

大落差浆体输送管道孔板消能研究

白宗玺

中国煤炭科工集团武汉设计研究院 湖北武汉 430061

摘要: 浆体管道在运行时产生的加速流会引起管道磨损、振动、气蚀和噪音等问题, 为了保证浆体管道的安全运行, 一般采取孔板、缩颈、调节阀、跌坎等措施消除多余位能。文中提出了浆体输送管道加速流的判别方法, 分析了常见消能措施的优缺点, 在大落差浆体输送管道上采用孔板消能措施优势明显, 根据孔板消能原理给出了孔板式消能站的设计公式。

关键词: 孔板; 加速流; 浆体输送; 消能

Abstract: The accelerated flow generated by the slurry pipeline during operation will cause problems such as pipeline wear, vibration, cavitation and noise, in order to ensure the safe operation of the slurry pipeline, orifice plate, necking, regulating valve, drop barrier and other measures are generally taken to eliminate excess potential energy. In this paper, the discriminant method of accelerated flow of slurry conveying pipeline is proposed, the advantages and disadvantages of common energy dissipation measures are analyzed, and the design formula of orifice plate energy dissipation station is given according to the principle of orifice plate energy dissipation.

Keywords: orifice plate, accelerated flow, slurry transport, energy dissipation

引言

煤炭、铁精矿等矿产资源及各类尾矿一般通过铁路、水路或公路运输, 相较于传统的运输方式, 固体物料的管道输送具有费用低、安全环保等诸多优点。浆体管道输送技术是将固体物料和水按照要求的粒度级配制备成具有一定浓度和流变性能的固-液混合浆料, 采用主泵逐级加压的方式, 经管道输送至终端用户的一种以水为介质的固体物料运输技术。浆体管道在敷设过程中由于地形的约束,

往往会在较短距离内形成较大落差, 最终导致浆体输送过程中形成加速流, 对浆体管道的安全运行产生严重影响。

1 大落差浆体输送管道的不满流

长距离浆体管道输送过程中, 当管道翻过峰点或顺坡敷设, 由于地形落差原因, 浆体的势能如果大于管壁的沿程阻力, 流速就会在管道内由小到大逐渐增加, 使浆液断面自动收缩并形成不满流, 即加速流。

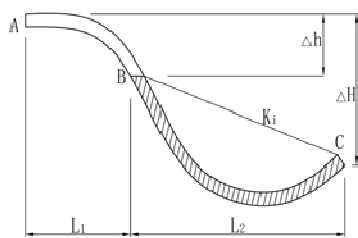


图1 带谷敷设产生加速流示意图

图中: A 为加速流起点, B 为加速流终点, C 落差段的浆管终点, AB 段为加速流管段, BC 为满管段。实际的工程中浆体管道敷设坡度小, 在计算过程中将水平长度视为敷设管长度, L_1 、 h 为加速流管段的长度和高度, L_2 、 H 为满管段的长度和高度, m 、 K_i 为浆体或清水的沿程摩阻, m 浆柱或 m 水柱。

当浆体在管道内满足式 (1) 关系时, 则会产生加速流:

$$\begin{aligned} \Delta H &> K_i(L_1 + L_2) \\ \Delta H - \Delta h &= K_i L_2 > 0 \end{aligned} \quad \text{式 (1)}$$

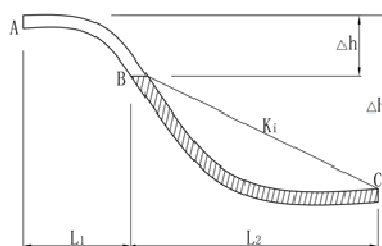


图2 无谷敷设产生加速流示意图

管道的磨损速度与流速的 2~3 次方成正比, 因此不满管段形成的加速流会较快的磨损管壁, 鞍钢集团白马铁精矿管道输送项目的管道规格为 D245 × 7 (8) 的钢橡胶复合管, 运行三年后在 477m 的落差管段经常出现主管磨穿和刺漏, 主要原因就是加速流导致了干线管道的磨损失效^[1]。

加速流会使浆体管道产生噪音, 引起管道振动、气蚀和磨损速度加快, 严重影响浆体管道的安全运行。加速流也会导致加速流的起点形成负压, 如果采取开阀通气, 在浆体管道中会形成气蚀现象。

为了浆体管道的安全运行，必须采取消能措施消除加速流。

2 孔板式消能机理研究

2.1 常见消能方式

常用的消能措施有孔板消能、缩颈消能、跌坎消能、调节阀消能以及组合消能。由于浆体的固相含量高，采用调节阀消能会对阀体和阀芯产生严重磨损，因此浆体管道并不适宜采用调节阀消能。

跌坎消能大多应用在水利工程中，浆体在出口处跌落至消能水池，形成旋涡以及强剪力紊流，使浆体扩散并降低压力。跌坎消能存在空蚀、水力冲刷、固液相分离及冲磨等问题，不利于浆体管道的安全运行^[2]。某浆体管道在调试过程中采用开路运行，1#泵站输送的矿浆至2#泵站时直接进入储浆罐，由于储浆罐中的搅拌器没有开启且来浆仍有余压，这种工况与跌落消能的原理一致。最终2#泵站储浆罐短期内即形成了大量的固相颗粒，因此在浆体消能过程中不宜采用跌落消能，尤其是高浓度、粗颗粒的浆体管道在工程设计中为保证安全不应设计跌落消能。

在干线上设置消能孔板，通过并入或切出孔板可以实现消能值的动态调整，满足不同流量的浆体输送。从经济角度分析，采用增加局部阻力损失的方式要优于增加沿程阻力的方式，因此高落差浆体管道加速流防护措施通常是在管道末端设置孔板站集中消能^[3]。

2.2 孔板式消能机理

孔板消能是采用突然减小管道过流面积，过孔时流体急速收缩然后扩张，在孔板后形成漩涡紊流，产生局部阻力损失消能的设施。孔板由耐磨件、壳体、连接件和法兰等配件组成，工作时浆体直接从耐磨件的中心流过，一般情况下孔径比不能小于0.3，当大于0.5时消能效果也不明显。孔板有单孔、多孔、侧面开孔、中心开孔等多种样式。由于浆体具有磨蚀性强、易沉降堵管等特点，因此国内外高落差浆体管道工程普遍选用中心开孔的单孔板结构，用多级孔板串联消能，使管道始终处于满管流正压输送。

长距离高落差浆体管道采用孔板消能可以在保证安全的前提下降低生产成本，并保证浆体输送系统的稳定运行，具有安全、经济、易操作的优点。

3 孔板式消能站设计

孔板的消能效果受流体特性参数、孔板规格参数和流动特性参数等因素的影响，浆体管道输送系统设置孔板消能措施时，同轴管状孔板消能可按照式2进行消能计算^[4]：

$$\Delta h = k_{QK} Q^2$$

$$k_{QK} = 6.3775 \cdot 10^{-9} \frac{(1 - \beta^2)(1.142 - \beta^2)}{d^4}$$

$$\beta = \frac{d}{D}$$

式(2)

Δh —孔板降压水头 (m水柱)；

k_{QK} —消能系数 (h^2/m^5)；

β —孔板比；

d —内径 (m)。

单个孔板消能可按照式3进行消能计算^[5]：

$$\Delta P = \frac{1}{2} K \rho_m U^2$$

$$K = [0.707 \sqrt{1 - (\frac{d}{D})^2} + 1 - (\frac{d}{D})^2]^2$$

式

ΔP —压降, MPa;

K —消能系数;

d —孔板内径, mm;

D —管道内径, mm。

(3)

4 结论与展望

浆体管道在大落差管段输送时，应首先判断是否会形成加速流，当产生加速流时须采取消能措施。

在管道末端设置孔板站的消能方式具有经济效益好、技术成熟等优点。孔板消能值受多种因素的影响，在消能站设计时应进行水力计算。

参考文献：

- [1]郭明彬. 浅析白马选厂及及坪矿浆输送管道磨损加剧的原因及治理技术措施[A].2017 第二十四届鲁冀晋粤川辽陕京八省(市)金属学会矿业学术交流会议论文集[C], 2017: 8.
- [2]吴智源, 张建蓉, 崔召, 徐庶伟. 跌坎型底流消能工冲击区时均动水压强分布与抗冲磨强度确定[J]. 南水北调与水利科技, 2015, v.13; No.81 (06): 1118-1123.
- [3]陈光国, 郑皓, 唐达生. 高落差复杂地形浆体管道消能方式研究[J]. 矿冶工程, 2017, v.37; No.173 (01): 10-13+17.
- [4]CECS 98-1998, 浆体长距离管道输送工程设计规程[S].
- [5]费祥俊. 浆体与粒状物料输送水力学[M]. 清华大学出版社, 1994: 432

作者简介：白宗玺 (1994-), 研究生，从事浆体管道设计与研究工作。