

节约用电



供用电管理培训教材

中国电机工程学会
全国用电节电专业委员会



河南科学技术出版社

内 容 提 要

本书对企业配电系统、电动机及拖动系统、部分通用机电设备、照明、电化学、家用电器等节电问题从理论上和工艺技术上作了全面的阐述。并且介绍了企业电能平衡测算和产品电耗定额的制定和管理。

它对于企业如何降低损耗、提高节电水平、合理利用能源将起到指导作用。本书密切联系实际，资料翔实，方法可行。

本书可作为广大用电单位的节电工具书，也可作为科研、设计及专业学校的参考资料。

《供用电管理培训教材》编委会成员

主编 刘振强

编委 (按姓氏笔划为序)

王 琳 方增宏 白健民 刘振强

宋春生 吴文生 沈绿孙 栾守亚

曹永和 谭慧修

本书责任编辑 栾守亚

本书编写 唐济周 汪树智

序 言

电力工业是为全社会服务的公用性行业。向各行各业千家万户供应安全可靠、经济、质量合格的电力、满足国民经济各部门和人民生活用电的需要，是电力工业的基本任务。

电力工业的一个显著特点就是生产、分配、销售同时进行、同时完成。电力工业不是单纯的生产企业，而是生产、分配、销售集于一体，工业、商业、服务业合一的工商业联合体。

过去，在相当长的一段时间内，电力工业由于受“左”的思想影响，强调自身的生产企业性质，忽视了其工商业联合体和服务性的特点，重视生产建设，忽视经营管理和经济效益，忽视电能分配及销售环节的工作，实质上是对电力工业最终目的认识不足。

党的十一届三中全会以来，全党工作的重心转到四个现代化上来，中央和国务院提出一切经济问题的根本出发点必须放在提高经济效益的基点上。这个根本指导方针对电力工业起了极大的影响。1982年和1983年全国电力会议上相继提出了电力工业要在坚持安全第一的前提下以提高经济效益为

中心，电力工业要从“生产型企业”转到“生产经营型企业”。这是电力工业指导思想的重大变化，对纠正电力工业长期存在的“重建设轻效益”、“重生产轻经营”、“重发轻供不管用”等偏向是一个重大突破。在这两次会议后，电力部门进一步树立了为全社会服务的观点和经营管理的观点，逐步重视用电营业工作，充分发挥用电营业部门的积极作用，这是电力工业的一个显著的变化和进步。

由于长期对用电营业部门重视不够，无论在人员配备、技术装备和科学管理水平等方面都不适应工作的要求，这是电力工业的薄弱环节。近年来，各地供用电单位和从事供用电工作的同志都迫切希望提高在职职工的技术业务水平。要解决这个问题，除了依靠学校教育外，更重要的是搞好广大在职职工的培训。

中国电机工程学会用电与节电专业委员会有鉴于此，组织了全国在供用电管理方面具有相当理论水平和实践经验的专业人员（包括在职的和退休的），编写了《供用电管理培训教材》，作为在职职工培训的教材和有关专业学校的参考书，从理论到实际加以具体阐述，特别强调其实用性。相信这套教材的出版，将为提高全国供电部门和广大用电单位的专业人员的技术业务水平和科学管理水平做出贡献。教材书将分批出版，第一批书目包括：《电工基础知识》、《计划用电》、《节约用电》、《安全用电》、《电价与电费管理》、《电能计量与管理》。

希望全国供电部门的同志和广大用户关心这套书，使其日臻完善，在实际运用中发挥更大的作用。

中国电机工程学会秘书长 温克昌

一九八六年十二月

目 录

绪言	(3—1)
第一章 配电网系统合理用电	(3—4)
第一节 合理选择配电网系统	(3—5)
第二节 变压器的功率关系	(3—9)
第三节 变压器的节电方法	(3—13)
第二章 提高用电的功率因数	(3—18)
第一节 功率因数及其对配电网系统的影响	(3—18)
第二节 提高用电功率因数的措施	(3—21)
第三章 电动机及拖动系统的节电	(3—33)
第一节 感应电动机节电的可能性	(3—33)
第二节 感应电动机的选用	(3—36)
第三节 感应电动机的节电	(3—39)
第四章 部分通用机电设备的节电	(3—51)
第一节 风机和空压机节电	(3—51)
第二节 泵的节电	(3—70)
第三节 电焊机的节电	(3—79)

第四节	交流接触器无声节电运行·····	(3 —87)
第五章	电炉设备的节能·····	(3 —97)
第一节	感应电炉的节电措施·····	(3 —98)
第二节	电弧炉的节电·····	(3 —99)
第三节	电阻炉的节电措施·····	(3 —103)
第六章	照明用电·····	(3 —109)
第一节	照明光源及照明器·····	(3 —109)
第二节	照度标准·····	(3 —112)
第三节	照明用电的节电途径·····	(3 —115)
第七章	电化学生产的节能·····	(3 —123)
第一节	电解铝的基本原理及电耗·····	(3 —127)
第二节	电解铝生产的技术经济指标 及节电途径·····	(3 —129)
第三节	食盐电解生成烧碱的基本原理··	(3 —133)
第四节	电解烧碱的节能·····	(3 —136)
第五节	电镀业的节电途径·····	(3 —149)
第六节	电化学采用直流电源装置·····	(3 —156)
第八章	家用电器节电·····	(3 —159)
第一节	家用电冰箱节电措施·····	(3 —159)
第二节	家用电热器器的基本节电措施··	(3 —170)
第九章	企业电能平衡测算·····	(3 —178)
第一节	企业电能平衡的基本概念和意义 ·····	(3 —178)
第二节	电能平衡的分类、原则和方法··	(3 —181)

第三节	用电设备电能平衡简介·····	(3 —183)
第四节	车间电能平衡·····	(3 —190)
第五节	企业电能平衡·····	(3 —191)
第六节	电能平衡测算实例·····	(3 —197)
第十章	产品电耗定额的制定和管理·····	(3 —205)
第一节	单位产品电耗定额管理及意义·····	(3 —205)
第二节	单耗定额的构成及分类·····	(3 —207)
第三节	产品产量及计量·····	(3 —215)
第四节	单耗定额的制定及主要影响因素 ·····	(3 —218)
第五节	单耗定额的审批、考核与管理·····	(3 —223)
第六节	节电量的计算·····	(3 —226)
附件	国务院批转国家经委、国家计委《关于进一 步加强节约用电的若干规定》的通知·····	(3 —228)

绪 言

电能和一个国家经济发展有密切的关系，经济和科学技术越发达，电能在整个能源消耗中的比例越高。在电能生产、输配和使用的各个环节中，都存在较大的损失，所以具有巨大的节电潜力。节约用电是加速发展国民经济的有效手段，是降低环境污染的可靠措施，是能源经济发展良性循环的重要途径。

党和政府一贯重视节约用电。自1978年全国第一个节能月以来，国家确定了能源“开发和节约并重”的方针。节能，节电在当前有重要的现实意义和紧迫性，而且是长期的战略方针。近十年来各行各业，大力开展节约用电工作，成绩巨大。在管理方面：加强计量管理，逐步建立、健全单位产品电耗定额的考核，逐步取消不合理的包费制，杜绝各种浪费等等。在用电设备方面：研制，生产了大量的高效、低耗、性能优良的设备，更新淘汰低效、高耗、性能落后的设备。如节能变压器、高效风机、泵类、压缩机等；各种高效保温材料的出现，对提高电热设备效率起了很大作用；高效光源的应用，提高了照明电能利用率；硅整流设备取代水银整流设备，大大提高了交直流转换效率，对炼铝、烧碱、

电镀等行业降低电耗起了有效作用。节电新技术方面：远红外加热技术的大面积推广应用，较大地提高了电加热效率。电机的各种节能控制技术的应用，有效地降低了电机轻载及空载运行损失。电热炉的快速起动技术，溴化锂制冷技术的发展，新光源的不断出现，以及各行各业在节电方面所取得的成绩不胜枚举。近十年来节电工作取得了很大成效。

但是，当前电力建设还远远跟不上国民经济需要的发展，尽管国家正在采取各种有力措施，加强电源开发。但电力建设周期较长和资金不足，在今后一段时期内，电力仍然制约着国民经济的发展。鉴于这种形势，节电工作任务艰巨，它是促进我国经济发展的有效组成部分。而且，节电的潜力仍然很大。更何况我们处在科学技术突飞猛进的时代，如超导技术研究，一旦进入应用领域，电能利用将出现一次革命。

近几年，节电基础工作和科学管理有了大的发展，利用计算机这一先进手段进行节电管理已经起步。企业电能平衡测算、企业合理用电评价等基础工作是企业电能消耗定量分析的必要手段。亟待继续探索和推广普及，直到建立正常制度。

电能转换为机械能是电能消耗的主要方面，其节电潜力很大。既要继续研制、生产各种高效电机和机械设备，又要保证设备在高效区运行，结合各种高效节电控制技术，实现系统的优化和高效运行，实现最佳的节电经济效益。这方面的工作也仅仅是开始，不仅需要投资，更需要进行大量的培

训工作，提高运行人员的素质。

电热炉因用电比例不断增加，如何提高电能转换效率，发展保温材料，改革工艺，提高操作水平等方面大有潜力。例如长期以来一吨电炉钢耗电 600~700 千瓦小时，最近由于改革工艺，强化操作管理，每吨电炉钢出现耗电 500 千瓦小时以内的优异成绩，如果全国电炉钢都能达到这个目标，仅此一项产品就能节电数十亿千瓦小时。

电化学方面，生产电解铝、电解铜、烧碱、电镀等单位产品的电耗都很高。例如电解铝目前每吨需消耗 16000 千瓦小时以上。为了降低电耗，必须淘汰落后的整流设备，提高整流效率，降低槽电压等工艺技術措施，改革工艺节约用电尤为重要。

电能转换成光能，是电能转换效率最低的部分。节约照明用电途径颇多，新光源不断涌现，如荧光灯、汞灯（即水银灯）、金属卤化物灯、高压钠灯、低压钠灯等，照明用电虽然占整个用电比例较小，但绝对值还是很大的。以1986年为例全国估算约有250亿千瓦小时的电用于照明。节约照明用电的核心是采用高效光源，选择合理的照明和控制方案，充分利用自然光，以及加强维护管理。这方面需要大力宣传，普及知识，积极推广。

总之，人类为了发展生产，加快经济建设，提高生活水平，对电能的需求越来越多。同时人类又能够依靠自己的聪明才智，采用先进的科学技术来提高能源利用率，降低使用能源带来的污染，这就是能源、经济发展的良性循环。

第一章 配电网络系统合理用电

在企业内部，配、变电所和用电设备之间，用不同电压的电力线路，按一定规律将它们连接起来，这些不同电压的电力线路、配变电所和用电设备的组合，称为企业的配电网络系统。

企业内部的配电系统分高压配电系统和低压配电系统。

据有关部门统计，工业企业的用电量占全国发电厂生产电能的70%以上，因而工业用电的节约，在全国各个部门的电能节约中就显得特别突出和重要。

企业配电网络系统的节电，应从减少各种配电设备和配电路径的电能损失及避免不必要的无效运行所产生的电能消耗入手。

在企业变配电所采用的电气设备中，最主要的及电能损失最大的设备是变压器，尽管变压器自身效率较高，但因其长期持续运行，故其本身的电能损失累积起来其数额是相当可观的，因此不能不考虑其电能损失；另一项值得注意的是配电路径的电能损失。

第一节 合理选择配电网络系统

电流通过导线时就有电能损失，这种损失(I^2R)是与电流(I)的平方成正比的。所以减少配电系统中各个环节的线路损失、提高输配电效率，是节电的一个重要环节。从发电厂到用户的线路损失，一般为总电能的3~8%，而其中大部分为配电线路的损失。为了合理的选择配电网络，应注意下列几点：

一、配电电压的确定

一个企业的受电电压的选择，在很大程度上取决于企业的电力负荷的大小及地区电网的电压条件。一般来说，受电电压也就是企业的配电电压，只有负荷大到不能以一般中压受电时，或者只有高压电源时，才设立一个总降压变电所。高压受电后，经过变压再用中压配电。按着现有的电压状况，可分如下电压等级：

超高压	220kV及以上各电压；
高压	110kV、66kV及35kV；
中压	10kV、6kV及3kV；
低压	660V 380V及220V。

从电压等级来看并不复杂，但许多企业由于种种原因，在其内部出现多种电压，使得供电系统复杂，且增加了变压次数。而每增加一次变压都将使电力损失及设备投资增大，并且效率也降低了。

仅以一台35kV、1600kVA变压器为例，直接从35kV降到0.4kV与经35kV→10kV→0.4kV两级降压相比，直接降压效率为98.5%，而两级降压效率为97%，两者之差为1.5%；两级降压多损失电能165400kWh/年，折合电费约1万元/年。

为此，配电网络系统的供电电压的确定应符合下列几点要求：

- (1) 变压的次数应限制到最低限度；
- (2) 所选用的电压等级应该是将电力合理地输送到大多数负荷中心的电压水平；
- (3) 选用的电压等级应适应于用电设备的电压等级及企业自备电站的电压等级；
- (4) 尽可能在高中压中不采用两种以上的电压等级，即在一个企业中，高压最好不要同时采用110kV及35kV两种电压，中压最好不要同时采用10kV、6kV。当然，若由于某些专用设备的需要而采用两种高压或中压仍然是允许的；
- (5) 尽可能在高、中、低压中分别采用较高的电压等级，即110kV、10kV、380V。

为了减少配电线路电能损失和节省有色金属，现在世界各国都趋于采用高压（如20kV以上）深入用电负荷中心。我国也开始向这个方向起步。所谓高压深入负荷中心，即高压配电线路的终端直接深入到用电负荷中心，直接用较高的电压将电能送到负荷集中的地点，从而大大地减少了较低电压线路的长度，以减少线路损失。但对于负荷不大而用电负荷

又分散的企业，即无所谓“深入”，也难于找到一个适宜的“中心”。

这样，必须根据具体情况，按照尽可能减少低压配电线路长度和电力损失的这个目的来考虑配电网络系统。

二、配电线路的确定

配电线路的选择正确与否，非但影响基建投资和施工，而且对电能的节约有着直接的关系。为了减少电能损失，应采取下列主要措施：

尽量采用高压供电。因为当输送功率一定时，电压愈高则输送的电流就愈小，而电能损失(I^2R)和电流的平方成正比，因此高压供电配电线路电能损失较低压供电配电线路损失小。为了减少配电线路及变压器电能损失，低压用电设备宜以660V替代380V。

缩短配电线路。配电线路至用电负荷的路径应最短，且不应迂迴。车间及室内配电线路敷设、架空干线等，应尽量降低其安装高度，以减少支干线的长度。如条件允许时在一般的6m（下弦）或吊车滑触线处（下弦6m时约为4.5m）的车间干线，改为2.5m高度敷设，则可减少支干线2~4m，并相应的节约了电能损失；

按经济电流密度选择导线截面。配电线路的导线截面积的选择，除了常规的按持续工作电流（允许温升）、按允许的电压损失、按机械强度以及按系统的短路电流来校验稳定性外，还可按经济电流密度来选择。

我国公布的经济电流密度 J 值如表1-1。

表1-1 经济电流密度 J 值 (A/mm^2)

导线材质	最大负荷利用小时数 t_M (h)		
	3000以下	3001~5000	5000以上
裸铝导线和母线	1.65	1.15	0.9
铝芯电缆	1.92	1.73	1.54
铜芯电缆	2.5	2.25	2.0
裸铜导线和母线	2.0	2.25	1.75

加大线路截面。为了减少线路电能损失，在技术经济合理的情况下，可适当的加大导线截面积。

线路截面加大后多投资费用回收年限按下列公式计算：

$$\text{回收年限} = \frac{(C_2' + C_3') - (C_2 + C_3)}{C_1 - C_1'} \quad (1-1)$$

式中 C_1 、 C_1' ——分别为已知截面和所需的大截面的年电力损失费；

C_2 、 C_2' ——分别为已知截面和所需的大截面线缆购置费；

C_3 、 C_3' ——分别为已知截面和所需的大截面的敷设费。

若回收年限 $\leq$ 投资回收年限，则加大截面是经济的。目前我国尚无统一的确切投资回收年限，参照有关资料，建议取用3~4年。