

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

生态护坡 蜂格网应用导则

Slope eco-protection Technical guidelines for application of cellular
confinement sideslope protection system

（报批稿）

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

前 言

根据中国水利学会团体标准制修订计划安排,按照工程建设标准编写规定(建标(2008)182号)的要求,编制本标准。

本标准共分为六章,主要内容包括范围、术语、材料与组件、设计与应用、施工、质量验收等。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利,本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。
本标准由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议,请寄送至中国水利学会(地址:北京市西城区白广路二条16号,邮编100053),以便今后修订时参考。

本标准主编单位: 哈尔滨金蜂巢工程材料开发有限公司

中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准参编单位: 黄河勘测规划设计研究院有限公司

长江水利委员会长江科学院

湖北省水利水电规划勘测设计院

内蒙古黄河工程局股份有限公司

黑龙江宝科新材料技术开发有限公司。

本标准主要起草人: 乔支福 瞿英蕾 吴允政 陈全宝 周炳昊

刘 涛 郭建业 郝利勋 程 龙 张 鹏

丛日亮 樊祥船 张 煜 关喜才 王 浩

马 纪 赵 亮 徐唯强 银佳男 张 赛

姚晓敏 刘贤才 年夫喜 张祥菊 王兴召

刘晓亮 汤升才 齐向南 关 靖 秦俊芬

许文盛 王志刚 黄金权 邹 翔 蔡道明

孙佳佳 张志华 张文杰 孙宝洋 李建明

本标准主要审查人员: 吴伯健 唐 涛 宁堆虎 陈改新 蔡正银

张 滨 刘洪禄

目 次

前 言3

1 总 则.....1

2 术语.....2

3 材料与组件.....3

 3.1 蜂格网材料.....3

 3.2 蜂格护坡系统的构成及尺寸.....4

 3.3 蜂格网配件.....5

 3.4 其它适配组件.....6

4 设计与应用.....7

 4.1 一般规定.....7

 4.2 蜂格网锚固.....8

 4.3 平铺式典型结构.....9

 4.4 格室填充材料.....17

5 施工.....19

 5.1 一般规定.....19

 5.2 进场后运输、储存和检验.....19

 5.3 坡基面平整.....20

 5.4 敷设土工垫层.....20

 5.5 蜂格网的安装.....21

 5.6 填充.....24

6 质量验收.....26

本规范用词说明.....27

引用标准名录.....28

1 总 则

1.0.1 本标准规定了蜂格网及辅助组件材料的规格、性能等设计标准，明确了蜂格网护坡在各类工程的设计、施工、质量控制和维护等方面应用的相关要求。

1.0.2 本标准适用于坡度不超过 1: 0.75、流速小于 5m/s 的各类边坡、坡式护岸、堤坝、人工渠道、山体、道路等护坡工程，其他工程可参照使用。

1.0.3 蜂格网护坡的设计与施工时，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 蜂格护坡系统 Honeycomb-Cell Web (cellular confinement) slope protection system

在蜂格网格室内填充泥土、沙石或混凝土等材料，与组间连接件、限位件、锚杆等组件配套构成的具有强大侧向限制、能够增强边坡土体稳定、提高边坡抗冲刷能力的生态结构系统。

2.0.2 蜂格网 cellular grid

基于蜂窝约束技术，由长条形的高分子合金材料或改性的高密度聚乙烯（HDPE）片材，经超声波焊接而成，展开呈蜂巢六边形三维网状结构。所用片材两面均有菱形加筋三维网状花纹和圆形通孔阵列或格室底边为锯齿状。

2.0.3 组间连接件 intergroup connecting piece

将两组蜂格网相互连接为一体的构件。

2.0.4 限位件 spacing piece

与锚杆连接，将蜂格网夹持固定的构件。

2.0.5 生态网箱 ecological foot-fixing net cage

由石笼网与 PET 纤维编织袋组成，以原土填充用于坡底固脚的网状箱体。

2.0.6 种植土 planting soil

具备植物生长所需理化性质的土壤，包括自然土壤和人工配制土壤。

3 材料与组件

3.1 蜂格网材料

3.1.1 蜂格网宜由高分子合金材料或改性的高密度聚乙烯（HDPE）片材等材料制成。常用蜂格网结构见图 3.1.1。

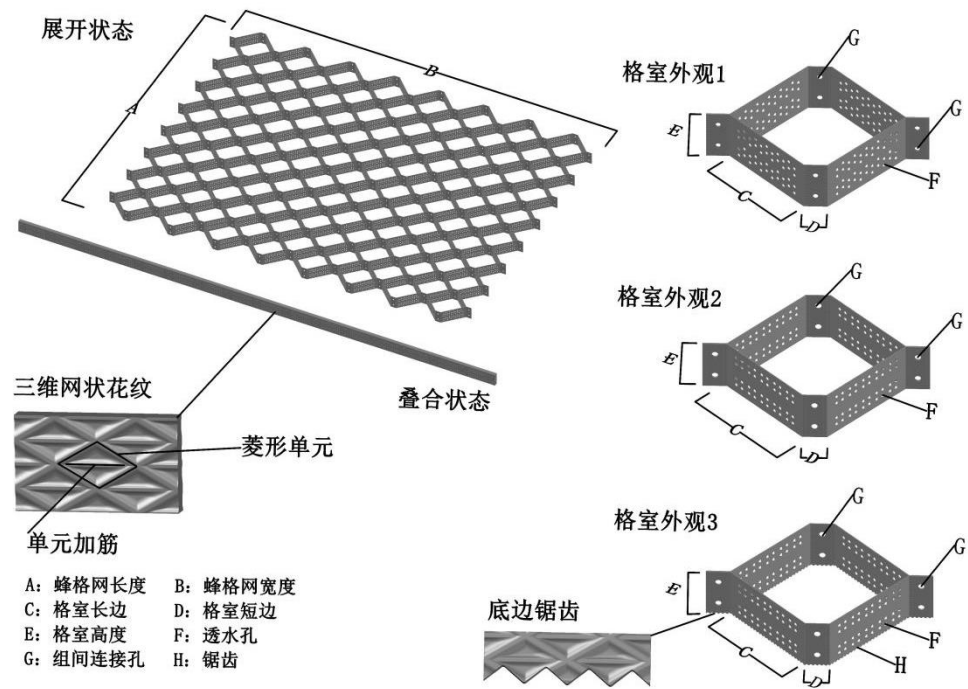


图 3.1.1 蜂格网结构

3.1.2 蜂格网可按照性能指标高低程度，分为 A、B、C 三类，各类性能指标除了应符合表 3.1.2 的规定外，还可参照 GB/T 19274 的相关要求。

表 3.1.2 片材性能指标表

项 目		单位	性 能			检测方法
			A 类	B 类	C 类	
片材拉伸强度(有孔)		N/cm	≥150	≥170	≥200	GB/T 19274
焊缝抗拉强度		N/cm	≥150	≥170	≥200	GB/T 19274
组间连接处	边缘	N/cm	≥175	≥185	≥215	GB/T 19274
抗拉强度	中间		≥165	≥175	≥205	
低温脆化温度（寒地适用）		℃	≤-50			GB/T5470 方法 A

表 3.1.2 片材性能指标表（续）

项 目	单位	性 能			检测方法
		A 类	B 类	C 类	
维卡软化温度	℃	≥112			GB/T 1633
氧化诱导时间	min	≥200		≥300	GB/T 17391
片材抗紫外线照射强度 保持率（550w\150h）	%	≥80		≥90	GB/T 16422.2
片材环保检测	/	合格			GB 17219
平均线性膨胀系数 （-30℃~+30℃）	K ⁻¹	≥170×10 ⁻⁶			GB/T36800.2 方法 B
环境应力开裂 F ₅₀	h	≥1000			GB/T 1842
标称伸长（4.5kg/24h）	mm	≤2.6			GB/T11546.1

3.2 蜂格护坡系统的构成及尺寸

3.2.1 蜂格护坡系统是由蜂格网、组间连接件、限位件、锚钎、填料等配件配套构成。

3.2.2 蜂格网常用规格宜采用表 3.2.2 的尺寸，可根据工程需要做适当调整。

表 3.2.2 蜂格网规格尺寸

项目	单位	规格尺寸		
格室短边（±5）	mm	45		
格室长边（±5%）	mm	200	307	445
长向格数	格	3~30		
宽向格数	格	13	9	6
片材厚度	mm	1.5~1.85		
格室高度（±3）	mm	50，100，150，200		
适宜打开的格室尺寸	mm	283×373	434×526	629×720
格室公称面积	cm ²	528	1142	2270
透水孔直径	mm	6~7		
格室长边开孔率	%	6~9		
组间连接孔直径	mm	10~12		
片材表面花纹深度	mm	0.12~0.35		

菱形花纹单元规格（±0.4）	mm	2.1×3.6
三角形锯齿高度	mm	1.5~3.5

3.3 蜂格网配件

3.3.1 组间连接件宜采用与蜂格网抗老化等长期性能一致的材质，宜采用子母螺丝形式，抗拉强度应不小于 1000N/套，连接数量应根据设计连接强度确定，常见外形见图 3.3.1。

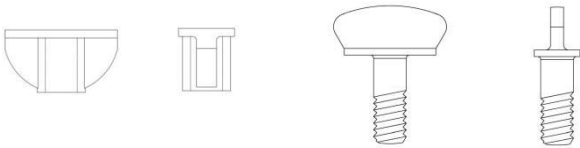


图 3.3.1 组间连接件

3.3.2 限位件宜采用与蜂格网抗老化等长期性能一致的材质，套筒内径应与 Ø14 螺纹钢筋契合，夹持臂与套筒长度宜大于 50mm，有格室短边承托面时宽度宜大于 40mm，常见外形见图 3.3.2。

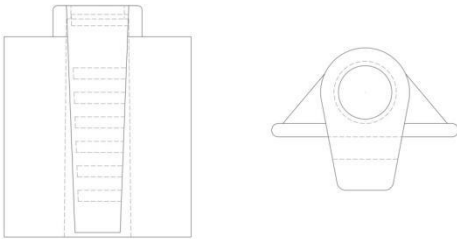


图 3.3.2 限位件示意图

- 3.3.3 限位件与蜂格网的接触受力面积应不小于 16cm²。
- 3.3.4 锚钎应能够与地基紧密固定，宜选用热轧带肋钢筋、木制锚杆以及预制混凝土桩。
- 3.3.5 热轧带肋钢筋锚钎宜采用 Ø14mm、Ø25mm 热轧带肋钢筋，材料的性能应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的要求。
- 3.3.6 热轧带肋钢筋插入限位件锥孔可组成专用锚钎，用于固定蜂格网。常见外形见图 3.3.6。



图 3.3.6 热轧带肋钢筋锚钎示意图

3.3.7 木质锚杆宜采用直径 10 cm ~25cm、坚硬顺直的杉木杆或松木杆，使用前应做防腐

处理。

3.3.8 预制混凝土桩宜采用 C20 以上混凝土加钢筋制成直径 30cm 左右的预制混凝土桩。常见外形见图 3.3.8。

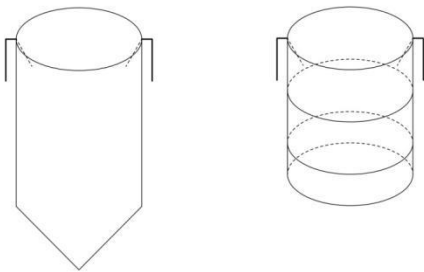


图 3.3.8 预制混凝土桩示意图

3.4 其它适配组件

3.4.1 加筋绳宜采用直径 5 mm~6 mm 封塑钢丝绳，性能应符合现行行业标准《密封钢丝绳》YB/T 5295—2010 的要求。

3.4.2 蜂格网与其下部土体之间可设置能够起到防渗保水或隔离反滤作用的隔离材料。根据工程需要，隔离材料宜选用土工布、土工膜（两布一膜）以及钠基膨润土防水毯等材料，材料性能应符合现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB/T 50290 以及现行行业标准《钠基膨润土防水毯》JG/T 193 的要求。

3.4.3 植被宜优先选择当地多年生且根系发达、出苗快、生长期短的花、草或灌木。

3.4.4 钢丝绳绑扎件在需要用钢丝绳对蜂格网串接辅助牵拽时应与钢丝绳组合使用，常见外形见图 3.4.4。

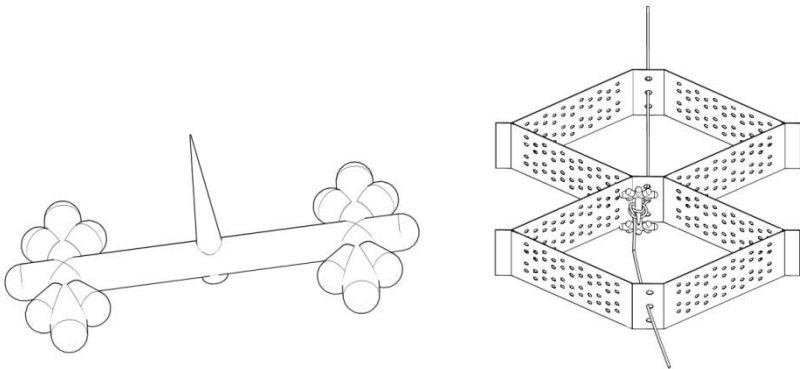


图 3.4.4 钢丝绳绑扎件示意图

4 设计与应用

4.1 一般规定

4.1.1 蜂格护坡系统的布设应在稳定边坡的基础上开展，未达到稳定状态的边坡应先进行治理；蜂格护坡系统设计、施工应为边坡治理及植物生长创造有利条件；加设蜂格护坡系统后，边坡稳定复核时应考虑蜂格护坡系统对坡体产生的附加荷载及作用。

4.1.2 蜂格护坡系统宜适用于以下类型坡体：

- 1 砂性土坡、土坡；
- 2 岩石坡；
- 3 烂泥、砂砾石坡；
- 4 常流速小于 2 m/s 的河道、堤防、护岸等边坡。

4.1.3 边坡采用蜂格防护需要坡面防渗时，隔渗层可采用土工膜或复合土工膜敷设在压实后的坡面上；当地形复杂，土工膜焊接质量无法保证时，隔渗层可采用膨润土防渗垫等可受损后自愈类的土工合成材料。

4.1.4 边坡采用蜂格防护需要排水功能时，可采用无纺土工织物或复合排水材料和结构（排水沟、排水管等），同时应做好土工织物的基底垫层和反滤保护。

4.1.5 蜂格护坡系统的布设应与坡面防渗、排水系统设计相结合，防渗、排水系统设计应符合现行行业标准《水利水电工程边坡设计规范》SL 386、现行行业标准《水利水电工程土工合成材料应用技术规范》SLT 225 和现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB/T 50290 的有关规定。

4.1.6 坡体土与蜂格网内填充料间应满足反滤和排水要求，反滤和排水设计应按照现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB/T 50290 的规定执行。

4.1.7 蜂格护坡系统的适用范围：边坡系数 $m \geq 0.75$ 的非水岸边坡表面防护；边坡系数 $m \geq 1.5$ 的水岸边坡表面防护。

4.1.8 蜂格网型式的选择应满足表 4.1.8 的要求。

表 4.1.8 蜂格网选择表

应用条件		边坡系数 m	格室短边 ±5 mm	格室长边 ±5% mm	格室最小高度 mm	格室种类
水	流速<1m/s	$m \geq 1.5$	45	200	100	A

岸	流速 1~2m/s		45	200	150	A、B
非 水 岸	土质	m≥1.75	45	200、307、445	50	A
		m=1.5~1.75	45	200、307	100	A、B
		m=1.0~1.5	45	200	100	B
	岩质/叠置	m≥0.75	45	200	150	C

4.1.9 蜂格网垂直弯曲半径示意图 4.1.9，最小垂直弯曲半径应符合表 4.1.9 的规定。

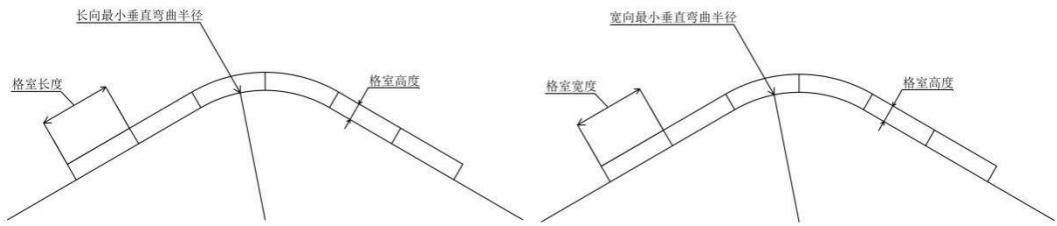


图 4.1.9 蜂格网垂直弯曲半径示意

表 4.1.9 蜂格网最小垂直弯曲半径 单位：mm

格室高度	长向最小垂直弯曲半径	宽向最小垂直弯曲半径
50	300	400
100	600	1000
150	900	1500
200	1200	2000

4.2 蜂格网锚固

4.2.1 专用锚钎应符合下列规定：

- 1 锚钎规格宜采用 HRB400 级钢筋，直径 Ø14mm。
- 2 锚钎锚固宜用于硬塑或坚硬的粘性土、胶结或弱胶结的粉土、砂土、砾石、软岩和风化岩层等挖方边坡或压实的填方边坡。
- 3 锚入深度应满足下列要求：
 - a) 边坡系数 m 不小于 1.5 时的土质边坡锚入深度不应小于 0.4m；
 - b) 边坡系数 m 小于 1.5 且不小于 1.0 时的土质边坡锚入深度不应小于 0.6m；
 - c) 全风化——强风化岩质边坡锚入深度不宜小于 0.5m；
 - d) 弱风化岩质边坡锚入深度不宜小于 0.3m；

e) 水下边坡锚入深度宜适当加深。

4 锚杆布设密度应符合下列规定：

- a) 边坡系数 m 不小于 1.5 时，锚杆密度不小于 0.8 根/ m^2 ；
- b) 边坡系数 m 小于 1.5 且不小于 1.0 时，锚杆密度不小于 1 根/ m^2 ，坡顶宜隔两格一根；
- c) 边坡系数 m 小于 1.0 且不小于 0.75 时，锚杆密度不小于 1.2 根/ m^2 ，坡顶宜隔一格一根；
- d) 设置加筋钢丝绳的边坡，沿坡顶外缘稳定处应设置 $\varnothing 25\text{mm}$ 锚杆，横向间距 1.0m~2.0m；
- e) 水下边坡坡脚处宜每格一根；
- f) 陡坡和水下边坡，锚杆宜适当加密。

4.2.2 松木/杉木桩可用于土体松散难以压实或不宜使用锚杆的坡体，木桩直径应为 10 cm~25cm，长度不应小于 0.8m，密度不应小于 0.5 根/ m^2 。

4.2.3 坡脚为淤泥质土或铺设防渗层无法使用锚杆时，可用预制混凝土桩于梅花型布置。根据淤泥土性质，沿坡脚应每隔 2 格~3 格设置一根；用于铺设定位防渗层时，应每 1.5 m^2 ~3 m^2 设置一根。

4.3 平铺式典型结构

4.3.1 坡顶铺装结构宜采用以下方式：

- 1 蜂窝网在坡顶的常规铺装结构宜采用锚杆固定，见图 4.3.1-1。

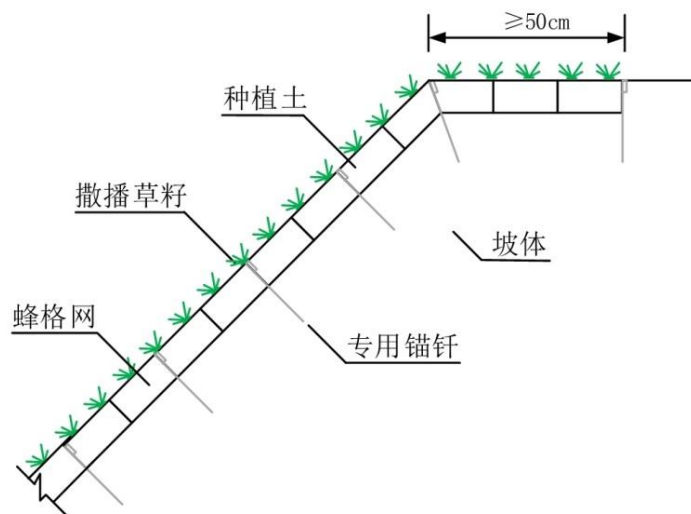


图 4.3.1-1 坡顶锚杆固定铺装结构

2 当边坡土体不宜使用锚杆锚固或边坡有防渗要求时，可采用坡顶压固铺装结构，见图

4.3.1-2。

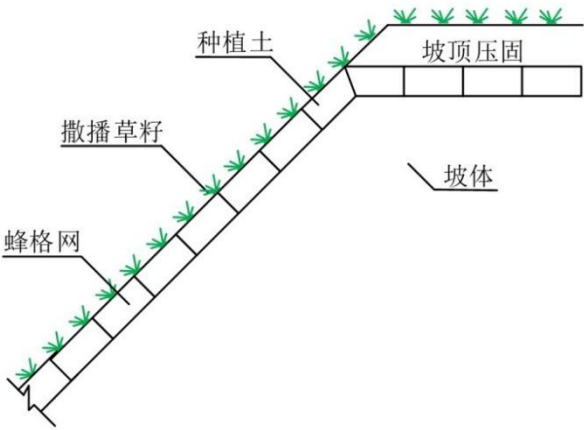


图 4.3.1-2 坡顶压固铺装结构

4.3.2 坡脚防护结构应采用以下方式：

1 当坡脚蜂格网不受水流冲刷影响时，可采用坡脚平铺结构，见图 4.3.2-1。

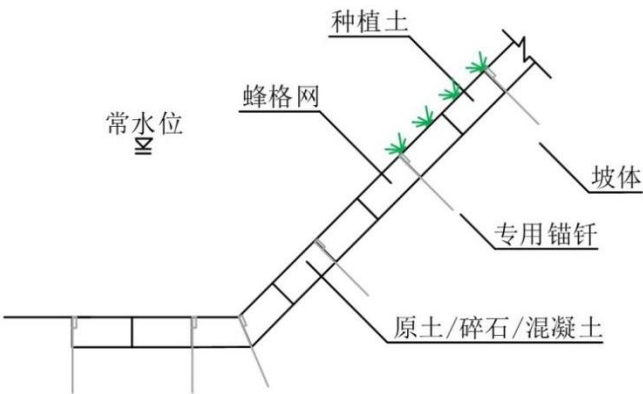


图 4.3.2-1 坡脚平铺结构

2 当坡脚蜂格网受水流冲刷影响时，可采用坡脚压埋结构，压埋深度应为最大冲刷深度

以下不小于 20cm，见图 4.3.2-2。

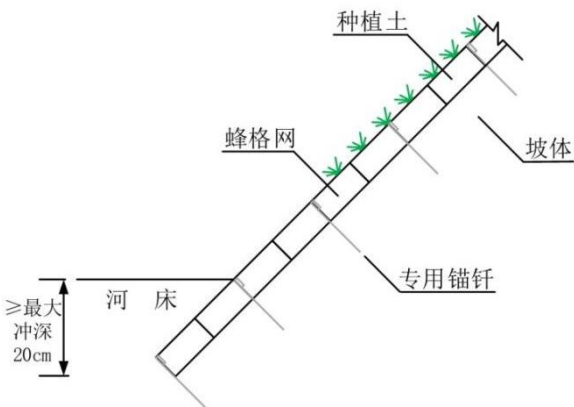


图 4.3.2-2 坡脚压埋结构

3 当坡脚为淤泥质土或受水流冲刷较严重时,可在坡脚横铺一个格室并设置预制混凝土桩压合定位蜂格网,见图 4.3.2-3。

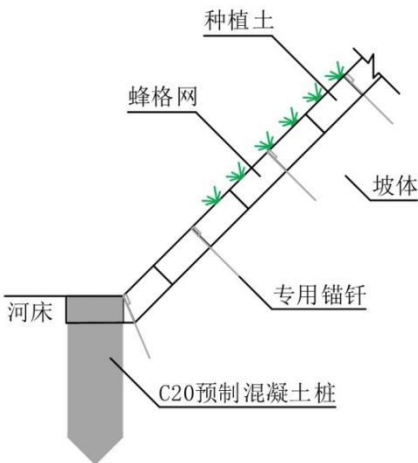


图 4.3.2-3 坡脚预制混凝土桩结构

4 当坡脚土体软弱、松散或有生态景观需要时,可采用木桩固脚结构,见图 4.3.2-4。

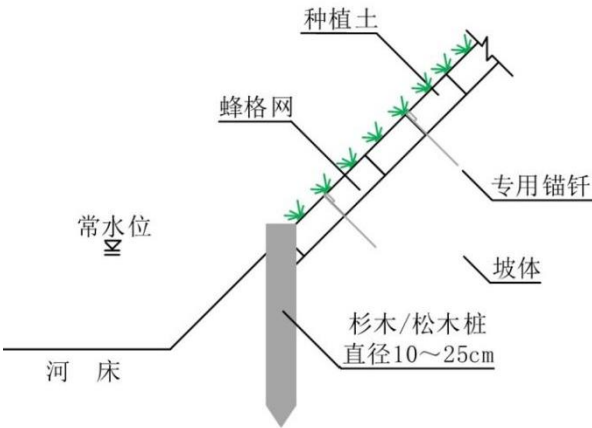


图 4.3.2-4 坡脚木桩固脚结构

5 当坡脚透水、软弱、常水位低且流速大于 1m/s 时，可在坡脚填充碎石，见图 4.3.2-5。

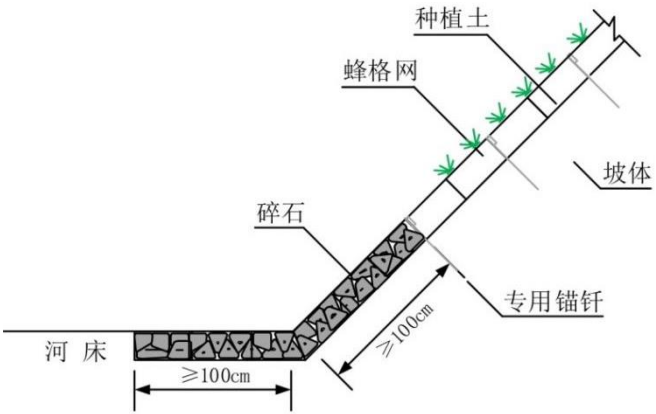
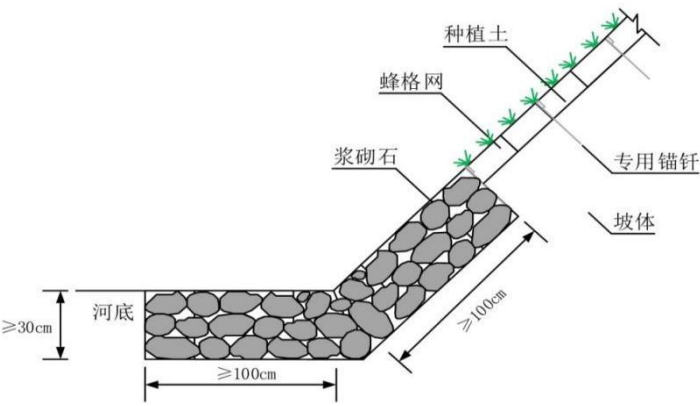
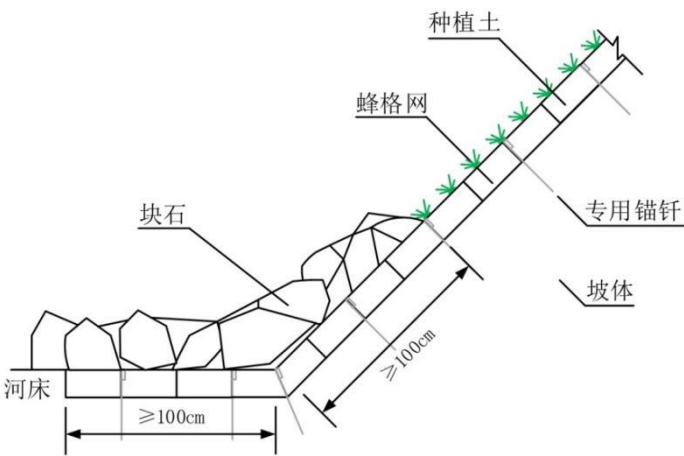


图 4.3.2-5 坡脚碎石填充结构

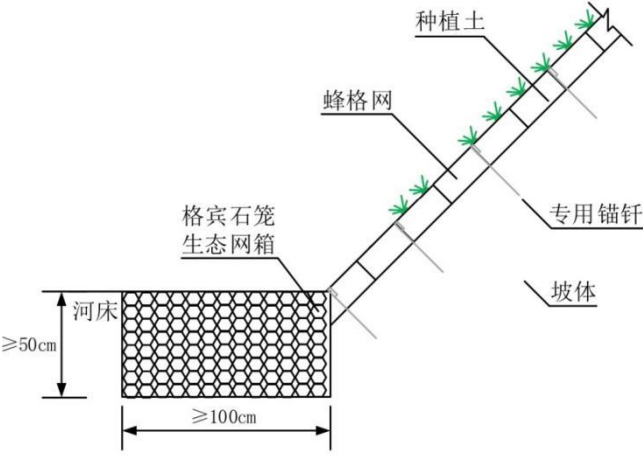
6 当水流流速大于 2m/s 且河道冲刷较严重时，坡脚结构可采用浆砌石结构、块石压埋结构、格宾石笼结构、生态网箱结构或坡脚挡墙结构等其他型式，见图 4.3.2-6(a)～图 4.3.2-6(d)。



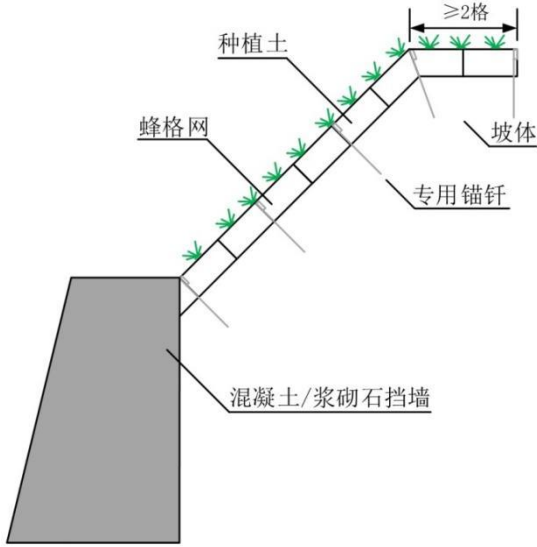
(a) 坡脚浆砌石结构



(b) 坡脚块石压埋结构



(c) 坡脚格宾石笼或生态网箱结构



(d) 坡脚挡墙结构

图 4.3.2-6 坡脚抗冲结构

7 当坡脚透水、软弱或缺失，需局部挖除置换时，可采用生态袋或蜂格网叠置型式，填充坡脚，补齐后坡面采用常规铺装加锚杆结构，见图 4.3.2-7。

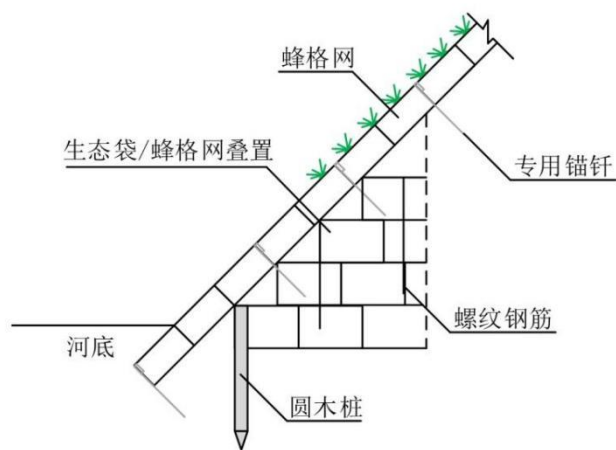


图 4.3.2-7 坡脚叠置再平铺结构

4.3.3 特殊应用条件时，铺装结构应满足下列要求：

1 当坡体有透水和反滤要求时，应在蜂格网铺装前，在坡体表面先铺设一层土工织物，见图 4.3.3-1。反滤和排水设计应满足本标准 4.1.6 条的要求。

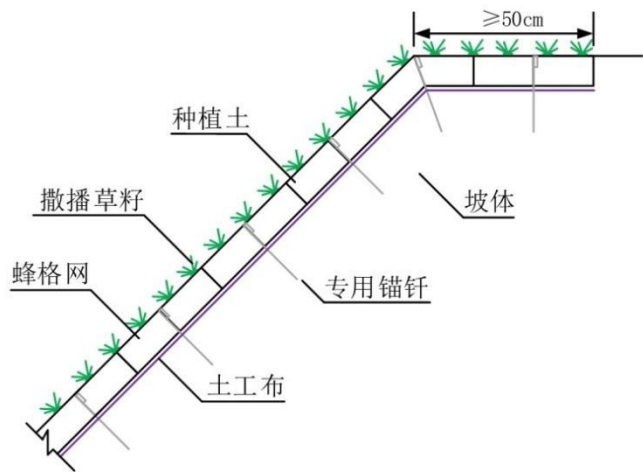


图 4.3.3-1 透水坡的铺装结构

2 当渠道有防渗要求或垃圾填埋场、矿藏防护等工程中使用钠基膨润土防水毯、土工膜进行分隔时，应采用坡顶压固与坡面预制混凝土桩对蜂格网限位控制，见图 4.3.3-2。

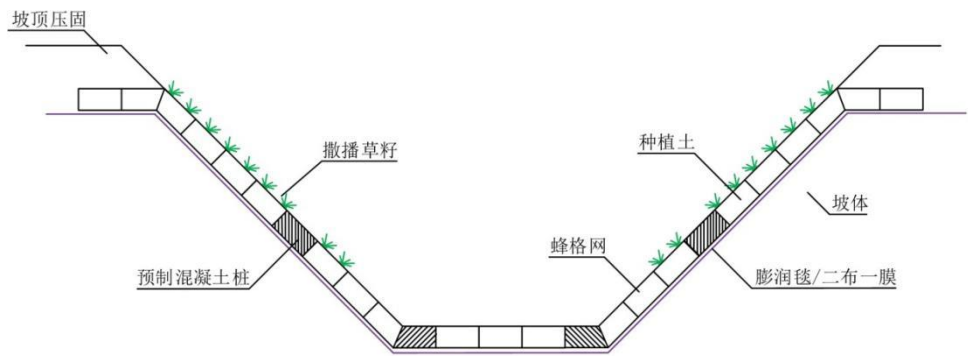


图 4.3.3-2 防渗保水的铺装结构

3 对于农田渠系常水位以下断面，铺设土工膜后进行蜂窝网内混凝土浇筑填充，蜂窝网可兼做模板并形成伸缩缝，见图 4.3.3-3。

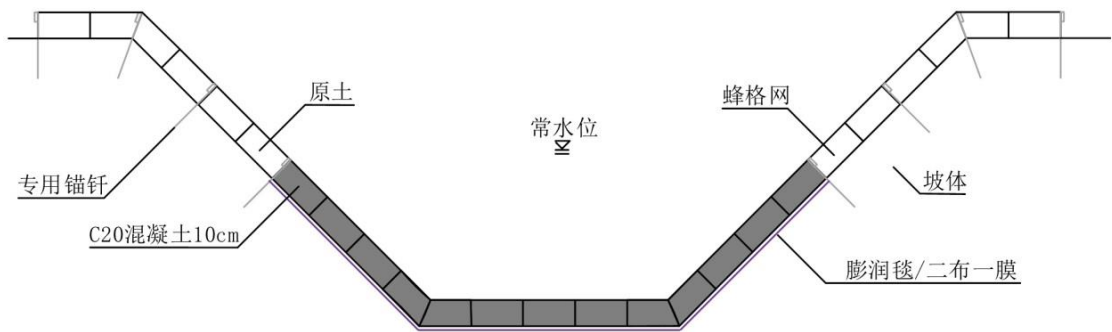


图 4.3.3-3 农田灌渠的铺装结构

4 当蜂窝网护坡用于排水沟结构时，其铺装结构见图 4.3.3-4。

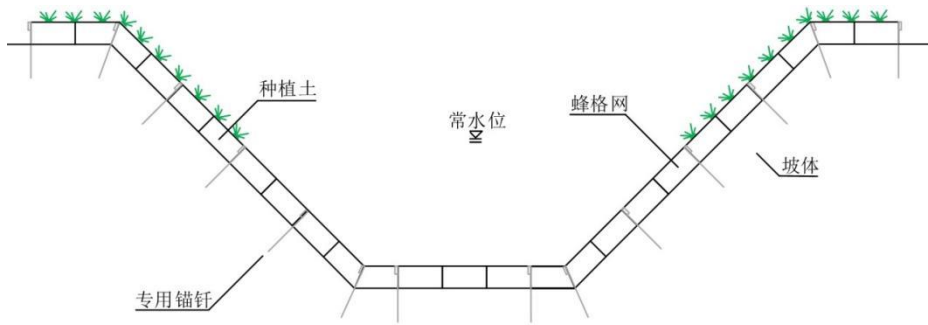


图 4.3.3-4 排水沟的铺装结构

5 当蜂窝网用于高陡岩质边坡时，其结构型式见图 4.3.3-5。

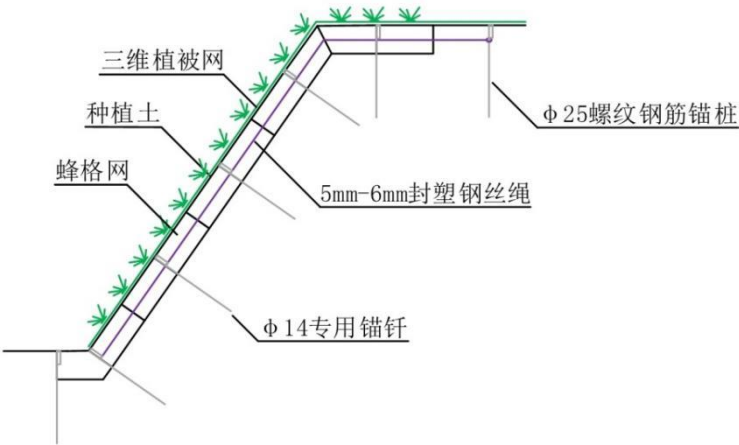


图 4.3.3-5 高陡岩质坡结构

6 当蜂格网用于硬化边坡生态修复时，其结构型式见图 4.3.3-6。

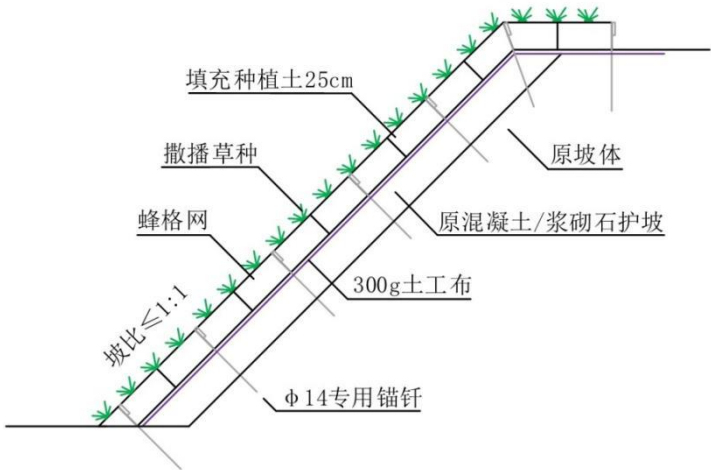


图 4.3.3-6 硬化边坡生态修复结构

7 当蜂格网用于软弱松散土坡时，应采用坡顶锚筋桩绑接钢丝绳对蜂格网进行限位牵拽，并利用直径 10cm~25cm 的松木/杉木桩对蜂格网进行锚固，见图 4.3.3-7。

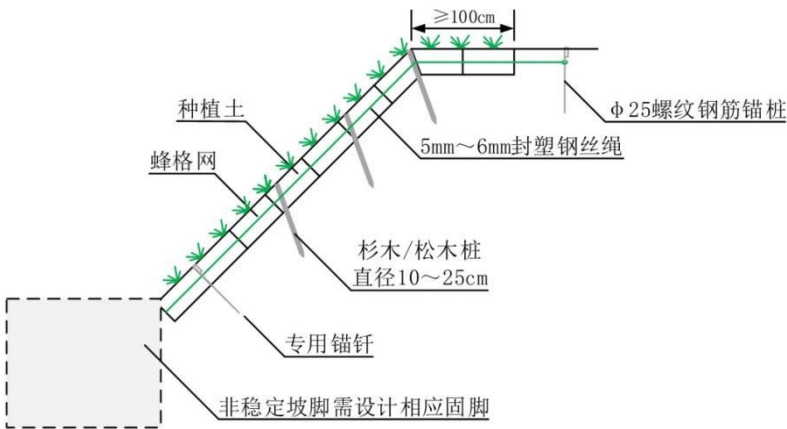


图 4.3.3-7 软弱松散土坡结构

8 当蜂窝网用于二级边坡且中间有马道或巡堤路连接时，坡面可采用常规铺装加锚杆结构，马道路面部分结构型式见图 4.3.3-8。

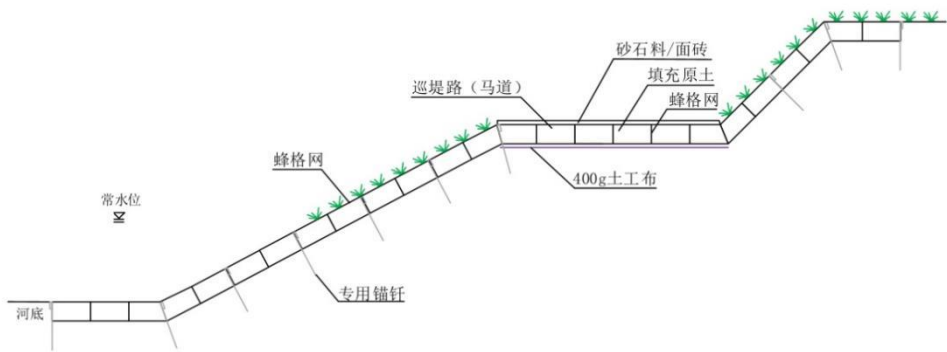


图 4.3.3-8 二级坡有马道的铺装方式

4.4 格室填充材料

4.4.1 根据工程需要，蜂窝网填料可选用表土、碎石或碎石混合土等。水下部位填充料的选择应与其允许不冲流速相适应。不同材质坡面允许不冲流速可参照《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288—2018 附录 C。

4.4.2 格室填充材料选择应按照以下原则：

1 坡体在常水位以下部分，不冲流速不大于 1m/s 条件下，填料宜选用原土。宜优先选用工程中挖方或采料场所揭取的表土。表土应较干燥、松散，渗透性良好，含有一定有机质，并应无结块、无毒害物质、无建筑和生活垃圾。淤泥、淤泥质土应经处理合格后方可做为填充材料，膨胀土、红黏土等不应做填料。

2 坡体在常水位以下部分，不冲流速不小于 1m/s 且不大于 2m/s 条件下，填料宜选用碎石或碎石混合土。宜优先选用级配碎石，填料粒径根据流速大小确定，最大粒径不宜大于 10cm。

3 坡体在常水位以下部分，不冲流速大于 2m/s 条件下，填料宜选用碎石混凝土。根据所在部位及所处环境，混凝土强度等级应满足现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久设计》SL654 的相关要求。

4. 坡体在常水位以上部分，填料宜选用种植土或原土加植物群落。并应满足下列要求：

- 1) 草本型植物群落，宜选择两种以上草种混播；
- 2) 草种的生物学特性应互相搭配；

- 3) 播种量可按现行国家标准《水土保持综合治理技术规范 荒地治理技术规范》GB/T 16453.2 的有关规定执行。

4.4.3 蜂格网内填料铺填时宜超过格室上缘至少 5cm，压实后宜超过格室上缘 2cm；填料密实度应达到 70%以上，同时压实度和填土厚度应满足绿化种植设计对适合植物生长表土的相关要求。

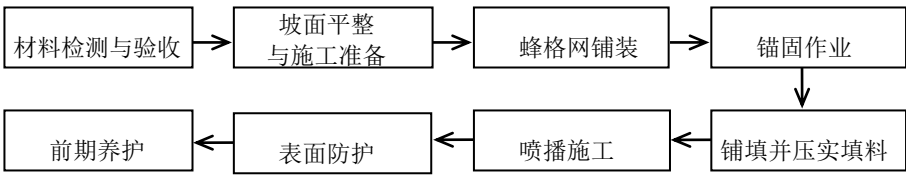
5 施工

5.1 一般规定

5.1.1 蜂格护坡系统中所用的蜂格网及其专用配件,应具备产品合格证和符合本规范要求的产品性能检测报告,生产企业应出具具有国家检测资质的第三方机构检测合格报告,进场前应经检验合格后方可使用。

5.1.2.蜂格护坡系统中其他材料、配件应符合本标准、国家和行业的有关产品标准以及环境保护、生态节能的要求,出具产品合格证,进场前应经检验合格后方可使用。

5.1.3 蜂格护坡系统施工工序应如图 5.1.3 所示。



5.1.3 蜂格网生态护坡施工流程图

5.2 进场后运输、储存和检验

5.2.1 蜂格网进场后运输应符合下列规定：

- 1 蜂格网在装卸和运输过程中不应重压。
- 2 不应使用铁钩等尖锐工具,避免划伤。
- 3 运输时不应在阳光下曝晒,并远离火源。

5.2.3 蜂格网进场后储存应符合下列规定：

- 1 蜂格网宜储存在库房内,远离热源并防止阳光直接照射。
- 2 若在户外储存时,应加盖苫布等。
- 3 储存期自生产之日起,不宜超过 12 个月。
- 4 展开格室在铺填填料之前不应踩踏或通行施工机具。

5.2.4 蜂格网及连接构件等产品进场应进行质量检验,以 5000 m²~10000m² 为一个检测单位进行现场抽检,检查以下内容：

- 1 材料型号与规格是否正确；
- 2 材料数量是否正确；
- 3 材料颜色是否符合要求,材料外观有无明显缺陷；
- 4 有无合格证和检测报告。

5.3 坡基面平整

5.3.1 坡面处理应满足下列要求：

- 1 应按照设计断面要求削成稳定边坡。
- 2 坡面应平整、坚实，人工修坡至无局部突出或凹陷。
- 3 清除待防护坡面已有的植被，开挖清理后的坡表面应无根系、大石块、垃圾等杂物。
- 4 规模较大的护坡工程，应分块削坡；边坡稳定性较差段，宜分段先行施工。
- 5 坡肩需要铺设蜂格网时，肩宽宜不小于 50cm，坡肩及坡面开挖深度按待铺装的蜂格网高度+5cm 预留，完成边坡处理。

5.3.2 回填坡、透水坡、淤泥软弱坡体坡面处理应满足下列要求：

- 1 回填坡宜压实或自然沉降 1 年以上或换填石料/集料夯实。
- 2 透水坡应按设计要求进行排水处理后，方可进行铺装。
- 3 对于淤泥软弱坡体应实施换填或其它加固措施后，方可进行铺装。

5.3.3 施工前准备应满足下列要求：

- 1 完成截水沟和排水沟施工。
- 2 在施工地点附近准备好回填物料。

5.4 敷设土工垫层

5.4.1 土工织物反滤层或排水体施工应包含以下工序：平整碾压场地、织物备料、铺设、回填和表面防护。

5.4.2 铺设面应平整碾压，应清除场地表面一切可能损伤土工织物的带尖棱硬物，填平坑凹，平整土面。

5.4.3 铺设前应将土工织物裁剪、拼幅，制成工程要求的尺寸和形状。

5.4.4 土工垫层敷设的范围应超出防护坡面上蜂格网组外沿 150mm 以上，或延伸到锚固沟和坡脚锚固槽内。

5.4.5 铺设应符合下列规定：

- 1 铺放平顺，松紧适度，不应绷拉过紧；织物应与土面密贴，不留空隙。
- 2 发现有损坏处应修补或更换。
- 3 相邻织物块可采用搭接或焊接，宜用搭接。在工作期间织物可能发生较大位移处应缝接或焊接；平地搭接宽度不应小于 30cm；不平整地面或者极软、松散土搭接宽度应不小

于 50cm，水下铺设搭接宽度还应适当加宽。

- 4 流水中或可能过水部分应按照沿水流向上游片盖在下游片上的方式铺设。
- 5 与岸坡结构物的连接处不应留有空隙，应结合良好。
- 6 坡面上铺设应自下而上进行，坡顶、坡脚应以锚固沟或其他可靠方式固定，防止其滑动；坡面上应设防滑钉，并应随铺随加负重。
- 7 铺设应在干燥和暖的天气进行，织物铺好后，应避免受日光直接照射，应随铺随压，或及时采取保护措施。
- 8 铺设人员着装不应损伤织物。
- 9 铺设现场严禁烟火。

5.5 蜂格网的安装

5.5.1 蜂格网连接应符合下列规定：

- 1 安装前应将两组或多组蜂格网的端部通过组间连接件连接，加长（加宽）成为整体。沿宽度连接称为“搭接”，沿长度连接称为“拼接”。
- 2 蜂格网连接时，在坡顶先将两组蜂格网横向或纵向端部逐格对齐，再将对应片材重合，对齐片材边壁上的连接孔，穿入子母螺丝并锁紧，子母螺丝与片材接触面长向均应与片材横向垂直。见图 5.5.1-1。

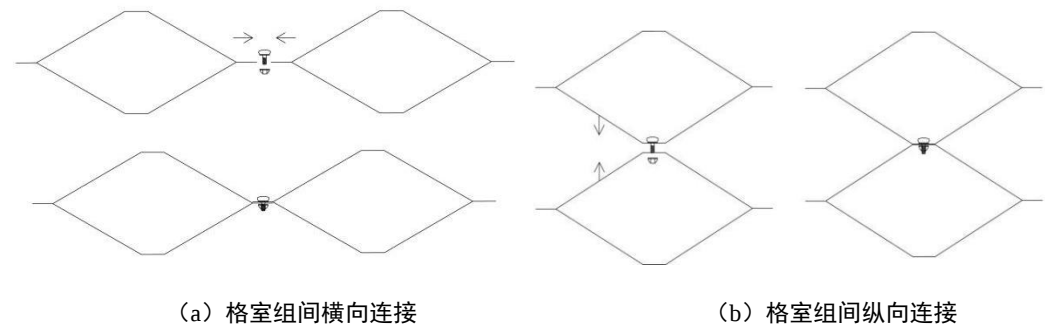
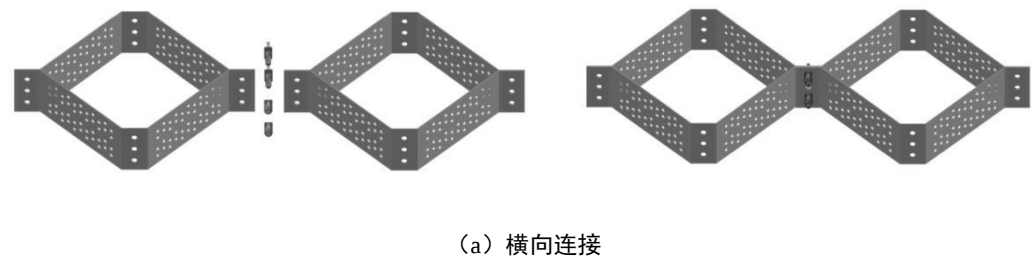
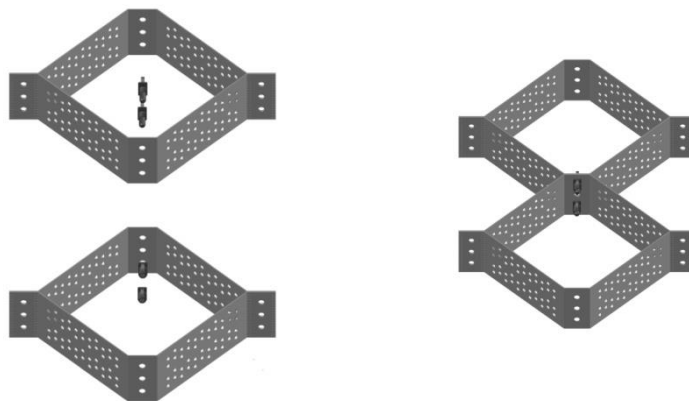


图 5.5.1-1 蜂格网组间连接示意图

- 3 蜂格网的横向、纵向连接结构三维示意图 5.5.1-2（a）～图 5.5.1-2（b）。





(b) 纵向连接

图 5.5.1-2 蜂格网横向纵向连接结构三维示意图

5.5.2 蜂格网铺装应满足下列要求：

- 1 沿坡面设计边沿放线或使用放样工具确定格室展开的位置。
- 2 蜂格网铺装，应按便于安装和后续作业的顺序安装。
- 3 按 12 人一组，按每边 4 人同时将蜂格网向外拉拽，保证所有格室均展开并尺寸一致；格室长边夹角（格室顺坡面向张拉角度）应在 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 之间，见图 5.5.2-1。格室片材展开后应张紧拉直。
- 4 格室以组为单位展开定位，再依次将相邻蜂格网组展开；不宜多组连接后整体张拉铺设，应单组蜂格网充分张拉到位固定再依次铺设。组间搭接强度应大于焊缝及片材抗拉强度。
- 5 超出设计外沿部分蜂格网应裁剪掉，可使用组间连接件拼接正常后再使用。
- 6 沿坡面弧形、锥形等特殊形状的展铺：沿蜂格网的长度或宽度方向，可通过改变格室的展开程度及切割裁剪来实现异形展铺。蜂格网锥形展铺见图 5.5.2-2。
- 7 坡面转折弯曲的展铺：坡面上平铺的蜂格网应进行弯曲以适应坡面转折并紧贴于坡面，并采用专用锚钎锚固等措施进行定形，使格室贴合于坡面。

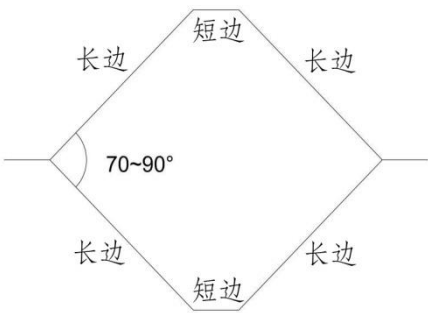


图 5.5.2-1 格室长边夹角

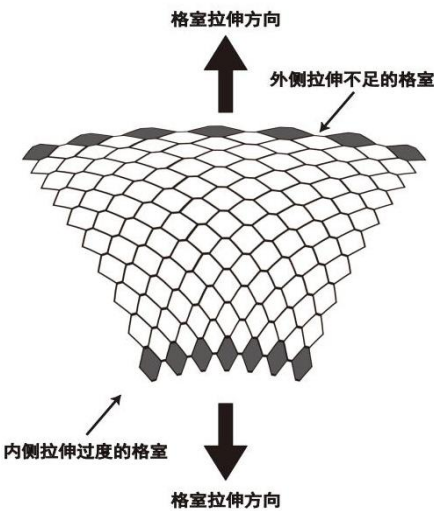


图 5.5.2-2 蜂格网锥形展铺

8 需要加筋绳的格室应将每根加筋绳按垂直向下每个格室壁板上的圆孔直线穿过并按要求限位。每根加筋带只应剪裁而不应有接头。

9 格室底边带锯齿的蜂格网，铺装时应将锯齿与坡面贴合。

5.5.3 蜂格网锚固安装应满足下列要求：

1 锚钎应按梅花形布设，并按设计位置将螺纹锚钎钉入坡体定位。当锚钎顶距格室上沿 15cm 时，将限位件套在锚钎顶端，继续钉至限位件接近格室片材的上沿，将片材塞入限位件夹持臂中固定，再钉至格室片材下缘与坡体紧贴为止。

2 锚钎夹持片材应分别位于坡左侧边缘、右侧边缘以及坡顶、坡底、坡中。三维示意图 5.5.3 (a) ～图 5.5.3 (e) 。

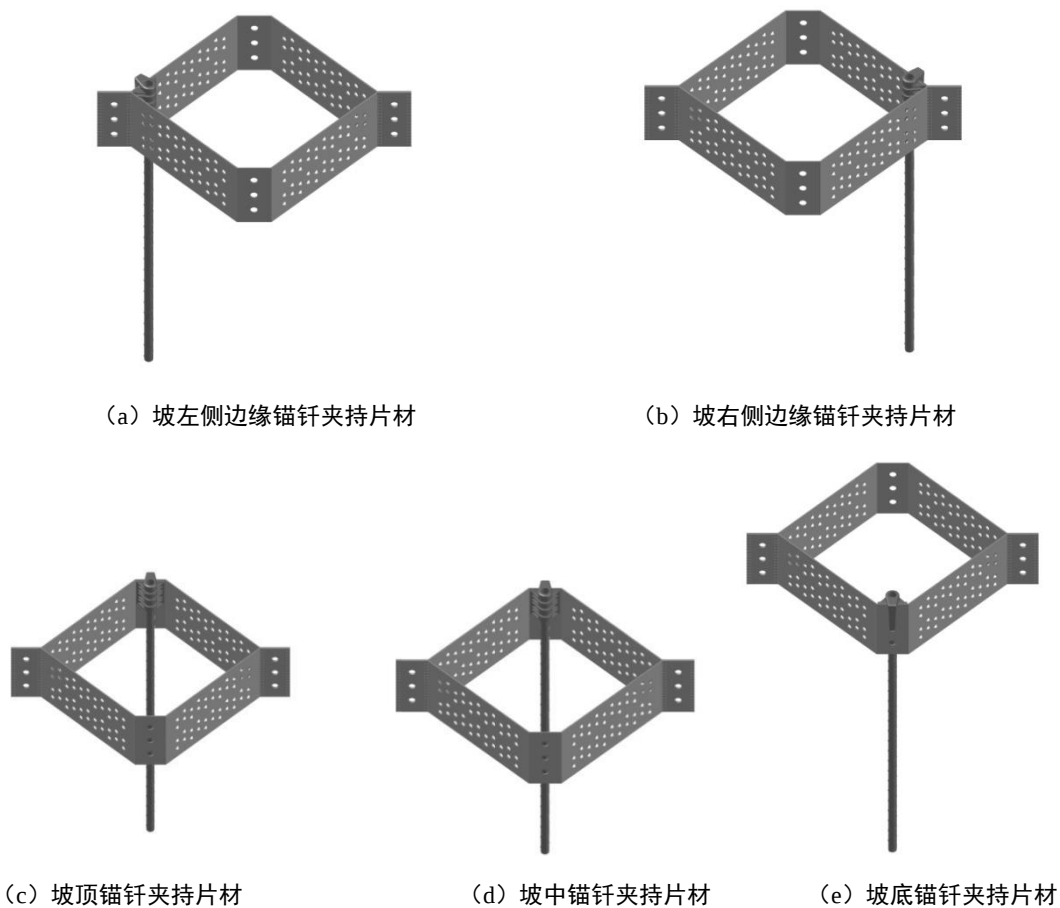


图 5.5.3 蜂窝网不同部位锚钎夹持片材示意图

- 3 封塑钢丝绳与螺纹钢筋锚固桩绑扎后，应用专用钢质卡扣每隔 5cm 距离进行双重绑定，钢丝绳应穿过全部格室短边壁板中的组间连接孔，并按规定距离与专用绑扎件绑定、拉直。
- 4 木桩按设计深度打入坡体的，固定后应在桩上端用钢钉穿透片材钉入木桩 4cm~6cm 并向下折弯将片材夹固。
- 5 预制混凝土桩顶端钢筋夹持臂应将两侧片材夹固，钉至蜂窝网下缘与坡体贴合。
- 6 锚孔灌浆：当需要在岩石上进行锚固、或增加土体上锚钎的锚固力时，应钻锚孔灌浆来安装锚钎。采用孔底返浆方式灌入水泥砂浆后，再插入锚钎至要求位置。应等水泥砂浆固结后，方可进行填料填充。

5.6 填充

- 5.6.1 应按设计要求选择填料种类、混配比例（不应含有杂物、直径大于 10cm 非石粒料）。
- 5.6.2 蜂窝网铺装及锚固施工完成后，方可开始填料填充。
- 5.6.3 坡面投放填料时，应按从上到下渐次填充填料的顺序施工；平面投放填料时，应按从

外周向内，或从一边向对边平推的顺序。

5.6.4 格室填料填充可采用挖掘机、前倒装载机、移动输送机、机械料斗和溜槽等机具设备。

5.6.5 格室填料填充作业应遵循以下原则：

- 1 从坡顶到坡脚的施工顺序。
- 2 填充料投放高度应小于 1 m，且应垂直均匀震动抛料。
- 3 填充料铺填应均匀，超填高度至少 5cm；按设计要求压实后，格室内土应高出格室 2cm，填料高出蜂格网较多时，可用料斗或人工从上向下轻推找平，但不应触至蜂格网。
- 4 雨季或汛期后，填料沉降后导致个别格室网格裸露时，应进行补填，填料高度应超过蜂格网上沿至少 2cm。

5.6.6 混凝土填料填充应按常规护坡控制，应遵循从坡脚到坡顶的施工顺序填充。

5.6.7 填料的压实度应符合设计要求。

5.6.8 绿化与管护设计应符合现行国家标准《水土保持综合治理技术规范 荒地治理技术》GB/T 16453.2 和《水土保持工程设计规范》GB 51018 的有关规定。

6 质量验收

6.0.1 蜂格网及其专用配件按本标准规定的材质、规格、性能指标进行质量验收。其他材料应按设计要求和国家与行业相关标准进行验收。

6.0.2 蜂格护坡系统工程的施工质量评定与验收，宜按照单元工程来评定。护坡工程按施工段划分单元工程，每个单元工程长度不宜超过 100m，具体可参照《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 634 及相关标准进行验收评定。

6.0.3 施工期间应对蜂格护坡系统所有主材及配件连接后，再进行外观、规格、焊缝抗拉强度、蜂格网铺装方向、格室展开角度、组间抗拉强度、连接件、限位件等项目的现场质量验收。

6.0.4 应对锚钎的锚距、锚固深度进行检查和记录。检查专用锚钎夹臂是否将壁板夹持。应按锚钎总数的 2%进行试验检测。

6.0.5 应检查格室是否紧贴于安装面上，特别是转折、起伏变化和曲面处。

6.0.6 应对加筋绳串接安装位置进行检查和记录。

6.0.7 应对木桩进行抗拔试验，应达到设计要求。

6.0.8 应对预制混凝土桩质量进行检查和记录。

6.0.9 坡面填土压实度应符合设计要求，洒水不应塌落。

6.0.10 压实后的非混凝土填料应高于格室壁上缘 2cm。

6.0.11 坡面植被应成活且分布均匀。

6.0.12 植物整体生长状况良好，出苗率与成活率均应达 80%以上。

本规范用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有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

- 钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋 GB 1499.2
- 水土保持综合治理技术规范 荒地治理技术规范 GB/T 16453.2
- 生活饮用水输配水设备及防护材料的安全性评价标准 GB/T 17219
- 土工合成材料 塑料土工格室 GB/T 19274
- 灌溉与排水工程设计标准 GB 50288
- 土工合成材料应用技术规范 GB/T 50290
- 水土保持工程设计规范 GB 51018
- 水利水电工程土工合成材料应用技术规范 SL/T 225
- 水利水电工程边坡设计规范 SL 386
- 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 634
- 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范 SL 654
- 钠基膨润土防水毯 JG/T 193
- 耕作层土壤剥离利用技术规范 TD/T 1048
- 密封钢丝绳 YB/T 5295—2010