

全尾砂新型胶凝材料胶结充填试验研究

朱豪¹,江科^{1,2*},任高峰²,盛佳¹,刘东锐¹

(1.长沙矿山研究院有限责任公司;2.武汉理工大学资源与环境工程学院)

摘要:针对某矿山采用水泥作为充填胶凝材料,存在充填体强度低、灰砂比大、充填运营成本高昂的问题,以该矿山的充填胶凝材料选择和充填料配比参数设计为研究基础,开展了全尾砂新型胶凝材料胶结充填体和水泥胶结充填体强度对比试验,研究了全尾砂的基本物理力学特性,并在此基础上测试了不同灰砂比、不同料浆浓度全尾砂充填体试件单轴抗压强度。结果表明:该矿山的全尾砂属于偏细尾砂,添加表面胶凝材料能够降低颗粒间的相互摩擦,从而增加塌落度;通过多种胶凝材料比选,Z9#胶固粉对该矿山的胶结效果要优于常用的强度等级42.5普通硅酸盐水泥,在相同条件下,新型胶凝材料试件强度为水泥试件强度的2~3倍,可使全矿充填成本降低约29.8%。

关键词:全尾砂;胶结充填;新型胶凝材料;单轴抗压强度;灰砂比;充填成本

中图分类号:TD853.34

文献标志码:A

文章编号:1001-1277(2025)09-0090-06

doi:10.11792/hj20250910

引言

近年来,随着工业化进程的日益发展,矿山环境保护和资源高效利用成为目前研究的热点难点之一^[1-3]。由于崩落采矿法具有便捷、高效等特点,因此被广泛应用于矿山开采中。但是,随着矿山浅部资源日益枯竭,逐步转向深部开采,崩落采矿法造成的地表塌陷、采矿损失贫化高及安全问题日益突出,因此,有必要对深部资源开采优选安全、高效的采矿方法^[4]。充填采矿法与其他采矿方法相比,具有采矿回采率高、矿石贫化率低与安全性高等优点,既能很好地控制矿山地压活动,防止地面塌陷、保障采矿安全,又能消耗大量尾矿,延长尾矿库服务年限,保证企业经济效益。因此,充填采矿法已成为众多矿山企业选择的主流采矿方法之一^[5-7]。

某矿山一直存在矿石价值低、开采难度大等问题,导致矿山经济利润低^[8]。为达到安全高效开采的目的,该矿山采用充填采矿法作为后续的主要采矿方法,使用全尾砂作为充填骨料,水泥作为充填胶凝材料。但是,该矿山尾砂与水泥结合性不好,无法满足采矿要求。为保障安全充填采矿,该矿山只能提高充填灰砂比,以提高充填体强度,这就增加了充填采矿的运营成本。因此,寻求强度高和成本低的矿山专用胶凝材料作为水泥替代品,以减少胶凝材料用量达到

降本增效的目的^[9-11]是该矿山亟待解决的问题。

目前,关于新型胶凝材料的研发,已有众多学者展开了研究。例如:王新宇等^[12]以矿山周边不同的矿渣废料为基础材料,开展了新型胶凝材料配方试验研究,得出新型胶凝材料的反应机理,确定新型胶凝材料的最优质量配比。高志荣等^[13]采用工业废渣粉煤灰,成功研制出一种用于矿山井下充填的新型胶凝材料,一方面解决了粉煤灰排放所带来的环境污染问题,另一方面降低了充填成本。

综上,新型胶凝材料研发过程中原材料选择均以就近取材为宗旨^[9]。因此,本文以该矿山全尾砂为试验材料,在分析全尾砂充填料物化特性的基础上,开展新型胶凝材料全尾砂胶结充填强度试验,从而确定经济合理的全尾砂胶结充填体物料配比、料浆浓度等关键技术参数,以降低胶结充填采矿成本,并完成工业试验推广应用。

1 试验材料与仪器

1.1 全尾砂物理性质分析

试验所用尾砂来自该矿山全尾砂。将尾砂烘干后参照GB/T 50123—2019《土工试验方法标准》试验方法对全尾砂密度、松散密度、孔隙率与自然安息角等进行测试。测得全尾砂密度为3.025 g/cm³,松散密度为1 095.30 kg/m³,泌水密度为1 562.39 kg/m³,孔

收稿日期:2025-05-03;修回日期:2025-06-13

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFC2904003,2022YFC2904002)

作者简介:朱豪(1998—),男,工程师,硕士,从事地下充填采矿工程技术研究与应用工作;E-mail:845543679@qq.com

*通信作者:江科(1992—),男,工程师,硕士,从事矿山绿色开采及安全相关的工作;E-mail:Jiangk92@163.com

隙率为63.79%，自然安息角为36.31°。

由于尾砂粒径直接影响其沉降性能，因此采用Mastersizer 3000激光粒度分析仪对全尾砂进行粒径分析，结果见图1。

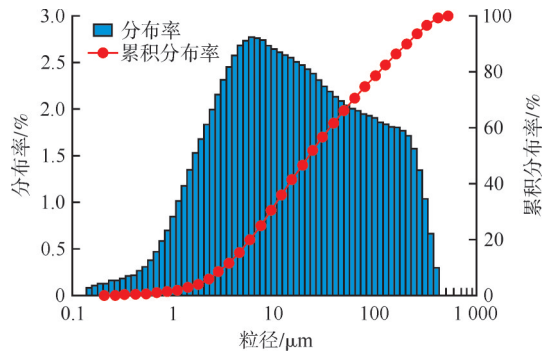


图1 尾砂粒径分布曲线

Fig. 1 Particle size distribution curve of tailings sand

由测试结果可知：该矿山全尾砂有效粒径 d_{10} 为1.874 μm ， d_{30} 为5.767 μm ，中值粒径 d_{50} 为15.055 μm ，限制粒径 d_{60} 为25.786 μm 及 d_{90} 为165.796 μm ，总体平均粒径为51.498 μm 。其中，74 μm 以下尾砂占77.81%，表明该矿山全尾砂粒级偏细，且粒径小于20 μm 的尾砂占55.87%。大量实践表明，粒径小于20 μm 的尾砂占比大于15%即可满足充填砂浆配比选择原则。在全尾砂粒径分析中，不均匀系数(C_u)和曲率系数(C_c)是2个重要参数，它们分别反映了土体的均匀性和变形性质，其计算公式分别见式(1)、式(2)。

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10}d_{60}} \quad (2)$$

将该矿山全尾砂粒径数据代入上式中，可得该矿山全尾砂不均匀系数 $C_u = 13.76 > 5$ ，曲率系数 $C_c = 0.69 < 1$ ，说明尾砂级配不均匀。由粒径不均匀尾砂形成的充填体密度大、压缩性小，有利于提高充填体强度。同时适当添加胶凝材料等物料，将有效改善充填物料级配。

1.2 全尾砂化学成分分析

尾砂及其他充填材料化学成分研究的主要内容是其化学成分对充填工艺和充填体质量的影响。化学成分决定着尾砂是否可用于井下充填，同时是否对充填体质量有一定影响。采用光谱分析进行全尾砂化学成分分析，结果见表1。

由表1可知：全尾砂含 SiO_2 为34.800 0%，且含有一定的CaO、MgO、 Fe_2O_3 与 Al_2O_3 等氧化物，这些物质有利于胶结充填，同时不含或含少量有毒有害元素，其组成矿物物理化学性质稳定，可作为充填骨料。

表1 全尾砂XRF化学成分分析结果

Table 1 Chemical composition analysis results of ungraded tailings by XRF

化学成分	w/%
SiO_2	34.800 0
CaO	17.100 0
MgO	16.230 0
Fe_2O_3	11.720 0
Al_2O_3	8.051 0
SO_3	7.621 0
K_2O	1.020 0
Na_2O	0.625 0
TiO_2	0.337 0
P_2O_5	0.293 0
MnO	0.223 0
ZnO	0.105 0
CuO	0.067 8
CeO_2	0.040 0
Cl_2	0.036 0
La_2O_3	0.021 0
SrO	0.013 9
V_2O_5	0.013 0
As_2O_3	0.008 5
MoO_3	0.007 3
ZrO_2	0.006 6
Rb_2O	0.006 4
NiO	0.005 0

1.3 全尾砂自然沉降试验

选矿厂全尾砂浆浓度为20%左右，为研究不同稀释程度下全尾砂浆在自然工况下的沉降情况，在不加任何药剂的情况下，开展不同料浆浓度全尾砂浆自然沉降试验，料浆浓度设置为12.5%、15%、17.5%、20% 4个等级。

全尾砂自然沉降试验结果见图2。由图2可知：料浆浓度为12.5%、15%、17.5%、20%的全尾砂自然沉降缓慢，30 min左右沉降基本完毕，前期上层溢流水澄清度不佳。试验开始前5 min沉降速率最快，随着料浆浓度的提高，沉降速率变慢。

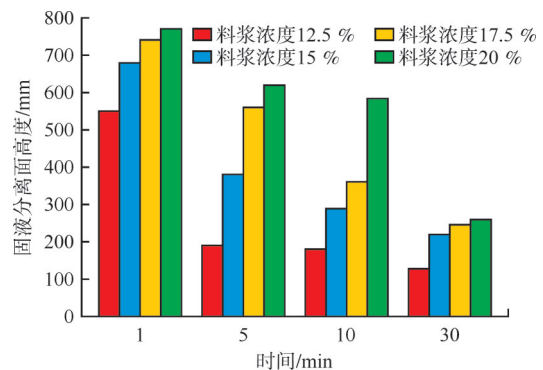


图2 全尾砂自然沉降试验结果

Fig. 2 Natural settling test results of ungraded tailings

2 充填料浆塌落度测试

充填骨料、胶凝材料、水等混合的充填料浆应该是一种性能良好的流体,这样才能保证其成功地从地面泵送或自流输送至采空区,且在输送过程中不会造成堵管、离析及对管道过分磨损等问题。因此,尾砂胶结充填体料浆流动特性是矿山充填系统考察的重要指标。

2.1 试验步骤

充填料浆的塌落度可以直观反映充填料浆内聚力和摩擦阻力大小,以及其流动性^[14]。塌落度的测试依据 GB/T 50080—2016《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》,使用顶部直径为 100 mm、底部直径为 200 mm、高度为 300 mm 的标准圆锥体进行测试。塌落度测试见图 3。平行测量 3 次取其平均值作为塌落度的数值,试验在 (25 ± 1) °C 的条件下进行^[15]。

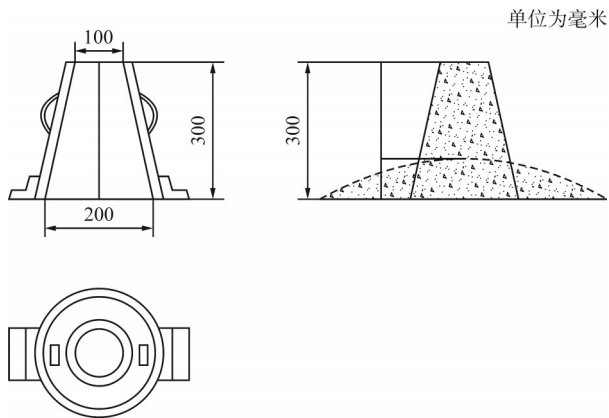


图3 塌落度测试示意图

Fig. 3 Diagram of slump test

对不同灰砂比、不同料浆浓度、不同胶凝材料和不同粒径的全尾砂胶结充填料浆开展塌落度试验,试验方案见表 2。

表2 充填料浆塌落度试验方案

Table 2 Slump test schemes for filling slurry

编号	试验材料	灰砂比	料浆浓度/%
1			78
2			76
3			74
4	全尾砂、新型胶凝材料	1:4, 1:20	72
5			70
6			68
7			66
8			64

2.2 塌落度试验结果及分析

塌落度试验结果见图 4。根据以往充填系统运行参数,自流输送的最佳塌落度为 27~28 cm,泵送的最佳塌落度为 25~27 cm^[16]。对于 2 种不同灰砂比充

填料浆而言,高料浆浓度下灰砂比 1:4 充填料浆与灰砂比 1:20 充填料浆相比,塌落度偏大;一方面是添加胶凝材料后提供了部分胶结效果,另一方面改变了尾砂的级配。但料浆浓度逐步减少时,二者塌落度相近,表明料浆浓度是塌落度主要控制因素。同时,合理添加表面光滑的新型胶凝材料能够降低颗粒间的摩擦阻力,并降低充填料浆的黏聚性,从而提高塌落度。

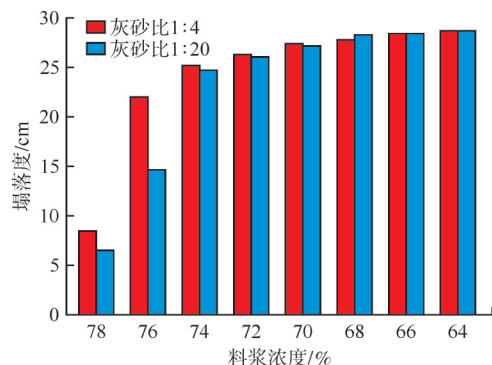


图4 全尾砂充填料浆塌落度测定试验结果

Fig. 4 Test results of ungraded tailings slump measurement

3 水泥试件抗压强度测试

3.1 试验方法

强度测试依据 GB/T 51450—2022《金属非金属矿山充填工程技术标准》进行^[17]。按照试验设计方案配料,制备料浆均匀地加入规格为 7.07 cm×7.07 cm×7.07 cm 的标准三联试模模具中,根据料浆沉降和凝固情况完成添模和刮模;试件初凝后,脱模养护,养护温度为 24 °C,湿度≥95%;养护至 3 d、7 d 和 28 d 龄期,分别测试其强度。使用 TYE-20 型压力机在轴向位移率为 1 mm/min 的圆柱形试样上进行单轴抗压强度试验,以获得其强度值。所有试验重复 3 次,强度值取 3 次试验的平均值。

3.2 试验方案

本次强度配比试验主要为了得出全尾砂不同胶凝材料和不同灰砂比情况下的单轴抗压强度,针对不同的胶凝材料配方,对多个不同灰砂比开展试验研究,主要考核指标为各龄期的单轴抗压强度。根据上述全尾砂充填料浆输送试验结果,料浆浓度为 66%~68% 的充填料浆能够满足输送要求。因此,本次料浆浓度选取 66% 和 68%,灰砂比为 1:4, 1:6, 1:10, 1:15 与 1:20 共 5 个水平,试验方案见表 3。

3.3 试验结果

测定了各组试件 3 d、7 d 与 28 d 的单轴抗压强度,结果见表 4。

由表 4 可知:对于 3 d 单轴抗压强度而言,由于养护时间较短,仅灰砂比为 1:4, 1:6 与 1:10 的试件有一

表3 水泥胶结下不同灰砂比强度配比试验方案

Table 3 Proportioning test schemes for strengths with different cement-sand ratios under cemented conditions

试件编号	灰砂比	胶凝材料	料浆浓度/%
1	1:4		66
2	1:4		68
3	1:6		66
4	1:6		68
5	1:10	水泥	66
6	1:10		68
7	1:15		66
8	1:15		68
9	1:20		66
10	1:20		68

表4 水泥试件强度试验结果

Table 4 Strength test results of cement specimens

试件编号	胶凝材料	灰砂比	料浆浓度/%	单轴抗压强度/MPa		
				3 d	7 d	28 d
1	水泥	1:4	66	0.614	1.338	3.366
2		1:4	68	0.778	1.732	3.812
3		1:6	66	0.332	0.780	1.812
4		1:6	68	0.466	1.024	2.284
5		1:10	66	0.188	0.380	0.598
6		1:10	68	0.204	0.406	0.938
7		1:15	66	0	0.194	0.394
8		1:15	68	0	0.254	0.482
9		1:20	66	0	0.124	0.306
10		1:20	68	0	0.190	0.386

定单轴抗压强度,而1:15与1:20的试件没有抗压能力,且料浆浓度为68%的试件单轴抗压强度大于66%的试件;随着养护龄期的增长,低灰砂比试件逐步凝固。总体而言,试件单轴抗压强度的影响因素主要为料浆浓度、灰砂比及养护时间。在相同料浆浓度条件下,随着灰砂比的减小,试件单轴抗压强度逐渐减少;在灰砂比一定的条件下,随着料浆浓度的降低,试件单轴抗压强度逐渐减少。

4 新型胶凝材料选型试验

新型胶凝材料是水泥等传统胶凝材料的替代品,同等条件下与传统胶凝材料相比具有强度高、凝固时间快及成本低等优点,因此被广泛应用于全尾砂胶结充填^[18-19]。

4.1 试验方案

为与强度等级42.5的普通硅酸盐水泥形成对比,根据该矿山附近存在的原材料,按不同配比配制9种不同的胶凝材料配方,灰砂比与料浆浓度分别

为1:6与68%,采用3.1节相同的试验方法,分别测试3 d、7 d与28 d的单轴抗压强度,找出最佳胶凝材料。新型胶凝材料选型试验方案见表5。

表5 新型胶凝材料选型试验方案

Table 5 Test schemes for selection of novel cementitious materials

试件编号	灰砂比	料浆浓度/%	新型胶凝材料
11			Z1#胶固粉
12			Z2#胶固粉
13			Z3#胶固粉
14			Z4#胶固粉
15	1:6	68	Z5#胶固粉
16			Z6#胶固粉
17			Z7#胶固粉
18			Z8#胶固粉
19			Z9#胶固粉

4.2 试验结果

测定了各组试验的3 d、7 d、28 d单轴抗压强度,结果见表6。由表6可知:在灰砂比1:6且料浆浓度68%时,养护3 d条件下试件均未表现出单轴抗压强度,在养护至7 d时才具备抗压能力,而28 d时试件的最高单轴抗压强度为5.980 MPa,新型胶凝材料为Z9#胶固粉。在料浆浓度和灰砂比一定的条件下,由新型胶凝材料制成的试件与强度等级42.5的普通硅酸盐水泥制成的试件相比,前者28 d单轴抗压强度大于后者。

表6 新型胶凝材料选型试验结果

Table 6 Test results for selection of novel cementitious materials

试件编号	新型胶凝材料	灰砂比	料浆浓度/%	单轴抗压强度/MPa		
				3 d	7 d	28 d
11	Z1#胶固粉			0	0.408	1.716
12	Z2#胶固粉			0	0.592	2.662
13	Z3#胶固粉			0	0.580	3.278
14	Z4#胶固粉			0	0.998	3.710
15	Z5#胶固粉	1:6	68	0	1.440	4.766
16	Z6#胶固粉			0	1.544	4.194
17	Z7#胶固粉			0	1.068	3.928
18	Z8#胶固粉			0	1.460	3.934
19	Z9#胶固粉			0	2.190	5.980

充填体强度的影响因素有胶凝材料类型、灰砂比及料浆浓度,其中胶凝材料类型是主要影响因素,例如:Z9#胶固粉灰砂比为1:6的试件,在料浆浓度为68%情况下,28 d单轴抗压强度为5.980 MPa,而同等条件下采用强度等级42.5的普通硅酸盐水泥作为胶凝材料的试件,28 d单轴抗压强度为2.284 MPa,增长了2~3倍,因此采用新型胶凝材料可以降低充填灰砂比,大幅度降低胶凝材料用量。

5 新型胶凝材料强度配比试验

通过新型胶凝材料选型试验得出Z9[#]胶固粉的单轴抗压强度最高,因此对Z9[#]胶固粉展开强度配比试验。

5.1 试验方案

本次料浆浓度选取68%,在灰砂比1:4,1:6,1:10,1:15与1:20条件下开展强度试验,试验方案见表7。

表7 Z9[#]胶固粉强度配比试验方案

Table 7 Proportioning test schemes for strength of Z9[#] cementitious powder

试件编号	灰砂比	料浆浓度/%	新型胶凝材料
20	1:4		
21	1:6		
22	1:10	68	Z9 [#] 胶固粉
23	1:15		
24	1:20		

5.2 试验结果

测定了各组试块的3 d、7 d、28 d单轴抗压强度,结果见表8。由表8可知:在灰砂比为1:4、料浆浓度为68%时,试件3 d单轴抗压强度为0.97 MPa,其余灰砂比试件尚未有抗压强度;而7 d单轴抗压强度结果中,灰砂比1:4单轴抗压强度达到2.794 MPa,灰砂比1:20单轴抗压强度达到0.298 MPa;养护28 d后,7组试件均存在一定抗压强度。其中,灰砂比1:4试件单轴抗压强度最高,为6.512 MPa,而随着灰砂比逐步降低,试件的单轴抗压强度也逐步下降,最低值为灰砂比1:20试件,单轴抗压强度为0.554 MPa。因此,该矿山采用Z9[#]胶固粉可取得较好的效果。

表8 Z9[#]胶固粉试件强度结果

Table 8 Strength results of cementitious powder specimens

试件编号	新型胶凝材料	灰砂比	料浆浓度/%	单轴抗压强度/MPa		
				3 d	7 d	28 d
20	Z9 [#] 胶固粉	1:4		0.97	2.794	6.512
21	Z9 [#] 胶固粉	1:6		0	2.190	5.980
23	Z9 [#] 胶固粉	1:10	68	0	1.153	3.844
24	Z9 [#] 胶固粉	1:15		0	0.407	1.408
25	Z9 [#] 胶固粉	1:20		0	0.298	0.554

对强度试验完成后的21号试件进行取样,采用电子扫描仪观察其微观结构,结果见图5。Z9[#]胶固粉作为一种新型胶凝材料,其中的激发剂有助于生成水化产物,并进一步填补填充体的孔隙空间,减少了孔隙生成的可能性。同时,随着时间的推移,填充体中的水化产物会进一步结晶化和成熟,产生更加致密的结构。这种长期龄期效应导致内部孔隙减少和孔隙率降低,同时提高了填充体的单轴抗压强度^[20]。

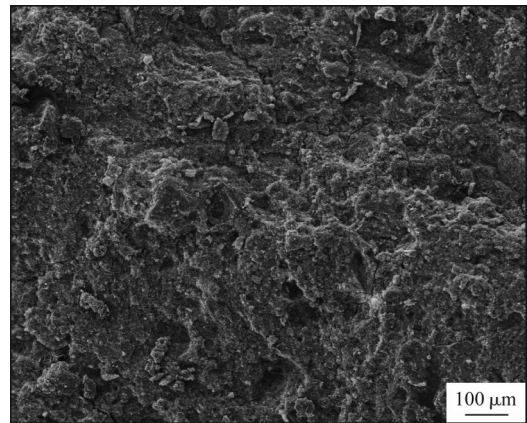


图5 新型胶凝材料微观结构

Fig. 5 Microstructure of novel cementitious materials

6 充填成本分析

该矿山拟采用大直径深孔阶段空场嗣后充填采矿法开采,采区高度为50 m,一步骤矿房与二步骤矿柱宽度均为15 m。该矿山回采过程对充填体强度要求见表9。

表9 该矿山回采过程对充填体强度要求

Table 9 Strength requirements of filling body in the mining process of the mine

回采顺序	高度/m	28 d单轴抗压强度/MPa	占比/%
一步骤矿房	采场底部10	2.8	10
	采场顶部10	2.8	10
	其余部分	1.5	30
二步骤矿柱	采场底部10	2.8	10
	采场顶部10	2.8	10
	其余部分	0.5~1	30

1)强度等级42.5的普通硅酸盐水泥作为胶凝材料。采用强度等级42.5普通硅酸盐水泥作为胶凝材料时,平均胶凝材料的用量是146.7 kg/m³,综合灰砂比为1:7.5,当地水泥按650元/t计算,综合考虑水费、电费、絮凝剂及人工费用,折合充填成本为107.11元/m³。

2)Z9[#]胶固粉材料作为胶凝材料。采用Z9[#]胶固粉作为胶凝材料时,平均胶凝材料的用量是98.1 kg/m³,综合灰砂比为1:12.1,Z9[#]胶固粉按750元/t计算,综合考虑水费、电费、絮凝剂及人工费用,折合充填成本为75.16元/m³。

将强度等级42.5普通硅酸盐水泥替换成Z9[#]胶固粉后,该矿山充填成本可降低约29.8%。

7 结论

1)该矿山全尾砂属于偏细尾砂,导致沉降缓慢,上层溢流水澄清度不佳。合理添加表面光滑的新型胶凝材料能够降低颗粒间的摩擦阻力,以及充填料浆

的黏聚性,从而增加塌落度。

2)通过多种胶凝材料比选,Z9#胶固粉对该矿山的胶结效果要优于常用的强度等级42.5的普通硅酸盐水泥。

3)新型胶凝材料具有胶结强度高、成本较低等优点。在相同条件下,新型胶凝材料试件强度是水泥试件强度的2~3倍。虽新型胶凝材料价格高于水泥,但由于用量少,充填灰砂比低,可使全矿充填成本降低约29.8%。

[参考文献]

- [1] 胡亚军,陈彦亭,赖伟,等.超细全尾砂似膏体绿色胶凝充填关键技术研究[J].黄金,2023,44(5):12-15,20.
- [2] 吴爱祥,王勇,张敏哲,等.金属矿地下开采关键技术新进展与展望[J].金属矿山,2021(1):1-13.
- [3] 蔡美峰,薛鼎龙,任奋华.金属矿深部开采现状与发展战略[J].工程科学学报,2019,41(4):417-426.
- [4] 毛瑞坤,凌嘉鸿,杨子龙.某铁矿充填尾砂力学性能研究[J].现代矿业,2023,39(2):37-39.
- [5] 程海勇,吴爱祥,吴顺川,等.金属矿山固废充填研究现状与发展趋势[J].工程科学学报,2022,44(1):11-25.
- [6] 李敏,汪海萍.大冶铁矿分段空场嗣后胶结充填接顶技术的研究与应用[J].黄金,2013,34(12):37-40.
- [7] 阳京平.全尾砂膏体充填采矿技术现状及展望[J].中国矿业,2021,30(增刊1):17-23.
- [8] 陈丽,宋卫东,鲁炳强,等.金山店铁矿全尾砂胶结充填体性能试验研究[J].黄金,2011,32(12):31-35.
- [9] 吴岩佩,和学衡,王能跃,等.新型胶凝材料充填配合比优化研究[J].黄金,2023,44(3):12-15.
- [10] 彭欣,王成,周英烈.高强度新型胶凝材料在全尾砂胶结充填中的应用研究[J].矿业研究与开发,2021,41(10):51-54.
- [11] 吴爱祥,姜关照,王贻明.矿山新型充填胶凝材料概述与发展趋势[J].金属矿山,2018(3):1-6.
- [12] 王新宇,尹贤刚,康瑞海,等.某铁矿新型胶凝材料配方试验研究[J].矿业研究与开发,2023,43(3):59-64.
- [13] 高志荣,兰国龙,张亨.矿山充填新型胶凝材料添加量与充填体抗压强度关系研究[J].现代矿业,2024,40(1):181-184.
- [14] 江科,康瑞海,姚中亮,等.基于正交试验的充填集料配比优化研究[J].矿业研究与开发,2019,39(1):28-31.
- [15] 黄腾龙,郑伯坤,李向东.挑水河磷矿充填系统智能化研究与应用[J].矿业研究与开发,2019,39(7):73-77.
- [16] 李公章.细粒级尾矿流变特性及自流输送条件试验研究[J].黄金,2023,44(10):22-26.
- [17] 孙铭骏,杨纪光,杨帆,等.三山岛金矿尾砂高浓度充填强度特性试验研究[J].黄金,2024,45(12):56-60.
- [18] 何建元,尹升华,陈卓,等.矿用新型充填胶凝材料配比实验及其水化机理研究[J].金属矿山,2021(8):18-23.
- [19] 王磊,张泉,罗鼎,等.铁尾砂基胶结剂制备及其性能研究[J].有色金属(矿山部分),2023,75(3):14-19.
- [20] 张增庆,杨灿显,赵亮,等.某多金属矿新型充填胶凝材料性能及微观结构研究[J].现代矿业,2024,40(1):189-193.

Experimental study on cemented ungraded tailings backfill using a novel cementitious material

Zhu Hao¹, Jiang Ke^{1,2}, Ren Gaofeng², Sheng Jia¹, Liu Dongrui¹

(1. Changsha Institute of Mining Research Co., Ltd.;

2. School of Resources and Environmental Engineering, Wuhan University of Technology)

Abstract: For a certain mine that uses cement as the backfill binder, problems such as low backfill strength and a high cement-sand ratio have resulted in high backfill operating costs. Based on the selection of backfill cementitious materials and the design of mix proportion parameters for this mine, comparative strength tests were carried out between cemented ungraded tailings backfill using a novel cementitious material and that using cement. The basic physical and mechanical properties of the ungraded tailings were studied, and, on this basis, the uniaxial compressive strength of ungraded tailings backfill specimens with different cement-sand ratios and different slurry concentrations was tested. The results show that the ungraded tailings from this mine are relatively fine, and the addition of surface-active cementitious materials can reduce interparticle friction, thereby increasing the slump. Through comparison of multiple cementitious materials, the novel Z9# cementitious material was found to produce a better cementing effect on the copper mine than ordinary Portland cement of strength grade 42.5. Under the same conditions, the strength of specimens using the novel cementitious material was 2-3 times that of specimens using cement, and the overall backfill cost of the mine could be reduced by approximately 29.8%.

Keywords: ungraded tailings; cemented backfill; novel cementitious material; uniaxial compressive strength; cement-sand ratio; backfill cost