

Optimized Selection of Slurry Pump under Long Distance Conveying Conditions

Rui Sun, Zhiping Zhang

Nanjing Yinmao Lead-Zinc Mining Co. Ltd., Nanjing Jiangsu
Email: jiaopeng613@163.com

Received: Aug. 16th, 2019; accepted: Sep. 3rd, 2019; published: Sep. 10th, 2019

Abstract

Various types of slurry pumps are required for metal ore beneficiation and filling operations. Whether the selection is reasonable or not is directly related to whether the designed slurry transportation requirements and subsequent maintenance workload can be achieved in the actual use process. In this paper, the equivalent pipeline length, pipeline resistance coefficient, clear water head and critical flow rate of mine tailings slurry are calculated, and the slurry pump is re-selected to reduce the existing slurry pump problems such as large wear of overcurrent components and frequent maintenance.

Keywords

Slurry Pump, Selection, Resistance Coefficient along the Path, Clear Water Head

长距离输送条件下的渣浆泵优化选型

孙蕊, 张智平

南京银茂铅锌矿业有限公司, 江苏 南京
Email: jiaopeng613@163.com

收稿日期: 2019年8月16日; 录用日期: 2019年9月3日; 发布日期: 2019年9月10日

摘要

金属矿山选矿和充填作业需要各种类型的渣浆泵, 其选型是否合理直接关系到在实际使用过程中能否达到设计的料浆输送要求以及后续维修工作量。本文分别计算了某矿尾砂料浆输送的当量管路长度、管路

沿程阻力系数、清水扬程及临界流速等参数, 并重新进行渣浆泵的选型, 以减少现有渣浆泵过流部件磨损大、检修频繁等问题。

关键词

渣浆泵, 选型, 沿程阻力系数, 清水扬程

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

某矿山年采选铅锌矿石 35 万吨, 矿区地表为 4A 级风景区、河流及居民区, 矿区地表环境保护严格, 因此矿山采用充填采矿法回采作业, 选矿尾砂全部用于井下全尾砂胶结充填作业, 地表无尾矿库和废石堆场, 是一座典型的“无废开采”矿山。矿山选矿厂依山而建, 选矿后质量浓度约为 25% 左右的尾砂浆液先输送至厂内两个立式砂仓(地表标高 33 m)中静态沉降, 絮凝剂为 PAM。经沉降后的尾砂质量浓度约为 50%, 滤出清水进行再处理后回用于选矿作业, 浓缩的尾砂由渣浆泵通过内径为 90 mm 的钢编复合聚乙烯管输送至距离 1 km 之外的采矿场充填站(砂仓顶部标高 19 m)用于充填作业, 单根管道长度 60 米, 管道接头采用钢管连接。

矿山之前用于输送浓缩尾砂的渣浆泵在运行过程中, 发现现有的 80BZ552G/450G (扬程 81 m) 过流部件磨损大, 检修频繁等问题, 特别是发生过两次严重的堵管事件, 造成较大损失, 因此矿山决定对该渣浆泵进行重新选型。

2. 泵送管道参数

选矿厂立式砂仓底部渣浆泵处地表标高 33.1 m, 管道经 24 米通风井下送至 14 米平硐内, 然后经 14 米平硐输送至采矿场充填站卧式砂仓, 采矿场充填站管道排砂口标高 20 m。管道输送流程及输送长度见图 1:

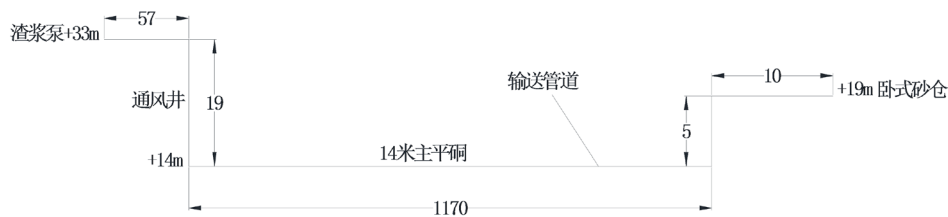


Figure 1. Pumping pipeline delivery flow chart

图 1. 泵送管道输送流程图

矿山已架设的尾砂输送管道为内径 90 mm 的钢编复合管, 壁厚 10 mm, 管道材料为聚乙烯内嵌钢丝网, 耐压 3.0 Mpa, 管道构件数量及泵送当量长度见表 1。

3. 泵送尾砂物理特性

该矿山采用全尾砂进行胶结充填作业, 有关全尾砂特性见表 2 及表 3。

Table 1. Pipe pumping equivalent length table
表 1. 管道泵送当量长度表

序号	名称	数量(个)	当量长度(m)	长度累计(m)
1	管道	1	1261	1261
2	闸阀	2	2	1263
3	弯头	2	6	1269
4	三通	2	20	1289
5	吸入阀	1	40	1329

Table 2. The results of the physical properties test of the tailings
表 2. 全尾砂物理性能测试结果表

材料名称	比重(g/cm ³)	容重(g/cm ³)	孔隙率(%)
全尾砂	2.85	1.63	47.92

Table 3. Full tailings particle size distribution table
表 3. 全尾砂粒径分布表

尾砂粒径(μm)	1	5	10	20	35	50	75	100	200	500
分计比例(%)	3.11	8.06	5.22	7.44	11.81	10.59	13.13	9.05	18.8	12.79
累计比例(%)	3.11	11.17	16.39	23.83	35.64	46.23	59.36	68.41	87.21	100
	$d_{10} = 4.23 \mu\text{m}$		$d_{50} = 56.22 \mu\text{m}$		$d_{90} = 227.97 \mu\text{m}$		$d_{\text{平均}} = 90.65 \mu\text{m}$			

4. 渣浆泵选型的几个关键参数

4.1. 平均流速

根据井下充填进度要求及尾砂在造浆前的沉淀时间要求, 该泵输送尾砂流量要求为 60 m³/h, 则平均流速为:

$$v = \frac{60}{3600S} = \frac{60}{3600 \times 3.14 \times 0.045^2} = 2.62 \text{m/s}$$

4.2. 管径

由于矿山已经架设有钢编复合管道, 管径 D 为 90 mm, 为该矿山通用的充填料输送管道, 为便于设施管理和同意调拨使用, 本次渣浆泵选型中计划对于现有管道利旧使用, 不再重新更换管道。

4.3. 管路沿程阻力系数

渣浆泵选型一般先计算清水输送性能, 再转换为料浆输送性能, 而清水管路沿程阻力系数与管径、流速等参数相关。对于钢管等内表面光滑的管路, 管路沿程阻力系数 f 可根据经验选取 0.019~0.017, 也可根据下式进行计算[1]:

$$f = \frac{1}{\left\{ -2 \log \left[\frac{1.285}{D} + \frac{2.243}{(DV)^{0.9}} \right] + 10 \right\}^2}$$

根据管径及平均流速, 经计算, $f = 0.0188$ 。

5. 渣浆泵的扬程计算

渣浆泵的选型需要先要计算在相同转速和流量条件下泵送清水的扬程 H_m , 再换算为泵送尾砂料浆的扬程 H , 两者之间的比值称为扬程比 H_R , [2]即:

$$H_R = \frac{H_m}{H}$$

清水扬程可根据达西公式计算[3]:

$$H_m = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} + \Delta H$$

式中 L 为管路当量长度, g 为重力加速度, ΔH 为进料口至管路出口的垂直高度, 则对于该矿山充填尾砂渣浆泵的清水扬程:

$$H_m = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} + \Delta H = 0.0188 \times \frac{1329}{0.09} \times \frac{2.62^2}{2 \times 9.8} - 14 = 83.23(\text{m})$$

扬程比 H_R 与输送的尾砂料浆特性特别是体积浓度 C_v 有关, 其可以根据公式计算。但在实际渣浆泵选型中一般根据经验选 $H_R = 0.9$, 则渣浆泵的扬程为:

$$H = 83.23 \times 1.05 / 0.9 = 101.73 \text{ m}, \text{ 取扬程 } 102 \text{ m}.$$

6. 临界沉降流速验算

为防止尾砂浆液在输送中沉降聚集造成堵管事故, 金属矿山尾矿浆输送一般需要验算临界沉降流速, 实际流速小于临界流速时就可能发生尾砂颗粒沉降聚集而造成堵管。临界沉降流速一般采用凯夫公式进行计算[4]:

$$V_L = 1.04 \times D^{0.3} (S_1 - 1)^{0.75} \times \ln\left(\frac{d_{50}}{16}\right) \times \left[\ln\left(\frac{60}{C_v}\right)\right]^{0.13}$$

式中 C_v 为体积浓度, 该矿尾砂密度 2.85 g/cm^3 , 浆体比重 1.63 g/cm^3 , 由此得浆体的体积浓度为:

$$C_v = \frac{1.63 \times 50\%}{2.85} = 28.6\%$$

则根据凯夫公式:

$$\begin{aligned} V_L &= 1.04 \times D^{0.3} (S_1 - 1)^{0.75} \times \ln\left(\frac{d_{50}}{16}\right) \times \left[\ln\left(\frac{60}{C_v}\right)\right]^{0.13} \\ &= 1.04 \times (0.09)^{0.3} \times (2.85 - 1)^{0.75} \times \ln\left(\frac{56.22}{16}\right) \times \left[\ln\left(\frac{60}{28.6}\right)\right]^{0.13} \\ &= 0.97 \text{ m/s} \end{aligned}$$

可见管路平均流速 2.62 m/s 大于 V_L , 尾砂料浆在管路中不会发生沉降。

7. 泵型的确定

根据前述计算, 参照各家可选用一台 80BZ-552/510G 型渣浆泵, 流量 $65 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 104 m , 转速 1480 r/min , 效率 31.2% , 气蚀余量 3.5 m 。

$$\text{轴功率为 } P_1 = \frac{Q \times H \times g}{3600 \times \eta} = \frac{65 \times 104 \times 9.8}{3600 \times 0.312} = 59\%$$

电动机富余系数取 1.1, 则:

$$P = 1.1 \times P_1 \times r = 1.1 \times 59 \times 1.63 = 105.79 \text{kw}$$

所以电机功率选取 110 kw, 电动机型号选 Y315S-4/110kw/380V。

8. 结论

长距离输送选矿尾砂等料浆时, 管路沿程阻力损失是渣浆泵克服的主要损失, 对于管路沿程阻力系数的选择应当加以计算, 并详细计算管路的当量长度, 才能得出正确的扬程要求。

对于渣浆泵而言, 其输送料浆的扬程和清水扬程之间的换算关系主要依靠经验取值。但在较高浓度下进行管道输送, 尾砂浆液和管道壁之间的摩擦力, 也就是管道沿程阻力与低浓度的两相流尾砂浆液的沿程阻力是不同的, 因此在实际选用是应当适当提高扬程要求。

参考文献

- [1] 杨景潮. 关于 ZJ 系列渣浆泵的选型[J]. 通用机械, 2005(9): 64-66.
- [2] 何希杰, 劳学苏, 王联合, 等. 渣浆泵扬程降 HR 经验公式[J]. 排灌机械, 1998(1): 19-21.
- [3] 耿连胜. 渣浆泵的选型与应用[J]. 现代矿业, 2004, 20(2): 42-44.
- [4] 何希杰, 劳学苏. 渣浆泵选型方法探讨[J]. 水泵技术, 1995(6): 29-35.