

# 现代工业与民用供配电 设计手册

芮静康 主编



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 现代工业与民用供配电 设计手册

芮静康 主编



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书详尽地介绍了有关现代企业及高层建筑的变配电所,供电系统一、二次设计及电气照明设计;改善运行参数的节电措施设计;新技术、新设备在供配电领域的应用和安全用电等内容。并附有许多设计示例可供参考,是从事供配电设计人员的一本必备工具书。本书可供从事现代企业及高层建筑电力设计人员和电管部门工作人员使用,也可作大专院校有关师生的教学参考书和有关专业的课程设计和毕业设计指导书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代工业与民用供配电设计手册/芮静康主编. —北京:  
中国水利水电出版社, 2004

ISBN 7-5084-0075-5

I. 现… II. 芮… III. ①供电-技术 ②配电系统-技术  
IV. TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第26739号

书 名	现代工业与民用供配电设计手册
作 者	芮静康主编 李发海主审
出版发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京密云红光印刷厂
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 35.25印张 1167千字
版 次	2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷
印 数	0001—4100册
定 价	78.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

## 本书编审委员会名单

顾 问 陈汤铭 翟中和 芮静安 孔德善 周中一 王炳霖  
王德亮 汪志良 王永兴 刘复清 胡素英 席德熊  
姜建国 杨有启 张俊谟 焦留成

主 任 芮静康

副 主 任 武钦韬 周德铭 童启明

委 员 郑国基 胡素英 席德熊 姜建国 杨有启 张俊谟  
刘桂芳 胡晓和 刘 俊 方 铭 蔡碧濂 陈松年  
徐子宏 刘立夫 武钦韬 刘思源 王 梅 王 珏

主 编 芮静康

副 主 编 余发山 武钦韬 王福忠

编写人员 杜友勤 季红益 曾安国 田 书 柳春生 王 梅  
王福忠 王玉梅 艾永乐 郭永东 陈晓峰 胡渝珏

主 审 李发海

# 前 言

近几年来，随着我国社会主义建设事业的蓬勃发展，各大中城市和旅游胜地先后兴建了一批高层旅馆、住宅、贸易中心和综合大楼等。这种趋势仍在继续发展。在国外，高层建筑更是有增无减。相应地，高层建筑的电气设计则会增加许多新内容，而首当其冲的则是高层建筑的供配电设计。

目前，关于供配电设计书籍日益增多，但其内容大都偏重于电力部门和工矿企业，比较系统地介绍现代企业和高层建筑供配电设计的书籍甚少。为了适应新形势的要求，编者近年来作了大量的调查和研究工作；广泛收集资料，在此基础上编写了内容齐全、覆盖面广的这本《现代工业与民用供配电设计手册》，供从事现代企业及高层建筑电气设计的工程技术人员使用，以期能设计出更具有时代特色的供配电系统，更好地为当今高速发展的现代化建设事业服务。

本书主要介绍现代企业及高层建筑的110 kV以下的变配电所，供配电系统一、二次设计及电气照明设计；改善运行参数的节电措施设计；新技术、新设备在供配电领域的应用和安全用电等内容。全书各章节按设计程序编排，使用起来十分方便，并附有许多设计示例供设计人员参考，从而可缩短设计时间，提高设计效率。列入大量技术数据，以便查阅。

全书共分十五章，内容丰富，包括供配电系统的设计，负荷计算及节能措施、短路电流及其效应计算，运行参数的改善措施，供配电系统高压电气设备选择、高压架空输电线和电缆的选择及使用，低压配电线路保护和主要低压设备选择，柔性控制的供配电系统设计、二次接线及操作电源，自动装置，防雷设计，接地、供电安全及特殊环境内的电气安全高层建筑供电设计，高层建筑的照明。由芮静康教授、高工担任主编，由余发山、武钦韬、王福忠教授任副主编，清华大学李发海教授任主审。

本书请建设部建筑设计院原总工程师、研究员王炳霖，航空规划设计院研究员王永兴，高级工程师汪志良，北京市供电局副总工程师周中一，等专家对书稿进行了评审，提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。由于编者的水平有限，书中缺点和错误难免，恳请专家和读者批评指正。

编 者

2003年12月

# 目 录

前言

## 第一章 供配电系统的设计

第一节 供配电系统设计规范要点	1
一、负荷分级及供电要求	1
二、电源及供电系统	1
三、电压选择和电能质量	1
四、无功补偿	1
五、低压配电	2
第二节 供配电系统设计的内容和依据	2
一、供配电系统设计的主要内容和设计程序	2
二、供配电系统设计的依据	3
第三节 电力负荷种类及供电要求、高层建筑负荷的特点	4
一、电力负荷种类	4
二、电力负荷对供电要求	4
三、高层建筑负荷的特点	4
第四节 高压供配电系统	4
一、高压供、配电系统的设计原则	4
二、电力系统的电压选择	5
三、配电方式	5
第五节 10~35 kV 变电站	7
一、变电所位置的确定	7
二、主变压器选择原则	7
三、变、配电所的电气主接线	8
第六节 低压配电系统	11
一、系统接地方式选择	11
二、低压电力配电系统	11
第七节 高层建筑供配电系统	14
一、高层建筑的高压系统	14
二、高层建筑的低压系统	15
三、双回路供电和自备发电	16
第八节 设计方案的技术、经济分析	16
一、技术指标	16
二、经济计算	17
三、有色金属消耗量的计算	17
四、技术比较与方案确定	17

## 第二章 负荷计算及节能方案设计

第一节 概论	19
--------	----

第二节 设备容量的确定	19
一、用电设备工作制	19
二、设备容量的计算方法	19
三、设备容量计算举例	19
四、电焊机及电焊变压器	20
五、电炉变压器	20
六、其他设备	20
第三节 单相负荷的计算	20
第四节 需用系数法确定计算负荷	21
一、单台用电设备的计算负荷	21
二、用电设备组的计算负荷	21
三、多组用电设备组的总计算负荷	25
四、负荷计算中的特殊问题	25
第五节 利用系数法确定计算负荷	26
第六节 尖峰电流计算	29
一、单台用电设备	29
二、多台用电设备	29
三、自起动的电动机组	29
第七节 功率因数的提高	29
一、提高功率因数的意义	29
二、功率因数计算	30
三、提高功率因数的方法	31
四、静电电容器补偿	31
五、同步电动机的补偿能力计算	35
六、无功补偿的效益分析	36
第八节 功率损耗计算	36
一、三相线路中有功及无功功率损耗	36
二、电力变压器的有功及无功功率损耗	37
三、电抗器的有功及无功功率损耗	37
四、高压电动机的有功及无功功率损耗	40
第九节 供电系统中电能损耗量计算	40
一、供电线路年有功电能损耗	40
二、变压器年有功电能损耗	40
三、电抗器年有功电能损耗	40
第十节 主变压器选择及多台变压器经济运行	40
一、主变压器选择	40
二、多台变压器经济运行	41

## 第三章 短路电流及其效应计算

第一节 概论	46
--------	----

第二节 电路各元件阻抗的计算 .....	48	一、概述 .....	96
一、基准值计算 .....	48	二、高次谐波的测量与监视 .....	97
二、各元件标么值的计算 .....	48	三、高次谐波及其危害的抑制措施 .....	100
三、标么值相互变换的方法 .....	48		
四、电路中各种元件的电抗标么值 .....	49		
第三节 网络变换 .....	58	<b>第五章 供配电系统高压电气设备选择</b>	
一、网络变换的基本公式 .....	58	第一节 电气设备选择的基本原则 .....	105
二、网络的简化 .....	59	一、一般条件 .....	105
第四节 三相短路电流的计算 .....	60	二、使用环境条件 .....	105
一、无限大电源供给的短路电流计算 .....	60	三、使用技术条件 .....	106
二、电源为有限容量时的短路电流计算 .....	61	第二节 6~35 kV 高压开关柜 .....	108
三、短路冲击电流及全电流最大有效值的 计算 .....	64	一、概述 .....	108
四、大容量电动机对短路电流的影响及其 计算 .....	64	二、SF <sub>6</sub> 高压开关柜 .....	112
第五节 短路电流“效应”的计算 .....	68	三、高压一次设备的技术数据 .....	112
一、短路电流的电动力计算 .....	69	第三节 高压断路器的选择 .....	153
二、短路电流的热效应 .....	69	一、断路器种类和型式选择 .....	153
第六节 低压网络短路电流计算 .....	70	二、参数选择 .....	157
一、高压侧系统阻抗 .....	70	三、性能选择 .....	164
二、短路回路中各元件阻抗计算 .....	70	第四节 高压隔离开关、负荷开关和熔断器的 选择 .....	164
三、低压网络短路电流计算 .....	74	一、高压隔离开关的选择 .....	164
第七节 不对称短路电流计算 .....	75	二、负荷开关的选择 .....	171
一、对称分量法的基本关系 .....	75	三、高压熔断器的选择 .....	175
二、序网的构成 .....	76		
三、不对称短路电流计算 .....	78	<b>第六章 高压架空输电线和     电缆的选择及使用</b>	
<b>第四章 运行参数的改善措施</b>		第一节 导线和避雷线的选择 .....	178
第一节 有载自动调压 .....	83	一、型式选择 .....	178
一、概述 .....	83	二、截面选择 .....	178
二、变压器有载调压装置 .....	84	第二节 导线的力学计算 .....	180
三、有载自动调压控制器工作原理 .....	85	一、力学计算气象条件 .....	180
四、选用有载调压装置的注意事项 .....	87	二、导线和避雷线的计算 .....	182
第二节 电压波动及抑制措施 .....	88	第三节 架空线路的敷设 .....	188
一、电压波动的估算 .....	88	一、敷设的一般要求 .....	188
二、抑制电压波动的措施 .....	88	二、导线的排列和间隔 .....	191
第三节 单片机功率因数自动补偿装置 .....	89	三、绝缘子的选择 .....	191
一、单片机简介 .....	89	四、横担选择 .....	194
二、功率因数测量 .....	91	五、电杆强度计算 .....	195
三、功率因数自动调节的实施方案 .....	93	六、拉线的选择与使用 .....	199
四、SG-91 型相控式无功功率自动补偿装置 简介 .....	93	七、钢筋混凝土电杆基础 .....	199
五、看门狗电路和 LED 数码管控制电路 .....	94	第四节 电力电缆的选择 .....	203
六、其他功率因数自动补偿装置 .....	95	一、电缆型号选择 .....	203
第四节 供配电系统高次谐波的抑制措施 .....	96	二、电缆截面选择 .....	203
		第五节 电力线路敷设 .....	218
		一、电缆埋地敷设 .....	218
		二、电缆在沟内敷设 .....	219

三、屋内电缆敷设	219	第三节 电力变压器保护的设计	348
四、电缆在隧道内敷设	220	一、变压器保护的配置	348
五、电缆穿管敷设	221	二、变压器保护整定计算	354
六、电缆敷设的防火、防爆措施	221	第四节 电力电容器保护的设计	363
<b>第七章 低压配电线路保护设计和主要低压设备选择</b>		一、电力电容器组保护装置的设计原则	363
第一节 低压配电线路保护设计	222	二、保护原理及整定计算	363
一、变压器低压侧的保护设计	222	第五节 电动机保护的设计	366
二、低压配电线路的保护设计	222	一、概述	366
第二节 主要低压电器的类型、结构特点和应用范围	223	二、保护配置	366
一、低压电器的型号编制	223	三、整定计算	366
二、刀开关和隔离器	225	<b>第九章 二次回路及操作电源的设计</b>	
三、交流接触器	227	第一节 直流操作电源的设计	369
四、刀开关和熔断器组合电器	229	一、直流电源分类	369
五、低压开关柜	234	二、直流系统供电方式	369
六、熔断器	302	三、硅整流直流系统元件选择	370
七、低压断路器(自动空气开关)	306	四、直流系统绝缘监测	372
第三节 低压电器的选择	307	第二节 电力系统断路器控制、信号回路的设计	375
一、按正常工作条件选择	307	一、断路器的控制、信号回路的设计	375
二、按短路条件校验	308	二、灯光监视的断路器控制、信号回路的设计	378
三、按使用环境条件选择	308	三、音响监视的断路器控制、信号回路的设计	379
第四节 按使用环境条件选择低压电器	309	第三节 电气测量系统的设计	380
一、低压电器使用环境条件及其分类	309	一、计量仪表的设计原则	380
二、按使用环境条件选择低压电器	312	二、常用测量与计量仪表的线路设计	380
第五节 低压电器的选择	314	第四节 二次回路的保护及控制、信号回路的设计	384
一、刀开关和隔离器选择要点	314	一、二次回路的保护设计	384
二、交流接触器的选用要点	314	二、控制开关的设计原则	385
三、刀开关和熔断器组合电器的选择要点	315	三、信号灯及附加电阻的设计原则	386
四、熔断器的选择要点	316	四、跳、合闸位置继电器的设计原则	386
五、低压断路器(自动空气开关)的选择要点	316	五、串接信号继电器及附加电阻的设计原则	386
六、低压电器的选择与校验	317	六、其他继电器的设计原则	390
第六节 保护电器与配电线路的配合	319	第五节 中央信号装置的设计	390
一、保护电器的级间配合	319	一、中央信号装置的设计原则	390
二、保护电器与配电线路的配合	321	二、中央信号装置的接线方式	390
<b>第八章 继电保护系统的设计</b>		三、闪光装置的配置	394
第一节 概论	335	四、控制屏、继电器屏及信号屏设计	396
一、继电保护装置的设计原则	335	第六节 二次回路配线设计	396
二、继电保护装置的电源	335	一、端子排	396
第二节 电力线路保护的设计	336	二、端子排设计原则	397
一、35 kV 电力线路的保护	336	三、控制电缆与信号电缆的设计	397
二、10 kV 电力线路的保护	340		



## 第十章 自动装置

第一节 备用电源自动投入装置	399
一、概述	399
二、对APD装置的基本要求	399
三、直流操作电源的APD装置	400
四、交流操作电源的APD装置	402
五、快速动作的APD装置	403
六、ISA-1型微机备用电源自动投入装置	404
第二节 架空供电线路的自动重合闸	405
一、概述	405
二、自动重合闸的配置原则	406
三、对自动重合闸的基本要求	407
四、单端电源一次动作的ARD装置	407
五、综合自动重合闸	411
第三节 按频率自动减负荷装置	411
一、概述	411
二、按频率自动减负荷装置系统组成	412
三、UFLS装置的接线原理	414
四、按频率自动重合的减负荷装置接线图	414
五、按频率自动减负荷装置的设置与整定	414
六、工矿企业供电系统中UFLS装置的误动作及其防止措施	415
第四节 电力系统远动装置的功能	415
一、远动装置的主要功能	415
二、发电厂和变电所的运动化范围	416
三、远动信息的传送	416
四、调度自动化功能规范	416
第五节 微机远动装置	421
一、概述	421
二、微机远动装置介绍	421
第六节 远动装置的外部连接	428
一、信息量的输入	428
二、遥测显示	432
三、遥信显示	435

## 第十一章 防雷设计

第一节 建筑物的防雷	436
一、建筑物的防雷分类	436
二、建筑物的防雷措施	436
三、其他防雷措施	441
第二节 特殊建筑物的防雷	442
一、水塔的防雷	442
二、烟囱的防雷	442
三、微波站、电视台的防雷	442

四、卫星地面站的防雷	443
五、雷达站的防雷	443
六、广播发射台的防雷	443
七、建筑物的防雷装置	444
第三节 变电所的防雷保护	445
一、直击雷保护	445
二、侵入雷电波保护	450
第四节 内部过电压保护	457
一、产生内部过电压的原因	457
二、抑制内部过电压的措施	457

## 第十二章 接地

第一节 电气装置接地	461
一、接地类型和接地电阻最大允许值	461
二、保护接地的范围	463
三、电气装置接地要求	464
第二节 接地系统	465
一、接地系统的构成	465
二、接地系统的要求	465
第三节 接地电阻计算	467
一、工频接地电阻的计算	467
二、冲击接地电阻的计算	471
第四节 高阻区降低接地电阻的措施	473
一、换土	473
二、利用降阻剂	473
三、深埋接地极	474
四、深井接地	474
第五节 特殊接地	474
一、电子计算机接地	474
二、屏蔽接地	475
三、电气试验设备接地	475
四、防静电接地	476

## 第十三章 供电安全及特殊环境内的电气安全

第一节 概论	478
一、电流对人体作用的机理	478
二、防电击保护	479
第二节 防触电措施	480
一、基本要求	480
二、TN、TT、IT系统	480
三、漏电保护器	482
第三节 特殊环境内的电气安全	484
一、浴室	485
二、农畜设施	486

三、狭窄导电场所	486
四、医院	486

## 第十四章 高层建筑供配电设计

第一节 高层建筑供配电系统	489
一、供配电系统的确定	489
二、变、配电所的主要电气设备及选型	491
三、变、配电所的继电保护设置及二次接线	496
四、变、配电所的位置和布置	498
第二节 电力负荷的计算	502
一、负荷计算的内容和负荷特征	502
二、负荷曲线与计算负荷	502
三、负荷计算方法	502
四、尖峰电流的计算	507
五、供电系统总计算负荷的确定	507
六、变电所变压器容量及台数的确定	508
第三节 低压短路电流的简化计算	509
一、低压三相短路电流的计算	509
二、低压三相短路电流简化计算图	510
三、低压单相短路电流计算	510
四、低压单相短路电流简化计算图	513
第四节 高层建筑低压配电系统	513
一、低压配电系统的配电要求	513
二、低压配电系统的配电方式	513
第五节 高层建筑低压供配电线路的导线和电器选择	515
一、导线选择的一般原则	515
二、常用低压电器的选择原则和要求	516
三、常用电线、电缆的型号和规格	517
四、常用电线和电缆截面的选择	517
五、常用低压电器的选择	522
六、用电设备及配电线路的保护	525
第六节 配电箱选择	526
一、电力配电箱选择	527
二、照明配电箱选择	527
三、非标准配电箱选择	527

## 第十五章 高层建筑的照明设计

第一节 电气照明的基本概念	528
一、光通量及其单位	528
二、光源的色温与显色性	529
三、光源的色调	529
四、眩光	529
第二节 民用建筑的照明种类和照度标准	529
一、照明种类	529
二、照明质量	529
三、照度标准	529
第三节 电光源和灯具选择	530
一、电光源的选择	530
二、灯具的选择	533
三、灯具的布置	534
四、照明节能	534
第四节 照度计算	535
一、逐点照度算法	535
二、光通利用系数法	537
三、单位容量法	539
第五节 照明供电与照明设计	541
一、照明供电的一般要求	541
二、照明的供电方式及线路控制	542
三、照明负荷计算	542
四、照明线路导线截面及保护装置的选择	543
五、宾馆照明的设计	543
六、其他照明的设计	546
第六节 微机控制的照明系统	546
一、系统组成	546
二、功能键简述	546
三、主要性能指标	548
四、主要技术参数	549
五、主要结构及工作原理	549
六、安装与调试	549
七、操作与使用	549
参考文献	551

# 第一章 供配电系统的设计

## 第一节 供配电系统设计规范要点

供配电系统设计应贯彻执行国家的技术经济政策,做到保障人身安全,供电可靠,技术先进和经济合理。供配电系统设计,必须从全局出发,统筹兼顾,按照负荷性质、用电容量、工程特点和地区供电条件,合理确定设计方案。设计应根据工程特点、规模和发展规划,做到远近期结合,以近期为主。设计应采用符合国家现行有关标准的效率高、能耗低、性能先进的电气产品。并应符合国家现行的有关标准和规范的规定。

### 一、负荷分级及供电要求

电力负荷应根据对供电可靠性的要求及中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响的程度分为一级负荷、二级负荷和三级负荷。

独立于正常电源的发电机组、供电网络中独立于正常电源的专用的馈电线路,以及蓄电池和干电池可作为应急电源。二级负荷的供电系统,应由两回线路供电。必要时采用不间断电源(UPS)。

### 二、电源及供电系统

供配电系统的设计,除一级负荷中特别重要的负荷外,不应按一个电源系统检修或故障的同时另一电源又发生故障进行设计。需要两回电源线路的用电单位,应采用同级电压供电;但根据各级负荷的不同需要及地区供电条件,也可采用不同电压供电。有一级负荷的用电单位难以从地区电力网取得两个电源而有可能从邻近单位取得第二电源时,应从该单位取得第二电源。同时供电的两回路及以上供配电线路中一回路线路中断供电时,其余线路应满足全部一级负荷及二级负荷。供电系统应简单可靠,同一电压供电系统的变配电级数不应多于两级。高压配电系统应采用放射式;根据变压器的容量、分布及地理环境等情况,也可采用树干式或环式。根据负荷的容量和分布、配变电所应靠近负荷中心;当配电电压为 35kV 时也可采用直降至 220/380V 配电电压。在用电单位内部邻近的变电所之间应设置低压联络线。小负荷的用电单位应接入地区低压电网。

### 三、电压选择和电能质量

用电单位的供电电压应根据用电容量、用电设备

特性、供电距离、供电线路的回路数、当地公共电网现状及其发展规划等因素,经技术经济比较确定。当供电电压为 35kV 及以上时,用电单位的一级配电电压应采用 10kV;低压配电电压应采用 220/380V。当供电电压为 35kV,能减少配变电级数、简化结线,以及技术经济合理时,配电电压应采用 35kV。

供配电系统的设计时,应正确选择变压器的变比和电压分接头,降低系统阻抗,并应采取补偿无功功率措施,还应使三相负荷平衡,以减小电压偏差。

35kV 以上电压的变电所中的降压变压器,直接向 35kV、10(6)kV 电网送电时,以及 35kV 降压变电所的主变压器,在电压偏差不能满足要求时,应采用有载调压变压器。

采用专线供电,与其他负荷共用配电线路时降低配电线路阻抗,较大功率的冲击性负荷或冲击性负荷群与对电压波动、闪变敏感的负荷分别由不同的变压器供电,对于大功率电弧炉用变压器由短路容量较大的电网供电时,对冲击性负荷的供电,可以降低冲击性负荷引起的电网电压波动和电压闪变。

当各类大功率非线性用电设备变压器由短路容量较大的电网供电。对于大功率静止整流器,若提高整流变压器二次侧的相数和增加整流器的整流脉冲数,多台相数相同的整流装置,使整流变压器的二次侧有适当的相角差,以及按谐波次数装设分流滤波。对于三相配电变压器,选用 D,yn11 结线组别。采取这些措施,可以控制各类非线性用电设备所产生的谐波引起的电网电压正弦波形畸变率。

单相用电设备接入三相系统,使三相保持平衡。220V 照明负荷,当线路电流大于 30A 时,应采用三相系统,并应采用三相五线制。这样,可以降低三相低压配电系统的不对称度和保证电气安全。

### 四、无功补偿

供配电设计中应正确选择电动机、变压器的容量,降低线路感抗。当工艺条件适当时,应采取采用同步电动或选用带空载切除的间歇工作制设备等,提高用电单位自然功率因数的措施。当采用提高自然功率因数措施后,仍达不到电网合理运行要求时,应采用并联电力电容器作为无功补偿装置合理时,还可采用同步电动机。采用电力电容器作为无功补偿装置时,应就地平衡补偿。低压部分的无功功率应由低压电容器补偿;高

压部分的无功功率应由高压电容器补偿。容量较大,负荷平稳且经常使用的用电设备的无功功率应单独就地补偿。补偿基本无功功率的电容器组,应在配变电所内集中补偿。在环境正常的车间内,低压电容器应分散补偿。

无功补偿容量应按无功功率曲线或无功补偿计算方法确定。当补偿低压基本无功功率的电容器组,常年稳定的无功功率,经常投入运行的变压器或配、变电所内投切次数较少的高压电动机及高压电容器组时,应采用手动投切的无功补偿装置。当为避免过补偿,装设无功自动补偿装置在经济上合理时,避免在轻载时电压过高,造成某些用电设备损坏,而装设无功自动补偿装置在经济上合理时,只有装设无功自动补偿装置才能满足在各种运行负荷的情况下的电压偏差允许时,应装设无功自动补偿装置。当采用高、低压自动补偿装置效果相同时,应采用低压自动补偿装置。

#### 1. 无功自动补偿调节方式确定的原则

(1)以节能为主进行补偿时,采用无功功率参数调节;当三相负荷平衡时,也可采用功率因数参数调节。

(2)提供维持电网电压水平所必要的无功功率及以减少电压偏差为主进行补偿者,应按电压参数调节,但已采用变压器自动调压者除外。

(3)无功功率随时间稳定变化时,按时间参数调节。

#### 2. 电容器分组时应满足的要求

- (1)分组电容器投切时,不应产生谐振。
- (2)适当减少分组组数和加大分组容量。
- (3)应与配套设备的技术参数相适应。
- (4)应满足电压偏差的允许范围。

接在电动机控制设备侧电容器的额定电流,不应超过电动机励磁电流的0.9倍;其馈电线和过电流保护装置的整定值,应按电动机—电容器组的电流确定。高压电容器组应串联适当参数的电抗器,低压电容器组应加大投切容量或采用专用投切接触器,当受谐波量较大的用电设备影响的线路上装设电容器组时,应串联电抗器。

### 五、低压配电

在正常环境的车间或建筑物内,当大部分用电设备为中小容量,且无特殊要求时,应采用树干式配电。当用电设备为大容量,或负荷性质重要,或在有特殊要求的车间、建筑物内,应采用放射式配电。当部分用电设备距供电点较远,而彼此相距很近、容量很小的次要用电设备,可采用链式配电,但每一回路环链设备不宜超过5台,其总容量不应超过10kW。容量较小用电设备的插座,采用链式配电时,每一条环链回路的设备数

量可适当增加。

在高层建筑物内,当向楼层各配电点供电时,应采用分区树干式配电,但部分较大容量的集中负荷或重要负荷,应从低压配电室以放射式配电。平行的生产流水线或互为备用的生产机组,根据生产要求,应由不同的回路配电,同一生产流水线的各用电设备,应由同一回路配电。在TN及TT系统接地型式的低压电网中,应选用D,yn11结线组别的三相变压器作为配电变压器。在TN及TT系统接地型式的低压电网中,当选用Y,yn0结线组别的三相变压器时,其由单相不平衡负荷引起的中性线电流不得超过低压绕组额定电流的25%,且其一相的电流在满载时不得超过额定电流值。当采用220/380V的TN及TT系统接地型式的低压电网时,照明和其他电力设备应由同一台变压器供电,必要时也可单独设置照明变压器供电。由建筑物外引入的配电线路,应在室内靠近进线点便于操作维护的地方装设隔离电器。

## 第二节 供配电系统设计的内容和依据

### 一、供配电系统设计的主要内容和设计程序

#### (一)供配电系统设计的主要内容

供用电系统的设计为电力系统的发展提出实施方案;为用户供、配电系统制定出具体的方案。设计中一定要贯彻国家的各项方针政策,遵照有关的设计技术规范,应深入论证电源及负荷布局的合理性,提出网络设计方案,并论证其安全可靠性和经济性,除进行必要的计算,还应注意近期与远期的关系,以及同发电、输电、变电工程的协调,并为电力系统继电保护、安全自动装置以及下一级电压的系统设计创造条件。

供用电系统的设计水平年,一般取今后5~10年中的某一年,远景水平年取今后10~15年中的某一年。设计水平年的选取最好与国民经济计划的年份相一致。电源和网络的设计,一般以设计水平年为主,并对设计水平年以前的过渡年份进行研究,同时还要展望到远景水平年。

设计的主要内容有:

- (1)负荷计算与主变选择。
- (2)变电所位置的确定。
- (3)电气主结线的选择。
- (4)拟定供配电系统。
- (5)负荷计算。
- (6)短路电流计算。
- (7)线路及设备的选择计算。

- (8) 继电保护的设计和整定。
- (9) 自动装置的设置。
- (10) 防雷与接地设计。
- (11) 变电所设备布置。
- (12) 提交设计说明书和图纸。
- (二) 供配电系统设计的程序

供配电系统的种类繁多,涉及的技术领域和方案的复杂程度不同,工程设计的类型也有区别,有开发性设计、适应性设计,以及局部变动设计,因此供配电系统的工程设计也各具具体特点。其基本程序如下:

- (1) 确定初步技术规范。
- (2) 可行性分析,技术经济分析。
- (3) 总体方案设计和设计原则的确定。
- (4) 总体方案评价、评审。
- (5) 理论分析,复杂系统确定物理、数学模型。
- (6) 详细设计。
- (7) 提出设计图纸和说明书。
- (8) 评审、评价。审查详细图纸。
- (9) 交付施工单位。

供配电系统设计的程序,见图 1-1。

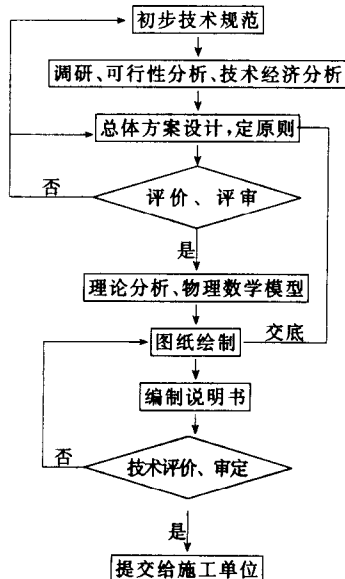


图 1-1 供配电系统设计的程序

## 二、供配电系统设计的依据

系统初步设计中需取得如下的原始资料:

### 1. 需向电力部门提供的资料

- (1) 供电区域的总平面图。
- (2) 供电区域逐年及最终规模的最大负荷、年耗电量、功率因数及用户投产日期。
- (3) 用户总变电所数量、容量、位置及进线方向的

初步意见。

- (4) 各负荷性质,对供电可靠性的具体要求。
  - (5) 电源电压、供电方式及电源线路回路数的初步意见。
  - (6) 大型同步电动机、电弧炉及整流装置等的特殊要求。
  - (7) 用户总变电所主接线系统图(注明同步电动机的总容量)和标有电源进线方向的总变电所位置平面图。
  - (8) 如果用户总变电所由电力部门设计时,尚需提供每回出线的名称、负荷值、线路结构、对继电保护及自动装置的要求等。
  - (9) 电源线路一般由电力部门设计,此时须提供线路的负荷值及回路数、用户总变电所进出线的平面图、进线门型架坐标及标高等。
  - (10) 供电区域的气象及地质资料。如最大风速,最高及最低温度,土壤允许承载力及电阻系数等。
- 地区气象与地质资料按表 1-1 中项目索取。

表 1-1 索取气象、地质资料表

资料内容	用途
最高年平均温度	选变压器
最热月平均最高温度	选室外裸导线及母线
最热月平均温度	选室内导线和母线
一年中连续三次的最热日昼夜平均温度	选空气中电缆
土壤中 0.7~1.0 m 深处一年中最热月份平均温度	选地下电缆
最热月平均水温	选半导体元件等
年雷电小时数和雷电日数	防雷装置
土壤冻结深度	地下装置

### 2. 需向电力部门取得的资料

- (1) 向用户供电的区域变电所或发电厂的近期和远期的单相系统图。
- (2) 向用户供电的线路规格、电压、距离、回路数及进入用户的线路走向。
- (3) 用户总变电所受电端的电力系统最小运行方式或最大运行方式短路数据(包括近期及远期的数据)。
- (4) 电力部门对继电保护的要求,包括电源供电端的继电保护方式(有无自动重合闸装置等)及时限配合关系。
- (5) 区域变电所或发电厂与用户之间的地理图。
- (6) 电力部门对用户功率因数的要求,对供电方

式、大型电动机起动的意见及对自动减负荷的要求等。

(7) 电力部门对用户功率因数和高次谐波的限制要求。

(8) 计量要求及电费的收取办法(包括计算方法、奖罚规定、地区电价等)。

(9) 对通信和调度的要求及管理分工意见等。

(10) 其他(如防雷、转送负荷等)。

根据用户的最大用电负荷,开始供电的日期,协助建设单位与电力部门共同协商确定有关供电电源及高压电器设备检修和试验的协作关系等主要问题,并签订供电协议书,作为设计依据。

对于改建、扩建工程,除收集上述资料外,尚需向改建、扩建的企业取得如下资料:

(1) 用户供配电系统图及线路平面布置图。

(2) 有关变电所和发电厂平面断面图及线路平面布置图。

(3) 用户最近三年来各变电所的最大负荷、年耗电量、功率因数等。

(4) 如果要求利用库存设备,则需收集可利用设备的详细型号、规格等。

### 第三节 电力负荷种类及供电要求、高层建筑负荷的特点

#### 一、电力负荷种类

(1) 一类负荷,也称一级负荷。它是指突然中断供电将造成人身伤亡或会引起对周围环境严重污染的,突然中断供电将会造成经济上的巨大损失,如重要的大型设备损坏,重要产品或用重要原料生产的产品大量报废,连续生产过程被打乱且需长时间才能恢复生产的;突然中断供电将会造成社会秩序严重混乱或产生政治上的严重影响,如重要的交通与通信枢纽、国际社交场所、高层建筑的消防、安全照明等用电负荷。

特殊重要的一级负荷通常称为保安负荷。保安负荷必须备有应急电源,从而保证在工作电源失去时,对保安负荷的供电,以保证企业安全生产及人员安全。

(2) 二类负荷,也称二级负荷。它是指突然中断供电会造成经济较大的损失,如生产的主要设备损坏,产品大量报废或减产,连续生产过程需较长时间才能恢复;突然中断供电将会造成社会秩序混乱或在政治上产生较大影响,如交通与通信枢纽、城市主要水源、广播电视、商贸中心、矿井主提升设备、高层建筑的电梯等用电负荷的中断。

(3) 三类负荷,也称三级负荷。它是指不属于上述一类和二类负荷的其他负荷,对这类负荷,突然中断供

电所造成的损失不大或不会造成直接损失。

#### 二、电力负荷对供电要求

对于一级负荷必须有两个独立电源供电<sup>①</sup>,且当任何一个电源失去后,能保证对全部一级负荷不间断供电。对特殊重要的一级负荷应由两个独立电源点供电<sup>②</sup>。

对于二级负荷一般要有两个独立电源供电,且当任何一个电源失去后,能保证全部或大部分二级负荷的供电。

对于三级负荷一般只需一个电源供电。

#### 三、高层建筑负荷的特点

(1) 空调负荷、电梯负荷、给水负荷所占比例较大。

(2) 照明用电量在全部电能消耗中占有很大的比例。

(3) 一、二级负荷的比重较大,对供电的可靠性要求较高。我国高层建筑的大部分负荷都属于一、二级负荷。例如,消防电梯、安全和疏导照明、消防泵、电脑监控中心等用电负荷是一类负荷;一般的动力和照明可列入二类负荷。因此,对高层建筑负荷供电的安全性和可靠性是最重要的。

(4) 负荷的时间性较强。在夏季空调负荷占总负荷的比例很大,而在春、秋季却几乎为零。照明负荷的时间性也很强,前半夜照明负荷所占比例比较大,而在后半夜照明负荷明显减小,可见,高层建筑负荷的负荷曲线是随时间变化较大,高峰和低谷差很大。

(5) 耗电量特大,大的高层建筑的用电量与同样规模的重型工厂不相上下。

(6) 负荷较分散,但管理较集中。

### 第四节 高压供配电系统

#### 一、高压供、配电系统的设计原则

高压供配电系统的接线应在满足负荷要求的情况下,选择最经济合理的电源系统接线方案。设计中需考虑以下因素:

(1) 电源电压的选择。

(2) 变电所的位置与数量的确定。

<sup>①</sup> 独立电源是指若干电源中,任一电源因故障而停止供电时,不影响其他电源继续供电。同时具备两个条件的发电厂、变电所的不同母线段均属独立电源。每段母线的电源来自不同的发电机;母线段之间无联系,或虽有联系但在其中一段发生故障时,能自动断开联系,不影响其余母线段继续供电。

<sup>②</sup> 独立电源点是指若干独立电源来自不同的地点。任一电源点因故障而停止供电时,不影响其他电源点继续供电。两个发电厂、一个发电厂和一个地区电网或一个电力系统中的两个区域性变电所都属于两个独立电源点。

- (3) 变压器的容量与台数的确定。
- (4) 电源的选用。
- (5) 接线方案。
- (6) 进线方向。
- (7) 用户总降压变电所距系统接入点的距离。
- (8) 出线走廊。
- (9) 每回线输送容量。
- (10) 技术经济比较。

#### (一) 对高压供配电系统的要求

(1) 安全性。包括人身、设备和财产安全。

(2) 可靠性。根据用户的性质,保证供电的连续性。对于一级负荷应有两个独立电压;对二级负荷一般要有两个电源。

(3) 操作简单。在满足系统要求的前提下,操作应尽量简单。

(4) 维修方便。

(5) 灵活性。包括运行的灵活性及发展和扩建的适应性。

(6) 基建投资。在保证以上的五条都满足的前提下,尽可能压缩基建投资。

#### (二) 供电系统设计的一般原则

(1) 电源一般取自电力系统,也可取自企业自发电系统。

(2) 每一企业一般应有两回独立电源线路,当任一回路因发生故障停止供电时,另一回路应能担负企业的全部一类负荷及部分二类负荷的供电。

(3) 由两回及以上线路供电时,其中一回停止运行,其余线路应保证全部一类负荷的供电,对其他用电负荷应保证其全部负荷的75%的供电。

(4) 企业送电线路的导线均应按经济电流密度选择,按允许电压损失及允许载流量的条件验算。

### 二、电力系统的电压选择

供电电源电压主要是根据负荷大小、供电距离,以及地区电网可能供电的电源电压,与电力部门协商确定。

一般大型企业可选用110 kV,中小型企业可选用35 kV或10(6) kV电源电压,作为向企业供电的电源电压。一般企业可选用一种或两种供电电压。选用较高的供电电压可减少电能损耗,节约有色金属,提高供电质量,但要增加设备投资费用。如果有两种以上电压均满足供电要求时,则应进行技术经济比较并结合企业发展规划,择优确定。

目前向企业供电的地区变电所,电压等级一般是35 kV,考虑发展或距离较远时地区变电所可采用110 kV电压向企业供电,企业供电电压是6~10 kV及以

下的电压。线路电压等级与输送容量及输送距离的关系见表1-2所示。

### 三、配电方式

在有几个电源点可供选择时,在技术条件允许的情况下,尽可能选择距离较近的电源点,同时要考虑是否有合理的出线走廊,电源点的容量是否满足要求。对于大中型企业的35 kV变电所,电源点可选择两个相对独立的110 kV或220 kV系统电源点接入系统。也可选择一个110 kV点,一个35 kV点接入,也可以取自同一个110 kV变电所的两段母线。如距自备电厂较近,35 kV电源线也可由自备电厂的35 kV母线直接接入。

表 1-2 线路电压等级与输送容量及输送距离的关系

线路额定电压 (kV)	输送容量 (MW)	输送距离 (km)
0.38	<0.1	<0.6
3	0.1~1.0	3~1
6	0.1~1.2	15~4
10	0.2~2.0	20~6
35	2.0~10.0	50~20
110	10.0~50.0	150~50
220	100.0~300.0	300~100
330	200.0~1000.0	600~200
500	800.0~2000.0	1000~400
750		

供电系统的接线方式按网络接线布置方式可分为放射式、树干式、环式及两端供电式等接线系统;按其网络接线运行方式可分为开式和闭式网络接线系统;按对负荷供电可靠性的要求可分为无备用和有备用接线系统。在有备用接线系统中,其中一回路发生故障时,其余回路能保证全部供电的称为完全备用系统;如果只能保证对重要用户供电的,则称为不完全备用系统。备用系统的投入方式可分为手动投入,自动投入和经常投入等几种。

#### 1. 无备用系统的接线

无备用系统接线如图1-2所示,其中图1-2(a)为直接联接的干线式,图1-2(b)为串联型干线式。

无备用系统接线简单、运行方便、易于发现故障,缺点是供电可靠性差。所以这种接线主要用于对三级负荷和一部分次要的二级负荷供电。

干线式的主要优点是线路总长度较短,造价较低,

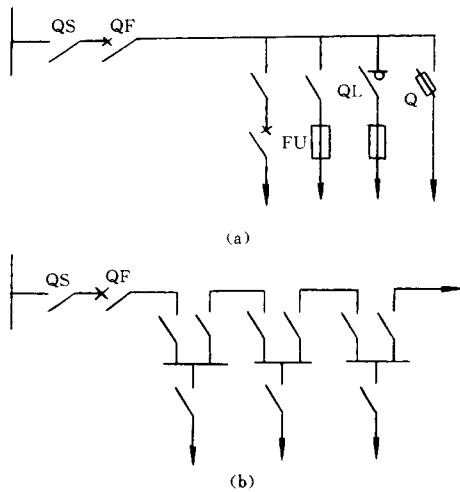


图 1-2 无备用系统接线

(a) 直接联接的干线式；(b) 串联型树干式

可节约有色金属；由于最大负荷一般不同时出现，系统中的电压波动和电能损失较小；电源出线回路数少，可节省设备。缺点是前段线路公用，增多了故障停电的可能性。串联型树干式因干线的可进出侧均安装隔离开关，当发生事故时，可在找到故障点后，拉开相应的隔离开关继续供电，从而缩小停电范围。树干式接线为了有选择性地切除线路故障，各段需设置断路器和继电保护装置，使投资增加，而且保护整定时间增长，延长了故障的存在时间，增加了电气设备故障时的负担。

以上接线方式的优缺点，根据系统具体条件而有所不同。在确定供电系统接线方案时，主要取决于起主导作用的优缺点。

## 2. 有备用系统的接线

有备用系统的接线方式有双回路放射式，双回路树干式，环式和两端供电式等，如图1-3~图1-5所示。

它们的主要优点是供电可靠性高，正常时供电电压质量好。但是设备多，投资大。

(1) 双回路放射式。由于每个用户用双回路供电，故线路总长度长；电源出线回路数和所用开关设备多，投资大；如果负荷不大，常会造成有色金属的浪费。优点是当双回路同时工作时，可减少线路上的功率损失和电压损失。这种接线适用于负荷大或独立的重要用户。

对于容量大，而且特别重要的用户，可采用图1-3(b)所示的母线用断路器分段的接线，从而可以实现自动切换，提高供电系统的可靠性。

(2) 环式。环式接线系统所用设备少；各线路途径

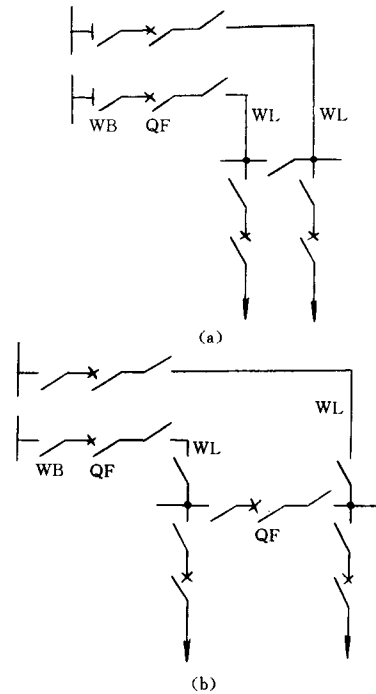


图 1-3 双回路放射式接线

(a) 母线用隔离开关分段；

(b) 母线用断路器分段

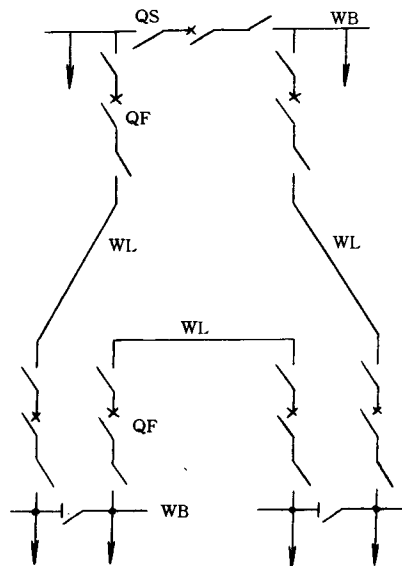


图 1-4 环式接线

不同，不易同时发生故障，故可靠性较高且运行灵活；因负荷有两条线路负担，故负荷波动时电压比较稳定。缺点是故障时线路较长，电压损失大（特别是靠近电源



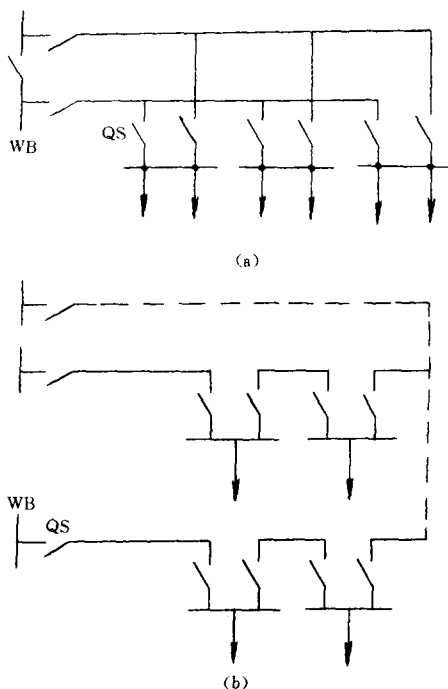


图 1-5 双回路树干式接线

(a) 双回路树干式; (b) 公共备用树干式

附近段故障)。因环式线路的导线截面应按故障情况下能担负环网全部负荷考虑,所以有色金属消耗量增加(如图1-4所示),两个负荷大小相差越悬殊,其消耗就越大。故这种系统适于负荷容量相差不大,所处地位均离电源较远,而彼此较近及设备较好的用户。

两端供电式网络和环式具有大致相同的特点,比较经济。但必须具有两个以上独立电源且与各负荷点的相对位置合适。

(3) 双回路树干式。双回路树干式接线如图1-5(a)所示。它较双回路放射式线路短,比环式长,所需设备较放射式少,但继电保护较放射式复杂。

应该指出,供电系统的接线方式并不是一成不变的,可根据具体情况在基本类型接线的基础上进行改革演变,以期达到技术经济指标最为合理。如图1-5(b)为公共备用树干式接线,即为双回树干式的演变。

## 第五节 10~35 kV 变电站

### 一、变电所位置的确定

变电所的所址选择也分为规划选所和工程选所两个阶段。所址选择应按审定的本地区电力系统远景发

展规划,综合考虑网络结构、负荷分布、城建规划、土地征用、出线走廊、交通运输、水文地质、环境影响、地震烈度和职工生活条件等因素,通过技术经济比较和经济效益分析,然后选择最佳方案。具体原则有以下几种。

(1) 变电所的设立要有利于电力系统运行性能的提高,便于系统的控制和管理;110 kV 及以下变电所应接近负荷中心。

(2) 注意节约用地,尽量不占或少占耕地,减少拆迁。

(3) 充分考虑出线条件,避免或减少相互交叉跨越。

(4) 所址应有适宜的地质条件,避开滑坡、滚石、洞穴、明暗河塘、岸边冲刷区等不良的地质结构。

(5) 交通运输方便。

(6) 应有满足生产和生活用水需要的可靠水源。

(7) 所址不宜设在大气严重污秽地区和严重盐雾地区。

(8) 选址时应注意变电所与邻近设施的相互影响,如军事设施、通信电台、飞机场、导航台、风景旅游区等,应与有关部门达成协议。

(9) 所址的选择应考虑职工生活的方便。

(10) 所址位置必将影响企业供电系统的接线方式,送电线路的规格与布局,电网损失和投资的大小,故所址位置的选择应与企业各变电所的数量、容量、用户负荷的分配同时考虑,亦应避免电力倒流。对于相近方案则应进行技术经济比较,择优确定。

### 二、主变压器选择原则

为了调压和降低电能损耗,10~35 kV 降压变电站的主变压器应首先选用有载调压变压器。

#### 1. 35 kV 主变压器的选择

(1) 主变压器的台数和容量,应根据地区供电条件、负荷性质、用电容量和运行方式等条件综合考虑并确定。

(2) 在有一、二级负荷的变电所中,宜装设两台主变压器。当在技术经济上比较合理时,主变压器台数也可多于两台。当变电所中从、低压侧电力网就能取得足够容量的备用电源时,可装设一台主变压器。

(3) 装有两台及以上主变压器的变电所中,当断开一台时,其余主变压器的容量应保证用户的一级负荷及部分二级负荷且一般不应小于60%。

(4) 具有三种电压的变电所中,如通过主变压器各侧绕组的功率均达到该变压器容量的15%以上,主变压器宜采用三绕组变压器。

#### 2. 10 kV 配电变压器的选择