	364	7.1.3	国内照明节能标准	513
5.5.2	电力拖动系统的动态指标	364	7.1.4	国外照明节能标准	515
5.6	电力拖动系统的调速	366	7.1.5	国内建筑采光设计标准 (GB/T 50033—2001)	518
5.6.1	调速的几个基本概念	366	7.1.6	天然采光与人工照明	521
5.6.2	直流电动机调速技术	367	7.2	电光源、灯具及选用	522
5.6.3	交流电动机调速技术	380	7.2.1	概述	522
5.7	干式变压器	396	7.2.2	热辐射光源	522
5.7.1	干式电力变压器的选用	396	7.2.3	气体放电光源	528
5.7.2	干式电力变压器的主要 技术参数	399	7.2.4	新型电光源	540
5.8	建筑设备的变频调速	400	7.2.5	各种常用电光源的性能比较与 选用	542
5.8.1	变频调速—运动控制系统的 新宠	400	7.2.6	照明器及其特性	544
5.8.2	变频调速的节能原理	400	7.2.7	照明器的分类	548
5.8.3	建筑设备中的变频调速	401	7.2.8	照明器的选用	551
第6章	高低压配电系统	407	7.3	照明计算及测量	552
6.1	10kV 供配电系统概述	407	7.3.1	照度计算的基本方法	552
6.1.1	电力系统概述	407	7.3.2	平均照度计算	553
6.1.2	配电系统概述	410	7.3.3	点光源直射照度计算	556
6.1.3	电能质量	410	7.3.4	线光源直线照度计算	557
6.2	供配电系统负荷计算	416	7.3.5	面光源直射照度计算	561
6.2.1	负荷等级	416	7.3.6	平均亮度计算	563
6.2.2	负荷等级的供电要求	419	7.3.7	不舒适眩光计算	564
6.2.3	备用电源	420	7.3.8	照明测量	568
6.2.4	负荷计算	426	7.4	照明设计	572
6.2.5	功率因数与无功补偿计算	435	7.4.1	光照设计	572
6.3	系统接线	436	7.4.2	照明方式和种类	573
6.3.1	主接线	436	7.4.3	灯具布置	574
6.3.2	配电系统接线	443	7.4.4	照明质量评价	575
6.3.3	线路布线	445	7.4.5	电气设计	577
6.3.4	配变电所	458	7.4.6	设备选择	580
6.3.5	10kV 配电工程典型设计	465	7.4.7	照明施工设计	585
6.4	短路电流计算	466	7.5	照明控制与节能	588
6.4.1	中性点运行方式	466	7.5.1	照明控制的作用	588
6.4.2	低压配电系统接地形式	469	7.5.2	照明控制策略	588
6.4.3	短路电流计算	470	7.5.3	照明控制方式	589
6.5	继电保护和自动装置	481	7.5.4	照明控制系统	590
6.5.1	继电保护概述	481	7.5.5	国内外照明控制系统介绍	590
6.5.2	继电保护装置	484	7.5.6	国内外照明控制系统主要产品 比较	592
6.5.3	自动装置	492	7.5.7	绿色照明	593
6.5.4	配电网综合自动化技术	493			

7.5.8 照明节能的途径	593	9.2.7 其他分类方式	632
7.6 城市夜景照明	594	9.3 电梯的电力拖动系统	633
7.6.1 城市夜景照明设计	594	9.3.1 电梯电力拖动系统的功能	633
7.6.2 城市夜景照明与表现	595	9.3.2 常见的电力拖动方式	633
7.6.3 城市夜景照明规划	595	9.3.3 直流电梯拖动方式	633
7.6.4 建筑物夜景照明	596	9.3.4 交流电梯拖动方式	634
7.6.5 商业街的夜景照明	598	9.3.5 变频调速电梯拖动方式	635
7.6.6 广场的夜景照明	598	9.3.6 永磁同步电动机拖动方式	637
7.6.7 城市景观照明	599	9.4 电梯的电气控制系统	640
7.6.8 设计实例介绍	600	9.4.1 电梯的信号控制	640
参考文献	604	9.4.2 电梯控制中的主要电器部件	640
第8章 电气设备控制与节能	606	9.4.3 电梯的微机控制	645
8.1 电气设备控制与节能的基本概念	606	9.4.4 单台电梯的信号控制	646
8.1.1 现状和问题	606	9.4.5 电梯的并联控制与群控	648
8.1.2 节能基本内容	606	9.4.6 电梯远程监控系统	650
8.2 电气设备的控制原理	606	9.5 电梯的安全保护系统	651
8.2.1 电气传动系统主要环节	606	9.5.1 概述	651
8.2.2 电气传动控制系统分类方式	607	9.5.2 安全运行	653
8.3 电动机控制与节能	608	9.5.3 安全保护装置	655
8.3.1 直接起动的危害	608	9.6 电梯的选用与布置	655
8.3.2 老式降压起动及调速方式的适用 场合及性能比较	609	9.6.1 概述	655
8.3.3 新型的电子式软起动机	613	9.6.2 客流分析与输送能力	655
8.3.4 异步电动机经济运行和优化节电 控制技术	614	9.6.3 电梯的选用与布置	659
8.4 风机和水泵的控制与节能	616	9.6.4 电梯井道照明的布置	662
8.4.1 风机	617	9.7 自动扶梯	662
8.4.2 水泵	618	9.8 消防电梯	663
8.4.3 风机水泵的高效调速节能方案	620	9.8.1 概述	663
8.5 空调设备的控制与节能	625	9.8.2 消防电梯的功能	663
8.5.1 中央空调运行控制方法分析	625	9.8.3 消防电梯的设置要求	663
8.5.2 中央空调调速节能原理	625	9.8.4 消防电梯的防火设计要求	663
第9章 电梯与自动扶梯	628	9.8.5 消防电梯的救援应用	664
9.1 电梯基本知识	628	9.8.6 消防电梯的发展趋势	664
9.1.1 电梯的定义	628	参考文献	665
9.1.2 电梯的基本规格	628	第10章 建筑防雷保护及电气安全	666
9.1.3 电梯的型号	628	10.1 雷击建筑物过程	666
9.1.4 电梯的性能指标	629	10.1.1 雷电的形成机理	666
9.2 电梯的分类	630	10.1.2 雷击过程	666
9.2.1 按速度分类	630	10.1.3 雷电波形	667
9.2.2 按用途分类	630	10.1.4 建筑物的防雷分区	668
9.2.3 按拖动方式分类	631	10.2 建筑物外部雷电防护	669
9.2.4 按有无司机分类	631	10.2.1 接闪器保护范围	670
9.2.5 按控制方式分类	631	10.2.2 建筑物直击雷防护措施	672
9.2.6 按曳引机结构分类	632	10.2.3 建筑物雷电侧击防护措施	675
		10.2.4 建筑物防雷电反击措施	676
		10.2.5 建筑物外部防雷设计	677

10.2.6 特殊建筑物的外部防雷·····	681	11.3.2 常用的国内外标准·····	739
10.3 建筑物的接地与等电位搭接·····	682	11.4 综合布线系统的总体典型结构和 网络拓扑结构·····	743
10.3.1 建筑物接地终端装置·····	683	11.4.1 综合布线系统的总体典型 结构·····	743
10.3.2 低压配电设备的接地·····	684	11.4.2 综合布线系统的网络拓扑 结构·····	746
10.3.3 建筑物内等电位搭接·····	687	11.5 综合布线系统的设备配置·····	750
10.4 建筑内部雷电保护·····	688	11.5.1 国内标准规定的设备配置·····	750
10.4.1 雷电防护器件及装置·····	688	11.5.2 综合布线系统设备配置的典型 方案·····	750
10.4.2 建筑物内雷电感应防护·····	702	11.5.3 设备间和入口设施及电信 (交接)间的设备配置·····	756
10.4.3 建筑物外连管线侵入波防护·····	704	11.5.4 通信引出端的配置·····	756
10.4.4 建筑物内雷电电磁脉冲防护·····	705	11.6 综合布线系统的信道和永久链路 及接口·····	757
10.4.5 信息技术设备建筑物等电位 连接和接地的应用·····	706	11.6.1 综合布线系统的信道和永久链 路的定义及范围·····	757
10.5 建筑物内电子系统的雷电防护·····	708	11.6.2 综合布线系统的信道和永久 链路的级别·····	758
10.5.1 雷电对电子系统的危害·····	708	11.6.3 综合布线系统的接口·····	759
10.5.2 雷电对电子信息系统的干扰 途径·····	709	11.7 综合布线系统的最大传输长度·····	761
10.5.3 雷电电磁脉冲防护分级计算 方法·····	711	11.7.1 综合布线系统全程和各段缆线的 最大传输长度·····	761
10.5.4 室内电子设备的综合防护 措施·····	712	11.7.2 水平布线子系统的最大传输 长度·····	761
10.5.5 信息技术设备的电磁干扰 防护·····	717	11.7.3 主干布线子系统的最大传输 长度·····	762
10.6 电气安全·····	719	11.8 综合布线系统的布线部件选用·····	763
10.6.1 电气事故的分析·····	719	11.8.1 布线部件选用的原则和要求·····	763
10.6.2 人身安全·····	721	11.8.2 布线部件的类型和品种·····	765
10.6.3 触电的方式·····	723	11.8.3 布线部件的技术性能·····	770
10.6.4 电气设备按危险程度分类·····	723	11.8.4 布线部件的选用·····	771
10.6.5 预防触电的主要措施·····	724	11.9 综合布线系统的主要技术参数·····	773
10.6.6 触电急救·····	724	11.9.1 对综合布线系统有关技术参数的 规定·····	773
10.6.7 用电设备安全·····	725	11.9.2 对称电缆永久链路和信道的技术 参数·····	774
10.6.8 电气防火防爆·····	726	11.9.3 光纤永久链路和信道的技术 参数·····	778
参考文献·····	728	11.10 综合布线系统的其他要求·····	779
第11章 综合布线系统 ·····	730	11.10.1 综合布线系统的管理要求·····	779
11.1 综合布线系统的定义、特点和 作用·····	730	11.10.2 综合布线系统的屏蔽要求·····	780
11.1.1 综合布线系统的定义·····	730	11.10.3 综合布线系统的接地要求·····	781
11.1.2 综合布线系统的特点·····	730	11.10.4 综合布线系统的防火要求·····	782
11.1.3 综合布线系统的作用·····	731		
11.2 综合布线系统的组成、适用场合和 范围·····	732		
11.2.1 综合布线系统的组成·····	732		
11.2.2 综合布线系统的适用场合·····	733		
11.2.3 综合布线系统的范围·····	734		
11.3 综合布线系统的标准·····	735		
11.3.1 国内外标准的概况·····	735		

11.10.5 综合布线系统的特殊要求 (包括恶劣环境等)	783	12.2.9 网格	832
11.11 综合布线系统与外界的配合	783	12.2.10 智能建筑设计标准中关于通信 网络系统的规定	832
11.11.1 与所在拟建设区域规划的 配合	783	第13章 有线电视系统	834
11.11.2 与房屋建筑的配合	784	13.1 有线电视系统概述	834
11.11.3 与计算机网络系统的配合	784	13.1.1 有线电视系统的发展和系统 分类	834
11.11.4 与公用通信网的配合	784	13.1.2 有线电视系统的组成	835
11.11.5 与其他公用系统的配合	785	13.1.3 我国有线电视系统的频道 划分	835
11.12 综合布线系统在智能化小区的 使用	785	13.2 卫星电视接收系统	837
11.12.1 智能化小区综合布线系统的 标准	785	13.2.1 卫星电视接收设备	837
11.12.2 智能化小区综合布线系统的 建设方案和结构组成	786	13.2.2 馈源	837
11.12.3 智能化小区综合布线系统的 总体设计	788	13.2.3 高频头(室外单元)	838
11.12.4 智能化住宅建筑的综合布线 系统	789	13.2.4 电视接收天线	838
参考文献	793	13.3 前端系统	842
第12章 通信和计算机网络系统	794	13.3.1 前端的功能	842
12.1 通信基础知识	794	13.3.2 系统对前端的技术要求	843
12.1.1 通信系统模型	794	13.4 天线放大器和频道放大器	847
12.1.2 数据、信号	794	13.4.1 天线放大器	847
12.1.3 信道与信道容量	795	13.4.2 频道放大器	847
12.1.4 通信方式	795	13.5 用户分配系统	847
12.1.5 带宽和数据传输速率	798	13.5.1 用户分配系统的范围	847
12.1.6 信道复用	798	13.5.2 用户分配系统的组成形式	848
12.1.7 差错控制	798	13.5.3 分配系统的设计内容和分配 系统的指标	849
12.1.8 数据交换技术	800	13.5.4 无源分配网络分配电平计算	849
12.1.9 通信网的理论基础	802	13.6 有线电视新技术	850
12.1.10 基本通信网	802	13.6.1 有线电视网传输电话业务	850
12.1.11 现代通信网	803	13.6.2 有线电视视频点播	850
12.1.12 移动通信网	804	13.6.3 有线电视综合信息网	851
12.2 计算机网络系统	805	第14章 安全防范系统	852
12.2.1 广域网和 Internet	805	14.1 系统概述	852
12.2.2 网络的互联技术	806	14.1.1 安防系统的基本要求	852
12.2.3 网络管理	807	14.1.2 安防系统的基本组成	852
12.2.4 网络工程设计	808	14.2 闭路电视监视系统	852
12.2.5 网络设备选型	816	14.2.1 闭路电视监视系统的组成	853
12.2.6 Internet 接入及宽带接入	820	14.2.2 闭路电视监视系统的主要 设备	853
12.2.7 关于下一代互联网(NGI)和 IPv6	827	14.2.3 数字视频监控报警系统	855
12.2.8 网络安全	829	14.3 防盗报警系统	855
		14.3.1 防盗报警系统的构成	856
		14.3.2 防盗探测器	856
		14.3.3 区域报警控制器	860
		14.3.4 报警控制中心	860

14.4	门禁系统	860	15.3.2	消防联动控制设备的功能	886
14.4.1	系统基本结构与功能	860	15.3.3	消防联动系统设计	891
14.4.2	门禁系统识别分类	861	15.4	高大空间火灾自动报警系统设计	
14.4.3	门禁系统的身份卡	861		研究	896
14.4.4	门禁系统管理软件	862	15.4.1	高灵敏性早期智能型烟雾探测报警系统	896
14.5	防盗门控制系统	862	15.4.2	系统技术特性	896
14.5.1	对讲机—电锁门保安系统	862	15.4.3	HSASD的采样管网系统	897
14.5.2	可视对讲机—电锁门保安系统	862	15.4.4	HSASD系统与同类产品比较	899
14.6	巡更系统	862	15.4.5	工程应用及结论	900
14.6.1	巡更系统的主要功能	863	第16章	智能建筑系统集成	901
14.6.2	巡更系统的组成	863	16.1	系统集成概述	901
14.7	停车场管理系统	863	16.1.1	系统集成基本概念	901
14.7.1	停车场管理系统的功能	863	16.1.2	智能建筑的集成要求	902
14.7.2	停车场管理系统的组成	863	16.1.3	智能建筑系统集成需求的形成	902
14.7.3	车辆出入的检测方式	863	16.1.4	系统集成的实际意义	902
14.7.4	停车场管理系统的主要设备	864	16.1.5	系统集成的社会价值	902
14.7.5	管理中心	865	16.2	智能建筑集成体系	903
14.8	国家标准及规范	865	16.2.1	功能维	903
第15章	火灾自动报警与消防联动控制系统	867	16.2.2	技术维	905
15.1	基本概念	867	16.2.3	过程维	906
15.1.1	基本原理	867	16.2.4	管理与决策维	908
15.1.2	火灾自动报警系统构成	869	16.2.5	系统集成小结	909
15.1.3	系统的主要功能及工作方式	870	16.3	系统集成功能与模式	909
15.1.4	系统设计安装和维修技术依据	871	16.3.1	建筑管理系统(BMS)模式	909
15.2	火灾自动报警系统设计	872	16.3.2	智能建筑综合管理系统(IBMS)模式	910
15.2.1	系统保护对象分级与火灾探测器设置部位	872	16.4	系统集成平台的基本特征与技术	911
15.2.2	报警区域与探测区域的划分	879	16.4.1	系统集成平台的基本特征	911
15.2.3	火灾探测器报警装置的选择和安装	879	16.4.2	系统集成平台的结构	911
15.2.4	火灾报警系统设计	881	16.4.3	系统集成平台技术	912
15.2.5	火灾自动报警系统的供电	883	16.4.4	系统集成的数据组织	914
15.2.6	火灾自动报警系统线路敷设	884	16.5	系统集成的典型应用	914
15.3	消防联动控制系统	884	16.5.1	系统集成的典型应用的构成	914
15.3.1	系统的组成形式	884	16.5.2	系统集成的主要功能	915
			附录		917

第1章 电气基础理论

1.1 电路基础理论

1.1.1 电路的基本概念

电路是电流的通路,它是为了完成某种预期的目的而设计、安装、运行的,由电路器件和设备按一定方式相互连接而成,具有实现电能的传输与转换、传递和处理信号及测量、控制、计算等功能。在实际电路中,电能或电信号的发生器称为电源,电压和电流是在电源的作用下产生的,因此,电源又称为激励。实际电路中的用电设备称为负载。由于激励的作用而在电路中产生的电压和电流称为响应。实际电路是由实际的电路元件连接而成的,为了分析电路方便,将实际的电路元件的主要的电磁性质抽象出来,用表征其主要电磁性质的理想电路元件来代替实际的电路元件,组成实际电路的电路模型来分析电路。

理想的电路元件包括电阻元件、电感元件、电容元件、电源元件等。在建立电路模型时必须考虑工作条件,并按不同精确度的要求把给定工作条件下的主要物理现象及功能反映出来。例如,在直流电路中,一个灯泡可以用电阻元件来模拟,在交流电路中,一个线圈可以根据其电阻性和电感性的不同用电阻元件或电感元件或两者的串联组合来等效代替。

电路的基本物理量主要有电流、电压、电荷、磁通等。

(1) 电流。电流是由电荷有规则的定向运动而形成的。电流在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。设在极短的时间 dt 内通过导体横截面积 S 的微小电荷量为 dq , 则电流为

$$i = dq/dt$$

上式表示电流是随时间变化的。如果电流不随时间变化 (dq/dt 为常数), 则这种电流称为直流电流, 简称直流。直流常用大写的字母 I 表示。如果电流随着时间的变化而变化, 则这种电流称为交流电流。交流电流常用小写的字母 i 表示。

习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向(实际方向)。在分析和计算电路时, 可任意选定某一方向作为电流的正方向, 或称为参考方向。

当电流的实际方向与其正方向一致时, 则电流为正值; 反之, 当电流的实际方向与其正方向相反时, 电流为负值。

在国际单位制中, 电流的单位是安培 (A)。计算微小的电流时, 以毫安 (mA) 或微安 (μA) 为单位。 $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$ 。

(2) 电压。在电场内两点间的电压常称为两点间的电位差, 即

$$U_{ab} = V_a - V_b$$

式中, U_{ab} 为 a、b 两点间的电压 (V); V_a 为 a 点的电位 (V); V_b 为 b 点的电位 (V)。

电压的方向规定为由高电位端指向低电位端, 即为电位降低的方向。和电流一样, 在电路图上所标的电压的方向也都是正方向(参考方向)。当电压的正方向与其实际方向一致时, 电压为正值; 当电压的正方向与其实际方向相反时, 电压为负值。

在国际单位制中, 电压的单位为伏特 (V)。计算微小的电压时, 以毫伏 (mV) 或微伏 (μV) 为单位。计算高电压时, 则以千伏 (kV) 为单位。 $1\text{kV} = 10^3\text{V}$ 。

一个元件的电流或电压的参考方向(正方向)可以任意指定。如果指定流过元件的电流的参考方向是从标以电压正极性的一端指向负极性的一端, 即两者的参考方向一致, 则把电流和电压的这种参考方向称为关联参考方向; 当两者的参考方向不一致时, 称为非关联参考方向。

1.1.2 电路的基本定律

1. 欧姆定律 线性电阻元件的电压和电流的关系服从欧姆定律: 在电压和电流取关联参考方向下, 在任意时刻线性电阻元件两端的电压和流过该元件的电流之间呈线性关系, 即

$$u = Ri$$

式中, R 为元件的电阻, 是一个正实常数 (Ω)。

2. 基尔霍夫定律 基尔霍夫定律是分析电路的基本定律, 包括电流定律和电压定律。

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL)。基尔霍夫电流定律是用来确定连接在同一节点上的各支路电流之间的关系的。

在任一瞬时，流向某一节点的电流之和应等于由该节点流出的电流之和。

基尔霍夫电流定律通常应用于节点，也可以把它推广应用于包围部分电路的任意假设的闭合面。在任一瞬时，通过任一闭合面的电流的代数和也恒等于零。

在根据基尔霍夫电流定律列方程时，首先要标出各支路电流的正方向。正方向选得不同，所列方程中各项前的正负号就不同。

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL)。基尔霍夫电压定律：在任一瞬时，沿任一回路的绕行方向 (顺时针方向或逆时针方向)，回路中各段电压的代数和恒等于零。

基尔霍夫电压定律不仅应用于闭合回路，也可以把它推广应用于回路的部分电路。

在根据基尔霍夫电压定律列方程时，首先要标出各部分电压的正方向。同样，正方向选得不同，所列方程中各项前的正负号就不同。

1.1.3 直流电路

在线性直流电路中，电源激励为恒定的直流电压，电感元件相当于短路，电容元件相当于开路。因此，可将直流电路看作是纯电阻电路。下面简要介绍直流电路的分析方法。

1. 支路电流法 在分析复杂电路时，支路电流法是最基本的电路分析方法。

对一个具有 b 条支路和 n 个节点的电路，当以支路电流来列写方程时，总计有 b 个未知量。根据 KCL 可以列出 $(n-1)$ 个独立方程，根据 KVL 可以列出 $(b-n+1)$ 个独立方程，然后将它们联立可得到以 b 个支路电流为未知量的 b 个 KCL 和 KVL 方程。这种方法称为支路电流法。

支路电流法的求解步骤如下：

(1) 首先在电路图中标出各支路电流和各元件两端电压的正方向。确定电路中的节点数 n 和支路数 b 。

(2) 针对 $(n-1)$ 个独立节点，根据 KCL 列出 $(n-1)$ 个独立的节点电流方程。

(3) 针对 $(b-n+1)$ 个独立回路，根据 KVL 列出 $(b-n+1)$ 个独立的回路电压方程。在回路电压方程中，根据欧姆定律将电阻两端的电压用流过该电阻元件的电流来表示。

(4) 将以上方程联立，即可得到独立的支路电流方程。将方程联立求解即可求得未知的各支

路电流。

2. 节点电压法 在电路中任意选择某一节点作为参考节点，其他节点与此参考节点之间的电压称为节点电压。节点电压的参考极性是以参考节点为负，其余独立节点为正。节点电压法以节点电压为求解变量，并对独立节点根据 KCL 列出用节点电压表达的支路电流方程。

节点电压法的求解步骤如下：

(1) 指定参考节点，其余节点对参考节点之间的电压就是节点电压。在电路图中标出各支路电流的正方向。

(2) 除去参考节点之外，在其余节点处根据 KCL 列出独立的节点电流方程。

(3) 在各支路上列出各支路的电压与电流的关系方程，然后将方程中的电流用电压来表示。

(4) 将用电压表示的各支路电流的表达式代入节点电流方程中去，整理，便得到以节点电压为未知量的节点电压方程。

3. 叠加定理 叠加定理可表述为：在线性电阻电路中，任一电压或电流都是电路中各个独立电源单独作用时，在该处产生的电压或电流的代数和。

在应用叠加定理分析电路时，可按以下步骤进行：

(1) 在电路图中标出各支路电流和各元件两端电压的正方向。

(2) 分别画出各个独立电源单独作用时的分电路。标出各支路电流和各元件两端电压的正方向。在分电路中，不作用的电压源置零，在电压源处用短路代替；不作用的电流源置零，在电流源处用开路代替。电路中所有电阻都不予更动，受控源则保留在分电路中。为分析方便起见，可假设分电路中各支路电流和各元件两端电压的正方向与原电路中对应支路电流和对应元件两端电压的正方向保持一致。

(3) 在分电路中，分别求出各支路电流或电压。

(4) 将所有分电路中的某对应支路电流或电压叠加，即可得到原电路中该支路电流或电压。值得指出的是，当分电路中某支路电流或电压的参考方向与原电路中该支路电流或电压的参考方向相同时，该分量前取正号；否则，该分量前取负号。

使用叠加定理时应注意以下几点：

1) 叠加定理适用于线性电路，不适用于非线性

性电路。

2) 当电路中存在受控源时, 叠加定理仍然适用。对含有受控源的电路应用叠加定理, 在进行各分电路计算时, 仍应把受控源保留在各分电路中。

3) 叠加定理不适用于功率的计算。

4. 戴维宁定理和诺顿定理

(1) 戴维宁定理。戴维宁定理指出: “一个含独立电源、线性电阻和受控源的一端口, 对外电路来说, 可以用一个电压源和电阻的串联组合等效置换, 此电压源的电压等于一端口的开路电压, 电阻等于一端口的全部独立电源置零后的输入电阻”, 如图 1-1 所示。

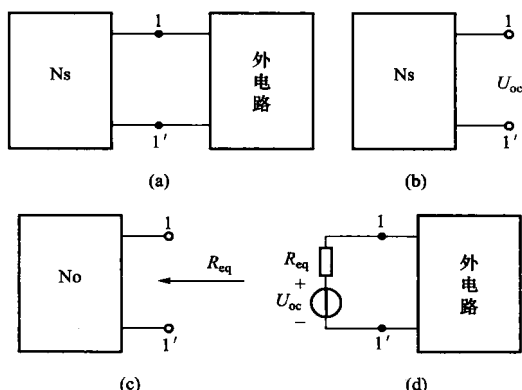


图 1-1 戴维宁定理

图 1-1 中的 N_s 为一个含源一端口, 有外电路与它连接。 U_{oc} 为含源一端口的开路电压。 N_o 为将含源一端口 N_s 中的全部独立电源置零后得到的一端口。 R_{eq} 为等效电阻, 此等效电阻等于 N_o 在端口 $1-1'$ 的输入电阻 [见图 1-1 (c)]。

上述电压源和电阻的串联组合称为戴维宁等效电路, 等效电路中的电阻称为戴维宁等效电阻。当一端口用戴维宁等效电路置换后, 端口以外的电路 (外电路) 中的电压、电流均保持不变。这种等效变换称为对外等效。

应用戴维宁定理时, 需要求出含源一端口的开路电压和戴维宁等效电阻。戴维宁等效电阻有以下 3 种求解方法:

1) 当含源一端口不含受控源时, 若将含源一端口 N_s 中的全部独立电源置零后得到的无源一端口 N_o 的结构相对简单, 则可用电阻串并联等效的方法求得戴维宁等效电阻。

2) 当含源一端口含受控源时, 先将含源一端

口 N_s 中的全部独立电源置零后得到无源一端口 N_o , 然后在该无源一端口 N_o 两端施加一个电压源 U (假设电压源 U 的电压正方向为从 1 指向 $1'$), 假设电压源支路上的电流 I 的正方向与电压源电压的正方向相反, 最后求出戴维宁等效电阻 $R_{eq} = U/I$ 。

3) 对于含有受控源的含源一端口, 分别求出其开路电压 U_{oc} 和短路电流 I_{sc} , 则戴维宁等效电阻 $R_{eq} = U_{oc}/I_{sc}$ 。

(2) 诺顿定理。诺顿定理指出: “一个含独立电源、线性电阻和受控源的一端口, 对外电路来说, 可以用一个电流源和电导的并联组合等效置换, 此电流源的电流等于该一端口的短路电流, 电导等于一端口的全部独立电源置零后的输入电导”。此电流源和电导的并联组合电路称为诺顿等效电路。

诺顿定理如图 1-2 所示。

应用电压源和电阻的串联组合与电流源和电导的并联组合之间的等效变换, 可推得诺顿定理。诺顿等效电路和戴维宁等效电路共有 U_{oc} 、 R_{eq} 、 I_{sc} 3 个参数, 其关系为 $U_{oc} = R_{eq} I_{sc}$ 。诺顿等效电路和戴维宁等效电路统称为一端口的等效发电机。戴维宁定理和诺顿定理也可统称为等效发电机定理。

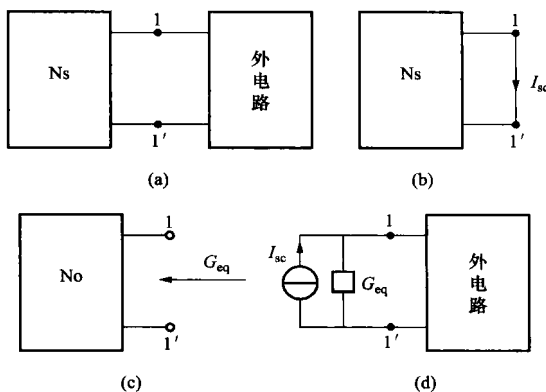


图 1-2 诺顿定理

戴维宁定理和诺顿定理在电路分析中应用广泛。如果对线性电阻电路中部分电路的求解没有要求, 而这部分电路又构成一个含源一端口, 在这种情况下就可以应用这两个定理把这部分电路仅用两个电路元件的简单组合置换, 置换后简化了电路, 并且不影响电路其余部分的求解。特别是当仅对电路的某一条支路或某一元件感兴趣时, 这两个定理尤为适用。

1.1.4 磁路

在很多电气设备中,如电机、变压器、电工测量仪表及其他各种铁磁元件,不仅有电路的问题,同时还有磁路的问题。只有同时掌握电路与磁路的基本理论,才能对各种电气设备作全面的分析。

1. 磁场的基本物理量

(1) 磁感应强度。磁感应强度 B 是表示磁场内某点的磁场强弱和方向的物理量。它是一个矢量。它与电流之间的方向关系可用右螺旋定则来确定,磁场内某一点的磁感应强度可用该点磁场作用于 1m 长;通有 1A 电流的导体上的力 F 来衡量。

如果磁场内各点的磁感应强度的大小相等,方向相同,则称这样的磁场为均匀磁场。

(2) 磁通。磁感应强度 B 与垂直于磁场方向的面积 S 的乘积,称为通过该面积的磁通 Φ ,即 $\Phi = BS$ 。磁感应强度在数值上可以看成为与磁场方向相垂直的单位面积所通过的磁通,故又称为磁通密度。

在国际单位制中,磁通的单位是 $\text{V} \cdot \text{s}$,通常称为 Wb (韦伯)。磁感应强度的单位是特 T (斯拉), $1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$ 。

(3) 磁场强度。磁场强度 H 是计算磁场时所引用的一个物理量,是一个矢量,可以通过它来确定磁场与电流之间的关系。

(4) 磁导率。磁导率 μ 是一个用来表示磁场媒质磁性的物理量,即是用来衡量物质导磁能力的物理量。它与磁场强度的乘积就等于磁感应强度,即 $B = \mu H$ 。在国际单位制中,磁导率 μ 的单位是 H/m (亨/米)。

任意一种物质的磁导率 μ 与真空的磁导率 μ_0 (真空的磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H}/\text{m}$) 的比值,称为该物质的相对磁导率 μ_r ,即

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

按照磁导率的大小,可将自然界的物质大体上分为磁性材料和非磁性材料两大类。非磁性材料的磁导率 μ 近似等于真空的磁导率 μ_0 ,相对磁导率 μ_r 近似等于 1,几乎不具有磁化的特性。

2. 磁性材料和磁性能 磁性材料主要是指铁、镍、钴及其合金而言。它们具有以下磁性能。

(1) 高导磁性。磁性材料的磁导率很高, $\mu_r \geq 1$,这就使它们具有被强烈磁化的特性。磁性材

料的这种磁性能被广泛应用于电气设备中,例如电机、变压器及各种铁磁元件的线圈中都放有铁心。在这种具有铁心的线圈中通入不大的励磁电流,便可产生足够大的磁通和磁感应强度,这就解决了既要磁通大,又要励磁电流小的矛盾。利用优质的磁性材料可使同一容量的电机的重量和体积大大减轻和减小。

(2) 磁饱和性。磁性物质由于磁化所产生的磁化磁场不会随着外磁场的增强而无限地增强。当外磁场(或励磁电流)增大到一定值时,磁化磁场的磁感应强度就达到饱和值。

(3) 磁滞性。磁感应强度滞后于磁场强度变化的性质称为磁性材料的磁滞性。当铁心线圈中通入交流电流时,铁心就受到交变的磁化。当磁场强度减到零值时,磁感应强度并未回到零值。

当线圈中电流减到零值(即 $H = 0$) 时,铁心在磁化时所获得的磁性还未完全消失,这时铁心中所保留的磁感应强度称为剩磁感应强度(剩磁)。永久磁铁的磁性就是由剩磁产生的。如果要使铁心的剩磁消失,通常改变线圈中励磁电流的方向,即改变磁场强度的方向来进行反向磁化。

3. 磁路 为了使较小的励磁电流产生足够大的磁通,在电机、变压器及各种铁磁元件中常用磁性材料做成一定形状的铁心。铁心的磁导率比周围空气或其他物质的磁导率高得多,因此磁通的绝大部分经过铁心而形成一闭合通路。这种人为造成的磁通的路径,称为磁路。

(1) 磁路的欧姆定律。对磁路进行分析和计算要用到一些基本定律,其中最基本的是磁路的欧姆定律

$$\phi = \frac{F}{R_m} = \frac{IN}{\mu S}$$

式中, $F = IN$ 为磁动势,由此可产生磁通; R_m 称为磁阻,是表示磁路对磁通具有阻碍作用的物理量, $R_m = \frac{l}{\mu S}$; l 为磁路的平均长度; S 为磁路的截面积。

(2) 磁路的计算。对于均匀磁路来说,计算磁路的基本公式为

$$IN = HI$$

如果磁路是由不同的材料或不同长度和截面积的几段组成的,即磁路由磁阻不同的几段串联组成,则计算磁路的基本公式为

$$IN = H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots = \sum (HI)$$