

格宾挡土墙生态防护功能与绿色工程应用综述

邹巧兰, 李子彬

重庆安全技术职业学院, 重庆 404020

DOI:10.61369/ERA.2026090005

摘 要： 格宾挡土墙作为兼具工程防护和生态修复双重功能的一种柔性支挡结构型式，在当前生态文明建设的大环境下得到了广泛的关注。本文系统梳理了格宾挡土墙生态防护功能的内涵与机理，总结了其应用于河道治理、公路铁路边坡防护、矿山生态修复以及水土保持等绿色工程建设方面的现状，并对比了格宾挡土墙和常规刚性结构在生态方面的优越性和降低碳排放的优势以及今后的发展方向。研究表明，由于具有柔性、透水性、生态亲和性等特点，格宾挡土墙能更好地将工程防护转变为生态防护，是绿色基建的良好载体。

关 键 词： 格宾挡土墙；生态防护；绿色工程；柔性支挡结构；生态修复

Review on Ecological Protection Function and Green Engineering Application of Gabion Retaining Wall

Zou Qiaolan, Li Zibin

Chongqing Vocational Institute of Safety Technology, Chongqing 404020

Abstract： As a flexible retaining structure that integrates engineering support with ecological restoration functions, the gabion retaining wall has garnered extensive attention in the context of current ecological civilization development. This paper systematically reviews the connotation and mechanisms of the ecological protection functions of gabion retaining walls, summarizes their application status in green engineering fields such as river regulation, highway and railway slope protection, mine ecological restoration, and soil and water conservation, and compares the ecological advantages of gabion retaining walls over conventional rigid structures, their carbon emission reduction benefits, and future development directions. The research demonstrates that, owing to its flexibility, permeability, and ecological affinity, the gabion retaining wall can effectively transform engineering protection into ecological protection, serving as an ideal carrier for green infrastructure development.

Keywords： gabion retaining wall; ecological protection; green engineering; flexible retaining structure; ecological restoration

随着我国生态文明建设加快推进，“绿色基础设施”理念日益深入人心。山水林田湖草沙一体化保护与系统治理是新时代生态文明建设的核心任务之一。在防护工程建设中，需兼顾结构安全与生态协调。传统浆砌片石、混凝土等刚性支挡结构虽能满足安全需求，却割裂水陆生态联系，破坏动植物生存环境，难以实现工程与自然的和谐共生。在此背景下，兼具防护与生态效益的新型支挡技术成为研究热点。

格宾挡土墙在国外应用已有130余年历史，我国亦早在都江堰水利工程中即有类似实践。目前，格宾挡土墙已广泛应用于水利、公路、铁路、矿山、地质灾害防治等领域^[1]。该结构集柔性、透水、耐久、抗震于一体，有利于植被恢复、生物栖息及水陆物质交换。施后海^[2]认为格宾挡墙符合生态保护与绿色发展理念；聂敏等^[3]系统总结了置石护岸和格宾网护岸的工程优势及景观生态效果。本文将对格宾挡土墙的生态防护功能机理、应用现状及发展趋势进行综述，以期对相关工程实践提供参考。

一、格宾挡土墙的生态防护功能内涵与机理

（一）生态挡墙的概念与格宾挡墙的定位

生态挡墙是一种采用预制构件现场组装的支挡结构，可通过在构件内部或表层覆土实现坡面绿化，其外形可随地形灵活调

整。生态挡墙除具备传统挡墙的挡土、防护、排水等功能外，还兼具生态环保、景观功能及水土保持作用，有助于推动植被重建、岸线生态改良及汇水区植被恢复，构建了完整的生态护岸体系，契合“人与自然和谐共生”的治水理念和可持续发展目标。

格宾挡墙是生态挡墙的重要类型之一，属于土石与钢丝网笼

基金资助：重庆市教委科学技术研究计划项目“山区燃气管道格宾挡土墙稳定性分析与防护设计研究”（编号：KJQN202404710）。

作者简介：邹巧兰（1999-），女，汉族，硕士，重庆安全技术职业学院助教，主要从事安全生产管理、应急管理等方面的教学及科研工作。

复合结构，其工程稳定性已得到工程实践的验证^[4]。从工程安全角度来看，格宾挡墙作为一种柔性支挡结构，其筋材与填土可协同承担土压力，在适应地基不均匀沉降方面具有显著优势，这对降低边坡失稳风险、保障邻近建（构）筑物安全具有重要工程意义。

（二）格宾挡土墙生态功能的核心要素

（1）透水性与水体交换功能。格宾结构透水性好，网箱空隙为水土交换提供通道，利于水生生物栖息，增强水体自净能力，改善水质^[5]。其透水特性可及时排出墙后积水、降低孔隙水压力，避免刚性挡墙因积水引发的安全隐患。格宾石笼与自嵌式组合挡墙的应用^[6]，进一步促进了水土物质交换，为水生动植物营造了适宜生境。

（2）植被恢复与生态绿化功能。格宾结构孔隙经覆土后，植物根系可沿石间空隙伸入边坡，实现工程护坡与植被固坡的有机结合，形成柔性整体防护结构^[1]。植被根系锚固作用可增强表层土体抗剪强度，降低浅层滑塌风险。

（3）生物栖息与生态连通功能。格宾结构多孔性为生物提供栖息场所，有利于水生生物栖息、两栖动物活动及水陆物质交换^[3]，使格宾挡墙成为连接水陆生态系统的桥梁。

（4）水土保持与泥沙拦截功能。格宾结构可有效拦蓄泥沙、过滤径流，悬浮物在石缝中沉淀，为植物生长提供基质。该功能在矿山排土场、尾矿库等水土流失区域具有重要应用价值。

二、格宾挡土墙在绿色工程中的应用领域

（一）河道治理与生态护岸工程

格宾挡墙在河道治理中应用最为广泛，兼具防洪、排涝、生态与景观功能。传统浆砌石、混凝土结构阻断水陆交换，破坏水生态，而格宾石笼挡墙施工便捷、工期短、生态兼容性强。余开友^[7]在铜仁大梁河治理中采用格宾石笼阶式挡墙与雷诺护垫组合方案，兼顾了防洪安全与生态修复。荔波河道护岸工程应用后，防洪标准达20年一遇，岸坡抗滑力提升超40%，泥沙淤积量减少72%^[8]。台湾基隆河研究表明，格宾护岸与加筋土护岸均支持植被再生，格宾护岸在高流速区域仍能促进植被恢复，两者均降低了峰值水深和近岸流速^[9]。格宾网石笼在山区河道防护中具有工程造价与生态效果的综合优势^[10,11]。贵州武陵山区生态修复工程及锦江河道治理均验证了其地基适应性强、生态友好、施工便捷等优点^[2,12]。多维度评价表明，格宾石笼护岸在平原和山区河道中综合评分均处于较高水平^[13]。

（二）公路与铁路边坡绿色防护工程

在公路铁路工程应用方面，绍诸高速采用该技术解决用地紧张问题，较传统浆砌片石挡墙工期缩短近30天，绿化与经济效益显著^[14]。贵州山区高速公路应用表明，其柔性、透水、生态特性可有效解决地基承载力不足与生态恢复等问题^[15]。王珏^[16]验证了格宾挡墙在公路塌方边坡中抗剪切应力与排水效果。梅州至龙川铁路弃渣场采用格宾生态挡墙，材料全部来源于隧道弃渣，碳排放量仅为传统混凝土挡墙的12%^[17]。岳好辉等^[18]介绍了施工工序及质量控制要点，陈胜文等^[19]结合工程实例系统介绍了市政格宾

挡墙施工工艺流程。

（三）矿山生态修复与地质灾害防治

在矿山生态修复领域，格宾结构可用于破碎站挡墙、落石防护、水土保持及塌陷区治理，并可利用矿山废石料作为填充材料^[1]。十堰市某废弃矿山采用危岩体清除、格宾石笼挡墙、截排水、土壤重构及植被重建等综合治理措施。格宾石笼挡墙在适应复杂地质条件和吸收冲击能量方面具有独特优势，适用于矿山边坡治理与地质灾害应急抢险。谢飞等^[20]以湖南裕新多金属矿床技改工程为例，验证了绿色加筋格宾挡墙在高差大、地基承载力小的高边坡处理中的适用性。该结构在尾矿库坝体加固中也有应用^[21]，其透水性有利于降低坝体浸润线，提升尾矿库整体安全水平。

（四）水土保持与农田防护工程

格宾笼石沟道治理技术在水土流失防治和农田防护中发挥着重要作用。在水土流失严重地区构筑石笼挡墙或阶梯式结构，可有效拦蓄泥沙、减缓径流^[1]。格宾笼石沟道治理技术在高标准农田建设和山洪沟治理中均有应用^[2]。从农业生产安全角度而言，水土流失不仅导致耕地退化，还可能引发沟道下切、岸坡坍塌等次生灾害，格宾挡墙的应用可有效遏制上述问题的发生。

（五）市政工程与其他绿色工程领域

格宾挡土墙还可广泛应用于市政园林、水库消落区治理等领域。生态格宾网护岸是一种集工程防护和生态保护于一体的柔性护岸形式，在水库消落区的应用具有独特优势^[22]。马瑶等^[23]针对柔性绿色格宾挡墙的特点，提出了基于柔性面板加筋土挡土墙的设计计算方法，并结合市政工程中管沟较多的特点提出了相适应的施工工艺。

三、格宾挡土墙生态效益评估

（一）植被恢复效果

格宾挡土墙的植被恢复效果已得到大量工程实践的验证。林红^[24]以罗溪河治理工程为例，验证了高尔凡石笼网在生态护岸中的适用性：施工一次合格率98%，运行三年垂直沉降8~18mm、水平位移≤12mm，结构稳定；植被覆盖度由78%升至92%，生物多样性指数由0.83增至1.42，水体透明度提高约37%。长江深水航道工程同样证实，格宾石笼压载植生垫护岸植被恢复效果最佳、生物多样性较高。上述实践表明，格宾挡土墙在实现工程防护的同时，能显著促进区域生态恢复。

（二）与传统刚性结构的生态效益对比

格宾挡土墙与传统混凝土、浆砌片石等刚性结构在生态效益上存在本质差异。混凝土为不透水结构，阻断水陆交换，破坏水生态；格宾为透水结构，可维持水陆生态系统的物质交换与能量流动，且生态友好、支持植被生长、施工速度快^[5,7]。运行数据表明，格宾石笼护岸三年内结构稳定，耐蚀性能较传统刚性护岸提升2~3倍，设计使用年限超50年^[25]。袁以美等^[6]指出，格宾石笼受块石料源制约，钢丝格网在高温下易熔损，保护层破损后可能导致钢丝锈蚀，其长期耐久性尚需进一步验证，在设计选型中应予以重视。

（三）碳减排效益

格宾生态挡墙在碳减排方面表现突出。以隧道弃渣场为例，格宾生态挡墙充分利用隧道弃渣作为填充材料，实现了废弃物的资源化利用。碳排放因子法计算表明，弃渣场采用格宾生态挡墙的碳排放量仅为传统混凝土挡墙的12%^[17]。对比格宾挡墙与传统钢筋混凝土挡墙的研究表明，格宾挡墙在可持续性和成本效益方面均优于后者^[26]。这些低碳特性使格宾挡土墙在“双碳”战略背景下具有重要的推广应用价值。

（四）综合效益评价

格宾石笼护岸综合评价较高，其结构稳定性和抗冲性满足工程要求，对生态破坏小、工程造价低。铜仁大梁河工程实践表明，组合方案兼顾了防洪安全与生态景观^[7]。Balasbaneh等^[27]通过全生命周期评估与多准则决策分析，对格宾挡墙、砌石挡墙、钢筋混凝土悬臂挡墙进行了综合比较，结果表明格宾挡墙环境影响最小、最具可持续性。

四、未来发展趋势

随着绿色基建理念的深入推进和“双碳”战略的实施，格宾挡土墙技术将迎来新的发展机遇，呈现以下趋势：一是生态化设计理念深化。从单一工程防护向“工程防护+生态修复”复合功能转变，注重本土植物配置、生物栖息地营造和差异化生态修复方案。二是复合结构体系创新。格宾结构与生态袋、植被混凝土、土工格室、三维土工网等技术有机组合，形成多功能复合防护体系，多级台阶式格宾高挡墙和“刚柔耦合”等模式应用前景

良好。三是数字化与智能化融合。BIM 技术提升设计施工效率，物联网在线监测实现变形、应力、渗流等关键指标实时监控，强化安全预警与全生命周期管理，尤其在矿山边坡和尾矿库安全管控中作用突出。四是标准化与规范化建设。亟需建立涵盖生态设计、结构计算、施工验收、效果评估的系统性技术标准体系，为方案比选和效果评价提供科学依据。五是碳减排与循环经济导向。利用工程弃渣、工业固废等作为填充材料的循环经济模式将进一步推广，降低材料成本与碳排放。最后是多学科交叉协同创新。需在生态水文效应、植物根系力学加固机理、新型环保镀层材料等方面加强跨学科协同攻关。

五、结语

格宾挡土墙作为兼具柔性支挡与生态修复双重功能的绿色工程结构，其生态防护功能已从传统的“利于植被生长”拓展为涵盖透水净水、生物栖息、生态连通、水土保持的多重体系。在河道治理、边坡防护、矿山修复等领域，格宾挡土墙展现了良好的工程适用性与生态效益，在透水性、植被恢复、碳减排方面优势明显。同时，其在适应地基变形、降低孔隙水压力、消能减震、废弃物资源化方面具有独特的工程安全保障价值。但目前格宾挡土墙在植被恢复技术、理论研究、长期生态评估及耐久性方面仍存在不足。未来，随着生态理念融入、复合结构完善、信息化监测应用及工程规范化推进，格宾挡土墙将在绿色基础设施发展中发挥更大作用。

参考文献

[1] 杨浩. 格宾挡墙发展综述 [J]. 探矿工程 (岩土钻掘工程), 2016, 43(10): 96–99.
[2] 施后海. 格宾挡墙在山水林田湖草沙保护修复中的应用 [J]. 科技创新与应用, 2023, 13(19): 173–176+180.
[3] 聂敏, 章霄, 万小琼. 置石与格宾网在生态护岸中的应用设计 [J]. 绿色科技, 2019(16): 64–65.
[4] 何雪花. 生态格宾挡墙在小流域河道岸坡整治中的应用 [J]. 水利科学与寒区工程, 2021, 4(2): 143–146.
[5] 袁以美, 叶合欣, 陈建生. 生态管理视角下一种新型挡土墙的设计及应用 [J]. 人民珠江, 2018, 39(9): 43–46.
[6] 刘彩文. 格宾石笼与自嵌式组合挡墙生态护岸施工技术 [J]. 四川建材, 2018, 44(12): 263–264+267.
[7] 余开友. 格宾石笼网在河道治理中的运用分析 [J]. 低碳世界, 2025(5): 55–57.
[8] 莫怀豪. 石笼格宾在荔波河道护岸工程中的稳定性研究 [J]. 水上安全, 2026(7): 172–174.
[9] Chang Y S, Ho C C. Hydraulic and ecological comparison of Gabion and reinforced Earth revetments in Keelung river Taiwan[J]. Scientific Reports, 2025, 15: 38152.
[10] 王木礼, 李铁军, 王小军. 山区河道生态护坡方法分析研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2015, 15(14): 141–143.
[11] 刘泽, 杨果林, 申超, 等. 绿色加筋格宾挡墙现场试验研究 [J]. 中南大学学报 (自然科学版), 2012, 43(2): 709–716.
[12] 余琴. 格宾挡墙在锦江河道综合治理工程中的应用 [J]. 湖南水利水电, 2019(3): 75–77.
[13] 张涛, 佟光臣, 杨玲, 等. 浙江省宁海县典型河道生态护岸适用性评价与提升策略研究 [J]. 中国水土保持, 2025(11): 62–65+69.
[14] 李果, 孔庆林. 绿色加筋格宾挡墙在绍诸高速中的应用 [J]. 科技通报, 2015, 31(3): 119–122.
[15] 王晓东, 吴庆云. 加筋格宾挡墙在贵州山区高速公路中的应用 [J]. 河南建材, 2018(2): 7–9.
[16] 王珏. 公路边坡滑塌处理中格宾挡土墙的应用分析 [J]. 工程技术研究, 2019, 4(18): 115–116.
[17] 邓锡保, 宋欣, 马蕾梦醒, 等. 隧道弃渣场格宾生态挡墙碳排放分析及减碳技术 [J]. 铁道标准设计, 2024, 68(6): 114–120.
[18] 岳好辉, 王育宽, 马梁. 浅析高速公路绿色格宾加筋土挡墙施工技术 [J]. 科学技术创新, 2022(13): 104–107.
[19] 陈胜文, 陈支刚, 何海英. 绿色加筋格宾单元挡土墙施工工艺 [J]. 建筑施工, 2017, 39(1): 115–117.
[20] 谢飞, 许福丁, 唐文波. 新型绿色加筋格宾挡墙在湖南裕新多金属矿床技术改造中的应用实例分析 [J]. 有色金属设计, 2013, 40(3): 107–110.
[21] 余新洲, 吴均平. 绿色加筋格宾挡墙在尾矿库坝体加固中的应用 [J]. 世界有色金属, 2020(12): 168–170.
[22] 刘铭飞. 格宾网石笼生态防护技术在红旗水库护坡工程中的应用 [J]. 现代农业科技, 2012(4): 263+265.
[23] 马瑶, 马奔, 陆鹏. 柔性绿色格宾挡墙在市政工程中的应用 [J]. 城市道桥与防洪, 2022(9): 266–269.
[24] 林红. 高尔凡石笼网在生态护岸工程中的施工质量控制研究 [J]. 四川水利, 2026, 47(1): 62–65+123.
[25] Uray E, Geem W Z. Mathematical Approach Integrating Surrogate Models in Heuristic Optimization for Gabion Retaining Wall Design[J]. Mathematics, 2025, 13(19): 3216.
[26] Tighnavard A B, David Y, Irwan M J, et al. Assessing the life cycle study of alternative earth-retaining walls from an environmental and economic viewpoint[J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2021, 28(28): 37387–37399.
[27] Balasbaneh A T, Yeoh D, Juki M I, et al. Assessing the life cycle study of alternative earth-retaining walls from an environmental and economic viewpoint[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(7): 37387–37399.