

# The Performance of the Carbonized Concrete Structure in Western Zhejiang Province is Improved

Yuanpu Deng

Quzhou University, Quzhou, Zhejiang, 324000, China

## Abstract

Concrete carbonization is the main reason for the deterioration of concrete performance. This paper analyzes the current situation of concrete carbonization of the existing old building structures in western Zhejiang province, and puts forward feasible investigation methods and research ideas. This paper mainly includes: determining the distribution pattern of concrete structure carbonation with time and space; combining the design parameters of existing reinforced concrete structures, conducting accelerated carbonization tests under the same conditions to estimate the remaining life of the structure; based on the principle of electrochemical re-alkalization, carbonated concrete specimens and on-site components are re-alkalized to restore the alkaline environment of the components and improve the durability and service life of structural components.

## Keywords

concrete durability; concrete carbonization; western Zhejiang; electrochemical alkali

## 浙西地区碳化混凝土结构的性能提升

邓元普

衢州学院, 中国 · 浙江 衢州 324000

## 摘要

混凝土碳化是引起混凝土性能劣化的主要原因。论文对浙西地区既有老旧建筑结构的混凝土碳化现状进行分析, 提出了切实可行的调查方法和研究思路。论文主要包括: 确定混凝土结构碳化随时空分布规律; 结合既有钢筋混凝土结构设计参数, 同条件开展加速碳化试验, 预估结构剩余寿命; 基于电化学再碱化原理, 对碳化混凝土试件及现场构件进行再碱化处理, 还原构件碱性环境, 提高结构构件耐久性和使用寿命。

## 关键词

混凝土耐久性; 混凝土碳化; 浙西地区; 电化学再碱化

## 1 背景

混凝土碳化容易造成的钢筋混凝土锈蚀, 锈蚀后由于铁锈体积比铁原子大, 将会导致混凝土保护层开裂, 从而引起结构性能劣化<sup>[1]</sup>。由于新浇筑混凝土内部含有氢氧根, 为碱性环境, 此时内部钢筋的表面会在碱性环境下生成一层致密的钝化膜, 保护钢筋不受破坏。碳化也就是空气中的二氧化碳这种酸性砌体进入混凝土结构内部, 发生反应, 从而破坏了混凝土内部的碱性环境, 降低了内部 pH 值, 此时钢筋钝化膜的丧失了稳定性, 锈蚀产物即各种形态的氧化铁会对混凝土和钢筋的界面产生挤压力, 当挤压力超过混凝土的

抗拉强度, 混凝土会开裂, 而有害物质更容易进入结构内部, 从而造成恶性循环。所以, 需要对既有结构的碳化进行防治, 同时对已经碳化破坏的结构进行有效修复。

混凝土碳化对结构的影响在浙西地区不容忽视。目前浙西城市许多民用建筑、工业建筑以及市政公用项目建造于 20 世纪八九十年代, 这种“80 后”“90 后”钢筋混凝土结构随着使用年限的增长, 混凝土碳化的影响也不断加深, 进而造成混凝土结构不同程度的功能衰退, 安全性能降低。本书以衢州花园 258 项目为例进行介绍, 该项目由 20 世纪 80 年代棉纺厂改造而成, 改造过程中主要内容为建筑功能调整, 并没有考虑到该厂房原钢筋混凝土内部碳化引起的钢筋锈蚀影响, 不利于长期的安全使用。此外, 浙西也是一个多山地区, 公路工程的大规模修建势必带动隧道工程的发展。公路隧道内部交通量大, 车辆尾气排放量大(多为 CO<sub>2</sub>), 空气流通又差, 因此隧道衬砌混凝土结构的碳化作用是影响衬砌混凝土结构耐久性能的重要因素。

【基金项目】浙江省大学生科技创新项目(项目编号: 2021R435004)。

【作者简介】邓元普(2001-), 男, 布依族, 中国贵州黔西人, 本科, 从事混凝土耐久性研究。

电化学再碱化修复技术是恢复混凝土结构碱性，提高混凝土耐久性有价值的手段。目前，针对碳化混凝土的预防和修复，目前常用的有如下几种方法：涂抹法，可以在混凝土表面或者钢筋表面涂覆一些保护层，如环氧树脂、金属覆盖层等，实现其不被有害物质侵蚀，这些保护膜本身容易破坏，需要持续涂覆，不具有经济性和简便性；填补法<sup>[2]</sup>，将已碳化的混凝土清除后，清洗暴露出的钢筋，再用新混凝土填补，使结构复原，这种方法存在新老混凝土的黏结问题，新修补混凝土很容易再次剥落；材料抗锈处理法，从钢筋、混凝土材料本身入手，如采用不锈钢钢筋、耐蚀钢筋、非活性骨料高性能混凝土等，但是这些材料的力学性能相比于普通钢筋混凝土依然有所削弱。以上几种方法有一定的效果，但是往往达不到长效治理的结果，无法从根本上避免有害介质侵蚀对结构的影响，具有其局限性。近年来，再碱化技术修复碳化混凝土的方法在中国逐渐兴起，其避免了以上诸多问题。再碱化即在混凝土和钢筋间外加一个电场，让混凝土置于碱性溶液中，此时在钢筋处发生电化学作用生成OH<sup>-</sup>，同时碱性溶液也会通过电渗作用进入混凝土内，两种作用使得钢筋周围的碳化混凝土恢复碱性，从而使得钢筋重新恢复钝化状态，达到了再碱化的目的（如图1所示）。该技术操作简单，效果显著，对环境无危害，具有工程应用价值，故值得研究推广应用。

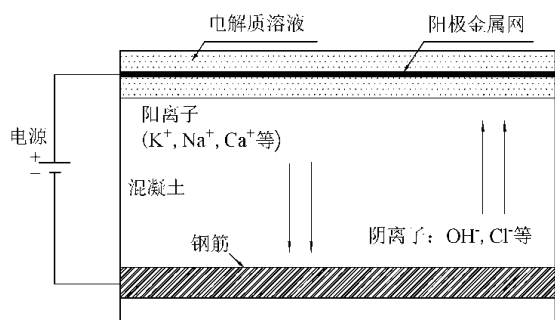


图1 电化学修复基本原理

## 2 中国和其他国家的研究现状

目前，中国和其他国家的基于电化学原理的电化学修复技术，主要包括电化学除氯技术<sup>[3]</sup>、电渗阻锈技术<sup>[4]</sup>和双向电渗技术<sup>[5]</sup>、混凝土再碱化<sup>[6]</sup>、阴极保护等。电化学除氯技术采用通电方式，利用阴阳离子物理迁移原理，将构件中的有害氯离子排出；电渗阻锈技术是将不同种类的阻锈剂加入混凝土内部，同样通过电流将其输送到钢筋与混凝土界面，从而实现修复和阻锈效果；双向电渗技术的通过施加电场迁出混凝土内部氯离子的同时将带正电荷的阻锈剂阳离子迁入至钢筋表面形成保护膜，从而起到阻锈的作用；混凝土再碱化技术通过将电解质溶液和钢筋连接电极，施加电流

后产生碱性氢氧根离子，并迁移其至钢筋表面，从而使钢筋恢复之前的钝化效果，提升耐久性；阴极保护技术是将钢筋直接连接电源阴极，通过持续施加阴极电子的方式，保证钢筋材料本身不被氧化。

对比以上几种方法可见，再碱化技术是相对先进且有效的方法，如能将该方法从实验室研究阶段提升到工程实际现场应用，将对混凝土碳化性能提升技术产生较大影响。

## 3 研究内容

结合浙西地区现有的调研资料和现状分析，主要可确定如下研究内容。

### 3.1 衢州地区既有建筑结构的碳化现状

以衢州地区既有老旧建筑构件为调查研究对象，采用酚酞颜色指示剂法、钢筋自然腐蚀电位法，对现场混凝土结构碳化深度进行实测。同时，收集研究样本的结构设计参数，如配合比、混凝土强度设计等级、保护层厚度、设计使用年限等，结合现场裂缝观测和应力分析，对该结构在特定温湿度、通风情况以及二氧化碳浓度条件下的碳化现状进行评估。对于既有建筑物，确定梁、板、柱不同结构构件不同空间分布位置碳化分布规律；对于隧道、桥涵等结构，确定衬砌结构环向和隧道纵向碳化分布规律，结合调研结果可确定碳化最严重部位，确定其碳化临界预警值。

### 3.2 基于现场混凝土结构的同条件加速碳化模拟

以现场实测构件的结构材料参数为基础，结合温湿度数据，试验室浇筑相同材料参数的混凝土构件，于加速碳化箱进行试验模拟（如图2所示），碳化结束后，根据劈裂法确定的试件碳化深度，依据碳化量结合现场二氧化碳浓度可以反演算现场构件碳化深度加深规律，从而建立相关的预测模型。



图2 碳化试件保护层开裂模拟试验

### 3.3 基于电化学修复技术的碳化混凝土性能提升研究

针对不同的试件，根据其尺寸特点、不同部位、钢筋布设方式，设计完善的方案，对碳化深度超过保护层厚度的

构件进行电化学再碱化修复,采用酚酞颜色指示剂法等多种手段评估修复效果。在试件修复有效的挤出上,将电化学再碱化技术应用于现场典型结构性能劣化严重的部位,修复完成后评估修复效果,同时后期进行观测,监测修复后的混凝土构件后续碳化速度,从而评估修复结构的耐久性情况。

#### 4 结语

论文依据浙西地区既有工程项目,如老旧工程、隧道工程的特点,通过调研分析,提出了切实可行的技术方案,主要包括:

①对既有建筑构件建立全面的时空分布碳化现状调查,采集大量数据,便于今后开展更深入的研究。

②现场项目同条件的加速碳化试验,可以确定目前混凝土结构碳化对性能影响及后续性能预测。

③分别针对试验构件和现场进行电化学修复试验,评估其耐久性,同时可以比对现场和试验室的修复效果差异。

预期实现以下目标:

①探明碳化对既有建筑结构的影响。

②构建实验室同条件试件碳化深度模拟预测模型。

③优化电化学修复施工技术,确保该技术手段的耐久性。

#### 参考文献

- [1] 柳俊哲.混凝土碳化研究与进展(1)——碳化机理及碳化程度评价[J].混凝土,2005(11):10-13.
- [2] 徐建芝,丁铸,邢峰.钢筋混凝土电化学脱盐修复技术研究现状[J].混凝土,2008(9):22-24.
- [3] 范庆,余其俊,成立,等.电化学脱盐技术及其效果初探[J].混凝土,2005(12):101-104.
- [4] 唐军务,李森林,蔡伟成,等.钢筋混凝土结构电渗阻锈技术研究[J].海洋工程,2008,26(3):87-92.
- [5] 毛江鸿,金伟良,李志远,等.氯盐侵蚀钢筋混凝土桥梁耐久性提升及寿命预测[J].中国公路学报,2016,29(1):61-66.
- [6] 蒋正武.碳化混凝土结构电化学再碱化的研究进展[J].材料导报,2008,22(2):78-81.