

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2023. 02. 016

W市管网排查中市政雨污水管道缺陷的分布特征

黄荣敏^{1,2}, 张 焱¹, 刘 卡¹, 章 真¹, 成浩科^{1,2}

(1. 长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430062; 2. 中国长江三峡集团有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘 要: 排水管网缺陷是影响排水系统正常发挥运行效能的重要因素之一。以长江中下游W市为例, 结合该市开展的排水管网探测及管道状况检测成果, 对排水管网缺陷特征进行总结分析。结果表明, 错口、脱节等接口缺陷是雨污水管道最常见的结构性缺陷, 对功能性缺陷来说, 障碍物及沉积发生的概率要高于其他类型缺陷; 受管材质量及施工质量影响, HDPE双壁波纹管发生缺陷的概率要高于钢筋混凝土管, 其中变形是HDPE双壁波纹管最常见的缺陷; 粉性土、砂土等软弱土层的存在使管道发生变形、渗漏和沉积的几率增大; 相对于结构性缺陷, 功能性缺陷更容易由I、II级发展成III、IV级缺陷, 因此加强施工过程管理、提高运维管理能力对于保障管道正常运行至关重要。

关键词: 排水管道; 结构性缺陷; 功能性缺陷

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)02-0087-07

Distribution Characteristics of Municipal Rainwater and Sewage Pipelines Defects in W City Pipe Network Inspection

HUANG Rong-min^{1,2}, ZHANG Ye¹, LIU Ka¹, ZHANG Zhen¹, CHENG Hao-ke^{1,2}

(1. Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China; 2. China Three Gorges Corporation, Wuhan 430000, China)

Abstract: Sewer defect is one of the important factors affecting the operation efficiency of drainage system. Taking W city in the middle and lower reaches of the Yangtze River as an example, based on the results of drainage network survey and pipe condition inspection of the city, the defect characteristics of drainage network were summarized and analyzed. Results show that joint defects such as off set and disjointed are the most common structural defects of rainwater and sewage pipelines, and the occurrence probability of obstacles and deposits is higher than other types of functional defects. Affected by the quality of pipe material and construction, the probability of defects occurred in double-wall corrugated HDPE pipe is higher than that of reinforced concrete pipe, and deformation is the most common defect of double-wall corrugated HDPE pipes. Soil soft layer such as silty soil and sand soil increases the probability of deformation, leakage and deposition in the pipe. Compared with structural defects, functional defects are more likely to develop from I, II to III, IV level defects. Therefore, it is crucial to strengthen construction process management and improve operation and maintenance management ability

基金项目: 中国长江三峡集团有限公司科研项目资助(202103355); 长江生态环保集团有限公司科研项目资助(HB/AH2021039)

to ensure the normal operation of the pipe.

Key words: sewer; structural defect; functional defect

排水管网是市政基础设施建设的重要组成部分,是城镇产生的生活污水和工业废水收集、输送的生命线,也是排除城市雨水、保护城市不受内涝侵袭的主要基础设施。根据住房和城乡建设部城乡建设统计年鉴数据,截至2019年,我国城市排水管道的长度达到 74.4×10^4 km,在现有排水管网规模不断扩大的同时,部分管道已出现了不同程度的损坏和老化。

根据《城镇排水管道检测与评估技术规范》(CJJ 181—2012),管道缺陷分为结构性缺陷和功能性缺陷,根据严重程度各分为4级。其中,结构性缺陷影响管道强度、刚度和使用寿命,功能性缺陷则会改变管道断面,影响管网畅通。因管道缺陷导致的城市内涝^[1]、水体污染^[2]、路面塌陷等现象屡见不鲜。管道缺陷产生的主要原因有:

① 管道正常使用过程中,由于自身结构、水力、外部环境等因素导致管道老化、退化;

② 管道建设时标准较低,管材质量不合格,施工质量较差,导致管道未达到设计使用年限就产生缺陷;

③ 管道运营维护不到位。

从2018年开始,长江中下游W市在全市范围内开展城镇污水系统提质增效工作,经过近两年的存量管网核查与补测、管道状况检测,掌握了全面且详细的排水管网数据。通过对该市排水管网缺陷数据进行统计,归纳分析雨污水管网缺陷的特征,探讨管道性质、材质、地质条件等因素对管道缺陷的影响。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

W市地处长江下游,城区内河道纵横,湖泊众多,各级河道50余条,湖泊20多个,浅层地下水平均埋深2~4 m。本次研究区域为W市城区6个污水系统片区,合计污水处理能力约 48×10^4 m³/d,服务面积约555 km²,除A片区存在7 km²的合流区外,均为分流制排水体制,雨水管网长约1 535 km,污水管网长约786 km。

各片区污水系统基本信息见表1。

表1 研究区域污水系统基本信息

Tab.1 General information of the sewage system in the study area

排水分区	排水体制	雨水管道长度/km	污水管道长度/km	服务面积/km ²
A片区	雨污分流(含约7 km ² 合流区)	545	285	99
B片区	雨污分流	269	148	90
C片区	雨污分流	270	131	127
D片区	雨污分流	71	50	43
E片区	雨污分流	292	144	108
F片区	雨污分流	88	28	88

1.2 研究方法

采用人工调查的方法获取存量雨污水管网的平面位置、埋深、管径及材质等基础资料,之后利用CCTV及QV^[3]技术对片区内雨污水管道进行检测,采用QV技术查明管道内部的连接情况,特别是隐蔽接入状况,并进行准确定位,CCTV则可将管道内的实时图像传输到控制电脑的主屏幕上,对管道存在的结构性和功能性缺陷进行直观显示。进行CCTV检测时需要保证管道处于中低水位,甚至无水状态,同时要对管道内正常淤积的沉积物进行清洗,在检测前需依据管道内的水位、沉积物淤积厚度等情况开展封堵、抽水或清洗工作。使用气囊对待检测管道的上下游进行封堵,封堵后上游管道的污水需使用导排措施保证上游污水不冒溢,将待检测管道内的污水用污水泵排出。对于待检测管道内有内部沉积物的情况,使用高压清洗车和吸污车进行处理。

最后根据《城镇排水管道检测与评估技术规范》(CJJ 181—2012)对雨污水管道的功能性及结构性缺陷,按照缺陷类型和等级进行识别、分类统计。

2 管网缺陷数据及分析

2.1 雨污水管道缺陷情况

按雨污水管道的结构性和功能性缺陷对管道CCTV检测结果进行分类统计(见图1)。其中,结构性缺陷包括支管暗接、变形、错口、异物穿入、腐蚀、破裂、起伏、渗漏、脱节、接口材料脱落;功能性缺陷包括沉积、残墙坝根、浮渣、结垢、树根、障碍物。

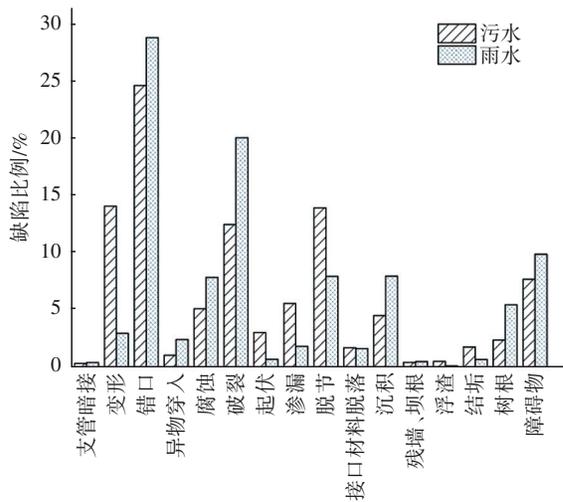


图1 雨污水管网不同类型缺陷分布特征

Fig.1 Distribution characteristics of different types of defects in rainwater and sewage pipelines

① 污水管缺陷特征

据统计, W市污水管道中结构性缺陷占82.4%,功能性缺陷占17.6%。错口、脱节、变形、破裂缺陷占比较高,分别为24.7%、14%、14.1%、12.5%,这四种缺陷总量占结构性缺陷的79.3%,占总缺陷量的65.3%。其中,错口和脱节都属于接口问题,说明接口处是最容易发生缺陷的部位。接口处发生缺陷的原因:a. 施工时对管道接口质量控制不严,开挖埋管现场作业班组注重接口外侧抹带施工,不注重管道接合是否紧凑,且缺乏检测手段,对管道施工中存在的接口隐患不能及时发现。为此,一方面要加强施工过程中的建设管理,另一方面通过大面积普及新建管道CCTV检测,可及时处理管道接口存在的隐患,减少错口和脱节等病害的发生。b. 由于地质问题或基础处理不到位及运行过程中地面荷载变化导致管道不同部位的不均匀沉降使管道产生纵向垂直变位,引发错口及脱节问题。c. 管道接口两侧受力不均匀导致管道发生横向位移,引发管道错口发生。

管道所在路段地质较差导致的不均匀沉降或管道上方常年受荷载的影响,加上管道自身质量不达标等原因容易导致管道变形。随着管道变形幅度加大,外部土壤挤压会加剧差异沉降,进而导致管道破裂,影响管道使用,甚至会导致路面坍塌^[4]。

污水管道的功能性缺陷中,障碍物、沉积及树根占比最高。对典型缺陷(见图2)进行分析发现, W市污水管道中的障碍物主要来自两个方面:一是

闭水试验封堵材料回收不彻底,甚至出现未拆除的情况;二是施工建筑垃圾遗留在管道内部。沉积发生主要是因为管道流速较慢导致水体中固体沉降,再加上管道缺乏养护和疏通,造成管道底部淤积大量杂质。树根在总缺陷中的占比达到2.4%,有人认为在植物快速生长的南方城市这一缺陷更为普遍^[5],如在珠海^[6]、莆田^[4]等地的管网检测中均发现树根在管道功能性缺陷中占有相当的比例。

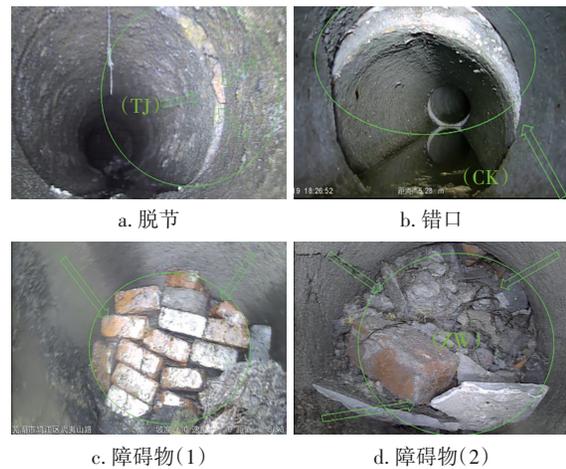


图2 污水管道典型缺陷

Fig.2 Typical defects of sewage pipelines

② 雨水管缺陷特征

雨水管道中结构性缺陷占75.1%,功能性缺陷占24.9%。其中,障碍物、沉积及树根等功能性缺陷占总缺陷的比例分别为9.9%、8%和5.5%,显著高于其在污水管中的比例(7.7%、4.6%和2.4%)。

排水管道中障碍物多为管道施工中的残留封堵试验材料或建筑垃圾,一方面,相对于污水管道,雨水管道的养护、疏通更差;另一方面,地面的垃圾和泥沙更容易通过雨水算子进入雨水管道。沉积在雨水管道中的比例高于污水管道,可能与路面冲洗污水大量通过雨水算子进入雨水系统,以及环卫作业习惯性将尘土扫进雨水算子有关,也与错口、破裂在雨污水管道内的比例差异相关,随着错口与破裂比例的增加,管道外的土壤更容易进入管道内部,在流速较低时沉积在管道底部,形成功能性缺陷。树根比例差异则是由于雨水管道的埋深(平均1.48 m)通常要小于污水管道(平均3.21 m),埋深较浅的管道更容易受到树根破坏。

雨水管道的结构性缺陷中,占比最高的四种缺陷分别为错口、破裂、腐蚀及脱节。出现错口、脱节

的原因与污水管道一致。管道中腐蚀缺陷主要表现在钢筋混凝土管内部表面剥落(见图3),露出粗骨料或者钢筋。雨水管道中腐蚀缺陷占总缺陷量的7.9%,而在污水管道中这一数据为5.2%,这是因为钢筋混凝土管在雨水管中的比例(93.11%)远高于污水管(57.2%),相对于HDPE双壁波纹管等塑料管,钢筋混凝土管在长期运行过程中更易受到腐蚀侵害。雨水管道中破裂的比例要高于污水管道,而污水管道中变形的比例则远高于雨水管道,造成这种现象的原因仍然与管材有关。

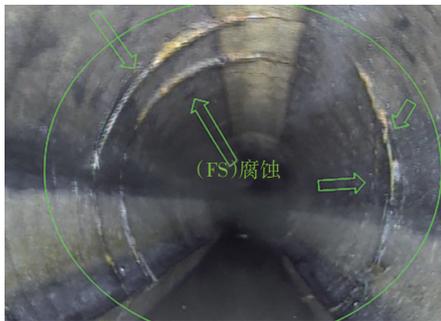


图3 钢筋混凝土管腐蚀缺陷

Fig.3 Corrosion of reinforced concrete pipe

2.2 管材对管网缺陷的影响

W市雨水管道中HDPE双壁波纹管等塑料管占6.57%,混凝土管占93.11%。为了对比管材对管网缺陷的影响,选择塑料管占比更高的污水管道进行分析。以C片区污水管道为例,该片区钢筋混凝土管占比为65%,HDPE双壁波纹管等塑料管占比为23.7%。两种管材缺陷数量及比例统计见图4。

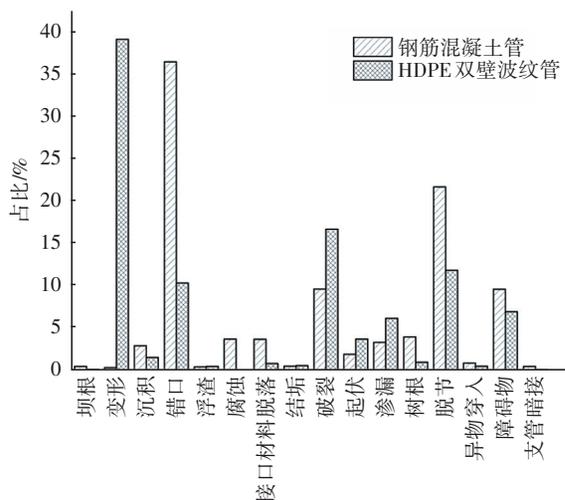


图4 C片区钢筋混凝土管及HDPE双壁波纹管缺陷特征

Fig.4 Defect characteristics of reinforced concrete pipe and HDPE double-wall corrugated pipe in section C

调查发现,C片区中HDPE双壁波纹管缺陷数为125.8个/km,高于钢筋混凝土管(106.7个/km)。HDPE双壁波纹管由于出厂质量^[7]及施工质量难以管控等方面的原因^[8],导致其在实际使用过程中的单位公里缺陷数高于钢筋混凝土管。

① HDPE双壁波纹管的功能性缺陷占10.6%,结构性缺陷占89.4%,其中变形、破裂、脱节及错口占比最高,占总缺陷量的78%。造成HDPE双壁波纹管变形及破裂的原因有:a.市场上存在生产厂商相互竞争压价的现象,以HDPE管为代表的各类化学管材种类多、质量良莠不齐,市场较为混乱^[9];b.管材运输、安装不当,导致管道投入运行前即发生质量问题,例如实际工程中回填有带水、带大块碎石的情况,导致管道外壁受压不均匀,大块碎石处存在应力集中;c.地质条件较差或管道基础处理不到位,管道不均匀沉降导致变形甚至破裂^[10]。

② 钢筋混凝土管的功能性缺陷占17.9%,结构性缺陷占82.1%。钢筋混凝土管中脱节、错节的比例远高于HDPE双壁波纹管,导致钢筋混凝土管接口更容易产生缺陷的原因有:a.混凝土管道的长度较短,接口数量更多;b.早期管道质量验收手段有限,未大面积普及管内CCTV检测,导致开挖埋管现场作业班组注重接口外侧抹带施工,不注重管道接合是否紧凑,造成错口、脱节问题较多;c.钢筋混凝土管主要采用刚性接口,受到外部荷载时,接口密封材料承受轴向线变位和相对角变位;d.管道基础处理质量不到位会导致管道的不均匀沉降^[9]。另外,腐蚀在钢筋混凝土管中的占比为3.72%,而在HDPE双壁波纹管中仅为0.03%,这也解释了雨水管道中腐蚀的比例要高于污水管道。

2.3 雨污水管道中缺陷等级分布特征

表2为雨污水管道中各等级缺陷的分布特征。从总的缺陷数量来看,各等级缺陷在雨污水管道中的分布接近,I、II级缺陷占比最高,III、IV级缺陷占比不到25%,这与在全国多地CCTV检测结果中缺陷的分布类似^[10-12]。按照结构性缺陷及功能性缺陷进行分类统计可以发现,雨污水管道中I、II级结构性缺陷占总结构性缺陷的比例高于功能性缺陷。结构性缺陷中的II级缺陷占比为37.17%~39.16%,这一数据在功能性缺陷中为21.06%~21.42%,表明相对于结构性缺陷来说,功能性缺陷

更易由低等级发展为高等级,严重影响管道的正常使用。

表2 雨污水管道中各等级缺陷分布特征

Tab.2 Distribution characteristics of different level of defects in rainwater and sewage pipelines %

缺陷等级	污水管			雨水管		
	结构性缺陷	功能性缺陷	总缺陷	结构性缺陷	功能性缺陷	总缺陷
I	40.64	40.91	40.69	41.41	41.96	41.54
II	39.16	21.06	35.97	37.17	21.42	33.25
III	11.37	12.18	11.51	13.59	13.69	13.62
IV	8.83	25.85	11.83	7.83	22.93	11.59

针对结构性缺陷及功能性缺陷不同等级的缺陷发生概率不同的情况,绘制了雨污水管道中不同类型缺陷中各等级缺陷的分布特征(见图5)。

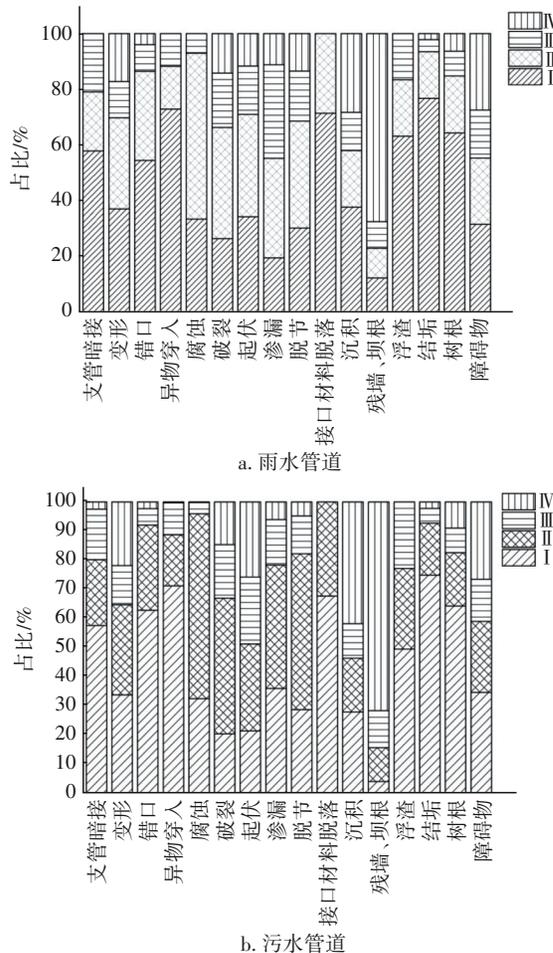


图5 雨污水管道中不同类型缺陷中各等级缺陷的分布特征

Fig.5 Distribution characteristics of different level of various defects in rainwater and sewage pipelines

在图5(a)雨水管道中,Ⅲ、Ⅳ级的结构性缺陷

中渗漏、破裂、起伏及脱节占比较高,Ⅲ、Ⅳ级的功能性缺陷中残墙、坝根、障碍物占比较高,其中障碍物是雨水管道中占比最高的功能性缺陷,对管道过流产生严重阻碍,因此在管道施工时要对施工队伍的文明、规范施工提出严格要求,施工完成时及时清理残留在管道内部的建筑垃圾、闭水试验封堵墙等,同时应加强对雨水管道使用过程中的疏通、清理等工作。

由图5(b)可以看到,结构性缺陷中Ⅲ、Ⅳ级缺陷占比较高为变形、起伏及破裂,这与W市的污水管道使用大量的HDPE等塑料管相关。变形是HDPE双壁波纹管最容易发生的缺陷,当管道质量不能满足要求时,在长期的运行过程中,受外部荷载影响,管道发生变形后,管外土壤挤压会导致沉降差异增大,变形幅度进一步增大,极大可能发展为Ⅲ、Ⅳ级缺陷,最终导致管道结构破坏。

2.4 不同污水系统片区污水管网缺陷特征

A片区为W市主城区,污水管网自2000年开始修建,地质以淤泥质粉质黏土、粉质黏土为主,污水管道总长285 km,其中钢筋混凝土管道占56.04%,HDPE/PE等塑料管占43.13%。B片区为新区,污水管网自2010年修建,地质除淤泥质粉质黏土外,部分区域为粉性土和砂土,污水管道总长148 km,其中钢筋混凝土管道占68.15%,HDPE/PE等塑料管占31.84%。

经统计,A片区管道缺陷为107.1个/km,B片区管道缺陷为56.3个/km,管道缺陷呈现这种特征原因有以下几个因素:①A片区管网建设年限较长,长期高负荷运行导致管网问题较多;②老城区车行道较多,长期受到上部重载影响,管道更容易出现缺陷;③老城区的商业区聚集,排放污水中动植物油脂含量高,易沉积板结^[3]。

除管网缺陷数量差异之外,两个片区在缺陷类型方面也呈现出不同的特征(见图6)。A片区中错口、脱节及障碍物等缺陷高于B片区。混凝土管发生错口、脱节的概率高于塑料管,虽然B片区混凝土管占比高于A片区,但是A片区的管龄更长,使用的年限越久,外部土壤沉降的差异越大,接口发生问题的概率越高。A片区管道中障碍物比例高于B片区也可能是由于A片区的建成时间早,在管道运维养护较差的情况下,固体废物、建筑垃圾等在管道中得不到清理,导致管道内部沉积越来越多,对管

道的过水能力带来不利影响。B片区的变形、腐蚀、渗漏、沉积等缺陷的比例显著高于A片区。腐蚀缺陷的发生与管材密切相关,B片区更高的钢筋混凝土管比例导致腐蚀缺陷的占比更高。

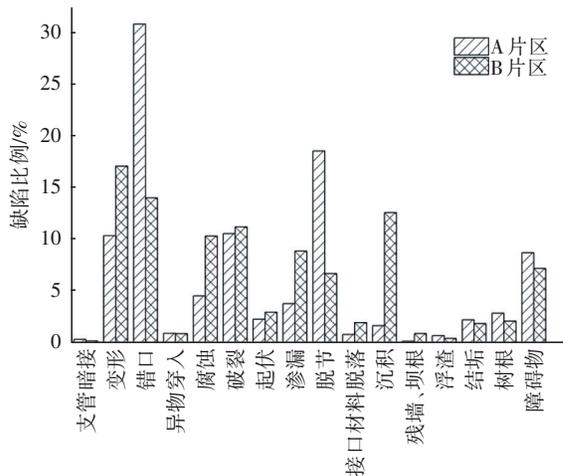


图6 不同污水系统片区污水管网缺陷特征

Fig.6 Defect characteristics of sewage pipe in different sewage system areas

B片区变形、渗漏及沉积的比例高于A片区都与其地质特性密切相关,地勘报告显示B片区现状管道所处地层涉及到②1层砂质粉土夹淤泥质粉质黏土、②2层粉土夹粉砂、②2层淤泥质粉质黏土夹粉土,其中,②1层砂质粉土夹淤泥质粉质黏土层,以砂质粉土为主,局部夹粉砂团块,整体呈稍密状,局部夹流塑状淤泥质粉质黏土,淤泥质粉质黏土含量约20%~30%,该层赋水量较丰富,在内外水力梯度较大的情况下易发生流砂、坍塌;②2层粉土夹粉砂,松散~稍密,以“透镜体”状分布于②2层淤泥质粉质黏土夹粉土中,该层工程性能尚可,但赋水量丰富,透水性较强,在内外水力梯度较大的情况下易发生流砂、坍塌,基槽易失稳变形,基槽需加强支护;②2层淤泥质粉质黏土夹粉土,流塑,局部含大量粉土,具高灵敏度,属高压缩性土层,承载力低,工程性能差,扰动后土体强度易突降,产生较大回弹量及蠕变。A片区地质以黏土为主,当管道周围地下水位较高且在管道发生错口、脱节或破裂等缺陷时,B片区土层中的粉性土浸水易形成流体状态,随着水流进入管道,外部土壤环境的变化会加剧管道的变形,导致管道状况进一步恶化,进入管道的土壤则会随着流速的降低,在管道底部沉积,甚至造成淤堵,影响排水管道正常发挥功能。

3 结论

通过对W市存量雨污水管道的缺陷检测结果进行总结,分析了造成不同类型、不同等级缺陷分布差异的原因:

① 接口是雨污水管道中最容易发生结构性缺陷的部位,加强管道接口施工质量管理,对沟槽放线、回填、管道基础处理等过程加强管控,可以有效降低因地质不均匀沉降造成的错口、脱节、起伏、变形等结构性缺陷发生的概率。

② HDPE双壁波纹管等塑料管管材质量对于管道运行质量至关重要,一方面要加强对此类管材出厂质量管控,另一方面可以根据国家相关政策和实际情况,优先采用球墨铸铁管、承插橡胶圈接口钢筋混凝土管等优质管材。

③ 管道功能性缺陷中Ⅲ、Ⅳ级缺陷的占比远高于结构性缺陷,通过施工过程中的规范化文明施工及后期运维可以有效降低功能性缺陷对管道正常运行的影响,保障管道运行安全有效。

④ 在掌握管道基础信息的基础上,总结管道病害发展规律,建立管道资产管理体系,变被动管理为主动管理,有针对性地提前采取防治措施,才能有效、逐步地解决管道存在的缺陷问题,提升排水管网系统运行效能。

⑤ 根据管道检测结果,应及时开展管网健康状况评估和修复工作,综合考虑管道缺陷类型及程度、修复成本、周边环境等多种因素,采用开挖修复或非开挖修复技术对管道缺陷进行修复,确保雨污水系统的安全运行。

参考文献:

- [1] 韩洋. 城市内涝控制与排水管网规划研究[D]. 西安:长安大学,2014.
HAN Yang. The Study of Urban Water Logging Control and Drainage Network Planning [D]. Xi'an: Chang'an University, 2014 (in Chinese).
- [2] 王雪静. 中山市排水管道内窥检测项目技术方案及效果评价[D]. 保定:华北电力大学,2014.
WANG Xuejing. Effect Evaluation and Technical Implementation Program of Zhongshan City Pipeline Endoscopic Detection Project [D]. Baoding: North China Electric Power University, 2014 (in Chinese).
- [3] 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).
- [4] 陈毅,郭嘉昕,欧德龙. 基于CCTV技术的城市老旧污水管道检测与评估——以莆田市城笏路为例[J]. 净水技术, 2020, 39(12): 160-164.
- CHEN Yi, GUO Jiixin, OU Delong. Detection and evaluation of urban old sewage pipelines based on CCTV technology—a case of Chenghu Road, Putian City [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(12): 160-164 (in Chinese).
- [5] 李金龙. 我国城市排水管道检测与修复技术研究[J]. 工程建设与设计, 2021(1): 89-90.
- LI Jinlong. Research on detection and repair technology of urban drainage pipeline in China [J]. Construction & Design for Engineering, 2021(1): 89-90 (in Chinese).
- [6] 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).
- [7] 张长明. 谈HDPE双壁波纹管质量通病及防治措施[J]. 安徽建筑, 2014, 21(6): 76-77.
- ZHANG Changming. On quality problems and preventive measures of HDPE double-wall corrugate pipe [J]. Anhui Architecture, 2014, 21(6): 76-77 (in Chinese).
- [8] 刘茂江. 浅谈HDPE双壁波纹管的施工应用及突出问题的治理[J]. 绿色环保建材, 2020(3): 174, 177.
- LIU Maojiang. Construction application of HDPE double wall corrugated pipe and treatment of prominent problems [J]. Green Environmental Protection Building Materials, 2020(3): 174, 177 (in Chinese).
- [9] 王晓静. 城市排水管道结构性缺陷及应对策略[J]. 绿色科技, 2020(4): 197-199.
- WANG Xiaojing. Analysis and countermeasures of structural defects in urban sewers [J]. Journal of Green Science and Technology, 2020(4): 197-199 (in Chinese).
- [10] 雷芳芳. CCTV技术在福州市排水管道检测中的应用研究[J]. 给水排水, 2019, 45(S1): 275-276.
- LEI Fangfang. Application of CCTV technology in Fuzhou drainage pipeline inspection [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(S1): 275-276 (in Chinese).
- [11] 熊匡,杨长河,胡骏,等. 赣州市某区排水管道的检测与评估[J]. 给水排水, 2018, 44(10): 126-130.
- XIONG Kuang, YANG Changhe, HU Jun, et al. Inspection and evaluation of drainage pipelines in a district of Ganzhou City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(10): 126-130 (in Chinese).
- [12] 郭翔. CCTV管道检测在扬州污水提质增效行动中的应用[J]. 中国给水排水, 2020, 36(20): 67-70, 76.
- GUO Xiang. Application of CCTV pipeline inspection in Yangzhou sewage quality improvement and efficiency enhancement action [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(20): 67-70, 76 (in Chinese).

作者简介:黄荣敏(1981-),男,湖北黄梅人,硕士,高级工程师,主要研究方向为市政给排水。

E-mail: huang_rongmin@ctg.com.cn

收稿日期:2022-04-22

修回日期:2022-05-05

(编辑:衣春敏)

贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》