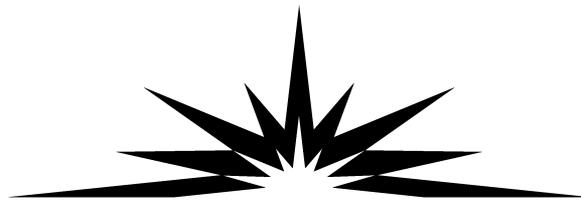


中国可持续能源项目

能源基金会

项目资助号：G-1104-13948



《国家重点节能技术推广目录》（2008—2010）实施效果评估项目

The evaluation of “2008-2010” National Key Energy Conservation technologies Catalogues



中节能咨询有限公司
CECEP Consulting Co., Ltd
2012年3月

国家发展改革委和能源基金会共同资助项目

**《国家重点节能技术推广目录》
(2008—2010) 实施效果评估项目**

中节能咨询有限公司

2012年3月

摘 要

《国家重点节能技术推广目录》(以下简称“《目录》”)是由国家发改委组织实施的,其目的旨在加快重点节能技术的推广普及,引导用能单位采用先进的节能新工艺、新技术和新设备,提高能源利用效率。第一批《目录》于2008年正式颁布,至2010年已完成了三批《目录》的编制发布工作,涉及煤炭、电力、钢铁、有色金属、石油石化、化工、建材、机械、纺织、轻工、建筑、交通、通信等13个行业,共入选115项节能技术。入选《目录》的技术节能潜力大,经济效益好,几年来有力地推动了中国相关领域节能技术的创新和应用,为“十一五”期间实现节能减排约束性目标发挥了重要作用。

2011年12月,第四批《目录》也正式公布。目前,《目录》的申报与编制已经成为国家发改委推广宣传节能技术的一项常态化工作。为了更好地开展《目录》申报与编制工作,有效促进我国重点节能技术的研发、推广和应用,课题组在前几批《目录》编制的工作基础上,对列入前三批《目录》的115项重点节能技术在“十一五”期间的推广实施情况进行了分析评估。

在研究报告中,课题组充分研究了《目录》颁布的政策和行业背景,概括性地分析总结了“十一五”期间我国重点高耗能行业的能耗现状。在相关行业协会的支持配合下,对列入前三批《目录》的重点节能技术在“十一五”期间的应用实施情况进行了追踪分析,并选择钢铁、建材、石化、有色、电力行业作为重点研究对象,对行业能耗状况、节能技术推广及发展情况、节能潜力等方面进行了梳理和分析,并通过典型节能技术案例加以阐述说明。

本报告以翔实的资料和数据,对《目录》中节能技术的实施情况进行了评估,分析了在《目录》编制过程中反映出的问题,并提出了如下建议:

- 1.尽快出台财税、金融等相关细则,有针对性的,因地制宜的推动各行业节能技术的发展。

- 2.以重点高耗能行业节能技术研发及推广为主线,带动其他工业行业节能技术共同发展。

- 3.鼓励重点节能技术的深入研发和升级,推进技术、效益、管理的协调发展。

- 4.继续加强《目录》的宣传力度,以各种有效途径推动重点节能技术的发展。

目 录

一、课题背景	1
1 《国家重点节能技术推广目录》编制的政策背景.....	1
2 《国家重点节能技术推广目录》编制的行业背景.....	2
二、《国家重点节能技术推广目录》(2008—2010)编制情况概述.....	3
1 《目录》的编制原则及过程	3
2 《目录》申报和筛选情况	4
三、研究方法	5
四、重点节能技术在我国高耗能领域的实施效果评估.....	6
1 钢铁行业	6
(1) “十一五”期间钢铁行业能耗情况.....	6
(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况.....	8
2 建材行业	9
(1) “十一五”期间建材行业能耗情况.....	9
(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况.....	9
3 石化行业	10
(1) “十一五”期间石化行业能耗情况.....	10
(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况.....	12
4 有色行业	13
(1) “十一五”期间有色金属行业能耗情况.....	13
(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况.....	13
5 电力行业	14
(1) “十一五”期间电力行业能耗情况.....	14
(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况.....	15
6 小结	17
五、典型节能技术及案例分析	18
1 钢铁行业典型重点节能技术—钢铁行业烧结余热发电技术	18
(1) 技术简介	18

(2) “十一五”期间发展情况	19
(3) 典型实施案例	19
2 建材行业典型重点节能技术—节能型合成树脂幕墙装饰系统技术	20
(1) 技术简介	20
(2) “十一五”期间发展情况	21
(3) 典型实施案例	21
3 石化行业典型重点节能技术—粉煤加压气化技术	22
(1) 技术简介	22
(2) “十一五”期间的发展情况	24
(3) 典型实施案例	24
4 有色金属行业典型重点节能技术—铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动 与控制技术	26
(1) 技术简介	26
(2) “十一五”期间的发展情况	27
(3) 典型实施案例	27
5 电力行业典型重点节能技术—电除尘器节能提效控制技术	28
(1) 技术简介	28
(2) “十一五”期间的发展情况	28
(3) 典型实施案例	29
六、问题与建议	31
1 存在的主要问题	31
2 建议	33

一、课题背景

1 《国家重点节能技术推广目录》编制的政策背景

“十一五”期间，我国政府承诺单位国内生产总值能耗降低 20%左右，主要污染物排放总量减少 10%的约束性指标。面对我国近年来高耗能、高排放行业的快速增长，能源需求量不断增加的形势，节能减排已成为我国加快调整产业结构、转变发展方式成效的重要工作。随着《节能中长期规划》（发改环资【2004】2505号）、《国务院关于加强节能工作的决定》（国发【2006】28号）、《节能减排综合性工作方案》（国发【2007】15号）、《国务院关于进一步加大工作力度确保实现“十一五”节能减排目标的通知》（国发【2010】12号）等一系列政策的颁布，节能减排工作已在工业、交通运输、建筑、商用和民用等领域全面展开。

节能主要靠三种方式来完成，即结构节能、管理节能和技术节能。结构节能是长期的，管理节能是有限的。而加快工业技术进步，大力推广节能先进技术，大幅度降低单位产品能耗，是当前和今后相当长时期工业节能的主攻方向。作为落实技术节能的措施之一，《国家重点节能技术推广目录》（以下简称《目录》）于 2008 年由国家发改委开始正式颁布，截至 2010 年底，《目录》已经先后公布了三批，共计 115 项重点节能技术被列入目录。这些技术不仅体现了我国各行业节能技术进展的情况，激励全国企业积极研发和应用先进的节能技术，而且也为我国“十一五”期间节能减排目标的完成在技术方面提供了有力支撑。

根据《节能减排综合性工作方案》，加快节能减排技术的开发和推广应用，继续发布《目录》已成为我国政府节能减排的一项常态性工作。目前，第四批《目录》已于 2011 年 12 月 31 日政府颁布，第五批《目录》的申报工作也将于近期开始。“十二五”期间，《目录》的编制工作将继续深入开展，以推动我国节能领域的科技创新和技术进步。

2 《国家重点节能技术推广目录》编制的行业背景

工业是我国经济的最大主体，也是消费能源、资源，产生环境污染的最主要行业，工业能耗占全国总能耗的 70%在工业。近年来，我国工业增加值能耗、重点行业主要产品单位综合能耗逐年降低，为万元 GDP 能耗的下降发挥了重要作用。节能减排是落实我国十大行业调整和规划的具体手段。以节能减排为抓手，促进产业结构优化升级和落后产能淘汰，把工业节能技术改造与扩内需、保增长结合起来，进一步推动工业技术进步，是实现工业节能的关键。

在“十一五”期间，完成单位 GDP 能耗下降 20%的目标，技术节能是关键。从我国的现实来看，也存在着实现技术节能跨越式发展的可能：（1）是我国工业能耗比重过大；（2）是单位产品能耗相对较高；（3）是工业技术进步和重大技术的创新逐渐显现；（4）是企业投资欲望和需求强烈。这些必将推动产业结构升级，带动节能减排上的快速发展。《目录》是国家发展改革委为了满足中国企业了解和应用节能技术的实际需求，推动自主创新的节能技术的发展而颁布的。通过 2008 年至 2010 年三批《目录》的筛选和颁布，推荐了一批技术先进、节能潜力大、经济效益好的重大节能技术，发挥了很好的示范作用，有力地推动了重点节能技术的推广应用，为实现节能减排约束性目标发挥了重要作用。

二、《国家重点节能技术推广目录》(2008—2010)编制情况概述

1 《目录》的编制原则及过程

《国家重点节能技术推广目录》是由国家发展改革委环资司组织，并联合各行业协会、科研院所以及节能领域的相关专家，由中节能咨询有限公司负责具体实施完成的。节能技术申报的范围主要包括各省市发改委、经贸委（经委、经信委、工信委、工信厅、工信局）、行业协会和中央企业，以及科技部、建设部、交通部、铁道部等相关部委。《目录》自 2008 年至 2010 年已经公布了三批，共有 115 项重点节能技术列入推广目录，覆盖了工业、交通运输、建筑、信息、农业、民用和商用等领域，预计到 2015 年可实现的总节能潜力约为 1.4 亿吨标准煤。

编制《目录》的基本原则主要包括：

- 1) 技术先进适用，至少达到国内先进水平；
- 2) 节能潜力大，预期可获得明显的节能效果，经济合理；
- 3) 应用范围广，在全行业推广应用前景广阔；
- 4) 《目录》中已公布的技术不重复入选；
- 5) 全行业普及率在 80% 以上的技术不入选；
- 6) 不以节能为直接目的的技术不入选；
- 7) 技术应成熟，在我国尚无实际应用的技术一般不入选。

《目录》的编制主要是在各行业协会、节能领域相关专家的支持下完成的，其编制过程主要包括：

- 1) 由国家发改委环资司下发征集重点节能技术的通知，并由中节能咨询有限公司整理、分类及完善申报的相关技术资料；
- 2) 由中节能咨询有限公司组织各行业协会、节能领域相关专家完成申报节能项目的初评，并向各行业协会发送征求意见稿；
- 3) 根据各行业协会反馈意见，修改完善后形成《目录》初稿；
- 4) 由中节能咨询有限公司组织各行业协会、节能领域相关专家完成列入初稿的节能技术的第二轮评审；
- 5) 由中节能咨询有限公司向国家发改委环资司逐项汇报列入的重点节能

技术，并安排存在争议的节能技术参加技术答辩会；

- 6) 根据节能技术答辩会情况调整并确定《目录》征求意见稿（终稿）；
- 7) 由国家发改委环资司向相关部门就《目录》中的节能技术征求意见；
- 8) 根据反馈意见修改完善《目录》终稿，并由国家发改委正式公布；

2 《目录》申报和筛选情况

在第三批《目录》的筛选过程中，共收到由各地方发改委、各中央企业、行业协会等组织上报的 1055 项节能技术，最终有 115 项节能技术被列入《目录》。从第三批《目录》的筛选情况看，电力、建材、石化、轻工、机械、建筑行业整体申报的技术较多，累计均在 100 项左右；而入选的重点节能技术中，电力、钢铁、有色、石化、建材、轻工、机械行业相对较多，平均都在 10 项以上。这说明“十一五”期间，由于我国不断加大节能减排工作的实施力度，高耗能行业越来越重视节能技术的研发与应用，一大批节能效果显著、经济效益好的节能技术不断涌现出来，并成为企业完成节能减排任务的重要措施之一。

第三批《目录》的申报及筛选情况。见表 1。

表 1 《国家重点节能技术目录》（第一、二、三批）节能技术申报及筛选情况表

序号	行业	申报技术数				推荐技术数			
		一批	二批	三批	合计	一批	二批	三批	合计
1	煤炭行业	13	15	15	43	3	1	2	6
2	电力行业	17	46	36	99	5	6	4	15
3	钢铁行业	10	21	20	51	8	1	2	11
4	有色金属行业	6	28	24	58	5	3	2	10
5	建材行业	13	57	23	93	6	3	4	13
6	石化行业	25	79	49	153	8	7	4	19
7	轻工行业	18	75	51	144	5	1	4	10
8	纺织行业	3	16	4	23	3	1	—	4
9	通用机械	25	112	79	216	4	6	4	14
10	汽车行业	—	4	18	22		2	1	3
11	建筑行业	4	54	35	93	3	3	1	7
12	交通	—	10	9	19		1	2	3
13	其它	2	32	7	41				
	合计	136	549	370	1055	50	35	30	115

三、研究方法

本课题对《目录》中入选的 115 项重点节能技术进行了梳理，选定钢铁、建材、石化、有色、电力等重点高耗能行业，对其在“十一五”期间的发展情况进行调研，并结合案例对典型节能技术的推广和应用进行了分析评估。

在对整个高耗能行业情况的分析过程中，采用了统计法和文献法，同时结合专家访谈和调查法，以真实地把握相关行业重点节能技术推广和应用的实际情况。

对各行业典型重点节能技术的推广及应用情况研究使用了定性研究法。其中，典型节能技术中的典型案例研究使用了定量分析法，通过对项目节能量、投资回收期等相关数据的测算，分析了节能技术实施的节能效益和经济效益。

本课题通过上述研究方法，全面系统地对《目录》中的重点节能技术在“十一五”期间的实施情况进行了评估，并提出了相应的建议。

四、重点节能技术在我国高耗能领域的实施效果评估

中国政府于 2007 年颁布了能源发展“十一五”规划，并指出到 2010 年重点耗能行业环保状况和主要产品（工作量）单位能耗指标总体达到或接近本世纪初国际先进水平。主要耗能设备能源效率达到 20 世纪 90 年代中期国际先进水平，部分汽车、家用电器能源效率达到国际先进水平。

“十一五”期间，按照“全面推进、突出重点”的原则，着力抓好重点工业、交通运输、建筑、商业和民用领域的节能环保工作。以“十大重点工程”为抓手，大力推进中国节能减排的发展。

国家发改委颁布的《国家重点节能技术推广目录》（第一、二、三批）主要是为了加快先进节能技术普及和发展，引导用能单位采用先进的节能新工艺、新技术和新设备，提高能源利用效率。“十一五”期间，中国工业能耗始终占全国能耗的 70% 左右，因此工业节能对于节能减排任务的完成具有举足轻重的作用，而钢铁行业、建材行业、石化行业、有色行业、电力行业的总能耗约占全部工业能耗的 80% 左右。因此，本课题选择以上五个行业作为研究对象，而研究这些行业中的重点节能技术在“十一五”期间的推广和应用情况也具有较典型的意义。

1 钢铁行业

(1) “十一五”期间钢铁行业能耗情况

钢铁行业属于资源、能源密集型产业。2010 年全球钢产量为 141467 万吨，而中国 2010 年的粗钢产量为 6.267 亿吨，同比增长 9.3%，占全球总产量的 44.3%，已经连续多年居世界第一，已是名副其实的钢铁超级大国。2010 年，我国大中型钢铁生产企业产钢 54017 万吨，能源消耗总量为 26036 万吨标准煤，吨钢综合能耗为 604.6kgce。重点大中型钢铁企业是我国钢铁工业的支柱，“十一五”期间钢产量基本稳定在占全国产量的 80% 左右，其装备的大型化、现代化、产品品种质量、技术研发和创新模式上均代表着我国钢铁工业发展水平，“十一五”期间我国重点大中型钢铁企业产量及能源消耗的情况。见表 2。

表 2 “十一五”期间重点大中型钢铁企业产量及能源消耗量

项目	单位	2006	2007	2008	2009	2010	备注
大中型企业钢产量	万 t	34948	38792	41493	48623	54017	
大中型企业总用能量	万 tce	22375	24517	26015	24521	26036	电力折标系数 0.1229
大中型企业吨钢综合能耗	Kgce/t 钢	645.12	628.93	629.93	619.43	604.60	

由上表可以看出，至 2010 年重点大中型企业钢产量与 2006 年相比增加了 54.56%，即增加了 19069 万吨；总用能量增加了 16.36%，即增加了 3661 万吨标准，比钢产量增幅低 38.2%；吨钢综合能耗由 2006 年 645.12kgce，下降到 604.60kgce，吨钢综合能耗下降了 40.52kgce（电力折标系数为 0.1229kgce/kWh）。“十一五”期间，重点大中型企业总用能量的增幅已明显低于国家总用能量的增幅，占全国能源消耗比重已出现逐年下降趋势，取得了单位能耗稳步下降的可喜成绩。

另外，由于钢铁工业生产环节多、流程长，炼焦、烧结、球团、炼铁、转炉、电炉、连铸、轧材等主要生产工序组成了钢铁生产的工艺链条，这些主要生产工序的能源消耗决定着吨钢综合能耗，各工序能源消耗量均占有一定比例，是节能工作的重点和着眼点。多年来，大中型钢铁生产企业主要生产工序能耗指标一直在稳步下降，保证了钢铁工业持续实现节能降耗。

下表列出了大中型钢铁企业进入“十一五”以来主要生产工序能耗的情况见表 3。

表 3 大中型钢铁企业主要生产工序能耗对比情况表

年份	焦化 kgce/t 焦)	烧结 (kgce/t 烧结矿)	炼铁 (kgce/t 铁)	转炉 (kgce/t 钢)	电炉 (kgce/t 钢)	轧钢 (kgce/t 钢材)
2006 年	123.11	55.61	433.08	9.09	81.26	64.98
2007 年	121.72	55.21	426.86	6.03	81.34	63.08
2008 年	119.97	55.49	427.72	5.74	81.52	59.22
2009 年	113.97	54.52	410.55	2.78	73.44	61.90
2010 年	105.89	52.65	407.76	-0.16	73.98	61.69

数据来源：根据国家统计局相关数据及行业协会提供的数据整理得出。

由上表可看出，“十一五”期间，重点大中型钢铁企业各工序能耗均在稳步下降；其中，焦化、转炉工序能耗降低最为明显，取得了较好的节能效果。

（2）“十一五”期间节能技术的推广及发展概况

《国家重点节能技术推广目录》（第一、二、三批）中涉及钢铁行业的节能技术共有 11 项。其中余热余压利用技术共 7 项，管理节能技术 1 项，其他类型节能技术 3 项，总节能潜力约为 2700 万吨标煤。“十一五”期间，《目录》中的节能技术取得了较迅速的发展，其中作为“十大重点节能工程”之一的余热余压利用技术的发展情况如下：

1) 安装了高炉炉顶压差发电装置(TRT) 的高炉占重点钢铁企业高炉座数的 60%左右。

2) 安装了高炉煤气回收装置的高炉约占重点钢铁企业高炉座数的 85%。

3) 安装转炉煤气回收装置的转炉约占重点钢铁企业转炉座数的 75%。

4) 安装转炉余热蒸汽回收装置的转炉占重点钢铁企业转炉座数的 68%。

可见，重点大中型钢铁企业在二次能源回收利用上取得了很大成绩，余热及余压技术的推广和应用在“十一五”期间取得令人满意的成果。

作为唯一一项管理节能方面的节能技术“能源管理中心技术”已在重点大中型钢铁企业中得到了比较广泛的应用，宝钢、首钢、鞍钢等钢铁集团都已组建了能源管理中心，实现了全厂能源的优化配置和应用。

“低热值高炉煤气燃气蒸汽联合循环技术”由于需要掺烧一部分焦炉煤气，同时大型燃气轮机尚未实现国产化，因此项目建设投资较大，投资回收期较长，“十一五”期间发展的速度较慢。

其他 2 项节能技术在“十一五”期间也取得较好的发展，基本达到了预期的推广比例。

2 建材行业

(1) “十一五”期间建材行业能耗情况

“十一五”时期是我国建材工业发展速度最快、质量效益最好的五年。全行业继续实施“由大变强、靠新出强”的发展战略，在产业结构调整、方式转变、节能减排等方面取得了长足进步。建材工业是重要的原材料及制品工业，目前共有 80 余类、1400 多个品种和规格的产品。建材工业主要耗能行业是水泥、墙体材料、建筑卫生陶瓷、石灰及平板玻璃等行业，这些行业每年能源消费分别约占建材工业总能耗的 55%、17%、11%、9%、3%，总计占建材工业总能耗的 95%以上。其中水泥、建筑卫生陶瓷、平板玻璃制造 3 个行业占 86.56%。

水泥行业：2010 年新型干法水泥熟料产能为 12.6 亿吨，是 2005 年的 2.6 倍。新型干法水泥熟料产能占总产能的 81%，比 2005 年提高 41%。日产 4000 吨及以上熟料的产能占 57%。五年淘汰落后产能 3.4 亿吨。2010 年新增新型干法水泥熟料产能中，中部地区占 25%，西部地区占 56%，中西部布局进一步优化。2010 年每吨新型干法水泥熟料综合能耗降至 115 千克标准煤，比 2005 年下降 12%。年综合利用固体废弃物超过 4 亿吨。55%的新型干法水泥生产线配套建设了余热发电装置。

玻璃行业：2010 年全国平板玻璃产量 6.6 亿重量箱，“十一五”期间年均增长 10.5%；全国浮法玻璃产能达 7.6 亿重量箱，浮法玻璃比重上升到 87%，其中优质浮法产能上升到 35%。“十一五”期间每重量箱平板玻璃综合能耗年均降低 4.9%，二氧化硫排放量年均减少 4%。

陶瓷行业：2010 年建筑陶瓷砖产量达到 78 亿平方米，卫生陶瓷产量 1.7 亿件，“十一五”期间年均增长分别为 13.2%和 15.7%。建筑陶瓷单位工业增加值综合能耗累计下降 25%，卫生陶瓷单位工业增加值综合能耗累计下降 21%。

(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况

《国家重点节能技术推广目录》（第一、二、三批）中涉及建材行业的节能技术共有 13 项。其中新型建材节能技术 3 项，节能型建材设备 5 项，余热利

用技术 2 项，工业炉窑改造节能技术 3 项。总节能潜力约为 1800 万吨标煤。

建材行业的节能技术发展主要侧重于节能型建材设备的开发以及新型建材的发展。其中，节能型建材设备的开发主要以水泥领域的设备改进为主，以稳流行进式冷却机、立式磨装备、四通道喷煤燃烧节能技术等一批先进的水泥生产设备的开发和应用给水泥行业带来了较大的节能效益。“十一五”期间，全国水泥生产企业不仅通过采用新型干法生产工艺取代立窑等落后生产工艺实现水泥行业的结构性调整，而且通过大力推动配套的节能型水泥设备的发展，实现了水泥生产装备的升级和换代，到“十一五”末期，水泥行业新型干法水泥窑的数量已达 1000 余条，熟料产量也达到了全国水泥熟料产量的 80%以上。其主力窑型为 3000—5000t/d 新型干法水泥窑，熟料烧成热耗约为 3000kJ/kgcl，熟料综合电耗约为 66kWh/t，水泥综合电耗约为 97kWh/t。这些数据说明，我国水泥行业的发展已经逐渐迈入国际先进水平领域，节能型水泥装备的研发与使用已经出具规模。

新型建材是建筑行业应用的趋势，新型建筑材料主要包括新型墙体材料、新型防水密封材料、新型保温隔热材料和装饰装修材料四大类。发展新型建材可以优化我国的建筑产业结构，使建材工业成为和经济、社会、环境协调发展的新型绿色产业。“十一五”期间，“Low-E 节能玻璃、烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块、节能型合成树脂幕墙装饰系统技术”取得了较好的发展。据初步统计，节能型合成树脂幕墙共在全国完成施工 7000 万平方米，仅在生产环节就节能 70 万 tce，烧结多孔砌块共计完成近 5 亿块标砖的施工工程，年节能量约为 10 万 tce。Low-E 节能玻璃已在节能建筑上得到了应用，到 2009 年，全国节能玻璃的施工量已达 5000 万平方米，使用节能玻璃的门窗平均年节能量可达 27kgce，节能效果较好，预计未来 5 年内，中国节能玻璃行业将迎来更好的发展机遇。

3 石化行业

(1) “十一五”期间石化行业能耗情况

石油和化学工业是对能源依赖度很高的行业，因为能源既是燃料、动力，又是原料，做原料的能源占 45%左右（不含原油加工），因此，能源消耗量很大。

“十一五”期间，中国石油和化工行业的能源消耗年均递增 6.18%，支持了行业总产值年均增长 22%的发展，能源消费弹性系数为 0.28。详细数据见表。

表 4 石化行业“十一五”期间能耗变化情况

年份	全国工业能源消费总量（万 ce）	石油和化工行业能源消费量（万 tce）					占全国工业能源消耗比重（%）
		合计	石油天然气开采业	石油加工炼焦及核燃料加工	化工原料及制品业	橡胶制品业	
2005	149639	37149	3589	10472	22007	1081	25
2006	164416	39721	3441	10600	24500	1180	24
2007	178845	42953	3473	11464	26757	1259	24
2008	196208	45543	4018	11551	28641	1333	23
2009	205322	46387	3676	12754	28613	1345	23
2010	217750	50153	3792	14691	30271	1400	23

数据来源：根据中国能源统计年鉴（2006—2011）整理得出。

石化行业的重点耗能工业主要有：原油加工、乙烯、合成氨、烧碱、纯碱、电石、黄磷，“十一五”期间这些产品的单位能耗变化情况。见表 5。

表 5 石化行业重点耗能产品能耗变化表

产品 \ 能耗	单位	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
原油加工	kgce/t	76.91	75.16	74.12	72.82	69.43
乙烯	kgce/t	677.0	669.5	659.1	638.1	616.5
合成氨	kgce/t	1624	1426.26	1426.18	1365.87	1402
烧碱	kgce/t	571.3	558.99	524.69	465.83	426.8
纯碱（氨碱法）	kgce/t	521	505	488	431	413
电石	kgce/t	1176	1103	1102	1018.11	-
黄磷	kgce/t	3384.0	3632.5	3386.93	3366.48	3350

资料来源：中国石化行业协会，电力折标系数为 0.1229kgce/kWh。

七个石化领域的产品能耗在“十一五”期间总体呈下降趋势，其中，原油

加工单位综合能耗降低 7.48kgoe/t，五年累计实现节能量 150 万 toe；乙烯单位综合能耗降低 73.5kgoe/t，五年累计实现节能量 104 万 toe。目前我国已成为世界第二大乙烯生产国，单套乙烯装备平均规模接近 50 万吨/年，已接近世界平均水平。合成氨综合能耗比 2006 年下降 13.7%，相关化肥制造行业如：氮肥、磷肥、钾肥等制造行业的能耗水平在“十一五”期间年均下降 5.83%，共实现节能量 2912 万 tce。烧碱单位产品能耗由 571.3kgce/t(2006 年)降到 426.8kgce/t(2010 年)，“十一五”期间单位产品能耗降低 25.3%；纯碱工业基本实现了能耗降低 10% 的目标，氨碱法纯碱单位能耗由 521kgce/t（2006 年）下降至 413kgce/t（2010 年），降幅为 20.7%。电石工业产品综合能耗由 1176kgce/t（2006 年）降至 1018kgce/t（2009 年），降幅为 13.4%，并淘汰落后产能 231 万吨/年。黄磷工业平均单位产品能耗由 3384kgce/t（2006 年）降至 3350kgce/t（2010 年），降幅为 1%。

（2）“十一五”期间节能技术的推广及发展概况

《国家重点节能技术推广目录》（第一、二、三批）中涉及石化行业的节能技术共有 19 项。其中属于先进生产工艺及流程改造的有 9 项，余热利用技术 5 项，其他节能技术 5 项。总节能潜力约为 1460 万吨标煤。

先进生产工艺及流程改造方面的技术占《目录》石化行业节能技术的 47%，其节能潜力约为 970 万 tce，“十一五”期间，石化行业采用先进的生产工艺及流程，淘汰了旧有落后的生产装置，实现了产品能耗的降低。如先进煤气化节能技术、水溶液全循环尿素节能生产工艺技术、新型高效节能膜极距离子膜电解技术、密闭环保节能型电石生产装置等等。其中，先进煤气化节能技术包含了粉煤加压气化技术、非熔渣—熔渣水煤浆分级气化技术以及多喷嘴对置式水煤浆气化技术，不仅打破了国外在煤炭气化技术方面的垄断，而且这些国产技术在国内实施推广的效果较好。“十一五”期间，先进煤气化技术给煤化工行业带来约 300 万 tce 的节能效益。新型高效节能膜极距离子膜电解技术属于氯碱行业，在“十一五”期间，使用该技术进行改造的氯碱企业的产能累计达到约 500 万吨，产生的总节能量约 100 万 tce，而且目前已经开始和德国、法国、比利时等国家的氯碱企业进行合作，将逐步打入国际市场。

4 有色行业

(1) “十一五”期间有色金属行业能耗情况

有色金属行业能源利用结构主要为电力，其次是煤，其他有焦炭、原油、天然气等能源。根据国家统计局的相关数据，“十一五”期间，有色行业能耗约占全国能源消耗总量的 4%，其中，电力消耗约占全国电力消耗量的 7%，总能耗量已经从 2005 年的 8000 万吨标煤，增加到 2010 年的 9100 万吨标准煤，节能减排的压力较大。通过淘汰落后产能，实施企业重组，加大先进节能技术的应用推广等方式，“十一五”期间，主要有色金属吨产品能耗也有较大幅度下降，如单位铜冶炼综合能耗下降 43.7%（与 2005 年相比），铝锭综合交流电耗为 14013kWh/t，比 2005 年下降了 620kWh 等等，有色金属行业总体能耗水平一直处于下降趋势。但是，目前我国平均每吨有色金属综合能耗比国际先进水平高 15%左右，除了电解铝等个别技术，我国有色行业总体能耗水平仍然偏高。

“十一五”期间，四种主要有色金属能耗指标情况。见表 6。

表 6 2005--2010 年四种主要有色金属综合能耗指标

	单位	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
铜冶炼综合能耗	Kgce/t	733.1	594.8	485.8	429.8	366.3	360.3
铝锭综合交流电耗	kWh/t	14575	14697	14441	14323	14171	13979
铅冶炼综合能耗	Kgce/t	654.6	542.3	551.3	472.9	459.3	453.5
电解锌综合能耗	Kgce/t	1953.1	1247.5	1063.3	973.9	937.2	946.6

资料来源：中国有色金属工业协会

(2) “十一五”期间节能技术的推广及发展概况

《国家重点节能技术推广目录》（第一、二、三批）中涉及有色金属行业的节能技术共有 10 项。其中属于先进生产工艺及流程改造的有 6 项，余热利用技术 2 项，节能型生产机械 2 项。总节能潜力约为 920 万吨标煤。

有色金属行业由于受资源分布情况的影响，存在为数较多的中小型冶炼企业，能源利用效率相对较低。“十一五”期间，按照国务院 2009 年发布的《有色行业产

业调整及振兴规划》相关要求，有色行金属行业通过控制总量、淘汰落后产能、加强技术改造、推进企业重组等方式，促进了中国有色金属行业的健康发展。而技术改造不仅是提高生产效率的有效途径，也是有色金属行业节能减排的重点。

从已公布的有色金属行业中的重点节能技术看，先进生产工艺及流程改造的节能技术占入选技术的 60%，以“铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术”、“氧气底吹熔炼技术”、“大型铝电解系列不停电（全电流）技术及成套装置”等先进生产工艺及技术改造为代表的节能技术，在“十一五”期间取得了较快发展，累计节能量达到约 1000 万 tce。另外，有色金属行业的余热利用技术也逐步为各大有色金属生产企业所重视，尤其是对中低温余热资源的利用，通过优化生产工艺用能体系，配套建设余热发电机组等方式，实现能源的高效利用，“十一五”期间，有色金属行业余热利用所产生的节能量累计约为 500 万 tce，规模以上有色金属生产企业基本都配置了余热利用装置，实现了能源的梯级利用。

5 电力行业

（1）“十一五”期间电力行业能耗情况

“十一五”期间，我国发电装机容量得到了快速发展，与 2005 年底的 51718 万千瓦相比，2010 年底，全国发电装机容量 96641 万千瓦，同比增长 10.56%，全年净增容量 9231 万千瓦。5 年累计增长 86.86%，5 年累计净增容量 44923 万千瓦；年均增长 13.32%，平均每年净增容量 8985 万千瓦。见图 1。

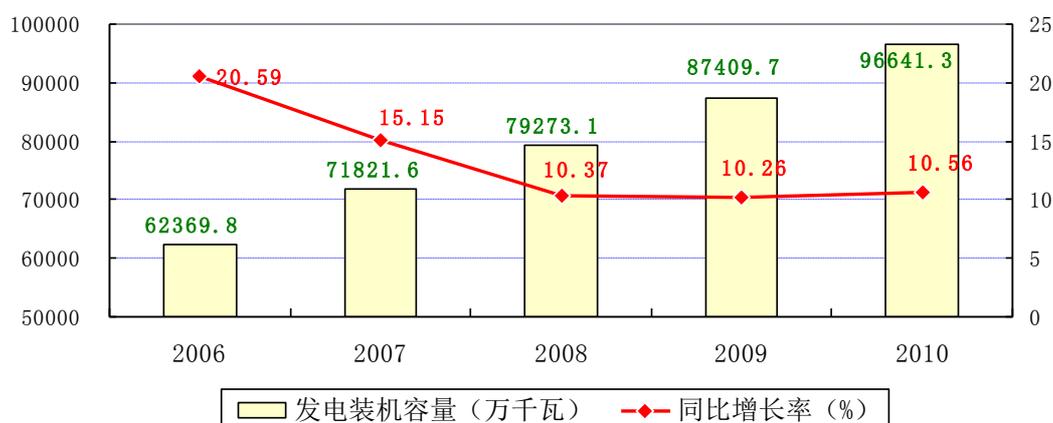


图 1 “十一五”期间全国发电装机容量增长情况

从发电总装机容量构成来看，水电装机占总装机的 22.36%，火电装机占总装机的 73.43%，核电装机占总装机的 1.12%，并网风电装机占总装机的 3.06%。与此同时，全国发电量也持续增长。2010 年，受经济发展拉动，全国发电量 42278 亿千瓦时，同比增长 14.85%。“十一五”期间，全国发电量年均增速达到了 11.10%。见图 2。

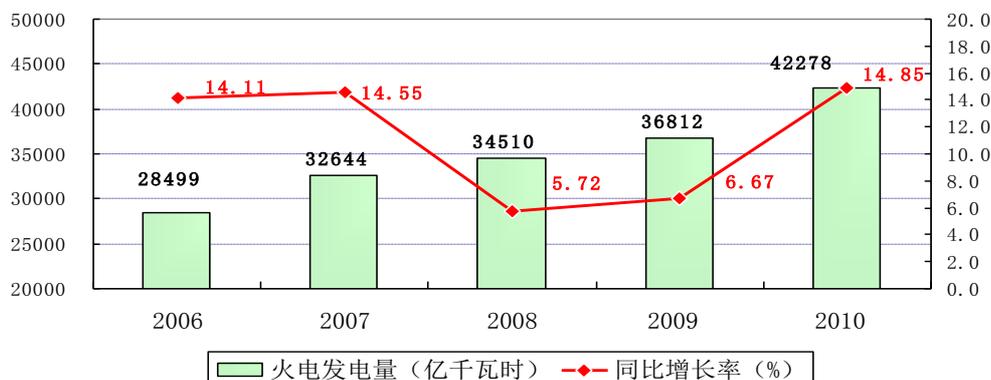


图 2 2001-2010 年全国发电量增长情况

资料来源：国家电力监管委员会办公厅发布的《2011 年度发电业务情况通报》

电力行业不仅是中国最大的能源消费部门，也是最大的二氧化碳排放部门。在中国电力能源结构中，火力发电始终占主导地位，在全国发电总量中占比达到 80%以上，其中，火力发电的燃煤量约占全国煤炭消耗总量的 51%左右。近年来，随着中国电力行业规模化、大型化的发展，能源效率不断提高，火电行业单位发电量发、供电煤耗，都呈现明显下降的趋势，见图 3。

（2）“十一五”期间节能技术的推广及发展概况

《国家重点节能技术推广目录》（第一、二、三批）中涉及电力行业的节能技术共有 14 项。其中，属于电厂设备（锅炉、汽轮机、除尘器、凝汽器）的节能改造有 11 项，电厂余热利用节能技术 1 项，运行系统优化技术 2 项，总节能潜力约为 1890 万 tce/a。

电力行业节能减排的特点非常明显，“十一五”期间，节能技术的发展主要集中在电厂侧，电厂设备的节能改造技术占全部入选电力行业重点节能技术的 78.6%，电厂关键设备如汽机、锅炉、凝汽器等都有节能效果较好的技术入选，

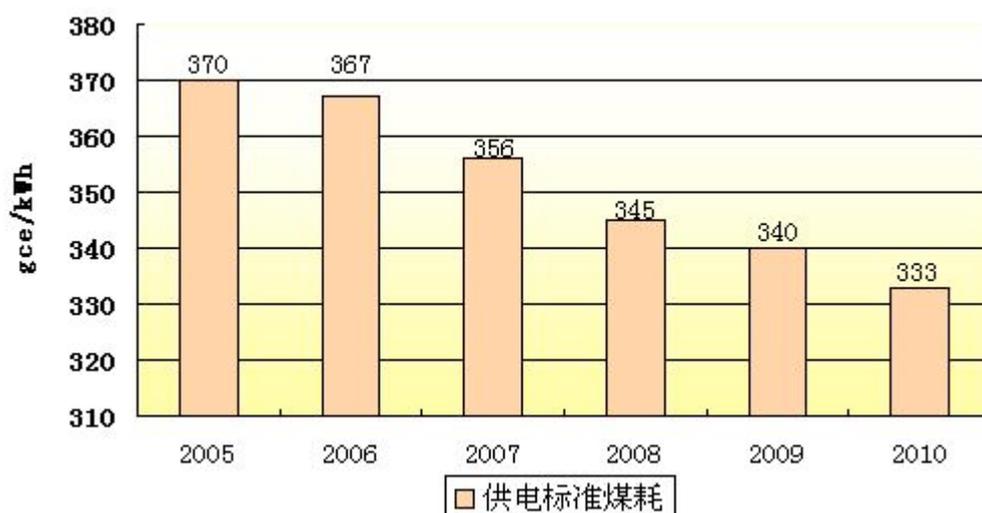


图 3 全国燃煤机组发电、供电标准煤耗近年变化情况

资料来源：国家电力监管委员会办公厅发布的《2011 年度发电业务情况通报》

据不完全统计，对于汽轮机本体的节能技术改造如“纯凝汽轮机改造实现热电联产技术”、“汽轮机通流部分现代化改造”、“汽轮机组优化运行方式”等发展速度较快，基本实现了对大多数旧有 135MW 机组的淘汰及改造，产生的节能总量约 2000 万 tce。对于锅炉部分的节能技术改造如“燃煤锅炉等离子煤粉点火技术”、“燃煤锅炉气化微油点火技术”、“电站锅炉空气预热器柔性接触式密封技术”等等在“十一五”期间也取得了较快发展，产生的总节能量约为 1200 万 tce，其中仅等离子煤粉点火技术和微油点火技术累计实现达到 500 万 tce。

目前，随着我国经济的高速发展，电力行业的装机容量仍然不断增加，“十一五”末期，我国电力装机容量突破了 9 亿千瓦。同时，“十一五”前四年，全国已累计关停小火电机组 6006 万千瓦，提前完成了关停落后小火电的任务；另外，到 2010 年为止，全国 1000MW 超超临界机组已投运 27 台，是世界上拥有百万千瓦超超临界机组最多的国家；通过淘汰落后火电机组，积极实施节能技术改造等措施，电力行业的节能减排成绩斐然，2010 年全国火电机组供电标准煤耗仅为 335kgce/kWh，已居世界先进水平。

6 小结

“十一五”期间，我国重点高耗能行业节能减排工作成绩斐然，电力行业的供电煤耗指标已经迈入了国际先进行列，有色金属行业的铝冶炼能耗也达到了国际先进水平。电力、有色金属、钢铁、建材、石化行业通过产业结构调整、淘汰落后产能、积极采用先进节能技术等措施，基本完成了我国“十一五”节能减排制定的目标，一大批优秀的节能技术实现了国产化并取得了较好的推广效果。然而，我国节能技术的研发和发展整体上仍然落后于发达国家的实际水平，需要政府不断的引导和鼓励。节能技术的推广也面临一些资金和市场障碍，从事节能技术研发和推广的节能服务公司仍处于初期发展阶段，需要国家在政策和市场方面给予一定倾斜。

在“十一五”期间，入选三批《目录》的节能技术总体上均有不同程度的发展，有不少技术已在我国不同行业的节能减排方面起到了显著的引导和示范作用。其中，新型干法水泥窑余热发电、干熄焦等多项技术已经在所属行业得到了广泛应用，高压变频技术、先进煤气化技术等在市场占有率上得到了大幅度的提高，但仍有部分技术如离子膜电解槽技术、稀土永磁无铁芯技术等，需继续加大实施力度，通过整合资金和市场资源尽快在业内进行推广普及。随着《目录》后续评审工作的深入开展，入选的节能技术必将成为中国技术节能的重要支撑部分，并为“十二五”期间节能减排目标的实现发挥重要的作用。

五、典型节能技术及案例分析

1 钢铁行业典型重点节能技术—钢铁行业烧结余热发电技术

(1) 技术简介

烧结环冷机余热发电是通过环冷烟气低温余热锅炉回收烟气的低品质余热能源，结合低温余热发电技术，用余热锅炉的过热蒸汽来推动低参数的汽轮发电机组做功发电的最新成套技术。

烟风系统主要由环冷机、除尘器、锅炉及循环风机等组成。其工作原理是：循环风机将从锅炉底部抽出的低温热风加压送至环冷机高温段底部风箱中，低温热风向上流动，经过环冷机高温段烧结矿床，在其上部形成高温热风，经除尘后送入锅炉顶部。高温热风在锅炉中向下流动，依次将锅炉的过热器、蒸发器、省煤器、加热器中的水加热后成为低温热风，再由循环风机抽出进行往复循环。循环风机前设补风口，用于补充环冷机的漏风及冷却进入环冷机的烟气温度。烧结余热发电工艺系统。见图 4。

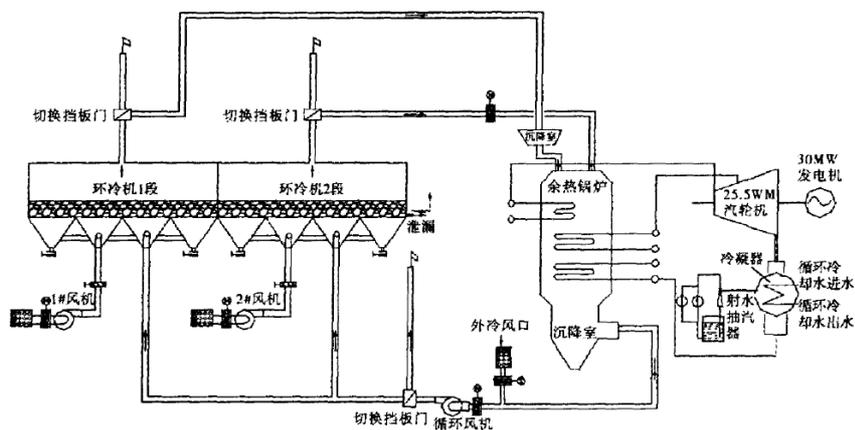


图 4 烧结余热发电工艺流程示意图

(2) “十一五”期间发展情况

2004年，马钢引进日本川崎技术在2台300m²烧结机上建设了国内第一套余热发电系统（装机容量17.5MW），该系统于2005年9月并网发电。随后多家钢铁企业对烧结余热资源及发电技术开展了前期调研工作，在国家节能主管部门的扶持下开始建设烧结余热发电设施。

2005年上海宝钢配套建设的420m²烧结机余热锅炉于2007年正式投产，运行效果均能达到设计参数（产生蒸汽54t/h、压力1.7MPa、温度270℃）。

“十一五”期间，我国已建成的烧结机余热发电装置共计66套，烧结余热发电机组共涉及19台烧结机（在建的约有100台），烧结机面积共4849m²，发电机组总装机容量137MW。重点钢铁企业的烧结余热发电技术推广比例约12%。烧结余热发电技术在国内应用已近成熟，全套设备可以国产化，可在全国大面积推广。

从“十一五”期间投产的烧结余热发电工程运行情况看，项目的节能效果良好，为钢铁企业降低成本、节能减排发挥了积极作用。

(3) 典型实施案例

案例1

项目名称：安阳钢铁股份有限公司烧结机余热发电项目

建设规模：415m²和460m²环冷机余热发电项目

建设内容：采用双通道进气的双压余热锅炉技术，锅炉容量为68t/h，配置一台26.5MW的双压补汽式汽轮机。

项目实施单位：杭州锅炉集团有限公司

项目节能效益及经济效益：

烧结环冷机余热发电系统自投产以来，运行稳定可靠，设计合理，达到了预期的节能效果并取得了较好的经济效益：

- 发电功率可达到26.5MW，对外供电约21.1MW，年供电量可达1.8亿度，每年的供电收益约7000万元。

● 通过余热利用产出的发电量相当于每年节约 6.3 万吨标准煤；减少二氧化碳排放 15 万吨；减少二氧化硫排放 0.13 万吨；同时还可回收烧结粉 0.4 万吨。节能环保效益明显。

项目投资及回收期：项目投资约 2.5 亿人民币；投资回收期约 3 年。

案例 2

项目名称：邯郸钢铁集团有限责任公司烧结机余热发电项目

建设规模：360 m² 烧结机和 415m² 环冷机余热发电项目

建设内容：新建的烧结环冷机余热发电系统利用环冷机#1 和#2 排烟口的高温烟气，温度分别为 400 °C 和 300°C，烟气量为均为 38 万 Nm³/h，采用全自然循环方式。采用双通道进气的双压余热锅炉技术，锅炉容量为 68 t/h。高压蒸汽温度为 380 °C，压力为 1.96 MPa，流量为 49 t/h；低压蒸汽温度为 235 °C，压力为 0.49 MPa，流量为 19 t/h，配置一台 25 MW 的双压补汽式汽轮机。

项目实施单位：浙江西子联合工程有限公司

项目节能效益及经济效益：

按每年运行 8000 小时计算，每年可供电 1.69 亿度，年可收集铁砂 9.86 万吨。每年供电收益约 6500 万元，年节约 6.13 万 t 标准煤。发电功率可达到 26.5 MW，对外供电约 21.1 MW，年供电量可达 1.8 亿度，每年的供电收益约 7000 万元。

项目投资及回收期：项目投资约 2.4 亿人民币；投资回收期约 4 年。

2 建材行业典型重点节能技术一节能型合成树脂幕墙装饰系统技术

(1) 技术简介

节能型合成树脂幕墙装饰系统技术属于一种新型装饰装修材料，改材料以合成树脂为主要粘结材料，与颜料、体质颜料、各种助剂配制的腻子以及各种涂料，分层施涂在建筑物墙体上，形成具有幕墙外观的建筑装饰层。面层材料具有铝塑板的金属效果和光泽，从而实现对铝塑板的替代。整个系统基于无机

改性聚合物，形成了一个有机的整体，保障了涂层系统各构成材料的匹配性和相容性，从而实现整个系统优异的耐候性和稳定性。

节能型合成树脂幕墙的关键技术是：改性聚合物的合成技术及各层材料之间的匹配性及相容性的设计与优化技术。基本原理图见图 5。



图 5 节能型合成树脂基本原理图

（2）“十一五”期间发展情况

合成树脂幕墙装饰系统利用我国自主研发的“无机改性复合技术”，突破了“油水不容”的世界难题，产品可以完全替代传统高能耗、高污染、耗费资源的装饰性金属、陶瓷、石材等建材，实现了从生产、安装、使用到最后翻新利用的全生命周期的节能环保。

“十一五”期间，在全国建筑物上的使用面积近 7000 万 m^2 ，其中，约 3000 万 m^2 是用来替代传统铝材等金属，另约 2500 万 m^2 是用来替代传统石材，剩余约 1500 万 m^2 是用来代替传统陶瓷等。按 7000 万 m^2 的生产环节的替代节能指标折算，总节能量可达约 62.19 万 tce。

（3）典型实施案例

案例 1

项目名称：首都国际机场外墙装饰工程

建设规模：50000m² 合成树脂幕墙。

项目实施单位：深圳市嘉达高科产业发展有限公司

主要改造内容：建筑外墙装饰，一号航站楼为瓷砖外立面改造，利用合成树脂幕墙技术，省去了出去原有瓷砖的工序，将空鼓地方处理后直接以瓷砖为基面，用腻子找平后在表面进行饰面层施工，最终达到防铝板的效果。

节能效益及经济效益：与铝塑板幕墙相比节约 2900 吨标准煤，节能经济效益 1250 万元。

项目投资及回收期：节能技改投资额 500 万元，建设期 10 个月。投资回收期 5 个月。

案例 2

项目名称：深圳市容环境提升工程项目

建设规模：2000 万 m² 合成树脂幕墙

项目实施单位：深圳市嘉达高科产业发展有限公司

主要改造内容：主要对深圳市既有建筑的外墙及楼面等进行翻新改造，共完成仿铝板面积 400 万 m²，仿石材面积 400 万 m²，仿陶瓷面积 1200 万 m²，并在局部使用了满足国家 A 级防火标准的 IGD 型材。相比传统产品，合成树脂幕墙系列产品施工工序简单，工效提高一倍，工期较原来缩短 1/3 以上。

节能效益及经济效益：与传统的铝材、石材、陶瓷等建筑材料相比，可节约标准煤 49.72 万吨，节约经济效益 24800 万元。

项目投资及回收期：项目共投资 60000 万元，建设期 18 个月。投资回收期约 29 个月。

3 石化行业典型重点节能技术—粉煤加压气化技术

(1) 技术简介

煤气化技术的发展有着较长的历史，特别是自 20 世纪 70 年代石油危机以来，世界各国广泛开展了煤气化技术的研究。在不同路线的煤气化技术中，以煤进料形态分类可分为块煤气化、碎煤气化和粉煤（或水煤浆）气化三大类。

粉煤气化技术和新型水煤浆气化技术的发展历程较短，其特点是：原料（粉煤、水煤浆或其他含碳物质等）通过给料装置进入炉内，发生并流式燃烧和气化反应，被称为气流床造气。该技术单炉能力大，副产物少，且煤种适应性强，正在显示出很强的生命力，是当前国内外有关机构都在集中力量研究和发展的煤气化技术。

先进煤气化技术主要指粉煤气化技术和新型水煤浆气化技术，亦称新型煤气化技术。该技术的发展使得煤炭利用领域大大拓宽，不仅可以形成联合循环工艺，以洁净方式替代直燃锅炉发电，而且可以向下游发展，生产醇、醚、烃类产品及内燃机燃料，全面替代石油产品。

经过数十年的发展，国内外已经出现并应用了数种先进的煤气化技术。从上世纪八十年代末、九十年代初开始，我国开始引进国外先进的煤气化技术并积极开展国内的技术研究开发及装备的国产化工作。近十几年来先后开发出拥有自己知识产权的水煤浆气化技术和粉煤加压气化技术等，并在化工行业成功实现了商业化运行。其主要关键技术为：

1) 干粉煤加压纯氧气化技术

粉煤输送固气比达 13:1，载气量较少。控制煤粉进料水含量 (<2%W)，降低能量消耗，煤耗比水煤浆工艺低 10%，氧耗比水煤浆工艺低 30%。

2) 气流床液态排渣气化技术

粉煤加压气化技术属气流床液态排渣气化技术，碳转化率 99%，自动化程度高，操作稳定，煤炭的利用效率高。

3) 水冷壁的汽/水系统有效回收热量

粉煤加压气化炉采用盘管式水冷壁结构，设置气化炉水冷壁的汽/水系统，首先水冷壁内耐火料表面形成稳定的固渣层和液渣层，实现“以渣抗渣”和起到隔热作用，同时水冷壁吸收的热量副产 5.4MPa、270℃的饱和蒸汽。

4) 灰、渣水处理系统实现灰水的循环利用

气化炉的激冷水和洗涤塔的洗涤水首先经高压闪蒸后，闪蒸蒸汽用于加热灰水，可有效回收热量；再经真空闪蒸罐闪蒸出水中不凝气；然后经沉降和过

滤处理后，灰水循环使用；固渣捕集完全，可用做建筑材料，对环境无其它污染。系统排出的废水经过普通生化处理后即可回收利用。

(2) “十一五”期间的发展情况

粉煤加压气化技术于 2004 年底正是立项研发，两个日投煤量 750 吨航天炉的示范工程在 2006 年相继建设，并均于 2008 年 10 月份投产，2009 年 4 月示范项目进入长周期稳定运行。

在两个日投煤量 750 吨航天炉的示范工程研发成功的基础上，技术所有方又研发了日投煤量 1600 吨的粉煤气化技术，到 2011 年 6 月份已签约 17 台。

同时技术所有方正在研发日投煤量 2500~2800 吨的粉煤气化技术、6.5MPa 压力等级的粉煤气化技术，预计将在“十二五”期间实现以上研发技术工业化示范工程的投产，这些项目的研发成功，将会推动煤气化技术的发展。

随着示范项目的稳定高产运行，粉煤加压气化技术的产业化推广也在快速推进。在“十一五”期间，签订实施的项目有河南中新化工 30 万吨/年甲醇项目，山东鲁西化工 30 万吨/年合成氨项目；安徽临泉二期 20 万吨/年合成氨项目，河南晋开 120 万吨/年合成氨项目，山东瑞星 30 万吨/年合成氨项目，安徽昊源 30 万吨/年合成氨项目，河南骏化 60 万吨/年合成氨项目，双鸭山 30 万吨/年甲醇项目等，这些项目的实施将为项目企业带来相当可观的经济效益，采用粉煤加压气化代替现有的常压煤气化后，不但吨合成氨煤耗大幅度下降，同时，原料煤的适应性强，使装置的生产成本大大降低，为用户带来相当可观的经济效益，企业产品竞争力明显提升。

(3) 典型实施案例

案例 1

项目名称：山东瑞星 90 万吨/年合成氨一期 30 万吨项目

建设规模：日投煤量 1600 吨粉煤加压气化炉

项目实施单位：航天长征化学工程股份有限公司

主要改造内容：采用大型粉煤气化技术改造原有的常压固定床煤气化装置。

建设日处理煤量为 1600 吨/天的煤气化装置；配套建设纯氧产量为 35000 标准立方米/小时的空分装置；配套建设合成气变换、脱硫脱碳装置、气体精制、合成气压缩及氨合成生产装置；扩建水、电、气、汽等公用工程等

节能效益及经济效益：项目投产后，预计年可节约标煤 7 万吨，CO₂ 减排 30 万吨；改造后的原料煤可采用当地经济煤种，以煤的采购价每吨降低 600 元计（假定无烟块煤价每吨 1200 元，当地煤价每吨 600 元），年可节约煤的采购费用达 3.2 亿元。

项目投资及回收期：气化装置总投资额：5.3 亿元；投资回收期：约 54 个月。

案例 2

项目名称：日投煤量 750 吨粉煤加压气化炉工业示范项目

建设规模：两套建设 15 万吨/年甲醇生产装置配套建设 750 吨粉煤加压气化炉。

项目实施单位：航天长征化学工程股份有限公司

主要改造内容：安徽中能化工 15 万吨/年甲醇示范项目，建设地点位于安徽省临泉县，采用先进的粉煤加压煤气化技术改造原有的常压固定床煤气化装置，建设日处理煤量为 750 吨/天的煤气化装置；配套建设纯氧产量为 20000 标准立方米/小时的空分装置；配套建设合成气变换、脱硫脱碳装置、甲醇合成生产装置；扩建水、电、气、汽等公用工程等，建设期 2 年。

濮阳龙宇化工 15 万吨/年甲醇示范项目建设地点位于河南省濮阳市，采用粉煤加压气化工艺技术新建 15 万吨甲醇/年的气化装置，配套建设 16000Nm³/h 的空分装置，新建变换和低温甲醇洗装置，合成气压缩、甲醇合成及精馏在原有的生产装置基础上进行扩能改造。新建火炬系统，用于装置开车、事故等状态气体的排放处理。新建的公用工程系统包括一台 35 吨/小时的中压锅炉、循环水系统以及变配电系统。整套装置采用国产的 DCS 系统进行集中控制，新建 DCS 中央控制室和车间办公综合楼，建设期 1.5 年。

节能效益及经济效益：2010 年临泉示范装置全年计划生产甲醇 15.85 万吨，

实际生产甲醇 18.30 万吨，完成全年计划的 115.5%%；实际消耗原料煤 25.47 万吨，平均吨甲醇原料煤耗 1.392 吨，折标煤 1.13 吨；濮阳示范装置实现满负荷长周期稳定生产，预计 2011 年达到全年预定目标；冷煤气效率 80% 以上。

项目投资及回收期：气化装置总投资额：3.5 亿元；投资回收期：约 60 个月。

4 有色金属行业典型重点节能技术—铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术

(1) 技术简介

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 CO₂ 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。

使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。其关键技术主要包括：

1) 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。

2) 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。

(2) “十一五”期间的发展情况

据不完全统计，“十一五”期间，全国有近一半的电解铝厂使用和开始使用新型阴极结构高效节能的铝电解技术。所有已使用新型阴极结构电解槽技术的电解槽都取得了明显节电效果，大多数电解铝厂的新型阴极结构电解槽的节电效果为电耗降低 800~1000 kW·h/t-Al，有的达到和 1000 kW·h/t-Al 以上。其节电效果的差别与电解槽的工艺技术条件、操作方法和电解槽的设计有关。

(3) 典型实施案例

案例 1

项目名称：重庆天泰铝业公司 170kA 新型阴极结构铝电解槽改造

建设规模：年产 6 万吨电解铝生产线

项目实施单位：重庆天泰铝业有限公司、东北大学

主要改造内容：①新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工；②阴极结构改造；③电解槽内衬结构改造；④焙烧方法的技术升级；⑤电解槽工艺与操作技术的改造；⑥电解槽控制系统升级改造。

节能效益及经济效益：项目投产后，按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 6600 万 kWh，折合 2.31 万 tce/a；节煤 3000t/a。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 3000 万元。

项目投资及回收期：项目总投资额：1.13 亿元；投资回收期：3.8 年。

案例 2

项目名称：浙江华东铝业年产 15 万吨新型阴极结构铝电解系列

建设规模：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。

项目实施单位：浙江华东铝业

主要改造内容：①新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工；②阴极结构改造；③电解槽内衬结构改造；④焙烧方法的技术升级；⑤电解槽工艺与操作技术的改造；⑥电解槽控制系统升级改造。

节能效益及经济效益：按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 16500 万 kWh，折合 5.78 万 tce。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 7425 万元。

项目投资及回收期：项目总投资额：4 亿元；投资回收期：5.4 年。

5 电力行业典型重点节能技术—电除尘器节能提效控制技术

(1) 技术简介

电除尘器是电厂重要辅机之一，也是火电厂重要的高耗电设备。电除尘器在运行过程中为了达到理想的环保效果，需要消耗大量的电能来保证设备的正常运行。按照所消耗电能的用途不同，电除尘器的运行电耗可以分成高压供电能耗、低压设备能耗、电气设备损耗、引风机电耗四种。高压供电能耗是电除尘器完成除尘过程的主要能耗，其主要作用是在电除尘器本体电场内建立高压静电场，产生电晕电流，锅炉烟气中荷电的粉尘在电场力的作用下，被分离出来完成收尘的过程。在设备正常运行情况下，高压供电能耗约占电除尘器总运行能耗的 80%以上。

电除尘器的耗电量在一般情况下约占机组发电量的 3—6%。2010 年，我国燃煤火电总发电量为 32524 亿千瓦时，以电除尘运行电耗占机组发电量的 4% 计，仅我国电力行业的电除尘器年运行耗电量就高达 130 亿千瓦时。近年来，随着国家环保标准的不断提高，为了满足新国标的要求，电除尘器的设计标准在不断提高，设计裕度和设计容量随之增长，其运行电耗也呈现同步增长趋势。

电除尘器节能提效控制技术采用电力电子技术，将工频交流电转换为电压 70kV 以上、电流峰值 4~6A、时间宽度为 20 μ s 以下的脉冲电流给电除尘器供电。通过对电流脉冲采取一定的控制模式，增加电除尘器内烟尘带电荷量，增加带电烟尘收集移动速度，并减少无效的能量供给，达到提高电除尘器除尘效率，大幅度减少供电能耗的效果。

(2) “十一五”期间的发展情况

电除尘器节能提效控制技术于 2006 年通过了由中国电机工程学会组织的

技术成果鉴定，主要技术性能指标处于国际先进水平，该节能提效技术成功推出后，因其先进的技术优势和显著的节能效果得以迅速推广应用。在“十一五”期间，已在华电集团、大唐集团、国电集团、华能集团、华润电力、国华电力、北方联合电力、河北建投集团、浙能集团、江苏国信集团、国网能源、京能集团等大中型发电集团实现规模化推广应用，投运机组超过 350 台，配套使用发电机组容量涵盖了国内目前各种容量等级的火电机组（15MW-1,000MW），地域遍布全国除西藏以外的各个省市，几乎涵盖了全国所有煤种，同时该项技术还出口泰国、越南等国。“十一五”期间，采用该技术的电除尘器电源及控制装置在工业现场投运超过 4000 台，以平均每台装置收尘电功率 50kW，节能效率 70%，年利用小时数 5000 小时计，每年可节约电能约 7 亿千瓦时。

（3）典型实施案例

案例 1

项目名称：国电泰州 1000MW 机组电除尘节能改造工程

建设规模：1000MW 火力发电机组，锅炉出口配三室四电场电除尘器两台。

项目实施单位：国电南京自动化股份有限公司

主要改造内容：该机组于 2008 年 12 月利用机组大修时间，在对本体不进行任何改动的前提下，采用“节能提效型电除尘器电源及控制系统”进行节能改造，硅整流变、电缆、除尘变均利旧，用 24 台节能提效型电除尘器电源及控制装置及嵌入式通讯服务器替换原电源及控制系统。

节能效益及经济效益：改造后机组于 2009 年 1 月投运后，电除尘器在保证除尘效率基础上，实现运行能耗大幅度下降，高压总耗电功率仅为 232.03kW。江苏省电科院对改造后的电除尘器综合性能测试结果表明，在保证除尘效率基础上，节能幅度达到 79%。改造前常规供电方式和改造后节能方式下运行数据。见表 7。

表 7 电除尘器节能提效控制技术改造前后效果对比

工作方式	常规方式（改造前）	节能方式（改造后）
总耗电功率（kW）	1099	232.03
除尘效率	99.7%	99.71%

节能幅度	79%
年节约电量(万度)	574.4
年节约费用(万元)	206.77

备注：1.以上数据依据电科院测试报告计算。其中，#1 机组按 2008 年设备年运行小时数 6625h 计，上网电价按 0.36 元/度计算。

项目投资及回收期：项目总投资约 210 万元，投资回收期约 12 个月。

案例 2

项目名称：600MW 机组电除尘节能改造工程

建设规模：600MW 火力发电机组，改造前高压收尘能耗为 421.7kW，年运行电耗 261.5 万度。

项目实施单位：国电南京自动化股份有限公司

主要改造内容：该机组于 2008 年 9 月，利用机组大修期间，在电除尘器本体不做任何改动的前提下，对电除尘器电气控制系统进行了节能改造，硅整流变及电缆利旧，用 16 台节能提效型电除尘器电源及控制装置与 1 套监控上位机组成的节能提效型电除尘器电源及控制系统替代原设备。

节能效益及经济效益：

项目改造前后运行数据比较。见表 8。

表 8 600MW 机组电除尘节能改造运行数据对比表

工作方式	常规方式（改造前）	节能方式（改造后）
总耗电功率（kW）	421.7	108.5
年运行耗电量（万度）	261.5	67.3
除尘效率	99.24%	99.35%
节能幅度	74.3%	
年节约电量（万度）	194.2	
年节约费用（万元）	69.91	

备注：以上数据依据江苏方天性能测试报告计算。其中#2 机组按年运行小时数 6200h 计，上网电价按 0.36 元/度计算。

项目投资及回收期：项目总投资约 140 万元，投资回收期 24 个月。

六、问题与建议

在“十一五”期间，三批《国家重点节能技术推广目录》的颁布有效地推动了我国节能技术的发展，发挥了很好的引导和示范作用。在“十二五”期间，随着节能减排工作力度的加大，企业对于节能减排技术的要求也越来越高，并且对加强政策层面的鼓励和支持的呼声日益高涨。为了更好地推动我国节能技术的发展，课本组对前期《目录》的编制评审和技术推广工作中存在及反映出的问题进行了认真的分析和总结，以便更好地指导《目录》后续工作的开展，有效地加大重点节能技术的推广力度，提高实施效果。

1 存在的主要问题

(1) 需要进一步加强节能技术推广的政策支持力度

《国家重点节能技术推广目录》的公布，有效推动了中国节能技术的发展，对国内企业使用这些重点节能技术起到了积极的引导作用。“十一五”期间，国家在政策层面给予了有力支持，比如《节能技术改造财政奖励资金管理办法》颁布、节能项目所得税优惠政策、中央预算内投资支持项目、财政激励资金支持项目等等，这些政策对于节能技术及节能产品的推广起到了积极的促进作用。然而，鼓励研发和使用重点节能技术的政策仍有待进一步细化。目前，入选《目录》的重点节能技术仅在申报国家节能技术财政奖励项目中具有优先权；已经颁布的节能节水专用设备企业所得税优惠目录也仅仅集中在通用性较强的电机、风机、锅炉等产品上。各行业急需出台针对性较强的节能产品激励细则，如何根据各行业特点以税收优惠、政策性补贴等方式促进节能技术的国产化、先进化仍然是我国节能减排工作决策部门需要进一步研究和解决的问题。

从企业发展的角度，以节能技术的研发和应用为主业的中小型企业“十一五”期间得到了较快的发展，这些企业的核心技术一般聚焦于具体生产环节节能或者高效节能设备，它们是对重大节能技术推广的有益补充，也是培育重大节能技术的土壤。然而，由于中小企业的融资渠道较窄，市场推广能力有限等问题，相当一部分企业在短时间内难以得到进一步发展。因此，应结合中国节能企业发展现状，实施较为具体的激励措施。

(2) 各行业节能技术发展水平不均衡，节能技术研发及推广需要进一步加强。

中国节能技术的发展在各个领域不尽相同，如电力、钢铁、有色等高耗能行业均较为重视节能技术的研发和应用，并且通过大力推广节能技术获得了较好的社会效益及经济效益。而对于部分整体能耗水平不高的行业（轻工、纺织等），节能潜力尚未得到充分挖掘，节能技术的发展仅仅局限于简单的余热利用或对现有生产工艺的简单改造，实现的节能经济效益较低。因此，如何在保证高耗能领域节能技术进一步发展的前提下，进一步充分挖掘其他行业的节能潜力，并提高全行业的整体能效水平，是我国节能减排事业需要进一步解决的问题。

(3) 入选《目录》的重点节能技术后续研发有待加强。

《目录》中列入的技术在推广实施过程需要不断完善和发展，如第一批 50 项重点节能技术于 2008 年公布，其中的蓄热式燃烧技术、水泥窑纯低温余热发电技术等，在“十一五”期间发展速度较快，行业内的普及率较高。但是随着技术的推广，相应也出现了一些新问题，如水泥窑低温余热发电锅炉性能如何进一步提高，系统如何优化，蓄热式燃烧中新型蓄热体的开发等等。这些重点节能技术后续的研发和推广工作也应得到进一步的重视和加强。

(4) 节能技术、效益和运营管理在推广实施过程中的协调度有待进一步提高。

节能技术的推广需要兼顾社会效益和经济效益，列入《目录》的节能技术在建成后一般会为企业带来较好的经济效益，但部分节能技术属于投资较大，

而取得的社会效益与经济效益相比则更为突出。这些技术的推广需要政府相关部门从行业总体发展情况考虑给予更多政策和资金的支持。同时，重点节能技术推广应用效果也和管理有密切的关系，只有完善的管理体制和模式才会给企业带来更好的节能经济效益，而很多从事节能领域技术应用企业的管理水平和发达国家相比仍有较大距离。因此，技术、效益和管理三者的协调度在重点节能技术推广过程中还有待进一步提高。

2 建议

(1) 尽快出台财税、金融等相关支持细则，有效推动我国节能技术的发展。

由于各行业的生产环节千差万别，其技术改造的情况也各不相同，因此，有必要根据各自行业节能改造的特点，有针对性的出台相关节能技术的鼓励政策，因地制宜的鼓励行业内节能技术的健康发展。一方面通过财税优惠政策缓解中小企业在发展节能技术方面的资金压力；另一方面，在各地政府的支持下，积极建立中小企业和金融机构之间的融资平台，为企业提供有效的融资途径；通过财税政策倾斜以及有效的金融手段最终促进节能技术的快速发展。

(2) 以重点高耗能行业节能技术研发及推广为主线，带动其他工业行业节能技术共同发展。

电力、钢铁、有色金属、石化、建材等重点高耗能行业是我国节能减排工作的重点，并在“十一五”期间取得了较好的节能效益和经济效益。对于这些行业应继续鼓励企业开展技术创新，用先进技术和工艺对现有的高耗能设备和生产工艺进行更新和改造，并重点推广和应用节电、节煤、节油、余热、余压回收利用、热电联产等重大节能技术，促使装置规模大型化、节约化，大幅度提高终端能源利用效率。同时，在此基础上，应引导其他行业加强节能技术的研发和推广力度，不断提升节能技术水平，充分挖掘各行业的节能减排潜力，提高我国节能领域的综合实力。

(3) 鼓励重点节能技术的深入研发和升级，推进技术、效益、管理的协

调发展。

需要继续对已列入《目录》重点节能技术进行深入研发和升级，通过不断改良技术提高能源利用效率，实现节能效益和经济效益的不断提升。建议由政府设置专门的节能技术研究基金，鼓励企业进一步完善已推广重点节能技术，深入挖掘现有技术的节能潜力。在节能技术推广过程中，一方面应处理好社会效益、节能效益以及经济效益之间的关系，对于投资规模较大、社会效益好而经济效益稍差的节能技术，需由各地方政府积极引导，并在政策上给予大力支持。另一方面，需要提高技术、效益和管理的协调度，以技术为核心，以规范的企业能源管理制度为基础，实现技术推广和运营管理的有效结合，最终实现节能技术效益的最大化。

(4) 继续加强《目录》的推广力度，以各种有效途径推动重点节能技术的发展。

《国家重点节能技术目录》自颁布以来，其影响力不断增大，2011年8月，国务院发布了“十二五”节能减排综合性工作方案，明确指出作为节能减排技术推广的一项重要工作将继续发布国家重点节能技术目录。为了使更多的企业了解《目录》，有必要采用多种方式进行宣传和推广，建议选取优秀的重点节能技术组织专门的技术推广会，论坛峰会等等。通过整合政府、金融、媒体等多方面资源，共同促进节能技术的推广和应用。

参考文献：

- 【1】国发〔2011〕26号，“十二五”节能减排综合性工作方案
- 【2】国家发展改革委，能源发展“十一五”规划，2007.4
- 【3】中国石化行业联合会，石化产业调整和振兴规划，2009
- 【4】中国建材联合会，“十一五”期间中国建材行业现状分析，2010
- 【5】中国建材联合会，全国建材工业“十一五”发展规划纲要，2008
- 【6】中国建材联合会，建材工业2010年度报告，2011
- 【7】中国钢铁协会，2009年中国重点钢铁企业能耗述评，2010
- 【8】中国钢铁协会，2010年中国重点钢铁企业能耗述评，2011
- 【9】中国节能投资公司，中国节能减排产业发展报告，2009
- 【10】王建军、蔡九菊，我国钢铁工业余热余能调研报告，《工业加热》（36卷）
- 【11】林伯强，中国能源发展报告（2010），2011
- 【12】中国石化行业协会，2010中国石油和化工行业节能进展报告，2011
- 【13】中国石化行业协会，石化产业调整和振兴规划，2009
- 【14】国家电力监管委员会办公厅，2008年电力企业节能减排情况通报，2009
- 【15】国家电力监管委员会办公厅，2009年电力企业节能减排情况通报，2010
- 【16】国家电力监管委员会办公厅，2010年电力企业节能减排情况通报，2011
- 【17】中国钢铁行业协会，钢铁行业“十二五”节能规划，2010
- 【18】国家发展改革委，我国“十一五”节能减排成就回顾，2011