

# 我国非开挖行业现状与展望

颜纯文

(中国地质装备总公司,北京 100102)

**摘要:**概述了常用的各类非开挖施工技术方法及非开挖施工的主要优势;介绍了我国非开挖行业的3个发展阶段,目前的发展现状,以及存在的主要问题;对我国非开挖技术的市场前景进行了分析判断。

**关键词:**非开挖;地下管线;铺设;更换;修复;发展现状;市场展望

**中图分类号:**P634.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)10-0056-05

**Current Status of Trenchless Industry in China and the Prospect/YAN Chun-wen** (China Geo-Equipment Corporation, Beijing 100102, China)

**Abstract:** Trenchless technology is recognized as an environmentally sound technology (EST) for underground services by United Nations Environment Programme (UNEP). In this paper, the author firstly outlines the various technology methods and the advantages of trenchless construction; then introduces in detail the 3 development stages of trenchless technology in China, the current status and the main problems; lastly analyses the market potential for this new technology.

**Key words:** trenchless technology; underground pipelines; installation; replacement; rehabilitation; current development status; market prospects

## 1 非开挖技术概述

非开挖技术是指以最少的开挖量或不开挖的条件下铺设、更换或修复各种地下管线的一种施工新技术,已被联合国环境保护署认定为环境友好的施工新技术。它可广泛用于穿越高速公路、铁路、建筑物、河流、湖泊,以及在市区、古迹保护区、农作物或植被保护区等进行污水、自来水、煤气、电力、电讯、石油、天然气等地下管线的施工。此外,非开挖技术还可用于降水工程、隧道工程、基础工程以及环境治理工程等领域。

尽管非开挖施工技术在国外已有百余年历史,但是大规模应用始于20世纪80年代,先从几个发达国家开始,继而推向世界各国。在欧洲,由于城市建设历史悠久,城市地下管网腐蚀和破损严重,因此非开挖管道更换和修复技术使用得最早、也最广。在日本,为了满足污水管道施工的需要,首先开发了小口径顶管施工(微型隧道)技术。在美国,在油气管道和通讯电缆施工的驱动下,水平定向(导向)钻进技术得以快速发展。据不完全统计,目前在发达国家中,非开挖设备制造商和材料供应商达400多家,工程承包商达4000余家,各种非开挖施工方法达百余种。

### 1.1 技术方法

非开挖地下管线施工方法大致可分为4大类,每一类又包含许多种施工方法,每种方法又有若干种变型或工法。

(1)新管铺设:铺设新的地下管线。

(2)旧管更换:在原位更换旧管线,提高管道输送能力。

(3)旧管修复:修复现有管线的局部缺陷或改善其输送性能。

(4)相关技术:主要是管线探测(管线仪、GPR、真空挖掘)与检测(CCTV、声纳、SSET)。

### 1.2 主要优势

与传统的开挖施工相比,非开挖施工的主要优势是:

(1)对地面干扰小。施工时不影响交通,不破坏环境(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,施工速度大大提高。

(3)综合成本低。在相同情况下,非开挖施工的综合成本均低于开挖法施工,而且管径和埋深越大时越明显;部分非开挖施工方法的直接成本甚至低于开挖法施工。

(4)安全性好。施工时地面无需开槽,对设备

收稿日期:2010-09-10

**作者简介:**颜纯文(1960-),男(汉族),浙江开化人,中国地质装备总公司技术中心副主任、《地质装备》编辑部主任、中国地质学会非开挖技术专业委员会副主任委员、教授级高级工程师,岩土工程专业,从事岩土钻掘工程和非开挖技术信息研究工作,北京市朝阳区望京西园221号博泰大厦5层,yan64843889@126.com。

和人员的安全性好。

(5)碳的排放少。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,使碳的排放量大大减少。加拿大滑铁卢大学的研究表明:非开挖施工的碳排放量仅为开挖施工的2%~10%。

## 2 我国非开挖行业发展现状

经过20多年的发展,目前我国已经形成了由设备制造商、材料供应商、工程承包商以及相关科研院所构成的非开挖行业雏形,年产值在百亿元以上。

### 2.1 发展历程

我国非开挖技术的使用始于20世纪50年代,在80年代中期开始稳步发展,近十年的发展速度明显加快,其发展过程大致可分为萌芽期、发展期和壮年期3个阶段。

#### 2.1.1 萌芽期:20世纪80年代中期以前

由于在城市管线施工时,因个别地段(如穿越铁路、公路等)不允许开挖促成了我国早期非开挖技术的应用。原地矿部门的一些厂家(如张家口探矿机械总厂、西北探矿机械厂、北京探矿机械厂以及地矿部勘探技术研究所等)与市政部门合作,先后研制了GP-220型水平钻机、DGJ-1000型水平螺旋钻机、人工或液压顶管机等简单的非开挖设备,以满足工程施工急需。

这一时期所研制的施工设备不仅技术水平较低(不能测斜纠偏),应用范围有限(不适合在含水地层施工),也缺少系列化、标准化考虑,一旦工程结束,所研制的施工设备也就束之高阁,根本形不成产业和市场。因此,这期间的个别进展并未形成足以推动我国非开挖技术发展的动力。相反,从上到下人们对这一新技术缺乏充分认识,传统的开挖法施工束缚了人们的求变思考,加之地下管线施工缺少应有规划和严格管理,而且我国的劳动力又十分便宜,“拉锁马路”只停留在人们口头的感叹和讽刺上,丝毫无助于开挖铺管面貌的改变。

#### 2.1.2 发展期:20世纪80年代中期到20世纪末

随着改革开放的深入,我国社会经济建设进入持续快速发展期,城市基础设施投入力度明显加大,对非开挖技术的需求也日益增加,国内有关单位开始从国外引进先进的非开挖施工设备,并在消化吸收的基础上陆续研制出国产的非开挖施工设备,引进高潮和开发热潮的出现大大促进了我国非开挖技术的发展。

从80年代中期开始,市政、电信、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、水平定向和导向钻机以及气动矛和夯管锤等非开挖施工设备。顶管掘进机的引进,使我国的顶管技术有了较大的进展,引入了中继间顶管技术、触变泥浆技术、自动测斜纠偏技术以及土压平衡和泥水加压平衡技术;顶管直径小到800 mm,大到3000 mm;一次顶进长度可达几百米,甚至上千米;在含水层中施工也成为可能。水平定向和导向钻机的引进,解决了石油天然气管道和通讯光缆穿越施工的难题,不仅缩短了工程的施工周期,也大大降低了施工成本,对此后我国非开挖技术的推广起到了巨大的推动作用。

进入90年代,在市场的推动和政府的支持下,我国开始在消化吸收国外设备的基础上,研制具有自主知识产权的非开挖施工设备,主要有:地矿部勘探技术研究所生产的GBS-10型导向钻机,M63和108气动矛,M180、300和377夯管机;河北地质三队与宣化英格索兰公司合作研制的DZ-200型导向钻机;首钢地质勘探公司研制的FDP-15B型导向钻机;河南畅通管道电讯工程公司研制的SYD顶推钻机;同济大学和上海宝山油缸厂研制的PH系列气动矛和夯管锤;北京探矿机械厂研制的螺旋式小口径顶管机;上海市市政工程研究所和上海隧道股份有限公司研制的 $\varnothing 600$ 、800 mm螺旋式小型顶管机和 $\varnothing 1200$ 、1650~1800 mm土压平衡式盾构机等。这些设备的研制成功,不仅填补了我国非开挖施工设备的空白,也为我国非开挖技术的推广和应用提供了有利条件。

值得一提的是,1998年9月27日,“中国地质学会非开挖技术专业委员会(CSTT)”经中国地质学会批准成立,并于同年7月27日加入国际非开挖技术协会(ISTT),成为ISTT的第20个国家会员。专委会成立后,使从事这一行业的设计、施工、监理、管理、设备制造、材料供应等单位和个人有了“自己的家”,对交流非开挖技术信息,推广非开挖技术,规范非开挖市场发挥了重要的作用。目前,专委会共有200多家单位会员和20余位个人会员,会员分布在全国24个省、市、自治区。可以说,专委会的成立是我国非开挖技术发展非常重要的一個助推器。

#### 2.1.3 壮年期:21世纪以来

进入21世纪以来,在政府支持、企业参与、协会推进、市场需求的驱动下,我国非开挖技术的发展速

度明显加快。

国务院及各级地方政府纷纷通过立法来限制传统的开挖施工;原地质矿产部和国土资源部自“八五”末开始一直将非开挖技术列为专项研究项目;原国家经贸委、发改委、科技部将有关设备的研制列入技术创新项目、重大技术装备研制项目、科技攻关项目和“863”项目;原建设部及住房和城乡建设部将非开挖技术作为“十一五”重点推广技术,并先后制定了城市供水管网和燃气管网改造规划及施工规范。

受国家政策的支持和市场需求的驱动,有关非开挖设备制造和工程施工的专业公司继相成立。据不完全统计,目前我国约有400多家工程承包商、100多家设备制造商和材料供应商,已能承包各类非开挖工程,可制造100多个品种的非开挖设备。尤其是水平定向钻机实现国产化,并在2002年自制钻机的数量首次超过进口钻机的数量,打破了依赖进口的局面,对我国非开挖技术的推广起到了重要的作用。

与此同时,上海、广东、北京和四川先后成立了非开挖技术协会;中国地质大学、成都理工大学、吉林大学等院校开始设立非开挖课程,并培养研究生;中国地质大学(武汉)还成立了中美联合非开挖工程研究中心。

## 2.2 发展现状

20多年来,我国非开挖行业从创立、摸索、成长,到收获、进取、壮大,经历了规模从小到大,发展速度从慢到快,科技创新从无到有,实力从弱到强的过程,不但可以满足国内日益增长的基础设施建设需要,而且已经走向国际市场,追赶世界先进水平,甚至在一些领域已经与世界站在同一起跑线上。

### 2.2.1 非开挖设备实现国产化和系列化

目前,我国已有从事非开挖施工设备研制的单位数十家,具备研制各类水平定向钻机、顶管掘进机以及螺旋钻机、气动矛、夯管锤等非开挖施工设备的能力。水平定向钻机的回拖力小到50 kN,大到8000 kN,既适用于短距离的管线施工,也适用于长距离的穿越施工;顶管掘进机的直径小到600 mm,大到3000 mm,既有土压平衡,也有泥水平衡,适用于各类地层。

到2009年底,我国市场上的水平定向钻机总数已达到6767台(仅次于美国),其中包括进口钻机384台,出口钻机511台。顶管掘进机的总数约1150台,其中泥水平衡顶管掘进机约占总数的1/4。

### 2.2.2 非开挖施工实现质和量的突破

在水平定向钻进和顶管施工中,解决了长距离、大口径和复杂地层施工的难题,创造了一个又一个水平定向钻进施工记录(表1)。

表1 国内外水平定向钻进穿越施工记录

序号	工程名称	施工公司	完成时间	铺管直径 ×壁厚/mm	穿越长度/m
1	钱塘江穿越工程	中石油管道三公司	2002.02	273×6.4	2308
2	甬沪宁管线杭州湾穿越工程	中石油管道三公司	2003.11	811	2000
3	仪征长岭线九江长江穿越工程	中石化华东管道工程公司	2005	457	2323.33
4	德国易北河穿越工程		2005	350	2626
5	外钓岛一册子岛海底管道定向钻穿越工程	廊坊华元机电工程有限公司	2005.07	610×15.9	2350
6	洛阳一驻马店成品油管道工程定向钻穿越黄河工程	廊坊华元机电工程有限公司	2006.04	355.6×10.3	2465.88
7	杭州钱塘江天然气管道穿越工程	管道局穿越公司	2007.03	813×15.9	2454.15
8	磨刀门水道穿越工程	管道局穿越公司	2008.01	660×17.5	2630
9	天津蓟运河穿越工程	管道局穿越公司	2008.10	1016×26.2	1536
10	沙特阿拉伯波斯湾海岸穿越工程	Digital Connection公司	2008.11	610、760	3050
11	郑州一汤阴成品油管道工程郑州黄河主河槽穿越工程	廊坊华元机电工程有限公司	2009.04	355.6×10.3	3000
12	西气东输二线东段21标段定向钻穿越工程	廊坊华元机电工程有限公司	2009.11	1219	711

在管道更换和修复中,实现了应急性更换和修复到预防性更换和修复的转变,每年更换和修复工程量快速上升。以2009年为例,我国利用非开挖技术完成的管道更换和修复工程量达302.43 km,比2008年的229.4 km增加了31.8%。

### 2.2.3 非开挖技术成果不断涌现

(1)通过引进、消化、吸收,不断推出非开挖施工新技术、新产品,为非开挖工程施工提供了必要的物质保障;

(2)基础研究稳步推进,为非开挖技术的推广应用提供了可靠的理论保障;

(3)制定了一些非开挖施工技术标准和施工规范,为非开挖发展提供了质量保障;

(4) 获得非开挖专利 164 项,其中发明专利 85 项,实用新型和外观专利 79 项;

(5) 徐州徐工的 XZ320 型和桂林华力的 HL518B 型水平定向钻机分别荣获中国机械工业科学技术成果二等奖和广西壮族自治区新产品优秀成果一等奖。上海第二市政工程公司使用钢管管棚支护进行大断面隧道施工项目获得 2006 年国际非开挖技术协会唯一的工程施工奖。

### 2.3 存在的主要问题

(1) 随着非开挖行业的迅猛增长,专业技术人员严重短缺,尤其是高级专家、技术带头人严重短缺;

(2) 重视主机(顶管掘进机和水平定向钻机)的研制,轻视辅助设备和仪器的研发,长期以来与水平定向钻机配套的导向仪一直依赖进口,管道电视、地质雷达、真空挖掘机等辅助设备还是空白;

(3) 研发力量薄弱,创新性少,产品的技术含量不高,对产品的外观设计、质量标准、认证体系、售后服务等重视不够,难于适应国际化经营的需要;

(4) 可供遵循的强制性标准和规范不多,施工质量无法保证,安全事故频发,非开挖施工造成的自来水管、燃气管和光缆破损的重大事故经常发生;

(5) 非开挖技术的发展不均衡,一是地区发展

不平衡,中、西部地区远远落后于东部地区,70% 以上的非开挖工程集中在东部地区,尤其是广东、浙江、上海、江苏和山东等省、市;二是技术方法推广应用的平衡,微型顶管的应用远不如水平定向钻进,旧管道更换和修复远不如新管线铺设;三是应用领域的平衡,在油气和通讯领域推广应用较好,而在电力、市政等领域中的应用相对滞后。

### 3 我国非开挖市场展望

目前,非开挖技术的“高增长”到底能持续多久很难判断,但是有一个基本判断是,在未来的一段时期内,非开挖市场将继续保持平稳较快增长,主要是基于 3 点:市场环境、目前现状和发展环境。

#### 3.1 城市化建设的需要

2008 年我国的城市化水平为 45%,2015 年将超过 50%,2020 年估计达到 60% 左右。根据国际经验,城市化水平在 30% ~ 70% 时,是城市快速发展的阶段。

为了让生活更美好,在城市化的过程中需要大量铺设各类地下管线(见表 2),并且随着地下管线埋深的不断加大,地下管网的老化,都将为非开挖技术提供广阔的市场。

表 2 我国历年城市化水平和各类地下管线建设情况

年度	1980	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
城市化水平/%	19.35	23.70	26.42	29.07	36.23	37.66	39.07	40.25	41.76	42.99	43.90	44.94	45.68
下水道管	21860	31556	57787	110293	141758	158128	173042	198645	218881	241056	261379	291933	315220
上水管道			97183	138700	254561	289338	312605	333289	358410	378332	430397	447229	480084
燃气管道	5619	10567	23628	44000	89002	100000	113823	130212	147949	162109	189491	221083	257846
供热管道		1030	3257	9365	43482	53109	58740	69967	77038	86110	93955	102986	120596
长输管道	8700	11700	15861	17231	24659	27555	29766	32592	38204	43981	48200	54500	58300
长途光缆			3334	106882	286642	399082	487684	594303	695271	723040	722439	792154	797979

据统计,我国每年大约需要铺设 10 万 km 的市政管线,投资 3000 ~ 5000 亿元。最早铺设的管线已有 100 多年的历史,50 年以上的管线约占全部管线的 6%。以城市供水管网为例,普遍存在管网老化(50 年以上占 6.2%)、管材低劣(灰口铸铁管占 50% 以上,抗腐和抗压强度低)和超负荷运行(爆管事故增多,断水现象时有发生)3 大问题。供水管网的平均漏损率为 24% 左右,远高于欧洲的 7%,每年因此损失的自来水近 100 亿  $m^3$ ,多于南水北调中线工程的输水量。

此外,三网(电信网、广播电视网和互联网)融合和电网改造(架空电线入地,消除城市蜘蛛网)也将为非开挖技术提供用武之地。

#### 3.2 清洁能源置换的需要

我国的能源结构随着国家经济发展水平的提高正逐渐发生改变,未来十年我国将投入数千亿元用于长输管道工程建设。原油及成品油管道工业将呈高速发展态势,天然气管道将成为未来我国管道建设的热点。

2007 年,我国长输管道总长达 54000 km,仅占世界管道总里程的 4%,其中:天然气管道约为 30000 km,原油管道近 17000 km,成品油管道约 7000 km。根据规划,到 2010 年我国天然气管道总长将达到 44000 km。我国在建和拟建的主要工程有:西气东输二线(主干线和 8 条支干线总长约 9120 km,总投资 1420 亿元,计划于 2011 年完工)、

西气东输三线(已论证,长约6000 km)、川气东送工程(1700 km)、大西南成品油管道(广东茂名至云南昆明,全长2000 km)、中俄原油管道工程以及中俄输气管道工程等。

在不久的将来,我国将建成7个大的区域性管网:东北三省、京津冀鲁晋、苏浙沪豫皖、两湖及江西、西北的新青陕甘宁、西南的川黔渝和东南沿海,这7个管网由西气东输、中俄管道连络,形成与市场需求相匹配的全国长输管网。到时,油田集输、高压长输、中压配送3类管道长度将增加8万~10万km。

天然气输送干线工程的建设还将带动下游城市进行大规模的管线置换工作。

### 3.3 目前的发展水平所决定

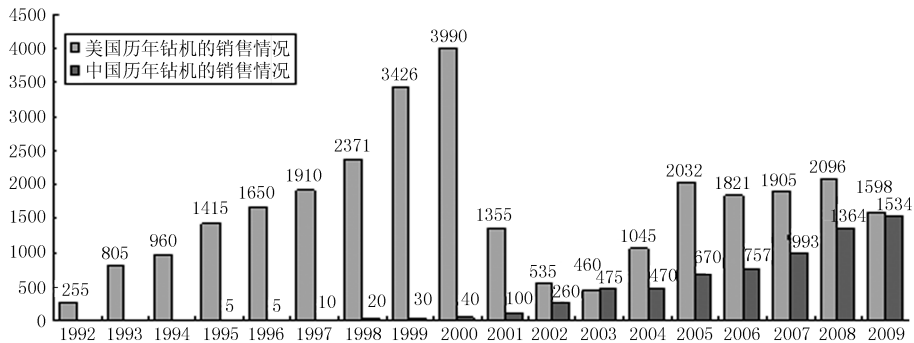


图1 中美两国历年水平定向钻机的销售情况

表3 近几年非开挖技术在美国污水和自来水管道施工中所占比例 /%

年度	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
自来水管	新铺设	20.3	21.2	22.1	22.2	15.6	16.1
	更换与修复	30.8	30.8	30.9	30.8	29.7	30.1
污水管道	新铺设	15.1	15.7	16.2	16.1	13.6	14.8
	更换与修复	64.0	68.1	69.2	69.7	69.1	69.6

另外,从人均拥有地下管道的数量上看,欧洲国家人均拥有排水和供水管道均达12 m,而我国2008年仅为0.85 m和1.30 m。

### 3.4 我国的发展环境所决定

目前,我国已能制造适用于各类地层施工的水平定向钻机和顶管机,已经拥有一支能够进行各类管线的铺设、修复或更换工程的施工队伍,并且初步建立了非开挖技术的科研、教学和培训机构,为人才培养和基础研究创造了条件。

非开挖技术的应用完全符合国家“十一五”发展规划提出的“建立资源节约型和环境友好型社会”,以及低碳经济的要求。

非开挖技术已经逐渐获得了全社会的认可,也

首先,由于我国非开挖技术的发展还存在许多不均衡,因此推广应用的潜力巨大。

其次,与发达国家相比,我国非开挖技术的推广应用还远未达到应有的水平。从设备的保有量来看,到2009年底,美国共有水平定向钻机29629台,而我国仅为6767台,不到美国的1/4(图1)。早在2000年,日本就有各类顶管掘进机5000多台,而我国目前只有1000多台。从非开挖技术在管线施工中所占比例来看,美国近几年在上下水管道施工中,非开挖铺设所占比例在15%以上,非开挖修复的比例则高达30%和70%左右(表3),而目前我国在新管铺设和旧管更换与修复中,非开挖技术的应用比例要低得多。

得到了各级政府的支持。许多地方出台了限制传统的“开膛破肚”施工方法;有关非开挖施工技术的国家、行业和地方标准或规范也陆续颁布并实施,为非开挖技术的推广应用提供了有利条件。

随着我国交通业的快速发展、环保要求的提高、城市居民文明意识和法律意识的增强,传统的开挖施工将会越来越受到公众的反对。

### 参考文献:

- [1] 颜纯文. 风景这边独好——2009年非开挖行业调查与回顾[J]. 非开挖技术, 2010, 1(1).
- [2] 袁明昕. 水平定向钻进非开挖铺管技术市场分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(10): 49-51.
- [3] 车延岗, 董向宇, 袁明昕, 等. 勘探技术研究所非开挖技术发展现状及展望[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9): 92-94.
- [4] 龚解华. 上海非开挖技术推广应用的现状和未来[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(2): 30-36.
- [5] 王朝建. 内衬非开挖管道修复技术及其应用分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(3): 54-56.