

浅谈矿浆管道干矿量在线准确计量

刘亚峰¹, 裴斌^{1,2}, 陶志宾¹

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司巴润分公司, 内蒙古 包头 014010;
2. 昆明理工大学, 云南 昆明 650000)

摘要: 文章介绍了一种新型矿浆管道干矿量在线准确计量系统。该系统采用隔膜泵作为矿浆输送动力和矿浆体积测量设备, γ 射线密度计测量矿浆密度, 人工测量铁精矿品位, 通过数学模型准确计算出矿浆中干矿量和返水量; 利用信息化技术自动处理各类数据并将处理结果通过结算报表服务器对外发布。同时设计制造一套在线自动标定系统, 定期对计算值进行标定。

关键词: 干矿计量; 隔膜泵; 标定; 矿浆管道

中图分类号: TD50

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)03-0014-04

Brief Discussions on Accurate Online Measurement of Quantity of Dry Ore in Pulp Pipeline

Liu Ya-feng¹, Pei Bin^{1,2}, Tao Zhi-bin¹

(1. Barun Branch Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd.,
Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;

2. Kunming University of Science and Technology, Kunming 650000, Yunnan, China)

Abstract: In this paper, a new-type accurate online measurement system of quantity of dry ore in pulp pipeline is introduced. The system is with the diaphragm pump as pulp conveying power and measuring equipment of pulp volume, pulp density is measured with γ -densitometer and grade of iron concentrate is with manual measurement, quantities of dry ore and backwater in pulp are calculated accurately with mathematical model; various data are processed automatically with information technology and results are published through the server of settlement report. Meanwhile, an automatic online calibration system is designed and manufactured to calibrate the calculated values regularly.

Key words: measurement of dry ore; diaphragm pump; calibration; pulp pipeline

内蒙古包钢钢联股份有限公司巴润分公司(以下简称巴润分公司)与6个民营选厂合作进行铁精矿带料加工,产出的铁精矿采用公路运输的方式输送到150 km外的包钢厂区。公路运输过程中损耗大,费用高,且冬季无法输送。而管道输送具有连续作业、运行费用低、高差势能利用性强、节能环保等

诸多优点^[1-2]。因此,巴润分公司对民营选厂进行铁精矿矿浆管道输送改造,改造后,巴润分公司的现有铁精矿管道可以实现满管连续输矿,降低水、电、备件消耗;民营选厂可以大幅降低铁精矿运输费用,并减少堆存及公路运输过程中沿途损耗、风耗、扬尘等。由于民营选厂不是包钢(集团)公司下属

单位,管道输送前首先要解决铁精矿计量问题。

1 干矿量计算数学模型

由溶液溶质基本公式推导出矿浆干矿量计算一般公式:

$$M = Q\rho_{\text{测}} C \quad (1)$$

$$M = Q(\rho_{\text{测}} - 1)\rho_{\text{干}} / (\rho_{\text{干}} - 1) \quad (2)$$

式中: M 为干矿量,kg/h; C 为质量浓度,%; Q 为流量, m^3/h ; $\rho_{\text{测}}$ 为浆体密度, kg/m^3 ; $\rho_{\text{干}}$ 为固体颗粒比重。

由于测量固体颗粒比重非常繁琐,且耗时较长,需寻求简便快捷参数替代固体颗粒比重。通过试验对比分析研究固体颗粒比重与品位的关系,绘制关系拟合曲线,见图1,得出品位与固体颗粒比重的回归公式:

$$\rho_{\text{干}} = 0.0405P + 2.1868 \quad (3)$$

式中: $\rho_{\text{干}}$ 为固体颗粒比重; P 为精矿品位,%。

最终得出矿浆干矿量计算公式:

$$M = Q(\rho_{\text{测}} - 1)(0.0405P + 2.1868) / (0.0405P + 1.1868) \quad (4)$$

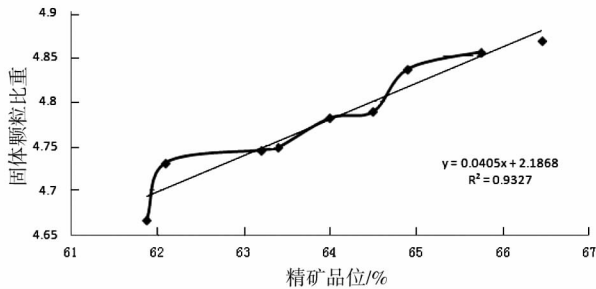


图1 固体颗粒比重与精矿品位拟合曲线

2 矿浆输送及计量方案

根据干矿量计算数学模型,可利用流量计测量流量 Q ,密度计测量浆体密度 $\rho_{\text{测}}$,人工或品位仪测量精矿品位 P 。

流量计有差压式流量计、转子流量计、节流式流量计、细缝流量计、容积流量计、电磁流量计、超声波流量计、声呐流量计等,而在矿浆领域使用较多的是电磁流量计和超声波流量计^[3]。本项目输送的是磁铁矿,磁铁矿脱磁不尽时将影响电磁流量计的准确度,因此不采用电磁流量计。同时,根据厂内其他现场的声呐流量计的实际使用情况,精度最高能达

到 $\pm 2\%$,无法满足计量结算需求。通过技术交流合作,计划引进美国西爵公司(CiDRA)旗下SONARtrac流量监测系统,其理论精度可达到 $\pm 0.3\%$ 。

在矿浆系统中,常见的密度计有 γ 射线式密度计、放射性同位素密度计、差压法密度计、差动浸没浮子式密度计、振动式密度计、电磁感应式密度计、超声波式密度计。实际使用中,精度最高、稳定性最好的当属 γ 射线式密度计和放射性同位素密度计^[4]。本项目选择使用 γ 射线式密度计。

在线矿石品位检测方法主要有3种,分别为X射线荧光光谱法、原子吸收光谱法和激光诱导击穿光谱法。其中X射线荧光光谱法可用于矿浆铁品位检测^[5],其基本原理是:当铁原子和高能 γ 射线发生相互作用时,产生电子对效应的几率远远大于矿石中的其他元素,对湮没辐射和散射光子的混合谱进行解析,得到铁品位值。本项目选择使用X射线荧光光谱法在线品位仪测品位,但后经技术交流发现选矿厂使用的在线品位仪误差较大且设备维护繁琐。最终决定采用每6h人工取样重铬酸钾滴定法测量矿浆铁品位。

一般采用离心泵或隔膜泵作为矿浆输送的动力源。管线距离长、压力高、流量小多采用隔膜泵,而管线距离短、压力低、流量大多采用离心泵。本项目中最大输送距离为1.89km,流量为 $153\text{m}^3/\text{h}$,压力为1.5MPa,一般离心泵即可满足能量要求,但离心泵流量波动大、稳定性低。选择隔膜泵作为矿浆输送主动力源,离心泵作为副动力源。同时,对隔膜泵进行精校,增设冲程电涡流量传感器,将隔膜泵体积流量作为参考值。项目工艺简图见图2。

民营选厂生产的铁精矿经浓缩后,合格浓度的矿浆暂存于搅拌槽中,达到规定量时启动各泵组开始输送。正常情况下,矿浆经喂料泵加压进入隔膜泵,再经隔膜泵加压输送至巴润分矿箱。使用密度计、流量计、品位仪对矿浆进行实时测量。计量系统以隔膜泵体积流量值、密度计测量密度值、品位仪测量品位值计算干矿量。当出现隔膜泵卡阀、隔膜破损、喂料泵泄漏等故障导致主线泵无法运行时,立即切换输水,启动辅线渣浆泵将管道内的矿浆输送至巴润分矿箱。计量系统以流量计测量流量值、密度计测量密度值、品位仪测量品位值计算干矿量。需要进行标定时,矿浆不直接进入分矿箱,而先进入标定池,再进入分矿箱。同时,隔膜泵体积流量值与声

纳流量计显示值同屏显示,同频波动。当两者波动不同步时,说明系统出现故障,此时需尽快停运,查

明故障原因,恢复后继续运行,以此保证系统计量的准确性与可靠性。

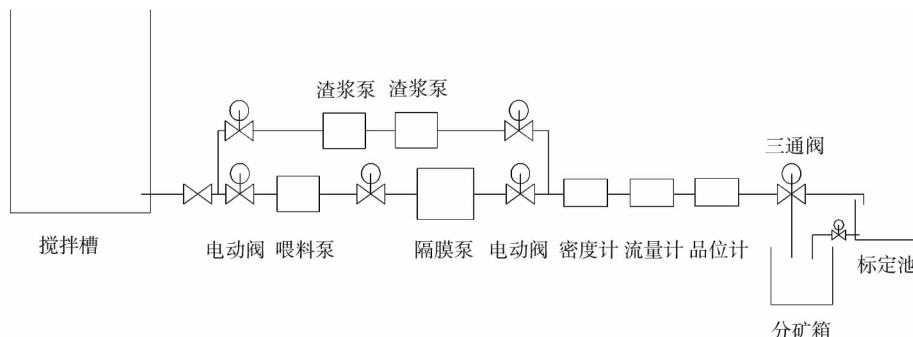


图 2 浆体管道输送计量工艺简图

3 标定方案

为满足溯源管理要求,需要定期对隔膜泵流量进行标定。设计安装自动称重标定系统。其原理是通过电动三通阀将需要进行标定的民营选厂管道切换至标定池,标定池底部装有高精度的称重装置,称重装置测量出一段时间内流入到标定池内水的重量,然后通过密度计测量出水的密度,进而计算出一定时间内水的体积,最后计算出隔膜泵流量。标定系统简图见图 3。

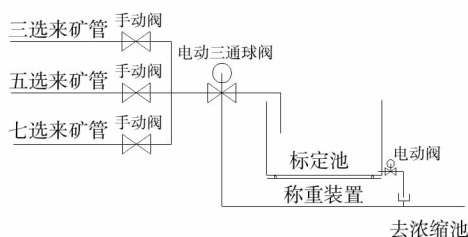


图 3 标定系统简图

标定前需注意检查标定池与管道、标定池拉杆与底座是否存在硬接触,防止称重传感器伸缩受限导致测量不准。标定时需注意各选厂标定时长设置是否正确,防止流量大且时间长导致标定池溢流。标定后需手动开关三通阀一次,防止三通阀后管道存水影响下次标定结果;同时在冬季可避免管道冻结,影响标定系统运行。

4 对比测试

本项目 2019 年投入运行。运行之初,为验证隔

膜泵体积流量值与声纳流量计显示值的偏差情况,在满管流状态下,通过调整泵速观察不同流量下隔膜泵体积流量值与声纳流量计显示值,结果见表 1。

表 1 隔膜泵和声纳流量计体积流量值

泵速 /Hz	隔膜泵 $/(m^3 \cdot h^{-1})$	声纳流量计 $/(m^3 \cdot h^{-1})$	偏差率 /%
50	152.67	154.03	0.891
45	137.23	135.98	-0.911
40	122.19	123.37	0.966
35	106.52	106.81	0.272
30	91.84	91.78	-0.065

从表 1 可看出,声纳流量计显示值与隔膜泵体积流量值基本相当,偏差率小于 1%。但后续运行发现声纳流量计显示值与隔膜泵体积流量值偏差逐渐变大,两者偏差最高能达到 5%。并且当隔膜泵出现故障时,声纳流量计显示值明显减小,而隔膜泵体积流量值基本不变,两者偏差甚至能达到 $20 m^3/h$ 。基于此,岗位人员可以快速判断出隔膜泵故障,从而暂停隔膜泵线路,切换渣浆泵线路。

为保证计量结算准确,要求不定期进行隔膜泵体积流量标定、矿浆密度标定。隔膜泵体积流量利用标定系统进行标定,要求满管状态、不同泵速下测量 3 次,将 3 次测量的平均值与原设定值进行对比。矿浆密度标定要求间隔 2 min 连续 10 次人工取样后用密度壶测量矿浆密度,将 10 次测量的平均值与密度计累计平均值进行对比。具体结果见表 2。

表2 隔膜泵体积流量与密度计密度偏差率统计

%

时间	三选		五选		七选	
	流量偏差率	密度偏差率	流量偏差率	密度偏差率	流量偏差率	密度偏差率
2019年12月	1.47	-0.71	0.76	0.26	0.95	0.51
2020年3月	-0.28	0.24	-0.02	-1.02	-0.01	-0.13
2020年8月	0.73	0.93	0.82	0.12	1.40	-0.14
2021年1月	0.48	1.48	0.70	0.37	0.86	0.26
2021年8月	1.30	-0.78	-0.11	-0.01	0.23	1.23
2021年11月	-0.76	-0.16	0.17	0.11	-0.39	-0.29
2022年2月	0.15	0.55	0.77	0.23	0.34	-0.04

从表2可以看出,隔膜泵体积流量值与密度计密度值整体波动较小,均在1.5%以内。如果误差值超过1%,先检查各标定程序是否有误,再检查系统各泵组管道是否有误,确认无误后调整隔膜泵或密度计设置参数再次标定。若误差不超1%,则标定合格。若误差超过1%,则继续检查调整,直至满足标定要求。

5 结论

(1)隔膜泵体积流量与 γ 射线式密度计的稳定性较高,定期标定校验调整可以满足在线计量需求,偏差率可控制在 $\pm 1\%$ 以内。

(2)通过对浆体单位体积、密度等参数的检测,根据建立的干矿量计量数学模型,可以实现非均质浆体输送在线干矿量准确计量。

参 考 文 献

- [1] 瓦斯普EJ. 固体物料的浆体管道输送[M]. 北京:水力出版社,1980.
- [2] 宁辉栋,孟丽芳. 双向长距离水、铁精矿管道输送及尾矿干堆技术[J]. 金属矿山,2014,43(8):108-110.
- [3] 石强. 关于标准流量计标定工作流量计的探讨[J]. 石油化工自动化,2001,(1):65-66.
- [4] 李浩. 射线式煤粉密度计的现场运行优化方法[J]. 仪器仪表用户,2017,24(3):84-87.
- [5] 葛丁,梁殿印. 基于X射线透射的矿石品位检测方法研究[J]. 有色金属,2019,(4):87-93.
- [6] 李人杰,袁媛,袁晓鸣,等. 包钢22 mm X80 管线钢热轧卷板研制[J]. 包钢科技,2017,43(2):38-40.
- [7] 王志勇,李少坡,李群,等. 经济型X80 管线钢的研制开发[J]. 中国冶金,2016,26(11):64.
- [8] 祝成波,申邦坡. X100 管线钢中奥氏体晶粒长大规律研究[J]. 热加工工艺,2013,42(12):70-72.
- [9] 杨雄,黄利,王美春. 加热温度对X70 钢原始奥氏体晶粒尺寸的影响[J]. 包钢科技,2012,38(3):33-35.
- [10] 彭杰,刘靖,张备,等. 不同加热温度对X80 管线钢第二相粒子固溶及奥氏体晶粒长大的影响[A]//第七届中国钢铁年会论文集[C]. 北京:中国金属学会,2009:2619-2623.
- [11] 张志波,刘清友,张晓兵,等. 加热温度对管线钢奥氏体晶粒尺寸和铌固溶的影响[J]. 钢铁研究学报,2008,20(10):36-39.
- [12] 牛延龙,孙新军,刘清友,等. Cr 对低碳高铌X80 管线钢静态再结晶的影响[J]. 中国冶金,2009,19(10):25.
- [13] 霍洁,刘永长,张旦天,等. 加热速率对X65 级管线钢奥氏体化过程的影响[A]//第十次全国热处理大会论文集[C]. 天津:中国机械工程学会,2011:363-367.

(上接第9页)