ICS 93.160
CCS P 55

DB65

新 疆 维 吾 尔 自 治 区 地 方 标 准

DB65/T 5128—2026

内陆干旱区河湖生态护岸技术导则

Technical guidelines for ecological revetment of rivers and lakes in inland arid region

（征求意见稿）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

新疆维吾尔自治区市场监督管理局　　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 2
4　总体要求 3
5　河湖岸坡现状调查和评价 3
5.1　一般规定 3
5.2　现状调查和评价流程 3
5.3　资料收集要求 4
5.4　现场调查要求 4
5.5　分析评价要求 4
6　工程布置原则 4
6.1　一般规定 4
6.2　工程任务及规模 4
6.3　工程岸线布置原则 5
6.4　护岸结构型式选择原则 5
6.5　生态护岸材料选择原则 5
7　生态护岸工程设计要点 6
7.1　一般规定 6
7.2　坡式护岸设计 6
7.3　墙式护岸设计 7
7.4　桩式护岸设计 7
7.5　生态护岸材料设计 7
7.6　景观和植被选择 11
8　工程施工 12
8.1　一般规定 12
8.2　天然植物类 12
8.3　混凝土框格类 13
8.4　格宾石笼网类 13
8.5　土工合成材料类 13
8.6　生态混凝土材料类 14
9　运行维护与日常监测 15
9.1　一般规定 15
9.2　运行维护 15
9.3　安全监测 16
附录A（资料性）　内陆干旱区天然植物护岸推荐种类表 17

附录 B（资料性）　石笼网垫常用规格尺寸表 21
附录 C（资料性）　石笼网箱常用规格尺寸表 22
附录 D（资料性）　石笼网垫、网箱网材的规格型号建议值..... 23

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。

请注意本文件中的某些内容可能涉及相关专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由新疆农业大学提出。

本文件由新疆维吾尔自治区水利厅归口并组织实施。

本文件起草单位：新疆农业大学、新疆维吾尔自治区水利水电科学研究院、新疆维吾尔自治区塔里木河流域干流水利管理中心、新疆维吾尔自治区河湖保护中心。

本文件主要起草人：张凌凯、丁金华、李江峰、张小莹、万江春、董乙强、王光焰、肖玉磊、李龙、樊培培、程慧、于飞、王响、丁旭升、田年丰、杨武、邓履山、张丹、段腾、李洋、郭勇、陶俊宏、程宝平、王豪杰、陆辰、张旭琴。

本文件在实施应用中的质疑，请咨询新疆农业大学。

对本文件的修改意见建议，请反馈至新疆维吾尔自治区水利厅（乌鲁木齐市黑龙江路146号）、新疆农业大学（乌鲁木齐市农大东路311号）、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区水利厅　联系电话：0991-5816236；传真：0991-5816236；邮编：830000

新疆农业大学　联系电话：0991-8763920；传真：0991-8763815；邮编：830052

新疆维吾尔自治区市场监督管理局　联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

内陆干旱区河湖生态护岸技术导则

1 范围

本文件规定了河湖岸坡现状调查和评价、生态护岸工程布置原则、设计要点、施工、运行维护与日常监测的核心技术要求。

本文件适用于内陆干旱区河湖天然岸坡的生态护岸工程，天然岸坡与现有堤防衔接段的近自然防护可参照执行。

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 700 碳素结构钢

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 17638 土工合成材料 短纤针刺非织造土工布

GB/T 18744 土工合成材料 塑料三维土工网垫

GB/T 19274 土工合成材料 塑料土工格室

GB/T 38360 裸露坡面植被恢复技术规范

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB 50209 建筑地面工程施工质量验收规范

GB 50286 堤防工程设计规范

GB/T 50290 土工合成材料应用技术规范

GB 50487 水利水电工程地质勘察规范

GB 50707 河道整治设计规范

GB 55008 混凝土结构通用规范

SL/T 21 降水量观测规范

SL 188 堤防工程地质勘察规程

SL 191 水工混凝土结构设计规范

SL 196 水文调查规范

SL 251 水利水电工程天然建筑材料勘察规程

SL 260 堤防工程施工规范

SL 377 水利水电工程锚喷支护技术规范

SL 379 水工挡土墙设计规范

SL 386 水利水电工程边坡设计规范

SL 395 地表水资源质量评价技术规程

SL 471 水利风景区规划编制导则

SL/T 595 堤防工程养护修理规程

SL 677　水工混凝土施工规范
SL/T 725-2016　水利水电工程安全监测设计规范
SL/T 794-2020　堤防工程安全监测技术规程
SL/T 800　河湖生态系统保护与修复工程技术导则
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

内陆干旱区　inland arid region

远离海洋，受海洋水汽影响微弱，年均降雨量小于等于200 mm，干燥度指数大于等于4.0，水分收支严重失衡，地表径流匮乏，以天然河流为主要水资源载体的内陆地区。

3.2

近自然防护　near-natural protection

遵循生态优先原则，模拟天然岸坡生态系统结构，采用本土化低耗水植物、天然材料及柔性土工材料，最小化人工干预，实现护岸工程与周边生态环境协调共生的防护方式。

3.3

护岸工程　river and lake revetment project

为防止水流、波浪和风力对岸坡的冲刷淘蚀造成侵蚀或塌岸而建设的岸坡防护工程。设计枯水位以上称为护坡工程，设计枯水位以下称为护脚工程。

3.4

生态护岸工程　ecological revetment

以近自然防护为核心，兼顾岸坡稳定、行洪安全与生态修复功能，采用天然材料或生态友好型材料，具备透水、透气、生物廊道功能，可促进滨岸带生态系统恢复，适用于天然岸坡的护岸工程。

3.5

格宾石笼　gabion

由高抗腐蚀、高强度、具有延展性的低碳钢丝或者包覆聚氯乙烯（PVC）的钢丝编织而成的方形或圆形构件，内装块石、卵石或碎石。

注：格宾石笼网结构在抗水流冲刷方面有很大优势，其多孔隙结构防浪效果较好，并且结构本身抗水流冲刷能力强，能抵抗最高达到8 m/s的水流冲刷，目前在新疆河流护岸工程中应用较普遍。

3.6

生态土工袋　ecological geotextile bag

由聚丙烯或聚酯纤维为原材料制成的无纺土工布加工而成的袋子。

注：生态土工袋用以装土，植被根系可扎入袋中土体，可透水，具有抗紫外、抗老化、无毒的特点。在新疆塔里木河干流护岸工程中应用较普遍。

3.7

三维土工网垫　three-dimensional geotextile mesh pad

又称三维植被网。由热塑性树脂材料制成的三维多层网状结构，底部为基础层，上覆泡状蓬松网包，包内可填沃土和草籽，供植物生长。

3.8

土工格室　geocell

由聚合物材料制成的蜂窝状三维结构，展开后形成连续的网格单元，可填充土石等材料。

3.9

生态混凝土 ecological concrete

又称多孔透水混凝土。以特定粒径骨料作为支承骨架，通过水泥和生态胶凝材料包裹粘结骨料而成，具有一定孔隙结构和强度，可透水透气，适合植物生长，能抵抗水流冲刷的新型混凝土及其制品。

4 总体要求

4.1 生态护岸工程应在满足河湖岸线规划的前提下，以近自然防护理念为指导，遵循生态优先、安全为本、就地取材、避让为先的核心原则，兼顾抗蒸发、抗风沙等内陆干旱区特色性能要求与工程实操性，实现岸坡稳定、行洪安全与生态修复的协同统一。

4.2 生态护岸工程宜充分考虑内陆干旱区季节性河流特点，采用适配内陆干旱区突发性洪水特征和当地地质条件的生态护岸型式，充分考虑内陆干旱区土壤盐渍化、干湿冻融等特殊工况，强化生态护岸结构抗冲击能力，并符合行洪安全要求。

4.3 生态护岸工程宜优先选用工程区域内可获取的天然材料，低耗水、耐旱、耐贫瘠的本土植物，或柔性新型土工合成材料，减少材料运输损耗，降低工程成本。

4.4 生态护岸工程宜结合堤防工程新建或除险加固进行一体化设计，且能与当地人文景观特色兼容协调。

4.5 生态护岸工程应避让天然岸坡原有生态敏感区和生物栖息地，确需在敏感区域施工的，应采取最小干预措施，最大限度降低生态影响。

5 河湖岸坡现状调查和评价

5.1 一般规定

5.1.1 河湖岸坡现状调查和评价应符合以下规定：

a) 全面了解河湖岸坡的现状、存在的问题和面临的风险，为生态护岸工程的设计、施工和运维管理提供科学依据；

b) 重点调查工程区域的水文地质、工程地质问题，包括土壤盐渍化、材料的干湿冻融影响以及季节性洪水等特殊自然灾害情况。

5.1.2 现状调查和评价可采用资料收集、现场调查、分析评价等方式，综合分析工程建设区域及周边影响区域的水文、地质、水环境、滨岸带水生态、社会经济以及与工程建设相关的其他情况。

a) 现状调查收集的资料应全面、真实、完整，满足生态护岸工程的设计和效果评价要求；

b) 当基础资料不足时，应开展必要的勘查及试验工作予以查清；

c) 现状评价应在调查分析的基础上，结合历史资料对比分析或流域调查方法确定适合的参照系统，并综合考虑河湖的功能定位和治理目标，进行综合性评价。

5.2 现状调查和评价流程

5.2.1 资料收集：收集相关水文、地质、水质、气象、生态和相关工程建设等资料；确定现场调查的具体目的和范围，制定详细调查计划，包括时间、人员、地点、设备和预算等内容。

5.2.2 现场调查：重点对岸坡地形、地质结构、土壤性质、地下水位、河流水文条件、岸坡植被类型、覆盖率和健康状况等进行现场查勘。

5.2.3 分析评价：采集岸坡土壤样本、水质样本并测试其性质参数；测量岸坡侵蚀程度和冲刷情况；评估岸坡稳定性、生态系统健康状况和修复需求；撰写调查报告。

5.3 资料收集要求

5.3.1 水文气象资料应包括降水、蒸发、水位、流量、流速、泥沙、水温、冰凌、地下水和洪水等要素，水文气象资料的收集应符合SL 196中的相关规定。
5.3.2 地质资料应包括岸坡已有地形、土体类型、工程地质、水文地质和地震资料等，并应符合SL 188和SL 386中的相关规定。
5.3.3 水质资料应包括水体质量调查、水环境质量监测数据、污染物排放状况、污染源特征及入河湖排污口状况等，应符合GB 3838和SL 395中的相关规定。
5.3.4 滨岸带资料应包括滨岸带土地利用调查基础数据、水土流失情况、植物群落组成和盖度、水生生物状况、外来物种状况、重要栖息地状况等。
5.3.5 相关工程建设资料应包括已制定的规划、治理方案及相关研究报告、管理范围内的其他设施、河湖运行维护资料等。

5.4 现场调查要求

5.4.1 河湖岸坡现场调查主要内容应包括防洪堤、自然岸线和人工岸线分布、河滩地分布、生态要素和当地人文景观等。
5.4.2 对于护岸工程的薄弱部位或调查资料不齐全时，应提出补充勘察和试验方案，根据初始勘察资料中工程地质、水文地质条件，选择工程区域的典型断面进行补充勘察，补充勘察及相关试验应按照GB 50487、GB/T 50123等标准中的相关规定执行。
5.4.3 岸坡地形测量可使用GPS、全站仪、无人机等设备，获取河流水位、流速、流量等参数。岸坡地质结构、土壤性质及地下水位可通过钻探、坑探等方法进行勘察。
5.4.4 岸坡生态要素调查的主要内容应包括水文、水质、河湖底质、地下水、区域内本土植被生长情况等。
5.4.5 工程区域人文景观调查的主要内容应包括民族文化建筑、水利工程遗产、与水有关的古文化遗址、与水有关的社会风俗、礼仪、节庆、传统手工技艺等。

5.5 分析评价要求

5.5.1 对采集的岸坡土壤样本和水样宜采取室内试验或现场快速测定等方法获取其基本性质参数。
5.5.2 结合岸坡侵蚀程度和冲刷情况，评估岸坡稳定性，识别潜在风险。
5.5.3 根据收集的资料和现场调查结果，评估河湖岸坡生态系统健康状况和修复需求，明确岸坡的治理目标，确定重点修复部位及适宜的断面型式，应符合SL/T 800中的相关规定。
5.5.4 调查报告应包括调查结果、评估结论和建议性措施。

6 工程布置原则

6.1 一般规定

6.1.1 生态护岸工程应遵循保障河湖功能、岸坡安全稳定、结构适应耐久、材质自然、维持生态平衡的原则。
6.1.2 生态护岸工程的安全稳定应满足现行GB 50286中有关安全稳定的技术要求，岸坡断面型式应保证岸坡水陆生态的联通性，结构应满足现行规范对于工程结构使用年限的要求。

6.2 工程任务及规模

6.2.1 生态护岸工程的任务宜根据工程所处地区的区域发展格局和需求、工程类型和特征等确定。

6.2.2 生态护岸工程的规模应在满足工程保护对象要求的同时，兼顾维护河湖的生态系统健康，保障河湖的生态流量。工程等级可按GB 50286中的相关规定确定，对于特殊工况可提高等级。

6.3 工程岸线布置原则

6.3.1 生态护岸工程岸线布置应符合防洪规划、岸线保护与利用规范等要求，并应符合SL 260中的相关规定。

6.3.2 生态护岸工程岸线布置应维持河湖岸线的天然状态，不应缩窄河道的行洪断面，坚持宜弯则弯、宜滩则滩的原则，不过度裁弯取直、侵河占滩。

6.3.3 生态护岸工程岸线布置应尽量保留河湖横断面的坡、岸、滩、槽、洲等多样化的自然形态，避免将河湖底部平整化。

6.3.4 相关工程之间应合理过渡衔接，维护上下游之间的水沙输送畅通，防止造成河道下游断流；保障生态廊道的畅通，避免阻隔鱼类洄游。

6.4 护岸结构型式选择原则

6.4.1 生态护岸结构型式应根据河湖水文特点、岸坡形态、气候特征、土质条件等因素，选择适宜的断面型式及结构类型。在满足河湖岸线防护工程结构安全的基础上，兼顾生态廊道、水生态、水景观、水文化等多元功能需求。

6.4.2 生态护岸工程的设计型式与使用措施，应具有维持生态平衡的功能，宜遵循、符合和满足物质交换原则、水土连续原则、植物生长及多样性原则。

注：（1）交换原则：护岸体系应具有满足如水、气等能量与物质不断流动、交换的型式；（2）连续原则：坡面防护结构应不得隔断边坡土层深度信息联系的原则，应满足坡面植物存活、发育、生长的自然条件；（3）多样性原则：坡面结构应满足多种动、植物生存和生长环境。

6.4.3 生态护岸结构型式可分为坡式护岸、墙式护岸、桩式护岸和组合式护岸。

a) 河湖岸坡背水侧可利用空间较大，生态性要求较高的区域，特别是岸坡高度适中、地形平缓、且无明显地形或建筑物限制的河段，宜优先采用坡式护岸。

注：坡式护岸按断面分级情况分为单级护岸、两级护岸及多级护岸。新疆河湖岸坡多以缓坡为主，能有效分散水流能量，减少冲刷，又能为植物提供生长空间，增强生态功能。

b) 受地形条件或已有建筑物限制，岸线空间狭窄，无法采用坡式护岸的河段，可采用直立式、陡坡式、折线式墙式护岸。

c) 对岸坡施工开挖受限，流速适中且对生态保护要求较高的河段，可采用木桩、生态板桩等桩式护岸。

d) 在岸线断面空间不足，但又对安全及生态均有一定要求的情况下，可采用下部墙式、上部坡式的组合式护岸结构型式，下部墙式以满足防洪功能为主，上部坡式宜以满足生态和景观需求为主。

6.5 生态护岸材料选择原则

6.5.1 生态护岸材料按类型可分为天然植物类、混凝土框格类、格宾石笼网类、土工合成材料类、生态混凝土材料类。

a) 天然植物类包括联排条捆、植物纤维垫（卷）、植物梢料、植物—土工材料复合式等多种类型。适用于岸坡土质条件较好、坡比较为平缓（坡比小于1:2.5）、流速小于1.0 m/s的河道；在河道管理范围内布置植物时，应符合有关法律法规和技术规范的规定，同时应考虑恶劣天气将植物刮倒后可能造成阻碍河道行洪的不利影响，并设置安全距离；

b) 混凝土框格宜用于坡比小于1:2.5的较平缓河湖岸坡，不宜用于正常水位以下；

c) 格宾石笼网类包括石笼网垫、石笼网箱，适用于水流速度较高、冲蚀较严重的河道护岸工程，宜用于护脚、护坡工程，根据岸坡土质条件设计岸坡坡比；
d) 土工合成材料类包括生态土工袋、三维土工网垫、土工格室等。宜用于河道岸坡较为平缓、水流流速为1 m/s~2 m/s、生态景观要求较高的岸坡，不宜用于正常水位以下；
e) 生态混凝土材料类包括生态混凝土、生态预制联锁块、预制透水性多孔植生块、生态预制框等。其中生态混凝土宜用于水流流速1 m/s~3 m/s、岸坡地质条件好、生态景观要求一般的河道，可用于水位变动区的坡面护砌；预制透水性多孔植生块包括预制透水混凝土块和预制多孔植生砌块，宜用于较为平缓河道的岸坡；生态预制框宜用于抗冲、生态和景观要求较高的河道岸坡。

6.5.2 生态护岸材料的选择应满足结构安全、稳定、耐久性以及岸坡生境连续性营造等需求，兼顾周边环境与景观要求。

6.5.3 结合选定的结构型式，优先考虑本地可获取、可再生、低环境影响的材料，宜采用透水性高的自然材料。

6.5.4 不同护岸材料的特性指标首先应满足国家、地方和行业相关规范要求。对没有相应规定的材料，可选取国内相关行业的测试数据作为设计参考指标值。

7 生态护岸工程设计要点

7.1 一般规定

7.1.1 生态护岸工程的结构设计应与河势相适应，并宜与主流线大致平行。坡线布置应力求平顺，相邻护岸坡段应平缓连接，不宜采用折线或急弯。

7.1.2 生态护岸工程应满足抗滑稳定、渗流控制等安全要求，应符合SL 386中的相关规定。

7.1.3 生态护岸工程的设计计算应符合以下规定：

a) 结构稳定性计算应包括岸坡稳定计算、渗流计算、排体抗漂浮计算、抗掀起计算、抗排体顺坡下滑核算及压重计算等，应符合GB 50707、SL 379中的相关规定；
b) 结构应力计算应符合SL 379中的相关规定；
c) 地基整体稳定性验算和沉降计算应符合 SL 379、GB 50286中的相关规定；
d) 冲刷深度、护坡护脚计算应符合GB 50286、GB 50707中的相关规定；
e) 当工程位于地震区时，应根据地震烈度进行相应的抗震验算，应符合SL 379、SL 386和GB 50286中的相关规定。

7.1.4 对于膨胀土、黄土、分散性土、盐渍土等特殊性土岸坡，应开展专项论证。

7.1.5 采用新技术、新材料时，宜选取国内相关成功的工程经验数据或相关行业测试数据作为设计参考，对于重要工程，必要时可采用专项试验进行论证。

7.2 坡式护岸设计

7.2.1 断面设计应符合以下规定：

a) 坡比应结合现场调查的岸坡地形、土质条件等确定，优先采用缓坡设计，增强生态适配性；
b) 对于空间充裕且生态功能需求较高的，可采用多级坡式；岸坡高度小于5 m时，可不设置步道或亲水平台；高度大于5 m时，宜设置步道或亲水平台，宽度不宜小于1.5 m。

7.2.2 结构设计应符合以下规定：

a) 护坡厚度应根据GB 50286进行计算确定，砌石护坡层的厚度宜为0.3 m~0.6 m，生态预制砌块、生态混凝土的厚度宜为0.1 m~0.2 m，护坡砂石垫层厚度宜为0.1 m~0.2 m，粒径可为2.0 mm~30 mm；
b) 坡式结构底部应设置护脚，护脚结构型式应根据地形地质情况、水流条件、材料来源确定，可采用基础梁、板桩、抛石棱体等；护脚埋深应满足抗冲刷、抗冻融要求，避免汛期被冲刷破坏；
c) 当坡面有排水要求时，应设置排水设施及反滤设施。

7.2.3 生态设计应符合以下规定：
a) 坡面应结合本土植物种植设计，选用低耗水、耐旱、耐贫瘠的本土草本或灌木，形成植被覆盖层，增强护坡固土、生态修复功能；
b) 植物种植密度及方式应结合现场调查的植被生长情况确定。

7.3 墙式护岸设计

7.3.1 基础设计应符合以下规定：
a) 墙式护岸基础可采用现浇素混凝土、钢筋混凝土等型式；
b) 基础的埋置深度、宽度、厚度等应根据地基条件、水文条件、稳定性和承载力等因素确定，水流冲刷严重的河床应采用护基措施。

7.3.2 墙体设计应符合以下规定：
a) 墙体高度应结合行洪水位、岸坡高度确定；
b) 墙体厚度应通过稳定性计算确定，确保满足抗倾覆、抗滑移要求；
c) 墙体宜采用透水、透气材料，增强生态性，减少对滨岸带水文环节的影响；
d) 墙体表面应做抗冻融、抗盐渍化处理，适配内陆干旱区气候特征；
e) 墙体与周边岸坡、其他工程设施的衔接应平缓过渡，避免形成尖锐转角，防止水流冲刷产生涡流。

7.3.3 生态设计应符合以下规定：
a) 墙式护岸应结合垂直绿化设计，在墙体表面、顶部种植本土植物，实现生态涵养、园林景观功能；
b) 墙体底部应预留生态通道，保障水生生物通行，避免阻隔鱼类洄游。

7.4 桩式护岸设计

7.4.1 桩体设计应符合以下规定：
a) 桩的长度、直径、入土深度、桩距应根据水深、流速、地质情况，通过计算或工程经验分析确定，确保桩体稳定性，抵御水流冲刷及岸坡侧向压力；
b) 桩体材料宜选用耐腐蚀、抗冻融、生态友好型材料，适配干旱区环境；
c) 桩体之间宜采用生态友好型连接件连接，确保结构整体性。

7.4.2 生态设计应符合以下规定：
a) 桩体与岸坡、滩地的衔接应自然，避免形成刚性阻隔，保障生态廊道畅通；
b) 桩体之间可填充天然石材、生态混凝土块等材料，形成透水、透气的防护结构，为水生生物、小型动物提供栖息空间；
c) 桩体周边可种植水生植物，增强生态修复功能。

7.5 生态护岸材料设计

7.5.1 天然植物类应符合以下规定：

a) 生态护岸的植物选择应结合岸坡稳定、生态修复、生长环境和自然景观等因素综合考虑。宜首选乡土、低耗水、非致敏植物，满足耐旱、耐涝、成活率高、易于管理等特点，同时结合护岸固堤、水土保持、净化水体、遮荫、景观等主体功能，选择具有相应功能的物种，参见附录A；
b) 植物宜具有根深锚固、浅根加筋、降雨截留、减弱溅蚀多重护岸功能，根据岸坡的防护目标、坡比、坡向、种植层厚度等条件，可选择草木、草灌、乔灌等进行组合；
c) 植物根系土的力学参数可根据GB/T 50123中的相关规定，进行室内土工试验或现场直剪试验获得；
d) 护岸植物的密度应根据植物的生长特点、边坡情况及生态承载力确定，播种量和种子配比应符合GB/T 38360中的相关规定；
e) 正常水位以上护坡表面可种植或扦插根系发达、耐水性较强的植物；正常水位以下护脚部分的植物种类应根据岸坡地形地质情况、水流条件和材料来源，通过技术经济比选确定；
f) 缺水环境的植物宜选用耐贫瘠物种，水位变动区的植物宜选用可适应干湿交替环境的物种，咸水、感潮环境的植物宜选用耐盐碱、抗风物种。

7.5.2 混凝土框格类应符合以下规定：

a) 混凝土抗压强度等级不宜低于C20；
b) 混凝土框格材料的选取按SL 677中的相关规定执行，混凝土框格结构可采用拱廊形、四边形等型式，框格宽度宜为0.4 m~0.6 m，厚度不宜小于30 cm，高度宜为0.3 m~0.6 m，间距宜为1.5m~3.5m；
c) 混凝土框格梁的交叉部位可设置锚杆，强度等级不宜低于HPB300，直径不宜小于16 mm，入土深度宜为1.0 m~5.0 m；
d) 混凝土框格格构的结构设计计算内容应包括整体抗滑、格构构件稳定、内力及配筋等计算，应符合SL 191中的相关规定；
e) 混凝土框格护岸地基基础设计计算要点应包括地基承载力验算、基础类型选择、节点与构造要求、材料选择与施工、特殊工况处理等；
f) 混凝土框格内宜摊铺种植土，撒播植物种子或铺设草皮等防护材料。正常水位以上部位的框格内填料应满足抗雨水冲刷、漂浮物和冰层撞击、波浪淘刷及冻胀荷载的作用；正常水位以下部位的框格内填料应满足抗水流冲刷、易于植物种植生长的作用。

7.5.3 格宾石笼网类应符合以下规定：

a) 格宾石笼网采用的钢丝应为低碳钢丝，其化学成分应符合GB/T 700中的相关规定。钢丝的尺寸、外形、重量及允许偏差应符合YB/T 4221中的相关规定，直径不宜小于4.0 mm，绑扎丝直径不宜小于2.2 mm；钢丝最小抗拉强度宜为350 N/mm^2~550 N/mm^2，经过拉伸加工的成品钢丝最小断裂延伸率宜为7%；
b) 格宾石笼网钢丝镀层种类及重量应符合GB/T 10125及YB/T 4221中的设计要求，石笼网垫钢丝镀层宜为高尔凡（锌铝稀土合金镀层）；
c) 格宾石笼网尺寸应根据设计要求定制，根据填充材料粒径和厚度确定石笼网规格，常用规格的定型尺寸参见附录B和附录C，网材的规格型号、设计参数参见附录D；
d) 格宾石笼网的结构型式应依据工程区域地形、地质、水流等条件以及工程的总体布置、功能特点、运用要求等进行确定；
e) 石笼护坡和护脚结构计算可按SL 379中的相关规定进行；高度应考虑结构在施工期间的累计沉降量，设计高程应预留一定的沉降量；埋置深度应综合地形、地质、冲刷深度等因素确定，同时还应满足地基的稳定要求，应置于冲刷深度以下0.5 m~1.0 m；
f) 石笼网垫厚度应根据河道水流流速、坡比等综合确定，宜大于20 cm；在波浪荷载作用下，可根据经验公式（1）计算得到石笼网垫的厚度：

$$\delta = \frac{0.12H(1+\tan\theta\tan\phi)\sin\theta}{(s-1)(1-n)(\tan\phi-\tan\theta)} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

H ——波浪高度，m；

θ ——岸坡坡角，°；

ϕ ——岸坡土体内摩擦角，°；

n ——石笼填充孔隙率，n = 0.2~0.3；

s ——块体比重，约为2.4。

g) 石笼应平铺于受防护的岸坡上，坡比不宜大于1:1.5，砂土岸坡坡比不宜大于1:2.0，石笼下宜设置反滤层；

h) 格宾石笼网的地基基础设计要点应包括地基承载力计算、石笼网铺设方法、框架组装与连接、石料填充标准等。

7.5.4 生态土工袋应符合以下规定：

a) 生态土工袋袋体材料应根据工程安全等级、施工方法、使用条件和袋体尺寸等进行选择，宜采用对植物友善、不含对环境有危害性影响的成分，透水不透土且植物能够自由穿透袋体生长；

b) 袋体平面尺寸一般为1.5 m×2 m，也可根据工程需求订制；

c) 袋体的断裂强度、断裂伸长率、顶破强度、等效孔径、透水性、防淤堵性、耐腐蚀、抗老化和抗冻融特性应满足GB/T 50290中的相关要求；

d) 生态土工袋护岸设计宜包括袋体材料、填充材料、工程联结扣、缝袋线、护坡结构型式、护坡排水等，并进行护岸稳定性计算，其中：联结扣、缝袋线等附属件的材质和环保性能应与生态土工袋相符；

e) 生态土工袋的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；

f) 在坡比较陡的情况下，为增加护岸结构的整体稳定性，生态土工袋后可设置土工格栅加固。土工格栅应水平铺设嵌固在回填土内，竖向分层间隔宜为0.3 m~0.5 m，并与生态土工袋进行有效连接；

g) 生态土工袋护岸工程的坡脚基面应开挖至地面以下0.3 m~0.5 m，向坡前延伸0.5 m~1.0 m；

h) 膨胀土岸坡宜在生态袋护坡与原土坡坡面之间设置防渗土工膜，防止雨水从坡顶与坡面通过土工袋进入坡体；

i) 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。

注：生态土工袋中植被生长验证标准是袋内植被需从袋中长出，袋表面铺设植被需扎根进入生态袋内。在生态土工袋护坡设计中需重点确定袋体的等效孔径，确保袋体良好的透水性能，便于边坡内积水的及时排出，保障护岸结构的稳定性。

7.5.5 三维土工网垫应符合以下规定：

a) 三维土工网垫护坡应根据岸坡坡比选择网垫型号，网垫的性能参数应满足GB/T 18744的相关规定；

b) 三维土工网垫护岸设计宜根据岸坡情况，针对三维土工网垫的层数、纵横向拉伸强度、抗老化指标、坡顶埋压长度、网与网之间纵横搭接长度提出要求；

c) 设计荷载应包括三维土工网垫及覆土自重、坡面摩擦力、坡面支撑力和锚固力；

d) 三维土工网垫与坡面应通过固定构件稳定连接，可采用锚钉进行锚固，锚钉直径应不小于8 mm，长度宜大于等于30 cm，并做好防腐处理；

e) 结合河湖岸坡的实际情况，可设置混凝土、石笼网等护脚结构与三维土工网垫进行联合使用。

7.5.6 土工格室应符合以下规定：

a) 土工格室片材宜选用高强度、抗老化、耐盐碱的材料，具备透水性。格室的各项指标应符合GB/T 19274中的相关规定；

b) 土工格室高度宜根据岸坡坡比确定。坡比1:1.5~1:2.5时，格室高度宜选用10 cm~15 cm；坡比较陡（1:1~1:1.5）时，高度应适当增大，满足抗滑稳定性要求；单组塑料土工格室的展开面积不宜小于4 m×5 m；

c) 相邻格室搭接处宜采用卡扣固定，填充密封材料，防止风沙、水流渗入导致格室脱节；

d) 土工格室内的填充材料优先选用当地砂土、砾石等天然材料，可混合本土植物种子，兼顾生态性与抗冲刷性，填充料压实度宜大于等于95%；

e) 土工格室与坡面应通过固定构件稳定连接，可采用锚钉进行锚固。锚钉直径不应小于8 mm，长度不应小于30 cm，并做好防腐处理；当锚钉不能满足土工格室的固定要求时，可适当使用锚杆，锚杆材料应符合SL 377中的相关规定，锚杆的长度应大于30 cm；

f) 土工格室护岸稳定性分析可将土工格室、锚钉和土体作为坡面复合加筋体进行考虑；

g) 根据河湖岸坡的实际情况，可设计混凝土、石笼网等护脚结构与土工格室联合使用。

7.5.7 生态混凝土应符合以下规定：

a) 生态混凝土的强度、孔隙率等性能，需考虑河道特性、护岸形状、护岸种类及植被目标等因素综合确定。强度等级应不低于42.5级的硅酸盐水泥，应使用质地坚硬、耐久、洁净的碎石集料，碎石集料应符合GB/T 14685中的相关规定；孔隙率宜为20%~40%，骨料粒径控制在25 mm~40 mm；

b) 生态混凝土应保持一定的透水性能，15℃下渗透系数宜大于1.0×10^{-2} cm/s；

c) 用于硫酸盐、氯盐、冻融循环等特殊环境时，生态混凝土的性能应符合国家现行标准中的相关规定；

d) 生态混凝土的配合比设计应满足护岸工程材料的强度、孔隙率、渗透系数等要求，根据配合比试验确定碎石集料、水泥、矿物掺料、生态胶凝材料和水的掺量；

e) 生态混凝土的护坡厚度宜控制在100 mm~150 mm，上覆营养土层厚度宜大于200 mm；

f) 生态混凝土护岸结构中格构梁的设计应符合SL 191中的相关规定，用于45° 以上陡坡时，坡面应挂网、锚定，以保证护坡结构的稳定性；

g) 草种的配比、播种量等应根据植物的生长特点、施工地点及播种方式进行设计；

h) 生态混凝土应用于水位变动区有抗冻要求时，应根据设计抗冻等级，选用合适的水泥品种、骨料级配和外加剂等，并严格控制水胶比。

7.5.8 生态预制联锁块应符合以下规定：

a) 生态预制联锁块材料选用的混凝土应符合标准GB 55008中的相关要求。骨料粒径应满足强度、孔隙率和开孔面积率的要求，水泥品种选择及用量应满足生态预制块强度、耐久性指标及植物生长所需环境的要求；

b) 根据河湖水深、岸坡坡比及水流流速等实际护岸要求确定生态预制联锁块的尺寸、形状和配合比。联锁块的边长、厚度设计参数可参考《水工设计手册》中的相关公式确定，厚度宜大于8 cm；

c) 生态预制联锁块的强度、开孔面积率和外观质量需满足设计要求，开孔面积率根据联锁块强度要求和植物生长要求确定，宜大于25%；

d) 生态预制联锁块的空心填料应根据工程区域植物生长需求选择适宜的填充土料。采用淤泥作为植生基材时，不应含有建筑和生活垃圾，且粒径、渗透性和营养物质含量应满足相关要求，必要时进行改良处理；

e） 生态预制联锁块下应铺设砂垫层或无纺土工布作为反滤层，无纺土工布需满足植物生长要求，保证植物根系穿透，砂垫层结构应符合GB 50209中的相关规定，土工布应符合GB/T 17638中的相关规定；

f） 生态预制联锁块护岸宜优先选择本土植物与预制联锁块联合，植物应具有耐旱性、抗雨水侵蚀性和较好的环境适应性，正常水位以上的护岸应灌草结合；

g） 结合河湖岸坡的实际情况，可设计混凝土、石笼网等护脚结构与生态预制联锁块联合使用。

7.5.9 预制透水性多孔植生块应符合以下规定：

a） 预制透水混凝土块容重不宜小于18 kN/m^3，抗压强度等级不宜低于C20；

b） 预制透水多孔植生砌块宜为空心结构，其形状可分为三角形、矩形、六边形、圆环和边缘可嵌固等型式；

c） 预制透水多孔植生砌块在设计洪水位以上开孔率宜为40%~70%，设计洪水位至正常水位间开孔率宜为30%~50%，正常水位以下开孔率宜为20%~30%；

d） 预制透水混凝土块的坡式铺砌应与岸线布局相协调，砌块铺设间隙宜为5 mm~10 mm，有整体嵌固需要时可采用砂浆填塞缝隙，强度等级不应小于M7.5；

e） 预制透水混凝土块底部应设置土工布或其他反滤措施，表面可铺设厚度不小于0.02 m的种植土，撒播植物种子或铺设草皮；

f） 预制透水多孔植生砌块正常水位以下的砌块空心内宜填充碎石或种植水生植物，正常水位以上的砌块宜填充种植土并种植植物。

7.5.10 生态预制框应符合以下规定：

a） 生态预制框护岸宜采用直线式与圆弧组合式布置，应与河势相适应，并宜与主流线大致平行，相邻护岸段之间应平缓连接，不宜采用折线或急弯；

b） 生态预制框护岸结构型式可采用平铺式、阶梯式等，墙式结构型式可采用阶梯式、直立式和陡坡式等；

c） 生态预制框护坡与基础土之间应设置土工织物反滤层，对于墙式结构，其反滤层和基础土之间还应设置150 mm~300 mm厚的级配碎石排水层；

d） 相邻生态框间空隙应采用级配良好的碎石回填，对整体性要求较高的结构，相邻空隙可采用钢筋混凝土填充，混凝土强度等级应不低于C20。

7.6 景观和植被选择

7.6.1 在保障防洪安全、维护河湖健康的前提下，应统筹兼顾河湖水域、岸线生态服务、经济社会服务功能，因地制宜开展水文化设施和水景观构建，以恢复和维持地方人文和自然特色为重点，不宜布置高度过大的人工构筑物，并应符合SL 471中的相关规定。

7.6.2 岸坡景观配置应考虑保留足够的过渡区域，确保不会对水体产生不利干扰。宜点、线、面交织，平面与立体绿化结合，色彩和造型兼顾，增强景观美感。

7.6.3 亲水平台应符合以下规定：

a） 平台宽度宜为1.5 m~2.5 m，满足单人通行及小型休憩需求；长度根据岸坡地形分段设置，每段不宜超过50 m，满足结构稳定要求，并适配干旱区风沙防护需求；

b） 平台台面高程宜高于设计洪水位0.5 m~1.0 m，防止汛期被淹没；台面距岸坡坡顶高差不宜大于1.2 m；若高差超过1.2 m，可设置台阶衔接，台阶踏步高度0.15 m~0.18 m、宽度0.30 m~0.35 m；

c） 平台材料优先选用本地天然石材或生态混凝土，厚度宜为0.15 m~0.25 m，表面做防滑处理，防滑系数大于等于0.6，适配干旱区冻融、风沙气候，避免表面光滑导致安全隐患；

d) 平台临水侧应设置防护栏，防护栏高度大于等于1.1 m，栏杆间距小于等于0.11 m，避免儿童攀爬；防护栏材质选用耐腐蚀、抗老化材料，与平台材质协调，预留生态观察缺口,缺口每10 m设置1个，宽度1.2 m~1.5 m，兼顾景观与生态观测需求。

7.6.4 步道设计应符合以下规定：

a) 步道走向应贴合岸坡自然形态，宜弯则弯，避免直线切割岸坡，与亲水平台、景观节点等顺畅衔接，间距不宜超过30 m；

b) 主步道宽度宜为1.2 m~1.5 m，支步道宽度宜为0.8 m~1.0 m；步道坡比小于等于15°，若坡比超过15°，应设置缓坡段（坡比小于等于10°）或台阶，台阶设置要求同亲水平台衔接台阶；

c) 步道高程宜高于常水位1.0 m~1.5 m，避开洪水冲刷区域；

d) 步道材料优先选用透水砖、碎石铺装等透水型材料，厚度宜为0.10 m~0.15 m，底层铺设0.10 m~0.15 m厚砂石垫层，增强排水性，减少风沙堆积；临近水源侧步道可采用天然石材铺装，增强抗冲刷能力；

e) 步道两侧每30 m~50 m可设置1组小型休憩座椅，每隔50 m~100 m设置1个垃圾收集设施，材质与步道、平台协调，贴合干旱区环保运维需求。

7.6.5 植被选择应符合以下规定：

a) 在设计洪水位以上可选择陆生乔灌草植物，直立型坡面宜选用攀援藤本植物；

b) 正常水位至设计洪水位之间的水位消落区宜布设根系发达、耐旱、生长迅速的湿生灌草植物；

c) 陆生植物优先选择耐水淹、抗蚀、耐盐碱、防土壤盐碱化的物种。在交通条件差、地下水位不高、人工养护条件差的区域，应优选耐旱、抗病虫害、生长速度快的物种；构建群种时应注重生物多样性和群落结构的复杂性，以多年生、能形成稳定群落的植物为主，不宜选择单一物种；物种搭配应考虑乔、灌、草与藤本多类型植物，深根性与浅根性植物相结合的混交方式，兼顾常绿与落叶植物搭配，体现多层次、多色彩、多季相的景观特点；灌乔搭配时，应综合考虑植物的抗风能力、地上枝叶发育类型及根系固土能力；有抗冲刷要求的护岸应选择冠枝叶消浪能力强的深根系灌草物种，草本植物选择低矮匍伏型草种；

d) 水生植物宜布设在略低于正常水位的区域，护岸坡脚适宜种植可改善或营造水生生境的水生植物；以水生植物历史演化特征或相近健康滨岸带的群落结构为参考，配置多种、多层、高效、稳定的植物群落；水生植物宜优先选择考虑具有水质净化、防风防浪、造景等多重功能的物种，并保证植物群落的生态环境具有较强的连续性；沉水植物宜种植在水下，形成水生动物栖息地。

8 工程施工

8.1 一般规定

8.1.1 生态护岸工程的建设应避免汛期施工，施工过程中应避免对反滤层产生损伤。应采取措施减少对环境的污染，保护生态环境。遇风沙天气时宜停止施工，无法避免时，应设置沙层保护、风沙防护等措施。

8.1.2 施工前应查勘现场，复核基准点，测量放样，编制施工方案，进行技术交底和安全交底。

8.1.3 进场原材料应检验合格后才可使用，材料储存应采取防水、防晒、防腐、防污染、防高温、防霉变等措施。

8.1.4 施工现场应加强安全管理，严格执行安全操作规程，确保施工人员的人身安全；定期对施工设备进行检查、维护，确保设备安全运行。

8.2 天然植物类

8.2.1 正常水位以上部位采取植物护岸措施时，宜回覆原坡表面土。在正常水位以下或处于周期性淹没的洲滩等区域施工时应减少对当地水生土的大幅扰动。

8.2.2 植物类护岸施工工序包括：

a) 清理护岸上的杂草、垃圾等，进行现场地形整理，清除障碍物；
b) 根据土壤基质情况，进行土壤改良工作，可施加有机肥料、矿质肥料等，以提升土壤质量和肥力；
c) 确保河道护岸工程有合理的排水系统，建立排水沟、排水管道等；
d) 选取适应当地气候、土壤条件的植物进行种植，可采用直播、插秧等方式进行；
e) 种植完毕后，应采取措施固定植物，以防止倒塌或被洪水冲走。

8.2.3 植物类护岸施工应符合以下规定：

a) 草本植物的种植宜采用播种繁殖，应选用叶茎矮或匍匐茎的多年生乡土植物，播种前坡面应保持湿润，宜选择2种~3种以上草本植物进行混播。播种后覆土厚度不宜小于2 cm，根据土体墒情及时浇水，植物栽植与播种应符合GB/T 38360中的相关规定；
b) 草皮的铺设应具有施工快速、存活率高、护坡整体性好等优势，草皮的品种与用途须符合工程区域的气候和环境，从物理性状选择绿期长、抗逆性强的品种；
c) 植被护坡应采取灌溉、遮荫等抚育措施，促进植物的成活与生长，当年植物成活率不宜低于90%，当年植被覆盖度不宜小于85%，高海拔、寒冷地区或特殊岸坡区域可根据实际情况调整。

8.3 混凝土框格类

8.3.1 主要的施工流程包括：准备框格施工、种植土摊铺、植物种植及养护管理等。

8.3.2 按照自下而上的顺序浇筑或砌筑框格，框格应平整、稳固、缝线规则。

8.3.3 框格网格尺寸允许偏差为±5 mm，镇脚、隔段和封顶应分缝分段施工。

8.3.4 框格结构施工的其他要求应满足SL 677中的相关规定。

8.4 格宾石笼网类

8.4.1 石笼内的填充物可采用卵石、块石或其他特定的生态功能产品，块石应是坚固耐久的微风化或新鲜岩石，尽量选择不规则的块石或卵石，其强度指标应满足SL 251中的相关规定。

8.4.2 填充材料应级配合理，施工前应进行工艺试验，填充饱满度不小于70%。石料填充粒径应满足设计要求，中值粒径宜介于1.5倍~2.0倍网孔直径之间，占质量85%以上的填料直径应大于1.0倍的网孔直径。

8.4.3 绞边的绑扎钢丝必须采用与网面钢丝一样材质的钢丝，按照间隔10 cm~15 cm单圈-双圈交替绞合。绑扎网箱应采用同网箱材质的扎丝，可采用双股线绞紧，也可采用螺旋式缠绕或扣件绑扎。

8.4.4 石笼网箱与层间砌体应纵横交错、上下联结，每层格宾组均成“丁”字排放，不允许出现通缝，在坡面上进行石笼网垫、网箱石料填充时，应从坡脚向坡顶填装。

8.4.5 当石笼网箱高度超过2 m时，下部网箱的拉筋应加密。网箱石料应分层装填，每层装填厚度不大于35 cm，且相邻两网箱单元填石高度之差不超过35 cm，机械填充的石料应放在网箱中间，由中间向四面摆放。

8.5 土工合成材料类

8.5.1 生态土工袋施工应符合以下规定：

a) 生态土工袋可选择常用规格，也可以根据工程需要定制；人工铺设为主的生态土工袋，充填后袋体总重量不宜超过50 kg；

b) 装袋前应根据拟装袋的材料、袋体尺寸以及设计厚度等合理确定填充率，一般以70%~80%为宜，装袋形成的生态袋应饱满且具有扁平稳定形状；
c) 填充料应根据不同工程、坡体岩土状况和植物品种的具体要求进行选配，宜采用现场料进行填充；土料宜选用适合植物生长的细砂、粉土、黏土或者河湖淤泥；
d) 生态土工袋的植被可通过植物种子与种植土预先混播、插播、表层铺草皮及喷播种子等方法种植；播种完成后应及时覆盖无纺布等遮盖物进行出苗前养护，确保遮盖物处于湿润状态，并根据当地的气候情况进行养护；
e) 生态土工袋在岸坡摆放时应自下而上逐层铺设，每层袋体短边顺水流方向，上下层应错缝铺设，三维排水联结扣骑缝放置，人工压板踩踏压实，保证互锁结构的稳定性。

8.5.2 三维土工网垫施工应符合以下规定：
a) 进行坡面整理和沟槽开挖，把整卷三维土工网垫置于布设的坡顶沟槽处，网垫在沟槽内的埋深应大于40 cm，用锚钉或者木桩固定在沟槽内；
b) 三维土工网垫宜整块、平顺地紧贴坡面铺设，不能整块铺设时，应在相邻的两块三维土工网垫的纵横向设置搭接，搭接长度不小于20 cm，搭接部位用连接钉进行固定，根据实际情况可适当增加锚钉数量；
c) 在网垫内播撒植物种子时，播撒温度不宜低于12℃，草籽均匀撒在网垫网孔内，根据植物所处环境适当进行施肥和浇水养护；
d) 草籽播撒结束后，及时在网垫上进行覆土，网垫上的覆土需移除大石块及大块土体，应能够自然填充进网垫网孔内，覆土以刚好填充网孔为宜，多余土体应予以清理。

8.5.3 土工格室施工应符合以下规定：
a) 土工格室应充分拉伸张开至规定的展开面积，铺设于坡面上，保证荷载施加后处于良好受力状态，张开后的每个格室大致为正菱形或正方形；
b) 采用锚钉或锚杆固定土工格室，锚钉或锚杆应深入基土，且深度应不小于20 cm，锚钉或锚杆的间距宜为土工格室等效直径的2倍~4倍；
c) 采用平铺式护岸时，土工格室应沿坡面自上而下铺设，采用叠砌式护岸时，土工格室应自下而上铺设。在格室内填充土体时，选择种植土完全覆盖土工格室，高出格室1 cm~2 cm并进行夯实；
d) 覆土后的土工格室可种植适宜植物，当气候环境较差时，应铺设无纺布，保证土体的温度和湿度。加强植物初播期的养护，如发现植物大面积生长不良时，应及时进行补种。

8.6 生态混凝土材料类

8.6.1 生态混凝土施工应符合以下规定：
a) 对于欠稳定或存在不良地质现象的岸坡，采用工程措施治理稳定后，再进行坡面植被生态混凝土护岸工程的施工；
b) 生态混凝土应采用机械搅拌，搅拌地点距作业面运输时间不宜超过0.5 h。生态混凝土拌合物应采用人工全覆盖均匀摊铺，摊铺厚度应均匀，控制好平整度和排水坡比；
c) 生态混凝土施工完毕后，采用覆盖塑料薄膜或土工毛毡及时进行保湿养护，养护时间不应少于7天，上覆土厚度不宜小于200 mm；
d) 生态混凝土最低施工温度不宜低于5℃，养护期间环境温度不宜低于0℃，若低于0℃需采取覆盖保温被、搭设保温棚等保温措施；
e) 生态混凝土标准养护周期不宜低于21天，严寒天气下需延长至28天。

8.6.2 生态预制联锁块施工应符合以下规定：

a) 铺设生态预制联锁块护岸前应按SL 260中的相关规定进行清基修坡，确保坡面平整、密实，按照设计要求放出生态预制联锁块铺设的边界和控制线；
b) 按照GB/T 50290中的相关规定进行无纺布铺设，应从坡底逐步向坡顶铺设；
c) 从坡底开始按照控制线逐行向上铺设生态预制联锁块，相邻的联锁块通过联锁结构紧密连接，确保整体的稳定性；
d) 在覆土后的联锁块内种植适宜植物，植生可采用撒播草籽、栽植、喷播等多种方式，植被成活率及覆盖度应符合设计要求。

8.6.3 预制透水多孔植生块施工应符合以下规定：
a) 预制透水多孔植生块护岸的主要施工流程为：施工准备、预制块铺设、孔内填筑、植被种植及养护管理；
b) 预制透水多孔植生块的铺设布局造型、连接形式、缝宽应满足设计要求，应接缝平直，表面平整，规则美观；
c) 预制透水多孔植生块护坡可采用撒播草籽、栽植、喷播等多种方式植生，植被成活率及覆盖率应符合设计要求。

9 运行维护与日常监测

9.1 一般规定

9.1.1 制定生态护岸工程的运行维护与日常监测管理方案，主要包括责任单位、主要责任人、主要职责、工作内容和工作频次等，应符合 SL/T 595 的相关技术规定。

9.1.2 加强日常管理，定期巡视、定期监测水位、流速、流量等水文参数，以及生态护岸管护区域，关注边坡平整度、护岸结构完整性、植被覆盖情况、水质、监测设施运行状态，保障各项设施的正常运行。对发现的问题进行整理和分析，判定是否需要进行维修或处理。

9.1.3 定期进行护岸工程的维修保养工作，包括清理水域垃圾、修复损坏部位、加固松动结构等，对维修保养过程详细记录维护内容、时间和结果，建立维护档案。

9.1.4 根据岸坡维护管理方案，定期对护岸工程的运行状态和维护情况进行评估，及时发现和解决问题，完善维护方案，优化护岸结构。定期向上级部门报告维护情况和发现的问题，提出改进建议。

9.2 运行维护

9.2.1 发现护岸、堤坝、护坡等防护结构存在裂缝、沉降、变形等影响结构稳定性的问题时应及时处理。

9.2.2 定期清理河道中的垃圾、漂浮物和沉积物，防止堵塞和影响水流；清理河道中的淤泥和杂草，保持河道畅通，防止水流受阻。

9.2.3 撒播草籽后，应及时覆盖细土或土工材料，根据天气情况对坡面进行喷水养护，确保草籽出苗及小苗生长。定期检查护坡植被的生长情况，发现枯死或损坏的植被应及时补种。

9.2.4 检查安全防护和警告标识，及时制止管理范围内的打井、采砂、取土、倾倒垃圾、违规建筑以及其他违法行为。

9.2.5 护坡结构维护工程应着重维护坡体的完整性，应符合以下规定：
a) 定期巡视，及时修复受损坡体，及时更换受损护坡结构；
b) 对于日常检查中发现的超出日常维护范围的有害孔洞、蚁穴、管涌、流土、渗水、不均匀沉降及其他危害护岸工程安全的现象，应及时上报采取相应措施进行处理；
c) 三维土工网垫、土工格室、生态袋等的维护周期宜为 6 个月；

d) 生态预制联锁块、石笼网垫、网箱等的维护周期宜为12个月。

9.2.6 建立应急预案，包括应急处理流程和措施，对护岸工程运行维护人员进行定期培训和考核，定期进行应急演练。

9.3 安全监测

9.3.1 安全监测方式分为巡视检查、专项探测和常规监测三类，应参照SL/T 794-2020第3.2条的相关规定，对不同风险河段的堤岸确定不同的监测方式。

9.3.2 巡视检查应作为护岸安全监测的基本手段，按要求的时间和频次进行，并规范记录。检查项目和内容除满足SL/T 794-2020第4.3条的相关规定外，还应符合以下规定：

a) 巡视检查方式以人工巡查和图像视频监视为主，并宜采用无人机、物联网等先进技术；
b) 重点检查岸坡植被发育、动物洞穴或活动痕迹、护岸土工材料破损、剥落、老化等情况；
c) 在春季化冻前、汛期来临前、地震后等特殊情况应补充应急巡视检查，及时检查护坡结构，发现有破损、变形及裂缝应及时修补或更换，加固薄弱部位。

9.3.3 专项探测包括岸坡隐患探测与水下抛石探测，应满足SL/T 794-2020第5.2条的相关规定。探测可选用人工探测、物探、钻探等方法，由专业人员承担，必要时可进行不同方法、不同时间探测成果的对比分析。

9.3.4 常规监测应与巡视检查、专项探测统一考虑，并进行监测设计。监测断面、监测项目和内容、监测设施布置应满足SL/T 794-2020第6.2条的相关规定。

9.3.5 常规监测以环境量、变形和渗流监测为主。除应满足SL/T 794-2020第6.3条~6.5条的相关规定之外，宜结合新疆内陆河流域的自然地理、气候环境特点，采用以下方式：

a) 水位观测宜采用太阳能供电型水位监测设备，测点设置在水流平顺、便于安装设备和观测的部位。监测频次应符合SL/T 725-2016附录C中的相关规定；
b) 雨量监测仪器宜选用雨量计、遥测雨量计或自动测报雨量计等，观测方法和频次应符合SL 21中的相关规定；
c) 水质监测项目、样品采集、保存和实验室分析方法应符合GB 3838中的相关规定；
d) 变形监测应包括坡顶的垂直位移和水平位移，坡脚冲刷和淤积变化情况，堤坡表面的裂缝、滑坡、坍塌、隆起、渗透变形及侵蚀破坏等情况。

9.3.6 生态护岸工程应加强生态环境方面的监测。生态环境监测内容宜包括植物成活率、覆盖率、非引种植物干扰情况、不同型式植物与坡体的结合情况，应符合SL/T 800中的相关规定。

9.3.7 加强监测自动化系统的应用和运行管理，监测资料应及时整理和成果整编，宜建立监测数据信息管理系统，用于指导护岸的维护和修复工作，确保护岸的稳定和安全。

附 录 A
（资料性）
内陆干旱区天然植物护岸推荐种类表

A.1 内陆干旱区天然植物护岸推荐种类见表 A.1。

表A.1 内陆干旱区天然植物护岸推荐种类表

植物名称	适用土质	根系特点	养护方法	备注
疏叶骆驼刺 *Alhagi sparsifolia*	适宜生长在地下水位2 m~5 m的盐化草甸上，为盐化低地草甸的建群种	根系粗壮、直根系、入土较深	对土壤及肥料要求不高，具有较强的耐盐碱能力，在种植前，可在土壤中施入适量的有机肥作为基肥，以改善土壤结构和肥力	优选推荐
光果甘草 *Glycyrrhiza glabra*	对土壤条件要求不严，在轻壤、沙壤、重壤及粘壤均能生长，耐盐性较强。但以疏松、肥沃、排水良好的沙质土壤为宜	根系粗壮，发达，根蘖型植物，繁殖能力强，可形成稠密的株丛	在种植前，可对土壤进行深耕，施入适量的有机肥和复合肥，以提高土壤肥力。在春季和秋季干旱时可每隔3天~5天浇一次水	优选推荐
盐爪爪 *Kalidium foliatum*	具有很强的耐盐碱性，能在其他植物难以生长的高盐碱土壤中生长良好。适宜种植在盐碱化程度较高的土壤中	根系发达，主根明显，入土深度可达1 m~2 m，有许多侧根和须根，形成密集的网络	在降雨量较少的地区，需要定期进行灌溉，但要注意避免过度浇水；可定期对土壤进行松土，以增加土壤的透气性，促进根系的生长和发育	优选推荐
多枝柽柳 *Tamarix ramosissima*	对土壤要求不高，具有较强的适应能力。最适宜在疏松、肥沃、排水良好的沙壤土中生长	根系发达，主根可深入地下数米	耐旱性强，浇水不宜过于频繁。在种植初期，需要浇足定根；夏季高温干旱时，可适当增加浇水次数；种植前，可在土壤中施入适量的有机肥，如腐熟的农家肥、堆肥等	优选推荐

表 A.1　内陆干旱区天然植物护岸推荐种类表(续)

植物名称	适用土质	根系特点	养护方法	备注
沙棘 *Hippophae rhamnoides*	对土壤要求不苛刻，能在多种土壤类型中生长，如栗钙土、灰钙土、风沙土、草甸土等。在透气性良好、肥沃的中性至微酸性土壤中生长更为旺盛	有强大的根系，主根能深入地下数米，侧根也非常发达，向四周延伸范围广泛	在生长初期和干旱季节，适当浇水有助于其生长。种植前，应施足基肥，以有机肥为主，如腐熟的农家肥、堆肥等	优选推荐
梭梭 *Haloxylon ammodendron*	适宜在砂质、砾质、土质和盐土荒漠上生长，尤其能在含盐量0.2%~0.3%的盐碱沙地生长	梭梭根系极为发达，主根深入地下10 m，侧根横伸10 m外，这种深广的根系结构使其能在恶劣环境中固定植株并吸收深层水分	种植时建议选择透气性好、排水良好的土壤，可混合腐叶土、沙土等改良土壤结构。耐旱性强，自然降水不足时可适当补水，但避免积水导致根部腐烂。生长季可施稀薄复合肥，每季度一次，施肥后及时浇水促进养分吸收。喜光耐高温，冬季寒冷地区需保暖	优选推荐
胡杨 *Populus euphratica*	对土壤肥力要求不高，耐盐碱能力较强	根系极其发达，主根深长（可达20m以上），侧根水平延伸范围广（能吸收几十平方米内2 m~5 m深的地下水），密如蛛网	忌积水，耐干旱，对2年生苗全年灌水2次已能满足生理需要。成年树除非极端干旱，一般无需灌溉（依赖地下水，适宜地下水位4 m~6 m）	优选推荐
沙枣 *Elaeagnus angustifolia*	对土壤肥力要求不高，耐盐碱能力较强，喜疏松透气、排水良好的土壤，但透气性差	侧根发达，根幅大，具根瘤，枝条被沙埋后易生不定根	种子需催芽处理。栽植初期需保证水分，成活后粗放管理	优选推荐
芦苇 *Phragmites australis*	对土壤的适应能力较强，具有耐盐碱、耐贫瘠的特点。但最适宜生长在富含有机质的中性或微碱性的黏土或壤土中	具有发达的根状茎，根状茎呈匍匐状，纵横交错，在地下形成庞大的网络	在种植前，可以在土壤中施入适量的有机肥，如腐熟的农家肥、堆肥等。在生长季可每隔1个月~2个月追施一次复合肥	有条件使用

表 A.1　内陆干旱区天然植物护岸推荐种类表(续)

植物名称	适用土质	根系特点	养护方法	备注
胀果甘草 *Glycyrrhiza inflata*	对土质要求不太严，适宜生长在土层深厚、疏松、肥沃的土壤上	根系非常发达，主根粗壮，入土深度可达数米	播种前对种子进行处理，处理方法为摩擦种皮、沸水浸泡、浓硫酸浸泡。幼苗长出2片~3片真叶时加强田间管理，清除杂草、防治病虫害	有条件使用
乌拉尔甘草（甘草） *Glycyrrhiza uralensis*	适宜种植在土层深厚、疏松、肥沃的砂质壤土上	直根系，主根粗壮且长，入土深度可达1 m~2 m甚至更深	在生长前期，保持土壤湿润，有利于幼苗出土和生长。一般每隔7天~10天浇一次水	有条件使用
马蔺 *Iris lactea*	适应多种土壤质地，包括砂壤土、壤土和黏土等，更偏好疏松、排水良好的土壤	须根系，由许多粗细均匀的须根组成，在土壤中交织成网状	在生长初期和干旱季节，仍需要适当浇水以保持土壤湿润	有条件使用
大叶白麻 *Poacynum hendersonii*	对土壤肥力要求不高，耐贫瘠，以喜疏松透气、排水良好的土壤为宜。耐盐碱能力较强，但透气性差，不利根系发展	主根粗壮深长，能穿过盐渍层吸收深层地下水和养分，具横走根茎，能在约15 cm土层深处产生大量不定芽，萌发新株	种子细小且直播不易出苗，播种前需催芽处理。栽植头一年适当浇水利于成活和恢复，后期一般可靠自然降水生长。整地前施足底肥有助于生长	有条件使用
宽叶香蒲 *Typha latifolia*	对土壤要求不严，在粘土和砂壤土上均能生长，但不适宜贫瘠、保水差的土壤	根状茎乳白色，根系发达，与水葱搭配有利于净化水质，还可以控制水土	水生或沼生植物，生长季需保证20 cm~60 cm的水深，亦能耐70 cm~80 cm的深水。生长期保持土壤湿润，水深5 cm左右为宜，栽植前可施足基肥。生长期可施肥2~3次	有条件使用
狗牙根 *Cynodon dactylon*	耐干旱，对土壤要求不严，从砂土到重黏土均能生长，但以湿润且排水良好、肥沃的壤土到粘土生长最好	须根系，多分布在30 cm表土中，具有根状茎或匍匐茎	春季平均气温达18℃时即可播种，也可将匍匐茎或地上茎切成6 cm~10 cm小段撒播、镇压	谨慎使用
冰草 *Agropyron cristatum*	从轻壤土或重壤土，甚至半沙漠地区，中轻度盐碱地上均能生长，适应性较广，抗逆性较强	茎秆直立，丛生，须根系	播前施农家肥作底肥，播深2 cm~3 cm，适当镇压。加强苗期管理，及时清除杂草	谨慎使用

表 A.1　内陆干旱区天然植物护岸推荐种类表(续)

植物名称	适用土质	根系特点	养护方法	备注
樟味藜 *Camphorosma monspeliaca*	适宜生长在壤质、砂壤质的荒漠灰钙土或轻度盐化草地上	半灌木，略成垫状，根系发达	养护时要遵循“宁干勿湿”的原则。平时浇水不宜过于频繁，可待土壤表面干燥后再浇水。在生长季节，可每隔1个月~2个月施一次稀薄的复合肥	谨慎使用
小獐毛 *Aeluropus pungens*	有很强的耐盐碱能力，能在土壤含盐量较高的盐碱地生长。对土壤质地要求不严格，在砂质土、壤土乃至黏土上均可生长，但以在疏松、排水良好的砂质壤土上生长较好	须根系，由许多粗细相近的须根组成。这些须根较为密集，能在土壤中广泛分布，形成庞大的根系网络	在幼苗期需要保持土壤湿润，以利于幼苗的生长和扎根。一般每周浇水1次~2次，每次浇水量以湿透土层10 cm~15 cm为宜。在干旱季节，每隔10天~15天浇一次水即可	谨慎使用
碱茅 *Puccinellia distans*	对土壤质地的要求不苛刻，在砂壤土、壤土和黏土上均能生长。以疏松、肥沃、排水良好的土壤为宜	须根系植物，根系由许多细长的须根组成	幼苗期需保持土壤湿润，以利于种子发芽和幼苗生长	谨慎使用

附 录 B
（资料性）
石笼网垫常用规格尺寸表

B.1 高 0.3 m 的石笼网垫常用定型尺寸见表 B.1。

表B.1 高 0.3 m 的石笼网垫常用定型尺寸

长×宽×高	间隔网数/片	容积/m^3	整套用量面积/m^2
3 m×2 m×0.3 m	2	1.8	16.2
4 m×2 m×0.3 m	3	2.4	21.4
5 m×2 m×0.3 m	4	3	26.6
6 m×2 m×0.3 m	5	3.6	31.8

B.2 高 0.25 m 的石笼网垫常用定型尺寸见表 B.2。

表B.2 高 0.25 m 的石笼网垫常用定型尺寸

长×宽×高	间隔网数/片	容积/m^3	整套用量面积/m^2
3 m×2 m×0.25 m	2	1.5	15.5
4 m×2 m×0.25 m	3	2	20.5
5 m×2 m×0.25 m	4	2.5	25.5
6 m×2 m×0.25 m	5	3	30.5

B.3 高 0.2 m 的石笼网垫常用定型尺寸见表 B.3。

表B.3 高 0.2 m 的石笼网垫常用定型尺寸

长×宽×高	间隔网数/片	容积/m^3	整套用量面积/m^2
3 m×2 m×0.2 m	2	1.2	14.8
4 m×2 m×0.2 m	3	1.6	19.6
5 m×2 m×0.2 m	4	2.0	24.4

附 录 C
（资料性）
石笼网箱常用规格尺寸表

C.1 高 1 m 的石笼网箱常用定型尺寸见表 C.1。

表C.1 高 1 m 的石笼网箱常用定型尺寸

长×宽×高	间隔网数/片	容积/m^3	整套用量面积/m^2
1 m×1 m×1 m	—	1	6
1.5 m×1 m×1 m	—	1.5	8
2 m×1 m×1 m	1	2	11
2.5 m×1 m×1 m	1	2.5	13
3 m×1 m×1 m	2	3	16
3.5 m×1 m×1 m	2	3.5	18
4 m×1 m×1 m	3	4	21

C.2 高 0.5 m 的石笼网箱常用定型尺寸见表 C.2。

表C.2 高 0.5 m 的石笼网箱常用定型尺寸

长×宽×高	间隔网数/片	容积/m^3	整套用量面积/m^2
1.5 m×1 m×0.5 m	—	0.75	5.5
2 m×1 m×0.5 m	1	1	7.5
2.5 m×1 m×0.5 m	1	1.25	9
3 m×1 m×0.5 m	2	1.5	11
3.5 m×1 m×0.5 m	2	1.75	12.5
4 m×1 m×0.5 m	3	2	14.5

附 录 D
（资料性）
石笼网垫、网箱网材的规格型号建议值

D.1 规格型号见表 D.1。

表 D.1 规格型号

名称	长度L（m）	宽度W（m）	厚度H（m）	隔板间距（m）
CM L×W×H 10%Al-Zn	3/4/5/6	2	0.17/0.23/0.3	1
容许公差	±5%	±5%	±10%	—

注：L为长度，W为宽度,H为厚度；长度L和厚度H可根据工程需要组合选用。

D.2 网孔规格见表 D.2。

表 D.2 网孔规格

网孔型号（cm）	误差范围（mm）	公差	网面抗拉强度kN/m
（6×8）~（9×11）	±0.8	+16%/-4%	30

D.3 填充碎石要求见表 D.3。

表 D.3 填充碎石要求

网垫/网箱厚度（cm）	粒径（cm）	逊径比	充填率
25/50	（7-15）~（10-20）	不超过20%	大于等于70%

D.4 钢丝技术参数见表 D.4。

表 D.4 钢丝技术参数

钢丝类型	网面钢丝	端丝	射丝	绑扎钢丝
钢丝直径(mm)	2.0	2.7	3.4	2.2
钢丝直径公差(±φ mm)	0.05	0.06	0.07	0.06
最小镀层量(g/m^2)	215	245	265	230
钢丝抗拉强度(N/mm^2)	350~550			
钢丝延伸率	未经拉伸钢丝的延伸率不能低于12%（经过拉伸加工的成品钢丝延伸率不能低于7%）。钢丝直径公差均指未拉伸前。钢丝直径和延伸率的测量应该在每批钢丝编织前任意抽取样品检测			