

T/CECS 353 – 2024

中国工程建设标准化协会标准

生态格网结构技术规程

（征求意见稿）

Technical specification for application of
eco-mesh structure

中国工程建设标准化协会标准

生态格网结构技术规程

Technical specification for application of
eco-mesh structure

T/CECS 353 – 2024

主编单位：江阴市金利达堤坡防护工程有限公司
北京万澎科技有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2024 年 月 日

中国计划出版社

2024 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2022 年第二批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字〔2022〕40 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准共分 11 章和 2 个附录，主要内容包括：总则、术语和符号、材料、格网成品技术要求、试验方法、级别划分和设计标准、生态格网固滨挡墙设计、生态格网绿滨护坡设计、施工、质量检测与评定等。

本标准是对《生态格网结构技术规程》CECS 353:2013 的修订。

本次修订的主要内容包括：

1. 术语的修订；
2. 材料中对钢丝规定的修订；
3. 格网成品技术要求的修订；
4. 检测方法中对钢丝和成品的检测方法的修订；
5. 级别划分和设计标准中对级别划分和设计标准的修订；
6. 对相关过期引用标准的修订和增减；
7. 附录 A 的修订等。

本标准由中国工程建设标准化协会归口管理，由江阴市金利达堤坡防护工程有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请反馈给江阴市金利达堤坡防护工程有限公司（地址：江苏省无锡市江阴市祝塘镇新达路8号，邮编：214415，邮箱：sales@gabion.cn）。

主编单位：

参编单位：

主要起草人：

主要审查人：

目次

1 总则	- 1 -
2 术语和符号	- 2 -
2.1 术语	- 2 -
2.2 符号	- 2 -
3 材料	- 4 -
3.1 一般规定	- 4 -
3.2 钢丝物理性能	- 4 -
3.3 填充材料	- 5 -
4 格网成品技术要求	- 6 -
4.1 网孔、网丝直径、应用	- 6 -
4.2 边丝要求	- 6 -
4.3 产品常用定型尺寸及偏差	- 6 -
4.4 外观要求	- 6 -
4.5 涂层和镀层要求	- 7 -
4.6 网片连接	- 7 -
4.7 产品的标示方法	- 8 -
5 检测方法	- 9 -
5.1 钢丝的检测方法	- 9 -
5.2 成品的检测方法	- 9 -
6 级别划分和设计标准	- 11 -
6.1 级别划分	- 11 -
6.2 设计标准	- 11 -
7 结构分类和结构布置	- 12 -
7.1 一般规定	- 12 -
7.2 结构分类	- 12 -
7.3 结构布置	- 13 -
8 生态格网固滨挡墙设计	- 14 -
8.1 一般规定	- 14 -
8.2 墙后土压力计算	- 14 -
8.3 固滨挡墙稳定验算	- 15 -
8.4 墙内应力计算	- 17 -
8.5 加筋固滨笼挡墙内部稳定验算	- 18 -
9 生态格网绿滨护坡设计	- 20 -
9.1 一般规定	- 20 -
9.2 绿滨护坡厚度计算	- 20 -
9.3 绿滨护坡稳定验算	- 22 -
10 施工	- 23 -
10.1 施工准备	- 23 -
10.2 生态格网结构基础施工	- 24 -
10.3 生态格网结构施工	- 24 -
10.4 填料施工	- 28 -
10.5 质量控制	- 29 -

11 质量检测与评定	- 31 -
11.1 单元工程项目规划	- 31 -
11.2 结构施工质量检验	- 31 -
11.3 结构单元工程施工质量评定	- 36 -
附录A材料及产品技术参数	- 37 -
附录B生态格网结构单元工程质量评定	- 40 -
本规程用词说明	- 44 -
引用标准名录	- 45 -
条文说明	- 46 -

Contents

1 General provisions.....	- 1 -
2 Terms and symbols.....	- 2 -
2.1 Terms.....	- 2 -
2.2 Symbols.....	- 2 -
3 Materials.....	- 4 -
3.1 General requirements.....	- 4 -
3.2 Wire.....	- 4 -
3.3 Filling materials.....	- 5 -
4 Technical requirements for finished products.....	- 6 -
4.1 Mesh, mesh diameter, application.....	- 6 -
4.2 Edge wire requirements.....	- 6 -
4.3 Product size and deviation.....	- 6 -
4.4 Appearance requirements.....	- 6 -
4.5 Coating and coating requirements.....	- 7 -
4.6 Mesh connection.....	- 7 -
4.7 Indication of the product.....	- 8 -
5 Test method.....	- 9 -
5.1 Test method of steel wire.....	- 9 -
5.2 Test method of finished product.....	- 9 -
6 Level classification and design standards.....	- 11 -
6.1 Level classification.....	- 11 -
6.2 Design standards.....	- 11 -
7 Structure classification and arrangement.....	- 12 -
7.1 General requirements.....	- 12 -
7.2 Structure classification.....	- 12 -
7.3 Structure arrangement.....	- 13 -
8 Design of gabion retaining wall.....	- 14 -
8.1 General requirements.....	- 14 -
8.2 Calculation of earth pressure.....	- 14 -
8.3 Stability Calculaton of gabion retaining wall.....	- 15 -
8.4 Stability calculaton of internal stress of wall.....	- 17 -
8.5 Internal stability calculaton of reinforced gabion retaining wall.....	- 18 -
9 Design of mattress revetment.....	- 20 -
9.1 General requirements.....	- 20 -
9.2 Calculation of the thickness of mattress revetment.....	- 20 -
9.3 Stability Calculaton of mattress revetment.....	- 22 -
10 Construction.....	- 23 -
10.1 Preparation of construction.....	- 23 -
10.2 Construction of structural basis.....	- 24 -
10.3 Structure construction.....	- 24 -
10.4 Construction of filled.....	- 28 -

10.5 Quality control.....	- 29 -
11 Quality inspection and assessment.....	- 31 -
11.1 Unit gabion project division.....	- 31 -
11.2 Gabion structure construction quality inspection.....	- 31 -
11.3 Unit project of gabion structure construction quality inspection.....	- 36 -
Appendix A Material technical parameters.....	- 36 -
Appendix B Project quality assessment table of eco-mesh structure.....	- 40 -
Explanation of wording in this specification.....	- 44 -
List of quoted standards.....	- 45 -
Addition: Explanation of provisions.....	- 46 -

1 总则

1.0.1 为统一生态格网结构在产品制造、工程设计及工程施工中的技术要求，规范工程质量评定和验收标准，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于生态格网结构的产品制造、工程设计、工程施工、工程质量检验与评定。

1.0.3 生态格网结构的产品制造、工程设计、工程施工、工程质量检验与评定除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 格网 mesh

构筑生态格网系统的主要元素，由锌-5%铝-镁合金镀层钢丝，通过专用设备制作而成的双绞状、六边形网孔、涂覆有绿色无机涂层保护膜 of 墨绿色网片结构。

2.1.2 生态格网结构 eco-mesh structure

由格网组装成的箱体内填充符合要求的块体材料而形成的柔性结构。

2.1.3 网丝 body mesh wire

直径为 2.2mm 或 2.5mm，编织格网主体的钢丝。

2.1.4 边丝 selvedge wire

直径为 2.7mm 或 3.0mm，被缠绕固定在格网边缘的钢丝。

2.1.5 扎丝 lacing wire

直径为 2.2mm，用于绑扎生态格网结构各网片及相邻结构体的钢丝。

2.1.6 网孔 mesh size

由钢丝通过机械绞合形成的六角形孔，其值采用 $D \times X$ 表示， D 值为两个双绞合轴线之间的距离， X 值为对角之间的距离（见图 5.2.1）。

2.1.7 固滨笼 gabion

网孔为 100mm×120mm，网丝直径为 2.5mm，边丝直径为 3.0mm，高度为 0.5m 或 1.0m，中间每一米设置有一个隔板，且隔板为单隔板的生态格网结构体。

2.1.8 加筋固滨笼 reinforced gabion

由固滨笼和加筋片组成的生态格网结构体。

2.1.9 绿滨垫 mattress

网孔为 60mm×80mm 或 80mm×100mm，网丝直径为 2.2mm，边丝直径为 2.7mm，高度为 0.2m 或 0.3m，中间每一米设置有一个隔板，且隔板为双隔板的生态格网结构体。

2.1.10 生态格网网袋 sack gabion

网孔为 100mm×120mm，网丝直径为 2.5mm，边丝直径为 3.0mm，由格网卷制绑扎而成的袋状结构体。

2.2 符号

a_v	——	竖向设计地震加速度代表值；
a_h	——	水平向设计地震加速度代表值；
b	——	水面宽度；
c_0	——	基底粘聚力；

C	——	防护系数；
C_g	——	粘滞系数；
C_v	——	流速分布系数；
C_s	——	填石稳定系数；
d	——	断面平均水深；
D	——	铰合中心线的轴线距离；
D_m	——	填石的中值粒径；
e_0	——	偏心矩；
f	——	基础摩擦系数；
f_s	——	筋片抗拔稳定安全系数；
F_e	——	地震主动土压力代表值；
G	——	墙体自重；
g	——	重力加速度；
H	——	挡土墙高度；
H_s	——	设计波浪高度；
K_0	——	抗倾覆安全系数；
K_1	——	边坡修正因子；
K_a	——	主动土压力系数；
K_m	——	安全系数；
K_s	——	抗滑移安全系数；
L_{ei}	——	第 i 层筋片有效长度；
L_{oi}	——	第 i 层筋片滑动面以内长度；
n	——	填石空隙率；
P_u	——	空固滨笼的单位重量；
q	——	填土表面均布荷载；
R	——	水力半径；
S_0	——	粒径安全系数；
T	——	网片极限抗拉强度；
T_a	——	设计容许抗拉强度；
V	——	断面平均流速；
α_0	——	河岸倾角；
γ	——	土的天然重度；
γ_s	——	填石的重度；
γ_w	——	水的重度；
φ	——	内摩擦角；
φ^*	——	网格之间摩擦角；
θ	——	河岸与水平线的夹角；
θ_e	——	地震系数角；
δ	——	墙背与填土之间的摩擦角；
μ_s	——	筋片与土的摩擦系数；
σ_{vi}	——	第 i 层筋片上的有效法向应力；
σ_{hi}	——	第 i 层水平附加荷载；
ζ	——	计算系数；
Ψ_1	——	挡土墙面与垂直面夹角；
Ψ_2	——	土表面和水平面夹角。

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 材料应符合国家现行有关标准的要求或具有型式试验报告。

3.1.2 生态格网材料应按《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654-2014 的要求，参照不同工程等别、工程类别的最低使用年限，确保使用年限达到或超过 30 年或 50 年。

3.1.3 钢丝的钢基应选用符合《优质碳素结构热轧薄钢板和钢带》GB/T 701 或《制丝用非合金钢盘条 第2部分：一般用途盘条》GB/T 24242.2 标准的盘条制造。

3.2 钢丝

3.2.1 生态格网的材料应采用涂覆有绿色无机涂层保护膜的锌-5%铝-镁合金镀层钢丝制成，严禁采用包覆 PVC、PE、PA6、PET 等塑料或不包覆以上类别塑料的其他镀层钢丝制成。

3.2.2 涂覆有绿色无机涂层保护膜的锌-5%铝-镁合金镀层钢丝，其镀层中铝含量应不小于 4.2%，镁含量应不小于 0.3%，其他元素不作规定。

3.2.3 钢丝的力学性能应符合表 3.2.4 的规定。

表3.2.4 钢丝的力学性能

抗拉强度 R_m (MPa)	断后伸长率 A (%) (原始标距 $L_0=250\text{mm}$)
350~550	≥ 10

3.2.4 编织前钢丝镀层重量应符合表 3.2.5 的规定。

表3.2.5 编织前钢丝镀层重量

镀层钢丝公称直径 d (mm)	镀层重量 (g/m^2) 不小于
2.2	230
2.5	245
2.7	245
3.0	255

注：编织后的镀层重量损耗不得超过 5%

3.2.5 钢丝的直径允许偏差应符合表 3.2.6 的要求。

表3.2.6 钢丝直径允许偏差

镀层钢丝公称直径d (mm)	允许偏差 (mm)
2.2	±0.06
2.5	±0.06
2.7	±0.06
3.0	±0.07

3.3 填充材料

3.3.1 填充材料可采用天然块石、卵石或废旧混凝土块或者其他特定生态功能的产品等。

3.3.2 选择块石、卵石或混凝土块作为填充材料时，填料应具有耐久性好、不易碎、无风化迹象，填料的中值粒径宜介于 1.5D~2.0D 之间，不在外表面的填料可有 15% 的超出该范围。填充料宜进行级配实验分析，级配应合理，填充后生态格网结构的空隙率应小于 30%。

3.3.3 选择其他特定生态功能的产品作为填充材料时，其性能应满足结构体的功能性要求。

4 格网成品技术要求

4.1 网孔、网丝直径、应用

4.1.1 生态格网网孔的绞合方式应采用双绞合方式，禁止使用五绞合等其他绞合方式。

4.1.2 网孔尺寸、网孔公差范围、网丝直径及应用应符合本规程附录 A 的规定。

4.1.3 固滨笼和加筋固滨笼的网孔应为 100mm×120mm。网丝直径应 2.5mm，边丝直径应为 3.0mm，隔板应为单隔板。

4.1.4 绿滨垫的网孔应为 60mm×80mm 或 80mm×100mm。网丝直径应为 2.2mm，边丝直径应为 2.7mm，隔板应为双隔板。

4.1.5 网片经裁剪后的边端应采用专用机械将边丝和网丝缠绕 2.5 圈以上，严禁手工缠绕。

4.2 边丝要求

4.2.1 格网边丝的直径应大于网丝的直径，且应符合表 4.2.1 的要求。

表4.2.1

网丝直径 (mm)	边丝直径 (mm)
2.2	2.7
2.5	3.0

4.2.2 格网边丝的材质应和网丝、扎丝相同，其力学性能和镀层质量应符合表 3.2.4 和表 3.2.5 的规定。

4.3 产品常用定型尺寸及偏差

4.3.1 产品常用定型尺寸及偏差应符合附录 A 中表 A.0.2 的规定。

4.3.2 固滨笼和绿滨垫的网孔及偏差应符合附录 A 中表 A.0.1 的规定，双线绞合部分长度应符合附录 A 中表 A.0.1 的规定，固滨笼和绿滨垫的网丝直径、边丝直径、扎丝直径应符合附录 A 中表 A.0.1 的规定。

4.4 外观要求

4.4.1 成品网面不应有断丝。

4.4.2 成品网面不应有破损、锈蚀。

4.5 涂层和镀层要求

4.5.1 格网网面绿色无机涂层保护膜标示颜色应为墨绿色。格网钢丝的表面、格网四周网丝和边丝缠绕处、所有钢丝端口部分以及隔板和底板连接扣环应涂覆有绿色无机涂层保护膜，且应无机械加工过程中产生的擦痕和损伤。

4.5.2 涂覆有绿色无机涂层保护膜的钢丝网片经过 500 小时盐雾试验，钢丝表面和端口部分应无白锈；经 3000 小时盐雾试验，钢丝表面和端口部分应无红锈；经 3000 小时紫外线照射试验，钢丝和端口部分的绿色无机涂层应无粉化脱落。

4.5.3 格网网片钢丝镀层重量应在成品网面中取样进行测试，其最小镀层重量应符合表 3.2.5 的规定。

4.5.4 格网网片钢丝镀层中的铝含量和镁含量应在编织好的网面中取样进行测试，其铝含量和镁含量应符合 3.2.3 的规定。

4.6 网片连接

4.6.1 产品出厂前隔板和底板的连接采用直径为 3.0mm 的扣环连接，扣环的材质应和网丝、边丝和扎丝的材质一致，均应为涂覆有绿色无机涂层保护膜的锌-5%铝-镁合金镀层钢丝，且扣环端口应涂覆有绿色无机涂层保护膜并不应有擦痕和损伤。

4.6.2 施工时边板、隔片与箱体间的连接采用扎丝绑扎连接，且扎丝材质应和网丝、边丝相同。

4.6.3 连接的间距应小于等于 200mm。

4.7 产品的标示方法

4.7.1 固滨笼的型号标示方法应遵循以下案例。例如：规格 2000mm×1000mm×1000mm 固滨笼，钢丝材质为涂覆有绿色无机涂层锌-5%铝-镁合金镀层的钢丝，钢丝直径为 2.5mm，网孔 D 为 100mm，可表示为：GZLM 10025—2×1×1—本标准号。型号表示方法可按图 1 表示。

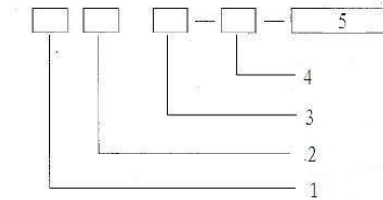


图 1 型号表示示意图

- 1—生态格网产品：固滨笼用 G 表示、加筋固滨笼用 J 表示；
- 2—钢丝代号为 ZLM；
- 3—网孔 D + 网丝直径 (mm) × 10；
- 4—长 × 宽 × 高 (m)；
- 5—本标准号

4.7.2 绿滨垫的型号标示方法应遵循以下案例。例如：规格 6000mm×2000mm×300mm 绿滨垫，钢丝材质为涂覆有绿色无机涂层锌-5%铝-镁合金镀层的钢丝，钢丝直径为 2.5mm，网孔 D 为 100mm，可表示为：LZLM 10025—2×1×1—本标准号。型号表示方法可按图 1 表示。

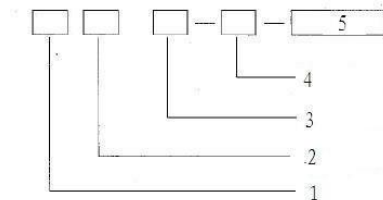


图 1 型号表示示意图

- 1—生态格网产品：绿滨垫用 L 表示、加筋固滨笼用 J 表示；
- 2—钢丝代号为 ZLM；
- 3—网孔 D + 网丝直径 (mm) × 10；
- 4—长 × 宽 × 高 (m)；
- 5—本标准号

5 检测方法

5.1 钢丝的检测方法

5.1.1 钢丝的检测应在施工现场取样送检，取样尺寸应为 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的网片。检测分为 2 个阶段，第一阶段为成品使用之前的抽样检测，一般为每 20000m^2 抽检一次，每次抽检部位应为成品的 6 个网面及隔板；第二阶段为施工完成后的随机抽检，将填充物取出抽检，抽检的部位应为成品的 6 个网面及隔板。

5.1.2 钢丝的直径测量用精度为 0.01mm 的千分尺或游标卡尺，在同一横截面两个互相垂直的方向上测量，取二次测量所得直径的算术平均值。

5.1.3 钢丝的拉伸检测按《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228.1 的规定进行。

5.1.4 钢丝的镀层重量检测按《钢产品镀锌钢丝锌层质量试验方法》GB/T 1839 的规定进行。

5.1.5 钢丝镀层中铝含量的检测分析方法按《锌及锌合金化学分析方法 铅、镉、铁、铜、锡、铝、砷、锑、镁、镧、铈量的测定 电感耦合等离子体——发射光谱法》GB/T 12689.12 的规定进行。

5.1.6 钢丝镀层中镁含量的检测分析方法按《锌及锌合金化学分析方法 铅、镉、铁、铜、锡、铝、砷、锑、镁、镧、铈量的测定 电感耦合等离子体——发射光谱法》GB/T 12689.12 的规定进行。

5.2 成品的检测方法

5.2.1 网孔尺寸测量：用分度值为 1mm 的钢卷尺测量网孔的 D 值， D 值取不少于 10 个连续、完整网孔的双绞合轴线距离的平均值；用分度值为 1mm 的钢卷尺测量网孔的 X 值， X 值取不少于 10 个完整网孔的对角距离的平均值（图 5.2.1）。

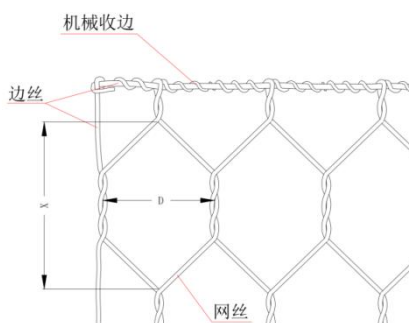


图 5.2.1 网孔、网面示意图

5.2.2 网面长度、宽度测量：将网面（卷）自然展开，置于平面上，用分度值为 1mm 的钢卷尺测量网面的长度、宽度。

5.2.3 固滨笼和绿滨垫的长度、宽度、高度用分度值为 1mm 的钢卷尺测量。

5.2.4 成品格网耐盐雾试验按《人造气氛腐蚀试验——盐雾试验》GB/T 10125-2021 的规定进行。

5.2.5 成品格网紫外线老化试验按《塑料 实验室光源暴露试验方法第3部分：荧光紫外线试验》GB/T 16422.3-2022 的规定进行。

5.2.6 成品格网绿色无机涂层保护膜的表面采用目测法检测，应符合本规程 4.5.1 的要求。

6 级别划分和设计标准

6.1 级别划分

6.1.1 采用生态格网结构的防护工程级别应根据其所在工程的等别和重要性按现行国家标准《防洪标准》GB 50201 及相关行业标准的规定确定。

6.1.2 水利工程中生态格网固滨挡墙级别划分可按现行行业标准《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252 及《水工挡土墙设计规范》SL 379 的相关规定执行。

6.1.3 城市防洪过程中，生态格网结构应按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 及现行行业标准《城市防洪工程设计规范》CJJ 50 的规定执行。

6.1.4 生态格网固滨挡墙属于新型结构形式，2~4 级的挡土墙可提高一级设计，但洪水标准不提高。

6.2 设计标准

6.2.1 采用生态格网结构的工程使用年限应按现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654-2014 的相关规定执行。

6.2.2 采用生态格网结构的防护工程，其防洪标准应按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 及相关行业标准执行，用于水利行业时可按现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 与《碾压土石坝设计规范》SL 274 的相关规定执行。

6.2.3 生态格网固滨挡墙基本荷载组合条件下的抗滑稳定安全系数均不应小于 1.05，特殊荷载组合条件下的抗滑稳定安全系数不应小于 1.00。1 级~3 级的挡土墙，在基本荷载组合条件下，抗倾覆稳定安全系数不应小于 1.50，4 级水工挡土墙抗倾覆稳定安全系数不应小于 1.40；在特殊荷载组合条件，不论挡土墙的级别，抗倾覆稳定安全系数均不应小于 1.30。

7 结构分类和结构布置

7.1 一般规定

7.1.1 生态格网结构用于城乡防洪、城镇景观、输水、排水等工程时，在满足防洪标准的同时应符合当地城镇发展规划要求，并具有一定的前瞻性。

7.1.2 生态格网结构形式应根据工程所在的地形、地质、水流等条件以及所属建筑物的总体布置、功能特点、运用要求等确定，做到因地制宜，就地取材。

7.1.3 生态格网结构在设计时应根据实际情况，尽可能有利于保护生态环境，亲水、自然，并与周边环境景观相协调。

7.1.4 生态格网结构固滨笼、加筋固滨笼和网兜的网孔应为 $100\text{mm}\times 120\text{mm}$ ，绿滨垫的网孔应为 $60\text{mm}\times 80\text{mm}$ 或者 $80\text{mm}\times 100\text{mm}$ ，钢丝规格和性能应符合本规程 3.2 的相关规定。

7.2 结构分类

7.2.1 生态格网结构可分为固滨挡墙、加筋固滨挡墙和绿滨护坡等，相应的结构体为固滨笼（图 7.2.1-1）、加筋固滨笼（图 7.2.1-2）和绿滨垫（图 7.2.1-3）。

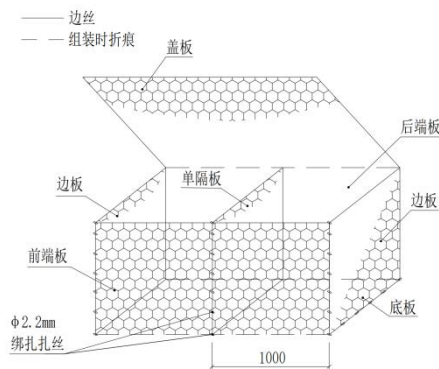


图7.2.1-1 固滨笼示意图

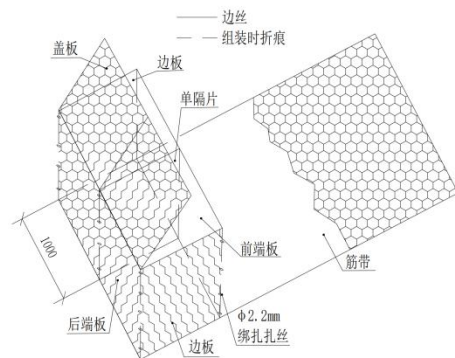


图7.2.1-2 加筋固滨笼示意图

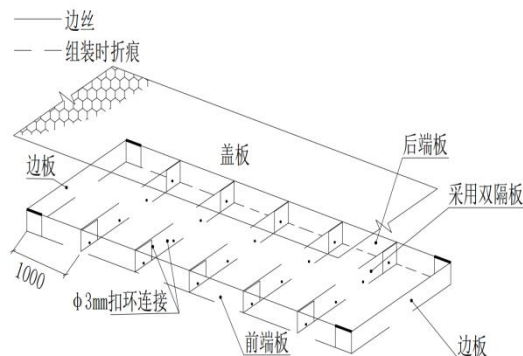


图7.2.1-3 绿滨垫示意图

7.2.2 固滨笼和加筋固滨笼适用于河道护岸、护脚和挡土墙等。生态格网绿滨垫适用于河岸护坡，也可用于土石坝上、下游护坡，但应铺设于稳定的边坡之上。

7.2.3 生态格网网袋（图 7.2.3）适用于大、中、小河流的防汛抢险、临时围堰、消能防冲设施等，具体尺寸可根据实际需要而定。



图7.2.3 网袋示意图

7.2.4 生态格网挂网适用于道路两侧落石防护，网孔大小应根据可能的落石大小选择。

7.3 结构布置

7.3.1 用作护岸的生态格网固滨挡墙和生态格网绿滨护坡，可按所属工程的总体要求，选用合适的平面布置形式。

7.3.2 自然边坡缓于等于 1: 1.5 时，防护形式宜选用绿滨护坡；自然边坡陡于 1: 1.5 时，防护形式应根据实际情况选用固滨挡墙、加筋固滨挡墙或复式断面结构。

7.3.3 采用生态格网固滨挡墙和生态格网绿滨护坡，根据工程实际情况可为单独结构，也可组合结构，其规格尺寸宜按本标准附录 A 确定。

7.3.4 当固滨挡墙基础位于水面以下 0.5m~1.0m 时，可采用抛石或网袋做基础平台，然后再在基础平台上进行上部生态格网结构施工。

8 生态格网固滨挡墙设计

8.1 一般规定

8.1.1 生态格网固滨挡墙荷载计算，可不考虑墙前后水位差引起的墙后剩余水压力和墙底渗透压力。

8.1.2 生态格网固滨挡墙的自重计算应考虑 30% 的内部空隙率。

8.1.3 固滨挡墙的墙高设计，应考虑该结构施工期间的累计沉降量，设计墙顶高度应预留沉降量。沉降量的取值可参照本地区的实践经验和挡墙特性综合考虑，当本地区无经验时，宜取墙身高度 3%~5%。

8.1.4 生态格网固滨挡墙的埋置深度应综合地形、地质、冲刷深度等因素确定，同时还应满足地基稳定要求。土质地基墙趾埋深宜置于冲刷深度以下 0.5m~1.0m，当冲刷较严重或者河床起伏不平时，可设置绿滨垫护坦，长度宜为冲刷深度的 2.0 倍~3.0 倍。

8.1.5 生态格网加筋固滨挡墙的墙体、基础断面和加筋网片长度，应根据作用于墙上的各项荷载，分别按墙体外部稳定和加筋格网内部稳定试算确定。

8.1.6 生态格网固滨挡墙墙体后的回填土料宜采用可自由排水的非粘性土。

8.1.7 加筋固滨挡墙应考虑整体稳定性和内部稳定性，加筋带长度应超出滑动范围。

8.1.8 加筋固滨挡墙加筋带上的回填土料应满足设计的压实度要求，可按现行行业标准《碾压土石坝设计规范》SL 274 相关条款执行。

8.2 墙后土压力计算

8.2.1 土压力可按现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的有关规定进行计算。

8.2.2 地震主动土压力可按现行行业标准《水工建筑物抗震设计规范》SL 203 计算，代表值可按式 (8.2.2-2) 中按“+”、“-”号计算结果中的较大值：

$$F_e = \left[q \frac{\cos \Psi_1}{\cos (\Psi_1 - \Psi_2)} H + \frac{1}{2} \gamma H^2 \right] \left(1 - \frac{\zeta_{av}}{g} \right) C_e \quad (8.2.2-1)$$

$$C_e = \frac{\cos^2 (\phi - \theta_e - \Psi_1)}{\cos \theta_e \cos^2 \Psi_1 \cos (\delta + \Psi_1 + \theta_e) (1 \pm \sqrt{Z})^2} \quad (8.2.2-2)$$

$$Z = \frac{\sin (\delta + \phi) \sin (\phi - \theta_e - \Psi_2)}{\cos (\delta + \Psi_1 + \theta_e) \cos (\Psi_2 - \Psi_1)} \quad (8.2.2-3)$$

$$\theta_e = \operatorname{tg}^{-1} \frac{\zeta_{ah}}{g - \zeta_{av}} \quad (8.2.2-4)$$

式中：

- F_e —— 地震主动土压力代表值(kN/m)；
- q —— 填土表面均布荷载(kN/m²)；
- Ψ_1 —— 挡土墙面与垂直面夹角(°)；
- Ψ_2 —— 土表面和水平面夹角(°)；
- H —— 挡土墙高度(m)；
- θ_e —— 地震系数角；
- γ —— 土的天然重度 (kN/m³)；
- φ —— 土的内摩擦角 (°)；
- ζ —— 计算系数，采用拟静力法计算地震作用效应，固滨挡墙结构取 0.25；
- g —— 重力加速度 (m/s²)；
- a_h —— 水平向设计地震加速度代表值，可按表 6.2.2 取值；
- a_v —— 竖向设计地震加速度代表值，取 $2a_h/3$ 。
- δ —— 墙背与填土之间的摩擦角；

表 8.2.2 水平向设计地震加速度代表值 a_h

设计烈度	7	8	9
a_h	0.10g	0.20g	0.30g

8.3 固滨挡墙稳定验算

8.3.1 固滨挡墙抗倾计算可忽略墙前的被动土压力（图 8.3.1），抗倾覆安全系数 K_0 要求应符合本标准第 6.2.3 条的规定,可按下式计算：

$$K_0=\frac{\sum M_V}{\sum M_H} \tag{8.3.1}$$

式中：

- $\sum M_V$ —— 对挡土墙基底前趾的抗倾覆力矩 (kN·m)；
- $\sum M_H$ —— 对挡土墙基底前趾的倾覆力矩 (kN·m)。

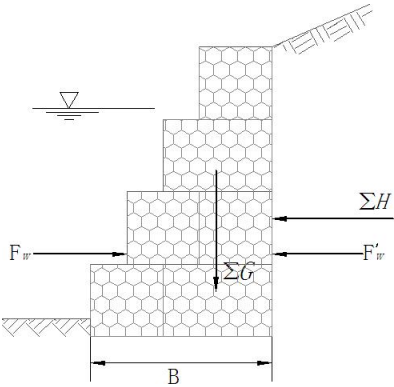


图 8.3.1 固滨笼挡土墙受力简图

8.3.2 固滨挡墙抗滑安全系数 K_s 要求应符合本标准第 6.2.3 条的规定, 应按下式计算:

$$K_s = \frac{f \cdot \Sigma G + c_0 \cdot B}{\Sigma H} \quad (8.3.2)$$

式中:

- c_0 —— 基底粘聚力 (kPa);
- f —— 基础摩擦系数, 按现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL379 要求取值;
- ΣG —— 作用在挡土墙上全部垂直于水平面的荷载 (kN)。
- ΣH —— 作用在挡土墙行全部平行于基底面的荷载 (kN)。

8.3.3 固滨挡墙基底压应力验算, 偏心距 e_0 应按下式计算, e_0 满足式 (8.3.3-2) 的要求时基础底面的最大、最小应力可按式 (8.3.3-3) 计算, 基底平均应力不应超过基底允许承载力 $[\sigma_0]$, 最大、最小应力之比应按现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的相关条款执行:

$$e_0 = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma M_V - \Sigma M_H}{\Sigma G} \quad (8.3.3-1)$$

$$e_0 \leq \frac{B}{6} \quad (8.3.3-2)$$

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{\Sigma G}{B} \left(1 \pm \frac{6e_0}{B} \right) \quad (8.3.3-3)$$

式中: e_0 —— 偏心距 (m);

8.4 墙内应力计算

8.4.1 分析墙身水平部分所受压力时，应考虑弯矩、水平合力、铅直合力和偏心距。

8.4.2 断面上的应力 $\sigma_{\max}$ 不应超过允许应力 $[\sigma_{\text{am}}]$ ， $[\sigma_{\text{am}}]$ 取值与网箱、填充材料的规格和填筑质量有关，当填料为碎石或卵石时，允许应力取值一般在200kPa~500kPa 之间。当工程的建筑物等级较高或对沉降控制要求较高时， $[\sigma_{\text{am}}]$ 取值宜通过试验确定。最大应力应按下列式计算：

$$\sigma_{\max} = \frac{\sum G}{B - 2|e_0|} \quad (8.4.2-1)$$

8.4.3 剪应力不应超过允许剪应力 τ_{am} ，剪应力、剪应力 τ_{am} 应按照下列公式计算：

$$\tau = \sum H/B \quad (8.4.3-1)$$

$$\tau_{\text{am}} = \frac{\sum G \times \text{tg} \varphi^*}{B} + C_g \quad (8.4.3-2)$$

$$\varphi^* = 2.5\gamma_s - 10 \quad (8.4.3-3)$$

$$C_g = 0.03P_u - 0.05 \quad (8.4.3-4)$$

式中：

- γ_s —— 填石的重度 (kN/m³)；
- C_s —— 粘滞系数 (kg/m²)；
- P_u —— 空固滨笼的单位重量 (kg/m³)；
- φ^* —— 格网之间摩擦角 (°)。

8.5 加筋固滨笼挡墙内部稳定验算

8.5.1 每层筋片均应按下列方法进行计算。第 i 层单位墙长的筋片所承受的水平拉力 T_i ， T_i 应满足 $T_a/T_i \geq 1.5$ ，当 $T_a/T_i < 1.5$ 时，应调整筋片间距或改用具有更高强度的筋片，按下列方法计算：

$$T_i = [(\sigma_{vi} + \sum \Delta\sigma_{vi})K_a + \sigma_{hi}]S_{vi} \quad (8.5.1-1)$$

$$T_a = T/K_m \quad (8.5.1-2)$$

式中：

- σ_{vi} —— 第 i 层筋片上的有效法向应力 (kPa)；
- σ_i —— 第 i 层水平附加荷载 (kPa)；
- $\sum \Delta\sigma_{vi}$ —— 超载引起的第 i 层垂直附加压力 (kPa)；
- S_{vi} —— 第 i 层筋片垂直间距 (m)；
- K_a —— 主动土压力系数；
- T —— 网片极限抗拉强度；
- T_a —— 设计容许抗拉强度；
- K_m —— 安全系数，取 1.24；

8.5.2 第 i 层单位墙长的筋片抗拔力 T_{pi} 与填土破裂面以外筋片有效长度 L_{ei} 与周围土体产生的摩擦力有关，应按下式计算：

$$T_{pi} = \mu_s \cdot \sigma_{vi} \cdot L_{ei} \quad (8.5.2-1)$$

$$f_s = T_{pi}/T \quad (8.5.2-2)$$

式中：

- σ_{vi} —— 第 i 层筋片上的有效法向应力 (kPa)；
- μ_s —— 筋片与土的摩擦系数，应由试验测定；
- L_{ei} —— 第 i 层筋片有效长度 (m)，按破裂面以外的筋片长度确定；
- f_s —— 筋片抗拔稳定安全系数，不应小于 1.3。

8.5.3 自上而下筋片宜采用同等长度，也可分段采用不同长度，第 i 层筋片长度 L_i 应按式 (8.5.3) 计算 (图8.5.3)：

$$L_i = L_{oi} + L_{ei} \quad (8.5.3)$$

式中：

L_{oi} —— 第 i 层筋片滑动面以内长度 (m)。

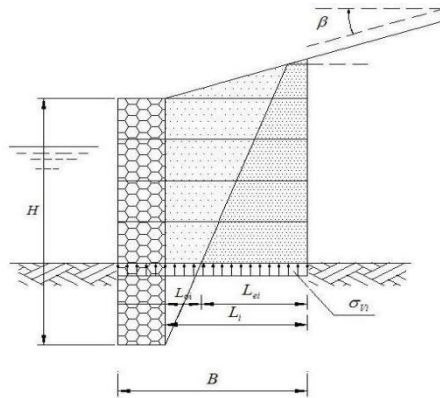


图 8.5.3 加筋固滨挡墙内部稳定计算简图

9 生态格网绿滨护坡设计

9.1 一般规定

- 9.1.1 绿滨垫可简单铺设于需要防护的岸坡上，粘性土土坡的坡比不宜陡于 1: 1.5，砂质土坡坡比不宜陡于 1: 2.0。
- 9.1.2 采用绿滨垫护坡时，应确保边坡自身稳定，并应将护坡基础埋置到最大冲刷深度以下。不设护脚时，防护范围应向河床中延伸至 1.5 倍~2.0 倍的最大冲刷深度，或采用绿滨垫对河床全断面防护。
- 9.1.3 为增加护坡侧缘的强度，绿滨垫在上游和下游边界处应加厚。
- 9.1.4 绿滨垫应分成格室，隔片间距应小于或等于 1m。
- 9.1.5 绿滨垫下宜铺设一层土工布或 100mm~150mm 厚砂砾石层作为反滤层。土工布的技术参数要求按照《土工合成材料长丝纺粘针刺非织造土工布》GB/T 17639-2008 执行。
- 9.1.6 护坡设计高度具体计算可按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 执行。
- 9.1.7 寒区采用冰上沉排施工绿滨护坡时，绿滨垫应形成整体，并应满足下沉过程中的强度和变形要求。

9.2 绿滨护坡厚度计算

- 9.2.1 绿滨垫中填石的平均粒径 D_m 应按下式计算，该法可用于厚度为 150mm~500mm 的绿滨垫的填石平均粒径计算，可用于河流坡降小于 2% 的缓流河段。用于河道转弯处外侧的绿滨垫填石 D_m 应乘以系数 1.2。计算公式如下：

$$D_m = S_0 C_s C_v d \left[\left(\frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} \right)^{0.5} \frac{V}{(gdK_1)^{0.5}} \right]^{2.5} \quad (9.2.1-1)$$

$$C_v = 1.283 - 0.21g (R/b) \quad (9.2.1-2)$$

式中：

- D_m —— 填石的中值粒径，50% 的填石粒径超过该值；
- S_0 —— 粒径安全系数（推荐最小 1.1）；
- C_s —— 填石稳定系数，大多数情况为 0.1（适用于填石有棱角，最大与最小填石尺寸比在 1.5~2.0 之间）；
- C_v —— 流速分布系数， $C_v \geq 1.0$ ，在堤和混凝土渠道的端部一般为 1.25；
- d —— 流速 V 处局部水深（m）；
- γ_s —— 填石的重度（kN/m³）；
- γ_w —— 水的重度（kN/m³）；

V	——	断面平均流速 (m/s)，通常取水面以下 0.6 倍水深处流速，或者取 0.2 倍、0.8 倍水深处流速平均值；
g	——	重力加速度 (9.81m/s ²)；
	——	边坡修正因子，坡度 1:1 取 0.46，1:1.5 取 0.71, 1:2 取 0.88, 1:3 取
K_1	——	0.98, 1:4 取 1.0；
R	——	水力半径；
b	——	水面宽度。

9.2.2 通常情况下，实际使用中应选用厚度不小于 t 的标准规格绿滨垫, 填石粒径确定后，应按下式确定绿滨垫厚度 t ：

$$t = 2.0D_m \quad (9.2.2)$$

式中：

t —— 绿滨垫的最小厚度。

9.2.3 考虑波浪作用， $\tan \alpha_0 \geq 1/3$ 时， t 应按式 (9.2.3-1) 确定，当 $\tan \alpha_0 < 1/3$ 时， t 应按式 (9.2.3-2) 确定, 大多数情况下 $(1-n)\Delta m \approx 1$ ，式 (9.2.3-1) 和式 (9.2.3-2) 分别可简化为式 (9.2.3-4) 和式 (9.2.3-5)：

$$t = \frac{H_s \cdot \tan \alpha_0}{2(1-n)\Delta m} \quad (9.2.3-1)$$

$$t = \frac{H_s \cdot (\tan \alpha_0)^{1/3}}{4(1-n)\Delta m} \quad (9.2.3-2)$$

$$\Delta m = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w \quad (9.2.3-3)$$

$$t = \frac{H_s \cdot \tan \alpha_0}{2} \quad (9.2.3-4)$$

$$t = \frac{H_s \cdot (\tan \alpha_0)^{1/3}}{4} \quad (9.2.3-5)$$

式中：

H_s	——	波浪设计高度 (m)，取值可按现行国家行业标准《堤防工程设计规范》GB 50286 执行；
α_0	——	河岸倾角 (°)；
n	——	填石空隙率 (%)；
Δm	——	水下材料的相对重度；
γ_s	——	填石的重度 (kN/m ³)；
γ_w	——	水的重度 (kN/m ³)；

9.2.4 绿滨垫厚度不应小于本规程第 9.2.2 条和第 9.2.3 条计算后的较大值。

9.3 绿滨护坡稳定验算

9.3.1 水流动对河床底部施加的剪切力 τ_b 、岸坡剪切力 τ_m 、移动填石中值粒径为 D_m 的块石时临界剪切力 τ_c 、岸坡临界剪切力 τ_s 应按式计算，假如 $\tau_b \leq 1.2 \tau_c$ 且 $\tau_m \leq 1.2 \tau_s$ ，则满足抗冲刷稳定要求或绿滨垫变形尚在容许变形范围之内：

$$\tau_b = \gamma_w i d \quad (9.3.1-1)$$

$$\tau_m = 0.75 \tau_b \quad (9.3.1-2)$$

$$\tau_c = C(\gamma_s - \gamma_w) D_m \quad (9.3.1-3)$$

$$\tau_s = \tau_c \left(1 - \frac{\sin^2 \theta}{0.4304} \right)^{1/2} \quad (9.3.1-4)$$

式中：

- d —— 断面平均水深 (m)；
- i —— 河床坡降。
- C —— 防护系数，抛石结构中取值约为 0.047，绿滨护坡结构中一般 $C \approx 0.10$ 。
- θ —— 河岸与水平线的夹角。

9.3.2 绿滨垫与织物滤层或砾石滤层界面处的水流速度 V_b 、水流穿过绿滨垫和底部滤层后的残余流速 V_f 应按式计算， V_f 应小于粘性土的表面最大允许流速 V_e ， V_e 取值可查阅水力计算手册：

$$V_b = \frac{1}{n_f} \left(\frac{D_m}{2} \right)^{2/3} i^{1/2} \quad (9.3.2-1)$$

$$V_f = \frac{1}{4} V_b \sim \frac{1}{2} V_b \quad (9.3.2-2)$$

式中：

- n_f —— 织物滤层取 0.02，砾石滤层取 0.022。

9.3.3 护岸整体稳定验算可分两种情况，护岸及岸坡基础土的整体滑动和沿绿滨护坡底面的滑动。前者可用瑞典圆弧滑动法计算，后者可简化成沿护坡底面通过堤基的折线整体滑动，计算方法应按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的规定执行。

10 施工

10.1 施工准备

10.1.1 施工准备应符合下列规定：

- 1 生态格网绿滨垫宜作护坡或护底，按设计要求平整铺设面，坡面或基底面应平整、密实、无杂质。
- 2 应核查绿滨垫、固滨笼尺寸，并准备安装工具，网孔尺寸，网丝直径，边丝直径，均应符合设计要求。
- 3 固滨挡墙的基底土质及其密实度，基础固滨笼入土深度和开挖线长度和宽度，均应符合设计要求。现场遇到软弱地基时，应按设计要求进行地基处理。
- 4 按设计要求铺设防渗土工膜，其施工应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 第 6.6 节的规定。
- 5 按设计要求铺设土工织物或反滤层，其施工工序、质量要求应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 第 6.7 节的规定。
- 6 固滨笼砌体应符合下列要求：
 - 1) 固滨笼组砌体平面位置应符合设计图纸要求；
 - 2) 固滨笼层与层间砌体应纵横交错，上下联结，不允许出现“通缝”；
 - 3) 每层固滨笼组均应适当摆放为“丁”字箱体；
 - 4) 砌体外露面应平整美观。
- 7 固滨挡墙墙后回填土宜分层夯实，应按现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 施工。
- 8 生态格网网袋通常用作堤底护脚，整平地基，按设计要求施工。
- 9 生态格网挂网通常用作路基加筋，落石防护，按设计要求施工。
- 10 回填土施工应以机械摊铺为主，人工配合为辅，松铺土高出 50mm～100mm 后进行压实，具体操作应符合以下要求：
 - 1) 机械运行方向应平行于墙面；
 - 2) 由中间向两边碾压，先轻压后重压，直至规定压实度；
 - 3) 墙面 1m 范围内应用人工或小型冲击机械夯击压实。

10.1.2 施工测量应符合以下规定：

- 1 施工偏差指标应符合以下要求： 1) 平面位置允许偏差 $\pm 40\text{mm}$ ； 2) 高程允许偏差 $\pm 30\text{mm}$ ；
- 2 坡面不平整度的相对高度差允许范围 $\pm 50\text{mm}$ 。

10.1.3 机械、设备和材料准备应符合以下要求：

- 1 施工机械、施工工具、设备及材料的型号、规格、技术性能应根据工程施工进度和强度合理安排与调配。

- 2 根据工程施工进度及时组织材料进场，并事先对原材料和半成品的质量进行检验。
- 3 进场原材料和半成品经检验合格后，方可使用。

10.2 生态格网结构基础施工

10.2.1 基础施工应符合下列规定：

- 1 基础施工前应根据勘测设计文件、基础的实际情况和施工条件制定施工计划和方案。
- 2 当基础冻结后有明显冰夹层和冻胀现象时，应在处理后方可施工。
- 3 基础内的不合格土、杂物等应清除，基础范围内的坑、槽、沟等应按填筑要求回填。

10.2.2 软弱基础施工应符合下列规定：

- 1 采用挖除软弱层换填砂、土方法时，应按设计要求采用中粗砂或砂砾，铺填后压实。
- 2 采用抛石挤淤方法时，使用粒径不小于 300mm 的坚硬石块。当抛石露出土面或水面时，应改用较小石块填平压实。

10.3 生态格网结构施工

10.3.1 生态格网固滨挡墙施工应符合下列规定：

- 1 组装固滨笼（图 10.3.1-1），应按下列步骤执行：
 - 1) 拉直边网片、端网片和隔片，组装时确保所有折缝位置正确，固滨笼组应按设计图示位置依次安置，并按设计要求定位，定位时应挂线调整平整度。间隔网与网身应成 90° 相交，经绑扎形成长方形或正方形固滨笼或固滨笼组， 绑扎用扎丝由边缘起连接，绑扎丝应用与网丝同材质的钢丝，每一道绑扎应是双股线（图 10.3.1-2）并绞紧，钢丝的末端应向里折。

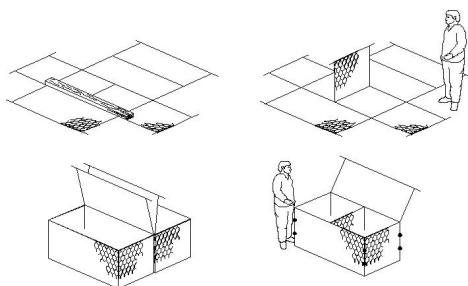


图 10.3.1-1 箱体装配

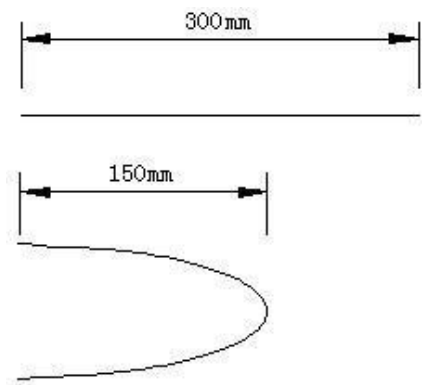


图 10.3.1-2 双股线作为扎丝

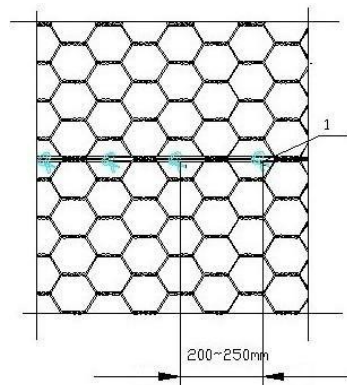


图 10.3.1-3 扎丝绑扎示意图

- 2 构成固滨笼的各种网片交接处绑扎，应符合下列要求：
 - 1) 间隔网与网身的四处交角各绑扎一道；
 - 2) 间隔网与网身交接处每间隔 200mm~250mm 处绑扎一道（图 10.3.1-3）；
- 3 固滨笼组间连接绑扎，应符合下列要求：
 - 1) 相邻固滨笼组的上下四角各绑扎一道；
 - 2) 相邻固滨笼组的上下框线或折线，每间隔 200mm~250mm 绑扎一道（图 10.3.1-3）；
 - 3) 相邻固滨笼组的网片结合面则每平米绑扎 2 处；
 - 4) 在绑扎相邻边框线下角一道时，如下方有固滨笼组，应将下方固滨笼一并绑扎连成一体；
 - 5) 各层箱连接完成后，可用长 6m 以上的木杆或铁杆顺层箱边缘临时固定，保证箱体装料后边缘线顺直流畅。
- 4 箱体封盖施工（图 10.3.1-4）应符合下列要求：
 - 1) 封盖在顶部石料砌垒平整的基础上进行；
 - 2) 先固定每端相邻结点后再绑扎，封盖与固滨笼边框相交线，每间隔 200mm~250mm 绑扎一道。

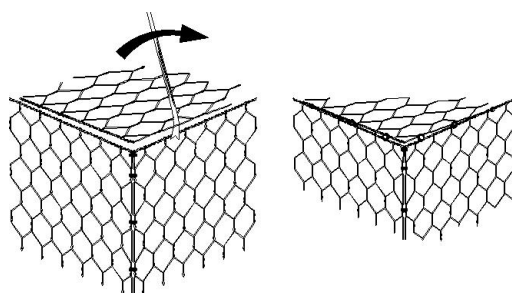


图 10.3.1-4 箱体封盖示意

- 5 回填时，重型压实机械应距离固滨笼至少 1m。
- 6 固滨笼绑扎方式也可采用螺旋式缠绕绑扎或采用扣件绑扎，均应符合设

计要求。

- 7 固滨挡墙组装施工时，应对墙前顺直度进行控制，可采用模板或者钢管固定。

10.3.2 生态格网绿滨垫施工应符合下列要求：

- 1 绿滨垫组应按设计要求定位，并依次安置，定位时应挂线调整平整度。
- 2 拉直边网片、端网片和隔片，组装时确保所有折缝位置正确，相邻绿滨垫可靠连接。
- 3 间隔网与网身应成 90° 相交后，才可绑扎，每道绑扎应使用扎丝双股线并绞紧。
- 4 绿滨垫组的间隔网与网身间绑扎应符合下列要求：
 - 1) 间隔网与网身的四处交角各绑扎一道；
 - 2) 间隔网与网身交接处，每间隔 200mm~250mm 绑扎一道。
- 5 河床铺设时，绿滨垫隔片应垂直于水流方向，岸坡铺设时，隔片应平行于水流方向；陡坡铺设时，应在距顶部网片以下 2m 处或按工程要求打入硬木桩固定。
- 6 施工封盖应符合下列要求：
 - 1) 面层石料应砌垒整平。
 - 2) 封盖网与网身、间隔网间相交边框线，每间隔 200mm~250mm 绑扎一道。
- 7 坝下游护坦及水流能直冲位置的绿滨垫施工时，应在绿滨垫的底网片与顶网片之间，垂直安装支撑钢筋。
- 8 绿滨垫绑扎方式宜采用螺旋式缠绕绑扎或采用扣件绑扎，并应符合设计要求。
- 9 绿滨垫护坡施工时，应对坡面顶部顺直度进行控制，可采用模板或者钢管固定。
- 10 寒区采用冰上沉排施工绿滨垫时应在岸坡顶部设置固定设施，并应复核冰面承载能力、固定设施抗拉强度和稳定性。

10.3.3 生态格网加筋固滨挡墙施工应符合下列要求：

- 1 安放加筋固滨笼的地基应进行开挖或回填压实处理，处理地基时，要将表面推平，铲掉松散物质及植被。
- 2 放在平坦、坚硬的平面上，保证所有网片位置摆放正确，所有边的顶端排列整齐。
- 3 拉筋带铺设时底面填料应碾压密实、平整，要求将筋带拉直、拉紧，平铺不重叠，无卷曲、不扭结或皱褶，与挡墙面垂直，尾部成均匀辐射形状。与墙面连接要牢靠，不得有硬质、尖锐棱角的填料直接接触。
- 4 墙面外转角处两侧相邻 4 个固滨笼上增设拉筋带，增加结构稳定。
- 5 固滨笼面板具体施工规程，按本规程 10.3.1 条进行。

10.3.4 生态格网挂网施工应符合下列要求：

1 铺设挂网应符合下列要求:

- 1) 生态格网挂网由坡肩沿着坡面向下展开, 其尺度和装设位置应符合设计图规定;
 - 2) 铺搭接重叠长度应大于 100mm, 并在 1300mm×1300mm 范围内锚固;
 - 3) 边界用主锚钉锚固, 锚钉位置可视现场地形调整。
- 2 生态格网挂网施工应符合下列要求:
- 1) 铺设挂网前应清理、平整斜坡面;
 - 2) 挂网顶部应固定在地面上, 边缘需要折叠 0.3m~0.5m;
 - 3) 挂网在斜坡上铺好后, 可使用同材质的钢丝将相邻挂网沿水平和垂直方向连接。
- 3 挂网沿斜坡往下铺设的同时, 钻锚钉孔安装锚钉固定挂网。
- 4 挂网的末端应与最低一排锚钉连接, 并埋在隔离栏外。

10.3.5 生态格网网袋施工应符合下列要求:

1 生态格网网袋装配应按下列步骤执行:

- 1) 网袋和地基之间可按设计要求采用合适的隔离方法(土工织物、排水设施等)。
 - 2) 将网片卷成圆柱状, 并在镶边处搭接。拉紧横向钢丝, 使镶边固定。再使用钢丝将边丝牢固绑扎。纵向绑扎后, 再绑扎圆柱体的一端, 拉紧网袋底部钢丝的两端, 并在自身上缠绕、扭结, 注意避免损伤钢丝镀层。网袋的另一端开口, 用以填充石料。
- 2 网袋可单个摆放, 也可绑扎摆放。提升网袋时, 起吊位置应选择在重叠的边丝处。
- 3 网袋水下施工应符合下列要求:
- 1) 网袋尺寸和质量符合设计要求, 抛投时宜选在枯水期。
 - 2) 抛填前, 应测量抛填区的水深、流速、断面形状等基本情况, 必要时应通过试验掌握抛石位移规律;
 - 3) 抛填时应从最低控制险情的部位抛起, 依次展开;
 - 4) 船上抛石应准确定位, 自下而上逐层抛填, 并及时探测水下抛石坡度、厚度;
 - 5) 抛填完后, 用石块将网袋间不严密处抛填补齐。

10.4 填料施工

10.4.1 填料施工时，应同时均匀地向同层的多个箱体内投料，不应向单格箱体内一次性投满，填充材料顶面宜高出结构体 30mm~50mm，且应密实（图 10.4.1）。封盖应一次性完成并用同材质的扎丝或扣件连接。

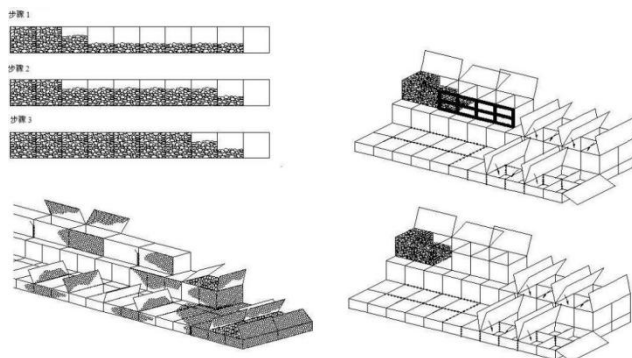


图 10.4.1 固滨笼组合体填石示意图

10.4.2 填料施工中，箱体应平放，并将每层投料厚度控制在 300mm 以下，用小碎石进行密实，调整箱体外形。外侧的填充石料，表面应人工或机械砌垒整平，石料间应相互搭接。

10.4.3 固滨笼应用填料填满，不在外表面的石料尺寸允许有 15% 的偏差。

10.4.4 箱格填料时，内部连接加强钢丝绑扎（图 10.4.4）应符合下列规定：

- 1 1m 高的固滨笼单元，应在 1/3 和 2/3 高度处绑扎；
- 2 0.5m 高的单元应在 1/2 高度处绑扎；
- 3 水平方向应保证每一个单元格至少有 2 组加强钢丝；
- 4 内连加强钢丝应连接格室的外露面及其对面。

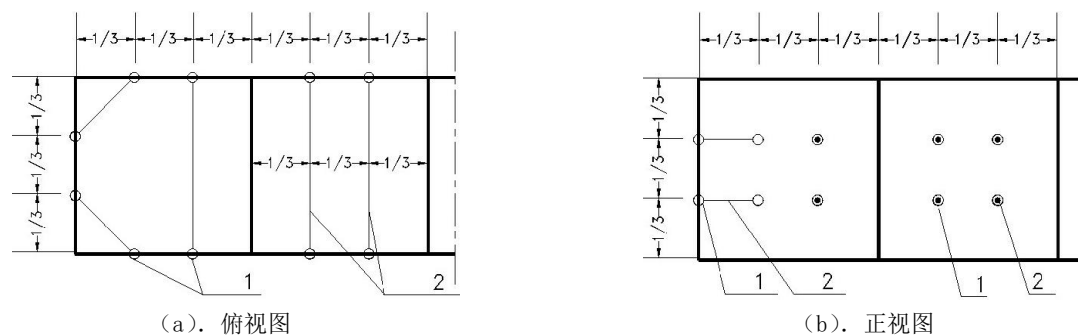


图 10.4.4 固滨笼内部连接加强钢丝绑扎示意

1-绑扎位置；2-与扎丝同材质的内部连接加强钢丝

10.4.5 网袋填充石料应符合下列要求：

- 1 石料尺寸宜为 100mm~250mm，其中 60% 的石料尺寸宜为 120mm~200mm；
- 2 石料应从网袋开口处放入，石料填好后，应拉紧端口钢丝并绞紧，形

成网袋；填石料时应防止损坏镀层，必要时可用手工操作减小石料间空隙。

10.4.6 在施工之前应在结构护面与回填料的界面上铺设土工织物，在顶部和底部织物都应超出边界不少于 0.3m。

10.5 质量控制

10.5.1 质量控制应符合下列规定：

1 施工单位应建立健全完善的质量保证体系，建设、监理单位应建立相应的质量检查体系，分别承担工程质量的自检和抽检任务，实行全面质量管理。

2 工程质量检测人员所需资质条件以及工程质量检验的职责范围、工作程序、事故处理、数据处理等要求，均应符合水利水电工程施工质量评定规程的相关规定。

3 应保证检测成果、材料检验资料的真实性，不得伪造或任意舍弃成果和资料；质量检测记录应妥善保存，不得涂改或自行销毁。

4 生态格网结构防护工程施工质量控制应包括内在质量控制和外观质量控制，并应符合下列规定：

1) 应在每一道工序进行自检、抽检合格后，方可继续下道工序。质量检测部位应有代表性，且应在面上均匀分布，不得随意挑选；

2) 隐蔽工程应会同监理一起检验，或拍照留底；

3) 生态格网所使用的材料应符合国家现行有关标准的要求；

4) 施工过程中应进行竖向位移的监测。

10.5.2 固滨挡墙施工质量控制应符合下列规定：

1 生态格网固滨挡墙基础土质、基坑尺寸、高程、位置应符合设计要求。

2 需地基处理的，应检验地基承载力满足要求，坡比挂线应达到设计要求。

3 固滨笼组拼装工艺、拼装程序应符合本规程第 10.3.1 条的规定，且表面应无开裂现象。

4 固滨笼组几何尺寸抽检应符合下列要求：

1) 高度 H 允许偏差 $\pm 5\text{cm}$ ；

2) 宽度 B 允许偏差 $\pm 5\text{cm}$ ；

3) 长度 L 允许偏差 $\pm 5\text{cm}$ 。

5 填充石料施工工艺、程序应符合设计要求。

6 固滨挡墙墙面平整度允许偏差应小于或等于 50mm。

7 固滨挡墙垂直立面的倾斜度应小于或等于 0.5%。

8 固滨挡墙顺直度的允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}/5\text{m}$ 。

9 墙后回填土施工工艺符合本规程第 10.1.1 条第 7 款规定。

10 反滤层、防渗土工膜的施工质量应符合要求。

10.5.3 绿滨护坡施工质量控制应符合下列规定：

- 1 铺设绿滨垫的铺设面平整度、土体密实度应符合设计要求。
- 2 铺设面的平面位置、高程符合设计要求。
- 3 反滤层、防渗土工膜的施工符合规定。
- 4 绿滨垫组拼装工序、工艺符合规定。
- 5 绿滨垫几何尺寸应符合下列要求：
 - 1) 高度 H 允许偏差 $\pm 3\text{cm}$;
 - 2) 宽度 B 允许偏差 $\pm 5\text{cm}$;
 - 3) 长度 L 允许偏差 $\pm 5\text{cm}$ 。
- 6 填充石料的施工程序、施工工艺应符合本规程 10.4 节规定。
- 7 绿滨垫面的平整度相对高差不应大于 50mm 。
- 8 绿滨垫面护坡顶部顺直度，每 5m 允许偏差 $\pm 50\text{mm}$ 。

10.5.4 生态格网挂网施工质量控制应符合下列规定：

- 1 挂网施工前应对坡面进行修整；
- 2 锚钉质量和施工工艺应根据国家现行标准和设计要求进行施工：
 - 1) 锚钉的数量和位置应满足设计要求；
 - 2) 挂网的长度与宽度应经过丈量；
 - 3) 挂网的相邻搭接宽度应大于 1m ；
 - 4) 锚固工艺应根据设计要求施工

10.5.5 生态格网网袋施工质量控制应符合下列规定：

- 1 用于堤脚防护的网袋应根据设计要求使用合适的网袋形式、结构，其质量强度应达到设计要求；
- 2 网袋在抛投过程中，应采取相应的保护措施；
- 3 抛投网袋应按设计的程序进行，不同防冲体应根据设计要求进行抛投；
- 4 网袋和充填料应在使用前进行检测，经检验合格后方可使用；
- 5 网袋在抛投过程中应注意保护网袋材料，避免相互碰撞、摩擦等造成格网材料保护层的破损；
- 6 网袋在抛填过程中应进行复测，形成的网袋抛体偏差应在规定允许的范围内。

11 质量检测与评定

11.1 单元工程项目规划

11.1.1 进行工程质量检验与评定时，应对单元工程项目进行划分。

11.1.2 生态格网结构单元工程项目划分应符合现行行业标准《水利水电工程施工质量检验与评定规程》SL176 的规定，并结合工程实际、结构特点、施工部署和施工合同要求进行。划分结果应有利于保证施工质量以及施工质量管理。

11.2 结构施工质量检验

11.2.1 生态格网材料应符合下列规定：

- 1 生态格网钢丝应符合本规程 3.2 的规定。
- 2 生态格网网片的网目应符合本规程附录 A 的规定。
- 3 钢丝网片涂层和镀层要求应符合本规程 4.5 的规定。

11.2.2 填充材料应符合下列规定：

- 1 填充固滨笼的石料规格质量，应符合设计要求或本规程 5.3 的规定。
- 2 应同时均匀地向同层的多个箱格内投料，不应向单格固滨笼一次性投满，填充石料顶面宜高出固滨笼 30mm~50mm，且应密实。一次性封盖并用同材质的扎丝或扣件连接。
- 3 填料施工中，要求箱体平放，应控制每层投料厚度在 300mm 以下，并用小碎石进行密实，调整箱体外形。外侧的填充石料，表面应人工或机械砌垒整平，石料间相互搭接。

11.2.3 抽样检测应按下列规定执行：

- 1 填充料质量应符合本规程第 10.4 节的规定，并且按照每 400m³~600m³ 取一组试样检测。
- 2 生态格网所用钢丝的检测，应检测编织后的原材钢丝，钢丝直径、镀层含量、延伸率、抗拉强度指标应符合本规程第 3.2 节的规定；钢丝网片的耐腐蚀性能指标应符合本规程 4.5 的规定，应由厂商提供具有检测资质的检测单位出具的型式试验报告。

11.2.4 绿滨垫应符合下列规定：

- 1 填充石料质量应符合本规程 5.3 的要求，填充料顶面宜高出绿滨垫 30mm~50mm，且应填充密实。
- 2 绿滨垫的摆放或平铺应符合设计要求。
- 3 绿滨垫施工前，应放样立标，拉线摆放。

4 绿滨垫工序检测的项目与标准应符合表 11.2.4-1 的规定。

表 11.2.4-1 绿滨垫工序质量检测项目与标准

检查项目	质量标准
绿滨垫材料	符合本规程第 3 章和第 4 章的要求
绑扎道数	每 200mm~250mm 绑扎一道，双股并绞紧，或每 150mm~200mm 采用扣环扣紧
填充料	符合要求，级配良好，符合 5.3 要求
封盖	每 200mm~250mm 绑扎一道，双股并绞紧，或每 150mm~200mm 采用扣环扣紧

5 绿滨垫质量检测的项目与标准应符合表 11.2.4-2 的规定。

表 11.2.4-2 绿滨垫质量检测项目与标准

检测项目		允许偏差	检测方法
几何尺寸	长	±5cm	用钢尺量，每 20m 测 1 点
	宽	±5cm	用钢尺量，每 20m 测 1 点
	高	±3cm	用钢尺量，每 20m 测 1 点
	网目尺寸 (D 值)	±5%	用钢尺量，每 20m 测一组 (每组抽取 10 个网孔测量)
	网目尺寸 (X 值)	±10%	
表面平整度		±50mm	用靠尺测量，每 20m 测 1 点
护坡顶部顺直度		±50mm/5m	拉 5m 线，不足 5m 拉通线，用钢尺检查
坡面坡度		不陡于设计值的 0.5%	用坡度尺量，每 20m 测 1 点
曲线段处理		符合设计要求	钢尺、全站仪等 测曲线上中下三点。

11.2.5 固滨笼应符合下列规定：

- 1 固滨笼的基本要求应符合本规程第 3 章和第 4 章规定。
- 2 固滨笼组装工序检测的项目与标准应符合表 11.2.5-1 的规定。

表 11.2.5-1 固滨笼组装工序质量检测项目与标准

检查项目		质量标准
固滨笼材料		符合本规程第3章和第4章的要求
绑 扎	相邻网片面	每平方米绑扎两道，双股并绞紧，或采用两个扣环扣紧
	四角	各绑扎一道，双股并绞紧，或采用扣环扣紧
	相交框线	每 200mm~250mm 绑扎一道，双股并绞紧，或每 150mm~200mm 采用扣环扣紧

- 3 固滨笼质量检测的项目与标准应符合表 11.2.5-2 的规定。

表 11.2.5-2 固滨笼质量检测项目与标准

检测项目		允许偏差	检测方法
几何尺寸	长	±5cm	用钢尺量，每 20m 测 1 点
	宽	±5cm	用钢尺量，每 20m 测 1 点
	高	±5cm	用钢尺量，每 20m 测 1 点
	网目尺寸 (D 值)	±5%	用钢尺量， 每 20m 测一组 (每组抽取 10 个网孔测量)
	网目尺寸 (X 值)	±10%	

- 4 固滨笼填石及封盖工序检测的项目与标准应符合表 11.2.5-3 的规定。

表 11.2.5-3 固滨笼填石及封盖工序质量检测项目与标准

检查项目		质量标准
网片材料		符合本规程第3章和第4章的要求
绑扎		每 200mm~250mm 绑扎一道，双股并绞紧，或每 150mm~200mm 采用扣环扣紧
拉筋		外露面在高度方向每隔 250mm~350mm 设一道拉筋
填石	粒径	符合标准，级配良好
	质量	无风化
	分层	每层小于 300mm

- 5 固滨笼填石及封盖工序检测的项目与标准应符合表 11.2.5-4 的规定。

表 11.2.5-4 固滨笼填石及封盖工序质量检测项目与标准

检测项目	允许偏差	检测方法
△轴线位移	±40mm	全站仪检测，每 20m 测 1 点
表面平整度	±50mm	靠尺测量，每 20m 测 1 点
顶面高程	(0~+40) mm	水准仪测量，每 20m 测 1 点
垂直度（倾斜率）	±0.5H%	靠尺测量，每 20m 测 1 点
挡墙纵向顺直度	±50mm/5m	拉 5m 线，不足 5m 拉通线，用钢尺检查

注：标有△为主要检测项目

- 6 生态格网加筋固滨笼工序检测的项目与标准应符合表 11.2.5-1、表 11.2.5-2、表 11.2.5-3 和表 11.2.5-5 的规定。

表 11.2.5-5 生态格网加筋固滨笼填石及封盖工序质量检测项目与标准

检测项目	允许偏差	检测方法
△轴线位移	±40mm	全站仪检测，每 20m 测 1 点
表面平整度	±50mm	靠尺测量，每 20m 测 1 点
顶面高程	(0~+40) mm	水准仪测量，每 20m 测 1 点
垂直度（倾斜率）	±0.5H%	靠尺测量，每 20m 测 1 点
挡墙纵向顺直度	±50mm(5m)	靠尺测量，每 20m 测 1 点
△加筋长度	大于设计值	钢尺测量，每 20m 测 1 点
加筋土压实度	符合设计要求	抽样检测，每 20m 测 1 点

注：标有△为主要检测项目。

11.2.6 生态格网挂网应符合下列规定：

- 1 网片材质应符合本规程第 3 章和第 4 章的要求，坡面清理符合设计要求。
- 2 锚钉质量及锚固施工工艺可按现行行业标准《水电工程预应力锚固设计规范》DL/T 5176 执行。
- 3 生态格网挂网应稳定、坚固地铺设在坡面上。
- 4 生态格网挂网检测的项目与标准应符合表 11.2.6-1 的规定。

表 11.2.6-1 生态格网挂网检测项目

检查项目	质量标准
挂网、锚杆	材料符合设计要求，锚杆长度根据实际情况而定。
数量	符合设计要求标准

5 生态格网挂网检测的项目与标准应符合表 11.2.6-2 的规定。

表 11.2.6-2 生态格网挂网检测项目

检查项目	允许偏差	检查方法和频率
平面位置及锚钉位置 (mm)	符合设计要求	全站仪：按设计图控制坐标检查
△挂网长度与宽度 (mm)	不小于设计值	尺量：每段检查
△相邻网搭接宽度	大于 100mm 或设计要求	尺量：每段检查
锚固工艺	符合设计要求	符合设计

11.2.7 用于堤脚防护时，生态格网网袋应符合下列要求：

- 1 生态格网网袋的形式、结构、质量、强度应符合设计要求，网袋材质和填充料应符合本规程第 3 章、第 4 章和第 5.3 节的要求。
- 2 抛投生态格网网袋应按设计的程序进行，不同防冲体抛投位置数量应符合设计要求，过程中应采取措施保护堤防护坡。
- 3 生态格网网袋工序检测的项目与标准应符合表 11.2.7-1 的规定。

表 11.2.7-1 生态格网网袋工序质量检测项目与标准

检查项目	质量要求
网袋组装工序	符合设计要求标准
网袋结构、质量、强度	符合设计要求标准
抛投程序	符合设计要求
抛投位置和数量	按单元内各网格位置和数量抛投

4 生态格网网袋工序检测的项目与标准应符合表 11.2.7-2 的规定。

表 11.2.7-2 生态格网网袋工序质量检测项目与标准

检测项目	允许偏差	检测方法
抗冲体工程量	体积允许偏差+10%， 但不应偏小	钢尺量
△护脚坡面相应位置高程	±0.3m	水准仪检测每 20m 测 1 点

注：标有△为主要检测项目

11.3 结构单元工程施工质量评定

11.3.1 生态格网结构工程单元工程质量等级评定标准可按表 11.3.1 执行。

表 11.3.1 单元工程质量等级评定标准

项目	主要检查检测项目	其他检查项目	其他检测项目
合格	全部符合	基本符合	70%符合
优良	全部符合	符合	90%符合

11.3.2 单元工程施工质量标准，应按现行行业标准《水利水电工程施工质量检验与评定规程》SL 176 或合同约定的优良标准执行。全部返工重做的单元工程，经检验达到优良标准者，可评为优良等级。

11.3.3 单元（工序）工程质量应由施工单位自评合格后，由监理单位复核，监理工程师核定质量等级并签证认可。

11.3.4 生态格网结构单元工程质量评定应按本规程附录 B 执行。

附录 A 材料及产品技术参数

A.0.1 生态格网结构固滨笼和绿滨垫的网孔、绿色无机涂层锌-5%铝-镁合金镀层钢丝规格应符合表 A.0.1 的要求。

表 A.0.1 固滨笼和绿滨垫的网孔、绿色无机涂层锌-5%铝-镁合金镀层钢丝规格

类型	网目				钢丝直径		
	网孔尺寸 (mm)	双线绞合 部分长度 (mm)	D (mm)	X (mm)	网丝直径 (mm)	边丝直径 (mm)	扎丝直径 (mm)
固滨笼	100×120	≥30	100 (±5%)	120 (±10%)	2.5	3.0	2.2
绿滨垫	60×80	≥25	60 (±5%)	80 (±10%)	2.2	2.7	2.2
	80×100	≥30	80 (±5%)	100 (±10%)	2.2	2.7	2.2

A.0.2 固滨笼和绿滨垫尺寸的公差应符合表 A.0.2 的要求。

表 A.0.2 固滨笼和绿滨垫尺寸的公差

分类	长度	宽度	高度
固滨笼	±5cm	±5cm	±5cm
绿滨垫	±5cm	±5cm	±3cm

A.0.3 绿色无机涂层锌-5%铝-镁合金镀层钢丝的最低镀层重量应符合本规程 3.2.5 的要求。

A.0.4 固滨笼常用定型规格尺寸应按表 A.0.3 执行。

表 A.0.3 固滨笼常用定型规格尺寸

网孔 (mm)	规格 (m)			隔片数	网的用量 (即展开面积) (m ²)	体积 (m ³)
	长 (±5cm)	宽 (±5cm)	高 (±5cm)			
100×120 <i>D</i> (±5%) <i>X</i> (±10%)	2	1	0.5	1	7.5	1
	2	1	1	1	11	2
	3	1	0.5	2	11	1.5
	3	1	1	2	16	3
	4	1	0.5	3	14.5	2
	4	1	1	3	21	4
	5	1	0.5	4	18	2.5
	5	1	1	4	26	5

A.0.5 绿滨垫常用定型规格尺寸应按表A.0.4 执行。

表 A.0.4 绿滨垫常用定型规格尺寸

网孔 (mm)	规格 (m)			隔片数	网的用量 (即展开面积) (m ²)	体积 (m ³)
	长 (±5cm)	宽 (±5cm)	高 (±3cm)			
60×80 80×100 <i>D</i> (±5%) <i>X</i> (±10%)	3	2	0.2	2	16.08	1.2
	4	2	0.2	3	21.44	1.6
	5	2	0.2	4	26.8	2
	6	2	0.2	5	32.16	2.4
	3	2	0.3	2	18.48	1.8
	4	2	0.3	3	24.64	2.4
	5	2	0.3	4	30.8	3
	6	2	0.3	5	36.96	3.6

A.0.6 加筋固滨笼常用定型规格尺寸应按表 A.0.5 执行。

表 A. 0. 5加筋固滨笼常用定型规格尺寸

网孔 (mm)	规格 (m)			隔片数	网的用量 (即展开面积) (m ²)	填石体积 (m ³)	筋带上回 填土体积 (m ³)
	长 (±5cm)	宽 (±5cm)	高 (±5cm)				
100×120 D(±5%) X(±10%)	3	2	0.5	1	11.5	1	2
	4	2	0.5	1	13.5	1	3
	5	2	0.5	1	15.5	1	4
	6	2	0.5	1	17.5	1	5
	7	2	0.5	1	19.5	1	6
	3	2	1	1	15	2	4
	4	2	1	1	17	2	6
	5	2	1	1	19	2	8
	6	2	1	1	21	2	10
	7	2	1	1	23	2	12

注：加筋固滨笼的筋带与前部的箱体的底板应是一整张网片。

附录 B 生态格网结构单元工程质量评定

B.0.1 生态格网结构单元（原材料）质量评定可按表 B.0.1 执行。

表 B.0.1 生态格网结构单元（原材料）质量评定

单位工程名称					单位工程编号										
分部工程名称					分部工程编号										
单元工程名称					单元工程编号										
序号	检查项目		质量标准							检验结果	评定				
1	△力学性能		经检测其质量符合规范要求												
2	△镀层化学成分及其他 专项检验		检测结果符合设计及相关规范要求												
3	填充料		符合标准，无风化石												
4	△观感质量		格网表面平直、无损伤。												
5	网目尺寸		设计值	允许偏差（mm）	实测值										合格率
				D （±5%）											
				X （±10%）											
序号	检测项目		设计值	允许偏差（mm）	实测值										合格率 （%）
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	钢丝直径			直径 2.2mm、2.5mm、 2.7mm,±0.06; 直径 3.00,±0.07											
1	几何尺寸	长		±5cm											
2		宽		±5cm											
3		高		固滨笼±5cm; 绿滨垫±3cm											
4	填充料	粒径		中值粒径											
检测结果			主控项目 点，其中合格 点，合格率 %												
			一般项目 点，其中合格 点，合格率 %												
施工单位自评意见及质量等级					监理（建设）单位复评意见及质量等级										
年 月 日					年 月 日										
检测员				专职质检员				监理工程师							

注：标有△为主控项目

B.0.2 生态格网结构施工质量评定可按表 B.0.2 执行。

表 B.0.2 生态格网结构施工质量评定

单位工程名称				单位工程编号											
分部工程名称				分部工程编号											
单元工程名称				单元工程编号											
序号	检查项目		质量标准			检验结果		评定							
1	绑扎	相邻网片面	每平方米绑扎两道，双股并绞紧												
2		四角	各绑扎一道，双股并绞紧												
3		相交框线	每 200mm~250mm 绑扎一道，双股并绞紧												
4	固滨笼拉筋		外露面在高度方向每隔 250mm~350mm 设一道拉筋												
序号	检测项目		设计值	允许偏差 (mm)	实测值										合格率 (%)
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	轴线位移			±50											
2	表面平整度			±50											
3	顶面高程			+40											
4	垂直度 (倾斜率)			2.5H%~5H%											
5	挡墙/护坡顶部顺直度			±50/5m											
6	△加筋长度			大于设计值											
7	加筋土压实度			符合设计要求											
8	填石	分层		每层小于 300mm											
检测结果			主控项目 点，其中合格 点，合格率 %												
			一般项目 点，其中合格 点，合格率 %												
施工单位自评意见及质量等级					监理 (建设) 单位复评意见及质量等级										
年 月 日					年 月 日										
检测员				专职质检员				监理工程师							

注： 其中 H 为墙高, 标有△为主控项目

B.0.3 生态格网网袋施工质量评定可按表 B.0.3 执行。

表 B.0.3 生态格网网袋施工质量评定

单位工程名称				单位工程编号										
分部工程名称				分部工程编号										
单元工程名称				单元工程编号										
序号	检查项目	质量标准				检验结果				评定				
1	△材料观感质量	网袋表面平直、无损伤。												
2	网袋组装工序	符合设计及规范要求												
3	△网袋结构、质量、强度	符合设计要求												
4	抛投程序	符合设计及规范要求												
5	抛投位置和数量	按单元内各网格位置和数量抛投												
序号	检测项目	设计值	允许偏差	实测值										合格率（%）
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	抗冲体工程量		体积允许偏差 +10%，但不应偏小											
2	护脚坡面相应位置高程		±0.3m											
检测结果		主控项目				点，其中合格				点，合格率				%
		一般项目				点，其中合格				点，合格率				%
施工单位自评意见及质量等级				监理（建设）单位复评意见及质量等级										
年 月 日				年 月 日										
检测员		专职质检员		监理工程师										

注：标有△为主控项目

B.0.4 生态格网挂网施工质量评定可按表 B.0.4 执行。

表 B.0.4 生态格网挂网施工质量评定

单位工程名称				单位工程编号										
分部工程名称				分部工程编号										
单元工程名称				单元工程编号										
序号	检查项目	质量标准				检验结果				评定				
1	△挂网、锚杆	材料符合设计要求。锚杆长度根据实际情况而定。												
2	△材料观感质量	挂网表面平直、无损伤。												
2	数量	符合设计要求												
序号	检测项目	设计值	允许偏差	实测值										合格率 (%)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	平面位置及锚钉位置 (mm)		符合设计要求											
2	挂网长度宽度 (mm)		不小于设计值											
3	△相邻网搭接宽度 (mm)		大于 100 或大于设计要求											
4	△锚固工艺		符合设计要求											
检测结果		主控项目 点, 其中合格 点, 合格率 %												
		一般项目 点, 其中合格 点, 合格率 %												
施工单位自评意见及质量等级				监理 (建设) 单位复评意见及质量等级										
年 月 日				年 月 日										
检测员		专职质检员		监理工程师										

注：标有△为主控项目

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的： 正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他相关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《防洪标准》GB 50201；
《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202；
《堤防工程设计规范》GB 50286；
《金属材料拉伸试验第 1 部分：室温试验方法》GB/T 228.1
《钢产品镀锌钢丝锌层质量试验方法》GB/T 1839；
《人造气氛腐蚀试验——盐雾试验》GB/T 10125；
《优质碳素结构热轧薄钢板和钢带》GB/T 710；
《制丝用非合金钢盘条 第2部分：一般用途盘条》GB/T 24242.2；
《锌及锌合金化学分析方法 铅、镉、铁、铜、锡、铝、砷、第、镁、镧、铈量的测定 电感耦合等离子体——发射光谱法》GB/T 12689.12；
《塑料 实验室光源暴露试验方法第3部分：荧光紫外线试验》GB/T 16422.3-2022；
《土工合成材料长丝纺粘针刺非织造土工布》GB/T 17639-2008；
《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654-2014；
《城市防洪工程设计规范》CJJ 50；
《水电工程预应力锚固设计规范》DL/T 5176；
《水利水电工程施工质量检验与评定规程》SL 176；
《水工建筑物抗震设计规范》SL 203；
《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL 252；
《碾压土石坝设计规范》SL 274；
《水工挡土墙设计规范》SL 379；
《一般用途低碳钢丝》YB/T 5294；
《工程机编钢丝网用锌-5%铝-镁合金镀层钢丝》YB/T 4749-2019；

中国工程建设协会标准

生态格网结构技术规程

CECS 353: 2023

条文说明

目 次

1	总则.....	48
2	术语和符号.....	49
2.1	术语.....	49
3	材料.....	50
3.1	一般规定.....	50
3.2	钢丝.....	50
3.3	填充材料.....	51
4	格网成品技术要求.....	52
4.1	网孔、网丝直径和应用.....	52
5	检测方法.....	53
5.1	钢丝的检测方法.....	53
7	结构分类和结构布置.....	54
7.3	结构布置.....	54
8	生态格网固滨挡墙的设计.....	55
8.1	一般规定.....	55
8.3	固滨挡墙稳定验算.....	55
9	生态格网绿滨护坡设计.....	56
9.1	一般规定.....	56
9.2	绿滨护坡厚度计算.....	56
9.3	绿滨护坡稳定验算.....	57

1 总则

1.0.1 生态格网结构是在格网组装成的箱体内存放符合要求的块体材料而成的柔性结构，起源于古代竹笼、羊圈结构，主要用于护岸或挡土设施，其特点是保证护坡具有安全性和耐久性的同时兼顾工程的环境效应和生态效应，以达到一种土体和生物相互涵养，适合生物生长的仿自然状态。生态格网结构具有以下功能：

(1) 安全性：生态格网结构是一种整体、透水性结构，不仅具有柔韧性、适应基础变形，而且能抗风浪、抗冲刷，可有效固坡和护坡；

(2) 生态性：生态格网结构具有高空隙率和高透水性，土体、水体和生物相互涵养，不影响原有生物的栖息环境，施工完成后能被本土生物接受。

生态格网结构在国际上应用于水利、市政等行业已有近百年的历史，已经积累了一些成熟的经验，在西方国家大量应用的基础上，美国材料与试验协会，欧洲标准委员会相继编制了相关标准，对生态格网结构的材料进行了规范。我国于上世纪九十年代研究和开发应用此技术，经过近 20 年的实践，积累了一些成功经验，但也暴露出产品的生产制造混乱、产品使用年限达不到相关标准的要求、设计依据不足、施工不够规范等问题。为使生态格网结构在水利、交通、市政、园林、航道等各行行业中规范使用，制定了本技术规程。

1.0.2 多年来混凝土结构和浆砌石结构主要用于水利、公路、铁路边坡防护等方面，这种刚性结构有对地基承载力要求高、抗震性能差、使用材料不能重复利用等缺点，工程项目对水泥需求大，而水泥生产能耗大，污染大，使生态环境恶化，在目前强调可持续发展节能减排的形势下，用生态格网结构取代已有的混凝土结构和浆砌石结构是一个好的选择，但要保证好的工程效果，需要从产品的生产制造、设计、施工、到质量评定实施全过程的控制，从目前全国出现的问题看，市场不够规范，不能有效地控制项目实施的各个环节，不利于生态格网结构应用领域的健康发展，工程的安全性得不到有效的保障，如果出现质量事故将会造成国家投资的浪费，为了有效发挥生态格网结构的经济效益、社会效益、和生态效益，编制本规程是非常必要的。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 通过加速腐蚀测试验证，涂覆有绿色无机涂层保护膜 的 锌-5%铝-镁合金镀层的钢丝抗腐蚀性能为纯锌镀层的钢丝的 10~20 倍，是 Zn-5%Al 合金镀层钢丝的 5~8 倍。采用涂覆有绿色无机涂层保护膜 的 锌-5%铝-镁合金镀层钢丝作为生态格网结构的材料能满足永久工程的合理使用年限。

2.1.5 用于绑扎生态格网结构各网片间和相邻结构体间的扎丝在一定情况下也可用扣环代替。扣环是由锌-5%铝-镁合金镀层钢丝制成的环形金属连接构件。

2.1.6 网孔中 D 值和 X 值的公差范围分别应为 $\pm 5\%$ 和 $\pm 10\%$ 。

3 材料

3.1 一般规定

3.1.1 型式试验报告是产品指标定型以后做的实验室性能测试，其测试结果作为批量产品生产的依据。每一类产品一般只须做一次型式试验。好比汽车的指标确定以后撞击试验只须做一次，而不是每辆出厂的汽车都要做一次撞击试验。

3.1.2 根据不同工程等别和工程类别的最低使用年限的要求，生态格网产品的使用寿命必须要达到和超过《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654-2014 标准的要求。

3.1.3 由于生态格网结构属于柔性结构，这就需要制作生态格网产品的钢丝具有一定的延展性，所以钢丝的钢基应选用既具有一定抗拉强度，同时具有一定延伸率的材料制成。

3.2 钢丝

3.2.1~3.2.6 钢丝的钢基应为低碳钢丝，为增强钢丝的防腐性和耐久性，保证生态格网产品的使用年限符合《水利水电工程合理使用年限及耐久性能设计规范》SL 654-2014 标准要求，达到或超过 30 年或 50 年的要求。钢丝的表面镀层采用锌-5%铝-镁合金镀层，并涂覆绿色无机涂层保护膜。由这种钢丝制成的生态格网网片的耐腐蚀性能可以达到或超过上述使用年限。

生态格网的材料严禁使用包覆塑料的钢丝。

塑料的耐候性差，不适用于永久性工程。塑料制品因受到阳光照射、温度变化、风吹雨淋等外界条件的影响，而出现的褪色、变色、龟裂、粉化和强度下降等一系列老化的现象。其中紫外线照射是促使塑料老化的关键因素。光照、高温和潮湿是造成塑料涂层失光、褪色、黄变、粉化的主要原因。

包覆在钢丝上的塑料没有办法检测其物理化学性能，因为只有塑料粒子制作成哑铃状的试件后才能检测。所以包覆在生态格网成品网钢丝上的塑料无法辨别质量好坏。塑料的原材料有再生料和原料之分，价格天壤之别，但是肉眼无法分辨。

由于包覆了一层塑料，生态格网制造过程中容易偷工减料，偷梁换柱，包覆在塑料里面的钢丝质量无法保证，质量难控制。

塑料一般都不阻燃，遇火容易被焚烧，工程损毁的概率大。

塑料中的添加剂容易对水体产生污染，不环保。

包覆塑料的钢丝加工性差，塑料受到机器的挤压容易变形破裂，起不到防腐的作用。

在水利工程的实际应用中，由于各地每年都有洪水期和枯水期，加上有些河

流水质差，环境污染程度不确定性多，钢丝的使用环境复杂，所以普通钢丝的使用寿命低。而根据《水利水电工程合理使用年限及耐久性能设计规范》SL 654-2014 规定，水利设施的使用年限至少是 30 年以上，工程等别 I, II, III 的工程必须要 50 年以上，所以应采用高耐腐蚀、高耐磨、高强度的涂覆有绿色无机涂层保护膜 的 锌-5%铝-镁合金镀层钢丝作为生态格网的材料。

3.3 填充材料

5.3.1 生态格网结构的填充材料可选用具有净化水质的材料，也可选用其他具有生态效果的材料。选择采用多种材料作为填充材料时，不得影响结构体的安全。

5.3.2 生态格网结构抗冲流速取决于石材的粒径控制，并非厚度，因此，对石材粒径的要求是 $1.5D \sim 2.0D$ ， D 为网孔名义尺寸（图 2），生态格网绿滨垫的厚度 $t \geq 2D$ ，设计时要了解当地材料的粒径情况。网箱填充石料的整体重度宜在 $15\text{kN/m}^3 \sim 20\text{kN/m}^3$ 。

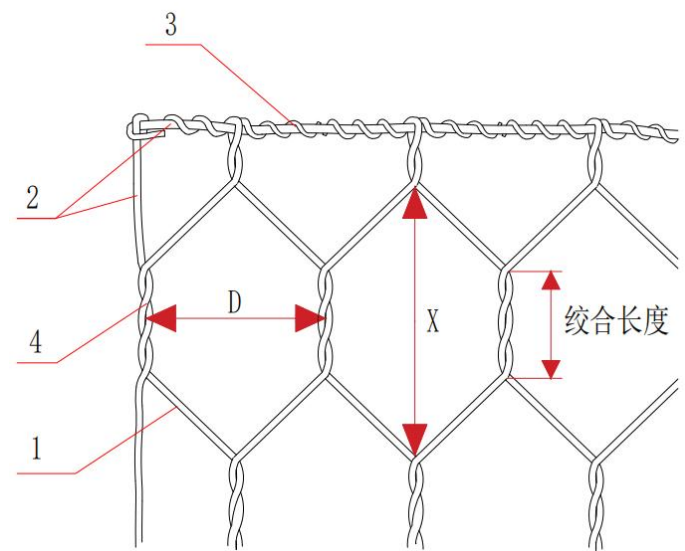


图 2 生态格网示意图

1—网丝；2—边丝；3—机械收边，将网丝缠绕在边丝上 1.5 周以上； 4—六铰状；
D—网孔铰合中心线的轴线距离；X—网孔对角间的距离

常用的填石材料有玄武岩、花岗岩、紧石灰石和坚硬的砂岩等，表 2 中为各类石料的重度。

表 2 填充材料指标

石料	重度 γ_s (kN/m^3)
玄武岩	29.6
花岗岩	26.5
紧石灰石	26.5
砂岩	23.4

4 格网成品技术要求

4.1 网孔、网丝直径和应用

4.1.1 由于过载绞合会损害钢丝物理性能，使钢丝的抗拉强度和延伸率受到严重损伤，过载绞合部分的金属防腐层被破坏，从而降低产品的使用寿命，所以格网的绞合方式应为双绞合，严禁使用五绞合的绞合方式。

5 检测方法

5.1 钢丝的检测方法

5.1.1 由于钢丝的物理和化学性能检测必须在有资质的检测机构才能进行，目测不能分辨材质的指标，所以为了防止偷工减料，所有检测应分为 2 个检测阶段进行，且检测的部位必须全面，从而保证质量达到设计要求。

7 结构分类和结构布置

7.3 结构布置

7.3.1、7.3.2 结构的布置形式常见的有下列几种：

- (1) 带扶壁的河道整治挡土墙（图 3）；
- (2) 带护坦的墙背台阶式低挡土墙（图 4）；
- (3) 墙背台阶式高挡土墙（图 5）；
- (4) 坡面挡土墙（图 6）。

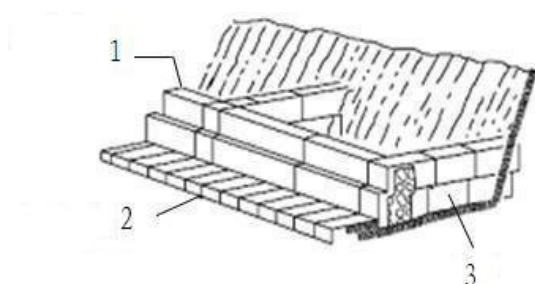


图 3 带扶壁的河道整治挡墙

1—固滨挡墙；2—墙趾绿滨垫；3—扶壁

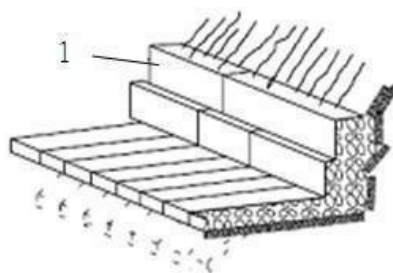


图 4 带护坦的墙背台阶式低挡土墙

1—固滨挡墙；2—墙趾绿滨垫

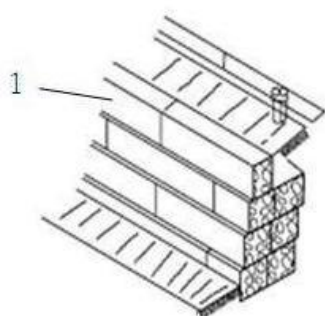


图 5 墙背台阶式高挡土墙

1—固滨挡墙

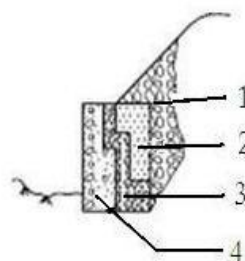


图 6 坡面挡土墙（墙背后填土面为斜坡）

1—一般填料；2—粒状填料；3—分级碎石；4—固滨挡墙

7.3.3 固滨笼由机械成批生产，固滨笼常用规格可按本规程附录 A 选用，长、宽、高的尺寸公差应符合本规程附录 A 表 A.0.1 的规定。

8 生态格网固滨挡墙的设计

8.1 一般规定

8.1.1 生态格网固滨挡墙为重力式挡土墙的一种，其承受的荷载与重力式挡土墙相同，可不考虑墙前后水位差引起的墙后剩余水压力和墙前渗透压力。

8.3 固滨挡墙稳定验算

8.3.1 由于生态格网结构具有透水性， $F_w=F'_w$ ，无需考虑墙前后同水位水压力作用。因此，抗倾安全系数可按公式（6.3.1）计算。

8.3.2 通过将回填土产生的推力与基础产生的摩擦力及粘聚力比较，校核挡墙的抗滑能力。

8.3.3 进行基础稳定性验算时应先确定基底合力的偏心距 e_0 ，根据 e_0 判断基底的应力情况，计算荷载作用下挡土墙墙趾和墙踵下土的应力，一般要求 e_0 在底板中间的 $1/3$ 范围内。

9 生态格网绿滨护坡设计

9.1 一般规定

9.1.1、9.1.2 绿滨垫适用于堤岸防护、河床防护和填土边坡防护。当绿滨垫需要具有不透水特性或为了保护来往船只及防止波浪对绿滨垫的冲击时，可在绿滨垫表面灌注热沥青胶。当坡度大于 1:1.5 或者预期冲刷较严重的坡脚，应联合使用趾墙及护坦，底层铺设绿滨垫并向河道中延伸，延伸范围应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的规定，绿滨垫护坡的厚度也可根据需要而变化。对预期冲刷较小的坡脚，应使用固滨笼趾墙代替护坦，支撑护坡防止破坏。

9.1.3 河岸防护的纵向范围取决于现场条件。通常，由于水流冲击造成河岸材料移位，则护岸应超过这一部分的长度。对于已出现侵蚀的河流，应由场地勘测确定纵向防护长度：对于顺直河段，纵向防护长度为现有侵蚀位置各向上、下游延伸 1 倍河宽，对于弯曲河段，纵向防护长度为现有侵蚀位置向上游延伸 1 倍河宽，向下游延伸长度则需要视弯曲河段的水流流态而定。

9.1.4 在承受高速水流、泥石流、冰流等情况下，横隔片间距宜减小到 0.6m，防止绿滨垫中填石的移动。

9.1.5 护坡设计高度等于设计高潮位加超高。超高包括波浪爬高、风壅增水高度及安全加高（考虑河流冲淤变化、主流位置改变、堤顶磨损和风雨侵蚀等）。

9.2 绿滨护坡厚度计算

9.2.1 合理确定填石尺寸，绿滨垫中的填石不应出现移位，否则将会引起绿滨垫变形，造成水流阻力改变及钢丝破坏。

9.2.2 设计时对绿滨垫（固滨笼）厚度及填石级配进行选择可按表 3 执行，表中临界流速是指绿滨垫（固滨笼）中的填石不产生移动的流速，极限流速是指虽然填石移动导致绿滨垫（固滨笼）变形，但流速仍在可接受的范围内。

表 3 不同尺寸与填石下的临界流速与极限流速

型式	厚度 (mm)	填石尺寸 (mm)	D_m	临界流速 (m/s)	极限流速 (m/s)
绿滨垫	170	75-100	85	3.5	4.2
		75-150	110	4.2	4.5
	230	75-100	85	3.6	5.5
		75-150	120	4.5	6.1
		75-125	100	4.2	5.5

	300	100-150	125	5.0	6.4
固滨笼	450	100-200	150	5.8	7.6
		120-250	190	6.4	8.0

9.3 绿滨护坡的稳定验算

9.3.1 美国科罗拉多州立大学的模型试验表明，绿滨垫防护系数 C 约为 0.10，而抛石防护系数 C 约为 0.047，前者是后者的 2 倍。也就是说在相同的水力条件下，绿滨垫中填石平均直径仅需抛石块石直径的 $1/2$ 。

水流冲刷对固滨笼、绿滨垫中的填石施加剪力，若填石不发生移动，则认为结构具备抗冲刷稳定的能力。当填石开始出现移动，则认为达到冲刷稳定的极限。

9.3.2 校核绿滨垫下的土壤对穿过绿滨垫水流冲刷的抵抗力能否满足要求，能否保证河床材料不出现永久损坏。穿过绿滨垫到达土壤的水流流速是决定稳定性的关键因素之一。织物滤层后水流流速（亦即水流穿过绿滨垫和织物后的流速）会降至绿滨垫-滤层界面的 $1/4 \sim 1/2$ ，需在绿滨垫底下的土表面布置砾石滤层，降低水流流速，直至 V_f 达到允许值；若 V_f 仍旧很高，应降低砾石尺寸。