



推荐阅读:

[广西城市污水处理厂污泥产生及处置现状分析](#)

[平顶山市煤矿区土壤重金属污染程度评价](#)

[基于灰色关联分析法的宜昌市空气质量影响因素分析](#)

[废旧锂离子电池流向及管理现状调研](#)

[生物法处理气态污染物的研究现状与应用前景](#)

[环境敏感区农村生活污水处理工艺设计案例分析](#)

[氨法脱硫+低温 SCR 脱硝工艺在焦炉烟气净化中的应用](#)

[反渗透双膜工艺处理印染废水研究进展](#)

[重金属污染土壤修复技术研究进展](#)

[基于 SARIMA 模型的二氧化氮时间序列预测研究](#)

[碳基功能材料在土壤修复中的应用](#)

[虾蟹壳对水中刚果红吸附性能的研究](#)

[农村生活垃圾生物质热解和燃烧气相数值模拟](#)

[基于灰色 GM\(1, 1\)模型的成都市大气污染物浓度预测](#)

[江苏省非道路移动源大气污染排放清单研究](#)

[欧盟 15 国污水污泥产生量与处理处置方法对比](#)

[基于 Hydrus-1D 的粉煤灰堆场 Cr\(VI\) 在包气带中迁移规律的研究](#)

[工业废水活性炭深度处理的研究](#)



移动扫码阅读

杨红梅,翟志伟.利用 ETP 模型预测 CCS 技术对全球能源市场的影响[J].能源环境保护,2020,34(4):81-85.
YANG Hongmei,ZHAI Zhiwei.Prediction of the impact of CCS Technology on the global energy market by a ETP Model[J]. Energy Environmental Protection,2020,34(4):81-85.

利用 ETP 模型预测 CCS 技术对全球能源市场的影响

杨红梅^{1,2},翟志伟¹

(1.山西能源学院,山西太原 030006;2.山西弘茂技术服务有限公司,山西太原 030032)

摘要:利用 ETP 模型对比了 BASE 和 GLO 两种能源方案,分析了碳捕获与封存(CCS)技术对煤炭市场、天然气市场、石油市场和可再生能源市场的影响。结果表明:CCS 技术可以有效减少 CO₂排放量,降低环境政策成本,并对能源优化、环境保护和清洁能源的使用产生积极作用;CCS 技术对煤炭市场的影响最为显著,对石油、天然气及可再生能源市场的影响依次减弱;对于煤炭市场,在不同的罚款政策背景下,2025 年之前的使用量无明显变化,但 CCS 技术的应用将大幅提升煤炭清洁高效的使用量,煤炭使用量在 GLO100 和 Base 情景下约分别增加 150 EJ/Yr 和 400 EJ/Yr;在不同罚款政策背景下,CCS 技术对石油、天然气及可再生能源市场均有积极的影响,可使能源使用率增加 1%~45%。

关键词:CCS 技术;能源市场;ETP 模型;BASE 方案;GLO 方案

中图分类号:X24

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2020)04-0081-05

Prediction of the impact of CCS Technology on the global energy market by a ETP Model

YANG Hongmei^{1,2},ZHAI Zhiwei¹

(1. Shanxi Institute of Energy, Taiyuan 030006, China; 2. Shanxi Hongmao Technology Service Co., Ltd., Taiyuan 030032, China)

Abstract: Based on a ETP model, BASE and GLO energy scenarios were compared. The impact of carbon capture and storage (CCS) technology on the coal market, natural gas market, oil market and renewable energy market was analyzed. The results show that CCS technology can effectively reduce CO₂ emissions, reduce environmental cost due to policies, and play a positive role in energy optimization, environmental protection and utilization of clean energy. According to the impact of CCS technology, the order of markets from high to low is coal market, oil market, natural gas market, and renewable energy market. For the coal market, under different policies, the coal consumption will not change significantly before 2025. However, the application of CCS technology can promote the the clean and efficient use of coal. The coal consumption will increase by about 150 EJ/yr and 400 EJ/yr under the GLO100 and Base scenarios, respectively. Under different policies, CCS technology has a positive impact on the oil, natural gas and renewable energy markets and increases the energy utilization rate by 1%~45%.

Key Words: CCS technology; Energy market; ETP model; BASE scenario; GLO scenario

0 引言

预计在未来半个世纪内,化石燃料仍将作为

主要能源被广泛使用,并伴随着 CO₂排放量的持续上升,故而温室气体的减排已成为国际社会关注的焦点。当前,全球对 CCS(Carbon Capture and

Storage) 项目的示范与规划正在不断升温。

全球 CCS 研究所(GCCSI)在 2018 年报告中表示,全球气候变化行动目标与巴黎协定还存在较大的差距,除了化石燃料的清洁利用和可再生能源技术外^[1],必须部署 CCS 技术。2019 年 10 月 25 日,全球 CCS 研究所首席执行官布拉德佩奇先生表明,用 CCS 生产天然气或煤时相对成本较低,用 CCS 设施生产的 12 种氢已在世界各地运行或规划中。目前,国外开展的油气田、化工、电力等行业的 CCS/CCUS 工业化示范项目主要集中在加拿大、美国和挪威等国家。据 2018 年 GCCSI 全球报告,目前全球共有 43 个大型 CCS 项目,18 个正在运行,包括北海 Sleipner 盐水层埋存 CO₂ 项目、北美 Weyburn 油田 CO₂ 驱油与埋存项目等^[2-3]。我国 CCS 的发展虽然起步较晚,但近年来不断加大投入,积极应对气候变化,践行减排承诺,政府、企业、科研机构高度重视,积极推动 CCS 技术的发展^[4]。2006 年,中国石油在吉林油田开展了中国第一个规模化的 CCS—EOR 试验项目。2010 年,神华集团启动了我国首个 CO₂ 捕获与地质封存全流程(CCS)示范项目建设^[5]。《“十三五”控制温室气体排放工作方案》、《能源技术革命创新行动计划(2016-2030 年)》等 10 余项国家政策以及陕西、广东等多个省级规划,均明确鼓励发展碳捕获、利用与封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)技术^[6]。如今 CCS 技术在提高原油采收率方面得到了广泛应用,以吉林油田为代表,形成了从二氧化碳捕集到二氧化碳驱油与埋存系列技术。我国在长庆、吐哈、新疆、胜利等油田相继开展了矿场实验,建设运营了示范项目,取得了积极进展^[7]。

为促进温室气体减排,目前国际社会普遍采用的行政手段是采用 CO₂ 罚款政策,该政策通过增加能源成本降低其需求以控制 CO₂ 的排放。而对于企业来说,CCS 技术是解决未来 CO₂ 排放的主要技术之一,其减排作用在全球已达成共识。CCS 技术通过调节能源结构、政策及供求关系等对能源市场产生一定的影响,但影响程度尚不明确。基于该问题,本文借助 ETP 模型,在全球层面上分析不同能源方案下 CCS 技术对一次能源市场(煤炭、天然气、石油及可再生能源)的影响结果。

1 ETP 模型的引入

本文所使用的模型为能源技术优化模型

(ETP)^[8]。ETP 模型是一种动态线性能源系统优化模型,可对能源系统中各种能源开采、加工、转换、输送和分配环节以及终端用能环节进行详细的描述,从而对能源技术前景进行评估和优选,模型优化的目标是最大化减少能源系统成本^[9]。ETP 模型具有以下优点:(1)该模型由国际能源署和其他合作组织共同编制,其数据建立在各工程领域全面调研研究的基础上,因此该模型具有科学可靠的特点;(2)该模型不仅基于当前能源技术,还考虑了未来新兴技术对复杂能源系统的影响,因此 ETP 模型适合评估长期能源投资。

在本文中 ETP 模型以 2000 年为基年,规划期为 2000~2050 年,10 年为一个时段,通过对比 BASE 方案与 GLO 方案实现对能源市场的分析^[10]。BASE 方案是不考虑 CO₂ 罚款政策情况下能源的使用量,GLO 方案是考虑不同 CO₂ 罚款政策下能源的使用量,如:GLO10 方案指当 CO₂ 罚款为 10 美元/吨时的能源使用量。本文将 BASE 方案作为参考方案,与其它方案对比进行分析评估。图 1 为 ETP 模型的运行分析图,通过一套结构化模型的运行分析 CCS 对能源市场的影响。在是否使用 CCS 技术情况下,建立不同的 CO₂ 罚款方案(GLO10、GLO25、GLO50、GLO100)。上述每一种方案都是基于全球能源发展规划以及对未来经济发展的合理假设,应用 ETP 模型对不同罚款政策下全球未来能源使用情况进行了模拟。本文引用 GIELEN《CCS 技术展望》的数据^[11],通过数据分析将能源的使用量表现出来,并对比研究得出 CCS 技术对能源市场的影响程度。

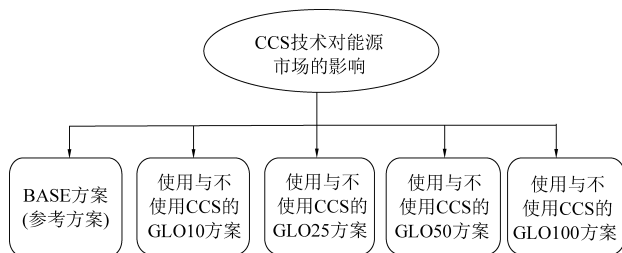


图 1 ETP 模型的运行分析

2 碳捕获及封存技术对能源市场的影响

2.1 CCS 技术对煤炭市场的影响

CCS 技术在煤炭市场的利用主要是对燃煤发电厂、冶炼厂等使用煤炭提供能源的大型 CO₂ 排放源排放出来的 CO₂ 进行分离、收集之后,把 CO₂ 加压注入到 800 m 以下的地下或海底封存以减少向大气排放的 CO₂ 量,进而达到防止地球变暖的

目的^[12-13]。图 2、图 3 分别显示了 2000~2050 年间,在不同 CO₂ 罚款政策下,不使用或使用 CCS 技术时全球煤炭使用量的变化情况。尽管煤炭使用量在罚款作用下依然持续上升,但 CO₂ 罚款标准的高低对煤炭使用量的影响程度有所差异。由图可知不同 GLO 方案中煤炭使用变化量,见表 1。从表 1 中看出,采用 CCS 技术后煤炭使用变化量减小,说明 CCS 技术降低了 CO₂ 罚款政策对煤炭市场需求的影响。比较 GLO25 方案与 GLO100 方案结果可知,差值变化从 5% 增加到 30%,说明罚款标准越高,CCS 技术效益越明显。2025 年以前,煤炭的使用量几乎不变,2025 年以后,使用量变化显著。分析原因是引进煤基发电厂并使用 CCS 技术起到了显著的作用,使得煤炭使用量迎来“复兴”。综合分析得出,引进新的 CCS 技术不仅可以促进经济发展,也可显著减少 CO₂ 排放量,对未来煤炭市场和温室气体的减排具有至关重要的作用。

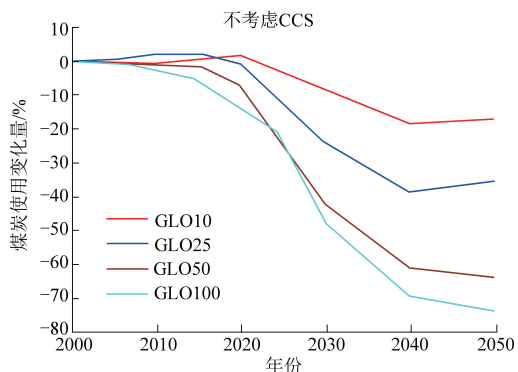


图 2 不考虑 CCS 时不同 CO₂ 罚款政策下煤炭使用变化量 (2000~2050 年)

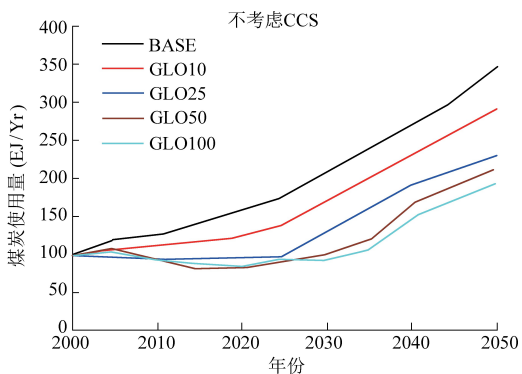


图 3 考虑 CCS 时不同 CO₂ 罚款政策对煤炭使用量的影响 (2000~2050 年)

2.2 CCS 技术对天然气市场的影响

CCS 技术在天然气市场中的利用主要是把 CO₂ 注入到天然气层中而实现天然气增产开采 (Enhanced Gas Recovery, 缩写为 EGR) 的方法^[14]。

表 1 不同 CO₂ 罚款政策下不使用与使用 CCS 时煤炭使用量变化量 (2000~2050 年)

方案	GLO10	GLO25	GLO50	GLO100
不考虑 CCS 时煤炭使用变化量 (%)	17	35	63	74
考虑 CCS 时煤炭使用变化量 (%)	15	30	39	44
差值 Δ (%)	2	5	24	30

图 4 显示了不考虑 CCS 技术时不同 CO₂ 罚款政策下天然气使用量的变化,随着 CO₂ 罚款标准增加,在 2050 年, GLO10、GLO25、GLO50 和 GLO100 方案中天然气使用量分别变化了 3.7%、6.4%、13.9% 和 -15%。当 CO₂ 罚款范围在 0~50 美元/吨时,CO₂ 政策将导致煤炭与石油市场需求量的下滑,从而能源需求向天然气转移。图 5 显示了考虑 CCS 时不同 CO₂ 罚款政策对全球天然气使用的影响。虽然在 2010~2040 年期间因不同罚款政策作用导致天然气的使用量存在差异,但在 2050 年所有的 GLO 方案中天然气的使用量均增加一倍,说明引进 CCS 技术后消除了 CO₂ 罚款政策对全球天然气市场的影响。

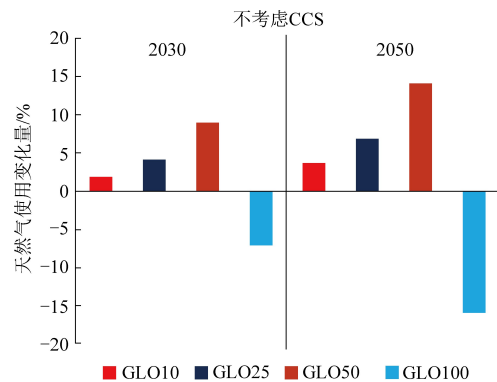


图 4 不考虑 CCS 时不同 CO₂ 罚款政策下天然气使用变化量 (2030~2050 年)

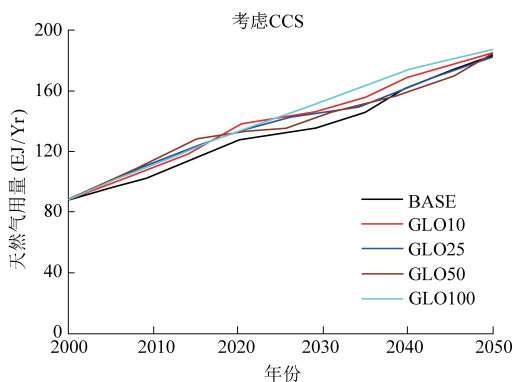


图 5 考虑 CCS 时不同 CO₂ 罚款政策对天然气使用量的影响 (2000~2050 年)

2.3 CCS 技术对石油市场的影响

CO₂ 驱油比水驱油具有更明显的技术优势。我国在提高原油采收率方面应用封存温室气体的总量将逐渐增大,对地球环境造成恶劣影响的工业废气将成为我国改善油田开发效果、提高原油采收率的重要资源^[15]。

图 6 显示了不考虑 CCS 技术时不同 CO₂ 罚款政策下原油使用量的变化,在 2050 年,GLO10、GLO25、GLO50 和 GLO100 方案中原油使用变化量分别为 3.6%、1.6%、6.2%和-11%。低 CO₂ 罚款政策下原油使用量波动较小,高 CO₂ 罚款政策下原油使用量波动较大,表明 CO₂ 罚款政策对原油的生产和需求的影响显著。图 7 显示了考虑 CCS 技术时不同 CO₂ 罚款政策对原油使用情况的影响。在 2000~2050 年间,不同 GLO 方案下均显示原油使用量增长平稳,说明 CCS 技术的引入削弱了罚款政策对未来原油市场的不利影响。通过图 3、图 5 和图 7 的对比分析可知,CCS 技术在石油市场的影响作用远小于在煤炭市场的影响作用,略大于在天然气市场的影响作用。

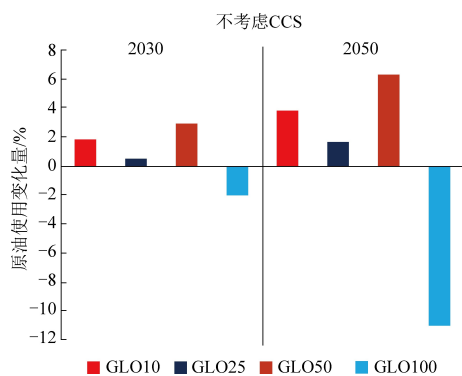


图 6 不考虑 CCS 时各种 CO₂ 罚款政策下原油使用变化量 (2030~2050 年)

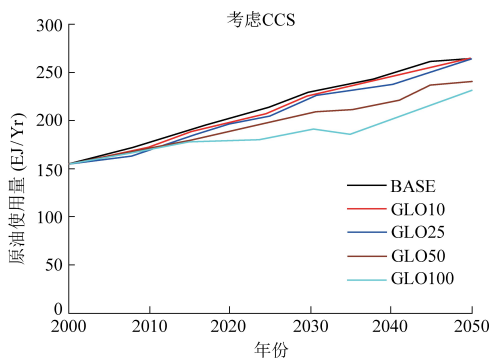


图 7 考虑 CCS 时各种 CO₂ 罚款政策对原油使用量的影响 (2000~2050 年)

2.4 CCS 技术对可再生能源市场的影响

可再生能源主要有太阳能、风能、水能、生物

能、地热能、潮汐能等,加快发展可再生能源是应对日益严重的能源和气候变化的根本措施。

图 8、图 9 分别显示了 2000~2050 年间,不同 CO₂ 罚款政策下有无 CCS 技术对全球可再生能源使用量的影响。若不考虑 CCS,即使有 CO₂ 罚款影响,可再生能源使用量仍快速增加。GLO10、GLO25、GLO50 和 GLO100 方案中可再生能源的使用量分别增加了 18%、28%、38%和 40%,说明 CO₂ 罚款政策对可再生能源的使用情况有一定影响。然而引进 CCS 技术后,上述 4 个方案中可再生能源的使用量在此前基础上分别增加了 1%、12%、16%、41% (见表 2)。2000~2050 年间,GLO50 方案中可再生能源的使用量增加了五倍,GLO100 方

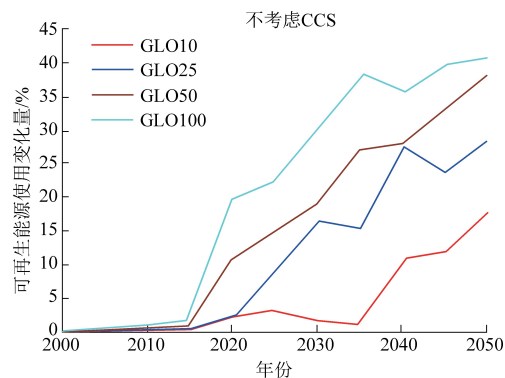


图 8 不考虑 CCS 时各种 CO₂ 罚款标准下可再生能源使用量的变化 (2000~2050 年)

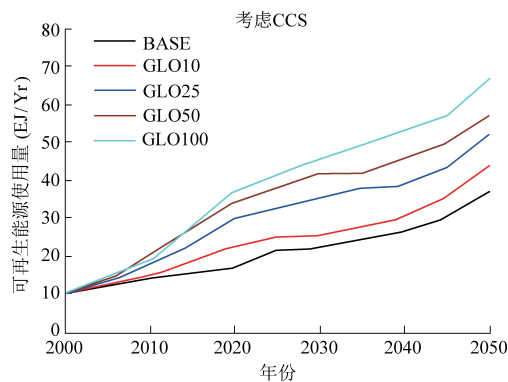


图 9 考虑 CCS 时不同 CO₂ 罚款标准对可再生能源使用量的影响 (2000~2050 年)

表 2 不同 CO₂ 罚款政策下不使用与使用 CCS 时可再生能源使用量变化量 (2000~2050 年)

方案	GLO10	GLO25	GLO50	GLO100
不考虑 CCS 时可再生能源使用变化量 (%)	18	28	38	40
考虑 CCS 时可再生能源使用变化量 (%)	19	40	54	81
差值 Δ (%)	1	12	16	41

案增加六倍,说明引进 CCS 技术可有效减小 CO₂ 罚款政策对可再生能源使用情况的影响,对将来可再生能源市场具有积极深远的作用。

3 结论

(1) CCS 技术的引进可以有效减少 CO₂ 排放量,降低环境政策成本,并对未来能源优化、环境保护和清洁能源的使用具有积极作用。同时,CCS 技术能够降低 CO₂ 罚款政策对能源市场的影响,且 CO₂ 罚款标准越高,CCS 技术效益越显著。

(2) CCS 技术对能源市场的影响程度因能源类型不同而有所差异。从 EPT 模型分析结果可以看出,煤炭市场受到的影响最显著,石油、天然气及可再生能源市场受到的影响逐渐减弱。

(3) 对于煤炭市场,在不同的罚款政策背景下,2025 年之前的使用量均没有明显的变化,但之后 CCS 技术的应用将使得煤炭清洁高效的使用量大幅提升,即使是在 GLO100 情景下煤炭使用量将增加近 150 EJ/Yr, Base 情景下将增加近 400 EJ/Yr,表明 CCS 技术不仅能降低 CO₂ 排放造成的环境破坏,而且也能促进煤炭资源的清洁利用。

(4) 在不同罚款政策背景下,CCS 技术对石油、天然气及可再生能源市场均有积极的影响,至少使各种能源的使用率增加 1 个百分点,最多可以增加近 45 个百分点,在未来 CO₂ 排放政策越来越严格的情况下,CCS 技术的应用将对可再生能源的广泛利用产生深远的影响。

参考文献

[1] Hamilton L, Goldstein G, Lee J, et al. MARKAL-MACRO: An Overview Brookhaven National Laboratory Report (No. BNL

-48377) [R]. Upton, NY (United States), 1992.

- [2] Monique H, Andrea R, Chris H. Sustainability framework for carbon capture and storage [M]. Ecofys Netherlands B. V. & Utrecht University, 2007: 16-25.
- [3] Kamel B, Dolf G. Energy technology modelling of major carbon abatement options [J]. Energy Procedia, 2009, 1 (1): 4297-4306.
- [4] 全浩, 温雪峰, 郭琳琳. CO₂ 捕集和地下封存技术的现状及发展趋势 [J]. 煤炭工程, 2007 (12): 75-79.
- [5] 宋新民, 杨思玉. 国内外 CCS 技术现状与中国主动应对策略 [J]. 油气藏评价与开发, 2011, 1 (1): 25-30.
- [6] 胡虎, 李宏军, 昌敦虎. 关于二氧化碳捕集与封存可接受度的调查分析 [J]. 中国煤炭, 2009, 35 (8): 83-87.
- [7] 柳智青. 探索全球碳减排新路径 [N]. 中国石油报, 2019-11-05 (6).
- [8] Gielen D, Podkański J. The future role of CO₂ capture in the electricity sector: Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies [C]. Vancouver, Canada, 2004: 873-880.
- [9] 陈文颖, 高鹏飞, 何建坤. 用 MARKAL-MACRO 模型研究碳减排对中国能源系统的影响 [J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2004, 44 (3): 342-346.
- [10] Gielen D, Podkański J. Prospects for CO₂ capture and storage [M]. OECD Publishing, France, 2004.
- [11] 杨玉峰. 从不同视角看全球石油市场--比较 OPEC 《世界石油展望 2010》与 IEA 《世界能源展望 2010》 [J]. 中国能源, 2011, 33 (9): 14-20.
- [12] 屈伟平. 清洁煤发电的 CCS 和 IGCC 联产技术 [J]. 天津燃气, 2009 (4): 9-19.
- [13] 杨珺. 碳捕捉和封存技术应用、阻滞与引领的伦理可行性分析 [J]. 自然辩证法通讯, 2019, 41 (5): 96-102.
- [14] Yu H, Song X, Yang S, et al. Experimental and numerical simulation study on single layer injectivity for CO₂ flooding in low permeability oil reservoir: Proceedings of the SPE enhanced oil recovery conference [C]. Kuala Lumpur, Malaysia, 144042, 2011.
- [15] 钱伯章. 碳捕捉与封存 (CCS) 技术的发展现状与前景 [J]. 中国环保产业, 2008 (12): 57-61.