

油库 电气设备

YOUKU DIANQI SHEBEI

王祥 编著

中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

油库电气设备

王 祥 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了油库供电技术、低压电器、防爆电气设备、接地技术、电线电缆的选用和敷设、泵与风机的电力拖动技术、防雷技术、常用测量仪表和油品化验电气设备的原理等。本书既可作为高等院校油料专业学生的专业课教材，也可供油(气)库(站)、化工企业设计和技术管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

油库电气设备/王祥编著. —北京:中国石化出版社,
2007

ISBN 978 - 7 - 80229 - 414 - 1

I. 油… II. 王… III. 油库 - 电气设备 IV. TE972

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 135007 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京新华印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787 × 1092 毫米 16 开本 21 印张 687 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定价:48.00 元

前 言

随着我国石油、化工行业的飞速发展，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控制系统，而且电气技术设备的更新换代步伐也逐渐加快。特别是近几年来，油库进入数字化、信息化管理，大量的现场测量电气仪表和装置等新型电气设备进入油库。新的油库设计规范、电气规程、防雷技术等规范对电气技术的要求也更加严格，出现了许多新的技术问题。

本书是在总结多年油料专业电气教学经验和调研多个新老石油库、加油站电气设备技术的基础上，从实用角度出发，综合石油库、加油站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、接地换零保护、爆炸危险场所电线电缆的选用和敷设、泵与风机的电力拖动设备、防雷技术、常用测量仪表和油品化验常用电气设备的典型电路原理等。着重从使用管理的角度阐述各种电气设备的结构、性能、安装设计及使用维护方法，对防雷、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作了较为详尽的介绍。在内容选择和阐述上立足当前，兼顾发展，特别注意了内容的指导性、新颖性、实用性，将基础理论与工程实际相结合。

本书在撰写过程中，参考了有关文献和教材，来焕勤教授对此书的撰写提出了许多指导意见，石永春教授审阅了全部书稿，在此表示衷心感谢。由于编者水平所限，书中错误和不足之处在所难免，敬请广大读者和专家批评指正。

目 录

第一章 油库供配电	(1)
第一节 油库供配电系统	(1)
第二节 油库变、配电所的设计布置与维护管理	(11)
第三节 阅读电气工程图	(23)
第二章 油库低压电器	(35)
第一节 概述	(35)
第二节 常用控制电器和控制电路	(38)
第三节 照明电气	(47)
第四节 低压配电屏	(61)
第三章 防爆电气设备	(67)
第一节 电气设备防爆的概念	(67)
第二节 油库常用防爆电气设备产品介绍	(81)
第三节 防爆电气设备的选用、安装、验收及维护	(105)
第四章 油库电气线路与施工技术	(116)
第一节 输配电线路	(116)
第二节 电线电缆的连接	(129)
第三节 爆炸危险环境电气线路通用要求	(134)
第四节 爆炸危险场所电缆的敷设	(141)
第五节 爆炸危险场所钢管配线	(152)
第六节 爆炸危险场所本质安全电路与关联设备的配线	(155)
第七节 爆炸危险环境防爆电气设备的施工设计	(166)
第五章 油库泵与风机电力拖动设备	(169)
第一节 三相异步电动机的参数	(169)
第二节 三相异步电动机的直接启动控制线路	(176)
第三节 电动机的降压启动控制线路	(180)
第四节 电机软启动器及控制线路	(186)
第五节 变频器调速及应用	(192)
第六章 油库电气接地技术	(216)
第一节 保护接地与保护接零	(216)
第二节 接地装置	(222)
第三节 接地电阻的测量	(229)
第四节 爆炸危险环境电气设备的接地和接零	(234)
第五节 油库电气接地应注意把握的几个环节	(240)

第七章 油库防雷技术	(243)
第一节 雷电的概念	(243)
第二节 石油库的环境特点及雷电事故	(246)
第三节 防雷产品	(248)
第四节 防雷措施	(256)
第五节 储油区及作业区的防雷措施	(257)
第六节 石油库电力电子信息系统总体防雷	(264)
第八章 油库常用测量仪表和油品化验电气设备	(273)
第一节 测量仪表	(273)
第二节 电导率和油气浓度测定仪	(283)
第三节 手动调温式加热仪器	(287)
第四节 运动黏度测定器	(289)
第五节 铜片银片腐蚀测定器	(297)
第六节 闪点测定仪	(300)
第七节 DSY-006B 倾点、浊点、凝点冷滤点测定器	(303)
附录一 防爆电气定点生产企业及防雷产品厂家名录	(307)
附录二 石油化工企业电气图图形和文字符号	(308)
附录三 常用电线、电缆的名称、型号	(320)
附录四 电线、电缆的载流量	(321)
附录五 导线穿钢管管径	(326)
附录六 线路敷设方式按环境条件选择	(328)
参考文献	(329)

第一章 油库供配电

电力是现代工业的主要动力，是石油库(站)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；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，成为现代生产和生活等国民经济各个领域不可替代的能源。

第一节 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。电力从生产到供给用户应用，通常都要经过发电、输电、变电、配电、用电等5个环节。电力从生产到应用的全过程，客观上就形成了电力系统。严格地说，由发电厂的发电部分、输电线路、变电所及用户的各种用电设备所组成的整体称为电力系统。其示意图如图1-1所示。

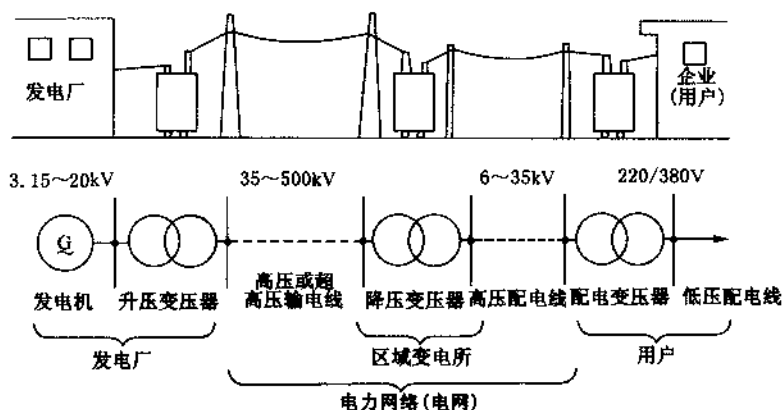


图1-1 从发电厂到用户的送电过程示意图

(一) 电力系统组成

1. 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的多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(利用煤、石油、天然气等燃料的化学能发电)、水力发电厂(利用水流的位能来生产电能)、核能发电厂(又称核电站，利用原子核的裂变能来生产电能)、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(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。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。

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。

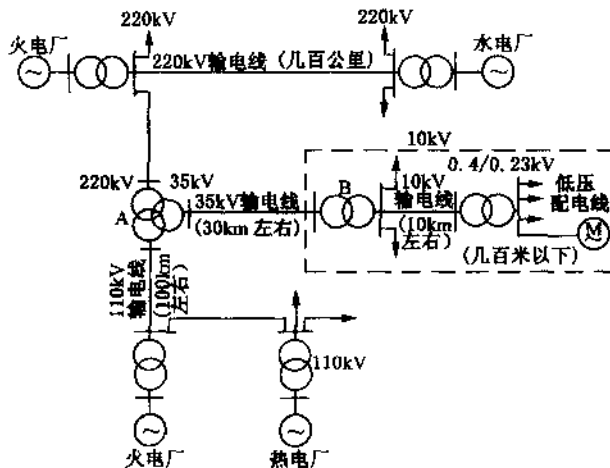


图 1-2 电力系统示意图(虚线框内为工矿企业供电系统)

建立电力系统有如下优点：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；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;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。

4. 石油库供电负荷等级

① 石油库输油作业的供电负荷等级宜为三级,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住处系统使用的应急电源。

② 小型石油库的供电负荷等级宜为三级。

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

小型民用建筑设施的供电,一般只需要设立一个6~10kV经过降压变压器变为低压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,经过高压配电站,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/

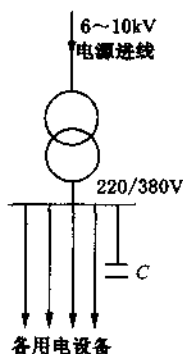


图1-3 小型民用建筑设施供电系统

220V 低压，供给用电设备，如图 1-4 所示。

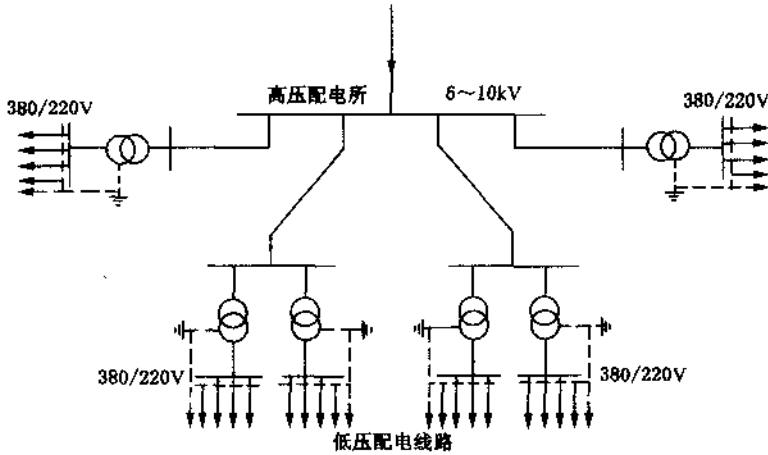


图 1-4 有高压配电所的中型民用建筑设施供电系统

(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，应设法增加发电机的有功功率。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,常用需用系统法和二项式系数法。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。二项式法一般应用于机械加工和热处理车间,用于设备数量少而容量判别大的车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

$$P_C = K_d \sum P_n$$

$$Q_c = P_c \operatorname{tg} \varphi$$

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

$$I_c = \frac{S_c \times 1000}{\sqrt{3} U_{n,l}}$$

式中 P_c ——有功计算负荷, kW;

Q_c ——无功计算负荷, kW;

S_c ——视在计算负荷, kVA;

I_c ——计算电流, A;

$\sum P_n$ ——用电设备组的额定容量之和, kW;

$U_{n,l}$ ——额定线电压, V;

K_d ——需要系数;

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

需要系数 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 , 称之为需要系数, 通常也可称为需用系数。

部分用电设备的需要系数和功率因数如表 1-1。

表 1-1 部分用电设备的需要系数和功率因数

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

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要系数, 即:

$$P_c = K_d P_n$$

式中 P_n ——同类设备的总容量, kW;

K_d ——同类设备的需要系数。

上述 K_d 查需要系数表。表中所列需要系数值, 是用电设备台数较多时的数据。若用电设备台数较少时, 则需要系数值应适当取得大一些。如果只有 1~2 台用电设备, 需要系数

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地增加, 对电器和载流部分的设备容量都有影响。当各类用电设备组的有功计算负荷 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 $\operatorname{tg}\varphi$, 与 P_C 相乘而得无功计算负荷, 即:

$$Q_C = P_C \operatorname{tg}\varphi$$

则视在计算负荷为:

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2}$$

或

$$S_C = \frac{P_C}{\cos\varphi} = K_d \frac{P_n}{\cos\varphi}$$

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 $\cos\varphi = 0.8$, $\operatorname{tg}\varphi = 0.75$ 。

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:

$$Q_C = P_C \operatorname{tg}\varphi = 58.8 \times 0.75 = 44.1 \text{ kW}$$

③ 视在计算负荷:

$$S_C = \frac{P_C}{\cos\varphi} = \frac{58.8}{0.8} = 73.5 \text{ kVA}$$

④ 计算电流:

$$I_C = \frac{S_C \times 1000}{\sqrt{3} U_{n,l}} = \frac{73.5 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380} = 111.83 \text{ A}$$

(2) 设备容量的 P_n 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_n , 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 $P_n = P_n$ (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 $P_n = P_n$ 。

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光上标出的额定容量， $\cos\varphi$ 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，高压汞灯为灯光额定容量的 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 接于电源的火线与地线间：计算负荷时，相当于三相（三条火线）内都有同一负载接入，即

$$P_a = 3P_p$$

式中 P_a ——折算的三相等值功率，kW；

P_p ——接于火线和地线间的单相负载功率，kW。

② 一个单相负载 P_1 接于电源的火线与火线间，折算后的三相等值功率为：

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

式中 P_1 ——接于火线和火线间的单相负载功率，kW。

③ 两个相同的单相负载 P_1 分别接于三相电源的不同火线与火线间，折算后的三相等值功率则为：

$$P_a = 3P_1$$

4. 总的计算负荷

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，所以在确定低压干线上或变电所低压母线上的计算负荷时，要乘以同时系数 K_Σ ，也叫参差系数。同时系数的数值也是根据统计规律确定的。

对于变电所低压母线： $K_\Sigma = 0.8 \sim 0.9$

对于配电所或低压干线： $K_\Sigma = 0.9 \sim 1.0$

对于总变配电所母线： $K_\Sigma = 0.95 \sim 1.0$

因此，总的计算负荷为：

$$P_\Sigma = K_\Sigma \sum P_c$$

$$Q_{\Sigma c} = K_\Sigma \sum Q_c$$

$$S_{\Sigma c} = \sqrt{P_{\Sigma c}^2 + Q_{\Sigma c}^2}$$

式中 $\sum P_c$ ——各用电设备组有功计算负荷之和；

$\sum Q_c$ ——各用电设备组无功计算负荷之和。

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 $S_c = \frac{P_c}{\cos\varphi} = K_d \frac{P_n}{\cos\varphi}$ 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。

5. 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。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。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。统计总变电所或车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。其计算公式如下:

$$P_{\Sigma} = K_{sp} \sum P_{ca}$$

$$Q_{\Sigma} = K_{sq} \sum Q_{ca}$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}$$

式中 $\sum P_{ca}$ 、 $\sum Q_{ca}$ ——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。

(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 等系列是主要产品。另外, 还有 S₉、S₁₈ 及 S₁₁、SCL、SG 等系列产品。

SL7 系列 10 ~ 35kV 级电力变压器, 是全国统一设计的更新换代产品。

2. 变压器的选择

主变压器的容量应能够满足该变电所供电区内最大负荷时的供电需要, 并要考虑五年内负荷的增长。如果选用的变压器其额定容量小于它所连接的用电设备的容量, 就会使变压器过载运行而降低其使用寿命或烧毁。主变压器的容量确定后, 应根据负荷的性质、运行方式和年负荷曲线的特点确定主变压器的台数。一般以选用两台主变压器为宜。如果主变压器多于两台, 则接线复杂, 附属设备多, 投资也高; 如果选用一台主变压器, 虽然设备少, 投资省, 但运行不灵活、不经济, 可靠小。对于负载小又不重要的负荷, 也可选用一台变压器, 但应敷设与其他变电所相联的联络线作为备用电源。见表 1-2。

表 1-2 变压器台数选择

负荷等级	选用原则
带有一、二级负荷的变电所	① 一、二级负荷较多时, 应设两台或两台以上变压器 ② 只有少量一、二级负荷, 并能从邻近变电所取得低压备用电源时, 可采用一台变压器
带有三级负荷的变电所	① 负荷较小时采用一台变压器 ② 负荷较大, 一台变压器不能满足要求时, 采用二台及以上变压器 ③ 昼夜负荷或季节性负荷变化大, 选用一台变压器在技术经济上不合理时, 宜选用二台变压器

所选变压器初、次级线圈的额定电压必须与当地国家电网的标准电压和变压器所接负载电压相符合。例如, 当地国家电网的标准电压为 10kV, 变压器所接负载额定电压为 380/220V, 则所选用变压器的高压线圈的额定电压为 10kV; 低压线圈的额定电压为 400/230V。

选用两台主变压器时, 根据负荷特点, 既可选用两台容量相等的, 也可选用一大一小的变压器。当变电所只选一台变压器时, 主变压器容量应满足全部用电负荷的需要(一般应考虑 15%~25% 的富裕容量)。

主变压器型号的选择应尽量考虑采用低损耗、高效率的变压器。目前广泛使用的低损耗电力变压器有 SL₇、SFL₇、S₇、S₉ 等型号。部分常用电力变压器的技术数据见表 1-3。

在石油库中, 特别是在是在小型加油站中, 往往是动力和照明用电共用一台配电变压器, 此时, 必须考虑三相负载的平衡问题, 即使三相线电压保持平衡。否则, 会使三相电动机的各相绕组电流不相等, 电动机温度升高, 降低电动机的使用寿命, 严重时会使烧毁电动机。为了保证电动机能顺利启动, 应考虑最大一台直接启动的电动机的容量与变压器的容量相匹配, 即该电动机的容量不超过变压器容量的 30%。如单相负荷使变压器三相负荷的不平衡率超过 25% 时, 宜设单相变压器。

对于负荷不大的电力用户, 是否需要设单独的变压器, 应视负荷的大小及与距离而定。表 1-4 列出了 380V 线路的允许送电的最大距离。

表 1-3 常用电力变压器的技术数据

型号	额定容量/kV·A		额定电压/kV		额定损耗/kW		阻抗电压/%	空载电流/%	连接组	重量/t	外形尺寸/mm		
	高压	低压	空载	短路	长	宽					高		
S ₉ -400/10	400		0.84	4.2	4	1.9	Y, yn0	1.65	1500	1230	1630		
S ₉ -500/10	500		1	5	4	1.6		1.90	1570	1250	1670		
S ₉ -630/10	630		1.2	6.2	4.5	1.8		2.83	1880	1530	1980		
S ₉ -800/10	800	10, 63	1.4	7.5	4.5	1.5		3.22	2200	1550	2320		
S ₉ -1000/10	1000	6	1.72	10	4.5	1.2		3.95	2280	1560	2480		
S ₉ -1250/10	1250		2.2	1.8	4.5	1.2		4.65	2310	1910	2630		
S ₉ -1600/10	1600		2.45	14	4.5	1.1		5.21	2350	1950	2700		
SL ₇ -5000/35	5000		6.75	36.7	7	0.9	Y, d11	11	2880	2370	3690		
SL ₇ -6300/35	6300		8.2	41	7.5	0.9	Y, d11	11.34	3350	2520	3760		
SFL ₇ -8000/35	8000		11.5	45	7.5	0.8	YN, d11	17.1	4100	3360	3430		
SFL ₇ -10000/35	10000	35	13.6	53	7.5	0.8	YN, d11	18.6	3920	3230	3780		
SFL ₇ -12500/35	12500		16	63	8	0.7	YN, d11	243	4110	3360	4560		
SFL ₇ -16000/35	16000		19	77	8	0.7	YN, d11	27.6	4220	3260	4150		
SFL ₇ -20000/35	20000		22.5	93	8	0.7	YN, d11	32.1	4230	4030	4350		
SFL ₇ -8000/63	8000		14	47.5	9	1.1		19.9	4140	3370	4185		
SFL ₇ -10000/63	10000		16.5	56	9	1.1		22.74	3765	3810	4230		
SFL ₇ -12500/63	12500	63	19.5	66.5	9	1	YN, d11	22.714	3765	3810	4230		
SFL ₇ -16000/63	16000		23.5	81.7	9	1		30.4	4875	3720	4775		
SFL ₇ -20000/63	20000		27.5	99	9	0.9		37.11	4970	4610	4760		

表 1-4 380V 线路的允许送电最大距离

负荷容量/kVA	180	240	320	320 以上
允许最大供电距离/m	300	230	175	应单独设变压器

【例 1-2】 选用举例

某泵房有电动泵两台，甲泵电动机型号为 YB2-180M-2 型，乙泵电动机的型号为 YB2-180M-4 型，甲泵电动机的额定功率 P_1 为 22kW，额定电流 I_{n1} 为 42.5A，功率因数 $\cos\varphi_1$ 为 0.90，效率 η_1 为 90.5%；乙泵电动机的额定功率 P_2 为 18.5kW，额定电流 I_{n2} 为 36.1A，功率因数 $\cos\varphi_2$ 为 0.85，效率 η_2 为 90.5%；泵房内照明总功率为 1.2kW。试确定变压器的容量。

$$S_1 = \frac{P_1}{\cos\varphi_1 \cdot \eta_1} = \frac{22}{0.90 \times 0.905} = 27.01 \text{ kVA}$$

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos\varphi_2 \cdot \eta_2} = \frac{18.5}{0.85 \times 0.905} = 24.05 \text{ kVA}$$

$$S = S_1 + S_2 + S_{\text{照明}} = 27.01 + 24.05 + 1.2 = 51.26 \text{ kVA}$$

根据以上计算结果，查产品目录可知，应选用 75kVA 的变压器，其型号为 SJL₁-63/□ 型或 SJL-75/□ 型。

第二节 油库变、配电所的设计布置与维护管理

石油库供电系统的特点是：一般情况下供电量不是很大，库内变配电所的配电设备不是很多，其变配电所电源进线一般在 10kV 及以下。但是，石油库供电可靠性一般要求较高，其安全性要求更为严格。因此对石油库变配电所的建设，配电设备的安装和供电线路的敷设等，必须严格按照有关规程的规定和要求。对石油库供电系统的运行维护和管理，也必须遵守有关规则和要求。小型变电站的结构原理如图 1-5。

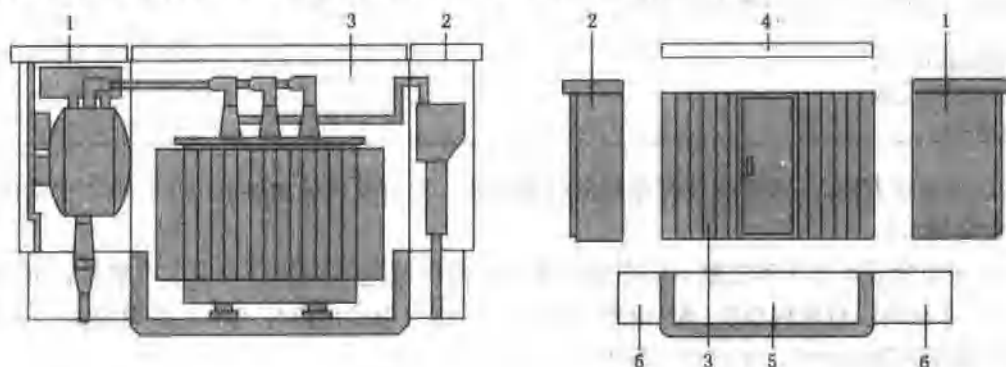


图 1-5 小型变电站的结构原理

1—高压柜，装有负荷隔离开关装置；2—低压柜，装有低压配电装置；3—装有通风壁的变压器室；4—可拆卸的变压器室的顶盖；5—变压器用钢筋混凝土盆框；6—分别用于高压柜和低压柜的钢板支承座

一、建筑位置

① 变配电所尽量靠近负荷中心，使电能损耗、电压损耗和有色金属消耗量尽量减少。