

尾矿库的垂直水平联合排渗

何同庆

(长沙有色冶金设计研究院,湖南 长沙 410011)

摘要 尾矿库浸润线过高往往会影响到坝体稳定,造成坝体破坏。垂直水平联合排渗可有效降低坝体浸润线,加速尾矿固结,增强坝体稳定性。
关键词 垂直水平联合排渗;尾矿坝;浸润线

矿山尾矿库建设中经常会碰到坝体浸润线过高的问题。由于生产管理中忽视排渗工作,随着后期坝的加高,坝体浸润线逐渐抬升,坝坡出现沼泽化,影响坝体的稳定,造成坝体破坏。结合尾矿库的特点,本文介绍了垂直水平联合排渗降低浸润线的方法以及在大河铜矿岗冲北沟尾矿库中的应用效果。

1 工程概况

大河铜矿位于河南省南阳地区桐柏县境内,其岗冲北尾矿库建于70年代中期,汇水面积 0.21km^2 ,排水系统由排水斜槽和排水管组成,直径均为 0.8m 。初期坝为均质土坝,坝高 11m ,坝顶标高 233m 。坝内外坡度均为 $1:2$,坝顶宽 3m ,坝长约 120m 。后期采用上游多格单渠槽法尾矿堆坝,平均尾矿坡 $1:6$,尾矿堆至 255m 标高时,尾矿堆高 22m ,总坝高 33m ,总有效库容约为 $165 \times 10^4 \text{m}^3$ 。尾矿库下游有大片农田、居民村落和水库。

尾矿库投产至今已有20多年。90年代初期,土坝坝坡就已经有渗水出露,1998年5月20日,特

大暴雨造成土坝南端 16m 的滑坡,滑动面从初期坝顶直至坝脚,总面积约为 400m^2 ,土体大量流失,坝顶仅余 1m 宽,形成接近 90° 的垂直临空面,坝体不断崩塌滑落。坝体渗水相当严重,土坝坝坡大面积沼泽化,坝坡上有多处平行坝轴线的裂缝,横贯整个下游坝坡,裂缝深 20cm 左右,且有进一步扩展之势,直接危及到坝体安全,严重威胁当地居民的生命财产。

2 尾矿坝工程地质

尾矿坝颗粒成份主要为尾粉砂、尾轻亚砂及尾重亚砂。岗冲北沟尾矿库尾矿总的沉积规律为:由于重力分选作用,粗颗粒首先沉积在排放管附近,远离排放管,沉积颗粒渐细,粘粒大部分沉积在静水环境中。在垂直方向上,形成了上部粗,下部细的沉积规律。尾矿的沉积是复杂多变的,在微观上常见局部薄夹层,透镜体层次交替。尾砂坝各土层主要物理力学指标见表1。

表1 尾砂坝各土层主要物理力学指标

土层名称		尾粉砂	尾亚砂	尾轻亚砂	尾重亚砂	土坝素填土	
状态		松散	松散	流塑	流塑	松散	稍密
天然重度(kN/m^3)		19.5	19.3	19.2	18.7	18.3	18.4
饱和重度(kN/m^3)		20.0	19.9	19.7	18.8	18.8	19.0
固结系数 $C_v(\text{cm}^2/\text{sec})$		8.0×10^{-3}	7.0×10^{-3}	5.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}	6.0×10^{-3}	9.0×10^{-3}
渗透系数 (cm/sec)	垂直	4.0×10^{-3}	4.0×10^{-4}	1.0×10^{-5}	6.0×10^{-6}	7.5×10^{-6}	1.0×10^{-6}
	水平	6.5×10^{-3}	6.0×10^{-4}	1.5×10^{-5}	9.0×10^{-6}	9.0×10^{-6}	1.5×10^{-6}
直剪 强度	内摩擦角($^\circ$)	27	26	24	20	17	20
	凝聚力 $C(\text{kPa})$	2	6	8	10	18	20
有效应力 强度	内摩擦角($^\circ$)	30	29	27	25	23	25
	凝聚力 $C(\text{kPa})$	1	2	4	8	10	15

以上可以看出,岗冲北沟尾矿库各土层的天然重度和饱和重度均非常接近,各土层均富含水。各土层中除尾粉砂、亚砂外,渗透系数均在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 之间,且透镜体分布较广,相对隔水层较多,导致坝体浸润线过高,从而造成坝体失稳。降低坝体浸润线是保证坝体稳定的必要措施。

3 坝体稳定性分析

坝体稳定性分析采用总应力法计算,考虑尾砂堆至 255.00m 标高正常情况及设计洪水频率 $P = 0.5\%$ 两种情况下,不同工程措施采用与否进行稳定性分析(见表 2),其中洪水期为最危险工况。

表 2 主坝稳定性计算结果($P = 0.5\%$)

工程内容	安全系数
不采取工程措施、浸润线逸出	0.583
降低浸润线,初期坝无块石贴坡	0.831
浸润线逸出,初期坝采用块石贴坡	0.699
降低浸润线,坝前埋排渗管,初期坝块石贴坡	1.079

以上计算结果可以看出,降低坝体浸润线是坝体稳定的重要保证。

4 排渗方法的选定

降低坝体浸润线的方法常见的有:深挖盲沟、虹吸井、轻型井点、沉井、辐射井及垂直水平联合排渗等。深挖盲沟受地形条件限制,本工程无法实施;虹吸井经常发生断流,需人工频繁处理;轻型井点、沉井、辐射井均须用水泵抽水,泵的抽水能力通常大于井的渗水量,故往往间断抽水,浸润线波动频繁,而且设备维护管理复杂;虹吸井、沉井、辐射井在施工过程中,井位往往容易歪斜,沉入浸润线以下后,尾砂、水往往涌入井中,继续下沉十分困难。

垂直水平联合排渗具有自流排渗,有效击穿矿泥隔水层的优点,适用于尾矿放矿紊乱、尾矿堆积体中矿泥夹层较多,相对隔水层明显、尾矿垂直渗透系数远远小于水平渗透系数的尾矿坝。大河铜矿 20 多年来球磨工艺前后不同,使得尾矿粉偏细,原尾矿颗粒的组成变化复杂。岗冲北沟尾矿库采用侧面放矿,使得放矿过程中的重力分选作用不充分,加之间歇性放矿,放矿方式及地点、排矿流量以及尾矿池内水边线的变化,原尾矿浆的尾矿粒度、化学成分以及尾矿浓度等因素影响了尾矿沉积,使尾矿沉积变得复杂化。在砂质坝壳中普遍混有泥质,并含有数量较多的厚薄不等、规模大小不一的水平状矿泥夹层。

这种矿泥夹层既削弱了砂质坝壳的透水性能,又在一定程度上降低了各砂层在竖直方向的水力联系。根据上述情况,大河铜矿岗冲北沟尾矿库选用了垂直水平联合排渗的方法来降低坝体浸润线。

5 垂直水平联合排渗

垂直水平联合排渗系统由垂直集渗井和水平排渗管组成。垂直集渗井贯穿各层饱和尾砂,各层尾砂中的饱和水水平渗入集渗井中,再由水平排渗管排出坝体外,从而达到降低坝体浸润线,保证坝体稳定的目的。

垂直集渗井由若干个钻孔组成,成孔时应保持井壁原尾砂结构,严禁泥浆固壁,以保证其渗透集水性。钻孔群宜均匀布置,组合成圆阵式方阵,按孔内充填物的不同,可分为砂井和管井。砂井用无纺土工布扎成圆柱形袋子,内装砾石填井。砾石须反复冲洗,砾石之间的空隙即为井中渗水的下降通道,土工布起到阻砂渗水的反滤作用。孔群的中央可水位观测管以便于浸润线的观测和洗井。管井内布设聚丙烯塑料管,将塑料管按梅花形分布钻眼后,外包土工布下入井中,土工布同样起渗水阻砂的反滤作用。尾砂中的渗水通过土工布的过滤进入塑料管,集中后通过水平排渗管排至下游。岗冲北沟采用砂井结构,每座井由 28 个钻孔组成方阵,方阵分三排,排距 0.5m,孔距 0.30m。

水平排渗管是垂直排渗井的排水通道,自身也具有集水排渗的功能,由聚丙烯塑料管钻孔制成花管(或软式透水管),外包土工布而成。水平排渗管在设计和施工中令其有一倾角,倾向下游,一方面有利于减少水头损失和淤堵,另一方面让渗水加速外流,减小管内内压,充分发挥排水作用。水平排渗管应避免渗透系数较小的矿泥层,穿过渗透系数较大的粉砂层,从而具有良好的排渗功能。水平管向下游的坡降一般为 $2\% \sim 3\%$ 。岗冲北沟采用 80mm 聚丙烯塑料管,开孔段设反滤,内端封堵,坡降 3% 。

将水平排渗管对接到垂直排渗井中,便形成了一个组合型的能够自流排渗的整体。垂直水平联合排渗不仅弥补了单独设置水平排渗管降水效果有限的缺陷,而且也消除了单独设置垂直排渗井不能自流,须借助机械并长期消耗动力排渗,造成浸润线波动频繁,设备维护复杂等弊端。根据库区水文地质、工程地质条件,按照排渗量应适当大于库区降水渗入补给量的原理以及每口垂直排渗井的有效影响范

围,岗冲北沟初期坝地段设置了三组垂直水平联合排渗系统。

水平排渗管在长期排渗过程中存在着一个生物、化学、机械淤堵问题,大河铜矿对该问题高度重视,当排渗量减少,浸润线回升时,采用高压注水或通捞工具下入管内疏通或清洗,保证了水平管正常发生作用。在实际工程中,还可根据各尾矿坝的特点,将集渗井井距加密,以克服集渗井影响范围小的弱点,从而形成排渗幕自流系统;将垂直水平排渗系统向库内推,其排出的渗水进入坝中原已设好的集渗井,再集中通过水平管排往坝外,此为立式组合排渗系统;还可将垂直水平联合排渗与辐射井、沉井等组合成新的排渗系统,从而达到良好的技术经济效益。

岗冲北沟尾矿库垂直水平联合排渗系统于1999年初建成后,日排渗量达 114m^3 ,渗水水质清亮。施工前,坝面大部分沼泽化,施工后,沼泽化现象已大面积减轻,坝面已基本疏干。浸润线从初期的 $2.3 \sim 2.4\text{m}$ 降至竣工时的 0.35m ,平均下降 2m 左右,排渗效果明显。垂直水平联合排渗采用渗流疏导原理,利用坝体内较高的水压差,通过自流的方

式将水排出坝外,无需专人看管,与动力机械井相比,无需消耗能源,只涉及到一次性投资且投资额较小。该工程1999年4月投入使用至今已有3年,已经过多次暴雨的考验,通过对坝体浸润线、位移、沉降的观测,各项参数均满足规范要求,浸润线稳中有降,排渗量稳定,随着时间的推移,其合理性、优越性已明显地显示出来。

6 结 语

从垂直水平联合排渗在岗冲北沟尾矿库3年来的使用来看,该法具有造价省、效果好、不耗能源、便于管理等优点。垂直集渗井有效贯穿不同的尾矿砂饱和层,增强了坝体垂直方向上的水力联系,解决了尾矿放矿紊乱,水平渗透系数远大于垂直渗透系数的矛盾,有效地降低了坝体浸润线,加速了尾砂的固结,增强了尾矿坝的稳定,是危险尾矿坝降低浸润线的切实可行的方法,在类似工程中极具推广应用的价值。

(收稿日期:2002-02-06)

作者简介:何同庆,男,工程师,主要从事矿山及环保工程的设计与研究。

(上接第24页)

2.4.3 轴推力

轴推力是潜孔凿岩的一个非常重要的参数,它选择是否恰当,不仅对钻头寿命有影响,更重要的是直接影响钻孔速度。轴推力过大,不仅会导致回转不连续而产生回转冲击,还会导致孔底钻屑过度破碎,产生能量浪费,影响钻孔速度,同时,还会加速钻头的磨损;轴推力过小,钻具反跳加剧,钻头不能紧贴孔底,使冲击能量不能有效作用到孔底岩石上,影响凿岩效率,同时,还会加速钻机及钻具的损坏。

轴推力不等同钻机的推进力,它是推进力与钻具重量的矢量和。最优的轴推力不仅与钻孔直径有关,还与岩石性质有关。表2为不同钻头直径下的轴推力推荐值。

从表2可看出:钻头直径越大,最优轴推力也越大。同时,岩石性质对最优轴推力也有影响,岩石越

坚硬,最优轴推力也越大,在表2中取上限,反之取下限。

表2 不同钻头直径下的轴推力

钻头直径 D(mm)	最优轴推力 F(N)
100	4000 ~ 6000
150	6000 ~ 10000
200	10000 ~ 14000
250	14000 ~ 18000

参考文献:

[1] 陈玉凡. 矿山机械(钻孔部分)[M]. 北京:冶金工业出版社.

(收稿日期:2002-01-15)

作者简介:王毅,男,硕士,高级工程师,长沙矿山研究院机械工厂厂长,主要从事矿山机械研究及管理。