

文章编号:1673-0062(2015)02-0047-05

某钼矿全尾砂膏体制备控制系统方案设计

杨仕教, 陈俊霖

(南华大学 核资源工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要:全尾砂膏体充填系统为复杂系统,为制备合格的膏体,对全尾砂胶结料的浓度及灰砂比控制要求极其严格,为此,设计合理的控制系统是制备合格的全尾砂膏体的前提条件.不同的矿山,充填工艺不同,充填材料组成及性能差别也很大,应进行控制系统专题研究与设计.本文通过对黑龙江某钼矿全尾砂膏体充填系统工艺特点及全尾砂膏体性能参数的分析,设计了充填控制系统的目标和结构,即实现对灰砂比和充填料浆浓度的控制,以及采用 DCS 结构.然后进一步对控制系统方案进行了设计,包括采用双闭环比值控制方案,模糊 PID 控制算法等,以便为进一步设计工作提供参考.

关键词:全尾砂膏体充填;DCS;双闭环比值控制;模糊 PID 控制

中图分类号:TD926.4 **文献标识码:**B

Unclassified-tailings Paste for Backfill Mining Control System Design in a Molybdenum Mine

YANG Shi-jiao, CHEN Jun-lin

(School of Nuclear Resources Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: Unclassified-tailings paste filling system is a complex system. It's extremely strict with the requirements of concentration and cement-to-tailings ratio to produce qualified paste, therefore, it is the prerequisite to design an economical and efficacy control system to produce qualified paste. It is necessary to design the control system specially, because the backfilling material composition and the performance difference is big in different mining with diverse backfilling technology. This paper analyzes the process characteristics and the performance parameters of unclassified-tailings paste for backfill mining system in a molybdenum mine of Hei Longjiang at first, then designs the target and the structure of the system, that is, controlling the cement-to-tailings ratio and concentration efficiently, and adop-

收稿日期:2014-09-26

作者简介:杨仕教(1964-),男,湖南浏阳人,南华大学核资源工程学院教授.主要研究方向:充填工艺理论与技术.

ting the DCS structure. Finally we design the scheme of the control system including the dual closed-loop ratio control scheme, the fuzzy PID control algorithm and so on, which is convenient for further design work.

key words: unclassified-tailings paste for backfill mining; DCS; dual closed-loop variable ratio control; Fuzzy-PID

0 引 言

黑龙江某钼矿,投产以来,随着采空区的扩大和矿柱回收的进行,采场上盘围岩和顶板矿石发生冒落、垮塌,并发展至地表,在地表形成面积 10 m×20 m、深约 20~30 m 的塌陷坑,严重威胁矿山生产和矿区生命财产安全,考虑到这些问题,该矿山决定采用全尾砂膏体充填技术对采空区进行充填。

全尾砂膏体充填技术以全尾砂利用和膏体输送为标志,具有地表不脱泥,管道磨损小,井下不离析,接顶容易,充填后强度高等优点,有利于尾矿库和采空区处理,以及矿产资源深部开采^[1-2],这将有利于该矿山开采过程中采空区问题的解决。

全尾砂膏体充填控制系统以各仪器仪表、设备和相关软件为基础,是实现全尾砂膏体充填的重要保障,它一方面反映了充填工艺的要求,另一方面通过控制系统各软硬件的实时可靠运行来保证充填系统的正常进行。同时各矿山尾砂的物理化学性质都不相同,充填工艺也不尽相同,控制系统也体现出相应的差异性,即每个矿山的充填控制系统都不相同,正因为此,对于黑龙江某钼矿,根据其工艺特点和性能参数,对它进行全尾砂膏体充填控制系统设计。

全尾砂膏体充填符合无尾或少尾化矿山开采新政策,对于促进绿色矿山建设和生态文明建设起到重要作用。全尾砂膏体充填控制系统的实施有利于工业自动化控制技术在矿山的运用,通过该矿全尾砂膏体充填系统的实践,总结经验,可为将来矿山全尾砂膏体充填系统的建立起到借鉴作用。

1 全尾砂膏体充填制备系统工艺特点

该矿全尾砂膏体的制备以全尾砂、水泥和水作为充填料,全尾砂经深锥浓密机浓密成高浓度尾砂后,与水泥和水混合,经过二段连续搅拌制浆

工艺制备成全尾砂膏体充填料浆,工艺流程图如图 1。

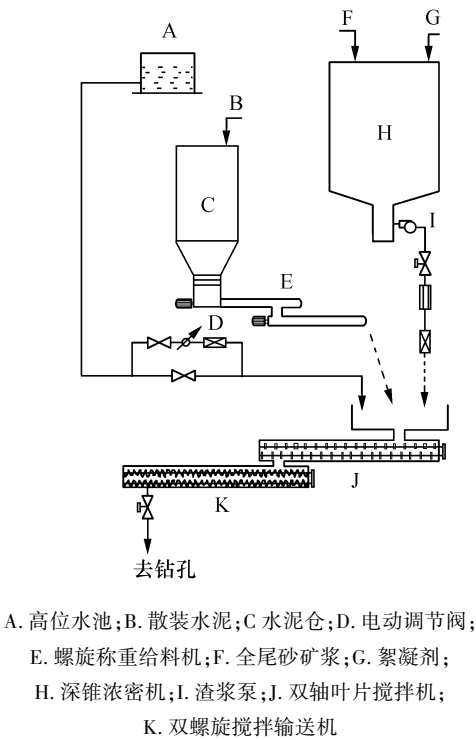


图 1 工艺流程图

Fig. 1 Process flow diagram

该全尾砂膏体充填料浆的制备系统由 5 个子系统组成:

1) 全尾砂脱水供料子系统. 全尾砂脱水供料子系统中,选矿后的全尾砂经过匀化处理,以潜入的方式送到深锥浓密机顶部,并与絮凝剂混合,在水介质中沉降、脱水,再经深锥浓密机底部二次脱水,脱水后的高浓度尾砂贮存在深锥浓密机底部,需要时,通过深锥浓密机底部的渣浆泵,经管道输送到充填站,制备全尾砂膏体,输送管道上安装电磁流量计和核子密度计监测和反馈流量和浓度。

2) 水泥供料子系统. 采用散装水泥供料,立式水泥仓贮料,螺旋称重给料机送料和称重,通过变频器调控电机控制流量。

3) 水供给子系统. 水由高位水池供给, 电动调节阀控制流量, 电磁流量计监测和反馈流量变化.

4) 搅拌制浆子系统. 搅拌制浆采用二段连续搅拌制浆方案, 一段采用双轴叶片式搅拌机初步搅拌, 混合物料和制备料浆; 二段采用双螺旋搅拌机进一步搅拌和活化料浆.

5) 充填料浆质量控制子系统. 充填料浆质量主要由充填料浆的重量浓度来体现, 通过控制灰砂比和水来控制充填料浆质量.

要制备合格的全尾砂膏体, 各子系统要能够根据试验确定的灰砂比, 平稳供应物料. 同时根据井下不同充填区域对充填体强度要求的不同, 需要能够制备不同重量浓度的充填料浆.

2 全尾砂膏体特性参数

2.1 全尾砂膏体流变特性

全尾砂膏体流变特性可以通过塌落度大小来判断和评价, 图 2 是前期全尾砂膏体充填料输送试验测得的不同灰砂比、不同重量浓度 (78%、75%、72%) 下的塌落度试验结果.

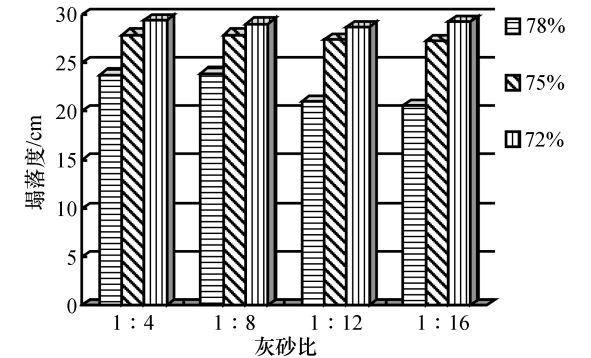


图 2 不同灰砂比不同重量浓度下塌落度对比图

Fig. 1 Contrast figure of different cement-sand ratio and different weight concentration slump

从图 2 可以知道, 充填料浆的塌落度主要由充填料浆的重量浓度决定, 灰砂比对尾砂胶结充填料的塌落度也有影响.

2.2 全尾砂膏体强度特性

全尾砂膏体强度特性可以通过单轴抗压强度的大小来判断和评价, 表 1 是不同灰砂比的试块强度试验数据.

从表 1 可知, 充填料试块的单轴抗压强度与充填料浆重量浓度和灰砂与总体上呈正相关关系.

表 1 全尾砂膏体单轴抗压强度实验结果
Table 1 The experimental data summary of uniaxial compressive strength of unclassified-tailings paste

设计浓度/%	灰砂比	不同龄期强度/MPa			
		3d	7d	14d	28d
78	1: 4	1.82	2.91	3.81	5.74
75		1.51	2.83	3.64	5.42
72		1.31	2.38	3.33	4.64
69		1.19	2.20	3.06	4.35
78	1: 8	0.93	1.55	2.26	/
75		0.91	1.50	1.69	/
72		0.83	1.20	1.40	/
69		0.41	0.72	0.96	/
78	1: 12	0.52	0.78	0.91	/
75		0.45	0.61	0.82	/
72		0.41	0.45	0.73	/
69		0.33	0.41	0.61	/
78	1: 16	0.28	0.44	0.46	/
75		0.27	0.43	0.46	/
72		0.16	0.38	0.38	/
69		0.15	0.29	0.37	/

3 控制系统设计

3.1 控制目标

对于全尾砂膏体充填控制系统, 要求各物料能够按照充填要求平稳供料, 保证各充填物料配比稳定. 当物料浓度出现明显波动的时候, 控制系统能够按照控制规律及时进行调整, 使系统能在最短时间内恢复到正常状态, 保证充填工作能继续进行. 同时根据采空区和底板充填后所需要强度不同的要求, 要能够以不同的灰砂比进行控制, 以减少水泥用量, 节约成本.

3.2 系统结构

该控制系统采用分布式控制系统 (Distributed Control System) 结构, 以实现分散控制, 集中管理^[3]. 控制系统的硬件组成包括上位机操作监控部分, 下位机数据采集与控制部分及流量、浓度的检测部分. 控制系统上位计算机操作站负责对所有工艺状况的集中监视和控制, 并分析和记录所有工艺参数的状况和趋势. 现场采集信号和系统控制输出通过信号线缆在控制单元 I/O 模块与一次仪表或执行器 (电动调节阀) 之间连接, 硬件结构见图 3. 上位机与主站 S7-300 之间通过工业以太网连接, 控制主站与从站以及主要与各现场仪器仪表通过现场总线 Profibus-DP^[4] 相连.

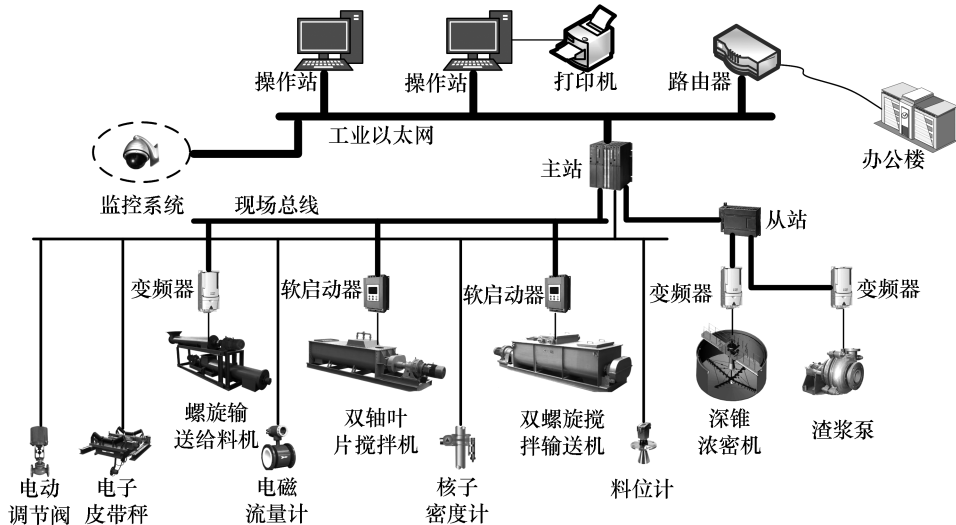


图 3 硬件结构图

Fig.3 Structure of hardware

3.3 控制方案设计

通过前面的全尾砂膏体充填工艺简介及其工艺特性参数的分析,可以知道重量浓度和灰砂比对充填效果有重要影响,是控制系统设计主要考虑的两个参数.在全尾砂膏体充填料制备过程中,各物料以前期试验所确定的比例添加到搅拌制浆系统进行搅拌制浆.同时在膏体制备过程中要求能够根据井下充填需求的不同可以制备不同灰砂比的料浆,以实现生产效益最大化.出于这样的特点,主体控制方案采用双闭环比值控制方式,比值系数通过控制系统参数设定和修改.

3.3.1 双闭环比值控制方案

双闭环比值控制系统是由一个定值控制的主动量控制回路和一个跟随主动量变化的从动量随动控制回路组成,通过主动量控制回路能克服主动量干扰,实现对主动量的定值控制;通过从动量控制回路抑制作用于从动量回路的干扰,从而使主、从动量均比较稳定,能保持在一定的比值,使总物料量保持稳定^[5].双闭环比值控制系统常用于负荷变化或总的物料变化比较平稳的工业生产过程,结合该矿全尾砂膏体充填工艺特点和全尾砂膏体特性参数,可以采用双闭环比值控制系统(控制结构框图见图 4).其中尾砂流量控制回路作为主动量控制回路,水泥流量控制回路作为从动量控制回路,比值计算在 DCS 中实现^[6],并可以通过改变比值系数,从而采用不同的灰砂比,满足不同充填需求.

在稳定的状态下,尾砂量与水泥量为给定的比例关系.当干扰作用于水泥调节回路时,则由该

回路克服而不会影响尾砂浆的调节回路.如果干扰出现在尾砂调节回路,则一方面通过调节作用使尾砂浆量向给定值靠拢,同时结合监测到的流量值和浓度值,来修改控制器输入参数,以保持在尾砂量变动情况下,水泥量与尾砂量仍然保持给定的比值关系.

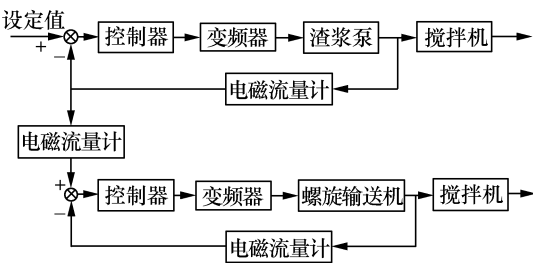


图 4 双闭环比值控制系统示意图

Fig.4 Schematic diagram of dual closed-loop variable ratio control system

3.3.2 料浆重量浓度控制回路设计

充填料浆重量浓度与三种物料的配比有关,在灰砂比控制稳定时,水对浓度有直接影响,同时也是比较容易控制的变量,通过对水的调节来实现对浓度的控制既降低了控制系统的耦合性,也比调节灰砂比更加经济可行,料浆浓度控制示意图见图 5.

在料浆浓度控制回路中,由核子密度监测料浆浓度,电磁流量计监测流量,监测值和初始设定值进行比较计算后,再将结果送到控制器,当浓度偏高或偏低时,控制器发送信号给电动调节阀,使

电动调节阀相应开大和或关小,从而使料浆浓度能回在合理范围,保证充填质量。

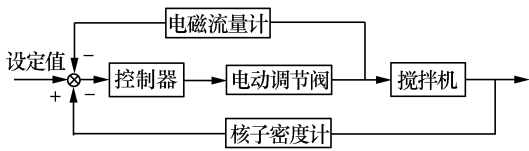


图 5 料浆浓度控制示意图

Fig. 5 Schematic diagram of filling material concentration control

3.3.3 控制器控制算法

在全尾砂膏体充填控制系统中,深锥浓密机脱水供料,物料的长距离输送和搅拌制浆过程等都表现出复杂性、非线性和时变性的特点,对此常规 PID 控制难以获得良好的控制效果,模糊控制不要求被控对象精确的数学模型且适应性强^[7],模糊 PID 控制器既具有模糊控制灵活而适应性强的优点,又具有常规 PID 控制精度高的特点,在工业控制中得到广泛的应用^[8-10]。在该全尾砂膏体充填控制系统中,尾砂流量、水泥流量和充填料浆浓度控制过程控制器均采用模糊 PID 控制器。模糊 PID 控制器在 DCS 可以实现^[11-12],模糊 PID 控制器结构如图 6 所示。

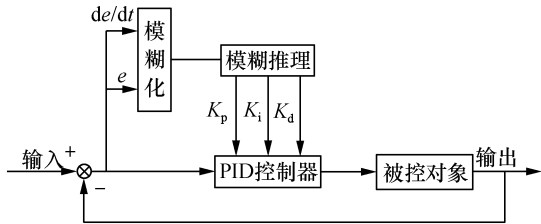


图 6 模糊 PID 控制器结构图

Fig. 6 Fuzzy-PID controller structure diagram

图 6 中采用的是双输入三输出的二维模糊控制器,能根据 PID 控制器的三个参数与偏差 e 和偏差的变化 ec 之间的模糊关系,在运行时不断检测 e 及 ec ,通过事先确定的关系,利用模糊推理的方法,在线修改 PID 控制器的三个参数,让 PID 参数自整定^[13],提高控制效果。

4 结束语

针对黑龙江某钼矿全尾砂膏体充填的工艺特

点和全尾砂膏体的特性参数,构建了分布式控制系统。针对灰砂比这一参数特性,采用了双闭环比值控制方法,通过调节水来实现对料浆浓度的控制,降低了系统耦合性。系统中控制器均采用模糊 PID 控制器,在 DCS 中,通过配置相关模块和软件,以及内部编程,可以实现模糊 PID 控制,这也是进一步工作的重点。

参考文献:

[1] 郭利杰,余斌. 中国金属矿山充填技术与装备的现在和未来[J]. 采矿技术,2011,11(3):12-14,37.

[2] Daemen J J K, Akgün H. Mining solid wastes[J]. Encyclopedia of Sustainability Science and Technology,2012: 6665-6688.

[3] 程武山. 分布式控制技术及其应用[M]. 北京:科学出版社,2008.

[4] Chen Y, Shi X. A real-time communication solution based on PROFIBUS[C]//Advanced Intelligence and Awareness Internet (AIAI 2011), 2011 International Conference on. IET,2011:288-292.

[5] 俞金寿. 工业过程先进控制技术[M]. 上海:华东理工大学出版社,2008.

[6] 王群. 己二醇/精对苯二甲酸比值控制的实施策略[J]. 石油化工自动化,2013,49(5):76-77,82.

[7] Precup R E, Hellendoorn H. A survey on industrial applications of fuzzy control [J]. Computers in Industry, 2011,62(3):213-226.

[8] 杨世勇,徐国林. 模糊控制与 PID 控制对比及其复合控制[J]. 自动化技术与应用,2011,30(11):21-25.

[9] 程恒. 模糊 PID 控制技术在磨矿系统中的应用[J]. 矿山机械,2010,38(3):76-79.

[10] Shi D Q, Gao G L, Gao Z W, et al. Application of expert fuzzy PID method for temperature control of heating furnace[J]. Procedia Engineering,2012,29:257-261.

[11] 吴杰,汤伟. 基于 OPC 和 MATLAB 的模糊 PID 在 DCS 中的应用[J]. 计算机测量与控制,2010,18(10):2275-2277.

[12] 闫晓凯. 一种基于 OPC 的 Delphi 程序与 PLC 通讯的实现方法[J]. 工业控制计算机,2011,24(11):46-47,49.

[13] 赵永娟,孙华东. 基于 Matlab 的模糊 PID 控制器的设计和仿真[J]. 微计算机信息,2009,25(1):48-49,40.