

# 尾矿设施管道工程线路方案分析

## Analysis of TSF Pipeline Routing Scheme

马艳晶(中国恩菲工程技术有限公司,北京 100038)

**摘要:**本文以某尾矿库为工程背景,从技术、经济、安全、环保等方面,对初步选择的三种管道线路方案进行了综合比较和分析。结果表明,鉴于尾矿输送管线的限制条件更多,在尾矿设施管道工程线路方案选择上应优先考虑尾矿输送管道,尾矿库回水管线可与输送管线平行敷设;隧洞内管线敷设方案在初期工程投资上造价稍高,但在环境保护、管道安全以及后期运行费用方面更具有优势。

**关键词:**尾矿设施;管道工程;尾矿输送;线路方案

**中图分类号:** TD989 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2022)01-0094-04

**Abstract:** Aiming at the two most important types of pipeline projects in tailings facilities, namely the tailings transport pipeline and the tailings dam return water pipeline, this article gives an introduction to the principles that should be followed in the selection of the route schemes. In conjunction with a TSF project, and from the aspects of technology, economy, safety, environmental protection, etc., a comprehensive comparison and analysis of the three pipeline route schemes initially selected are carried out, and the analysis results show that priority should be given to tailings transportation pipeline when selecting TSF pipeline routing scheme since there are more restraints on tailings transport pipelines, and the tailings dam return water pipeline can be laid in parallel with the tailings transport pipeline; the pipeline running in the tunnels is slightly more expensive in terms of initial CAPEX, but it has more advantages in terms of environmental protection, pipeline safety and OPEX. Since the national and local government's requirements for environmental protection and safety are getting increasingly stricter, it is a good way to properly consider the tunnel scheme in the selection of the TSF pipeline routing scheme, by taking into account factors such as economic conditions.

**Key words:** tailings facility; pipeline; tailings transport; routing scheme

## 1 前言

尾矿输送管线和尾矿库回水管线是尾矿设施中最重要的管道工程<sup>[1]</sup>,尾矿输送管线负责将选矿厂产出的尾矿浆输送至尾矿库,属于浆体管道输送;尾矿库回水管线负责将尾矿库内的澄清水返回选矿厂回用,通常按输水管道考虑。由于尾矿输送管线需要考虑的因素更多,在进行尾矿库管道工程设计时,确定好尾矿输送管线线路后,若无其他限制条件,大部分情况下尾矿回水管线可与尾矿输送管平行布置,因此尾矿输送管的线路方案是重点研究对象。

随着矿山行业的持续发展,我国许多矿山企业都已经经历了十几甚至几十年生产运行,大批矿山原始配套的尾矿库基本都到了使用末期,需要重新规划建设新的尾矿库,受周边自然地形条件等因素限制,新建尾矿库往往距离矿山选矿厂较远,而且地

势也较高,需要穿跨越的障碍物较多,对尾矿库管道工程的线路方案选择带来了诸多挑战。

浆体长距离输送管道线路选择时,应根据管道工程建设的目的,结合沿线城镇、交通、水利、矿产和环境保护的现状与规划,以及沿线地区的地形、地貌、水文、地质、气象、地震自然条件,通过综合分析和多方案技术经济比较后确定<sup>[2-3]</sup>。最终结论取决于对各方案在经济、技术、环境等多因素的综合评价,包含经济和非经济指标,定量与定性分析相结合的方式。浆体管道线路设计总体目标,是以较低的投资实现所要求的输送能力,同时创造良好的运营条件,降低运营费用。此外,还应注意减少污染,保证安全,创造良好的社会和环境效益<sup>[4-5]</sup>。

一般情况下,浆体管道线路选择遵循以下原则:

- (1)线路走向宜顺直平缓,管道敷设坡角小于矿浆的安息角。
- (2)线路选择宜避免经过地形起伏过大的地区。
- (3)线路应短,土石方及构筑物工程量应小。
- (4)线路选择宜减少与天然和人工障碍物的交叉,当必须交叉时,宜垂直交叉。

[作者简介] 马艳晶(1984-),男,高级工程师,主要从事尾矿工程及浆体管道输送工程设计咨询及研究工作。

[引用格式] 马艳晶. 尾矿设施管道工程线路方案分析[J]. 中国矿山工程,2022,51(1):94-97.

(5) 避开滑坡、崩塌、沉陷、泥石流、沼泽等地质不良地区、地震烈度大于7度地区的活动断裂带及人口稠密区。

(6) 通过经济作物、基本农田、河流等特殊地区,应取得相关部门同意。

(7) 与公路、铁路并行敷设时,应加强保护措施,征得铁路公路管理部门同意,并满足相关安全管理要求。

另外还要考虑选定的线路能否顺利实施,减小施工难度,建成后管线能否安全运行,并便于操作管理。

## 2 工程概况

某矿山位于我国西南地区,根据矿山生产需要,新规划建设尾矿库距离选矿厂直线距离9 km,尾矿库与选矿厂之间设置有尾矿浆体输送管道和尾矿库回水管道,初步考虑两条管道平行布置,管线距离达10 km以上。通过现场踏勘,结合实际地形情况,整条管线大体呈东西走向,起点位于选矿厂的尾矿输送泵站,终点位于尾矿库坝顶。以现有跨河公路桥为分界点,整条管线分为东段和西段两部分,其中西段管线距离较短,所处地形也较为简单,地势相对平坦,不需要过多关注线路问题,只需要满足一定的敷设坡度,便于管道运行即可。而东段管线长约6 km,且所处地区存在高山、河流、铁路、国道、农田、居民区等诸多天然和人工障碍,管道选线工作难度较大。通过分析,并结合管道线路选择原则,针对东段管道线路初步确定了3个方案作为备选。

三条线路方案平面走向如图1所示,其中线路1为隧洞方案,管线从泵站引出后,首先沿河流南岸

地面敷设约1 km,然后设管桥一座,管线跨过管桥后进入隧洞,隧洞出口位于GX4点,再沿地面敷设一段距离后到达现有公路桥附近的GX5点后接西段管线,关键点线路为GX1—GX2—GX3—GX4—GX5。线路2为河流北岸地表方案,其中首端管线GX1—GX2段线路同线路1,从GX2点后一直沿河流北岸山体地表敷设至GX5点,然后接西段管线,关键点线路为GX1—GX2—GX3—GX5。线路3为沿河流南岸敷设方案,沿河流南岸地面敷设约2 km后,在2#居民区附近沿国道边敷设至现有跨河公路桥附近,利用现有桥梁跨河后到至GX5点,然后接西段管线,关键点线路为GX1—GX2—GX5,由于现有国道紧邻河道,此线路中从2#居民区到现有跨河公路桥之间采用假设方式,且部分管线桥墩需设置在河道中。

## 3 线路方案分析

影响管道线路方案选择的因素很多,归纳起来主要包括工程技术、工程经济、管道安全及环境影响等因素,本文从这几个角度出发,采用定性分析和定量分析相结合的方式对初步选择的管道线路方案进行进一步比较。

### 1) 工程技术

三个线路方案的主要特征见表1。

从上表可以看出,三个方案涉及到地表敷设方式、隧洞内敷设、跨河及冲沟架设等多种方式,在工程技术上均可以实现;但由于方案1线路顺直,对尾矿浆体输送更有利,方案2和方案3在线路走向上折弯点较多,对尾矿浆体输送有一定弊端。

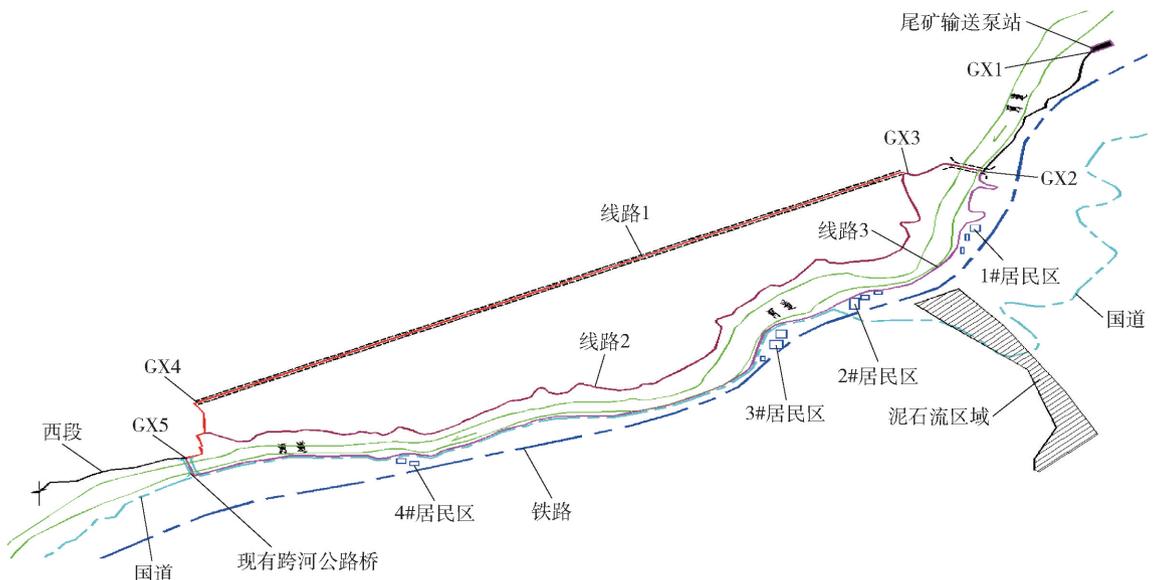


图1 线路平面走向图

表1 线路方案主要特征表

项目	方案1	方案2	方案3
管线总长/m	4 349	5 373	4 611
地表敷设/m	709	5 173	1 026
隧洞内敷设/m	3 440	-	-
跨河/m	150	150	125
跨冲沟/m	50	50	130
沿河岸架设/m	-	-	3 330
新建配套维检道路长度/m	709	5 173	1 026

从工程可实施性来看,方案3沿河岸架设需建设多座涉水支墩,需要与水务部门进行沟通;管道沿国道边敷设,该国道目前交通量较大,施工时将过对过往车辆形成较大制约,易发生交通拥堵,需要与公路主管部门进行充分协调。相对而言,方案1隧洞施工和方案2地表敷设施工则较容易,干扰因素较少。

因此,从工程技术层面来看,方案1具有一定优势。

## 2) 工程经济

工程经济性包括工程初期的工程投资及后期运行维护费用。其中三个方案的初期投资估算见表2。

表2 线路方案投资估算表

项目	方案1	方案2	方案3
管材及附属配件/万元	826	1 089	880
输送隧洞/万元	2 862		
土石方挖填及转运堆存、道路、护坡、弃土场、征地等/万元	432	2 543	482
跨河管桥/万元	780	780	
跨冲沟管桥/万元	91	91	236
沿河架设管架/万元			5 140
合计	4 991	4 502	6 737

可以看出,方案3初期工程投资最高,而方案1和方案2差别较小。从初期工程投资来看,方案2较优。

另外,再分析三个方案的后期运行维护费用。本工程尾矿输送管道为压力管道,尾矿库回水管道为自流,运行维护费用主要是尾矿输送的动力费用以及尾矿输送管道维护费用,具体体现在尾矿输送管道的长度和尾矿输送管道上的弯头数量。尾矿输送管道越长,水力损失越大,耗能越高,相应动力费用越高;弯头数量越多,磨损情况越严重,管道更换维护费用也越高。

由于方案1线路最短,大部分管道在隧洞中敷设,管道弯头数量最少,因此后期维护费用较低;方

案2在河道北岸地表明设,考虑到水土保持措施,在相当长一段时期内维检道路的维护费用将很高;另外方案2和方案3的管线长度都较方案1长,弯头数量多,维护费用相应较高。

综合考虑工程经济性,虽然方案1初期投资略高,但后期运行维护费用最低,考虑到管道20多年的运行年限,方案1优势较大。

## 3) 管道安全

管道安全包括管道安全运行、管道对外界的安全影响及外界对管道的安全影响三个方面。

从管道安全运行角度来看,敷设坡度不宜过大,允许管道短时间停止而管道内不产生沉积现象,或者不至于淤死,确保在停车时浆体不会在管道中沉积,不会堵塞管道,保证管道系统的停车再启动。从管道对外界的安全影响角度来看,高压管道存在爆管风险,存在对周边人或其他设施造成安全影响的可能性。从外界对管道的安全影响角度来看,比如前文提到的滑坡、崩塌、沉陷、泥石流、沼泽等地质不良地区、地震烈度大于7度地区的活动断裂带,以及临近铁路公路的振动等作用,都会对管道本身带来一定安全影响。

方案1大部分线路为隧洞内敷设,易实现较缓的敷设坡度,管道基础条件较好,对管道安全运行都很有利;发生爆管事故时,也能够将影响控制在有限空间内。

方案2管道敷设平台和维检道路开挖形成边坡,当地山高坡陡,在雨季易形成坍塌,对管道安全运行不利;发生事故时的影响范围较大。

方案3大部分管道敷设在河岸,紧邻河道和国道,发生事故的安全影响较大;管线经过一处泥石流不良地质作用区域,对管道安全运行不利。

因此,从安全层面来看,方案1最优。

## 4) 环境保护

尾矿属于一般固体废物,按照环保类别分为第Ⅰ类一般工业固体废物、第Ⅱ类一般工业固体废物和危险废物,尾矿污染环境防治管理是固体废物污染环境防治管理的重要部分,对于防治尾矿污染环境,保障公众健康,保护和改善生态环境,促进经济社会可持续发展,具有重要意义。

针对尾矿设施管道工程对环境层面的影响包括管道初期施工时对周边环境的影响,以及尾矿浆体管道和尾矿库回水管道运行过程中可能发生的泄漏对环境的影响。

方案1管道敷设在隧洞内,本身环境敏感因素少,隧洞周围围岩的渗透性也较地表土壤低得多,再

加上空间有限,即使发生泄漏也容易采取措施进行有效控制,故对周边环境影响最小;方案2由于敷设平台和维检道路施工,将产生大量新开挖边坡,加之弃土方量也较大,土石方转运和弃土场堆存等因素均会对周边环境产生一定影响;方案3大部分管道

紧邻河道架设,且经过4个居民点,尾矿输送管泄露后对环境影响最大且难以控制。

从环境保护层面来看,方案1最优。

### 5) 综合比较

通过上述分析,三个方案各自的优缺点见表3。

表3 线路方案综合表

方案	优点	缺点
方案1	1、线路顺直,长度短,浆体输送顺畅; 2、施工简单; 3、征地面积最小; 4、综合工期短; 4、安全性好; 5、运行管理简单; 6、对环境保护最有利; 7、弃渣量少; 8、后期综合运营费用低	1、隧洞施工周期较长; 2、初期投资较高
方案2	1、施工简单; 2、投资最低	1、线路随河流和维检道路弯曲较多; 2、线路最长; 3、征地面积最大,耗费时间较长,工期不可控; 4、投资最高; 5、开挖边坡需较多维护,施工时弃土较多,土方转运和弃土场工程量大; 6、地表距离河道较近,环境保护风险较大; 7、弃渣量大; 8、后期运行维护费用高
方案3	可利用现有国道作为维检道路	1、河道左岸架设涉及水下施工,难度较大,施工便道为国道,可能受交通干扰; 2、维检道路利用国道,管道较多架设,维检不便; 3、经过泥石流区域,风险较大; 4、沿河岸架设管道,且经过4个居民点,环境风险大且难以控制; 5、后期运行维护费用较高; 6、需要与包括道路、交通、水务等多个部门进行沟通

## 4 结论

从本文的分析可以得出以下结论:

(1)尾矿设施管道工程线路选择应重点考虑尾矿输送管道。

(2)尾矿设施管道工程线路选择应充分根据选线原则,综合技术、经济、安全、环保等因素统筹考虑,多方面论证。

(3)综合考虑多方面因素,方案1即隧洞内管线方案更优。

(4)本工程中,隧洞方案虽然造价稍高,但在环境保护、管道安全以及运行费用方面更具有优势。

近年来,国家和地方政府对环保、安全的要求逐渐提高,相应环保和安全设施投资在工程中的比例也在逐步增加。在多个实施的矿山项目中,针对尾矿设施管道工程都要求从环境保护和安全角度考

虑,设置必要的防护设施。因此,结合隧洞方案的特点,在未来的尾矿设施管道工程线路方案选择中,综合经济条件等因素,适当的考虑隧洞方案更符合安全环保要求。

### [参考文献]

- [1] 《尾矿设施设计参考资料》编写组. 尾矿设施设计参考资料[M]. 北京:冶金工业出版社,1980.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 尾矿设施设计规范:GB 50863—2013[S]. 北京:中国计划出版社,2013.
- [3] 中国工程建设标准化协会. 浆体长距离管道输送工程设计标准:T/CECS 98—2019[S]. 北京:中国计划出版社,2019.
- [4] 张圣柱,吴宗之,张健,等. 油气管道选线和风险评价相关法规与方法[J]. 油气储运,2012,31(9):663-669.
- [5] 吴东莉,史航,吕峰. 兰成渝输油管道选线方案的比选[J]. 油气储运,2004,23(12):48-50.