



中法绿色信贷—集中技术援助项目

Sino-French Cooperation on Green Financing

Guidebook

for the Financing of Energy Efficiency
and Renewable Energy Projects

能效及可再生能源项目 融资指导手册

国家发展和改革委员会能源研究所 编

中国环境科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

能效及可再生能源项目融资指导手册 / 国家发展和改革委员会能源研究所编. — 北京: 中国环境科学出版社, 2010.3

ISBN 978 - 7 - 5111 - 0222 - 5

I. 能… II. 国… III. 再生资源 — 能源发展 — 基本建设 — 项目 — 融资 — 中国 IV. F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 049934 号

责任编辑 高 峰
责任校对 扣志红
封面设计 兆远书装

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.cn>
联系电话: 010 - 67112739(第三出版中心)
发行热线: 010 - 67125803

印 刷 北京东海印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2010 年 5 月第 1 版
印 次 2010 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787 × 1092 1/16
印 张 19.2
字 数 350 千字
定 价 68.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载,侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社更换

前言

能源等自然资源是国民经济不可或缺的物质基础,也是经济社会可持续发展的重要制约因素。虽然 20 世纪 90 年代后期中国能源供应一度出现了相对宽松状况,但进入 21 世纪后,能源供应再显紧缺。“十五”后四年里,全国能源供应全面紧张,能源约束矛盾成为了经济社会生活中的主要矛盾之一。能源供求形势逆转的现实再次提醒我们,尽管改革开放以来中国能源工业取得了长足发展,能源生产规模已位居世界第二,节能降耗工作也取得了较大成效,但能源制约经济社会发展的局面并没有得到根本扭转,粗放型经济增长方式尚未发生重大转变;保证能源供给依然是未来必须长期面对的复杂问题,尽快转变经济增长方式、努力减少经济发展对能源的依赖性是当前面临的一项迫切任务。

改革开放以来的 20 多年,在多种政策引导和促进,以及全社会的共同努力下,中国节能工作取得了明显成效,能源利用效率水平逐步提高。但与发达国家相比,目前中国能源利用效率水平仍然较低,其产值能耗、主要工业产品单耗、单位建筑面积能耗与国际先进水平仍有明显差距,节能降耗仍有巨大潜力。

国家“十一五”规划纲要中,明确提出了 2010 年单位 GDP 能耗比“十五”期末降低 20%左右的约束性节能指标。“十一五”时期中国处在一个新的关键发展阶段,经济社会发展面临的基本形势是:工业化和城市化进入加速发展阶段,消费结构将进一步升级,社会主义新农村建设将全面推进。这些意味着“十一五”期间影响能源消费的因素较“十五”将有增无减,节能降耗工作面临多方面的困难和挑战,节能形势十分严峻,实现 20%节能目标的任务十分艰巨。要实现 20%节能目标,要求全面、充分挖掘节能潜力。

然而,在社会主义市场经济条件下,当前中国节能工作的推进面临诸多障碍,大量技术可行、经济合理的节能项目难以得到及时和普遍实施,许多成熟的、先进的节能技术尚未得到推广应用。在妨碍节能项目实施、节能技术推广应用的诸多障碍中,节能融资障碍是其中的一项重大障碍。

基于此,2007年,法国开发署以主权贷款的形式向中国财政部提供了6 000万欧元的绿色中间信贷,专门用于推动节能减排领域的投资,为能效和可再生能源的项目提供资金渠道。该优惠贷款由三家合作银行——华夏银行、招商银行、上海浦东发展银行以低于市场利率的贷款条件发放给贷款申请企业。同时,为加强国内银行在节能及可再生能源项目信贷方面的能力建设,帮助银行培养一支服务于绿色银行体系的业务团队,法国全球环境基金提供了60万欧元的赠款,专门用于该绿色中间信贷项下的集中性技术援助。自2008年起,法国开发署和法国全球环境基金组织了来自中国国家发展和改革委员会能源研究所(ERI)和法国能源企业研究协会(CAPENERGIES)的专家人员为银行及其客户提供了高质量和积极的技术援助,帮助银行对项目的能效进行分析,确定项目的合格性,并对项目的技术改进提出建议。2009年,在该绿色中间信贷项目集中性技术援助的框架下,国家发展和改革委员会能源研究所组织有关机构和专家编写了这本《能效及可再生能源项目融资指导手册》,以期提高银行对中国节能和可再生能源发展现状及未来趋势的认识,为其在以后开展相关的节能及可再生能源项目融资评估提供指导和帮助。

本手册包括以下几方面内容:一、介绍了中国能源生产、消费的现状、特点和未来发展趋势,就各类能效指标进行了国际比较,并分析了“十一五”各部门的节能潜力及发展趋势和发展空间;二、对钢铁、水泥、石化化工、有色金属、电力等几个高耗能工业行业的发展现状、主要耗能环节进行了描述,对当前各行业重要能效技术的原理、技术特点、节能效果、技术经济指标、市场应用状况等进行了分析,并给出了若干成功的应用案例;三、对当前建筑节能领域的发展概况及未来趋势进行了综述,对重点建筑节能技术进行了介绍和分析,并给出了一些实际应用案例;四、对生物质发电行业的现状进行了综述,对资源总量、发展潜力及有关政策规定进行了分析,同时对当前生物质发电技术的研发现状进行了介绍,对未来发展趋势进行了预测,并给出了若干应用案例;五、对CDM项目开发、合同能源管理及节能量的确认和监测程序等一些专业服务进行了介绍。另外,为方便使用者查阅相关文件,本手册还提供了一个附录,包括国家新近节能及可再生能源政策目录及查询地址,《产业结构调整指导目录(2007年本)》对相关行业鼓励类、限制类和淘汰类项目的规定,22项工业产品能耗限额标准、《国家重点节能技术推广目录》(第一、二批)等政策文件的整理和总结等。

前 言

本手册的编写得到中国能源研究会能效与投资评估专业委员会、中国水泥协会、中国化工节能技术协会、中国有色金属工业协会、中国钢铁工业协会、国家发改委节能信息传播中心、国家发改委能源研究所可再生能源中心等机构和专家的大力支持,在此表示衷心的感谢。

该书已在网站上发布链接如下:

http://www.afd-chine.org/jahia/Jahia/op/preview/lang/zh_CN/home/Qui-Sommes-Nous/Filiales-et-reseau/reseau/PortailChine/pid/640

《能效及可再生能源项目融资指导手册》编写组

项目组成员

指导委员会

戴彦德	国家发改委能源研究所	副所长
周伏秋	国家发改委能源研究所能源效率中心	副主任
Edouard Danjoy	法国开发署北京代表处	首席代表
Eric Francoz	法国开发署	项目经理
Philippe Percheron	法国开发署北京代表处	能源部负责人
邹 萍	法国开发署北京代表处	项目官员
Ghislain Rieb	法国全球环境基金	项目经理
姜 慧	法国电力公司亚太区—中国分部	项目经理
刘 渺	华夏银行公司业务部—集团客户部	高级经理
李伟荣	招商银行总公司银行部	高级经理
郑大卫	上海浦东发展银行公司及投资银行 总部投行业务部结构性融资团队	主管

项目负责人

戴彦德	国家发改委能源研究所	副所长,研究员
邹 萍	法国开发署北京代表处	项目官员
熊华文	国家发改委能源研究所能源效率中心	助理研究员

编写组成员

焦 健	中国能源研究会能效与投资评估专业委员会	副秘书长
黄 导	中国钢铁工业协会科技环保部	处长
曾学敏	中国水泥协会	常务副会长
王文堂	中国化工节能技术协会	秘书长
杨云博	中国有色金属工业协会综合业务部	主任
康艳兵	国家发改委节能信息传播中心	副处长,副研究员
秦世平	国家发改委能源研究所可再生能源中心	副研究员

首字母缩略词

GDP	Gross Domestic Product	国内生产总值
PPP	Purchasing Power Parity	购买力平价
WSA	The World Steel Association	国际钢铁协会
GEF	Global Environmental Foundation	全球环境基金
WB	World Bank	世界银行
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	经济合作与发展组织
UNDP	United Nations Development Programme	联合国开发计划署
EB	Excutive Board	CDM 执行理事会
CDM	Clean Development Mechanism	清洁发展机制
EMCo	Energy Management Company	节能服务公司
tce	ton of coal-equivalent	吨标准煤
toe	ton of oil-equivalent	吨标准油
kWh	kilo-Watt.hour	千瓦小时
GJ	Giga-joule	吉焦(10^9 焦耳)
MJ	Mega-joule	兆焦(10^6 焦耳)
MW	Mega-watt	兆瓦(10^6 瓦)
EPC	Engineer-Procure-Construct	工程总承包
BOT	Building-Operation-Transfer	建设—运营—转交
CDQ	Coke dry quenching	干法熄焦
CCPP	Combined Cycle Power Plant	蒸气联合循环发电
HTAC	High Temperature Air Combustion	蓄热式高温空气燃烧技术
SP	Suspending preheater	窑头悬浮预热器
AQC	Air Quick Cooler	窑尾篦冷机
DCS	Distributed Control System	集散控制系统
PLC	Programmable logic Controller	可编程逻辑控制器
DSA	Dimensional Stable Anode	隔膜法烧碱金属阳极
SVC	Static Var Compensator	输电网无功补偿设备
IGCC	Integrated Gasification Combined Cycle	整体煤气化联合循环

USPU	Ultra Supercritical Pressure Unit	超超临界发电机组
PI	Plasma Ignition Technique	等离子点火技术
CCT	Clean Coal Technology	洁净煤技术
FBC	Fluidized Bed Combustion	流化床燃烧
CHP	Combined Heat and Power	热电联产
LPG	Liquefied Petroleum Gas	液化石油气
COP	Coefficient of Performance	空调能效系数
CER	Certification Emission Reduction	经核证的减排量

目 录

第 1 章 中国能源消费现状与节能潜力

1.1 能源消费现状及特点	1
1.1.1 “十五”能源生产、供应及消费情况	1
1.1.2 能源消费特点	3
1.1.3 能源消费发展趋势	7
1.2 主要能效指标现状与国际比较	8
1.2.1 单位 GDP 能耗	9
1.2.2 全社会能源利用效率	9
1.2.3 主要工业产品单位能耗	11
1.2.4 建筑物领域能源利用效率	12
1.2.5 交通领域能源利用效率	13
1.3 各部门节能潜力分析	15
1.3.1 工业部门节能潜力	15
1.3.2 建筑物节能潜力	20

第 2 章 钢铁行业重点能效技术与应用案例

2.1 行业发展概况	28
2.2 能源消耗现状	28
2.3 生产过程能耗与节能技术	30
2.3.1 概述	30
2.3.2 焦化工序	30
2.3.3 烧结工序	38
2.3.4 球团工序	40
2.3.5 炼铁工序	41
2.3.6 炼钢工序	46

2.3.7 轧钢工序	50
2.4 案例	52
2.4.1 混合煤气回收利用	52
2.4.2 烧结机余热回收	53

第 3 章 水泥行业重点能效技术与应用案例

3.1 行业发展概况	55
3.2 能源消耗现状	56
3.3 生产过程能耗与节能技术	57
3.3.1 概述	57
3.3.2 水泥生产的重点能耗	57
3.3.3 水泥行业重点节能技术	64
3.4 案例	76
3.4.1 余热发电项目	76
3.4.2 电机节能改造项目	78

第 4 章 石油化工行业重点能效技术与应用案例

4.1 行业发展概况	80
4.2 生产过程能耗与节能技术	81
4.2.1 概述	81
4.2.2 合成氨	81
4.2.3 烧碱	92
4.2.4 纯碱	95
4.2.5 电石	97
4.2.6 黄磷	99
4.2.7 炼油	102
4.2.8 乙烯	104
4.3 案例	108
4.3.1 膜法局部富氧助燃设备技术	108
4.3.2 余热溴化锂吸收式冷水机组在 PVC 生产中的应用	108
4.3.3 蒸气凝结水闭式回收装置	109

4.3.4 氨合成回路分子筛节能技术	110
4.3.5 扩张阳极与改性隔膜技术	111
4.3.6 电石炉低压补偿	112
4.3.7 加热炉炉管在线烧焦技术的应用	113
4.3.8 催化与气分装置热联合运行技术的应用	114
4.3.9 空气预热器技术在乙烯装置裂解炉的应用	114

第 5 章 有色金属行业重点能效技术与应用案例

5.1 行业发展概况	116
5.2 能源消耗现状	116
5.2.1 铝锭综合交流电耗已达到国际原铝协会制定的 2010 年节能目标	117
5.2.2 氧化铝综合能耗降到 1 000 kgce / t 以下	118
5.2.3 铜冶炼骨干企业综合能耗已接近或达到国际先进水平	118
5.2.4 铅冶炼综合能耗均呈下降趋势	119
5.2.5 锡冶炼综合能耗稳定下降, 锑基本稳定	120
5.3 有色金属行业重点节能技术	121
5.3.1 概述	121
5.3.2 新型阴极结构高效节能铝电解技术与装备工程	124
5.3.3 铝电解系列不停电停(开)槽技术及装备	125
5.3.4 高效节能与深度环保的金属镁生产技术	127
5.3.5 氧气底吹熔炼——鼓风炉还原炼铅新工艺及成套装置	128
5.3.6 有色冶金烟气余热利用项目	129
5.3.7 铜材料短流程生产技术	130
5.3.8 铝电解用铝钢复合结构阳极钢爪等节能装置	131
5.4 案例	132
5.4.1 氧气底吹炼铅技术成功案例	132
5.4.2 高效节能与深度环保的先进镁冶金技术	136

第 6 章 电力行业重点能效技术与应用案例

6.1 行业发展概况	142
------------------	-----

6.2 电力生产过程与能耗	144
6.2.1 燃煤消耗	145
6.2.2 电网线损	146
6.2.3 发电厂自用电耗	147
6.3 电力行业重点节能技术	148
6.3.1 概述	148
6.3.2 整体煤气化联合循环(IGCC)发电技术	152
6.3.3 热电联产(CHP)	155
6.3.4 超临界和超超临界火力发电机组	157
6.3.5 燃煤锅炉气化微油点火技术	159
6.3.6 燃煤锅炉等离子煤粉点火技术	160
6.3.7 凝汽器螺旋纽带除垢装置技术	161
6.3.8 汽轮机气封改造技术	162
6.3.9 汽轮机通流部分现代化改造技术	163
6.4 案例	164
6.4.1 超超临界燃煤发电机组项目	164
6.4.2 配电系统无功补偿装置	166

第 7 章 建筑节能重点技术与应用案例

7.1 中国建筑节能行业概述	168
7.1.1 建筑需求持续增长	168
7.1.2 建筑能耗水平较高	169
7.1.3 建筑节能潜力巨大	170
7.2 重点节能技术	171
7.2.1 概述	171
7.2.2 空气源热泵技术	174
7.2.3 土壤源热泵技术	175
7.2.4 中央空调智能控制技术	177
7.2.5 空调器节能改造技术	178
7.2.6 采暖锅炉节能技术	179
7.2.7 智能照明节能技术	180

7.2.8 节能照明灯具技术	180
7.2.9 围护结构节能技术	181
7.3 成功案例	182
7.3.1 空气源热泵热水机组的应用	182
7.3.2 固态燃料半煤气回转燃烧技术在采暖锅炉上的应用	183
7.3.3 智能照明节能系统在市政路灯中的应用	185
第 8 章 生物质发电技术与应用案例	
8.1 生物质发电概述	186
8.1.1 定义	186
8.1.2 资源和经济潜力	186
8.1.3 现有生物质发电相关政策	190
8.1.4 生物质发电项目投资状况	197
8.2 生物质发电技术现状与发展趋势	198
8.2.1 生物质发电项目概述	198
8.2.2 生物质发电产业发展趋势	201
8.2.3 技术研发状况	202
8.3 应用案例	204
8.3.1 国能生物发电集团有限公司	204
8.3.2 单县生物质发电厂	205
8.3.3 中节能宿迁生物质发电厂	205
8.3.4 无锡华光锅炉有限公司	206
8.3.5 胜利油田胜利动力机械集团有限公司	207
8.3.6 杭州能源环境工程有限公司	207
第 9 章 专业服务	
9.1 清洁发展机制(CDM)	208
9.1.1 概述	208
9.1.2 CDM 项目申报审批流程	211
9.1.3 CDM 项目注册和签发情况	212
9.2 合同能源管理(EPC)	214

9.2.1 概述	214
9.2.2 业务流程	218
9.2.3 节能服务产业发展现状	220
9.3 节能项目节能量确定和监测方法	224
9.3.1 节能量确定原则	224
9.3.2 主要工作内容	224
9.3.3 节能量确定方法	225
9.3.4 节能量监测方法	226
参考文献	227
附录一 国家新近节能及可再生能源政策目录及查询地址	230
附录二 《产业结构调整指导目录(2007 年本)》对相关行业鼓励类、 限制类和淘汰类项目的规定	233
附录三 主要工业产品能耗限额标准	241
附录四 国家重点节能技术推广目录	264

第1章 中国能源消费现状与节能潜力

1.1 能源消费现状及特点

1.1.1 “十五”能源生产、供应及消费情况

“十五”以来,我国能源供求形势发生了重大变化。能源需求出现了前所未有的高速增长态势。2008年我国能源消费总量达到28.5亿tce,与2000年相比增长了106%,年均增长率达到9.4%。2003—2005年能源消费弹性系数连续3年大于1,能源供求关系全面紧张;2006年以后虽有所缓和,但能源消费弹性系数仍保持在0.8左右。

为了满足需求的高速增长,国内能源生产和国际进口都创下了历史新高。2008年,国内一次能源生产量达到26亿tce,与2000年相比增长了102%,年平均增长9.2%。其中:原煤产量达到27.9亿t,原油产量达到1.9亿t,天然气生产量达到761亿m³,分别比2000年增长了115%、16.4%和180%,年平均增长率分别为10.1%、1.9%和13.7%。2008年,石油净进口量达到20067万t,石油的对外依存度高达50%左右。

伴随着能源需求的高速增长,电力需求也在迅猛增长。2008年,全社会用电量达34380亿kWh,与2000年相比,增长155%,平均年增长12.4%,8年平均电力消费弹性系数达到1.21。为满足电力消费的迅猛增长,从2000年以来电力工业一直在提速发展。2008年全国发电装机容量达到79273万kW,与2000年相比,增长了148%,年均增长12.0%,年均新增装机容量接近6000万kW。尽管电力建设高速发展,但由于电力需求增长更快,供需难以平衡,出现了较大范围的缺电情况,2004年先后有24个省拉闸限电,2005年电力供应缺口虽有所缩小,供应紧张形势日趋缓和,但仍有20多个省实施了拉闸限电。电力工业的火电平均利用小时数也在不断提高,2004年已达5991h,2005年虽有所降低,但仍高达5865h。发电用煤也在高速增长,2008年达到约14亿t,占全国煤炭消费量的一半左右。

表1.1、表1.2列出了最近几年我国能源生产和消费的状况,表1.3列出了近几年我国电力建设、生产和消费的变化情况,表1.4列出了能源消费弹性系数和电力消费弹性系数的变化情况。

表 1.1 中国能源生产总量及构成

年份	能源生产总量 / 万 tce	构成(能源生产总量 = 100)			
		原煤	原油	天然气	水核电
2000	128 978	72.0	18.1	2.8	7.2
2003	163 842	75.1	14.8	2.8	7.3
2004	187 341	76.0	13.4	2.9	7.7
2005	205 876	76.5	12.6	3.2	7.7
2006	221 056	76.7	11.9	3.5	7.9
2007	235 415	76.6	11.3	3.9	8.2
2008	260 000	76.7	10.4	3.9	9.0

资料来源:国家统计局《中国统计摘要 2009》,2009 年 5 月。

表 1.2 能源消费总量和品种构成

年份	能源消费总量 / 万 tce	构成(能源消费总量 = 100)			
		煤炭	石油	天然气	水核电
2000	138 553	67.8	23.2	2.4	6.7
2003	174 990	68.4	22.2	2.6	6.8
2004	203 227	68.0	22.3	2.6	7.1
2005	224 682	69.1	21.0	2.8	7.1
2006	246 270	69.4	20.4	3.0	7.2
2007	265 583	69.5	19.7	3.5	7.3
2008	285 000	68.7	18.7	3.8	8.9

资料来源:国家统计局《中国统计摘要 2009》,2009 年 5 月。

表 1.3 我国电力建设、生产和消费状况

年份	发电量 / 亿 kWh	用电量 / 亿 kWh	电力装机 / 万 kW	其中		
				火电	水电	核电及其他
1995	10 077	10 023	21 722	16 294(75%)	5 218(24%)	210(1%)
2000	13 556	13 471	31 932	23 754(74.4%)	7 935(24.9%)	243(0.7%)
2005	25 003	24 940	51 719	39 138(75.7%)	11 739(22.7%)	842(1.6%)
2007	32 816	32 712	71 822	55 607(77.4%)	14 823(20.6%)	1 304(1.8%)
2008	34 510	34 380	79 273	60 286(76.0%)	17 260(21.8%)	1 724(2.2%)

资料来源:《中国能源统计年鉴 2008》,2008 年数据来自中电联发布的全国电力统计年报。

表 1.4 我国能源 / 电力消费弹性系数

年份	能源消费比上年 年增长 / %	电力消费比上年 年增长 / %	GDP 比上年 增长 / %	能源消费 弹性系数	电力消费 弹性系数
2000	3.5	9.5	8.4	0.42	1.13
2001	3.4	9.3	8.3	0.41	1.12
2002	6.0	11.8	9.1	0.66	1.30
2003	15.3	15.6	10.0	1.53	1.56
2004	16.1	15.4	10.1	1.59	1.52
2005	10.6	13.5	10.4	1.02	1.30
2006	9.6	14.6	11.6	0.83	1.26
2007	7.8	14.4	13.0	0.60	1.11
2008	4.0	5.6	9.0	0.44	0.62

资料来源:国家统计局《中国统计摘要 2009》,2009 年 5 月。

1.1.2 能源消费特点

1.1.2.1 能源消费以煤为主,能源环境问题突出

从国内能源资源条件来看,中国煤炭资源比较丰富,但石油、天然气资源相对十分贫乏。截至 2000 年末,中国煤炭探明可采储量占世界储量的 11.6%,石油只占 2.3%,天然气仅占 0.9%。由于人口基数巨大,中国人均能源资源占有量远比世界平均值要低,人均能源资源占有量煤炭仅约为世界人均水平的 1/2,石油仅约 1/10,天然气约 1/20。

受国内能源资源条件限制,加上以往能源发展重能力增长、忽视质量结构优化,致使长期以来中国煤炭在一次能源消费结构中居主导地位。1997 年以前,煤炭占中国一次能源消费总量的比重一直维持在 70%以上的水平。近年来中国开始重视能源结构优化问题,煤炭占中国一次能源消费总量的比重有所下降,但仍维持在 68%以上。

2008 年,中国一次能源消费构成为:煤炭 68.7%、石油 18.7%、天然气 3.8%、水电(含核电)占 8.9%;而同期世界一次能源消费构成为:煤炭 25.5%、石油 37.4%、天然气 24.3%、水电和核电 12.8%。相比之下,中国以煤为主的一次能源消费结构严重偏离了世界能源发展的主流。

中国巨大的能源消费规模、以煤为主的一次能源消费结构带来了一系列的环境问题,而且问题日益突出。中国每年消费的煤炭中,近 70%的原煤没有经过洗选直接燃烧,燃煤造成的二氧化硫和烟尘排放量占全国排放量的 70%~80%,二氧化硫排放形成的酸雨面积已占国土面积的 1/3。煤炭等化