



工业企业 实用节电技术



姚志松 吴军 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

工业企业 实用节电技术

姚志松 吴军 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书阐述了工业企业节电的各个方面,包括自发电、变压器、线路网络、电动机、动力、电热、电器、照明、化学能、生活用电、太阳能、车间、住宅、智能控制、无功补偿、企业管理等方面的内容。本书着重介绍电阻炉、感应炉、电弧炉、电焊机、空调、空压机、整流、接触器、保护器、延寿器、节电器、机床、油田、矿业机械;吊机、电盘、电光源、路灯的节能和智能照明、UPS 和 EPS 电源的节电技术以及无功补偿的方式、计算、优化和实例。

本书可供电力、钢铁、冶金、建材、医药、机械、汽摩、水利、物流、矿业、交通、纺织、制冷、石化、轻工、印刷、餐饮、烟草、陶瓷、铁道、市政等行业人员学习使用,也可供相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工业企业实用节电技术 / 姚志松, 吴军编著. —北京: 中国电力出版社, 2010. 6

ISBN 978 - 7 - 5123 - 0241 - 9

I. ①工… II. ①工业企业管理Ⅲ. ①工业企业管理: 用电管理 - 节能 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 051607 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 7 月第一版 2010 年 7 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 17.625 印张 494 千字

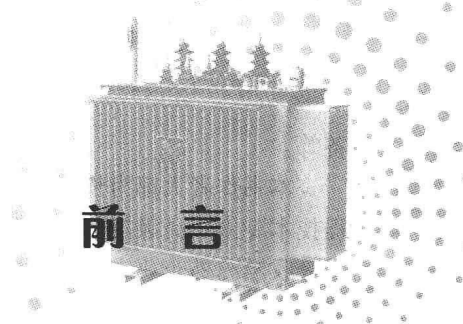
印数 0001—3000 册 定价 38.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前言

节电是国内外的一个老课题，但在能源紧缺的今天，更有其紧迫性和现实性。而要做到多节电却不是一件容易的事，因为要在保证工作质量和产量的前提下能较多地降低电耗，所以就必须在发、输、配、用电的各个环节，方方面面的各类用户，从点滴抓起，想方设法，采取各种措施才行。

2010年5月国务院电话会议要求，企业负责人要对本企业节能工作负责，未完成节能目标的要追究责任，直至撤职。

一提到节电，人们立即想起要采用低损耗变压器、变频器调速运行、节能灯泡之类。确实，这些措施很重要，但需投入大量资金，此类书籍介绍也较多（如中国电力出版社近期出版的节电技术应用实践丛书《变压器节能方法与技术改造应用实例》、《新型节能变压器选用、运行和维修》、《电动机节能方法与PLC、变频器应用实例》等），但对除此以外的设备电器节电和花钱少的节电技术，如优化网络、优化电容补偿数量和位置、采用新光源和智能控制照明等介绍较少。为填补这些内容的空白和稀缺，本书除简要介绍变压器、电动机的节电外，重点突出有关节电的内容为：①企业供电合理化；②电能转化为机械能、热能、化学能、照明的合理性；③电弧炉、盐浴炉、远红外等电加热设备的节电措施；④成套电器的节电；⑤交流电器直流改造、永磁改造、无声运行；⑥建筑施工、油田、石化、矿业、制造等企业的节电；⑦电烙铁、电熨斗、制动器、母线、空调、冰箱、洗衣机、电视机、风扇、电脑等家用电器的节电；⑧太阳光导入器；⑨配电网升压改造成20kV级；⑩金卤灯、感应灯、LED灯以及微波灯的应用；⑪采用路灯控制器，智能节电控制；⑫简化线损计算、补偿容量计算及无功补偿的一些新设

备等。

本书作者大都为长期工作在生产一线、具有丰富实践经验的工程技术专家、高级技师。他们以从事多年专业工作的实践经验为主，并吸收国内外企业之实践经验，注重理论与实践相结合，力求使本书能全面深刻、简明精炼、实用新颖、图文并茂、通俗易懂地介绍工业企业的节电新技术。在编写过程中，作者曾到过许多工厂、农村，征求了许多基层人员的意见，为本书提供了许多实用的资料。作者在编写中还参考了大量相关书籍和资料，恕不一一列出，在此对所引用资料的作者表示诚挚的感谢。

本书作者除封面署名以外，还有陈希明、张一军、赵寿生、高山、章寿源、顾克拉、王吉庆、何勇、刘洪鑫、李宏雯、潘巍巍、刘义华、周锡忠、刘东江、金敏锋、姚磊、潘林凤、吴学林、胡美华、吴勇、廖凤香等，全书由姚志松负责统稿和校订。

限于作者的水平，书中的不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 企业节电综述	1
第一节 企业管理和系统节能	1
一、节能的重要性和途径	1
二、系统综合节能	5
三、企业管理节能	14
四、用谐波滤波器提高配电质量	17
第二节 企业变压器节能	21
一、采购和更新为低损耗变压器	21
二、电力变压器容量、台数选择遵循的原则	23
三、按经济运行原则选择变电站位置	25
四、采用新技术和有关方法实现变压器节能	29
五、高损耗变压器更新改造实例	32
第三节 企业用电设备节能	35
一、发电自用电设备节能	35
二、电动机的节能	38
三、照明和其他用电设备的节能	47
第四节 企业用电合理化导则	51
一、企业供电的合理化	51
二、电能转化为机械能的合理化	53
三、电能转化为热能的合理化	54
四、电能转化为化学能的合理化	55
五、企业照明的合理化	56

第二章 电动机和电热类设备的节能	58
第一节 电动机设备的节能	58
一、同步电动机经济运行	58
二、电动机就地补偿	61
三、低电压下微电泵的改接线运行	66
四、采用铜转子的节能电动机	69
第二节 电加热设备的节能	70
一、电加热设备的类型	70
二、电加热设备的节能措施	72
三、提高电弧炉功率因数的方法	77
四、盐浴炉插入式改埋入式	81
五、节能的变频感应加热	84
六、远红外加热技术	87
第三节 电焊机节能	88
一、概述	88
二、电焊机空载自停装置	89
三、新型节能电焊机	92
第四节 工业企业空调和空压机节能	93
一、空调系统的节能改造	93
二、节电器	97
三、空压机节能	99
第三章 电器、硅整流和其他设备节能	102
第一节 电力电子技术节能	102
一、电力电子技术的发展	102
二、硅整流设备的节能措施	104
三、节能的智能稳压器	108
四、成套电器安装“六要”	114
第二节 交流电器的直流运行	115
一、交流电器直流运行的节能原理	115
二、交流电器直流运行（无声运行）原理	115
三、接触器交流操作和直流操作的比较	116

四、线路方案比较	118
五、元器件数值的计算	121
六、总结和注意点	124
第三节 接触器节能改造和新型电器	125
一、交流接触器的永磁改造	125
二、交流磁控接触器	127
三、新型交流接触器	130
四、无声节电器	136
五、用电动机保护器节能	136
六、电动机保护器实例	137
七、节能延寿模块	140
第四节 建筑施工中的节电措施	141
一、正确确定变压器的容量、台数和位置	141
二、提高功率因数和效率	143
三、其他节电措施	144
第五节 其他设备节能	145
一、红外线热像仪的应用	145
二、机床空载自动停车装置	148
三、节能贴膜	149
四、节能电烙铁	149
五、节能电熨斗	150
六、桥式起重机阻性制动器	151
七、母线槽的节能	151
八、节能降耗配电盘	154
第六节 利用可再生能源	155
一、光伏技术	155
二、可再生能源利用	160
三、太阳光导入器	161
第四章 配电网节能	169
第一节 配电网络的结构优化	169
一、线损产生的原因	169

二、网络结构优化	170
三、合理选择导线截面	174
第二节 降低线损的技术措施	175
一、调整电网电压和电网升压改造	175
二、线路经济运行和提高绝缘	177
三、合理调度变压器运行方式	178
四、对高损耗变压器和配电设备更换和技改	178
五、完善无功补偿	179
第三节 配电网络的三相负载力求平衡	182
一、不平衡运行的不利影响	182
二、不对称三相电路	183
三、分散接入负荷的三相平衡电路	185
四、结论	187
第四节 电网设备选型、住宅电气设计和新技术	188
一、电网改造的设备选型	188
二、智能集成电力电容器	191
三、耐热导线	192
四、改进线路连接工艺节能	195
五、住宅电气设计	198
六、不间断电源 (UPS) 和应急电源 (EPS) 的 原理及应用	204
第五节 配电网络节能管理措施	210
第五章 电光源及路灯的节能	213
第一节 电光源种类和有关参数	213
一、电光源种类	213
二、白炽灯	217
三、荧光灯	218
四、高压汞灯	225
五、卤钨灯	226
六、氙灯	226
七、钠灯	227

八、金卤灯	231
九、有关光学参数	236
第二节 改进的节能电光源	238
一、概述	238
二、涂红外反射膜的卤钨灯	241
三、紧凑型荧光灯(节能灯)和细管径荧光灯	242
四、高压钠灯	243
五、金卤灯	246
第三节 新颖节能电光源	249
一、电磁感应灯发光原理	249
二、电磁感应灯使用实例	251
三、LED 灯发光原理和发展概况	253
四、LED 灯的应用实例	257
五、大功率 LED 灯供给电源	259
六、微波灯	264
第四节 太阳能照明	264
一、家用太阳能系统	264
二、太阳能路灯	264
三、PLC 太阳能路灯设计	270
四、太阳能 LED 照明	274
五、太阳能楼道照明	280
第六章 智能照明系统	283
第一节 智能照明控制系统	283
一、概述	283
二、进口产品使用情况	285
三、国产智能控制系统	289
四、国产智能控制系统应用实例	292
第二节 路灯智能控制	292
一、路灯集中监控	292
二、路灯节能调节系统	297
三、DSP 路灯控制器	302

四、智能综合节电器	305
五、智能节电控制系统	307
第三节 照明同步数字控制系统和智能开关	310
一、照明同步数字控制系统	310
二、智能照明开关	313
第四节 照明控制设计和应急照明控制	316
一、节能的照明控制设计	316
二、企业应急照明控制	319
第七章 路灯照明和生活用电节能措施	327
第一节 路灯节能和监控	327
一、概述	327
二、将“锅盖”灯换成新颖路灯	329
三、不同路段配置合适的灯型	329
四、路灯自动控制	330
五、其他节能措施	330
六、路灯变压器自控调压节能	331
七、路灯监控技术	335
第二节 路灯绿色照明节能	338
一、概述	338
二、路灯降压-稳压-调光技术	340
三、路灯降压节能	344
四、用镇流器定时变功率使路灯节能	347
第三节 照明稳压节电柜和自控节能	350
一、照明稳压节电柜	350
二、楼宇自控(BA)系统节能	355
第四节 企业和纺织厂照明节能	357
一、企业照明节能	357
二、纺织厂照明节能的工作重点	361
第五节 照明节能的其他途径	364
一、选择高效的灯具	364
二、提高照明配电效率和利用自然光	366

三、合理的布灯方式	370
四、正确选择镇流器	372
五、选择合适的照度	376
六、使用自动稳压装置	380
七、气体放电灯回路上并联电容器	380
八、荧光灯的长寿措施	381
九、加强照明用电的管理	384
第六节 生活用电的节能	385
一、空调节能	385
二、电冰箱节能	388
三、电视机节能	391
四、洗衣机节能	392
五、电饭锅和微波炉节能	393
六、电风扇节能	395
七、电脑和打印机节能	396
八、电热水器和电茶壶节能	397
九、其他电器的节能	398
第八章 无功补偿方式和电容计算	400
第一节 无功功率概述	400
一、无功功率和提高功率因数的意义	400
二、无功功率补偿必要性	405
三、无功功率补偿的原则	407
第二节 功率因数和降损	411
一、功率因数、电压和降损的关系	411
二、降损技术措施	413
三、减少无功损耗和提高功率因数	414
第三节 无功补偿方式	416
一、线损简化计算	416
二、无功补偿方式	418
三、无功补偿的方法	426
第四节 补偿电容有关计算	435

一、电容器额定容量和电容量计算	435
二、并联电容器电流的计算	435
三、按提高功率因数确定补偿容量	436
四、按提高电压确定补偿容量	442
五、按降低线损确定补偿容量	442
六、按电动机空载电流确定补偿容量	443
第九章 无功补偿优化和无功补偿实例	445
第一节 无功补偿优化	445
一、企业电网的无功优化	445
二、无功补偿优化的计算方法	447
第二节 无功补偿在变电站的应用实例	453
一、晶闸管投切电容在变电站的应用	453
二、无功补偿在地铁变电站的应用	456
第三节 无功补偿在电网中的应用实例	460
一、无功补偿在配电网中的应用	460
二、SVC 在电网中的应用实例	463
三、SVG 在热电厂的应用实例	466
四、高压无功自动补偿的原理和系统	469
五、低压无功自动补偿的智能化原理和使用	470
第四节 无功补偿在油田、石化等企业的应用实例	475
一、油井平台的无功补偿	475
二、抽油机无功补偿	479
三、石化装置的无功补偿	485
四、TSC 晶闸管动态无功补偿	488
五、铝业公司的无功补偿	490
第十章 新型无功补偿设备和装置	492
第一节 电容器的结构特点	492
一、并联电容器的结构特点	492
二、聚丙烯金属膜并联电容器	493
三、并联电容器的铭牌	496
第二节 动态无功补偿装置	496

一、模糊控制的动态无功补偿	496
二、TCT 动态无功补偿	499
三、TVQC 型无功自动跟踪	506
四、新型动态补偿装置	507
第三节 无功补偿新技术	509
一、母线补偿新技术	509
二、智能无功补偿器	512
三、静止无功补偿器 SVC	516
第四节 新型无功设备	518
一、多单片机电容补偿	518
二、充气式电容器装置	523
三、柜式高压电容装置	526
四、调压式无功装置	531
五、静止式进相器	534
第五节 无功补偿设备的改进	536
一、电容器切换接线的改进	536
二、电容器隔离网门发热的改造	537
三、提高电容器运行可靠性的措施	539
四、SVC 冷却系统防故障措施	543
五、电容器击穿的处理	545
附录 常用缩略语一览 (按英文字母程序)	546
参考文献	547

第一章

企业节电综述



第一节 企业管理和系统节能

一、节能的重要性和途径

1. 节能的重要性

降低能源消耗是我国的基本国策，也是我们工作的当务之急。为实现经济的可持续发展，2006年3月我国人大审议通过的“十一五”规划中明确提出，到“十一五”末，单位GDP（国内生产总值）能耗要下降20%。为此，国家相继出台了一系列强化节能的政策措施，例如，《关于加强节能工作的决定》明确提出了将能耗指标作为地方政府领导干部和国有大中型企业负责人的重要考核内容，对未进行节能审查或未通过节能审查的项目一律不得审批、核准。同时，国家把“十一五”节能降耗指标分解到各地，进而明确节能责任。

2010年5月5日国务院电视电话会议要求：“地方各级政府主要领导、企业主要负责人要切实负起对本地区、本企业节能减排工作第一责任人的责任。要强化行政问责，对各地区节能目标完成好的要给予奖励，未完成的要追究主要领导和相关领导责任，根据情节给予相应处分，直至撤职。”有的地方还规定，不完成节能目标，不得扩建和新建生产项目，并执行惩罚性电价。

我国GDP年年攀升，但是以前我国走的是高耗能、粗放型的道路，以第二产业为主的产业结构使得高耗能产品的速度增长惊人。据统计，1997~2003年，在500万元以上项目中，中国钢铁投资增长96.6%，电解铝投资增长92.9%，水泥投资增长121.9%，汽车投资增长87.2%，煤炭投资增长52.3%。这些投资领域几乎都集中

于资源耗能行业，将导致重化工行业及其他资源依赖型企业超常发展。据统计，电力、石化等资源型企业在中国总体产业结构中处于支配地位。如果说高能耗产业是经济和工业发展的必由之路，发达国家都曾经历过经济发展与能源消耗的矛盾，那么，现在面对我国在实现工业化的关键时期，处于经济全球化和环境保护更为迫切的国际背景下，中国的能源问题显得更为突出，使得节能降耗和经济的可持续发展，也变得更加紧迫和重要。

2007年4月，全国节能减排会议在北京召开，温家宝总理在会议上用“相当严峻”来形容节能减排形势，并强调：“必须把节能减排作为加强宏观调控的重点，作为经济结构调整、转变增长方式的突破口和重要抓手，作为贯彻科学发展观和构建和谐社会的重要举措”。

电力资源是进行生产建设的主要能源。结合我国目前能源紧缺的情况，在发展生产的同时，必须非常注意能源的节约。实践证明，做好节约用电工作，既可降低生产成本，又可把节约的电能用于扩大再生产，加速了我国现代化的建设。同时，对电力系统来说，由于节约用电也会降低线损、改善电能质量，所以节约用电对用户和电力系统都是一项很有意义的工作。

2. 节能降耗途径

(1) 国家层面的节能途径包括：① 必须积极推进重点行业、重点企业和重点工程的节能工作，提高高耗能、高污染行业的准入标准，加大差别电价政策的实施力度，对部分高耗能产业执行较高电价；② 依法关闭小钢铁、小水泥、小煤矿、小高炉、小转炉；产能落后的水泥拆除或停产，电解铝自焙槽全部淘汰；③ 加快发展运输效率较高、能耗较低的铁路和内河航运，优先发展城市公交系统和轨道交通，积极推广乙醇汽油；④ 大力发展节能省地型建筑，积极推广高效节能产品；⑤ 加快构建节能型产业体系，促进经济增长由主要依靠工业带动和数量扩张带动向三次产业协同带动和优化升级带动转变；⑥ 大力推进节能技术进步；⑦ 健全《节能法》等节能法律法规和标准体系；⑧ 深化能源价格改革，实现节能税收优惠政策。

(2) 节能。

1) 为降低变压器损耗, 2006 年我国发布实施 GB 20052—2006 《三相配电变压器的能效限定值及节能评价》。国务院还启动了家用电冰箱、电力变压器等终端产品能效标准的编制、发布工作, 将电冰箱能效分成 5 级, 将电力变压器能效分为 3 级。据国家相关部门统计, 对 2007 年所生产的 35kV 及以上变压器数量中, 76.4% 是 S9 型, 21.3% 是 S10 型, 2.3% 是 S11 型。按照能效 1 级标准是少数企业能达到, 能效 2 级是国内 20% 的先进企业能达到, 能效 3 级是我国生产、销售的所有产品必须达到的原则, 对 35kV 及以上电力变压器, 定位 1 级 S11 型、2 级 S10 型、3 级 S9 型, 而对 10kV 及以上的配电变压器会有更高的要求。

电从发电到用户, 要经过 4~9 次变压器, 我国电网损耗中, 变压器损耗占 60% 左右。2009 年全国变压器产量已达 12.3 亿 kVA。据有关部门测算, 1995 年我国在网的配电变压器空载损耗所消耗的电能约为 180 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$, 若全部采用非晶合金变压器, 一年可节省电 126 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$, 相当于一个装机容量 2400MW 电厂一年的发电量。而 1995 年变压器年产量仅为 1.34 亿 kVA, 为 2009 年的 1/9。按 2008 年全国年发电量 5 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 计, 全年电网损失为 3500 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$, 其中, 变压器损失电量相当于一个多三峡电站的全年发电量, 因此采用节能变压器有很大的效益。

2) 电动机节能。2007 年我国电动机装备容量达 5.8 亿 kW, 占全国总消费电能的 60%~70%, 其中交流电动机占了 90% 左右, 但只有 2000kW 不到的电动机有变频调速, 95% 以上无变频调速, 故节能潜力巨大。另外, 国内电动机效率普遍比发达国家平均要低 3%~5%, 而风机、负载机效率也比较低, 总体上我国电动机传送系统的效率要比发达国家低 20%, 如果从这点出发进行开发改造, 每年的节电潜力是 500 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$, 相当于 1 万 MW 即 10 个 100 万 kW 机组的发电容量。

3) 培养全民节能观念, 改变消费习惯和方式, 会有明显的节能效果。据资料统计, 如果将夏季室内空调设置调高 1°C , 可节电 5%~8%, 按 2002 年家庭空调数量计算, 可节电 56 万 $\text{kW} \cdot \text{h}$; 如