

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。

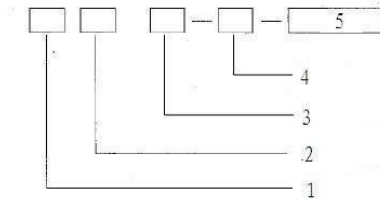


图 1 型号表示示意图

- 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。

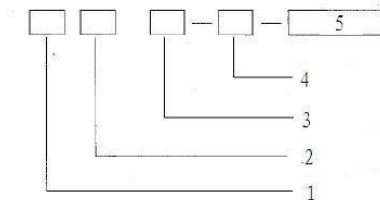


图 1 型号表示示意图

- 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 20mm×20mm 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 20000m² 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）。

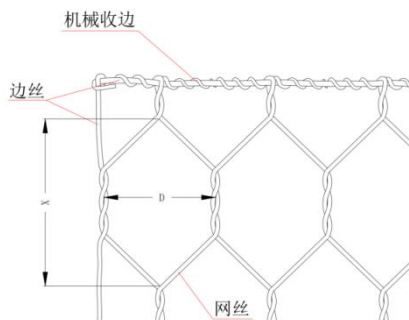


图 5.2.1 网孔、网面示意图

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）。

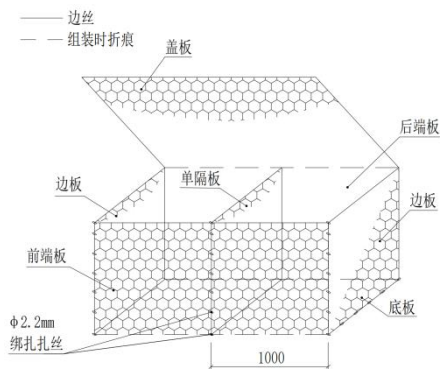


图7.2.1-1 固滨笼示意图

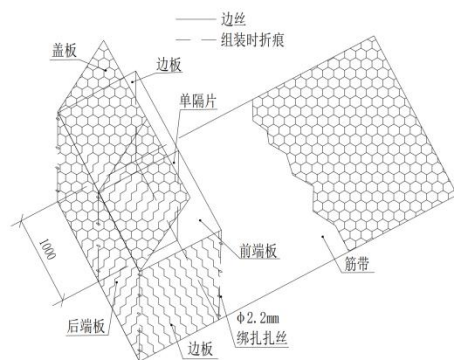


图7.2.1-2 加筋固滨笼示意图

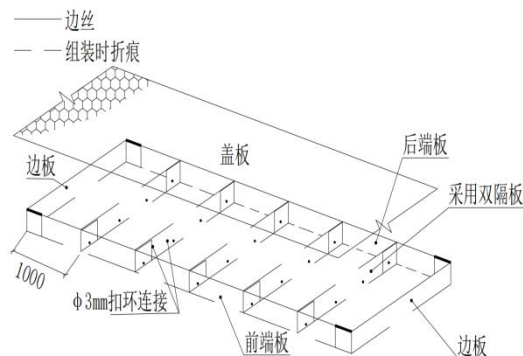


图7.2.1-3 绿滨垫示意图

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，也可为组合结构，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，代表值可按下式计算，其中 C_e 应取式（8.2.2-2）中按“+”、“-”号计算结果中的较大值：

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

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

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

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

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：

$$K_0 = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} \quad (8.3.1)$$

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)。

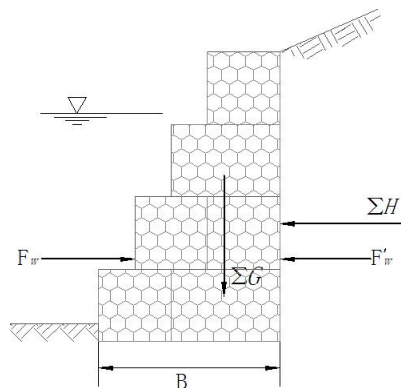


图 8.3.1 固滨笼挡土墙受力简图

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, 应按下列式计算:

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

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 —— 作用在挡土墙上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 应按下列式计算, 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 σ_{max} 不应超过允许应力 $[\sigma_{am}]$ ， $[\sigma_{am}]$ 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， $[\sigma_{am}]$ 取值宜通过试验确定。最大应力应按下式计算：

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

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} 应按照按下公式计算：

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

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

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

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

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)。

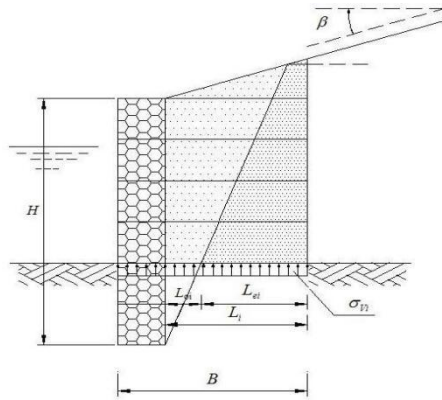


图 8.5.3 加筋固滨挡墙内部稳定计算简图

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/m^3 ）；
- γ_w —— 水的重度（ kN/m^3 ）；

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)；
K ₁	——	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 0.98, 1:4 取 1.0；
R	——	水利半径；
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。

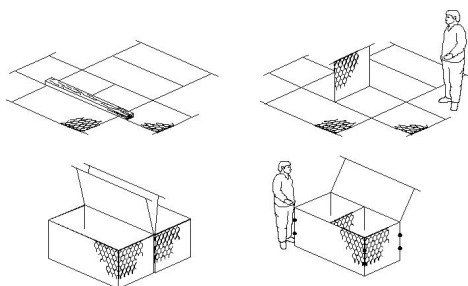


图 10.3.1-1 箱体装配

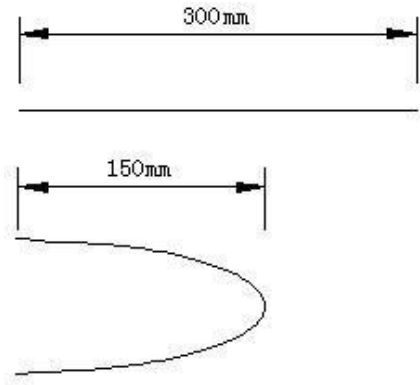


图 10.3.1-2 双股线作为扎丝

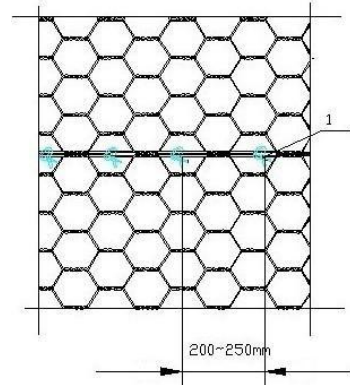


图 10.3.1-3 扎丝绑扎示意图

- 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。

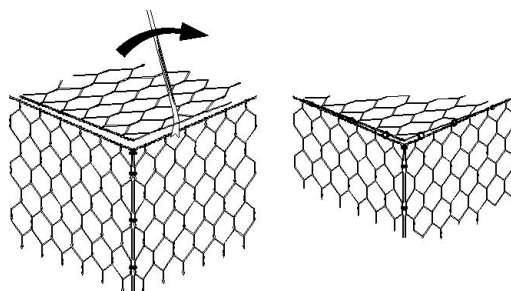


图 10.3.1-4 箱体封盖示意

- 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

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/098115137071006133>