



地下工程技术专著丛书

非开挖铺设 地下管线工程技术

颜纯文 蒋国盛 叶建良 著

FEIKAIWA
PUSHE
DIXIA GUANXIAN
GONGCHENG
JISHU

上海科学技术出版社



地下工程技术专著丛书

非开挖铺设地下管线 工程技术

颜纯文 蒋国盛 叶建良 著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

非开挖铺设地下管线工程技术/颜纯文,蒋国盛,叶建良编著. —上海:上海科学技术出版社,2005.1
(地下工程技术专著丛书)
ISBN 7-5323-7770-9

I. 非… II. ①颜…②蒋…③叶… III. 市政工程—地下管道—管道施工—技术 IV. TU990.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 097119 号

世纪出版集团

上海科学技术出版社 出版、发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销

上海华成印刷装帧有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15 插页 4

字数 347 000

2005 年 1 月第 1 版

2005 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—3 200

定价: 45.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

内 容 提 要

地下管线是城市基础设施的重要组成部分。本书概述了地下管线的种类和施工方法,着重介绍了非开挖地下管线施工技术的各个方面,包括其发展历史、各种施工方法(新管线的铺设、旧管线的更换和修复)的特点和应用范围、设计计算、经济分析以及在工程实践中的应用。在附录中还列出了有关的专业术语以及几种典型非开挖施工设备的主要技术参数等。

本书可作为高等院校环境工程、市政工程、电力、通讯、地下建筑及相关专业的教材,也可供从事各类地下管线的设计、施工、监理和管理人员参考。

序

收到了颜纯文、蒋国盛、叶建良等同志合著的《非开挖铺设地下管线工程技术》一书的书稿,通读后十分高兴。

非开挖铺设地下管线施工技术,国外称 TT 技术,即 Trenchless Technology,其中的水平定向钻进技术,又称 HDD 技术,即 Horizontal Directional Drilling,是近年来发展起来的一项高新技术,是钻探工程的一项重要技术延伸。在我国大规模管缆、交通、地铁、铁道、电力、水利,以及市政规划与穿越江河湖底工程中,都是一项方兴未艾、十分重要、非常有应用前景的技术工程,而且是一项社会和经济效益极为良好的全新技术。在美国已应用了近 30 年,德国地下管线施工有 40% 采用了非开挖技术,还成立了不少家族式的施工公司。非开挖技术在我国开展以来不到 10 年,正处于发展的上升阶段,在国际非开挖技术协会 (ISTT) 的推动下,成立了中国非开挖技术协会 (CSTT) 和如上海市非开挖技术协会 (CSSTT) 等的一些地方性协会。中国非开挖工程以上海发展最快,而且建立了有关的市政法规,规定市内掘进越江隧道或铺设越江管缆,必须采用非开挖技术。因此,上海近年来先后铺设了天然气管道数十万米,掘进越江隧道四条,都采用了非开挖工程技术,而且还发行了《非开挖技术》刊物,在全国带了好头,树了好榜样。

任何工程技术不能没有理论的指导,党中央号召我们要“与时俱进,开拓创新”。我国非开挖工程的继续发展,急需一些理论联系实际的书籍和资料的支撑和提高。《非开挖铺设地下管线工程》的出版发行可谓是一场“及时雨”,又可谓是“雪里送炭”,恰逢其时。无疑将对这一学科起到启蒙性和指导性的作用。

本书的内容涵盖了非开挖工程的基本理论、前期施工设计、施工原理与设备、定向钻进、导向钻进、顶管、夯管、管线更换和修复技术等等。对施工管理、技术经济风险评价、安全措施都作了精辟的论述,还介绍了一些典型的施工实例。

经过通读后,我认为本书的特点是:理论联系实际,深入浅出地先阐明了理论基础、理论依据,然后讲工程实例,条理分明,便于加深理解,使本书的水平提高很多。文字流畅、图件清晰,又提高了本书的可读性和易理解性。

总之,我为有颜纯文、蒋国盛、叶建良三位中年优秀的探矿工作接班人而欢欣鼓舞,更为他们的优秀著作而大受启发和鼓励。特为此而作序。

中国工程院院士 刘广志

前 言

地下管线是城市具有给排水、能源、信息传输等功能的重要基础设施和隐蔽工程,是一个城市赖以生存和发展的经脉,常被人们喻为城市的“生命线”。地下管线的铺设状况,从某种意义上讲标志着一个城市的经济发展状况和现代化水平。

传统的地下管线施工方法是开挖施工法。这种常被人们戏称为“开膛破肚”的施工方法的主要缺点是对地面交通的影响极大,使本来已经十分拥挤的城市交通雪上加霜,同时也给市民的工作和生活带来诸多的不便。另外,开挖施工使道路的质量变差,寿命变短;破坏环境;而且地下管线被挖断的事故时有发生,经济损失巨大。

现代的非开挖地下管线施工技术是利用岩土钻掘等技术手段,在不开挖地表的条件下进行地下管线的铺设、更换或修复的一项施工新技术。非开挖施工法是一种环境友好的施工方法,与传统的施工方法相比,具有不影响交通、不破坏环境、施工周期短、综合成本低、安全性好等优点,适合于穿越街道、公路、铁路、建筑物、河流,以及在闹市区、古迹保护区、绿化带等无法或不宜实行开挖作业的地区,可广泛应用于石油天然气、排水、煤气、热力、自来水、电讯、电力、有线电视等地下管线的工程施工。在国外,非开挖技术的应用已相当普遍,例如,在德国柏林市的地下管线施工总工作量中,近40%是采用非开挖施工技术完成的。

实践证明,非开挖技术是一项技术先进、实用性强、适用面广、效益好的施工技术。国家科委已将非开挖地下管线施工技术列为“九五”重点推广项目。在跨世纪的城市建设中,市政、电讯、电力等地下管线工程的施工量将越来越大,非开挖技术肯定会有用武之地,前景十分广阔。

本书共分九章和三个附录,内容包括:总论,非开挖地下管线施工的工程勘察,顶管施工法,水平定向钻进和导向钻进施工法,其他非开挖铺管施工法,旧管道的原位更换,旧管道的修复,技术经济分析、风险评价及质量管理,工程施工实例,专业术语,几种典型非开挖施工设备的主要技术参数,以及国际非开挖技术协会和各国或地区性协会等。

由于作者的水平有限,书中难免会出现这样和那样的错误,敬请读者批评指正。

颜纯文

目 录

第 1 章 总论	1
1.1 地下管线的种类	1
1.1.1 排水管道	1
1.1.2 给水管道	1
1.1.3 燃气管道	2
1.1.4 热力管道	2
1.1.5 电力电缆	3
1.1.6 通讯电缆	3
1.1.7 工业管道	3
1.2 地下管线的施工方法	3
1.2.1 开挖和非开挖施工法	3
1.2.2 非开挖施工法的分类及其应用	4
1.3 非开挖施工技术的发展历史及其应用前景	6
1.3.1 国外非开挖施工技术的发展	6
1.3.2 国内非开挖施工技术的发展	7
1.3.3 国内非开挖施工技术与国外的差距	8
1.3.4 非开挖技术的应用前景	10
第 2 章 非开挖地下管线施工的工程勘测	12
2.1 岩土的工程性能和分类	12
2.1.1 土的种类	12
2.1.2 土的颗粒分布	12
2.1.3 无黏性土的致密性	13
2.1.4 黏性土的稠度	14
2.1.5 土层的水文地质条件	15
2.1.6 岩土的工程分类	15
2.2 非开挖地下管线施工的工程勘察	16
2.2.1 地下管线分类	16
2.2.2 地下管线场地分类	18
2.2.3 地下管线工程勘察的基本要求	18
2.2.4 土层的勘察	20
2.2.5 大型油气长输管道工程的勘察	22
2.3 地下管线的探测	24

2.3.1 施工场地管线探测的一般性要求	24
2.3.2 施工场地管线的探测	26
2.3.3 物探法探测地下管线的技术原理	30
2.3.4 探测工作的质量检查	38
2.4 地下管线的测量	38
2.4.1 地下管线的控制测量	39
2.4.2 已有地下管线测量	40
2.4.3 地下管线定线测量与竣工测量	41
2.4.4 测量成果质量的检验	42
2.5 地下管线现状的检查	42
2.5.1 一般检查	42
2.5.2 泄漏检查	43
第3章 顶管施工法	44
3.1 顶管施工概论	44
3.1.1 顶管施工的发展	44
3.1.2 顶管施工的分类	46
3.1.3 顶管施工的基本原理	47
3.2 泥水平衡顶管	51
3.2.1 泥水平衡顶管概述	51
3.2.2 泥水平衡的基本原理	53
3.3 土压平衡顶管	56
3.3.1 土压平衡顶管概述	56
3.3.2 土压平衡的基本原理	58
3.4 小口径顶管	60
3.4.1 小口径顶管概述	60
3.4.2 先导式小口径顶管	62
3.4.3 螺旋式小口径顶管	66
3.4.4 泥水式小口径顶管	69
3.5 几种典型的顶管掘进机	72
3.5.1 刀盘可伸缩的泥水平衡顶管掘进机(TM和MEP)	72
3.5.2 砾石破碎式泥水平衡顶管掘进机(TCM)	74
3.5.3 偏心破碎式泥水平衡顶管掘进机(TCC)	76
3.5.4 单刀盘土压平衡顶管掘进机	77
3.5.5 多刀盘土压平衡顶管掘进机	80
3.5.6 顶管掘进机的选型	82
3.6 顶管施工中的有关计算	83
3.6.1 工作坑的尺寸及受力分析	83
3.6.2 顶进力的计算	84

第 4 章 水平定向钻进和导向钻进施工法	89
4.1 导向钻进施工的原理	90
4.1.1 钻机的锚固	90
4.1.2 钻头的选择依据	91
4.1.3 导向孔施工	92
4.1.4 扩孔施工	93
4.1.5 钻井液	94
4.1.6 定向钻进成孔方式	94
4.1.7 定向钻孔监视方法	95
4.1.8 定向钻孔施工中地下管线损坏预防	95
4.2 导(定)向钻进设备	96
4.2.1 导向仪	96
4.2.2 GBS 导向钻进系统	98
4.2.3 FDP-15 型导向钻机	105
4.2.4 钻进设备的选择	110
4.3 钻孔孔身轨迹设计和实际孔身轨迹的计算	112
4.3.1 钻孔空间位置	112
4.3.2 钻孔轨迹的设计方法	114
4.3.3 实际孔身轨迹的计算	122
第 5 章 其他非开挖铺管施工法	124
5.1 气动矛法	124
5.1.1 概述	124
5.1.2 工作原理	124
5.1.3 施工工艺	125
5.1.4 施工机具	126
5.1.5 应用范围	128
5.2 夯管法	129
5.2.1 概述	129
5.2.2 工作原理	130
5.2.3 施工工艺	130
5.2.4 施工机具	131
5.2.5 应用范围	132
5.3 水平螺旋钻进法	132
5.3.1 概述	132
5.3.2 施工机具	133
5.3.3 使用范围	135
5.4 水平钻进法	136
5.4.1 单管施工法	136

5.4.2 双管施工法	136
5.5 冲击钻进法	137
5.5.1 施工机具	137
5.5.2 应用范围	138
第6章 旧管道的原位更换	139
6.1 爆管法	139
6.1.1 概述	139
6.1.2 气动爆管法	141
6.1.3 液动爆管法	142
6.1.4 爆管装置	143
6.2 裂管法	144
6.3 吃管法	145
6.4 扩孔法	145
第7章 旧管道的修复	147
7.1 管道损坏的类型	147
7.2 管道修复的类型	148
7.2.1 开挖修复和非开挖修复	148
7.2.2 整体修复和局部修复	148
7.2.3 预防性修复和紧急修复	148
7.3 管道修复的施工方法	148
7.3.1 传统的内衬法	150
7.3.2 改进的内衬法	151
7.3.3 软衬法	153
7.3.4 缠绕法	157
7.3.5 喷涂法	158
7.3.6 浇注法	158
7.3.7 管片法	159
7.3.8 化学稳定法	159
7.3.9 局部修复法	160
第8章 技术经济分析、风险评价及质量管理	163
8.1 经济分析	163
8.1.1 施工成本的构成	163
8.1.2 开挖施工成本	163
8.1.3 非开挖施工成本	164
8.1.4 施工成本比较	165
8.2 非开挖施工的风险分析	166

8.2.1 应用非开挖技术的利弊分析	167
8.2.2 风险分析和控制方法	167
8.2.3 风险管理	170
8.3 管道修复工程的技术经济评价	170
8.3.1 技术经济分析	170
8.3.2 管道修复后的质量检验	172
8.4 非开挖施工的全面质量管理	173
8.4.1 分担风险	174
8.4.2 施工组织	174
8.4.3 安全措施	175
8.4.4 安全管理十大关系	175
8.4.5 加强施工质量管理 提高企业效益	178
8.4.6 施工过程质量管理	180
8.4.7 技术资料提交	181
第9章 工程施工实例	182
9.1 定(导)向钻进铺管技术的应用	182
9.1.1 导向钻进铺设光缆	182
9.1.2 导向钻进技术在岩石中施工重力排污系统	183
9.2 顶管施工技术的应用	186
9.2.1 南宁朝阳溪截污顶管施工技术	186
9.2.2 用顶管机和卷扬机进行非开挖铺管施工	189
9.2.3 用顶管施工技术铺设电信管道	190
9.3 夯管施工技术的应用	191
9.3.1 用夯管锤在卵石中进行非开挖铺管	191
9.3.2 液压夯管锤冲击顶管施工技术	193
9.4 用爆管法更换污水管道	196
9.5 管道穿插技术和翻转内衬技术的应用	197
9.5.1 待改造的生产、生活污水管道现状	197
9.5.2 改造方案	197
9.5.3 管道穿插技术	198
9.5.4 翻转内衬技术	199
9.5.5 结论	199
附录	200
附录一 专业术语(中英文对照)	200
附录二 几种典型非开挖施工设备的主要技术参数	203
附录三 国际非开挖技术协会及各国或地区性协会	221
主要参考文献	224

第 1 章 总 论

地下管线是城市基础设施的重要组成部分,它就像人体内的“神经”和“血管”,日夜担负着传送信息和输送能量的工作,是城市赖以生存和发展的物质基础,被称为城市的生命线。

在我国的一些大城市,地下管线工程建设历史悠久,如北京城早在 19 世纪中就建设有较完整的明暗结合的排水沟系统;1861 年上海市开始埋设第一条煤气管道;天津市在 1898 年开始埋设第一条自来水管;许多省会城市在建国前也都埋设有部分地下管线,主要是给、排水系统管线。

改革开放以来,我国城市建设飞速发展,城市地下管线工程建设取得了巨大成绩。随着城市现代化程度的不断提高,地下管线的种类越来越多,其数量也越来越庞大。据调查,目前我国省会城市仅排水管道的总长度一般都在 3 000 km 以上,中等城市的排水管道总长度也在 1 000 km 以上,北京、上海、天津等大城市排水管道的总长度都在 6 000 km 以上。

1.1 地下管线的种类

地下管线的种类繁多,结构复杂。按其功能主要可分为:排水管道、给水管道、燃气管道、热力管道、工业管道、电力电缆和通讯电缆等七大类,每类管线按其传输的物质和用途又可分为若干种(图 1-1)。

1.1.1 排水管道

排水管道按排水的性质分为雨水管道、生活污水管道、两污合流管道、工业废水管道等,主要用于接受、输送和净化城市、工厂以及生活区的各种污水,包括工业废水、生活污水、雨水。排水管道系统按排出的方式分为合流式、分流式和组合式三种。合流式是将生产废水、生活污水和雨水经由一条共同的管道排出;分流式是每一种污水经由独立的管道排出;组合式是将需处理的生产废水和生活污水经由一条管道排出,将不需要处理的生产废水和雨水经由另一条管道排出。

一般排水管道按管材分为钢筋混凝土管、混凝土管、铸铁管、石棉水泥管、陶土管、陶瓷管、砖石沟等。排水管道除了预制的圆形管外,还有现场砌筑的非圆形沟道,如方沟、拱形沟、马蹄形沟、卵形沟等。

我国的排水管道主要是钢筋混凝土管,其公称内径是统一的,但壁厚有差异。内径一般为 200~2 000 mm,其中内径 ≤ 800 mm 的排水管道占总长的 80%,内径在 800~2 000 mm 的占 15%。

1.1.2 给水管道

给水管道按水的用途分为生活用水、消防用水、工业用水、农业用水等输水和配水管道。

由给水管道组成的给水系统一般是由水源地(江河、湖泊、水库、水井)取水,通过主干管道(明渠、隧道、大口径管道)送到水厂,经水厂净化处理后,再由主管道送到各用水区(住宅区、工厂、企事业单位等)。各用水区根据各自的需要和条件,敷设本区的给水管道系统。

在我国,使用最广泛的给水管道为铸铁管(分承插口和法兰口两种)和钢管(直径在150 mm 以下的管道中广泛应用),其次为预应力混凝土管、石棉水泥管、聚乙烯(PE)塑料管等。

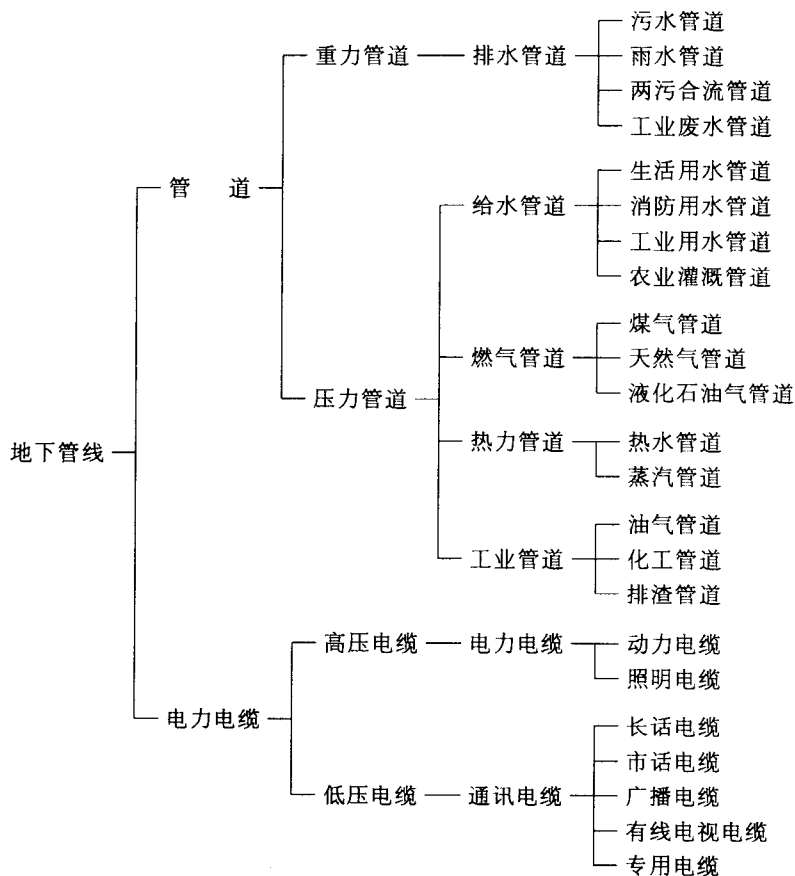


图 1-1 地下管线的分类

1.1.3 燃气管道

燃气管道按其所传输的燃气性质分为煤气、天然气、液化石油气输配管道。

燃气是现代化城市生活的主要能源。燃气能源的种类有焦炉煤气、直立式炭化炉煤气、重油裂解气、天然气、液化石油气等。

燃气管道的材质多为钢管(主要是无缝钢管和焊接钢管)、其次是承插口的铸铁管(用于低压煤气)和聚氯乙烯(PVC)塑料管(在一定的温度和压力下使用)。燃气管道的直径一般在15~1 500 mm 之间。

1.1.4 热力管道

热力管道按其所输送的介质分为热水管道和蒸汽管道两种。一般采用无缝钢管和钢板

卷焊管作为热力管道。

1.1.5 电力电缆

电力电缆按其功能可分为动力电缆(输电或配电)、照明(路灯)电缆、电车电缆等,按电压的高低可分为低压电缆、高压电缆和超高压电缆三种。

电力电缆的埋设方式有直埋、穿管、管块三种方式。

1.1.6 通讯电缆

通讯电缆主要包括市话电缆、长话电缆、光纤电缆、广播电缆、电视电缆,以及军队、铁路等专用通讯电缆等。

通讯电缆的埋设方式有直埋、穿管、管块三种方式。穿管埋设时一般使用单孔钢管和聚氯乙烯(PVC)塑料管,其次为石棉水泥管、陶瓷管。最普通、使用得最多的管块是混凝土矩形断面的管块,它是一种多孔组合式结构的管材,有单孔、双孔、三孔、四孔、六孔、九孔、十二孔、二十四孔等形式。

1.1.7 工业管道

工业管道按其所传输的介质分为石油、重油、柴油、液体燃料、氧气、氢气、乙烯、乙炔、压缩空气等油气管道,氯化钾、丙烯、甲醇等化工管道,工业排渣、排灰管道,以及盐卤和煤浆输送管道等。

工业管道一般为钢管和塑料管。

1.2 地下管线的施工方法

1.2.1 开挖和非开挖施工法

目前,铺设、更换和修复地下管线的施工方法有以下几种:

开挖施工法(挖槽埋管法),包括:

- ① 挖槽法;
- ② 窄开挖法。

开挖施工法是最常见的一种施工方法,其主要的施工工序是:

- ① 地面的准备工作;
- ② 使用挖沟机、反铲等设备进行槽沟的开挖,包括排水和支护;
- ③ 铺设管线;
- ④ 回填和压实,以及支护桩的拆除;
- ⑤ 路面的复原。

随着社会的进步、经济的发展,通讯、电能传输、石油工业、天然气的开采及水利事业发展的突飞猛进,同时随着城市高层建筑及铁路、公路、核电基地和水利工程设施的不断兴建,地下工程的建设和应用日益广泛。开挖施工法表现出很大的局限性,其主要的缺点是:

- ① 妨碍交通(堵塞、中断或改线);

- ② 破坏环境(绿化带、公园和花园);
- ③ 影响市民生活和商店的营业;
- ④ 安全性差;
- ⑤ 综合施工成本高。

开挖施工法的优点是施工简单、直接施工成本低,适用于在宽阔的地表、不存在任何障碍物(河流、街道、建筑物等)、施工不会影响交通的条件下铺设地下管线。在市区,由于以上的原因,开挖施工法越来越受到来自政治、经济和环境方面的压力和限制:

非开挖施工法(钻孔埋管法),包括:

- ① 新管铺设:铺设新的地下管线;
- ② 旧管更换:在原地更换旧管线;
- ③ 旧管修复:修复现有管线的局部缺陷或改善其性能。

非开挖施工是指在不开挖地表的条件下探测、检查、修复、更换和铺设各种地下公用设施(管道和电缆)的任何一种技术和方法。与开挖施工法相比,非开挖施工技术具有不影响交通、不破坏环境、施工周期短、综合施工成本低、社会效益显著等优点,可广泛用于穿越公路、铁路、建筑物、河流,以及在闹市区、古迹保护区、农作物和植被保护区等条件下进行供水、煤气、电力、电讯、石油、天然气等管线的铺设、更新和修复。此外,非开挖施工技术还可用于水平给排水工程、隧道工程(管棚)、基础工程(钢板/管桩、微型桩、土钉)、环境治理工程等领域。

与开挖施工相比,非开挖施工的主要优点是:

① 可以避免开挖施工对居民正常生活的干扰,以及对交通、环境、周边建筑基础的破坏和不良影响。非开挖施工不会阻断交通,不破坏绿地、植被,不影响商店、医院、学校和居民的正常生活和工作秩序;

② 在开挖施工无法进行或不允许开挖施工的场所(如穿越河流、湖泊、交通干线、建筑物等),可用非开挖技术从其下方穿越铺设,并可将管线设计在工程量最小的地点穿越;

③ 现代非开挖技术可以高精度地控制地下管线的铺设方向、埋深,并可使管线绕过地下障碍(如巨石和地下构筑物);

④ 有较好的经济效益和社会效益。在可比性相同的情况下,非开挖管线铺设、更换、修复的综合技术经济效益和社会效益均高于开挖施工,管径越大、埋深越大时越明显。

实践证明,在大多数情况下,尤其是在繁华市区或管线的埋深较大时,非开挖施工是明挖施工很好的替代方法;在特殊情况下,例如穿越公路、铁路、河流、建筑物等,非开挖施工更是一种经济可行的施工方法。

1.2.2 非开挖施工法的分类及其应用

非开挖施工方法并不是万能的,每种施工方法都有各自的适用范围和局限性,所适用的管径大小、管线材料、施工长度、地层和地下水条件以及周围环境各有所不同。因此,施工方法的选择对工程的成功与否具有决定性的作用。

选择施工方法时,必须考虑下述因素:

- ① 地层条件;
- ② 待铺设管线的直径、长度和管材;

- ③ 施工精度的要求;
- ④ 埋管深度;
- ⑤ 地表及地下埋设物情况;
- ⑥ 工程的期限;
- ⑦ 工人的技术和施工经验;
- ⑧ 地表复原的要求。

地层条件的变化极大,包括软土层、含卵砾石地层到硬岩层。条件许可时,应进行详细的现场勘察,并进行有关的土力学试验以了解土层的类型和力学性能,选择合适的非开挖施工方法(图 1-2)。

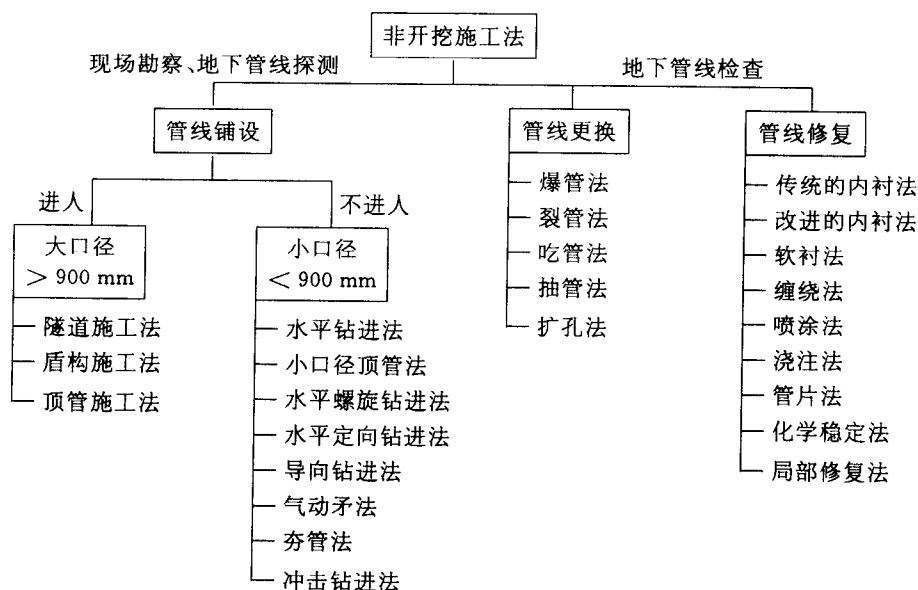


图 1-2 非开挖地下管线施工方法的分类

表 1-1 列出了常用的各种非开挖施工方法的应用范围。

表 1-1 非开挖地下管线施工法的适用范围

施 工 方 法		典 型 应 用	管 材	适用管径,mm	施工长度,m
管 线 铺 设	隧道施工法	各种大口径管道	混凝土	>900	
	盾构施工法	各种大口径管道	混凝土	>900	
	顶管法	各种大口径管道,跨越孔	混凝土,钢,铸铁	>900	30~1 500
	小口径顶管法	小口径管道,管棚,跨越孔	混凝土,钢,铸铁	150~3 000	30~300
	定向钻进法	跨越孔,水平环境井	钢,塑料	300~1 500	100~2 000
	导向钻进法	压力管道,电缆,短跨越孔	钢,塑料	50~350	20~500
	水平螺旋钻进法	钢套管,跨越孔	跨越孔	100~1 500	20~100
	水平钻进法	钢套管,跨越孔,降水井	钢套管	50~600	20~50
	气动矛法	压力管道,电缆线,跨越孔	钢,塑料	40~250	20~60
	夯管锤	钢套管,跨越孔,管棚	钢套管	50~2 000	20~80
	冲击钻进法	跨越孔	钢管,混凝土管	100~1 250	20~60

(续表)

施 工 方 法		典 型 应 用	管 材	适用管径,mm	施工长度,m
管 线 更 换	爆管法	各种重力和压力管道	PE, PP, PVC, GRP	50~600	230
	裂管法	各种重力和压力管道	PE, PP, PVC, GRP	50~150	200
	吃管法	各种重力和压力管道	PE, PP, PVC, GRP	100~900	200
	扩孔法	各种重力和压力管道	钢,塑料	100~1 000	300
管 线 修 复	内衬法	各种重力和压力管道	PE, PP, PVC, GRP	100~2 500	300
	改进的内衬法	各种重力和压力管道	HDPE, PVC, MDPE	75~1 200	1 000
	软衬法	各种重力和压力管道	树脂+纤维	50~2 700	900
	缠绕法	各种重力管道	PE, PP, PVC, PVDF	100~2 500	300
	喷涂法	各种重力和压力管道	水泥浆, 树脂	75~4 500	150
	灌浆法	各种重力和压力管道	水泥浆, 树脂	100~600	

注: PE—聚乙烯; PP—聚丙烯; PVC—聚氯乙烯; PVDF—聚偏二氯乙烯; HDPE—高密度聚乙烯; GRP—玻璃纤维增强树脂(玻璃钢)。

1.3 非开挖施工技术的发展历史及其应用前景

非开挖施工技术虽然已有近百年的历史,但其重大的发展始于20世纪50年代,尤其是近十几年。在发达国家目前它不仅已成为地下管线工程的一个新技术增长点,并以其自身的技术优势和广阔的市场前景逐渐发展成为一个新兴的产业(机械制造业和工程承包业)。据统计,在西方发达国家中,目前非开挖设备制造商和材料供应商达400多家,工程承包商达4 000余家,各种非开挖施工方法达百余种。近年来非开挖管线工程施工量已占全部地下管线工程量的10%,个别地区如柏林市已达到40%左右。

1.3.1 国外非开挖施工技术的发展

“非开挖”这一术语相对较新,但其原理并不是新的。例如,作为大口径隧道的一种施工方法的顶管法已经使用了许多年;用于自来水防腐处理的灰浆喷射衬层法是另一种具有较长历史的“非开挖”施工法。非开挖管线施工技术的发展,大致可分为三个阶段:

① 人工(或用简单机械)地下挖掘后再铺设管线。这是非开挖技术发展的初期,将地下挖掘与管线铺设分开进行,效率低、安全性差,只用于特殊场合下的短距离工程;

② 常规钻、掘机械挖掘、铺设阶段。这基本上是20世纪70年代以前的技术,虽然在一定程度上将地下挖掘和铺管结合起来,但无法控制管线铺设方向,加之设备能力和施工技术水平的限制,效率低下,难于铺设直径和长度较大的管线;

③ 采用专用设备和技術,把地下挖掘和管线的铺设、更换等各项作业有机地合成为一体,并能准确控制管线铺设方向,形成了现代的非开挖管线施工技术。

新技术的开发与应用取决于工程需要和市场需求。非开挖技术也是一样,但是,各国的情况并不一样。非开挖技术的发源地主要在日本、美国、英国。

在日本,过去人们的生活几乎与主要的污水系统无关。因此,在20世纪60年代和70年代,日本建设部决定设法增加提供污水管道服务的人数。由于交通拥挤、道路狭窄,使用