

绿色装配式护坡 GRF 板材料特性与施工工艺优化研究

姜鹏霄, 王昊, 路飞, 王海涛

中国建筑第五工程局有限公司, 湖南 长沙 410000

摘要： 随着全球环境问题的日益突出和城市化进程的加快，护坡工程作为生态环境保护和城市建设的重要组成部分，其建设需求与日俱增。传统的护坡工程在材料选择、施工效率和环保性方面存在诸多局限，例如常见的混凝土护坡结构不仅施工周期长、成本高，而且对环境的影响大，难以满足可持续发展的要求。本文分析了绿色装配式护坡 GRF 板的材料特性，并阐述了实际施工中绿色装配式护坡 GRF 板应用的具体方法与材料特性，在此基础上提出了施工工艺的优化策略，为提升绿色装配式护坡 GRF 板的应用效果提供参考性意见。

关键词： 装配式护坡；GRF 板；材料特性；施工工艺；优化措施

Research On Material Characteristics And Construction Process Optimization Of Prefabricated Slope Protection GRF Board

Jiang Pengxiao, Wang Hao, Lu Fei, Wang Haitao

China Construction Fifth Engineering Bureau Co., Ltd., Hunan Changsha 410000

Abstract： With the increasingly prominent global environmental problems and the acceleration of urbanization, slope protection engineering, as an important component of ecological environment protection and urban construction, has a growing demand for its construction. Traditional slope protection engineering has many limitations in material selection, construction efficiency, and environmental protection. For example, common concrete slope protection structures not only have long construction cycles and high costs, but also have a significant impact on the environment, making it difficult to meet the requirements of sustainable development. This article analyzes the material characteristics of green prefabricated slope protection GRF board, and elaborates on the specific methods and material characteristics of the application of green prefabricated slope protection GRF board in actual construction. Based on this, optimization strategies for construction technology are proposed, providing reference opinions for improving the application effect of green prefabricated slope protection GRF board.

Keywords： Prefabricated slope protection; GRF board; material characteristics; construction technology; optimization measures

前言：

绿色装配式护坡 GRF (Green Reinforced Fiber) 板由于其轻量化、可重复利用、环保性强等优势，成为现代护坡工程中的重要技术创新。GRF 板采用复合材料制成，结合了高强度纤维素材料和环保树脂，不仅具备优异的抗压强度和耐候性，还具有轻质化、易安装和长寿命等特点，逐渐成为替代传统混凝土护坡结构的理想选择^[1]。本文旨在深入探讨 GRF 板的材料特性，揭示其在护坡工程中的实际应用效果以及优化方法，为全面推广绿色装配式护坡 GRF 板的全面应用提供理论支撑。

一、绿色装配式护坡 GRF 板材料特性分析

绿色装配式护坡 GRF 板作为一种新型环保材料，在现代土木工程中展现出了广泛的应用前景，其核心材料主要由可再生植物纤维和环保树脂组成，通过特定工艺加工而成，具备多项优越的技术特性，GRF 板的物理特性包括材料的密度、厚度、尺寸稳定

性等^[2]。通常情况下，GRF 板具有较轻的重量和良好的尺寸稳定性，这使其在施工过程中更易于搬运和安装，且由于其本身采用了特定的加强纤维结构，GRF 板还表现出良好的抗弯强度和抗冲击性，能够有效承载和分散地面坡度下水流的冲击力。绿色装配式护坡 GRF 板如图 1 所示。

* 作者简介：姜鹏霄，1989.01，男，汉，湖南长沙，高级工程师，从事的研究方向或工作领域：结构工程、建筑施工技术。



> 图1 绿色装配式护坡 GRF 板

在化学性质上, GRF 板主要采用环氧树脂作为粘合剂, 其生产过程中不含有害物质和挥发性有机化合物 (VOCs), 符合现代绿色建材的环保标准, 使得 GRF 板在应对恶劣天气和湿度环境下能够保持稳定的化学性能, 不易发霉或腐烂, 从而延长了其使用寿命, 并且 GRF 板的技术特性是其在土木工程中得以广泛应用的关键, GRF 板的表面可以根据实际需要进行定制处理, 例如防滑处理或者防水处理, 以适应不同的地形和使用环境, 实际的 GRF 板的加工工艺灵活, 可以根据具体工程要求进行裁剪和定制, 从而实现快速装配和安装^[3]。此外, 由于采用了环保材料, GRF 板在使用过程中不会产生有害物质的释放, 有助于保护自然环境和施工人员的健康。常规 GRF 板的工艺材料如表1所示。

表1 常规 GRF 板的工艺材料

材料类型	基本材料	厚度 (mm)	抗压强度 (MPa)	耐候性 等级	环保等 级
核心材料	高密度聚乙烯	10	15	A	一级
表面涂层	聚合物混凝土涂层	3	20	B	二级
固定连接件	不锈钢螺栓	-	50	-	一级
防护层	聚氨酯涂层	5	-	A	一级

相比于常规的材料而言, GRF 板作为一种可持续发展的建材选项, GRF 板不仅在使用过程中减少了对传统木材和化学合成材料的依赖, 还通过促进农业副产品的利用, 实现了资源的有效再利用, 所具有的环保意识和可持续发展理念符合现代社会对于建筑工程的环保要求, 预示着其在未来的市场竞争中具备良好的发展前景。

二、绿色装配式护坡 GRF 板的施工工艺

(一) 基础处理

在绿色装配式护坡 GRF 板的施工工艺中, 基础处理是确保整个护坡工程稳固性和耐久性的关键步骤, 施工团队需要对施工现场进行仔细的勘察和清理工作^[4]。这包括清除地表的杂草、碎石以及任何其他影响基础平整度和稳定性的障碍物。接下来, 根据设计图纸和工程要求, 对基础进行必要的平整和调整。这确保了 GRF 板安装时的基础表面平坦且稳固, 能够支撑板材的重量并保证护坡结构的整体稳定性, 实际处理阶段需要考虑到地形的自然

特征, 如坡度和曲率, 以便合理调整施工方案, 确保每块 GRF 板能够紧密贴合地面, 防止土壤侵蚀和水流冲击^[5]。除此之外, 还需要对基础表面进行必要的防水处理或防滑处理, 以增强 GRF 板在安装后的护坡效果和使用安全性, 针对性的基础处理步骤不仅是保证施工质量的关键, 也是确保护坡工程能够长期稳定运行的重要保障。

(二) 布局规划

在绿色装配式护坡 GRF 板的施工过程中, 实际的布局规划涉及根据实际护坡设计图纸和现场条件, 合理安排和定位每块 GRF 板的具体位置和方向。前期可以根据地形地貌和护坡要求, 施工团队需结合设计图纸进行精确的测量和标注, 包括确定每块 GRF 板的放置位置、坡度、曲线等细节, 确保整体布局符合设计要求和施工标准。

布局规划还要考虑到 GRF 板的大小和形状, 以确保板材之间的连接和过渡自然流畅。在布局过程中, 需要特别关注地面的起伏和不平, 采取适当的调整措施, 以确保每块板材能够完美贴合地面, 达到最佳的护坡效果和视觉效果。在布局规划完成后, 施工团队应进行最终确认和调整, 确保所有 GRF 板的布置符合实际施工要求和环境条件, 合理的布局规划不仅能提高施工效率, 还能有效减少后期的维护成本和工程调整^[6]。

(三) 拼接固定

根据布局规划, 确定需要进行板材拼接的位置和方式, 涉及不同尺寸或形状的 GRF 板的组合, 以适应复杂地形或特定设计需求。在拼接过程中, 必须确保板材之间的接缝紧密, 防止土壤侵蚀和水流渗透。常见的固定方式包括使用螺栓、钉子或者特殊的粘合剂, 施工人员需要确保每块板材固定牢固, 并且与周围板材的连接紧密无缝, 以保证整体护坡结构的稳定性和持久性。除此之外, 在拼接固定完成后, 进行必要的检验和调整^[7]。检查每块板材的固定效果和连接质量, 确保符合设计要求和施工标准, 及时处理发现的问题, 以避免后续施工工程的质量问题和安全隐患。绿色装配式护坡 GRF 板的施工工艺拼接固定的要求与参数如表2所示。

表2 绿色装配式护坡 GRF 板的施工工艺拼接固定的要求与参数

拼接固定要求与参数	具体要求与参数
板材尺寸	根据设计要求和现场实际情况确定每块板材尺寸, 典型尺寸为1200mm x 600mm
拼接方式	拼接应平整、紧密, 板材之间接缝宽度不超过2mm, 确保防止水和土壤渗透
固定方式	使用不锈钢螺栓或特制的固定件进行固定, 每块板材至少四个固定点, 固定件应符合相关国家标准
固定强度	螺栓的抗拉强度不低于50MPa, 确保固定稳固可靠

三、绿色装配式护坡 GRF 板的施工工艺的优化策略

(一) 施工流程优化与管理

绿色装配式护坡 GRF 板的施工流程优化与管理是确保工程质量和效率的关键所在, 通过有效的流程优化和科学的管理措施,

可以最大限度地提高施工效率，降低成本，并确保施工过程中的安全和质量。

在项目规划阶段，应详细分析和评估施工现场的地形地貌、环境条件以及施工材料的特性，制定相应的施工方案和时间计划。这包括确定基础处理的具体步骤，设计合理的布局规划，并预留足够的时间进行技术创新和工艺改进的实施。在施工现场，需要建立完善的管理机制和协调沟通机制，明确各个施工阶段的责任分工和 workflows^[8]。定期召开施工例会，及时总结和解决施工中的技术和管理问题，确保施工进度和质量符合预期。

为了确保施工各个阶段衔接的紧密性，还需要制定详细的安全操作规程和应急预案，培训施工人员安全意识和操作技能，确保施工现场的安全生产。同时，定期进行安全检查和评估，及时消除安全隐患，为施工团队提供安全保障，可以在此基础上通过引入现代化的施工管理软件和技术工具，实现施工进度、材料使用和质量控制的实时监控和数据分析，帮助项目管理者及时作出决策和调整，以应对施工中的各种挑战和变化。

（二）技术创新与工艺改进

随着科技的发展和市场需求的变化，不断引入先进的技术和工艺改进措施，能够有效地解决传统施工方法中存在的问题，提高施工的精度和安全性，针对 GRF 板的生产工艺和材料特性，可以进行工艺改进和优化^[9]。例如，优化板材的生产流程，采用先进的成型技术和材料配方，以提高板材的抗压强度和耐候性，从而延长其使用寿命和提高护坡效果。

一方面，需要引入机器人和自动化设备进行板材的精确切割和拼接，可以减少人工操作的误差，提高工作效率并降低施工成本。同时，应用先进的测量和监控技术，实时监测板材的安装质量和固定效果，及时调整和优化施工过程。另一方面，通过数字化设计和建模技术，可以提前进行施工仿真和模拟，预测施工过程中遇到的问题和挑战，制定有效的应对措施，减少施工调整的时间和成本^[10]。这种技术创新不仅提升了施工的精度和效率，还增强了工程项目的可控性和可靠性。

（三）基坑开挖配合 GRF 板施工要求

基坑开挖不仅影响到护坡结构的稳定性和施工效率，还直接影响到 GRF 板的安装质量和使用寿命。根据护坡设计和土地地形条件，合理确定基坑的深度和面积，确保能够容纳板材的安装和固定，同时考虑到板材与地面的紧密接触和稳定支撑。

基坑开挖的施工过程需要严格控制土壤的移除和处理。避免在基坑开挖过程中对周围环境造成不必要的破坏和污染，采取有效的防护措施和环保措施，减少土壤的扰动和水土流失，保护周围生态环境和地质稳定性。在基坑开挖完成后，需进行地面的清理和平整处理，以便于后续 GRF 板的安装和固定。确保基坑底部和周边地表平坦和清洁，去除影响板材安装和固定的障碍物和不平整。最后，基坑开挖与 GRF 板的安装过程需紧密协调和配合。确保开挖完成后及时开始板材的安装工作，避免因基坑未清理或处理不当而延误施工进度。施工管理团队应与土建工程团队密切合作，确保基坑开挖和板材安装之间的无缝衔接，最大化地提升施工效率和整体工程质量。基坑开挖的合理规划和施工配合对于绿色装配式护坡 GRF 板的施工质量和效率具有重要影响。

结语：

综上所述，绿色装配式护坡 GRF 板施工应用阶段，通过施工流程优化与科学管理，包括基础处理、布局规划和拼接固定等关键步骤的精确执行，能有效提升施工效率和质量，确保工程的稳固性和持久性。技术创新与工艺改进方面，引入先进的生产技术和自动化设备，优化材料配方和施工方法，不仅提高了 GRF 板的性能和环保特性，也降低了施工成本和资源消耗。此外，合理规划和施工配合基坑开挖过程，保证了施工的连贯性和安全性，最大化地提升了整体施工效率和工程质量。在实际施工中，通过综合应用施工管理优化、技术创新和基坑开挖配合等策略，绿色装配式护坡 GRF 板的施工工艺能够在环保、经济和技术创新的多重驱动下，达到更高的施工效率和质量水平。

参考文献：

[1] 刘俊良. 绿色装配式护坡在基坑围护中的施工技术应用 [J]. 科技创新与生产力, 2022(11):61-63.
[2] 赵书东. 绿色可回收装配式 (GRF) 支护在超长线性结构中的应用与研究 [J]. 消费导刊, 2021,(24):140-141.
[3] 刘敏. GRF 绿色装配式支护技术在深基坑边坡支护中的应用研究 [J]. 工程建设与设计, 2023(21):51-54.
[4] 曾庆活, 许明智. GRF 绿色装配式边坡支护施工应用探讨 [J]. 西部交通科技, 2021(006):000.
[5] 庄博志, 王哲, 梁崇浩, 等. GRF01 绿色装配式边坡支护施工可行性分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2023.
[6] 程帅. GRF 薄壁管现浇混凝土空心楼板的力学特性理论研究 [J]. 中国勘察设计, 2018(10):84-86.
[7] 吉星宇. 绿色装配式可回收边坡支护施工技术应用 [J]. 建筑技术开发, 2022,49(19):33-36.
[8] 杨龙, 叶焱, 崔江余, 等. 装配化坡面防护体系施工的应用与分析 [J]. 山东工业技术, 2021(5):76-79.
[9] 程雪纯, 郭亮, 高元仕, 等. 装配式护坡在大型群体住宅工程中的应用 [J]. 城市建筑与发展, 2023,4(10): 70.
[10] 蒋东宇, 杨孟根, 杨龙. 装配式面层在风化岩质边坡防护中的应用 [J]. 建筑工程技术与设计, 2019(28):681.