

JIE DIAN JI SHU YU JIE DIAN GONG CHENG

**节电技术与**

**节电工程**

金哲主编

中国电力出版社

## 内 容 提 要

全书共分十二章，介绍了常用供电、用电设备的各种实用节电技术及节电工程。内容包括：电动机、照明、风机、水泵、炼钢电弧炉、电加热设备、空调设备、电焊机和变压器的节电技术；电网无功补偿与节电；电网经济运行与改造；节电管理。

本书通俗易懂，实用，涉及面广，是一本难得的降损节电用书。它适用于工矿企业、电力部门的节能管理人员以及工程技术人员。可作为岗位工人培训用书，也可作为各大专院校电类各专业的节能参考书，对企业进行节电技术改造，装备节电产品具有一定的参考价值。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

节电技术与节电工程/金哲主编. —北京:中国电力出版社, 1999

ISBN 7-5083-0043-2

I. 节… II. 金… III. ①电能-节能-电工技术 ②电能-节能-电力工程 N. TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 16888 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>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

1999 年 7 月第一版 2002 年 2 月北京第二次印刷  
787 毫米×1092 毫米 32 开本 15.75 印张 346 千字  
印数 7001-10000 册 定价 20.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换)

# 《节电技术与节电工程》

## 编 撰 委 员 会

主 编	金 哲		
副 主 编	孙成宝	苑薇薇	王传军
编写人员	金 哲	孙成宝	苑薇薇
	王传军	王丽华	刘力男
	王 江	李凤学	肖艳梅
	覃辉民	李 欣	王贵波
	李 贵		

# 前 言

电力是国民经济发展的基础资源。随着我国现代化建设的进展、科学技术的进步、人民生活大幅度的改善和家用电器逐渐普及，促使我国电气化事业的蓬勃发展，用电量迅猛增长。为了缓和电力能源供应紧张的局面，提高电能的利用率和使用效率，合理利用电力能源，我国制定了“开发与节约并重，近期把节约放在优先地位”的能源方针政策，并把节电工程列为跨世纪的四大战略工程之一，节电不仅可以节约能源，还可以节约资金、设备和劳动力，可以保持生态资源，改善环境。因此，提高从事供用电、节电管理人员的技术素质，让更多的科技工作者掌握并推广先进的节电技术与节电工程，已迫在眉睫。

本书以通俗易懂的语言和简明概括的图表，详细地阐述了各种用电设备节电原理，节电方法及节电效益。节电技术涉及面广，它包括电动机、风机、水泵、照明、电加热设备、空调设备、电焊机、变压器和炼钢电弧炉的节电技术，同时也详细地介绍了电网无功补偿与节电，电网经济运行与改造；节电管理方法。这些节电技术与节电工程对我国城乡电网改造及建设、降损节电工作具有指导作用。

在本书的编写过程中，得到了贵州省六枝特区水电局、吉林省农电局、辽宁盖州市农电局的有关专家、朋友的大力支持和帮助，特别是殷振华同志在审稿中提出了许多宝贵意见，在此深表谢意。

由于编者的水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请有关专家和读者批评指正。

编 者

1999.6

# 目 录

## 前 言

---

### 第一章 概述..... 1

---

### 第二章 电动机的节电技术..... 6

---

- 第一节 生产机械的负荷曲线及分类 ..... 6
  - 第二节 电动机的能量损耗 ..... 8
  - 第三节 电动机的特性曲线及其分析 ..... 15
  - 第四节 电动机的合理选用 ..... 19
  - 第五节 电动机的经济运行 ..... 50
  - 第六节 电动机无功功率就地补偿 ..... 58
  - 第七节 电动机调速节能技术 ..... 68
  - 第八节 绕线式异步电动机同步化运行 ..... 84
  - 第九节 电动机的节能改造 ..... 88
- 

### 第三章 照明节电技术 ..... 108

---

- 第一节 照明的基本知识 ..... 108
- 第二节 照明器的基本特性 ..... 110
- 第三节 照明器的合理选用 ..... 112
- 第四节 照明的节电方法 ..... 123
- 第五节 照明线路导线截面的选择 ..... 130

---

## 第四章 风机和水泵的节电技术 ..... 134

---

- 第一节 风机和水泵的简介 ..... 134
  - 第二节 风机和水泵的能量损耗 ..... 140
  - 第三节 风机和水泵的合理选用 ..... 142
  - 第四节 风机和水泵的节电措施 ..... 159
- 

## 第五章 炼钢电弧炉的节电技术 ..... 176

---

- 第一节 电弧炉炼钢的基本生产过程 ..... 176
  - 第二节 电弧炉炼钢的用电特点 ..... 177
  - 第三节 炼钢电弧炉的节电措施 ..... 180
- 

## 第六章 电加热设备的节电技术 ..... 186

---

- 第一节 电加热方式 ..... 186
  - 第二节 电加热的节电技术 ..... 189
  - 第三节 电加热远红外技术 ..... 196
  - 第四节 硅酸铝纤维在电加热中的应用 ..... 207
  - 第五节 盐浴炉的节电 ..... 215
  - 第六节 电炉短网的改造 ..... 220
- 

## 第七章 空调设备的节电技术 ..... 224

---

- 第一节 空调设备的基本知识 ..... 224

第二节	空调设备的节电因素 .....	228
第三节	空调设备的节电技术 .....	238

---

## **第八章 电焊机的节电技术**..... 244

---

第一节	电焊机的技术参数 .....	244
第二节	电焊机的合理选用 .....	250
第三节	电焊机电源容量和导线的选择 .....	254
第四节	电焊机的节电措施 .....	259

---

## **第九章 变压器的节电技术**..... 267

---

第一节	变压器的基本参数、损耗及效率 .....	267
第二节	变压器容量的合理选择 .....	276
第三节	变压器的负荷分配 .....	285
第四节	变压器的经济运行 .....	293
第五节	高能耗变压器的节能改造 .....	320
第六节	节能变压器的应用 .....	334

---

## **第十章 无功补偿与节电**..... 341

---

第一节	无功补偿的作用与配置 .....	341
第二节	无功电源与无功负荷 .....	344
第三节	无功补偿容量的确定 .....	356
第四节	无功负荷的最优补偿 .....	360
第五节	无功补偿降损节电效益分析 .....	382

---

## 第十一章 电力网经济运行与改造..... 386

---

第一节	概述.....	386
第二节	关于“三分累加”的计算方法.....	391
第三节	电网的优化运行.....	402
第四节	电容补偿的优化运行.....	418
第五节	配电网电压调整.....	431
第六节	电网的运行管理.....	448
第七节	电网降损改造.....	449

---

## 第十二章 节电管理..... 452

---

第一节	节电管理的重要意义.....	452
第二节	线损管理.....	453
第三节	计量管理.....	471
第四节	抄表管理.....	473
第五节	营业普查及反窃电措施.....	474
第六节	用电单耗的管理.....	479

# 第一章 概 述

## 一、节约能源的必要性和紧迫性

能源是国民经济发展的基础资源，随着我国现代化建设的进展、科学技术的进步和生活水平的提高，对能源的需求也迅速增长，能源已成为制约我国国民经济建设的重要因素。在 80 年代初，党和国家就十分重视能源资源的开发、利用和节约工作，提出了“开发与节约并重，近期把节约放在优先地位，大力开展以节能为中心的技术改造和结构改革”的能源工作方针；七届人大四次会议批准的《国民经济和社会发展的十年规划和第八个五年计划纲要》又再次强调了这一重大政策；党的十四大又号召“高度重视节约能源和材料，提高资源利用效率”。

贯彻国家能源工作方针以来，我国能源资源利用和节能降耗取得很大成绩，由于加强管理、调整经济结构和采取节能技术措施，使近 2/3 的产品能源单耗有所下降，农村用能源的开发及节约有较大进展。但要看到我国能源的供需矛盾仍然没有从根本上好转，虽然我国能源资源丰富，能源蕴藏量居世界第三位，但由于人口众多，人均能源占有量尚不到世界平均值的一半。能源产量也很低，在煤炭、原油、电这三种主要能源中，除煤炭人均产量接近世界水平外，原油和发电量均大大低于世界人均水平。据 80 年代统计，我国人均煤炭、原油、发电量分别为 836kg、120kg 和 395kWh，而同期世界人均煤炭、原油、发电量为 900kg、552kg 和 1900kWh。

另外，在我国能源低产量的同时，由于工艺装备陈旧，从业人员素质不高，未能合理和科学地使用能源，使我国的能源利用率很低，各种产品单位产量所耗能源（简称产品单耗）远远高于世界发达国家。我国能源利用率仅为 30%，比国外先进水平约低 20 个百分点；据 80 年代统计分析，我国每亿美元国民生产总值耗能比日本高 3 倍左右，比印度还高近 1 倍；从总体上我国产品单耗比国外高 30%~90%，可见，能源浪费严重，节能潜力很大。因此，节约能源是保护国家资源，缓解能源供需矛盾，降低企业成本，保护环境的重要措施，有必要动员全国人民节约能源。

自 1980 年以来，我国重视节约能源，按产值能耗计算，1981~1995 年累计节约能源 6.05 亿 t 标准煤，节能效益显著。“九五”期间，计划累计节能 3.3~3.6 亿 t 标准煤，任务艰巨，时间紧迫。同时，在能源面临短缺，电力供需矛盾仍然突出的今日，大力普及节电知识，开展节电技术研究，推广节电技术成果，对缓和电力供需紧张局面，推动工农业生产的发展，提高企业的技术经济效益，无疑具有十分现实的意义。

## 二、我国节能技术现状及近期发展方向

随着我国节能法规的逐渐完善，使我国节能工作由过去的逐项突击形式转入了经常化、法规化和科学化的轨道。几年来，我国的节能工作取得了较好的成绩。由国家计委、经贸委和科委三个单位委托节能专委编写的四本“七五”和“八五”期间《节能科技成果选编》，加“六五”期间的，共选入 682 项节能科技成果。我国 1982~1996 年开发并公布了 17 批节能机电设备，推荐 938 种节能产品，并同时公布 600 多种淘汰产品。

从节约电能方面，近期节能技术发展方向为：

电力工业要开发发展 60 万 kW 以上大功率、超临界压力机组，要求发电煤耗在 300g 标准煤/kWh 以下；发展热电联产，改造现有中低冷凝机组为热电机组或大型机组；对现有 20、30 万 kW 机组进行节能技术改造；发展 500kV 以上交、直流输变电系统，改造输电线路，降低电网线损；推广及开发抽水蓄能、冰蓄冷、高效蓄能电池等电网调峰技术；改造和更新电厂辅机，降低电厂用电率。

推广各种节电技术，搞好各项节电工程，继续开发节能型机电设备，开发推广节能新材料及民用节能电器，研究开发新能源与可再生能源，包括太阳能、风力发电、地热能利用等。

### 三、节能技术的展望

目前，世界范围内，正在开发的节能新技术如下所述。

(1) 超导电力应用技术。金属电阻随温度降低而变小，达到某极低温度时，电阻减小到零，即呈现超导现象。近年来对超导材料已取得新的突破，找到在液氮温度 [77K (-194℃)] 下的超导材料。超导体由于有良好的传导性能，在电力上应用将具有显著的节能效果。现在主要从发电、输电、电力储存及尖端发电技术四方面研究开发。超导发电机与常规发电机相比，体积减小一半，重量减轻 2/3，而效率可达 99.5%。现在输电损失在 10% 以上，而超导电缆可做到基本无损失。用超导的蓄能技术，其储电效率可达 90%，比其他储电技术高 15%~40%。利用超导体产生强大磁场，可应用在磁流体发电和核聚变尖端发电技术上。

(2) 高效蓄能电池。此电池主要用于电动汽车和电力调峰，为了保护环境，现在国际上正在大力开发电动汽车，目

前用于电动汽车的高效蓄电池，一次充电已可行 200km；用于调峰的蓄电池功率到 1000kW，充入电效率达 90%~91%，同样体积的蓄电池，高效蓄能电池的蓄电量可为铅蓄电池的 2~3 倍。这些高效蓄电池也应用在风力发电与太阳能发电上。

(3) 燃料电池。燃料电池的基本原理与一般电池相似，可将燃料氧化反应所释放的能量转换为电能。所不同的是燃料电池是燃料（氢气、天然气、石油气、煤制气）连续输入负极，通过电解质与连续地输入正极的氧化剂进行化学反应，转换成电能和热能，由此，燃料电池能连续不断地输出电能和热能。燃料电池电能转换效率可达 50%，如计入副产品热能综合利用，转换效率可达 80%，节能显著。它可建成集中供热电厂，也可为分散小单位供热供电，可免去在长距离输送时所需设施和能量损失。

(4) 煤气化联合循环发电。煤气化生成燃料气，燃料气驱动燃气轮机，燃气轮机排烟气加热锅炉，产生蒸汽驱动汽轮机发电。目前国外已建、在建的煤气化联合循环发电厂有 24 个，新一代的煤气化联合循环发电厂供电效率可达 43%~46%，我国也正在研究开发。

使用煤炭、原油、天然气这类常规石化能源给人类带来两大问题，首先是这类能源资源有限，终有一天要用尽；其次是石化燃料的利用，给人类赖以生存的环境带来污染，尤其是 80 年代以来，为世人所关注。为了减小这两个压力，许多国家偏重于发展常规能源中的水电，也有许多国家把重点放在发展核电上。我国近年来也有这种趋向。

已知能源中，有两种资源浩大又不污染环境，即太阳能和核聚变。每年太阳投射到地球上的能量，相当现在世界总

用能量的 1 万倍，但它密度很低，稳定性差，受晴、雨、日、夜、冬、夏的影响很大，技术上要过关还有一定的难度。核聚变是指原子核的聚变反应，这种反应是用氘、氚这些原子核比较轻的物质，在几亿度高温条件下进行的，故称“热核反应”，一般说来，1kg 轻核燃料发生聚变反应所放出的能量，要比 1kg 重核燃料大 10 倍。氘和氚主要从海水中提炼出来，1l 海水提炼出的氘所释放出的能量，相当燃烧 300l 汽油所放出的能量，估计地球上海水中可提供人类使用 1000 亿年的轻核燃料。

## 第二章 电动机的节电技术

电动机作为将电能转换为机械能的一种转换装置，在各个领域得到了广泛应用。据统计，电动机消耗的电能约占全国总用电量的60%~70%。

目前，在一些企业中，由于管理水平低、技术落后，多数电动机处于轻载、低效、高能耗的运行状态，电能浪费十分严重。为此，应搞好电动机的节电工作。

电动机节电应以节约电能和提高电动机的综合效益为原则，合理选择电动机，使其处于经济运行状态。同时，对在用电动机进行节能改造，降低电动机的能量损耗，提高电动机的运行效率。

为便于掌握电动机的节电技术，了解生产机械的负荷曲线，掌握电动机的基本知识是十分必要的。

### 第一节 生产机械的负荷曲线及分类

#### 一、生产机械的负荷曲线

在生产过程中，生产机械所消耗的有功功率是不断变化的。生产机械所消耗的有功功率随时间而变化的曲线称为生产机械的负荷曲线。该曲线可根据测定数据绘制出来。根据测定部位不同，可分为：生产机械的电动机输入功率负荷曲线；生产机械的电动机输出功率负荷曲线；生产机械的固有负荷曲线等。实际上，生产机械的固有负荷曲线与生产机械

的电动机输出功率负荷曲线完全相同。

在其他条件相同的情况下，对同一台生产机械，用不同的电动机拖动，由于各电动机运行效率不同，导致生产机械的电动机输入功率负荷曲线也将不同。

生产过程中，由于电压波动、负载扰动等因素，生产机械的负荷曲线形状多是不规则的。但在允许的误差范围内，经过典型化和线性化处理，可归结为图 2-1 所示的几种典型曲线。

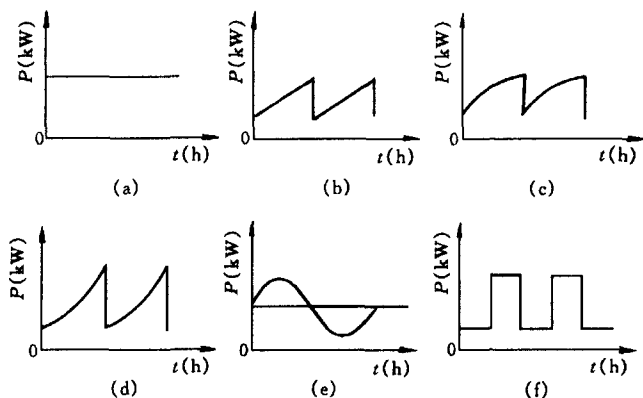


图 2-1 生产机械的典型负荷曲线

- (a) 恒值负荷曲线；(b) 锯齿波型负荷曲线；(c) 指数曲线型负荷曲线；(d) 幂指数曲线型负荷曲线；(e) 正弦波型负荷曲线；  
(f) 脉冲型负荷曲线

## 二、生产机械的负荷曲线分类

图 2-1 所示的负荷曲线可分为两大类：第一类如图 2-1 (a) 所示，称为恒值负荷曲线；第二类如图 2-1 (b) ~图 2-1 (f) 所示，称为变值负荷曲线。

通常，具有恒值负荷曲线的生产机械称为恒负荷生产机械，具有变值负荷曲线的生产机械称为变负荷生产机械。生产机械的负荷曲线不同，电动机经济运行方法也不同。由此可见，为使电动机经济运行，必须测定生产机械的负荷曲线。

## 第二节 电动机的能量损耗

### 一、电动机能量损耗种类

当电动机将输入的电能转换为输出轴上的机械能时，总要伴随一些能量的损耗。根据 GB755—87《电机基本技术要求》中规定，将电动机能量损耗划分为恒定损耗、负载损耗及杂散损耗。

#### 1. 恒定损耗

恒定损耗是指电动机运行时的固有损耗，它与电动机材料、制造工艺、结构设计、转速等参数有关，而与负载大小无关。恒定损耗包括铁心损耗（含空载杂散损耗）及机械损耗。

(1) 铁心损耗  $P_{Fe}$ （含空载杂散损耗）。铁心损耗亦称铁耗，指主磁场在电动机铁心中交变所引起的涡流损耗和磁滞损耗。异步电动机在正常运行时，转差率很小，转子铁心中磁通变化的频率很小，一般仅为每秒 1~3 周，所以铁耗主要为定子铁心损耗。

铁耗大小取决于组成电动机铁心材料、频率及磁通密度，近似公式  $P_{Fe} \approx k f^1 B^2$ 。磁通密度  $B$  与输入电压  $U$  成正比，对某一台电动机而言，其铁耗近似于与电压的平方成正比。

空载杂散损耗  $P_{\sigma}$  是指空载电流通过定子绕组的漏磁通