

环氧砂浆在皖河闸箱涵内壁混凝土防碳化处理中的应用

吴峰

(安徽省皖河长江河道管理局, 安徽 安庆 246100)

【摘要】 为了有效防止皖河闸箱涵内壁混凝土的碳化问题, 本文详细分析了该工程的施工准备、实施过程以及最终的评价分析。皖河闸位于长江一级支流皖河右岸, 承担着汛期防洪和蓄水的重任。自 2002 年建成以来, 由于长期水流侵蚀, 混凝土表面出现了不同程度的剥蚀和碳化现象。为此, 工程采用了环氧砂浆抹面技术对混凝土内壁进行修复, 具体施工步骤包括混凝土表面清理、基液抹面和环氧砂浆抹面。施工过程中严格控制材料质量和施工工艺, 确保环氧砂浆的附着效果和最终涂层的平整度。工程技术评价显示, 环氧砂浆的应用显著提升了混凝土的抗碳化能力, 经济效益分析表明工程成本控制得当, 社会影响评价则肯定了工程对环境保护和社区福祉的贡献。整体而言, 本工程在技术、经济和社会三个维度均取得了显著成效, 为类似工程提供了宝贵的经验和参考。

【关键词】 皖河闸; 环氧砂浆; 混凝土防碳化; 工程评价

引言

皖河闸作为长江一级支流皖河右岸的重要水利设施, 自 2002 年建成以来, 承担着防洪、蓄水和引江灌溉的重任。然而, 长期的水流侵蚀使得闸箱涵内壁混凝土出现了严重的剥蚀和碳化问题, 威胁着结构的安全和耐久性。为解决这一问题, 本文以皖河闸箱涵内壁混凝土防碳化处理工程为例, 详细探讨了环氧砂浆抹面技术的应用及其效果。通过系统的施工准备和严格的质量控制, 工程在技术、经济和社会效益等方面均取得了显著成果, 为类似水利工程的维护和改造提供了宝贵的经验和参考。

一、基本情况

(一) 工程概况

皖河闸位于长江一级支流皖河右岸, 对应于同马大堤桩号 145+015, 距皖河与长江汇合处约 15km。该闸主要作用为汛期拒江倒灌, 汛后排泄武昌湖流域 1083km² 的湖内积水, 并兼顾蓄水和引江灌溉。设计排水流量 340m³/s, 设计防洪外水位 20.62m, 防洪水

位差 6.38m, 设计引水流量 73.0m³/s, 设计武昌湖蓄水最高水位为 12.50m, 工程等别为Ⅲ等, 水闸主体建物级别为 2 级。采用涵洞式水闸型式布置, 3 孔一联, 共 6 孔, 单孔净宽 3.6m、净高 5.0m, 中间有导流墩。涵身分为 5 节, 单节长 12m, 总长为 60m; 涵洞底板厚 0.7m, 顶板厚 0.6m; 边墩厚度为 0.7m, 中墩厚度为 0.6m。

(二) 工程运用与检测情况

该闸自 2002 年 12 月建成以来, 防洪与蓄水时均未超设计工况, 通过涵洞排水与引水累计超过 1500 天。工程运行时间较长, 受长期水流侵蚀影响等原因, 该闸箱涵混凝土存在情况:

1. 混凝土表面剥蚀, 6 个孔涵洞两侧墙常水位线以下剥蚀较为严重, 骨料裸露, 最大剥蚀深度 4.0mm。
2. 检测 1 涵洞侧墙、3 涵洞侧墙, 混凝土强度推定值分别为 27.8MPa、28.9 MPa (见表 1)。钢筋保护层厚度均大于碳化值, 抽检的构件内部钢筋均处于不易锈蚀状态 (见表 2)。

表 1 涵洞混凝土抗压强度检测成果

检测项目 构件名称	测区混凝土强度换算值 (MPa)					$m_{f_{cu}}$ (MPa)	$S_{f_{cu}}$ (MPa)	$f_{cu,e}$ (MPa)
	1	2	3	4	5			
1#涵洞距下游 第一节左侧墙	35.8	34.4	37.6	33.0	35.6	33.0	3.17	27.8
	34.4	28.7	27.8	32.2	30.9			
3#涵洞距下游 第一节左侧墙	57.5	42.4	50.2	46.6	50.4	45.0	9.76	28.9
	54.5	51.0	36.2	33.8	27.5			

表 2 涵洞混凝土保护层厚度、碳化深度测定成果

检测项目 构件名称	混凝土保护层厚度(mm)		混凝土碳化深度 (mm)		钢筋是 否具备锈 蚀条件
	范围值	平均值	范围值	平均值	
上游右侧翼墙	25~46	32.4	12.0~13.5	13.0	不具备
下游左侧翼墙	28~42	35.7	14.0~15.0	14.5	不具备
1#涵洞距下游 第一节左侧墙	31~42	35.4	13.5~15.0	14.0	不具备
3#涵洞距下游 第一节左侧墙	27~45	37.8	12.5~14.0	13.5	不具备

二、防碳化处理

(一) 方案选择

皖河闸箱涵内壁最大剥蚀深度为 4.0mm，碳化深度小于钢筋保护层厚度，为 12.5mm~15.0mm。箱涵混凝土表面清理后尺寸损耗控制在 10mm 左右，界面剂抹面可渗入混凝土 3mm~5mm，改良碳化混凝土性能，可阻止混凝土进一步碳化。本次箱涵内壁仅剥蚀不露筋的位置环氧砂浆抹面厚度取 10mm，不设挂网。

(二) 施工工序

1. 混凝土表面清理。对箱涵内壁混凝土表面进行打毛、清理，清理厚度 10mm。采用电动工具清除混凝土表面松动层，再用风枪吹干。处理后的基层应露出新鲜、坚实的混凝土，表面清洁、无污染。^[1]

2. 基液抹面。箱涵内壁清理并干燥后，用基液（界面剂）在混凝土面上进行抹面处理，基液用量为 0.5kg/m²。基液涂刷后静至手触有拉丝现象（底涂初凝前），方可涂抹环氧砂浆。

3. 环氧砂浆抹面。选用 RD-61 型改性环氧砂浆，其力学性能优良，与混凝土粘结牢固，不易在粘结面开裂。环氧砂浆抹面厚度一般控制在 10mm 左右。局部厚度需要超过 10 mm 时，宜采用分层涂覆，后层应在前层砂浆硬化后进行涂覆施工，每层环氧树脂砂浆涂覆前均需涂刷底涂。

4. 环氧树脂砂浆施工完成后，应有 7d~14 d 的养护期。

(三) 质量控制

1. 基层处理和底涂涂刷质量

(1) 目测或敲击检查混凝土基层，应无油污、灰尘、污物、浮浆和松散颗粒，表面坚实、洁净。涂刷底涂前表面宜干燥。

(2) 目测底涂涂刷应均匀、无漏涂、无流挂、无堆积。

2. 环氧树脂砂浆涂覆质量

(1) 底涂涂刷与环氧树脂砂浆涂覆的时间间隔范围应根据现场工艺试验确定，并在施工中按要求严格控制。

(2) 现场质控人员应在环氧树脂砂浆涂覆过程中随时采用钢针插试法进行厚度测量和控制，不符合要求应及时处理。

(3) 环氧树脂砂浆外观应平整、无明显搭接痕迹，无下坠、裂纹、鼓包、麻面等缺陷。

(4) 环氧树脂砂浆与基层黏结强度检验龄期宜为 7d~14 d。每 200 m 取 5 个测点进行检测，不足 200 m 按 200 m 计。

(5) 环氧树脂砂浆施工厚度检验可与黏结强度检验同时进行。砂浆平均厚度应满足设计要求，最小厚度不应小于设计厚度的 80%，小于设计厚度的测点比例不应超过 15%。

(6) 环氧树脂砂浆平整度检验应采用 2m 靠尺，允许空隙不大于 5 mm。

三、评价分析

(一) 工程技术评价

皖河闸箱涵内壁混凝土防碳化处理工程的成功实施充分展示了现代水利工程技术在应对复杂工程环境中的应用能力。该工程采用的环氧砂浆抹面技术在技术选择上具有显著的科学依据与实践价值。首先，环氧砂浆的选择基于其优异的力学性能和与混凝土良好的黏结性。RD-61 型改性环氧砂浆具有高强度、耐磨损和耐化学腐蚀等特点，使其在防碳化处理中的应用效果显著。其次，工程采用了系统的施工工序，包括混凝土表面清理、基液抹面和环氧砂浆抹面等步骤，

每一步骤均严格按照规范进行，确保了工程质量的可靠性。^[2]

在施工过程中，技术团队通过细致的现场勘察和多次试验，确定了最佳的施工参数和工艺流程。例如，混凝土表面清理深度控制在10mm，确保了新旧材料的良好结合；基液抹面的用量和时间控制精确，保证了环氧砂浆的最佳附着效果。工程质量控制贯穿始终，现场质控人员通过目测和钢针插试法等手段，实时监控施工厚度和平整度，及时纠正偏差，确保了环氧砂浆层的均匀性和平整性。

（二）经济效益分析

从经济角度评估皖河闸箱涵内壁混凝土防碳化处理工程，其在成本控制和效益实现方面表现突出。工程的总预算为76.002万元，而最终结算价为74.0218万元，显示出较强的成本控制能力。通过严格的预算管理和高效的施工组织，工程实现了较低的成本溢出，这在当前建筑材料价格波动较大的背景下尤为难得。^[3]

工程在材料采购环节，通过招标程序选择信誉良好、价格合理的供应商，有效降低了材料成本。同时，施工过程中严格控制材料浪费，确保每一批材料都能物尽其用。例如，环氧砂浆的使用量经过精确计算和严格控制，避免了过度浪费。劳动力组织方面，通过选择经验丰富的施工队伍和科学的劳务合同管理，最大限度地提高了施工效率，降低了人工成本。

（三）社会影响评价

皖河闸箱涵内壁混凝土防碳化处理工程的社会影响评价主要集中在环境保护、社会稳定和社区福祉等方面。首先，工程在施工过程中严格遵循环保法规，采取了一系列措施减少施工对环境的负面影响。例如，在施工现场设置了防尘、防噪设施，有效降低了施工期间的环境污染。同时，工程使用的环氧砂浆具有良好的环保性能，不含有害物质，避免了对施工人员和周边居民健康的威胁。

工程的顺利实施不仅提升了皖河闸的安全性和功能性，也对当地的社会稳定和居民生活质量产生了积极影响。通过提高水利设施的防洪能力，工程有效减少了洪涝灾害对当地居民生活和生产的威胁，保障了农业灌溉和居民用水安全。^[4]工程的实施还为当地提供了一定的就业机会，促进了当地经济发展，增强了社区的凝聚力和社会和谐。

结论

皖河闸箱涵内壁混凝土防碳化处理工程在多方面取得了显著成果。首先，从技术角度来看，环氧砂浆抹面技术的应用显著提升了混凝土的抗碳化能力。RD-61型改性环氧砂浆具有高强度、耐磨损和耐化学腐蚀等优异性能，在施工中表现出良好的黏结性和耐久性。施工过程严格按照科学的工艺流程进行，从混凝土表面的彻底清理，到基液抹面和环氧砂浆的分层涂覆，每一步骤都得到了严格的质量控制，确保了最终涂层的均匀性和平整度。质量检测结果表明，环氧砂浆层的厚度和黏结强度均符合设计要求，工程质量达到预期标准。

其次，从经济效益的角度分析，本工程在成本控制和效益实现方面表现突出。通过严格的预算管理和高效的施工组织，工程实际结算价低于预算，显示出较强的成本控制能力。材料采购环节通过招标程序选择了信誉良好、价格合理的供应商，确保了材料成本的最优化。施工过程中严格控制材料浪费和人工成本，提高了施工效率，降低了整体造价。总体而言，本工程在预算内实现了高质量的施工，经济效益显著。

最后，从社会影响评价来看，工程的实施对环境保护和社区福祉产生了积极影响。在施工过程中，工程严格遵循环保法规，采取了一系列措施减少对环境的负面影响，如设置防尘防噪设施和使用环保材料等。工程提升了皖河闸的安全性和功能性，有效减少了洪涝灾害对当地居民生活和生产的威胁，保障了农业灌溉和居民用水安全。工程还为当地提供了就业机会，促进了经济发展，增强了社区凝聚力和社会和谐。

参考文献：

- [1] 王茹，刘术华，刘文平. 环氧砂浆防碳化机理及其应用[J]. 河南水利与南水北调, 2009, (12): 79+88.
- [2] 周启，宋应玉，杨明化，等. 混凝土坝加固新材料及应用[J]. 人民长江, 2011, 42(12): 40-44+49.
- [3] 王承敏. 防碳化处理技术在九龙沟闸加固工程中的应用[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2016, 16(03): 41-42.
- [4] 王俊，张德友，顾伊娜. 环氧厚浆玻璃鳞片漆在沿海水利工程混凝土防碳化中的应用[J]. 江苏水利, 2021, (12): 59-61+65.