

徐州矿区充填复垦土壤特性实验研究*

董霁红¹, 卞正富¹, 雷少刚¹, BEXTEN Jutta²

(1. 中国矿业大学 环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008; 2. TFH Georg Agricola-University of Applied Sciences, Herner Strasse 45, 44787, Bochum, Germany)

摘 要:为了研究矿区复垦土壤的特性、环境质量状况,探寻矿区特殊生态环境中污染物料的时间路径、人工土壤的质量品质,为煤矿塌陷区的充填复垦、环境治理提供依据,采用对复垦场地进行实验研究和数据分析的方法,对不同物料充填复垦场地的土壤特性进行比较分析。结果发现:(1)土壤环境:从渗透性来说,矸石复垦场地的保水性高于粉煤灰复垦场地,土层的保水性高于充填物料层的保水性;从土壤紧实度来说,粉煤灰充填复垦场地充填物料层的紧实度低于土层的紧实度,但都在适宜作物生长的范围内;对照地的土壤紧实度偏高;粉煤灰充填场地的土壤偏碱性;(2)土壤品质:粉煤灰充填土壤能够正常种植小麦、稻、草本的植物、蔬菜等;粉煤灰充填场地的土层虽然是沙土,但比较容易板结,不利于水分的渗透,而底层的粉煤灰保水性比较差;煤矸石充填复垦场地表层覆土厚度不均匀,且煤矸石保水保肥性比较差;(3)充填土壤的适种性和产量分析:粉煤灰回填的土壤适合草本蔬菜类植物的种植,单产与正常产量相当;对于种植稻的田块,保持正常的单产水平;种植小麦的产量受到影响。

关键词:复垦场地;渗透特性;实验研究;徐州矿区

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2008)01-0234-04

Experimental Study on the Soil Infiltration Characteristics of Reclaimed Site in Xuzhou Mining Area

DONG Ji-hong¹, BIAN Zheng-fu¹, LEI Shao-gang¹, BEXTEN Jutta²

(1. College of Environment and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China; 2. TFH Georg Agricola-University of Applied Sciences, Herner Strasse 45, 44787, Bochum, Germany)

Abstract: In order to study the soil characteristic, environmental qualities, the time path of contamination in special environment, quality and character of man-made soil in refilled mining areas, so can give some suggestions about the reclamation and environment neaten in coal mining areas, the experiment study and values analysis of different refilled fields are taken in this paper. The results are: (1) For the permeability, the field that refilled with gangue is better than the field that refilled with fly ashes; (2) For the soil compaction, the field that refilled with fly ashes is better than the field that refilled with gangue, but all suit for planting; In the third field the soil compaction is a little higher than normal; (3) Because of the waste materials at the bottom of the soil, it is maybe not very good at keeping water and nutrient, so affect the yield of the field.

Key words: reclamation field; permeability; experiment study; mining area of Xuzhou city

矿山充填复垦场地固体废弃物的迁移及污染物的转化问题是近几年诸多学者关注的一个矿区焦点课题。对于不同物料充填的人工土壤的利用和维持研究,是急需解决的理论和实践科研问题。

由于煤矿的开采、塌陷地的充填复垦等一系列的人为活动,重金属、矿物质、有机质等有害或无害的物质从地下相对封闭稳定的环境进入地表开放的环境,进入生物圈中进行迁移、转化,其在土壤中的时间路径是重要的一环^[1]。该文以徐州市九里煤矿区充填场地为研究对象,研究矿区复垦土壤的特性、环境质量状况,探寻矿区特殊生态环境中污染物料的时间路径、人工土壤的质量品质,为煤矿塌陷区的充填复垦、环境治理提供依据。

1 实 验

1.1 研究区概况

研究区域位于徐州市西北 20 km 的铜山县柳新乡境内,该区北靠微山湖,东邻京杭大运河,307 公路从东部穿过,并有矿区专用铁路线连接京沪、陇海两大干线,地理位置如图 1 所示。

柳新乡境内有 2 座较大的煤矿,即柳新煤矿、垞城煤矿。塌陷地由柳新、垞城两矿采煤所致,回填场地包括煤矸石回填场地和粉煤灰回填场地。(1)煤矸石回填试验场地为 1998 年矸石回填复垦,复垦方法为将块粒大小不等的煤矸石直接充填到塌陷区,然后覆土 40 - 45 cm 种植,所覆土为矿区内黏土。(2)粉煤灰试验点为 1999 年粉煤灰回填复垦,

* 收稿日期:2006-10-25

基金项目:国家自然科学基金项目(50574095);中国矿业大学科技基金项目(2005B019, D200405)

作者简介:董霁红(1967-),女,山西芮城人,副教授,博士,主要从事矿山生态与土地污染研究。

复垦方法为将电厂粉煤灰直接充填到塌陷区,然后覆土 40 ~ 50 cm 种植,所覆土为沙土。(3)另外找到一块土层深度大于 1 m 的土地作为试验对照土壤,该区域土壤为矿区黏土。如图 1 深、浅所示。



图 1 研究区地理位置

1.2 样点选取

实验区位于徐州市铜山县柳新镇国家复垦示范区,种植制度为小麦 - 水稻轮作,在试验区内选择 3 个样区,分别是煤矸石、粉煤灰充填复垦的土地和没有塌陷的正常农田,如图 1 所示。在 3 个样区内按照蛇形分别选取 5 个样点,每一样点采取表土、20 cm、40 cm、界面土、60 cm 充填物。

选择的粉煤灰、煤矸石充填复垦场地的比较:(1)复垦上覆土层厚度基本一致;(2)耕作制度相同;(3)灌溉模式相同;(4)受地下水影响基本相同。

对照正常农田选在未塌陷区,与煤矸石、粉煤灰充填复垦场地比较:(1)与复垦场地耕作制度相同;(2)与复垦地种植的作物相同;(3)受地下水影响基本相同。

1.3 测定项目和方法

试验于 2006 年 3 月完成,分别在煤矸石充填场地、粉煤灰充填场地、对照场地,进行土壤渗透性、土壤含水率、土壤紧实度等的现场连续实测。采用 2800 K1 型渗透仪,产自美国;土壤三参数速测仪(HH2/WET),英国生产;紧实度仪,产自美国。

2 结果分析

2.1 充填土壤的含水率

从图 2 可以看出,粉煤灰场地的充填土壤与其他 2 种样地的体积比含水率总体值较高,为 50 % ~ 75 %,原因可能是由于该样地数米远处有一鱼塘,使得此处潜水位偏高所造成的。煤矸石场地充填土壤与比照地的体积比含水率值相差不多,都位于 38 % ~ 40 %。

按照表土、心土、底土的顺序,20 cm 处的平均含水率是 52 %,40 cm 处的含水率是 60 %,界面形成层 50 - 55 cm 含水率高达 70 %,充填层的含水率也保持在 70 % 左右。可以看出粉煤灰场地的充填土壤体积比含水率随着离地表深度的增加而增大,并在界面处取得最大值,当位于界面以下时其值无明显变化。这说明由于粉煤灰层的大量含水,使得充填土壤随深度增加其体积比含水率随之增加,当位于界面以下时则趋于饱和。煤矸石场地充填土壤体积比含水率随深度的增加而变小,而对照地的土壤体积比含水率则是先增大后减小。三者总体上呈现出不同的变化规律。

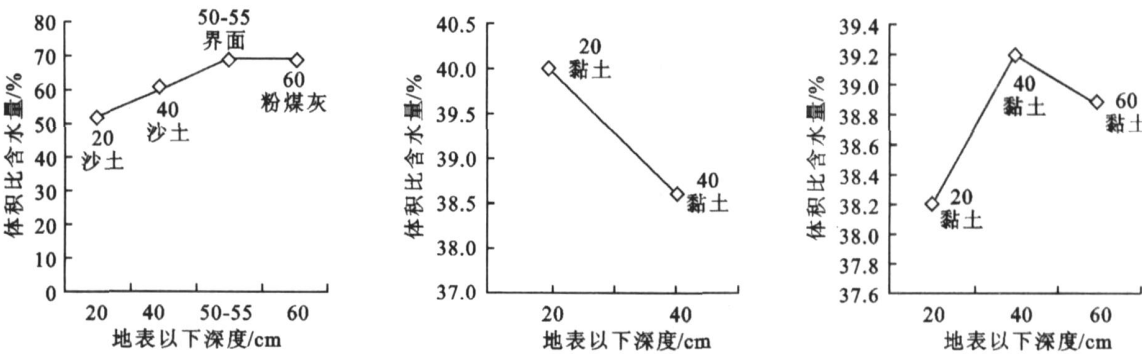


图 2 粉煤灰填充地(左)、煤矸石填充地(中)、对照地(右)体积比含水率

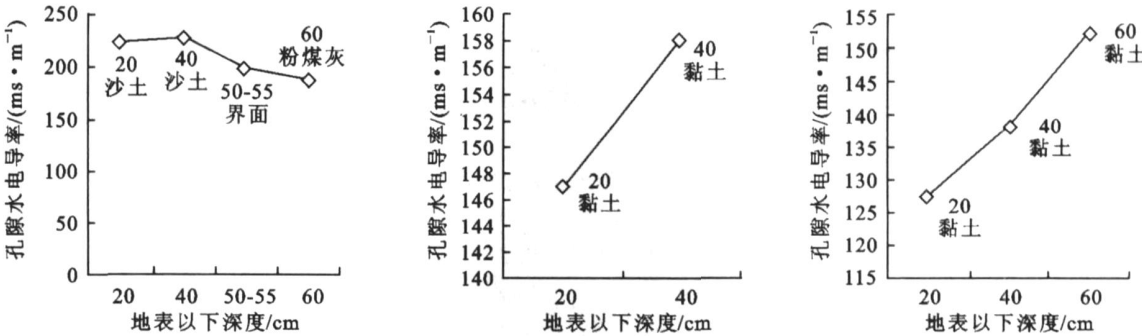


图 3 粉煤灰填充地(左)、煤矸石填充地(中)、对照地(右)孔隙水电导率

2.2 充填土壤的孔隙水电导率分析

图 3 反映了 3 种样地的孔隙水电导率的情况。粉煤灰填充地比另外 2 种样地的孔隙水电导率总体值偏高,为 187

~ 230 ms/ m,可能与含水率和土壤溶液中的离子浓度有关。其数值出现随地表深度增大而减小。另外 2 种样地的孔隙水电导率变化范围相近,为 130 ~ 160 ms/ m,且出现了随地

表深度增大而增大的变化趋势。

2.3 充填土壤的土壤温度分析

由于温度测定的时间差异,很难通过温度的绝对取值大小说明问题。但从图 3 也可以看出部分规律:3 种样地的温度最大最小值差异不大,都在 0.3 左右;粉煤灰填充地与

比照地随地表深度的增加具有相似的变化规律;另外,从图 2 与图 4 的对比中可以看出,由于水的热容量大的原因,土壤体积比含水率与土壤温度具有一定的相关性,也就是说土壤体积比含水率对土壤温度具有一定的影响作用。

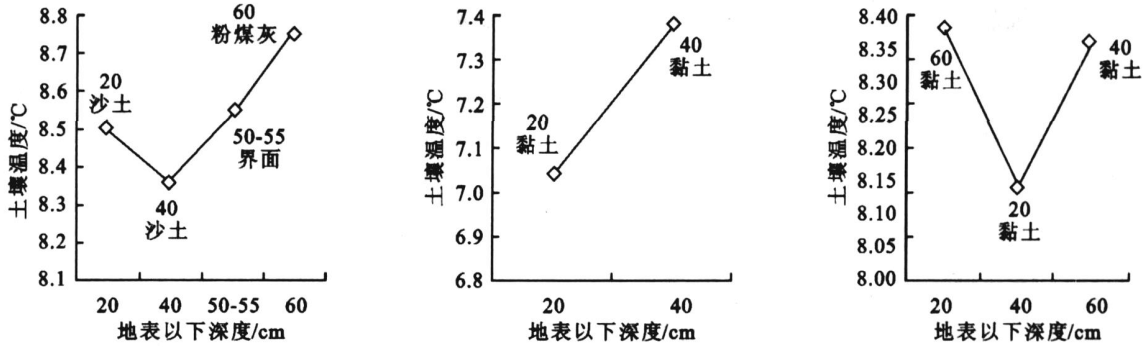
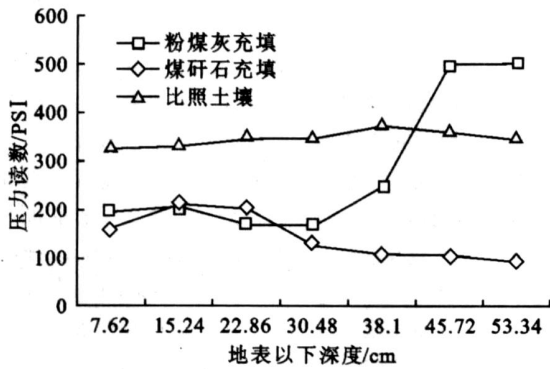


图 4 粉煤灰填充地(左)、煤矸石填充地(中)、对照地(右)土壤温度



测定日期 2006-03-15 至 2006-03-17

图 5 不同场地土壤紧实度的比较

2.4 充填土壤的紧实度

图 5 反映了 3 种场地的土壤紧实度,由于自然条件下正常地的土体结构相对均匀,因此其土壤紧实度随深度变化不通过对不同场地的渗透特性比较可以发现,在 20 - 35

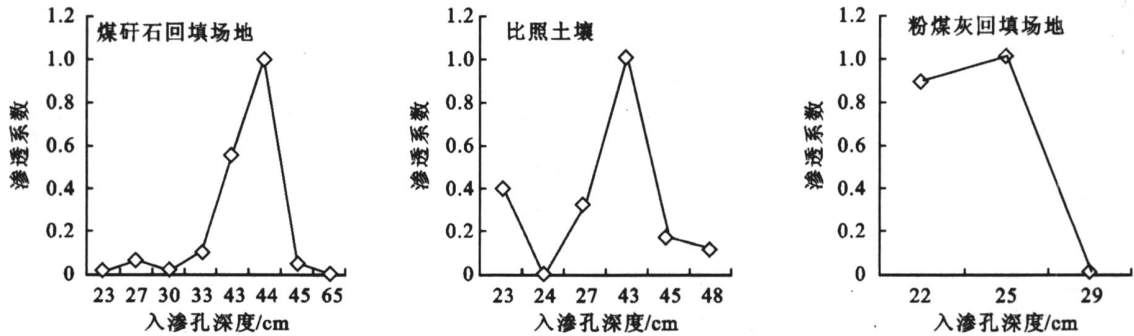
会产生明显的变化,而且由于自然因素的长期作用,使得其紧实度值相对于粉煤灰和煤矸石填充地的土壤紧实度偏高。在用粉煤灰和煤矸石充填的地方,离地表较浅处的土壤紧实度值较高,随着深度增加,其紧实度开始减小。可能是由于复垦时充填土受到人为的压实作用,而这种压实作用对浅层土壤的紧实度影响往往比深层土壤大。对于煤矸石从 38.1 cm 开始变大,这主要是由于充填界面处部分煤矸石引起的。

2.5 充填土壤的渗透性

根据现场的类比试验,一般的物料充填土壤的保水率都较正常土壤的保水率强,水分不容易下潜。粉煤灰充填的土壤与耕层界面很清晰,没有充分的互浸现象,在潜水位高的区域,很容易形成饱和水土壤,影响作物的正常产量。

根据现场测试,进行类比分析,50 cm 界面的渗透系数为 0.286,20 - 35 cm 耕层渗透系数为 0.059,入渗情况有明显差别。对耕层土壤的理化性质产生影响。

复垦场地的保水性高于表层覆土为沙土的粉煤灰复垦场地,



测定日期 2006-3-04 至 2006-3-17

图 6 不同场地不同深度的渗透特性

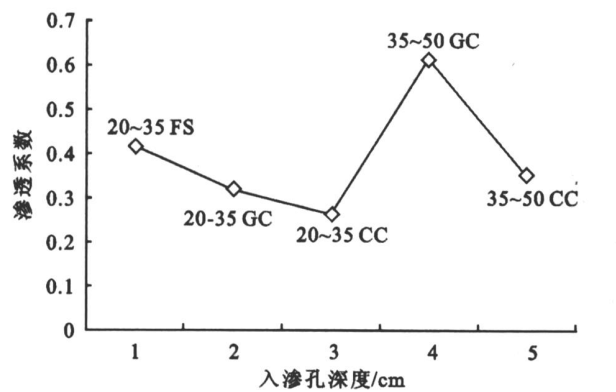
cm 的深度范围内,渗透系数依次是粉煤灰充填场地高于煤矸石充填场地高于比照场地,这主要是因为不同的表层土壤造成的;在 35 - 50 cm 的深度范围内,煤矸石充填场地的渗透系数明显高于其他深度和对照场地,可见煤矸石的保水性比较差。

3 结 论

(1) 土壤环境。从渗透性来说,表层覆土为黏土的矸石

土层的保水性高于充填物料的保水性;从土壤紧实度来说,粉煤灰充填复垦场地充填物料的紧实度低于土层的紧实度,但都在适宜作物生长的范围内;煤矸石充填复垦场地土层的紧实度在适宜种植的范围,煤矸石处的紧实度超过了作物生长的界限;比照地的土壤紧实度偏高;粉煤灰充填土壤的 pH 值 9 ~ 9.8,偏碱性,含水率高于正常土壤 10 % ~ 20 %,渗透性低于正常土壤 10 % ~ 20 %,土壤紧实度 (soil compac-

tion)在 200 ~ 300 PSI,总体来说,充填土壤的物理性质与化学性质的指标值都在正常土壤的标准范围之内,相差不明显。



FS:粉煤灰充填场地沙土;GC:煤矸石充填场地黏土;CC:比照场地黏土说明:使用归一(或化“1”)法对参数 进行修正:将所求得 的值以最大值为 1,最小值为 0,以中间数值占最大值和最小值之差的 比例为修正后的 值

图 7 不同场地土壤入渗参数的比较

(2)土壤品质。粉煤灰充填土壤的耕层厚度一般在40 - 50 cm,界面层在 50 - 55 cm,通过目前的初步试验结论和分析,充填土壤能够正常种植小麦、稻、草本植物、蔬菜等,而且作物的性质没有明显差别。然而,粉煤灰充填场地的土层虽然是沙土,但比较容易板结,不利于水分的渗透,而底层的粉煤灰保水性比较差,煤矸石充填复垦场地覆土厚度不均匀,且煤矸石保水保肥性比较差。

(3)充填土壤的适种性和产量分析。粉煤灰回填的土壤含水率较高,水分入渗缓慢,因此作物的适种性选择相对来说显得比较重要,首先,这类土壤适合草本蔬菜类植物的种植,根深较短,根系扩散,成熟期短,复种性强。其次,含水率饱和的田块,适种稻。含水率不饱和的田块,小麦的生长具

有优势。大部分的田块都是根据实际的土壤环境,选择适种的林木与作物。

对于种植草本蔬菜的田块,单产与正常产量相当,因为作物的根系距界面层有 10 - 20 cm 的距离,回填物料的性质不会造成一个向上的强烈影响;对于种植小麦的田块,正常土壤的单产是 400 ~ 500 kg,粉煤灰充填场地则是 300 ~ 400 kg,主要因为回填场地的含水率较高,在作物的生长期,水分处于饱和状态,影响作物的正常发育;但是对于种植稻的田块,单产一般在 500 ~ 600 kg,保持正常的单产水平。但是,作物果实的品质有待进一步检测分析。

参考文献:

[1] 李永华,王五一,杨林生,等.湘西多金属矿区汞铅污染土壤的环境质量[J].环境科学,2005,26(5):187-191.

[2] 魏夏盛,陈静生.中国土壤环境背景值研究[J].环境科学,1991,12(4):12-19.

[3] 王青海,王兰生,李晓红.低中放废弃物处置场的岩体渗透特性分析[J].重庆大学学报,2003,26(12):133-137.

[4] 李永乐,刘翠然,刘海宁,等.非饱和土的渗透特性试验研究[J].岩石力学与工程学报,2004,23(22):3861-3865.

[5] 王平义,赵川.三峡库区土壤渗透特性实验研究[J].重庆交通学院学报,2004,23(6):86-89.

[6] 卞正富.矿区土地复垦界面要素和演替规律及其调控研究[M].北京:高等教育出版社,2001.

[7] 陈玉成.污染环境生物修复工程[M].北京:化学工业出版社,2003.

[8] 贺明荣,王振林.土壤紧实度变化对小麦籽粒产量和品质的影响[J].西北植物学报,2004,24(4):649-654.

(上接第 233 页)

4 结 论

(1)根据弃渣的物理性质,结合弃渣场地形、地貌、地质等实际情况和所处区域的自然环境特征,确定防洪标准,提出防治弃渣流失的系统措施,确保渣体稳定,将弃渣对下游沟道和环境的威胁降到最低。

(2)结合渣面平整、渣面植树造林、边坡防护、排水系统等技术措施,有效避免新的弃渣流失,从而为弃渣场及周边生态环境的恢复奠定基础。

(3)渣场整治工程要取得预期的目标,除了设计合理、设施得当之外,建设单位还应加强项目实施的组织管理工作,精心组织,周密计划,使弃渣场治理工程达到预期的整治目标,加快周边生态环境的建设和恢复,进一步实现经济和环境的可持续发展。

参考文献:

[1] 中华人民共和国行业标准.公路工程技术标准(J TJ001 - 97)[S].北京:人民交通出版社,1997.

[2] 中华人民共和国行业标准.公路环境保护设计规范(J TJ/ T006 - 98)[S].北京:人民交通出版社,1998.

[3] 洪毓康.土质学与土力学[M].北京:人民交通出版社,1997.

[4] 罗雷,何丙辉,王锐亮.弃渣场堆渣及挡渣墙稳定性分析[J].水土保持研究,2006,13(4):253-256.

[5] 徐永年,田卫宾.开发建设项目弃渣场设计及防洪问题[J].中国水土保持,2003(2):23-24.

[6] 王灿,任元.驻信高速公路弃渣场的治理[J].中国水土保持,2002(11):34-35.

[7] 聂国辉.泰安抽水蓄能电站弃渣场综合治理技术研究[J].水土保持研究,2003,10(4):117-119.