

铜矿充填技术的发展与应用实践

田长林

江西铜业股份有限公司武山铜矿 江西瑞昌

【摘要】矿产资源在时代进步以及社会经济发展过程中发挥出了不可替代的作用，随着我国工业化改革的不断深入，工业生产中发展资源的需求量越来越大，矿井开采的深度和规模都在不断增加，在此情形下矿井开采的安全系数要在不断下降，而充填技术的应用和发展能够从某种程度上为矿井开采提供安全保障，而且也能实现矿井开采效率的有效提升，本文将重点针对铜矿开采过程中充填采矿技术的实践和应用进行探讨。

【关键词】铜矿；充填技术；实践

Development and application practice of copper mine filling technology

Changlin Tian

Jiangxi Copper Co., Ltd. Wushan Copper Mine Jiangxi Ruichang

【Abstract】 Mineral resources have played an irreplaceable role in the progress of the times and in the process of social and economic development. With the continuous deepening of my country's industrialization reform, the demand for development resources in industrial production is increasing, and the depth and scale of mine mining In this case, the safety factor of mine mining will continue to decline, and the application and development of filling technology can provide safety guarantee for mine mining to some extent, and can also achieve effective improvement of mine mining efficiency. This article will focus on the practice and application of filling mining technology in the process of copper mining.

【Keywords】 Copper mine; Filling technology; Practice

引言

我国某铜矿始建于 1958 年，在 2002 年经过改制之后成为了国有控股公司，目前该铜矿的年生产能力能够达到 30 万吨。该矿产在近几年的发展过程中始终坚持资源综合利用原则，在矿山开采的生产布局优化方面积极摸索，对于矿产资源进行综合利用，尤其是针对尾砂综合利用加强研究。

1 某铜矿充填特点及关键技术

某铜矿全尾砂体现出来的粘性大、含硫量高、颗粒极细等一些特征，根据该公司开展的实验发现，该矿山中的全尾砂有将近 40% 的颗粒直径出在 20 μ m 的范围内，而且其中的蛇纹岩、泥性物质含量非常大，且具备较大粘性，而且矿山本身就存在温度高、含硫量高、应力大等一些特征，使得其开采难度相对较大，尾矿含硫量甚至能够达到 3%^[1]。鉴于上述特征，为了充分满足矿山开采的工艺和生产能

力等相关指标要求，充填站必须要制备出高品质、高强度的料浆。

该公司联合国内部分科研院所经过多年的技术攻关后成功攻克了全尾砂功能都连续充填技术难关，该技术主要是利用全尾砂与胶凝材料进行活化搅拌，通过这种方式将高浓度浆液输送到充填采场。这项技术攻关彻底突破了传统充填技术的局限，构建起了一种立式沙仓流态化全尾砂高浓度连续充填作业体系，目前该技术在实际的利用过程中单套系统能够达到 2500m³/d 以上的充填能力，重点浓度平均能够超过 73%，在铜矿充填中的应用实际成本仅仅为 44 元/m³。

在多年的科研攻关以及生产实践过程中该矿山已经逐步形成了，相对比较完整的充填技术工艺，也构建起了以挤压助流技术为主体的理论体系，其技术优势体现在以下几个方面：

(1) 该技术体系全面综合了全尾砂浓缩、储存以及充填, 与我国所有地产的环保要求完全相符, 而且整个生产过程完全能够实现自动化, 全尾砂制备的各项技术指标已经达到国际领先水平^[2]。

(2) 全尾砂充填体系能够充分体现出强度大、浓度高等特征, 能够在全尾砂和分级尾砂浓缩中完全适用, 对于各种高浓度尾砂充填都能够给予满足, 使之在一些情况下也能够满足膏体充填但实际需求; 在矿井生产过程中完全可以实现少脱水, 甚至在一些情况下可以实现不脱水, 使得矿井生产作业环境得到有效改善, 也能够极大的削减排泥成本。

(3) 在该技术体系下为沙溢流浓度相对较低, 因此能够直接进行排放。

(4) 在自动化控制模式下, 能够有效降低井下作业人员的劳动强度。

2 某铜矿全尾砂充填技术理论体系

2.1 料浆浓度和胶结体强度受尾矿特性影响

在进行全尾砂沉降和制备的过程中尾砂料浆的容重、粒径、孔隙率等物化性质属于重要的影响因素^[3]。条件相同的情况下, 粒度相对较大的尾砂会按照终端速度快速下沉, 而粒度相对较细的下降速度相对缓慢; 粒度相对较细的通常情况下会应用在膏体的制备过程中。在立式砂仓中由于粗粒级尾砂具有较大的空隙率, 因此非常容易产生贯穿漏斗, 在这种情况下就会出现上部水体不断下流的现象, 从而对尾矿浓度产生影响。而细粒级尾矿通常情况下具有较大的稠度, 因此很难形成贯穿水流, 因此通常将其利用在膏体制备的过程中。但需要注意的是, 膏体并不代表浓度高。

在膏体制备答案过程中集配选择非常重要。采取多砂仓进料的作业状况下很容易在尾砂管道中产生分级现象, 在此情况下膏体制备的浓度也会相对较大。这样就能够实现膏体浓度的有效提升^[4]。

2.2 制备絮凝剂技术要点

从大量的试验可以发现, 全尾矿及配在添加絮凝剂之后可以得到有效改善, 而且尾矿的密实性也能得到进一步强化; 与此同时, 添加絮凝剂之后可以在管壁上形成一层润滑层, 从而可以使管道输送料浆的阻力进一步下降, 在此情形下有助于自流输送的形成。根据相关研究发现, 絮凝剂的添加量与尾砂线性沉降速度之间呈现出线性正比例关系, 但是其与尾砂浓度呈现出线性反比例关系。尾砂料浆

中的成分非常复杂, 因此实际采取的沉降处理方式也会存在较大差异, 在工程设计中通常情况下会利用过滤法、沉淀和混凝等几种方法来实现沉降浓缩。

进料速度在达到 30% 以上的情况下, 进料尾砂浓度的不断增加会导致线性成长速度下降, 沉降时间会相应增加, 在此情况下不同颗粒间会形成较大干扰。针对这种情况, 必须要采取合理方式来稀释料浆, 这样就能够使训练机的成像效果得到进一步提升, 同时也可以对于絮凝剂添加量进行控制, 从而使制备成本得到有效削减。

2.3 高质量充填关键点

立式砂仓溢流过程中通过有效延长沉降路线能够达到澄清的效果, 这也是连续高质量充填的关键所在。在进行充填作业过程中, 立式砂仓由于会受到单位面积的限制, 要想在纱窗中实现极细粒级的尾砂的全部成交, 并充分保证溢流水澄清, 就必须让丞相路线有效延长, 这也充分说明尾矿的承建路径与溢流水是否澄清存在直接关联。通过大量试验可以发现, 在静态沉降实现的过程中环流阻尼技术属于一种重要措施。通常情况下在矿井开采过程中会利用泵或自流方式让砂浆最终进入到立式砂仓, 在此过程中砂浆会具有一定的能量和初速度, 因此必须要对进入沙仓前的料浆进行预处理才能够让其出现快速成交。因此必须要让砂浆的动能尽可能消耗, 这样才能将颗粒间存在的干扰现象控制在最低程度, 这样就可以达到静态沉降效果。鉴于这种状况, 在沙仓沉降的过程中必须要人为创造若干个曲线路径或者是障碍, 这样就可以让砂浆动能得到有效消耗。与此同时, 在料浆中添加虚拟机之后也需要通过一定的反应时间才能够让沉降速度加快, 而这一效果的实现也需要通过延长沉降路径来进行解决。下图 1 是立式砂仓的沉降结构图。

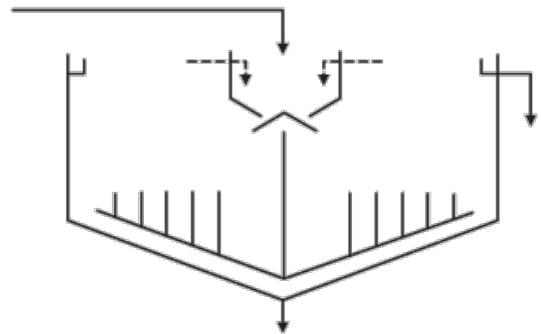


图 1 立式砂仓沉降结构

2.4 自动化控制是全尾矿高质量连续充填的主要技术支撑

要想真正实现全尾矿高质量连续充填必须要同时得到软硬件的有效支持。这里所指的硬件是各类阀门、仪表以及管理体系，而软件则主要指的是充填时空的操作技术以及控制技术。对于高浓度放砂过程来说其本身属于一个动载荷和静载荷共同产生作用的过程，而且在此过程中仓内尾砂压力场也会时刻处在动态变化过程中，因此需要通过在线方式对应力场的变化进行及时检测，在这种情况下必须要借助于自动化控制技术才能够实现连续高浓度放砂。连续充填体现出了进出平衡、工况稳定、多点絮凝、变频调速等一些特征，以下为其几个关键的控制要素。

(1) 合理选择阀门和仪表非常关键。在自动化控制环节中选用的都是电动控制阀门，但是目前市场上存在球阀、闸板阀以及管夹阀等多种电动阀门，而鉴于立式砂仓内部的料浆存在较大压力，因此在放砂作业过程中必然会严重磨损阀体；对于球阀来说其阀体和阀芯之间的间隙相对较小，因此容易出现抱闸等现象；管夹阀具有操作灵活等一些特征，且容易更换。因此通常情况下都会利用耐磨管夹阀来实现充填自动化控制。在见面仪表选择方面通常有重锤、超声波等相关仪表，但在工况条件下料浆中会存在大量的漂浮物、泡沫和波浪等，超声波洁面仪在应用过程中容易出现信息反馈失真等现象，因此通常会选择重锤料位计来进行充填自动化控制^[5]。

(2) 在连续充填过程中流量计发挥着重要作用。在连续充填作业过程中为了提高浓度通常都会选择提升砂位来实现；但是也可以通过流量调节方式对于浓度进行控制。当尾砂浓度突然出现快速下降是，而且压缩区中出现了贯穿水流，此时可以通过对流量进行控制来充分保障压缩区尾砂的压缩时间充足，这样就可以使浓度得到进一步提升。

(3) 在选择泵这方面应该尽可能选择节能型泵，而变频泵则属于一种重要的节能泵。变频泵在实际的利用过程中可以根据料位高低来实现频率的及时调整，这样就可以让料位稳定在理想位置。

3 某铜矿充填施工需改进之处

该铜矿矿山在全尾连续充填作业实践中发现，

以下几个方面仍然需要进行不断改进：

(1) 在连续充填作业过程中深孔垂直管路终端存在较大磨损。之所以出现这一现象是因为料浆本身具备一定能量形成模式，此外充填尾砂以及管材性质也属于重要影响因素，此外从大量的实践中发现，在铺设垂直管路过程中如果垂直度不能达到一定标准也会造成某种现象出现。目前该矿山针对管壁磨料对料浆充填堵管方面采取的预防性措施仍然存在不足之处，因此在连续充填过程中仍然会发生堵管现象。

(2) 在后续的科研攻关过程中仍然需要进一步完善 500m 以上充填钻孔磨损问题，在充填作业过程中很难实现满管流，这也是当前急需解决的一个问题之一。

(3) 目前该矿山针对立式砂仓压力场的控制并没达到预期效果，在作业过程中经常会出现较大的流量波动，因此必须要在后续进一步完善挤压主流技术体系。

4 结束语

总而言之，在铜矿矿山开采过程中充填技术的应用当前仍然处在深入到摸索阶段，虽然新型絮凝剂在改进方面已经取得了一定成果，但是在矿山后续作业过程中仍然需要针对堵管、立式砂仓压力场控制等相关问题进行不断完善。

参考文献

- [1] 张兵,王勇,吴爱祥,胡国斌,王洪江,王贻明,郑学敏.谦比希铜矿东南矿体大流量膏体自流充填技术及应用[J].采矿技术,2021,21(01):160-163.DOI:10.13828/j.cnki.ckjs.2021.01.046.
- [2] 周强,于先坤.冬瓜山铜矿充填技术的发展与应用实践[J].现代矿业,2019,35(08):76-79.
- [3] 杨清平,王勇,王贻明,韩振雁,王志会.谦比希铜矿膏体充填关键技术及效益分析[J].现代矿业,2018,34(10):25-28+42.
- [4] 康瑞海,王旭,仵锋锋,彭亮.紫金山金铜矿全尾砂胶结充填技术研究与应用[J].矿业研究与开发,2018,38(03):20-24.DOI:10.13827/j.cnki.kyyk.2018.03.005.
- [5] 许文远,郭利杰,杨小聪.安庆铜矿不同颗粒级配尾砂优化组合膏体充填技术[J].金属矿山,2018(01):16-20.DOI:10.13827/j.cnki.kyyk.2018.01.005.

0.19614/j.cnki.jsks.201801003.

收稿日期: 2022 年 3 月 9 日

出刊日期: 2022 年 5 月 12 日

引用本文: 田长林, 铜矿充填技术的发展与应用实践[J]. 工程学研究, 2022, 1(1): 71-74

DOI: 10.12208/j.jer.20220017

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS