

尾矿库危险有害因素的分析及预防

王 涛

(昆明理工大学国土资源工程学院)

摘 要:简要介绍了尾矿库的结构组成,分别从尾矿坝单元、放矿单元、排洪单元辨识了尾矿库存在的危险有害因素,并结合生产实际,提出相应的安全管理措施。

关键词:尾矿库;危险有害因素;安全管理

中图分类号:TD854.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1009-5683(2008)03-0054-04

我国是一个矿业大国,每年选矿产生的尾矿约 3 亿 t,除部分作为矿山充填或综合利用外,绝大部分都储存在尾矿库,因此尾矿库是金属和非金属矿山一种重要的生产设施,同时又是重大危险源。其投资较大,一般约占矿山建设总投资的 5%~10%,占选矿厂投资的 20%左右。据统计目前我国已建尾矿库约有 4 000~5 000 座,储存尾矿约 5.5×10^9 t,其中危库占总数的 5.9%,险库占 6.7%,病库占 25.3%^[1]。尾矿库数量之多、库容之大和坝体之高在世界上是少见的,历史上大小事故不断,危害性极大;由于尾矿库区的尾矿有许多重金属和一些有害物质,对周围环境也造成一定影响。

由于自然条件 and 环境等方面的复杂性和特殊性,尾矿库在生产运行过程中存在较多危害和事故隐患,且经常受到很多不确定性因素的影响。因此,尾矿库的安全问题是一个严峻的问题,通过对其危险、有害因素的辨识分析,有针对性地进行防范,消除各种事故隐患,最大程度地杜绝和减少尾矿库泄漏、漫顶、垮坝等生产安全事故的发生,最大限度地保障尾矿库下游居民生命和财产安全。

1 尾矿库的结构组成^[2]

矿山将开采的矿石经选矿后,回收了大部分有价值的精矿后,剩下的称为尾矿。一般情况下,在山谷的洼地围筑成堤坝形成尾矿库,将尾矿排入库内沉淀堆存,这种专用储存库称为尾矿库。尾矿库一般由尾矿坝(初期坝、后期坝)、尾矿输送系统(坝上放矿管道)、排水设施组成。

1.1 初期坝

初期坝坝型分为不透水坝(用透水性较小材料筑成)和透水坝(用透水较好材料筑成)两种。

(1)均质土坝。均质土坝是用粘土、粉质粘土或风化土料筑成的坝,在坝的外坡脚设有毛石堆成的排水棱体,以加强排渗,降低坝体浸润线。该坝型对坝基工程地质条件要求不高,施工简单,造价较低,在早期或缺少石材地区应用较多。

(2)透水堆石坝。透水堆石坝是用毛石堆筑成的坝,在坝的上游坡面用砂砾料或土工布铺设反滤层(其作用是有效降低后期坝的浸润线),对后期坝的稳定性有利,施工简便。

(3)废石坝。废石坝是用采矿场剥离的废石筑坝,有两种情况:当废石质量符合强度和块度要求时,可按正常堆石坝要求筑坝;另一种是结合采场废石排放筑坝,废石不经挑选,用汽车或轻便轨道直接上坝卸料,下游坝坡为废石的天然安息角,为了安全起见,坝顶宽度较大,在上游坡面应设置砂砾料或土工布做成的反滤层,以防止坝体土颗粒透过堆石孔隙而流失。

(4)砌石坝。砌石坝是用块石或条石砌成的坝。这种坝型的坝体强度较高,坝坡可做的比较陡,能节省筑坝材料,但造价较高。可用于高度不大的尾矿坝,但对坝基的工程地质条件要求较高,坝基最好是基岩,以免坝体产生不均匀沉降,导致坝体产生裂缝。

(5)混凝土坝。混凝土坝是用混凝土浇筑成的坝。这种坝型的坝体整体性好,强度高,因而坝坡可作得很陡,筑坝工程量比其他坝型都小,但工程造价高,对坝基条件要求高。

1.2 后期坝

选矿厂投产后,在生产过程中随着尾矿的不断排入尾矿库,在初期坝坝顶以上用尾砂逐层加高筑成的小坝体,称之为子坝。子坝连同子坝前的尾矿沉积体统称为后期坝(也称尾矿堆积坝)。根据其

王 涛(1980-),男,助理工程师,硕士研究生,650093 云南省昆明市。

筑坝方式分为以下 3 种筑坝类型。

(1)上游式筑坝。上游式筑坝的特点是子坝中心线位置不断向初期坝上游方向移升,坝体由流动的矿浆自然沉积而成。由于受放矿方式的影响,往往含细粒夹层较多,渗透性能较差,坝体浸润线位置较高,故坝体稳定性较差(见图 1)。

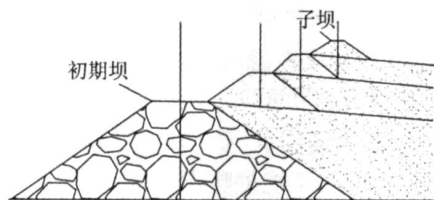


图 1 上游式尾矿坝

(2)下游式筑坝。下游式尾矿筑坝是采用水力旋流器将尾矿分级,溢流部分(细粒尾矿)排向初期坝上游方向沉积;底流部分(粗粒尾矿)排向初期坝下游方向沉积,其特点是子坝中心线位置不断向初期坝下游方向移升。由于坝体尾矿颗粒粗,抗剪剪强度高,渗透性能较好,浸润线位置较低,故坝体稳定性较好(见图 2)。

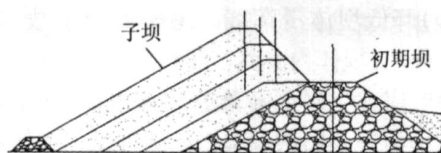


图 2 下游式尾矿坝

(3)中心线式筑坝。中心线式筑坝工艺与下游式尾矿筑坝类似,但坝的中心线始终不变(见图 3)。

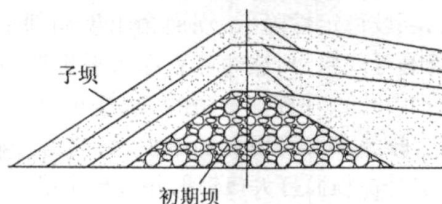


图 3 中线式尾矿坝

2 尾矿库危险有害因素辨识

危险因素是指能对人造成伤亡或对物造成突发性损害的因素;有害因素是指能影响人的身体健康、导致疾病或对物造成慢性损害的因素。通常情况下,二者并不加以区分而统称为危险有害因素。文中根据《选矿厂尾矿设施设计规范》(ZBJ1-90)^[3]、《冶金矿山尾矿设施管理规程》((90)冶矿字第 185 号)^[4]、国家安全生产监督总局《尾矿库安全监督管理规定(2006 第 6 号)》^[5]和《尾矿库安全技术规程(AQ2006-2005)》^[6],对尾矿库的危险有害因素分别以尾矿坝、放矿、排水设施 3 个单元进行分析。

2.1 尾矿坝单元的危险有害因素

尾矿库最大的危险有害因素是溃坝,一旦溃坝会引起滑坡泥石流等重大灾害,造成重大人员伤亡、财产损失和环境污染。引起溃坝的原因很多^[7]:①调洪高度不能满足需要、安全超高不够、泄洪排水系统防洪标准偏低、泄洪排水构筑物破坏或堵塞、库区内发生大的泥石流、岸坡发生滑坡和坍塌等;②坝体边坡过陡、有局部坍塌或隆起、坝面有冲刷或塌坑等不良现象;裂缝、坝基下存在软弱地层或岩溶,坝体疏松;③排渗设施失效或破坏,渗流破坏不断扩大,产生管涌、流土。主要触发原因有滑坡、浪涌或洪水漫坝、坝坡失稳、堆积坝溃口、渗流破坏。现对可能引起溃坝的各个危险因素分析如下。

(1)滑坡(岸坡坍塌)。由于尾矿库建在陡峭山体上,爆破取石筑路活动、岩体风化、尾矿库水淹浸泡而导致山体失稳,最终引起滑坡。

(2)浪涌或洪水漫坝。由于风速过大、泄洪排水构筑物破坏、堵塞、库区内发生大的泥石流或岸坡发生滑坡和坍塌等原因,引起水流高速冲击坝体或库区水位超过坝顶,致使坝坡失稳决口溃坝。

(3)坝坡失稳。由于坝体边坡过陡,有局部坍塌或隆起,坝面有冲刷、塌坑等不良现象;裂缝,坝基下存在软基或岩溶,坝体疏松使渗流破坏不断扩大导致坝体裂缝、管涌或流土,引起坝体滑坡坍塌。

(4)坝体局部浸润线过高。上游式尾矿坝主要是通过冲填形成的尾砂滤水体排去浸入坝体内部的渗透水,一旦滤水体结构因某些原因(如坝体内细粒级的沉积矿泥夹层过多等)而难以形成或被破坏,坝体内部的浸润线就会升高,渗透水就可能从坝坡逸出,在坝面形成沼泽^[8]。

(5)坝面拉沟。未进行坝面维护,坝面无防冲刷措施,遇暴雨会引起坝面拉沟,局部塌陷。

(6)渗流破坏。由于浸润线的位置过高,尾矿沉积干滩的长度过短,坝面或下游发生沼泽化,导致坝体、坝肩和不同材料结合部位有渗水流出,渗流量增大,渗流水混浊引起管涌。

(7)管涌。当库区水位过高而引起坝基渗透压力过大,排渗设施失效时就会引起管涌。

(8)坝体地震液化。当筑坝尾砂粒度不符合要求,坝坡处于饱和状态,地震时会引起坝体液化。

(9)裂缝。由于坝体、坝基不均匀沉陷或滑坡、坝体施工质量差或坝身结构及断面尺寸设计不当,当坝体滑移、暴雨或低温冰冻时就会使坝体产生裂缝。

2.2 放矿单元的危险有害因素

矿石经选别后,尾矿经泵输送至尾矿坝顶铺设的放矿管道,同时在放矿主管道上连接放矿支管来实现坝面放矿。由于堆积坝坝面距离一般较长,故在放矿时存在以下危险有害因素。

(1)未按设计要求进行放矿冲填尾矿库,沉积滩面出现侧坡、扇形坡或细粒尾矿大量沉积于坝体的某一端。

(2)独头放矿,矿浆沿子坝内坡趾流动冲刷坝体;沉积干滩长度不足,浸润线过高,下游坝坡沼泽化。

(3)放矿支管开启太少,造成沉积滩坡度过缓,导致调洪库容不足。

(4)未能均匀放矿,形成堆积体,沉积滩此起彼伏,造成干滩过短。

(5)长时间不调换放矿点,造成个别放矿点的矿浆外溢,冲刷坝体。

(6)巡查不及时,放矿管件泄漏矿浆冲刷坝体。

2.3 排水单元危险有害因素

尾矿库排水系统的作用:①为了及时排除雨季蓄积在库内的雨水,同时确保不让尾砂从排洪系统泄漏-俗称“跑浑”或“跑黑”^[9],即排水不排砂;②兼作回收库内尾矿澄清水供生产循环使用。排水设施一般由进水构筑物、输水构筑物和坝坡排水沟组成。

排水单元存在的危险有害因素有以下几条。

(1)排水单元出现故障,导致排泄不顺畅。尾矿库排洪系统出现故障使洪水无法正常排泄,库内水位会急剧升高,造成洪水从尾矿堆积坝顶溢流排出。

(2)泄漏尾砂。排洪构筑物局部结构存在问题,如现浇排水管分缝处施工不良,预制排水管接触不良,排水井挡板封堵不严,排水斜槽盖板局部损坏等,将会导致从排洪系统漏水、漏砂,污染下游环境。随着时间推移,泄漏情况日益恶化,可能会导致排洪系统淤塞或坍塌。

(3)排洪隧洞出现坍塌。在我国,尾矿库排洪隧洞大都采用浆砌石做成,整体性较差,承压能力较低。由于受运行时间、承重荷载、渗漏水侵蚀影响造成洞体结构坍塌,导致隧洞排水淤堵。

3 预防措施

由于尾矿库属于重大危险源,我国《安全生产法》第九十六条规定:重大危险源是指长期地或者临时地生产、搬运、使用或者储存危险物品,且危险物品的数量等于或者超过临界量的单元(包括场所

和设施)^[10]。因此矿山企业加强尾矿库的安全管理工作也是安全生产的重要环节之一。

3.1 尾矿坝的预防管理措施

(1)对初期坝坝体加强维护工作,做好坝底渗流水质、水量观测及坝体的位移沉降观测,发现问题要及时处理。

(2)在后期用尾砂堆筑坝前,必须对岸坡进行处理。岸坡处理应做隐蔽工程记录,采取有效措施处理,经处理后方可堆筑子坝。

(3)子坝堆筑位置,要严格按照尾矿坝设计坡比要求进行确定,不能过陡或过缓,要防止形成下陡上缓的凸面;要留足每级子坝坝顶宽度,使上一级子坝的外坡脚自下一级子坝的内坡脚内缘起始,形成每级子坝的轮廓,以便操作管理。

(4)子坝堆筑过程中要严格按设计进行,要对子坝分层碾压,确保子坝剖面尺寸、密实度、长度符合要求。

(5)子坝堆筑尽可能选用颗粒粗的尾砂进行堆筑,这样筑成的坝体较均匀,含泥量少,稳定性较高。

(6)降低坝体浸润线。尾矿库建成放矿后,由于水头作用,坝体内必然产生渗漏现象,水由上游渗向下游形成一个逐渐降落的渗流水面,在土坝横断面上显示为一条曲线,称之为浸润线。坝体浸润线位置的高低和变化与坝的安全稳定有密切关系,因此掌握坝体浸润线的位置变化情况,对判断坝体运行期间是否安全稳定有重要作用。如坝体浸润线比设计高,坝坡稳定性降低,坝面会出现局部沼泽化、塌陷、管涌等现象^[2],这时可采用水平排渗(在坝坡打水平排渗孔)、垂直排渗(在坝面打井抽水)、水平垂直联合排渗和大口辐射井排渗,目前排渗效果最好的方法是在坝面打大口辐射井进行排渗。

3.2 放矿系统的预防管理措施

(1)分段放矿。在实践中大部分尾矿库放矿集中在尾矿放矿管道进入坝面的一端,远端放矿较少,这样一方面容易造成近高远低;另一方面容易造成尾矿沉积规律紊乱,导致远端坝体成为薄弱环节。还有一些尾矿库长时间不改变放矿口的位置,放矿口下形成一堆孤立的高砂丘,尾矿向库内流动的路径不稳定,导致坝前沉积尾砂中形成多层细泥夹层。这两种放矿现象在尾矿库的放矿管理中是绝不允许的,对坝体较长的尾矿库,放矿必须采取分段交替作业进行,使坝体均匀上升,避免滩面出现侧坡、扇形坡或细颗粒尾砂大量集中沉积于一端或一侧。

(2)坝面均匀分散放矿。在放矿主管道上间隔

安装一定数量同管径同长度的放矿支管,各放矿支管均安装阀门进行流量控制,实现各放矿支管流量均匀稳定。坝面均匀分散放矿可使粗颗粒均匀沉积于坝前,细颗粒排至库内,有利于形成均匀平整的沉积滩面,避免了大面积矿泥沉积于沉积滩面。

(3)放矿支管必须确保足够长度。放矿支管的长度视子坝的高低及内坡比而定,一般以支管放矿浆体不直接冲击子坝内坡脚为宜,在实践中,常在库内干滩滩面布置简易支架架设支管,同时在子坝内坡脚堆放草袋来减少对子坝内坡脚的冲刷。

3.3 排洪系统的安全管理措施

(1)排洪构筑物的施工要严格按设计要求进行,确保工程质量。

(2)排洪构筑物停用后封堵,必须严格按设计要求进行,一般情况下必须在井内井座顶部封堵或在隧洞支洞外封堵,严禁在排洪井井筒上部封堵。

(3)库内要设立清晰醒目的水位观测标尺,标明正常运行水位和警戒水位。

(4)要认真做好汛前、汛后及日常的排洪设施检查,发现问题要及时处理。

3.4 坝体的安全监测管理措施^[2]

尾矿坝坝体监测的一部分工作内容可用肉眼进行,如观察坝坡有无明显变形、塌陷、沼泽化、渗水、蚁穴鼠洞等;另一部分工作内容是利用精密仪器定期进行监测。

①坝体水平、位移观测;②坝体沉降观测;③坝体孔隙水压力观测;④坝体浸润线观测;⑤坝面大口辐射井水位观测;⑥水平辐射管水流量观测;⑦绕坝渗流观测;⑧交通洞渗流量、流速观测。

对于以上各项观测工作及资料,必须专人观测、专人管理,对观测结果要认真整理分析,全面掌握尾矿坝的工作状况和运行规律,确保尾矿库安全运行。

4 结 语

对尾矿库进行危险有害因素分析,做好尾矿库的管理工作,确保尾矿库安全运行,是一项长期而艰巨的任务。在实际生产管理过程中,相关职能部门应该每班固定专人对尾矿坝进行检查维护,发现沉降、滑坡、开裂等不安全因素及时报告上级,并采取应急措施防止事态发展;汛期前应及时检查并维护坝肩截洪沟和坝面排水沟,防止洪水冲刷坝肩和坝面,以免造成局部或更大的冲刷导致溃坝,不得在坝体上挖土或设构筑物,真正做到“安全第一,预防为主,综合治理,保障平安”。

参 考 文 献:

- [1] 田文旗. 尾矿库安全技术与管理 [M]. 北京:煤炭工业出版社, 2006.
- [2] 徐 强. 《尾矿库安全监督管理规定》贯彻实施及尾矿库安全操作、维护、运行管理、检查验收、病害治理及监督执法操作手册 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2006.
- [3] 中华人民共和国建设部. 《选矿厂尾矿设施设计规范》[S]. 1990.
- [4] 中华人民共和国冶金部,中国有色金属工业总公司. 《冶金矿山尾矿设施管理规程》[S]. 1990.
- [5] 国家安全生产监督管理总局. 《尾矿库安全监督管理规定》[S]. 2006.
- [6] 国家安全生产监督管理总局. 《尾矿库安全技术规程》[S]. 2006.
- [7] 李夕兵,蒋卫东等. 汛期尾矿坝溃坝事故树分析 [J]. 安全与环境学报, 2001(5): 45~48.
- [8] 赵 杰,李淑英. 尾矿坝浸润线控制 [J]. 西部探矿工程, 2005(2): 69~70.
- [9] 沈楼燕. 关于尾矿库排洪系统设计中的问题探讨 [J]. 有色金属(矿山部分), 2003(3): 38~40.
- [10] 《安全生产法》2002年 6月 29日第九届全国人大常委会第二十八次会议通过.

(收稿日期 2007-10-15)

·信息平台·

肃北县将全力打造矿产品深加工基地

2008年,肃北县将重点抓好柳沟峡铁矿、红坡铁矿、460金选厂等 7个新建续建项目和博伦矿业、德泰矿业、天行矿业、华阳矿业、凯富煤业等 16个矿

山工业项目的达产达标,形成年产 2 000kg黄金、100万 t铁精粉、80万 t原煤、2万 t铬精粉、1万 t铁合金的生产规模,全力打造矿产品深加工基地。