

建筑(施工)工程师培训丛书

建筑电工实用技术

邵文政 马明悌 编著



学术书刊出版社

内 容 简 介

《建筑电工实用技术》较全面、系统地论述了建筑工程实用电工技术,介绍了供电照明建筑电气施工技术知识,并从应用角度阐明现代建筑工程中急需的电信、广播系统、防火报警系统、电梯安装等技术。本书作为建筑(施工)工程师技术培训丛书之一出版,对于从事专业电气工程的技术人员、建筑工程设备安装以及有关施工管理人员均适用。

本书可做为大中专学生教学参考书,也适用于函授或自学。

建筑(施工)工程师技术培训丛书

编委会成员

芦 谦	马明悌	朱茂源
崔庆瑞	吴永夫	邵文政
赵 晶	陈 叙	

学术书刊出版社出版

北京海淀区学院南路86号

北京机械工业管理学院印刷厂

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1989年7月第1版	开本: 787×1092毫米1/32
1989年7月第1次印刷	印张: 11 ³ / ₄
印数: 0001—10,000	字数: 270,000

ISBN 7-80045-354-5/TU·11

定价: 6.00元

目 录

第一章 供电技术.....	(1)
第一节 基本概念.....	(1)
第二节 电力负荷的计算.....	(7)
第三节 变配电所.....	(14)
第二章 输配电线路.....	(45)
第一节 概述.....	(45)
第二节 建筑设施低压线路的结构和敷设.....	(47)
第三章 建筑照明.....	(73)
第一节 光量及其单位.....	(73)
第二节 建筑照明.....	(87)
第三节 光源	(102)
第四节 灯具的作用和分类	(130)
第五节 照明设计	(136)
第六节 照度的计算	(151)
第四章 通信广播电视系统	(173)
第一节 通信系统设计要点	(173)
第二节 电话站的安装设计	(177)
第三节 厂区通信线路的建筑	(179)

第四节	有线广播站的安装设计	(200)
第五节	厂区通信及广播线路设计	(201)
第六节	小型CATV系统设计	(209)
第五章	火灾自动报警系统	(229)
第一节	火灾自动报警系统	(229)
第二节	应用设计与建筑安装	(251)
第六章	电气施工图	(278)
第七章	电气工程施工方法	(304)
第八章	动力设备施工工程	(334)

第一章 供电技术

第一节 基本概念

一、发电厂

电力是现代工业的主要动力。它具有取用方便，传送简单，能源广泛，价格低廉，便于自动控制、调节和测量等许多优点。因此，在工农业生产和调整国民经济领域中得到广泛的使用，对社会主义现代化建设起着极为重要的作用。然而，电力究竟是怎样产生的呢？一提到这个问题，人们自然会想到是发电厂产生出来的。所以，发电厂就是将各种能源转换成电能的工厂。

按照被转换能源的不同，发电厂可分为火力发电厂、潮汐发电厂、地热发电厂，以及风力发电厂、沼气发电厂、水力发电厂、原子能发电厂和太阳能发电厂等。

火力发电厂是利用燃料的化学能来转换成电能。燃料有固体（主要是煤）、液体（多为重油）和气体（主要是天然气）等三类。在我国，煤炭和石油的蕴藏量极其丰富，火力发电厂的燃料以燃煤为主。重油成本较高，但发热量也高，有条件 and 必须采用的地方可以采用它。按照原动机的不同，火力发电厂又可分为汽轮机发电厂、内燃机发电厂、蒸汽机发电厂和燃汽轮机发电厂。汽轮机发电厂适用于大中型发电厂，它是先把燃煤（煤粉或煤块）送入锅炉充分燃烧，产生

热能使锅炉里的水变成具有一定压力和一定温度的蒸汽，然后蒸汽通过管道推动汽轮机转子以每分钟一定的速度旋转，去带动连接在同一轴上的发电机旋转，从而发出电来。为了提高综合经济效益，有的发电厂不仅发电而且供热，这种兼供热的火力发电厂，叫做热电厂。热电厂应建筑在热用户附近，因为供热蒸汽和热水不能输送太远。蒸汽机和内燃机多用于小城镇、农村和野外施工用电（其容量较小）。燃汽轮机是用重油、煤粉等为燃料，在机内直接燃烧，用它来做为原动机带动发电机而发电。目前世界上已经投入运转的双轴汽轮发电机组，其容量为130万千瓦。我国在汽轮发电机制造方面已造出了30万千瓦的汽轮发电机组，现正在建设更大容量的机组。

水力发电厂是利用河流从上游到下游水流的位能变化，将水能变换成电能。通常建立在河流峡谷及水库旁边。原动机为水轮机，靠水推动水轮机旋转，水轮机再带动发电机发电。水力发电厂的容量与落差（水头）的大小以及水的流量成正比。在河水流量一定时，为了得到大的发电量，必须人工集中落差。因此按人工落差方法不同，水力发电厂可分为后坝式、引水式、混合式等几种。我国水力资源十分丰富，达5亿多千瓦，居世界第一位。建国以来，建立了一批大中小水力发电厂和大量的小型水电站，已生产出30万千瓦的大型水轮发电机组。

原子能发电厂基本上和一般火力发电厂的基本原理相同，不同之处是以原子反应堆和蒸汽发生器代替了锅炉设备，以“原子燃料”代替了煤炭。原子能发电厂与火力发电厂相比，所消耗的燃料极少，核能要比化学能大得多，尽管

原子能发电厂投资较大，但发电成本只为烧煤的火力发电厂的60~70%，它受到人们的极大重视。目前世界上建成的原子能发电厂有二百多个，容量达1亿千瓦之多。

上述几种发电方法经几次转换后，效率很低。因此，人们一直在研究由化学能直接转换成电能的新的发电方式。这种新技术有磁流体发电和燃料电池等。磁流体发电是利用化学燃料燃烧时产生的摄氏二千度以上的高温导电气体（或利用核反应堆产生的热能），高速通过磁场，而产生感应电动势，转换成电能。高温气体排出后，还可以再进行利用，通过燃汽轮机或锅炉产生蒸汽用来发电。这种联合发电方式，其热效率可由一般的火力发电厂的30~40%提高到55~60%。我国对磁流体发电新技术也正在研究中。

二、电力网

将各种类型发电厂的发电机、变电所、输电线、配电设备和用电设备联系起来组成一个整体，这个整体称为电力系统。

由各种不同电压的输配电线路和变电所所组成的电力系统的一部分，称为电力网。电力网的任务是输送和分配电能，即把由各发电厂发出的电能经过输电线传送并分配给用户。因此，必须将不同电压的送电线路通过变电所连接起来，这样在变电所中就要装设变压器等电气设备，以便进行变压（升压或降压）、调压、控制和测量。

电力网按其电压、用途和特征可分为：直流电力网和交流电力网，低压电力网和高压电力网，城市、工矿电力网和农村电力网，户外电力网和户内电力网等。

通常为了便于分析研究，把电力网分成区域电力网和地

方电力网。电压在35千伏以上、供电区域较大的电力网叫区域电力网；电压在35千伏以下、供电范围不太大的电力网叫地方电力网。至于35千伏的电力网，可属于区域电力网，也可属于地方电力网。

如果电能由电源侧直接引向用户变电所，则这种电力网叫配电网。如果电能先从电源侧送到供、配电中心，然后从供、配电中心再引出配电网，则这种电力网叫供电网。

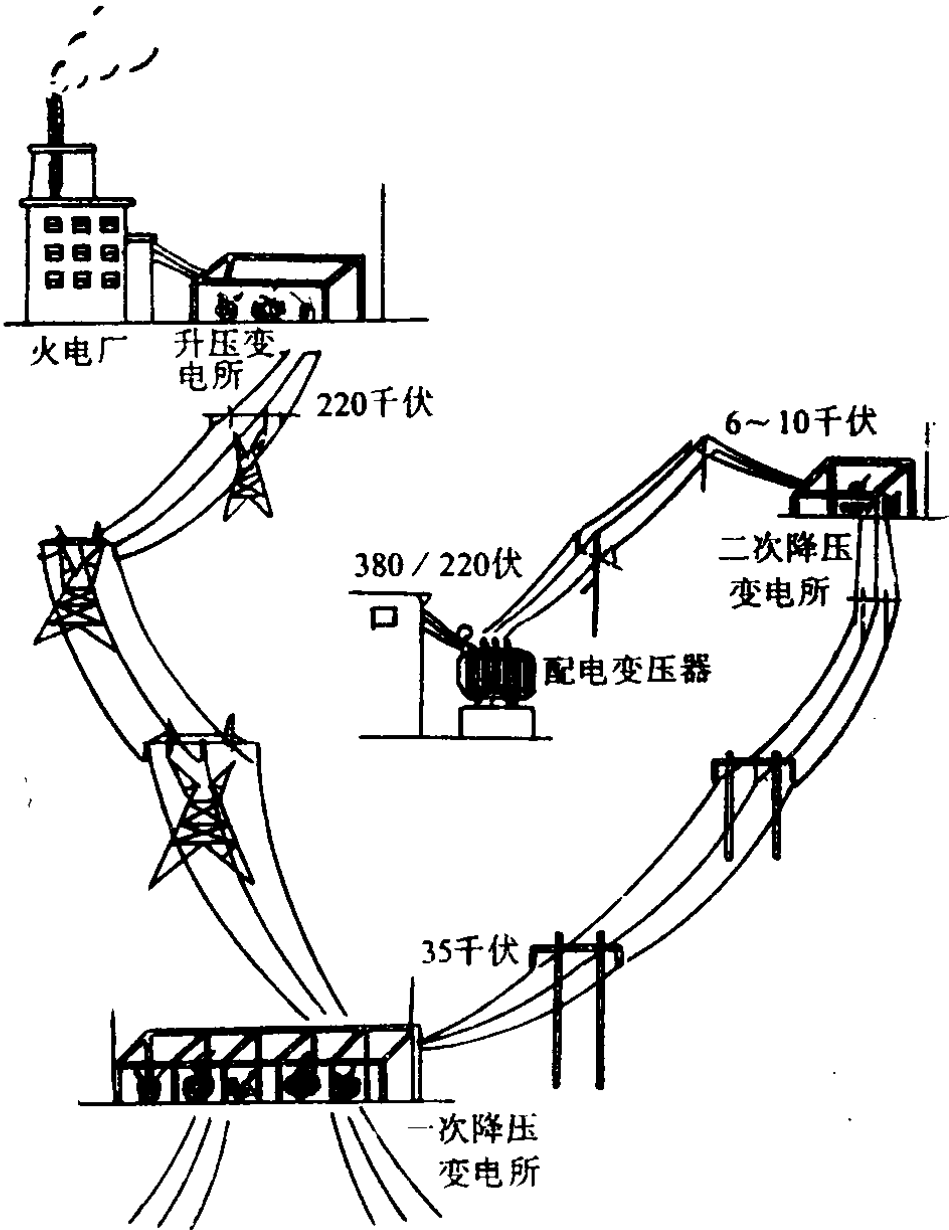


图1-1 从发电厂到电力用户的输配电过程示意图

三、工业与民用供电系统

小型工业与民用建筑设施的供电，一般只需设立一个简单的降压变电所，电源进线为6~10千伏，降为低压380/220伏，其供电系统图如图1—2所示。

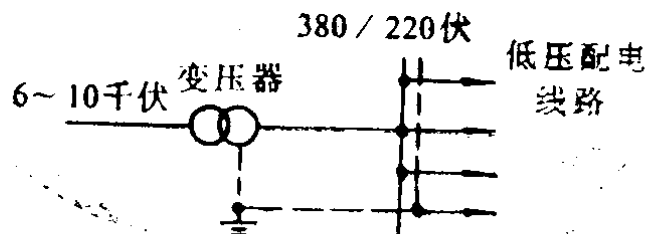


图1—2 小型工业与民用建筑设施供电系统

当用电负荷在100千瓦以下时，通常采用380/220伏低压供电，只需设立一个低压配电室即可。

中型工业与民用建筑设施的供电，一般电源进线为6~10千伏，经高压配电所，再由6~10千伏高压配电线将电能送到各车间或建筑物变电所，降为380/220伏低压，供给用电设备，如图1—3所示。

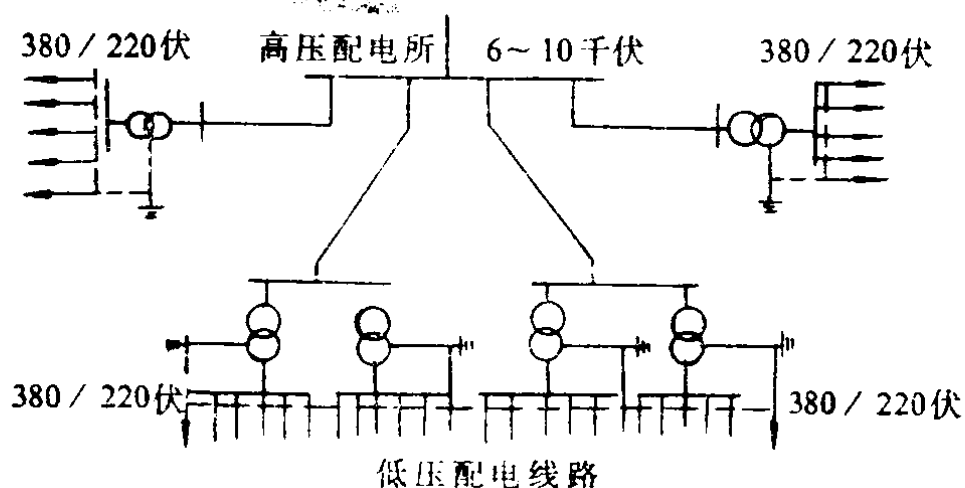


图1—3 有高压配电所的中型工业与民用建筑设施供电系统

大型工业与民用建筑设施的供电，如对某大型工厂（包括若干个中型工厂和民用建筑设施用电），电源进线电压一

一般为35千伏或35千伏以上，需经两次降压，第一次先将35千伏或35千伏以上的电压降为6~10千伏，然后用高压配电线送到各车间或用电地点和变电所，再降为380/220伏电压，如图1—4所示。但也有的工矿，直接由35千伏电压一次降为低压的。

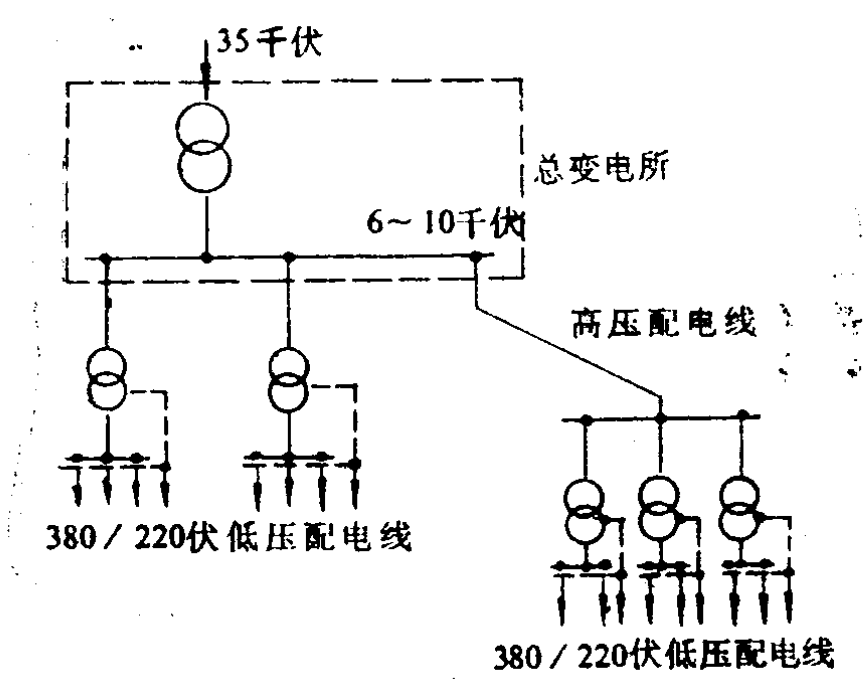


图1—4 有总变电所的大型工业与民用建筑设施供电系统

四、电力网电压

对城镇和工业与民用建筑设施的供电，一般多采用6~10千伏电力网，从技术经济上来看，最好采用10千伏，对大型供电系统或负荷密度（每平方公里负荷量）大的城市，可采用35千伏或更高电压作为配电电压深入负荷中心。电动机、电热等用电设备的供电电压，一般采用三相380伏和单相220伏，大功率电机采用3千伏、6千伏或10千伏，照明用电一般采用380/220伏三相四线制，电灯接在220伏相电压上（个别地区还采用110伏照明电压）。380/220伏三相四线制

低压供电系统，如图1—5所示。

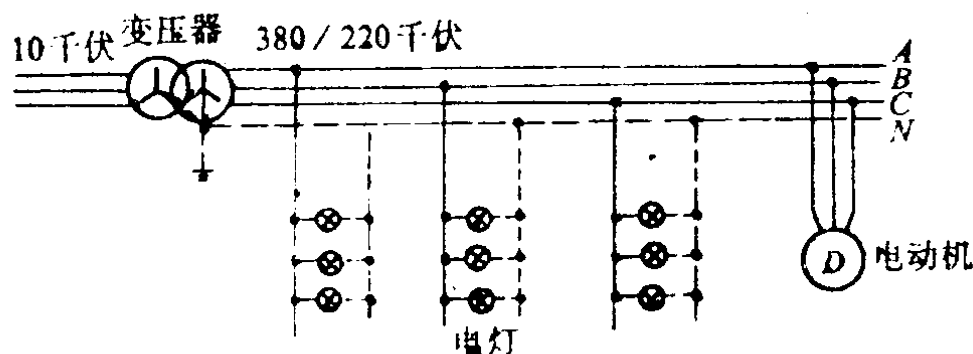


图1—5 380/220伏三相四线制动力与照明共用一台降压变压器

第二节 电力负荷的计算

一、工业与民用电力负荷的特征

工业与民用建筑的照明用电，是恒定负荷。有室内照明，如工业企业各车间、动力站、仓库、地道及各种民用建筑物。有室外照明，如城镇路灯、露天工作场地或露天仓库等。

连续运行的用电设备，也是一种在恒定负荷下连续运行，如水泵、通风机、空气压缩机、搅拌机电动机，都属于这类运行状态。在这种运行情况下电动机的温度最后能达到稳定值。电动机的负荷图和发热曲线如图1—6所示。图中 P 为电动机负荷，单位为千瓦； τ 为电动机温升，单位为度($^{\circ}\text{C}$)， t 为时间，单位为秒。

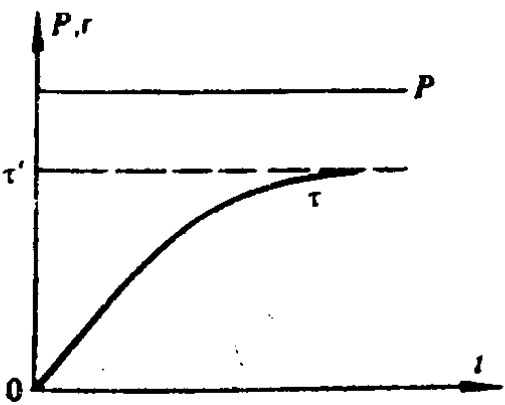


图1—6 恒定负荷下连续运行的负荷图和发热曲线

二、计算负荷及其确定方法

前面介绍了工业与民用电力负荷的性质和特征，这只能作为选择变电所和配电所接线方式的依据。但是，电力变压器开关设备及导线、电缆截面的选择等，是通过它们的总负荷量来决定的。因此，必须进行电力负荷的统计计算，以确定供电系统中各个环节电力负荷的大小。

1. 计算负荷

计算负荷，就是按发热条件来选择供电系统中的电力变压器、开关设备及导线、电缆截面等而需要计算的负荷功率或负荷电流，称计算负荷。有功计算负荷写作 P_c 。通常采用时间间隔为半小时（30分钟）的平均负荷最大值作为计算负荷。也叫半小时最大负荷。故有功计算负荷 P_c 也可以写作 P_{30} 。根据计算负荷选取电气设备和导线电缆，容量不致过大，且能保证在长期运行中不致过热。

2. 计算负荷的确定方法

计算负荷确定的方法较多，目前，我国供电设计部门常采用的方法有需要系数法和二项式系数法。需要系数法一般适用于计算没有突出的大容量用电设备的车间干线及分干上的计算负荷，它比较简便。但是，当有突出的大量用电设备时，若仍用需要系数法，计算出来的车间干线和分干上的负荷就偏小，故此时可采用二项式系数法。对于车间变电所低压母线上的负荷和民用建筑变电所低压母线上的负荷，一般采用需要系数法进行计算。

需要系数法是根据统计规律，其计算负荷等于设备容量乘以需要系数而得到的一个数值。求计算负荷的具体方法如下：

求三相用电设备的负荷

将用电设备分类，求出各类用电设备的计算负荷。

有功计算负荷 P_C (P_{30})，就是将三相用电设备容量 乘以一个需要系数，即

$$P_C = k_n p_a \text{ (KW)} \tag{1-1}$$

式中 P_a ——同类设备总容量，单位 (KW)；

k_n ——同类设备的需要系数，见表1—1。

表 1—1 部分用电设备的需要系数和功率因数

序号	用 电 设 备 名 称	需要系数	COS ϕ	tg ϕ
1	大批生产及流水作业的热加工车间	0.3~0.4	0.65	1.17
2	大批生产及流水作业的冷加工车间	0.2~0.25	0.50	1.73
3	小批生产及单独生产的冷加工车间	0.16~0.2	0.5	1.73
4	生产用的通风机、水泵	0.75~0.85	0.8	0.75
5	卫生保健用的通风机	0.65	0.8	0.75
9	运输机、传送带	0.52~0.60	0.75	0.88
7	混凝土及砂浆搅拌机	0.65~0.70	0.65	1.17
8	破碎机、筛、泥泵、砾石洗涤机	0.70	0.70	1.02
9	起重机、掘土机、升降机	0.25	0.70	1.02
10	球磨机	0.70	0.70	1.02
11	电焊变压器	0.45	0.45	1.98
12	工业企业建筑室内照明	0.80	1.00	0
13	大面积住宅、办公室室内照明	0.40~0.70	1.00	0
14	变电所、仓库照明	0.50~0.70	1.00	0
15	室外照明	1.00	1.00	0

需要系数 k_n ，与用电设备的工作性质、设备效率、设备台数、设备拖动方案、线路效率以及工艺设计等因素有关。可见影响需要系数的因素很多，诸因素本身相互关系又很复杂，并带有随机性。所以，通常根据对各类负荷的实际测量，进行统计分析，将所有影响计算负荷的因素归并成为一

个系数，称之为需要系数。像表1—1那样的用电设备需要系数表，就是对各种不同工作制的用电设备组进行测试、调查、分析后而制定的，以供设计时使用。表1—1中需要系数值是当用电设备台数较多时的数据。假如用电设备台数较少时，则需要系数值应当取大一些。如果只有一两台用电设备，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容量。

在工业企业和建筑设施供电系统中，也须计算无功负荷，因为无功负荷增加了视在功率，对电器和载流部分的设备容量有影响。各类用电设备组的有功计算负荷 P_c 求出后，则取该用电设备组的平均功率因数 $\cos\varphi$ 相对应的正切函数 $\tan\varphi$ ，与之相乘得

无功计算负荷 Q_c 为：

$$Q_c = P_c \tan\varphi \text{ (千瓦)} \quad (1-2)$$

用电设备的容量多是以有功功率（千瓦）表示，供电设备的容量则是以视在功率（千伏安）或电流（安）表示，而计算负荷的最终表示量也是视在功率（千伏安）或电流（安）表示。

视在计算负荷 S_c 为

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} \text{ (千伏安)} \quad (1-3)$$

或

$$S_c = \frac{P_c}{\cos\varphi} = k_n \cdot \frac{P_n}{\cos\varphi} \quad (1-4)$$

式中 $\cos\varphi$ ——同类设备的平均功率因数，见表1—1；

$\tan\varphi$ ——与 $\cos\varphi$ 对应的正切值。

在用电设备台数较少时，功率因数也应适当取大一点。

关于设备容量 P_n 的计算：对于连续和短时工作制的用电

设备，其设备容量就等于铭牌上额定容量。对于重复短时工作制的用电设备，其设备容量就是把某一暂载率下的铭牌容量换算到某一新的暂载率下的功率。

在求出各类用电设备计算负荷的基础上，即可求得总的计算负荷。

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同时出现，所以在确定低压干线上或车间变电所低压母线上的计算负荷时，要乘一个同时系数 k_{Σ} 。同时系数的数值，是根据统计规律，实际测量结果而制定。

对于车间变电所低压母线，取 $k_{\Sigma} = 0.8 \sim 0.9$ ，

对于车间配电所或低压干线，取 $k_{\Sigma} = 0.9 \sim 1$ ，

对于总变电所母线，取 $k_{\Sigma} = 0.95 \sim 1$ 。

因此，总的计算负荷为：

$$\text{有功 } P_{\Sigma c} = k_{\Sigma} \cdot \Sigma P_c \text{ (千瓦)} \quad (1-5)$$

$$\text{无功 } Q_{\Sigma c} = k_{\Sigma} \cdot \Sigma Q_c \text{ (千瓦)} \quad (1-6)$$

$$\text{视在 } S_{\Sigma c} = \sqrt{P_{\Sigma c}^2 + Q_{\Sigma c}^2} \text{ (千瓦)} \quad (1-7)$$

式中 ΣP_c 和 ΣQ_c 分别为各组用电设备有功和无功计算负荷之和。

由于上述各组用电设备的类型不同，功率因数就不一定相同，因此，求总的视在计算负荷时就不能用（1—5）进行计算；考虑到各组用电设备之间有一个同时系数问题，所以，也不能用各组现在计算负荷之和来计算总的视在计算负荷。

对于由三相电源供电的单相负荷（单相用电设备如电炉、电焊机、电灯等）应尽可能均匀分配在三相线路上。但

有些较大的单相用电设备接于一相时，或接于线电压时，往往会造成三相负载的不平衡。所以，在选择电气设备而确定计算负荷时，就得根据负荷最大的一相为依据而进行计算。其三相等效功率，按照单相负载的接法，可分为下述三种情况，应予以分别考虑。

对均匀分配的单相用电设备组，取其设备容量 P_e （三相额定等效功率）等于全部单相用电设备容量总和。

对于非均匀分配的单相用电设备组，取其设备容量 P_e （三相额定等效功率）等于最大负荷相的单相用电设备容量的三倍。

对于只有一个单相用电设备接于相电压时，取其设备容量 P_e 等于此单相用电设备容量三倍。

接在三相线路的线电压上的单相用电设备是一台时，其设备容量 P_e 等于 $\sqrt{3}$ 倍该用电设备容量。当用电设备为2~

4台时（且分接于三相系统各相时），其设备容量 P_e 等于两相间最大用电设备额定功率的三倍。

假如单相用电设备，既有接在三相线路相电压上的，也同时有接在线电压上的情况。则各相的总计算负荷等于该相（相—零）的单相负荷加上接于线电压上（但要折算到相电压上）的单相负荷。总的三相计算负荷取其等于最大负荷相

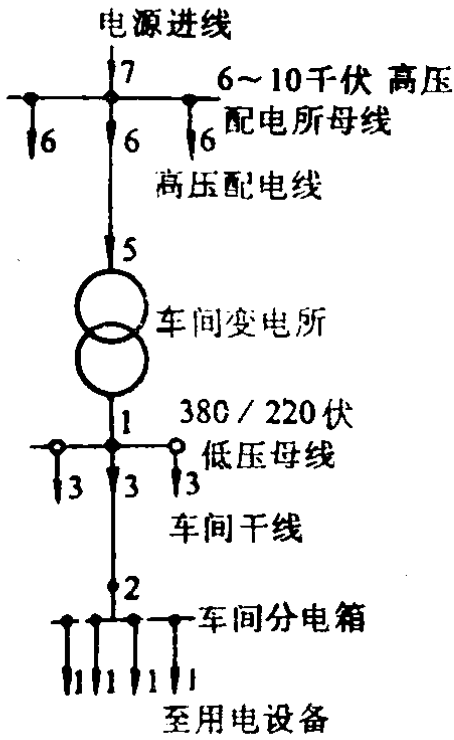


图1—7 确定供电系统总计算负荷系统图

的计算负荷的三倍。

3. 功率损耗及供电系统总计算负荷的确定

以图1—7所示供电系统为例，来说明如何用逐级计算的方法确定供电系统总计算负荷。

确定6~10千伏高压配电所母线上（图中“7”点）总计算负荷的步骤是：

第一步计算车间、住房每一用电设备的计算负荷（图中“1”点），以此来选择用电设备导线截面及电器。

第二步：确定用电设备组的计算负荷（图中“2”点），以此来选择车间干线的导线截面及电器。若忽略车间低压干线上的功率损耗，则用电设备组的计算负荷即为低压母线引出线（车间干线）上的计算负荷（图中“3”点）。

第三步：把车间干线上各计算负荷相加，并乘以同时系数，即为车间变电所低压母线上的计算负荷（图中“4”点），以此来选择车间变电所的变压器容量。

第四步：把车间变电所低压母线上的负荷加上变压器的功率损耗，即为车间变电所高压侧计算负荷（图中“5”点），可以此来选择高压配电线导线截面及电器。

第五步：把车间变压器高压侧计算负荷加上厂区和居民区高压配电线的功率损耗，即为高压配电所引出线上的计算负荷（图中“6”点）。

第六步：把高压配电所各条引出线上的计算负荷相加，以同时系数，就成为高压配电所母线上的总计算负荷（图中“7”点）。

在计算中对于电力线路的功率损耗，若厂区或建筑设施区域范围小，这部分所占百分比小，故一般可忽略不计。如