

城镇排水管道非开挖修复技术在上海的应用和分析

朱小飞

上海市排水管理事务中心

摘要:排水管道作为城市生活的静脉,是人们进行正常生产和生活的重要基础设施之一,伴随着城市建设的快速推进,地下管网的规模在不断扩大。当下,针对逐渐老化的排水管网如何选择修复技术,直接关系到城市功能的综合高效治理。因此,城市排水管道的修复技术成了近年来相关领域研究的热点。其中非开挖修复技术因其所具备的诸多优势,在城市排水管道修复工作中被人们所关注。本文结合近几年来上海市排水管道预防性修复的工程案例,对非开挖修复技术及其在城市排水管道修复工程中的应用及效果进行分析,以期为该领域的技术应用提供借鉴意义。

关键词:排水管道;管道修复;非开挖修复技术;应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.07.022

一、背景

上海市属于我国的特大城市,其城市排水管网建设规模十分庞大。据相关统计,截至2020年,全市共有城镇公共排水管道2.91万公里,其中,主管2.33万公里,支管(接户管、连管)0.58万公里。主管管龄10年以上的2.11万公里,占比91%;管龄30年以上的0.46万公里,占比20%。“十三五”期间,本市共检测排水主管7063公里,占总量的30%,发现存在结构性缺陷的管道812公里,损坏率达11.5%,其中二级及以上结构损坏率达8.8%,三级及以上结构损坏率达2.9%。对结构性缺陷类型进行分析,错位占比53%,破裂占比21%,变形占比15%。排水管道结构损坏,一是会引起外水(地下水、河水等)渗入,挤占排水设施空间,加剧污水厂末端溢流和泵站放江污染问题;二是容易造成土体流失,引发“沉管”,导致路面塌陷,危及城市安全。排水管道的维护和修复工作至关重要。

受到国家政策支持 and 市场需求的影响,上海市在城镇排水管道非开挖修复技术研究和应用方面走在我国的前列^[1]。目前上海市在城镇排水管道非开挖修复方面已经形成了配套的规范和标准,制订了《上海市城镇排水管道非开挖修复技术实施指南》和上海市地方标准《城镇排水管道非开挖修复技术标准》等,为排水管道非开挖修复的实施提供了有力的技术支撑。

二、非开挖修复技术及其在上海的应用

随着近些年对非开挖修复技术研究和应用逐渐深入,目前衍生出了多种非开挖修复技术^[2]。在实际开展城市排水管道修复工程之前,需要针对城市排水管道的实际状况,充分考虑排水管道的输水安全性、周边地区及交通、投资规模及工程的环境效益,并对多种排水管道修复方案的可靠性、可行性、安全性、持久性和经济成本进行全面对比的前提下,最终制定出最为适宜的排水管道修复方案^[3-5]。下文以上海市排水管道预防性修

复中的某区管道修复工程为例,对非开挖修复技术及其应用进行分析。

(一)工程概况

上海某区A路段的排水管道属曹丰排水系统,建设于1996~1997年,已经使用二十多年。现状埋设有DN800~DN1650的合流主管共15段,总长度497m,管径及标高均满足规划要求。经过CCTV检测和评估,其中有11段长387m的钢筋混凝土材质管段,存在多处整段1级~2级腐蚀、部分管段1级~3级渗漏、管道下沉等结构缺陷,为避免缺陷情况进一步加剧产生更严重的问题,需及时对管道及沉陷道路进行修复。其余4段,长110m,HDPE材质,管段情况良好,拟保留利用。

为减小施工对于周边地区交通、环境等造成的影响,根据管道的损坏情况由设计院提出修复方案,并经过专家组评审通过,对本工程范围的排水管道抢修采用非开挖修复方式实施。具体为采用CIPP热水原位固化法修复工艺修复DN800雨水主管5段共173米;采用3S管片模块法修复工艺修复DN1650雨水主管6段共214米。

(二)翻转法管道内衬修复技术

翻转法管道内衬修复技术是一种非开挖现场固化内衬管道修复技术,一般可运用在管径DN150mm至DN1500mm的管道翻新修复。该技术使用修复材料主要为浸满热固性树脂的毡制软管,在进行修复时,首先将被修复管道清洗干净,然后通过注水翻转将提前浸满热固性树脂的毡制软管送入到提前清洗干净的被修复管道中,让其紧密地贴附在管道内壁,最后通过对热水加热使树脂在管道内固化从而在被修复管道中形成高强度内衬树脂新管^[6,7]。目前翻转内衬CIPP法包括:结构性衬管、非结构性衬管、半结构性衬管,主要参考美国ASTMF1216标准,在实际应用翻转内衬CIPP法进行城市排水管道修复工程时,需要结合被修复排水管道的原先情况和实际需要选择合适的翻转内衬CIPP法修复方式。

1. 工艺原理

翻转内衬CIPP法施工时,首先结合工程实际情况在工厂按照相关标准制作内衬软管,再用热固性树脂灌浸内衬软管形成树脂软管。在施工时以翻转的方式把树脂软管置入被修复管道中,同时通过压缩空气和水对树脂软管加压使其紧密贴合于被修复管道内壁,最后利用温水输送辅助管循环加热方式使热固性树脂软管硬化成型,从而在被修复管道中制成一层内衬新管。

2. 工艺操作要求

被修复管道的清淤堵漏是翻转法施工前期准备工作的主要内容,管径小于DN800的排水管道通常使用土体注浆加固与管道外部堵漏并用的方式,管径超过DN800的排水管道通常使用快速堵水砂浆对管道内部进行堵漏。在对内衬软管固化前需要通过注浆方式对管道破损附近进行加固从而制成防水屏障,也能达到提高土体稳

定性进而防止周围土体流失的目的，提高管基土体的承载力，再通过现场固化内衬技术的修整，达到排水管道长期正常使用。

(1) 准备操作，在施工井的上面设置翻转操作平台，在管道中部和施工井内设置稳定坚固的挡板便于后续施工顺利安全开展。

(2) 辅助内衬管翻转放入，为有效保持树脂软管完好和避免树脂外漏造成水污染，应提前将辅助内衬管翻转送入。

(3) 树脂软管翻转准备，在翻转操作平台上将冷藏运输的树脂软管安装在翻转工作头之上，然后与液压机或空压机设备对接。

(4) 树脂软管翻转放入，利用压缩水或压缩空气将树脂软管翻转放入到提前铺设好辅助内衬管的排水管道内。

道内。

(5) 加热固化，在将树脂软管翻转放入到排水管道之中后，将温水加热输送管接入到管内，然后将加热管与水泵和加热设备相连，待准备工作完成后便可以对树脂软管进行加热固化。

(6) 树脂管端部切割，待完成树脂软管的加热固化后，需要使用专用切割设备将树脂管头部切割平整。

管内检查：在完成管端切割后为充分掌握翻转修复后管内状况，需使用CCTV检测仪器对管内状况进行检查并形成影像资料。

3. 修复效果对比

修复前排水管道存在脱节和变形问题，采用翻转法管道内修技术修复后，脱节和变形问题得到修复，管壁变得完整光滑。

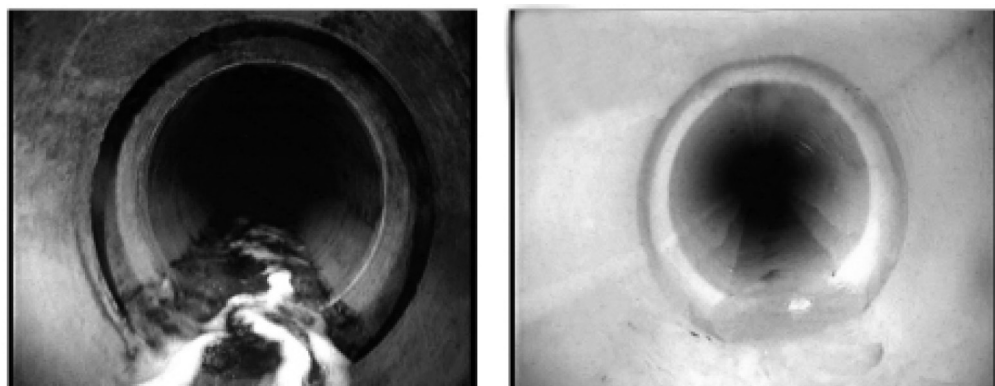


图1 修复前后对比图

(三) 3S管片模块法修复技术

管片模块法修复技术从日本引进后，根据国内的施工条件等因素进行了改良。因其修复后管道的强度可靠性和施工过程的便利性，是值得信赖的大型排水管道非开挖修复技术之一。

1. 工艺原理

3S模块内衬法的工作原理是：根据管道的形状（圆形、矩形等）和尺寸，将透明、轻量的PVC塑料模块从检查井口置入并在待修复管道内搬运，通过特制螺杆系统将模块拼装形成内衬新管。然后在既有管道和3S模块形成的新管之缝隙内注浆灌注3S专用微膨胀高强浆液，形成可承载式的复合管道，使新旧管道连成一体，达到修复破损管道的目的。

该修复技术有如下几个优点，修复后构造如图-2所示。

(1) 不需要大型机械设备进行安装，适用于多种施工环境；(2) 使用透明的PVC制品，目视控制灌浆料的填充情况，保证工程质量；(3) 可以从管道的中间向两端同时施工，缩短工期；(4) 出现紧急状况时，随时可以暂停施工；(5) PVC材质，抗腐蚀性强，耐磨耗性能好，能够大幅度延长管道使用寿命；(6) 施工时间短，噪音低，不影响周围环境和居民生活；(7) 强度高，修复后的管道破坏强度大于修复前的管道；

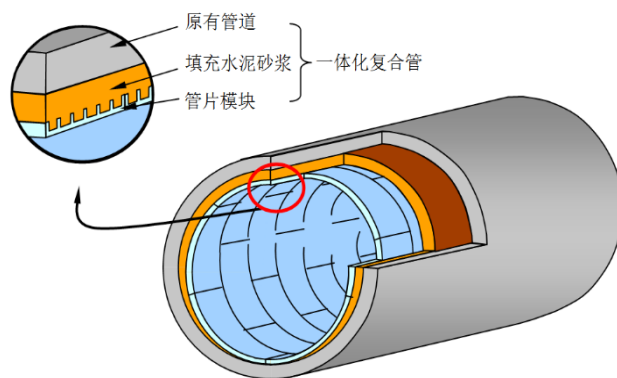


图2 3S模块内衬法技术

2. 施工流程和质量控制关键点

3S模块法修复技术的施工流程按现场的实际状况制定，施工过程中的质量控制关键点如下所示。

(1) 管道预处理

3S模块法施工对管道清洗质量要求较高，要求做到无影响施工的沉积、结垢、障碍物与尖锐突起物。为此，需要利用高压冲洗设备冲洗表面污垢，再利用人工进入管道进行机械清洗的方式敲除附着的结垢物。同时，对渗漏部分采用聚氨酯等进行堵漏，以满足施工要求。

(2) 模块管片拼装

将模块吊入井内，在井室内采用螺接方式径向拼装成环，拼装时接口应均匀涂抹密封胶，确保接口密封。然后，将拼接好的环运至管道内，采用螺接方式轴向拼接成管道，同样，拼装时环接口应注意均匀涂抹密封胶，确保接口密封。

3. 修复效果对比

修复前排水管道存在腐蚀、破裂和渗漏等问题，采用3S管片模块法技术修复后得到解决，管壁变得完整光滑。

三、非开挖修复与开挖修复的优劣对比

城市排水管道缺陷情况各异，有渗漏、破裂、变形、脱节等十几类，有的缺陷点存在复合型缺陷即破裂处存在大量渗漏，变形处存在裂缝等等；另一方面，待修复的管道有的位于城市要道，有的位于相对僻静的位置，管径有大有小，埋深深浅不一，加之建设年代、管材、土质或其他各种环境因素的不同，在城市排水管道修复工程中部分采取了开挖修复技术，通过在工程实际情况从技术、环境和造价三方面对非开挖修复与开挖修复的优劣性进行对比，对比结果如表3所示。

表3 非开挖修复与开挖修复对比

修复工艺	整体CIPP翻转法内衬	3S管片模块法内衬	开挖修复
技术因素	1) 施工时需占用一条车道的宽度，且施工时间灵活； 2) 管道深浅无影响； 3) 一次施工循环两天左右； 4) 不用考虑绿化、路面恢复等问题； 5) 可修复DN150~DN2000各类管道； 6) 可通过弯头，允许旧管有一定程度的变形或错位； 7) 可设计管道结构强度	1) 施工时需占用一条车道的宽度，且施工时间灵活； 2) 管道深浅无影响； 3) 一次施工循环六天左右； 4) 不用考虑绿化、路面恢复等问题； 5) 可修复DN800~DN3000各类管道； 6) 可设计管道结构强度	1) 传统修复工艺，需占用较大场地及开挖工作面； 2) 污水主管埋深大的，需放坡和深基坑维护，加大了场地的使用； 3) 工期较长，需回填、路面恢复、绿化恢复； 4) 各类缺陷、各类管材均可采用开挖修复；
环境因素	1) 几乎无废土，且大大减少废气与噪音排放； 2) 施工占用少，对交通、行人、周边商业的影响小； 3) 机械、自动化程度高，减小了安全隐患。	1) 无废土，废气与噪音排放； 2) 施工占用少，对交通、行人、周边商业的影响小； 3) 人工拼装，无大型机械	1) 有大量废土、废气和噪音产生； 2) 开挖期间对交通、行人、周边商业影响较大； 3) 安全隐患较多。
工程造价	1) 管材与工程直接成本较高； 2) 工程“社会成本”大大减少； 3) 总投资可控制、可预见性强。	1) 管材与工程直接成本较高； 2) 工程“社会成本”大大减少； 3) 总投资可控制、可预见性强。	1) 造价难以控制； 2) 对于埋深大且处于城市干道等主要位置时，总投资大； 3) “社会成本”高

传统的开挖修复虽然能修复所有管道缺陷，但其环境影响大，社会成本高，多数情况下，并不是最优的选择。而比较各种非开挖修复工艺可发现，不同的工艺对不同的缺陷类型、管径等使用环境各不相同，对于某一处（段）具体管道而言，需综合考虑其存在的缺陷、土质情况，路面、环境因素，社会影响、资金情况等，选择最适合的修复工艺。综上所述，本工程位于普陀区，工程沿线涉及学校、居民区及企业，为减少城区内对交通影响并加快施工进度，优先采用非开挖的CIPP翻转法、3S管片模块法对缺陷管段进行修复，取得了很好的经济效果和社会效果。

四、结语

我国城市发展目前逐渐进入到了管理维护时代，掌握城市排水管道运行状况并对存在缺陷的排水管道及时进行预防性修复，是确保城市排水管道平稳运行的关键。非开挖修复技术在上海的成功应用，有效地保证了城市基础设施的安全正常运行。今后，作为近年来城镇排水管道修复研究和发展的重点方向，未来随着国家政策的大力支持、社会需求的不断旺盛以及相关企业的纷纷进入，必将促使我国城镇排水管道非开挖修复相关的

技术和设备水平不断提升，也将推进非开挖修复技术在城镇排水管道修复中得到更为广阔的应用。

参考文献

[1] 杨晓慧. 城市排水管道修复技术适用性研究及工程应用[D]. 西安工业大学, 2019.
 [2] 李兰娟. 城镇排水管道非开挖修复技术进展[J]. 中国环境科学学会2021年科学技术年会论文集, 2021, 922-925.
 [3] 旷小军, 陈国卿. 浅谈城镇排水管道非开挖修复技术[J]. 人民黄河, 2021, 43(2): 255-256+258.
 [4] 肖倩, 项立新, 杨明轩, 等. 非开挖技术在深圳市排水管道修复中的选择与应用[J]. 给水排水, 2019, 55(01): 116-120.
 [5] 张睿. 非开挖修复技术在城镇排水管道中的应用与探讨[J]. 城市道桥与防洪, 2020(07): 196-198.
 [6] 张明方. 非开挖技术在排水管道修复工程中的应用[J]. 云南水力发电, 2020(09): 60-64.
 [7] 唐其林. 排水管道非开挖修复技术选择研究[J]. 工程技术与应用, 2019(19): 44-46.