

# 西藏高原尾矿库设计问题探讨

Discussion on some issues of tailings pond design in Tibet plateau

沈楼燕, 罗敏杰(南昌有色冶金设计研究院, 江西 南昌 330002)

**摘要:** 西藏高原脆弱的生态、恶劣的气候决定了在这个特殊地区进行尾矿库设计工作时必须特别注重环境保护和水土保持, 同时, 高寒气候给尾矿库的筑坝、排洪、防渗等带来了不利影响和困难。笔者结合在西藏高原执行矿山项目的工程实践经验, 就高原高寒地区尾矿库设计工作应注意的问题进行了探讨。

**关键词:** 西藏高原; 高寒地区; 尾矿库设计

**Abstract:** Special attention should be paid to environmental protection and conservation of water and soil in the design of tailing pond in Tibet plateau due to the weak ecology and bad climatic conditions in this distinctive district. Meanwhile, the high and cold climate here produces unfavorable effects and causes difficulties in damming, flood drain and antiseepage of tailings pond. In the paper, some cautions in the design of tailings pond in high and cold district in plateau were discussed in combination of practical experience in the performance of mine projects in Tibet plateau.

**Key words:** Tibet plateau; high and cold region; design of tailings pond

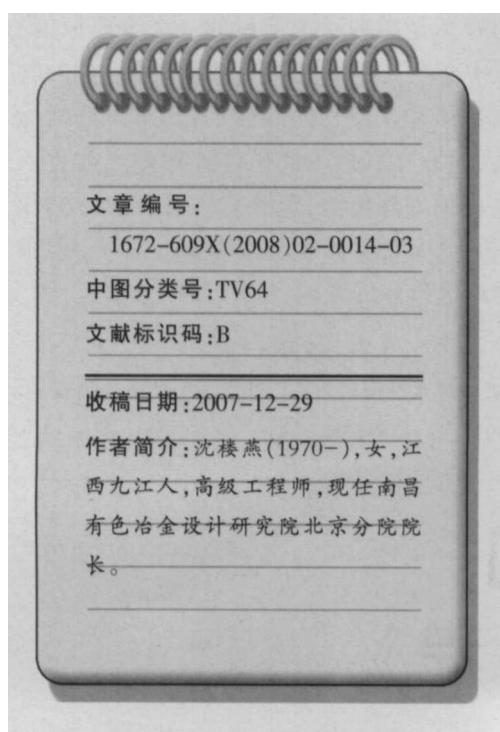
## 1 前言

随着西藏地质勘查工作的深入, 西藏矿产资源潜在经济价值不断增加, 目前西藏最为著名的三大铜矿分别为: 日喀则的谢通门雄村铜矿(西藏第一个有外资注入的大型铜(金)矿)、拉萨墨竹工卡县的驱龙铜矿、昌都的玉龙铜矿。南昌有色冶金设计研究院参加了这三座特大型矿山的规划、设计等前期工作, 其中, 玉龙铜矿已经进入基建尾声。笔者结合雄村铜矿、驱龙铜矿尾矿库设计方案论证工作的成果, 对在西藏高原高寒地区设计尾矿库应当注意的一些问题进行探讨。

## 2 西藏高原尾矿库设计环保和水保问题

西藏冬季, 4 000m 左右的海拔空气含氧量只有平原的 50%, 最低气温可达零下二十多度甚至三十多度。由于气候的恶劣, 西藏开矿的适宜工作时间是每年的 4~10 月。氧气稀薄、恶劣的气候使得西藏高原的生态极其脆弱, 植被一经破坏难以恢复; 同时, 作为长江、黄河、雅鲁藏布江、澜沧江等几大水系发源带、全球气候变化举足轻重地区, 环保压力与争议始终伴随着西藏矿业的发展。国家及西藏自治区政府在西藏矿业开发的进程中构建了严格的环保屏障。2005 年底, 西藏叫停了对水资源污染影响较大的砂金开采; 2007 年 6 月, 又全面禁止了污染水资源、破坏湿地资源的汞、砷、泥炭等的开采。

基于西藏区域生态极其脆弱, 基本建设将严格遵循“在



保护中开发、在开发中保护”的环保原则。

据统计,在世界上的各种重大灾害中,尾矿库灾害仅次于核武器爆炸、地震、霍乱、洪水等而居于第18位。它一旦发生事故,破坏力巨大的泥石流将涌向下游,必将对下游地区人民的生命和财产造成巨大危害,对环境造成严重污染<sup>[1]</sup>。国家安全生产监督管理总局将四等及四等以上的尾矿库定为“重大危险源”。在西藏高原构建尾矿库时应当特别注意以下几个问题。

## 2.1 尾矿库库址的选择问题

尾矿库库址选择除了遵循在平原地区常规设计应当遵循的基本原则,还要特别注意:①尽量避开长江、黄河、雅鲁藏布江、澜沧江等几大水系发源带区域。这些区域都是极为敏感的环保禁地,工程建设项目地点应当尽量远避;②尽量避开自然灾害和地质灾害发育的地区。西藏高原属自然灾害和地质灾害易发区,自然灾害主要有地震、干旱、冰雹、霜冻、大风等,地质灾害主要有山洪、泥(水)石流等。在库址选择时,应当注意选择地形坡度适宜、工程地质、水文地质条件较好的沟谷;③尽量选择场地平整填挖方工程量小的库址以及汇水面积尽量小的库址,这不仅是考虑水土保持的因素,主要是因为西藏这个特殊地区,过度的开挖和汇流面积较大将会诱发严重的地质灾害,如泥石流等,直接威胁到尾矿库及下游构筑物的安全;④库址选择还应尽量避开牵涉民族关系的地方,如驱龙铜矿的尾矿库库址初选方案,设计者现场踏勘时发现库区内一个村庄竟是历史上著名的松赞干布的出生地。库址选择时应充分尊重当地少数民族的宗教信仰,尽量回避当地少数民族朝圣的地方等。

## 2.2 尾矿库排洪和回水问题

①在西藏构建的尾矿库排洪设计及回水设计尽量选择相关规程、规范、标准的上限,高标准、严要求;②采取设置截洪沟或拦挡坝(堤)等工程措施,使大气降水清污分流;③选厂外排的尾矿浆浓度一般为20%~30%,携带大量水分,因此采用厂前、库前浓缩等工艺手段,尽可能减少入库废水量,提高尾矿库的回水利用率和循环使用率。

以日喀则的谢通门雄村铜矿为例,为避免尾矿及其废水对当地环境、生态的污染和破坏,在选矿工艺流程和尾矿排放等方面采取合理、有效措施,工业废水循环使用,其中选矿水循环利用率达90.7%。根据选矿试验粗、精选尾矿物质组成及浸出

试验,将粗、精选尾矿分开堆放,并对精选尾矿库进行全水平防渗处理,防止污水渗漏;为确保尾矿回水利用、减少尾矿库容,除进行厂前一段浓密外,在粗、精选尾矿库旁均增设二段浓密;同时在2000年一遇连续3日暴雨条件下确保库内污水不外排;并在尾矿库周围设置截洪沟,做到清污分流,尽可能减少尾矿库所产生的污水量,降低污染产生的可能风险。

## 2.3 尾矿库防渗问题

尾矿库是否需要防渗取决于所贮存的尾矿的特性,如果依据规范要求进行防渗设计,尾矿库的防渗主要从两个方面入手:①做好整个库区的防渗。目前多采用水平防渗,即在库区敷设水平防渗层,防渗材料采用复合土工膜等。但在西藏地区,按照常规工艺敷设水平防渗层有时是非常困难的,许多库区地形切割较厉害,边坡陡峭,为敷设水平防渗层修筑锚固平台而采取的大量削坡、开挖可能会诱发较为严重的水土流失和地质灾害,因此,笔者认为在西藏地区敷设水平防渗材料时,大量削坡、大开挖这一工程措施要慎用,可以采取“锚杆—橡皮止水”锚固等替代工艺。②尾矿坝坝体防渗。均质黏土坝是一种较好的不透水坝型。有时取土非常困难,也可采用矿山开采产生的废石来筑坝,但需在坝的上游坡面设置防渗层例如黏土斜墙、兼有土工膜、黏土的复合防渗层或混凝土防渗面板等。

## 2.4 尾矿库水土保持问题

西藏生态的脆弱决定了尾矿库水土保持工作较其他常规地区更为重要。西藏水土流失主要以水力侵蚀为主,兼有风力侵蚀和冻融侵蚀。尾矿库建设、运行过程中将不可避免扰动和破坏原有土、岩重力平衡,加剧水土流失。为此,尾矿库的水土保持设计要尽量做到集中布置构筑物、土石方平衡、少占土地,减少对原有土壤的扰动和破坏。以谢通门雄村铜矿为例,其露天采场东北部边帮剥离废石无硫化矿物或含硫化矿物极低,设计充分利用这些“干净的”废石堆筑尾矿库(坝),这不仅可节省大量筑坝石料的开采费用,避免专门开采石料产生的环境破坏,同时可降低废石场废石堆存量,减少废石场占地面积并节省投资。特别需要提出的是西藏的地表植被非常珍贵,对尾矿库施工场地的地表植被土,在开工前应先行剥离,集中堆放,待闭库后用于场地复垦,恢复当地生态环境。

西藏许多地区盛刮河谷风,容易造成尾矿风蚀。

大风季节,尾矿堆积坝表层来不及植被覆盖时,可采用人工材料如薄膜等临时覆盖。

### 3 高原高寒气候造成尾矿坝技术问题

#### 3.1 冻土问题

温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ ,土中液体冻结成冰而形成冰胶结体的土称为冻土。冻土是一种特殊类土,它的许多物理力学性质与土体内部结构、含水率、土体温度和所处的环境密切相关,是一种对温度十分敏感且性质不稳定的土体。在冻土地区进行厂矿等工程建设要遇到许多特殊的工程地质问题和技术上的困难。

西藏高原气候严寒的特点决定着高原冻土的存在和广泛分布。西藏高原多年冻土区是世界中低纬度地带海拔最高、面积最大的冻土区,其面积占高亚洲(中央亚州)多年冻土区面积的70.6%。

在西藏设计尾矿库,比较普遍遇到的问题是土的冻胀和融沉。对冻土进行开挖、爆破需要了解冻土的硬度、强度性质;采用冻土填筑土坝需要研究冻土的压实特性。一般尾矿坝的施工多在西藏暖季常温期间进行,但是有时也在严寒季节连续、快速地施工。目前混凝土面板堆石坝在严寒季节施工的技术是成功的。鉴于冬季不能洒水,堆石区的冬季填筑,可以采用薄层铺筑、增加碾压遍数等措施获得符合设计要求的填筑质量,包括其他措施例如改善物料级配、防止物料冻结、减少物料含泥量、掺入抗冻外加剂等<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 高寒气候影响尾矿堆坝的问题

为降低尾矿坝筑坝成本,矿山往往采用尾矿水力冲积堆坝。我国90%以上的尾矿坝是采用上游式尾矿堆坝。但在西藏高原严寒地区,冬季气温低至零下几十度,并且低于 $0^{\circ}\text{C}$ 气温的时间长达半年以上,大量尾矿浆中的水份来不及排除即冻结于库内,形成永冻层,影响尾砂固结,给尾矿堆积坝的安全运行带来极大隐患<sup>[3]</sup>。

针对上述问题,提出了几个技术措施:①优化尾矿坝排渗加固工艺。由于环保的原因,西藏地区的

尾矿库初期坝多采用不透水坝型,并在库区底部采用水平防渗,因此,只能在库区底部、初期坝基底考虑尾矿坝排渗固结的方法。具体工艺是在库区底部的水平防渗层上,顺应库区沟谷自然地形布置排渗管(网),穿越初期坝基底导出渗水,收集并回水利用。尾矿堆积坝预埋垂直—水平联合排渗体,及时排除尾矿渗水,加速尾矿固结,降低坝体浸润线,提高尾矿坝的稳定性;②采用旋流器分级筑坝,让分级粗颗粒尾矿在子坝外坡形成较稳固的坝壳<sup>[3]</sup>;③在尾矿堆积坝的外坡,及时覆盖30~50cm的山皮土、植被或矿山废石,有利于坝体稳定和提高抗液化能力;④采用土工合成材料加筋筑坝。土工合成材料例如无纺土工布、土工格栅、土工网格等,对尾矿筑坝可起到很好的加筋作用,提高尾矿坝的坝坡稳定性。

#### 3.3 高寒气候影响尾矿库防洪库容设计的问题

高寒地区冬季低气温放矿时,尾矿浆冻结在库区形成冰冻层,常规设计库容计算时,不包括冰冻层这部分库容。因此,在进行尾矿库洪水计算时,除按照规范规定计算洪峰流量并安全排洪外,还应考虑在春、夏季库内浅层冰冻层融化时,尾矿浆体积膨胀增加的库容。所以,在库容设计时,初期坝坝高确定和秋季提前堆筑子坝时,要通过计算预留此部分库容,以防止矿浆融化漫顶,破坏尾矿库的正常运行<sup>[3]</sup>。

### 4 结语

在西藏高原这样一个独特的地区构建矿山尾矿库,将会面临许多特殊的工程地质问题和技术上的困难。西藏高原脆弱的生态环境、恶劣的气候和复杂的人文历史环境,都要求尾矿库的设计者必须以高度严谨的科学态度做好设计工作。

#### [参考文献]

- [1] 徐宏达.我国尾矿库病害事故统计分析[J].工业建筑,2001,(1):69-71.
- [2] 朱纯祥.严寒地区混凝土面板施工技术研究[D].西安:西安理工大学,2003.
- [3] 唐艳华.高寒地区细颗粒尾矿筑坝技术[J].黄金,1995,(1):25-28.

欢迎投稿  
《中国矿山工程》