

工业与民用配电设计手册

第二版

主 编

中国航空工业规划设计研究院

徐永根

副 主 编

中国航天建筑设计研究院

卞铠生

中国兵器工业第五设计研究院

王剑芬

编 者

电子工业部第十设计研究院

颜昌田 汤牧身

中国兵器工业第六设计研究院

刘金亭 王润生

中国船舶工业总公司第六〇二设计研究院

宋祖典 安在宇

中国兵器工业第五设计研究院

吴 壮 王剑芬

中国航空工业规划设计研究院

徐永根 王厚余

核工业第二研究设计院

姚家禧

中国船舶工业总公司第九设计研究院

王志强 高元怡

中国航天建筑设计研究院

纪康宁 陆文杰

电子工业部第十一设计研究院

朱锦师 卞铠生

韩永元 张继荣

水利电力出版社

目 录

前 言

第一章 负荷计算及无功功率补偿	1
第一节 概述.....	1
第二节 设备功率的确定.....	2
第三节 需要系数法确定计算负荷.....	2
第四节 利用系数法确定计算负荷.....	5
第五节 单位面积功率法和单位指标法确定计算负荷.....	10
第六节 单相负荷计算.....	10
第七节 电弧炉负荷计算.....	12
第八节 尖峰电流的确定.....	14
第九节 功率损耗计算.....	14
第十节 企业年电能消耗量计算.....	17
第十一节 供电系统中电能损耗计算.....	17
第十二节 无功功率补偿.....	18
一、提高用电设备自然功率因数 二、采用并联电力电容器补偿 三、利用同步电动机补偿	
四、电力电容器补偿、控制及安装方式的选择 五、全厂负荷计算及无功功率补偿计算示例	
第二章 供配电系统	22
第一节 负荷分级及供电要求.....	22
一、负荷分级 二、一级负荷对供电电源的要求 三、二级负荷对供电电源的要求	
第二节 供配电系统设计要则.....	24
第三节 高压配电系统.....	25
一、电压选择 二、配电方式	
第四节 35~10(6)kV变配电所.....	27
一、变压器选择 二、变配电所的电气主接线 三、变配电所所用电源	
第五节 低压配电系统.....	38
一、电压选择 二、带电导体系统的型式选择 三、系统接地的型式选择 四、低压电力配 电系统 五、照明配电系统	
第六节 民用建筑供配电系统.....	44
一、民用建筑的负荷分级与分类 二、高层建筑的供配电系统 三、影剧院的供配电系统 四、医疗建筑的供配电系统 五、商住楼配电系统	
附录 供、配电设计的原始资料.....	51
一、需向供电部门提供的资料 二、需向供电部门索取的资料 三、需向建设单位了解的 内容和索取的资料	
第三章 35~10(6)kV变配电所	53
第一节 变配电所所址和型式选择.....	53
一、变配电所分类 二、变配电所所址选择 三、变配电所型式选择	
第二节 变配电所的布置.....	55
一、总体布置 二、控制室 三、高压配电室 四、电容器室 五、低压配电室 六、变压	

器室	七、露天安装的变压器、户外箱式变电站和杆上变电所	
第三节	高层建筑物内的配变电所和自备应急柴油发电机房	71
第四节	对土建、采暖、通风、给排水的要求	74
第五节	35kV变电所设计实例	84
第四章	短路电流计算	87
第一节	概述	87
第二节	电路元件参数的换算及网络变换	88
一、	标幺制 二、有名单位制 三、网络变换	
第三节	高压系统电路元件的阻抗	92
一、	同步电机 二、异步电动机 三、电力变压器 四、电抗器 五、高压线路	
第四节	高压系统短路电流计算	99
一、	计算条件 二、远离发电机端的三相短路电流周期分量的计算 三、靠近发电机端的三相短路电流周期分量的计算 四、短路点由多个电源供电的三相短路电流周期分量的计算 五、三相短路冲击电流和全电流最大有效值的计算 六、电动机对短路电流的影响 七、两相短路电流的计算 八、变压器低压侧短路时折算到高压侧穿越电流的换算关系 九、单相接地电容电流的计算	
第五节	低压网络短路电流的计算	119
一、	计算条件 二、三相和两相短路电流的计算 三、单相短路（包括单相接地故障）电流的计算 四、10（6）/0.4kV电力变压器低压侧短路电流值	
第六节	低压网络电路元件阻抗的计算	128
一、	高压侧系统阻抗 二、10（6）/0.4kV三相双绕组配电变压器的阻抗 三、低压配电网路的阻抗 四、钢导体的阻抗	
第七节	短路电流计算示例	140
一、	高压系统短路电流计算示例 二、低压网络短路电流计算示例	
附录	柴油发电机供电系统短路电流的计算	150
一、	计算条件 二、短路系统电参数的计算与简化 三、柴油发电机供电系统短路电流的计算 四、同步发电机主要参数 五、柴油发电机供电系统短路电流计算示例	
第五章	高压电器的选择	165
第一节	概述	165
第二节	按正常工作条件选择高压电器	166
一、	按工作电压选择 二、按工作电流选择 三、按开断电流（或断流容量）选择 四、按机械荷载选择	
第三节	按环境条件选择高压电器	167
一、	一般要求 二、高海拔地区的高压电器	
第四节	高压电器的短路稳定校验	169
一、	短路校验的一般要求 二、短路电流的电动效应 三、短路电流的热效应 四、校验计算及数据	
第五节	选择高压电器的其它要求	203
一、	油断路器 二、负荷开关 三、熔断器 四、限流电抗器	
附录	用假想时间法计算短路电流热效应	204
第六章	电能质量的提高	206
第一节	概述	206
第二节	电压偏差	208

一、基本概念	二、电压偏差允许值	三、电压偏差计算	四、线路电压损失允许值	五、改善电压偏差的主要措施		
第三节	电压波动和闪变				214	
一、基本概念	二、电压波动和闪变电压允许值	三、三相炼钢电弧炉工作短路时配电网的电压波动	四、电阻焊机焊接时的电压波动和闪变			
第四节	电动机起动时的电压下降				217	
一、基本概念	二、电动机起动时在配电系统中引起电压下降时的电压允许值	三、笼型电动机和同步电动机起动方式的选择	四、选择降压起动电器需要满足的基本条件	五、降压起动方式的选择	六、电动机起动时电压下降的计算	七、计算示例
第五节	谐波				227	
一、基本概念	二、谐波源及部分电气设备产生的谐波电流值	三、谐波的危害	四、谐波电压和谐波电流限值	五、谐波电压和谐波电流的计算	六、抑制谐波的措施	
第六节	不对称度				232	
第七章	继电保护和自动装置				234	
第一节	一般要求				234	
第二节	电力变压器的保护				236	
一、保护配置	二、整定计算	三、示例				
第三节	6~10kV线路的保护				247	
一、保护配置	二、整定计算	三、示例	四、线路纵联差动保护			
第四节	6~10kV母线分段断路器的保护				252	
一、保护配置	二、整定计算	三、示例				
第五节	6~10kV电力电容器的保护				254	
一、保护配置	二、整定计算	三、示例				
第六节	3~10kV电动机的保护				257	
一、保护配置	二、整定计算	三、示例	四、同步电动机失步保护	五、低电压保护	六、同步电动机的单相接地电容电流和短路比	
第七节	6~10kV电弧炉变压器的保护				271	
一、保护配置	二、整定计算	三、示例				
第八节	保护装置的配合				274	
一、保护装置的配合	二、保护装置选择性配合					
第九节	保护用电流互感器				277	
一、保护用电流互感器的选择	二、按照10%误差曲线校验电流互感器的步骤	三、电流互感器允许误差的计算步骤				
第十节	交流操作的继电保护				280	
一、继电保护跳闸方式	二、整定计算	三、示例	四、在短路时各种保护装置回路内的电流分布	五、常用继电器、脱扣器及电流互感器的技术数据		
第十一节	小接地电流电网中的接地信号				302	
一、零序电压滤过器小接地电流信号装置	二、ZD-4型小接地电流信号装置	三、ZD-3C型小接地电流信号装置	四、ML系列微机小接地电流信号装置			
第十二节	自动重合闸装置及备用电源自动投入装置				304	
一、自动重合闸装置(简称ZCH)	二、备用电源自动投入装置(简称BZT)					
第八章	二次接线				314	
第一节	常用的直流操作电源				314	

一、直流系统接线	二、镉镍电池直流系统设备元件选择	三、硅整流直流系统设备元件选择	四、直流系统绝缘监察与电压监察装置	
第二节	断路器的控制、信号回路			329
一、断路器的控制、信号回路的设计原则	二、灯光监视的断路器控制、信号回路接线	三、断路器二次接线全图举例		
第三节	电气测量与电能计量			343
一、电气测量与电能计量的设计原则	二、电流互感器及其二次电流回路	三、电压互感器及其二次电压回路		
第四节	中央信号装置			351
一、中央信号装置的设计原则	二、中央信号装置的接线	三、闪光装置		
第五节	二次回路的保护及控制、信号回路的设备选择			357
一、二次回路的保护设备	二、转换开关的选择	三、灯光监视中的信号灯及附加电阻的选择	四、中间继电器的选择	五、串接信号继电器及附加电阻的选择
六、其它继电器的选择	七、DX-11型信号继电器在交流回路中的应用			
第六节	二次回路配线			363
一、二次回路绝缘导线和电缆的一般要求	二、屏内接线的要求	三、屏外部接线的要求	四、控制电缆的选择	五、端子排
六、小母线				
第七节	控制屏、继电器屏及信号屏(箱)设计			369
一、屏结构的选型	二、屏面布置	三、屏面设备的布置尺寸	四、中央信号箱	
第九章	电线、电缆选择			375
第一节	电线、电缆类型的选择			375
一、导体材料选择	二、电缆芯数的选择	三、电缆绝缘水平选择	四、绝缘材料及护套的选择	五、铠装选择
六、母线的选择				
第二节	电线、电缆截面的选择			380
一、按温升选择截面	二、按经济电流密度校验截面	三、按电压损失校验截面	四、中性线、保护线、保护中性线的截面选择	五、按机械强度校验截面
六、爆炸及火灾危险环境导线截面选择				
第三节	电线、电缆载流量			383
一、载流量表的说明	二、橡皮绝缘、塑料绝缘电线的载流量	三、油浸纸绝缘电力电缆的载流量	四、聚氯乙烯绝缘电力电缆的载流量	五、500V橡皮绝缘电力电缆的载流量
六、交联聚乙烯绝缘电力电缆的载流量	七、架空绝缘电缆的载流量	八、乙丙橡皮绝缘电缆的载流量	九、矿物绝缘电缆的载流量	十、涂漆矩形母线的载流量
十一、裸线及安全式滑触线载流量	十二、型材载流量	十三、导体中频载流量		
第四节	电压损失计算			419
一、导线阻抗计算	二、电压损失计算	三、常用导线主要数据	四、架空线路的电压损失	五、电缆线路的电压损失
六、室内线路的电压损失及直流线路电流矩	七、中频线路的电压损失计算			
第十章	线路敷设			451
第一节	屋内、外布线			451
一、一般要求	二、裸导体布线	三、绝缘导线明敷布线	四、管子布线	五、钢索布线
六、线槽布线	七、母线槽布线	八、竖井布线	九、屋内电气线路与其它管道之间的最小净距	
第二节	电缆线路			462
一、电缆敷设的一般要求	二、电缆埋地敷设	三、电缆在沟内敷设	四、电缆在隧道内	

敷设 五、屋内电缆敷设 六、电缆穿管敷设 七、电缆敷设的防火、防爆措施 八、电 缆散热量计算	
第三节 架空配电线路	468
一、架空配电线路敷设的一般要求 二、导线的力学计算 三、导线排列和间隔 四、绝缘 子选择 五、横担选择 六、电杆强度计算 七、拉线的使用与选择 八、基础	
第十一章 低压配电线路保护和低压电器的选择	495
第一节 低压配电线路的保护	495
一、短路保护 二、过负载保护 三、接地故障保护	
第二节 低压电器选择的一般要求	498
一、按正常工作条件选择 二、按短路工作条件选择 三、按使用环境条件选择	
第三节 保护电器的选择	511
一、熔断器 二、低压断路器 三、漏电保护器	
第四节 开关及接触器的选择	536
一、隔离器、刀开关和熔断器组合电器 二、接触器	
第五节 保护电器与配电线路的配合	540
一、保护电器的级间配合 二、保护电器与配电线路的配合	
第六节 低压保护电器选择实例	557
附录 低压电器的产品标准体系和外壳防护等级以及IEC364建筑物电气装置有关 外界影响的分类	560
第十二章 常用用电设备配电	564
第一节 断续和短时工作制用电设备及其导线的载流量	564
一、断续工作和短时工作制用电设备 二、导线和电缆在断续负载和短时负载下的允许载流量	
第二节 电动机	577
一、电动机的起动方式 二、电动机的保护方式 三、隔离电器的装设和选择 四、短路 和接地故障保护电器的选择 五、起动控制电器的选择 六、过载和断相保护电器的选择 七、导线和电缆的选择 八、电动机的控制回路 九、常用电动机起动、保护电器及导线选择	
第三节 起重机	615
一、起重机的配电方式 二、计算电流和尖峰电流 三、开关和熔断器的选择 四、导体 选择 五、滑触线的安装 六、常用起重机开关及导线、滑触线选择	
第四节 电梯和自动扶梯	634
一、电梯和自动扶梯的配电方式 二、电梯和自动扶梯的计算电流 三、电梯和自动扶梯电 源开关、熔体和导线选择 四、电梯井道的配线 五、电梯的接地和等电位联结 六、常用 电梯和自动扶梯的电源开关、熔体和导线的选择	
第五节 电焊机	640
一、电焊机的配电方式 二、电焊机的保护 三、电焊机保护元件的选择 四、电焊机电源 线的选择 五、常用电焊机开关、熔断器及导线选择	
第六节 电阻炉	651
一、电阻炉的熔体与导线选择 二、常用电阻炉配线图表	
第七节 整流器	663
一、整流器的选择 二、整流器交流输入电流的计算 三、常用整流器熔体和导线的选择	
第八节 探伤机	669
一、常用探伤机保护电器的选择 二、常用探伤机的电源线选择 三、常用探伤机开关、	

熔体及导线主要参数

第十三章 防雷	675
第一节 落雷的相关因素	675
第二节 建筑物(含构筑物)的防雷	676
一、建筑物的防雷分类 二、建筑物的防雷措施 三、兼有不同类别防雷房间的建筑物的防雷措施 四、其它防雷措施	
第三节 特殊建、构筑物的防雷	683
一、露天装设有爆炸危险的钢封闭气罐的防雷 二、户外架空管道的防雷 三、水塔的防雷 四、烟囱的防雷 五、微波站、电视台的防雷 六、卫星地面站的防雷 七、广播发射台的防雷 八、雷达站的防雷 九、测试调试场的防雷	
第四节 建筑物防雷接闪器的选择和布置	687
一、避雷针的保护范围 二、架空避雷线的保护范围	
第五节 建筑物防雷装置	694
第六节 电力设备过电压保护	696
一、大气过电压保护 二、内过电压保护	
第七节 电力设备防雷接闪器的保护范围	705
第八节 过电压保护装置	709
一、阀型避雷器 二、排气式避雷器 三、保护间隙 四、金属氧化物压敏电阻	
第十四章 接地	713
第一节 概述	713
第二节 低压配电系统接地	714
一、低压配电系统的接地型式 二、各种接地型式的配电系统的适用范围 三、配电系统接地的要求 四、保护线及保护中性线 五、等电位联结	
第三节 电气装置接地	719
一、接地电阻的最大允许值 二、保护接地的范围 三、电气装置接地的要求	
第四节 接地系统	722
一、接地系统的构成 二、接地系统的要求 三、接地系统的连接 四、接地系统的热稳定	
第五节 接地电阻计算	726
一、计算接地电阻所需的基础资料 二、工频接地电阻计算 三、冲击接地电阻计算	
第六节 高阻区降低接地电阻的措施	735
一、换土 二、利用接地电阻降阻剂 三、深埋接地极 四、深井接地 五、利用水或与水接触的钢筋混凝土体作为流散介质	
第七节 特殊接地	736
一、电子设备接地 二、电子计算机接地 三、屏蔽接地 四、高频电炉接地 五、X光设备接地 六、电气试验设备接地 七、防静电接地	
第十五章 低压电气装置的防电击保护和特殊环境的电气安全	744
第一节 概述	744
一、人体通过电流时的生理反应 二、防直接电击保护 三、防间接电击保护	
第二节 正常环境中用自动切断故障电路措施的防间接电击保护(接地故障保护)	747
一、基本要求 二、TN系统 三、TT系统 四、IT系统 五、漏电保护器的选用和安装	
第三节 特殊环境内的电气安全	756
一、浴室 二、游泳池 三、桑拿浴室 四、农畜设施 五、狭窄导电场所 六、数据处理	

设备的电气装置	七、旅游车及其停车场	八、医院	
附录	按医疗电气设备与人体电气接触状况的场所分组和允许间断供电的时间的场所分级		770
第十六章	常用资料		772
第一节	量和单位		772
一、概述	二、国际单位制和我国法定计量单位	三、常用的物理量和法定计量单位	
四、常用单位换算			
第二节	常用标准		783
一、国内标准的种类、分级和代号	二、常用电气设计规范、标准索引	三、常见国际标准和国外标准	
四、国际电工委员会 (IEC) 简介			
第三节	电工材料常用数据		794
一、导电金属特性	二、绝缘材料特性	三、绝缘材料的耐热分级	
第四节	电工产品环境条件		801
一、环境条件的定义和分类	二、自然环境条件的分区	三、应用环境条件的分级	
第五节	气象资料		807
一、温度、气压名词解释和应用说明	二、全国主要城市气象资料		
附录	美国线规		819

设备的电气装置	七、旅游车及其停车场	八、医院	
附录	按医疗电气设备与人体电气接触状况的场所分组和允许间断供电的时间的场所分级		770
第十六章	常用资料		772
第一节	量和单位		772
一、概述	二、国际单位制和我国法定计量单位	三、常用的物理量和法定计量单位	
四、常用单位换算			
第二节	常用标准		783
一、国内标准的种类、分级和代号	二、常用电气设计规范、标准索引	三、常见国际标准和国外标准	
四、国际电工委员会 (IEC) 简介			
第三节	电工材料常用数据		794
一、导电金属特性	二、绝缘材料特性	三、绝缘材料的耐热分级	
第四节	电工产品环境条件		801
一、环境条件的定义和分类	二、自然环境条件的分区	三、应用环境条件的分级	
第五节	气象资料		807
一、温度、气压名词解释和应用说明	二、全国主要城市气象资料		
附录	美国线规		819

负荷计算及无功功率补偿

编者 颜昌田 汤牧身 校审者 徐荣铎 许月英

第一节 概 述

1. 负荷计算的内容和目的

(1) 计算负荷又称需要负荷或最大负荷。计算负荷是一个假想的持续性负荷,其热效应与同一时间内实际变动负荷所产生的最大热效应相等。在配电设计中,通常采用30min的最大平均负荷作为按发热条件选择电器或导体的依据。

(2) 尖峰电流指单台或多台用电设备持续1s左右的最大负荷电流。一般取起动电流的周期分量作为计算电压损失、电压波动和电压下降以及选择电器和保护元件等的依据。在校验瞬动元件时,还应考虑起动电流的非周期分量。

(3) 平均负荷为某段时间内用电设备所消耗的电能与该段时间之比。常选用最大负荷班(即有代表性的一昼夜内电能消耗量最多的一个班)的平均负荷,有时也计算年平均负荷。平均负荷用来计算最大负荷和电能消耗量。

2. 负荷计算的方法

负荷计算的方法有需要系数法、利用系数法、单位面积功率法等几种。

(1) 需要系数法。用设备功率乘以需要系数和同时系数,直接求出计算负荷。这种方法比较简便,应用广泛,尤其适用于配、变电所的负荷计算。

(2) 利用系数法。采用利用系数求出最大负荷班的平均负荷,再考虑设备台数和功率差异的影响,乘以与有效台数有关的最大系数得出计算负荷。这种方法的理论根据是概率论和数理统计,因而计算结果比较接近实际。适用于各种范围的负荷计算,但计算过程稍繁。由于计算器的普遍使用,本方法必将被广泛采用。

(3) 单位面积功率法、单位指标法和单位产品耗电量法。前两者多用于民用建筑,后者适用于某些工业。

(4) 对于台数较少(4台及以下)的用电设备。3台及2台用电设备的计算负荷,取各设备功率之和;4台用电设备的计算负荷,取设备功率之和乘以0.9的系数。

(5) 除采用以上的方法外,还有二项式法以及近年国内出现的ABC法、变值需要系数法等。这些方法有的已被其它方法代替,有的实用数据不多,尚未推广,故不在此介绍。

第二节 设备功率的确定

进行负荷计算时,需将用电设备按其性质分为不同的用电设备组,然后确定设备功率。

用电设备的额定功率 P_r 或额定容量 S_r ,是指铭牌上的数据。对于不同负载持续率下的额定功率或额定容量,应换算为统一负载持续率下的有功功率,即设备功率 P_e 。

(1) 连续工作制电动机的设备功率等于额定功率。

(2) 短时或周期工作制电动机(如起重机用电动机等)的设备功率是指将额定功率换算为统一负载持续率下的有功功率。

当采用需要系数法计算负荷时,应统一换算到负载持续率 ε 为25%下的有功功率

$$P_e = P_r \sqrt{\frac{\varepsilon_r}{0.25}} = 2 P_r \sqrt{\varepsilon_r} \quad \text{kW} \quad (1-1)$$

当采用利用系数法计算负荷时,应统一换算到负载持续率 ε 为100%下的有功功率

$$P_e = P_r \sqrt{\varepsilon_r} \quad \text{kW} \quad (1-2)$$

式中 P_r ——电动机额定功率, kW;

ε_r ——电动机额定负载持续率。

(3) 电焊机的设备功率是将额定容量换算到负载持续率 ε 为100%时的有功功率

$$P_e = S_r \sqrt{\varepsilon_r} \cos\varphi \quad \text{kW} \quad (1-3)$$

式中 S_r ——电焊机的额定容量, kVA;

$\cos\varphi$ ——功率因数。

(4) 电炉变压器的设备功率是指额定功率因数时的有功功率

$$P_e = S_r \cos\varphi \quad \text{kW} \quad (1-4)$$

式中 S_r ——电炉变压器的额定容量, kVA。

(5) 整流器的设备功率是指额定直流功率。

(6) 成组用电设备的设备功率是指不包括备用设备在内的所有单个用电设备的设备功率之和。

(7) 白炽灯的设备功率为灯泡额定功率。气体放电灯的设备功率为灯管额定功率加上镇流器的功率损耗(荧光灯加20%, 荧光高压汞灯、高压钠灯及碘灯加8%)。

第三节 需要系数法确定计算负荷

(1) 用电设备组的计算负荷及计算电流:

$$\text{有功功率} \quad P_{js} = K_x P_e \quad \text{kW} \quad (1-5)$$

$$\text{无功功率} \quad Q_{js} = P_{js} \tan\varphi \quad \text{kvar} \quad (1-6)$$

$$\text{视在功率} \quad S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad \text{kVA} \quad (1-7)$$

$$\text{计算电流} \quad I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3} U_r} \quad \text{A} \quad (1-8)$$

(2) 配电干线或车间变电所的计算负荷:

有功功率 $P_{js} = K_{\Sigma p} \Sigma (K_x P_e)$ kW (1-9)

无功功率 $Q_{js} = K_{\Sigma q} \Sigma (K_x P_e \operatorname{tg} \varphi)$ kvar (1-10)

视在功率 $S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2}$ kVA (1-11)

以上式中

P_e ——用电设备组的设备功率, kW;

K_x ——需要系数, 见表1-1、表1-2及表1-3;

$\operatorname{tg} \varphi$ ——用电设备功率因数角的正切值, 见表1-1、表1-3、表1-4及表1-5;

$K_{\Sigma p}$ 、 $K_{\Sigma q}$ ——有功功率、无功功率同时系数, 分别取0.8~0.9和0.93~0.97;

U_r ——用电设备额定电压(线电压), kV。

表 1-1

用电设备的 K_x 、 $\cos \varphi$ 及 $\operatorname{tg} \varphi$

用电设备组名称	K_x	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
单独传动的金属加工机床:			
小批生产的金属冷加工机床	0.12~0.16	0.50	1.73
大批生产的金属冷加工机床	0.17~0.20	0.50	1.73
小批生产的金属热加工机床	0.20~0.25	0.55~0.60	1.51~1.33
大批生产的金属热加工机床	0.25~0.28	0.65	1.17
锻锤、压床、剪床及其它锻工机械	0.25	0.60	1.33
木工机械	0.20~0.30	0.50~0.60	1.73~1.33
液压机	0.30	0.60	1.33
生产用通风机	0.75~0.85	0.80~0.85	0.75~0.62
卫生用通风机	0.65~0.70	0.80	0.75
泵、活塞型压缩机、电动发电机组	0.75~0.85	0.80	0.75
球磨机、破碎机、筛选机、搅拌机	0.75~0.85	0.80~0.85	0.75~0.62
电阻炉(带调压器或变压器):			
非自动装料	0.60~0.70	0.95~0.98	0.33~0.20
自动装料	0.70~0.80	0.95~0.98	0.33~0.20
干燥箱、加热器等	0.40~0.60	1.00	0
工频感应电炉(不带无功补偿装置)	0.80	0.35	2.68
高频感应电炉(不带无功补偿装置)	0.80	0.60	1.33
焊接和加热用高频加热设备	0.50~0.65	0.70	1.02
熔炼用高频加热设备	0.80~0.85	0.80~0.85	0.75~0.62
表面淬火热电炉(带无功补偿装置):			
电动机	0.65	0.70	1.02
真空管振荡器	0.80	0.85	0.62
中频电炉(中频机组)	0.65~0.75	0.80	0.75
氢气炉(带调压器或变压器)	0.40~0.50	0.85~0.90	0.62~0.48
真空炉(带调压器或变压器)	0.55~0.65	0.85~0.90	0.62~0.48
电弧炼钢炉变压器	0.90	0.85	0.62
电弧炼钢炉的辅助设备	0.15	0.50	1.73
点焊机、缝焊机	0.35, 0.20 ^①	0.60	1.33
对焊机	0.35	0.70	1.02
自动弧焊变压器	0.50	0.50	1.73
单头手动弧焊变压器	0.35	0.35	2.68
多头手动弧焊变压器	0.40	0.35	2.68
单头直流弧焊机	0.35	0.60	1.33
多头直流弧焊机	0.70	0.70	1.02
金属、机修、装配车间、锅炉房用起重机 ($\epsilon = 25\%$)	0.10~0.15	0.50	1.73

续表 1-1

用电设备组名称	K_x	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
铸造车间用起重机 ($\epsilon = 25\%$)	0.15~0.30	0.50	1.73
联锁的连续运输机械	0.65	0.75	0.88
非联锁的连续运输机械	0.50~0.60	0.75	0.88
一般工业用硅整流装置	0.50	0.70	1.02
电镀用硅整流装置	0.50	0.75	0.88
电解用硅整流装置	0.70	0.80	0.75
红外线干燥设备	0.85~0.90	1.00	0.00
电火花加工装置	0.50	0.60	1.33
超声波装置	0.70	0.70	1.02
X光设备	0.30	0.55	1.52
电子计算机主机	0.60~0.70	0.80	0.75
电子计算机外部设备	0.40~0.50	0.50	1.73
试验设备 (电热为主)	0.20~0.40	0.80	0.75
试验设备 (仪表为主)	0.15~0.20	0.70	1.02
磁粉探伤机	0.20	0.40	2.29
铁屑加工机械	0.40	0.75	0.88
排气台	0.50~0.60	0.90	0.48
老炼台	0.60~0.70	0.70	1.02
陶瓷隧道窑	0.80~0.90	0.95	0.33
拉单晶炉	0.70~0.75	0.90	0.48
赋能腐蚀设备	0.60	0.93	0.40
真空浸渍设备	0.70	0.95	0.33

① 点焊机的需要系数0.2仅用于电子行业。

表 1-2 照明用电设备需要系数

建筑类别	K_x	建筑类别	K_x
生产厂房 (有天然采光)	0.80~0.90	宿舍区	0.60~0.80
生产厂房 (无天然采光)	0.90~1.00	医院	0.50
办公楼	0.70~0.80	食堂	0.90~0.95
设计室	0.90~0.95	商店	0.90
科研楼	0.80~0.90	学校	0.60~0.70
仓库	0.50~0.70	展览馆	0.70~0.80
锅炉房	0.90	旅馆	0.60~0.70

表 1-3 旅游旅馆用电设备的 K_x 、 $\cos\varphi$ 及 $\tan\varphi$

用电设备组名称	K_x	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
照明: 客房	0.35~0.45	0.95	0.33
其它场所	0.50~0.70		
冷水机组、泵	0.65~0.75	0.80	0.75
通风机	0.60~0.70	0.80	0.75
电梯	0.18~0.22	0.50	1.73
洗衣机	0.30~0.35	0.70	1.02
厨房设备	0.35~0.45	0.75	0.88
窗式空调器	0.35~0.45	0.80	0.75

表 1-4

照明用电设备的 $\cos\varphi$ 及 $\tan\varphi$

光源类别	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	光源类别	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$
白炽灯、卤钨灯	1.00	0.00	高压钠灯	0.45	1.98
荧光灯(无补偿)	0.55	1.52	金属卤化物灯	0.40~0.61	2.29~1.29
荧光灯(有补偿)	0.90	0.48	镝灯	0.52	1.60
高压汞灯	0.45~0.65	1.98~1.16	氙灯	0.90	0.48

表 1-5

 $\cos\varphi$ 与 $\tan\varphi$ 、 $\sin\varphi$ 对应值

$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$\sin\varphi$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$\sin\varphi$	$\cos\varphi$	$\tan\varphi$	$\sin\varphi$
1.000	0.000	0.000	0.870	0.567	0.493	0.650	1.169	0.760
0.990	0.142	0.141	0.860	0.593	0.510	0.600	1.333	0.800
0.980	0.203	0.199	0.850	0.620	0.527	0.550	1.518	0.835
0.970	0.251	0.243	0.840	0.646	0.543	0.500	1.732	0.866
0.960	0.292	0.280	0.830	0.672	0.558	0.450	1.985	0.893
0.950	0.329	0.312	0.820	0.698	0.572	0.400	2.291	0.916
0.940	0.363	0.341	0.810	0.724	0.586	0.350	2.676	0.937
0.930	0.395	0.367	0.800	0.750	0.600	0.300	3.180	0.954
0.920	0.426	0.392	0.780	0.802	0.626	0.250	3.873	0.968
0.910	0.456	0.415	0.750	0.882	0.661	0.200	4.899	0.980
0.900	0.484	0.436	0.720	0.964	0.694	0.150	6.591	0.989
0.890	0.512	0.456	0.700	1.020	0.714	0.100	9.950	0.995
0.880	0.540	0.475	0.680	1.078	0.733			

(3) 配电所或总降压变电所的计算负荷, 为各车间变电所计算负荷之和再乘以同时系数 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 。对配电所的 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 分别取 0.85~1 和 0.95~1, 对总降压变电所的 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 分别取 0.8~0.9 和 0.93~0.97。

当简化计算时, 同时系数 $K_{\Sigma p}$ 和 $K_{\Sigma q}$ 都取 $K_{\Sigma p}$ 值。

第四节 利用系数法确定计算负荷

用利用系数法确定计算负荷时, 不论计算范围大小, 都必须求出该计算范围内用电设备有效台数及最大系数, 而后算出结果。

(1) 用电设备组在最大负荷班内的平均负荷:

$$\text{有功功率} \quad P_p = K_l P_e \quad \text{kW} \quad (1-12)$$

$$\text{无功功率} \quad Q_p = P_p \tan\varphi \quad \text{kvar} \quad (1-13)$$

式中 P_e ——用电设备组的设备功率, kW;

K_l ——用电设备组在最大负荷班内的利用系数, 见表 1-6;

$\tan\varphi$ ——用电设备组的功率因数角的正切值, 见表 1-6。

(2) 平均利用系数为

$$K_{lp} = \frac{\sum P_p}{\sum P_e} \quad (1-14)$$

式中 ΣP_p ——各用电设备组平均负荷的有功功率之和, kW;

ΣP_e ——各用电设备组的设备功率之和, kW。

(3) 用电设备的有效台数 n_{yx} , 是将不同设备功率和工作制的用电设备台数换算为相同设备功率和工作制的等效值。故

$$n_{yx} = \frac{(\Sigma P_e)^2}{\Sigma P_{1e}^2} \quad (1-15)$$

式中 P_{1e} ——单个用电设备的设备功率, kW。

使用电子计算器的统计功能, 计算 $(\Sigma P_e)^2$ 和 ΣP_{1e}^2 , 求 n_{yx} 是方便的。如果设备台数较多, 还可用误差不超过 $\pm 10\%$ 的下列简化方法计算。

表 1-6 利用系数 K_l 、 $\cos\varphi$ 及 $\text{tg}\varphi$

用电设备组名称	K_l	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$
一般工作制小批生产用金属切削机床 (小型车、刨、插、铣、钻床、砂轮机等)	0.1~0.12	0.50	1.73
一般工作制大批生产用金属切削机床	0.12~0.14	0.50	1.73
重工作制金属切削机床 (冲床、自动车床、六角车床、粗磨、铣齿、大型车床、刨、铣、立车、镗床)	0.16	0.55	1.51
小批生产金属热加工机床 (锻锤传动装置、锻造机、拉丝机、清理转磨筒、碾磨机等)	0.17	0.60	1.33
大批生产金属热加工机床	0.20	0.65	1.17
生产用通风机	0.55	0.80	0.75
卫生用通风机	0.50	0.80	0.75
泵、空气压缩机、电动发电机组	0.55	0.80	0.75
移动式电动工具	0.05	0.50	1.73
不连锁的连续运输机械 (提升机、皮带输送机、螺旋运输机等)	0.35	0.75	0.88
连锁的连续运输机械	0.50	0.75	0.88
起重机及电动葫芦 ($\epsilon = 100\%$)	0.15~0.20	0.50	1.73
电阻炉、干燥箱、加热设备	0.55~0.65	0.95	0.33
试验室用小型电热设备	0.35	1.00	0.00
10t 以下电弧炼钢炉	0.65	0.80	0.75
单头直流弧焊机	0.25	0.60	1.33
多头直流弧焊机	0.50	0.70	1.02
单头弧焊变压器	0.25	0.35	2.67
多头弧焊变压器	0.30	0.35	2.67
自动弧焊机	0.30	0.50	1.73
点焊机及缝焊机	0.25	0.60	1.33
对焊机及铆钉加热器	0.25	0.70	1.02
工频感应电炉	0.75	0.35	2.67
高频感应电炉 (用电动发电机组)	0.70	0.80	0.75
高频感应电炉 (用真空管振荡器)	0.65	0.65	1.17

1) 当有效台数为4台及以上, 且最大一台设备功率 $P_{1e,max}$ 与最小一台设备功率 $P_{1e,min}$ 的比值 $m < 3$ 时, 取

$$n_{yx} = n \quad (1-16)$$

在确定 n_{yx} 值时, 可将组内总功率不超过全组总设备功率5%的一些最小用电设备略去。

2) 当 $m > 3$ 和 $K_{lp} > 0.2$ 时, 取

$$n_{yx} = \frac{\Sigma P_e}{0.5 P_{1e, \max}} \quad (1-17)$$

如按上式求得的 n_{yx} 比实际台数还多, 则取 $n_{yx} = n$ 。

3) 当 $m > 3$ 和 $K_{lp} < 0.2$ 时, 取

$$n_{yx} = n'_{yx} n \approx \frac{0.95 (\Sigma P_e)^2}{\frac{(P_{n1})^2}{n_1} + \frac{(\Sigma P_e - P_{n1})^2}{n - n_1}} \quad (1-18)$$

$$n'_{yx} = \frac{n_{yx}}{n} \approx \frac{0.95}{\frac{(p')^2}{n'} + \frac{(1-p')^2}{1-n'}} \quad (1-19)$$

$$n' = \frac{n_1}{n} \quad p' = \frac{P_{n1}}{\Sigma P_e} \quad (1-20)$$

以上式中 n ——用电设备台数;

n_1 ——用电设备中, 单台设备功率不小于最大一台设备功率一半的台数;

n' —— n_1 台数的相对值;

ΣP_e ——各用电设备组的设备功率之和, kW;

P_{n1} —— n_1 台设备的总设备功率, kW;

p' —— P_{n1} 功率的相对值;

n'_{yx} ——有效台数相对值, 可根据相对值 n' 和 p' , 从表 1-7 查得。

(4) 计算负荷及计算电流:

$$\text{有功功率} \quad P_{js} = K_m \Sigma P_p \quad \text{kW} \quad (1-21)$$

$$\text{无功功率} \quad Q_{js} = K_m \Sigma Q_p \quad \text{kvar} \quad (1-22)$$

$$\text{视在功率} \quad S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2} \quad \text{kVA} \quad (1-23)$$

$$\text{计算电流} \quad I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3} U_r} \quad \text{A} \quad (1-24)$$

式中 U_r ——额定电压, kV;

K_m ——最大系数^①, 根据有效台数 n_{yx} 和平均利用系数 K_{lp} , 从表 1-8 查得;

其它符号含义同上。

3 台及以下用电设备的计算有功功率取设备功率总和。

3 台以上用电设备, 而有效台数小于 4 时, 计算有功功率取设备功率总和, 再乘以 0.9 系数。

① 表 1-8 的 K_m 数据是按 0.5 h 最大负荷计算的。计算以中小截面导线为基准, 其发热时间常数 τ 为 10 min, 负荷的热效应达到稳态的持续时间 t , 按指数曲线约为 3τ , 即 0.5 h。对于变电所低压母线或低压干线来说, $\tau > 20 \text{ min}$, $t > 1 \text{ h}$ 。当 t 大于 0.5 h, 最大系数按下式换算

$$K_{m(t)} < 1 + \frac{K_m - 1}{\sqrt{2t}}$$

多数情况下车间变电所低压母线上的负荷, 其平均利用系数 K_{lp} 为 0.2~0.6, 有效台数 n_{yx} 相应为 50~12 及以上, 持续时间 0.5 h 的最大系数 K_m 为 1.05~1.23, 则相应于母线 $t > 1 \text{ h}$ 的最大系数 $K_{m(t)}$, 按上式计算小于或等于 1.035~1.16。

用电设备有效台数相对值 n_{yz}

表 1-7

n'	p'	1.0	0.95	0.9	0.85	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.10	0.14	0.20	0.32	0.52
0.02		0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.14	0.19	0.26	0.36	0.51	0.71
0.03		0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.21	0.27	0.36	0.48	0.64	0.81
0.04	*	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.18	0.22	0.27	0.34	0.44	0.57	0.72	0.86
0.05		0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.15	0.18	0.22	0.26	0.33	0.41	0.51	0.64	0.79	0.90
0.06		0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.18	0.21	0.26	0.31	0.38	0.47	0.58	0.70	0.83	0.92
0.08		0.08	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.20	0.24	0.28	0.33	0.40	0.48	0.57	0.68	0.79	0.89	0.94
0.10		0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22	0.25	0.29	0.34	0.40	0.47	0.56	0.66	0.76	0.85	0.92	0.95
0.15		0.14	0.16	0.17	0.20	0.23	0.25	0.28	0.32	0.37	0.42	0.48	0.56	0.67	0.72	0.80	0.88	0.93		
0.20		0.19	0.21	0.23	0.26	0.29	0.33	0.37	0.42	0.47	0.54	0.64	0.69	0.76	0.83	0.89	0.93	0.95		
0.25		0.24	0.26	0.29	0.32	0.36	0.41	0.45	0.51	0.57	0.64	0.71	0.78	0.85	0.90	0.93	0.95			
0.30		0.29	0.32	0.35	0.39	0.43	0.48	0.53	0.60	0.66	0.73	0.80	0.86	0.90	0.94	0.95				
0.35		0.33	0.37	0.41	0.45	0.50	0.56	0.62	0.68	0.74	0.81	0.86	0.91	0.94	0.95					
0.40		0.38	0.42	0.47	0.52	0.57	0.63	0.69	0.75	0.81	0.86	0.91	0.93	0.95						
0.45		0.43	0.47	0.52	0.58	0.64	0.70	0.76	0.81	0.87	0.91	0.93	0.95							
0.50		0.48	0.53	0.58	0.64	0.70	0.76	0.82	0.87	0.91	0.94	0.95								
0.55		0.52	0.57	0.63	0.69	0.75	0.82	0.87	0.91	0.94	0.95									
0.60		0.57	0.63	0.69	0.75	0.81	0.87	0.91	0.94	0.95										
0.65		0.62	0.68	0.74	0.81	0.86	0.91	0.94	0.95											
0.70		0.66	0.73	0.80	0.86	0.90	0.94	0.95												
0.75		0.71	0.78	0.85	0.90	0.93	0.95													
0.80		0.76	0.83	0.89	0.94	0.95														
0.85		0.80	0.88	0.93	0.95															
0.90		0.85	0.92	0.95																
1.00		0.95																		