

电气工程师(供配电)

实务手册

《电气工程师(供配电)实务手册》编写组 编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电气工程师(供配电)实务手册

《电气工程师(供配电)实务手册》编写组 编



机械工业出版社

本书主要介绍电气工程师(供配电)应掌握的常用资料、工程管理、电气设计、质量控制等方面的基础业务知识。为广大电气工程技术 人员查阅电气工程设计、施工及运行维护所需的主要技术数据提供方便。

本手册可作为供配电工程技术人员应试注册电气工程师的辅导用书,也可作为建筑电气工程技术 人员常备的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程师(供配电)实务手册/《电气工程师(供配电)实务手册》编写组编. —北京:机械工业出版社, 2006.1

ISBN 7-111-18104-2

I. 电... II. 电... III. ①电工技术—手册②供电—技术手册
③配电系统—技术手册 IV. TM—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 149397 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:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:李妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·15.5 印张·3 插页·595 千字

0 001—4 000 册

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

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

《电气工程师（供配电）实务手册》

编写人员

主 编	王宁会			
副主编	黄邦屯	白雅君		
参 编	王怀斗	张光华	钱彭令	闫景连
	李国福	袁 静	侯 同	黄 磊
	刘雅梅	江 潮	范冬梅	许荣晋
	王丽华	霍铁平	杨永利	李晓颖
	白天辉	马 林	李玉善	郑剑峰

前 言

本手册根据电气工程与相关专业的国家标准规范及注册电气工程师（供配电）专业考试大纲编写而成。主要介绍电气工程师（供配电）应掌握的常用资料、工程管理、电气设计、质量控制等方面的基础业务知识。为广大电气工程技术人员查阅电气工程设计、施工及运行维护所需的主要技术数据提供方便。

本手册实用性强，覆盖面广，便于查阅，可作为电气工程技术人员应试注册电气工程师的辅导用书，也可作为建筑电气工程技术人员常备的工具书。

由于编者水平所限，错误和缺点在所难免，恳请读者批评和指正。

编 者

目 录

前言

常用资料篇

1 计量单位和量纲	3
1.1 计量单位	3
1.2 常用的物理量和单位	5
1.3 单位换算关系	13
2 物理常数和常用材料物理性能	19
2.1 物理常数数据	19
2.2 常用材料的物理性能	21
3 电工标准	25
3.1 标准和标准化概述	25
3.2 国际标准和国外先进标准	26
3.3 国家标准中电工标准简介	29
4 电气工程图的图例符号及文字符号	34
4.1 概述	34
4.2 电气工程图常用图例符号及文字标注	35

法律法规篇

5 工程勘探设计中必须执行建设标准强制性的条文	51
5.1 民用建筑部分	51
5.2 工业建筑部分	74
5.3 城乡规划部分	88
5.4 施工现场临时用电安全技术规范	92
6 工程勘探设计中必须执行的法律、法规的基本要求	96
6.1 《建设工程勘察设计管理条例》基本要求	96

6.2	《建设工程质量管理条例》基本要求	100
6.3	《建设工程勘察设计市场管理规定》基本要求	102
6.4	《关于加强勘察设计市场准入管理的补充通知》基本要求	104

工程管理与工程经济篇

7	工程管理	107
7.1	工程管理的基本概念和基本要素	107
7.1.1	项目管理	107
7.1.2	项目建设法人	108
7.1.3	项目经理	108
7.1.4	项目招标与投标	109
7.2	工程项目勘探设计	113
7.2.1	工程项目勘探设计的基本要求	113
7.2.2	工程项目勘探设计过程质量管理和保证体系的基本概念	115
7.2.3	工程项目勘探设计过程质量管理的基本规定	116
7.2.4	工程项目勘探设计行业的职业道德基本要求	117
8	工程项目经济	118
8.1	工程项目建设造价	118
8.1.1	工程造价概述	118
8.1.2	工程造价的构成	119
8.2	工程项目投资估算、概算、预算的基本概念	120
8.2.1	投资估算	120
8.2.2	设计概算	121
8.2.3	施工图预算	122
8.3	工程项目经济分析概述	123
8.4	可行性研究	124
8.4.1	可行性研究工作	124
8.4.2	可行性研究的基本内容和特征	125
8.4.3	项目的必要性分析	130
8.4.4	项目技术方案分析	133
8.5	项目财务评价	136
8.5.1	投资估算与资金筹措	136
8.5.2	成本费用及税费估算	140
8.5.3	销售收入及利润	142
8.5.4	财务评价指标	143
8.5.5	财务评价报表	147

8.6 项目的不确定性分析	149
8.6.1 盈亏分析	149
8.6.2 敏感性分析	151

设计篇

9 环境保护	157
9.1 环境质量和排放标准	157
9.2 电气设备对环境影晌的主要内容	164
9.3 工程项目环境影响评价的基本概念和环境评价审批的基本要求	166
9.3.1 环境影响评价基本概念	166
9.3.2 环境影响评价工作程序	167
10 安全	170
10.1 工程勘察设计中电气安全保护的概念和要求	170
10.1.1 安全防护的基本原则	170
10.1.2 电击防护基本措施	170
10.1.3 用电安全的基本要求	171
10.2 电流对人体的效应及电击防护的基本要求	172
10.2.1 电流流过人体的效应	172
10.2.2 电击防护的基本要求	174
10.3 低压系统的接地故障保护	174
10.4 危险环境下电力装置的特殊要求	176
10.5 安全电压选择的有关规定	180
10.6 电气设备防误操作的措施	180
11 节能	181
11.1 供配电系统设计的节能措施	181
11.2 建立节电的机构和制度	182
12 负荷分级及计算	184
12.1 负荷分级原则及供电要求	184
12.2 建筑负荷的计算方法	185
12.2.1 负荷计算的内容	185
12.2.2 设备功率的确定	185
12.2.3 负荷计算方法	186
12.2.4 单相负荷计算	196
12.2.5 年电能损耗和年电能消耗量计算	197

13 35kV 及以下电源及供配电系统设计	200
13.1 电源及供配电系统的一般规定	200
13.2 电压选择及电能质量	202
13.2.1 电压选择	202
13.2.2 电压质量	203
13.3 供配电系统 (35kV 及以下) 接线方式	204
13.3.1 高压供配电系统接线方式	204
13.3.2 35kV 变电所的主接线	206
13.3.3 10 (6) kV 变电所的主接线	208
13.3.4 低压配电系统接线方式	210
13.4 无功补偿设计要求	213
14 变配电所所址选择及电气设备布置	216
14.1 变电所所址选择的基本要求	216
14.2 变电所布置的设计	217
14.2.1 变配电所型式和布置	217
14.2.2 变配电所布置	217
14.2.3 配、变电所对其他专业的要求	221
14.3 配电装置布置设计	225
14.3.1 3~110kV 配电装置的安全净距	225
14.3.2 3~110kV 配电装置的型式选择及布置	229
14.4 各级电压配电装置带电距离的确定及校验方法	230
15 短路电流计算	232
15.1 短路电流计算	232
15.1.1 短路电流的计算方法	232
15.1.2 短路电流的计算公式	233
15.2 标么值计算式	234
15.3 短路容量	236
16 电气设备选择	239
16.1 常用电气设备选择的技术条件和环境条件	239
16.1.1 技术条件	239
16.1.2 环境条件	240
16.2 变压器、高、低压电气设备的选择	243
16.2.1 变压器选择	243
16.2.2 高压电气设备选择方法	244

16.2.3 低压电气设备选择方法	248
16.3 成套电器的选择	253
17 35kV 及以下导体及电缆的设计选择	256
17.1 导体设计选择的原则	256
17.2 硬导体（硬母线）的设计选择	258
17.2.1 母线选型	258
17.2.2 母线截面的选择和校验	259
17.3 软导体（软导线）的设计选择	264
17.4 电缆设计选择的原则	269
17.4.1 电缆分类及型号标记	269
17.4.2 电缆型式选择	270
17.4.3 常用电缆型号名称及使用范围	274
17.4.4 电力电缆截面选择	277
17.5 电缆敷设的设计要求	286
17.6 电缆支持与固定的设计要求	291
17.7 电缆防火与阻燃的设计要求	292
18 变配电所控制、测量仪表、继电保护及自动装置	295
18.1 变配电所控制、测量和信号设计原则	295
18.2 二次回路的保护及控制、信号回路的设备选择	298
18.3 变配电所电气测量及电能计量设计要求	301
18.4 电气设备继电保护配置及整定计算	305
18.4.1 电气设备继电保护配置	305
18.4.2 继电保护整定计算	308
19 变配电所操作电源	317
19.1 蓄电池选择及容量计算方法	317
19.2 直流设备选择方法	318
20 防雷及过电压保护	321
20.1 电力系统过电压的种类和过电压水平	321
20.2 交流电气装置过电压保护设计	323
20.2.1 雷电过电压和保护装置	323
20.2.2 避雷针和避雷线	324
20.3 阀式避雷器和排气式避雷器	328
20.4 建筑物防雷分类及保护措施	330
20.4.1 建筑物防雷分类的原则	330



20.4.2	第一类防雷建筑物的防雷措施	331
20.4.3	第二类防雷建筑物的防雷措施	333
20.4.4	第三类防雷建筑物的防雷措施	335
20.4.5	其他防雷措施	337
20.4.6	引下线的的数据	338
20.5	建筑物防雷设计的计算方法和设计要求	339
20.5.1	雷击次数计算	339
20.5.2	滚球法确定接闪器的保护范围	340
20.5.3	接闪器的常用数据	346
21	接地	348
21.1	电气装置接地的一般规定	348
21.2	电气装置保护接地的范围	350
21.3	电气装置接地电阻的要求	351
21.4	各种接地型式的适用范围	352
21.5	电气装置的接地装置设计要求	355
22	室内布线	359
22.1	一般场所布线	359
22.2	特殊场所布线	364
22.3	建筑物内综合布线设计	365
22.3.1	综合布线的基本构成	365
22.3.2	综合布线系统的设计方法	367
22.3.3	系统指标	370
23	照明设计	375
23.1	照度标准及照明质量	375
23.1.1	照度标准的一般规定	375
23.1.2	照明质量	375
23.2	照度计算	377
23.2.1	直射照度的计算	378
23.2.2	平均照度的计算	380
23.3	不同场所的照明设计	382
24	电气传动	387
24.1	电气传动概述	387
24.2	电动机的选择	389
24.2.1	选择电动机的原则	389

24.2.2	选择电动机的步骤	391
24.2.3	电动机类型的选择	391
24.2.4	电动机转速的选择	392
24.2.5	电动机功率、转矩的选择 (电动机的容量校验)	392
24.3	电动机的起动、制动与调速	397
24.3.1	异步电动机的起动方式	397
24.3.2	电动机的制动方式	400
24.3.3	电动机的转速调节	405
24.4	电动机保护配置及计算方法	418
24.4.1	直流电动机的保护	418
24.4.2	交流电动机的保护	419
24.5	低压电动机控制电器的选择	421
24.5.1	隔离器的选择	421
24.5.2	断路器的选择	422
24.5.3	熔断器的选择	424
24.5.4	接触器的选择	424
24.5.5	保护继电器的选择	426
25	建筑智能化设计	428
25.1	火灾自动报警系统的设计	428
25.1.1	火灾探测器的选择	429
25.1.2	火灾探测器的设置要求	431
25.1.3	消防联动控制	433
25.2	建筑设备自动控制系统的的设计	436
25.2.1	建筑设备自动控制系统常用现场仪表及主要控制原理	436
25.2.2	建筑设备自动控制系统的自动控制功能	439
25.3	通信网络及系统的设计	451
25.3.1	通信系统设计基本原则	451
25.3.2	电话通信	453
施工质量控制篇		
26	施工质量控制	457
26.1	概述	457
26.2	各主要工程项目施工质量标准	460
参考文献		483

常用资料篇



1 计量单位和量纲

1.1 计量单位

法定计量单位 法定计量单位以国际单位制 (SI) 的单位为基础, 同时选用一些非国际单位制的单位构成的。它包括: 1) 国际单位制 (SI) 的基本单位 (表 1-1); 2) 国际单位制的辅助单位及国际单位制中具有专门名称的 SI 导出单位 (表 1-2); 3) 可与国际单位制并用的我国法定计量单位 (表 1-3); 4) 由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位 (表 1-4)。

表 1-1 国际单位制的基本单位

计量	单位名称	符号	定义	计量	单位名称	符号	定义
长度	米	m	米是光在真空中 $1/299792458$ s 时间间隔内所经路径的长度 (1983 年第 17 届国际计量大会决议)	热力学温度	开[尔文]	K	开尔文是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ (1967 年第 13 届国际计量大会决议 4)
质量	千克(公斤)	kg	千克等于国际千克原器的质量 (1889 年第 1 届和 1901 年第 3 届国际计量大会)	物质的量	摩[尔]	mol	摩尔是一系统物质的量, 该系统中所包含的基本单元数与 0.012 kg 碳-12 的原子数目相等。使用摩尔时, 基本单元应予以指明: 可以是原子、分子、离子、电子及其他粒子, 或是这些粒子的特定组合 (1971 年第 14 届国际计量大会决议 3)
时间	秒	s	秒是铯-133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射 9192631770 个周期的持续时间 (1967 年第 13 届国际计量大会决议)				
电流	安[培]	A	在真空中, 截面积可忽略的两根相距 1 m 的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时, 若导线间相互作用力在每米长度上为 $0.2\mu\text{N}$, 则每根导线中的电流为 1 A (1946 年国际计量大会决议 2 第 9 届国际计量大会批准)	发光强度	坎[德拉]	cd	坎德拉是一光源 (频率为 540THz 的单色辐射) 在给定方向上的发光强度, 且该方向上的辐射强度为 $(1/683)$ W/sr (1979 年第 16 届国际计量大会决议 3)

表 1-2 包括 SI 辅助单位在内的具有专门名称的 SI 导出单位

量的名称	SI 导出单位名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示	量的名称	SI 导出单位名称	符号	用 SI 基本单位和 SI 导出单位表示
[平面]角	弧度	rad	$1\text{rad} = 1\text{m}/\text{m} = 1$	磁通[量]	韦[伯]	Wb	$1\text{Wb} = 1\text{V}\cdot\text{s}$
立体角	球面度	sr	$1\text{sr} = 1\text{m}^2/\text{m}^2 = 1$	磁通[量]密度, 磁感应强度	特[斯拉]	T	$1\text{T} = 1\text{Wb}/\text{m}^2$
频率	赫[兹]	Hz	$1\text{Hz} = 1\text{s}^{-1}$				
力	牛[顿]	N	$1\text{N} = 1\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$	电感	亨[利]	H	$1\text{H} = 1\text{Wb}/\text{A}$
压力, 压强, 应力	帕[斯卡]	Pa	$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$	摄氏温度	摄氏度	℃	$1\text{℃} = 1\text{K}$
能[量], 功, 热量	焦[耳]	J	$1\text{J} = 1\text{N}\cdot\text{m}$	光通量	流[明]	lm	$1\text{lm} = 1\text{cd}\cdot\text{sr}$
功率, 辐[射]能[通量]	瓦[特]	W	$1\text{W} = 1\text{J}/\text{s}$	[光]照度	勒[克斯]	lx	$1\text{lx} = 1\text{lm}/\text{m}^2$
电荷[量]	库[仑]	C	$1\text{C} = 1\text{A}\cdot\text{s}$	[放射性]活度	贝可[勒尔]	Bq	$1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1}$
电压, 电动势, 电位	伏[特]	V	$1\text{V} = 1\text{W}/\text{A}$	吸收剂量	戈[瑞]	Gy	$1\text{Gy} = 1\text{J}/\text{kg}$
电容	法[拉]	F	$1\text{F} = 1\text{C}/\text{V}$	比授[予]能比释动能	希[沃特]	Sv	$1\text{Sv} = 1\text{J}/\text{kg}$
电阻	欧[姆]	Ω	$1\Omega = 1\text{V}/\text{A}$				
电导	西[门子]	S	$1\text{S} = 1\Omega^{-1}$				

表 1-3 可与国际单位制单位并用的我国法定计量单位

量的名称	单位名称	单位符号	与 SI 单位的关系
时间	分	min	$1\text{min} = 60\text{s}$
	[小]时	h	$1\text{h} = 60\text{min} = 3600\text{s}$
	日, (天)	d	$1\text{d} = 24\text{h} = 86400\text{s}$
[平面]角	度	°	$1^\circ = (\pi/180)\text{rad}$
	[角]分	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10800)\text{rad}$
	[角]秒	"	$1'' = (1/60)' = (\pi/648000)\text{rad}$
体积	升	l, L	$1\text{l} = 1\text{dm}^3 = 10^{-3}\text{m}^3$
质量	吨	t	$1\text{t} = 10^3\text{kg}$
	原子质量单位	u	$1\text{u} \approx 1.660540 \times 10^{-27}\text{kg}$
旋转速度	转每分	r/min	$1\text{r}/\text{min} = (1/60)\text{s}^{-1}$
长度	海里	n mile	$1\text{n mile} = 1852\text{m}$ (只用于航行)
速度	节	kn	$1\text{kn} = 1\text{n mile}/\text{h} = (1852/3600)\text{m}/\text{s}$ (只用于航行)
能	电子伏	eV	$1\text{eV} \approx 1.602177 \times 10^{-19}\text{J}$
级差	分贝	dB	
线密度	特[克斯]	tex	$1\text{tex} = 10^{-6}\text{kg}/\text{m}$
面积	公顷	hm ²	$1\text{hm}^2 = 10^4\text{m}^2$

表 1-4 用于构成十进倍数和分数单位的词头

因 数	词头名称		符 号	因 数	词头名称		符 号
	中 文	英 文			中 文	英 文	
10^{24}	尧[它]	yotta	Y	10^1	十	deca	da
10^{21}	泽[它]	zetta	Z	10^{-1}	分	deci	d
10^{18}	艾[可萨]	exa	E	10^{-2}	厘	centi	c
10^{15}	拍[它]	peta	P	10^{-3}	毫	milli	m
10^{12}	太[拉]	tera	T	10^{-6}	微	micro	μ
10^9	吉[咖]	giga	G	10^{-9}	纳[诺]	nano	n
10^6	兆	mega	M	10^{-12}	皮[可]	pico	p
10^3	千	kilo	k	10^{-15}	飞[母托]	femto	f
10^2	百	hecto	h	10^{-18}	阿[托]	atto	a

说明：1)本篇表中方括号中的量与单位的名称是它前面的名称的同义词；2)无方括号的量与单位的名称均为全称；有方括号的量与单位连续为全称，去掉方括号中的字即为简称。

1.2 常用的物理量和单位

- 1) 空间、时间和周期的量和单位(表 1-5)
- 2) 力学的量和单位(表 1-6)
- 3) 电学和磁学的量和单位(表 1-7)
- 4) 热学的量和单位(表 1-8)
- 5) 光及有关电磁辐射的量和单位(表 1-9)
- 6) 声学的量和单位(表 1-10)
- 7) 常用的物理化学和分子物理学的量和单位(表 1-11)
- 8) 常用的原子物理学、核物理学及固体物理的量和单位(表 1-12)
- 9) 常用的核反应和电离辐射的量和单位(表 1-13)

表 1-5 空间、时间和周期的量和单位

量的名称	符 号	单位名称	单位符号	备 注
[平面]角	$\alpha, \beta, \gamma, \theta, \varphi$	弧度, [度], [角]分, [角]秒	rad, {°, ', ''}	$1^\circ = 0.017453\text{rad}$
立体角	Ω	球面度	sr	$1\text{sr} = 1\text{m}^2/\text{m}^2 = 1$
长度	l, L	米	m	
宽	b			
高	h			
厚	d, δ			
半径	r, R			
直径	d, D			
程长	s			
距离	d, r			