



全国高等职业教育“十三五”规划教材

工矿企业供电

曹翊 史万才 主编

Gongkuang Qiye Gongdian



中国矿业大学出版社
国家一级出版社 全国百佳图书出版单位

育“十三五”规划教材

工矿企业供电

主 编 曹 翹 史万才

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书在简单介绍工矿企业供电系统的基础上,系统讲述了与工矿企业用电相关的供配电系统负荷计算与变压器的选择、短路电流及计算、高低压电气设备及选择、输电线路、电气主接线及供电系统、供配电系统的保护、变电所二次回路、供电安全技术等方面的知识。

本书适合高职高专院校相关专业使用,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工矿企业供电 / 曹翹, 史万才主编. —徐州: 中国矿业大学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-5646-4015-6

I. ①工… II. ①曹… ②史… III. ①工业用电—供电—高等职业教育—教材 IV. ①TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 138219 号

书 名 工矿企业供电

主 编 曹 翹 史万才

责任编辑 耿东锋

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州市今日彩色印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13.5 字数 334 千字

版次印次 2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本教材是高职高专机电类专业所用的专业核心课程教材。教材从培养学生的技术应用能力出发,根据“以就业为导向,突出学生能力培养”的原则进行编写,融入了近年来工矿供电领域的新技术、新规范、新设备,在编写上尽量贴近生产、贴近实际,具有鲜明的应用性、适用性和先进性,充分体现了高等职业教育的特色,以适应培养应用型高技能人才的需要。

教材内容分为九章,包括工矿企业供电系统简介、供配电系统负荷计算与变压器的选择、短路电流及计算、高低压电气设备及选择、输电线路、电气主接线及供电系统、供配电系统的保护、变电所二次回路、供电安全技术。

本教材由曹翹、史万才任主编,刘洋洋参编。具体编写分工是:平顶山工业职业技术学院曹翹编写第二章、第三章、第四章,平顶山工业职业技术学院史万才编写第一章、第七章、第八章;平顶山工业职业技术学院刘洋洋编写第五章、第六章、第九章。平顶山工业职业技术学院曹翹最终定稿。

本教材在编写过程中,得到了生产厂矿工程技术人员的大力支持、帮助和配合,在此表示诚挚的感谢。

本教材在编写的过程中,参考了许多文献资料,我们谨向这些文献资料的编著者和提供者表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中不妥之处在所难免,恳望读者在使用教材时提一些宝贵意见和建议,以便下次修订时改进。

编 者

2018年4月

目 录

第一章 工矿企业供电简介	1
第一节 概述	1
第二节 电力网	3
第三节 电网中性点运行方式	4
第二章 供配电系统负荷计算与变压器的选择	8
第一节 电力负荷的有关概念及计算	8
第二节 功率因数的提高	11
第三节 变压器的选择	16
第三章 短路电流及计算	26
第一节 概述	26
第二节 短路电流的暂态过程	28
第三节 短路电流的计算	31
第四节 短路电流的效应	45
第四章 高低压电气设备及选择	51
第一节 电气设备中的电弧	51
第二节 选择电气设备的一般原则	55
第三节 高压开关设备及选择	57
第四节 熔断器及选择	66
第五节 互感器及选择	70
第六节 成套配电装置及选择	77
第五章 输电线路	86
第一节 架空线路	86
第二节 电缆线路	92
第三节 输电导线截面的选择	99
第六章 电气主接线及供电系统	112
第一节 工厂变配电所的电气主接线	112
第二节 矿井供电系统	115

第七章 供配电系统的保护.....	123
第一节 继电保护概述.....	123
第二节 高压配电电网的继电保护.....	138
第三节 电力变压器保护.....	150
第四节 电网的接地保护.....	162
第八章 变电所二次回路.....	165
第一节 操作电源.....	165
第二节 高压断路器的控制与信号回路.....	171
第三节 中央信号装置.....	175
第四节 变电所综合自动化.....	178
第九章 供电安全技术.....	182
第一节 过电压与防雷.....	182
第二节 接地保护.....	195
第三节 接零保护.....	200
第四节 触电的预防与急救.....	202
主要参考文献.....	208

第一章 工矿企业供电简介

第一节 概 述

一、供电的重要性及基本要求

电力为工矿企业开展生产提供能源。由于工矿企业特殊的生产环境,为了减少灾害对人身和设备的危害,工矿企业要采取一些特殊的供电方式和管理方法。一个工矿企业的机电技术人员,必须掌握工矿企业变配电系统中所涉及的理论知识,必须能够熟练分析和维护工矿企业变配电系统,这是对工矿企业机电技术人员的基本要求。

(一) 供电可靠

- (1) 要求供电不间断。
- (2) 对重要负荷供电应绝对可靠,如煤矿的主排水泵、副井提升机等。
- (3) 采用双回路独立电源供电。

(二) 供电安全

供电安全包括人身和设备安全。煤矿生产必须依据《煤矿安全规程》和有关技术规程规定进行,确保供电安全。

(三) 供电质量

- (1) 要求用电设备在额定参数下运行,因为此时性能最好。
- (2) 反映供电质量的指标主要有两个:频率和电压。频率为 50 Hz,偏差应小于 ± 0.5 Hz,即额定频率的 1%以内,一般由发电厂决定。各种电气设备要求的电压偏差不一样,一般工作情况下电动机允许电压偏差在额定电压的 $\pm 5\%$ 以内,过高或过低都有烧坏电动机的可能。

(四) 供电经济

- (1) 尽量降低基本建设投资。
- (2) 尽可能降低设备、材料、有色金属的消耗。
- (3) 尽量降低电能消耗和维修费用等。

二、电力负荷的分类

(一) 一类负荷(一级负荷)

(1) 定义:凡因突然中断供电可能造成人身伤亡或重大设备损坏、造成重大经济损失或在政治上产生不良影响的负荷。例如矿井通风机、主排水泵等。

- (2) 供电要求:两个独立电源供电。

(二) 二类负荷

- (1) 定义:凡因突然停电造成大量减产或大量废品的负荷。例如煤矿主井提升机、压风

机等。

(2) 供电:两个独立电源供电或专用线路供电。

(三) 三类负荷

(1) 定义:除一、二类负荷以外的其他负荷。例如学校宿舍、地面附属车间及矿井机修厂等。

(2) 供电:单回路供电,多负荷共用一条输电线路。

负荷分类的目的是确保一类负荷供电不间断,保证二类负荷用电,考虑三类负荷供电。

三、电力系统

由各种电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,称为电力系统,即电能的产生—变换—传输—分配—使用一整套系统。

对输电来说,有:

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (1-1)$$

式中 P ——输电功率, W;

U ——输电电压, V;

I ——输电电流, A;

$\cos \varphi$ ——功率因数。

当 P 、 $\cos \varphi$ 一定时, $I \propto 1/U$ 。因此,高压输电比较经济。

将电力系统中各发电厂之间以输电线路相连,称为并网发电。优点是供电可靠、经济。

四、供电电源的电压等级

(1) 工矿企业的电源有以下几种来源:

① 电力系统。

② 地方发电厂。

③ 自备发电厂。

(2) 有一类负荷的矿山总变电所应有两个独立电源。

(3) 额定电压:电气设备运行状态最佳、效益最好时的电压。

(4) 工矿企业常用的电压等级有 127 V、220 V、380 V、660 V、1 140 V 等几种。

(5) 电源电压按下式选择:

$$U \geq 5.5 \sqrt{0.6L + \frac{P}{100}} \quad (1-2)$$

式中 U ——系统电压, kV;

L ——供电距离, km;

P ——供电容量, kW。

(6) 额定电压是用电设备、发电机和变压器正常工作时具有最好技术经济指标的电压。我国国家标准《标准电压》(GB/T 156—2017)规定的三相交流电网和电力设备(含用电设备和发电机、电力变压器)的额定电压,如表 1-1 所示。

表 1-1 国家标准额定电压 单位:kV

电网和用电设备的额定电压			发电机的额定电压		变压器的额定电压			
直流	三相交流		交流	三相交流	交流			
					三相		单相	
	线电压	相电压		线电压	原绕组	副绕组	原绕组	副绕组
0.11			0.115					
—	0.127			—0.133	—0.127	—0.133	—0.127	—0.133
0.22	0.22	0.127	0.223	0.23	0.22	—0.23	0.22	—0.23
—	0.38	0.22		0.4	0.38	0.4	0.38	
0.44								
	3			3.15	3.0/3.15	3.15/3.3		
	6			6.3	6.0/6.3	6.3/6.6		
	10			10.5	10/10.5	10.5/11		
	35				35	38.5		
	63				63	66		
	110				110	121		
	154				154	169		
	220				220	242		
	330				330	363		
	500				500	550		

第二节 电 力 网

一、电力网的分类

电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变电所,称为电力网或电网,它由变电所及各种不同电压等级的输电、配电线路组成。其任务就是输电、配电。

电网可按电压高低和供电范围大小分为区域电网和地方电网。区域电网的范围大,电压一般在 220 kV 及以上。地方电网的范围小,最高电压一般不超过 110 kV。工矿企业供电系统就属于地方电网的一种。

二、电力网的接线方式

(一) 放射式电网

放射式电网如图 1-1 所示。

1. 分类

放射式电网可分为单回路、双回路两种。

2. 优缺点

优点:线路独立,可靠性高,继电保护整定简单。

缺点:总线路长,不经济。

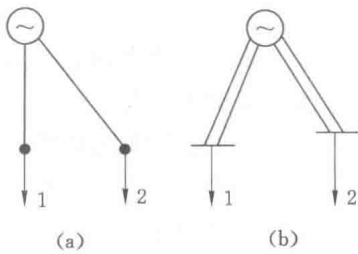


图 1-1 放射式电网

3. 适用对象

放射式电网适用于负荷容量大或孤立的重要用户。

(二) 干线式电网

干线式电网如图 1-2 所示。

1. 分类

干线式电网也分为单回路、双回路两种。

2. 优缺点(相对于放射式而言)

优点:总线路短,投资小。

缺点:用户相互影响,可靠性低,保护整定困难。

3. 适用对象

单回路干线式一般适用于三类负荷供电,双回路干线式一般适用于二、三类负荷供电。

(三) 环式电网

环式电网如图 1-3 所示。

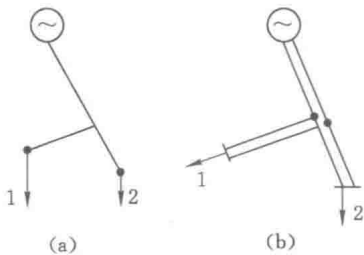


图 1-2 干线式电网

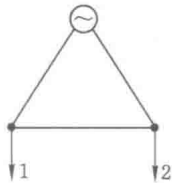


图 1-3 环式电网

1. 分类

环式电网分为开环、闭环两种。

2. 优缺点

优点:总设备少,投资小,可靠性高。

缺点:负荷容量相差太大时不经济,继电保护整定复杂。

3. 适用对象

环式电网适用于负荷容量相差不太大,彼此之间相距较近,离电源都较远,且对供电可靠性要求较高的重要用户。

第三节 电网中性点运行方式

电力系统中性点的运行方式决定了单相接地后的运行情况,涉及供电的可靠性、保护方法及人身安全等问题。

一、中性点不接地系统

图 1-4(a)所示为中性点不接地供电系统,其中性点不与大地相接。由于供电系统的三相导线与地之间存在分布电容,所以在导线中引起了容性的附加电流。图中 C_U 、 C_V 、 C_W 分别表示各相导线的对地电容。在三相对地绝缘良好的情况下,三相导线的对地电容相等,可视为对称负载,所以此时中性点电位与大地电位相等,三相导线的对地电压分别等于三个相

电压,并且对称。此时各相对地电容电流也是对称的,且超前相应的相电压 90° ,其矢量和为零,地中无容性电流流过,如图 1-4(b)所示。

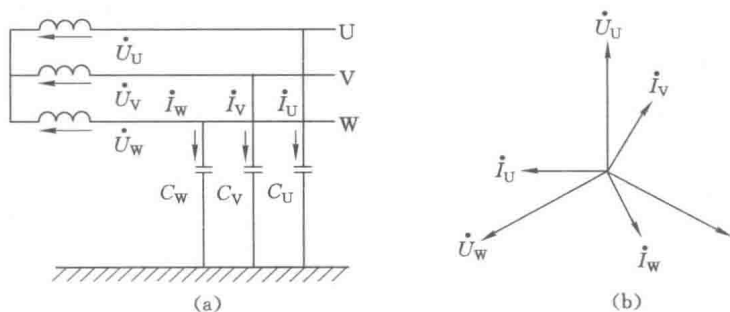


图 1-4 中性点不接地系统

(a) 电路图;(b) 相量图

1. 优缺点

优点:单相接地时,线电压仍对称,不影响供电,能提高供电的可靠性,接地电流小。

缺点:单相接地时,非接地相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍,易击穿绝缘薄弱处,造成两相接地短路。

2. 适用范围

(1) 煤矿井下。

(2) 63 kV 及以下高压电网。

3. 单相接地电容电流

$$\text{架空线路:} \quad I_{E1} = \frac{UL}{350} \quad (1-3)$$

$$\text{电缆线路:} \quad I_{E2} = \frac{UL}{10} \quad (1-4)$$

$$I = I_{E1} + I_{E2} \quad (1-5)$$

式中 I ——接地点的接地电容电流, A;

U ——电网的线电压, kV;

L ——连接在一起的同一电压等级的线路总长度, km。

单相接地电容电流, 3~10 kV 电网约为 30 A, 35~63 kV 电网约为 10 A 时, 易产生断续电弧。断续电弧将在电网产生 LC 振荡, 在系统中产生 $(3\sim 4)U_N$ 的过电压, 可能使绝缘薄弱处击穿, 造成短路故障。

应对措施如下:

(1) 限时:单相接地时间不应超过 2 h, 若是井下则要求立即断电。

(2) 装设绝缘监视、接地保护装置。

(3) 转换线路。

二、中性点经消弧线圈接地系统

中性点接地电容电流超过限度时,可采用中性点经消弧线圈接地系统,接法如图 1-5 所示。

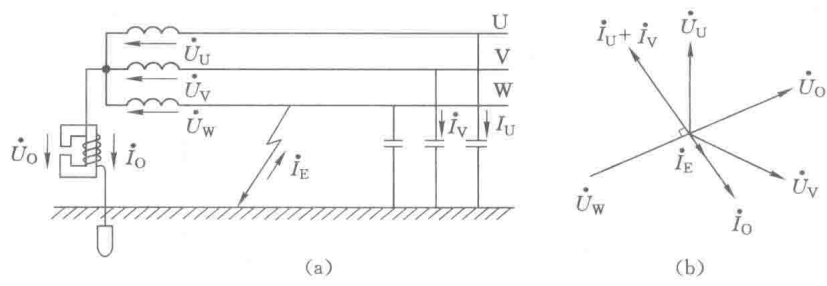


图 1-5 中性点经消弧线圈接地系统
(a) 电路图;(b) 相量图

1. 消弧线圈的结构和工作状态

结构:消弧线圈是一个有铁芯的可调电感线圈,有 5~9 个插头,可调节匝数,减小间隙。线圈电阻很小,感抗很大,可看成纯电感元件。

工作状态:消弧线圈工作在补偿状态。若消弧线圈的感抗调节合适,将使接地电流降到很小,达到不起弧的程度。

2. 优缺点

优点:单相接地时,线电压仍对称,不影响供电。

缺点:单相接地时,非接地相对地电压升高 $\sqrt{3}$ 倍,易击穿绝缘薄弱处,造成两相接地短路,因此,单相接地时,运行时间不允许超过 2 h。

三、中性点直接接地系统

中性点直接接地系统接线方法如图 1-6 所示。

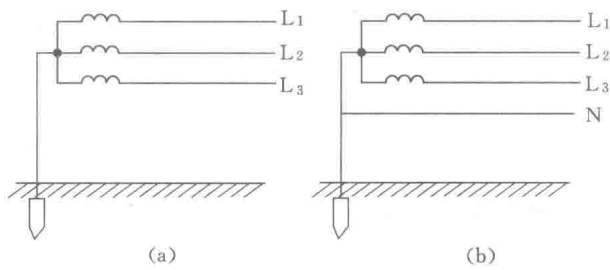


图 1-6 中性点直接接地系统
(a) 三相三线制;(b) 三相四线制

中性点直接接地的电力系统发生单相接地时即形成单相接地短路。单相短路电流比线路正常负荷电流大得多,对系统危害很大,因此这种系统中装设的短路保护装置动作,切断线路,切除接地故障部分,使系统的其他部分恢复正常运行。110 kV 及以上的电力系统通常都采取中性点直接接地的运行方式。低压 380/220 V 配电系统,三相四线制、三相五线制的 TN 系统和 TT 系统都采取中性点直接接地方式。

1. 优缺点(对比中性点不接地系统)

优点:单相接地时,其他两相对地电压不会升高,降低了对系统的绝缘要求。接地电流大,提高了保护装置的可靠性。

缺点:单相接地时,构成短路,电流大(称为大接地电流系统)。

2. 适用范围

(1) 110 kV 及以上电压等级的电网。在高压电网中,为提高系统的可靠性,广泛采用自动重合闸装置。一次重合闸成功率一般为 60%~90%,二次成功率为 15%左右,三次成功率为 3%左右。

(2) 地面 380/220 V 三相四线制供电系统。中性点接地也是为了当变压器高、低压间绕组绝缘损坏,高压窜入低压系统时,避免人体触及高电压,是降低人身接触电压的一项安全措施。

小 结

本章简单阐述了工矿企业对供电的基本要求、电力负荷的分类、电力系统额定电压等级、电力网的接线方式、电力网中性点的运行方式等内容。

思考与练习

1. 工矿企业对供电有哪些基本要求?
2. 电力负荷如何分类?
3. 电力系统中性点的运行方式有哪几种?各有什么特点?
4. 常见的工矿供电系统的额定电压等级有哪些?
6. 电力网各种接线方式有哪几类?各有什么特点?

第二章 供配电系统负荷计算与变压器的选择

第一节 电力负荷的有关概念及计算

采用合理方法进行负荷的统计和计算,是工矿企业供电系统电气设备、输电线路和继电保护装置选择的前提。

在实际工作中,用电设备往往不是满负荷运行的,实际的负荷容量常小于其额定容量。一组用电设备中,根据生产需要,所有设备不可能同时工作,同时工作的设备,其最大负荷出现的时间也不尽相同。可见,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。为了对负荷进行较准确的统计和计算,需要有合理的计算方法。常用的方法有需用系数法、二项式法、利用系数法、单位产品电耗法等,工矿企业普遍采用需用系数法。正确地选择需用系数,科学有效地进行负荷统计,是进行负荷计算的重点。

一、用电设备工作制

(一) 长时连续工作制用电设备

这类工作制的设备一般在恒定负荷下运行,且运行时间长到足以使之达到热平衡状态,导体通过电流达到稳定温升的时间一般为 $(3\sim 4)\tau$,其中 τ 为发热时间常数, $\tau \geq 10\text{ min}$ 。

这类设备包括通风机、水泵、空气压缩机、发电机组、电炉和照明灯等。

其负荷功率等于铭牌下的额定功率。

(二) 短时工作制用电设备

这类工作制的设备在恒定负荷下运行的时间短(短于达到热平衡所需的时间),而停歇时间长(长到足以使设备温度冷却到周围介质的温度)。

这类设备包括矿用调度小绞车、控制闸门的电动机等。

对于负荷性质,短时工作制用电设备的功率,按额定功率确定。如该设备只在事故或检修时使用,支线负荷按额定功率确定,干线上的负荷可不考虑;如其容量较大,影响干线配电设备选择,应适当考虑。

(三) 断续周期工作制用电设备

这类工作制的设备周期性地时而工作、时而停歇,如此反复运行。工作周期一般不超过 10 min ,无论工作还是停歇,均不足以使设备达到热平衡。

这类设备包括电焊机和吊车电动机等。

断续周期工作制的设备,可用负荷持续率(又称暂载率)来表征其工作特征。负荷持续率为一个工作周期内工作时间与工作周期的百分比,用 ϵ 表示,即:

$$\epsilon = \frac{t}{T} \times 100\% = \frac{t}{t + t_0} \times 100\% \quad (2-1)$$

式中 T ——工作周期；

t ——工作周期内的工作时间；

t_0 ——工作周期内的停歇时间。

其额定容量(铭牌功率)对应于某一标准负荷持续率。

对于起重类设备：

$$P_N = P_{Ne} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon}} = P_{Ne} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{25\%}} = 2P_{Ne} \sqrt{\epsilon_N} \quad (2-2)$$

对于电焊类设备：

$$P_N = P_{Ne} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon}} = P_{Ne} \sqrt{\frac{\epsilon_N}{100\%}} = P_{Ne} \sqrt{\epsilon_N} = S_N \cos \varphi_N \sqrt{\epsilon_N} \quad (2-3)$$

式中 P_{Ne} ——设备铭牌上的额定有功功率, kW；

S_N ——额定视在功率, kV · A；

$\cos \varphi_N$ ——额定功率因数；

P_N ——换算为统一要求负荷持续率下的用电设备额定功率, kW；

ϵ, ϵ_N ——统一要求的负荷持续率和额定负荷持续率。

二、需用系数法

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。

(一) 单台用电设备的需用系数

$$k_{de} = \frac{k_{lo}}{\eta \eta_w} \quad (2-4)$$

式中 k_{lo} ——用电设备的负荷系数,等于设备实际输出的最大功率 P 与其额定容量 P_N 之比,即 $k_{lo} = P/P_N$ ；

η ——用电设备实际负荷时的效率；

η_w ——供电线路的效率,一般取 0.95 左右。

(二) 成组用电设备的需用系数

$$k_{de} = \frac{k_{si} k_{lo}}{\eta_w \eta_{wm}} \quad (2-5)$$

式中 k_{si} ——该组用电设备的同时系数,等于该组设备在最大负荷时,同时工作设备的额定容量之和 $\sum P_{Nsi}$ 与用电设备总额定容量 $\sum P_N$ 的比值,即 $k_{si} = \sum P_{Nsi} / \sum P_N$ ；

k_{lo} ——该组用电设备的负荷系数,等于同时工作设备的总实际输出功率 $\sum P_{si}$ 与同时工作设备总额定容量 $\sum P_{Nsi}$ 之比,即 $k_{lo} = \sum P_{si} / \sum P_{Nsi}$ ；

η_w ——供电线路的效率；

η_{wm} ——同时工作设备的加权平均效率。

$$\eta_{wm} = \frac{p_1 \eta_1 + p_2 \eta_2 + \cdots + p_n \eta_n}{p_1 + p_2 + \cdots + p_n} \quad (2-6)$$

式中 $p_1, p_2, \cdots, p_n$ ——同时工作的各设备的实际功率, kW；

$\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ ——同时工作的各设备的实际效率。

三、负荷计算方法

(一) 单台用电设备的计算负荷

$$P_{ca} = k_{de} + P_N \quad (2-7)$$

$$Q_{ca} = P_{ca} \tan \varphi \quad (2-8)$$

式中 P_{ca}, Q_{ca} ——用电设备的实际有功计算负荷, kW; 无功计算负荷, kvar。

$k_{de}, \tan \varphi$ ——该台设备的需用系数及实际功率因数角的正切值。

(二) 成组用电设备的计算负荷

$$P_{ca} = k_{de} \sum P_N \quad (2-9)$$

$$Q_{ca} = P_{ca} \tan \varphi_{wm} \quad (2-10)$$

$$S_{ca} = \frac{P_{ca}}{\cos \varphi_{wm}} \quad (2-11)$$

式中 P_{ca}, Q_{ca}, S_{ca} ——该组用电设备的实际有功计算负荷, kW; 无功计算负荷, kvar; 视在功率, kV·A。

$\sum P_N$ ——用电设备的总额定容量, kV·A。

k_{de} ——用电设备的需用系数, 可查表。

$\cos \varphi_{wm}$ ——加权平均功率因数, 可查表。

$\tan \varphi_{wm}$ ——与 $\cos \varphi_{wm}$ 对应的功率因数角的正切值。

$\cos \varphi_{wm}$ 也可按下式计算:

$$\cos \varphi_{wm} = \frac{P_1 \cos \varphi_1 + P_2 \cos \varphi_2 + \dots + P_n \cos \varphi_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} \quad (2-12)$$

式中 $\cos \varphi_1, \cos \varphi_2, \dots, \cos \varphi_n$ ——同时工作的各用电设备的实际功率因数;

$P_1, P_2, \dots, P_n$ ——同时工作的各用电设备的实际功率, kW。

(三) 变电所总负荷的计算

1. 计算原则

按逐级算法确定计算负荷, 从末端到首端。

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。

2. 分组原则

统计变电所总负荷计算时, 按生产环节、设置地点分组。

统计时先将各车间用电设备按生产环节和设备装设地点分组(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, 有单相负荷时按规定换算成三相负荷), 然后按式(2-7)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:

$$P_{\Sigma} = k_{sp} \sum P_{ca} \quad (2-13)$$

$$Q_{\Sigma} = k_{sq} \sum Q_{ca} \quad (2-14)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2} \quad (2-15)$$

式中 $\sum P_{en}$ 、 $\sum Q_{en}$ ——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 $k_{sp} = 0.85 \sim 0.95$ ， $k_{sq} = 0.9 \sim 0.97$ ；

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。

注意，各级电网的 K_{sp} 或 K_{sq} 的连乘积不应小于 0.8。

四、进行负荷统计及计算

表 2-1(下页)是某煤矿的负荷统计及计算表。

第二节 功率因数的提高

根据电力部门实行的依据功率因数高低进行的电费奖惩制度，我们应该采用合理的方法来企业的功率因数，降低电能损耗，提高工矿企业的经济效益。

国家规定，对于用电企业，当功率因数 $\cos \varphi < 0.9$ 时将给予处罚。为了提高功率因数，就要设法降低无功功率。提高功率因数的方法较多，通常是人为增加容性负载来抵消供电系统的感性负载，从而整体上提高企业的功率因数，所以合理选择补偿电容器就显得非常重要。

一、功率因数有关基本概念

(1) 功率因数

在交流电路中，电压与电流之间的相位差(φ)的余弦叫作功率因数，用 $\cos \varphi$ 表示。在数值上，功率因数是有功功率 P 和视在功率 S 的比值，即 $\cos \varphi = P/S$ 。

(2) 自然功率因数

自然功率因数是指一个供电系统或设备本身固有的功率因数，其值决定于本身的用电参数(如结构、用电性质等)。不增加专门的设备，采取合理的技术措施，改进用电设备的运行情况，来提高负荷功率因数，称为提高负荷的自然功率因数。倘若自然功率因数偏低，不能满足标准和节约用电的要求，就需设置人工补偿装置来提高功率因数。由于设置人工补偿装置需增加投资，所以提高用电设备的自然功率因数具有较重要的意义。

二、提高功率因数的意义和方法

(一) 提高功率因数的意义

由于矿山企业采用的感应电动机和变压器等是具有感性负载性质的用电设备，特别是近年来大功率晶闸管的应用，供电系统除供给有功功率外，还需供给大量无功功率，使发电和输配电设备的能力不能充分利用，为此，必须提高用户的功率因数，减少对电源系统的无功功率需求量。

提高功率因数对矿山企业具有下列实际意义：

(1) 提高电力系统的供电能力。在发电和输配电设备的安装容量一定时，提高用户的功率因数，相应减少了无功功率和视在功率的需求量，在同样设备条件下，增大了电力系统的供电能力。

(2) 减少供电网络中的电压损失，提高供电质量。由于用户功率因数的提高使网络中的电流减少，因此网络中的电压损失减少，网络末端用电设备的电压质量得到提高。