

Evaluation and Variation of Heavy Metals at Reclaimed Areas in Heidaigou Mining Opencast Coal Mine

Zhengjiang Zhai¹, Jinghui Liu^{2*}, Yong Zhang¹, Hanhong Yang¹, Tiewei Zhang¹, Lijun Li²

¹Shenhua Group Zhungeer Energy CO., LTD, Ordos Inner Mongolia

²Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot Inner Mongolia

Email: cauljh@163.com

Received: Sep. 26th, 2017; accepted: Oct. 9th, 2017; published: Oct. 17th, 2017

Abstract

To reveal the changes of heavy metals distribution in different reclaimed years in coal mine reclaimed areas, and evaluate the environmental pollution, in this study we chose the reclaimed areas of Heidaigou mining opencast coal mine in loess plateau region as our research object. We sampled from 0 - 40 cm soil depth in different reclaimed areas, analyzed and evaluated the changes of soil heavy metals under different years after reclamation. The results showed that: As the years increased after reclamation, the content of Pb, Cr, Cd and As reduced gradually from a whole respect, and the contents in topsoil were higher than subsoil. After reclamation of 15 years, its contents were lower than the primary standard of the soil environmental quality standards in China. However, the content of Hg followed an increasing trend. It increased in 0 - 20 cm, and the value was higher than the secondary standard of the soil environmental quality standards in China, but lower than the primary standard. But it decreased in 20 - 40 cm soil layer, its value was lower than the primary standard of the soil environmental quality standards in China. The longer of reclamation, the lower contents of heavy metals, and smaller pollution to the environment. As to the phenomenon of Hg content increasing rather than reducing, it needs further study.

Keywords

Heidaigou Mining Opencast Coal Mine, Reclaimed Areas, Heavy Metals, Safety Evaluation

黑岱沟露天煤矿复垦区土壤重金属变化及评价

翟正江¹, 刘景辉^{2*}, 张 勇¹, 杨汉宏¹, 张铁毅¹, 李立军²

¹神华准格尔能源有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯

²内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特

*通讯作者。

文章引用: 翟正江, 刘景辉, 张勇, 杨汉宏, 张铁毅, 李立军. 黑岱沟露天煤矿复垦区土壤重金属变化及评价[J]. 可持续发展, 2017, 7(4): 164-170. DOI: [10.12677/sd.2017.74021](https://doi.org/10.12677/sd.2017.74021)

Email: cauljh@163.com

收稿日期: 2017年9月26日; 录用日期: 2017年10月9日; 发布日期: 2017年10月17日

摘要

为了揭示煤矿复垦区土壤重金属含量随复垦年限的分布变化情况, 并进行土壤环境污染的评价, 本文以黄土高原区的黑岱沟露天煤矿的排土场复垦区为研究对象, 采取不同复垦年限0~40 cm土层土样, 对不同复垦年限下土壤重金属含量变化情况进行了分析和评价。结果表明: 随着复垦年限的延长, 复垦区土壤Pb、Cr、Cd和As含量整体均表现为逐年较少, 表层含量高于下层, 复垦15 a后含量均低于中国环境质量标准的一级标准。然而土壤Hg含量却整体表现为升高的变化趋势, 0~20 cm土层含量增加, 含量高于中国环境质量标准的一级标准, 但低于中国环境质量标准的二级标, 但20~40 cm土层含量减少, 含量低于中国环境质量标准的一级标准。矿区复垦时间越长, 重金属含量越低, 对环境污染越小, 而对于Hg含量不降反升的原因建议进一步的深入探究。

关键词

黑岱沟露天煤矿, 复垦区, 重金属, 安全评价

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国煤炭资源丰富, 煤炭的大量开采为我国的经济发展做出了巨大的贡献, 但是同时给环境带来的负面影响也不容忽视[1]。在露天煤矿生产中, 一般会将剥离的山体废弃物和井巷挖掘过程的排弃物集中排放在一处, 形成排土场[2]。在此过程中重金属被从地下部转移至地表, 改变了它们迁移的地球化学条件, 在地表的重新分布。从而造成了局部的重金属污染[3]。重金属污染不仅可导致土壤生产能力的下降, 对生态环境造成破坏, 而且最后经食物链积累到人体内, 危害人的身体健康[4]。近些年来, 煤矿加强了对排土场生态环境的治理, 主要通过植被复垦对排土场进行了改造, 减少对环境的污染, 从而达到改善和恢复排土场的生态环境的目的[5]。

近年来, 复垦区土壤重金属污染问题受到了许多学者的关注, 但是多集中于对金属矿区重金属污染问题的研究上[6], 而对非金属矿区中的露天煤矿复垦区的重金属研究较少。本文从不同复垦年限和不同土壤层次对黑岱沟露天煤矿4个复垦区的5种重金属含量进行了检测, 并对其进行了环境评价, 揭示不同重金属随复垦年限的变化情况, 为进一步减少和改善煤矿复垦区重金属污染提供科学依据。

2. 材料与方

2.1. 研究区概况

试验区域位于内蒙古准格尔旗黑岱沟露天煤矿(39°78'N, 111°27'), 该矿区地处晋、陕、蒙接壤的黄土高原地区, 位于内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗。属中温带半干旱大陆性气候, 年均气温7.2°C, 年

均降雨量为 404.1 mm, 降水多集中在 7~9 月, 年平均蒸发量为 1907.3 mm。矿区内以黄绵土为主, 土壤肥力低下。

黑岱沟露天煤矿于 1990 年开始建设, 本文主要对该矿区内的捣蒜沟、东排土场和北排土场的复垦区的土壤进行了采样研究。捣蒜沟复垦地植被以油松、沙柳、杨柳、沙棘等为主, 东排土场为欧李、油松、丁香等, 北排土场为苜蓿、山杏、沙棘等。

2.2. 样品采集与处理

2006 年 7 月, 对黑岱沟三个排土场捣蒜沟(39°79'N, 111°24')、东排土场(39°79'N, 111°30')和北排土场(39°80'N, 111°28')复垦区的土壤进行取样分析。采样采用“S”型设置 15 个样点, 分表层 0~20 cm 和下层 20~40 cm 两层取样, 共取 90 个样。采样后, 用塑封袋装好, 封口带回实验室, 自然条件下风干后, 去除杂物, 研磨、过筛、混匀后装袋待测。

2.3. 测定方法

用盐酸、硝酸、氢氟酸、高氯酸全分解的方法进行消解, 0.2% 硝酸定容至 50 mL 容量瓶。Pb 和 Cd 元素的含量采样石墨炉法测定, Hg 和 As 利用原子荧光法测定, Cr 火焰原子吸收分光光度法。

2.4. 数据分析

试验数据采用 SAS 9.0 进行方差分析, 利用 Microsoft Excel 2013 进行数据整理并制图。

3. 结果与分析

3.1. 不同复垦年限下土壤 Pb 含量变化

如图 1 所示, 随着复垦年限的增加, 0~40 cm 土层土壤 Pb 含量呈现逐年降低的变化趋势和“上高下低”的土层分布状况, 但含量均显著高于 1992 年所测定的背景值。复垦 2 a 到 15 a 间, 0~20 cm 和 20~40 cm 土层 Pb 含量分别降低了 3.26 mg/kg 和 4.88 mg/kg 和, 降幅为 20.29% 和 37.17%。复垦 15 a 时, 土壤 Pb 含量虽然仍高于自然背景值, 但是对比土壤环境质量标准值, Pb 含量没超过中国环境质量标准的一级标准值(35 mg/kg), 符合要求。

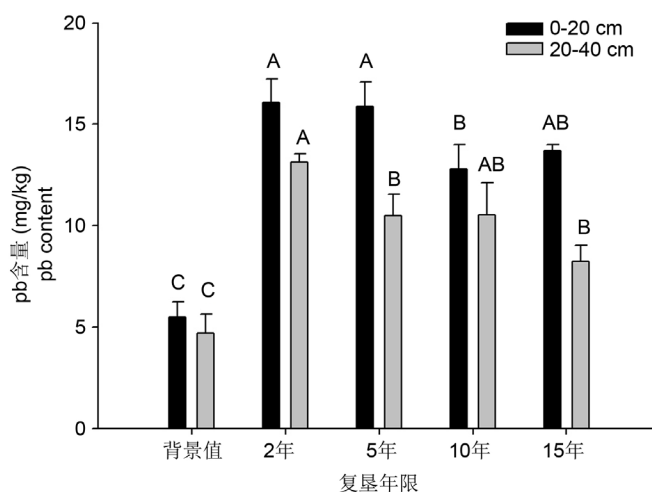


Figure 1. Changes of Pb content in 0 - 40 cm soil layer under different reclamation years

图 1. 不同复垦年限下 0~40 cm 土层土壤 Pb 含量变化

3.2. 不同复垦年限下土壤 Cr 含量变化

在复垦初期, 土壤 Cr 含量较高, 随着复垦年限的增加, Cr 含量在逐年降低, 但仍显著高于 1992 年所测的背景值(如图 2 所示)。从复垦 2 a 到 10 a 间, 显著降低了 0~20 和 20~40 cm 土层 Cr 含量, 降幅最大, 为 39.42% 和 36.86%。10 a 到 15 a 间, 0~20 cm 土层 Cr 含量变化差异不显著, 基本趋于一个平稳的状态, 维持在 19.7 mg/kg 左右, 而 20~40 cm 土层 Cr 含量显著降低, 已接近 1992 年测定的背景值。复垦 15 a 时, 土壤 Cr 含量没超过中国环境质量标准的一级标准(90 mg/kg)。

3.3. 不同复垦年限下土壤 Cd 含量变化

复垦初期, 土壤 0~40 cm 土层 Cd 含量均高于 1992 年的测定值, 0~20 cm 土层 Cd 含量呈现先增加后降低的变化趋势, 而 20~40 cm 土层中 Cd 含量则呈现逐渐降低的变化趋势, 表层含量高于下层(如图 3 所示)。复垦到 5 a 时, 表层 Cd 含量超过了中国环境质量标准的一级标准值, 但没超过中国环境质量标准的一级标准值。复垦到 15 a 时, 土壤中 Cd 含量仍高于 1992 年测定的背景值, 但含量仍处在中国环境质量

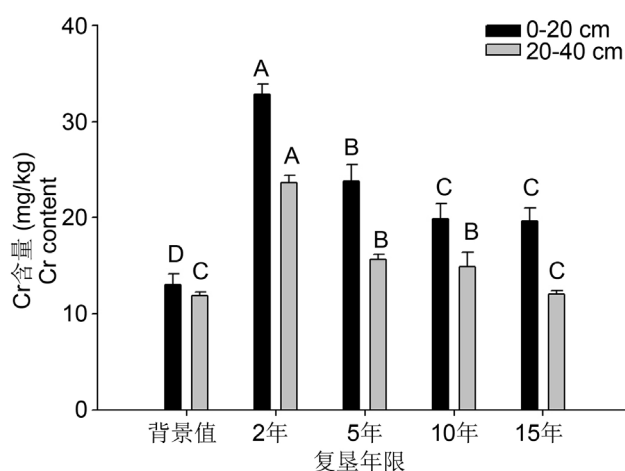


Figure 2. Changes of Cr content in 0 - 40 cm soil layer under different reclamation years

图 2. 不同复垦年限下 0~40 cm 土层土壤 Pb 含量变化

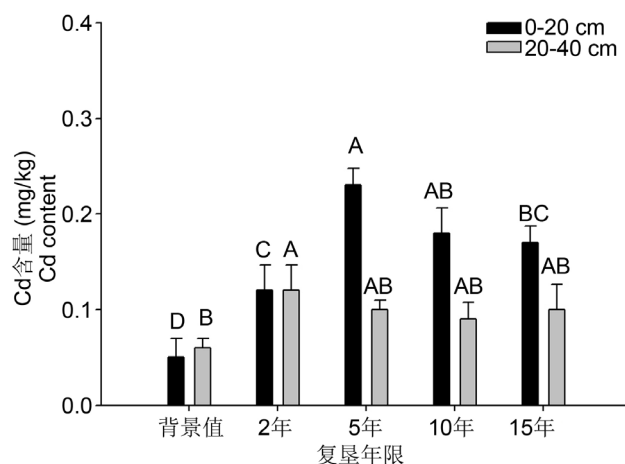


Figure 3. Changes of Cd content in 0 - 40 cm soil layer under different reclamation years

图 3. 不同复垦年限下 0~40 cm 土层土壤 Cd 含量变化

标准的一级标准值(0.2 mg/kg)范围之内。

3.4. 不同复垦年限下土壤 Hg 含量变化

如图 4 所示, 排土场形成后, 土壤 Hg 含量大幅增加, 复垦 2 a 时, 0~20 cm 和 20~40 cm 土层 Hg 含量分别是 1992 年测定值的 15.4 倍和 36 倍, 超过了中国环境质量标准的一级标准值, 但仍在中国环境质量标准的一级标准(0.15 mg/kg)范围内。复垦 2 a 到 10 a 间, 各土层 Hg 含量呈现下降的变化趋势, 但在复垦 15 a 时, 表层 Hg 含量呈现增加趋势, 下层土壤 Hg 含量则呈现降低趋势, 0~20 cm 土层 Hg 含量较复垦 2 a 同土层增加了 37.8%, 20~40 cm 土层则同比降低了 20.1%。

3.5. 不同复垦年限下土壤 As 含量变化

如图 5 所示, 随着复垦年限的增加, 土壤中各土层 As 含量在逐年减小, 表层含量高于下层, As 含

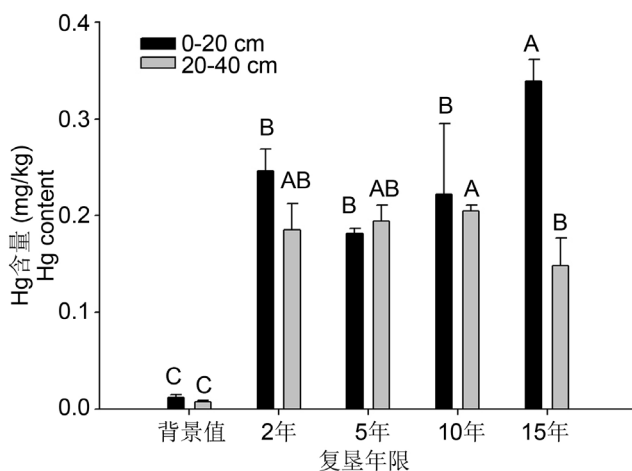


Figure 4. Changes of Hg content in 0 - 40 cm soil layer under different reclamation years

图 4. 不同复垦年限下 0~40 cm 土层土壤 Hg 含量变化

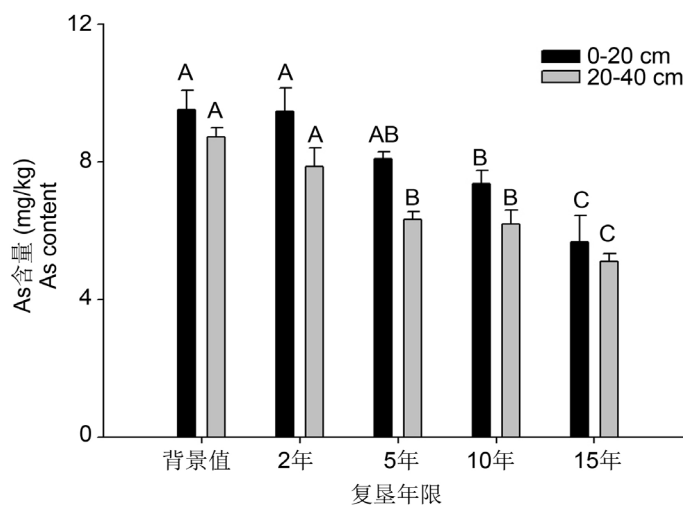


Figure 5. Changes of As content in 0 - 40 cm soil layer under different reclamation years

图 5. 不同复垦年限下 0~40 cm 土层土壤 As 含量变化

量均远小于中国环境质量标准的一级标准值(15 mg/kg),与复垦 2 a 相比,复垦 15 a 时显著降低了 0~20 cm 和 20~40 cm 土层土壤 As 含量,降低了 3.97 mg/kg 和 2.74 mg/kg,降幅为 59.9%和 65.1%。

4. 讨论

“一级”为保护区域自然生态,维持自然背景下的土壤环境质量的限制值,主要适用于国家规定的自然保护区(原有背景重金属含量高的除外)、集中式生活饮用水源地、茶园、牧场和其他保护地区的土壤,土壤质量基本上保持自然背景水平。“二级”为保障农业生产,维持人体健康的土壤限制值,主要适用于一般农田、蔬菜地、茶园、果园、牧场等土壤,土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。“三级”为保障农林业生产和植物正常生长的土壤临界值,主要适用于林地土壤及污染物容量较大的高背景值土壤和矿产附近等地的农田土壤(蔬菜地除外),土壤质量基本上对植物和环境不造成危害和污染。在露天煤矿开采过程中形成排土场后,其重金属含量均较原土壤重金属含量(除 As 外)有了不同程度的提高。基本表现为表层高于下层,但随着复垦年限的增加,重金属含量基本呈现下降的变化趋势(除 Hg 外)。排土场的重金属来源主要分为三部分:1) 原来土壤中含有的重金属含量。2) 经过了对山体的挖掘、搅动和重新堆放,使得原矿体中重金属的分布发生了变化,重金属从地下转移到了地表;矿物废料和残渣的集中堆积,经风化作用(包括物理、化学和生物风化)等过程进入土体,最后造成了重金属的污染扩散。3) 随着煤矿开采规模的扩大,运输量增加,汽车尾气的排在逐渐增加。同时运输过程中也带起了大量的粉尘,重金属基本是以气溶胶的形态进入大气,然后经过自然沉降和降水进入土壤。

复垦初期(2 a)时,As 含量略低于 1992 年的测定值,其他重金属含量均呈现增加的趋势,可能原因主要是:由于大量的矿山剥离物和废料矿渣堆积,增加了土壤中重金属的含量;而且在复垦初期植被稀疏,根系不发达,再加上重金属在土体中的形态大部分还处于难溶态,植物吸收率较低,从而整体上表现为含量升高。而 As 含量的降低可能是因为 As 容易被植物吸收,再加上该地区土壤呈弱碱性[7],As 元素在土壤中的存在形态发生了变化,逐渐向氧化态 As^{5+} 转变成为有效态而易被农作物吸收利用,提高了 As 的移动性[8],所以地上植被吸收了大量的 As,从而表现为 As 含量逐渐减少。

复垦 5 a~15 a 时,随着复垦时间的推进,土壤重金属含量整体基本表现为逐渐降低的趋势,但 Hg 含量呈现不降反升的变化趋势,而且是下层重金属含量在减小,表层含量在增加。可能是由于排土场上生长着不同的植被类型,随着时间的推移,植物的地上覆盖度增加,生物量也随之增加,吸收能力也在增加,再加上根系越来越发达[9],不同植被根系分泌不同量的 H^+ 、 HCO_3^- 及不同种类的有机物质,从而为微生物根际微生物提供了有机碳源,从而改变了重金属在土壤中的形态,促使其逐渐向可溶态转变,最后形成了可溶的有机金属复合物,最后随着水分的迁移逐渐向上层转移,或是被螯合沉淀[10];对于表层含量高于下层,则可能是由于随着矿区发展规模的壮大,大量的粉尘被带到了排土场表层,而随大气沉降的重金属一般都落在了土壤表层,所以造成了土壤表层重金属含量偏高。对于 Hg 含量的变化,排土场 Hg 含量较 1992 年原土壤变化最大,增加了十几倍,下层土壤 Hg 含量逐渐向表层转移,可能是沙棘和油松混交林对 Hg 的吸收速率不高造成的 Hg 含量的大量积累。Hg 含量从复垦 2 a 到复垦 10 a 呈现下降的趋势,但到复垦 15 a 时不降反增,也可能是因为前期植物根内积累了一定量 Hg,产生了一定的毒害作用,阻碍了对 Hg 的吸收。随着土壤中重金属含量的增加,植物的吸收技能、某些器官对重金属的富集机制受到一定程度的阻碍。再加上大气沉降的不断积累,最后导致了表层的聚集,具体原因还需进一步的跟踪试验探究。

5. 结论

随着复垦年限的增加 5 种重金属含量整体基本表现为逐渐降低(除 Hg 外),表层含量高,下层含量低。

在复垦 15 a 时, 0~40 cm 各土层 Pb、Cr、Cd 和 As 含量均在中国环境质量标准的一级标准值范围之内, 而 0~20 cm 土层 Hg 含量超过了中国环境质量标准的一级标准值, 但在中国环境质量标准的一级标准范围之内, 20~40 cm 土层 Hg 含量则在中国环境质量标准的一级标准范围之内, Hg 含量的增加原因还需进一步的探究。

本研究在 2006 年取样, 试验样本较早, 但本研究主要针对复垦年限对重金属含量的影响规律, 对矿区复垦方式的选择具有普遍的指导价值。今后对复垦区重金属的研究还应增加复垦区内植被对重金属含量吸收的测定, 及植物对不同重金属吸收的生理机制研究, 为合理解释重金属含量变化趋势提供理论支持, 也可针对矿区某一重金属含量偏高的现状合理搭配种植复垦作物提供科学依据, 以减轻重金属的污染, 使矿区排土场土壤重金属含量控制在安全范围之内。

基金项目

神华集团科技创新项目(SH-ZY-05-04)。

参考文献 (References)

- [1] 张力, 格日乐, 孙保平, 等. 黑岱沟露天矿水土流失防治对策[J]. 中国水土保持, 2006(1): 45-49.
- [2] 潘建平, 黄润秋, 许强. 攀枝花露天矿排土场边坡稳定性的三维数值模拟研究[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(3): 329-333.
- [3] 马从安, 王启瑞, 才庆祥. 大型露天煤矿重金属污染评价[J]. 矿业安全与环保, 2007, 34(2): 36-40.
- [4] 邢艳帅, 乔冬梅, 朱桂芬, 等. 土壤重金属污染及植物修复技术研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(17): 208-214.
- [5] 王金满, 杨睿璇, 白中科. 草原区露天煤矿排土场复垦土壤质量演替规律与模型[J]. 农业工程学报, 2012, 28(14): 229-235.
- [6] 周建民, 党志, 司徒粤, 等. 大宝山矿区周围土壤重金属污染分布特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(6): 1172-1176.
- [7] 李鹏飞. 植被恢复对黑岱沟煤矿排土场土壤性质和质量的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [8] 李文博, 廖超, 石建凡. 浅谈影响重金属元素在土壤中迁移转化的因素[J]. 地质论评, 2015, 61(增刊): 20-21.
- [9] 孙建, 刘苗, 李立军, 等. 不同植被类型矿区复垦土壤水分变化特征[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 201-207.
- [10] Ouyang, Y. (2002) Phytoremediation: Modeling Plant Uptake and Contaminant Transport in the Soil-Plant-Atmosphere Continuum. *Journal of Hydrology*, **266**, 66-82. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00116-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00116-6)

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sd@hanspub.org