

文章编号:1673-9469(2008)03-0077-04

河北省电力行业 CO₂ 减排潜力研究

王丽辉¹,王侃宏¹,桂林平²,谷铁柱¹,张忠浦³

(1.河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038;2.西北综合勘探设计研究院,陕西 西安 710003;
3.河北能源工程设计有限公司,河北 石家庄 050000)

摘要:从碳减排潜力的评价方法入手,通过对河北省的火力发电及新能源和可再生能源发电的 CO₂ 减排量的计算,得出河北省电力行业的 CO₂ 减排潜力。结果表明,从2006年到2012年,河北省电力行业的碳减排潜力可达356.2万t,是河北省实施CDM项目的重点领域。

关键词:清洁发展机制(CDM);电力;CO₂ 减排潜力

中图分类号:X511

文献标识码:A

The CO₂ emission reduction potential of power industry in Hebei province

WANG Li-hui¹, WANG Kan-hong¹, GUI Lin-ping², GU Tie-zhu¹, ZHANG Zhong-pu³

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China;

2. Northwest Research Institute of Engineering Investigations and Design, Xi'an 710003, China;

3. Hebei Energy Engineering Co., Ltd., Shijiazhang 050000, China)

Abstract: The thermal power generation or new and renewable sources power generation of CO₂ emission reductions are calculated basing on the evaluation methods of Carbon emission reduction potential, CO₂ emission reduction potential of power industry in Hebei province are obtained. The result indicated that carbon emission reduction potential of power industry is up to 3.562 million ton in Hebei province from 2006 to 2012, it is the key areas in implementation CDM projects in Hebei province.

Key words: clean development mechanism; power; CO₂ emission reduction

能源是促进经济可持续发展的重要保证。但是,能源的过度开发产生了制约经济发展和影响人类生存的环境污染问题。人类社会对化石燃料(煤、石油和天然气等)的大量使用使 CO₂ 等温室气体大量进入大气层,显著增加了大气中温室气体的浓度,使温室效应持续增加。有证据表明,大气温室效应的加强有可能是造成全球变暖的主要原因^[1]。中国的 CO₂ 排放量居世界第二位,甲烷、氧化亚氮等温室气体的排放量也居世界前列,因此,中国是减少温室气体排放潜力最大的发展中国家之一。目前,节能减排是我国政府关注的问题之一。

清洁发展机制(CDM)作为一种国际合作减排的机制,不仅帮助发达国家实现部分减排义务,还将促进发展中国家的可持续发展^[1]。陈文颖等

人^[2]通过国际减排合作机制模型对我国宏观的 CDM 潜力进行了研究。笔者也曾通过介绍不同的冷热源技术,分析出暖通空调领域的 CO₂ 减排潜力^[3]。为了进一步了解河北省电力行业 CDM 的潜力,促进 CDM 项目的开发,本文对河北省电力行业的 CO₂ 减排潜力进行了有益的探讨。

1 碳减排潜力评价方法

碳减排潜力评价方法首先根据不同部门或行业的特点,设计不同的方法,计算其碳减排潜力,然后汇总得到总的碳减排潜力。

1.1 火电

从 m 年到 n 年新增的煤电机组由于效率提高

收稿日期:2008-04-28

基金项目:河北省科技攻关资助项目(06276903D-2,07276712D-2)。

作者简介:王丽辉(1982-),女,河北石家庄人,硕士研究生,从事暖通空调技术研究。

产生的碳减排量 E_{CTm} 按下式计算:

$$E_{CTm} = P_{CTm} \times H_{CT} \times (M_m - M_n) \times C_{COAL} \quad (1)$$

式中 E_{CTm} - 从 m 年到 n 年新增的煤电机组由于效率提高产生的 CO_2 减排量, tCO_2 ; P_{CTm} - 从 m 年到 n 年新增的煤电装机容量, kW; H_{CT} - 煤电年平均运行小时数, h; M_m, M_n - 分别为 m, n 年的发电煤耗, g/kWh; C_{COAL} - 为煤的 CO_2 排放系数, 并考虑所消耗煤的含碳量和氧化率, 根据文献[4]中的数据计算, 为 $1.766tCO_2/t$ 。

1.2 新能源与可再生能源发电

为了计算可再生能源发电的减排量, 需要找到一个比较的基准, 这个基准在 CDM 执行理事会批准的方法学中称为基准线。所谓基准线, 是指在有该 CDM 项目的情况下, 为了提供同样的服务, 最可能建设的其他项目(即基准线项目)所带来的温室气体的排放。可再生能源发电的基准线大多是从电网中输出相同数量的电量, 并且可再生能源发电项目一般不排放 CO_2 等温室气体或者排放量很低, 所以其减排量计算可按下式进行:

$$E_m = EG_m \times CM \quad (2)$$

式中 E_m - 从 m 年到 n 年新增的可再生能源发电机组的 CO_2 减排量, tCO_2 ; EG_m - 从 m 年到 n 年新增的可再生能源发电机组的发电量, MWh; CM - 可再生能源发电项目替代电网电量的基准线排放因子, tCO_2/MWh ;

基准线排放因子由组合边际排放因子(CM)表示, 即电量边际排放因子(OM)和容积边际排放因子(BM)的加权平均。国家发改委公布, 华北地区电网 OM 为 $1.0585 tCO_2/MWh$, BM 为 $0.9066 tCO_2/MWh$, 权重取 $0.5^{[5]}$ 。

$$CM = 0.5 \times OM + 0.5 \times BM \quad (3)$$

则基准线排放因子 CM 为 $0.9826tCO_2/MWh$ 。

2 碳减排潜力计算

2.1 火电

2005 年底, 河北省发电装机容量达到 2317 万 kW, 装机容量百万 kW 以上的电厂 11 座, 年发电量 1338.63 亿 kWh, 居全国第 6 位, 比上年增长 6.63%, 其中水电发电量为 5.61 亿 kWh, 火电发电量为 1333.02 亿 kWh。发电设备平均利用小时数 6225h, 居全国前列; 发电标准煤耗为 343 g/kWh, 比

上年减少 6g/kWh, 供电标准煤耗率完成 370g/kWh, 比上年减少 5g/kWh^[6]。

我国的火力发电以煤电为主, 在此计算时忽略天然气发电和油发电, 认为火力发电即是煤电。2006 年, 全国和河北省发电设备总装机容量^[7]见表 1。到 2010 年, 全国电力装机容量将达 8.4 亿 kW, 其中, 水电 1.9 亿 kW, 煤电 5.93 亿 kW。届时河北省煤电将达到 3178 万 kW, 水电将达到 97 万 kW。每年按照相同的增加量计算, 到 2012 年河北省煤电将达到 3470 万 kW, 水电将达到 113 万 kW。

表 1 2006 年发电设备装机容量

Tab. 1 Power generation equipment installed capacity in 2006

	火电	水电	核电	风电	总量
全国(万 kW)	48405	12857	685	187	62134
河北省(万 kW)	2595	65	0	22	2682
比例(%)	5.36	0.51	0	11.76	4.32

2005 年河北省煤电的装机容量为 2273 万 kW, 至 2012 年, 河北省煤电的装机容量增加 1197 万 kW。2002 - 2006 年发电设备平均利用小时数如表 2 所示。煤电设备的平均运行小时数取近 5 年的平均值 5706 h。2005 年, 河北省发电标准煤耗为 343 g/kWh, 比上年减少 6g/kWh; 按照每年比上年减少 5g/kWh 计算, 到 2012 年发电标准煤耗可降至 308 g/kWh。根据公式(1)计算可得到新增煤电的碳减排量为 422.2 万 tCO_2 。

表 2 2002 - 2006 年发电设备平均利用小时数

Tab. 2 The average use hours of power generation equipment from 2002 to 2006

年份	水电设备		火电设备	
	全年(h)	比上年增长(%)	全年(h)	比上年增长(%)
2002	3289	160	5272	372
2003	3239	-50	5767	495
2004	3462	223	5991	224
2005	3664	202	5865	-126
2006	3434	-230	5633	232
平均	3418	—	5706	—

2.2 水电

如上所述, 到 2012 年河北省水电将达到 113 万 kW, 则 2005 年至 2012 年河北省水电的装机容量增加 56 万 kW。2005 年, 全国水库来水情况偏

丰,水电发电量增多,水库蓄水历史最好,为水力发电设备的运行创造了良好的条件^[8]。在这种形势下,2005年河北省水电设备的平均运行小时数为480h,在此计算中水电设备的平均运行小时数就按照480h。根据公式(2)计算可得到新增的水电的碳减排量为26.4万tCO₂。

2.3 风电

河北省风能储量为6.12GW,居全国第六位^[4]。2005年,全国装机总容量为1266MW,河北省的装机容量为108MW^[9],占全国总装机容量的8.53%。根据国家发改委的长期产业规划,我国的风电装机容量规划目标是:到2010年,累积达到500万kW;到2015年,累计达到1000万kW;到2020年,累计达到2000-3000万kW^[9]。按照这样的增长速度和比重,到2012年河北省风电装机容量可达59.7万kW,新增发电机组装机容量为48.9万kW。假设河北省风力发电的年平均利用小时数为2000h,根据公式(2)计算可得到新增的风力发电的减排量为96万tCO₂。

2.4 煤层气发电

煤层气回收利用技术具有双重减排效果,除可替代其他发电方式减排CO₂外,还能消除或减少煤层气抽放排入大气所产生的CH₄排放。

根据“十一五”全国煤矿瓦斯抽采及利用量规划可知,煤层气的抽采量和利用量从2006年到2010年逐渐减少,按照2009到2010年的增加量计算,2011年和2012年河北省煤层气的抽采量和利用量分别为6171万m³和4290万m³、6281万m³和4400万m³。则从2006到2012七年间煤层气的利用总量为25630万m³^[10]。煤层气的主要成分是甲烷,其热值按甲烷计算为35.9MJ/m³。能量转移率按照50%计算,这些煤层气蕴含能量127.8万MWh。按公式(2)计算煤层气发电的碳减排量为125.8万tCO₂。

2.5 生物质能发电

生物质能是再生能源中的一部分,是世界第四大能源。在发电中应用较多的生物质能主要是秸秆和城市生活垃圾。

1) 秸秆发电。秸秆发电是以秸秆为主要燃料的一种发电方式。如果想开发秸秆发电项目,必须有充足的秸秆来源。作为小麦、玉米种植大省,

河北省秸秆资源丰富,初步统计2003年全省各类生物秸秆总产量约9820万t,其中农作物秸秆5252万t,荆条等4567.7万t^[6]。

河北晋州秸秆发电项目是我国第一个秸秆燃烧发电项目,建设规模为2×12MW抽汽凝汽式供热机组配2×75t/h秸秆直燃炉,总投资2.59亿人民币。年消耗秸秆量176000吨,年发电量1.32×108kWh,年供热量529920GJ,年减排量178626tCO₂e^[11]。如果按照晋州秸秆发电项目的规模,河北省建设30个秸秆发电项目,则年消耗秸秆528万t,不到年秸秆产量的10%。这说明河北省秸秆产量十分丰富,可满足河北省建设30个与晋州秸秆发电项目同等规模的项目。假设2006-2012年间,河北省建设了30个24MW秸秆发电项目,按照河北晋州秸秆发电项目的参数进行计算,即年平均运行小时为5500h,则按照公式(2)计算其碳减排量为389.1万tCO₂。

2) 垃圾填埋气和焚烧发电。与煤层气回收利用技术相似,垃圾填埋气回收利用和垃圾焚烧发电都具有双重减排效果,除可替代其他发电方式减排CO₂外,还能消除或减少垃圾填埋后产生的CH₄排放。

目前,世界上回收利用城市生活垃圾能量的方法主要有:废物气化或焚烧余热利用;填埋气(LFG)的收集和利用;堆肥产生的生物气及垃圾制作燃料(RDF)等。填埋的缺点是占地面积大,浪费了垃圾中可回收利用的资源;若处理不善会使垃圾渗出液渗入地下和使气体(如H₂S, NH₃, CH₄)从顶部覆盖不严的粘土层空隙中散发出去,导致地下水和大气的污染;再者就是填埋气产生的周期较长。焚烧可使垃圾减容减重,填埋处置量减少至1/10,减少填埋占地,延长填埋场的使用寿命,并有效地减少温室气体(主要是CH₄、CO₂)的排放。

随着城市化的加速发展、人口的增加和居民消费水平的稳步提高,我国城市垃圾清运量以每年2%~3%的比例递增^[12]。按照2%计算,到2012年河北省垃圾清运量将达到781.2万t。自2005年以后的7年间,河北省城市垃圾清运总量约为5157.2万t,假设生活垃圾无害化处理率达到50%,则无害化处理量约为2578.6万t。卫生填埋、堆肥和焚烧的百分比按照2005年的水平计算,各种方式的处理量分别为1931万t、410万t、237万t。

填埋气体的主要成分为 CH_4 和 CO_2 , 此外还有其它一些恶臭物质等。每吨垃圾产生 $64\text{m}^3 \sim 440\text{m}^3$ 垃圾填埋气, 按照 150m^3 计算, 河北省填埋垃圾可产生 29 亿 m^3 垃圾填埋气。填埋气的热值一般从 $7450 \sim 22350\text{kJ}/\text{m}^3$, 取最低的 $7450\text{kJ}/\text{m}^3$, 能量转移率暂按 30% 计^[13], 这些垃圾填埋气蕴含能量 18 亿 kWh。根据公式(2)计算, 垃圾填埋气发电的碳减排量为 176.9 万 tCO_2 。

城市生活垃圾的热值范围从 $1850\text{kJ}/\text{kg}$ 到 $6413\text{kJ}/\text{kg}$, 是一种不可忽视的能源资源。按 20% 的发电效率, 每吨垃圾可发电 300kWh 计算^[14], 河北省焚烧的垃圾可生产电力 7.1 亿 kWh。根据公式(2)计算其碳减排量为 69.8 万 tCO_2 。

2.6 节能量计算

各种燃料的发电过程中的 CO_2 减排量已经有上述计算得出, 折合成碳减排量如表 3 所示。

表 3 河北省电力行业的碳减排量
Tab.3 Carbon emission reductions of power industry in Hebei province

行业	火电	水电	风电	煤层气	秸秆	城市生活垃圾
CO_2 减排量 (万 tCO_2)	422.2	26.4	96	125.8	389.1	246.7
碳减排量 (万 tC)	115.1	7.2	26.2	34.3	106.1	67.3

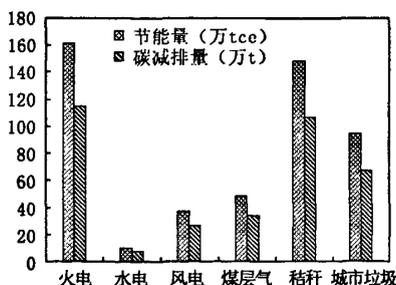


图1 河北省电力行业节能量与减排量

Fig.1 Energy saving and emission reductions of power industry in Hebei province

在本文中节能量的概念是一定数量的碳减排量相当于节约的标准煤的量。每 kg 标准煤的净热值为 $7000\text{kcal}/\text{kgce}$, 约 29.306MJ 。碳排放系数取四种煤的平均值 $24.74\text{t}(\text{C})/\text{TJ}$, 氧化率取煤、油、气的平均值约 0.988, 计算得到标准煤的碳排

放因子为 $0.716\text{t}(\text{C})/\text{t}$, 各种发电形式的碳减排量和节能量如图 1 所示。

3 结果分析

通过上述计算可知, 发电行业中火电的减排量最多。这是因为, 河北省乃至全国电网中的电量主要是以火力发电的形式产生。虽然每度电的发电煤耗每年只比上年减少 5g, 但是煤电总量很多, 这就导致煤电的碳减排量最多。

利用新能源和可再生能源发电, 秸秆发电所产生的碳减排量最多, 主要是由于河北省秸秆产量丰富, 有充足的秸秆可供发电使用。垃圾填埋气回收发电和垃圾焚烧发电次之, 水电所产生的减排量最少。其主要原因是全国资源分布不均衡, 河北省水力资源分布较少, 并且, 水力发电设备的年运行小时数远低于全国的平均水平, 使得河北省水电产生的减排量较少。

4 结论

河北省电力行业的碳减排量和节能量是相当大的。从 2006 年到 2012 年, 火力发电能源效率提高可减少碳排放 115.1 万 t, 相当于节约 160.8 万 tce; 从利用新能源和可再生能源发电方面, 共计可减少 241.1 万 t 碳排放, 相当于节约 336.8 万 tce。

由于资源分布的不平衡, 河北省水电减排潜力相对较小, 但作为开发 CDM 项目的优先领域, 也不容忽视。为促进河北省的可持续发展, 不仅应在水电、风电等可再生能源发电这些重点领域积极开展 CDM 项目, 还应加强节能与能效提高等领域 CDM 项目的开发。

参考文献:

- [1] 中国 21 世纪议程管理中心, 清华大学. 清洁发展机制 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2005.
- [2] 陈文颖, 腾飞. 国际合作碳减排机制模型 [J]. 清华大学学报(自然科学版), 2005, 45(6): 854-857.
- [3] 王丽辉, 王侃宏, 谷铁柱, 等. 暖通空调冷热源技术的 CO_2 减排潜力分析 [J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2008, 25(1): 68-70.
- [4] 吴宗鑫, 陈文颖. 以煤为主多元化的清洁能源战略 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
- [5] 国家发展改革委国家气候变化对策协调小组办公室. 中国电网基准线排放因子计算结果 [EB/OL]. <http://cdm.ccchina.gov.cn>. 2006. (下转第 87 页)

识别的门禁考勤系统提供了基础。不过,在实验中发现,本文所提方法在速度上还需要提高。在识别率不降低的前提下,如何寻找速度提高的方法还需进一步研究。

参考文献:

- [1] TURK M, PENTLAND A. Eigenfaces for recognition [J]. *Cognitive Neuroscience*, 1991, 3(1):71-86.
- [2] JIAN YANG, JING YU YANG. Uncorrelated image projection discriminant analysis and face recognition[J]. *Journal of Computer Research and Development*, 2003, 40(3): 447-451.
- [3] 韩争胜,李映,张艳宁.基于LDA算法的人脸识别方法的研究[J].*微电子学与计算机*, 2005, 7(22):131-138.
- [4] KIRBY M, SIROVICH L. Application of the KL procedure for the characterization of human faces [J]. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1990, 12(1):

103-108.

- [5] 金忠,胡钟山,杨静宇.基于BP神经网络的人脸识别方法[J].*计算机研究与发展*, 1999, 36(3): 47-50.
- [6] 陈伏兵,张生亮,高秀梅,等.小样本情况下Fisher线性鉴别分析的理论及其验证[J].*中国图象图形学报*, 2005, 10(8):1767-1770.
- [7] KAUFMAN G J, BREEDING K J. The automatic recognition of human faces from profile silhouettes [J]. *IEEE Transaction on Syst, Man and Cybern.*, 1976, 1(6): 113-121.
- [8] JEFFERY R P, TIMOTHY F G. Face recognition using direct, weighted linear discriminant analysis and modular subspaces [J]. *Pattern Recognition*, 2005, 4(38): 209-219.
- [9] 边肇祺,张学工.模式识别[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [10] LING CHEN, HONG MAN, ARAV NEFIAN. Face recognition based on multi-class mapping of Fisher scores [J]. *Pattern Recognition*, 2005, 4(38): 799-811.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第69页)

参考文献:

- [1] 孙晨光,高丽君,宋黑,等.膨润土在污水处理中的应用研究与展望[J].*河北建筑科技学院学报*, 2005, 22(3):17-20.
- [2] 李为兵,金雪中.处理低温低浊水的混凝剂优选[J].*中国给水排水*, 2006, 22(13):49-52.
- [3] 赵立志,杜国勇,冯英,等.水处理中的无机混凝剂与有机混凝剂的协同作用[J].*化工时刊*, 2005, 19(1):21-22.
- [4] 王大志,柳秉洁,杨玉亭,等.混凝剂与助凝剂的合理

使用[M].北京:中国建筑工业出版社,1993,27(5):129-136.

- [5] 郝火凡,王亚娥.混凝法去除水中有机物浊度的试验研究[J].*兰州铁道学院学报*, 2003, 22(4):16-18.
- [6] 许吉现,胡卜元,武斌,等.高浊度污水快速净化新技术[J].*环境污染治理技术与设备*, 2006, 7(9):126-129.
- [7] 高大文,彭永臻,王淑莹,等.利用ORP和pH控制豆制品废水的处理过程[J].*哈尔滨工业大学学报*, 2003, 35(6):647-650.

(责任编辑 闫纯有)

(上接第80页)

- [6] 河北省人民政府.河北经济年鉴2006[M].北京:中国统计出版社,2006.
- [7] 王振铭.热电联产要为节能降耗做出更大贡献[R].北京:电力产业峰会,2007.
- [8] 《中国电力年鉴》编委会.中国电力年鉴2006[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [9] 中国可再生能源学会风能专业委员会(中国风能协会).中国风电产业现状及发展[EB/OL].<http://www.china5e.com/conference/imgdata/200608/1154498898.pdf>. 2006.
- [10] 国家发改委.煤层气(煤矿瓦斯)开发利用“十一五”规

划[R].北京:国家发改委,2005.

- [11] 国家发改委.河北省晋州秸秆发电项目设计文件[R].北京:国家清洁生产审核理事会,2006.
- [12] 时景丽,王众颖,胡润青,等.我国垃圾填埋场填埋气体排放和回收利用现状分析[J].*中国能源*, 2002, (8):26-28.
- [13] 孟宝峰.我国城市垃圾资源化处理技术的现状与发展趋势(续)[J].*再生资源研究*, 2003, (6):28-30.
- [14] 胡秀莲,姜克隽,崔成.城市生活垃圾焚烧发电CDM项目案例分析[J].*能源与环境*, 2002, (7):21-27.

(责任编辑 闫纯有)