

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.20.012

《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》解析

安关峰¹, 张 蓉¹, 张 欣², 陈 炜²

(1. 广州市市政集团有限公司, 广东 广州 510060; 2. 莱茵技术<上海>有限公司, 上海 200072)

摘 要: 中国工程建设标准化协会标准《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/CECS 717—2020)已发布实施,详细介绍了该规程的创新内容,包含目前行业中先进适用的14种非开挖修复技术的施工要求及质量验收相关规定。重点解析了规程中紫外光固化玻纤增强树脂修复材料的弯曲强度、弯曲模量等技术指标的制定依据,管道闭气试验的具体判定方法,以及指导工程质量检验与验收的主要内容。该规程依据当前行业发展及市场需求对非开挖修复技术相关材料、工艺及验收提出了合理适用的要求,对推动非开挖修复技术发展具有重大意义。

关键词: 排水管道; 非开挖修复技术; 内衬材料; 技术指标; 紫外光固化玻纤增强树脂修复材料

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)20-0071-06

Analysis on The Specification for Construction and Acceptance of Trenchless Rehabilitation Engineering of Urban Drainage Pipeline

AN Guan-feng¹, ZHANG Rong¹, ZHANG Xin², CHEN Wei²

(1. Guangzhou Municipal Group Co. Ltd., Guangzhou 510060, China; 2. TV Rheinland <Shanghai> Co. Ltd., Shanghai 200072, China)

Abstract: The Specification for Construction and Acceptance of Trenchless Rehabilitation Engineering of Urban Drainage Pipeline (T/CECS 717 - 2020) issued by China Association for Engineering Construction Standardization has been issued and implemented. The innovative contents of the new specification were introduced in detail, including the relevant provisions of 14 advanced and applicable construction methods and quality acceptance regulations in the current industry. We focused on the formulated basis of the important technical index such as the bending strength and the bending modulus of UV curable glass fiber reinforced resin rehabilitation material, the specific judgment method of close gas test and the main content that guided quality inspection and acceptance for drainage pipeline. According to current industry development and requirements, this specification put forward reasonably applicable requirements for materials, construction technology processes and acceptance related to trenchless rehabilitation technology, which played an important role in promoting the development of trenchless rehabilitation technology.

Key words: drainage pipeline; trenchless rehabilitation technology; lining materials; technical indicators; UV curable glass fiber reinforced resin rehabilitation material

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2015BAK11B03)

排水管道是城市市政基础设施建设的重要组成部分,在城市污水收集与输送、防汛排水安全服务保障方面发挥着举足轻重的作用。目前中国城市排水管道长度已超 68×10^4 km,而修建的排水管道由于地表荷载变化、地下水土流失、管道腐蚀以及管道材质劣化,或因管材质量不达标、管道环境条件受限制、施工管理不规范、运营维护不到位等影响,存在大量有严重功能性或结构性缺陷的管道。管道缺陷得不到及时的修复,会导致缺陷进一步恶化,严重影响管道过流能力甚至发生道路坍塌,危及人民群众的安全,给城市运行和社会经济带来损失,因此亟需对有缺陷的管道进行修复更新,消除隐患,以保障城市安全和社会经济可持续发展。

随着当前社会发展和环境提升,城镇建设和管理要求也越来越高,相对于传统的大开挖式施工,非开挖原位修复管道技术^[1]已在国内外应用得更为广泛。其中已研发流行的管道修复技术包括:土体有机材料加固技术、翻转式原位固化修复技术、拉入式紫外光原位固化修复技术、水泥基材料喷筑修复技术、聚氨酯等高分子喷涂技术、管道垫衬法修复技术、不锈钢发泡筒修复技术、点状原位固化修复技术、不锈钢双胀环修复技术、管片内衬修复技术、热塑成型修复技术、机械制螺旋管内衬修复技术、短管穿插修复技术、碎(裂)管修复技术等。城镇排水管道修复工法较多,部分工艺技术复杂、施工作业风险较大,需要依照标准严格把控施工过程和验收工作;非开挖修复工程中新技术、新设备的应用在日新月异地发展,行业内企业水平参差不齐,亟需

制定标准及时规范和促进我国排水管道非开挖修复行业的健康有序发展,引领行业进步。

《城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收规程》(T/CECS 717—2020,以下简称《规程》)编制组根据我国的实际情况,通过广泛调查研究,参考有关国际先进标准,以广州、北京、上海、武汉等地的排水管道非开挖修复工程为研究对象,针对不同管径、管材、地质情况、缺陷类型、缺陷严重程度,开展了修复方法及质量验收工作的研究,不断总结城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收方面的成熟实践经验和成果,形成了一部科学合理且具有较强适用性和可操作性的技术规程。

1 《规程》的主要内容

《规程》共分 19 章内容和 8 个附录,主要技术内容包括总则、术语、基本规定、管道预处理、注浆法、翻转式原位固化法、紫外光原位固化法、水泥基材料喷筑法、高分子材料喷涂法、机械制螺旋缠绕法、垫衬法、碎(裂)管法、热塑成型法、管片内衬法、不锈钢双胀环法、不锈钢快速锁法、点状原位固化法、短管穿插法、管道功能性试验等。《规程》适用于城镇排水管道非开挖修复工程的施工与验收,规范了相关技术要求,以使城镇排水管道非开挖修复工程做到安全可靠、技术先进、经济合理、保障工程质量。

2 《规程》创新点解析

2.1 技术先进适用、内容翔实

《规程》中非开挖修复技术的具体内容如表 1 所示。

表 1 《规程》中非开挖修复技术适用范围及重点内容

Tab. 1 Scope of application and key content of the trenchless rehabilitation technology in the specification

序号	非开挖修复技术	适用范围	重点内容
1	注浆法	分为管内注浆法和管外注浆法,管外注浆法可用于各类排水管道,管内注浆法宜用于管径 ≥ 800 mm 的排水管道。 采用水泥基类、硅化浆液或高聚物材料对管道(渠)周边土体进行加固和防渗止水	对可控性好、使用效果佳的无机注浆材料,给出了各类注浆材料的适用范围、产品性能技术指标,并提出了非水反应高聚物材料生成的聚合物技术要求
2	翻转式原位固化法	可用于 DN150 ~ DN2 700 排水管道的修复。 不适用于管道破裂、管道接口严重错位、管道线形严重变形、管道基础断裂、管道脱节呈倒栽式状等结构性缺陷严重损坏的管道修复,及有严重沉降、与管道接口严重错位损坏的检查井	结合翻转式原位固化法在修复工程实践中易发生的问题,给出了水翻工艺和气翻工艺的具体要求
3	紫外光原位固化法	适用于修复 DN150 ~ DN1 800 的排水管道	借鉴和参考了先进的德国标准,对排水管道原位固化法修复工程设计和施工作出规定,并对内衬材料类型、外观质量、力学性能、储存和保管以及紫外光固化设备、湿软管拉入、紫外光固化过程控制作出了严格要求

续表1 (Continued)

序号	非开挖修复技术	适用范围	重点内容
4	水泥基材料喷筑法	可用于各类断面形式、无机材质排水管(渠)的修复。按工艺分为离心和人工喷筑两种方式,离心喷筑法可用于 DN300 ~ DN3 000 的圆形管道及检查井井壁的修复;人工喷筑法可用于人能进入的管道、检查井、箱涵、硐室等各类断面形式结构的修复	根据水泥基材料喷筑法工艺特点明确了排水设施结构性修复用水泥基材料、无机防腐水泥基材料性能要求
5	高分子材料喷涂法	可用于各类断面形式混凝土、钢筋混凝土、砖砌、圬工等排水管(渠)与金属管道和无机材料检查井的修复。分为人工喷涂和机器设备喷涂, DN800 及以上的排水管(渠)、金属管道与无机材料检查井可采用人工喷涂	给出了高分子喷涂材料的施工性能、黏结性能以及高分子材料喷涂固化后的短期力学性能等具体指标要求。并对高分子材料喷涂固化后的质量要求、检测频率、检验方法作出了具体规定
6	机械制螺旋缠绕法	适合在复杂地理环境下施工,适合长距离的管道修复。按工艺分为扩张法、钢塑加强法、机头行走法 3 种,可用于各类断面形式、各种材质的排水管(渠)的修复,其中扩张法宜用于 DN200 ~ DN600 圆形管道的修复;钢塑加强法宜用于 DN600 ~ DN 3 000 圆形管道的修复;机头行走法宜用于不规则边长在 1 200 ~ 5 000 mm 之间任意形状管道的修复	针对工程实践中管道外表面为平滑结构易造成内衬管与注浆材料无法稳定结合、内衬材料拉伸性能太低容易在缠绕制管过程中出现材料破裂等问题,对机械制螺旋缠绕工艺作出了详细规定,同时对内衬材料外观、材料性能、质量检验作出了控制要求
7	垫衬法	可用于 DN300 以上的各类断面形式、材质的排水管(渠)的修复	内衬管背面设置锚固键是重要环节,要求各类塑料衬垫产品的锚固键抗拉拔力(灌浆料抗压强度 35 MPa)应大于 500 N,同时在附录 H 给出了塑料衬垫锚固键抗拉拔试验方法
8	碎(裂)管法	可用于高密度聚乙烯(HDPE)波纹管、混凝土管道、陶土管等管道的修复,钢筋混凝土管及带钢筋的聚乙烯(PE)管应经过评估后修复	施工过程质量控制关键点在于管道接口连接控制、管道牵拉过程控制、端口处理控制、牵拉后划痕控制几个环节。对采用静拉碎(裂)管法、气动碎管法的管道施工、新管道拉入过程、管道连接等进行了明确规定,避免出现工作坑失稳、牵拉过程中地面隆起等问题,要求碎(裂)管法施工前后,应检测管节及接口有无划痕、刻槽、破损等,管道壁厚损失不得大于 10%,接口不得破碎,以保证施工质量及安全
9	热塑成型法	可用于 DN100 ~ DN1 200 排水管道的修复	给出了热塑成型衬管的力学性能指标,对衬管预加热和拖入、衬管的加热复原、衬管冷却和端口处理等工序内容作出了明确要求
10	管片内衬法	可用于 DN800 及以上的重力污水、雨水、雨污合流的混凝土管(渠)、钢筋混凝土管(渠)、圬工管(渠)、检查井、污水池等排水设施的修复	可用于修复圆形、方形和马蹄形管道。给出了管片材料性能要求、填充砂浆的配比以及基本要求,工艺要求尽量避免拼装过程、注浆过程产生偏差造成管道变形或破裂,控制最终注浆阶段的注浆压力不应大于 0.02 MPa,流量不应大于 15 L/min
11	不锈钢双胀环法	可用于 DN800 及以上的混凝土管、钢筋混凝土管、钢管、球墨铸铁管及各种合成材料管材的排水管道的局部修复	修复用原材料性能及尺寸应符合相关产品标准以及设计文件规定;双胀环法采用的胀环、止水橡胶应符合设计要求
12	不锈钢快速锁法	可用于 DN300 ~ DN1 800 排水管道的局部修复,不适宜管道变形和接头错位严重情况的修复	要求管径 DN600 及以下的快速锁应采用专用气囊进行安装,采用气囊安装的不锈钢快速锁不得采用搭接方式,气囊压力宜控制在 0.35 ~ 0.40 MPa; DN800 及以上的快速锁宜采用多片式快速锁结构进行人工安装。给出了气囊安装不锈钢快速锁、人工安装不锈钢快速锁技术参数要求。给出了气囊安装、人工安装技术参数
13	点状原位固化法	可用于 DN200 ~ DN1500 的混凝土管、钢筋混凝土管、钢管及各种塑料管排水管道的修复	列出了硅酸盐树脂性能指标要求,要求点状原位固化法修复过程中气囊压力应控制在 0.08 ~ 0.20 MPa,以保证内衬材料安装到位
14	短管穿插法	可用于管道老化、内壁腐蚀脱落的 DN200 ~ DN600 排水管道置换 PE 管的工程	给出了聚乙烯(PE)管材性能技术指标。对管材、管口型式设计、管口处理及施工作业提出了具体控制要求

非开挖修复工程专业性强,涉及的管道种类、材料种类、设备种类多且地下作业空间有限,具有技术要求高和风险大的特点。

《规程》对城镇排水管道修复工程中14项先进适用的非开挖修复技术进行了规范化和标准化,明确了适用范围,根据目前排水管道非开挖修复工程的实践应用及行业发展情况调整了相应工艺要求,对各项技术的材料、工艺要求及质量检验分别作出了明确规定。

2.2 调整了适应行业发展的技术指标

《规程》编写组调查研究了适用于各种管材、管径及缺陷类型的预处理及修复综合技术,开展了管道修复预处理用止水、固土注浆材料的力学及化学性能等试验;同时对各主要现行管道修复技术内衬材料的力学及化学性能等进行了试验研究分析。《规程》依据当前行业发展及市场需求对非开挖修复技术相关材料、工艺提出了合理适用的要求,调整了相应指标,对推动非开挖修复技术发展具有重大作用。

《规程》编写组成员单位莱茵技术(上海)有限公司对2017年—2019年国内57家施工企业送检的光固化原位固化修复材料(施工验收样品)的力学性能检测结果进行了数据统计分析。

① 弯曲性能测试

通过对862组紫外光固化玻纤增强树脂修复材料样品进行的三点抗弯性能测试,得到测试数据结果:98.38%的样品(848组)弯曲强度 ≥ 125 MPa,1.62%的样品(14组)弯曲强度 < 125 MPa,具体数据如图1所示。

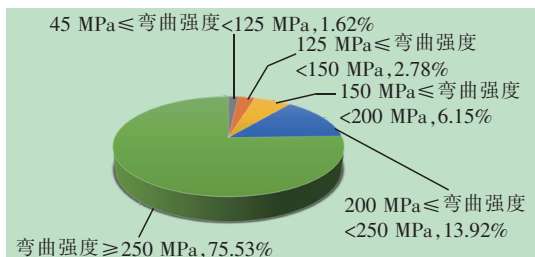


图1 紫外光固化玻纤增强树脂修复材料弯曲强度测试结果

Fig. 1 Bending strength test results of UV curable glass fiber reinforced resin rehabilitation material

99.42%的样品(857组)弯曲模量 ≥ 8000 MPa,0.58%的样品(5组)弯曲模量 < 8000 MPa,具体数据如图2所示。

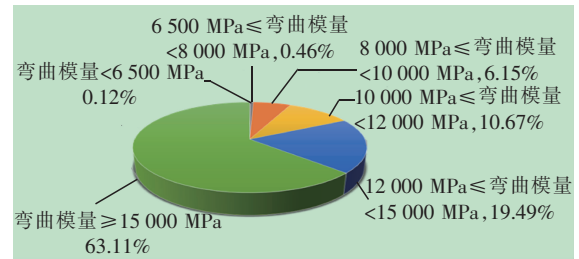


图2 紫外光固化玻纤增强树脂修复材料弯曲模量测试结果

Fig. 2 Bending modulus test results of UV curable glass fiber reinforced resin rehabilitation material

② 拉伸性能测试

前期对553组紫外光固化玻纤增强树脂修复材料样品进行了拉伸性能测试,其中99.28%的样品拉伸强度 > 80 MPa。2020年2月的最新测试数据显示,794组样品的拉伸强度性能测试结果为:99.50%的样品(790组)拉伸强度 ≥ 80 MPa,0.50%(4组)的样品拉伸强度 < 80 MPa,具体数据见图3。

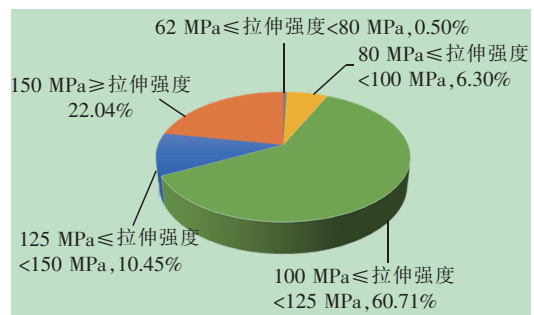


图3 紫外光固化玻纤增强树脂修复材料拉伸性能测试结果

Fig. 3 Tensile property test results of UV curable glass fiber reinforced resin rehabilitation material

可见,随着现代科学技术的进步和发展,修复材料的性能已有明显提升,《规程》中第7.2.5条对含玻璃纤维的内衬管的弯曲强度、弯曲模量、拉伸强度3项技术指标进行了调整,较行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)^[2]有所提高,要求弯曲强度 ≥ 125 MPa、弯曲模量 ≥ 8000 MPa、拉伸强度 ≥ 80 MPa。

2.3 倡导闭气试验,确保施工安全性

《规程》要求排水管道内衬管安装完成后,应进行管道严密性试验,以确保工程施工的安全性及更好地保证工程质量。严密性试验可分为闭气试验和闭水试验,结合目前业内闭水试验局限性和美国标准 *Standard Test Method for Installation Acceptance of*

Plastic Gravity Sewer Lines Using Low-pressure Air (ASTM F 1417)^[3],对非开挖修复工程的内衬管闭气试验进行了规定,明确管径 $\leq 1\,000\text{ mm}$ 的整体修复排水管道建议采用闭气试验。

闭气试验通过测试管道内气压下降 7 kPa 的时间来判定,《规程》表19.3.6给出了各类管径、管道长度在气压下降 7 kPa 允许最短时间。测试允许最短时间可按下列公式计算:

$$T = 0.001\,02\,DK_i/V_e \quad (1)$$

$$K_i = 5.408\,5 \times 10^{-5} DL \quad (2)$$

式中 T ——气压下降 7 kPa 允许最短时间,s

D ——管道平均内径,mm

K_i ——系数,不小于 1.0

V_e ——渗漏速率,取 $0.456\,94 \times 10^{-3}\text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$

L ——测试段长度,m

若实际时间超过规定的允许最短时间,判定管道闭气试验合格,反之判定为不合格;若所用时间已超过规定允许时间,而气压下降量为 0 或远小于 7 kPa ,则判定管道闭气试验合格。闭气试验常用管径、管道长度的气压下降 7 kPa 允许最短时间可参考表2。

表2 气压下降 7 kPa 允许最短时间

Tab.2 The minimum allowable time when pressure drops by 7 kPa

管道内径/mm	最小时间/min	最小时间对应管道长度/m	气压下降 7 kPa 允许最短时间/min								
			$L = 30\text{ m}$	$L = 50\text{ m}$	$L = 70\text{ m}$	$L = 100\text{ m}$	$L = 120\text{ m}$	$L = 150\text{ m}$	$L = 170\text{ m}$	$L = 200\text{ m}$	$L = 300\text{ m}$
100	3.72	185	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	3.72	4.02	6.03
200	7.43	92	7.43	7.43	7.43	8.05	9.67	12.07	13.68	16.10	24.15
300	11.17	62	11.17	11.17	12.68	18.12	21.73	27.17	30.78	36.22	54.33
400	14.88	46	14.88	16.10	22.53	32.20	38.63	48.30	54.73	64.38	96.58
500	18.60	37	18.60	25.15	35.22	50.30	60.37	75.45	85.52	100.60	150.90
600	22.32	31	22.32	36.22	50.70	72.43	86.93	108.65	123.15	144.88	217.32
700	26.05	26.4	29.58	49.30	69.02	98.60	118.32	147.90	167.62	197.20	295.78
800	29.77	23	38.63	64.38	90.15	128.78	154.53	193.17	218.92	257.55	386.33
900	33.48	20.5	48.90	81.50	114.08	162.98	195.58	244.48	277.08	325.97	488.95
1 000	37.20	18.5	60.37	100.62	140.85	201.22	241.47	301.83	342.07	402.43	603.65

注: 1. 对于管道长度值可采用插值法计算得到其他长度的最小允许时间,对于管道直径不可采用插值法;
2. 表中采用的允许渗漏速率为 $0.456\,94 \times 10^{-3}\text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$,最大渗漏量不得超过 $635V_e$ 。

2.4 指导工程质量检验与验收

《规程》归纳总结了城镇排水管道非开挖修复工程验收的评定方法、工程质量的检验要求,包括资料验收、实体工程验收的相关规定,明确了各项技术应进行质量检验的主控项目和一般项目,并给出了相应检验方法、检验数量的要求,同时对城镇排水管道非开挖修复工程竣工验收的单位工程、分部工程、分项工程及分项工程验收批划分、验收程序、验收资料内容、缺陷处理进行了规定。

附录C至附录H分别提供了高聚物水中反应收缩率测试方法、高聚物渗透性能测试方法、高聚物材料膨胀比测试方法、原位固化内衬管道短期抗弯性能测试(可用来测定施工阶段实际或模拟安装的原位固化管道抗弯性能)、原位固化内衬管壁密实性试验方法、塑料衬垫锚固键抗拉拔试验方法,给出了相应试样规格、形状、数量的规定,以及试验条件、

设备与测试参数的相关要求。

附录B提供了注浆法管道修复验收表、CIPP内衬固化后管道检查记录表、水泥基材料喷涂法检查记录表、高分子材料喷涂修复后管道检查记录表等14项修复工艺要求的完整的检查记录表和验收记录表,可高效、便利地指导开展非开挖修复工程质量检验及验收工作。

3 结语

《规程》覆盖了当前国际上城镇排水管道修复工程领域技术领先且应用成熟的主要非开挖修复技术,对排水管道修复的工艺要求、材料要求、技术规范详细,有较好的操作性,是目前国内较为全面的城镇排水管道修复验收标准,技术内容可为开展排水管道非开挖修复工程项目工作的设计人员、施工技术人员、检测人员等提供较好的指导。

《规程》结合国内外近年城镇排水管道修复技

术的工程应用及相关施工经验,较为翔实地对城镇排水管道非开挖修复工程施工及验收内容作出了相应规定。依据当前行业发展及市场需求,《规程》对非开挖修复技术相关材料、工艺、验收提出了合理适用的要求,调整了相应指标,将对推动非开挖修复技术发展发挥重大作用。

参考文献:

- [1] 安关峰. 城镇排水管道非开挖修复工程技术指南[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
An Guanfeng. Technical Guide for Trenchless Rehabilitation Engineering of Urban Sewer Pipeline[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016 (in Chinese).
- [2] CJJ/T 210—2014, 城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
CJJ/T 210 - 2014, Technical Specification for Trenchless Rehabilitation and Renewal of Urban Sewer Pipeline[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014 (in Chinese).
- [3] ASTM F 1417 - 11, Standard Test Method for Installation Acceptance of Plastic Gravity Sewer Lines Using Low-pressure Air [S]. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2011.



作者简介:安关峰(1970 -),男,河北秦皇岛人,博士,教授级高工,副总经理,总工程师,国务院特殊津贴专家,主要从事市政工程相关工作,开展市政管网修复、路面新材料、装配桥梁等方面研究,获得国家级工法2项、省级工法8项、国家专利授权30余项,主参编完成国家标准、行业标准、地方标准及团体标准共29项,曾荣获广州市杰出产业人才、高层次人才、广东省劳动模范、全国五一劳动奖章等荣誉。

E-mail:1007138145@qq.com

收稿日期:2020-06-22

(上接第70页)

- [3] 华安中,施为兵,沈益清. 管道CCTV检测在南京排水管道工程中的应用[A]. 2013年度江苏省测绘学会年会论文集[C]. 南京:江苏省测绘学会,2013.
Hua Anzhong, Shi Weibing, Shen Yiqing. Application of pipeline CCTV detection in Nanjing drainage pipeline engineering [A]. The Proceedings of 2013 Annual Meeting of Jiangsu Society for Geodesy Photogrammetry and Cartography [C]. Nanjing: Jiangsu Society for Geodesy Photogrammetry and Cartography, 2013 (in Chinese).
- [4] 齐利华,祖士卿,马骥. 珠海市某区域污水管网CCTV检测结果与建议[J]. 中国给水排水,2017,33(22): 135-138.
Qi Lihua, Zu Shiqing, Ma Ji. CCTV inspection and thinking of a regional sewage networks in Zhuhai [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(22): 135-138 (in Chinese).



作者简介:郭翔(1987 -),男,江苏扬州人,大学本科,工程师,水环境科科长,主要从事排水行业管理、污水处理、黑臭水体治理工作,多次获得住建局先进个人称号。

E-mail:411576508@qq.com

收稿日期:2020-06-09