

现代建筑电气设计《指南

● 陈元丽 编著



XIA
JIANZHU
DIANQI
SHEJI
ZHINAN



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

现代建筑电气设计《 指南

● 陈元丽 编著



XIANL
JIANZHU
DIANQI
SHEJI
ZHIINAN



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书依据国家颁布的各种最新建筑电气设计规范及建筑电气执业资格考试大纲的内容进行修订编写,使之更贴近现代建筑电气设计的要求。本书比较全面系统地介绍变配电、控制、照明、线路、防雷、通信、保安、自动化管理等各种新型设备及规格;提供建筑电气设计中的新技术,着重介绍现代建筑的供配电特点及系统设计要求;线路截面按保护配合、载流量、热稳定、电压损失、单相接地短路动作灵敏度等要求选择;照明设计应按照度、色温、显色指数、眩光指数、节能控制等选型;介绍了各种接地保护,增加了10~35kV小电流接地系统引起的高低电压接地保护方式的改变。同时介绍了各种自动化控制、电动机的调速和成百幅的集中控制、就地控制及BA系统控制图,概括了高层建筑中比较完整的现代化的各类控制,以通俗易懂的方式介绍了从通信自动化到综合布线系统设计的最新资料。

本书可供建筑电气设计、施工、维护管理等人员作为日常工作及执业资格考试的必备工具书,也可供变配电设备生产厂家技术人员及大专院校建筑电气专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代建筑电气设计指南/陈元丽编著. —北京:中国水利水电出版社, 2007

ISBN 978-7-5084-4444-4

I. 现… II. 陈… III. 房屋建筑设备:电气设备—建筑设计—指南 IV. TU85-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第026199号

书 名	现代建筑电气设计指南
作 者	陈元丽 编著
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	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1192mm 16开本 48.75印张 1835千字
版 次	2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	98.00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

前 言

自 2004 年至今,常用的建筑电气设计规范作了比较大的修改,如 GB50034—2004《建筑照明设计标准》(2004 年版)、GB50057—94《建筑物防雷设计规范》(2004 年版)、GB50343—2004《建筑物的电子信息系统防雷设计规范》(2004 年版)、GB50045—95《高层民用建筑设计防火规范》(2005 年版)等新规范的发布,使建筑电气设计中常用的规程规范有较大的变化。因本书是融现阶段设计规范、新产品及现代建筑电气设计手法于一体的工具书,所以随着规范的修订,同时结合建筑电气专业的执业资格考试大纲的内容,乘再版之机对本书增加了很多新的章节,使其更贴近智能建筑电气设计的要求,同时也可作为资格考试必备的参考书。

本书仍保留了原有的风格及主要内容,以便读者阅读此书,能做出简单的、复杂的、大型的民用建筑电气设计,对设计、施工工作者,维修和管理人员,以及建筑电气专业的师生都将具有指导及参考价值。

本书稿经周南星教授审阅,对章节及内容安排上提出了很多宝贵意见,对文字也作了严格的修正,在此谨表感谢。

在本书再版中,很多同志提供了许多有用的资料、设计实例、也参与了部分编写及整理工作,他们是(以参与本书工作的先后为序):黄玉玺、孙晓凌、黄磊、李明、陈勇、吴辉、贺红、李波、李正红、吴琦、杨帆、张虹、徐亚明、李奇、陈利园、陈东明、李德方、齐正扬、施耐寒、朴正方、王亚芳、徐明珠、张琪新、张琴、徐启明、孙健、钱华、钱仲凡、陆明玲、刘亚芳、刘莉、武国栋、吴慧、吴小松等同志。

由于作者水平有限,收集和掌握的资料不够充分,本书难免存在着一些缺点和错误,恳切希望读者批评指正。

作者

2007 年 5 月

目 录

前言

第一章 绪论 1

第一节 建筑电气设计应贯彻 经济合理的原则 1

第二节 建筑电气设计应贯彻环境 保护的原则 1

- 一、涉及建筑电气设计的污染源 1
- 二、减少污染的措施 1
- 三、环保对建筑电气审批的内容及要求 2

第三节 建筑电气设计应贯彻安全的原则 2

- 一、预防直接接触电的措施 2
- 二、预防间接接触电的措施 2
- 三、电击电流对人体的生理效应 3
- 四、预防跨步电压和接触电位的措施 3
- 五、在危险环境中电力装置的特殊设计要求 4
- 六、电气设备防误操作的措施 4
- 七、建筑电气设计中的防火要求 4

第四节 建筑电气设计应贯彻节能的原则 4

- 一、建筑电气设计节能的原则 4
- 二、建筑电气节能的途径 4

第二章 供电 8

第一节 民用建筑的负荷估算及统计 8

- 一、单体建筑的负荷估算及统计 8
- 二、小区规划的负荷估算 12

第二节 负荷计算 13

- 一、负荷计算的实用性及正确性 13
- 二、设备容量的确定 14
- 三、按需要系数法确定计算负荷 15
- 四、按二项式系数法确定计算负荷 18
- 五、按利用系数法确定计算负荷 18
- 六、线路损耗 21
- 七、变压器损耗 22
- 八、尖峰电流计算 23

第三节 无功功率补偿 24

- 一、无功功率补偿的意义 24
- 二、提高用电设备的自然功率因数 24
- 三、补偿装置的安装位置 25
- 四、高低压补偿容量的分配 26
- 五、无功补偿容量的计算 26
- 六、电容器的构造、容量及规格 28
- 七、高次谐波对电容器的影响及其防止措施 29
- 八、补偿电容器放电电阻的计算 29

九、补偿电容器在线路上的连接 30

十、无功补偿装置的自动投切 31

第四节 负荷分级及供电要求 31

- 一、负荷分级 31
- 二、各级负荷的供电要求 34
- 三、电压等级的选择 34
- 四、供电质量 34

第五节 自备电源 36

- 一、自备电源的种类及用途 36
- 二、自备电源容量的确定 37
- 三、柴油发电机组的性能及规格 37
- 四、柴油发电机组的容量及台数选择 37
- 五、柴油发电机组安装 39
- 六、柴油发电机组的供电方式 40

第三章 配电 43

第一节 变压器容量及台数的选择 43

- 一、变压器选型的原则 43
- 二、变压器台数的选择 43
- 三、变压器容量的选择 44
- 四、常用变压器规格 44

第二节 高压侧一次接线 49

- 一、一次接线的设计原则 49
- 二、树干式接线 49
- 三、环网接线 50
- 四、一路电源进线，单母线不分段接线 53
- 五、二路电源进线、一用一备、组成单母线
不分段接线（明备用） 55
- 六、二路进线、同时工作、
互为备用（暗备用） 62
- 七、桥形接线 64
- 八、双母线不分段与分段接线 64
- 九、带有旁路母线的接线 65

第三节 低压侧一次接线 65

- 一、低压侧一次接线的设计原则 65
- 二、单母线不分段接线 65
- 三、单母线分段接线 65
- 四、单母线分段、设有重要母线及
必保母线的接线 66
- 五、低压配电柜的选型 67
- 六、供电竖井系统图 67

第四节 短路电流计算 78

- 一、短路对系统运行的影响 78

二、短路及常用短路电流名称的含义	78
三、标么值	79
四、高压侧 (6.3、10.5、37kV) 三相 短路电流计算	81
五、高压侧 (6.3、10.5、37kV) 二相 短路电流计算	83
六、高压侧 (6.3、10.5、37kV) 单相接地时的 短路电容电流计算	83
七、低压侧 (0.4、0.23kV) 三相短路 电流计算	84
八、低压侧 (0.23kV) 单相接地短路 电流计算	88
第五节 高低压设备选型及短路效应校验	92
一、高低压设备选型	92
二、设备选型应验算的项目及计算公式	93
三、电气设备的短路效应校验	97
第四章 变配电所	104
第一节 变配电所所址选择	104
一、35/10~6kV 变配电所所址选择的原则	104
二、35~6/0.4kV 变配电所所址选择的原则	104
第二节 变配电所的型式及布置原则	105
一、变配电所型式	105
二、变配电所布置原则	105
第三节 变电所的布置	106
一、35/10~6kV 户外变电所区的布置	106
二、35~6/0.4kV 露天 (半露天) 变电所的布置	107
三、独立变电所及附设变电所的布置	107
四、室内变电所的布置	108
五、室外箱式变电站的布置	110
六、杆上变电台的布置要求	110
第四节 配电室及控制室的布置	111
一、35kV 配电室布置	111
二、3~10kV 配电室布置	113
三、低压配电室布置	115
四、静电电容器室布置	115
五、控制室布置	116
六、配电装置中安全净距的确定及校验方法	116
第五节 变配电所对土建、水暖等 工种的要求	117
第六节 特殊地区的变配电所布置	118
一、高原地区的变配电所布置	118
二、污秽地区的变配电所布置	118
三、具有火灾及爆炸危险环境的变配 电所布置	119
四、高烈度地震区的变配电所布置	119
第五章 电流互感器、电压互感器 及二次设备	120
第一节 电流互感器及二次电流回路	120

一、电流互感器选择	120
二、电流互感器允许误差校验	121
三、电流互感器二次电流回路	124
第二节 电压互感器及二次电压回路	127
一、电压互感器的误差	127
二、电压互感器的接线方式	127
三、电压互感器的选择	128
四、误差判别	128
五、电压互感器二次回路接线原则	128
第三节 二次回路的保护及设备	128
一、二次回路的保护	128
二、二次回路的绝缘导线及电缆的选择	129
三、控制屏, 信号屏, 继电器屏的设计	129
四、二次回路设备	130
第六章 变配电所继电保护及自动装置	136
第一节 变配电设备的继电保护	136
一、继电保护的基本要求	136
二、变压器的继电保护配置及整定计算	137
三、电力电容器的继电保护配置及整定计算	143
四、母线的继电保护配置及整定计算	145
五、小电流接地系统的母线及出线 的绝缘监视	148
六、3kV 及以上电动机的继电保护 配置及整定计算	149
第二节 线路的继电保护	154
一、3~35kV 线路的保护配置	154
二、3~35kV 线路保护装置的整定计算	155
三、直动及去分流方式的继电保护	161
第三节 自动重合闸及备用电源 自动投入装置	165
一、自动重合闸装置 (ARC)	165
二、备用电源自动投入装置 (AAT)	169
第四节 变配电所综合自动化系统	173
一、综合自动化系统的设备配置	173
二、监控站	174
三、传输线路及网卡 (I/O)	175
四、网络结构	176
五、综合自动化系统的软件及外部设备	176
六、综合自动化系统的设计内容	178
七、综合自动化系统的供电电源	178
第五节 控制、信号、测量系统	179
一、二次接线内容	179
二、控制系统	179
三、信号系统	185
四、测量和计量系统	188
五、测量、计量、运行及事故信号采用 BA 系统 或单独设置微机监控系统	193
六、变配电所集中控制系统的集成	193
七、进线回路的二次接线	193

八、供变压器回路的二次接线	196	六、电缆架空敷设	275
九、供静电容器回路的二次接线	199	七、室外电缆敷设的安全接地	276
第七章 变电所的操作电源	201	第二节 架空线路	276
第一节 所用电及二次回路容量估算	201	一、架空线路的截面选择	276
一、所用电容量的配置	201	二、架空线路与建筑物及各种 设施的安全间距	277
二、操作电源种类	201	三、架空线路的基本尺寸	277
三、二次容量的估算	201	四、架空线路的弧垂及应力计算	281
第二节 交流操作电源	201	五、架空线路的防振	285
第三节 直流操作电源	202	六、架空线路导线的风偏校验	286
一、成套直流操作电源	202	七、绝缘子和横担选择	286
二、采用蓄电池的直流操作电源	203	八、电杆强度计算	290
三、硅整流电容储能的直流操作电源	212	九、电杆的基础计算	293
第八章 低压配电线路	216	十、拉线及拉线盘的计算	295
第一节 导线选型及截面选择	216	十一、沿建筑物外墙敷设的低压线路	296
一、按使用环境及用途选择线型	216	第三节 室内布线	296
二、线缆的绝缘水平选择	220	一、瓷(塑料)线夹、瓷柱及针式 绝缘子敷线	297
三、线缆的持续载流量	220	二、塑料绝缘护套线沿墙、沿平顶明敷	297
四、导线截面选择	238	三、绝缘导线穿金属管明敷或暗敷	297
第二节 线路电压损失	239	四、塑料绝缘线穿塑料管明敷或暗敷	299
一、电压偏差允许值	239	五、线槽布线	299
二、供电线路上电压损失的分配	239	六、电缆布线	301
三、线路阻抗值	239	七、紧密母线布线	303
四、线路的电压损失	243	八、竖井中布线	305
第三节 低压配电线路保护	250	第四节 特殊场所及环境的线路敷设	307
一、保护配置及装设要求	250	一、特殊场所的线路敷设	307
二、低压电器设备选型	252	二、爆炸和火灾危险环境的线路敷设	307
三、熔断器作过电流及过负荷保护	252	第十章 电力与控制	309
四、空气断路器作过电流及过负荷保护	254	第一节 电动机起动压降及起动方式	309
五、保护装置与配电线路截面的配合	260	一、民用建筑中电力控制的基本原则	309
第四节 接地故障保护	260	二、电动机直接起动的条件	309
一、TN系统的接地故障保护	261	三、电动机起动压降计算	310
二、TT系统的单相接地故障保护	263	四、电动机降压起动方式	311
三、IT系统的接地故障保护	264	五、电动机的调速	318
四、低压系统线路选型及保护整定计算实例	264	六、电动机的保护	323
第五节 漏电保护	266	七、电动机常用的控制设备规格	323
一、漏电保护器整定电流及时间的选择	266	第二节 给水泵控制	328
二、系统的正常泄漏电流要小于漏电保护器的 额定不动作电流	267	一、生活水泵对电源的要求	328
三、漏电保护器的选型	267	二、备用电源自投控制	328
第六节 中性线保护	270	三、水泵按水箱的水位进行控制	329
一、不同系统中中性线上开关的设置	270	四、水泵采用变频调速控制	336
二、中性线断线保护	270	五、生活水泵纳入BA系统时的控制	339
第九章 线路敷设	272	第三节 排水及排污泵的控制	339
第一节 室外电缆线路	272	一、按液位信号控制排水泵的起停	339
一、电缆线路敷设要求	272	二、按液位信号控制排污泵的起停	340
二、电缆直接埋地敷设	272	第四节 舒适性空调	342
三、电缆在地沟中敷设	273	一、分散空调的供电	342
四、电缆在隧道中敷设	275	二、集中空调的简易原理	342
五、电缆在排管内敷设	275		

三、制冷机组控制	343
四、冷冻水泵、冷却水泵及冷却塔	
风机的控制	343
五、风机盘管的控制及供电	347
六、新风系统的控制	347
七、空气处理机组的控制	353
八、制冷系统的旁通电磁阀控制	356
第五节 高低温冷藏库的控制	358
一、冷库的分类及工艺概况	358
二、压缩机的控制	360
三、氨泵系统的控制	372
四、库房温度控制	375
五、融霜控制	387
六、冷却水的自动控制	391
七、辅助设备的控制及信号	397
八、局部自控及全自控	411
九、冷库供电	416
第六节 消防设备的控制	418
一、消防设备的供电要求	418
二、水消防控制	419
三、防排烟风机控制	421
四、防火卷帘的控制	426
五、消防梯的供电	428
第十一章 照明	429
第一节 照明方式及分类	429
一、照明设计的一般要求	429
二、照明常用的物理量纲	429
三、照明方式	431
四、照明种类	432
第二节 光源	435
一、光源分类	435
二、白炽灯	435
三、卤钨灯	435
四、荧光灯	438
五、荧光高压汞灯	438
六、自整流荧光高压汞灯	442
七、金属卤化物灯	442
八、高压钠灯	443
九、低压钠灯	445
十、氙气灯	446
十一、混光灯	446
十二、光源的选择	446
第三节 灯具	448
一、灯具的光学特性	448
二、灯具的分类	449
三、灯具选型	451
第四节 照明的控制与节能	451
一、照明控制的基本原则	451
二、照明控制系统	451

三、各类光源的调光设备	452
四、照明节能	453
第五节 照明质量	456
一、照度与照度的均匀度	456
二、阴影处理	457
三、亮度分布	457
四、眩光限制	457
五、合适的色温	460
六、必要的显色指数	460
第六节 照度计算	469
一、照度标准	469
二、单位容量法	469
三、利用系数法	471
四、点光源逐点法计算	473
五、荧光灯按点光源逐点法计算	488
六、线光源逐点法计算	489
七、发光天棚照明装置的计算	490
八、暗槽灯照明装置的计算	491
九、花灯照明装置的计算	493
十、投光灯的照度计算	493
第七节 各类民用建筑的照明要点	500
一、商场	500
二、办公用房	501
三、教学用房	502
四、医疗建筑	503
五、车站、港口、航空港	504
六、体育照明	504
七、影剧院照明	506
八、宾馆照明	508
九、车库照明及控制	509
十、冷藏库照明	510
十一、室外景观照明	511
十二、小区道路及广场照明	513
第十二章 防雷及过电压保护	514
第一节 雷的形成	514
一、雷云的产生	514
二、雷云放电形式	514
三、雷云放电过程	514
第二节 雷电参数	515
一、雷电流幅值	515
二、雷电流陡度	516
三、雷电的其他参数	516
第三节 雷击的选择性	516
一、雷暴日	516
二、平原地区雷击的选择性	516
三、山区雷击的选择性	517
第四节 雷电效应	517
一、雷电流的热效应	517
二、雷电流的机械效应	517

三、防雷装置上的高电位对建筑物等的反击	518	五、程控用户交换机的电源	585
四、跨步电压及接触电压	518	六、电话机房的配线架及线缆布局	587
五、静电感应及电磁感应	519	七、机房接地	588
六、架空线路的高电位引入	519	八、机房布局要求	588
第五节 建筑物的防雷	519	第二节 通信系统	589
一、建筑物的防雷分类	519	一、通信网的组成	589
二、第一类防雷建筑物的防雷措施	520	二、通信传输线路	594
三、第二类防雷建筑物的防雷措施	523	三、设计举例	609
四、第三类防雷建筑物的防雷措施	525	第三节 办公自动化系统	612
五、其他防雷措施	526	一、话音信箱及传真业务	612
六、建筑物防雷措施汇总	527	二、电子信箱	612
七、建筑物的防雷装置及安装	529	三、无绳电话	613
八、避雷针的保护范围计算	530	四、可视图文	614
九、避雷线的保护范围计算	532	五、会议电视系统的构成	614
第六节 电子信息系统的防雷	534	六、卫星通信系统	616
一、具有电子信息系统的建筑物应有		七、可视电话	617
相应的防雷措施	534	第十四章 有线电视系统	618
二、防信号线路的雷电波侵入	534	第一节 有线电视系统的性能指标	618
三、防电源进线处避雷器的斩波		一、国家标准	618
残压及电磁效应过电压	535	二、系统规模及收视质量的分类	619
四、雷电磁场强度在建筑物内的衰减计算	536	三、系统主要技术指标的物理含义	619
五、电涌保护器(SPD)的选择	538	四、系统各部件的技术指标	622
六、SPD的接线示例	552	第二节 共用天线电视系统	632
七、电子信息系统的接地	552	一、前端	632
第七节 电力设备的防雷	555	二、干线传输	637
一、35kV及以下架空线路的防雷	555	三、分配分支系统	638
二、35kV变配电所的防雷	555	第三节 有线电视系统	639
三、3~10kV变配电所的防雷	557	一、有线电视系统的特点	639
四、旋转电机的防雷	558	二、用户处有线电视系统的设计	641
五、避雷针、避雷线的保护范围计算	559	三、建筑物内小型卫星接收站	641
六、避雷器的选型	561	四、用户处有线电视的光缆传输	647
七、电力设备常用的避雷器	562	第四节 电视系统的安装、供电、	
第八节 接地	567	防雷、接地	653
一、接地种类	567	、电视系统的安装	653
二、接地装置	567	二、电视系统的供电	654
三、接地电阻的计算	569	三、电视系统的防雷接地	654
四、高阻率土壤降阻措施	572	第十五章 扩声音响系统	656
第九节 接地保护	574	第一节 扩声音响系统的主要设备	
一、保护接地范围	574	及应用类型	656
二、低压系统的接地保护	575	一、扩声音响系统常用的设备和功能	656
三、浴池、游泳池的接地保护	577	二、扩声音响系统的应用类型	656
四、手术室的接地保护	577	第二节 扩声音响系统的设计要点	657
五、电子设备的接地	578	一、扩声音响系统设计与建筑声学设计配合	657
第十三章 通信自动化系统	579	二、剧院扩声音响系统设计	
第一节 电话主机	579	对建筑专业的要求	657
一、用户数量的确定	579	三、扩声音响系统的技术指标	657
二、用户交换机容量及制式的选择	579	第三节 扩声音响系统的设计	660
三、中继方式及中继线路数量的选择	579	一、最大声压级的确定	660
四、程控用户交换机的选型	582	二、最佳混响时间的确定	660

三、扩声音响系统设备选型	660
四、音箱的布置	665
五、音控室位置选择及布置	665
六、限制噪声的措施	666
第四节 音箱、功率放大器的功率估算	666
一、音箱功率的估算	666
二、功率放大器的功率估算	667
三、功放与音箱的配接	668
第五节 扩声音响系统的供电	668
一、供电电源	668
二、线路敷设	669
三、接地	669
第六节 扩声音响系统设计示例	669
一、剧院的扩声音响系统	669
二、会议扩声音响系统	670
三、体育馆广播系统	670
四、宾馆的背景音乐系统	671
第十六章 火灾自动报警系统	673
第一节 建筑物的保护等级及保护范围	673
一、建筑物的防火等级	673
二、防火区及报警区域的划分	677
第二节 火灾自动报警的信号及联动装置	678
一、火灾探测器	678
二、手动火灾报警按钮	679
三、水消防信号	680
四、消防联动	680
五、消防通信	682
六、消防广播	682
第三节 火灾报警系统	683
一、区域控制系统	683
二、集中控制系统	684
三、区域—集中控制系统	684
四、控制中心系统	687
五、气体消防	687
六、漏电火灾报警系统	689
七、消防控制室、消防供电及布线	689
第四节 保安系统	690
一、煤气报警系统	690
二、闭路电视监控	690
三、住宅对讲防盗系统	698

第十七章 自动化管理系统	701
第一节 自动化管理系统的设置	701
一、自动化管理系统的组成	701
二、保安监控系统的处理方式	701
三、设置 BAS 系统应作可行性论证	702
第二节 设备自动化管理系统	703
一、设备自动化管理内容	703
二、设备监控点的类型	704
三、系统的网络结构	704
四、系统的硬件配置	705
五、系统的软件配置	706
六、BAS 系统产品简介	706
七、智能站 (DDC) 与被控设备的连接	714
八、控制室、电源及布线	722
第三节 其他自动化管理	722
一、车库自动化管理	722
二、商场计算机管理系统	723
第十八章 计算机网络与综合布线	726
第一节 计算机网络	726
一、网络的功能和分类	726
二、网络的通信协议	726
三、网络的操作系统	729
四、网络的硬件	730
五、网络的拓扑结构	732
六、局域网的组网技术	733
七、局域网的互联设备	738
第二节 综合布线	740
一、综合布线的特点	740
二、综合布线系统构成	740
三、综合布线系统设计	742
附录	744
附表 1 全国主要城市气象资料数据	744
附表 2 闪电击中安装在第一类防雷 建筑物上的防雷装置时所感应的 电压和能量的近似计算式	755
附表 3 国内应用电视系统中主要定型 设备产品一览表	756
附表 4 消防电气控制设备	765
参考文献	770

第一章 绪 论

在现代建筑电气设计中,除满足建筑功能的要求外,还应贯彻对环境保护的原则、贯彻对设备及人身安全的原则、贯彻节约能源的原则,也就是应严格执行现行的规程规范,使建筑电气设计达到在使用上合理、实用、安全;在技术上先进;在投资及运行费用上经济。

第一节 建筑电气设计应贯彻经济合理的原则

所谓合理,就是要在设计中采用先进的技术,新颖的设备,符合现行的规程规范。所谓经济,就是要在设计中考虑到既满足使用功能,又达到节约有色金属、节约能源、节约投资、节约运行费用的目的。

一个优秀的建筑电气设计,应该是贴切建筑物的功能要求,使其功能获得充分利用,同时又留有适当的发展余地,并尽可能地符合计划投资的比例,能达到节能、经济,又能使电气设备在规定的更新年代中使其物尽其用,以达到适时获得更新换代,真如量体裁衣,才能穿得得体,这才称得上是一个好的设计。若贪大、求全、求高,造成变压器闲置容量过多,长年负载率在 0.5 左右或以下,开关、导线、控制不切实际的偏高;或者相反,标准过低、容量偏小而不敷使用,都不是一个好的设计。在目前设计中往往是前者居多,希望电气设计也能做到百年不落后。对一个建筑物的外表,按其用途可设计得活泼或庄重、飘逸或典雅,具有民族特色和风格,不仅百年,可以几个世纪百看不厌。但其功能可是会随着生产、生活的发展而不断变化的,如饭店在 20 世纪 50、60 年代大部分是十几人住的集体房间,到 70 年代改成四五人住的小房间,条件好一点的,在房内还设有一台落地风扇;80 年代初期就改造成具有卫生设备的双人间,安装窗式空调器;90 年代则改成三星级饭店,房间增设系统空调、电话、冰箱;而新建的常是星级宾馆。建筑内部经常不断地进行装修改造,使其适应功能发展的需要,绝对不能在设计中贯彻超前意识而使其百年不变。建筑电器也应更新换代,因为设备本身也随着生产力的发展在自行更新,如变压器 50、60 年代的 SL 型铝芯变压器,体积大、能耗高;70 年代开始用 SL₇、S₇ 等油浸节能变压器;80 年代中后期开始采用进口干式变压器;90 年代起引进国外技术的国产干式变压器,能耗小、容量大、体积小,在高层建筑中已普遍采用。因此,电气设备应有使用年限

的要求,按制造规范,变压器的使用年限是 20 年,开关设备的使用年限是 12 年。机电设备应要求技术先进、节约能源、外型美观轻巧,但求在一定时期内耐用,而不是要求结结实实地用上百年。合理的设计应该考虑到在规定的使用年限中,使其充分利用,到达使用年限已将其用尽,便于设备更新,而不会因为可用而舍不得丢,造成技术落后,久而久之积重难返,反过来会影响生产的发展。

但怎样做到既贴切使用功能,又留有一定的发展余地呢?这虽是一个定量的要求,但却没有一部规范能确切地给出一个定量,因为它包含着生产、技术、生活的发展速度,它不是一个匀速运动,是无法用量来描述的。应靠国内国际经验的借鉴,个人知识的积累,严格执行规程规范,进行必要的计算和技术经济比较,才能作出技术先进、经济合理的设计。

第二节 建筑电气设计应贯彻环境保护的原则

电能是清洁的能源,但其供配电设备在运行过程中会对环境造成一定的污染,因此在电气设计中应采取必要的措施,以减少这些污染,保护周围的自然环境。

一、涉及建筑电气设计的污染源

(1) 柴油发电机在运行过程中产生的噪声。

1) 活塞式气缸在运行过程中产生的有节奏的振动及轰隆声,会影响人们的情绪,产生心烦意乱的感觉,更会使人无法入眠,造成疲倦。

2) 燃烧废气排出时的尖叫声,使人的神经产生紧张感。

3) 冷却及助燃用的空气进入及排出时的轰鸣声,久而久之会使人们的听觉衰退,产生耳鸣等症状,使听觉失聪。

(2) 变压器、气体放电灯的镇流器等,在运行过程中,由于硅钢片的振动而发出的嗡嗡声,最易造成人们的听觉疲劳,精神倦怠。

(3) 柴油发电机排出的燃烧废气中含有粉尘及硫化物、二氧化碳、一氧化碳等气体,会造成对大气的污染。

(4) 蓄电池室的清洗排污中含有大量的酸,会腐蚀建筑物,影响周围的花草等植物的生长。

二、减少污染的措施

(1) 在大型民用建筑及小区建筑群中,具有较大

容量的一级负荷时,常设置柴油发电机组作为自备电源,这些机组绝大部分设置在使用它的建筑物的地面一层,因此不可能远离宾馆的客房、写字楼的办公室、居民区的住房等,因此设计中应采用如下措施,尽量减少噪声及大气的污染。

1) 柴油发电机组的设置尽可能远离客房、办公室及居民区,机组应设置在可靠的防震基础上。

2) 废气排出管在出建筑物前设置消音器。

3) 空气进入及排出口部位设蜂窝状消音隔板,建筑面积允许时,可专设进气室,并与主机房之间设有尾部开口的隔墙,使进风的距离延长,以减少由于进风速度及进风量而引起的轰鸣声。

4) 采取上述措施后,噪声指标达不到表 2-49 的要求时,则面向居民区的墙面不开门窗或门窗采用门斗、双层玻璃等隔音措施,机房的墙壁设置带孔的泡沫塑料或纤维板等吸音贴面。

5) 尽量采用高效的柴油机,使柴油能充分燃烧,如使用零号柴油的机组,其排出的废气接近无色,排气口无需高出建筑物,只要出墙面即可。

当排出的废气对大气有较大的污染时,可将废气经过水处理后再释放到大气中。

(2) 设计中应选用低噪声的变压器,靠近客房及居民区的变压器可选用紧密结合的硅钢片铁芯、由聚酯整体浇铸的绕组集合而成的干式变压器,其噪声较低。

(3) 在三次谐波允许的条件下,气体放电灯尽可能采用电子镇流器。

(4) 蓄电池室排出的污水应经集水井用耐酸管道或明沟直接排至城市下水道或生活区、厂区的下水道。

三、环保对建筑电气审批的内容及要求

(1) 检查柴油发电机房的消声、防震的设计措施是否符合要求。其噪声的指标应符合表 2-49 的标准。

(2) 检查柴油发电机房的排烟措施,排气中的粉尘、一氧化碳、硫化物等含量是否符合大气卫生的要求。

(3) 检查蓄电池室排污的措施是否完善,是否可靠地排入各种下水道,并符合排放的标准。

第三节 建筑电气设计应贯彻安全的原则

电气安全主要包括人身安全及设备安全。人身安全是指从事工作与电气设备操作、使用过程中人员的安全;设备安全是指电气设备及有关的其他设备、建筑物的安全。

一、预防直接接触电的措施

当人体在地面或接地体上触及一相或二相导体而引起的触电事故,称直接接触事故。其中单相触电事故居多,约占总触电事故的 95% 以上。其预防措施

如下。

(1) 绝缘防护。电气设备及线路按电压等级选用相应绝缘水平的绝缘设施,以防人体直接接触及裸导体。

(2) 保证安全净距。设计应尽量保证裸导体及人体最大伸臂范围内的安全净距,见第四章第三节户内外高低压配电装置的安全净距。

(3) 采用护栏。当达不到安全净距时,应采用护栏保护,护栏至地面、护栏到导体之间的最小距离应符合变配电装置的规范要求,见第四章第三节。

(4) 采用特定的安全电压。在特殊的工作场所采用特定的安全电压。安全电压是以通过人体的允许安全电流及人体电阻的乘积为依据而确定的。在正常和故障情况下,任何两导体、任一导体与地之间的安全电压,对 50~100Hz 的交流有效不应超过 50V。我国安全电压标准规定的交流安全电压等级为:

1) 42V (空载上限 $\leq 50V$),可供有触电危险场所的手握式电动设备使用。

2) 36V (空载上限 $\leq 43V$),可供矿井、具有导电粉尘场所的行灯使用。

3) 24V、12V、6V (安载上限 $\leq 29V$ 、15V、8V),可供在大型锅炉内、发电机内工作的低压行灯使用,也可供游泳池等特别潮湿场所的水下照明、水泵等使用。

(5) 用漏电保护器作补充保护。它仅作为其他保护或使用者疏忽时的附加保护,漏电保护的動作电流一般取为 30mA。

二、预防间接触电的措施

当设备和线路绝缘受到损坏或发生接地短路时,在用电设备的金属外壳上就会带上危险电压,当人体触及这危险电压引起的触电事故,称为间接触电事故。其预防措施如下。

1. 自动切断电源

(1) TN 系统。按过电流保护装置的整定电流及整定时间(手握式设备为 0.4s,固定式设备为 5s)切除故障线路或故障设备,使通过人体的电流和时间的乘积小于 30mA·s。

若过电流保护达不到上述要求时,则设置漏电保护,漏电保护器后的用电设备金属外壳采用单独或组成的独立接地,组成 TN 系统中的 TT 系统,漏电保护器后的线路和设备不能再用电源的 PE 线,此后中性 N 也不能再接地。

(2) TT 系统。可利用它多级漏电保护快速切除故障线路和设备。

(3) IT 系统。单相接地短路保护设备不会动作,可减小保护接地电阻 R_0 ,使 $I_c R_0 \leq 50V$ 。

2. 采用等电位连接

TN 系统可用总等电位连接和层等电位连接,使人体站立点的电位与故障设备金属外壳上的电位接近

相等；对 TT 及 IT 系统可采用不接地的局部等电位连接，这样可使接触电位减至最小值，这是有效的安全措施之一。

3. 采用双重绝缘的设备或加强绝缘的线路
这类用电设备的金属外壳不能接地。

4. 电器隔离

常用隔离变压器等进电源隔离，接入隔离后的用电设备金属外壳不能与隔离前的电源 PE 线相连，而应采用不接地的等电位连接。

5. 设置不导电场所

常用于防微电击的场合，将工作区的地面、墙面与大地绝缘，在标称电压 500V 以下其绝缘电阻不小于 50kΩ，超过 500V 时为 100kΩ；应使用电器隔离后的电源及双重绝缘或加强绝缘的电气设备；电气隔离前的电源裸导体及用电设备的金属外壳都应在 2m 以外。

6. 采用 50V 及以下的低电压供电
以减小接触电流。

三、电击电流对人体的生理效应

1. 电伤与电击

直接接触电和间接接触电产生的触电电流，由于流过人体的部位不同，而对人体的伤害也不同，伤害的程度也不同。

(1) 电伤。是指触电时，人体与带电体接触不良部分发生的电弧灼伤、人体与带电体接触部位的烙印、被接触电流溶化和蒸发的金属微粒等侵入人体皮肤引起皮肤金属化，这些伤害会给人体留下伤痕，严重时也会致人于死地。电伤通常是流过人体皮肉的接触电流的热效应、化学效应和机械效应造成的。

(2) 电击。是指触电电流流经人体内部所造成的生理效应，如疼痛发麻、肌肉抽搐，严重的引起强烈痉挛、心肌颤动或停止呼吸，以及因心脏、呼吸系统、神经系统受到严重伤害而引起死亡。绝大部分的触电死亡事故是电击造成的。

2. 人体阻抗

电击电流的大小决定于接触电压及人体阻抗。

人体阻抗由人体内阻抗和皮肤阻抗两部分组成。

人体内阻抗主要是电阻，其值主要决定于电流路径，与触电接触面积的大小关系不大。

人体的皮肤阻抗是电阻与容抗的矢量和，它与接触电压、皮肤的湿度及完好性有很大的关系。当接触电压在 50V 及以下时，人体电阻决定于皮肤阻抗，当接触电压愈高，则皮肤阻抗愈低，人体阻抗决定于人体内阻抗；当皮肤潮湿或破损时，皮肤阻抗接近零。

3. 人体承受电击电流的极限值

(1) 人体能够摆脱触电体的电击电流值，称为摆脱阈值。

- 1) 交流 50~100Hz 的摆脱阈值为 10mA。
- 2) 频率愈高摆脱阈值也愈高，频率在 10~100kHz 时，摆脱阈值为 30~100mA。

3) 直流电流的摆脱阈值为 300mA。

(2) 不致因心室纤维颤动而产生死亡的安全值，它是通过人体的电击电流与时间的乘积。

1) 交流 50~100Hz 为 30mA·s，超过此值，常会引起心室纤维颤动而造成死亡。

2) 频率为 10~100kHz，当电击电流在数百毫安时，在低频区有麻刺的感觉，频率较高时有微热的感觉；频率超过 100kHz 时，既没有摆脱阈值，也没有因心室纤维颤动而死亡的记录。

3) 直流电击电流超过 300mA 时随着时间的延长，会产生可逆性的心律障碍、烧伤、眩晕、失去知觉。

四、预防跨步电压和接触电位的措施

(一) 跨步电压及预防措施

(1) 雷击时地中接地体流过雷电流，在它的周围产生地中流散电流，此流散电流离接地体愈远则愈小，因此地中电位也随着离接地体的远近而变，愈近接地体则电位愈高，约相距 20m 后，电位接近于零。因此当人横跨接地体时，人的两脚就跨在不同的电位上，跨步长度按常规为 0.8m，则在 0.8m 间的电位差就称跨步电压，此电压在雷雨天不应超过 12V，否则就有致命危险。

(2) 因此防雷接地体经过人行道或主要出入口时，必须深埋或地表面作绝缘处理，也可设均压带。

利用建筑物基础中钢筋作防雷接地体时，应与室内地面中的钢筋或钢丝网相连，室外引下线处常有人走动时设均压带；若室内地面中无钢筋或钢丝网则与室外一样设均压带，见第十二章防雷接地。

(二) 接触电位及预防措施

1. 接触电位

(1) 在接地引下线其电位高低是随雷击点到大地由大变小，因此各点的电位也不相同，当人手触及引下线时，其接触电位即为此点到地面的电压降，会有很高的电位。

(2) TN 系统的设备碰壳短路，其短路电流决定于相线及 PE 线的阻抗 (Z_P 、 Z_{PE})，因此故障设备的外壳电位 $U_n = Z_{PE} \cdot U_{Ph} / (Z_P + Z_{PE})$ 。当 PE 线与相线等截面，则 $U_n = 110V$ ；当 PE 线截面为相线的 1/2 或采用穿线钢管时，则 $U_n > 110V$ 。此电位也是接触电位。

(3) TT 系统的设备碰壳短路时，其短路电流决定于变压器及设备外壳的接地电阻。由于设备外壳的接地电阻达几十欧，而变压器的接地电阻仅 4Ω，因此故障设备的外壳电位接近相电压 (220V)。

2. 预防措施

(1) 室外杆塔等的避雷引下线，应设立明显的标志，以防人接触。对一些利用建筑物柱子中的钢筋作接地引下线时，应设置总等电位及层等电位连接，并将建筑物的梁、柱、板等钢筋连成一体，组成法拉第笼。

(2) 对 TN 系统的碰壳接地短路, 应利用过电流保护切除电源, 对手握式设备应在 0.4s 内切除, 对固定设备应在 5s 内切除。

(3) 对 TT 系统, 采用漏电保护及时切除故障设备的电源。

五、在危险环境中电力装置的特殊设计要求

1. 具有爆炸危险的场所

所有控制开关、保护电器应安装在爆炸区域范围外, 进入爆炸区的电源线路, 在防爆隔墙处应设置防爆隔板, 区内线路采用钢管明敷, 钢管连接的丝扣不少于 7 扣。可设防爆按钮及防爆灯具。

2. 具有可燃纤维与可导粉尘场所

室内线路穿管暗敷, 采用密封型电气设备。室外线路明敷时, 应采用较大爬电距离的绝缘子。对重要的 35/10~6kV 户外变配电应设置移动式带电水冲洗设备。

3. 高温、潮湿场所

采用低电压供电, 如游泳池的水下灯, 应采用 12V 电压供电; 设置漏电保护; 设总等电位及局部等电位连接。在高温场所还应校验导线的载流量。

六、电气设备防误操作的措施

(1) 高压隔离开关与断路器之间防误操作的机械或电气连锁, 只有当断路器开断时, 才能操作隔离开关的开闸、合闸, 用以防止隔离开关开断 3kV 及以上的高压电路而产生电弧, 灼伤人或致人死亡。

(2) 为防止误入 3kV 及以上高压配电间隔或高压配电柜, 设置顺序连锁及电气连锁。在配电间隔或高压柜中设接地刀闸, 油断路器开断时, 自动合上接地刀闸, 这时用机械连锁或顺序锁才能打开间隔或柜的门, 人才能进入, 以防人误入带电间隔或带电高压柜中, 造成人身安全事故。

(3) 具有两个独立电源供电的高低压分段母联, 在配电装置中没有设置同步合闸装置时, 其分段断路器或隔离开关(母联)必须与两个进线断路器连锁, 当二路进线同时工作时, 母线不准合闸; 一路进线工作时, 母联才允许手动或自动合闸。可采用电气连锁或机械连锁, 以防止非同步合闸而造成系统故障。

(4) 继电保护的闭锁装置, 用以避免由于二次线路的故障而使一次设备误动作, 影响供电的可靠性。如纵联差动保护随主线路敷设的辅助导线断路时的闭锁; 横联差动保护在单回线运行的自动退出保护; 低电压保护当电压互感器二次侧断线时的闭锁等。

七、建筑电气设计中的防火要求

建筑物火灾中有很多是由于电线走火引起的。供电线路由于绝缘局部损坏, 产生漏电流, 而此电流又不足以使保护装置切除故障线路, 时间长了会慢慢发热。若热量不易失散, 而此破损点又接近易燃的装修材料或其他易燃物体时, 达到这些物体的燃点温度, 就会引起火灾。因此要求施工完后严格检查各部分线路的绝缘电阻, 以确保线路绝缘的完好性。同时应按

高层建筑防火规范所规定的范围内设置漏电火灾报警系统(见第十六章)。

第四节 建筑电气设计应贯彻节能的原则

由于人口的增加、工业的发展、生活水平的提高, 能源的消耗量急剧增加, 能源危机也就迫在眉睫。因此, 各行各业提出节能的要求, 节约二次能源——电能, 也就成为民用建筑电气设计的焦点。

一、建筑电气设计节能的原则

建筑电气节能应坚持以下三个原则:

(1) 应满足建筑物的功能, 即满足照明的照度、色温、显色指数; 满足舒适性空调的温度及新风量, 即舒适卫生; 满足上下、左右的运输通道畅通无阻; 满足特殊工艺要求, 如游乐场所的一些电气设施的用电, 展厅的艺术照明及电力用电等。

(2) 节能应按国情考虑实际经济效益, 不能为了节能而过高地消耗投资, 增加运行费用。而是应该让增加的部分投资, 能在几年或较短的时间内可用节能减少的运行费用进行回收。

(3) 节能的着眼点, 应是节省无谓损耗的能量。首先找出哪些地方的能量消耗是与发挥建筑物的功能无关的, 再考虑采取什么措施节能。如变压器的功率损耗, 传输电能线路上的有功损耗, 都是无谓的能量消耗。又如量大面广的照明容量, 采用先进技术成果使其能耗降低。

因此节能措施也应贯彻实用、经济合理、技术先进的原则。

二、建筑电气节能的途径

(一) 减少变压器的有功功率损耗

变压器的有功损耗为

$$\Delta P_b = P_0 + P_k \beta^2 \quad (1-1)$$

式中 ΔP_b ——变压器有功损耗, kW;

P_0 ——变压器的空载损耗, kW;

P_k ——变压器的有载损耗, kW;

β ——变压器的负载率。

(1) P_0 部分空载损耗又称铁损。它是由铁芯的涡流损耗及漏磁损耗组成, 是固定不变的部分。它的大小随硅钢片的性能及铁芯制造工艺而定。所以变压器应选用节能型的, 如 S₀ 型及 SC 型等油浸变压器及干式变压器, 它们都是采用优质冷轧取向硅钢片, 由于“取向”处理, 使硅钢片的磁畴方向接近一致, 以减少铁芯的涡流损耗; 45°全斜接缝结构, 使接缝密合性能好, 以减少漏磁损耗。

(2) P_k 是功率转换时的损耗, 即变压器的线损, 决定于变压器绕组的电阻及流过绕组电流的大小, 即与负载率 β 的平方成正比。因此, 应选用阻值较小的绕组, 可采用铜芯线变压器。从 $P_k \beta^2$ 用微分求它的

极值,是在 $\beta=50\%$ 处每千瓦的负载,变压器的能耗最小,因此在80年代初中期设计的大型民用建筑,变压器的负载率绝大部分在50%左右,在实际使用中有一半变压器没有投入运行,这种做法有的设计人员一直沿袭至今。这仅是为了节能,而没有考虑经济价值。举下列例子可看出其不可取的程度。 $SC_3-2000kVA$ 的变压器,当 $\beta=50\%$ 时相对于 $\beta=85\%$ 时可节能为

$$P=16.01 \times (0.85^2 - 0.5^2) = 7.56 \text{ (kW)}$$

按商场最高用电小时计:每天12小时,365天则总节约电能为

$$W=7.56 \times 12 \times 365 = 33113 \text{ (kW} \cdot \text{h)}$$

营业性电价为0.78元/(kW·h),则每年节约
 $33113 \times 0.78 = 25828 \text{ (元)}$

按每千瓦的初装费计算投资:2000kVA的变压器应是大型民用建筑,必然是双电源进线,则初装费为2240元/kVA,每年节能省下的电费只能提供11.5kVA ($25828 \div 2240 = 11.53$) 初装费。还有988.5kVA的初装费,加上由于加大变压器容量而多付的变压器价格,由于变压器增加而使出线开关柜、母联柜增加引起的设备购置费,安装上述设备使土建面积增加而引起的土建费用,这是一笔相当可观的投资,还没有计及折旧维护等费用。由此可见,取变压器负载率为50%是得不偿失的。

事实上50%负载率仅减少了变压器的线损,并没有减少变压器的铁损,因此也不是最节能的措施。计及初装费、变压器、低压柜、土建的投资及各项运行费用,又要使变压器在使用期内预留适当的容量,变压器的负载率应在75%~85%为宜。这样也可做到物尽其用,因为变压器绝缘的使用年限满负荷计为20年,20年后可能有更好的变压器问世,这样就可以有机会更换新设备,使此建筑仍处于技术领先地位。

(3) 为减小变压器的损耗,当容量大而需要选用多台变压器时,在合理分配负荷的情况下,尽可能减少变压器的台数,选用大容量的变压器。例如需要装机容量为2000kVA,可选2台1000kVA,而不选4台500kVA,因为选用前者可节能: $\Delta P=4 \times (1.6+4.44) - 2 \times (2.45+7.45) = 9.62 \text{ kW}$ (全按 $\beta=100\%$ 计,同等条件, SC_3 变压器)。

在变压器选择中,能掌握好上述三点尺度,就满足了既节约能源,又经济合理的原则。

(二) 减少线路上的能量损耗

由于线路上存在电阻,有电流流过时,就会产生功率损耗,计算如下

$$\Delta P = 3I_c^2 R 10^{-3} \text{ (kW)} \quad (1-2)$$

式中 I_c ——相电流, A;

R ——线路电阻, Ω 。

【例1-1】在 $L=100\text{m}$ 的VV-3×50+1×25的电缆上传输60kW、 $\cos\varphi=0.8$ 的电,试求其有

功损耗量。

$$\text{解: } I_c = 60 / \sqrt{3} \times 0.38 \times 0.8 = 113.6 \text{ (A)}$$

芯线温度70℃的50mm铜芯电缆电阻 $r_0=0.44\Omega/\text{km}$,则

$$R = 0.1 \times 0.44 = 0.044 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= 3I_c^2 R 10^{-3} \\ &= 3 \times 113.6^2 \times 0.044 \times 10^{-3} \\ &= 1.704 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

从[例1-1]可看到,线路上的功率损耗相当于每6m的线路上接一个100W的灯泡。

在一个工程中,线路左右上下纵横交叉,小工程线路全长不下万米,大工程更是不计其数,所以线路上的总有功损耗是相当可观的,减少线路上的能耗必须引起设计者重视。

线路上的电流是不能改变的,要减少线路损耗,只有减小线路电阻。线路电阻 $R=\rho L/S$,即线路电阻与电导 ρ 成正比,与线路截面 S 成反比,与线路长度 L 成正比。因此,减少线路的损耗应从以下几方面入手:

(1) 应选用电导率 ρ 较小的材质作导线。铜线最佳,但又要贯彻节约用铜的原则,因此在负荷较大的二类、一类建筑中采用铜导线,在三类建筑或负荷量较小的建筑中采用铝导线。

(2) 减小导线长度。首先,线路尽可能走直线,少走弯路,以减小导线长度;其次,低压线路应不走或少走回头线,以减少来回线路上的能量损失;第三,变压器尽量接近负荷中心,以减小供电距离,因此当建筑物每层平面在1万 m^2 左右时,至少要设两个变配电所,层高超过24层时,应在高处设备层或避难层设置变配电所,以减小干线的长度;第四,在高层建筑中,低压配电室应靠近竖井,而且由低压配电室提供给每个竖井的干线,不致产生支线沿着干线倒送的现象。即低压配电室与竖井位置在布局上应使线路都往前送,尽可能减少回头输送电量的支线。

(3) 增大导线截面。首先对于比较长的线路,除满足载流量、热稳定、保护的配合及电压损失所选定的截面外,再加大一级导线截面,所增加的费用为 M ,由于节约能耗而减少的年运行费用为 m ,则 M/m 为回收年限。若回收年限为几个月或一、二年,则应加大一级导线截面。一般而言,导线截面小于70 mm^2 ,线路长度超过100m的,增加一级截面比较容易实现上述条件。其次利用某些季节性负荷的线路,这些用户不用时,可提供长期用户作供电线路用,以减小线路的电阻。例如将空调风机、风机盘管与照明、电开水等计费相同的负荷集中在一起,采用同一干线供电,既可便于用一个火警命令切除消防用电,又可在春秋两季空调不用时,同样大的干线截面传输较小的电流,从而减少了线路损耗,这就相当于充分利用了季节性负荷的线路。

在设计中,认真落实上述三条措施,就可减小线路上的能量损耗,达到了线路节能的目的。

(三) 提高系统的功率因数

减少无功在线路上传输,可减少线路上的有功损耗。

线路损耗的公式展开后得下列计算式

$$\begin{aligned}\Delta P &= 3I_{\Sigma}^2 R \times 10^{-3} \\ &= \left(\frac{P^2}{U_{\Sigma}^2} R + \frac{Q^2}{U_{\Sigma}^2} R \right) \times 10^{-3} (\text{kW}) \quad (1-3)\end{aligned}$$

式中 U_{Σ} ——线电压, V;

P ——有功功率, kW;

Q ——无功功率, kvar。

前项 $P^2 R / U_{\Sigma}^2$ 为线路上传输有功功率而引起的功率损耗,后项 $Q^2 R / U_{\Sigma}^2$ 为线路上传输无功而引起的功率损耗。有功功率是满足建筑物功能所必需的,因此是不可变的。系统中的用电设备,如电动机、变压器、线路、气体放电灯中的镇流器都具有电抗,会产生滞后的无功,需要从系统中引入超前的无功相抵消,这样超前的无功功率就从系统经高低压线路传输到用电设备,在线路上就产生了有功损耗,而这部分损耗是可以想办法改变的,其措施有以下几种:

(1) 提高设备的自然功率因数,以减少对超前无功的需求。办法是:采用功率因数较高的同步电动机;荧光灯可采用高次谐波系数低于 15% 的电子镇流器;使用电感镇流器的气体放电灯,可单灯安装电容器等。以上都可使自然功率因数提高到 0.85~0.95,从而减少系统经高低压线路传输的超前无功功率。

(2) 由于感抗产生的是滞后的无功,可采用电容器补偿,因为电容器产生的是超前的无功,两者可以相互抵消,即 $Q = Q_L - Q_C$ 。因此无功补偿,可以提高功率因数,同时也减少了无功的需求量。

(3) 无功补偿装置应就地安装,这样才能使线路上无功传输减少,达到节能的目的。

目前民用建筑设计中,绝大部分采用变压器低压侧或高压侧集中补偿,这种做法仅减少了区域变电站至用户处的高压线路上的无功传输,提高了用户处的功率因数,可以不受或少受电业局的罚款。而对用户,无功仍由变压器低压侧母线经传输线路输送到各用电点,低压线路上的无功传输并没有减少,那么无功补偿也就达不到使线路节能的目的。

在日本东京电力公司的法规规定,容量达 0.75kW 的电动机端,都要安装 30μF 的静电电容器,以减少由于线路上传输无功而引起的有功损耗。在我国即将颁布的《工业与民用供电设计规范》中规定,“容量较大,负荷平稳又长期使用的用电设备的无功负荷宜单独就地补偿”。陕西省“三电办”在 1989 年就规定“10kW 及以上的异步电动机,负荷较稳定的应采用就地补偿……”。我国目前生产的自愈式静电电容器的最小容量为 3kvar,可以使 7.5kW 及以上的

电动机无功获得就地补偿。

为什么常提到负荷较平稳的电动机可采用就地补偿,因为负载变动时电机端电压也变化,使电容器没有放完电又充电,这时电容器会产生无功浪涌电流,使电容器过流而损坏,因此断续负载,如电梯、自动扶梯、自动步行道等不应在电机端加装补偿电容器。另外如星—三角起动的异步电动机,也不能在电动机端安装补偿电容器,因为它在起动过程中有开路闭路瞬时转换,使电容器在放电瞬间又充电,也会使电容器过流而损坏。

因此,在民用建筑中应改变电容器集中安装的做法。对容量超过 10kW 的风机、水泵、传送带等电动机设置就地补偿装置;空调主机及冷冻泵等常在其附近设专用变配电所,可以集中补偿,但若供电距离超过 20m 时也最好采用就地补偿。

电动机就地补偿装置的接线有两种方式,见图 1-1 的接线图。将补偿电容器接在热元件的一次线后,热元件的整定电流应是补偿后的电机工作电流,这种接线适合新安装的电动机。图 1-2 接线是将补偿装置接在接触器后,热元件一次线前,这样热元件的整定电流与补偿装置无关,这种接线可用在进行改造的旧电动机上。

处理好上述三部分,即减少自然无功、无功补偿及补偿装置的安装地点,就完成了合理的无功补偿而达到节能的目的。

(四) 照明部分的节能

因为照明用电量大而面广,因此照明节能的潜力很大,应从下列几方面着手:

(1) 采用高效光源。过去白炽灯用得最广泛,因为它便宜,安装维护简单。但致命的弱点是发光率太低,因此目前常被各种发光率高、光色好、显色性能优异的

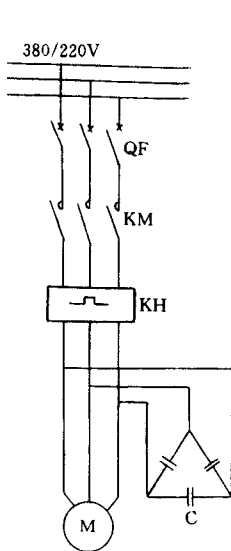


图 1-1 补偿电容器安装在电动机出线处 (一)

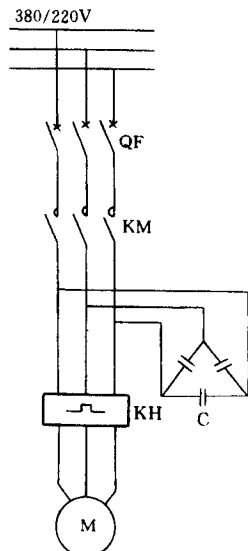


图 1-2 补偿电容器安装在电动机出线处 (二)

新光源代替。表 1-1 列出了各种光源每瓦的光通量。

表 1-1 光源每瓦产生的光通量值

光 源	白炽灯	荧光灯	三基色 荧光灯	稀土金 属荧光灯	荧光高 压汞灯
光通量 (lm/W)	7.3~ 18.6	38.6~ 50	83	57~75	31.5~ 52.5
光 源	自镇流高 压汞灯	金属卤 化物灯	高压钠灯	低压钠灯	
光通量 (lm/W)	11.5~30	60~88	75~105	100~175	

从表 1-1 中可看出低压钠灯、高压钠灯的发光率最高,但由于色温低,光色偏暖,显色指数在 40~60 之间,颜色失真度大,只能作路灯或广场照明用,其中显色指数在 60 的高显色性钠灯,可与汞灯组成混光灯用于工厂及体育馆照明;发光率很高的金属卤化物灯、三基色荧光灯及稀土金属荧光灯,由于色温范围广,自 3200~4000K,光色选择性好,显色指数又高,可达 80~92,颜色失真度小,尤其金属卤化物灯对人的皮肤显色性特别好,因此除了用作商场、展厅的照明外,还广泛用作候车室、候船室、候机楼以及舞台的灯光照明等;一般荧光灯及稀土金属荧光灯可用作写字楼、住宅的照明;荧光高压汞灯、自镇流高压汞灯、钠灯及三者互相组合的混光灯常用作生产厂房的照明。尽量不用或少用白炽灯,只有在局部艺术照明或防止高频光谱照射的古董字画照明中才使用,虽然它光色好,显色指数最高,但发光率太低,达不到节能的目的。

(2) 建筑物尽量利用自然采光。靠近室外部分的建筑面积,应将门窗开大,采用透光率较好的玻璃门窗,以达到充分利用自然光的目的。凡是可以利用自然光的这部分照明,可采用按照度标准检测现场照度,进行灯光自动调节。

对气体放电灯,采用灯光无级自动调节,即调节灯丝电流而达到调光的目的。这种方法代价太高,每套 36W 的灯管需要增加 2000~3000 元的造价,而节省下来的电能,其电价有限,因为这仅在白天日照较强时,一般在上午 10 时到下午 3~4 时这段时间内可减少一点人工照明,每支灯充其量节能 25%,若每天按 12 时,一年按 365 天计,则节省运行费用 $m = 36 \times 0.25 \times 12 \times 365 \times 0.78 \times 10^{-3} = 30.7$ (元),而增加控制的投资需要 2000~3000/30.7=65~97 年才能回收,这是没有实用意义的,这种调光装置在工作照明中为了节能而采用的方案是不可取的。它只适用于特殊条件下,如气象台、导航站等小面积控制室,要求室内的照度与室外自然光自动协调,才可采用这种调光设备。另外这种调光设备用于稀土金属荧光灯,其频闪效应使人眼不易接受。对充分利用自然光而需要调光的场合,可采用分组分片自动开停的控制,虽

然光有突变过程,但不会影响视力,也不会影响人的情绪,是可取的方式。

(3) 对长期需要开灯,但又要按人流量的大小自动调整照度的场合,在增加投资不多的情况下,对荧光灯可用调电压的方式,固定几级调节,如北京地铁采用奥地利的调光设备就是如此。

荧光灯采用调电压调光,节能效果并不显著,因为气体放电灯的发光是靠离子在高电压下产生碰撞,达一定能级而使荧光粉发光,因此光通量并不与电压成正比。电压下降 10%,光通量差不多下降 30%~40%;电压下降 30%,灯会全熄。因此,气体放电灯采用调压方式进行调光,在实际工程中也很少采用。

照明节能中,除了满足照度、光色、显色指数外,应采用高效光源及高效灯具,对能利用自然光部分的灯具或可变照度的照明,采用成组分片的自动控制开停。可达到照明节能的效果。

(五) 电动机在运行过程中的节能

电动机与暖通、水道、建筑等工种的设备配套,并由设备制造厂商统一供应,因此其节能措施只能贯彻在运行过程中,除了上述就地补偿电容器以减少线路由于输送超前无功而引起的有功损耗外,还应减少电动机轻载及空载运行。因为在这种情况下,电动机的功率因数及效率都是很低的,消耗的电能并不与负载的下降成正比,可采用变频调速装置,使其在负载下降时,采用变频的方式,自动调节转速使其与负载的变化相适应,采用这种调速方式,可提高电动机在轻载时的效率,达到节能的目的。但这种设备的价格偏高,因此在应用中受到一定限制。目前用得最多的是生活水泵的变频调速,虽然从供水角度对电源要求较高,但使用它可省掉高位水箱或水塔,在节省投资及运行费用上都有利,因此只要电源可靠,一般都可采用。

至于软启动设备,它可以调速,因此有人将其当作节能设备推广使用,这是不妥的。软启动设备是按启动时间逐步调节可控硅的导通角,以控制电压的变化。由于电压可连续调节,因此启动平稳,启动完毕,则全压投入运行。此设备也可采用调速反馈或电压负反馈、电流正反馈,利用反馈信息控制可控硅导通角,以达到速度随负荷变化的目的。它可用在电动机容量较大,又需要频繁启动,同时附近用电设备对电压的稳定要求较高的场合,因为它从启动到运行,其电流变化不超过 3 倍,仍可保证电网电压波动在要求的范围以内。但它是采用可控硅调压,正弦波未导通部分的电能全部消耗在可控硅上,不会返回电网,因此它不是节能设备,而且价格又高,对不是频繁启动的设备,对电压平稳没有特殊要求的场合,不宜采用。

民用建筑电气节能的潜力很大,应在设计中精心考虑,但是在采用所谓节能的新设备上,应具体了解其原理、性能、效果,绝对不能盲从,更不能为了节能而节能,不惜一切代价,盲目采用。