

[补充信息]

纳米氧化铝提升海洋环境高速铁路桥梁混凝土结构服役寿命研究

杨志强^{1,2}, 王振^{1,2}, 黄法礼^{1,2}, 易忠来^{1,2}, 蒋金洋^{3,4,✉}

1. 中国铁道科学研究院集团有限公司, 北京 100081;
2. 高速铁路轨道技术国家重点实验室, 北京 100081;
3. 东南大学材料科学与工程学院, 南京 211189;
4. 东南大学江苏省土木工程材料重点实验室, 南京 211189

[Supplementary Information]

Improving the Service Life of Bridge Concrete Structure of High-speed Railway Exposed to Marine Environment by Adding Nano Alumina-oxide

YANG Zhiqiang^{1,2}, WANG Zheng^{1,2}, HUANG Fali^{1,2}, YI Zhonglai^{1,2}, JIANG Jinyang^{3,4,✉}

1. Railway Engineering Research Institute, China Academy of Railway Science Corporation Limited, Beijing 100081, China
2. State Key Laboratory for Track Technology of High-speed Railway, Beijing 100081, China
3. School of Materials Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, China
4. Jiangsu Key Laboratory of Construction Materials, Southeast University, Nanjing 211189, China

主要原材料

本工作中, 用到的主要原材料有基准水泥、粉煤灰、矿渣粉、硅灰, 纳米氧化铝等。水泥化学组成如所示表 S1 所示, 水泥基本性能如表 S2 所示。

表 S1 水泥化学组成 (质量分数, %)

Table S1 Chemical composition (mass fraction, %) of cement

CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	SO ₃	TiO ₂
61.73	19.97	2.82	4.52	0.58	0.12	1.98	2.95	0.27

表 S2 基准水泥基本性能

Table S2 Basic properties of reference cement

比表面积/(m ² /kg)	凝结时间/min)		抗压强度/MPa		抗折强度/MPa	
	初凝	终凝	3 d	28 d	3 d	28 d
350	155	215	24.6	50.5	5.1	8.9

纳米氧化铝的 XRD 图如图 S1 所示, 特征衍射峰 $2\theta = 37.59^\circ$ 、 39.52° 、 45.82° 、 61.07° 、 66.97° , 表明该氧化铝的晶形是 γ 相。纳米氧化铝主要化学和物理性质如表 S3 所示。

表 S3 纳米氧化铝主要性质

Table S3 Main properties of nano-aluminum oxide

粒径/nm	比表面积/(m ² /g)	堆积密度/(kg/m ³)	纯度/%	物相
20	> 160	≈ 190	99.99	γ

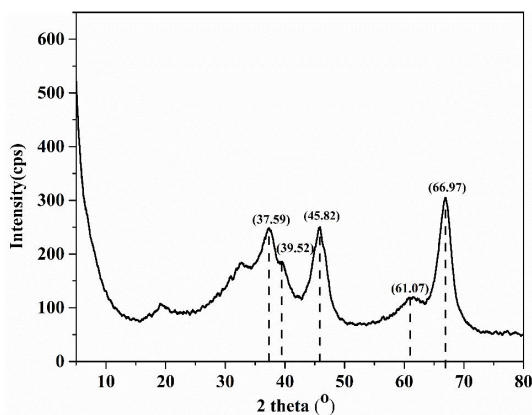


图 S1 纳米氧化铝的 XRD 图

Fig. S1 XRD pattern of nano-alumina

粉煤灰、矿渣粉、硅灰 XRD 图如图 S 2 所示, 化学组成如表 S 4 所示。可以看出, 粉煤灰中含有少量的莫来石、石英和赤铁矿。矿渣粉由于其自身的水化作用, XRD 图谱中含有少量的碳酸钙。硅灰主要是由无定型的二氧化硅组成, 其 SiO₂ 含量达到了 97.2%。

表 S4 粉煤灰、矿渣粉和硅灰化学组成 (质量分数,%)

Table S4 Chemical composition (mass fraction, %) of fly ash, slag powder and silica fume

	CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	SO ₃	TiO ₂
FA	10.2	48.6	4.46	30.6	1.08	0.36	0.75	1.30	1.35
SL	42.9	31.5	1.11	13.4	0.54	0.30	6.32	2.12	0.66

SF	0.62	97.2	-	0.41	-	-	0.19	0.29	-
----	------	------	---	------	---	---	------	------	---

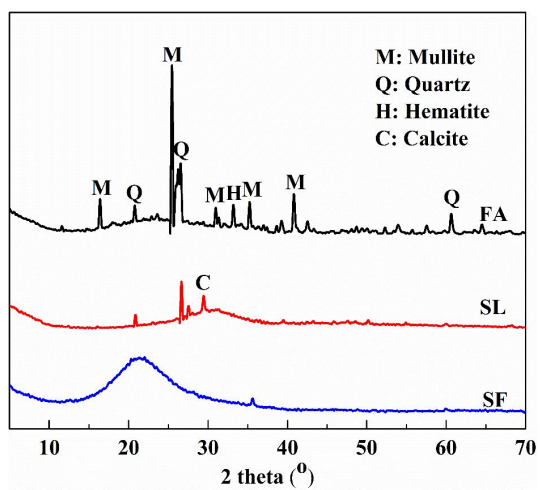


图 S2 粉煤灰、矿渣粉和硅灰的 XRD 图

Fig. S2 XRD patterns of fly ash, slag powder and silica fume