

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 3842—2020

土工袋护坡技术规范

Technical Specification for Slope Protection with Soilbags

2020-07-14 发布

2020-08-14 实施

江苏省市场监督管理局 发布

前 言

本规范按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》的要求进行编排。

本规范附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 均为规范性附录。

本标准由江苏省水利厅提出并归口。

本标准起草单位：江苏省水利工程质量监督中心站，河海大学，河海大学设计研究院有限公司，杭州华土科技有限公司。

本标准主要起草人：刘斯宏、周金山、肖志远、丁亚、陈卫东、郑华虎、黄波、廖洁、贾凡、樊科伟、沈德忠、方斌昕、苏孝敏、张呈斌、王朝俊、赵立华、张利昕、董晓军、程大鹏。

土工袋护坡技术规范

1 范围

本规范规定了土工袋护坡的设计、施工、质量评定及验收准备等。

本规范适用于新建、改建或扩建的河道堤防、水土保持等工程中，高度 10m 以下的土质边坡防护。

土工袋护坡的设计与施工除应符合本规范规定外，尚应符合国家现行有关规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件，凡是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 50290 土工合成材料应用技术规范

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

GB/T 15773 水土保持综合治理验收规范

SL 176 水利水电工程施工质量检验与评定规程

SL 223 水利水电建设工程验收规程

SL 252 水利水电工程等级划分及洪水标准

SL 386 水利水电工程边坡设计规范

DB32/T 2334 水利工程施工质量检验与评定规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土工袋 soilbag

将土、土石混合料、无污染的固体废弃物，或混合有植物种子的植生营养土装入具有一定规格及性能的土工织物制作的袋子并缝口而形成的袋装体。根据作用功能一般分为固坡土工袋和生态土工袋。

3.1.1

固坡土工袋 soilbag for slope stability

按一定的规则铺设于土质边坡上，对土质边坡起防护和压坡稳定作用的土工袋。袋内材料不含植物种子与腐殖性土，袋体宜采用强度较高的土工编织袋。

3.1.2

生态土工袋 ecological soilbag

设置于边坡表层，对边坡起生态保护作用的土工袋。袋内装填植生营养土，植物种子混入袋内营养土；或植物种子内嵌在袋体内侧，营养土作为基土。

3.2

土工袋充填率 ratio of filling materials to bag volume

装入袋内的松土体积与袋子最大装土体积的比值，通常以百分比表示。

3.3

土工袋耐久性 durability of soilbag

土工袋在一定时间内能保持其安全与正常使用的能力，包括抗紫外线、抗腐蚀和抗冻融等。

4 一般规定

4.1 工程设计前，应对护坡区域工程地质与水文地质情况进行调查和勘察，深度应满足各阶段设计要求。

4.2 设计单位应根据调查和勘察结果进行设计，必要时选择有代表性的场地进行工艺试验。

4.3 工程施工前应编制施工组织设计，制定施工质量控制与安全文明管理措施，报经批准后实施。

4.4 施工过程中，应做好质量控制、安全生产、文明施工和环境保护等工作。

4.5 工程资料编制应及时、真实、准确、齐全。

5 设计

5.1 基本要求

5.1.1 土工袋护坡工程的级别应与其所在工程的级别一致，具体按 GB 50201、GB 50286、SL 252 及相关行业标准的规定确定。

5.1.2 设计应取得边坡工程的地质勘察资料，包括边坡的土层分布、地下水位，各土层的重度、渗透系数，土的内摩擦角、凝聚力等物理力学性质指标。

5.1.3 设计应调查边坡及其周围地区的场地环境条件，坡顶邻近建筑物的荷载、结构、基础型式和埋深，地下设施的分布等。

5.1.4 设计内容应包括土工袋材料（包括袋体材料、填充材料及缝口材料）、规格大小，护坡结构型式，护坡排水等，并进行护坡稳定性计算。

5.1.5 设计应了解边坡工程区域内植被情况，主要包括适宜环境的草种、生长期、根系发育情况等。

5.1.6 设计应综合考虑边坡工程水文地质条件、荷载作用情况、施工条件、袋装材料情况、工程造价等因素，满足抗滑稳定、渗流控制等方面的要求，同时兼顾与邻近建筑物的衔接、周边环境及景观要求，坡线布置应力求平顺，相邻护坡坡段应平缓连接，不宜采用折线或急弯。

5.1.7 土工袋护坡体两端应采用生态土工袋过渡。

5.2 土工袋材料

5.2.1 袋体材料应根据工程安全等级、施工方法、使用条件以及袋体尺寸等进行选择，原材料一般为聚合化纤织物。固坡土工袋袋体宜采用强度较高的有纺土工织物，生态土工袋袋体宜采用一般强度的无纺土工织物或有纺土工织物。

5.2.2 固坡土工袋袋体材料应具有较高的强度与良好的耐久性能，满足以下性能指标：单位面积质量 $\geq 80 \text{ g/m}^2$ ，经向断裂（拉伸）强度 $\geq 20 \text{ kN/m}$ ，纬向断裂（拉伸）强度 $\geq 15 \text{ kN/m}$ ，经向、纬向断裂伸长率 $\leq 28\%$ ，CBR 顶破强力 $\geq 1.6 \text{ kN}$ ，抗紫外线老化（II 型荧光紫外灯照射 150h）断裂强度保持率 $\geq 75\%$ ，袋体等效孔径满足土工织物保土性、透水性和防堵性的一般要求。

5.2.3 生态土工袋袋体材料应对植物友善、透水但不透土，宜满足以下性能指标：单位面积质量 $\geq 50 \text{ g/m}^2$ ，经向、纬向断裂强度 $\geq 12 \text{ kN/m}$ ，断裂伸长率 $\leq 28\%$ ，CBR 顶破强力 $\geq 1.4 \text{ kN}$ ，抗紫外线老化（II 型荧光紫外灯照射 150h）断裂强度保持率 $\geq 70\%$ ，耐冻融处理（ -40°C ，120h）断裂强度保持率 $\geq 80\%$ 。

5.2.4 土工袋袋口宜采用缝合法缝口，缝口部位的断裂（拉伸）强度应不小于袋体强度。

5.2.5 固坡土工袋的袋内填充材料宜优先采用现场开挖的无腐殖性土或土石混合料，也可采用城市渣土、建筑废料等无污染的一般固体废弃物，最大粒径应小于土工袋成型厚度的 1/3。

5.2.6 生态土工袋的袋内材料应就地选择适于植物生长的无污染土料，应结合边坡工程周边环境、植被防护类型、土质、施工季节等选择易成活的多年生草本植物种子。

5.2.7 生态土工袋内的植物种子与营养土比例，宜考虑植物种类、千粒重、发芽率、环境条件和施工季节等因素，通过试验确定。

5.3 土工袋规格

5.3.1 土工袋的规格与铺设方式有关，铺设方式应根据工程规模、场地条件、施工组织、设备与人员情况等因素综合选定。

5.3.2 人工铺设为主的土工袋，每个土工袋的重量不宜超过 50 kg，袋体摊平尺寸一般为长 0.75 m 宽 0.55 m。

5.3.3 机械铺设为主的土工袋，根据施工机械的不同，可设计为长 1 m 宽 1 m 厚 0.3 m、长 1.2 m 宽 1.2 m 厚 0.35 m 等规格。

5.3.4 土工袋充填率一般控制在 75%~85%。

5.4 结构设计

5.4.1 土工袋护坡结构型式应根据工程具体情况，经综合比较合理确定，一般由固坡土工袋和生态土工袋两个结构层组成。对于自身稳定满足要求的土质边坡，可仅布置生态土工袋。

5.4.2 对于有固坡要求的边坡，固坡土工袋结构的水平宽度应根据护坡高度、坡度以及边坡的稳定要求确定。设计时，可参照表 1 初步拟定固坡土工袋结构水平宽度，然后进行边坡稳定性计算，根

据计算结果进行优化调整。

表 1 固坡土工袋结构最小水平宽度建议值

边坡高度 H (m)	坡度 (1: n)	固坡土工袋最小水平宽度 B (m)
$H \leq 5$	$n \geq 1.5$	1.2
	$1.5 > n \geq 1.0$	1.2~1.5
	$1.0 > n \geq 0.75$	1.5~2.0
$H > 5$	$n \geq 1.5$	1.5
	$1.5 > n \geq 1.0$	1.5~2.5
	$1.0 > n \geq 0.75$	2.5~3.0

5.4.3 对于高度小于 5 m 的护坡工程，土工袋护坡可不设置马道，可采用图 1 所示的结构型式，水面以下生态土工袋改用固坡土工袋。

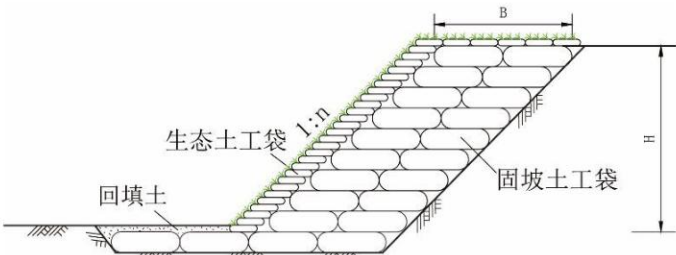


图 1 土工袋护坡结构型式 1

5.4.4 对于高度大于 5 m 的护坡工程，土工袋护坡结构宜设置马道，马道宽度不宜小于 1 m，可采用图 2 所示的结构型式，水面以下生态土工袋改用固坡土工袋。

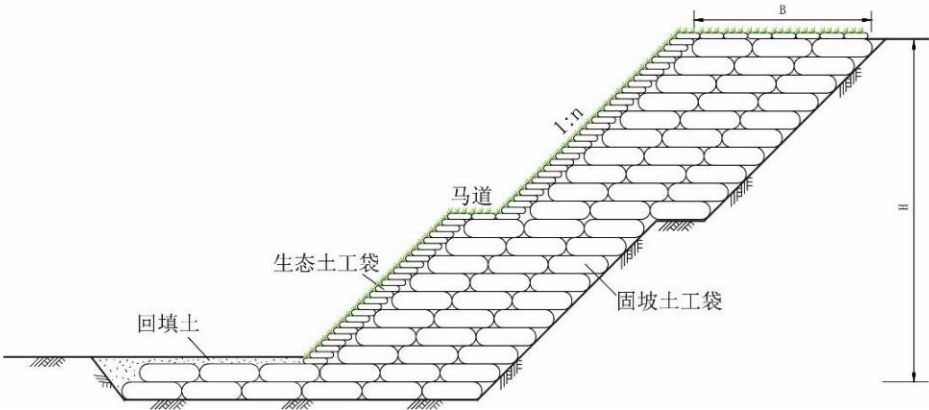


图 2 土工袋护坡结构型式 2

5.4.5 对于高度大于 5 m 的护坡工程，在坡度较陡的情况下，为增加护坡结构整体稳定性，宜采用不低于固坡土工袋袋体断裂（拉伸）强度的有纺土工布或土工格栅反包，可采用图 3 所示的结构型式，水面以下生态土工袋改用固坡土工袋。

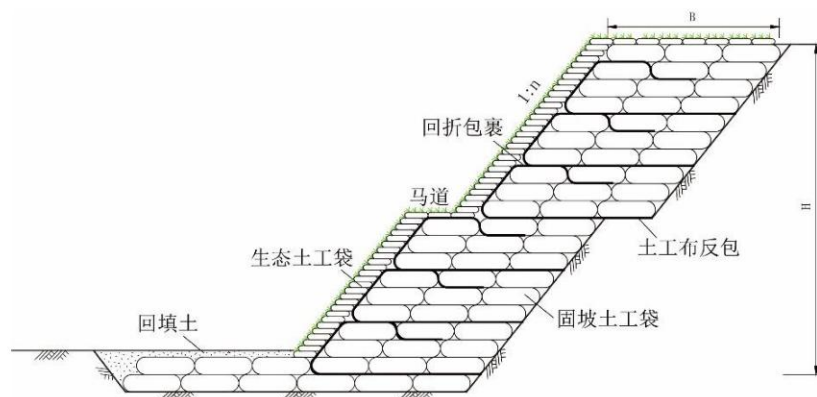


图3 土工袋护坡结构型式3

5.4.6 土工袋护坡坡脚应根据地形、地质、边坡稳定及地基整体稳定等要求进行适当的防护与处理，以使土工袋与水平基面的摩擦系数不小于土工袋层间的摩擦系数。坡脚基面应开挖至地面以下 0.3m~0.5m，向坡前延伸 0.5 m~1.0 m。

5.4.7 对于有膨胀性的土坡，要防止雨水从坡顶与坡面通过土工袋护坡进入土坡中，宜在土工袋护坡与原土坡坡面之间设置 1 层防渗土工膜。

5.4.8 对于地下水位较高的土质边坡，应在土工袋护坡与原土坡坡面之间设置排水措施。

5.4.9 土工布或土工格栅反包设计一般按每 1.5 m~2 m 高度设置 1 层，折回包裹的长度不宜小于 2 m，沿护坡水平方向需进行搭接，搭接长度不小于 0.5 m。

5.4.10 结构设计还应符合 GB 50330、SL 386 及相关行业标准的要求。

5.5 稳定性计算分析

5.5.1 土工袋护坡边坡应进行抗滑与抗倾覆稳定计算。计算时，应根据边坡的地形地貌、工程地质条件、工程类别、安全等级及工程布置方案等分区段选择有代表性的断面。

5.5.2 边坡的运用条件应根据其工作状况、作用力出现的几率和持续时间的长短分为正常运用条件、非常运用条件 I 和非常运用条件 II 三种。

a) 正常运用条件：边坡工程投入运用后经常发生或持续时间长的情况。

b) 非常运用条件 I：（1）施工期；（2）运行期临水边坡的水位非正常降落；（3）由降水或其他原因引起的边坡体饱和及相应的地下水位变化。

c) 非常运用条件 II：正常运用条件下遭遇地震。

5.5.3 土工袋护坡抗滑稳定安全系数应综合考虑护坡运行条件、治理和加固费用等因素，根据其工程性质满足相应设计规范的要求。一般情况下，应不小于表 2 的规定。

表 2 土工袋护坡抗滑稳定安全系数的允许值

运用条件	所在工程级别				
	1	2	3	4	5
正常运用条件	1.30	1.25	1.20	1.15	1.10
非常运用条件 I	1.20	1.15	1.10	1.05	1.05
非常运用条件 II	1.10	1.05	1.05	1.00	1.00

- 5.5.4 土工袋护坡抗滑稳定性一般采用瑞典条分法计算，具体计算方法见附录 A。
- 5.5.5 对于坡度陡于 1:1 的土工袋护坡工程，除按照 5.5.4 条进行边坡抗滑稳定计算外，还应将土工袋护坡作为一个倾斜的挡土墙，进行挡土墙抗滑与抗倾覆稳定计算，具体计算方法见附录 B。
- 5.5.6 土工袋护坡稳定性计算中，土工袋层间等效摩擦系数 μ 需要考虑编织袋体的摩擦、袋内材料粒径大小及排列方式，一般为 0.4~0.6，必要时应通过试验确定。
- 5.5.7 对于三维效应明显的安全等级为一级、二级的边坡，还宜采用三维稳定分析方法验算边坡的稳定性。

6 施工

6.1 基本要求

- 6.1.1 土工袋护坡工程施工包括基面处理、土工袋制备、土工袋铺设、生态土工袋养护等内容。
- 6.1.2 施工前应调查现场周围环境、施工条件，熟悉设计文件，分析水文和地质资料，并编制施工组织设计。
- 6.1.3 应按设计和规范要求进行测量放样。
- 6.1.4 施工单位按施工组织设计要求组织施工设备及材料进场，按规定进行报验。
- 6.1.5 施工过程中应采取环境保护措施，防止水土流失，控制噪声及粉尘等。

6.2 基面处理

- 6.2.1 根据设计要求进行基面清理，清理后的基面应不含有腐殖土、杂物、树根、松土、松石、空洞以及尖锐的石块等。
- 6.2.2 基面开挖、清除的弃土、杂物、废渣等，均应运到指定场地堆放。
- 6.2.3 采用小型机械对清理后的基面进行整平压实，整平后的基面应及时报验，验收后不应扰动或长时间暴露，应尽快进行土工袋护坡体施工。
- 6.2.4 基面清理整平后若不能立即施工，应做好基面保护，土工袋护坡体施工前应再检验，必要时需重新清理与整平压实。

6.3 土工袋制备

6.3.1 土工袋的制备主要包括土工袋的装袋与缝口，袋体材料应满足设计和规范要求，宜采用装袋机或其它自行设计的方式制备。

6.3.2 固坡土工袋制备时，应符合下列要求：

- a) 装袋前，应根据拟装填的袋内材料（现场开挖土、城市渣土或建筑废料等）、土工袋尺寸以及设计厚度等确定合适的土工袋充填率。
- b) 装袋时，应剔除粒径大于土工袋厚度（成型后）的 1/3 或有尖锐棱角等不符合要求的装填材料后缝口。采用机械铺设施工方案时，宜在与土工袋规格配套的模具内装袋、缝口。
- c) 土工袋缝口线至袋口边缘的距离不宜小于 3 cm，不应漏缝、错缝。
- d) 装填形成的土工袋应饱满且具有扁平稳定形状。

6.3.3 生态土工袋制备时，应符合下列要求：

- a) 生态护坡选用的植物种子应符合设计要求，袋内营养土应选取适合植物生长的土壤。
- b) 植物种子应有国家法定种子检验机构出具的检验合格报告，若外地调入的种子还应有符合国家种子调拨规定的检疫报告。
- c) 对于植物种子混合在营养土中的生态土工袋，植物种子与营养土应按确定的比例混合均匀。
- d) 对于植物种子粘附在袋子内侧的生态土工袋，应选择合适的粘合剂，将种子按照适当的分布密度粘附在生态土工袋内侧。填充营养土时，应避免蹭落种子。
- e) 土工袋缝口线至袋口边缘的距离不宜小于 3 cm，不应漏缝、错缝。

6.4 土工袋铺设

6.4.1 固坡土工袋根据尺寸大小采用人工铺设或机械铺设，生态土工袋一般采用人工铺设。

6.4.2 土工袋自下而上逐层铺设，每层土工袋袋体短边顺水流（道路轴线）方向，上下层土工袋应错缝铺设，如图 4 所示。先铺设固坡土工袋，后铺设生态土工袋，二者应交错同步上升铺设。

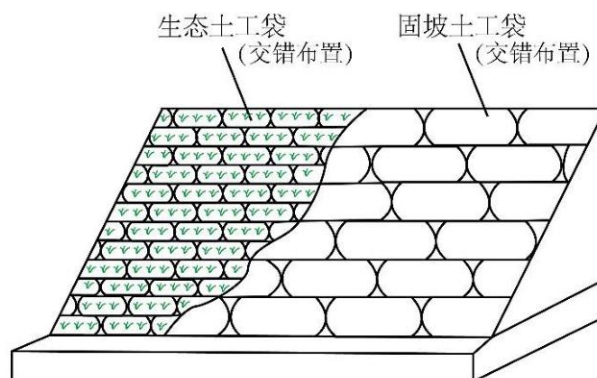


图 4 土工袋顺水流或沿道路轴线方向交错排列

6.4.3 固坡土工袋每铺设 1 层一般采用手持式平板振动夯整平压实，或采用轻型的碾压设备静碾 1~2 遍。铺设时，相邻袋体之间应预留一定的间隙，间隙大小通过试验确定。

6.4.4 生态土工袋应无间隙铺设，铺设后整平压实。坡度大于 1:1 的边坡，应采取嵌入等措施使生

态土工袋与固坡土工袋形成整体。

6.4.5 设计要求反包土工布或土工格栅的工程，土工布或土工格栅的铺设与反包应符合下列要求：

a) 土工布或土工格栅的裁剪长度应不小于土工袋固坡水平宽度、反包坡面长度与折回包裹长度之和。折回包裹的长度应符合设计要求，且不小于 2 m。

b) 沿护坡水平方向的搭接长度应符合设计要求，且不小于 0.5 m。

c) 在铺设好的土工布或土工格栅上，按设计要求铺设固坡土工袋，达到反包高度时，应人工拉紧、反包土工布或土工格栅，并采用顶层第 2 列土工袋压紧，如图 3 所示。

d) 土工布或土工格栅应符合 GB 50290 的要求。

6.4.6 有排水、反滤设施要求的，应按设计要求施工。

6.4.7 施工期间如遇特殊情况不能连续施工，应根据天气情况对施工层面与制备好的土工袋采取遮盖措施，避免其受到雨水冲刷与阳光曝晒。

6.5 护坡生态层养护

6.5.1 为确保生态土工袋高效发挥绿化效益，铺设完成后，应及时对其进行养护，养护措施包括遮阳网覆盖、洒水养护与病虫害防治等。

6.5.2 夏季施工时应及时覆盖遮阳网，袋内植物种子发芽长草后撤除遮阳网。

6.5.3 生态土工袋洒水养护应遵循以下原则：

a) 根据工程区气候、植物的需水特性与生长阶段以及袋内营养土情况等制定洒水养护方案；

b) 不应使用被污染的水或工业废水；

c) 夏季洒水宜在早晨或傍晚进行；

d) 洒水时应使生态土工袋基本整体湿润，宜采用喷淋养护。使用喷枪洒水时，应避免喷枪正面对准边坡，水滴应呈发散状。

6.5.4 需进行病虫害防治的，应采取环保防治措施。

6.6 施工安全

6.6.1 施工单位应组织施工人员进行安全教育及技术交底，并按规定配备劳动保护用品和救援设备。

6.6.2 施工区域应按有关规定设置安全警示标志。

6.6.3 现场临时用电、机械操作等作业，应符合安全规定。

6.6.4 进场材料、设备及施工废料不应在边坡潜在塌滑区堆载。

6.6.5 施工过程中，在边坡处设置一定数量的位移观测点并定期监测。

7 质量检验与评定

7.1 基本要求

7.1.1 固坡土工袋应错缝堆叠，整平压实，固坡水平宽度应不小于设计要求；生态土工袋应无间隙

铺设，与固坡土工袋交错同步上升。成型后的护坡体表面平整，边线顺直，坡度应不陡于设计值。

7.1.2 应定期对边坡的位移监测点进行观测，并形成观测分析资料。

7.1.3 生态土工袋表面植物应长势正常，生长量接近邻近地域物种的平均年生长量，1年后保存率85%以上，植被覆盖率达90%以上。

7.1.4 植物种子发芽率及生长情况的检验与评定应在1个年生长周期后进行。

7.1.5 工程质量检验与评定还应符合SL 176和DB32/T 2334的相关要求。

7.2 单元工程划分

施工单位应按照DB32/T 2334的规定进行项目划分。一般以顺水流(道路轴线)方向每50m~100m的长度护坡范围为1个单元工程。

7.3 工序组成

土工袋护坡单元工程一般分为基面处理、土工袋制备、土工袋铺设3个工序，土工袋铺设为主要工序。

7.4 质量检验项目与标准

7.4.1 基面处理工序质量检验项目与标准见表3。

表3 基面处理工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差）	检验方法	检验数量
一般项目	1 土基基面	基面无腐殖土、杂物、树根、松土、松石、空洞以及尖锐的石块等	观察，检查施工记录	全面检查
	2 基面顶、底高程	±50mm	水准仪	沿长度方向10 m~20 m 测1点
	3 坡脚基面	开挖至地面以下0.3 m~0.5 m，向坡前延伸0.5 m~1.0 m	检查、测量	沿长度方向10 m~20 m 测1处
	4 坡度	1: (1±2%) n	测量	沿长度方向10 m~20 m 测1处
	5 表面平整度	坡面无明显凹凸	观察	全数
	6 马道设置	宽度、高程符合设计要求	观察、水准仪、钢卷尺	沿长度方向10 m~20 m 测1处

7.4.2 土工袋制备工序质量检验项目与标准见表4。

表4 土工袋制备工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差）	检验方法	检验数量
主控项目	1 土工袋袋体材料质量（含缝口）和规格	符合设计和规范要求	观察、量测和试验	每种规格3000只土工袋取样1组
一般项目	1 装填料	符合设计和规范要求	观察、量测	每一料源取样3个
	2 充填率	符合设计和规范要求	观察、量测	每层土工袋取样5个
	3 缝口	缝口线至袋口边缘的距离不小于3 cm，不漏缝、错缝	观察、量测	每层土工袋取样5个

	4	种子质量	符合设计和规范要求	查阅资料	全数
	5	种子混合（粘附）	符合设计和规范要求	检查	全数

7.4.3 土工袋铺设工序质量检验项目与标准见表 5。

表 5 土工袋铺设工序质量检验项目与标准

项次	检验项目	质量要求（允许偏差）	检验方法	检验数量
主控项目	1 护坡体顶高程	± 50 mm	水准仪	沿长度方向 10 m~20 m 测 1 点
	2 护坡体坡度	1: (1+2%) n	量测	检查 5 个点
	3 生态土工袋铺设	平整压实, 无间隙, 层间错缝, 与固坡土工袋同步上升	检查	每层检查 1 次
一般项目	1 固坡土工袋铺设	袋体间隙符合设计要求, 整平压实符合规范要求, 层间错缝	检查	每层检查 1 次
	2 固坡水平宽度	不小于设计要求	量测	底层、中层、顶层各检查 1 次
	3 土工布铺设与反包	符合设计要求	检查	每处检查 1 次
	4 排水、反滤设施铺设	符合设计要求	检查	每处检查 1 次
	5 防渗土工膜材质及铺设	符合设计要求	检查、试验	材质每 5000 m ² 检测 1 次, 铺设每单元检查 1 次
	6 生态土工袋养护	符合设计要求	检查	全数
	7 植物种子发芽率及生长情况	符合设计要求	检查	全数

7.5 工序质量与单元工程质量评定

7.5.1 土工袋护坡工序质量评定见附录 C。

7.5.2 土工袋护坡单元工程质量评定见附录 D。

附录 A

(规范性附录)

土工袋护坡抗滑稳定计算

一般采用瑞典条分法计算土工袋护坡抗滑稳定性,计算中假设:(1)不考虑生态土工袋对边坡稳定的作用;(2)固坡土工袋滑动面为层间水平滑动,整体滑动面由固坡土工袋处的水平滑动面 AB 与其后土体中的圆弧滑动面 BC 组成;(3)土工袋护坡体与其后土体间无相对滑动;(4)土工袋护坡体与其后土体统一进行条分,滑动面水平段与圆弧段交界点 B 应为土条的分界点,忽略土条间作用力。计算简图如图 A.1 所示。

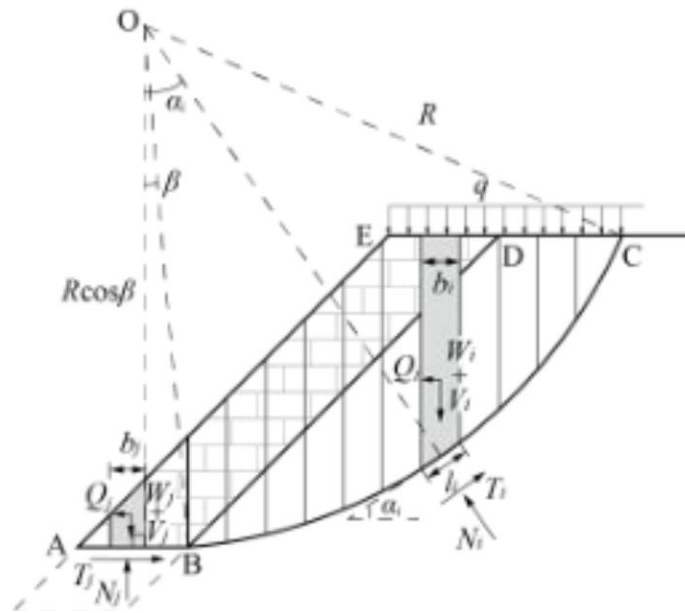


图 A.1 护坡抗滑稳定条分法计算简图

采用瑞典条分法计算时,边坡抗滑稳定安全系数按公式 (A.1) 计算:

$$F_s = \frac{\sum \{c_i l_i + [(W_i + V_i + qb_i - u_i b_i) \cos \alpha_i - Q_i \sin \alpha_i] \tan \varphi_i\} + \sum \{[(W_j + V_j) \cos \beta - Q_j \sin \beta] \mu\}}{\sum [(W_i + V_i) \sin \alpha_i + M_c / R]} \quad (\text{A.1})$$

式中:

F_s —抗滑稳定安全系数;

W_i —圆弧段第 i 个土条 (包括土体与土工袋) 的重量 (kN);

W_j —水平段第 j 个土条 (土工袋) 的重量 (kN);

V_i —第 i 个土条垂直向地震惯性力 (向上取 “-”, 向下取 “+”) (kN);

V_j —水平段第 j 个土条 (土工袋) 垂直向地震惯性力 (向上取 “-”, 向下取 “+”) (kN);

Q_i —第 i 个土条水平向地震惯性力 (kN);

Q_j —水平段第 j 个土条 (土工袋) 水平向地震惯性力 (kN);

b_i —圆弧段第 i 个土条的宽度 (m) ;

b_j —水平段第 j 个土条 (土工袋) 的宽度 (m) ;

q —边坡顶部均布荷载 (kN/m) ;

c_i —圆弧段第 i 个土条的有效粘聚力 (kN/m²) ;

φ_i —圆弧段第 i 个土条的有效内摩擦角 (°) ;

u_i —圆弧段第 i 个土条所受到的孔隙水压力 (kN/m²) , 采用总应力法时, u_i 为 0;

μ —土工袋层间等效摩擦系数, 一般为 0.4~0.6;

l_i —圆弧段第 i 个土条底面长度 (m) ;

α_i —圆弧段第 i 个土条底面与水平面夹角 (°) ;

β —直线 OB 与土工袋层间水平滑动面法线的夹角 (°) ;

M_C —水平地震惯性力对圆心的力矩 (kN·m) ;

R —圆弧半径 (m) 。

附 录 B
(规范性附录)

土工袋护坡抗滑与抗倾覆稳定计算

对于坡度陡于 1:1 的土工袋护坡工程，按附录 A 的条分法进行抗滑稳定计算的同时，宜将土工袋护坡作为一个倾斜的挡土墙，进行抗滑与抗倾覆稳定计算，护坡体后土压力采用库伦主动土压力公式计算。计算简图如图 B.1 所示。

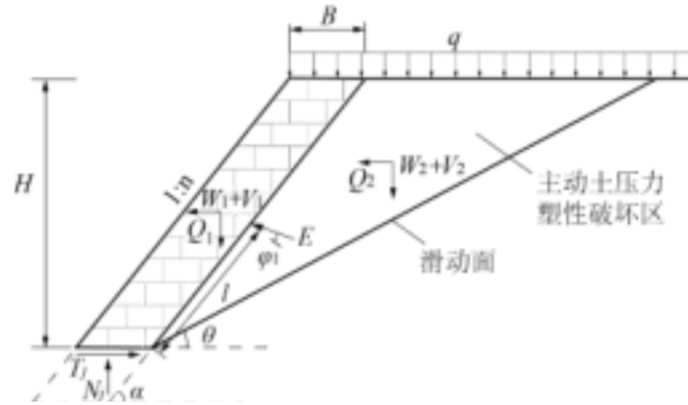


图 B.1 土工袋护坡计算简图

a) 土工袋护坡抗滑稳定安全系数按公式 (B.1) 计算，计算结果应符合 5.5 条表 2 允许值的规定。

$$K_c = \frac{\mu [W_1 + V_1 + qB - E \cos(\alpha + \varphi_1)]}{E \sin(\alpha + \varphi_1) + Q_1} \quad (\text{B.1})$$

其中

$$E = \frac{cH \cos \varphi / \sin \theta - [W_2 + qH (\cot \theta - \cot \alpha) + V_2] \sin(\theta - \varphi) - Q_2 \cos(\theta - \varphi)}{\sin(\theta - \varphi - \varphi_1 - \alpha)} \quad (\text{B.2})$$

式中：

K_c —抗滑稳定安全系数；

E —主动土压力合力 (kN)；

W_1 —滑动面以上土工袋护坡的重量 (kN)；

W_2 —滑动土体的重量 (kN)；

V_1 —滑动面以上土工袋护坡垂直向地震惯性力 (向上取“—”，向下取“+”) (kN)；

V_2 —滑动土体的垂直向地震惯性力 (向上取“—”，向下取“+”) (kN)；

Q_1 —滑动面以上土工袋护坡水平向地震惯性力 (kN)；

Q_2 —滑动土体的水平向地震惯性力 (kN)；

B —土工袋护坡的宽度 (m)；

H —滑动面以上土工袋护坡高度 (m)；

c —护坡土体的粘聚力 (kN/m²)；

φ —护坡土体的内摩擦角 (°)；

φ_1 —土工袋护坡与其后土体间的摩擦角 (°)；

μ —土工袋层间等效摩擦系数，一般为 0.4~0.6；

θ —滑动面与水平面夹角，主动土压力公式 (B.2) 求导确定极值点对应的角度 (°)；

α —土工袋护坡与水平面的夹角， $\alpha \in (\alpha_1, \alpha_2)$ ，其中 α_1 为 $E=0$ 时对应的角度， $\alpha_2=90^\circ-\varphi-\varphi_1$ (°)；

q —边坡顶部均布荷载 (kN/m)。

b) 土工袋护坡抗倾覆稳定性按公式 (B.3) 计算，抗倾覆安全系数应符合表 B.1 允许值的规定。

$$K_0 = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} = \frac{(W_1 + V_1)(H \cot \alpha + B)/2 + qB(H \cot \alpha + B/2)}{E(l - B \sin \alpha \tan \varphi_1 + B \cos \alpha) \cos \varphi_1 + HQ_1/2} \quad (\text{B.3})$$

式中：

K_0 —抗倾覆安全系数；

M_V —对土工袋护坡前趾的抗倾覆力矩 (kN·m)；

M_H —对土工袋护坡前趾的倾覆力矩 (kN·m)；

l —土压力合力作用点到土工袋护坡后趾距离 (m)。

表 B.1 土工袋护坡（坡度大于 1: 1）抗倾覆安全系数的允许值

运用条件	工程级别		
	1	2、3	4、5
正常运用条件	1.60	1.50	1.40
非正常运用条件 I、II	1.50	1.40	1.30

附 录 C
(规范性附录)
工序质量评定表

表 C.1 至 C.3 给出了工序质量评定表式。

表 C.1 基面处理工序质量评定表

单位工程名称				单位工程编号		
分部工程名称				分部工程编号		
单元工程名称、部位				单元工程编号		
项次	检验项目	设计值	质量要求 (允许偏差)	检验记录	评定 (合格率)	
一般 项 目	1	土基基面		基面无腐殖土、杂物、树根、松土、松石以及尖锐的石块等		
	2	基面顶、底高程		±50 mm		
	3	坡脚基面		开挖至地面以下 0.3 m~0.5 m, 向坡前延伸 0.5 m~1.0 m		
	4	坡度		1: (1±2%) n		
	5	表面平整度		坡面无明显凹凸		
	6	马道设置		宽度、高程符合设计要求		
施工单位 自评意见		检查项目全部符合质量要求, 主控检测项目逐项检测点合格率为____%, 一般检测项目检测点最低合格率为____%。 工序质量等级评定为: 专职质检员 (签字): 技术负责人 (签字): 年 月 日 年 月 日				
监理单位 复核意见		经复核, 检查项目全部符合质量要求, 主控检测项目逐项检测点合格率为____%, 一般检测项目检测点最低合格率为____%。 工序质量等级评定为: 监理工程师 (签字): 年 月 日				
注: 1:n 为设计坡度。						

表 C.2 土工袋制备工序质量评定表

单位工程名称				单位工程编号		
分部工程名称				分部工程编号		
单元工程名称、部位				单元工程编号		
项次		检验项目	设计值	质量要求（允许偏差）	检验记录	评定（合格率）
主控项目	1	土工袋袋体材料质量（含缝口）和规格		符合设计和规范要求		
一般项目	1	装填料		符合设计和规范要求		
	2	充填率		符合设计和规范要求		
	3	缝口		缝口线至袋口边缘的距离不小于 3 cm，不漏缝、错缝		
	4	种子质量		符合设计和规范要求		
	5	种子混合（粘附）		符合设计和规范要求		
施工单位自评意见		检查项目全部符合质量要求，主控检测项目逐项检测点合格率为____%，一般检测项目检测点最低合格率为____%。 工序质量等级评定为： 专职质检员（签字）： 技术负责人（签字）： 年 月 日 年 月 日				
监理单位复核意见		经复核，检查项目全部符合质量要求，主控检测项目逐项检测点合格率为____%，一般检测项目检测点最低合格率为____%。 工序质量等级评定为： 监理工程师（签字）： 年 月 日				
注：土工袋包括固坡土工袋、生态土工袋。						

表 C.3 土工袋铺设工序质量评定表

单位工程名称				单位工程编号		
分部工程名称				分部工程编号		
单元工程名称、部位				单元工程编号		
项次	检验项目	设计值	质量要求（允许偏差）	检验记录	评定（合格率）	
主控项目	1 护坡体顶高程		±50 mm			
	2 护坡体坡度		1: (1+2%) n			
	3 生态土工袋铺设		平整压实，无间隙，层间错缝，与固坡土工袋同步上升			
一般项目	1 固坡土工袋铺设		袋体间隙符合设计要求，整平压实符合规范要求，层间错缝			
	2 固坡水平宽度		不小于设计要求			
	3 土工布铺设与反包		符合设计要求			
	4 排水、反滤设施铺设		符合设计要求			
	5 防渗土工膜材质及铺设		符合设计要求			
	6 生态土工袋养护		符合设计要求			
	7 植物种子发芽率及生长情况		符合设计要求			
施工单位 自评意见	检查项目全部符合质量要求，主控检测项目逐项检测点合格率为____%，一般检测项目检测点最低合格率为____%。 工序质量等级评定为： 专职质检员（签字）： 技术负责人（签字）： 年 月 日 年 月 日					
监理单位 复核意见	经复核，检查项目全部符合质量要求，主控检测项目逐项检测点合格率为____%，一般检测项目检测点最低合格率为____%。 工序质量等级评定为： 监理工程师（签字）： 年 月 日					
注：1:n 为设计坡度。						

附 录 D
(规范性附录)
单元工程质量评定表

表 D.1 给出了单元工程质量评定表式。

表 D.1 土工袋护坡单元工程质量评定表

单位工程名称			单位工程编号	
分部工程名称			分部工程编号	
单元工程名称、部位			单元工程编号	
序号	工序名称	表号	工序质量等级	
1	基面处理	C.1		
2	土工袋制备	C.2		
3	土工袋铺设△	C.3		
施工单位 自评意见	各工序质量全部合格，工序优良率为____%，主要工序为____等级。 单元工程质量等级评定为： 专职质检员（签字）： 技术负责人（签字）： 项目经理（签字）： 年 月 日 年 月 日 年 月 日			
监理单位 复核意见	经抽查并查验相关检验报告和检验资料，各工序质量全部合格，工序优良率为____%，主要工序为____等级。 单元工程质量等级评定为： 监理工程师（签字）： 年 月 日			
注：标有“△”为主要工序。				

参 考 文 献

- [1]GB 50286 堤防工程设计规范
 - [2]GB 51018 水土保持工程设计规范
 - [3]SL 260 堤防工程施工规范
 - [4]SL 379 水工挡土墙设计规范
 - [5]CJJ 82 园林绿化工程施工及验收规范
 - [6]DB33/T 988 柔性生态加筋挡土墙设计与施工技术规范
 - [7]SZDBZ 31 边坡生态防护技术指南
-