

年鉴

2024 (第七部)

行业发展报告

Industry Development Report



目录

CONTENTS

行业发展报告

一、绪论	25	3.3 管道更新行业动态	75
1.1 国外发展历程	27	3.3.1 管道替换	75
1.2 国内发展历程	28	3.3.2 管道修复	75
二、非开挖技术发展动态	29	3.4 辅助技术行业动态	78
2.1 管线铺设技术	29	3.4.1 管线探测	78
2.1.1 水平定向钻进技术	29	3.4.2 管道清洗、检测与评价	79
2.1.2 顶管技术	38	四、国外非开挖行业发展动态	80
2.1.3 盾构技术	45	4.1 国际长输管线动态	80
2.1.4 其它铺管技术	47	4.2 美国非开挖行业动态	83
2.2 管道更新技术	49	4.2.1 水平定向钻进	83
2.2.1 管道替换技术	49	4.2.2 市政管网非开挖动态	85
2.2.2 管道修复技术	50	4.3 其他国家非开挖行业动态	87
2.3 辅助技术	55	4.3.1 欧洲非开挖动态	87
2.3.1 管线探测技术	55	4.3.2 日本非开挖动态	88
2.3.2 管道检测技术	58	五、非开挖行业展望	90
2.3.3 管道清洗技术	61	5.1 非开挖发展趋势	90
2.3.4 管道评价技术	62	5.1.1 国内非开挖发展趋势	90
三、国内非开挖行业发展动态	64	5.1.2 国外非开挖发展趋势	92
3.1 应用行业动态	64	5.2 管线铺设行业展望	92
3.1.1 市政管网	64	5.2.1 水平定向钻进	92
3.1.2 长输管网	68	5.2.2 顶管	92
3.1.3 基础设施建设	69	5.2.3 盾构	93
3.2 管线铺设行业动态	71	5.2.4 其它铺管技术	93
3.2.1 水平定向钻进	71	5.3 管道更新行业展望	93
3.2.2 顶管	73	5.3.1 管道替换	93
3.2.3 盾构	74	5.3.2 管道修复	93
3.2.4 其它铺管技术	75	5.4 辅助技术行业展望	93

一、绪论

非开挖技术（No-Dig 或 Trenchless Technology）是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，以及与之配套的管线探测、管道清洗、检测与评价等技术的总称。采用非开挖技术实施管线工程，对工程周边交通与地面环境影响最小，具有很高的社会效益。二十世纪 80 年代伊始，非开挖技术在地下管线铺设与更新、地下交通等基础设施获得大规模应用，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大力提倡、社会积极支持、企业高度参与的高新工程技术。非开挖技术已成为城市现代化建设的一项关键不可替代的施工技术，是地下管线与地下构筑物建设的一次技术革命。

非开挖技术主要应用于地下管线及地下构筑物，其中地下管道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、真空抽吸法和轨迹测量等辅助技术。

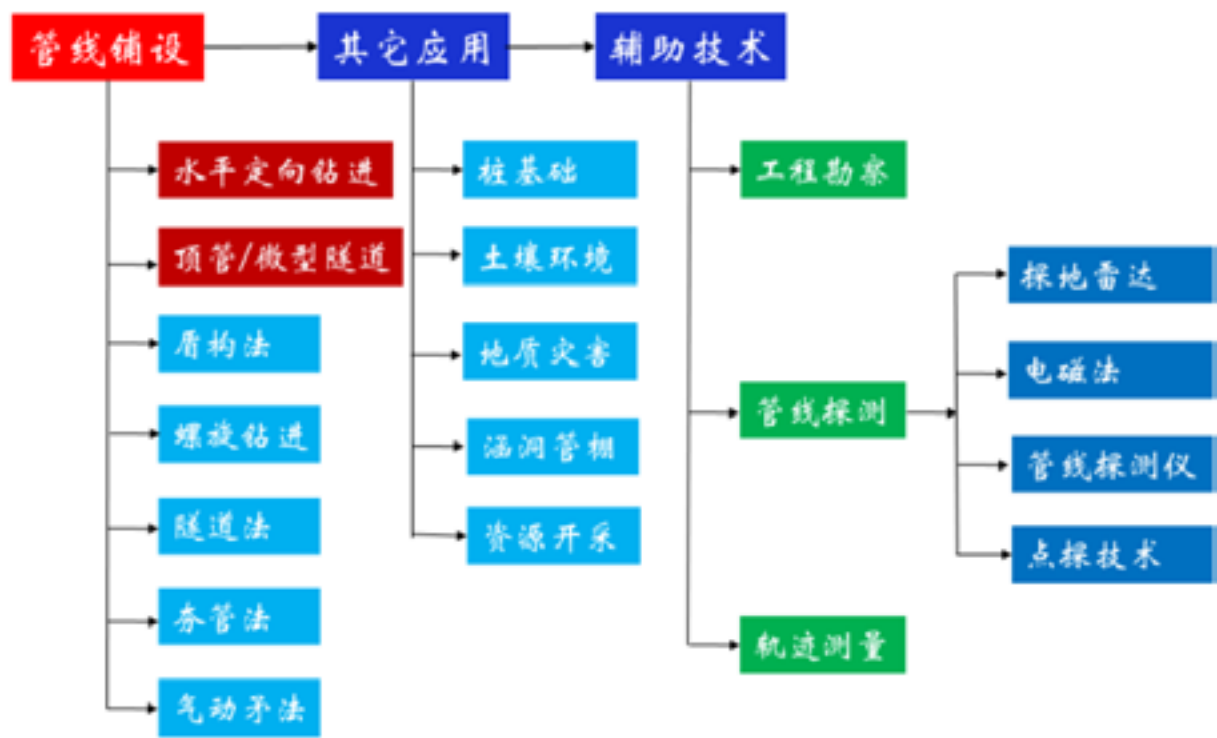


图 1-1 管线铺设非开挖工法分类图

管道更新技术是管道非开挖替换和修复技术的统称。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。

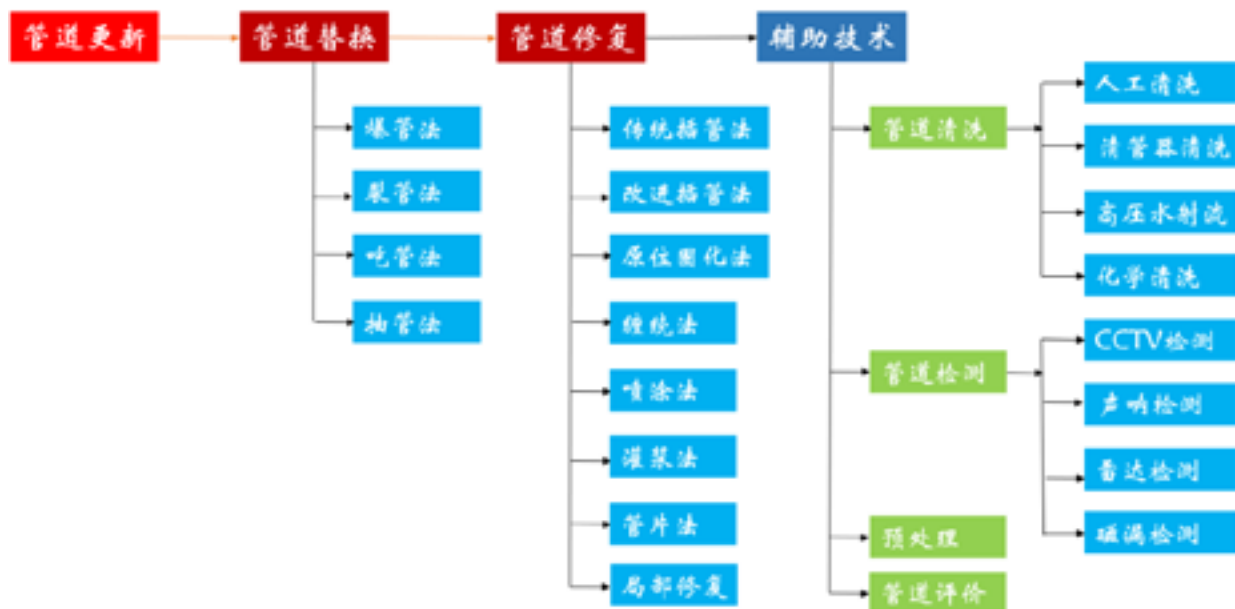


图 1-2 管道更新非开挖工法分类图

非开挖技术主要具有以下优点：

①**周边影响小**。施工时不影响地表交通，最大限度不破坏周边地表环境（绿地、植被、树木等），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**绿色环保**。非开挖施工时，对地面交通影响少，施工时间短，而且减少了渣土和回填土的运输量，非开挖施工与开挖施工相比总体碳排放量大幅度减少，具有绿色环保优点；

③**施工速度快**。非开挖施工辅助工程（如支护、回填等）少，工程整体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景（如穿越河流、湖泊、重要交通干线、重要建筑物的地下管线）；

④**综合成本低**。非开挖施工的综合成本总体低于传统的开挖法施工，而且管径和埋深越大时成本优势越明显；一些非开挖施工方法的直接成本甚至低于开挖法施工，非开挖技术具有优良的综合经济效益和社会效益。

经实践证明，大多数地下工程场景，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方法的最佳替代方法；在特殊的场景条件下，例如穿越公路、铁路、河流、建筑物等，非开挖技术更是不可替代的、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）已将非开挖技术列为环境友好的施工技术（EST）。

非开挖技术除应用于自来水、污水、雨水、石油、天然气等管道，以及通讯、动力和信号等各类地下管线的铺设、管道更新和运维等之外，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环境治理水平井；

（4）**其它工程**：边坡、路基、大坝等工程的排渗、降水和注浆等钻孔，钢管桩、微桩、土钉等临时支护工程、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大体可分以下 3 个时期：

(1) 1900 ~ 1960：早期非开挖技术起源

二次世界大战后，因美国现代城市建设和欧洲、日本等国的重建需求，西方发达国家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：水平定向钻进、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事业的发展，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，逐步形成了较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：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、绿色环保理念、法律意识的不断增强，非开挖技术得到各国政府的支持，非开挖技术应用比例越来越高（比例在 10% 左右）或非开挖技术成为首选方法。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，有力推动了现代非开挖技术研究和实践，目前 ISTT 有 30 余加会员国或地区。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了适应地下工程产业结构调整，二十世纪 80 年代相继设立了非开挖技术专业 and 相应研究机构，培养了大量的非开挖领域专业技术人才和施工产业工人。

Affiliated Societies



图 1-3 国际非开挖技术协会 ISTT 会员国或地区分布图



1.2 国内发展历程

改革开放以来,我国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,大力推动了非开挖技术在我国的应用。我国非开挖技术使用始于二十世纪 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:二十世纪 50 年代~ 80 年代中

早期,我国城市地下管线施工遇到不允许开挖路面的情况,工程的特殊性要求施工企业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、勘探技术研究所等单位与市政部门合作,研制了 GP-220 水平定向钻机、DGJ-1000 水平螺旋钻机、人工顶管机等简易非开挖施工装备,以满足早期城市工程建设的急需。

(2) 起步期:二十世纪 80 年代中~二十世纪末

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:二十世纪末至 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、智慧城市等 7 个方面的政策推动下,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技术产业。我国有约 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;我国水平定向钻机、顶管掘进机等技术设备开始大幅度出口至 30 多个国家或地区,工程承包商走出国门承接国际大型非开挖施工工程。

(4) 成熟期:2020 年至今

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、成熟度越来越高。非开挖技术装备水平步入世界前列,自动化、智能化程度不断提升;非开挖技术不断赶超世界先进水平,应用普及程度越来越高,施工技术不断打破世界纪录,进入世界前沿;非开挖施工行业和技术研发不断壮大,非开挖技术总体进入与世界先进水平平跑;行业完备度越来越高,非开挖技术装备产业全面成熟和壮大。

随着我国非开挖技术的发展,推动中国地质学会非开挖技术专业委员会(CSTT)于 1998 年成立,同年加盟国际非开挖技术协会(ISTT),近 30 年来 CSTT 一直致力于我国非开挖技术研究与推广应用,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,大力推动了我国非开挖行业发展壮大,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

随着世界各国大型基础设施建设不断涌现，非开挖技术发展突飞猛进，非开挖新理论、新工艺、新材料、新装备等不断涌现，非开挖技术水平和应用边界不断提升和拓展。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刷新，非开挖技术应用领域或场景不断拓展；管道更新技术不断迭代升级，应用面或专业化不断提升。非开挖技术发展呈现规范化、集成化、精细化，以及自动化、数字化和智能化等特点。

2.1 管线铺设技术

非开挖管线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、应用较为普遍；夯管、气动矛、螺旋钻进一般应用于特定场景，直推管法是顶管和水平定向钻进的综合工法，应用场景越来越多；隧道掘进亦有应用，但呈现逐步被顶管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）是一项应用最广泛的非开挖铺管方法，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）。1971年美国使用水平定向钻进技术第一次穿越了加州北部的帕哈罗河，穿越长度152米，至2024年HDD铺管技术已应用超50年。现代HDD技术发展趋势主要有：HDD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超长距离、超大管径等非开挖工程施工难题，先后研发了回拖力超过千吨系列的1200t、1500t等HDD钻机，以及专门应用于穿越岩石层的水平定向钻机。钻机质量大幅提升，同时电气化、自动化、智能化程度不断提高；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的水下水平定向钻机荣获ISTT 2022年度新技术新装备奖；深圳钻通公司研制了适用于极寒地区的HDD钻机；徐工基础工程机械有限公司2020年推出了锂电池动力驱动HDD钻机；江苏竞科电动直驱HDD钻机；江苏谷登公司研发了纯电和混合动力HDD钻机。国内HDD钻机不仅实现系列化、超大型化、个性化等，而且跟踪国际发展趋势，不断研发出全电动直驱、自动化、数字化等先进HDD钻机。



图 2-1 江苏谷登 GS50-LS 小型钻机和 GSE2000-L 混合动力 HDD 钻机



图 2-2 江苏竞科永磁电动直驱钻机



图 2-3 徐工基础 XSD3600 大角度钻机



图 2-4 深圳钻通 ZTJN-680 坑道钻机和 ZT-55CDF 极寒地区钻机



图 2-5 廊坊华元“天择号”HDD 专用钻探船

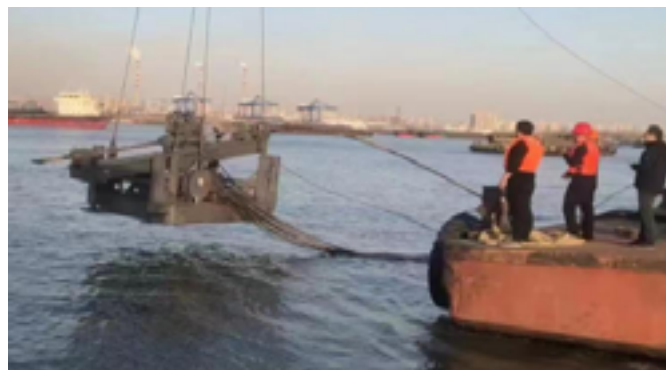


图 2-6 江苏地龙水下钻机

国外水平定向钻机的方向发展主要是电动直驱、电池动力、自动化、数字化等。荷兰 Normag 公司研制了 NRI300-140TE 永磁电驱动 HDD 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 公司研发电池驱动小型水平定向钻机。德国 TT 公司的 HDD 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 2-7 意大利 EGT 公司研制的电池驱动 HDD 钻机



图 2-8 德国 TT 公司数字化 HDD 钻机及配套系统

(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。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，配套设备专业化程度和性价比越来越高。



图 2-9 廊坊雷克泥浆泵组



图 2-10 江苏大象液压动力泥浆泵



图 2-11 河北冠能泥浆循环与固控系统



图 2-12 科盛能源泥浆泥水分离系统



图 2-13 江苏创隆泥浆循环与固控系统



图 2-14 济南鑫三达拖管轮



图 2-15 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、钻孔或管道轨迹测量仪和超前探测仪器等。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大幅提高，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 2-16 广州探霸 T-10 导向仪



图 2-17 黄山金地指挥官 9 导向仪



图 2-18 河南华北 CDY2 有线地磁导向仪

美国 DCI 公司 (Digital Control Incorporated) 一向致力于研发全球最领先的导向系统, 从 90 年代的 MARK 马克系列, 到 2000 年的 ECLIPSE 月蚀系列以及 F 系列, 频频在业内创造出经典与传奇。直至目前的 FALCON 猎鹰系列, 是全球首次采用干扰扫描与频段优化技术, 工作频率范围达 0.3kHz–45kHz, 包含超过 1288 个工作频率, 创造业内最广的频率范围, 开拓性的特低频 Sub-K “钢筋” 传感器, 实时孔底钻液流体压力检测, 全球定位系统 iGPS 绘制钻孔图和随钻数据记录 LWD 生成带有钻进数据的专业竣工报告。2020 年升级了 FALCON 猎鹰 + 技术, 实现快速扫描配对, 三种可选的功率模式可实现更深的钻孔、更长的电池寿命和更快的数据传输率, 更大的深度量程和数据量程, 结合了更多的频率以帮助完成更多困难的工程。

DCI 本着推进全球基础设施建设使命, 作为行业的先驱者, 制定行业的标准, 打造世界范围的尖端产品, 并致力于设计和制造一个创新工具和软件解决方案的生态系统, 以此提升施工安全性和提高生产效率。

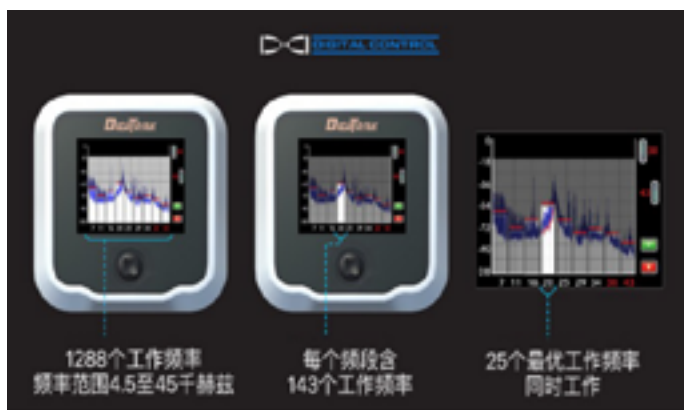


图 2-19 美国 DCI FALCON 猎鹰系列干扰扫描与频段优化技术



图 2-20 美国 DCI FALCON 猎鹰系列 FF5+ iGPS 导向仪

美国 Underground Magnetics 公司研发的 MAG 8 导向仪, 采用两个天线, 发射频率为 4 ~ 31kHz (11 个频率), 其中 Echo110 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。

中国地质大学 (武汉) 开展了导向孔钻进孔底工程参数随钻测量 (MWD), 可测量近钻头处的压力、扭矩、给进力和转速等工程参数, 为导向孔钻进及时判断孔内钻头处情况提供实时数据, 有利于科学调整钻进参数, 提高钻进效率, 预防孔内复杂情况和事故。



图 2-21 Underground Magnetics 公司 MAG 8 导向仪

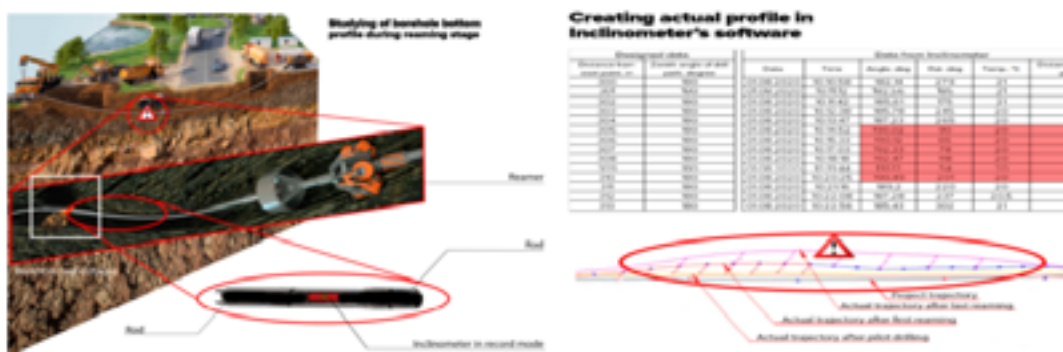


图 2-22 SENSE 公司 SNS A100 轨迹测量仪

ORFEUS公司近钻头雷达探测系统可有效探测到钻头周50cm左右的障碍物(管道、电缆、地下墙壁等);通过优化天线配置和数据处理软件,该系统能够满足城市地区水平定向钻进中实时性和高精度的基本要求,由该系统生成的模拟地下图像简洁易懂,钻机操作人员可通过短期的培训迅速掌握该系统的使用方法;该仪器可与智能化自动化相结合,研发智能自动处理软件和执行元件,根据近钻头雷达探测反馈信息实时调整钻头钻进方向。

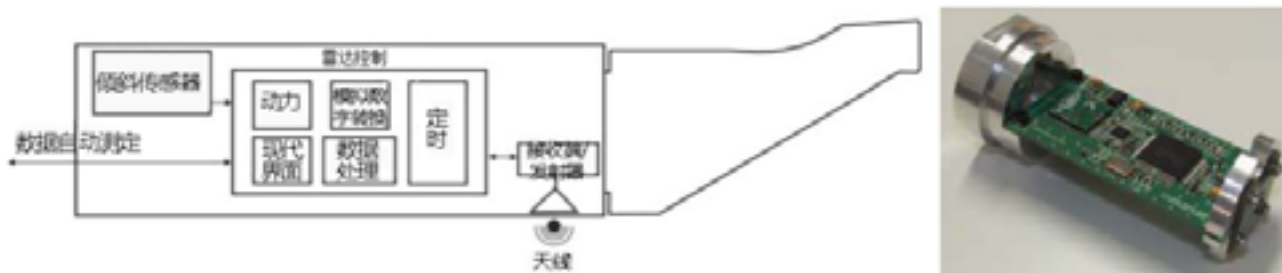


图 2-23 ORFEUS 近钻头雷达探测系统

(4) 钻杆钻具

水平定向钻进钻杆钻具技术日趋成熟，系列化、标准化日趋完善，轻质钻杆、高强度钛合金钻杆也有研发和生产。随着水平定向钻进推广应用，硬岩水平定向钻进穿越工程越来越多，需克服碎岩慢、易阻卡等难题，岩石钻进的碎岩工具日益多样化，不仅研发适用坚硬岩石钻进的双回转动力头钻机，而且 PDC 复合导向钻头、硬岩扩孔钻头、冲击锤等也有研发和生产，可全面满足不同工程的需要。特别是 HDD 钻杆，产能居世界首位、大量出口。

德国海瑞克公司研制了助流器、全断面扩孔器和射流泵（单独使用或组合使用）等新型孔底钻具，可大幅度提高水平定向钻进排屑速度和施工进度；射流泵在顶管施工中使用可使小口径顶管的长度超过1000m，该产品获 ISTT 2017 年度产品奖。



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 德国海瑞克公司系列新型孔底钻具

(5) 长距离或超大口径施工技术

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，不同复杂地层应用场景越来越广，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	甬台温天然气管道瓯江穿越工程	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 5.2 公里航油管道定向钻穿越工程。该工程在海平面下约 130m 深的复杂地质条件和严格环保要求下，完成了 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，不仅需保证机场的正常运行，还需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等)、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、噪音不得超过规定要求、4 ~ 7 月鹭鸟繁育期不得施工)。因此，工程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导向技术，该工程获 ISTT 的 2019 年度优秀工程奖。

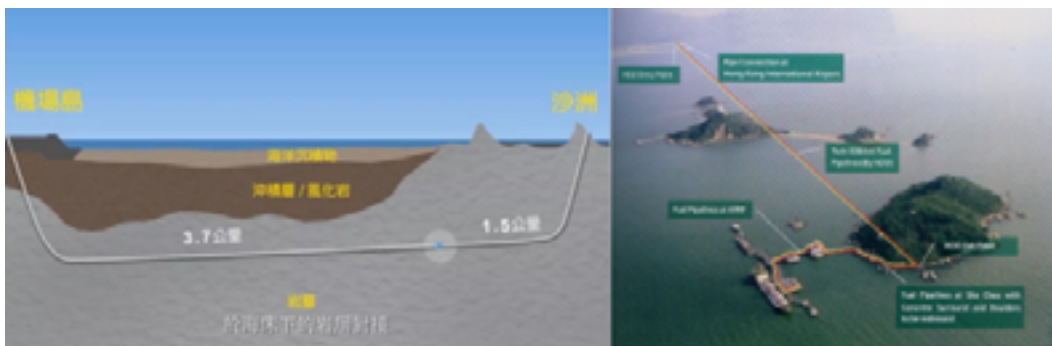


图 2-27 香港机场航油管道穿越工程路线图



图 2-28 香港机场航油管道施工现场及 ISTT 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。

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，经多次方案讨论及推演，各工序紧密衔接，保障了工程顺利实施。

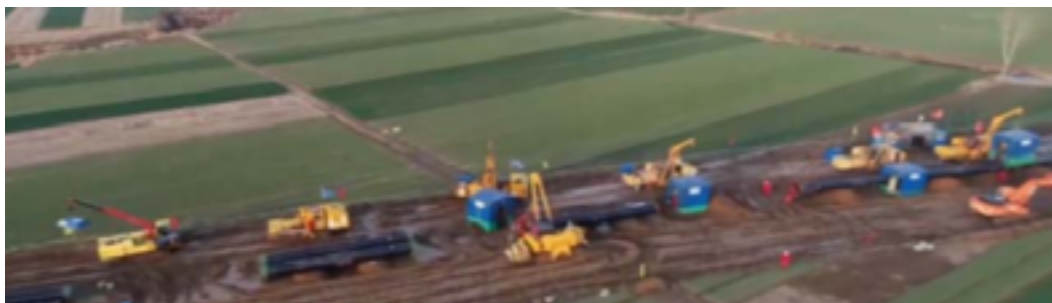


图 2-29 滹沱河定向钻穿越工程



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，穿越湛江市东海岛为起点，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践经验。

国内还实施了诸多新技术特征的 HDD 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、山体穿越陀螺仪 + 旋转磁矩测量导向对接技术等，不断拓展 HDD 应用工程实践。

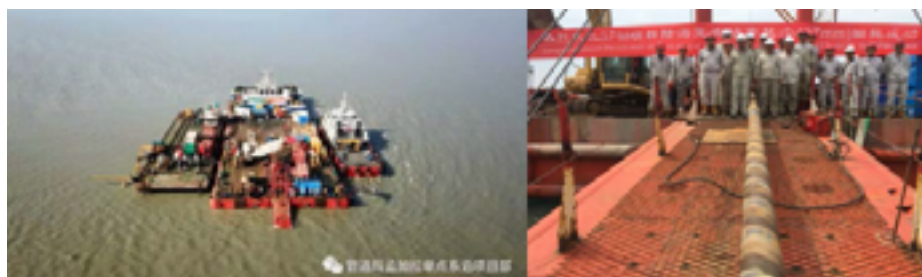


图 2-32 驳船全景和回拖成功



图 2-33 旋转磁矩测量系统

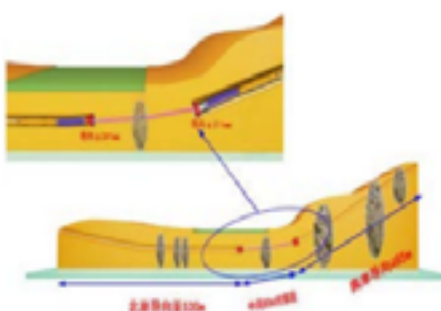


图 2-34 高落差对接导向钻进技术



图 2-35 跨河流工程勘察 HDD 取心钻进施工图



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，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，不断打破 HDD 工程穿越长度或管径世界记录。

2.1.2 顶管技术

顶管（Pipe Jacking）技术与是使用最早、铺设精度最高的一种非开挖管线铺设工法。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。依据前机头端面封闭情况，顶管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。近年来，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）研制也得到业主的高度重视。

（1）顶管掘进机

顶管掘进机的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。德国和日本是顶管技术的领跑者，国内最大顶管机直径为 4000mm，德国和日本最小顶管掘进机直径为 250mm，国内最小泥水平衡顶管机直径也达到了 250mm。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，江苏广鸿公司生产最大直径 5.49m 的“富强号”顶管掘进机。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，受碎岩材料和工艺影响，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，多采用德国或日本的产品。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 2-36 安徽唐兴矩形顶管机、微型顶管机和钻顶机



图 2-37 徐工 XDN500 微型顶管机



图 2-38 扬州广鑫 JD9.8×5.5m 矩形顶管机和广鸿最大直径 5.49m “富强号”顶管机

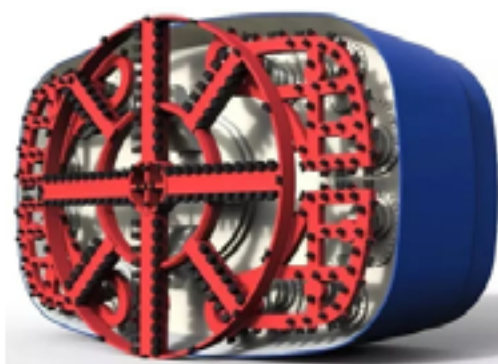


图 2-39 上海隧道股份路桥集团矩形顶管机



图 2-40 日本 250mm 微型顶管机

在一些特殊场景，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、管棚和对顶等施工，该产品获 ISTT 的 2016 年度产品奖。



图 2-41 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场景条件下大口径竖井施工。

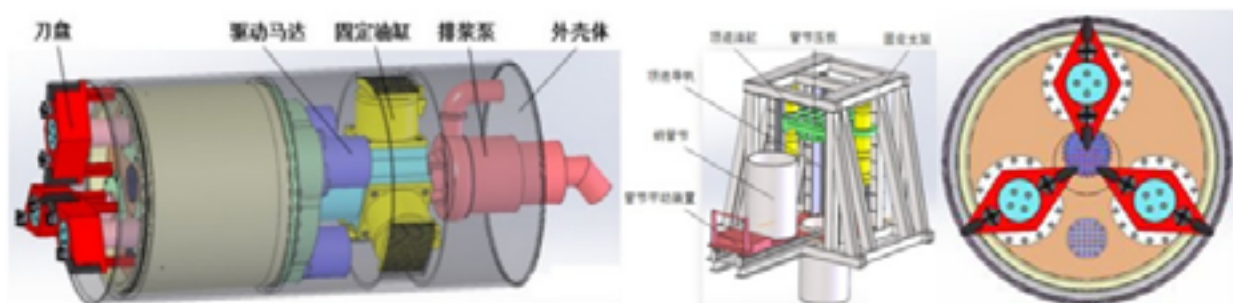


图 2-42 垂直顶管成桩机

（2）顶管导向技术

顶管导向技术与国外相比还有一定的差距，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，陀螺仪导向在国内尚处于空白。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。获取的姿态数据以数字形式显示，可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基准，使顶管机能够适应进行长距离和曲线掘进。



图 2-43 日本光纤陀螺顶管导向系统

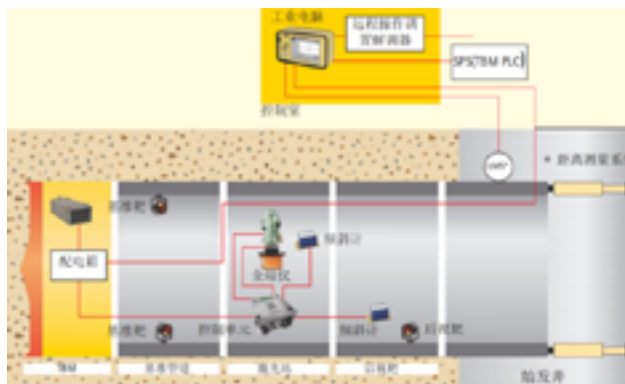
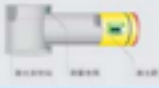


图 2-44 德国 SLS-RV 顶管导向系统

同济大学研发了一款 APS 顶管智能引导系统，可实时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，软件界面可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。

表 2-2 顶管导向技术一览表

UNS	SLS-L 激光系统	激光经纬仪+电子激光靶		激光靶上集成的倾斜传感器可测量仰俯角和滚动角； 各种口径，最大长度为250m的短距离直线顶进； 操作简单，成本低。
	SLS-LT	激光经纬仪+电子静力水准仪+ 电子激光靶		最大长度为400m的中长距离直线顶进； 内径大于800mm。
	全能系统	陀螺仪+电子静力水准仪		长距离（400m以上）曲线顶进； 内径800~1600mm，曲率半径甚至小于400m； 每隔40~50m进行控制测量。
	专业系统	移动式激光全站仪+电子激光靶		长距离曲线顶进，内径大于1600mm，曲率半径大 于400m； 有渣土车和视线有限时不适用； 每隔80~120m进行控制测量。
	3D导向系统	陀螺仪+电磁传感器		人不能进入、无透视条件的小直径、长距离和曲线顶 进。

(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，接口密封质量大幅提高，新材料管亦有所研制。

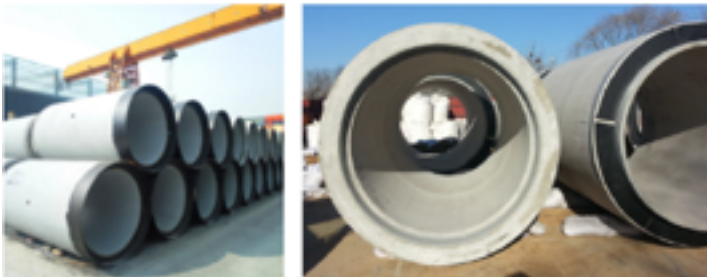


图 2-45 钢承口与钢承插口混凝土管



图 2-46 福建纳川聚酯增强复合微顶管

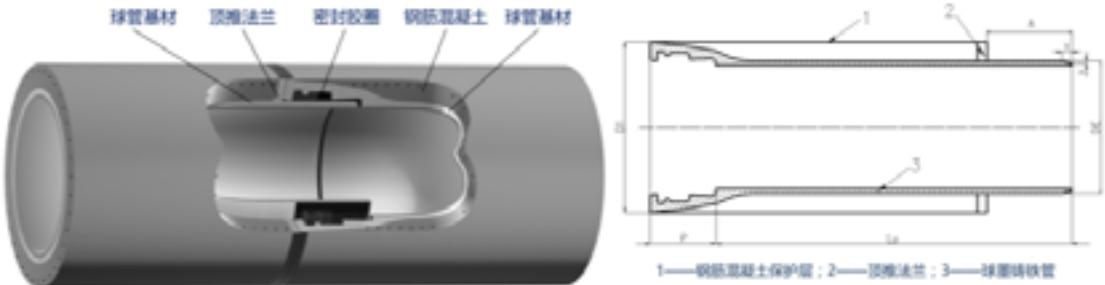


图 2-47 新兴公司的顶管专用铸铁管



(4) 顶管施工技术

我国顶管技术不断取得突破, 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, 顶管施工技术取得很大的进步。一些特殊场景应用或特殊工艺顶管工程不断涌现, 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、软弱夹层等复杂地层带来的难题, 施工效率提高一倍以上, 在施工过程中, 自主研发的长距离顶管的“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 2-48 创世界纪录的重庆引水隧道 3224m 顶管工程

表 2-3 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 1422.18m), 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 33.9 公里，顶管长度 20.6 公里，其中外径 4.8m、长 15.1 公里）等。



图 2-49 湖北黄冈综合管廊顶管工程

特大型隧道工程多采用顶管法实施管幕，顶管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、导向精准、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。

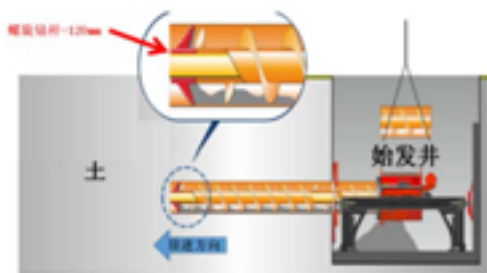


图 2-50 管幕顶管工作示意图



图 2-51 管幕顶管机

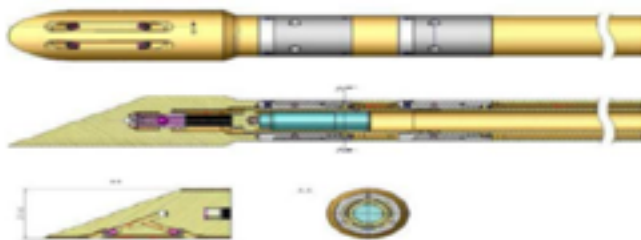


图 2-52 顶管管幕钻头

近年来，世界各国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。

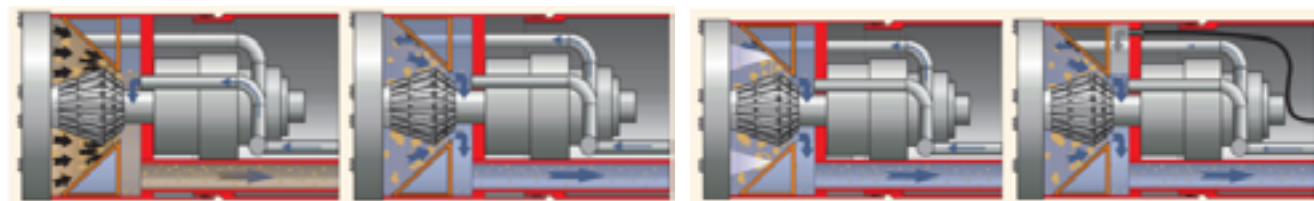


图 2-53 混合模式（土压 + 泥水 + 浓泥 + 气压）

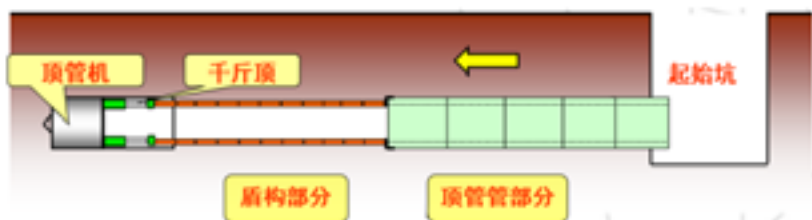


图 2-54 顶管 + 盾构工法

二十世纪 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，在现代城市土地成本高涨的情况下，为了避免交通疏解、管线改迁、施工扰民、降低工程造价和保护生态环境等，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。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，过河段覆土厚度仅为约 3.5m。



图 2-55 苏州城北路大断面矩形顶管中继间和管廊通道内景

国内顶管技术水平与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。中铁上海工程局集团市政环保工程有限公司、中煤建工集团有限公司、湖南晟通鑫茂环境科技有限公司、镇江宝城注浆设备有限公司等国内顶管设备制造商和工程承包商都具有较强的新设备、新工艺和新材料研发能力。



图 2-56 镇江宝城公司 STB40/5 岩土输送泵

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水平相比，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，在盾构机关键核心技术取得重大突破。

中国已成为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、施工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，长距离供水、水下交通、西气东输等国家重点建设工程都涉及到穿越江河的问题。铁路、公路、市政、供水、供气、防洪、水电等隧道工程建设都涉及隧道（隧洞）工程，一些区段可能需要盾构、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，我国自主研发的最大直径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采用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，首次反向出口应用于法国巴黎地铁 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机被拆卸包装，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，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。2020 年 9 月，直径 8.64m 的土压平衡盾构机——粤海 14 号成功下线，是中国中铁自主研发的第 1000 台盾构机，具有里程碑式意义。



图 2-57 国产首台盾构机中铁 1 号



图 2-58 中国中铁研发的盾构机



图 2-59 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 3 米级主轴承盾构机“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 等多项国内或世界第一，是国内唯一主持国家“973”项目的盾构掘进机企业，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。

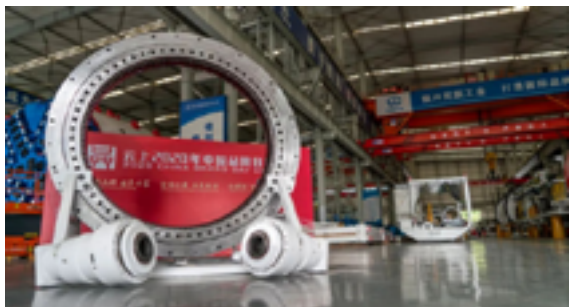


图 2-60 我国研发的盾构机主轴承与减速机

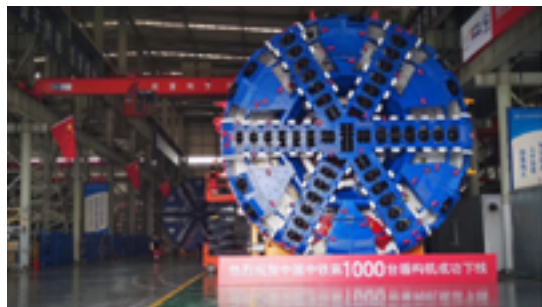


图 2-61 中国中铁第 1000 台盾构机下线

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。中国盾构机已成为全球第一的出口大国。据统计，全球近 30 年来的商业隧道工程全部是中国企业建造的，或有中国企业的参与建造。中国企业同样积极承包国外的地铁隧道建设，2020 年，中国企业承建巴基斯坦拉合尔地铁。

我国盾构技术的发展方向主要是：超大断面化、异形断面化、超大深度化、超长距离化等，追求施工快速化、操作高度自动化。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，多家大型基础设施建设类企业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。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 2-62 中国最大断面异形盾构机顺利贯通



图 2-63 安徽唐兴沂蒙一号小直径硬岩泥水平衡盾构机

为上海机场联络线量身定制的“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 2-64 上海机场联络线盾构施工

中国盾构/TBM 隧道建造技术从手掘式、机械化起步不断向前发展：在计算机技术和电液控制技术推动下，盾构 TBM 隧道建造技术迅速迈入自动化时代：随着中国盾构/TBM 隧道建造核心装备与施工关键技术取得重大突破，在新一代信息技术、高端装备制造技术的驱动下，盾构/TBM 隧道建造技术已跨入数智化时代。

我国盾构隧道建设取得的巨大成就，推动了中国乃至世界盾构隧道技术的发展和进步。在较长时间内，中国盾构隧道（尤其是大直径盾构隧道）仍将处于高速建设发展期，面临的建设条件将越来越复杂，技术难度和挑战也将越来越大。要实现盾构隧道建设的快速、安全、健康，需处理好盾构隧道技术领域的关键问题，实现盾构隧道关键核心技术的突破，以促进我国盾构隧道建设向高适应性、高智能、高可靠性、高效益、高质量、高安全性和低能耗方向发展。

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及的铺管技术之外，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。

夯管法主要用于短距离穿越铺设管线，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、卵石等复杂地层，可保障大型定向钻穿越工程的表层钻孔安全。

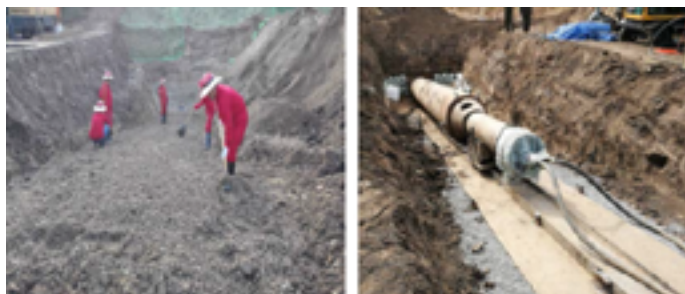


图 2-65 浣江穿越的夯套管基坑与设备就位

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类地层，特别是块石回填层、卵石层、破碎岩层等地层施工应用效果更好。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。



图 2-66 南充市原水管道穿越嘉陵江工程



图 2-67 潜孔锤跟管钻进安装套管

德国海瑞克 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地层至坚硬的岩石层，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, 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, 国内一些 HDD 钻机生产厂家已研发推管机。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小于 100mm。



图 2-68 隧道圆拱上的 Bohrtec BM 600 LS



图 2-69 无锡钻通 ZTTG-500 推管机



图 2-70 江苏谷登 GT5000 推管机



图 2-71 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的外径为 1220mm, 长度 2021m 的入海排污管道铺设。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 2-72 2021m 新世界记录直推管工程

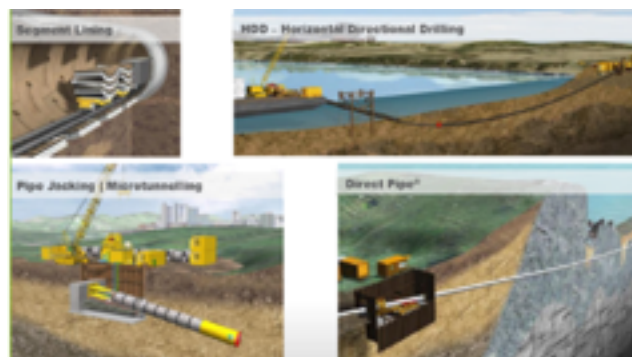


图 2-73 海岸管道工程非开挖施工方法

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、穿越长度 672m, 在中俄东线全线首次采用直接铺管工法, 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、H 型钢式地锚结构, 确保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, 确保推管机对管道的推进动力; 根据地质条件精细调控掘进参数, 有效解决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, 有效减小管道推进摩阻力。



图 2-74 泰国曼谷南部发电厂天然气管道直推铺管工程

2024 年 3 月中国石油管道局工程有限公司历时 15 天完成泰国曼谷南部发电厂天然气管道的长度 840m、管径 914mm 直推铺管工程，刷新国产直推铺管穿越长度新纪录。其中，工程穿越高压线塔桩基础，穿越精度要求极高、泥浆泄漏影响环境要求高，且地层为风化粘土、洪水沉积物、潮间带沉积物层等。

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、直推管和管片法等方法或组合工法施工。

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、顶拉管法、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。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。湖南晟通鑫茂公司研发了一种顶拉管法，可有效实施管道替换，亦可扩径置换小口径管道。管道替换属于管道增容升级技术，目前国内市场量总体较小，国内市场碎裂管法获得少量应用，吃管法等方法仍没有推广应用。



图 2-75 碎裂管工具与设备



图 2-76 顶拉管法施工示意图



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, 既可整体修复, 也可局部修复。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的修复等; 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方面:

(1) 改进插管法 (Modified Sliplining)

插管法是在旧管道内插入新管道, 通常在内衬管和原管道之间留下一个环形间隙, 注入水泥浆或化学浆封堵环状间隙, 防止渗漏转移到管网的其他部分。为了最大限度减少修复管道缩径, 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。

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) 在现场预热软化后拉入待修复管道内, 通过加热、加压使其膨胀与原管道紧密贴合, 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: 施工速度快、现场技术要求低, 可修复带角度的弯管和严重错位、变径和异形道 (矩形、椭圆形)。可适用于直径 200 ~ 900mm 的雨污管道、供水管道, 以及公路涵管。



图 2-77 使用 Naylor Denlok 顶进进行插管修复



图 2-78 热塑料成型工法与试验

(2) 软衬法 (Soft Lining)

软衬法是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%)。适用范围是主要用于小口径压力管道 (供水、油气) 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 2-79 Primus Line® 普莱姆斯软管法施工

垫衬法（Padding）是将外侧带有钉状突出物的高密度聚乙烯软衬置入旧管内，在软衬和旧管之间的环状间隙注浆，修复破损管道。主要适用于大口径（150 ~ 4000mm）的上/下水管道、检查井以及引水隧道、箱涵等。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、沿程压力损失小，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 2-80 德国 Trolining 公司仿生型内衬

（3）螺旋缠绕法（Spiral Wound Lining）

螺旋缠绕法主要适用于较大弯曲度管道、长距离（200m）结构性修复工程。螺旋缠绕法有人工和机械缠绕两种，基本内衬材料相同。内衬为 PVC、钢增强 PVC 或 HDPE 塑料制成的带状型材。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的螺旋缠绕机，开始进行修复作业。



图 2-81 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）

CIPP 工法已应用 50 余年，首个 CIPP 修复工程是伦敦哈克尼区（London Borough of Hackney）一个蛋形下水道修复工程，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、长度至 400m 的压力管道（燃气及自来水管）修复，技术水平达到国内同行最高水准。

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广泛应用，修复管径涵盖 300mm ~ 1600mm，同时可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;北京隆科兴公司利用 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,解决管道的腐蚀、裂缝、渗漏等结构性病害。

上海宇联给水公司引进德国卡尔魏斯公司的 CIPP 原位翻转内衬常温固化修复技术,可提供 CIPP 常温固化翻转内衬修复技术、供水管道线缆式不断水带压检测与评估和管道清洗,可修复 DN100 至 DN1200 管道,运行压力至 4.0MPa,且一直致力于新技术的开发与优化工作,可优化施工周期、减少对环境的影响等。上海管康技术有限公司引进叠层结构原位固化法修复技术,又称“二元固化法”,其将原位固化法中的紫外光固化和蒸汽固化两种工艺进行组合的创新型工艺技术。将工厂预浸的玻璃纤维软管通过拉入方式进入待修复管道,通过紫外光固化后形成支撑管;在固化成型后的玻纤内衬管内,翻转一条浸润有环氧树脂的聚乙烯软管,蒸汽固化使环氧树脂与玻纤内衬内壁进行粘接,从而形成外层为高强度玻纤材料,内层为致密耐磨聚乙烯材料,中间层为环氧树脂的高强度复合管。

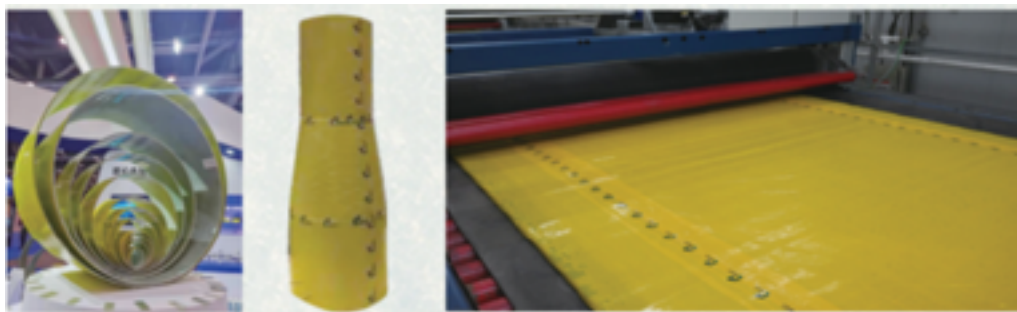


图 2-82 普洛兰光固化软管



图 2-83 北京隆科兴 UV-CIPP 修复压力管道



图 2-84 “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 BLUE LIGHT 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,固化速度为 0.30 ~ 1.33m/min (18 ~ 80m/h)。



图 2-85 BLUE LIGHT 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 BRAWO 公司的内衬管和环氧树脂,固化后内衬管弹性模量高,可消除地下水的渗入或渗出,原则上可防止树根侵入。



图 2-86 德国 BRAWO SYSTEMS 公司 CIPP 设备与材料

(5) 管片法 (Segmental Lining)

管片法是使用工厂制作的管片,可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。管片通常由 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,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 2-87 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 2-88 原位制管法

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 2-89 离心浇筑法



原位融化法（MIPP, Melt-in-Place-Pipe）是由英国 Aqualiner 公司开发，修复工艺流程是：①先将复合内衬软管（由玻璃纤维和聚丙烯长丝的复合组成）拉入待修复的管道内；②再将加热清管器置入内衬软管内，通过热空气将软管加热至聚丙烯的熔化温度（ $200 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ）；③翻转的硅胶软管（翻转袋）在推动清管器向前移动的同时将熔化的软管压到旧管壁上；④冷却后形成结构坚固的薄壁玻璃纤维增强内衬。

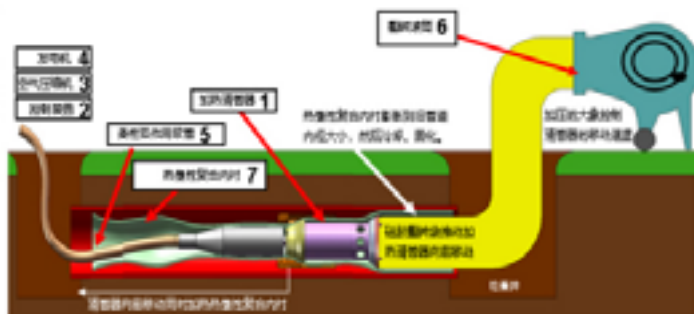


图 2-90 原位融化法（MIPP）工艺示意图

(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，以及检查井的加固修复。



图 2-91 改进后的玻璃纤维贴片法修复

管道涂刷系统是采用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，喷涂系统可适用于水泥砂浆和树脂喷涂。涂刷系统最新进展是引入了基于刷子的树脂涂层内衬系统，将树脂直接刷在管壁上以形成厚度可达 4mm 的涂层，一个优点是喷涂施工规定涂层的公称厚度，但施工时不会考虑管壁变形，不会在涂层中形成凹陷。

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）、中国地质大学（武汉）、浙江大学、长安大学、重庆大学、东南大学、同济大学、广东工业大学、上海交通大学、暨南大学、天津科技大学、天津工业大学、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。

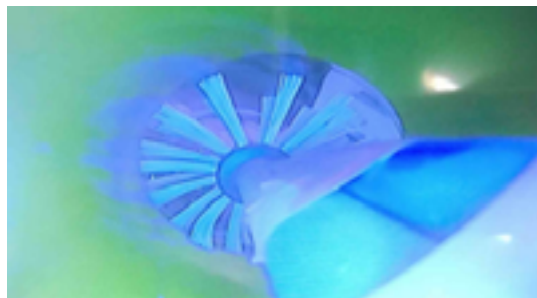


图 2-92 Picote 公司的管道刷涂系统

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包括探地雷达法、管线检测仪法、示踪法和真空抽吸法（点探法）等，其中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地下基础工程的先期必要工作，关乎地下管线运维和城市运维安全，是建设城镇地下管网数据库的重要基础。地下管线等基础设施建设之前，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、材质、性质等，以避免施工时对既有管线的时造成破坏，造成重大安全风险。

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前提条件。根据场地环境条件、不同管线自身属性不同，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，经过大量实践，浅层地震法、电磁法、电法、磁法以及红外测温法等相继取得探测效果。经过 20 余年的应用发展，电磁感应法成为地下金属管线探测最经济、简便的有效方法，探地雷达成为金属、非金属管线探测均有效的主要手段。

表 2-4 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、应用很少，国外有系列真空挖掘机产品、应用较广；

(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管轨迹，具有较好的市场前景，存在一定的差距，市场应用较少；

(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，具有广阔市场前景，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 10 英寸高分辨率平板电脑，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 2-93 美国威猛公司 V800 真空挖掘机



图 2-94 徐工 XGH5250TWXZ6 真空挖掘机



图 2-95 DUCT RunnerTm DR-HDD-4.2 惯性陀螺定位仪



图 2-96 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，地面要配套高灵敏度的接收机及数据处理系统。

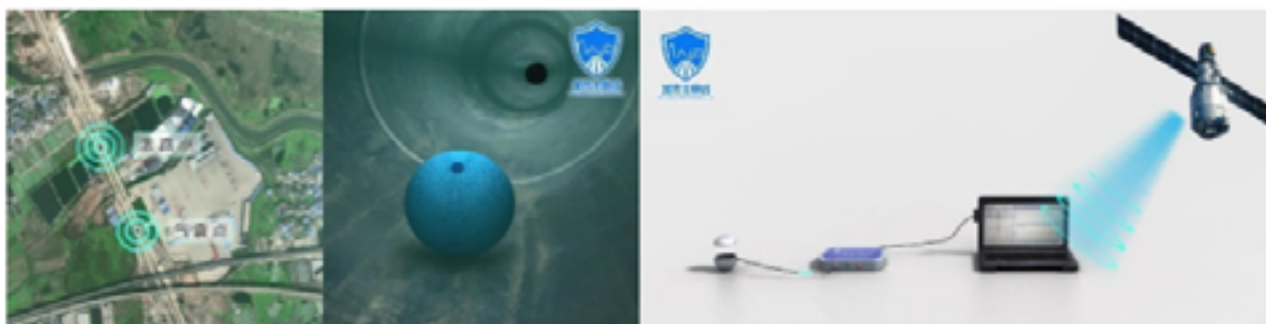


图 2-97 管道漏失定位智能检测球

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、大埋深管道、交叉重叠管线，以及水下管线等探测。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。借助数字化技术的快速发展，排水管网运维的信息化、智慧化作为智慧城市框架下城市排水管理的重要研究方向，对于实现排水管网管理的数字化转型，提高排水管网综合调度水平具有显著作用。本文将 BIM、GIS、物联网、云存储和增强现实 (Augmented Reality, AR) 等数字化技术手段综合应用到排水管网运维管理工作中，详细剖析其技术优势，并以智慧化设计理念为大纲建设以管网 BIM 模型为数据载体，基于三维 GIS 场景进行可视化集成的排水管网综合管理系统，实现基于 BIM+GIS 的排水管网三维可视化运维与管理。

综合应用 BIM+ 云存储、BIM+ 物联 BIM+AR、BIM+GIS 到排水管网运维管理中，建立三维可视化排水管网综合管理系统，实现排水管网数据全生命周期管理、物联设备实时监控与预警、智能 AR 巡检等功能。



图 2-98 基于 BIM+GIS 的排水管网综合管理系统



国内从事管道探测技术研究生产的单位有：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) 是通过人工观察、机器人、潜望镜、电视摄像设备、雷达或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。待修复地下管道需对管道结构性缺陷 (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包括外检测、内检测和监测。外检测包括: 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; 内检测包括: 漏磁、超声波、CCTV、声纳、激光、智能球; 监测包括: 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。近年来, 国内成立不少管道检测仪器方面的研发科技公司。



图 2-99 轮式与履带式 CCTV 检测车



图 2-100 自漂流管道检测设备



图 2-101 ROV Seamor 型潜水检测机器人



图 2-102 大型 CCTV 检测设备



图 2-103 螺旋推进式 CCTV 检测设备



图 2-104 无人机检测设备

奥地利 MTA 公司开发无缆式 CCTV，由锂电池供电，可进行光学检测（缺陷）、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通起来；德国机器人公司研发一种微型系统 / 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 2-105 典型小直径 CCTV / 声学检测装置

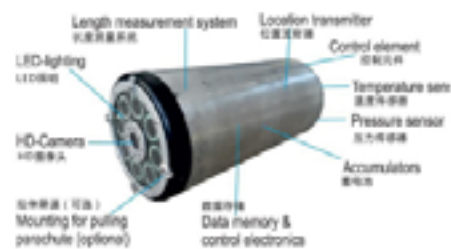
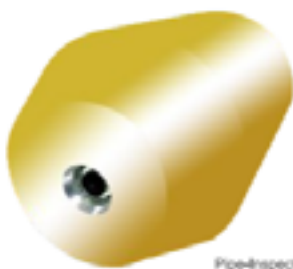


图 2-106 电池管道检测仪



图 2-107 德国微型系统 / 污水分支管道机器人



图 2-108 LineExplorer 3TM-tool 电磁超声检测器

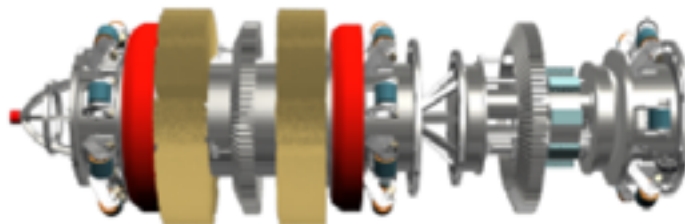


图 2-109 中石油检测公司漏磁检测仪

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

国内研发一种系缆式给水管道检测机器人，具有如下优点：带水带压作业，可从排气阀进入，施工作业简单，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 ~ 6 公里；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。

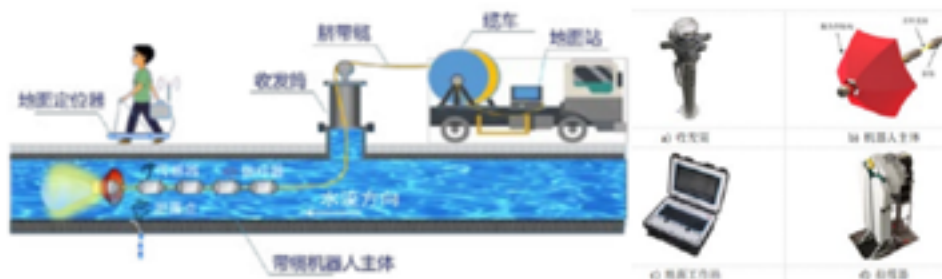


图 2-110 缆式不停水给水管道检测

国内研发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，进而可以获取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；激光雷达可适合于城镇下水管道环境，得到管道内的横截面信息比摄像头更加精确；此外，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。

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、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、管道局检测公司等。国外管道检测仪器相关公司主要有：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。

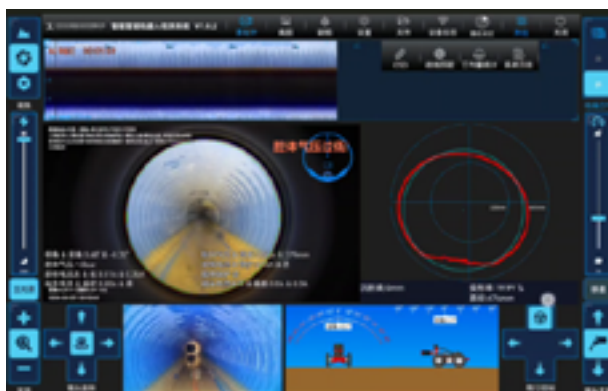


图 2-111 高精度激光雷达管道检测

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。

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 2-112 管道多用途清障机器人



图 2-113 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 2-114 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、业主或者两者合作去做。

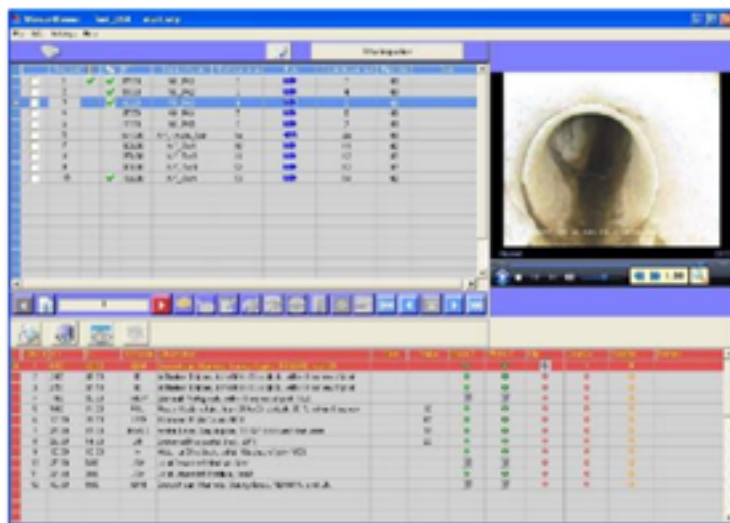


图 2-115 Wincan Viewer 管道缺陷自动分析软件界面



图 2-116 加拿大 Concordia 大学排水管道评价与异常诊断模型



图 2-117 深圳巍特管网智慧运营平台



图 2-118 浙江管迈智能河长系统



三、国内非开挖行业发展动态

非开挖行业发展主要与市政地下管线、长输送管线、交通和水利等行业发展密切相关，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，不同国情非开挖工法应用具有不同的特征，各国非开挖发展动态具有不同特征。三十多年来，我国非开挖行业不断发展壮大，规模从小到大，实力从弱到强，不断追赶世界先进水平，目前非开挖技术行业多处于与世界领先水平并跑或领跑阶段。

我国政府高度重视市政管网建设，特别是今年来，旨在通过系统性的更新和改造，提升城市的整体功能和服务水平，确保城市的可持续发展，采取一系列行动。城市更新行动：政府工作报告中提出，2024年将继续加快推进城市更新行动，其中包括推进城市生命线安全工程建设，通过数字化手段对城市的供水、排水、燃气、供热等设施进行实时监测，以提升城市安全运行保障能力；地下管网改造：住房和城乡建设部宣布，未来我国将每年改造10万公里以上的地下管线，改造计划不仅涵盖供水、排水、燃气、供热等管道，还包括电力、通信等市政公用管线，解决城市老旧管网带来的安全隐患和服务效率问题；城市排水防涝能力提升：政府工作报告中提到，将实施城市排水防涝能力提升工程，启动100个城市、1000个以上易涝积水点治理，以改善城市内涝问题等。

为了应对城市地下管网灾害事故，需要控预警装置、防护装备、安全认证等措施提升城市的整体韧性，也需要依托大数据、云计算、5G、地图定位等技术加强感知网络与应急平台建设。政府和各部委主导的“雪亮工程”“平安城市”“智慧社区”“基层治理”等大型新基建项目规划的落地，为安防市场带来可观增量空间。今年全国住房和城乡建设工作会议提出，启动城市基础设施生命线安全工程建设，充分运用数字化手段，保障城市安全运行。启动建设覆盖燃气、桥梁、供水、排水、热力、综合管廊等重点领域的运行监测平台，对城市基础设施生命线工程实时监测、及时预警、有效处置。近年来，多地聚焦城市安全主要问题和突出风险，推进城市生命线安全工程建设，构建城市生命线安全工程主框架，及早发现问题和解决问题，让城市在遭遇极端天气、自然灾害时，提高城市保供、保畅、保安全的能力。

3.1 应用行业动态

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

3.1.1 市政管网

城市地下管线是满足城市运行、工业生产、市民生活的重要基础，担负着城市的信息传递、能源输送、水资源输送、排涝减灾、废物排弃等功能，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。城市地下管线像人体的血管，供水、排水、燃气、供热、通信、电力等地下管线缺一不可，是城市的“生命线”。

2023年，城市市政设施固定资产投资2.03万亿元，占全国市政设施固定资产投资的83%。其中，道路桥梁类占比36.6%；轨道交通类占比26.8%；排水类占比9.7%；供水类占比3.7%；集中供热类占比2.5%；燃气类占比1.5%；园林绿化类占比5.0%；地下综合管廊类、市容环境卫生类占比均为1.7%；其他占比10.7%。

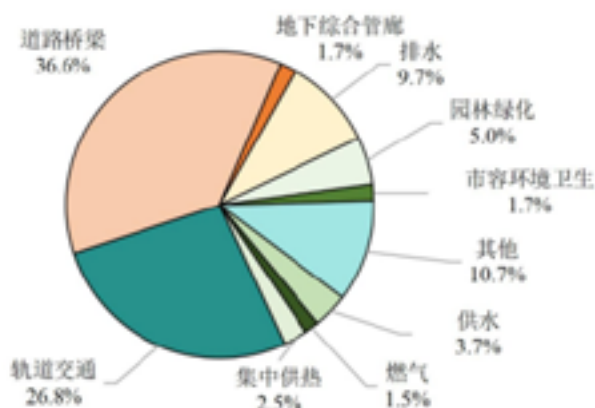


图 3-1 2023 年全国市政设施固定资产投资占比

从全国各省份看,山东、江苏、湖北和广东 4 个省城市市政设施固定资产投资超过 1500 亿元;浙江、四川、北京、重庆和安徽 5 个省(市)在 1000 ~ 1500 亿元之间;河北、陕西、河南、江西、湖南和福建 6 个省在 500 ~ 1000 亿元之间;上海、吉林、天津、辽宁、内蒙古、贵州、山西、广西和甘肃 9 个省(区、市)在 200 ~ 500 亿元之间;云南、新疆、黑龙江、海南、宁夏、青海、西藏 7 个省(区)和新疆兵团在 200 亿元以下。

截至 2023 年末,全国城市供水管道长度 115.31 万公里,同比增长 4.55%;供水普及率 99.43%,比上年增加 0.04 个百分点。从全国各省份看,广东、江苏和浙江 3 个省城市供水管道长度超过 10 万公里;山东、湖北和四川 3 个省在 5 ~ 10 万公里之间;湖南、辽宁、上海、福建、安徽、江西、河南、重庆、广西、贵州、河北、黑龙江、天津、北京、云南、山西、吉林、内蒙古、陕西和新疆 20 个省(区、市)在 1 ~ 5 万公里之间;海南、甘肃、青海、宁夏、西藏 5 个省(区)和新疆兵团在 1 万公里以下。

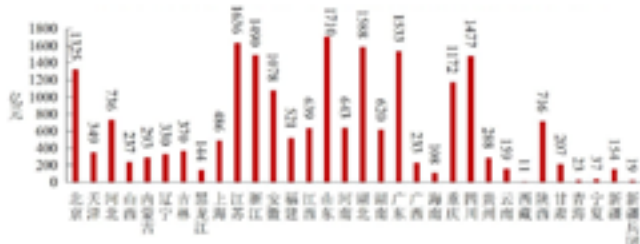


图 3-2 2023 年全国各省和建设兵团城市市政设施固定资产投资



图 3-3 2014-2023 年全国城市供水管道长度及同比变化

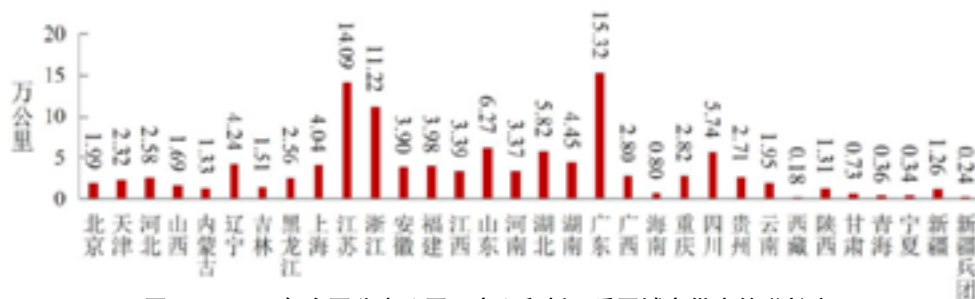


图 3-4 2023 年全国分省(区、市)和新疆兵团城市供水管道长度

截至 2023 年末,全国城市天然气管道长度 103.92 万公里,同比增长 5.99%;人工煤气管道长度 0.52 万公里,同比下降 23.28%;液化石油气管道长度 0.29 万公里,同比增长 15.50%。2023 年,全国城市天然气供气总量 1837.19 亿立方米,同比增长 3.93%;人工煤气供气总量 14.06 亿立方米,同比下降 22.54%;液化石油气供气总量 764.60 万吨,同比增长 0.81%。



图 3-5 2014—2023 年全国城市天然气管道长度及同比变化



图 3-6 2014—2023 年全国城市人工煤气管道长度及同比变化



图 3-7 2014—2023 年全国城市液化石油气管道长度及同比变化

截至 2023 年末，全国城市集中供热管道长度 52.37 万公里，同比增长 6.13%；集中供热面积 115.49 亿平方米，同比增长 3.81%。

截至 2023 年末，全国城市已建成轨道交通 10442.95 公里，同比增长 9.06%；在建轨道交通 5061.32 公里，同比增长 5.38%。从全国各省份看，广东和江苏 2 个省已建成城市轨道交通长度超过 1200 公里；浙江、北京、上海、四川、湖北和重庆 6 个省（市）在 500 ~ 1000 公里之间；辽宁、山东、陕西、河南、天津、湖南、安徽、福建、云南、广西、江西和吉林 12 个省（区、市）在 100 ~ 500 公里之间；黑龙江、河北、贵州、内蒙古、甘肃、新疆、山西和海南 8 个省（区）在 100 公里以下；西藏、青海、宁夏 3 个省（区）和新疆兵团暂无轨道交通。



图 3-8 2014—2023 年全国城市集中供热管道长度及同比变化



图 3-9 2014—2023 年全国城市已建成和在建轨道交通长度及同比变化

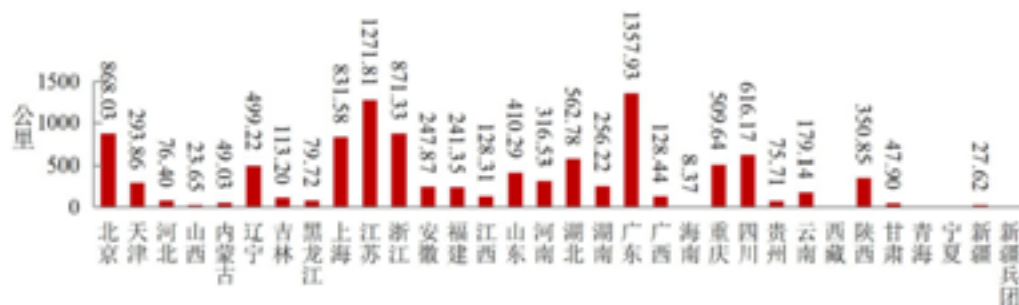


图 3-10 2023 年全国分省（区、市）和新疆兵团城市已建成轨道交通长度

广东、江苏和浙江 3 个省在建的城市轨道交通长度超过 500 公里；山东、四川、重庆、北京、上海、天津、福建、湖北、辽宁、河南、安徽、吉林和陕西 13 个省（市）在 100 ~ 400 公里之间；贵州、湖南、河北、新疆、江西、山西、云南、黑龙江和广西 9 个省（区）在 100 公里以下。

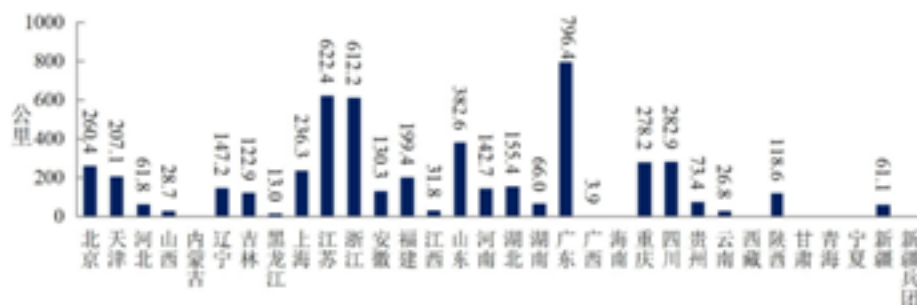


图 3-11 2023 年全国分省（区、市）和新疆兵团城市在建轨道交通长度

截至 2023 年末，全国城市排水管道长度 95.25 万公里，同比增长 4.27%；污水处理厂处理能力 2.27 亿立方米/日，同比增长 4.84%；污水处理率 98.69%，比上年增加 0.58 个百分点；生活污水集中收集率 73.63%，比上年增加 3.57 个百分点。



图 3-12 2014—2023 年全国城市排水管道长度及同比变化



图 3-13 2014—2023 年全国城市污水处理率

从全国各省份看，广东省城市排水管道长度超过 15 万公里；江苏、山东、浙江和四川 4 个省在 5 ~ 10 万公里之间；湖北、河南、安徽、湖南、辽宁、重庆、福建、河北、天津、江西、广西、上海、北京、云南、贵州、陕西、山西、内蒙古、吉林、黑龙江和新疆 21 个省（区、市）在 1 ~ 5 万公里之间；甘肃、海南、青海、宁夏、西藏 5 个省（区）和新疆兵团在 1 万公里以下。

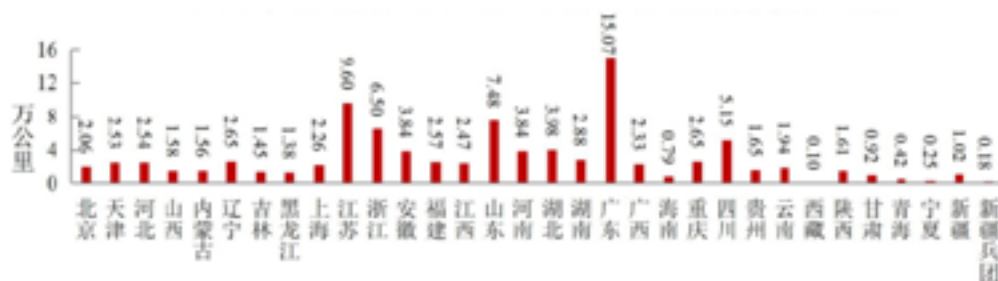


图 3-14 2023 年全国分省（区、市）和新疆兵团城市排水管道长度



据央视新闻、央视财经、光明网、住建部等新闻媒体于 2024 年 2 月 16 日报道，我国将每年改造 10 万公里以上地下管线。住房和城乡建设部相关司局负责人表示，地下管网改造是市政工程，更是民生工程，是必须保障的任务，今年我国将大力推进城市地下管网改造，实施城市排水防涝能力提升工程，深入推进城市生命线安全工程建设。2024 年国家发行的 1 万亿的特别国债中，相当一部分用于更新一些省市的地下管网，今年将持续数年每年更新 10 万公里地下管网。目前，全国城市的供水管道长度达 110.30 万公里，排水管道长度 91.35 万公里，天然气管道长度 98.04 万公里，供热管道长度 49.34 万公里。

3.1.2 长输管网

近年来我国油气管网基础设施加速建设。2023 年全国长输天然气管道总里程 12.4 万公里，较上年增加超 4000 公里，预计 2024 年将新增管道里程超 4000 公里。“十四五”期间我们将新投运管道里程近 2 万公里，不断扩大油气能源的供给量和覆盖面，加快构建布局优化、覆盖广泛、功能完备的“全国一张网”。根据《中长期油气管网规划》，到 2025 年天然气长输管道总里程将达 16.3 万公里，2030 年超过 20 万公里，构建“主干互联、区域成网”的全国性网络。未来将通过新建干线、支线及区域管网进一步覆盖中西部和沿海地区，提升供气能力。重点工程包括中俄东线（2025 年全线贯通）、新—粤—浙煤制气管道、鄂—安—沧管道等，推动气源多元化与区域平衡。进口通道包括巩固西北（中亚 D 线）、东北（中俄东线）、西南（中缅管道）和海上 LNG 接收站四大进口通道，增强能源安全。

京津冀、长三角、珠三角等重点区域将形成高密度管网，配套储气库和 LNG 接收站，例如华北储气库群、金坛盐穴储气库等，预计 2025 年储气库工作气量达 300 亿立方米，2030 年超 400 亿立方米。非常规天然气（如页岩气、煤层气）外输管道建设加速，例如四川长宁页岩气管道的扩展，提升非常规资源利用率。国家“十四五”重大能源基础设施工程——川气东送二线天然气管道东段（鄂豫赣皖浙闽段）全面推进，推动川气东送二线加速建设，对于“十四五”期间构建我国“四大战略通道 + 五纵五横”天然气骨干管网、实现区域内资源灵活调配具有重要意义。

“十四五”以来，国家管网集团加速推进油气管网基础设施建设，建成投产中俄东线、西气东输四线吐鲁番至哈密段、漳州液化天然气接收站等一批国家重点项目和储气设施，加速推进川气东送二线、虎林至长春管道等战略通道建设，“全国一张网”建设取得显著成果。预计 2025 年还将建成管道超 2000 公里，新增管输能力 250 亿立方米，顺利完成“十四五”规划的 1.65 万公里目标。

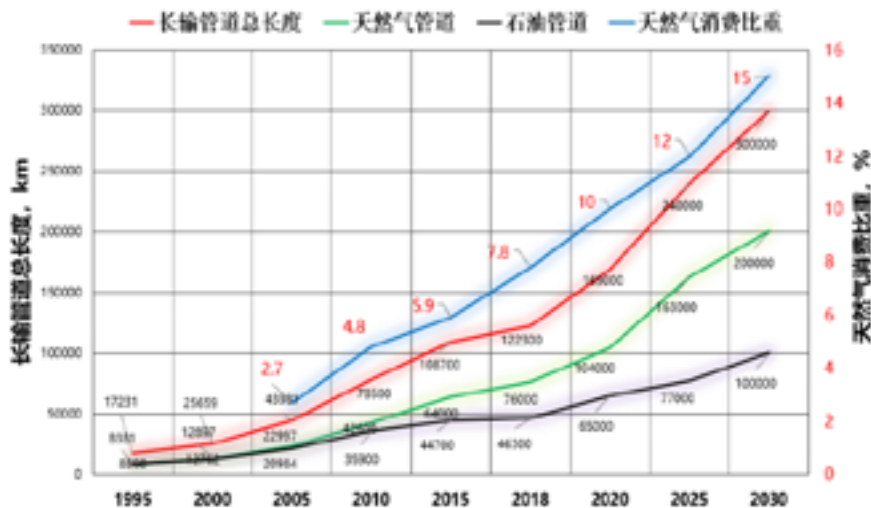


图 3-15 我国的长输管线建设情况



图 3-16 我国天然气输送管道网络

3.1.3 基础设施建设

地下综合管廊亦称为共同沟或共同管道，是现代城市基础设施建设中的一项重要内容。它是城市地构建的一个大型隧道或管沟系统，用于集中敷设和管理多种市政管线，包括但不限于供水、排水、电力、电信、光缆、热力、燃气等工程管线及附属设备。旨在通过统一规划、设计、建设和后期运营管理，高效利用地下空间，避免因单独管线铺设和维护而导致的反复道路开挖，即常说的“拉链马路”现象。根据服务范围和功能，地下综合管廊分为干线综合管廊、支线综合管廊、干支线混合综合管廊和缆线综合管廊等类型。干线综合管廊位于道路中央或道路红线外，主要负责主干管线的输送；支线综合管廊则连接干线，将各种供给分配至各直接用户；缆线综合管廊主要收纳电力、通信等缆线；而干支线混合型则结合干线与支线的特点，适用于特定条件下的道路布置。

自 2015 年起，在国家与政府的强力支持下，中国地下综合管廊建设事业蓬勃兴起经历了快速推进的阶段，其建设规模与投资额度均呈现出持续增长的态势。依据住房和城乡建设部统计，截至 2021 年末，我国在城市地下综合管廊建设上取得了显著进展，总里程数已增至 6706.95 公里，当年新增的建设长度达 1799.59 公里，而全年在该领域的总投资额则高达 538.9 亿元人民币。至 2022 年上半年，全国共有 279 个城市及 104 个县参与其中，总计启动了 1647 项地下管廊建设项目，彰显了这项工作的广泛覆盖与深远影响。在这些城市中，试点城市和大型城市占据了新建管廊长度排名的前位，但也有中小型企业城市如韩城市、汉中市等积极参与到管廊建设中。从 2016 年至 2022 年期间，地下综合管廊的延伸速度虽有减缓，但仍维持着积极的增势。据统计，到 2022 年底，我国地下综合管廊的累计建设长度达到约 7094 公里。

我国地下综合管廊的地区分布显示出一些省份的已建长度较为突出。具体来看，山东省、四川省和广东省的已建综合管廊长度均超过 600 公里，位居全国前三，反映出这些地区在地下综合管廊建设方面的积极投入和快速发展。此外，管廊建设与城市的经济发展水平存在一定的相关性，但相关系数为 0.51，属于中等程度的相关。而与城市人口密度的相关性更低，仅为 0.12，几乎可以认为没有直接关系。这表明，尽管经济条件和人口密度可能会影响管廊建设的规模和速度，但管廊建设也受到其他因素如政策支持、城市规划等影响。

据统计，2018 年中国地下综合管廊行业市场规模 428.31 亿元，2023 年中国地下综合管廊行业市场规模 649.26 亿元，同比增长 8.5%。

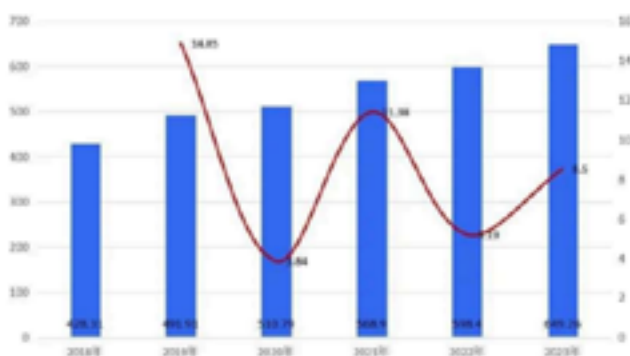


图 3-17 2018—2023 年来中国地下综合管廊行业市场规模

地下综合管廊行业的发展在近年来受到国家和地方政府的高度重视，相关政策的出台与实施为该行业提供了明确的指导方向和有力的支撑。《“十四五”全国城市基础设施建设规划》再次强调，要系统化推进城市综合管廊建设，不仅要求新城区按照高标准规划和建设，而且鼓励老城区结合旧城改造逐步推进，通过政府与社会资本合作 (PPP) 模式、专项债等多种融资渠道，解决资金难题。政策上还提出，要加强地下综合管廊的智能化管理，融合物联网、大数据等技术，提升运维效率和安全水平。

为解决建设资金难题，政府积极探索多元化融资模式，包括 PPP(政府与社会资本合作)、专项债券、财政补贴、社会资本直接投资等，有效缓解了政府财政压力，吸引更多社会资本参与到综合管廊项目的投资和运营中来，为行业注入新的活力。随着城市化进程的加快和人口的集中，对城市基础设施的承载能力和智能化水平提出了更高要求。地下综合管廊作为提升城市基础设施现代化水平的关键一环，其需求量随着新城区的建设、旧城改造以及智慧城市的推进而持续增长，特别是在应对极端天气事件、提升城市韧性方面，综合管廊的作用日益凸显。

地下综合管廊的建设不仅可解决反复开挖路面的问题，减少对市民生活和城市交通的干扰，还有效提升城市美观度和环境质量，对推动绿色、可持续发展具有重要意义。长远看，综合管廊的建设和完善将极大促进城市综合效益的提升，为居民创造更安全、舒适的生活环境。据预测，2024—2030 年中国地下综合管廊行业市场规模增长率在 6% ~ 8%，2030 年中国地下综合管廊行业市场规模 1024.26 亿元，同比增长 6.03%。

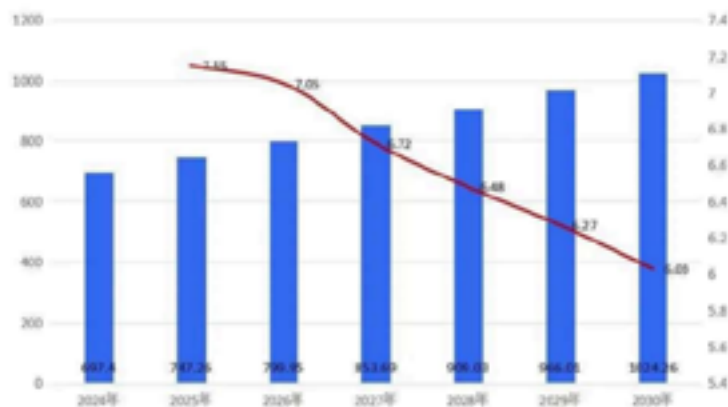


图 3-18 2024—2030 中国地下管廊行业市场规模预测 (亿元)

中国隧道建设规模持续增长。2013 年到 2023 年底，铁路隧道运营里程从 8939 千米增长至 23508 千米，平均年增长率约 10.15%；公路隧道运营里程从 9606 千米增长至 30231.8 千米，平均年增长率约 12.15%；城市轨道交通运营里程从 2746 千米增长至 8668 千米，平均年增长率约 12.18%(数据来源：中国土木工程

学会隧道及地下工程分会、交通运输行业发展统计公报等)。



图 3-19 2017—2023 年我国城市轨道交通运营线路与里程变化情况

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。2021 年我国共销售水平定向钻机 3395 台钻机，比 2020 年的 3935 台减少了近 600 台，其中出口钻机 600 余台，比 2020 年少 200 余台。到 2021 年底，国内水平定向钻机的保有量为 40946 余台，累计出口钻机 7000 余台。同期，美国新增钻机 2378 台（近几年维持 2500 台左右），钻机的保有量达 58238 台。2022 年和 2023 年暂未做统计调查，疫情虽然已经过去，但 HDD 钻机生产销售下滑趋势仍未结束。



图 3-20 2021 年中美历年新增水平定向钻机的情况

前 3 名的制造商约占市场的 80%；前 5 名厂商约占 90%；前 10 名企业约占 99%。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。

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、浙江新锐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、长驰传动科技（苏州）有限公司、南京思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。

国际 HDD 钻机制造商主要有：Augers 公司、Ditch Witch 公司、Apollo 公司、Herrenknecht 公司、Prime 公司、Tracto 公司、EasyDrill 公司、Vermeer 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责任公司、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、任丘市程发石油科技有限公司、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、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、河南麟州建设工程有限公司、天津泽鸿工程建设投资有限公司、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，甚至公里以上。

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 2000 公里以上，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 3-1 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

据对国内顶管机与微型隧道机生产企业的调查，2022 年共生产销售顶管机 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、河北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、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：北京市政七建设工程有限责任公司、北京京水建设集团有限公司、北京跨野市政工程有限公司、北京东方中远市政工程有限公司、迅通（北京）非开挖建设工程有限公司、探地者（北京）技术有限公司、上海国强微顶管业有限公司、浙江交工集团股份有限公司地下工程分公司、绍兴磐石管道工程有限公司、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、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、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、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

我国盾构机行业起步较晚，直到 2008 年我国自主研发的第 1 台国产盾构机才正式诞生；其后十余年，随着自主研发能力提升，“863”计划、973”计划及相关政策推动下，我国盾构机行业发展迅速，实现巨大跨越。2017 年国内自主研发的盾构机产销量攀升至全球第一；2023 年，我国盾构机拿下了全球 7 成的市场份额。我国从全面依赖国外进口，到 2023 年占全球市场份额七成，我国盾构机行业实现了从“跟跑”到“领跑”的巨大跨越。

我国盾构机下游应用仍以城市轨道交通为主，并逐渐由城市轨道交通、铁路隧道等传统领域向抽水蓄能、综合管廊、矿山开发等新兴领域扩展，为盾构机行业带来更多需求。近年来，在轨道交通、出口等下游需求推动下，我国盾构机产需和市场规模均在上升。截至 2022 年底我国盾构机国产化率已超过 95%，且市场形成以中铁工业、铁建重工为主的双寡头竞争格局，行业集中度高。

目前，中国已经成为全球盾构/TBM 最大的生产国和最大的市场。“十三五”时期中国基础设施建设需求大幅增加，盾构/TBM 年生产数量在 2015 至 2017 年呈突破式增长，至 2022 年全年生产数量突破 700 台，年市场销售金额约 243 亿元。应用领域从传统的交通、水利水电拓展到矿山、储能、综合管廊等新型领域。中国盾构/TBM 装备已经出口海外约 40 个国家和地区，设备多项性能在海外客户评价中名列前茅，积累了丰富的业绩和国际行业认可度，大国重器成为响当当的“中国品牌”。

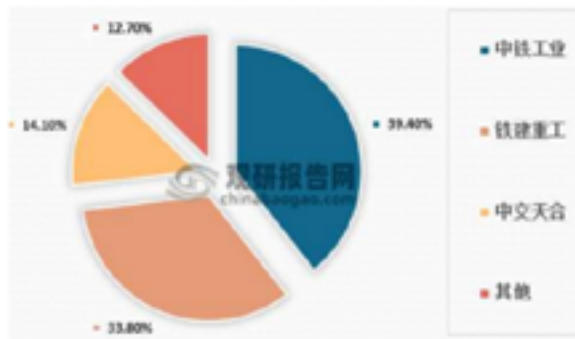


图 3-21 2023 年我国盾构机企业市场分布情况

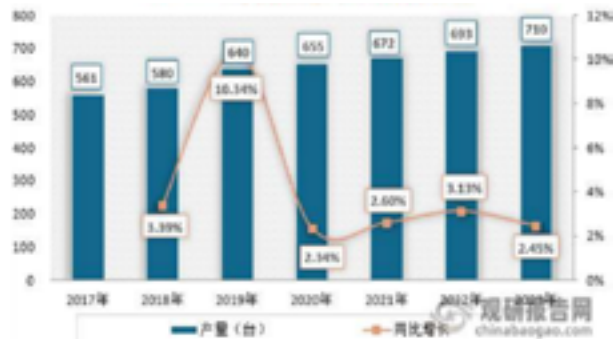


图 3-22 2017-2023 年中国盾构机产量和增长情况

近二十年来，中国隧道建造行业得到快速发展，隧道总里程已达 7 万千米，在建和在役隧道总规模世界第一。钻爆法沉管法、盾构 /TBM 法在铁路、公路等各类隧道建设中发挥巨大的作用。随着人工智能、云计算、大数据等新一代信息技术快速发展，盾构 /TBM 隧道建造逐步走向数字化、智能化成为必然趋势。

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，夯管与水平定向钻进结合，夯管主要用于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。气动矛在国内应用相对极少，直推管在一些特殊条件下有一定的优势，国内已有少量应用。

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、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 3-2 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 / 万公里	1990 年以前		1991 ~ 2000		2000 年以后	
		长度 / 万公里	比重 / %	长度 / 万公里	比重 / %	长度 / 万公里	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

近年来，我国持续投入对城市地下管网进行更新和改造，每年管道更新工程逐年增加，很多城市都完成地下老旧管网改造，将管网漏失率控制在国家标准以内，不仅显著降低管网事故率，避免重大事故发生，还提升了城市生态环境。提升城市地下管线体系，以适应我国生态文明建设、健康中国等战略需要，同时城市应急防灾能力大幅提升。

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 余公里管道替换与修复,点修复 26800 余处;2022 年管道更新完成 806 余公里,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 Tro lining 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。

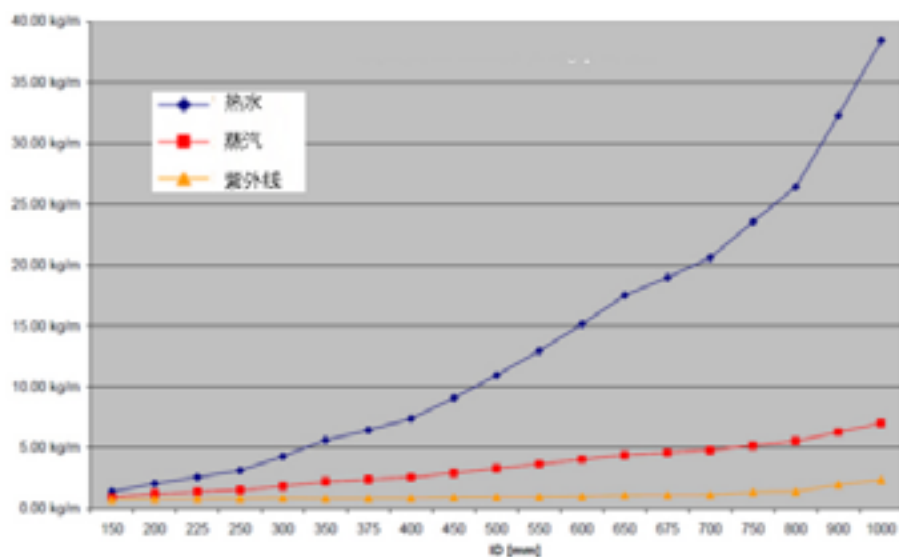


图 3-23 UV CIPP——一种绿色环境的施工方法

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、郑州九泰科技有限公司、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、苏州庐滨高新材料技术有限公司、诺道管网技术(上海)有限公司、安徽贝耐德管道新材料科技有限公司、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、重庆天泽塑业有限公司、知造新材料(天津)有限公司、广西顺美新材料有限公司,以及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、金陵联思树脂有限公司、新阳科技集团有限公司、长兴合成树脂(常熟)有限公司、南京帝飞化学有限公司、镇江利德尔复合材料有限公司等。

表 3-3 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
3S 法 短管法 不锈钢	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、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、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、河北天元地理信息科技工程有限公司、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、河南省中奥管道工程技术有限公司、广州银浩智能技术有限公司、鼎尚（珠海）科技发展有限公司、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股份公司、厦门骏特市政工程有限公司、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、五行科技股份有限公司、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、顺德防腐工程有限公司、安徽省顺通市政工程有限公司、北京河沐生



态环境科技有限公司、重庆克那维环保科技有限公司、北京新虹科技有限公司、广东银浩智能技术有限公司、上海宇联给水工程有限公司等。

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，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。随着 5G 时代的到来，迎来了智慧管网的建设。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，对地下管线实现全生命周期的管控，是未来城市管网建设管理的方向。

地下管线探测最具开发潜力的是地下管网数据，结合现代信息技术，发展极具市场价值的云数据大平台。但该市场受两大因素制约：一是保密政策的限制，城市地下管网的详细数据多为保密的；二是开发地下管网云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。

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、排水管道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）。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，大幅降低人工成本，以及自然环境和公共环境风险，并优化提高工程的效率和准确性。



图 3-24 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、维护与管理系统具有很高的实用价值和市场潜力。

（1）管道清洗

管道清洗的市场容量庞大，分两种情形：一是正常的维护需要，无论是什么类型的管道，应每隔一定周期对其进行清洗疏通；二是管道评价与修复前的必选项。但时至今日，每个地区的各类管道，都会有相应的维护机构或合作伙伴，要想开拓更大的市场，似乎也有难度，可购置和自制以燃气管道为目标的设备和装置，培养以燃气管道为目标的专业养护队伍，开展面向全国的高品质燃气管道维护专业服务。

（2）管道检测

按照国内油气管道的相关法规，新建管道必须在投产三年后进行一次全面检测，以后根据运营记录状况确定检测周期，但最长间隔不得达到 8 年。预计到 2020 年底全国油气长输管道总长度将突破 16.9 万公里，人工煤气供气管道长度 1.1 万公里，天然气供气管道长度 76.8 万公里。按平均每 6 年检测一次来算，每年应进行检测的油气管道长度约为 2.82 万公里，燃气管道长度约 12.9 万公里；同样，给排水等管道检测工程量也是巨大的。总体我国管道检测市场是很大的。

（3）管道评价

我国重力管道评价技术是成熟的，有严格的技术规范标准，重力管道评价市场较为稳定。压力管道的评价具有很大的难度，技术上还不太成熟，没有成熟的技术规范。

目前，在国内外的高校等研究机构，针对压力管道开展了大量的管道安全评价模型，特别是在石油管道系统中，国内外还颁布了多个管道评价规范。可以说，当前针对油气管道结构稳定性和事故灾难后果的评价理论方面取得了长足的进步，足以达到实用化的程度。只需用这些理论模型分析管网数据，将结果运态反馈到以 GIS 为代表的平台上，就能产生服务于各级主管领导和工程技术人员需要的评价结果。



四、国外非开挖行业发展动态

国外非开挖发展动态主要以美、欧、日为代表，是现代非开挖技术主要发源地。由于不同国情、不同天然条件形成各具特色的发展态势和应用场景。

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 / 公里	77073	12997	25326	18322	2095	6907
规划 / 公里	127325	38772	20434	12436	6291	8057
合计 / 公里	204398	51770	45760	30758	8386	14964

注：南美 27624 公里，非洲 25136 公里。



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 公里，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 公里，可从伊拉克向约旦输送 1MMbpd (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 公里，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 公里，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 公里，管径 1016mm，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。

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。	1780 公里，60 亿卢布	1978 年	280 亿 m ³
俄罗斯－土耳其 (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 公里，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。	1170 公里（海底 910 公里，土耳其 260 公里）	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。	970 公里	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）。	3300 公里，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”。	1850 公里，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。	1207 公里	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。	660 公里，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。	1096 公里，15 亿欧元	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。	878 公里，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，是世界最长的近海天然气管道。	1224 公里 (均采用双管)，95+99 亿欧元	1 号 2 号	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 公里 (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 公里 (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 公里，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，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:1833 公里 D:1000 公里	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 2680 公里，中国 3968 公里	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。	6700 公里 (俄罗斯 2700 公里，中国 4000 公里)	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泰尔城，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 4000 公里		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我国非开挖行业具有很好的相似性，分析美国非开挖技术发展趋势和行业现状，有助于预测我国非开挖技术和行业发展态势。

4.2.1 水平定向钻进

水平定向钻进在美国是使用最广的非开挖技术工法。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 2023 年底，美国水平定向钻机的市场保有量已超过 60730 台。美国第 26 届水平定向钻进年度（2024 年）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，统计描述 HDD 在公用事业和管道建设方面应用的概况。



图 4-4 2007 至 2023 年美国钻机生产台数

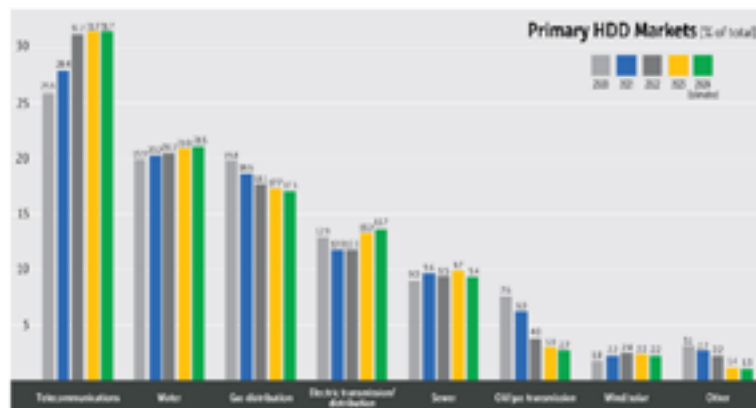


图 4-5 不同类型管线的水平定向钻进应用占比

近年来，美国每年制造销售 HDD 钻机都在 2500 台左右，2022 年销售 2492 台套，2023 年销售 2538 台套，总体 HDD 钻机生产和销售态势平稳，采用 HDD 施工铺设管线主要是通讯、给水、燃气、电力和排水等管线。

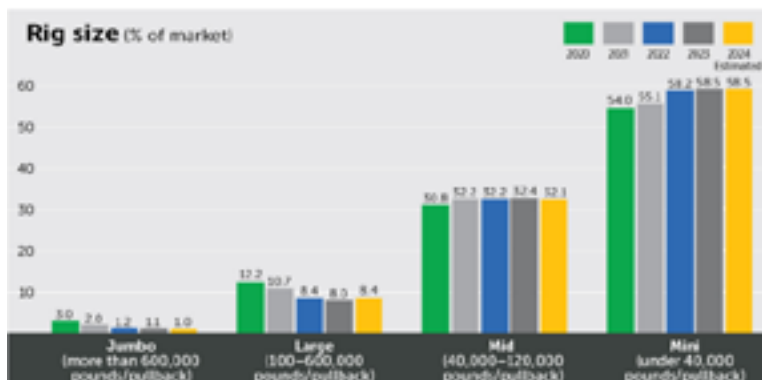


图 4-6 不同类型水平定向钻机市场占比



2024 年 HDD 钻机销售中，通讯电缆铺设约占市场 31%；给水管道铺设约占市场 21%；燃气管道铺设约占市场 17%；电力电缆铺设约占市场的 13%；排水管道铺设约占市场 9.5%。其中销售超大型 HDD 钻机占比约为 1%，大型 HDD 钻机占比约为 8.4%，中型 HDD 钻机占比约为 32%，小型 HDD 钻机占比约为 58.5%。

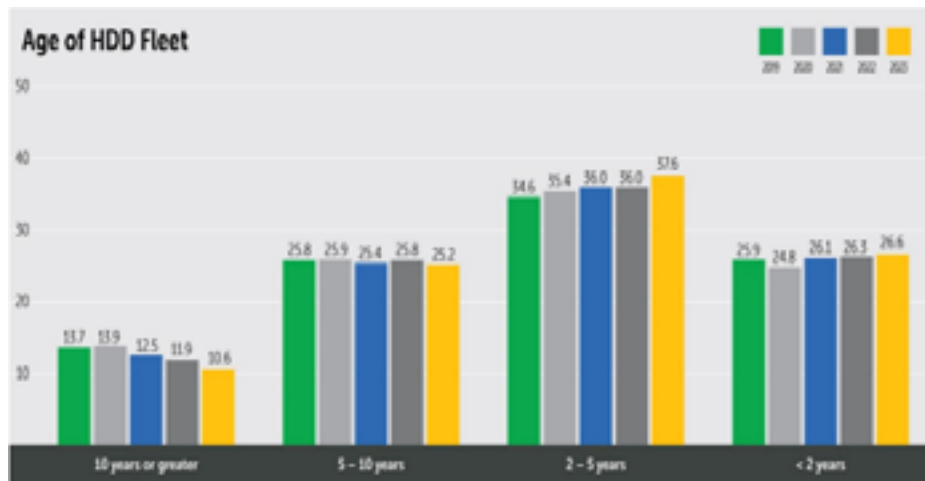


图 4-7 不同机龄的钻机占比情况

随着电信光缆铺设市场的扩张，2023 年承包商水平定向钻机的平均车龄略有下降。使用 10 年及以上的钻机约占现役钻机的 10.6%，使用 2 到 5 年的钻机是最大的细分市场，占 37.6%，而 26.6% 的 HDD 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 管，占 55.4% 的市场份额，而 PVC 紧随其后，占 27.3%。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。大、中、小型钻机施工穿越长度变化不大，2023 年大型钻机施工穿越平均长度约为 645m，中型钻机施工穿越平均长度约为 228m；小型钻机施工穿越平均长度约为 113m。

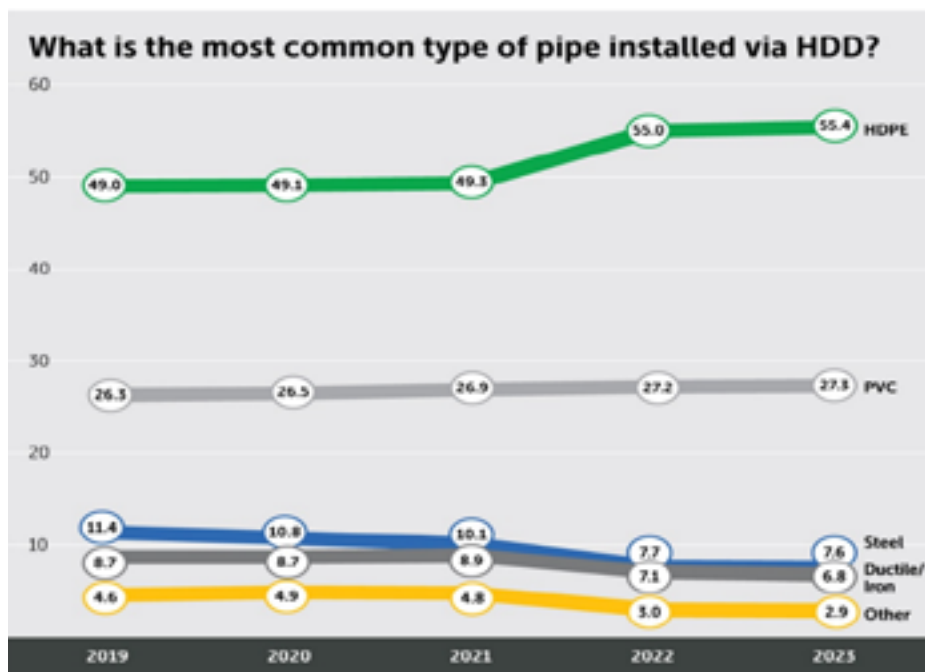


图 4-8 水平定向钻进施工管材占比

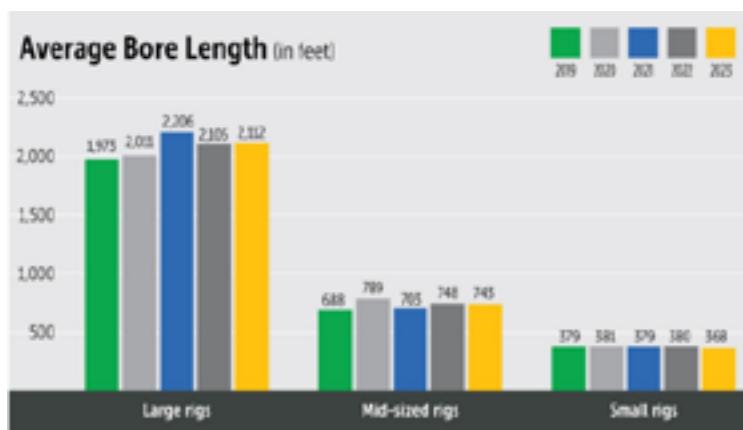


图 4-9 不同类型钻机施工穿越长度

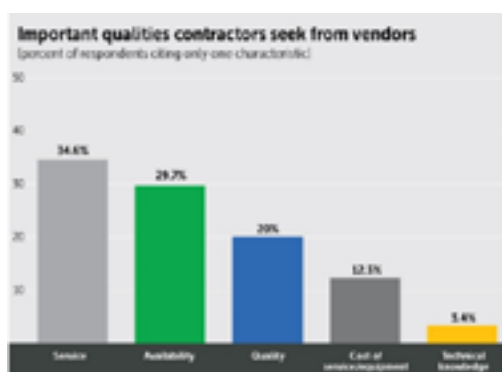


图 4-10 承包商对设备商不同品质方面的诉求



图 4-11 预期采购钻机类型

调查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 34.6% 和 29.7%），但“可用性”今年大幅上升，达到 29.1%，超过对产品质量的要。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。同时，承包商对钻机的采购需求仍主要集中在小型钻机，占比达到近 60%，中型钻机的需求占比达到 37.9%。

4.2.2 市政管网非开挖动态

美国《地下设施施工》每年进行市政污水和供水基础设施预测和分析调查，至 2024 年已连续实施 27 次调查分析。统计研究显示，预计 2024 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。

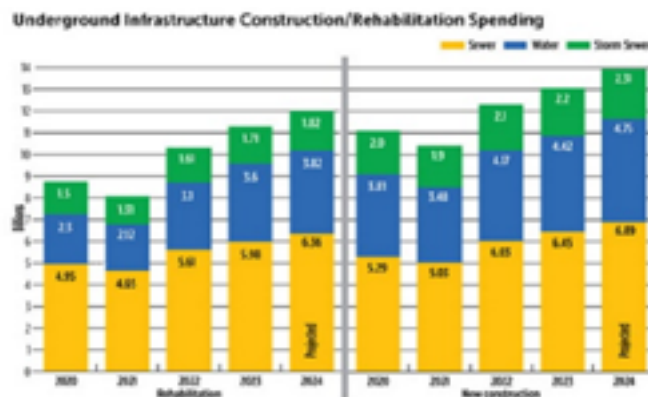


图 4-12 管道建设和修复投资情况



自 2021 年以来，管道建设和修复投资一直都在增加，增速约为 5%。2024 年管道建设总投资约为 130.5 亿美元，其中污水管道建设 68.9 亿美元，给水管道建设 47.5 亿美元，雨水管道建设 23.1 亿美元。管道修复建设总投资约为 110 亿美元，其中污水管道修复 63.6 亿美元，给水管道建设 38.2 亿美元，雨水管道建设 18.2 亿美元。

理想情况下估算，全球 2024 年污水管道投资约为 1150 亿美元，给水约为 900 亿美元，雨水约为 250 亿美元；自 2024 年的后五年，污水管道总投资约为 3270 亿美元，给水约为 1470 亿美元，雨水约为 560 亿美元。



图 4-13 全球近期地下管线需要投资的情况预测

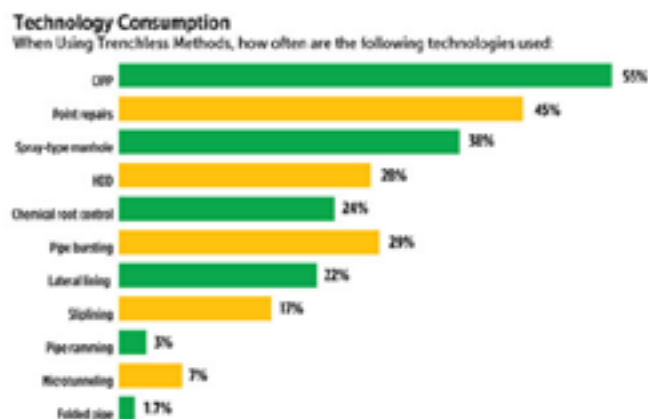
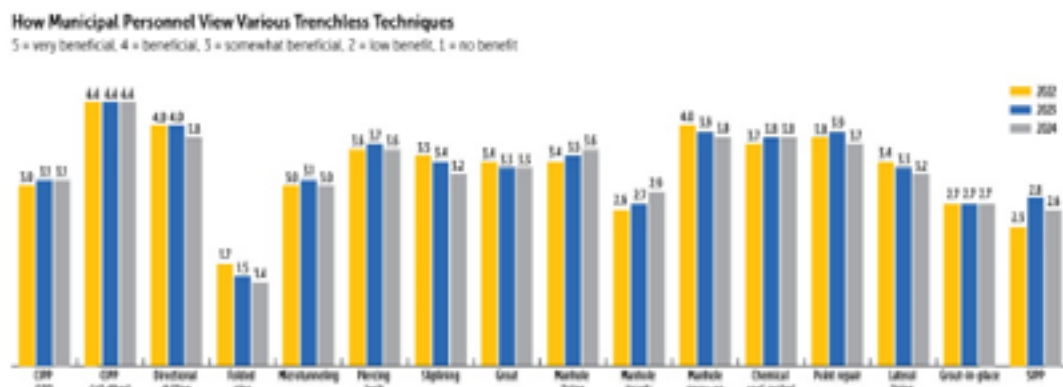


图 4-14 开挖铺设管道时通常使用非开挖技术各工法的频次

使用开挖方法施工管道后，通常选择采用非开挖技术工法的频次靠前的是 CIPP、点修复、人井修复、HDD、裂管等，其中被使用的非开挖工法概率最高的是 CIPP 和点修复工法。



5= 非常有益, 4= 有益, 3= 略有益处, 2= 低收益, 1= 无益处

图 4-15 市政人员看待非开挖技术态度

2024 年调查大约 47% 的受访者评论说，在可行的情况下更喜欢使用非开挖方法，与 2023 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。同时，调查统计市政管理人员对不同非开挖工法的接受程度或欢迎程度，总体情况变化不大。

调查分析了市政人员对承包商评分，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。承包商的综合得分连续第三年攀升至 3.90，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。2024 年的咨询工程师得分保持不变为 3.8。

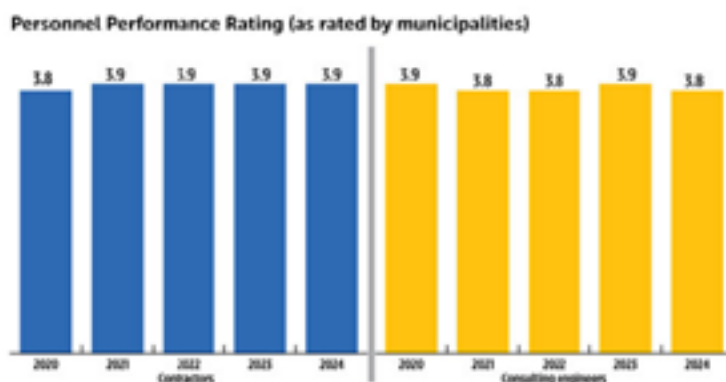


图 4-16 承包商与咨询部门的绩效评级

4.3 其他国家非开挖行业动态

4.3.1 欧洲非开挖动态

欧洲发达国家地域较小，城市历史悠久，地下管道发达。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。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。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，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 万公里的老旧管道，包括建于十九世纪的铸铁煤气管道。

欧洲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；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 1500 公里，其中 UV CIPP 为 947 公里，占 63%；其他国家的 UV CIPP 为 1579 公里（美国约占修复工程量 50%，欧洲除德国外占 40%）。

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 采用会员制，包括约 150 个城市和 60 家公司，现主任 Roland W. Waniek 博士。IKT 主要从事项目研究、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。

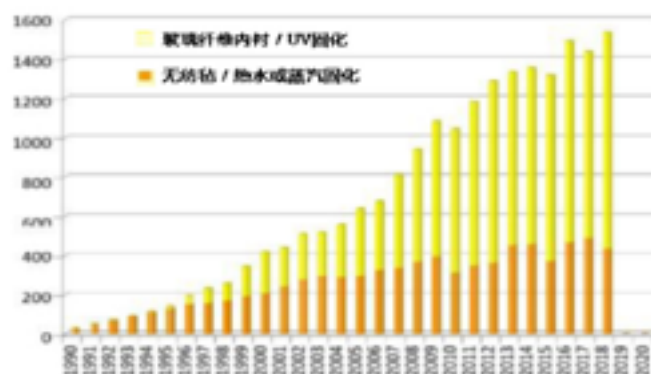


图 4-17 德国非开挖修复年度工程量



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，水平定向钻进技术应用相对较少，管道铺设主要采用顶管施工技术，旧管道更新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，日本制造商、承包商和研究机构通力合作开发小口径顶管施工技术（微型隧道法），向全国推广。至今，日本在小口径顶管方面仍居世界领先地位。小口径顶管机制造商多达 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 1500 公里（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 1000 公里左右（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 ~ 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，在大口径顶管施工技术的基础上开发出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。

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 500 公里以上。



图 4-18 日本历年顶管施工量

（2）管道更新

20 世纪 70 年代，日本政府大幅度修改《下水道法》，明确规定下水道建设的目的，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 344864 公里，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 多公里。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。日本仅 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 1404 公里。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,只要材料加工没有问题,一次施工长度可以非常长。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。短管内衬法作为临时应急施工技术,在小范围内有过使用,已逐渐被其他技术所替代。

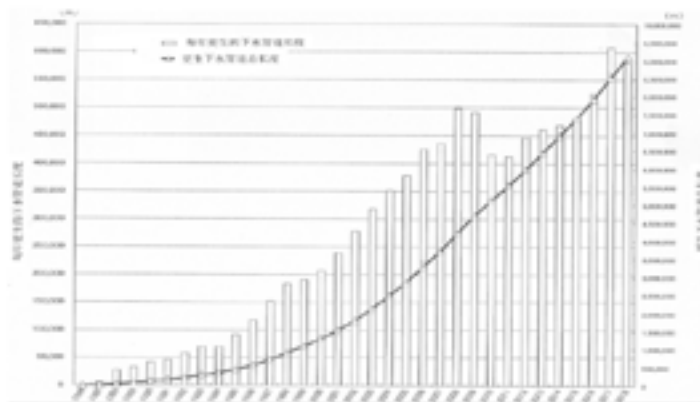


图 4-19 日本历年管道更新工程量

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 5000 公里。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 技术应用非常广泛。

值得一提的是,为了把握每种非开挖修复技术的特点,推广研发新技术应用,日本由专门的机构对研发技术进行审查。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。

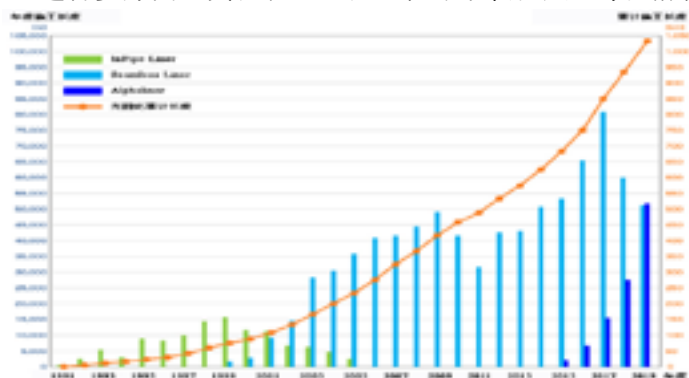


图 4-20 日本历年 UV-CIPP 工程量



五、非开挖行业展望

城市生命线是保障城市正常运行的工程系统,涉及燃气、供水、排水、交通、通信、供电、桥梁等众多领域,其安全运行对于城市具有重大影响。数字化、智能化对城市生命线的升级和赋能具有重要意义,例如通过智能传感器和大数据分析,可以实时监测燃气、供水、排水系统的运行状态,及时发现异常情况并进行预警和处理,减少事故和灾害的发生。城市生命线涉及到八大业务场景,包括燃气/油气管网建设、原水管道监测预警、供水管网监测预警、排水管网监测预警、第三方施工监测预警、综合管廊监测预警、电力管网监测预警、综合交通监测预警等。



图 5-1 智慧城市生命线建设内容

据 2024 年 8 月生态环境部消息,为推动地方深入开展黑臭水体整治,生态环境部近日印发《关于进一步做好黑臭水体整治环境保护工作的通知》,深化城市黑臭水体整治省级环境保护行动,分步推进县城黑臭水体整治。自 2023 年起,将县级及以上城市建成区、直接影响城市建成区黑臭水体治理成效的城乡接合部,以及城市实际开发建设区域,均纳入城市黑臭水体整治环境保护行动工作范围,实现城市黑臭水体整治监管无死角、全覆盖。于 2023 年 12 月底前,建立黑臭水体问题清单,对清单内的黑臭水体科学制定系统化整治方案,扎实开展整治,到 2025 年,县城黑臭水体基本消除;其他省份因地制宜稳步推进县城黑臭水体整治,并同步建立拟纳入治理的黑臭水体问题清单,到 2025 年,力争县城黑臭水体有较大幅度减少。

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,非开挖技术优势逐渐被人们认同;政府给予非开挖行业发展政策方面的大力支持,非开挖产业日益成长、应用程度逐年提高,我国非开挖技术行业发展日趋稳定。

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。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,行业发展还存在一定的不足。

表 5-1 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、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、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) 市场集中度相对不高。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 5-2 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,配有保护装置,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，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。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。据报道，2023年欧洲管道更新约9.95万公里，非开挖施工量占50%，约5万公里。

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国际上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，这些国家非开挖行业发展仍处于发展期，与西方发达国家相比有很大的差距，为我国非开挖产品和技术出口提供了巨大的市场。

5.2 管线铺设行业展望

截至2023年末，全国城市供水管道长度115.31万公里，同比增长4.55%；供水普及率99.43%，比上年增加0.04个百分点。燃气普及率98.25%，比上年增加0.19个百分点；管道燃气普及率83.46%，比上年增加1.92个百分点。集中供热面积115.49亿平方米，同比增长3.81%。全国城市排水管道长度95.25万公里，同比增4.27%。污水处理厂处理能力2.27亿立方米/日，同比增长4.84%；生活污水集中收集率73.63%，比上年增加3.57个百分点。全国城市已建成轨道交通10442.95公里，同比增长9.06%；在建轨道交通5061.32公里，同比增长5.38%。道路面积112.08亿平方米，同比增长2.89%；道路长度56.44万公里，同比增长2.22%；人均道路面积19.72平方米，比上年增加0.44平方米。

基础设施建设总体增速放缓，非开挖技术行业进入了发展新阶段。非开挖管道铺设进入行业发展顶峰，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。管道更新已逐步壮大期，管道更新市场亦进入鼎盛时期。目前，非开挖行业总体仍具有良好的发展前景。

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大，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，同时大量出口俄罗斯、东南亚、中东等国家或地区。

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阶段，具有较强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亦面临高度竞争。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巨大的竞争压力，行业总体可投资性不高。

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较大的发展空间。我国有一定量的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20余家，技术和经济实力较强的约6家。从事机械顶管施工企业超300余家，其中顶管技术水平较高的企业近30余家；从事顶管施工企业多拥有顶管掘进机生产和维护的能力。

随着我国顶管机和顶管施工技术日益成熟和普及应用，施工技术水平和效益逐年提高。顶管机市场竞争日趋激烈，顶管工程市场竞争亦逐年激烈。目前，泥水和土压平衡顶管机市场竞争激烈，异形顶管机制造

商也日益增加。目前，顶管机和顶管工程市场市场门槛不高、投资规模不大，但市场竞争日趋激烈，可投资性不高。

5.2.3 盾构

隧道工程是国民经济发展基础设施的重要组成部分，近 5 年来中国年均建成隧道里程超 4000 公里，为铁路、公路、地铁、水利、能源、国防等事业发展提供了强力支撑。盾构/TBM 法作为高度机械化的隧道施工方法，相较其他隧道施工方法具有安全、优质、高效的特点。近年来国外隧道工程采用盾构/TBM 法修建的占比已超过 50%，而中国占比不足 15%，盾构/TBM 隧道在中国具有巨大的发展前景。

隧道行业“提质增效、绿色低碳”是盾构/TBM 隧道智能建造追求的目标，伴随着新兴技术的深度赋能，在交通强国、水安全保障、能源安全等战略和一带一路倡议的引导下，中国必将进一步加快盾构/TBM 隧道智能建造技术全面深入发展，中国盾构/TBM 隧道智能建造已启动并蓄势远航。

目前，国内盾构机生产集中度高，前期投入大、研发周期，目前盾构机可投资性不高。国内盾构隧道建设仍处于鼎盛时期，市场容量大，国内隧道承包商主要为大型施工央企、地方国企，同时参与国际隧道建设。

5.2.4 其他铺管技术

夯管、气动矛和螺旋钻进等工法应用场景相对窄、市场相对小，其工法装备制造和工程施工多从属于水平定向钻设备和施工类企业的附属产品或工附属程，国内少数企业附带从事这些工法设备制造和工程施工。国内 HDD 钻机生产商尝试研发直推管机，且产品日趋成熟，国内有少量成功应用直推管施工案例，工程市场正在逐步拓展，具有良好的市场前景，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，目前已研发钻顶法，具有一定的前景，但市场容量有限；从事管道替换施工企业多为管道修复施工企业。总体管道替换技术投资性适中，市场前景良好、市场容量有限，中小型企业可考虑投资。

5.3.2 管道修复

经过近 20 年的不断引进、消化和创新开发，国内管道更新技术和产业取得巨大的进步，插管法、改进插管法、管片法、喷涂法和螺旋缠绕法等方面已实现自主生产。管道修复材料等方面仍有一定的差距，除特殊材料外基本上都实现自动生产或合资生产。

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 600 余家；从事管道更新材料和设备生产的企业有 20 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大幅增加，目前市场已进入充分竞争阶段。总体上，管道更新材料生产和工程施工市场可投资性适中，前期投资规模和投资回报率适中。

5.4 辅助技术行业展望

地下管线探测、地下管线检测与评价、地下管线信息系统等技术逐步追赶发达国家，国内管道检测与



评价技术与发达国家相比仍有很大的差距，近几年国内成立了不少从事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，向数字化、智能化方向发展，投资管道检测需要一定的仪器技术积累基础。

我国资金比较充足重点地区已建立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。

参考文献

- [1] 《2023 年中国城市建设状况公报》，住房和城乡建设部，2024 年；
- [2] 《非开挖技术》2023—2024 年期刊；
- [3] 《中国工程机械工业年鉴》，2023 年；
- [4] 《2024 中国城市地下空间发展蓝皮书》，2024 年；
- [5] 《2024 年中国盾构 TBM 隧道智能建造蓝皮书》，2024 年；
- [6] 相关公司的宣传材料；
- [7] 美国 26 届水平定向钻进市场调查和 27 届市政工程调查。



▶▶▶ UV-CIPP

紫外光固化纤维内衬软管生产线

青 岛 永 科 精 工 机 械 有 限 公 司

地址:青岛胶州市马店工业园双电路 12 号 联系方式:13583232887 13806398728
E-MAIL: JIXIE@EAGLEGROUP.CN WWW.EAGLE-MACHINERY.COM

爱森集团

企业简介

ENTERPRISE PROFILE

Headquartered in France, Aisen Group is a professional chemical company, focusing on the field of hydrochemistry. All our products are used for water treatment, water resources protection and water recycling.

爱森集团总部位于法国，是一家专业化学品公司，专注于水化学领域。我们所有的产品都用于水处理、水资源保护和水循环。同时我们帮助客户降低能源消耗，从而减少碳排放。

爱森聚合物产品具有多种功能：絮凝、混凝、稠化和减阻。

我们的聚合物产品广泛应用于所有和水资源有关的市场，包括饮用水生产、废水处理、污泥脱水、土木工程、油气开采、矿物加工、农业以及造纸、纺织品和化妆品配方。



爱森是水溶性聚合物设计和制造的全球领导者，开发超过 1000 多种产品，致力于保护自然资源，鼓励回收利用并提高工业流程效率。



爱森公司的业务遍布全球 140 多个国家，在各大洲均有生产基地。在中国的工厂位于江苏省泰兴市和如东市。

膨润土增强产品

• 膨润土增粘剂

阴离子聚合物添加剂可提高膨润土粘度，有助于符合 API 和 OCMA 规范。

• 降滤失剂

用于膨润土水基钻井液的阴离子聚合物添加剂，有助于降滤失。

深层地基产品

• 聚合物泥浆

优质的钻井聚合物系列，设计用于打桩、钻井和地下连续墙，能够应对任何土壤和水条件。

• 防粘土膨胀

易于使用的液体形式的高效阳离子永久粘土抑制剂。

• 钻井清洁剂

在固井之前应用的阳离子或非离子液体可溶性聚合物。

• 分散剂

产品用于减少钻井液粘度和延长泥浆保质期。

• 降滤失剂

粉末或液体形式的高分子聚合物，用于控制钻井时的流体损失。

• 堵漏剂

即用型吸水膨胀液体。钻孔时用于堵塞的双组分树脂。

粉末形式的超吸水性聚合物。

隧道工程和钻井产品

• 分散剂和稀释剂

该产品用于降低泥浆粘度，延长保质期和改善泥浆循环。

• 防尘抑制剂

全系列液体解决方案用于开放式盾构，输送机上的粉尘控制，以及在非常坚硬的地面上进行挖掘。

• 润滑剂 / 减阻剂

用于水平定向钻孔的优质液体，用作管道和地面之间的减阻剂。

• 泥浆处理

设计了多种混凝剂和絮凝剂，可通过压滤机或离心机进行钻井泥浆处理。

• 堵漏剂

即用型吸水和吸水膨胀液体，可防止失水或水分渗透。

• 增稠剂和调节剂

可用作页岩抑制剂、粘土抑制剂和固体颗粒分散剂的低分子量聚合物。

专为 EPB 泡沫调节、前部挖掘封闭和泥浆运输而设计的优质液体。



重点客户 Key customer

中铁十四局集团公司
中铁七局 中铁二十二局
北京建工土木工程有限公司
中交隧道工程局有限公司

中铁十四局大盾构工程有限公司
中铁隧道股份有限公司
北京建工土木工程有限公司
国内各大膨润土生产厂

明星案例 Star case

中铁十四局杭州望江路穿江隧道项目
上海隧道股份北横项目
中铁隧道股份南宁地铁五号线项目
中铁十四局京沈高铁项目
北京建工广州市轨道交通五号线东延项目
中铁十四局京张高铁项目
中铁隧道股份南宁地铁三号线项目

荣誉证书 Key customer



爱森（中国）絮凝剂有限公司 SNF (CHINA) FLOCCULANT CO.,LTD

联系人：李富生
Contact person: Andy Li

电话：18600407906
Tel: 18600407906

工厂地址：江苏省泰兴市经济开发区滨江北路6号

Plant address: No.6, Binjiang North Road, Taixing Economic Development Zone, Jiangsu Province

北京办事处地址：北京市顺义区后沙峪绿地启航国际4号楼611

Beijing office address: Room 611, Building No.4, Greenland Sailing, Houshayu Town, Shunyi District, Beijing, China



安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司

ANGANG GROUP YONGTONG DUCTILE IRON PIPE CO., LTD

COMPANY PROFILE

公司简介

安钢集团永通球墨铸铁管有限责任公司地处河南省安阳市殷都区水冶镇，是安阳钢铁的控股子公司，铸管产能达到94万吨。

公司拥有国家级实验室、河南省企业技术中心、河南省智能铸造车间，已获得国家专利80项，共起草国家、行业、团体标准18项。

产品严格按照 ISO2531 国际标准生产和检验，具有韧性好、耐腐蚀、易安装的特点，多次荣获冶金产品实物质量认证“金杯奖”水利先进实用技术推广证书，企业标准“领跑者”证书，是中国工程建设重点推广应用产品、中国城镇供水排水协会推荐产品、绿色建筑选用产品。

拖拉管



拖拉管具有接口简单、承压能力高、高抗拔脱力、高可抗性能等特点。

适用于：1、软土地基；2、易发生沉降地基；3、对管道安全性要求较高地区；4、对于一些弯管和不设置支墩的管线部位；5、架空线路铺设。



嘉兴平湖DN500拖拉管
一次性拖拉350米



浙江嘉兴城乡供水DN700
拖拉管一次性拖拉312米



嘉兴平湖DN800拖拉管一
次性拖拉360米

PIPE
JACKING

顶管 ——



具有强度高,承受顶力大,施工时
不开挖地面,不拆迁,不破坏地面建筑
物,不影响交通,不破坏环境,施工不
受气候和环境的影响,省时、高效、
安全、综合造价低等特点。



新乡南水北调配套工程
东线DN1200顶管



武汉污水治理管网工程
DN1000顶管



永通铸管



官方网站 微信公众号 官方抖音号

网址: <http://www.ytpipes.com.cn>
电话: 0372-5803127 0372-5803066

地址: 河南省安阳市殷都区水冶镇永通大道西段
邮编: 455133 邮箱: 5803213@126.com



福建腾鼎鑫市政工程有限公司

FUJIAN TENG DING XIN MUNICIPAL ENGINEERING CO., LTD,

公司简介 Company Profile

福建腾鼎鑫市政工程有限公司(Fujian TengDing XinMunicipal Engineering Co.,LTD,中文简称“腾鼎鑫”)成立于2020年。腾鼎鑫总部坐落于美丽的厦门。在福州、泉州、宁德、广州等地设有分部。腾鼎鑫凭借自身的先进理念以及优秀的文化基因,凝聚了一批斗志昂扬的有志青年,打造出一支优秀的管理团队。

腾鼎鑫拥有市政公用工程施工总承包三级、测绘乙级、CMA检测认证、国家级高新技术企业、科技型中小企业、创新型中小企业、ISO三体系认证、排水管道清淤检测与非开挖修复等资质,立志于解决城市下方0-30米范围内的地下管道、地下障碍物(含空洞)等城市建构筑物所引发的安全隐患的勘测、评估及诊治。公司依靠先进的仪器设备和经验丰富的专业工程师,为城市规划和建设管理部门提供准确可信的评估报告和解决方案,诊治于未病,防范于未然。公司专注于技术研究和试验发展,深入挖掘客户需求,结合国内外先进的设备和技术,解决客户痛点。

诚信植根 技术立本



联系电话: 0592-6058815 18729265153

企业邮箱: tengdingxin@163.com

联系地址: 福建省厦门市海沧区钟林里318号803-805单元



企业公众号 业务联系人

核心业务Core Business



工程测量

工程测量是使用各种测量仪器及软件，通过专业测量设备对管道进行测绘工作。团队拥有众多专业测量仪器，有着丰富的水域、市政管线测绘经验。



溯源排查

城市市政排水管网污染源种类繁多且难以辨析，在未明确污染源前提下进行污染控制通常会因缺乏针对性而导致效果不佳，对城市管网进行溯源排查，有助于建立系统的地下管网体系。



管线探测

主要是利用管线仪、地质雷达、陀螺仪、井盖探测仪、超深管线探测仪等先进设备对暗埋或超深管线进行精准探测定位。



管道检测

用于管道内部状况及排水管道健康检测。根据所记录的管道状况做出最合理的管道处理方案，依据检测技术规程再行评估，为指定修复方案提供重要依据。



管道清淤

为了城市在雨季的时候不发生城市内涝、道路积水、小区及各场所发生污水外溢、道路淹没等各种紧急情况，可以减少市政管网及管道的堵塞及城市内涝等情况发生。为一座城市人民的生命及财产提供比较安全、可靠的保障。



管道修复

排水管道非开挖修复的基本目的是采用开挖或不开挖地表的修复技术对损坏的排水管道进行局部或整体修复，使其恢复原有功能。



市政养护

市政养护是用多重工艺技术去维护市政设施，保障安全舒适城市环境。养护内容包含市政道路、雨污水管网、人行天桥、地下通道、桥梁隧道、排洪沟渠及其他市政附属设施的日常维护工作等。



智慧水务

是通过新一代信息技术与水务技术的深度融合，充分发掘数据价值和逻辑关系，实现水务业务系统的控制智能化、数据资源化、管理精确化、决策智慧化，保障水务设施安全运行，使水务业务运营更高效、管理更科学和服务更优质。

技术研发Technology R&D



旋切碎管管道更新置换技术

旋切碎管是一种新型的非开挖管道修复工艺。它是充分利用原有检查井和井室，在不开挖的情况下，用旋切碎管设备将原有管道破除，并用管道顶进或拖拉设备通过泥水平衡方式将同等管径的分段连接PE管置入管道进行修复，最后对钻杆入土段及管道掏空段造成的空隙进行注浆填充加固。



井内雨污分流器装置

本设备主要用于小区内雨污分流不彻底的特种环境，可以满足在雨水管残留污水环境下对污水分流的特殊要求。适用于现有雨水混流污水管道系统的末端分流，安装于各小区雨水出水至市政道路雨水管之间。该设备可避免重新埋设管道，利用现有雨水井和雨水井结合判别产生晴天截污、雨天断流的分流效果。



安徽远足建设有限公司

Anhui Yuanzu Construction Co., Ltd.

公司简介

Company profile

从上世纪90年代初开始至今，近30年来我公司一直专业从事非开挖顶管施工以及沉井制作施工等工程项目，公司现拥有DN800—DN4000不同管径的普通泥水平衡式顶管机、土压平衡式顶管机30余台/套；专门用于岩石、卵石地层的岩石（卵石）泥水平衡式顶管机以及用于复合地层的泥水平衡复合式岩石（卵石）顶管机30余台/套；世界首台硬岩顶盾机一套，可同时承接各类不同土质、复杂地层、各种管径的顶管施工业务；另外，我公司和安徽唐兴科技股份有限公司强强联合，专业承接各种型号盾构、矩形顶管施工业务及提供各类专业的综合顶管施工方案服务。

为了更好的服务客户，为社会和客户创造更多价值；2015年，经公司领导研究决定，正式成立安徽远足建设有限公司，公司注册资本 2010万元，以专业从事非开挖顶管施工以及沉井制作为主，同时开展综合城市道路工程、市政公用工程、房屋建筑工程、装饰装修工程、环保工程及仿古建筑等多元化业务的建筑施工企业。现拥有建筑工程施工总承包叁级资质、市政公用工程施工总承包叁级资质、环保工程专业承包叁级资质、古建筑工程专业承包叁级、建筑装饰装修工程专业承包贰级。

公司证书

Certificate of Incorporation



电话：安厚利 15856443888、18256478888

邮箱：438521518@qq.com 传真：0551-65797265

文明安全教育

Civilized safety education



公司设备

Company equipment



施工现场



仓库设备一览





01/公司概况

COMPANY 诚信立世，通达天下。

公司概况：青岛世通建设工程有限公司成立于2003年，注册资本10000万元。经过多年的稳健发展，公司已积累了丰富的行业经验与卓越的施工能力，成为行业内的佼佼者。

此外，公司还率先通过了ISO9001:2015质量管理体系、ISO14001:2015环境管理体系和ISO45001:2018职业健康安全管理体系认证，确保了施工过程中的质量、环境及职业健康安全。

02/企业文化与愿景

COMPANY 做一个有担当的城镇综合服务提供商

青岛世通建设工程有限公司坚持“以人为本，和谐发展”的企业文化理念，大力弘扬市政优良传统。面对新的市场竞争环境，公司将加速科技创新步伐，不断提高自身的综合实力和核心竞争力，以周到的服务为城乡建设贡献力量。诚愿与社会各界携手共创美好的明天！

技术实力与创新

在城市化进程不断加速的背景下，青岛世通建设工程有限公司始终走在非开挖行业的前列。作为国际非开挖技术协会会员单位和中国非开挖技术协会理事单位，公司不仅拥有国家级会员技术专家两名，还积极参与了青岛市重大项目非开挖方案的编制、地方定额的编制以及设计图纸的评审等工作。

公司专业从事“机械法顶管暗挖建造技术”的应用服务，为地下综合管廊、市政过街通道、大断面车行隧道、地下空间互联互通、地铁联络通道和地下智能立体停车库等建设项目提供顶管法整体解决方案。在复杂地质条件、超大断面、超长距离等方面，公司展现出了强大的创新能力和研发实力，在设计、咨询、科研、施工和装备研发等方面均拥有综合专业优势。

资质与认证：

- 市政公用工程施工总承包壹级
- 地基与基础工程专业承包壹级
- 城市及道路照明工程专业承包贰级
- 电力工程施工总承包贰级
- 顶管甲级、水平定向钻乙级
- 电力设施承装、承修、承试四级
- 特种设备（压力管道GB1、GB2、GC2）安装改造维修许可资质证书

资质证书



公司秉承以人员优势促发展的经营思路，积极参与行业竞争，大力拓宽市场。在稳固青岛建设市场的同时，公司的经营触角已延伸至新疆、上海、江苏、甘肃、河北、青海、浙江等地区，并逐步立足、扎根、开拓。公司全员充分发挥企业资质许可优势，坚持有则尽其用的原则，工程类别涵盖道路工程、绿化工程、亮化工程、桥梁工程、综合管廊工程、热力工程、燃气工程、电力工程及道路养护工程等多个领域，并在地基基础、土石方及非开挖工程项目上占据较大市场份额。

近年代表工程与荣誉



青海省投3×660MW“上大压小”火电机组项目循环水顶管EPC工程、麦岛污水处理厂品质提升工程地下箱体土建工程施工排海管道（海域段）、劲松八路段过街地道工程等，这些工程均获得了业主及参建方的高度评价，并荣获年度非开挖优秀工程奖。此外公司还多次荣获业主及行业、协会等主管部门的好评。

火电机组项目循环水顶管
EPC工程



火电机组项目循环水
顶管EPC工程



火电机组项目循环水顶管
EPC工程贯通仪式



劲松八路段过街
地道工程



麦岛污水处理厂排海
管道（海域段）



伊宁市苏拉宫基础设施及
水资源配置建设项目（EPC）



公司电话：0532-80992878

市场经营部：刘元俊 18661898658

公司地址：青岛市崂山区香山路12号滢海大厦A区6楼

非开挖负责人：浦全文13761661838

E-mail: shitongjianshe@163.com

公司网址: <http://qdstjs.com/>

新地能源工程技术有限公司穿越分公司主要从事非开挖定向钻、顶管及管网数字定位、测绘建模、管道防腐检测、智能测试桩改造、管道修复等业务。公司拥有专业的技术团队和完备的施工设备，现有项目经理66人，专业技术人才150人，专业施工人员400余人；配置有30T-1100T各型水平定向钻机60余台，1200/1500mm泥水平衡顶管机1台及500T推管机等设备；拥有管道轨迹定位陀螺仪、DM、PCM、RTK、三维激光扫描仪、燃气声波检测仪等各类管道检测服务专业设备100余台。

公司非开挖管道工程及相关检测业务业绩包括油气、电力、通讯、给水、雨污水等行业的非开挖管道建设工程，年度水平定向钻施工量5000余公里，最长穿越长度达3327米、最大穿越管径1219mm；年度完成管道防腐层检测、修复工程2000余项，管道陀螺仪定位2000余公里，地上、地下管线探查及测绘4300余公里。

经营范围：主要从事水平顶管、水平定向钻、管道陀螺仪测绘、在役管道探测、三维激光扫描定位、钢质管道防腐层检测与修复、老旧管道非开挖修复、管道容器的定期检验、完整性管理、合于使用评价、数字孪生建模等业务



■ 内蒙古双欣环保材料股份有限公司
压力容器、压力管道首次检验项目



■ 河南开封燃气管道
三维激光扫描测绘项目



■ 浙江舟山 ϕ 1800mm
水泥顶管项目

部分施工业绩

序号	工程名称	工程规模	时间	备注
1	太和至界首天然气高压管线工程EPC总承包	D508 $\times$ 9ka	2014年	岩石、河道穿越
2	山东东营黄河穿越工程	D711 $\times$ 9.6ka	2018年	黄河穿越
3	浙江舟山炼化天然气接收及加注站连接管线项目	D1016 $\times$ 3.77ka	2019年	海陆穿越
4	泉州霞美门站至台商投资区南港山穿越工程	D508 $\times$ 1.89ka	2020年	岩石对接穿越
5	广东肇庆永南至肇庆天然气高压管道穿越工程	D825.9 $\times$ 6.7ka	2020年	岩石穿越
6	管道陀螺仪测绘工程	1300余km	2024年	陀螺仪测绘
7	黄岛开城路C15次高压定向穿越中石化、中石化成品油管线工程	D508 $\times$ 0.955.6级钢制管 $\times$ 1.018ka	2021年	成品油管道穿越
8	地上、地下管线探查及测绘工程	4300余km	2024年	陀螺仪、陀螺仪

公司拥有市政公用、石油化工、机电工程施工总承包壹级，市政行业（城镇燃气工程、热力工程）专业设计甲级，压力容器（A1、A2）制造、工程测量等咨询、设计、施工、压力容器制造等各类资质。



■ 泉州D508mm穿越清源山项目



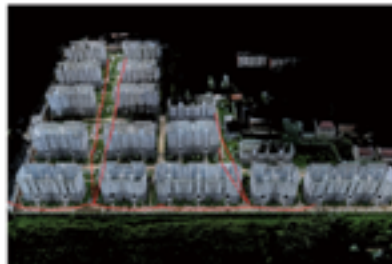
■ 宁夏平罗穿黄段EPC总承包项目



■ 浙江舟山D1016mm海陆穿越项目



■ 怀化新奥燃气管道专项普查项目



■ 盐城新奥燃气有限公司2024年穿越管道陀螺仪以及三维激光扫描检测服务项目

