

河道治理工程中格宾生态格网挡墙结构应用研究

翟婧彤

保定市水利水电勘测设计院 河北 保定 071051

摘要: 本文围绕格宾生态格网挡墙结构展开探讨,从力学特性、施工工艺、生态功能与工程适应性四个维度进行系统分析,梳理了柔性结构的应力重分布与透水消压机理,阐述了分层填石与分级筛选等质量控制要点,并对比了不同生态挡墙结构的适用差异,为河道治理工程中格宾挡墙的设计选型与施工管理提供了技术支持。

关键词: 格宾挡墙; 柔性结构; 河道治理; 生态功能; 施工工艺

引言: 河道治理工程中挡墙结构的选型直接关系到防洪安全与河岸生态修复的双重目标。格宾生态格网挡墙凭借柔性变形适应能力与多孔透水特性,在中小河流岸坡防护与山洪沟治理中得到广泛应用。然而工程实践中仍存在参数配置不当、施工质量参差不齐、生态功能发挥不充分等问题,急需从力学机理、施工控制与环境效应等层面开展系统性梳理,为工程应用提供完整的技术参考。

1 格宾生态格网挡墙结构的力学特性与构造原理

1.1 格宾网箱的材料组成与编织工艺

格宾网箱以低碳钢丝或覆塑钢丝为基本材料,前者抗拉强度较高且延展性良好,后者在钢丝表面覆盖一层高分子材料以提升耐腐蚀性能,两种材料均满足河道环境下长期服役的强度要求。网片采用双绞合工艺编织为六边形网格,相邻边丝以螺旋方式绞合连接,网面平整度与节点强度均优于普通编织方式^[1]。六边形网格在受力后能够通过节点转动实现角度调节,赋予网箱结构一定的变形自由度,这种工艺特征直接决定了格宾挡墙区别于刚性结构的力学行为。相较于常规编织建材网格,双绞合六边形结构具备多向受力均衡的特性,可全方位适配河道复杂外力作用,规避单点受力集中引发的结构破损,为挡墙整体柔性受力体系构建奠定坚实基础。

1.2 柔性结构的力学响应机制

格宾挡墙属于典型的柔性结构,在地基出现不均匀沉降时,网箱能够随变形协调调整自身形态而不产生应力集中,沉降量被分散至整面墙体而非集中于某一截面。水流冲击作用于墙面时,冲击力经填石与网片的摩擦逐渐消耗,应力在墙体内部发生重分布,峰值荷载被大幅削减。挡墙整体依靠箱体自重与填料重量维持稳定,抗倾覆与抗滑移能力取决于墙底摩阻力与自重产生的稳定力矩,柔性特征使墙体在临界状态下仍能保持一定的承载余量而非突然失稳。

1.3 透水性及孔隙水压力消散原理

格宾网箱内部填石之间存在大量连通缝隙,构成贯穿墙体的渗透通道,水流可从迎水面自由穿过墙体到达背水面。背水面不会因水流受阻而形成滞水区域,墙体两侧水头差所产生的水压力在渗透过程中被逐步消解。孔隙水在填石缝隙中的流动带走了原本可能作用于墙背的静水压力,墙后土体内不会因排水不畅而积累超孔隙水压力,挡墙所承受的侧向荷载因此显著降低。

1.4 格宾挡墙与刚性挡墙的结构差异

重力式刚性挡墙依靠自身巨大体量产生的重力来抵抗土压力与水压力,墙身为不变形的整体结构,所有外力均以弯矩与剪力的形式在墙体截面内传递,对地基承载力要求极高。格宾挡墙则走了一条完全不同的受力路径,荷载通过网片与填石之间的摩擦与嵌锁作用逐层传递,墙体可发生有限变形来适应外部荷载变化。刚性挡墙追求以强度硬抗外力,柔性挡墙则以变形换安全,两种结构在力学哲学上存在根本对立。

2 格宾生态格网挡墙的施工工艺与质量控制

2.1 原材料选用标准

格宾网箱所用钢丝的力学性能与防腐指标直接关系到挡墙服役年限,镀锌量需达到规范要求的下限值,镀层过薄则在河水长期浸泡下加速锈蚀,导致钢丝截面减小直至断裂。覆塑钢丝的塑料包覆层应连续完整,厚度不均处在填石挤压下易出现开裂剥落,丧失防腐功能。钢丝抗拉强度是网片承受内部填料侧向压力的根本保障,选用时应留有一定的安全余量^[2]。填充石料的粒径需与网箱网格尺寸相匹配,过大的石块无法顺利塞入网格间隙,过小则石间摩擦系数偏低,整体抗剪能力下降。石料容重与硬度共同决定了挡墙自重能否提供足够的抗滑移稳定系数。土工布铺设于基底与格宾箱体之间,克重偏低会在水流反复冲刷下产生撕裂,克重偏高则透水性性能减弱,影响墙后排水通畅性。

2.2 基坑开挖与基础处理

基坑开挖至设计标高后,坑底整平是保证格宾箱体均匀受力的前提,地基表面高差若超出允许范围,箱体因底部支撑不均而产生偏斜。整平过程中须清除表层松散土层与碎石杂物,将基底碾压至满足承载力要求的密实状态。工作坑的平面尺寸应略大于网箱底面轮廓,为填石操作与人员站位预留充足空间。基底整平压实完成后铺设土工布,搭接宽度应满足设计规定,搭接部位应平整无褶皱,确保排水通道在整个墙底连续贯通,不出现断点。

2.3 格宾网箱的组装与安装

隔板与面板展开后需立置于基底指定位置,相邻网片通过边丝双绞合方式连接成箱体,绞合圈数须达到工艺要求以保证节点抗拉强度。各片网片在连接时边丝应逐一穿入相邻网格的绞合缝隙,不得出现漏绞或松绞,任何一个节点的松脱都可能在填石后引发局部鼓胀。相邻网箱的边缘依靠每隔一定间距的绑扎丝将两个箱体的边丝锁定,绑扎丝须拧紧至网片边缘不发生分离。拐角部位因受力方向发生改变,需采用专用转角箱或裁切网片进行拼接,裁切面应保持边丝完整以维持连接强度,避免在转角处形成薄弱环节。规范细致的组装安装流程可强化箱体整体联结性,消除结构薄弱节点,确保整片挡墙形成协同受力的整体,提升抗冲刷与抗变形能力。

2.4 石料填充与盖板绞合

石料应分层投入网箱内部,每层厚度控制在箱体高度的三分之一以内,均匀投料可避免单侧荷载过大导致面板外鼓或隔板弯曲。投料过程中严禁大块石料从高处直接砸入,冲击力会使网片变形甚至造成边丝断裂。面板鼓出多由单侧填料过量引起,施工中需安排专人从箱体两侧交替投料以保持荷载均衡。盖板绞合前应将填充完成的网箱顶部边缘校正平整,盖板与面板的边丝逐圈绞合,绞合应紧密无松动,确保箱体闭合后石料不会从顶部缝隙中散落。分层对称的填料工艺能够平衡箱体内部应力,保持网箱形态规整,有效规避局部变形、石料脱落等施工缺陷,保障挡墙外观与结构稳定性。

2.5 施工全流程质量控制要点

每道工序完成后须进行验收,隐蔽工程在被覆盖前应经检查确认合格方可进入下一工序,避免质量缺陷被掩埋。标高控制贯穿施工全过程,箱顶标高偏差直接影响挡墙顶面线形的平顺度与整体美观。外观质量标准要求网箱表面平整无明显鼓凸,绞合节点无松脱,石料填充密实无空洞。各道工序的检查记录应完整留存,为工程质量追溯与后期运维提供可靠依据。全流程、全工序

的质量管控体系,可及时排查整改施工隐患,保障挡墙施工精度统一、结构规整,从施工层面保障工程长期安全稳定运行。

3 格宾生态格网挡墙的生态功能与环境效应

3.1 多孔隙结构的生态基质作用

格宾挡墙内部填石之间存在大量连通空隙,构成水、空气与养分在河岸带双向交换的天然通道。地表水可沿填石缝隙渗入墙体内部,与地下水形成连通网络,打破了刚性挡墙完全阻断水陆物质交换的壁垒^[3]。这种多孔介质结构使墙体不再是一道生硬的隔水屏障,而是转变为水陆过渡带中的生态基质,为微生物与小型无脊椎动物提供了附着与繁殖的空间载体。养分随水体在孔隙中流动迁移,植物根系可沿缝隙深入墙体内部获取水分与矿质元素,岸坡植被的定植范围因此向水边线大幅延伸。

3.2 植被自然演替与根系加筋

填石缝隙间淤积的泥沙为植物种子提供了萌发温床,草本植物在汛后率先扎根,灌木与乔木随后逐步侵入,植被群落沿着挡墙表面呈现由下至上的自然演替趋势。植物根系在生长过程中深入填石间隙,将松散的石料编织成一个有机整体,根系的抗拉强度与填石间的摩擦力共同构成了对挡墙结构的长期加固效应。这种生物加筋作用随植被年限增长而持续增强,挡墙的整体稳定性在植被覆盖后反而优于新建状态,生态功能与结构功能在时间维度上形成正向耦合。

3.3 水生生物栖息地的构建

格宾挡墙的多孔结构在水下形成了复杂的微地形,石块间的空隙为鱼虾提供了躲避天敌与产卵孵化的隐蔽空间,微生物群落在石面附着生长构成了食物链的基础环节。不同粒径的缝隙容纳了不同体型的水生生物,从底栖昆虫到幼鱼均能在挡墙附近找到适宜的栖息微环境。水体流经多孔墙体时流速降低,悬浮颗粒物在缝隙中沉降,微生物对有机污染物的降解作用在墙体表面持续进行,水体自净能力因生物多样性的丰富而得到增强。

3.4 滞洪补枯与水位调节功能

丰水期河水漫过挡墙顶部后,大量水体经多孔结构渗入墙体内部与岸坡土层,起到削减洪峰的滞蓄作用。枯水期墙体内部储存的水分在水位差驱动下反向渗出,向河道补给基流,缓解了河道断流风险。岸坡植被在生长季大量吸收降水并储存于根系层与土壤中,在旱季缓慢释放,进一步强化了挡墙对河流水位的调节能力。这种渗储循环使格宾挡墙兼具防洪与保水双重功能,在水资源时空分布不均的河道环境中发挥着刚性结构无法替代的水文调节作用。

4 格宾生态格网挡墙的工程适应性与应用场景

4.1 不同河道条件下的结构选型

格宾挡墙的结构选型需与河道实际工况相匹配,墙身高度是决定采用单层或双层格宾的关键参数。墙高在3m以下时采用单层格宾即可满足受力要求,墙身较高时宜采用双层或多层格宾叠合以增大自重与抗滑移能力^[4]。护脚部位常设于墙底前端,采用格宾笼抛填大块石料形成防冲槽,护坡段沿坡面自下而上铺设格宾与生态护坡相结合,挡墙段则以垂直或仰斜形式布置于坡脚。三种功能段可根据河道平面线形灵活组合,形成从河床到岸顶的连续防护体系,各段之间通过格宾箱体的搭接实现受力传递与结构连贯。针对性的结构选型与分段组合模式,可精准适配不同河道断面形态与水流特征,规避单一结构适配性不足的问题,提升整体防护体系的完整性与稳定性。

4.2 复杂地质与水文条件的适应策略

软基地段地基承载力偏低,格宾挡墙的柔性特征在此处优势显著,网箱可随地基沉降自适应调整形态而不产生结构性开裂,变形在整个墙体范围内均匀分散。高流速冲刷河段需在格宾挡墙迎水面设置消能设施,抛石护坦或格宾深潭可有效削减近底流速,降低水流对墙体的直接冲击。水位频繁变动的区域,格宾挡墙的透水特性使墙背不会因水位骤降形成负压区,也不会因骤升而承受过大静水压力,墙体在水位反复涨落中始终保持力学平衡,透水消压的设计思路从根本上化解了刚性结构在变幅水位区易出现的失稳风险。

4.3 与其他生态挡墙结构的对比分析

混凝土预制块加筋挡墙依靠预制块间的嵌锁与加筋材料提供稳定性,整体刚度较大,对地基变形的适应能力弱于格宾挡墙,预制块间缝隙虽可种植植被但透水性能有限。生态袋挡墙以土工布袋填充种植土堆叠而成,施工便捷但袋体抗紫外线能力较弱,长期暴露后易老化破损,适用高度通常不超过3米。格宾挡墙在适用高度上可达十米以上,生态性方面多孔结构支持水陆物质自由交换,施工便捷性上采用工厂预制网片现场组装的模式,既保证了加工精度又降低了现场湿作业量。三种结构各有适用范围,格宾挡墙在高度适应性与生态功能上

的综合表现更为突出。相较于其余生态防护结构,格宾挡墙兼顾结构稳定性、施工便捷性与生态修复性,综合工程效益与长期服役优势更为显著,适配现代生态河道建设需求。

4.4 格宾挡墙在河道治理中的多场景应用

中小河流岸坡防护是格宾挡墙最为广泛的应用场景,河道断面较窄、流速适中的河段采用格宾护脚加护坡的组合形式即可满足防冲与稳坡需求。山洪沟治理中格宾挡墙可快速部署于沟道弯道与变坡处,柔性结构能承受山洪携带的大块石冲击而不发生脆性破坏。水库消落区水位周期性涨落幅度可达10~30m,格宾挡墙的透水消压特性使墙体在干湿交替中不易出现坡面剥落与结构松动^[5]。亲水步道建设中格宾挡墙可与景观石材搭配使用,多孔结构表面覆土种植水生与湿生植物,在满足防洪功能的前提下营造出自然野趣的滨水空间,格宾挡墙在功能性景观性之间找到了较好的平衡点。

结束语

格宾生态格网挡墙以柔性结构替代刚性抵抗的力学路径,从根本上改变了传统河道挡墙的设计理念。透水消压与根系加筋两大机制使挡墙在服役过程中持续获得结构增益,生态功能与工程性能在时间维度上形成正向耦合。施工环节的参数校核与分层填装工艺是保障挡墙长期稳定运行的基础,工程选型中应充分考虑河道水文条件与地质特征,使格宾挡墙在不同场景下均能发挥应有的防洪与生态修复作用。

参考文献

- [1]权宣羽.河道治理工程中格宾生态格网挡墙结构应用研究[J].科学技术创新,2024(11):121-124.
- [2]游畅.城市水系治理中格宾挡墙技术及应用[J].水利技术监督,2025(5):262-266.
- [3]张海锋.格宾石笼在杂填土高边坡防护中的应用研究[J].城镇建设,2022(13):79-81.[1]
- [4]龙进友.格宾石笼挡墙在生态河道治理过程中的应用[J].水上安全,2025(1):91-93.
- [5]吉燕强.河道水生态治理工程格宾网石笼施工探析[J].当代农机,2025(9):81-82.