

综合述评

金属矿山尾矿问题及其综合利用与治理

蔡嗣经, 杨 鹏

(北京科技大学资源工程学院, 北京 100083)

[摘要] 我国金属矿山在地面积存的尾矿已达 40 多亿 t, 并以每年约 2.1 亿 t 的速度在增长。金属矿山尾矿的主要特点为颗粒极细、数量极大、毒性很强、浓度很低。尾矿库占用大量土地, 尾矿库工程事故, 尾矿对地面环境和地下水源的污染等, 迫切需要采用新技术开展对尾矿综合利用和治理的研究与开发, 包括回收利用尾矿中的金属和非金属元素, 利用尾矿制作建筑材料或磁性肥料; 采用各种措施全面治理尾矿, 如设立地下尾矿库, 利用地面尾矿库作排土场, 尾矿膏体地面无坝堆放与同步复垦等, 其最终目标是建立“无尾矿山”。

[关键词] 金属矿山; 尾矿; 环境污染; 地下尾矿库; 尾矿膏体; 无尾矿山

1 金属矿山尾矿问题及其危害

金属矿山选矿厂排弃的尾矿是矿山主要固体废弃物之一, 其所引起的问题和危害日趋严重。据 1998 年不完全统计, 我国金属矿山在地面积存的尾矿已达 40 多亿 t, 并以每年约 2×10^8 t 的速度在增长。金属矿山尾矿的特点主要为: 颗粒极细, 如西石门铁矿的尾矿, $-74 \mu\text{m}$ 占 70%; $-38 \mu\text{m}$ 占 50%, 其他如黄金矿山和贵金属矿山等, 尾矿颗粒更细; 数量极大, 按重量计, 我国铁矿石开采品位平均为 32%, 经选矿后则 68% 以上为尾矿, 有色金属矿山如德兴露天铜矿, 开采品位仅 0.5% 左右, 经选矿后则 99.5% 以上为尾矿, 而黄金矿山开采品位仅为几克/吨, 经选矿后几乎 100% 为尾矿; 毒性很强, 金属矿选矿大多为浮选, 浮选药剂含大量有机、无机有毒化合物及油脂等, 这些有毒物质大部分都存留在尾矿中; 输送浓度很低, 选矿厂输送出来的尾矿浆, 固体质量百分比一般仅为 20% 左右, 而 80% 以上则为水。

目前, 尾矿一般在地面筑坝存放, 利用山谷修筑的尾矿坝占 90% 以上。尾矿坝的类型绝大多数为土坝, 还有少量的土石混合坝或石坝。

金属矿山尾矿地面堆放所引起的一系列问题和危害包括: 占用大面积的土地或农田; 耗费巨资建立尾矿库和运营管理; 尾矿坝潜在的工程灾害危及人民生命财产的安全和矿山的安全; 尾矿扬尘污染大气和环境; 尾矿中的有害成分产生大量酸性水污染水源和土壤, 破坏生态平衡; 等等。

2 尾矿坝工程灾害及防治

2.1 尾矿坝工程灾害

2.1.1 坝体分级与设计安全系数^[1] 按我国建设部颁标准, 尾矿坝分为 5 级, 如表 1 所示。其中 1 级为“高危害”坝。

表 1 我国尾矿坝分级

Table 1 Classification of tailings dam in China

级 别	库 容/ $\times 10^6 \text{ m}^3$	坝 高/m
1	特殊要求	特殊要求
2	>100	>100
3	10~100	60~100
4	1~10	30~60
5	<1.0	<30

国际通用的尾矿坝最小要求安全系数一般情况

[收稿日期] 2000-02-28

[作者简介] 蔡嗣经 (1952-), 男, 江西南昌人, 北京科技大学教授、博士生导师

下为 1.3~1.5,在洪水状况时为 1.2;我国尾矿坝最小要求安全系数如表 2。可见,我国尾矿坝安全系数的设计要求低于国际标准。

表 2 我国尾矿坝最小要求安全系数

Table 2 The required minimum safety factor of tailings dam in China

运行条件	1 级	2 级	3 级	4~5 级
一般	1.3	1.25	1.2	1.15
洪水	1.2	1.15	1.1	1.05
地震	1.1	1.05	1.05	1.0

2.1.2 几项主要统计 世界尾矿坝失事与坝体类型的统计见表 3^[2]。事故原因与事故概率的统计见表 4。

表 3 世界尾矿坝失事与坝体类型的统计/%

Table 3 Accident statistics of tailings dam in the world

失事类型	坝体类型			
	土坝	土石坝	堆石坝	其他
运行中发生严重破坏,失事废弃	45	10	10	35
运行中发生破坏,经修复再次使用	60	6	0	34
运行中发生破坏,经补救,阻止破坏	77	5	6	12
初期发生破坏,运行前予以修复	80	7	2	11
运行中出现事故或异常现象,但未发生重大事故	8	4	0	88

表 4 事故原因与事故概率的统计/%

Table 4 Statistics of accident cause and accident probability

失事原因	洪水漫顶	坝身渗漏(包括管涌)	基础渗漏(包括管涌)	溢洪或泄水工程	其他
失事概率	28	19	22	16	15

2.1.3 我国发生的典型尾矿坝工程灾害举例 地震,1976 年唐山大地震,首钢大石河铁矿尾矿坝裂缝、塌滑,天津碱厂石灰坝溃决;坝体失稳而决口,1962 年 9 月 26 日,云南锡业公司新冠选厂火谷都尾矿坝失稳决口,约 3 个多小时奔涌出尾矿浆 33×10⁵ m³,库水 38×10⁴ m³,造成下游村民伤亡和数千公顷农田被淹没,选厂停产 3 年。这是我国尾矿史上最大事故,世界尾矿史上第三大事故;洪水漫顶而溃坝,1985 年 7 月 23 日,湖南东坡铅锌

矿尾矿坝因洪水漫顶而决口,47 人死亡,200 多户居民受灾;因渗漏造成管涌而破坏,1986 年 4 月 30 日,安徽黄梅山铁矿尾矿坝因坝体渗流导致溃坝,死亡 19 人,经济损失惨重。

2.2 尾矿坝工程灾害防治需要研究的基本问题

2.2.1 地震烈度与坝体安全性的关系 《中国地震烈度分区图》(SSB-1990)是设计坝体的依据,按我国规定,尾矿坝这样的特殊构筑物应增加 1 度进行校核。国际大坝委员会建议设计中可使用“最大可信地震”或“生产运行地震”两个指标。“最大可信地震”是大坝服务期内可能发生的最大地震;“生产运行地震”是大坝服务期内至少发生一次的地震。

2.2.2 地震烈度与尾矿被液化的关系 地震发生时,坝体与库存的尾矿一起被强烈上下左右震动,已沉积的尾矿和库水一起被液化,形成类似泥石流的奔流冲击坝体,造成尾矿坝破坏。液化往往是在极短时间内发生的。

2.2.3 尾矿库汇水区水文和洪水控制 地球气候变化使洪水控制变得更加困难。按矿山当地 50 年一遇还是 100 年一遇的洪水标准设计尾矿坝,其建设成本差别很大。

2.2.4 尾矿坝长期岩土稳定性及渗流控制 尾矿坝本身的长期稳定性及库区周围山岩、土体滑坡的潜在可能性等;尾矿坝大多为土坝,有些为土石混合坝,渗流经常发生,需要重视坝体注浆堵漏技术。

3 尾矿对环境的污染及防治

3.1 尾矿对环境的污染

尾矿对地面的环境污染主要表现在尾矿库扬尘和尾矿水对环境的污染两方面:

尾矿库扬尘。由于金属矿山尾矿颗粒极细,排出的尾矿干固后极易扬尘;若遇到刮大风天气,将有可能扬起尾矿黑砂尘暴。1998 年夏季,金川镍矿的尾矿库遇大风刮起铺天盖地的尾矿砂尘暴,将附近路过的多名中小學生卷入尾矿库中,造成重大人员伤亡事故。

尾矿水对环境的污染。尾矿水中含有多多种有害物质,其来源为选矿过程中加入的浮选药剂和矿石中的金属元素。常见的有害物质包括氰化物、黄药、黑药、松节油、铜、铁、铅、锌以及砷、酚、汞等。部分有害物质的性质见表 5。

表 5 尾矿中部分有害物质的性质

Table 5 Properties of some harinful materials in tailings

名 称	性 质
氰化物	剧毒，作用于人、畜神经系统，达一定剂量时，可致人、畜急性死亡
黄药	有特殊臭味，在水中易分解
黑药	水中含量很少时就有不利的特殊气味
松节油	松脂味，在水面上形成泡沫
酚类化合物	有毒，微量就能杀死水中微生物，水中含量超过 0. 01mg/L 时即有异味，达到中毒浓度时其臭味已无法忍受

尾矿水中的有害物质对环境的污染是多方面的，危害人类、动物及植物的生命安全或健康，污染水源和土壤，破坏生态平衡，等等。

尾矿对地下水源的污染。尾矿水除在地面造成环境污染外，尾矿中的多种重金属元素和有害物质还将进入水体，污染地下水源。据一些统计资料表明，矿区周围饮水井的水质，普遍达不到饮用水标准：平均细菌总数达 4500 个/ml，pH 值为 4~6（国家标准为细菌总数<100 个/ml，pH 值为 6. 5~9）。

3.2 防治尾矿对环境污染需要研究的问题

尾矿的絮凝结团与快速沉积固结。在尾矿排放过程中，可添加少量廉价的絮凝剂促使尾矿微细颗粒结团，以达到尾矿快速沉积和固结的目的，即使尾矿干固后也不易扬尘。

尾矿库的覆盖或植被。为了防止尾矿的迁移、扬尘或流失，可在干固尾矿的表层覆盖土、石、石灰粉、芦苇、稻草等，或种植草皮、设置防风林等。

尾矿水的无害化处理。尾矿水的无害化处理是矿山废水处理的一部分。目前，矿山废水处理技术发展较快，有自然净化法、中和法、硫化法、离子交换法、萃取法、铁置换法、电渗析法、超滤法等，或是组成各种联合工艺。但仍需要研究流程更简单、成本更低的尾矿水的无害化处理方法。

尾矿库区岩体裂隙渗流的堵截技术。研究岩体裂隙灌浆堵截技术，以防止尾矿中的重金属元素和有害物质进入地下水源。

4 尾矿的综合利用与治理

4. 1 尾矿资源的综合利用

事实上，尾矿是一种二次资源，应当充分地加以回收和利用。目前，国内外对尾矿资源的综合利

用主要集中在以下几方面：

尾矿再次分选。由于选矿技术的发展和进步，一些尾矿可以进行再次分选以回收金属元素和非金属元素。

尾矿制作建筑材料。尾矿可以用来制作某些建筑材料，如砖、水泥、砂石等；还可以用来制作某些建筑装饰材料，如壁砖、地板砖等。

尾矿制作磁性复合肥料。某些尾矿如铁矿石尾矿，可以用来制作磁性复合肥料等。

目前尾矿资源综合利用存在的主要问题是，所消耗掉的尾矿量不大，而大部分的尾矿还需要存放或治理。

4.2 尾矿的综合治理

4.2.1 地下矿山 利用地下采空区作尾矿库。我国山东省金岭铁矿是一个成功的例子，其一个分矿先露天开采，后转地下用空场采矿法开采，现基本闭坑。金岭铁矿将该分矿的地下主要坑道进行密闭处理，形成了一个露天坑（深超过 80 m）与地下采空区（深超过 200 m）相通的尾矿库，用于处理其他分矿的尾矿。河北省西石门铁矿的中部采区也正在积极建设利用地下采空区作尾矿库。

利用地下采空区作尾矿库，关键问题是要充分估计到地下尾矿库对相邻采矿作业的影响。

建立无尾矿山，采矿与处理尾矿相结合。山东省济南钢铁公司张马屯铁矿地处济南市郊，无地可征用于建筑尾矿库，因此，在矿山开采的整体设计阶段，就采用了胶结充填采矿法，即将选矿厂排出的尾矿经浓缩后添加一定量的水泥再充回到采空区去。这样，该矿成为名副其实的“无尾矿山”。

建立无尾矿山，关键是矿山设计观念需要变化。是投资建尾矿坝在地面堆放尾矿，还是投资大型设备再加上一定的运营成本来同步处理尾矿？

4. 2. 2 露天矿山，利用尾矿库做排土场 已经储满尾矿并停止使用的尾矿库，或是正在使用的尾矿库靠近坝体已干固的部分区段，可以设计用作露天矿山排土场。这样做的好处很多，可以节省排土场的占地面积，又可以防止尾矿库扬尘。关键问题是需要研究具体矿山高边坡排土场的稳定性与可能发生的泥石流问题。

4. 2. 3 尾矿膏体地面无坝堆放与同步复垦 所谓尾矿膏体，是指固体质量百分数为 76%~82% 左右，水的质量百分数为 24%~18% 左右的尾矿浆，这个比例依各矿山尾矿性质的不同而有所变

化。尾矿膏体可以通过砂泵或在自重条件下用管道输送,象牙膏一样在卸料点排出,而无多余的重力水从膏体中渗出。作为新出现的充填采矿方法的一种,近年来胶结尾矿膏体在国内外得到广泛应用。金川有色金属公司与北京有色冶金设计研究总院合作,经过近10年的试验研究,在1999年8月成功地将膏体充填系统正式投入工业化生产。但是,使用膏体技术全部处理选矿厂排出的尾矿,在国内外还只是刚刚起步。

美国爱达荷州 New Jersey 露天金矿是一个新建矿山^[3],设计采用膏体地面无坝堆放处理选矿尾矿。尾矿膏体排料区占地面积 0.6 km^2 ,采用4个管道卸料点卸料,膏体输送水平距离约460 m,用砂泵加压泵送。设计最终尾矿堆高度为23 m,分层堆放,每层上面用推土机覆盖一层泥土;为保证尾矿堆的稳定性和防止尾矿流失,尾矿膏体中添加2%的水泥。经经济对比与计算,尾矿膏体地面

无坝堆放的费用仅为建尾矿库处理尾矿费用的1/3左右。

综上所述,金属矿山尾矿问题以及尾矿引起的环境污染与危害,在世界范围内是一个亟待解决的问题。尾矿综合利用与治理需要采用新技术进行研究和开发,其发展方向是建立无尾矿山。

参考文献

- [1] 陈汉山, Rosin S. 中国几个尾矿坝的土工研究及复垦 [C]. 第六届全国采矿学术会议论文集, 1999, 191~194
- [2] 编写组编. 尾矿工程 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990. 79~80
- [3] Brackebusch F, Shillabeer J. Use of paste for tailings disposal, Proceedings of the 6th International Symposium on Mining With Backfill, Brisbane, Australia, April, 1998, 53~58

Tailings Problems and Tailings Utilization and Treatments in the Metal Mines

Cai Sijing, Yang Peng

(School of Resources Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

[Abstract] The Problems caused by tailings disposal in metal mines are becoming more serious day by day. The total amount of tailings deposited by the Chinese metal mines is more than 4.0 billion tones, and the number is still increasing by 0.21 billion tones per year. The main features of metal mine tailings are extremely fine of particles, huge quantities, strongly poisonous and low bulky density for transportation. Tailings dam occupies large area of land. Accidents may be caused by tailings dam failure. Environmental pollution and underground water pollution are caused by tailings. It is necessary to carry out studies utilizing or treating tailings with new technologies. The comprehensive utilization of tailings should include recovering metal and non-metal elements from tailings, utilizing tailings to make building materials or magnetized fertilizer, etc. The treatment of tailings should include depositing tailings underground, utilizing tailings dam as a waste dump, and land reclaiming while depositing tailings paste. The final purpose of utilizing and treating tailings is to set up a "mine without tailings".

[Key words] metal mines; tailings; environmental pollution; undisrground tailings disposal; tailings paste; mine without tailings

*

*

*

更 正

本刊2000年第3期封底左下图“……何申成教授(右)和合作人吴盛东总经理”,应为吴晓东总经理。特此更正,并深表歉意。

金属矿山尾矿问题及其综合利用与治理

作者: [蔡嗣经](#), [杨鹏](#), [Cai Sijing](#), [Yang Peng](#)
作者单位: [北京科技大学资源工程学院, 北京, 100083](#)
刊名: [中国工程科学](#) [ISTIC](#)
英文刊名: [ENGINEERING SCIENCE](#)
年, 卷(期): 2000, 2(4)
被引用次数: 17次

参考文献(3条)

1. 陈汉山, [Rosin S](#) [中国几个尾矿坝的土工研究及复垦](#)[会议论文] 1999
2. 《[尾矿工程](#)》编写组 [尾矿工程](#) 1990
3. [Brackebusch F](#), [Shillabeer J](#) [Use of paste for tailings disposal](#) 1998

相似文献(10条)

1. 会议论文 [彭彪](#) [谈矿山尾矿废石资源化及无害化的重大意义——关于编写《金属矿山尾矿废石资源化及无害化实用手册》提纲要义](#) 2007

本文对矿山尾矿废石资源化及无害化的重大意义进行了探讨。文章围绕矿业的可持续发展、尾矿废石的资源化、尾矿废石资源化的再勘探及评价、矿山废石和贫矿石边角残矿的资源化、矿物理化成份结构及新的选冶工艺、尾矿废石无害化、生态矿山地质等进行了阐述。

2. 期刊论文 [吕宪俊](#), [连民杰](#), [Lv Xianjun](#), [Lian Minjie](#) [金属矿山尾矿处理技术进展](#) -[金属矿山](#)2005(8)

介绍了国内外在尾矿高效浓缩、全尾矿充填采空区和膏体尾矿干式堆存方面的研究和应用进展;分析了这些尾矿处理新方法的特点;指出了随着人们环保意识的增强,安全、高效和环境友好的尾矿处理方法将逐步取代传统的尾矿地表堆存方法。

3. 期刊论文 [刘忠明](#), [刘晓妮](#), [杨培](#), [韩培光](#), [刘翔](#), [LIU Zhong-ming](#), [LIU Xiao-ni](#), [YANG Pei](#), [HAN Pei-guang](#), [LIU](#)

[Xiang](#) [鄂东南金属矿山尾矿堆积现状及其基本特征](#) -[矿冶](#)2009, 18(1)

截至2006年底,鄂东南以铁、铜为主的五类金属矿山的70座规模以上(含小型)尾矿库中,已堆积尾矿过亿m³。就物质成分看,尾矿乃为原矿经人工机械破碎-磨矿的碎屑堆积物;而外观为自然静水条件下的机械沉积物。除个别铅锌矿山尾矿外,尾矿中的主要有用成分有TFe(铁精矿)、Cu、Au、W03(白钨矿)和S,含多种伴生有用组分。尾矿“矿床”的开发和综合利用前景广阔。

4. 期刊论文 [董丽芳](#) [浅谈金属矿山选矿尾矿及废水处理](#) -[云南冶金](#)2001, 30(2)

根据金属矿山尾矿及废水性质和特点,结合科研和现场实践经验,提出了对选矿尾矿进行浓缩以及尾矿溢流废水处理的方法和工艺流程。

5. 期刊论文 [谢敏雄](#), [王宝胜](#), [杨荣华](#), [Xie Minxiong](#), [Wang Baosheng](#), [Yang Ronghua](#) [金属矿山尾矿资源利用状况与建](#)
[议](#) -[黄金](#)2009, 30(6)

通过对金属矿山尾矿资源现状进行综合分析,依据中国尾矿资源开发利用的实际情况,提出了对尾矿资源研究要加大科技投入,加强政策扶持及导向,拓宽尾矿资源的利用率,完善管理制度,建立尾矿资源信息化数据系统等建议,对中国金属矿山尾矿资源的开发利用具有较大的现实意义。

6. 期刊论文 [刘忠明](#), [孔繁河](#), [刘晓妮](#), [杨培](#), [刘翔](#), [王瑜](#), [蒲晓玲](#), [LIU Zhongming](#), [KONG Fanhe](#), [LIU Xiaoni](#), [YANG Pei](#),

[LIU Xiang](#), [WANG Yu](#), [PU Xiaoling](#) [鄂东南金属矿山尾矿资源调查及保护、开发利用建议](#) -[资源环境与工程](#)

2009, 23(4)

鄂东南以铁、铜为主的五类金属矿山尾矿库有500多座,其中70座规模较大,库容过亿立方米,有46%以上的尾矿库中具有尾矿矿床特点,主要有用成分有TFe(铁精矿)、Cu、Au、W03(白钨矿)和S,含多种伴生有用组分。保护好尾矿库,选择部分尾矿资源进行综合开发利用,对促进资源枯竭型城市循环经济、延长危机矿山服务年限都具有十分重要的意义。

7. 期刊论文 [王巧玲](#), [曾光明](#) [从千枚岩型金属矿山尾矿中浮选回收绢云母的应用研究](#) -[矿冶工程](#)2002, 22(4)

针对我国东北某千枚岩型金属矿山选矿尾矿综合治理问题,开展了回收绢云母的试验及应用研究。试验过程中测定了尾矿组成及矿物特征,进行了浮选法回收绢云母的试验研究及在橡胶与塑料中的应用试验研究。该项目是一个具有经济效益和社会效益的环保型项目。

8. 学位论文 [袁丽巧](#) [无尾矿生态矿山的建设——以河北省青龙满族自治县褚杖子铁矿为例](#) 2006

我国现有大大小小的尾矿库2000多个,全部金属矿山堆存的尾矿已经超过50亿t,而且仍以每年产出3亿t尾矿的速度增加。矿山开采在带来经济效益的同时,给人类的生活以及周边环境也带来了严重的影响。据统计,我国2000年尾矿废石破坏土地和堆存占地达到1.87~2.7万km²,且每年以300~400 km²的速度增加,其中包括大量的农、林用地[1]。对我国这样一个人口众多、人均耕地、林地面积很少的国家来说具有严重的威胁,给社会造成的压力和难题将是久远的。所排放的尾矿废液严重污染了地下水资源,尾矿中含有的有害成分对土地也造成了很大的污染。尾矿已经严重影响了人类赖以生存的第四系环境,必须得到有效的控制,并对已经造成污染的地方加以治理。

近年来,国外非常重视尾矿的综合利用研究,如英国、前苏联、加拿大、美国等均投入大量的资金,研究尾矿的综合利用技术,并取得了明显的经济效益和社会效益。我国在金属矿山尾矿综合利用研究方面也取得了一定的进展和成绩。面临矿产资源今后严重短缺的形势,越来越多的人认识到尾矿利用具有经济意义、环境保护效益和矿产资源持续供给的作用。尾矿利用的重要性,现已得到普遍认同,并在“中国21世纪议程”第一批优先项目中列入[2]。

本文针对“河北省青龙满族自治县褚杖子超贫磁铁矿”开采后的尾矿进行综合分析、利用研究,使该尾矿能够充分利用,最终达到无尾矿,拟建生态型铁矿矿山,创建生态型循环经济体系,使人类获得经济利益的同时,对第四系的危害达到最小化。

该铁矿为超贫磁铁矿,本文对该磁铁矿设计一种选矿工艺流程简单,铁精粉产率、回收率较高,且尾矿易于综合回收利用的工艺流程。该尾矿主要为:绿泥石、磷灰石、石英、钾长石等。本文参考较多的资料,对该尾矿的不同成分,为其进行综合利用提供了较多的选择。

9. 期刊论文 [张东为](#), [崔建国](#), [ZHANG Dong-wei](#), [CUI Jian-guo](#) [金属矿山尾矿废弃地植物修复措施探讨](#) -[中国水土保持](#)2006(3)

我国矿产资源丰富,但采矿活动及其废弃物的排放造成了土壤重金属污染,矿区植物修复法具有成本低、美化环境、不造成二次污染等诸多优势,是金属矿山尾矿生态恢复的最佳途径.在查阅大量文献的基础上,概括总结了我国发现的几种适宜修复污染矿山尾矿的植物种类,为今后的矿区植物修复提供了更为广阔的途径.

10. 期刊论文 [张锦瑞,李富平](#) [金属矿山尾矿综合利用研究现状及发展趋势](#) -[河北冶金](#)2003(1)
分析了中国金属矿山尾矿综合利用的现状及存在问题,并在此基础上提出加快中国尾矿综合利用步伐的对策和建议.

引证文献(16条)

1. [杜翠凤,杜建华,王婷](#) [黏结型尾矿库抑尘剂及环境适应性](#)[期刊论文]-[北京科技大学学报](#) 2009(8)
2. [孙燕,刘和峰,刘建明,孟繁威,张伟庆](#) [有色金属尾矿的问题及处理现状](#)[期刊论文]-[金属矿山](#) 2009(5)
3. [王婷](#) [尾矿库扬尘抑制剂配方及其性能的实验研究](#)[学位论文]硕士 2007
4. [李敏,骆永明,宋静,张殿顺](#) [污泥-铜尾矿体系下pH、盐分和重金属对大麦根伸长的生态毒性效应](#)[期刊论文]-[土壤](#) 2006(5)
5. [葛菁,阎伍玖,吴倩,苏晓峰](#) [铜陵矿区尾矿综合利用与生态矿区建设初步研究](#)[期刊论文]-[国土与自然资源研究](#) 2006(1)
6. [林玉山,张卫](#) [尾矿库地质灾害与危险性评估](#)[期刊论文]-[桂林工学院学报](#) 2006(4)
7. [王显海](#) [重金属污染土壤化学萃取技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
8. [王显海](#) [重金属污染土壤化学萃取技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
9. [李硕](#) [水葱对镉污染土壤修复潜力的研究](#)[学位论文]硕士 2006
10. [李明](#) [山东铝业公司赤泥堆积坝稳定性分析及安全措施研究](#)[学位论文]博士 2006
11. [宋占利](#) [南芬选矿厂尾矿综合利用的试验研究](#)[学位论文]硕士 2006
12. [郝秀珍,周东美](#) [金属尾矿砂的改良和植被重建研究进展](#)[期刊论文]-[土壤](#) 2005(1)
13. [张锦瑞,徐晖,饶俊](#) [循环经济与金属矿山尾矿的资源化研究](#)[期刊论文]-[矿产综合利用](#) 2005(3)
14. [杜翠凤](#) [化学药剂法控制金属矿山烟尘污染技术的研究](#)[学位论文]博士 2005
15. [张锦瑞,徐晖](#) [循环经济与尾矿的综合利用](#)[期刊论文]-[金属矿山](#) 2004(z1)
16. [李程峰](#) [红壤中镉的吸附行为及其电动力去除研究](#)[学位论文]硕士 2004

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zggckx200004017.aspx

授权使用: 武汉大学(whdx), 授权号: 46f82b9c-5de2-46b0-8977-9ea000b05693

下载时间: 2011年3月8日