

# 基于电化学阻抗谱的氯离子侵蚀混凝土研究

姜凤娇<sup>1,2</sup>, 贡金鑫<sup>1</sup>, 王 幻<sup>1</sup>

(1. 大连理工大学 建设工程学部, 辽宁 大连 116024; 2. 大连海洋大学 信息工程学院, 辽宁 大连 116023)

**摘要:** 矿渣作为钢铁生产中产生的副产品, 是水泥中常用的一种矿物掺合料, 以用于减少建筑材料中水泥的用量, 起到节约能源的作用。本文通过对相同水灰比、不同掺量矿渣的混凝土进行试验, 分别浸泡于清水和盐水中, 研究氯离子侵蚀矿渣混凝土的微观特性; 通过准 Randle 电路对氯离子不同侵蚀时间进行电化学阻抗分析, 利用电路的各参数  $R_s$ 、 $R_{ct}$ 、 $C_d$ 、 $\sigma$ 、 $p$  进行混凝土孔结构及微观特性分析。试验结果表明, 盐水环境可以提高试块中的双电层电容, 而对于扩散阻抗系数、孔溶液电阻和自由电子转移形成的电阻, 盐水环境对其有衰减作用。而不论处于盐水还是清水环境, 试块的常相角指数均不变, 说明盐水中的氯离子侵蚀进入矿渣混凝土材料后, 虽然提高了孔结构中的离子浓度, 但并没有改变混凝土内部结构的特性。

**关键词:** 混凝土; 掺合矿渣; 氯离子; 电化学阻抗谱

**中图分类号:** TU528.33; TQ15

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2019)05-0682-06

## Study on chloride ion erosion of concrete based on electrochemical impedance spectroscopy

JIANG Fengjiao<sup>1,2</sup>, GONG Jinxin<sup>1</sup>, WANG Huan<sup>1</sup>

(1. Faculty of Infrastructure Engineering, Dalian University of Technology, Liaoning Dalian 116024, China;

2. College of Information Engineering, Dalian Ocean University, Liaoning Dalian 116023, China)

**Abstract:** As a by-product of steel production, slag is a mineral admixture used in cement, to reduce the amount of cement in building materials and save energy. In this paper, the microcosmic characteristics of chloride ion eroding slag concrete are studied by soaking concrete with the same water cement ratio and different content of slag in fresh water and saline water respectively. Quasi-Randle circuit was used to analyze the electrochemical impedance of chloride ion at different corrosion time. The pore structure and micro-characteristics of concrete were analyzed by using the circuit parameters  $R_s$ 、 $R_{ct}$ 、 $C_d$ 、 $q$ 、 $\sigma$ 、 $p$ . Results show that the salt water environment can improve the double layer capacitance of the test block, and the salt water environment can attenuate the diffusion impedance coefficient, the resistance of pore solution and the resistance formed by free electron transfer. The normal phase angle index of the test block remains unchanged regardless of whether it is in brine or clear water. It shows that chloride ion in brine corrodes into slag concrete material, which increases the ion concentration in the pore structure, but does not change the characteristics of the internal structure of concrete.

**Key words:** concrete; blending slag; chloride ion; electrochemical impedance spectroscopy

混凝土作为建筑结构中最为常用的施工材料之一, 其耐久性问题一直备受关注。我国是一个沿海大国, 海域辽阔、海岸线很长, 随着沿海经济的快速发展, 海港码头、跨海大桥、海底隧道以及沿海周围住宅楼等地大量建成与使用, 使得临海区域对混凝土的需求逐渐变大, 这样, 人们就对海洋环境周围的混凝土耐久性能提出了更高的要求。在海洋周围环境中, 例如高层建筑以及跨海大桥等较高建筑高层区域常常先受到湿润条件下的 NaCl 溶液的侵蚀, 然后经过阳光的照射变

得干燥, 即受到了无限个干湿循环下的海水盐溶液的侵蚀, 就会对混凝土造成更为严重的破坏, 因此, 研究沿海区域干湿循环环境下的氯离子侵蚀是十分必要的<sup>[1]</sup>。粉煤灰、矿渣等工业废弃物作为混凝土的矿物质掺合料, 越来越多的应用在混凝土工业中。相比于原材料水泥, 它们具有着更大的活性与更小的粒径, 既可以改善混凝土的工作性能, 也很好的提高了混凝土的耐久度, 还实现了材料的可持续使用, 更为重要的是将废弃物变宝, 合理的利用了资源并减少了水泥的使用。

收稿日期: 2019-02-21

修改稿日期: 2019-09-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(51678104); 国家基础研究基金项目(973 项目: 2015CB057703)

第一作者: 姜凤娇(1978—), 女, 副教授, 主要从事电化学分析、混凝土耐久性研究。E-mail: jfj@dlou.edu.cn