

生物质水煤浆技术 CDM 机制发展与碳减排评价

刘建文¹, 袁瑞佳², 陈楠³

(1. 湖南工业大学 建筑与城乡规划学院 湖南 株洲 412007; 2. 湖南工业大学 财经学院 湖南 株洲 412007;
3. 株洲市蓝宇热能科技研制有限公司 湖南 株洲 412008)

摘要: 生物质水煤浆可以实现生物质有机废弃物资源化利用, 节约能源、提高能效和代替煤炭, 因此, 生物质水煤浆技术是适应中国 CDM 机制项目重点开发的领域。为了推进企业与工业园区生态、低碳化建设, 促进城市低碳发展, 开展生物质水煤浆技术 CDM 机制项目发展分析和碳减排评价分析。结果表明: 生物质水煤浆制浆燃烧集成系统具有显著的碳减排效果, 尤其适用于大中型化工、食品加工、中药医药等行业高浓度有机废液与生物质固体废弃物协同处理。运用这一集成系统时, 要注意结合中国煤炭资源分布及利用情况, 充分考虑煤炭运输条件及环境, 选择合理、经济的系统集成技术和项目运作方式。

关键词: 生物质水煤浆; CDM 机制; 碳减排; 评价

中图分类号: X6; TD849

文献标志码: A

文章编号: 1006-6772(2014)02-0112-05

CDM of Bio - CWM technology and evaluation of carbon emission reduction

LIU Jianwen¹, YUAN Ruijia², CHEN Nan³

(1. College of Architecture & Urban and Rural Planning, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China;
2. College of Finance and Economics, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China;
3. Zhuzhou Lanyu Heat Energy Science and Technology Development Co., Ltd., Zhuzhou 412008, China)

Abstract: As a key development area of CDM mechanism project, the Bio - CWM can utilize the biomass organism, save energy and improve energy efficiency. To promote ecological and low-carbon construction for enterprises and industrial park, improve the low-carbon development of cities. Evaluate and analyse the carbon emission reduction effects of integrated system of Bio - CWM preparation and combustion. The results show that the integrated system of biomass coal-water slurry pulping and burning can significantly reduce carbon emission, it's especially suitable for large and medium-sized chemical, food processing, medicine and other enterprises and industrial parks which need co-treatment with high concentration organic waste water and solid waste. However, when using the integrated system, attention should be paid to distribution and utilization of coal resources in China, give full consideration to the conditions and environment of coal transportation, choose a reasonable and economical system integration technology and mode of operation of project.

Key words: Bio - CWM; CDM; carbon emission reduction; evaluation

0 引言

水煤浆是洁净煤技术的重要领域之一, 由大约 65% 的煤、34% 的水和 1% 的添加剂通过物理加工得到的低污染、高效率、可管道输送的代油煤基流体燃料。水煤浆改变了煤的传统燃烧方式, 显示出巨大的环保节能优势。尤其是近几年来, 采用废物资

源化技术路线后, 研制成功的环保型生物质水煤浆, 可以在不增加费用的前提下, 极大地发挥了水煤浆的环保效益^[1]。在中国丰富煤炭资源的保障下, 水煤浆已成为替代油、气等能源的最基础、最经济的洁净能源^[2-3]。开展生物质水煤浆技术 CDM 机制项目发展分析和碳减排评价, 明确生物质水煤浆制浆、燃烧技术在中小型工业锅炉节能减排中的地位与作

收稿日期: 2013-12-11; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.02.029

基金项目: 湖南省自然科学基金资助项目(12JJ9035)

作者简介: 刘建文(1964—), 男, 湖南衡山人, 教授、博士, 主要从事低碳技术、产业经济、环境工程方面的研究。E-mail: 1194669770@qq.com

引用格式: 刘建文, 袁瑞佳, 陈楠. 生物质水煤浆技术 CDM 机制发展与碳减排评价[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(2): 112-116.

LIU Jianwen, YUAN Ruijia, CHEN Nan. CDM of Bio - CWM technology and evaluation of carbon emission reduction [J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(2): 112-116.

用,对推进企业与工业园区生态、低碳化建设,促进城市低碳发展,具有重要的理论意义及工程价值。

1 水煤浆技术的 CDM 机制项目发展分析

1.1 清洁发展机制(CDM)概述

清洁发展机制,简称 CDM(Clean Development Mechanism)是《京都议定书》中引入的灵活履约机制之一。CDM 允许附件 1 缔约方与非附件 1 缔约方联合开展 CO₂ 等温室气体减排项目。这些项目产生的减排数额可以被附件 1 缔约方作为履行他们所承诺的限排或减排量。对发达国家而言,CDM 提供了一种灵活的履约机制;而对于发展中国家,通过 CDM 项目可以获得部分资金援助和先进技术。但是,CDM 只能作为全球减排和技术转让的手段之一,实现真正意义上的减排和技术转让还需要发达国家做出更多努力^[4]。

中国清洁发展机制项目运行管理办法(修订)规定,节约能源和提高能源效率、开发利用新能源和可再生能源、回收利用甲烷,是 CDM 项目开发重点领域。此类项目与国家促进节能减排,实现可持续发展政策密切相关。

自《京都议定书》生效以来,CDM 快速发展,已经成为全球最大的碳交易市场。中国的 CDM 项目对促进可持续发展发挥了良好作用。

1.2 中国 CDM 项目运行分析

截至 2013-07-16,已获得 CERs 签发的中国 CDM 项目(1314 个),签发量 3.72 亿 t;单个项目签发量为 1856 万~2000 万 t/年。截至 2013-06-25,国家发展改革委批准的全部 CDM 项目 4920 项中,估计年减排 CO₂ 7.7 亿 t;单个项目估计年减排量为 19 万~1087 万 t/a^[5]。

在国家发展改革委批准的全部 CDM 项目 4920 项中,新能源和可再生能源项目数最多,达 3680 项(图 1),占总项目数 75%(图 2);节能和提高能效、甲烷回收利用类型项目分别为 610 和 425 项;3 种类型项目总项目数 4715,占已批准项目数 95.8%。从项目类型比例分布看,与国家清洁发展机制项目运行管理办法所确定的重点领域非常吻合。

1.3 生物质水煤浆服务商开发 CDM 项目进展

水煤浆推广应用是复杂的系统工程,水煤浆燃烧装备制造已充分认识到“炉浆配套”的重要性,在市场运作过程中,不断探索、创新,如株洲市蓝宇热能科技研制有限公司针对新建规模蒸汽用量客户

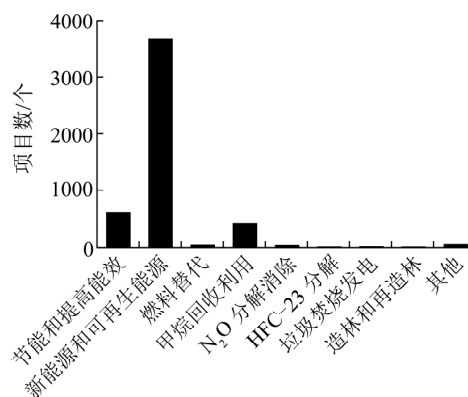


图1 发改委批准 CDM 项目数按项目类型

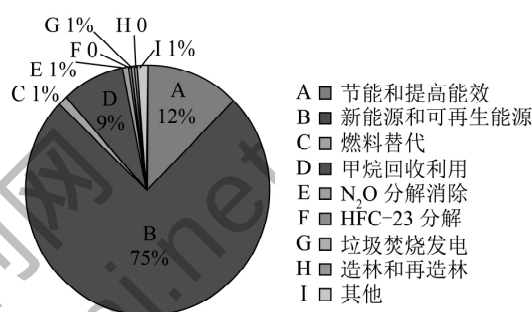


图2 发改委批准 CDM 项目数按项目类型比例分布(年蒸汽耗量 5 万 t 以上),实行 BOT 项目建设模式;针对已建水煤浆集中供热制冷项目,实行能源托管服务;青岛海众环保锅炉股份有限公司以水煤浆锅炉为主要业务,注重用户水煤浆燃料配套选择或技术指导。

水煤浆的节能环保性能得到业界与市场的认同,碳减排优势也逐渐显露出来。在国家发改委已批准的 4920 项 CDM 项目中,虽然只有一项水煤浆项目(即贵州省“联合能源水煤浆项目规划活动”项目,项目减排类型为“其他”,项目基准线方法学“AMS- II. D(VER12)”,估计年减排量 3387 t CO₂e),预示着水煤浆服务商开发 CDM 项目良好的开端。佛山市合璟节能环保科技有限公司以生物质水煤浆开发 CDM 打包项目,生物质水煤浆以煤为主要原料,配以一定比例的水、改性污泥、改性垃圾渗滤液,在添加剂的作用下通过球磨的方式制成完全达到水煤浆指标的产品,可完全替代常规水煤浆,比普通水煤浆节约煤炭资源 4%~9%,节约水资源 40%左右^[6]。

因此,生物质水煤浆 CDM 项目开发,对促进城市废弃物如污泥、高浓度有机废液的资源化利用,提高水煤浆市场竞争力,推进城市生态、低碳建设,具有积极作用。

2 生物质水煤浆燃烧集成系统碳减排评估

湖南昊华化工有限责任公司成立于 1970 年,是国家大型二类农药化工定点骨干企业,公司于 2011 年完成《7 万吨/年农药生产系统能量优化项目》,并申请 2011 年国家节能改造财政奖励资金。

2.1 项目技术改造

项目主要建设或改造内容:新建 10 t/h 水煤浆锅炉,替代原两台 10 t/h 链条炉,配套建设炉前水煤浆制浆生产线,取代有机废水焚烧炉,资源化回收烃类、醇类能源。项目改造前公司现有生产工艺流程运行情况如图 3 所示。

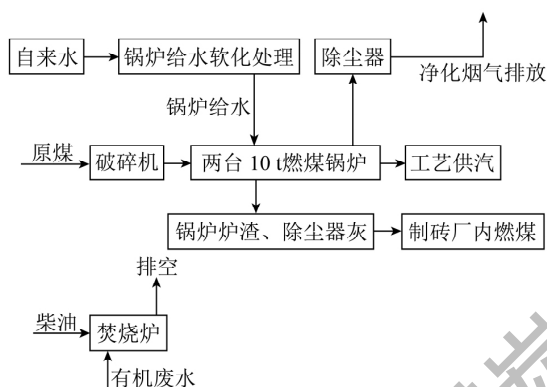


图 3 燃煤锅炉供汽及焚烧炉处理有机废水工艺流程

2.2 项目改造前后能耗分析

通过一系列的技术改造,锅炉热效率有明显的提高,锅炉产汽稳定、吨蒸汽耗煤量大幅度下降,工艺生产产生的有机废水用来制水煤浆,不但节约了新鲜水耗量,又减少了废水的排放量,节省了有机废水处理焚烧炉所耗柴油;同时废水中的有机物的燃烧热值得到全部利用,并停用焚烧炉处理装置;同时将锅炉引风电机和水煤浆生产线的磨浆电机采用变频调速控制,提高了用电效率,改造后项目工艺流程如图 4 所示。

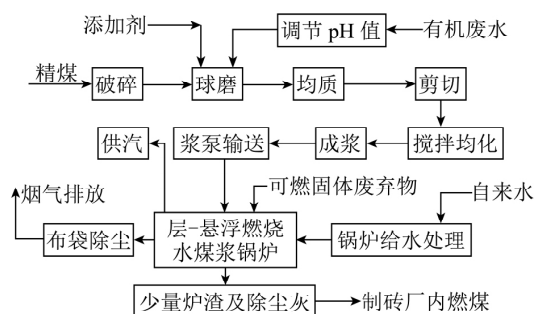


图 4 项目实施后有机废水炉前制浆层-悬浮燃烧协同固体废弃物水煤浆锅炉供汽工艺流程

技改后,锅炉站年供汽量 11.88 万 t 不变,年耗洗精煤 1.66 万 t,生产及消耗水煤浆 2.38 万 t。综合计算各类主要能源消耗对比见表 1,项目实施前后污染物排放对比见表 2。

表 1 湖南昊华 7 万 t/a 农药生产系统能量优化项目锅炉供汽站与焚烧炉处理能耗

项目	吨产品消耗	全年消耗
电/kWh	24.00	2851200
煤(20.93 MJ/kg)/t	0.238	28274.4
柴油/t	—	1737
制水煤浆用工业有机废水/t	—	7128
电/kWh	22.00	2613600
洗精煤(26.80 MJ/kg)/t	0.14	16632
柴油/t	—	0

注:柴油的生产装置为焚烧炉(处理有机废液),其他均为锅炉;技改后变化值-237600,折标后-4994.76,-1737

表 2 项目改造前后主要污染物排放 t/a

主要污染物	改造前	改造后	减排量
废渣	8482.30	4158	4324.30
SO ₂	246.37	133.06	113.31
烟尘	38.95	34.21	4.74
废气/(万 m ³ ·a ⁻¹)	42818.14	38020	4798.14
有机废水	7128	0	7128

2.3 生物质水煤浆制浆燃烧系统碳减排评估分析

2.3.1 项目边界界定

改造前碳减排项目边界,包括锅炉系统及有机物焚烧系统,即锅炉系统从原煤入炉、燃烧、除尘、烟气排放、炉渣及除尘器下灰清运,有机物焚烧系统从有机物入炉焚烧、烟气排放。

改造后碳减排项目边界,包括制浆系统和锅炉系统,即水煤浆制浆系统从洗精煤破碎、球磨、剪切、搅拌均化、至浆罐储存;锅炉系统即从生物质水煤浆泵送入炉、燃烧、除尘、烟气排放、炉渣及除尘器下灰清运。

2.3.2 项目碳排放源分析

根据《能源消耗引起的温室气体排放计算工具指南》^[7],企业总碳排放量由直接排放与间接排放组成,直接排放即范围一,间接排放包括范围二和范围三。为深入研究企业各环节碳减排潜力情况,可以将企业总碳排放细分为动力部分、核心工艺部分、辅助工艺部分、废弃物处理部分。本项目边界包括

蒸汽供应与有机废液焚烧部分。结合《能源消耗引起的温室气体排放计算工具指南》,确定本项目边

界内碳排放源。能量优化项目锅炉供汽站与焚烧炉处理碳排放源分析见表 3。

表 3 湖南吴华 7 万 t/a 农药生产系统能量优化项目锅炉供汽站与焚烧炉处理碳排放源分析

排放类型	范围	定义	改造前	改造后
直接排放	范围一	由核算项目边界内直接控制或拥有的排放源所产生的排放	燃煤锅炉燃煤排放、有机废液焚烧与辅助燃油排放、灰渣清运车辆燃油排放	水煤浆锅炉燃生物质水煤浆排放、灰渣清运燃油排放
	范围二	核算项目边界内自用的外购电力、蒸汽、供暖和供冷等产生的间接排放	锅炉系统外购电力	制浆系统、锅炉系统外购电力
间接排放	范围三	核算项目边界内除范围二之外的所有间接排放,包括价值链上游和下游的排放	购买原材料的生产排放、售出产品的使用排放等	购买原材料的生产排放、售出产品的使用排放等

注:项目改造前后间接排放范围三没有变化,故计算中不考虑

2.3.3 碳减排估算

根据 IPCC(2006) 矿物燃料 CO₂ 排放因子缺省值,能源行业矿物燃料 CH₄ 与 N₂O 的排放因子缺省值,制造业和建筑业矿物燃料 CH₄ 与 N₂O 的排放因子缺省值,和 IPCC 提供的部分温室气体 100 年全球升温潜势等数据来估算^[8]。

1) 范围一碳减排。采用生物质水煤浆取代原煤,燃烧效率大大提高,原煤消耗 28274.4 t,水煤浆消耗 23760 t,年节约标煤 4995 t,减排 CO₂ 为 11492.9496 t CO₂e,减排 CH₄ 为 2.76 tCO₂e,减排 N₂O 为 53.64 tCO₂e。由于燃烧产生的温室气体总量中 CH₄ 与 N₂O 所占比例较小,因此其不确定性对于排放清单的影响也较小。

采用生物质水煤浆取代原煤,燃料灰分大大减少,年减少灰渣量 4324.3 t,取柴油载货汽车的平均能耗为 7.6 L/100(t·km),废渣清运距离为 30 km,年节约车辆燃油(柴油)为 9.8594 t,减排 CO₂ 为 31.15 tCO₂e,减排 CH₄ 为 0.03 tCO₂e,减排 N₂O 为 0.07 t CO₂e。

项目通过有机废水制浆和层-悬浮燃烧水煤浆锅炉协同废弃物处理,取代有机废液焚烧炉,年减少辅助焚烧柴油 1737 t,减排 CO₂ 为 5487.18 tCO₂e,减排 CH₄ 为 5.11 tCO₂e,减排 N₂O 为 13.25 tCO₂e。

2) 范围二碳减排。一台生物质水煤浆锅炉取代两台链条炉排锅炉,年节电 237600 kWh,根据 2011 年中国区域电网企业外购电力排放因子,华中地区电网 CO₂ 当量排放因子为 7.0629 tCO₂e/10MWh,减排 CO₂ 为 167.81 tCO₂e。

将上述计算结果总计(见表 4),则项目总碳减排量为 17254.0496 tCO₂e,其中范围一减排量

17086.2396 t CO₂e,范围二碳减排量 167.81 t CO₂e。

表 4 湖南吴华 7 万 t/a 农药生产系统能量优化项目锅炉供汽站与焚烧炉处理碳减排估算结果

减排范围分类	减排类型	碳减排效果/tCO ₂ e
范围一	燃料替代能效提高	11492.9496
	燃料替代污染物减少	31.25
	有机物协同处理	5505.54
范围二	外购电力节电	167.81

生物质水煤浆制浆燃烧集成系统与有机废液协同处理碳减排效果及分析如图 5 和图 6 所示。

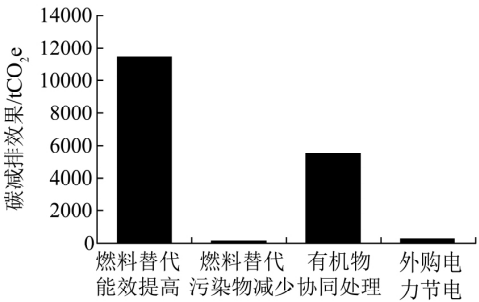


图 5 生物质水煤浆制浆燃烧集成系统与有机废液协同处理碳减排效果

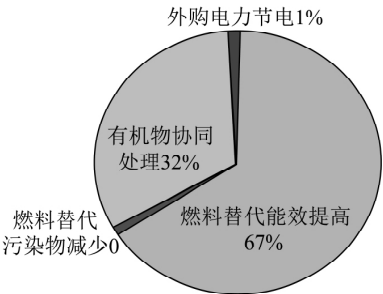


图 6 生物质水煤浆制浆燃烧集成系统与有机废液协同处理碳减排分析示意

从图 5、图 6 可以看出,范围一中的燃料替代能效提高与有机物协同处理两项碳减排占总碳减排量的 99%,外购电力节电碳减排只占 1%。

3 结 论

1) 生物质水煤浆制浆燃烧集成系统协同处理生物质废弃物,具有很好的碳减排潜力,经碳减排分析评估,取代燃煤锅炉燃烧时,燃料替代能效提高与有机物协同处理两项碳减排占总碳减排量的 99%,外购电力节电碳减排只占 1%。如果在占 67% 的燃料替代能效提高方面,进一步采用生物质固体废弃物协同燃烧替代煤浆,则能取得更好的碳减排效果。

2) 生物质水煤浆制浆燃烧集成系统协同处理生物质废弃物,是中国 CDM 机制项目重点开发的领域,尤其适用于大中型化工、食品加工、医药中药等行业高浓度有机废液与固体废弃物协同处理的企业和工业园区,建设生物质水煤浆为依托的多能源互补、可燃有机废弃物协同处理的分布式能源站,实现资源、能源、环境一体化。

3) 生物质水煤浆制浆燃烧集成系统是中国中小型工业锅炉技术改造与新建锅炉的选择之一,发挥其高效节能效果需特定的资源、环境及运行管理

技术水平相匹配,应结合中国煤炭资源的分布及利用情况,并充分考虑实施地的煤炭运输条件及环境,选择合理、经济的系统集成技术和项目运作方式。

参考文献:

- [1] 水煤浆技术的概述[EB/OL]. [2001-12-19]. <http://www.cecol.com.cn/a/20120331/1533552.html>.
- [2] 申宝宏,赵路正.高碳能源低碳化利用途径分析[J].中国能源,2010(1):10-13.
- [3] 全国人大财经委“促进煤炭清洁生产与高效利用”课题组.促进煤炭清洁生产与高效利用推动“高碳能源”实现“绿色发展”[R].北京:中国发展基金研究会,2012.
- [4] 清洁发展机制[EB/OL]. [2013-12-10]. <http://baike.so.com/doc/5987261.html>.
- [5] 盛智中研经济研究院.2013—2018 年中国清洁发展机制 CDM 市场投资策略指导研究报告[R].北京:北京亚博中研信息咨询有限公司,2013.
- [6] 贾 抒.CDM“打包者”的环保之路[EB/OL]. [2010-01-19]. http://epaper.nfdaily.cn/html/2010-01/19/content_6813158.htm.
- [7] 宋然平,杨 抒,孙 森.能源消耗引起的温室气体排放计算工具指南[R].北京:世界资源研究所,2011.
- [8] IPCC.2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R].Geneva [s. n.] 2006.

(上接第 63 页)

2.76 MPa,此方案下试验结果为:煤气有效成分含量 98.04%,冷煤气效率 85.20%,煤气产率 1.93 m³/kg。

参考文献:

- [1] 郭树才.煤化工工艺学[M].2 版.北京:化学工业出版社,1992:143-144.
- [2] 高聚忠.煤气化技术的应用与发展[J].洁净煤技术,2013,19(1):65-71.
- [3] 钱 卫,黄于益,张庆伟,等.煤制天然气(SNG)技术现状[J].洁净煤技术,2011,17(1):27-32.
- [4] 汪 洋,代正华,于广锁,等.运用 Gibbs 自由能最小化方法模拟气流床煤气化炉[J].煤炭转化,2004,27(4):27-33.
- [5] 郑煜鑫,吴学红,张文慧,等.粉煤气流床气化炉的数值模拟[J].煤炭转化,2010,33(3):34-37.
- [6] 宋志春,鲍卫仁,常丽萍,等.气流床粉煤气化性能模拟分析[J].洁净煤技术,2010,16(3):39-43.
- [7] 张宗飞,汤连英,吕庆元,等.基于 Aspen Plus 的粉煤气化模拟[J].化肥设计,2008,46(3):18.
- [8] 徐 越,吴一宁,危师让.基于 Shell 煤气化工艺的干燥粉加压气流床气化炉性能研究[J].西安交通大学学报,2003,37(11):1132-1136.
- [9] 黄雪莉,刘 娜.新疆准东煤气化过程的模拟优化[J].煤炭转化,2012,35(3):23-27.

- [10] 海 洪,汪 坤,金文英,等.Box-Behnken 响应面法优化超声波提取蚕沙中叶绿素的工艺研究[J].食品工业科技,2009,30(3):207-209.
- [11] 崔大明,张益波,付 璐,等.响应面法优化超声法提取枸杞中总黄酮工艺[J].食品研究与开发,2011,32(3):55-59.
- [12] 夏鲲鹏,陈汉平,王贤华,等.气流床煤气化技术的现状及发展[J].煤炭转化,2005,28(4):69-73.
- [13] 孙 鸿,张子峰,黄 健.煤化工工艺学[M].北京:化学工业出版社,2012:210-212.
- [14] 刘 钧.煤间接液化工艺流程的模拟与优化[D].西安:西安科技大学,2009.
- [15] 徐京磐,鲍礼堂.流化床和气流床气化技术综述(下)[J].小氮肥设计技术,2002,23(2):5-16.
- [16] 贺永德.现代煤化工技术手册[M].北京:化学工业出版社,2004:509-510.
- [17] 徐向宏,何明珠.试验设计与 Design-Expert、SPSS 应用[M].北京:科学出版社,2010:155-156.
- [18] 吴 波,陈长华,杨 琳.洛伐他汀发酵培养基配方优化及 15L 罐放大[J].中国抗生素杂志,2007,32(7):409-413,437.
- [19] Botero C,Field R P,Brasington R D,et al. Performance of an IGCC Plant with Carbon Capture and Coal-CO₂-Slurry Feed: Impact of Coal Rank,Slurry Loading, and Syngas Cooling Technology[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research,2012,51(36):11778-11790.