

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.04.004

九江市十里河流域水环境综合治理措施及成效

张超^{1,2}, 赵仔轩^{1,3}, 张盈秋^{1,2}, 卫佳⁴, 方帅⁴

(1. 九江市三峡水环境综合治理有限责任公司, 江西 九江 332001; 2. 中国建筑第二工程局有限公司, 北京 101101; 3. 长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430062; 4. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

摘要: 九江市十里河是中心城区的一条重要内河, 整治前水体污染较为严重, 下游7.20 km河道被确定为黑臭水体。十里河水环境系统综合治理工程以控源截污、内源治理、生态修复、活水提质为主要措施, 通过源头小区改造、二级管网及截污管新建及修复、调蓄池建设、污水处理厂建设、生态清淤、水生态系统构建、补水活水等工程措施的实施, 十里河黑臭现象全面消除, 氨氮、化学需氧量、溶解氧等主要水质指标已达到地表水Ⅳ类标准。此外, 本工程实施后, 小区污水系统出口COD浓度明显提升, 污水处理能力大幅提高, 生态效益充分显现, 取得了良好的环境效益和社会效益。

关键词: 水环境治理; 控源截污; 水质提升

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)04-0017-06

Measures and Achievement of Comprehensive Treatment of Water Environment in Shili River Basin of Jiujiang

ZHANG Chao^{1,2}, ZHAO Zi-xuan^{1,3}, ZHANG Ying-qiu^{1,2}, WEI Jia⁴, FANG Shuai⁴

(1. Jiujiang Three Gorges Water Environment Comprehensive Treatment Co. Ltd., Jiujiang 332001, China; 2. China Construction Second Engineering Bureau Ltd., Beijing 101101, China; 3. Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China; 4. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China)

Abstract: Shili River is an important inland river in downtown Jiujiang. Before remediation, the river was seriously polluted, and 7.20 km downstream river was determined as a black and odorous water body. The comprehensive treatment project of Shili River water environment mainly included source control, sewage interception, internal source control, ecological remediation and ecological water compensation. The black and odorous water was completely eliminated in Shili River through reconstruction of source community, construction and repair of the secondary pipe network and sewage interceptor sewer, construction of regulation and storage tank, construction of sewage treatment plant, ecological desilting, construction of water ecosystem, ecological water compensation and other engineering measures, and the main water quality indicators such as ammonia nitrogen, COD and DO all reached the class IV surface water standards. In addition, after the implementation of the project, COD at the outlet of the community sewage system increased significantly, the sewage treatment capacity increased

greatly, the ecological benefits fully displayed, and good environmental and social benefits were achieved.

Key words: water environment treatment; source control and sewage interception; water quality improvement

近年来,随着社会发展及工业建设的加快,水污染问题日趋严重,不仅严重损害了城市人居环境,也在很大程度上影响了城市的外在形象和可持续发展^[1]。九江市十里河上游水质良好,但流经城区后,水质逐步恶化,治理前部分河段散发恶臭,河道内出现大量藻类,覆盖河面,环境监测数据显示,十里河下游7.20 km河道被确定为轻度黑臭水体。为彻底消除十里河黑臭现象,降低水体污染,九江市开展了十里河水环境系统综合治理工程。

1 工程概况

十里河是九江市老城区中的一条内河,上游发源于庐山余脉,在九江市十里大道中下段汇合,下游出口汇入八里湖,十里河主河长12.9 km,支流濂溪河长5.2 km,全河流集水面积43.9 km²,根据计算分析,十里河下游河口多年平均流量为1.02 m³/s。十里河下游底泥淤积严重,淤积厚度为0.85~0.9 m,中游平均淤积厚度约为0.3 m。治理前十里河上游各项水质指标均可满足地表水Ⅳ类标准,主要污染物为总氮、氨氮。随着十里河进入城区段,沿线溢流污水和面源污染的接入,河水水质恶化,从昌九高速下游开始,河道水质逐渐变为Ⅴ类,至濂溪河入口下游,河道水质为劣Ⅴ类,发黑发臭。本工程针对十里河7.20 km黑臭河道及相应流域片区进行水环境系统综合治理。

2 问题识别

本工程结合九江市的地域和环境特点,以摸清本底为基础,以现状问题为导向,以污染物总量控制为依据,针对十里河水环境做了大量的本底调查,由此梳理了以下现状问题:

① 城区排水管网及污水处理厂建设滞后

治理前九江市中心区未实现雨污分流,污水处理设施难以充分发挥效益。部分新建雨污分流制小区周围污水系统建设滞后,导致污水就近排入水体,造成地面水体的污染。现有部分污水管网破损、淤堵严重,管道排水能力大大降低。随着城区的快速扩张,片区内鹤问湖污水处理厂一期处理能力已不能满足城市的需求。

② 点源及面源污染严重

十里河流域大量污水及未经处理的初期雨水通过河道两岸排口直排入河道,对水质造成严重影响。监测数据显示,十里河、濂溪河流域直排入河总水量为23 757.74 m³/d,根据现状排口的水量和水质检测数据,对入河的点源污染负荷进行估算,COD排放负荷为1 318.32 t/a,NH₃-N排放负荷为196.93 t/a,TN排放负荷为217.08 t/a,TP排放负荷为51.72 t/a。同时,两河流域内降雨径流形成的面源污染COD总负荷为900.28 t/a,NH₃-N总负荷为31.26 t/a,TN总负荷为75.02 t/a,TP总负荷为6.25 t/a。

③ 内源污染严重

十里河下游河势缓和段淤泥较厚,已呈厌氧发酵状态,底泥的存在削弱了汛期过洪能力,存在防洪隐患,且底泥中富集了大量的污染物,多条支流末端垃圾遍布,是两河潜在的内源污染。经检测,调查范围内底泥TP含量为1 028~2 822 mg/kg,TN含量为1 622~1 812 mg/kg,具有较强的污染性,河道已滋生蓝藻等水生植物,内源污染严重。根据计算,河道底泥COD全年释放量约为12.976 t,NH₃-N全年释放量约为3.460 t,TN全年释放量约为4.325 t,TP全年释放量约为0.173 t,严重影响河道水质。

④ 水体自净能力差

十里河下游以及设置拦水坝上游处水体流动性差,水面直接复氧量有限,又增加了十里河的河道淤积,水动力条件差、水体自净能力差。

⑤ 生态建设滞后

由于城市用地受限,十里河除十里公园一小段为生态护坡外,两岸护坡大部分采用浆砌石挡墙,水体生态系统难以实施,未形成良好的生态链,河道的生态性差。

3 治理思路

结合九江市地域和环境特点及十里河流域现状,根据水体污染程度、污染来源、环境特征等因素^[2],制定了治理路线。根据污染物特征,区域内点源污染较严重,其次为面源污染。通过建设以污水全收集、全处理为核心的污水系统,保证旱天污水

不入河;构建合流制溢流污染控制体系,保证雨天污水少溢流^[3],从源头削减点源及面源污染。同时结合河道清淤和垃圾打捞实现对内源污染的控制,保证河道底泥不上浮。通过活水提质、水生态构建、湿地建设等提升河道的自净能力,兼顾河流的景观提升和改造,从根本上改善十里河河道水质。

4 治理方案

本工程坚持流域统筹、区域协调、系统治理、标本兼治的原则,加强“厂网河(湖)岸一体化”水环境建设,通过控源截污、内源治理、生态修复及活水提质^[4]等措施的实施,全方位保障流域水环境质量整体根本改善。同时统筹解决十里河流域水量、水质以及生态景观问题,在满足水环境治理、水生态改善目标的同时,推进经济、文化、景观及人文等方面的建设,最大程度发挥十里河流域水系综合功能。

4.1 以控源截污为龙头,削减排河污染物总量

为达到从根本上削减排河污染物总量的目标,减少河道环境容量的负荷,本工程通过源头小区雨污分流改造、混接点改造,截污管及市政二级管网新建与修复,新建调蓄池、污水厂等一系列控源截污治理措施,实现截污最大化及初期雨水收集处理最大化,提高污水收集率,杜绝污水直接排入河道,有效削减入河点源及面源污染^[5],改善水环境质量。

① 小区改造:对片区内77个小区进行改造,针对合流制小区实施雨污分流工程,将小区内部现有合流管改造为雨水管,新建污水管道收集小区内的污水,实现雨污分流;分流制小区进行混接点改造,杜绝雨污混接现象,同时修复破损管道并清理管道、雨水口和检查井内垃圾、淤泥等杂物,确保管道完好和通畅,保障过水能力。

② 管网工程:结合周边排水管道现状,新建部分截污管及二级管网,对部分缺陷严重的管道采用紫外光固化、机械制螺旋缠绕等技术进行非开挖修复,共新建与修复市政二级管道12 km,新建十里河截污管18.64 km,修复7.04 km。

③ 调蓄池建设:建设CSO调蓄池及初雨调蓄池,控制合流制溢流污染总量及初期雨水污染的入河总量,雨天拦截暴雨中携带的影响水体感官的漂浮物,晴天截流混接污水,确保污水完全纳管,有效控制面源污染。各调蓄池服务面积及规模见表1,位置分布见图1,调蓄池运行工况见表2。

表1 调蓄池建设概况

Tab.1 Overview of regulation and storage tank construction

编号	类型	规模/m ³	服务面积/hm ²
1	CSO调蓄池	5 900	74.3
2	CSO调蓄池	10 800	135.9
3	初雨调蓄池	6 158	184.7
4	CSO + 初雨调蓄池	7 100 + 2 200	89.6 + 50.1

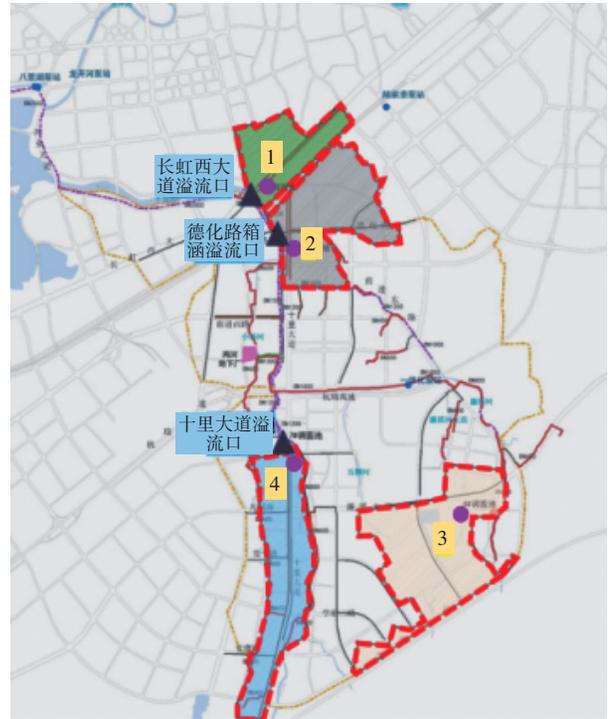


图1 调蓄池位置分布

Fig.1 Location distribution of regulation and storage tanks

表2 CSO调蓄池及初雨调蓄池运行工况

Tab.2 Operating conditions of CSO regulation and storage tank and initial rainwater storage tank

运行工况	CSO调蓄池	初雨调蓄池
晴天	合流管道进水管的早流污水通过截流管截至截污干管	调蓄池进水控制闸门常开
降雨初期	早流污水和初期雨水截流至污水干管;当降雨量达到设定值,雨量计存在新增雨量时,合流污水进入调蓄池存储调蓄	初期雨水进入调蓄池储存
持续降雨	当调蓄池池满后雨量计存在新增雨量时,合流污水溢流排入河道	调蓄池水位达到设计水位,调蓄池进水闸门关闭,较为洁净的雨水排至河道,直至降雨结束
降雨结束	雨量计不存在新增雨量时,合流管道内污水通过截污管至截污干管	降雨结束后一段时间内,调蓄池内初期雨水排入截污管道至污水厂

④ 污水厂建设:本工程新建两河地下污水处理厂,服务两河南片区,服务面积10.19 km²,片区改造完成后为完全分流制系统,污水厂处理规模3×10⁴ m³/d,采用“AAOAO生物池+高效沉淀池+深床滤池”处理工艺,出水水质达到准Ⅳ类标准后排入十里河、濂溪河进行河道生态补水。新建鹤问湖污水处理厂二期工程,设计规模7×10⁴ m³/d,采用“AAOAO生物池+高密度沉淀池+滤布滤池”工艺,出水水质达到一级A排放标准,与一期尾水(10×10⁴ m³/d)合并排放长江,实现整个片区污水的末端处理。

4.2 清除河道淤积底泥,消除内源污染影响

对十里河流域受污染河床段进行河道底泥清淤,进一步消除内源污染影响,同时增大河道过流面积,提高泄洪排洪能力。

十里河中游河道地势较高,非汛期基本处于干涸的露滩状态,采用干式清淤方式,挖掘机挖土,自卸汽车运土的方案施工,清除底泥约6300 m³。十里河下游段水深较深,河道较宽,两侧房屋密集,采用环保型挖泥船直接吹填工艺清淤,清淤总量为8.0×10⁴ m³,底泥采用板框压滤方法固结,脱水后底泥直接用于同期城市建设地面抬高或路基填筑等资源化利用。

4.3 按功能划分河段,针对性治理

在生态完整性的基础上,根据十里河河道形状及来水等情况,将十里河水系从上游至下游分为自然生态段、生态亲水段、生态柔化段、生态净化段及生态修复段5类功能区段,结合各段河道的环境特征进行水环境提升及水生态系统的建设。

① 自然生态段(莲花大道上游):十里河自然生态段总长度约3.8 km,本段结合现有自然生态基底,保留原有砾石河床状态,可发挥生态砾石床的效能,局部高差较大的节点构建置石叠瀑,同时保证过水堤坝具有良好透水性,尽可能保留并提升近源头优质山溪资源。

② 生态亲水段(莲花大道—濂溪大道):十里河生态亲水段总长度约2.4 km,本段扩大水面范围,增加驳岸宽度,设置台地式驳岸及滨岸亲水活动区域,结合护岸打造全系列滨岸湿地,构建丰富植被层次;适当拓宽河面,塑造宽浅型河道过流断面,通过全面生态系统打造及景观设施布置,形成可供周边居民亲水乐居的滨岸场所。

③ 生态柔化段(濂溪大道—杭瑞高速):十里河生态柔化段总长度约1.6 km,本段保留原有河道驳岸,在堤脚和堤顶合适区域利用局部改造增加种植区域,种植耐冲刷、耐盐碱的水生植物,形成“上垂下应”的柔化生态岸段,同时扩展景观绿道范围,为城市丰富生态形成助力。

④ 生态净化段(杭瑞高速—长虹西大道):十里河生态净化段总长度约2.4 km,本段利用原有河岸滩地,设置砾石床及植物净化湿地以及分散式生态净化带,共分为2段,平面面积分别为180 m²和170 m²,其后设置分隔式净化湿地,长度约300 m,进一步提升中水补水水质,实现生态系统修复功能,在处理水体的同时可以在河道内建立起结构稳定、功能完善的生态系统。

⑤ 生态修复段(长虹西大道—八里湖):十里河生态修复段总长度约2.6 km,本段增加河岸植物季相变化和植物层次,改变生态湿地的形态,通过全面清除污染底泥及拆除阻水构筑物,促进水系流动,增加过水面积,保证河湖水体顺畅交换。通过河滨缓冲带、集中式净化湿地与条带状沿岸生态修复带的全面构建,打造“舒缓、净美”的类自然城市生态绿肺。

4.4 生态补水活水,提升河道水质

十里河上游梅山水库、刘家垅水库、向阳水库利用已建调蓄工程,结合实际水量水质状况及下游降雨情况对下游河道进行生态补水;两河污水处理站尾水按准Ⅳ类水处理后排入河道,在杭瑞高速十里河、濂溪河附近向河道进行补水,可满足河道正常的生态需水要求,以此改善中下游河段的水动力学条件,增强水体自净能力,进一步提升河道水质。

4.5 构建智慧水务系统,巩固治理成效

本工程构建“源、网、站、厂、河”一体化监测网络,监测内容覆盖项目范围内所有水工设施及构筑物。通过分析两河流域排水系统特点,选择适宜监测点安装在线雨量计、在线流量计、在线液位计以及水质监测分析仪,通过在线监测采集,获取不间断的实时数据,经过可视化有机整合、大数据分析与管理、处理结果辅助决策等措施,使决策者有理可循、有据可依。对水务系统的整个生产、管理和服务流程进行更加精细化和动态化的管理,实现水务系统“智慧化”的目标。

5 治理成效

为了系统分析十里河水质状态,本工程沿十里河河道断面每400~600 m处设置一个检测点,每个

排口处下游100 m内设置一个检测点,有支流汇入处设置检测点,并对沿线32个重点部位开展持续检测工作。具体点位见表3。

表3 十里河河道水质检测点位

Tab.3 Water quality inspection points of Shili River

编号	点位名称	编号	点位名称
S1	十里河莲花洞森林公园	S2	十里河皇庭庐境处跨河桥
S3	十里河莱茵河畔休闲农庄对面跨河桥	S4	十里河青英小学处跨河桥
S5	十里河与莲花大道交界处	S6	怡溪苑小区处跨河桥
S7	十里河与学府二路交界处	S8	莲花镇中心小学跨河桥处
S9	十里河莲花集镇社区处	S10	十里河与濂溪大道交界处
S11	奥克斯缔壹城2处	S12	奥克斯缔壹城1处
S13	十里河与十里大道交界处	S14	十里河俊逸花园跨河桥处
S15	十里河与杭瑞高速交界处	S16	小杨河第一个排口处
S17	十里河九柴社区跨河桥处	S18	十里河与前进西路交界处
S19	十里河与濂溪河汇入处	S20	小杨河第二个排口跨河桥处
S21	十里河与德化路交界处	S22	十里河与铁路桥交界处
S23	十里河桃源苑处	S24	十里河与长虹西大道交界处
S25	十里河生态公园2处	S26	十里河生态公园1处
S27	十里河与长江大道交界处	S28	十里河中航城处
S29	十里河亲水平台处	S30	李家山泵站排口处
S31	十里河拐角处1处	S32	十里河八里湖入湖口

经过全方位系统性治理,十里河水质较2019年9月治理前已明显提升(见图2),截至2021年8月,十里河氨氮从12 mg/L降至1.5 mg/L,溶解氧从6 mg/L提升至7.35 mg/L,氧化还原电位从150 mV提

升至430 mV,透明度从10 cm提升至40 cm。监测数据显示,十里河综合治理完成后,水体已全面消除黑臭,氨氮、化学需氧量、溶解氧等主要水质指标已达到地表水IV类标准,治理成效显著(见图3)。

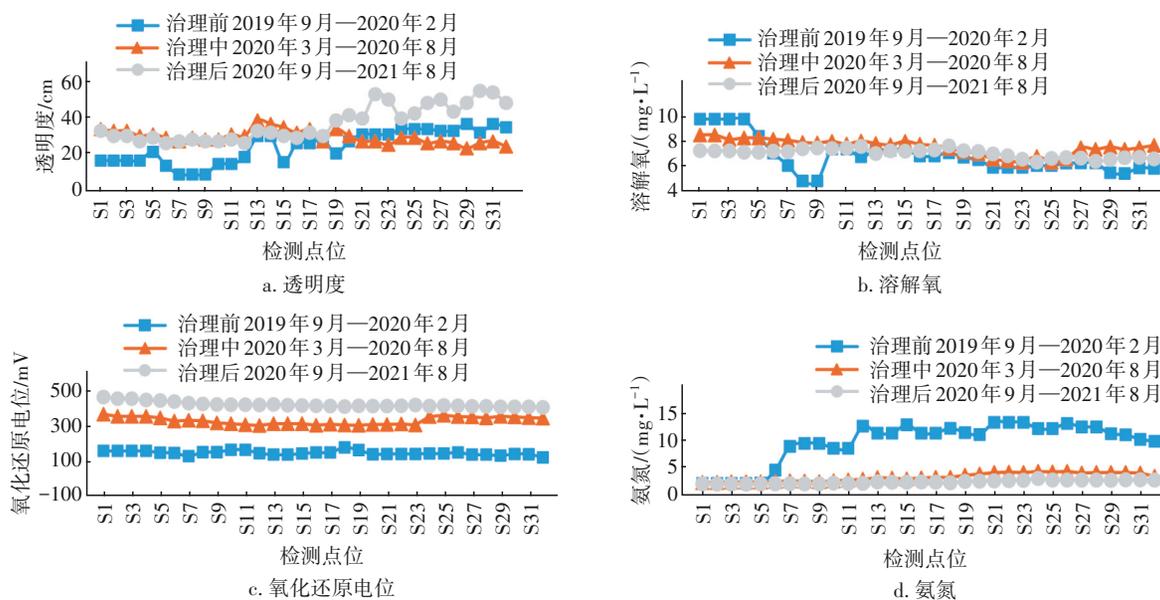


图2 治理前、中、后水质对比

Fig.2 Comparison of water quality before, during and after treatment

小区改造工程完成后,小区污水系统出口COD 浓度提升明显,中航城小区出口COD浓度达到382

mg/L,陶洼小区出口COD浓度达到476 mg/L。



图3 治理前、后效果对比

Fig.3 Comparison of effects before and after treatment

鹤问湖污水处理厂二期工程、两河地下污水处理厂建设完成后,新增污水处理量 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,缓解了九江市污水处理厂运行压力,增加了污染物去除总量,大幅削减了入河污染,污水处理能力大幅提升。

此外,本工程实施后,生态效益充分显现,科普展馆建设初见成效,统筹实现了流域内水安全、水环境、水生态、水景观和水文化的建设,将十里河打造成了水美岸绿、亲水宜人的绿色之河、人文之河、生态之河,提升了居民的幸福感和获得感。

6 结语

十里河、濂溪河流域水环境系统综合治理工程总投资369 834.14万元,本工程通过源头小区雨污分流改造、市政管网新建与修复、调蓄池建设、污水处理厂建设工程的实施,大大削减了入河点源及面源污染量,对十里河流域水质的改善和提升起到重要作用。

通过控源截污、内源治理、生态修复、活水提质等综合治理措施的实施,十里河河道水质提升显著,黑臭水体已全面消除,十里河流域水环境系统综合治理工程取得了良好的经济效益、环境效益和社会效益。但水环境的治理任重而道远,在进行截污工程、河道治理工程的同时,应健全完善长效管理机制,保障十里河“长制久清”。

参考文献:

- [1] 张德祥,郝玉友,刘宝富,等. 巨野县会盟景观带黑臭水体治理案例分析[J]. 净水技术, 2021, 40(7): 86-91.
ZHANG Dexiang, HAO Yuyou, LIU Baofu, *et al.* Case

analysis of remediation project for black and odorous water bodies of Huimeng landscape belt in Juye County [J]. *Water Purification Technology*, 2021, 40(7): 86-91 (in Chinese).

- [2] 刘晓玲,徐瑶瑶,宋晨,等. 城市黑臭水体治理技术及措施分析[J]. 环境工程学报, 2019, 13(3): 519-529.

LIU Xiaoling, XU Yaoyao, SONG Chen, *et al.* Analysis of treatment technologies and measures for the urban black-stinking water body [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2019, 13(3): 519-529 (in Chinese).

- [3] 肖朝红,周丹,马洪涛,等. 基于污水系统提质增效的旧城区黑臭水体整治[J]. 中国给水排水, 2021, 37(10): 23-27.

XIAO Chaohong, ZHOU Dan, MA Hongtao, *et al.* Treatment of black and odorous water body in old urban areas based on the improvement of the quality and efficiency of the sewage system [J]. *China Water & Wastewater*, 2021, 37(10): 23-27 (in Chinese).

- [4] 朱韻洁,李国文,张列宇,等. 黑臭水体治理思路与技术措施[J]. 环境工程技术学报, 2018, 8(5): 495-501.

ZHU Yunjie, LI Guowen, ZHANG Lieyu, *et al.* Treatment ideas and technical measures of black and stinky water bodies [J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2018, 8(5): 495-501 (in Chinese).

- [5] 胡洪营,孙迎雪,陈卓,等. 城市水环境治理面临的课题与长效治理模式[J]. 环境工程, 2019, 37(10): 6-15.

HU Hongying, SUN Yingxue, CHEN Zhuo, *et al.* Topics and long-term governance model of urban water environment governance [J]. *Environmental Engineering*, 2019, 37(10): 6-15 (in Chinese).

作者简介:张超(1985-),男,山东平原人,大学本科,高级工程师,从事建设工程施工管理工作。

E-mail: 15023813@qq.com

收稿日期:2021-11-22

修回日期:2021-11-29

(编辑:孔红春)