

大亚湾区排水管道缺陷分析及非开挖修复策略

陈晓霞

北京市市政工程设计研究总院有限公司深圳分院

摘要:近年来国家对水环境综合治理高度重视,全国各地先后开展了排水管网普查工作,为城镇生活污水处理提质增效以及黑臭水体治理打下基础。以大亚湾为例,基于已建成市政雨污水管道的普查报告,对排水管道结构性缺陷和功能性缺陷成因进行分析总结,并合理选用适宜的非开挖修复技术,为我国城镇排水管道修复工程提供参考。

关键词:排水管道;结构性缺陷;功能性缺陷;非开挖修复

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.24.118

一、概述

城市地下市政基础设施建设是确保城市稳定、有序运作的重要基础,是城市高质量发展的重要内容,然而,目前城市地下管线仍存在底数不清、统筹协调不够、运行管理不到位等问题,这些问题的存在不时导致城市道路塌陷等安全事故,对城市的稳定发展构成了潜在威胁。

近年来,国务院印发了多个文件,《住房城乡建设部等部门关于开展城市地下管线普查工作的通知》建城[2014]179号、《住房城乡建设部办公厅等关于开展城市地下管线普查工作进展情况检查的通知》建办城[2016]23号、《住房和城乡建设部关于加强城市地下市政基础设施建设的指导意见》建城(2020)111号等,要求各地全面查清城市范围内地下管线现状,掌握准确的管线数据,建立信息系统并有效应用,摸清并及时处理处置事故隐患^[1]。

随着大亚湾工业的迅速发展,及近几年房地产小区不断地开发建设,流动和常住人口均快速增长,工业和生活的污染物产生量和排放量迅猛增加。排水管道承受的负荷也越来越繁重,且部分现状雨污水管道因建设年份较早,使用年代比较长久,而当地在排水管道的维护、修复上投入不足,造成排水管道腐蚀、渗漏严重,管道破坏、变形、不均匀沉降等情况时有发生。管道结构性缺陷和功能性缺陷致使排水管道不能发挥应有的作用,导致地下水渗入管道、污水外渗进入地下水及雨水管道,增加了污水处理厂运行成本,造成了地下水水体污染及地表水体溢流污染,同时雨水不能及时排除,给城市建设和人民生活带来不便^[2]。本文基于对大亚湾区市政道路排水管道的全面普查,深入分析了管道缺陷的成因,并提出了相应的非开挖修复策略,以期为我国其他城市在排水管网的排查和修复工作中提供借鉴。

二、管网排查情况及管道缺陷成因分析

通过前期调研及摸排,对大亚湾西区、中心区、霞涌区102条市政道路的现状雨水、污水管道进行CCTV检测,根据管道CCTV检测与评估报告,检测范围内管道结

构性缺陷共计10614处,功能性缺陷共计3096处。

(一) 结构性缺陷

1级结构性缺陷有4825处,2级结构性缺陷有4410处,3级结构性缺陷有838处,4级结构性缺陷有541处,如表1所示。其中占比最多的是1级结构性缺陷,占比45.46%,2级占比41.55%,3级占比7.9%,4级占比5.1%。

表1 不同结构性缺陷类型的数量及占比

缺陷代码及名称	1级 (轻微)	2级 (中等)	3级 (严重)	4级 (重大)	合计 (处)	所占 比例 (%)
	(处)	(处)	(处)	(处)		
PL(破裂)	1084	1903	284	156	3427	32.29
BX(变形)	1951	1195	302	255	3703	34.89
FS(腐蚀)	76	229	7	—	312	2.94
CK(错口)	151	417	51	42	661	6.23
QF(起伏)	36	39	25	16	116	1.09
TJ(脱节)	62	167	82	66	377	3.55
TL(接口材料脱落)	46	24	—	—	70	0.66
AJ(支管暗接)	125	44	14	—	183	1.72
CR(异物穿入)	82	35	19	—	136	1.28
SL(渗漏)	1212	357	54	6	1629	15.35
共计(处)	4825	4410	838	541	10614	100
所占比例(%)	45.46	41.55	7.90	5.10	100	

通过对不同结构性缺陷类型的数量及占比分析可知,大亚湾区结构性缺陷最多的类型为变形,其次是破裂和渗漏,以上缺陷类型占82.52%,其余缺陷类型占17.48%。

大亚湾片区排水管道管材主要为HDPE波纹管 and 钢筋混凝土管,因管道承插管接头施工工艺不到位、管道和检查井衔接处施工工艺不到位、回填压实不到位等施工质量问题,以及管道使用年限较长、地质条件较差等引起管道的不均匀沉降,加上管道自身质量不达标等,造成管道变形、破裂、渗漏等结构性缺陷,且随着管道运行年限的增长,缺陷状况逐渐加剧。

(二) 功能性缺陷

1级功能性缺陷有2006处,2级功能性缺陷有539处,3级功能性缺陷有207处,4级结构性缺陷有344处,如表2所示。其中占比最多的是1级结构性缺陷,占比45.46%,2级占比41.55%,3级占比7.9%,4级占比5.1%。

表 2 不同功能性缺陷类型的数量及占比

缺陷代码及名称	1级 (轻微)	2级 (中等)	3级 (严重)	4级 (重大)	合计 (处)	所占比 例 (%)
	(处)	(处)	(处)	(处)		
CJ(沉积)	677	154	42	22	895	28.91
JG(结垢)	3	0	0	0	3	0.10
ZW (障碍物)	290	200	75	190	755	24.39
CQ(残墙、 坝根)	4	4	2	6	16	0.52
SG(树根)	1032	181	88	126	1427	46.09
FZ(浮渣)	0	0	0	—	0	—
共计(处)	2006	539	207	344	3096	100.00
所占比 例 (%)	64.79	17.41	6.69	11.11	100	

通过对不同功能性缺陷类型的数量及占比分析可知,大亚湾区功能性缺陷占比最大的类型是树根,占46.09%。大亚湾的排水管道一般敷设在靠近绿化带的机动车道或非机动车道下,行道树的根系发达,会横向纵向扩散到周围地区,从管道接口的缝隙或破损点侵入管道,导致管道渗漏、破裂和堵塞等状况。

沉积和障碍物缺陷占比53.3%,在管道水力坡度较小的管道中流速较慢,水中的固体容易沉降并淤积在管道底部,长期以往,造成沉积。由于施工,一些建筑垃圾进入管道,并遗留在排水管道中,造成管道堵塞。

通过分析管道的缺陷成因,可以看出排水管道缺陷的成因十分复杂,管道缺陷之间也会互相影响导致排水状况不断恶化。为提升排水系统输送能力和避免发生因排水管道缺陷导致路名坍塌等灾害事件,科学制定针对性的管道修复方案。

三、管道修复对策分析

(一) 确定管道修复原则

(1) 结构性缺陷只修复2级、3级、4级缺陷,功能性缺陷予以全部清除的原则。

(2) 根据排水管网普查和检测评估报告,找出管道存在的问题,并进行全面综合的技术经济比较,在延长管道适用寿命、达到完善的疏通能力等方面进行修复方案比选,因地制宜比选出有针对性的、成熟的、可靠的、具有先进性价比的管道修复方案。

(3) 排水管道修复需满足如下基本要求:满足管道的荷载要求;修复后的管道流量一般应达到或接近管道原设计流量(整体开挖修复的管道按原管径、管位更新);满足对该管道养护的技术标准要求。

(4) 为了尽量减少管道过水断面的连续变化、改善水力条件、防止继发损坏,对于同一管段出现3处及以上结构性缺陷的,采用非开挖整体修复方法。

(5) 敷设于交通繁忙、新建道路、环境敏感等地区的排水管道的修复更新优先选用非开挖修复。

(二) 确定管道修复方法

1. 结构性缺陷修复

排水管道的修复方法分为开挖修复和非开挖修复。

开挖修复是指采用开挖换管的方式进行管道修复的方法,对于开挖修复来说,其修复适用范围不受管径的大小和缺陷的严重程度限制。非开挖修复可分为局部非开挖修复和整体非开挖修复,局部非开挖修复适用于缺陷集中于某个部位的场合,整体非开挖修复适用于损坏部分分布比较广的场合。

排水管道非开挖修复的目的是采用少开挖或不开挖地表的修复技术,对损坏的排水管道进行局部或整体修复,使其恢复原有功能。本工程周边大部分为已建成区,且排水管道大部分位于机动车道下,考虑到开挖修复施工对交通、临近现状管线等影响较大且施工周期长,本工程仅对单一的严重损坏、非开挖局部修复无法修复的,以及破坏严重的、非开挖难以修复的结构性缺陷,采用开挖修复,如4级结构性缺陷、3级腐蚀及2级及以上的变形和起伏等。

(1) 局部修复

对于管径较小无法进入的管道,选用机械设备修复的技术,如局部树脂固化修复;对于管径较大、人能进入操作的管道,选用人工辅助修复的技术,如管道化学灌浆法、不锈钢双胀环修复。

对管径小于800mm的错口、异物穿入、腐蚀、破裂、渗漏、脱节、接口材料脱落的2级缺陷,异物穿入、破裂、渗漏脱节的3级缺陷均采用局部树脂固化修复;对管径超过800mm的异物穿入、破裂、渗漏的2、3级缺陷均采用管道化学灌浆法修复;对管径超过800mm的腐蚀、脱节、接口材料脱落的2、3级缺陷均采用不锈钢双胀环修复。

对于错口缺陷,适用的局部修复技术有不锈钢双胀环和局部树脂固化修复,不锈钢双胀环只适用于错口小于等于3cm的缺陷修复,局部树脂固化修复只适用于错口小于等于5cm的缺陷修复^[1],因此对错口缺陷数量少于3处的局部修复,除管径小于800mm的2级错口采用局部树脂固化修复,其余的错口局部修复均采用开挖修复。

(2) 整体修复

本工程采用的整体修复技术有CIPP翻转法原位固化修复和机械制螺旋缠绕内衬修复。根据施工经验,CIPP翻转法原位固化修复法在大管径管道修复中效果欠佳,容易出现内衬管表面不平整、气泡、折痕等,在管道运行一段时间后,内衬管顶部可能会塌陷影响管道使用。但因其造价较低且小管径修复效果良好,故本项目对管径小于1200mm的管道缺陷采用CIPP翻转法原位固化修复法,对管径大于等于1200mm的管道缺陷采用机械制螺旋缠绕内衬修复。管道修复方案详见表3。

2. 功能性缺陷修复

排水管道没有定期进行日常养护及疏通,长期以往,排水管道内积累了影响过流的物质,如杂质、石头、残墙、树根等,导致管道堵塞、积水以及排水不畅,最终有可能导致排水管道运行瘫痪。

根据管道检测评估结果,按规范要求,对管道检测中发现的沉积、结垢、障碍物进行疏通清淤,对树根缺陷进行切割处理,对残墙、坝根缺陷进行拆除处理,恢复管道过水断面,保证管道排水畅通。管道修复方案详

表 3 结构性缺陷修复方案

序号	缺陷类别	管径 (mm)	结构性缺陷修复措施			
			1 级	2 级	3 级	4 级
1	支管暗接		其他项目实施改造			---
2	变形		不做处理	开挖更新		
3	错口	DN<800	不做处理	<3 处时采取局部树脂固化修复, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复	<3 处时采取开挖修复新, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复	开挖修复
		800 ≤ DN < 1200		<3 处时采取开挖修复新, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		
		DN ≥ 1200	不做处理	<3 处时采取开挖修复, ≥ 3 处时采取机械制螺旋缠绕内衬修复		
4	异物穿入	DN<800	不做处理	机器切割清除后局部树脂固化修复, 若异物为其他专业管线则改迁管线并开挖更新缺陷管道		---
		DN ≥ 800		人工清除并管道化学灌浆法, 若异物为其他专业管线则改迁管线并开挖更新缺陷管道		---
5	腐蚀	DN<1200	不做处理	<3 处时采取局部树脂固化修复, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复	开挖更新	---
		DN ≥ 1200	不做处理	<3 处时采取不锈钢双胀环法, ≥ 3 处时采取机械制螺旋缠绕内衬修复	开挖更新	---
6	破裂	DN<800	不做处理	<3 处时采取局部树脂固化修复, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		开挖更新
		800 ≤ DN < 1200		<3 处时采取管道化学灌浆法 (水泥浆液), ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		
		DN ≥ 1200		<3 处时采取管道化学灌浆法 (水泥浆液), ≥ 3 处时采取机械制螺旋缠绕内衬修复		
7	起伏		不做处理	开挖更新		
8	渗漏	DN<800	不做处理	<3 处时采取局部树脂固化修复, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		开挖更新
		800 ≤ DN < 1200		<3 处时采取管道化学灌浆法 (水泥浆液 + 环氧树脂), ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		
		DN ≥ 1200		<3 处时采取管道化学灌浆法 (水泥浆液 + 环氧树脂), ≥ 3 处时采取机械制螺旋缠绕内衬修复		
9	脱节	DN<800	不做处理	<3 处时采取局部树脂固化修复, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		开挖更新
		800 ≤ DN < 1200		<3 处时采取不锈钢双胀环法, ≥ 3 处时采取 CIPP 翻转法原位固化修复		
		DN ≥ 1200		<3 处时采取不锈钢双胀环法, ≥ 3 处时采取机械制螺旋缠绕内衬修复		
10	接口材料脱落	DN<800	不做处理	局部树脂固化修复	---	---
		DN ≥ 800		不锈钢双胀环法	---	---

见表4。

表 4 功能性缺陷修复方案

序号	缺陷类别	功能性缺陷修复措施			
		1 级	2 级	3 级	4 级
1	沉积	清除			
2	残墙、坝根	拆除			
3	浮渣	清除			---
4	结垢	清除			
5	树根	切割并采用局部树脂固化修复 (< DN800) 或化学灌浆法 (≥ DN800) 修复裂缝			
6	障碍物	清除			

四、修复效果

通过对大亚湾区市政道路存量雨污水管道的结构性和功能性缺陷进行非开挖修复, 恢复了雨污水管道的排水功能, 有效解决大亚湾区已建成的市政道路雨污水管

道破损、淤堵等问题, 工程建成后有利于市政雨污水管道排污通畅、减轻城市积涝, 有利于减少路面坍塌的安全隐患问题。

结语

非开挖修复技术以其修复的负面影响小, 对地面、交通、环境以及周围地下管线等的影响弱、良好的社会效益和经济效益等优点成为城市排水管道缺陷修复工程中重要的一环^[1]。本文重点对大亚湾已建成雨污水管道健康状况进行分析, 探讨选用合理的非开挖修复措施, 为我国其他城镇排水管道非开挖修复提供实用的参考。

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: 5, 172, 189.
- [2] 李小荣, 王亚东, 李放, 等. 非开挖修复技术在市政排水管网隐患点修复工程中的应用 [C]. // 中国水运建设行业协会工程施工专业委员会 2020 年度技术交流会论文集. 2020: 457-464.