

浅析生物清洗修复加固材料在土木工程中的应用

王 平

天津大学建筑工程学院，天津

摘 要 | 生物修复加固材料生态环保、性能优异。本文探讨了材料修复加固机理、存在的问题及应用研究前景。简要梳理一下生物修复加固材料在土木工程中的应用研究思路。

关键词 | 生物矿化；生物修复；生物加固；生物材料

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 引言

在土木工程修复加固中，传统材料各有特点、各有利弊。对于历史文物建筑表层污垢清洗修复，传统化学清洗修复简便、成本低廉，但易引建筑表层腐蚀性破坏、盐结晶破坏，表面易泛黄、产生硬壳及污染环境等，激光清洗修复清洁高效，负面效应相对较小，但是设备昂贵且不易进行大规模的修复清洗。对于结构风化层加固修复，无机材料优点是寿命长，抗老化性好，与结构材料

相容性较好，但其粘结性欠佳，多数无机材料是利用溶液中的盐份在建筑材料的孔隙中凝结或与材料发生化学反应，堵塞微孔隙以产生阻挡层或替代层，由于可溶性盐的结晶膨胀反而加剧了风化；而有机聚合物由于其较好的粘结性、防水性、抗酸碱性，及其单体或预聚体具有良好的渗透性，在实际中获得了广泛的应用。但石质及混凝土材料亲水性与有机材料憎水性的矛盾，使结构表层易受应力破坏及盐重结晶破坏，此外有机材料在自然条件下有效寿命往往达不到加固保护要求，失效后可能还会加剧表层结构的风化。对于岩土工程领域修复加固，许多的传统材料被应用，取得一定的效果，但同时造成环境污染。相对于传统修复加固材料，生物材料反应条件温和、负面效应弱且相容性好，应用中限制条件较少。生物材料修复加固是在自然过程中形成的，不会对结构及环境造成不可逆反应，不会破坏稳定生态平衡，某种意义上讲微生物有利于生态循环闭合，对生态平衡产生积极作用。基于此，本文综述了近年来生物修复加固材料在土木工程中的应用研究进展，并探讨了生物材料修复加固机理、存在的问题及应用研究前景，简要梳理一下生物修复加固材料应用研究思路，这对进一步的研究工作具有重要意义。

2 生物清洗修复黑色污垢

因空气中的二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、有机物、灰尘、煤烟粒子沉积作用以及微生物的活动，自然环境中的建筑物表层极易形成黑色污垢，严重影响建筑外观，而且也改变原有表层结构材料的物理属性（吸水率、毛细作用、热湿膨胀系数等），这些都会加剧表层风化，因此对历史建筑表层进行清洗修复处理是保护工作中极为重要的一步。由于材料的微孔隙毛细作用力及包裹作用增强污物与表层材料间的结合作用，使得污垢难以清洗。硫酸盐还原菌（SRB）在厌氧条件下可以将大理石表面风化生成的硫酸钙转化为方解石。试验中通过喷洒、涂刷、棉织物覆盖等技术进行细菌修复，结果表明由于织物覆盖使得湿度、温度、接触等环境条件稳定有利于细菌成长与活动，所以该处理效果最佳；对于残留的有机污垢，通过特效酶清洗液擦拭、涂刷等技术修复壁画，结果表明涂刷处理效果最佳。经济成本分析表明生物修复较传统修复方法低廉，细菌

修复较特效酶修复低廉。

历史建筑表层易受到真菌类地衣侵蚀而生成黑色污垢，B .De Graef 与 N.De Belie 等运用硫氧化细菌硫杆菌 Thiobacilli 清洗修复混凝土风化试样黑色污垢，借助比色法及显微方法评估了处理效果，研究表明，虽然在修复处理过程中生成石膏易使颜色发白，但在酸性条件下利用这种方法处理很有效；清洗效果与试样混凝土品种及处理方式有一定关系，喷洒细菌及培养液的处理效果较为显著，而浸泡的试样效果就不是很理想。

对于生物清洗修复，研究表明清除效果与生物体传输方式有密切关系，只要传输处理方式适当，结构表层污垢清除效果显著，因此探寻材料的有效传输方式是生物清洗修复的关键。SRB 通常被认为是厌氧菌，虽然近来一些学者对硫酸还原菌研究认为 SRB 在某些非厌氧条件下也表现出积极岩化、存活及还原能力，有很强的适应能力，但是实际应用研究中 SRB 的传输方式对清洗处理的效果影响明显，如惰性凝胶体较砂石、海胞石清除处理效果显著，基于这一点，今后研究应聚焦于：或者寻找更优良的厌氧传输方式或者筛选出新的好氧、兼性厌氧型菌株，或者两者兼得。脱硝细菌及硫杆菌即为这个方向的探索研究。菌体与培养基直接应用也伴随着一些问题，如细胞外聚合物（EPS）以及一些有机物极易吸纳空气中的灰尘污垢，利用有机活性酶的酶化作用辅助清洗修复表层结构是一种极为不错的思路。生物清洗修复为结构表层污垢清除开辟了新途径，特别是在修复硫酸化的历史建筑表层时具有很广阔的前景。

参考文献

- [1] 张晋哲. 建筑工程修复中生物加固材料的应用[J]. 大科技, 2016(29): 315.
- [2] 张存东. 昆虫标本的清洗与修复[J]. 生物学教学, 2005(8): 35.
- [3] 程树培. 生物修复技术营造清洁世界[J]. 科学大众, 1999(3): 23.

State of Arts in Application of Bio remedying and Bioreinforcing Materials in Civil Engineering

Wang Ping

Department of Building Engineering, Tianjin University, Tianjin

Abstract: Bioremediation and reinforcement materials have excellent ecological and environmental protection performance. In this paper, discussed the mechanism, existing problems and application research prospects of bio replace-reinforcement materials. This paper briefly summarizes the application and research ideas of bioremediation and reinforcement materials in civil engineering.

Key words: Biomineralization; Bioremediation; Bioreinforcement; Biological materials