

# 高浓度高扬程尾矿管道输送计算与应用

周彩霞<sup>1,2</sup>

(1. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038;

2. 尾矿库灾害防控技术与装备国家矿山安全监察局重点实验室, 北京 100038)

**[摘要]** 高浓度尾矿浆体多数表现出宾汉体的特性,并且绝大部分属于复合流态。本文介绍了适合大比重、高浓度尾矿浆体输送临界流速和摩阻损失的计算方法。在此基础上,针对尾矿密度为 $3.1\text{ t/m}^3$ 、输送浓度56%、尾矿输送距离8500 m、输送高差470 m的某铁矿尾矿浆体输送案例,进行临界流速和摩阻损失计算,得到该管道正常工况下临界流速为 $2.656\text{ m/s}$ 、摩阻损失为 $0.0385\text{ mH}_2\text{O/m}$ 。通过计算,选定管道为外径377 mm、内径329 mm的钢橡胶复合管,输送泵采用4台流量 $320\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程15 MPa的隔膜泵,3用1备。计算结果显示管道运行的水力高程线小于最高允许水力高程线;水推浆时隔膜泵出口压力均小于隔膜泵的额定压力。本文研究可为类似高浓度高扬程尾矿管道输送项目提供参考。

**[关键词]** 管道输送;高浓度;高扬程;临界流速;摩阻损失

**[中图分类号]** TD50

**[文献标志码]** B

**[文章编号]** 2097-2423(2025)05-0020-06

**DOI:**10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2025.05.004

## 0 引言

浆体管道输送技术在矿山的尾矿输送中应用十分广泛。矿浆的临界流速和摩阻损失计算是浆体管道输送水力计算必不可少的部分,是设备选型的重要依据。目前工程上采用的计算公式主要是由尾矿、精矿或砂的压力输送试验数据整理推导而得的经验公式,最常用的是B. C. 克诺罗兹公式,该公式计算摩阻损失时把全部矿浆都按似均质流态考虑。实践表明,B. C. 克诺罗兹公式在常规密度、低浓度浆体输送中应用较好,但是由于该公式是根据固体密度 $2.7\text{ t/m}^3$ 的物料试验数据推导的,在一些大比重物料的输送试验中,物料比重越大,用该公式算出的临界流速比试验值大得越多;再者,该公式中临界流速始终随着矿浆稠度的增加而增加,但是从一些高浓度矿浆输送试验可以看出,当矿浆稠度增加到

一定范围时,临界流速反而随着稠度的增加而下降。有研究表明,当固体密度大于 $3.0\text{ t/m}^3$ 或矿浆密度大于 $1.25\text{ t/m}^3$ 时,一般不宜采用该公式<sup>[1-2]</sup>。

近年来,由于大规模矿山的开发、土地资源的紧张、环保方面的限制等因素的影响,尾矿库选址距离选厂较远的案例越来越多。由于高浓度输送的水耗、设备台数和电耗均少于低浓度输送,可降低建设投资和运营费用,经济效益较好,尾矿浆采用高浓度输送也已成为趋势。在高浓度条件下,矿浆的摩阻损失表现出与低浓度不同的特性,即摩阻损失起初随着矿浆容重的增加而增加,当增加到一定数值时,反而随矿浆容重增加而降低<sup>[1]</sup>。早期的计算公式(如B. C. 克诺罗兹公式)并未反映这一特征,一些适合高浓度输送的计算公式(乌克兰建工研究所公式、陕西水科所方法等)又尚缺少足够的实践验证,所以目前技术人员大多依据输送试验成果结合各自的计算模型和工程实践经验来确定高浓度输送的临界流速和摩阻损失<sup>[1-3]</sup>。

鉴于此,本文介绍了在复合流态下矿浆临界流速和摩阻损失的计算方法,并结合试验成果对某高浓度高扬程输送案例进行了水力计算和设备选型,可为类似大比重、高浓度尾矿浆体的输送系统设计提供参考。

## 1 尾矿管道输送理论

尾矿管道输送的关键是确定输送的临界流速和

**[收稿日期]** 2025-06-02

**[基金项目]** 国家重点研发计划项目(2023YFC3012200)。

**[作者简介]** 周彩霞(1986—),女,山西吕梁人,硕士,高级工程师,主要从事尾矿工程设计及研究工作。

**[引用格式]** 周彩霞.高浓度高扬程尾矿管道输送计算与应用[J].绿色矿冶,2025,41(5):20-25.

ZHOU Caixia. Calculation and application of pipeline transportation of high concentration and high lift tailings[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2025, 41(5): 20-25.

摩阻损失。管道输送的摩阻损失采用模拟试验的方法确定,即在实验室由管径较小的循环管道测定一定浓度及流速下管道的水力坡度,然后将小管径的试验结果放大到原型管径较大的管道上,进而预测在一定条件下的水力坡度。临界流速的确定也是将在环形管道上观测到的不淤流速,放大应用于实际管道<sup>[4]</sup>。这种试验一般用于输送距离超过10 km的长距离管道输送中,能反映出原型管道输送的特征,但也存在试验精度有限、与实际情况存在差距、花费较高、费时较长等问题。随着对浆体物理特性认识的提高,在管道输送中,利用小型试验确定浆体的物理特性,建立管道临界流速和摩阻损失的计算模型,从而进行计算选型的方法已成为主流。

如前所述,低浓度浆体输送中常用B. C. 克诺罗兹公式,高浓度管道输送模型较为常用的有瓦斯普公式、刘德忠公式及清华大学复合模型公式等<sup>[5-6]</sup>,这些计算模型一般需结合小型试验数据来计算临界流速和摩阻损失。

### 1.1 浆体流型特征

在水中加入尾矿颗粒不仅增加尾矿浆体的黏度,大多数情况下还会使尾矿浆体的流型发生变化,从牛顿体转变为非牛顿体。尾矿浆体的流变参数与尾矿的浓度、细度等因素有关。

当尾矿浓度较低,尾矿颗粒较粗,尾矿浆体具有牛顿体特性,其数学模型为式(1)。

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1)$$

式中: $\tau$ 为切应力,Pa; $\mu$ 为黏度,Pa·s; $\frac{du}{dy}$ 为切变速率, $s^{-1}$ 。

当尾矿浓度较高,尾矿颗粒较细,尾矿浆体具有非牛顿体特性。大量试验表明,随着尾矿浆体浓度的提高,浆体多数表现出宾汉体特性<sup>[4]</sup>,其数学模型为式(2)。

$$\tau = \tau_B + \eta \frac{du}{dy} \quad (2)$$

式中: $\tau_B$ 为屈服应力,Pa; $\eta$ 为刚度系数,Pa·s。

从式(1)和式(2)可以看出,牛顿体是宾汉体的特例,即 $\tau_B = 0, \eta = \mu$ 的情况。

尾矿浆体水力计算时用到的浆体流变参数,一般通过流变试验测出,流变试验采用黏度计进行。

在管流中对式(2)积分,可求得:

$$\tau = \frac{4}{3}\tau_B + \eta \frac{8v}{D} \quad (3)$$

式中: $v$ 为流速,m/s; $D$ 为管径,m。

式(3)在 $\frac{8v}{D} \sim \tau$ 坐标系上是一直线,该直线的斜率即宾汉体的刚度系数 $\eta$ ,截距为 $\frac{4}{3}\tau_B$ ,因而通过试验测定不同浓度尾矿浆的 $\tau$ 和 $\frac{8v}{D}$ ,把测得的数据绘在图中拟合出直线,即可求得流变参数 $\eta$ 及 $\tau_B$ <sup>[4]</sup>。牛顿体和宾汉体的虚流变曲线如图1所示。

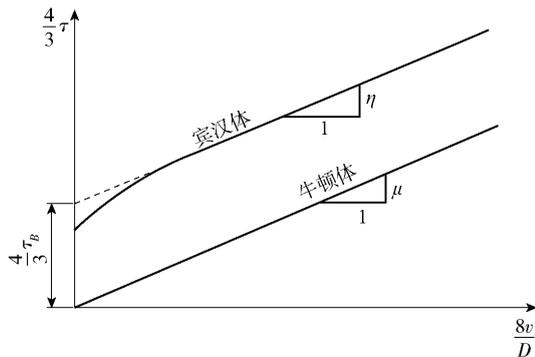


图1 牛顿体和宾汉体的虚流变曲线

### 1.2 流态判别

尾矿浆体的流态一般分为似均质流、非均质流和复合流态,采用相对体积浓度 $\frac{C}{C_A}$ 值来判别<sup>[5]</sup>。

$$\frac{C}{C_A} = \sum \left( \frac{C}{C_A} \right)_i \Delta P_i \quad (4)$$

$$\left( \frac{C}{C_A} \right)_i = 10^{-\frac{1.8\omega_i}{K\beta U}} \quad (5)$$

$$U = v \sqrt{\frac{f}{2}} \quad (6)$$

$$f = \frac{0.33259}{\left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{5.7385}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (7)$$

$$Re = \frac{vD\rho_1}{\eta} \quad (8)$$

$$\rho_1 = \rho_g C_{1V} + (1 - C_{1V})\rho_s \quad (9)$$

式中: $\frac{C}{C_A}$ 为相对体积浓度, $C$ 为距管内底0.92D处的体积浓度, $C_A$ 为管中心线0.5D处的体积浓度; $\left( \frac{C}{C_A} \right)_i$ 为尾矿 $d_i$ 级粒径权重 $\Delta P_i$ (以小数计)的相对体积浓度; $\omega_i$ 为 $d_i$ 粒级的沉速,m/s; $K$ 为修正卡门常数, $K = 0.36$ ; $U$ 为摩阻流速,m/s; $f$ 为刘德忠范宁摩阻系数,按式(7)计算; $\varepsilon$ 为管道内壁粗糙度,mm; $D$ 为管道内径,mm; $Re$ 为雷诺数; $\rho_1$ 为似均质浆体密度, $kg/m^3$ ; $\eta$ 为似均质浆体宾汉体刚度系数,

$\text{Pa}\cdot\text{s}$ ;  $C_{1V}$  为复合流态中似均质部分体积浓度。

当  $\frac{C}{C_A} \geq 0.8$ , 且  $\left(\frac{C}{C_A}\right)_{0.95} \geq 0.5$  时, 为似均质流态, 尾矿浆体接近均质流, 尾矿为细颗粒, 载体为浆体, 高浓度长距离管道输送一般采用似均质流态。当  $\frac{C}{C_A} < 0.1$  时, 为非均质流态, 尾矿为粗颗粒, 载体为水, 非均质流态在尾矿浆体输送中比较少见。当  $0.1 \leq \frac{C}{C_A} < 0.8$  或  $\frac{C}{C_A} \geq 0.8$  且  $\left(\frac{C}{C_A}\right)_{0.95} < 0.5$  时, 为复合流态, 尾矿浆体中细颗粒似均质部分来输送粗颗粒非均质部分, 绝大多数尾矿浆体属于复合流态。

### 1.3 临界流速

根据工程实践, 处于复合流态的尾矿浆体, 临界流速采用刘德忠公式或者 E. J. 瓦斯普公式或者费祥俊公式计算的应用较多。实践中进行流速选择时可与几个公式计算的临界流速对比综合取值。刘德忠公式见式(10), E. J. 瓦斯普公式见式(11), 费祥俊公式见式(12)<sup>[7]</sup>。

$$v_c = 9.5 \left[ gD \left( \frac{\rho_g - \rho_1}{\rho_1} \right) \omega \right]^{1/3} C_V^{1/6} \left( \frac{\omega_s}{\omega} \right)^{1/6} \quad (10)$$

式中:  $v_c$  为临界流速,  $\text{m/s}$ ;  $\rho_g$  为尾矿颗粒密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $\omega$  为尾矿颗粒在似均质部分加权平均速,  $\text{m/s}$ ;  $\omega_s$  为尾矿在水中加权平均沉速,  $\text{m/s}$ ;  $C_V$  为尾矿浆体复合流态整体体积浓度。

$$v_c = 3.113 C_V^{0.1858} \left[ 2gD \left( \frac{\rho_g - \rho_k}{\rho_k} \right) \right]^{1/2} \left( \frac{d_{85}}{D} \right)^{1/6} \quad (11)$$

式中:  $\rho_k$  为尾矿浆体密度,  $\text{kg/m}^3$ ;  $d_{85}$  为权重 0.85 粒径,  $\text{m}$ 。

$$v_c = \frac{2.26}{\sqrt{\lambda}} \left[ gD \left( \frac{\rho_g - \rho_k}{\rho_k} \right) \right]^{1/2} C_V^{1/4} \left( \frac{d_{90}}{D} \right)^{1/3} \quad (12)$$

式中:  $\lambda$  为达西摩擦系数;  $d_{90}$  为权重 0.90 粒径,  $\text{m}$ 。

### 1.4 摩擦损失

处于复合流态的尾矿浆体管道, 摩擦损失按式

(13) 计算<sup>[5]</sup>。

$$i_k = i_1 + \Delta i_2 \quad (13)$$

式中:  $i_k$  为复合流态摩擦损失,  $\text{mH}_2\text{O/m}$ ;  $i_1$  为似均质部分摩擦损失,  $\text{mH}_2\text{O/m}$ ;  $\Delta i_2$  为非均质部分摩擦损失,  $\text{mH}_2\text{O/m}$ 。

式(13)中  $i_1$  用达西-韦斯巴赫公式计算, 见式(14)。

$$i_1 = \lambda \frac{v^2}{2gD^5} \quad (14)$$

式中:  $s$  为相对密度,  $s = \frac{\rho_1}{\rho_s}$ 。

式(13)中  $\Delta i_2$  用达西-韦斯巴赫公式计算, 见式(15)。

$$\Delta i_2 = K i_1 \left[ \frac{gD \left( \frac{\rho_g - \rho_1}{\rho_1} \right)}{v^2} \right]^{1.5} \sum (C_{2V})_i (C_{1D})_i^{-0.75} \quad (15)$$

式中:  $K$  为系数, 复合流态可以根据似均质部分占的比重选取, 若似均质部分占的比重多, 可取  $K = 150$ , 若非均质部分占的比重多, 可取  $K = 82$ ;  $(C_{2V})_i$  为非均质部分体积浓度;  $(C_{1D})_i$  为尾矿颗粒在载体似均质部分的沉降阻力系数。

## 2 应用案例

### 2.1 工艺参数

某铁矿选矿厂规模为 800 万  $\text{t/a}$ , 铁尾矿正常量为 740  $\text{t/h}$ , 波动系数为 0.90 ~ 1.15, 尾矿密度为 3.1  $\text{t/m}^3$ , 尾矿粒度见表 1 和图 2, 选厂尾矿浓度为 15%, 尾矿输送距离 8 500  $\text{m}$ , 输送高差 470  $\text{m}$ , 尾矿管道纵剖面如图 3 所示。为了厂区尽可能多回水并节约输送能耗, 采用的尾矿输送方案为选厂尾矿浆浓度经过浓密机浓缩至 56% 后, 再经管道输送至尾矿库。该项目尾矿输送高差及浓度均较大, 属于高浓度高扬程管道输送。

表 1 尾矿粒度组成

$D/\text{mm}$	0.45 ~ 1	0.18 ~ 0.45	0.15 ~ 0.18	0.076 ~ 0.15	0.0385 ~ 0.076	0.01 ~ 0.0385	0.01 ~ 0.0034	-00034	合计
占比/%	17.03	11.66	3.40	11.22	18.63	22.35	5.46	10.25	100.00

### 2.2 管道及流速选择

#### 2.2.1 临界流速计算

计算得到  $\frac{C}{C_A} = 0.74$ , 属于复合流态。选择几种

可能的管径, 分别采用刘德忠公式、E. J. 瓦斯普公式和费祥俊公式进行临界流速计算, 计算结果见表 2。从表 2 可知, 采用刘德忠公式计算的临界流速最大, E. J. 瓦斯普公式最小, 费祥俊公式居中。综合

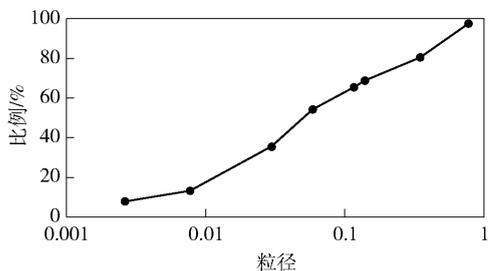


图2 尾矿粒度曲线

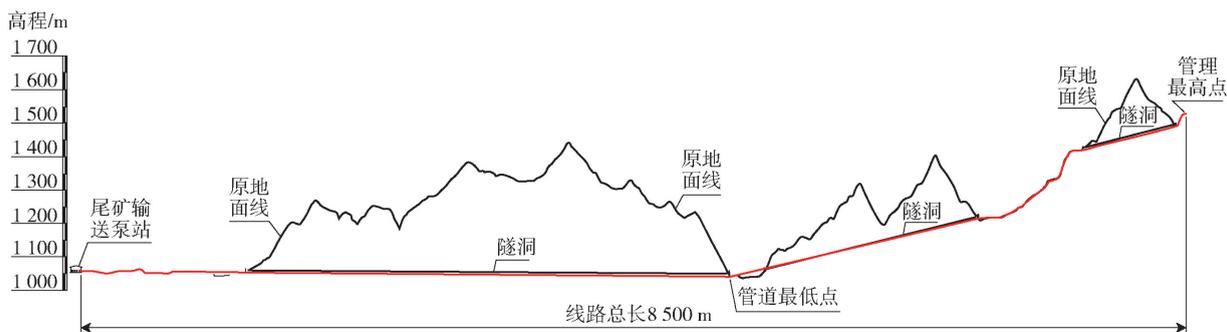


图3 尾矿管道纵剖面图

### 2.2.2 摩阻损失计算

选择表2中几种管径,采用刘德忠公式计算摩阻损失及管道的实际流速,计算结果见表3。对比实际流速与表2计算得到的临界流速,可知本项目管道内径选择在300~350 mm比较适宜。

表3 摩阻损失及实际流速计算结果

管径/mm	300	350	400	450	500
摩阻损失/( $\text{mH}_2\text{O}/\text{m}$ )	0.052 3	0.033 2	0.029 2	0.032 1	0.039 0
实际流速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	3.225	2.369	1.814	1.433	1.161

### 2.2.3 工作流速和管径选择

管道选择需在标准管径的基础上考虑管道的工作流速,而工作流速的选择不仅要保持管道中流体的特征,并使管道磨损最小化,还需避免矿浆流速过低导致的粗颗粒累积致使管道堵塞。根据表2、表3的计算以及同类项目经验,选择工作流速在一定程度上大于临界流速即可,但不需要过大,否则阻力大、耗电多,管道磨损也严重。综合考虑工作流速要求、所需的输送压力、管道耐磨损等因素,选择管道规格为外径377 mm,壁厚12 mm,耐磨层厚12 mm,内径329 mm。

表4计算了不同工况下管道的工作流速。由表4可知,当输送尾矿量为最小量时,若按正常浓度56%计算,则工作流速为2.41 m/s,小于该工况下的临界流速2.69 m/s,为避免管道堵塞,在该工况时,

考虑,本项目临界流速选择费祥俊公式计算结果为主要参考。

表2 临界流速计算结果

	m/s				
管径/mm	300	350	400	450	500
刘德忠公式	2.927	3.109	3.274	3.427	3.570
E. J. 瓦斯普公式	1.988	2.092	2.188	2.275	2.356
费祥俊公式	2.627	2.674	2.712	2.742	2.767

将输送浓度适当降低至52%,使得工作流速大于临界流速;当输送尾矿量为最大量时,正常浓度56%条件下,工作流速为3.08 m/s,流速较大,为避免摩阻损失过大、增加磨损和泵的压力,将输送浓度适当加大至58%。针对不同的尾矿波动量,生产运行时,按表4适当调整浓密机底流浓度后进行管道输送。

表4 管道工作流速计算表

工况	尾矿量/ $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$	浓度/%	临界流速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	设计工作流速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
	正常量	740	56	2.656
最小量	666	52	2.689	2.712
最大量	851	58	2.653	2.912

### 2.2.4 管材选择

尾矿输送管道一般都需要增加内衬,以降低矿浆对管道的磨损。管道内衬的选择关系到系统运行的稳定性及可靠性,目前管道材质主要有裸钢管、钢橡胶复合管、陶瓷复合管、铸石复合管、衬塑钢管等。

由于本项目尾矿粒度粗、流速大,考虑颗粒对管道的划伤、磨蚀,尾矿输送管道宜选用耐磨管道。裸钢管、衬塑钢管与其他几种内衬钢管相比耐磨性差一些;陶瓷、铸石复合管的小曲率半径弯头无法圆滑过渡,且陶瓷或铸石作为管道内衬,脆性大,容易裂开脱落,使管道失去耐磨层,从而导致局部磨损严重;钢橡胶复合管采用钢管作骨架材料,以耐磨、防腐、耐热等性能优异的橡胶作为衬里层,利用橡胶的高

弹性、高气密性、耐冲击性、耐磨性、耐候性、耐辐射性、耐化学介质性和吸收振动等独特性能,使用高性能的粘合剂经特殊工艺复合硫化成型。钢橡复合管综合了钢管和橡胶的优点,也可以制作圆滑过渡的弯管。项目现场现有尾矿输送管为钢橡复合管,流速也较大,运行情况良好,且钢橡复合管在高压管道中应用案例也较成熟,所以尾矿输送管材选用钢橡复合管。

## 2.3 输送泵选择

### 2.3.1 管道输送的水力计算

根据选定的管道,计算选定管道不同工况下的输送流量和摩阻损失,结果见表5。

表5 管道输送的水力计算

序号	参数	正常量	最小量	最大量
1	尾矿量/ $t \cdot h^{-1}$	740	666	851
2	输送重量浓度/%	56	52	58
3	尾矿干矿密度/ $t \cdot m^{-3}$	3.1	3.1	3.1
4	矿浆密度/ $t \cdot m^{-3}$	1.611	1.544	1.647
5	流量 $Q/m^3 \cdot h^{-1}$	820.14	829.61	890.76
6	管道内径/mm	329	329	329
7	输送流速/ $m \cdot s^{-1}$	2.681	2.712	2.912
8	摩阻损失/ $mH_2O \cdot m^{-1}$	0.0385	0.0376	0.0428
9	几何高差/m	470	470	470
10	管线长度/m	8500	8500	8500
11	所需泵总扬程/MPa	11.02	10.63	11.58

根据表5的计算结果,尾矿最大流量约 $891 m^3/h$ ,泵出口压力最大为11.58 MPa。对于高扬程的固体物料颗粒输送系统,若选用渣浆泵,泵串联台数和泵站数量均太多,如本案例若采用渣浆泵串联方案,需要设置5个泵站,每个泵站内采用4台渣浆泵串联,设备台数过多,管理不便,故障率高,故选用容积式矿浆泵较为适宜<sup>[8]</sup>;从操作复杂性考虑,泵站数量越少,系统操作就越简单;从运行费用的角度,泵站数量越少,运行费越低。所以,选用隔膜泵,并采用变频调速。隔膜泵选型时,需考虑一定的流量富裕和压力储备系数。综合项目实际情况,按0.8的压力储备系数,选择隔膜泵流量为 $320 m^3/h$ ,扬程为15 MPa,电机功率1600 kW,使用3台,备用1台。目前同类规格的隔膜泵制造及运行较为成熟可靠。

### 2.3.2 管道运行特性

根据选定的管道及隔膜泵,管道在正常运行工

况下的水力高程线如图4所示,水推浆时隔膜泵出口压力变化曲线如图5所示。由图4可知,管道运行的水力高程线均小于最高允许水力高程线;由图5可知,水推浆时隔膜泵出口压力均小于隔膜泵的额定压力,由此说明选定的隔膜泵和管道能够满足案例运行要求。

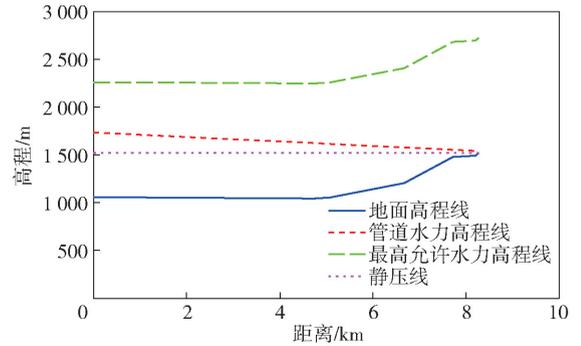


图4 正常运行水力高程线

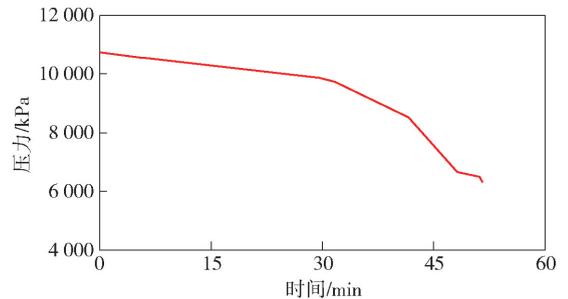


图5 水推浆隔膜泵出口压力变化曲线

## 3 结论

1)高浓度高扬程尾矿管道输送系统较为复杂,目前尚无统一的计算公式和方法,在实践中需结合理论计算、输送试验、类似工程实践等因素综合考虑进行工艺设计与设备选型。

2)本文介绍了适合大比重、高浓度尾矿浆体复合流态的临界流速和摩阻损失的计算方法和公式,并以某铁矿的尾矿浆体输送为案例进行计算,得出该管道正常工况下临界流速为 $2.656 m/s$ ,摩阻损失为 $0.0385 mH_2O/m$ 。

3)结合管道敷设剖面和高差,利用计算得到的临界流速和摩阻损失,进一步进行管道的水力计算后,选定该案例管道采用外径377 mm,内径329 mm的钢橡复合管,输送泵采用4台流量 $320 m^3/h$ 、扬程15 MPa的隔膜泵。本案例可为类似高浓度高扬程尾矿管道输送项目提供经验参考。

## [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,1978:714,763 - 766.
- [2] 赵宇新,李绪忠,万俊力. 高浓度尾矿输送系统设计方法与实践[J]. 金属矿山,2010(10):88 - 89.
- [3] 李鹏程,韩文亮,田龙. 高浓度管道输送参数计算模型的研究[J]. 金属矿山,2005(4):60 - 62,66.
- [4] 费祥俊. 浆体与粒状物料输送水力学[M]. 北京:清华大学出版社,1994:24,56,359.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 尾矿设施设计规范:GB50863—2013[S]. 北京:中国计划出版社,2013.
- [6] 刘德忠. 对增阻系数法计算浆体管道阻力的研究[J]. 中国矿山工程,2023,52(6):17 - 21.
- [7] 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,2020.
- [8] 李松,高峰,戴海旭. 浅论浆体输送用容积式泵的特点及适用条件[J]. 有色设备,2015,28(1):4 - 6.

## Calculation and Application of Pipeline Transportation of High Concentration and High Lift Tailings

ZHOU Caixia

(China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China;

Tailings Reservoir Disaster Prevention and Control Technology and Equipment Key Laboratory of

National Mine Safety Supervision Bureau, Beijing 100038, China)

**Abstract:** Most of the high concentration tailings slurry show the characteristics of Bingham body, and most of them belong to the composite flow state. This paper introduced the calculation method suitable for the critical flow rate and friction loss of large proportion and high concentration tailings slurry transportation. On this basis, the critical velocity and friction loss were calculated for an iron ore tailings slurry transportation case with a tailings density of  $3.1 \text{ t/m}^3$ , transportation concentration of 56%, transportation distance of 8 500 m, and transportation height difference of 470 m. The critical velocity of the pipeline under normal conditions is  $2.656 \text{ m/s}$ , and the friction loss is  $0.0385 \text{ mH}_2\text{O/m}$ . After calculation, the steel-rubber composite pipe with an outer diameter of 377 mm and an inner diameter of 329 mm was selected, and four diaphragm pumps with a flow rate of  $320 \text{ m}^3/\text{h}$  and a lift of 15 MPa were used for the conveying pumps. The transportation of tailings slurry shows that the hydraulic elevation line of pipeline operation is less than the maximum allowable hydraulic elevation line; the outlet pressure of the diaphragm pump is less than the rated pressure of the diaphragm pump. The research in this paper can provide reference for similar high-concentration high-lift tailings pipeline transportation projects.

**Key words:** pipeline transportation; high concentration; high lift; critical flow velocity; friction loss