

T/SASWI

山东省固废产业协会团体标准

T/SASWI 003—2023

海岸生态护坡技术规范

Technical specifications for coastal ecological slope protection

2024-01-15 发布

2024-02-01 实施

山东省固废产业协会 发布

目 次

1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
4.1 一般规定	2
4.2 建设原则	3
5 技术准备	3
5.1 资料收集与调查	3
5.2 海岸生态环境调查与勘查	3
5.3 海岸生态护坡设计	4
5.4 施工准备	4
6 护坡植物配置	4
6.1 基本条件	4
6.2 植物选择	5
7 海岸生态护坡施工	5
7.1 通用要求	5
7.2 混凝土空心块护坡	5
7.3 土工格室护坡	6
7.4 浆砌石框架护坡	7
7.5 石笼挡墙	8
7.6 加筋麦克垫	9
7.7 复合植生基质喷播	10
7.8 生物基聚氨酯护坡	11
8 施工养护	11
9 质量检验与验收	12
9.1 一般规定	12
9.2 质量检验	12
9.3 质量验收	12
附录 A（资料性）山东省海岸生态护坡工程应用植物品种推荐表	13
附录 B（资料性）检验批质量验收记录表	15
附录 C（资料性）工序施工质量验收及单元工程施工质量评定表	16

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。

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。

本文件由烟台三维岩土工程技术有限公司提出。

本文件由山东省固废产业协会归口。

本文件起草单位烟台三维岩土工程技术有限公司、烟台市环境监控中心、山东格润环保废弃物处置有限公司、烟台市标准计量检验检测中心、烟台市特种设备检验研究院、山东省固废产业协会、山东智惠源环境服务有限公司。

本文件主要起草人：王琰、曲洋、李朋安、赵鹏飞、左雪燕、刘志浩、宫进洋、杨志磊、孙淑兰、李晓杰、鲍勇、李倩、曹鹏。

海岸生态护坡技术规范

1 范围

本文件确立了海岸生态护坡工程的设计、施工及质量检验与验收等内容。
本文件适用于岩质海岸生态护坡工程。

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。

CJJ 82 园林绿化工程施工及验收规范
GB 5084 农田灌溉水质标准
GB/T 17638 土工合成材料短纤针刺非织造土工布
GB/T 17642 土工合成材料非织造布复合土工膜
GB 50164 混凝土质量控制标准
GB 50286 堤防工程设计规范
GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
H 555 化肥使用环境安全技术导则
SL 176 水利水电工程施工质量检验与评定规程
SL 191 水工混凝土结构设计规范
SL 223 水利水电建设工程验收规程
SL 260 堤防工程施工规范
SL 386 水利水电工程边坡设计规范
SL 492 水利水电工程环境保护设计规范
SL 631 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准-土石方工程
SL 634 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 677 水工混凝土施工规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海岸线 Coastline

多年大潮平均高潮位时海陆分界痕迹线。

3.2

生态护坡 Ecological slope protection

T/SASWI 003—2023

采用植物、工程结构或两者相结合的措施，形成的具有边坡防护、水土保持、生态修复、景观绿化和维持生境连续性等综合功能的护坡体系。

3.3

混凝土空心块 Concrete hollow block

是以水泥为胶凝材料，添加砂石等粗细骨料，经计量配料、加水搅拌，振动加压成型，经养护制成的具有一定空心率的砌块材料。

3.4

土工格室 Geo-cell

由强化的HDPE（高密度聚乙烯）带片材料，经超声焊接形成的一种三维网状格室结构。

3.5

浆砌石框架护坡 Masonry frame slope protection

通过浆砌石形成坡面防护框架，在框架内栽种灌草或形成工程、植物综合坡面植物防护体系。

3.6

石笼挡墙 Gabion retaining wall

将符合粒径要求的石料填入具有柔性的石笼网中达到一定的孔隙率、逐层砌筑的一种新型的柔性挡土构筑物。

3.7

加筋麦克垫 Reinforced microphone pad

由聚丙烯材料制成的麦克垫和聚酯或聚丙烯材料制成的加筋带组成的一种组合式产品。

3.8

生物基聚氨酯 Bio-based Polyurethane

生物基聚氨酯是一种双组分粘合剂，由可再生生物质通过化学反应制得。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 生态护坡工程应在基体安全稳定的前提下进行，并确保完工后生态护坡和基体的整体安全稳定。

4.1.2 生态护坡工程材料应满足强度、稳定性、耐久性、低碳环保等相关要求。

4.1.3 植被应以草灌为主，宜选择乡土植被，营造生物多样性，与周边生态环境相协调。

4.1.4 施工前应编制施工方案，确定施工工艺和方法，确保工程质量和安全文明施工。

4.1.5 海岸线修复技术方案设计应从海岸带区域整体出发，通过分析海岸线受损原因、过程与程度，明确整治修复目标，因地制宜地选择整治修复措施，明确具体技术措施的方法、尺度、范围等要求，并明确整治修复指标。

4.1.6 环境保护应符合 SL 492 的有关规定，应控制粉尘、噪声、污废水、固废等污染。

4.1.7 海岸工程和建筑施工应符合 SL 260 的要求。

4.1.8 生态护坡工程安全稳定应符合 SL 386 和 GB 50286 的有关规定。

4.1.9 生态护坡工程混凝土抗冻等级应符合 SL 191 的有关规定。

4.1.10 土工布应符合 GB/T 17638 的有关规定，土工膜应符合 GB/T 17642 的有关规定。

4.2 建设原则

4.2.1 安全稳定。生态护坡工程设计应符合国家及行业有关标准规范。“软硬防护”兼施，以保障基础护岸安全、稳定为首要原则，有效发挥协同护坡固岸作用，提高整体工程防灾减灾能力。

4.2.2 经济有效。生态护坡工程的工法和材料应与基础护岸相适应、协调，遵循“风险与干预最小化、水土保持与生态效益最大化”的原则，统筹考虑经济、社会、技术等因素，利用生态系统的自然演替与自我恢复功能，使工程后期易于加固、养护。

4.2.3 生态优先。以自然岸线为整体、以岸带生态系统良性循环为目标、以岸滩统筹防护为重点，根据水动力环境、地质地貌和生物状况，注重已退化、受损生态功能的修复，促进岸带生态系统完整性、多样性和可持续性。

4.2.4 自然和谐。生态护坡工程设计应强化“尊重自然、融入自然”的理念，遵循海岸地域性特点和自然形态，因地制宜、适地适种，优先使用天然材质和绿色建材，尽量利用乡土物种，保持群落多样性，使生态护坡工程与自然海岸景观协调、和谐。

5 技术准备

5.1 资料收集与调查

生态护坡工程设计前，应对工程区及其周边环境开展调查，主要调查要素如下：

- 环境历史数据资料，包括气象、风暴潮、海浪、海平面变化等近 20 年的长系列观测数据与资料。
- 海岸动力环境调查：风、波浪、潮流、水位、气象等。
- 地质地貌调查：岸滩剖面及地形测量、岸线变化监测等。
- 冲淤环境调查：滩涂沉积物质地、厚度、空间分布特征及其变化。
- 自然岸坡基本情况调查：包括类型、高度、坡度、风化程度、土壤特性、病害及原因等。
- 工程区已有植物种类调查：包括：乔木、灌（花）木、草本植物、攀援植物、水生盐沼植物。
- 底栖生物及鸟类调查：包括底栖动植物及鸟类的种类组成、数量及其分布等。
- 工程活动调查：包括围垦填海、养殖、采砂、近岸工程等。

5.2 海岸生态环境调查与勘查

5.2.1 海岸生态环境调查与勘察应按海岸生态修复工程实施要求，正确反映海岸生态环境条件，查明海岸带存在的生态环境问题，提交资料完整，评价正确的调查与勘察成果。

5.2.2 海岸生态环境调查与勘察以收集资料和现场调查为主。应根据海岸生态环境的问题以及修复工程特点开展地形测绘、工程地质调查与测绘、海岸生态环境问题调查等工作，其深度和广度应有侧重性和针对性，满足海岸生态修复工程设计和施工等要求。

5.2.3 海岸生态环境调查与勘察的目的是查明海岸生态环境面临的问题，分析近岸活动对生态环境的影响，为海岸生态环境保护、生态系统恢复与重建提供基础资料和科学依据。

5.2.4 调查与勘查记录应准确、条理清晰、文图相符。重要调查点应附素描图、柱状图、剖面图和影像资料。

5.2.5 根据调查与勘察结果，对海岸带工程地质条件以及场地工程地质条件评价。

5.2.6 海岸生态环境修复区存在地质灾害及其隐患时，应根据其工程等级、危害程度及修复工程需要开展地质灾害勘察。

5.2.7 海岸生态环境专项调查与地质灾害勘察应编制响应的调查与勘察成果报告。

5.3 海岸生态护坡设计

5.3.1 通过对前期调查资料分析计算，经实地踏勘，确定基础护岸的断面结构型式，选择适宜的工法及技术对生态护坡工程进行设计。

5.3.2 工法选择应充分考虑基础护岸型式、自然条件、材料来源、养护要求、施工条件等因素，通过技术、经济比较后确定。

5.3.3 工程设计应考虑修复区道路的完整性及与外接道路的畅通，便于工程维护与植被养护及修复区的综合利用。

5.3.4 工程设计编制应依据充分，所采用的工程措施合理可行，工序与工期安排得当，工程量计算准确工程预算合理，保障措施完善。符合相关规范和技术标准。

5.3.5 工程设计深度应满足工程招投标、施工、监理、预结算等工程实施的需要。

5.3.6 海岸生态护坡设计原则：

- 稳定性原则：生态护坡要保证堤岸的稳定性，需要结合前期调查和勘察资料和已建生态护坡工程的监测资料，对水力参数和土工技术参数进行评估，找出造成不稳定的主要因素，然后根据实际情况选用护岸形式，提高岸坡的稳定性和安全性
- 生物多样性原则：以生态学为基础，将生物种群作为设计的核心，考虑护岸连接长度和宽度对生物生存与繁衍的制约。注意保护生物的多样性和食物链网的复杂性，积极为水生生物、两栖动物创造栖息、繁衍的环境。
- 因地制宜原则：设计时要充分考察当地的地质、水文、环境条件和生物种群，因地制宜，尽量选用当地材料以降低工程成本，植物的配置也应以乡土植物为主，合理布局，保证较高的生物种群异质性。

5.4 施工准备

5.4.1 海岸生态护坡工程施工组织设计的编制应按照相关文件的要求；在现场踏勘的基础上，综合考虑工程特征、规模、地质、环境条件和工期等因素，因地制宜，确保施工能够安全、高效地实施。

5.4.2 海岸生态护坡工程施工前应编制施工安全监测方案，安全监测方案应经业主单位、监理单位等认可后实施。

5.4.3 施工单位应组织专业技术及管理人员学习并掌握施工图纸内容，明确设计意图，参加图纸会审活动，对图纸中存在的疑点应及时向设计单位提出并取得答复，形成图纸会审记录。

5.4.4 施工单位应组织全体施工人员参与技术交底活动，交代工程特点、施工工艺方法、工序流程、关键工序质量控制、技术质量要求与施工安全，形成施工技术交底记录。

5.4.5 应按照设计的要求，提前做好原材料的进场验收及试验检测等工作。

5.4.6 采用新的施工工艺时，应在正式施工前进行工艺试验，确定施工方法及质量控制要点。

6 护坡植物配置

6.1 基本条件

护坡植物应基于基础护岸构筑材料（混凝土、块石、袋装砂、空心构筑物等）进行融合配置，其应具备以下基本条件：

- 根系发达，具有加筋锚固土体作用，护坡固岸能力强；
- 速生性好，萌蘖能力和地表覆盖能力强，可在短期达到抗侵蚀、水土保持效果；
- 耐盐性好，适应海水水位涨落影响，有利于海岸、海堤、滩涂稳定抗冲蚀；
- 抗逆性、适应性、耐候性强，适宜粗放管理，养护管理成本低。

6.2 植物选择

6.2.1 植物材料品种、规格应满足设计要求。

6.2.2 不应使用带有严重病虫害的植物材料，非检疫对象的病虫害危害程度或危害痕迹不应超过树体的5%~10%。自外省市及国外引进的植物材料应有植物检疫证。

6.2.3 植物材料质量应符合 CJJ 82 的相关规定。

7 海岸生态护坡施工

7.1 通用要求

海岸生态护坡工法及其适用情况见表1。

表 1 生态护坡工程适用工法

适用工法	防护范围				工程目的		
	潮上带坡面	潮间带坡面	坡脚/肩台	潮下带	防护	促淤	生境
混凝土空心块	●	●	●	●	●		●
土工格室	●				●		●
浆砌石框架	●	●	●	●	●		●
石笼挡墙	●	●	●	●	●		●
加筋麦克垫		●		●	●	●	●
复合基质喷播	●				●		●
生物基聚氨酯	●	●	●	●	●		●

7.2 混凝土空心块护坡

7.2.1 技术原理

混凝土预制空心块是最常见的坡面防护构件，一般用C20细粒混凝土或加气/泡沫混凝土预制而成。外框为六边形、菱形或其他异形，通常可以单独使用或组合使用。空心块内填充土壤并种植灌草植物，组合后可形成大面积的坡面植被，需要加筋采用玄武岩纤维筋代替钢筋

7.2.2 工艺特性

7.2.2.1 将坡面粗糙化、格式化，增大坡面的粗糙率，迫使坡面雨水、海水改变流向、达到消浪缓流，减弱冲刷的效果；

7.2.2.2 由专用机械预制加工，可大批量生产；

7.2.2.3 施工简易，工程造价较低；

7.2.2.4 可减少岸石开采、使用量，有利于生态保护、水土保持；

T/SASWI 003—2023

7.2.2.5 框格内填充土壤后种植灌草植物，可实现岸坡生态防护和植被恢复，且具有较好的滨海景观效果。

7.2.3 适用范围

7.2.3.1 多用于冲刷严重的潮上带自然岸坡（如：陡坎），填方坡面为土质、岩土质，要求较为平整、坡度相对平缓；

7.2.3.2 用于土石边坡时，坡比在 1:1~1:1.5 之间，高度一般不超过 10m；

7.2.3.3 当边坡面积较大且坡面稳定性需加强时，常与坡面框格构筑物组合应用，此时也可以填充使用生态袋、植生袋等。

7.2.4 施工过程及要求

7.2.4.1 施工流程为：开工准备—测量放样—清基修坡—护脚、（浇筑分格埂、踏步）—土工合成材料铺设—砂、石垫层铺设—预制混凝土砌块铺设—封顶。

7.2.4.2 施工前，应对混凝土砌块的预制及护坡编制专项施工方案，经批准后实施。

7.2.4.3 施工前，应对坡面铺设材料的品种、规格、外观、尺寸及材料的技术性能指标和质量进行检查，应根据施工要求，埋设观测设备。

7.2.4.4 施工时应按设计要求对坡面进行修整，确保坡面外观平顺，压实度应符合设计要求。

7.2.4.5 坡面整削完毕未做砌护前，应采取措施防护。

7.2.4.6 基槽应按设计尺寸开挖，必要时护脚基槽可分段开挖并及时砌筑。

7.2.4.7 护脚、封顶采用混凝土浇筑时，应符合 SL 677、GB 50164 相关规定。

7.2.4.8 土工合成材料铺设应与坡面密贴，不留空隙，铺设应平顺。相邻织物块拼接可采用搭接或缝接，搭接应不小于 50cm。织物有损，应立即修补或更换。预计织物在工作期间可能发生较大位移而使织物拉开时，应采用缝接。

7.2.4.9 坡面铺设一般应自下而上进行。坡顶、坡脚应以锚固沟或其他可能方法固定，防止其滑动。

7.2.4.10 坡顶、坡脚应以锚固沟或其他可能方法固定，防止其滑动。

7.2.4.11 与堤（岸）坡结构物的连接处，不留空隙，结合良好。

7.2.4.12 砂、石垫层铺设时，应根据设计厚度定位控制线，先铺砂垫层，后铺碎石垫层。

7.2.4.13 砂、石垫层的铺设应保证平整、密实、厚度均匀，厚度及级配应符合设计要求。

7.2.4.14 陡于 1:1 的垫层施工时，应采用适当措施铺设，确保垫层质量。

7.2.4.15 预制混凝土砌块铺设应带线自下而上进行，应保证表面平整，稳固、缝线规则、缝宽均匀，不应有通缝。

7.2.4.16 铰接式预制混凝土砌块铺设时，应编制专项施工方案。

7.2.4.17 预制混凝土砌块铺设时，不应破坏垫层的平整度和厚度。已铺设好的坡面上，不允许堆放预制混凝土砌块或其他重物，预制混凝土砌块不允许在坡面上拖滑。

7.2.4.18 用于排水体处的预制混凝土砌块，应按设计要求做好排水孔出口的防护。

7.3 土工格室护坡

7.3.1 技术原理

土工格室是由强化的HDPE（高密度聚乙烯）带片材料，经超声焊接形成的一种三维网状格室结构。该网状格室结构可伸缩开闭，使用时将其扩张并充填土料后，可构成具有强大侧向限制和大刚度的结构体，通过改变其深度和孔型组合，可获得刚性或半弹性的板块，可以大幅提高软质、松散填充材料的承载能力。

7.3.2 工艺特性

- 7.3.2.1 具有垫层、加筋、排水、调节应力及变形，提高土体抗渗能力的综合功效；
- 7.3.2.2 材质轻、耐磨损；化学性能稳定、抗老化、耐酸碱、耐腐蚀；适用于不同的坡质及土壤条件。经过热老化试验，其寿命折算可达 50 年；
- 7.3.2.3 改变土工格室高度、焊点间距等几何尺寸可满足不同的工程需要；
- 7.3.2.4 伸缩自如，运输体积小；连接方便、灵活，可任意组成一个整体，施工速度快；
- 7.3.2.5 可为植物的生长提供稳定的土壤条件，可实现岸坡生态防护和植被恢复，且具有较好的滨海景观效果。

7.3.3 适用范围

- 7.3.3.1 适用于坡度较缓的潮上带的边坡防护，边坡高度不超过 10m；
- 7.3.3.2 护坡型式有两种，坡比缓于 1:1 时，采用平铺式；坡比缓于 1:0.5、陡于 1:1.0 时，采用叠砌式；
- 7.3.3.3 当边坡面积较大且坡面稳定性需加强时，通常与坡面框格构筑物组合应用。

7.3.4 施工过程及要求

- 7.3.4.1 施工流程为：施工准备—基面平整—垫层铺设—土工格室布设—种植土填筑—植被种植—养护管理。
- 7.3.4.2 土工格室片拼接位置应合理划分，准确下料，并编号堆放。
- 7.3.4.3 按照设计要求进行削坡，坡面必须平顺坚实，不得有突起、松动块体或虚土浮渣等缺陷。
- 7.3.5 土工织物铺设前材料质量应经复验合格，应符合 GB/T 17638、GB/T 17642 的有关规定，有扯裂、蠕变、老化等现象的材料均不允许使用。
- 7.3.5.1 铺设时，宜自下游侧开始依次向上游侧铺展，上游侧织物搭接在下游侧织物上，或者采用专用设备缝制。
- 7.3.5.2 在土工织物上铺砂时，织物接头不宜用搭接法连接。
- 7.3.5.3 格室拼接应在格室端部方向进行，有端部壁板拼接、端部焊接拼接两种基本方法。一般使用连接件连接，不得在格室转折点拼接。
- 7.3.5.4 沿坡向只有两组格室连接时，宜采用端部壁板拼接。
- 7.3.5.5 沿坡向三组及以上格室连接时，应采用端部焊缝拼接。
- 7.3.5.6 土工格室宜采用连接件连接格室，紧贴坡面均匀展开，先固定两边，充分张拉后及时用锚杆固定。
- 7.3.5.7 土工格室采用热熔焊接方法连接时，应在施工前进行焊接工艺试验，根据试验选定施工工艺及相应的施工参数。焊接强度不得低于母材，焊接长度不应小于 0.1m。焊接后 2 小时内不得拉扯搭接面。
- 7.3.5.8 平铺式土工格室应自上而下铺设，坡顶应加强锚固；叠砌式土工格室应自下而上铺设。

7.4 浆砌石框架护坡

7.4.1 技术原理

浆砌石框架采用 M10 水泥砂浆砌片（块）石，石料来源多为就地取材的开挖废弃石料。框架内通过回填种植土、填充植生袋以及挂网喷播等组合方式，可种植灌草混合植物，对岸坡进行生态防护。根据框架形状的不同，浆砌石框架可为拱形、菱形、人字形等。

7.4.2 工艺特性

- 7.4.2.1 减少坡面在植被未形成前的水土流失和海浪冲蚀，能够发挥护坡固土作用；

T/SASWI 003—2023

7.4.2.2 坡面形成框架，强度高，抗冲刷能力强，对坡面有较好的稳定加固作用；

7.4.2.3 具有一定的拦截降雨功能，可为坡面植物生长提供适当水分；

7.4.2.4 坡面植物配置灵活，可根据边坡立地条件，达到与滨海环境相协调的景观效果。

7.4.3 适用范围

7.4.3.1 适用于易发生溜坍及冲刷较严重的土质和强风化岩土质边坡；

7.4.3.2 适用坡比在 1:1.0~1:1.5 之间，每级坡高一般不超过 10m；

7.4.3.3 根据坡面条件和防护要求，框架内可填充使用土工格室、植生袋等。

7.4.3.4 坡体不稳定，有安全风险时，可考虑增加锚杆。

7.4.4 施工过程及要求

7.4.4.1 施工流程为：施工前准备—测量放线—坡面修整—基础开挖—砂砾垫层铺设—浆砌石框架铺设—种植土填筑—植被种植—养护管理。

7.4.4.2 施工前按设计要求平整坡面，清除坡面危石、松土、填补凹凸等。

7.4.4.3 为了保证框架的稳定，埋深不小于 8cm。

7.4.4.4 采用 M10 水泥砂浆就地砌筑片石。框架砌筑时应先砌筑衔接处，再砌筑其它部分，同时要确保框架衔接处位于同一高度。

7.4.4.5 施工时应自下而上砌筑，并使框架与坡面紧贴。

7.4.4.6 雨季施工，为使草种免受雨水冲蚀，并实现保温保湿，应加盖无纺布，促进草种的发芽生长。也可采用稻草、秸秆编织席覆盖。

7.5 石笼挡墙

7.5.1 技术原理

石笼挡墙是由石笼网箱组成的坡面或坡脚防护结构。石笼网由高抗腐蚀性、高强度并具有良好的延展性的不锈钢丝拧编而成，根据工程要求不同，其有不同的结构及特性参数。石笼网箱是使用石笼网联接而成的生态网箱结构，石笼网箱在施工现场用块石或碎石填充后封闭箱体，将若干石笼箱相互组合堆垒，可构成重力挡墙。

7.5.2 工艺特性

7.5.2.1 用块石、碎石填充，构成具有柔韧性、灵活性、尤其是岸水交换性强的组合结构；

7.5.2.2 填充石头之间的缝隙，既能有效防止海浪的冲刷，又可防止水土流失、促淤固岸，且具有营造海洋生境的作用，可与岸滩自然环境融为一体；

7.5.2.3 具有较好效果的护坡功能，不但可拦挡土石滑移，易于形成适宜的土壤条件，便于坡面高覆盖率植生以及加强对防波堤构筑物坡脚的生态防护；

7.5.2.4 可实地加工、因地制宜，按需求捆扎成多种拦挡组合形式；可利用现场废弃石料，施工简单易行且工程造价低。

7.5.3 适用范围

7.5.3.1 适用于直立式、斜坡式防波堤的坡面、坡脚，以及土质、岩土质自然岸坡的生态防护；

7.5.3.2 适用于坡比 1:1.5~1:1.2 的坡面拦挡及坡脚的生态防护；

7.5.3.3 适用于块石较少而碎石较多、不宜采用砌石挡墙的场所。

7.5.4 施工过程及要求

7.5.4.1 施工流程为：施工前准备—测量放线—格栅连接—填料—封口。

7.5.4.2 按设计要求用格栅剪切器将土工格栅裁剪成相应尺寸，铺设于指定位置，用U型钉定位牢固。石笼上、下层错缝对中码放。

7.5.4.3 用裁剪出的格栅横肋及立肋连接于底格栅上，做成格栅石笼。连接时应采用错格绑扎方法，沿着两片格栅连接处水平缠绕整片格栅的长度，再在垂直的肋条处进行捆绑，并按照此方法延续至末端连接处。且每个节点均应绑成死扣。在两片格栅搭接时应留50mm，并至少搭接一个方格重叠搭接，并用连接绳进行“之”型错格绑扎。相邻的格栅用连接绳缠绕连接所用接触边并绑扎牢固。

7.5.4.4 装填石料时，避免从高处倾倒石料，保证石笼形状不受破坏，在靠近外表面的方向先用人工将石料有序紧密垒在格栅面后至顶部，后填入中部石料。表面一层尽量选用粒径较大、表面平整的石料，确保石笼的表面平整度。

7.5.4.5 石笼填满石料后即可封口，顶部格栅搭接时应预留50mm，并至少搭接一个方格重叠搭接，并用连接绳进行“之”型错格绑扎，再在垂直的肋条处进行捆绑，并按照此方法延续至末端连接处。且每个节点均应绑成死扣。

7.6 加筋麦克垫

7.6.1 技术原理

加筋麦克垫将熔融挤出喷丝成型的土工网垫包覆于机编双绞或多绞六边形钢丝网，构成聚丙烯土工垫结合六边形双绞合钢丝网的结构。柔性构造，保证了在遭遇空中沉降、崩塌、滑坡的结构稳定。透水性则使水体和土体之间的水源得以循环，促进植物生长。

7.6.2 工艺特性

7.6.2.1 自透水性。加筋麦克垫的孔隙，有利于结构后填土中孔隙水的排出，降低土体中孔隙水压力，保证土体的抗剪强度，有利于整个结构的稳定；同时，节省了传统支挡结构所需的排水设施的相关费用，降低了结构的整体造价。

7.6.2.2 可植被性。结构空隙利于自然土的沉积，有利于自然长草；加筋麦克垫的孔隙为水体流动创造了条件，水流在经过这种无序材料时，会被大大降低流速，对其下面的土壤形成保护，而且会造成土壤在麦克垫中的沉积，促进植物在麦克垫中生长，植物根系会将麦克垫和下面的土壤更紧密的结合到一起，使其抗冲刷能力非常好，从而更好的发挥护坡，护岸的作用。

7.6.2.3 经济性。施工简单，人工铺设，节约施工成本；一般造价低于混凝土或浆砌石的价格。特别是在土质、地基基础较差地段修建防护工程可缩减地基处理的大笔费用，更加体现其价格低廉的优越性。施工简便。

7.6.2.4 强度高寿命长。加筋麦克垫的原材料为5%或10%的铝锌合金钢丝，优秀的技术基础确保了镀层厚度的均匀性，抗腐蚀性更强，确保其使用寿命。

7.6.2.5 连贯性好，施工快捷。加筋麦克垫可按规划目的，工厂化出产制作出半成品，施工现场则按规划图进行拼装定性，操作简洁、受气候搅扰小且适宜于机械化操作，即可确保施工质量又可加快工程质量。

7.6.3 适用范围

一般适用于坡比不陡于1:0.75，坡高小于10米的内河港口码头、海岸防护。

7.6.4 施工过程及要求

7.6.4.1 施工流程为：清除坡面—铺设种植土层—施肥、撒草籽—铺设麦克垫—锚固—浇水养护—后期管理。

7.6.4.2 施工前应对场地进行平整和清理，确保基层平整、干燥、无杂物。

T/SASWI 003—2023

- 7.6.4.3 铺设时应按照设计要求进行铺设，注意方向和坡度，保证加筋麦克垫的整体性和稳定性。
- 7.6.4.4 加筋麦克垫的连接应牢固，受力方向连接强度不低于设计抗拉强度。
- 7.6.4.5 加筋麦克垫材料铺设时，必须拉紧展平插钉固定，并与路基面密贴不得有褶皱扭曲。
- 7.6.4.6 在铺设过程中，应注意避免加筋麦克垫受到损坏，如有损坏应及时修补。
- 7.6.4.7 铺设多层加筋麦克垫材料时，其上、下层接缝应交替错开，错开距离不宜小于 5m。
- 7.6.4.8 加筋麦克垫不得直接铺设在碎石等坚硬的下承层上，应在土工合成材料和碎石之间铺设 5cm 的中、粗砂保护层。
- 7.6.4.9 铺设方向垂直于水流方向，沿坡顶自上而下铺设，沿纵向采用自下游向上游铺设的方式。采用上压下的方式搭接，坡面麦克加筋垫延伸至护角格宾网铺设。
- 7.6.4.10 幅间采用与麦克加筋垫同材质的钢丝绞和。搭接宽度应不小于 8cm，同时要保证上游垫铺在下游垫之上。麦克加筋垫的锚固在坡顶利用锚固沟对麦克加筋垫进行固定，锚固沟距坡边缘 6m，深 30cm×宽 1m 的沟，将麦克加筋垫沿沟底进行锚固；坡面利用 U 型金属锚钉将麦克加筋垫锚固于坡面；护角采用格宾网压在麦克垫之上起到抗冲刷作用。

7.7 复合植生基质喷播

7.7.1 技术原理

复合植生基质喷播的原理是在种植土（或客土）材料中添加高分子团粒剂、黏结剂、植物纤维、稳定剂等，利用专用喷播设备对岸坡进行植生喷播。该工法可产生团粒反应和聚合反应，能使混合基质的黏结力增强，并以“蜂巢”状结构附着于岸坡上，由此为坡面提供植物适宜生长的环境以及稳定的生态护岸效果。

7.7.2 工艺特性

- 7.7.2.1 基质具有独特结构及特性。
- 7.7.2.2 可进行乔灌木植生，形成岸坡群落多样性。
- 7.7.2.3 黏结强度高、抗冲刷性能好。
- 7.7.2.4 绿色环保无污染。
- 7.7.2.5 施工快、成坪快。

7.7.3 适用范围

- 7.7.3.1 潮上带的高陡岩质、岩土质岸坡生态防护；
- 7.7.3.2 喷播厚度小于 10cm；
- 7.7.3.3 北方少雨地区需提高喷播层的保水性、增强水分的利用能力；
- 7.7.3.4 南方多雨地区需提高喷播层的黏结性，以增强抗侵蚀能力。

7.7.4 施工过程及要求

- 7.7.4.1 施工流程为：施工准备—边坡修整与开挖—铺网—基质喷播—养护管理。
- 7.7.4.2 施工前应进行现场调查，内容应包括边坡周围环境、施工条件、电源、水源、道路交通、材料堆放、临建设施布置。
- 7.7.4.3 边坡修整应清除坡面上的危石、浮石、植物浮根、杂草和垃圾等，坡面木本植物宜保留，可对木本植物的枝干进行修剪。
- 7.7.4.4 边坡修整应自上而下、分段施工，不应上下交叉作业。
- 7.7.4.5 截排水系统施工应在边坡修整后进行。
- 7.7.4.6 铺网作业应自上而下进行，网应牢固固定于坡面。
- 7.7.4.7 网钉应垂直坡面或与坡面呈 15° 上倾角固定。

- 7.7.4.8 灌浆网钉的施工应在浆体终凝 24h 以上，并应符合强度要求后进行下一道工序。
- 7.7.4.9 喷播作业应根据设计喷播厚度分层喷播，先喷播基层，后喷播种子层。
- 7.7.4.10 喷播顺序应先上后下、先难后易，喷播厚度应均匀，不得漏喷。
- 7.7.4.11 喷播方式宜采用多植物种类的混播方式；有特殊要求时，可选择单一植物种类喷播。
- 7.7.4.12 养护用水水质应符合现行国家标准《农田灌溉水质标准》GB 5084 的有关规定。
- 7.7.4.13 养护期根据植物生长状况可采取相应的施肥措施，肥料的使用应符合现行行业标准《化肥使用环境安全技术导则》H 555 的有关规定。
- 7.7.4.14 整体出苗数量不足时，应查明原因后确定整改方案，并采取相应措施。

7.8 生物基聚氨酯护坡

7.8.1 技术原理

生物基聚氨酯是一种双组分粘合剂，其与骨料（碎石）混合搅拌，并经过整平，自然养护过程形成的牢固、稳定、多孔渗水的开放式结构。多孔表面通过孔隙体积的摩擦吸收部分水能，能削弱波浪冲击；其存在的孔隙，可为动植物提供栖息地。

7.8.2 工艺特性

- 7.8.2.1 耐候性；
- 7.8.2.2 高孔隙率；
- 7.8.2.3 良好生物栖息环境；
- 7.8.2.4 透水（反滤）特性；
- 7.8.2.5 原材料可再生。

7.8.3 适用范围

适用于斜坡式防波堤的坡面、坡脚，以及潮上带土质、岩土质岸坡的生态防护。

7.8.4 施工过程及要求

- 7.8.4.1 施工流程为：施工准备—坡面整理—素砼、镇脚—铺设土工、砂石垫层—铺设聚氨酯碎石面层—压实固定—后期保养。
- 7.8.4.2 施工前应对坡面进行清理，确保没有杂物和积土，修整坡面，避免出现凹凸不平的情况。
- 7.8.4.3 矿物骨料应采用粒径 1~3 厘米的窄级配碎石。
- 7.8.4.4 施工前应确保碎石表面基本干净，可用高压水枪冲洗石头，至石头底部流出水较为清澈为止。石头放置晾干，施工前确保石头表面没有水分。
- 7.8.4.5 施工现场湿度大于 75%，或遇下雨天气时，必须停止施工。
- 7.8.4.6 聚氨酯与骨料的混合建议在 5℃~30℃ 温度下进行。
- 7.8.4.7 在处理矿物骨料时应避免混合时间过长，骨料过度翻滚会产生大量碎石造成石料磨耗。
- 7.8.4.8 生物聚氨酯组分应采用机械混合，混合时间控制在 2~3 分钟内（23℃），现场环境温度过高，则相应的减短混合时间。
- 7.8.4.9 骨料干燥处理完成夜间应用防水布遮盖。如果遇到下雨天，骨料堆垛区也应做好防水工作。
- 7.8.4.10 固化过程应尽量避免跟水分接触。
- 7.8.4.11 铺设时，从坡底开始铺设，确保坡面被完全覆盖，注覆盖均匀性和紧密程度，避免留下空隙。
- 7.8.4.12 聚氨酯碎石压实过程中，应尽量避免碎石表面出现凹凸不平等的情况。

8 施工养护

T/SASWI 003—2023

- 8.1 生态护坡施工完成后，应及时进行坡面覆盖、灌溉、施肥、病虫害防治、补植、局部缺陷修补、除杂草、排渍除涝等养护工作。
- 8.2 植被种植结束后，宜及时采用遮阳网、无纺布或秸秆、草帘等覆盖；如遇到强降雨冲蚀或涝渍，应加盖塑料薄膜。
- 8.3 根据植物习性和墒情及时浇水，水质应符合GB 5084的有关规定。
- 8.4 基肥宜采用有机肥或复合肥，可采用穴施、环施和放射状沟施等方法。追肥宜采用化肥或菌肥，可采用根施法或根外施法。施肥不应对河道水质造成不利影响。
- 8.5 应及时采取措施防治病虫害，宜根据病虫害疫情结合生物措施、物理措施和化学措施对症下药。药剂使用应符合环保要求。
- 8.6 发现植被秃斑、脱落或破损时，应查明原因，及时补植。
- 8.7 应安排专人定期巡视，及时清理枯枝、落叶、杂草、垃圾，防止占压、损坏生态护坡及植被，做好防汛、防火、防强风、干热、越冬防寒等工作。

9 质量检验与验收

9.1 一般规定

- 9.1.1 工程项目划分及质量检验程序应执行 SL 176 的有关规定。
- 9.1.2 独立发挥作用的生态护坡工程可划分为一个单位工程，当作为工程主体的组成部分或附属工程时，按生态护坡功能区、护坡类别、标段界限、投资等因素，可划分为一个或多个分部工程。
- 9.1.3 在分部工程项目确定后，按生态护坡延展长度或面积合理划分单元工程，单元工程长度不宜小于 100m，不宜大于 500m；单元工程面积宜小于 3000m²。

9.2 质量检验

- 9.2.1 确定生态护坡质量检验主控项目、一般项目，并分项列出质量标准、检验方法、检验频次，质量验收表格见附录 B。
- 9.2.2 各类生态护坡单元工程施工质量检验应符合 GB 50300、SL 223 的有关规定。

9.3 质量验收

- 9.3.1 单元工程施工质量验收应符合 GB 50300、SL 631 和 SL 634 的有关规定，验收评定表见附表 B。
- 9.3.2 分部工程、单位工程、工程项目的施工质量验收应符合 GB 50300、SL 223 的有关规定。

附录 A
(资料性)

山东省海岸生态护坡工程应用植物品种推荐表

表 A.1 山东省海岸生态护坡工程应用植物品种推荐表

分类	序号	名称	生态习性
草本植物	1	高羊茅	喜光，耐半阴，喜寒冷潮湿、温暖的气候，耐高温；对肥料反应敏感，抗逆性强，耐酸、耐瘠薄，抗病性强。
	2	碱茅	适应性强，喜湿润和盐渍性土壤，耐碱、抗寒、抗旱，在天然草场常呈群落分布，是改造盐碱地的优良牧草。土壤 pH 为 8.8 时，仍能生长发育良好。
	3	狗牙根	喜光，稍耐半阴，喜温暖湿润气候，耐阴性和耐寒性较差，6℃~9℃时几乎停止生长，草质细，耐践踏。侵占力较强，可耐轻微盐碱，绿期长达 260d。
	4	黑麦草	喜光不耐阴，喜温凉湿润气候，耐寒及耐热性均差。较能耐湿，忌长期积水。不耐旱，尤其夏季高热、干旱更为不利。对土壤要求比较严格，喜肥不耐瘠薄。略能耐酸，适宜的土壤 pH 为 6~7。
	5	芦苇	喜光，耐寒，耐酷热，抗盐碱。
	6	白茅	喜光，稍耐阴，喜肥又极耐瘠，喜疏松湿润土壤，相当耐水淹，也耐干旱，适应各种土壤，粘土、沙土、壤土均可生长。
	7	天人菊	性喜高温、干燥和阳光充足的环境。其耐盐性佳、抗强风、耐旱性佳、耐寒性佳，耐阴性稍差。
	8	盐地碱蓬	性喜冷凉及阳光充足环境，不耐暑热，耐盐碱，耐湿。适宜生长的土壤 pH 值在 8.5~10.0 之间。生长适温 16-25℃。
灌木植物	9	紫穗槐	耐寒性强，耐干旱能力也很强，能在降水量 200 毫升左右地区生长。也具有一定的耐淹能力，虽浸水 1 个月也不至死亡。对光线要求充足。对土壤要求不严。
	10	单叶蔓荆	适应性较强，对环境要求不严，耐旱、耐碱、耐高温和短期霜冻，喜阳光充足，凡土质疏松和排水良好的河滩、沙地等处均可种植。
	11	酸枣	喜欢温暖干燥环境，耐碱、耐寒、耐旱、耐瘠薄，不耐涝，适应性强。
乔木植物	12	黑松	喜温暖至高温、适润至干燥、向阳之地，树性强健，生长缓慢，寿命长，耐寒、耐热、耐旱、耐瘠，最宜在土层深厚、土质疏松且含有腐殖质的砂质土壤处生长，也可在海滩盐土地方生长。

13	刺槐	喜光，喜温暖湿润气候。有一定的抗旱能力。喜土层深厚、肥沃、疏松、湿润的壤土、沙质壤土、沙土或黏壤土，在中性土、酸性土、含盐量在 0.3% 以下的盐碱性土上都可以正常生长，在积水、通气不良的黏土上生长不良，甚至死亡。喜光，不耐底荫。
14	乌桕	喜光树种，适应性强，生长速度快，耐微酸性土壤，在含盐量为 0.3% 以下的盐碱土上生长良好。
15	柽柳	喜光，耐旱、耐寒，较耐水湿，极耐盐碱、沙荒地。柽柳适应性强，对气候土壤要求不严，在黏壤土、沙质壤土及河边冲积土中均可生长。
16	构树	喜光、耐寒、耐旱、耐水、耐湿，喜酸性土壤，在钙质土壤和中性土壤中能正常生长，耐轻度盐碱，在 pH8.7、含盐量为 0.2% 的轻度盐碱土壤可以正常生长。
17	朴树	喜光，稍耐阴，耐寒。适温暖湿润气候，适于于肥沃平坦之地。对土壤要求不严，耐轻度盐碱，有一定耐干旱能力，亦耐水湿及瘠薄土壤，适应力较强

附录 B
(资料性)
检验批质量验收记录表

表 B.1 _____ 检验批质量验收记录

单位(子单位) 工程名称		分部(子分部) 工程名称		分项工程名称	
施工单位		项目负责人		检验批容量	
分包单位		分包单位项目负责人		检验批部位	
施工依据			验收依据		
验收项目		设计要求及规范 规定	最小/实际抽样 数量	检验记录	
主控 项目	1				
	2				
	3				
	4				
一般 项目	1				
	2				
	3				
	4				
施工单位检查结果			专业工长: 项目专业质量检查员: 年 月 日		
监理单位验收结论			专业监理工程师: 年 月 日		

附录 C
(资料性)

工序施工质量验收及单元工程施工质量评定表

表 C.1 工序施工质量验收评定表

单位工程名称				工序名称、编号		
分部工程名称				施工单位		
单元工程名称、编号				施工日期		年 月 日至 年 月 日
项次		检验项目	质量标准	检查(测)记录或备查资料名称	合格数	合格率
主控项目	1					
	2					
	3					
一般项目	1					
	2					
	3					
施工单位自评意见		主控项目检验点100%合格, 一般项目逐项检验点得合格率 % , 且不合格点不集中分布。 工序质量等级评定为: (签字, 加盖公章) 年 月 日				
监理单位复合评定意见		经复核, 主控项目检验点100%合格, 一般项目逐项检验点得合格率 % , 且不合格点不集中分布。 工序质量等级评定为: (签字, 加盖公章) 年 月 日				

表 C.2 单元工程施工质量验收评定表

单位工程名称				工序名称、编号			
分部工程名称				施工单位			
单元工程名称、编号				施工日期		年 月 日至 年 月 日	
项次		检验项目	质量标准	检查（测）记录或备查资料名称	合格数	合格率	
主控项目	1						
	2						
	3						
一般项目	1						
	2						
	3						
施工单位自评意见		主控项目检验结果全部符合验收评定标准，一般项目逐项检验点得合格率为 %。 单元工程质量等级评定为： （签字，加盖公章） 年 月 日					
监理单位复合评定意见		经抽查并查验相关检验报告与检验资料，主控项目检验结果全部符合验收评定标准，一般项目 逐项检验点得合格率为 %。 单元工程质量等级评定为： （签字，加盖公章） 年 月 日					