



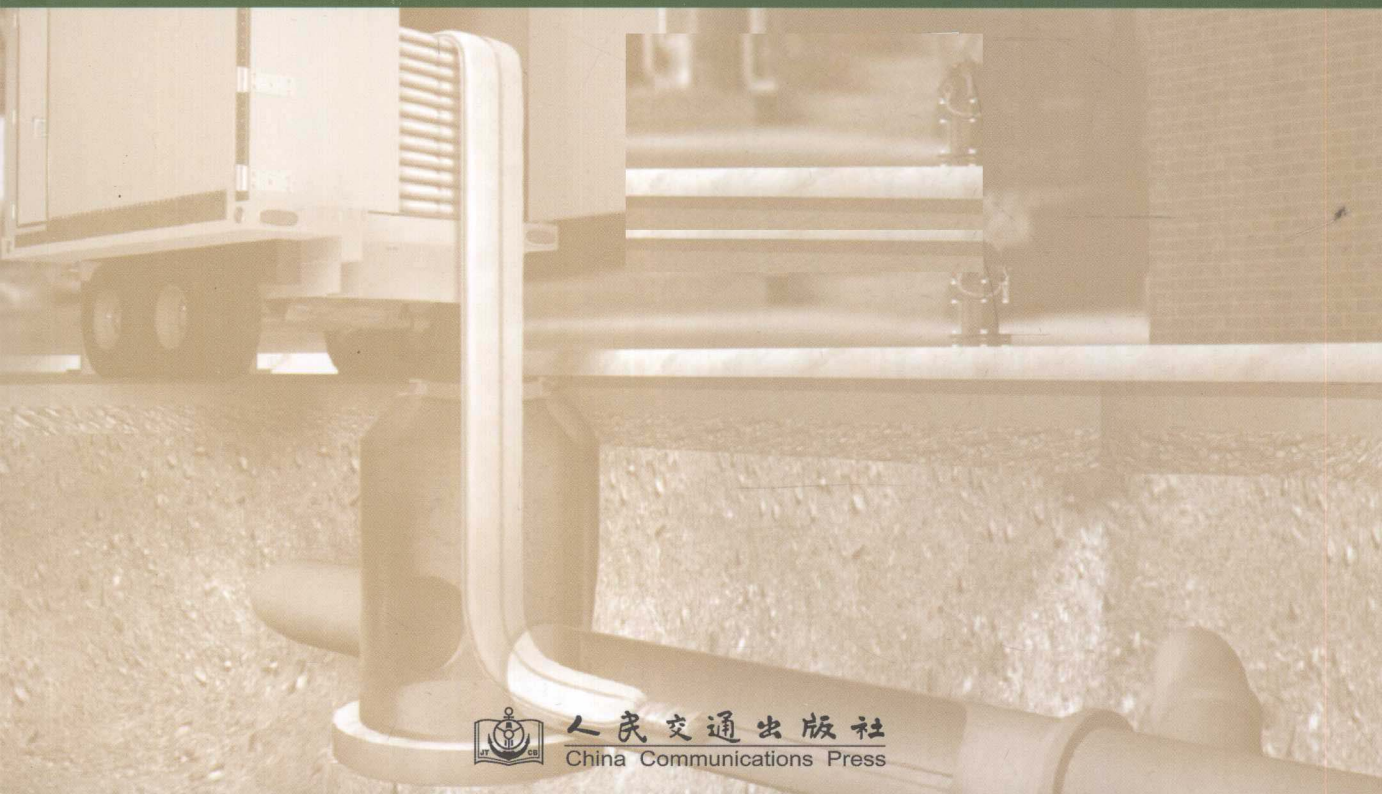
“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国重大隧道及地下工程建设项目技术总结

◇ 非开挖工程技术系列丛书

非开挖管道 修复更新技术

Trenchless Pipeline Rehabilitation and Renewal Technology

马保松◎主编



人民交通出版社
China Communications Press



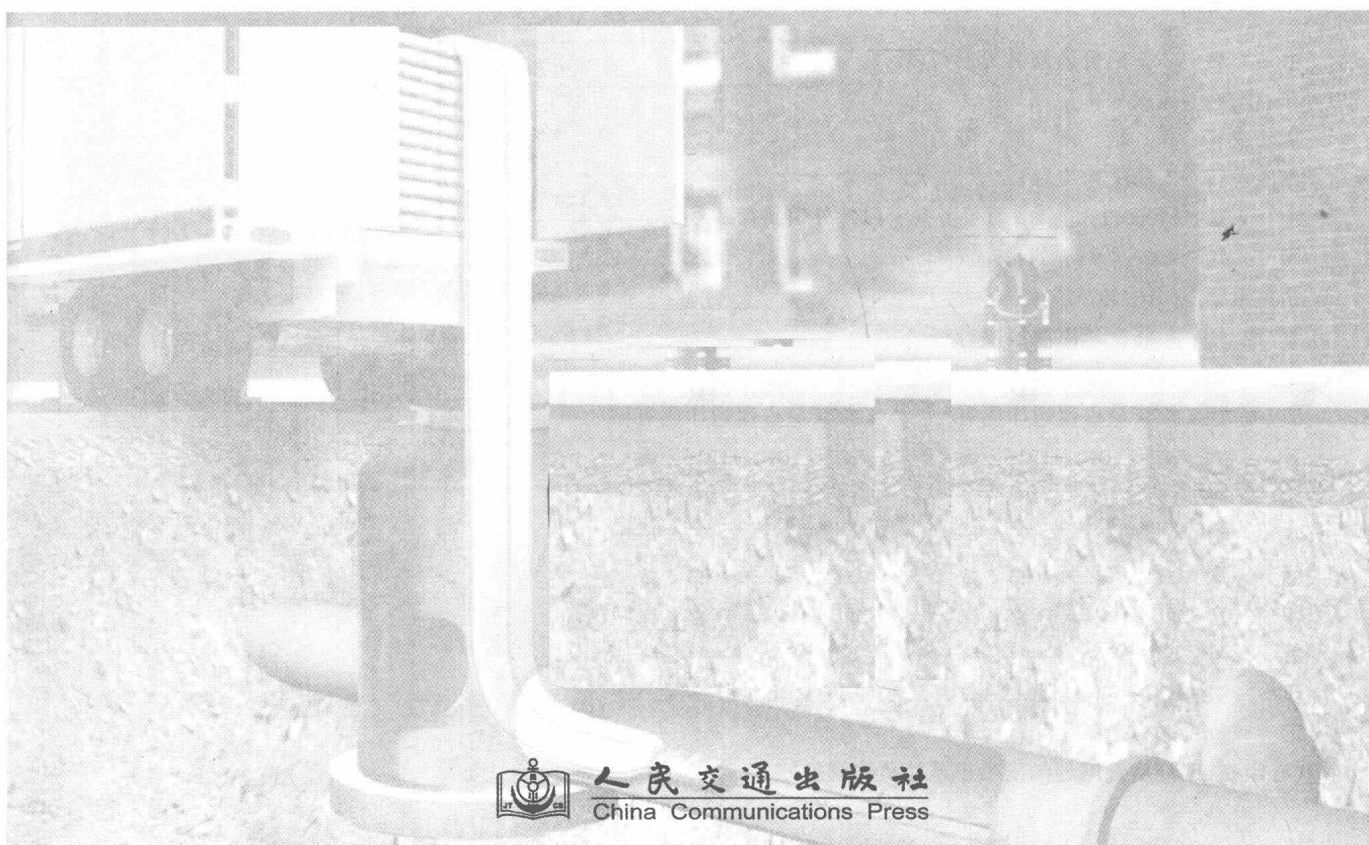
“十二五”国家重点图书出版规划项目
中国重大隧道及地下工程建设项目技术总结

◇ 非开挖工程技术系列丛书

非开挖管道 修复更新技术

Trenchless Pipeline Rehabilitation and Renewal Technology

马保松◎主编



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书是在总结国内、国外大量地下管道非开挖修复更新工程经验的基础上,参考国际各类先进标准和相关理论编著而成。本书的主要特点是理论和实践并重、先进性和实用性相结合。

本书共分为 13 章和 2 个附录,内容涵盖了目前常用的地下管道非开挖修复更新工程技术,包括地下管道的检测评估、管道预处理、穿插法管道修复技术、原位固化法管道修复技术、碎裂管法管道更新技术、喷涂法管道修复技术、螺旋缠绕法管道修复技术、管片法修复技术、薄壁不锈钢管道内衬法修复技术、管道局部修复技术和检查井修复技术等。

本书可供市政管道工程、石油管道工程、给排水工程、环境工程、地质工程等领域的设计人员、管理人员、研究人员、工程技术人员、教师和学生等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

非开挖管道修复更新技术 / 马保松主编. —北京:
人民交通出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-114-11364-2

I. ①非… II. ①马… III. ①管道维修 - 技术
IV. ①U178

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 073884 号

书 名: 非开挖管道修复更新技术

著 作 者: 马保松

责任编辑: 高 培 王 霞 陈力维

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 18.25

字 数: 440 千

版 次: 2014 年 8 月 第 1 版

印 次: 2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 11364 - 2

印 数: 0001 - 3000 册

定 价: 68.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

编 委 会

主 编:马保松 中国地质大学(武汉)

副主编:遆仲森 厦门市安越非开挖工程技术有限公司
徐效华 河南中拓石油工程技术股份有限公司
孔耀祖 武汉中地管通非开挖科技有限公司

编 委(按姓氏拼音为序):

安关峰 广州市市政集团有限公司
何 善 杭州诺地克科技有限公司
李佳川 上海誉帆环境科技有限公司
廖宝勇 厦门市安越非开挖工程技术有限公司
吕士健 城市建设研究院
孙跃平 管丽环境技术(上海)有限公司
田中凯 武汉市城市排水发展有限公司
王明岐 河北肃安实业集团有限公司
吴 璞 迈佳伦(天津)国际工贸有限公司
吴忠诚 中国京冶工程技术有限公司
许 珂 陶氏化学(中国)有限公司
颜学贵 成都市兴蓉投资有限公司
曾 聪 中国地质大学(武汉)
张煜伟 上海市排水管理处
周长山 山东柯林瑞尔管道工程有限公司

作者简介


马保松,男,1998年在吉林大学获得地质工程专业博士学位,现任中国地质大学(武汉)工程学院教授、博士生导师,中美联合非开挖工程研究中心主任,武汉市非开挖工程技术研究中心主任。曾先后在德国鲁尔波鸿大学(Ruhr University Bochum)、美国密西根州立大学(Michigan State University)和德克萨斯大学阿灵顿校区(The University of Texas at Arlington)做访问学者。

主要社会兼职:

1. 国际地下物流学会(ISUFT)常务理事
2. 住房和城乡建设部市政给水排水标准化技术委员会委员
3. 中国岩石力学与工程学会地下空间分会常务理事
4. 国际期刊《Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice》编委
5. 国际期刊《Tunnelling and Underground Space Technology》编委

作者长期致力于非开挖工程理论和技术的应用研究,先后主持完成水体污染控制与治理国家科技重大专项研究课题专题、港珠澳大桥拱北隧道大型顶管管幕相关科研课题以及国家自然科学基金、教育部、住房和城乡建设部、武汉市科技局和武汉市建委科研项目等20余项;主编完成中华人民共和国行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)和安徽省工程建设标准《给排水工程顶管技术规程》(DB 34/T 1789—2012),主编出版《非开挖工程学》、《顶管和微型隧道技术》、《顶管施工技术和验收规范》等著作5部,发表学术论文80余篇,其中被SCI、EI检索20余篇。

作者在非开挖工程领域的学术研究,得到国际同行的高度评价,2011年5月在德国柏林召开的“第29届国际非开挖技术研讨会:29th International NO DIG”被推选获得国际非开挖技术协会2011年度“非开挖奖——学术研究类”(NO-DIG AWARD: Academic Research),是获得此奖项的第一位中国人。他首次提出并开设的非开挖工程学课程2010年被教育部批准为国家双语教学示范课程。



非开挖工程技术是利用微开挖或不开挖技术对“地下生命线系统”进行设计、施工、探测、修复和更新、资产评估和管理的一门新技术,被广泛应用于穿越公路、铁路、建筑物、河流以及在闹市区、古迹保护区、农作物和环境保护区等不允许或不便开挖条件下进行燃气、电力、给排水管道、电讯、有线电视线路、天然气管道等的铺设、更新、修复以及管理和评价等,被联合国环境议程(United Nation's Environmental Programme, 简写 UNEP)批准为地下设施的环境友好技术(Environmentally Sound Technology, 简写 EST)。

我国在非开挖工程领域起步较晚,相关的参考文献还不全面、不系统,为使读者更好地把控非开挖工程技术体系,掌握非开挖工程技术的基本理论,了解非开挖工程技术领域的工程前沿,作者在其2008年出版的《非开挖工程学》和2004年出版的《顶管和微型隧道技术》的基础上,吸收非开挖工程领域最新的理论成果和工程经验,编著出版“非开挖工程技术系列丛书”,该丛书将包括《非开挖管道修复更新技术》、《顶管和微型隧道技术》和《水平定向钻管道敷设技术》共三本。

《非开挖管道修复更新技术》是该系列丛书的第一本,本书的主要成果来源于作者承担的中华人民共和国科学技术部“水体污染控制与治理国家科技重大专项中‘城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程’”专题(2009ZX07318-008-007-005)、武汉市科技局项目“武汉市地下生命线工程灾变机理及非开挖防治技术研究”、主编的住房和城乡建设部国家行业标准《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)以及作为重要参编单位的住房和城乡建设部国家行业标准《城镇给水管道非开挖修复更新工程技术规程》。

在本书编写过程中,曾分别得到中国城市建设研究院、武汉市城市排水发展有限公司、管丽环境技术(上海)有限公司、杭州市排水有限公司、成都市兴蓉投资有限公司、河南中拓石油工程技术股份有限公司、上海市排水管理处、山东柯林瑞尔管道工程有限公司、河北肃安实业集团有限公司、上海乐通管道工程有限公司、陶氏化学(中国)有限公司、杭州诺地克科技有限公司、广州市市政集团有限公司、武汉中地管通非开挖科技有限公司、天津盛象塑料管业有限公司、迈佳伦(天津)国际工贸有限公司、中国京冶工程技术有限公司、厦门市安越非开挖工程技术有限公司以及美国德州大学地下设施研究与教育中心(CUIRE)、路易斯安那工业大学非开挖技术中心(TTC)、Insituform公司、菲尔公司、3M公司、德国萨泰克斯公司等单位的大力

前言



支持,为本书的编写提供了很多有价值的素材,在此深表感谢。

研究生李长俊、周维为本书的顺利完稿和出版付出了大量的辛劳。李长俊协助整理并撰写了第11章,周维协助整理了第13章书稿并对全书进行了校对和格式编排,没有他们的无私奉献,书稿将无法按期完成。

正是由于合著者的共同努力,上述单位和个人的慷慨相助,使本书最终得以付梓问世,以飨读者。拙作能供广大同行在工作中参考借鉴并有所助益,是编著者们由衷的心愿。

本书能够得以完成并顺利出版,还得益于中国地质大学(武汉)相关职能部门的大力支持、中国地质大学(武汉)工程学院的领导和同事们的理解和支持、人民交通出版社土木与轨道交通出版中心的大力帮助,作者谨此表示诚挚的感谢。

最后,将本书献给我亲爱的家人,感谢他们对我事业一贯的无私奉献和理解支持。

由于笔者学识的限制,书中挂一漏万在所难免,并定有谬误和不周,敬请不吝赐教。

马保松

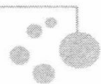
中国地质大学(武汉)

中美联合非开挖工程研究中心

2014年2月

第1章 绪论	1
1.1 我国地下管道的现状	1
1.2 非开挖管道修复技术及其发展	2
参考文献	6
第2章 管道检测与评估	8
2.1 地下管道缺陷及产生原因	8
2.2 管道检测技术介绍	40
2.3 管道状况评估	52
参考文献	71
第3章 管道预处理	73
3.1 管道预处理的要求	73
3.2 管道预处理的主要方法	73
3.3 管道基础注浆处理技术	89
3.4 管道预处理的特殊措施	91
参考文献	92
第4章 穿插法管道修复技术	93
4.1 穿插法简介	93
4.2 穿插法设计	97
4.3 穿插法施工	100
参考文献	106
第5章 原位固化法管道修复技术	108
5.1 原位固化法简介	108
5.2 材料及其性能	110
5.3 原位固化法内衬管设计	112
5.4 原位固化法施工	125
5.5 Tyfo [®] 复合材料管道修复系统	135
5.6 原位固化法管道修复案例	138
参考文献	141
第6章 碎裂法管道更新技术	143
6.1 碎(裂)管法简介	143
6.2 碎(裂)管法内衬管材性能	147

目录



6.3 碎(裂)管法施工工艺	155
6.4 碎(裂)管法施工对周围环境的影响	161
6.5 施工准备	169
6.6 施工	171
参考文献	175
第7章 改进穿插法管道修复技术	177
7.1 改进穿插法用聚乙烯管材	177
7.2 折叠内衬法	183
7.3 缩径内衬法	189
参考文献	191
第8章 喷涂法管道修复技术	192
8.1 水泥砂浆喷涂技术	192
8.2 CSL 喷涂技术	198
8.3 双管喷涂技术	199
8.4 供水管道结构性喷涂修复技术	200
参考文献	204
第9章 螺旋缠绕法管道修复技术	205
9.1 螺旋缠绕法简介	205
9.2 设计计算	210
9.3 施工工艺	213
9.4 带状型材管道接口严密性压力测试方法	216
参考文献	218
第10章 管片与短管内衬法修复技术	219
10.1 管片内衬法	219
10.2 短管内衬修复技术	224
参考文献	225
第11章 薄壁不锈钢内衬法管道修复技术	227
11.1 薄壁不锈钢内衬法简介	227
11.2 薄壁不锈钢内衬法设计	230
11.3 薄壁不锈钢内衬法施工	230
11.4 给水管道薄壁不锈钢内衬修复技术内衬层耐负压试验研究	233
参考文献	243



第 12 章 管道局部修复技术	245
12.1 不锈钢发泡筒法	245
12.2 PVC 六片管筒修复技术	247
12.3 点状 CIPP 修复技术	248
12.4 化学稳定法	250
12.5 机器人修复技术	256
参考文献	258
第 13 章 检查井修复技术	259
13.1 预制成型的检查孔单元	259
13.2 原位浇筑混凝土内衬	260
13.3 原位固化内衬技术	262
13.4 可胶结水泥砂浆涂层修复	266
13.5 黄麻纤维加预聚物聚氨酯树脂(PUR)修复	272
13.6 速凝水泥修复技术	273
参考文献	275
附录 1 国外管道修复相关标准规范列表	276
附录 2 国内管道修复相关标准规范列表	279

第1章 绪 论

1.1 我国地下管道的现状

城市地下管网是城市的重要基础设施,是保证城市功能整体正常运行的“地下生命线”。随着我国城镇化进程不断加快,城市地下管线扩建、改造工程量不断增加。“十五”期间,我国城市市政(供水、排水、燃气、热力)管道平均每年建设量达到7万千米,“十一五”期间,平均每年达到10万千米。而我国人均管道占有水平距发达国家还相距甚远,如欧洲国家的人均拥有排水和供水管道均达到12m,而我国在2008年仅为0.85m和1.30m。因此我国在地下管道建设方面仍将保持很高的增长速度。

随着我国地下管道的高速建设,接近使用寿命的管道也越来越多。目前,我国正在运行的市政管道约有30万千米已到使用年限,存在以下严重问题:

(1)管网漏损严重,供水管网对水质造成严重二次污染。

我国供水管网的漏损率远远超过国家规定的标准和世界平均水平,造成巨大的经济损失和对环境、社会的负面影响。据统计,我国供水管网每年因此漏损的自来水可达100亿立方米,多于南水北调中线工程的预期年输水总量。更为严重的是,在我国北方一些非常缺水的城市,生活用水都没有保障,但水资源的漏损量却十分惊人。

目前管网的主要问题是漏损率高、管道爆裂事故频发、管网水质难以满足要求。根据2011年的统计结果,我国供水管网的平均漏损率是16.2%,远高于我国的国家标准12%,有的地区甚至高达50%。我国自2012年7月1日全面实行新的国标对供水水质进行检测,但现有供水管网中约有42%的管道很难满足安全、水质和漏损的要求,问题突出的是各大中城市的大口径水泥管,中小城镇的劣质配水管。如果水质取样点真正延伸到用户水龙头,水质检测很难符合国标的要求(图1-1)。

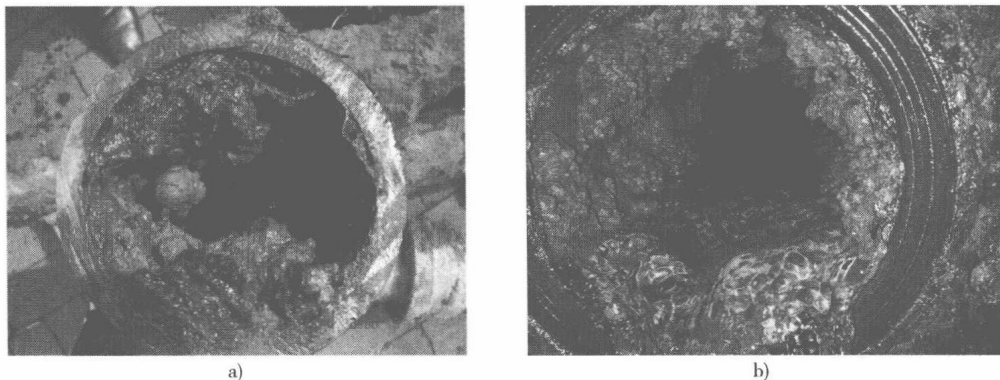


图1-1 供水管道内部结垢堵塞现象

管道爆裂事故频发,如继2010年11月17日郑州市某供水主干管爆裂造成80万居民停水后,5天后的22日13时,郑州另一条出厂水主干管再次爆裂,这是郑州自来水爆管事件影响范围最大的一次,受影响的居民在100万人以上。

(2)事故频发,经济损失巨大。

除了供水管网之外,城市污水管道、燃气管道也都存在着严重老化问题,时常因为管道的老化,发生自来水管爆裂、煤气管道泄漏爆炸、污水四溢、地面塌陷等危害和影响人民生活的事故。据统计数字显示,全国每年因地下管线事故造成的直接经济损失约50亿元,间接经济损失约400亿元。

(3)地下生命线存在先天缺陷。

首先,部分管线由于长期运行,腐蚀严重,有35%左右的管网在带病运行;其次,混凝土管混凝土强度等级偏低,相当数量的管材厂家产品质量低劣,抗渗抗压等主要指标达不到要求;再次,管道的结构设计落后,雨污水管98%以上是刚性连接的平口管和企口管,这种连接方法存在两个大问题:一是不能承受较大地震的冲击,二是很难承受地基的不均匀沉降;最后,施工过程监察不严格,管道基础、回填土没有按要求压实处理,造成管道刚铺设不久就出现破裂、变形等问题。

(4)“地下生命线”极其脆弱。

城市地下生命线系统是保证城市生活正常运转最重要的基础设施,任何环节滞后或失灵都可能导致整个城市瘫痪。它们应该随时做到后备充足、灵活应变,但现状是,多数城市的“生命线”缺乏自我保障能力。大都市生命线系统的脆弱性往往会在遇到自然灾害后加重灾情。在灾害降临时,具有自动化功能但缺乏备灾适应性的生命线系统处处受阻,全线处于“死亡”状态。

合理地进行地下管网系统的健康监测、安全评价、系统改造、信息化管理与灾害防治,研究和建立相关的技术标准体系,是保障城市基本功能和社会安全的基石。过去,在市政管网建设与运行维护中,普遍采用开挖道路建设和更新市政管道,造成城市道路“开膛破肚”现象经常发生,严重影响城市交通和周围居民生活。

1.2 非开挖管道修复技术及其发展

1.2.1 非开挖管道修复技术的概念及作用

关于“非开挖技术”一词,国际上定义为“利用微开挖或不开挖技术对地下管线、管道和地下电缆进行铺设、修复或更换的一门科学”。马保松教授在《非开挖工程学》(2008年,人民交通出版社)一书中提出了“非开挖工程学”的概念,首次在国内全面、准确、详细地阐述了非开挖技术的学科性质及研究范畴。非开挖管道修复技术则是“非开挖工程学”研究的一个重要方向,主要包含两方面的内容,即管道的清洗和检测评估技术及管道修复更新技术,其体系如图1-2所示。本书将对在国内应用较多的检测评估及管道非开挖修复更新技术进行介绍。

非开挖管道修复技术倡导“检测—评估—修复”的管理模式,基本思想是要求对管道进行定期清洗、检测,查清管道内部的状况,并根据管道评估标准对其状况进行评估,根据评估

结果制订处理方案,而不是等管道出现问题后再进行修复处理。这样可确保管道始终处于良好的运行状态,杜绝事故的发生。因此,非开挖管道修复技术可以很好地解决现有管道中老化、腐蚀、渗漏、接口脱节、变形等问题,延长管道使用寿命,减少次生灾害的发生。

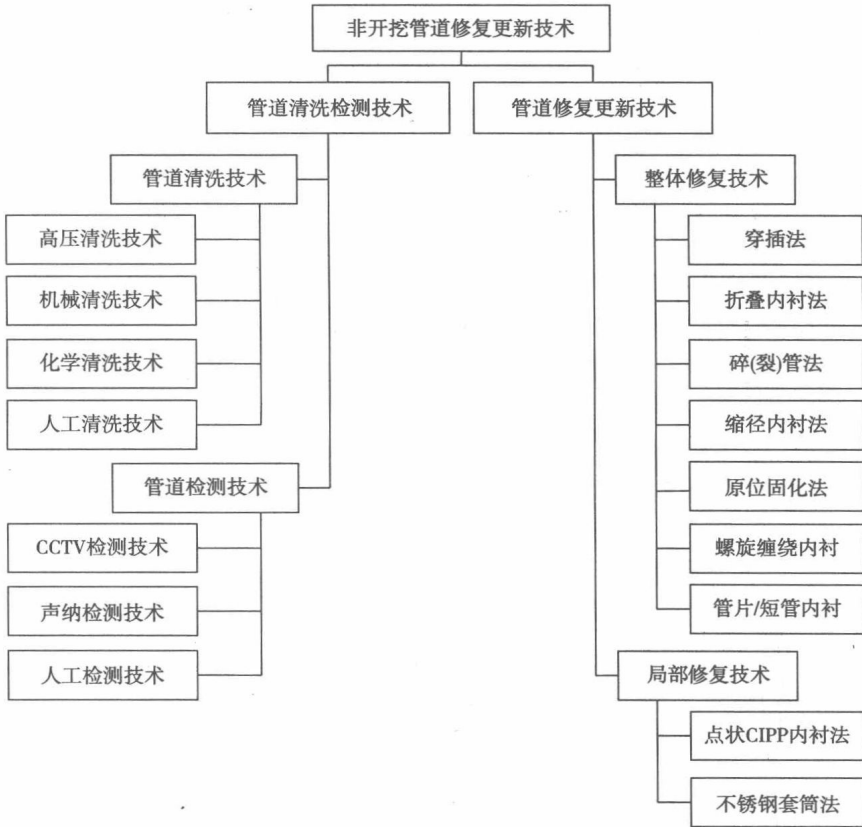


图 1-2 非开挖管道修复技术框架图

1.2.2 国外非开挖管道修复技术发展及现状

非开挖管道修复技术最早在英国开始应用。非开挖管道修复技术主要包括管道内部检测技术、清洗技术和管道修复技术等。

管道内部检测技术一般分为:管道闭路电视检测技术(Close Circuit Television, 简写 CCTV)、声呐与超声波检测技术、聚焦电极渗漏定位仪与扫描电镜检测技术、潜望镜(Quick View)检测技术、管道检测机器人与多重传感器技术。国外先进的检测技术主要有:澳大利亚的管道检测快速评估技术(Pipeline Inspection Rapid Assessment Techniques, 简写 PIRAT)、德国的管道机器人检测系统 MAKRO(MAKRO 是检测机器人的名称)和多重传感器技术(Sewer Assessment with Multisensors, 简写 SAM)以及日本的管道扫描与评价技术(The Sewer Scanner and Evaluation Technology, 简写 SSET)。Balama 和 Pure Technology 公司共同开发的 P-wave[®](Polar Wave)预应力混凝土(PCCP)管道检测技术,整合光纤监视系统、CCTV、声呐和超声波检测等技术为一体,以满足不同材质管道的检测。CCTV、声呐技术和激光技术等多种技术结合的多传感器机器人管道检测评价技术将是该领域今后发展的主要方向。

非开挖管道修复使用的成品管材基本上都是聚乙烯(PE)和聚氯乙烯(PVC)材料,其表面光滑,可塑性强,易于进行管道的修复更换。穿插法、折叠内衬法、缩径内衬法、碎裂管法都是用的该类管材。但是非增强的塑料管道在强化原有管道结构上效果并不明显。这种成品热塑性管在管道修复或者更换过程中需要开挖一定的工作坑,施工前需对管道进行连接,连接后管道的摆放对施工场地也有一定要求,这些问题限制了其在繁华城镇中的应用。

十九世纪七十年代,英国工程师 Eric Wood 发明了 Insituform[®]的管道修复方法,即原位固化法(Cured-in-Place Pipe),解决了上述问题,该工艺将浸渍热固性树脂的纤维或毛毡制成的软管在原管道中经循环热水或蒸汽固化,并与原管道形成管中管的结构,增强了原有管道的结构强度。目前该工艺已被广泛使用且较为成熟。

Vollmar Jonasson 将玻璃纤维编制成内衬管进行原位固化修复,该原位固化工法被称为 Inpipe[®]。Luke S. Lee 和 Michael Baumert 通过计算安全可靠度的方法对玻璃纤维增强材料管道修复后的长期性能进行了评估,评估结果表明玻璃纤维增强内衬材料修复管道后的质量和安全性与用钢管进行修复管道后的质量和安全性相当。Inpipe[®]内衬管是通过拉入紫外光灯链产生的紫外光作用下固化,紫外光灯链的拉入速度根据树脂的反射指数和软管的材料不同可进行调整。紫外光发出能量的衰减是与紫外光灯源与接收表面的距离的平方成正比的,因此研发一种特殊的紫外光灯源的阵型对于大直径或非圆形管道的修复是至关重要的。

由于玻璃纤维增强的软管具有较高的力学性能,减少了内衬管的设计壁厚,同时增强了固化效果,Inpipe[®]正式的商业应用是在 1985 年,最初在瑞士、挪威和丹麦被授权应用,到 1989 年该技术被推广到德国、澳大利亚,每年达到 32.2km 的施工业绩。

Brandenburger 公司在 1990 年进入污水管道修复市场,其通过缠绕玻璃纤维软管以及对抗苯乙烯塑料膜间内衬的密封研发了无缝内衬产品。该内衬产品的管径为 150 ~ 1118mm,内衬壁厚 3 ~ 21mm,施工长度可达 135m,适应于圆形或蛋形管道的修复。紫外光灯(波长在 360 ~ 420nm)很容易固化壁厚超过 3mm 的内衬,壁厚较大的内衬管固化时,往往在树脂中添加过氧化物,过氧化物在紫外光产生的热量作用下会产生活性游离基,可确保内衬管的完全固化。该公司改进的紫外光固化装置 Bluetec[™],固化 15cm 厚的内衬管 150m 仅需一个小时。进行玻璃纤维内衬软管研发的还有 BKP Berolina、Impreg/Multiliner、Saertex 等多家企业。据统计,玻璃纤维内衬管在欧洲已经占了 50% 的市场份额。因此用紫外光固化玻璃纤维增强的复合材料修复地下管道,在非开挖管道修复中具有广阔的发展前景。目前该项技术已引入国内。

在 1200mm 及以上的大口径排水管道的修复上,如何提高内衬材料的刚度,同时又能控制修复的成本是当前研究的关键问题。螺旋缠绕法在修复大口径排水管道上较其他方式具有一定优势,可以带水作业,有利于避免设置大流量截流旁路的要求以及开挖工作坑的麻烦。为了满足修复内衬材料对刚度的高要求,Rib Steel 技术通过在塑料型材外部增加不锈钢支撑来提高内衬管的刚度,但同时也增加了产品的成本。Rib Loc 是将钢材包裹在塑料内部以增加塑料刚度的技术,以该技术为基础的 Rib Line 技术是在螺旋缠绕法用塑料型材内部增加钢片,从而提高了内衬材料的刚度。目前,该项技术已在澳大利亚、德国和捷克推广应用,我国部分地区也已经引进试用。

1.2.3 非开挖管道修复更换技术的应用前景

“非开挖工程”被联合国环境议程(United Nation's Environmental Program, 简写 UNEP)批准为地下设施的环境友好技术(Environmentally Sound Technology, 简写 EST)。近三十余年来,美、英、德、日等国政府以及许多高等院校、研究机构、企业也投入了大量的人力和物力研究开发这一新技术,取得了大量研究成果并逐步应用于工程实践中。由于该技术综合成本低、施工周期短、环境影响小、不影响交通、施工安全性好等优势日益受到人们的青睐,在市政给排水管线、通信电缆、燃气管道、输油管道及电力电缆等地下管线工程施工中得以广泛应用。目前,非开挖管线工程技术已在西方发达国家成为一项政府支持、社会提倡和企业参与的新技术产业,在我国以每年 40% 的速度增长,成为城市现代化进程中的一项关键技术。2008 年初,美国国家工程院把“修复和改善城市基础设施”列为 21 世纪工程学面临的 14 大挑战之一。

目前,世界各国对非开挖工程技术有着巨大的需求。全世界每年约有 50 万千米的地下管线需要新建(包括自来水管、污水管道、燃气管道、通信电缆等),总的资金投入大于 350 亿美元;美国需要修复的污水管道就有 150 万千米,总的工程造价为 3300 亿美元,未来 20 年美国估算为更换旧管道(主要是污水管道)就要花费 1 万亿美元,现已有 15 万千米管道用非开挖修复,可再用 100 年。我国每年需新建 10 万千米管道,达到使用年限的 30 万千米(尚未计天然气管道和煤气管道)市政管道急需修复或更新。我国香港地区计划在未来 20 年内每年用 5 亿港元进行修缮和更换管道。

我国市政管网“十二五”发展规划为非开挖管道修复技术提供了广阔的应用市场。2012 年,住房和城乡建设部会同国家发展和改革委员会编制的《全国城镇供水设施改造与建设“十二五”规划及 2020 年远景目标》中,对“十二五”城镇供水管网建设提出了更新改造发展规划:对使用年限超过 50 年和灰口铸铁管、石棉水泥管等落后管材的供水管网进行更新改造,共计 9.23 万千米,其中:城市 4.20 万千米,县城 2.51 万千米,重点镇 2.52 万千米。管网改造计划投资 835 亿元。

2012 年由国务院办公厅印发,国家发展和改革委员会、住房和城乡建设部、环境保护部编制的《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》中,对“十二五”城镇污水管网建设提出:在“十二五”期间,全国范围内的城镇建设污水管网 15.9 万千米,约三分之一为补充已建污水处理设施的管网。其中,设市城市 7.3 万千米,县城 5.3 万千米,建制镇 3.3 万千米;东部地区 6.1 万千米,中部地区 4.9 万千米,西部地区 4.9 万千米。全部建成后,全国城镇污水管网总长度达到 32.7 万千米,每万吨污水日处理能力配套污水管网达到 15.6 千米。计划完善和新建管网投资 2443 亿元。

另外,住房和城乡建设部编制的《全国城镇燃气发展“十二五”规划》中,计划在“十二五”期间,新建城镇燃气管道约 25 万千米,到“十二五”期末,城镇燃气管道总长度达到 60 万千米。

在目前城市地下基础设施错综复杂、城市交通十分繁忙、地下空间开发向纵深发展、日益重视城市环境和可持续发展的条件下,传统的开挖法新建和维修更新地下管道,造成城市道路“开膛破肚”现象经常发生,严重影响城市交通和周围居民生活。

另外,为确保城市建设同时新铺道路不被开挖,各个城市都制定了相应的规定,如广州、昆明等城市明文规定“新建道路五年内不准开挖”,这也意味着,这期间如需铺设新管道或管道出现问题,非开挖工程将是唯一选择。

我国应用较成熟的非开挖排水管道修复工艺主要包括穿插法、原位固化法、碎(裂)管法、折叠内衬法、缩径内衬法、螺旋缠绕法、管片拼装法以及一些局部修复方法。

自1971年以来,全世界已经有5万千米的管道采用原位固化法进行了修复。在最初的20年内,这项技术受大量的专利和应用许可的使用模式所保护,直到20世纪90年代,该项技术才作为一项新工艺和材料被推广应用。我国原位固化法的引进使用也是始于这段时期。自1998年利用翻转内衬原位固化法修复8300m的管道实现该领域的突破以来,我国非开挖管道修复工程量逐年上升。以2009年为例,我国利用非开挖技术完成的管道更换和修复工程量长达302.43千米,比2008年的229.4千米增加了31.8%。2010年,杭州市对10.1千米的排污管道采用原位固化法进行修复,是国内首次大规模的使用该项技术。当前,我国原位固化法应用较多的仍然是翻转式的原位固化法,在我国的应用也比较成熟,每年在非开挖修复更新施工中占10%~16%的比例。2008年德国Saertex公司在中国东营和太仓建立公司,正式将紫外光固化玻璃纤维增强的内衬工艺引入到中国。江苏太仓市广州路800管径排水管道损坏,影响排污功能,2011年7月Saertex公司使用该技术对该段排水管道进行了修复,取得良好效果。目前,我国非开挖修复更新工程中,折叠内衬法、缩径内衬法、穿插法占的比重仍是最多,超过了70%。

我国在非开挖管道修复更新标准建设方面已日趋完善,《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 47—2010)、《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012)、《城镇排水管道非开挖修复更新工程技术规程》(CJJ/T 210—2014)已经发布实施,《城镇给水非开挖管道修复更新工程技术规范》也已经在编制过程中。浙江、上海等地针对地区应用较多的非开挖管道修复更新技术,都制定了相应的地方标准,如浙江省的地方标准《翻转式原位固化法排水管道修复技术规程》(DB33/T 1076—2011)等。基于在技术标准建设上的努力和取得的初步成果,我国非开挖管道修复更新技术的市场应用将更加规范,工程质量也将得到进一步的保障。

参 考 文 献

- [1] 马保松. 非开挖工程学[M]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [2] 高立新. 我国城市市政管网现状与发展趋势[C]. 武汉:第一届全国非开挖管道工程技术推广交流会, 2010,10.
- [3] 颜纯文. 我国非开挖行业现状与展望[C]. 武汉:第一届全国非开挖管道工程技术推广交流会, 2010,10.
- [4] 曾聪, 马保松. 非开挖管道更换和修复技术[J]. 非开挖技术,2005, 2-3(22):130~134.
- [5] 葛延超. 国内管道非开挖修复技术的现状与发展[C]. 武汉:第一届全国非开挖管道工程技术推广交流会, 2010,10.
- [6] 付汝龙. 基于超声法的排水管道检测系统的研究[D]. 沈阳:沈阳工业大学,2009.

- [7] Eiswirth M, Frey C, Herbst J, et al. Sewer Assessment by Multi-sensor Systems[C]. World Water Congress, Berlin, Germany, Oct. 2001.
- [8] Rome E, Surmann H, Streich H, et al. A Custom IR Scanner for Landmark De-tection with the Autonomous Sewer Robot MAKRO[C]. 9th International Symposium on Intelligent Robotic Systems, Toulouse, France, 18-20 July 2001. LAAS-CNRS; 457 ~ 466.
- [9] Iseley T, Ratliff A. Digital Imaging for Characterizing Pipeline Defects[J]. Blackhawk-PAS, 2001.
- [10] Jin J, Boon J. Condition Assessment and Monitoring Solutions for Prestressed Concrete Cylinder Pipes[C]. Proceedings of No-Dig 2010, November 8-10, 2010, Singapore.
- [11] Colvett K, Gokhale S. Use of UV-cured Fiberglass Piping for SSO Abatement in BRENTWOOD, TN[C]. North American Society for Trenchless Technology 2008 No-Dig Conference & Exhibition. Dallas, Texas, April 27-May 2, 2008.
- [12] Lee L S, Baumert M. Long-term Performance of FRP Rehabilitated Piping Components[C]. North American Society for Trenchless Technology 2008 No-Dig Conference & Exhibition. Dallas, Texas, April 27- May 2, 2008.
- [13] Marsh G. Composites Renovate Deteriorating Sewers[J]. Journal of Reinforced Plastics, 2004, 48(6):20 ~ 24.
- [14] Combeer G, Melville S. Low Risk Technologies for Rehabilitation of Large Diameter Sewers[C]. North American Society for Trenchless Technology 2006 No-Dig. Australia.
- [15] Glock I D. Überkritisches Verhalten Eines Starr Ummantelten Kreisrohres bei[C]. Wasserdruck vonauken und Temperaturdehnung. Der Stahlbau, 1977.
- [16] Falter B. Structural design of linings[C]// Underground Infrastructure Research: Municipal, Industrial and Environmental Applications, Knight & Thomson (eds). 2001: 49-58.
- [17] Thepot O. A New Design Method for Non-circular Sewer Linings[J]. Trenchless Technology Res, 2000, 15(1): 25 ~ 41.
- [18] Zhao W, Grant L. Liner Long-term Performance Life Prediction Using Critical Buckling Strain[C]. North American Society for Trenchless Technology 2008 No-Dig Conference & Exhibition. Dallas, Texas, April 27-May 2, 2008, Paper A-1-04.
- [19] Doherty I J, Eng P. CIPP Liner Thickness Changes Under F1216-07b[C]. North American Society for Trenchless Technology 2008 No-Dig Conference & Exhibition. Dallas, Texas, April 27-May 2, 2008, Paper A-1-02.
- [20] Downey D. CIPP-where Do We Go From Here? [J]. Trenchless International, 2012.