

DB 21

地方标准

DB XX/T XXXX—XXXX

水利工程生态格网结构质量控制技术规程

Technical specification for quality control of ecological grid
structures on water projects

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 生态格网结构级别划分和设计标准	4
4.1 级别划分	4
4.2 设计标准	4
4.3 格网结构选型要素	4
4.3.1 一般规定	4
4.3.2 综合考虑要素	4
5 生态格网技术要求	5
5.1 格网原材料性能与要求	5
5.1.1 网丝分类	5
5.1.2 钢丝	5
5.1.3 钢丝镀层、覆层	6
5.2 网面规格与要求	7
5.2.2 外观要求	7
5.2.3 力学要求	7
5.2.4 镀层要求	8
5.2.5 耐久性要求	8
5.2.6 配件要求	8
5.2.7 成品网	8
5.3 网箱规格与要求	8
5.3.1 网垫	8
5.3.2 网箱	9
5.4 填充材料要求	9
6 施工质量控制及工艺	10
6.1 施工准备	10
6.2 基础施工	10
6.3 网箱施工及质量控制	11
6.3.1 网箱施工	11
6.3.2 网箱施工质量控制	11
6.3.3 网垫施工	12
6.3.4 网垫施工质量控制	12
6.4 填料施工	12
6.5 格网结构工序检验项目与标准	13
7 质量检验与控制	14

7.1 钢丝	14
7.2 成品网	14
7.2.1 检验规定	14
7.2.2 出厂检验和形式检验	14
7.2.3 进场检验批次、检验项目	14
7.2.4 检验方法	14
7.3 格网结构质量检验	14
7.3.1 项目划分	14
7.3.2 质量检测项目、标准及检测数量	15
7.3.3 检验方法	15
8 数值修约	15
附 录 A	17
附 录 B	19
附 录 C	24

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由辽宁省水利厅提出并归口。

本文件起草单位：辽宁省水利水电科学研究院有限责任公司，辽宁省水利事务服务中心。

本文件主要起草人：雷炎、汪魁峰、艾新春、宋立元、徐志林、汤彦明、姜涛、臧志刚、张瑞、唐树新、汤季、宫治军、邹建飞、吴海东、赵淑杰。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有意见和建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通信地址：辽宁省水利厅（沈阳市和平区十四纬路5号），联系电话：024-62181315。

文件起草单位通信地址：辽宁省水利水电科学研究院有限责任公司（沈阳市和平区十四纬路5-4号），联系电话：024-23863895。

水利工程生态格网结构质量控制技术规程

1 范围

本文件规定了水利工程生态格网结构级别划分和设计标准、技术要求、原材料性能要求、网箱规格要求、施工质量控制及工艺、质量检验与控制、数值修约。

本文件适用于水利工程建设领域采用生态格网结构设计、施工、质量检测与控制。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 50201	防洪标准
GB 50286	堤防工程设计规范
GB/T 228.1	金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
GB/T 1839	钢产品镀锌层质量试验方法
GB/T 2976	金属材料 线材 缠绕试验方法
GB/T 10125	人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
GB/T 20492	锌-5%铝-混合稀土合金镀层钢丝、钢绞线
GB/T 50805	城市防洪工程设计规范
SL 127	容量筒校验方法
SL 251	水利水电工程天然建筑材料勘察规程
SL 264	水利水电工程岩石试验规程
SL 274	碾压土石坝设计规范
SL 379	水工挡土墙设计规范
SL 634	水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准—堤防工程
SL 734	水利工程质量检测技术规程
YB/T 081	冶金技术标准的数值修约与检测数值的判定
YB/T 4190	机编用机编钢丝网及组合体
YB/T 4221	工程机编钢丝网用钢丝
YB/T 5357	钢丝及其制品 锌或锌铝合金镀层
CECS 353	生态格网结构技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

格网 mesh

构筑生态格网系统的主要元素，将抗腐蚀、耐磨损、高强度的低碳热镀锌钢丝、铝锌混合稀土合金镀层钢丝，包覆PVC或经高抗腐处理的以上同质钢丝，采用机械较合编织成的六较状，六边形网孔的网片结构。

[来源：CECS 353：2013，2.1.1]

3.2

生态格网结构 eco-mesh structure

由格网组装成的网箱内填充符合要求的块体材料而形成的柔性结构。

[来源：CECS 353：2013，2.1.2]

3.3

镀层钢丝 plating steel wire

在光面钢丝上镀锌或锌铝合金后形成镀锌层或锌铝合金的钢丝。

[来源：YB/T 4221-2016，3.1]

3.4

覆塑钢丝 plastic coated steel wire

以镀层钢丝作为芯丝，在其表面上涂覆聚氯乙烯（PVC）、聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、或尼龙6（PA6）后形成覆塑层的钢丝。

[来源：YB/T 4221-2016，3.2]

3.5

网丝 mesh wire

用于编织六边形双绞和钢丝网的钢丝（见图1）。

[来源：YB/T 4190-2018，3.1]

3.6

边丝 edge wire

网面两侧沿编织方向与网丝编织在一起的钢丝，直径大于网丝（见图1）。

[来源：YB/T 4190-2018，3.2]

3.7

端丝 selvedge wire

网面两侧沿编织方向与网丝编织在一起的钢丝，直径大于网丝（见图1）。

[来源：YB/T 4190-2018，3.2]

3.8

绑扎钢丝 lacing wire

用于绑扎生态格网结构网面、网箱（网垫）组间边线的联结钢丝。应与网丝同材质，直径不小于2.2mm，用于联结（见图2）。

[来源：YB/T 4190-2018，3.6]

3.9

网孔规格 mesh size

网孔规格用 $D \times X$ 表示。 D 为较合中心线的轴线距离， X 为网孔对角间的距离。双线较合部分的长度通常不应小于45mm（常见的较合长度不小于3圈），详见图1。

[来源：CECS 353：2013，2.1.9]

3.10

组合体 unit

由网片经过裁剪、拼装组合成的单个网箱、网垫单元等。

[来源：YB/T 4190-2018，3.12]

3.11

C型钉 C rings

由高强度的镀锌、镀锌铝合金镀层或不锈钢钢丝制成C型金属构件，用于组装、联结及封闭组合体，见图3。

3.12

网垫 revet-mattress (RM)

尺寸(L和W)大而厚度(H)小，并配有标称间距1m的中间隔板和独立盖板，采用绑扎钢丝或C型钉等方法连接而成的组合体。盖板可以采用同等长宽的网面或卷网。为了规范设计、施工中格网网箱，本标准确定的格网网箱将用在坡面上的格网网箱称网垫。

[来源：YB/T 4190-2018，3.13]

3.13

网箱 gabion (G和JM)

由一个基础面板，侧面边板和可能用到的中间隔板，采用绑扎钢丝等方法连接而成的组合体，其中盖板可以与基础面板一起生产形成，也可以使用独立的网面作为盖板。为了规范设计、施工中格网网箱，本标准确定的格网网箱将用在坡面基础的格网网箱或用于垂直挡墙的格网网箱称网箱。

[来源：YB/T 4190-2018，3.14]

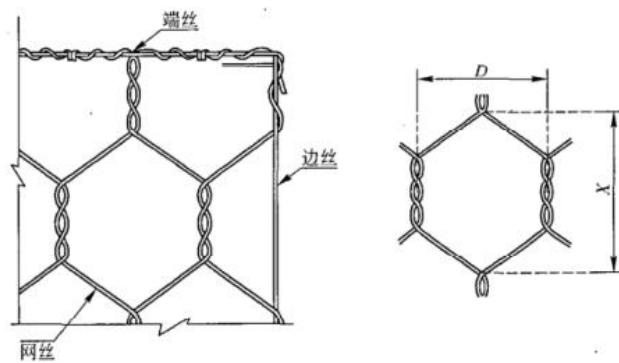


图1 典型网面、网孔示意图

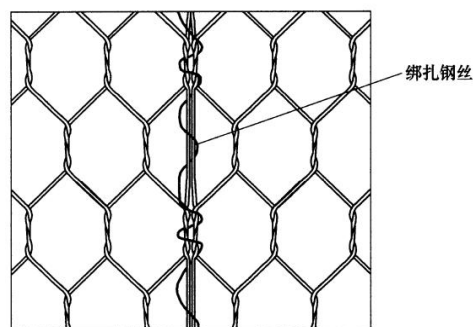


图2 绑扎钢丝示意图

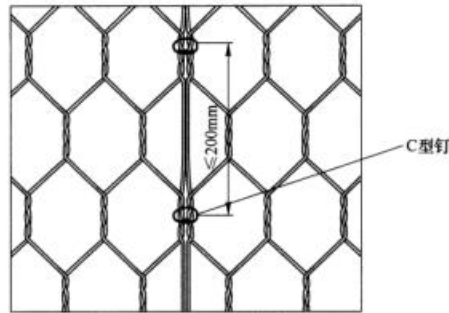


图3 C型钉示意图

4 生态格网结构级别划分和设计标准

4.1 级别划分

- 4.1.1 采用生态格网结构防护的工程级别应根据其所在工程的等别和重要性按 GB 50201 及相关行业标准确定。
- 4.1.2 水利工程中生态格网挡墙级别划分可按 SL 252 和 SL 379 相关规定执行。
- 4.1.3 城市防洪工程中，生态格网结构应按 GB/T 50805 规定执行。
- 4.1.4 生态格网箱挡墙属于新型结构形式，2 级~4 级的挡土墙可提高一级设计，但洪水标准不提高。

4.2 设计标准

- 4.2.1 采用生态格网结构的防护工程，其防洪标准应按 GB 50286 及相关行业标准执行，用于水利行业时可按 SL 379 与 SL 274 相关规定执行。
- 4.2.2 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，挡土墙的抗倾覆稳定安全系数均不应小于 1.30。

4.3 格网结构选型要素

4.3.1 一般规定

- 4.3.1.1 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。
- 4.3.1.2 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、功能特点和运用要求等确定，做到因地制宜，就地取材。
- 4.3.1.3 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，并与周边环境景观协调。
- 4.3.1.4 生态格网结构所用网孔大小应结合当地材料的粒径选取，钢丝规格和性能应符合工程项目所在环境。

4.3.2 综合考虑要素

- 4.3.2.1 格网作用及其使用部位应考虑以下要素：

- a) 工程中生态格网结构可分为挡墙和护坡；
 - b) 网垫适用于河岸护坡，也可用于土石坝上下游护坡，但应铺设于稳定的边坡之上；
 - c) 网箱适用于河道护岸、护脚和挡土墙、管道防护等。
- 4.3.2.2 格网工程运行水土环境条件应考虑以下要素：
- a) 格网结构设计时，进行工程所在地不同时段的水环境变化、水质特性分析，对Cl⁻离子等提出明确评价(需进行试验验证)。根据工地所在环境不同，选择不同镀层的原材料钢丝，钢丝原材料对应环境水质的选用要求详见表 1；
 - b) 地基土中可溶性盐对格网材料的腐蚀性应做专题研究；
 - c) 对于非腐蚀性水环境状况下的城市段，或有水景观、水生态要求的水利工程，格网材料在技术经济比选后，可以提高选用标准。

表 1 环境水土腐蚀性 with 格网材料选用要求

序号	水体Cl ⁻ 含量 (mg/L)		腐蚀等级	格网材料最低要求
	长期浸水	干湿交替		
1	<10000	<100	微	镀锌钢丝、锌5%铝-混合稀土合金镀层钢丝
2	10000~20000	100~500	弱	锌5%铝-混合稀土合金镀层钢丝
3	-	500~5000	中	锌10%铝-混合稀土合金镀层钢丝
4	-	>5000	强	特殊水环境，应做格网材料耐腐蚀性专题报告研究

- 4.3.2.3 格网结构选型还应考虑以下其他要素：
- a) 沟道、渠道的水力特征；
 - b) 冲深、冻胀特征；
 - c) 工程所在区域地方建筑材料条件；
 - d) 工程地质条件与施工季节及水环境条件；
 - e) 河道、沟道、水库、蓄水池、湖泊靠岸冰冻状况；
 - f) 城市段，或水景观、水生态要求；
 - g) 工程建设投资条件与业主义愿。

5 生态格网技术要求

5.1 格网原材料性能与要求

5.1.1 网丝分类

5.1.1.1 钢丝按镀层类别分为镀锌钢丝、锌 5%铝-混合稀土合金镀层钢丝和锌-10%铝混合稀土合金镀层钢丝。

5.1.1.2 钢丝按覆塑层类别分为 PVC 覆塑钢丝、PA6 覆塑钢丝、PE 覆塑钢丝和 PP 覆塑钢丝。

5.1.2 钢丝

5.1.2.1 钢丝应符合 YB/T 4221-2016 要求。

5.1.2.2 镀层钢丝的表面应光滑、连续、涂层厚度均匀，不应有影响使用的表面缺陷。钢丝捆应由同种钢丝组成，不应有紊乱丝圈或成“∞”字形。

5.1.2.3 镀层钢丝的公称直径及允许偏差应符合表 2 规定要求。

表 2 镀层钢丝直径及允许偏差

镀层钢丝公称直径d	允许偏差 (mm)
$1.80 \leq d < 2.00$	± 0.05
$2.00 \leq d < 3.00$	± 0.06
$d \geq 3.00$	± 0.07

5.1.2.4 覆塑钢丝的公称直径及允许偏差应符合 YB/ T 4221 规定，详见表 3。

表 3 覆塑钢丝直径及允许偏差

覆塑钢丝公称直径 d	允许偏差
$2.20 \leq d < 3.00$	± 0.10
$3.00 \leq d < 4.00$	± 0.15
$4.00 \leq d < 6.00$	± 0.20

5.1.2.5 钢丝捆内径应符合 YB/ T 4221 规定，见表 4。钢丝捆捆重应符合表 4 的一般捆重规定，允许有 10%的捆数符合表 4 的最低捆重规定。需方对捆重有特殊要求时，应在合同中注明。

表 4 钢丝捆的内径与捆重

钢丝公称直径 d/mm	钢丝捆的内径/mm	最低捆重/kg	一般捆重/kg
$1.80 < d < 3.00$	400~700	50	>400
$d \geq 3.00$		100	

5.1.2.6 镀层钢丝力学性能应符合 YB/T 4221 规定和表 5 要求。

5.1.2.7 覆塑钢丝的力学性能以覆塑钢丝芯丝的力学性能为准，具体应符合表 5 要求。

表 5 钢丝力学性能

钢丝公称直径 d (mm)	抗拉强度 R (MPa)	断后伸长率 A (L=200mm) %	
		镀层钢丝	覆塑钢丝
$1.80 \leq d < 4.00$	350~550	≥ 12	≥ 9
$d > 4.00$			

5.1.2.8 钢丝在规定直径的芯棒上以不超过 15r/min 的速度紧密缠绕 8 圈，钢丝应不断裂，具体试验要求应符合 YB/T 2976 有关规定。

5.1.3 钢丝镀层、覆层

5.1.3.1 钢丝镀层应均匀、连续、表面光滑，不应有裂纹和漏镀。

5.1.3.2 钢丝镀层韧性应稳定，在规定直径的芯棒上以不超过 15r/min 的速度紧密缠绕 8 圈不应开裂或脱落。试验应符合 YB/T 2976。

5.1.3.3 钢丝覆塑层韧性应稳定，钢丝在规定直径的芯棒上以不超过 15r/min 的速度紧密缠绕 8 圈，钢丝覆塑层不应破裂。试验应符合 YB/T 2976。

5.1.3.4 钢丝镀层重量应符合表 6 规定。

表 6 钢丝镀层重量

镀层钢丝直径d/mm	镀层重量/g·m ⁻² (不小于)
1.80≤d<2.20	215
2.20<d<2.50	230
2.50<d<2.80	245
2.80≤d<3.20	255
3.20≤d<3.80	265
3.80<d<4.40	275
d≥4.40	280

5.1.3.5 对于锌-5%铝-稀土合金镀层钢丝，其镀层铝含量不小于 4.2%；对于锌-10%铝-稀土合金镀层钢丝，其镀层铝含量不应小于 9%。

5.1.3.6 覆层厚度及同心度应符合 YB/T 4221 有关规定。

5.1.3.7 对于提高钢丝镀层重量的，需经论证后确定。

5.1.4 钢丝的出厂检验、复验与判断规则、包装、标志及质量证明书应符合 YB/T 4221 规定。

5.2 网面规格与要求

5.2.1 网孔尺寸及允许偏差、双线较合长度（双线较合长度的适用性调研论证，看是否需要控制较合圈数）、钢丝规格、应符合表 7 要求。

表 7 网孔、钢丝规格及网孔尺寸允许偏差

类型	网孔尺寸 D×X (mm)	D (mm)	X (mm)	双线较合部分长度 (mm) /双线较合圈数	钢丝直径 (mm)		
					网丝	边丝	扎丝
网垫	80×100	80 (±5%)	100 (±10%)	≥45/ (直径小于3mm的3圈, 大于3mm的5圈)	2.2/3.2	2.7/3.7	2.2/3.2
网箱	100×120	100 (±5%)	120 (±10%)	≥55/ (直径小于3mm的3圈, 大于3mm的5圈)	2.5/3.5	3.0/4.0	2.2/3.2
	130×150	130 (±5%)	150 (±10%)	≥60/ (直径小于3mm的3圈, 大于3mm的5圈)	2.7/3.7	3.4/4.4	2.2/3.2

5.2.2 外观要求

5.2.2.1 成品网面不应有断丝。

5.2.2.2 成品网面不应有破损、锈蚀（钢丝切断面除外）。

5.2.2.3 成品网面网孔应均匀，不应扭曲变形。

5.2.3 力学要求

5.2.3.1 成品网面钢丝力学性能应在织好的网面中取样进行测试，符合 5.1.2 相关规定。

5.2.3.2 网面标称拉伸强度应满足工程设计要求，检测应按照附录 B 规定的测试方法进行，产品供应商应在质量证明书中提供产品的网面标称拉伸强度值。

5.2.3.3 网面裁剪后末端与端丝的联接处是整个结构的薄弱环节，为保证网面与端丝的连接强度，网面标称翻边强度应符合 YB/T4190 规定，检测应按照附录 B 规定的测试方法进行，产品供应商应在质量证明书中提供产品的网面标称翻边强度值。

5.2.4 镀层要求

5.2.4.1 成品网面镀层应均匀、连续、表面光滑，不应有裂纹、漏镀的地方。

5.2.4.2 成品网面钢丝镀层重量应在织好的网面中取样进行测试，镀层重量应符合表 8 规定。

表 8 成品网面钢丝镀层重量

镀层钢丝直径d/mm	镀层重量/g·m ⁻² (不小于)
1.80≤d<2.20	205
2.20<d<2.50	219
2.50<d<2.80	233
2.80≤d<3.20	243
3.20≤d<3.80	252
3.80<d<4.40	262
d≥4.40	266

5.2.4.3 成品网面钢丝镀层中的铝含量应在织好的网面中取样进行测试，Zn-5%Al 合金镀层中的铝含量应不小于 4.22%，Zn-10%Al 合金镀层中的铝含量应不小于 9%。

5.2.4.4 产品钢丝外覆有机涂层时，应现场取样进行荷载试验，当对网面试件加载 50%的名义拉伸强度拉伸时，双铰合区域有机涂层不应出现破裂情况。

5.2.5 耐久性要求

5.2.5.1 钢丝盐雾试验应按 GB/T 10125 执行，钢丝经过不低于 3000h 盐雾型式试验检验，钢丝质量变化率、钢丝腐蚀率、钢丝组成的网片质量变化率不应大于 CECS 353 规定的数值要求；包覆 PVC 钢丝经 2000h 盐雾型式试验，钢丝腐蚀的渗透深度即平端深度应小于 15mm。

5.2.5.2 有机涂层原材料经过氙弧灯照射 4000h 或 I 型荧光紫外灯按暴露方式 1 照射 2500h 后，其延伸率和抗拉强度变化范围，应不大于初始值的 25%。

5.2.6 配件要求

5.2.6.1 绑扎钢丝、拉丝的材料与力学性能指标应于网丝一致。

5.2.6.2 C 型钉应符合 YB/T 4190 规定。

5.2.7 成品网

5.2.7.1 成品网的出厂检验和形式检验应符合 YB/T 4221 规定。

5.2.7.2 成品网的交货内容、包装、标志、存储应符合 YB/T 4221 规定。

5.3 网箱规格与要求

5.3.1 网垫

5.3.1.1 网垫的常用定型尺寸规格及隔板数量见附录 A，其它规格尺寸应符合设计要求。

5.3.1.2 网垫可铺设于需要防护的岸坡上，土坡的坡比不宜大于 1: 1.5，砂质土坡坡比不宜大于 1: 2.0。

- 5.3.1.3 采用网垫护坡时，应确保边坡自身稳定，并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~3.0 倍的最大冲刷深度，或采用网垫对河床全断面防护。
- 5.3.1.4 为增加护坡侧缘的强度，网垫在上游和下游边界处应加厚。
- 5.3.1.5 网垫应分成格室，隔片间距应小于或等于 1m。
- 5.3.1.6 网垫下宜铺设一层土工布或 100mm~150mm 厚砂砾石层作为反滤层。
- 5.3.1.7 护坡设计高度具体计算按 GB 50286 执行。
- 5.3.1.8 寒区采用冰上沉排施工网垫护坡时，网垫应形成整体，并应满足下沉过程中强度和变形要求。
- 5.3.1.9 网垫的护坡厚度计算及护坡稳定验算应符合 CECS 353 规定。
- 5.3.1.10 河床铺设时，网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。
- 5.3.1.11 若坡面垂直于水流方向长度大于 5m，其网垫尺寸规格应根据工程实际专门设计，并对制作提出相应要求。
- 5.3.1.12 在山区河道、流速较大或拐弯河道的护坡网垫，上下网片宜增加拉筋以保证整体性。

5.3.2 网箱

- 5.3.2.1 用于河道、沟道、渠道、水库、蓄水池、湖泊等水利工程护坡之下的基础网箱尺寸规格，应根据工程特点、地质条件、冲刷深度、施工季节、水环境状况以及工程建设要求等综合确定。
- 5.3.2.2 常用定型尺寸规格及隔板数量见附录 A，对有特殊要求的单体网箱尺寸规格，经论证后确定。
- 5.3.2.3 在基础网箱设计中，应结合工程地质条件、冲刷深度、冻胀程度、施工条件等综合考虑将网箱按二层或三层集成为基础。
- 5.3.2.4 网箱挡墙设计应符合 CECS 353 规定。
- 5.3.2.5 为了减小网箱变形，应将其前、后网片之间用水平拉丝或竖向拉丝连接；网箱内，拉丝呈“8”字形向内拉紧固定，使之外型平整，拉丝示意图见图 4。

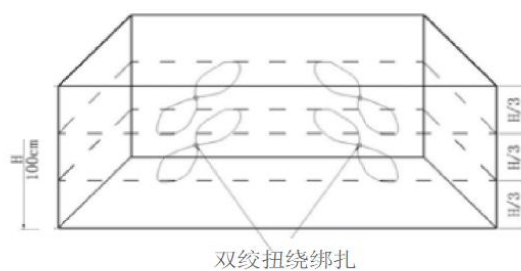


图 4 拉丝示意图

- 5.3.2.6 网垫、网箱允许误差应符合表 9 要求。

表 9 网垫、网箱允许误差

分类	长 (%)	宽 (%)	高 (%)
网垫	±5	±5	±5
网箱	±5	±5	±5

5.4 填充材料要求

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

5.4.2 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 $1.5D \sim 2.5D$ （ D 为同一网孔内双绞钢丝较合处中心线之间的距离）之间，不在外表面的填料可有 15% 的超出该范围。对有特殊要求的格网填料粒径，经论证后确定。

5.4.3 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%。

6 施工质量控制及工艺

6.1 施工准备

6.1.1 施工准备应符合下列规定：

- a) 生态格网结构宜作护坡或护底，按设计要求平整铺设面，坡面或基底面应平整、密实、无杂质；
- b) 网垫、网箱尺寸，网孔尺寸，网丝直径，端丝、边丝直径，均应符合设计要求；
- c) 基底土质及其密实度，基础网箱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；
- d) 按设计要求铺设防渗土工膜，其施工应符合 GB 50286 的有关规定；
- e) 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 GB 50286 的有关规定；
- f) 网箱砌体应符合下列要求：
 - 1) 网箱组砌体平面位置应符合设计图纸要求；
 - 2) 网箱层与层间砌体应纵横交错，上下联结，不允许出现“通缝”；
 - 3) 每层网箱组均应适当摆放为“丁”字网箱；
 - 4) 砌体外露面应平整美观。
- g) 网箱挡墙墙后回填土宜分层夯实，应按 GB 50202 施工；回填土质量控制要求和挡墙建筑物级别一致，宜采用可自由排水的非粘性土；
- h) 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。

6.1.2 施工测量应符合以下规定：

- a) 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 $\pm 30\text{mm}$ ；
- b) 坡面不平整度的相对高度差允许范围为 $\pm 50\text{mm}$ ；

6.1.3 机械、设备和材料准备应符合下列要求

- a) 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；
- b) 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。进场原材料和半成品经检验合格后，方可使用。

6.2 基础施工

6.2.1 基础施工应符合下列规定：

- a) 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；

- b) 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；
- c) 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。

6.2.2 软弱基础施工应符合下列规定：

- a) 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；
- b) 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。

6.3 网箱施工及质量控制

6.3.1 网箱施工

6.3.1.1 组装网箱，应按下列步骤进行：

- a) 拉直边网片、端网片和隔片，组装时确保所有折缝位置正确，网箱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；
- b) 间隔网与网身应成 90° 相交，经绑扎形成长方形或正方形网箱或网箱组，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并绞紧，钢丝的末端应向里折。

6.3.1.2 构成网箱的各种网片交接处绑扎，应符合下列要求：

- a) 间隔网与网身的四处交角各绑扎一道；
- b) 间隔网与网身交接处每间隔 200mm~250mm 处绑扎一道。

6.3.1.3 网箱组间连接绑扎，应符合下列要求：

- a) 相邻网箱组的上下四角各绑扎一道，双股并绞紧；
- b) 相邻网箱组的上下框线或折线，每间隔 200mm~250mm 绑扎一道；
- c) 相邻网箱组的网片结合面则每平方米绑扎 2 处；
- d) 在绑扎相邻边框线下角一道时，如下方有网箱组，应将下方网箱一并绑扎连成一体；
- e) 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，保证网箱装料后边缘线顺直流畅。

6.3.1.4 网箱封盖施工应符合下列要求：

- a) 封盖在顶部石料砌垒平整的基础上进行；
- b) 先固定每端相邻结点后再绑扎，封盖与网箱边框相交线，每间隔 200mm~250mm 绑扎一道，双股并教紧。

6.3.1.5 回填时，重型压实机械应距离网箱至少 1m。

6.3.1.6 网箱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。

6.3.2 网箱施工质量控制

网箱挡墙组装施工时，应对墙前顺直度进行控制，可采用模板或者钢管固定。网箱挡墙施工质量控制应符合下列规定：

- a) 生态格网网箱挡墙基础土质、基坑尺寸、高程、位置应符合设计要求。
- b) 需地基处理的，应检验地基承载力是否满足要求，坡比挂线应达到设计要求。
- c) 网箱组拼装工艺。拼装程序应符合本规程 5.3.1 条的规定，且表面应无开裂现象。
- d) 网箱组几何尺寸抽检应符合下列要求：
 - 1) 高度 H 允许偏差 ±5%；
 - 2) 宽度 B 允许偏差 ±5%；
 - 3) 长度 L 允许偏差 ±5%。

- e) 填充石料施工工艺、程序应符合设计要求。
- f) 网箱挡墙墙面平整度允许偏差应小于或等于 50mm。
- g) 网箱挡墙垂直立面的倾斜度应小于或等于 0.5%。
- h) 网箱挡墙顺直度的允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}/5\text{m}$ 。
- i) 墙后回填土施工工艺应符合 GB 50202 的有关规定。
- j) 反滤层、防渗土工膜的施工质量应符合要求。

6.3.3 网垫施工

网垫施工应符合下列要求：

- a) 网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。
- b) 拉直边网片、端网片和隔片，组装时确保所有折缝位置正确，相邻网垫可靠连接。
- c) 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。
- d) 网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。
- e) 河床铺设时，网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。
- f) 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。
- g) 坝下游护坦及水流能直冲位置的网垫施工时，应在网垫的底网片与顶网片之间垂直安装支撑钢筋。
- h) 网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。
- i) 网垫护坡施工时，应对坡面顶部顺直度进行控制，可采用模板或者钢管固定。
- j) 寒区采用冰上沉排施工网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。

6.3.4 网垫施工质量控制

网垫施工质量控制应符合下列规定：

- a) 铺设网垫的铺设面平整度、土体密实度应符合设计要求；
- b) 铺设面的平面位置、高程符合设计要求；
- c) 反滤层、防渗土工膜的施工符合规定；
- d) 网垫组拼装工序、工艺符合规定；
- e) 网垫几何尺寸应符合下列要求：
 - 1) 高度 H 允许偏差 $\pm 5\%$ ；
 - 2) 宽度 B 允许偏差 $\pm 5\%$ ；
 - 3) 长度 L 允许偏差 $\pm 5\%$ 。
- f) 填充石料的施工程序、施工工艺应符合 5.4 节规定；
- g) 网垫垫面的平整度相对高差不应大于 50mm；
- h) 网垫垫面护坡顶部顺直度，每 5m 允许偏差 $\pm 50\text{mm}$ 。

6.4 填料施工

6.4.1 填料施工时，应同时均匀地向同层的多个网箱内投料，不应向单格网箱内一次性投满，填充材

料顶面宜高出结构体 30mm~50mm，且应密实。封盖应一次性完成并用同材质丝或扣件连接。

6.4.2 填料施工中禁止用机械向格网网箱中投料，应人工垒砌，每层厚度控制在 300mm 以下。外侧的填充石料，石料间应相互搭接。

6.4.3 网箱应用填料填满，不在外表面的石料尺寸允许有 15%的偏差。

6.4.4 箱格填料时，内部连接加强钢丝应按下列要求绑扎。

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

6.5 格网结构工序检验项目与标准

6.5.1 网箱组装工序检测项目与标准按表 10 要求执行。

表 10 网箱组装工序质量检测项目与标准

检测项目		质量标准
材料		符合本标准4.3规定
绑扎	相邻网片面	每平方米绑扎两道，双股并校紧，或采用两个扣环扣紧
	四角	各绑扎一道，双股并校紧，或采用扣环扣紧
	相交框线	每200mm~250mm绑扎一道，双股并校紧，或每150mm~200mm采用扣环扣紧

6.5.2 网箱填石及封盖工序检测项目与标准按表 11、表 12 要求执行。

表 11 网箱填石及封盖工序质量检测项目与标准

检测项目		质量标准
网片材料		符合本标准4.4规定
绑扎		每 200mm~250mm绑扎一道，双股并校紧，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

表 12 网箱填石及封盖工序质量检测项目与标准

检测项目	质量标准
△轴线位移	±40mm
表面平整度	±50mm
顶面高程	(0~+40) mm
垂直度（倾斜率）	±0.5H%
挡墙纵向顺直度	±50mm/5m
加筋长度（加筋网箱）	大于设计值
加筋土压实度	符合设计要求

6.5.3 网垫组装工序检测项目与标准按表 13 要求。

表 13 网垫组装工序质量检测项目与标准

检测项目		质量标准
材料		符合本标准4.3规定
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

7 质量检验与控制

7.1 钢丝

生态格网用钢丝应符合5.1.2要求。

7.2 成品网

7.2.1 检验规定

产品的检查和验收由供方技术监督部门进行，需方有权进行复查。

7.2.2 出厂检验和形式检验

出厂检验、形式项目按YB/T4190相关规定执行。

7.2.3 进场检验批次、检验项目

7.2.3.1 成品进场检验除供需双方另有协议外，应按同厂别、同品种的格网材料总用量在 20 万 m²~30 万 m²的，每 3 万 m²检测一次；总用量在 10 万 m²~20 万 m²的，每 2 万 m²检测一次；总用量小于 10 万 m²的，每 1 万 m²检测一次；不足 1 万 m²的，至少应进行一次检测。

7.2.3.2 检验项目包括外观、网孔尺寸、尺寸及公差、钢丝力学性能、镀层重量、铝含量、网面拉伸强度、网面翻边强度。

7.2.4 检验方法

7.2.4.1 网面外观采用目测法检验。

7.2.4.2 网孔尺寸测量：用分度值为 1mm 的钢卷尺测量网孔的 D、X，取不少于 10 个连续网孔的 D 和 X 值平均值。

7.2.4.3 产品尺寸及公差：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。

7.2.4.4 网面钢丝、端丝、绑丝力学性能和镀层重量试验按 YB/T4221 中规定的方法进行。

7.2.4.5 成品钢丝镀层检验按 GB/T1839 的测定方法进行。

7.2.4.6 成品钢丝镀层铝含量，按 YB/T 4221 规定进行。经双方协议，也可采用其他试验方法进行。

7.2.4.7 网面拉伸强度和翻边强度试验，应在现场随机选取网面试样，具体按附录 B 进行。

7.3 格网结构质量检验

7.3.1 项目划分

单元工程应根据工程特点和施工情况划分，可沿堤（渠）轴线每 50m 一段划分为 1 个检测单元。

7.3.2 质量检测项目、标准及检测数量

7.3.2.1 质量检验、检查项目、标准及检测数量按表 14 要求执行。

表 14 石笼护坡单元工程质量标准

序号	检测项目		允许偏差	检验数量
1	几何尺寸	长	±5%	每20m测1点
		宽	±5%	每20m测1点
		高	±5%	每20m测1点
		网孔尺寸D、X	按本标准5.2	每20m测1组（每组抽取10个网孔测量）
2	坡面坡度（网垫）		不陡于设计值的0.5%	每20m测1点
3	护坡顶部顺直度（网垫）		/5m	/
4	表面平整度（表层无覆土）		±5cm	每20m测1点
5	曲线段处理		符合设计要求	每20m测1点
6	护坡厚度		±5cm	每50~100m ² 检测1处
7	绑扎点间距		±5cm	每30~60m ² 检测1处
8	坡面平整度（表层有覆土）		±8cm	每50~100m ² 检测1处
9	有间距网的网片间距		±10cm	每幅网材检查2处
10	格网结构空隙率		<30%	每50~100m ² 检测一处
11	填充块石、卵石	饱和抗压强度	>30MPa	400m ³ ~600m ³ （CECS 353）
		软化系数	>0.75	
		干密度	>2.4g/cm ³	
		吸水率	<10%	
		冻融损失率（质量）	<1%	

7.3.3 检验方法

7.3.3.1 格网结构质量检验应满足以下要求：

- 几何尺寸采用分度值为 1mm 的钢卷尺量测，每组抽取 10 个网孔测量，取平均值，数值修约至 1mm。
- 网孔尺寸采用分度值为 1mm 的钢卷尺量测，数值修约至 1mm。
- 坡面坡度采用坡度尺或水准仪、钢卷尺测量。
- 顺直度采用钢尺检查，拉 5m 线，不足 5m 拉通线。
- 垂直度采用靠尺测量。
- 护坡厚度采用量测法，即用分度值为 1mm 的钢板尺量测石笼底部钢丝下表面至石笼网钢丝上表面距离，测量两次取平均值，数值修约至 1mm。
- 绑扎点间距采用量测法，即用分度值为 1mm 的钢卷尺量测绑扎点之间距离，数值修约至 1mm。
- 坡面平整度采用量测法，即采用 2m 靠尺顺坡贴紧石笼，用分度值为 1mm 的钢板尺量测靠尺与石笼最大缝隙处垂直距离，数值修约至 1cm。
- 网片间距采用分度值为 1mm 的钢卷尺量测。
- 格网结构空隙率按附录 C 执行。

8 数值修约

DB XX/T XXXX—XXXX

8.1.1 钢丝力学性能数值修约和判定规则按 YB/T 081 的规定执行。

8.1.2 其他参数指标应执行 GB/T 8170 的相关规定。

附录 A

(资料性)

网箱、网垫等组合体的常用定型规格

A.1 常用参考定型规格

表 A.1~表 A.4 分别给出了高为 1m 和 0.5m 的网箱常用参考定型规格, 表 A.5~表 A.7 分别给出了高为 0.3m 和 0.4m 的网垫常用参考定型规格。

表 A.1 高为 1m 的盖板与基础面板一体的网箱常用参考定型规格尺寸

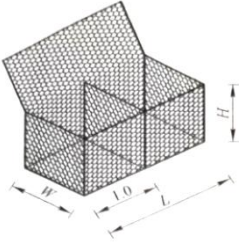
	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m^3)
	1.5×1×1	-	1.5
	2×1×1	1	2
	3×1×1	2	3
	4×1×1	3	4

表 A.2 高为 0.5m 的盖板与基础面板一体的网箱常用参考定型规格尺寸

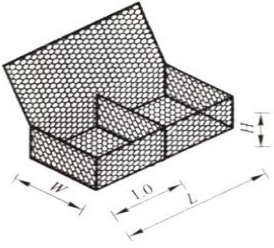
	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m^3)
	2×1×0.5	1	1
	3×1×0.5	2	1.5
	4×1×0.5	3	2

表 A.3 高为 1m 的独立盖板网箱常用定型规格尺寸

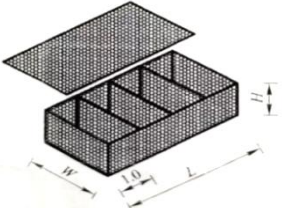
	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m^3)
	3×2×1	2	6
	4×2×1	3	8

表 A.4 高为 0.5m 的独立盖板网箱常用定型规格尺寸

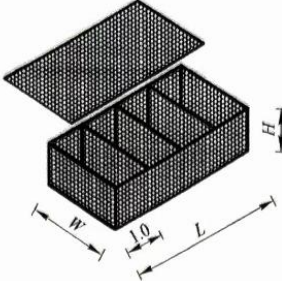
	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m^3)
	3×2×0.5	2	3
	4×2×1	3	4
	5×2×1	4	5
	6×2×1	5	6

表 A.5 高为 0.30m 的网垫常用定型规格尺寸

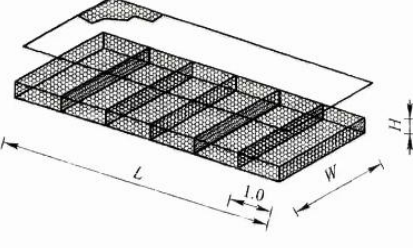
	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m ³)
	3×2×0.30	2	1.8
	4×2×0.30	3	2.4
	5×2×0.30	4	3.0
	6×2×0.30	5	3.6
	3×3×0.30	2	2.7
	4×3×0.30	3	3.6
	5×3×0.30	4	4.5
	6×3×0.30	5	5.4

表 A.6 高为 0.40m 的网垫常用定型规格尺寸

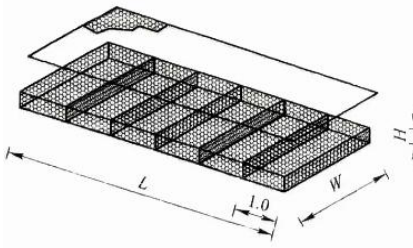
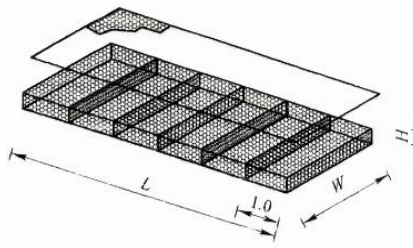
	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m ³)
	3×3×0.40	2	-
	4×3×0.40	3	-
	5×3×0.40	4	-
	6×3×0.40	5	-

表 A.7 高为 0.45m 的网垫常用定型规格尺寸

	$L \times W \times H$ (m×m×m)	隔板数 (个)	参考容积 (m ³)
	3×2×0.45	2	2.7
	4×2×0.45	3	3.6
	5×2×0.45	4	4.5
	6×2×0.45	5	5.4

附录 B

(资料性)

网面拉伸强度、翻边强度测定方法

本方法为机编钢丝网常温拉伸试验方法，用以测定产品的网面拉伸强度和网面翻边强度。

B.1 原理

试验系用拉伸测试机将试样拉伸，拉至网面中网丝断裂或者网面翻边处散开或钢丝断裂，以便测定网面的力学性能。

B.2 要求

B.2.1 有效试样宽度：固定于夹具左、右两侧固定卡扣之间的试样宽度（参见图B.1～图B.6）。

B.2.1 破坏荷载：对于网面拉伸强度试验，以网面中第一根网丝断裂时的荷载作为破坏荷载。对于网面翻边强度试验，如网面翻边处散开，以峰值拉力作为破坏荷载，如翻边处钢丝断裂，则以钢丝断裂时的荷载作为破坏荷载。

B.2.1 网面拉伸强度/网面翻边强度：破坏荷载与有效试样宽度的比值。

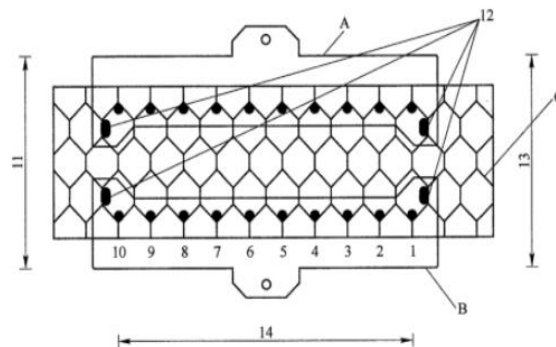
B.2.1 夹具上下两端的距离读数：在试验开始和结束时测量夹具左右两端夹具间的距离，用来计算试验过程中试样的平均延伸率。

B.2.1 以荷载加载到4000N时作为试验的开始（初始荷载为0）。

B.3 试样

B.3.1 网面拉伸强度试验试样尺寸及固定方法如图1～图3所示，网面翻边强度试验试样尺寸及固定方法参照图4～图6。

B.3.2 试样尺寸的测量：用卷尺和游标卡尺分别测量网面的网孔大小和网丝、边丝、端丝的丝径。用卷尺测量网面的有效宽度及试样的初始尺寸。



说明：

1～10——固定装置；

11——夹具左端距离测量；

12——侧向固定装置；

13——夹具右端距离测量；

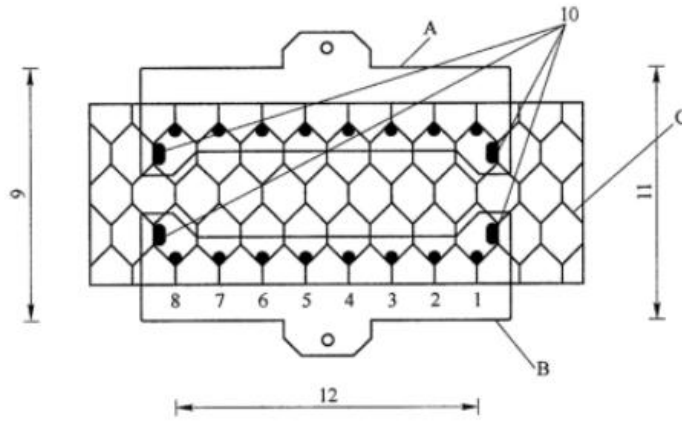
14——试样有效宽度；

A——上夹具；

B——下夹具；

C——网面试样。

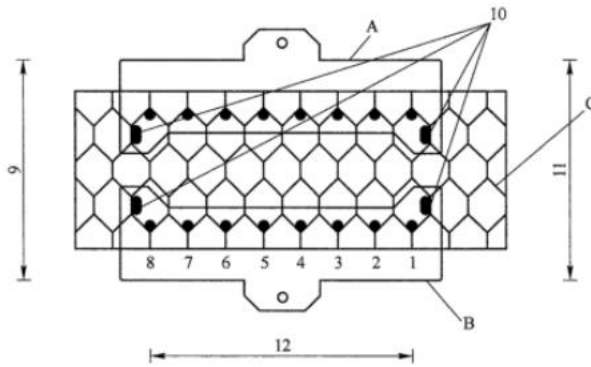
图B.1 M6型网面拉伸强度试样尺寸及固定



说明：

- 1~8——固定装置；
- 9——夹具左端距离测量；
- 10——侧向固定装置；
- 11——夹具右端距离测量；
- 12——试样有效宽度；
- A——上夹具；
- B——下夹具；
- C——网面试样。

图B.2 M8型网面拉伸强度试样尺寸及固定

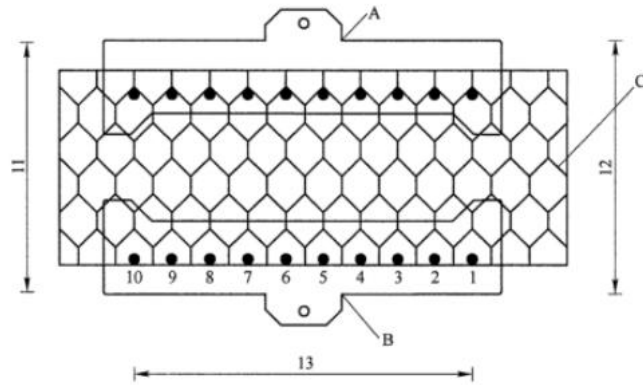


说明：

- 1~8——固定装置；
- 9——具左端距离测量；
- 10——侧向固定装置；
- 11——夹具右端距离测量；
- 12——试样有效宽度；
- A——上夹具；
- B——下夹具；

C——网面试样。

图B.3 M10型网面拉伸强度试样尺寸及固定



说明：

1~10——固定装置；

11——夹具左端距离测量；

12——夹具右端距离测量；

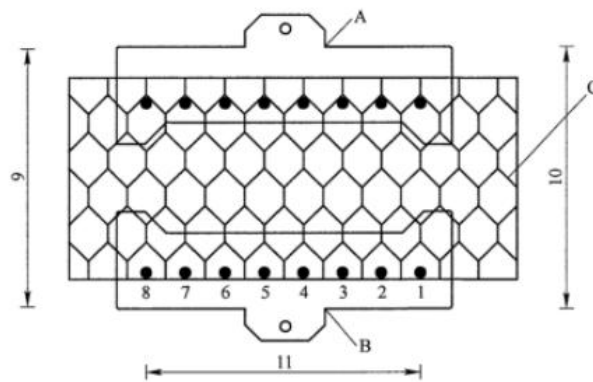
13——试样有效宽度；

A——上夹具；

B——下夹具；

C——网面试样。

图B.4 M6型网面翻边强度试样尺寸及固定



说明：

1~8——固定装置；

9——夹具左端距离测量；

10——夹具右端距离测量；

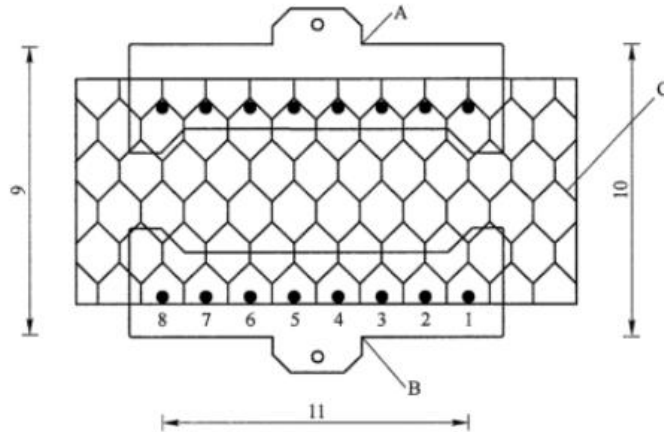
11——试样有效宽度；

A——上夹具；

B——下夹具；

C——网面试样。

图B.5 M8型网面翻边强度试样尺寸及固定



说明:

- 1~8——固定装置;
- 9——夹具左端距离测量;
- 10——夹具右端距离测量;
- 11——试样有效宽度;
- A——上夹具;
- B——下夹具;
- C——网面试样。

图B.6 M10型网面翻边强度试样尺寸及固定

B.4 试验条件

试验应在室温10℃~35℃下进行。

B.5 试验方法

按照下列方法进行试验:

- a) 根据图 5~图 10 固定试样;
- b) 试验加载速度采用 6mm/min;
- c) 施加 4000 N 的预加荷载, 使试样中的每根钢丝均受到轻微的拉力;

d) 对于网面拉伸强度试验, 当第一根网面钢丝断裂时, 试验终止。对于网面翻边强度试验, 如网面翻边处散开时, 则继续进行拉伸试验直到测得峰值拉力; 如网面翻边处钢丝断裂, 试验终止。通过测量试验开始时与结束时网面的垂直变形可以计算出网面的延伸率, 由初始和结束时网面变形差值的平均值可以得出网面破坏时的延伸率;

e) 为了保证网面均匀受力及整个网面固定于固定装置上, 试样上下两端均须翻边;

f) 试验样品个数由供需双方商议确定, 试验后需提供相应试验报告。

B.6 试验结果判定

进行网面拉伸强度试验时, 网面钢丝断裂的位置需离上下两端固定装置和两侧的侧向固定装置至少不小于一个双铰合点才视为有效试验, 如网面钢丝断裂点在上下两端固定装置处或两侧的侧向固定装置

处，则视为无效试验。

进行网面翻边强度试验时，网面翻边处钢丝散开或翻边处钢丝断裂视为有效试验，如钢丝断裂位置在非翻边位置处，视为无效试验。

B.7 性能测定

机编钢丝网面的拉伸强度及翻边强度是指试样在拉力机上拉伸至断裂的过程中，单位宽度能承受的最大拉力，单位为千牛每米（kN/m）。

网面拉伸强度或网面翻边强度按公式（B.1）计算后确定。

$$T = P_m / B \times 1000 \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：

T ——网面拉伸强度/网面翻边强度，单位为千帕（kPa）；

P_m ——破坏荷载，单位为千牛（kN）；

B ——有效试样宽度，单位为毫米（mm）。

附录 C

(资料性)

空隙率测定方法

本方法为生态格网结构空隙率试验方法，用以测定网箱或网垫填充后结构空隙率。

C.1 原理

试验系通过敞口刚性盛水容器（容器体积已知，有刻度，以下简称盛水容器），利用排水法原理（块石排开水的体积即为块石体积）测得网箱或网垫内填充块石总体积，从而计算格网结构内部空隙率。

C.2 试验条件

试验应在 4°C~35°C 的环境温度下进行。

C.3 试验方法

- C.3.1 准备敞口刚性、带刻度的盛水容器。使用前应进行校准，校准方法参考SL 127执行。
- C.3.2 将要检测空隙率的网箱内填充块石全部取出，进行饱和和处理，水面至少高出试样50mm，浸泡24h，粒级大于80mm的块石应适当延长浸泡时间。
- C.3.3 块石饱和后毛巾擦干装入盛水容器中，用容筒向盛水容器中倒水，倒水至已知刻度体积 V_1 并记录倒入水的总体积 V_2 。
- C.3.4 计算块石总体积 $V_s = V_1 - V_2$ 。
- C.3.5 如果盛水容器一次装不完块石，可以分多次按C.3.2、C.3.3步骤进行。
- C.3.6 用钢尺测得网箱的长、宽、高，计算体积 V 。
- C.3.7 生态格网结构空隙率的计算公式如下：

$$V = L \times W \times H \dots\dots\dots (C.1)$$

$$n = \frac{V - V_s}{V} \times 100\% \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

n — 填充后的生态格网结构空隙率，单位为百分数（%）；

V_s — 填充块石总体积，单位为立方米（ m^3 ）；

V — 网箱的体积，单位为立方米（ m^3 ）。