

工厂与

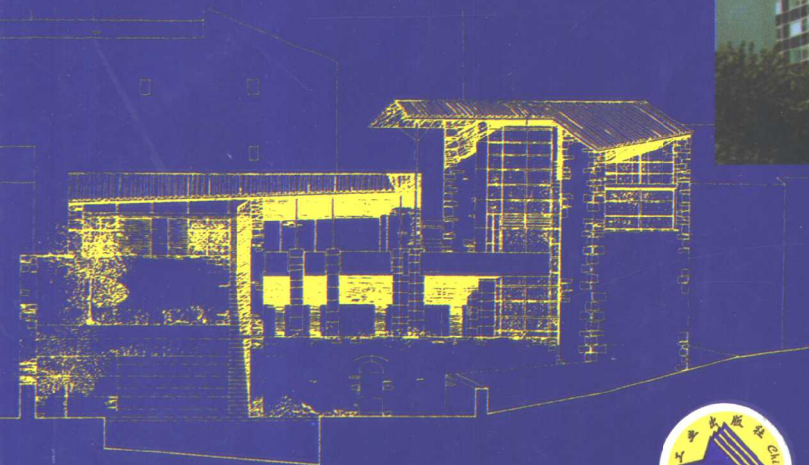
GONGCHANG

YU

GAOCENGJIANZHU GONGDIAN

高层建筑供电

徐玉琦 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



工厂与高层建筑供电

徐玉琦 编著



机械工业出版社

全书系统地讲述了工厂与高层建筑供电系统的设计原理、计算方法以及从设计入手的安全运行技术和经济运行技术；引入了新的研究成果、新概念、新设备；介绍了配电自动化的发展概况。

全书共十章。主要内容有：概论、负荷计算、工厂与高层建筑配电系统、短路电流计算、电器设备及选择、微机保护、节电降峰及提高功率因数、接地与接零、防雷技术、电气照明等。

本书是多层次的教学用书或参考书。全部内容适合高等院校有关专业的师生及电气技术人员；为了配合上海市高级电工远程教育培训工作的需要，书中有关“高级电工”教材的内容，均采用“五号”楷体字表示，使读者更加明确。

图书在版编目(CIP)数据

工厂与高层建筑供电/徐玉琦编著. —北京：机械工业出版社，2004.8

ISBN 7-111-14992-0

I. 工... II. 徐... III. ①工厂与供电②高层建筑物供电 IV. TM727

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第075782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：李振标 版式设计：霍永明 责任校对：王欣

封面设计：解辰 责任印制：李妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004年9月第1版第1次印刷

850mm×1168mm $1/32$ ·15.625印张·2插页·417千字

0001-4000册

定价：32.00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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是一本多层次的教学用书或参考书。内容兼顾三方面的需要：大专院校自动化专业的师生；电气技术工作者；高级电工培训班师生。为此，在编写方法上，既注意内容的系统性，又注意了分层次教学内容的衔接。

工厂与高层建筑供电，讲述供电系统的原理、组成及各环节的设计计算方法；介绍各类电气设备的作用及选择配置方法；讨论供电系统提高安全性、可靠性、经济性的技术措施和运行管理方法。供电技术必须贯彻电气规程、技术标准和设计规范。供电技术的发展与科技水平及国民经济的发展密切相关，近年来，我国电力事业的快速发展，城市电网改造、现代化工程和智能化大楼的建设，有力地促进了供电技术和电器制造技术的发展，我国的变电设备和高低压配电设备不断更新换代，设计方案不断推陈出新，我国制造的发电设备、变电设备、高低压配电设备，普遍瞄准国际著名品牌。由上海电器科学技术研究所及国内骨干电器企业研制生产的智能断路器 DW45 系列、超小型 DW50 系列，特别是可通信超小型的 DW450 系列断路器，技术性能进入国际先进行列；微机监控保护装置、智能型低压配电装置已有定型产品。这将进一步促进配电自动化的发展。

本书重视理论的严格性和实用性，在讲述基本理论和常用设备的同时，增添了一些新的理论成果、国内外新设备和新的设计方案。由于《工厂供电》学时数减少，书中篇幅受到限制，书中内容只能根据教学和实践需要进行取舍，并在这一前提下，力求内容完整和先进。

为了配合上海市高级电工远程教育的需要，本书中，凡属高级电工教材的内容，文字上均采用“五号”楷体字，使“高级电

工”读者们使用本书更加明确。

在多年的教学、学术交流和图书编写过程中，曾得到陕西理工大学苏文成教授、东北大学耿毅教授、我校洪锺威教授、同济大学周鸿昌教授、上海电器科学技术研究所万邵尤教授、华东电力设计院史有德教授、机械工业出版社李振标主任编辑、上海节能杂志陆安定总编的帮助和鼓励，得到多家电器企业提供的技术数据，在此表示衷心感谢！

由于本人水平限制，错误之处在所难免，敬请专家和读者批评指正。

作 者

2004.3.18

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 我国电力事业发展简况	1
第二节 电力系统概述	2
一、电力系统图	2
二、中性点不接地系统与中性点接地系统的特点	4
第二章 负荷计算	8
第一节 用电设备分类及生产机械的负荷特性	9
第二节 电力负荷曲线	12
一、绘制负荷曲线的必要性	12
二、绘制负荷曲线的方法	13
三、利用负荷曲线确定计算系数	15
第三节 计算负荷与尖峰负荷	16
一、计算负荷的意义	16
二、尖峰负荷	18
第四节 按需要系数法确定计算负荷	18
一、单个用电设备的计算负荷	19
二、用电设备组的计算负荷	20
三、确定变电所的计算负荷	31
四、变压器功率损耗及变压器高压侧计算负荷	33
五、电力线路的功率损耗及全厂高压配电室的计算负荷	34
第五节 按二项式法确定计算负荷	35
一、单组用电设备的计算负荷	36
二、多组用电设备的计算负荷	38
第六节 单相用电设备的计算负荷	40
一、单相用电设备接于相电压上	40

二、单相用电设备接于线电压上	40
第七节 高层建筑用电负荷特点及应注意的问题	43
第八节 高层建筑负荷计算方法	52
一、按负荷密度法估算负荷 S_c	52
二、按单位指标法估算负荷	53
第三章 工厂及高层建筑变配电系统	55
第一节 负荷分类及对供电的要求	55
第二节 工厂变配电电压选择及调整	58
一、我国额定电压分类	58
二、选择电源电压和配电电压的条件	61
三、电压偏移及限制措施	63
第三节 工业企业高低压配电系统结线方式	65
一、工业企业高压配电网络结线方式	65
二、低压电力网的结线方式	75
第四节 变电所的位置与数量、变压器容量与台数的选择	77
一、变电所分类	77
二、变压器负荷能力与过负荷能力	79
三、变压器型式的选择	82
四、总变电所变压器容量和数量的选择	82
五、车间变电所的变压器容量与台数的确定原则	83
六、确定变电所位置的原则和方法	85
第五节 变电所的一次结线	89
一、对一次结线的要求	89
二、一次结线中主要电器的作用、性能及符号	90
三、工厂变电所一次结线方式及特点	93
四、车间变电所高压侧与低压侧一次结线	99
第六节 变配电所平面布置与结构	101
一、变配电所的总体布置要求	101
二、高压配电室布置与结构	103
三、低压配电室布置与结构	110
四、变压器室的布置与结构	113
第七节 高层建筑及居民住宅变配电系统	122

一、高层建筑和居民住宅用电的特殊性	122
二、高层建筑和居民小区变电所种类	122
三、高层建筑的变配电设备及配电方式	122
四、高层建筑供电电源和电能质量	123
五、干式变压器一体化变配电所	123
六、箱式变电站及选择	124
第八节 配电自动化系统发展简况	126
一、应用概况	126
二、可通信、智能化断路器	127
三、400V GZT 智能型总线式低压成套设备柜	127
四、HJPMS-2000 智能型低压开关柜系统	128
五、微机型低压电动机保护装置	133
第九节 电压损失计算方法	135
一、电力线路阻抗计算法	136
二、电力网中电压损失计算	137
第十节 选择导线和电缆截面的条件	149
一、根据最小截面选择导线截面的方法	149
二、按经济电流密度选择导线截面	157
第十一节 电力线路安装及查线核相方法	161
一、导线敷设方式对线损率的影响	161
二、电缆线路安装方式及相关规定	163
三、架空线的安装规定	165
四、低压配电线路安装和配置负荷的方法	168
五、用 DKX 型数字式查线仪查线、核相的方法	169
第四章 短路电流计算	171
第一节 概述	171
一、什么叫短路	171
二、短路的原因及后果	171
第二节 短路阻抗计算	173
一、短路分析	173
二、电力设备和电力线路阻抗表示法	173
三、短路阻抗计算	175

第三节 短路电流计算	184
一、由无限容量系统供电的电路内短路电流变化过程	184
二、无限容量系统内三相短路电流计算方法	188
三、无限容量系统三相短路电流工程计算法	192
四、低压电力网络短路电流计算特点	195
五、二相短路电流计算法	195
第四节 有限容量系统短路电流计算概要	196
一、次暂态电流和冲击电流	196
二、稳态短路电流 I_{∞}	197
三、讨论	197
第五节 双电源供电的短路电流计算	197
一、没有公共电抗的两电源供电短路电路	197
二、有公共电抗的两电源供电短路电路	198
第六节 短路电流的电动力效应和热效应	199
一、短路电流的电动力效应	199
二、短路电流的热效应	201
第七节 对称分量法及其应用	202
一、对称相量与不对称相量	203
二、对称分量法原理	203
三、三相电路中电压、电流各序分量的性质	206
四、在 Y 形连接的电源和负载中, 各序线电压与各序 相电压的关系	207
五、在 Δ 形连接的电源和负载中, 各序线电流与各序 相电流的关系	208
六、用对称分量法计算不对称短路电流	209
七、用对称分量法分析变压器二次侧不对称短路实例	211
第八节 三相电压、三相电流不对称度的计算方法	214
一、关于传统的三相电压(电流)不平衡率计算法的 问题讨论	215
二、三相相量不对称度及实用算法	216

第九节 估算低压母线短路电流的方法	223
一、低压短路电流计算	224
二、结论	225
第五章 变配电所电气设备及选择	227
第一节 电气设备选择的基本原则	227
一、按正常工作条件选择电气设备	228
二、按短路条件校验电气设备	229
第二节 高低压成套电气设备的选择	231
第三节 高压断路器	235
一、高压断路器的作用和种类	235
二、断路器的操动机构	241
三、高压断路器技术数据	242
四、高压断路器的选择	242
第四节 隔离开关	245
第五节 高压负荷开关	247
第六节 高压熔断器	248
第七节 电流互感器和电压互感器	250
一、电流互感器	250
二、电压互感器	254
第八节 母线和绝缘子的选择	259
一、母线材料	259
二、母线截面的选择	260
三、绝缘子的选择	263
第九节 低压断路器及选择	264
一、低压断路器的发展	264
二、低压断路器的种类	265
三、常被选用的国外断路器	265
四、低压断路器的选择条件	266
第十节 交流接触器的选择	273
第六章 供电系统的继电保护	278
第一节 概述	278

一、继电保护装置的作用	278
二、对继电保护装置的基本要求	278
第二节 过电流保护的原理及组成	280
一、电流互感器的接线方式	281
二、过电流继电器	287
三、时间继电器	288
四、继电保护装置的操作电源	288
第三节 定时限过电流保护	289
一、过电流保护动作值的计算方法	289
二、过电流保护的動作时限	292
第四节 有限反时限过电流保护	292
一、動作电流整定值	292
二、各级保护動作时限的计算与整定	292
第五节 电流速断保护	295
第六节 单相接地保护	297
一、对单相接地保护的要求	297
二、绝缘监察装置与接地部位检查仪	298
三、零序电流保护	299
第七节 差动保护原理	301
一、差动保护的用途和种类	301
二、纵联差动保护的工作原理	301
三、横联差动保护的工作原理	302
四、变压器的纵联差动保护	302
第八节 变压器的气体保护	304
一、气体保护的作用和意义	304
二、气体继电器的结构、安装及工作原理	304
第九节 关于 M100 系列微机保护装置在继电保护中的 应用分析	305
一、M100 系列的种类及功能	306
二、M100 系列的特点	307
第十节 TN 系统中性线断线的保护	308

一、防止三相四线制架空线中性线断线的措施	309
二、防止中性线断线导致严重后果的措施	309
第七章 节电降峰和提高功率因数	310
第一节 节电降峰技术方案	310
一、节电措施简述	310
二、当前节电方向	311
三、关于负荷波动将引起附加电能损耗的分析	312
四、关于按经济运行原则选择电动机容量的方法	316
第二节 提高功率因数的意义	319
第三节 电容器无功补偿原理与计算	321
一、电容器补偿原理	321
二、无功补偿计算	322
三、电容器的接线	325
第四节 电容器放电电阻的作用、要求及选择	325
一、电容器放电装置的作用及要求	325
二、电容器放电电阻的选择	327
三、高压电容器放电用电压互感器的选择	328
第五节 电容器的运行性能	333
一、运行电压对电容器的影响	333
二、运行温度	333
三、海拔	334
四、过电流	334
五、铁磁谐振	334
六、操作过电压	334
第六节 电容器的保护	335
一、对电容器保护装置的要求	335
二、对电容器的过电流保护措施	335
三、对电容器的过电压保护措施	337
第七节 自动无功补偿装置	338
第八章 接地与接零	341
第一节 电气安全知识	341
一、电对人体的伤害作用	341

二、影响触电后果的因素	341
三、安全电压与安全电流	343
第二节 关于接地与接零的基本概念	344
一、接地装置	344
二、电气上的“地”和对地电压	345
三、接触电压与跨步电压	345
四、流散电阻、接地电阻和冲击接地电阻	346
五、中性点、零点、中性线、零线	346
六、工作接地及作用	347
七、保护接地、保护接零和重复接地	347
第三节 保护接地的作用	347
第四节 保护接零的作用	350
第五节 接地与接零设计中应注意的问题	352
一、中性点接地网络	352
二、中性点不接地网络	353
三、在中性点接地系统中, 中性线不应与零线共用	354
四、不可用保护接地装置作为中性线	355
第六节 接地体与接地、接零干线的安装方式	356
第七节 接地装置计算及接地接零干线选择	357
一、接地装置计算方法	357
二、接零线的选择	364
第八节 接地系统及选型	369
第九节 铜包钢接地体的特点及应用	370
一、传统接地体的几个问题	370
二、铜包钢接地体的特点	371
第九章 防雷技术	373
第一节 雷云的形成及雷害	373
一、雷云的形成	373
二、雷云的放电机理	374
三、雷电流及雷电流概率分布	375
四、雷电活动强度	376
五、建筑物的雷击规律	377

六、球状雷	378
第二节 直接雷击及防护措施	379
一、直击雷的破坏作用	379
二、建筑物与变电所防直击雷的措施	381
三、按折线法计算避雷针(线)的保护范围	382
四、按滚球法计算接闪器的保护范围	388
第三节 防止高电位反击的措施	394
第四节 雷电的二次作用及防护措施	397
一、静电感应及其防护措施	397
二、电磁感应及其防护措施	397
第五节 雷电冲击波及防护措施	398
一、雷电冲击波沿电力线路传播的物理过程	398
二、雷电冲击波的基本特性	401
三、波的反射与折射	403
四、几种特殊网络的反射波与折射波	405
五、避雷器的结构和工作原理	409
六、雷电冲击波的防护措施及分析	412
第六节 变电所的防雷保护	422
一、变电所防直接雷击的措施	423
二、变电所防雷电冲击波的保护措施	424
三、防雷保护综述	428
第七节 建筑物的防雷分级及防雷措施	428
一、建筑物的防雷分级	428
二、各级防雷建筑的主要保护措施	429
第八节 关于低压网络电涌过电压的危害及防护	432
一、低压网络产生过电压的因素	432
二、低压网络过电压的危害	433
三、电涌保护器的保护作用分析	434
第十章 电气照明	435
第一节 电气照明概论	435
一、基本知识和电光源基本参数	435

二、照明器的特性	438
三、按经济运行原则选择照明器的方法	439
四、节能灯技术性能分析	441
第二节 照明工程设计概要	442
一、对照明设计的要求	442
二、布灯规则	444
第三节 照度计算	446
一、点光源逐点计算法计算水平面照度	446
二、点光源逐点计算法计算垂直面照度	449
三、线光源（荧光灯）逐点计算法	450
附录	452
附表 1 SG 系列三相干式变压器技术数据	452
附表 2 SC 系列环氧树脂浇注干式变压器技术参数	454
附表 3 10kV 级 SC9 系列树脂浇注干式配电变压器性能参数	455
附表 4 10kV 级 SC10 系列树脂浇注干式配电变压器性能参数	456
附表 5 35kV 级 SC9 系列树脂浇注干式电力变压器性能参数	457
附表 6 TJ、LJ 型裸铜、裸铝绞线的载流量（ $T + 70^{\circ}\text{C}$ ）	458
附表 7 BBLX、BLV 型铝芯导线套钢管时载流量 （ $T + 60^{\circ}\text{C}$ ）	459
附表 8 BBX、BV 型铜芯导线套钢管时载流量（ $T + 60^{\circ}\text{C}$ ）	460
附表 9 BBLX、BLV 型铝芯导线套硬塑料管时载流量 （ $T + 60^{\circ}\text{C}$ ）	461
附表 10 BBX、BX 型铜芯导线套硬塑料管时载流量 （ $T + 60^{\circ}\text{C}$ ）	462
附表 11 BBLX、BBX、BLV、BV 型橡皮和塑料绝缘导线明敷时 载流量（ $T + 60^{\circ}\text{C}$ ）	463
附表 12 BLVV、BVV 型塑料护套线明敷时载流量 （ $T + 60^{\circ}\text{C}$ ）	464
附表 13 单片母线的载流量（ $\theta_n = 70^{\circ}\text{C}$ ）	464
附表 14 2 或 3 片组合涂漆母线的载流量（ $\theta_n = 70^{\circ}\text{C}$ ， $\theta_a = 25^{\circ}\text{C}$ ）	466
附表 15 不滴流油浸纸绝缘电力电缆直埋地敷设的载流量 （ $\rho_{\tau} = 1.2^{\circ}\text{C} \cdot \text{m/W}$ ）	466

附表 16	交联聚乙烯绝缘电力电缆直埋地敷设的载流量 ($\rho_{\tau}=1.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$)	468
附表 17	聚氯乙烯绝缘电力电缆直埋地敷设的载流量 ($\rho_{\tau}=1.2^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}/\text{W}$, $\theta_{\text{a}}=70^{\circ}\text{C}$)	469
附表 18	按环境选择导线、电缆及敷设方式	471
附表 19	导线载流量的温度校正系数	472
附表 20	电缆埋地多根并列校正系数	472
附表 21	1 000V 三芯铜(铝)芯绝缘电缆的阻抗	472
附表 22	TJ 型裸铜导线的电阻和电抗	473
附表 23	LJ 型裸铝导线的电阻和电抗	474
附表 24	LGJ 型钢芯铝绞线的电阻和电抗	474
附表 25	矩形母线的电阻和电抗	475
附表 26	高压电流互感器基本特性	476
附表 27	低压电流互感器基本特性	478
附表 28	电压互感器的二次负荷值	479
附表 29	电磁式电流继电器	482
附表 30	感应式电流继电器	482
参考文献		483

第一章 概 论

第一节 我国电力事业发展简况

随着我国国民经济不断发展和科技水平不断提高,我国的电力事业迅速发展,主要表现在年发电量、发电机组单机容量、远距离输电能力等方面。

1949年 全国发电量为 49.1 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 最大机组单机容量为 2.5 万 kW , 最高输电电压为 33 kV ;

1958年 从望亭用 220 kV 向上海输电;

1963年 建立华东电力网局, 并随后成立了数十个地区性电力网;

1975年 西北电网首先用上 330 kV 输电线路;

1983年 500 kV 输电线路投运;

1987年 全国发电量 4 930 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 全国电力装备总容量突破 1 亿 kW ;

1996年 全国年发电量 10 794 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$, 单机容量达 60 万 kW , 输电电压达 500 kV , 居世界第二;

2000年, 我国已形成了七个跨省电网和五个独立的省电网。其中有六个已形成以 500 kV 为主干、220 kV 为骨干、110 kV 为高压配电的电网结构。

2003年 全国年发电量达 18 600 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 以上, 单机容量 90 万 kW 。

我国从电力事业很落后发展到现在的电力大国, 是一个高速发展的过程。尽管如此, 我国的人均发电量、电能利用率仍落后于发达国家。另外, 管理水平也远落后于发达国家, 发达国家的用户年平均停电时间一般 50min 以下, 有的仅几分钟, 我国年平