

· 综述与进展 ·

回填土质量评价体系和标准研究进展

孟茹^{1,2}, 陈玉衡³, 刘云华¹, 唐孝曦³, 双燕⁴, 李航², 朱正杰², 陈明⁵
MENG Ru^{1,2}, CHEN Yuheng³, LIU Yunhua¹, TANG Xiaoxi³, SHUANG Yan⁴, LI Hang²,
ZHU Zhengjie², CHEN Ming⁵

1. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 073800;

2. 重庆地质矿产研究院, 重庆 401120;

3. 重庆琳智环保科技有限公司, 重庆 401120;

4. 长江师范学院, 重庆 408000;

5. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037

1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 073800, Shaanxi, China;

2. Chongqing Linzhi Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chongqing 401120, China;

3. Chongqing Institute of Geology and Mineral Resources, Chongqing 401120, China;

4. Yangtze Normal University, Chongqing 408000, China;

5. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

摘要:在建筑施工领域回填土的质量标准研究已较深入,但现有标准中未关注到回填土污染物浓度问题,在今后相关标准制定中需对其加以考虑。污染场地中回填土的质量标准主要由土地用途决定,本文主要从建设用和农业用地两方面对修复后土壤再利用的质量控制进行厘定,为污染场地回填土的质量标准建立提供建议。污泥土地利用可大致分为园林绿化、土地改良、农用和林用地4种类型,不同土地利用的质量评价指标也有所不同。有关矿山回填土的质量标准研究缺乏,从土地复垦类型、回填土性质、回填深度等方面初步建立矿山回填土的质量控制标准,认为避免地质灾害和预防污染物扩散是矿山回填土质量控制的核心,同时利用现有相关标准和规范,初步建立矿山回填土质量评价流程,为矿山回填土质量标准建立提供理论基础,为今后相关回填土标准的制定提供借鉴。

关键词: 回填土; 质量评价; 标准体系; 评价流程

中图分类号: P642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2020)02/03-0406-08

Meng R, Chen Y H, Liu Y H, Tang X X, Shuang Y, Li H, Zhu Z J, Chen M. Research progress in backfill quality evaluation system and standards. *Geological Bulletin of China*, 2020, 39(2/3): 406-413

Abstract: The research on the quality standard of backfill in the field of construction has been increasingly going into the depth, but attention has not paid to the concentration of pollutants in backfill in the existing standards, so this problem should be considered in the formulation of relevant standards in the future. The quality standard of backfill in polluted sites is mainly determined by land use. In this paper, the authors mainly determined the quality control of soil reuse after remediation in the aspects of construction land and agricultural land, and provided suggestions for the establishment of quality standard of backfill in polluted sites. Sludge land use is mainly divided into four aspects: landscaping, land improvement, agriculture and forestry. At present, there is no evaluation standard for backfill quality of

收稿日期: 2019-10-15; 修订日期: 2020-02-01

资助项目: 重庆市重点研发项目《基于废弃矿山环境治理的修复后土壤资源化利用与示范》(编号: cstc2018jszx-zdyfmx0022)

作者简介: 孟茹(1996-), 女, 在读硕士生, 从事矿山环境的调查、风险评估和修复研究。E-mail: 1005639821@qq.com

通讯作者: 陈明(1967-), 男, 研究员, 从事农田土壤修复、矿山环境治理等研究。E-mail: 58598025@qq.com

special mine both in China and abroad, and the relevant index system has not been formed. The authors focused on the analysis of mine backfill types and quality evaluation indicators, mainly from the type of land reclamation, backfill soil nature and the aspect of backfilling depth, and hold that avoiding geological disasters and preventing the spread of pollutants constitute the core of mine backfill quality control. At the same time, the authors preliminarily established the process of evaluating the quality of backfill soil in mines based on the existing relevant standards and norms, in order to provide a theoretical basis for the establishment of the quality standard of backfill in mine and provide reference for the formulation of the relevant backfill standards in the future.

Key words: backfill soil; quality evaluation; standard system; evaluation process

“回填土”(backfill)指在建筑施工、场地环境治理和矿山修复过程中因某种需求挖出后再回填的渣土或经处理后可作为土地利用的一些填料,如对污泥、淤泥、有机废弃物等固体废弃物的回填。在建筑施工方面,回填土指在建筑工程施工中,在完成基础、基坑等地面以下工程后,再次返还并填实的土;“回填”指在基础、垫层等隐蔽工程完工后,在5m以内取土回填的施工过程。在污染场地治理、矿山环境修复等方面,回填土不仅包括在场地平整中使用的各类渣土,也包括经异位修复后可回填至废弃地、采矿巷道、采空区、塌陷区等的表层剥离土、尾矿、煤矸石、废渣等。某些固体废弃物经无害化处理作土地利用回填到农用地中也是目前常见的一种处理固废的方法。

由于回填土的深度经常处于地下水包气带以下,不同质量的回填土除对建筑施工的质量产生影响外,还会影响到回填区地下水并通过地下水影响到地表水和地表土壤的质量。其中重金属和有机污染物会进一步进入生态环境和食物链,最终影响当地居民健康。因此,回填土的质量控制问题日益受到广大环保工作者的重视。

目前,国内外关于回填土的标准大多与建筑行业相关,对于其他回填土的质量控制标准上较少见,也缺乏具体操作的技术指南或导则。本文主要从建筑施工、污染场地修复、固废中污泥的土地利用及矿山环境治理中已有的回填土质量标准、质量评价指标体系、评价标准、评价方法等方面,对回填土质量标准的研究现状进行概括,并主要对矿山环境治理中作为回填土修复后土壤质量标准的建立提出初步意见。

1 国内外回填土标准与主要内容

1.1 建筑工程回填土

回填土在建筑地基、公路工程、提防工程、电力建设等施工中广泛使用,已形成较完善的标准体系,例

如《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2012)^[1]、《建筑地基基础工程施工规范》(GB51004—2015)^[2]、《土方与爆破工程施工及验收规范》(GB50201—2012)^[3]、《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB50202—2018)^[4]等(表1)。

其中,《建筑地基处理技术规范》(JGJ79—2012)中涉及建筑回填土相关内容主要有垫层材料的选择及其具体的设计、施工要求和检验方法。《建筑地基基础工程施工规范》(GB51004—2015)主要涉及地基施工部分,对不同种类地基的土料选择及施工要求都做出了明确规定,例如对素土灰土地基、砂和砂石地基、粉煤灰地基、特殊土(湿陷性黄土、冻土、膨胀土等)地基、各类复合地基等。《土方与爆破工程施工及验收规范》(GB50201—2012)主要涉及土方施工及验收规范部分,对建筑工程中基坑的处理,以及填料的选择、处理和施工要求都做了详细的说明,并对各类土方回填质量验收方法也做了相应的规定。《建筑地基基础工程施工质量验收标准》(GB50202—2018)则适用于对各类建筑地基基础工程施工质量的验收,规定了建筑地基的质量检验标准,包括对各类地基所需检查的主控项目(必测项目)和一般项目,以及各项目的指标范围

表1 中国建筑施工有关回填土的相关规范

Table 1 Relevant specifications for backfill soil in domestic construction in China

规范	适用范围
《建筑地基处理技术规范》 JGJ79—2012	建筑工程的地基处理设计、 施工和质量检验
《建筑地基基础工程施工规范》 GB51004—2015	建筑地基基础的施工
《土方与爆破工程施工及验收规范》 GB50201—2012	建筑工程的土方与爆破 工程施工及质量验收
《建筑地基基础工程施工质量 验收标准》GB50202—2018	建筑工程的地基基础 工程施工质量验收

和具体的检查方法,规范了地基基础工程及回填土施工质量验收的整个流程。

国际上也有很多建筑回填土的标准和/或规范。加拿大马尼托巴省的《输送和处置回填土的标准》(1001(I)—2010)^①,将回填土的回填类型分为一般回填土回填、颗粒回填、涵洞砾石回填及非粒状粘性材料回填4类,并对各类回填材料的质量控制、施工要求、检验评估方法、定价标准等做了详细的说明。澳大利亚墨尔本零售水机构(MRWA)(由城西水、东南水和亚拉河谷水三家机构组成)联合颁布了《适用于MRWA的回填土规范 No. 04-03.1》^②,规定了在供水和污水处理建设过程中相关土壤回填的规范及其压实要求,也应用于隧道建设过程中或其他非开挖性地区进行的回填;但不适用于深可压缩性粘土的回填。美国华盛顿郊区卫生委员会(WSSC)颁布了《管道建设回填土规范》^③,对该州地下管道周围及上部填埋材料的质量控制、施工流程及其风险评估提出相应规范。

总体上,中国相关标准由国家统一制定,国外则更偏向于各地或各行业根据自身实际情况及不同类建筑工程制定相应标准。与国外相比,中国关于回填土的标准较笼统,系统性不够。

1.2 污染场地修复后土壤

目前,中国仅北京颁布了地方标准《污染场地修复后土壤再利用环境评估导则》(DB11/T1281—2015)^④。该标准规定了北京市污染场地修复后土壤再利用环境评估的工作内容、程序、方法及技术要求。近年颁布的《中华人民共和国环境保护标准》HJ25.1—HJ25.4^[5-6]仅有少量内容涉及污染场地修复后再利用时的风险管控。若场地修复为建设用地,回填土应满足《建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600—2018)^[7];若需整改为农用地,则需满足《农用地土壤污染风险管控标准》(GB15618—2018)^[8]。对于污染土壤修复后的质量评价问题,中国曾使用基于环境标准的评价和治理模式,但在该模式下治理目标的要求往往过高,容易造成费用昂贵、治理周期漫长等问题。目前借鉴国外相关经验,多采用基于人体健康的场地风险评价模式,即以保证人体健康为目的确定污染物修复治理目标,很好地解决传统模式存在的问题^[9]。

欧美等发达国家从20世纪80—90年代就开始制定包括污染场地管理在内的相关法律,如美国1980年颁布了《环境响应、补偿与责任综合法》^[12](又称超级基金法),后经过一系列修正,目前仍在使用;加拿大在1998年出台了《污染场地修复指南》和《污染场地检测指南》^[13];荷兰分别于1983年和1987年先后制定发布了《土壤修复(暂行)法案》和《土壤保护法》^[14],从此拉开了荷兰土壤/场地污染治理的序幕,通过后修订土壤环境管理相关法律法规和配套标准,逐步建立了土壤/场地环境管理程序。

虽然发达国家的相关标准和规范对中国相关标准的制定有重要借鉴作用,然而,无论是国内还是国外,对于修复后土壤的再利用问题都缺乏指导性文件,特别是对回填土质量和风险筛选、再利用区的环境调查、评估方法等缺乏完整和系统的研究。

1.3 污泥回用

污水处理过程中产生的污泥含有丰富的有机物质和矿物质元素,如果其质量满足一定的条件,可用来改良土壤、提高土壤肥力。污泥回用于土地是大多数国家处理城镇污泥的主要方法,约占污泥处置总量的50%左右^[10]。污泥回用于土地可分为农业应用、园林绿化、林业应用和土地改良4类^[11]。中国分别在《城镇污水处理厂污泥处置园林绿化用泥质》(GB/T 23486—2009)^[12]、《城镇污水处理厂污泥处置林地用泥质》(CJ/T 362—2011)^⑤、《城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质》(GB/T 24600—2009)^⑥中对园林绿化、林业及土地改良中使用污泥的(酸/碱)污染物浓度、质量、取样、监测等都做了明确的要求。2018年又修订了《农用污泥污染物控制标准》(GB4284—2018)^⑦,完善了城镇污水处理厂的污泥做农用时的污染物控制指标、取样、检测和取样方法。与1984版《农用污泥污染物控制标准》显著不同的是,该标准根据农用污泥中污染物的浓度,将其分成A级污泥产物和B级污泥产物2类,A级污泥产物的污染物浓度限值偏低,规定可在耕地、园地、牧草地中使用;B级污泥产物中污染物浓度限值偏高,不可在种植食用农作物的耕地中使用,但在园地和牧草地中可正常使用。

欧美国家关于污泥处理、处置的标准制定工作起步较早,在污泥土地利用方面,欧盟在1993年颁布了《污泥农用准则》(Directive 86/278/EEC)^[13],

该标准对农用污泥的重金属浓度和 pH 值都做出了规定,为其他国家制定相关标准提供了重要的参考。德国在 1992 年颁布了《污泥法》^[14],其对于农业或园艺的污泥和施用污泥的农田土壤的相关性质等进行了规范。

对比国内外相关标准可以看出,中国对重金属污染物的限值要求高于国外。这样做的好处是可进一步规范重金属污染风险,但在一定程度上限制了污泥的土地利用。另外,中国在污泥质量控制、污泥分级管理等方面仍相对滞后^[15]。

1.4 矿山回填土

中国尚无专门的矿山回填土质量标准,而是分散在不同的规范和文件中,在矿山生态环境保护及土地复垦等规范中略有提及。例如在《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范》(HJ651—2013)^[16]中对矿山中排土场、露天采场、沉陷区、尾矿库、污染场地、矸石场等地的生态恢复时讨论了回填土的厚度及质量控制;在《矿山生态环境保护与恢复治理方案(规划)编制规范(试行)》(HJ652—2013)^[17]中对整体矿山修复的操作流程做出了解释,但未对矿山回填土的质量控制、操作规范等进行详细说明;《土地复垦质量控制标准》(TD/T 1036—2013)^[18]则规定了采矿场各个区域的场地复垦工程标准,包括尾矿库、排土场、露天采矿场、沉陷区等地区在进行复垦时的具体回填质量要求。在关注施工质量的同时,忽视了矿山再利用土/材料的质量控制、具体操作方法及后期监测、风险评估等。

国际上,澳大利亚作为矿业大国,始终坚持“开采与保护并举、损毁与复垦并重”的原则,从 20 世纪 70 年代开始先后颁布了《采矿法(1974)》、《原住民土地权法》、《环境保护法》和《环境和生物多样性保护法(1999)》等;美国西弗吉尼亚州于 1939 年颁布了第一部《复垦法案》,之后其他各州也有了土地复垦的相应规定,但各州的规定不尽相同,它们更多地关注修复治理过程中材料的物理性质,而对回填土化学成分及毒性不够重视。

可见,国内外对于矿山回填材料的物质成分、重金属浓度、采选过程中化学物质的加入等,尚未形成系统的规范、指南或标准体系。尤其是,含有毒性较大的污染物的尾矿、废渣、酸性废水等的处理和回填(排),相关的方法/技术筛选、防污性能/风险评估、后期监测手段等均缺乏标准,也是目前

矿山回填工作的主要难点。

2 回填土质量评价的指标体系

2.1 建筑施工回填土质量评价指标体系

建筑施工中回填土质量评价侧重于填料种类的选择、含水率、土质干密度、平整度等。例如,一些碎石、草皮或有机质含量大于 8% 的土,一般只可用于无压实要求的区域;强膨胀土和一些含有盐晶、盐块或含盐植物的根、茎的土不可用于建筑施工中回填;不同回填土在施工时的最优含水率不同,一般需在回填土施工前 36 h 对待用的填料进行含水率测定;当含水率符合既定要求时,可直接用于回填施工,当含水率过高时则采用翻松晾晒或均匀掺入干土或生石灰等措施,当水量偏低时,可在回填前预先洒水润湿^[19];干密度作为评定土体紧密程度的标准,在建筑施工中非常重要,只有当测试结果满足设计要求后才可继续上一层填夯。

2.2 污染场地回填土质量评价指标体系

污染场地回填土的质量评价主要由污染场地今后的用途决定,土地利用方式不同,回填土的质量要求也各不相同。中国环境部门在综合考虑各类污染物毒性、暴露途径等因素下,对各类建设用地和农用地的土壤质量提出了明确要求,设定了不同土壤污染的风险筛选值和管控值,并对后期监测、实施与监督都做出了详细的规定。

《土壤环境质量-建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600—2018)^[10]将建设用地分为第一类建设用地和第二类建设用地。类型划分以《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137—2011)^[20]为基础(表 2)。第一类建设用地较第二类建设用地的周围人口基数大,土壤污染物暴露的途径多、时间长,故在确保对人体健康无害的前提下,为进一步缩减修复成本,对这两类建设用地设置有不同的风险管控和筛选值。GB36600—2018 共规定了 45 项土壤污染风险评估的必测项目及 40 项特征污染物,回填土应确保已知污染物修复达到安全标准。当修复后土壤污染物浓度不超过筛选值时,则可直接使用;超过筛选值但低于管控值的土壤需再次进行风险评估,必要时需采取风险管控或再次修复;若超过管控值,则说明对人体健康存在不可接受的风险,不可直接回填,需进行风险管控或再次修复。

表2 建设用地划分类型及具体内容
Table 2 Types and specific content of construction land division

建设用地类型划分	具体内容
第一类建设用地	城市建设用地中的居住用地(R)、公共管理与公共服务的中小学用地(A33)、医疗卫生用地(A5)、社会福利设施用地(A6),以及公园绿地(G1)中的社区公园或儿童公园用地等
第二类建设用地	城市建设用地中的工业用地(M)、物流仓储用地(W)、商业服务业设施用地(B)、道路与交通设施用地(S)、公用设施用地(U)、公共管理与公共服务用地A(A33、A5、A6除外),以及绿地与广场用地(G)(G1中的社区公园与儿童公园用地除外)等

一般来说,可用于农业用途的场地回填土多为污染程度较轻的有机污染,污染土壤易于修复治理,保留了较好的土壤结构,回填后经简单的物理化学改良技术,可满足农作物种植要求。当污染场地经调查、评估确定可用于农用地时,回填土除需确保前期调查中所发现的污染物浓度降低到安全标准值外,还应满足《土壤环境质量—农用地土壤污染风险管控标准》(GB15618—2018)^[11]中的相关规定,该标准规定对于农用地土壤污染风险筛选值的必测项目包括Cd、Hg、As、Pb、Cr、Cu、Ni、Zn 8种,其他项目有六六六总量、滴滴涕总量及苯并芘这3种,对于前6种必测项目筛选值的设定均是从pH值和农用地类型两方面进行分类赋值。农用地土壤的管制值项目包括Cd、Hg、As、Pb、Cr 5类,且在不同pH值下赋值有所不同。根据该标准可推断:当回填土污染物浓度均低于农用地土壤污染风险筛选值时,可直接进行回填;高于风险筛选值时,说明可能存在农用地土壤污染风险,需进一步进行监测,回填后可采取农艺调控、替代种植等安全利用措施;当土壤中Cd、Hg、As、Pb、Cr的含量高于风险管制值时,原则上该回填土不可用于农用地回填。

2.3 污泥质量评价指标体系

回填污泥的质量评价指标体系主要由重金属、矿物油和有机污染物浓度限值指标、污泥中的含水率、污泥pH值、有机物含量、稳定化指标、污泥生物化指标等组成^[13],不同用途(园林绿化、土地改良、农用和林业)的污泥回填时,其质量评价指标也有

所不同。例如,由于农用污泥与人类的健康更密切,因此农用污泥的污染物浓度限值要明显低于在园林绿化、土地改良或林业中使用污泥的污染物浓度限值;污泥的含水率往往高于90%,不可直接通过土地利用进行处理,在回填前一般需进行脱水,根据相关标准规定,用于土地利用的污泥含水率最高限值从高到低依次为土地改良(65%)>林地用泥(60%)>农用污泥(60%)>园林绿化用泥(40%);污泥在园林绿化、林地施用及农用过程中对pH值的控制指标一致,都介于5.5~8.5之间,在土地改良中对污泥pH值规定为5.5~10.0之间;园林绿化用泥质中有机物含量要求需达到25%以上,农用污泥和林地用污泥次之,有机物含量需大于或等于20%,土地改良用泥质对有机质含量要求在10%以上即可;土地改良和园林绿化中使用的污泥稳定化指标需满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918—2002)^[21]中的相关规定,而目前中国未对污泥林地利用和农用污泥的稳定化指标提出明确要求;污泥生物化指标主要包括污泥中粪大肠杆菌菌群值和蠕虫卵死亡率。在园林绿化、土地改良、农用及林业中对其的指标限值均一致,其中粪大肠菌群值须大于等于0.01,蠕虫卵死亡率均要求大于等于95%^[15-18]。

另外,对污泥的使用量也是重要的指标。污泥产物农用时,年用量累计不应超过7.5t/hm²(以干基计),连续使用不应超过5年。

3 矿山回填土及其标准制定的建议

3.1 矿山回填土的类型

从操作层面看,矿山回填土质量评价需考虑两大方面,一是针对不同的复垦类型,遵循因地制宜、经济环保、不造成二次破坏等原则,实施矿山废弃地的复垦,不同复垦类型对回填土的质量要求有很大的差异;二是对矿坑、采空区等进行回填。

对于后者,可根据污染程度不同,将回填物质分为两类:①无污染回填土,表层剥离土、开采过程中的废弃土、围岩碎块和无利用价值的低品位矿石等,它们几乎不受次生污染,其中的重金属和天然有机物浓度小于原生矿石,可直接用于矿山生态复绿或在矿井、采空区等地回填;②有污染回填土,采选过程中产生的尾矿、废渣和煤矸石,以及选冶场地周围的污染土,它们往往受因选矿需要加入的化

学药剂、不可避免的矿物油和其他次生环境污染物等的污染,含有含量较高的重金属、有机物甚至微生物等,需要经过修复才能回填。

无污染矿山回填土的回填可参考已有矿区复垦技术标准,如《土地复垦质量控制标准》(TD/T1036—2013)^[18]。该标准中规定的①露天采矿、烧制砖瓦、挖沙取土等地表挖掘所损毁的土地复垦;②地下采矿等造成地表塌陷的土地复垦;③堆放采矿剥离物、废石、矿渣、粉煤灰、冶炼渣等固体废弃物压占的土地复垦等对无污染矿山回填土的回填有参考价值。

对于污染矿山回填土,TD/T1036—2013仅规定:在采矿剥离物含有有毒有害成分时,必须用碎石深度覆盖,不得出露,并应有防渗措施。而没有对如何防止地下水污染做出详细规定,也没有考虑到选冶过程中的次生污染物的处理。因此,其指标体系与当前地质生态环境保护和修复的整体理念不相符。

3.2 矿山回填土质量评价指标

从以上关于矿山回填土的标准制定、回填类型和适用范围情况分析看,目前国内外均未制定矿山回填土的质量评价标准,相关指标体系也未形成。笔者认为,回填土的质量从回填土性质上区分主要可从物理指标、化学指标和生物指标3方面进行评价。物理指标主要包括力学性质、粒径和形态;化学指标包括原生的化学成分、选矿过程可能加入的人工化学物质、矿物油等;生物指标主要指微生物。从回填深度上区分回填土质量主要可从浅层回填土土壤质量和深埋固体废物质量两方面进行探讨。回填土的质量控制主要目的是为了控制污染源、防止污染扩散、土地复垦、避免地质灾害和预防地下水污染。其中,土地复垦、避免地质灾害和预防地下水污染是矿山回填土质量控制的核心。在开展矿山回填工作时,需兼顾生态环境重建、地表水和地下水保护、下游工农业生产需要和居民身体健康的要求,同时由于矿区回填土往往数量巨大,受到采选过程中人为污染的影响,修复效果要求长期甚至永久性稳定,因此矿山回填土质量评价指标体系远比建设用地和农业用地复杂。

废弃矿山常见重金属和酸性废水污染。选矿过程中产生的尾矿、冶炼废渣及直接排放的选矿废

水是其最主要的污染介质,通过风化淋滤、污水灌溉或大气沉降等方式对周围大面积的土壤造成污染。同时,在采矿、运矿过程中产生的尘埃,以及在矿石冶炼中排放的大量含有重金属的烟尘等,也是导致周围土壤重金属含量超标的重要因素。矿山中大量酸性废水的排放不仅会进一步扩大土壤受污面积,还会活化土壤中的重金属,增大污染物毒性^[22]。因此在对矿山回填土进行回填之前,需对填料中各污染物的浓度指标进行严格控制,避免填料中的污染物通过食物链或地下水对人体产生危害。

矿山回填土——特别是在用作浅层土壤回填时,其团粒结构、肥力等指标也至关重要。在采矿过程中难免会对表土进行开挖、压占或毁损,导致土壤质量下降,大量的良田被废弃,地貌景观也发生了很大的改变。为了加快对矿山环境的治理,尽快完成生态复绿,在已损毁的土壤回填到矿山地表之后需对其土质进行改良,常用的方法有深耕、灌溉或添加石灰、化肥、土壤改良剂等。因此,浅层矿山回填土质量评价指标不但应包括pH值、常见重金属和有机污染物指标,还应区分不同回填深度和目的,必要时可选择性地设置团粒结构、有机质含量、土壤肥力等指标。

毒性浸出指标是重要的环境质量指标。矿山中污染严重的尾矿、废渣、煤矸石等常被回填到采空区、塌陷区、矿井等凹陷地区,为防止地下水位抬升,填料污染到地下水,在回填前需对填料的浸出毒性进行测定,目前中国常用的浸出毒性测试方法有《固体废物浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法》(HJ/T299—2007)^[23]和《固体废物浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法》^[24]。HJ/T299—2007已成为中国危险废物和土壤样品浸出毒性鉴别的指定标准方法,HJ/T300—2007则多被用于特定危险废物和一般工业废物进入垃圾填埋场的入场检验。

3.3 矿山回填土质量评价流程

矿山回填土质量评价流程大致可从浅层回填土回填和对凹陷区回填两方面进行考虑。

对于浅层回填土,应首先确定目标区的复垦类型,具体可参考《土地复垦质量控制标准》(TD/T1036—2013)^[15],并确定复垦后的用地类型。若属于建设用地,应满足《建设用地土壤污染风险管控标准》(GB36600—2018);若是农用地类型,应满足《农用地土壤污染风险管控标准》(GB15618—

4 结 语

目前, 回填土的质量标准在建筑施工领域中研究已较深入, 对污泥做不同土地利用时的质量控制也分别作了要求, 而有关污染场地修复和矿山环境治理中的回填土质量标准研究则较薄弱, 尤其在矿山环境治理中涉及到大量的回填土回填, 回填土的质量控制对于边坡稳定性、矿山复绿、下游居民健康等都十分重要。本文仅对矿山回填土的类型、质量评价指标及评价流程进行简单的分析, 但实际上对于整个矿区回填土质量评价指标体系的建立也只是冰山一角, 需更多专业人员去细化、补充。同时应加强对该方面质量控制标准的制定, 以便更好地指导中国大面积的矿山环境修复治理工作。

致谢: 审稿专家提出了宝贵的修改意见, 在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ 79—2012 建筑地基处理技术规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
 - [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB 51004—2015 建筑地基基础工程施工规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
 - [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50201—2012 建筑地基基础工程施工规范[S]. 四川: 中国建筑工业出版社, 2012.
 - [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50202—2018 建筑地基基础工程施工质量验收标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.
 - [5] 中华人民共和国环境保护部. HJ25.1—2014 场地环境调查技术导则[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
 - [6] 中华人民共和国环境保护部. HJ 25.4—2014 污染场地土壤修复技术导则[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
 - [7] 中华人民共和国生态环境部. GB36600—2018 建设用地土壤污染风险管控标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2018.
 - [8] 中华人民共和国生态环境部. GB15618—2018 农用地土壤污染风险管控标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2018.
 - [9] 化勇鹏. 污染场地健康风险评价及确定修复目标的方法研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2012.
 - [10] 张冬, 董岳, 黄瑛, 等. 国内外污泥处理处置技术研究与应用现状[J]. 环境工程, 2015, 33(S1): 600—604.
 - [11] 刘学娅, 赵亚洲, 冷平生. 城市污泥的土地利用及其环境影响研究进展[J]. 农学学报, 2018, 8(6): 21—27.
 - [12] 史丹, 吴仲斌. 美日两国政府在土壤污染治理中的作用及启示[J]. 中国财经, 2014, (18): 69—70.
 - [13] US, EPA. Standards for the use or disposal of sewage sludge (40 Code of Federal Regulations Part 503) [S]. US Environmental Protection Agency, Washington DC, 1993.
 - [14] The Federal Republic of Germany. Sewage Sludge Ordinance (Abfall r V) [S]. Berlin: 1992.
 - [15] 魏明亮, 孔祥娟, 辛明, 等. 国内外污泥处理处置标准指标分析及对我国相关标准研究的建议[J]. 黑龙江大学自然科学学报, 2014, 31(6): 790—799.
 - [16] 中华人民共和国环境保护部. HJ651—2013 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
 - [17] 中华人民共和国环境保护部. HJ652—2013 矿山生态环境保护与恢复治理方案(规划)编制规范(试行)[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
 - [18] 中华人民共和国国土资源部. TD/T 1036—2013 土地复垦质量控制标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
 - [19] 李伟, 吴志刚. 回填土工程施工的问题与质量控制措施[J]. 城市建设理论研究, 2017, (22): 204.
 - [20] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50137—2011 城市用地分类与规划建设用地标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
 - [21] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准[S]. 北京: 2002.
 - [22] 张溪, 周爱国, 甘义群, 等. 金属矿山土壤重金属污染生物修复研究进展[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(3): 106—112.
 - [23] 国家环境保护总局. HJ/T299—2007 固体废物浸出毒性浸出方法硫酸硝酸法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
 - [24] 国家环境保护总局. HJ/T300—2007 固体废物浸出毒性浸出方法醋酸缓冲溶液法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
 - [25] 环境保护部、国家质量监督检验检疫总局. GB34330—2017 固体废物鉴别标准 通则[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2017.
 - [26] 中华人民共和国环境保护部. GB 18599—2001 一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.
 - [27] 罗明, 王军. 双轮驱动有力量——澳大利亚土地复垦制度建设与科技研究对我国的启示[J]. 中国土地, 2012, (04): 51—53.
- ① Standards for Transportation and Disposal of Backfill(1001(I)-2010). Manitoba, Canada, 2010.
 - ② Backfill Specification—MRWA Specification NO.04—03.1. Melbourne Retail Water Agencies (Including City West Water, South East Water&Yarra Valley Water), Australia, 2006.
 - ③ Standard Specifications Section 02315 Earthwork for Pipeline Construction. Washington Suburbs Sanitation Committee, America, 2013.
 - ④ 北京市环境保护科学研究院、北京市固体废物和化学品管理中心, DB11/T1281—2015 污染场地修复后土壤再利用环境评估导则. 北京: 北京市质量技术监督局, 2015.
 - ⑤ 住房和城乡建设部. CJ/T 362—2011 城镇污水处理厂污泥处置林地用泥质. 北京: 2011.
 - ⑥ 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 24600—2009 城镇污水处理厂污泥处置土地改良用泥质. 北京: 2009.
 - ⑦ 陈同斌, 郑国砥, 张建峰, 等. GB4284—2018 农用污泥污染物控制标准. 北京: 国家市场监督管理总局、中国国家标准化管理委员会, 2018.