

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50421 – 2018

有色金属矿山排土场设计标准

Standard for waste dump design of nonferrous metal mines

2018 – 05 – 14 发布

2018 – 12 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

有色金属矿山排土场设计标准

Standard for waste dump design of nonferrous metal mines

GB 50421 - 2018

主编部门:中国有色金属工业协会

批准部门:中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期:2018年12月1日

中国计划出版社

2018 北 京

中华人民共和国国家标准
有色金属矿山排土场设计标准

GB 50421-2018

☆

中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

北京市科星印刷有限责任公司印刷

850mm×1168mm 1/32 4 印张 100 千字

2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

☆

统一书号: 155182·0347

定价: 24.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2018 年 第 86 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《有色金属矿山排土场设计标准》的公告

现批准《有色金属矿山排土场设计标准》为国家标准,编号为 GB 50421—2018,自 2018 年 12 月 1 日起实施。其中,第 4.2.1、5.0.9、9.0.1、10.0.9 条为强制性条文,必须严格执行。原《有色金属矿山排土场设计规范》GB 50421—2007 同时废止。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2018 年 5 月 14 日

前 言

本标准是根据住房城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189号)的要求,由中国有色工程有限公司、长沙有色冶金设计研究院有限公司会同有关单位共同修订完成。

本标准在修订过程中,编制组认真总结了我国有色金属矿山排土场建设的经验和教训,借鉴了相关标准的规定,在广泛征求意见的基础上,经反复修改与完善,最后经审查定稿。

本标准共分11章和2个附录,主要技术内容包括:总则、术语、基本规定、场址选择、安全防护、排土工艺及堆置要素、稳定性分析与评价、排土场病害防治、排土场复垦、环境保护、排土场关闭等。

本标准本次修订的主要内容有:

1. 增加了基本规定和排土场关闭章节。
2. 增加了排土场设计内容要求。
3. 修订了排土场等级控制标准。
4. 修订了排土场防洪标准。
5. 修订了安全防护距离部分规定,细化了限制条件。
6. 原“病害防治与稳定性措施”一章拆分为“稳定性分析与评价”与“排土场病害防治”两个章节,修订了稳定性分析部分内容。
7. 调整了排土工艺和排土场分类的部分内容。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理,由长沙有色冶金设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本

标准在执行过程中如有意见和建议,请寄送长沙有色冶金设计研究院有限公司(地址:湖南省长沙市雨花区木莲东路 299 号,邮政编码:410019),以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中国有色工程有限公司

长沙有色冶金设计研究院有限公司

参 编 单 位:中冶北方工程技术有限公司

中国科学院武汉岩土力学研究所

西安有色冶金设计研究院

中铝国际工程股份有限公司长沙分公司

主要起草人:梁 勇 江 帆 汪海滨 龚选林 袁义高

王少泉 徐 政 周 理 刘 典 谢 飞

殷碧文 李 立 李永红 肖爱民 易泓余

樊风建 段文龙 刘 鹏 李 丹 宋光求

滑本领 王 军 陈宝峰

主要审查人:赵送机 于长顺 刘家文 文孝廉 冯先德

李爱兵 王 华 任泽虹 张 伟

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	基本规定	(4)
3.1	设计原则	(4)
3.2	设计内容	(4)
3.3	排土场等级	(5)
3.4	排土场防洪	(6)
3.5	设计基础资料	(6)
4	场址选择	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	外部排土场场址选择	(9)
4.3	内部排土场场址选择	(9)
5	安全防护	(10)
6	排土工艺及堆置要素	(12)
6.1	排土工艺	(12)
6.2	堆置要素	(13)
6.3	排土计划	(14)
7	稳定性分析与评价	(15)
7.1	一般规定	(15)
7.2	计算方法	(15)
7.3	计算模型与参数	(16)
7.4	安全稳定性标准	(16)
8	排土场病害防治	(18)
9	排土场复垦	(20)

10 环境保护	(21)
11 排土场关闭	(22)
附录 A 排土场分类	(23)
附录 B 排土工艺分类	(25)
本标准用词说明	(27)
引用标准名录	(28)
附:条文说明	(29)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Basic requirements	(4)
3.1	Design principles	(4)
3.2	Design contents	(4)
3.3	Grade of waste dump	(5)
3.4	Flood prevention of waste dump	(6)
3.5	Fundamental requirements of design works	(6)
4	Site selection	(8)
4.1	General requirements	(8)
4.2	Site selection for external waste dump	(9)
4.3	Site selection for internal waste dump	(9)
5	Security protection	(10)
6	Dumping method and heaping element	(12)
6.1	Dumping method	(12)
6.2	Heaping element	(13)
6.3	Dumping plan	(14)
7	Analysis and evaluation of stability	(15)
7.1	General requirements	(15)
7.2	Calculation method	(15)
7.3	Models and parameters of calculation	(16)
7.4	Standard for security and stability	(16)
8	Preventions for waste dump risks	(18)
9	Waste dump reclamation	(20)

10	Environmental protection	(21)
11	Waste dump closure	(22)
	Appendix A Waste dump classification	(23)
	Appendix B Dumping method classification	(25)
	Explanation of wording in this standard	(27)
	List of quoted standards	(28)
	Addition;Explanation of provisions	(29)

1 总 则

1.0.1 为了规范有色金属矿山排土场设计的技术要求,使其符合国家技术经济政策,达到安全堆存矿山剥离物和保护环境的要求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、改建、扩建的有色金属露天开采矿山、地下开采矿山的排土场设计。

1.0.3 排土场设计应符合矿山建设的总体规划,拟建场址和排土工艺应做到安全可靠、技术先进、经济合理。

1.0.4 排土场规划应满足服务年限的全部容量,排土场的设置应远近期结合,排土场用地可根据排土计划分期实施。

1.0.5 排土场设计时应通过现场查勘,确定环境影响和水土流失防治责任范围,应按照以防为主、防治结合的原则,全面贯彻执行节约用地、环境保护、水土保持、土地复垦的方针政策。

1.0.6 有色金属矿山排土场设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

- 2.0.1 排土场** waste dump, spoil dump
集中堆放露天开采剥离物或地下开采废石的场所,也称废石场。
- 2.0.2 内部排土场** internal waste dump
剥离物堆放在开采境界内的排土场。
- 2.0.3 外部排土场** external waste dump
剥离物堆放在开采境界外的排土场。
- 2.0.4 剥离物** overburden
剥离出的岩土,也称废石或岩土。
- 2.0.5 排土** waste disposal
将剥离物排入排土场的作业。
- 2.0.6 排土场复垦** reclamation of waste dump
将排土场恢复和改造到可利用状态的工作。
- 2.0.7 排土计划** dump plan
安排逐年排弃的剥离物数量、排土地点及排土方式等相关工作的总称。
- 2.0.8 稳定性分析** stability analysis
对排土场是否稳定进行的综合分析。
- 2.0.9 台阶** bench
排土场内堆置剥离物的水平分层,也称阶段。
- 2.0.10 台阶高度** bench height
排土台阶坡顶线至坡底线间的垂直距离,也称阶段高。
- 2.0.11 堆置高度** heap height
各台阶高度的总和。

2.0.12 安全系数 safety factor

边坡稳定性分析中,排土场堆积的剥离物沿某一滑面的抗滑力与滑动力之比值,或抗滑力矩与滑动力矩之比值。

2.0.13 排土场关闭 waste dump closure

排土场服务年限结束后,根据实际堆排状况和相关资料进行关闭的行为。

2.0.14 安全防护距离 safety protective distance

排土场边界与被保护对象之间的距离。

2.0.15 平台宽度 platform width

台阶平面的宽度。

2.0.16 拦挡坝 stone retaining dam

设在排土场坡脚处或以外,由土、石等材料筑成的防止滚石、滑坡、泥石流危害或水土流失的构筑物。

2.0.17 超前堆置宽度 advance stacking width

对于相邻台阶,为防止上台阶排土作业影响到下台阶作业安全,在下台阶增加的保证机械作业的安全超宽。

3 基本规定

3.1 设计原则

3.1.1 排土场设计应满足矿山开采设计总体要求,应包括选址、排土工艺设计、防排洪系统设计、安全稳定性分析、安全对策措施、安全防护距离、复垦规划、环境保护。

3.1.2 排土工艺设计应包括容积、服务年限、堆置方式、堆置要素、运输方式、运输系统、设备选型、排土计划。

3.1.3 排土场设计应在选址与排土方式、堆排要素确定的前提下,结合排土场所在地地形、工程地质、水文地质条件进行安全稳定性计算分析。

3.1.4 排土场设计应落实环境影响和水土保持责任范围,并应根据主要安全影响因素、周边不同保护对象所需安全储备、环境影响程度提出防范措施,应包括地基处理、防排洪措施、拦挡坝。

3.1.5 排土场设计应在取得地形、地质资料的基础上开展。

3.2 设计内容

3.2.1 可行性研究阶段应包括下列内容:

1 场址选择、剥离物的性质、排土场等级、排土场容积估算、服务年限、排土工艺、堆置要素、防排洪等级及方式、环境影响、复垦规划、排土场用地;

2 排土场灾害可能性分析及稳定性初步评估;

3 安全防护措施、安全防护距离;

4 工程量估算;

5 含排土场的矿山总体布置图。

3.2.2 初步设计阶段应包括下列内容:

- 1 排土场等级、剥离物的性质、排土场容积计算、服务年限、台阶高度及坡比、平台宽度、堆置高度、总体边坡角、排土场用地；
- 2 排土工艺、排土计划、设备及劳动定员；
- 3 防排洪等级及计算，防洪、排水设施；
- 4 原地面坡度、周边环境状况及相互影响、安全隐患及对策、排土场整体稳定性分析、安全防护措施、安全防护距离；
- 5 排土场监测方案；
- 6 主要工程量表；
- 7 含排土场的矿山总体布置图、排土场平面图、纵剖面图、运输线路平面图、防排洪平面图。

3.2.3 施工图设计阶段应包括下列内容：

- 1 设计说明，包括排土场概况、设计依据、施工要求、注意事项；
- 2 排土场分期平面图及纵剖面图、排土场终了平面图及纵剖面图、运输线路设计图、防排洪平面图、防排洪设施详图、防护设施详图、用地图；
- 3 工程量表；
- 4 其他应说明内容及附图。

3.3 排土场等级

3.3.1 排土场等级分级应根据单个排土场总容积和堆置高度按照表 3.3.1 的规定划分为四级。

表 3.3.1 排土场等级分级

等级	单个排土场总容积 $V(\times 10^4 \text{m}^3)$	堆置高度 $H(\text{m})$
一	$V \geq 10000$	$H \geq 150$
二	$2000 \leq V < 10000$	$100 \leq H < 150$
三	$500 \leq V < 2000$	$50 \leq H < 100$
四	$V < 500$	$H < 50$

注：排土场容积和堆置高度两者的等级差为一级时，采用高标准；两者的等级差大于一级时，采用高标准降低一级使用。

3.3.2 当排土场场地条件有下列情况之一时,排土场的等级应提高一级:

- 1 排土场地基原地面坡度大于 24° ;
- 2 排土场基底存在工程地质、水文地质不良地段。

3.3.3 剥离物有下列情况之一时,排土场的等级应确定为一级:

- 1 剥离物遇水软化或剥离物含泥率大,排水不良,稳定性较差且具备形成泥石流条件;
- 2 剥离物的溶出物具有危险、有害特性。

3.4 排土场防洪

3.4.1 排土场应设置防排水设施。

3.4.2 排土场防洪设施设计洪水频率,一、二级排土场洪水重现期不应小于 50 年,三、四级排土场洪水重现期不应小于 20 年。

3.5 设计基础资料

3.5.1 排土场设计应取得下列资料:

- 1 1:1000~1:2000 或与采矿场相同比例的现状地形图,1:5000~1:10000 的区域地形图;
- 2 采矿工艺,开拓运输方式,剥离物的类型、数量、物理力学性质、化学性质;
- 3 地形地貌特征、气象条件、水文条件、地震烈度、环境现状;
- 4 工程地质和水文地质资料;
- 5 改、扩建矿山现有排土场堆置要素、设施设备资料。

3.5.2 排土场设计应按不同设计阶段进行相应的工程地质、水文地质勘察工作,并应符合下列规定:

- 1 可行性研究阶段应调查场址的地形地貌及地质特征,应提出潜在的地质灾害类型和分布范围,应对场地适宜性进行评价。
- 2 初步设计阶段勘察应包括排土场场区自然地理特征、气象特征、水文地质特征、地形地貌特征、自然灾害特征;排土场场区地

基土特征、软弱地基土分布范围及特征；排土场场区地下水、地表水系特征，补给和径流特征。

3 施工图设计阶段应对防排洪设施及安全防护设施等进行勘察，勘察深度应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的有关规定。

4 场址选择

4.1 一般规定

4.1.1 排土场应根据采掘顺序、剥离物分布位置、剥离量大小选址,场址宜靠近采矿场。

4.1.2 排土场与铁(公)路干线、航道、高压输电线路、居住区、村镇、工业场地等设施的距离应符合本标准第 5.0.1 条、第 5.0.2 条的规定。

4.1.3 排土场不宜设在居民区或工业场地主导风向的上风侧,应远离要求空气清洁的场所。

4.1.4 剥离物遇水软化或剥离物含泥率大、排水不良的排土场不宜布置在工业场地、村镇、居民区及交通干线的上游。

4.1.5 排土场的容积应能容纳矿山服务年限内所排弃的全部岩土,排土场可为一个或多个。当占地面积大时,宜一次规划,分期实施。

4.1.6 有回收利用价值的岩石或表土应在排土场内分排、分堆,并应为其回收利用创造有利条件。

4.1.7 排土场场址应符合现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 的有关规定。

4.1.8 含有酸性、酚类以及微量放射性、重金属和其他具有危险、有害特性可溶性排弃物的排土场场址应符合现行国家标准《危险废物鉴别标准》GB 5085、《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597和《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 的有关规定。

4.1.9 排土场场址的选择应经多方案技术经济比较后确定。

4.2 外部排土场场址选择

- 4.2.1 严禁将水源保护区、江河、湖泊作为排土场,严禁侵占名胜古迹、自然保护区。
- 4.2.2 外部排土场宜利用沟谷、洼地、荒坡、劣地。
- 4.2.3 外部排土场场址宜选择在水文地质条件简单,原地形坡度平缓的沟谷,不宜设在汇水面积大,沟谷纵坡陡的山谷中,不宜设在主要工业厂房、居住区及交通干线的临近处。
- 4.2.4 外部排土场宜利用山岗、山丘、竹木林地等有利地形地貌作为防护带。

4.3 内部排土场场址选择

- 4.3.1 内部排土场不应影响矿山的正常开采和边坡稳定。
- 4.3.2 露天矿群和分区分段开采的矿山宜采用内部排土场。
- 4.3.3 一个采场内有两个不同标高底平面的矿山,宜采用内部排土场。
- 4.3.4 露天转地下开采矿山,经安全论证后,可利用闭坑的露天采场作为地下开采的排土场。
- 4.3.5 分期开采的矿山,可在开采境界内设置临时的排土场,但应与外部排土场进行技术经济比较后确定。

5 安全防护

5.0.1 排土场应根据下列因素确定最终坡底线与相邻的铁路、道路、航道、高压输电线路、居住区、村镇、工业场地等的安全防护距离：

- 1 原始地形地貌、工程地质条件；
- 2 剥离物的物理力学性质、排土方式、堆置高度及边坡坡度；
- 3 排土场整体稳定性；
- 4 保护对象的性质；
- 5 保护对象与排土场的相对高差；
- 6 气象条件；
- 7 防护工程措施。

5.0.2 堆置整体稳定、排水良好、基底原地面坡度小于 24° 、工程地质及水文地质条件良好，且未设置防护工程措施的排土场，最终坡底线与保护对象间的最小安全防护距离应按表 5.0.2 确定。

表 5.0.2 排土场最终坡底线与保护对象间的最小安全防护距离

序号	保护对象名称	排土场等级			
		一	二	三	四
1	国家铁(公)路干线、航道、高压输电线路铁塔等重要设施	$1.5H$	$1.5H$	$1.25H$	$1.0H$
2	矿山铁(道)路干线(不包括露天采矿场内部生产线路)	$1.0H$	$1.0H$	$0.75H$	$0.75H$
3	居住区、村镇、工业场地等	$2.0H$	$2.0H$	$2.0H$	$2.0H$

续表 5.0.2

序号	保护对象名称	排土场等级			
		一	二	三	四
4	露天采矿场开采终了境界线	应根据露天采矿场边坡和排土场边坡的稳定状况以及排土场坡底线外的地面坡度确定,当地面坡度为逆坡时,最小安全距离应为 30m;当地面坡度为顺坡时,最小安全距离应为 1.0H			

注:1 安全防护距离:航道由设计水位岸边线算起,铁路、公路、道路由其设施边缘算起,建筑物、构筑物由其边缘算起,工业场地由其边缘或围墙算起。

2 表中 H 为排土场设计最终堆置高度。

5.0.3 当设置防护工程措施时,安全防护距离应根据所采取的工程措施,经专题论证后,在设计中规定。

5.0.4 安全防护距离除应满足本标准第 5.0.2 条、第 5.0.3 条的要求外,还应满足被保护对象的行业要求。

5.0.5 沟谷型排土场沟底原地面坡度大于 24° 时,宜设置多级拦挡坝。

5.0.6 剥离物易风化或含泥率较大的排土场应设透水性拦挡坝,并应在最终坡脚线与拦挡坝间设泥沙沉积带。

5.0.7 排土场应对软弱基底进行处理。

5.0.8 排土场应对场地内渗水进行疏排。

5.0.9 有夜间排土作业的排土场必须设照明系统。

5.0.10 汽车卸载的排土场卸载边缘应设置安全车挡,车挡高度不应小于轮胎直径的 $1/2$,车挡顶部和底部宽度应分别不小于轮胎直径的 $1/4$ 和 $4/3$ 。

6 排土工艺及堆置要素

6.1 排土工艺

- 6.1.1 排土场可根据设置地点、地形、台阶数量、堆置方式等特征按本标准附录 A 分类。
- 6.1.2 排土工艺应根据矿山开拓运输方案、岩土性质、运输量、运输距离,并结合排土地形、地质、气象等因素比较后确定。排土工艺可按本标准附录 B 分类。
- 6.1.3 人工排土宜采用单台阶排土。
- 6.1.4 汽车运输的矿山宜采用推土机排土,铁路运输的矿山宜采用装载机排土。
- 6.1.5 铲运机可用于采剥、运输、排土,平均运距宜为 800m~2000m。
- 6.1.6 在剥离物物理力学性质较差时,可采用装载机排土。
- 6.1.7 胶带-排土机排土,排土机距台阶坡顶线之间应设安全距离;工作场地和行走道路的坡度,应满足排土机的技术要求;排土线长度宜满足 2 个月~3 个月的移设周期要求。
- 6.1.8 采用架空索道、斜坡道或胶带运输机排土的排土场宜增大台阶高度。
- 6.1.9 初始路堤宽度应满足排土工艺作业机械进行正常作业的要求。采用汽车排土的单台阶排土场,初始路堤可沿等高线开辟半壁路堑,平台大小应满足卸车和调车要求,排土工作面向坡顶线方向应有 2%~5%的反坡。
- 6.1.10 沟谷型排土场宜采用多台阶压坡脚式排土,下台阶的初始路堤可边排边筑,也可在上台阶的排土边坡上修建,但应保证上台阶边坡稳定。
- 6.1.11 排土场应控制单个作业面的排土强度,并应增大排土线

长度,交替排土。

6.1.12 平缓地形宜采用覆盖式多台阶排土,由下而上逐层堆置,或多台阶同时进行覆盖式排土;同时作业时,排土场下部排土台阶应与上部排土台阶保持超前堆置宽度。

6.1.13 软弱地基排土场宜采用自下而上、由外向里分阶段后退覆盖式排土,并应控制底部台阶的高度和底部剥离物的块度。

6.2 堆置要素

6.2.1 排土场主要设计堆置要素应包括排土场最终堆置标高、台阶高度、台阶坡面角、平台宽度、堆置高度、总体边坡角、有效容积、占地面积。

6.2.2 堆置要素应根据剥离物的物理力学性质、排土工艺、地形、工程地质、气象及水文等条件,并应通过稳定计算分析确定。

6.2.3 软弱地基排土场应控制底部台阶高度,对地基堆载预压,提高地基承载力。第一台阶最大堆高可按下式计算:

$$H = \frac{10^{-4} C \cot \varphi}{\gamma} \left[\tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi \tan \varphi} - 1 \right] \quad (6.2.3)$$

式中: H ——第一台阶最大堆高(m);

C ——地基土黏聚力(kPa);

φ ——地基土内摩擦角($^\circ$);

γ ——剥离物容重(kN/m^3)。

6.2.4 山坡露天矿排土顺序宜根据采矿场出口标高,采用高土高排、低土低排的方式。

6.2.5 排土场总容积应按下式计算,剥离物的松散系数宜按表 6.2.5 选取。

$$V = V_0 K_1 K_2 \quad (6.2.5)$$

式中: V ——总容积(m^3);

V_0 ——剥离物的实方量(m^3);

K_1 ——剥离物经下沉后的松散系数;

K_2 ——排土场富余系数,宜取 1.02~1.05。

表 6.2.5 剥离物经下沉后的松散系数

类 别	松散系数
砂	1.01~1.03
带夹石的黏土岩	1.10~1.20
砂质黏土	1.03~1.04
块度不大的岩石	1.20~1.30
黏土	1.04~1.07
大块岩石	1.25~1.35

6.2.6 排土场的用地应包括剥离物堆积体、排水设施、防护设施、泥沙沉积、滚石影响等用地,设有污水调节池时还应包括污水调节池用地。

6.3 排土计划

6.3.1 排土计划应根据逐年剥离岩土量、排土方式、运排设备能力、排土场总容积、排土顺序编制。

6.3.2 排土计划编制应符合下列规定:

- 1 排土计划编制应考虑岩土流向,应避免出现短期排弃高峰、反向运输;
- 2 基建期排土应与生产期排土衔接;
- 3 排弃能力应满足岩土量增长需要,并应留有余量;
- 4 有回收利用价值的岩土应单独堆存。

6.3.3 排土场应绘制分期平面图。

7 稳定性分析与评价

7.1 一般规定

7.1.1 可行性研究阶段应进行排土场灾害可能性分析及稳定性初步评估,初步设计阶段应进行排土场稳定性分析。改、扩建矿山应对现状排土场进行稳定性论证。

7.1.2 排土场稳定性分析应依据下列基础资料:

1 场址及其影响范围的工程地质及水文地质勘察资料,包括持力层分层岩土物理力学性质试验报告;

2 拟排弃物料的岩性组成特征、颗粒级配筛分及物理力学性质试验报告;

3 场址及其影响范围的原始地形地质图,比例尺大于 1:2000,现状地形图,比例尺大于 1:2000;

4 分期规划图及堆置要素。

7.1.3 排土场稳定性分析应包括下列内容:

1 场址及其影响范围的工程地质、水文地质分析;

2 排弃物料主要组成及其物理力学性质分析;

3 堆置要素与计算方案,包括典型剖面确定及其代表性;

4 稳定性计算分析;

5 安全稳定性对策措施;

6 稳定性分析结论及建议。

7.1.4 改、扩建矿山排土场安全稳定性论证应包括排土场堆置要素与排土工艺分析。

7.2 计算方法

7.2.1 排土场稳定性计算方法应根据排土工艺、堆置要素和潜在

的破坏模式选取。

7.2.2 计算方法应包括定性分析和定量计算。

7.2.3 采用工程地质类比法时应结合排土场破坏机理、主要影响因素判别破坏模式。

7.2.4 定量计算方法应采用极限平衡法或数值分析方法。当采用极限平衡法计算时,应根据破坏模式选择计算方法;当采用数值分析方法计算时,可采取线性或非线性破坏准则分析。

7.2.5 排土场稳定性论证应采取极限平衡法与数值分析法综合分析。

7.3 计算模型与参数

7.3.1 排土场稳定性计算模型应综合地形地貌、地基特征、水文地质特征、物料特征、排土场堆置要素、堆积过程等因素确定。

7.3.2 排土场稳定性计算参数选取应符合下列规定:

1 排土地基力学指标应按照排土场工程地质勘察试验成果,并结合地层结构特征综合确定;

2 排弃物料力学指标宜根据筛分试验和三轴试验成果确定;

3 新建矿山排土场,可根据岩体特征和开采工艺、排土工艺,通过工程类比选取。

7.3.3 排土场稳定性计算工况应符合下列规定:

1 排土场稳定性计算工况应根据重力及地下水、降雨及地下水、地震或爆破振动影响确定为自然工况、降雨工况、地震工况三种;

2 当排土场影响范围内存在重要设施时,荷载应计算在内。

7.4 安全稳定性标准

7.4.1 安全稳定性标准应根据排土场等级和计算工况确定。

7.4.2 自然工况条件下,排土场整体安全稳定性标准应符合表 7.4.2 的规定。计算安全系数不应小于表 7.4.2 中的数值。

表 7.4.2 排土场整体安全稳定性标准

排土场等级	安全标准
一	1.25~1.30
二	1.20~1.25
三	1.15~1.20
四	1.15

注:1 自然工况条件指重力、稳定地下水位、正常施工荷载的组合。

2 排土场下游存在村庄、居民区、工业场地等设施时,相应区域排土场安全标准应取上限值。

7.4.3 排土场整体安全稳定性应校核降雨工况。降雨工况下,排土场整体安全稳定性标准可在本标准表 7.4.2 规定的基础上降低 0.05,最低安全系数不得低于 1.10。

7.4.4 地震基本烈度为 7 度及 7 度以上地区的排土场,排土场整体安全稳定性应校核地震工况。地震工况下,排土场整体安全稳定性标准可在本标准表 7.4.2 规定的基础上降低 0.05~0.10,但最低安全系数不得低于 1.10。

7.4.5 排土场台阶安全稳定性宜根据物料特性、地基条件、排土方式,通过控制阶段高度和排弃强度保证。

8 排土场病害防治

8.0.1 排土场设计应根据地形地貌、工程地质、水文地质、气象条件、剥离物的物理力学性质、排土方式、台阶高度等因素,对可能导致滑坡、坍塌、泥石流、沉陷、裂缝、水土流失、环境污染等病害的原因进行分析,提出防治措施。

8.0.2 排土场设计应配备病害监测所需的人员和设备。

8.0.3 对存在滑坡、坍塌隐患的排土场,应采取下列防治措施:

1 应分析排土场原始地形与剥离物的堆积形态,确定主滑段和抗滑段的位置,对主滑段削方减载,对抗滑段加载反压;

2 对稳定性较差的土质山坡,宜将原地形处理成台阶状,对松软潮湿土,宜采用排渗处理,可采用盲沟、泄流基层等;

3 宜将大块石堆置在底层;

4 应设置一级或多级拦挡坝;

5 应设置抗滑支挡防护设施;

6 应避免高台阶排土,采用多台阶排土,减小台阶高度。

8.0.4 对存在泥石流安全隐患的排土场,应采取下列防治措施:

1 应提高截、排洪沟设计标准;

2 排土场内应治理滑坡、坍塌,减少泥沙来源;

3 排土场下游应修建拦挡坝、停淤场等拦截设施,在沟谷纵坡较陡的排土场应设置多级拦挡坝。

8.0.5 排土场内的地下水和滞留水对排土场稳定不利时,应将地下水和滞留水引出场外,可采用盲沟、透水管或涵洞等方式。

8.0.6 排土场边坡坡面防护应根据剥离物性质、边坡坡度等条件,分别采取下列措施:

1 对于剥离物不易风化的坡面,当粒径较大或粒径虽小但能

自然固结、坡脚无水流淘刷的边坡,可不加固;

2 对于坡比小于 1 : 1.5、土层较薄的土质或沙质坡面,可采取种草护坡;

3 对于坡比小于 1 : 2、土层较厚的土质或沙质坡面,可采用造林护坡;

4 排土场坡面可采用圪工网格、土工材料等进行防护。

9 排土场复垦

9.0.1 排土场必须进行复垦。

9.0.2 排土场复垦规划设计应与排土场规划设计同时进行,内容应包括复垦的基本原则、复垦目标、复垦类型、复垦工艺、复垦率、复垦工作计划、复垦费用和组织机构。

9.0.3 排土场的复垦规划设计应符合下列规定:

- 1 复垦类型应因地制宜,宜农则农、宜林则林、宜牧则牧;
- 2 复垦规划设计宜满足复垦耕地与占用耕地的动态平衡;
- 3 复垦后地形地貌应与当地自然环境和景观相协调,其植被的覆盖率不应低于原有覆盖率;
- 4 排土场复垦应做到技术可行、经济合理、因地制宜,经济效益、生态效益和社会效益相统一;
- 5 排土场复垦应贯穿于矿山开发的全过程,并应利用采矿及排土设备,推行采矿、排土、复垦一体化;
- 6 应设置配套的道路及排水设施。

9.0.4 复垦应包括工程复垦和生物复垦。

9.0.5 复垦应在停排后 3 年内完成,其中工程复垦宜为 1 年,生物复垦宜为 2 年。对排土场已到位的平台宜在排土过程中进行复垦。

10 环境保护

- 10.0.1 排土场环境保护工程应与主体工程同步设计。
- 10.0.2 排土场设计应防止或减少废渣、粉尘、水污染对环境的影响。
- 10.0.3 排土场周边的原有植被应加以保护。
- 10.0.4 排土作业区和进场道路应采用洒水或其他抑尘措施。
- 10.0.5 有矽尘危害的排土场应设防止二次扬尘设施。
- 10.0.6 在满足安全和环保要求的前提下,宜进行废石的综合利用。
- 10.0.7 排土场作业宜选用低噪声工艺和设备。
- 10.0.8 排土场环境保护设计应符合现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 的有关规定。
- 10.0.9 凡堆置含汞、镉、砷、铬、氰化物、黄磷等的可溶性剧毒废渣的排土场,必须设置专门的有防水、防渗措施的存放场所及防护工程。
- 10.0.10 含有酸性、酚类、重金属离子等有害物质或其他具有危险、有害特性可溶性排弃物的排土场的污水应收集,并应经处理达标后排放。环境保护设计应符合现行国家标准《危险废物鉴别标准》GB 5085、《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597 和《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 的有关规定。

11 排土场关闭

- 11.0.1** 排土场在服务年限结束后,应进行关闭设计。
- 11.0.2** 排土场关闭设计基础资料应包括下列内容:
- 1 排土场设计文件、现状地形图和周边关系资料;
 - 2 排土场现状安全检查评价资料;
 - 3 排土场相关工程地质、水文地质勘察资料;
 - 4 排土场防护设施、排洪设施相关竣工资料;
 - 5 排土场土地复垦规划设计资料及实施方案;
 - 6 排土场废弃物的特征及物理力学性质、化学性质试验报告;
 - 7 排土场现状稳定性评价及监测报告。
- 11.0.3** 排土场关闭设计应提出排土场关闭后的安全稳定性措施及管理方案。
- 11.0.4** 排土场关闭设计应包含下列内容:
- 1 排土场概况、防护设施、排洪设施、周边环境;
 - 2 排土场稳定性分析;
 - 3 排土场存在的安全隐患与对策;
 - 4 安全管理;
 - 5 排土场监测。
- 11.0.5** 对关闭后的排土场进行开挖、综合利用应进行设计与安全论证。
- 11.0.6** 关闭后的排土场重新启用或改作他用时,应进行可行性论证。

附录 A 排土场分类

表 A 排土场分类

排土场分类		特 征	适用条件
按设置地点划分	内部排土场	剥离物堆放在开采境界内,剥离物运距较近	一个采场内有两个不同标高底平面的矿山;露天矿群或分区开采的矿山,合理安排开采顺序,可实现部分内部排弃
	外部排土场	剥离物堆放在开采境界外	无采用内部排土场条件的矿山
按地形划分	山坡排土场	初始沿山坡堆放,逐步向外扩大堆放	地形起伏较大的山区和重丘区
	山沟排土场	剥离物在山沟堆放	沟底平缓的沟谷
	平地排土场	在平缓的地面修筑较低的初始路堤,然后交替排弃	地形平缓的地区
按台阶划分	单台阶排土场	在同一场地单层排弃,有利于尽早复垦	剥离量少、采场出口少、运距短的矿山
	多台阶排土场	在同一场地有两层以上同时排弃,能充分利用空间	多台阶同时剥离的山坡露天矿,需充分利用排弃空间的矿山
按时间划分	临时性排土场	剥离物需要二次搬运	有综合利用的岩土,剥离物堆置在采场周边或以后开采矿体上,可复垦的表土层
	永久性排土场	剥离物长期堆存	排弃不再回收的岩土

续表 A

排土场分类		特 征	适用条件
按排土 堆置方 式划分	单台阶排土场	单台阶由近向远一次性堆置,排土高度较大	剥离物性质及基底条件好
	多台阶压坡脚式排土场	由高台阶向低台阶逐层降低标高反压上一台阶坡脚	具有广泛的适用性
	多台阶覆盖式排土场	由低台阶向高台阶水平分层覆盖,台阶间留有安全平台	原地面平缓,基底强度不高

附录 B 排土工艺分类

表 B 排土工艺分类

序号	工艺类别	作业程序	适用条件
1	窄轨运输-人工排土	窄轨铁路运输 机车牵引(或人力推或自溜),人工翻车,平整,移道	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单台阶排土场堆置高度高; 2. 矿车容积小; 3. 运输量小
2	窄轨运输-推土机排土	窄轨铁路运输 推土机转排	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排土宽度$\leq 25\text{m}$; 2. 块度大于 0.5m 的岩石不超过 1/3; 3. 排土线有效长度一般为 1 倍~3 倍列车长
3	汽车运输-推土机排土	汽车运输、自卸与推土机配合排土	<ol style="list-style-type: none"> 1. 工序简单,排放设备机动性大,各类型矿山都适用; 2. 岩土受雨水冲刷后能确保汽车安全正常作业或影响作业时间不长
4	铲运机排土	铲运机装、运、排土	<ol style="list-style-type: none"> 1. 剥离物松散、厚,含水量$\leq 20\%$; 2. 铲斗容积为 $4.5\text{m}^3 \sim 40\text{m}^3$,运距为 800m~2000m; 3. 运行坡度:空车上坡$\leq 18^\circ$,重车上坡$\leq 11^\circ$
5	铁路-电铲(或推土犁)排土	铁路运输,电铲或推土犁排土	<ol style="list-style-type: none"> 1. 排土场基底稳定,其平均地面坡度$\leq 24^\circ$;① 2. 所排岩土物理力学性质较差; 3. 排土段高:电铲$\leq 50\text{m}$,推土犁$\leq 30\text{m}$;② 4. 排土线有效长度≥ 3倍列车长

续表 B

序号	工艺类别	作业程序	适用条件
6	铁路-装载机 转排	铁路运输,装载机排土	1. 排土场基底工程地质情况复杂,原地面坡度 $>24^{\circ}$; 2. 所排岩土物理力学性质较差; 3. 排土台阶高度大于 50m; 4. 排土线有效长度一般为 1 倍~3 倍列车长
7	公路汽车-破碎机-胶带机 输送联合开拓运输-排土机排土	胶带机运输,排土机转排	1. 排土机自重重大,投资大,排土效率高,排土平台要求基底稳定,其平均原地面坡度 $\leq 24^{\circ}$;① 2. 所排岩土物理力学性质较好,排土工艺需有破碎-胶带机配合,运输废石最大块度不应大于 350mm,胶带坡度向上运输不大于 15° ,向下运输不大于 12° ;② 3. 适用于排土量巨大的大型露天矿山
8	架空索道 排土	架空索道运输	适用于小型露天矿或地下开采窄轨运输的矿山
9	斜坡道排土	1. 斜坡道提升翻车架卸排; 2. 转运仓箕斗提升,卸载架排土	矿车沿斜坡道逐步向上排土形成锥形废石山,适用于 1000t/d 以下废石排放
10	地下开采胶带 输送排土	胶带机运输排土机转排	运量小,需扩大容积而用地受限的排土场,胶带坡度 15° 以内,适用于中小型矿山③

注:表中①~③说明如下:

- ① 适合单台阶排土场和多台阶排土场下部台阶的地形坡度。
- ② 当推土犁作为电铲或装载机的辅助排土设备时,不受此限。
- ③ 胶带坡度可根据具体选用的设备确定。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《危险废物鉴别标准》GB 5085
- 《危险废物贮存污染控制标准》GB 18597
- 《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599

中华人民共和国国家标准

有色金属矿山排土场设计标准

GB 50421 - 2018

条文说明

编制说明

《有色金属矿山排土场设计标准》GB 50421—2018 经住房和城乡建设部 2018 年 5 月 14 日以第 86 号公告批准发布。

本标准是在原国家标准《有色金属矿山排土场设计规范》GB 50421—2007 的基础上修订而成,本次修订的主要技术内容是:增加了基本规定、排土场关闭和排土场设计内容,同时对排土场等级、排土场防洪、安全防护距离和稳定性分析等内容进行了修订。

上一版的主编单位是长沙有色冶金设计研究院,主要起草人是袁义高、梁勇、高守民、吴庆国、李永红、李立、殷碧文。

为便于广大设计、施工、科研、生产企业、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《有色金属矿山排土场设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(35)
3	基本规定	(37)
3.1	设计原则	(37)
3.2	设计内容	(37)
3.3	排土场等级	(39)
3.4	排土场防洪	(43)
3.5	设计基础资料	(44)
4	场址选择	(48)
4.1	一般规定	(48)
4.2	外部排土场场址选择	(51)
4.3	内部排土场场址选择	(52)
5	安全防护	(54)
6	排土工艺及堆置要素	(65)
6.1	排土工艺	(65)
6.2	堆置要素	(72)
6.3	排土计划	(79)
7	稳定性分析与评价	(81)
7.1	一般规定	(81)
7.2	计算方法	(82)
7.3	计算模型与参数	(86)
7.4	安全稳定性标准	(88)
8	排土场病害防治	(92)
9	排土场复垦	(99)
10	环境保护	(105)
11	排土场关闭	(113)

1 总 则

1.0.1 随着我国矿山事业的发展和采矿技术的进步,大型露天矿逐渐增多,排土场规模增大,排土场占地及环境保护的矛盾日趋突出,排土场安全、环保要求日益提高,排土新工艺、新技术的推广应用给排土场的稳定性及灾害防治技术研究提供了新的内容。为统一排土场设计技术标准,使矿山排土场的设计规范化,使其满足安全实用、技术先进、经济合理、具有可操作性的要求,本标准在《有色金属矿山排土场设计规范》GB 50421—2007 的基础上进行修订。修订中坚持安全、环保并重的理念,开展了露天矿排土场现场调查,认真总结了排土场灾害的防治技术及现行国家标准《冶金矿山排土场设计规范》GB 51119 的实施经验,在此基础上修订出本标准。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围,即适用于有色行业露天开采、地下开采的排土场设计,以露天开采的排土场设计为主。

1.0.3 本条规定了对排土场设计的基本要求。

排土场设计关注和研究的问题是通过通过对矿山剥离物分布情况与岩土数量、属性、开拓工艺、附近自然地理环境等多方面的调查分析,寻求安全堆存、经济合理的空间。

最优场址方案在多方案技术经济比较基础上择优选取,目标是具备安全堆存条件,经济合理的运输距离,以及在矿山开采的服务年限内,使折算到单位矿石成本中的废石运输、排弃、环境污染的整治、复垦等费用的现值最小。

1.0.4 本条是排土场用地规划制定和分期征用原则。因排土场占地多,许多矿山因排土场落实不到位而造成采剥排失调,延误了生产。根据排土计划分期征用土地,既能避免一次性征用带来大

量土地征而不用、长期闲置的现象,又降低了征地的前期投资。

1.0.5 根据现行基本建设强制性法规,矿山开发利用方案需要做土地预审、安全评估、环境评价、水土保持等专项审查。

排土场是矿山开采的主要场地之一,矿山开采期间排土量大、占地多、剥离物的运输与排放费用占矿山成本比重大,排土场不仅关系到矿山的经济效益,同时会影响生态环境,也可能造成水土流失及其他危害。据采矿研究资料,露天矿的剥采比一般在2~8之间,其中露天排土场占地面积占矿山总用地面积的30%~50%;地下开采矿山废石量约占掘进总量的20%~25%,排土场占地面积虽小但分布零散。排土场排弃物料都是松散体,本身就是一个污染源,细颗粒尘埃随风飘扬,污染大气;雨水冲刷导致水土流失是难以回避的现实。据有关资料介绍,1998年特大洪灾波及29个省市,3亿多亩土地受到了危害,直接经济损失1666亿元,水土流失后果极其严重,年复一年的水土流失使有限的土地资源遭受严重破坏。为控制排土场给周围环境所造成的污染和危害,本条强调了设计时通过现场查勘,落实环境影响和水土流失防治范围和重点区域,分析拟建场址主要安全隐患与对策,因地制宜有针对性提出防治工程措施,目的就是贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水土保持法》。

1.0.6 排土场设计涉及国家和地方许多法律、法规和标准规范,在执行本标准规定的基础上,还要符合国家和地方、行业现行的安全、卫生、土地管理、环境保护等有关法律文件和强制性标准规范的规定。

3 基本规定

3.1 设计原则

- 3.1.1** 本条提出了排土场设计原则和各设计阶段涵盖的内容。
- 3.1.2** 本条讲述了排土工艺涵盖的内容,其中排土工艺、堆置要素等内容详见本标准第 6.1 节、第 6.2 节。
- 3.1.3** 边坡稳定性问题是岩土工程的一个研究课题,能否准确评价排土场稳定状态直接关系到工程建设的安全。本条讲述了排土场边坡稳定性计算分析的前提条件首先是场址与排土方式选定,然后根据剥离物的特性,场址地形、地质条件确定其堆置要素,以此为基础进行排土场安全稳定性分析,如计算结果不符合边坡稳定性的要求,则需调整堆置要素重新计算直至满足为止。
- 3.1.4** 排土场存在的主要安全隐患有:排土时大块石的滚落伤人,堆积体边坡失稳产生的滑坡,山洪暴发时形成泥石流,生产运行中汽车卸废石后退翻落事故等,此类安全隐患均可能对人身安全和生态环境造成危害。为贯彻“一切风险皆可控制,一切事故皆可预防”理念,关键是设计时安全措施把关,运行过程管理到位。本条中提到的三条工程技术性防范措施,需根据周边环境条件、不同防范对象选择。
- 3.1.5** 可靠地形、地质资料是排土场设计的前提条件,本条强调了其重要性。

3.2 设计内容

本节提出了排土场各设计阶段设计的前提与设计成果需提供的內容。各阶段共同内容有排土场等级、剥离物的性质、排土场容积计算、台阶高度及坡比、平台宽度、堆置高度、总体边坡角、排土

场用地、安全防护措施、安全防护距离等。

3.2.1 可行性研究阶段主要是以矿山开拓为主导对矿山建设进行总体规划,根据矿山采剥规模、服务年限、开拓方式确定排土场规模,进行场址选址、方案的比较论证。设计说明对推荐场址的适宜性、合理性、灾害可能性进行分析论证。

排土场设计除专项设计需要单独出图外,一般与采场设计结合,其排土场址反映在矿山总体布置图中。

3.2.2 初步设计阶段主要是对排土场推荐场址方案进行阐述,论述推荐场址的优缺点,以及土地占用状况、周边设施与环境状况。根据场地条件、剥离物的设计参数,堆置要素进行整体稳定性分析论证。提出排除主要安全隐患的对策措施,包括地基处理、防排洪措施、拦挡坝等具体方案。本条规定中提出了初步设计出图内容,其中排土场平面图及纵剖面图反映整个服务年限或关键年份年末状态。

3.2.3 施工图设计阶段不要求对排土场整个服务年限进行详细设计,只要求包含基建剥离期与生产前期各年末排土场平面图、纵剖面图、运输线路布置图、防护工程、防排洪设施详图。年份与采矿专业施工图相对应,按不同年限单独出图或合并出图。合并出图时,不同年份的年末位置用虚线表示在同一张图上。设计说明包括排土场概况、等级、剥离物的性质、排土场容积、服务年限、排土工艺、排土计划、台阶高度及坡比、平台宽度、堆置高度、总体边坡角、运输线路等级及主要指标、防排洪等级、防排洪设施主要参数、防护设施主要参数、施工要求及注意事项等。对于地下开采或排土规模较小的露天矿排土场,由于每年剥离的废石量小,一般简化为整个服务年限排土场终了平面图、纵剖面图。

排土场的形成是一个动态变化过程,排土场几何形状与阶段高不断变化,排土场的安全稳定性受岩土性质、阶段高、排土强度、局部地形地基强度变化、季节变化的影响会出现较大波动。施工图中平面、纵剖面图表示的排土台阶高度、平台宽度等要素指的是

排土终了时的数值,不要求生产期的每一步都与设计的堆置要素一致,在一定时段内段高可能比较高,如采用汽车运输-推土机排土台阶高度有时可达 100m,但排土场关闭前,堆排到位后所形成的永久性台阶坡度、高度或反压平台宽度要能同时满足排土场终了平面图和纵剖面的要求。

3.3 排土场等级

3.3.1 现行国家标准《冶金矿山排土场设计规范》GB 51119 在排土场等级条文说明章节认为,排土场分级是一个复杂的过程,需要综合考虑各方面因素,设计应该杜绝存在重大危险隐患的排土场。

冶金矿山露天矿比例占七成,而有色矿山比冶金矿山规模小、品类多且地采矿山比例占七成以上,产能约占一半。原国家标准《有色金属矿山排土场设计规范》GB 50421—2007 按照排土场的容积和高度划分为四个等级。由于国家对有色矿山开发行业规模准入条件有所提高,如 2012 年工信部第 30 号文公告,钨行业的准入条件为新建露天矿采选生产能力不得低于处理矿石 2.5×10^4 t/d,坑采不得低于 1.0×10^4 t/d;现有露天矿采选生产能力不得低于处理矿石 1.5×10^4 t/d,坑采不得低于 0.5×10^4 t/d。铜行业的准入条件为生产规模最低矿石产量 3.0×10^4 t/a。矿山开发规模增幅较大,排土规模自然加大,考虑到政策变化的因素,本次修订对排土场等级分级标准进行了调整。

西藏驱龙超大型铜矿开采期内总废石量估计约 15.4×10^8 t,占地约 9.28 km^2 ,单个排土场容量超出 $5.17 \times 10^8 \text{ m}^3$;德兴特大型铜矿开采期内总废石量估计约 11×10^8 t,占地约 5 km^2 ,现每年排弃废石为 3000×10^4 t。除铜、钨露天矿外,其余有色金属露采规模不大,地采矿山排土量更小,只是窿口较多,剥离物分散,故排土场的等级区分范围较大。

3.3.2 排土场等级划分是安全级别、防洪设施、安全距离的确定依据,本标准排土场等级划分除按容积与堆置总高度划分以外,将

场地地形坡度、地基强度、工程地质、水文条件、剥离物的性质列入分级修正。

“排土场地基原地面坡度大于 24°”中的“坡度”是指沟谷的地面坡度。

有色金属矿山一般建设在山区,排土场选址局限在山坡地或沟谷地,如果地基倾角陡,排土场滑坡风险较大,遇上暴雨可能发生泥石流。

山西某石灰石矿 1985 年开始堆排的排土场属硬基底山谷型排土场,设计容量 $424 \times 10^4 \text{ m}^3$,实排 $260 \times 10^4 \text{ m}^3$,排土沟谷纵向长 770m,上段平均坡度 23° ,下段平均坡度 28° 。排土场总高度 337m,1995 年停排后至 2000 年期间,因受暴雨侵袭,使得排土场堆积体出现了表层小规模泥石流,漫过了 1996 年修建的 1# 拦石坝。为加强安全防范,2001 年在距离山口(1# 拦石坝)160m 处砌筑了第二道石笼坝(2# 坝),2011 年 9 月在多次降雨后,又遭遇 263mm 的强降雨,截洪沟因故未全线修通,截洪沟雨水集中进入排土场,造成近 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 堆积体以泥石流形式向下滑移了 100 多米,将滑体前沿续建 12m 高的第二道石笼坝填平,并将坝顶 2m 高、3m 厚的石笼推倒,越坝泥沙估约 300 m^3 覆盖耕地 1.5 hm^2 。该事故主要原因是排土场场址属沟谷原地面坡度大的不良场地,排水系统又因人为主因素留下了安全隐患。

江西永平铜矿西北部排土场在 0.3 km^2 坡地上净排土仅 $16 \times 10^4 \text{ m}^3$,边坡高 160m,由于山坡陡($30^\circ \sim 40^\circ$),排弃物料为黏土和强风化混合岩,1978 年 6 月连降 23h 大雨,引发泥石流,导致两座干砌块石坝溃决,危害农田 167 亩,污染面积达 800 亩。

3.3.3 本条规定将剥离物的物理、化学性质的特殊情况列入排土场分级修正,剥离物是依靠颗粒的黏结力和内摩擦力抵御外部压力,其变形特性受其物料力学性能、粒级组成、含水量及载荷因素的影响。剥离物的变形特性直接影响排土场稳定性,是决定边坡高度及总边坡角的关键性要素,剥离物的变形特性中的块度大小

和硬度是主要因素。堆置坚硬岩石,物料具有遇水不易软化特性,边坡角接近自然安息角,排土场的高度一般很高;堆置易水解风化岩石或含泥较大的物料,由于物料本身遇水软化,地表水入渗既增加了坡体荷载,又降低了土体的力学强度,即使排土场堆置高度不高,也容易出现滑坡事故,事故发生的概率与风化岩石的软化系数和充填到岩块孔隙中的黏粒含量所占比例直接相关。

排土场稳定性差,一是指遇水软化岩石,随着堆积体不断的沉积,可能变得不透水或弱透水,排水不良会导致孔隙水压力提高,使排土场形成不稳定状态;二是指废石中黏性土比例较大,渗透性差,排水疏干困难。

1 本款描述剥离物物理特性对排土场分级的影响。条文中提到含泥率大,排水不良,有下述两种情况:一是废石料中黏土和小于5mm的细颗粒含量超过40%,二是废石料中小于0.05mm的黏粒含量超过15%。

马鞍山矿山研究院编著《排土场稳定性及灾害防治》一书援引美国矿山排土场统计资料,当黏土和易水解风化岩石含量超过40%,台阶高度超过18m时,排土场会出现频繁或严重的滑坡。在探讨露天煤矿排弃松散土力学强度变化规律时又发现,物料内摩擦角随含水量增大而减小,在含水量为6%~25%的范围内,湿度每增加1%,内摩擦角降低2°。

根据国内外排土场稳定性影响因素相关资料分析,有学者把遇水软化的软岩或含泥率高、高含水量的黏性土、饱水的粉细砂、黏砂土等归纳为有触变成稀湿物料特性。在多雨气象条件下,此类排土场的安全生产面临着滑坡和泥石流灾害的双重威胁,易造成大面积水土流失及冲毁农田房舍,带来人员伤亡。

由于灾害成因源自剥离物自身物理特性,其安全风险难以控制,故本条规定将具有第1款特殊情况的排土场的等级定为一級。

务川县某铝土矿两处地采排土场,排土场场址位于巷道窿口

以下沟谷,均发生过排弃物料迅速崩解为稀湿物料激变成滑坡灾害。其中一处沟谷型排土场,设计分4台阶堆放,总堆置高度65m,总边坡角 20° ,由于开采工艺是中采机旋掘,工艺旋掘时要喷水,掘出的强风化泥岩碎块状散体在倾倒初期还能自身稳定,2014年5月几场降雨后物料迅速崩解软化,引发深层滑坡使排土场下游拦挡坝体水平移动达40m,继而诱发坝外260m长平缓农田粉质黏土地基滑移,滑后整体边坡角 12° 左右,原主排洪沟成为泥石流流淌通道,除1亩水田被滑体掩埋,有局部旱地底鼓外,余下36亩农耕地只是平面错位,表土并无大的变化,该排土场设计容量为 $7 \times 10^4 \text{ m}^3$,而滑坡体评估达 $23 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2 本款描述剥离物的化学特性对排土场分级的影响。

有色金属矿山排土场大多废弃物不具有危险、有害特性,但含有硫化物或重金属离子的废石溶出物,会对水源、土壤和生态环境带来污染,给周边污染区居民身体健康带来危害。含有汞、镉、砷、铬、氰化物、黄磷及其他毒性大的可溶性废渣会污染水体,给污染区居民身体健康带来严重伤害。

《中华人民共和国水污染防治法》明确规定,存放可溶性剧毒废渣的场所,必须采取防水、防渗漏、防流失的措施。鉴于具有危险、有害特性的可溶性剥离物可能对环境或者人体健康造成影响,需按危险废物进行管理,故本条第2款规定将具有危险、有害特性可溶性剥离物的排土场的等级确定为一级。

永平铜矿是1979年建成的大型露采矿山,设计剥离量超过 $3 \times 10^8 \text{ t}$,设五处排土场,占地面积 $600 \times 10^4 \text{ m}^2$,1958年以前,植被繁茂,自开矿后,环境日趋恶化,树木大面积砍伐,原始地形发生了巨大变化,形成大面积裸露区,水土流失严重。

早期建设的南部排土场场区占地 $266 \times 10^4 \text{ m}^2$,设计容积 $5365 \times 10^4 \text{ m}^3$,选址区内原有四条支沟常年流水。主沟谷长1.66km,沟谷黏土层厚0.5m~3m,纵坡先陡后缓,排土场上游汇水面积约 3 km^2 ,排土方式为汽车运输排土,排土场分6台阶堆置,台阶高度

24m~36m,采用自上而下压坡脚式的堆置方式,总堆置高度144m。由于排弃物料大部为第四系黏土及强风化岩(占60%~80%),渗透性差,且废石中含有硫化物,流出的酸性水(pH值为2~3)对环境造成了污染。

1980—1983年暴雨季节多次发生平台下沉坡体滑移和泥石流灾害,下沉量5m~10m,滑移距离150m~200m,大量泥沙石块淤积在下游的谷地和农田内,含硫的酸性水污染农田,每年赔款20万元。据1984—1986年现场调查资料显示,泥石流沉积带的年均淤积量为 $2.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

由于该排土场产生酸性水对环境产生污染,灾害成因源于剥离物的化学特性,对照本条第2款规定,排土场的等级定为一级。

为防止排土场废石可溶酸性水对环境的污染,矿山在排土场下游修建了截水库和污水处理站,截水库拦挡坝属不透水坝,为减少废石的泥沙进入截水库,拟在废石场与截水库之间的泥石流沟修建拦泥碾压堆石坝,拦泥库容为 $86 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

3.4 排土场防洪

3.4.1 “完整的防、排洪系统”是指不论采用何种(包括两种以上排水方式的组合)排水方式,场地所有部位的雨水均有去向,场区各排水(沟、涵、渗孔等)构筑物的综合能力与场地接受雨水量相匹配,且能处于随时工作状态。

排土场的大气降水,一方面会对松散体形成地表水浸泡、对坡面进行冲刷,另一方面地表水入渗、软化了坡体,降低了土体抗剪能力,增大边坡变形,入渗水汇集到沟底易形成相对软弱带导致滑坡。水是排土场边坡变形或滑坡的诱因,排水是保证排土场安全必不可少的基本因素。本条规定的目的是为了消除水害,确保生产安全,防止水土流失危害环境。

完整的排水系统内容包括靠山侧的截水沟、场外的排洪隧道、场内排洪设施、场底的渗水层、排洪涵管、最终坡底线与保护对象

间的拦洪坝等。

3.4.2 洪水一直是威胁人类生命财产的自然灾害,发生频繁,灾害范围大,排土场滑坡、泥石流灾害的产生与洪水直接相关。现行国家标准《有色金属采矿设计规范》GB 50771 中对露天采场排水设计规定按当地气象台的降水资料,应符合下列规定:

(1)计算正常降雨量,应为 10 年或以上的多年雨季月平均降雨量。

(2)采场排水计算的暴雨频率,大型露天矿宜取 5%,中型露天矿宜取 10%,小型露天矿宜取 20%。

考虑到排土场影响到外部对象,本条采用了比上述标准高的设计洪水频率,一、二级排土场洪水重现期不应小于 50 年,三、四级排土场洪水重现期不应小于 20 年。

3.5 设计基础资料

3.5.1 本条规定了排土场设计所需基础资料包括的内容。

1 排土场与采场设计工艺联系紧密,运输线相互衔接,因此排土场设计要取得与采场相同比例的 1:1000~1:2000 的现状地形图和 1:5000~1:10000 的区域地形图。

2 矿山的排土方式与采矿工艺和开拓运输方案密切相关,不同开拓运输方案有不同的排土方式。剥离物的数量与性质对场地的稳定性也至关重要。露天矿山剥离物块度和粒级分布范围大,其中汽车排岩工艺的块度可达 1m 以上,而细粒中又有砂砾、黏性土;胶带机排岩工艺与地采开拓排土场,粒径一般在 350mm 以下。

事实上,排土场的堆积体是含有块石、碎屑、大小砂粒和黏土物质的混合物,剥离物的物理力学性质,如黏聚力和内摩擦角是难以准确确定而又是稳定性分析计算的必备资料,剥离物的性质不同,堆置要素选用有别,其中物理力学参数的确定详见本标准第 8 章的规定。

3 本款所提排土场附近的气象、自然条件,主要是指降水、山洪、风、水源分布、地震等级等。查明排土场的汇水面积、径流量和所在区域最大降雨强度、地形地貌特征;查明环境现状,包括场地四周居民点、公用设施、工业设施等的分布。由于排土场处在不断变化过程中,影响稳定的因素是错综复杂的,掌握足够的原始资料,探讨变形的因果关系便于有效预防和整治病害,以期使设计达到保证公民生命财产安全及经济合理目标。

4 排土场失稳多出现在基底坡度较陡、地基承载能力差、水文条件复杂的场区。为避免滑坡、泥石流的危害,条文中提出了在排土场位置选定后,对场地工程地质与水文地质进行勘察与研究,并对场地整体稳定性、适宜性进行论证,以便对可能出现的病害提出预防性措施。由于排土场范围大,工程勘察工作量大,咨询阶段一般部分利用矿山已有相关资料以减小工作量。

5 改、扩建排土场堆置要素、设施设备资料是改、扩建工程的设计依据。矿山已有排土场或类似矿山排土场参数是排土场设计类比法的重要依据。

3.5.2 本条提出按不同设计阶段进行相应的工程地质、水文地质勘察。

1 可行性研究阶段勘察深度的要求是满足排土场场址适宜性和可行性评价要求。

2 初步设计阶段勘察深度要求的目的是满足排土场稳定性分析要求。

3 施工图设计阶段工程勘察针对性较强,工程勘察对象主要集中在重要防、排洪设施与拦挡坝。在地质条件简单的排土场,一般与初步设计阶段勘察一并进行。需要说明的是,有色金属排土场的工程勘察工作与有色金属尾矿库的工程勘察工作在与渗漏有关的水文地质方面有不同要求,排土场除具有危险、有害特性的可溶性剥离物需要防渗外,大多数排土场不需要防渗。表 1 提供了两类不同场地的共同点与区别。

表 1 排土场与尾矿库比较表

比较内容	排 土 场	尾 矿 库
定义	矿山剥离岩土集中堆放场所	矿山尾矿堆放场所
共同点	堆存量多、占地多、堆置高度大、有安全隐患	堆置高度从数十米至数百米不等
剥离物料粒径	以矿山开采废石为主的松散颗粒体,块度不均匀,有块石、碎石、砂砾和黏土,粒径比尾砂大很多	粒径小,平均粒径大多数小于 0.074mm,粒度较均匀。有色金属尾矿和尾矿水大都含有对生态环境不利的重金属离子和其他的化学成分
物料性质	剥离物为固态,自然堆放安息角一般在 30°~40°之间,一般分台阶堆放,堆放边坡较陡,分台阶堆放边坡缓,一般为 1:1.5~1:2	尾矿按浓度状态分为低、中、高浓度,膏体和干法几类。排放初期为流动矿浆,排放时呈悬浮状;后期坝尾砂沉积固结尾砂堆坝,分台阶堆放边坡缓,一般为 1:3~1:7
物料运输	剥离岩土运输从采场至排土场运输方式一般选择汽车、轨道、胶带等运输方式排弃	尾矿管道输送从选矿厂至尾矿库以自流或加压方式排弃
防渗要求	除堆置有毒的可溶性物质有防渗要求外,一般物料无需防渗	物料中含重金属离子与选矿药剂,防渗要求较高
防洪标准	同一般场地防洪标准,按排土场的等级区别不同标准,有按 20 年、50 年一遇	按尾矿库的等级区别不同标准,最小 100 年一遇,最大 5000 年一遇,防洪标准要求比排土场高

续表 1

比较内容	排 土 场	尾 矿 库
截洪沟	<p>截洪沟的作用是截住沿排土场最终使用标高以上汇水面积的暴雨洪水,沿排土场周边山坡布置,末端经坝的两侧引至下游。截洪沟是排土场主要的排洪构筑物</p>	<p>尾矿坝的排洪构筑物主要在库内,截水沟只是起辅助排洪作用。库内主要排洪构筑物有排水斜槽、排水井、排水管、排水隧道、溢洪道等</p>
排洪设施	<p>所有排土场要能排水,坡体平台或马道集水由明沟导流进入截水沟排出,堆积体内的积渗水由沟底盲沟导流出场外</p>	<p>尾矿库设有调洪库容,超过量由上述库内主要排洪构筑物承担,库内排洪设施的功能是将库内洪水安全排往库外</p>
浸润线	<p>排土场浸润线比尾矿库低,对坡体的破坏形式一般是水平渗流</p>	<p>排洪设施的安全性、可靠性直接关系到尾矿库的防洪安全和环境保护。尾砂沉积体内有细泥夹层,渗透性差,坝内浸润线高</p>
拦挡防护	<p>拦挡坝有碾压堆石坝、干砌石坝、格宾坝、钢筋笼坝,此坝型均属透水坝,砌石坝、混凝土坝坝型属不透水坝,对坝基工程地质条件要求较高,此类型坝坡做得较陡,造价较高。排土场坡脚距离拦挡坝宜留出不小于 50m 的泥沙沉积安全距离</p>	<p>拦挡坝有透水坝和不透水坝,透水坝在坝的上游坡面设反滤层,坝体工程量比排土场坝体规模大很多,作用主要是防止尾矿的流失和对环境的污染</p>
安全隐患	<p>滚石、滑坡、泥石流、水土流失将造成环境的污染</p>	<p>溃坝将带来灾难性影响,泥石流、尾矿流失将造成环境的严重污染</p>

4 场址选择

4.1 一般规定

4.1.1 在露天矿中,运输成本约占岩石剥离成本的40%左右,而运距长短又是影响运输成本高低的主要因素,岩土运输距离越近,生产成本越低。从矿山经济效益方面出发,就近选址,缩短岩土运输距离,对提高企业的经济效益有着极为重要的意义。场址的选择要着重考虑剥离岩土的分布状况、采掘顺序、剥离量的大小,在采矿场附近选择一个或多个排土场,在不妨碍采场生产发展前提下就近选址,降低运输成本。

4.1.2 露天开采出的矿岩总量约3/4是岩土,剥离出的岩土是石块、砂砾、泥土松散体,在不利地形地貌及地质、气象水文条件下会带来安全隐患与环境影响,为避免排土场成为矿山的危险源,给生产、生活和周边环境造成危害,故提出本条规定。

4.1.3 本条规定的目的在于保证居民区、工业场地的环境质量,贯彻安全生产、环境保护的有关法规。矿产资源的开发利用,一要建设,二要保护环境。排土作业有粉尘污染,粉尘中包含有不同矿物成分,其中重金属飘尘对人体危害较大,要严格加以控制。许多排土场在生产过程中或终止排弃后,细颗粒尘埃随风飘扬,污染大气。如某矿地处城市附近,每遇刮风,排土场和尾矿库的粉尘飞扬,造成了严重的粉尘污染,直接影响当地居民的身心健康,环境治理一度成为全市关注的焦点。又如某铜矿由于排土场防尘治理不到位,一度陷入旱季汽车不能行驶,工人无法操作的困境。为了避免类似粉尘污染现象的发生,本条规定了排土场不宜设在居住区或工业场地的主导风向上风向。

4.1.4 剥离物遇水软化或堆积体含泥率大、排水不良、稳定性较

差且具备形成泥石流条件的排土场安全风险难以控制,在多雨气象条件下,易面临滑坡风险,虽然排土场等级规定将此类剥离物料的排土场的等级列为一,但按照“以防为主,防治结合”的原则,本条从选址角度强调了不宜布置在工业场地、村镇、居民区及交通干线的上游的规定。

4.1.5 排土场用地大小应满足设计服务年限露天矿的基建剥离岩土和生产期废石量的全部容量,至于排土场选择一个还是多个,要根据剥离物的流向、流量和有无适宜场地等因素确定。原总图运输设计手册规定:大型企业的渣场一般满足 25 年的容量,中小型企业满足 15 年的容量。考虑市场经济下经营方式的变化,土地使用多以有偿出让方式授权经营,为减少企业建设前期的资金压力,避免土地长期闲置,排土场用地分期实施易于操作。征用土地一般按照大型矿山不小于 10 年的容积、中型矿山不小于 7 年的容积、小型矿山不小于 5 年的容积执行。对土地征用能否改为租用,具体问题具体分析。

4.1.6 《中华人民共和国矿产资源法》规定,对暂不利用的低品位矿石、建筑材料应单独堆放。有回收利用价值的岩石或表土是指:

- (1) 有价值矿物和采富弃贫的低品位矿石、副产矿石;
- (2) 可作建筑材料或复垦用的剥离表土。

对这些暂不能利用的资源,今后需要二次回收,不能混堆。在选择堆存位置时,要考虑运输线路的连接及装车作业要求,故本条提出分堆时要为其回收利用创造有利条件。

4.1.7 现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 规定在对一般工业固体废物贮存、处置场场址进行环境影响评价时,应重点考虑一般工业固体废物贮存、处置场产生的渗滤液以及粉尘等大气污染物等因素,根据其所在地区的环境功能区类别和行业标准,综合评价其对周围环境、居住人群的身体、日常生活和生产活动的影响,确定其与常住居民居住场所、农用地、地表水体、高速公路、交通主干道(国道或省道)、铁

路、飞机场、军事基地等敏感对象之间合理的位置关系。

4.1.8 对固体废物性质的鉴别,依据《国家危险废物名录》,凡列入名录的固体废物为危险废物,未列入名录的固体废物依据现行国家标准《危险废物鉴别标准》GB 5085 进行鉴别。

现行国家标准《危险废物填埋污染控制标准》GB 18598 规定对危险废物填埋场场址的位置评价时,应重点考虑危险废物填埋场渗滤液可能产生的风险、填埋场结构及防渗层长期安全性及由此造成的渗漏风险等因素,根据其所在地区的环境功能区类别,结合该地区的长期发展规划和填埋场的设计服务年限,重点评价其对周围地下水环境、居住人群的身心健康、日常生活和生产活动的长期影响,确定其与常住居民居住场所、农用地、地表水体以及其他敏感对象之间合理的位置关系。

现行国家标准《有色金属企业总图运输设计规范》GB 50544—2009 第 4.1.9 条规定:“含有放射性物质的废料堆场,严禁在城市规划确定的生活居住区、文教区、水源保护区、温泉、疗养区和自然保护区等范围内选址堆存”,被列为强制性条文。

4.1.9 可行性研究、初步设计应对排土场场址方案优缺点和技术经济进行论证,主要比较以下内容:

(1)场址的地形地貌、工程地质及水文地质,主要是从排土场的稳定性、安全要求考虑;

(2)周边环境条件,有无靠近村户、重要交通线等;

(3)排土场容积、用地、剥离物数量、排弃工艺、运距等;

(4)安全措施及防护。为避免意外的滚石、坍塌给周边生产厂房、居住区、主要交通干线带来安全危害,排土场安全措施费用及防护距离是场址方案比较的重要内容之一。

最优方案的经济准则应是在矿山开采的服务年限内,折算到单位矿石成本中的废石运输、排弃、环境污染的整治、复垦等费用的现值最小。

4.2 外部排土场场址选择

4.2.1 《中华人民共和国水污染防治法》第三十八条规定,禁止在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡堆放、存贮固体废弃物和其他污染物。在人民政府规定的风景名胜区、自然保护区和其他需要特别保护的区域内,不得建设污染环境的工业生产设施。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第十七条规定,禁止任何单位或者个人向江河、湖泊、运河、渠道、水库及其最高水位线以下的滩地和岸坡等法律、法规规定禁止倾倒、堆放废弃物的地点倾倒、堆放固体废物;第二十二条规定,在国务院和国务院有关主管部门及省、自治区、直辖市人民政府划定的自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区、基本农田保护区和其他需要特别保护的区域内,禁止建设工业固体废物集中贮存、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。

本条内容按照国家环保法规对江河、湖泊、风景名胜区、自然保护区的要求制定。

将剥离岩土直接排入江河、湖泊,不仅造成水体严重污染,还淤塞河道,影响排洪,为了防治固体废物污染环境,保障人体健康,维护生态安全,将本条作为强制性条文,必须严格执行。

4.2.2 矿山排土场建设需要占用大量土地。俄罗斯、美国的矿山,排土场的占地面积分别为矿山总占地面积的 50%和 56%。根据对我国冶金露天矿的调查,排土场的占地面积为矿山总占地面积的 30%~50%,矿业的发展导致排土场占用大量土地的问题日趋突出。我国人口众多,守护着 18 亿亩耕地红线,保护耕地是我国基本国策,根据节约用地的原则做此规定。

4.2.3 排土场选址是排土场设计的核心环节,从排土场的稳定性考虑,排土场场址要优先选择在水文地质条件相对简单的地方。本条中提到原地形坡度平缓的沟谷,是指地形坡度不大于 12° ,临近处系指排土场附近有难以搬迁的建筑物、构筑物且存在着安全

隐患。建于沟谷的排土场,多雨季节易引发山洪,设计时应结合自然分水线计算汇水,截流场外雨水,场内要求确保排水通畅,预防灾害发生。排土场的使用安全,首先应满足不发生危及人民生命财产安全的垮塌事故。要做到这一点,认识自然规律、正确选择场址、采取必要防护措施是十分必要的。因为排土场工程不同于其他基础设施建设工程,在基础处理、堆载压实、边坡防护上有它自身特点。强调排土场选址不宜设在工程地质与水文地质不良地带,不宜设在河沟纵坡陡的交叉口,最好是选择在葫芦状沟谷,肚大口小、土地利用率高、出口防护工程小的地方,用最小的防护工程达到消除重大安全隐患的目的。地质不良,排土场基底承载力不足容易产生变形破坏。水文条件复杂,排土场设在汇水面积大、纵坡陡的沟谷处,极易诱发泥石流。从泥石流形成的条件来看,排弃松散土石是泥石流形成的基础,大量降水汇集和陡峭的纵坡又是产生泥石流的动力条件。为避免意外事故发生,本条规定了排土场不宜设在主要工业厂房、居住区及交通干线临近处。

4.2.4 本条规定了如何在场址选择中利用山丘交错等有利地形地貌作为卫生防护带来减轻排弃岩土对周围生态环境的影响。排土场边缘凸起山岗、竹木林地具有防护功能,本身就是天然拦截屏障,设计时应充分利用。无地形利用,又有卫生、安全、环保等要求时,一般建防护绿地。

4.3 内部排土场场址选择

4.3.1 内部排土场是指剥离物堆放在开采境界内的排土场,开采境界包括露天开采境界和地下开采境界。内部排土场通常具有经济优势,但其在时间与空间上与露天采场交错,为避免相互干扰,提出本条规定。

4.3.2、4.3.3 有条件的矿山应与采矿矿岩开采顺序配合,一个采场内有二个不同的底平面、露天矿群同时有几个采区采矿,一般通过有计划安排采掘进度,先行强化部分采区的采掘工作,利用提前

结束的采空区实行内排土。

平果铝土矿是我国特大型岩溶堆积型铝土矿,分布区地貌为中低山丘陵,范围 120km^2 ,矿床赋存特点是矿体多埋藏浅、厚度小、覆盖层薄,开采时均能独立构成露天坑,露天坑最大深度 10m ,平均深约 5m ,矿体顶板覆盖厚 $0\sim 3\text{m}$ 。

该矿 1994 年建成投产,目前矿山产能达 610 万吨/年,该矿将首先开采的采掘带剥离土推至后续开采的采掘带堆放,待先期开采的采掘带采完后,再将先期采掘带的剥离土及后续采掘带的剥离土一并推至已采空区,这样实现全部剥离土矿山内排,节约了征地费用。

中铝矿业分公司小关铝矿通过有计划安排采掘进度,把采空区开辟为内部排土场。2005 年又将闭坑多年的内部排土场整平为 $140\times 10^4\text{t}$ 铝矿堆置场。

白银露天矿 1 号露天采场已经闭坑,位于附近的 2 号露天采场便就近向 1 号采空区排弃岩土,汽车运输距离缩短了 0.8km 。三年多来共排土超过 $100\times 10^4\text{m}^3$,既减少了排土场占地,又降低了成本。

4.3.4 地下开采矿山的废石量比露天矿山剥离量小,利用闭坑的露天采场作为地下开采的排土场,排土容量容易满足,废石运输距离近,防护工程省。至于利用闭坑的露天采场作为地下开采的排土场是否对地下开采有安全方面的影响,需根据现场条件经安全论证后确定。

4.3.5 对分期开采的矿山,为节约用地,将近期剥离岩土堆放在远期开采境界内,减少了运距,但增加了后期二次转运作业,有利有弊。方案是否合理、可行,还需与外部排土场进行技术经济比较后确定。

5 安全防护

5.0.1 安全防护距离是保证排弃岩土时不致因滚石、滑坡等危害到采矿场、工业场地、村镇居民点、交通干线、输电网络、通信干线等永久性建筑物的安全所规定的防护距离。防护距离的计算是由排土场的最终坡底线算起,航道由设计水位岸边线算起,铁路、公路、道路由其设施边缘算起,建筑物、构筑物由其边缘算起,工业场地由其边缘或围墙算起。

排土场的安全防护距离最先按照《钢铁企业总图运输设计规范》YBJ 52 规定,在《有色金属矿山排土场设计规范》GB 50421—2007 中作为规定提出,本条在原规定的基础上进行了适当调整。

排土场运行的安全至关重要,新堆置剥离物岩土松散,场地的沉降变形频繁,容易造成安全事故。本条提到的排土场安全防护距离包含两方面的内容:一是为满足不危及人民生命财产安全对被保护对象所采取的防护距离,二是避开意外的质量隐患而采取的防护距离。排土场的安全防护距离与排土场的原始地形地貌、工程地质条件、剥离物的物理力学性质、排土方式、堆置高度、边坡坡度、被保护对象的性质、被保护对象与排土场之间的地形地貌、气候和地理等因素都有关系,理论上防护距离大小应根据被保护对象的保护级别分别确定,实际上由于地形、地质、气象条件千变万化,很难提出一个万无一失的标准,本条仅就安全防护距离确定时应考虑的主要因素列出 7 条,供设计分析论证。

5.0.2 排土场最终坡底线与保护对象间的最小安全防护距离是指无防护工程时的安全防护距离。本条规定了不设置防护工程措施的前提条件:剥离物堆置整体稳定、排水良好、基底原地面坡度小于 24° 、工程地质及水文地质条件良好。表 5.0.2 中所规定的安

全防护距离考虑了边坡局部失稳所引起的变形和大块滚石的滚动距离。

(1)考虑边坡局部失稳(坍塌、滑移,少量底鼓等)所引起的边坡变形。

国内外大量调研资料表明,排土场高度为 30m~200m,排土场基底原地面坡度小于 24° 时,其基底均为非软土地基,且稳定性良好;当原地面坡度大于 24° 时,需在坡脚处采取防护工程措施;当原地面坡度大于 45° 时,除坡脚处具有天然的逆向地形,形成天然稳定基础外,将难以保证排土场的整体稳定。

澳大利亚 11 个排土场观测资料表明,在排土高度为 30m~200m 的情况下,场址选在 10° ~ 26° 的山坡地带,其稳定性良好,但地基坡度超过 26° 时,排土场便出现滑坡,需在坡脚采取稳坡措施。

在平缓地形坡上排土场的变形主要是松散岩土在自重力和外载荷作用下逐渐压实和沉降,其变形主要是沉降压缩变形。据矿山观测资料显示,排土场沉降系数变化在 1.1~1.2 之间,沉降过程可延续数年。当排土场基底有少量软弱层或排出物料含有不多的土壤及风化石,受大气降雨或地表水的浸润作用,可能造成边坡局部失稳或小型滑坡,此种变形所带来的危害不大。

我国铁(公)路路基设计时,通常把原地面横坡 1:2.5(21.8°)作为区分一般路基与陡坡路基进行个别设计的界限。这个坡度也是在 20° ~ 24° 的区间,说明把地面坡度不超过 24° 作为评判土工构筑物(含排土场)是否可能发生整体下滑的界限是符合设计现状的。

本标准表 5.0.2 中所规定的最小安全防护距离,只限于原地面坡度不大于 24° 且不是软弱地基时采用。当排土场基底有软弱层、湿陷性黄土或剥离物含有较多的土壤及风化石,受大气降雨或地表水的浸润作用,即使原地面坡度小于 24° 也可能造成边坡失稳或排土场整体滑坡。

2008 年尖山铁矿排土场滑坡事故,排土场地面坡度为 12° ~ 15° ,排土场滑移距离便超出了 2 倍排土场高度,造成这次事故的

原因是排土场地基土质松软(属湿陷性黄土地区)、承载能力差,现场调查时边坡坡脚处有地下水漏出。

2015年12月深圳光明新村红坳余泥渣土受纳场“12.20”特别重大滑坡事故造成33栋建筑被埋,73人死亡,直接经济损失8.81亿元。据查勘,受纳场规划容积 $400 \times 10^4 \text{ m}^3$,封场标高95m,实排渣土 $583 \times 10^4 \text{ m}^3$,封场后,实际标高达160m。事发当天上午发现堆积体有多处鼓胀开裂,没有发出事故警告,贻误紧急避险时间,大规模滑坡持续13min,移动滑体估计 $270 \times 10^4 \text{ m}^3$,滑动距离1100m,后缘到前缘角度 6° 。红坳余泥渣土受纳场堆置坡脚处原地面坡度并不大,堆置总高度约160m,滑动距离1100m,远远超过了2倍排土场设计最终堆置高度。“12.20”特别重大滑坡事故调查组最终认定直接原因是红坳渣土受纳场积水未能排泄,致使渣土含水饱和,形成底部软弱带,大体积高势能滑体形成了巨大冲击力,加之事前处置错误,造成重大人员伤亡和财产损失。上述事例证明剥离物的物理力学性质与含水率对排土场整体稳定性有着显著的影响。

务川某地采排土场,排土场场址位于巷道窿口以下沟谷,地形坡度 $8^\circ \sim 12^\circ$,下游增设拦挡坝高11m,坝前350m长开阔谷地原设计容量 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$,由于开采工艺是中采机旋掘,连续工艺旋掘时喷水掘出物料粒度小,含水率高的强风化碎块状散体在倾倒初期还能自身稳定,但几场降雨后物料崩解为稀湿物料,初期看似临时稳定的边坡自行滑塌后放缓,随着物料含水率的增大使排弃物饱水呈流塑状,导致排弃物在排土场内产生大面积的流淌,排土设备在其上面无法行走,拦挡坝淤堵到坝顶已无法再堆,这时场区整体坡面角只能维持 $8^\circ \sim 13^\circ$,原设计 $150 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的容积只排放了 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

根据《露天矿排土场技术调查总结报告》,提供以下几处排土场变形实例:

1) 辽宁某铁矿黄泥岗排土场老龙沟地段,1979年发生过一次滑坡,下滑体由坡脚算起,滑移距离为最终堆置高度的一倍(平均堆置高度为50m)。

2) 辽宁某铁矿排土场,因原地面有几米厚的淤泥层,在堆置剥离物后产生底鼓,土体被推出 40m 远(排土场最终堆置高度为 40m,平均堆置高度为 30m),滑移距离为最终堆置高度的 75%~100%,淤泥隆起高为 3.5m。

3) 辽宁某露天煤矿,1982 年 7 月在排土场边缘产生滑坡,坡脚滑移最大距离近 50m(每台阶高 12m~20m,最终堆置高度为 60m~80m),为最终堆置高度的 60%~80%。

4) 1983 年辽宁某铁矿二道沟排土场,由于地基下卧软弱层受剥离物堆置后压缩变形,产生底鼓滑移,使设计的最终坡底线滑移约 200m(段高 52m),滑移距离为最终堆置高度的 4 倍。

5) 1979 年兰尖铁矿 1510m 水平排土场发生滑坡,滑坡量达 $200 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其原因是基底坡度陡(40°)、排弃的表土和风化石在排土场形成软弱夹层,滑坡冲垮了运输主平硐 50m,开裂破坏了 104m,导致停产半年。

(2) 为防止滚石危害而设置的安全防护距离。

要防止滚石危害,首先要摸清滚动距离及规律。表 2、表 3 为辽宁某露天煤矿排土场与张家沟铁矿采矿场 245m 平台进行滚石规律实测结果。

表 2 辽宁某露天煤矿排土场大块滚石的滚动距离

次数	排土台阶高度(m)	大块滚石滚动距离(m)	位置	备注
1	21	10.70	△240-1	辽宁某露天煤矿(一)
2	27	15.30	△260-4	
3	18	8.45	△200-4	
4	20	8.95	△220-1	
1	23	23.80	△260-3	辽宁某露天煤矿(二)
2	18	9.30	△270	
1	14	20.00	—	辽宁某露天煤矿(三)

表 3 张家沟铁矿采矿场 245m 平台大块 (0.3m~1.5m) 滚石的滚动距离

序号	滚动距离 (m)	大块滚石数量 (个)	大于 1.0m 大块滚石数量 (%)	大块滚石量比例 (%)	大块滚石量累计比例 (%)
1	0~4	2770	20	84.5	84.5
2	4~8	385	7	8.7	93.2
3	8~10	95	4	3.2	95.4
4	10~12	80	2	1.8	97.2
5	12~14	55	4	1.2	98.4
6	14~16	33	3	0.7	99.1
7	16~18	27	1	0.6	99.7
8	18~20	15	1	0.3	100.0

煤矿排土场坡脚原地形坡度小于 20° , 滚石规律实测结果: 大多在 $0.75H$ 范围内, 个别为 $1.5H$ 。

铁矿采场坡脚原地形坡平缓, 大块滚石从相对高 $55\text{m}\sim 100\text{m}$ 的坡顶沿坡面滚动, 其实测结果: 大部分滚石范围为 $14\text{m}\sim 16\text{m}$ 。

两矿实测结果的分析:

煤炭系统实测资料表明: 排土场堆置坡脚处原地面坡度不大 (一般 $\alpha \leq 20^\circ$) 时, 大块岩石滚动距离与堆置高度呈线性变化规律, 滚动距离一般在 $0.75H$ 范围内, 个别为 $1.5H$ 。

冶金系统实测资料表明: 当坡脚处系采矿场自然状态下的开采平台, 大块滚石从高度 $55\text{m}\sim 100\text{m}$ 沿坡面滚落, 约 95% 落在 10m 以内, 14m 以内的约 98.4% , 16m 以内的约 99.1% , 而在 $16\text{m}\sim 20\text{m}$ 范围内的仅占 0.9% , 大部分滚石在 $14\text{m}\sim 16\text{m}$ 范围内均可以停止滚动。

综合两矿实测结果, 可得出排土场边坡滚石运动的一般规律, 即滚石的滚动距离与排土场边坡坡脚处原地面坡度息息相关, 而堆置高度影响并不明显。随着堆高的增加, 滚石距离对安全的影响不是主要因素, 反而是随着堆高的增加, 排土场边坡下部的应力

集中区产生位移变形或边坡鼓出,然后牵动上部边坡开裂和滑动。

本标准表 5.0.2 所列排土场最终坡底线与保护对象间的安全防护距离虽从被保护对象重要性出发,考虑了边坡失稳(坍塌、滑移、少量底鼓等)引起的边坡变形滑移与滚石危害因素,但随着地形与自然条件的变化,大块滚石的运动与变化规律远非人们观察、测定、计算所能完全概括的。为安全起见,按被保护对象不同的重要性,分别乘以 $K=1\sim 2$ 的安全系数,规定了其安全防护距离值为最终堆置高度的 $(0.75\sim 2.0)H$ 。

本标准表 5.0.2 中规定至矿山铁(道)路干线最小安全防护距离为 $0.75H\sim 1.0H$ 的最终堆置高度,这是根据设施重要性等级较国家交通干线为小且受地形因素的制约等(布置困难、用地限制等)具体情况而定。此处按不同等级的排土场,规定一、二级不小于 $1.0H$,三、四级不小于 $0.75H$ 的最终堆置高度。

本标准表 5.0.2 中规定至居住区、村镇及工业场地等的最小安全防护距离为 $2.0H$,原因是居住区、村镇及工业场地等是大量人群生产及生活的场所,需要更大的安全度。至排土场的安全距离,不论排土场坡底线外地面坡度如何,均取不小于其最终堆置高度的 2 倍。目前国内的有色金属矿山排土场,一般堆置高度为 $60\text{m}\sim 80\text{m}$,个别超过 150m (汽车或窄轨运输排土场),其安全防护距离将达 $200\text{m}\sim 300\text{m}$ 。从目前各矿山实际情况看,在排土场基底原地面坡度小于 24° 的情况下,其排土场基底工程地质及水文地质条件良好,基底非软土地基、剥离物堆置整体稳定,其设计最终坡底线与主要建、构筑物等的安全防护距离是可以保证安全的。

本标准表 5.0.2 中规定至露天采矿场开采终了境界线的最小安全防护距离应为 30m ,是出于在非采矿工作区外就近堆置岩土,由于地面坡度坡向不同,边坡稳定情况各异,因素比较复杂。

5.0.3 本条规定是针对在地形地质复杂条件下有特殊要求需要在其下方布置(或已有)建、构筑物而又无法满足本标准表 5.0.2

要求的最小安全防护距离时所做的补充规定。有些矿山因条件限制,安全距离得不到保障,又无法大规模拆迁,只能采取安全防护措施来保障安全。

现行国家标准《金属非金属矿山安全规程》GB 16423—2006 第 5.7.2 条规定,排土场应保证排弃土岩时不致因滚石、滑坡、塌方等威胁采矿场、工业场地(厂区)、居民点、铁路、道路、输电网线和通信干线、耕种区、水域、隧道涵洞、旅游景区、固定标志及永久性建筑等的安全,其安全距离在设计中规定。一要建设,二要保护。在有特殊要求情况下,因地制宜加强安全投入,通过“安全防护措施”来确保安全。本条规定给排土场的安全防护距离认定留下了一定的灵活度,但给设计提出“措施可靠”的严格要求。规定需“经专题论证”,目的是通过审批程序严格化,降低事故风险。

栾川洛钼集团 2005 年所建的 1.2km 从露天采场至选厂的原矿运输地下通道,有 110m 天窗处在段高 127m、整体稳定性较差排土场的坡底填充物上,沟谷纵坡上陡(40°)下缓(20°),排水不良且具备形成泥石流的条件。2005 年雨季地表水冲刷边坡,有上千方泥沙滞留坡上,厚度达 4m,由于条件限制,运输线只能在废石堆上开辟两条 40m 沟谷天窗和 30m 明挖堑沟。为防止滚石和泥石流对原矿运输线的危害,设计上采取防护工程措施:在清理坡面泥沙基础上,修筑两道长 40m,高出运输线 6m~8m、顶宽 3m 的砌石拦截坝和四条排洪沟,同时对坐落在废石堆上的运输线地基进行注浆处理,为保证原矿运输线的安全,停排上方排土场的生产废石。

5.0.4 排土场设计涉及国家其他行业法律法规和标准规范,仅执行本标准规定是不够的,还应满足铁路、公路、航道、石油、电力及其他重要设施等保护对象相关行业的安全保护条例要求。

《铁路安全管理条例》第三十四条:“在铁路线路路堤坡脚、路堑坡顶、铁路桥梁外侧起向外各 1000m 范围内,以及在铁路隧道上方中心线两侧各 1000m 范围内,确需从事露天采矿、采石或者

爆破作业的,应当与铁道运输企业协商一致,依照有关法律法规的规定报县级以上地方人民政府有关部门批准,采取安全防护措施后方可进行”。第三十七条:“任何单位和个人不得擅自在铁路桥梁跨越外河道上下游各 1000m 范围内围垦造田、拦河筑坝、架设浮桥或者修建其他影响铁路桥梁安全的设施”。

《公路安全保护条例》第十七条:“禁止在国道、省道、县道的公路用地外缘起向外 100m 从事采矿、取土等危及公路、公路桥梁、公路隧道安全的活动”。《中华人民共和国公路法》第四十七条:“在大中型公路桥梁和渡口周围 200m、公路隧道上方和洞口外 100m 范围内,以及在公路两侧一定距离内,不得挖砂、采石、取土、倾倒废弃物”。

5.0.5 本条特指沟谷型排土场,沟床原地地面坡度大于 24° ,堆积体易产生受压边坡失稳或排土场整体滑坡,这种现象主要是由于原始地形与堆积体接触面倾角变陡,堆积体下滑推力逐渐增大,安全系数降低,失稳破坏概率增加所致。本条中提及设置多级拦挡坝,一般选用多孔渗水坝,配合沉泥池,既能稳定边坡,又能澄清排水。

本标准第 3.3.2 条条文说明提到的山西某石灰石矿排土场沟谷纵向长 770m,沟床坡度上段平均 23° ,下段平均 28° ,排土场总高度 337m,由于在沟谷相距 1# 拦石坝下游 160m 处新建了第二道钢筋石笼坝,坝高 12m,2011 年 9 月在多场强降雨后,引发泥石流,造成近 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 堆积体以泥石流的形式向下滑移了 100 多米,由于 2# 坝的有效拦截作用,才免除大量泥石流向下游延伸。

南方一民采铁矿废石场将废石堆放在高出太平里沟溪 200m 的一支沟中,沟床较陡,无拦挡设施,1993 年 8 月偶遇山洪暴发,2 万多立方米废石瞬间从半山腰高势能下滑 150 多米,泥石流呈扇形飞越了一条 20m 宽、4m 深的沟溪,淹没了对岸 400m 长溪边公路,冲毁了路旁两排工棚,砂石堆积厚 2m,死伤 20 余人。

5.0.6 坚硬石组成的排土场,因透水性强,一般按安息角保持稳

定。而易风化岩石或含泥率较大的排土场,随着堆积体不断地沉积,可能变得不透水或弱透水,孔隙水压力的提高可能形成不稳定条件。有集中水流进入排土场,更易产生意外事故。剥离物遇水软化或堆积体含泥率大,排水不良,稳定性较差且具备形成泥石流条件的排土场应列为重点设防范围。

排土场是矿山水土流失的重点防治地段,为了有效控制工程建设对环境的影响,排土场下游应设透水性拦挡坝,透水性拦挡坝包括透水性的碾压土石坝、钢筋石笼坝、格宾坝、干砌石坝等。

钢筋石笼坝一般由直径为 12mm 的钢筋焊接编制成 $2\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$ 框架,内装石块,同层石笼与上、下层石笼间的钢筋焊接成整体,石笼坝高度一般为 $8\text{m} \sim 12\text{m}$,石笼所用钢筋需做防锈处理,底部现浇混凝土基座,单独设坝或用作排土场边坡压脚。

格宾坝作为一种新型拦挡结构,由工厂事先按防锈防腐预处理要求生产,是一种由钢绞线与钢丝网面编制的穿透式构件,单元结构尺寸一般为 $2\text{m} \times 1\text{m} \times 1\text{m}$,格宾坝由格宾单元结构在现场组合成水平、竖向装石体,结构简单,施工方便,与实体坝有相同的拦挡功能以及更好的透水性。在国外较盛行,在国内河道坡面防护、尾矿坝坡面防护、格宾加筋土挡土墙应用较多。

排土场最终坡脚线与拦挡坝间一般预留一定容积的防滚石与水土流失泥沙沉积安全带,泥沙沉积安全带一般选择在沟谷较平坦段,让泥沙有一定淤积高度,安全带的长度应根据排土场等级、原地形坡度、排弃物料含泥率、排水设施保障系数、服务年限内泥土流失量确定,最小长度一般不小于 50m 。

栾川龙宇钼矿对久沟排土场排弃岩土为混合岩土,设计容量为 $1600 \times 10^4 \text{m}^3$,堆置高度为 215m ,沟床坡度 11° ,下游设计拦挡坝高 10m ,在最终坡脚线与拦挡坝间预留 110m 的泥沙沉积带,现运行 8 年。排土场扩容时,发现泥沙已堵塞至坝腰,预留 110m 泥沙沉积段沟床最大抬高 8m 。

5.0.7 排土地基承载力是决定排土场高度和整体稳定性的外

在条件,在有软弱下卧层或者本身软弱的地基上建排土场,在排土荷载作用下,地基应满足承载力条件,否则会引起地基土剪切破坏并导致排土场整体失稳。为消除软弱基底影响,通常采取清除软土或充填大块石、设置渗流地下水的排渗层,以防止松软岩土在自身应力和外载荷影响下产生大规模错动和滑坡。

露天矿排土场滑坡事故调查表明,因软弱土层或软岩地基的破坏而导致滑坡的占 30%~40%。因此在排土场设计中,对于场址的软弱地基应提出相应技术处理措施,如遇松软表土、淤泥或潮湿土地基(如富水土层、水塘、沼泽地、尾矿库等)需要采取一定的工程措施对地基进行处理,否则,排土场一旦堆积到一定容量后,容易产生底鼓而导致滑坡。当地基平缓时(原地面坡度小于 10°),对地表上的植被和薄层表土可不予处理,当地基为倾斜山坡时,不论地基软土层厚度大小,地表腐殖土及软质岩土会演变成为排土场的潜在滑动面,此时将原地面开挖成台阶状(台宽 2m~3m)或采用爆破法形成棋盘状爆破坑(距离 2m~3m),使其形成凹凸不平的抗滑面。

太钢集团尖山铁矿地处吕梁山区,大部分地基被湿陷性黄土覆盖,该矿吸取了软土地基排土场滑坡事故的教训,从研究排土场几何形状入手,降低排土段高、加大安全平台宽度、在主要沟谷内设置排渗盲沟,同时采取了自下而上、由外向里多台阶覆盖式排土工艺,提高了排土场整体稳定性,为软弱土层排土场提供了成功经验。

5.0.8 当排土场范围内有出水点时,应采取措施将水疏干。为排除地下和地表渗水,一般在排土场底部排放大块石或加设盲沟、排渗管。如中铝贵州猫场地采矿山排土场,该排土场设计容积 37 万 m^3 ,因选址所在沟谷有泉眼,设计时在排土场底部埋设长约 419m 大块石盲沟将泉水引出场外,该排土场目前运行良好。

对于松软潮湿地基,应挖掘排渗沟,用硬质石块作垫层以形成排水渗流通道,作为排水渗流层的石料,50mm 及以上粒径物料占

比不应小于 80%，5mm 及以下粒径物料占比不应大于 10%。条件许可时，一般在排土场底部 20m 内，排弃大块岩石。对水塘、沼泽地等，一般在底部排放大块石和砂砾垫层，以利排水固结，增加地基承载力。

5.0.9 本条为强制性条文，必须严格执行。排土场的排土作业区设置夜间照明，是保证夜间作业安全，避免发生人员伤亡的基本条件，无夜间照明的排土场夜间作业，发生事故的概率远高于有夜间照明的排土场。如 1976 年 11 月凡洞铁矿在 949 层面排土，在无照明、无人指挥的情况下违章作业，汽车司机连人带车翻下排土场 262m 处，造成车毁人亡，汽车全部解体，部件散落多处。

5.0.10 排土场排土作业时，排土线应整体均衡推进，卸载平台边缘须设置安全车挡，是为了保护汽车卸载时的安全。排土线边缘的车挡一般是由推土机就地堆置剥离物而成，车挡的宽度是根据汽车及推土机等外载作用下，坡顶产生局部滑动楔形体而确定的。对于国内通用的载重 20t~30t 的汽车，车挡的底宽为 1m~1.5m，高为 0.6m~0.8m；对于载重 100t~108t 的汽车，车挡的底宽为 2.5m，高为 1m；对于载重 180t 的汽车，车挡的底宽为 2.6m。《煤矿安全规程》第五百七十九条规定，排土场卸载区，必须有连续的安全车挡，车型小于 240t 时安全车挡高度不得低于轮胎直径的 0.4 倍，车型大于 240t 时安全车挡高度不得低于轮胎直径的 0.35 倍。不同车型在同一地点排土时，必须按最大车型的要求修筑安全车挡，特殊情况下必须制定安全措施。本条规定的车挡高度不小于轮胎直径的 1/2，车挡顶部和底部宽度应分别不小于轮胎直径的 1/4 和 4/3 与《金属非金属矿山排土场安全生产规则》AQ 2005 一致。

6 排土工艺及堆置要素

6.1 排土工艺

6.1.1 排土场的分类方法一般按设置地点、地形地貌、台阶数量、堆置方式、不同时段进行划分。本标准附录 A 将繁多的分类方法以列表方式细分,可方便设计时按实际需要选用。

排土场占地是矿山开采的一大突出问题,特别是露天开采,占矿山总用地的 30%~50%。改善排土工艺和增大排土场堆置高度,合理选择各项参数,科学地组织并有计划进行排土,是提高矿山经济效益的有效途径。

内部排土场:从采矿、排土工艺入手,通过采掘计划的调整,先强化开采部分采场或分区开采,将采空区作为内部排土场,是节约用地、缩短岩土运距、减少对周围环境影响的一种非常有效的途径。因此在条件允许的矿山要优先采用内部排土工艺。

山坡排土场:充分利用山区、丘陵区的地面起伏、相对高差大的特点,利用山丘、树木、杂草等自然屏障减少排土作业对周围环境的影响。

山沟排土场:便于布置排土线,有较大的容积,优先选用,特别是肚大口小的山沟排土场优于一般长方形、三角形、椅圈形排土场。注意防止山坡坡度较大,山沟纵坡较陡,易产生滑坡、泥石流、土石流失等危害。

单台阶排土场:一般排土高度大,在地下开采和凹陷露天开采的矿山,附近又有比采场运出口标高高低的地形,其容量又能满足矿山排土堆置需要,一般采用单台阶排土场。单台阶排土高度大,其沉降变形也大,所以它适合于堆置坚硬岩石,要求排土地基不含软弱岩土,以防滑坡、泥石流。

6.1.2 排土工艺应根据矿山的开拓运输方案确定,同时还应考虑岩土性质、运输量、运输距离以及排土场的地形、地质,当地气象等因素。排土工艺的确定有一定的灵活性,对某些特定条件下的排土场,可能有几种排土方式可供选择,因为不同的排土方式有其特定的适用条件,在设计中应充分注意,确保选定的排土工艺合理。本标准附录 B 将目前经常遇到的排土工艺以列表方式细分,方便设计时选用。

6.1.3 人工排土受人力卸载条件限制,废石车载重小(一般为 $0.7\text{m}^3 \sim 1.2\text{m}^3$ 的矿车),仅适用于排土工作量少的小型地采矿山,开拓运输一般为窄轨铁路、小型矿车、电机车牵引或自溜运输,以人工翻车、平整、移道,排土场一般为一个台阶。如果堆置坚硬岩石,其堆置高度一般不受限制。

6.1.4 推土机排土工艺适用于露采矿山单一汽车开拓运输和地采的铁路运输。

(1)单一汽车运输,推土机排土工艺。

这是我国有色金属企业多数露天矿采用的一种排土方式,该工艺工序简单,适应性广,机动性大,堆置高度高。推土机用于推排岩土,平整场地,堆置安全车挡。推土机的推送距离一般为 $10\text{m} \sim 50\text{m}$,它的工作效率取决于平台上的岩土存量。当汽车直接向边坡翻卸,80%的岩土借自重滑移到坡下,由推土机负责将部分残留岩石堆成车挡;当排弃松软岩土汽车直接向边坡卸载不安全时,一般在距坡顶 $5\text{m} \sim 7\text{m}$ 处卸载,全部岩土由推土机推排至坡下,这样加大了推土机的工作量,增加了排土费用。推土机推排岩土,岩性不同,作业效率区别大,难以准确推荐,如 100 马力的推土机,当推送距离为 10m 时,台班推送量块岩为 400m^3 ,混合岩土为 500m^3 ,300 马力推土机的推送量为 $2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。推土机设备选型由设计分析确定,其计算公式一般按采矿手册。

排弃块度大而硬的岩石,当推送含水量大的黏性土或大块岩石时,一般选用功率较大的推土机。德兴铜矿露采规模 $10.5 \times$

10⁴t/d,采用汽车-推土机排土工艺,排岩汽车为154t、185t的自卸汽车,配套的转排设备为570马力推土机。

选用汽车-推土机排土工艺,在岩石风化强烈,饱水泥泞条件下慎重采用,因为泥泞条件易使汽车轮胎陷入。广东、湖北的一些矿山选用此种排土工艺曾有深刻的教训,每年雨季有2~3个月不能正常生产,北方矿山也出现过类似情况。

采用汽车-推土机排土工艺的排土场,各台阶堆置顺序根据采场出口标高合理安排:

1)采场运输出口标高低于排土最低台阶变动顶面标高时,先低后高,分台堆排。

2)采场运输出口标高等于或高于排土台阶顶面标高时,采用单台阶堆排。

3)采场运输出口标高随开拓运输台阶变动时,排土台阶顶面标高亦应与其相适应。

(2)窄轨铁路运输,推土机排土工艺。

此种排土工艺经济灵活,排土线较长,对排土场的自然条件和岩土的物理力学性质未提出严格要求。

(3)准轨铁路运输,推土机排土工艺。

此种排土工艺适用于大型露天矿,因为排弃规模大,运输能力大。我国有色企业矿山采用准轨铁路排土工艺不多,而黑色冶金行业大型露天矿过半的排土工艺采用准轨铁路运输。

准轨铁路运输排土需其他移动设备进行转排,如电铲、挖掘机、排土犁、装载机等。

电铲排土具有效率高、移道工作量少、移道步距大、堆置高度大等优点。如4m³电铲,其宽度达23m左右,有利于排土线路的安全,但电铲本身行动迟缓,避险能力差,相应的技术条件要求比较严格。其主要原因是:

1)为了防止排土场产生整体滑坡影响机械作业,要求排土场基底稳定,原地面坡度一般小于或等于下滑临界坡度24°。广东、

四川某些铁矿由于不符合上述要求,电铲下滑和倾覆事故多次发生。某铁矿准轨铁路排土,沙土和风化土占60%以上,由于地形陡峻,每逢雨季即发生大面积垮塌或深层滑坡,后改用轮式装载机配合准轨铁路转排,获得了较好的经济效果。

2)岩土在浸水后大量吸水崩解、摩擦力降低时,容易产生局部滑坡和下沉。如广东某铜矿、辽宁某铁矿,都出现过类似问题,故要求岩土水稳性好。

3)岩土在浸水后物理性质较好时,台阶高达40m~60m。四川某铁矿投产十余年来,台阶高一直采用40m,实践证明是成功的,但台阶高超过60m,生产正常的矿山不多(目前克里活罗格铁矿的硬岩排土场在场底设15m~20m低台阶排土层基础,其上部台阶高已达60m,生产正常),故电铲排土台阶高度一般不大于50m。

4)电铲排土需定点卸车,要有两倍的列车长度才能保证卸车作业顺利进行。由于电铲排土后移道步距达20余米,故其移道周期长,排土线短,将使线路移道频繁,作业效率大幅下降,排土的高效率优点难以发挥。根据一些矿山的经验,以不小于三倍列车长度较为合适。

6.1.5 铲运机排土适用于无需爆破作业、物料松散、装载作业面平缓开阔、运距为800m~2000m的物料装运。

6.1.6 装载机排土装、运、卸轻便灵活,排土宽度大,一般不定点卸车,对排土场的自然条件和岩土的物理力学性质适应性较强,排土线的有效长度缩短,排土段高不受严格限制。本排土工艺在广东某铁矿的排土实践中已得到验证,但由于成本高,轮胎消耗大,设备维修难,因此这种排土方式只在特定条件下采用。

6.1.7 胶带-排土机排土适应于特大型露天矿。排土机与电铲相比,在重量上更重,对与运输线路胶带的衔接要求更高,设备造价更贵。如排土机被损坏或被迫中断生产,造成的影响也更大(通常一个大型矿山排土场,只有1台~2台排土机)。因此其主要技术

条件,不应低于电铲的要求。

(1)排土机的上、下部台阶的高度,以排土机的排料臂长及其仰角的大小确定。下排台阶高度应根据排料臂水平投影长度、排土机中心线至排土台阶坡顶线安全距离和稳定性计算综合确定。下排台阶的高度,按照排土机制造厂家所提供的数据,不宜大于排料臂长的50%,以保证排土机作业的安全,但这一要求在地形起伏较大的排土场难以做到。

(2)排土机排土前应修筑初始路堤。初始路堤宽度应根据移置胶带机中心线至路堤边缘距离、移置胶带机中心线至排土机中心线距离、排土机中心线至路堤边缘距离综合确定。

(3)应设置初始排土机组装场地,场地面积一般不小于 $100\text{m}\times 50\text{m}$,移动胶带路基需满足重负荷排土机作业强度要求。

(4)采用排土机排土,应进行不均匀沉降计算,并提出反坡坡度要求。

(5)排土机距坡顶线应留有安全距离,安全距离应根据排土台阶高度、堆排物料性质和设备荷载等确定。高台阶排土场应有专人负责观测和管理,发现危险征兆应采取有效措施及时处理。

(6)胶带机应符合现行国家标准《带式输送机工程设计规范》GB 50431的规定。

6.1.8 本条列出废石山堆置的几种排土方式,其共同特点是堆置高度高、容量大,以减少占地面积,降低环境污染。

(1)架空索道排土是从装载站将废石装入索道挂斗运至废石场再经斜坡栈桥运至顶部卸载。斜坡栈桥随废石堆置逐步延伸,装载、运输、卸载、回斗均可自动化。架空索道排土是连续性运输,能力较大,但对废石有一定的粒径要求。

(2)斜坡卷扬排土堆置分侧卸式和前倾式两种,前者采用“V”形矿车或双边侧卸式矿车,废石经倒装转载在矿车上,提升至顶部卸载,后者则需经倒装转载到箕斗上再提升至顶部

卸载。

(3)采用架空索道、斜坡道或胶带运输机排土工艺时,因其卸料点单一,在保证安全的前提下适当增大台阶的排放高度,以免台阶高度过低而频繁地移动设备从而影响排土效率。

6.1.9 排土场开始排土堆置前需要先行修筑运输、排土的作业场地。该场地位于排土场边缘,需占用排土场部分土地。采用汽车排土的单台阶排土场,初始路堤一般沿等高线方向开辟半壁路堑,或由排土场边缘边排放废石边压实形成填方路堤,其大小按所采用的运输方式和排土设备类型确定。如采用 30t 汽车排土,初始路堤汽车卸车和调车平台一般不小于 $50\text{m}\times 40\text{m}$ 。

山坡露天矿排土场一般采取多台阶排土,在排土过程中,为保证作业安全,下部台阶应有足够的超前宽度,排土场工作平台最小宽度应根据剥离物的物理力学性质、上一台阶的高度、大块石滚动距离、运排设备的工作宽度、平台上最外运输线至眉线间的安全距离等参数由计算确定,并应满足上下两相邻台阶互不影响的要求。

(1)公路运输平台宽度见图 1,宽度一般按表 6 和式(1)计算确定。

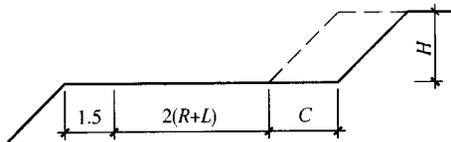


图 1 公路运输平台宽度示意图

注: H 为上下两平台间的高差(m)。

$$A = 1.5 + 2(R + L) + C \quad (1)$$

式中: A ——公路运输工作平台宽度(m);

R ——汽车转弯半径(m);

L ——汽车长度(m);

C ——超前堆置宽度(m),一般按表 4 选取。

表 4 超前堆置宽度取值(m)

堆排方式	超前堆置宽度 C
推土机	视作业条件而定
装载机	不小于装载和卸载半径之和
电铲	不小于一次移道步距,一般取 18m~24m

(2)铁路运输平台宽度示意图 2,宽度一般按表 5 和式(2)计算确定。

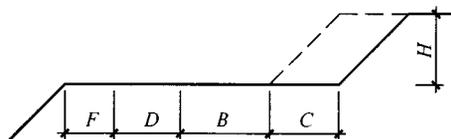


图 2 铁路运输平台宽度示意图

表 5 工作平台宽度值

运排方式	段高(m)		
	15	15~25	30~40
汽车推土机	40~55	45~60	50~65
窄轨推土机	20~25	25~30	30~40
准轨装载机	30~40	40~50	50~60
准轨电铲	40~50	45~55	50~60
准轨推土型	30~35	35~40	40~45

$$A = F + D + B + C \quad (2)$$

式中：A——铁路运输工作平台宽度(m)；

F——外侧线路中心至台阶边坡顶的最小距离(m),准轨为 1.6m~1.7m,窄轨为 1.0m~1.2m；

D——线间距(m)；

B——上台阶坡脚线至线路中心的安全距离(m),一般大

于大块石滚落距离加轨道架线式电杆至线路中心距离(m)。大块石滚落距离一般按表 6 选取。

表 6 大块石滚落距离(m)

台阶高度(m)	10	12	16	20	25	30	40
大块石 滚落距离	15	16	18	20	22	24	27

(3)在排土场高阶设计时,其工作平台宽度可按表 5 选取,但在运输设备已经确定的情况下应以计算宽度为准。

上述确定排土场最小平台宽度的主要因素及其公路与铁路运输平台宽度的计算方法引用了 1976 年出版的《黑色金属矿山企业总图运输设计资料汇编》第五篇废石场中平台计算式的内容。

6.1.11 排土场在排土作业时,应控制排土强度,适当增加排土线长度,尽可能做到交替排土,以保证排土场有足够的自然沉降时间。

6.1.13 软弱地基排土场一般采用自下而上、由外向里分阶段后退覆盖式排土,并控制底部台阶的高度,在底部排弃大块岩石,达到堆载预压、控制变形的效果。

6.2 堆置要素

6.2.1 本条提出排土场设计中需要研究的几个主要堆置要素。这些要素是排土场容量计算的依据,也涉及排土场的稳定与安全,应认真处理。

6.2.2 影响排土场堆置要素的因素较多,主要包括剥离物的物理力学性质、排土工艺、地形、工程地质、气象及水文等条件,其中物料特性、地形和地基承载力为主要因素。

1976 年出版的《黑色金属矿山企业总图运输设计资料汇编》第五篇第一章针对不同排土工艺和不同物料性质提供了“废石场台阶高度参考表”“废石场岩堆安息角表”,摘录于表 7 和表 8。在

可行性研究阶段,由于缺少场址工程地质与剥离物性质相关依据,开展初步的稳定性计算进行预评价时选取,使用时根据类似排土场实际情况进行调整。

表 7 剥离物堆置台阶高度(m)

排土 方式 岩土 类别	铁路 运输				汽车运输	斜坡卷扬
	人工 排土	推土机 排土	电铲 排土	装载机 排土	推土机 排土	废石山
坚硬块石	40~60 (30~40)	40~50 (20~30)	40~50 (20~30)	≤200	≤200	<150
混合土石	30~40 (20~30)	30~40 (20~30)	30~40 (20~30)	≤100	≤100	<150
松散硬 质黏土	15~20 (12~15)	15~20 (10~15)	15~20 (10~15)	15~30 (15~20)	15~30 (15~20)	70~80
松散软 质黏土	12~15 (10~12)	12~15 (10~12)	12~15 (10~12)	12~15 (10~12)	12~15 (10~12)	50~60
砂质土	—	—	10~15	—	—	—

注:1 括号内数值系工程地质及气象条件差时台阶高度值。

2 当采用窄轨铁路运输时,表列数值可略为提高。

3 排土地地基(原地面)坡度平缓,剥离物为坚硬岩石或利用狭窄山沟、谷地堆置的排土场,可不受此表限制。

4 剥离物土石类别明显的,排土时的台阶高度可根据不同的土石类别,分别采用不同的台阶高度。当基底稳定,台阶高度可做如下估算:堆置坚硬岩石时宜为 30m~60m;堆置砂土时宜为 15m~20m;堆置松软岩石时宜为 10m~20m。

5 多台阶排土的堆置高度可经过验算确定,在相邻台阶之间应留安全平台。基底第一台阶的高度宜为 10m~25m。

表 8 剥离物堆置安息角(°)

类 别	自然安息角	平均安息角
砂质片岩(角砾、碎石)与砂黏土	25~42	35
砂岩(块石、碎石、角砾)	26~40	32
砂岩(砾石、碎石)	27~39	33
片岩(角砾、碎石)与砂黏土	36~43	38
页岩(片岩)	29~43	38
石灰岩(碎石)与砂黏土	27~45	34
花岗岩	35~40	37
钙质砂岩	—	34.5
致密石灰岩	32~36	35
片麻岩	—	34
云母片岩	—	30
各种块度的坚硬岩石	30~48	32~45

6.2.3 软弱地基排土场应控制底部台阶高度,本条给出了排土场底部台阶最大堆高的计算式,便于设计者计算分析。计算式摘录于1991年出版的《采矿手册》第3卷第12章“露天排土工程”中排土场稳定性及其治理公式(12-128)。

场址地形平缓,地基承载力不限时,排土场堆高可以适当加大,但当地基为土质或其他软弱地基时,排土场应控制底部台阶高度,实现对地基堆载预压以提高地基承载力。单台阶排土场一般堆置高度大,沉降变形也大,它适合于堆置坚硬岩石,排土场基底不含软弱层。多台阶排土场堆置高度要根据排土参数和基底承载能力分析计算,原则上控制第一台阶高度不超过25m。当地基为倾斜的砂质土时,第一台阶高度不超过15m,因为第一台阶的变形和破坏可能引起整个排土场的松动和破坏。

6.2.4 本条规定主要是针对露天矿山的特点,强调了排土场的堆存应在保证安全的前提下,尽可能实现高土高排、低土低排,目的

是尽量缩短剥离物的运距,以节省能耗、降低成本。

1991年5月出版发行的《采矿手册》第3卷第12章“露天开采”中引用露天矿技术调查报告对国内部分露天矿汽车运输排土机的排土参数和铁路运输排土场的排土参数摘录于表9和表10,提供给设计者。

表9 我国部分露天矿汽车运输推土机排土的排土场参数

序号	矿山名称	排土场岩性	基底坡度(°)	台阶数(个)	堆置高度(m)		边坡角(°)	
					台阶高	总高度	台阶坡角	总坡角
1	南芬铁矿	石英片岩、混合岩	22~30	—	80~180	106~295	31~35	20~28
2	南尖铁矿	辉长岩、大理岩	34~38	—	15	180~200	35	35~36
3	大石河铁矿	混合片麻岩	30~60	1	30~105	30~105	34~37	34~37
4	峨口铁矿	云母石英片岩	27~39	1	60~120	60~120	40	40
5	石人沟铁矿	片麻岩	20~30	1	40~75	40~75	37.7	37.7
6	潘洛铁矿	石英片岩、凝灰岩	33~45	1	200	200	32~35	32~35
7	大宝山多金属矿	页岩、流纹斑岩	30~50	1	—	280~440	—	—
8	云溪流铁矿	变质粉砂岩	30~40	3	20~40	150~200	40	35
9	德兴铜矿	千枚岩、闪长玢岩	—	—	20~60	220	—	—
10	永平铜矿	混合岩	28~33	3	24~36	144~160	38	33

续表 9

序号	矿山名称	排土场岩性	基底坡度(°)	台阶数(个)	堆置高度(m)		边坡角(°)	
					台阶高	总高度	台阶坡角	总坡角
11	石录铜矿	石英闪长岩、黄泥	2~28	4	10~30	45~55	25~30	—
12	金堆城钼矿	安山玢岩	—	1	35~90	35~90	34~36	34~36
13	白银铜矿	凝灰岩、片岩	30~50	—	6~15	30~80	37~40	—
14	东川汤丹铜矿	白云岩、板岩	35~40	1	300~420	300~420	38	—

表 10 我国部分露天矿铁路运输排土场参数

序号	矿山名称	排土场岩性	基底坡度(°)	台阶数(个)	堆置高度(m)		边坡角(°)	
					台阶高	总高度	台阶坡角	总坡角
1	服前山铁矿	千板岩、混合岩	15~25	3	20~25	78	34	24.5
2	齐大山铁矿	石英片岩、千枚岩、混合岩	—	3	14~30	50	38~43	25~35
3	大孤山铁矿	石英片岩、千枚岩、混合岩	50	3	15~25	67	35~37	32
4	东鞍山铁矿	千板岩、混合岩	—	3	15~20	45~50	36	33
5	歪头山铁矿	角闪片岩、石英岩	10~15	2	20~34	64	34	—

续表 10

序号	矿山名称	排土场岩性	基底坡度(°)	台阶数(个)	堆置高度(m)		边坡角(°)	
					台阶高	总高度	台阶坡角	总坡角
6	甘井子石灰石矿	石灰岩、页岩	30~55	1	15~16	20	38	30
7	大冶铁矿	闪长岩、大理岩	—	—	12~20	70~110	35~42	28~35
8	朱家包包铁矿	辉长岩、大理岩	25~45	4	40	168	—	28~37
9	白云鄂博铁矿	白云岩、板岩	20~17	2	15~30	35~45	43	30~36
10	水厂铁矿	片麻岩、花岗岩	15~30	2	35~80	115	—	36~40
11	海南铁矿	透闪石灰岩、绢云母片岩	28~43	1	30~40 最大 90~110	40~130	36~38	36~38
12	南山铁矿	闪长岩、安山岩	5~10	3	15	80	31~40	10~17

6.2.5 本条中的剥离物经下沉后的松散系数 K_1 是引用了 1981 年 5 月出版的《有色冶金企业总图运输设计参考资料》中的数据。

在 1991 年 5 月出版发行的《采矿手册》第 3 卷第 12 章“露天开采”排土工程中排土场有效容积的计算见式(3)。

$$V = \frac{V_0 \times K_s}{K_c} \quad (3)$$

式中: V ——有效容积(m^3);

V_0 ——剥离岩土的实方量(m^3);

K_s ——初始剥离岩土의碎胀系数；

K_c ——排土场沉降系数，取值见表 11。

表 11 排土场沉降系数 K_c 值

岩土类别	沉降系数	岩土类别	沉降系数
砂质岩土	1.07~1.09	砂黏土	1.24~1.28
砂质黏土	1.11~1.15	泥夹石	1.21~1.25
黏土	1.13~1.19	亚黏土	1.18~1.21
黏土夹石	1.16~1.19	砂和砾石	1.09~1.13
小块度岩石	1.17~1.18	软岩	1.10~1.12
大块度岩石	1.10~1.12	硬岩	1.05~1.07

本标准排土场有效容积的计算公式(6.2.5)中的 K_1 值为剥离物经下沉后的松散系数，已包含了式(3)中的初始剥离岩土의碎胀系数 K_s 和岩土의沉降系数 K_c ，故计算结果相近。为简化计算，本标准选用了式(6.2.5)计算。

6.2.6 1979 年 12 月出版发行的《有色冶金企业总图运输设计参考资料》第十一篇第三章废石场堆置要素占地面积计算公式提到安全距离一般不小于 30m(即排土场设计最终坡底线外 30m)。目前，对于大型排土场一般按排土场的设计前缘(最终堆置边坡角)外推 50m 范围考虑，主要是对防护距离的要求。现行国家标准《金属非金属矿山安全规程》GB 16423—2006 第 5.7.7 条规定：“排土场进行排弃作业时，应圈定危险范围，并设立警戒标志，无关人员不应进入危险范围内”。本标准考虑滚石距离与排土场边坡脚处原地面坡度息息相关，防护距离多少应由坡脚处原地面坡度确定，故本条规定排土场的用地范围，除应按有效容积结合实际地形和剥离物堆置要素计算用地外，还应包括排水设施、防护设施、泥沙沉积设施等工程用地及排土场下游滚石影响范围的用地。特殊情况还应包括污水调节池用地，此处特殊情况主要是指含重金属污水调节池或酸性水库。

6.3 排土计划

6.3.1 露天矿排弃岩土一般包括表土、混合岩土、坚石、风化岩土,还有当前暂不能利用的低品位矿石、建筑材料等。排土计划应根据剥离物的性质、数量进行合理安排,将可以用于复垦的表土、暂不能利用的低品位矿石和建筑材料等单独堆存。从排土场稳定性要求出发,将排土场的表土排弃于排土场底部对排土场稳定不利。

6.3.2 在露天采矿中,生产剥采比较高,岩土剥离量大,岩土运输成本占岩石剥离成本的40%左右,而运距又是影响运输成本的主要因素。因此在排土场设计中,应着重考虑岩土运输的合理流向,尽量减少岩土特别是前期岩土运输距离,以求得最佳的经济效益。

编制剥离物逐年排弃计划表时,不仅要反映每年的排土量、暂不能利用的低品位矿量及可以用作建筑材料的废石量,还应反映出排弃到排土场某一台阶的岩土量、岩土性质等。

现行国家标准《有色金属采矿设计规范》GB 50771—2012 第7.8.3条规定,在剥离物排弃程序中,应符合下列规定:

(1)技术经济条件下暂不能利用的低品位矿石、建筑材料,应单独堆存;

(2)剥离的耕植土,应分运分堆;

(3)含有酸性、酚类以及微量放射性质的剥离物,应采取特殊的排弃、处理措施。

6.3.3 本条规定初步设计文件中应附排土场排土终了及关键年份排土状态平面图。对于1级、2级、3级排土场原则上应绘制前5年年末平面图及后期关键年份排土场年末平面图,目的是为了**保证**矿山生产前期排土场有排除安全隐患的对策。但是目前国内有色金属矿山排土场规模相对较小,尤其是地下开采的矿山排土场,其每年剥离的废石量小,前5年年末均绘制年末平面图实际指导意义不大,此种情况下一般只绘制关键年份年末平面图。关键

年份一般指胶带机排土变换台阶排土、排土方式发生变化、覆盖式排土平台排土结束等年份。年末图中应反映出道路系统、防排洪系统、安全防护系统等。终了平面图应反映出排土场名称、排土场容积、排土场几何形状(包括排土场的台阶组成、台阶标高、边坡坡度等要素)、运输系统、排水系统与安全防护系统等。

7 稳定性分析与评价

7.1 一般规定

7.1.1 选址阶段应根据实际的场址地貌和水文地质、工程地质特征,分析判定排土场发生泥石流、液化或湿陷灾害的可能性;对陡倾地基,则应考虑形成稳定台阶的可能性;对软弱地基,则应考虑地基蠕滑的可能性。因此本条强调了可行性研究阶段主要是进行拟选场址安全性评估,确定选址的适宜性。初步设计阶段应进行排土场稳定性分析,并在工程经济分析的基础上,进一步确定排土场场址的稳定性。改、扩建矿山基于现状排土场稳定性的论证结果和排土工艺,判断原有排土场场址扩容的可能性,并结合开拓系统优化调整排土工艺。

7.1.2 排土场工程地质勘察以钻探和槽探为主,地质踏勘及地质测绘为辅,结合室内试验和原位测试等手段,完成包括排土地基工程地质及水文地质调查、原始地形、现状地形、关键代表性地质剖面、排土物料及地基的物理力学性质试验等内容。工程地质及水文地质勘察报告内容主要应包括:

- (1)地理环境及其危害性影响;
- (2)地形地貌、气候;
- (3)区域地质环境、水文地质条件、地震活动特征;
- (4)排土地基及排土物料特征;
- (5)排土场物料粒度分布规律;
- (6)排土场岩土物理力学性质试验分析或参数建议;
- (7)排土场区泥石流的可能性评估。

对既有排土场,应综合采用钻探、物探手段掌握堆积体分层性质、地基岩土性质和地基地形。对新设计的矿山排土场,排弃物料

物理力学性质可采用工程类比法确定。类比项目主要根据物料岩性相似性、破碎方式(爆破堆料、二次破碎)相似性确定其颗粒级配,并根据排土方式(单台阶式、多台阶覆盖式、多台阶压坡脚式等)相似性,结合排土分期规划图、堆置要素等,确定排土场模型的分层性。必要时,从相邻矿山采取物料进行排弃物料颗粒级配筛分及物理力学性质试验。

7.1.3 排土场选址应保证排弃岩、土时不致因滚石、滑坡、塌方等威胁采矿场、工业场地(厂区)、居民点、铁路、道路、输电网线和通信干线、耕种区、水域、隧道涵洞、旅游景区、固定标志及永久性建筑等的安全。

排土场安全稳定性分析应在排土场场区水文地质、工程地质分析的基础上,分析判断场地适宜性、环境特征与灾害可能性,并综合排弃物料物理力学性质,基于排土场堆置要素选取典型代表性剖面,进行排土场稳定性计算分析,根据计算结果提出相关安全对策措施。

7.1.4 排土场向前推进和形成的过程,也是其模型和参数在时间和空间上的演化过程。形成排土场过程的动态变化特征决定了排土场堆置要素的不确定性和变化性。因此,改、扩建矿山安全稳定性论证应在稳定性分析基础上增加排土场堆排工艺和堆置要素的论证,保证生产过程的安全可靠。同时还应增加现场的检测及分析,重点是对安全距离、最终境界和底层材料、平台形状、安全车挡、排水设施、变形特征(主要包括坡顶裂缝、斜坡面和坡脚隆起)、眉线和段高等关键参数的检测及分析,并依托检测及分析数据反演分析模型,确保分析结果能有效解释现场相关变形和破坏特征。

7.2 计算方法

7.2.1 露天矿生产剥离的松散颗粒体经汽车、铁路或胶带机运输,通过推土机、装载挖掘机或排岩机倾倒堆积在沟谷或坡地上形成排土场,属边坡工程范畴,因此排土场稳定性分析可以借鉴岩

(土)边坡工程的计算方法。稳定性分析中,基本模型的概化和力学参数的选择建立在现场地质调查形成的初步判断上。即使摒除了参数取值上的经验和主观因素,极限平衡分析所获取的安全系数也难以刻画滑体变形破坏过程、滑带流变性和非刚性特征(这恰恰也是排土场管理过程中最直观的现象),同时,由于引入了最小安全系数的搜索过程,其最终结果往往是一个小于真实解的、留有余地的安全系数。因此评价结果要真正服务和指导工程实践,还应构架以安全系数为核心,以失效概率(评价的确定性问题)和变形破坏机理(启动和形式、终止条件)为基本点的全面评价系统。采用允许变形和部分破坏的设计理念,关联安全等级与控制标准,考虑降雨及地震工况组合,建立了以安全系数为主,综合应力场、位移场、塑性区分布特征的综合评价方法,稳定性计算分析采用工程地质勘察、室内外试验、工程类比现场检测,并进行以极限平衡计算为主要手段的稳定状态评价(安全系数和破坏概率)和机理预测分析(启动机理、变形与破坏形式)。排土工艺(本标准附录 B 排土工艺分类)决定了排土场在废石颗粒的分层特征,堆置形状要素确定了整体几何形态。因此计算方法根据排土工艺、堆置要素和潜在的破坏模式的不同而不同。

7.2.2 由于模型和参数的不确定性是岩土工程的固有特征,因此分析时一般采用定性分析与定量计算相结合,基于定性分析初步判定模型的代表性和参数的合理性,并确保定量计算结果和现状拟合。

7.2.3 采用工程地质类比法时,应结合类似排土场破坏机理、主要影响因素等判别破坏方式。基于不同排土台阶即排弃点的既有滑坡的特性特征,遵循类似性、系统性、选择性、目标控制、可比度等工程类比条件,对工程条件(排土工艺、排土场规模及堆置要素效应)和地质条件(地基及排土料物理力学性质、坡高、坡比和坡型,降雨和地震或爆破振动诱发)进行类比,获取潜在的破坏机制。

7.2.4 对国内外露天矿山排土场的综合调查分析表明,排土场潜

在失稳模式有三种：沿排土体-原始山体表面接触带滑坡、排土本体(内部)近程滑动、排土场基础滑坡。

沿排土场堆置的基底表面-原始山体表面接触带产生的滑坡，主要控制因素是基底表面倾角及其与排弃物之间的强度指标差异。由于排土场形成初期全部排弃表土，强度低，结构疏松，大气降雨后必然形成排弃物与基底表土层的渗透差异，水沿着基底表面滞流浸润后容易软化，强度降低，当排土体和地基接触带抗剪强度小于排土场物料本身的抗剪强度时，构成堆石体滑体的滑动面，产生沿基底表层的顺坡向破坏。

因此当破坏模式为沿表土-基岩界面或排土体-地基界面折线破坏时，可采用传递系数法、Janbu 法或强度折减法；当破坏模式为沿表土-基岩或排土体-地基的单一平面破坏时，可采用 Bishop 法、强度折减法或瑞典条分法。

排土本体(内部)近程滑动及排土场基础滑坡中的本体滑动指地基层相对稳定，而散体岩石物理力学性质相对较差，排土堆高到一定程度后，外荷载作用(如继续堆载或排土设备加载)下，地基沉陷，诱使排弃物压密变形增大，处于极限平衡后，排土场后部一定范围内，由于自重先期压实沉陷而形成的主动楔形区，在其他外力及降雨等因素的诱发下，下部阻挡被动楔难以支撑，导致排弃物内部滑坡。最常见的排土场内部滑坡引发因素有两个：一是内因，主要受物料特性自身影响，如排土料中黏土或细颗粒含量较高时，由于压实沉降，在边坡内部的孔隙压力增高，应力集中，降低了潜在滑动面的摩阻力，或者由于岩土混排，在排土场内形成软弱层，在雨水作用下，同样降低了潜在滑动面的摩阻力而形成滑坡，二是外因，主要受堆高、水浸润或爆破振动影响。排土场台阶高度超过散体岩石堆积极限高度，下部阻挡被动楔难以支撑而滑坡。水浸润或爆破振动是诱发和降低排土体自身性质导致。排土场内部滑坡一般为圆弧形滑面，滑坡面穿过边坡内部而出露于坡面。这种滑动一般距离不远，一次滑动后随即稳定，若继续排土，则再

一次发生滑动。排土过程中一般都会发生。这类滑坡模式的第二潜在滑面一般平行于或略大于排弃物料的自然安息角,这个潜在滑面也就是排弃物料内部弱面,形成这种弱面的原因在于:

(1)由于排土场堆置方式不当所造成的弱面,诸如在排土场由坚硬岩石组成的坡面上排放大面积薄薄一层黏土而形成的人工弱面。

(2)由于气候造成的弱面,当冬季寒冷时,坡面上存有较厚的冰雪层,若在其上排弃土岩,则形成冰雪夹层,当春天骤暖时,冰雪融化,沿冰雪夹层的、表面浸润的土岩形成气候弱面。排土场基础滑坡指排土场地基较为软弱,或地基含软弱层或正断层时,加上水、超载或边坡过陡等因素而导致,在上部土场作用下产生滑移和底鼓,进而牵引上部土场滑坡。在排土场形成过程中,随着排弃高度的不断增加,排弃物料的重力加大,基底土层持力层厚度亦随之加深,当排弃物达到一定水平时,基底持力层遇有连续性好的、强度低的黏土软弱带或软塑带,软弱带被挤压产生塑性流动挤出,下部基底隆起剪切而产生破坏。

排土本体(内部)近程滑动及排土场基础滑坡滑动面基本为圆弧状。因此这种破坏模式为圆弧破坏时,可采用 Morgenstern-price 法、Bishop 法、Spencer 法或强度折减法。当破坏模式为沿表土-基岩界面或排土体-地基界面折线破坏时,可采用传递系数法、Janbu 法或强度折减法;当破坏模式为沿表土-基岩或排土体-地基的单一平面破坏时,可采用传递系数法、强度折减法;当破坏模式为圆弧破坏时,可采用 Morgenstern-price 法、Bishop 法、Spencer 法或强度折减法。

7.2.5 工程实践中,为了减少征地,最大限度增加容量,往往利用凹形山谷的夹持效应形成了凸形排土场边坡,这是不可避免的现实。通过凹形地基转移承受排土体下部的水平力,阻止散体指向坡面的水平位移(最大值点也是潜在滑动面的出露点),有利于排土场的稳定。大量的工程实例表明,上宽下窄山谷型排土场的自

然安息角往往高于平地型或坡面堆积型,其根本原因正是由于排土场的空间效应。级配、岩性、粗粒含量相同的排土散体,即使自然安息角一致,设计的排土场边坡角也会存在较大差异。分析中,根据地基地形,兼顾排土工艺(关键是推进方式)分别对待。仅用2D分析必然导致较大的误差,甚至形成错误判断,无益于工程实践,其结果是安全性和经济性完全不能统一。因此排土场稳定性论证应采取极限平衡法与有限元、有限差分、离散元等数值计算法综合进行分析。同时,标准编制过程中展开的专题研究成果表明,排土场堆置为空间谷堆型或曲率半径小于2倍的堆置高度时,应采用三维模型计算。计算方法可采用严格三维极限平衡方法或三维强度折减方法。考虑到国内各设计院技术水平和设计经验的差异,兼顾设计技术水平发展的需要,没有要求在设计阶段的稳定性计算采用数值方法,而限定在稳定性论证阶段,也是为了保证排土场安全稳定性论证的可靠性。

7.3 计算模型与参数

7.3.1 计算模型及剖面的典型性和代表性是保证分析成果可靠性和可信性的关键。露天矿排土场用地占矿山用地的30%~50%,由于场址的不可选择性或征地难,只能采取加高覆盖排弃方案,空间效应越来越突出,从平面上的单一凸形(垂直于排土方向)将逐渐演化成“高谷堆型”,稳定性评价面临非3D模型不能解决的需求,过程安全性将日益彰显。岩土工程特点决定了排土场工程计算模型同样应综合地形地貌、地基特征、水文地质特征、物料特征、排土场堆置要素、堆积过程等确定。

7.3.2 排岩作业分阶段、分区域进行,地基和排土场堆排物料的散体空间组合不断改变。排土场堆排物料的散体结构特征(粒径、颗粒级配、密度、均匀性)决定了系统的力学行为是具有不同尺度、性状的碎块石在变化的排岩荷载下协调变形、相互作用的结果。从坡脚到排土平台坡顶,排土场堆积散体以固定的自然安息角存在,

基底受平行于排土场坡面的荷载,表现为沿坡顶到坡脚处逐渐减小,其结果是排土层自身各部位固结应力基本线性增长,导致颗粒相互滑移、充填、粗大颗粒棱角或者软弱颗粒破碎和重排,物理性质上主要表现为表观密度、密实度和孔隙率空间差异,力学特性呈现分层性(特别是黏聚力 c 、内摩擦角 φ 、弹性模量 E)。结合工程实践项目的专题研究表明,排土散体主要表现为非线性力学特性:

(1)空间变异性:初期剥岩时,表土散体岩体透水性差、黏土矿物含量高、摩擦强度低、风化严重,而后期则相反。另一方面,松散岩石自坡顶排弃,由于分选作用,大块岩石滚至排土场坡底,而小块岩石则大部分停留在排土场上部,筛分试验表明,粒度组成符合 Rosin-Rammler、Gaudin-Schuhmann、Gibrat 函数或分形特征。

(2)时间相关性:针对在排和终排取样进行室内大三轴试验表明,不同的时间段,因颗粒重排、充填和压缩、固结作用,同一分区在不同阶段具有迥异的强度和变形特性。

(3)有条件转化性:在不同阶段,颗粒破碎和湿化作用对剪胀性和抗剪强度指标产生明显影响,导致排土场边坡表现出稳定性有条件转化。

(4)相互作用性:不同于其他地基,排土场基底表土一般未清除。滚落至坡脚的大块废石撞、挤、压、推、剪、切入地基,废石料-表土相互作用,呈蜂窝状离散嵌在表土中。受表土性质与厚度影响,形成新组构及力学特征的极薄、薄、厚接触界面。

目前在排土场论证中很多未考虑排土料自身工程特征,将岩、土或尾矿料与排土料混淆,选取了不符合工程实际特征的力学参数,导致计算结果错误。因此,本标准对排弃物料的力学指标确定做出粗粒料根据室外初步筛分试验和室内重组样大三轴试验要求。对新建矿山排土场没有条件进行试验,可基于岩体特征和开采工艺、排土工艺,根据物料岩性相似性、破碎方式相似性确定其颗粒级配,结合堆置要素等通过工程类比方法确定排弃物料的力学指标。如无类似项目,一般从相邻矿山采取母岩相近粗粒料基

于破碎方式进行排弃物料颗粒级配筛分及物理力学性质试验。同时,考虑数值模拟技术的发展,也可通过颗粒流或元胞自动机等数值分析方法进行虚拟试验选取。

地基岩土体及其弱面的抗剪强度是排土场边坡稳定性计算的重要力学参数,通常根据岩体不连续面强度对岩石材料力学参数的弱化及地下水对岩石材料力学参数的软化将岩石的力学参数换算成岩体的力学参数。一般应考虑岩体的分类、节理密度、边坡高度、结构面间距、地下水状况、应力特征等,也可根据地区资料采取直接折减法选取。对折线或平面破坏模式,当基底表土未清除,排土地基表土-排土料接触面抗剪强度可通过原位剪切试验或室内相似模型试验结合地层结构特征综合确定。

7.3.3 排土场的稳定性取决于其本身的地质结构、地基及堆积物料的物理力学性质以及地下水渗流场的分布、动力荷载的大小等多方面的因素。本条规定的工况只考虑根据重力、降雨及地下水、地震或爆破振动影响确定为自然工况、降雨工况、地震工况三种。由于地震和降雨同时出现属极(小)概率事件,本标准编制中再三讨论,由于在允许安全系数的设定时已经考虑,兼顾排土场破坏效果及严重性,认为地震和降雨工况不组合符合实际工程特征。同时,根据国内外研究成果,结合编制过程中展开的排土场介质的动力传递特征试验,地震烈度大于或等于7度时应展开地震工况计算;当露天采场边坡上部为排土场时,应进行爆破振动工况分析;排土场影响范围内如存在重要设施,荷载也应考虑在内。

7.4 安全稳定性标准

7.4.1、7.4.2 以破坏强度为根据,将抗滑力(矩) R 和滑动力(矩) S 比值 $F=R/S$ 定义为安全系数作为稳定与否的评价指标已广为工程界所熟悉。 $F=1$ 时,极限平衡; $F>1$ 时,稳定; $F<1$ 时,处于失稳状态。此准则并不反映不同工程对边坡不同稳定性的要求。由此,不同性质的工程安全性评价标准不同。如现行国家标准《建

筑边坡工程技术规范》GB 50330、现行行业标准《水电水利工程边坡设计规范》DL/T 5353、《水利水电工程边坡设计规范》SL386、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》DZ/T 0219 等均在基于边坡等级的基础上提出了详细的要求。现行国家标准《冶金矿山排土场设计规范》GB 51119 中不但根据容量、堆置高度划分了设计等级,还在大量调研的基础上以排土地基坡度、基础力学性质、排土料岩性、混合体坡高和坡脚线距离比为基本因素,以人为本,区分作业台阶安全和整体稳定标准,按照排土场等级与计算工况确定稳定性标准,主要考虑如下因素:

(1)排土场安全主要以整体安全为主,依据排土场等级划分制定标准。研究表明,无论是地基还是排土料,其参数具有变异性。按照岩土体强度取概率分布曲线的 0.25、0.20、0.10 的分位值,假定摩擦系数 f 值的变异系数取 0.15,黏聚力 c 值的变异系数取 0.33,得到安全系数为 1.25 时,按岩土体强度平均值得到的安全系数将为 1.4~1.5,其年破坏概率为 10^{-4} 级。因此,对一级排土场,将整体安全标准限制为 1.25~1.30,体现了安全性与经济性的统一。

(2)考虑排土场空间效应,从地形上将山谷划分为敞口式(发散效应)和收口式(夹持效应)。国内外大量调查统计资料表明,当排土场基底地面自然坡度小于 24° 时,排土场不会发生沿界面的整体下滑,其稳定性良好。我国铁(公)路路基设计时,通常把地面横坡限制在 1:2.5 以下,作为区分陡坡路基进行个别设计的范围,这个坡度大体上也是在 $20^\circ\sim 24^\circ$,说明以地面坡度不超过 24° 作为评判土工构筑物(含排土场)是否可能发生整体下滑的界限是符合设计现状的。排土料的自然安息角范围为 $30^\circ\sim 38^\circ$,当地面坡度超过 24° 时,极易发生整体的沿接触面滑坡,需在坡脚处采取防护工程措施。当地面坡度再陡甚至超过 45° 时,除在坡脚处具有逆向地形,形成天然稳定基础外,将难以保持排土场的整体稳定。因此将地表坡度值设定在 24° 和 38° (坡脚具逆向地形除外)。

(3)坡高增加导致排土场坡脚应力集中进而位移底鼓,坡高大 于 150m 时,失稳概率增高:一是要求基底承载力较高(达 3MPa, 对应于工程地质中的基岩裸露),二是自身固结变形过大(沉降 20%达 30m,不利于上部排土作业)。

(4)将经济损失(或人员死亡)概化为有影响和无影响,体现了 工程科学的以人为本和可持续发展的要求。

(5)排土场滑坡历史统计分析表明,对坡脚地基较好的排土 场,发生滑坡的距离为 60%~100%的坡高,将坡脚线距离和坡高 直接关联规划排土场等级,并基于排土场等级设定安全准则,体现 了安全和经济的兼顾。

(6)降雨及地震耦合作用属小概率事件(概率极值问题),对有 色金属矿山排土场工程不考虑,主要基于废石料岩性中黏粒含量 较低(小于 0.05mm 的黏粒含量不超过 15%),迥异于煤矿工程和 尾矿库工程,排土本体基本不会发生流滑灾害问题。

(7)排土场下游是指主沟(坡)内废石堆积区潜在滑坡的影响 区域。国内外滑坡距离的调研数据表明,金属矿山排土场滑坡距 离最小为 70%倍的堆积高度,最大可达到 7 倍,主要受失稳规模 (高度及体积)、场址气候特征、废石堆积体下伏地基覆盖层(坡度 及岩性)共同作用。可基于工程类比,采用等效摩擦系数方法或数 值分析确定。

7.4.3 排土场降雨工况对应的降雨强度,对一级、二级排土场不 应小于 50 年一遇,对三级、四级排土场不应小于 20 年一遇。

7.4.4 设计地震动加速度代表值的概率水准应取基准期 50 年内 超越概率 P_{50} 为 0.05。场地设计基本地震加速度应按表 12 选用。

表 12 场地设计基本地震加速度 a

地震烈度	6 度	7 度	8 度	9 度
水平加速度 a	0.05g	0.10g、0.15g	0.20g、0.30g	0.40g

7.4.5 排土场台阶的稳定性与其阶段高度和排弃强度密切相关。

对于在用的排土场,其坡面稳定性基本处于极限平衡状态。经过一定时间的自重固结和密实作用,其稳定性得以提高。因此排土台阶的过程稳定性控制关键是排弃过程中,由物料特性(主要是颗粒级配特征及其分选、偏析特征)、地基条件(主要是废石-地基接触界面坡度和抗剪强度)、单位时间和单位排土线长度上的废石流量的控制来保证。对于终了状态,可采用自重固结后的物理力学参数计算其稳定性。

8 排土场病害防治

8.0.1 本条强调排土场设计应综合场址所在地区的地形、地质、水文、气象及剥离物的物理力学性质做深入分析,必要时到现场踏勘,了解地表水的来龙去脉,有针对性地采取“以防为主、防治结合”的措施,防治工作做得好,堆置要素确定得合理,就可以不做或少做整治病害的大工程,为矿山安全生产和综合经济效益提供技术保障。否则,病害防治失当成风险,风险失控变危险,危险可能转化成灾害。

新建排土场以防为主,改扩建排土场或排土场治理设计时,以治为主,对现有病害及原因进行分析,提出合理的治理措施,并对排土场生产管理提出合理的要求,防止病害继续发生。

排土场是矿山的危险源,失稳是排土场常见的病害。排土场稳定性较好系指在排土过程仅产生局部沉陷、裂缝和变形,在这种情况下,排土场边坡虽有局部坍塌、滑移,但经一般处理措施后不会造成严重危害,此类病害边坡需注重雨季巡视。排土场稳定性差系指在排土过程中或排土终了后有突发性较大规模的变形,如滑坡、泥石流等,其影响范围大至几百米或更远,有时甚至是灾难性的。

泥石流发生常有一定的地域性,山洪暴发、地表植被破坏以及地震均可能引发。排土场堆存的是松散土石,给泥石流发生提供了一定的物质条件。我国地域辽阔,南北方地形、地质、水文、气象条件各异,南方地区多雨,长江上游是我国泥石流集中分布的地区,该地区有滑坡 15 万处,泥石流沟道万余条,分布面积达 10 万多平方公里。

滑坡、泥石流作为水土流失的一种特殊形式,分布广、危害大、

突发性强,给群众生命财产造成严重危害,并导致泥沙进入江河,加剧洪涝灾害。南方地区排土场所在沟谷能长期保持清水流的不多见,在不利地形地质条件下,一旦发生暴雨,水流挟带大量泥沙石块顺沟而下,堵塞沟床,使水流改道又形成新的冲刷,这样冲堵交替,水土流失,使有限的土地资源遭受严重破坏。

2000年3、4月间北方大部分地区多次发生大风扬尘和沙尘暴天气,从反面突出了北方排土场设计应注重防沙治沙。

8.0.2 造成排土场产生病害的因素很多,除场址天然地形地质因素外,降雨、降雪等都能促使排土场不断变形。摸清病害发生和发展规律,找出有效的预防和整治措施,在生产过程中随时进行观测研究,才能避免工作中的盲目性。为此,设计中应配备必要的人员、仪器、设备,发挥人的主观能动性,采取积极措施,从而有效地预防和整治各种病害。病害监测内容指裂缝、位移、滑坡体的监测,目前排土场有的采用动态位移观测,传统的监测方法通常是在排土场变形区内布置地面观测网,观测网由若干条纵、横交叉的监测线构成,线间距、桩间距一般为20m~30m,每一观测线的两端在变形区外稳定体上设置镜桩、照准桩,测出变形区各桩的位移及沉降值,观测线有一条应选择发生在变位最大主滑方向(或滑坡主轴)。随着航天技术的发展,近年有采用GPS定位监测位移、高大型边坡采用激光扫描、边坡雷达监测位移、无人机倾斜摄影建模等。其他如滑坡自动记录仪、雷达测试技术、卫星定位监测在人民交通出版社出版的《边坡与滑坡工程治理》第二版第13章“边(滑)坡工程的监测与预报”有详细介绍。进行病害监测,除配备设备人员外,矿山应建立健全排土场安全管理制度,落实防汛责任制。汛前应组织安全检查和隐患排查治理,及时疏浚截排水和防排洪设施,确保排土场道路、通信、照明及供电线路可靠和畅通。

8.0.3 本条中提及对存在有滑坡、坍塌安全隐患的排土场的防治对策,系指风化破碎程度高、含水量较大、固结度差、抗滑条件差的排土场。此类型排土场安全隐患主要有两个方面:一是剥离物料

自身破碎、质软性能差、抗剪强度低,加载后可能沿裂隙界面滑塌,二是外在原因,由于复杂的地形和自然条件,排土场局部区域出现软弱地基,可能引发牵引式滑坡。渗透水沿斜坡面排泄软化了接触面,使排土场堆积体沿斜坡面整体滑动。针对不同安全隐患,应对引起排土场病害的主导因素进行分析,做出“以防为主,防治结合”的整治规划,针对性地选择防治措施。

1 分清排土场主滑段与阻滑段,从改变排土场堆置的几何形状入手,削减推动滑坡产生区的堆积重(即减重)和增加抗滑段堆积重(即反压)。对于可能引起滑坡的场地,经分析确定,其排土台阶高度和平台设置一般依据滑坡预防原理采用削坡减载、反压护道等措施。排土场谷坡地形有陡有缓,谷坡地形较陡坡段堆积台阶少堆点,平缓坡段台阶堆厚一点。这种方法技术上简单易行对滑坡防治效果好,特别是对于厚度大、主滑段和牵引段滑面较陡的滑坡体,其治理效果更加显著。

2 正确处理场址地基,改善基底状况,增大摩擦力。遇下列情况应做特殊处理:

- (1)建于软土地基上的排土场;
- (2)建于陡坡(陡于1:2.5)上的排土场;
- (3)基底有地下水及复杂条件下有季节性浸水的排土场。

处理办法:清除软弱层、植被层;横向开挖台阶,拦引地下水;当排土场底部有出水点时,一般在底部排弃大块岩石,以形成渗流通道。详细处理细节见本标准第5.0.7条、第5.0.8条条文说明。同时分析验算基底和边坡的稳定性,其稳定计算按本标准第6.2.3条和第7章的要求进行。

3 当排土场排弃土石时,排土顺序需根据剥离物的不同性质做人为控制,禁止在外侧边采用黏土(除草皮护坡薄层黏土外)或其他不透水材料堆置。当采用多台阶排土作业时,如选择覆盖式排土方式,下部一般排大块岩石,上部排破碎岩石或软石。如选择压坡脚式排土方式,先期排放土和风化岩石,后期排大块岩石,反

压坡脚,以保证排土场下部的排水畅通性及稳定性。不同岩性剥离物采取分区、点式排放,含土量大的剥离物不应集中在一个时间段和一个部位排放,对富含养分的砂土一般排放在顶部或表层,避免将表土和软弱岩石堆置在排土场的底部。

4 拦挡坝结构形式一般选用透水性的碾压土石坝、钢筋石笼坝、格宾坝、干砌石坝等。碾压土石坝设计应符合《碾压土石坝设计规范》的规定。拦挡坝通常是一沟一坝,将疏松泥石全部拦入坝内,只许水流过坝。对于携带大量泥沙危害的沟谷,一般采用多级低矮拦挡坝(俗称谷坊坝)予以拦截。拦挡坝作用有三:一是拦蓄泥沙、石块,二是防止沟床下切和谷坡坍塌,三是平缓纵坡,减缓泥石流流速。

拦挡坝高、坝间距离根据泥石流沉积物多少和沟床地形条件而定,阶梯形拦挡坝高一般为 3m~5m。坝间距离按式(4)计算:

$$L = \frac{H}{I_0 - I} \quad (4)$$

式中: L ——坝与坝间距(m);

H ——坝高(m);

I_0 ——原河床坡度;

I ——回淤坡度。

多级拦挡坝的主要功能并不是用坝拦截所有的固体流涌物,而是形成具有一定坡度的台阶,为有效沉积创造可靠条件,将水土流失减小到最低限度。在沉积量不多、人烟稀少的泥石流沟,一般考虑分期设坝、分期加高措施。

1967年,江西德兴铜矿南山露天基建剥离,将上百万方岩土弃至西南侧山坡(上陡下缓,坡度在 $35^\circ \sim 45^\circ$ 间),呈扇形堆放,岭谷高差200多米,沟床纵坡为 $20\% \sim 40\%$ 。当年遭遇暴雨,山上堆积物大规模下滑,冲毁涵洞7座,桥1座。1970年夏季暴雨时,排土场成为矿山泥石流重大的危险源,经雨水淘刷后堆积体下滑,在废石场主河沟山洪带动下,下泻岩土相互碰撞自行搅拌,大量砂

石滑入下游大坞河,导致 5km 长河道受阻,冲毁农田 200 多亩。在整治泥石流过程中,设计上采取了全面拦截措施,在多向沟谷出口处,先后修建 19 座拦挡坝,此后多级坝逐年淤满、逐年加高,经多年考验,拦截措施收到了分段截拦沉积物的良好效果。

5 在排土场运行过程中,若发现有滑动迹象,应立即进行位移、地下水动态观测,并结合其他有关资料进行综合分析,提出正确的整治方案。为了稳固边坡坡脚,防止因软岩地基的破坏引起排土场滑坡,一般采用不同形式的抗滑支挡设施,并按下滑力或主动土压力确定结构物的截面尺寸。稳定条件较好的排土场,一般通过有计划排土组织剥离出大块岩石($\geq 25\text{cm}$)封锁排土场下游沟口或在坡脚处砌筑简单支挡构筑物,如块石垛、支护墙等;在缺乏大块石的排土场,一般用小块石或卵石筑成御土墙;稳定条件差的排土场或者改扩建排土场治理时,为防止小规模滑坡对山沟下方造成的危害,一般根据滑坡性质和材料来源,采用重力式抗滑挡土墙、干砌块石垛、钢筋混凝土抗滑桩等支挡构筑物。挡土墙墙型有仰斜式、俯斜式、直立式、折背式等,根据滑坡稳定状态、地形地质条件、建筑材料、土地利用等因素确定采用何种墙型。重力式抗滑挡土墙墙高一般不超过 8m,否则应采用特殊形式挡土墙。

6 采用阶梯形排土,避免高台阶排土是保证排土场安全的重要技术措施之一。单台阶排土一般高度大,其沉降变形也大,只适合坚硬岩石的堆放,要求排土场的地基坡度适宜且不含软弱层。国内大多数矿山在选择排土台阶高度时,主要考虑的是排土的安全性,因排土弃石过程中形成的高陡边坡是岩土临界安息角形成的自然坡,而稳定边坡是削缓后的边坡,该边坡角值为稳定安息角,稳定安息角比临界安息角小。多台阶排土场的总高度经过稳定性验算确定,在相邻台阶之间需要留置安全平台,平台的宽度是根据两平台的高差、土石性质、排土工艺和当地暴雨径流情况研究确定的。对含黏土较多的废石,一般选用较低台阶高度的方式进行堆置;对没有排土作业的土质边坡,两台阶高差一般为 6m~

12m,设置宽为1.5m~2m的小平台;土质边坡高度大于12m、土石混合堆放高度大于30m时,应设置4m以上大平台;对稳定性较差、高填区,排土高度应经过综合分析并验算边坡稳定性。气候条件不同,台阶高差也不尽相同。干旱、半干旱地区两台阶间高差适当增大,湿润、半湿润地区两台阶间高差适当减小。

8.0.4 泥沙和石块是泥石流形成的基本条件,水源供给是引发泥石流的动力条件,较陡地形是泥石流发生的外在因素。据调查,我国泥石流分布总面积约有 $(100\sim 110)\times 10^4\text{km}^2$,约占国土面积的11%,其中发生在 $21^\circ\sim 50^\circ$ 坡度地形的泥石流占71%,本标准在第3.3.3条条文中提到废石料中黏土和小于5mm的细颗粒含量超过40%;排土场易失稳,当小于0.05mm的黏粒含量超过15%,降水作用下排土场滑坡会转化为泥石流。本条提高截、排洪沟设计标准主要是指防洪等级的提高,如攀钢集团攀枝花白马某排土场排土边坡较高,地形坡度较陡,排土场整体稳定性较差,排弃物料为强风化粉质黏性土,遇雨水后易饱和使土场失稳,在确定截、排洪沟设计等级时,将排土场防洪设施设计洪水频率50年一遇提高到100年一遇。

排土场内滑坡、坍塌预防见本标准第8.0.3条。排土场下游修建拦截设施,如拦挡坝、停淤场,见本标准第5.0.6条。

泥石流的设计参数计算和泥石流多级拦挡坝的构造及计算方法一般按《给水排水设计手册》第7册“城镇防洪”第二版中“泥石流的设计参数”及“泥石流的治理”。

8.0.5 排土场的修建,人为改变了所在场区的原有排水系统,排土堆置于山坡间形成了积水洼地,坡脚长期被浸泡,使堆积体下沉、边坡坍塌,严重时将引发滑坡、泥石流等危害。

在剥离物透水性弱的情况下,排土场底部应酌情采用盲沟+透水管或涵洞等形式,将地下水收集引出。当地下水充沛且层数较多时,一般在排土场内垂直地下水流向设环形盲沟,但应注意沟身应修建在稳定地段,沟壁为不透水层,只允许上部透水汇集至沟

底排出场外。盲沟+透水管作为地下排水渠道,适用于弱透水层地下水排除;盲沟结构由块碎石、砾石堆成,四周外包无纺土工布,以防泥沙进入,透水管一般采用开孔钢管或加厚 HDPE 聚乙烯梅花管,埋设在充填碎石下部,以加大过水能力,开孔钢管需做防锈处理。

8.0.6 本条列出了排土场边坡坡面防护的类型。本条所指坡面防护是排土终了后形成的边坡,根据边坡的高度、坡度和岩土性质因地制宜选用防护类型,其目的是防止水土流失。

1 对渗水性能好的废石边坡,水土流失小,一般不加防护措施,如石质坡面过陡,有潜在下滑危险时一般采用削坡分级措施。

2 对坡比小于 1:1.5、土质较薄的土质或沙质边坡一般采用种草护坡,种草前应先平整坡面,对于一般土质坡面的种草护坡一般采用直接播种法,密实的土质边坡一般采用坑植法。种草时机一般在雨季,草种选用生长快的低矮匍匐型草种。

3 针对坡比小于 1:2、土层较厚的土质或沙质坡面,一般采用造林护坡,造林护坡采用根深与根浅相结合的乔灌混交方式,选用适合当地的速生乔灌树种。一般在南方坡面土层厚 15cm 以上,北方坡面土层厚 40cm 以上。

4 对只有景观要求的工程护坡,因投资较大,只有在路旁、景观要求较高的坡面采用浆砌块石或混凝土格构护坡,格构应嵌入边坡中,嵌入深度大于截面高度的 2/3,格构横向间距不大于 3m,其平面布置形式有方形、菱形、人字形、弧形等,在易受洪水淘刷的地方一般采用抛石护坡。

9 排土场复垦

9.0.1 现行行业标准《开发建设项目水土保持方案技术规范》SL 204—98 第 3.4.3 条规定,排土场、采掘场等场地应及时复耕或恢复林草植被;第 9.1.2 条规定,由于采、挖、排、弃等作业形成的废弃土地、排土场、堆渣场、尾矿库、沉陷区等,应根据土地条件采取相应的土地整治工程,改造成农林草用地或其他用地,以及公共用地、居民生活用地等。

排土场对矿区的土地资源和生态资源产生很大影响,改变了原有土地使用性质。据统计,露天开采时破坏土地面积为露天采场本身面积的 2 倍~11 倍。露天矿破坏的土地中排土场占到总面积的 30%~50%。采矿对环境的破坏,只有通过复垦工程才能得以缓和、改善。从贯彻可持续发展的国策出发,保护环境就是保护生产力,改善环境就是发展生产力,因此排土场设计在占用了大量土地资源的同时,要认真分析利弊及所在地区的气象和自然条件,开展排弃物综合利用的研究,提出排土场利用的方向、原则,使矿山开发过程成为“无废料生产过程”。

国务院令第 592 号批准公布的《土地复垦条例》第三条提出,土地复垦实行“谁损毁,谁复垦”的原则。为恢复生态环境,落实《土地复垦条例》,本标准把本条规定作为强制性条文,必须严格执行。

9.0.2 本条简述了复垦规划编制的基本原则、内容和要求。复垦的目的是整治、恢复、再利用矿山开采过程中所破坏的土地,重建矿区生态环境。复垦的主要内容包括:

(1)复垦类型。主要是指整治后土地利用方向,经整治后的土地应尽可能恢复其生产力,按其整治位置、土质、坡度、水利条件确

定用于农、林、牧和其他用途。

(2)复垦工艺。按拟定好的复垦类型要求来安排剥离和排土顺序,这是复垦成功与否与降低复垦费用的关键。

(3)复垦率。表示一个矿山土地复垦的程度,指已复垦土地面积与被破坏的面积之比,见式(5)。

$$L = \frac{Y_0}{P} \times 100 \% \quad (5)$$

式中: L ——土地复垦率(%);

Y_0 ——已复垦土地面积(hm^2);

P ——被破坏的土地面积(hm^2)。

20世纪60年代以来,部分矿山的复垦周期一般为8年~10年,山西孝义铝矿于1991年~1994年进行了“剥离-采矿-复垦”一体化新工艺试验,使该矿的土地复垦率达到74%,复垦周期缩短为3年~5年。

平果铝土矿矿体赋存在洼地、谷地、陡坡和缓坡耕地中,矿体不厚,分布范围广,采矿用地多。为使矿山持续发展,该矿坚持“边开采,边复垦,边还地”,创建了采矿临时用地-高标准复垦还地和“剥离-采矿-复垦”的生态重建一体化作业模式,2012年编制完成了《平果铝土矿2011—2020年采矿临时用地土地复垦方案》《平果铝土矿国家级绿色矿山(2012年—2020年)建设发展规划》,通过上级主管部门评审并实施。通过开创中铝(平果)生态复垦示范园,制定了《岩溶堆积型铝土矿山复垦技术规范》YS/T 762行业标准,大规模高标准开展采空区的复垦还地工作。在生产复垦中,将先期采掘带的剥离土及后续采掘带的剥离土一并堆排至已有采空区,实现全部剥离土不外排。在进行工程复垦的同时,还建设田间试验区,应用生物及微生物技术成果进行生物复垦,使被压占、破坏的土地恢复到邻近地区生物生存条件,复垦率达90.9%,复垦周期为3年~4年。矿山一期工程1994年投产,2011年3月国

土资源部确定为首批国家级绿色矿山试点单位,至 2016 年,该矿共完成采空区复垦 14000 亩。2014 年 8 月,广西矿业协会组织专家组成员对中国铝业股份有限公司广西分公司平果铝土矿国家级绿色矿山试点单位进行初步验收,验收意见书评价:平果铝土矿国家级绿色矿山建设取得阶段性成效,满足《国家级绿色矿山基本条件》的要求。

9.0.3 本条提出了排土场复垦规划控制要点。

1 土地复垦工程是一项政策性强、涉及面广的工作。我国人口多,人均耕地少,为贯彻“一要吃饭,二要建设”的方针,国家颁布了《中华人民共和国土地管理法》和《土地复垦条例》,为贯彻有关法律法规,又不会给企业增加过重的负担,复垦规划应坚持“技术可行,经济合理,因地制宜”的原则。

选择复垦类型要因地制宜,既要解决岩土排放,又要满足复垦要求,有条件的应优先复垦农业用地。复垦类型应根据排土场的形态、土源、区域自然环境等因素因地制宜。我国南北水土、气候差别大,在选择复垦类型时要考虑地区差别。根据所在地区和复垦方向确定排土场复垦质量控制标准,按现行行业标准《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 执行。

复垦场地用作农业用地,经整治后的地面一般为小于 15° 的平缓坡地,土质较好,气候适宜,有一定的水利条件,铺土厚度一般为 $0.8\text{m}\sim 1.0\text{m}$ 。

复垦场地用作林业和牧业用地,经整治后地面坡度一般不大于 25° , 25° 以内坡度的复垦场地一般用于果园和其他经济林,超过 25° 坡度的复垦场地,一般种植草、灌木,用植被固土封坡。铺土厚度林业用地一般大于 0.5m ,牧业用地一般大于 0.3m 。在土源缺乏的地方,一般铺一层风化碎屑。

在国外,复垦工作做得较好的美国、波兰、俄罗斯、澳大利亚等,覆土厚度多在 1m 以上。在我国土地学会复垦分会组织编写的《土地复垦》一书中,覆土厚度推荐见表 13。

表 13 覆土厚度

废弃地 种类	露天矿 排土场	黑色有 色矿山	垃圾回填 凹陷区	有毒物 质 矿山	无毒物质 回填矿坑	粉煤灰	煤矿 新排石
覆土厚度 (m)	0.4~0.8	0.4~0.6	>0.6	>0.5	>0.5	>0.3	>0.3

以上提及的坡度条件的限制是为防止水土流失,做到蓄水保肥。根据《耕地地力等级及中低产田土壤改良基础研究》一书中的推荐,中等地力的坡度一般为 $5^{\circ}\sim 6^{\circ}$,用作水田时,坡度严格要求在 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$,基本为平地。考虑排土场复垦条件受地形、土源、水利制约等因素,用作农业用地时,经整治后地面坡度放宽到 15° 以下,覆土厚度为 $0.8\text{m}\sim 1.0\text{m}$;用作林业和牧业用地时,经整治后地面坡度以不大于 25° 为宜,超过 25° 坡度复垦难度增大。覆土厚度分别选用 0.5m 、 0.3m 以上。在实际操作中应灵活运用,在条件好的地区,依据具体情况减缓复垦场地面坡度,增加覆土厚度,有利于获得更好的地力资源。

2 为了缩短土地被破坏的时间,减少土地被占用的面积,复垦规划应满足占用耕地与开发复垦耕地的动态平衡。

3 植被覆盖率不低于原有覆盖率是根据《中华人民共和国土地管理法》中“占多少,垦多少”的原则,由占用耕地单位负责开垦与所占用耕地的数量和质量相当的耕地。没有条件开垦或者开垦耕地不满足要求的,应按省市规定缴纳耕地开垦费,专款用于新开垦的耕地,由省市人民政府监督开垦并进行验收。

4 坚持经济效益、生态效益和社会效益相统一,以满足创建资源节约型和环境友好型社会的要求。

5 本款强调复垦工作应贯穿矿山开发的全过程,推行先进的复垦工艺,要充分利用矿山已有采掘设备,使剥离、排土和复垦工作紧密衔接,以降低复垦成本,缩短周期。

排土时要合理确定岩土排弃顺序。多数的复垦场由岩石和表

土排放整治而成。复垦场地除包含排土场堆置要素外,还应有覆土工作面和一定覆土厚度,因此在复垦设计中首先要对剥离土及复垦所需表土进行总体平衡,合理安排岩土排弃次序,尽量将废石排放至底部,品质适宜土层包括风化石安排在上部,使有限土量满足覆土工作面的要求。按废弃物料粒径,一般是大块岩石在下,小块及细粒径在上;酸性、碱性岩土在下,中性岩土在上;贫瘠土在下,肥沃土在上。在总体平衡时,应有计划保留表土,尤其是耕植土,以便今后利用,应尽量避免借土来满足复垦要求,否则会增加复垦工程费用。

为减少复垦场的水土流失,应适当放缓排土场边坡,为复垦提供较好的条件。

6 通常情况下,排土场不仅占地大,又位于山谷处,复垦后无论用于什么用途,场地排水是必要的。同时,要求为复垦场留下必需的进场通道,主要是为重建矿区生态、土地开发和农牧作业提供必要的交通条件。

9.0.4 排土场复垦规划通常分为两个阶段。第一阶段是工程复垦规划,选择复垦类型,对复垦场进行整治规划,包括覆土面积、覆土厚度、坡度、平整度、防水防洪与道路设施的规划,第二阶段是生物复垦规划,主要任务是规划确定初步生态恢复,土地熟化,生产力的恢复目标和手段。复垦规划应包含明确的目标值,并在验收阶段进行检测,检验的内容为农业测试其作物长势、土壤有机质、pH 值、作物有毒有害物质含量、单位产值(一般要求不低于原有土地产量),林业测试生长势、种植密度、成活率、郁闭度,牧业测试生长势、覆盖度、产草量。

生物复垦是对复垦场地进行生态恢复、土地熟化,再组织综合技术研究,通过实验后全面推广。根据《有色金属(矿山部分)》2000年第6期《内生(VA)菌根用于矿山复垦的田间试验研究》介绍,目前我国矿区复垦工作存在诸多问题,如复垦率低(10%)、复垦周期长。究其原因,主要是矿区复垦缺乏熟化土壤,所用复垦材

料大多为生土,只有少量剥离表土,经大型机械设备人为扰动,其微生物活性已很低,真菌含量则更低,而土壤中微生物活性的增加是土地熟化恢复农业生产潜力的一项重要指标。

北京矿冶研究总院选择广西平果和山西孝义铝矿作为我国南北方两大土壤类型地区的代表矿山,在其采空区和排土场复垦地上建设田间试验区,依照上述两矿复垦地的贫瘠土壤和生态环境条件,进行生物及微生物复垦技术试验与成果推广,经 VA 真菌处理后农业作物长势好,产量高,对促进植物生长效果显著。

9.0.5 复垦周期要根据排土场的使用年限确定,有的矿山在使用期内便开始了复垦。中铝矿业分公司下属洛阳铝矿贾沟 2 号排土场设在冲沟之中,为防止水土流失,耗资 150 万元在沟口加设了拦石坝,沟侧增设了排洪隧道,在排土先到位的地方先复垦,现玉米长势良好。该矿自 1966 年建矿至今,利用剥离的岩土填筑山谷,改造坡地,已完成覆土造田 800 多亩,其复垦率和复垦质量得到了国家土地管理部门及当地群众的认可。

10 环境保护

10.0.1 本条规定是为了响应《中华人民共和国环境保护法》第四十一条规定：“建设项目中防治污染的设施应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。防治污染的设施应当符合经批准的环境影响评价文件的要求，不得擅自拆除或者闲置”。

10.0.2 矿山排土场对环境的影响涉及水、气、渣、声等环境要素，其污染主要是扬尘、水污染、渣污染。生态环境评价侧重于对生态环境的破坏。《中华人民共和国水污染防治法》第十三条明确规定，必须对建设项目可能产生的水污染和对生态环境的影响做出评价，规定防治的措施。《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》第三章第二节“工业固体废物污染环境的防治”中提到，环保部门应对工业固体废物对环境的污染做出界定，对未处置的工业固体废物做出妥善处置，防止污染环境。

当排土场中堆置含有硫化物的废石时，硫化物在空气、水的作用下生成硫酸和氧化物，前者造成酸水污染，酸水可使农作物枯死，生物中毒；后者形成毒气而严重地污染空气。近几年，矿业废水污染事故频现，各地因养殖污染而出现荒废的鱼塘、水井、稻田的现象时有发生，最严重的松花江特大水污染事件发生后，有专家建议两个月内不要食用松花江的鱼类，环保总局向石化下发了罚款 100 万元的《松花江水污染事故处罚决定书》，为此，国家还投入了大量的人力物力对水质实施监测，足见水污染的危害程度。要治理水污染，就要时刻保持强烈的忧患意识和责任意识，增强工作的主动性、前瞻性，抓好污染源的治理刻不容缓。

《中华人民共和国水污染防治法》第四章第二十八条规定，排污单位发生事故或者突然性事件，排放污染物超过正常排放量，造

成或者可能造成水污染事故的,必须立即采取应急措施,通报可能受到水污染危害和损害的单位,并向当地环境保护部门报告。

排土场弃土、弃石压占了大量土地,破坏了生态平衡,作业过程中产生的粉尘、作业机械排放的废气、机械的噪声对周围环境均会产生一定影响,设计时应具有前瞻性。粉尘污染主要来自岩土排弃过程的运输与卸载,飞扬的尘土悬浮于大气中,使大气的透明度降低,不但危害现场人员健康,也危害家畜和其他生物的安全。防治粉尘要从气象影响条件分析,采取抑尘措施进行治理,使粉尘排放的小时落地浓度满足区域内大气环境的质量要求。大多数矿山处在山区,由于山谷地形特殊,主导风向多顺山谷方向,粉尘扩散条件较好,在缓坡平原地区,应注意排土场成为风沙策源地。避免风沙对环境的危害,选址要求排土场不设在居住区的主导风向的上风向。

在多雨地区,排土场的水土流失和水污染是突出问题,悬浮泥浆使水质变差,携带矿物中有害成分的渣污染对水资源破坏应被严格控制,设计时应采取积极治理措施,有效控制水土流失和渣污染,使废水排放不超过排放标准。

排放标准一般依据:

(1)《中华人民共和国大气污染防治法》,2016年1月1日修订实施;

(2)《中华人民共和国水污染防治法》,2008年6月1日修订实施,2017年修订;

(3)《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》,2005年4月1日修订实施,2016年11月7日修订;

(4)现行国家标准《开发建设项目水土保持技术规范》GB 50433。

德兴铜露天矿开发于20世纪50、60年代,是我国最大的铜矿山,为了一方青山绿水,江铜集团在生态治理和环境保护方面的投资不遗余力。在德兴铜矿二期、三期工程建设中,该集团在环保工

程的投资达 1143.5 万元和 2167 万元,占工程总投资的比例分别为 4.53%和 9.67%。从 20 世纪 90 年代开始,德兴铜矿与国家环保总局南京环科所、江西省生态学会等单位合作,在露天采矿场边坡、废石场等地开展生态恢复实验,建立植被生态恢复示范基地。仅 2005 年,德兴铜矿就种植树木 20000 多株,复垦面积 50000 多平方米。2006 年又对多个排土场、边坡面进行生态恢复,种植画眉草、百喜草 6000 多平方米,马尾松 5000 多株,德铜在生态治理工作上先抓好污染源的治理,有效控制水土流失和渣污染。

到 2006 年为止,该矿已完成水龙山废石场生态复垦工程、富家坞采矿场及联络道的绿化工程,铜厂采矿场堆浸厂绿化工程,1 号尾矿库生态恢复工程等,经过 20 多年的奋斗,全矿绿化面积达 1110.83 万平方米,绿化率达 96.80%,覆盖率达 30.28%,职工人均占有绿地面积 897 平方米,建成了一座世界级的绿色环保矿山。1997 年,德兴铜矿被评为全国造林绿化“400 佳”。

10.0.3 排土场周边植被有防治水土流失和风沙危害的双重作用,植被对在排土作业过程中形成的粉尘、噪声有抑尘、减噪效果。设计排土场应充分利用原有植被作为生态平衡的安全屏障和卫生防护带;没有植被时,应按水土保持与防护林带要求布设,结合水土保持进行绿化。绿化林带布设采用乔灌混交,隔行配置。

植被主要分为自然植被和人工植被。各地自然条件不同,自然植被也因地制宜,人工植被主要是松、杉、竹子等。

我国南北自然条件不同,自然植被也就有别。对水土保持造林、营造防风固土(沙)林工程,现行国家标准《水土保持综合治理 技术规范 荒地治理技术》GB/T 16453.2 和《水土保持综合治理 技术规范 风沙治理技术》GB/T 16453.5 中已做了有关技术规定。昆明钢铁公司罗次铁矿是高原露天矿,该矿排土场位于采场南部,这里大部分时间为西南风,正好排土场的粉尘影响到采场。粉尘浓度通常为 $79.3\text{mg}/\text{m}^3$ (1984 年 1 月测定),给工人作业带来一定危害。为此,该矿在 2[#] 排土场上部和斜坡上栽种 4 万株

桉树,在露天采场西部停止使用的边坡上撒播大量落地松树籽。次年测定,桉树成活率为60%,落地松成活率为40%,桉树高度一般达1m以上,初步起到了防风降尘的作用,经测定,粉尘浓度最大为 $33.3\text{mg}/\text{m}^3$ (1985年测定),最低为 $1.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。该铁矿地表覆盖的表土层仅50cm厚,岩石为沉积的砂板岩和少量的白云岩,经过剥离和运输过程的自然混合,卸到排土场的岩石中含表土已不到5%,然而桉树苗却能在这种条件下成活、生长,说明岩石占比达95%的排土场上造林是完全可能的。

10.0.4 排土作业区和进场道路采取抑尘措施是针对空气环境保护提出的,排土和公路扬尘使空气环境质量变差,控制对策是采取洒水抑尘、喷雾增湿措施,保护目标主要是排土场附近居民点以及临近的矿山作业人员。在设计阶段,凡居住区主导风向上风向侧有粉尘污染时,应有防尘措施。锡铁山喷雾增湿采用高压水枪,喷射范围达40m~50m。德兴铜矿在采场建立了路面防尘站,采用了配方先进,吸湿、保湿性好,抑尘效果显著的MPS-2型抑尘剂,使采场粉尘浓度降低了80%。国外还发明了一种黏性聚合物代替水进行喷雾降尘,取得了良好的效果。

10.0.5 二氧化硅粉尘会导致人患矽肺病,矽肺病是人体吸入大量含游离二氧化硅的粉尘所引起的职业病。它常在空气中硅尘浓度较高的采矿、凿岩等工种中发生。病状是使人出现咳嗽、胸闷、气急等症状,并易诱发肺结核,轻者使人伤残,重者致人死亡。陕西某金矿,矿工装药放炮在粉尘弥漫的矿井里打钻,被刺鼻的粉尘呛得无法呼吸,因无防护措施,两年时间里竟有多名民工被金矿粉尘夺走了生命,40多名民工患上了重度矽肺病。本条提出属矽尘矿山应有防止二次扬尘设施,其排土场布置在农田和水库主导风向下风侧及远离空气清洁的场所,主要是防止细粒尘埃对大气的污染。

10.0.6 满足要求的废石一般用于生产建筑材料、填筑路基、回填埋地等,能减少排土场容量,对节约土地、保护环境起到较好的

效果。

10.0.7 选用低噪声的工艺和设备不仅能减小对周边居民的噪声污染,同时也能减小对排土场工作人员的健康影响。

10.0.8 固体废物分为一般工业固体废物和危险废物,现行国家标准《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》GB 18599 将一般工业固体废物分为第 I 类一般工业固体废物和第 II 类一般工业固体废物。对不同性质的固体废物,应鉴别其性质是危险废物还是第 I 类或第 II 类一般工业固体废物。

根据性质不同,应采用不同方法处置。第 I 类一般工业固体废物堆存,除环保部门对敏感地区有特殊要求外,一般均没有防渗要求;危险废物和第 II 类一般工业固体废物堆存均有防渗要求,应防止其对地下水和地表水的污染。

环保防渗要求库的底部和周边应具有一层可靠的防渗系统,其防渗性能相当于一层饱和渗透系数不大于 1.0×10^{-7} cm/s,厚度不小于 1.5m 的黏土层的防渗性能。防渗层的材料可以是黏土等天然材料或土工膜、复合土工膜等土工合成材料及钠基膨润土防渗毯(GCL)等复合防渗材料。防渗层的结构可以是单层压实天然黏土或改性黏土,也可以是土工膜与压实黏土或 GCL 等的组合结构。防渗层的材料和结构均应满足上述环保防渗要求中的防渗等效原则。其环保防渗设计一般按现行国家标准《尾矿设施设计规范》GB 50863 第 13 章“尾矿设施的环保措施”进行。

10.0.9 本条为强制性条文,必须严格执行。因含有汞、镉、砷、铬、氰化物、黄磷等的可溶性剧毒废渣具有危险、浸出毒性,可能对环境或者人体健康造成严重伤害,《中华人民共和国水污染防治法》第三十一条规定,禁止将含有汞、镉、砷、铬、氰化物、黄磷等的可溶性剧毒废渣向水体排放、倾倒或者直接埋入地下。存放可溶性剧毒废渣的场所,必须采取防水、防渗漏、防流失的措施。

10.0.10 含有酸性、酚类或重金属离子等有害物质和其他具有危险、有害特性可溶性物质,在空气和水的作用下会起化学反应,如

含有硫化物的剥离岩土和含硫高的冶炼渣经雨水浸蚀、淋漓和长期风化后,会生成酸性较高的酸性水。含有重金属离子的污水会在渗滤过程中富集,这种污水从排土场流出,会严重污染农田和民用水系,因此应集中拦蓄收集进入污水调节池处理。有的将酸性水用石灰或烧碱中和,使 pH 值达标以后再外排,有的将酸性水送回选厂回用。

污水调节池设计目前没有专门标准,由环保部门在环评时做出界定,按照现行国家标准《有色金属工业环境保护工程设计规范》GB 50988—2014 第 5.2.6 条规定:“废石场污水调节池有效容积应按重现期不低于 20 年一遇频率降雨量设计,敏感区宜按暴雨强度重现期为 50 年一遇频率产生的污水,并应经过水量平衡计算后确定”。

排土场给周围环境所造成的污染和破坏是不可忽视的,排土场设计应依据环评结论做出妥善处置,处置措施中有两个方面的问题在设计中需要重点考虑。

一是排弃物(指废石、废土)中如含有易溶性的有毒有害物质,则应将废石堆与地下水和地表水隔离,防、排水务必做到清污分流,地表径流水直接排走,只收集渗滤水,需采取切实可行的水治理措施使其排放指标达到国家规定的标准。

二是采取治理措施,对毒性大的可溶性废渣排土场基底要探明工程地质条件,对断隔地块和溶沟溶槽分别做防渗处理,底层设斜坡通过排水层将废水回收,然后集中处理。

德兴铜矿从祝家废石场 7000×10^4 t 废石中,利用细菌浸出-萃取-电积工艺回收难选低品位废石中的铜,采用堆场清浊分流和部分萃液循环使用,使废石场酸性水减少了 50%,较好地保护了生态环境。2002 年,该矿又与加拿大 PRA 公司就低成本治理矿山废水达成协议,将工业废水一分为三,三分之一的废水用于喷淋浸出铜,每年回收铜金属 1500 多吨,三分之一进入尾矿库与库中碱性水“酸碱大中和”后返回选厂作为生产用水,三分之一进入废

水处理站处理达标后排放,该矿酸性废水处理的成功经验,大大改善了人居环境及下游的生态环境。

湖南瑶岗仙钨矿是 20 世纪 50 年代建成的矿山,位于宜章、资兴、汝城交界处的矿区面积达 23.325km^2 ,矿区地形崎岖,相对高差 1000 多米,由于开矿,植被、水源、土壤遭到破坏,山坡废石场堆高 150m,水土流失严重,为拦截废石场流下来的泥沙,1973 年钨矿在离废石场 1km 远的垅下,用大块石锁住了流向东江湖的主沟谷口,筑起一座长 138m、高 20m 的拦石坝,坝顶留出宽 5m、深 10m 的溢洪道。建成后,坝前沉积区逐年淤塞抬高,为抑制水土流失,该矿对垅下废石坝进行综合治理,虽然恢复了拦石功能,但废水仍流向了东江湖。1992 年东江大坝水电枢纽工程建成,东江湖随即被定为国家级风景名胜区、水源保护区,水库面积 160km^2 ,平均水深 51m,蓄水 $81 \times 10^8 \text{m}^3$,水质达到国家一级饮用水标准。近几年国家加大环保投入,启动了湘江流域治理项目,要求矿山日常生产废水零排放。从选址规则上分析,矿山处在风景名胜区、水源保护区范围内是有违选址原则,但由于瑶岗仙钨矿矿山建矿在先,环保部门做出界定,明令禁止生产污水入东江湖,此界定使矿山建设面临着空前的环保压力,由于形势所迫,矿山不得不转变经济增长方式,在保护环境求发展,先上环保项目,再上生产建设项目。为拦截流向东江湖的生产废水,实现零排放,矿山投资几亿元,在废石场下游(垅下废石坝临近处)修建了容积为 $230 \times 10^4 \text{m}^3$ 的净化库和污水处理系统。

2012 年,玉龙铜矿一期工程玉龙沟排土场库容 $0.46 \times 10^8 \text{m}^3$,选址位于露天采矿场东侧玉龙沟高原牧场,沟底纵坡 7%,排土场最大堆置高度 120m。矿山采掘硫化矿,由于当时采用了堆浸工艺,堆浸渣与剥离废石中含硫高经风化后会生成酸性水,为防止环境危害,在排土场坡脚不远处修建了酸性水库,库容 $100 \times 10^4 \text{m}^3$,投资 2680 万元,酸性水经中和处理后排至尾矿库截水沟。

2016 年玉龙铜矿二期工程选用了三个排土场,其中主排土场

所在沟谷沟长 6.5km,设计堆置容量 $6.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,排土场下游规划了专门收集酸性水的截水库,截水库容 $353 \times 10^4 \text{ m}^3$,坝高 35m,坝体工程量达 $50 \times 10^4 \text{ m}^3$,为不透水坝,为防止库内污水下渗,在库底内设有 $27 \times 10^4 \text{ m}^2$ HDPE 土工膜与膨润土垫防渗,并在酸性水库坝体下游加设了经帷幕灌浆防渗处理的截渗坝,排土场和截水库周边设置了截水沟,以减少泥沙进入截水库。

驱龙铜矿把尾矿库作为处理有害废水的一个重要净化设施使用,该矿开采期内总废石量约 $15.4 \times 10^8 \text{ t}$,占地约 9.28 km^2 ,在采场下游东、西沟谷内设计三个排土场,单个排土场最大容量超出 $5.17 \times 10^8 \text{ m}^3$,排土场下游 5km 设有选矿厂、大型尾矿库,排土场至尾矿库的东、西沟谷长约 6km,谷底纵坡 $5^\circ \sim 10^\circ$,汇水面积分别为 20 km^2 、 23 km^2 ,矿山排土场排水、选矿厂的尾矿统一汇入尾矿库,尾矿库成为处理有害废水的一个重要净化设施。

11 排土场关闭

11.0.1 排土场关闭设计是按照现行国家标准《金属非金属矿山安全规程》GB 16423—2006 的第 5.7.21 条和现行行业标准《金属非金属矿山排土场安全生产规则》AQ 2005—2005 的第 8.1 条制定的。目的是保证排土场永久存在的安全性以及提出相应的安全管理方面的要求。

11.0.2 排土场关闭设计需要依据大量排土场原设计及评价资料。

1 排土场设计文件主要指排土场原初步设计或施工图设计文件等,现状地形图用于了解排土场实际堆排状态,同时建议了解排土场堆排过程,即收集不同年份的状态图,为了解和进行排土场稳定性分析提供依据,排土场周边关系资料主要是矿山周边设施的等级与类型资料,主要用于安全距离论证和环境影响分析等,包括排土场周边,特别是下游区域的铁路、公路、村庄、工业设施、水源、湖泊、农田和其他设施等。

2 排土场现状安全检查评价资料指历年排土场安全检查对排土场安全度评价文档,包括防、排洪设施能力是否满足汛期需要,安全防护设施是否满足设计要求,排土场的整体稳定性是否满足设计要求等内容,排土场有无重大危险源及处理措施。关闭前,要委托有资质的单位对排土场安全现状进行评价。

3 排土场相关工程地质、水文地质勘察资料主要是指排土场区的原始状态下的工程地质、水文地质勘察资料,包括定期检查时的勘察资料。

4 竣工资料主要是指矿山已经实施的排土场安全措施设计及施工资料,了解排土场安全对策措施的可靠性和效果,为关闭设

计的安全措施提出依据,主要包括拦挡坝资料、截排洪工程资料、底部防渗及软弱地基土清除资料等。

5 排土场关闭的复垦方案制定应与矿山建设之初的土地复垦规划和已经实施的复垦工程相协调,充分考虑原有复垦方案,特别是实施方案,考虑连续性和有效性。

6 排土场堆排物料的特征及物理力学性质试验报告主要是指进行过安全稳定性研究的排土场物料物理力学性质试验报告,化学性质试验报告主要是为了鉴别是否需要增加相应的渗水收集、处理设施。

7 排土场现状稳定性评价及监测报告指在关闭设计前,由具备资质的单位进行的排土场稳定性分析论证,分析论证主要针对排土场堆排现状。

11.0.3 本条说明的是排土场关闭设计的内涵与原则。排土场关闭设计最重要的原则是保证排土场永久存在的安全可靠性,核心是安全稳定性。

11.0.4 本条规定了排土场关闭设计应包含的内容。

1 对排土场现状进行完整的描述,其内容不仅包括排土场自身,还包括周边的环境现状及排土场对周边的影响。关闭报告应提供结束时的排土场平面图、包括周围状况的总体布置图、排土场复垦规划图。

2 排土场稳定性分析应依据有资质的单位进行的排土场稳定性分析论证报告进行。具体包括排土地基土特征分析、排土场堆排物料特征及物理力学性质分析、排土场台阶与整体稳定性计算分析、排土场是否存在病害及等级。

3 本款包括周边设施的类型与等级、安全距离、安全保证措施、环境保护要求等,根据排土场稳定性分析结论和周边设施特征提出并设计能满足排土场永久安全存在的措施工程,保证不对下游和周边设施造成环境和安全影响。综合治理措施应体现出技术合理性、安全性和经济实用性,便于管理,同时为排土场的未

来利用创造条件。

4 安全管理设计内容应结合现行国家标准《金属非金属矿山安全规程》GB 16423、现行行业标准《金属非金属矿山排土场安全生产规则》AQ 2005 及相关法律、法规等提出。

5 由于矿山排土场关闭后,原矿山企业仍对排土场的安全管理负责,但考虑安全监测方面的可操作性,在关闭设计中主要是加强安全措施,监测方案应选择简单、可行的方案,重要的是提出针对极端天气条件下的安全监测要求。

11.0.5 排土场开挖、综合利用应依据矿山开采设计要求执行,特别是利用过程不应过早破坏排土场关闭设计中实施的安全对策措施。开挖与利用应有序开展,并按照管理与审批程序进行,应有详细设计。

11.0.6 本条与第 11.0.5 条的区别是地方或企业利用排土场空间实施相关的公用设施时,应按照相关审批程序进行,并进行充分论证。满足安全环保和土地复垦规划要求,同样要求是不能破坏排土场关闭设计中实施的安全对策措施。

S/N:155182·0347



9 155182 034709



统一书号: 155182·0347

定 价: 24.00 元