



行业发展报告



目录 CONTENTS

行业发展报告

一、绪论

1.1 国外发展历程	46
1.2 国内发展历程	47

二、非开挖技术发展动态

2.1 管线铺设技术	48
2.1.1 水平定向钻进技术	48
2.1.2 顶管技术	56
2.1.3 盾构技术	61
2.1.4 其它铺管技术	63
2.2 管道更新技术	66
2.2.1 管道替换技术	66
2.2.2 管道修复技术	66
2.3 辅助技术	72
2.3.1 管线探测技术	72
2.3.2 管道检测技术	74
2.3.3 管道清洗技术	77
2.3.4 管道评价技术	78

三、国内非开挖行业发展动态

3.1 应用行业动态	80
3.1.1 市政管网	80
3.1.2 长输管网	83
3.1.3 基础设施建设	84
3.2 管线铺设行业动态	86
3.2.1 水平定向钻进	87
3.2.2 顶管	89
3.2.3 盾构	90
3.2.4 其它铺管技术	92

3.3 管道更新行业动态	93
3.3.1 管道替换	93
3.3.2 管道修复	93
3.4 辅助技术行业动态	95
3.4.1 管线探测	95
3.4.2 管道清洗、检测与评价	97

四、国外非开挖行业发展动态

4.1 国际长输管线动态	98
4.2 美国非开挖行业动态	101
4.2.1 水平定向钻进	101
4.2.2 市政管网非开挖动态	103
4.3 其他国家非开挖行业动态	106
4.3.1 欧洲非开挖动态	106
4.3.2 日本非开挖动态	107
4.3.3 南非非开挖动态	110

五、非开挖行业展望

5.1 非开挖发展趋势	112
5.1.1 国内非开挖发展趋势	112
5.1.2 国外非开挖发展趋势	113
5.2 管线铺设行业展望	114
5.2.1 水平定向钻进	114
5.2.2 顶管	114
5.2.3 盾构	114
5.2.4 其它铺管技术	115
5.3 管道更新行业展望	115
5.3.1 管道替换	115
5.3.2 管道修复	115
5.4 辅助技术行业展望	115

一、绪论

非开挖技术（No-Dig 或 Trenchless Technology）采用少量开挖或不开挖的方式，对地下管道进行铺设、修复和更换的施工技术，以及与之配套的管道清洗、探测、检测和评价等技术的总称，该技术对管道周边交通与环境影响最小，具有很高的社会经济效果。在 20 世纪 80 年代开始非开挖技术获得大规模应用，随着非开挖技术不断完善和应用推广，非开挖技术目前已成为一项政府支持、社会提倡、企业参与的高新技术，非开挖技术已成为城市现代化进程中的一项关键施工技术，是地下管线与地下构筑物建设的一次技术革命。

非开挖技术大体可分为管线铺设技术和管道更新技术。管线铺设技术是在土体内挖掘孔洞，并铺设或浇筑管（渠）道的施工方法，可分为：水平定向钻进法、顶管法 / 微型隧道、盾构法、夯管法、气动矛法和隧道法等，以及探地雷达、电磁法、管线探测仪、示踪法、真空抽吸法、轨迹测量和工程勘察等管线探测与轨迹测量辅助技术。管道更新技术非开挖管道替换和管道修复的统称。管道修复是在对旧管道内壁进行预处理后，对旧管道的功能或结构性缺陷进行修复的施工方法，可分为插管法、改进插管法、管片法、原位固化法、螺旋缠绕法、喷涂法、灌浆法和局部修复等管道修复方法，以及管道清洗与预处理、管道检测和管道评价等辅助技术；管道替换是以挤压、冲击或抽出等方式破碎旧管道，同时构筑一个新管道的施工方法，包括破裂管法、吃管法和抽管法等方法。

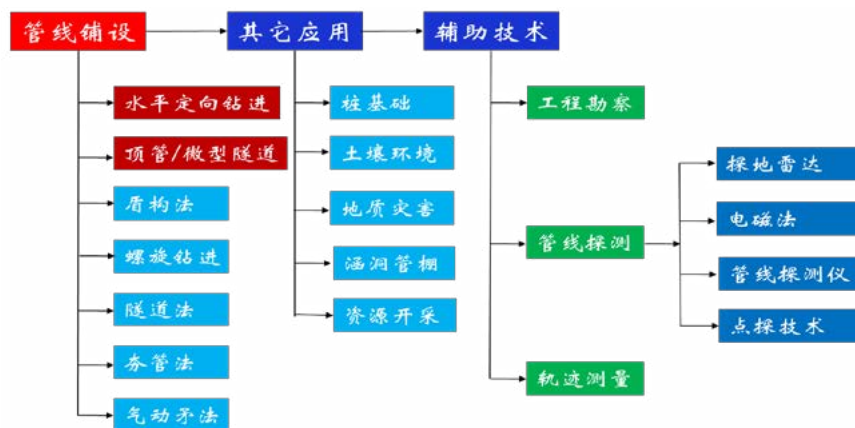


图 1-1 非开挖管线铺设工法分类

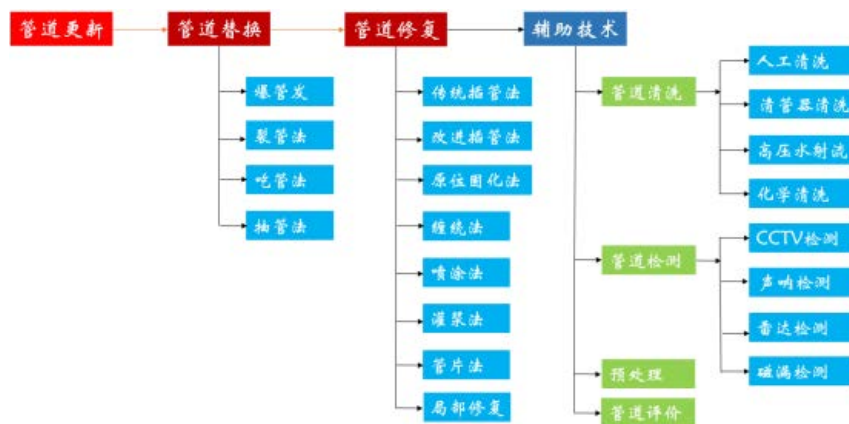


图 1-2 非开挖管道更新工法分类



非开挖技术推广应用程度与国家或地区经济发展水平密切相关,经济社会发展程度越高非开挖技术应用程度越高,非开挖技术具备以下优点:

- ①周边影响小。施工时不影响地表交通,不破坏地表环境(绿地、植被、树木),不干扰工厂、商店、医院、学校和居民的正常生活与工作秩序;
- ②施工速度快。由于辅助工程(如支护、回填等)少,施工速度大幅度提高,而且可应用于传统施工方法无法施工或不允许开挖施工的场合(如穿越河流、湖泊、重要交通干线、重要建筑物的地下管线);
- ③综合成本低。非开挖施工的综合成本均低于传统的开挖法施工,而且管径和埋深越大时越明显;有的非开挖施工方法的直接成本甚至低于开挖法施工,具有很好的经济效益和社会效益;
- ④绿色环保。由于施工时地面交通拥堵少,施工时间短,而且减少了渣土和回填土的运输量,使施工总体碳排放量大大减少。

经实践证明,在大多数情况下,尤其是在繁华市区或管线埋深较深时,非开挖技术是开挖施工的最佳替代方法;在特殊的条件下,例如穿越公路、铁路、河流、建筑物等,非开挖技术更是唯一经济、可行的施工方法。非开挖技术在短短的 40 余年时间内,以其独特的技术特点,以及安全、环保与高效的技术优势,日益受到各国政府的重视和提倡,联合国环保署(UNEP)也将非开挖技术列为环境友好的施工技术(EST)。

非开挖技术不仅应用于各类地下管线(自来水、污水、雨水、石油、天然气等管道,以及通讯、动力和信号等电缆线)的铺设、更新和运维等,而且还可应用于以下几个方面:

- (1) 地下构筑物:涵洞、地下管廊、地下交通隧道等建设;
- (2) 管棚支护:地下人行过道、地铁和地下车库等暗挖工程的结构性支护;
- (3) 环境治理:在受污染的地下水和地层中设置水平环境治理井;
- (4) 其它工程:基础工程(钢管桩、微桩、土钉)、边坡、路基、大坝等工程的排渗、降水和注浆孔等,以及煤层气等资源开采。

1.1 国外发展历程

非开挖技术发展水平与国家科技与经济发展水平密切相关,非开挖技术主要发源于欧美西方发达国家,国际非开挖技术发展总体可分以下 3 个时期:

(1) 1900 ~ 1960: 早期非开挖技术应用。

主要是二战后,因美国现代城市建设和欧洲、日本等国的重建的需要,研发了简单工法的非开挖技术,用于穿越铁路、公路、河流等短距离管线或涵洞等穿越施工,如:水平回转钻进、水平螺旋钻进(干钻)、人工顶管等工法。

(2) 1960 ~ 1985: 现代非开挖技术兴起。

随着西方发达国家的生活水平提高和交通发展,传统开挖施工方法成本大幅提高以及环保意识觉醒,基础建设开始探索新的非开挖工法,研发了地下管线与构筑物的非开挖建设、修复与替换的设备、材料与工法,逐步形成完整的非开挖施工技术体系,奠定了现代非开挖技术基础。

(3) 1985 ~ 现在: 现代非开挖技术大规模应用。

随着非开挖技术体系不断完善,以及现代城市建设和国家绿色环保与法律意识不断增加,非开挖技术得到各国政府的支持,采用非开挖技术的比例越来越高(比例在 10% 左右)或成为首选方法。1986 年,国际非开挖技术协会(ISTT)在英国成立,旨在推进非开挖技术的研究与实践,促进非开挖技术相关教育和

培训,对国际非开挖技术研究、推广和发展起了重大作用。英国曼彻斯特工业大学、美国路易斯安娜理工大学、德国波鸿大学等高等院校为适应产业结构调整,20世纪80年代相继设立了非开挖技术专业 and 相应研究机构,培养了非开挖技术领域专业技术和施工人才。

1.2 国内发展历程

我国改革开放以来,随着国民经济和城市建设快速发展,以及西气东输工程、南水北调等地下管网建设,推动了非开挖技术在我国的应用普及。我国非开挖技术使用始于20世纪50年代,近三十年我国非开挖行业获得了快速发展,技术和产业日益成熟,发展历程大致可分为4个阶段。

(1) 萌芽期:20世纪50年代~80年代中

早期,我国城市地下管线施工也会遇到不允许开挖路面的特殊情况,工程的特殊性要求施工单位采用非开挖方法铺管,从而促成了非开挖技术在我国的前期发展。张家口探矿机械总厂和勘探技术研究所等单位与市政部门合作,研制了GP-220水平钻机、DGJ-1000水平螺旋钻机,以及人工顶管机等初级非开挖施工装备,以满足早期城市工程施工急需。

(2) 发展期:20世纪80年代中~20世纪末

随着我国改革开放,我国经济社会进入持续快速发展期,城市基础设施建设投入逐年加大,从20世纪80年代中期开始,市政、电信、给排水和石油天然气等部门陆续从日本、美国、德国、瑞士等国家引进了顶管掘进机(含微型顶管掘进机)、水平螺旋钻机、水平定向钻机、气动矛和夯管锤等非开挖技术装备;20世纪90年代,在市场推动和政府支持下,我国开始在引进、消化、吸收国外非开挖技术的基础上,研发了具有自主知识产权的不同类型非开挖施工装备,陆续填补了我国非开挖技术装备的空白。

(3) 壮年期:20世纪末至2020年

在我国国民经济快速发展和绿色环保政策的驱动,特别是城市黑臭水体治理,以及《全国城市市政基础设施建设“十三五”规划》统筹城市交通系统、城市地下管线系统、城市水系统、城市能源系统、城市环卫系统、城市绿地系统、智慧城市7个方面。我国非开挖行业获得快速发展,已形成包括设备制造商、工程承包商、材料供应商、高等院校和科研院所等组成完整的非开挖产业。目前我国约有600多家工程承包商、100多家设备制造商和材料供应商,可制造100多个品种的非开挖设备。目前,我国水平定向钻机、顶管掘进机等设备已开始大幅度出口30多个国家或地区,工程承包商也已走出国门承揽大型非开挖工程。

(4) 成熟期:2020年以来

随着我国非开挖行业的发展,非开挖新技术、新工艺、新装备和新材料等不断涌现,产业链条完整性、成熟度较高。非开挖装备技术水平步入世界前列,自动化、智能化程度不断提升;非开挖技术应用普及程度越来越高,不断赶超世界先进水平,施工技术也进入世界前沿,不断打破世界纪录;非开挖行业施工和研发技术不断壮大,非开挖技术总体进入与世界先进水平平跑的程度;行业完备度很高,非开挖各技术与装备我国都有生产和研发。

中国地质学会非开挖技术专业委员会(CSTT)于1998年正式成立,近30年来一直致力于我国非开挖技术推广应用,同年加盟国际非开挖技术协会(ISTT);CSTT成立后,随我国非开挖技术在大城市应用推广,相继协助成立了北京、上海和广东等地方性非开挖技术协会,对我国非开挖行业发展壮大起到了极大的推动作用,为我国非开挖行业健康发展做出了巨大的贡献。

二、非开挖技术发展动态

随着世界各地大型基础设施建设不断增加，非开挖技术的发展突飞猛进，每年不断涌现出新工艺、新材料与新装备等，技术的质量或边界不断提升；非开挖穿越铺设管道工程的长度或管径等单项施工世界记录不断被打破，非开挖技术应用领域或环境条件得到不断拓展；管道更新技术不断迭代、个性化，应用面或专业化不断提升。总之，非开挖技术发展呈规范化、集成化、精细化，以及自动化、数字化、智能化等特点，非开挖技术是一项现代基础设置施工技术。

2.1 管线铺设技术

管线非开挖铺设技术主要包括：水平定向钻进、顶管/微型隧道、盾构、隧道掘进、夯管、螺旋钻进、气动矛和直推管等工法。其中，水平定向钻进、顶管、盾构和夯管应用较为普遍；螺旋钻进一般应用于特定条件场地，直推管法是顶管的改进工法，属综合工法；隧道掘进在我国应用也较为普遍，不属于现代非开挖技术，呈现被顶管法和盾构法替代的趋势。

2.1.1 水平定向钻进技术

水平定向钻进(HDD)是我国应用最为广泛的一种非开挖铺管方法，主要应用于穿越河流、湖泊、建筑物、公路、铁路等铺设地下管线管道(长输油气、给排水、燃气、热力管道、工业管道、动力电缆和通讯电缆等)。水平定向钻进技术是一项很成熟的施工技术，1971年美国使用HDD第一次穿越了加州北部的帕哈罗河，穿越长度500in，至2021年HDD铺管已应用50年。现在HDD技术发展趋势主要有：钻机模块化、电气化、自动化、个性化，以及施工技术的导向对接、硬岩钻进、山体穿越、超长距离或大口径管道穿越技术等。

(1) 水平定向钻机

随着我国大型和超大型基础设施建设开工建设，为了解决穿越复杂地层、大口径、超长距离等非开挖工程施工难题，先后开发了回拖力超过千吨系列的1200t、1500t等钻机，以及专门钻进岩石的水平定向钻机。钻机总体质量有很大的提升，同时电气化、自动化、智能化程度也有所提高；小型水平定向钻机整装程度高、可操控性更好、环境适应性更强。江苏地龙重型机械有限公司研制了水下水平定向钻机，并荣获ISTT 2022年度新技术新装备奖；徐工基础工程机械有限公司2020年推出了锂电池驱动钻机。国内钻机不仅实现系列化、超大型化、个性化等，也紧紧跟踪工程机械国际化发展趋势，不断研发出电动直驱、自动化、数字化等先进钻机。



图 2-1 江苏竞科永磁电动直驱钻机



图 2-2 黄海机械 FDP-1500 钻机



图 2-3 江苏谷登 GS12000-L 钻机



图 2-4 徐工基础 XSD3600 大角度钻机



图 2-5 江苏谷登 GS50-LS 小型钻机



图 2-6 深圳钻通 ZT-6F 小型钻机



图 2-7 廊坊华元“天择号”HDD 专用钻探船



图 2-8 江苏地龙水下钻机

国外水平定向钻机朝电动直驱、电池动力、自动化、数字化等方向发展。荷兰 Normag 公司研制了 NRI 300-140TE 永磁电驱动钻机（节能减排、无排放；数字化精准控制—变频控制，数字传输和集中控制、施工效率高、成本低）。意大利 EGT 公司与大学研发电池驱动小型水平定向钻机。德国 TT 公司钻机可采用 2 种工作模式：JCS（松散地层使用常规钻杆）和 ACS（复杂地层，含岩层、卵石层，使用双壁钻杆）；采用更加灵活的模块化设计，直观的操作、遥控钻进、效率最大化，并采用数字化全面解决方案：智能软件

实现工程规划、执行、计费、建档和服务等。



图 2-9 意大利 EGT 公司研制的电池驱动钻机



图 2-10 德国 TT 公司数字化水平定向钻进系统

(2) 辅助设备

水平定向钻进辅助设备主要包括：泥浆泵、泥浆循环固控系统、拖管轮组、塑料管对焊机等。配套设备专业化程度越来越高、性价比越来越高；依据钻机配置的不同，具备完整系列化的配套设备，可单独配置亦可系统化配置，整装性能越来越高。



图 2-11 廊坊雷克泥浆泵组



图 2-12 江苏大象液压力泥浆泵



图 2-13 河北冠能泥浆循环固控系统



图 2-14 科盛能源泥浆泥水分离系统



图 2-15 江苏创隆泥浆循环固控系统



图 2-16 济南鑫三达拖管轮



图 2-17 济南鑫三达塑管对接焊机

(3) 水平定向钻进仪器

水平定向钻进仪器包括：导向仪器、轨迹测量仪器和超前探测仪器等。导向仪器包括：有线导向和无线导向，以及长距离穿越引导式对接导向技术，国内在仪器技术方面都有了长足的进步，导向仪器测量深度、精度和工作时间都有很大提高，具有多频扫描（4、6、8 个频率），抗干扰能力强、智能计算深度、导向轨迹数据存储等特点；有线导向仪器也有长足的进步，包括精度、抗干扰、双系统模式（有线和无线）等。



图 2-18 广州探霸 T-10 导向仪



图 2-19 黄山金地指挥官 9 导向仪



图 2-20 河南华北 CDY2 有线地磁导向仪

美国 Underground Magnetics 公司研发的 MAG 8 导向仪, 采用两个天线, 发射频率 4 ~ 31kHz (11 个), 其中 Echo 110 发射器 (探头) 的最大探测深度可达 110m, 锂电池的使用寿命可达 120h。俄罗斯 SENSE 公司研制一款轨迹测量仪, SNS A100 轨迹测量仪可以测出扩孔后实际的钻孔轨迹, 仪器直径 32mm、长度 380mm、质量 3kg, 工作温度 -10 ~ +50℃, 由锂电池供电, 可连续工作 4d (100h) 以上。



图 2-13 河北冠能泥浆循环固控系统

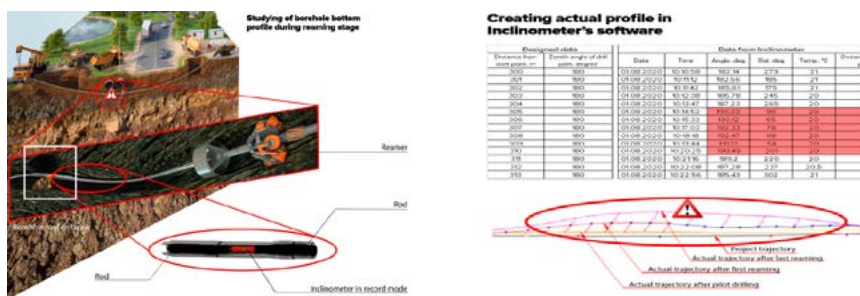




图 2-24 导向钻进 PDC 复合钻头



图 2-25 锤式扩孔器组配

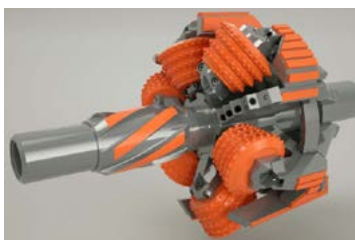


图 2-26 德国海瑞克公司新型孔底钻具

(5) 长距离大口径施工技术

水平定向钻进长距离、大口径铺设工程越来越多，以及岩石和山体穿越工程，多采用对接导向技术，同时须克服超长距离粉砂、卵砾石等特殊地层，摩阻大、携屑难、钻杆抱死和折断事故易发等施工难题，施工风险性极高。但是随着水平定向钻进技术与工艺的不断进步和完善，水平定向钻进工程施工技术水平不断得到提高，应用场景越来越广，HDD 穿越世界记录不断被打破。

表 2-1 长距离水平定向钻进工程一览表

序号	年份	工程名称	长度 /m	管径 /mm	施工公司
1	2018	香港国际机场航油管道穿越工程	5205	508	廊坊华元公司
2	2017	荷兰北部马尔斯水道供水管道穿越工程	4608	323.6	德国 LMR 公司
3	2019	湛江通明湾海域成品油管道穿越工程	4071	508	中石化胜利油建
4	2019	美国北达科达州密苏里河穿越工程	4037	508	美国 Michael 公司
5	2011	英格兰索伦特海峡燃气管道穿越工程	3930	508	德国 LMR 公司
6	2015	美国休斯顿航道穿越工程	3797	457	美国 Michael 公司
7	2010	西气东输二线东段枣阳—十堰支干线穿越工程	3588	508	廊坊华元公司
8	2015	如东—海门—崇明岛输气管道长江穿越工程	3500	610	管道局穿越公司
9	2019	哥伦比亚迪克运河穿越工程	3397	406	Montinpetrol
10	2017	甬台温成品油管道飞云江定向钻穿越工程	3360	323.9	中原油建工程公司
11	2012	休斯顿湖区穿越工程	3344	152	美国 Laney 公司
12	2019	甬台温天然气管道仓南支线飞云江穿越工程	3316	813	管道局
13	2013	江都—如东长江定向钻穿越工程	3302	711	管道局
14	2015	甬台温天然气管道甬江穿越工程	3200	813	管道局
15	2013	呼包鄂成品油管道黄河穿越工程	3200	356	管道局
16	2019	印度巴拉迪布—海得拉巴成品油管道戈达瓦里河穿越工程	3100	406	德州圣力
17	2013	南气北输黄河主河槽穿越工程	3075	711	管道局
18	2005	波斯湾海底穿越工程	3050	762	沙特 DCL 公司
19	2018	松花江水源松北区供水过江管线穿越工程	3000	813 (3 条)	水利水电六局
20	2010	南威尔士米尔福德港燃气管道穿越工程	3000	650	德国 LMR 公司

目前最长的水平定向钻进穿越是 2018 年廊坊华元公司完成的香港机场两条 5.2km 航油管道定向钻穿越工程。该工程在海平面下约 130m 深复杂的地层条件和严格的环保要求下，完成 5200m 导向孔 (311mm)、扩孔 (最大 710mm) 和航油管道 (508mm) 回拖作业。施工过程中，不仅要保证机场的正常运行，还要保护周围环境和野生动物。该工程有四大挑战：超长穿越长度达 5200m、复杂的地层条件 (抛石填海层、海底淤泥层、极硬花岗岩和软硬交替的断裂带)、施工场地有限 (临时占地不能超过 $10\text{m} \times 10\text{m}$) 和严格的环保要求 (不得破坏植被、噪音不得超过一定分贝、4 ~ 7 月鹭鸟繁育期不得施工)。为此，前期做了多项技术准备包括：具有顶管和推管功能的高扭矩钻机、专用的切削钻具、泥浆马达和扩孔器，保护钢管的三重涂层和阴极保护，以及海底水平穿越导向和对接技术。该工程获 ISTTT 的 2019 年度优秀工程奖。

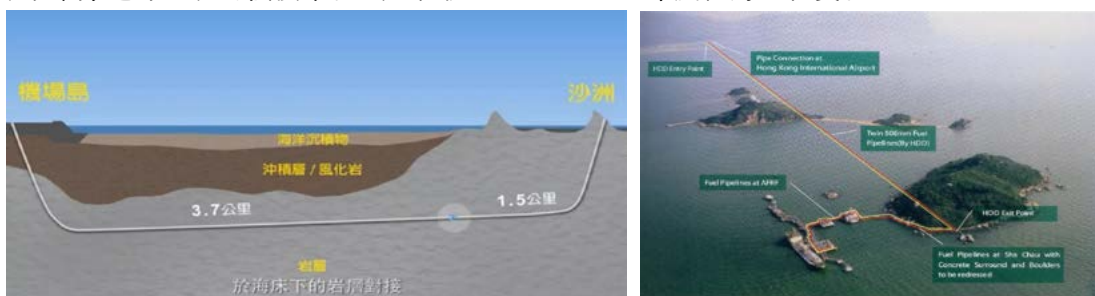


图 2-27 香港机场航油管道穿越工程路线图



图 2-28 香港机场航油管道施工现场及 ISTTT 颁奖

中俄东线天然气管道关键控制性穿越工程——滹沱河定向钻穿越 (河北衡水安平县) 工程，铺设管径 1219mm、穿越深度 37m、长度 1219m，是目前国内 1219mm 管径穿越距离最长的定向钻穿越工程。



图 2-29 滹沱河定向钻穿越工程

冀东油田 403 侧陆对海定向钻穿越老龙沟潮汐通道西支与东支航道，工程水平间距 2438m，管道最低设计标高 -32m，位于粉土层，导向孔采用定向对接工艺，海上施工受航道、生态保护、浮冰、水深及风浪影响，各工序需紧密衔接，经多次方案讨论及推演，保障了工程顺利实施。



图 2-30 冀东油田 403 侧陆对海穿越工程

中国最长海域水平定向钻穿越于 2019 年 1 月完成导向孔对接，穿越以湛江市东海岛为起点，在湛江市湖光镇东南侧护岸登陆，穿越长度 4060m，成品油管道及天然气管道直径均为 508mm，光缆套管直径 159mm，位于主管道中间，与主管道间距 14m，在世界范围内位列第三。

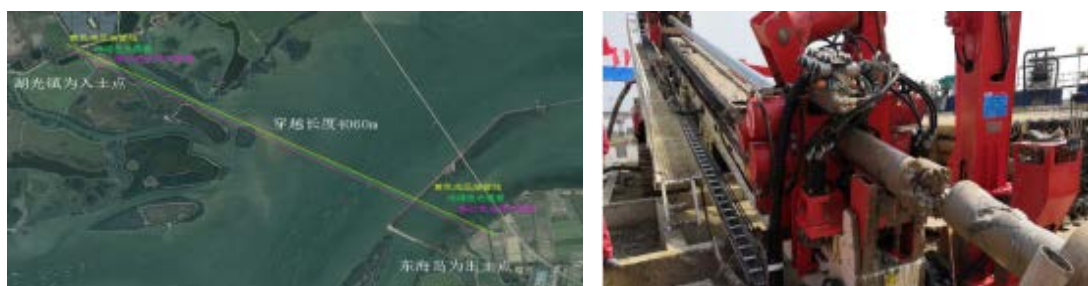


图 2-31 湛江东海岛输油管道穿越工程

管道局工程公司首次采用了独创的“海上扩孔及拖管工艺”，在“一带一路”能源基础设施项目实施国外陆对海定向钻穿越，六条陆海 HDD 穿越均一次回拖成功，连续刷新中国管道陆海定向钻穿越纪录，获得业主及国际专业监理公司的称赞，在长距离、大口径陆对海穿越设计与施工方面积累了宝贵的实战经验。



图 2-32 驳船全景和回拖成功

国内还实施了诸多新技术特征的工程，包括：水平定向钻进勘察取心、高落差多裂隙岩石地层定向钻进及对接、山体穿越陀螺仪 + 旋转磁矩测量导向技术等，积累了很多 HDD 工程经验。

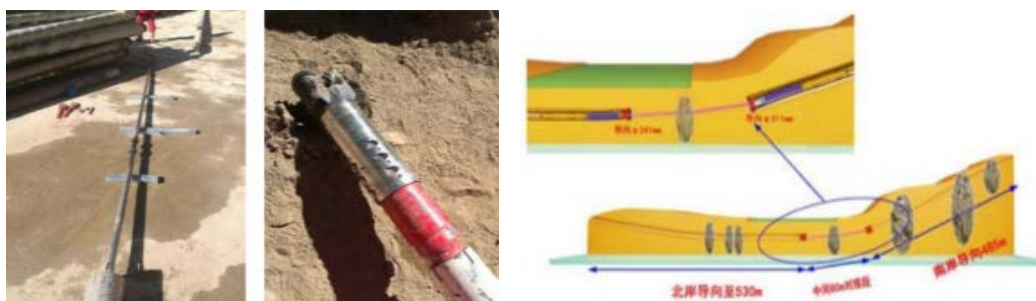


图 2-34 高落差对接导向钻进技术

水平定向钻进设备、钻杆工具、仪器和施工技术日趋成熟，应用普及程度高，现技术发展趋势主要包括：钻机自动化、硬岩钻进技术、超长距离施工技术、更高精度与深度导向技术和新领域拓展应用等。国内主要科研单位包括：中石油管道局研究院非开挖技术研究所、中国地质科学院勘探技术研究所、中国地质大学（武汉）、中国地质大学（北京）、成都理工大学等。同时，我国部分装备制造商、材料供应商和工程承包商都具有很强的科研开发能力，装备和工艺研发不断取得新进展，工程不断打破 HDD 穿越长度或管径世界记录。

2.1.2 顶管技术

顶管（Pipe Jacking）是使用最早、铺设精度最高的一种非开挖工法，早期主要是手掘式顶管和机掘式顶管，主要用于重力管道的铺设。顶管依据前机头端面封闭情况分为敞开式顶管和封闭式顶管。敞开式顶管包括：手掘式顶管、机掘式顶管、钻爆式顶管、网格式顶管、水冲式顶管、挤压式顶管、挤密式顶管、螺旋钻进式顶管等；封闭式顶管包括：土压平衡式顶管、泥水平衡式顶管、浓泥式顶管和气压平衡式顶管等。近几年，封闭式顶管（机械顶管）技术发展速度较快，随着对环境要求的提高，呈现封闭式顶管逐步替代手掘式和机掘式顶管，封闭式顶管设备和工艺研发细分化程度越来越高，顶管各类专用管材（钢筋混凝土管、钢管、铸铁管等）研制也得到业主的重视。

（1）顶管掘进机

顶管掘进机发展方向是大口径顶管机、微型隧道顶管机和异形顶管机等，以及多功能或混合式顶管机。日本和德国是顶管技术的领跑者，国内最大顶管机直径为 4000mm，日本和德国最小顶管掘进机直径为 250mm，国内最小泥水平衡顶管机直径为 500mm。近年来，随着我国地下管廊和城市建设的发展，异形顶管机在国内开始得到重视，扬州广鑫和安徽唐兴等设备制造商逐步具备生产各类异形顶管掘进机的能力，产品越来越成熟。我国岩石顶管掘进机与德国、日本相比，技术上还有一定的差距，受材料和顶进碎岩工艺水平限制，目前国内岩石顶管掘进机的刀盘质量尚待提升，特别是当岩石抗压强度超过 80MPa 时，多采用日本或者德国的产品。岩石顶管机多采用二次破碎机构（主要是圆锥破碎装置），同时可实现机内更换刀具（长距离顶管）。



图 2-35 安徽唐兴矩形顶管机、岩石顶管机



图 2-36 徐工 XDN500 微型顶管机



图 2-37 扬州广鑫 JD9.8×5.5m 矩形顶管机

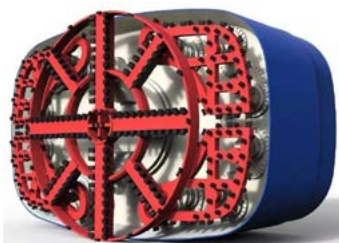


图 2-38 上海隧道股份路桥集团矩形顶管机



图 2-39 日本 250mm 微型顶管机

在一些特殊条件下,有时需采用可撤回式顶管机,机头上的切割刀具可以向内折叠,以减小机头的外径,从而可以向后退回到起始工作井。主要适用于无法设置到达工作井或者顶进遇到障碍物的情况,也可用于向主管顶进、管棚和对顶施工。该产品获 ISTT 的 2016 年度产品奖。

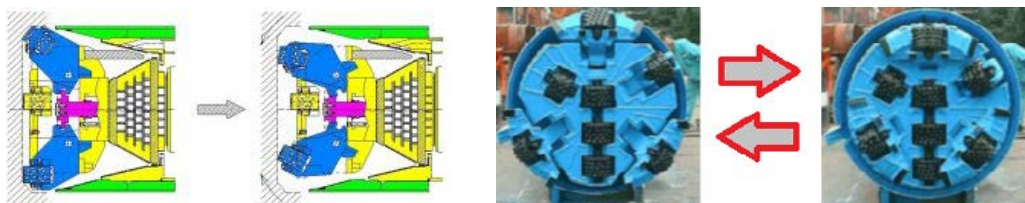


图 2-40 可撤回顶管机头

上海隧道工程有限公司研发了一种泥水平衡顶管成桩机,采用直径 1m、长度 1.5m 的钢管节垂直向下顶进,施工结束后回收主机并浇筑混凝土,可适用于低净空(3.5m)条件下的桩基施工,如高架桥下、地铁隧道和地下室内等。

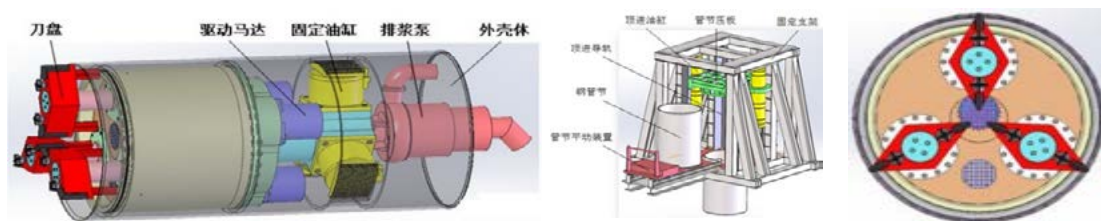


图 2-41 垂直顶管成桩机

(2) 顶管导向技术

顶管导向技术与国外差距还很大,目前国外主要有两种自动测量导向系统:陀螺仪导向系统和全站仪导向系统,在长距离和曲线顶管中应用有很大的优势,可有效提高施工效率,目前陀螺仪导向国内属空白。日本 Tokmiec 公司生产的 TMG-32B 陀螺仪导向系统,可检测顶管掘进机的姿态参数指引推进方向,方位角由陀螺仪获取,俯仰角和旋转角由倾斜仪获取。获取的姿态数据可以数字形式显示,也可以通过串口线传输到电脑设备中;德国 VMT 公司研制了 SLS-RV 顶管导向系统利用安装在移动的管道壁上的激光发射器发出的激光对顶管机提供足够精确的稳定的基准,使顶管机能够适应进行长距离及曲线掘进。



图 2-42 日本光纤陀螺顶管导向系统



图 2-43 德国 SLS-RV 顶管导向系统

同济大学研发了一款 APS 顶管智能引导系统，可实施获取顶管机头水平偏差、竖直偏差等信息，通过软件控制实现依次驱动三台全站仪进行数据采集、传输与处理，通过数据计算处理获得顶管前端中心上测点的三维数据，并与设计数据比较得出上、下、左、右的偏差，软件界面显示顶管前端中心测点的三维偏差以及顶进过程中的偏差变化轨迹，可完成三维曲线顶管测量。

(3) 顶管管材

顶管管材包括钢筋混凝土管、钢管、树脂混凝土管和铸铁管等，其中以钢筋混凝土管为主、树脂复合管、玻纤增强复合管以小直径为主。我国顶管管材品质有大幅度提升，接口密封质量有所提高，新材料管也有所研发。



图 2-44 钢承口与钢承插口混凝土管



图 2-45 福建纳川聚酯增强复合微顶管

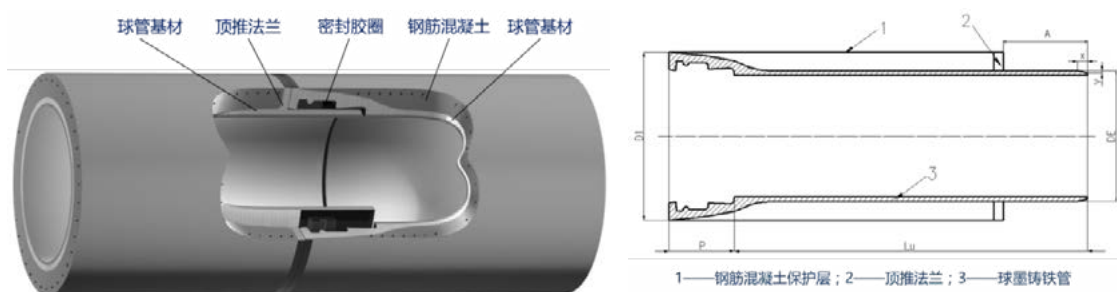


图 2-46 新兴公司顶管用铸铁管

(4) 顶管施工技术

近年来，我国顶管施工施工技术不断取得突破，包括单次顶进长度、管道直径、曲线顶管和异形顶管等不断创新记录，整体施工技术取得很大的进步。一些特殊应用或特殊工艺的顶管工程也不断涌现，例如管幕顶管、多工法复合式顶管、顶管 + 盾构工法等。

2019 年中铁十八局隧道公司承建的重庆观景口水利枢纽 3 号引水隧道创顶管世界纪录的重庆引水隧道 3224m 顶管工程顺利贯通，采用顶管施工克服了涌泥、突水、软弱夹层等不良地层带来的难题，施工效率

可提高一倍以上，在施工过程中，自主研发的长距离顶管施工“触变泥浆减少阻力”和“管道应力监测”等新技术确保了隧道安全、精准贯通。



图 2-47 创世界纪录的重庆引水隧道 3224m 顶管工程

表 2-2 顶管典型工程

序号	工程名称	参数	工程特点或难点	施工公司
1	重庆：观景口梳理枢纽 3 号引水隧道顶管工程	直径 2650mm、长 3224m	硬岩顶管机	中铁十八局隧道公司
2	苏州：阳澄湖引水工程	钢管直径 2000mm，长 2686m	双管、距京沪高铁仅 30m	苏州水务集团
3	珠海：过磨刀门水道超长顶管工程	内径 2400mm、长 2329m	岩石顶管	上海建工基础集团
4	黄冈：地下综合管廊东门路岩石顶管工程	外径 4870mm	超大口径岩石顶管	黄石精武
5	南宁：国际物流基地平花河上游段排水干渠工程	外径 4800mm、长 1188m	岩石顶管	
6	昆明：滇池草海顶管工程	外径 4700mm、长 1188m	大口径顶管	中铁上海局市政司
7	上海：白龙港南线东段顶管工程	外径 2040mm、长 4640m	平行双管（间距 4.6m）	上海市基础工程集团
8	上海：陆翔路－祁连山路贯通工程（Ⅱ标）	9.94m×8.18m、长 445m	超大断面、超长距离	上海隧道股份路桥集团
9	苏州：苏州市城北路综合管廊元和塘顶管工程	9.1m×5.5m、长 233.6m	大断面、长距离、覆土浅 3.5m。	中铁上海工程局
10	嘉兴：快速路环线下穿南湖大道顶管工程	14.82m×9.446m、长 210m	超大断面	中铁隧道局

近几年，典型顶管工程有湖北省最大直径穿越湖底曲线顶管工程（内径 3500mm，最大顶距 1550m），广东珠海过磨刀门水道顶管工程（管径 2400mm，一次性顶管长度达 2329m），湖北黄冈综合管廊顶管工程（总长度 33.9km，顶管长度 20.6km，其中外径 4.8m、长 15.1km）等。



图 2-48 湖北黄冈综合管廊顶管工程

特大型隧道工程有时采用顶管法实施管幕，管幕法是利用锁扣进行连接，在锁扣空隙内填充止水材料，形成一个能抵御上部荷载的超前支护体系。为确保管幕最大支护效果，在管幕施工过程中要求：钻进平稳，精度控制良好，锁扣咬合成功。管幕钢管顶进过程中可通过探测装置对管幕顶进角度进行跟踪检测，发现问题及时纠偏；后背墙稳定，无局部掉块、鼓包、裂缝等不良现象出现；根据周围环境监测数据进行管幕顶进施工的动态调整，管幕施工对周围地层的扰动可通过补充加固注浆将既有线变形控制在安全阈值内。

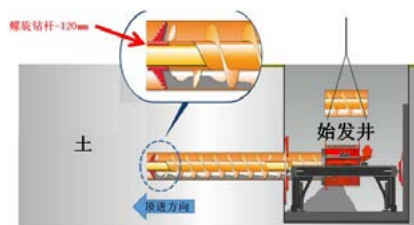


图 2-49 管幕顶管工作示意图



图 2-50 管幕顶管机

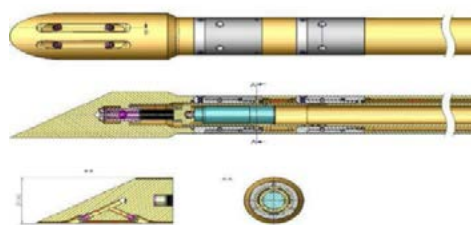


图 2-51 管幕钻头

近年来，世界各国还开发了多工法复合式顶管，包括：顶管 + 盾构、混合模式（土压 + 泥水 + 浓泥 + 气压）和顶管 + HDD（直接铺管）等工法。

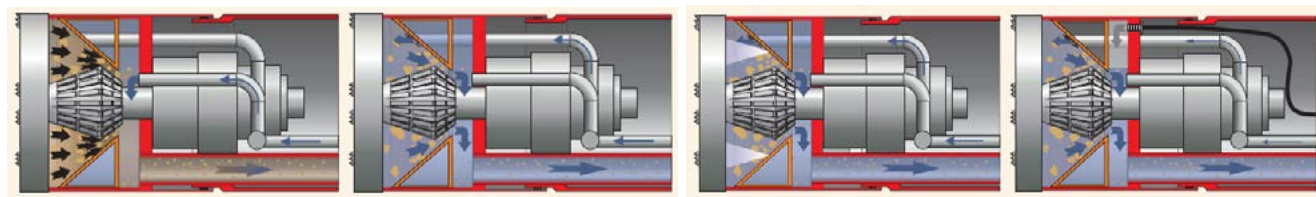


图 2-52 混合模式（土压 + 泥水 + 浓泥 + 气压）

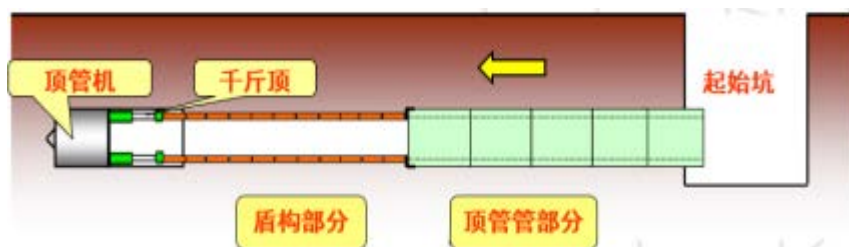


图 2-53 顶管 + 盾构工法

20 世纪 60 年代起日本顶管技术大体上经历了人工顶管、气压顶管、泥水顶管、土压顶管和浓泥顶管五个阶段。目前，浓泥式顶管是最为流行的一种工法，主要用于在砂卵石层中进行中小口径（800 ~ 2200 mm）长距离、小曲率半径的顶管施工。刀盘比顶管机壳体大 20 ~ 40mm，有较大的超挖间隙。顶进过程中必须不断地向该间隙内注入大量的可塑剂。注入系统分两路：一路是注入高浓度、高相对密度、高黏性的浓泥水（相对密度 1.40 ~ 1.80g/cm³ 之间），另一路是注入可塑剂（充填超挖间隙以减小地表沉降和摩擦阻力）。

随着矩形顶管技术的日益成熟，在城市寸土寸金的情况下，为了避免交通疏散、管线改迁、施工扰民、降低工程造价和保护生态环境，地下人行通道、城市综合管廊等多采用矩形顶管。苏州城北路大断面矩形顶管工程采用多刀盘组合式土压平衡矩形顶管机掘进施工，顶管断面尺寸为 9.1m × 5.5m（内径为 7.8m × 4.2m），一次顶进长度为 233.6m，平均覆土厚度为 9m，设计纵坡 -3‰。管节长度为 1.5m/节，单节重约 66.8t；管节混凝土强度为 C50，抗渗等级为 P8。顶管施工穿越地层主要为粉砂夹粉土、粉砂层。矩形顶管管节全部采用预制钢筋混凝土结构，管节接口采用“F”型承插式。且顶管施工需要下穿元和塘。河道距离顶管接收井 11.225m，河宽 39.01m，河水深约 2.8m，过河段覆土厚度约 3.5m。



图 2-54 苏州城北路大断面矩形顶管中继间和管廊通道内景

国内顶管技术水平和西方发达国家相比仍有一定的差距，国内常规普通机械顶管机生产和施工竞争日趋激烈，岩石顶管机、微型隧道顶管机、特殊顶管技术、高精度导向技术等国内还存在一定的技术瓶颈。顶管技术发展趋势是微型顶管、异形顶管、高精度导向、岩石顶管、长距离顶管、曲线顶管和特殊用处顶管等。顶管技术主要研究单位：浙江大学、中南大学、同济大学、中国地质大学（北京）、东南大学、长春工业大学和淮南联合大学等，国内一些顶管设备制造商和工程承包商具有较强的新设备、新工艺和新材料研发能力。

2.1.3 盾构技术

盾构法（Shield）是采用盾构掘进机隧道掘进、拼装作业成孔或铺设管道的施工方法，主要用于地铁、隧道或大型地下空间建设。盾构机有“机械工程之王”的称号，能够推动国家基础设施建设快速发展。随着盾构技术的不断进步和城市污水管道和综合管廊建设的需求日益增加，小型盾构掘进机（市政盾构机）技术日益成熟和应用普及，目前小型盾构掘进机的最小直径为 3.6m。盾构法施工已是一门比较成熟的地下工程施工技术。我国盾构施工技术已取得了长足的进步，但与国外先进盾构技术相比，仍然存在一定差距，主要表现在关键部件的材质和耐久性方面。在国家自然科学基金、973 计划、863 计划、企业及地方等重大项目的支持下，通过 10 余年的努力，我国盾构行业先后经历了引进、消化吸收、技术攻关和创新跨越等阶段，并在盾构机关键核心技术取得了重大突破。

当今中国已是世界上隧道及地下工程规模最大、数量最多、地质条件和结构形式最复杂、修建技术发展速度最快的国家。随着各大城市地铁建设力度的不断加大，跨江越海隧道工程不断增加，国家的重点建设项目，如长距离供水、水下交通、西气东输等工程都将涉及到穿越江河的问题。铁路、公路、市政、供水、供气、防洪、水电等隧道工程的建设都会使隧道（隧洞）的数量大幅度增多。而一些区段将很可能需要采用盾构、TBM 法进行隧道施工。

2008 年 4 月我国第一台具有自主知识产权的复合式盾构机——中国中铁一号在河南新乡下线，实现从无到有的跨越，成功应用于天津地铁建设，从此打破了西方的技术垄断，实现了“造中国人自己的盾构机”的梦想。2017 年 10 月我国自主研发的直径达最大直径的泥水平衡盾构机正式下线，实现了从有到强的目标。2018 年 3 月孟加拉国为建设卡纳普里河底隧道工程，订购我国超大直径盾构机，我国盾构机开始亮相海外市场。2019 年 12 月我国两台大直径土压平衡盾构机将远渡重洋，首次反向出口法国应用于巴黎地铁 16 号线建设，我国盾构机开始进入世界高端市场行列。2020 年 3 月我国一台直径达 12.19m 的超大直径盾构机的盾体将被拆卸包装，运送往印度建设孟买沿海公路隧道。2020 年 9 月一台开挖直径达 16.07m 的盾构机在中国铁建重工集团长沙第一产业园下线，这是我国目前研制的最大直径盾构机，将参与北京东六环改造工程建设。2020 年 9 月直径 8.64m 的土压平衡盾构机——粤海 14 号成功下线，这是中国中铁自主研发的第 1000 台盾构机，具有里程碑式的意义。



图 2-55 国产首台盾构机中铁 1 号



图 2-56 中国中铁研发的盾构机



图 2-57 中国铁建研制的最大直径盾构机

“工欲善其事，必先利其器”。盾构核心零部件关系重大，易被卡脖子。主轴承承担盾构机运转过程的主要载荷，是刀盘驱动系统的关键部件。但由于制造工艺复杂、原材料性能要求高、设计理论不成熟等原因，中国盾构主轴承长期依赖进口。2022 年 4 月在苏州轨道交通 6 号线 10 标项目现场，首台采用国产 3m 级主轴承盾构机“中铁 872 号”顺利完成掘进任务，这是国产盾构机主轴承首次在轨道交通领域的成功应用。

中铁装备创造了国内首台复合式盾构、首台硬岩 TBM、首台硬岩泥水顶管、世界最大矩形盾构、世界最大硬岩 TBM 等多项国内和世界第一，是国内唯一主持国家“973”项目的掘进机企业，也是国内唯一荣获中国质量奖和中国工业大奖的掘进机企业，被工信部、中国工业经济联合会认定为“全断面隧道掘进机”单项冠军。2020 年 9 月中铁装备自主研发的第 1000 台盾构机下线，成为国内第一家下线隧道掘进机突破 1000 台的领军企业。



图 2-58 我国研发的盾构机主轴承与减速机



图 2-59 中国中铁第 1000 台盾构机下线

目前我国盾构机远销法国、意大利、澳大利亚、韩国、新加坡、以色列、阿联酋、丹麦、奥地利、波兰等 30 多个国家和地区，成为中国制造的亮丽名片。中国盾构机早已成为全球第一的出口大国。有数据统计，地球上 30 年来的商业隧道工程，全部是中国挖的，再不济也有中国的参与建造。不仅仅是国内，中国也同样积极承包国外的地铁隧道建设，要说最近的，2020 年的巴基斯坦拉合尔地铁就是中国企业承建的。

我国盾构技术正朝着工程的超大断面化、异形断面化、超大深度化、超长距离化方向发展。盾构技术更加追求施工快速化，操作的高度自动化。当今中国已是世界上隧道及地下工程规模最大、数量最多、地质条件和结构形式最复杂、修建技术发展速度最快的国家。近几年随着我国各大城市地铁快速建设，盾构技术在我国获得了突飞猛进的进步，多家大型基础建设类企业可以生产大型盾构和市政小型盾构掘进机，配套设备和管片等也取得了长足进步。与德国、日本一些盾构设备的厂家相比，技术上还存在一定的差距，包括：岩石盾构掘进机、刀盘设计、导向与控制技术等。中铁工程装备集团、南宁轨道交通集团和南宁广发重工集团联合研制了国内首台气垫式直排泥水—土压双模盾构机，在南宁中铁广发轨道装备有限公司顺利下线，标志着国产盾构机全面迈向高端化时代。



图 2-60 中国最大断面盾构机顺利贯通



图 2-61 安徽唐兴沂蒙一号小直径硬岩泥水平衡盾构机

上海机场联络线量身定制采用“骐跃号”盾构机，具有 5 大核心专利技术：切削系统常压换刀技术、驱动系统高压密封技术、推进系统可重构分区控制技术、多手段地表沉降控制技术、辅助系统无轨式车架技术，盾构机具有可靠切削、高压密封、姿态稳定、风险保障、高效运输等优势。

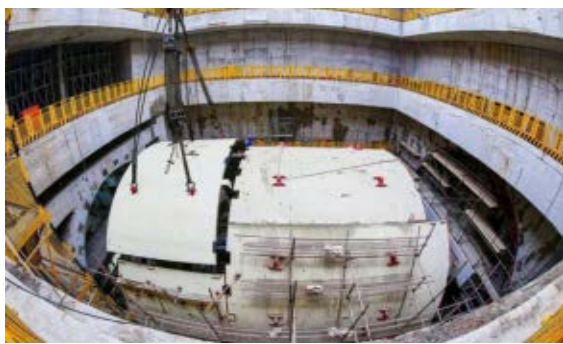


图 2-62 上海机场联络线盾构施工

2.1.4 其它铺管技术

除水平定向钻进、顶管和盾构应用较普遍的铺管技术外，还有很多其它管线铺设技术，但是工程体量较小。应用较多的铺管技术还有：夯管法（Pipe Ramming）、跟管钻进法、螺旋钻进法（Auger Boring）、直推管法（Direct Pipe）、冲击矛法（Impact Moling）和隧道掘进法（Tunneling）等。

夯管法除在短距离穿越铺设管线施工外，国内多采用夯管为大型定向钻穿越工程铺设进地表套管，主要针对地表的碎石、卵石等不良地层，可保障定向钻穿越工程的顺利实施。



图 2-63 浈江穿越的夯套管基坑与设备就位

潜孔锤跟管钻进安装套管工艺，是以压缩空气作为动力，跟管钻具在潜孔锤和钻机扭矩作用下进行冲

击回转扩孔钻进并实现同步跟进套管，采用螺旋钻杆排渣，终孔后跟管钻具从套管中退出，套管用于支护的一种钻进新技术。潜孔锤安装套管适用各种地层，尤其在块石回填层、卵石层、破碎岩层等应用效果更好。主要优点：可以使套管完全进入岩石层、安装速度快、安全性高。在一定的特定条件下，潜孔锤跟管安装套管具有显著的优越性，通过在香港长洲供水改善工程的成功实施，探索潜孔锤安装套管在更多领域的应用。



图 2-64 南充市原水管道穿越嘉陵江工程



图 2-65 潜孔锤跟管钻进安装套管

德国海瑞克的 Bohrtec 分公司主要生产直径小于等于 1.4m 的导向螺旋钻机。导向螺旋钻进有两种不同的钻进方法：一种是部分排土，称为导管法；另一种是完全排土，称为首节变向法。这两种方法是针对不同地层条件的不同解决方案。导管法适用于软土和可置换土。首节变向法适用于坚硬的地层条件，直至坚硬的岩石，多应用管棚支护工程。

直推管 (Direct Pipe) 技术由德国海瑞克公司研发，它融合了水平定向钻进和微型隧道技术的优势。直推管法可广泛用于长距离、大口径管线的施工，以及辅助钻机的回拖作业。国内几家 HDD 钻机生产厂家已研发了推管机。直推管施工于 2016 年首次应用在西气东输镇江高效园区改线工程穿越船山河项目，穿越水平距离 346m，纵向曲率半径 2032m，管道最大埋深 12m，管径 1016mm，压力 10MPa，穿越地质主要为粉质粘土、淤泥和碎石层。施工中最大推力 260t，平均施工速度 45m/d，最大推进速度为淤泥层 3m/min，设备贯通时水平与纵向误差均在 100mm 以内。

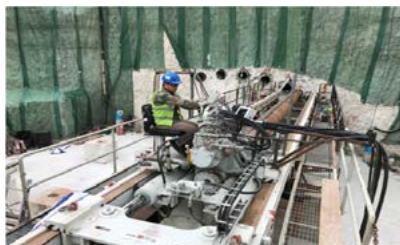


图 2-66 隧道圆拱上的 Bohrtec BM 600 LS



图 2-67 无锡钻通 ZTTG-500 推管机

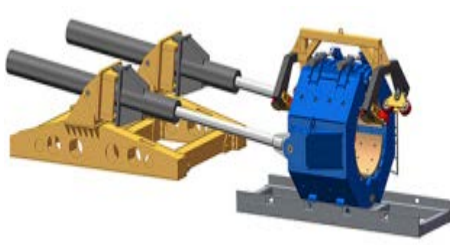




图 2-68 江苏谷登 GT5000 推管机



图 2-69 西气东输镇江高效园区工程的直推管设备与可回退式刀盘

直推管施工世界记录是 2020 年 7 月新西兰 McConnell Dowell 公司为奥克兰水务公司完成了外径为 1220mm，长度达 2021m 入海排污管道铺设。前期世界记录分别是：2015 年 1068m(美国)，2016 年 1399m(荷兰)，2017 年 1496.5m(美国)，2018 年 1929m(新西兰)。



图 2-70 2021m 新世界记录直推管工程



图 2-71 海岸管道工程非开挖施工方法

2022年3月19日,中俄东线天然气管道工程全线首条直接铺管穿越施工一次掘进成功,刷新了国内同类施工长度新纪录。位于中俄东线南段泰安—泰兴段第九标段的幸福河穿越工程,管径1219mm,穿越出入土点长度672m,在中俄东线全线首次采用直接铺管掘进工法,并试验应用中石油管道局与中国铁建重工合作自主研发的国产非开挖穿越施工设备。采用800t推管机作为推进设备,以及H型钢式地锚结构,确保了长距离穿越所需大推力的稳定性;采用发送沟水漂管法承托管道,有效克服管道重量、减小摩擦阻力、降低推管机推力损耗,确保了推管机对管道的推进动力;根据地质情况精细调控掘进参数,有效解决了粘土中所含姜石造成堵仓、堵管等问题;优化润滑泥浆配比,提高泥浆润滑性能,有效减小了管道在地层中的推进摩阻力。

对于海岸管道工程排水(Outfalls污水、雨水、盐水)、取水(Intakes海水淡化、冷却)与登陆(Landfalls油气管道、光纤电缆),可采用水平定向钻进、小口径顶管、直推管和管片法等施工方法或组合工法。

2.2 管道更新技术

管道更新(Pipe Renovation)包括管道替换和管道修复。管道替换包括:碎裂管法、吃管法和抽管法等。管道修复包括:插管法、改进插管法、管片法、螺旋缠绕法、CIPP法、软衬法和喷涂法等。

2.2.1 管道替换技术

管道替换(Pipe Replacement)是指以待更换的旧管道为导向,以切削、碎裂、钻碎或拉拔等方式破碎旧管道,同时构筑一个新管道的施工方法。根据破碎旧管的方式不同,可分为:吃管法、碎裂管法和抽管法等。

由于国内管道大规模建设期相对较短,管道修复市场总体上属于起步阶段。管道替换属于管道增容升级,该市场应用量总体较小,目前国内市场上只有碎裂管法获得少量应用,吃管法等其它方法仍没有获得推广应用。



图 2-72 碎裂管工具与设备

2.2.2 管道修复技术

管道修复(Pipe Rehabilitation)是在对旧管道内壁进行预处理后,置入新的内衬,以解决管道腐蚀、泄漏、破损等缺陷,延长管道使用寿命的施工方法。既可进行整体修复,也可进行局部修复。管道修复技术在国外兴起较早,修复方法多达百余种,按照衬管工艺可分为:插管法(Slip Lining)、改进插管法(Modified Sliplining)、管片法(Segmental Lining)、螺旋缠绕法(Spiral Wound Lining)、原位固化法(Cured-in-place Pipe, CIPP)、原位造管法(Making-in-place Pipe, MIPP)、软衬法(Soft Lining)和喷涂法(Spray Lining)等。按管道结构更新程度可分为:结构性修复、半结构性修复和功能性修复等;按原管道内壁与内衬管外壁的结合方式,可分为:间隙式修复、紧贴式修复、粘贴式修复;按修复

后管道功能（压力、流量）是否提升，管道修复可分为：升级式修复、非升级式修复。管道修复技术发展趋势主要包括以下几个方面：

（1）改进插管法（Modified Sliplining）

在旧管道内插入新管道，通常会在内衬管和原管道之间留下一个环形间隙，这可能需要注浆以封堵周围地层的渗漏，并防止渗漏转移到管网的其他部分。这种方法的主要问题是与原管道相比，流量会有损失。为了最大限度地减少原管道的流量损失，内衬管需要与原管道紧密贴合。改进插管有折叠法、缩径法等，也有各种创新的改进插管方法，如顶进插管法、拖拉插管法、热塑料成型法等。



图 2-73 使用 Naylor Denlok 顶进进行插管修复

热塑料成型法（Formed-In-Place Pipe - FIPP）将工厂预制好的衬管（C 形、U 形、凹形、工字形或扁形）先在现场预热软化后拉入待修复的管道内，再通过加热、加压使其膨胀并与原管道紧密贴合，最后通入常温气体或冷空气使其冷却成型形成内衬管。主要特点：施工设备简单、速度快、现场技术要求低；可以修复带角度的弯管和严重错位、变径和异形。（矩形、椭圆形）的管道。可适用于直径 200 ~ 900mm 的雨污管道、供水管道，以及公路涵管，不适合大口径、长距离管道修复。



图 2-74 热塑料成型工法与试验

（2）软衬法（Soft Lining）

软衬法将软管拉入旧管道内，通过注入水或者压气使软管膨胀成圆形或贴合旧管内壁，加热成型或注入固化材料成型，修复旧管道。主要包括：软管法、垫衬法等。

软管法（Winched-in Hose）将具有柔韧性与高强度的软管折叠成 U 型后，拉入旧管道内，通过注入水或气体使软管膨胀成圆形，然后在两端安装专用接头完成管道的修复。软管具有三层结构：外层为耐磨聚乙烯保护层，中间为采用无缝编织的聚酯纤维或凯夫拉纤维加强层（单层或双层），内层为聚乙烯（供水、工业）、热塑性聚氨酯（油气）或 PUX（高温）。主要优点有软管可压扁、可折叠，壁厚薄；施工方便、占地小、

速度快(10m/min)、成本低(可节省40%)。使用范围:主要用于小口径压力管道(供水、油气)的修复,管径50~800mm,长度20~2000m,工作压力7~50bar,工作温度-40~120℃,可通过45°弯头。



图 2-75 Primus Line® 普莱姆斯软管法施工

垫衬法(Padding)将外侧带有钉状突出物的高密度聚乙烯软衬置入旧管内,并在软衬和旧管之间的环隙注浆,达到修复破损管道的目的。主要用于大口径(150~4000mm)的上下水管道、检查井以及引水隧道、箱涵等的修复。主要特点:耐腐蚀、耐磨损,抗断裂、抗压和抗热变形和防渗透性能,管道内壁光滑、流速增大,适用于各类管材和断面形状。结构形式:采用不同的软衬及组合,可满足不同的修复要求,包括:基本型(防腐)、垫衬型(防渗)、双层型(承载)、仿生型(自洁、防滑)、监测型、电缆型等。

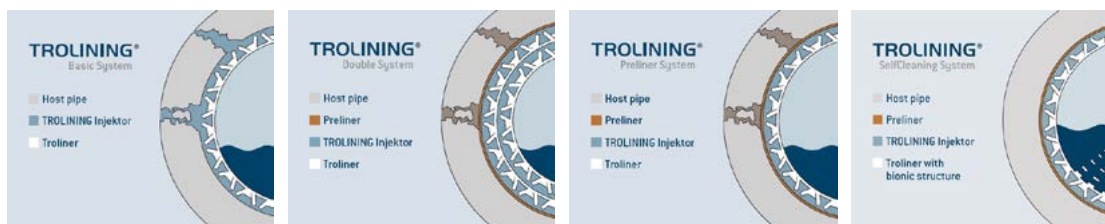


图 2-76 德国 Trolining 公司仿生型内衬

(3) 螺旋缠绕法(Spiral Wound Lining)

澳大利亚 Interflows 公司采用螺旋缠绕法进行结构性修复、较大弯曲度、长距离(200m)修复工程,主管道采用 Sekisui 公司最新研发的 Expanda 螺旋缠绕法;在弯曲部分采用 Rotaloc 螺旋缠绕法;并使用速凝型浆液进行快速灌浆。

螺旋缠绕法有人工和机械缠绕两种,通常使用相同的基本材料制作内衬。内衬为 PVC、钢增强 PVC 或 HDPE 塑料制成的带状型材,卷在滚筒上。为了形成内衬,将塑料型材从滚筒上拉出,并送至原管道内的施工人员,或送入位于原管道内或入口的螺旋缠绕机,具体取决于缠绕机的操作方式。



图 2-77 APS 迪拜公司的工人安装 Danby 螺旋缠绕内衬管

(4) 原位固化法 (Cured-in-place Pipe, CIPP)

2021 年 CIPP 工法已应用 50 周年, 第一个工程是伦敦哈克尼区 (London Borough of Hackney) 一个蛋形下水道的修复工程, 预计 CIPP 仍将是污水处理方面的主要修复方法。

北京北燃环能公司从德国卡尔维斯及瑞士萨尼维尔引进的翻转内衬修复技术及施工设备, 可实施 DN300 ~ DN600、压力级至 3.0MPa、单次施工长度至 400m 的压力管道 (燃气及自来水管) 修复, 技术水平及施工设备自动化水平则达到了国内同行的最高水准。

紫外线固化原位修复技术 (UV-CIPP) 在城市重力流排水管网综合治理中得到了广泛的应用, 修复管径涵盖 300mm ~ 1600mm, 同时也可以用于修复低压力管道。普洛兰公司可生产直径 DN200 ~ DN1800mm、厚度 3mm ~ 15mm 的光固化软管及配套固化设备, 并可生产矩形软管、变径软管。北京隆科兴利用 UV-CIPP 技术对深圳市凤塘泵站两根管径 1350mm、部分管段工作压力 0.2MPa 的出水压力排水管道进行修复, 解决了管道存在的腐蚀、裂缝、渗漏等结构性病害, 恢复了管道使用功能、延长了管道使用寿命。



图 2-78 普洛兰光固化软管



图 2-79 北京隆科兴 UV-CIPP 修复压力管道

新泽西州承包商 Progressive Pipeline Management (PPM) 采用原位固化法 (CIPP) 修复了一段长 620 ft、直径 42 in 的天然气管道, 打破了公司自己的纪录。

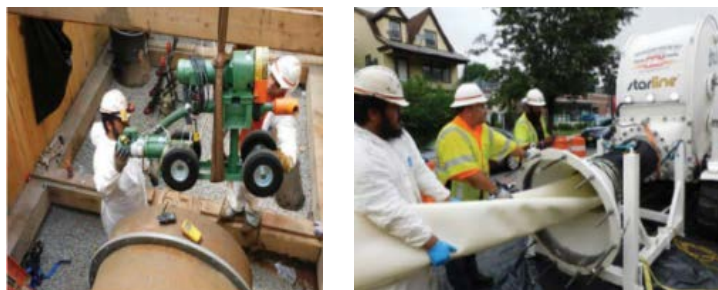


图 2-80 “野兽”喷砂机器人和原位固化内衬

蓝光原位固化法 (LED CIPP) 是丹麦 Per Aarsleff 公司最近开发了一种 BLUELIGHT LED 固化系统, 即利用蓝光 (波长为 450nm) 进行固化的原位固化法, 使用柔性毛毡 (具有聚氨酯 PU 涂层)、特殊的乙烯基酯树脂 (不含苯乙烯) 和获得专利的光引发剂, 由发光二极管 (LED) 发出的蓝光使树脂固化。适用于分支管道和建筑物内小口径 (100 ~ 250mm) 管道修复, 固化速度在 0.30 ~ 1.33 m/min (18 ~ 80 m/h), 是传统光固化的 2 倍。



图 2-81 BLUELIGHT LED 固化系统与施工

德国 BRAWO SYSTEMS 公司推出 UVpox 光固化环氧树脂，采用 BRAWOLINER 内衬管和 BRAWO UVpox 环氧树脂，固化后内衬管弹性模量高，可消除地下水的渗入或渗出，并原则上可防止树根侵入。



图 2-82 德国 BRAWO SYSTEMS 公司环氧树脂 CIPP 设备与材料

(5) 管片法 (Segmental Lining)

管片法所使用的管片通常在工厂制作，可以专门设计和制作以适用任何特定的管道形状，包括较小的弯曲连接段。它们通常由 GRC、GRP 或 RPM 材料制成，内衬尺寸通常受到主管道最小内径的限制。鉴于管片的刚性，在相邻管片之间使用柔性连接材料是必要的，尤其是在弯曲处。管片内衬领域中最著名的两家公司是拥有圆形和非圆形内衬的 Amiblu 公司和 Channeline 公司。



图 2-83 Channeline 公司的内衬管片

(6) 原位造管法 (Making-in-place Pipe, MIPP)

原位制管法是利用机器人在旧管道内壁喷涂一层或数层速凝的高分子聚合物，厚度根据管道承载的内部压力和外部载荷设计，主要用于管压力管道的修复。

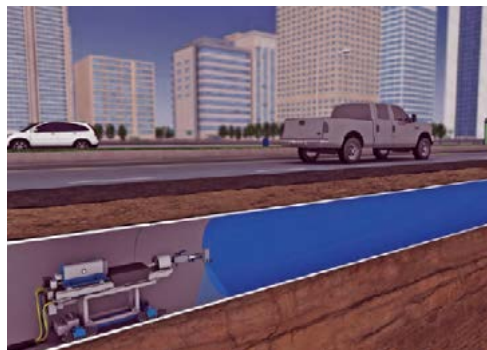


图 2-84 原位造管法

离心浇筑法是使用双向旋转的喷头在旧管道内喷一层或数层均匀的玻璃纤维加强混凝土，主要用于大口径的雨污管道以及检查井的修复。



图 2-85 离心浇筑法

(7) 喷涂法

玻璃纤维贴片法 (GFRP) 是用玻璃纤维聚合物来加固混凝土结构，通常用于桥梁、堤坝等大型工程的加固处理。实验将该工艺引入到检查井的加固修复中，再配合人工喷涂的方法，来解决检查井由于外力过大引起的破裂问题。



图 2-86 改进后的玻璃纤维贴片法修复

管道涂刷系统：该喷涂系统具有特殊设计的旋转喷头，以设定的速率通过管道移动，可提供所需的涂层厚度。这种喷涂系统可用于水泥砂浆和树脂喷涂，适用于最常用的管道直径。该领域的一个最新进展是引入了基于刷子的树脂涂层内衬系统，为管道内的一组刷子提供旋转动力，将树脂刷在管壁上以形成厚度可达4mm的涂层。该系统的一个优点是，虽然喷涂施工规定了涂层的公称厚度，但施工时并不总会考虑管壁变形，因此不会在最终涂层中留下凹陷。

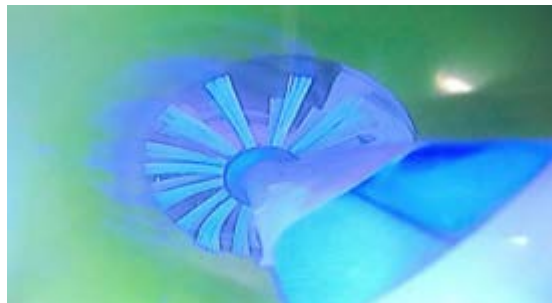


图 2-87 Picote 公司的管道涂刷系统

国内管道更新主要研究单位有：清华大学、郑州大学、中国地质大学（北京）、天津科技大学、天津工业大学和中国纺织科学研究院等。设备和材料供应商和工程承包商大多都具有很强的装备和新材料研发能力。



2.3 辅助技术

非开挖辅助技术主要包括：地下管线探测、管道检测、管道清洗与预处理、管道评价等。

2.3.1 管线探测技术

地下管线探测方法主要有：探地雷达法、管线探测仪法、示踪法和真空抽吸法（点探法）等，探地雷达应用较为普遍。原有地下管线位置和轨迹的探测是非开挖铺管施工的先期必要工作，关乎工程的重大安全性，也是建设城镇地下管网数据库的重要基础。在非开挖地下管线施工之前，应采用地球物理的方法探明施工场地地下管线的分布情况，包括：平面位置、走向、埋深（或高程）、规格、性质、材质等，以避免施工时对既有管线的时造成破坏。

地下管线与其周围介质间存在物性差异，管线目标体具有足够的规模，为利用物探技术探测埋深和平面位置提供了前提条件。根据工作环境条件、不同管线自身属性的不同，有效性、适应性是衡量采用何种物探方法的重要标志，非开挖无损探测是对管线探测方法的基本要求。从地下线缆探测到大口径管道探测，经过了大量实践，电磁法、浅层地震法、电法、磁法以及红外测温法等相继取得探测效果。经过 20 多年的应用发展，电磁感应法成为地下金属管线探测的最经济、最简便的有效方法，探地雷达法因其自身优势成为金属、非金属管线探测均有效的主要手段。

表 24 常规探测方法适用范围

方法			适用范围
电磁（感应）法	被动源法	工频法	在干扰小的场地，用来探测动力电缆或金属管线
		超低频法	在一定条件下，可用来搜索电缆或金属管线
	主动源法	直接法	用于精确定位、定深或追踪各种金属管线
		夹钳法	金属管线直径较小且有出露点，可精确定位、定深或追踪。
		电偶极感应法	可用来搜索和追踪金属管线
		磁偶极感应法	用于搜索、定位、定深和追踪金属管线
		示踪电磁法	探测有进出口的非金属管线
		电磁波法（探地雷达）	可用来探测与追踪金属管线和非金属管线
直流电法	电阻率法		在接地条件好的场地探测直径较大的金属或非金属管线
	充电法		用于追踪具备接地条件和出露点的金属管线
磁法	磁强 FDFE 法		在磁性干扰小的场地探测埋深较大的铁磁性管道
	磁梯度法		用于探测掩埋的井盖
地震波法	浅层地震法		在其它探测方法无效时，用于探测直径较大的金属或非金属管线
	面波法		用于探测直径较大的非金属管线
红外线辐射法			用于探测热力管道、石油管道
瑞雷波法			探测管径较大管道时效果好，受地层条件影响大
高密度电法			受地面与电极耦合效果影响，且探测深度受测线长度影响
高精度磁法			对磁异常定位效果较好，但其背景值影响较强
点探法			在不损伤地下管线的条件下，可快速掘示地下管线。
管线轨迹定位仪			主要用于管线轨迹变化大的地下管线检测，特别是水平定向钻进施工铺设的地下管线

目前,国内地下管线探测仪器与国外相比,差距主要体现在以下几个方面:

(1) 探地雷达:是目前应用面最广的地下管线探测仪器,技术上还有很大的差距,主要体现在探测精度和深度上;

(2) 点探法:是采用真空挖掘机揭露地下管线的方法,是最直观的方法,目前国内已有生产、应用极少,国外有系列真空挖掘机产品、应用广泛;

(3) 管线轨迹定位仪:主要用于检测采用非开挖技术铺设的地下管线轨迹,具有较好的市场前景,还有一定的差距;

(4) 电子标识器:是今后管道预埋的必备元素,特别是塑料管道,是治理管道档案管理混乱和城市规划混乱的利器,具有广阔市场空间,国内起步较晚。

探地雷达多为阵列式雷达,典型产品有:意大利 IDS 公司的车载阵列式探地雷达,配一台徕卡移动式激光扫描系统,具有一套完整的硬件和软件解决方案;美国 Radar 公司的三频探地雷达,集成了 10in 高分辨率平板电脑, GPS 定位、3D 成像、谷歌地图以及探测报告;瑞典 Impulse Radar、加拿大 Sensors & Software 等公司均有各具特色的产品。



图 2-88 美国威猛公司 V800 真空挖掘机



图 2-89 徐工 XGH5250TWXZ6 真空挖掘机



图 2-90 DUCT RunnerTm DR-HDD-4.2 惯性陀螺定位仪



图 2-91 阵列式探地雷达产品

清华大学合肥公共安全研究院自主研发的管道漏失定位智能检测球是一个安装有声音传感器的专门用来检测泄漏点的球体。智能球在供水管道内随介质向前移动,当经过泄漏点时,通过传感器可以清晰地捕捉到极微小泄漏产生的噪音,并对泄漏点进行精确定位,同时估算出泄漏量的大小。

郑州大学研发了基于深度学习的探地雷达管线探测分析方法。基于候选区域的目标检测与识别算法,

搭建了基于 Caffe 深度学习框架的图像检测试验平台，建立地下管线雷达探测数据集，进行雷达图像自动识别与分析。

电磁波探测法国内已有所研发。将交变电流加载到地下管线上，利用管线自身作为天线进行发射；同步在地面无线接收，从而探定地下管线的位置即管线段点的水平位置和垂深，最终形成地下管线的三维轨迹。激励发射和无线接收是该类探测法的核心技术。必须产生适于在地层中传播之频率的电信号并放大发射；地面要配套以高灵敏度的接收机及数据处理系统。

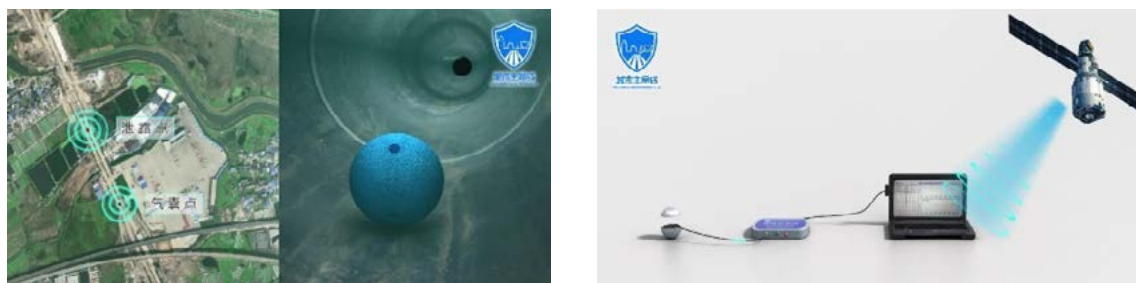


图 2-92 管道漏失定位智能检测球

我国地下管线探测难点：复杂条件管线、非金属管线、小口径非金属管道探测、大埋深管道探测、交叉重叠管线探测，以及水下管线探测等。国内的地下管线探测市场主要由各地方的测绘院或勘察院掌握。

随着物联网、5G、GPS 定位技术、云计算和人工智能等数字化技术应用于管线探测，为智能数字化管线探测提供了可能性。尤其是对于油气田和长输管道而言，其野外环境和管道条件更适宜采用数字化管线探测技术，对于提高管线探测效率、提高管线管理水平具有积极、长远的意义。数字化管线探测目前还属于前沿技术，尚未得到充分重视以及普及应用，相信不久的将来，数字化管线探测将成为标准的管线探测作业方式。

国内从事管道探测技术与生产的单位有：郑州大学、徕卡测量系统公司、上海威脉科技有限公司、深圳市博铭维科技有限公司、上海贤嘉机械仪器设备有限公司、广州迪升探测工程技术有限公司、保定金迪地下管线探测工程有限公司、上海雷迪机械仪器有限公司、广州探霸仪器有限公司等。

2.3.2 管道检测技术

管道检测 (Pipe Inspection) 是通过进入式肉眼观察或者机器人、潜望镜、电视摄像设备、雷达和声纳等装置对管道内部的结垢、淤积、泄漏、错位、破损或管道外部破损、土体空洞等状况进行检测。如需要修复的地下管道，还需要对管道的结构性缺陷 (变形、破裂、错口等) 和功能性缺陷 (积垢、障碍物、树根等) 进行检测和评估，以便制定合理的管道修复和养护方案；同时，对修复后的管道进行修复质量检验。地下管道检测主要方法有：人工目测法、CCTV 法、声纳法、潜望镜法、漏磁检测、雷达检测和微地震检测等。

管道泄漏检测或监测方法有：外检测：示踪剂法、染色试验、烟雾试验、红外热像法、分段密封性试验、电极渗漏试验法、甲烷嗅觉传感器；内检测：漏磁、超声波、CCTV、声纳、激光、智能球；监测：SCADA 系统分析法 (负压波法、相关分析法、压力梯度法、质量 / 体积平衡法)、电缆检测法、分布式光纤传感器法等。

外防腐层和涂层检测方法有：标准管地电位法、近间距电位法、电流梯度法、直流电位梯度法等；检测仪器有：超声导波检测仪、多频管线电流测绘仪、C-Scan 管线巡检仪、DM 防腐层检测仪等。管道内腐蚀检测方法有：漏磁检测、超声波检测、涡流检测、射线检测、基于光学原理的无损检测、导波检测和管道智能清管器内检测等。

管体剩余壁厚检测方法有：超声波测厚法、红外摄像检测法、漏磁法、TEM(瞬变电磁)法等。管道变形检测方法有：CCTV 法、测径器法、激光仪法和多传感器探测法。管道裂纹检测方法有：超声波法、超声导波法、CCTV 法。

管道修复相关常用检测方法包括：摄像 CCTV 法、声纳法、潜望镜法、漏磁检测、雷达检测、微地震检测、激光仪法等。管道检测与评价技术方面，国内技术水平和发达国家相比有很大的差距，近几年国内成立了不少管道检测仪器开发的公司。



图 2-93 轮式与履带式 CCTV 检测车



图 2-94 自漂流管道检测设备

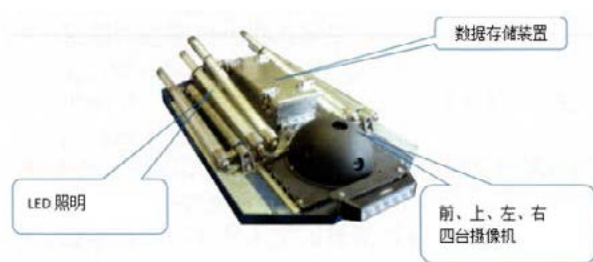


图 2-95 ROV Seamor 型潜水检测机器人



图 2-96 大型 CCTV 检测设备



图 2-97 螺旋推进式 CCTV 检测设备



图 2-98 无人机检测设备

奥地利 MTA 公司开发了无缆式 CCTV，由锂电池供电，可进行光学检测（缺陷），还可进行声学检测（渗漏）；适用于压力管道（供水、油气、热力等）检测；适用管径 100 ~ 3000mm，最大长度 500m，耐压 100 bar，耐温 70 °C。

芬兰 Picote 公司研制了一种智能切割机器人，可用于将修复后的小直径排水管道与分支管道重新连接起来；德国机器人公司研发了一种微型系统 / 污水分支管道机器人，可用于分支管的连接与封堵等作业。



图 2-99 典型小直径 CCTV / 声学检测装置

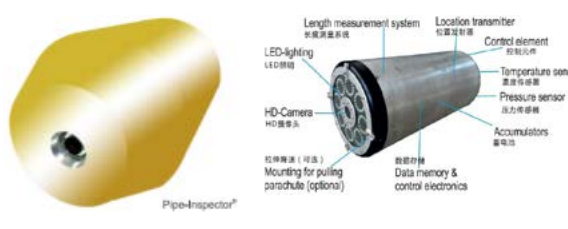


图 2-100 电池管道检测仪



图 2-101 德国微型系统 / 污水分支管道机器人



图 2-102 LineExplorer 3TM-tool 电磁超声检测器

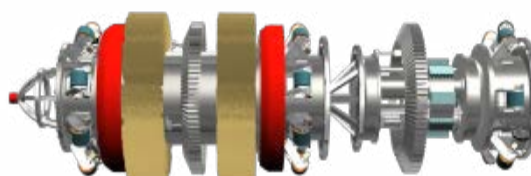


图 2-103 中石油检测公司漏磁检测仪

表 2-5 长输管道智能检测机器人类型与性能比较

类型	耦合介质	管材	检测速度 (m/min)	钢管厚度 (mm)	检测缺陷	测厚精度 (mm)	点坑深度 (mm)	缺陷形状 显示
Ultrascan WM	石油（液注检 测气管）	钢管、工程塑 料管、复合管	0.1 ~ 8	2 ~ 50	腐蚀、测厚、分层、 直径	$\pm(0.1 \sim 0.5)$	0.5 ~ 1.0	仿真（直 观）
Ultrascan CD	石油（液注检 测气管）	钢管、工程塑 料管、复合管	0.1 ~ 8	2 ~ 50	径向裂纹、轴向 裂纹、SCC 探伤、 测厚	$\pm(0.1 \sim 0.5)$	0.5 ~ 1.0	仿真（直 观）
EMAT Pig	石油、天然气	钢管、工程塑 料管、复合管	0.1 ~ 8	2 ~ 50	腐蚀测厚	$\pm(0.1 \sim 0.5)$	0.5 ~ 1.0	仿真（直 观）
MFL-Pig	石油、天然气	钢管	4 ~ 5	5 ~ 15	径向裂纹、腐蚀	$\pm(10\% \sim 15\%)$	8% ~ 18%	计算机识 别分析
Transcan Pig	石油、天然气	钢管	4 ~ 5	5 ~ 15	轴向裂纹、腐蚀	$\pm(10\% \sim 15\%)$	40%	计算机识 别分析

国内研发了一种系缆式给水管道的检测机器人，具有如下优点：带水带压作业，可从排气阀进入，施工简单；可用于 DN300 ~ DN4000 管道检测，适用管径范围广；超长检测距离，一次检测长度可达 2 ~ 6km；高灵敏度水听器实时检测，准确定位渗漏缺陷；米标加信标双重定位手段，定位精度 1m 以内，对可疑位置反复查验；具有高清摄像头，准确查看管内腐蚀、沉积等影响水质因素。

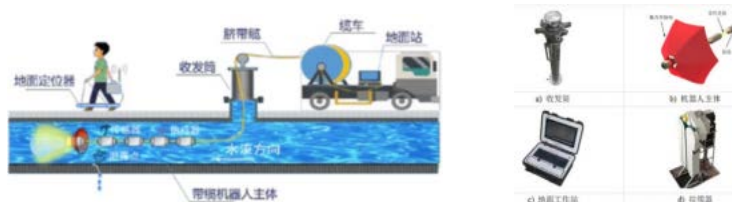


图 2-104 缆式不停水给水管道的检测

国内研发了二维激光雷达成像检测仪，结合探测器的位置信息以及探测器的姿态信息，再加上二维激光雷达获取管道横截面的点云信息，进而可以获得探测器在管道对应位置的二维管道轮廓信息，通过控制探测器在管道内匀速行动，获取管道每一个位置的轮廓信息，结合即可获取整个待检测管道的三维轮廓信息。二维激光雷达获取管道内的横截面信息，在对横截面数据进行拼接后形成整个管道内的横截面信息；由于采用的是激光雷达，对周围光线是否充足无要求，更适合于城镇下水管道环境，得到的管道内的横截面信息比摄像头更加精确；此外，再根据所得到的横截面信息，获取管道变形量、沉积量和缺口信息的量化信息，可以为管道修复提供数据支持。

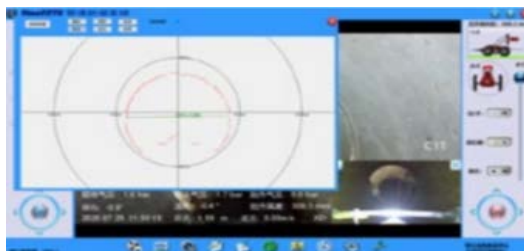


图 2-105 二维激光雷达数据显示效果图

国外管道检测公司主要有：英国：RADIODETECTION 公司、DYNALOG 公司、Rosen 公司、AT 公司、BG 公司、Innovative 公司、Plant Integrity 公司、Guided Ultrasonics 公司、TWI 公司等；德国：Pipetronix 公司、德国工业研究协会集团等；美国：GE 公司、Intratech 公司、Pure 公司等；澳大利亚：CSIRO 公司；加拿大：NGKS 公司、Corrpro 公司、Enbridge 公司；法国：Exavision 公司；俄罗斯：TDW 公司；日本：NKK 公司等。国内管道检测仪器公司主要有：北京英泰瑞得公司、武汉特瑞升公司、杭州华仕管道公司、上海予迪公司、北京埃德尔公司、北京雷迪东方公司、武汉中仪物联技术股份有限公司、深圳市施罗德工业集团有限公司、上海京佳实业有限公司、深圳市博铭维智能科技有限公司、管道局检测公司、山东龙泉管道工程股份有限公司、安徽映强非开挖技术有限公司、包头城建集团股份有限公司、北京市煤气热力工程设计院有限公司、福建纳川管材科技股份有限公司等。

2.3.3 管道清洗技术

管道清洗（Pipe Cleaning）是采用人工、机械、水力和化学等方式清除管道内结垢、淤积、障碍、杂物等对管道输送和输送介质有影响的物质。管道清洗有两方面的应用：清除管道内垢层、淤积物、杂物等，确保管道畅通，确保正常使用；清除管道内壁覆盖物（钢管主要为铁锈等氧化层），使其恢复原有表面状态，为管道修复后序作业做准备。清洗主要包括化学清洗和物理清洗。物理清洗比较常见的有高压水（射流）清洗、清管器清洗、喷砂除锈清洗等。

目前，针对管道修复的管道清洗多采用常规的管道物理清洗技术。依据管道修复特殊情况，有些公司开发了一些特殊管道清障机器人，受市场的影响，国内在管道清洗机械人方面刚刚起步，研发有待提高和加强。



图 2-106 管道多用途清障机器人

Power+ 是一款独特的多功能机器，它能以 5m/h 的速度切割从常温固化到 UV 固化玻璃纤维的所有类型的 CIPP 衬里。该机器也非常适合使用 Twister+ 系列快速恢复侧向连接。



图 2-107 POWER+ 工具适用范围

Picote Solutions 公司研发了 Smart Cutter (ISTT2012 年度产品奖) 作为重新开放分支和侧向连接的工具引入管道行业，可为各类管道进行清洁，除垢和翻新研发众多工具中的一部分。



图 2-108 Picote Smart Cutter 管道清洗与预处理工具

2.3.4 管道评价技术

管道评价 (Pipe Evaluation) 是根据对管道内部的检测数据、视频等资料，对管道内部状况以及管道结构进行输送功能和结构强度性能等进行评价，为管道后续维护维修提供参考依据和建议。不同类型管道，其评价方法不同。相对于非开挖修复的管道评价，目前国内刚刚处于起步阶段，在排水管道评价方面技术上相对比较成熟，有相关的国家或行业标准，同时研发了一些管道运维在线监测系统；国外有些相对成熟的管道评价方法和模型，其中压力管道质量评价是管道评价的难点。管道评价需要高质量的管道检测报告，同时需要分析师根据经验做一定的推荐，一定程度上影响到评价的可靠性。随着管道探测技术研究深入和发展，将有更多高级的技术设备可用，得到更准确的数据，从而减少分析师的推测工作量。高质量的管道评价结果有助于在管道修复和更换方面能够做出更好的、更明智的决策。由于管道评价技术不完善，评价报告可靠性有待提高等方面的问题，所以目前国内外专业从事管道质量评价的公司相对较少，主要由施工公司、者业主或者两者合作去做。



图 2-109 Wincan Viewer 管道缺陷自动分析软件界面



图 2-110 加拿大 Concordia 大学排水管道评价与异常诊断模型

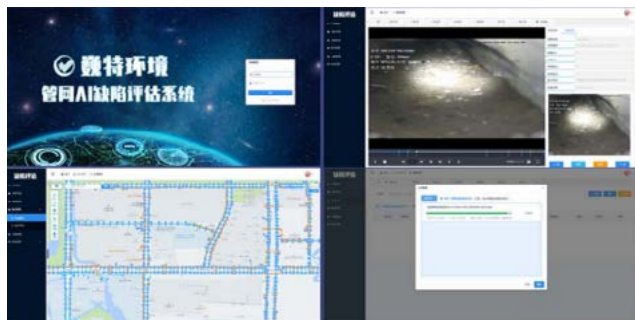
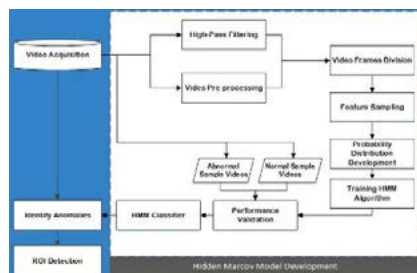


图 2-111 深圳巍特管网 AI 缺陷评估系统



图 2-112 浙江管迈智能河长系统

三、国内非开挖行业发展动态

城市管网是满足城市运行和市民生产生活的重要基础。地下管线就像我们人体的血管和脉络，供水、排水、燃气、供热、通信、电力以及综合管廊等缺一不可，她是城市的“生命线”，担负着城市的信息传递、能源输送、排涝减灾、废物排弃的功能，是城市赖以生存和发展的物质基础，是城市基础设施的重要组成部分，是发挥城市功能、确保社会经济和城市建设健康、协调和可持续发展的重要基础和保障。

非开挖行业发展与市政地下管线、长输送管线、交通和水利等应用行业发展密切相关，与国民经济社会发展程度和地理条件等相关，非开挖行业发展紧随国情，不同国情意味着非开挖工法应用在各国具有不同的特征，非开挖发展动态具有不同特点。30 多年来，我国非开挖技术从创立摸索、到成长壮大，经历了规模从小到大，发展从慢到快，创新从无到有，实力从弱到强的过程，不断追赶世界先进水平，目前在某些方面已居于世界领先水平或先进水平。

非开挖装备实现了国产化和系列化：水平定向钻机基本取代进口，产量和销售量已超过美国居世界第一，并大量出口；顶管掘进机、盾构掘进机技术越来越成熟，异形顶管机和盾构机已有持续研发、不断推出新品，并大量出口；管道修复装备和材料也有研发和生产，新品不断，技术和行业体系不断完善；管线探测、管道检测仪器和管网监测管理软件技术不断进步，新产品不断涌现。

非开挖施工实现了质和量的突破：在水平定向钻进和顶管施工中，解决了长距离、大口径和复杂地层穿越施工的难题，创造了一个又一个世界或国内穿越新记录；管道修复实现了单一工法到全工法，以及应急性修复到预防性修复的转变，管道修复年工程量快速上升。

非开挖施工技术标准逐步健全：非开挖技术标准既有国家标准、也有地方标准，既有行业标准、也有团体标准，基本实现非开挖工法全覆盖，为非开挖行业健康发展提供了保障。

2021 年是“十四五”规划的开局之年，是开启全面建设社会主义现代化国家新征程的第一年，也是奔向 2035 年远景目标的新起点。我国相继出台了《“十四五”水安全保障规划》、《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》、《“十四五”黄河流域城镇污水垃圾处理实施方案》、《“十四五”节水型社会建设规划》等。

国家发改委表示，“十四五”时期，污水处理的主基调已经有所变化，从“增量建设为主”逐步转向了“系统提质增效与结构调整优化并重”，要提升存量、做优增量，建设高质量城镇污水处理体系。“十三五”污水规划要求，要新增污水管网 12.59 万 km，老旧污水管网改造 2.77 万 km，合流制管网改造 2.88 万 km。“十四五”污水规划中，则把新增和改造合在一起算了，总计是 8 万 km。从 12.59 万 km 减少到 8 万 km，这也体现了从“增量建设为主”到“系统提质增效与结构调整优化并重”的转变。同时，到 2025 年，4 大重点任务还都要达到一定的比率：管网：基本消除城市建成区生活污水直排口和收集处理设施空白区，全国城市生活污水集中收集率力争达到 70% 以上。基本实现地级以上市综合管理信息平台全覆盖，形成顺畅、高效的城市地下市政基础设施建设协调工作机制，城市地下市政基础设施建设效率明显提高，安全隐患及事故明显减少，城市安全韧性显著提升。

3.1 应用行业动态

非开挖应用主要有市政管网、长输管网和地下设施等，市政管网主要包括：排水管道、供水管道、供气管道、供热管道、工业管道等；长输管网主要包括：油气管道（原油、成品油和天然气）、电信电缆、电力电缆等；地下设施主要包括：城市地铁、人行通道、交通隧道等。

2019年11月，住房和城乡建设部等四部门联合发布的《关于进一步加强城市地下管线建设管理有关工作的通知》提出：“鼓励有利于缩短工期、减少开挖量、降低环境影响、提高管线安全的新技术和新材料在地下管线建设维护中的应用”。“加快推进老旧管网和架空线入地改造，消除管线事故隐患”。因此，国家诸多政策的支持为非开挖技术提供了良好发展空间。

3.1.1 市政管网

城市管网是满足城市运行和市民生产生活的重要基础。担负着城市的信息传递、能源输送、排涝减灾、废物排弃的功能，是城市赖以生存和发展的物质基础，是城市基础设施的重要组成部分，是发挥城市功能、确保社会经济和城市建设健康、协调和可持续发展的重要基础和保障。地下管线就像我们人体的血管和脉络，供水、排水、综合管廊、燃气、供热、通信、电力等缺一不可，她是城市的“生命线”。

根据住建部发布的最新统计数据：2021年我国城市管道总长度约333万公里，城市管道增量约23万公里。据测算2022年中国城市管道总长度有望达到373.09万公里，2022年城市管道增量有望达到33.17万公里。

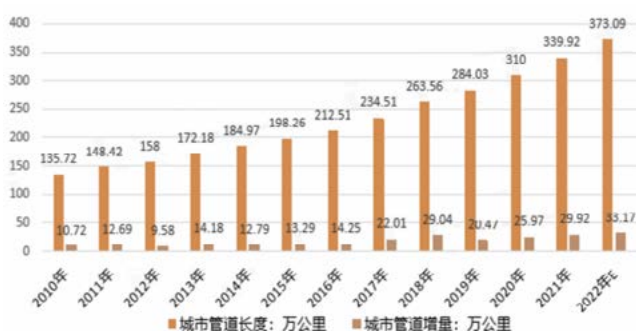


图 3-1 2010 ~ 2022 年中国城市管道长度情况



图 3-2 2010 ~ 2022 年中国城市管道市场规模情况

2021年，全国市政设施固定资产投资2.75万亿元，同比增长4.93%，其中排水占到9.9%，供水3.7%，地下综合管廊2.1%，集中供热2.0%，燃气1.1%，总体占比达到18.8%，即5170亿元。2021年，全国城市供水、排水、燃气、供热等四项市政设施建设投资共计3561.9亿元。其中：城市2788.0亿元，县城773.9亿元。其中：供水687.1亿元，排水1897.6亿元，燃气398.6亿元，供热578.6亿元。

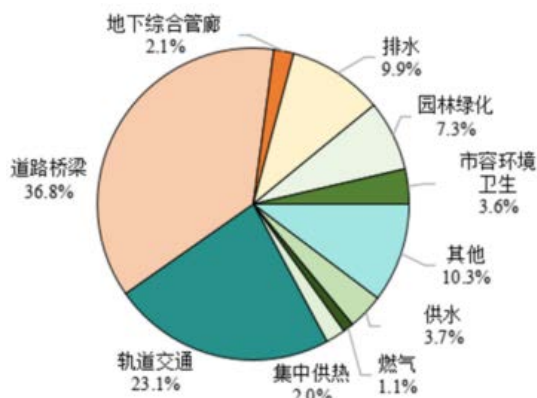


图 3-3 2021 年全国市政设施固定资产投资占比

表 3-1 全国 2011 ~ 2021 年市政管网建设投资 亿元

年份	供水	燃气	供热	排水	管廊
2011	431.8	331.4	437.6	770.1	
2012	410.4	414.5	630.3	704.5	
2013	524.7	425.6	596.0	778.9	
2014	475.3	416.0	575.4	900.0	
2015	619.9	350.5	516.8	982.7	
2016	545.8	408.9	418.9	1222.5	294.7
2017	580.1	445.7	584.2	1343.6	673.4
2018	543.0	295.1	420.0	1529.9	619.2
2019	560.1	242.7	333.0	1562.4	558.1
2020	749.4	238.6	393.8	2114.8	453.6
2021	770.6	229.6	397.3	2078.8	538.9

从投资变化上看,供水领域投资常年看是增长模式,较 2011 年增长 338.8 亿元;燃气领域每年的投资是曲折变化的,近几年成逐渐减少的态势,较 2011 年减少 101.8 亿元;排水领域投资是增长比较快的,较 2011 年增长 1308.7 亿元,近两年一直超过 2000 亿;热力领域相对变化浮动不大,较 2011 年减少 40.3 亿元;综合管廊投资有一些变动,2021 年又开始增加,随着它一系列政策支持,相信在未来增加的幅度会更大一些。



图 3-4 2012 ~ 2021 年全国市政设施固定资产投资情况

随着新型城镇化、新型工业化速度加快,我国城市规模越来越大,流动人口多、高层建筑密集、经济产业集聚等特征日渐明显,城市已成为一个复杂的社会机体和巨大的运行系统,城市安全新兴风险、传统产业风险、区域风险等积聚滋生、复杂多变、易发多发。城市地下管线建设与管理总体滞后于城市建设,地下管线施工、运营和维护过程中各类事故时有发生,造成了严重的经济损失。特别是今年以来,湖北省十堰市张湾区艳湖社区集贸市场“6·13”重大燃气爆炸事故、河南郑州“7·20”特大暴雨灾害等造成群死群伤的情况屡屡发生,暴露出当前我国部分城市地下管线安全风险底数仍然不清、安全风险辨识水平不高、安全管理手段落后、风险化解能力有限等突出问题。

习近平总书记多次作出重要指示,强调要加强城市运行安全管理,增强安全风险意识,加强源头治理,防止认不清、想不到、管不到的问题发生。中共中央办公厅、国务院办公厅专门印发《关于推进城市安全发展的意见》,从加强城市安全源头预防、健全城市安全防控机制、提升城市安全监管效能、强化城市安全保障能力等方面提出明确要求。建设城市安全风险综合监测预警平台,是深入贯彻习近平总书记关于城市安全重要指示精神的重要举措,是落实中央关于推进城市安全发展意见的具体行动,也是推进安全发展示范城市建设的重要内容。其中城市地下管线安全尤为重要,地下管线属隐蔽性工程,安全隐患难于识别和预防,需



要加强更新和优化监测管理。我国城镇地下管道主要存在管网覆盖面不足、局部管网老化、管材质量不高和超负荷运行等问题。

(1) 管网数量不足

以排水管道为例,无论是总量,还是人均占有量和管网密度均落后于西方发达国家,且差距悬殊。例如德国在 2002 年排水管道总长度就达 44.6 万 km,管道密度在 $10\text{km}/\text{km}^2$ 以上,人均拥有 5.44m;日本 2004 年的排水管道总长度达 35 万 km,管道密度在 $20 \sim 30\text{km}/\text{km}^2$,人均拥有 3.51m;美国 2017 年有排水管道总长度达 150 万 km,密度为 $15\text{km}/\text{km}^2$,人均均为 4.0m;而我国到 2018 年底,城市排水管道总长度为 68.5 万 km,密度为 $10.36\text{km}/\text{km}^2$,人均仅 1.6m。

表 32 1980 年以来我国城市排水管网建设情况

年 度	1980	1990	2000	2010	2015	2018	德国 2002	日本 2004	美国 2017
总长度, 万 km	2.19	5.8	14.18	36.96	53.96	68.35	44.6	35.0	150.0
密度, km/km^2	2.97	4.50	6.32	9.23	10.36	11.69	10	20 ~ 30	15.0
人均, m	0.24	0.39	0.68	0.94	1.17	1.60	5.44	3.51	4.0

(2) 管网老化

2000 年前铺设的城市市政管网总长度约 53 万 km,其中:供水管 25.5 万 km,占供水管总长 29.48%;排水管 14.2 万 km,占排水管总长 20.79%;燃气管 8.9 万 km,占燃气管总长 12.43%;供热管 4.4 万 km,占供热管总长 11.86%。其中:20 世纪七十年代及以前铺设的 9.1 万 km;20 世纪八十年代铺设的 15.0 万 km;20 世纪九十年代铺设的 28.9 万 km;2001—2010 年铺设的 82.8 万 km;2011—2018 年铺设的 127.7 万 km。其中很多已到使用年限,造成城市供水管网漏水、爆管事故率频发,全国每年因供水管网漏损和爆管造成的损失达几亿元;城市排水管网因年久失修、接头开裂,渗水、漏水现象较为普遍,严重污染城市地下水和周围环境;城市燃气管网因管道腐蚀和接头破裂,造成燃气泄漏和爆炸,时有发生,对人民生命财产构成严重威胁。

(3) 管材低劣

城镇供水管网管材主要为钢管、铸铁管(球墨铸铁管)、混凝土管、塑料管等;城镇排水管网管材主要为铸铁管、混凝土管、塑料管等;城镇燃气管网管材为钢管、铸铁管、塑料管等;集中供热管网管材为钢管,塑料管作为其保温层的保护套管。据住建部对部分城市总计 8.4 万 km 供水管网的不完全统计,各类管材长度及所占的比例为:灰口铸铁管 43362km,占 50.8%;水泥管 11133km,占 13.0%;镀锌铁管 5138km,占 6.0%;球墨铸铁管 14135km,占 16.8%;钢管 6977km,占 8.2%;PVC 管 4467km,占 5.2%。

表 3-3 不同年代市政地下管网长度及所占比例 万 km

	70 年代以前		80 年代		90 年代		2001 ~ 2010		2011 ~ 2018	
	长度	占比 (%)	长度	占比 (%)	长度	占比 (%)	长度	占比 (%)	长度	占比 (%)
城市供水	5.9	6.82	7.5	8.67	12.1	13.99	28.5	32.95	32.5	37.57
城市排水	2.2	3.22	3.6	5.27	8.4	12.30	22.8	33.38	31.3	45.83
城市燃气	0.7	0.98	2.4	3.35	5.8	8.10	22.0	30.73	40.7	56.84
集中供热	0.3	0.81	1.5	4.04	2.6	7.01	9.5	25.61	23.2	62.53
合 计	9.1	3.45	15.0	5.69	28.9	10.97	82.8	31.42	127.7	48.46

从所使用的管材分析,在现有的供水管网中,灰口铸铁管在很多城市占 50% 以上(主管占 58%、其它

管网占 42%)，个别城市甚至达 90%。大多数灰口铸铁管质量不符合现行国家标准的要求，而且管网配件质量差，接口技术落后，导致管网抗压强度低，爆漏事故频繁发生。此外，普通水泥管和镀锌铁管也占有相当比例，材质差、抗冲击和抗腐蚀能力差。

(4) 超负荷运行

一些城市将不同时期或不同地区使用的供水管进行联网供水，出现了管材混杂的情况，承压标准较低的管段处于超负荷运行状态，爆管事故增多；一些城市中心区或局部地区供水管径偏小，供水能力明显不足，用水高峰时，断水现象时有发生；一些城市由于新建水源工程，将地下水源更换为地表水源或增大地表水源比例，为弥补被替代的补压井压力损失，提高了管网压力，超出原设计标准，使部分管道破损，管网漏损严重；还有一些城市将雨水管与污水管混接，雨、污不分，降雨时排水量增加，造成污水外溢，同时对污水处理厂运行处理工艺冲击很大。

截止 2021 年底，全国城市市政管网总长度达到 333.2 万 km，其中：供水管 1059901km，排水管 872283km，燃气管 938253km，供热管 461493km。2021 年较 2011 年，城市给水管道的增长了 486127km，城市排水管道增长了 458209km，城市燃气管道增长了 630116km，城市集中供热管道增长了 314155km。城市排水管道长度前 5 省包括：广东 134422km、江苏 92127km、山东 72793km、浙江 60698km；四川 46437km；城市给水管道的长度前 5 省包括：广东 143147.67km、江苏 124514.20km、浙江 98151.51km、山东 62838.82km、四川 56654.60km；城市供热管道长度前 5 省或直辖市包括：山东 88076km、北京、65376km、辽宁 61256km、河北 43786km、天津 35145km。虽然“十三五”期间，各省市先后对部分市政管网进行了更新改造，取得了显著成效，有效地扼制了市政管网“跑冒滴漏”问题，但仍有大量市政管网亟待更新和改造。2021 年度全国完成投资 2337.17 亿元；排水 207.88 亿元，供水 770.57 亿元，地下综合管廊 538.94 亿元，集中供热 397.30 亿元，燃气 229.58 亿元。在国家政策推动下，地方政府对于公用市政设施的投资逐年递增，这将为非开挖行业带来新一轮的利好。

3.1.2 长输管网

我国为了减少大气污染，提高空气质量，到 2020 年在一次能源消费中，天然气消费的比重要达到 10% 以上（相当于 4000 亿立方米），全国油气管网主干道总里程达到 16.9 万 km，形成了“北油南运”、“西油东进”、“西气东输”、“海气登陆”的油气输送格局。至 2025 年，全国油气管网主干道总里程将达到 24 万 km。据此测算，“十四五”期间主干油气管道建设总投资将达到 9670 亿元。



图 3-5 我国的长输管线建设情况

2017 年，我国天然气消费量仅占能源消费总量的 7.2%，远低于 24% 的国际平均水平；长输天然气管道总里程为 7.7 万 km，干线管道密度为 7.3m/平方 km，只有美国的 1/8、法国的 1/9、德国的 1/10。

原油管道。1959 年新疆克拉玛依—独山子原油管道的建成，标志着我国无长输管道历史的结束。目前

已在东北、西北、华北、华东、华中地区形成了区域性的原油输送管网。

成品油管道。我国第一条长输成品油管道是 1973 年开工、1977 年建成的格拉（青海格尔木—西藏拉萨）管道。目前已在西北、西南和珠三角地区建成骨干输油管道，形成了“西油东运、北油南下”的格局。

天然气管道。我国天然气管道起步晚，但发展速度快，特别是近几年来发展迅猛。第一条跨区输气管道为 1986 年建成投产的中沧（河南濮阳柳屯—沧州化肥厂）管道。1997 年陕京一线建成投产，拉开了我国长距离输气管道建设的序幕。随着西气东输、川气东送、陕京三线等骨干管道工程的建设，建成了“横跨东西、纵贯南北、连通海外”的基本框架，形成以 4 大气区（新疆、青海、陕甘宁、川渝）外输管线和进口天然气管线为主干线、连接海气登陆管线的全国性天然气管网。

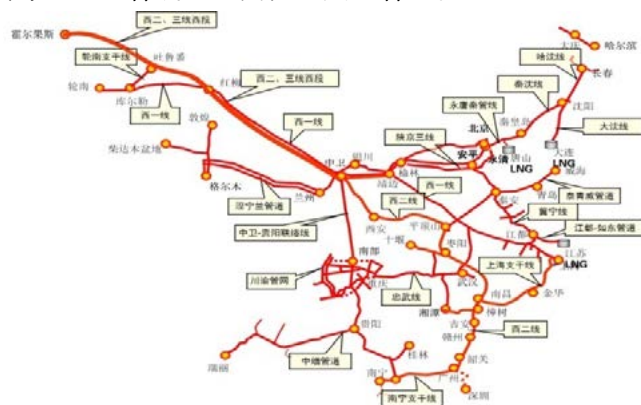


图 3-6 我国天然气输送管道网络

目前,我国在建和近期即将开工建设的天然气干线管道工程主要包括:陕京四线、西气东输四线、新粤浙线和中俄东线,四条管线总长度约 1.6 万 km,总投资额大约 3200 亿元。我国油气输送和南水北调长输管网投资建设为非开挖铺管大型工程提供了广阔的市场前景。

表 3-4 我国在建或即将开工建设的四大天然气干线管道

管道名称	陕京四线	西气东输四线	新粤浙线	中俄东线
长度 (km)	1468, 1 干 3 支	2454	1 干 4929, 5 支 3393	俄 2680, 中 3968
管径 (mm)	1219	1410		1016—1420
年输送能力 (亿 m ³)	250	300	300	380
开工时间	2014—07	2014 (推迟)	2015 (推迟)	2015
完工时间	2017—10 (干线)	2017	2017	2018
总投资 / 亿元	230	360	1590	

3.1.3 基础设施建设

城市地下空间建设呈现多样化、深度化和复杂化发展趋势，逐渐从人防工程拓展到交通、市政、商服、仓储等多种类型。近年来，随着工业化、城市化进程推进，我国城市地下空间开发利用进入快速增长阶段。

自 2013 年起,我国地下管廊规划与建设开始了迅猛发展,每年参与的城市数量为世界所罕见,修建的管廊长度远超过世界上其它国家当年建设管廊长度的总和。经过十三五的重点发展,我国地下综合管廊已初具规模。根据数据显示,2020 年,我国城市综合管廊总长度达到 61511km,新增长度 2691km;县城综合管廊总长度达到 1041km,新增长度为 469km。未来地下综合管廊需求超 3 万 km,投资规模将达 1.8 万亿。综合管廊投资属于市政公用设施行业,近几年,中国地下综合管廊投资完成额逐年下降,其中 2020 年中国地下综合管廊投资金额为 453.57 亿元,同比下降 18.73%。

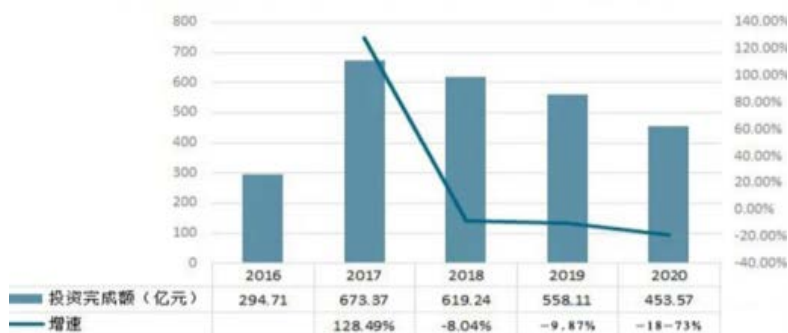


图 3-7 近年来中国地下综合管廊投资完成额及增速

从地区划分来看,华东地区和西南地区为国内地下综合管廊建设主力军,2020 年华东地区和西南地区地下综合管廊建成长度为 2125km 和 1813.8km,分别占 2020 年全国综合管廊总长度的 29.55% 和 25.22%,地区内各省自治区平均综合管廊建成长度为 303.6km 和 362.8 km,位居全国各地区前列,为国内地下综合管廊建筑主要发力地区。

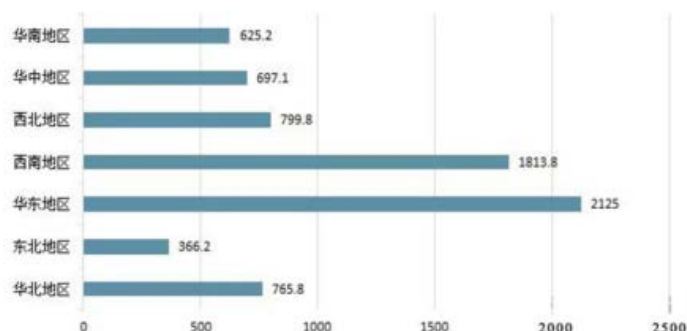


图 3-8 2020 年中国各地区综合管廊长度 (km)

在 2022 年国内经济面临“三重压力”的下行压力下,综合管廊建设被重新提及,作为投资规模较大的新型城市基础设施投资属性凸显,有望肩负经济拉动任务。目前已有多个省市陆续公布综合管廊“十四五”期间建设规划,从规划来看,各省量体裁衣,坚持立足于城市发展定位与建设发展需求,因地制宜地推进城市综合管廊建设。



图 3-9 2017 ~ 2020 年中国城市地下管廊长度

自 2010 年起,我国城市轨道交通开始迅猛发展,投资增速超 40% 以上,2010 年仅 10 个城市建成轨道交通,在建项目 28 个,建设长度 1991km。2019 年有 41 个城市有轨道交通,长度超过 6000km;城市轨道交通投资超过 5800 亿元,有 49 个城市在建设城市轨道交通,长度超过 5600km。2020 年城市轨道交通 6420.8 亿元,2021 年 6339.0 亿元。



表 3-5 2021 全国城市相关行业市政建设投资情况 单位：万元

地区名称	供水	燃气	供热	综合管廊	排水
全国	7705636	2295797	3972963	5389397	20787619
北京	199918	132161	194232	50715	572900
天津	88230	14575	26666	116157	161886
河北	295664	83110	499334	728394	682137
山西	30840	15349	484074	55102	201734
内蒙古	92486	14884	314656	11435	199136
辽宁	209287	134297	132174	/	304869
吉林	108840	77979	78520	142181	190874
黑龙江	328702	13770	250081	9159	245406
上海	166505	115946	/	44258	717799
江苏	1014194	162987	9245	221259	1490404
浙江	240100	119178	1800	372732	1103298
安徽	455726	159873	41484	176901	968814
福建	230700	125650	/	210727	834760
江西	216432	54060	/	104736	1162697
山东	530708	134417	996006	151253	1134332
河南	249995	57794	244127	76185	901686
湖北	305687	41462	20315	534766	1177414
湖南	268652	166552	1000	172936	1005179
广东	742272	304641	/	1004261	2475332
广西	297926	69374	/	147559	609193
海南	24738	858	/	485	81156
重庆	244623	35241	/	60990	819277
四川	397629	41986	8302	2644346	1902502
贵州	120789	35627	2180	56432	234379
云南	81440	38457	/	154945	541288
西藏	69623	23837	/	9911	7913
陕西	321242	81522	167858	355030	588998
甘肃	124160	11699	57752	18426	176587
青海	11261	6544	12158	52401	53249
宁夏	85839	12883	55214	849	105783
新疆	109447	9084	257849	73880	91250
新疆兵团	41981	/	17936	10986	45387

3.2 管线铺设行业动态

受“十三五”基建项目全面可启动，环境要求提高，设备更新需求等因素的叠加影响，城市地下基础设施建设中水平定向钻进、顶管、盾构等非开挖技术应用呈快速增长的势头。但是 2020—2022 年 3 年受疫

情影响，总体非开挖行业受影响也很大，特别是水平定向钻进受影响最大，其中 2022 年受到的影响最大，特别是水平定向钻进设备制造商。

3.2.1 水平定向钻进

由于经济增速放缓，需求萎缩和疫情双重影响，2020 年水平定向钻机制造商的钻机销量继续下滑。2020 年我国共销售水平定向钻机 3935 台钻机，比 2019 年的 4350 台减少了近 400 台，其中出口钻机 800 余台，比 2019 年 200 余台；到 2020 年底，国内水平定向钻机的保有量为 30000 余台，累计出口钻机 6977 台。同期，美国新增钻机 2597 台（比 2018 年少 97 台），钻机的保有量达 53373 台。2021 年和 2022 年暂未做统计调查，总体受疫情影响越来越大，钻机生产销售呈现较大的下滑趋势。

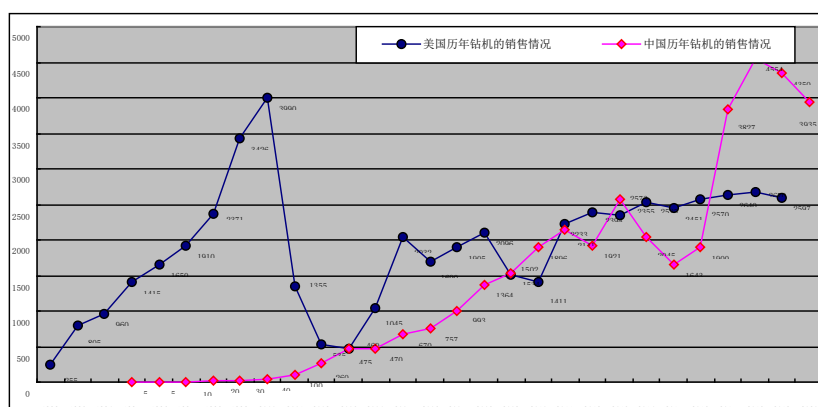


图 3-10 2020 年中美历年新增水平定向钻机的情况

在新增的钻机中，特大型钻机 64 台（占 1.5%）、大型钻机 135 台（占 3.1%），大型和特大型钻机的数量与 2018 年的 175 台增加了 24 台，所占比例从 3.9% 上升到 4.6%。中型钻机共 1944 台，比 2018 年的 1362 台增加了 582 台，在新增钻机中所占比例由 29.9% 提高到 44.7%。小型钻机 2207 台（其中微型钻机 48 台），比 2018 年减少了 812 台，但仍为主力机型（占 50.7%），不同类型钻机占比变化不大。



图 3-11 新增钻机不同机型所占比例

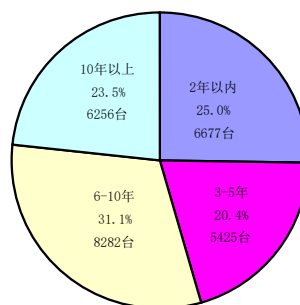


图 3-12 钻机总数按机龄分布

从钻机的使用年限上看，在累计的 26640 台钻机中，机龄在 2 年以内的钻机 6677 台（占 25.0%）；2 ~ 5 年的钻机 5425 台（占 20.4%）；5 ~ 10 年的钻机数量 8282 台（占 31.1%）；10 年以上的钻机 6256 台（占 23.5%）。

2019 年，我国水平定向钻机销量排名首位的企业，其市场占有率达 39.1%；前 3 名的制造商，其总销量为 3477 台（占 79.9%，比 2018 年上升 4.9%）；前 5 名厂商的总销量共 3845 台（占 88.4%，比 2019 年增加 2.5%）；前 10 名企业的总销量共 4276 台（占 98.3%，比 2019 年增加 1.4%）。行业集中度的变化与波动说明，经过十几年的快速发展，我国水平定向钻机行业已经进入相对成熟和稳定的阶段，市场格局基本



成型。

水平定向钻进技术国内水平和国外相差不大，中国已成为 HDD 钻机生产大国，HDD 钻机生产已供过于求，国内市场竞争激烈；同时钻机大量出口俄罗斯、东南亚、中东等地区。中小型工程施工竞争激烈，施工效益较低；大型水平定向钻进工程效益较高，但是风险也很高。

表 3-5 2021 全国城市相关行业市政建设投资情况 单位：万元

排名	2010/%	2011/%	2012/%	2013/%	2014/%	2015/%	2016/%	2017/%	2018/%	2019/%
第 1 位	22.4	21.6	26.1	24.2	22.6	25.1	24.3	30.9	33.6	39.1
前 3 位	49.9	53.0	56.4	56.8	55.1	58.2	60.8	68.8	75.0	79.9
前 5 位	71.5	73.4	72.5	72.8	78.6	75.1	76.2	82.0	85.9	88.4
前 10 位	96.3	95.1	92.8	95.2	95.0	94.6	94.1	98.4	96.9	98.3

钻机制造商包括：徐州徐工基础工程机械有限公司、江苏地龙重型机械有限公司、江苏竞科动力科技有限公司、德威土行孙工程机械（北京）有限公司、无锡市钻通工程机械有限公司、江苏谷登重型机械装备科技有限公司、连云港黄海勘探技术有限公司、南京斯特通工程机械有限公司、恒天九五重工有限公司、廊坊聚力勘探科技有限公司、天津威猛机械制造有限公司、福建亿钻机械有限公司等。

配套设备制造商主要有：廊坊市雷克工程机械有限公司、衡阳中地装备探矿工程机械有限公司、山东中探机械有限公司、江苏大象机械有限公司、科盛能源机械制造河北有限公司、廊坊摩锐钻具有限公司、天津锐力克工程机械有限公司、河北冠能分离输送设备有限公司、河北沧维环境科技有限公司、任丘市广科石油机械制造有限公司、三川德青工程机械有限公司、江苏创隆科技有限公司、阿特拉斯·科普柯（上海）贸易有限公司、济南鑫三达塑管熔焊设备有限公司、无锡胜达塑龙科技有限公司等。

配套工具制造商主要有：北方中星机械钻具有限公司、廊坊钻王科技深远穿越有限公司、廊坊市穿山甲工程机械有限公司、河北石探机械制造有限公司、河北中兴宏力钻头制造有限公司、苏州新锐合金工具股份有限公司、无锡陆顺钻探工具有限公司、无锡市钻达钻探工具有限公司、无锡沃肯钻探设备有限公司、江阴德玛斯特钻具有限公司、江阴市梁炜机械有限公司、无锡双马钻探工具有限公司、奥瑞拓能源科技股份有限公司、天津立林机械集团有限公司、无锡南隆非开挖工具有限公司、无锡中地钻探设备有限公司、中地装（无锡）钻探工具有限公司、江苏曙光华阳钻具有限公司、山东旭邦石油机械制造有限公司、德州联合石油科技股份有限公司、河北斯利德石油机械有限公司、任丘市祥利贸易有限公司、河北中兴宏力钻头制造有限公司、沧州格锐特钻头有限公司、沧州坚实钻井设备科技有限公司、河间市飞龙锐拓钻头制造有限公司、湖北鸣利来合金钻具股份有限公司、扬州黎明钻具有限公司等；

配套仪器制造商有：黄山金地电子有限公司、廊坊市沙威机电设备有限公司、广州探霸仪器有限公司、河南华北基础工程有限公司、上海钢林信息技术有限公司、北京鑫宇未来测控科技有限责任公司、南京拉玛电子仪器有限公司等；

配套泥浆材料和技术提供商主要有：杭州捷高膨润土技术开发公司、杭州润立通新型材料有线责任公司、南京惠利通膨润土科技有限公司、潍坊华夏膨润土有限公司、杭州中润膨润土技术开发有限公司、山东华潍膨润土有限公司、深圳安信矿业有限公司、建平县龙腾矿业有限公司和建平县万兴膨润土有限责任公司等。

全国各地都有水平定向钻进工程承包商，有区域性工程承包商，也有全国性工程承包商或国际性工程承包商。国内主要承包商主要有：河北华元科工股份有限公司、河北天通管道工程有限公司、河南华北基础

工程有限公司、中油昆仑管道工程有限公司、山东诺泰市政工程有限公司、武汉市拓展地下管道工程有限公司、山西众鑫管建有限公司、苏州鹿峰建设工程有限公司、贵州西能铠达穿越工程有限公司、浙江银腾建设有限公司、青岛世通建设工程有限公司、无锡盛海建设工程有限公司、南京地龙非开挖工程技术有限公司、上海华群实业股份有限公司、泰安市岱峰管道工程有限公司、荣成市荣威非开挖管道工程有限公司、山东胜利中通工程有限公司、山东华龙建设工程有限公司、山东深远通达管道安装工程有限公司、新地能源工程技术有限公司、山东鑫运通市政工程股份有限公司、江苏钻神建设工程有限公司、山西荣盛通管道工程有限公司、恒信天虹市政工程有限公司、山西众鑫益管建有限公司、江西江川管线有限公司、景德镇市共建恒业通信技术有限公司等。

3.2.2 顶管

顶管施工技术是我国使用最早的一种非开挖技术，近十余年来由于先进机械顶管掘进机的陆续引进，我国顶管技术有了较大的进展，土压平衡、泥水平衡顶管技术日趋完善，引入了中继间、触变泥浆、测量纠偏、曲线顶管和岩石顶管等技术。顶管最小直径 400mm，最大为 4000mm。一次性顶进长度可达几百米，甚至 km 以上。

为了加强城市基础设施建设，解决城市内涝、管网爆裂等问题，提高新型城镇化的质量，2015 年国务院办公厅先后发布了《关于推进城市地下综合管廊建设的指导意见》和《关于推进海绵城市建设的指导意见》，并在 36 个大中城市全面启动地下综合管廊试点工程，2016 年开工建设地下综合管廊 2000km 以上，力争在 2020 年建设完成一批完善的地下综合管廊体系。随着顶管技术的不断完善进步，顶管应用面越来越宽，不断涌现出大型或超大型顶管工程。

表 3-7 2010 ~ 2022 年我国顶管机年生产量统计表

类 型	规 格	2016 年 / 台套	2017 年 / 台套	2018 年 / 台套	2019 年 / 台套	2020 年 / 台套	2021 年 / 台套	2022 年 / 台套
泥水平衡式顶管机	DN800mm 以下	18	26	28	42	56	172	200
	DN800 ~ 2600mm	303	377	428	418	411	648	700
	DN2600mm 以上	43	36	32	47	72	68	90
土压平衡式顶管机	DN1800mm 以下	12	18	12	9	9	16	22
	DN1800mm ~ 4000mm	75	66	89	129	145	38	40
	DN4000mm 以上	4	3	3	7	9	0	2
异型（矩形）顶管机	截面积 20m ² 以下	5	7	9	12	12	18	26
	截面积 20m ² ~ 35m ²	7	12	18	24	29	20	24
	截面积 35m ² 以上	3	4	9	11	19	4	6
合计		470	539	628	699	762	948	1110

备注：上述数据仅包括中国地质学会非开挖技术专业委员会会员单位的数据

据对国内顶管机与微型隧道机生产企业的调查，2022 共生产销售顶管机 1110 台套，其中泥水平衡式顶管机约占 75%，土压式平衡式占 12%，异性顶管机约占 12%。顶管机尺寸范围从小直径的 600mm 到 4200mm。我国顶管机市场保有量已达到 5600 余台套。国产顶管机不仅可以满足国内的需要，还能出口到马来西亚、印度等国。

顶管技术现已广泛地应用于我国水平定向钻进技术难以施工的污水、雨水等重力管道施工，以及大直



径的燃气、自来水和中水等压力管道施工。同时，大型或异性顶管可用于地下管廊建设，地下综合管廊建设和海绵城市建设大多数涉及大口径顶管和盾构施工，市场容量极大。国内顶管设备、仪器和施工技术日趋成熟，但是与德国和日本相比，还是有很大的差距，特别在岩石顶管机、导向技术和特殊顶管技术等方面仍存在一定的技术瓶颈。国内顶管施工普及程度已逐步提高，工程量逐年增加，在长距离顶管、曲线顶管等方面取得了长足的进步。

国内顶管掘进机制造商主要包括：安徽唐兴装备科技股份有限公司、江苏广鑫重型设备有限公司、安徽卓科智能装备有限公司、扬州地龙机械有限公司、江苏天盾重工机械科技有限公司、上海微顶工程机械有限公司、江苏宣宣重工机械有限公司、福建亿钻机械有限公司等。配套设备、工具和材料供应商包括：山东精正重型渣泵有限公司、威海市海王旋流器有限公司、禹州市龙德水泵有限公司、江苏创隆科技有限公司、北京力特工程机械有限公司、上海章臣机械制造有限公司、长驰传动科技（苏州）有限公司、北京力特工程机械有限公司、山东鑫开工程设备有限公司、山东克利福机械设备有限公司、新兴铸管股份有限公司、福建纳川管材科技股份有限公司等。

国内顶管工程承包商主要有：浙江交工集团股份有限公司地下工程分公司、北京东方中远市政工程有限责任公司、福建省鑫勇通非开挖工程技术有限公司、黄石精武顶管工程有限公司、河南麟州建设工程有限公司、山东鑫运通市政工程股份有限公司、绍兴磐石管道工程有限公司、北京易成市政工程有限责任公司、湖北福业凯月建筑工程有限公司、湖北望新建设有限公司、江阴市隆吉诚顶管工程有限公司、包头市水投工程建设有限公司、包头城建集团股份有限公司、北京跨野市政工程有限公司、山东华龙建设工程有限公司、恒信天虹市政工程有限公司、安徽映强非开挖技术有限公司、迅通（北京）非开挖建设工程有限公司、荆州市巨枫传动机械厂、武汉誉城千里建工有限公司等。

3.2.3 盾构

盾构机作为安全高效的隧道及地下工程施工的大型专用设备，我国广泛使用，目前国内保有量已近2000台，且每年还在以200台的速度增长。盾构机市场需求与基础设施投资高度相关，随着中国盾构机行业在全球的竞争力持续增强，全球基础设施变化对行业推动力将显著增加。同时随着城镇化率不断提升带来的基础设施建设需求，我国盾构机市场仍有十几年的增长空间。同时“一带一路”战略实施，东南亚、非洲等发展中国家的基础设施建设空间巨大，国际市场具有广袤的发展空间。

全球基础设施中心（GIH）发布的《2040年全球基础设施投资展望》指出，2016～2040年间全球基础设施投资需求将达到94万亿美元。这将比按目前投资趋势推算的数值高出19%，且平均每年为3.7万亿美元。未来几年，亚洲仍将主导全球基础设施市场。2040年，亚洲占全球基础设施投资需求的比例约为54%，而排在第二位的地区为美洲，其该比例为22%。事实上，仅中国、美国、印度和日本四国就占到2040年全球基础设施投资需求的一半以上。据估计中国占全球基础设施需求的30%。

总的来看，预计未来全球盾构机行业总体将持续增长，中国盾构机行业发展机会更大，但由于租赁市场的发展，竞争的持续增强，单一的盾构机制造业务将会面临更大的压力，预计未来行业集中度仍将持续提升，行业内企业业务结构也将更为多元化。

目前盾构机下游工程仍以轨交地铁工程为主，占比达70～80%。据中国城市轨道交通协会发布的数据，2021年共新增运营线路长度1223km（其中地铁制式972km），新增洛阳、绍兴两个地铁运营城市，2021年共批复佛山、青岛、无锡新一轮城市轨道交通建设规划，新获批规划线路总长315km，新获批线路制式全部为地铁。下游需求的持续增长将促进盾构机产业持续发展。



图 3-13 2014 ~ 2021 年中国地铁新增运营长度及增长率

2015 年，国产首台铁路大直径盾构机下线，拥有完全自主知识产权，打破了国外近一个世纪的技术垄断。到 2020 年，国产盾构机已走过 18 年，从开始 85% 依赖进口，到现在输出全球，占全球市场份额三分之二以上。中国已经成为全球最大的盾构机市场，也是最大的盾构机生产国。根据中国工程机械工业协会掘进机械分会数据显示，2020 年国共生产全断面隧道掘进机 655 台（含 BTM）。



图 3-14 2016 ~ 2020 年中国盾构机产量及增长率



图 3-15 2015 ~ 2021 年中国地铁建设盾构机需求

从盾构机细分市场结构来看，软岩盾构机仍是我国最为主要的产品，根据数据，2019 年软岩盾构机市场规模达到了 39.44 亿元，占比 42.47%，其次是软土盾构机，规模达到了 29.68 亿元，占比 31.96%。初次外还有硬岩盾构机和复合盾构机，主要按照用途分类，软岩和软土需求更广泛。

国内盾构机市场形成以“两铁”为主的双寡头格局。据中国工程机械工业协会掘进机械分会统计，2020 年我国共生产全断面隧道掘进机 655 台，销售额累计约 209.5 亿元。其中，销售额最多的 2 家企业分别为中铁工业（约 80.99 亿元）和铁建重工（约 68.01 亿元），远远领先于国内其他厂商，市场占有率分别为 38.7% 和 32.5%，中交天和约为 15% 左右，其余份额其他企业占据。2020 年，中铁工业盾构机的国际市场份额约 25%，海外主要竞争对手市场份额为 55%。

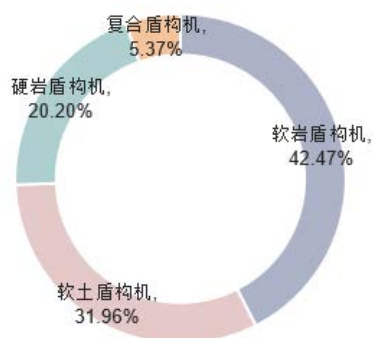


图 3-16 2019 年中国盾构机细分产品规模占比情况

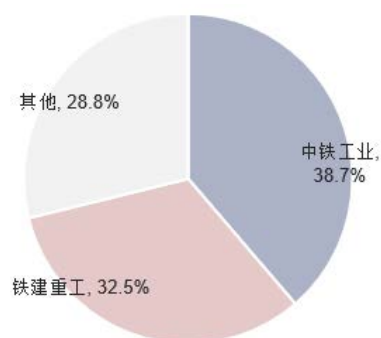


图 3-17 2020 年中国盾构机 (BTM) 主要企业市占率情况

中国工程机械工业年鉴显示：2017 年我国盾构机产量为 561 台，2018 年我国盾构机产量为 580 台，2019 年我国盾构机产量约为 640 台。2012 年我国出口盾构机仅为 69 台，201 ~ 2015 年受全球经济回落影响，出口有较为一定的回落，2016 年大幅上升至 130 台，2019 年我国盾构机出口达到了 160 台，同期进口量仅为 22 台。



图 3-18 2012 ~ 2019 年中国盾构机产量走势

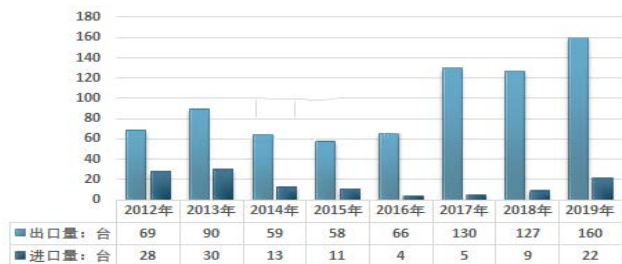


图 3-19 2012 ~ 2019 年中国盾构机进出口量统计

从国内市场需求来看，在经历了 2016 ~ 2017 年爆发式增长之后，国内盾构机需求量增长有所放缓，2018 年达到了 462 台，2019 年约为 502 台。从国内市场规模来看，虽然需求量保持相对稳定的增长，但由于生产技术更为成熟，生产企业增加，行业市场竞争有所加剧，同时综合管廊等业务使得部分小型化产品的需求增长，行业产品价格总体呈现出较为明显的下降态势，行业市场规模也有所回落。2019 年我国国内盾构机行业市场规模 92.87 亿元，较上年略有回升。

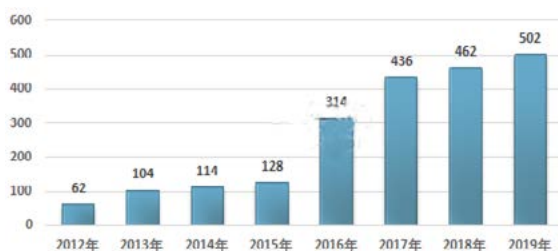


图 3-20 2012 ~ 2019 年我国盾构机需求量与市场规模走势

从细分市场按摩来看，软岩盾构机仍是我国最为主要的产品，2019 年市场规模达到了 39.44 亿元，占比 42.47%，其次是软土盾构机，规模达到了 29.68 亿元，占比 31.96 %。目前，国内盾构机行业国产化率不断提高，从 2012 年的 73.8% 增长到了 2019 年的 98.2%。



图 3-21 2012 ~ 2019 年中国盾构机国产化率

外资盾构机生产企业主要有：德国海瑞克、维尔特，美国罗宾斯，日本小松、三菱、日立、石川岛、奥村等。国内盾构机生产企业主要有：中铁装备、中国铁建重工、隧道股份、中交天和、辽宁三三工业、北方重工等。

3.2.4 其它铺管技术

夯管、螺旋钻进、直推管和气动矛等技术普及应用相对水平定向钻进与顶管比较很少，夯管、气动矛

和螺旋钻进应用于穿越长度不超过 80m 的场合，市场很小；同时小型水平定向钻进可替代夯管、气动矛和螺旋钻进应用。目前，夯管结合水平定向钻进夯表层导管和辅助施工，螺旋钻进结合顶管进行微型隧道施工等。气动矛在国内应用极少。直推管在一些特殊条件下有一定的优势，国内会有少量应用。

3.3 管道更新行业动态

国内现有的市政管线中，普遍存在严重老化（最早铺设的管线已有 100 多年的历史，50 年以上的管线约占 6%）、材质低劣、超负荷运行等问题，导致管道漏失和爆裂、路面塌陷、城市内涝等事故频发，大量的老旧管线需要更换或修复。据统计，在非正常运行的供水主管道中，严重老化、材质低劣、超负荷运行的管网分别占 37.0%、32.8%、8.2%；而在非正常运行的其他管网中，严重老化、材质低劣和超负荷运行的管网分别占 35.4%、33.1%、9.0%。

表 3-8 市政管网中不同年代铺设的长度及所占比重

管 网	2015 年底总长度 / 万 km	1990 年以前		1991 ~ 2000		2000 年以后	
		长度 / 万 km	比重 /%	长度 / 万 km	比重 /%	长度 / 万 km	比重 /%
排水管道	54.0	5.8	10.7	8.4	15.6	39.8	73.7
供水管道	71.0	9.7	13.6	15.8	22.3	45.5	64.1
供气管道	52.8	2.4	4.6	6.5	12.3	43.9	83.1
供热管道	20.5	0.3	1.5	4.0	19.5	16.2	79.0

为了解决上述问题，在 2013 年和 2014 年国务院先后发布了《关于加强城市基础设施建设的意见》和《关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》，提出了城市地下管网的更新和改造提出具体的目标和任务，即：力争用 5 年时间，完成城市地下老旧管网改造，将管网漏失率控制在国家标准以内，显著降低管网事故率，避免重大事故发生；用 10 年左右时间，建成较为完善的城市地下管线体系，使地下管线建设管理水平能够适应经济社会发展需要，应急防灾能力大幅提升，对我国非开挖管道更新技术的推广将起到了巨大的推动作用。

3.3.1 管道替换

20 多年来管道替换行业的发展总体是平稳的，由于受市场制约，管道替换技术引进、研发进展不大，有研究单位或企业进行了吃管法等技术准备和前期研究，但是没有成熟产品或技术。目前，仅碎裂管法有少量的应用，其它管道替换工法基本没有应用。

3.3.2 管道修复

经过 10 多年的引进、研发，国内管道更新技术取得很大的进步，插管法、改进插管法、管片法、喷涂法和螺旋缠绕法等方面已基本摆脱纯进口局面，但是在 CIPP 法、管道修复材料等方面和国外相比还有很大的差距。随着技术完善、成本降低，管道更新应用面越来越广、工程量越来越大。特别是 CIPP 法应用呈现快速增长的态势，国内多家公司已引进或开发软管制作流水线、紫外线（UV）固化设备和树脂材料等。国内管道更新施工市场目前处于快速增长阶段，同时进入该领域的生产和施工企业也逐年增加，施工效益和水平逐年提高。由于紫外线原位固化法的技术日趋成熟和成本降低，其使用量逐年增加，特别是 UV CIPP 工法。2020—2022 年受疫情影响，总体增长趋势放缓。

据 CSTT 不完全统计，2021 年完成 761 余 km 管道替换与修复，点修复 26800 余处；2022 年管道更新完成 806 余 km，点修复 44000 余处，其中 CIPP 法占工程量超过 50%，UV CIPP 占总工程量超过 40%，

近两年管道更新工程量年增长放缓，从事管道更新的公司不断涌现。

国外知名企业：德国柏林卡尔维斯公司、瑞士萨尼维尔公司、德国瑞莱集团、德国 Trolining 公司、德国萨泰克斯公司、德国 ITK 公司、美国 Insituform 公司、美国 Pro-liner 公司、澳大利亚 Interflows 公司等。其中，前两个公司的技术不仅应用于排水等重力管道上，还应用于技术要求更高的自来水及燃气等压力管道上。

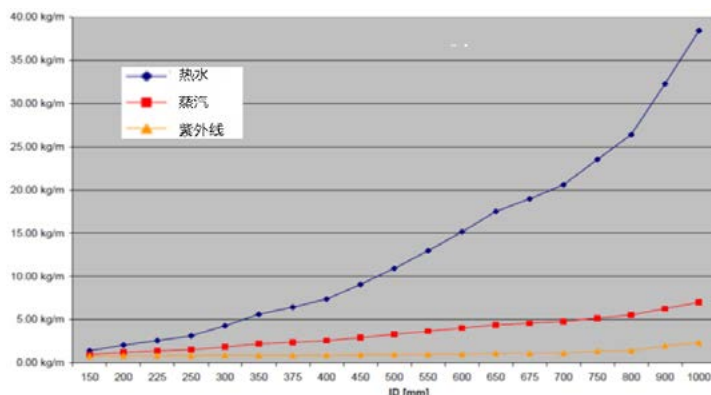


图 3-22 UV CIPP——一种绿色环境的施工方法

管道更新设备和材料供应商主要有：杭州四叶智能设备有限公司、道雨耐节能科技有限公司、上海锋泰设备有限公司、太原畅达华美材料科技有限公司、深圳市施罗德工业集团有限公司、浙江管迈环境科技有限公司、伊斯特（北京）科技有限公司、武汉中仪物联技术股份有限公司、瑞莱（上海）环境科技有限公司、广东石川重工有限公司、青岛鑫亚环境科技有限公司、青岛裕盛广源船舶用品有限公司、安徽普洛兰管道修复技术有限公司、浙江优为新材料有限公司、河南兴兴科技有限公司、北京量子天地新材料科技有限公司、江苏纽莱尔管道科技有限公司、江苏爱索新材料科技有限公司、英普瑞格管道修复技术（苏州）有限公司、中裕软管科技股份有限公司、苏州栌槿高新材料技术有限公司、五行科技股份有限公司、贝耐德（江苏）管道新材料有限公司、湖南铭煌环境科技有限公司、杰瑞高科（广东）有限公司、山东凯威尔新材料有限公司、上海达权新材料科技有限公司、四川复星伟创新材料有限公司、苏州佳飞科技材料有限公司、太原畅达华美新材料科技有限公司、长兴材料工业股份有限公司、重庆天泽塑业有限公司、华东理工大学华昌聚合物有限公司、上海拓洪管道材料有限公司、AOC 力联思树脂有限公司等。

表 3-12 2016 年～2022 年管道更新工法统计

工法	细分工法	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
传统插管法 /m		34269	38092	53839	33586	18004	8285	11795
改进插管法 /m	塑料管	104439	113998	82224	68385	46697	55008	70775
	衬垫法	0	0	507	1170	111539	5000	10115
	软管法	130	7280	14300	4427	4570	2198	3593
CIPP 法 /m	UV	111274	117074	145294	264467	383134	416240	477627
	蒸汽	1040	354	4524	8900	19538	57800	25415
	热水	39800	45067	56392	89167	126827	77973	42071
	常温	33	1989	7855	9822	15158	20700	24000
管片法 /m	3S 法	/	/	/	/	/	620	213
	短管法	1300	2600	6695	9100	11740	3285	9580
	不锈钢	17173	15181	9173	14058	16527	35573	49118

螺旋缠绕法 /m		6630	7836	20656	20822	35007	55413	43678
喷涂法 /m ²	树脂	2561	2425	5444	14944	22993	10205	8213
	水泥砂浆	1300	12628	10556	56527	57502	4213	3346
	复合浆	2139	18355	18624	31347	14560	0	0
其他修复方法	双层覆膜等 /m	45564	74005	49759	49681	88805	750	2093
	人井修复 /个	/	/	/	/	/	1058	1870
胀裂管法 /m		18385	24323	16343	32023	25097	23048	35705
点修复 /点		6085	19351	31655	45834	71266	26840	44058

备注：不完全统计，/：代表未统计或统计至类似工法中。

工程承包商主要有：北京北排建设有限公司、北京隆科兴科技集团股份有限公司、北京焕发管道修复有限公司、北京北燃环能工程科技有限公司、北京政平建设投资集团有限公司、北京金河生态科技有限公司、北京天彩燃气工程有限责任公司、北京华宇航市政建设工程有限公司、上海管丽建设工程有限公司、上海潜业市政工程有限公司、福光环境工程（上海）有限公司、上海誉帆环境科技有限公司、上海管康技术有限公司、上海宇联给水工程有限公司、天津倚通科技发展有限公司、深圳市巍特环境科技股份有限公司、深圳市昊茗毅管网修复技术有限公司、浙江华仕管道科技有限公司、杭州市市政工程集团有限公司、杭州诺地克市政工程有限公司、杭州菲克斯管道工程有限公司、浙江君泰环保科技有限公司、浙江华成市政公用工程有限公司、浙江荣邦建设有限公司、河北天元地理信息科技工程有限公司、河北肃安实业集团有限公司、河北联润在线工程技术有限公司、山东益丰管道修复工程有限公司、江苏捷安通环保科技有限公司、河南中拓石油工程技术股份有限公司、广州银浩智能技术有限公司、鼎尚（珠海）科技发展有限公司、廊坊金来源环保科技有限公司、福建东辰市政工程有限公司、福州市水务工程有限责任公司、厦门安越非开挖工程技术有限公司、厦门骏特市政工程有限公司、华赣城建集团股份有限公司、可克达拉市宏远机电设备安装有限公司、四川大方建设工程有限公司、四川侍秋市政工程有限公司、苏州群业建设工程有限公司、诺道管网集团（NordiTube）公司、北京创安亚非开挖工程技术有限公司、江西省中旭国土勘测规划有限责任公司、顾德防腐工程有限公司和安徽省顺通市政工程有限公司等。

3.4 辅助技术行业动态

非开挖辅助技术主要包括：管线探测、管道清洗、检测与评价等技术。这些辅助技术涉及到地下管线管理、运行、维护等质量和水平，以及现代城镇管理水平和效率。

3.4.1 管线探测

随着我国经济的不断发展，各地城市的人口越来越多，城市规模也越来越大，公共基础设施的地下管线铺设范围越来越广。由于地下管线具有一定的隐蔽性、复杂性，给地下管线的施工和管理带来了诸多挑战，复杂庞大的城市地下管线使得经营者的经营难度越来越大。而随着 5G 时代的越来越近，对这一问题也有了新的解决途径，即智慧管网的建设。利用“智慧化”手段，了解管线的属性、数量、位置、运行状态等，将地下不易看到的管线变成数字化、虚拟化、可视化的系统，并对其实现全生命周期的管控，是未来城市管网建设管理的方向。

地下管线探测的主要市场由各城市的国企类的测绘院、勘察院所控制，民营企业所从事的业务多为这些企业的分包，或是某一具体工程的特殊需求。这其中最具开发潜力的是地下管网数据，结合现代信息技术，

可以发展成为极具市场价值的云数据大平台。但这一市场的撬动受两大因素制约：保密政策的限制，城市地下管网的详细数据多以保密的等级为各城市市政、地调等部门所掌握，一般不对公众开放；开发此类大平台需要巨大资金的支持。

对于地下管线探测行业动态可总结如下:

(1) 当前的探测技术对一般场地条件下的金属管线探测较为成熟, 对于埋地塑料管道、超深管道、城市复杂环境下的管线的探测仍有难度, 研究与开发能探测非金属管道的技术与产品市场巨大, 但难度也大;

(2) 融多种传感器进行地下管线探测的尝试已在加拿大、美国、澳大利亚等国引起仪器研发商的高度重视，建议给予适当关注；

(3) 探测系统融入 GPS、GIS 系统是大势所趋, 这将减少人工录入、数据校对的时间, 通过数据库实现无缝三维数据整合;

(4) 电子标识器是今后管道预埋的必备元素,有可能成为管道出厂前的必备覆盖层之一,是治理管道档案管理混乱和城市规划混乱的利器,有广阔市场空间;

(5) 智能手机终端应用是未来发展的方向, 为现场服务的地下管线数据采集、查询、智能巡检、地下管线事故上报、应急智能辅助决策、关联呼叫中心等已有广泛的需求;

(6) 地下管线三维系统将基础地理信息、各种管线空间信息、负荷运行信息及自身健康状况信息等复杂的属性信息以三维方式直观地展现；充分发挥三维系统强大的空间分析功能、监测分析功能以及其他分析功能；

(7) 地下管线信息化平台建设与大数据是无价之宝，虽然因数据保密的需要而无法以透明市场化形式竞争，但可与政府机构合作，开发不公开、仅服务于政府和主管部门的管理与评价。

随着地下管网逐年老化、损耗，准确勘测地下管网状态和问题的重要性逐年增加。为了保障现场施工人员和城镇居民的安全，使用定位器及时发现并记录地下燃气管道、给水管、电讯线缆、排水管等设施管道状态尤为重要。目前地下管线探测的方法主要有：直接定位（正负电流检测法）、引导定位（探地雷达法）、被动定位（用于检测未知地下设施）。业界主要使用单频或多频定位工具。ProStarGeoCorp 开发了地下管网综合管理软件，可以实现对道路、桥梁、火车轨道、各类地下管线和浅地表下设施等的管理与维护，可以减少 90% 以上的突发管线问题，大大降低人工成本、对自然环境和公共环境的影响和风险，并优化提高工程的效率和准确性。



图 3-23 ProStarGeoCorp 地下管网综合管理软件

3.4.2 管道清洗、检测与评价

管道清洗、检测与评价市场目前具备以下特点：随着管道的老龄化及对于管道安全的重视，管道的清洗、检测与评价正在发展成为一个稳定的市场；现有的市政管网，包括给排水管道、燃气管道的检测主要采用外检测手段和内检测中的 CCTV 等较简单的手段；油气管道的检测投资是管道行业中的最大的，涉及的管道内检测、外检测和管道监测的技术手段也是最先进和富有成效的；基于多传感器的监测网络，尤其是无线数据传输网络是今后发展的重要方向之一，对于管道预警具有价值；开发地下管道的监测、评价、维护与管理系統具有很高的实用价值和市場潛力。

(1) 管道清洗

管道清洗的市場容量龐大，分兩種情形：一是正常的維護需要，無論是什麼類型的管道，應每隔一定週期對其進行清洗疏通；二是管道評價與修復前的必選項。但時至今日，每個地區的各類管道，都會有相應的維護機構或合作夥伴，要想開拓更大的市場，似乎也有難度，可購置和自制以燃氣管道為目標的設備和裝置，培養以燃氣管道為目標的專業養護隊伍，開展面向全國的高品質燃氣管道維護專業服務。

(2) 管道检测

按照國內油氣管道的相关法規，新建管道必須在投產三年後進行一次全面檢測，以後根據運營記錄狀況確定檢測週期，但最長間隔不得達到 8 年。預計到 2020 年底全國油氣長輸管道總長度將突破 16.9 萬 km，人工煤氣供氣管道長度 1.1 萬 km，天然氣供氣管道長度 76.8 萬 km。按平均每 6 年檢測一次來算，每年應進行檢測的油氣管道長度約為 2.82 萬 km，燃氣管道長度約 12.9 萬 km；同樣，給排水等管道檢測工程量也是巨大的。總體我國管道檢測市場是很大的。

(3) 管道评价

我國重力管道評價技術是成熟的，有嚴格的技术規範標準，重力管道評價市場較為穩定。壓力管道的評價具有很大的難度，技術上還不太成熟，沒有成熟的技术規範。

目前，在國內外的高校等研究機構，針對壓力管道開展了大量的管道安全評價模型，特別是在石油管道系統中，國內外還頒布了多個管道評價規範。可以說，當前針對油氣管道結構穩定性和事故災難後果的評價理論方面取得了長足的進步，足以達到實用化的程度。只需用這些理論模型分析管網數據，將結果運態反饋到以 GIS 為代表的平台上，就能產生服務於各級主管領導和工程技術人員需要的評價結果。

四、国外非开挖行业发展动态

国外非开挖发展动态，主要以欧、美、日为典型，也是现代非开挖技术主要发源地，同时由于不同国情、不同天然条件形成了各具特色的非开挖技术发展和应用之路。

4.1 国际长输管线动态

表 4-1 全球长输油气管道建设分布

地区	全球	北美	亚太	独联体	中东	欧洲
在建 / km	77073	12997	25326	18322	2095	6907
规划 / km	127325	38772	20434	12436	6291	8057
合计 / km	204398	51770	45760	30758	8386	14964

注：南美 27624 km，非洲 25136 km。



图 4-1 全球长输油气管道建设分布

全球主要长输管道工程如下：

- (1) 北溪 2 Nord Stream 2 (双线)：通过波罗的海将俄罗斯的天然气输送到德国以及欧洲国家；
- (2) 塔皮天然气管道 (TAPI—土库曼—巴基斯坦—阿富汗—印度)：长 1818 km，投资 80 亿美元，可将天然气从土库曼输送到巴基斯坦和印度；
- (3) 土耳其流 Turk Stream (双线)：绕过乌克兰连接俄罗斯最大气田和土耳其的天然气运输网络，并延伸到保加利亚，直接向欧洲输送天然供气；
- (4) 巴士拉到亚喀巴油气管道 (双线)：长 1680 km，可从伊拉克向约旦输送 1 MMbpd (百万桶石油 / 天) 和 258 MMcf/d (258 百万立方英尺天然气 / 天)。
- (5) 波罗的海天然气管道：长 900 km，总投资 18 ~ 24 亿美元，将挪威的天然气通过丹麦输送到波兰，以减少对俄罗斯的依赖，预计 2022 年底投产；
- (6) 希腊—保加利亚天然气管道：长 182 km，将天然气从 Azeri 输送到保加利亚，也可将液化天然气从希腊输送到保加利亚，计划 2020 年完工；
- (7) AKK (Ajaokuta—Kaduna—Kano)：尼日利亚最大的天然气管道项目，长 613 km，管径 1016

mm, 总投资 28 亿美元, 计划 2020 年完工。

目前, 欧洲各国所需天然气的 40% 由俄罗斯经乌克兰提供, 部分中东欧国家更是 80% 以上依赖俄罗斯。近几年, 俄罗斯和乌克兰之间的天然气风波让许多欧洲国家经历了“断气”的困境。

俄罗斯为了摆脱对能源过境乌克兰的依赖, 同时欧洲为了实现天然气进口的多元化, 修建新的输气管道对欧盟和俄罗斯都显得尤为必要。建设北溪天然气管道和南方天然气走廊便是两大重要举措, 其中土耳其在连接俄罗斯、中亚以及中东的大型天然气田和欧洲天然气市场中起到了桥梁的作用, 多条管道需要过境土耳其输向欧洲。

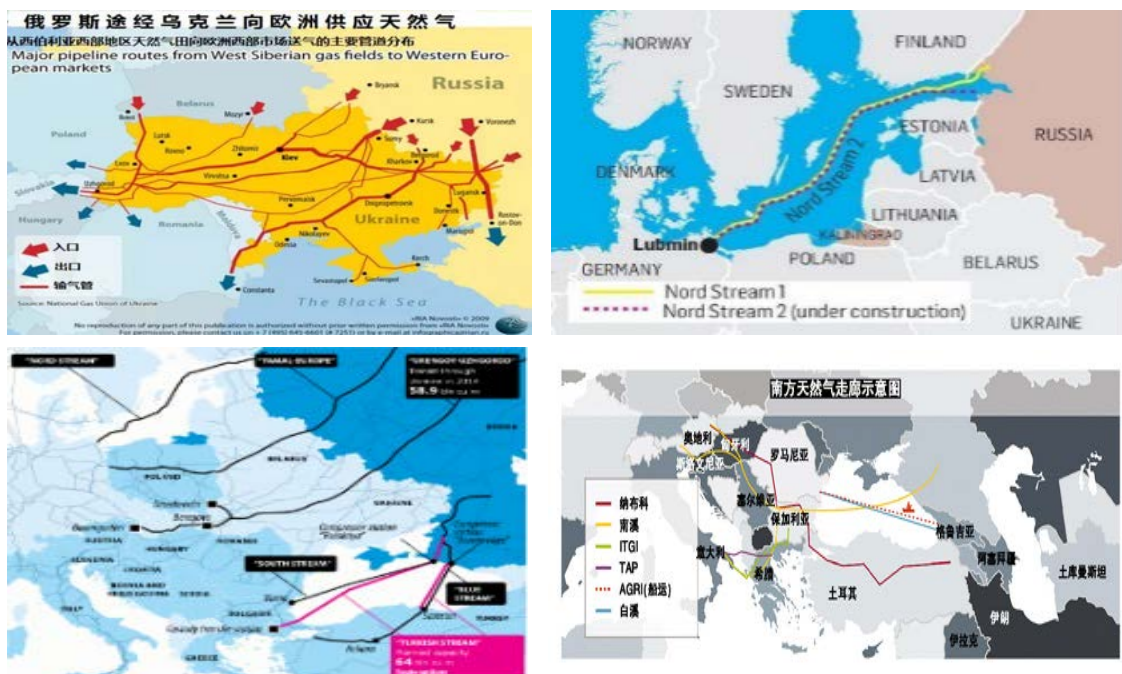


图 4-2 欧洲天然气进口长输管线

表 4-2 土耳其境内的主要天然气管道

管道名称	工程概况	长度和投资	建成时间	年输送能力
俄罗斯经土耳其到东南欧的天然气管道				
俄罗斯—土耳其西线	自俄罗斯, 经乌克兰、摩尔多瓦到达罗马尼亚、保加利亚、马其顿、土耳其。	1780km, 60 亿卢布	1978 年	280 亿 m ³
俄罗斯—土耳其 (蓝流 Blue Stream)	自俄罗斯的伊扎比热内, 经黑海海底至土耳其首都安卡拉, 是世界上最深 (2150m) 的海底管道。	1213 km (俄罗斯 373km, 黑海 396km, 土耳其 444km), 32 亿美元	2002 年	160 亿 m ³
土耳其流 (Turkish Stream)	自俄罗斯阿纳帕, 穿越黑海东北部至西南部海底, 在靠近土耳其基伊科伊的海底分 2 条线, 1 条为土耳其供气, 另 1 条穿越土耳其西北部通向希腊的边境城市易普萨拉为东南欧国家供气。	1170km (海底 910km, 土耳其 260km)	2019 年	315 亿 m ³
中亚—里海经土耳其到欧洲的天然气管道				
南高加索 (SCP)	自阿塞拜疆巴库, 经格鲁吉亚第比利斯, 到达土耳其埃尔祖鲁姆。	970km	2007 年	200 亿 m ³
纳布科 (Nabucco)	经阿塞拜疆、格鲁吉亚、土耳其, 把中亚 (土库曼、哈萨克、阿塞拜疆) 的天然气输往中东欧 (保加利亚、匈牙利、罗马尼亚和奥地利等国家)。	3300km, 109 亿美元	停顿状态	310 亿 m ³



跨安纳托利亚 (TANAP)	将土库曼、阿塞拜疆的天然气输向欧洲，为南方天然气走廊的一部分，被视为连接欧洲和里海地区的“能源丝绸之路”。	1850km, 100 亿美元	2019 年	240 亿 m ³
中东（伊朗、伊拉克、叙利亚）至土耳其天然气管道				
伊朗－土耳其	自伊朗西北部城市大不里士延伸到土耳其安卡拉。	1207km	2002 年	140 亿 m ³
伊朗－土耳其新线	自伊朗的大不里士，到土耳其的埃尔祖鲁姆。	660km, 约 10 亿欧元	2016 年	200 亿 m ³
伊拉克－土耳其			计划中	100 亿 m ³
阿拉伯－土耳其	从埃及通过约旦、叙利亚将天然气输送到土耳其、欧洲。		计划中	
土耳其至欧洲天然气管道				
土耳其－希腊－意大利 (ITGI)	自土耳其的卡拉扎贝，延伸至希腊的科莫迪尼，为欧洲南方天然气走廊的一部分。	1096km, 15 亿欧元	土耳其－希腊已完成	120 亿 m ³
跨亚得里亚海 (TAP)	从土耳其，经希腊、阿尔巴尼亚，跨越亚得里亚海至意大利南部，最终通往西欧。	878km, 45 亿欧元	2020 年	200 亿 m ³
土耳其－保加利亚 (ITB)	把来自阿塞拜疆的天然气，经过土耳其输送至保加利亚。		2016 年	50 亿 m ³

表 4-3 其他主要的石油和天然气管道

管道名称	建设路径	长度和投资	建成时间	年输送能力
北溪天然气管道	(Nord Stream) 自列宁格勒州维堡钢，穿越波罗的海，在德国格赖夫斯瓦尔德登陆，是世界上最长的近海天然气管道。	1224km(均采用双管)，95+99 亿欧元	1 号 2011 年 2 号 2019 年	550 亿 m ³ 550 亿 m ³
尼日利亚天然气管道	(AKK) 贯穿东西的 AKK (Ajaokuta-Kaduna 卡杜纳-Kano 卡诺) 管道，为史以来最长天然气管道工程。	613 km(直径 1016 mm)，28 亿美元	2020 年	
约旦－伊拉克油气管道	自巴士拉 Basra 到亚喀巴 Aqaba。	1680 km (双线)		
塔皮天然气管道	(TAPI) 自土库曼斯坦东部道列塔巴德气田，经阿富汗、巴基斯坦到印巴边境的印度小镇法尔加。	1814 km, 76 亿美元	2019 年	330 亿 m ³
中亚天然气管道	ABC 三线西起土库曼斯坦和乌兹别克斯坦边境，穿越乌兹别克斯坦中部和哈萨克斯坦，经新疆霍尔果斯口岸入境，与西气东输二线相连。D 线始于图乌边境，经乌兹别克、塔吉克、吉尔吉斯，从新疆乌恰入境。	ABC: 1833km D: 1000km	2014 年 2020 年	550 亿 m ³ 300 亿 m ³
中俄天然气东线	从俄罗斯远东经黑龙江黑河入境，终点为上海。	俄罗斯 2680km, 中国 3968km	2019 年	380 亿 m ³
中俄天然气西线	俄罗斯自西西伯利亚，经阿尔泰管道至中国新疆，最终与西气东输五线相连。	6700km(俄罗斯 2700km, 中国 4000km)	规划中	300 亿 m ³
拱心石输油管道	由加拿大阿尔伯塔省的哈迪斯蒂直接通向美国内布拉斯加州斯蒂尔城，东至伊利诺伊州的帕托卡，南达俄克拉荷马州的库辛，再延伸至得克萨斯州的休斯顿，直抵墨西哥湾。	约 4000km		80 万桶 / 日



图 4-3 塔皮 (TAPI) 天然气管道和拱心石输油管

4.2 美国非开挖行业动态

美国非开挖行业动态与国内非开挖行业具有很好的相似性，分析美国非开挖行业现状和发展趋势对我国非开挖行业分析具有重要的参考价值。

4.2.1 水平定向钻进

在美国水平定向钻进是使用最广的一项非开挖技术。目前，无论是每年钻机的新增量，还是市场保有量都远超我国。据统计，到 2021 年底，美国水平定向钻机的市场保有量已超过 55700 台。美国第 24 届水平定向钻进年度调查是在 3 月和 4 月进行的，调查对象是目前拥有和运营 HDD 设备的承包商和公用事业公司，以便对这项永远改变了公用事业和管道建设面貌的技术进行统计描述。

小型钻机和大型钻机的市场有着天壤之别。大型钻机历来严重依赖能源管道建设，这一趋势在 2021 年趋于平缓，而小型钻机市场则由白热化的光纤到户业务驱动。然而，即使光纤项目有现成的资金，市场挑战仍然阻碍了许多承包商的快速扩张。自 2021 年以来，几乎所有的美国企业都受到了阻碍，由于已经为新的光纤安装投资了数十亿美元，5 月 17 日，拜登政府从基础设施投资法案中又发放了 550 亿美元，专门用于农村或服务不足的市场。然而，在经历了两年的流感和市场短缺之后，市场努力满足对建筑和完成工作所需设备的需求就已经很困难了，更不用说获得劳动力了。虽然微型隧道和各种技术通常被用于为家庭和企业安装光纤，但由于安装速度和社会成本，定向钻进通常是首选，特别是在人口密集的地区。此外，供应链问题也限制了其他类型的地下基础设施设备。对于蓬勃发展的光纤业务来说，好消息是物资和设备正在进入市场，预计采购延迟将在今年下半年慢慢缓解。然而，大多数很可能要到 2023 年才能得到更全面的解决。在此之前，小型钻机公司将继续遭受挫折。

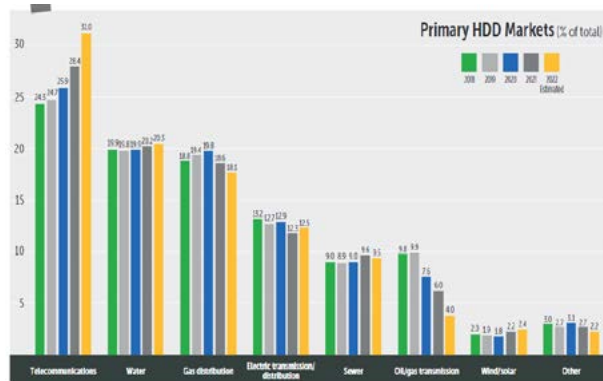


图 4-4 不同管道水平定向钻进应用占比

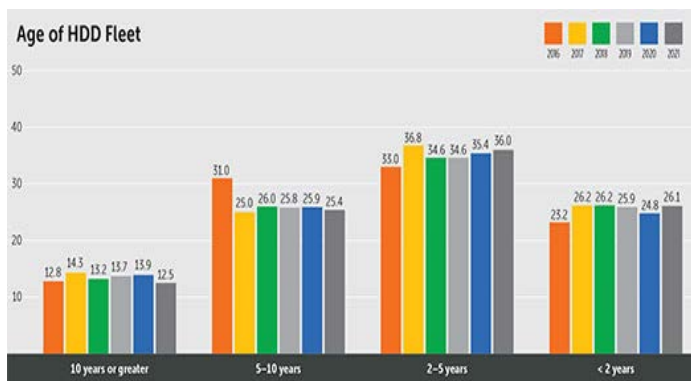


图 4-5 不同机龄的钻机占比情况

除了劳动力之外，大型钻机承包商面临的挑战基本上与小型钻机承包商截然相反。在美国能源市场全面战争中，对大型 HDD 市场来说，相当于是艰难的一年。2021 年 1 月，乔·拜登宣誓就任总统后，大型钻机业主最喜欢的、历史上最可靠的市场——石油和天然气，基本上随着政治的变化而停滞不前了。拜登上任后的第一个举措就是阻止 Keystone XL 输油管道项目。他的政策和任命人员基本上遵循了限制和收缩石油和天然气能源的计划，同时强制支持新能源项目。可以预见的是这一结果导致石油和天然气价格飙升，新油田几乎没有勘探和生产，当然，管道建设工作也很少。其他政治和市场因素也倾向于抑制石油和天然气供应的增长。这些措施包括反碳组织采取的激进法律策略，以及向美国企业施加的支持绿色能源发展的巨大压力。

由于政府对反对建设能源管道的压力，短期内管道项目大幅增加的可能性很小。目前，大型项目很少，大部分都是州内的小项目，只能让现有的管道基础设施承担重任。

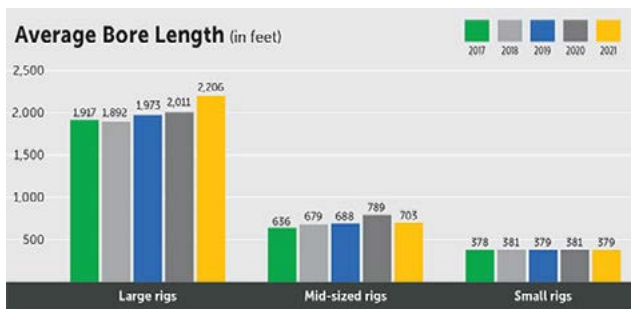


图 4-6 不同类型钻机施工穿越长度

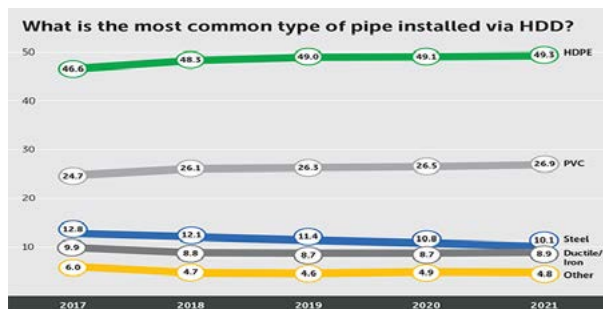


图 4-7 水平定向钻进施工管材占比



图 4-8 承包商对设备商不同品质方面的诉求

对管道行业来说，好消息是政治钟摆开始转向支持该行业。随着燃油价格创历史新高，通货膨胀失控，对当前抑制传统石油和天然气市场的政治的压力将继续积聚。为了进一步增加局势的复杂性和担忧，拜登总统一直在不断地突击检查国家战略石油储备，希望它能缓解高昂的燃料成本，但效果甚微或者说没有效果。其结果是，现在我们的储备也处于较低水平，短期内不太可能得到补充。

《基础设施法案》的另一个方面可能会影响地下公用事业，特别是用水平定向钻进强化电网的 650 亿美元，表面上是为了更好地应对极端天气，减少大规模停电。小型钻机定向钻进已成为配电线路安装的常用工具，近年来，已逐渐转向通过中大型水平定向钻机将传输线置于地下。将这些输电线路埋入地下的技术已经稳步提高，以至于许多公用事业公司面临着越来越大的压力，要摆脱电力传输塔的不美观、持续的维护和低效率，已经开始研究新的建设方案。水平定向钻进已经慢慢得到了青睐，由于散热的泥浆和管道的要求，它仍然比较昂贵。但是，高架电线和地下埋设之间的成本差异不断缩小，这使得水平定向钻进更加实用。虽然加固电网有很多选择，但对于大多数电力公司来说，在资金充足的情况下，简单地将新建和已建成的配电和输电线路转入地下是延长寿命、减少维护和美观的首选。

随着水资源市场持续增长，水平定向钻进的使用也在不断增长，为大中型钻机平台提供了多种项目机会。

然而,大多数大型定向钻进公司习惯于与私营企业(即石油和天然气公司)合作,而不愿意参与公共工程市场。市政水务机构等组织提供了迫切需要的前景。此外,水平定向钻进在供水设备上的应用预计在一段时间内将是一个利润丰厚的市场。

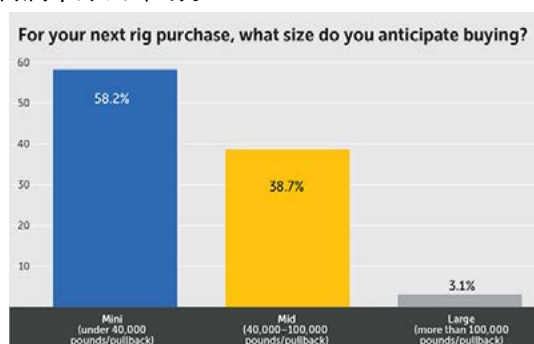


图 4-9 预期采购钻机类型



图 4-10 2007 至 2021 年美国钻机生产台数

该调查还询问了承包商他们希望从制造商和供应商合作伙伴那里获得的哪些重要的品质。通常情况下,服务和质量是目前为止最强烈的回答。虽然这两类仍然是最受欢迎的(分别为 34.1% 和 30.4%),但“可用性”今年大幅上升,达到 22.1%。由于现在获得设备和物资的过程比较缓慢,承包商认为这是一个首要因素。即使水平定向钻机和设备的发展放缓,电信(主要为光纤)仍然是最大的细分市场,占 31.0%。由于各种管道类型的适应性,水务的市场份额为 20.3%,继续乐意采纳水平定向钻进。天然气分销市场份额下降至 18.1%。毫无疑问,主要的能源管道工程已经下降到大约 4% 的市场份额。钻井液泥浆处理仍然是许多承包商面临的主要问题,在调查意见中也被频繁提及。

随着光纤市场在过去几年的扩张,2021 年承包商水平定向钻机的平均车龄下降也就不足为奇了。10 年及以上的钻机约占现役钻机的 12.5%。使用两到五年的钻机是最大的细分市场,占 36%,而 26.1% 的小型钻机使用不到两年。水平定向钻进安装最常见的管材仍然是 HDPE,占 49.3% 的市场份额,而 PVC 紧随其后,占 26.9%。HDD 钻具和钻杆行业的原始设备制造商(OEMS)在许多承包商中发挥着至关重要的作用。约 43.6% 的井下工具和 48.8% 的钻杆都是从 OEMS 购买的。

4.2.2 市政管网非开挖动态

地下设施有限公司每年进行市政污水和供水基础设施预测和分析调查已经有 25 年了。在过去 25 年里,联邦政府的资金从未像现在这样自由流动,数额也从未如此之大。与近年来相比,大量资金涌入使市政当局对 2022 年的支出更有信心。大多数受访者(68%)表示渴望从突然充裕的联邦资金蛋糕中分一杯羹。事实上,该研究显示,预计 2022 年市政和相关组织在污水和供水方面的总资金将增加 16.4%,新建、更换和修复基础设施的支出达到 228.3 亿美元,这一资金水平预计将持续到 2026 年。

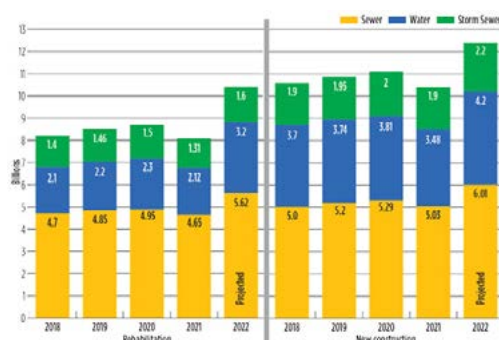


图 4-11 建设和修复投资情况

在 COVID 大流行的持续背景下，公共利益胜过了争斗。2021 年底，美国国会通过了备受期待和迫切需要的《基础设施投资与就业法案》（IIJA）。虽然许多基础设施市场分走了大量资金，但从 2022 财年开始，污水和供水行业将在五年内获得 440 亿美元。且已经为美国的许多地区预留了数十亿美元。这些资金计划在承担超出清洁水和饮用水资源基金（SRF）之外的部分，每年收到拨款委员会 10 至 20 亿美元的资助。

资金分散在几个新项目上，也包括为两个 SRF 在五年内提高的 117 亿美元：2022 财年为 19.02 亿美元，2023 财年为 22.02 亿美元，2024 财年为 24.03 亿美元，2025 财年为 26.03 亿美元，2026 财年为 25.90 亿美元。前两年（22 财年和 23 财年）的州匹配率降低到 10%，但在 2024–2026 财年恢复到 20%。另一个主要让步是，各州必须以赠款或 100% 本金免除的形式支出至少 49% 的资金——这比通常不需要偿还的比例高得多。

此外，该法案在五年内另外拨款了 100 亿美元，用于处理新出现的污染物，如全氟烷基和聚氟烷基物质（PFAS），这是一种在许多消费品中发现的人造化学物质，环境保护局（EPA）表示，这会对人类健康和环境产生负面影响。这笔拨款为三个部分：（1）40 亿美元用于解决饮用水中新出现的污染物，重点是 PFAS。从 2022 财年到 2026 财年，它将以每年 8 亿美元的比例平均拨款。这些资金将通过 DWSRF 提供给各州，不需要州匹配。所有这些资金都必须由各州作为赠款或本金减免贷款的形式发放。（2）50 亿美元用于帮助小型和弱势社区解决新出现的饮用水污染物问题。从 2022 财年到 2026 财年，这笔资金将以每年 10 亿美元的比例平均拨款，并提供给各州，用于解决根据《安全饮用水法》第 1459A 条有资格获得援助社区的新型污染物的项目。（3）10 亿美元用于帮助废水系统处理新型污染物。首笔 1 亿美元将在 22 财年拨款，2023–2026 财年每年将拨款 2.25 亿美元。资金将通过 SRF 进行分配，不受州匹配要求的约束。

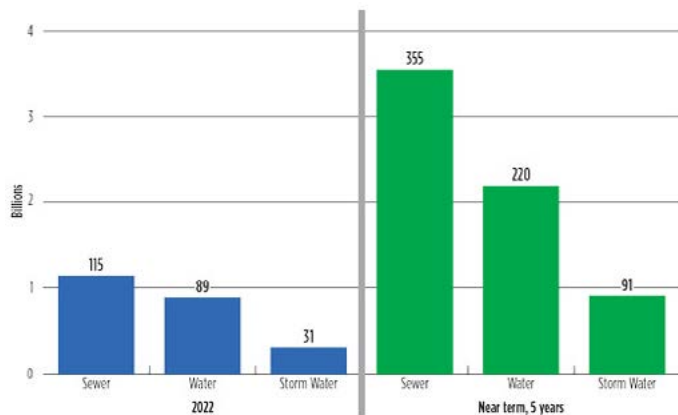


图 4-12 理想状态近期需求需要的投资

最后，IIJA 使用 150 亿美元，用于更换环保局修订后的铅和铜规则涵盖的所有服务管线。这意味着管道将从铅管向镀锌管过渡。自五年前密歇根州弗林特铅中毒事件以来，国会一直承受着极大的公众压力，投资更换铅管一直是重中之重。虽然这 150 亿美元的拨款将是朝着这一目标迈出的重要一步，但它仍然远远低于美国水务协会估计的完全更换美国所有铅管所需的 600 亿美元。

具有讽刺意味的是，即使有新的联邦资金，也不足以填补扩大、更换或修复污水和供水系统所需的支出与实际支出之间的缺口。这根本不够。在过去的 50 年里，城市没有维护好他们的污水 / 供水系统。不幸的是，许多市政官员并不理解日益扩大的支出差距，而只是将新的联邦资金视为一个借口，以避免采取强有力的缓解措施，而不是着手准备全面和完整的系统升级。许多市政官员并不理解日益扩大的支出差距，他们只是把新的联邦资金视为避免采取强有力的缓解措施来攻击全面和完整的系统升级的借口。因此，美国各规模城市在增加短期资金和未来几十年的实际需要之间存在着矛盾。

此外,资金不会在所有城市普遍分配。尽管政客们击掌欢笑,但还是没有足够的资金来帮助每个人。此外,小城市很难在大组织中获得认可。从好的方面来看,大多数城市将能够实现许多目标,以恢复垂死和腐朽的系统。多年来被推迟或忽视的工作现在可以继续。这些延误可以归因于许多因素,但其中最主要的是政治领导不力——不仅是联邦层面,还有州和地方层面。很容易将有限的税收资金投资于“受欢迎”的项目,而不是投入也看不到效果的地下基础设施;很容易把用户的费用保持在低水平并保持高社区信誉;把今天急需的事情拖到明天;把资金问题归咎于其他政府机构。

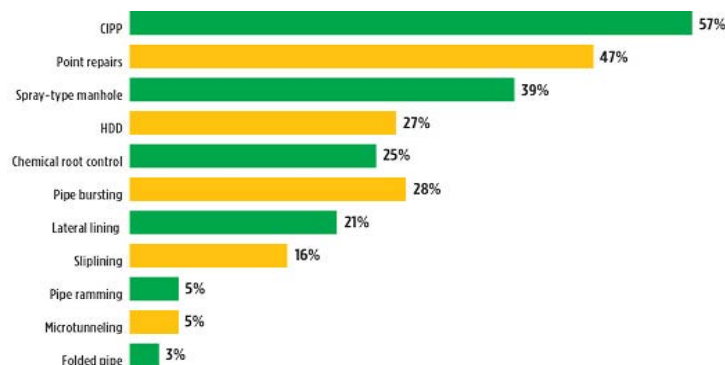
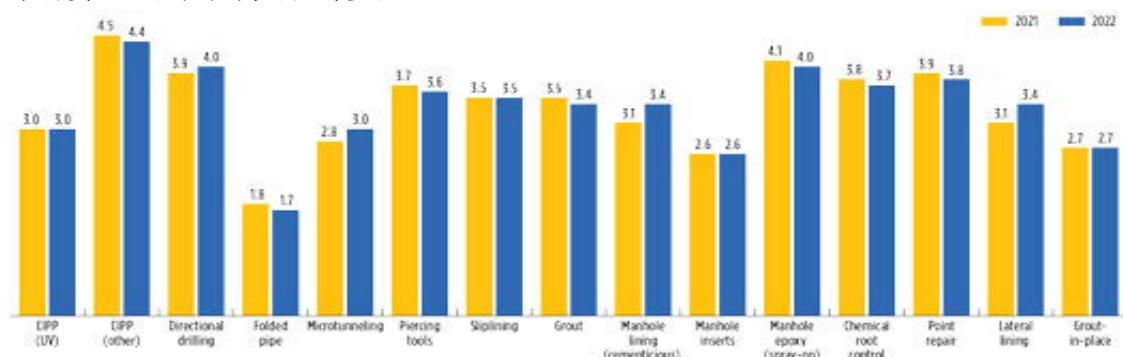


图 4-13 非开挖技术使用占比

美国大部分地区的污水管道和供水系统老化、失灵,严重违反了美国环保局关于美国公民公共安全的规定。自 20 世纪 80 年代末以来,环境保护局通过提起诉讼并最终协商“同意法令”去迫使许多城市遵守规定,这通常意味着一个城市同意在有限的几年内投资一定数量的美元来升级、更换和修复系统以达到现代标准。从本质上讲,同意法令迫使城市在财务上尽一切努力对他们的污水和供水系统进行再投资。而且城市管理者和公共工程主管也不是没有意识到他们经常不合格的系统。美国司法部的一名律师是被指派为 EPA 起诉违规城市的团队中的一员,他曾向地下建筑有限公司透露,在所有法律文件中,99% 的城市可能会雇用他们的法律团队来谈判更有利的条款或争取时间,但这些城市很少声称他们被错误地起诉。

这项调查再次显示,要使系统完全达到标准,还需要多少额外的资金。相比之下即使有新的基础设施法案的金额,美国城市仍然处于赤字状态。许多人将在 2022 年至 2026 年获得宝贵的救济,但只有少数人有足够的钱来解决他们的污水和供水系统层出不穷的问题。到 2027 年后,资金资助将到期。例如,市政工作人员自己预测他们对污水、供水和雨水的近期资金需求为 2350 亿美元,长期为 6650 亿美元。这与政府未来五年 440 亿美元的新拨款相差甚远。但这是一个重要的开始,只要意识到城市需要继续积极的资助计划。随着进入 2022 年,业主、咨询工程师、承包商和供应商的污水和供水部门有合理的理由抱有希望,因为现在可用的市场资金比以往任何时候都多。



5=非常有益, 4=有益, 3=略有益处, 2=低收益, 1=无益处

图 4-14 市政人员看待非开挖技术态度

随着联邦资金的大幅增加，美国城市估计用于新建设和替换更新的开支将达到 42 亿美元；22 亿元雨水；以及 60.1 亿美元用于污水。在修复方面，预计供水为 32 亿美元，雨水为 16 亿美元，污水为 56.2 亿美元，或者增幅 16.6%。总体而言，预计 2022 年市政当局的地下基础设施支出为 228.3 亿美元，比 2021 年增长 16.4%。

在过去两年中，与新冠疫情相关的经济放缓、政治动荡和其他经济中断并不令人意外，美国城市一直不愿增加管理费，尽管他们的污水和供水系统迫切需要投资。调查受访者平均报告了每隔 3 年进行一次加息，相比 2021 年的 2.8 年的调查结果有所增加。市政当局根据对其业务的影响程度对几大类进行了评级。资金仍然是头号问题，82% 的受访者提到了这个问题。70% 的受访者引用了法规 / 环境保护局；55% 的受访者提到雇用合格的员工；36% 的受访者提到安全问题；36% 的受访者提到社区关系。大约 47% 的受访者评论说，在可行的情况下，他们更喜欢使用非开挖方法，与 2021 年大致相同，而 36% 的人表示这无关紧要，17% 的人仍然更喜欢明挖方法。

调查还要求市政人员对承包商进行评分。总体评级内容分为四个类别：工作质量、项目完成时间、公平定价和可靠性，基于 1（最差）到 5（最佳）的等级。此数字提供了一个认可程度。承包商的综合得分连续第三年攀升至 3.95，略高于咨询工程师。该调查还要求市政人员以 1 到 5 的等级对咨询工程部门进行评分。2021 年的咨询工程师得分保持不变，为 3.8。当被问及考虑工程公司时最重要的价值时，质量再次成为 82% 的市政经理认为最重要的因素。其他方面包括 77% 的受访者提到“对新技术的理解”，72% 的受访者提到“成本”，以及 35% 的受访者提到了“与承包商的生产关系”。

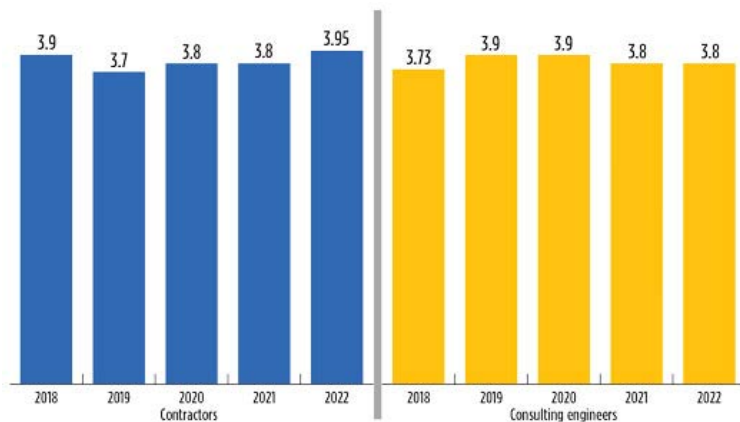


图 4-15 承包商与咨询部门的绩效评级

4.3 其他国家非开挖行业动态

4.3.1 欧洲非开挖动态

欧洲发达国家整体管道铺设施工量不大，非开挖技术应用主要体现在管道更新更换与修复上。由于欧洲的许多城市历史悠久，地下管道老化情况十分普遍，许多污水管道和自来水管大都具有一百多年的历史。因此，欧洲有很多从事管道检测、评价和管道更新技术研发的中小企业，同时研发了很多特定条件下使用的管道检测和修机器人。特别是德国，在管道更新技术研发上占据主导地位。

由于欧洲发达国家地域较小，城市历史悠久，地下管道发达。因此，许多非开挖管道更换和修复技术都是首先在欧洲开始使用，其中以原位固化法（CIPP）的使用最为广泛。据统计，自 1971 年开始使用以来，在欧洲 CIPP 法已经修复了 5 万 km 的老旧管道，包括建于十九世纪的铸铁煤气管道。

在欧洲发达国家,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;而在管道修复中,非开挖施工所占比例高达 50% 以上。在德国,柏林被认为是非开挖技术的“首都”,于 1982 年在管道铺设和修复中开始采用顶管施工技术和各类管道更换与修复技术。目前,无论是非开挖技术在管道施工中所占的比例,还是非开挖工程量,柏林都居首位。2017 年,德国 CIPP 总量约为 1500km,其中 UV CIPP 为 947 km,占 63%;其他国家的 UV CIPP 为 1579 km(美国约占修复工程量 50%,欧洲除德国外占 40%)。

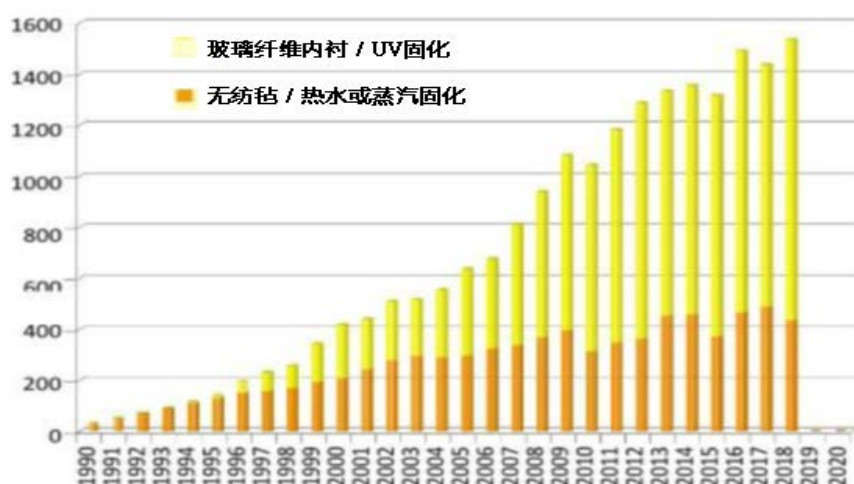


图 4-16 德国非开挖修复年度工程量

1994 年,德国 Dietrich Stein 教授在波鸿大学创立了 IKT,为中立、独立的非盈利机构,2013 年又在荷兰阿纳姆设有试验基地。IKT 采用会员,包括约 150 个城市和 60 家公司,现主任 Roland W. Waniek 博士。IKT 主要开展项目研究、对比试验(3 个中心)、材料测试(每年发布内衬检测报告)、技术咨询和教育培训等工作。

4.3.2 日本非开挖动态

日本受国土面积较小、路/街面比较窄小的条件限制,水平定向钻进技术的应用很少,管道铺设主要采用顶管施工技术,旧管道更新也多采用非开挖更换和修复技术。

20 世纪 60 ~ 70 年代,在政府的支持下,制造商、承包商和研究机构通力合作,开发了小口径顶管施工技术(微型隧道法),并向全国推广。至今,日本仍在小口径顶管方面居世界领先地位。生产小口径顶管机的厂家最多时达 30 多家(仅小松公司就曾制造了 5000 多台),各类顶管工法百余种,高峰时的年施工量达 1500km(1995 年)。

1989 年,东亚灌浆和 Iseki 通过投资瑞典的 InPipe 公司,将原位固化法引入日本市场。目前,使用最多的管道修复技术是 CIPP 和螺旋缠绕法,其中仅 UV CIPP 的年施工量在 1000km 左右(主要为 Seamless Liner 和 Alphasliner)。

(1) 顶管

日本是顶管技术(尤其是小口径顶管或微型顶管)的发源地。于 1948 年开始使用顶管施工法,主要是顶进铸铁管和钢套管,直到 20 世纪 50 年代才首次顶进混凝土管。20 世纪 60 年代和 70 年代,日本建设部决定改善和增加地下污水排放系统。但由于交通拥挤、道路狭窄,使用开挖的方法来施工污水管道极为困难,成本也极为昂贵。因而在日本政府的支持下,公用部门、制造商、承包商和大学协力在大口径顶管施工技

术的基础上开发了许多新的施工方法，统称为小口径顶管施工法或微型隧道法施工法（Microtunnelling）。1972 年，小松制作所研制出首台小口径顶管机。三和公司也于 1977 年研制成功螺旋式小口径顶管机，并在 1984 年以前一直处于领先地位。伊势机（ISEKI）公司于 1979 年研制出第一台泥水加压式小口径顶管机，随后又相继推出适合在各种地层中（包括含地下水的地层和含卵砾石的地层），进行管线施工的一系列新型顶管掘进机。

目前，日本在小口径顶管施工方面仍占据主导地位。据不完全统计，日本生产小口径顶管机的厂家有 30 多个（目前主要是 RASA 和小松两家公司），承包商多达 4000 家，市场上使用的小口径顶管机大约有 6000 台左右，每年的顶管工程施工量在 500km 以上。

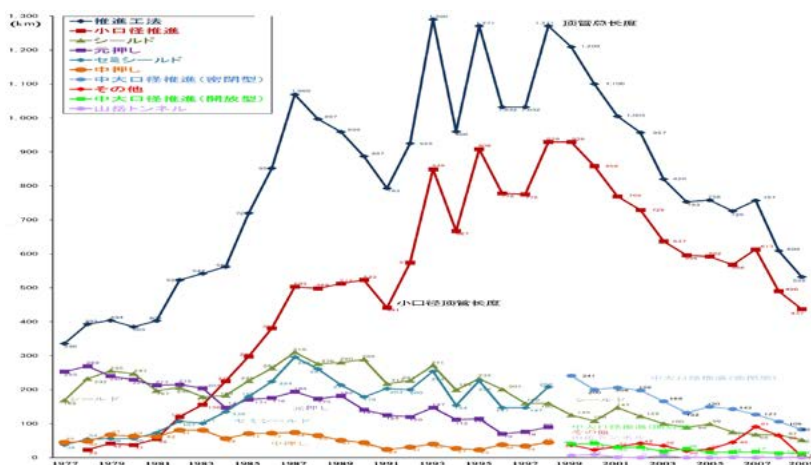


图 4-17 日本历年顶管施工量

(2) 管道更新

20 世纪 50 年代，日本正处于经济高速发展的初期，为了解决日益恶化的环境污染问题，1970 年日本召开了有名的“公害国会”，在这次国会上政府大幅度修改了《下水道法》，明确规定了下水道建设的目的，并决定每年投入大量的国家预算用于污水收集管道和污水处理厂的建设，以彻底改善人民的生活环境。到 2001 年，日本全国的污水处理普及率为 63.5%，中央直辖的 13 个政令指定都市的普及率则达到 98.3%。全国的下水管道总长度为 344864km，其中管径 600mm 以下的小口径管道占 85%。与此同时，在以东京为首的大城市中，使用年数已超过 50 年的陈旧排水管道已达到了 7000 多 km。由于地下管道陈旧破损的原因，道路坍塌事故时有发生，给交通安全和市民生活带来危害。为此，日本在对旧管道进行定期管内检测调查的同时，还对已损坏的管道进行有计划的修复，仅 1983 年到 2000 年的 18 年中采用非开挖修复技术修复的排水管道长度已达到 1404km。

目前，日本使用最多的非开挖修复技术主要是原位固化法（包括翻转法和牵引法，1986 年开始使用）、螺旋缠绕法（1990 年开始使用）和短管内衬法。

具有代表性的翻转法施工技术（工法）有：SD Liner 工法、Japan Insituform 工法、In Pipe 工法、Grow 工法、ICP Breathe 工法和 Hors Lining 工法等 6 种，这些工法在材料强度，施工技术等方面各有特色。由于翻转的动力是空气和水，只要材料加工上没有问题，一次施工的距离可以非常长。在日本北海道的工地上，曾有过对 600mm 管径的污水管道一次性修复施工长度达 500m 的记录。具有代表性的牵引法施工技术（工法）有：EX 工法、FFT- 工法、All Liner 工法、Omega Liner 工法、Seamless System 工法、Parutemu Sz 工法、Parutemu HL-E 等 7 种，在中小口径（直径 250 ~ 800mm）管道的修复上得到广泛

的应用。具有代表性的螺旋缠绕技术（工法）有：SPR 工法、ICP Breathe 复合管工法、Japan Danby 工法和 Parutemu Frauling 工法等 4 种工法。短管内衬法曾作为临时的应急施工技术，在小范围内有过使用，目前使用的范围非常小，并已逐渐被其他技术所替代。

根据日本下水道管网管理业协会的统计，自 1983 年以来，采用非开挖修复技术对地下管道的修复长度已超过 5000km。各种施工技术的施工比例大致为：翻转法内衬技术为占 62%，牵引法内衬技术占 23%，螺旋缠绕内衬技术占 15%。翻转法和牵引法两者合计占了总施工量的 85%，由此可见在日本 CIPP 技术已十分成熟，应用面非常广泛。

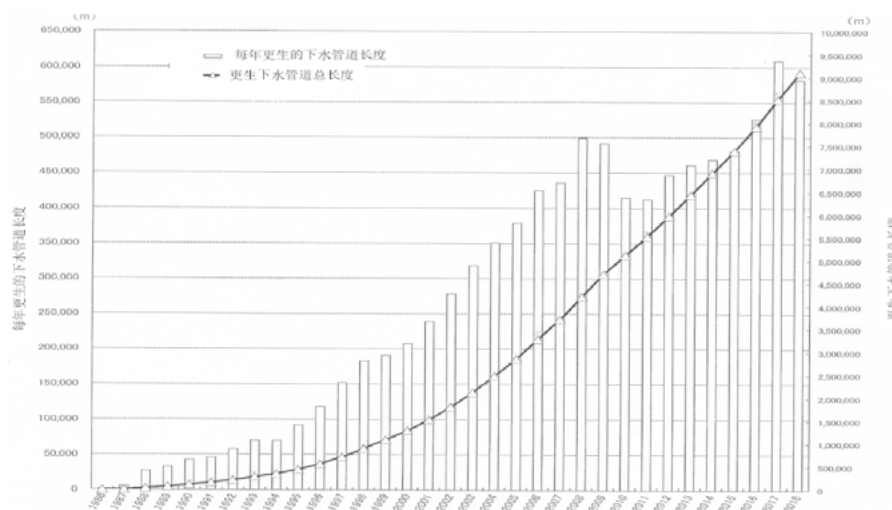


图 4-18 日本历年管道更新工程量

值得一提的是，为了把握每种非开挖修复技术的特点，并使研发的新技术得到广泛的应用，在日本对这些技术由专门的机构，在规定的评审项目下进行审查。下水道新技术推进机构的半官方组织在从事有关下水道、污水处理和环境保护等技术研究，同时对企业开发的与下水道相关联的新技术进行鉴定、评价工作。接受技术开发者的申请后，按事先制定的标准，对其材料性能和施工工艺进行多方面的实验和论证，经最终评审后认定为合格者，授予技术合格证书。

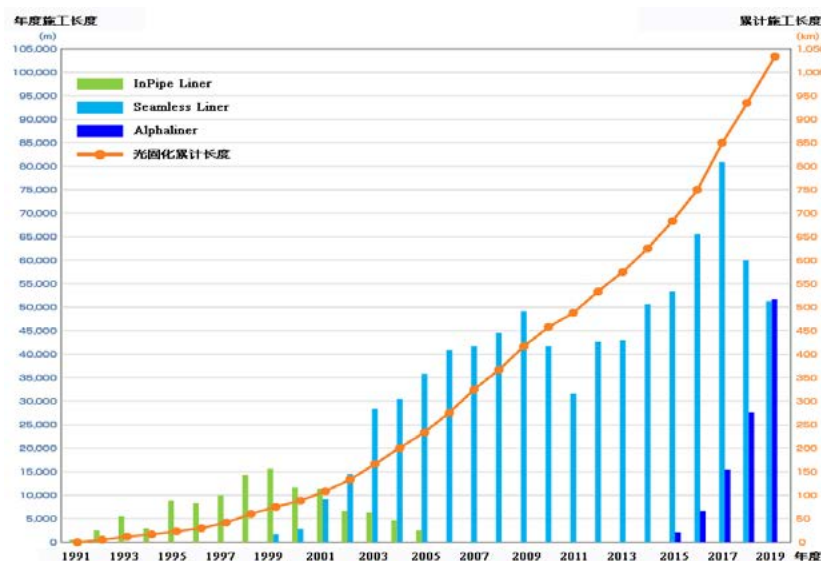


图 4-19 日本历年 UV-CIPP 工程量



4.3.3 南非非开挖动态

南非全国范围内因为市政水管泄露和渗入产生 37% 的水资源浪费, 40% 的供水管和污水管道需要更换。这些事情将在 2030 年国家发展计划中加以解决, 据估计需要大概 626 亿美元维修我们的管道和水利设施。正是由于这样, 非开挖管道修复市场潜力巨大。这个国家长期处于干旱之中, 毫无疑问这个自然因素将释放巨大的非开挖市场与需求。

目前, 南非的国内生产总值很低, 缺乏对基础设施的投入, 这对建筑业以及非开挖技术产业的发展产生了不利影响。南非非开挖行业面临的挑战还有以创造就业为中心的采购倾斜政策, 该政策鼓励许多城市使用明挖法更换管道来创造更多的就业机会。南非非开挖技术协会 (SASTT) 认为非开挖技术将会减少就业岗位简直就是一种错误的观念, 现在面临的挑战是要证明非开挖技术不仅能削减成本, 而且将提供与明挖法相同数量的就业机会。

SASTT 目前正在制定自己的任务和组织模式, 目的是获得其成员的授权, 以便扩大非开挖市场。寻找机会销售设备, 提供技术转让, 并从国际和当地的角度出发进行培训和特许经营。希望看到现有的会员能从前述的项目中获益, 这些项目难度更大, 规模更大, 需要经验丰富并在建造业发展局 (CIDB) 获得更高资质的非开挖承包商。

五、非开挖行业展望

习近平总书记要求“十四五”期间，必须把管道建设和改造作为重要的一项基础设施工程来抓，并要求适度超前开展基础设施投资，明确点出任务清单包括加快城市管道老化更新改造等。2022年4月26日习近平总书记主持召开中央财经委员会第十一次会议，研究全面加强基础设施建设问题，习近平总书记强调基础设施是经济社会发展的重要支撑，要统筹发展和安全，优化基础设施布局、结构、功能和发展模式，构建现代化基础设施体系，为全面建设社会主义现代化国家打下坚实基础。

2022年3月5日国务院总理李克强在政府工作报告中指出，要围绕国家重大战略部署和“十四五”规划，适度超前开展基础设施投资。建设重点水利工程、综合立体交通网、重要能源基地和设施，加强城市燃气管道等管网更新改造，完善防洪排涝设施，继续推进地下综合管廊建设。

2018年《长江保护修复攻坚战行动计划》引发实施，经过3年攻坚，长江生态环境发生转折性变化，阶段性目标任务圆满完成，2020年底长江流域水质优良断面比例为96.7%，长江干流首次全线达到Ⅱ类水质。2022年生态环保部等17个部门近日联合印发《深入打好长江保护修复攻坚战行动方案》，要求2025年年底，长江流域总体水质保持优良，干流水质保持Ⅱ类，饮用水安全保障水平持续提升，重要河湖生态用水得到有效保障，水生态质量明显提升。统筹好上下游、左右岸、干支流、城市和农村，系统推进城市黑臭水体治理，建立防止返黑返臭的长效机制。

2019年住房和城乡建设部等三部委联合发布的《城镇污水处理提质增效三年行动方案（2019—2021）》中重点强调了“加快补齐城镇污水收集和处理设施短板，尽快实现污水管网全覆盖、全收集、全处理”。2021年1月住房和城乡建设部发布了《关于加强城市地下市政基础设施建设的指导意见》。2021年国务院办公厅印发了《城市燃气管道等老化更新改造实施方案（2022—2025年）》、《“十四五”水安全保障规划》、《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》、《“十四五”黄河流域城镇污水垃圾处理实施方案》。

2022年9月28日，西气东输四线天然气管道工程正式开工，建成后将与西气东输二线、三线联合运行，有力提升我国天然气能源供应保障能力。西气东输四线工程推广应用管道建设科技创新成果。首次大规模采用18m长加长管，减少焊口数量33.3%；全线采用数字射线检测技术（DR），实现检测自动化、数字化；推广大口径管道双连管施工法，提高施工效率；严格执行环境保护设施与主体工程同设计、施工，减少资源浪费和生态破坏。

机构预测称，“十四五”期间，管道投资规模或超1.4万亿元，其中城市管网改造更新有望带动水、电、燃、热等市政管道需求的释放，拉动供水管网改造市场191亿元，燃气管道改造市场606亿元。

表 5-1 “十四五”有关地下管网重要政策一览表

时间	政策名称	内容
2021年1月11日	《“十四五”水安全保障规划》	加快实施供水管网改造，加快城镇供水管网及污水再生利用设施改造建设，推进城镇供水管网分区计量管理。完善污水收集管网及处理设施，着力提高新建城区、建制城镇以及黑臭水体沿岸的污水收集处理能力。具备条件的地区，推动城镇管网向农村地区延伸，逐步实现城乡供水一体化。



2021 年 3 月 13 日	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	推进城镇污水管网全覆盖，开展污水处理差异化精准提标，推广污泥集中焚烧无害化处理，城市污泥无害化处置率达到 90%，地级及以上缺水城市污水资源化利用率超过 25%。
2021 年 6 月 6 日	《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》	全国城市生活污水集中收集率力争达到 70% 以上；城市和县城污水处理能力基本满足经济社会发展需要，县城污水处理率达到 95% 以上。新增和改造污水收集管网 8 万公里。加快建设城中村、老旧城区、建制镇、城乡结合部和易地扶贫搬迁安置区生活污水收集管网。新建居住社区应同步规划、建设污水收集管网。开展老旧破损和易造成积水内涝问题的污水管网、雨污合流制管网诊断修复更新。推广球墨铸铁管、承插橡胶圈接口钢筋混凝土管等管材。
2021 年 8 月 24 日	《“十四五”黄河流域城镇污水垃圾处理实施方案》	“十四五”期间，黄河流域新增和改造污水收集管网约 1.4 万公里。
2021 年 10 月 28 日	《“十四五”节水型社会建设规划》	实施城镇供水管网漏损治理工程。老城区结合更新改造，补齐供水管网短板，新城区高起点规划、高标准建设供水管网。按需选择分区计量实施路线，建设分区计量工程，逐步实现供水管网的网格化、精细化管理，积极推进管网改造、供水管网压力调控工程。公共供水管网漏损率达到一级评定标准的城市要进一步降低漏损率，未达到一级评定标准的城市要将公共供水管网漏损率控制到一级评定标准以内。

欧美日等西方发达国家继续引领非开挖行业技术发展，非开挖行业发展相对稳定；发展中国家，特别是东南亚国家和金砖国家非开挖呈现快速发展趋势，技术上总体跟跑西方发达国家。我国社会经济进入新时代新阶段，非开挖技术日趋成熟完善，非开挖施工成本逐年降低，非开挖技术优势逐渐被人们认同，政府政策方面也给予大力支持，非开挖产业日益成长、应用程度逐年提高。中国非开挖技术日益成熟，行业发展迅猛，设备和施工出口也逐年增长，中国非开挖技术行业前景广阔无限。特别是 2023—2024 年会获得较大的成长，因为受 2020—2022 年疫情的影响，抑制了非开挖的市场需求。

5.1 非开挖发展趋势

5.1.1 国内非开挖发展趋势

我国非开挖行业经过 30 余年的迅猛发展，取得巨大的进步和成绩，非开挖装备与技术水平与国外相比总体相当。顶管与盾构技术相对日本和德国还存在一定的差距；管道修复材料方面研发能力相对较弱；某些仪器还存在技术瓶颈，装备总体质量待进一步提高。总体来说，我国水平定向钻进领域领跑全球，相关装备水平和施工工艺处于前端；顶管技术、管道更新和相关仪器有待新一步提高。行业发展还存在以下几个方面的不足。

表 5-2 我国非开挖技术水平总体评价表

领域	领 跑	并 跑	跟 跑
水平定向钻进	工艺	装备	—
顶管		装备、工艺	
盾构	工艺	装备	—
管道更新	—	装备、工艺	材料
辅助技术	—	装备	—

(1) 创新能力待提高，产品质量待提升。产品的性能大同小异、主要依靠价格竞争，研发能力不强、关键核心技术较少，产品质量中低端、高端产品不足；

(2) 应用占比不高，东西部发展不平衡。美国在新管铺设中非开挖技术占 10% 左右，而在旧管道修复中高达 45%（排水管）和 18%（供水管）左右；我国还远未达到美国等西方发达国家水平，东部省市（尤其是华东、华北、华南地区）的非开挖应用占比较高，而西部省市非开挖应用占比较低；

(3) 市场集中度不高。我国非开挖技术装备与技术尚处于发展期，生产厂家众多、市场竞争激烈，市场集中度不高、同质化恶性竞争；非开挖行业出口主要集中在独联体（俄罗斯为主）、东南亚（马来西亚和新加坡）和南亚（主要是印度），出口南美洲、非洲、以及北美洲和欧洲经济发达国家的数量很少。

我国非开挖装备制造的优势在于性价比高。以顶管机制造为例，中国顶管机采用 PLC 控制，价格低廉，性价比高，纠偏系统有待完善，德国（海瑞克 AVN）顶管机采用领先的工控机自动控制和激光导向与纠偏系统，配置完备，价格很高，施工和维护要求高；日本（伊势机 TCC）偏心破碎和纠偏系统独特，适用地层广，维修方便、价格偏高。

表 5-3 德国、日本和中国顶管机对比一览表

国别	德国	日本	中国
刀盘结构	扭矩中等，切削和破碎能力强。	扭矩大，切削和破碎能力强。	扭矩较小，切削和破碎能力有限。
二次破碎	锥形漏斗滚轧破碎，破碎后颗粒较大（最大粒径约 70mm）。	偏心破碎（频率 25 次 / 转），效果好，破碎后颗粒较小。	轴固定偏心破碎（频率 1 次 / 转）。
纠偏系统	数码相机：电子激光系统和模糊控制技术，手动和自动两种方式，效果好。	进口光学相机：RSG 反射诱导纠偏系统，依靠模拟信号控制，简单实用，可靠性高。	国产光学相机：无纠偏反馈系统，具有滞后性，偏差大。
控制系统	采用工控机自动控制，实现了信号的集成化和可视化（数字或图形）。	采用传统的继电器控制，利用电缆传送控制信号，但施工不方便。	采用 PLC 微电脑控制，控制准确、稳定，施工方便。
拖动系统	采用液压马达驱动刀盘，运行稳定，但施工不方便；电机采用变频调速，可实现无级调速。	采用电机驱动刀盘，电机采用电磁调速或其他方法（如增加旁路），运行可靠，但效率低。	采用电机驱动刀盘，效率较低。
电气系统	集中在一个配电柜内，配又保护装置，电机配变频器，照明配温度自动调节装置。	集中在一个配电柜内，但集成度稍差，有些未配变频器、保护装置和温度自动调节装置。	同日本产品
综 合	领先的工控机自动控制和激光导向与纠偏系统，配置丰富，价格最贵，施工和维护要求高。	偏心破碎和纠偏系统独特，适用地层广，维修方便、价格偏高。	采用 PLC 控制，价格低廉，性价比高，纠偏系统有待完善。

5.1.2 国外非开挖发展趋势

美国是西方发达国家的代表，科技先进、国土辽阔，非开挖技术先进、应用较为普及和均衡，水平定向钻进、顶管、盾构、管道更新和管线探测与检测等技术先进、应用程度高，市场容量大、技术前沿，技术成熟、市场稳定，我国非开挖发展模式与美国相类似。欧洲与日本等国家城市发展程度高、地域较为狭小，总体水平定向钻进市场容量较小，欧洲管线探测、管道检测、管道更新技术走在世界前沿，管道修复非开挖应用程度高；日本管道探测与检查、顶管和管道修复技术先进，非开挖应用程度高，特别是顶管应用广泛。我国非开挖产品和技术进入欧美等西方发达国家市场尚待时日。



金砖国家俄罗斯与印度等发展中国家，特别东南亚地区，非开挖技术紧跟西方发达国家，不断引进先进非开挖技术，金砖国家和东南亚等国的国民经济和城市建设快速发展促进了非开挖技术的推广应用，推动了世界的非开挖技术应用普及，总体上这些国家的非开挖行业发展是粗放式，与西方发达国家还有很大的差距，同时为我国非开挖产品和技术走出中国提供了巨大的市场。

5.2 管线铺设行业展望

随着党中央、国务院对我国基础设施建设的重视，并强化了环境保护，以及经济社会进入新时代新阶段，为非开挖行业提供了广阔的市场前景，非开挖技术和推广应用进入了发展新阶段。非开挖行业发展要践行发展新理念，构建高水平发展新格局，实现非开挖行业高质量发展。我国非开挖推广应用与西方发达国家相比存在一定的差距，预测“十四五”期间我国非开挖行业市场前景很好。市场主要表现出以下几个特点：非开挖管道铺设稳步行业顶峰，但市场容量扩大余地有限，管道铺设中高难度、高技术水平施工仍较大的市场。管道更新刚刚处于逐步壮大期，市场应用有很大的发展余地，特别是 UV CIPP 法，管道更新中技术层次较低、工艺简单工法市场前景有限，逐步被高水平工法替代的趋势；主要辅助技术仪器我国目前主要依赖进口，国内自主研发有良好的市场前景。

5.2.1 水平定向钻进

水平定向钻进设备、仪器和施工技术成熟，应用普及程度高。国内水平定向钻进技术水平和国外相差不多，水平定向钻机制造商有 10 余家，钻机生产集中度越来越高，头部企业仅 2 家。中国已成为 HDD 钻机生产大国，HDD 钻机生产已供过于求，国内市场竞争激烈，钻机大量出口俄罗斯、东南亚、中东等地区。

水平定向钻进施工承包商近 400 家，水平定向钻进施工市场处于高度竞争、重新洗牌阶段；具有较强的技术和经济实力的全国性水平定向钻进承包商全国仅有 20 余家，地区性或行业性水平定向钻进承包商面临高度竞争。工程承包商可分两大类：从事中、小型工程施工的没有相关资质工程承包商，主要承包地区性或行业性非开挖工程；主要从事中大型工程施工的有资质工程承包商，主要承包全国范围或国外和多行业非开挖工程。中小型工程施工竞争激烈，施工效益较低；大型水平定向钻进工程效益较高，但是风险也很高。

目前，水平定向钻进市场已趋饱和，设备制造商和工程承包商都面临较大的竞争压力，行业总体可投资性不高，投资回报率相对较低。

5.2.2 顶管

目前，常规机械顶管市场竞争日趋激烈，高端和特殊顶管机还有很大的发展空间；我国每年有一定的机械顶管机出口至俄罗斯、东南亚和中东等地区。专业从事顶管掘进机生产的企业约 10 余家，技术和经济实力较强的约 4 家。从事机械顶管施工企业近 300 家，其中技术水平较高的企业近 30 余家；很多从事顶管施工的企业都有能力从事顶管掘进机生产和维护的能力，目前主要从事顶管掘进机生产的企业有 20 余家。

随着我国顶管机和顶管施工技术日益成熟和普及应用，施工效益和水平逐年提高，顶管机销售市场竞争日趋激烈，顶管工程施工市场竞争逐年激烈。目前，泥水和土压平衡顶管机市场竞争激烈，但是一些特殊顶管机还是供不应求。总体上，顶管机和顶管工程市场可投资性属中等水平，市场门槛不高，投资规模不大，投资回报率尚可。

5.2.3 盾构

国家就盾构机行业管理出台更加细致规范的政策，促进我国盾构机行业走向规范化和体系化发展，为产品竞争力和国际市场份额提升提供基础，使环境效益较差的盾构机产品或传统人工钻爆法施工面临较大的

淘汰压力，为新型环境友好型盾构机产品创造较大的市场需求。国家“十四五”规划以推进产业基础高级化、产业链现代化为重点的工业和信息化工作，以及国家实行“新基建”和“工程建设走出去”的策略，会对盾构机行业市场规模增长产生积极影响。

国内企业已打破垄断，研发技术领先全球。2007年之前国内盾构机主要是海瑞克、小松等德国、日本、美国的外资企业的垄断市场。2013年中铁装备承担的“盾构装备自主设计制造关键技术及产业化”科研项目荣获国家科技进步一等奖，突破了国外隧道掘进机关键技术的壁垒，如今国内厂商不仅实现了自主制造隧道掘进设备，而且在国内市场的占有率高达90%以上，占全球市场份额近70%。世界首台马蹄形盾构、世界最大矩形盾构、全球首台斜井双模式TBM、全球首台永磁电机驱动盾构机等世界领先技术均出自我国。

“十四五”期间城市轨道交通建设对盾构机的需求量将趋于平稳；地下城市管廊有望成为未来盾构机的需求主力，公路、铁路隧道等对盾构的需求持续增加，海外市场空间巨大。就市场需求而言，地铁作为盾构机的主要需求场所，其需求对盾构机的整体需求影响巨大，以2021年的563台盾构机需求量为基数，假设当年盾构机需求为未来第二和第三年新增历程的平均数，2022～2024年轨交地铁建设等稳增长工程带来的盾构机需求分别为608、713以及800台。预计设备单价呈略缓慢下降趋势，按3500万/台均价测算，将带来2022～2024年盾构机市场空间约为213亿、250亿以及280亿元，行业需求未来三年复合增长率约达10%。盾构机行业总体投入大、效益高。

5.2.4 其他铺管技术

夯管、气动矛和螺旋钻进等工法应用面窄、市场很小，装备制造和工程施工多从属于水平定向钻进类企业的附属产品或工程。直推管机国内有公司尝试研发，且产品日趋成熟，国内有少量成功应用直推管施工案例，具有较好的市场前景，但市场总量有限。

5.3 管道更新行业展望

5.3.1 管道替换

管道替换技术国内主要有碎裂管法有应用；由于管道替换应用面有限，碎裂管法应用市场很小；吃管法、抽管法等目前几乎没有应用，后期吃管法应有一定的前景，但市场容量也非常有限。总体管道替换技术投资性不强，市场有但容量有限，中小型企业可以考虑投资。

5.3.2 管道修复

经过10多年的不断引进、消化和创新开发，国内管道更新技术取得很大的进步，插管法、改进插管法、管片法、喷涂法和螺旋缠绕法等方面已基本摆脱纯进口局面，但在修复材料等方面还有很大的差距。

随着技术完善、成本降低，管道更新应用面越来越广、工程量越来越大，市场前景很好。特别是UV CIPP法应用呈现快速增长的态势，国内多家公司已引进或开发软管制作流水线、紫外线（UV）固化设备和树脂材料等。目前主要从事管道更新的施工企业有60余家；从事管道更新材料生产的企业有10余家。随着施工效益和水平逐年提高，国内管道更新施工市场目前处于快速增长阶段，同时进入该领域的生产和施工企业也逐年增加。总体上，管道更新材料生产和工程施工市场可投资性较高，前期投资规模适中，投资回报率较高。

5.4 辅助技术行业展望

地下管线探测、地下管线或空间管理信息系统技术国内外差距逐年缩小，资金比较充足重点地区都已



开始建立了地下管线或空间管理信息系统。地下管线或空间的管理是由政府主导的，但是企业可参与地下管线探测与普查和地下管线或空间管理信息建设工程。地下管线探查与测绘普查属重大基础工程，技术成熟度较高，市场进入门槛较高，前期投入较大，投资回报率适中。而且随着国家推进城市地下空间现状普查，地下管线探测市场仍有较大幅度增长。

管道检测与评价技术方面，国内技术水平和发达国家相比有很大的差距，近几年国内成立了不少管道检测仪器开发的公司。总体上，管道检测与评价方面市场前景看好，具有很好的可投资性，投资回报率较高；但是管道检测技术门槛较高，需要一定的仪器研发技术积累。

参考文献

- [1] 《2021 年中国城市建设状况公报》，住房和城乡建设部，2022 年；
- [2] 《非开挖技术》2021—2022 年全部期刊；
- [3] 《中国工程机械工业年鉴》，2020 年；
- [4] 《关于加强城市地下市政基础设施建设的指导意见》，2020 年；
- [5] 文中全名相关公司宣传材料；
- [6] 美国 24 届水平定向钻进市场调查和 25 届市政工程调查。



扬州广鑫重型设备有限公司(新厂区:江苏广泓重工设备有限公司)是国内知名的顶管装备制造制造商,成立于2000年,位于美丽的江苏省扬州市,占地面积约18万平方米,员工230人。

公司专业设计制造各类矩形顶管机、岩石顶管机、泥水平衡顶管机、土压平衡顶管机、微型顶管机、矩形盾构机以及油缸、液压泵站、顶管中继间等配套设备,拥有自主知识产权和数十项专利,产品销售遍布全国,并远销海外。

公司通过ISO9001质量体系认证,获得“国家高新技术企业”荣誉称号,积极参与制定了顶管机国家及行业标准。我们将以更优良的质量、更先进的技术向广大用户提供更周到的服务。



联系我们

电话: 0514-87856399

网址: www.dingguan.cn

邮箱: gxgs@163.com

品质源于专业 创新引领未来



江苏九鼎工业材料有限公司

企业简介

江苏九鼎工业材料有限公司成立于2022年，系江苏正威新材料股份有限公司全资控股公司，公司专业从事玻璃纤维纱、织物及制品、玻璃钢制品的生产和销售，是国内规模最大、实力最强、技术最先进的纺织型玻纤制品生产企业、全球最大的增强砂轮用玻纤网片供应商。2007年，公司在深圳证券交易所挂牌上市（股票代码：002201）。

目前，公司形成了以玻纤拉丝、玻纤改性、织造技术、表面处理四大技术为核心，300多项专有技术组成的技术体系，整体水平国内领先。公司主要产品包括“鼎”牌砂轮增强材料、建筑增强材料、道路增强材料、装饰装修材料等纺织型玻纤制品及玻璃钢系列产品

其中7个产品被评为国家级重点新产品，9个产品被评为江苏省高新技术产品；先后获得100多个产品（技术）专利，主持或参加起草国家标准、行业标准13项。“鼎”牌玻璃纤维土工格栅获“中国名牌产品”称号，“鼎”牌纺织玻纤制品获“江苏省名牌产品”称号，“鼎”牌商标获“江苏省著名商标”称号

公司系中国玻璃纤维制品深加工基地、中国建材百强企业、全国工业行业（玻璃纤维及制品制造）排头兵企业、国家级重点高新技术企业、国家级和省级火炬计划项目实施单位、全国守合同重信用企业、江苏省质量管理奖企业、南通市质量管理奖企业。公司通过了ISO9001质量管理体系、ISO14001环境管理体系、OHSAS18001职业健康安全管理体系和TS16949汽车行业质量体系认证，并被推荐为中国玻璃纤维工业协会、中国复合材料工业协会副会长单位。

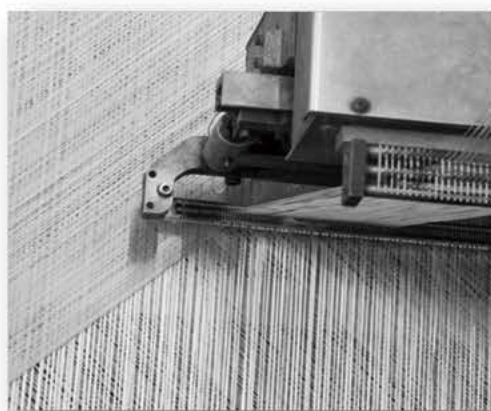


产品特性及应用

- 原材料：采用无氟无硼高强高模无碱玻璃纤维材料；
- 生产设备：采用进口Karl Maye进口经编机，可生产最大幅宽6米

满足不同管径管道修复

- 我司生产的玻纤织物浸透速度快，浸润后无白丝；
- 环向模量高、强度高满足管道受力承载需要；
- 可以适用于地下管道非开挖修复（点修、UV-CIPP软管翻衬整修）



联系方式：赵经理 13861923268

于经理 13921456721

公司地址：江苏省如皋市中山路1号

公司网址：www.cjdg.com





华赣城建集团股份有限公司

华赣城建

HUAGAN CITY CONSTRUCTION GROUP CO.LTD

企业简介 >>

> Company profile

华赣城建集团股份有限公司创立于2003年6月6日，注册资本36666万元，拥有市政工程总承包一级、机电工程总承包一级、城市及道路照明工程一级、智能化工程一级、建筑工程总承包二级、工程设计市政行业乙级、工程设计水污染治理乙级、工程设计生态修复乙级、工程设计废弃物处置乙级、环保工程二级、水污染治理工程二级、生态修复工程二级、废弃物处置工程二级、水利水电工程总承包三级、公路工程总承包三级、地质灾害防治工程丙级、压力管道GB1、压力管道GB2、压力管道GC2等，共计38项资质及行政许可。公司创立至今荣获国优工程奖16项、省优工程奖24项、市优工程奖32项，国家技术授权专利26项，10项软件著作权。

华赣城建拥有专业的城市地下管网检测、铺设、修复和养护团队，致力于为城市提供最全面、合理、先进的地下管网系统解决方案和全生命周期服务。截至目前，公司完成承建和修复城市管网项目26个，管网类型合同总金额9.3亿元，产业规模稳居同行业先进地位。

公司始终着力建设优质工程，秉承诚信敬业，合作共赢的理念，积极开拓全国市场，热忱欢迎洽谈合作！

主营业务 >>

> Main business

市政
工程

环境
治理

景观
设计

园林
古建

信息
智能



包头城建集团股份有限公司

企业简介

Company profile

包头城建集团股份有限公司(原包头市市政工程公司)始建于1954年,具有市政公用工程施工总承包壹级、公路工程贰级等多项资质,同时拥有桥梁贰级、管道安装贰级等专业资质。城建人以“诚信立业、打造精品、创新发展”为经营理念、以“铺筑幸福道路、架设理想桥梁”为企业宗旨,集团公司下设生产桥梁的预制场、沥青加工厂及机械化公司等15个分公司,7个子公司,8个职能部室,各类专业技术人员245名,有大型专业机械设备66台、国内较先进的4000型沥青砼生产设备、德国ABG、8620大型沥青砼摊铺机、矩形隧道盾构顶管机、泥水平衡顶管机、土压平衡顶管机、水平定向钻机、管道更新修复设备等,是包头市目前唯一的一家施工门类齐全的国家级市政一级综合型施工企业,被评为中国形象AAA级企业,国家“重合同,守信用”单位,自治区文明单位。有多项工程荣获“金鹿杯”和“草原杯”质量奖,多个工地被评为“自治区建筑施工安全标准化工地”。集团公司坚持科技创新引领未来发展,与中国地质大学(武汉)、内蒙古科技大学开展产学研合作。

包头城建集团股份有限公司是国内较早采用非开挖施工先进技术的企业,早在2012年就承建了阿尔丁大街(内蒙古科技大学)地下通道工程,并购置了6.5m×4.3m矩形土压平衡顶管机。近几年来承建的非开挖管线工程项目已涵盖国内全门类非开挖施工工艺。

资质证书

Qualification certificate



非开挖施工设备

Construction equipment



检查井离心喷筑内衬修复车



热塑成型管道修复车



清洗车



吸污车



紫外光固化管道修复车



市政管道维护车



DN1500、1200泥水平衡顶管机



DN2600土压平衡顶管机



DN2400土压平衡顶管机



矩形土压平衡顶管机

非开挖工程业绩

Engineering performance



包头城建集团
庆祝内科大地下通道成功贯通
包头市阿尔丁大街(内蒙古科技大学)
地下通道工程



包头市西河总干
污水管线工程



包头市供水管网扩能
改造项目第三批2标段
给水管线顶管工程



成都市地铁6号线东光站
排水管线迁改工程



昆明市东绕城匝道及拓翔路
定向钻穿越工程(钢管)



昆明市西昌路(虹山东路与滇缅大道交汇处至人民西路)中压煤气管整改工程



呼和浩特市轨道交通电力通道顶管工程



江西新余市两江黑臭水体整治项目排水管道修复工程



公司简介

广州探霸仪器有限公司，坐落于广州高新技术产业开发区黄埔区科学城，专业从事地下管网及非开挖领域的仪器设备研发、生产、销售及技术服务。

专业的研发技术团队和十多年的技术经验积累，贡献了一批又一批的国内空白的电子产品，获得了多项国家专利。

高性价比的产品和快速的售后响应是我们的宗旨！



T-II顶管（管棚）大穿越导向仪



接收主机



数据界面



发射探头

接收机	P-II 加强款	P-II 普通款
深度 >2500m	✓	✓
方向角 360°	✓	✓
倾斜角 ±90°	✓	✓
有线传输	✓	✓
陀螺定位	✓	
地磁导向	✓	
磁偏角	✓	
轨迹图	✓	

工程案例



导向更简单 施工更有效



- T8M一机四频：8K、12K、18K、30K
- T9一机六频：8K、12K、18K、21K、25K、30K
- T10一机八频：4K、8K、12K、15K、18K、21K、25K、30K
- 实时预判钻头出土水平距离
- 智能计算深度（钢筋网及标高现场不受影响）
- 导向数据可存储、查阅
- 屏幕可调节亮度
- 可校准钟面12点
- 遥显距离拉得更远
- 智能扫频，抗干扰能力更优，测深更深



30米传感器



40米传感器



60米传感器



有线棒



企业简介

COMPANY INTRODUCTION

广州迪升探测工程技术有限公司于2000年成立，是主要从事地下管线探测、管道检测、测绘、河涌污染源溯源、排水设施养护、管道非开挖修复和检测探测仪器销售的专业公司。在相关工程领域具备多支经验丰富的施工团队，其中排水管道非开挖修复技术是公司于2008年从国外引进并应用在汶川“512”地震灾后重建的管道修复中，目前此业务经过十余年的拓展，公司已配备紫外光固化设备、管内切割机器人等进口设备，以多年的经验积累与设备不断的升级，服务于各级业主。

广州迪升探测工程技术有限公司经过不断的创新与引进国际先进的技术，公司业绩遍布全国，获得了良好的口碑，成为了从事地下综合管线探测、供水管网泄漏检测、排水管道检测、油气管线防腐层检测、输油管线漏点精准查找、管道非开挖修复等技术服务工作的专业公司；公司还是英国雷迪（Radiodetection）、英国豪迈水管理公司（HWM）等探测、检测仪器的一级代理商。

广州迪升探测工程技术有限公司将以不断创新的技术，为社会各界提供优质服务。

公司主要仪器设备

地下管线探测仪；全站仪；水准仪；GPS卫星定位系统；管线专用雷达；漏水噪声相关分析仪；电子听漏仪；CCTV检测系统；管道声呐检测系统；管道高压清疏机；彩色喷墨绘图仪；电缆故障检测仪；气体检测仪；管道内切割机器人；水下动力声呐机器人；紫外光固化设备

工程案例

ENGINEERING CASE

管道修复



管道CCTV检测

管道清淤修复

管道全地形检测

联系电话：020-82580526 13929594015 黄进超（总经理）

公司地址：广州市天河区高普路68号2号楼6楼（地铁六号线高塘石站B出口）

公司拥有成熟的紫外光固化修复、热塑成型修复、管道内喷涂、局部树脂固化修复、快速锁、管道修复预处理等管道修复技术。专业的技术团队与高效的施工队伍为市政给排水管道勘察、养护、检测、清疏、修复提供一体化服务。公司在这一领域的成功案例遍布广东、上海、湖南、湖北、四川、安徽等省份，取得了良好的市场反响，所做的工作得到了各级水务部门领导及广大业主的肯定。

仪器设备 INSTRUMENTATION



紫外光灯架



紫外光固化设备



紫外光固化设备套装



LMX100-200



RD7200



RD8200



陀螺仪



CCTV检测仪器



管道内窥检测设备



管道内切割机器人



声呐机器人



福建纳川管材科技股份有限公司是国内领先的环保管材制造及管网投资、建设、运营集团。纳川股份于2003年创立于福建省泉州市，业务涵盖绿色环保给排水管材的研发、制造、销售及服务，城市智慧管网投资、设计、建设(含软硬件系统集成)、运营，其中管网系统建设、运营覆盖了引水、给水供水、中水回用、雨污水系统及工业给排水系统。

福建纳川水务有限公司是福建纳川管材科技股份有限公司全资子公司，是应国家长江大保护战略和解决城市地下管网运营问题而设立。公司专注于非开挖管道的检测、修复及管道顶进工程，是国内唯一掌握解决600mm以下管材顶进工艺，也是唯一兼具管材生产和实施地下顶进作业的企业。纳川水务引进国外先进的非开挖修复技术，拥有专业的检测修复设备，目前已涵盖国内主流修复技术，并持续与世界先进技术接轨，共同研发找出最适合国内管道的非开挖修复技术。

纳川水务以“致力于水环境生态的可持续发展”为使命，秉持“诚实做人、结实做管、贴心服务、良心工程”的核心价值观，纳川水务矢志成为“世界领先的管网综合运营服务商，国内优秀的城市水管家”。



纳川股份智慧管网监控平台



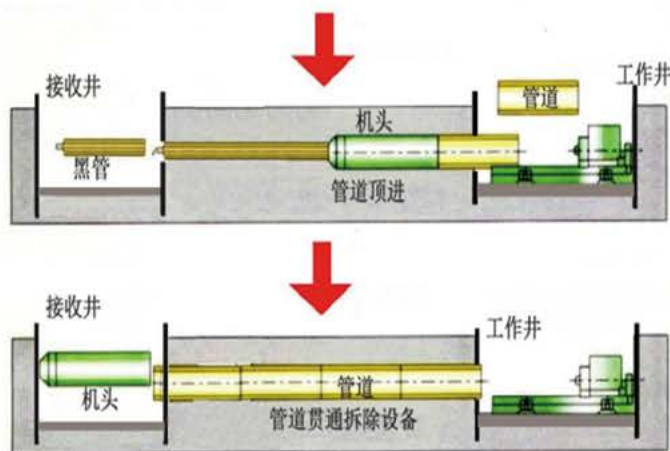
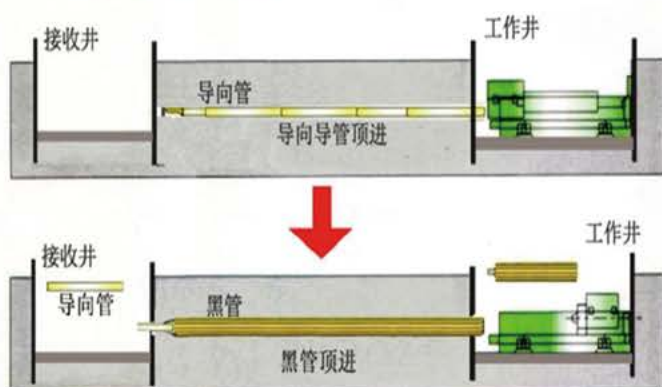
地址：福建省泉州市泉港区普安工业区 邮箱：nachuan@nachuan.com

电话：86-595-87767777 传真：86-595-87962111 www.nachuan.com

非开挖修复与立式振动玻璃钎维微顶管施工

公司自主研发并生产的玻璃纤维增强聚酯树脂混凝土顶管（以下简称树脂混凝土顶管），是通过在立式放置的连续缠绕玻璃纤维增强塑料内外层之间，将拌和的不同粒级配石英砂、不饱和聚酯树脂灌注其中，经过振动方式使其密实、固化键结后形成的管道。它结合了钢筋混凝土的强度、陶土的耐腐蚀性及塑料的弹力，尤其在非开挖领域具有独特的优势。在德国、日本及我国台湾地区已经有近50年的使用历史。

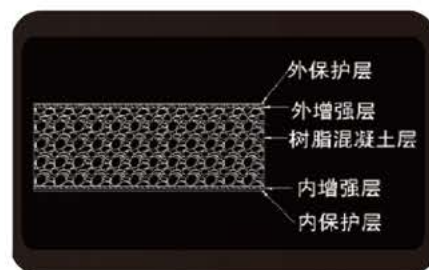
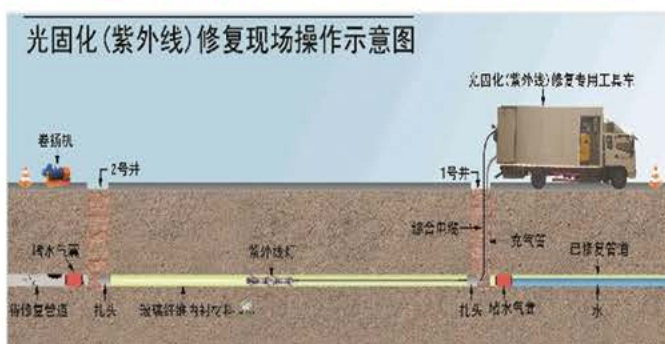
● 微型顶管技术



● 管道检测



● 光固化（紫外线）修复现场操作示意图



树脂混凝土微型顶管

公称直径	内径	管壁厚度	理论单重	理论许用顶力	刚度
DN	mm	mm	KG/m	吨	N/m2
300~1000(微顶管)	300~1000	35~82	76~590	60~450	200000



X120-SP ▲
砂浆喷涂修复系统

[安全 · 环保 · 便捷 · 高效]

12^载 20⁺ 130^项 9^项 30^项
 匠心沉淀 全球服务网络 国内技术授权专利 国际技术授权专利 行业规范及地方标准编制

X120-UV CIPP光固化修复系统

[稳定 · 高效 · 便捷 · 节能] ▼



全国统一服务热线

027-59880849



公司简介 ABOUT US ▼

河北天元地理信息科技工程有限公司前身为中国冶金地质总局一局测绘大队，成立于1976年，现隶属于中国冶金地质总局旗下正元地理信息集团股份有限公司（股票代码：688509），是一家集测绘、航空遥感、土地规划、工程物探、管线探测、管道检测、管道修复、市政工程施工、地理信息系统研发及技术咨询与服务等多种业务于一体的高新技术企业。

公司具有测绘甲级、市政公用工程总承包叁级、建筑施工劳务、信息系统集成及服务三级等资质；有管道修复甲级、顶管施工乙级、非开挖定向钻乙级等施工能力认证。率先在行业内通过ISO9001国际质量管理体系、GB/T28001职业健康安全管理体系、GB/T24001环境管理体系，ISO/IEC27001信息安全管理体认证，拥有无人机、三维激光扫描、非开挖紫外光整体修复、局部修复、CCTV检测机器人等多种高端仪器设备。

公司实施“技术创新，科技兴企”战略，获批建设“市政管网智能监控技术创新中心”、牵头成立了“燕郊高新区地理信息科技创新联盟”，并获批为廊坊市级“战略联盟”；先后取得软件著作权41项，取得各项专利5项，参与了多项地方和行业标准编制，曾荣获中国地理信息产业百强企业、河北省高新技术企业、河北省诚信企业、河北省“科技小巨人”、“河北省科技型中小企业”等荣誉称号。

公司以“诚信、严谨、求实、创新”的企业精神，秉承“让客户感受价值、让客户享受价值”的服务理念，坚持“以质量赢信誉、以技术求发展、以管理创效益”的经营方针。努力为推动城市治理体系和治理能力现代化贡献力量！



空间数据获取



管线探测



CCTV管线检测



管道维护



管道清洗



管道施工



紫外光修复



智慧城市监管平台



公司荣誉 HONOR ▼



河北天元地理信息科技工程有限公司

联系电话: 010-61599083 公司网址: <http://www.hbtygs.com>

地址: 河北省三河市燕郊开发区汇福路12号 (065201)



山东胜利中通工程有限公司

公司简介

COMPANY PROFILE

山东胜利中通工程有限公司是中石化胜利油田的一家改制企业，于2001年3月15日在山东省东营市经济开发区注册成立，注册资金为3100万元。公司主要经营范围：非开挖水平定向钻穿越施工及技术服务、道路桥涵等特种作业工程，并已在2002年12月通过ISO9001:2000质量管理体系认证。目前公司的年施工能力达到2亿多元，年穿越里程超过3万米，拥有公路工程施工总承包贰级、石油化工施工总承包叁级、环保工程施工总承包叁级等资质。可以承揽各种材质、各种规格（D1500以内）管道的中长距离穿越河流、道路、海滩及地面障碍物等工程的穿越施工。

公司拥有精良的技术、机械设备，投入大量资金较早的引进了美国奥格及威猛等国外一批优良钻机及施工技术装备。目前我公司穿越设备拥有：美国及国产60-1200吨水平定向钻机8台，钻机配套设备70余台，Φ127、Φ140、Φ168标准API钻杆1300余根，穿越仪器、测量设备15台。

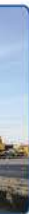
公司穿越施工技术成熟、经验丰富，队伍由从事多年石油钻井工程的技术人员组成。公司目前拥有一级建造师4人，二级建造师12人，拥有特种作业资质的管理及技术人员50余人。参建了国内西气东输一线、二线、三线、川气东送、中缅天然气管线、广东管网、山东管网等多条重大长输管道建设，曾3次穿越黄河，穿越距离最长达到2100米（Φ508），穿越管径最大达到Φ1219。穿越区域覆盖全国各大省市，各种疑难复杂地层穿越经验丰富：西到内蒙、新疆地区的流沙、卵石地层，北到东北地区的粗细砂淤泥流沙地层，南到广西、广东、福建、贵州的卵石地层、喀斯特地层、岩石破碎地层、极硬的微风化花岗岩地层，东到山东、江苏沿海地区的长距离含砂质海水地层。

在激烈的市场竞争中，我公司依靠科技苦练内功，加强管理提升素质。通过优良的工程质量、准时的施工工期和完善的后期保障，在中石化、中石油、中海油等主要市场中树立了良好的企业形象、夯实了较强的竞争实力。公司始终坚持“安全至上、质量第一”的原则，在工程项目的施工管理中，以合同管理为基础，以质量管理为核心，以安全管理为抓手，取得良好的业绩：完成工程合格率为100%，优良率在90%以上。在工程施工中公司将始终做到“科学管理、如期完工、质量优良、价格合理”取信于建设方。

施工案例



抢险案例



工程案例

- ◆ 哈尔滨市松花江水源松北区供水工程-过江管线穿越工程
- ◆ 广西天然气支线管网项目隆安-武鸣天然气支线管道工程专业分包
- ◆ 天然气分公司鄂尔多斯-安平-沧州输气管道一期工程项目（八标段）（线路工程）定向钻穿越（木刀沟1）分包
- ◆ 北京燃气天津南港LNG应急储备项目外输管道工程一标段定向钻穿越第7标段
- ◆ 山东管网南干线天然气管道工程施工三区段定向钻（一标段）穿越工程
- ◆ 中俄东线天然气管道工程（永清-上海）安平-泰安段线路施工第五标段定向钻穿越工程施工分包合同一标段
- ◆ 219工程嘎拉山定向钻穿越工程
- ◆ Φ813*16mm L360钢管，穿越长度2935m（对穿）
- ◆ 定向钻穿越右江及锣圩河长度约1740米
- ◆ 管径D1219×26.4mm长度1235.7米
- ◆ Φ1219*22mm+Φ114*6mm×1608.6m
- ◆ Φ1219mm×22mm（资邱河资邱河泗河长度961.26米固城河900米）岩石地层
- ◆ Φ1219*22mm+Φ114*6mm×1654m
- ◆ （双管回拖Φ168.3*7.1+Φ114*5）长度2400米



中通公司

公司地址：山东省东营市府前街288号

电话：0546-8302301

邮编：257091

联系人：闫秀会 13515466007

邮箱：slztgs@163.com