

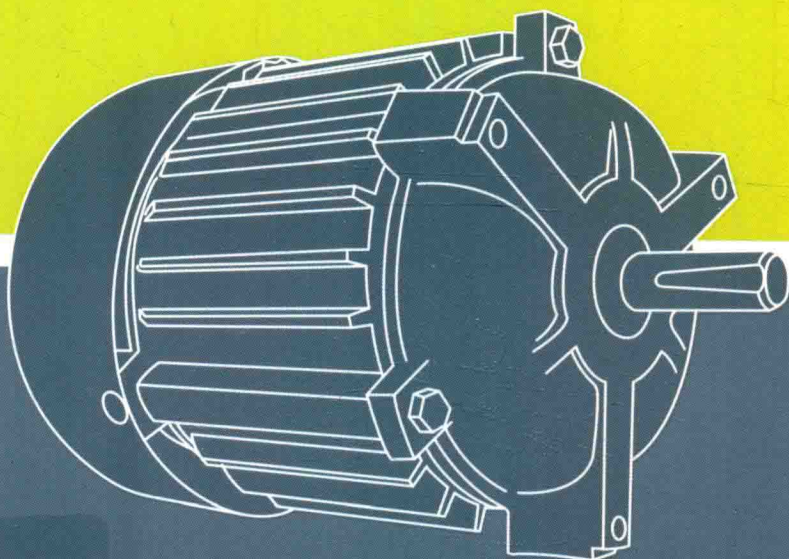


国家电网公司
电力科技著作出版项目

高效电机 与电机系统节能技术

Highly Efficient Electric Motors and
Energy-Saving Technologies of Electric Motor System

王志新 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家电网公司
电力科技著作出版项目

高效电机 与电机系统节能技术

Highly Efficient Electric Motors and
Energy-Saving Technologies of Electric Motor System

编著 王志新 陈伟华 熊立新
李旭光 李光耀



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书侧重于分析、介绍高效电机及其系统节能技术,涉及近年来国内外有关高效电机与电机系统节能研究开发和应用成果。全书共8章,包括高效电机、永磁电机、开关磁阻电机、变频电机、电机启动技术与装置、高压变频技术、电机系统节能标准和电机系统节能技术及分析方法等内容。

本书主要适合从事电气工程、机械工程、控制工程相关研究工作的工程人员或大学教师参考使用,也可作为电气工程及其自动化、机械工程、过程控制、自动化等专业的研究生或高年级本科教材。

图书在版编目(CIP)数据

高效电机与电机系统节能技术/王志新等编著. —北京:
中国电力出版社, 2017.3

ISBN 978-7-5198-0196-0

I. ①高… II. ①王… III. ①电机—节能 IV. ①TM3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第318918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>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2017年3月第一版 2017年3月北京第一次印刷

710毫米×1000毫米 16开本 17.75印张 293千字

定价 69.00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

前 言

我国“十二五”规划纲要将节能减排作为国民经济和社会发展的约束性指标，提出 2015 年全国单位国内生产总值能耗要比 2010 年降低 16% 等节能减排指标。要求通过综合运用调整产业结构和能源结构、节约能源和提高能效、增加森林碳汇等多种手段以促进节能减排。国家发展改革委员会编制了“十二五”节能减排和控制温室气体排放的实施方案，开展强化节能减排、降低碳强度、优化产业结构和能源结构等十项重点工作。其中，加快实施节能改造重点工程、大力推广高效节能产品等技术手段，实现节能能力达到 3.3 亿 t 标准煤的目标。实施节能产品惠民工程，包括推广高效节能电机 500 多万 kW 等。地方各级政府也进一步加大资金支持力度，推进节能减排工程建设。同时，我国还编制发布了《国家重点节能技术推广目录（第四批）》和第九批、第十批《节能产品政府采购清单》，印发《禁止普通照明白炽灯销售和进口的公告》。

“十三五”规划纲要已于 2016 年 3 月正式发布，明确提出了“全面推进创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展，确保全面建成小康社会”的指导思想和目标；通过实施“推进节能产品和服务进企业、进家庭”“组织能量系统优化、电机系统节能改造”等重点工程，达到节能环保的约束性指标要求，即：从 2015—2020 年，非化石能源占一次能源消费比重由 12% 提高到 15%；单位 GDP 能源消耗降低累计达到 15%；单位 GDP 二氧化碳排放量降低累计达到 18%。

截至 2015 年底，我国发电装机容量已超过 14 亿 kW。其中，电机系统用电量约占全国用电量的 60%。我国 80% 以上的电机产品效率比国外先进水平低 2%~5%，虽然国产高效电机与国外先进水平相当，但价格高、市场占有率低；电机传动调速及系统控制技术水平差距较大，产品效率比国外先进水平低 20%~30%。电机行业发展迅猛并应用于国民经济的各个领域，小到只有 0.1W 的小型录音机电机，大到炼钢厂用数万千瓦的大型电机，其中，90% 的电机为交流电动机，且大部分能源被 400kW~40MW/3~10kV 的大功率高压交流电动机消耗，能源利用效率

很低（低于国外 20%，70%处于国外 20 世纪 50 年代技术水平），节能潜力大。电机系统量大面广，存在的主要问题是电机及被拖动设备效率低，电机、风机、泵等设备陈旧落后，效率比国外先进水平低 2%~5%；系统匹配不合理，“大马拉小车”现象严重，设备长期低负荷运行等。可见，电机系统节能是一项系统工程，涉及电机本体、被拖动设备及传动系统、管网、系统匹配设计、能效标准及评估和方法学等。具体措施包括电机系统节能改造、提高运行效率；合理匹配和加快淘汰落后低效电机，推广高效节能电机；推广变频调速节能技术，风机、水泵、压缩机等通用机械系统采用变频调速节能措施，工业机械采用交流电机变频调速技术；制定相关经济激励政策和技术政策、完善电机能效标准体系等配套措施，探索“合同能源管理”机制，实现节电 15%~20%，并制定相关标准，涉及电机系统能耗诊断、评估方法，开发专用电机群能耗综合分析软件，电机及其系统节能集成技术，电机及其系统群节能工程化实施技术等。

本书共 8 章，其中，上海交通大学电气工程系李旭光副教授撰写第 1、2 章，山东科汇电力自动化股份有限公司熊立新高工撰写第 3、4 章，上海交通大学电气工程系王志新研究员撰写第 5、6 章，上海电器科学研究所（集团）有限公司陈伟华教授级高工、李光耀教授级高工分别撰写第 7 章、第 8 章。王志新以及上海交通大学电气工程系博士生林环城、江斌开、吴杰完成全书统稿及最后整理、校对及定稿工作。

书稿内容主要取材于近年来国内外有关高能效电机与电机系统节能研究开发和应用成果，以及编著者承担完成的科研项目，如国家自然科学基金重点项目（60934005）、国家自然科学基金面上项目（51377105）、国家 863 计划项目（2014AA052005）和上海市教育发展基金项目（09LM30）等取得的成果。主要内容已被上海交通大学相关专业课程教学采用，或在上海电器科学研究所（集团）有限公司、山东科汇电力自动化股份有限公司应用。

相信本书的出版，对于提高我国高能效电机技术理论研究和产品应用水平，推动电机系统节能技术进步具有重要意义。

编著者

2016 年 5 月于上海

目 录

前言

第 1 章	高效电机	1
1.1	概述	1
1.2	高效电机实施方案	2
1.2.1	加快推广高效电机	2
1.2.2	淘汰低效电机	4
1.2.3	实施电机系统节能技术改造	5
1.2.4	实施电机高效再制造	7
1.2.5	加快高效电机技术研发及应用示范	8
第 2 章	永磁电机	10
2.1	绪论	10
2.2	永磁同步电机的结构与数学模型	12
2.2.1	永磁同步电机的结构	12
2.2.2	永磁同步电机数学模型	14
2.3	永磁同步电机矢量控制	21
2.3.1	永磁同步电机矢量控制基本原理	21
2.3.2	SVPWM 控制原理	24
2.3.3	永磁同步电机矢量控制弱磁控制	28
第 3 章	开关磁阻电机	33
3.1	开关磁阻电机运行原理	33
3.1.1	开关磁阻电机结构	33
3.1.2	开关磁阻电机工作原理	34
3.1.3	开关磁阻电机驱动系统的构成	35
3.1.4	开关磁阻电机调速系统及其特点	37
3.1.5	开关磁阻电机国内外研究现状	39

3.2	开关磁阻电机的应用	39
3.2.1	锻压机械	39
3.2.2	纺织机械	46
3.2.3	石油机械	47
3.2.4	电动汽车	49
3.2.5	其他应用	50
第4章	变频电机	51
4.1	异步电机调速技术	51
4.1.1	变频电机调速原理	52
4.1.2	变频电机所面临的问题	53
4.1.3	变频器应用中需注意的问题	55
4.2	变频电机应用	57
4.2.1	风机类负载	57
4.2.2	泵类负载	59
4.2.3	大型窑炉煅烧炉类负载	62
4.2.4	转炉类负载	63
4.2.5	搅拌机类负载	65
4.2.6	破碎机类负载	66
第5章	电机启动技术与装置	68
5.1	电机启动技术原理	68
5.1.1	三相笼型异步电机的启动	68
5.1.2	其他电机的启动	71
5.2	电机软启动方式及特点	76
5.2.1	电机软启动方式	76
5.2.2	电机软启动特点	86
5.3	电机固态软启动技术	88
5.3.1	电机固态软启动器工作原理	88
5.3.2	电机固态软启动方式	91
5.3.3	电机固态软启动器	95
5.4	电机软启动技术应用	106
5.4.1	概述	106
5.4.2	应用举例	108

第 6 章	高压变频技术	114
6.1	引言	114
6.1.1	电机调速	114
6.1.2	变频器分类	116
6.2	高压变频关键技术	122
6.2.1	高压变频器拓扑	122
6.2.2	高压变频器调制技术	132
6.2.3	其他关键技术	156
6.3	高压变频器产品及应用	164
6.3.1	变频调速节能原理	164
6.3.2	高压变频技术风机节能应用	168
6.3.3	高压变频技术水泵节能应用	175
第 7 章	电机系统节能标准	181
7.1	电机能效标准	181
7.1.1	美国电机能效标准	181
7.1.2	欧盟电机能效标准	183
7.1.3	全球能效标准的统一	184
7.1.4	我国电机能效标准	187
7.2	电机系统节能标准	189
7.2.1	国外标准状况	189
7.2.2	国内标准现状	191
7.3	电机系统能效检测方法	192
7.3.1	电机现场能效测量方法	192
7.3.2	电机驱动典型负载——空压 机现场节能量测量方法	202
7.3.3	电机驱动典型负载——风机 现场节能量测量方法	212
7.3.4	电机驱动典型负载——水泵 现场节能量测量方法	218
7.4	电机系统节能评估与分析	224
7.4.1	边界确定技术	224
7.4.2	节能量测量和评估方法	225
7.4.3	电机系统节能评价方法	230

第 8 章	电机系统节能技术及分析方法	238
8.1	电机系统节能的技术途径	238
8.2	高效电机的选择和应用	240
8.2.1	高效电机的选型	240
8.2.2	高效电机的应用	241
8.2.3	高效电机的适用范围	244
8.2.4	根据拖动设备选择高效电机	244
8.3	电机系统节能改造方法	245
8.3.1	电机的改造	245
8.3.2	控制装置的改造	246
8.3.3	传动装置的改造	248
8.3.4	被拖动装置的改造	248
8.3.5	管网的改造	249
8.3.6	风机系统的节能改造	249
8.3.7	泵系统的节能改造	252
8.3.8	空压机系统的节能改造	254
8.4	电机系统节能产品	257
8.5	全寿命成本分析法	266
8.5.1	周期成本分析技术	266
8.5.2	高效电机的使用成本分析	268
缩写符号及释义		273
参考文献		275

高 效 电 机

1.1 概述

电机是风机、泵、压缩机、机床、传输带等各种设备的驱动装置，广泛应用于冶金、石油、化工、煤炭、建材、公用设施等多个行业和领域，是用电量最大的耗电机械。据统计测算，2015年，我国电机保有量约24亿kW，总耗电量约3.5万亿kW·h，全社会用电量5.55万亿kW·h，占全社会总用电量的65%；其中工业领域电机总耗电量为2.9万亿kW·h，工业用电量为3.93万亿kW·h，占工业用电的74%，工业电机耗电占全社会总用电量的52%。

近年来在国家政策的支持下，我国电机能效水平逐步提高，但总体能效水平仍然较低。从电机自身看，我国电机效率平均水平比国外低3%~5%，目前国内存量电机中高效电机占比仅为8%左右，而在用的高效电机仅占3%左右；从电机系统看，因匹配不合理、调节方式落后等原因，造成电机系统运行效率比国外先进水平低10%~20%。低效电机的大量使用造成巨大的用电浪费。工业领域电机能效每提高一个百分点，年节约用电可达260亿kW·h左右。通过推广高效电机、淘汰在用低效电机、对低效电机进行高效再制造，以及对电机系统根据其负载特性和运行工况进行匹配节能改造，可从整体上提升电机系统效率5%~8%，实现年节电1300亿~2300亿kW·h，相当于2~3个三峡电站的年发电量。

从国际上看，面对资源约束趋紧的发展环境，全球主要发达国家都将提高电机能效作为重要的节能措施。2008年国际电工技术委员会(IEC)制定了全球统一的电机能效分级标准(见表1-1)，并统一了测试方法；美国从1997年开始强制推行高效电机，2011年又强制推行超高效电机；欧洲于2011年也开始强制推行高效电机。我国2006年发布了电机

能效标准 (GB 18613—2006), 近年来参照 IEC 标准组织进行了修订, 新标准 (GB 18613—2012) 于 2012 年 9 月 1 日正式实施。按照国家新标准, 我国现在生产的电机产品绝大多数都不是高效的 (高效电机是指达到或优于 GB 18613—2012 标准中节能评价值的电机)。为加快推动工业节能降耗, 促进工业发展方式转变和“十二五”节能约束性目标的实现, 必须大力提升电机能效。

表 1-1 中小型三相异步电机能效标准对比

标准	IEC 60034—30 (国际标准)	GB 18613—2012 (我国 2012 版标准)	GB 18613—2006 (我国 2006 版标准)
能效等级	IE4	能效一级	
	IE3	能效二级	能效一级
	IE2	能效三级	能效二级
	IE1		能效三级

- 注 1. 我国电机能效标准仅对低压三相笼型异步电机能效提出了要求。
2. 按照 2012 版新标准, 高效电机仅指达到能效二级 (相当于 IE3 能效标准) 及以上的电机。

《关于组织实施电机能效提升计划 (2013—2015 年) 的通知》提出到 2015 年实现电机产品升级换代, 50% 的低压三相笼型异步电机产品、40% 的高压电机产品达到高效电机能效标准规范; 累计推广高效电机 1.7 亿 kW, 淘汰在用低效电机 1.6 亿 kW, 实施电机系统节能技改 1 亿 kW, 淘汰电机高效再制造 2000 万 kW, 2015 年全年实现节电 800 亿 kW·h, 相当于节能 2600 万 t 标准煤, 减排二氧化碳 6800 万 t。

1.2 高效电机实施方案

1.2.1 加快推广高效电机

1. 充分利用财政补贴政策拉动高效电机市场

一是落实好节能产品惠民工程高效电机推广财政补贴政策。依据中小型低压电机能效标准 (GB 18613—2012) 及高压电机相关规范, 调整高效电机推广范围, 公布生产企业及相关产品型号, 加大高效电机推广财政补贴力度。二是抓住节能产品惠民工程高效风机、泵、压缩机推广财政补贴政策实施的有利时机, 逐步把选用高效电机作为高效风机、泵、压缩机等通用设备入围节能产品惠民工程的必要条件, 延伸财政补助推

广高效电机的产业链,进一步带动高效电机推广应用。截至2015年,直接推广的高效电机累计7600万kW,配套给高效风机、泵、压缩机中的高效电机累计7700万kW,配套给机床等其他设备的高效电机累计1700万kW(见表1-2)。

表1-2

高效电机推广目标

单位:万kW

项目 年份	直接推广的 高效电机	配套给高效风机、泵、 压缩机中的高效电机	配套给其他设备的 高效电机	小计
2013年	1100	1300	300	2700
2014年	2500	2400	500	5400
2015年	4000	4000	900	8900
合计	7600	7700	1700	17000

2. 促进电机生产转型

贯彻执行2012版电机能效新标准,禁止电机企业生产能效等级低于3级的低效电机。加强政策引导和能效评定审查,加强电机能效标识备案管理,确保新增电机产品全部达到高效电机能效标准,引导现有电机企业逐步转型生产高效电机。到2015年,当年生产的低压三相笼型异步电机有50%以上、高压电机有40%以上,达到高效电机标准规范(见表1-3)。

表1-3

高效电机生产导向目标

单位:万kW

项目 年份	低压高效电机	高压高效电机	小计
2013年	1400	1300	2700
2014年	3200	2200	5400
2015年	5500	3400	8900
合计	10100	6900	17000

3. 提升高效电机产业化能力

推动高效电机关键配套材料和装备规模化生产,不断降低高效电机生产成本,提高高效电机生产保障能力。支持福建、上海、浙江等省市建设3~5个高效电机定转子冲片产业化示范工程,年生产能力达到70万t;支持苏州、上海等地建设2~4个新型绝缘材料和绝缘系统产业化示范工程,年生产能力达到5万t;支持武钢、宝钢等企业提升规模化生

产高牌号冷轧硅钢片的技术水平，年产能达到 170 万 t。

1.2.2 淘汰低效电机

1. 制定在用低效电机淘汰路线图

充分运用行政、市场、经济等手段，推动落后低效电机逐步退出应用市场。到 2013 年底，完成列入工业和信息化部《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》（第一批）J 系列在用电机及第二批淘汰目录中 1993 年前生产的 Y 系列三相异步电机的淘汰任务；2015 年前，完成 2003 年前生产的 Y 系列三相异步电机及 Y2 和 Y3 系列电机的淘汰任务（见表1-4）。

鼓励企业主动淘汰服役时间超过 20 年（或总运行时间超过 6 万 h）的高压三相笼型异步电机。

地方工业主管部门可结合实际，制定更加超前的在用低效电机淘汰路线图，确保完成本地淘汰低效电机目标任务。

表 1-4 在用低效电机淘汰路线图 单位：万 kW

时间	淘汰依据	主要型号、系列	淘汰量
2013 年底前	工业和信息化部高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第一批）	J02、J03、J2、BJ0、JB3、JZ、JZ2、JZR、JZR2、JZB、JZRB	2000
	工业和信息化部高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第二批）	1993 年（含）以前生产的 Y 系列低压三相异步电机	2000
2014 年底前	工业和信息化部高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第二批）	1998 年（含）前生产的 Y 系列低压三相异步电机	6000
2015 年底前	工业和信息化部高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第二批）	2003 年（含）前生产的 Y 系列低压三相异步电机	6000
	拟定第三批淘汰目录	2003 年（含）前生产的 Y2、Y3 系列及电机生产企业自行命名的低压低效三相异步电机	
合计		16000	

2. 完善落后电机淘汰机制

一是按照电机能效新标准，制定《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》（第三批），将 Y2、Y3 系列等低压低效三相异步电机及低效风

机、泵、压缩机等通用设备纳入淘汰目录。二是把淘汰低效电机与重点用能企业节能目标任务相结合,指导列入国家万家企业节能低碳行动的工业企业,把淘汰落后电机、提升电机能效作为节能降耗的重要措施,尽快制定工作方案并组织实施。三是把淘汰落后电机与电机系统节能改造相结合,支持系统节能改造时用高效电机替换低效电机,利用电机系统节电收益抵减购买高效电机的费用。四是支持建立规模化、规范的废旧电机回收拆解及再利用企业,推进淘汰电机定点回收补偿机制。

3. 分解淘汰任务

组织对工业企业开展在用电机及电机系统普查,对照淘汰路线图,确定应淘汰的电机设备和功率,分年度下达落后电机淘汰目标任务。企业按照落后电机淘汰目标任务,制定3年的淘汰计划,对列入淘汰范围的电机,明确淘汰时间和措施,并组织实施。

1.2.3 实施电机系统节能技术改造

1. 制定节能改造总体方案

年耗电1000万kW·h以上的重点用电企业要结合实际,尽快制定电机系统节能改造方案(2013—2015年),明确3年电机系统能效提升目标,节能改造重点及措施(包括以旧换新、电机高效再制造及电机系统技术改造等内容),总投资及实施进度等内容。

2. 加强对电机系统节能改造技术指导

引导企业采用适宜的技术对低效运行的风机、泵、压缩机等电机系统进行适应性节能改造。应用变频调速、变极调速、相控调压、功率因数补偿以及电机与拖动设备、运行工况匹配技术对电力、冶金、石油、化工、机械、建材、食品、纺织、造纸等行业的风机、压缩机、泵等设备进行改造。应用能效检测分析、自动控制管理系统等方式,对化工、轻纺、制药、冶金等行业重点企业的电机系统进行优化和运行控制,改造上下游关联度较大的生产线和电机系统集群(见表1-5)。

表 1-5

电机系统节能改造技术指南

单位: 万 kW

序号	技术方案	适用场所	节电效果	改造容量
1	变频调速技术	可用于高压、低压电机系统改造,适用于需要频繁调节流量的场所,如风机、水泵、压缩机等	节电率为10%~50%,投资回收期一般在2年左右	4000

续表

序号	技术方案	适用场所	节电效果	改造容量
2	变极调速技术	主要用于高压电机系统改造,适用于需要定量调节、但不需要频繁调节流量的场所,如风机、水泵等	节电率为 20% 以上,投资回收期一般在 1 年左右	1000
3	相控调压技术	可用于高压、低压电机系统改造,适用于负荷功率因数较低,负载变化较大且速度恒定的场所,如机床、输送带等	节电率为 2%,投资回收期一般在 3 年左右	250
4	功率因数补偿	适用于负荷功率因数低、负载功率变化大,变化速度快、有谐波源且谐波污染大的电机集群,如钢厂、化工厂、机械加工厂等	综合节电率为 4% 左右,投资回收期一般在 3~5 年	250
5	电机与拖动设备、运行工况匹配技术	解决电机额定功率与拖动设备运行功率不匹配问题,适用于高压、低压电机系统“大马拉小车”的改造,如风机、水泵、车床等	节电率为 3%~5%,投资回收期一般在 2~4 年	1500
		解决重载或大惯量设备要求启动转矩大、运行效率低的问题,适用于高启动转矩且常处于空载、轻载的场合,如冲床、搅拌机、磨机、抽油机、注塑机等	节电率为 5%~15%,投资回收期一般在 1~3 年	1500
		解决拖动设备效率低或输出与需求不匹配造成系统效率低的问题,适用于压力过大、扬程过高或流量过大的场所,如风机、水泵等	节电率为 10%~30%,投资回收期一般在 1~2 年	1000
6	电机系统优化和运行控制	适用于电机密集且关联度较大的生产线和工厂,如化工、轻纺、制药、食品、冶金等工业企业中同一工序设备多用、多备和上下游工序影响较大且工艺、产能经常变化的场所	节电率为 5%~15%,投资回收期一般在 2~3 年	500
合计		10000		

1.2.4 实施电机高效再制造

1. 建设电机高效再制造示范工程

在批准建设上海电科电机科技有限公司“国家电机高效再制造示范工程”的基础上,继续支持基础条件好、具有一定规模优势的再制造企业建设一批电机高效再制造示范工程。

2. 开展电机高效再制造试点

选择上海市、安徽省、陕西省、湖南省、江西省等工业基础较好、技术实力较强、具有一定规模优势的省(市),开展电机高效再制造试点。试点地区加快编制试点工作方案,明确地方支持电机高效再制造的政策措施。2015年底前,建立较完善的废旧电机回收体系,完成关键技术研发及产业化示范。

3. 建立废旧电机回收机制和体系

一是建立废旧电机定点回收机制,探索各种形式的“以旧换新”实施机制,推动废旧电机回收企业与电机高效再制造及拆解企业建立合作模式,确保回收的旧电机仅用于再制造高效电机或者进行拆解,不再回流进入二级市场。二是建立废旧电机定向回收体系,支持再制造企业以大宗用户定向回购等方式回收废旧电机。2015年前,试点地区形成年5000万kW废旧电机的回收能力。

4. 加强电机再制造基础能力建设

制定电机高效再制造的产品标准、设计与应用规范。加强再制造电机与负载匹配技术研究,再制造产品质量控制、工艺及装备制造能力和检测能力建设,再制造前的节能诊断、技术咨询和再制造后的现场安装、现场测试、节能评估。组织开展电机高效再制造产品认定,提高再制造电机可靠性和安全性(见表1-6)。

表 1-6 我国电机再制造基础能力建设主要任务

时间	项目	主要内容	依托单位
2013— 2015 年	技术 研究	再制造设计与拖动负载特性的匹配技术研究、再制造变极调速电机定子绕组设计技术研究、再制造变极调速电机定子绕组接线控制装置研究、再制造电机降低定子铜损耗、机械损耗和杂散损耗的技术研究	上海电科电机科技有限公司、 国家高电压计量站

续表

时间	项目	主要内容	依托单位
2014年 底前	标准 体系 建设	1. 产品标准：制订 YX3 系列高效率三相异步电机技术条件、YSFE2 系列风机水泵专用高效三相异步电机技术条件、YX 系列高压高效三相异步电机技术条件、YDT 系列变极双速高压三相异步电机技术条件等； 2. 工艺和检验规范：旧件检测与评估规范、绿色环保拆解工艺规范、再制造产品铭牌标识及包装要求规范；再制造产品质量控制规范； 3. 现场实施规范：针对不同设备和连接方式的旧电机拆卸现场操作规范、再制造高效电机安装调试操作规范； 4. 针对不同设备的现场能效测试方法	上海电机系统节能工程技术研究中心有限公司、全国旋转电机标准化技术委员会、全国防爆电气设备标准化委员会防爆电机标准化分技术委员会
2013— 2015 年	检测 能力 建设	用于拆解特殊装备的研究与制造；再制造产品检测能力；现场能效测试装置、电机系统能效评估专家系统	第三方电机能效计量检测机构、中国电器工业协会防爆电机分会、上海电科电机科技有限公司、安徽皖南电机股份有限公司、西安西玛电机股份有限公司、湘潭电机股份有限公司
2013— 2015 年	产品 认定	建立再制造高效电机产品认证体系：建立认证机构、确认检验机构、制定认证实施细则、开展产品认证	相关认证机构、检验机构、研发机构和再制造示范企业

1.2.5 加快高效电机技术研发及应用示范

面向全国筛选一批高效电机设计、控制、匹配及关键材料装备等领域的先进技术，发布先进适用技术目录，引导电机生产企业加强技术研发，提高数字信号处理能力，加强对电机控制系统进行优化。推动安全可靠的绝缘栅双极型晶体管（IGBT）等电力电子芯片及模块在电机节能领域的推广应用。充分发挥全国专业性的核心电机研究机构的力量，加强电机生产企业与用户之间的合作，开发符合市场需求的电机产品。对成熟先进的技术，加强与应用环节的衔接，开展应用示范，加快推广应用（见表 1-7）。