

皮永光 主编

企业实用节电技术

化学工业出版社

7/1

368800

企业实用节电技术

皮永光 主编



化学工业出版社

(京)新登字039号

内 容 提 要

本书针对我国目前电力供应紧缺、供需矛盾突出的实际情况,为推广节约用电技术,作者广泛收集和整理了国内有关企业实用节电经验,并将切合实际需要的有关基础知识融汇于实用技术之中。本书主要内容包括电工及电工仪表基础知识,变压器及输配电的节电,电动机、风机、水泵、电焊机、机床及起重设备等的节电,电加热及电气照明的节电,企业电能平衡测试,并专章介绍了国家提出推广的节电产品,附有国家公布的13批节电产品目录。

本书遵循通俗、易懂、实用的原则编就,可作为企业节能管理人员以及岗位工人培训用书,对企业进行节电技术改造、装备节电产品颇有参考价值。

企业实用节电技术

皮永光 主编

责任编辑:欧阳光

封面设计:任 辉

*

化学工业出版社出版发行

(北京朝阳区惠新东8号)

化学工业出版社印刷厂印刷

东升装订厂装订

新华书店北京发行所经销

*

开本787×1092¹/₃₂印张17字数392千字

1992年12月第1版 1992年12月北京第1次印刷

印 数 1—2,100

ISBN 7-5025-1039-7/TQ·606

定 价13.00元

前 言

电力供应短缺，严重地影响和制约了国民经济的发展及人民生活水平的提高。近年来，虽然国家在“开发与节约”并重的能源方针指导下，大力加强了电力建设与资源开发工作，但电力供需矛盾依然十分突出。为此，加强企业节约用电的宣传与管理，乃是当前节电工作的重要方面。根据在中、小城市和企业长期从事节能、节电管理技术工作的体会与实践，笔者深感我国中、小城市的地方企业，乃至部分中央、省属企业的节电管理工作十分薄弱，节电技术信息不灵，电能利用率不高，节电潜力未能充分发挥，节电管理机构、管理人员技术素质尤感不能适应节电技术管理的需要。因此，在湖北省经委节能处、湖北省襄樊市经委有关领导大力支持下，笔者结合当前企业节电管理工作的需要，系统归纳、总结、整理了源于实践的经验，并参阅了国内大量的节电技术文献资料，编写了这本《企业实用节电技术》一书，希冀满足中、小城市和企业各类人员对节电管理工作之需要。并力求做到通俗、易懂、具体、实用。笔者企望为提高节能、节电管理人员的技术素质，为促进企业节电工作的深入开展，竭尽绵薄之力。

参加本书初稿编写工作的有：湖北省襄樊市节能监测站皮永光同志，湖北钢丝厂孙汉文同志，国营江山机械厂刘革同志，汉江机械厂孙国忠同志，襄樊棉纺织印染厂江国贤同志，湖北制药厂陈秉和同志，襄阳轴承厂李卓民同志。在完成初稿的基础上，由孙汉文同志负责完成了第一、二、三章的第

二稿，皮永光同志完成了第四、五、六、七、八、九章的第二稿，最后由皮永光同志完成全书的修改、整理和定稿工作。

本书承武汉钢铁学院宋银宾副教授和湖北省电力工业局鲍德俊总工程师审阅，并提出不少宝贵意见。为使本书能在出版之前广泛听取从事企业节电技术实际工作同志的意见，促使书稿质量能有所提高，由化工出版社出面，北京化工厂段长强厂长主持，邀请北京化工厂赵万清、赵耀庭，北京有机化工厂范有铭，北京化工实验厂刘克昌，北京氧气厂高广禄等诸同志对书稿惠予审阅，提出了许多宝贵意见和建议。编者遂在这些意见的基础上，对书稿复又认真进行了修改、补充，得以使本书有所起色。在此，谨向这些同志表示衷心的感谢。

本书的出版，承蒙化工出版社给予大力帮助和指导，特别是责任编辑欧阳光同志做了大量的具体工作并提出了许多宝贵意见，亦一并在此致意。

由于我们的技术和学识水平有限，书中一定会有不妥之处，欢迎广大专家和从事节能、节电工作的同志不吝指正，不胜感激。

编者

一九九一年六月

目 录

第一章 电工及电工仪表基本知识	1
第一节 电 工 基 本 知 识	1
一、电的基本概念	1
二、电路及电路元件	4
第二节 企业供电用电的基本知识	23
一、企业供、配电系统	23
二、用电设备概述	26
三、电力拖动基础知识	27
四、电气控制系统简介	30
第三节 电工仪表简介	31
一、仪表误差与准确度	31
二、电工仪表分类、标志及型号	33
三、电工指示仪表的组成	39
四、电流及电压测量仪表	39
五、功率测量仪表	40
六、仪用互感器在功率测量中的应用	45
七、电能的测量仪表	46
八、功率因数 and 频率测量仪表	49
第二章 变压器及输配电的节电	52
第一节 变压器工作原理及结构	52
一、变压器的基本工作原理	52
二、变压器的种类及结构	55
三、变压器的技术数据	57
第二节 变压器的特性分析	59
一、变压器的损耗	59

二、变压器的负载率 β	63
三、变压器的效率 η	66
四、变压器技术特性优劣的判定	67
第三节 变压器的节电技术	70
一、合理选择变压器容量, 实现变压器的经济运行	71
二、开展企业在用变压器的电平衡测试, 合理更换 过轻负载的变压器	74
三、对高能耗变压器进行节能技术改造	75
四、合理组织多台变压器的经济运行	92
五、加强变压器的运行管理, 及时调整轻载和切除空载 运行的变压器	101
第四节 配电线路的节电	102
一、企业电力线路损耗的构成	102
二、线路损耗的基本概念	103
三、降低线路损耗的主要措施	104
第三章 电动机节电技术	117
第一节 概论	117
一、电动机应用简介	117
二、电动机的型式分类与结构简介	118
三、电动机的工作原理	120
第二节 电动机的能量损耗	124
一、交流电动机的能量损耗	124
二、直流电动机的能量损耗	125
三、特殊电动机的能量损耗	127
第三节 电动机运行力能指标分析	127
一、电动机的机械特性与负载能力	127
二、电动机的力能指标分析	129
第四节 电动机的节电途径	132
一、开展在用电动机的普查测试	133
二、进行低效电动机节电技术改造	133

三、根据生产工艺及负载特点,改善电动机的使用状况, 提高电动机运行效率	149
第五节 电动机的节能更换	182
一、电动机节能更换的基本步骤	182
二、电动机节能更换的原则	184
三、负载已知时,异步电动机最佳功率确定	190
第四章 水泵与风机的节电技术	193
第一节 流体力学基本知识	193
一、流体的基本物理性质	193
二、流体静力学与流体流动的基本知识	195
第二节 泵与风机简介	202
一、泵与风机的分类及构造	203
二、离心泵与风机的工作原理及性能曲线	205
三、泵与风机内的损失	209
第三节 泵与风机的节电途径	211
一、泵与风机的一般节电措施	211
二、泵与风机的调速节电	223
第四节 空压机的节电	228
一、空压机的分类、型号及构造简介	228
二、活塞式空压机的工作循环	230
三、压缩机的功率与效率	233
四、空压机的节能途径	234
第五章 电焊、起重、机床设备节电技术	239
第一节 电焊设备的节电	239
第二节 起重设备的节电	246
第三节 机床设备的节电	250
第六章 电加热的节电技术	255
第一节 电加热方式简介	255
一、电加热方式的分类	255
二、选择加热方式的原则	257

第二节 电加热设备的节能管理	258
一、电加热设备的管理节电	258
二、电加热设备的节电技术	263
第三节 电加热远红外技术基本知识	280
一、电热远红外加热原理及元件	280
二、电热远红外加热技术应用实例介绍	287
第四节 盐浴炉的快速启动节电简介	288
一、盐浴炉快速启动的基本原理与方法	289
二、盐浴炉快速启动节电实例介绍	289
第五节 炼钢电弧炉的节电	300
一、电弧炉炼钢的基本生产过程与用电特点	300
二、炼钢电弧炉的节电途径	301
第七章 企业照明的节约用电	308
第一节 照明的基本知识	308
一、光与光源的基本知识	308
二、照明基本知识	309
第二节 电光源和照明器具的特性	310
一、电光源和照明器具的特性	310
二、电压变化对光通量和消耗功率的影响	313
第三节 企业照明用电的节约途径	314
一、合理确定不同工作地点的照度	314
二、优先选用高效节能照明器具	319
三、大力推广使用照明节电装置	323
四、加强照明器具的维护管理	327
五、充分利用自然光照明、缩短和减少电气照明时间	328
六、合理确定照明方式、节约照明负荷	328
第八章 企业电能平衡测试	330
第一节 企业电能平衡测试的目的意义	330
第二节 企业电能平衡的基本概念	331
一、企业电能平衡的定义与方法	331

二、用电体系及划分	332
三、电能利用率的基本概念	333
四、测试期、统计期的概念	336
第三节 企业电能平衡的组织与准备	337
一、做好普查工作	335
二、熟悉、调查产品工艺流程并绘制出企业主要产品 的工艺流程图	336
三、测试仪器仪表准备	336
四、组织准备	337
五、制定企业电能平衡测试计划及方案	337
第四节 企业电能平衡技术报告的编制	339
第五节 常用机电设备电能平衡测试方法	342
一、变压器与供电线路的测试	342
二、电动机效率的测算方法	347
三、通风机电能利用率测算方法	353
四、水泵运行电能利用率的测算方法	362
五、空气压缩机电能利用率测算方法	366
六、电加热设备的电能平衡测试方法	375
七、整流设备用电效率的测算方法	383
八、金属切削机床效率的测算方法	391
九、电弧焊机效率测算方法	394
第九章 节电产品简介及节电量计算	399
第一节 推广使用节电产品的意义	399
第二节 部分节电产品、材料简介	400
一、节电产品简介	400
二、部分节电材料简介	418
第三节 采用节电产品的节电量计算	420
主要参考文献	422
附录一(1) 几种金属、非金属材料物理性能表	424
附录一(2) 不同温度下碳素钢平均比热容	425

附录一(3)	不同温度下常用金属平均比热容	426
附录二	国家公布的1~13批主要节电产品表	427
附录三(1)	ZSJ与ZSJL系列整流变压器性能参数表	516
附录三(2)	ZSJL整流变压器的技术数据表	516
附录四(1)	裸铜绞线、铝绞线及钢芯铝绞线的载流量	517
附录四(2)	油浸纸绝缘铝芯铝(铝)电力电缆在25~40℃ 空气中敷设时的允许载流量	518
附录四(3)	油浸纸绝缘铝芯铝(铝)包铠装电力电缆 在25~40℃空气中敷设时的载流量	519
附录四(4)	油浸纸绝缘铝芯铝(铝)包铠装电力电缆在 15~30℃土壤中直埋时的允许载流量	520
附录四(5)	6kV聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套及铠装电力电缆在 25~40℃空气中敷设时的允许载流量	521
附录四(6)	6kV聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套铠装电力电缆在 15~30℃土壤中直埋敷设时的允许载流量	522
附录四(7)	500V及500V以下塑料绝缘电线在空气中敷设 长期连续100%负载下的载流量	522
附录四(8)	500V及500V以下橡皮绝缘电线在空气中敷设 长期连续100%负载下的载流量	523
附录四(9)	500V及500V以下塑料绝缘电线穿金属管敷设 长期连续100%负载下的载流量	524
附录四(10)	500V及500V以下塑料绝缘电线穿塑料管敷设长 期连续100%负载下的载流量	525
附录四(11)	500V及500V以下的橡皮绝缘电线穿金属管敷 设长期连续100%负载下的载流量	526
附录四(12)	500V及500V以下的橡皮绝缘电线穿塑料管敷 设长期连续100%负载下的载流量	527
附录五(1)	常用硅钢片的铁损和磁化容量	528
附录五(2)	常用热轧硅钢片D43、D42、D41 接缝磁化容量	535

第一章 电工及电工仪表基本知识

为使从事节能、节电管理工作的人员熟悉和掌握有关企业节电的基本知识及节电技术，本章将结合企业节电工作实际需要，就电工及电工仪表的基本知识、企业供电、用电系统、电力拖动和控制等，作一简要介绍。

第一节 电工基础知识

了解电工基础知识是掌握企业节电技术的前提。电工基础知识在有关电工学的书里均有系统论述，本章仅对企业节电技术中要遇到的部分基础知识作一简要介绍。

一、电的基本概念

从物理学概念讲，电是以电荷为主体的一种物质，它是由其它能源物质转换而来的一种二次能源。而电荷则是一种带了“电”的粒子，在它的周围存在着电场，如果把一个带有微少电量的正电荷放到电场里，它就会受到力的作用，这个力通常叫电场力。电荷有正电荷和负电荷之分。两个电荷之间有同性相斥，异性相吸的特性。电荷受电场力的作用而运动便形成了“电流”。

自然界中的物质，由于它们各自的电结构不同，其导电能力亦有大小之别。通常依据物质的导电特性，可将自然界中的物质划分为导体、半导体、绝缘体。导体是易于导电的物质，如铜、铝等；绝缘体是不易导电的物质，如橡胶、玻璃、陶瓷等；导电性能介于两者之间的物质，则称之为半导体，如硅、

锗、硒等物质。

(1) 电流 电荷的连续运动现象，被称作电流。电流的大小以每秒通过导体某一截面的电荷量的多少来衡量。电流用符号“ I ”表示，其单位是安培，用符号“A”表示。

(2) 电位和电压 在均匀电场中，电场力把单位正电荷由电场中的某一点移到基准点所消耗的功叫作该点的电位。电场中，任何两点之间的电位差，称为两点间的电压。在应用中，电压用符号“ U ”表示，其单位是伏特，用符号“V”表示。

安培和伏特分别为电流和电压的基本单位，为了工程计算上的需要，在电工计算中，常用基本量的 $10^{\pm 3}$ 和 $10^{\pm 6}$ 关系来进行运算，见表1-1。

表 1-1 电流、电压的基本单位

基本单位	10^{-6}	10^{-3}	10^3
A (安培)	μA (微安)	mA (毫安)	kA (千安)
V (伏特)	μV (微伏)	mV (毫伏)	kV (千伏)

(3) 电功率和电量 电既然是物质运动(电荷运动)，就要有动力源。从物理学中知道，毛皮与玻璃棒摩擦可以生电，是靠人手做功产生热而发生的；电池可以供电，是靠物质的化学能转换而形成的；金属可以通过加热产生热电子发射；发电机是靠机械能及磁电效应而工作的。故能量转换是电能的动力源。根据物质不灭学说，在物理学中，将电的产生归纳为热电效应、化学电效应、磁电效应、光电效率、压电效应等。这些效应的结果，将在电路中形成电动势。在计算中，用符号

“ E ”表示，单位也是用伏特，以符号“ V ”表示。

电动势是衡量电源力作功能力的一个物理量。而电的做功，则是靠电路进行能量转化，即将电能转换成其它形式的能量而实现的。所以，把单位时间内，电能转化的速率叫做电功率，常用符号“ P ”表示，单位是焦耳/秒或瓦特，用符号 J/s 或 W 。在实际应用上，由于瓦的单位太小，而常用千瓦(kW)来表示，即： $1 \text{ 千瓦}(kW) = 1000 \text{ 瓦}(W)$ 。

电功率表明了电能单位时间内做功能力的大小，它等于电压与电流的乘积。而电能消耗的多少，则是随时间的增加而增加的。实用中，常把一定时间内电源做功的总量，叫做电能消耗量，或叫做电量，用符号 A 代表，其单位是千瓦小时，用符号 kWh 表示。当时间(t)用小时做单位，电功率(P)用千瓦做单位时，则电量 A 可由下式计算得到：

$$A = Pt \quad (1-1)$$

由上式可知，电功率是电场力单位时间内的作功能力值，而电量是电能随使用时间长短积累的消耗值。电功率通常又分为视在功率、有功功率和无功功率三种。电路中电压有效值与电流有效值的乘积叫视在功率，用符号“ S ”表示，单位是伏安或千伏安，用符号 VA 或 kVA 表示。有功功率则是电压有效值与电流有效值的乘积再乘以功率因数 $\cos\varphi$ （即电路中电压与电流之间的相位角 φ 的余弦值），常用符号“ P ”代表，单位是瓦或千瓦，用符号 W 或 kW 表示。无功功率是电路中电感或电容吸收或放出的瞬时速度的最大值，它等于电路中电压的最大值与电流最大值的乘积，常用符号“ Q ”代表，单位是乏或千乏，用符号 Var 或 $kVar$ 表示。由于电感性无功功率与电容性无功功率方向相反，所以，电路中总的无功功率等于感性无功功率与容性无功功率之差。

二、电路及电路元件

1. 电路的基本概念

从人们的生产和生活实践中可以看到，电能是通过一定的电路才传输到用电地点的，也就是说，电能是通过电路来实现电能转变为其它形式的能量，供生产和生活使用。一个电路通常由电源、导线、负载和控制设备所组成，如图 1-1。根据电

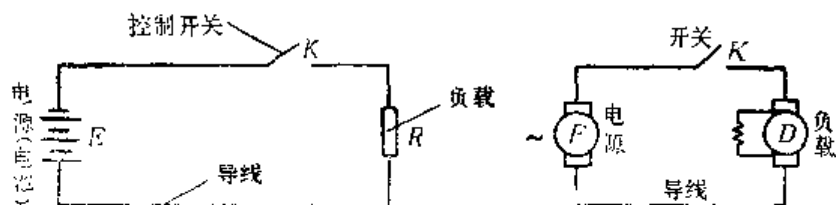


图 1-1 简单电路的组成

源电动势、电压、电流的大小、方向与时间的变化关系不同，电路又分成直流电路和交流电路。

(1) 直流电路 是指电路中电动势、电压、电流的大小和方向都不随时间而变化的电路。

(2) 交流电路 是电动势、电压、电流的大小和方向都随时间而不断作周期性变化的电路。

(3) 电路的电源 是一种将其它形式的能转换为电能的设备，如发电机、蓄电池、干电池等。

(4) 导线和控制设备 导线是用导电材料制成的有不同绝缘保护结构的电线、电缆等，在电路中承担传输电能的作用。控制设备则是各种开关装置，它具有对用电负载的电能输送使用的控制、保护、开通和切断的作用。

(5) 电路中的负载 即电路中的用电设备，它是电能转换为其它形式能量的装置。根据其用电时，电流、电压的相位

关系，常分为电阻性负载、电容性负载或具有阻、容感抗的混合负载。

2. 电阻性负载和电热转换

电阻性负载是使用较为广泛的负载，如各式电阻炉、电热设备、照明灯等。

(1) 电阻 在物理学中，把导体本身阻碍电流在其内移动的能力，称为导体的电阻，常用符号“ R ”代表，其单位是欧姆，用符号 Ω 表示，较大的单位有千欧($k\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。

导体的电阻大小，主要决定于制造导体的物质的导电特性，这个特性通常称之为物质材料的电阻率，亦称为电阻系数，用符号“ ρ ”代表。在使用同一种物质制成的导体中，其电阻值的大小与导体的长度成正比，与导体的截面积成反比。计算某一段导体的电阻值，可采用公式(1-2)：

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-2)$$

式中 l ——导体的长度， m ；

S ——导体的截面积， mm^2 ；

ρ ——材料的电阻率， $\Omega mm^2/m$ ；

R ——导体的电阻， Ω 。

各种材料的电阻率，有随着温度的变化而改变的特性，一般金属的电阻率随温度升高而增大，而碳的电阻率则是随温度升高而减小。故在电阻值计算时，要考虑到电阻率受温度变化产生影响的电阻温度系数 α ，其值可在普通电工手册中查到。

(2) 电阻的电热效应 由于导体有电阻存在，电子在导体中流动时，就会因受阻产生相互碰撞引起发热，此现象称为电阻的电热效应。导体电阻的电热效应，是各种电阻性负载之所以能将电能转换成热能的基本道理，其转换热量的大小可运

用楞次-焦耳定律公式计算:

$$Q = I^2 R t \quad (1-3)$$

式中 Q ——导体的发热量, J;
 I ——通过导体的电流, A;
 R ——导体的电阻, Ω ;
 t ——电流通过导体的时间, s。

根据导体电阻的电热效应,除电阻性负载外,在电路中的导线,通常是用低电阻率的铜、铝金属制成,其电阻率分别为 $0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 和 $0.0283\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$,但仍存在着电阻发热的问题,而这部分转换的热量是无效的发热,故把它称为导线的损耗,其大小同样可以用公式(1-3)计算。所以,在选择导线材料时,使用电阻率愈小者愈好。当前世界各国都在致力于研究超导材料,即没有电阻的导体,其目的是想制成没有损失的导线,我国在这方面已取得了很大进展。

在电阻性负载的电路中,不论是交流电路还是直流电路,电阻的作用都是相同的。电路中电阻与电流、电压的关系可用著名的欧姆定律公式来表达:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

式中 I ——电路中的电流, A;
 U ——电源电压, V;
 R ——电路中的电阻, Ω 。

3. 电感性负载和电磁感应

电感性负载是依据电磁感应原理而制成的,广泛应用于生产和生活中的电气设备、器件等,如各类变压器、电动机、电磁设备、控制和保护装置等。

电与磁可以说是一对孪生姐妹,它们都是用肉眼不能直接