

## 不同掺量铁尾矿对 3D 打印混凝土胶凝材料性能的影响

张彬<sup>1</sup>, 秦毅<sup>2</sup>

(1. 内蒙古交通职业技术学院 道路桥梁工程系, 内蒙古 赤峰 024005; 2. 辽东学院 土木工程系 辽宁 丹东 118003)

**摘要:** 这是一篇陶瓷及复合材料领域的论文。本文研究了掺铁尾矿 3D 打印胶凝材料的力学性能、流变性和微观结构性能, 结果表明: 尾矿的粒径较小, 可以作为 3D 打印材料的骨料, 在 3D 打印过程中可以顺利通过输送胶凝材料的管道。随着铁尾矿掺量的不断增大, 3D 打印胶凝材料的剪切黏度的变化规律呈现出先减小后稳定的趋势, 剪切应力的变化规律却呈现出不断增大的趋势, 随着层间间隔时间不断增大, 3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度均呈现下降的变化趋势, 但是在层间间隔时间在 20~30 min 之间时, 抗压强度和抗折强度下降幅度较为平缓; 随着层间间隔时间不断增大, 3D 打印胶凝材料的层间粘结强度均呈现下降的变化趋势。铁尾矿掺量为 30% 的 3D 打印胶凝材料在水化 90 d 后, 经过 XRD 衍射实验得到胶凝材料的物质成分主要有石英、钙矾石、方解石、钠长石、钙钛矿、 $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  和水化硅酸钙等七种物质。

**关键词:** 陶瓷及复合材料; 铁尾矿; 3D 打印胶凝材料; 力学性能; 流变性; 微观结构性能

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.02.008

中图分类号: TD982 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 02-0046-06

**引用格式:** 张彬, 秦毅. 不同掺量铁尾矿对 3D 打印混凝土胶凝材料性能的影响[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(2): 46-51.

ZHANG Bin, QIN Yi. Effect of iron tailings with different content on the properties of 3d printing concrete cementitious materials[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(2): 46-51.

我国过去几十年经济的快速发展以及基础设施的大量建设都离不开矿产资源的消耗, 在矿产资源开挖过程中会产生固体废弃物, 同时在矿产资源的提炼过程中也会产生一定量的固体废弃物和有毒气体<sup>[1-2]</sup>, 严重污染生态环境, 影响人们的生活, 且固体废弃物的处理方法通常都是采用集中堆积, 该方法不仅会占用大量的土地资源, 也会造成固体废物物中的有毒物质在长时间的堆积过程中逐渐渗入到地表以下, 可能会造成地下水资源的污染。对尾矿固体废弃物综合利用的处理方法可以采用以下几种方法<sup>[3-4]</sup>: (1) 将尾矿废弃物进行二次回收, 通过新的冶炼技术将废弃物中含有的金属等有用物质提炼出来; (2) 将尾矿废弃物作为建筑胶凝材料或者路基材料的骨料, 制备新型的绿色材料; (3) 利用外加剂将尾矿废弃

物改性后用于制备污水处理剂。其中, 将尾矿废弃物作为建筑胶凝材料的研究较为丰富, 且金属尾矿主要化学成分大多是二氧化硅, 该物质是可作为水泥生产原料, 且将其研磨成硅粉后还可作为混凝土的掺合料<sup>[5]</sup>。

目前, 将铁尾矿砂作为 3D 打印材料掺料的研究较少, 由于铁尾矿砂颗粒较为均匀, 大部分化学成分为二氧化硅, 且铁尾矿砂作为固体废弃物较为廉价, 故可以将其作为 3D 打印材料掺料, 这样将会大幅度降低 3D 打印材料的成本, 使得 3D 打印技术可以更好地在各个行业推广。因此, 本文对铁尾矿的粒度分布和化学成分进行测定, 研究不同铁尾矿掺量作用下 3D 打印胶凝材料的力学性质、流变性质以及微观结构性能, 为后续将铁尾矿 3D 打印胶凝材料用于实际工程中提供实验

收稿日期: 2022-06-30

作者简介: 张彬 (1979-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为道路建筑材料。

依据。

## 1 原材料的性能

### 1.1 铁尾矿的粒径分布和化学成分分析

铁尾矿购买自唐山某矿区，采用 D8 ADVANCE 型号的 X 射线粉晶衍射仪对铁尾矿的化学成分进行测定，得到该铁尾矿的化学成分，见表 1。

表 1 铁尾矿的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of iron tailings									
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	其他氧化物	
51.25	15.23	12.36	10.58	4.98	2.74	0.71	0.68	1.47	

采用 Empyrean 型智能 X 射线衍射仪对铁尾矿的矿物成分进行分析，得到该铁尾矿的 XRD 衍射图谱见图 1。

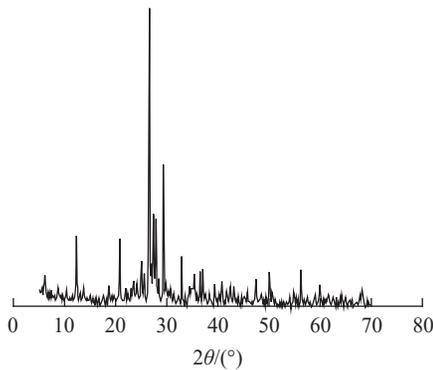


图 1 铁尾矿的 XRD

Fig.1 XRD pattern of iron tailings

由图 1 可知，该铁尾矿主要含有的矿物成分是石英、斜长石和方解石。

为了更好地将铁尾矿应用到 3D 打印材料中，采用干湿一体激光粒度仪<sup>[6]</sup>对该铁尾矿的粒度分布进行分析，得到铁尾矿粒度分布曲线见图 2。

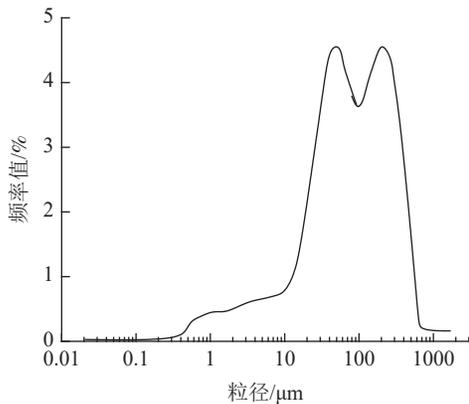


图 2 铁尾矿粒度分布曲线

Fig.2 Particle size distribution curve of iron tailings

由图 2 可知， $d_{10}=9.51 \mu\text{m}$ ， $d_{50}=76.23 \mu\text{m}$ ， $d_{90}=352.45 \mu\text{m}$ ，说明了这些铁尾矿的粒径都较小，可以作为 3D 打印材料的骨料，在 3D 打印过程中可以顺利通过输送胶凝材料的管道。

### 1.2 其他原材料的性能

水泥采用 P.O 42.5 普通硅酸盐水泥，该水泥的标准稠度用水量为 26.50%，初凝时间为 3.38 h，终凝时间为 4.17 h，3 d 和 28 d 的抗折强度分别为 5.87 MPa 和 7.68 MPa，3 d 和 28 d 的抗压强度分别为 27.45 MPa 和 44.32 MPa，厂家提供该水泥的化学成分以及含量分别为 64.56% CaO、23.47% SiO<sub>2</sub>、4.34% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、3.12% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、2.63% SO<sub>3</sub> 和 1.88% 其他微量氧化物。所用粉煤灰为当地电厂产生的，该粉煤灰 7 d 和 28 d 的活性指数分别为 77% 和 79%，含水量为 0.32%，烧失量为 1.15%。矿渣粉采用鹿悦霆牌 S95 级矿渣粉，该矿渣粉 7 d 和 28 d 的活性指数分别为 79% 和 101%，含水量为 0.21%，烧失量为 1.32%，比表面积为 430 m<sup>2</sup>/kg。砂采用机制石英砂，该石英砂的最大粒径不超过 2.35 mm，最小粒径不小于 0.30 mm。减水剂为聚羧酸减水剂。调凝剂为葡萄糖酸钠缓凝剂和碳酸锂速凝剂。

## 2 3D 打印胶凝材料的物理力学性能

### 2.1 凝结时间

3D 打印材料的凝结时间是材料从加水搅拌直至材料失去塑性流动性能的所花时间<sup>[7]</sup>。一般将胶凝材料从加水搅拌开始直至材料开始失去可塑性之间的时间称为初凝时间；将胶凝材料开始失去可塑性直至完全失去可塑性和材料具有一定强度之间的时间称为终凝时间。其中，铁尾矿掺量为 0、15%、30%、45%、60% 和 75%，绘制出不同铁尾矿掺量对 3D 打印胶凝材料凝结时间和流动度变化规律的影响曲线，见图 3。

由图 3 可知，随着铁尾矿掺量的不断增大，3D 打印胶凝材料的初凝时间和终凝时间的变化规律呈现出不断增大的趋势，但是 3D 打印胶凝材料的流动度的变化规律却呈现出不断减小的趋势，且在铁尾矿掺量为 30% 时，3D 打印胶凝材料的初凝时间的变化幅度逐渐平稳，而 3D 打印胶凝材料的终凝时间的变化幅度仍然在上升，但是 3D 打印胶凝材料的流动度却在铁尾矿掺量为 30% 时开始

快速下降，这是由于所掺的铁尾矿在未改性之前不具有活性，水泥材料越多化学反应速率越激励，而非活性的铁尾矿掺量越多降低了矿渣粉的掺量，降低了 3D 打印胶凝材料的反应速率，进而 3D 打印胶凝材料的胶凝时间也所有延长。随着铁尾矿掺量的增多，剩余无法反应的铁尾矿会充填在 3D 打印胶凝材料的固体骨架之间，破坏了原有孔隙结构，使得 3D 打印胶凝材料的流动也开始快速下降。

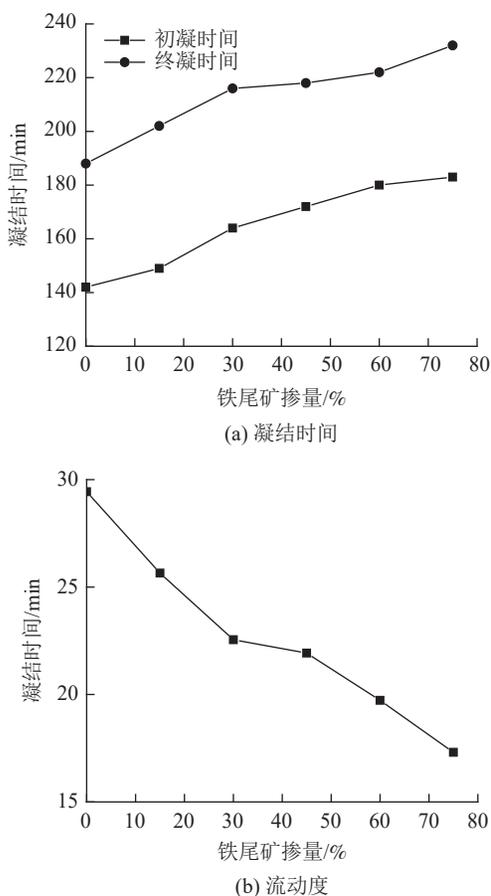


图 3 3D 打印胶凝材料凝结时间和流动度变化规律  
Fig.3 Curves of the setting time and fluidity of 3D printing cementitious materials

### 2.2 抗压强度

对于 3D 打印胶凝材料而言，材料的抗压强度和抗折强度也是重要的指标<sup>[8]</sup>。采用万能实验系统对不同铁尾矿掺量的 3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度进行测定，绘制出 3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度变化规律的曲线，见图 4。

由图 4 可知，随着铁尾矿掺量的不断增大，3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度的变化规律均呈现出先增大后减小的趋势，且在铁尾矿掺

量为 30% 时取得极大值，这是由于铁尾矿颗粒均匀分布在 3D 打印胶凝材料的孔隙中起到了充填固体骨架的作用，使得 3D 打印胶凝材料在微观整体结构性能更加良好，但是过量掺加铁尾矿却使得 3D 打印胶凝材料中的水泥掺量降低，也就导致了水泥水化产物 C-S-H 产量大幅度的降低，游离在 3D 打印胶凝材料中的铁尾矿无法较好地粘附在材料骨架周围，最终导致浆体界面之间的粘结作用下降，浆液中有大量的铁尾矿颗粒产生沉积现象，使得 3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度出现了下降趋势。

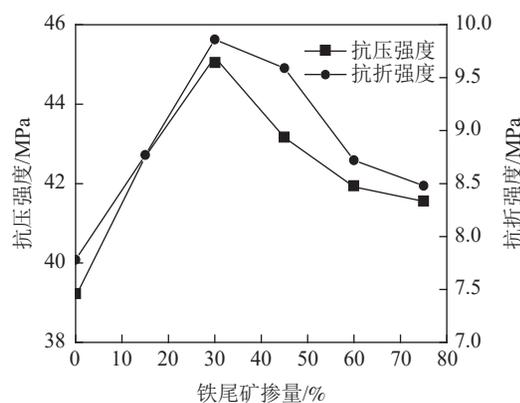


图 4 3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度变化规律的曲线

Fig.4 Curves of the compressive strength and flexural strength of 3D printing cementitious materials

### 2.3 层间间隔时间对强度的影响

层间间隔时间是指在浇筑第一层混凝土之后，在特定的预留时间内浇筑第二层混凝土的时间，在层间间隔时间内浇筑混凝土会保持良好的层间粘结强度<sup>[9]</sup>。为了使得 3D 打印胶凝材料可以更好地适应打印条件，这就需要对层间间隔时间进行优化处理，优化处理主要有以下两方面的益处：（1）适当延长层间间隔时间，可以使得下部浇筑的混凝土获得足够的强度，来承载上部新浇筑混凝土的重量，自身又不会出现变形破坏和崩角现象；（2）适当优化层间间隔时间可以使得下部浇筑的混凝土不至于完全凝结，保证第一层混凝土与第二层混凝土有良好的粘结力。

对不同层间时间间隔作用下 3D 打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度进行室内实验，绘制出层间时间间隔对抗压强度、抗折强度和层间粘结强度的影响曲线，见图 5。

由图 5 可知，随着层间间隔时间不断增大，

3D打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度均呈现下降的变化趋势，但是在层间间隔时间在20~30 min之间时，抗压强度和抗折强度下降幅度较为平缓，这是由于层间间隔时间越长，接触面暴露在外部环境的时间也就越长，3D打印胶凝材料内部的水分挥发也就越多，水分的减少会促使胶凝材料流动性变差；同时，下部先浇注的胶凝材料凝结更加充分，使得层间接触面的粘结力也下降。而层间间距时间越小，接触面的粘结力就越大且接触面之间水泥的水化也更加剧烈，以及在层间接触面不容易产生缺陷。

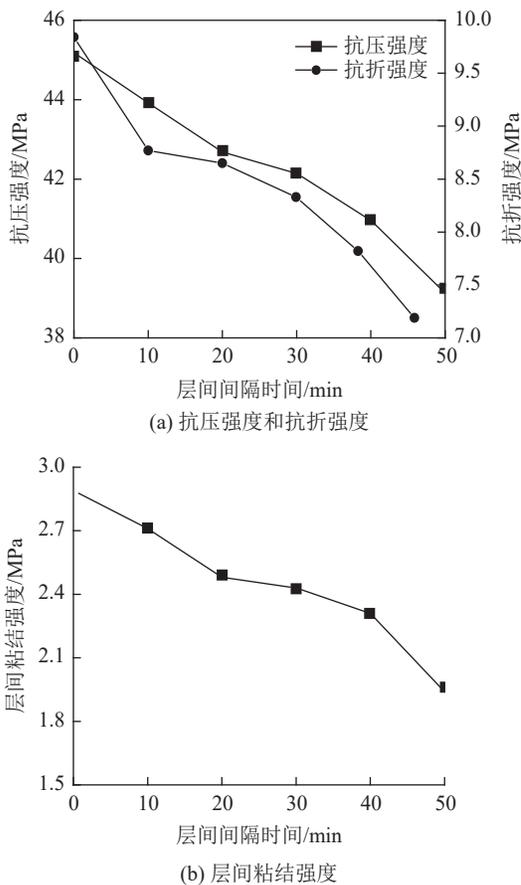


图5 层间时间间隔对抗压强度、抗折强度和层间粘结强度的影响

Fig.5 Influence of the time interval between layers on compressive strength, flexural strength and interlayer bonding strength

随着层间间隔时间不断增大，3D打印胶凝材料的层间粘结强度均呈现下降的变化趋势，这主要是由于随着时间间隔的延长材料内部水分的蒸发以及水泥浆液的充分水化，都会大量消耗材料内部的水分，水分的减少会使得新浇筑和旧浇筑胶凝材料层与层之间的粘结力减小，进而造成新

浇筑和旧浇筑胶凝材料层与层之间分层变得越来越明显；当间隔时间过大时，虽然胶凝材料层间粘结强度的降低幅度有所减缓，但是此时已经超过了胶凝材料初凝时间，此时胶凝材料已经开始失去可塑性，且不满足了3D打印设备的管道与喷嘴的输送要求。故可以将间隔时间定为30 min。

#### 2.4 流变性能的结果分析

采用马尔文帕纳科生产的DHR-2型号的流变仪，对不同铁尾矿掺量作用下3D打印胶凝材料的流变性能进行研究<sup>[10]</sup>。本文主要通过剪切应力和剪切黏度两个指标分析铁尾矿掺量对3D打印胶凝材料的流变性能的影响，绘制出3D打印胶凝材料的剪切应力和剪切黏度的变化规律，见图6。

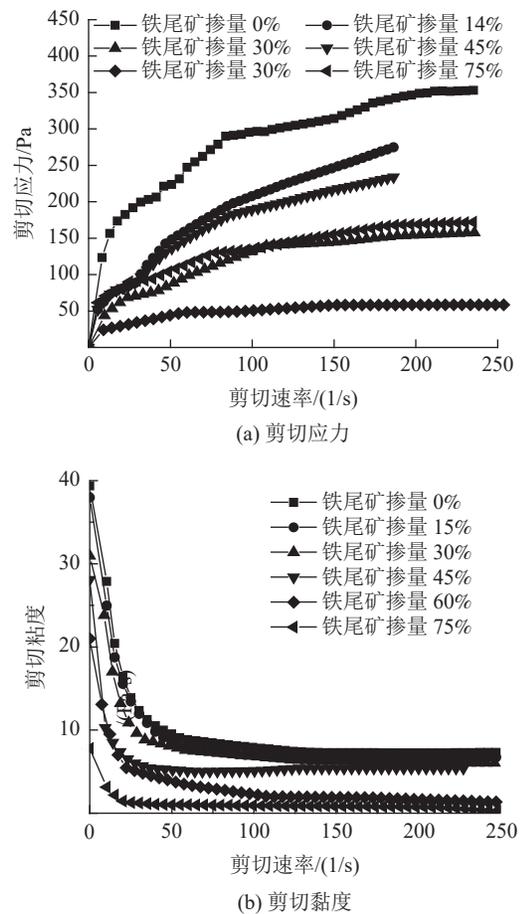


图6 3D打印胶凝材料的剪切应力和剪切黏度的变化规律

Fig.6 Changes shear stress and shear viscosity of 3D printing cementitious materials

由图6可知，随着铁尾矿掺量的不断增大，3D打印胶凝材料的剪切黏度的变化规律呈现出先减小后稳定的趋势，剪切应力的变化规律却呈现出不断增大的趋势，这是由于铁尾矿颗粒直径较

小, 充填在 3D 打印胶凝材料浆液其他骨料颗粒之间, 可以起到减小颗粒与颗粒之间的摩擦作用, 且随着铁尾矿掺量的不断增大, 尾矿颗粒完全充填在孔隙中, 迫使孔隙中的液体水分流出, 来改变 3D 打印胶凝材料的流变性能, 但是铁尾矿掺量的持续增大使得孔隙水流值达到极大, 进而对于改变 3D 打印胶凝材料的流变性能 (剪切黏度) 的效果几乎不变。

### 3 微观实验结果分析

#### 3.1 3D 打印胶凝材料 FTIR 图谱分析

由第二节可知, 3D 打印胶凝材料在铁尾矿掺量为 30% 时各方面性能取得较优值, 故本文将铁尾矿掺量为 30%、水化 90 d 后的 3D 打印胶凝材料开展红外光谱分析<sup>[11]</sup>, 得到 3D 打印胶凝材料的 FTIR 图谱, 见图 7。

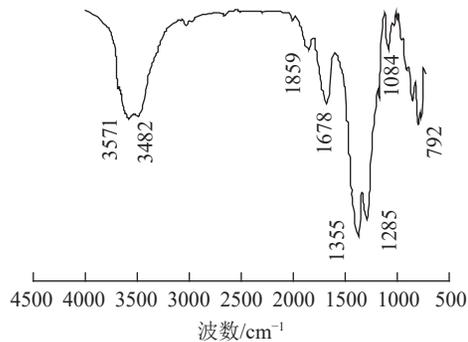


图 7 3D 打印胶凝材料的 FTIR

Fig.7 FTIR spectrum of 3D printing cementitious material

由图 7 可知, 铁尾矿掺量为 30%、水化 90 d 后的 3D 打印胶凝材料的 FTIR 图谱吸收带主要出现在波数为 3571、3482、1859、1678、1355、1285、1084 和 792  $\text{cm}^{-1}$  处。当波数为 3571  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由水化产物 C-S-H 中 Si-OH 键振动引起的, 当波数为 3482  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现吸收带可能是由水化产物 C-S-H 和钙矾石中 OH 键拉伸振动引起的, 当波数为 1859  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由层间水中的 H-O-H 键拉伸振动引起的, 当波数为 1678  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由铁尾矿中含有的方解石中  $\text{CO}_3^{2-}$  键的不对称拉伸振动引起的, 当波数为 1355  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由钙矾石中 Al-OH 键的不对称拉伸振动引起的, 当波数为 1285  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由石英中 Si-O 键的拉伸振动引起的, 当波数为 1084  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由石英中 Si-

O 键的弯曲振动引起的, 当波数为 792  $\text{cm}^{-1}$  时, 出现的吸收带可能是由  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  中 O-Si-O 键的弯曲振动引起的。一般情况下, 在波数为 3600  $\text{cm}^{-1}$  左右时会出现  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  的吸收带, 但是在铁尾矿掺量为 30%、水化 90 d 后的 3D 打印胶凝材料的 FTIR 图谱中波数为 3600  $\text{cm}^{-1}$  的吸收带并未出现, 说明了铁尾矿掺量为 30%、水化 90 d 后的 3D 打印胶凝材料的水化产物不包含氢氧化钙  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

#### 3.2 3D 打印胶凝材料 XRD 结果分析

将对铁尾矿掺量为 30%、水化 90 d 后的 3D 打印胶凝材料开展 XRD 物质成分分析<sup>[12]</sup>, 得到 3D 打印胶凝材料的 XRD 见图 8。

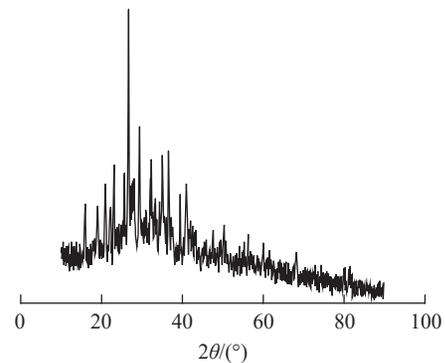


图 8 3D 打印胶凝材料的 XRD

Fig.8 XRD pattern of 3D printing cementitious material

由图 8 可知, 铁尾矿掺量为 30% 的 3D 打印胶凝材料在水化 90 d 后, 经过 XRD 衍射实验得到胶凝材料的物质成分主要有石英、钙矾石、方解石、钠长石、钙钛矿、 $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  和水化硅酸钙等七种物质。其中, 石英和方解石由铁尾矿提供, 钙矾石和水化硅酸钙主要由水泥水化产生的, 其余物质均由原材料经过一系列化学反应得到的。

### 4 结论

(1) 结合上述铁尾矿 3D 打印材料的力学性能和微观结构实验结果, 认为在铁尾矿掺量为 30% 时, 3D 打印材料的物理力学性能与微观结构状态均达到较佳; 层间间隔时间在 20~30 min 是较佳的 3D 材料打印间隔时间。因此, 可以认为将铁尾矿作为 3D 打印材料的骨料是可行的。

(2) 随着铁尾矿掺量的不断增大, 3D 打印胶凝材料的初凝时间和终凝时间的变化规律呈现出不断增大的趋势, 但是 3D 打印胶凝材料的流动度的变化规律却呈现出不断减小的趋势, 且在铁尾矿掺量为 30% 时, 3D 打印胶凝材料的初凝时间的

变化幅度逐渐平稳,而3D打印胶凝材料的终凝时间的变化幅度仍然在上升,但是3D打印胶凝材料的流动度却在铁尾矿掺量为30%时开始快速下降。

(3) 随着铁尾矿掺量的不断增大,3D打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度的变化规律均呈现出先增大后减小的趋势,且在铁尾矿掺量为30%时取得极大值。随着铁尾矿掺量的不断增大,3D打印胶凝材料的剪切黏度的变化规律呈现出先减小后区域稳定的趋势,剪切应力的变化规律却呈现出不断增大的趋势。

(4) 随着层间间隔时间不断增大,3D打印胶凝材料的抗压强度和抗折强度均呈现下降的变化趋势,但是在层间间隔时间在20~30 min之间时,抗压强度和抗折强度下降幅度较为平缓;随着层间间隔时间不断增大,3D打印胶凝材料的层间粘结强度均呈现下降的变化趋势。

(5) 铁尾矿掺量为30%的3D打印胶凝材料在水化90 d后,经过XRD衍射实验得到胶凝材料的物质成分主要有石英、钙矾石、方解石、钠长石、钙钛矿、 $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ 和水化硅酸钙等七种物质。

## 参考文献:

[1] 曾兴华,黄高明,吴炎平,等.铜尾矿硅质原料在蒸压加气混凝土砌块中应用技术研究[J].新型建筑材料,2021,48(5):146-148.  
ZENG X H, HUANG G M, WU Y P, et al. Research on application technology of copper tailings siliceous materials in autoclaved aerated concrete blocks[J]. New Building Materials, 2021, 48(5):146-148.  
[2] 刘竞怡,孙志华,温久然,等.金尾矿砂作为混凝土集料的物化性质及其改性实验[J].金属矿山,2021(5):211-220.  
LIU J Y, SUN Z H, WEN J R, et al. The physical and chemical properties of gold tailings as concrete aggregate and its modification test[J]. Metal Mine, 2021(5):211-220.  
[3] 宁波,闫艳,左夏伟,等.铁尾矿砂混凝土力学特性实验研究[J].矿产综合利用,2021(4):159-164.  
NING B, YAN Y, ZUO X W, et al. Experimental study on mechanical properties of iron tailings concrete[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(4):159-164.  
[4] 孙强强,李兆,韩茜,等.低硅铁尾矿微晶泡沫玻璃的耐酸碱碱性研究[J].矿产综合利用,2021(6):40-46.  
SUN Q Q, LI Z, HAN Q, et al. Research on acid and alkali resistance of foam glass-ceramics from low-silicon iron ore

tailings[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(6):40-46.

[5] 冯卡,王馨语.硫铁矿尾矿渣改良混凝土力学性质与耐久性[J].矿产综合利用,2022(3):6-11.

FENG K, WANG X Y. Research on mechanical properties and durability of concrete improved by pyrite tailings and slag[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(3):6-11.

[6] 尤帆,耿向.筛分法和激光粒度法联合测定陆源碎屑岩粒度[J].计量学报,2021,42(3):380-387.

YOU F, GENG X. Combination of sieving method and laser particle size method to determine the grain size of terrigenous clastic rocks[J]. Acta Metrology, 2021, 42(3):380-387.

[7] 杨钱荣,赵宗志,肖建庄,等.矿物掺合料与化学外加剂对3D打印砂浆性能的影响[J].建筑材料学报,2021,24(2):412-418.

YANG Q R, ZAO Z Z, XIAO J Z, et al. The influence of mineral admixtures and chemical admixtures on the properties of 3D printing mortar[J]. Journal of Building Materials, 2021, 24(2):412-418.

[8] 施佳楠,雷文.打印温度对3D打印用黄芪药渣/聚乳酸材料性能的影响[J].塑料工业,2021,49(3):69-73.

SHI J N, LEI W. The effect of printing temperature on the properties of Astragalus medicinal residue/poly(lactic acid) material for 3D printing[J]. Plastic Industry, 2021, 49(3):69-73.

[9] 田小永,闫万权,黄兰,等.石墨烯/柔性聚乳酸自传感复合材料结构3D打印与性能研究[J].机械工程学报,2021,57(7):215-223.

TIAN X Y, YAN W Q, HUANG L, et al. 3D printing and properties of graphene/flexible poly(lactic acid) self-sensing composite structure[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2021, 57(7):215-223.

[10] 武雷,孙远,杨威,等.3D打印混凝土层间黏结强度增强技术及实验研究[J].混凝土与水泥制品,2020(7):1-6.

WU L, SUN Y, YANG W, et al. 3D printing concrete interlayer bonding strength enhancement technology and experimental research[J]. Concrete and Cement Products, 2020(7):1-6.

[11] 吴昊一,蒋亚清,潘亭宏,等.3D打印水泥基材料层间结合性能研究[J].新型建筑材料,2019,46(12):5-8.

WU H Y, JIANG Y Q, PAN T H, et al. Research on the interlayer bonding performance of 3D printing cement-based materials[J]. New Building Materials, 2019, 46(12):5-8.

[12] 陆文君,孙君,石世宏.聚乳酸基木塑3D打印材料性能研究[J].合成技术及应用,2018,33(3):10-12.

LU W J, SUN J, SHI S H. Study on properties of polylactic acid-based wood-plastic 3D printing materials[J]. Synthesis Technology and Application, 2018, 33(3):10-12.

(下转第58页)

## Sulfate Corrosion Resistance and Microstructure Characteristics of Iron Tailings Concrete

MIAO Qing<sup>1</sup>, CHANG Jian<sup>2</sup>, SUN Boyi<sup>3</sup>

(1. Shanxi Vocational University of Engineering Science, Jinzhong 030619, Shanxi, China; 2. Shenyang Research Institute of China Coal Science and Industry Group, Shenyang 110000, Liaoning, China; 3. School of Civil Engineering, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, Liaoning, China)

**Abstract:** This is an article in the field of ceramics and composites. Mechanical properties and durability of sodium sulfate solution corrosion of iron tailings concrete are developed. The effects of different iron tailings content, the number of dry and wet cycles, and the concentration of sodium sulfate solution on its mechanical properties and durability are analyzed. The results show that when the iron tailings content is 30%, the number of dry and wet cycles is 60 times, and the sodium sulfate concentration is 5%, the performance indicators of the concrete reach the best state. With the increasing amount of iron tailings, the better the corrosion resistance and frost resistance of concrete will be. The heat of hydration reaction is constantly decreasing. The porosity of concrete and the change of total mercury volume show a trend of first decreasing and then increasing. Under the same condition of iron tailings content, the change law of the main peak amplitude of concrete after corrosion shows an increasing trend. However, under the same sodium sulfate solution concentration, the main peak amplitude of concrete showed a trend of first decreasing and then increasing after corrosion.

**Keywords:** Ceramics and composites; Iron tailings; Concrete; Mass loss rate; Hydration reaction; Porosity; Total mercury volume

////////////////////////////////////  
(上接第 51 页)

## Effect of Iron Tailings with Different Content on the Properties of 3D Printing Concrete Cementitious Materials

ZHANG Bin<sup>1</sup>, QIN Yi<sup>2</sup>

(1. Department of Road and Bridge Engineering, Inner Mongolia Vocational & Technical College of Communications, Chifeng 024005, Inner Mongolia, China; 2. Department of Civil Engineering, Eastern Liaoning University, Dandong 118003, Liaoning, China)

**Abstract:** This is an article in the field of ceramics and composites. Rheology and microstructure properties of iron-doped tailings 3D printing cementitious materials were studied in this paper. The results show that the particle size of tailings is small and can be used as aggregates for 3D printing materials. In the 3D printing process, it can smoothly pass through the pipeline for conveying the cementitious material. As the content of iron tailings continues to increase, the shear viscosity of 3D printing cementitious materials shows a trend that first decreases and then stabilizes in the region. However, the changing law of shear stress shows an increasing trend as the interval between layers increases. The compressive strength and flexural strength of 3D printing cementitious materials both show a decreasing trend. When the interval between layers is in between 20~30 min, the compressive strength and flexural strength decrease more slowly. As the interval between layers continues to increase, the interlayer bonding strength of 3D printing cementitious materials shows a decreasing trend. The 3D printing cementitious material with 30% iron tailings content is hydrated for 90 days after XRD diffraction test. The main material components of the cementitious material are quartz, ettringite, calcite, albite, perovskite,  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$  and seven substances such as calcium silicate hydrate.

**Keywords:** Ceramics and composites; Iron tailings; 3D printing cementitious materials; Mechanical properties; Rheological properties; Microstructure properties