

油库电气实用**技术**

杨芝 王祥 齐永生 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

油库电气实用技术

杨芝 王祥 齐永生 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn



本书从实用角度出发,综合油库电气设备技术的特点,系统地介绍了油库供电技术,低压电器、防爆电气设备的工作原理与使用维护,接地接零保护,爆炸危险场所电线电缆的选用和敷设,泵电机的启动与调速控制技术,常用油品化验电气设备的典型电路原理等。着重从使用管理的角度阐述油库各种电气设备的结构、性能、安装设计及使用维护方法,对爆炸危险场所电气设备的结构特点、选用方法、控制电路原理及使用维护做了较为详尽的介绍。在内容选择和阐述上立足当前,兼顾发展,特别注意了内容的新颖性、实用性,将基础理论与工程实际相结合。

本书既可作为大专院校油料专业学生的专业课教材,也可供油库设计和技术管理的工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

油库电气实用技术/杨艺,王祥,齐永生编著. —北京:中国电力出版社,2003

ISBN 7-5083-1470-0

I. 油... II. ①杨... ②王... ③齐...
III. 油库-电气设备 IV. TE972

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 025551 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003年8月第一版 2003年8月北京第一次印刷

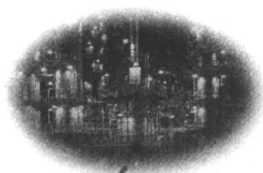
787毫米×1092毫米 16开本 23.75印张 536千字

印数 0001—3000册 定价 38.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

120878



前言

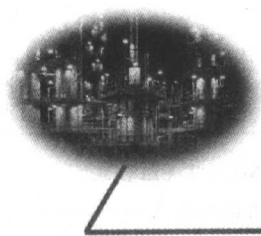
近年来我国石油、化工行业发展十分迅速，随着科学技术的飞速发展，新工艺、新设备、新方法不断涌现，越来越多地使用着各种电气设备，而且电气设备的更新换代步伐也逐渐加快。特别是近几年来，许多相关行业也纷纷颁布、制定或修订了各种标准、规范及规章制度。由于石油库对防火防爆的高标准与严要求，合理、安全地选用、使用与维护电气设备是保证人身与财产安全以及石油库正常运行的关键因素。本书注意结合我国石化行业实际情况，在广泛收集材料的基础上，立足油库现状，尽可能依据新标准、新规范进行阐述，并将一些相关成熟的新技术、新方法纳入内容。

本书第一、三、四、五章由杨艺编写，第二章由齐永生、杨艺编写，第六、七章由王祥编写。本书在编写过程中，解放军空军后勤学院的于贤福教授给予了大力支持与协助，石永春教授从本书写作至定稿提供了大量的支持与帮助，本书的出版也凝聚了油库管理教研室全体同志的心血。

由于我们的水平所限，书中难免存在不足之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2007/5



目 录

前言

第一章 石油库供电 1

第一节 石油库供配电系统 1	二、建筑结构 12
一、电力系统简介 1	三、室内布置 13
二、变、配电所 5	第三节 阅读电气工程图 17
三、电力负荷计算与变压器的选择 5	一、图形、符号 17
第二节 石油库变、配电所的	二、电气系统图 17
布置与设计 11	三、二次接线图 17
一、建筑位置 11	四、电气平面图 22

第二章 低压电器 28

第一节 概述 28	六、断路器的使用与维护 54
一、低压电器的分类 28	第四节 熔断器 55
二、低压电器的类型及代号 28	一、熔断器的基本结构和工作原理 55
三、低压电器使用的通用条件 30	二、熔断器的分类 55
四、低压电器主要技术参数 30	三、熔断器的型号 56
第二节 低压开关 31	四、熔断器的选用 59
一、刀开关 31	五、熔断器的使用与维护 60
二、主令电器 40	第五节 接触器 61
第三节 低压断路器 42	一、接触器的分类 62
一、断路器的用途与分类 42	二、接触器的结构与工作原理 62
二、断路器的结构 42	三、接触器的型号 63
三、断路器额定电流 43	四、接触器的选用 65
四、断路器的种类与型号 44	五、接触器的安装 67
五、断路器的选用 53	六、接触器的常见故障及排除 67

第六节 控制继电器	68
一、热继电器	69
二、时间继电器	78
三、中间继电器	81
四、信号继电器	82
第七节 低压配电屏	83
一、PGL 系列配电屏	83

第三章 防爆电气设备

第一节 爆炸危险环境的区域划分	89
一、爆炸危险区域	89
二、爆炸性气体环境的分区	89
三、爆炸性气体环境危险区域的范围	91
第二节 爆炸性混合物的分类、 分级和分组	92
一、爆炸性物质的分类	92
二、爆炸性气体的分级和分组	92
第三节 防爆电气设备的 防爆原理	94
一、可燃性气体混合物的 主要特性参数	94
二、电气设备隔爆原理	98
第四节 防爆电气设备的类型、 标志及外壳防护等级	100
一、防爆电气设备的类型和标志	100
二、防爆电气设备的标志方法	111
三、低压电器外壳防护等级	112
第五节 石油库常用防爆电气 设备产品介绍	114
一、防爆电机	115

第四章 石油库输配电线路的选用与敷设

第一节 输配电线路	168
一、电缆线路	168
二、绝缘电线	172
三、电线、电缆型号与截面 的选择	174

二、BFC 类低压开关柜	84
三、GGL1 型固定式低压开关柜	85
四、GZL1、GZL2、GZL3 型组合式 低压开关柜	85
五、多米诺 (DOMINO) 模块组合式 低压开关柜的用途及特点	86
六、XL 类动力配电箱	87
七、XM 类照明配电箱	87

二、防爆断路器	126
三、防爆电磁启动器	128
四、防爆主令电器	130
五、防爆插销	133
六、防爆接线盒	134
七、防爆箱	134
八、防爆灯具	135
九、防爆其他类	138

第六节 防爆电气设备

的选用

一、爆炸性气体环境电气设备的 选用原则	141
二、爆炸性气体环境电气设备 的选型	142

第七节 防爆电气设备的安装

与维修

一、防爆电气设备的安装	147
二、防爆电气设备的检查、 维护和修理	153
三、防爆电气设备的报废	164
四、防爆电气设备的资料管理	164
五、防爆工具的使用	164

四、低压线路的配线	179
-----------------	-----

第二节 爆炸危险环境电气线

路通用要求

一、爆炸危险环境电缆 电线的选择	182
---------------------------	-----

二、电气线路配线方式的选用	182
三、线路走向的确定	183
四、线芯截面的选定	183
五、电气线路的连接	183
六、电气线路的隔离密封	187
七、电气线路的安全距离	187
八、电气线路的保护	188
九、电气线路的使用、维护、 检修和试验	188
十、电气线路运行、维修、试 验的安全技术	189
第三节 爆炸危险场所电缆 的敷设	189
一、电缆敷设的一般要求	189
二、电缆敷设的方式	191
三、爆炸危险场所电缆线路 的选用与敷设	193
第四节 爆炸危险场所钢管配线	201
一、钢管类型	201

第五章 接地与接零 **210**

第一节 保护接地与保护接零	210
一、接地和接零概述	210
二、保护接地和保护接零的作用	211
三、系统接地形式	214
第二节 接地装置	216
一、接地装置的选择	216
二、接地装置的敷设	218
三、接地电阻	220
第三节 接地电阻的测量	223
一、电压——电流表法	224

第六章 油泵电动机的启动和调速控制 **235**

第一节 三相异步电动机的直接启动 控制线路	235
一、线路工作原理	235
二、线路保护	236

二、钢管的加工与防腐	201
三、钢管的敷设	201
四、钢管的连接	202
五、管路的隔离密封	203

第五节 爆炸危险场所本质安全

电路的配线	205
一、电缆电线的选用	205
二、配线方法	205
三、导线的连接	206
四、配线的标志	206
五、电路的接地	206

第六节 爆炸危险环境防爆电气设备

的施工图设计	206
一、轻油洞库防爆电气设备 施工图设计与安装	207
二、油泵房防爆电气设备的 施工图设计	207
三、其他危险场所防爆电气设备 施工图设计	208

二、用接地电阻测试仪测量	225
第四节 爆炸危险环境电气设备的 接地和接零	227
一、接地的范围	227
二、接地的通用要求	228
三、保护接地	229
四、防雷接地	230
五、防静电接地	232
六、石油库中接地电阻的 测量与管理	233

第二节 三相异步电动机降压启动 控制线路	236
一、串接电阻降压启动控制线路	236
二、星形、三角形降压启动 控制线路	238

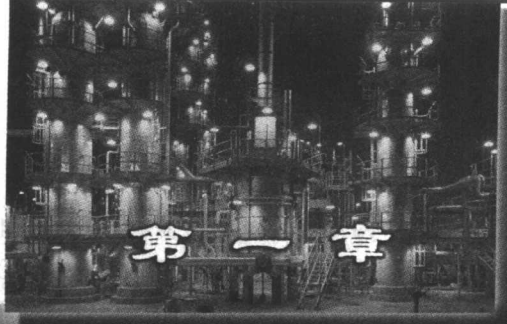
三、自耦变压器(补偿器)降压启动 控制线路	239
第三节 三相异步电动机的软启 动器	241
一、软启动器特性	241
二、软启动器的发展现状	242
三、软启动器应用	243
第四节 变频器调速及应用	244
一、交流调速种类	244

第七章 油品化验电气

第一节 电热器具	271
一、普通电炉	271
二、THR-500A 型调温式红外电热套	271
三、101A 型电热鼓风干燥箱	273
四、电热恒温水浴	275
五、高温电炉	276
六、DSY-004 型运动粘度测定器	278
七、DSY-020A 铜片银片腐 蚀测定器	281
第二节 机械压缩式制冷设备	284
一、压缩式电冰箱	285
二、DSY-006B 倾点、浊点、凝点、 冷滤点测定器	289
第三节 半导体制冷仪	292
一、半导体制冷仪原理	292
二、BLQ-2 半导体制冷仪的组成和 工作原理	292
三、仪器主要性能和使用注意事项	297
第四节 轻质石油产品电导 率测定仪	297
一、DDY-4 型轻质石油产品电导 率测定仪	297
二、DDY-S 型数字式电导率测定仪	307
第五节 ZD-2 型自动电位滴定计	316
一、仪器的功能、结构及	

二、变频器基本电路框图结构和 工作原理	248
三、变频器容量计算	250
四、变频器的使用操作	254
五、变频器的检查与维护	261
第五节 变频器在油库收发油 作业中应用	264
一、无级调速加油系统	264
二、用一台变频器兼作多台油泵 电机软启动	267
	271

工作原理	316
二、ZD-2 滴定计的电路	321
三、DZ-1 滴定装置电路原理	328
四、仪器的安装和使用	331
五、仪器的维护及故障分析	334
附录一 常用电力变压器的 技术数据	337
附录二 生产的火灾危险性分类	338
附录三 石油化工企业电气图图形 和文字符号	339
附录四 常用电线、电缆的 名称、型号	354
附录五 橡皮绝缘电线、聚氯乙烯 绝缘电线穿钢管敷设 的载流量	355
附录六 电缆管径的选择	360
附录七 线路敷设方式按环境 条件选择	362
附录八 参考规范与标准	363
附录九 石油库内建筑物、构筑物的 爆炸危险区域的等级与 范围划分	364
参考文献	370



石油库供电

电能是现代工业的主要动力，是石油库进行生产运作的主要能源。由于电能能够方便而经济地由其他形式的能量转换而得，又能简便而经济地转换成其他形式的能量供人们使用，而且电能的输送和分配既简单又经济，同时便于控制、调节和测量，有利于实现生产过程的自动化，因此，电能已成为国民经济现代化的基础，成为国民经济各个领域不可替代的能源。

第一节 石油库供配电系统

一、电力系统简介

电力系统是由发电厂、电力网和用电设备组成的统一整体。电力网是电力系统的一部分，它包括变电所、配电所及各种电压等级的电力线路。

(一) 电力系统组成

1. 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的诸种一次能源转换为电能（二次能源）的工厂，它的产品是电能。根据所利用的一次能源的不同，发电厂可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。目前我国接入电力系统的发电厂主要是火力发电厂和水力发电厂。

2. 变电所与配电所

为了实现电能的经济输送和满足用电设备对供电质量的要求，需要对发电机的端电压进行多次的变换。变电所就是接受电能、变换电压和分配电能的场所。根据任务的不同，变电所可分为升压变电所和降压变电所两大类。升压变电所是将低电压变换为高电压，一般建立在发电厂厂区内；降压变电所是将高电压变换到合适的电压等级，一般建立在靠近电能用户的中心地点。

单纯用来接受和分配电能而不改变电压的场所称为配电所。配电所多建于建筑物内部。

3. 电力线路（也称输电线路）

电力线路是输送电能的通道。因为火力发电厂多建在燃料产地，水力发电厂则建在水力资源丰富的地方，一般这些大型的发电厂距离电能的用户都比较远，所以需要各种不同电压等级的电力线路，作为发电厂、变电所和电能用户之间联系的纽带，使发电厂生产的电能源源不断地输送到电能用户。

通常，把发电厂生产的电能直接分配给用户，或由降压变电所分配给用户的 10kV 及以下的电力线路称为配电线路；把电压在 35kV 及以上的高压电力线路称为送电线路。

4. 电能用户（又称电力负荷）

在电力系统中，一切消费电能的用电设备均称为电能用户。用电设备按其用途可分为：动力用电设备（如电动机等），工艺用电设备（如电解、冶炼、电焊等设备），电热用电设备（如电炉、干燥箱、空调等），照明用电设备和试验用电设备等，它们分别将电能转换为机械能、热能和光能等不同形式，以适应生产和生活对电能的需要。目前我国各类电能用户的用电量占总电量的百分比为：工业 72.9% ，农业 13.7% ，生活 7.8% ，市政及商业 4.4% 。可见，工业是电力系统中最大的电能用户。随着家用电器的猛增，生活用电的比例将会急剧上升。

图 1-1 所示是从发电厂、变电所、电力线路到电能用户的送电过程示意图。

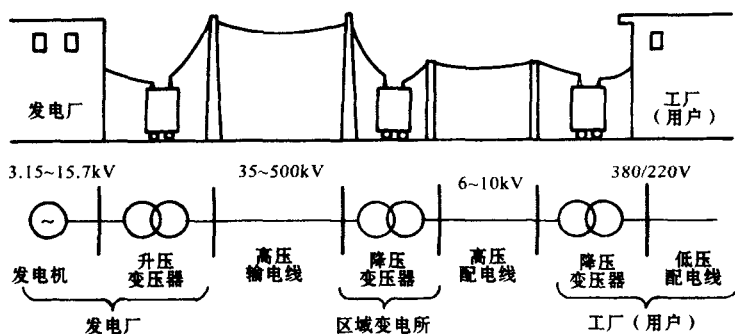


图 1-1 从发电厂到用户的送电过程示意图

为了提高供电的安全连续性，保证用户供电不中断，经济合理使用电能，把各种类型发电厂的发电机、变电所的变压器以及输电线、配电设备和用电设备联系起来组成统一的整体，称为电力系统，如图 1-2 所示。

建立电力系统有如下优越性：提高供电的可靠性，不会因个别发电机发生故障或检修而导致用户停电，并能有计划地安排设备的轮流检修，使设备经常保持安全运行。另外可实现经济运行，一是可根据季节不同，合理利用能源，以降低电力系统的发电成本，二是可以合理调配各发电厂的负荷，尽可能减少近电远送，以降低线路上的电能损失。可提高设备的利用率，使系统的设备互为备用，既减少了发、供电设备总的备用容量，又可大大节省设备投资。

（二）电力负荷的分类

在电力系统中，根据用电设备在生产和社会生活中的重要性不同，以及供电中断对人

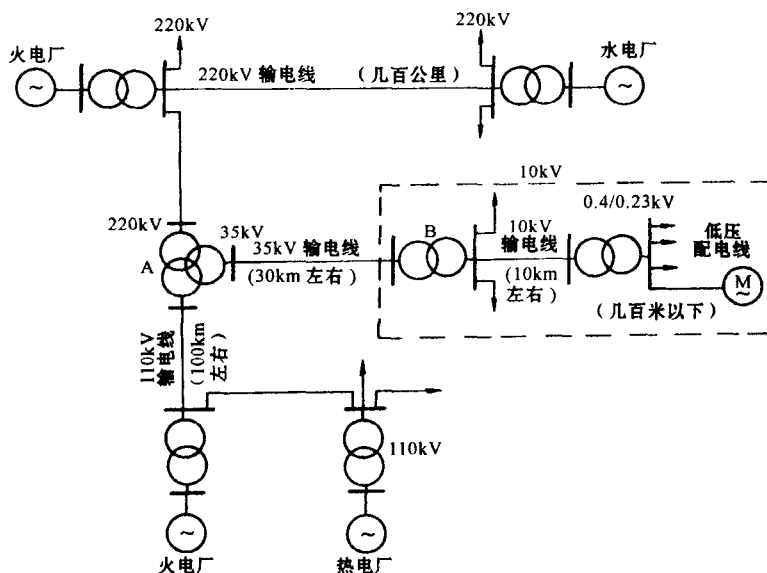


图 1-2 电力系统示意图 (虚线框内为工矿企业供电系统)

身和设备安全的影响，电能用户分为三个等级。不同等级的负荷，供电基本要求各异。

1. 一级负荷

是指那些中断供电后将造成人身伤亡，或造成重大设备损坏，或破坏复杂的工艺过程使生产长期不能恢复，破坏重要交通枢纽、重要通讯设施、重要宾馆以及用于国际活动的公共场所的正常工作秩序，造成政治上和经济上重大损失的电能用户。对于一级负荷，要求采用两个独立的电源供电。所谓独立，是指其中任一个电源发生事故或因检修而停电时，不致影响另一个电源继续供电，以保证一级负荷供电的连续性。

2. 二级负荷

是指那些中断供电后将造成国民经济较大损失，损坏生产设备，产品大量减产，生产较长时间才能恢复，以及影响交通枢纽、通讯设施等正常工作，造成大中城市、重要公共场所（如大型体育馆、大型影剧院等）的秩序混乱的电能用户。对于二级负荷，要求采用双回路供电，即由两条线路供电（一条线路工作、一条线路备用）。在条件不允许采用双回路时，则允许采用 6kV 及以上专用架空线路供电。采用了专线供电后是否还需要设备备用电源，需要经过技术经济比较后再定。如中断供电造成的损失大于备用电源所需费用时，则应设置备用电源。

3. 三级负荷

凡不属于一级和二级负荷的一般电力负荷应为三级负荷。三级负荷对供电无特殊要求，一般都为单回路供电，但在可能情况下也应尽力提高供电的可靠性。

在民用建筑中，一般把重要的医院、大型的商场、体育馆、影剧院、重要的宾馆和电信电视中心列为一级负荷，大多数民用建筑属于三级负荷。

石油库供电负荷等级一般按下列原则进行分级：

(1) 石油库输油作业的供电负荷等级应为三级，不能中断输油作业的石油库供电负荷等级应为二级。一、二、三级石油库应设置供信息系统使用的应急电源。

(2) 小型石油库的供电负荷等级应为三级。

(3) 加油站的供电负荷等级应为三级。

石油库的供电，宜采用外接电源。当采用外接电源确有困难或不经济时，可采用自备电源。一、二、三级石油库的消防泵站应设事故照明电源，事故照明可采用蓄电池作备用电源，其连续供电时间不应少于 20min。

(三) 中、小型用户供电系统

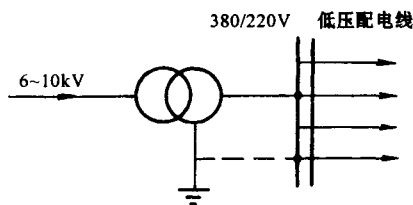


图 1-3 小型民用建筑设施供电系统

小型民用建筑设施的供电，一般只需要设立一个降压变压器将 6~10kV 变为低压 380/220V，其供电系统如图 1-3 所示。对于 100kW 以下的用电负荷，一般不必单独设变压器，通常采用 380/220V 低压供电即可，只需设立一个低压配电室。

中型民用建筑设施的供电，一般电源进线为 6~10kV，经过高压配电所，再用几路高压配电线，将电能分别送到各建筑物变电所，降为 380/220V 低压，供给用电设备，如图 1-4 所示。

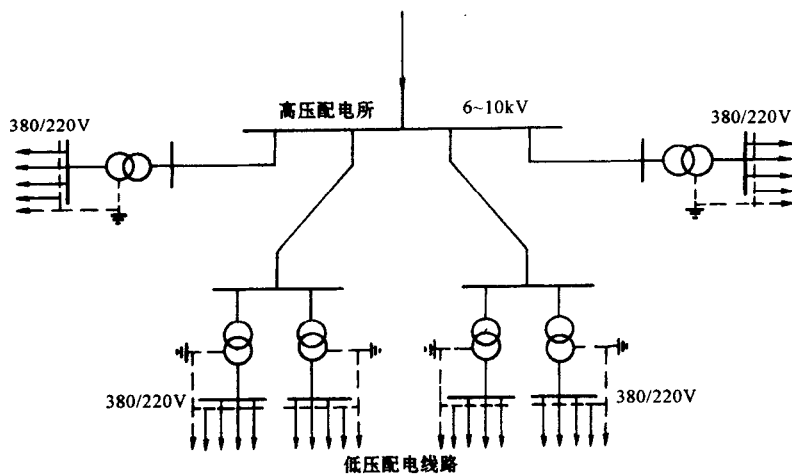


图 1-4 有高压配电所的中型民用建筑设施供电系统

(四) 电力系统的额定电压和频率

电力系统中的所有电气设备，都是在一定的电压和频率下工作的。系统的电压和频率直接影响着电气设备的运行，所以电压和频率是衡量电力系统电能质量的两个基本参数。我国规定，一般交流电力设备的额定频率（俗称工频）为 50Hz，允许偏差为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。频率的稳定主要取决于系统中有功功率的平衡，频率偏低，表示电力系统中发出的有功功率不足，应设法增大发电机的有功功率。电力系统的电压主要取决于系统中无功功率的平衡，无功功率不足，则电压偏低。这里着重讨论的是额定电压。

根据我国规定,电力网的额定电压有:220V、380V、3kV、6kV、10kV、35kV、110kV、220kV等,习惯上把1kV及以上的电压称为高压,1kV以下的电压称为低压。但要注意,所谓低压是相对高压而言,决不表明它对人身没有危险。

我国电力系统中,220kV以上电压等级都用于大电力系统的主干线,输送距离在几百公里;110kV电压用于中、小电力系统的主干线,输送距离在100km左右;35kV则用于电力系统的二次网络或大型工厂的内部供电,输送距离在30km左右;6~10kV电压用于送电距离为10km左右的城镇和工业与民用建筑施工供电;电动机电热等用电设备,一般采用三相电压380V和单相电压220V供电;照明用电一般采用380/220三相四线制供电。

二、变、配电所

大、中型工业用电一般均设有36(63)kV总降压变电所,向整个企业和周围其他用户供电;中、小型企业附近有6(10)kV电源时,一般可只设6(10)kV总配电所,然后再由总变(配)电所向企业各高压用电设备和各区域变电所供电。

(一) 变、配电所的分类

1. 变电所的类型

从设置的地点来分,变电所可分为以下几种类型。

(1) 户外变电所。变压器安装于户外露天的地面上,不需要建造房屋,所以通风良好,造价低,在建筑平面布置许可的条件下广泛采用。

(2) 附设变电所。即变电所的一面墙壁或几面墙壁与建筑物的墙壁共用。此种变电所造价较高,适用于对几个用户供电,但又不便于附设在某一个用户侧。

(3) 独立变电所。变电所设置在离建筑物有一定距离的单独建筑物内。此种变电所造价较高,适用于对几个用户供电,但又不便于附设在某一个用户侧。

(4) 变电台。是将容量较小的变压器安装在户外电杆上或台墩上。

2. 配电所的类型

(1) 附设配电所。把配电所附设于某建筑物内,其造价经济,较多采用。

(2) 独立配电所。配电所不受其他建筑物的影响,布置方便,便于进出线,但造价高。

(3) 配、变电所。即带变电所的配电所,也分为附设式和独立式。

(二) 变、配电所的主要电气设备

在6~10kV供电系统中,应用的高压一次电气设备有:高压熔断器、高压隔离开关、高压负荷开关、高压断路器、高压开关柜等。常用的低压一次电气设备有:低压闸刀开关、低压负荷开关、低压自动开关、低压熔断器、低压配电屏等。互感器属高压一次设备。低压设备将在第二章中介绍。高压设备本书中不作为论述内容。

三、电力负荷计算与变压器的选择

目前我国设计部门在进行工业企业供电设计时,常用需用系数法和二项式系数法。其中需用系数法计算简便,适用于任何性质的工业企业,其计算结果能满足工程上的要求,所以应用最为广泛。二项式系数法一般应用于机械加工和热处理工作间,用于设备数量少而容量差别大的工作间支干线的负荷计算,以弥补需用系数法的不足。本书主要用需用系

数计算负荷的方法,有关二项式系数法请参阅其他书籍。

(一) 电力负荷的计算

在实际工作中,用电设备往往不是满负荷运行,实际的负荷容量常小于其额定容量。一组用电设备中,根据实际需要,所有设备也不可能同时工作。同时工作的设备,其最大负荷出现的时间也不相同。所有用电设备的实际负荷总容量总是小于其额定容量的总和,因此不能简单地把所有用电设备的容量相加作为选择变压器容量或导线、电缆截面的依据,而是用所谓“计算负荷”来衡量。“计算负荷”是按发热条件选择导线和电气设备时所使用的一个假想负荷。用电设备组实际的负荷容量与额定容量的比值,称为需用系数。根据用电设备额定容量及需用系数,计算实际负荷的方法,称为需用系数法。

在实际供配电设计中广泛采用需用系数法。需用系数法是根据统计规律确定系数,“计算负荷”等于设备容量乘以需用系数。

1. 需用系数法确定“计算负荷”

$$\begin{aligned}P_c &= K_d \Sigma P_n \\Q_c &= P_c \operatorname{tg} \varphi \\S_c &= \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \\I_c &= \frac{S_c \times 1000}{\sqrt{3} U_n}\end{aligned}\quad (1-1)$$

式中 P_c ——有功计算负荷, kW;

Q_c ——无功计算负荷, kvar;

S_c ——视在计算负荷, kV·A;

I_c ——计算电流, A;

ΣP_n ——用电设备组的额定容量之和, kW;

U_n ——额定线电压, V;

K_d ——需用系数;

$\operatorname{tg} \varphi$ ——该用电设备组功率因数角的正切值。

需用系数 K_d 是由多年运行经验积累而得,其中考虑了下述因素:①同组用电设备中不是所有用电设备都在同时工作;②同时工作的用电设备不可能全在满载状态下运行;③电动机等用电设备通常以输出功率为其额定容量,所以应计及设备组的平均效率;④供电线路有损耗,应计及线路效率等等。总之将所有影响计算负荷的因素归并成为一个系数 K_d ,称之为需用系数,通常也可称为需要系数。

部分用电设备的需用系数和功率因数如表 1-1 所示。

2. 三相用电设备组的“计算负荷”

(1) 各类用电设备的“计算负荷”:有功计算负荷 P_c 就是将三相用电设备的设备容量乘以需用系数,即

$$P_c = K_d P_a \quad (1-2)$$

式中 P_a ——同类设备的总容量, kW;

K_d ——同类设备的需用系数。

表 1-1 部分用电设备的需用系数和功率因数

用电设备名称	需用系数	$\cos \varphi$	用电设备名称	需用系数	$\cos \varphi$
生产用的通风机、水泵	0.75 ~ 0.85	0.8	照明:		
运输机、传送带	0.52 ~ 0.60	0.75	工业企业建筑室内照明	0.80	1.00
混凝土及砂浆搅拌机	0.65 ~ 0.70	0.65	大面积住宅、办公室室内照明	0.40 ~ 0.70	1.00
起重机、掘土机、升降机	0.25	0.70	仓库照明	0.50 ~ 0.70	1.00
球磨机	0.70	0.70	屋外照明	1.00	1.00
电焊变压器	0.45	0.45	实验室、医务室、变电所	0.80 ~ 0.90	1.00
			大型仓库、配电所、变电所等	0.60	1.00
			锅炉房	1.00	1.00

上述 K_d 查需用系数表。表中所列需用系数值，是用电设备台数较多时的数据。若用电设备台数较少时，则需用系数值应适当取得大一些。如果只有一、两台用电设备，需用系数可取为 1，此时可认为有功计算负荷就等于用电设备的容量。

在工业供电系统中，需要计算无功负荷，因为无功负荷的存在引起视在功率的增加，对电气和载流部分的设备容量都有影响。当各类用电设备组有功计算负荷 P_c 求出后，则取其对应用电设备组的平均功率因数角 φ 的正切函数 $\tan \varphi$ ，与 P_c 相乘而得无功计算负荷 Q_c ，即

$$Q_c = P_c \tan \varphi$$

则视在计算负荷 S_c 为

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2}$$

或

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi} = K_d' \frac{P_d}{\cos \varphi}$$

式中 $\cos \varphi$ ——同类设备的平均功率因数，查表 1-1。

在用电设备台数较少时，功率因数也应适当地取大一点。

【例 1-1】 已知某石油库泵房内电压为 380V 的三相交流电动机，22kW 的 3 台，7.5kW 的 1 台。试求其计算负荷。

解 此石油库泵房电动机的总容量为

$$P_n = 22 \times 3 + 7.5 = 73.5 \text{ (kW)}$$

查需用系数表得 $K_d = 0.75 \sim 0.85$ ，取 $K_d = 0.8$ ，又 $\cos \varphi = 0.8$ ， $\tan \varphi = 0.75$ 。

因此可求得：

1) 有功计算负荷

$$P_c = K_d P_n = 0.8 \times 73.5 = 58.8 \text{ (kW)}$$

2) 无功计算负荷

$$Q_c = P_c \tan \varphi = 58.8 \times 0.75 = 44.1 \text{ (kvar)}$$

3) 视在计算负荷

$$S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi} = \frac{58.8}{0.8} = 73.5 \text{ (kV} \cdot \text{A)}$$

4) 计算电流

$$I_c = \frac{S_c \times 1000}{\sqrt{3} U_n} = \frac{73.5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380} = 111.83 \text{ (A)}$$

(2) 设备容量 P_a 的计算。

在负荷计算时，由于各用电设备的工作制不同，其铭牌上标注的额定功率不能直接相加，因此在统计负荷前，应先将其换算成统一工作制下的额定功率，然后才能参与计算。计算负荷公式中的设备容量 P_a ，不包括备用设备容量在内。其具体换算方法如下：

1) 长时连续工作制用电设备。

此类工作制的设备长期连续运行，负荷比较稳定。如通风机、电动机、电炉、照明灯等。长时连续工作制用电设备的容量就等于其铭牌额定容量，即 $P_a = P_n$ （额定功率）。

2) 短时工作制用电设备。

此类工作制的设备工作时间短，而停歇时间长。短时工作制用电设备的功率，按额定功率确定，也为 $P_a = P_n$ 。

3) 断续周期工作制用电设备。

此类工作制的设备周期性地时而工作、时而停歇，如此反复进行，而工作周期一般不超过 10min，如电焊机和吊车电动机等。断续周期工作制设备的功率，是将用电设备在不同负载持续率（又称暂载率）下的额定容量统一换算为规定的负载持续率下的额定功率。这种换算，是以“热量等效”的原则进行的。

对于照明，白炽灯的设备容量是指灯管上标出的额定容量， $\cos \varphi$ 为 1；荧光灯及高压汞灯必须考虑其镇流器的功率损耗，荧光灯的设备容量为灯管额定容量的 1.2 倍，高压汞灯的设备容量为灯管额定容量的 1.1 倍， $\cos \varphi$ 为 0.55 ~ 0.6。

3. 单相用电设备组的计算负荷

由三相电源供电的设备，除了广泛应用三相设备外，还有各种单相设备，如电焊机、电冰箱、电炉、电灯等。单相设备应尽可能均匀地分配在三相线路上，以保持三相负荷尽可能平衡。但在实际工作中有一些单相负荷较大，接于相电压或接于线电压上，往往造成三相负荷的不平衡。所以为选择电气设备而确定计算负荷时，就得以较大的一相为依据，将单相负荷的功率折算为三相等值功率 P_a 。

根据单相负荷接入三相四线电源的接法不同，可分为下述三种情况分别确定单相用电设备组的三相等效计算负荷。

(1) 单相负载 P_p 接于电源的相线与地线间：计算负荷时，相当于三相（三条相线）内都有同一负载接入，即

$$P_a = 3 P_p \quad (1-3)$$

式中 P_a ——折算的三相等值功率；

P_p ——接于相线和地线间的单相负载功率。

(2) 一个单相负载 P_l 接于电源的相线与相线间；折算后的三相等值功率为

$$P_a = \sqrt{3} P_1$$

式中 P_1 ——接于相线和相线间的单相负载功率。

(3) 两个相同的单相负载 P_1 分别接于三相电源的不同相线与相线间，折算后的三相等值功率则为

$$P_a = 3 P_1$$

4. 变电所总负荷的计算

统计全变电所总计算负荷时，应从供电系统最末端开始逐级向电源侧统计。统计时先将各部门用电设备按作业环节和设备所在地点分组（当组内负荷暂载率不同时，应换算成统一暂载率下的额定容量），然后计算各组用电设备的计算负荷。因为总的计算负荷是由不同类型的多组用电设备组成，而各组用电设备的最大负荷往往不是同时出现的，当某一供电干线有多个用电设备组时，则将该干线上各用电设备组的计算负荷相加后乘以组间最大负荷同时系数，即得该干线的计算负荷。同时系数的数值也是根据统计规律确定的。当供电线路上有变压器时，加上变压器的损耗，即为变压器一次侧线路的计算负荷。统计总变电所或工作间变电所二次母线上的总计算负荷时，应将母线各配出线计算负荷相加，再乘以组间最大负荷同时系数。其计算公式为

$$P_{\Sigma} = K_{sp} \Sigma P_c$$

$$Q_{\Sigma} = K_{sq} \Sigma Q_c$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} \quad (1-4)$$

式中 ΣP_c 、 ΣQ_c ——各组用电设备的有功、无功计算负荷之和；

K_{sp} 、 K_{sq} ——考虑各组用电设备最大负荷不同时出现的有功、无功组间最大负荷同时系数，组数越多，其值越小，一般取 $K_{sp} = 0.85 \sim 0.95$ ， $K_{sq} = 0.90 \sim 0.97$ ；

P_{Σ} 、 Q_{Σ} 、 S_{Σ} ——干线或变电所二次母线的总有功、无功、视在计算负荷。

各级电网的 K_{sp} 或 K_{sq} 的连乘积不应小于 0.8。负荷计算一般应以表格的形式给出。需要注意的是，由于上述各组用电设备的类型不同，功率因数 $\cos \varphi$ 就不一定相同，因此，求总的视在计算负荷时不能用公式 $S_c = \frac{P_c}{\cos \varphi} = K_d = \frac{P_a}{\cos \varphi}$ 进行计算；同时，考虑到各组用电设备之间有同时系数问题，所以也不能用各组视在计算负荷之和计算总的视在计算负荷。

(二) 变压器的选择

1. 变压器简介

变压器是把某一电压值的交流电变换成同频率的另一电压值的交流电的电气设备。在电力系统中，变压器对电能的经济传输、灵活分配和安全使用具有重要的作用。

在石油库的供电系统中，大多采用的是把高压（通常是 10kV）变换成低压（400/230V）的配电变压器，也叫降压变压器。

目前国内中小型电力变压器的生产情况是：SL1、SL、SFL1、SL2、SFLZ 和 SZ 系列产品已经淘汰，不再生产。S7、SL7、SF7、SZ7、SZL7 等系列产品是主要产品。另外，还有 S9、