

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

Application technical guidelines of mesh cage for ecological slope

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

# 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 .....	2
4.1 一般规定 .....	2
4.2 钢丝网笼 .....	2
4.3 土工合成材料网笼 .....	2
4.4 天然植木材料网笼 .....	3
4.5 填充材料 .....	3
5 结构分类与设计 .....	4
5.1 钢丝网笼结构分类与设计 .....	4
5.2 土工合成材料网笼结构分类及设计 .....	5
5.3 天然植木材料网笼结构分类与设计 .....	7
6 施工 .....	9
6.1 施工准备 .....	9
6.2 基础施工 .....	9
6.3 结构施工 .....	9
6.4 其他 .....	10
7 质量检验 .....	10
7.1 质量检验 .....	10
7.2 验收 .....	11
附录 A .....	12
A.1 有资料时钢丝网垫厚度的计算方法 .....	12
A.2 无资料时钢丝网垫厚度及填石粒径 .....	12
A.3 重力式结构稳定性验算方法 .....	13
A.4 筋材设计抗拉强度计算方法 .....	13

## 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。

本文件主要包括：总则、规范性引用文件、术语、材料、结构分类与设计、施工、质量检验等7章和1个附录

本文件由中国水利学会归口。

本文件起草单位：长江水利委员会长江科学院、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

本文件主要起草人：姚仕明、渠庚、柴朝晖、章运超、闵凤阳、刘小光、黄卫东、唐峰、柯帅、陈煜、王茜、邓晨光、黄莉、朱孔贤、管硕、杨启红、张琳、章泽、周东

# 生态护坡 网笼应用技术导则

## 1 范围

本标准规定了生态护坡网笼技术的有关术语、材料、结构分类与设计、施工和质量检验等技术要求。

本标准适用于河流、湖泊、水库等水域中以网笼为主要方式的岸坡守护，其他行业可参照使用。

## 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 50286 堤防工程设计规范
- GB 50707 河道整治设计规范
- GB/T 2972 镀锌钢丝锌层硫酸铜试验方法
- GB/T 2973 镀锌钢丝锌层质量试验方法
- GB/T 2976 金属材料线材缠绕试验方法
- GB/T 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/T 19470 土工合成材料 塑料土工网
- GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范
- GB/T 700 碳素结构钢
- SL 176 水利水电工程施工质量检验与评定规程
- SL 274 碾压式土石坝设计规范
- SL 379 水工挡土墙设计规范
- SL 634 堤防工程施工质量验收评定标准
- SL/T 225 水利水电工程土工合成材料应用技术规范
- YB/T 4190 工程用机编钢丝网及组合体
- DB13/T 2700 水工柔性生态防护结构设计规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.0.1 网笼 mesh cage

将机编钢丝网、土工合成材料、天然植木等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，包括网箱、网垫、网袋、网兜等形式。

### 3.0.2 机编钢丝网 steel mesh made by machine

将低碳热镀锌钢丝、铝锌混合稀土合金镀层钢丝，包裹 PVC 覆层或经高抗腐处理后，采用机械绞合编织成的六角状、六边形网孔的网片结构。

### 3.0.3 天然植木 natural plants and wood

可用来制作网笼的竹、柳枝、木条等天然材料。

#### 3.0.4 填充材料 filler material

网笼内填充的天然石料、人造材料或种植土。

#### 3.0.5 网孔尺寸 mesh size

网笼封闭体的孔径。

## 4 材料

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 网笼的类型包括钢丝网笼、土工合成材料网笼和天然植木网笼，网笼类型应根据工程所在地的地形、地质、水文、气象等条件选取，并遵循因地制宜、技术可行、经济合理、利于生态保护等原则。

**4.1.2** 生态网笼材料应符合国家现行有关标准的要求或具有检验合格的材料试验报告。

### 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，或经高抗腐处理的以上同质钢丝。钢丝材料性能应符合 GB/T 700 的相关要求，钢丝抗拉强度应为 350~500MPa、断裂伸长率应 $\geq$ 12%。

**4.2.2** 应根据工程所在地的环境选择不同类型镀层的钢丝，镀层选择标准可参考 YB/T4190 有关规定。

**4.2.3** 钢丝镀层的性能检测应符合以下规定：

- a) 镀层均匀性检测按 GB/T 2972 执行。
- b) 镀层质量检测按 GB/T 2973 执行。
- c) 镀层附着力检测按 GB/T 2976 执行。

**4.2.4** 在侵蚀严重、水位变化频繁、水质污染等复杂环境中使用的钢丝网笼应选用包裹 PVC 覆层的钢丝，PVC 覆层材料的性能指标应符合以下规定：

- a) PVC 覆层厚度在 0.4—0.6mm。
- b) PVC 材料密度在 1.30—1.35kg/m<sup>3</sup>。
- c) PVC 材料邵氏 D 硬度为 50~60。
- d) PVC 材料抗拉强度 $\geq$ 20.6MPa，断裂伸长率 $\geq$ 180%。
- e) PVC 材料弹性模量 $\geq$ 18.6Mpa。
- f) PVC 材料耐盐雾性能和抗老化性应符合以下规定：3000h 盐雾曝光和紫外线曝光型式试验后，PVC 性能变化要求应控制在以下范围：密度变化不超过 6%、邵氏硬度变化不超过 25%、抗拉强度变化不超过 25%、耐磨损性变化不超过 10%。

**4.2.5** 钢丝网笼内可根据设计需要增加筋材，筋材的材料应符合以下规定：

- a) 筋材应具有良好的耐久性，采用金属材质类筋材时，筋材表面应进行有效的防腐处理，当采用土工合成材料筋材时，筋材应具有低蠕变性和良好的抗紫外线老化性能。
- b) 筋材表面应粗糙，与填料间应能形成良好的摩擦咬合作用。

### 4.3 土工合成材料网笼

**4.3.1** 按防护部位的不同，土工合成材料网笼分为水下土工合成材料网笼和水上土工合成材料网笼。

**4.3.2** 水下土工合成材料网笼宜采用尼龙网，其特性应符合以下规定：

- a) 尼龙网原材料宜采用聚丙烯。
- b) 尼龙网单根绳最低断裂强力应符合 GB/T 8050 的相关规定。
- c) 尼龙网单绳的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，必要时可开展现场试验。
- d) 尼龙网的整体强度应满足设计填充料的装料、叠放、运输以及至少三次起吊过程中保持完好、无明显断丝和破损漏石现象。

**4.3.3** 水上土工合成材料网笼宜采用土工网或尼龙网，尼龙网的技术要求参见本标准 4.3.2 条规定，土工网的特性应符合以下规定：

- a) 土工网型号宜选用 CE151，其单位面积质量、网孔尺寸、规格偏差、抗伸屈服强度等主要技术指标应符合 GB/T 19470 的相关规定。
- b) 土工网可用 $\phi 8\text{mm}$  尼龙绳绑扎成网笼。
- c) 土工网片网孔必须均匀，不得扭曲变形，网孔孔径偏差应小于设计孔径的 5%。
- d) 土工网垫采用塑料三维土工网垫，其单位重量、厚度和纵、横向抗拉强度等技术指标应符合 GB/T 18744 的规定。
- e) 土工网垫防护面上应设有足够的盖重。

#### 4.4 天然植木材料网笼

**4.4.1** 天然植木网笼的材料可选用竹、柳枝、木条等，选用时统筹兼顾工程安全、环境景观、取料方便、施工条件等。

**4.4.2** 选用竹、柳枝和木条等天然材料作为网笼编制材料时，应符合以下规定：

- a) 应选用平直、无开裂、无腐朽的材料，并对材料进行防虫、防腐处理。
- b) 材料含水率应符合结构设计、制作、安装和使用要求。
- c) 竹宜选用竹龄大于 4 年（含）的毛竹或材性相近的竹种。
- d) 柳条一般来源于杞柳、沙柳、小红柳、旱柳等柳属植物。
- e) 木条可采用具有明确的材质等级或强度等级的方木、原木、锯材和工程木产品。

**4.4.3** 天然植木材料网笼抗压、抗拉、抗剪强度及有关力学指标应达到工程设计要求。

#### 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，也可根据设计要求填充废旧混凝土块等人造材料，填料应符合以下规定：

- a) 填料宜就地取材，应具有良好耐久性、不易破碎或者风化。
- b) 填料不宜有尖角或薄边，以防磨损网笼。
- c) 网笼填料的中值粒径尺寸一般应在  $1.5D-2.0D$  之间， $D$  为网孔尺寸。
- d) 填料宜进行级配实验分析，级配应合理，宜配备一些小粒径的石料进行塞缝、垫平石块，确保笼体中的石料紧密稳定，填充后网笼结构的空隙率宜小于 30%。

**4.5.2** 为满足生态要求，网笼内宜适当填充种植土，并播撒植被种子或栽种植被，应符合以下规定：

- a) 种植土、种子及栽种植被宜填充在网笼的水上区域或水位变动区域，不宜在常年淹水区域。
- b) 种植土宜混合高性能生态基材、土壤增活有机基质等其他特定生态功能产品。
- c) 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，宜选择耐候性强、生长快速、根系发达的多年生本地物种。
- d) 必要时可试种植物种子或试栽植被。

## 5 结构分类与设计

### 5.1 钢丝网笼

**5.1.1** 钢丝网笼结构适用于河流、湖泊、水库等水域岸坡水上部位的防护，可分为防冲刷结构和支挡类结构。

**5.1.2** 防冲刷类钢丝网笼主要包括由机编钢丝网制成的钢丝网垫和钢丝网袋，其结构分类及设计应符合以下规定：

- a) 钢丝网垫长度一般为 2.0m~8.0m，宽度一般为 1.0m~4.0m，厚度一般不大于 0.3m，宜用于坡比缓于 1.5 的护岸工程。
- b) 钢丝网袋长度一般为 2.0m 和 3.5m，宽度一般为 1.5m 和 2.0m，一般用于岸坡水下部分的消能防冲等工程。
- c) 钢丝网垫布置形式宜采用贴坡式，基础宜埋置到最大冲刷深度以下，不设护脚时，钢丝网垫防护范围应向河床中延伸至 1~2 倍的最大冲刷深度或进行全断面防护。
- d) 钢丝网垫护坡时宜在下层铺设一层土工布或 100mm~150mm 厚砂砾石垫层作为反滤层。
- e) 钢丝网垫的厚度宜大于填充材料中值粒径的 2 倍，在有资料条件下钢丝网垫的厚度可根据附录 A1 的计算，在无资料条件下可参考附录表 A.2-1 选用。
- f) 钢丝网垫的护坡设计高度具体计算可按 GB 50286 执行。
- g) 钢丝网垫结构护坡稳定验算分岸坡基础土整体滑动和钢丝网垫之间滑动两种情况，计算方法应按 GB50707 的规定执行。

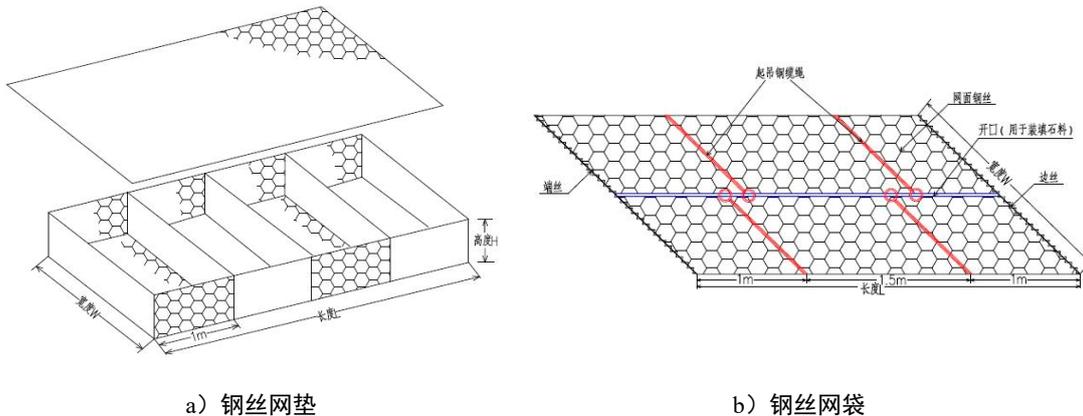


图 1 防冲刷类钢丝网笼结构

**5.1.3** 支挡类结构一般用于坡比陡于 1.5 的岸坡防护，可分为重力式结构和加筋土结构，其结构分类及设计应符合以下规定：

- a) 重力式结构的网箱长度一般为 1.5m~6m，宽度一般为 1m~2m，高度一般为 1.0m，网箱内隔板间距一般为 0.25m 或 0.5m。
- b) 重力式结构的稳定性计算宜选用一般重力式挡土墙计算方法，可参考 SL379 执行。
- c) 加筋土结构的网箱长度一般为 3m~6m，宽度一般为 3m，高度一般为 0.8m 或 1.0m。加筋材料宜采用平面网状筋材，不宜采用条带式筋材，常见的筋材有钢丝网等金属材料 and 土工格栅等土工合成类材料。
- d) 加筋土结构筋材上的回填土料应满足设计的压实度要求，可参考 SL 274 执行。
- e) 加筋土结构的设计应按照 GB/T 50290 的计算方法进行外部稳定性分析进行外部稳定性分析及内部稳定性分析，以确定筋材类型、规格、布设位置、长度和间距等。

- f) 加筋土结构的筋材与墙面结构的连接必须牢固可靠，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，计算方法见附录 A.4。

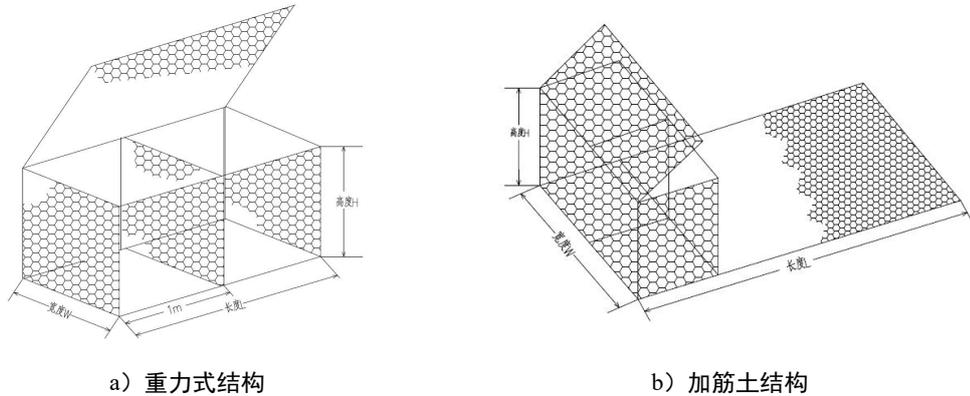


图 2 支挡类结构的不同形式

5.1.4 支挡类结构常构成挡墙型式以用于岸坡防护，根据外形结构差异，挡墙分为外台阶式、内台阶式、宝塔式等形式，其结构应符合以下规定：

- 挡墙应分层码砌并绞合成整体的单元体，单元体的尺寸宜以 0.5m 为模数，长为 1m~4m，宽为 1m，高为 0.5m 或 1m，其结构形式见图 3。
- 挡墙顶宽  $b$  不宜小于 1m，每层高度  $L$  宜为 0.5m 的整数倍，台阶宽度  $S$  不宜大于当层层高  $L$ 。
- 挡墙墙背与填土之间应设置反滤层。
- 挡墙可采用垂吊植物、低矮灌木及攀缘植物、插枝等方式绿化。
- 挡墙应按照重力式挡土墙计算方法进行稳定性分析，计算方法见附录 A.2。

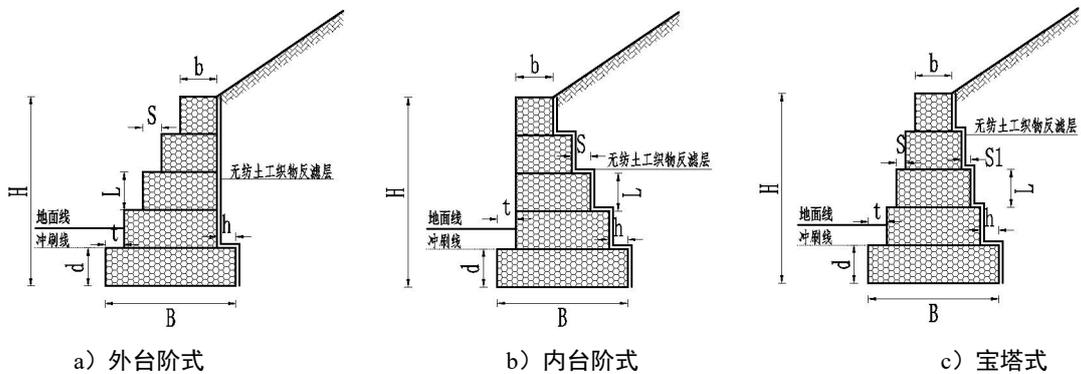


图 3 支挡类结构不同外形

5.1.5 支挡类结构基础的埋置深度应综合当地地形、地质、冲刷深度等因素确定，同时应满足地基稳定要求：

- 除基岩地基外，基础埋深不小于 0.5m。
- 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，护坦长度不小于 2.0 倍计算冲刷深度。

## 5.2 土工合成材料网笼

5.2.1 按结构型式的不同，土工合成材料网笼主要有尼龙网石兜和植被土工网垫。

5.2.2 尼龙网石兜通过在尼龙网兜内填充块石，用于水流速度较大的水下岸坡防护或对已有

水下土工材料的防护加固,具有长期在水下不锈蚀、耐久性好、抗冲性和整体性较好等特点,尼龙网石兜结构示意图分别见图4和图5,其结构分类及设计应符合以下规定:

- 尼龙网石兜编织绳为三股绳,由目绳、钢绳、吊系绳编织成“四角网”形式的外观形态,开口处设封口绳。
- 尼龙网石兜单层厚度可为50cm~60cm,单个宽度可取1.5m~2.0m,长度可取1.5m~2.0m。
- 尼龙网石兜在承受高速水流区域,宜采用双层或多层叠抛防护,以增大防护厚度,必要时宜开展现场试验。
- 尼龙网石兜护坡的滑动稳定验算应符合GB50286的有关规定。

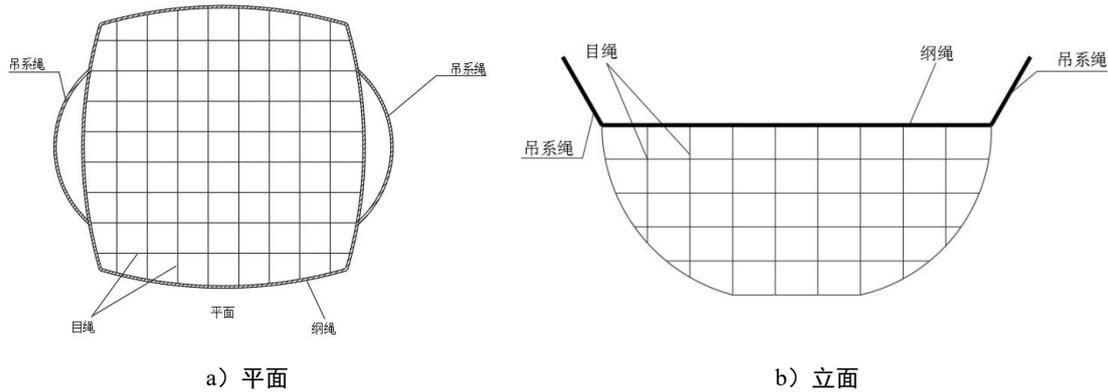


图4 尼龙网结构示意图

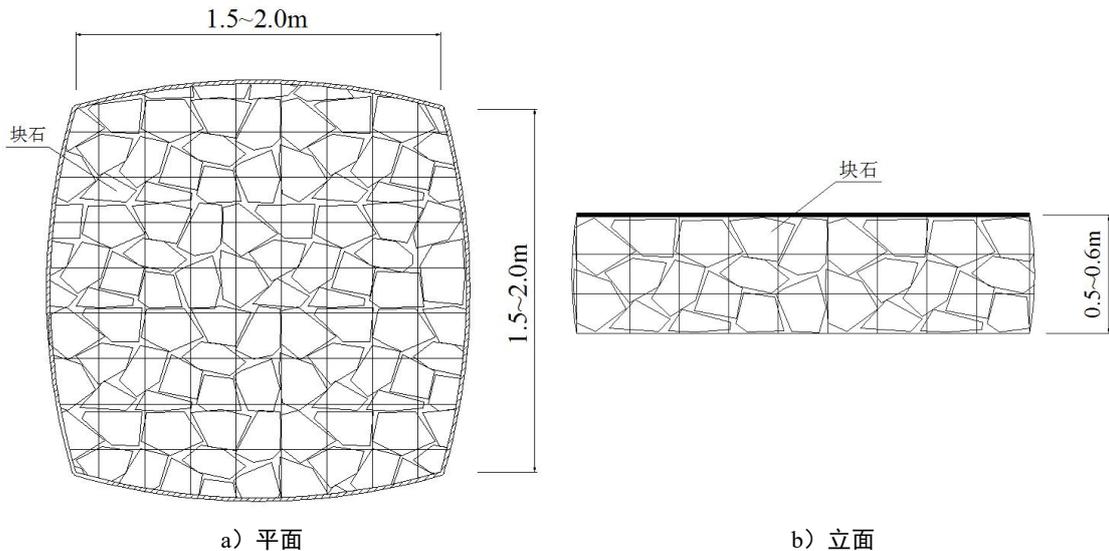
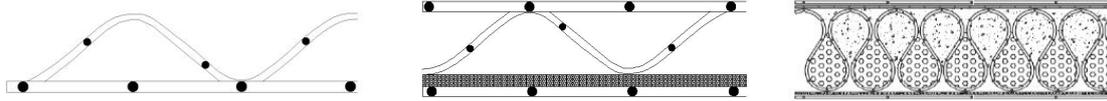


图5 尼龙网石兜抛入水下结构示意图

**5.2.3 植被土工网垫**通过在土工网垫内植草,以保护岸坡坡面不受水流冲刷破坏,其结构分类及设计应符合以下规定:

- 植被土工网垫包括双层、四层、营养物填充等类型,应根据河湖岸坡土体结构、坡前流速、区域降水强度、经济等因素综合确定选用,不同类型结构见图6。



a) 双层型

b) 四层型

c) 营养物型

图 6 植被土工网垫类型

- b) 植被土工网垫的铺设长度应结合岸坡坡比、水位等因素综合考虑，具体可参考 SL/T 225 相关规定执行。
- c) 植被土工网垫荷载、稳定性、强度计算可参考 DB13/T 2700 相关规定执行。
- d) 植被土工网垫防护坡面应平整，网垫邻片应设置搭接，搭接宽度不宜小于 0.1m，一定间距以锚固钉固定，锚固钉长度不小于 0.5m，在坡顶、坡脚应埋入锚固沟固定，植被土工网垫结构设计示意和植被土工网垫邻片搭接示意图见图 7 和图 8。

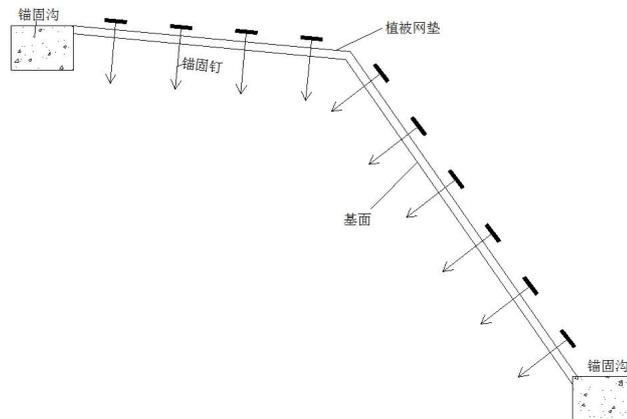


图 7 植被土工网垫结构设计示意

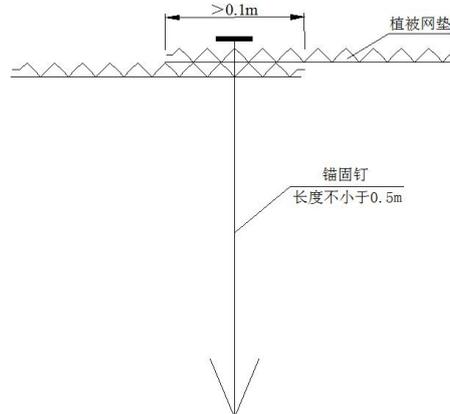


图 8 植被土工网垫邻片搭接示意

- e) 应根据当地气温、降水和土质条件等优选防护植物，必要时可试种，植物应符合土质及环境适应性强，生长快速、根系发达等条件，兼顾经济、景观要求。
- f) 植被土工网垫护坡可根据被保护岸坡土体的物理力学性质、水位变化幅度和周边环境，与不同防护结构型式相结合。

### 5.3 天然植木材料网笼

#### 5.3.1 天然植木材料网笼适用于河流、湖泊、水库等水域岸坡治理工程的护坡、护脚、基础

平台等。

**5.3.2** 天然植木材料网笼一般有竹制网笼、木制网笼及柳制网笼，其形状可分为椭球体、胶囊体、长条状等，亦可根据工程需求设计成矩形截面。应根据材料及工程属性合理选用网笼形状，可根据网笼长度  $L$ 、宽度  $B$  以及高度  $H$  进行区分。一般长 ( $L$ ) 可取  $0.5\sim 10\text{m}$ ，宽 ( $B$ ) 可取  $0.2\sim 1\text{m}$ ，高 ( $H$ ) 可取  $0.2\sim 1\text{m}$ 。 $0.5\text{m}\leq L<1.0\text{m}$  为椭球网笼， $1.0\leq L<3\text{m}$  为胶囊网笼， $3.0\text{m}\leq L$  为长条状网笼。天然植木材料网笼规格和尺寸可见图 9~图 11。

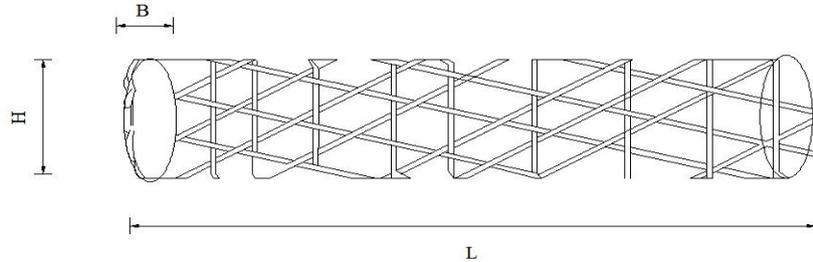


图 9 竹制网笼示意

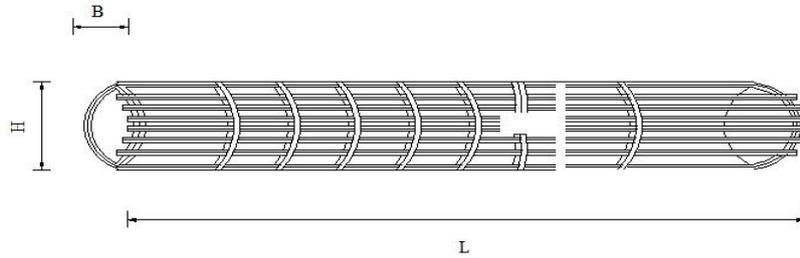


图 10 木制网笼示意

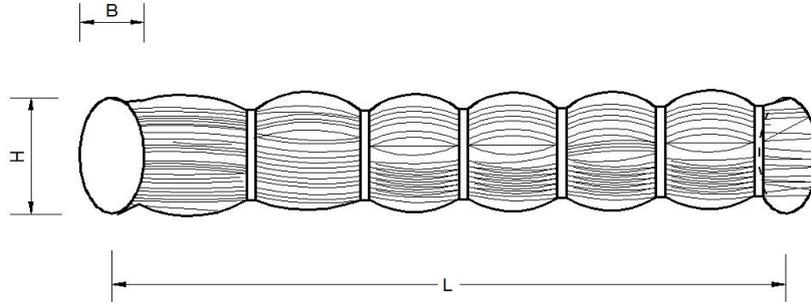


图 11 柳制网笼示意

**5.3.3** 天然植木材料网笼网孔设计孔径应根据填料粒径合理确定，且网孔应均匀，不得扭曲变形，孔径偏差应一般不大于 $\pm 5\%$ 。

**5.3.4** 天然植木材料网笼编制工艺应根据填料粒径合理选用，应确保不漏料。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** 天然植木材料网笼可采用具有支撑、连接、活动、紧固功能金属构件与竹、柳、木等材料连接成组合体。

**5.3.6** 天然植木材料网笼材料连接及封口可通过铆钉、绞合钢丝或 C 型钉连接。

**5.3.7** 天然植木材料网笼用作护坡时应符合以下规定：

- 粘性土坡的坡比不宜大于  $1:1.5$ ，砂质土坡的坡比不宜大于  $1:2.0$ ，且应自身稳定。
- 布置形式宜采用贴坡式，基础宜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  $1\sim 2$  倍的最大冲刷深度，或对河床全断面防护。
- 厚度宜在  $0.2\sim 0.5\text{m}$  之间，在上游和下游边界处应加厚。

- d) 下宜铺设一层土工布或 100mm~150mm 厚砂砾石垫层作为反滤层。
- e) 护坡稳定验算分三种情况：土坡整体滑动和沿护坡底面的滑动以及护坡网笼之间滑动，计算方法应按 GB50286 和 GB50707 附录 B 的规定执行。

### 5.3.8 天然植木材料网笼用作护脚时应符合以下规定：

- a) 填充材料的粒径可参考抛石护脚，按 GB50286 附录 D 的有关规定计算或根据已建工程分析。
- b) 网笼结构厚度不宜小于填充材料中值粒径的 2 倍。
- c) 护脚部位坡度宜缓于 1: 1.5。

### 5.3.9 天然植木材料网笼结构用作挡墙时应符合以下规定：

- a) 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。
- b) 基础地面应设置在计算冲刷深度以下 0.5~1.0m。
- c) 上下游边界部位或者河流当冲刷较严重时，基础前面应设置护坦，护坦长度不小于 2.0 倍计算冲刷深度。
- d) 挡墙墙背与填土之间应设置反滤层。
- e) 挡墙可采用垂吊植物、低矮灌木及攀缘植物、插枝等方式绿化。

5.3.10 天然植木材料网笼结构的水流冲刷计算、稳定计算等可参考钢丝网笼计算方法，具体见本标准附录 A.1~A.2。

## 6 施工

### 6.1 施工准备

6.1.1 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，应按设计要求进行地基处理。

6.1.2 施工前应核查网笼尺寸，网孔尺寸，网丝线径，端丝、边丝线径，均应符合设计要求。

6.1.3 施工前应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 GB50286 的有关规定。

### 6.2 基础施工

#### 6.2.1 网笼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沙砾，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压实。

### 6.3 结构施工

#### 6.3.1 钢丝网笼结构组装及联结应按下列规定执行：

- a) 防冲刷类的钢丝网垫
  - 1) 钢丝网垫应按设计要求定位，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, 才可绑扎, 每道绑扎应使用扎丝双股线并绞紧。

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) 防冲刷类的钢丝网袋

1) 网袋和地基之间可按设计要求采用合适的隔离方法(土工织物、排水设施等)。

2) 将网片卷成圆柱状, 并在镶边处搭接。拉紧横向钢丝, 使镶边固定。再使用钢丝将边丝牢固绑扎。网袋的另一端开口, 用以填充里料。

3) 网袋可单个摆放, 也可绑扎摆放。

c) 支挡类的钢丝网箱

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, 按设计要求依次安置并定位, 定位时应挂线调整平整度。

2) 网箱各角端均应与相邻格网网箱联结。

3) 隔网与网箱之间的联结、上层网箱底面与下层网箱隔网及网盖四周之间的联结间距均不应大于 200mm。

4) 端网与网箱、网盖与网箱的联结间距均不应大于 100mm。

5) 相邻网箱间接触面应予以联结, 联结点均匀分布, 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 200mm~250mm 绑扎一道。

### 6.3.2 土工合成材料网笼结构铺设及垒砌应符合下列规定:

a) 尼龙网石兜

1) 网笼长边缝的一侧和袋口绑扎或缝合一侧应朝向坡面隐蔽一侧垒砌。

2) 应用扎口带或手持缝纫机进行网笼封口。

3) 同层相邻网笼首尾紧密相接, 网笼外侧应整齐、平顺。

4) 上下层之间应错缝垒砌。

5) 砌体封顶宜将网笼长边垂直于坡顶线垒放。

b) 植被土工网垫

1) 网笼由坡肩沿着坡面向下展开, 其尺度和装设位置应符合设计文件规定。

2) 铺搭接重叠长度应大于 100mm, 并在 1300mm 范围内锚固。

3) 边界用主锚钉锚固, 锚钉位置可视现场地形调整。

### 6.3.3 天然植木材料网笼结构铺设及垒砌应符合下列规定:

a) 应根据设计要求及材料工程属性合理选用天然植木材料网笼。

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。

## 6.4 其他

6.4.1 保护与修复工程应结合不同措施的特点, 统筹安排, 合理安排施工时序, 避开保护物种繁殖期。河道内施工应根据该河段承担鱼类完成生活史发挥的主要功能, 避开鱼类生活史的敏感时段, 一般情况应避开鱼类的产卵期。

## 7 质量检验

### 7.1 质量检验

**7.1.1** 网笼生态护坡工程应进行质量检验，对验收不合格的网笼护坡工程应返工处理，并重新进行质量检验。

**7.1.2** 钢丝网笼、土工合成材料网笼、天然植木网笼的原材料性能指标应分别符合本标准第 4.2 节、4.3 节和 4.4 节的规定，并满足设计文件要求。

**7.1.3** 网笼填充材料的规格和质量要求应符合本标准第 4.5 节的规定，并满足设计要求。

**7.1.4** 钢丝网笼、土工合成材料网笼、天然植木网笼的尺寸与规格应分别符合本标准第 5.1 节、5.2 节和 5.3 节的规定，并满足设计文件要求。

## 7.2 验收

**7.2.1** 网笼工程的验收宜按照单元工程来划定，划分应符合 SL 176 的规定，并结合工程实际、结构特点、施工部署和施工合同的要求进行。

**7.2.2** 网笼工程施工中质量的评定验收应符合 SL 634、SL 176 及行业现行技术标准规定以及设计报告的要求。

**7.2.3** 网笼生态护坡工程验收宜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、进场验收记录及出厂检验报告。
- 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

## A.1 有资料时钢丝网垫厚度的计算方法

钢丝网垫中填石的中值粒径 $D_m$  应按下式计算：

$$D_m = S_0 C_s C_v d \left[ \left( \frac{\gamma_w}{\gamma_s - \gamma_w} \right)^{0.5} \frac{V}{(gdK_1)^{0.5}} \right]^{2.5} \quad (A.1-1)$$

$$C_v = 1.283 - 0.2 \lg \left( \frac{R}{b} \right) \quad (A.1-2)$$

式中： $D_m$ ——填石中值粒径；

$S_0$ ——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）；

$\gamma_s$ ——填石的重度（ $\text{kN/m}^3$ ）；

$\gamma_w$ ——水的重度（ $\text{kN/m}^3$ ）；

$V$ ——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（ $9.81\text{m/s}^2$ ）；

$K_1$ ——边坡修正因子，坡度1:1 取0.46，1:1.5取0.71，1:2.0取0.88，1:3取0.98，1:4以上取1.0；

$R$ ——水力半径；

$b$ ——水面宽度。

该法可用于厚度为150mm~500mm 的钢丝网垫的填石中值粒径计算，可用于河流坡降小于2% 的河段。用于河道转弯处外侧的钢丝网垫填石 $D_m$  应乘以系数1.2。

## A.2 无资料时钢丝网垫厚度及填石粒径

设计时钢丝网垫厚度及填石级配的选择可按下表执行，表中临界流速是指钢丝网垫中的填石不产生移动的流速，极限流速是指虽然填石移动导致生态钢丝网垫变形，但流速仍在可接受的范围内。

表 A.2-1 不同尺寸与填石下的临界流速与极限流速

类型	厚度 (mm)	填充石料		临界流速 (m/s)	极限流速 (m/s)
		石材尺寸 (mm)	$d_{50}$ (mm)		
钢丝网垫	170	70-100	85	3.5	4.2
		70-150	110	4.2	4.5
	230	70-100	85	3.6	5.5
		70-150	120	4.5	6.1
	300	70-120	100	4.2	5.5
		100-150	125	5.0	6.4

### A.3 重力式结构稳定性验算方法

重力式结构的稳定性验算包含抗滑、抗倾覆、地基承载力及整体稳定验算，宜选用一般重力式挡土墙计算方法，可参考 SL379 进行计算。重力式结构钢丝网箱的重度、似摩擦角、似粘聚力等关键参数规定如下：

- 网箱重度可取 $\gamma=17.5\text{kN/m}^3\sim 20\text{kN/m}^3$ 。
- 网箱似摩擦角取 $\varphi_g = 40^\circ$ 。
- 网箱的似粘聚力 $c_g$ 采用公式 A.2-1 计算：

$$c_g = 0.03p_u - 0.05 \quad (\text{A.3-1})$$

式中：

$c_g$ ——网箱单元之间的似粘聚力， $\text{kg/cm}^2$ 。

$p_u$ ——单位立方网箱的重量， $\text{kg/cm}^2$ 。

### A.4 筋材设计抗拉强度计算方法

**A.4.1** 筋材设计抗拉强度可采用公式 A.3-1 计算：

$$T_{al} = \frac{T_{ult}}{RF} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR}RF_{ID}RF_D} \quad (\text{A.4-1})$$

式中：

$T_{al}$ ——筋材的设计抗拉强度。

$T_{ult}$ ——筋材的极限抗拉强度。

$RF$ ——筋材强度综合折减系数。

$RF_{CR}$ ——筋材蠕变折减系数。

$RF_D$ ——考虑微生物、化学、热氧化等影响的筋材老化折减系数。

$RF_{ID}$ ——筋材施工损伤折减系数。

$RF_{CR}$ 、 $RF_D$ 、 $RF_{ID}$ 宜根据筋材类型、环境条件、填料类型、筋材所处的应力水平等通过试验确定。在无实测资料时，也可根据当地工程经验取值， $RF$ 宜取 2.5~5.0，施工条件差、材料蠕变性大或工程影响大时取高值，反之取低值。

**A.4.2** 筋材与填料接触的界面摩阻力系数宜通过拉拔试验或直剪摩擦试验按筋土界面实际条件试验确定。也可根据当地经验参考表 A.3 的数值选用。

表 A.4-1 筋材与填料之间的界面摩阻力系数

筋材类型	黏性土	砂类土	碎石类土
土工合成材料筋材	0.25-0.40	0.35-0.45	0.40-0.50
钢丝网材料筋材	0.30-0.40	0.35-0.55	0.50-0.70