

TM 727.3/1
10779

高等学校教学参考书

工厂供电设计

李宗纲 刘玉林 施慕云 韩春生 编著



吉林科学技术出版社

GONGCHANGGONGDIANSHEJI

TM 727.3/1

高等学校教学参考书

工厂供电设计

李宗纲 刘玉林 施慕云 韩春生 编著

吉林科学技术出版社

前 言

为满足工业电气自动化专业《工厂企业供电》课程设计和毕业设计以及从事供电设计工作人员的需要，吉林工业大学、沈阳工业学院和鞍山钢铁学院联合编写了本书。

本书按照工厂企业供配电设计的实际需要，结合国家有关规范和设计手册编写而成，内容包括设计方法和步骤、设计示例、设计题目汇编以及常用设备技术数据等。并按照变配电所等级编排顺序，对近年来供配电系统节能措施的新技术、新设备以及不同设计方案、技术经济比较的计算方法等都作了较为详细的分析介绍。

本书共分四篇：第一篇车间变电所及低压配电系统设计，由施慕云执笔；第二篇工厂总降压变电所及配电系统设计，由李宗纲执笔；第三篇工厂供电设计题目汇编及第四篇工厂供电设计常用资料汇编，由刘玉林及韩春升执笔。全书由李宗纲主校。

本书经东北地区工业电气自动化专业教材交流协作组聘请，由东北工学院耿毅和中国建筑东北设计院陶作民主审。并邀请沈阳铝镁设计院薛宗襄，东北工学院林文铮、任兴权和东北地区廿五所大专院校任课教师以及天津机械工业部第五设计院有关同志进行审稿和讨论，提出了很多宝贵意见。在此表示衷心感谢。

限于编者的业务水平和思想水平，在书中难免有错误和不当之处，敬希读者提出批评和指正。

编 者

绪 言

一、工厂供电系统设计在国民经济中的地位

设计工厂是根据生产任务和生产规模，进行工艺设计；土建设计；动力设计；供排水设计；采暖通风设计；通讯设计和供电设计。

供电设计的任务是：从国家电网中取得电能，经过合理的传输、变换、分配到工厂中每一用电设备上。电能是工厂中的主要动力。伴随工业电气自动化技术的发展，工厂用电量也迅速增长；对电能质量，技术经济状况，供电的可靠性指标要求也日益提高，因而供电设计是工厂设计中的重要组成部分。设计是否完善，不仅直接影响基建投资、运行费用和有色金属消耗量，也会反映在供电的可靠性和安全生产方面，它和企业经济效益，设备人身安全密切相关。如因继电保护装置设计欠妥而使事故扩大，波及国家电网时，甚至会造成大面积停电，产生难以估计的严重后果。

设计中不恰当的过高估算负荷，或片面强调安全，过大的增加供电设备容量，既增大基建投资又浪费有色金属；同时还会使设备损耗增加，加大了运行费用，给国民经济带来了不必要的浪费。如果片面强调降低基建投资，过份压低设备和导线规格，将会使设备绝缘加速老化，缩短使用寿命，增大电能损耗，影响供电系统的正常运行，对国民经济也是不利的。

即或同等的基建投资，由于设计方案不同，其技术经济效果也会有很大差异。保证安全供电和经济运行，不仅是本企业的利益，也是关系到合理利用能源的大事。目前，我国能源利用率较之经济发达国家远远落后。对电能的经济价值，不能单纯用电价的数值来衡量，应看到我国电能短缺的现状。由于供不应求，许多地区不得不采用定期轮流停电办法来解决生产用电。供电设计中能否贯彻降低损耗、节约能源的原则，不仅是本部门的局部得失，也是国民经济发展中带有全局性的战略问题。

二、对工厂供电系统设计的要求

供电系统设计必须符合国家的各项方针政策；设计内容必须符合国家标准中的有关规定，同时必须满足生产工艺方面提出的下述各项基本要求：

1. 保证生产工艺所必须的供电可靠性。
2. 保证电能质量

电能质量由电源频率和电压决定。电源的频率由电力系统负责调整和稳定。

电压质量指电压量值和波形两个因素。根据用电设备对电压数值的要求规定了电压偏移范围，具体数值见表（1—3—10）。应保证用电设备的端电压在允许电压偏移值内。近年来由于可控硅装置的使用，电网电压波形发生了畸变。严重时必须采取抑制高次谐波的措施。

3. 供电系统要满足车间生产工艺所提出的要求，如联锁、联动等。

在满足上述要求的基础上，设计时还要尽可能做到节省投资，减少有色金属消耗量，降低电能损耗和年运行费用。

目 录

绪言	(1)
第一篇 车间变电所及低压配电系统设计	(1)
第一章 车间高、低压配电系统设计与负荷计算	(2)
§ 1-1 车间配电系统电压等级的选择	(2)
§ 1-2 车间变电所高、低压配电系统主结线的设计	(2)
§ 1-3 车间配电系统负荷计算	(3)
§ 1-4 车间无功功率补偿容量的计算	(9)
§ 1-5 变压器的台数和容量的选择	(11)
第二章 低压配电系统短路电流计算	(12)
§ 2-1 短路电流计算的特点和元件的阻抗	(12)
§ 2-2 短路电流计算	(13)
第三章 车间配电线路的选择与敷设	(17)
§ 3-1 低压电网的结线方式和选择	(17)
§ 3-2 低压电网的结构和敷设	(18)
§ 3-3 导线和电缆截面的选择	(22)
§ 3-4 特殊情况下导线截面的选择	(28)
§ 3-5 敷线用钢管直径的选择	(29)
§ 3-6 滑触线截面的选择	(29)
第四章 车间变电所配电装置设计	(40)
§ 4-1 变电所的布置形式	(40)
§ 4-2 高压屋内配电装置设计	(40)
§ 4-3 低压屋内配电装置设计	(43)
§ 4-4 变压器室结构	(45)
第五章 车间变电所主要低压电器设备选择	(58)
§ 5-1 车间变电所电器设备选择的一般原则	(58)
§ 5-2 熔断器的选择	(59)
§ 5-3 自动空气开关的选择	(64)
§ 5-4 磁力起动器的选择	(72)
§ 5-5 刀开关和刀形转换开关的选择	(76)
§ 5-6 热继电器的选择	(78)
§ 5-7 电容补偿装置的选择	(79)

第六章 接地与接零	(82)
§ 6-1 接地接零的作用	(82)
§ 6-2 接地接零的范围	(82)
§ 6-3 接地装置设计规程	(83)
§ 6-4 接地网的选择与布置	(84)
§ 6-5 接地电阻的计算	(84)
第七章 车间照明设计	(92)
§ 7-1 电气照明的基本概念	(92)
§ 7-2 照明质量	(92)
§ 7-3 照明光源的选择	(95)
§ 7-4 照明器的选用与布置	(97)
§ 7-5 照度计算	(101)
§ 7-6 照明供电线路	(105)
第八章 设计举例	(107)
§ 8-1 原始资料	(107)
§ 8-2 低压电网的接线方式	(110)
§ 8-3 负荷计算、动力配电箱的选择	(110)
§ 8-4 干线截面的选择	(113)
§ 8-5 变压器台数和容量选择	(116)
§ 8-6 变电所低压侧主结线的选择	(116)
第二篇 工厂总降压变电所及配电系统设计	(118)
第一章 设计内容和步骤	(118)
§ 1-1 总降压变电所及配电系统设计的基本内容	(118)
§ 1-2 总降压变电所及配电系统设计需要的基础资料	(120)
§ 1-3 总降压变电所及配电系统设计的方法与步骤	(120)
第二章 负荷计算	(123)
§ 2-1 车间低压侧的负荷计算	(123)
§ 2-2 变压器功率损耗计算	(124)
§ 2-3 线路功率损耗计算	(125)
§ 2-4 全厂负荷计算	(127)
§ 2-5 配电系统年电能损耗计算	(131)
§ 2-6 全厂负荷计算示例	(132)
§ 2-7 电能测量	(135)
第三章 工厂总降压变电所主结线设计	(138)
§ 3-1 工厂供配电系统电压选择	(138)
§ 3-2 变电所数量与位置的确定	(138)
§ 3-3 变压器台数和容量的确定	(139)
§ 3-4 总降压变电所主结线设计	(140)
§ 3-5 配电方案的技术经济比较	(143)
第四章 工厂6~10千伏配电系统设计	(148)
§ 4-1 厂区配电系统的接线方式	(148)

§ 4-2	导线, 电缆截面选择	(150)
§ 4-3	厂区高压配电系统结构	(154)
§ 4-4	厂区高压配电线路杆位的排定	(179)
第五章	无限大电源供电系统高压短路电流计算	(181)
§ 5-1	高压短路电流计算的特点	(181)
§ 5-2	各元件电抗标么值的计算	(182)
§ 5-3	短路电流计算	(187)
§ 5-4	短路电流效应的计算	(188)
第六章	改善功率因数装置设计	(191)
§ 6-1	改善功率因数的意义	(191)
§ 6-2	工厂常用功率因数的计算	(191)
§ 6-3	提高功率因数的方法	(192)
§ 6-4	移相电容器补偿装置设计	(194)
§ 6-5	功率因数的自动调节	(195)
§ 6-6	冲击负荷的无功功率补偿	(204)
第七章	高压电器设备选择	(205)
§ 7-1	选择电器设备的一般原则	(205)
§ 7-2	总降压变电所 6~10 千伏侧设备选择	(205)
§ 7-3	35 千伏及以上高压断路器的选择	(209)
§ 7-4	隔离开关的选择	(209)
§ 7-5	高压熔断器的选择	(212)
§ 7-6	电流互感器的选择	(213)
§ 7-7	电压互感器的选择	(215)
第八章	继电保护及二次结线设计	(217)
§ 8-1	继电保护装置的基本要求	(217)
§ 8-2	常用保护继电器及其特性	(218)
§ 8-3	电流互感器与继电器接线方式和灵敏系数	(220)
§ 8-4	厂区 6~10 千伏线路保护	(221)
§ 8-5	电力变压器的保护	(231)
§ 8-6	高压电动机的保护	(234)
§ 8-7	6~10 千伏移相电容器的保护	(237)
§ 8-8	备用电源(或设备)的自动投入装置(BZT)	(238)
§ 8-9	变电所的操作电源	(239)
§ 8-10	变电所的二次结线设计	(242)
§ 8-11	控制屏, 继电保护屏及信号屏设计	(255)
第九章	总降压变电所防雷装置设计	(259)
§ 9-1	雷电对电器设备的危害	(259)
§ 9-2	变电所防雷装置	(259)
§ 9-3	高压架空线路防雷装置	(263)
§ 9-4	防雷与接地装置设计	(266)
第十章	提高供配电系统电压质量措施	(269)
§ 10-1	电压的偏移及调节装置	(269)

§ 10—2 有载自动调压装置	(269)
§ 10—3 电压波动及其抑制措施	(277)
§ 10—4 供电系统中高次谐波的抑制措施	(278)
第十一章 工厂总降压变电所变配电装置设计	(280)
§ 11—1 总降压变电所变配电装置的一般要求	(280)
§ 11—2 屋外变配电装置设计	(281)
§ 11—3 屋内变配电装置设计	(284)
第十二章 设计示例	(285)
§ 12—1 设计课题及工艺要求	(285)
§ 12—2 基础资料及负荷计算	(285)
§ 12—3 扩大初步设计	(288)
§ 12—4 施工图设计的一般要求	(304)
第三篇 工厂供电设计题目汇编	(305)
设计题目 1 某电机修造厂全厂总降压变电所及配电系统设计	(305)
设计题目 2 某冶金机械修造厂全厂总降压变电所及配电系统设计	(309)
设计题目 3 某化纤毛织厂全厂总配变电所及配电系统设计	(313)
设计题目 4 某柴油机厂全厂总配变电所及配电系统设计	(316)
设计题目 5 某塑料制品厂全厂总配变电所及配电系统设计	(321)
设计题目 6 某标准件厂冷墩车间低压配电系统及车间变电所设计	(325)
设计题目 7 某机械制造厂电修车间低压配电系统及车间变电所设计	(330)
设计题目 8 某机修厂机械加工一车间低压配电系统及车间变电所设计	(335)
设计题目 9 某机械加工车间低压配电系统及照明设计	(339)
第四篇 工厂供电设计常用资料汇编	(342)
第一章 供电系统常用电器设备, 材料技术数据汇编	(342)
第二章 供电系统成套设备技术资料汇编	(359)
第三章 工厂供电设计的综合经济指标	(403)
第四章 工厂供电设计文字、图纸及表格	(409)
一、文字部分要求	(409)
二、图纸部分要求	(409)
三、设计常用表格	(410)
第五章 工厂供电设计图形符号和文字符号	(411)
一、图形符号	(411)
二、文字符号	(418)
第六章 工厂供电设计示意图	(421)
一、车间配电系统设计示意图	(421)
1. 某塑料制品厂车间变电所低压配电系统图	(421)
2. 某机械加工车间380伏低压配电系统图	(422)
3. 某机械加工车间配电平面图	(423)

4. 某机械加工车间动力配电平面图	(424)
5. 某机械加工车间低压配电系统图	(425)
6. 某机械加工车间低压配电系统图	(426)
7. 车间变电所交流操作的电力变压器保护原理及展开图	(427)
二、企业总降压变电所供电系统设计示范图	(428)
8. 某电机修造厂35千伏总降压变电所供电系统图	(428)
9. 某化纤毛纺厂10千伏配电所配电系统图	(429)
10. 10千伏电压互感器回路二次结线图	(430)
11. 总降压变电所电力变压器保护原理及展开图.....	(431)

第 一 篇

车间变电所及低压配电系统设计

车间变电所及配电系统基本内容如下：

一、车间配电系统设计

根据生产工艺要求、车间环境、用电设备分布情况、生产的特点以及设备容量按下述步骤进行设计：

1. 确定车间配电系统的结线方式和敷设方法；
2. 确定车间配电支干线、干线和配电箱等的计算负荷；
3. 选择导线、母线的截面积和型号；
4. 进行配电系统短路电流的计算；
5. 选择各种用电设备的保护与控制设备；
6. 绘制车间配电系统平面图。

二、车间变配电所设计

根据车间的负荷性质、容量和分布情况及高压电源的进线方向和方式进行设计。具体内容是：

1. 车间变电所位置和变压器台数、容量的确定；
2. 确定车间高、低压配电系统的主结线，并绘制主结线图；
3. 选择高、低压配电装置；
4. 计算车间无功功率补偿容量，设计无功补偿装置；
5. 设计防雷保护、接地装置和保安措施等；
6. 向协作设计专业组提供工艺要求；
7. 绘制变配电所平、剖面图。

三、车间照明设计

根据生产工艺要求，照度标准和照明质量，解决车间的光照。具体要解决的问题是：

1. 光源和照明器的选择；
2. 照明器的布置和照度计算；
3. 设计照明的供电系统并绘制结线图；
4. 绘制车间照明平面图。

第一章 车间高低压配电系统设计 设计与负荷计算

§1—1 车间配电系统电压等级的选择

一、交流电压的选择

我国目前在工厂中一般采用 380/220 伏中性点直接接地电压系统；采矿、石油加工、化学工业等部门为保证电压的质量，减少电能损耗也有应用 660 伏电压的；修理和局部照明的电压为 36 伏；在蒸汽锅炉、储油槽以及与此类似的设备内工作时，修理用的手提照明装置，采用 12 伏电压。

二、直流电压的选择

目前所用的直流电压，不外乎是 24、48、110、220 和 440 伏，一般工厂采用 220 伏系统。

§1—2 车间变电所高、低压配电系统主结线的设计

主结线的确定，对电器设备的选择、配电装置的结构、今后供电的可靠性以及经济运行都有很密切的关系。为此，要求设计主结线时在满足安全、可靠供电前提下，尽可能地使结线简单。

一、高压配电系统主结线

车间变压器与高压配电装置在同一建筑物内时，变压器的高压进线处可不设置开关。否则，根据变压器的容量、安装地点以及进线方式参照表（I-1-1）和（I-1-2）进行选择。

二、低压配电系统主结线

1. 单电源的车间变电所低压配电系统通常采用单母线制。双电源的低压配电系统则采用单母线分段制。

2. 当变压器高压侧的操作开关不在低压配电装置附近或没有操作开关时，变压器低压侧应设置能带负荷操作的总开关。

3. 低压引出线在下列情况下采用自动空气开关

- （1）需要带负荷切换的线路；
- （2）需要自动切换的线路；
- （3）联络线引出端的线路开关；
- （4）低压配电系统保护上有需要时。

其它情况下，可考虑采用刀开关。常用的结线形式见表（I-1-3）。

表 I-1-1 露天变电所高压系统选择表

进线方式 变电所型式	电 缆 进 线					架 空 进 线			
	I型	II型	III型	IV型	V型	VI型	VII型	VIII型	IX型
主 接 线									
容量范围 (kVA)	180 ~ 1000		180 ~ 560	560 ~ 1000		180 ~ 560	180 ~ 320	560 ~ 1000	
配置特点	车 间 内					附		独立式	车间外附

注：1. III、VII型可扩大至750千伏安；
2. 车间外附系指变压器在室外，低压配电室附在车间内。

表 I-1-2 内、外附车间变电所高压系统选择表

进线方式	电 缆 进 线					架 空 进 线			
	主 接 线								
容量范围 (kVA)	320 ~ 1000	320	320	560 ~ 1000	560 ~ 1000	320	320	560 ~ 1000	560 ~ 1000

§1-3 车间配电系统负荷计算

负荷计算的目的是为了合理选择配电系统各组成部分，如导线、电缆、变压器、开关等。负荷计算偏大，则造成设备浪费和投资增大；若负荷计算过小，则系统中各设备和载流部分有过热危险，轻者使线路和各种电器设备寿命降低，重者影响供电系统的安全运行。为此，正确进行负荷计算有重大意义。

由于实际工作中用电设备的负荷时大时小，很难准确计算。

目前常用电力负荷计算的方法有需要系数法、二项式系数法和利用系数法三种。前两种方法在国内各设计单位中使用最普遍，现介绍如下。

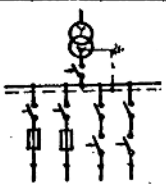
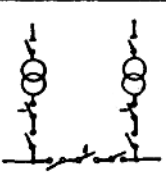
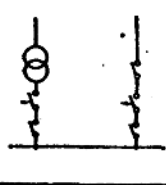
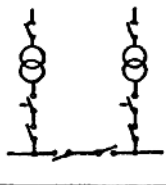
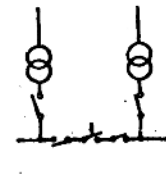
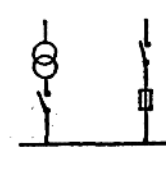
一、需要系数法

此法计算简便，为目前确定车间变电所负荷和全厂计算负荷的主要方法。本方法不适用于用电设备台数少、容量差别大的分支干线负荷计算。

1. 确定用电设备的设备容量 (Pe)

用电设备的额定功率是指产品铭牌上的标称功率。由于各用电设备工作制的不同，额定功率不能简单直接相加，而必须换算至统一规定的工作制下的额定功率，然后才能相加。经过换算至统一工作制下的额定功率称为“设备容量”，用 P_e 表示。

表 I-1-3 低压配电系统常用结线形式

接线图	适用范围	接线图	适用范围
	单电源的车间变电所。		同上，低压设备电源自动重合闸装置。如果容量小，可以采用接触器构成的自动重合闸装置。
	有备用电源的双电源车间变电所，备用电源可以带负荷切换或自动切换。当容量不大时，也可采用接触器构成的自动切换装置。		双电源的车间变电所。母线分成三段，要求供电可靠性高的负荷，一般引自中间段。
	双电源的车间变电所，低压母线联络开关不允许停电操作时，采用自动开关；允许停电操作时，采用刀开关或隔离开关。		双电源的车间变电所，备用电源引自邻近车间，不要求带负荷切换或自动切换。

(1) 长期工作制三相电动机的设备容量等于其铭牌上的额定功率。

(2) 反复短时工作制电动机的设备容量（如吊车用电动机等），是指统一换算到暂载率 $JC=25\%$ 时的额定功率，换算公式如下：

$$P_e = P_n \cdot \sqrt{\frac{JC}{25\%}} = 2P_n \cdot \sqrt{JC} \quad (1-1)$$

式中 P_e —换算到暂载率为 25% 时电动机的设备容量（千瓦）；

P_n —换算前电动机铭牌额定功率（千瓦）；

JC —设备铭牌暂载率，用百分值代入公式计算。

(3) 电焊机及电焊装置的设备容量是指换算到暂载率 $JC=100\%$ 时的额定功率：

$$P_e = P_n \cdot \sqrt{\frac{JC}{100\%}} = P_n \cdot \sqrt{JC} = S_n \cdot \cos\phi_n \cdot \sqrt{JC} \quad (1-2)$$

式中 S_n —电焊机铭牌额定视在容量（千伏安）；

$\cos\phi_n$ —对应 S_n 时的额定功率因数。

(4) 电炉变压器的设备容量是指额定功率因数时的额定功率：

$$P_e = S_n \cdot \cos\phi_n \quad (1-3)$$

式中 S_n —变压器的额定视在功率（千伏安）。

(5) 照明灯的设备容量等于其灯泡上标出的额定功率。

2. 确定单组用电设备的计算负荷

将用电设备按其工作性质参照表（I-1-4）划分成若干组。工作性质相同的同组用电

设备，按下式确定其计算负荷。

$$P_{30} = K_x \cdot \Sigma P,$$

$$Q_{30} = P_{30} \cdot \operatorname{tg} \phi$$

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2}$$

(1-4)

式中 P_{30} 、 Q_{30} 、 S_{30} —该用电设备组的有功、无功、视在计算负荷，单位分别为千瓦、千乏、千伏安；

K_x —该用电设备组的需要系数，具体数值见表（1-1-4）；

表 1-1-4 各用电设备组的需要系数 K_x 及功率因数

用电设备组名称	K_x	$\cos \phi$	$\operatorname{tg} \phi$
单独传动的金属加工机床： 1. 冷加工车间 2. 热加工车间	0.14~0.16 0.20~0.25	0.50 0.55~0.6	1.73 1.52~1.33
压床、锻锤、剪床及其他锻工机械	0.25	0.60	1.33
连续运输机械： 1. 连锁的 2. 非连锁的	0.65 0.60	0.75 0.75	0.88 0.88
轧钢车间反复短时工作制的机械	0.3~0.40	0.5~0.6	1.73~1.33
通风机： 1. 生产用 2. 卫生用	0.75~0.85 0.65~0.70	0.8~0.85 0.80	0.75~0.62 0.75
泵、活塞式压缩机、鼓风机、电动发电机组、排风机等	0.75~0.85	0.80	0.75
透平压缩机和透平鼓风机	0.85	0.85	0.62
破碎机、筛选机、碾砂机	0.75~0.80	0.80	0.75
磨碎机	0.80~0.85	0.80~0.85	0.75~0.62
铸铁车间造型机	0.70	0.75	0.88
搅拌器、凝结器、分级器等	0.75	0.75	0.88
水银整流机组（在变压器一次侧）： 1. 电解车间用 2. 起重机负荷 3. 电气牵引用	0.90~0.95 0.30~0.50 0.40~0.50	0.82~0.90 0.87~0.90 0.92~0.94	0.70~0.48 0.57~0.48 0.43~0.36
感应电炉（不带功率因数补偿装置）： 1. 高频 2. 低频	0.80 0.80	0.10 0.35	10.05 2.67

续表

用电设备组名称	K_x	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$
电阻炉:			
1. 自动装料	0.7~0.80	0.98	0.20
2. 非自动装料	0.6~0.70	0.98	0.20
小容量试验设备和试验台:			
1. 带电动发电机组	0.15~0.40	0.70	1.02
2. 带试验变压器	0.1~0.25	0.20	4.91
起重机:			
1. 锅炉房、修理、金工、装配车间	0.05~0.15	0.50	1.73
2. 铸铁车间、平炉车间	0.15~0.30	0.50	1.73
3. 轧钢车间、脱锭工部等	0.25~0.35	0.50	1.73
电焊机:			
1. 点焊与缝焊用	0.35	0.60	1.33
2. 对焊用	0.35	0.70	1.02
电焊变压器			
1. 自动焊接用	0.50	0.40	2.29
2. 单头手动焊接用	0.35	0.35	2.68
3. 多头手动焊接用	0.40	0.35	2.68
焊接用电动发电机组:			
1. 单头焊接用	0.35	0.60	1.33
2. 多头焊接用	0.70	0.75	0.80
电弧炼钢炉变压器	0.90	0.87	0.57
煤气电气滤清机组	0.80	0.78	0.80

ΣP —该用电设备组的设备容量之总和(千瓦);

$\text{tg}\phi$ —功率因数角的正切值,具体数值见表(I-1-4)。

当 K_x 值有一定变动范围时,应根据生产工艺、设备台数和容量等情况而定。一般设备使用率高,设备台数较少且其容量差别稍大时,取用较大值;设备使用率低,台数又多的取较小值。

3. 确定多组用电设备总的计算负荷

各用电设备组的计算负荷相加后再乘以同期系数,即得多组用电设备总的计算负荷。

$$\left. \begin{aligned} \Sigma P_{30} &= K_p \cdot \Sigma(K_x \cdot P_n) \\ \Sigma Q_{30} &= K_Q \cdot \Sigma(K_x \cdot P_n \cdot \text{tg}\phi) \\ \Sigma S_{30} &= \sqrt{(\Sigma P_{30})^2 + (\Sigma Q_{30})^2} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

式中 K_p 、 K_Q —最大负荷同期系数,具体数值见表(I-1-5)。

二、二项式系数法

二项式系数法是考虑用电设备的数量和大容量设备对负荷影响的经验公式,一般使用在机械加工和热处理车间中用电设备数量较少和容量差别大的配电箱及车间支干线的负荷计

表 I-1-5 需要系数法的同期系数

应 用 范 围	K_p
一、确定车间变电所低压母线的最大负荷时，所采用的有功负荷同期系数	
1. 冷加工车间	0.7~0.8
2. 热加工车间	0.7~0.9
3. 动力站	0.8~1.0
二、确定配电所母线的最大负荷时，所采用的有功负荷同期系数	
1. 计算负荷小于5000千瓦	0.9~1.0
2. 计算负荷为5000~10000千瓦	0.85
3. 计算负荷超过10000千瓦	0.80

- 注：1. 无功负荷的同期系数 K_Q 一般采用与有功负荷的同期系数 K_p 相同数值；
2. 当由全厂各车间的设备容量直接计算全厂最大负荷时，应同时乘以表中两种同期系数。

算，以弥补需要系数法的不足。此法过分突出最大用电设备容量的影响，因而计算负荷往往较实际偏大。

1. 确定单组用电设备的计算负荷

$$\begin{aligned} P_{30} &= C \cdot P_x + b \cdot P_{\Sigma} \\ Q_{30} &= P_{30} \cdot \operatorname{tg} \phi \\ S_{30} &= \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中 P_x —该用电设备组中 X 台容量最大用电设备的设备容量之和（千瓦）；

C 、 b —随用电设备组类别而定的系数，数值见表（I-1-6）；

P_{Σ} —该用电设备组设备容量之总和（千瓦）。

2. 确定多组用电设备总的计算负荷

$$\begin{aligned} \Sigma P_{30} &= (C \cdot P_x)_{\max} + \Sigma b \cdot P_{\Sigma} \\ \Sigma Q_{30} &= (C \cdot P_x)_{\max} \cdot \operatorname{tg} \phi_1 + \Sigma (b \cdot P_{\Sigma} \operatorname{tg} \phi) \\ \Sigma S_{30} &= \sqrt{(\Sigma P_{30})^2 + (\Sigma Q_{30})^2} \end{aligned} \quad (1-7)$$

式中 $(C \cdot P_x)_{\max}$ —各用电设备组中计算公式第一项的最大值（千瓦）；

$\Sigma b \cdot P_{\Sigma}$ —各用电设备组中计算公式第二项之和（千瓦）；

$\operatorname{tg} \phi_1$ —与 $(C \cdot P_x)_{\max}$ 相应的功率因数角的正切值。

使用二项式系数法确定多组用电设备总的计算负荷时，尚需注意以下两点：

(1) 如果每组用电设备的台数小于 x ，则采用小于 x 的两组或更多组中最大用电设备计算公式第一项的总和，作为总计算负荷的第一项；

(2) 在计算范围内的所有用电设备统一分组，不应逐级计算后再代数相加。

三、负荷计算中的特殊问题

1. 当用电设备的台数小于等于3台时，一般将用电设备的设备容量总和作为计算负荷。长期工作制的电动机取 $\cos \phi = 0.8$ ，反复短时工作制的电动机取 $\cos \phi = 0.5$ 。

2. 按上述系数法求得用电设备组的计算负荷，小于其中三台设备的设备容量总和时，

表 I-1-6 用电设备组的二项式系数 C 及 b

用电设备组名称	$CP_x + bp_{e,x}$	$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$
小批生产金属冷加工机床	$0.4P_5 + 0.14P_{e,x}$	0.5	1.73
大批生产金属冷加工机床	$0.5P_5 + 0.14P_{e,x}$	0.5	1.73
大批生产金属热加工机床	$0.5P_5 + 0.26P_{e,x}$	0.65	1.17
通风机、泵、压缩机及电动发电机组	$0.25P_5 + 0.65P_{e,x}$	0.8	0.75
连续运输机械（联锁）	$0.2P_5 + 0.6P_{e,x}$	0.75	0.88
连续运输机械（不联锁）	$0.4P_5 + 0.4P_{e,x}$	0.75	0.88
锅炉房、机修、装配、机械车间的吊车（JC=25%）	$0.2P_3 + 0.06P_{e,x}$	0.5	1.73
铸工车间的吊车（JC=25%）	$0.3P_3 + 0.09P_{e,x}$	0.5	1.73
平炉车间的吊车（JC=25%）	$0.3P_5 + 0.11P_{e,x}$	0.5	1.73
轧钢车间及脱锭脱模的吊车（JC=25%）	$0.3P_3 + 0.18P_{e,x}$	0.5	1.73
自动装料的电阻炉（连续）	$0.3P_2 + 0.7P_{e,x}$	0.95	0.33
非自动装料的电阻炉（不连续）	$0.5P_1 + 0.5P_{e,x}$	0.95	0.33

注：P₅—5台最大用电设备容量总和；
 P₃—3台最大用电设备容量总和；
 P₂—2台最大用电设备容量总和；
 P₁—1台最大用电设备容量。

必须根据具体情况重新确定计算负荷、

3. 如果某设备组在系数表中没有时，则分析此设备组实际工作情况，套用与其工作性质类似的其它设备组的系数。

4. 单相负荷的计算

单相用电设备应尽可能均衡分配在三相上，使线路不对称程度为最小。

单相用电设备接线电压时，应按式（1—8）换算成相负荷。

$$\begin{aligned}
 \text{A相: } P_a &= P_{ab} \cdot p_{(ab)a} + P_{ca} \cdot p_{(ca)a} \\
 Q_a &= P_{ab} \cdot q_{(ab)a} + P_{ca} \cdot q_{(ca)a} \\
 \text{B相: } P_b &= P_{ab} \cdot p_{(ab)b} + P_{bc} \cdot p_{(bc)b} \\
 Q_b &= P_{ab} \cdot q_{(ab)b} + P_{bc} \cdot q_{(bc)b} \\
 \text{C相: } P_c &= P_{ca} \cdot p_{(ca)c} + P_{bc} \cdot p_{(bc)c} \\
 Q_c &= P_{ca} \cdot q_{(ca)c} + P_{bc} \cdot q_{(bc)c}
 \end{aligned}
 \tag{1-8}$$

式中 P_a、P_b、P_c—换算至A、B、C相的有功功率（千瓦）；
 Q_a、Q_b、Q_c—换算至A、B、C相的无功功率（千乏）；
 P_{ab}、P_{bc}、P_{ca}—接在AB、BC、CA线电压的有功功率（千瓦）；
 p_{(ab)a}、q_{(ab)a}、…—接于AB、BC、CA间线电压的容量换算至A、B、C相有功及无功换算系数，具体数值见表（I-1-7）。

在计算过程中，当单相用电设备的总设备容量不超过三相用电设备总设备容量的15%时，可直接按三相平衡负荷考虑，如超过15%，用式（1—8）计算。对接入相电压的单相设备，选择其中最大一相的设备容量乘三倍，再同三相用电设备一起进行三相负荷计算，即

$$P_e = 3 \times P_{e,x,max} \tag{1-9}$$