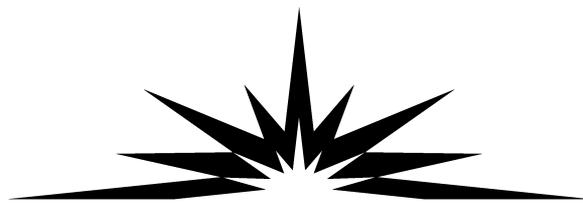


中国可持续能源项目

大卫与露茜尔·派克德基金会  
威廉与佛洛拉·休利特基金会  
能 源 基 金 会  
项目资助号：G-1006-12680



# “十二五” 电力需求侧管理推进 途径研究

国家发改委能源研究所

国瑞沃德(北京)低碳经济技术中心

2011 年 5 月

# 目 录

一、“十二五” DSM 推广应用前景分析 .....	1
(一) 电力供需形势 .....	1
(二) DSM 的战略地位 .....	2
(三) DSM 支持政策 .....	3
(四) DSM 资源潜力 .....	4
二、DSM 资源潜力分析方法 .....	5
(一) DSM 资源潜力的界定 .....	5
(二) DSM 节电潜力分析方法 .....	6
(三) 负荷优化潜力分析方法 .....	7
三、全国 DSM 节电潜力分析 .....	9
(一) 电力消费现状与趋势 .....	9
(二) “十二五” DSM 节电潜力 .....	11
四、主要高耗能行业 DSM 节电潜力分析 .....	14
(一) 钢铁行业 .....	14
1、行业现状与发展趋势 .....	14
2、DSM 节电潜力分析 .....	14
(二) 建材行业 .....	18
1、行业现状与发展趋势 .....	18
2、DSM 节电潜力分析 .....	19
(三) 化工行业 .....	22
1、行业现状与发展趋势 .....	22
2、DSM 节电潜力分析 .....	23
(四) 有色金属行业 .....	32
1、行业现状与发展趋势 .....	32
2、DSM 节电潜力分析 .....	32
五、典型用电设备 DSM 节电潜力分析 .....	37
(一) 电动机 .....	37
1、电动机应用与电耗现状 .....	37
2、电机系统节电潜力 .....	39
(二) 照明器具 .....	40
1、照明产品应用与电耗现状 .....	40
2、照明节电潜力 .....	43
(三) 空调器 .....	44

1、空调器应用与电耗现状 .....	44
2、空调节电潜力 .....	45
(四) 变压器 .....	46
1、变压器应用与电耗现状 .....	46
2、变压器节电潜力 .....	48
六、“十二五” DSM 推广用途 .....	50
七、政策建议 .....	54
附录一 钢铁行业重大 DSM 节电技术 .....	56
附录二 建材行业重大 DSM 节电技术 .....	66
附录三 石化行业重大 DSM 节电技术 .....	74
附录四 有色金属行业重大 DSM 节电技术 .....	85
附录五 纺织行业重大 DSM 节电技术 .....	89
附录六 轻工行业重大 DSM 节电技术 .....	91
附录七 机械行业重大 DSM 节电技术 .....	96
附录八 通用 DSM 节电技术 .....	99

## 一、“十二五”DSM推广应用前景分析

电力需求侧管理(DSM)是由政府主导、以经济激励为主要手段、引导和激励广大电力用户优化用电方式、提高终端用电效率、实现重大电量和电力节约的系统工程。从电力供需形势、DSM的战略地位、DSM支持政策、DSM资源潜力等方面综合分析判断,“十二五”期间DSM的全面和深入推广应用前景广阔,面临极好的历史机遇。

### (一) 电力供需形势

“十二五”是我国发展仍可以大有作为的重要战略机遇期,同时也将是各种问题和矛盾愈加凸显的时期。在诸多问题与矛盾中,电力供需矛盾很可能成为经济社会生活中的主要矛盾之一。

从电力需求看,“十二五”期间经济社会的进一步发展、居民生活水平的提高,客观上将带来新的电力需求。其中,加速推进的工业化、城镇化将成为电力需求增长的主要驱动力。虽然国家“十二五”规划中提出的年均GDP增长预期目标值是7%,但各地区规划的这一数字无不高于7%。从规划的内容看,除北京等少数地区外,大多数地区、特别是中、西部地区把工业作为地方经济发展的主要引擎。这意味工业产能仍将保持较快的扩张速度,工业基础设施的大规模新建及其运行,将极大地拉动对电力的新需求。城镇化方面,根据国家“十二五”规划,2015年全国城镇化率将从2010年的47.5%提高到51.5%、新增4个百分点。这意味着“十二五”期间我国城镇化将延续“十五”以来的加速发展趋势,5年里城镇人口将新增5000多万人;相应的城镇基础设施建设、公共服务、新城镇居民的生活等,客观上将带来相当大的电力新需求。此外,随着新能源汽车产业的发展、电动汽车的逐步推广应用,也将带来新的电力需求。综合考虑以上因素,预期“十二五”期间电力需求将保持年均两位数的快速增长。

从电力供应看,受政治、经济、资源、环境、气候、体制等诸多因素的影响和制约,“十二五”期间电力部门势恐难以提供充分、可靠的电力供应保障。电源建设方面,受日本核电危机的影响和警示,预料我国核电建设规模、步伐将相对放缓;主要地受市场煤、计划电这一难以化解的体制性矛盾掣肘,加上可能施加于发电企业的温室气体减排强制性约束,使得大容量火电机组的及时建设与有效运行存在不确定性;水电开发提速则需要应对生态、移民、央企和地方利益协调等诸多问题;等等。在电力输送和电网安全方面,电源建设与电网建设规划的协调性差、电网建设滞后、小水电、风电无序建设造成的“窝电”现象并非个案;风电的非连续性及其大规模开发、以及基于区域电网的风电统一调度机制的缺乏

对电网的安全、经济、可靠运行带来大的冲击。总而言之，“十二五”期间电力供应形势不容乐观。

综合多种因素分析和判断，“十二五”期间电力供需的不平衡、不协调问题有可能成为经济平稳运行的瓶颈制约，居民生活用电可能受到较大影响；2011年夏季电力供需缺口可能达 3000 万 kW；如果不及时采取得力措施，“十二五”后四年里，电力供需的不平衡、不协调问题仍将非常突出。全面和深入推进 DSM，是有效化解电力供需矛盾、确保“十二五”经济平稳运行的现实需要。换言之，“十二五”期间电力供需的不平衡、不协调，为全面和深入推进 DSM 提供了极好的历史机遇。

## (二) DSM 的战略地位

“十二五”规划中提出的、未来五年我国经济社会发展的指导思想是：以科学发展为主题，以加快转变经济发展方式为主线，深化改革开放，保障和改善民生，促进经济长期平稳较快发展和社会和谐稳定，为全面建成小康社会打下具有决定性意义的基础。

为了应对日趋强化的资源环境约束，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，国家“十二五”规划中，首次明确提出了“绿色发展”理念，以及一系列颇具挑战性的绿色发展指标，包括：单位 GDP 能耗降低指标；非化石能源占一次能源消费比重指标；单位 GDP 二氧化碳排放量降低指标等。上述指标均是约束性的硬指标，符合我国“十二五”时期经济社会发展要求节约能源、保护环境、走可持续发展之路的现实和迫切需要，充分体现了我国政府加快推进绿色转型的国家意志。

在上述经济社会发展背景下，推行 DSM 不仅仅是化解电力供需矛盾的需要，而是有着更为丰富和深远的战略意蕴。全面和深入推进 DSM，是保障和改善民生的有效措施，是促进电力、能源、经济发展方式转型的重大途径，是加快节约型社会建设的关键举措。DSM 保障和改善民生的功用包括两个方面：一方面，DSM 的有效实施可为优先保障居民用电提供制度安排和较好的实施基础条件；另一方面，DSM 的实施将促进电能服务业的发展，创造新的绿色就业机会。DSM 促进电力、能源、经济发展方式转型的功用主要体现为：促进电力、能源发展从单一地依赖开发供应侧资源的传统方式向统筹开发需求侧资源和供应侧资源转变；通过优先保障高附加值、低电耗行业和战略性新兴产业的用电，同时限制高能耗行业的用电需求，促进经济发展方式的加快转型。DSM 促进节约型社会建设的作用则人所熟知：DSM 不仅可实现电量、电力的节约，还可以实现土地、水、材料等的多种节约效果。故此，DSM 在我国经济社会发展战略、电力和能源发展战略、节能减排战略中均占有突出重要的地位。这意味着“十二五”期间，

DSM 有望获得较多的政府资源的支持。

### (三) DSM 支持政策

“十一五”期间，我国 DSM 支持政策的发展取得了明显进展。目前，我国已经初步建立了综合性的 DSM 支持政策体系。这些 DSM 支持政策的制定和施行，为未来 DSM 的全面和深入推进创造了较好的政策环境。

我国现有的 DSM 支持政策，主要包括以下几类。

(1) 法律法规支持。修订后的《节能法》明确规定：国家运用财税、价格等政策，支持推广 DSM；实行峰谷分时电价、季节性电价、可中断负荷电价制度，鼓励电力用户合理调整用电负荷；对钢铁、有色金属、建材、化工和其他主要耗能行业的企业，分淘汰、限制、允许和鼓励类实行差别电价政策。这为 DSM 在我国的推行提供了根本性的法律保障。

(2) 规划引导和工程推动。国家“十二五”规划明确提出：健全节能市场化机制，加快推行电力需求侧管理。此外，政府有关部门正在研究组织实施 DSM 专项工程/重大行动。预期这些将对“十二五”期间 DSM 的推广应用起到持续引导和重大推动作用。

(3) 行政规章支持。2010 年 11 月，国家发改委、工信部、财政部、国家能源局等联合发布了《电力需求侧管理实施办法》，明确提出了开展 DSM 的总的原则、一系列 DSM 具体措施、DSM 经济激励政策，特别是对电网公司提出了年节约电量 0.3%、年节约电力 0.3%的量化指标。该《办法》被认为是我国关于开展 DSM 的纲领性政策文件，预期将起到指导和推动“十二五” DSM 推广应用的关键作用。此外，2011 年 1 月，工信部发布了《关于做好工业领域电力需求侧管理工作的指导意见》，明确提出了“十二五”期间工业领域电力需求侧管理的工作目标、主要任务和重点工作、保障措施。

(4) 经济激励。目前中央和地方政府施行的相关财政、税收、价格、金融政策，对 DSM 的实施形成了直接或间接的经济激励。中央财政安排的节能技改项目财政奖励资金、合同能源管理项目财政奖励资金、高效节能产品财政补贴资金等，以及有关节能的增值税、企业所得税、营业税优惠政策，为 DSM 的实施提供了间接的财政激励。在地方层面，河北、山西、江西、甘肃等设立了省级 DSM 专项资金，采用奖励、补贴等方式，为 DSM 的实施提供直接的财政激励。在价格政策方面，已经有峰谷电价、差别电价、尖峰电价等多种 DSM 价格支持政策。

#### (四) DSM 资源潜力

尽管“十一五”期间我国 DSM 实施取得了积极进展和成效，但无论是从现状还是发展的角度看，我国仍存在巨大的电量和电力节约资源潜力。在终端用电效率方面，我国单位 GDP 电耗、主要耗电产品单位电耗、用电设备效率与国际先进水平相比均存在不同程度的差距。另一方面，我国幅员广阔，气候等自然条件以及产业结构不同，导致各地电网负荷特性差异较大；利用各地区的峰谷差、时间差，发挥电力系统联网特性来削峰填谷，这方面的潜力有待深入挖掘。总之，从 DSM 资源潜力的角度来看，“十二五” DSM 将大有可为。

## 二、DSM 资源潜力分析方法

### (一) DSM 资源潜力的界定

DSM 作为一项系统工程，需要实施地区做出超前的 DSM 规划。只有在对一定时期内通过实施 DSM 措施可以带来的节电潜力、负荷优化潜力有了深入了解的基础上，才能科学、合理地制定 DSM 规划目标和可操作化的实施方案，为实现 DSM 的长效机制奠定基础。因此，对 DSM 资源潜力进行深入分析是实施 DSM 不可或缺的基础工作。

DSM 活动的目标主要集中在电力和电量的改变上：一方面采取措施节省电力系统的发电量，在满足同样的电力服务的同时减少全社会用电量的耗费；另一方面是采取措施降低电网峰荷时段的电力需求、或增加电网低谷时段的电力需求，起到移峰填谷的作用。

一般意义上的 DSM 资源潜力（狭义 DSM 资源潜力）包括两个方面：一是节电资源潜力；二是负荷优化潜力。节电资源潜力包括电力节约潜力和电量节约潜力，主要涉及两个层面：一是 DSM 技术潜力；二是 DSM 经济潜力。DSM 技术潜力是指在规划期内技术上可行的节电资源，即只要使用比现行更高效率的技术便可能实现的节电资源量。DSM 经济潜力指技术可行、经济合理的节电资源，它是在 DSM 技术潜力的基础上，通过成本效益分析后判定的具有成本有效性的节电资源，挖掘这些资源不但可获得技术效率，而且可同时获得经济效率，取得节电经济效益效果。

负荷优化潜力则是指通过采取适当措施而使电力系统负荷得到优化、负荷率得到提高的潜力。通常采取的负荷优化措施有三种：一是行政措施，即采取有序用电措施对需求侧电力负荷进行干预和管理；二是 DSM 经济措施，即采用峰谷电价政策等经济手段，引导电力用户在高峰时少用电，在低谷时多用电；三是 DSM 技术措施，主要是采用蓄热和蓄冷技术来转移电力负荷。

“十一五”以来，随着我国节能减排形势的日益严峻，余热余压等余能及可燃废气的回收利用受到了越来越多的关注和重视，一大批余热余压发电项目、可燃废气发电项目、能源替代项目得到了实施。由于能源替代以及余热余压回收利用客观上起到了减少对电力供应侧电力与供电量需求的作用，因此，广义上的 DSM 资源潜力应包括能源替代、余能回收所能形成的电力和电量节约潜力。

根据对 DSM 资源潜力的界定，广义的 DSM 资源潜力，概括起来大体上包括如下几个方面：

- 提高照明、空调、电动机及系统、电热、冷藏、电化学等设备用电效率所节约的电力和电量；
- 蓄冷、蓄热、蓄电等改变用电方式所转移的电力；
- 能源替代、余能回收所减少和节约的电力和电量；
- 合同约定可中断负荷所转移或节约的电力和电量；
- 建筑物保温等改善用电环境所节约的电力和电量；
- 用户改变消费行为减少或转移用电所节约的电力和电量；
- 自备电厂参与调度后电网减供的电力和电量。

DSM 资源潜力涉及以下对象：

- 用户终端的主要用电设备，如照明系统、空调系统、电动机系统、电热、电化学、冷藏、热水器等；
- 可与电能相互替代的用能设备，如以燃气、燃油、燃煤、太阳能、沼气等作为动力的替代设备；
- 与电能利用有关的余热回收，如热泵、热管、余热和余压发电等；
- 与用电有关的蓄能设备，如蒸汽蓄热器、热水蓄热器、电动汽车蓄电池等；
- 自备发电厂，如自备背压式、抽气式热电厂等；
- 与用电有关的环境设施，如建筑物的保温、自然采光采暖等。

DSM 资源潜力分析是指对实施电力需求侧管理措施所导致的节电潜力以及负荷优化潜力进行分析。DSM 资源潜力分析是 DSM 规划的数据基础和重要组成部分。

## （二）DSM 节电潜力分析方法

DSM 节电潜力包括技术潜力、经济潜力。技术潜力是仅以电能利用效率为单指标进行分析，不考虑技术的经济性。经济潜力则是综合考虑了技术经济性后的潜力。

在对技术节电潜力进行分析时，首先要对主要用电设备(如电动机、照明设备、空调、变压器等)的用电容量进行调查、汇总统计；在此基础上根据推广各类设备中的节能设备相应的节电率，得出在主要用电设备中推广实施节电设备、技术所节约的电力；根据行业主要用电设备节约的电力，分别考虑各类设备的年利用小时和峰负荷同时率，得出主要用电设备节约的电量和可免容量；再分别对

节约的电量和可免容量进行累加，得到推广实施节电设备、技术所产生的技术节电潜力。

经济节电潜力和消费者所期望的投资回收年限及投资汇报率有关，是技术节电潜力带来的经济效益与投资成本综合比较评价的一种期望。经济节电潜力是技术性节电潜力、投资成本以及电价的函数。一般情况下，只有当 DSM 项目具有经济节电潜力时，电力用户才会有参与实施 DSM 的积极性。

### （三）负荷优化潜力分析方法

负荷优化潜力分析流包括三个方面：

- 分析有序用电所带来的负荷优化潜力；
- 分析 DSM 经济措施的负荷优化潜力；
- 分析 DSM 技术措施的负荷优化潜力。

#### （1）有序用电的负荷优化潜力分析

对实施有序用电的潜力进行分析主要从以下两个方面着手进行：

- 分析地区的电力供需形势。在分析负荷优化潜力时，要假定负荷出现供需小平衡时条件，以估算其它负荷优化的潜力。
- 分析行业最大可中断负荷比例。各行业的最大可中断负荷比例取决于行业的生产用电特性和负荷结构。实施有序用电管理的负荷优化潜力取决于行业的最大可中断负荷。

#### （2）实施 DSM 经济措施的负荷优化潜力分析

主要分析实施峰谷分时电价、可中断负荷电价等经济政策所带来的负荷优化潜力。对实施峰谷分时电价的负荷优化潜力进行分析，主要是对其实施所转移的峰负荷进行分析。对于峰谷分时电价的负荷优化潜力分析，可按如下步骤进行：

- 根据峰谷分时电价与用户响应度存在正相关性，可以通过对已实施地区峰、平、谷时段用电量的历史数据进行分析，找出电价和用户响应度的相关性。
- 根据电价与用户响应度的相关性，分析峰谷分时电价的实施对于优化负荷曲线的潜力，预测峰谷分时电价对各时段用电量的影响，从而对规划期内实施峰谷分时电价对优化负荷曲线的潜力进行分析。

实施可中断负荷电价的负荷优化潜力取决于如下因素：一是所实施行业（企业）的最大可中断负荷比例；二是可中断负荷电价的高低；三是所实施用户对可中断负荷电价的响应度。其分析流程如下：

- 分析可中断电价与用户响应度相关关系。通过对历史数据进行回归分析，找出电价和响应度的相关性。若规划地区尚未实行可中断负荷电价，或实施时间较短而无足够的历史数据，则可通过预先设计可中断负荷电价，并通过对各类行业用户的调查分析，得到用户对拟实施电价的响应度。
- 求解行业实施可中断负荷电价所削减的峰负荷。根据行业最高负荷(以预测值为准)、行业最大可中断负荷比例以及用户响应度3个变量，可以求出行业实施可中断负荷电价所削减的峰负荷。

### (3) 实施 DSM 技术措施的负荷优化潜力分析

实施 DSM 负荷管理技术措施的负荷优化潜力分析主要是针对电蓄能设备的安装、使用对于改善用户用电方式，优化系统负荷的效果进行分析预测。分析工作包括：调查目标区域空调负荷和采暖负荷；计算转移负荷量。

鉴于广义的 DSM 资源潜力涵盖内容更为广泛，同时考虑到负荷优化潜力分析难于量化，本研究仅限于对广义的 DSM 节电潜力进行分析。

### 三、全国 DSM 节电潜力分析

#### (一) 电力消费现状与趋势

“十一五”期间，我国工业化、城镇化的快速推进、居民生活水平的不断提高、人口增长等共同拉动了电力消费的持续快速增长，全社会电力消费总量从2005年的24940亿 kWh 增至2010年的41923亿 kWh，年均电力消费增长率超过11%，年均电力消费弹性系数约为1。

表 3-1 2005-2009 年全社会与分行业电力消费量 单位：亿 kWh

行 业	2005	2006	2007	2008	2009
电 力 消 费 总 量	24940.32	28587.97	32711.81	34541.35	37032.14
农、林、牧、渔、水利业	776.33	827.04	878.96	887.05	939.90
工业	18521.69	21267.74	24290.81	25388.63	26854.49
制造业	13126.01	15387.40	17832.78	18588.88	19685.98
电力/煤气/水生产和供应业	3915.34	4401.07	4868.24	5098.48	5406.74
建筑业	233.93	271.05	309.00	367.34	421.90
交通运输、仓储和邮政业	430.34	467.37	531.91	571.82	617.01
批发、零售业和住宿、餐饮业	752.31	847.25	929.82	1017.44	1136.77
其他行业	1340.91	1555.94	1708.60	1912.97	2189.92
生活消费	2884.81	3351.58	4062.71	4396.10	4872.16

表 3-2 2010 年全国电力工业统计数据

指 标 名 称	单 位	2010 年	5 年年均增长 (±、%、百分点)
全国全社会用电量	亿 kWh	41923	11.09
第一产业	亿 kWh	984	5.44
第二产业	亿 kWh	31318	10.91
轻工业	亿 kWh	5187	7.01
重工业	亿 kWh	25699	11.77
第三产业	亿 kWh	4497	12.25
城乡居民生活	亿 kWh	5125	12.65
全国线路损失率	%	6.49	-0.14
全国供电量	亿 kWh	37739	11.92
全国售电量	亿 kWh	35289	12.09

2006-2010 年，第三产业、城乡居民生活用电增长最快，年均增长率超过 12%；

其次是第二产业，接近 11%。然而，第二产业用电量构成中，“十一五”重工业用电量年均增长率约为 11.8%，是拉动全社会用电量增长的主要力量。2010 年全社会分行业用电量为：第一产业、第二产业、第三产业、居民生活用电占全社会用电量的比重分别为 2.35%、74.7%、10.73%、12.22%；其中，重工业占第二产业用电量的比重高达 82.06%。

表 3-3 “十二五”经济社会发展主要指标

专栏 2 “十二五”时期经济社会发展主要指标					
指标	2010 年	2015 年	年均增长(%)	属性	
<b>经济发展</b>					
国内生产总值(万亿元)	39.8	55.8	7	预期性	
服务业增加值比重(%)	43	47	[4]	预期性	
城镇化率(%)	47.5	51.5	[4]	预期性	
<b>科技教育</b>					
九年义务教育巩固率(%)	89.7	93	[3.3]	约束性	
高中阶段教育毛入学率(%)	82.5	87	[4.5]	预期性	
研究与试验发展经费支出占国内生产总值比重(%)	1.75	2.2	[0.45]	预期性	
每万人口发明专利拥有量(件)	1.7	3.3	[1.6]	预期性	
<b>资源环境</b>					
耕地保有量(亿亩)	18.18	18.18	[0]	约束性	
单位工业增加值用水量降低(%)			[30]	约束性	
农业灌溉用水有效利用系数	0.5	0.53	[0.03]	预期性	
非化石能源占一次能源消费比重(%)	8.3	11.4	[3.1]	约束性	
单位国内生产总值能源消耗降低(%)			[16]	约束性	
单位国内生产总值二氧化碳排放降低(%)			[17]	约束性	
主要污染物排放总量减少(%)	化学需氧量		[8]	约束性	
	二氧化硫		[8]		
	氨氮		[10]		
	氮氧化物		[10]		
森林增长	森林覆盖率(%)	20.36	21.66	[1.3]	约束性
	森林蓄积量(亿立方米)	137	143	[6]	
<b>人民生活</b>					
城镇居民人均可支配收入(元)	19109	>26810	>7	预期性	
农村居民人均纯收入(元)	5919	>8310	>7	预期性	
城镇登记失业率(%)	4.1	< 5		预期性	
城镇新增就业人数(万人)			[4500]	预期性	
城镇参加基本养老保险人数(亿人)	2.57	3.57	[1]	约束性	
城乡三项基本医疗保险参保率(%)			[3]	约束性	
城镇保障性安居工程建设(万套)			[3600]	约束性	
全国总人口(万人)	134100	< 139000	< 7.2%	约束性	
人均预期寿命(岁)	73.5	74.5	[1]	预期性	

注：①国内生产总值和城乡居民收入绝对数按 2010 年价格计算，增长速度按可比价格计算；②[ ]内为五年累计数；③城乡三项基本医疗保险参保率指年末参加城镇职工基本医疗保险、城镇居民基本医疗保险和新型农村合作医疗的总人数与年末全国总人口之比；④城乡居民收入增长按照不低于国内生产总值增长预期目标确定，在实施中要努力实现和经济发展同步。

尽管我国已是世界第二大电力消费国，但人均用电量、人均生活用电量与发达国家相比水平仍有极大差距，2010 年两者分别为 3126kWh、382 kWh。综合判断国际国内形势，“十二五”时期我国发展仍处于可以大有作为的重要战略机遇期，经济社会仍将有较快的发展：GDP 年均增长率可能在 9%左右；城镇化率将继续提高；居民收入和消费水平将明显提高；电动汽车可能初步实现产业化发展。在工业化、城镇化、居民消费升级、汽车消费的可能电动化等诸多因素的共同作用下，“十二五”我国电力消费仍将呈快速增长趋势，预期年均电力消费增长率可能在 10%以上，年均电力消费弹性系数可能大于 1，2015 年全社会用电量可能接近 70000 亿 kWh。

## （二）“十二五” DSM 节电潜力

“十一五”期间，在国家一揽子节能政策的强力推动、以及全社会的共同努力下，我国节能工作取得了重大进展和成效。根据国家统计局公布的数据：2010年与2005年相比，单位GDP能耗下降了19%以上；单位工业增加值能耗降低了26%左右。然而，我国电力利用的经济效率、技术效率与发达国家相比仍存在较大差距；无论从现状还是发展的角度来看，“十二五”期间我国DSM节电都存在巨大的潜力空间。

我国电力利用效率与国外的差距具体体现在以下几个方面。一是单位GDP电耗高。2010年，我国万元GDP耗电量为1333kWh（按2005年不变价格计），与2005年的1348kWh/万元相比只下降了15kWh/万元，是发达国家的2-4倍。造成这一差距的原因是多方面的，主要是：我国尚处在工业化阶段，经济结构同发达国家不同；能源消费构成存在着差异；电能的低效利用和浪费性使用现象比较严重；随着经济社会的发展，能源消费呈电力化趋势，即电力消费占全社会能源消费的比重呈上升趋势。

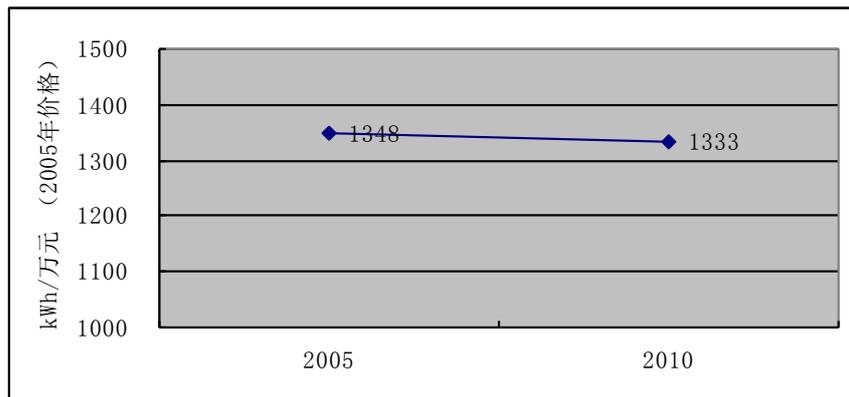


图 3-1 “十一五”我国单位GDP电耗变化趋势

二是单位产品电耗高。目前，我国不少工业产品的单位电耗与国际先进水平相比仍有不同程度的差距。造成差距的原因包括：生产规模、工艺路线、技术装备、管理运行等方面存在着差异。

三是用电设备效率低。在我国的终端用电设备中，包括风机、水泵、压缩机等电机拖动系统的电耗约占终端用电量的60%。我国中小电动机平均效率87%，风机、水泵平均效率75%，均比国际先进水平要低；特别是电机系统运行效率要比国外低10~20个百分点。电耗占全国电力消费总量12%左右的照明器具，低效照明产品仍占相当比例，由此造成的年照明电力浪费估计高达数百亿千瓦时。此外，空调、变压器等的用电效率，与国际先进水平相比都有不小的差距。

表 3-4 我国主要耗电产品单位电耗

	2007	2008	2009
原煤生产/kWh/t	20.6	20.0	19.5
选煤/kWh/t	7.2	6.9	6.8
石油和天然气开采/kWh/toe	154	150	129
钢/kWh/t (大中型企业)	433	445	434
硅铁/kWh/t	8426	8284	8102
电解铝 (交流) /kWh/t	14488	14323	14171
电解铜 (直流) /kWh/t	310	304	309
析出锌/kWh/t	3419	3338	3231
水泥/kWh/t	91	91	90
平板玻璃/kWh/重量箱	7.6	7.4	6.9
原油加工/kWh/t	60.0	60.3	60.2
乙烯/kWh/t	124.5	126.4	126.1
合成氨/kWh/t	1020.4	1183.8	1172.1
烧碱/kWh/t			
隔膜法	2364	2340	2309
离子膜法	2213	2201	2186
电石/kWh/t	3465	3440	3395
黄磷/kWh/t	13830	14416	13870
化纤/kWh/t	973	1094	1091

表 3-5 部分高耗电产品电耗国际比较

	中国					国际先进水平
	2000	2005	2007	2008	2009	
煤炭开采和洗选电耗/kWh/t	29.0	25.0	22.6	22.0	21.5	17.0
铜冶炼综合能耗/kgce/t	1227	780	610	549	509	500
电石电耗/kWh/t	3475	3450	3465	3440	3395	3000
黄磷电耗/kWh/t	14600	14350	13830	14416	13870	13050
化纤电耗/kWh/t	2276	1396	1086	1094	1091	980

表 3-6 我国分用途终端用电量 (2009 年)

	用电量/亿 kWh	构成/%
全社会终端用电量	31783	100.0

家用电器	4848	15.3
其中：房间空调器	2095	
电冰箱	989	
彩色电视机	569	
电炊具和微波炉	411	
电淋浴热水器	200	
照明	4300	13.5
通用设备	22635	71.2
其中：电机系统	19070	60.0
其中：泵	6675	21.0
风机	3185	10.0
压缩机	2860	9.0
中央空调	1910	6.0

注：照明和通用设备用电为估算值，照明用电中包括公共照明用电。

表 3-7 我国家用电器用电量（2009 年）

	拥有量/亿台		用电量/亿 kWh	
	居民家庭	全社会	居民家庭	全社会
房间空调器	2.52	3.88	1361	2095
电冰箱	2.71	3.01	890	989
彩色电视机	4.87	5.41	511	569
电炊具	3.42	3.42	333	333
电风扇	5.81	8.30	115	164
电淋浴热水器	0.63	0.70	180	200
抽油烟机	2.09	2.32	167	186
微波炉	1.42	1.58	160	178
洗衣机	3.02	3.36	121	134
合 计			3838	4848

综合考虑“十二五”我国经济社会发展趋势、电力消费现状与发展趋势、电力利用的经济与技术效率与国外的差距、可用的节电技术和管理措施等诸多因素，“十二五”全国 DSM 节电潜力估计在 6000 万 kWh 左右。

#### 四、主要高耗能行业 DSM 节电潜力分析

##### (一) 钢铁行业

##### 1、行业现状与发展趋势

钢铁行业是我国国民经济的重要基础产业。“十一五”期间，虽然全球金融危机对我国钢铁行业造成了短期的影响，但在国内在强劲的市场需求拉动下，我国钢铁行业高速发展，粗钢产量从2005年的3.53亿吨增至2010年的6.27亿吨，占当年世界粗钢产量的40%以上，年均增长12.2%。我国是世界第一大钢铁生产国。

目前我国人均钢产量、人均钢积蓄量、人均钢消费量均没有达到发达国家工业化峰值时的水平。未来十年里，我国经济的进一步发展、人口增加、工业化和城镇化进程的加快，将直接或间接地带动对钢的需求，钢铁行业仍有进一步发展的空间，钢铁产能仍将扩张，但扩张速度将明显趋缓。2015年，预计我国粗钢产量将超过7亿吨；2020年粗钢产量将达到8亿吨左右，2011-2020年年均增长速度约为2.5%，如图4-1所示。

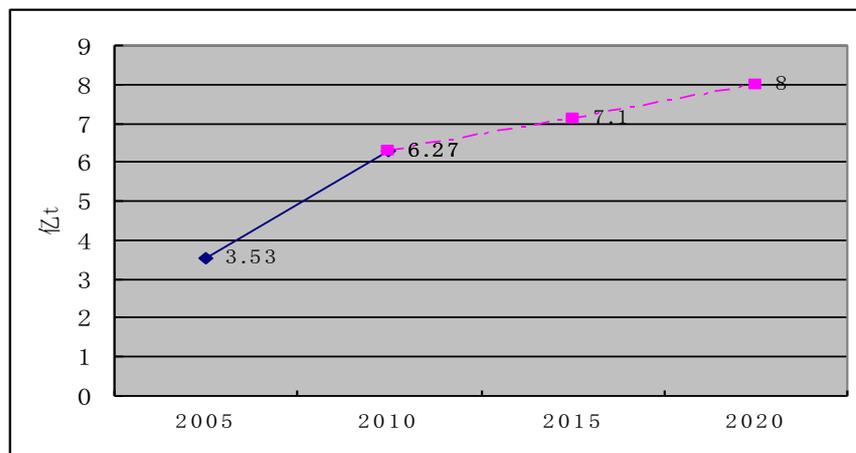


图 4-1 我国钢铁产量增长趋势 (2005-2020)

##### 2、DSM 节电潜力分析

我国钢铁生产规模大，耗电量是制造业中最大的。钢铁行业的主要用电设备有电炉、轧钢机、空气压缩机、制氧机、球磨机、通风机、水泵、浮选机等，多实行连续运行，负荷较稳定，功率因数较高，无功负荷较大，对电能质量和供电可靠性的要求较高。钢铁生产中的电力消耗主要集中于电炉炼钢和轧钢环节，合计用电量约占钢铁企业全部耗电量的70%-80%，烧结、焦化和高炉炼铁耗电量约占20%-30%。炼钢环节中，电炉钢耗电量约占用电量的60%；轧钢环节的电力消

耗，主要是轧机和辅助设备的动力，用电量约占全部生产用电量的 10%-20%。

### (1) “十一五” 钢铁行业节电进展

“十一五”期间，钢铁行业积极贯彻国家钢铁产业政策，以大型化、现代化和采用先进节能技术，使各主体设施的工序能耗、吨钢综合能耗不断下降。但吨钢电耗方面，“十一五”中期比前期有所上升，后期有所下降，2010年吨钢电耗虽然比2007年低，但与2005年相比，仍高出14.02kWh/t，按定比计算，“十一五”期间，钢铁行业多耗电88亿kWh。主要因为“十一五”初期钢铁行业迅速发展，中小企业发展速度超过大型企业，导致行业集中度下降，增加了产品电耗。如图4-2所示。但“十一五”期间，钢铁行业对生产过程中产生的大量的余热余压及放散气体等二次能源也提高了回收和利用率，并纳入到钢铁行业广义DSM技术节电潜力中，目前推广的二次能源发电技术主要有干熄焦技术、烧结合热发电技术、高炉炉顶余压发电技术(干式TRT技术)、低热值高炉煤气燃气—蒸汽联合循环发电、转炉煤气高效回收利用技术，根据“十一五”期间几项技术的推广比例及普及程度计算，此几项技术实现年节电为345亿kWh，实现减排二氧化碳2974万吨。

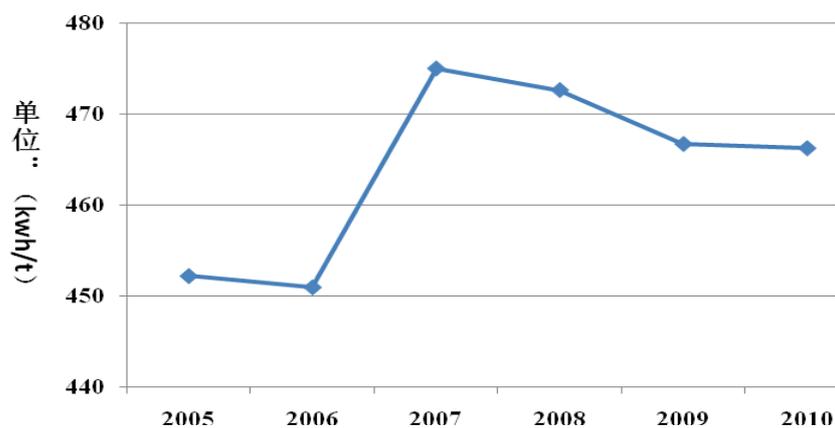


图 4-2 2005-2010 吨钢综合电耗变化趋势

### (2) 钢铁行业节电措施

- 推进技术节电。在钢铁生产中采用变频调速、更新风机水泵、采用节能型变压器等措施；结合生产实际情况对配电系统进行优化匹配，在保证安全的前提下，提高变压器的负荷率，减少电动机无功运转造成的电耗。
- 从管理方面节约用电。采用合理优化供电系统，合理分配与平衡负荷，是企业用电均衡化，提高负荷率，优化运行；按经济运行条件选择调整变压器，是其在多数情况下运行经济运行点上，降低电能损耗；削峰填谷，降低用电负荷最大需量，加强对钢铁企业用电设备的无功动态补偿

与谐波治理；对整体照明系统进行优化改造，合理配置灯具，提高用电效率。

- 优化电炉制炼工艺。据钢铁行业专家介绍，如果电炉只完成融化和氧化功能，把还原和精炼功能放在炉外进行，吨钢可节电 60kWh；采用连续式加料的电炉制炼，减少炉门和炉盖的开启，吨钢可节电约 10kWh；交流电弧炉改为直流，电炉冶炼电耗可降低 10%~15%；将废钢预热到 500~600℃，电炉冶炼电耗可降低 10%~20%。还有向电炉吹氧、采用留钢法冶炼、优化供电曲线等措施，均能够很好地降低电炉冶炼电耗，节约炼钢环节的用电量。
- 扩大二次能源发电规模。钢铁生产过程中会产生大量的余热余压等二次能源，回收、利用这些放散气体进行发电成为钢铁行业广义 DSM 节电的重要手段。目前大力推广的二次能源发电技术主要有燃气—蒸汽联合循环发电（CCPP）和高炉煤气压差发电（TRT）。CCPP 比常规锅炉蒸汽发电量多 70%~90%，是钢铁企业回收利用废散气体的有效途径，目前已有宝钢、鞍钢、济钢、通钢等建设了 CCPP 机组，其他一些大型钢厂正在建设中。高炉煤气压差发电是将炼铁过程中产生的高压煤气经过除尘后进行发电，根据测算，高炉炉顶煤气压力大于 120kPa 时，可使汽轮机发电，并具有一定的经济效益。TRT 发电量可达 20~40kWh/t 铁，与干法除尘结合可提高发电能力 36%。

### (3) “十二五”钢铁行业 DSM 节电潜力

“十二五”期间，钢铁行业通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计到 2015 年末，吨钢电耗降到 450kWh/t，比 2010 年下降 16kWh/t。由于吨钢电耗的下降，与 2010 年相比，2015 年钢铁行业可以形成狭义的 DSM 年节电潜力 113.6 亿 kWh。

同时，钢铁生产过程中会产生大量的余热余压等二次能源，回收、利用放散气体进行发电成为钢铁行业节电的重要手段，并纳入到钢铁行业广义 DSM 技术节电潜力中。根据目前钢铁行业广义 DSM 技术的普及率及“十二五”期间在钢铁行业的预计推广比例，测算出钢铁行业利用二次能源的节电潜力为 414 亿 kWh，因此钢铁行业广义的 DSM 节电潜力为 528 亿 kWh，与 2010 年相比，形成年减排二氧化碳能力为 4551<sup>1</sup>万吨，如图 4-3 和 4-4 所示。

---

<sup>1</sup> 1kWh=862g-CO<sub>2</sub>

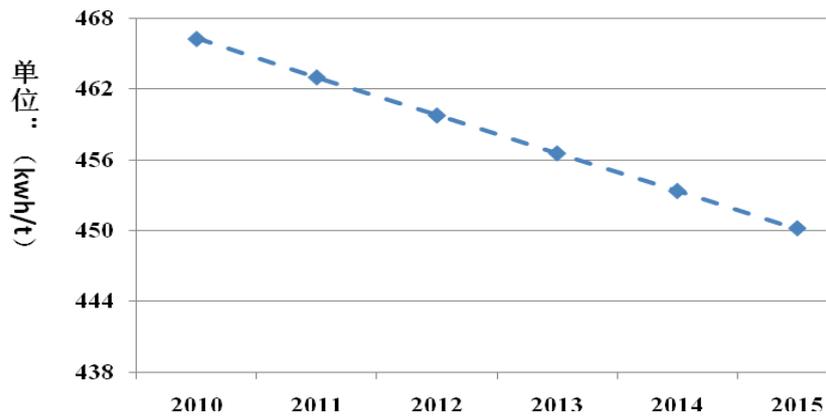


图 4-3 “十二五”吨钢综合电耗下降趋势

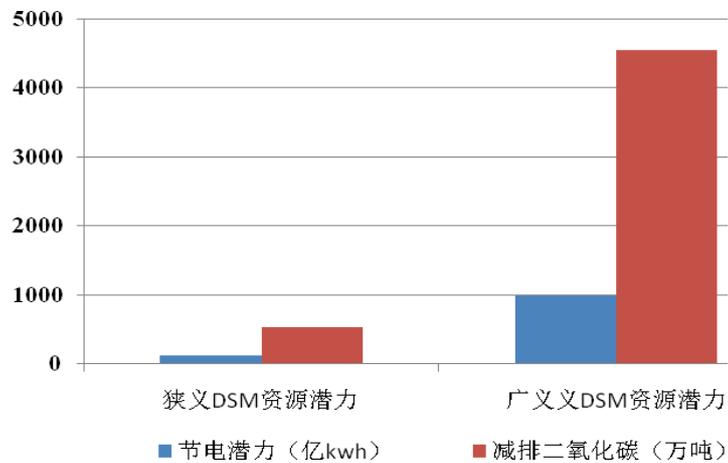


图 4-4 “十二五”钢铁行业 DSM 节电潜力

目前，钢铁行业重大的广义 DSM 节电技术包括：干熄焦技术、烧结合热发电技术、高炉炉顶余压发电技术(干式 TRT 技术)、低热值高炉煤气燃气—蒸汽联合循环发电、转炉煤气高效回收利用技术、矿热炉节能技术。若此六项 DSM 技术在“十二五”期间得到预期推广，可形成年节电潜力为 490 亿 kWh，年减排二氧化碳能力 4224 万吨，占钢铁行业总节电潜力的 93%，如图 4-5 所示。

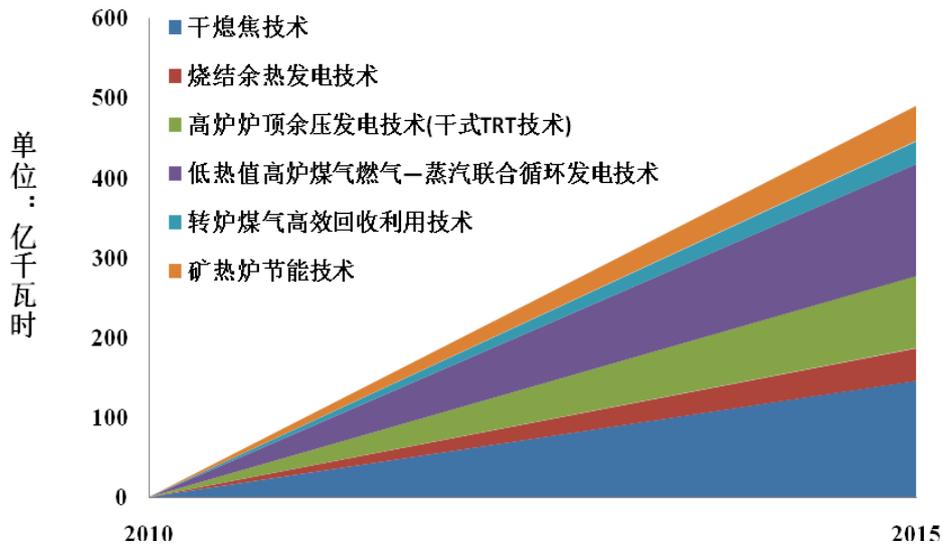


图 4-5 “十二五”钢铁行业重大节电技术推广应用潜力

## (二) 建材行业

### 1、行业现状与发展趋势

建材行业是我国重要的原材料及制品工业。“十一五”期间，我国经济高速发展，国内建材市场需求不断增长，加之建材出口量不断扩大，拉动了建材行业的快速扩张，水泥产量年均增长 11.9%，平板玻璃、建筑和卫生陶瓷、玻璃纤维、玻璃钢等建材产品产量均有较大幅度的增长。事实上，我国水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷的产量已多年稳居世界第一，全球近一半的水泥、平板玻璃和建筑陶瓷都在我国生产。

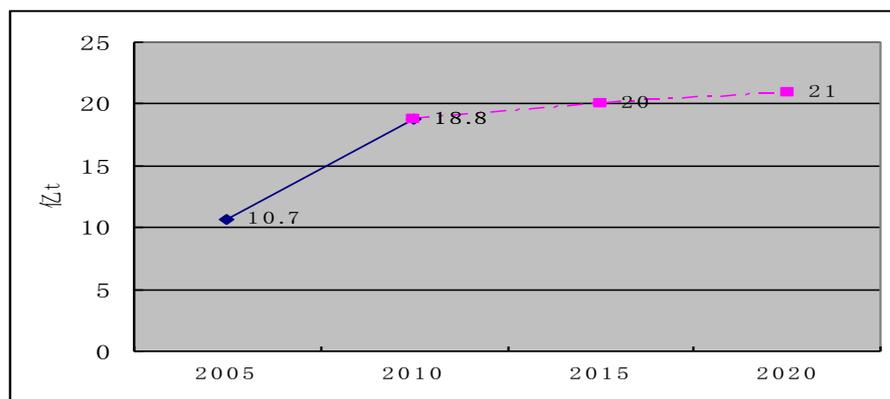


图 4-6 2005-2020 年我国水泥产量增长趋势

未来随着我国工业化、特别是城镇化的加快推进，预期各类建材产品产量将有不同幅度的增长；其中水泥产量的增长速度将明显放缓，预计 2015、2020 年水泥产量分别约为 20 亿吨、21 亿吨。

## 2、DSM 节电潜力分析

我国水泥生产用电量占建材工业用电量的 50%左右。从水泥的生产工艺看，无论是目前的新型干法还是立窑、湿法窑等，其生产工艺主要是“两磨一烧”，“两磨”是指生料和熟料的粉磨，“一烧”是指水泥熟料的烧制。生产的设备主要（管球磨、辊式磨、辊压机等）和生料煅烧窑（回转窑、立窑）。水泥生产用电可分为生料用电（生料破碎、球磨）、煅烧窑用电（煤粉机、鼓风机）、熟料球磨用电、包装和其他辅助生产用电。其中，生、熟料的碾磨用电量约占总用电量的 75%。

### (1) “十一五”水泥行业节电进展

“十一五”期间，水泥行业通过推行和深化实施一系列节电措施，吨水泥综合电耗下降明显，由 2005 年的 95kWh/t 下降到 2010 年的 89kWh/t，下降了 6kWh/t，2010 年水泥产量为 18.7 亿吨，按定比计算，“十一五”期间，水泥行业节电 112.2 亿 kWh。水泥行业的余热发电属于广义 DSM 资源潜力，并在“十一五”期间得到了长足的发展。行业内纯低温余热发电规模从“十五”末期的不到 5%发展到“十一五”末期近 50%，年发电能力 325 亿度 kWh，未来仍有潜力挖掘的空间。水泥行业“十一五”期间，实现广义 DSM 节电潜力为 425 亿 kWh，实现减排二氧化碳 3663.5 万吨。

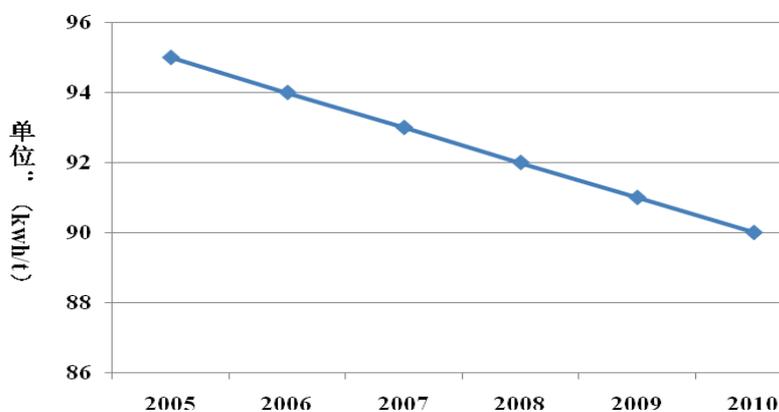


图 4-7 2005-2010 年吨水泥综合电耗下降趋势

### (2) 水泥行业节电措施

- 设备规模不断扩大。近年来新型干法水泥生产线向大型化发展。目前，国内新型干法水泥生产以 5000-8000t/d 生产线为主，10000t/d 超大规模的新型干法生产线也已部分投产。随着生产线规模的扩大，相应的设备配置提高，机械性能明显改善，主辅机工作效率提高，减少了低负荷消耗及机械能损失。

表 4-1 水泥不同规模生产线电耗

规模	电耗 (kW · h/t)	
	熟料	水泥
5000t/d	58~60	85~95
2500t/d	60~66	87~98
1000t/d	62~68	90~100

- 采用高效节能的煅烧系统。烧成系统是新型干法水泥生产技术的核心部分，包括预热器、预分解窑、回转窑、冷却机等多种用电设备。随着水泥生产技术和工艺的进步，这些设备不断优化和改进，性能逐步提高。如目前国内先进的预热器和预分解窑，较传统设备节电约 0.75~1.5 kW · h/t；新型冷却机配备高效调节阀，可使单位熟料冷却用风量降低 30%，从而大大降低冷却风机和窑头排风机的电耗。
- 采用预粉磨新型工艺技术。从水泥生产流程来看，水泥生产用电量集中在水泥生、熟料的碾磨设备上，采用粉磨节能节电技术，对熟料、混合材料等水泥配合料进行预粉磨，减少熟料掺比量，降低吨水泥综合电耗。
- 推广纯低温余热发电技术。水泥纯低温余热发电是指利用水泥窑头和窑尾废气余热进行低温发电，通过循环利用，以有效减少水泥生产的粉尘污染和能源消耗。目前，纯低温余热发电项目吨熟料发电量已达 37~42kW · h。截止 2010 年底，全国建设余热电站的水泥生产线总计 690 条，余热电站的总装机容量 4638MW，涉及熟料产能 8.03 亿吨，水泥余热发电年发电能力已达到 325 亿度。
- 生产设备节电技术改造。采用先进节能节电设备，包括新型节能电动机、低压损变电器、节电照明灯具等，降低生产电耗。另外，用变频调速取代传统调速，为水泥生产中粉磨、碾磨、风机、水泵、空气压缩机等主要耗电设备加装节能变频装置，可降低综合生产电耗，节电效果非常明显。

### (3) “十二五” 水泥行业 DSM 节电潜力

“十二五”期间，建材行业通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。到 2015 年，预期主要建材产品水泥、平板玻璃、建筑陶瓷、卫生陶瓷等的产品综合能耗与 2005 年相比均将有不同幅度的下降，建材行业单位增加值二氧化碳排放强度将明显下降。在诸多建材子行业中，水泥行业的节电潜力比较大，预计“十二五”，水泥行业的吨水泥综合电耗从 2010 年的 89kWh/t 降到 2015 年的 84kWh/t，降低 5kWh/t，

按 2015 年水泥产量达到 20 亿吨计算，“十二五”期间，水泥行业狭义的 DSM 节电潜力为 100 亿 kWh。水泥行业广义的 DSM 资源还包括水泥行业纯低温余热发电，未来“十二五”水泥低温余热发电仍有很大节电潜力。预计“十二五”

新增熟料 4.5~5 亿吨，相当于新建 300 多条 5000t/d 新型干法熟料生产线，并且“十一五”期间还有近 300 条生产线未实施余热发电。经测算，“十二五”期间水泥低温余热发电的节电潜力为 245 亿 kWh。因此，“十二五”期间水泥行业广义 DSM 节电潜力为 345 亿 kWh，相应的年减排二氧化碳潜力为 2974 万吨。

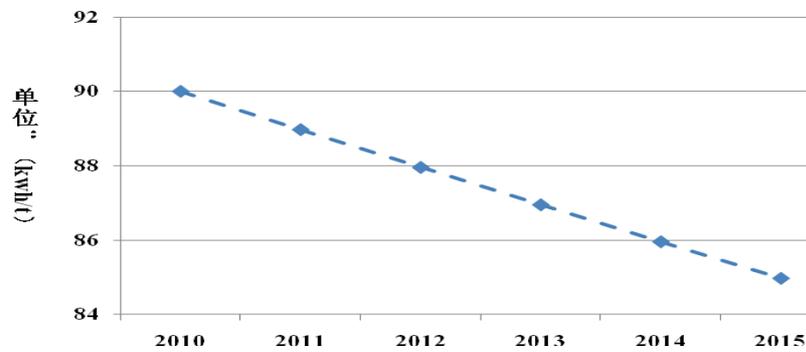


图 4-8 2010-2015 年水泥综合电耗下降趋势

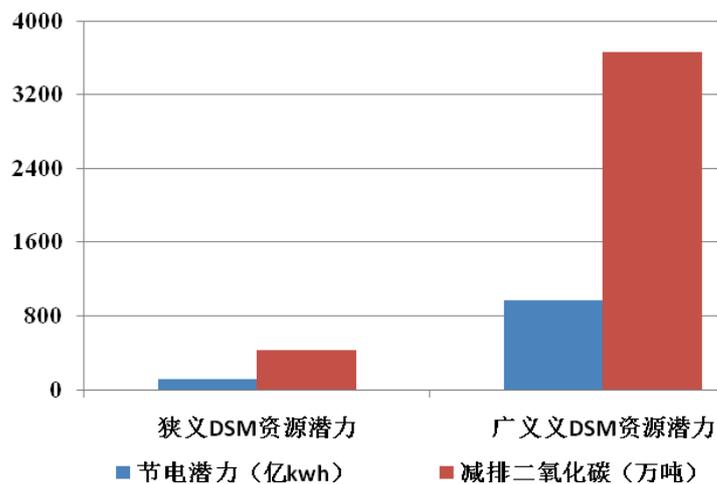


图 4-9 “十二五”水泥行业 DSM 节电潜力

目前，水泥行业重点的广义 DSM 技术有：低温余热发电技术、高效节能选粉技术、辊压机粉磨技术、立式磨装备及技术。若此四项 DSM 技术在“十二五”期间得到预期推广，可形成年节电潜力为 325 亿 kWh，年减排二氧化碳能力 2802 万吨。

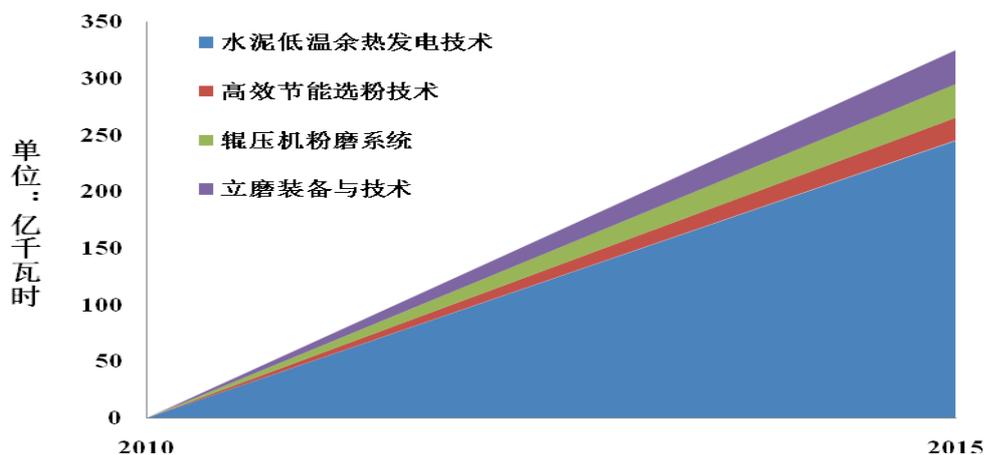


图 4-10 “十二五”水泥行业重大节电技术推广应用潜力

### (三) 化工行业

#### 1、行业现状与发展趋势

“十一五”期间，中国石化行业年均增长速度超过 20%。目前中国是全球第二大石油和化工产品生产国，二十多种石油化工产品的产量位居世界前列，其中氮肥、磷肥、纯碱、烧碱、硫酸、电石、农药、染料、无机盐、轮胎、甲醇、合成纤维等的产量排名世界第一，乙烯、合成树脂、合成橡胶等的产量排名世界第二，原油产量排名世界第五。

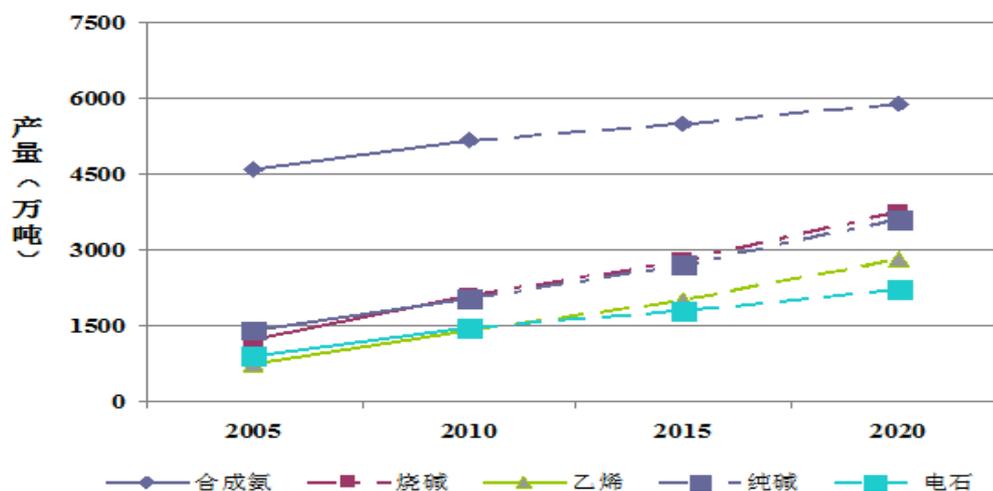


图 4-11 2005-2020 年化工行业主要产品产量趋势

虽然发达国家石化行业的发展已过高峰期，但中国石化行业正处于由大到强的发展时期。未来十年里，中国国内对油品、化肥、农药等的刚性需求将长期存在，高端石化产品的市场需求极大，主要化工产品产量将有不同幅度的增长。预期到 2020 年，合成氨、纯碱、烧碱、电石、乙烯的产量将分别达到 5874 万吨、3593 万吨、3757 万吨、2216 万吨、2819 万吨。

## 2、DSM 节电潜力分析

### ● 合成氨

合成氨是在高温高压下，将氢气和氮气在合成塔中合成为氨，然后冷凝分离送往液氨储槽，未反应的氢气、氮气由循环机继续在合成工段循环使用。我国合成氨原料以煤为主，主要用电设备有造气炉、压缩机、合成塔、鼓风机、引风机、胶带机和水泵等。

#### (1) “十一五”合成氨行业节电进展

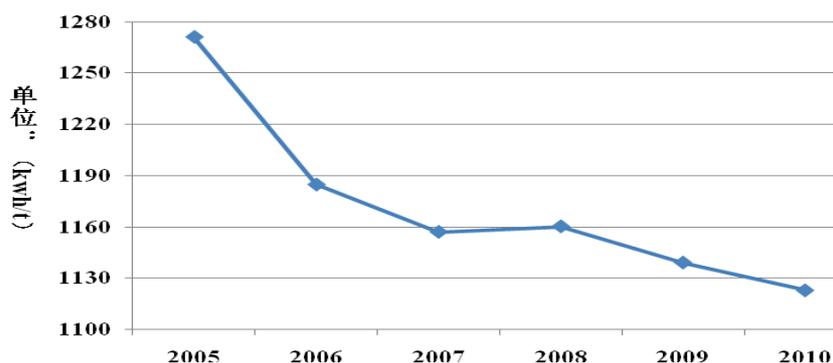


图 4-12 2005-2010 年合成氨综合电耗下降趋势

“十一五”期间，合成氨生产企业通过推进节电技术改造、采用新型高效催化剂和先进工艺、优化生产工序等措施，提高了电能利用效率。吨氨综合电耗从 2005 年的 1271kWh/t 下降到 2010 年的 1123kWh/t，下降了 148kWh/t。按照 2010 年合成氨产量 5150 万吨计算，“十一五”期间合成氨行业共节电为 76 亿 kWh，实现减排二氧化碳 655 万吨。

#### (2) 合成氨行业节电措施

- 优化生产工序。采取各种措施降低进入压缩机的气体温度，对压缩机各段进气温度进行监控，尤其是在半水煤气脱硫上，为了降低降温洗气塔温度，将与造气闭路水混用的供水改为单独循环，使降温洗气塔气体温度平均下降 3~5℃。据实测，这一措施的实施可使压缩机打气量提高 3%，电耗降低 1%，吨氨电耗降低 10 kW·h 以上。
- 采用全低变与中低变工艺。以煤（焦）为原料的企业，净化工序采用节能型全低变或中低变工艺，这两种工艺变换率高、流程简单、系统阻力低、蒸汽消耗少，在 0.8MPa 压力与出系统气体中一氧化碳体积分数 1.5% 左右时，吨氨蒸汽消耗分别小于 250kg 和 350kg。结合企业产品结构调整与改造，可将变换压力从 0.8MPa 提升到 1.5~2.1MPa，吨氨节电约 30~40 kW·h。
- 推广醇烷化或醇烃化气体精制工艺。该项技术是清洁生产工艺，主要取代传

统的铜洗工艺。铜洗工艺既消耗多种化学品，又耗电，操作不易稳定，易带液；醇烷化或醇烃化工艺具有流程短、净化度高、操作安全稳定等优点，可以利用副产蒸汽加热，吨氨节电约 25~30 kWh。

- 采用经济运行的合成工艺。在采用低温活性好的氨合成催化剂与相匹配的高效节能合成塔基础上，实行低空速、低阻力、低压力经济运行，使操作压力降至 22~24MPa，吨氨节点 50~60 kWh。
- 推进节电技术改造。以煤（焦）为原料的小型合成氨企业采用低温变换工艺技术、优化的合成蒸汽自给技术及低压低能耗氨合成技术等，可以有效降低电耗，其中低压低能耗氨合成技术可使单位产品电耗下降 220kWh/t。同时将传统的造气炉改造为节能环保型复合式锥形夹套造气炉，节电效果显著。
- 采用复合型高效捕沫器。目前化工行业生产从气体中分离雾沫的常用设备有惯性捕沫器、丝网捕沫器、纤维捕沫器、复挡捕沫器等，都不同程度地存在分离器阻力高、设备庞大或分离效率低等缺点。复合型高效捕沫器集多种分离技术于一体，具有处理气量大、分离阻力小、分离效率高等特点，彻底解决了处理气量大、流速高引起的气雾分离二次夹带问题，适用于吸收塔、再生塔及各种冷却、冷凝后的气雾分离过程。在不增加阻力的情况下，处理能力相对于传统分离器可提高 50%以上，吨氨电耗下降明显。

### (3) “十二五”合成氨行业 DSM 节电潜力

“十二五”期间，合成氨行业通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计到“十二五”末期，吨氨综合电耗从 2010 年的 1123kWh/t 降到 2015 年的 1058kWh/t，降低了 65kWh/t。预计到 2015 年合成氨产量为 5500 万吨，“十二五”期间，合成氨行业 DSM 节电潜力为 35.75 亿 kWh，减排二氧化碳能力为 308 万吨。

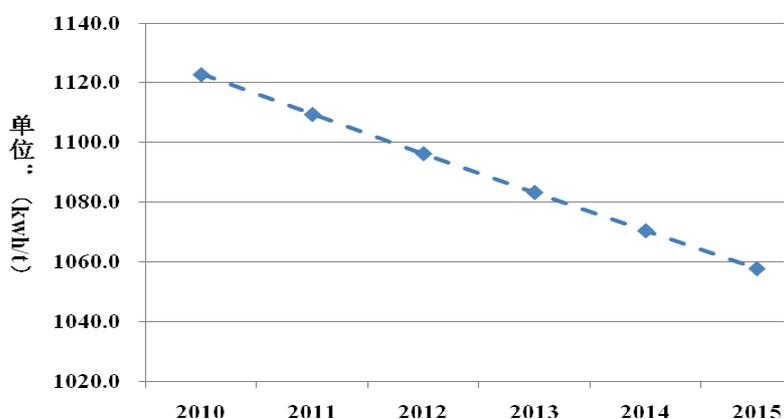


图 4-13 2010-2015 年合成氨综合电耗下降趋势

## ● 烧碱

氯化钠溶液经电解液电解后蒸发得到烧碱。生产烧碱主要以盐为原料，目前我国烧碱生产采用隔膜法和离子膜法，隔膜法烧碱产能已占烧碱总产能的 67%。烧碱生产中，电解是主要的用电工序，主要用电设备为电解槽，用电量占烧碱生产总用电量的 80%以上。

### (1) “十一五”烧碱行业节电进展

“十一五”期间，烧碱行业通过提高产业集中度、发展离子膜工艺、采用节能新技术和设备、加强电解槽管理等措施，提高能源利用效率，节能效果明显。吨碱综合电耗从 2005 年的 2316kWh/t 降到 2068kWh/t，降低了 248kWh/t。按照 2010 年烧碱产量 2087 万吨计算，“十一五”期间，烧碱行业共节电 52 亿 kWh，减排二氧化碳 448 万吨。

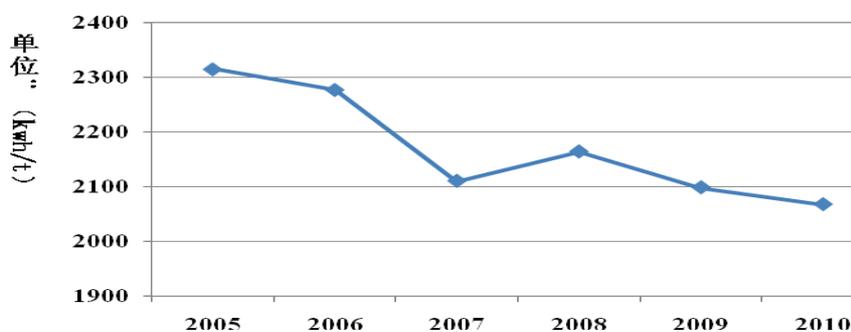


图 4-14 2005-2010 年烧碱综合能耗下降趋势

### (2) 烧碱行业节电措施

- 提高产业集中度。我国现有烧碱生产企业为 230 家左右，金融危机对整个烧碱行业影响较大，生产规模在 3 万 t 以下的企业或关停或兼并，增强了行业的整合，提高了产业集中度。
- 发展离子膜工艺。离子膜法的吨碱电耗比隔膜法的低 5%左右，离子膜法产量占烧碱总产量的比重由 2005 年的 30.6%提高到 2009 年的 54.7%。
- 降低蒸发工序耗电。结合生产运行情况对重点设备进行改造，如对旋液分离器的尺寸进行调整，使之更有利于盐碱分离；对采盐泵的流量适度下调，节电效果明显。
- 采用变频调速技术。烧碱企业使用的风机采用变频调速后，综合节电率在 30%以上。
- 加强电解槽管理。调整电解槽的吸附时间、配料比和烧结曲线，强化成品

工段洗水的回收利用和蒸发工段回收水盐碱比的控制，防止整个系统的跑、冒、滴、漏现象，节电效果明显。

- 提高盐水质量。盐水质量对隔膜法和离子膜法烧碱的生产、长周期稳定运行及节能降耗有重要作用，在隔膜法的生产工艺中，把盐水中的钙和镁杂质从 10ppm 降低到 5ppm，不容物降低到 3ppm，可产生较好的节电效果。
- 采用节能新技术。隔膜法采用扩张阳极和改性隔膜技术，吨碱电耗可降低 50~120 kW·h；离子膜法采用阳阴极—离子膜电解工艺，吨碱可节电 700kW·h。

### (3) “十二五”烧碱行业 DSM 节电潜力

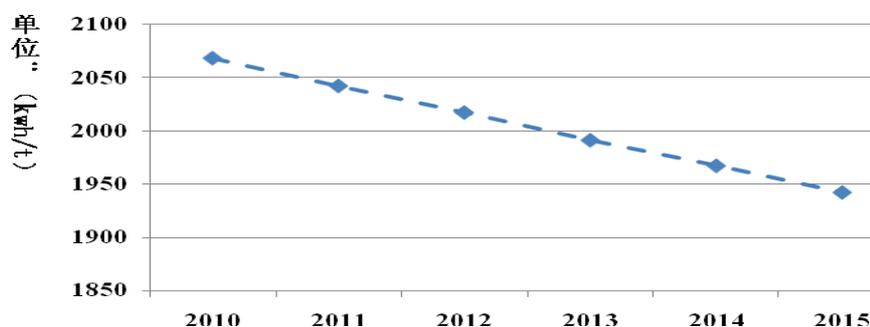


图 4-15 2010 年-2015 年烧碱综合电耗下降趋势

“十二五”期间，烧碱行业通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计“十二五”末期，吨碱综合电耗从 2010 年的 2068kWh/t 降到 1942kWh/t，降低 126kWh/t。按 2015 年烧碱产量 2800 万吨计算，“十二五”烧碱行业 DSM 节电潜力为 35 亿 kWh，由于节电带来的减排二氧化碳能力为 302 万吨。

## ● 乙烯

### (1) “十一五”乙烯行业 DSM 节电进展

“十一五”期间，乙烯生产企业通过推进节电技术改造、采用新型高效催化剂和先进工艺、优化生产工序等措施，提高了电能利用效率。吨乙烯综合电耗从 2005 年的 351.3kWh/t 降到 318.4kWh/t，降低了 32.9kWh/t。按 2010 年乙烯行业产量 1419 万吨计算，“十一五”期间，乙烯行业共节电 4.7 亿 kWh，由于节电实现减排二氧化碳为 40.5 万吨。

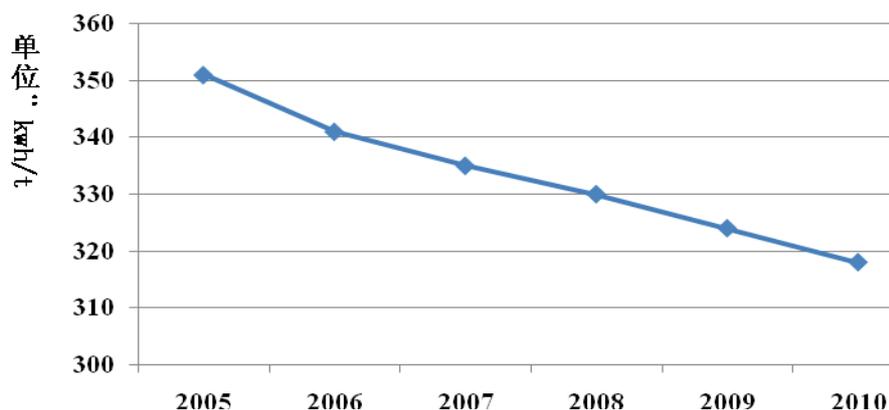


图 4-16 2005-2010 年乙烯综合电耗下降趋势

(2) “十二五” 乙烯行业 DSM 节电潜力

“十二五” 期间，乙烯行业将通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计“十二五” 末期，吨乙烯综合电耗从 2010 年的 318.4kWh/t 降到 307.9kWh/t，降低 10.5kWh/t。按 2015 年乙烯产量 2000 万吨计算，“十二五” 乙烯行业 DSM 节电潜力为 2.1 亿 kWh，由于节电带来的减排二氧化碳能力为 18 万吨。

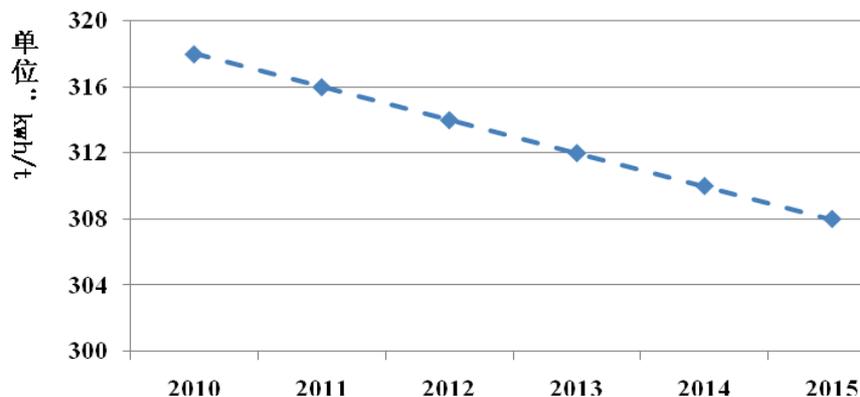


图 4-17 2010-2015 年乙烯综合电耗下降趋势

● 纯碱

(1) “十一五” 纯碱行业节电进展

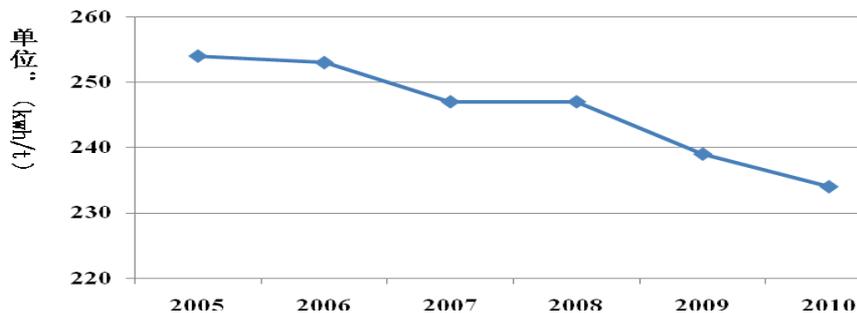


图 4-18 2005-2010 年纯碱综合电耗下降趋势

“十一五”期间，纯碱行业通过提高产业集中度、发展新工艺、采用节能新技术和设备、加强节电管理等措施，提高能源利用效率，节能效果明显。吨碱综合电耗从 2005 年的 254kWh/t 降到 234kWh/t，降低了 20kWh/t。按照 2010 年烧碱产量 2029 万吨计算，“十一五”期间，纯碱行业共节电 4 亿 kWh，由于节电带来的减排二氧化碳 34 万吨。

#### (2) “十二五”纯碱行业 DSM 节电潜力

“十二五”期间，纯碱行业将通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计“十二五”末期，吨纯碱综合电耗从 2010 年的 234kWh/t 降到 220kWh/t，降低 14kWh/t。按 2015 年烧碱产量 2700 万吨计算，“十二五”烧碱行业 DSM 节电潜力为 3.78 亿 kWh，由于节电带来的减排二氧化碳能力为 32.6 万吨。

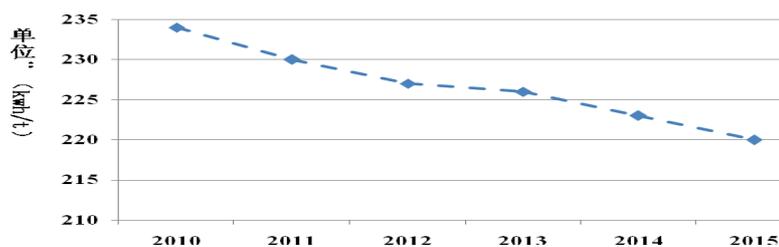


图 4-19 2010-2015 年纯碱综合电耗下降趋势

#### ● 电石

电石即碳化钙，是化学工业的重要基本原料，生产耗电较大。电石生产是将焦炭与氧化钙置于 2200℃ 左右的电炉中熔炼，其生产系统包括电石炉配料、冶炼、产品冷却、破碎、筛分、包装和电石炉气系统。电石生产连续不断地进行，负荷较稳定，负荷率较高。电石炉需要低电压、大电流的交流电源。在生产过程中，为便于操作人员根据原料状况开路火熔烧电极，要求电石炉变压器二次电压

可多级调整。电石生产中的主要用电环节为电加热，主要用电设备有电石炉、粉碎机、吹风机、水泵等。

### (1) “十一五”电石行业节电进展

“十一五”期间，电石生产企业通过淘汰落后产能、推广大型密闭式电石炉和中空电极技术及加强电极管理和炉面温度控制等措施，提高电能利用效率，节电效果明显。吨电石电耗从2005年的3665kWh/t降低到2010年的3247kWh/t，降低了418kWh/t。按2010年电石产量1462.4万吨计算，“十一五”期间，电石行业共节电61亿kWh，由于节电带来的减排二氧化碳526万吨。

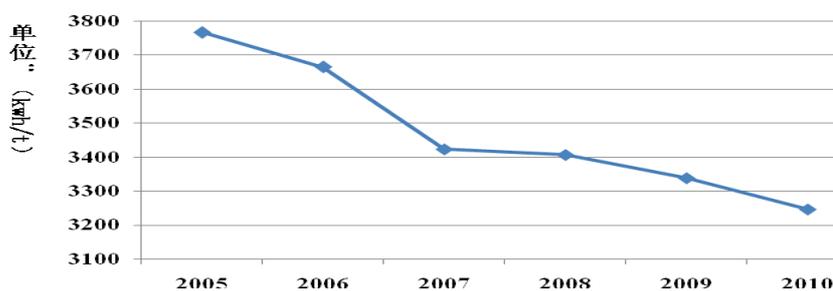


图 4-20 2005-2010 年吨电石综合电耗趋势图

### (2) 电石行业节电措施

- 淘汰落后产能，提高产业集中度。2005年，我国拥有电石企业440多家，电石产能1700万吨，产量894万吨，平均每家企业年产量仅2万吨，年产量超过10万吨的企业仅占电石企业总数的1.4%。2010年，我国电石产能2400万吨，产量1470万吨，分别是2005年的1.41倍和1.64倍。“十一五”期间，淘汰电石产能达到367万吨，其中，2006年淘汰落后产能57万吨、2007年79.5万吨、2008年104.76万吨、2009年46.68万吨、2010年80万吨。
- 严格行业准入管理。2007年10月12日，国家发展改革委出台了新的“电石行业准入条件”，对新建和改扩建电石项目提出了更高的要求，如新建电石企业电石炉初始总容量必须达到10万kV·A及以上，单台电石炉容量在2.5万kV·A以上，新建电石生产装置必须采用密闭式电石炉，电石炉气必须综合利用，现有生产能力1万t（单台炉容量5000kV·A）以下电石炉和敞开式电石炉必须依法淘汰等。
- 加强电极管理。电极管理得好坏关系到能否将电能全部转换为热能。电极工作段长度短，易引起炉面温度过高，浪费大量的电能；工作段过长，电极埋得过深，会因为电弧短、反应慢而减少产量。在生产过程中，控制电极的工作长度，同时控制电极糊的质量，保证电极焙烧的质量，可以提高电能使用

效率。

- 加强料面管理。通过勤加、少加，避免一次性、大批量投加料和生料直接加到电极根部，同时提高料面高度 100mm 左右，增加炉膛深度，以确保大功率下有足够的反映区域，具有较好的节电效果。
- 降低炉面温度。炉面温度若能从 800℃ 降低到 600℃ 可以节电 200kW·h/t。为此要求实行闭弧操作，杜绝开弧操作，降低炉面温度，减少炉气带走的热量。
- 稳定生产负荷。负荷的大幅度波动对操作电石炉极为不利，会造成电极上下波动，增加热损失，浪费电能。通过保持负荷稳定，选择适当的操作电压，维持较高的生产负荷，可以实现节能降耗。
- 采用生产控制系统。电石炉能效监控及电能质量优化管理系统技术，重点解决功率因数补偿功能、谐波消除功能、三项功率不平衡改善功能、浪涌抑制功能、瞬变抑制功能等，可实现较大幅度节电。

### (3) “十二五”电石行业 DSM 节电潜力

“十二五”期间，电石行业将通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计“十二五”末期，吨电石综合电耗从 2010 年的 3246.5kWh/t 降到 3116.4kWh/t，降低 130.1kWh/t，按 2015 年电石产量 1800 万吨计算，“十二五”电石行业 DSM 节电潜力为 23.4 亿 kWh，由于节电带来的减排二氧化碳能力为 202 万吨。

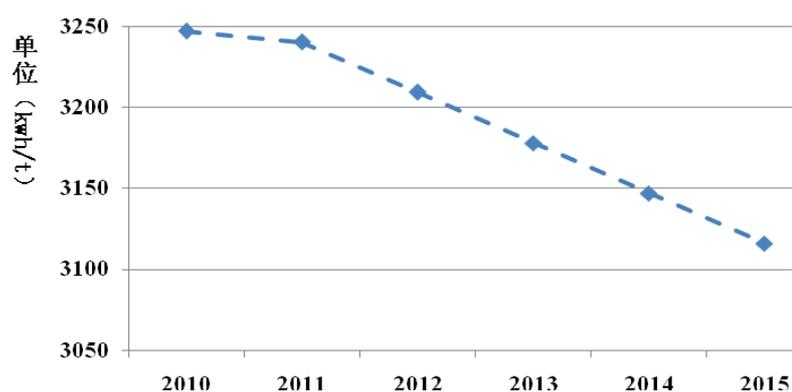


图 4-21 2010-2015 年电石综合电耗下降趋势

目前，石油化工有限公司重点推广的 DSM 技术有：水溶液全循环尿素节能生产工艺技术、合成氨节能改造综合技术、膜极距离子膜电解技术、密封环保节能型电石生产技术、热法磷酸生产热能利用节能新技术、炭黑生产过程余热利用和尾

气发电（供热）技术等。若此六项技术能在“十二五”期间得到预期推广，可形成的DSM技术节能潜力为150亿kWh,由于节电带来的二氧化碳减排能力为1288万吨所示。

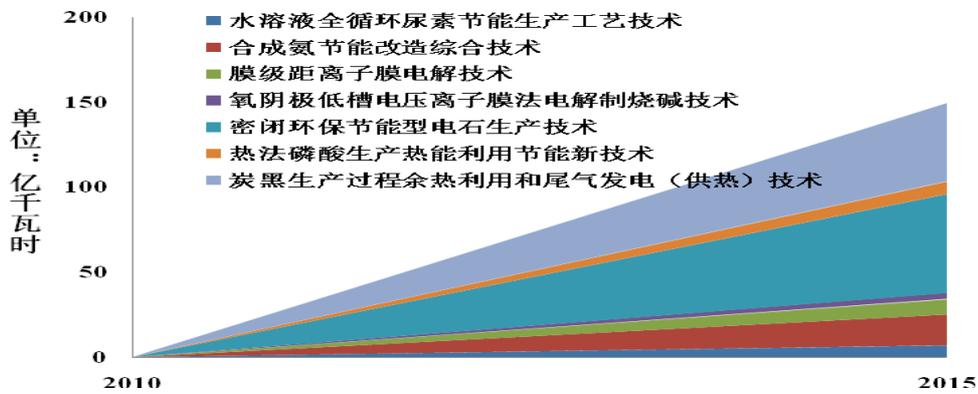


图 4-22 “十二五” 化工行业主要节电技术推广应用潜力

综上所述，“十一五”期间，化工行业主要产品（合成氨、乙烯、烧碱、纯碱、电石等行业）节电效果明显，共实现节电 198 亿 kWh，减排二氧化碳 1704 万吨。“十二五”期间，在国家加大节能减排的力度下，高耗能行业将进一步实施节电措施，且潜力仍然巨大。经测算，“十二五”期间，化工行业主要产品合成氨、乙烯、烧碱、纯碱、电石等行业的 DSM 资源潜力分别 35.75 亿、2.1 亿、3.78 亿、35 亿、23.4 亿 kWh，共 100 亿 kWh，可形成减排二氧化碳能力 862 万吨；其中，合成氨、纯碱、电石行业 DSM 资源潜力比较大，约为 94.15 亿 kWh，占总资源潜力的 94.15%。

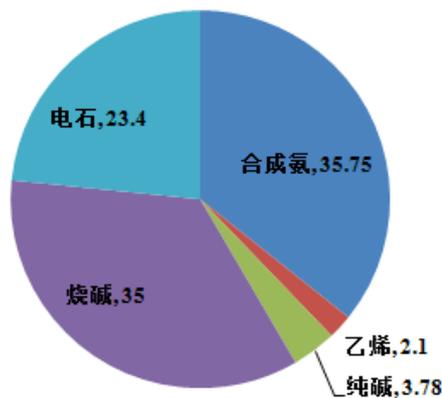


图 4-23 “十二五” 化工主要行业 DSM 节电潜力 (单位: 亿 kWh)

## （四）有色金属行业

### 1、行业现状与发展趋势

“十一五”期间，我国国内有色金属的消费领域如建筑、电子、电力、机械制造等的需求旺盛，刺激了我国有色金属行业的高速增长。2010年，我国十种有色金属产量共3135万吨，其中：精炼铜457.4万吨，原铝1619.5万吨，铅419.9万吨，锌516.4万吨，镍17.1万吨，锡14.9万吨，锑18.7万吨。

未来十年里，随着国家对“两高一资”产业抑制力度的不断加强、有关的出口退税及关税调整、进一步加强节能减排、以及资源税改革等一系列措施的实施，有色金属行业的高速增长期将结束，并逐步进入稳定增长时期。预计到2020年，我国十种有色金属总产量将达到4200万吨，其中铜、铅、锌、原铝的产量将分别为925万吨、595万吨、926万吨、2470万吨。

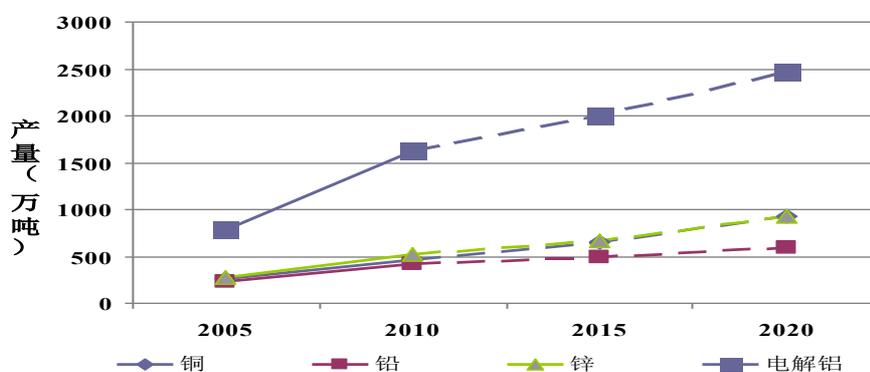


图 4-24 2005-2020 年有色金属行业主要产品产量趋势图

### 2、DSM 节电潜力分析

#### ● 电解铝

电解铝是将氧化铝、溶剂和添加剂等加入电解铝槽中，在直流电的作用下，使氧化铝分解，析出液态铝的过程。铝电解生产主要有两种工艺，一种是预焙阳极电解，另一种是自焙阳极电解。自焙阳极电解电流效率低，环境污染较严重，工人劳动强度大，我国已全部淘汰。生产电解铝的主要设备是电解铝槽，其用电量占电解铝生产用电量的90%以上。

#### （1）“十一五”电解铝行业节电进展

“十一五”期间，电解铝行业加强节能减排工作，通过淘汰落后产能、推广大型预焙槽、研发和使用先进新技术、提高产业集中度等措施来降低电解铝单位产量能耗，效果明显。吨铝综合交流电耗从2005年的14575kWh/t降低到2010年的13979kWh/t，降低了596kWh/t，按2010年电解铝产量1619.5万吨，“十一五”期间，电解铝行业共节电96.5亿kWh，由于节电带来的减排二氧化碳832

万吨。

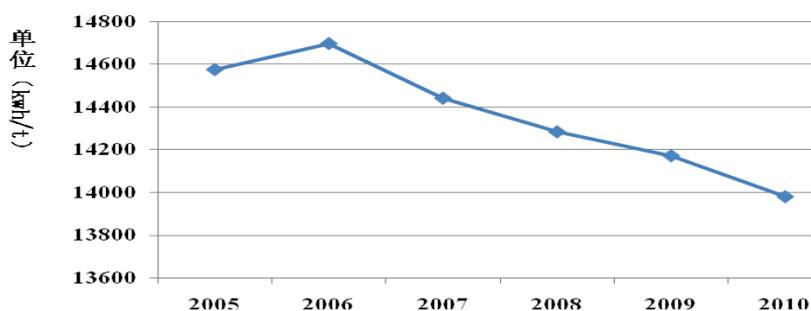


图 4-25 2005-2010 年电解铝综合交流电耗下降趋势

## (2) 电解铝行业节电措施

- 加快结构调整。提高产业集中度。经济危机虽然对我国铝工业造成了严重影响，但同时也促使铝工业加快调整结构、提高产业集中度，提高了企业竞争力。2009 年，铝行业鼓励企业资产重组，电解铝企业向上下游延伸。截止 2009 年底，我国电解铝企业数量已经降低到 101 家，比 2003 年减少 46 家。电解铝企业全国平均规模为 18.7 万 t/年，超过了除我国以外的世界平均水平。其中，30 万 t 及以上产能企业 21 家，产能合计为 1203 万 t，占总产能的比例为 58.5%；50 万 t 及以上产能企业 11 家，合计为 860 万 t，占总产能的比例为 41.9%；80 万 t 及以上产能企业 7 家，产能合计为 570 万 t，占总产能的比例为 27.7%。电解铝企业产能集中情况见表 4-2。此外，电解铝企业向下游企业延伸直接以液态铝加工合金、板带、箔材等，在提高附加值的同时，节约了能源消耗，降低了电耗。
- 淘汰落后产能。在全部淘汰自焙槽生产工艺的基础上，我国开始淘汰落后小型预焙槽产能。截止 2008 年底，累计淘汰落后产能约 200 多万 t。在《国务院批转发改委等部门关于一直部分行业产能过剩和重复减少阴道产业健康发展若干意见的通知》中，要求“到 2010 年底淘汰 80 万 t 小预焙槽电解率产能”。其中，2009 年淘汰落后产能 30 万 t 左右。

表 4-2 2009 年电解铝企业产能集中情况

电解铝企业生产能力	企业数	所占比例 (%)
20 万 t/年及以上	34	73.3
30 万 t/年及以上	21	58.5
50 万 t/年及以上	11	41.9
80 万 t/年及以上	7	27.7

- 推广大型预焙槽。随着我国电解铝创新技术的发展，继 160kA 大型预焙槽之后，研制出了 230、300kA 及以上电解槽，目前 300kA 及以上电解槽已成为主导槽型，80kA 及以下槽型产能仅为 107 万 t。300kA 大型预焙槽与以前采用的 60kA 自焙槽相比，单位产量电耗可降低 2000kW·h/t。《铝行业准入条件》中提出到“十一五”末期，电解铝行业全部采用 160kA 以上大型预焙槽。截至 2009 年底，全国 300kA 及以上槽型生产能力达到 881 万 t，占全部产能的比例达 42.7%，400kA 及以上的槽型产能达到 249 万 t，占总产能的比例也达 12.1%。我国大型预焙槽情况见表 4-3。

表 4-3 2009 年我国大型预焙槽情况

电解槽电流强度	所占比例 (%)	电解槽电流强度	所占比例 (%)
160kA 及以上	89.0	300kA 及以上	42.7
200kA 及以上	82.6	400kA 及以上	12.1

- 采用节电新技术。2008 年，在天泰铝业公司、云铝公司、中铝公司沁阳试验场等试验成功的新型阴极结构电解槽，使直流电耗降到 12000 kW·h/t 以下，目前全行业很多电解铝厂都纷纷引用这一技术。此外，低电压、低温电解、“三度寻优”及导电槽等技术的研发，为电耗降低提供了有力的技术职称。预焙槽“三度寻优”技术，可以提高过剩氟化铝量，降低初晶温度，提高电流效率，吨铝节电 250 kW·h。同时，新型阴极结构电解槽技术得到了进一步完善。截至 2009 年底，至少有 2 条完整生产线全面采用新型阴极结构电解槽技术，推广应用上了新的台阶。
- 推广直接利用电解液铸造（轧）技术。直接采用电解铝液铸造或铸轧，生产挤压圆铸锭或热轧扁锭及板带箔用铸轧板坯，不仅缩短了铝冶炼厂混合、重熔铝锭铸造、检验、打包等工序，而且避免了铝加工厂二次重熔铝锭消耗的大量能源和产生的金属烧损。

### (3) “十二五”电解铝行业 DSM 节电潜力

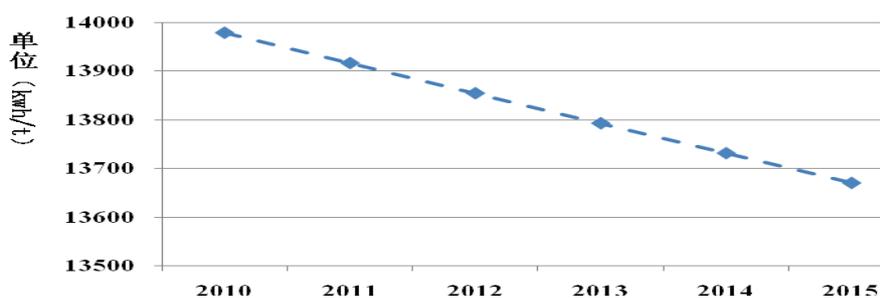


图 4-26 2010-2015 年电解铝综合交流电耗下降趋势

“十二五”期间，电解铝行业将通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计“十二五”末期，吨铝综合交流电耗从2010年的13979kWh/t降到2015年的13670kWh/t，降低309kWh/t。按2015年电解铝产量2000万吨计算，“十二五”电解铝行业DSM节电潜力为61.8亿kWh，由于节电带来的减排二氧化碳能力为533万吨。

● 铜冶炼

(1) “十一五”铜冶炼行业节电进展

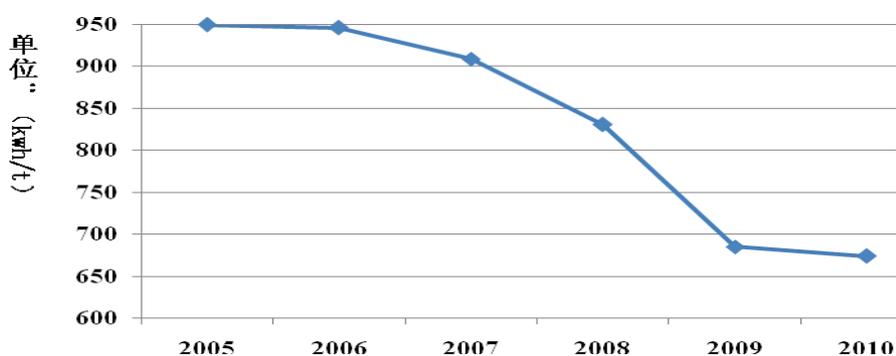


图 4-27 2005-2010 年铜冶炼综合电耗下降趋势

“十一五”期间，铜冶炼行业通过提高产业集中度、采用节能新技术和设备、加强节电管理等措施，提高能源利用效率，节能效果明显。吨铜综合电耗从2005年的950kWh/t降到2010年的674kWh/t，降低了276kWh/t。按照2010年铜产量457万吨计算，“十一五”期间，铜冶炼行业共节电12.6亿kWh，由于节电带来的减排二氧化碳109万吨。

(2) “十二五”铜冶炼 DSM 节电潜力

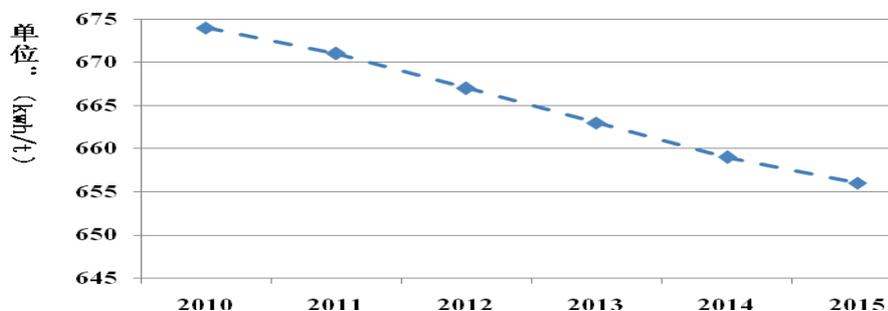


图 4-28 2010-2015 年铜冶炼综合电耗下降趋势

“十二五”期间，铜冶炼行业将通过上述多种节电措施推进节能减排，预期可以实现重大的电力资源节约，并对二氧化碳减排做出实质性贡献。预计“十二五”末期，吨铜综合交流电耗从2010年的674kWh/t降到2015年的656kWh/t，降低18kWh/t。按2015年铜产量651万吨计算，“十二五”铜冶炼行业DSM节电潜力为1.2亿kWh，由于节电带来的减排二氧化碳能力为10万吨。

## 五、典型用电设备 DSM 节电潜力分析

### (一) 电动机

#### 1、电动机应用与电耗现状

电动机使用范围广泛,是多种机械设备和装置的动力设备,广泛运用于石油、化工、冶金、煤炭、水泥、制糖、造纸、纺织行业和农业的灌溉、粮食加工等,所拖动的设备主要是泵类、风机、压缩机、机床等,是各行业的主要配套设备之一。

电动机作为各种设备的驱动机械,按工作原理特性可分为三种主要类型:交流三相异步电动机,交流单相异步电动机和直流电动机。在实际使用中以交流三相异步电动机为主,保有量约占 90%。电动机按功率大小可分为大型电动机、中小型电动机、分马力电动机和微型电动机;目前实际运行的电动机中,以 0.55-100KW 的中小型电动机为主,保有量约占 80%。

一般情况下电动机的使用寿命比较长,在 10~20 年。电动机的寿命与产品质量、电动机的运行时间、电动机运行时的载荷量以及对电动机的维护等因素有关。

随着科学技术水平的不断提高,我国电机产品产量、品种逐步得到发展。上世纪五十~八十年代初,国内的主要产品为 J、JO、J2、JO2 等系列产品;1982 年在符合国际电工委员会 IEC 标准的 Y 系列三相异步电动机通过鉴定后,在此基础上完成了开启式电机、绕线转子式电机、防爆专用电机、起重冶金专用电机、电磁制动电机、变极多速电机、齿轮减速电机等 20 多个派生专用系列产品的开发。自 1985 年起,国家明文下令淘汰 J2、JO2 系列产品,推广采用 Y 系列电机,自此, Y 系列及其派生系列产品在全国范围内逐步得到推广。

上世纪九十年代初,国内有关单位联合开展了新一代低压三相异步电动机—Y2 系列的研制工作。Y2 系列电机于 1996 年通过鉴定,达到了当时国外同类产品的先进水平。Y2 系列电机投入市场后,赢得了国外用户的欢迎,成为电机出口市场的主要产品。

本世纪初,国内 20 多家电机生产企业联合开展了淘汰热轧硅钢片、推广采用冷轧硅钢片(简称“以冷代热”)的试验研究工作,完成了 Y3 系列三相异步电动机的研制开发。Y3 系列电机是国内第一个完整的全系列采用冷轧硅钢片设计的基本系列电机,其效率指标达到了国标(GB18613-2006)《中小型三相异步电动机能效限定值和节能评价》中能效限定值的规定,同时达到欧洲 Eff2 效率标准,其主要性能指标达到了本世纪初国际同类产品的先进水平。目前我国生产

的中小型电机产品大多数是 Y、Y2、Y3 系列三相异步电动机及其派生系列产品，年产量约占电动机总产量的 70%左右。

在高效节能电机的开发和应用方面，我国先后在基本系列 Y 系列基础上开发了 YX 系列高效率三相异步电动机产品，与 Y 系列(IP44)比较,YX 系列平效率提高 3%左右；在 Y2 系列基础上又开发了 Y2-E 提高效率系列产品；在已满足欧洲 Eff2 标准的 Y3 系列电机基础上，开发了以冷轧硅钢片为导磁材料的 YX3 系列高效率三相异步电动机；近年里又开发了结构简单、运行可靠、发热小、体积小、重量轻、效率高的稀土永磁电机。YX3 系列高效率电动机的效率指标满足 GB18613《中小型三相异步电动机能效限定值及节能评价》中节能评价要求，同时符合欧洲 Eff1 标准。我国是稀土资源大国，占世界已探明储量的 80%，丰富的原料资源使我国在生产钕铁硼磁体上具有优势，稀土永磁电机应用前景看好。目前上述节能电机在我国得到了一定的应用。

表 5-1 Y、Y2、Y3 系列产品全系列效率的标准平均值 (%)

系列效率标准 平均值	Y 系列	Y2 系列	Y3 系列	GB18613-2006	
				能效限定值	节能评价值
全系列效率标准 平均值	—	84.68	84.65	87.88	90.54
对应 GB18613 标准, 2~6p/73 规格平均	—	87.87	87.88	87.88	90.54
相应 Y 系列 84 个规格平均	87.72	87.74	87.75	—	—

表 5-2 YX、Y2-E、YX3 系列产品全系列效率的标准平均值 (%)

系列效率标准 平均值	YX 系列	Y2-E 系列	YX3 系列	GB18613-2006
				节能评价值 (EFF1)
相应 Y2-E 系列 52 个规格 效率平均值(%) (0.75~90kW ,2~6p H80~280)	89.67	87.94	89.30	89.30

我国是电机生产、使用和出口大国，近年里电动机年产量为 2 亿 kW 左右，除满足国民经济各行各业的一般需要外，还大量出口。目前全国现有电动机装机容量为 18 亿 kW 左右。根据国际通用估算方法，电动机装机容量为发电装机容量的 2.5~3.5 倍；据此推算，今后我国电动机产量、装机容量将会有较大幅度的增加，到“十二五”末，预计全国电动机装机容量将增至 30 多亿 kW。

电动机是最主要的终端耗电设备，耗电量约占全国终端用电量的 60%；其中，与风机、泵类、压缩机、空调制冷机配套使用的电机用电量分别约终端用电量的 10%、21%、9%和 6%。2010 年，全社会用电量超过 41000 亿 kWh，其中电机系统用电量估计超过 20000 亿 kWh。

## 2、电机系统节电潜力

目前我国在用的电机、电机系统与国外在能效等方面主要存在以下差距。

- 在能效标准方面，我国目前生产的中小型电机产品大多数是 Y、Y2、Y3 及派生系列产品，绝大部分是普通效率标准 IE1 电机，比高效率标准 IE2 平均低 3%、比超高效率标准 IE3 平均低 5%。美国自 1997 年起已开始强制推广适用高效率标准电机、2011 年开始强制推行超高效率标准电机。
- 产品品种方面，在电机的专用化产品开发方面，目前我国电机行业的开发能力较弱，在许多场合只能用普通电机来代替。国外电机的专用化率达到 70%，而国内电机的专用化率据统计仅达到 10%。

表 5-3 国内外电机产品及系统性能比较

内 容	先 进 国 家	我 国
能效	美国 1997 年强制推行高效电机 欧盟 2011 年强制推行高效电机 美国 2011 年强制推行超高效率电机	普通效率电机占 95% 2011 年强制推行高效电机
品种	电机专用化率达到 70%	专用化率只有 10%
系统匹配	先进国家已形成托拉斯生产模式，电源装置、电机、负载多在同一集团各分厂生产，密切配合、相互协作，电源装置、电机和负载间有精确的、合理的匹配，电机系统效率高	三者分别设计、生产，参数匹配不合理、系统效率低，个别三合一生产厂处于刚刚起步阶段，无行业牵头单位。

- 在系统匹配方面，由于电机、控制、被拖动机械（如风机、水泵、压缩机等）的分别设计、生产环节处于各自封闭状态，因此在技术上参数匹配不合理、系统的运行效率低。

总的来看，目前我国在用的大多数电机效率比发达国家要低 2%~5%，系统运行效率要低 10%~20%。这意味着我国电机系统具有极大的节能潜力空间。综合考虑全国现有各类电动机装机容量、未来电动机新增装机容量、电机系统用电量占全国用电量的比重、可用的电机系统节电技术措施等因素，“十二五”期间电机系统 DSM 节电潜力估计在 2500 亿 kWh 左右。电机系统典型节能措施的节能潜力见表 5-4。

表 5-4 电机系统典型节能措施的节能潜力

电机系统节能措施	典型节能量
1. 系统安装或更新	
高效电机	2%~8%
正确选型、负载匹配	节能量较大
调速驱动	10%~50%
高效机械传动/减速器	2%~10%
电能质量控制	0.5%~3%
高效终端设备（比如泵、风机、压缩机等）	节能量较大
高效管网	节能量较大
2. 系统操作和维护	
润滑、校正、调整	1%~5%

“十二五”电机系统的节电潜力包括以下几个方面。

(1) 更新淘汰低效电动机及高耗电设备的节电潜力。这包括：推广高效节能电动机、稀土永磁电动机，高效风机、泵、压缩机，高效传动系统等；更新淘汰低效电动机及高耗电设备；采用高效节能电机及系统相关节电设备新装电机系统；逐步限制并禁止落后低效产品的生产、销售和使用；对老旧设备更新改造，重点是高耗电中小型电机及风机、泵类系统的更新改造及定流量系统的合理匹配。

(2) 提高电机系统效率的节电潜力。这包括：推广变频调速、永磁调速等先进电机调速技术，改善风机、泵类电机系统调节方式，逐步淘汰闸板、阀门等机械节流调节方式；重点对大中型变工况电机系统进行调速改造，合理匹配电机系统，消除“大马拉小车”现象。

(3) 被拖动装置控制和设备改造的节电潜力。这包括：以先进的电力电子技术传动方式改造传统的机械传动方式，逐步采用交流调速取代直流调速；采用高新技术改造拖动装置等。

(4) 优化电机系统的运行和控制的节电潜力。这主要是推广软启动装置、无功补偿装置、计算机自动控制系统等，通过过程控制合理配置能量，实现电机系统的节电和经济运行。

## (二) 照明器具

### 1、照明产品应用与电耗现状

照明器具产品包括五大类，它们是光源、灯具、电器附件、灯头灯座和专用材料。其中影响用电效率和发光效率的两个最主要的产品是光源和灯具。光源品种有白炽灯、低气压放电灯、高气压放电灯。在光源产品中，人们通常将 T5 和

T8 直管荧光灯、单端荧光灯、普通照明用自镇流荧光灯、高压钠灯、低压钠灯、金属卤化物灯、电子镇流器称为高效电光源产品，也即节能电光源产品。

我国是最大的电光源产品生产国。1996 年我国开始实施中国绿色照明工程以来，以荧光灯为代表的节能光源产品产量的增长迅速，荧光灯与普通白炽灯生产比例从 1997 年的 1: 5 上升到 2009 年的 1: 0.97。

从 2005 年开始，我国节能灯的产销量呈明显的上升趋势。2005 年，全国节能灯产销量约为 17.63 亿只，2009 年产销量约为 38.7 亿只，为 2005 年的 2.2 倍。与节能灯产销量持续增长趋势形成对比，2005-2007 年，我国白炽灯年产量基本维持在 43-44 亿只的水平；从 2008 年开始，白炽灯产量开始下降；2009 年产量相比 2008 年下降了 5.83 亿只，下跌幅度达 13.42%，节能灯的产销量首次超过白炽灯。

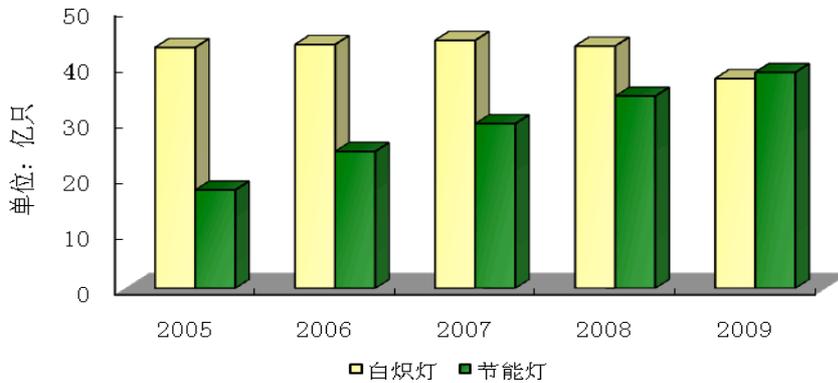


图 5-1 2005-2009 年我国白炽灯与节能灯产销量

我国是高效照明产品出口大国，60%左右的节能灯出口到国外，出口区域包括欧美、中东、东南亚、俄罗斯等国家和地区。近年里，高效照明产品的国内市场占有率不断提高，2009 年国产节能灯内销量为 16.78 亿只，占我国节能灯产量的比重为 43%。

表 5-5 2008、2009 年我国节能灯进出口量 单位：亿只

项目	2008	2009
节能灯进口量	0.07	0.074
节能灯出口量	21.19	21.92
节能灯出口量占产量的比重	62%	57%

数据来源：中国海关

据统计，1996—2005 年，我国通过绿色照明工程累计推广高效照明产品 6 亿只；“十一五”期间，我国通过财政补贴方式累计推广高效照明产品 3.6 亿只，

相应形成年节电能力约 75 亿 kWh。

在高效照明产品推广工作过程中发现：城乡居民和大宗用户对于高效照明产品种类的需求存在较大差异。2008-2010 年，通过财政补贴方式推广的高效照明产品构成中，城乡居民安装高效照明产品以普通照明用自镇流荧光灯为主，占总推广量的 93%，双端直管荧光灯安装仅占 7%，高压钠灯功率较大，在家庭居民照明方面使用较少；大宗用户安装高效照明产品以双端直管荧光灯为主，T5、T8 的安装数量占总推广量的 66%，普通照明用自镇流荧光灯安装数量约占总推广量的三分之一，高压钠灯安装数量约占总推广量的 4%。

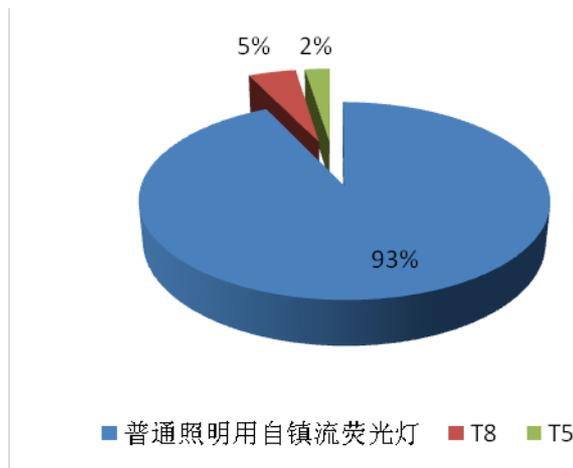


图 5-2 财政补贴方式下城乡居民安装的高效照明产品种类结构

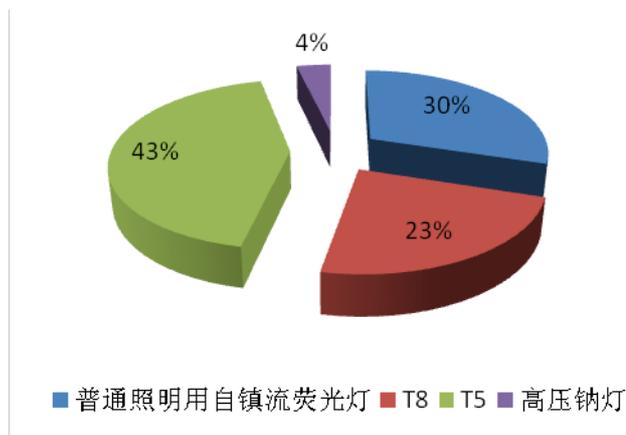


图 5-3 财政补贴方式下大宗用户安装的高效照明产品种类结构

到“十一五”末，全国大中城市高效照明产品在用量显著提高，占全部照明产品在用量的 75%；农村地区则在 40%-50%之间。另一方面，有关机构的调查结果显示：2009 年以白炽灯为代表的普通照明产品的在用量仍然很高，高达 20.4 亿只；其中白炽灯为 14.43 亿只。我国照明用电量约占全社会用电量的 12%左右。

表 5-6 2009 年我国各类普通照明产品在用量 单位：亿只

产品	各类用户
----	------

白炽灯泡	14.43
卤钨灯	2.20
T12	3.62
高压汞灯	0.15
普通照明产品合计	20.40

数据来源：华通人调查数据

## 2、照明节电潜力

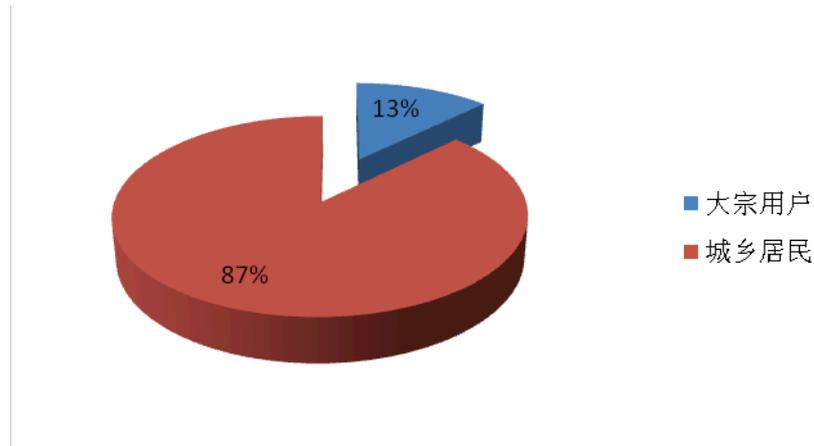


图 5-4 城乡用户和大宗居民实际安装高效照明产品的节电量比例

从“十一五”城乡居民和大宗用户实际安装的高效照明产品情况看，城乡居民主要以安装普通自镇流荧光灯为主，大宗用户则以安装双端直管荧光灯为主。一般情况下，普通自镇流荧光灯替代白炽灯的规律为 1 瓦替代 5-7 瓦的白炽灯，节能效果显著。对于三基色双端直管荧光灯，一般采用 T5 替代 T8，T8 替代 T12 的替换原则，节能量相对较小。因此，大宗用户实际安装高效照明产品的节电量相对较小，占全部节电量的 13%；城乡居民以安装普通自镇流荧光灯为主，节能量较大，占全部节电量的 87%。

2008、2009 年两年里，通过财政补贴方式共推广高效照明产品 2.1 亿只，形成 43.56 亿 kWh 的年节电能力。

表 5-7 2.1 亿只高效照明产品的节能减排效果

	节电量 (亿 kWh)	节能量 (万吨标煤)	CO <sub>2</sub> 减排量 (万吨)	SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> (万吨)
年节能减排量	43.56	121	311	6.5
寿命周期内节能减排量	176.6	491	1261	26

“十二五”期间，我国 DSM 照明节电节电潜力主要来自以下几个方面：

(1) 进一步推广应用普通照明用自镇流荧光灯、T5 和 T8 直管荧光灯、高压钠灯、金属卤化物灯、电子镇流器等高效电光源产品，同时大力淘汰高电耗的白炽灯，特别是加大在农村地区淘汰白炽灯、推广节能灯的工作力度，可实现可观的照明节电效果。

(2) 示范和推广应用 LED 灯。LED 节能灯是用高亮度白色发光二极管发光光源，光效高、耗电少，寿命长，易控制，免维护，安全环保，是新一代固体冷光源，比管形节能灯省电，亮度高，投光远，投光性能好，使用电压范围宽，光源通过微电脑内置控制器，可实现 LED 七种色彩变化，光色柔和、艳丽、丰富多彩、低损耗、低能耗，绿色环保，适用家庭，商场，银行，医院，宾馆，饭店他各种公共场所长时间照明。LED 灯用于景观照明替代霓虹灯，可节能 70%；用于交通信号灯替代白炽灯，可节能 90%。LED 灯的示范和推广应用，将成为照明节电的重要新途径。

综合考虑全国在用照明产品数量和结构、未来照明产品新增需求、照明用电量占全社会用电量的比重、可用的照明节电技术措施等因素，“十二五” DSM 照明节电潜力估计为 350 亿 kWh 左右。

### (三) 空调器

#### 1、空调器应用与电耗现状

我国是空调器第一生产大国，房间空调器年产量从 2000 年的 1800 多万台猛增至 2010 年的近 11000 万台。我国空调器生产大多采用国外制造设备和技术，产品规格由最初的单一窗式单冷发展到如今冷暖窗式、分体式、柜式和一拖二、三、四等机型，产品技术基本与国际先进技术接轨，产品出口逐年增长。海尔、海信、格力、美的等企业在空调器行业处于领先地位。

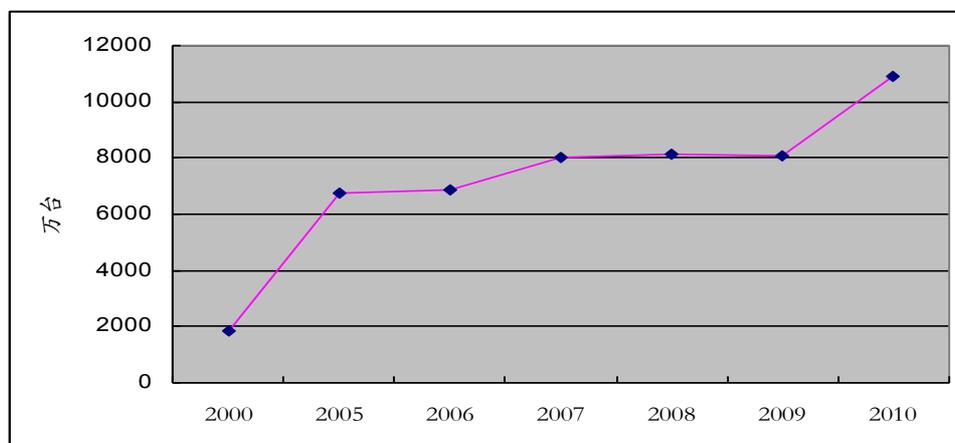


图 5-5 我国房间空调器年产量增长 (2000-2010)

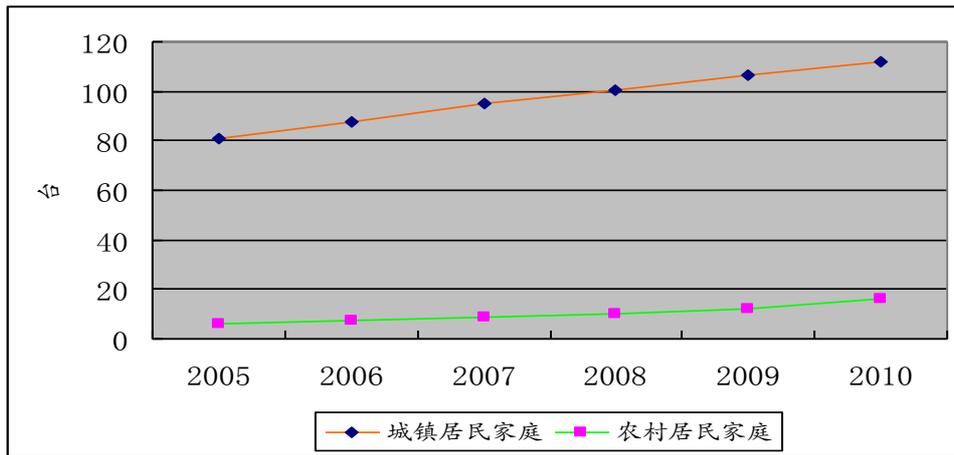


图 5-6 我国每百户城镇/农村居民家庭房间空调器拥有量增长 (2005-2010)

随着我国经济发展和居民收入水平的提高,空调器成为我国城乡居民的消费热点,近年里国内空调器年销售量均为数千万台,年城镇和农村居民家庭空调普及率逐年上升。到“十一五”末,每百户城镇家庭的空调拥有量为 112.1 台,每百户农村家庭的空调拥有量也增至 16 台;全社会空调器保有量约 4 亿台。

“十一五”期间,我国居民年用电量年均增长率都在两位数以上,其年耗电量约占全社会用电量的 10%以上。居民用电的负荷特性很差,其最高负荷可达当地负荷的 30%-40%。目前居民年用电量中,空调用电量占有相当大的比重;再加上商业/工业集中空调用电量,目前全社会空调年用电量估计为 2000 多亿 kWh。空调器占高峰负荷的 40%左右,加剧了电网的峰谷差,降低了电网负荷率。

## 2、空调节电潜力

根据《房间空气调节器能效限定值及能源效率等级》(GB12021.3-2004)所规定的能效等级分类指标,目前我国分体式空调按照额定制冷量分为三类,每类产品根据能效比的不同又分为五个能效等级。2009 年之前,受价格水平、居民使用需求、消费习惯等因素的影响,额定制冷量  $CC \leq 4500$  (即 2 匹及以下,主要是 1 匹和 1.5 匹)的 4、5 级能效空调是我国空调市场上的主流产品。2008 年,国内空调市场总销量约 4000 万台;其中,4、5 级能效空调约占 80%的市场份额,1、2 级高效节能空调仅占市场份额的 5%。

表 5-8 房间空调器能效等级指标

类型	额定制冷量 (CC) /W	能效等级				
		5	4	3	2	1
分体式	$CC \leq 4500$	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40

	4500 < CC ≤ 7000	2.50	2.70	2.90	3.10	3.30
	7100 < CC ≤ 14000	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20

注：其中 5 级为能效限定值，2 级为节能评价价值。

2009 年，国家组织实施“节能产品惠民工程”，采取财政补贴方式推广高效节能空调，国内空调市场呈现出向高效节能市场转换的明显态势，几乎所有主要空调企业均停产了 4、5 级能效空调产品，生产的部分 3 级产品也只限于响应家电下乡政策。2010 年，高效节能空调产品占国内空调市场的份额大幅提高。“十一五”后两年里，财政补贴政策的实施，加快了高效节能空调的普及使用，加速了低效空调的淘汰，使在用空调的整体能效水平提高了 15%。据测算，国内市场上主流的高效节能空调与低能效空调相比，每年可节电约 200kWh；照此推算，2009-2010 年，全国通过财政补贴方式累计推广高效节能空调 2000 多万台，相应形成的年节电能力超过 40 亿 kWh。

“十二五”期间，随着城镇化的快速推进、居民生活水平的提高，城镇和农村居民家庭的空调器拥有量将进一步增加，2015 年全国居民家庭房间空调器拥有量估计将达到 5.5-6 亿台左右；同时，由于追求舒适性，空调器的开机时间将增长；两者都将导致空调器耗电量的进一步增大。综合考虑全社会空调拥有量及增长趋势、高效节能空调推广财政补贴政策的实施力度等因素，“十二五”期间全国空调整节电潜力估计为 400 亿 kWh 左右。

#### （四）变压器

##### 1、变压器应用与电耗现状

变压器的按用途可分为电力变压器和配电变压器。将电压降低到电气设备工作电压的变压器称为配电变压器，该类变压器作为日常照明和工厂动力用，通常电压在 35kV 和 10kV 及以下、容量在 6300kVA 以下。电力网中所用到的所有变压器统称为电力变压器，即为配电前用的各级变压器。变压器按结构可分为油浸式变压器和干式变压器等。目前，我国配电变压器在台数上占主要比重，配电变压器中油浸式变压器占主要比重。配电变压器按设计型号又分为 S7、S9、S11、SH12（非晶合金变压器）等系列。我国生产的 S11、SH12 系列变压器已接近国际先进水平。

表 5-9 我国 220kV 及以上输电线路长度 单位：km

电压等级/kV	2000	2005	2006	2007	2008	2009
1000	—	—	—	—	—	640
±800	—	—	—	—	—	1375

750	—	141	141	511	630	2747
500	25910	62866	77092	92567	107993	121939
330	8524	13059	13762	15795	16717	19156
220	122597	177617	195392	219337	233558	253573
合计	157031	253583	286387	328210	358896	399430

“十一五”期间，我国电力工业高速扩张，电网建设和改造步伐也明显加快，各类变压器的使用量不断增加。截至 2010 年底，全国电网 220 千伏及以上输电线路回路长度、公用变设备容量分别为 44.27 万千米、19.74 亿千伏安，分别比 2005 年底增加 18.90 万千米、11.31 亿千伏安，实现了变配电能力的翻倍增长；全国电网增加±800 千伏特高压直流以及 1000 千伏特高压交流电压等级，年底线路长度分别为 3282 千米、640 千米。

变压器在输送电能过程中产生损耗，其损耗主要来自铁芯的空载损耗(铁损)和绕组的负载损耗(铜损)。空载损耗是指变压器二次侧开路，一次侧加额定电压的正弦波电压时变压器所吸取的功率，也就是说当没有负载时，变压器的损耗。负载损耗是指额定电流下与参与温度下，当额定电流流过一个绕组的线路端子且另一个绕组短路时，变压器在额定频率下所吸取的有功功率。2010 年全国发电量超过 4 万亿 kWh，线损率为 6.49%，输电损失约 2700 亿 kWh，其中变压器损耗约占 1/4~1/3。此外，配电变压器的空载和负载损耗也是一个不小的数目。2010 年，我国输/配电变压器电能总损耗估计约为 1000 亿 kWh。

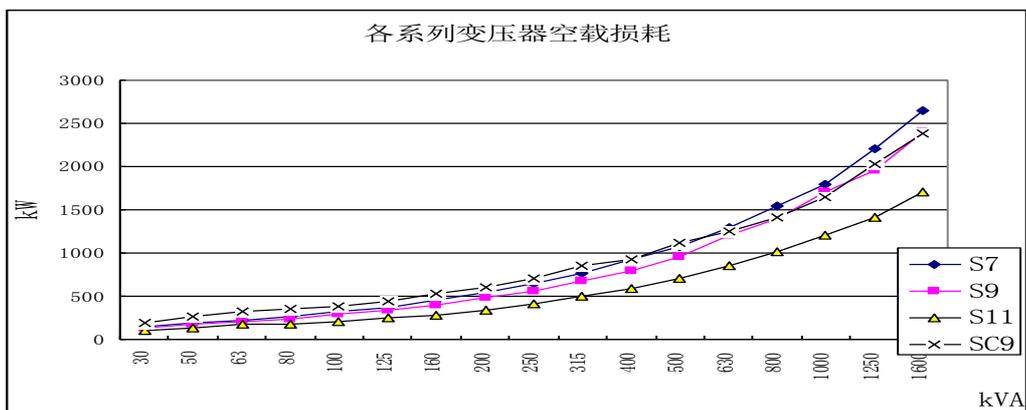


图 5-7

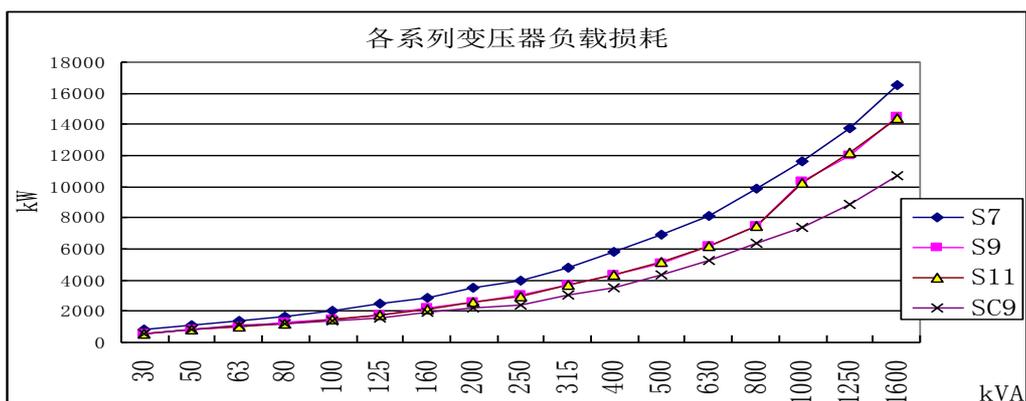


图 5-8

## 2、变压器节电潜力

目前我国生产的 S9 系列变压器，其效率与欧盟相比，负载损耗低于欧盟 B 列，但平均高于欧盟 C 列 7.6%。S9 的空载损耗平均高于欧盟 B'列 9%，而高于 C'列 35%。国产 S11 系列变压器的负载损耗也高于欧盟 C 列 7.6%，但空载损耗比欧盟 C'列低。

表 5-10 变压器损耗国际比较

额定容量	配电变压器负载损耗			配电变压器空载损耗			
	B列	C列	S9、S11	B'列	C'列	S9	S11
kVA	W	W	W	W	W	W	W
50	1350	875	870	145	125	170	130
100	2150	1475	1500	260	210	290	206
160	3100	2000	2200	375	300	400	285
250	4200	2750	3050	530	425	560	409
400	6000	3850	4300	750	610	800	589
630/4%	8400	5400	6200	1030	860	1200	851
1000	13000	9500	10300	1400	1100	1700	1200
1600	20000	14000	14500	2200	1700	1950	1410

对于变压器产品，影响其运行效率的主要因素是空载损耗和负载损耗。对于变压器使用，影响其运行效率的主要因素是负载与变压器容量的匹配问题。在选用变压器时，如果变压器容量选的过小，则变压器容易应过载而损坏，如果容量选的过大，则会出现大马拉小车现象，许多电能白白浪费掉了。所以，在变压器的使用中应考虑变压器的经济运行，也就是在技术经济允许、保证安全生产的条件下，通过优选运行方式、合理调整负载、改善运行条件，使变压器在电能损耗低的状态下运行。

降低电力变压器损耗的措施有：淘汰高耗能电力变压器，采用低损耗节能变压器；采用无功补偿，提高功率因数；调整电力变压器运行状况等。

- 淘汰高耗能电力变压器。电力变压器使用的主要型号有 S7、S9、S11、SH12 等，其中 S7 型是国家明令淘汰的电力变压器，但目前还有一定数量的 S7 型变压器在用。通过采用低损耗的节能型变压器，如换用 S11 系列变压器，变

压器空载损耗可降低 40%-50%，负载损耗可降低 30%。

- 采用无功补偿，提高功率因数。在终端用户侧提高电力变压器功率因数，提高供电能力，减少电能损耗。无功功率补偿技术就是为了补偿供用电设备所需的无功功率，使用户功率因数提高。
- 调整电力变压器运行状况。这须以企业实际情况为基础，包括：优化电力变压器运行方式，降低变压器总损耗，提高功率因数等。

据有关机构测算：2000-2020 年，我国变压器节电潜力达数百亿 kWh；自实施变压器新能效标准以来，截止到 2010 年，高效节能变压器的推广应用形成了 82.9 亿 kWh 年节电能力；“十二五”期间，若高效变压器得到普遍推广，相应的节电潜力约为 80 亿 kWh。

## 六、“十二五”DSM推广应用途径

基于第三、第四、第五节的分析，“十二五”期间全国及分行业、分设备 DSM 节电潜力如表 5-1 所示。基于 DSM 节电潜力分析，“十二五”DSM 推广应用的主要途径大体归纳如下。

表 6-1 “十二五”全国及分行业、分设备 DSM 节电潜力 单位：亿 kWh

全国	~6000					
一产	n.a.	~2500	~350	~400	~80	n.a.
二产	n.a.					
钢铁	>528					
建材(水泥)	>345					
化工						
合成氨	>35.75					
烧碱	>35					
纯碱	>3.78					
乙烯	>2.1					
电石	>23.4					
其它	n.a.					
有色	>63					
其它	n.a.					
三产	n.a.					
居民	n.a.					

(1)全面推动电机系统节电。“十二五”电机系统节电潜力约为 2500 亿 kWh, 占全国 DSM 节电潜力的比重超过 40%。全面推动各行各业电机系统节电,是“十二五”DSM 推广应用的首要 and 重大途径。电机系统节电的具体推进途径包括:

- 更新淘汰低效电动机及高耗电设备。推广各类高效节能的电动机、风机、泵、压缩机,以及高效传动系统等;更新淘汰低效电动机等;限制并禁止落后低效电机等的生产、销售和使用;对老旧电机等进行更新改造,重点是高耗电中小型电机及风机、泵的更新改造及定流量系统的合理匹配。
- 电机系统调速改造。推广变频调速、永磁调速等先进电机调速技术,改善电机系统调节方式,逐步淘汰闸板、阀门等机械节流调节方式;重点对大中型变工况电机系统进行调速改造,合理匹配电机系统,消除“大马拉小车”现象。

- 被拖动装置控制和设备改造。以先进的电力电子技术传动方式改造传统的机械传动方式，逐步采用交流调速取代直流调速；采用高新技术改造拖动装置等。
- 优化电机系统的运行和控制。推广软启动装置、无功补偿装置、计算机自动控制系统等，通过过程控制合理配置能量，实现电机系统的节电和经济运行。

(2) 着力推动钢铁、水泥行业节电。这两个行业的节电潜力之和接近 900 亿 kWh (以广义 DSM 节电潜力为主)，约占全国 DSM 节电潜力的 15%。着力推动钢铁、水泥行业节电，是仅次于电机系统节电的又一 DSM 推广应用重大途径。钢铁行业节电的具体推进途径包括：

- 推广普及钢铁行业二次能源发电技术。这是钢铁行业 DSM 节电的主要途径。主要是：推广和普及干熄焦技术、烧结余热发电技术、高炉炉顶余压发电技术、低热值高炉煤气燃气—蒸汽联合循环发电技术、转炉煤气高效回收利用技术等重大技术。
- 推广应用通用节电技术。在钢铁生产中采用变频调速、更新风机水泵、采用节能型变压器等；结合生产实际情况对配电系统进行优化匹配，在保证安全的前提下，提高变压器的负荷率。
- 优化电炉制炼工艺。包括：把还原和精炼功能放在电炉外进行；采用连续式加料的电炉制炼，减少炉门和炉盖的开启；交流电弧炉改为直流；废钢预热等。
- 强化钢铁企业节电管理。推动钢铁企业加快建立能源管理中心等。

水泥行业节电的具体推进途径包括：

- 推广普及水泥纯低温余热发电技术。这是水泥行业 DSM 节电的主要途径。
- 设备大型化。通过新型干法水泥生产线的大型化发展，提升主辅机工作效率，减少电力消耗。
- 采用高效节能的煅烧系统，降低冷却风机和窑头排风机的电耗。
- 采用预粉磨新型工艺技术，对熟料、混合材料等水泥配合料进行预粉磨，减少熟料掺比量，降低电耗。
- 推广应用通用节电技术。采用节能电动机、低损耗变电器、节电灯；为水泥生产中粉磨、碾磨、风机、水泵、空气压缩机等主要耗电设备加装变频装置等。

(3) 大力推动空调器、照明器具节电。空调器、照明器具的应用量大面广，“十二五”两者的节电潜力约为 750 亿 kWh，约占全国 DSM 节电潜力的 12.5%。大力推动空调器、照明器具节电，亦是“十二五”DSM 推广应用的重大途径。空调器节电的具体推进途径包括：

- 推广应用高效节能空调。
- 淘汰、更换低效老旧空调。
- 空调系统整体优化。采用计算机辅助设计 (CAD) 优化系统，应用高新技术进行模糊控制，使空调整机得到最佳匹配，在满足用户舒适度要求的同时提高能效。

照明器具节电的具体途径包括：

- 推广应用普通照明用自镇流荧光灯、T5 和 T8 直管荧光灯、高压钠灯、金属卤化物灯、电子镇流器等高效电光源产品，同时普遍淘汰高电耗的白炽灯。
- 示范和推广应用 LED 灯。

(4) 推动化工、有色行业节电。这两个行业的节电潜力之和超过 160 亿 kWh，约占全国 DSM 节电潜力的 2.7%。推动化工、有色行业节电，是“十二五”DSM 推广应用的重要途径。化工行业 DSM 节电的具体推进途径包括：

- 合成氨。包括：优化生产工序；采用全低变与中低变工艺；推广醇烷化或醇烃化气体精制工艺；采用经济运行的合成工艺；推广通用节电技术等。
- 烧碱。包括：提高产业集中度；推广离子膜烧碱工艺；降低蒸发工序电耗；采用变频调速等通用节电技术；提高盐水质量；隔膜法采用扩张阳极和改性隔膜技术等；加强电解槽管理等。
- 乙烯。包括：节电技术改造、采用新型高效催化剂和先进工艺等。
- 纯碱。包括：提高产业集中度；发展和应用节电新工艺；采用节能新技术和设备；加强节电管理等。
- 电石。包括：提高产业集中度；加强电极、料面管理；降低炉面温度；稳定生产负荷；采用生产控制系统；推广通用节电技术等。

有色行业 DSM 节电的具体推进途径包括：

- 铝冶炼。包括：推广大型预焙槽；采用节电新技术；推广直接利用电解液铸造（轧）技术等。

- 铜冶炼。包括：提高产业集中度；采用节能新技术和设备；加强节电管理等。

(5) 推动变压器节电。“十二五”节电潜力约为 80 亿 kWh，约占全国 DSM 节电潜力的 1.4%。推动变压器节电降耗，是“十二五”DSM 推广应用的有效途径。变压器节电的具体推进途径包括：

- 推广应用节能型变压器，淘汰高耗能电力变压器。
- 采用无功补偿，提高变压器功率因数。
- 优化变压器运行方式。

## 七、政策建议

(1) 加强规划引导。地方 DSM 主管部门应组织开展本地区 DSM 资源潜力的详细调查分析；在此基础上，组织制定本地区“十二五”DSM 实施规划，明确工作目标、工作重点，具体措施等，引导和促进本地区 DSM 工作的有序、高效开展。

(2) 尽快出台电网企业年节电量考核认定方案。《电力需求侧管理实施办法》中，对电网公司明确提出了年节约电量 0.3%、年节约电力 0.3%的量化指标。国家 DSM 主管部门应组织制订和尽快出台电网企业年节电量考核认定方案，对两个 0.3%的定义与统计范围、计算方法、考核办法、考核工作的组织实施等做出明确的规定，对电网企业 DSM 节电工作进行有效的引导、促进和监督。

(3) 组织开展城市/园区 DSM 试点示范。建议从区域代表性、用电负荷规模、电力供需形势、DSM 试点工作内容的创新性等角度综合考虑，选择一批城市/工业园区开展 DSM 试点示范，并及时总结和推广试点城市和园区的成功经验，带动其它城市、地区 DSM 的有效实施。

(4) 组织实施 DSM 节电重大专项行动。针对“十二五”DSM 主要节电潜力之所在，建议国家、地方 DSM 主管部门联合相关部门组织开展以下 DSM 节电重大专项行动，深入、有效、持续地开发 DSM 节电资源：

- 重点行业（钢铁、水泥等）重大 DSM 节电技术推广专项行动；
- 电机系统 DSM 节电专项行动；
- 空调 DSM 节电专项行动；
- 照明 DSM 节电专项行动；
- 变压器 DSM 节电专项行动。

(5) DSM 公共服务平台建设。鼓励和支持 DSM 实施基础条件较好、实施能力较强的地区、城市建设 DSM 公共服务平台，整合 DSM 节电服务资源，为当地企业等提供 DSM 节电有偿服务、公共服务，培育和加快发展电能服务业。

(6) 建议国家财政部门研究制定 DSM 直接财政激励政策，安排专项财政资金资助电力负荷管理系统建设、城市/园区 DSM 试点示范、DSM 重点项目实施、DSM 公共服务平台建设和运行维护、DSM 技术服务机构能力建设等。

(7) 落实、加强和完善有利于 DSM 实施的价格政策。国家和地方价格部门应严格落实差别电价等现有的、有利于 DSM 实施的价格政策；同时，研究试行、

逐步推广尖峰电价、可中断负荷电价、居民阶梯电价等，充分和有效发挥 DSM 节电的价格引导和约束作用。

(8) 严格执行固定资产投资项目节能评价制度、高耗能行业市场准入制度，确保新建产能具有高电能利用效率水平。

(9) 贯彻执行主要工业产品能耗限额标准、用电产品能效标准，为高效节电设备、产品的推广应用创造市场空间，杜绝高电耗设备、产品的生产和销售。

(10) DSM 实施能力建设。组织开展 DSM 支持政策、法规、标准、技术、方法、机制等方面的综合培训，提升电网企业、用电企业、DSM 技术支持和服务机构等的 DSM 实施能力。

# 附录一 钢铁行业重大 DSM 节电技术

## (一) 干法熄焦技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

利用冷的惰性气体(如氮气、氩气等)或燃烧后的废气,在干熄炉中与赤热红焦换热从而冷却红焦,吸收了红焦热量的惰性气体将热量传给干熄焦锅炉产生蒸汽,被冷却的惰性气体再由循环风机鼓入干熄炉冷却红焦。干熄焦锅炉产生的中压(或高压)蒸汽并入厂内蒸汽管网或送去发电。

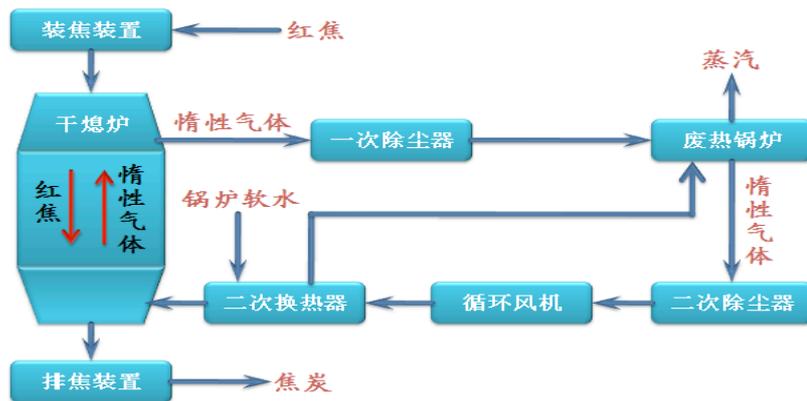


图 A-1 干熄焦 (CDQ) 技术流程图

#### 2) 技术特点

- 回收红焦显热。出炉的红焦显热约占焦炉能耗的 35%~40%，这部分能量相当于炼焦煤能量的 5%，将其回收，大大降低成本；
- 改善焦炭质量。在保持原焦炭质量不变的条件下，可以降低强粘结性的焦、肥煤配入量 10%~20%，多用 15%弱粘结性煤，有利于保护资源和降低焦炭成本；
- 减少环境污染。减少了  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$  向大气的排放。

### 2、技术发展与应用现状

2005 年,我国实现了干熄焦技术与设备的国产化、大型化和系列化。至 2008

年5月底，我国投产运行的干熄焦装置共57套，有4880万吨年焦炭生产能力配置了干熄焦装置，占我国机焦产能3.6亿t的13.5%。到目前为止，我国在建和已投产的干熄焦装置共119套，预计年焦炭产量为11448万吨，占我国机焦产能的31.8%。按干熄焦能力计，我国位居世界第一位。到“十一五”末，全国炼焦系统的干熄焦技术普及率为30%左右，其中钢铁行业内干熄焦技术普及率占钢铁行业的比重为50%左右。

### 3、典型项目的节能减排效益

某企业煤焦化公司，投资约2亿元，安装了中温中压强制循环干熄焦余热锅炉及汽轮发电机组，干熄焦能力为125t/h，日发电量30万kWh，日取得经济效益16万元，年回收热能折标煤52020吨，年CO<sub>2</sub>减排能力达10.9万吨，投资回收期4年。

### 4、推广前景及节能减排潜力

干熄焦技术在炼焦行业的应用，特别是随着国家对环保要求越来越严格、能源价格越来越高、能源供应越来越紧张的情况下，干熄焦的优点就越发的显著，其对回收炼焦余热，改善操作环境，实现循环经济具有十分积极的意义。

钢铁行业应大力推广干熄焦技术，加快对已有焦炉进行干熄焦改造。新建设备应同时配备干熄焦装置，尤其应推广回收品质高的高压干熄焦技术。

预计到2015年，干熄焦技术在行业内的推广比例达到63%，形成节电能力146亿kWh，形成CO<sub>2</sub>减排能力2218万吨。

## (二) 烧结合余热发电技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

烧结系统的显热回收有两部分：一是烧结矿的显热，二是烧结机尾部烟气的显热。目前，烧结废气余热回收利用的方式主要有以下四种：

- 利用余热锅炉产生蒸汽或提供热水，直接利用；
- 用冷却器的排气代替烧结机点火器的助燃空气或用于预热助燃空气；
- 将余热锅炉产生的蒸汽，通过透平及其它装置转换成电力；
- 将排气直接用于预热烧结机的混合料。

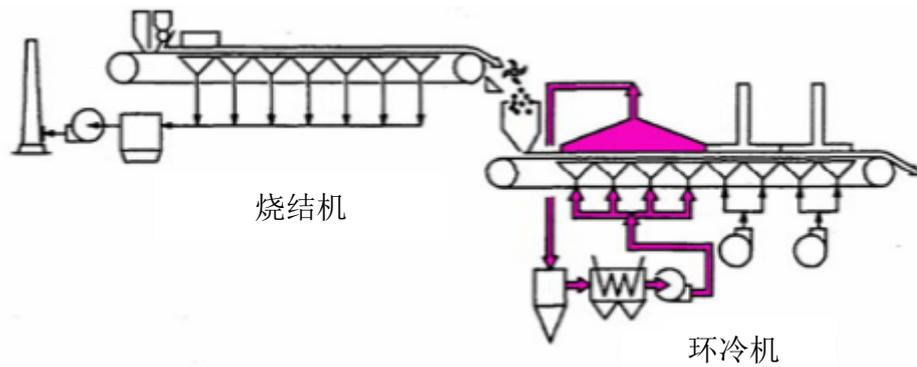


图 A-2 烧结矿余热回收技术

## 2) 技术特点

- 烧结余热热源品质整体较低，低温部分占比例大；
- 烧结过程中，随着烧结矿在烧结机上烧成情况不同，其烟气温度也不同；
- 在烧结生产中由于设备的运行的不确定性，短时间停机不可避免，造成烧结烟气不连续性。

## 2、技术发展与应用现状

国内外对烧结余热的回收利用进行了大量的研究，据日本某钢铁厂热平衡测试数据表明，烧结机的热收入中烧结矿显热占 28.2%、废气显热占 31.8%。国外先进企业生产每吨烧结矿可回收余热蒸汽 80~100 kg。

目前我国烧结余热回收相对较好的企业是宝钢、太钢、唐钢等企业。近两年，济钢和马钢分别采用国产和日本技术把烧结矿余热回收的蒸汽用于发电，取得了良好的利用效果，但其技术完善和蒸汽能源的合理利用方法有待进一步研究。

## 3、典型项目的节能减排效益

某钢铁企业投资 1.7 亿元，安装了低温余热锅炉及汽轮发电机组，年发电量达 1.4 亿 kWh，吨烧结矿发电量约为 12 kWh，年 CO<sub>2</sub> 减排能力达 11.9 万吨，年可取得经济效益 7000 万元，投资回收期为 2.5 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

在钢铁企业中，烧结工序的总能耗仅次于炼铁，居第二位，一般为钢铁企业总能耗的 10%~20%。钢铁企业的烧结工序产生大量的低温废气，基本没有得到合理利用，所以其推广前景广阔，节能潜力很大。

预计到 2015 年，烧结余热发电技术在行业内的推广比例达到 50%，形成节电能力 41 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 417 万吨。

### (三) 高炉炉顶余压发电技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

高炉炉顶余压发电技术(简称 TRT)是世界公认的钢铁企业重大能量回收技术。它是利用高炉炉顶煤气的余压余热，把煤气导入透平膨胀机，使压力能和热能转化为机械能，驱动发电机发电的一种能量回收装置。

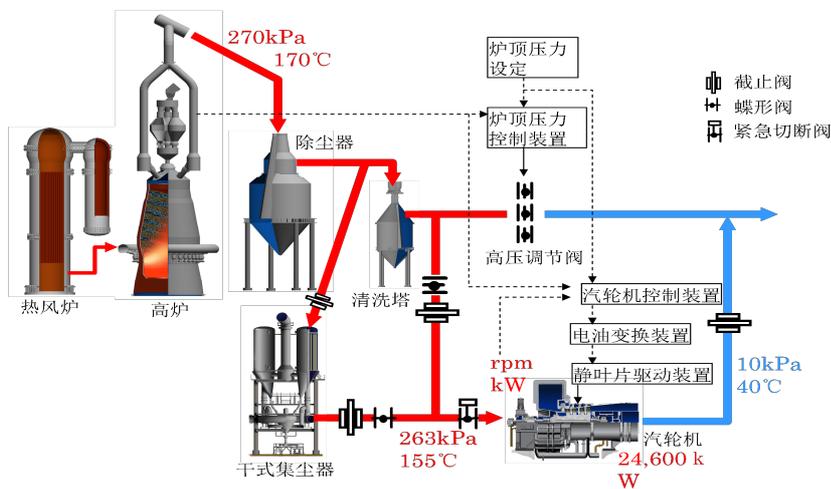


图 A-3 TRT 装置的高炉炼铁工艺流程图

##### 2) 技术特点

- 干式除尘不用水洗和冷却，大大降低了用水量；
- 干式点除尘节约电力消耗量；
- 干式除尘器的出口煤气温度高，压力损失小，故发电功率比湿式高；
- 干式 TRT 系统排出的煤气温度高、水分低，所含热量多，煤气的理论燃烧温度高，用于烧热风炉，高炉热风温度可提高 40°C ~ 90°C，相应降低炼铁焦比 8~16 kg/t。最高吨铁回收电量约 50kWh。

#### 2、技术发展与应用现状

到 2009 年底，钢铁行业内拥有高炉 560 座，其中大于 1000m<sup>3</sup> 有 189 座，比 2005 年增加了 110%；2000m<sup>3</sup> 以上高炉 TRT 配备率 100%，1000m<sup>3</sup> 以上高炉 TRT

配备率达到 96.3%，这是钢铁行业各主工艺节能措施配备最高的工序。目前大于 1000m<sup>3</sup> 的高炉应用 TRT 技术以湿式为主，干式 TRT 推广比例只有 30% 左右。我国 1000m<sup>3</sup> 以下高炉只有约 20 多座高炉配备了 TRT。

目前，国内大多采用的是湿式除尘装置与 TRT 相配，未来的发展趋势是干式除尘配 TRT。

### 3、典型项目的节能减排效益

某企业在 420m<sup>3</sup> 高炉上安装了干式 TRT 装置，节能技改投资额 2000 万元左右，年可节电 2000 万 kWh，年 CO<sub>2</sub> 减排能力达 1.7 万吨，可取得经济效益 924 万元，投资回收期为 2 年左右。

### 4、推广前景及节能减排潜力

目前，我国钢铁企业中 1000m<sup>3</sup> 以上大型高炉基本都已配备了炉顶余压发电装置(TRT)。我国 420~980m<sup>3</sup> 高炉中只有 20 多座配备了 TRT 装置，几乎全部为湿式除尘。今后，随着企业技术更新的加快，干式除尘将逐步替代湿式除尘。

预计到 2015 年，干式 TRT 技术在行业内的推广比例可达 90%，形成节电能力 91 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 1095 万吨。

## (四) 低热值高炉煤气燃气—蒸汽联合循环发电技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

燃气蒸汽联合循环发电装置是燃气循环机组与蒸汽循环机组的联合体，燃气轮机燃烧做功，排出的烟气再通过余热锅炉产生蒸汽而做功发电。将放散的高炉煤气除尘后与少量的焦炉煤气混合（混合后热值 5526kJ/Nm<sup>3</sup>）加压升温至 2.3MPa、220℃ 送入燃气轮机做功实现一次发电。燃气轮机尾部排出 520℃ 的烟气供给余热锅炉产生中压蒸汽（450℃、3.82MPa）和低压蒸汽。中压蒸汽送入蒸汽轮机做功实现二次发电，完成燃气—蒸汽联合循环发电，低压蒸汽直接用于钢铁生产用汽。应用该技术可实现对低热值煤气的高效利用，效益明显，运行可靠。

#### 2) 技术特点

- CCPP 发电效率高。在相同的煤气量条件下，CCPP 要比常规的锅炉蒸汽发电多发电 70%~90%；

- CCPP 发电冷却水量少。CCPP 的冷却水量只有同规模锅炉蒸汽发电机组的 40%；
- 燃气轮机负荷调节灵活。燃气轮机负荷调节范围可达 30%~100%，而常规蒸汽发电厂负荷调节范围 70%~100%；
- 降低污染物排放。CCPP 排烟中 CO<sub>2</sub> 排放比常规火力发电厂减少 45%~50%，没有 SO<sub>2</sub>、飞灰及灰渣排放，NO<sub>x</sub> 排放很低。

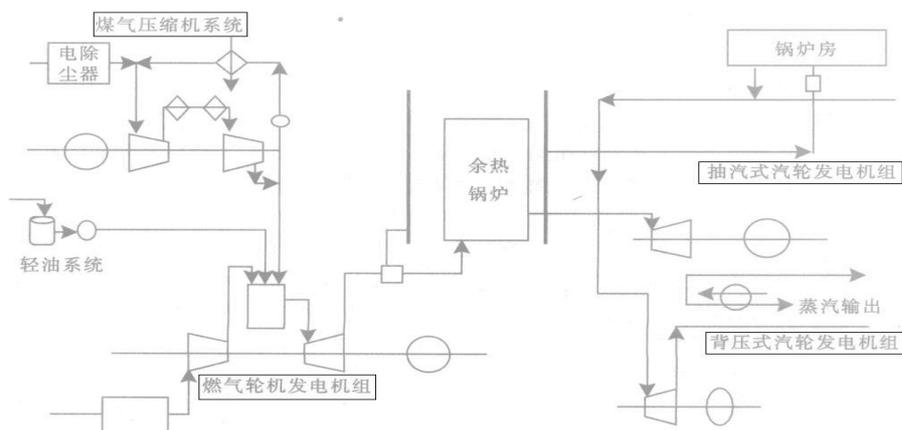


图 A-4 煤气—蒸汽联合循环发电

## 2、技术发展与应用现状

目前我国钢铁企业中已有 10 个钢铁企业的 15 套 CCPP 发电机组投产。钢铁企业使用煤气发电的 CCPP 发电机组中，除宝钢使用全高炉煤气外（热值约为 700 kcal/m<sup>3</sup>），其余均为高炉煤气和焦炉煤气混合，热值都在 1000 kcal/m<sup>3</sup> 以上，约为 1300kcal/m<sup>3</sup>。

## 3、典型项目和节能减排效益

某钢铁企业 300MW CCPP 发电机组，投资 9 亿元左右，年可发电 20 亿 kWh 以上，年相节能 75 万 tce，取得经济效益 1.5 亿元，年 CO<sub>2</sub> 减排能力达 170 万吨，投资回收期为 7 年左右。

## 4、推广前景及节能减排潜力

与常规电厂相比，CCPP 热电转换效率提高近 10 个百分点，为钢铁企业富裕煤气提供了良好的途径。该技术可以有效解决煤气放散问题，且发电效益大大提高，对于目前钢铁企业节能降耗起到很大的技术推动作用，推广潜力巨大。

预计到 2015 年，CCPP 技术在行业内的推广比例达到 30%，形成节电能力 141 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 2431 万吨。

## (五) 转炉煤气高效回收利用技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

首先将转炉煤气经过废气冷却系统，然后进入蒸发冷却器，喷水蒸发使烟气得到冷却，并由于烟气在蒸发器中得到减速，使其粗颗粒的粉尘沉降下来。此后将烟气导入设有四个电场的静电除尘器，在电场作用下，使得粉尘和雾状颗粒吸附在收尘极板上，这样得到精净化。当符合煤气回收条件时，回收侧的阀自动开启，高温净煤气进入煤气冷却器喷淋降温至约 73℃，而后进入煤气储柜。经增压机加压后将高洁度的转炉煤气（含尘 10mg/Nm<sup>3</sup>）提供给用户使用。

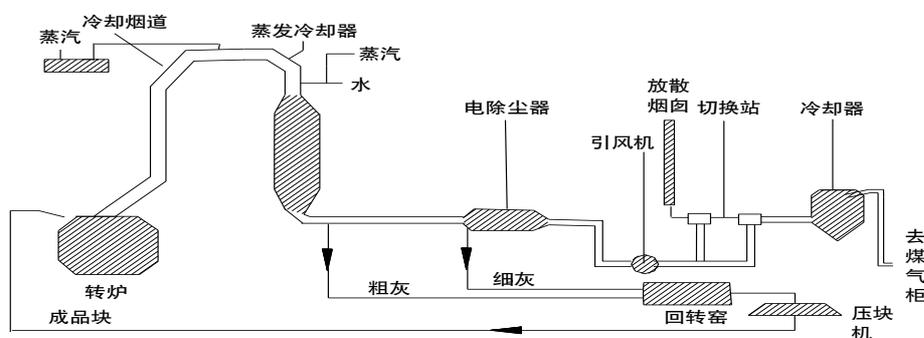


图 A-5 250 吨转炉 LT 干法煤气净化系统流程

#### 2) 技术特点

- 烟气含尘量低，考核值平均在 6.6mg/Nm<sup>3</sup>；
- 节电，耗电量不到湿式系统的 1/2，节电 3.72 kWh/吨钢；
- 节水，对 120t 的转炉系统用水量约 0.05m<sup>3</sup>/吨钢，是湿法系统的 1/5；
- 回收煤气量大，吨钢可多回收热值 8360kJ/m<sup>3</sup>
- 粉尘利用率高，干法除尘系统吨钢干粉尘回收量可达到 14kg/吨钢；
- 占地少，整个工程总占地面积 6000m<sup>2</sup>，约为湿法的 1/2。

### 2、技术发展与应用现状

1994 年，我国宝钢二炼钢最先引进 LT 法回收技术。此后，山东莱芜钢铁公司、包头钢铁公司和太原钢铁公司等转炉先后也采用了转炉煤气干法(LT 法)净化回收技术。目前莱钢、包钢、宝钢、攀钢、首钢、济钢、天铁和太钢等都建设了相应的转炉煤气干法(LT 法)净化回收系统。

### 3、典型项目的节能减排效益

莱钢投运三套干法除尘系统。生产实践表明，吨钢用水量约为  $0.05\text{m}^3$ ，是湿式系统的  $1/5$  左右，整个系统没有污水外排，利于环保。干法除尘系统阻力约为  $7500\text{Pa}$ ，吨钢耗电量为  $3.05\text{kWh}$ ，较湿式系统吨钢节电  $3.72\text{kWh}$ ，折合约  $1.5\text{kgce/t}$  钢。系统自动化程度高，煤气回收时切换速度快，吨钢可回收热值  $8360\text{kJ/m}^3$  煤气  $91.4\text{m}^3$ ，折合  $26\text{kgce/t}$  钢。

### 4、推广前景及节能减排潜力

目前钢铁企业的转炉一部分采用湿法净化回收系统，除尘系统大部分能耗高，转炉煤气回收率低，污水处理复杂，污泥均未合理地综合回收利用，而另一部分转炉根本没有转炉煤气净化回收装置。如果普遍推行转炉煤气干法(LT 法)净化回收技术，全年除尘耗电可减少近 3 亿 kWh；若将转炉可回收的煤气与蒸汽都综合起来，每吨钢可回收  $35\text{kgce}$  左右，可实现低能耗或无能耗炼钢。因此，积极推广转炉煤气干法(LT)净化回收技术具有很广泛的应用前景。

预计到 2015 年，转炉煤气高效回收利用技术在行业内的推广比例达到 53%，形成节电能力 29 亿 kWh，形成  $\text{CO}_2$  减排能力 193 万吨。

## (六) 矿热炉节电技术

矿热炉节能技术包括两方面：低压无功补偿技术和组合式电极系统。

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

矿热炉低压动态无功补偿技术通过连接在低压交流侧无功补偿和静止无功功率发生器 (SVG) 的作用，有效降低了无功功率和谐波电流的流转路径和交换幅值，并同时减小三相功率不平衡，解决企业电耗高、效率低的问题。

组合式电极系统采用导电元件与电极平面接触方式，改变了铜瓦与电极的弧面接触，实现了导电方式的转变。电极压放系统采用液压卡钳、直接卡在电极的筋片上，结构简单，体积小。

#### 2) 技术特点

低压无功补偿技术：

- 可采用三相不等量补偿，使三相补偿点的运行电压保持一致，均衡三相电机运行电压；
- 可串接电抗率，对电弧电流产生的高档次谐波有抑制吸收作用；
- 可提高矿热炉功率因数 0.90 以上，降低短网损耗；
- 补偿装置可集中布置在电炉变压器的周围。

组合式电极系统：

- 改善了导电性能，提高了导电率；
- 电极压放时不用减负荷，提高了矿热炉的有效运行率；
- 电极压放准确，运行稳定、可靠；
- 导电元件与电极的接触式平面接触，基本没有打电现象。

## 2、技术发展与应用现状

目前低压无功补偿技术已经推广应用的矿热炉在 130 台以上，占总数的 10% 左右。近年来，50%新建铁合金矿热炉电炉项目采用组合式电极系统，占矿热炉总数的 5%左右。

## 3、典型项目的节能减排效益

低压无功补偿技术：6300KVA 及以上大中型矿热炉，典型项目投资额为 150 万~350 万元，按冶炼 75 硅铁计算，单位节电量为 270~720kWh/t。按 25000KVA 矿热炉计算，项目年节电量为 540 万 kWh~1440 万 kWh。

组合式电极系统：典型项目投资额：6300KVA 矿热炉，投资为 160 万元；12500KVA 矿热炉，投资为 250 万元；25000KVA 矿热炉，投资为 310 万元。按冶炼 75 硅铁计算，单位节电量为 400~800 kWh/t。按 25000KVA 矿热炉计算，项目年节电量为 800 万 kWh~1600 万 kWh。

## 4、推广前景及节能减排潜力

我国现有大中小型铁合金矿热电炉 3000 多台，今后随着淘汰小电炉和新上电炉大型化，基本上大中型矿热炉都可应用该技术，总节能潜力 50 亿 kWh 左右。

预计到 2015 年，矿热炉节能技术在行业内的推广比例达到 70%，形成节电能力 44 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub>减排能力 664 万吨。



## 附录二 建材行业重大 DSM 节电技术

### (一) 水泥窑纯低温余热发电技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

水泥窑纯低温余热发电技术是在新型干法水泥熟料生产线生产过程中,通过余热回收装置—窑头余热锅炉(AQC)和窑尾余热锅炉(SP),将水泥窑头熟料冷却机和窑尾预分解系统排出的大量废气进行回收。在余热锅炉内,废气与水进行热交换,使水产生一定温度和压力的过热蒸汽,推动汽轮机实现热能向机械能的转换,从而带动发电机发出电能,所发电能供水泥生产过程中使用。

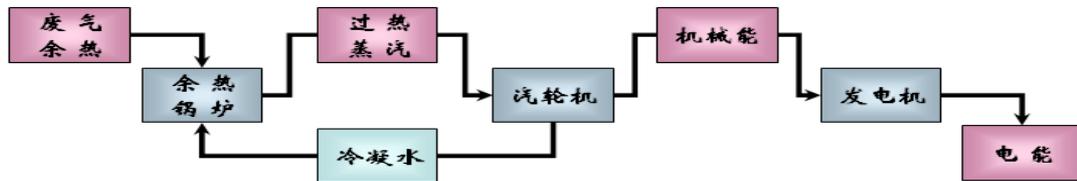


图 B-1 水泥窑纯低温余热发电技术原理

##### 2) 技术特点

- 在不影响水泥生产的前提下最大限度地利用余热;
- 配套建设纯低温余热发电系统,吨熟料发电能力 30~40kWh;
- 回收熟料生产过程中的余热,相当于提高整个系统热能利用效率的 30%;
- 减少 CO<sub>2</sub>、粉尘及其他有害气体的排放。

#### 2、技术发展与应用现状

国外对与纯中、低温余热发电技术从六十年代末期开始研制,到七十年代中期,无论是热力系统还是装备都已进入实用阶段。日本在开发余热锅炉技术方面较为成熟。1996 年日本新能源产业株式会社向我国安徽宁国水泥厂 4000t/d 预分解窑赠送了一套 6480kW 的纯中、低温余热电站设备,于 1998 年投入正常的生

产运行。从此，我国水泥余热发电迈上了新的台阶。

截止 2010 年底，全国建设余热电站的水泥生产线总计 690 条，余热电站的总装机容量 4638MW，涉及熟料产能 8.03 亿吨，水泥余热发电年发电能力已达到 325 亿度。

### 3、典型项目的节能减排效益

采用国产技术与装备纯低温余热发电项目投资，以 5000t/d 的新型干法线为例，装机 9MW，装机约需投入 6000~7000 元/kWh，投资额约为 6000 万元。每年按运转 5000 小时计算，可取得经济效益 1200 万元/年。

### 4、推广前景及节能减排潜力

在我国工业发展的一定时期内，电力供应紧张状况在某些地区会依然存在。水泥行业要想进一步节能降耗、采用循环经济模式提高水泥行业运行的效率和经济效益，推广纯低温余热发电是一项重要手段，也是世界水泥工业发展的趋势。

预计到 2015 年，水泥窑纯低温余热发电技术在行业内的推广比例达到 72%，形成节电能力 245 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 2498 万吨。

## (二) 高效节能选粉技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

利用空气动力学原理，基于涡旋分级、离心惯性分级原理的不同分级结构科学地组合在一起，并根据物料在选粉过程中粗细粉比例变化，合理安排各级机构，实现在同一机体内对物料的多次分级分选。

#### 2) 技术特点

- 采用上部喂料和下部切向进风方式，在同一选粉机串联了不同的分级室；
- 分级流场稳定，不受干扰，充分发挥涡轮型转子分级区长；
- 高精度、高效率分选，选粉效率达到 80% 以上；
- 改善水泥质量，较传统选粉机或开流磨可提高水泥强度 2MPa。



成品颗粒的内部，产生大量裂纹，在进一步粉碎过程中，可较大地降低粉磨能耗。

## 2) 技术特点

- 使粉磨设备的生产能力充分发挥，可提高产量 30%—40%，总能耗可降低 20%—30%；
- 结构紧凑、重量轻、体积小、操作维修较方便；
- 辊压机与其他粉磨设备相比，粉尘小，噪声低，工作环境有较大的改善。

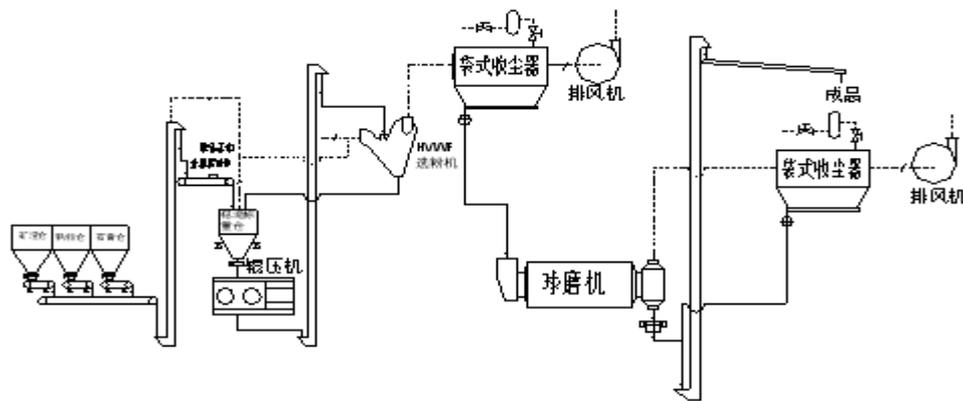


图 B-3 辊压机粉磨系统工艺流程图

## 2、技术发展与应用现状

二十世纪九十年代国外就已将该工艺成功应用于水泥生料、水泥成品以及细磨矿渣，取得了令人满意的效果。我国的水泥行业对此项技术给予了高度重视，列入国家“八五”、“九五”科技攻关课题进行研究攻关，并取得成果。该设备 1992 年荣获建材行业部级科技进步二等奖，1993 年荣获国家科技进步二等奖。迄今已有 400 多台 HFCG 型辊压机及其系统水泥生产线运行，并批量出口国外。

## 3、典型项目的节能减排效益

以某 5000t/d 新型干法水泥生产线为例，项目节能技改投资额约 2000 万元，建设期 150 天。同比采用球磨机，节电 30% 以上（约 8~10kWh/t 水泥）；同比采用球磨机，吨水泥粉磨电耗降低 8kWh/t 计算，年节电效益约为 800 万元（按 0.5 元/kWh 计算），投资回收期 3 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

据“十一五”期间水泥产业结构调整政策，新型干法水泥增量相当于新建

200 多条 5000t/d 新型干法水泥生产线，需要各种规格的辊压机在 800 台套以上。另外，尚有大量的中、小水泥厂利用原有的球磨机改造为粉磨站。市场前景广阔，节能降耗效果显著。

预计到 2015 年，辊压机粉磨系统节能技术在行业内的推广比例达到 90%，形成节电能力 30 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 908 万吨。

#### (四) 立式磨装备及技术

##### 1、技术原理和特点

###### 1) 技术原理

物料从下料口落到磨盘中央，在离心力的作用下向磨盘边缘移动并受到磨辊的碾压，粉碎后的物料从磨盘边缘溢出，同时被来自喷嘴环高速向上的热气流带至与立磨一体的高效选粉机内，粗粉经分离器分选后返回到磨盘上，重新粉磨；细粉则随气流出磨，在系统的收尘装置中收集下来，即为产品。没有被热气流带走的粗颗粒物料再次入磨。

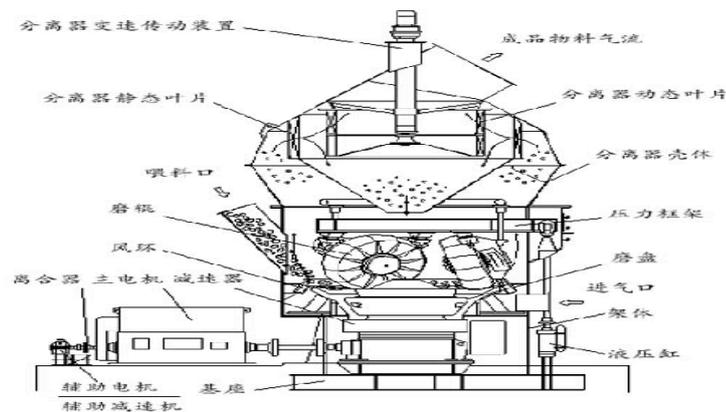


图 B-4 立式磨结构图

###### 2) 技术特点

- 粉磨效率高，为球磨机的 165%，电耗可降低 30%左右；
- 烘干效率高，可烘干含水 8%的物料；
- 对粉磨物料适应性强，可用于粉磨各种原燃料；
- 整体密闭性能好、扬尘小、噪音低，环境优越。

##### 2、技术发展与应用现状

立式磨技术开始于上个世纪六十年代，经过 90 年的发展，它已经十分成熟，特别是 20 世纪 60 年代以来，随着余热分解技术的诞生和新型干法水泥生产线的大型化，立磨在水泥工业中得到了广泛应用。世界上较为知名的立磨有德国来歇公司 LM 立磨，非凡公司 MPS 立磨，伯利休斯公司 RM 立磨，丹麦史密斯公司 Atox 立磨。

到目前为止，我国已经研制出具有自主知识产权的并成功应用水泥工业的各型立磨有：沈阳重型机械集团的 MLS 和 MLK 型立磨、合肥水泥研究设计院的 HRM 型立磨、天津水泥工业设计研究院的 TRM 型立磨、成都建筑材料工业设计研究院的 CDRM 型立磨等。

### 3、典型项目的节能减排效益

以某 3000t/d 水泥熟料生产线为例，使用 HRM3700 原料立式磨，产量 240t/h。节能技改投资额 1800 万元，建设期 9 个月。比球磨系统节电 30%，年节电量 840 万 kWh，年节电费 462 万元。投资回收期为 2~3 年。

### 4、推广前景及节能减排潜力

“十一五”期间，该技术在行业内的普及率预计能达到 50%。随着工业化进程的加快，立磨作为生料粉磨的先进设备，正向国产化、大型化发展，其推广应用前景良好。

预计到 2015 年，立式磨装备及技术在行业内的推广比例达到 74%，形成节电能力 30 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 739 万吨。

## （五）玻璃熔窑余热发电技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

将玻璃生产过程中所产生的高温废气，引入余热回收装置—余热锅炉，利用余热锅炉回收烟气余热热能，将锅炉给水加热生产出过热蒸汽，过热蒸汽到汽轮机中膨胀做功将热能转换成机械能，进而带动电机发出电力，实现热能→机械能

→电能的转换。

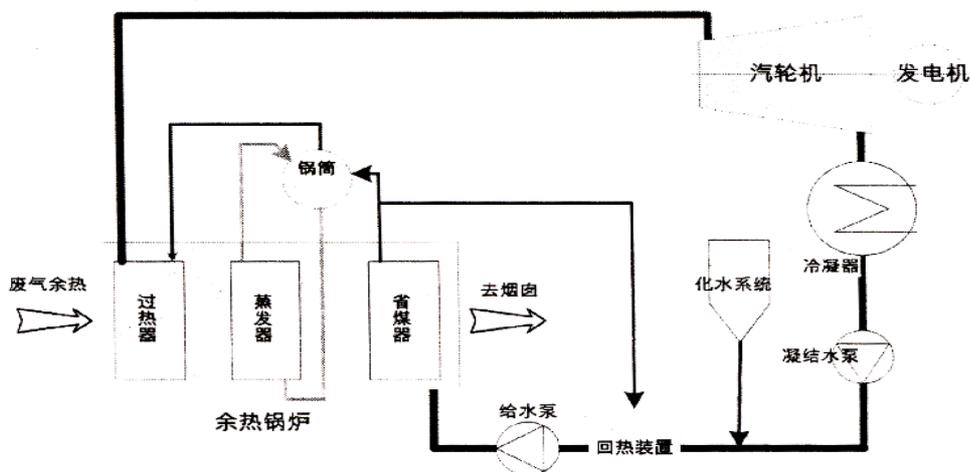


图 B-5 玻璃窑余热发电系统流程图

## 2) 技术特点

- 最大程度回收利用余热热能，排烟温度可降至 90℃；
- 系统设有调节装置，对废热参数的波动性有较好的适应性；
- 可保证余热发电系统的安全、稳定、可靠运行；
- 系统简单，单位发电量成本低，运行操作维护容易。

## 2、技术发展与应用现状

2004 年以来，中国建材国际工程有限公司在总结燃气联合循环、各种工业窑炉（水泥行业、冶金行业、化工行业）余热发电系统技术及装备的经验基础上，开发了适合玻璃熔窑烟气余热的特性的余热发电技术。目前，该项技术已经成功应用于多个大型玻璃生产厂家。

## 3、典型项目的节能减排效益

以中国洛阳浮法玻璃集团有限公司为例，拟利用浮法玻璃生产线的外排废气余热建设一座装机容量为 3MW 的低温余热电站。年发电量  $2340 \times 10^4 \text{kWh}$ ，年供电量  $2031 \times 10^4 \text{kWh}$ ，供电成本 0.125 元/kWh，电价按 0.5 元/kWh 与玻璃厂结算，达产后年销售收入为 1016 万元，年利润 761 万元，投资回收期 3.2 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

如全行业 80% 生产线使用，可年节能 180 万吨标煤。该项技术在“十一五”期间可在部分有条件的大型浮法玻璃熔窑上推广。

预计到 2015 年，玻璃熔窑余热发电技术在行业内的推广比例达到 47%，形成节电能力 10 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 86 万吨。



我国于 1957 年在上海化工研究院进行尿素生产的理论研究和实验工作。20 世纪 70 年代以来，我国从国外引进几十套年产 50-60 万吨尿素大型装置，从根本上改变了中国化肥生产格局，使尿素生产能力位居世界前列。目前，我国已能进行设计和建设各种规模的尿素装置。

### 3、典型项目的节能减排效益

四川金象化工产业集团股份有限公司，生产规模 1000 吨/日尿素生产装置新建项目。节能技改投资额 15437 万元，建设期 1 年。年节能 2.1 万吨标煤，节能经济效益 2310 万元，投资回收期 4 年。

### 4、推广前景及节能减排潜力

对现有水溶液全循环装置进行改造，工作量小，投资较低，生产能力有较大提高，并可大幅度降低原材料消耗、消除环境污染，经济效益和环保效益显著。在国内水溶液全循环尿素生产企业进行节能增产改造，有广阔的推广前景。与目前尿素平均能耗相比，水溶液全循环节能尿素生产技术可以使每吨尿素降低电耗 25kWh，减少综合能耗 0.07 吨标煤（节约的合成氨按照 2009 年合成氨单位产品综合能耗折算）。

预计到 2015 年，水溶液全循环尿素生产工艺技术在行业内的推广比例达到 13%，形成节电能力 7 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 57 万吨。

## （二）合成氨综合节能改造技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

吹风气余热回收副产蒸汽及供热锅炉产蒸汽,先发电后供生产用汽，实现能量梯级利用。采用国内先进成熟、适用的工艺技术与装备改造的装置。

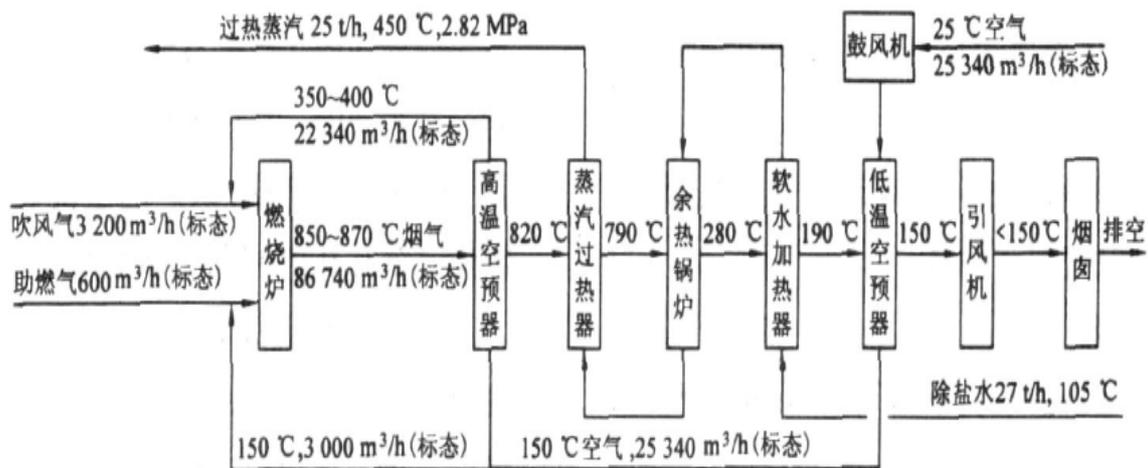


图 C-2 某厂吹风气余热回收工艺流程图 (25t/h 余热锅炉)

## 2) 技术特点

- 降低氨合成压力;
- 净化生产工艺;
- 低位能余热发电;
- 变压吸附脱碳。

## 2、技术发展与应用现状

各项技术在氮肥行业均有成功运用案例，此项技术为综合集成技术。兖矿鲁南化肥厂对 9 万吨/年合成氨系统进行了综合技术改造。山东阿斯德化工有限公司，在现有生产装置基础上进行改造，主要内容包括新增吹风气余热回收装置和采用氨合成塔串塔新工艺。

柳州化工股份有限公司采用节能优化创新后的低压氨合成新技术，该技术的关键是，达到设计产量下尽量降低系统压力，兼顾降低合成气压缩机及氨冰机的功耗，尽量回收利用余热，从而达到低压节能的效果。

## 3、典型项目的节能减排效益

柳州化工股份有限公司采用节能优化创新后的低压氨合成新技术，生产操作简单，产量大，能耗低，吨氨能耗下降 0.23 吨标煤。至 2009 年累计新增利润 13454.68 万元，新增税收 2018.20 万元。

## 4、推广前景及节能减排潜力

合成氨是化工行业中能源消费量最大的产品，2009 年我国生产合成氨 5136

万吨，消耗能源近 9000 万吨标煤（电按等价值折算，下同）。我国合成氨生产企业超过 400 家，其中 82% 的氮肥企业为年产 18 万吨合成氨以下的中小型氮肥企业。在今后的 10 年中，这些企业的节能技改工作是整个合成氨行业节能工作的关键之处。

预计到 2015 年，合成氨节能改造综合技术在行业内的推广比例达到 70%，形成节电能力 18 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 143 万吨。

### （三）膜极距离子膜电解技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

膜极距电解技术通过降低电解槽阴极侧溶液电压降来实现节能。原有电解槽阴阳极之间的极间距为 1.8~2.2mm，溶液电压降为 200mv 左右，膜极距电解技术改进阴极侧结构，增加弹性构件，使得阴极网贴向阳极网，电极之间的间距为膜的厚度，从而可以减小槽电压 180mv，在实际生产中，起到节能降耗的目的。

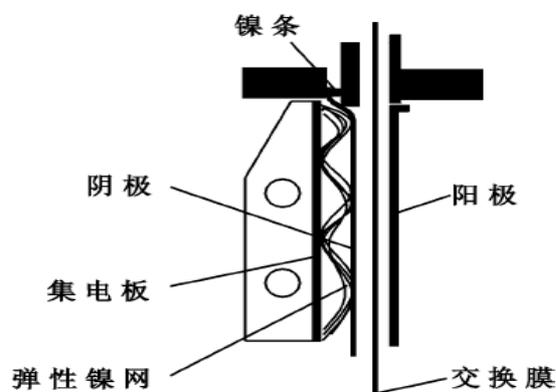


图 C-3 膜极距电解槽阴极结构示意图

##### 2) 技术特点

- 低成本、产品质量高；
- 节能、无污染；
- 操作方便、运行平稳，满足生产工艺要求；
- 与普通电槽相比，同等电密下，膜极距电槽电压降低约 180mv，相应吨碱电耗下降约 127kWh，综合技术指标达到国际先进水平。

## 2、技术发展与应用现状

离子膜法制烧碱技术经历了从普通强制循环到高电流密度自然循环两个阶段。为了进一步降低电耗，目前国内外均已研发出的膜极距离子膜电解槽技术，通过减小极间从而达到降低电耗的目的，关键技术为电解槽设计制造技术、电极制造技术。

2008 年，该技术通过中国石油和化学工业协会组织的行业专家评定。引进的膜极距离子膜电解装置在国内部分氯碱企业已投入运行，利用国内自主开发技术新建或改造现有装置的企业正在开展项目前期工作。江苏安邦电化有限公司 20 万吨/年新型膜极距离子膜法替代原隔膜法烧碱节能改造项目已获中国化工集团批准立项。巴陵石油化工有限公司、上海天原华胜化工有限公司、浙江善高化工有限公司、河南焦作宇航化工公司均在开展试验工作。

## 3、典型项目的节能减排效益

天津大沽化工公司是国内最早采用离子膜电解工艺制碱的企业，每台 2 万吨/年离子膜改造后的电解槽吨碱节电约 100kWh，每年节能 720 吨标煤，按工业用电的价格为 0.5/kWh，年节约电费约 100 万元。

## 4、推广前景及节能减排潜力

目前我国烧碱产能为 2880 万吨，其中离子膜法烧碱占 78%，隔膜法烧碱占 22%。随着我国离子膜的国产化成功，现存的隔膜法烧碱产能可以淘汰或采用膜极距离子膜电解技术进行改造；现存的离子膜烧碱装置中，有一部分产能可以使用膜极距电解技术进行改造。今后，对于新建烧碱项目均可采用膜极距电解技术。

预计到 2015 年，膜极距离子膜电解技术在行业内的推广比例达到 36%，形成节电能力 9 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 85 万吨。

### （四）氧阴极低槽电压离子膜法电解制烧碱技术

#### 1、技术原理和特点

## 1) 技术原理

氯气是化学品制造中使用最广泛的原料之一。从氯碱行业到塑料、医药行业，生产过程中都使用氯气。用传统的离子膜法生产氯需要消耗大量电能，其电能成本的消耗在氯气生产总成本中约占 50%。采用氧气去极化阴极技术（简称 ODC 技术），与传统离子膜工艺相比，ODC 技术可直接降低氯气生产中 30%的用电量，生产 1 吨烧碱可降低电耗 600 kWh。

## 2) 技术特点

- 在 80-90 °C NaOH 溶液中具有高的化学稳定性；
- 大面积使用时具有高的机械稳定性；
- 厚度应很薄，但具有高的导电性；
- 具有合适的亲水性与憎水性，能承受不同的碱液侧与氧气侧压差。

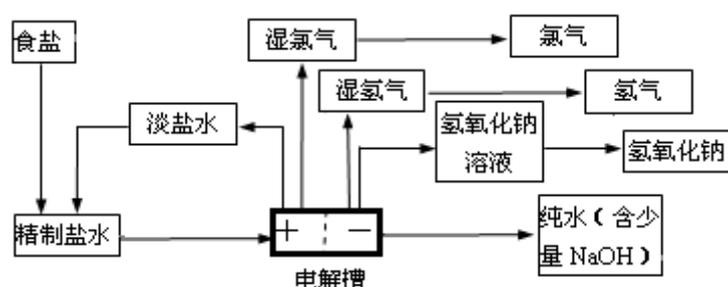


图 C-4 离子膜法电解制烧碱示意图

## 2、技术发展与应用现状

ODC 技术全球领先的 ODC 技术，在世界上氯碱行业还没有应用工业化装置的应用。该技术已经完成小试（试验室评价）、中试（200 吨级评价），通过评价的情况看，技术已然成熟。正在建设与制造 5000 吨规模级氧阴极离子膜电解槽。

## 3、典型用户的节能减排效益

中国化工农化总公司沧州大化黄骅氯碱有限责任公司。公司已经在进行装置生产线的更新换代设计改造，将建成一条年产 20 万吨烧碱（联产 17.8 万吨氯气）的氧阴极离子膜烧碱工业化生产线，实施后的节电能力可按每吨烧碱 600kWh 来

计算，可节电 1.2 亿度，折合标准煤 4.32 万吨。按照工业用电每度 0.5 元人民币计算，扣除因工艺改变不副产氢气的效益，每年增效 2000 万元人民币。

#### 4、推广前景及节能减排潜力

2010 年，我国烧碱产能将达到 2880 万吨/年。预计到 2015 年将达到 3400 万吨/年。目前氯碱行业已经达成共识，非常看好此技术的应用前景。

预计到 2015 年，氧阴极低槽电压离子膜法电解制烧碱技术在行业内的推广比例达到 2%，形成节电能力 4 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 27 万吨。

### (五) 密闭环保节能型电石生产技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

通过对炉料进行特殊处理，提高炉料的比电阻，从而提高电石炉的自然功率因数，从而大大节约电能。

##### 2) 技术特点

该项节能减排技术涉及多项关键技术，如下：

- 炉料比电阻提高技术，炉料配比、焦炭干燥、炉料成型、粒度控制等；
- 炉气净化及热量利用技术；
- 内燃式电石炉改密闭式电石炉技术；
- 高压和低压无功补偿技术；
- 组合式把持器技术或铜瓦技术。

#### 2、技术发展与应用现状

大型密闭式电石炉生产装置已经在国内有了一定规模的应用，最大炉型已经达到 10 万吨/年。运用密闭式电石炉改造现有的 16500KVA 以上的内燃式电石炉已经有了成熟的方案和成功应用的案例。

#### 3、典型项目的节能减排效益

青海东胜化工有限公司，2005 年投资 10300 万元，建设了两台 25500KVA 大型密闭式电石炉，每台产能为 5 万吨/年。经过长期的运行，与内燃式电石炉相

比，密闭炉每吨电石单位产品节约电炉电耗约 180kWh，电炉尾气经过净化利用后，可节能 160kgce/吨电石，吨电石综合能耗下降为 1.1 吨标煤。

#### 4、推广前景及节能减排潜力

2005 年，密闭环保节能型电石生产技术推广比例为小于 5%。

目前我国电石的生产技术仍以高污染排放的内燃炉为主，截止到 2008 年我国内燃炉的生产占总产能的 80%，而密闭炉仅占 20%。经过专家测算，密闭电石炉烟气产生量比内燃式炉型减少 90%以上，能大大减少污染排放。同时一般密闭电石炉比内燃炉每生产一吨电石可节电 400 千瓦时左右，生产成本至少能降低 220 元。按照国家政策的要求，今后新建电石装置必须是密闭式电石炉。对于现有的 1500 万吨内燃式电石炉，要在 10 年逐步淘汰或改造。

预计到 2015 年，密闭环保节能型电石生产技术在行业内的推广比例达到 76%，形成节电能力 58 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 543 万吨。

### (六) 热法磷酸生产热能利用节能新技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

利用新技术回收黄磷燃烧产生的热量，不仅做到系统内的热量平衡，解决工艺流程中所需的热量，而且还可以外供大部分蒸汽，省掉专用的燃烧锅炉与减少循环水用量，达到节约煤资源与水资源，节约能源，降低生产成本的目的。

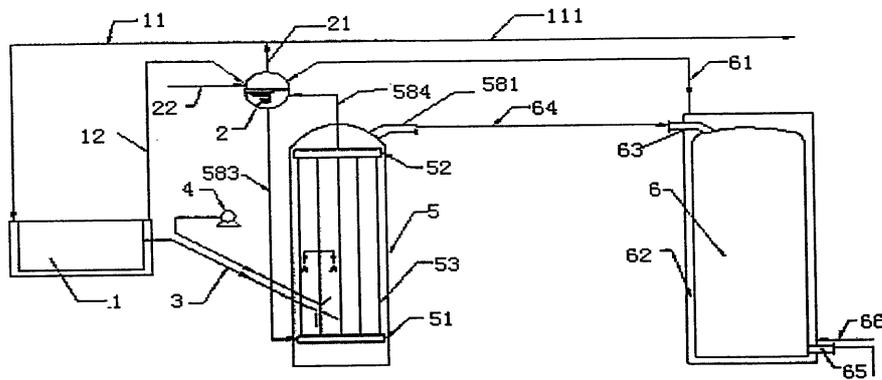


图 C-5 工艺流程示意图

流程基本上分为 3 步。第 1 步，固态的单质磷在熔磷槽 1 中被高温蒸汽融化

成液态的单质磷，第 2 步，液态单质磷在特种燃烧炉 5 中自燃生成  $P_4O_{10}$  气体，并释放大量的热能。第 3 步，生成的  $P_4O_{10}$  经管道 64 从特种燃烧炉的出口进入水化塔 6，被水化塔 6 中的水或磷酸吸收生成高浓度的磷酸，然后从水化塔的出口 65 输出。

## 2) 技术特点

- 能有效地提高余热回收效率，热能回收利用率达 60%；
- 所产蒸汽压力 0.6-1.6Mpa，减少循环冷却水 60%；
- 减少循环酸量 50%。

## 2、技术发展与应用现状

2000 年 9 月该技术以自主开发的方式在云南化工研究院 7500 吨/年热法磷酸生产装置上进行热法磷酸热能利用技术工程化试验并成功，实现了第一套工程化应用。设备运行时间 8 个月，共产蒸汽 5840 吨，热能回收利用率达 65.2%。2002 年 11 月该技术以技术使用许可的方式转让到重庆川东化工集团 1.5 万吨/年热法磷酸装置实施。2004 年 12 月该技术以技术使用许可的方式再次转让到重庆川东化工集团第二套 1.5 万吨/年热法磷酸装置实施。2005 年 3 月此技术以技术使用许可的方式第三次转让到云南一企业集团 5 万吨/年热法磷酸装置实施。2008 年贵州省开阳安达磷化工有限公司采用此技术对原有 12 万吨/年一步法磷酸工艺进行改造。

## 3、典型项目的节能减排效益

2008 年贵州省开阳安达磷化工有限公司采用此技术对原有 12 万吨/年一步法磷酸工艺进行改造，投入经费 800 万元，省去了燃煤锅炉，每年节约标煤 2.1 万吨。

## 4、推广前景及节能减排潜力

中国热法磷酸产能不断增长，预计至 2010 年底全国热法磷酸产能将达到 400 万吨/年。目前采用这套新技术的产能约为 10%。在“十二五”期间，我国磷酸盐工业还会有一定的发展，热法磷酸的发展受到黄磷、硫磺价格的影响，存在一些不确定性。

预计到 2015 年，热法磷酸生产热能利用节能新技术在行业内的推广比例达到 42%，形成节电能力 7 亿 kWh，形成  $CO_2$  减排能力 66 万吨。

## (七) 炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

## 1、技术原理和特点

### 1) 技术原理

采用 850℃ 空气预热器回收高温烟气余热，回收烟气温度区间为 950℃-630℃，因空气预热器烟气出口温度较高，同时配套余热锅炉回收中温烟气余热，回收烟气温度区间为 600℃-350℃，可使有效余热利用率从 33.8% 提高到 87.6%。

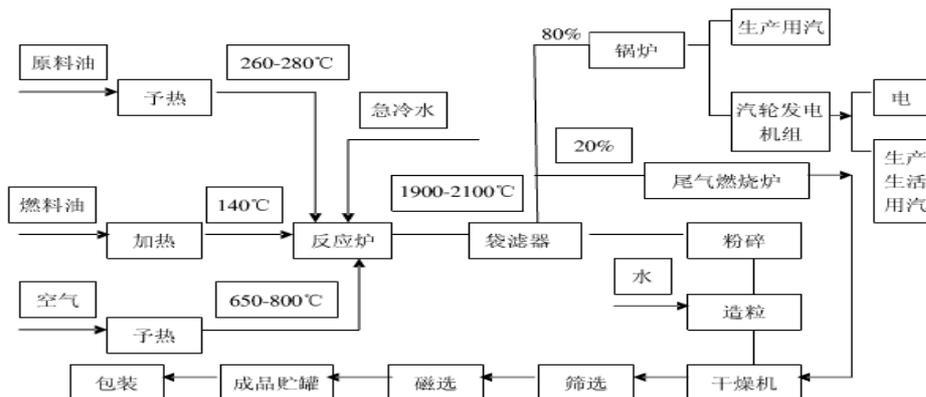


图 C-6 炭黑工艺生产流程简图

### 2) 技术特点

提高助燃空气温度可减少燃料消耗，提高装置产能；

增设余热锅炉所产蒸汽可满足炭黑装置用汽需求，减少燃煤消耗；

新型热膨胀应力补偿和密封结构、阻燃气体隔断空气泄漏以及换热管单管填料密封等创新技术的应用；

新型弧形薄管板结构、管口防冲刷结构、脉冲防堵系统、液位稳定检测系统等创新技术的应用。

## 2、技术发展与应用现状

国外，六十年代初，开始炭黑尾气燃烧利用。七十年代后期普遍开始了尾气锅炉产汽供热或驱动背压式汽轮机作为动力的尾气利用工作。国内，1978 年邵阳炭黑厂一台 1500KW 炭黑尾气发电机组试车成功。随之炭黑尾气发电愈来愈得到普及和推广。

目前，该技术已获 3 项实用新型专利。余热利用设备已形成系列产品，可满足 1.5-4 万吨装置规模。我院炭黑生产装置已应用 3 套，并在行业内推广 13 套，其中在建 6 套。

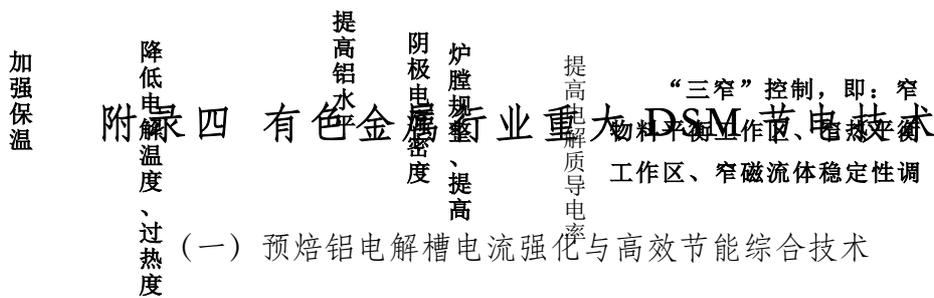
### 3、典型项目的技能减排效益

中橡集团炭黑工业研究设计院生产基地 3000KW 炭黑尾气发电装置,主要改造内容炭黑尾气集输系统,炭黑尾气专用锅炉,节能技改投资额 1500 万元,建设期 1 年,节能量 21000 吨标煤/年,节能经济效益 675 万元/年,投资回收期 3.6 年。

### 4、推广前景及节能减排潜力

炭黑工业是一种高耗能的化工产业,生产炭黑的原料主要是煤焦油和乙烯焦油,这些原料也都可以作为工业染料,本身也是能源。故此炭黑生产的节能降耗是很有潜力,很有效益的。节能对炭黑工业是相当重要。

预计到 2015 年,炭黑生产过程余热利用和尾气发电技术在行业内的推广比例达到 72%,形成节电能力 46 亿 kWh,形成 CO<sub>2</sub>减排能力 444 万吨。



(一) 预焙铝电解槽电流强化与高效节能综合技术

1、技术原理和特点

“五低一高”)工艺技术原理: 低电压、低温、低过热度、低氧化铝浓度、低阳极效应系

主要通过工艺和控制技术的升级, 开发出“五低三窄一高”工艺(低槽电压、低温、低阳极效应系数、低过热度、低氧化铝浓度、窄物料平衡工作区、窄热平衡工作区、窄磁流体稳定性调节区、高阳极电流密度)及智能多环协同优化与控制技术, 在不改变现有电解槽结构的情况下, 实现铝电解槽的电流强化及低电压下的高效稳定运行, 从而实现铝电解过程强化与节能。

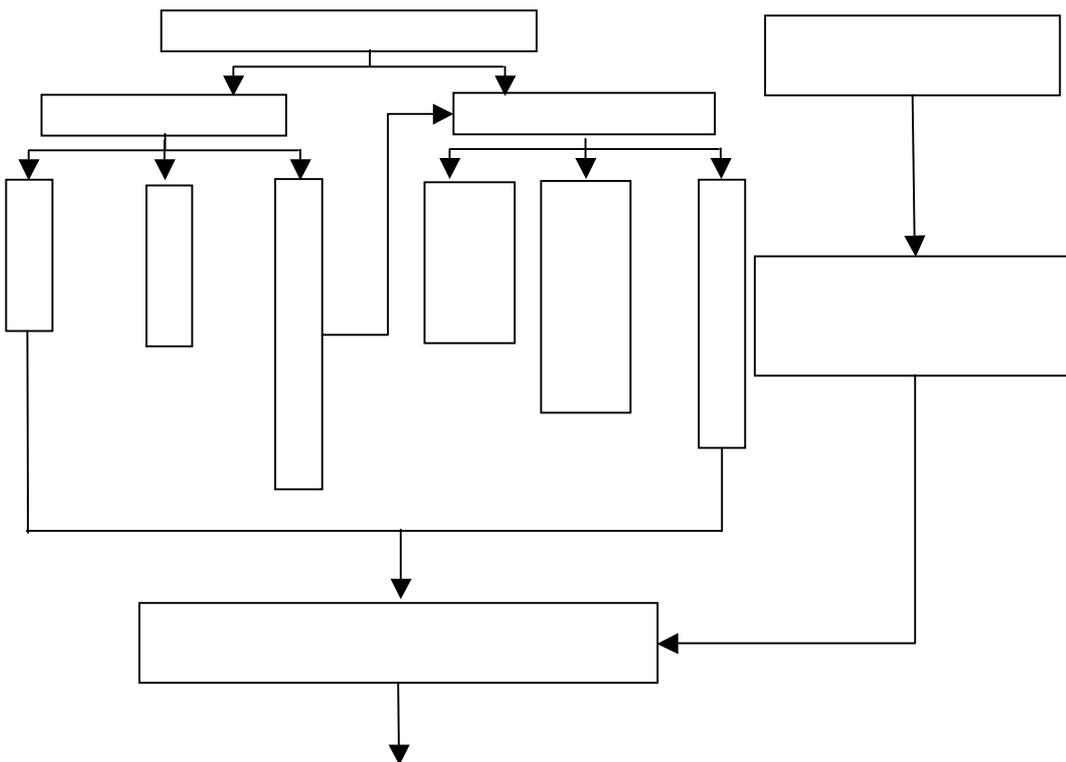


图 D-1 预焙铝电解槽电流强化与高效节能综合技术

2) 技术特点

- 本技术可适应各类槽型或新老电解系列, 技术可靠;

- 只需对控制系统进行在线升级改造，投资成本低，效应显著，无任何风险。

## 2、技术发展及应用现状

本技术于 2008 年 7 月在四川其亚铝业集团有限公司 300kA 全系列（年产能达 15 万 t）上开展试验与工业应用，取得了吨铝节电 1400kWh 的良好效果。于 2009 年 7 月先后在郑州龙祥铝业 154kA 系列（年产能 5.5 万 t）和郑州发祥铝业 200kA（年产能 8 万吨）系列开展工业应用，在大幅度增产（增产 12.5%）的同时显著降低了吨铝能耗（节能 8%以上）。

## 3、典型项目的节能减排效益

青海桥头铝电有限公司对 240KA 铝电解槽系列(236 台电解槽,15 万 t 产能),投资约 2.24 亿元。

## 4、推广前景及节能减排潜力

本技术主要通过工艺和控制技术的升级来实现推广应用,因此非常容易在各种类型的电解槽系列上推广应用。

预计到 2015 年,预焙铝电解槽电流强化与高效节能综合技术在行业内的推广比例达到 23%,形成节电能力 18 亿 kWh,形成 CO<sub>2</sub>减排能力 397 万吨。

### (二) 铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

电解铝生产采用熔盐电解法,即将氧化铝、冰晶石、氟化铝等加入电解槽中,在直流电作用下,电解质在电解槽内发生电化学反应,在阴极上析出铝液,阳极上析出 CO<sub>2</sub>和 CO,铝液用真空抬包抽出铸造成铝锭,阳极逐渐消耗定期更换。采用铝电解槽新型阴极技术,将现行电解槽的阴极结构改变为新型的电解槽阴极结构和内衬结构,达到减少铝液波动,提高阴极铝液面稳定性,提高电流效率,降低槽电压和节能的目的。应用国际上通用的以电解槽阴极表面温度分布和垂直分布情况判定电解槽焙烧质量的方法,以电解槽阴极和电解质温度为控制中心,对电解槽进行合理焙烧,焙烧时间短,焙烧期间控制阳极电流分布均匀,尽量降低焙烧过程对电解槽的热冲击;启动过程中,以电解槽的稳定性为判定依据,控制电解槽的电压变化,使电解槽快速转入正常生产,提高电解槽槽寿命。

## 2) 技术特点

- 通过改变现行铝电解槽的阴极和内衬结构，提高阴极铝液面的稳定性和电解槽的保温性能，降低槽电压，实现节能；
- 采用二段焙烧技术，提高焙烧质量，缩短焙烧周期，使电解槽快速转入正常生产；
- 该技术的使用可提高电流效率，降低电耗。

## 2、技术发展及应用现状

新型阴极结构铝电解槽技术：首先在重庆天泰铝业公司 168kA 铝电解槽系列上进行工业试验，运行一年多以来，槽电压与对比电解槽相比降低 0.3V，达到 3.78V，电流效率平均提高 1.3%，吨铝节电 1100kWh/t-Al，节能效果十分显著。该技术在浙江华东铝业首批 63 台 200kA 铝电解槽的应用表明，吨铝节电达到 1100kWh/t-Al。目前天泰铝业已改造 30 多台电解槽，华东铝业已改造 94 台电解槽，并正在河南浙川铝业、湖南创元铝业、宁夏青铜峡铝业公司等企业推广应用。

新型湿法焙烧启动技术：首先应用于中国铝业兰州分公司 350kA 电解系列，首批试验槽于 2008 年 5 月通电，至今共有 80 台 350kA 电解槽使用此技术。运行结果表明：电解槽焙烧时间由原来的 72~96h 缩短到 48h，电解槽工作电压由原来的 3~4 周转入正常缩短到现在的 1 周左右。电解槽在焙烧期间阴极升温速度快且平稳，阳极、阴极电流分布均匀，电解槽启动后运行平稳，节省了能源和人力成本。该技术还应用于华鹭铝业、遵义铝业、华泽铝业等企业，效果良好。

## 3、典型项目的节能减排效益

浙江华东铝业。建设规模：年产 15 万吨新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：在原 200kA、240kA 电解系列上进行新型阴极结构高效节能铝电解槽技术改造。节能技改投资额 40000 万元，建设期 6 个月。按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 16500 万 kWh，折 6.11 万 tce。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 7425 万元，投资回收期为 5.4 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

我国自主开发并拥有自主知识产权的铝电解槽新型阴极结构技术是铝电解发展史上的一次重大技术创新，该技术的推广应用将使我国铝电解生产技术和能耗指标位居世界领先水平，具有重大推广价值。

预计到 2015 年，铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术在行业内的

推广比例达到 53%，形成节电能力 42 亿 kWh。

### (三) 特大型高效充气机械搅拌式浮选机技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

浮选机叶轮旋转时，槽内矿浆与鼓风机给入的低压空气在叶轮叶片间进行充分混合并叶轮上半部周边排出，由定子稳定后进入弥散到整个槽子中，矿化气泡背负有价矿物上升到槽子表面形成泡沫层，泡沫采用自溢或机械排出的方式进入到溜槽，实现对目的矿物的有效富集。

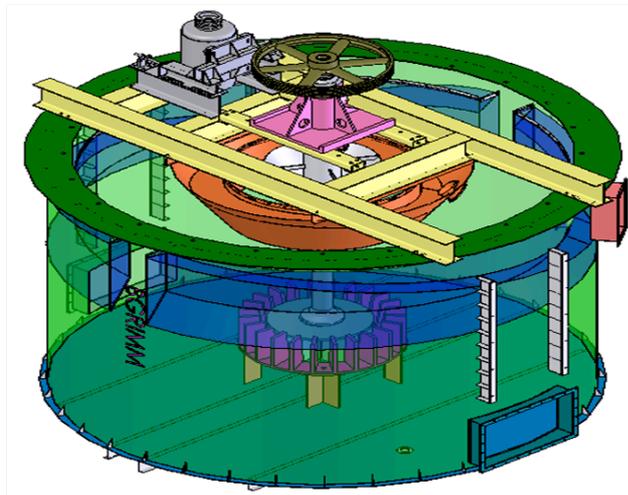


图 D-2 200m<sup>3</sup>浮选机结构示意图

##### 2) 技术特点

- 采用高比转数后倾叶片叶轮，循环量大、压头低点，保证了矿浆充分浮、矿粒分布均匀，可显著降低浮选机的功率强度；
- 采用低阻尼直悬式定子，定子悬空区域大，降低了运转功耗；
- 每台浮选机设 2 个泡沫槽和 2 个推泡锥，内泡沫槽推送泡沫，保证浮选泡沫及时排出，有利于缩短泡沫输送距离及增加泡沫厚度，提高泡沫层稳定性；
- 采用激光传感器和自整定 PLC 模糊控制策略实现液位的高效控制。

#### 2、技术发展与应用现状

该技术填补了我国大型选矿设备研究及应用的空白，选别指标与综合技术性能达到国际先进水平。

目前,已在国内三家矿山选矿厂应用,技术经济指标均优于小浮选机。该技术已经实践证明,具有分选效果好,节能效果显著的特点。

### 3、典型项目的节能减排效益

江西铜业集团德兴铜矿大山选厂,投资 2400 万元,建设期 2 年。主要改造内容为替换掉原来的单槽容积 39m<sup>3</sup>和 8m<sup>3</sup>的浮选机,提高处理量 3 万 t/天。与原采用浮选机相比,装机功率降低 1545Kw。按选矿厂一天生产 24 小时,全年生产 330 天计算,每年可节电 1224 万 kWh,折合 0.45 万 tce。节能经济效益 918 万元(按照每度电 0.75 元计算),投资回收期约为 2.5 年。

### 4、推广前景及节能减排潜力

我国矿产资源由于多年高强度消耗和粗放型开发利用,易处理、高品位资源逐步枯竭,贫、细、杂难处理资源开采量大大增加,新建选矿项目日的处理能力频创新高,甚至高达 10 万吨/日,对大型浮选设备的需求十分迫切,大型浮选设备的应用前景非常广阔。

预计到 2015 年,特大型高效充气机械搅拌式浮选机技术在行业内的推广比例达到 41%,形成节电能力 10 亿 kWh,形成 CO<sub>2</sub>减排能力 95 万吨。

## 附录五 纺织行业重大 DSM 节电技术

### (一) 棉纺企业智能空调系统节能技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

利用计算机模糊控制理论自主研发的专利智能软件,根据变频、电机、风机(水泵)的运行效率曲线做出动态控制,使系统优化合理运行。

## 2) 技术特点

- 通过变频改造，用变频调速的调节方式，消除空调系统因参数设计余量较大造成的低负荷运行的浪费现象；
- 通过变频改造，风机可以实现无级变速调节。若转速下降 20%，则功率下降到 51.2%；若转速下降 50%，则轴功率下降到 12.5%，因此，风机通过变频来调速节电效果是非常可观的。
- 通过变频调速控制，可以使水泵电机的负载曲线与空调主机的负载曲线相协调，可以根据实际需要调节供水量，避免通过闸阀来限制出水量的现象，从而达到节约用水和降低能耗的目的。

## 2、技术发展与应用现状

该技术已通过信息产业部电子计量中心、CESI 计量测试中心和中国汽车工业节能检测中心的测试。目前纺织行业棉纺织企业、化纤企业，印染行业等尚未大规模推广使用。

## 3、典型项目的节能减排效益

新疆金天阳纺织有限公司，在 15 台 584kW 电机上投资 168 万元，年节省电费 108 万元。

## 4、推广前景及节能减排潜力

在棉纺织企业中，空调系统的耗能约占全部生产能耗 15%，大多数棉纺织企业的空调系统存在“大马拉小车”、使用管理不当等造成能源浪费的现象，空调系统节能降耗有较大的潜力可挖，因此，加强空调系统的节能降耗措施的研究，对棉纺企业的节能降耗工作具有很强的现实意义。

预计到 2015 年，棉纺织企业智能空调系统节能技术在行业内的推广比例达到 30%，形成节电能力 5 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 79 万吨。

## 附录六 轻工行业重大 DSM 节电技术

### (一) 塑料动态成型加工节能技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

由于塑料导热性差，塑料熔体又具有高粘度、高弹性等特点，一般情况下在进行成型加工时需要较长的热机械历程。塑料动态成型加工技术与装备，是将振动力场引入到塑料塑化成型加工全过程，使成型加工过程中的各种物理量发生周期性变化，变传统的塑料纯剪切稳态塑化输运机理为振动剪切动态塑化输运机

理，达到缩短热机械历程、降低成型加工能耗、提高加工制品质量的目的。

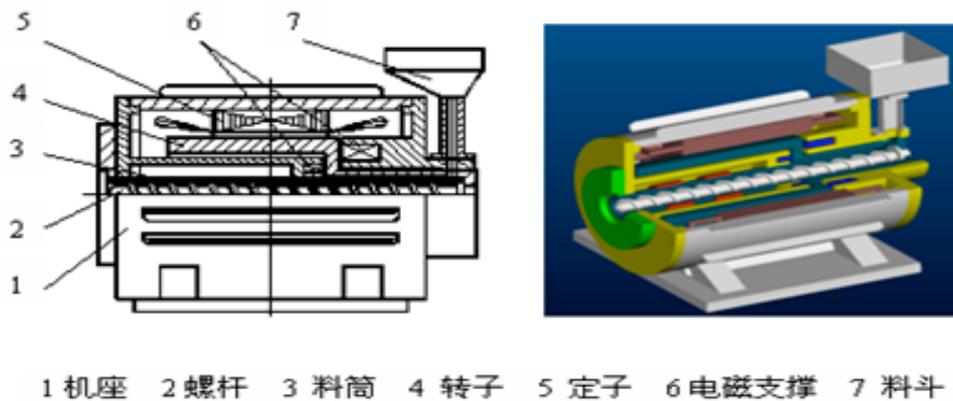


图 E-1 塑料电磁动态塑化挤出机结构示意图

## 2) 技术特点

- 加工成型温度降低最大达  $20^{\circ}\text{C}$ ，热机械历程缩短 30%，能耗降低 30%—60%；
- 塑化效果好，制品质量高：可通过控制振动频率与振幅对制品性能进行有效调控，标准试样拉伸强度、弯曲强度等提高 10%以上；
- 生产效率及制品精度提高：重复精度  $\geq 99\%$ ；
- 对物料的适应性广：不需要更换螺杆等硬件，即可加工所有热塑性塑料。

## 2、技术发展与应用现状

塑料动态成型加工设备（包括挤出和注射机）共推广到七家塑料机械制造企业。新设备已在广东、浙江、江苏、江西、山东、湖北、广西、上海、辽宁、北京等十个省市的 413 个塑料制品厂中应用。

## 3、典型项目的节能减排效益

广州现代塑料有限公司，改造 20 台注塑机。在原注塑机上增加激振装置，将其改造成脉动压力诱导注塑机，节能技改投资额 10 万元，实现年新增利润 85~90 万元，生产效率提高 48%，能耗降低了 30%，制品的质量好。设备改造后的这 20 台设备的生产效率提高近 48%，能耗降低 30%。近三年的统计，改造后新设备生产制品的新增产值达 1148 万元，新增利税 344.8 万元，年均节电约 22 万度电，投资回收期 1 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

塑料动态塑化挤出和注射成型加工设备具有很强的市场竞争力。同时，新设备还可以在橡胶、食品加工、农副产品加工、化工、轻工等其它领域推广应用，具有广阔的推广应用前景。

预计到 2015 年，塑料动态成型加工节能技术在行业内的推广比例达到 58%，形成节电能力 109 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 1251 万吨。

## (二) 高浓度糖醇废水沼气发电技术

### 1、技术原理和工艺流程

#### 1) 技术原理

淀粉糖生产过程中产生的有机废水在进行厌氧处理过程中会产生大量沼气，利用沼气发电是能源综合利用的有效途径之一，同时燃气发电机组所产生的余热可以带动余热锅炉热水或蒸汽，组成热电冷三联供系统，使得能源利用率达到 80%。每除去 1kgCOD 产生 0.35m<sup>3</sup> 甲烷，可发电 0.58kWh。

#### 2) 工艺流程

工艺流程：生产废水→格栅渠→曝气调节池→微电解反应器→中和沉淀池→UASB 厌氧反应器→沼气→脱硫器→发电。

### 2、技术发展与应用现状

本技术成熟，水平先进，可推广应用。

### 3、典型项目的节能减排效益

禹城福田药业有限公司。总投资 4210 万元，选用 8 台功率为 500kW 的燃气发电机组，总装机容量为 4000kW。项目建成后年创经济效益 1500 万元，年节约燃煤 1.2 万吨，减排 2.5 万吨 CO<sub>2</sub>。

### 4、推广前景及节能减排潜力

本技术利用新型资源综合利用技术解决了目前高浓度糖醇废水处理中存在的问题，建立了可燃气体资源综合利用的有效途径，保证了我国糖醇行业的健康和可持续发展。

预计到 2015 年，高浓度糖醇废水沼气发电技术在行业内的推广比例达到 62%，形成节电能力 2 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 37 万吨。

### （三）高效双盘磨浆机

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

应用高效的传动装置，配用公司拥有自主知识产权的高性能长寿命造纸打浆磨盘和先进的自动控制系统，可实现恒功率或恒能耗控制。

##### 2) 技术特点

- 采用盘根密封，密封可靠，基本杜绝漏浆，也可根据用户要求配以机械密封；
- 改进轴承支承结构，运行更加平稳，效率更高；
- 结构紧凑，维护方便。

#### 2、技术发展与应用现状

双盘磨浆机已鉴定，并推广应用。如在山东华金纸业、山东博汇纸业、山东贵和纸业、山东华泰纸业等。



图 E-2 设备示意图

#### 3、典型项目的节能减排效益

山东博汇纸业 30 万吨牛卡纸项目。节能技改投资额：180 万元，建设期 6 个月，节能量 51 万 kWh/年，节能经济效益 295 万元，投资回收期 0.61 年。

#### 4、推广前景及节能减排潜力

高效双盘磨浆机技术先进，整机性能优良，性价比高，可完全替代进口，市

场推广前景广阔。

预计到 2015 年，高效双盘磨浆机技术在行业内的推广比例达到 90%，形成节电能力 4 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 69 万吨。

#### (四) 高效环保节材型电冰箱压缩机技术

##### 1、技术原理和特点

###### 1) 技术原理

结构紧凑型高效冰箱压缩机采用 R600a 天然环保工质，本技术针对 R600a 工质的热力学特性，结合机械结构、电机、流体、润滑、噪音、材料、工艺多项技术的最新研究成果，对机械零件、电机、吸排气系统、润滑系统、支撑与降噪系统进行全方位的优化设计，达到提高效率、降低材料消耗的效果。

###### 2) 技术特点

- 机械零件的结构优化设计，减少关键零件的重量；
- 采用小槽形高槽满率等电机设计技术，减少电机重量，提高电机效率；
- 采用变孔径平面止推球轴承等专利技术，降低磨擦功耗，提高电机效率；
- 采用多旁通口吸气消器等专利技术，提高吸排气系统的输气效率；
- 采用有限元分析技术优化支撑与降噪系统的设计，从而减少壳体等零件的材料消耗。

##### 2、技术发展与应用现状

通过轻工业联合会和省级鉴定，加西贝拉压缩机有限公司、黄石东贝电器股份有限公司等已投产。

##### 3、典型项目的节能减排效益

典型用户：已在海尔、科龙、美菱、新飞冰箱上使用。

##### 4、推广前景及节能减排潜力

冰箱压缩机作为冰箱的“心脏”，是决定冰箱能耗与成本的关键，正是冰箱压缩机在节能、节材和环保等性能指标上实现了重大突破，由此带动了电冰箱、冷柜行业的技术进步，为电冰箱、冷柜行业的节能减排工作做出了突出贡献。随着全社会节能减排工作不断深入，国际国内对电冰箱的能效不断提出更高的要

求，节能、节材、环保已经成为冰箱压缩机行业的发展趋势。当前中国冰箱压缩机行业的环保节能工作进步巨大，但压缩机的节能和节材方面仍大有潜力。全国所有的冰箱压缩机生产厂家可推广。

预计到 2015 年，高效环保节材型电冰箱压缩机技术在行业内的推广比例达到 68%，形成节电能力 127 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 1380 万吨。

## 附录七 机械行业重大 DSM 节电技术

### （一）频谱谐波时效技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

通过傅立叶分析，不需扫描，在 100HZ 内寻找低次谐波，施加合适的能量在多个谐波频率振动，引起高次谐波累积振动产生多方向动应力，与多维分布的残余应力叠加，造成塑性变形，从而降低峰值残余应力，同时使残余应力分布均化。

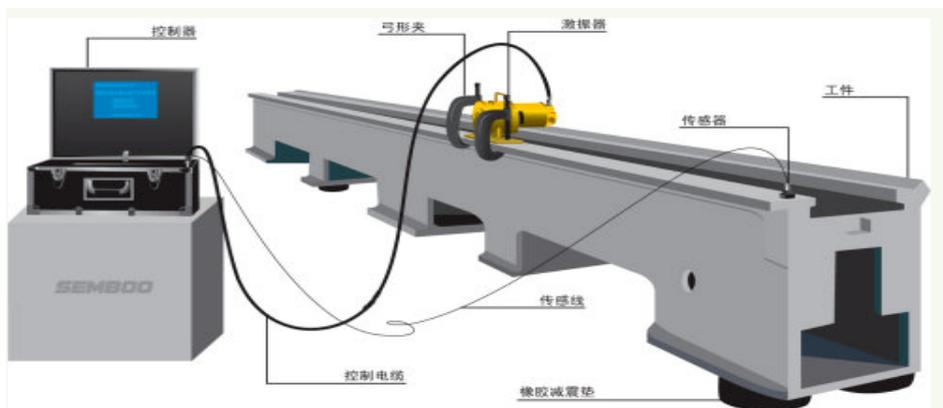


图 F-1 技术原理图

## 2) 技术特点

- 处理工件的效果不依赖操作者的技能和经验，百种工件，一种工艺；
- 可完全取代以消除应力为目的的热时效，机械行业应用覆盖面可达到100%；
- 选择的谐振频率在 6000rpm 以下，振动噪音很小，达到了绿色环保要求；
- 对任何金属工件都能通过频谱谐波时效系统优化选择 5 个最佳谐振峰，解决了高刚性、高固有频率工件的处理难题。

## 2、技术发展与应用现状

该技术已在航空、航天、兵器、船舶、机床、工程机械等一些重要机械制造领域都有成功的应用案例，成为解决国防工业一些制约产品制造难题的关键技术。如首都航天机械公司，成功解决了该公司设计的被称为“中华第一圈”的高强度铝合金圆环件（其直径 5m），机械加工过程中容易产生变形而引起工件精度的超差问题，攻克了高强度、大直径铝合金构件圆度精度差、尺寸不稳定的技术难题；北京卫星制造厂，成功应用在卫星、飞船等航天器大型铸造镁合金、铝合金零件，同时，大大提高产品精度的稳定性，延长产品的贮存周期等。

## 3、典型项目的节能减排效益

建设规模处理铸件 20000 吨，焊接件 10000 吨，主要改造内容新增频谱谐波时效设备 20 台套，替换原有亚共振设备及退火热时效设备。节能技改投资额 800 万元，建设期 6 个月，节能量节电 2396 万千瓦，节约天然气 240 万立方米，累计折合标准煤 11314 吨，节能经济效益节约加工费 1800 多万元，节约能源消耗费 1558 万元，节约天然气费用 320 万元，投资回收期 6 个月。

## 4、推广前景及节能减排潜力

机械行业是个广阔的市场，具有相当大的节能空间和潜力。

预计到 2015 年，频谱谐波时效技术在行业内的推广比例达到 15%，形成节电能力 7 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 307 万吨。

## (二) 塑料注射成型伺服驱动与控制技术

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

应用伺服电机驱动定量泵及控制技术，精确、快速地控制伺服电机的转速和扭矩，实现液压系统压力和流量双闭环控制，使伺服电机运行功率与负载需求功率完好匹配，达到大幅节能效果。

## 2) 技术特点

与传统液压式塑料注射成型装备相比，不再产生因液压系统压力、流量调节造成的大量无功能耗，针对不同制品原料和几何特征，项目产品平均能耗下降50%以上；制品成型周期更短，生产效率提高25%，制品精度提高近30%。

## 2、技术发展与应用现状

该技术已经在部分企业实施应用，节能效果良好。

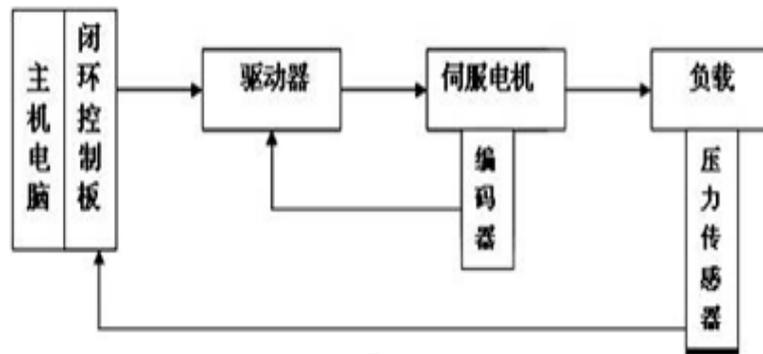


图 F-2 塑料注射成型伺服驱动与控制原理图

## 3、典型项目的节能减排效益

建设规模：50 台伺服节能注塑机。主要技改内容：将传统液压式塑料注射成型装备更换为伺服节能塑料注射成型机。节能技改投资额 2500 万元，建设期 1 年。年节电 660 万 kWh，折合 2310tce，年节能经济效益为 407 万元，投资回收期 6 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

伺服节能注塑机与传统的液压注塑机相比可节能 50%左右，节约钢材达 20%以上，并使塑料制品精度大大提高。

预计到 2015 年，塑料注射成型伺服驱动与控制技术在行业内的推广比例达到 30%，形成节电能力 32 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 74 万吨。

## 附录八 通用 DSM 节电技术

### (一) 动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术

#### 1、技术原理和特点

##### 1) 技术原理

检测采用 FBD 法，控制算法为无差拍电流控制，针对负载需要进行单补无功功率、抑制全部谐波、补偿无功和抑制谐波、抑制某些次谐波、补偿三相不平衡。实时检测电网无功和谐波电流，并输出反向电流以抵消无功和谐波电流。

##### 2) 技术特点

低压配电网普遍存在功率因数低的问题，而电容器无法对动态无功功率进行补偿，造成电网损耗量大。采用该项技术，在额定范围内功率因数（补偿后）可达 0.96 以上，在额定范围内总谐波畸变率可控制在 6% 以上。

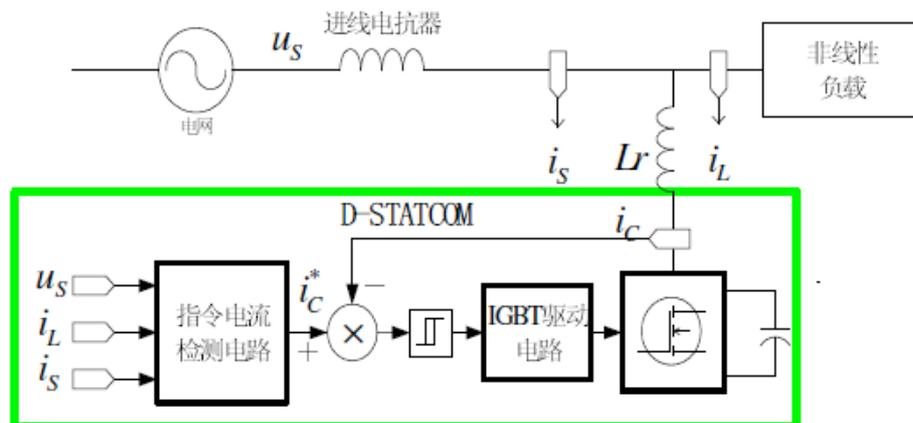


图 G-1 动态谐波抑制及无功补偿系统工作原理图

## 2、技术发展与应用现状

该技术 2009 年已通过湖南省科委、湖南省经委、湖南机械行业管理办公室组织的鉴定。经电力行业、电力设备及仪表质量检测中心检测，符合国家标准要求，达到国内领先水平。该技术已在湖南、广西等省应用。

## 3、典型项目的节能减排效益

某企业建设规模：3000kVA 变压器 安装 4 台动态谐波抑制及无功补偿设备。主要改造内容：针对中频炉导致的无功和谐波问题，采用动态谐波抑制及无功补偿设备来抑制谐波并提高功率因数。节能技改投资额 160 万元，建设期 1 个月。年节能 255tce，年节能经济效益 29 万元，投资回收期 6 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

动态谐波抑制及无功补偿是一种代表未来发展趋势的电能质量综合治理设备，再电力企业、工业企业、市政设施中均可应用，应用领域广阔。动态谐波抑制及无功补偿设备的大规模应用能够在很大程度上解决配网的无功、谐波、三相不平衡等问题，提高利润水平。

预计到 2015 年，动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术在行业内的推广比例达到 15%，形成节电能力 3000 万 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 189 万吨。

## (二) 稀土永磁无铁芯电机

### 1、技术原理和特点

#### 1) 技术原理

转子上安装永磁体磁极形成磁场，没有励磁绕组，无需励磁电流，励磁损耗为零，节约铜材；电枢绕组用高分子材料精密压铸成型工艺固定在定子上，实现电机无铁芯化，铁损为零，提高效率，节约硅钢片；采用轴向磁场结构，磁场垂直分布度好，通电的电枢绕组切割永磁材料形成的磁力线产生力矩，使电机旋转，实现电能和机械能的转换。

#### 2) 技术特点

- 采用轴向磁场结构设计，大幅度提高功率密度和转矩体积比；
- 采用新型绕制工艺和高分子复合材料高压精密压铸成型工艺，有效降低绕组铜损；

- 不使用硅钢片作为定、转子铁芯材料，减少了磁阻尼，降低了驱动功率，减少了铁损发热源；
- 结合自主研发的电子智能变频技术，使电机系统在宽负载范围效率大大提高。

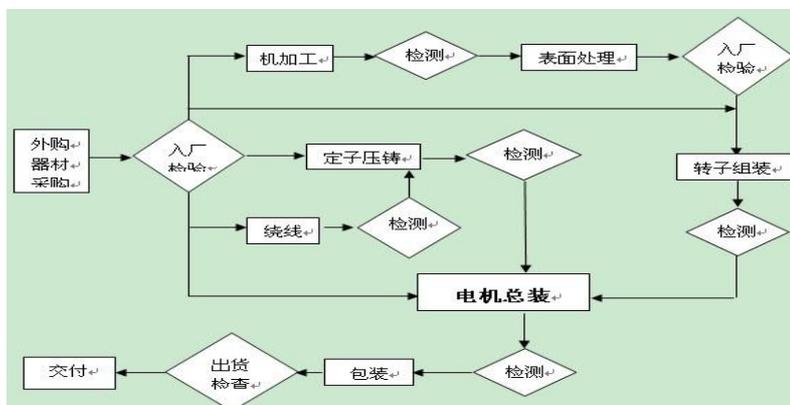


图 G-2 稀土永磁无铁芯电机生产流程图

## 2、技术发展与应用现状

2009 年，国家中小电机质量监督检验中心对该设备进行了性能检验；同年，通过国家发展和改革委员会组织的专家鉴定论证。

## 3、典型项目的节能减排效益

浙江晨雕机械有限公司。建设规模：工业锯床用稀土永磁无铁芯电机。主要改造内容：永磁无铁芯电机和智能驱动器替代原有减速箱、皮带轮等。每台锯床技改投资约 6000 元，建设期 1 年。每台年节能 1.7tce，投资回收期约 4.5 年。

## 4、推广前景及节能减排潜力

预计到 2015 年，稀土永磁无铁芯电机节能技术在行业内的推广比例达到 10%，形成节电能力 4 亿 kWh，形成 CO<sub>2</sub> 减排能力 63 万吨。