

# 钢渣熔融改质对高钛矿渣水化活性的影响

赵杰<sup>1</sup>, 周凯<sup>2</sup>, 李军<sup>2</sup>, 汪杰<sup>3</sup>

(1. 攀枝花钢城集团有限公司, 四川 攀枝花 617000;

2. 西南科技大学环境友好能源材料国家重点实验室, 材料与化学学院, 四川 绵阳 621010;

3. 攀枝花学院土木与建筑工程学院, 四川 攀枝花 617000)

**[摘要]** 熔体源头改质是降低高钛矿渣 TiO<sub>2</sub> 含量、提高水化活性的有效途径, 且将增加其作为水泥和混凝土用辅助性胶凝材料的使用价值。本文利用钢渣调节渣系碱度和 TiO<sub>2</sub> 含量, 在石墨坩埚中实现高钛矿渣熔融和熔体改质, 熔体再经水淬急冷制备得到钢渣熔融改质高钛矿渣。研究表明, 随着钢渣掺入量的增加, 高钛矿渣熔体碱度提升, 改质高钛矿渣铁氧化物含量降低, 表明熔融改质过程可回收金属铁。改质高钛矿渣玻璃体含量均在 75% 以上, 但随着碱度提升, 玻璃体含量降低。随着碱度提高, 体系 TiO<sub>2</sub> 含量有所降低, 其对玻璃体结构稳定作用减弱, 使得改质高钛矿渣微粉水化活性提高。碱度 1.5 的改质高钛矿渣微粉水泥胶砂流动度和活性指数达到 S75 级粒化高炉矿渣粉要求。

**[关键词]** 高钛矿渣; 转炉钢渣; 熔融改性; 碱度; 水化活性

**[中图分类号]** X757

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 2097-2423(2025)03-0029-06

**DOI:** 10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2025.03.005

## 0 引言

四川攀西地区钒钛磁铁矿冶炼过程中排放了大量的高钛矿渣和转炉钢渣<sup>[1-3]</sup>, 两者年排放量分别超过 1 000 万 t 和 100 万 t。不同于传统高炉矿渣, 高钛矿渣的 TiO<sub>2</sub> 含量普遍在 15% 以上且水化活性低, 无法作为水泥或混凝土用辅助胶凝材料原料, 目前主要被加工成骨料应用于建筑领域, 使用价值极

低<sup>[4]</sup>。转炉钢渣则因为水化活性低、安定性不良、易磨性差等问题, 其规模化高值应用也极为受限<sup>[5]</sup>。因此, 迫切需要对这两种冶炼渣进行高值建材资源化研究及技术开发。

参考传统高炉矿渣处理方法, 目前行业内采用水淬手段处理熔态高钛矿渣, 水淬高钛矿渣中出现较多玻璃相, 但由于 TiO<sub>2</sub> 的良好成核生长效应, 渣中富含钙钛矿、透辉石等惰性矿物, 将其直接加工成水泥混合材或混凝土掺合料存在水化活性过低的问题<sup>[6]</sup>。徐梓馨等<sup>[7]</sup>对高钛矿渣熔体进行风淬处理, 风淬渣结构稳定性提升, 但水化活性则降低。由此可看见, 对熔融钢渣进行水淬、风淬、热焖等预处理, 虽在一定程度上解决了其体积安定性不良问题, 但受限于钢渣自身成分, 仅通过预处理手段难以进一步提高其作为辅助胶凝材料的应用潜力。

近年来, 研究者重点研究了高钛矿渣或钢渣熔体源头重构改质改性技术, 重构后的尾渣亦可作为高炉矿渣或水泥熟料使用<sup>[8]</sup>。矿渣或钢渣熔体源头重构对渣系碱度 $[R = (CaO\% + MgO\%) / (SiO_2\% + Al_2O_3\%)]$ 要求较高, 一般需将渣系碱度调节到 1.5 以下, 以利于重构过程顺利开展<sup>[9]</sup>。陈广玉等<sup>[10]</sup>发现足量的 TiO<sub>2</sub> 会降低液态渣黏度, 优化出渣条件, 但正因如此高钛矿渣水化活性较低, 因此高钛矿渣熔体源头重构一般需要添加 CaO 组分, 提高

**[收稿日期]** 2025-03-26

**[基金项目]** “工业固态废弃物土木工程综合开发利用”四川省高等学校重点实验室开放基金(SC\_FQWLY-2024-Z-03), 攀枝花市科技计划项目(2024ZD-S-78, 2024ZD-C-2)。

**[作者简介]** 赵杰(1982—), 男, 陕西宝鸡人, 硕士研究生, 高级工程师, 长期从事冶金渣综合利用工作。

**[通信作者]** 汪杰(1988—), 男, 四川乐山人, 博士, 硕士, 副教授, 高级工程师, 攀枝花市学术技术带头人后备人选, 长期从事大宗工业固态废弃物土木工程综合利用与绿色矿山生态修复研究工作。

**[引用格式]** 赵杰, 周凯, 李军, 等. 钢渣熔融改质对高钛矿渣水化活性的影响[J]. 绿色矿冶, 2025, 41(3): 29-34.

ZHAO Jie, ZHOU Kai, LI Jun, et al. The effect of molten steel slag modification on hydration activity of high titanium type blast furnace slag[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2025, 41(3): 29-34.

渣系碱度以提高其水化活性<sup>[11]</sup>。钢渣的 CaO 含量、渣系碱度、熔体黏度均较高,出渣困难,其熔融重构则一般需要掺入硅铝质调渣剂以降低渣系碱度。如能将钢渣和高钛矿渣复配,则既能将渣系碱度调节至合适区间,也可以实现熔渣源头相互改质,这将为钢渣和高钛矿渣的同步高质建材资源化提供新思路。

本文提出以钢渣作为调渣剂调节高钛矿渣体系碱度的方法,进而开展了钢渣熔融改质对高钛矿渣水化活性的影响研究,探究了改性高钛矿渣的组成、结构和水化性能。

表 1 高钛矿渣和钢渣化学组成

样品	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
高钛矿渣	26.12	23.88	13.58	8.10	3.83	21.12	1.35	0.10
钢渣	40.37	12.60	1.86	6.72	32.17	0.36	0.09	2.01

(SiO<sub>2</sub>% + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>%) ] 为 0.9, 偏酸性, 其 TiO<sub>2</sub> 含量超 20%, 远高于传统高炉矿渣; 钢渣碱度为 3.3, CaO 含量超 40%, 为高碱度渣。

钢渣和高钛矿渣物相分析如图 1 所示。由图 1 可知, 钢渣矿物组成包括 RO 相、铁酸二钙、硅酸二

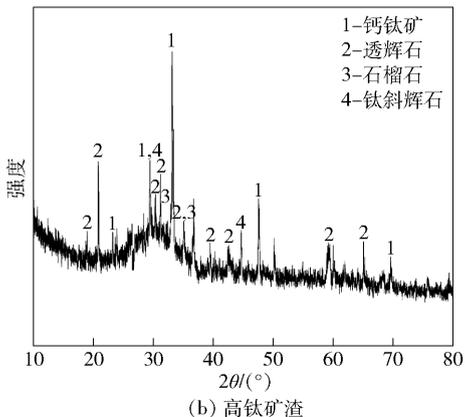
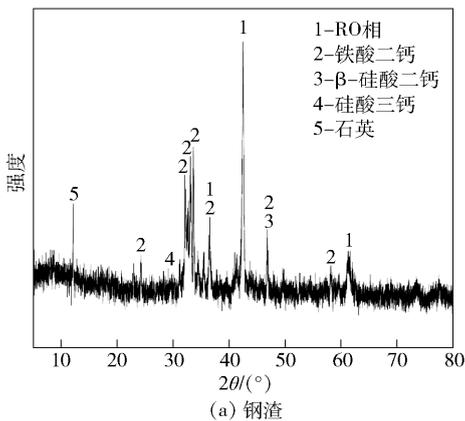


图 1 X 射线衍射图谱

## 1 原材料及试验方法

### 1.1 原材料

水淬高钛矿渣 (WS) 和钢渣 (SG) 均来自钢城集团凉山瑞海实业有限公司; P. O 42.5R 普通硅酸盐水泥 (OPC) 购自拉法基水泥公司; ISO 标准砂购自厦门艾思欧标准砂有限公司; 石墨坩埚 (外径 130 mm × 高度 210 mm, 壁厚 10 mm) 作熔融容器以及碳质还原剂。

钢渣和高钛矿渣主要化学成分见表 1。由表 1 可知, 高钛矿渣碱度 [  $R = (CaO\% + MgO\%) /$

钙、硅酸三钙等; 高钛矿渣则由玻璃相、钙钛矿、透辉石、石榴石等组成。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 改质高钛矿渣制备

钢渣熔融改质高钛矿渣对渣系碱度区间有一定要求。若碱度过高 ( $R \geq 1.5$ ), 熔体黏度高、出渣困难, 冷却时容易结晶<sup>[3,9]</sup>; 若碱度过低, 则体系中 TiO<sub>2</sub> 含量过高, 熔体黏度低, 虽容易排渣, 但 TiO<sub>2</sub> 进入玻璃体会降低尾渣的水化活性。因此, 根据钢渣和高钛矿渣自身组成和碱度特性, 本文通过控制高钛矿渣和钢渣的用量比例, 调节渣系碱度分别为 1.0、1.2 和 1.5, 试验方案见表 2。

表 2 试验方案

样品	设计碱度 (R)	原料配比/%		体系 TiO <sub>2</sub>	体系 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		钢渣	高钛矿渣	含量/wt%	含量/wt%
TWS-1	1.0	7.0	93.0	19.7	5.8
TWS-2	1.2	25.1	74.9	15.9	10.9
TWS-3	1.5	45.5	54.5	11.7	16.7

由表 2 可知, 随着钢渣掺入量增加, 体系碱度增加, TiO<sub>2</sub> 含量降低, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量增加。按照表 2 配比称取钢渣和高钛矿渣并混合均匀, 将混合渣装入石墨坩埚并置于中频感应加热炉 (ZP-15KW, 昆山拓达机电设备有限公司, 最高温度 1 650 °C) 中, 在 1 600 °C 下熔融并保温 45 min。由于体系中的 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 在石墨坩埚中会被还原成铁水并沉降于坩埚底部,

故保温结束后,将浮于坩埚上部的熔体倒入水池中,熔体经过水淬急冷得到改质高钛矿渣。

### 1.2.2 改质高钛矿渣水化活性试验

改性高钛矿渣干燥后经过磁选除去残余单质铁,然后置于 SM-500 型球磨机中粉磨 30 min、45 min 和 60 min,得到 45  $\mu\text{m}$  筛余分别  $\leq 30\%$ 、 $\leq 25\%$  和  $\leq 12\%$  的三种细度改性高钛矿渣微粉。参考《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046—2017)测试改性高钛矿渣微粉的活性指数以及玻璃体含量,其中玻璃体含量参考标准中附录 C 测定,即通过测量粒化高炉矿渣微粉 X 射线衍射图中玻璃体部分的面积与底线上面积之比,得到玻璃体含量。

### 1.3 测试与表征

材料化学组成及矿物组成分别采用荷兰帕纳科公司的波长色散型 X 射线荧光光谱仪(XRF)和 X'Pert-Pro 型 X 射线衍射仪(扫描范围: $5^\circ \sim 80^\circ$ ,步长: $0.02^\circ$ ,扫描速度  $10^\circ/\text{min}$ )测试;采用美国 Calmetrix, Inc 公司的 I-Cal 8000HPC 型等温量热仪测试胶凝材料体系的水化放热过程(实验温度: $20^\circ\text{C}$ ,水胶比: $0.5$ ),高钛矿渣微粉替代水泥量为  $50\%$ 。

## 2 结果及讨论

### 2.1 改质高钛矿渣组成和结构

水淬改质高钛矿渣外观如图 2 所示。由图 2 可知,不同渣系碱度条件下获得的改质高钛矿渣颜色无明显变化,均呈现黑褐色。随着碱度升高,改质高钛矿渣蓬松度下降,主要是由于渣系碱度越高,其熔体黏度越大,水淬粒化效果变差,渣粒更密实<sup>[3,9-10]</sup>。



(a) TWS-1



(b) TWS-2



(c) TWS-3

图 2 水淬尾渣外观

改质高钛矿渣主要化学成分见表 3。对比表 1 可以发现,改质高钛矿渣碱度基本未发生变化,但  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量大幅降低, $\text{TiO}_2$  含量则略有上升。这主要是由于熔融改质过程中, $\text{Fe}_2\text{O}_3$  被还原成金属铁分离,钙、镁、硅、铝氧化物留存, $\text{TiO}_2$  同样留存于体系中。

表 3 改质高钛矿渣化学组成

样品	CaO	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	MgO	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{SO}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$	%
TWS-1	27.63	23.20	14.07	8.62	2.15	21.53	0.67	0.07	
TWS-2	30.99	22.23	12.31	9.23	4.37	17.92	0.77	0.35	
TWS-3	38.98	21.42	10.82	10.45	0.63	14.99	0.53	0.13	

改质高钛矿渣 XRD 图谱如图 3 所示。由图 3 可知,在低渣系碱度条件下,改质高钛矿渣以玻璃相为主,含少量钙钛矿,其玻璃体含量达  $89\%$ ;而在碱度 1.2 时,改质高钛矿渣玻璃体含量降至  $80\%$ ,钙钛矿或镁蔷薇辉石( $\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$ )衍射峰强度提

高;随着渣系碱度进一步提升,钙钛矿和镁蔷薇辉石衍射峰强度进一步提高,玻璃体含量则降低到  $75\%$ 。综合来说,随着钢渣掺入量增加,会引入更多碱性氧化物(CaO、MgO 等),熔渣聚合度和黏度增加,结晶倾向增强; $\text{TiO}_2$  虽可降低体系黏度,但同时

具有优异的成核生长效应,会吸引部分  $\text{Ca}^{2+}$  优先析出晶相<sup>[1,12]</sup>。需要说明的是,镁蔷薇辉石与钙钛矿的特征衍射峰位置十分接近,两者特征衍射峰有重叠现象,结合软件识别和改质高钛矿渣化学成分共同分析, $\text{TiO}_2$  含量较低的 TWS-3 体系以钙钛矿为主;随着 CaO 含量提高,体系中矿物将以镁蔷薇辉石占据主导,但仍存在钙钛矿矿物。

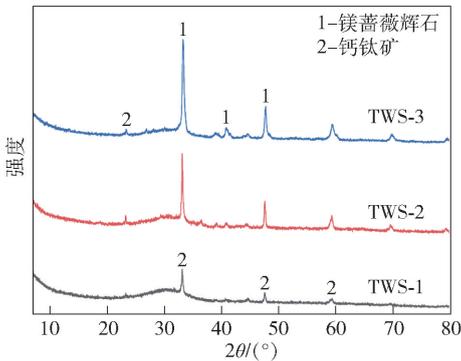


图3 改质高钛矿渣 XRD 图谱

## 2.2 改质高钛矿渣活性指数

将得到的改质高钛矿渣分别粉磨 30 min、45 min 和 60 min,得到  $45\ \mu\text{m}$  筛余  $\leq 30\%$ 、 $\leq 25\%$  和  $\leq 12\%$  的不同细度改质高钛矿渣微粉,其活性指数见表 4。由表 4 可知,对于相同渣系碱度的改质高钛矿渣,延长粉磨时间, $45\ \mu\text{m}$  筛余降低,水泥胶砂流动度降低,这是由于细颗粒更容易吸附水,减少了胶砂体系自由水含量。对于低碱度系数改质高钛矿渣微粉(TWS-1),随着  $45\ \mu\text{m}$  筛余降低,其活性指数基本呈增加趋势。TWS-1 体系  $\text{TiO}_2$  含量仍在 20% 以上,尽管其玻璃体含量高,但  $\text{TiO}_2$  也进入了玻璃体结构中,使得其水化活性未能进一步提高,此时粉磨细度对活性增加贡献更大;对于中等碱度系数改质高钛矿渣微粉(TWS-2),随着  $45\ \mu\text{m}$  筛余降低,其 7 d 和 28 d 活性指数基本呈增加趋势,且均高于 TWS-1 体系。TWS-2 体系的  $\text{TiO}_2$  含量降低,玻璃体稳定性下降,水化活性提高,体系活性指数依赖于玻璃体自身特性,此时进一步提高粉磨细度,活性增加并不明显。对于高碱度系数改质高钛矿渣微粉(TWS-3),随着  $45\ \mu\text{m}$  筛余降低,其 7 d 和 28 d 活性指数变化不大,且 28 d 活性指数均高于 TWS-1 和 TWS-2 体系,说明体系活性指数主要依赖玻璃体自身水化活性。综合分析,改质高钛矿渣 TWS-3 体系的水泥胶砂流动度比  $\geq 100\%$ ,7 d 和 28 d 活性指数分别  $\geq 55\%$  和  $\geq 75\%$ ,达到 S75 级粒化高炉矿渣粉要求。

表 4 改质高钛矿渣活性指数

组别	研磨时间/min	$45\ \mu\text{m}$ 筛余/%	胶砂流动度比/%	活性指数/%		
				3 d	7 d	28 d
TWS-1-60	60	$\leq 12$	93	46	47	67
TWS-1-45	45	$\leq 25$	98	44	41	63
TWS-1-30	30	$\leq 30$	100	41	42	59
TWS-2-60	60	$\leq 12$	101	57	60	74
TWS-2-45	45	$\leq 25$	103	49	48	75
TWS-2-30	30	$\leq 30$	101	53	45	66
TWS-3-60	60	$\leq 12$	100	64	56	76
TWS-3-45	45	$\leq 25$	100	67	55	75
TWS-3-30	30	$\leq 30$	103	64	57	77

## 2.3 改质高钛矿渣水化放热特征

改质高钛矿渣-水泥净浆的 7 d 水化放热进程如图 4 所示。由图 4(a)可知,存在三处明显的放热速率峰。放热峰 I 对应体系中水泥的润湿以及  $\text{C}_3\text{S}$ 、 $\text{C}_3\text{A}$  和  $\text{C}_4\text{AF}$  等矿物的快速溶解和水化,并伴随  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  和钙矾石 (AFt) 的生成;进入水化加速期后,体系中  $\text{C}_3\text{S}$  加速水化形成 C—S—H 凝胶,形成放热峰 II,此峰在 TWS-1-30 改质高钛矿渣体系更加明显,可能是因为 TWS-1-30 改质高钛矿渣的颗粒过粗,在水化初期参与反应的颗粒更少,此时水泥颗粒局部水胶比提高, $\text{C}_3\text{S}$  发生水化反应更快和更多;放热肩峰 III 代表 AFt 转化成单硫型水化硫铝酸钙 (AFm)、 $\text{C}_3\text{A}$  等矿物的水化反应以及部分火山灰反应放热。高碱度的 TWS-3 体系水化放热肩峰 III 更加明显,且随着  $45\ \mu\text{m}$  筛余降低,峰值出现时间提前:一方面,碱度增加说明体系中钢渣的掺入量增多,引入的 CaO 含量增加,其水化活性和反应速率均会增加;另一方面,更长的粉磨时间增大微粉细度和比表面积,颗粒对水分的吸附性增强,有益于加速水化反应。尽管如此,大部分低碱度 TWS-1 组和 TWS-2 组的水化放热峰均不明显且出现时间推迟,可能是因为熔融改质过程对  $\text{TiO}_2$  回收效果微乎其微,而  $\text{TiO}_2$  优异的成核生长效应在冷却过程中会吸引  $\text{Ca}^{2+}$  并结合加速析晶,生成  $\text{CaTiO}_3$  等惰性晶相,抑制水化反应进程。在水化的 10~35 h 时,高碱度改质高钛矿渣微粉的水化放热速率更快,这是因为钢渣掺量的增加为体系引入更多钙质组分,且含 Ti 惰性矿物的减少有益于改质高钛矿渣的水化,更重要的是随着粉磨时间的增加,微粉颗粒更加细小且分布均匀,水化速度将更快。

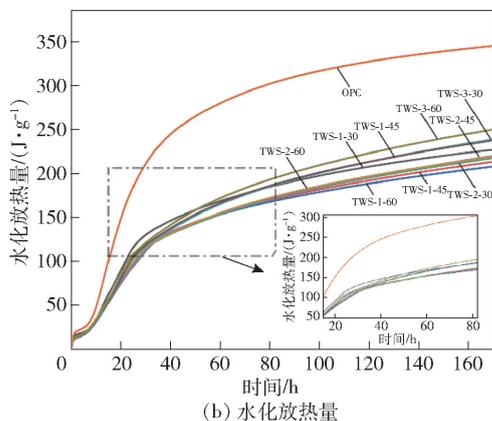
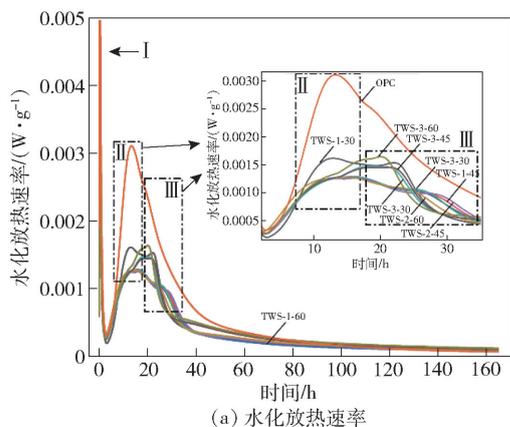


图4 改质高钛矿渣-水泥胶凝材料体系水化发热

图4(b)代表不同细度各碱度改质高钛矿渣微粉的总水化放热量。由图4(b)可知, TWS-1-30、TWS-1-45、TWS-1-60、TWS-2-30、TWS-2-45、TWS-2-60、TWS-3-30、TWS-3-45、TWS-3-60的总水化放热量分别为227.2 J/g、213.4 J/g、208.0 J/g、217.7 J/g、220.1 J/g、219.2 J/g、239.0 J/g、237.7 J/g、250.3 J/g, 而普通硅酸盐水泥 OPC 的总水化放热量为345.2 J/g, 说明改质高钛矿渣微粉的掺入将大幅降低胶凝体系的水化累计放热量, 而在35~168 h时, 高碱度组的水化放热量均高于低碱度组, 且随粉磨时间延长其总放热量有小幅提升, 这可能是因为钢渣掺入量提高了体系的钙质组分含量, 而含钛惰性晶相减少, 使得体系水化放热量增加。

### 3 结论

1) 引入钢渣可以调节高钛矿渣熔体渣系碱度和 $\text{TiO}_2$ 含量, 从而能够实现熔融改质高钛矿渣。在不同渣系碱度下, 改质高钛矿渣玻璃体含量均在75%以上, 但随着渣系碱度提升, 玻璃含量降低。改

质高钛矿渣铁氧化物含量降低, 表明在熔融改质过程中体系铁氧化物能够同步被还原分离。

2) 改质高钛矿渣水化活性随碱度升高而提升; 高碱度改质高钛矿渣微粉活性更依赖于玻璃体自身水化活性, 而对细度依赖较小。碱度1.5的改质高钛矿渣微粉水泥胶砂流动度比 $\geq 100\%$ , 7 d和28 d活性指数分别 $\geq 55\%$ 和 $\geq 75\%$ , 水泥胶砂流动度和活性指数达到S75级粒化高炉矿渣粉要求。

### [参考文献]

- [1] LI Xiaoying, LI Jun, LU Zhongyuan, et al. Preparation and properties of reactive powder concrete by using titanium slag aggregates[J]. Construction and Building Materials, 2020, 234: 117342.
- [2] 徐梓馨, 徐陈, 李军, 等. 风淬高钛矿渣制备及其性能[J]. 西南科技大学学报, 2024, 39(2): 16-22.
- [3] 徐陈, 徐梓馨, 周凯, 等. 碱度及冷却方式对钢渣还原尾渣水化活性影响[J]. 武汉理工大学学报, 2023, 45(5): 26-31.
- [4] 李晓英. 高钛矿渣高性能混凝土性能及其浆-骨界面作用机制研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2021.
- [5] 王吉凤, 付恒毅, 闫晓彤, 等. 钢渣综合利用研究现状[J]. 中国有色冶金, 2021, 50(6): 77-82.
- [6] HOU Xinkai, WANG Dan, SHI Yiming, et al. Hydraulic activity and microstructure analysis of high-titanium slag[J]. Materials, 2020, 13(5): 1239.
- [7] 徐梓馨. 高钛型高炉渣风淬改性及其应用探索[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2023.
- [8] LI J, YU Q, WEI J, et al. Structural characteristics and hydration kinetics of modified steel slag[J]. Cement and Concrete Research, 2011, 41(3): 324-329.
- [9] 冯聪, 白晓光, 李玉柱, 等. 碱度对包钢高炉渣流变特性及熔化性能的影响[J]. 包钢科技, 2024, 50(6): 30-35.
- [10] 陈广玉, 康嘉龙, 吴世杰, 等.  $\text{TiO}_2$ 对炉渣黏度的影响[J]. 内蒙古科技大学学报, 2018, 37(4): 338-342, 372.
- [11] 徐彬, 蒲心诚. 矿渣玻璃体分相结构与矿渣潜在水硬活性本质的关系探讨[J]. 硅酸盐学报, 1997, (6): 105-109.
- [12] GUO H, YIN S, YANG H, et al. Iron recovery and active residue production from basic oxygen furnace (bof) slag for supplementary cementitious materials[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2018, 129: 209-218.

# The Effect of Molten Steel Slag Modification on Hydration Activity of High Titanium Type Blast Furnace Slag

ZHAO Jie<sup>1</sup>, ZHOU Kai<sup>2</sup>, LI Jun<sup>2</sup>, WANG Jie<sup>3</sup>

(1. Panzhihua Gangcheng Group, Co., Ltd., Xichang 615000, China;

2. State Key Laboratory of Environment-friendly Energy Materials, School of Materials and Chemistry, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

3. School of Civil and Architectural Engineering, Panzhihua University, Panzhihua 617000, China)

**Abstract:** The modification of the melt source is an effective approach to reduce the  $\text{TiO}_2$  content in high-titanium slag and improve its hydration activity, which will enhance its value as an auxiliary cementitious material in cement and concrete. This study proposed the use of steel slag to regulate the slag system's alkalinity and  $\text{TiO}_2$  content, achieving high-titanium slag melting and melt modification in graphite crucibles. The melt was then rapidly cooled through water quenching to prepare steel slag-modified high-titanium slag. The results indicate that with the addition of steel slag, the alkalinity of the high-titanium slag melt increases, and the iron oxide content in the modified high-titanium slag decreases, suggesting that the melting and modification process can recover metallic iron. The glass content of the modified high-titanium slag is always above 75%, but it decreases as the alkalinity increases. As the alkalinity increases, the  $\text{TiO}_2$  content in the system decreases, weakening its stabilizing effect on the glass structure, which leads to an improvement in the hydration activity of the modified high-titanium slag micro-powder. The modified high-titanium slag micro-powder with an alkalinity of 1.5 meets the requirements of S75-grade granulated blast furnace slag powder for cement mortar flowability and activity index.

**Key words:** high titanium blast furnace slag; steel slag; basicity; melting modification; alkalinity; hydration activity