

综述与专论

# 淮南塌陷区煤矸石充填复垦的碳减排效益

高晓云, 陈萍

(安徽理工大学地球与环境学院, 淮南 232001)

**摘要:**煤矸石由于其堆积物的高含碳量和高自燃风险,是一类巨大的碳排放源,其温室气体排放问题不容忽视,但是很少有人研究煤矸石和碳排放的关系。本文以淮南矿区塌陷区煤矸石充填复垦为例,计算了煤矸石堆存带来的潜在碳排放量、矸石山侵占土地生态系统碳储量变化及塌陷区生态系统碳储量变化。结果表明,淮南矿区煤矸石山堆存碳密度远远超过了其覆盖的当地原本自然生态系统碳储存密度,二氧化碳排放潜在风险很高。煤矸石充填复垦,能固定煤矸石中的大量的碳,还可以增加塌陷区生态系统的碳储量,有着很好的碳减排效益。

**关键词:**煤矸石;塌陷区;充填复垦;碳减排

中图分类号:X508

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2012)06-0006-04

## CARBON EMISSION REDUCTION BENEFITS COAL GANGUE FILLING RECLAMATION IN HUAINAN COAL MINING SUBSIDENCE AREA

GAO Xiao-yun, Chen Ping

(AnHui University of Science and Technology School of Earth &  
Environmental Sciences Huainan 232001)

**Abstract:** Due to its high carbon content and high self-ignition risk, coal gangue dump is a huge source of carbon emission whose greenhouse effect should be controlled effectively. However, few reports discussed the relationship between carbon emission and coal gangue dumps. Taking ecosystem in Huainan mining area as an example, potential carbon emission from coal gangue dumps and consequential change of carbon storage were measured. Results showed that carbon density of coal gangue dumps in Huainan was 420 times higher than original local ecosystem, the potential risk of carbon dioxide emissions is very high. Coal gangue filling reclamation can fix a large number of carbon. Filling reclamation with coal gangue dumps can be of great benefit in reducing carbon emissions.

**Keywords:** Subsided land; coal gangue; Filling reclamation; Carbon emission reduction.

我国是一个产煤大国,煤炭开采的同时也对环境造成了巨大影响,煤矸石的大量堆存和大量地面塌陷。据相关文献显示<sup>[1-2]</sup>,我国共有煤矸石山

超过1500座,矸石积存量超过35亿t,占地面积约220000hm<sup>2</sup>。大量煤矸石的堆积破坏了大片土地,加上煤矸石自身的高含碳量和高自燃风险,地表煤矸石山堆积导致的陆地生态系统碳储量变化不容忽视。近年来国内外学者对温室气体的排放和吸收过程、生态系统各部分中的碳储量及其变化

收稿日期:2012-10-10

作者简介:高晓云(1986-)女,安徽合肥人,在读研究生,从事矿山生态环境治理方面研究。

机制进行了大量研究<sup>[3-6]</sup>,但是关于煤矸石山、塌陷区复垦与碳排放相互关系的研究至今还没有报道。本文将以淮南矿区矸石山的煤矸石堆积带来的碳储量变化为例,计算煤矸石山的潜在碳排放量以及造成的当地生态系统碳储量的变化。通过对矸石山碳排放风险和矸石充填复垦碳储存效益的分析,促进我国矸石山修复治理和塌陷区复垦工作的开展,减少碳的排放。

## 1 研究区概况

淮南市地处安徽省中北部、淮河中游,煤炭资源丰富。淮南市煤炭资源的远景储量达444亿t,已探明储量153.6亿t,占安徽省的63%,华东地区的32%。淮南市煤炭不仅储量丰富,而且煤质优良,属以气煤为主的多品种优质炼焦及动力用煤,被誉为华东的“工业粮仓”。

然而在煤炭工业迅速发展的同时,环境也遭

到严重破坏,煤矸石的堆积不仅占用了大量土地,而且破坏了土壤和植被,造成初始生态系统中植被和土壤所储存的碳的排放。据统计,淮南矿区因采煤而造成的地面塌陷面积10150hm<sup>2</sup>。

2011年淮南矿区煤炭产量约8000万吨,按开采万吨煤塌陷率0.11hm<sup>2</sup>(淮南矿区开采万吨煤塌陷率0.11hm<sup>2</sup>~0.27hm<sup>2</sup><sup>[7]</sup>)计算每年造成的地面塌陷面积880hm<sup>2</sup>。根据淮南煤炭开发规划分析,到2135年,采煤沉陷地将增加到58448hm<sup>2</sup>,其中:可耕地面积将减少46.75%,园林面积将减少46.29%。

另据统计,淮南矿区有矸石山34座,累计堆存岩矸约3000万t,占地面积约621hm<sup>2</sup>,占淮南固体废弃物总面积的46.7%<sup>[8]</sup>。由此可以看到综合治理塌陷区和煤矸石山是可持续发展的必经之路。

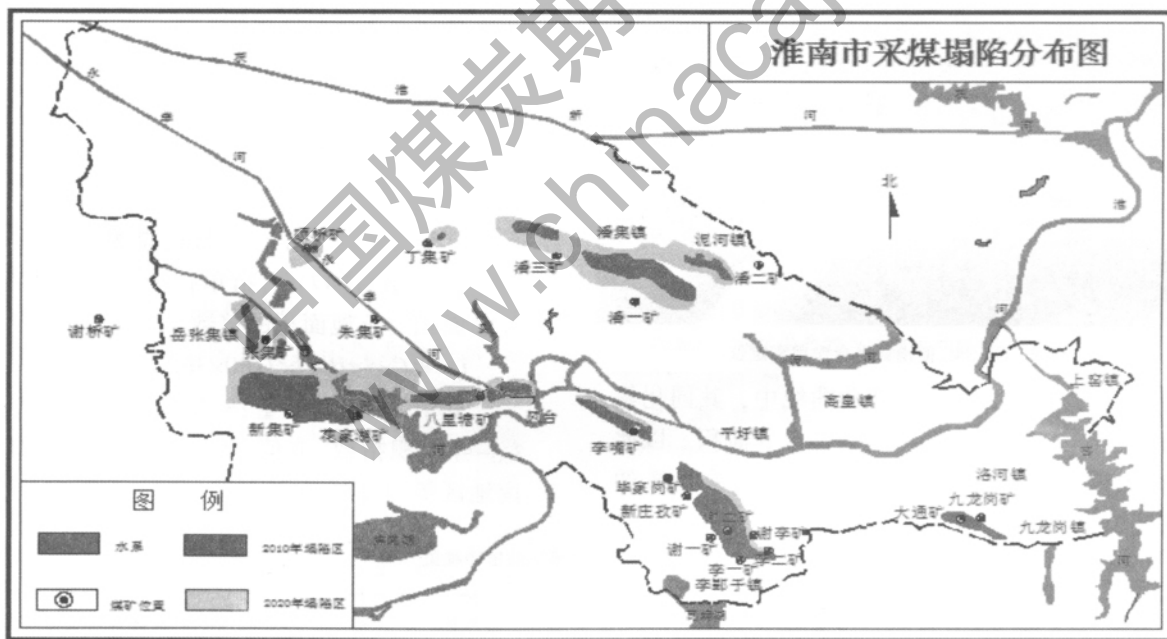


图1 淮南市采煤塌陷分布图

## 2 计算方法

### 2.1 煤矸石含碳量

通过实验测定煤矸石中碳含量,以此计算淮南矿区矸石山中总含碳量。

采用重铬酸钾容量法测定煤矸石中的碳含量<sup>[9]</sup>:在加热的条件下,煤矸石中有机碳被过量的重铬酸钾-硫酸溶液氧化,重铬酸钾中六价铬(Cr<sup>6+</sup>)被

还原为三价铬(Cr<sup>3+</sup>),其含量与样品中有机碳的含量成正比,于585nm波长处测定吸收光度,根据三价铬的含量计算煤矸石的有机碳含量。

在淮南矿区李一矿、谢一矿、新庄孜矿、潘一矿、潘三矿和顾桥矿矸石山取样15件,于安徽理工大学环境实验室进行碳含量测定,结果如下表。

表1 淮南矿区煤矸石山碳含量测定表

样品编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
含碳量(%)	11.4	9.3	11.7	14.9	12.3	21.6	13.1	17.5	13.7	11.0	9.1	12.4	12.0	31.3	11.5
平均值(%)															

2.2 植被碳密度

自然灌丛植被碳密度根据胡会峰等算的安徽省灌丛平均植被碳密度 11.01 t/hm<sup>2</sup>[10]。按复垦4年的植被生物量近似生态修复后的植被状况[11],也可以根据植被碳密度约等于植被生物量乘以0.45来计算塌陷区生态修复后的植被碳密度[12]。

2.3 植物固碳能力测定

采用光合速率的仪器为 CI-340 便携式光合作用测定仪(见图2)测定植物光合速率,然后代入式1、2、3中可计算出植物单位叶面积的固碳能力、复垦区植被年总固碳量。

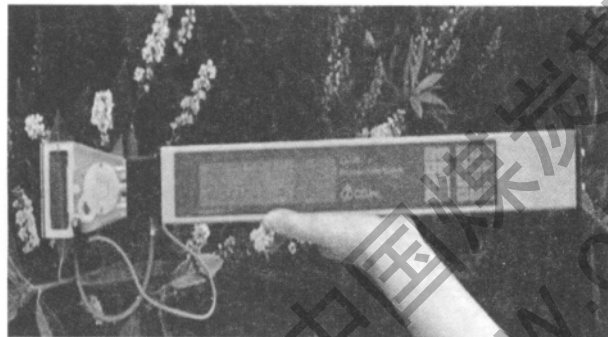


图2 CI-340 便携式光合作用测定仪

在植物的光合作用日变化曲线中,其同化量是净光合速率曲线和时间横轴围合的面积。以此为基础,设净同化量为,各种植物在测定当日的

净同化量计算公式为:

$$P = \sum_{i=1}^j [(P_{i+1} + P_i) \div 2 \times (t_{i+1} - t_i) \times 3600 \div 1000] \quad (1)$$

式中: P—测定日的净同化总量(8:00-18:00日净同化总量)(mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>); P<sub>i</sub>—初测点的瞬时光合作用速率; P<sub>i+1</sub>—下一测点的瞬时光合作用速率(μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>); t<sub>i</sub>—初测点的瞬时时间(h); t<sub>i+1</sub>—下一测点的时间(h); j—测试次数; 3 600 指每小时 3 600 秒; 1 000 指 1 毫摩尔为 1 000 微摩尔。用测定日的同化总量换算为测定日固定碳量为:

$$W_c = P \times 12 \div 1000 \quad (2)$$

式中: W<sub>c</sub> 为单位面积的叶片固定碳的质量(g·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>); 12 为化碳的摩尔质量。

经实测大通、潘一矿及新庄孜矿塌陷复垦区植被固碳能力,测定的植物如表2所示,计算得植被单位叶面积的平均固碳能力 2.52×10<sup>-5</sup>g/m<sup>2</sup>s。

计算一年内复垦区植被的总固碳量时要引入叶面积指数(ILAI)<sup>[13]</sup>,指单位土地面积上植物叶片总面积占土地面积的倍数。

$$Q = W_c \times S \times ILAI \times 2180 \times 3600 \quad (3)$$

式中: Q—总固碳量; S—复垦区面积(m<sup>2</sup>); I<sub>LAI</sub>—叶面积指数,取值 3(一般为 3~10); 2180—淮南地区年均日照时数(h)。

表2 测定光合速率的植物种类

序号	分类	大通复垦区	新庄矿复垦区	潘一矿复垦区
1	乔木类	枸树、高杆女贞、臭椿、枫杨、桃树、西班牙大叶栎、水杉、刺槐	杨树、水杉、枸树	杨树、高杆女贞、水杉、雪松、西班牙大叶栎、枸树、四川桧、大叶女贞
2	灌木类	石楠球、木芙蓉、红花檵木、紫穗槐、大叶栀子、金叶女贞、锦带花、夹竹桃	紫穗槐、大叶栀子	粉团蔷薇、锦带花
3	草本类	麦冬、狗尾草、芦苇	黄豆、红薯、玉米、艾蒿、野豇豆、	菊芋、野豇豆、鬼针草、艾蒿、钻叶紫苑、扁竹兰、苍耳、

### 3 结果与分析

#### 3.1 煤矸石的碳储量

通过计算可得出,淮南矿区煤矸石中的碳含量平均为 14.2%。目前,淮南矿区煤矸石堆存量约 3 000 万 t,这个潜在碳排放源 426 万 t。而按煤矸石年排放 700 万 t 计算,每年还将新增潜在碳排放源约 99.4 万 t, 占我国林业工程建设规划 2010 年完成时年新增固碳潜力 115.46 Mt 的 0.86% [14]。可以看出煤矸石山这种特定的土地利用场地由于煤矸石的堆积储存积存了大量的碳,如果处理不当,将成为巨大的碳源,排放大量 CO<sub>2</sub>。

#### 3.2 植被的固碳量

矸石堆积直接破坏的植被碳储量可达 6837.2 t。根据植被生物量计算的植被碳密度可知矸石山生态修复后植被碳密度可以达到 11.01 t/hm<sup>2</sup>。淮南矿区塌陷区矸石充填复垦后植被碳储量将可达 118588.7 t。通过计算可知,复垦区生态恢复后植被每年通过光合作用吸收碳量达 6 万 t,同时释放大量的 O<sub>2</sub>。

#### 3.3 塌陷区煤矸石充填复垦的效益

综合以上结果(表 3),矸石山煤矸石的堆存碳密度超过了当地原本自然生态系统碳储存密度的 420 倍。截止到 2010 年淮南矿区煤矸石山堆积造成 426 万 t 的潜在碳排放风险。如果通过矸石充填复垦方式对矸石山进行治理,防止煤矸石山自然的发生,并恢复塌陷区和矸石山占地植被,则可以固定 4378588.7 t 以上的碳。生态修复后的煤矸石山和塌陷区可以增加绿化和造林面积,增加土壤和植被的碳储量。

表 3 淮南矿区矸石充填复垦碳储量计算结果汇总

碳存储类型	煤矸石山	复垦后植被	
		矸石占地	塌陷区
面积 (hm <sup>2</sup> )	621	621	10150
碳密度 (t/hm <sup>2</sup> )	6860	11.01	11.01
碳储量 (t)	4 260 000	6837.2	111751.5
复垦的碳效益 (t)		4378588.7	

### 4 结语

煤矸石的堆积和采煤塌陷都是煤炭开采导致的严重环境问题,亟待解决。煤矸石不仅破坏了排矸场原本的土地利用方式,改变了当地的土地覆被和小气候条件,破坏了土壤和植被,造成初始生态系统中植被和土壤所储存的碳的排放,而且煤

矸石的堆存还带来了数量巨大的潜在碳排放源。煤矸石塌陷区充填复垦解决了煤矸石山巨大潜在碳排放源,同时恢复了矸石山占地和塌陷区的生态环境。今后,应加强煤矸石山的碳排放问题,与节能减排和土地利用与碳排放等方面的研究,煤矸石塌陷区充填复垦将成为我国切实可行且经济有效的碳减排途径。通过对煤矸石山和塌陷区进行整治和修复,将可以储存大量的碳,切实减少我国的碳排放量。

今后还可以研究如何筛选出适宜采煤沉陷复垦区碳减排的优势植物物种及建立碳减排的最佳植物群落组合。根据不同季节植物单位面积的固碳释氧能力大小,筛选出适宜采煤沉陷复垦区环境生长的优势植物物种,建立能产生最大碳减排生态效益的乔灌木复合景观植物组合。

#### 参考文献

- [1] 李松,万洁.煤矸石自燃机理及其防治技术研究[J].环境科学与技术,2005,28(2):82-84.
- [2] 李鹏波,胡振琪,吴军,等.煤矸石山植被恢复技术模式的研究[J].山东林业科技,2006,36(4):13-15.
- [3] 吴婕等.深圳特区城市植被的固碳释氧效应[J].中山大学学报,2010,49(4):87-92.
- [4] 赵敏,周广胜.中国森林生态系统的植物碳贮量及其影响因子分析[J].地理科学,2004,24(1):50-53.
- [5] 杨渺等.植被覆盖变化过程中土壤有机碳库动态及其影响因素研究进展[J].草原学报,2007,16(4):126-138.
- [6] 何栋材.森林固碳能力的国内外研究进展[J].生态经济报,2007,5(1-4):43-49.
- [7] 阎伍玖.淮南采煤塌陷区环境综合整治分析[J].中国煤炭,2006,33(6):26-29.
- [8] 陈永春,李守勤,周春财.淮南矿区煤矸石的物质组成特征及资源化评价[J].中国煤炭地质,2011,23(11):20-23.
- [9] 环境保护部.HJ615-2011 土壤有机碳的测定-重铬酸钾氧化-分光光度法[S].中国环境科学出版社,2011.
- [10] 胡会峰等.中国主要灌丛植被碳储量[J].植物生态学报,2006,30(4):539-544.
- [11] 廖程浩,刘雪华,张永富.煤矸石山修复的碳减排效益--以阳泉矿区为例[J].环境科学与技术,2009,33(3):195-198.
- [12] 王效科,欧阳志云,苗鸿,等.陆地生态系统碳循环:不确定性与研究展望[A].李文华,王如松主编.生态安全与生态建设-中国科协 2002 年学术年会论文集:中国科协 2002 年学术年会.2002:62-67.
- [13] 王希群等.叶面积指数的研究和运用进展[J].生态学杂志,2005,24(5):537-541.
- [14] 吴庆标,王效科,段晓男,等.中国森林生态系统植被固碳现状和潜力[J].生态学报,2008,28(2):517-524.