

用黄土治理煤矸石对地下水污染的实验研究

施南迪 / 内蒙古自治区呼和浩特市第二中学

指导教师 黄少刚 王 峰

◎ 研究背景

内蒙古自治区已探明煤炭储量位居全国第一,仅2009年煤炭产量就达到6.37亿吨。煤炭开采时要产生大量的煤矸石。目前,除少量煤矸石用于矸石电厂发电,部分当作化工原料使用外,大部分采取露天堆放、填埋处理或铺路。大量的煤矸石排放引发了一系列的生态环境问题,其中煤矸石淋滤液对地下水的污染尤为严重。我随父亲在乌海市生活期间,观察到煤矿开采区堆积着大量废弃的煤矸石。每逢降雨时,污水横流,对周边环境造成了极大的污染。进一步查阅资料了解到,煤矸石在风化、雨淋过程中,其所含的重金属等有害物质,会随雨水进入地下含水层,给附近居民和牲畜的饮用水安全造成了严重威胁。用什么方法才能低成本、高效率地修复煤矸石淋滤液对地下水造成的污染呢?在一次研究性学习活动课中,老师讲了黄河中的泥沙能吸附水中污染物的实例。由此,我联想到利用内蒙古广泛分布的黄土,治理煤矸石对地下水污染的可能性。这一想法得到了老师的肯定,

并帮助我在内蒙古大学环境与资源学院进行了实验研究。

◎ 研究内容与目的

本研究拟利用黄土吸附煤矸石淋滤液中重金属、砷等有害物质的实验分析,探索解决煤矸石淋滤液和矿坑废水对地下水污染的修复方法,以达到以下目的:

◆ 在实验室通过土柱淋滤模拟实验,分析离石黄土、亚砂土和细沙对煤矸石淋滤液中重金属及类金属砷的吸附能力。

◆ 为了模拟自然环境下煤矸石淋滤液产生及迁移过程,制作模拟槽净化实验装置,通过实验观测,分析离石黄土渗透反应墙对淋滤液中重金属及类金属砷的吸附能力。

◆ 通过在矿区煤矸石堆周边合适的地形下建黄土渗透反应墙,观察实际修复效果,探索一种低成本、高效率治理煤矸石淋滤液污染的方法。

◎ 研究过程

➤ 技术路线

研究技术路线见图1。

➤ 煤矸石淋滤液对地下水造成了污染

为了弄清楚煤矸石对地下水的污染机理,了解国内外治理方法,论证用黄土治理地下水污染的可行性,我通过请教内蒙古大学资源学院教授、检索相关文献、到矿区考察,认识到以下几点:

◆ 煤矸石是伴随煤炭形成的一种燃烧值极低的矿石,一般占原煤产量的10%~20%。开采出的煤矸石在地表水或降水的作用下,一些重金属和其他有害物质会从矸石中释放出来,形成煤矸石淋滤液。淋滤液在扩散过程中,部分污染物可能被岩土吸附而去除,大部分污染物进入地下含水层,随地下水的流动而迁移扩散。

◆ 目前,欧美国家在修复地下水污染的研究中,多采用可渗透反应墙技术,即在受污染地下水的流动方向上,利用能够降解(或吸附)水体中主要污染物的材料,修建可渗透反应墙体。当污染水体流过反应墙时,水体中的污染物被降解(或吸附)得以去除,有效提高了水体净化效果。

◆ 中国黄土按形成的时间分为午城黄土、离石黄土和马兰黄土。3种黄

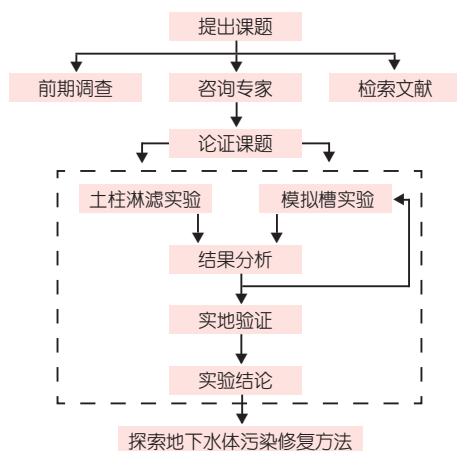


图1 研究技术路线图

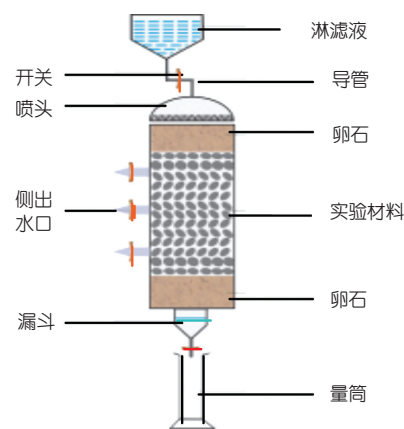


图2 土柱淋溶实验装置

土都具有颗粒细小、比表面积大、含有一定量的黏土矿物、表面带有负电荷、能够吸附阳离子等特点，因此，对重金属类污染物均有较强的吸附能力。当含有重金属等污染物的煤矸石淋滤液从黄土空隙中流过时，淋滤液中的重金属容易被黄土吸附，使重金属污染物得以去除。本次研究中采用大柳塔矿区分布比较广泛的离石黄土作为净化材料，分析黄土对煤矸石淋滤液的净化效果。

实验过程

◆ 煤矸石淋滤液的制备。要治理煤矸石对地下水的污染，首先要确定当地煤矸石在酸性矿坑废水和降水淋溶条件下，形成的淋滤液中重金属、类金属砷等有害物质的种类和数量，为下一步实验奠定基础。

◆ 通过煤矸石浸泡实验，可以近似地获取煤矸石在野外淋滤条件下所能释放出的污染物最大数量。浸泡实验的方法为：将煤矸石粉碎，取混合细渣（粒径 $< 2\text{mm}$ ）5kg，加入矿坑水50L，搅拌后静置6小时。取其上清液进行成分测定，测定锌、铜、铝、镉、汞、铬、

锰、砷等化学组分的含量。把获取的浸泡液收集，用于下一步的淋滤实验。

◆ 土柱淋滤实验。为了对比不同材料的吸附作用，本次实验中分别选择大柳塔矿区常见的离石黄土、亚砂土和细沙作为实验材料，通过土柱淋滤对比实验，研究不同土柱对淋滤液中重金属和类金属砷的吸附能力及其规律，以期为净化煤矸石淋滤液中污染物提供一些理论依据。土柱淋溶实验装置如图2所示。

◆ 淋滤液污染地下水的模拟槽净化实验。黄土对煤矸石淋滤液中有害物质的吸附作用，不仅和黄土的成分及理化性质有关，还与地下水的流速、煤矸石与黄土的配置比例有关。联想到野外考察时，煤矸石场一般依托沟谷而建，由谷内向谷口方向堆放，而地下水一般也是由谷内沿沟谷向外流动。为了模拟在自然条件下黄土吸附层对煤矸石淋滤液中重金属的吸附过程，查阅利用可渗透反应墙修复地下水污染的相关资料后，设想用一个充填煤矸石及黄土介质的模拟槽重现这个过程。在老师的帮助

下，设计制作了用黄土构建渗透反应墙治理煤矸石淋滤液的实验模拟槽。淋滤液在地下水中的迁移模拟槽结构示意图如图3所示。

◆ 模拟槽重复实验。通过上面实验发现，在煤矸石和黄土（粒径为 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ ）质量比为 $5:1$ ，地下水流速为 0.20m/d 的情况下，离石黄土基本上能够吸附煤矸石淋滤出来的全部锰、铜、汞、砷、镉、铬和铅等有害物质。在地下水流速不变的情况下，是否使用较少的黄土就能够达到对淋滤液中污染物的去除目的呢？如果用较少的黄土就能达到修复效果，那就可以减少对黄土的需要，降低治理费用。针对这个疑问，我请教了有关老师，并通过改变煤矸石和黄土的比例，来得到最优配置比例。于是，设计了在一定地下水流速的条件下，煤矸石与黄土的不同配比的实验。通过重复实验，不断减少黄土的使用量，分析不同配比时的净化效果。

◆ 研究成果的实地验证。目前，用黄土治理煤矸石淋滤液对地下水污染的技术，在内蒙古煤矿污染区还没有得

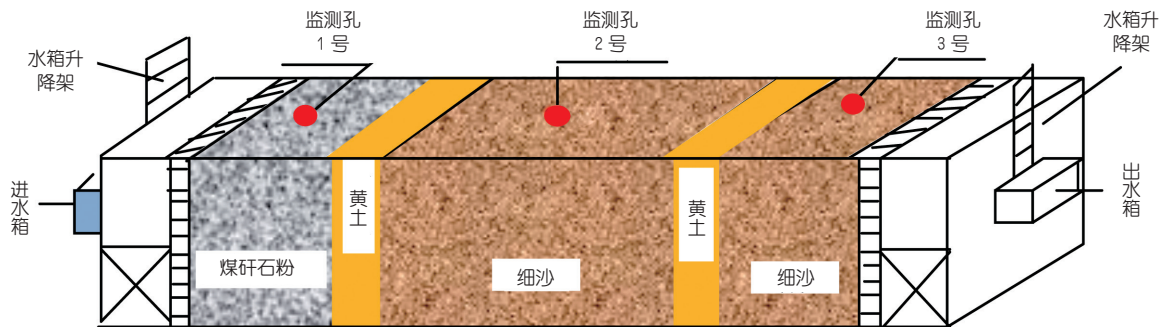


图3 淋滤液在地下水中的迁移模拟槽结构示意图

到实际应用。为了验证这种方法的实际修复效果,在大柳塔矿区石圪台煤矿的支持下,于2010年10月在该矿区煤矸石场进行了这种方法的检验性应用。该矿区主要地貌为覆沙黄土丘陵和波状沙地,沟谷切割较深,沟壁陡峭。由于沟谷中富含潜水,地下水位埋深浅,故地下水污染较严重,特别是砷和一些重金属严重超标。

经过实地考察,我们选取二号煤矸石场外围小型沟谷作为检验性实验场地。通过清除部分沟底粉砂,从基岩构建11.3m宽,厚约0.5m、高约4.5m的黄土反应墙,使从该支沟中流出的渗滤液全部经过黄土墙的净化。并在矸石场上部覆盖薄层黄土,防止矸石粉飞扬。在黄土墙体下游约20m的地方,地下水监测孔取样分析发现,经过黄土墙净化后,下游地下水水质明显好转。

◎ 结论

本研究以煤矸石为对象,通过土柱淋滤实验和模拟槽实验分析以及在矿区实际效果检验,得到以下结论:

◆ 离石黄土对煤矸石淋滤液中的重金属及类金属砷均有较强的吸附能力。

◆ 模拟槽实验发现,在地下水流速为0.20m/d时,煤矸石与黄土质量比为7:1的情况下,利用黄土墙能够去除淋滤液中的大部分重金属及砷离子,从而达到修复地下水污染的目的。

◎ 展望

煤矸石淋滤液的污染防治是一个综合的过程。煤矸石山渗透性好,易导致土壤的垂直侵蚀(即养分的淋溶损失和水分的渗漏损失),影响植被生长及污染地下水;矿坑排出的酸性废水腐蚀性强、含大量有毒有害物质,是矿山环境污染的主要来源之一。将二者进行综合处理,可以达到事半功倍、降低成本的目的。在进行污染综合治理时,可充分利用内蒙古自治区广泛分布的黄土,治理煤矸石、矿坑废水的污染问题。通过构建黄土竖墙或按一定的倾角铺设黄土,并在矸石堆顶部铺设细沙(防尘),从矸石场的顶部一定位置喷淋或注入矿

坑废水。通过黄土吸附和过滤作用使矿坑废水和煤矸石中的有害物质得以去除。然后在封顶的煤矸石堆表面覆盖黄土,减少大孔隙和增加毛管孔隙、提高土壤持水量和保肥能力、减少渗透速率,通过种植植被进一步改良煤矸石山土壤的理化性质。

该项目获得第26届全国青少年科技创新大赛创新成果竞赛项目中学组环境科学一等奖。

专家评语

该项目是作者本人发现降雨造成煤矸石堆污水横溢引起污染,并在科技活动中发现黄土吸附能力后确立的。项目主题、构思及实验操作符合高中生的知识结构和实施能力。选题有创新性,就地取材解决当地环境问题,资料齐全,数据翔实。■