

JIEDIAN JISHU YU GONGCHENG
JI XUQIU CEGUANLI

节电技术与工程 及需求侧管理

苑薇薇 孙成宝 金哲 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

节电技术与工程 及需求侧管理

苑薇薇 孙成宝 金哲 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共分十四章,介绍了常用各种供电、用电设备的实用节电技术与节电工程,以及电力需求侧管理。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;电力网经济运行与改造;节电管理;电力需求侧管理、建立与评估需求侧管理项目的方法等。

本书通俗易懂,内容实用,涉及面广,是一本难得的节电降损用书。它适用于企业、电力部门的节能管理人员以及工程技术人员阅读。可作为节电监察检测培训教材,也可作为工人岗位培训用书,还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,装备节电产品也具有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

节电技术与工程及需求侧管理 / 苑薇薇, 孙成宝,
金哲主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012. 6
ISBN 978-7-5084-9867-6

I. ①节… II. ①苑… ②孙… ③金… III. ①节电
IV. ①TM92

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第123585号

书 名	节电技术与工程及需求侧管理
作 者	苑薇薇 孙成宝 金哲 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 24.5印张 581千字
版 次	2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	69.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

本书编写组成员名单

主 编	苑薇薇	孙成宝	金 哲	
副 主 编	黑晓红	王传军	刘多斌	
编写人员	苑薇薇	孙成宝	金 哲	黑晓红
	王传军	刘多斌	丁毓山	王文涛
	姜 华	黑晓霞	郑 丹	王丽华
	刘力男	刘 宁	孙晓忱	程云峰
	肖艳梅	周 丽	王秋旻	张 涛
	张 鹏	温存明	冯喜强	李凤学
	冯 勃	李奎生		

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、经济的持续发展和人民生活水平的不断提高，对电力需求越来越大。为了缓解电力能源供应紧张局面，提高电能利用率和使用效率，我国制定了“开发与节约并重，把节约放在首位”和“高度重视节约能源和原材料，提高资源利用效率”的能源方针政策和《中华人民共和国节约能源法》、《节约用电管理办法》、《电力需求侧管理办法》。节电是国家发展经济的一项长期战略方针，是一项利国利民的事业，有利于提高国有资源利用率，减少环境污染，符合环保和社会可持续发展的原则；有利于减轻电网的负荷压力，缓解能源短缺状况；有利于提高经济增长率和取得较好的经济效益和社会效益；有利于落实科学发展观，建设节能型社会。除了用经济和法律手段制约生产和生活中的浪费外，更重要的是要在全社会大力倡导一种勤俭节约光荣的氛围，以节约为荣，以炫耀性、浪费性的消费和生活方式为耻。节约不是口号，更不是穷困才需要节约。节约是一种修养、一种现代文明生活方式，更是一种做人的责任，一个可持续发展的社会，需要每一个人都负起责任，从身边每一件小事做起，把节约作为一个现代人的基本素养来自觉践行。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现代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，详细地阐述了各种供电、用电设备的节电原理、节电方法及节电效益。本书所述现代节电技术涉及面广，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，电力网经济运行与改造，节电管理方法及电力需求侧管理方法等。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。

提供资料并参与部分编写工作的还有：张强、张方、高水、石峰、王卫东、石威杰、贺和平、任旭印、潘利杰、程宾、张倩、张娜、李俊华、石宝香、

成冲、张明星、郭荣立、王峰、李新歌、尹建华、苏跃华、刘海龙、李小方、李爱丽、胡兰、王志玲、李自雄、陈海龙、李亮、韩国民、刘力侨、任翠兰、张洋、吕洋、任华、李翱翔、孙雅欣、李红、王岩、李景、赵振国、任芳、魏红、薛军、吴爽、李勇高、王慧、杜涛涛、李启明、郭会霞、霍胜木、邢烟、李青丽、谢成康、杨虎、马荣花、张贺丽、薛金梅、李荣芳、马良、孙洋洋、胡毫、余小冬、丁爱荣、王文举、冯娇、徐文华、陈东、毛玲、李键、孙运生、尚丽、王敏州、杨国伟、李红、刘红军、白春东、林博、魏健良、周凤春、黄杰、董小玫、郭贞、吕会勤、王爱枝、孙金力、孙建华、孙志红、孙东生、王彬、王惊、李丽丽、吴孟月、闫冬梅、孙金梅、张丹丹、李东利、王奎淘、吕万辉、王忠民、赵建周、刁发良、胡士锋、王桂荣、谢峰、秦喜辰、张继涛、徐信阳、牛志刚、杨景艳、乔可辰、张志秋、史长行、姜东升、宋旭之、田杰、温宁、乔自谦、史乃明、郭春生、高庆东、吉金东、李耀照、吕学彬、马计敏、朱英杰、焦现峰、李立国、刘立强、李炜、郝宗强、王力杰、闫国文、苗存园、权威、蒋松涛、张平、黄锦、田宇鲲、曹宝来、王烈、刘福盈、崔殿启、白侠、陈志伟、李志刚、张柏刚、王志强、史春山、戴晓光、刘德文、隋秋娜等。

在本书编写、出版过程中，得到辽宁省农电局、沈阳理工大学、东北电力培训中心、兰州电力技术学院、兰州供电公司、沈阳市农电局、山东鱼台供电局、陕西阎良电力局等单位的一些专家和朋友的帮助和支持，在此深表谢意。对于本书中的疏误之处，敬请广大读者批评指正。

作者

2012年2月

目 录

前言

第一章 节电与电力需求侧管理概述	1
第一节 节电概述	1
第二节 节电措施与方法	3
第三节 电力需求侧管理概述	4
第四节 节电与电力需求侧管理之间的关系	5
第二章 电动机的节电技术	7
第一节 生产机械的负荷曲线	7
第二节 电动机的能量损耗	8
第三节 电动机的特性曲线	12
第四节 电动机的合理选用	14
第五节 电动机的经济运行	25
第六节 电动机无功功率就地补偿技术	29
第七节 电动机调速节能技术	35
第八节 高效率电动机	48
第九节 电动机的节能改造技术	55
第三章 照明节电技术	65
第一节 概述	65
第二节 照明基础知识	65
第三节 高效节能光源	67
第四节 优化照明设计	72
第五节 照明的节电技术	77
第六节 照明线路的合理选用	80
第七节 照明设计的经济分析方法	82
第四章 风机和水泵的节电技术	85
第一节 风机和水泵的简介	85
第二节 风机和水泵的能量损耗	106
第三节 风机和水泵的合理选用	107
第四节 风机和水泵的节电技术	116

第五章 电炉炼钢节电技术	131
第一节 电弧炉炼钢的用电特点	131
第二节 电弧炉炼钢节电技术	132
第三节 感应熔炼炉的用电特点	135
第四节 感应熔炼炉的节电技术	137
第六章 电加热设备的节电技术	139
第一节 电加热设备的节电管理	139
第二节 电阻炉的节电技术	143
第三节 远红外线加热的节电技术	147
第四节 盐浴炉的节电技术	152
第五节 电炉短网的改造	155
第七章 空调设备的节电技术	158
第一节 空调设备的基本知识	158
第二节 空调设备的节电因素	168
第三节 空调设备的实用节电技术	174
第八章 电焊机的节电技术	185
第一节 电焊机的技术参数	185
第二节 电焊机的合理选用	189
第三节 电焊机的节电技术	190
第九章 变压器的节电技术	195
第一节 变压器的基本参数	195
第二节 节能变压器的种类及适用范围	200
第三节 变压器的合理选择	202
第四节 变压器的负荷分配	205
第五节 变压器的经济运行	211
第六节 非晶合金铁芯变压器应用技术	216
第十章 无功补偿与节电	224
第一节 无功补偿的作用与配置	224
第二节 无功电源与无功负荷	226
第三节 无功补偿容量的确定	233
第四节 无功负荷的最优化补偿	235
第五节 无功补偿节电效益分析	249
第十一章 电力网经济运行与改造	251
第一节 电力网的基本运行参数	251
第二节 电网的优化运行	257
第三节 电网的负荷调整	266

第四节	电网的电压调整	278
第五节	电网的运行管理	293
第六节	电网的降损改造	294
第十二章	节电管理	298
第一节	线损管理	298
第二节	计量管理	307
第三节	抄表管理	308
第四节	用电单耗管理	309
第五节	反窃电管理	315
第十三章	电力需求侧管理	319
第一节	电力需求侧管理相关内容	319
第二节	电力需求侧管理的技术手段	321
第三节	电力需求侧管理的经济手段	326
第四节	电力需求侧管理的引导和行政手段	328
第五节	电力需求侧管理相关政策	329
第十四章	建立与评估需求侧管理项目的方法	330
第一节	建立需求侧管理项目	330
第二节	需求侧管理项目的评估方法	331
附录一	电力需求侧管理办法	333
附录二	电网企业实施电力需求侧管理目标责任考核方案（试行）	336
附录三	节约用电管理办法	340
附录四	节能型电动机和老型号电动机对照	344
附录五	节能型电动机主要技术参数	347
附录六	能源电力相关数据	364
附录七	用电及节电有关数据	376
参考文献		381

第一章 节电与电力需求侧管理概述

第一节 节电概述

一、节电的重要性

能源是发展国民经济和提高人民生活水平的重要物资基础，是人类赖以生存的基本条件。节约能源，保护环境是我国经济和社会发展的长远战略方针，而节约用电又是节能工作最重要的组成部分。

随着社会的发展，电能消费的增长要快于能源消费的增长，发电占一次能源的消费比重将不断提高。随着我国现代化建设的快速发展，这一增长趋势肯定还要继续下去。

应当看到，电能是优质二次能源，它主要是由煤炭、石油、天然气以及水力等一些一次能源转换而来，其转换效率较低，即它的转换损失比较大，单耗比较高。因此，终端节约电能的同时也减少了转换环节的能量损失，可以收到较大的社会效益。

我国是以煤炭为主的国家，随着电力消费的增长，发电用煤占全国煤炭的消费比重也在不断地提高。电力消费的不断增长，对资源与环境的压力也越来越大。因此，在提高用电水平的同时，采取一切可行措施合理有效利用电能，将会收到很好的节能减排效果。

在电能消费结构中，用于用电终端的用电量约占发电量的 80%，其他用电以及发电厂的厂用电、电网输电损失等约占 20%，因此在用电终端有更多的节电机机会。

我国节能工作认真贯彻执行党中央、国务院关于“资源节约与开发并举，把节约放在首位”和“高度重视节约和原材料，提高资源利用效率”的方针，取得了显著的经济效益和社会效益。

(1) 节电是保证我国经济持续、快速、健康发展的重要方面。

随着社会的发展，电力需求增长速度较快，尽管几年来我国电力发展的速度较快，但仍不能满足国民经济发展和人民生活水平提高而带来的电力需求，电力仍然是制约国民经济发展的主要因素。因此，在加快电力建设的同时，必须重视节电，提高电能利用率，从电力开发和节约两方面来保证国民经济发展的需要。不论是电力供应紧张还是暂时有所缓和，我们都要始终重视节电工作，不能有任何松懈。要注意研究出现的新情况，不断解决新问题。展望未来，我国电力供需形势极为严峻，节电任务十分繁重，我们必须长期牢牢树立节电的思想。

(2) 节电可节约资源，保护环境。

电能是由煤炭、石油、天然气以及水力等一些一次能源转换而来。能源矿产资源

是有限的,不可再生的。因此,我们必须走资源节约型道路,逐步建立起资源节约型的发展经济结构,在努力开展节能节电的基础上发展电力和能源工业。

电力的消费又是和环境保护密切相关的,我国电力的 3/4 是燃煤火电厂生产的,二氧化碳排放形成的温室效应以及酸雨对环境污染带来的危害是世界各国都十分关注的问题,这个问题更引起我们的高度重视。要千方百计降低发电煤耗,节约电力,提高电能的利用效率。

(3) 节电是改变我国某些企业经济效益的重要措施之一。

在我国工业产品成本中,能源平均约占 9%,其中很大部分是电力。能源(包括电力)在生产成本中所占比重远高于工业发达国家,节约的潜力是很大的。能耗的高低对许多行业的产品成本有重要影响。因此要使我国目前粗放经营为主的消耗型经济向集约经营为主的效益型经济逐步过渡,加强节能节电的工作十分重要。

(4) 节电可以看成是一种最经济的电源。

节电可以少建电厂,国外普遍都把节电看作是一种电源。用户节电比建同等容量电厂的投资要少得多,同时用户节电还可相应节约一部分建设电网的费用,而输电网配电网的费用,约占电力总投资的 40%~50%;节电相应地节约了煤炭的消耗,这样也就减少了建设煤矿的投资和运输煤炭的铁路交通的投资;节电不产生对环境的污染,相应地减少燃煤电厂脱硫脱硝的投资。考虑以上因素,根据计算,终端用户节约 1kW,其相应的投资只相当于建设电源综合投资(包括电网、煤矿、交通运输及电厂环保设施等)的 40%~50%。因此,节电可以看作是一种最经济的电源,要努力组织开发节电工作。

二、节电的方针政策

国家对能源工业和节能、节电非常重视,结合我国国情制定了开源节流的能源政策,并在当前把节能、节电放在首位。在开源方面要大力开发煤炭、石油、天然气,并加快电力建设步伐,要积极发展火电,大力开发水电,有重点、有步骤地建设核电站。在节能方面则是大力开展节煤、节油、节电等节能工作。

节电的出路在于坚持科学管理,依靠技术进步,走合理用电、节约用电、提高电能利用率的道路,大幅度地降低单位产品电耗,以最少的电能创造最大的财富。

目前我国出台了很多节能标准及节能法规。例如 1997 年 11 月 1 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过,2007 年 10 月 28 日第十届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议修订,2008 年 4 月 1 日起实施的《中华人民共和国节约能源法》;国家经济贸易委员会、国家发展计划委员会 2001 年 1 月 8 日公布并实施的《节约用电管理办法》;国家发展和改革委员会等部委 2010 年 11 月 4 日制定了《电力需求侧管理办法》等。

在经济快速增长的新时期,我国政府提出建设资源节约型社会,颁布和实施的多项政策法规,旨在推动节能节电技术进步,促进节能降耗和节能减排,也意味着我国节能节电技术进入了快捷、健康、可持续发展时期。

第二节 节电措施与方法

一、实现节电目标的措施

要实现节电目标，应做好以下几方面工作：

(1) 提高认识，转变观念。我国能源和电力供需矛盾不是短期可以解决的，因此，要把节能节电作为我国国民经济发展的一项战略方针。各行各业都要认真贯彻。对电力部门，也要转变观念，不仅要搞好发电供电，还应抓好社会节电，社会节电抓出成果，负荷峰谷差不断降低，不仅取得巨大的社会效益，也给电力部门本身增加可观的经济效益。

(2) 筹集资金，增加节电投入。要实现节电目标，就要增加资金的投入，要努力开拓节电资金渠道，建立节电基金，要争取一些有利于节电的政策，吸引国家、地方、企业、个人更多的资金投资于节电，以加速企业的节电改造和老旧设备的更新。

(3) 加强对节电的宏观管理。认真执行国家制定的产业政策，严格控制电耗大的五小企业的发展，要加强企业用电的定额管理。同时要制定用电产品电耗、定额，推广节电先进产品，禁止超定额电耗产品进入市场，并加强从规划、设计、基建、生产各个环节进行节电的全过程管理。

(4) 采用经济技术等办法，引导用户转移电网高峰用电。利用电价结构的调整，全面推行分时电价，拉开峰谷，季常电价差距。同时，采用蓄冷节电等技术手段，引导用户转移电网高峰用电，提高电力资源利用效果。

(5) 大力推进技术节电，支持和鼓励节电技术和产品的开发及应用。重点推广的节电措施是：高效节能灯，风机、泵类节电技术；电子节能技术；蓄冷节电技术；余能回收发技术；转移高峰电力措施；变压器节电技术；电炉钢节电技术；电加热节电技术。

(6) 推行电力需求侧管理，提高电力终端效率。资源综合规划与能源需求侧管理相结合，把节电作为新的电力资源看待是国际上行之有效的资源配置方式，借鉴国外在电力需求侧管理方面的有益经验，依据我国用电管理的实际情况，在推行电力资源综合规划的同时，有计划、有目标地推行电力需求侧管理，不断提高电力终端利用效率。

(7) 建立健全节能节电法规体系。市场经济在一定意义上讲是法制经济，现在已有《中华人民共和国节约能源法》及节能节电的条例、规定和标准，但还不够完备，同时缺乏强有力的监督检查机制。因此，应加速组织制定完备的节能节电法规体系，并建立相应的监督管理机制。

二、实施节电措施的方法

为了确保节电措施能够得到批准，对措施强调的重点应该是确保技术可靠和确保经济效益。一般来说，引进的新设备具有显著的节电效果，当利用这种新设备时，应判断制造厂所提供数据的可靠性及其的可能性，准确掌握产品说明书和应用后的实际效果。

有效实施节电措施的步骤见表 1-1。

表 1-1 有效实施节电措施的步骤

步 骤	实 施 项 目	说 明
1	提出节电对象清单	(1) 由负责人组织各部门提出清单 (2) 建立检查表
2	掌握节电方法和技术	
3	实施的步骤按制定的计划进行	(1) 投资回收期短的优先 (2) 设备改造工作量小的可以优先
4	根据节电计划目标制定预算方案	根据实施步骤, 由负责人确定每一项目的预算
5	取得预算	要取得预算的经济效益, 应在预算方案中把重要的节电要点写进并加以说明
6	订货或施工	向厂家订货, 购买设备, 进行施工
7	估算节电效果	以节电措施实施前的情况作为基准估算节约量
8	评价	对取得预算的计划进行对比, 并对这些措施的可行性进行论证评价
9	提出报告	把已实施的项目, 实施前存在的问题, 根据这些问题制定的措施方案, 实施后效果等加以总结, 向上级提出报告

第三节 电力需求侧管理概述

一、电力需求侧管理 DSM (Demand Side Management) 的概念

电力需求侧管理是指为提高电力资源利用效率, 改进用电方式, 实现科学用电、节约用电、有序用电所开展的相关活动。电力需求侧管理是实现节能减排目标的一项重要措施, 为满足电力需求应坚持节约与开发并举、节约优先的原则, 在增加供应的同时, 统筹考虑并优先采用需求侧管理措施。

二、电力需求侧管理系统

电力需求侧管理系统由政府、电力公司以及用户组成。

政府是社会利益的维护者, 关心各方面的利益, 更顾及整体利益, 以保障社会持续健康的发展。政府在制定和实施 DSM 计划中起主导作用, 是社会利益的代表。

电力公司 (作为供应侧) 是实施电力需求侧管理的主体, 是供应方利益的代表。电力公司既是制定 DSM 计划的主要承担者, 又是 DSM 计划的主要执行者, 要通过它的运营管理活动来实现 DSM 计划。电力公司应采取行政和财政激励手段鼓励需求侧采用各种有效的节能技术和措施改变其需求方式, 在保持能源服务水平的前提下, 有效降低能源消费量和负荷水平, 从而减少新建电厂投资和一次能源消费量, 取得明显的经济和环境效益。

另外，部分 DSM 项目由具备资格的实施中介来承担，如电力公司下属的节电服务公司。独立经营的能源（节能）服务公司等，协助政府和配合电力公司实施 DSM 计划。

电力用户是电力需求侧管理的直接参与者，也是终端节能节电的主体，DSM 整体增益的主要贡献者，国家鼓励其实施电力需求侧管理技术和措施。

DSM 的创新之处在于汇集大量的技术选择和价格方案去改变用户的负荷，以便使用户、电力公司和社会均受益。因此本质上讲，DSM 的新概念中包含了一种用户和电力公司间的“合作伙伴”关系。

三、电力需求侧管理的范畴

供电方与电力需求侧用电方的划分点是以计费电能表为界，电能表的上方为供电方，电能表的下方为需求方。因此电力需求侧管理的主要对象是所有用电终端的用户，如工业用电、农业用电、商业用电、服务行业用电、民用生活用电及城乡用电等。

四、实施电力需求侧管理的社会效益

电力需求侧管理这一先进的思维方法和优化管理模式将会产生显著的社会效益，主要体现在以下几方面：

（1）用电终端的效益。提高用电管理水平，由对用电的定性管理走向定量化和择优化管理，实施全用电系统的合理用电，节约用电和移峰填谷，因而大量节约电量电费和高峰电费。

（2）供电网的效益。由于用电单位减少对供电量的需求及对高峰负荷的移峰填谷，因而可提高发电设备和供电设备的利用率，减少电网的线损，特别是减少发电、供电设备的备用容量，因而可节约建设发电厂及供电设备的投资。

（3）综合效益。用电终端的节电可减少发电量，既节约了发、供电的设备投资，同时还节省了国家一次能源，保护了生态环境。

总之，电力需求侧管理是利在当代、功在千秋的大业。

第四节 节电与电力需求侧管理之间的关系

节电与电力需求侧管理之间的关系是相辅相成的。根据我国“十二五”规划，我国将打造绿色发展、建设资源节约型、环境友好型社会。面对日趋强化的资源环境约束，企业和供电管理部门必须增强危机意识，树立绿色、低碳发展理念，以节能减排为重点，健全激励与约束机制，加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式，增强可持续发展能力，提高生态文明水平。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》第二十二章中强调，加强资源节约和管理，落实节约优先战略，全面实行资源利用总量控制、供需双向调节、差别化管理，大幅度提高能源资源利用效率，提升各类资源保障程度；大力推进节能降耗，抑制高耗能产业过快增长，突出抓好工业、建筑、交通、公共机构等领域节能；加强

重点用能单位节能管理；强化节能目标责任考核，健全奖惩制度；完善节能法规和标准，制订完善并严格执行主要耗能产品能耗限额和产品能效标准；健全节能市场化机制，加快推行合同能源管理和电力需求侧管理，完善能效标识、节能产品认证和节能产品政府强制采购制度；推广先进节能技术和产品；加强节能能力建设，开展企业节能低碳行动，深入推进节能减排全民行动。

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

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。

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) ~ (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。

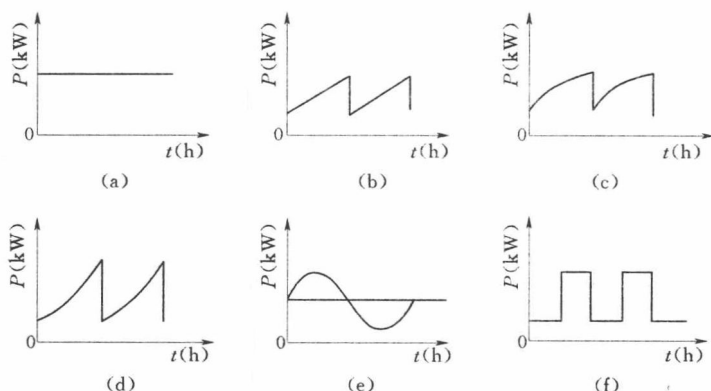


图 2-1 生产机械的典型负荷曲线

(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

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 GB 755—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。恒定损耗包括铁芯损耗（含空载杂散损耗）及机械损耗。

(1) 铁芯损耗 P_{Fe} （含空载杂散损耗）。铁芯损耗亦称铁耗，指主磁场在电动机铁芯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，转子铁芯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芯损耗。

铁耗大小取决于组成电动机铁芯材料、频率及磁通密度，近似公式 $P_{Fe} \approx k f^{1.3} B^2$ 。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_{os} 是指空载电流通过定子绕组的漏磁通在定子机座、端盖等金属中产生的损耗，由于空载电流近似不变，因此这些损耗也是恒定的。

铁耗一般占异步电动机总损耗的 20%~25%。

(2) 机械损耗 P_{mw} 。通常包括轴承摩擦损耗及通风系统损耗，对绕线式转子还存在电刷摩擦损耗。

轴承摩擦损耗主要与轴承型号、装配水平、润滑脂有关。通风系统的风摩擦损耗主要取决于冷却风扇所用材料、风机效率、风道设计合理性。机械损耗高低还与电动机转速有