



节电技术及其应用

JIEDIAN JISHU JIQI YINGYONG

张万奎 张 振 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



节电技术及其应用

JIEDIAN JISHU JIQI YINGYONG

张万奎 张 振 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书结构合理、文字精炼，系统地介绍了机电设备的节电技术，主要包括电机节电、照明节电、水泵节电、建筑节能等方面的相关知识，重点介绍了电动机系统节能、绿色照明、建筑节能领域的节电技术及其工程应用实例。

本书可作为节能减排工作人员和机电技术人员的技术参考书，也可作为大专院校电气工程及其自动化专业、机械电子工程专业的教学参考书籍。

图书在版编目(CIP)数据

节电技术及其应用/张万奎，张振编著. —北京：中国电力出版社，2014.1

ISBN 978-7-5123-4750-2

I. ①节… II. ①张… ②张… III. ①节电 IV. ①TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 173987 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.5 印张 281 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
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



人类利用能源的历史,从柴薪时代,进展到煤炭时代,又发展到石油天然气时代。目前,世界范围内煤炭、石油、天然气等化石能源储量有限,用一点儿则少一点儿,势必日趋枯竭;另一方面,化石能源使用中对环境造成的污染,也越来越受到人们的重视。例如,2013年春季我国部分地区雾霾天气的增多,受到政府和居民的高度关注。在能源危机和环境保护的双重压力之下,人类不得不寻求新能源,如生物能、水能、地热能、风能、太阳能和核能。

我国能源发展主要的问题有:人均能源拥有量、储备量低;能源结构依然以煤为主,约占75%,全国年耗煤量已超过13亿t;能源资源分布不均,主要表现在经济发达地区能源短缺和农村商业能源供应不足,造成北煤南运、西气东送、西电东送;能源利用效率低,能源终端利用效率仅为33%,比发达国家低10%左右。

节能被视为另外一大类能源。节能有利于从根本上促进能源资源节约和合理利用,缓解我国能源资源供应与经济社会发展的矛盾;有利于加快发展循环经济,实现经济社会的可持续发展;有利于长远地保障国家能源安全,保护环境,提高人民群众的生活质量。

电动机是主要的耗能设备,世界各国50%以上的电能用于电动机。2011年,我国电动机耗电量约为2万亿kWh,分别占工业用电量的80%和全国用电量的60%。2010年6月,财政部、国家发展改革委联合下发了《关于印发“节能产品惠民工程”高效电机推广实施细则的通知》(财建〔2010〕232号),正式启动财政补贴推广高效电动机。2011年3月,财政部、国家发展改革委再一次联合下发了《财政部 国家发展改革委关于做好2011年高效电机推广工作的通知》,鼓励用户大规模采购高效电动机,并加快淘汰高耗能老旧电动机,推动高效节能电动机在国内市场的应用。

1996年,国家经贸委、国家计委、科技部、建设部等13个部门共同组织实施了“中国绿色照明工程”,并将其作为节能领域的重大示范工程。2001~2010年,实现累计照明节电1033亿kWh,实现照明节电10%,相当于减少二氧化碳(碳计)排放114亿t,并建立可持续发展的高效照明电器产品市场及服务体系。

建筑节能,就是提高建筑中的能源利用率,在保证提高建筑舒适性的条件下,合理使用能源,不断提高能源利用效率。建筑节能具体是指在建筑物的规划、设计、新建(改建、扩建)、改造和使用过程中,执行节能标准,采用节能型的技术、工艺、设备、

材料和产品，提高保温隔热性能和采暖供热、空调制冷制热系统效率，加强建筑物用能系统的运行管理，利用可再生能源，在保证室内热环境质量的前提下，减少供热、空调制冷制热、照明、热水供应的能耗。在建筑耗能中，供暖、照明、空调列前三位。随着人们生活水平的提高，家用电器已经在我国家庭得到普及，家用电器节电也得到人们的认同。

从20世纪80年代初开始，作者就开始了照明节电、水泵水位自动控制节电和家用电器节电的研究与实践。近年来，对机电设备节电技术与应用进行了一定范围的调查研究与实践，在此基础上，写成了这本书。在本书的写作过程中，引用了一些作者在节电技术应用方面的研究成果和工程实例。在此，对他们以及所有参考文献作者的辛勤劳动表示衷心的感谢。由于作者水平所限，书中的不足和缺陷之处，敬请读者批评指正。

张万奎

2014年1月



前言

第 1 章 电机节电	1
1.1 电机能效标准	1
1.1.1 电动机能效标准	1
1.1.2 变压器能效标准	7
1.2 三相异步电动机	11
1.2.1 三相异步电动机的基本结构与工作原理	11
1.2.2 三相异步电动机的机械特性	16
1.2.3 三相异步电动机的调速特性	19
1.3 交流电动机变频调速节电	21
1.3.1 变压变频调速分类	22
1.3.2 变频调速系统	24
1.3.3 电动机变频调速节电应用	28
1.4 交流电动机串级调速节电	34
1.4.1 低同步串级调速	34
1.4.2 晶闸管双闭环串级调速系统	36
1.4.3 电动机串级调速节电应用	37
1.5 变压器节电	43
1.5.1 非晶合金变压器	43
1.5.2 单相变压器节电应用	44
第 2 章 照明节电	52
2.1 照明光源	52
2.1.1 荧光灯	52
2.1.2 高压钠灯	59
2.1.3 LED 灯	62
2.2 住宅照明节电	68
2.2.1 选用高效光源和高效灯具	68
2.2.2 提高利用系数和维护系数	70
2.2.3 推行分布式照明方式	72
2.3 景观照明节电	75
2.3.1 景观照明节电的方法	75
2.3.2 景观照明节电工程	79
2.3.3 广告照明	85

2.4 道路照明节电	89
2.4.1 电磁式道路照明节电器	90
2.4.2 电压转换式道路照明节电器	96
2.4.3 LED 路灯	101
第3章 水泵节电	109
3.1 清水离心泵	109
3.1.1 离心式水泵的结构和基本参数	109
3.1.2 清水离心泵的能效标准	113
3.1.3 水泵电动机组	115
3.2 水泵水位控制节电	116
3.2.1 水位控制类型	116
3.2.2 单水位控制	119
3.2.3 双水位控制	122
3.2.4 水位控制节电应用	131
3.3 水泵调速节电	132
3.3.1 液力耦合器调速节电	132
3.3.2 水泵电气调速节电	134
3.4 高层建筑水泵供水系统节电	135
3.4.1 高层建筑供水系统	135
3.4.2 高层建筑双水位控制及进水控制	137
3.4.3 高层建筑供水系统节电应用	138
第4章 建筑节能	143
4.1 建筑节能	143
4.1.1 建筑能耗	143
4.1.2 建筑能效测评与标识	144
4.1.3 建筑节能指标	146
4.2 空调系统节电	147
4.2.1 蓄冷中央空调	148
4.2.2 水源热泵中央空调	153
4.2.3 房间空调器节电	157
4.3 电热器具节电	162
4.3.1 微波炉节电	162
4.3.2 电磁灶节电	166
4.3.3 电烤箱节电	168
4.3.4 小型电热器具节电	171
参考文献	177



电机节电

电机系统节能与建筑节能、绿色照明等十大节能项目已经列入国家“九五”、“十五”节能重点领域和“十一五”、“十二五”重点节能工程。

电机节电有两方面的技术途径：一方面是进行电机本体结构设计的改进和新材料的采用，另一方面是改进电机运行的外部环境。例如，电动机节电器能够在电动机轻载情况下，将电动机的端电压自动降低，使电动机转速保持恒定，降低了有功损耗和无功损耗，提高了电动机的效率和功率因数，达到节电的目的。

1.1 电机能效标准

电机系统耗电占我国用电量的 60% 以上，2011 年我国电机耗电量约为 2 万亿 kWh，占全国用电量的 60% 和工业用电量的 80%。

如果我国现有中小型电动机的效率提高 2%，每年就可节电 200 亿 kWh，节电效果相当于 3 个 100 万 kW 级火电站的发电量，同时等于减少 3 个 100 万 kW 级火电厂每年燃烧 70 万 t 标准煤的能耗。在其他条件不变的情况下，可使我国全社会用电量降低两个百分点左右，能源消费总量的单位 GDP 能耗下降一个百分点左右。因此，电动机节电成为我国实现节能减排的必然途径。

随着电机能效新标准的发布实施，通风机、清水离心泵、容积式空气压缩机、鼓风机、小功率电动机，交流接触器，电力变压器和配电变压器等一批国家能效标准相继出台，为机电产品节能政策的实施打下了基础，也为进一步扩大淘汰低效机电产品的范围提供了重要依据。

1.1.1 电动机能效标准

中小型三相异步电动机是工农业各领域广泛应用的配套产品，其量大面广、品种繁多、耗电量大。2011 年，我国中小型三相异步电动机年产量为 1.74 亿 kW，提高电动机能效对我国节能减排工作具有重要意义。2010、2011 年，我国电动机年耗电均达 2 万亿 kWh，即使提高很小的电动机效率值都可以带来巨大的节电潜力。

我国于 2002 年发布了针对中小型三相异步电动机的能效标准，2006 年第一次修订，2012 年第二次修订。

1. GB 18613—2002《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》

目前，我国中小型电动机约有 300 多个系列，近 1500 个品种，其额定功率在 0.55~315kW 范围内，极数为 2 极、4 极和 6 极（少数为 8 极），机座号在 80~355mm 之内，是量大面广的产品。其应用遍及工业、农业、国防、公用设施、家用电器等各个领域。2011 年，

我国中小型电动机年生产能力达 1.74 亿 kW，而且电动机出口量每年约为 700 万 kW，约占交流电动机总产量的 20%，是我国重要的出口机电产品之一。

我国电动机生产厂家约 2400 家，主要分布在浙江、江苏、福建、山东、辽宁、广东、河南及上海等省市，这 8 省市的电动机生产厂家有 2055 家，其中浙江省电动机企业数量占全国 28%。

目前生产和使用的电动机以 Y、Y2、Y3 系列电动机为主，占据了 90% 以上的市场份额。其中，Y 系列电动机效率平均值为 87.72%，Y2 系列电动机效率平均值为 87.74%（1996 年鉴定），Y3 系列电动机效率平均值为 87.75%（2003 年 3 月鉴定）。

我国的电工标准体系目前是等同采用国际电工委员会 IEC 的标准，我国电动机的基本系列——Y 和 Y2 系列均与德国 DIN42673 系列相对应，电压和频率也与欧洲一致；我国电动机出口欧洲、东南亚和中东市场并占了很大出口份额，并且在今后它们仍是我国面对的最大国际市场，而在这些地区均采用 IEC 标准。根据以上原因，能效限定值和节能评价值的确定参照采用了欧洲电动机标准，但由于欧洲电动机标准所规定的规范范围为 1.1~90kW，比我们所规定的范围窄，所以我们通过计算分析规定出两端规格的效率值。

部分电动机能效限定值见表 1-1。部分电动机节能评价值见表 1-2。

表 1-1 电动机能效限定值

额定功率/kW	效率 (%)		
	2 极	4 极	6 极
4	84.2	84.2	82.0
5.5	85.7	85.7	84.0
7.5	87.0	87.0	86.0
11	88.4	88.4	87.5
15	89.4	89.4	89.0
18.5	89.4	89.4	89.0
22	90.5	90.0	90.0
30	91.4	91.4	91.5

表 1-2 电动机节能评价值

额定功率/kW	效率 (%)		
	2 极	4 极	6 极
4	87.6	88.3	86.1
5.5	88.6	89.2	87.4
7.5	89.5	90.1	89.0
11	90.5	91.0	90.0
15	91.3	91.8	91.0
18.5	91.8	92.2	91.3
22	92.3	92.6	92.0
30	92.9	93.2	92.5

2. GB 18613—2006《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》

GB 18613—2006《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》标准参考了欧盟 EU—CEMEP 协议、澳大利亚与新西兰 AS/NZS1359.5 同类标准,功率在 1.1~90kW 极数为 2 极和 4 极电动机直接采用了欧洲 eff1 和 eff2 的效率标准,并根据我国电动机生产和使用的现状,规定了本标准范围内其他规格电动机的效率要求。

GB 18613—2006《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》标准适用于 690V 及以下,能效 2 级和 3 级的额定功率在 0.55~315kW、能效 1 级的额定功率在 3~315kW,极数为 2、4、6 极的单速封闭自冷式、三相、50Hz 的一般用途三相异步电动机或一般用途防爆三相异步电动机。它在 75%和 100%额定输出功率之下确定效率等级,已经于 2007 年 12 月 12 日发布,2007 年 7 月 1 日实施。电动机目标能效限定值 2 级将在 GB 18613—2006 标准实施之日 4 年后开始实施,并替代电动机能效限定值 1 级。

(1) 实施 GB 18613—2006 标准。

为实施 GB 18613—2006 标准,中小型电动机在设计和制造中采取了以下一些节能措施。

1) 在满足温升要求的前提下,适当减小风扇直径;对于单向运行的电动机,可改径向离心式风扇为后倾离心式风扇,或采用翼形叶片的轴流式风扇。

2) 适当提高电动机槽满率以增加铜线截面积,从而减小电动机定子绕组铜耗。

3) 转子槽绝缘采用“脱壳”处理工艺,以使转子导条与铁心之间绝缘或提高二者之间的接触电阻,从而降低杂散损耗。

4) 转子外圆不车削,以防止由于铁心连片造成效率降低。

5) 适当缩短绕组端部长度,减小定子铜耗。

6) 铁心采用激光焊接,淘汰铁心叠压中的铆钉、扣片等落后工艺,从而降低铁耗。使用高效电工硅钢板,尤其是在中高磁密区有较高磁导率的冷轧硅钢板。

7) 采用铸铜转子,可使效率提高 2%~5%。

8) 采用新一代能效轴承。在一定的转速、负载条件下,合适的油脂选择可以将 6205-2Z 轴承的摩擦转矩最大减小 18%。

9) 对 2 极电动机可适当增大气隙以降低附加损耗,提高效率,明显降低温升。对其他极数的电动机可提高制造精度,适当减小气隙长度,从而减小励磁电流及其所引起的定子绕组铜耗。

10) 采用磁性槽楔或闭口槽。选用合适的转子斜槽,包括采用人字槽。采用适当的槽配合,如采用少槽近槽配合,但要防止电磁噪声的增大。

11) 采用正弦绕组(延边三角形连接、星形-三角形连接)。正弦绕组具有基波分布系数高和谐波含量低的特点,与普通三相绕组相比,可采用不同的绕组匝数,使相带谐波受到较大的削弱,从而降低损耗,提高电动机效率。

12) 对于齿宽、轭高小于 10mm 的中小型异步电动机,应对冲片在保护性气氛下进行退火处理。

(2) IEC 60034—30 与 GB 18613—2006 的效率指标。

2007 年 8 月,国际电工委员会 IEC 第二次工作会议后发布的 IEC 60034—30《单速三相笼型感应电动机效率分级》标准中,50Hz 电动机的效率指标见表 1-3,考虑到同一台电动

机能同时满足在两种频率下有相同的能效等级，所以在 60Hz 时的效率指标略高于 50Hz 时的指标。

GB 18613—2006 标准中 50Hz 电动机的效率指标见表 1-4。GB 18613—2006 规定，电动机能效限定值在额定输出功率和 75%额定输出功率的效率均应不低于表 1-4 中 3 级的规定，电动机目标能效限定值在额定输出功率和 75%额定输出功率的效率均应不低于表 1-4 中 2 级的规定，电动机节能评价值在额定输出功率和 75%额定输出功率的效率均应不低于表 1-4 中 1 级的规定。

表 1-3 IEC 60034—30 标准中 50Hz 电动机的效率

额定功率 /kW	效率 (%)								
	IE1 标准效率			IE2 高效率			IE3 超高效率		
	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极
0.75	72.1	72.1	70.0	78.9	81.1	75.9	82.1	84.0	80.6
1.1	75.0	75.0	72.9	80.8	82.7	78.1	83.8	85.3	82.4
1.5	77.2	77.2	75.2	82.3	83.9	79.8	85.0	86.3	83.8
2.2	79.7	79.7	77.7	84.0	85.3	81.8	86.4	87.5	85.4
3	81.5	81.5	79.7	85.3	86.3	83.3	87.5	88.4	86.6
4	83.1	83.1	81.4	86.4	87.3	84.6	88.4	89.2	87.7
5.5	84.7	84.7	83.1	87.5	88.2	86.0	89.4	90.0	88.7
7.5	86.0	86.0	84.7	88.5	89.1	87.2	90.3	90.8	89.7
11	87.6	87.6	86.4	89.6	90.1	88.7	91.2	91.7	90.8
15	88.7	88.7	87.7	90.5	90.9	89.7	91.9	92.3	91.6
18.5	89.3	89.3	88.6	91.0	91.4	90.4	92.4	92.7	92.1
22	89.9	89.9	89.2	91.4	91.7	90.9	92.7	93.1	92.5
30	90.7	90.7	90.2	92.1	92.4	91.7	93.3	93.6	93.1
37	91.2	91.2	90.8	92.5	92.8	92.2	93.7	94.0	93.5
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94.0	94.3	93.9
55	92.1	92.1	91.9	93.3	93.5	93.1	94.3	94.5	94.2
75	92.7	92.7	92.6	93.8	94.0	93.7	94.7	95.0	94.7
90	93.0	93.0	92.9	94.1	94.2	94.0	95.0	95.2	94.9
110	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3	95.2	95.4	95.2
132	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6	95.4	95.6	95.4
160	93.8	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8	95.6	95.8	95.6
200—315	94.0	94.0	94.0	95.1	95.1	95.0	95.8	96.0	95.8

表 1-4 GB 186013—2006 标准中 50Hz 电动机的效率

额定功率 kW	效率 (%)								
	1 级节能评价			2 级目标能效限定值			3 级能效限定值		
	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极
0.75	—	—	—	77.5	82.3	77.7	75.0	73.0	69.0
1.1	—	—	—	82.8	83.8	79.9	76.2	76.2	72.0
1.5	—	—	—	84.1	85.0	85.1	78.5	78.5	76.0
2.2	—	—	—	85.6	86.4	83.4	81.0	81.0	79.0
3	—	—	86.9	86.7	87.4	84.9	82.6	82.6	81.0
4	89.3	89.9	87.9	87.6	88.3	—	86.1	84.2	82.0
5.5	90.1	90.7	89.1	88.6	89.2	87.4	85.7	85.7	84.0
7.5	90.9	91.5	90.6	89.5	90.1	89.0	87.0	87.0	86.0
11	91.9	92.2	91.4	90.5	91.0	90.0	88.4	88.4	87.5
15	92.5	92.9	92.3	91.3	91.8	91.0	89.4	89.4	89.0
18.5	92.9	93.3	92.7	91.8	92.2	91.5	90.0	90.0	90.0
22	93.3	93.6	93.1	92.2	92.6	92.0	90.5	90.5	90.0
30	93.9	94.2	93.6	92.9	93.2	92.5	91.4	91.4	91.5
37	94.2	94.5	94.0	93.3	93.6	93.0	92.0	92.0	92.0
45	94.6	94.8	94.4	93.7	93.9	93.5	92.5	92.5	92.5
55	94.9	95.0	94.7	94.0	94.2	93.8	93.0	93.0	92.8
75	95.4	95.5	95.0	94.6	94.7	94.2	93.6	93.6	93.5
90	95.5	95.7	95.2	95.0	95.0	94.5	93.9	93.9	93.8
110	95.8	96.1	95.7	95.0	95.4	95.0	94.0	94.5	94.0
132	96.1	96.1	95.7	95.4	95.4	95.0	94.5	94.8	94.5
160	96.1	96.1	95.7	95.4	95.4	95.0	94.6	94.9	94.5
200	96.1	96.1	95.7	95.4	95.4	95.0	94.8	94.9	94.5
250	96.1	96.1	95.7	95.4	95.8	95.0	95.2	95.2	94.5
315	96.1	96.1	—	95.4	95.8	95.0	95.2	95.2	—

3. GB 18613—2012 《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》

GB 18613—2012 《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》于 2012 年 5 月 11 日发布，2012 年 9 月 1 日执行。

2012 年修订 GB 18613 标准时参考了国际电工委员会 IEC 60034—30 《单速三相笼型感应电动机效率分级》标准，GB 18613 中电动机额定功率和电动机极数的范围与 IEC 60034—30 一致，GB 18613 规定的能效 3 级的效率值与 IEC 60034—30 的 IE2 保持一致，GB 18613 规定的能效 2 级的效率值与 IEC 60034—30 的 IE1 保持一致，GB 18613 规定的能效 1 级的效率值与 IEC 60034—30 的附录中的推荐表保持一致。

(1) GB 18613—2012 标准的变化。

与 GB 18613—2006 标准相比，GB 18613—2012 标准的变化如下：

- 1) 功率范围从 0.55~315kW 改为 0.75~375kW。
- 2) 提高了各级电动机能效指标；故 GB 18613—2006 版中的 2 级能效在新标准中将降为 3 级能效，1 级能效将降为 2 级能效，而超高效电动机（IE4）则为我国的 1 级能效。
- 3) 测试方法改为输入-输出功率损耗分析法。
- 4) 删除了 75%额定输出下的效率要求及取消了功率因数的要求。尽管在 GB 18613—2012 标准中取消了功率因数的要求，但考虑到电动机的实际情况，仍然保留对功率因数的考核。

(2) GB 18613—2012 标准的适用范围。

依据新修订的 GB 18613—2012《中小型三相异步电动机能效限定值及能效等级》，CEL—007《中小型三相异步电动机能效标识实施规则》的适用范围变更为适用于 1000V 以下的电压，50Hz 三相交流电源供电，额定功率在 0.75~375kW 范围内，极数为 2 极、4 极和 6 极，单速封闭自扇冷式、N 设计、连续工作制的一般用途电动机或一般用途防爆电动机。

(3) GB 18613—2012 的术语和定义。

GB 18613—2012 规定了中小型异步电动机的能效等级、能效限定值、目标能效限定值、节能评价价值和试验方法。

1) 电动机能效等级。电动机能效等级见表 1-5。电动机能效等级分为 3 级，其中 1 级能效最高。各等级电动机在额定输出功率下的实测效率应不低于表 1-5 的规定，其容差应符合 GB 735—2008 的规定。

表 1-5 电动机能效等级

额定功率/kW	效率 (%)								
	1 级			2 级			3 级		
	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极
0.75	84.9	85.6	83.1	80.7	82.5	78.9	77.4	79.6	75.9
1.1	86.7	87.4	84.1	82.7	84.1	81.0	79.6	81.4	78.1
1.5	87.5	88.1	86.2	84.2	85.3	82.5	81.3	82.8	79.8
2.2	89.1	89.7	87.1	85.9	84.7	84.3	83.2	84.3	81.8
3	89.7	90.3	88.7	87.1	87.7	85.6	84.6	85.5	83.3
4	90.3	90.9	89.7	88.1	88.6	86.8	85.8	85.6	84.6
5.5	91.5	92.1	89.5	89.2	89.6	88.0	87.0	87.7	86.0
7.5	92.1	92.6	90.2	90.1	90.4	89.1	88.1	88.7	87.2
11	93.0	93.6	91.5	91.2	91.4	90.3	89.4	89.8	88.7
15	93.4	94.0	92.5	91.9	92.1	91.2	90.3	90.6	89.7
18.5	93.8	94.3	93.1	92.4	92.6	91.7	90.9	91.2	90.4
22	94.4	94.7	93.9	92.7	93.0	92.2	91.3	91.6	90.9
30	94.5	95.0	94.3	93.3	93.6	92.9	92.0	92.3	91.7
37	94.8	95.3	94.6	93.7	93.9	93.3	92.5	92.7	92.2
45	95.1	95.6	94.9	94.0	94.2	93.7	92.9	93.1	92.7

续表

额定功率/kW	效率 (%)								
	1 级			2 级			3 级		
	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极	2 极	4 极	6 极
55	95.4	95.8	95.2	94.2	94.6	94.1	93.2	93.5	93.1
75	95.6	96.0	95.4	94.7	95.0	94.6	93.8	94.0	93.7
90	95.8	96.2	95.6	95.0	95.2	94.9	94.1	94.2	94.0
110	96.0	96.4	95.6	95.2	95.4	95.1	94.3	94.5	94.3
132	96.0	96.5	95.8	95.4	95.6	95.4	94.6	94.7	94.6
160	96.2	96.5	96.0	95.6	95.8	95.6	94.8	94.9	94.8
200	96.3	96.6	96.1	95.8	96.0	95.8	95.0	95.1	95.0
250	96.4	96.7	96.1	95.8	96.0	95.8	95.0	95.1	95.0
315	96.5	96.8	96.1	95.8	96.0	95.8	95.0	95.1	95.0
355—375	96.6	96.8	96.1	95.8	96.0	95.8	95.0	95.1	95.0

2) 电动机能效限定值。是指在规定的测试条件下，允许电动机效率最低标准值。电动机能效限定值在额定输出功率时的效率应不低于表 1-5 中 3 级的规定。

3) 电动机目标能效限定值。是指在 GB 18613—2012 实施一定年限后，允许电动机效率最低标准值。电动机目标能效限定值在额定输出功率的效率应不低于表 1-5 中 2 级的规定。在表 1-5 中，7.5~375kW 电动机的目标能效限定值在标准实施之日 4 年后开始实施，7.5kW 以下电动机的目标能效限定值在标准实施之日 5 年后开始实施，并替代表 1-5 中 3 级的规定。

4) 电动机节能评价值。是指满足节能认证要求的电动机效率应达到的最低标准值。电动机节能评价值在额定输出功率的效率均不低于表 1-5 中 2 级的规定。

(4) GB 25958—2010 《小功率电动机能效限定值及能效等级》。

GB 25958—2010 标准规定了小功率异步电动机的能效等级、能效限定值、目标能效限定值、节能评价值和试验方法。

GB 25958—2010 标准适用于 690V 及以下的电压和 50Hz 交流电源供电的小功率三相异步电动机（10~2200W）、电容运转异步电动机（10~2200W）、电容起动异步电动机（120~3700W）、双值电容异步电动机（250~3000W）等一般用途电动机，以及房间空调器风扇电动机（6~550W）。

1.1.2 变压器能效标准

20 世纪 80 年代中期，我国政府强制性地采用 S7 系列配电变压器，淘汰正在电网运行的老旧变压器；从 1998 年开始，先后用 S9、S11 系列变压器替代 S7 系列变压器。替代之后，变压器空载损耗降低 15%。而非晶合金变压器的空载损耗仅为 S9 系列的 20%，是新一代高效节能变压器产品。

1. 配电变压器

配电变压器一般是指电压为 35、10kV 及以下、容量为 6300kVA 以下，直接向终端用户供电的电力变压器。目前，我国网上运行的配电变压器总电能损耗约为 750 亿 kWh。尽

管配电变压器的效率高，已达 95%~99%，但由于其数量巨大和空载损耗的固定性，变压器空载损耗的微小下降也能获得巨大的电能节省。

配电变压器作为电力传输系统的重要设备，由于使用量大、运行时间长，具有很大的节能潜力。随着我国经济的发展，基础建设的扩张，配电变压器的需求量和产量均有较大增长。目前，我国配电变压器（10kV 及以下）生产企业有 1000 多家，年产量达到 5000 万 kVA，约占全部变压器年产量的 1/3，我国输配电损耗占电力产量的比重高达 7%。

配电变压器从产品结构上，大致包括油浸式和干式两类。其中，电压等级为 10kV，油浸式配电变压器额定容量在 30~1600kVA，干式配电变压器额定容量在 30~2500kVA 是量大面广的产品。而非晶合金铁心变压器具有优越的节能性。

从变压器节电技术发展走向看，降低空载损耗是今后变压器节电的主要措施。我国变压器产品标准一般采用的是 IEC 标准，所以我国变压器行业已习惯用空载损耗和负载损耗来评价变压器的能效。

2. GB 20052—2006《三相配电变压器能效限定值及节能评价值》

国际上对变压器能效的评价使用不同的参数，一些国家，如澳大利亚和美国等使用的是效率（%），欧盟一些国家使用的是空载损耗（W），而有的国家则使用总损耗（W）。由于我国变压器产品标准一般采用的是 IEC 标准，所以我国变压器行业用空载损耗和负载损耗来评价变压器的能效。

GB 20052—2006《三相配电变压器能效限定值及节能评价值》标准适用于三相 10kV、无励磁调压、额定容量为 30~1600kVA 的油浸式配电变压器和额定容量为 30~2500kV 的干式配电变压器。

GB 20052—2006《三相配电变压器能效限定值及节能评价值》于 2006 年 7 月 1 日起实施。配电变压器能效限定值见表 1-6 和表 1-7。目标能效限定值及节能评价值见表 1-8 和表 1-9。目标能效限定值及节能评价值于 2010 年 7 月 1 日开始实施。

表 1-6 油浸式配电变压器能效限定值

额定功率/kVA	损耗/W		阻抗电压 U_k (%)
	空载损耗	短路损耗 (75℃)	
30	130	600	4.0
50	170	870	
63	200	1040	
80	250	1250	
100	290	1500	
125	340	1800	
160	400	2200	
200	480	2600	
250	560	3050	
315	670	3650	
400	800	4300	
500	960	5150	
630	1200	6200	4.5
800	1400	7500	
1000	1700	10300	
1250	1950	12000	
1600	2400	14500	

表 1-7 干式配电变压器能效限定值

额定功率/kVA	损耗/W				阻抗电压 U_k (%)
	空载损耗	短 路 损 耗			
		B (100℃)	F (120℃)	H (145℃)	
30	220	710	750	800	4.0
50	310	990	1060	1150	
80	420	1370	1460	1570	
100	450	1570	1670	1790	
125	530	1840	1960	2100	
160	610	2120	2250	2420	
200	700	2510	2680	2870	
250	810	2750	2920	3140	
315	990	3460	3670	3950	
400	1100	3970	4220	4530	
500	1310	4860	5170	5540	
630	1510	5850	6220	6660	6.0
630	1460	5940	6310	6770	
800	1710	6930	7360	7900	
1000	1990	8100	8610	9270	
1250	2350	9630	10 260	10 980	
1600	2760	11 700	12 420	13 320	
2000	3740	14 400	15 300	16 470	
2500	4500	17 100	18 180	19 530	

表 1-8 油浸式配电变压器目标能效限定值及节能评价值

额定功率/kVA	损耗/W		阻抗电压 U_k (%)
	空载损耗	短路损耗 (75℃)	
30	100	600	4.0
50	130	870	
63	150	1040	
80	180	1250	
100	200	1500	
125	240	1800	
160	280	2200	
200	340	2600	
250	400	3050	
315	480	3650	
400	570	4300	
500	680	5150	

续表

额定功率/kVA	损耗/W		阻抗电压 U_k (%)
	空载损耗	短路损耗 (75℃)	
630	810	6200	4.5
800	980	7500	
1000	1150	10 300	
1250	1360	12 000	
1600	1640	14 500	

表 1-9 干式配电变压器目标能效限定值及节能评价值

额定功率/kVA	损耗/W				阻抗电压 U_k (%)
	空载损耗	短 路 损 耗			
		B (100℃)	F (120℃)	H (145℃)	
30	190	670	710	760	4.0
50	270	940	1000	1070	
80	370	1290	1380	1480	
100	400	1480	1570	1690	
125	470	1740	1850	1980	
160	550	2000	2130	2280	
200	630	2370	2530	2710	
250	720	2590	2760	2960	
315	880	3270	3470	3730	
400	980	3750	3990	4280	
500	1160	4590	4880	5230	
630	1350	5530	5880	6290	6.0
630	1300	5610	5960	6400	
800	1520	6550	6960	7460	
1000	1770	7650	8130	8760	
1250	2090	9100	9690	10370	
1600	2450	11 050	11 730	12 580	
2000	3320	13 600	14 450	15 560	
2500	4000	16 150	17 170	18 450	

(1) 配电变压器能效限定值。

配电变压器能效限定值为：在规定测试条件下，配电变压器空载损耗和负载损耗的标准值。评价空载损耗和负载损耗一般有计算值、标准值和保证值三种参数，为了使该标准与产品性能标准相协调，在 GB 20052—2006 能效标准中采用“标准值”。

油浸式配电变压器能效限定值见表 1-6，干式配电变压器能效限定值见表 1-7。

表 1-6～表 1-9 中，阻抗电压 U_k (%) 是变压器运行的重要经济指标，也是对变压器进