

水泥基复合夹芯墙板中钢筋的锈蚀试验研究

Experimental study on steel corrosion in cement-based composite sandwich wall panels

马永炯¹ 杨天霞² 贺美钦³

(1 甘肃第三建设集团公司, 甘肃 兰州 730050; 2 兰州理工大学土木工程学院, 甘肃 兰州 730050;
3 洛阳旌胜公路工程有限公司, 河南 洛阳 471000)

摘要: 水泥基复合夹芯墙板是一种新型保温隔热材料, 其耐久性逐渐成为人们关注的重点。西部地区环境恶劣, 温差大, 紫外线辐射强, 容易引起水泥基板开裂, 开裂后容易造成水泥基板中的钢筋锈蚀, 复合夹芯墙板里的钢丝锈蚀会加剧水泥基板开裂。此次试验采用C350电化学工作站, 研究水泥基复合夹心墙板的极化曲线以及腐蚀电流密度, 分析水泥基板开裂的原因, 推动其在西部地区的应用。

关键词: 水泥基复合夹芯墙板; 钢筋锈蚀; 极化曲线; 腐蚀电流密度

Abstract: Cement-based composite sandwich wallboard is a relatively new type of thermal insulation material, and its durability has gradually become a major concern. In west China, harsh environment, large temperature differences and strong ultraviolet radiation can easily cause cracks in the cement substrate. After cracking, it is more likely to cause corrosion of the steel wire in the cement substrate. The steel wire in the composite sandwich wall panel will cause the cement substrate to crack after the corrosion. In this test, a C350 electrochemical workstation was used to study the polarization curve and corrosion current density of the cement-based composite sandwich wallboard, and to analyze the cause of the cracking of the cement substrate, thereby promoting its development and application in west China.

Keywords: cement-based composite sandwich wallboard; steel corrosion; polarization curve; corrosion current density

中图分类号: TU56+4 文献标志码: B 文章编号: 1003-8965(2020)02-0039-04

0 引言

建筑节能指在确保室内舒适环境的前提下, 提高采暖、通风、空调、照明、炊事、家用电器和热水供应等的能源利用效率, 重点是提高采暖、空调系统的能源利用效率。目前, 城市居民楼很多都是简单的平屋顶, 为了找出最好的保温材料, 通过考虑影响保温材料的各个因素, 包括材料的造价、热传导系数、材料的容重以及材料的厚度等, 同时将材料的造价和节省的能源造价进行比较, 充分说明了水泥基复合夹芯墙板的合理性和经济性。水泥基复合夹芯墙板是建筑非承重内隔墙的一种装配式墙体, 根据夹芯材料的不同将水泥基复合夹芯墙板分为聚苯颗粒墙板、挤塑墙板、发泡保温板、岩棉墙板等。水泥基复合夹心墙板与传统的砌块相比, 具有质地轻(质量相当于一块砌块墙体材料的1/3~1/4^[2]), 板材厚度仅120mm, 相当于传统墙体的一半)、整体性能好、施工工艺简单、环保性能好、保温隔热以及隔音功能较好等特点, 应用在墙体结构上不会使结构负荷太重, 而且还会提高建筑物抗震性能和安全性能, 减少墙体占用面积, 提高建筑使用面积, 节省资金^[3]。但水泥基板里有钢丝, 钢丝锈蚀后会起水泥基板开裂, 加上西部环境恶劣, 温差大、紫外线辐射强, 易引起水泥基板开裂, 开裂后更容易造成钢丝锈蚀。目前, 防止混凝土结构中钢筋腐蚀是保证混凝土结构耐久性的主要因素, 已经有大量的试验研究。余志刚^[4]通过试验发现在钢筋混凝土结构中加入阻锈剂能很好起到缓解钢筋锈蚀的作用, 提高钢筋混凝土结构的耐久性。赵冰^[5]通过在钢筋表面涂覆环氧树脂涂层,

采用电化学分析表明涂层可以很好保护钢筋以免锈蚀。乔宏霞^[6]采用电化学工作站, 以极化曲线出发对不同涂层钢筋混凝土结构进行研究, 得出不同涂层对钢筋的保护性能不同。因此, 如果能解决水泥基复合夹芯墙板表面及接缝处的裂缝问题, 就能使其在我国北方冬季寒冷地区得到广泛应用和推广。

1 试验

1.1 原材料

本次试验所需的水泥基复合夹芯墙板尺寸为600×600×120mm³, 选用岩棉为夹芯材料, 以价低、耐水性好、强度高的低碱硫铝酸盐为面层胶结材料, 增强材料为强度高、耐久性好、质轻的耐碱玻璃纤维网格布, 保温材料选用岩棉。外加剂选用防水剂、减水剂。制作几组水泥基复合夹芯墙板试块, 将试块放置1d后拆模, 自然环境下标准养护时间为28d, 然后脱模成品堆放。后期在已制备好的试件上截取尺寸为100mm×100mm×120mm的试块进行数据采集, 每30d对截取试块中的钢丝测极化曲线并对数据经行整理, 研究水泥基复合夹芯墙板中钢丝的锈蚀行为。图1是水泥基复合夹芯墙板样板示意图。

1.2 试验方案

兰州新区位于我国西北部, 处于兰州、银川、西宁三个城市之间。北部地势相比南部较高, 地形比较平坦, 规划面积约1744km²。根据《兰州新区气候环境分析报告》可知^[7-9], 兰州新区受地形影响, 是明显的大陆性季风气候, 属半干旱

基金项目: 甘肃省科技支撑计划(1304GKCA037)

作者简介: 马永炯, 男, 本科, 主要从事水泥基复合夹芯墙板、深基坑支护结构、施工应用技术相关方向研究。

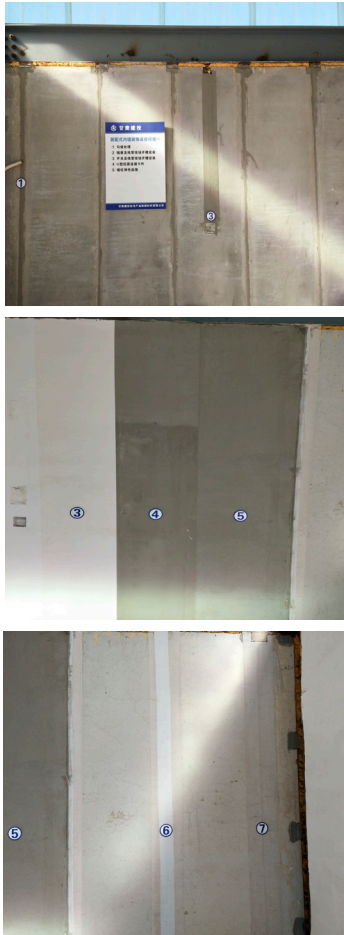


图1 水泥基复合夹芯墙板样板示意图

地区。春季干旱少雨多风；夏季降雨较多，气候适宜；秋季较凉爽，早晚温差大；冬季干燥且寒冷，降雪较少。兰州新区光照较充足，紫外线辐射强，降水较少，灾害性天气较多，有害物质SO₂、NO₂、PM10的排放量也较多^[10]，所以选用这里作为研究西部保温隔热材料的地区具有合理性、代表性。将裁减下来的试件同工作墙板一起放在兰州新区自然环境下，30d测其极化曲线采集一次数据，试验历经360d，研究水泥基复合夹芯墙板在西部地区的可实施性。

1.3 试验原理

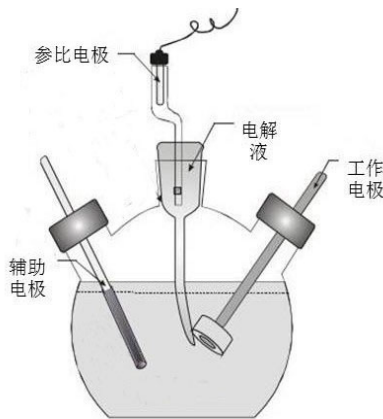


图2 三电极系统图

此次试验采用的仪器为C350电化学工作站，图2为电化学工作站的三电极系统图，三个电极分别为工作电极、参比电极和辅助电极，电池由两个电极和电极之间的电解质构成。极化曲线指极化电位(E)与电极的外测电流I(或者lg|I|)之间关系的曲线，表征腐蚀原电池反应的推动力电位与反应速度电流之间的函数关系，腐蚀行为的评价指标选用腐蚀电位、腐蚀速率和腐蚀电流密度。腐蚀电流密度与腐蚀程度之间的关系如下表1。

表1 腐蚀深度与腐蚀电流密度的关系

腐蚀电流密度	腐蚀深度
$i_{corr} < 0.1$	未腐蚀
$0.1 \leq i_{corr} < 0.5$	低腐蚀
$0.5 \leq i_{corr} < 1.0$	中等腐蚀
$i_{corr} \geq 1$	严重腐蚀

数据处理主要依据高斯-牛顿-麦夸托迭代法进行曲线拟合，极化区的三参数极化曲线方程如下：

$$i = i_{corr} \left\{ \exp\left(\frac{\Delta E}{\beta_a}\right) - \exp\left(-\frac{\Delta E}{\beta_c}\right) \right\} \quad (1)$$

式中： i 为外侧极化电流； i_{corr} 为腐蚀电流密度； $\Delta E = E - E_{corr}$ 为极化电位； β_a 和 β_c 分别为阳极和阴极塔菲尔(Tafel)斜率，是以10为底的对数(lg)值，用 b_a 和 b_c 分别表示阳极和阴极斜率，相互之间的线性关系如下：

$$b_a = 2.303\beta_a \quad (2)$$

$$b_c = 2.303\beta_c \quad (3)$$

腐蚀速率和腐蚀电流密度之间的关系如下：

$$V = 3.27 \times 10^3 i_{corr} M / \rho N \quad (4)$$

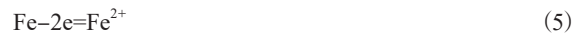
式中： M -电极材料的分子量； V -腐蚀速率； ρ -电极材料密度； N -金属离子的价数

2 试验分析

2.1 腐蚀原理

阳极极化曲线是对钢丝施加阳极电流，同时测量钢丝的电位变化，以腐蚀电位为纵坐标，对数腐蚀电流密度为横坐标而绘制。阳极极化曲线陡峭，说明电极溶解过程中的阻力较大，钢丝处于钝化状态。腐蚀电位向正方向移动，钢丝腐蚀很难发生，表明钢丝的抗腐蚀能力较强；腐蚀电位负向移动，钢丝容易被腐蚀，抗腐蚀能力较弱^[16]。钢丝的电化学腐蚀过程原理如下^[17]：

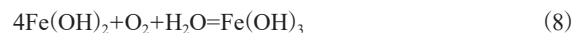
阳极氧化反应：



阴极还原反应：



铁锈生成过程：



Fe(OH)₃脱部分水生成铁锈。

2.2 试验分析

图3~图7分别为水泥基复合夹芯墙板在室外干燥环境下测得的钢丝0~360d的极化曲线、腐蚀电位、腐蚀电流

密度以及腐蚀速率图。

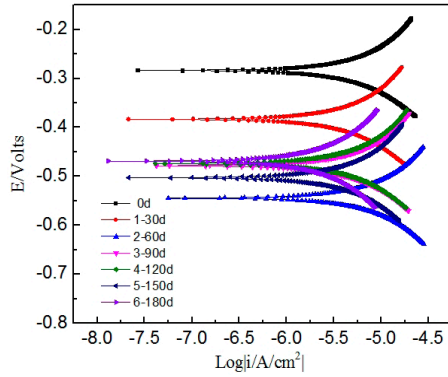


图3 0-180d极化曲线

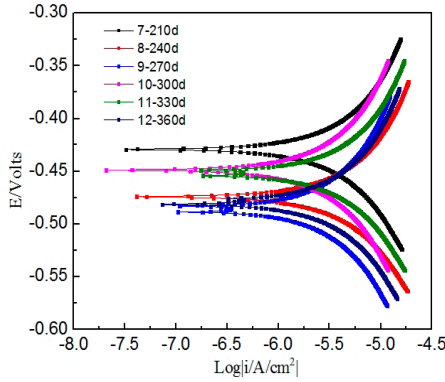


图4 210-360d极化曲线

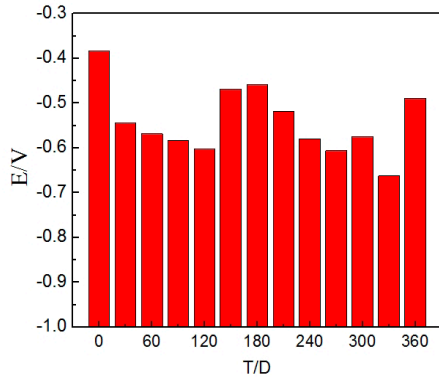


图5 腐蚀电位

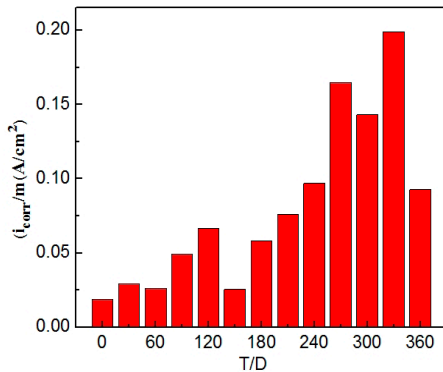


图6 腐蚀电流密度

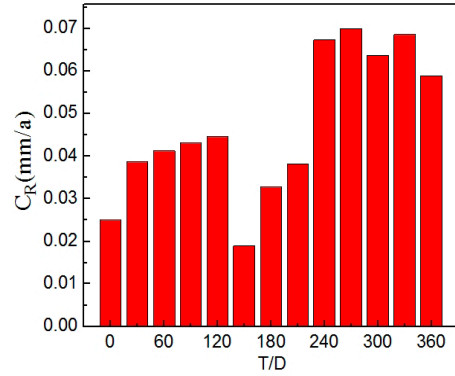


图7 腐蚀速率

从图3和图4可见, 自然环境下水泥基复合夹芯墙板中的钢丝所测得的极化曲线0-180d阳极比较平缓, 说明阳极电极溶解过程中的阻力较小, 钢丝容易发生腐蚀, 而210-360d阳极比较陡峭, 说明阳极电极溶解过程的阻力大, 钢丝不容易发生腐蚀; 根据腐蚀电位沿着正负两个方向的变动可以判断水泥基复合夹芯墙板中的钢丝被腐蚀的进度^[17]。开路电位沿着正方向挪动, 说明钢丝抵抗能力较强, 不容易被腐蚀; 腐蚀电位沿负方向挪动, 则反之。从图5~图7可以看出, 0-30d时, 腐蚀电位负方向移动, 这是因为水泥基复合夹芯墙板里的钢丝在西部恶劣的气候(主要是O₂和H₂O的参与)影响下, 钢丝表面的钝化膜被破坏^[16], 发生锈蚀, 而腐蚀电流密度*i_{corr}*也从0.018μA·cm²上升到0.03μA·cm²; 30-120d时, 腐蚀电位继续向负方向移动, 腐蚀速率和腐蚀电流密度随腐蚀电位的负向移动增大; 120-180d时, 腐蚀电位正方向移动, 说明水泥基复合夹芯墙板的中钢丝的锈蚀产物以及钢丝表面产生新的钝化膜减缓了新的腐蚀发生, 腐蚀速率和腐蚀电流密度相应减小; 180-270d时, 腐蚀电位负方向移动, 腐蚀电流密度、腐蚀速率随着腐蚀电位的负向移动而增大, 说明锈蚀产物并不能一直有效抑制腐蚀的发生, 钢丝继续被锈蚀, 腐蚀电流密度也线性增大到0.15μA·cm², 钢丝处于低腐蚀状态; 270-330d时, 腐蚀电位负方向移动, 腐蚀速率和腐蚀电流密度相应增大, 这是由于温差较大, 紫外线辐射强就会发生锈蚀, 随后会引起水泥基板开裂, 开裂后更容易引起钢丝锈蚀, 腐蚀电流密度*i_{corr}*呈持续从0.15μA·cm²线性上升到0.19μA·cm², 此时的水泥基复合夹芯墙板中的钢丝还是处于低腐蚀状态^[18]; 330-360d时, 腐蚀电位正向移动, 说明此时钢丝表面产生的锈蚀产物铁锈附着在钢丝表面抑制钢丝的继续腐蚀, 腐蚀速率和腐蚀电流密度也减小。从0-360d能够看出, 虽然水泥基复合夹芯墙板中的钢丝一直被锈蚀, 但整个试验过程中水泥基复合夹芯墙板始终处于低腐蚀状态。说明此构件在西部地区具有很好的适用性, 可以实施应用并发展。

3 结论

- 1) 水泥基复合夹芯墙板会出现裂缝是因为墙板里的钢丝在西部恶劣的气候影响下产生锈蚀, 锈蚀产物增大钢丝原来的体积, 引起水泥基板开裂。
- 2) 此次试验发现水泥基复合夹芯墙板中的钢丝在

整个试验过程中会产生锈蚀, 腐蚀电流密度 i_{cor} 最高达到 $0.19\mu A \cdot cm^2$, 根据表1的锈蚀深度与腐蚀电流密度的关系可知钢丝的锈蚀状态处于低腐蚀状态, 说明这种保温隔热构件在西部寒冷地区具有很好的适用性, 能够运用在西部建筑结构上并推动西部地区的发展。

参考文献

- [1]张锦峰, 谢红波, 周敏, 等. 氟石膏/粉煤灰复合保温墙板研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2005(06): 47-50.
- [2]金立虎. 聚苯夹芯复合保温墙板安装施工要点[J]. 设计与施工, 2005(11): 48-50.
- [3]孔加春, 陈网和. 矿物掺合料在水泥基轻质复合墙板中的应用[J]. 新型墙材, 2005(11): 19-21.
- [4]余志刚. 锈蚀钢丝混凝土结构性能和钢丝阻锈剂性能的研究及应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2004.
- [5]赵冰. 表面有涂覆层的钢丝在混凝土中腐蚀与防护的研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.
- [6]乔宏霞, 巩位, 陈广峰, 等. 基于极化曲线的镁水泥混凝土中钢丝腐蚀试验[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(01): 6-10.
- [7]赵晓亮, 齐庆杰, 赵东洋, 等. 阜新市空气监测点位优化的聚类分析[J]. 地球与环境. 2015, 43(03): 350-355.
- [8]王颖, 梁依玲, 王丽霞. 气象条件对污染物浓度分布影响的研究[J]. 沙漠与绿洲气象. 2015(02): 69-74.

(上接第82页)

详细介绍和说明, 使施工人员能够对工程整体设计思想进行深刻理解, 有利于施工过程中予以充分体现, 如设计树丛栽植的倾斜角度, 体现植株的和谐、生动、有趣等, 需要施工人员在领悟后在具体施工中予以呈现。

植物的生长和成活率与种植土壤的成分有着直接关系, 因此需要对土壤的透水透气性、酸碱度、持水性、孔隙度进行化验和分析, 采取消毒、回填客土、施肥等措施进行处理, 使土壤符合相关种植要求; 苗木土球直径、根系、坡度情况等决定着挖掘深度, 同时需要严格检查苗木的株型、品种、土球大小、高度、冠幅、胸径以及根系发育情况, 严格按照“一签两证”规范的流程采购、挖运苗木, 确保符合园林绿化设计和种植要求。

3.2 工程建设管理水平提高

在绿化工程管理中, 通过管理水平的不断提高, 使施工质量和施工效率得到有效保证, 因此需要根据项目特点、实际地理环境以及建设时间等, 不断创新和优化管理理念, 确保绿化工程管理模式的可行性、有效性, 使管理效率提高。为了确保绿化工程项目成为优质项目, 应对施工前的设计工作加强重视, 组织专家、设计单位、建设单位等多方共同进行论证和研究, 对设计方案进行修正; 方案确定后, 需要严格按照施工设计方案, 对设计意图进行有效落实^[5]。

在从绿化工程项目的立项、设计、施工到竣工移交、审计等整个过程中, 加强施工管理和控制, 从而有效保证整体项目的经济效益和社会效益, 可持续发挥其生态效益, 对社区公园园林绿化工程发展起到至关重要的促进作用。需要在从管理思路入手, 通过不断创新实践, 并对国外先进

[9]秦怡雯, 钱瑜, 荣婷婷. 基于大气特征污染物的监测布点选址优化研究[J]. 中国环境科学. 2015(04): 1056-1064.

[10]杨薇, 苗峻峰, 谈哲敏. 陆面过程参数化对大湖地区雷暴过程模拟的影响[J]. 大气科学学报. 2014, 37(06): 804-814.

[11]陈巧俊. 基于CALPUFF模型的漳州市大气环境容量研究[J]. 环境科学与管理. 2014(09): 23-27.

[12]赖锡柳. 兰州新区环境质量监测布点方法研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2017.

[13]Deng D, Zhang C. The formation mechanism of the hydrate phases in magnesium oxychloride cement[J]. Cement and concrete research, 1999, 29(09): 1365-1371.

[14]Temple C S. Treating magnesium oxychloride and magnesium oxysulfate articles to reduce efflorescence[P]. US: 4185066, 2005.

[15]赵帅, 田颖, 李国忠. 水泥/粉煤灰复合夹芯墙板的生产工艺及产品性能[J]. 砌块与墙板, 2008(05): 63-64.

[16]乔宏霞, 巩位, 王鹏辉, 等. 硫酸盐环境氯氧镁水泥混凝土中钢丝防护试验[J]. 西南交通大学学报, 2017(02): 247-253.

[17]曹楚南. 腐蚀电化学原理[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.

[18]乔宏霞, 巩位, 程千元, 等. 盐湖地区镁水泥钢丝混凝土耐久性试验[J]. 煤炭学报, 2015, 40(S2): 346-352.

管理理念和手段进行学习和提炼, 使施工管理方法和手段更好地适应城市建设和园林绿化工程的发展需求。另外在管理手段上, 加强现代化信息技术的应用, 突破时间和空间的限制, 使管理实现及时性、快捷性以及透明性, 从而增强参与各方相互监督、相互制约的力度。

4 结语

城市社区公园园林规划设计对于城市建设发展、城市形象塑造等起到至关重要的作用, 同时绿化工程的管理水平对园林建设质量是有效保障。因此需要各参与单位对社区公园园林建设的重要性、规划设计原则、意图和目标提高认识和加强理解, 与时代和社会发展相结合, 通过社区公园园林的功能性的不断完善和优化, 使居民社区公园的满意度提高, 使人与自然和谐环境营造的目的得以实现。

参考文献

- [1]杜静燕. 城市社区园林规划设计与绿化施工管理要点探究[J]. 现代园艺, 2017(16): 99-100.
- [2]黎钧. 园林绿化工程施工管理现状及改善对策分析[J]. 门窗, 2017(5): 157.
- [3]李云, 张凯. 园林绿化工程施工管理要素及优化措施[J]. 现代园艺, 2017(14): 180.
- [4]江雪梅. 城市园林绿化工程施工及养护管理[J]. 现代园艺, 2017(20): 185.
- [5]沈维维. 城市园林绿化工程施工与管理的探讨[J]. 花卉, 2017(18): 65-66.