

辐射井技术在尾矿库降排水工程中的应用

阮茂盛, 奚兴富, 周晨晨

(安徽省地矿局322地质队马鞍山长江地质工程公司, 安徽 马鞍山 243000)

摘要:尾矿库是我国重大危险源之一,而尾矿库内的浸润线又是坝体安全的重要指标之一,为有效排出尾矿中的水,降低尾矿库内浸润线,本文通过辐射井技术在尾矿库降排水工程中应用的多个成功工程实例,归纳、总结并提出该技术在尾矿库应用过程中的设计思路、施工要点及工艺方法等。

关键词:尾矿库;辐射井;主井;排渗管;集渗管;降排水

中图分类号:TD745⁺.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)04-0072-04

Application of Radial Well Technology in Dewatering and Drainage Engineering of Tailings Reservoir/RUAN Mao-sheng, XI Xing-fu, ZHOU Chen-chen (Maanshan Changjiang Geological Engineering Company, Maanshan Anhui 243000, China)

Abstract: Tailings reservoir is one of major hazards in China and the saturation line of tailings reservoir is one of the important indicators of dam safety. In order to effectively discharge tailings water and lower the saturation line, this paper summarizes and proposes the design idea, main points of construction and technical methods based on several successful engineering application cases of radial wells technology in tailings reservoir.

Key words: tailings reservoir; radial well; main shaft; drainage pipe; seepage collection pipe; dewatering and drainage

1 辐射井技术

辐射井亦称集束井,其主要作用是将广大区域内的水通过集渗管,渗流到集水井内,再将水集中从集水井中排(取)出,从而达到增大水量的目的。该技术首先用于缺水地区的找水,之后在基础工程降水和尾矿库降低坝体浸润线等领域中也得到广泛使用。辐射井在尾矿库应用时,主要有主井、集渗管、排渗管组成的一个有机整体(如图1所示)。我公司从1992年开始从事尾矿库辐射井施工,已在全国各地尾矿库中完成数百口井,取得了良好的社会与经济效益,现将有关技术做如下探讨。

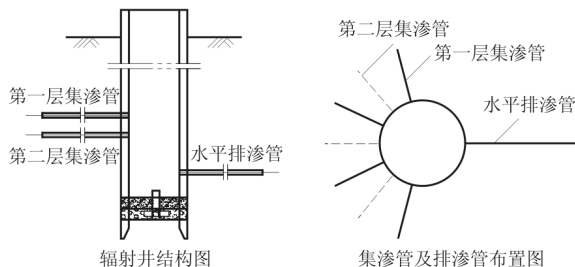


图1 辐射井示意图

2 辐射井在尾矿库降排水中的应用

2.1 设计目的

尾矿库是重大危险源,我国早期的尾矿库大多采用上流法方式筑坝,而尾砂形成和输送是采用水砂混合体的形式进入库坝内,因此,尾矿库中尾砂内存在大量的水,而大量水的存在会抬高尾矿库坝体的浸润线,从而对尾矿坝造成重大威胁,因此降低尾矿库坝内的浸润线是确保尾矿坝安全的重要措施。

2.2 设计原理

主要是通过主井向坝体内施工的集渗管的排渗作用,将库坝内水自然集中到主井内,再由主井内的排渗管将主井中集中的水自然排出。

主井的作用是为了集中集渗管收集的水,同时也为集渗管施工提供一个重要环境。为了更好地增加主井在尾矿中的安全性,一般主井采用圆形设计,且其直径必须满足主井内集渗管施工机械的安装要求,同时还要尽量降低成本。

集渗管的作用主要是对库区内的水进行有效排除。一般在主井的圆周上有不同方向的水平孔,在孔内安装有集渗管,库坝的水通过自身重力渗透到集渗管后,再由集渗管将水自然排入主井内。集渗管可设置两层或多层,以解决尾矿库内渗透系数较小的尾矿泥(土)、特别是厚度较大的尾矿泥(土)的影响,将尾矿砂内的水尽可能排出。

收稿日期:2015-10-15; 修回日期:2016-01-24

作者简介:阮茂盛,男,汉族,1964生,高级工程师,一级注册建造师,探矿工程专业,从事钻探、地基与基础施工等技术与管理工,安徽省马鞍山市江东大道1500号,479523400@qq.com。

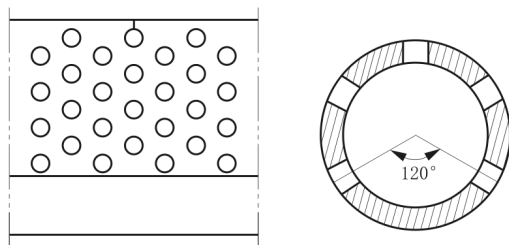
排渗管主要作用是将主井中集中的水自然排出坝外,因此,排渗管一定要穿过坝体到坝外,从整体上降低尾矿库内的自然水,达到降低尾矿库内浸润线,保证坝体稳定的作用。

2.3 主要参数的设计原则

主要参数设计时要综合考虑尾矿库内尾矿的物理力学性质、状态;尾矿坝对浸润线的要求;库坝内水的排出位置;集渗管的长度;施工机械的尺寸等。

主井:净直径2.6~2.9 m;井筒壁厚 ≥ 300 mm, C25 以上的钢筋混凝土。

集渗管:孔径89~127 mm,集渗管采用 $\varnothing 65 \sim 90$ mm 的UPVC管,开孔率 $\leq 13\%$,开孔口径12~15 mm,呈梅花形布设,集渗管开孔部分宜占集渗管周长的2/3(集渗管的设计见图2),其截面下部1/3不开孔。集渗管外加直径3~5 mm 垫筋,最外侧包扎40~60 目的尼龙网套和400 g/m² 土工布。集渗管应以一定的坡率(坡率 $i_1 \leq 2\%$)向井内倾斜,以便尾矿坝内的水能够顺利排进主井内。



集渗管展开图(管径周长的1/3不开孔)

集渗管截面图

图2 集渗管结构设计示意图

排渗管:采用全套管方式,直径宜为110 mm,需要以一定的坡率(坡率 $i_2 \leq 3\%$)向坝外倾斜(即坝外出口位置标高低于井内孔口标高),以便能够将尾矿库内尾砂中的水通过集渗管自然导入主井内,再通过排渗管自然排出坝体外。由于两者均是自然排水过程,从而减少尾矿库维护的费用。

2.4 设计工作量布置原则

主井位置的确定应考虑3个方面,一是确保坝体的安全;二是有利于施工;三是集渗管长度和方向尽可能地达到浸润线较高区域和方位。主井数量应根据坝体长度、集渗管长度等设置一口或多口。一般情况下,主井位置应设置在子坝上;集渗管长度根据设备能力,按不大于50 m 考虑;方位可向坝内任意方向,特别是浸润线较高的位置;集渗管可设置上下多层,能够排出库内因尾矿泥的隔水作用而产生

的多层尾矿渣中的含水。排渗管出口应在坝体外有排水设施的位置,以便将集渗管排入到主井内的水排出坝体,而不影响整个坝体的安全。

3 辐射井施工技术要点

为保证辐射井在尾矿库降排水应用过程中的质量与效果,施工过程中必须做到以下4个确保。

3.1 确保在施工过程中,不影响坝体的安全

主井施工过程中,在未见到地下水的层段一般采用开挖的方式,为保证坝体安全,开挖的直径较主井设计直径大200 mm 即可;在遇见地下水之后,沉井采用井内排渣、井身靠自重下沉的方式进行。由于尾砂结构松散,在沉井过程中会在井筒周边形成一定范围的坍塌(见图3)而影响坝体安全,因此,必须及时回填坍塌部位。



图3 沉井过程中其周边形成了坍塌区域

3.2 确保主井的有效深度、直径及主井本身的质量

主井的有效深度主要是保证集渗管、排渗管位置符合要求,深与浅对排渗管的坡率影响很大,也就直接影响排水效果。主井直径过小时,会影响集渗管施工设备的安装;主井直径过大时会浪费主井制作过程中所用的材料。主井本身的质量(包括主井使用的钢筋、混凝土的质量和井筒的垂直度、平整度等)直接影响主井的使用寿命和井内进行集渗管、排渗管施工设备的安装和施工人员的安全。

3.3 确保集渗管方向、长度、直径、坡率、制作形式和材质

集渗管的方向、长度是保证将尾矿库内浸润线较高位置处的水位降低的主要指标,方向不准确,或长度不够,降水效果肯定受到影响;其直径、坡率和制作形式直接影响集渗管的出水量;而材质是影响集渗管使用寿命的关键。

3.4 确保排渗管直径、坡率

这是将主井中的水及时排出的主要指标,其长

度必须穿过坝体,否则会直接影响整个工程的质量(因为集渗管的水进入主井后无法有效排出坝体)。当然也有采用水泵在主井中抽水,这就增加了尾矿库的维护费用。

4 辐射井施工工艺

4.1 施工安排

在进行辐射井施工前要做好材料准备,主要是钢筋、混凝土和主井的模板、集渗管及排渗管等;其次是设备机具的准备,由于辐射井施工的机具较多,且多为自制设备,因此设备机具要准备齐全。施工顺序是:首先是主井的沉井,其次是主井内的排渗管施工,最后是主井内集渗管的施工。

4.2 施工主要设备

水平钻机是进行集渗管与排渗管施工的主要设备,该设备是我单位自行研制的,钻机采用液压力头,转速 45 r/min ;采用双缸形式,推进力 100 kN ,拉拔力 $120\sim 150\text{ kN}$ 。模板用于制作主井。冲枪主要是主井沉井时使用,通过高压水将主井底部的尾砂液化松动,并通过排砂泵排出井外;也可采用抓斗直接将尾渣排出主井外,然后主井靠自身重力下沉。卷扬机用于排渣泵的升降与井内材料输送等。集水管施工机械在主井内施工情况如图4所示。

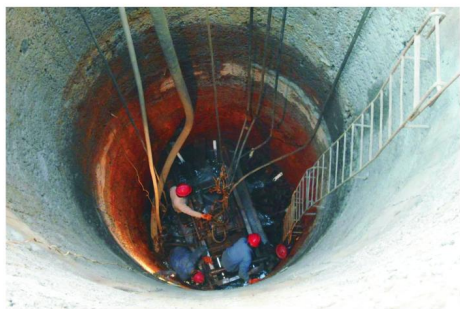


图4 集水管施工机械在主井内的施工情况

4.3 主井施工

主井位置确定后,采用沉井的方式,沉井时应按设计要求逐节向下沉,井筒每节长度以 1 m 为宜,且始终要高出自然地面一节。在尾矿库地下水位以上的部分施工时,先采用开挖的方式;到地下水位以后,采取井内排渣,井身利用自重自然下沉的方式进行。井内排渣的方式可根据尾矿库内尾砂及地层的状态而采取不同的工艺,如高压液化,再用泵进行排渣或直接采用抓斗清渣等。井筒下沉至 1 m 时停止排渣,待井筒稳定时,再继续浇注井筒;如此循环直

到超出设计深度 $1\sim 2\text{ m}$ 为止,超出的部分作为主井封底时所用。沉井到位并稳定后,观察井底内的情况(包括井内涌砂、井内砂面深度、井内外水位差等)后再进行封底。封底时首先要采用预制减压板法抑制涌砂,然后在预制减压板上实施封底,预制减压板为钢筋混凝土结构并带有减压装置。安放预制减压板前可采用片石,或其他形式以保证水头压力,使井底尾砂稳定,然后再浇注素混凝土至超出设计井底标高 $\geq 500\text{ mm}$,其超出的部分便于第二次封底。浇注的混凝土为C30并采用水下灌注的方式。当混凝土强度达到设计强度的70%后,再抽取井筒内水并清理井底,清理结束后再按设计要求进行二次封底。在进行二次封底时要注意封底钢筋应与井筒钢筋进行有效焊接,二次封底厚度 $\leq 500\text{ mm}$ 。主井井底如图5所示。

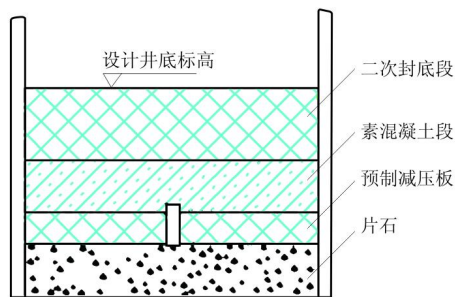


图5 主井井底示意图

4.4 排渗管施工

首先要按设计要求确定开孔标高、开孔位置及开孔方向,然后用水平钻机进行施工。开孔用硬质合金钻头,切穿主井的钢筋混凝土井壁后,采用堵砂逆止阀钻头(见图6)钻进。钻进时套管同步跟进,钻进中冲洗液一部分通过钻头排出,在一定范围内液化尾矿砂,以利于钻进;另一部分冲洗液可由逆止阀分流接头的侧向通水孔排出并将进入套管的尾矿带出孔外。钻进时,应注意钻头与套管端面的间隙,控制在 $5\sim 10\text{ mm}$,套管在孔内作为护壁并作排渣(水)用。堵砂逆止阀钻头中逆止阀的作用在停泵、钻杆内压力突降的情况下,防止尾矿砂在尾矿库内水头压力下倒流入套管内。钻进时,钻杆给进压力与套管的给进压力同步。通过实践,钻杆转速为 $40\sim 50\text{ r/min}$,冲洗液应采用清水,一般情况下, $\varnothing 108\text{ mm}$ 套管的顶进压力为 $12\sim 16\text{ kN/10 m}$ 。排渗管角度的控制主要靠调整水平钻机的机身倾角以及控制冲洗液量。

4.5 集渗管施工

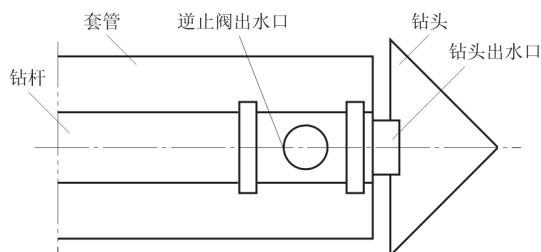


图6 堵砂逆止阀钻头示意图

集渗管的施工,与水平排渗管的施工相同,钻头在钻进的同时套管同步跟进,钻至设计深度后,回拔钻杆,让堵砂逆止钻头封堵套管口,再用高压、大泵量水冲洗套管内的尾砂,直至冲洗干净,然后将孔内钻杆全部拔出,下集渗管。下集渗管时应缓慢进行,防止磨损外包的土工布。当集渗管下入到位后,拔出套管,再将钻孔与主井壁孔的间隙封堵好。多层集渗管的施工需要在主井筒内搭设机座架,然后将水平钻机架在架子上施工。

集渗管接头采用承插式;由于集渗管是花管且水平布置,为防止水从集渗管截面下部渗漏,安装时注意未开孔的1/3部位应对齐并始终处于下部,以便将坝体内的水导入主井内。滤网及土工布要将集渗管包裹严实并绑扎牢固,不得有丝毫漏砂及松动现象,且搭接长度 ≤ 50 mm,防止在安装集渗管时,滤网及土工布的损坏而影响集渗管的使用寿命。

5 总体效果

通过我公司近年来施工的辐射井来看,所有采用辐射井技术的尾矿库,均实现了浸润线降低的效果(参见表1)。图7为马钢南山矿凹山总库辐射井集渗管向主井内排水效果图,该工程设计一层共计5口水平排渗管,每口集渗管初期排水量达到近 $50\text{ m}^3/\text{d}$;图8是施工结果后尾矿库内浸润线变化示意图,



图7 集渗管排水效果图

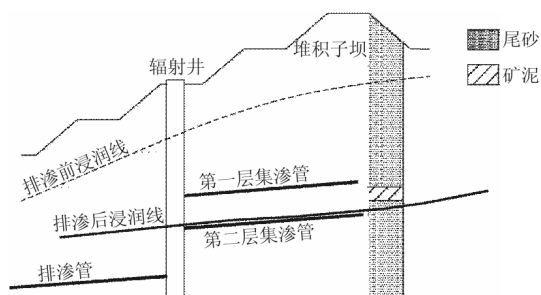


图8 排渗管排水效果图

辐射井施工前尾矿库内浸润线较高,而施工结束后,尾矿库内大量水的排出,其浸润线会迅速下降。

6 结语

采用辐射井降排水技术,通过集渗管自然排水,无需动力设备,减少了尾矿坝维护费用,同时由于集渗管可以设置多层且辐射范围大,增大了尾矿库内的降水面积,从而能够有效地降低坝体内的浸润线,增强尾矿固结能力,提高坝体的安全稳定性和渡汛能力。工程实践表明,辐射井技术在尾矿坝降排水工程中具有降水范围广、单井出水量大、井的寿命长、节约动力、减少运行费用等优势,值得推广使用。

参考文献:

- [1] 阮茂盛,刘庆祥. 向山硫铁矿尾矿库联合排渗施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(3): 71-73.
- [2] 向远华. 灰坝辐射井排渗系统施工技术与受力性能研究[D]. 湖南长沙:中南大学, 2007.
- [3] 汪良峰,朱君星,项宏海,等. 尾矿库排渗辐射井的设计探讨[J]. 金属矿山, 2010, (2): 55-56, 61.
- [4] 项宏海,刘效良,陈守仁,等. 尾矿库设施安全技术[M]. 安徽:矿业快报杂志社, 2004: 2-6.
- [5] 刘少明. 大型尾矿库坝排渗施工技术[J]. 矿业快报, 2002, (7): 6-8.
- [6] GB/T 50625—2010, 机井技术规范[S].
- [7] GB 50863—2013, 尾矿设施设计规范[S].
- [8] GB 50864—2013, 尾矿设施施工及验收规范[S].

表1 采用辐射井技术的尾矿库浸润线降低效果对比

项目名称	施工结束时间	井号	井深/m	浸润线埋深/m	
				施工前	施工后
广西华锡集团车河选矿厂灰岭库	2009.10.28	1	15	6.5	8.5
		2	18	2.8	6.1
马钢南山矿凹山总库	2011.12.10	1	10	4.8	6.5
		2	10.5	1.5	6.3
马钢南山矿城门峒1号副坝	2013.07.04	1	12	1.8	5.9
		2	14	4.5	7.2
马钢南山矿城门峒库	2014.09.30	1	12	2.2	7.0
		2	13		
		3	14		