

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.05.030

深圳地区水质提升工程中挡墙修复方法及应用

李经纬

(上海市政工程设计研究总院第三设计院, 上海市 200092)

摘要: 针对深圳地区水质提升工程中遇到的老旧挡墙修复问题, 采用的挡墙修复流程和修复方法包括: 首先, 检测单位对现状挡墙的状况进行排查, 找出存在的安全隐患, 采用外观调查、物探检测等综合手段对隐患点进行分析, 从而对挡墙工程质量进行评价分级, 给出挡墙修复建议; 其次, 对检测后建议拆除重建且有条件实施的老挡墙, 建议拆除重建生态挡墙; 再次, 对建议修补的老挡墙, 通常采用土钉挂网面板方案和 L 型植墙结合方案。同时, 针对不同的挡墙缺陷, 要采取不同的修复方案。比如裂缝缺陷修补方案, 既节省了投资, 又达到了很好的修复效果。

关键词: 水质提升工程; 挡墙修复; 评价分级; 生态挡墙; 修复方法; 裂缝缺陷修补

中图分类号: TV8

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)05-0116-06

0 引言

近年来, 深圳各区严格落实中央环保督察整改要求, 全力推进各项治水提质工作, 水环境质量得到明显改善。在水质提升工程中, 对河道隐患情况进行了排查, 发现河道沿线存在大量老旧挡墙, 且多为浆砌石结构和钢筋混凝土结构。由于挡墙自身结构的特点, 经过长时间的运行后, 多出现砂浆流失、树根侵入、局部破坏、坍塌、裂缝、鼓凸等安全隐患。另外, 河道沿线多位于人流密集区域, 人类活动和工程建设比较活跃, 挡墙受到不同程度的人为损坏或者后期改造。因此, 挡墙的工程质量状况普遍较差, 需及时进行综合整治, 并对已发现的隐患采取应急措施, 确保人民生命和财产的安全。

由于水质提升工程中涉及的河道挡墙数量众多, 挡墙自身状况良莠不齐, 全部进行修复, 经济上不合理, 也没有必要。因此, 检测单位需要先对现状挡墙的状况进行排查, 根据排查成果找出存在的安全隐患。同时, 结合相关分析计算, 对现状挡墙的工程质量进行评价分级, 给出挡墙修复建议, 有针对性地进行修复。

1 工程质量评价分级标准与方法

检测单位对现状挡墙的工程质量进行评价分级的步骤如图 1 所示。

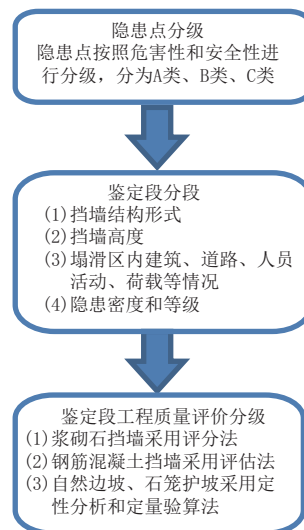


图 1 工程质量评价分级步骤

1.1 隐患点分级标准

本文中的隐患点仅指河道现状调查发现的显性隐患。根据危害性、危险性、重要性、治理的紧迫性等因素进行综合分类, 主要为处置现有隐患方案提供依据, 便于及时、合理地解决隐患问题, 同时为挡墙的整体安全性分级提供参考。

隐患点等级分类标准如下:

(1) A类: 一般隐患。隐患一般, 需密切关注发展动态, 选择性治理。

(2) B类: 较大隐患。隐患严重, 需及时巡查监测, 后续治理。

(3) C类: 重大隐患。隐患特别严重, 需及时重点治理。

收稿日期: 2021-05-11

作者简介: 李经纬(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事结构设计工作。

1.2 鉴定段分段标准

鉴定段分段是后续挡墙修复设计方案范围的依据。为防止出现重大隐患点为一小段,分段过粗导致大段挡墙纳入整治范围,造成过度设计的情况,鉴定段由粗到细进行了三级分区。分区标准如下:

(1)一级分区主要是以结构形式、建造年代、挡墙高度和尺寸为依据进行区域划分。分区类型主要包括浆砌石挡土墙、混凝土挡土墙、石笼生态护坡、自然岸坡等。

(2)二级分区主要是在一级分区的基础上根据河岸塌滑区内建(构)筑物和人流密集程度的不同进行二级分区。分区类型主要包括房屋、车行道、绿化带和空地等。

(3)三级分区是根据调查发现的隐患点密集程度进行分区。分区类型主要包括隐患密集或综合隐患等级为C类的区域、隐患点较密集或综合隐患等级为B类的区域、隐患点较少或综合隐患等级为A类的区域。

对于临河房屋的影响,塌滑区范围以内的房屋予以考虑,塌滑区以外的房屋不予考虑,塌滑区以内地段的堤防结构安全等级应适当降低,塌滑区范围 L 按照《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)3.2.3节公式确定。公式如下:

$$L = \frac{H}{\tan\theta}$$

式中: L 为边坡坡顶塌滑区外缘至坡底边缘的水平投影距离,m; H 为边坡高度或挡墙高度; θ 为坡顶无荷载时边坡的破裂角, $^{\circ}$;对直立土质坡可取 $45^{\circ}+\varphi/2$,对斜面土质坡可取 $(\beta+\varphi)/2$ 。其中, φ 为土体的内摩擦角, β 为坡面与水平面的夹角。对岩质边坡可按《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2013)第6.3.3和6.3.4条确定。

1.3 鉴定段工程质量评价分级标准

鉴定段工程质量评价分级是根据隐患点处的外观调查、物探检测,以及现场测绘、取样钻探(标贯、动探)、强度检测、抽芯检测、断面测量等综合手段对河道挡墙进行分析评价、计算复核等得出的工程质量评价分级。各分级类别与标准见表1。

2 水质提升工程中常用的挡墙修复方法

对河道挡墙现状进行排查后发现,主要存在以下问题:

(1)工程地质勘察深度不足或无勘探成果时,容

表1 鉴定段工程质量评价分级标准

序号	分级类别	代号	分级标准
1	优良	A ₁	堤防无病害特征,工程质量达到标准要求,且运行当中未发生质量问题
2	合格	B ₁	堤防有轻微病害特征,工程质量未完全达到标准要求,但未发现影响工程安全、质量的缺陷
3	不合格	C ₁ -1	工程质量不达标,出现轻微破损、裂缝等病害现象,不影响河道的正常运行,危害性和危险性较小
		C ₁ -2	工程质量不达标,出现较明显的缺陷隐患,且复核计算不满足稳定性要求,危害性中等
		C ₁ -3	已经发现明显缺陷隐患或者计算复核严重不满足要求,并且会直接威胁人民的生命和财产安全的河段,危害性大

易造成挡墙基础设计偏差。工程建设中因工程施工质量监督不到位,施工方没完全按设计图纸施工,如对软基或地质软弱破碎带处理不彻底,擅自更改墙背回填土材料、简化排水构造、改变分缝间隔、改变填缝材料等,给挡墙留下安全隐患^[1]。挡墙墙顶和墙后地面荷载设计时都有控制要求,由于管理不到位,挡墙运行期间经常出现墙顶和墙后地面长期堆放大于设计荷载的货物或通行大于设计活荷载的车辆等情况,对挡墙安全造成不利影响。

(2)深圳地区正在实施的水质提升工程是黑臭水体整治工程的延续。该工程要保障水体的三大功能,即生物净化功能、生态景观功能和泄洪排涝功能。首先,污水要全部截留,初雨等面源污染也要有控制措施。其次,补水要充足,要建立自然生态系统,形成自然生态净化功能与景观。最后,还要清除底泥,进行生态修复。

建立自然生态系统,就要建立生态护坡或者生态挡墙,避免“三面光”现象(即河底和两侧护岸全部硬化),最大限度地保留堤岸生态景观。然而,现存的大量老旧挡墙多数是浆砌石结构和钢筋混凝土结构,与建立自然生态系统的要求不符,所以对检测后建议拆除重建且有条件实施的老旧挡墙,建议拆除重建生态挡墙。

2.1 生态挡墙型式

生态挡墙一般采用柔性结构,常用的、经济性较好的生态挡墙型式有加筋土挡墙(含自嵌式、预制箱式、混凝土框格砌块挡墙)和格宾网箱挡墙等。

加筋土挡墙是一种新型的拟重力式结构,主要依靠挡土块块体、填土通过加筋带连接构成的复合体自重来抵抗动静荷载。加筋土挡墙设计方案曾成

功用于南京明城墙修复工程,城墙内侧场地狭小、地基情况较差,与本次挡墙修复工程现场情况类似。工程实践证明,该方案能够有效地减小对城墙的土压力作用,提高城墙的稳定性。同时,由于其占地少,使城墙周围住宅等建筑的整体环境得到了保护,是一种比较好的方案^[2]。

加筋土挡墙典型型式如图2所示。

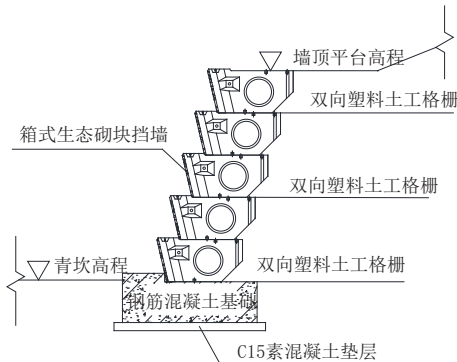


图2 加筋土挡墙典型断面

格宾网箱挡墙是一种重力式挡墙结构,通过向经过防腐的金属丝网箱中填充石块并逐层垒加形成了一个柔性的、透水的整体。

格宾网箱挡墙整体性好,能够适应各种复杂地基的不均匀沉降,抵抗一定的水流冲刷,而且施工容易、造价便宜。采用天然材料填筑网箱,易于植被生长,能够很好地与周围的自然环境相互融合,具有良好的生态效应^[3]。

格宾网箱挡墙典型型式如图3所示。

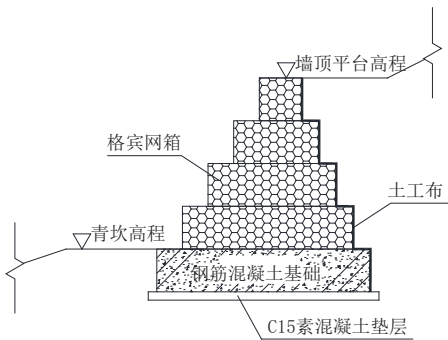


图3 格宾网箱挡墙典型断面

2.2 土钉挂网面板方案

土钉挂网面板方案是一种原位土体加筋技术,将墙后边坡通过由钢筋制成的土钉进行加固,同时配合一定的土体注浆加固,能满足挡墙的个体安全和整体安全。其构造为设置在坡体中的加筋杆件与其周围土体牢固黏结形成的复合体,以及面层所构成的类似重力挡土墙的支持结构。实验表明,随着面板刚度的增加,挡墙的稳定性能越好,整体变形越小^[4]。

土钉挂网面板方案适用于拥挤区的挡墙修复。

受用地红线、现状建(构)筑物、现状管网等条件限制,现状挡墙墙顶和墙后无良好的施工空间,无法采用大开挖的施工方式时,该方案能经济、有效地修复挡墙。

为满足截流污水、控制初雨等面源污染的要求,水质提升工程中往往沿着河道挡墙设置沿河截污管,将截流的污水通过沿河截污管送入城市污水处理系统。为减轻“三面光”问题,修复的老旧挡墙可采取在墙前设置种植槽等措施,提升堤岸的生态景观。

土钉挂网面板方案典型断面如图4所示。

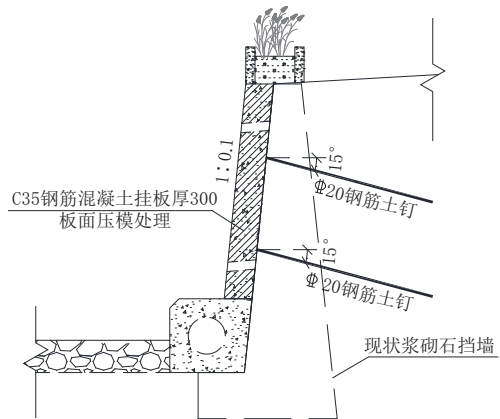


图4 土钉挂网面板方案典型断面

2.3 L型桩墙结合方案

L型桩墙结合加固机制是由钢筋混凝土抗滑桩和挡土板组成轻型挡土墙。抗滑桩锚入地下部分截面呈圆形或者矩形,伸出地表部分截面呈T形。挡土板通常为预制平板、现浇板或拱板。挡土板把墙后压力传递到伸出地表的抗滑桩上,然后借助深埋地下的抗滑桩的锚固作用来稳定挡土墙。

L型桩墙结合方案适用条件与土钉挂网面板方案类似,但该方案可以通过微型桩来提高整体稳定性。挡墙悬臂段一般不宜超过12m。悬臂段高度过大,结构承担的土压力和产生的桩顶位移会大幅增大,不利于边坡稳定;而加大桩身尺寸或减小桩间距,又增加了工程投资。对于高度超过12m的挡墙,可在墙身设置锚杆(索)共同抵抗土压力,锚杆(索)桩板挡墙高度不宜大于25m。

L型桩墙结合方案典型断面如图5所示。

2.4 裂缝缺陷修补方案

检测单位在排查中发现,现状挡墙普遍存在裂缝缺陷,给挡墙安全带来隐患。产生裂缝的原因有很多,比如:基础土质条件差别大,导致不均匀沉降;施工质量差,混凝土钢筋保护层偏小,施工时混凝土表面失水引起干缩;墙后排水不畅,在高水位渗流作用

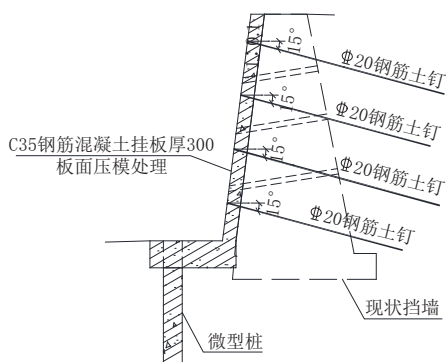


图5 L型桩墙结合方案典型断面

下,砂浆被掏空等^[5]。根据裂缝出现的部位可以分为表面裂缝和内部裂缝,其修补方法见表2。

3 水质提升工程中挡墙修复实例

3.1 工程概况

深圳某区一处河道挡墙长约90 m,河道走向为西南至东北,矩形复式断面,顶宽32 m,底宽16.4 m。河道现状挡墙高约4.0 m,浆砌石结构,墙顶区域存在民房、围墙等建筑。河道岸坡坡脚处设有截污管,混凝土包封管结构,管径DN800。现场照片如图6所示。

表2 裂缝缺陷修补方案一览表

序号	修补方法	裂缝宽度/mm	主要修补材料	主要施工工艺
1	表面黏贴法	小于0.3的表层裂缝	1.胶黏剂; 2.橡胶片材; 3.聚氯乙烯片材等	基面处理→涂刷胶黏剂→加压粘贴刷有胶黏剂的片材
	开槽黏贴法	大于0.3的表层活缝	1.树脂基液; 2.树脂基砂浆; 3.胶黏剂; 4.胶黏剂片材; 5.弹性树脂砂浆	凿槽并清理干净→槽面涂刷树脂基液→树脂基砂浆找平→铺膜→刷胶黏剂→黏贴片材→槽侧刷胶→回填砂浆
2	死缝充填法	大于0.3的表层裂缝	1.水泥砂浆; 2.聚合物水泥砂浆; 3.树脂砂浆	凿V形槽并清理干净→槽面涂刷基液→向槽内充填砂浆并压实抹光
	活缝充填法		1.弹性树脂砂浆; 2.弹性嵌缝材料	凿U形槽并清理干净→槽底面用砂浆找平并铺膜→槽侧刷胶嵌料→回填砂浆
3	死缝灌浆法	大于0.5的裂缝; 深层裂缝	1.水泥浆材; 2.环氧浆材; 3.高强水溶性聚氨酯浆材; 4.丙烯酸盐浆材; 5.木质素浆材; 6.水玻璃浆材	钻孔→洗孔→埋灌浆管→凿V形槽并涂基液、砂浆嵌填封堵→压水检查→自下而上从低端或从吸浆量大的孔开始灌浆→结束灌浆→固化→钻检查孔进行压水试验
	活缝灌浆法	贯穿裂缝	1.弹性聚氨酯浆材(油性); 2.甲基丙烯酸甲酯浆材; 3.环氧树脂浆材	



图6 河道现状挡墙照片

检测单位通过外观检测发现,该挡墙整体情况很差,存在砂浆失效、异物、鼓凸、裂缝、砂浆松散等多种隐患。根据钻孔勘探揭露及动探、标贯试验结果,墙后填土分三层:(1)素填土,厚度3.0~3.9 m,松散~稍密;(2)全风化砂岩,厚度2.0~2.6 m,稍

密~中密;(3)强风化砂岩,未揭穿,揭露厚度3.0~3.5 m,中密,墙后回填质量较好。根据人工钎探检测结果,河道采用天然护底,河床有淤积现象,淤积较均衡,淤积厚度为0.3 m左右,无水流下切形成的深槽区域。

综上所述,该段挡墙工程质量评价分级为C_{sl}-3级。检测单位建议拆除墙上构筑物,加固挡墙,修建围栏,定期清理表面杂草。

3.2 设计方案

本工程最先考虑的是拆除重建生态挡墙的设计方案,但由于该段河道挡墙墙顶处建有居民房屋和工厂,现场不具备拆除重建的条件。因此,综合考虑可实施性、结构安全、对周围环境的影响、投资经济合理等因素,最终采用土钉挂网面板方案修复挡墙。同时,在该河道沿线设置沿河截污管,将截流的污水

送入城市污水处理系统;在墙前设置种植槽,提升堤岸生态景观效果。

土钉挂网面板设计方案为紧贴现状挡墙墙面新建钢筋混凝土面板,高 3.37 m,厚 0.3 m。面板采用 C35 钢筋混凝土结构,墙面进行压模处理。面板设计水平向间距 1.0 m,竖向间距为 1.0 m 的土钉,单根土钉长度为 3.0 m,采用直径 20 mm 钢筋土钉,入射角为 15°。本项措施土钉加固范围不超河道管理范围线,土钉在堤顶以下 0.6 m 处开始施打(确保远离现状建筑物)。同时,为修复墙体深层裂缝,对墙体进行注浆加固,在墙体适当位置布置钻孔,采用纯水泥浆液,水灰比为 0.4~0.5,注浆压力为 0.2~0.5 MPa。

本工程河道挡墙修复典型断面如图 7 所示。

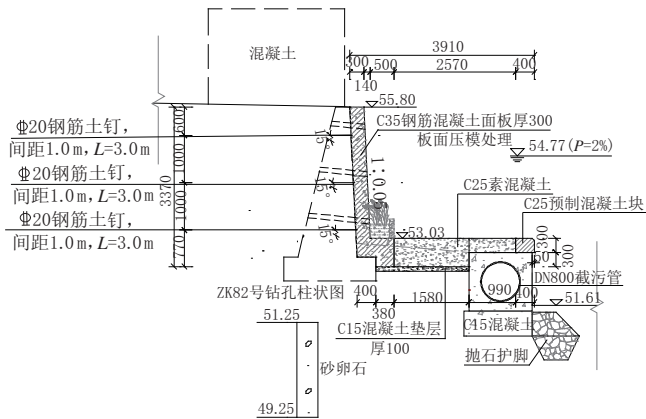


图 7 河道挡墙修复典型断面(单位:mm)

3.3 稳定性分析

根据《堤防工程设计规范》(GB 50286—2013)和岩土规范的规定,确定本次挡墙计算所选用的工况。依照 3 种不同的组合,工况确定情况如下:

- (1)基本组合:设计洪水工况、水位骤降工况。
- (2)特殊组合 I:施工工况。
- (3)特殊组合 II:地震工况。

因此,计算中主要针对设计洪水工况、水位骤降工况、施工工况、地震工况进行分析。

3.3.1 各工况稳定安全系数

本段河道堤防工程级别为 3 级。因此,各工况稳定安全系数如下:

- (1)挡土墙抗滑稳定安全系数基本组合按照 1.25 控制,特殊组合 I、特殊组合 II 分别按照 1.10 和 1.05 控制。
- (2)挡土墙抗倾覆安全系数基本组合按照 1.50 控制,特殊组合 I、特殊组合 II 分别按照 1.40 和 1.30 控制。
- (3)挡土墙基底应力的最大值与最小值之比的允许值基本组合、特殊组合 I、特殊组合 II 分别按照

2.0 和 2.5 控制。

(4)边坡抗滑稳定安全系数基本组合按照 1.30 控制,特殊组合 I、特殊组合 II 分别按照 1.20 和 1.15 控制。

3.3.2 各工况挡墙前后水位

设计洪水工况:河道正常行洪,挡墙墙前水位取河道设计洪水位 54.77 m(50 a 一遇洪水位),墙后水位取同高水位。

水位骤降工况:河道行洪期间水位骤降,挡墙墙前水位取河道常水位 50.77 m,墙后水位取河道设计洪水位 54.77 m。

施工工况:挡墙墙前、墙后为无水状态。

地震工况:挡墙墙前水位取河道常水位 50.77 m,墙后水位取同高水位。

3.3.3 土层参数选取

根据本项目地勘报告成果,土层主要参数见表 3。

表 3 土层参数建议值(1)

地层	承载力特征值 f_{ak} /kPa	天然重度 γ /($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	基底摩擦系数 μ	抗剪强度	
				快剪 / 固结快剪黏聚力 c /kPa	内摩擦角 φ /($^\circ$)
①素填土(注浆后)	80	18.9	0.20	15	15
②卵石	300	21.5	0.45	0	40
③砂岩(残积土)	260	19.3	0.25	22/28.6	18/20

根据《建筑地基基础设计规范》(广东省标准)(DB J15-31-2016)表 5.2.6,土体与锚固体摩阻力特征值建议值见表 4。

表 4 土层参数建议值(2)

地层	土的状态	岩土与锚固体摩阻力特征值 q_{sk} /kPa
①素填土	松散	10
②卵石	稍密~中密	50
③砂岩	硬可塑状	26

3.3.4 稳定性计算

采用南京库伦技术有限公司 GEO5 软件“重力式挡土墙设计模块”“土质边坡稳定分析模块”进行计算。采用 CAD 成果设计方案图纸,结合地下水位取值和地勘土层分布情况,以设计断面为基础导入软件拟合实际情况建模计算,边坡稳定分析模型如图 8 所示。

经电算分析,该段挡墙设计断面安全系数结果见表 5、表 6。

从表 5、表 6 中可以看出,挡墙抗滑、抗倾覆稳定

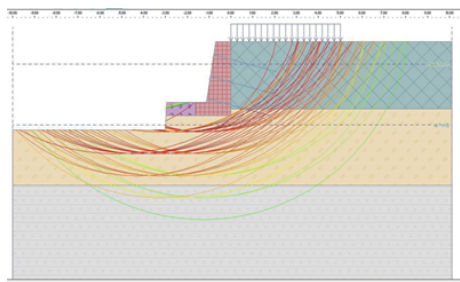


图8 GEO5软件电算边坡稳定分析模型界面

表5 挡墙抗滑、抗倾覆稳定安全系数

序号	工况	抗滑稳定安全系数		抗倾覆稳定安全系数		是否满足规范要求
		计算值	规范值	计算值	规范值	
1	设计洪水工况	3.21	1.25	3.17	1.5	是
2	水位骤降工况	1.52	1.25	2.83	1.5	是
3	施工工况	1.32	1.1	2.55	1.4	是
4	地震工况	1.51	1.05	3.13	1.4	是

表6 挡墙基底应力比和边坡稳定安全系数

序号	工况	基底应力比值		边坡稳定安全系数		是否满足规范要求
		计算值	规范值	计算值	规范值	
1	设计洪水工况	1.22	2	1.90	1.3	是
2	水位骤降工况	1.30	2	1.40	1.3	是
3	施工工况	2.42	2.5	1.30	1.2	是
4	地震工况	1.26	2.5	1.44	1.15	是

安全系数、挡墙基底应力比、边坡稳定安全系数都满足规范要求。因此,该修复方案结构上是安全可行的。

4 结语

(1)深圳地区水质提升工程中遇到的挡墙修复问

题,检测单位需对现状挡墙的状况进行排查,找出存在的安全隐患,采用外观调查、物探检测等综合手段对隐患点进行分析,从而对挡墙工程质量进行评价分级,给出挡墙修复建议,有针对性地进行修复。

(2)检测后,对建议拆除重建且有条件实施的老旧挡墙,建议拆除重建生态挡墙。对建议修补的老旧挡墙,土钉挂网面板方案和L型桩墙结合方案较为常用。水质提升工程中往往沿着河道挡墙设置沿河截污管,将截流的污水通过沿河截污管送入城市污水处理系统。修复的老旧挡墙可采取在墙前设置种植槽等措施,提升堤岸的生态景观。

(3)土钉挂网面板方案和L型桩墙结合方案实施时都是整段挡墙一并整治。对于以轻微破损、裂缝等病害为主的老旧挡墙,虽然鉴定段已进行三级分区,尽可能减少过度设计的情况,但这两种方案的工程投资还是比较大的。所以,这类挡墙可采取文中的裂缝缺陷修补方案,既可达到较好的修复效果,又能节省工程造价。

参考文献:

[1] 张世华,曾江波,王振.深圳地区既有挡墙加固设计方法与应用[J].土工基础,2020,34(4):391-395.

[2] 周爱兆,卢廷浩,王伟.包裹式加筋土挡墙在城墙修复中的应用[J].岩土力学,2005,26(5):252-254.

[3] 刘宁.格宾网箱在小型河道治理中的应用[J].有色冶金设计与研究,2018,39(5):49-54.

[4] 周志文.刚度对整体式加筋土挡墙稳定性能影响的试验研究[J].人民珠江,2017,38(11):77-80.

[5] 肖翔,李振青,周晓雁.病险水工程裂缝修补技术[M].北京:中国水利水电出版社,2009:74-75.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smc.com 电话:021-55008850 联系网站: http://www.csdqyfh.com