

全尾砂胶结充填系统在锡铁山 铅锌矿的应用

Application of full tailing cemented filling system for Xitieshan lead-zinc mine

朱明, 刘吉祥, 李书昌, 刘友龙(兰州有色冶金设计研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要:为保证矿山生产安全,提高资源利用水平、延长尾矿库使用年限,设计并建成了一套全尾砂胶结充填系统。系统运行多年来,充填能力、料浆浓度、充填体强度满足设计要求,生产技术指标稳定。全尾砂胶结充填系统在锡铁山铅锌矿的成功应用,为锡铁山铅锌矿安全生产提供了关键技术支撑,也为我国类似大型有色矿山绿色、安全、高效、经济开采提供了有益参考。
关键词:全尾砂胶结充填; 采矿方法; 深锥浓密机; 自流输送

Abstract:To ensure the safety of mine production, improve the level of resource utilization and extend the service life of the tailings pond, a full tailing cemented filling system is designed and constructed. Since the system has been put into use for many years, the filling capacity, slurry concentration and filling body strength meet the design requirements, the filling capacity, slurry concentration and filling body strength meet the design requirements, the technological specifications are stable. The successful application of the full tailings cemented filling system in Xitieshan lead-zinc mine has provided key technical support for the safe production of Xitieshan lead-zinc mine, and it has also provided benefits for the green, safe, efficient and economic mining of similar large-scale nonferrous mines in China.

Key words: full tailing cemented filling system; mining method; deep cone thicken; gravity transportation

1 前言

锡铁山铅锌矿位于青海省海西州大柴旦行委锡铁山镇,现生产规模为4 000 t/d,采用平硐+竖井+斜坡道联合开拓,分段空场法开采。随着生产的进行及开采深度的增加,矿山遇到深部围岩条件变差、空区较难及时处理、保安矿柱难以回收、矿石贫化损失严重、现有尾矿库容积不足等一些列问题。为确保生产作业安全,充分回收矿产资源,践行绿色发展理念,创造更好的经济效益,矿山决定将原空场采矿法变更为充填采矿法,并建设了相应的充填系统以满足矿山整体生产需要。本文对该充填系统的设计及在矿山的应用情况做简要介绍。

2 充填系统设计

2.1 充填采矿方法

矿体赋存于下盘大理岩与上盘绿泥石英片岩之间或赋存于大理岩、绿泥石英片岩之中,形态为层状、似层状与透镜状,倾角为 $25^{\circ} \sim 88^{\circ}$,厚度为1.0~108.0 m。矿石、大理岩稳定性较好,绿泥石英片岩在遇水或构造复杂部位其稳定性较差,除混合井和主斜坡道需要保护外,地表允许陷落,水文地质条件简单。经综合比选,对过渡衔接期间已做好采切工程且赋存于大理岩中的矿块,按原

文章编号:

1672-609X(2021)02-0009-04

中图分类号: TD853.34

文献标志码: A

作者简介: 朱明(1987-),男,江西南昌人,高级工程师,硕士,主要从事矿山咨询与设计工作。

分段空场法开采,并适当加大矿柱尺寸;对赋存于绿片岩中,地质品位大于开采临界品位的中厚矿体,采用小分段空场嗣后充填法进行开采,个别极其破碎区域采用上向进路充填采矿法进行开采。

2.2 充填材料

锡铁山铅锌矿选厂尾砂年产量约 80×10^4 t/a,尾砂浓度 20%,经充填试验确认,其中 -200 目含量占 47%,颗粒较粗,颗粒均匀度系数为 26.51,尾砂的粒级分布较好,自然沉降极限浓度最大为 66.7%,属于较理想的充填材料。根据厂区内物资供应条件,胶凝材料选用昆仑山 42.5 普通硅酸盐水泥。

2.3 充填试验

1) 坍落度试验

尾砂充填料浆浓度为 72% 以下时,流动性能较好;当料浆浓度在 68% 以上时,料浆的和易性较好,保水性能良好,不易分层离析,利于输送。

2) L 型管道输送模拟试验

当尾砂料浆浓度 $\geq 74\%$ 时料浆的屈服剪切应力和黏性系数较大,相应的输送阻力较大,难以实现自流输送,而当料浆浓度低至 72% 时,料浆的剪切应力及黏性系数急剧降低,有利于实现自流输送。

结合坍落度和 L 型管道输送模拟试验成果,推荐矿山充填重量浓度为 70% ~ 72%。

3) 充填材料强度试验

根据充填配比试验结果,推荐配比参数如下:

①打底或胶面:灰砂比为 1:5,浓度 70% ~ 72%,7 天充填体强度 ≥ 1.0 MPa;

②一步采矿柱:灰砂比为 1:6,浓度 70% ~ 72%,7 天充填体强度 ≥ 0.6 MPa;

③二步采矿房充填及嗣后充填:灰砂比为 1:12 ~ 1:15,浓度 70% ~ 72%,7 天充填体强度 ≥ 0.3 MPa。

2.4 充填工艺及参数

1) 充填工艺

目前,国内矿山应用较为广泛的胶结充填工艺主要为分级尾砂充填及全尾砂充填工艺^[1]。由于矿山尾矿库需采用尾砂筑坝,若采用分级尾砂充填,排入尾矿库的细粒级尾砂不利于筑坝安全。根据充填试验结果,全尾砂粒级分布满足充填要求,因此设计采用全尾砂胶结充填工艺。该工艺具有尾砂利用率高、料浆浓度高、均匀性和流动性好、充填成本相对较低等突出优点^[2]。

2) 系统参数

设计充填处理矿量为 100×10^4 t/a,矿石密度为 3.5 t/m³,日均充填体积 866 m³/d,按采充比 1.0、沉缩比 1.15、充填料流失系数 1.05 计算^[3],则日平均充填量为 1045 m³/d,考虑到部分已有采空区的处理需要,充填不均衡系数取 1.2,设计充填能力为 1255 m³/d。

充填系统年工作 330 d,每天工作 12 h,结合上述试验及计算结果,设计采用一套充填制备系统,其具体参数如下:料浆制备与输送能力设定为 $100 \sim 120$ m³/h,充填料浆浓度为 70% ~ 72%。

根据充填配比试验推荐参数,矿山采用灰砂比为 1:5 ~ 1:15。矿山日平均充填量为 1045 m³/d,日均消耗水泥 135.2 t,尾砂 1325.7 t。全尾砂年均消耗量为 43.7×10^4 t,占尾矿排放量的 54.5%。

2.5 充填系统

1) 尾砂浓密系统

国内外大中型尾砂充填矿山一般采用立式砂仓方案或深锥浓密机方案^[4]。当采用全尾砂充填时,由于尾砂中含有大量细颗粒,使用立式砂仓将影响浓缩沉降效果,放砂浓度较难控制;而采用深锥浓密机浓密可实现连续放浆,底流浓度达 70% 以上,溢流水含固量 ≤ 300 ppm,可直接回水至生产系统再次使用,具有放砂浓度稳定、沉砂效率高、设备维护费用低、项目建设周期短等突出优点。随着国内高效浓密机自主研发、生产能力的提高,高效浓密设备价格不再高不可攀,深锥浓密机在矿山充填中应用日趋成熟^[5]。两种浓缩方式投资比较见表 1,可以看出,深锥浓密机方案较立式砂仓方案节省约 267 万元。锡铁山铅锌矿充填能力大,要求的充填凝固时间短,更适宜采用放砂浓度高、性能稳定,技术先进,经济合理的深锥浓密机尾砂浓缩方案。充填工艺流程如图 1 所示。

根据类似矿山数据,浓密机设计选取单位面积处理量为 $0.5 \sim 1.0$ t/h·m²。当全天连续充填低强度充填体料浆时,浓密机处理量最大,最大尾砂处理量为 56.4 t/h(干重,浓密设备按 24 h 连续运转考虑),需处理面积 112 m²左右,计算浓密机直径约为 12 m。设计选用 NGT-12 型深锥膏体浓密机,该浓密机可以连续储料,并设多个放砂口,分别接至事故池、搅拌系统和剪切泵内部循环系统。

尾砂具体浓密及输送流程:在选厂 20% 浓度全尾砂经柱塞泵泵送至深锥浓密机的同时,向机内添

表 1 两种浓缩方式投资比较表

序号	项目名称	深锥浓密机方案			立式砂仓方案		
		数量	单价/万元	价格/万元	数量	单价/万元	价格/万元
1	立式砂仓及基础				2	325.00	650.00
2	深锥浓密机	1台	450.00	450.00			
3	旋流器机组				4	16.00	64.00
4	风水造浆系统				2套	13.00	26.00
5	料位计	1台	6.84	6.84	2台	6.84	13.68
6	保温间	270 m ²	0.65	175.50	325 m ²	0.33	105.63
7	控制系统			190.00			230.00
8	合计			822.00			1 089.00
	差值			0			267.00

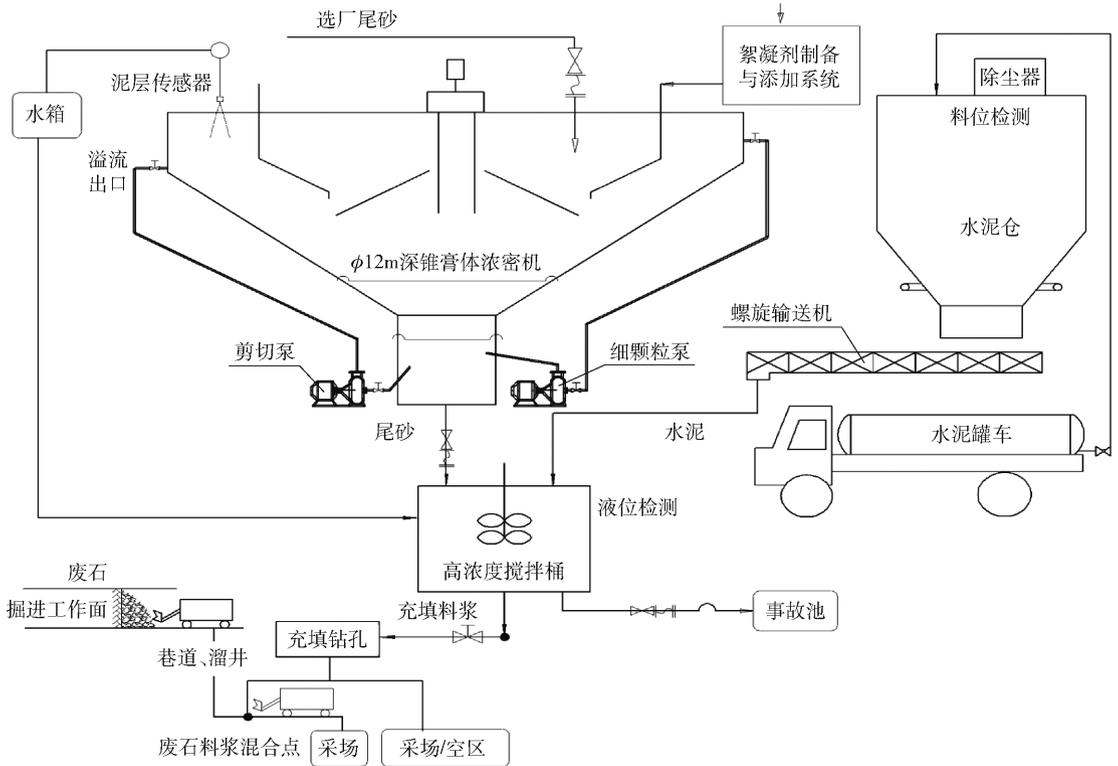


图 1 充填工艺流程图

加絮凝剂。机内排出的溢流水自流至充填站供水水箱,多余的溢流水返回选厂处理利用。尾砂经动态沉降后得到高浓度浆体,计量控制后,由锥体下面的放砂口放出,经管路排入搅拌桶。

2) 胶凝材料存储设备与输送系统

系统每天平均水泥用量为 135.2 t/d。经计算,需水泥仓 1 座,直径 6 m,高 13.5 m。水泥仓容量 473 t,满足 3~4 d 的水泥用量,仓体为钢板结构,板厚 12 mm,满足连续充填 42 h 的需要。水泥仓购置

成品设备,由厂家现场拼装,附近配备移动式空压机一台,作为散装水泥输送备用气源。仓底设 TGG25S 型双管螺旋输送机,其流量范围为 2~22.4 t/h,计量设备选用 TGG35 单管螺旋,流量范围为 4~30 t/h,水泥按设计配比经螺旋输送机计量给料至搅拌桶。

3) 调浓供水系统

充填站设一条供水管道,用于冲洗设备、管道及调节充填料浆浓度,用水由充填站水箱供给。调浓

水量由电磁流量计计量,电动调节阀进行调节。

4) 料浆制备系统

搅拌设备设计采用 $\phi 2.6\text{ m} \times 3\text{ m}$ 高浓度强力搅拌桶。尾砂浆、水泥及适量调浓水进入搅拌桶搅拌均匀后,制备成浓度适中、流动性良好且满足配比要求的充填料浆,料浆通过管道自流进入充填钻孔下料斗。为了防止大块进入充填钻孔,下料斗设有格筛及冲洗水阀^[6]。

5) 料浆输送系统

充填系统设计时,计划主要服务2 642 m中段以下矿体的开采,其充填倍线最大为6.0,满足自流充填要求。根据料浆流速及压力要求,井下水平巷道内充填主管采用 $\phi 159\text{ mm} \times \delta 12\text{ mm}$ 聚乙烯管,采场内支管采用 $\phi 133\text{ mm} \times \delta 8\text{ mm}$ 聚乙烯增强塑料管,水平管道之间用快速接头连接。充填管道通过充填钻孔接入井下。

3 应用情况

2017年底,充填系统基本建成,如图2所示。2018年3月,完成调试工作,系统运行近2年多以来,充填能力满足设计要求,料浆浓度稳定,充填体强度满足采矿要求。项目的建成极大地改善了矿山井下安全作业条件,并为其带来了较好的经济效益,环境效益^[7-8]:



图2 充填站全景图

(1) 工作面的地压显现显著减弱,提高了安全

开采系数、矿块利用系数,可实现上下中段同时生产,缓解了采掘接替紧张局面,提高了工作效率。

(2) 贫化率最大由14%降低至8%左右,减少了进入选厂的废石量,降低了选矿费用。

(3) 由于回收率的提高,可多回收铅金属 $3.3 \times 10^4\text{ t}$,锌金属 $7.7 \times 10^4\text{ t}$,年均增量销售收入约8 157.69万元。

(4) 项目年消耗尾砂 $43.7 \times 10^4\text{ t/a}$,大幅提高了尾矿库服务年限,减轻了矿山环保工作压力,为企业绿色矿山建设工作打下了扎实基础。

4 结论

锡铁山铅锌矿为青海省首家采用全尾砂胶结充填系统的大型有色矿山。充填工程的实施,使矿山在保证安全生产的同时,提高了资源利用水平,为矿山创造了巨大的经济效益与环境效益,对青海省乃至西北地区绿色矿山建设工作具有较好的示范效应。

[参考文献]

- [1] 李洪波. 江西某磷矿充填系统设计方案[J]. 化工矿物与加工, 2016, 45(8): 81-83.
- [2] 韩瑞军, 王麒. 某铅锌矿高硫尾砂充填系统研究[J]. 有色冶金节能, 2014, 30(1): 29-32.
- [3] 王新民, 古德生, 张钦礼, 等. 深井矿山充填理论与管道输送技术[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2010.
- [4] 刘丽红, 韩新开, 王建胜. 田兴铁矿全尾砂充填工艺研究[J]. 河北冶金, 2015(3): 27-30.
- [5] 王丽红, 鲍爱华, 罗园园. 中国充填技术应用与展望[J]. 矿业研究与开发, 2017, 37(3): 1-7.
- [6] 康瑞海, 王旭, 仵锋锋, 等. 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(3): 20-23.
- [7] 彭亮, 康瑞海, 林景尚, 等. 龙桥铁矿全尾砂胶结充填系统的设计与应用[J]. 矿业研究与开发, 2018, 38(9): 12-16.