

ICS 编号

CCS 编号

# 团体标准

T/CHES XXX—20XX

## 生态护坡 网笼应用技术导则

Technical guidelines for application of mesh cage systems in  
ecological revetment

（报批稿）

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布



# 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 材料 .....	2
4.1 一般规定 .....	2
4.2 钢丝网笼 .....	2
4.3 合成材料网笼 .....	2
4.4 植物材料网笼 .....	2
4.5 填充材料 .....	3
5 结构与设计 .....	3
5.1 钢丝网笼 .....	3
5.2 合成材料网笼 .....	6
5.3 植物材料网笼 .....	8
6 施工 .....	9
6.1 施工前准备 .....	9
6.2 基础施工 .....	10
6.3 结构施工 .....	10
7 质量检验与验收 .....	11
附录 A （资料性） 外覆有机涂层钢丝网刮磨性能检测方法 .....	12
A.1 试验设备 .....	12
A.2 试样要求 .....	12
A.3 试验方法 .....	12
A.4 试验结果分析 .....	12
附录 B （资料性） 外覆有机涂层钢丝网腐蚀浸入性能检测方法 .....	13
B.1 腐蚀浸入试验方法 .....	13
B.2 试验结果分析 .....	13
附录 C （资料性） 锚固钉长度设计 .....	14
参考文献 .....	15







# 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。

本文件共分为7章和3个附录，主要技术内容包括材料、结构与设计、施工、质量检验与验收等。

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。

本文件主编单位：长江水利委员会长江科学院。

本文件参编单位：武汉长科设计有限公司、马克菲尔（长沙）新型支档科技开发有限公司、长江水利委员会汉江流域治理保护中心。

本文件主要起草人：姚仕明、渠庚、丁兵、朱孔贤、柴朝晖、章运超、闵凤阳、唐峰、黄卫东、陈煜、柯帅、方娟娟、栾华龙、刘小光、章泽、黎礼刚、王家生、代娟、杨启红、张琳、彭子竹、管硕、黄莉、李凌云、邓晨光、雷文韬、周东、闫霞。









# 生态护坡 网笼应用技术导则

## 1 范围

本文件规定了网笼生态护坡的材料、结构与设计、施工、质量检验与验收等技术要求。

本文件适用于河流、湖泊及水库、堤防等以网笼为主要方式的岸坡防护工程。

## 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 8050 纤维绳索 聚丙烯裂膜、单丝、复丝（PP2）和高强度复丝（PP3）3、4、8、12 股绳索

GB/T 18744 土工合成材料 塑料三维土工网垫

GB 50286—2013 堤防工程设计规范

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

JTS/T 183—2021 水运工程生态保护修复与景观设计指南

SL/T 223 水利水电建设工程验收规程

SL 274—2020 碾压式土石坝设计规范

SL 379 水工挡土墙设计规范

SL/T 631.4 水利水电工程单元工程施工质量验收标准 第4部分：堤防与河道整治工程

YB/T 4221 工程机编钢丝网用钢丝

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**网笼 mesh cage**

将钢丝、合成材料、植物材料，经人工或机器编织形成一个封闭体，并在内部填充符合要求的天然石料、人造材料、种植土等材料后的结构，包括网垫、网兜、网箱等形式。

### 3.2

**机编钢丝网 steel mesh made by machine**

将机编原材料钢丝，采用专用设备编织成双绞合六边形钢丝网面。

## 4 材料

### 4.1 一般规定

4.1.1 按照材料类型，网笼分为钢丝网笼、合成材料网笼和植物材料网笼。

4.1.2 网笼材料应根据工程功能和所在地地形、地质、水文、气象等条件选取，应符合因地制宜、技术可行、经济合理、利于生态保护等原则。

### 4.2 钢丝网笼

4.2.1 钢丝网笼的材料宜选用热镀锌低碳钢丝、热镀锌铝合金低碳钢丝、外覆有机涂层钢丝。钢丝材料性能应符合 YB/T 4221 的规定。

4.2.2 应根据工程所在区域的环境选择不同类型镀层的原材料钢丝，镀层选择可按照 YB/T 4190 的规定执行。

4.2.3 在磨蚀、腐蚀严重，水位变化频繁或水质污染等复杂环境中使用的钢丝网笼应选用外覆有机涂层钢丝。

4.2.4 对于使用外覆有机涂层钢丝制成的成品网笼，其机编钢丝网的材料性能满足以下规定。

- a) 有机涂层应满足刮磨性能要求，检测方法可按照附录 A 执行。
- b) 有机涂层脆化温度应低于工程所在地极端最低气温要求，检测方法可按照 GB/T 5470 的规定执行。
- c) 应满足耐腐蚀性能要求，检测方法可按照 GB/T 10125 的规定执行，经 6000h 中性盐雾试验后，网面上产生深棕色红锈的面积不应大于试样面积的 5%。
- d) 应满足腐蚀浸入性能要求，检测方法可按照附录 B 执行。

### 4.3 合成材料网笼

4.3.1 合成材料网笼按材料与结构型式可分为尼龙网兜和土工网垫。

4.3.2 尼龙网兜的材料特性符合以下规定。

- a) 尼龙网单根绳断裂强力应符合 GB/T 8050 的规定。
- b) 尼龙网单绳公称直径应结合填充材料特性、施工因素、经济适用性等综合考虑选取，必要时宜开展现场试验。
- c) 尼龙网兜整体强度应满足装料、叠放、运输以及起吊过程中保持完好、无明显断丝和破损漏料现象。
- d) 尼龙网兜间连接件宜选用尼龙绑带、插扣或金属挂扣。

4.3.3 土工网垫的材料特性符合以下规定。

- a) 土工网垫采用塑料三维土工网垫，其单位面积质量、尺寸及偏差、纵向和横向拉伸强度等技术指标应符合 GB/T 18744 的规定。
- b) 土工网垫锚固材料宜采用锚固钉、石块或沙袋等，锚固钉可选用塑料 U 型钉、金属地钉、玻璃纤维钉等。

4.3.4 根据环境腐蚀、磨蚀情况，工程防护等级及预期寿命需求，可对合成材料网笼进行抗老化、防腐耐磨、防生物附着等性能优化处理。

### 4.4 植物材料网笼

4.4.1 植物材料网笼的材料可选用竹、柳条、木条等，选用时统筹兼顾工程、环境景观、取料方便、施工条件等。

- 4.4.2 选用竹、柳条和木条等天然材料作为网笼编制材料时，材料特性符合以下规定。
- a) 应选用平直、无开裂、无腐朽的材料。
  - b) 竹宜选用竹龄大于 4 年（含）的毛竹或材性相近的竹种。
  - c) 柳条宜选用杞柳、沙柳、小红柳、旱柳等柳属植物枝条。
  - d) 木条应选用满足设计材质等级或强度等级要求的方木、原木、锯材和工程木产品。

4.4.3 选用天然材料作为网笼编制材料时应进行防虫、防腐处理，所用的金属连接件应进行防腐、防锈处理。

## 4.5 填充材料

4.5.1 网笼宜填充块石、卵石、砾石等天然石料，或符合环保要求的人造材料，填料符合以下规定。

- a) 填料宜就地取材，应具有良好的耐久性、不易破碎或风化。
- b) 填料不宜有尖角或薄边，以防磨损网笼。
- c) 填充的天然石料和人造材料的单轴抗压强度不应低于 30 MPa。
- d) 填料应进行级配分析，石料粒径宜为网孔尺寸的 1.5~2.0 倍，并搭配 5%~10% 的小粒径石料进行塞缝垫平，确保笼体中的石料紧密稳定，填充后网笼结构的空隙率不应大于 30%。

4.5.2 为满足生态需要，网笼内可适当填充种植土，并播撒植被种子或栽种植被，植物种植符合以下规定。

- a) 不宜在常年淹水区域填充种植土及栽种植被。
- b) 植物种子及栽种植被应根据当地气温、降水和土质条件，结合工程功能定位、景观要求、经济性等方面综合确定，宜选用耐候性强、生长快速、根系发达的多年生本土物种。
- c) 必要时可试种植物种子或试栽植被。

## 5 结构与设

### 5.1 钢丝网笼

5.1.1 钢丝网笼根据单体形状可分为钢丝网垫、钢丝网兜和钢丝网箱。钢丝网箱根据其组合使用结构形式可分为重力式挡墙结构和加筋土挡墙结构。

5.1.2 钢丝网笼一般适用于水流流速较大、冲蚀较严重的岸坡防护工程，根据岸后用地条件，工程岸坡可陡可缓。钢丝网垫宜用于坡比缓于 1:1.5 的护岸工程，钢丝网兜宜用于水下护脚的防冲守护，钢丝网箱宜用于坡比陡于 1:1.5 的岸坡防护工程。

5.1.3 钢丝网垫结构与设

- a) 钢丝网垫长度一般为 3.0 m~6.0 m，宽度一般为 2.0 m~3.0 m，高度一般不大于 0.3 m。其结构示意图 1。
- b) 钢丝网垫布置形式宜采用贴坡式，且与护脚衔接良好。不设护脚时，钢丝网垫防护范围应向河床中延伸至最大冲刷深度的 1.0~2.0 倍，或进行全断面防护。
- c) 钢丝网垫护坡时应应在下层铺设土工布或粗砂碎石作为反滤层，采用粗砂碎石时，其级配和层数设计应按照 SL 274—2020 附录 B 执行
- d) 钢丝网垫的厚度和填石粒径计算可按照 SL/T 800—2020 附录 C.2 执行。

- e) 钢丝网垫结构护坡稳定计算分为沿钢丝网垫护坡底面的滑动和岸坡基础土整体滑动两种情况，应分别按照 GB 50286—2013 附录 D.1 和附录 F 执行。

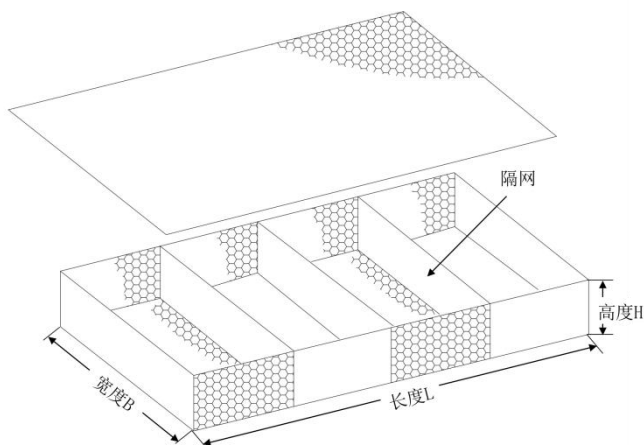


图1 钢丝网垫示意图

#### 5.1.4 钢丝网兜结构与以下规定。

- 钢丝网兜形状一般为长方体，长度一般为  $1.0\text{ m} \sim 3.5\text{ m}$ ，宽度一般为  $1.0\text{ m} \sim 2.0\text{ m}$ ，高度一般为  $0.5\text{ m} \sim 1.0\text{ m}$ 。其结构示意见图 2。
- 钢丝网兜在施工无法采取反滤措施时，宜采用双层或多层叠抛防护。
- 钢丝网兜水下抛投可视为同体积的抛石体。在水流作用下的抗冲稳定计算和抗滑稳定计算，应分别按照 GB 50286—2013 附录 D.3 和附录 F 执行。

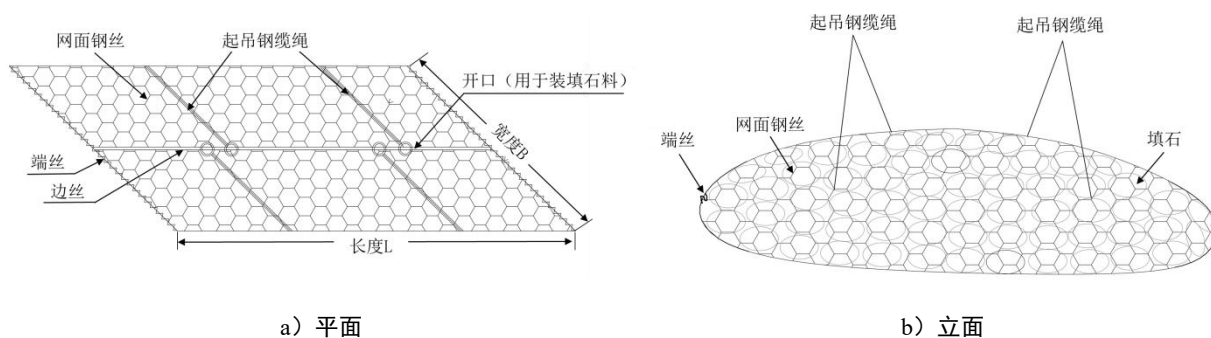


图2 钢丝网兜结构示意图

#### 5.1.5 网箱用于重力式挡墙结构时，其结构与以下规定。

- 网箱单体的尺寸宜以  $0.5\text{ m}$  为模数，长度一般为  $1.0\text{ m} \sim 4.0\text{ m}$ ，宽度一般为  $1.0\text{ m} \sim 3.0\text{ m}$ ，高度一般为  $0.5\text{ m}$  或  $1.0\text{ m}$ ，网箱内隔板间距一般为  $1.0\text{ m} \sim 1.5\text{ m}$ 。其结构示意见图 3a。
- 根据外形结构差异，重力式挡墙分为外台阶式、内台阶式、宝塔式等，由网箱单体分层码砌并绞合成整体。不同外形的重力式挡墙结构示意见图 3b、c、d。
- 挡墙顶宽不宜小于  $1\text{ m}$ ，每层高度宜为  $0.5\text{ m}$  的整数倍，台阶宽度不宜大于当层层高。
- 挡墙墙高设计，应预留施工期间的沉降量，沉降量的取值可参照本地区的实践经验和场区地质条件确定。当本地区无经验时，宜取墙身高度的  $3\% \sim 5\%$ 。
- 挡墙墙体与被保护土体之间应铺设土工布作为反滤层。

f) 挡墙结构的外部稳定性计算采用一般重力式挡土墙计算方法, 应符合 SL 379 的规定。内部稳定性计算应按照 JTS/T 183—2021 附录 B.2 执行。

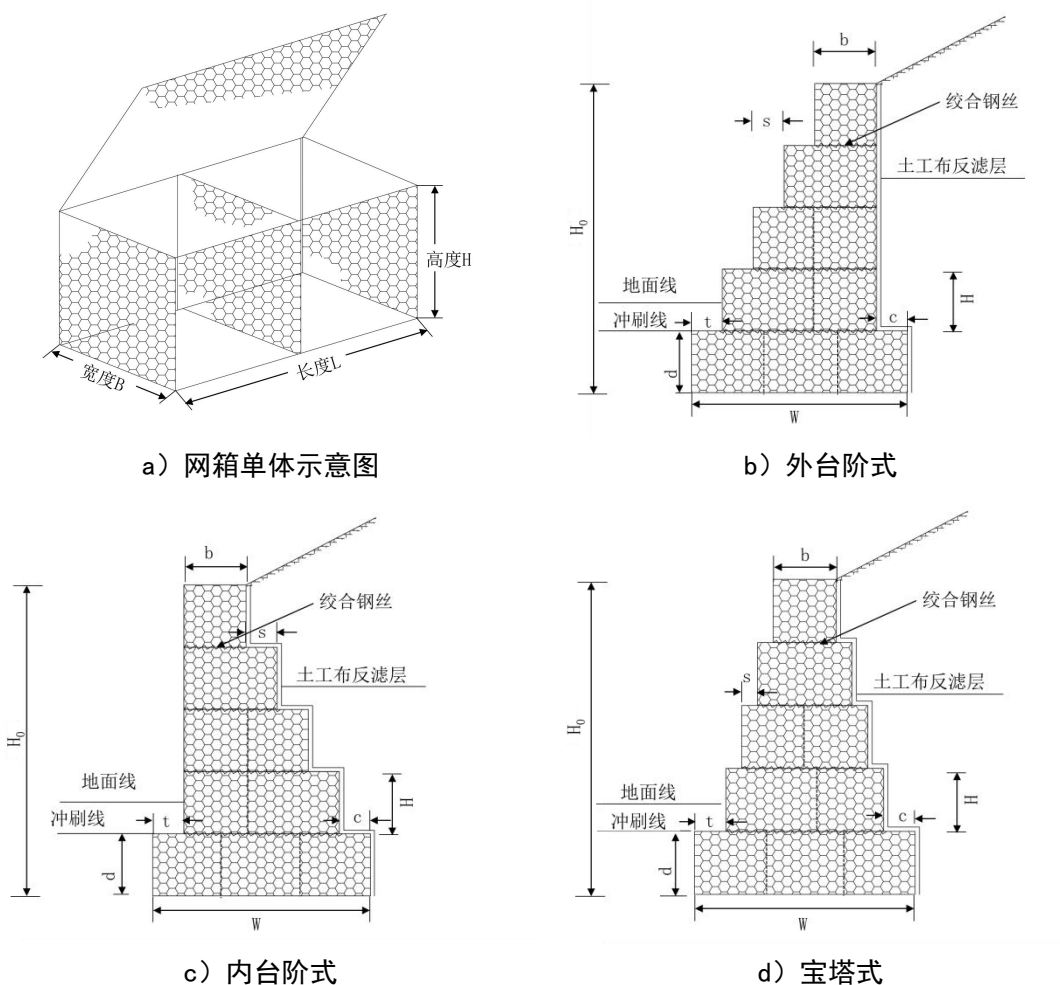
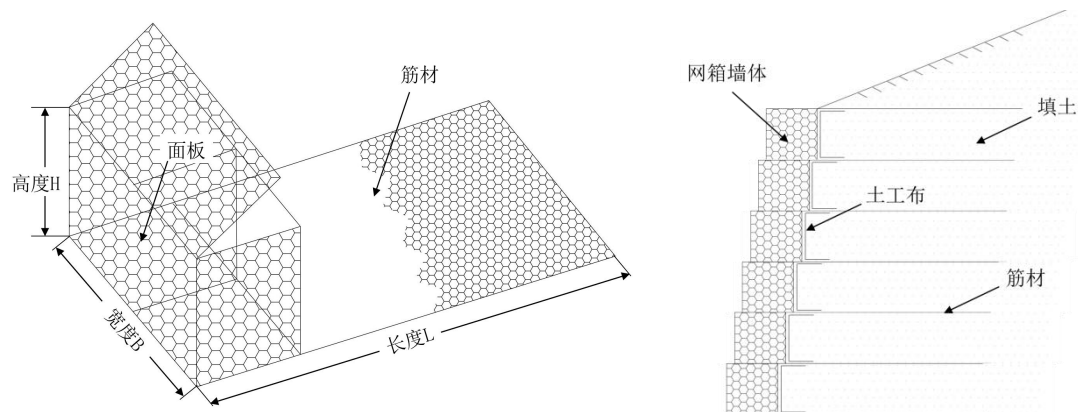


图 3 网箱及不同形式重力式挡墙结构示意图  
b—顶宽, W—底宽,  $H_0$ —墙高, H—层高, s—台阶宽度, d—埋深, t—扩展墙趾宽, c—扩展墙踵宽

5.1.6 网箱用于加筋土挡墙结构时, 其结构与设计符合以下规定。

- 加筋网箱单体长度一般为 3.0 m~6.0 m, 宽度一般为 3.0 m, 高度一般为 0.8 m 或 1.0 m。其单体结构示意图 4a, 加筋土挡墙结构示意图 4b。
- 加筋材料宜采用平面网状筋材, 不宜采用条带式筋材, 筋材与墙面结构的连接应牢固可靠, 施工方便。筋材应整体性好、强度高、变形小, 抗拉强度应满足设计要求, 计算方法应按照 GB/T 50290 的规定执行。
- 加筋土挡墙结构的外部稳定性计算及内部稳定性计算, 应按照 GB/T 50290 的规定执行。
- 挡墙墙体与被保护土体之间应铺设土工布作为反滤层。
- 筋材上的回填土料应满足设计的压实度要求, 符合 SL 274 的规定。



a) 加筋网箱单体示意图

b) 加筋土挡墙结构示意图

图4 加筋网箱及加筋土挡墙结构示意图

5.1.7 网箱挡墙结构基础的埋置深度应综合工程区地形、地质、冲刷深度等因素确定，同时应满足地基稳定的以下要求。

- a) 除基岩地基外，基础埋深不应小于 0.5 m。
- b) 当上下游边界部位或者河流冲刷较严重时，基础前面应设置护坦，护坦长度不应小于最大冲刷深度的 2 倍。

5.1.8 网箱挡墙可采用垂吊植物、攀缘植物、低矮灌木、插枝等方式绿化。

## 5.2 合成材料网笼

5.2.1 合成材料网笼一般适用于特殊环境如高盐碱、软基或地震多发区，施工灵活性强，与坡面贴合较好，适用于需要柔性、透水性且有生态修复或景观需求的岸坡防护。尼龙网兜可用于流速较大的水下岸坡防护或对已有水下土工材料的防护加固。土工网垫适用于岸坡整体上处于稳定状态，且表面受水流冲刷较小的坡面。

5.2.2 尼龙网兜结构与设计符合以下规定。

- a) 尼龙网兜形状一般为长方体，长度一般为 1.0 m~3.0 m，宽度一般为 1.0 m~2.0 m，高度一般为 0.5 m~1.0 m。
- b) 尼龙网兜宜采用平纹或复合编织，编织绳为三股绳，由目绳、纲绳、吊系绳编织成“四角网”形式的外观形态，开口处应设拉绳或扣搭封口，尼龙网兜结构示意图见图 5，施工完成的尼龙网兜抛入水下结构示意图见图 6。
- c) 根据需求网兜可连接使用，可采用加筋带或双层编织对网兜进行加固，也可在底部或侧面布置锚固点。
- d) 在高速水流区域，可采用双层或多层叠抛防护，以增大防护厚度，施工前宜开展现场试验。
- e) 尼龙网兜在水流作用下的抗冲稳定计算和抗滑稳定计算，应分别按照 GB 50286—2013 附录 D.3 和附录 F 执行。



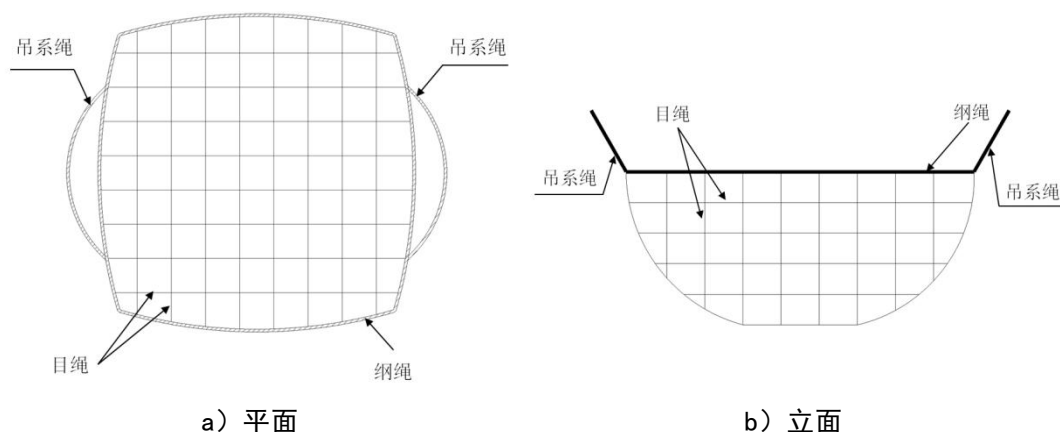


图 5 尼龙网兜结构示意图

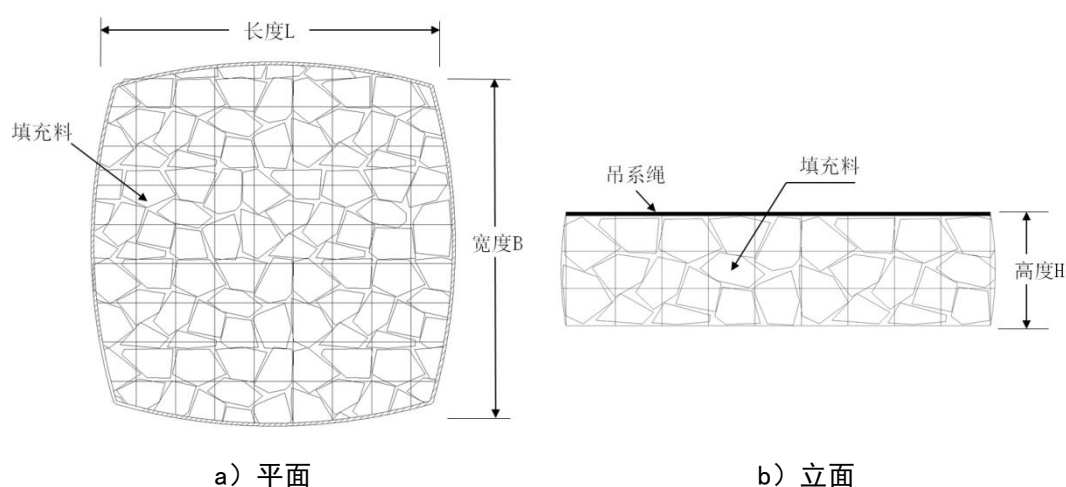


图 6 尼龙网兜抛入水下结构示意图

### 5.2.3 土工网垫结构与设计符合以下规定。

- 土工网垫按层数可分为二层、三层、四层、五层，可根据工程需求、环境条件等因素选用，典型的土工网垫类型示意图 7 和图 8。
- 土工网垫长度一般为 30 m、40 m、50 m，宽度一般为 1.0 m、1.5 m、2.0 m，铺设长度应结合岸坡坡比、水位等因素综合考虑，具体可按照 GB/T 50290 的规定执行。
- 网孔可为菱形、方形、蜂窝状等，根据需求可均匀分布或呈梯度分布，孔径偏差不应超过设计孔径的 $\pm 5\%$ 。
- 防护坡面应平整，网垫邻片应设置搭接，相邻搭接不应小于 100 mm。防护面上应设有足够盖重，岸坡较陡时应先进行削坡处理。
- 坡度陡于 1:2.0 的的岸坡、松散土质、强冲刷或强风区、生态修复初期等环境条件下应进行锚固处理。坡顶、坡脚宜设置锚固沟。
- 选用锚固钉时，长度不应小于 0.5 m，间距宜取 0.5 m~1.5 m，坡顶、坡脚、网垫搭接处、地形复杂处应加密，间距可取 0.3 m~0.5 m。土工网垫结构设计及土工网垫邻片搭接示意图 9。锚固钉长度设计可参考附录 C。
- 有生态需求的土工网垫填充覆土厚度宜为网垫高度 1.5~2.0 倍，强冲刷、强风区域可掺入 10%~20%碎石。
- 土工网垫荷载、稳定性、强度计算可按照 DB13/T 2700 附录 A 有关规定执行。

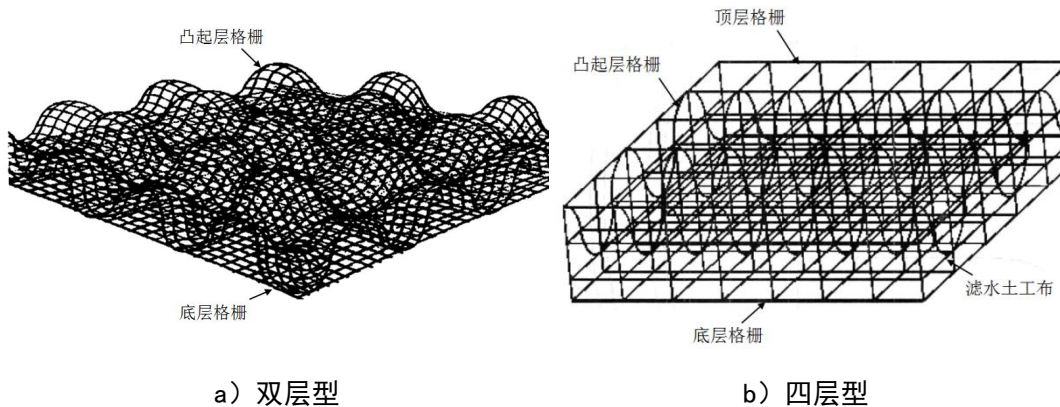


图7 典型土工网垫立面示意图

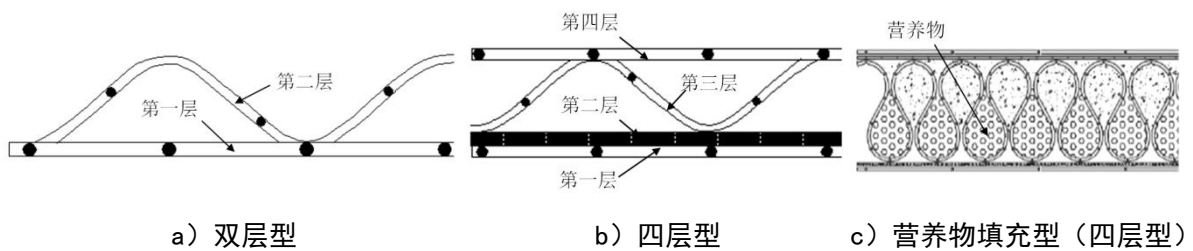


图8 典型土工网垫横切面示意图

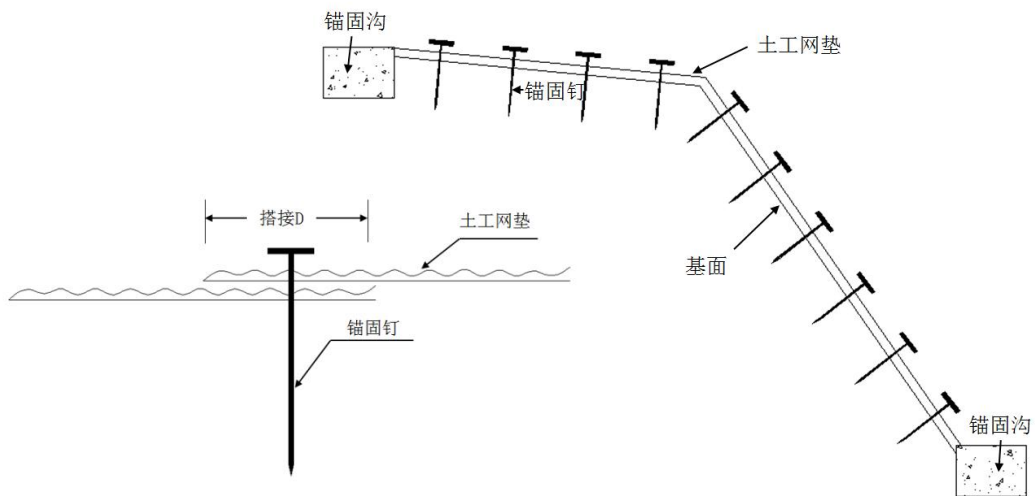


图9 土工网垫结构设计及邻片搭接示意图

### 5.3 植物材料网笼

5.3.1 植物材料网笼一般适用于岸坡较为稳定、兼有生态修复或景观需求的岸坡防护工程，坡比不宜陡于 1:2.0。

5.3.2 植物材料网笼按形状可分为椭球体、胶囊体、长条状等，也可根据工程需求设计成矩形截面，应根据工程属性、取材条件等合理选用网笼材料和形状。

5.3.3 网笼形状可根据长度、宽度和高度进行区分，长度一般为 0.5 m~10.0 m，宽度一般为 0.2 m~1.0 m，高度一般为 0.2 m~1.0 m。长度 0.5 m~1.0 m 为椭球网笼，1.0 m~3.0

m 为胶囊网笼，大于 3.0 m 为长条状网笼。不同植物材料网笼结构示意见图 10~图 12。

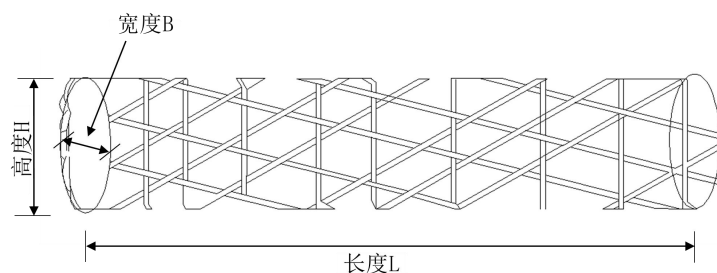


图 10 竹制网笼示意图

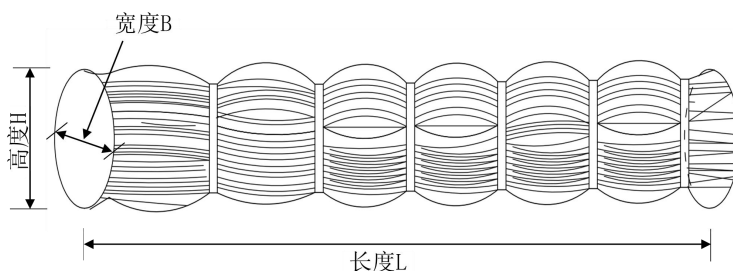


图 11 柳制网笼示意图

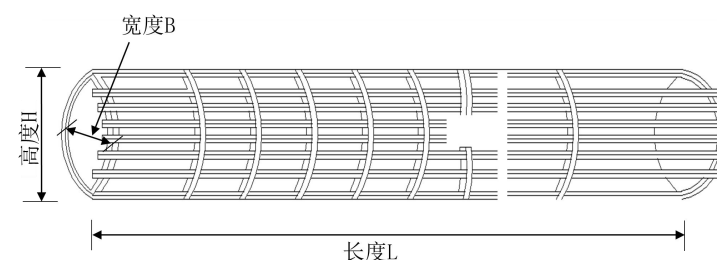


图 12 木制网笼示意图

5.3.4 植物材料网笼编制工艺应根据填料粒径合理选用，确保不漏料。在填料粒径较小时宜采用平编，即经纬篾片压一挑一连续上下交编，纬篾密接不留间隙。在填料粒径较大时宜采用多角孔编，即经纬篾片作等距、平行排列压一挑一编制成多角孔。

5.3.5 植物材料网笼可采用具有支撑、连接、活动、紧固功能的金属制件与竹、柳条、木条等材料连接成组合体，可通过铆钉、绞合钢丝或 C 型钉连接及封口。

5.3.6 植物材料网笼用作护坡时符合以下规定。

- a) 布置形式宜采用贴坡式，且与护脚衔接良好。不设护脚时，防护范围应向河床中延伸至最大冲刷深度的 1.0~2.0 倍，或进行全断面防护。
- b) 厚度宜在 0.2 m~0.5 m 之间，在上游和下游边界处应加厚。
- c) 应在下层铺设土工布或 100 mm~150 mm 厚砂砾石反滤层。
- d) 护坡可采用垂吊植物、攀缘植物、低矮灌木、插枝等方式绿化。

## 6 施工

### 6.1 施工前准备

6.1.1 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。

- 6.1.2 施工前应对网笼尺寸、网孔尺寸等进行核查，各项参数均应符合设计要求。
- 6.1.3 施工前应按照设计要求铺设土工织物或反滤层，反滤层的砂砾料宜为连续级配、耐风化、水稳定性好，砂砾料用于反滤时含泥量宜小于 10%。

## 6.2 基础施工

### 6.2.1 网笼基础施工应符合以下规定。

- a) 施工前应按设计要求平整铺设面，坡面或基底面应平整、密实、无杂质。地面上的树根、腐殖物等各类杂物应清理干净，基面清理后应及时采取保护措施。基面为淤泥、腐殖土等不良地层时，应按照设计要求进行地基处理。
- 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、沟等应按照设计要求回填。

### 6.2.2 软弱基础施工应符合以下规定。

- a) 采用挖除软弱层换填砂、土方法时，应按照设计要求采用中粗砂或沙砾，铺填后压实。
- b) 采用抛石挤淤方法时，宜使用粒径不小于 300 mm 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。

## 6.3 结构施工

### 6.3.1 钢丝网笼可分为钢丝网垫、钢丝网兜和钢丝网箱，并满足下列要求。

#### a) 钢丝网垫结构组装及铺设应符合以下规定：

- 1) 钢丝网垫应按照设计要求定位，并依次安装，定位时应挂线调整平整度；
- 2) 拉直边网片、端网片和隔网，组装时确保所有折缝位置正确，相邻钢丝网垫可靠连接；
- 3) 隔网与网身应成 90° 相交后，才可连接，现场可采用绑扎钢丝连接或 C 型钉连接，绑扎钢丝应与网丝同材质，按照间隔 100 mm~150 mm 单圈一双圈连续交替绞合；C 型钉由镀锌、镀锌铝合金镀层或不锈钢钢丝制成，钢丝直径为 3.0 mm，最小镀层重量为 255 g/m<sup>2</sup>。其中，镀锌铝合金镀层钢丝的最小抗拉强度为 1720 MPa，不锈钢丝的最小抗拉强度为 1550 MPa。C 型钉最小拉开拉力值不低于 2 kN，间距不小于 200 mm；
- 4) 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。

#### b) 钢丝网兜结构组装及铺设应符合以下规定：

- 1) 将网片两端内折成袋状，两侧端丝镶边，上网面预留口用以填充里料，填料后再使用钢丝将边丝牢固绑扎；
- 2) 网兜可单个摆放，也可绑扎摆放；
- 3) 多层垒砌时，上下层之间应错缝垒砌。

#### c) 钢丝网箱结构组装及铺设应符合以下规定：

- 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，按设计要求依次安装并定位，定位时应挂线调整平整度；
- 2) 网箱各角端均应与相邻钢丝网箱连接；
- 3) 隔网与网箱之间的连接、上层网箱底面与下层网箱隔网及网盖四周之间的连接间距均不应大于 200 mm；
- 4) 端网与网箱、网盖与网箱的连接间距均不应大于 100 mm；

- 5) 相邻网箱间接触面应予以连接, 连接点均匀分布, 密度不应少于 4 处/m;
  - 6) 土石料装填应分层装填, 用人工或机械夯实充满, 避免装填后产生不平整现象;
  - 7) 施工封盖前, 面层石料应砌垒整平, 封盖网与网身、间隔网间相交边框线, 每间隔 200 mm~250 mm 绑扎一道。
- 6.3.2 合成材料网笼分为尼龙网兜和土工网垫, 并满足下列要求。
- a) 尼龙网兜结构铺设符合以下规定:
    - 1) 应用扎口带或手持缝纫机进行网兜封口;
    - 2) 网兜袋口绑扎或缝合一侧, 应朝向坡面隐蔽侧垒砌;
    - 3) 多层垒砌时, 上下层之间应错缝垒砌;
    - 4) 砌体封顶宜将网兜长边垂直于坡顶线垒放。
  - b) 土工网垫结构铺设符合以下规定:
    - 1) 网垫由坡肩沿着坡面向下展开, 其尺度和铺设位置应符合设计要求;
    - 2) 相邻搭接重叠长度不应小于 100mm, 并按设计间距进行锚固;
    - 3) 边界用主锚钉锚固, 锚钉位置可视现场地形调整。
- 6.3.3 植物材料网笼结构铺设符合以下规定:
- a) 应根据设计要求及工程属性合理选用植物材料网笼;
  - b) 布置形式宜采用贴坡式, 护坡段首末两端应采取措施与原坡面或相邻建筑物紧密平顺相连。

## 7 质量检验与验收

- 7.1 网笼生态护坡工程所用网笼应提供原材料及成品的质量检验合格证明, 材料的性能指标应符合本文件第 4 章的规定, 并同时满足设计规范要求。
- 7.2 网笼生态护坡工程质量验收标准应符合 SL/T 631.4 的规定, 根据网笼护坡工程的用途, 执行 SL/T 631.4 中关于岸坡防护工程、护脚工程、沉排工程、生态防护工程的验收标准。
- 7.3 网笼生态护坡工程的验收规程应符合 SL/T 223 的规定, 根据工程所处不同阶段, 执行施工质量验收、合同工程验收、阶段验收、专项验收及竣工验收的流程要求。
- 7.4 网笼生态护坡工程验收应提供但不限于下列数据及材料:
- a) 原材料的产品合格证以及质量保证书;
  - b) 原材料的出厂证明、出厂检验报告及进场验收记录;
  - c) 护坡工程的设计报告和施工图纸;
  - d) 隐蔽工程验收记录或其他必备的数据。

附录 A  
(资料性)  
外覆有机涂层钢丝网刮磨性能检测方法

#### A.1 试验设备

刮磨试验装置如图 A.1 所示。

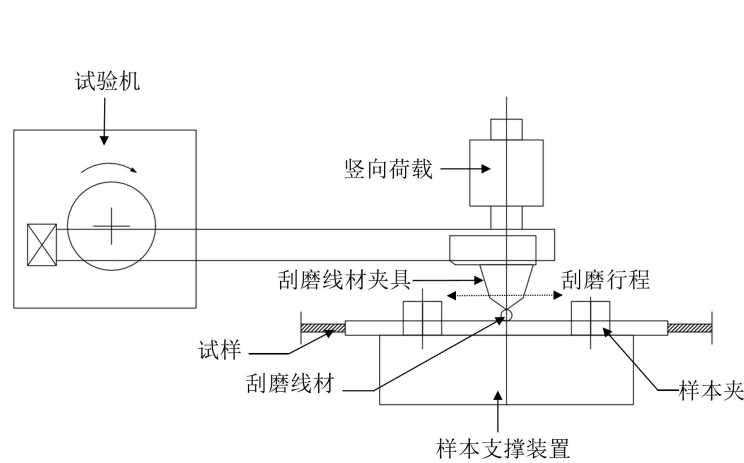


图 A.1 刮磨试验装置示意图

#### A.2 试样要求

外覆有机涂层钢丝网刮磨试验应在现场随机选取成品钢丝网面作为试样。固定之前试样两端应剥去一小段有机涂层。

#### A.3 试验方法

试验设备总竖向荷载为  $2400\text{g} \pm 50\text{g}$ ，刮磨线材直径为  $0.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 。在  $12.7\text{mm}$  的刮磨行程长度下，以每分钟  $55 \pm 5$  个循环的速度对试样进行刮磨。当有机涂层磨损至金属钢丝时，刮磨测试停止，记录试样的刮磨循环次数。每个样品总共进行 4 次试验，每次测试后，将试样移动  $25\text{mm}$  并旋转  $90^\circ$ 。每次测试前应更换刮磨线材。

#### A.4 试验结果分析

以 4 次试验的刮磨循环次数平均值评定试样的耐磨性能，不同规格外覆有机涂层钢丝网刮磨性能应满足表 A.1 要求。

表 A.1 不同规格外覆有机涂层钢丝网刮磨性能要求

钢丝直径 (mm)	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0
覆有机涂层后钢丝直径 (mm)	3.0	3.2	3.4	3.7	4.0
刮磨性能 (次)	$\geq 150$	$\geq 250$	$\geq 250$	$\geq 300$	$\geq 400$

**附录 B**  
**(资料性)**  
**外覆有机涂层钢丝网腐蚀浸入性能检测方法**

**B.1 腐蚀浸入试验方法**

将 5 根各 250mm 长的外覆有机涂层钢丝样品浸入 5%的盐酸溶液中，分别浸泡 100、500、1000、1500、2500h 后，从盐酸溶液中取出。去除外覆有机涂层后，以金属钢丝直径缩小作为判定钢丝样品被腐蚀的标准，测量不同浸泡时长外覆有机涂层钢丝样品被腐蚀的长度。

**B.2 试验结果分析**

通过绘制“腐蚀长度-浸泡时间”曲线确定腐蚀长度不再随浸泡时间增加的最大值，将其定为外覆有机涂层钢丝样品的最大腐蚀长度。外覆有机涂层钢丝耐腐蚀浸入性能要求最大腐蚀长度应小于钢丝网笼的网孔尺寸。

**附录 C**  
**(资料性)**  
**锚固钉长度设计**

**C.1** 锚固钉总长度  $L_d$  由有效锚固长度  $L_e$  和自由段长度  $L_f$  组成:

$$L_d = L_e + L_f \quad (C.1)$$

**C.2** 有效锚固长度  $L_e$  由土体与锚固钉的黏结强度决定, 需满足抗拔力要求:

$$L_e = \frac{F \cdot \gamma}{\pi \cdot D \cdot \tau} \quad (C.2)$$

F: 单根锚固钉需提供的抗拔力 (kN), 由网垫下滑力计算得出;

$\gamma$ : 安全系数 (1.5~2.0);

D: 锚固钉直径 (m);

$\tau$ : 土体与锚固钉的黏结强度 (kPa), 参考表 C.1:

**表 C.1 不同类型土体黏结强度**

土体类型	黏结强度 $\tau$ (kPa)
砂土	15~30
粉土	20~40
黏土	30~60
风化岩	50~100

**C.3** 自由段长度  $L_f$  应确保锚固钉穿过潜在滑动面, 进入稳定土层。

$$L_f = H_s + 0.5 \text{ m (安全余量)} \quad (C.3)$$

$H_s$ : 潜在滑动面深度 (通过边坡稳定性分析确定)。

**C.4** 锚固钉长度可根据工程经验, 结合现场试验验证, 按表 C.2 直接取值。

**表 C.2 不同类型土体锚固钉建议长度**

坡度	土体类型	建议长度 (m)
$\leq 30^\circ$	黏土/砂土	0.5
$30^\circ \sim 45^\circ$	粉土/黏土	0.5~1.0
$> 45^\circ$	松散土/风化岩	$\geq 1.5$

**C.5** 修正系数

a) 冻融区修正:

$$L_d \geq H_f + 0.5 \text{ m} \quad (C.4)$$

锚固钉长度应大于冻融深度  $H_f$ , 中国北方地区  $H_f$  通常为 0.8 m~2.5 m。

b) 强冲刷区修正:

$$L_d \geq H_e + L_e \quad (C.5)$$

$H_e$ : 冲刷深度。

c) 软弱土层修正:

若稳定层埋深较大, 可采用分段锚固或加筋复合锚固。

**C.6** 随机抽取 3%~5% 锚固钉进行抗拔力测试, 确保实际抗拔力  $\geq$  设计值。

**C.7** 施工中遇到土质变化 (如夹石层), 应调整长度或加密锚固。



## 参考文献

- [1] GB/T 5470 塑料 冲击法脆化温度的测定
  - [2] GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
  - [3] SL/T 800—2020 河湖生态系统保护与修复工程技术导则
  - [4] YB/T 4190 工程用机编钢丝网及组合体
  - [5] DB13/T 2700—2018 水工柔性生态防护结构设计规范
-