

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

生态护坡 预制混凝土装配式护岸 技术规程

Ecological slope protection—Technical specification for
prefabricated concrete assemblage revetment

(报批稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

前 言

根据中国水利学会团体标准制修订计划安排，按照工程建设标准编写规定（建标〔2008〕182号）的要求，编制本标准。

本标准“生态护坡”系列标准之一，共分为7章和4个附录，主要技术内容包括总则、术语和符号、基本规定、材料与制作、设计、施工、质量检验等。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国水利学会（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。

本标准主编单位：建华建材（中国）有限公司

中水淮河规划设计研究有限公司

本标准参编单位：南京水利科学研究院

黄河勘测规划设计研究院有限公司

长江勘测规划设计研究有限责任公司

西北农林科技大学

中交第三航务工程勘察设计院有限公司

上海城投航道建设有限公司

黑龙江省水利水电勘测设计院

中铁水利水电规划设计研究院集团有限公司

长江三峡勘测研究院有限公司

中水珠江规划勘测设计院

广东省水利学会

江西省水利科学研究院

四川水利职业技术学院

广东省科能工程管理有限公司

中水北方勘测设计研究有限责任公司

长江武汉航道工程局

本标准主要起草人：张雁、马东亮、毛由田、金忠良、冯治刚、韦华、王大川、尚俊伟、顾宽海、王正中、谷金钰、李伟、葛明明、曹静怡、钱文勋、于碧澎、彭玮、李论、周志富、何旸、邹俊波、李敬周、余涛、高健、刘德军、孙永林、季荣、李浩、曹阳、高骏。

本标准主要审查人：吴伯健、唐涛、王立成、李涛、李贵清、刘小艳、王新华。

目 次

1	总 则	1
2	术语与符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	2
3	基本规定	4
4	材料与制作	5
4.1	原材料	5
4.2	混凝土	5
4.3	成型和养护	6
5	设 计	8
5.1	一般规定	8
5.2	布置及选型	8
5.3	荷载分类、组合及计算	10
5.4	坡式护岸设计	10
5.5	墙式护岸设计	11
5.6	整体稳定计算	12
5.7	生态景观设计	13
5.8	构造要求	13
6	施 工	15
6.1	一般规定	15
6.2	堆放与运输	15
6.3	岸坡和基槽开挖	16
6.4	垫层、基础和护脚施工	17
6.5	护岸制品安装	17
6.6	反滤层、回填和绿化	17
7	质量检验与评定	19
7.1	一般规定	19
7.2	进场检验	19
7.3	施工质量检验	20
7.4	质量评定	20
	附录 A 护岸制品外形及基本尺寸	22
	附录 B 坡式护岸护面层厚度和单个护岸制品质量计算	30
	附录 C 墙式护岸抗滑、抗倾覆稳定性计算	31
	附录 D 护岸制品进场检验质量验收记录表	33
	本标准用词说明	34
	引用标准名录	35
	附：条文说明	36

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic requirements	4
4	Materials and products.....	5
4.1	Materials	5
4.2	concrete.....	5
4.3	Forming and curing	6
5	Design.....	8
5.1	General requirements.....	8
5.2	Arrangement and selection	8
5.3	Loads classifications, combinations and calculation	10
5.4	Slope-type revetment design	10
5.5	Wall-type revetment design	11
5.6	Overall stability calculation.....	12
5.7	Ecological landscape design.....	13
5.8	Detailing requirements	13
6	Construction	15
6.1	General requirements.....	15
6.2	Stack and transportation	15
6.3	Excavation of bank slope and foundation trench.....	16
6.4	Construction of cushion, foundation and foot guard	17
6.5	Installation of revetment products	17
6.6	Filter layer, backfilling and greening.....	17
7	Quality inspection and evaluation	19
7.1	General requirements.....	19
7.2	Approach check	19
7.3	Construction quality inspection	20
7.4	Quality evaluation	20
Appendix A	Outline and basic dimensions of revetment products.....	22
Appendix B	Calculation of cover layer thickness and quality of single revetment products in slope-type revetment.....	30
Appendix C	Calculation of anti sliding stability and anti overturning stability in wall-type revetment	31
Appendix D	Quality acceptance record of revetment products.....	33
	Explanation of wording in this standard.....	34
	List of quoted Standards	35
	Addition: Explanation of provisions.....	36

1 总 则

1.0.1 为在水利工程中合理应用预制混凝土装配式护岸结构，做到资源节约、环境友好、安全适用、施工便捷、保障质量、方便管理，推动水利工程高质量发展，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于新建、扩建或改建的各类水利工程中预制混凝土装配式护岸的设计、制作、施工及质量检验，其他涉水工程可参照使用。

1.0.3 预制混凝土装配式护岸生态设计应遵循因地制宜、综合治理的原则，做到精心设计、科学规划。

1.0.4 预制混凝土装配式护岸的应用除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 预制混凝土装配式护岸 prefabricated revetment

采用生态型预制混凝土护岸制品装配成型，依靠自身及内部填料重量或结合加筋等形式维持边坡稳定，并可兼顾生态修复功能的墙式或坡式护岸。

2.1.2 生态型预制混凝土护岸制品 ecological precast concrete revetment products

采用混凝土或钢筋混凝土预制成型的空箱式、无底空箱式、砌块式等具备一定生态和景观功能的模块化构件，简称护岸制品。

2.1.3 生态框 ecology frame

具有装饰纹理、孔洞等造型，且框体内可回填土料、块石等形成护岸的一类护岸制品。

2.2 符号

2.2.1 作用和作用效应

G —— 垂直于水平面的荷载；

H_i —— 平行于水平面的荷载；

M_v —— 抗倾覆力矩；

M_H —— 倾覆力矩；

P —— 基底应力。

2.2.2 材料性能和系数

D —— 护面层计算厚度；

f —— 沿滑动面的摩擦系数；

H —— 计算波高；

K_c —— 抗滑稳定安全系数；

K_d —— 稳定系数；

K_o —— 抗倾覆稳定安全系数；

Q —— 单个护岸制品的质量；

R —— 系数。

γ_c —— 护岸制品的容重；

γ_w —— 水的容重；

ρ_c —— 护岸制品的密度；

ρ_w —— 水的密度；

ξ —— 破波参数；

Δ —— 相对密度。

2.2.3 几何参数及其他

- A —— 基底面的面积；
- D —— 护面层计算厚度；
- H —— 计算波高；
- \bar{L} —— 平均波长；
- m —— 斜坡坡率；
- W —— 墙式护岸基底面对于基底面平行前墙墙面方向形心轴的截面矩；
- α —— 基底面、护岸制品底面与水平面的夹角；
- β —— 岸坡的坡角。

3 基本规定

3.0.1 预制混凝土装配式护岸可根据自然风貌、地质条件、施工条件、土地利用等因素选用坡式护岸、墙式护岸或组合式护岸等形式。

3.0.2 预制混凝土装配式护岸的级别应按所属主体工程等别或级别确定，相关设计标准均应符合现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 和《水利水电工程边坡设计规范》SL 386 的有关规定，对行洪有要求的应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的有关规定。

3.0.3 预制混凝土装配式护岸的布置应根据工程场址水流、潮汐、风浪特性、河床演变、河岸崩塌情况以及所属水工建筑物的总体布置、功能、特点、运用要求等确定，做到紧凑合理、协调美观。

3.0.4 预制混凝土装配式护岸计算应根据工程等级、水文条件、地质条件、结构特点、稳定性要求、生态景观要求等进行。

3.0.5 预制混凝土装配式护岸应根据工程类别和等别确定合理使用年限，护岸制品的强度、抗冻融、抗腐蚀等耐久性要求应符合现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654 的规定。

3.0.6 预制混凝土装配式护岸除应满足稳定、应力、变形、渗流控制等方面的要求，尚应满足水生态、水环境和水景观的要求。

3.0.7 预制混凝土装配式护岸施工应根据工程特点编制施工组织设计，并应满足现行行业标准《水利水电工程施工组织设计规范》SL 303 的相关规定。

3.0.8 预制混凝土装配式护岸宜进行施工期垂直位移、水平位移等安全监测，必要时宜进行渗流监测，监测点布置及监测要求应符合现行行业标准《水利水电工程安全监测设计规范》SL 725 的相关规定。

3.0.9 预制混凝土装配式护岸的检测要求应符合现行行业标准《水利工程质量检测技术规程》SL 734 的相关规定。

4 材料与制作

4.1 原材料

4.1.1 护岸制品宜采用强度等级不低于 42.5 级的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥。水泥的质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

4.1.2 护岸制品所用骨料应符合下列规定：

1 细骨料应采用洁净的天然硬质中粗砂或人工砂，天然砂细度模数宜为 2.5~3.2，采用人工砂时，细度模数宜为 2.5~3.5，且砂的氯离子含量不大于 0.06%，硫化物及硫酸盐含量不大于 1.0%，其他指标尚应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

2 粗骨料宜采用碎石或破碎的卵石，其最大粒径不宜大于 20mm，且不得超过钢筋净距的 3/4。粗骨料的含泥量不大于 1.0%，硫化物及硫酸盐含量不大于 1.0%，其他指标尚应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。

4.1.3 混凝土拌和用水的质量应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

4.1.4 外加剂的质量应符合国家现行有关标准的规定。

4.1.5 护岸制品掺合料宜选用矿渣微粉、粉煤灰或硅灰等，其质量应符合下列规定：

1 矿渣微粉的质量不低于现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 中 S95 级的有关规定。

2 粉煤灰的质量不低于现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 中 II 级 F 类的有关规定。

3 硅灰的质量应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》GB/T 18736 的有关规定。

4 当采用其他品种的掺合料时，应通过试验验证，确认符合构件混凝土质量要求时方可使用。

4.1.6 钢筋宜采用 HRB400、HRB500 级热轧带肋钢筋和低松弛螺旋槽钢棒，直径不应小于 6mm，其质量应分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2、《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 的规定。

4.1.7 护岸制品起吊所用吊环宜采用未经冷加工的 HPB300 级钢筋制作，其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1 的有关规定。当采用吊杆或内埋式螺母时，其材料质量应符合国家现行相关标准的规定。

4.1.8 其他结构钢质预埋件的材质性能符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 中的 Q235B 的规定。

4.2 混凝土

4.2.1 护岸制品混凝土质量控制应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB

50164 的有关规定。

4.2.2 护岸制品的混凝土强度等级不宜低于 C30。

4.2.3 护岸制品应用于硫酸盐、氯盐、冻融等特殊环境时，其混凝土性能应符合国家现行标准的有关规定。

4.3 成型和养护

4.3.1 护岸制品宜在工厂内预制成型，成型要求除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定外，尚应符合下列规定：

- 1 护岸制品成型模具宜选用钢模具。
- 2 护岸制品表面的饰面纹理宜采用反打一次成型工艺制作。
- 3 混凝土振捣宜采用附着式振捣器，在边角等不易振捣位置应配合使用插入式振捣器。
- 4 混凝土应连续浇注，不得留有施工缝。
- 5 护岸制品的外观质量应符合表 4.3.1-1 的规定。

表 4.3.1-1 护岸制品的外观质量

序号	项目	质量控制
1	露筋	不应有
2	空洞	不应有
3	裂缝	不应有影响结构性能和使用的裂缝出现
4	蜂窝	总面积不超过所在面面积的1%
5	外形缺陷	正立面不应有
		其他面不宜有
6	外形沾污	正立面不应有
		其他面不宜有
7	色差、杂色	不明显
8	平整度	构件上下接触面 $\leq 5\text{mm}$
		构件其他表面 $\leq 10\text{mm}$
		造型面不作要求
9	垂直度	$\leq 0.5\%h$ 且不大于10mm

注：h 为护岸制品高度，单位为 mm。

- 6 护岸制品的尺寸允许偏差应符合表 4.3.1-2 的规定。

表 4.3.1-2 护岸制品尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差	
1	长度	$\pm 10\text{mm}$	
2	宽度、高度	总尺寸的1%且不大于 $\pm 10\text{mm}$	
3	壁厚	10mm	
4	预留孔	中心线位置	5mm
		孔尺寸	$\pm 5\text{mm}$
5	预留洞	中心线位置	10mm
		洞口尺寸	$\pm 10\text{mm}$
6	保护层厚度	5mm	
7	吊点位置	20mm	

4.3.2 护岸制品宜采用常压蒸汽养护，并应制定养护制度，对静停、升温、恒温和降温时间进行控制，宜在常温下静停 2h~6h，升温、降温速度不宜超过 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ ，最高养护温度不宜超过 70°C ，拆模时制品表面温度与环境温度的差值不宜超过 25°C 。

4.3.3 脱模起吊时，护岸制品混凝土的抗压强度不应低于设计强度的 50%，且不应小于 15MPa。

5 设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 预制混凝土装配式护岸设计前应收集工程所在区域的水文气象和地形地质资料。
- 5.1.2 预制混凝土装配式护岸应结合河道（湖泊或者渠道）周边环境、原始地貌、景观总体规划、生态需求等因素进行选型设计，并应满足人员活动安全要求。
- 5.1.3 预制混凝土装配式护岸的稳定计算应根据其荷载基本组合和特殊组合采用单一安全系数法进行分析。
- 5.1.4 预制混凝土装配式护岸的稳定计算单元应根据其结构及布置型式确定，标准段可取顺水流向 1 延长米作为稳定计算单元，非标准段可取两相邻结构缝间的区段作为稳定计算单元。
- 5.1.5 墙式护岸的结构设计应采用极限状态设计法，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行计算和验算。
- 5.1.6 预制混凝土装配式护岸应与所属主体工程整体进行侧向渗流分析，并按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的有关规定进行计算。护岸本身不应影响岸坡的渗流稳定。
- 5.1.7 预制混凝土装配式护岸墙背回填料应根据防渗排水要求及回填料来源等因素，综合选用抗剪强度指标较高的回填料。回填料抗剪强度指标宜通过试验或工程类比确定。
- 5.1.8 预制混凝土装配式护岸生态设计应包括水体循环、亲水景观、生物多样性等内容。

5.2 布置及选型

- 5.2.1 预制混凝土装配式护岸宜采用直线式或直线与圆弧（椭圆弧）组合式布置。预制混凝土装配式护岸的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。
- 5.2.2 预制混凝土装配式护岸的墙式护岸结构形式可采用阶梯式、直立式、陡坡式等（图 5.2.2-1），坡式护岸结构形式可采用平铺式、阶梯式等（图 5.2.2-2）。

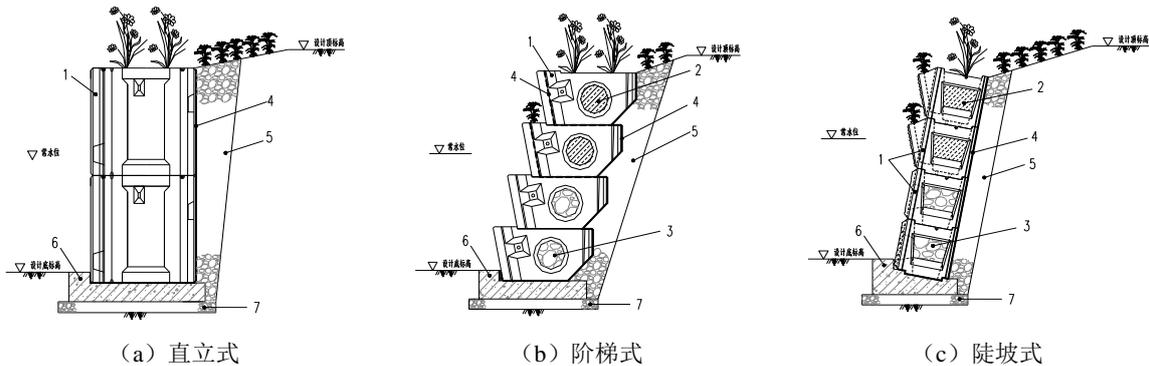


图 5.2.2-1 墙式护岸示意图

1—护岸制品；2—水上区回填料；3—水下区回填料；
4—土工布；5—碎石排水层；6—底板；7—垫层

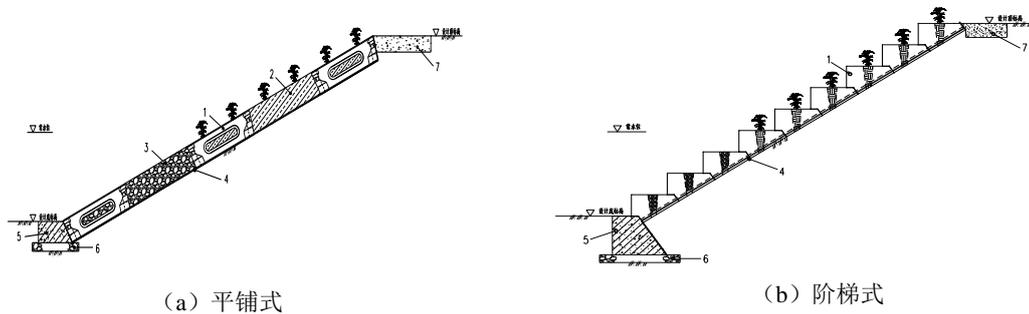


图 5.2.2-2 坡式护岸示意图

1—护岸制品；2—水上区回填料；3—水下区回填料；
4—土工布；5—护脚；6—垫层；7—封顶

5.2.3 预制混凝土装配式护岸结构形式应按下列要求确定：

- 1 一般性河道和湖泊，应根据总体布置、地质条件、生态需求等综合确定。
- 2 景观性河道和湖泊，墙式护岸可选用阶梯式或陡坡式，坡式护岸可选用平铺式或阶梯式。
- 3 行洪、灌溉和排水渠道或河道，以及其他水流流速较大的河道，墙式护岸可选用直立式或陡坡式，坡式护岸可选用平铺式。

5.2.4 护岸制品可分为阶梯型、堆砌型、植草型、鱼巢型、平铺型等类型，各型制品的外形和基本尺寸可参考附录 A。护岸制品可根据护岸类型、连接方式、适用条件等按表 5.2.4 选用。

表 5.2.4 护岸制品特征及适用条件

制品名称	护岸类型		连接方式		适用条件	
	护岸形式	结构形式	上下层连接方式	纵向连接方式	适用坡度	适用高度
仿石型生态框	墙式护岸	阶梯式	无	无	1:0.3~1:0.7	≤10.0m
阶梯型生态框		阶梯式	无或销钉	螺栓	1:0.3~1:1	≤5.0m
堆砌型生态框		阶梯式、直立式 (包括直角梯形)	混凝土抗滑块	螺栓	垂直~1:1	≤10.0m
箱式生态框		阶梯式、直立式、 陡坡式	无	相邻构件间 浇筑混凝土 或回填碎石	垂直~1:0.5	≤10.0m
植草型生态框		陡坡式	凹凸榫	螺栓	1:0.2~1:1	≤5.0m
鱼巢型生态框		陡坡式	凹凸榫	螺栓	1:0.2~1:1	≤5.0m
卵石型生态框		陡坡式	凹凸榫	螺栓	1:0.2~1:1	≤5.0m

重力式空箱型生态框		陡坡式	防滑凸台	凹凸榫	1:0.1	≤4.5m
平铺型生态框	坡式护岸	平铺式	/	螺栓（对角）	≤1:1.5	无限制
连锁型护坡块		平铺式	/	互锁	≤1:1.5	
自嵌型护坡块		阶梯式	防滑凸台或凹凸榫	无	≤1:1.0	

注：1 直角梯形是指护岸的临水侧为直立面，临土侧为下宽上窄的阶梯式。

2 预制混凝土装配式护岸适用的最大设计流速不宜大于 5m/s。

5.2.5 对于有景观要求的预制混凝土装配式护岸，制品宜选用与景观协调的颜色、造型或图案。

5.3 荷载分类、组合及计算

5.3.1 作用于预制混凝土装配式护岸的荷载可分为基本荷载和特殊荷载两类：

1 基本荷载主要有下列各项：

- 1) 护岸结构及其底板以上填料和永久设备的自重；
- 2) 护岸后破裂土体范围内的车辆、人群等附加荷载；
- 3) 相应于正常挡水位、设计洪水位或护岸后正常地下水位情况下的土压力；
- 4) 相应于正常挡水位、设计洪水位或护岸后正常地下水位情况下的水重、静水压力和扬压力；
- 5) 淤沙压力；
- 6) 相应于正常挡水位、设计洪水位情况下的风浪压力；
- 7) 冰压力；
- 8) 土的冻胀力。

2 特殊荷载主要有下列各项：

- 1) 相应于校核洪水位或护岸后地下高水位情况下的土压力；
- 2) 相应于校核洪水位或护岸后地下高水位情况下水重、静水压力和扬压力；
- 3) 相应于校核洪水位情况下的风浪压力；
- 4) 地震荷载；
- 5) 其他出现机会较少的荷载等。

5.3.2 预制混凝土装配式护岸设计时，应根据实际情况选择可能同时出现的荷载，荷载组合应符合现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的相关规定。

5.3.3 作用在预制装配式墙式护岸墙背的土压力宜按主动土压力考虑，土压力计算方法根据护岸结构形式、墙后填土性质等因素，按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的相关规定进行计算。

5.4 坡式护岸设计

5.4.1 坡式护岸由封顶、护岸制品、回填料、反滤层、护脚等部分组成，冲刷性河床应设置护底。

5.4.2 坡式护岸应进行下列设计计算或验算：

- 1 沿护坡底面的抗滑稳定性。
- 2 波浪作用下护面层厚度计算。
- 3 波浪作用下单个护岸制品的重量计算。
- 4 护岸及岸坡基础土的整体抗滑稳定性。

5.4.3 坡式护岸可不进行地基沉降计算。

5.4.4 沿护坡底面的抗滑稳定性可按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的相关规定进行计算。

5.4.5 护面层厚度以及单个护岸制品重量可按本规范附录 B 进行计算确定，选用护岸制品的厚度不应小于计算的护面层厚度。

5.4.6 水流影响区护岸制品内部回填块石的粒径可根据水流流速按现行国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 的相关规定确定。

5.4.7 马道的铺面结构应根据使用要求确定，当无车辆通行要求时，可采用与护岸坡面相同结构形式。

5.4.8 坡式护岸底部应设置护脚，护脚结构形式应根据地形地质情况、水流条件、材料来源等，采用基础梁、板桩、模袋混凝土排、铰链混凝土排、抛石棱体等。护脚延伸范围应符合下列规定：

- 1 在深泓近岸段应延伸至深泓线，并应满足河床最大冲刷深度要求。河床最大冲刷深度应按现行国家标准《河道整治设计规范》GB 50707 的相关规定计算。
- 2 在水流平顺、岸坡较缓段，宜护至坡度为 1: 3~1: 4 的缓坡河床处。

5.5 墙式护岸设计

5.5.1 墙式护岸可由护岸制品、内部回填料、墙后回填料、反滤层、基础等组成，冲刷性河床应设置护脚和护底。

5.5.2 墙式护岸应进行下列设计计算或验算：

- 1 基底和墙身各层护岸制品间的抗滑稳定性。
- 2 基底和墙身各层护岸制品相对于各计算面前趾的抗倾覆稳定性。
- 3 地基承载力。
- 4 地基沉降。
- 5 整体稳定性。
- 6 基础、连接件等结构承载力。
- 7 水流影响区内部回填块石的稳定粒径和重量。

5.5.3 墙式护岸的抗滑和抗倾覆稳定应按本规范附录 C 进行计算，对于一般性护岸其安全系数计算值不应小于现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 规定的允许值，堤防工程不应小于现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 规定的允许值。

5.5.4 稳定性计算时墙身自重应取护岸制品及其内部回填料的总重。

5.5.5 墙式护岸基础可采用现浇素混凝土、钢筋混凝土等形式，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取护基措施。

5.5.6 当基底抗滑稳定安全系数计算值小于允许值时，可采用放缓坡度、加宽底板、底板下方设置抗滑榫、墙后加筋等措施。

5.5.7 墙式护岸基底应力应按公式（5.5.7）计算：

$$P_{\min}^{\max} = \frac{\sum G}{A} \pm \frac{\sum M}{W} \quad (5.5.7)$$

式中： P_{\min}^{\max} ——墙式护岸基底应力最大值或最小值（kPa）；

$\sum G$ ——作用在墙式护岸上全部垂直于水平面的荷载（kN）；

$\sum M$ ——作用在墙式护岸上的全部荷载对于水平面平行前墙墙面方向形心轴的力矩之和（kN·m）；

A ——墙式护岸基底面的面积（m²）；

W ——墙式护岸基底面对于基底面平行前墙墙面方向形心轴的截面矩（m³）。

5.5.8 基底应力的限值应符合现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的相关规定。

5.5.9 土质地基上墙式护岸应进行地基沉降计算，并应考虑相邻结构的影响。允许最大沉降量不宜超过 150mm，相邻部位的最大沉降差不宜超过 50mm。

5.5.10 当土质地基上墙式护岸地基最大沉降量或相邻最大沉降差不满足本标准第 5.5.9 条的规定时，应进行地基处理或调整护岸结构。

5.5.11 墙式护岸应根据工程地质条件、结构形式、尺寸、受力特点等按下列规定进行结构内力分析：

1 土质地基上墙式护岸底板的前趾可简化为固支在墙体上的悬臂板，按受弯构件计算；也可按弹性地基梁计算。

2 底板和护岸制品设有抗剪键的部位应进行截面受剪承载力验算。

3 连接构件应按国家现行有关标准进行强度验算。

5.5.12 土质地基上加筋土护岸应按国家现行有关标准的规定，分别验算不同计算工况下的稳定性和结构应力。外部抗滑稳定安全系数计算值不应小于现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的规定值。

5.5.13 墙式护岸采用阶梯式布置时，水流影响区护岸制品内部回填块石的粒径按本标准第 5.4.6 条的规定执行。

5.5.14 墙式护岸在墙后与岸坡之间宜回填砂砾石，当采用土料回填时，应分层回填压实。在水流冲刷严重的河岸，墙后回填体顶面应采取防冲措施。

5.5.15 必要时可按现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的相关规定进行护岸基底的抗渗稳定性验算。

5.6 整体稳定计算

5.6.1 土质地基上预制混凝土装配式护岸的整体抗滑稳定可采用瑞典圆弧滑动法或简化毕肖普法计算。当持力层内夹有软弱土层时，应采用折线滑动法（复合圆弧滑动法）对软弱土层进行整体抗滑稳定验算。整体抗滑稳定计算方法应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的相关规定。

5.6.2 整体抗滑稳定安全系数的计算值不应小于现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 和现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 规定的允许值。

5.6.3 当岩石地基持力层范围内存在软弱结构面时，应对软弱结构面进行整体抗滑稳定验算。

5.6.4 对于地质条件较差或结构复杂的 1、2 级护岸，其整体抗滑稳定性宜作专门研究。

5.7 生态景观设计

5.7.1 护岸型式宜根据河渠（湖泊）所处环境风貌进行合适选择，并应以生态性原则进行护岸设计。在满足安全要求、渗水不对水体外侧区域造成浸没危害的前提下，设计宜选取生态型、透水型护岸。

5.7.2 护岸布置应结合景观总体规划方案进行设计，并应根据功能需求设置游人活动区、滨水慢行系统等，满足人员活动安全。在满足防洪要求的前提下，应创造宜人、安全的尺度，并使护岸顶与常水位高差不宜过大。

5.7.3 在常水位以下适宜鱼类生存的水域，应根据实际需要配置开孔型护岸制品，为鱼类栖息、产卵提供场所。

5.7.4 预制混凝土装配式生态护岸植物的选择应符合下列要求：

- 1 应充分考虑当地河渠（湖泊）的生态环境条件，选用适合当地生长的植物。
- 2 常水位以下植物应选择耐水湿品种。
- 3 阶梯型护岸宜根据河段景观需要选择色叶类植物。

5.7.5 在护岸制品上播植植物，可选用撒播、喷播、栽种等方式，播种量与普通草坪相同。撒播、喷播时，草籽均匀地撒入覆土的砌块植物空腔内，浇水养护。在植草形成草坪、草根穿透砌块扎入坡体土壤后，应视草种特点及气候条件确定是否养护。

5.8 构造要求

5.8.1 墙式护岸底板前趾上方宜设置抗剪齿墙，抗剪齿墙高度不宜小于 100mm，宽度不宜小于 200mm。抗剪齿墙内侧与护岸制品的外立面应贴合，空隙处应采用素混凝土填充密实，填充混凝土强度等级不宜低于 C20。

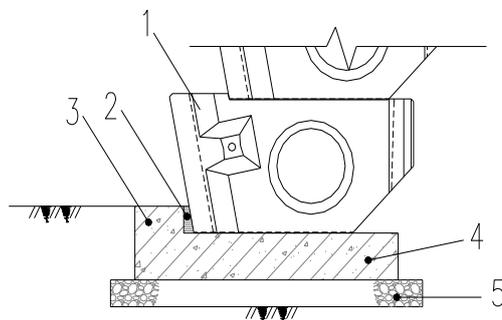


图 5.8.1 墙式护岸底板抗剪齿墙示意图

1—生态框；2—素混凝土填充；3—抗剪齿墙；4—基础底板；5—垫层

5.8.2 对岩石地基上的墙式护岸，应采用二片石、碎石整平岩面，厚度不宜小于 0.3m。对于土质地基上的墙式护岸，应设置混凝土或钢筋混凝土基础底板，其厚度不宜小于

0.3m，底板与地基间宜设置厚度不小于 0.1m 的碎石垫层。

5.8.3 坡式护岸顶面宜设置地表排水设施。坡式护岸坡面有排水要求时，可在坡面设置竖向排水沟，间距宜为 50m~100m，坡脚处宜设置纵向排水沟，并与坡面排水沟连通。排水沟可采用现浇混凝土砌筑或采用预制排水沟。

5.8.4 坡式护岸顶部应设置混凝土封顶，封顶宽度宜取 0.5m~1.0m，埋深不宜小于 0.5m；坡脚处应设置护脚，当护脚采用基础梁时，埋深不宜小于 0.5m，宽度不宜小于 0.4m。

5.8.5 预制混凝土装配式护岸与岸坡基础土之间应设置土工织物反滤层，对于墙式护岸，其反滤层和岸坡基础土之间还应设置 150mm~300mm 厚的级配碎石排水层。土工织物宜采用无纺土工布，单位面积质量不宜小于为 300g/m²，拉伸强度不宜小于 6kN/m。

5.8.6 护岸制品内的回填料应根据水位变化、当地材料来源、流速、波浪等综合确定，并应符合下列要求：

1 正常挡水位或多年平均水位以上宜选择适合植物生长的种植土，正常挡水位或多年平均水位以下宜选择块石、碎石等粗颗粒料，也可采用素混凝土回填。

2 墙式护岸中有开孔的护岸制品内回填土料时宜在内部铺设无纺土工织物，土工织物的相关要求应满足本标准第 5.8.5 条的规定。

3 沿岸坡长度方向相邻护岸制品间空隙应采用级配良好的碎石回填。对整体性要求较高的护岸结构，相邻空隙可采用钢筋混凝土填充，混凝土强度等级不宜低于 C20，钢筋宜从基础底板伸出，并延伸至护岸顶部。

5.8.7 当上下层护岸制品间采用混凝土抗剪块连接时，混凝土抗剪块强度等级不应低于护岸制品混凝土强度等级。

5.8.8 前后立面无开孔且接缝处无可靠排水通道的护岸制品应预留排水孔，排水孔孔径宜为 50mm~100mm，排水坡度不宜小于 3%，间距应为护岸制品长度的整数倍，且不宜大于 3m。排水孔位置宜设于低水位附近。

5.8.9 护岸制品纵向或角部连接宜采用 M12、性能等级不低于 4.8 级、表面经镀锌钝化的螺栓，其质量性能应满足现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 规定的相关要求。

5.8.10 当预制混凝土装配式护岸具有下列情况之一时，应在坡顶设置警示标志及相应防护措施：

- 1 近岸 2m 范围内常水位水深超过 0.7m。
- 2 护岸顶与常水位的垂直距离超过 0.5m。
- 3 护岸前地基为淤泥土。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.1 预制混凝土装配式护岸施工应包括下列内容：

1 坡式护岸施工包括岸坡开挖、护脚浇筑、反滤层和垫层铺摊、护岸制品安装、回填、护脚护底施工、绿化种植等步骤。

2 墙式护岸施工包括岸坡基槽开挖、排水设施、地基处理、基础浇筑、护岸制品安装和内部回填、反滤层和墙后填料铺摊、绿化种植等步骤。

6.1.2 施工前应根据工程特点、设计要求、工期要求、施工环境等，编制施工组织设计，并制定详细的施工技术方案。

6.1.3 施工前应对基准点和水准点进行复核，依此设置施工基线和水准点等定位标志，并定期进行校核。

6.1.4 护岸制品吊运采用的吊具应满足强度、刚度和稳定性要求，并不宜对构件产生水平挤压力。

6.1.5 土工合成材料应合理安排施工顺序，进场后应存放在通风避光处，严禁暴露日晒。

6.1.6 施工现场应设置醒目的安全警示标志，并采取安全防护措施。

6.2 堆放与运输

6.2.1 护岸制品堆放应符合下列要求：

1 护岸制品堆放场地应坚实平整。

2 各类护岸制品最下层应采用两支点法放置在枕木上（图 6.2.1-1），上下层之间应采用缓冲材料隔离后叠放（图 6.2.1-2）。

3 护岸制品应按规格、类型、批次分别堆放，堆放时应采用可靠的防滑、防倒、防碰撞等安全措施，堆放层数不宜超过 4 层。

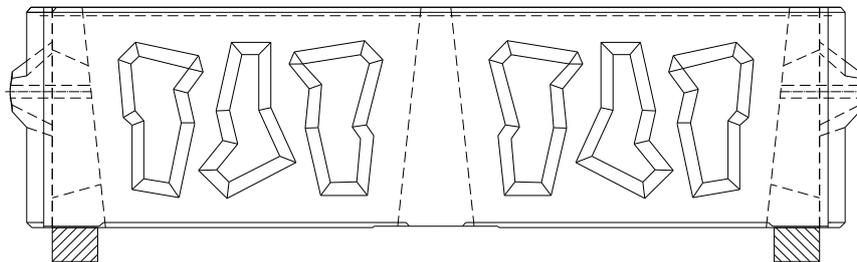


图 6.2.1-1 两支点法位置示意图

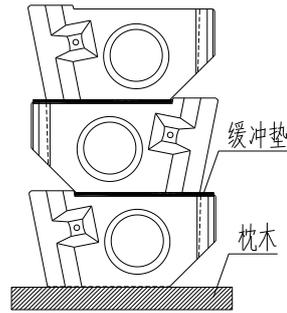


图 6.2.1-2 层间堆放示意图

6.2.2 护岸制品吊运应符合下列要求：

- 1 护岸制品应按设计吊点位置进行吊装，宜为三点吊或四点吊。
- 2 吊运时应使各点同时受力，并应防止产生扭曲，吊绳与护岸制品水平面所成的夹角不应小于 45° ；垂直起吊时应采用专用吊梁或吊架。
- 3 构件装卸应轻起轻放，严禁抛掷、碰撞、滚落。

6.2.3 护岸制品运输应符合下列要求：

- 1 护岸制品吊运应符合本标准第 6.2.2 条的规定。
- 2 护岸制品在运输过程中的支承和堆放要求应符合本标准第 6.2.1 条和第 6.2.2 条的规定。
- 3 护岸制品运输过程中应采用可靠的防滑、防倒、防变形等的固定措施。
- 4 护岸制品运输过程中应采取防止损坏的措施，对构件边角部或链索接触处的混凝土，宜设置保护衬垫。

6.3 岸坡和基槽开挖

6.3.1 岸坡和基槽开挖时，应防止附近建构筑物、道路和管线发生变形，必要时可采取防护措施或进行基坑专项设计。

6.3.2 岸坡开挖应按设计坡度自上而下分段、分层有序进行，并应符合下列要求：

- 1 墙式护岸岸坡开挖坡度应符合设计要求，并保证施工中的稳定。
- 2 坡式护岸岸坡开挖时应清除表层垃圾、树根等杂质，并削坡整平至设计坡度。
- 3 挖方弃土不应置于岸坡坡顶，且严禁向河道内弃土。
- 4 当地质情况与设计资料不符时，应联合建设单位、设计单位共同研究确定。
- 5 当岸坡整削完毕因故未及时施工护岸结构时，应采取措施盖护。

6.3.3 墙式护岸基槽开挖宜在无水条件下施工，当基槽开挖深度较大时宜分层开挖，每层开挖高度应根据土质条件和开挖方法确定。

6.3.4 基槽挖至设计深度时，应进行验槽，当地质情况与设计要求不符时，应共同研究处理。

6.3.5 基槽施工时，必须做好防水、排水和基底土保护。排水能力不足时宜分段设置围堰；对于土质地基，在基底设计高程上应留 100~300mm 的保护层，并应在下一工序开始前分块依次挖除。

6.4 垫层、基础和护脚施工

- 6.4.1 基槽开挖压实整平后，应及时进行垫层、基础和护脚施工。
- 6.4.2 碎石垫层的宽度和厚度应符合设计要求，垫层顶标高偏差为+30mm，-20mm。
- 6.4.3 碎石垫层铺设时，宜采用人工摊铺，铺设应自下而上进行，不得从高处倾倒，铺设应考虑松铺系数，且不宜小于 1.2。
- 6.4.4 基础和基础梁护脚混凝土及钢筋施工应符合现行行业标准《水工混凝土施工规范》SL 667 的相关规定。
- 6.4.5 基础和基础梁护脚浇筑后应根据环境条件选择适宜的养护方法进行养护。
- 6.4.6 混凝土强度达到设计强度的 70% 以上，方可进行护岸制品的安装施工。

6.5 护岸制品安装

- 6.5.1 护岸制品安装施工时应符合下列规定：
- 1 安装施工前应对基础底板（坡式护岸为岸坡或碎石垫层）进行检查，不符合技术要求时，应进行处理。
 - 2 安装时应在基础底板（坡式护岸为岸坡）上设置安装定位基准线。
 - 3 护岸制品起吊时不得在坡面拖滑，应一次起吊到位；安装过程中应采取有效措施防止碰撞造成偏位和损坏。
 - 4 护岸制品应由下至上、由已建侧向未建侧采用阶梯状推进，并分层、分段进行，安装过程中应及时校准安装偏差。
 - 5 阳角部位及不同结构衔接部位宜采用非标制品或采用现浇过渡。
 - 6 护岸制品安装应平整，不应有架空和超高现象。
 - 7 采用螺栓连接时，宜在一侧使用橡胶垫。
- 6.5.2 当护岸结构由多种形式的护岸制品组成时，安装前应检查护岸制品和连接件的规格、型号、安装位置和层数。
- 6.5.3 其他附属设施的施工应按照现行国家相关标准的施工技术要求进行。

6.6 反滤层、回填和绿化

- 6.6.1 碎石排水层施工应符合下列要求：
- 1 碎石排水层的规格和质量应满足设计要求。
 - 2 碎石排水层宜分段、分层由下至上施工，并应振捣密实。
- 6.6.2 土工织物反滤层施工应符合下列要求：
- 1 土工织物的品种、规格和技术性能应满足设计要求。
 - 2 铺设前应对基层整平，表面不得有尖角。
 - 3 土工织物铺设应平顺、松紧适度，坡顶和坡底的锚固应满足设计要求。
 - 4 相邻两块土工织物的搭接长度应满足设计要求，并不应有负偏差。
- 6.6.3 护岸制品内回填料应符合下列要求：
- 1 护岸制品内回填材料及粒径应满足设计要求。
 - 2 当镂空的护岸制品内回填土料时，应按设计要求先铺设土工织物。

3 护岸制品内回填块石时，应控制块石的粒径和回填方法，防止损坏制品。回填时应人工配合铺设，并在孔隙内抛填碎石填充，在护岸制品开孔处，块石应码砌平整、牢固，不应发生掉落，且块石粒径宜大于开孔宽度。

6.6.4 护岸回填施工宜和护岸制品安装施工协调，逐层进行，并应先进行护岸制品内回填。

6.6.5 墙背填料应回填均匀、分层摊铺、压实平整，压实指标应满足设计要求。墙背后 2.0m 范围内的回填应人工摊平，并宜采用轻型机械压实。

6.6.6 加筋式护岸墙背填料摊铺、压实应从筋材中部开始，垂直于筋材方向碾压，先向筋材尾部逐步进行，再向墙面方向进行。

6.6.7 护岸制品植物空腔应填充满足种植要求的种植土，不得含有垃圾、杂物等影响植物生长的有害物质。

6.6.8 护岸制品内栽植植物后应进行养护和管理，保持土壤湿润，定期除草追肥，防治病虫害，保证绿化效果。

7 质量检验与评定

7.1 一般规定

7.1.1 预制混凝土装配式生态护岸质量检验与评定应包括进场检验、施工质量检验、质量评定等程序。进场检验可按本标准附录 D 的要求进行检查记录。

7.1.2 护岸制品进场提供的检验资料应完整，主要包括原材料、混凝土、钢筋、埋件等质量文件，主要材料进场复验报告、构件生产过程质量检验记录及必要的试验或检验记录。

7.1.3 对于应用在有硫酸盐、氯盐、冻融等特殊环境下的护岸制品，应出具其对原材料、混凝土配合比、生产工艺等相关技术控制质量文件，同时要依据设计要求对混凝土相关耐久性进行检测，出具第三方检测报告。

7.1.4 对合格的预制构件应作出标识，标识内容应包括构件型号、生产日期、生产单位、合格标识、参照标准等。

7.2 进场检验

主控项目

7.2.1 护岸制品应按国家现行有关标准的规定进行进场检验，其抗压强度和耐久性应符合设计要求或标准规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查质量证明文件或质量验收记录。

7.2.2 护岸制品的外观质量不应有严重的缺陷，且不应有影响结构性能和施工、使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、尺量；检查质量证明文件。

7.2.3 护岸制品上的预埋件的规格和数量、预留孔洞的数量应符合设计的要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：计数。

一般项目

7.2.4 护岸制品应有标识。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

7.2.5 护岸制品的外观质量应满足表 4.4.1-1 的规定。

检查数量：按批检查，每个检验批数量的 5%，且不应少于 3 件。

检验方法：观察、尺量；检查处理记录。

7.2.6 护岸制品的尺寸允许偏差应符合表 4.4.1-2 的规定。

检查数量：按批检查，每个检验批数量的 5%，且不应少于 3 件。

检验方法：尺量；检查处理记录。

7.2.7 护岸制品的现场检测强度应大于等于设计值。

检查数量：按批检查，每个检验批数量的 5%，且不应少于 3 件。

检验方法：依据现行行业标准《水工混凝土试验规程》SL/T 352 或《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》JGJ/T 23 进行。

7.2.8 主控项目和一般项目可按本标准附录 D 进行记录。

7.2.9 其它预制构件进场检验应符合现行行业标准《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——混凝土工程》SL 632 的有关规定。

7.2.10 土工合成材料的品种、规格和性能应符合设计要求，其外观应无破损和污染，并应符合国家现行有关标准的要求。

7.2.11 工程现场施工采用的原材料、构配件、半成品应按进场批次进行检验，符合国家现行有关标准的规定。

7.3 施工质量检验

7.3.1 承担检测业务的检测单位应具有相关行政主管部门或行业协会颁发的资质证书，其设备和人员的配备应与所承担的任务相适应。

7.3.2 第三方全过程检测时，可组织质量检测、监理等单位依据相关规定编制检测方案，报质量监督机构备案。

7.3.3 工程施工质量检验应包括岸坡和基槽开挖、基础施工、护岸结构、回填料等相关内容。

7.3.4 护岸工程的检验项目和数量应符合现行行业标准《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 631、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——混凝土工程》SL 632 和《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 634 的有关规定。

7.3.5 绿化工程的检验项目和数量应符合现行行业标准《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82 中的相关规定。

7.3.6 施工质量检验项目应分为主控项目和一般项目。

7.3.7 检测方法应符合国家及行业现行技术标准的有关规定。宜优先选用无损检测方法，避免对构件造成破坏；必须采用破损检测时，检测结束后应及时修复。

7.3.8 检测中出现检验不合格项目时，应按现行行业标准《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 631、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——混凝土工程》SL 632、《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 634 和《园林绿化工程施工及验收规范》CJJ 82 的有关规定进行处理。

7.4 质量评定

7.4.1 预制混凝土装配式护岸质量等级评定分为合格和优良。

1 合格：主控项目符合质量标准，一般项目不少于 70% 的检测点符合质量标准。

2 优良：主控项目符合质量标准，一般项目不少于 90% 的检测点符合质量标准。

7.4.2 单元工程质量，在施工单位自评合格后，应报监理单位（监理机构）复核，由

监理工程师核定质量等级并签证认可。

7.4.3 重要隐蔽单元工程及关键部位单元工程质量经施工单位自评合格、监理单位(监理单位)抽检和第三方检测合格后,由项目法人、监理、设计、施工等单位组成联合小组,共同检查核定其质量等级并填写签证表,报工程质量监督机构核备。

7.4.4 分部工程质量,在施工单位自评合格后,由监理单位(监理单位)复核,项目法人认定。分部工程验收的质量结论由项目法人报工程质量监督机构核备。

7.4.5 单位工程质量,在施工单位自评合格后,由监理单位(监理单位)复核,项目法人认定。单位工程验收的质量结论由项目法人报工程质量监督机构核定。

7.4.6 工程项目质量,在单位工程质量评定合格后,由监理单位(监理单位)进行统计并评定工程项目质量等级,经项目法人认定后,报工程质量监督机构核定。

附录 A 护岸制品外形及基本尺寸

A.0.1 仿石型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.1-1~图 A.0.1.6。

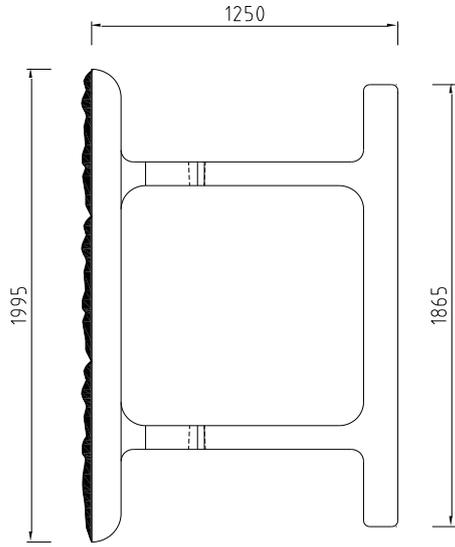


图 A.0.1-1 仿石A型生态框平面图

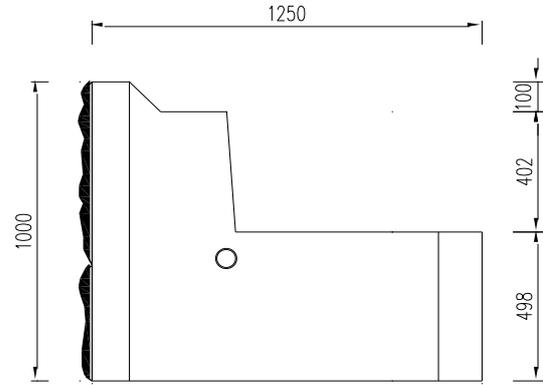


图 A.0.1-2 仿石A型生态框侧立面图

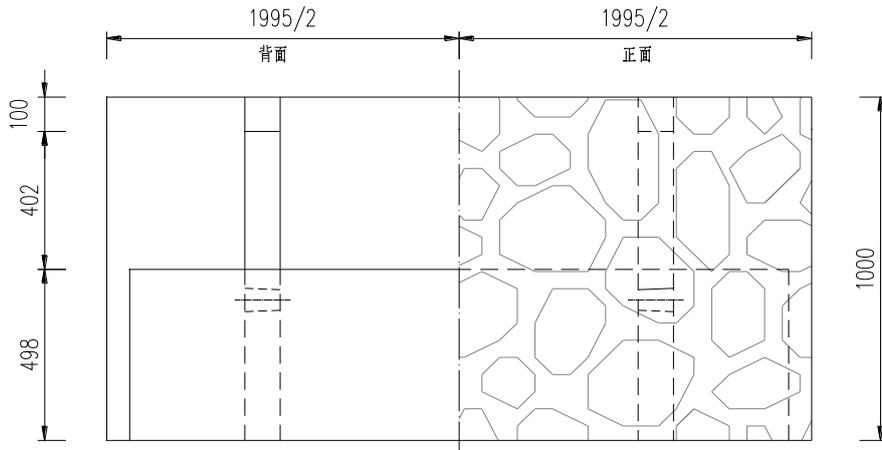


图 A.0.1-3 仿石A型生态框立面图

A.0.2 阶梯型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.2-1~图 A.0.2-8。

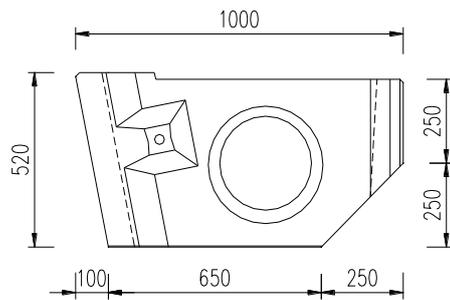
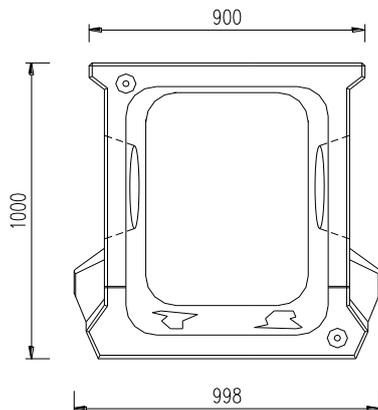


图 A.0.2-1 阶梯A型生态框平面图

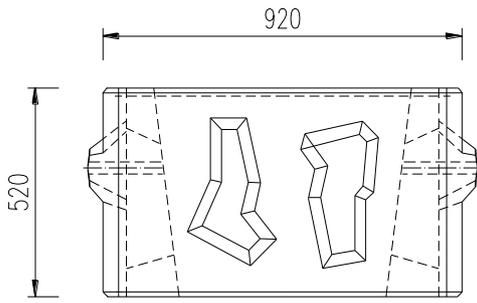


图 A.0.2-2 阶梯A型生态框侧立面图

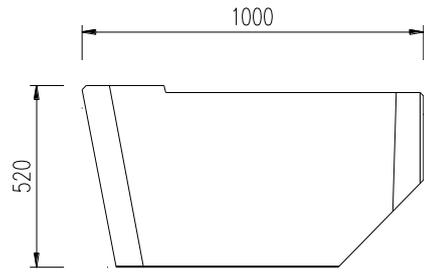


图 A.0.2-3 阶梯A型生态框立面图

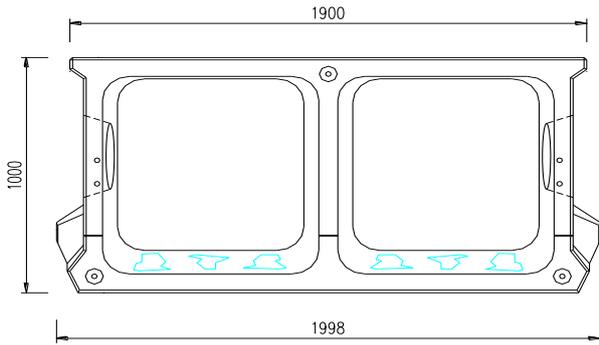


图 A.0.2-4 阶梯A型生态框剖面图

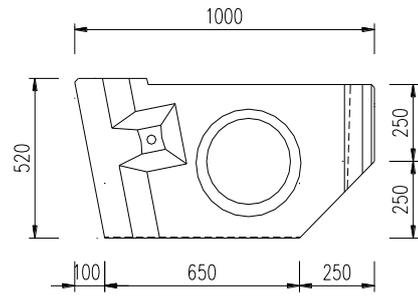


图 A.0.2-5 阶梯B型生态框平面图

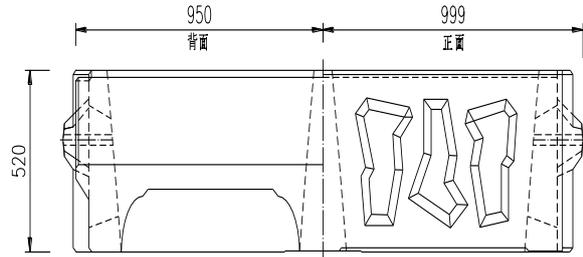


图 A.0.2-6 阶梯B型生态框侧立面图

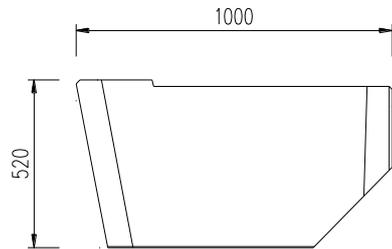


图 A.0.2-7 阶梯B型生态框立面图

图 A.0.2-8 阶梯B型生态框剖面图

A.0.3 平铺型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.3-1~图 A.0.3-4。

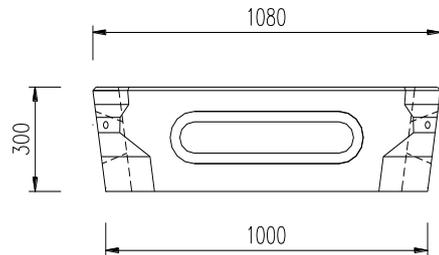
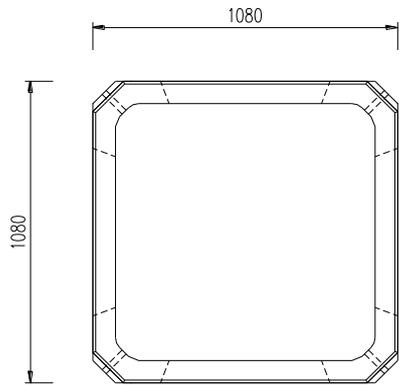


图 A.0.3-1 平铺A型生态框平面图

图 A.0.3-2 平铺A型生态框立面图

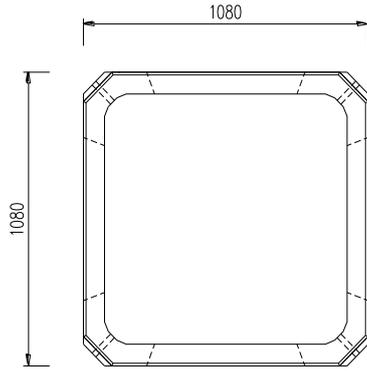


图 A.0.3-3 平铺B型生态框平面图

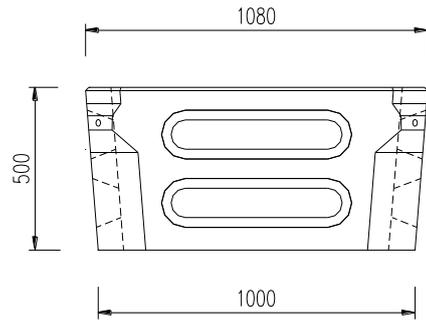


图 A.0.3-4 平铺B型生态框立面图

A.0.4 箱式生态框外形及基本尺寸见图 A.0.4-1~图 A.0.4-8。

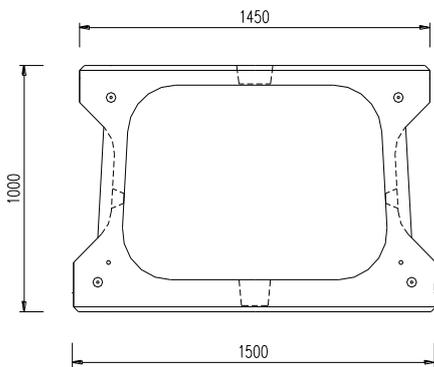


图 A.0.4-1 箱式A型生态框平面图

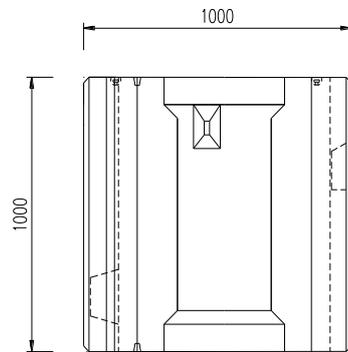


图 A.0.4-2 箱式A型生态框侧立面图

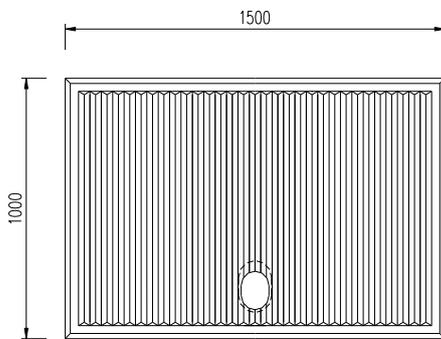


图 A.0.4-3 箱式A型生态框立面图

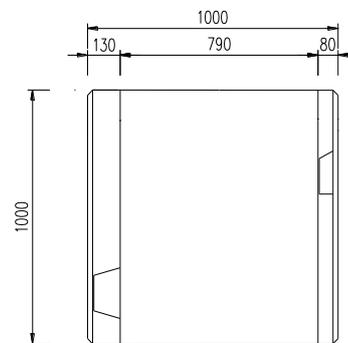


图 A.0.4-4 箱式A型生态框剖面图

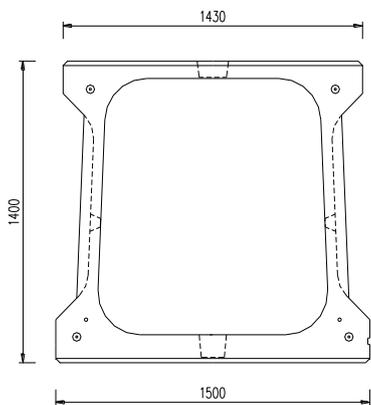


图 A.0.4-5 箱式B型生态框平面图

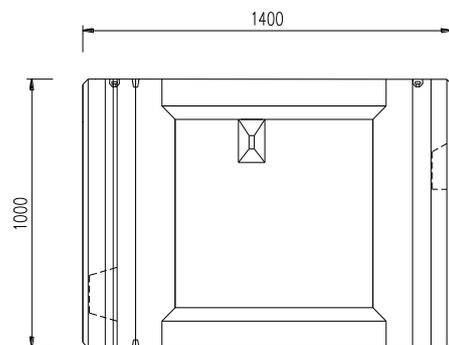


图 A.0.4-6 箱式B型生态框侧立面图

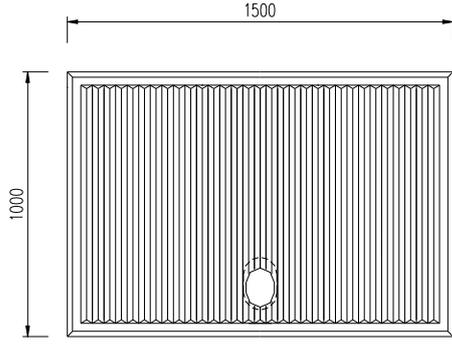


图 A.0.4-7 箱式B型生态框立面图

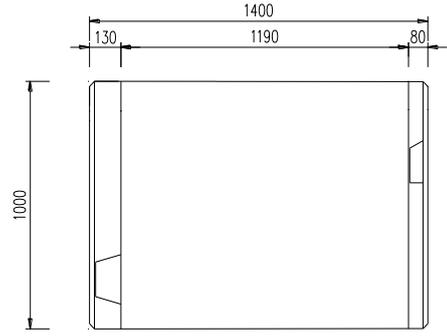


图 A.0.4-8 箱式B型生态框剖面图

A.0.5 卵石型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.5-1~图 A.0.5-4。

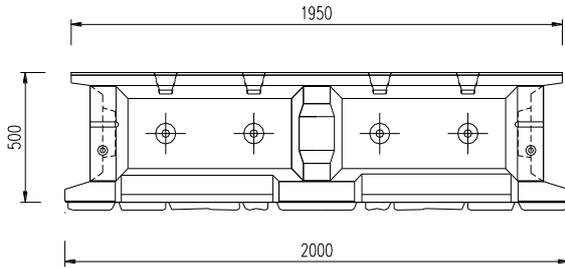


图 A.0.5-1 卵石型生态框平面图

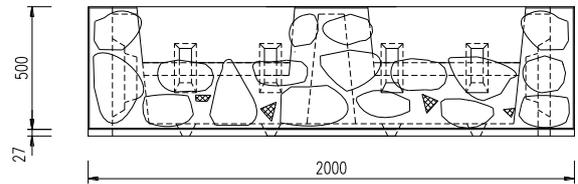


图 A.0.5-2 卵石型生态框立面图

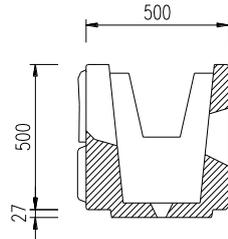


图 A.0.5-3 卵石型生态框剖面图

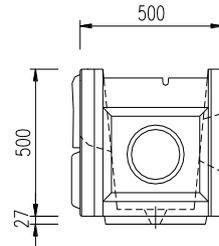


图 A.0.5-4 卵石型生态框侧面图

A.0.6 植草型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.6-1~图 A.0.6-4。

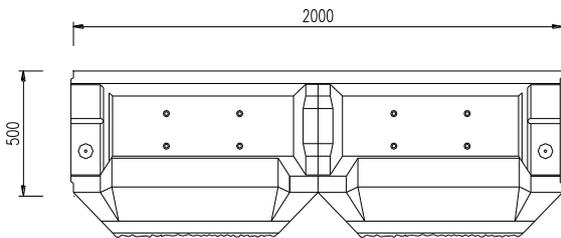


图 A.0.6-1 植草型生态框平面图

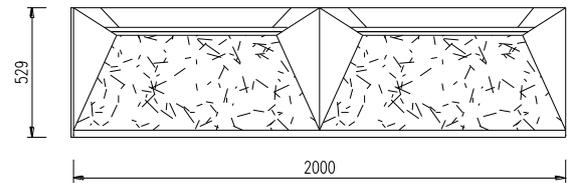


图 A.0.6-2 植草型生态框立面图

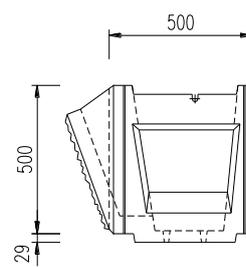
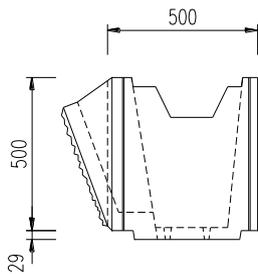


图 A.0.6-3 植草型生态框剖面图

图 A.0.6-4 植草型生态框侧面图

A.0.7 鱼巢型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.7-1~图 A.0.7-4。

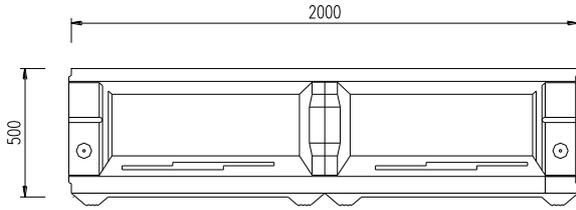


图 A.0.7-1 鱼巢型生态框平面图

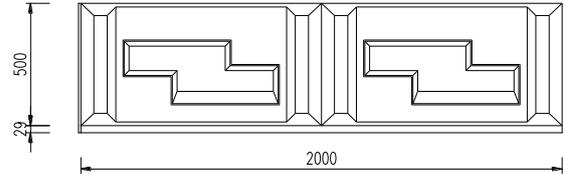


图 A.0.7-2 鱼巢型生态框立面图

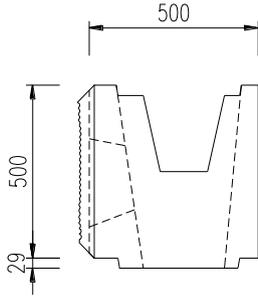


图 A.0.7-3 鱼巢型生态框剖面图

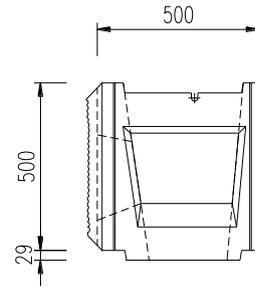


图 A.0.7-4 鱼巢型生态框侧面图

A.0.8 堆砌型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.8-1~图 A.0.8-8。

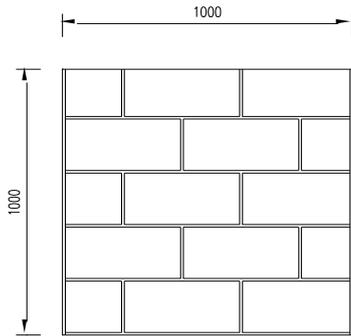


图 A.0.8-1 堆砌型生态框立面图

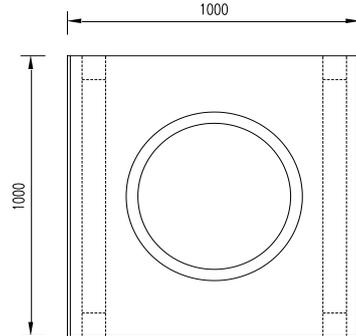


图 A.0.8-2 堆砌型生态框背面图

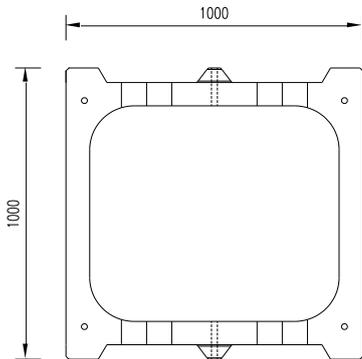


图 A.0.8-3 堆砌型生态框（单仓）顶面图

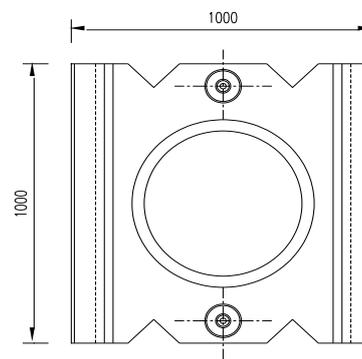


图 A.0.8-4 堆砌型生态框（单仓）侧面图

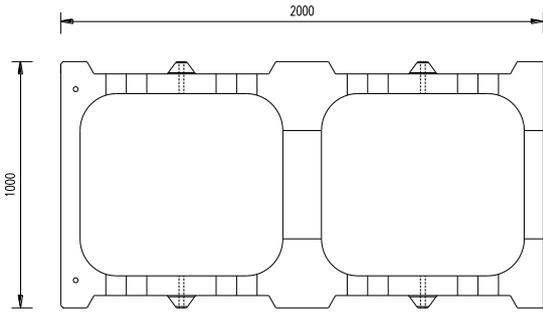


图 A.0.8-5 堆砌型生态框（双仓）顶面图

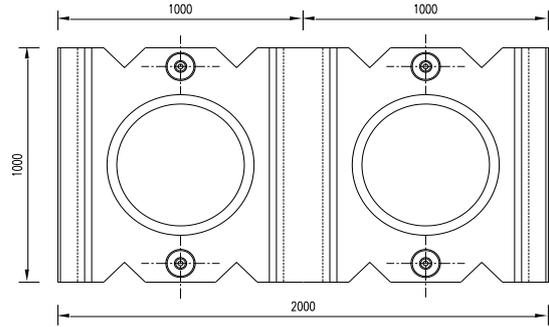


图 A.0.8-6 堆砌型生态框（双仓）侧面图

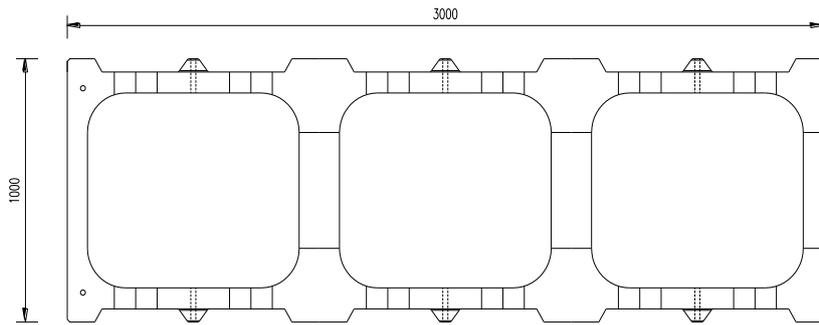


图 A.0.8-7 堆砌型生态框（三仓）顶面图

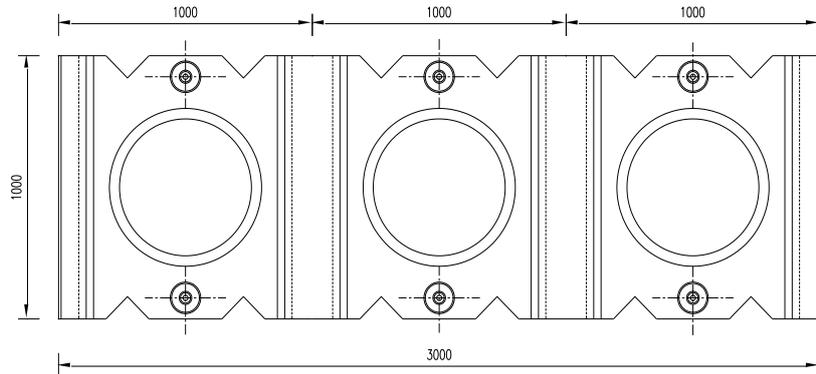


图 A.0.8-8 堆砌型生态框（三仓）侧面图

A.0.9 重力式空箱型生态框外形及基本尺寸见图 A.0.9-1~图 A.0.9-16。

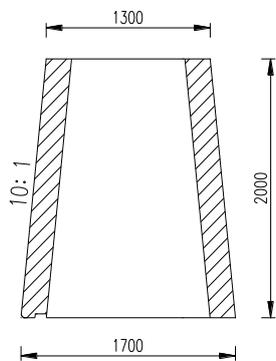


图 A.0.9-1 I 型构件A断面图

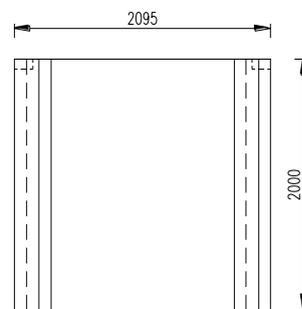


图 A.0.9-2 I 型构件A立面图

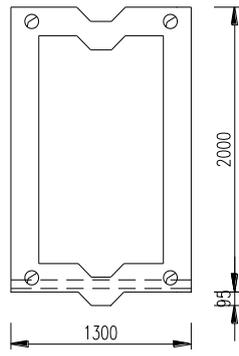


图 A.0.9-3 I 型构件A顶面图

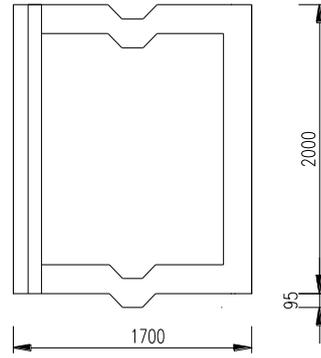


图 A.0.9-4 I 型构件A底面图

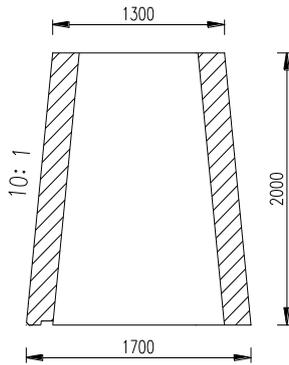


图 A.0.9-5 I 型构件B断面图

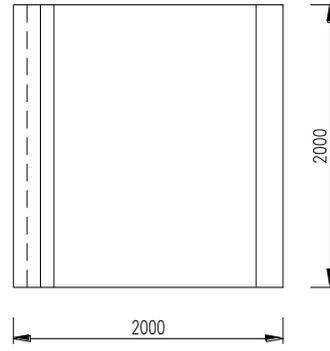


图 A.0.9-6 I 型构件B立面图

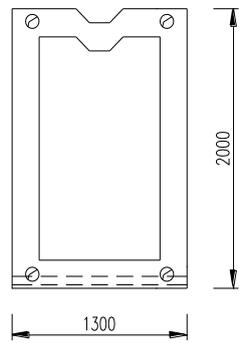


图 A.0.9-7 I 型构件B顶面图

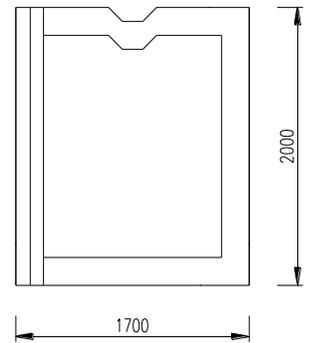


图 A.0.9-8 I 型构件B底面图

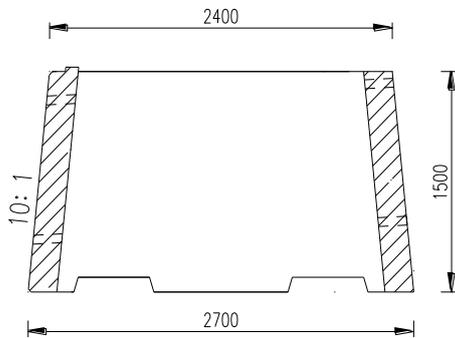


图 A.0.9-9 II 型构件C断面图

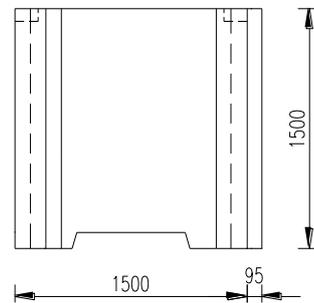


图 A.0.9-10 II 型构件C立面图

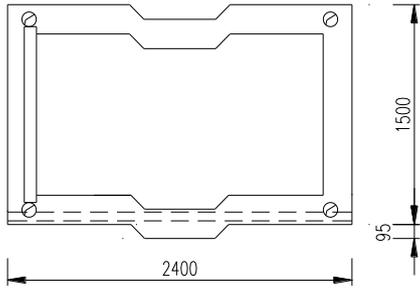


图 A.0.9-11 II型构件C顶面图

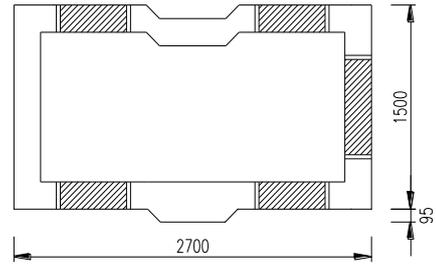


图 A.0.9-12 II型构件C底面图

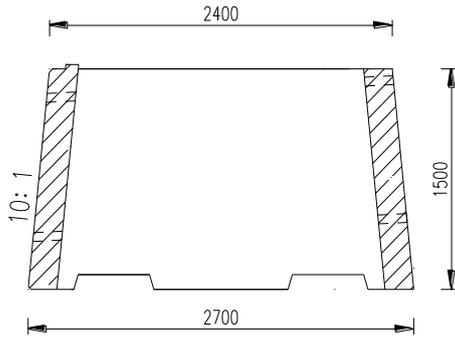


图 A.0.9-13 II型构件D断面图

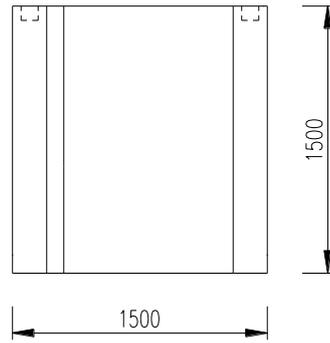


图 A.0.9-14 II型构件D立面图

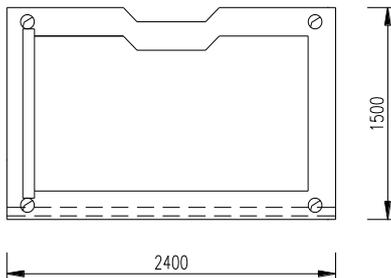


图 A.0.9-15 II型构件D顶面图

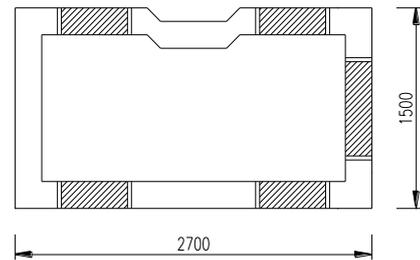


图 A.0.9-16 II型构件D底面图

附录 B 坡式护岸护面层厚度和单个护岸制品质量计算

B.0.1 波浪作用下坡式护岸护面层的厚度可按下列公式计算：

$$\frac{\Delta D}{H} = R\xi^{0.5} \quad (\text{B.0.1-1})$$

$$\xi = \tan \beta / \sqrt{H/\bar{L}} \quad (\text{B.0.1-2})$$

$$\Delta = (\rho_c - \rho_w) / \rho_w \quad (\text{B.0.1-3})$$

式中：D——护面层计算厚度（m）；

R——系数；对于实体混凝土砌块可取0.26，工程条件较复杂或护岸制品无可靠连接时，宜考虑1.1的安全系数；开孔混凝土砌块可取0.168，工程条件复杂或护岸制品无可靠连接时，宜考虑1.3~1.4的安全系数；

ξ ——破波参数；

β ——岸坡的坡角（°）；

H——计算波高（m），宜采用 $H_{1\%}$ ；

\bar{L} ——平均波长（m）；

Δ ——相对密度；

ρ_c ——护岸制品的密度（kg/m³）；

ρ_w ——水的密度（kg/m³）。

B.0.2 斜坡坡率为1.5~5.0时，在波浪作用下坡式护岸单个护岸制品的质量可按下列公式计算：

$$Q = 0.1 \frac{\gamma_c H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_c}{\gamma_w} - 1 \right) m} \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中：Q——计算单个护岸制品的质量（t）；

γ_c ——护岸制品的容重（kN/m³）；

γ_w ——水的容重（kN/m³）；

K_D ——稳定系数，通常可取10；

H——计算波高（m），当 $\bar{H}/d < 0.3$ 时，宜采用 $H_{5\%}$ ，当 $\bar{H}/d \geq 0.3$ 时，宜采用

$H_{13\%}$ 。

m——斜坡坡率。

附录 C 墙式护岸抗滑、抗倾覆稳定性计算

C.0.1 墙式护岸沿各层护岸制品底面、基底面的抗滑稳定安全系数（图 C.0.1），可按下列公式计算：

1. 基底面水平时，可按公式（C.0.1-1）和（C.0.1-2）计算：

$$\min\{K_{c,1}, K_{c,2}, \dots, K_{c,i}, \dots\} \geq K_c \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$K_{c,i} = \frac{f \sum G_i}{\sum H_i} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中： K_c ——抗滑稳定安全系数；

$K_{c,i}$ ——第 i 层护岸制品底面、基底面的抗滑稳定安全系数；

f ——沿计算面的摩擦系数，基底面可由试验或根据类似的工程经验确定，也可按《堤防工程设计规范》GB 50286取值，对各层护岸制品间有可靠连接时可取1.0，否则可取0.55；

$\sum G_i$ ——作用在第 i 层护岸制品底面、基底面上全部垂直于水平面的荷载（kN）；

$\sum H_i$ ——作用在第 i 层预制装配式构件底面、基底面全部平行于水平面的荷载（kN）。

2. 基底面向填土方向倾斜时，可按公式（C.0.1-3）计算：

$$K_{c,i} = \frac{f(\sum G_i \cos \alpha + \sum H_i \sin \alpha)}{\sum H_i \sin \alpha - \sum G_i \cos \alpha} \quad (\text{C.0.1-3})$$

式中： α ——基底面、构件底面与水平面的夹角（°），土质地基基底面与水平面夹角不宜大于 7° ，岩石地基基底面与水平面夹角不宜大于 12° 。

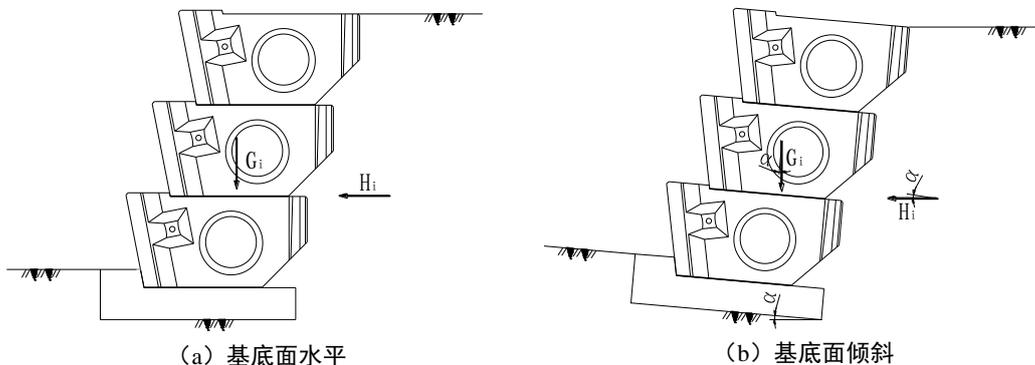


图 C.0.1 墙式护岸计算荷载示意图

C.0.2 墙式护岸对各层护岸制品底面前趾点和基底面前趾点的抗倾覆稳定安全系数，可按下列公式计算：

$$\min\{K_{o,1}, K_{o,2}, \dots, K_{o,i}, \dots\} \geq K_o \quad (\text{C.0.2-1})$$

$$K_{o,i} = \frac{\sum M_{v,i}}{\sum M_{h,i}} \quad (\text{C.0.2-2})$$

式中： K_o ——抗倾覆稳定安全系数；

$K_{o,i}$ ——第 i 层护岸制品底面、基底面的抗倾覆稳定安全系数；

$\sum M_{v,i}$ ——作用在第 i 层护岸制品底面、基底面前趾点的抗倾覆力矩（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）；

$\sum M_{h,i}$ ——作用在第 i 层护岸底面、基底面前趾点的倾覆力矩（ $\text{kN} \cdot \text{m}$ ）。

附录 D 护岸制品进场检验质量验收记录表

表 D 护岸制品进场检验质量验收记录表

单位工程名称			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	检验 结果
主控 项目	1	护岸制品合格证 及质量证明文件				
	2	护岸制品混凝土 抗压强度及耐久 性				
	3	护岸制品外观 严重缺陷				
	4	护岸制品尺寸偏 差				
	5	预埋件规格 和数量				
	6	预留孔洞数量				
一般 项目	1	护岸制品标识				
	2	护岸制品外观 一般缺陷				
	3	护岸制品尺寸偏 差				
	4	护岸制品混凝土 抗压强度				
	5	预留孔洞位置、 尺寸偏差				
	6	预埋件 尺寸偏差				
施工单位检查 结论		工长： 项目专业质量检验员： <div style="text-align: right;">年 月 日</div>				
监理（建设） 单位检查结论		专业监理工程师 （建设单位项目专业技术负责人）： <div style="text-align: right;">年 月 日</div>				

本标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《钢结构设计标准》 GB 50017
- 2 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 3 《堤防工程设计规范》 GB 50286
- 4 《灌溉与排水工程设计标准》 GB 50288
- 5 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
- 6 《河道整治设计规范》 GB 50707
- 7 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 8 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 9 《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》 GB/T 1499.1
- 10 《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》 GB/T 1499.2
- 11 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 12 《预应力混凝土用钢棒》 GB/T 5223.3
- 13 《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》 GB/T 18046
- 14 《高强高性能混凝土用矿物外加剂》 GB/T 18736
- 15 《水利水电工程施工组织设计规范》 SL 303
- 16 《水工混凝土试验规程》 SL/T 352
- 17 《水工挡土墙设计规范》 SL 379
- 18 《水利水电工程边坡设计规范》 SL 386
- 19 《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 631
- 20 《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——混凝土工程》
SL632
- 21 《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
634
- 22 《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》 SL 654
- 23 《水工混凝土施工规范》 SL 667
- 24 《水利水电工程安全监测设计规范》 SL 725
- 25 《水利工程质量检测技术规程》 SL734
- 26 《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》 JGJ/T 23
- 27 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 28 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 29 《园林绿化工程施工及验收规范》 CJJ 82

团 体 标 准

生态护坡预制混凝土装配式护岸技术规程

T/CHES XXX-2021

条 文 说 明

目 次

1	总 则	38
3	基本规定	39
4	材料与制作	40
4.1	原材料	40
4.3	成型和养护	40
5	设 计	41
5.1	一般规定	41
5.2	布置及选型	41
5.3	荷载分类组合及计算	42
5.4	坡式护岸设计	42
5.5	墙式护岸设计	42
5.7	生态景观设计	43
5.8	构造要求	43
6	施 工	45
6.1	一般规定	45
6.2	堆放与运输	45
6.3	岸坡和基槽开挖	45
6.4	垫层、基础和护脚施工	45
6.5	护岸制品安装	45
6.6	反滤层、回填和绿化	46
7	质量检验与评定	47
7.2	进场检验	47
	附录 C	48

1 总 则

1.0.1、1.0.2 护岸工程是保护河、湖、渠等堤岸免受水流、风浪侵袭和冲刷所采用的工程措施，水利工程中常见的护岸类型有草皮护岸、板桩护岸、石笼护岸、混凝土和圪工护岸等。随着高质量发展的社会需求推动，工程建设中装配式产品与技术近年来发展迅速，具有显著安全性、生态性、经济性的预制混凝土装配式护岸也被大量采用。但由于预制混凝土装配式护岸采用部品构件装配成型，与传统的护岸结构存在较大的差异，因此，现行行业标准不能完全涵盖预制混凝土装配式护岸。本标准在满足国家现行标准的基础上，总结近年来预制混凝土装配式护岸科研成果及应用实践经验，对其在工程中应用的特殊技术要求作出具体规定，目的是为了规范预制混凝土装配式护岸的技术要求，提高整体应用水平。

应用于其他涉水工程时，在参照本标准的同时，应遵循工程在所属行业内的技术要求和国家现行标准的相关规定。

3 基本规定

3.0.1 在部分受地形条件限制、易受水流冲刷的河岸或有亲水观景需求的工程，常水位附近可采用墙式护岸，其上至岸坡顶采用坡式护岸，形成组合式的护岸形式，预制混凝土装配式护岸通过不同形式的护岸制品组合使用，可达到对组合式护岸的修复目的。

3.0.2 预制混凝土装配式护岸结构可应用于水工建筑物翼墙、边坡，也可应用于独立河道或防洪河段的挡土结构，因此，基本设计标准应根据其使用场景及工程类别确定。无论何种使用场景，其级别的划分均是依据所属主体工程的等别或级别进行确定。

3.0.3 预制混凝土装配式护岸除了可以防止土体流失、岸坡崩塌，还具有生态景观功能，其既可以与其他水工建筑物一起承担防洪、治涝、灌溉等任务，也可独立或与其他水工建筑物组合承担环境、景观等功能。因此，应根据工程场地的地形、地质、水文等条件，并与所属工程中各建筑物相协调，合理布局，充分发挥各相关工程的作用。

3.0.4 预制混凝土装配式护岸有别于传统护岸结构，其是采用模块化构件和特定的组合方式形成具有一定生态功能的护岸结构，本条在计算分析依据中增加生态景观要求，主要是因为护岸的设计中，常常需要结合生态景观对填料、坡度、植被配置等方面的特殊需求综合考虑，充分发挥其生态效果。

3.0.6 预制混凝土装配式护岸与传统护岸结构的显著不同在于其具有生态、景观属性，包括在水生物保护、水系内循环、绿化植被、造型或色块效果等方面，设计时可根据工程在水生态、水环境和水景观方面的具体要求选择合适的护岸制品、结构形式和绿植配置。

3.0.8 从护岸施工安全角度考虑，一般需对预制混凝土装配式护岸施工期变形进行监测，包括垂直位移和水平位移。对于运营期，应根据护岸的类型及级别确定监测项目及监测频率。对于需要进行渗流分析的岸坡，预制混凝土装配式护岸应与主体工程共同进行渗流监测。因此，预制混凝土装配式护岸的安全监测应根据工程的不同要求分析确定。

4 材料与制作

4.1 原材料

4.1.6 护岸制品壁厚一般不低于 80mm，由于其多为异形结构且多开设孔洞，若不配置钢筋，其在脱模及吊装过程中易产生裂缝，进而影响其使用功能。为提高构件的抗裂及起吊能力，保证结构安全，护岸制品应根据结构形式配置构造钢筋。

4.1.7 本条中规定的吊环材料要求与行业标准《水工混凝土结构设计规范》SL 191 的规定一致。为达到节约材料、方便吊装的目的，并避免外露铁件锈蚀或吊环割除，预制构件的吊点也可采用吊杆、内埋式螺母等，此类部件应根据相应的产品标准进行选用。

4.3 成型和养护

4.3.1 护岸制品成型模具有玻璃钢模具、钢模具等多种类型，玻璃钢模具价格低廉，但周转次数有限、模具易变形；钢模具虽价格稍高，但其周转次数多，综合成本低，且生产的产品质量好。由于护岸制品造型相对复杂，对外观质量要求高，为保证产品质量和造型美观，宜选用钢模具。

预制构件混凝土振捣方式的选择应结合构件的型式、生产工艺等综合确定。护岸制品多为薄壁构件，且造型多孔洞，采用定型模具生产宜选用模具附着式振捣器，且在边角气泡不易排出的位置配合使用插入式振捣器进行辅助振捣，但应避免碰触钢筋。

护岸制品与常规受力构件的应用方式和使用场景有所不同，除上下接触面外，对其它表面的误差敏感度相对较小，若完全按照常规受力构件控制其尺寸偏差，则过当引用。为此，通过参考水运行业标准《防波堤与护岸施工规范》JTS 208 中空心方块结构和国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中预制构件尺寸偏差的要求，根据护岸制品的特点综合确定，其中构件的长、宽、高及壁厚参照空心方块结构尺寸偏差确定，孔洞、吊点等涉及构件的安装精度，根据常规预制构件尺寸偏差要求确定。

4.3.2 采用常压蒸汽养护的目的主要是为了加速混凝土凝结硬化，缩短脱模时间，加快模板周转，提高生产效率。严格按照养护制度执行，可有效避免护岸制品的温差收缩裂缝，保证产品质量。

4.3.3 为防止过早脱模造成护岸制品过大变形或开裂，本条规定了其最低脱模强度要求。

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 工程区域内的水位、流速、流量、风况、潮汐、波浪、冻情、地形地貌、地质构造、土质类别、土体物理力学性质等情况对护岸工程的结构选型、平面布置尤为重要，因此本条特别规定在工程开展前应收集水文气象和地质地形资料。

5.1.2 随着社会经济的发展，人们对于生活环境的要求越来越高，特别对于临水的护岸工程已经由以往的单一防护功能，逐步转为具有防护、景观、生态等多功能的护岸结构。因此，对于预制混凝土装配式护岸的选型应综合现状、规划以及更高级的生态要求综合确定，同时亦要兼顾人员在亲水观光过程中的人身安全。

5.1.4 预制混凝土装配式护岸标准段截面尺寸基本一致，为简化计算，一般取 1 延长米作为稳定计算单元，非标准段，如圆弧转弯段或直角转弯段，由于其受土压力作用的方向随墙体纵向线型变化而变化，受力条件复杂，一般可选取两相邻永久结构缝间的区段整体计算较为合理。

5.1.6 预制混凝土装配式护岸一般为岸坡或者水工建筑物的组成部分，故应与所属主体结构整体进行渗流稳定分析。

5.1.7 护岸墙背土压力为护岸结构所有荷载的最主要部分，为保证其稳定性应选取抗剪强度指标较高的回填料，回填料的性质应根据防渗、排水和土料来源等综合确定。对于防渗段，其墙后应选用黏性土回填，非防渗段可选用无粘性回填料。

回填料抗剪强度指标的准确性对护岸结构安全性影响很大，不准确的指标易造成设计不合理或安全度不足。一般情况下，回填料的抗剪强度指标要求通过试验确定，条件受限时，也可采用工程类比法确定。

5.2 布置及选型

5.2.3 预制混凝土装配式护岸结构形式的选择是在结构稳定的基础上进行的，景观性河道和湖泊，其需要满足人们观景的需求，故需要丰富的景观因素，同时也要考虑人员观景的安全，因此，运用墙式护岸结构时一般使用阶梯式和陡坡式，可实现多层绿化，亦可满足人员、动物落水后能迅速自救并上岸；行洪、灌溉和排水等渠道或河道，需要满足过水流量的要求，且相对一般河道其流速均较大，可选用过流能力和防冲能力更强的结构形式，如墙式护岸的直立式和陡坡式。

5.2.4 护岸制品适用的结构形式与其外形形状相关，一般规则的构件，如箱型、堆砌型等生态框，其结构规整，边界清晰，应用方式灵活，阶梯式、直立式、陡坡式等护岸结构形式均可使用。表 5.2.3 中所提供护岸制品适用高度区间，是根据其结构特点、结构形式，在一般的情况下确定的，具体的设计高度应根据工程区域的地质、水文、荷载等资料计算确定。

护岸制品为预制的空心混凝土构件，迎水面为混凝土面或混凝土造型面，可参考国家标准《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288-2018 附录 C，渠道用预制混凝土铺砌板允许不冲流速为 5m/s，对于如箱式生态框、重力箱型生态框等护岸制品采用陡坡

式或直立式堆砌时，无外露块石，为混凝土面与水体的接触，其自重和连接可靠性明显大于铺砌板，编制组出于工程安全考虑，建议目前护岸制品使用最大流速不超过5m/s；对于阶梯式布置有外露块石的护岸制品，应该根据块石粒径、块石码砌方式、水深和工程实践经验等因素综合确定适用流速，重要工程可通过试验或按抗冲粒径经验公式计算确定。

5.2.5 随着装饰混凝土技术的不断发展，目前，可根据景观设计的要求，对护岸制品的颜色、造型或图案进行定制。

5.3 荷载分类组合及计算

5.3.3 预制装配式墙式护岸由护岸制品堆砌形成，其挡土结构断面与传统挡土墙断面类似。墙背土压力计算方法可参照传统挡土墙结构按库仑主动土压力进行计算。对于采用错台阶梯式布置的墙式护岸，实际墙背为折线形，建议采用简化方法计算，即将护岸制品墙背顶点相连作为护岸结构的假想墙背进行土压力计算。

墙式护岸在抗滑稳定性计算时，一般不考虑墙前被动区的有利作用。但是当墙基埋置深度较深、地层稳定且采用砌石、混凝土等全断面护底措施时，墙前被动区对墙体滑移有明显限制作用，若不考虑墙前被动区的有利作用，会造成护岸结构的增大和结构形式的不合理，故在计算基底的抗滑稳定性时，可按静止土压力计算其影响。

5.4 坡式护岸设计

5.4.3 应用于坡式护岸中的护岸制品，构件尺寸一般不大，自重较轻，引起坡面地基附加应力的增加有限，故一般不考虑其地基的沉降计算。对于在新建筑堤工程中使用坡式护岸时，坡式护岸可与岸坡作为整体进行沉降计算。

5.4.4 预制混凝土装配式护岸的坡式护岸可能发生沿坡面的滑动失稳，其稳定性计算方法按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286-2013 中附录 D.1.1 的第 1 款执行。其中护岸制品与土坡的摩擦系数可按基础土与挡土墙基底的摩擦系数取值，即按《堤防工程设计规范》GB 50286-2013 中表 D.1.2-2 进行取值。

5.4.6 护岸制品内部回填的块石无遮掩时，易受水流作用的影响，可参照《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288 中渠道不冲流速的相关规定来确定回填块石的规格。

5.4.7 马道若仅用于维保人员的安全巡检通行时，在满足截水和安全的前提下，可采用与坡面结构相同的护岸制品作为结构层。

5.5 墙式护岸设计

5.5.4 考虑护岸制品内部空间有限，内部回填料一般采用人工压实，因此，不以常规的压实度或相对密度指标对内部回填质量进行控制。但稳定性计算时，其总重应考虑填料孔隙或固结影响，回填料的密度应介于松散和压实状态之间，设计时应进行适当折减，对于回填土料可取天然密度的 0.9 倍，对于回填块石若无二片石填充或码砌时可取堆积密度，否则可取湿密度，对重要工程应宜通过试验确定。

5.5.5 基础形式一般采用现浇形式，主要是现浇基础可以消除地基整平后的高度误差，便于护岸制品的安装，常用的基础形式为素混凝土底板，当根据基底反力计算的截面

应力值大于基础材料的允许值时，可采用钢筋混凝土底板，否则需要加大基础厚度。

5.5.8 土质地基和软质岩石地基上的墙式护岸基底面平均应力不应大于地基允许承载力，最大基底应力不应大于地基允许承载力的 1.2 倍；基底应力的最大值与最小值之比不应大于现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL379-2007 中表 6.3.1 的允许值。硬质岩石地基上的墙式护岸基底面最大应力不应大于地基允许承载力；除施工期和地震情况外，基底不应出现拉应力，在施工期和地震情况下，基底拉应力不应大于 100kPa。

5.5.10 常用的墙式护岸地基处理可采用换填法、搅拌桩或刚性桩复合地基、桩基础等，也可更换单体重量更轻的生态框。

5.5.11 墙式护岸的布置方式不同，受力条件也不尽相同，在进行内力分析时应考虑各因素的影响，选定合适的计算方法。但对于护岸构件本身，其内力一般较小，采用构造配筋可满足要求，故不要求进行其内力计算。

墙式护岸底板的分析方法与行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 保持一致。底板前趾顶部一般设置抗滑齿墙，部分护岸制品，如堆砌型生态框顶（底）面可安装抗滑块，直接承担构件的水平荷载，需按照行业标准《水工混凝土设计结构设计规范》SL191 对抗剪结构截面的抗剪承载力进行复核，保证抗剪结构可满足结构强度要求。

连接构件包括构件上下层及构件相邻之间的连接件，主要为螺栓、销钉等钢结构，按照国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 对其强度进行验算。

5.5.15 采用护岸制品所形成的墙式护岸与传统挡土墙结构具有较大差异，其墙身多拼接缝隙且多数有孔洞，除水位骤降情况，一般墙前和墙后无水位差，故多不考虑其基底的抗渗稳定性。当采用无孔洞护岸制品，如箱式生态框和重力式空箱型生态框，且采取措施使护岸结构除泄水孔外无其他排水措施时，易出现墙后水位高于墙前水位的情况，则应对其基底的抗渗稳定性进行验算。

5.7 生态景观设计

5.7.1 护岸制品突破传统护岸结构固化的设计方式，融入水体交互、资源节约、低碳环保等可持续发展理念，形成了预制混凝土装配式护岸技术，显而易见，生态性为其设计的基本原则。生态型、透水型护岸通过精心设计，可保证护岸前后水体交互，同时在邻水侧设置留置孔洞，可为生物生存和繁衍提供条件，并且可以增强水体的自净能力。

5.7.3 开孔型护岸制品是指在其前立面设置孔洞的一类构件，内部一般回填块石，存在一定的空隙，可以为鱼类等水生物提供栖息和产卵的场所，降低采取护岸措施后对水域内生物种群生存空间的破坏。

5.7.4 植物的选择首要考虑因素，即是是否适宜当地土质、水质、气候、水流形态等因素。阶梯型护岸为分层错台布置，设计人员可以通过在各层选种不同颜色的叶类植物，从而将护岸打造为具有色块效果的景观性工程。

5.8 构造要求

5.8.2 岩石地基开挖后其表面通常凹凸不平，采用二片石、碎石可对岩面进行整平，

保证护岸制品安装面的平整度，避免有凸出的岩石与其点接触。对土质地基，由于其具有压缩性，因此，需要设置混凝土或钢筋混凝土基础底板，扩大接触面积，降低地基应力和减少沉降，下部碎石垫层的设置有助于减小不均匀沉降并增加护岸结构的抗滑能力。在冲刷性河道中无防冲措施时，基础埋深应满足现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 相关要求。

5.8.3 当采用预制排水沟时，排水沟节段之间拼缝宜采取可靠措施，如止水胶条、防水密封膏、现浇段等措施，防止沟内水渗入坡脚土体。

5.8.5 护岸制品自身多为镂空结构，制品上下层之间及纵向相邻之间为缝隙，故预制混凝土装配式护岸墙体具有可靠的排水通道，墙后采用土工织物作为反滤层，主要是考虑施工便捷，对于采用陡坡式、阶梯式结构形式的墙式护岸，若采用碎石反滤层，其逐层铺设难度大，且造价也相对较高。反滤层外设置级配碎石排水层，主要有两方面的作用：一是形成稳定的排水面，快速降低墙背水位，保持墙体前后水体平衡；二是作为护岸结构的垫层，改善其受力情况。

5.8.6 一般来说，护岸制品内在常水位以上回填土料，在常水位以下回填块石，回填块石的粒径大小应根据水流流速和波浪的情况计算确定，当稳定性不满足规范要求时，也可采用素混凝土回填，以增加结构的自重。

6 施 工

6.1 一般规定

6.1.4 护岸制品多为薄壁型构件，且壁板存在孔洞，故本条规定在吊装过程中，不宜产生水平挤压力，以免造成构件的开裂。

6.2 堆放与运输

6.2.1~6.2.3 护岸制品堆放和运输涉及质量和安全要求，应严格按照制定的方案实施，不得随意更改安全保护措施。条文中构件层间的堆放示意适用于异形截面的构件，具体的堆放应根据构件的特点选用稳定可靠的方式。护岸制品一般均设置了安装吊点，在吊运过程中应根据吊点位置，合理选择起吊方式。

6.3 岸坡和基槽开挖

6.3.3 护岸制品对安装精度有一定的要求，已实施项目基本均采用围堰排水后，在无水下条件下进行施工作业。对于基础埋深较大工程，场地允许时，宜根据地质条件逐层分梯段进行开挖，确保安全；当只能采用单层开挖时，宜通过计算确定其基槽开挖坡度。

6.3.5 土质地基在基槽开挖时预留保护层，目的是防止机械设备在施工中对原状土的扰动，且在下一道工序开始前应采用人工挖除至地基设计高程。

6.4 垫层、基础和护脚施工

6.4.2、6.4.3 碎石垫层在护岸结构中工程量很小，但其功能非常重要。施工中其宽度和厚度不应小于设计要求，顶标高偏差的确定参照《防波堤与护岸施工规范》JTS 208 确定。为保证垫层质量，应自下而上有序分段推进，分段处不应出现错位、断缺等现象，预制混凝土装配式护岸中碎石垫层厚度一般较小，故建议采用人工进行摊铺。

6.5 护岸制品安装

6.5.1 条文第 4 款和第 5 款规定了护岸制品安装的方式和偏差控制，模块化构件若不及时校准安装中误差，误差会不断累加，对于采用螺栓、榫槽等连接方式的构件，会造成构件无法连接，影响整体性和墙身的外观质量。

第 5 款中由于一般护岸制品为标准化构件，当护岸存在阳角或与其他护岸结构衔接时，往往在立面上会出现无法避免的缝隙，宜采用非标构件过渡或采用现浇混凝土结合造型模板过渡。

第 7 款规定了螺栓连接的要求，预制混凝土装配式护岸一般为柔性或半刚性的连接，相邻构件间难免会存在一定的变形差，为协调该部分差距，建议在一侧使用橡胶垫，同时螺栓不宜完全拧紧，仅需拧至与橡胶垫贴合即可。

6.6 反滤层、回填和绿化

6.6.3、6.6.4 回填料的选择应满足设计要求，回填施工顺序控制主要从安全角度考虑，防止墙后土体回填造成墙身的变形。护岸制品内部尺寸一般不大，完全采用机械回填，不仅会对构件造成损伤破坏，并且孔隙率大，降低墙身自重，影响结构的稳定性。为此，本条规定采用人工辅助回填，用碎石对孔隙进行填充，并对外立面开孔处的石块适当码砌，防止咬合不牢掉落。

对于预制混凝土装配式护岸的墙式护岸，采用阶梯式或陡坡式结构时，墙背为倾斜面，为保证墙后土体的压实度并防止多层构件向内倾倒，要求护岸制品安装分层、分段进行，并且安装一层即进行构件内和墙后回填施工。

7 质量检验与评定

7.2 进场检验

7.2.1~7.2.7 条文是针对专业工厂制作提出的检验要求，护岸制品的进场检验是在工厂检查合格的基础上进行的进场验收，进场时应检查质量证明文件。

附录 C

C.0.1、C.0.2 两款给出了预制混凝土装配式护岸的墙式护岸抗滑、抗倾覆稳定性计算表达式，要求进行分层计算。由于墙式护岸是通过护岸制品多层堆砌形成，构件间存在缝隙，故其各层构件相当于独立挡土墙，因此，有必要分别对各层分缝处的抗滑和抗倾覆稳定性进行分析。

摩擦系数的取值与材质特性和连接方式有关，当上下层护岸制品之间采用销钉、混凝土抗滑块、凹凸榫等连接方式时，构件间基本不会产生相对滑移，故摩擦系数可取为 1.0；无特殊连接时，上下层护岸制品为混凝土面与混凝土面的接触，无实测资料时可参照行业标准《码头结构设计规范》JTS 167-2018 中表 7.1.10 的规定取为 0.55。近 6 年来，通过数百项实际工程的应用，采用该摩擦系数进行设计的工程未发生任何滑移破坏事故，并且达到了预期的治理效果。