

水利工程三维加筋固土网垫应用技术规程

2024 - 08 - 13 发布

2024 - 11 - 13 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料选择 2

5 设计 4

6 施工 5

7 质量检测与评定 6

附录 A（资料性）三维加筋固土网垫设计计算 8

参考文献 11

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。

本文件由山西省水利厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省水利标准化技术委员会（SXS/TC20）归口。

本文件起草单位：山西省水利水电勘测设计研究院有限公司、山西省水利发展中心、运城市水利勘测设计研究院有限公司、临汾市悦海水利勘测设计有限公司。

本文件主要起草人：何志萍、任雁彬、李姝雅、高建民、王新宇、周鸿彬、王勇森、方翠、赵连庆、安普太、张宁、郭红争、郭计平、徐海龙、徐睿、郑锐、段永峰、李莎、邢茹。

水利工程三维加筋固土网垫应用技术规程

1 范围

本文件规定了水利工程三维加筋固土网垫应用的范围、材料选择、设计、施工、质量检测与评定等要求。

本文件适用于山西省水利工程河湖岸坡、堤坝边坡及其他土质边坡的防护工程。

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/T 13760	土工合成材料	取样和试样准备
GB/T 13762	土工合成材料	土工布及土工布有关产品单位面积质量的测定方法
GB/T 13763	土工合成材料	梯形法撕破强力的测定
GB/T 14800	土工合成材料	静态顶破试验（CBR法）
GB/T 15788	土工合成材料	宽条拉伸试验方法
GB/T 17638	土工合成材料	短纤针刺非织造土工布
GB/T 17639	土工合成材料	长丝纺粘针刺非织造土工布
SL 176	水利水电工程施工质量检验与评定规程	

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

三维加筋固土网垫

由加筋网片和丝瓜网络状聚合物网垫构成的抗冲固土三维结构体。

3.2

加筋网片

加筋网片是由六边形双绞金属格网、土工格栅等单一或多种材料组合而成的片状结构。

3.3

聚合物网垫

以高分子聚合物为原料，采用熔融挤出喷丝工艺，形成的具有一定厚度和力学性能的丝瓜网络片状结构。

3.4

金属格网

采用高强度低碳热镀锌钢丝或铝锌混合稀土合金镀层钢丝等，经机械较合编织而成的具有抗拉、抗腐蚀、耐磨损等特性的多孔网片。

3.5

土工格栅

采用玻璃纤维经编织和表面浸渍处理或采用聚丙烯高分子聚合物经热塑、冲孔拉伸而成，具有耐久性和力学特性的二维网格状网片。

3.6

锚固钉

将三维加筋固土网垫固定于坡面的“U”“Γ”形或倒刺形构件。

3.7

打孔型长丝反滤土工布

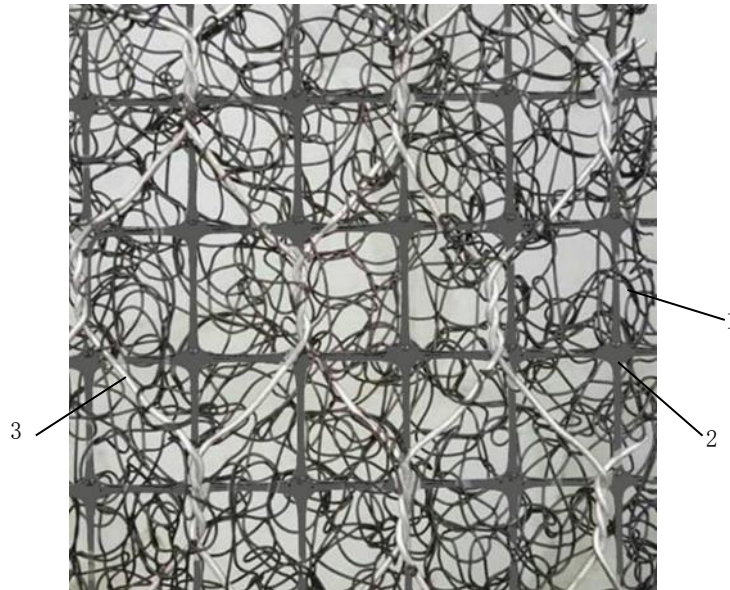
采用高分子合成纤维，经针刺或编织、机器打孔等工艺制成的具有反滤、保水和辅助植物生长性能的长丝布状织物。

4 材料选择

4.1 三维加筋固土网垫

4.1.1 示意图

三维加筋固土网垫示意图见图1。



标引序号说明：

1——聚合物网垫；

2——土工格栅；

3——六边形双绞金属格网。

图1 三维加筋固土网垫示意图

4.1.2 加筋网片

加筋网片宜选用六边形双绞金属格网、土工格栅等材料。其物理力学性能应符合表1、表2的规定。

表1 金属格网物理力学性能指标

序号	项目	指标
1	材质	锌-5%铝-稀土合金镀层的低碳钢丝网片 锌-10%铝-稀土合金镀层的低碳钢丝网片
2	网孔尺寸/mm	100 (±5%) × 120 (±10%)
3	网面钢丝直径/mm	2.0 ± 0.05
4	镀层重量/(kg/m ²)	≥205 钢丝镀层厚度均匀测量四点数值(上、下、左、右)
5	钢丝的抗拉强度/MPa	350~550

表2 土工格栅物理力学性能指标

类型	序号	项目	指标
塑料格栅	1	材质及类型	聚丙烯双拉
	2	纵/横向拉伸强度/(kN/m)	≥15.0
	3	纵/横 2%伸长率时的拉伸强度/(kN/m)	≥5.0
	4	纵/横 5%伸长率时的拉伸强度/(kN/m)	≥7.0
	5	纵向标称伸长率/%	≤15.0
	6	横向标称伸长率/%	≤13.0
玻璃纤维格栅	1	网眼尺寸/mm	≥19 (经、纬向)
	2	网眼目数(网孔中心距)/mm	25.4 ± 3.8 (经、纬向)
	3	断裂强度/(kN/m)	≥30 (经、纬向)
	4	断裂伸长率/%	≤4 (经、纬向)

4.1.3 聚合物网垫

聚合物网垫材质化学性能应满足工程环境条件的抗腐蚀、耐老化、阻燃要求，其性能应符合表3的要求。

表3 聚合物网垫性能指标

指标		规格(单位面积质量)/(g/m ²)		
		≥350	≥450	≥550
抗拉强度/(kN/m)	纵向	≥1.2	≥1.8	≥2.2
	横向	≥0.8	≥1.2	≥1.6
阻燃级别		V-2		
抗UV性/%		抗紫外线强度保持率(150h) ≥90		
注：以上数据参照GB/T 17689、GB/T 18744、GB/T 21825				

4.2 反滤土工布

4.2.1 反滤土工布的性能应符合 GB/T 17638 或 GB/T 17639 的要求。

4.2.2 有绿化要求的反滤土工布应采用打孔型长丝反滤土工布，其物理力学性能宜符合表4的规定。

表4 打孔型长丝反滤土工布物理力学性能指标

序号	检测项目	技术要求	检测方法
1	孔径/mm	2~6	刻度尺测量
2	打孔孔距/cm	≥2.5	刻度尺测量
3	单位面积质量/(g/m ²)	50 ± 10	GB/T 13762
4	纵横向断裂强度/(kN/m)	≥3.0	GB/T 15788
5	标称断裂强度对应伸长率/%	20~100	GB/T 15788
6	顶破强力/kN	≥0.6	GB/T 14800
7	撕破强力/kN	≥0.10	GB/T 13763

4.3 锚固钉

锚固钉材质应满足工程环境条件的抗腐蚀、耐老化要求，可选用塑料、钢材。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 防护边坡坡面应为稳定边坡。

5.1.2 三维加筋固土网垫防护结构有两种组合型式。当要求固土网垫仅有防冲固土作用时，采用三维加筋固土网垫和反滤土工布组合结构；当要求固土网垫具有防冲固土作用及垫下铺设草籽布时，采用三维加筋固土网垫、打孔型长丝反滤土工布组合结构。

5.2 三维加筋固土网垫设计

5.2.1 设计考虑主要因素

5.2.1.1 水环境条件：降雨、流速、水质等。

5.2.1.2 地质条件：被保护土体的边坡坡度、物理力学性质等。

5.2.2 聚合物网垫选型

聚合物网垫宜结合工程条件选型，也可参照表5确定。

表5 聚合物网垫设计选型

水流流速/ (m/s)	规格 (单位面积质量) / (g/m ²)
<3.0	≥350
3.0~4.0	≥450
4.0~5.0	≥550

5.2.3 加筋网片选型

加筋网片可选用六边形双绞金属格网、土工格栅等材料，其物理力学性能应符合表1、表2的规定。

5.2.4 锚固钉设计

5.2.4.1 钢制锚固钉宜采用直径不小于Φ8 mm 的“U”或“Γ”形钉，锚固长度不小于 600 mm；塑料锚固钉宜采用直径不小于Φ12 mm 的倒刺形钉，锚固长度不小于 600 mm。

5.2.4.2 锚固钉采用梅花形布置，间距排距不大于 1.5 m，并满足固土网垫稳定计算要求。护坡压顶、压脚及搭接缝处锚固钉应加密。

5.2.5 网垫搭接设计

网垫铺设方向应顺坡铺设，幅间顺水流方向上游压下游搭接，顺坡向高处压低处搭接，搭接宽度不小于15 cm，并采用直径为2 mm的锌-5%铝钢丝连接绑扎，绑扎间距不大于20 cm。

5.2.6 护坡压顶、压脚设计

压顶宜采用混凝土或浆砌石结构，尺寸和重量应满足稳定要求，结构计算参考附录A；压脚宜采用格网石笼、混凝土或浆砌石结构，尺寸应满足抗冲刷要求。

5.2.7 覆土设计

固土网垫表面覆土厚度5 cm~10 cm，同时应满足绿化种植要求。

5.2.8 设计计算

三维加筋固土网垫的设计计算包括荷载计算、稳定计算和强度计算，计算方法参考附录A。

5.3 护坡植被要求

充分了解当地植物的物种、习性和分布情况，确定适合当地的草本植物。当采用表面撒播时，应选用根系发达的多年生草本植物品种。

6 施工

6.1 施工流程

施工流程见图2。

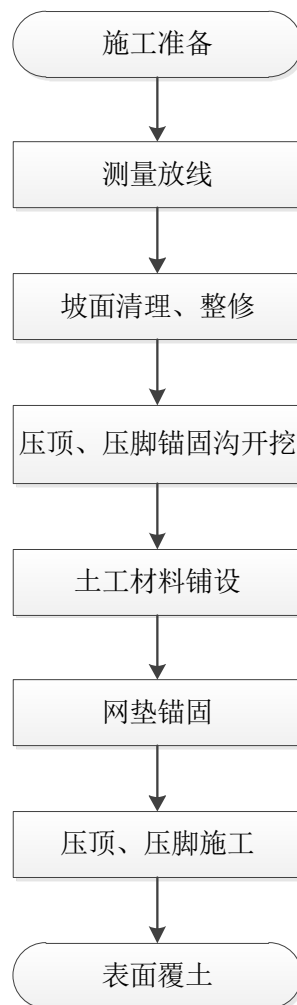


图2 施工流程图

6.2 坡面清理、整修

- 6.2.1 坡面应清除可能损伤网垫的带尖棱硬物、植物根系等。
- 6.2.2 清理后坡面应平整。
- 6.2.3 如遇局部不密实基面，应采取压实措施。

6.3 土工材料铺设

网垫铺设应与坡面密贴，搭接满足设计要求。

6.4 网垫锚固

- 6.4.1 锚钉锚固位置应布设在金属格网网片扭绞或土工格栅节点处。
- 6.4.2 锚钉施工时不得损伤加筋网片。
- 6.4.3 三维加筋固土网垫锚固示意图见图3。

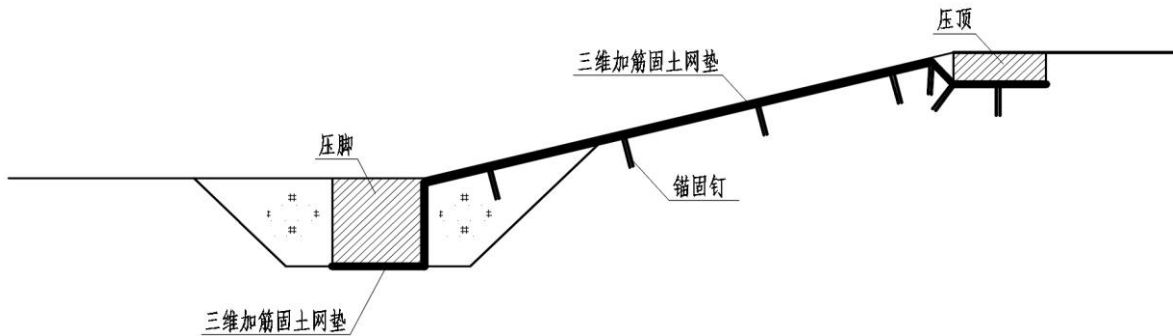


图3 三维加筋固土网垫锚固示意图

7 质量检测与评定

7.1 固土网垫质量检测

- 7.1.1 固土网垫的质量需满足表3要求；对同一批次材料的固土网垫，进场后每10000 m²面积划分为一个检验批，不足10000 m²作为一个检验批。
- 7.1.2 同一检验批的抽检组数按照GB/T 13760的要求执行。

7.2 施工质量检测

网垫的施工质量检测应符合表6的要求。

表6 三维加筋固土网垫施工检测要求

检测项目	质量检测标准	检测要求
网垫铺设、搭接、固定	铺设平顺，搭接满足设计要求，压顶、压脚、坡面固定牢靠	每50 m检查一个断面
网垫覆土	表面平整、无蚀沟、无剥离，厚度满足设计要求，锚钉、网垫无外露现象	每50 m检查一个断面

7.3 质量评定

7.3.1 工程质量评定按照 SL 176 的规定执行。

7.3.2 三维加筋固土网垫单元工程质量评定表见表 7。

表7 三维加筋固土网垫单元工程质量等级评定表

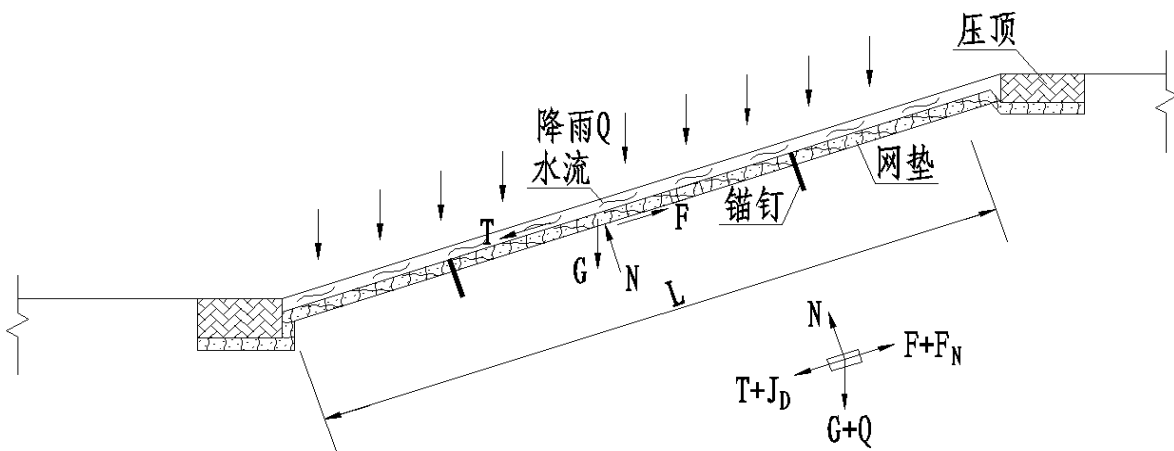
单位工程名称				单元工程量			
分部工程名称				起止桩号（高程）			
单元工程名称、部位				检验日期			
项类	检查项目		质量标准	检查记录			
主控项目	1	三维加筋固土网垫	性能指标符合设计要求				
	2	边坡处理	符合设计及规范要求				
	3	铺设及锚固	铺设及锚固满足设计要求				
	4	表面覆土	符合设计要求				
一般项目	检查项目		质量标准	检查（测）记录	合格点数（点）	合格率（%）	
	1	搭接宽度	$\geq 150\text{mm}$				
	2	压顶底高程	不低于设计底高程				
	3	压脚底高程	不高于设计底高程				
施工单位	自检结果	主控项目	一般项目	监理单位	检查结果	主控项目	一般项目
	评定等级				评定等级		
	质量负责人				监理工程师		

附录 A
(资料性)
三维加筋固土网垫设计计算

A.1 三维加筋固土网垫荷载计算

A.1.1 受力分析

三维加筋固土网垫受力分析见图A.1。



图A.1 三维加筋固土网垫受力分析

A.1.2 覆土自重

三维加筋固土网垫及覆土自重按照几何尺寸及材料重度计算确定。

A.1.3 雨滴击溅力

雨滴击溅力的计算见公式A.1。

$$Q = \rho P B L \cos^2(\alpha - \beta) V_d / 1000 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- Q——雨滴溅击力，单位为千牛（kN）；
- ρ ——水的密度，单位为千克每立方米（ kg/m^3 ）；
- P——降雨强度，单位为毫米每秒（ mm/s ）；
- L——坡面长度，单位为米（m）；
- B——护坡长度，单位为米（m）；
- α ——坡面与水平方向夹角，单位为度（ $^\circ$ ）；
- β ——降雨与垂直方向夹角，单位为度（ $^\circ$ ）；
- V_d ——雨滴落地速度，单位为米每秒（ m/s ），大雨、暴雨一般为 $9.0 \text{ m}/\text{s}$ 。

A.1.4 径流剪切力

径流剪切力的计算见公式A. 2和A. 3。

$$T = \gamma_w B L h \sin \alpha \dots\dots\dots (A. 2)$$

$$h = \left[\frac{n p L \cos(\alpha - \beta)}{1000 i^{1/2}} \right]^{3/5} \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中：

- T ——径流剪切力，单位为千牛（kN）；
- γ_w ——水的容重，单位为千牛每立方米（kN/m³）；
- h ——径流深，单位为米（m）；
- n ——坡面糙率；
- i ——坡面坡度。

A. 1.5 坡面对三维加筋固土网垫的支撑力

坡面对三维加筋固土网垫的支撑力由力系平衡求解，计算见公式A. 4。

$$N = (G_{网} + G_{土} + G_{水}) \cos \alpha + Q \cos(\alpha - \beta) \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

- N ——坡面对三维加筋固土网垫的支撑力，单位为千牛（kN）；
- $G_{网}$ ——三维加筋固土网垫自重，单位为千牛（kN）；
- $G_{土}$ ——覆土重，单位为千牛（kN）；
- $G_{水}$ ——坡面径流水重，单位为千牛（kN）；
- Q ——雨滴溅击力，单位为千牛（kN）。

A. 1.6 坡面摩擦力

坡面摩擦力的计算见公式A. 5。

$$F = \mu N \dots\dots\dots (A. 5)$$

式中：

- F ——坡面摩擦力，单位为千牛（kN）；
- μ ——三维加筋固土网垫与坡面的摩擦系数。

A. 1.7 渗流力

渗流力的计算见公式A. 6。

$$J_D = \gamma_w i B L t \dots\dots\dots (A. 6)$$

式中：

- J_D ——渗流力，单位为千牛（kN）；
- t ——三维加筋固土网垫厚度，单位为米（m）。

A. 1.8 压顶锚固力

压顶锚固力的计算见公式A. 7。

$$F_N = \mu' G_{压顶} \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中：

- F_N ——压顶锚固力，单位为千牛（kN）；

μ' ——压顶与土体的摩擦系数；
 $G_{压顶}$ ——压顶自重，单位为千牛（kN）。

A.2 三维加筋固土网垫稳定计算

抗滑安全系数的计算见公式A.8、A.9和A.10。

$$K = R/S \dots\dots\dots (A.8)$$

$$R = F_N + F \dots\dots\dots (A.9)$$

$$S = (G_{网} + G_{土} + G_{水}) \sin \alpha + Q \sin(\alpha - \beta) + T + J_D \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

K ——抗滑安全系数；
 R ——抗滑力，单位为千牛（kN）；
 S ——滑移力，单位为千牛（kN）；
 J_D ——渗流力，单位为千牛（kN）。

A.3 三维加筋固土网垫强度计算

A.3.1 锚钉对三维加筋固土网垫的拉力

以单元体下面的锚钉对单元体没有力的作用为前提，按力系平衡求解锚钉对三维加筋固土网垫的拉力，计算见公式A.11。

$$T' = (G_{网} + G_{土} + G_{水}) \sin \alpha + Q \sin(\alpha - \beta) + T + J_D - F \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

T' ——锚钉对三维加筋固土网垫的拉力，单位为千牛（kN）。

A.3.2 三维加筋固土网垫的抗拉强度

三维加筋固土网垫的抗拉强度计算见公式A.12。

$$T_d = T/B \dots\dots\dots (A.12)$$

式中：

T_d ——三维加筋固土网垫的抗拉强度，单位为千牛每米（kN/m）。

注：抗拉强度 T_d 和材料拉伸强度 T_u 应满足 $T_d \leq T_u/2.32$ 的关系。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17689—2008 土工合成材料 塑料土工格栅
 - [2] GB/T 18744—2002 土工合成材料 塑料三维土工网垫
 - [3] GB/T 21825—2008 玻璃纤维土工格栅
 - [4] CECS 353：2013 生态格网结构技术规程
-