

实用供配电 技术手册

焦留成 主编
芮静康 主审



机械工业出版社
China Machine Press

实用供配电技术手册

焦留成 主编

芮静康 主审



机械工业出版社

本手册较全面地介绍了供配电系统的有关设计、安装、运行、维护等方面的技术问题，内容丰富、实用。全书共分八章，包括电力负荷计算及无功功率补偿、短路电流及其效应的计算、高低压电器和变压器、高低压一次设备、二次接线及操作电源、供配电系统的自动保护装置、远动装置及综合自动化、高层建筑供配电设计、高层建筑的照明。

本书可供现代企业及高层建筑电力设计及安装、运行、维护的工作人员使用，并可供电管部门的工作人员及大专院校有关专业的师生教学、毕业设计、课程设计参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用供配电技术手册/焦留成主编. —北京: 机械工业出版社, 2001. 8
ISBN 7-111-08952-9

I. 实... I. 焦... III. ①供电-技术手册②配电系统-技术手册
IV. TM72-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 043663 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: 牛新国 版式设计: 冉晓华 责任校对: 李秋荣
封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2001 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm¹/₁₆·44.5 印张·2 插页·1534 千字
0 001—4 000 册
定价: 69.00 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、68326677-2527

编 审 委 员 会

名 誉 顾 问：陈汤铭 翟中和 杨宝禄
顾 问：李发海 周柔丽 周铁英 王炳霖 周中一
张敏慧 席德熊 任华巽

主 任：袁世鹰
副 主 任：芮静康 余发山 武钦韬 曾慎聪
委 员：裴 杰 芮敏行 陈松年 温发和 王肇勤
贾维基 余茂来 朱谢灿 黄苗根 韩方兴
余 舰 黄 旭 陈晓刚 温 涵 刘进杰
周德铭 胡素英 蔡碧濂 姜建国 饶福先
张 玮 杨有启 徐子宏 刘立夫 朱孝业
王义发 张澄波 陈钦萍 尹友田 刘 俊

主 编：焦留成
副 主 编：柳春生 王福忠 付子义 董爱华 阎有运
作 者：焦留成 柳春生 王福忠 王玉梅 赵同升
田 书 艾永乐 易晓郑 郭永东 上官璇峰
钟 彬 蒋群峰 么 娜 朱 琴 朱 琳
参加编写工作的还有：康润生 吴 冰 高 岩 郑 征
段俊东 孙岩洲 吴耀辉 王少华
杨凌霄 王海星 雷乃清 郭 琳

主 审：芮静康

序

近几年来,我国各大中城市和旅游胜地先后兴建了一批高层宾馆、住宅、贸易中心和综合大厦等,这种趋势仍在继续发展。相应地,宾馆、饭店、大厦的电气装置,如通信系统、电梯系统、空调制冷系统、广播电视监控系统、楼宇自动化系统、消防系统等出现了许多新技术、新工艺、新材料。智能化建筑广泛深入多样的运用了计算机技术、网络技术,使电气技术走上了信息化的轨道。科学技术日新月异,而首当其冲的则是供配电技术,真谓电力先行。所以,供配电系统的设计、安装、运行、维护……是所有各系统正常运行的保证。供配电系统的重要性是人所共知的。

为了适应智能建筑的需要,供配电系统也在加速发展,如地下变电站、树脂浇注的干式变压器、真空开关、SF₆的高低电压器、各种新型的开关柜等新技术,特别是供配电系统的自动保护、远动控制、远动通信、综合自动化以及微机的广泛应用,使供配电系统向智能化方向发展。

本书在框架结构、具体内容上都作了认真的思考、调整和修改、补充等。书中介绍的负荷计算、短路计算,是设计时所必需的,重点介绍的近期的电工产品,如开关柜、高低电压器、变压器等,具有手册的特点,方便读者使用时查阅。特别是对供配电系统的自动化、远动化问题,作了详细的介绍,对从事供配电系统的设计、安装、运行和维护的技术人员和技术工人,很有参考价值,对传统的供配电系统的改造,提供了方案。书中对高层建筑的供配电设计,作了专门的叙述,这是在经济发展和高层建筑普遍兴起的形势下,有极大的现实意义。在照明系统的内容中,除了介绍常规的照明技术外,专门介绍了微机控制的照明系统,这对传统的照明系统的改造提供了新的思路,尤其是室外投光装饰照明,是各大城市特别重视的问题,光污染概念的提出更具有实用意义,也就是告诉人们,在从事照明系统的设计、施工、实现照明系统的改造的同时,别忘了“环境”,要特别重视保护环境。

本书内容实用,反映了供配电系统的现状,并对传统的供配电系统的改造和新建,指出了实施的方向。我相信,本书出版后一定能受到广大读者的欢迎的,是能得到专业同仁的认可。希望本书早日出版和读者见面。

芮静康

2001年3月于北京

前 言

“供配电”是一个热门的话题，它是属于强电范畴的，所以对其技术的复杂性有不同的看法。但是，对其重要性看法是比较一致的。无论是盖楼房、建车站、扩建飞机场……，也就是说无论是什么工程，“供配电”都必须先行，也是常说的电力先行。

随着经济的发展，供配电技术水平的提高，对实用的供配电技术的书籍需求量越来越大，为了满足广大供配电系统的设计、安装、施工、运行、维护的技术人员的需要，特编写这一本《实用供配电技术手册》。

本书详细的介绍供配电系统的设计、选型、安装、运行、维护等方面的问题，对常规的负荷计算、短路计算等作了必要的分析，配合许多图表，作为工程技术人员备查之用。全书内容全面、涵盖面广、并有一定深度，编写力求理论和实践相结合，并特别重视实用，作到标准化和规范化。希望能成为供配电系统的工程技术人员和管理运行人员的良师益友。

本书由焦作工学院副院长焦留成教授任主编，柳春生、王福忠、付子义、董爱华、阎有运担任副主编，芮静康同志为主审。参加编写人员详见编审委员会名单。

本书由电机学奠基人之一，清华大学著名教授陈汤铭，中国科学院院士北京大学教授翟中和，电机工程学会常务理事，北京电机总厂首任总工程师杨宝禄担任名誉顾问。清华大学著名教授李发海，北京大学教授、博士生导师周柔丽，清华大学教授、博士生导师周铁英，建设部建筑设计院原总工程师、研究员王炳霖，北京市供电局副局长周中一，北京第二开关厂厂长兼党委书记张敏慧，国家计量局研究员席德熊以及民建中央委员、培训部副部长、中华人民共和国监察部特邀监察员任华巽教授等为顾问。

由焦作工学院院长袁世鹰教授任编审委员会主任，北京山峰集团总工程师、高级工程师、兼职教授芮静康，焦作工学院教授、电气系主任余发山，焦作工学院教授武钦韬，原能源部杭州小水电研究所所长、教授级高级工程师曾慎聪为编审委员会副主任。由云南大学原教务长裴杰教授，北京大学温发和研究员，清华大学姜建国教授等为委员。

北京第二开关厂张敏慧厂长、刘俊高级工程师和北京开关厂于宗杰厂长、白闻哲处长提供了目前生产的产品资料。王炳霖、周中一以及航空规划设计院研究员王永兴，高级工程师汪志良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。对许多单位提供资料和编审委员会的许多领导、学者、专家、教授对本书的编写、出版工作的关心和支持，一并表示谢意。

本书提供的图纸和数据可在设计、安装、运行、维修时参考，但产品生产和工程施工，应以设计图样为准，特向读者表示谦意。

由于作者水平有限，书中错误和缺点在所难免，恳请广大读者和专业同仁批评指正。

作者 2001年3月

目 录

第一章 电力负荷计算及无功功率补偿

第一节 负荷计算的目 的及方法	1	一、求同类型各用电设备组的平均负荷	11
一、目的	1	二、求平均利用系数 K_{av}	11
二、方法	1	三、求有效台数 n_{yx}	11
第二节 设备容量的确定	1	四、求最大系数 K_{max}	12
一、用电设备工作制	1	五、确定计算负荷	13
二、设备容量的计算	1	六、示例	13
第三节 需要系数法确定计算负荷	2	第六节 尖峰电流的计算	13
一、需要系数的含义	2	一、概述	13
二、需要系数法计算电力负荷	3	二、单台用电设备尖峰电流的计算	13
三、示例	6	三、多台用电设备尖峰电流的计算	14
四、对需要系数法的评价	8	第七节 功率因数的提高	14
第四节 二项式系数法确定计算负荷	8	一、提高功率因数的意义	14
一、基本公式及含义	8	二、提高工业企业功率因数的方法	14
二、二项式系数法确定用电设备组的计算负荷	9	三、几个功率因数的计算	15
三、示例	10	四、移相电容器补偿容量的计算	16
第五节 利用系数法确定计算负荷	10	五、移相电容器的补偿方式	17
		六、常用并联电容器的主要技术数据	18

第二章 短路电流及其效应的计算

第一节 短路电流计算的目 的及一般规定	22	一、计算曲线	34
一、短路的原因	22	二、计算曲线的使用方法	34
二、短路的种类	22	第五节 大功率电动机对短路电流的影响	43
三、短路的危害	22	一、同步电动机	43
四、研究短路的目的	22	二、异步电动机	43
五、进行短路计算的基本假设	22	第六节 不对称短路计算	45
第二节 常用短路电流计算方法及公式	23	一、对称分量法	45
一、短路计算的方法、步骤	23	二、序阻抗	46
二、常用的短路计算公式	24	三、序网络的组成	48
三、三相短路回路中主要元件的电抗值	25	四、不对称短路电流计算	49
第三节 无限大容量电源供电系统三相短路电流计算	26	五、用相零回路电流法计算低压单相短路电流	53
一、有名制法	27	第七节 短路电流的电动力效应及热效应	59
二、标幺制法	30	一、短路电流的电动力计算	59
第四节 有限容量电源供电系统短路电流计算	34	二、短路电流的热效应	60

第三章 高低压电器和变压器

第一节 高压电器	62	(五) FN16 系列负荷开关的技术数据	127
一、跌开式熔断器及其熔断体	62	(六) 真空负荷开关的技术数据	129
二、高压断路器	67	五、高压接触器	130
(一) 高压断路器的额定参数	67	第二节 低压电器	133
(二) 高压少油断路器	68	一、低压开关	133
(三) SF ₆ 断路器	68	(一) 低压开关概述	133
(四) 真空断路器	72	(二) AHB 系列空气断路器的技术数据	134
(五) 断路器的原理、结构、安装图例	75	(三) AH 型断路器的技术数据	140
(六) SF ₆ 断路器的技术数据	103	(四) TO、TG 系列断路器的技术数据	142
(七) 真空断路器的技术数据	107	(五) AT 系列空气断路器的技术数据	144
三、高压隔离开关	110	(六) 塑壳式空气断路器的技术数据	146
(一) 高压隔离开关的型号	110	(七) 小型空气断路器的技术数据	151
(二) 高压隔离开关的结构	110	(八) QSA (HH15) 熔断器式开关的 技术数据	152
(三) GW4 系列户外高压隔离开关的 技术参数	111	(九) 隔离开关的技术数据	153
(四) GW5 系列户外高压隔离开关的 技术数据	114	(十) 漏电开关的技术数据	154
(五) GW6 系列高压隔离开关的技 术数据	116	(十一) 其他开关的技术数据	157
(六) GW6— ¹¹⁰ / ₂₂₀ G 户外高压隔离开关的 技术数据	117	二、接触器	158
(七) GW7 系列户外高压隔离开关的 技术数据	118	(一) 接触器概述	158
(八) GW8、GW13 系列中性点隔离开 关的技术数据	120	(二) CJ20 型交流接触器的技术数据	158
(九) GW11 系列户外高压隔离开关的 技术数据	120	(三) B 系列交流接触器的技术数据	159
(十) GW12 系列户外高压隔离开关的 技术数据	121	(四) LC ₁ -F 交流接触器的技术数据	160
(十一) GW16、GW17 系列高压隔离开 关的技术数据	121	(五) LC ₁ -D 交流接触器的技术数据	160
(十二) GW20—500D (W) 型户外高压 隔离开关的技术数据	122	(六) LC ₂ -D 系列机械联锁接触器的 技术数据	161
(十三) GW□系列电气化铁道用高压隔离 开关的技术数据	122	(七) LC ₃ -D 系列“星三角”减压启 动器的技术数据	162
(十四) 户内隔离开关的技术数据	122	(八) CJX ₁ (3TB) 系列交流接触器 的技术数据	162
四、高压负荷开关	124	(九) MSB 启动器的技术数据	163
(一) 高压负荷开关的型号	124	(十) 中型 6C 系列接触器的技术数据	164
(二) 高压负荷开关的结构	124	(十一) 重型 6C 系列接触器的技术数据	164
(三) FN5—10 型负荷开关的技术数据	126	三、继电器	165
(四) FN12—10D 型高压负荷开关的 技术数据	127	(一) 继电器概述	165
		(二) 中间继电器的技术数据	165
		(三) 电压继电器的技术数据	166
		(四) 电流和过电流继电器的技术 数据	167
		(五) 时间继电器的技术数据	168
		(六) 热继电器的技术数据	169
		四、其他低压电器	171
		(一) 主令开关	171
		(二) 熔断器	179

(三) 电磁铁	186	(二) 电压比试验	219
(四) 电磁阀	186	(三) 变压器联结组的测定	219
(五) 电磁离合器	190	(四) 线圈直流电阻的测定	221
第三节 变压器	192	(五) 空载试验	221
一、变压器的种类和工作原理	192	(六) 短路试验	221
(一) 变压器的种类	192	(七) 温升试验	222
(二) 变压器的工作原理	192	五、变压器的正常运行和维护	222
二、三相油浸式电力变压器	195	(一) 主变压器停送电的操作顺序	222
(一) 铁心结构	196	(二) 变压器在运行中, 应进行的	
(二) 线圈结构	197	测试	222
(三) 变压器的联结组标号	198	(三) 运行中的变压器补油时的注意	
(四) 变压器的各种组件	199	事项	223
(五) 三相油浸式电力变压器的技术		(四) 运行中的变压器取油样时的注	
数据	201	意事项	223
三、树脂浇注干式变压器	212	(五) 新安装或大修后投入运行的变压器,	
(一) 变压器的特点	212	运行巡视中的注意事项	223
(二) 变压器的结构特点	212	(六) 变压器节能改造的方法	223
(三) 变压器过载能力	213	(七) 变压器运行情况的简易判断方法	223
(四) 变压器的技术数据	213	(八) 变压器运行中温升过高的原因和	
四、电力变压器的试验	217	判断方法	223
(一) 绝缘性能试验	217	(九) 变压器并列运行应满足的条件	224

第四章 高低压一次设备

第一节 高压一次设备	225	开关设备的技术数据	284
一、概述	225	(十一) KYN□—35 (Z) 金属铠装移开式	
二、高压一次设备的技术数据	225	封闭开关设备的技术数据	290
(一) KYN800—10 型中置式高压开关柜		(十二) HXGN—12 交流金属封闭环网	
(KYN18A—10 铠装移开式金属封		开关设备的技术数据	294
闭开关设备) 的技术数据	225	(十三) GCS 抽出式开关柜的技术	
(二) GCK1、GCL1 系列高级型抽屉式开		数据	299
关柜的技术数据	229	(十四) KYN17—12 交流金属封闭开关	
(三) KYN—10 (Z) (3~10kV) 金属铠		设备的技术数据	312
装抽出式开关柜的技术数据	247	(十五) KYN17—10 交流金属封闭开关	
(四) GCS 抽出式开关柜的技术数据	251	柜的技术数据	319
(五) XGN□—10 固定式金属封闭式开关		(十六) XGN□—10 固定式金属封闭开	
设备的技术数据	265	关柜的技术数据	324
(六) XGN—10 箱型固定式金属封闭开关		(十七) GG—1A (F) 高压开关柜的技术	
设备的技术数据	275	数据	334
(七) HXGN810—12 系列交流金属封闭环		第二节 低压一次设备	342
网开关设备的技术数据	277	一、概述	342
(八) XGN□—35 (Z) 箱型固定式金属封		二、多米诺 (DOMINO)	342
闭开关设备的技术数据	281	(一) GHDI DOMINO 组合柜的	
(九) KYN26—6 (J、R) 铠装移开式金属		技术数据	342
封闭开关设备的技术数据	283	(二) DOMINO—Ⅰ 型多米诺组合式开关	
(十) KYN18D—10Z 型金属铠装移开式		柜的技术数据	398

三、GCS 低压抽出式开关柜的一次设备	416	(三) GBL2 组合式动力配电柜的技术 数据	512
四、GGD 型低压配电柜的一次设备	416	(四) GML1 型交流低压动力配电柜的 技术数据	522
五、西门子 (SIEMENS) 低压配电设备	416	(五) GHL 型动力配电柜的接线图表	528
六、LGT—6000 低压组合式开关设备	416	(六) 交流低压电动机软起动柜的 技术数据	530
七、其他低压一次设备	485	(七) GCK1 (1A) 系列电动机控制中心 技术数据	535
(一) GCD27 (MNS) 低压抽出开关 柜的技术数据	485		
(二) GHK 固定组合式开关柜的技术 数据	485		

第五章 二次接线及操作电源

第一节 直流操作电源	540	(一) 二次回路的保护设备	561
一、直流系统分类	540	(二) 熔断器或自动开关的配置	561
二、直流系统接线	541	(三) 熔断器、自动开关的选择	561
三、硅整流直流系统设备元件选择	541	二、控制开关的选择	562
(一) 储能电容器的容量和电压选择	542	三、信号灯及附加电阻的选择	562
(二) 设备和元件的选择	542	四、跳、合闸位置继电器的选择	563
四、直流系统绝缘监察	543	五、串接信号继电器及附加电阻的选择	563
第二节 断路器的控制、信号回路	546	六、其他继电器的选择	566
一、断路器的控制、信号回路的设计原 则	546	第五节 中央信号装置	566
二、灯光监视的断路器控制、信号回路	549	一、中央信号装置的设计原则	566
三、音响监视的断路器控制、信号回路	550	二、中央信号装置的接线	566
第三节 电气测量与电能计量	551	三、闪光装置	570
一、计量仪表的设计原则	551	四、控制屏、继电器屏及信号屏设计	572
二、常用测量与计量仪表的接线图	551	(一) 屏和屏台的选型	572
三、供配电系统的常用检测仪器和仪表	555	(二) 屏及屏台面布置	572
第四节 二次回路的保护及控制、信号回 路的设备选择	561	第六节 二次回路配线	573
一、二次回路保护	561	一、端子排	573
		二、端子排设计原则	573
		三、控制电缆与信号电缆	573

第六章 供配电系统的自动保护装置、远动装置及综合自动化

第一节 供配电系统的自动保护装置	575	(一) 采用自动重合闸的必要性与可 能性	579
一、备用电源自动投入装置 (APD)	575	(二) 对自动重合闸的基本要求	580
(一) 备用电源自动投入装置的作用	575	(三) 三相一次重合闸装置与继电保护 的配合	580
(二) 对备用电源自动投入装置的基本 要求	575	(四) 单侧电源线路重合闸装置的整定 计算	581
(三) 备用电源自动投入装置的 典型接线	576	(五) 双侧电源线路的自动重合闸	582
(四) 备用电源自动投入装置的参数 整定	577	三、自动按频率减负荷装置 (UFLS)	583
(五) CSC21A 型微机备用电源自动投入 装置简介	578	(一) 自动按频率减负荷装置的作用	583
二、电力线路的自动重合闸装置 (ARD)	579	(二) 对自动按频率减负荷装置的基本 要求	583

(三) 自动按频率减负荷装置(UFLS)	584	(三) 数据通信方式及通信协议	601
第二节 无人值班变电所的设计	584	(四) 同步通信方式	602
一、无人值班变电所的基本条件和功能	584	(五) 通信协议	602
(一) 无人值班变电所应具有的基本		三、电量变送器	603
条件	584	(一) 常规电量变送器	603
(二) 无人值班变电所的基本模式和		(二) 微机电量变送器	604
功能	585	(三) 电能变送器	604
(三) 无人值班变电所的技术经济效益 ..	586	四、远动终端装置(RTU)	605
二、无人值班变电所的基本方案与设计		(一) 远动终端的结构	606
要求	587	(二) 远动终端装置 RTU 的主要功能	607
(一) 无人值班变电所的基本方案	587	(三) 分布式电站监控系统	607
(二) 无人值班变电所(站)的设计		五、远动信息的传输	610
要求	587	(一) 远动信息的分类	610
三、电气主接线与高压电器设备的选择	587	(二) 信号通道	610
(一) 无人值班变电站的电气主接线	587	六、通信协议	612
(二) 无人值班变电所的高压电器设备		(一) 分类	612
及选择	588	(二) 面向字符的通信协议——CDT	612
四、电气设计方案示例	588	(三) 面向比特的通信协议——高级数据	
(一) 35/10.5kV 变电所	588	链路控制协议 HDLC	617
(二) 110/10.5kV 变电所	590	(四) 两种类型协议的比较	618
五、变电所自动化设计	591	七、系统的组成与主要功能	618
(一) 远动设计	591	第四节 变电所的综合自动化	620
(二) 其他自动化设计	592	一、概述	620
六、无人值班变电所中的微机保护	593	二、变电所综合自动化系统的基本功能	621
(一) 通信与协议	593	(一) 数据采集	621
(二) 远方整定	594	(二) 数据处理与记录	621
(三) 保护功能的远方投切(软压板) ..	595	(三) 控制与操作闭锁	621
(四) 信号及复归	595	(四) 微机保护	621
(五) 校时	595	(五) 与远方操作控制中心(或电力部	
(六) 独立性	595	门调度中心)通信	622
(七) 维护与检修	595	(六) 人机联系功能	622
七、无人值班变电所中的几个问题	596	(七) 自诊断功能	622
(一) 概述	596	(八) 变电所综合自动化系统的数据库 ..	622
(二) 抗干扰措施	596	三、变电所综合自动化系统的结构	623
(三) 提高可靠性的其他措施	597	(一) 供电系统对变电所综合自动化系统	
(四) 抗干扰和提高可靠性设计举例	598	结构的原則要求	623
第三节 变电所远动与通信技术	599	(二) 变电所综合自动化系统的结构	623
一、概述	599	四、变电所的计算机实时监控	624
二、数字通信技术	599	(一) 变电所计算机实时监控系统实现	
(一) 几个基本概念	599	的功能	624
(二) 数字传输系统的基本构成	601	(二) 变电所计算机实时监控系统	625

第七章 高层建筑供配电设计

第一节 高层建筑供配电系统	630	一、供配电系统的确定	630
----------------------------	-----	------------------	-----

二、变、配电所的主要电气设备及选型	631	第四节 高层建筑低压配电系统	653
三、变、配电所的继电保护设置及二次 接线	637	一、低压配电系统的配电要求	653
四、变、配电所的位置和布置	638	二、低压配电系统的配电方式	654
第二节 电力负荷的计算	642	第五节 高层建筑低压供配电线路的 导线和电器选择	655
一、负荷计算的内容和负荷特征	642	一、导线选择的一般原则	655
二、负荷曲线与计算负荷	642	二、常用低压电器的选择原则和要求	657
三、负荷计算方法	643	三、常用电线、电缆的型号和规格	657
四、尖峰电流的计算	647	四、常用电线和电缆截面的选择	658
五、供电系统总计算负荷的确定	648	五、常用低压电器的选择	662
六、变电所变压器容量及台数的确定	648	六、用电设备及配电线路的保护	665
第三节 低压短路电流的简化计算	649	第六节 配电箱选择	667
一、低压三相短路电流的计算	649	一、电力配电箱选择	667
二、低压三相短路电流简化计算图	650	二、照明配电箱选择	667
三、低压单相短路电流计算	650	三、非标准配电箱选择	667
四、低压单相短路电流简化计算图	652		
第八章 高层建筑的照明			
第一节 电气照明的基本概念	668	第六节 微机控制的照明系统	690
一、光通量及其单位	668	一、系统组成	690
二、光源的色温与显色性	669	二、功能键简述	690
三、光源的色调	669	三、主要性能指标	692
四、眩光	669	四、主要技术参数	692
第二节 民用建筑的照明种类和照度 标准	669	五、主要结构及工作原理	692
一、照明种类	669	六、安装与调试	693
二、照明质量	669	七、操作与使用	693
三、照度标准	669	第七节 室外投光装饰照明	693
第三节 电光源和灯具选择	670	一、概述	693
一、电光源的选择	670	二、装饰照明技术发展的趋向	693
二、灯具的选择	673	三、装饰照明的对象类型	693
三、灯具的布置	674	四、各类装饰照明方式的效果	694
四、照明节能	674	五、投光照明的计算	695
第四节 照度计算	675	(一) 投光灯常用计算方法及其特点	695
一、逐点照度算法	675	(二) 光通法	695
二、光通利用系数法	677	(三) 单位容量估算法	695
三、单位容量法	679	(四) 逐点算法	696
第五节 照明供电与照明设计	681	(五) 等照度曲线法	697
一、照明供电的一般要求	681	六、装饰照明举例——某大厦夜景照明 设计方案	697
二、照明的供电方式及线路控制	681	(一) 夜景照明的目的	697
三、照明负荷计算	686	(二) 设计原则	697
四、照明线路导线截面及保护装置的选择	688	(三) 设计方案说明	697
五、宾馆照明的设计	688	(四) 系统配置	698
六、其他照明的设计	689	参考文献	699

第一章 电力负荷计算及无功功率补偿

第一节 负荷计算的目的及方法

一、目的

负荷计算的目的是为了掌握用电情况,合理选择配电系统的设备和元件,如导线、电缆、变压器、开关等。负荷计算过小,则依此选用的设备和载流部分有过热危险,轻者使线路和配电设备寿命降低,重者影响供电系统的安全运行。负荷计算偏大,则造成设备的浪费和投资的增大。为此,正确进行负荷计算是供电设计的前提,也是实现供电系统安全、经济运行的必要手段。

二、方法

目前,我国设计部门在进行企业供电设计时,经常采用的电力负荷计算方法有:需要系数法、二项式系数法、利用系数法、单位电耗法和单位面积功率法等。需要系数法计算简便,对于任何性质的企业负荷均适用,且计算结果基本上符合实际,因此,这种计算方法采用最广泛。尤其对各用电设备容量相差较小,且用电设备数量较多的用电设备组,这种计算方法最为适宜。二项式系数法则主要适用于各用电设备容量相差大的场合,如机械加工企业、煤矿井下综采工作面等。利用系数法是以平均负荷作为计算的依据,利用概率论分析出最大负荷与平均负荷的关系。这种计算方法虽理论依据较充分,但由于目前积累的实用数据不多,且计算步骤较繁琐,精确度也并不比前两种方法强多少,所以,目前已逐渐不被采用。最后两种方法常用于方案估算。

第二节 设备容量的确定

一、用电设备工作制

我们知道,每台用电设备的铭牌上都有一个“额定功率”,但是由于各用电设备的额定工作条件不同,例如有的是长期工作制,有的是反复短时工作制,因此这些铭牌上规定的额定功率就不能简单直接相加,而必须首先换算成同一工作制下的额定功率,然后才能相加。经过换算至统一规定的工作制下的“额定功率”称为“设备容量”,用 P_e 表示。用电设备按其工作方式可

分为三种:

(1) 连续运行工作制(长期工作制)——是指在规定的环境温度下作连续运行,在设备任何部分产生的温度和温升均不超过最高允许值。

(2) 短时运行工作制(短时工作制)——用电设备的运行时间短而停歇时间长,在工作时间内,用电设备来不及发热到稳定温升就开始冷却,而其发热足以在停歇时间内冷却到周围介质的温度。

3. 断续运行工作制(反复短时工作制)——用电设备以断续方式反复进行工作,其工作时间(t)与停歇时间(t_0)相互交替。通常用负载持续率来表示在一个工作周期内工作时间的长短。负载持续率,又称暂载率,符号为 ϵ 。

$$\text{按定义: } \epsilon = \frac{\text{工作时间}}{\text{工作周期}} = \frac{t}{t+t_0} \times 100\%$$

工作时间加停歇时间($t+t_0$)通常称为工作周期。根据我国国家技术标准规定,工作周期以10min为计算依据。起重机电动机的标准暂载率有15%、25%、40%、60%四种;电焊设备的标准暂载率有50%、65%、75%及100%四种,其中100%为自动电焊机的暂载率。

二、设备容量的计算

在明确用电设备按工作制分类之后,确定各种用电设备的设备容量 P_e 的方法如下。

1. 长期工作制电动机的设备容量 是指其铭牌上的额定功率(kW)。

2. 反复短时工作制电动机的设备容量,长期工作制电动机的设备容量。

反复短时工作制电动机(如起重机用的电动机)的设备容量,是指统一换算到暂载率 $\epsilon=25\%$ 时的额定功率(kW),若其 ϵ 不等于25%,应进行换算,其换算公式为

$$P_e = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_{25}}} \cdot P_N = 2P_N \sqrt{\epsilon} \quad (1-1)$$

式中 P_e ——换算到 $\epsilon_{25}=25\%$ 电动机的设备容量(kW);

ϵ ——铭牌暂载率,用百分值代入公式计算;

P_N ——换算前的电动机铭牌额定功率(kW)。

3. 电焊机及电焊装置的设备容量

电焊机及电焊装置的设备容量,是指统一换算到暂载率 $\epsilon=100\%$ 时的额定功率 (kW)。若其 ϵ 不等于 100% 时,应进行换算,其换算公式为

$$P_e = \sqrt{\frac{\epsilon}{\epsilon_{100}}} \cdot P_N = \sqrt{\epsilon} \cdot S_N \cdot \cos\varphi_N \quad (1-2)$$

式中 P_e ——换算到 $\epsilon_{100}=100\%$ 时电焊机或电焊装置的设备容量 (kW);

P_N ——直流焊机换算前的额定功率 (kW);

S_N ——交流焊机及电焊装置换算前的额定视在容量 (kVA);

ϵ ——同 S_N 或 P_N 相对应的铭牌暂载率,用百分值代入公式计算;

$\cos\varphi_N$ ——在 S_N 时的额定功率因数。

4. 电炉变压器的设备容量

电炉变压器的设备容量,是指额定功率因数时的额定功率 (kW),即

$$P_e = S_N \cdot \cos\varphi_N \quad (1-3)$$

式中 S_N ——电炉变压器的额定视在容量 (kVA);

$\cos\varphi_N$ ——电炉变压器的额定功率因数。

5. 照明设备的设备容量

(1) 白炽灯、碘钨灯设备容量是指灯泡上标出的额定功率 (kW)。

(2) 荧光灯还要考虑镇流器中的功率损失 (约为灯管功率的 20%),其设备容量应为灯管额定功率的 1.2 倍 (kW)。

(3) 高压水银荧光灯亦要考虑镇流器中的功率损失 (约为灯泡功率的 10%),其设备容量应为灯泡额定功率的 1.1 倍 (kW)。

(4) 金属卤化物灯:采用镇流器时亦要考虑镇流器中的功率损失 (约为灯泡功率的 10%),其设备容量应为灯泡额定功率的 1.1 倍 (kW)。

6. 不对称单相负荷的设备容量

当有多台单相用电设备时,应将它们均匀地分接到三相上,力求减少三相负载不平衡状况。设计规范规定,在计算范围内单相用电设备的总容量如不超过三相用电设备总容量的 15% 时,可按三相平衡分配考虑。如单相用电设备不对称容量大于三相用电设备总容量的 15% 时,则设备容量 P_e (kW) 应按三倍最大相负荷的原则进行换算。根据不同的接法而有:

$$\text{单组负荷 } P_{Nmp} \text{ 接于相电压时 } P_e = 3 \cdot P_{Nmp} \quad (1-4a)$$

$$\text{单相负荷 } P_{Nml} \text{ 接于线电压时 } P_e = \sqrt{3} \cdot P_{Nml} \quad (1-4b)$$

于是,单台用电设备的计算负荷 P_{ca} (kW) 为

$$P_{ca} = P_N \quad (1-5a)$$

对一般可长期连续工作的单台用电设备,设备容量即是计算负荷。但对单台电动机及其他需计及效率的单台用电设备,则

$$P_{ca} = \frac{P_N}{\eta} \quad (1-5b)$$

第三节 需要系数法确定计算负荷

一、需要系数的含义

以一组用电设备来分析需要系数 K_d 值的含义。设该组用电设备有 n 台电动机,其额定总容量为 $P_{N\Sigma}$ (kW)。则当此用电设备组满载运行时,需从电网吸收容量

$$P_{jN} = P_{N\Sigma} / \eta \quad (1-6)$$

式中 P_{jN} ——用电设备组从电网吸收容量 (kW);

η —— n 台电动机的加权平均效率,

$$\eta = \frac{P_{N1}\eta_1 + P_{N2}\eta_2 + \dots + P_{Nn}\eta_n}{\sum_{i=1}^n P_{Ni}} \quad (1-7)$$

然而, n 台电动机同时运行的可能很小。我们可以定义同时运行系数 K_{si}

$K_{si} =$

在最大负荷期间投入运行的电动机的额定容量的总和
全部电动机的总额定容量

则在最大负荷期间,电网供给该用电设备组的最大负荷 P'_{ca} (kW) 为

$$P'_{ca} = \frac{K_{si} P_{N\Sigma}}{\eta} \quad (1-8)$$

同时,我们还应该考虑到,投入运行的电动机也不可能同时满载运行。如果定义 K_{lo} 为电动机的平均加权负荷系数,即

$$K_{lo} = \frac{\text{投入运行的电动机的实际最大负荷}}{\text{投入运行的电动机的额定容量总和}}$$

则在最大负荷期间,电网所供给的实际最大有功负荷 P''_{ca} (kW) 为

$$P''_{ca} = \frac{K_{lo} K_{si} P_{N\Sigma}}{\eta} \quad (1-9)$$

考虑到用电设备组在运行时,供电线路上也会引起一些功率损耗,它也必须由电网提供,于是得

$$P_{ca} = \frac{K_{lo} K_{si} P_{N\Sigma}}{\eta \eta_l} \quad (1-10)$$

式中 η_l ——供电线路效率,一般为 $0.95 \sim 0.98$ 。

由式 (1-10) 得用电设备组的需要系数

$$K_d = \frac{P_{ca}}{P_{N\Sigma}} = \frac{K_{lo} K_{si}}{\eta \eta_l} \quad (1-11)$$

通过以上分析不难看出用电设备组的需要系数 K_d 的含义。它标示着用电设备组在投入电网运行时,

需从电网实际取用的有功功率所必须考虑的一个综合系数。这个系数是与用电设备组的平均加权负荷系数 K_{10} 、同时运行系数 K_{si} 、电动机的加权平均效率 η 以及电网供电线路效率 η_l 等系数有关。需要系数 K_d 值小于 1。各工业企业用电设备组、车间及全企业的需要系数见表 1-1~表 1-4。

二、需要系数法计算电力负荷

在确定了设备容量之后，可分别按下列情况按需要系数确定计算负荷。

1. 用电设备组计算负荷的确定

用电设备组是由工艺性质相同、需要系数相近的一些设备所组合的一组用电设备。在一个车间中，可根据具体情况将用电设备分为若干组，再分别计算各用电设备组的计算负荷。其计算公式为

$$\begin{cases} P_{ca} = K_d P_{N\Sigma} \\ Q_{ca} = P_{ca} \tan\varphi \\ S_{ca} = \sqrt{P_{ca}^2 + Q_{ca}^2} \\ I_{ca} = S_{ca} / (\sqrt{3} U_N) \end{cases} \quad (1-12)$$

式中 P_{ca} 、 Q_{ca} 、 S_{ca} ——该用电设备组的有功(kW)、无功(kvar)、视在功率计算负荷(kVA)；
 $P_{N\Sigma}$ ——该用电设备组的设备总额定容量(kW)；
 U_N ——额定电压(V)；
 $\tan\varphi$ ——功率因数角的正切值；
 I_{ca} ——该用电设备组的计算负荷电流(A)；
 K_d ——需要系数，由表 1-1~表 1-4 查得。

2. 多个用电设备组的计算负荷

在配电干线上或车间变电所低压母线上，常有多组用电设备组同时工作，但是各个用电设备组的最大负荷也非同时出现，因此在求配电干线或车间变电所低压母线的计算负荷时，应再计入一个同时系数 K_{si} 。具体计算如下

$$\begin{cases} P_{ca} = K_{si} \sum_{i=1}^m (K_{di} P_{N\Sigma i}) & i=1, 2, 3, \dots, m \\ Q_{ca} = K_{si} \sum_{i=1}^m (K_{di} P_{N\Sigma i} \tan\varphi_i) \\ S_{ca} = \sqrt{P_{ca}^2 + Q_{ca}^2} \\ I_{ca} = S_{ca} / (\sqrt{3} U_N) \end{cases} \quad (1-13)$$

式中 P_{ca} 、 Q_{ca} 、 S_{ca} ——为配电干线或变电站低压母线的有功、无功、视在计算负荷；
 K_{si} ——同时系数，其值见表 1-5；
 m ——该配电干线或变电站低压母线上所接用电设备组总数；
 K_{di} 、 $\tan\varphi_i$ 、 $P_{N\Sigma i}$ ——分别对应于某一用电设备组的需要系数、功率因数角正切值、总设备容量；
 I_{ca} ——该干线或变电站低压母线上的计算电流(A)；
 U_N ——该干线或低压母线上的额定电压(V)。

注意：在计算多组用电设备组的总计算负荷时，为了简化和统一，一般各组设备的台数不论多少，各组的计算负荷均按表 1-1~表 1-4 所列 K_d 和 $\cos\varphi$ 的值来计算，而不必考虑设备台数少而适当增大 K_d 和 $\cos\varphi$ 值的问题。

表 1-1 各用电设备组的需要系数 K_d 及功率因数

用电设备组名称	K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
单独传动的金属加工机床：			
1. 冷加工车间	0.14~0.16	0.50	1.73
2. 热加工车间	0.20~0.25	0.55~0.6	1.52~1.33
压床、锻锤、剪床及其他锻工机械	0.25	0.60	1.33
连续运输机械：			
1. 联锁的	0.65	0.75	0.88
2. 非联锁的	0.60	0.75	0.88
轧钢车间反复短时工作制的机械	0.3~0.40	0.5~0.6	1.73~1.33
通风机：			
1. 生产用	0.75~0.85	0.8~0.85	0.75~0.62
2. 卫生用	0.65~0.70	0.80	0.75
泵、活塞式压缩机、鼓风机、电动发电机组、排风机等	0.75~0.85	0.80	0.75
破碎机、筛选机、碾砂机等	0.75~0.80	0.80	0.75

(续)

用电设备组名称	K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
磨碎机	0.80~0.85	0.80~0.85	0.75~0.62
铸铁车间造型机	0.70	0.75	0.88
搅拌器、凝结器、分级器等	0.75	0.75	0.88
水银整流机组（在变压器一次侧）： 1. 电解车间用 2. 起重机负荷 3. 电气牵引用	0.90~0.95 0.30~0.50 0.40~0.50	0.82~0.90 0.87~0.90 0.92~0.94	0.70~0.48 0.57~0.48 0.43~0.36
感应电炉（不带功率因数补偿装置）： 1. 高频 2. 低频	0.80 0.80	0.10 0.35	10.05 2.67
电阻炉： 1. 自动装料 2. 非自动装料	0.7~0.80 0.6~0.70	0.98 0.98	0.20 0.20
小容量试验设备和试验台： 1. 带电动发电机组 2. 带试验变压器	0.15~0.40 0.1~0.25	0.72 0.20	1.02 4.91
起重机： 1. 锅炉房、修理、金工、装配车间 2. 铸铁车间、平炉车间 3. 轧钢车间、脱锭工序等	0.05~0.15 0.15~0.30 0.25~0.35	0.50 0.50 0.50	1.73 1.73 1.73
电焊机： 1. 点焊与缝焊用 2. 对焊用	0.35 0.35	0.60 0.70	1.33 1.02
电焊变压器： 1. 自动焊接用 2. 单头手动焊接用 3. 多头手动焊接用	0.50 0.35 0.40	0.40 0.35 0.35	2.29 2.68 2.68
焊接用电动发电机组： 1. 单头焊接用 2. 多头焊接用	0.35 0.70	0.60 0.75	1.33 0.80
电弧炼钢炉变压器	0.90	0.87	0.57
煤气电气滤清机组	0.80	0.78	0.80

表 1-2 3~6~10kV 高压用电设备需要系数及功率因数表

序号	高压用电设备组名称	K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
1	电弧炉变压器	0.92	0.87	0.57
2	铜炉	0.90	0.87	0.57
3	转炉鼓风机	0.70	0.80	0.75
4	水压机	0.50	0.75	0.88
5	煤气站、排风机	0.70	0.80	0.75
6	空压站压缩机	0.70	0.80	0.75
7	氧气压缩机	0.80	0.80	0.75
8	轧钢设备	0.80	0.80	0.75
9	试验电动机组	0.50	0.75	0.88
10	高压给水泵（感应电动机）	0.50	0.80	0.75
11	高压输水泵（同步电动机）	0.80	0.92	-0.43
12	引风机、送风机	0.8~0.9	0.85	0.62
13	有色金属轧机	0.15~0.20	0.70	1.02

表 1-3 各种车间的低压负荷需要系数及功率因数 (供参考)

序号	车间名称	K_d	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
1	铸钢车间 (不包括电炉)	0.3~0.4	0.65	1.17
2	铸铁车间	0.35~0.4	0.7	1.02
3	锻压车间 (不包括高压水泵)	0.2~0.3	0.55~0.65	1.52~1.17
4	热处理车间	0.4~0.6	0.65~0.7	1.17~1.02
5	焊接车间	0.25~0.3	0.45~0.5	1.98~1.73
6	金工车间	0.2~0.3	0.55~0.65	1.52~1.17
7	木工车间	0.28~0.35	0.6	1.33
8	工具车间	0.3	0.65	1.17
9	修理车间	0.2~0.25	0.65	1.17
10	落锤车间	0.2	0.6	1.33
11	废钢铁处理车间	0.45	0.68	1.08
12	电镀车间	0.4~0.62	0.85	0.62
13	中央实验室	0.4~0.6	0.6~0.8	1.33~0.75
14	充电站	0.6~0.7	0.8	0.75
15	煤气站	0.5~0.7	0.65	1.17
16	氧气站	0.75~0.85	0.8	0.75
17	冷冻站	0.7	0.75	0.88
18	水泵站	0.5~0.65	0.8	0.75
19	锅炉房	0.65~0.75	0.8	0.75
20	压缩空气站	0.7~0.85	0.75	0.88
21	乙炔站	0.7	0.9	0.48
22	试验站	0.4~0.5	0.8	0.75
23	发电机车间	0.29	0.60	1.32
24	变压器车间	0.35	0.65	1.17
25	电容器车间 (机械化运输)	0.41	0.98	0.19
26	高压开关车间	0.30	0.70	1.02
27	绝缘材料车间	0.41~0.50	0.80	0.75
28	漆包线车间	0.80	0.91	0.48
29	电磁线车间	0.68	0.80	0.75
30	线圈车间	0.55	0.87	0.51
31	扁线车间	0.47	0.75~0.78	0.88~0.80
32	圆线车间	0.43	0.65~0.70	1.17~1.02
33	压延车间	0.45	0.78	0.80
34	辅助性车间	0.30~0.35	0.65~0.70	1.17~1.02
35	电线厂主厂房	0.44	0.75	0.88
36	电瓷厂主厂房 (机械化运输)	0.47	0.75	0.88
37	电表厂主厂房	0.40~0.50	0.80	0.75
38	电刷厂主厂房	0.50	0.80	0.75

表 1-4 各种企业的全厂需要系数及功率因数 (供参考, 数值偏大)

企业类别	需要系数 K_d		最大负荷时功率因数 $\cos\varphi$	
	变动范围	建议采用	变动范围	建议采用
汽轮机制造厂	0.38~0.40	0.38	—	0.88
锅炉制造厂	0.26~0.33	0.27	0.73~0.75	0.73
柴油机制造厂	0.32~0.34	0.32	0.74~0.84	0.74
重型机械制造厂	0.25~0.47	0.35	—	0.79
机床制造厂	0.13~0.3	0.2	—	—
重型机床制造厂	0.32	0.32	—	0.71
工具制造厂	0.34~0.35	0.34	—	—
仪器仪表制造厂	0.31~0.42	0.37	0.8~0.82	0.81