



南槽航道治理一期工程对长江口九段沙湿地生态变化的影响^{*}

王云飞¹, 石进², 李世健¹, 汤宇²

(1. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071; 2. 交通运输部长江口航道局, 上海 200003)

摘要: 为探究南槽航道治理一期工程对长江口九段沙湿地生态变化的影响, 于2017、2019、2020年对九段沙湿地附近水域的非生物因子和生物因子进行调查。通过对比施工前后九段沙湿地区域水动力条件、水质、沉积物的监测数据, 研究工程对非生物环境的影响, 并采用生物多样性分析、遥感解译等手段分析工程对生物因子的影响。结果表明, 区域水动力条件、水质和沉积物因子在施工前后存在一定波动, 但无显著变化; 浮游、底栖生物多样性有所增加, 植被面积呈逐年扩增趋势, 说明南槽航道一期工程的实施不会对九段沙湿地生态现状产生显著的不利影响, 且对湿地多样性的增加起到一定的积极作用。

关键词: 长江口; 航道工程; 九段沙湿地; 生态变化

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)11-0087-06

Impact of Nancao channel regulation phase I project on ecological change of Jiuduansha wetland in the Yangtze Estuary

WANG Yun-fei¹, SHI Jin², LI Shi-jian¹, TANG Yu²

(1.CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430071, China;

2.Changjiang Estuary Waterway Bureau, Ministry of Transport, Shanghai 200003, China)

Abstract: In order to explore the impact of the Nancao channel regulation phase I project on the ecological change of Jiuduansha wetland in the Yangtze Estuary, we investigate the abiotic and biological factors in the waters near the wetland in 2017, 2019, 2020, compare the monitoring data of hydrodynamic conditions, water quality and sediments in the wetland before and after the construction, analyze the impact of the project on the abiotic environment, use the biodiversity analysis, remote sensing interpretation and other methods to analyze the impact of project on the biological factors. The results show that the regional hydrodynamic conditions, water quality and sediment factors fluctuate before and after construction, but there is no significant change. The diversity of planktonic and benthic organisms increase, and the vegetation area expands year by year, the implementation of Nancao channel phase I project does not have a significant adverse impact on the ecological status of Jiuduansha wetland, and the project also plays a positive role in the increase of wetland diversity.

Keywords: the Yangtze Estuary; channel engineering; Jiuduansha wetland; ecological change

航道工程是我国重要的国家工程, 通过对航道工程的施工和改造, 可以有效地对周围的水域

生态环境进行改善^[1-2]。同时航道工程的实施也可能给区域生态带来一定的负面影响, 因此需要

收稿日期: 2021-02-26

^{*}基金项目: 上海市自然基金面上项目(20ZR1416900)

作者简介: 王云飞(1996—), 男, 硕士, 助理工程师, 从事浮游生物群落结构及其与环境因子相关性研究。

采取生态保护措施降低负面影响并进行一定的生态补偿^[3-5]。九段沙是长江口新生沙洲湿地，它是现代长江河口拦门沙系的组成部分，是在长江径流和潮流两个完全不同水体频繁的相互作用下，由长江流域来沙淤积而成^[6-8]。九段沙湿地拥有完整的河口沙洲植被演替系列和丰富的生物多样性资源，九段沙还是鸟类迁徙的重要中途停歇地和越冬地；其邻近水域也是众多水生生物的重要栖息地，是许多物种完成其生活史过程所必不可少的重要场所。长江口南槽航道治理一期工程（图 1）位于长江口，上起南北槽分流口圆圆沙灯船，下至口外南槽灯船，工程起点坐标（121.79°E，31.27°N），终点坐标（122.07°E，31.06°N）。工程的主要建设内容为：沿江亚南沙南缘向下游建设 1 条护滩堤，护滩堤结构包括半圆体混合堤、袋装砂斜坡堤和抛石斜坡堤，护底采用堤身砂肋软体排+混凝土联锁块软体余排组成的混合软体排，总长约 16 km。疏浚南槽航道长约 14 km，挖槽宽度 600 m，疏浚底高程-6.0 m，基建疏浚工程量约 600 万 m³。整治建筑物工程自 2018-12-29 开工，至 2020-06-10 完工；疏浚工程自 2019-11-03 开工，至 2020-03-22 完工。



图 1 工程平面布置

1 材料与方法

1.1 研究内容与方法

本文以历史资料收集和现场调查结合的方式对湿地地形变化、非生物因子和生物变化进行研究，湿地的非生物因子主要为湿地区域内水质和

沉积物，具体监测指标为：水质监测因子包括 pH 值、水温(Wt)、盐度(Sal)、悬浮物(SS)、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、无机氮、氨氮(NH₄-N)、活性磷酸盐、挥发性酚、石油类、汞(Hg)、锌(Zn)、铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)、砷(As)、硫化物、叶绿素 a 等；沉积物监测因子包括总汞、铅、锌、镉、铬、砷、石油类、有机碳等。生物监测因子主要包括浮游生物、大型底栖动物、植被、鸟类。各项目调查和监测按照《海洋监测规范》^[9]、《海洋调查规范》^[10]、《生物多样性观测技术导则 鸟类》^[11]和《渔业生态环境监测规范》^[12]相应的要求执行。

1.2 采样时间与采样点布置

由于气候、水文等环境因素的影响，不同的水文期水量变化显著。于 2017 年(施工前)、2019 和 2020 年(施工后)8 月(夏季)、11 月(秋季)依据长江口情势、交通条件、采样条件等因素，在九段沙湿地冲刷严重的头部、甬沟等地区以及护滩工程附近区域选取 6 个典型采样点(1#~6#)，布置见图 2。工程对湿地冲刷的遏制以及工程附近区域的生态影响可以通过这 6 个采样点生态变化情况间接反映出来。

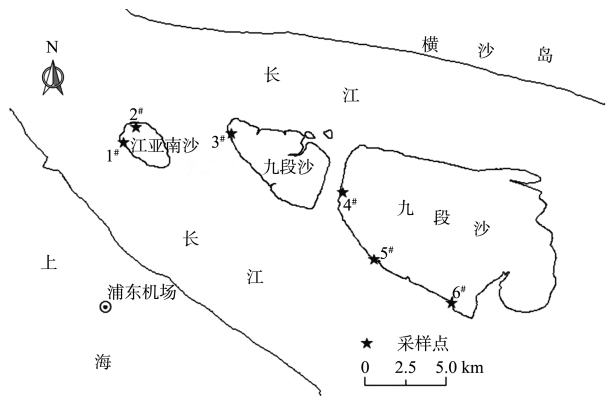


图 2 采样点布置

2 结果与分析

2.1 九段沙湿地地形变化

施工前的 1998—2016 年，九段沙(含江亚南沙)0、2 和 5 m 以浅沙体面积分别增加了 51%、7%和 4%(表 1)，总体呈长“高”不长“大”的

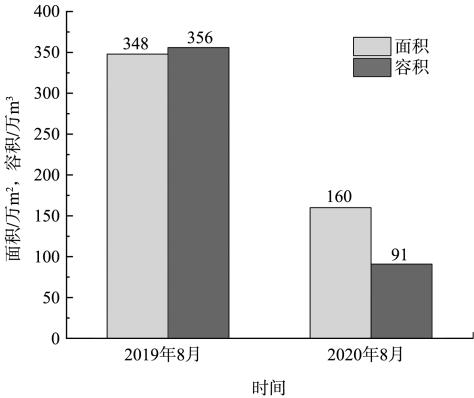
变化特征(“高”主要指 0 m 以浅的高滩,“大”主要指 5 m 以浅的滩地)。江亚南沙中上沙体及沙尾淤积明显,但江亚南沙上部局部滩面有所冲刷,随着江亚南沙上部甬沟的发展,江亚北槽水流动力增强,河槽冲刷发展并不断东移,使九段沙上沙南沿滩地冲刷明显。

表 1 1998—2016 年九段沙沙体面积

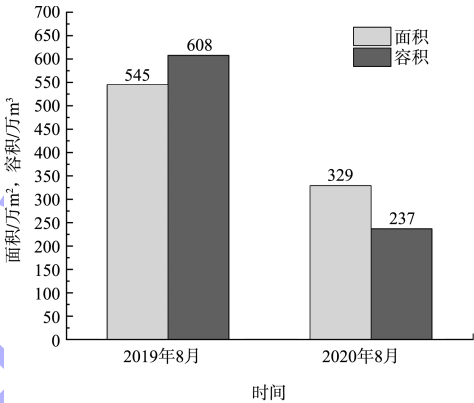
年份	0 m 等深线以浅 面积/km ²	2 m 等深线以浅 面积/km ²	5 m 等深线以浅 面积/km ²
1998	122.7	244.8	393.2
2000	125.6	236.3	419.6
2001	143.9	243.2	396.0
2002	139.3	242.2	399.6
2004	145.1	243.1	393.1
2005	152.4	262.9	396.7
2008	170.6	250.9	406.2
2010	174.2	252.2	412.5
2013	180.6	257.4	407.0
2016	186.0	261.7	409.0

2019—2020 年,江亚南沙头部甬沟水域在一期工程实施后由冲刷环境变为淤积环境,头部甬沟发育趋势得到遏制,甬沟水域发生大面积淤积。2020 年 8 月,江亚南沙头部甬沟 5 m 以深河槽面积、容积分别为 160 万 m²、91 万 m³,较 2019 年 8 月分别减少 188 万 m²、265 万 m³。6 m 以深河槽面积、容积分别为 25 万 m²、10 万 m³,较 2019 年 8 月分别减少 155 万 m²、102 万 m³,从另一层面可认为一期工程实施后江亚南沙头部甬沟水域湿地面积增加了 155 万 m²。

江亚南沙头部和沙尾区域特征值变化见图 3。可以看出,江亚南沙在一期工程实施后,上沙体大面积淤积,沙体腰部有所冲刷,沙尾区域上段淤积、下段南冲北淤。2020 年 8 月的江亚南沙头部甬沟 5 m 以深河槽面积和容积分别为 160 万 m²和 91 万 m³,较 2019 年 8 月分别减少 188 万 m²和 265 万 m³。2020 年 8 月的 5 m 以浅沙尾(含腰部)面积、体积分别为 608 万 m²、370 万 m³,较 2019 年 8 月分别增加了 63 万 m²、40 万 m³。江亚南沙沙尾周边水域有所冲刷,并给沙尾淤积提供了泥沙来源。



a) 头部甬沟5 m以深



b) 沙尾区域含腰部5 m以浅

图 3 江亚南沙头部和沙尾区域特征值变化

2.2 九段沙湿地非生物因子变化

通过施工前后区域水文监测结果可知,施工前九段沙南沿涨潮流速较落潮大,而江亚北槽落潮流速总体较涨潮大,九段沙南沿水体含沙量总体小于 1 kg/m³,施工后九段沙南沿和江亚北槽各垂线大潮涨落潮期特征值以及含沙量并未发生明显变化,九段沙南沿含盐量从上游向下游呈逐渐升高的分布与施工前一致。

南槽一期工程的实施可能会对区域水质(悬浮物、重金属等)产生一定影响,结合 2017、2019、2020 年湿地水质调查结果得知,九段沙水域中上游地区,其全年大部分时间段属于劣五类水质(主要是总磷、总氮、石油烃超标),下沙水域水环境质量大部分时间段属于劣五类水质(主要是总氮、石油烃超标)。就整年的监测数据而言,磷、氮及石油烃污染较为严重,总磷、总氮、石油烃指标过高,影响了九段沙水域的整体状况。各站水质监测指标呈现出以下 3 种趋势:整体升高(SS);

整体降低(磷酸盐);无明显变化(盐度、pH 值、DO、COD、锌、铅、汞、镉、砷、挥发酚、石油类、叶绿素 a、硫化物)。通过 3 年的数据比较结果可知,施工后区域悬浮物含量有所上升,水质指标最高值与最低值所在站位的变化与工程施工的影响并没有呈现直接的关系。

沉积物调查结果得知,施工前后湿地各站位的沉积物指标有所浮动,但均符合《海洋沉积物质量标准》^[13]沉积物 I 类标准或 II 类标准。通过 3 年的数据比较结果可知,沉积物指标最高值与最低值所在站位的变化与工程施工的影响并没有呈现出直接的关系。沉积物各监测指标呈现出以下两种趋势:整体升高(铬),无明显变化(砷、总汞、铅、锌、镉、叶绿素 a、石油烃、硫化物)。

2.3 九段沙湿地生物因子变化

2.3.1 浮游生物

2017、2019、2020 年九段沙湿地 6 个典型采样点分别鉴定浮游植物 53、58、82 种。各年份浮游植物均以硅藻门为主(种类数量占比均超过 65%),2017、2019、2020 年九段沙湿地浮游植物的平均密度分别为 52.5 万、107 万、15.0 万个/L。2017、2019、2020 年九段沙湿地 6 个典型采样点分别鉴定浮游动物 43、71、38 种,其中甲壳动物的桡足类最多,2017、2019、2020 年浮游动物平均密度分别为 1.23、2.63、5.34 个/L。由图 4a)、b)可以看出,湿地浮游生物密度在施工后整体呈上升趋势。

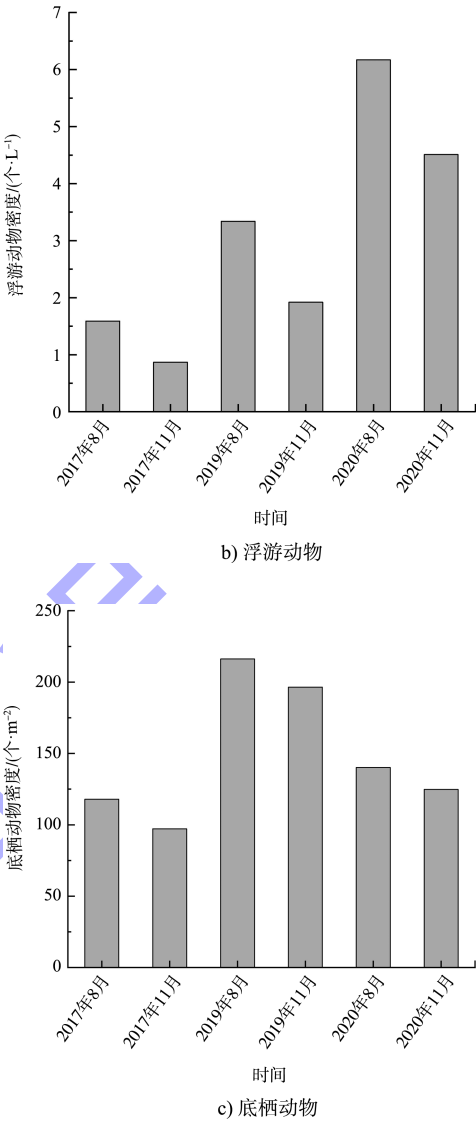
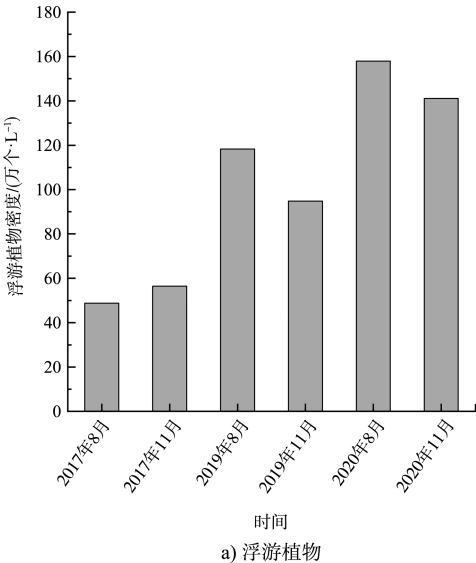


图 4 生物密度变化

2.3.2 底栖动物

2017、2019、2020 年九段沙湿地 6 个典型采样点分别鉴定底栖动物 22、35、43 种,其中各年份甲壳动物均占绝对优势,底栖动物平均密度分别为 107.57、206.36、132.49 个/m²,从图 4c)可以看出,工程施工后湿地底栖动物种类较施工前有所减少但密度有所增加。

2.3.3 植被

通过近 4 年遥感图像解译的历史数据对比(图 5),九段沙植被面积呈现连续扩增的趋势,2017—2020 年,总植被面积从 2017 年的 102.40 km²,增加至 2018 年的 103.54 km²,2019 年增加至 104.09 km²,2020 年增加至 105.55 km²,由于沙体

高程提升, 分布于潮间带较高位置的芦苇和互花米草面积也呈逐年递增的趋势, 而分布于潮间带较低高程位置的海三棱藨草和藨草的面积呈现逐年递减的趋势, 蒹在江亚南沙占一定优势, 在上沙也有分布, 但整体面积较小, 根据遥感图像解译的结果看, 近4 年并无显著差异。

5 种鸟类为常见种, 红颈滨鹬、中杓鹬、斑嘴鸭和黑腹滨鹬 4 种鸟类为优势种。工程施工后, 2019 年九段沙共记录到鸟类 111 种 3. 223 5 万只次, 包括水鸟 77 种 2. 959 1 万只次, 其中白腹鹬、斑嘴鸭、苍鹭、矶鹬、白鹭和青脚鹬 6 种鸟类为常见种, 斑嘴鸭和绿头鸭 2 种鸟类为优势种。2020 年, 共观察和记录到鸟类 96 种 2. 243 2 万只次, 隶属于 10 目 28 科 62 属。对比施工前(2017 年), 九段沙湿地监测到的鸟种类与数量均有所增加。

3 结论

1)南槽航道治理一期工程实施后, 九段沙湿地原有的一些冲刷环境变为淤积环境, 头部甬沟发育趋势得到遏制, 甬沟水域发生大面积淤积; 江亚南沙护滩堤在高滩护滩段有效守护了沙体, 低滩护滩段稳定了沙体, 发挥了工程预期的整治效果, 说明工程的实施对九段沙湿地的地形地貌起到保护作用。

2)整治工程施工前后湿地非生物因子并未发生显著变化, 各站点的水动力条件、水质和沉积物指标有所浮动, 通过施工前后数据的比较结果可知, 水质和沉积物指标最高值与最低值所在站点的变化与工程施工的影响并没有呈现出直接的关系, 航道整治工程未对九段沙湿地非生物因子造成明显的影响。

3)施工前后湿地浮游生物、底栖动物群落未发生显著变化, 植被面积呈现连续扩增的趋势, 调查区域鸟类多样性有所提升。航道工程的实施使九段沙湿地的冲刷得到遏制, 湿地面积也因此得到稳定增长, 而湿地面积的增加将为植被提供更多的生存空间, 同时植物面积的增加也为其他生物提供更多的栖息场所, 有助于提升湿地生物的多样性。

4)当航道工程建设对区域非生物环境和生物因子没有影响时, 航道工程建设不会显著改变工程所在区域的生态环境现状。因此, 其他在现有航道基础上进行施工的类似工程对区域生态的影响可能也有限, 在采取一定的生态保护和补偿措

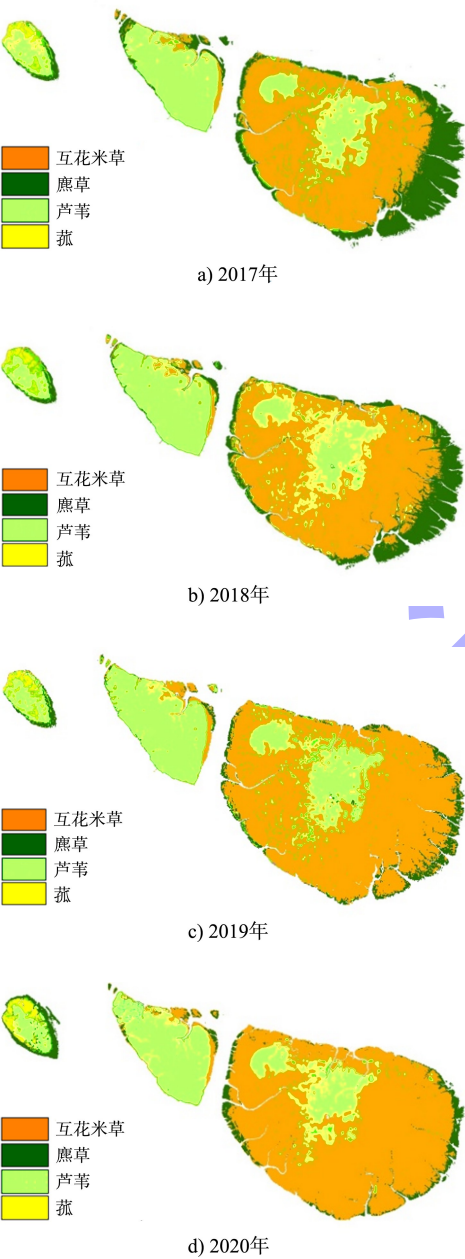


图 5 九段沙湿地植被分布格局

2.3.4 鸟类

南槽一期施工前(2017 年), 九段沙共记录到鸟类 84 种 1. 709 2 万只次, 包括水鸟 55 种 1. 663 5 万只次, 其中苍鹭、斑嘴鸭、矶鹬、白腹鹬和白鹭

施后可将影响降到最低。

致谢：感谢长江口航道局、上海市九段沙湿地自然保护区管理署、华东师范大学对本文的大力支持！

参考文献：

[1] 马一,程铁军.航道整治工程对水域生态环境影响分析与对策[J].水运工程,2014(11):115-119.

[2] 李小波.浅析航道工程对周围水域生态环境的影响[J].中国水运,2021(6):129-130.

[3] 袁春澍,万琪.港口与航道工程施工的生态影响和措施[J].珠江水运,2020(13):104-105.

[4] 刘长波,李明.长江生态航道的建设实践与探索[J].水运工程,2021(2):79-83,108.

[5] 刘俏武,张成荫.生态护滩技术在航道整治工程中的应用研究[J].珠江水运,2020(8):71-72.

[6] 王全喜,曹建国,刘研,等.上海九段沙湿地自然保护区及其附近水域藻类图集[M].北京:科学出版社,2008.

[7] 吴琼,吴波,赵爱萍,等.长江口九段沙附近水体浮游植物的种类组成与数量分布[J].上海师范大学学报(自然科学版),2007,36(1):54-59.

[8] 王少峰.航道整治工程生态环境影响策略[J].环境与发展,2020,32(12):194-195.

[9] 国家海洋环境监测中心.海洋监测规范:GB 17378—2007[S].北京:中国标准出版社,2007.

[10] 国家海洋标准计量中心.海洋调查规范:GB/T 12763—2007[S].北京:中国质检出版社,2007.

[11] 环境保护部南京环境科学研究所,中国科学院昆明动物研究所.生物多样性观测技术导则 鸟类:HJ 710.4—2014[S].北京:中国环境出版社,2014.

[12] 中国水产科学研究院东海水产研究所.渔业生态环境监测规范:SC/T 9102—2007[S].北京:中国农业出版社,2007.

[13] 国家海洋局海洋环境监测中心.海洋沉积物质量标准:GB 18668—2002[S].北京:中国标准出版社,2002.

(本文编辑 王璁)

(上接第 58 页)

5 结论

1)通过对水泥稳定碎石材料目标配合比确认、集料生产级配调试、水泥含量-EDTA 关系曲线、延迟曲线和强度-含水率曲线等进行探讨,得出水泥稳定碎石材料(1[#]~4[#]料)生产配合比宜控制为 15:30:20:35;水泥与集料比例为 5:95;含水率控制范围为 4.0%~5.5%;容许延迟时间为 3.5 h,灰剂量 EDTA 标准曲线公式为 $y = 1.735x + 3.985$;最佳含水率和最大干密度根据每天实时实验室标准击实试验确定。

2)考虑到在施工中水泥的自然损耗以及水泥剂量的离散对水泥稳定碎石强度整体效果的影响,在施工中宜增加 0.5%的水泥剂量。

3)本工程水泥稳定碎石材料的生产配合比为该堆场工程施工质量及进度提供了保证,经检测,该工程压实度代表值为 98.4%,强度代表值为 4.5 MPa,取芯芯样完整,各项指标均符合设计和规范要求。

参考文献：

[1] 蔡莉,汤毅.水泥稳定碎石在公路基层中的应用[J].中国公路,2020(24):106-107.

[2] 曾明源.水泥稳定碎石施工技术在市政道路工程中的应用[J].四川建材,2020,46(12):127-128.

[3] 李鹏飞.水泥稳定碎石基层配合比设计及路用性能研究[J].智能城市,2020,6(5):157-158.

[4] 赵峰,耿正君,程寅,等.静压稳定碎石配合比试验研究[J].中国建材科技,2019,28(5):84-86,42.

[5] 司马静,李雪杨,李海涛.高速公路水泥稳定碎石配合比设计分析与施工质量控制要点探析[J].公路工程,2017,42(6):219-221.

[6] 代印松.浅谈水泥稳定碎石生产配合比设计与施工质量控制[J].河北交通职业技术学院学报,2011,8(2):38-41.

[7] 交通运输部公路科学研究院.公路路面基层施工技术规范:JTG/T F20—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.

[8] 交通部公路科学研究院.公路工程无机结合料稳定材料试验规程:JTG E51—2009[S].北京:人民交通出版社,2009.

(本文编辑 郭雪珍)