

42-46

## 南非尾矿处理的经验

TD926.4

张德岭 刘明璧

英国《采矿杂志》编辑部

**摘要:** 介绍了南非弗雷泽亚历山大公司尾矿部近几年在国内外尾矿坝设计、管理和改造中所取得的成功经验, 并重点介绍了塔吉克斯坦塔劳尔尾矿坝改造工程的一些情况。

**关键词:** 尾矿堆积, 水回收, 旋流器分离法, 指状排水管, PVC 防水层

影响矿山废石处理系统设计和运行的因素是多方面的, 其中包括:

- 现场的自然条件, 现场离居民区、河流和水系的远近, 当地的动植物群落;
- 作业类型(地下或露天)和规模;
- 矿石类型、产品和处理方法;
- 产生废石的性质, 包括理化性质和毒性大小。

南非作为一个采矿大国, 必须具备处理大量尾矿的能力。据科学与工业研究中心(CSIR)称, 南非全国产生的废料(包括可再利用的纸、玻璃、塑料和金属)总量高达3.7亿t/a左右, 采矿业占绝大部分。1995年矿山尾矿总计2.464亿t, 煤矸石4040万t, 冶金渣740万t。

本世纪初成立的南非弗雷泽亚历山大公司尾矿部专门负责尾矿堆积设施的设计和管理, 尾矿的再采、再选和再堆积, 以及尾矿坝的修复和封闭。该部承担处理了南非黄金工业尾矿或矿泥的65%左右。

南非的梅里斯普鲁伊特灾难迫使弗雷泽亚历山大尾矿部(以下简称尾矿部)对多年来从事的业务所依据的假说进行重新评价。那次灾难发生在1994年2月, 尾矿坝决口,

梅里斯普鲁伊特附近的住宅区成为一片泥海(《MJ》, March4, 1994, p163)。一场30分钟降水量达50mm的暴雨过后, 堤坝决口涌出矿泥250万t。尾矿部还认真研究了采矿业未来的需求及该部应采取何种对策来满足这些需求。

该公司称: “7个部已精简为4个, 以便加强管理, 更加正规的管理体制业已形成, 公司新一届董事会业已诞生。值得注意的是市场——梅里斯普鲁伊特灾难后对尾矿部的热心支持者, 已对上述变化做出了积极的响应。

公司传统的基本用户未变, 而且在过去一年里新签了大量的重要合同。其中包括一项长期的5万t/d的水回收工程, 该工程位于埃尔戈(Ergo), 是国内同类工程中最大的, 从技术上说也是尾矿部曾做过的最具挑战性的工程之一”。

尾矿部的业务正在向国外扩展, 近期的海外目标主要是打入南美市场。还有一项重要合同是马来西亚的关于水回收和尾矿堆积的交钥匙工程。1996年财政年度报告显示, 尾矿部在津巴布韦和博茨瓦纳设立了分部, 并称对博茨瓦纳苏打灰工程(Botswana So-

da Ash) 受淹的索瓦池 (Sowa Pan) 的创造性的治理是当年技术上的辉煌成就之一。

在梅里斯普鲁伊特灾难调查之后, 南非标准局、矿产能源部、采矿部门和咨询部门正共同起草规范矿山废料处理的实施规程。该规程将是南非独一无二的, 弗雷泽亚历山大公司担任重要角色。

矿山废料处理始终执行水、采矿、空气污染和环境的各种条例。制订该规程的目的是在上述各种条例的范围内为矿山废料处理提供一个指南。它虽不是指令性的, 但包含了很实用的条文, 某些条文给出了满足最低要求的指导原则。它将赋予矿山业主更大的责任去调动有关专家, 特别是专业工程师从事矿山废料处理。

1996 年 10 月, 该规程初稿已发布, 广泛征求意见。现正处在最终定稿和正式通过前的试工期。

尾矿部第一次涉足水回收工程是在 1976 年, 当时签订了萨艾普拉斯 1 号坝合同。自那时起, 为英美联合冶金公司方案、哈摩尼、弗吉尼亚、圣赫勒拿和韦尔科姆建立和管理了类似项目, 回收量达 200 万 t/月。在国外, 如澳大利亚、法国、美国、智利、博茨瓦纳和纳米比亚等国都有管理项目。丰富的经验对赢得新的埃尔戈合同是很重要的。

多年来, 埃尔戈已成功地完成了东部高地矿山的尾矿水回收工程。然而, 它的专家仍停留在湿度较低便于长壁工作面回收的稳定坝的回收工程。当埃尔戈在 1.2 亿 t 的威兹奥柯尾矿坝开始回收时发现那里的堆积物与众不同, 含水量高, 长壁工作面回收危险。西赫尔丁斯尾矿坝的经验是很重要的。在那里遇到了高饱和的尾矿, 由尾矿部成功地进行了处理。

在津巴布韦, 该公司已得到数个大项目, 包括哈特利铂矿的水回收合同。据称,

国外金属矿山

当地工业界缺乏尾矿堆积知识。目前还没有关于尾矿坝的环境法规, 虽然正在起草过程中。尾矿部准备对拟订的法规提供咨询, 并在制订关于尾矿坝稳定性、安全、成本效益、通过恢复植被和封闭以控制景观破坏和粉尘的标准作业制度方面发挥重要作用。

## 1 指状排水管

尾矿部已在许多尾矿坝成功地安装了指状排水管, 虽然也担心在某些季节里这些排水管易被周围矿泥或其它杂物所堵塞。在弗德米斯已完成了一项这样的工程, 以消除坝外壁的渗漏。该坝的风险评价显示, 渗漏水水平是令人担心的。测定的安全系数小于 1.3, 是南非工业监测坝的最低值。

进一步研究表明, 降低地下水水位能提高坝坡的稳定性, 坍塌可能性从 6% 降低到 0.2%, 已超过所需的安全系数。研究得出的可行方案有三种: 将贮池由浸润区移走; 不在浸润区堆积; 或者选择安装指状排水管方案。

每条排水管都是由一段带孔的外裹土木技术织物反滤层的管子 (通常为高密度聚乙烯管) 组成。为方便施工, 必须先钻孔再将排水管水平插入浸润区。排水管长度 15m~30m 不等, 单排设置, 相互间距不超过 3m。

浸润区的渗漏问题因此而得以彻底解决。压力计显示地下水位已降低, 达到要求, 安全系数现已全部超过 1.3。排水管每月检查一次, 以评价其性能。

尾矿部还为黄金开采业引进了辅助性旋流器分离法。有人认为这是不可行的, 但是其降低成本和确保安全的潜力正在得到证实。旋流器分离法在其它采矿作业的尾矿处理中显然是已成熟的方法, 但是, 直至最近, 人们都认为黄金尾矿太细, 不易用旋流器进行有效的分离。

然而, 对南非黄金尾矿坝补强工程不断

提出的降低成本的压力以及对快速有效的补强工艺的急需,促使人们对这一问题进行重新审查。南非许多老式短期坝排水不多,塌坡不大,其稳定性得以勉强维持。

采用旋流器分离法,可将能快速干燥形成稳定层的粗粒尾矿置于尾矿坝的薄弱区,从而快速完成永久性补强工作。

这种旋流器分离工艺成熟之前,修复坝体缺陷和坍塌的方法不多,主要是岩石扶壁法、湿式扶壁法和机械降坡法。岩石扶壁法快速有效,但费用很高。湿式扶壁法相对便宜,但施工时间长,而且若管理不善,会加剧损坏和坍塌。

“采用旋流器分离法,我们可在几周之内加固一面薄弱的坝壁。用湿式扶壁法获得同样效果得用几年时间。通常我们根本没有那么长时间。”弗雷泽亚历山大尾矿部的一位主任 G. 范里森说。他指出了旋流器分离法的许多优点,最重要的是提高了安全性。“安全是我们最关心的。采用旋流器分离法,我们能迅速消除对人和环境的危害”。

旋流器分离的尾沙较粗,因而比周围尾矿的孔隙多。这样,水从中排出,不影响坝的稳定性。铺设具有优越的地质力学特性的粗粒底流,可与正常堆积循环一并进行,因而费用较低。旋流器分离法还可提高坝的容量,因为 40% 的尾矿堆在坝的两侧。而且最重要的是尾矿顶部与坝壁顶部间规定的标高差也可快速增大,确保牢固性改善。用旋流器分离尾矿,也可改善水的回收,而且可形成较缓的坡角,便于修复。

缺点是旋流器分离的尾沙易受侵蚀,因为它干燥特快。但是这很易克服,因为粗粒尾沙比未经旋流器分离的尾矿更适合草的生长。

在梅里斯普鲁伊特 M4 矿泥坝,已采用一套集束旋流器系统来封闭裂口。该系统生成的自流排水的底流能形成一堵墙。底流从

位于裂口坝肩上的集束旋流器下引出后,经一个横穿缺口的大直径管道,将粗粒尾矿从几个下泄孔排出,堆积下来。这样还可保证尾矿的分布。溢流堆积在墙背面,填满空隙。

该公司称,这种堆积法是出乎意料的。缺口可望在 1996 年底封闭。

G. 范里森是公司西部业务部(WBU)经营主任,该部每月处理矿山废料总量在 540 万 t 以上。它的经营范围从约翰内斯堡附近的皇冠矿沿着该国西部的金弧区延伸至利赫滕堡,也包括博茨瓦纳。

尾矿部经营范围从黄金和石膏到锰和钻石等行业。该部大量采用成熟的临时壁堆积法修筑矿泥坝,视情况也采用其它方法。例如,博茨瓦纳佳乃格尾矿坝已安装一套排沙系统。这有利于极细的钻石尾矿大面积扩散,确保固结更好和稳定性更高。

最后,再举一个智利尾矿部经营主任 D. 詹森所做的快速作业的实例。詹森先生在玻利维亚总统 G.S. 德洛萨达的帮助下,几小时后拿到签证,并借用他的飞机,于玻利维亚科姆舒尔公司波科尾矿坝决口、尾矿排入附近的一条河之后两天就到达了场址。该矿山位于玻利维亚西南的波托西附近,标高 4 500m。

未固结的矿泥中形成一个滑动环,造成 50m 高的大坝决口,其原因是升高速度太快。据说影响到河流下游 200 多公里,给巴拉圭和阿根廷有关当局出了难题。

詹森先生一抵达现场,就指挥汽车和推土机向决口处运料,防止矿泥被进一步排放出。铺设一条临时引水管道,并安装一个木制水箱收集冻结的尾矿融化后当日累积的水。

## 2 塔劳尔改造工程

K. 皮索尔德为塔吉克斯坦纳尔逊金矿

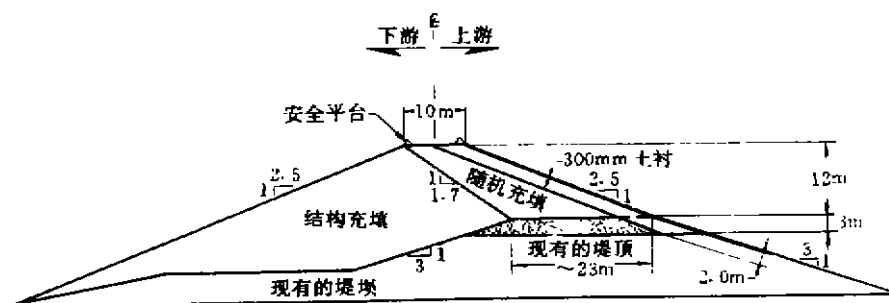


图1 堤坝加高12m设计典型横断面图

(《MM》, 1996, No.4, 224~229) 塔劳尔尾矿设施做了大量工作, 包括一项按公认的国际设计标准所做的保水性高且能保持当地地表水和地下水水质的改扩建设计。改造的主要内容是:

——改造尾矿分布系统和加强放矿管理, 使其在贮池内形成尾矿冲积滩, 并使上部清液汇集于指定区;

——上部清液汇集区设置防水层;

——平整贮池扩展区, 安装土衬系统, 以减少贮池渗漏潜势;

——现有的堤坝加高12m, 随着堤坝的升高, 连续从贮池中取衬土堆于堤坝迎水面, 扩大贮池土衬和防水层。

另一个重要目的是减少尾矿渗水量。评价显示, 只要改变作业程序, 限制贮池存水量, 并将其汇集于适当的区贮存, 尾矿堆当量层内渗透率可达到  $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。尾矿贮池剩余部分可充填压实的土衬, 以减少渗漏。改造设计的渗漏分析预示, 短期溶液释放量可减少一两个数量级。

改造工程包括沿设施东侧扩建尾矿堆积系统, 以提供次高位循环堆积。这样可使每次堆积的尾矿层较薄, 在堆积下一层前即可固结和干燥。形成的冲积滩自堤坝东北部向贮池西南部缓慢倾斜。在上部清液汇集区设一防水层(聚氯乙烯内衬), 铺在压实的土衬上, 减少渗漏潜能。

国外金属矿山

矿浆分布是用1条直径300mm的主管道, 配14条直径100mm的辅助管道。管道沿一台阶环绕堤坝北侧和设施东部。辅助管道按35m~40m间距与分布主管道相连。每条辅助管道上都设夹阀, 分布主管上设刀阀, 控制每段由两条辅助管道组成的7个分布段的运行。

使用期间, 每段运行24小时, 堆积尾矿层厚度约200mm。每段运行持续24小时, 7天完成一个循环, 因而使较薄的尾矿层在另一层尚未在同一区堆积之前即可固结、排水和干燥。这一工艺可提高尾矿的现场密度, 降低垂直渗透率, 并有助于上部清液的澄清。澄清液用驳船泵回收, 返回选厂。

为便于贮池内压实土衬的施工, 坡度调整最大为3:1(水平:垂直)。从贮池中剥离出全部植被和表土, 堆成堆以备将来使用。在现场土质适合构筑压实土衬区, 先翻松土层300mm深, 再调湿、压实。其它区可取自凸出区的细土构筑土衬, 或将就地取的土与外运来的土掺合使用。

构筑贮池土衬、铺防水层和变更尾矿堆积都要在堤坝开始加高前完成。这样做是为了在堤坝加高到改造设计所要求的标高前, 充分利用现有尾矿设施的剩余容量。选矿系统升级完成后, 尾矿引入改造的贮池。运行一段时间后再开始把堤坝加高12m。

46-46

TD 92 TD 452

# 巴西萨米特里矿业公司选矿工艺的改进

美国德里克公司产品应用经理 S.B. 瓦莱恩

巴西特林达迪矿业公司项目协调员 J.R.U. 富塔多 选矿部主任 G. 马丁斯  
研究及发展中心经理 D.L.V. 波利卡波 开发工程师 F.C. 达·席尔瓦·昆唐

摘要: 介绍了萨米特里 (Samitri) 公司和德里克 (Derrick) 公司对在萨米特里下属的阿莱格里亚 (Alegria) 和莫鲁阿吉杜 (Morro Agudo) 矿安装德里克筛所进行的试验及设备的运行情况。

关键词: 选矿, 粒度分布, 振动筛

筛分机, 巴西

特林达迪 (萨米特里) 矿业公司是巴西一家主要的铁矿石生产企业。始建于 1939 年的萨米特里为私营公司, 其经营的 6 个矿山总生产能力为 1 450 万 t。这些矿山位于巴西东南部的米纳斯吉拉斯州“铁四角”, 是巴西铁矿石生产区。

除铁矿石生产外, 萨米特里还有两座也

位于“铁四角”的矿山, 具备 35 万 t 含铁锰矿石的年生产能力。

历史上萨米特里生产的块矿、烧结原料和球团原料的大约 70% 供出口。出口地包括比利时、卢森堡、法国、德国、特立尼达和多巴哥、中国、土耳其及美国。

堤坝加高设计采用下游筑坝法, 设计充填至现有堤顶标高以上。压实的贮池土衬延续至加高堤坝的迎水面, 迎水面铺厚 2m、低渗透性的土层。土层上铺 1m 厚原砾, 保护土层不受侵蚀。扩建贮池的施工方法与贮池改造所用方法相同, 聚氯乙烯防水层延伸至上部清液贮池区。

现有的塔劳尔尾矿坝改造设计项目包括贮池扩展区的平整和加衬、安装防水层和新的尾矿分布系统。设施内尾矿的精心管理已初见成效, 贮池区已形成固结良好的冲积滩, 积累的上部清液汇集于防水层上。

改造设计前实施的地质技术调查确认, 现有的堤坝附近有近地表的地下水。改造后, 地下水位下降了 10 多米。地下水位的

下降虽然主要归功于改造的成功, 但也受附近地区农田灌溉的影响。

应继续实施地下水监视规划, 纪录尾矿设施的性能和该项目对整个地表水和地下水产生的作用。虽然现在对改造后地下水水质改变情况做出结论还为时过早, 但静态地下水位的降低说明改造工程在减少尾矿设施渗水量方面已取得巨大成功。

## 参考文献

Flint, Brett, Clark, Catherine and Filas, Barbara, Tailings retrofit, MINING Environmental Management, December 1996, pp. 13-16.

(张德岭 刘明鉴)

(收稿日期 1997 年 7 月 30 日)

1998 年第 1 期