

大口径非开挖牵引管设计与施工技术

乔 慧^{1,2}, 王 俊²

(1. 浙江大学, 浙江杭州 310027; 2. 上海市市政工程设计研究总院, 上海市 200092)

摘 要:大口径非开挖牵引管技术在城市给排水管网工程中已经得到了越来越广泛的应用, 该文通过工程实例详细论述了非开挖牵引管设计和施工中的一些关键问题。

关键词:非开挖牵引管; 设计; 施工

中图分类号:TU992.05 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)03-0067-03

1 非开挖牵引管技术发展概况

改革开放以来, 随着社会经济的高速发展, 我国的城市化进程不断加快, 市政公用管道建设不断升级, 有许多管道需要铺设在已经建成的道路或者其它城市设施下面, 如果采用传统的开挖施工方法, 不但耗资巨大, 而且会对城市环境、居民生活、交通管理等带来许多不利的影响, 因此非开挖施工技术越来越受到人们的重视。

利用非开挖技术铺设地下管线在国外已有百余年的发展历史, 但是真正大规模应用于工程还只有三十多年。1971年, 美国人克林顿·马丁把定向钻探技术与传统铺管技术巧妙地结合起来, 发明了导向钻进铺管技术, 引发了非开挖技术的一场革命。1988年, 地面无线跟踪导航监测系统的开发利用, 使导向铺管施工质量进一步提高, 标志着非开挖技术进入了一个崭新的发展阶段。

我国的非开挖铺管技术发展起步相对较缓。1978年首次引进水平螺旋钻, 1985年引进了首台HDD钻机及气动矛、夯管锤。自1990年以后, 我国在引进国外先进技术的基础上, 开始自主研发HDD钻机及气动矛、夯管锤, 并在市政工程中大力推广应用。近年来, 随着导航定位精度的不断提高、施工设备能力的逐渐增强, 以及管材业的高速发展, 非开挖技术的应用也越来越广泛, 铺管能力已由初期的单孔单管线、短距离小口径管道、单一钢管铺设发展到单孔多管线、长距离大口径管线、各种材质管道的铺设。

在各种非开挖管道技术中, 应用较多的有顶管、盾构等方法。非开挖牵引管道是一种新型的施工技术, 其原理是不开挖路面, 先在地下钻孔后, 再用拖拉的方式将管道从钻孔中牵引穿越, 最终完成管道铺设的施工技术。它的优点是施工占地

面积小、施工噪音小、对环境的不利影响也相对较少。

非开挖牵引管道施工技术目前适用的管材主要有钢管和塑料管材两大类, 其中塑料管材包括硬聚氯乙烯管(PVC-U)、增强聚丙烯管(ERPP)、聚乙烯管(PE)和高密度聚乙烯管(HDPE)等。在大口径非开挖牵引管道中, 则以抗外压、抗拉能力强、耐腐蚀、柔韧性好的高密度聚乙烯管(HDPE)为主。

2 大口径非开挖牵引管在给排水工程中的应用

给排水工程中的管道一般都具有管径大、埋深较深的特点, 采用常规的开挖施工方法, 对周围的影响较大, 尤其在城市已建道路上“开膛剖肚”, 居民意见非常大。随着非开挖牵引管道铺设技术的快速发展, 尤其是大口径牵引管技术的逐渐成熟, 这项技术被迅速地从电力、通讯、煤气等管道领域推广到给排水工程中。

2002年6月, 在浙江乐清某给排水工程中, 一根内径500 mm、外径562 mm、环刚度12000 N/m²的高密度聚乙烯管(HDPE)被成功牵引, 管材连接长度为70 m, 埋深4.0 m。施工完成后, 对管道进行的各项测试均符合标准要求, 为大口径非开挖牵引管在给排水工程中的推广应用打下了头炮。目前, 国内非开挖牵引铺设管道的管径范围从50 mm至1 000 mm, 都已经比较成熟, 个别技术力量雄厚的施工和科研单位正在积极尝试1 200 mm以上管径的牵引施工。

3 大口径非开挖牵引管设计要点

非开挖牵引管道设计的要点是确定管线在土层中的轨迹曲线, 并提供相应的曲线参数和具体控制值, 用于施工。

管道轨迹曲线设计的内容包括: 开孔点、开孔角度、孔位深度、造斜距离、造斜段曲率半径等。这些参数表示, 见图1。

收稿日期: 2006-12-25

作者简介: 乔慧(1970-), 男, 上海人, 高级工程师, 从事排水、结构工程设计、研究工作。

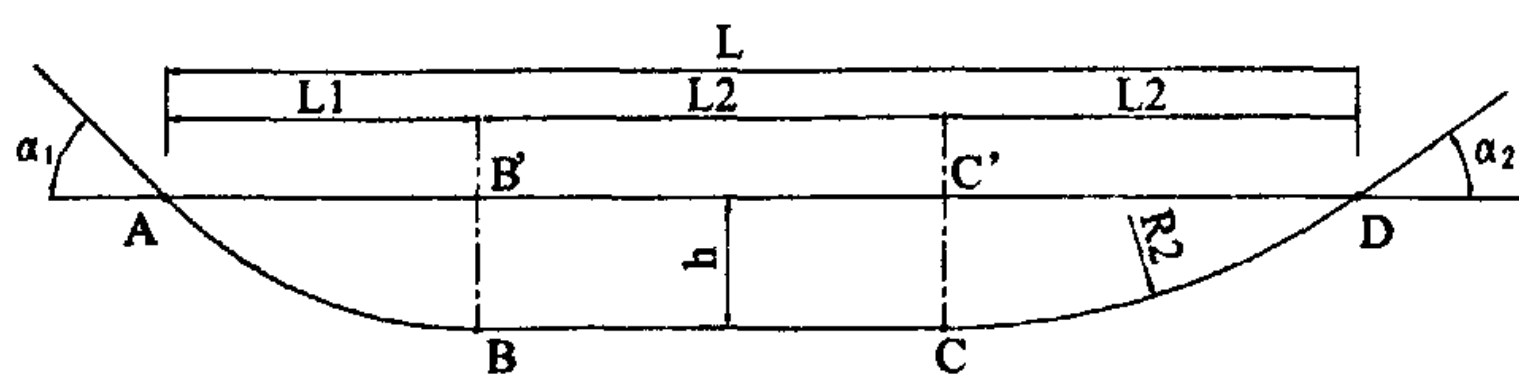


图1 管道轨迹曲线

图1中,

A点为穿越起点(入土开孔点);

D点为穿越终点(出土开孔点);

AB段曲线为入土造斜段;

α_1 为管道入土倾角;

BC段曲线为管道有效段;

h 为管道埋深;

CD段曲线为出土造斜段;

α_2 为管道出土倾角;

L_1 为入土造斜段距离;

L_2 为管道有效段距离; L_3 为出土造斜段距离;

L 为管道实际工作长度, $L=L_1+L_2+L_3$ 。

管道轨迹曲线由入土和出土两个造斜段的曲线以及管道直线段连接而成。上述参数确定后,就确定了管道的轨迹曲线,同时可以得到管道的实际工作长度。

影响轨迹曲线的主要因素有:管线的平面布置、管线的坡率(或管线的起始点和终点的标高)、管道的埋设深度、管道的材质和口径、土层地质情况,以及选用的钻杆型号等。

管线的平面布置确定了两个相邻检查井之间的管道平面走向和平面投影距离,管线的坡率(或管线的起始点和终点的标高)、管道的埋设深度决定了管道的竖向距离。这些因素共同决定了管道的曲线。

与采用常规方法施工管道相比,非开挖牵引管道设计的特殊之处在于造斜段曲线部分的设计。

设计造斜段曲线,应综合考虑不同材质和口径管道的允许转弯半径以及不同型号钻杆的弯曲极限,最终确定合适的轨迹曲线,其曲率半径应不小于管道的最小弯曲半径,同时也不小于选用的钻杆允许弯曲半径。因此,先根据管道的最小弯曲半径或最大角度改变量及钻杆的允许弯曲极限,确定轨迹曲线的曲率半径,然后,按照管道起始点和终点的设计标高、造斜段的曲率,可以绘制出管道最终的设计轨迹曲线。

4 大口径非开挖牵引管施工关键技术要求

非开挖牵引管技术施工过程中主要控制两个

环节:第一个环节是通过计算机控制进行导向和探测,按照管道的设计轨迹曲线,尽可能精确地钻一个导向孔;第二个环节是对导向孔进行扩孔,并将管道拖入扩大的导向孔中,完成管线铺设工作。

4.1 导向钻孔

首先,在管线施工范围内要进行其它地下管线的调查排摸,若有,则需做好标记,防止在牵引管施工过程中被损坏。

其次,根据牵引管的设计轨迹曲线,对所有的控制点进行测量、放样,并做好水准点的引点。

然后,根据穿越的地质情况,选择合适的导向钻头。先将可发射无线信号的探测棒插入导向钻头内,钻头后端则与钻杆连接。开动钻机动力头驱动并旋转钻杆,将导向钻头打入地下,同时开动泥浆泵进行注浆护孔。施工人员可以根据探测仪接收到的信息,通过钻机动力头及时调整钻头的运动方向,使之沿着预定的线路前进。随着钻头的不断前进,一根根接上后续的钻杆,直至钻头在预定位置出土,形成导向孔。

这个过程需要钻机操作和定位探测同步进行,相互协调。钻机操作员主要负责操作钻机,控制钻头和钻具在地下的运行工况;探测仪操作员负责监测钻头在地下的走向和进尺情况,并及时向钻机操作员反馈信息。

4.2 回拉扩孔

扩孔施工的主要目的是减少铺管时的阻力,目前应用最广泛的是回拉扩孔法。当导向孔钻成后,将钻头从钻杆上卸下,根据钻机的能力和铺设管道的直径以及土质条件,安装合适的扩孔器,然后用钻机动力头带动钻杆旋转后拉,进行扩孔。根据现场实际情况,可能要经过从小到大、几次来回才能最终完成扩孔。在最后一次扩孔回拉的同时,将两端封闭好的管道与扩孔工具连接好,管道就一并被牵引到扩好的孔洞中了。

扩孔期间,为了防止孔洞坍塌,通过扩孔器上的孔眼向孔洞中加注膨润土、水和泥浆添加剂混合而成的钻井液,在扩孔器周围形成护壁泥浆,因此,管道在孔中是悬浮在泥浆中的,管壁四周与孔洞之间充满泥浆,而且扩孔后的直径一般要求比管道直径大,最终成孔直径比管道的直径大200 mm或是管径的1.5倍,所以管道不会由于空间不足或摩擦阻力太大而受到损坏。

5 工程实例

浙江乐清污水处理厂配套污水输送总管中心大道段全长约8 km,工程范围内有7处穿越河道

的倒虹管道,均采用非开挖定向牵引技术施工。牵引管材采用 $\Phi 800$ 和 $\Phi 1000$ 的高密度聚乙烯双壁缠绕管(HDPE),牵引管连接长度在 115 m~180 m 之间,总计牵引管长度 970 m。

以其中穿越 3 号河的牵引管施工为例,采用的是管径 DN800 的 HDPE 管。由于河道上新建桥梁桩基较深,管道无法从桥台底下穿越,同时受到征地的限制,又无法在桥台外侧位置布置检查井,因此,根据现场实际情况,经对多种施工方案比较后,决定采用非开挖牵引技术进行该段倒虹管的施工。

根据管线工艺设计,该段倒虹管在向下穿越河道的同时,需向外绕过桥台,其轨迹曲线是一条三维曲线,给施工控制带来一定的难度。

在设计管线两端的检查井时,考虑降低施工成本,以及运行中维护检修的需要,将上游的检查井底标高尽可能抬高,而下游的检查井底标高则基本与管道在河底处的底标高持平。

根据以上确定的设计和施工方案进行倒虹牵引管轨迹曲线的设计。由于采用的 HDPE 管管径为 DN800,允许的弯曲角度改变量较小,为安全起见,控制其平面角度 $\leq 30^\circ$,管道曲率半径 ≥ 80 m;施工所选用的钻机为威猛 D80 型,回拖力 36 t;采用的强力钻杆型号为“368-907”,钻杆长度 4.5 m,允许的最小弯曲半径为 46 m;由此确定牵引管道轨迹曲线,见图 2。

根据这条曲线可以得到施工时需要的一些参数。入土处开孔倾角为 30.0° ,出土处倾角为 25.0° ,管道入土段造斜距离为 52.36 m,管道出土段造斜距离为 54.54 m,总的牵引工作长度为 157.2 m。

6 结语

非开挖牵引管道技术作为一种新型的施工方法,与传统管道施工技术相比,具有明显的综合优

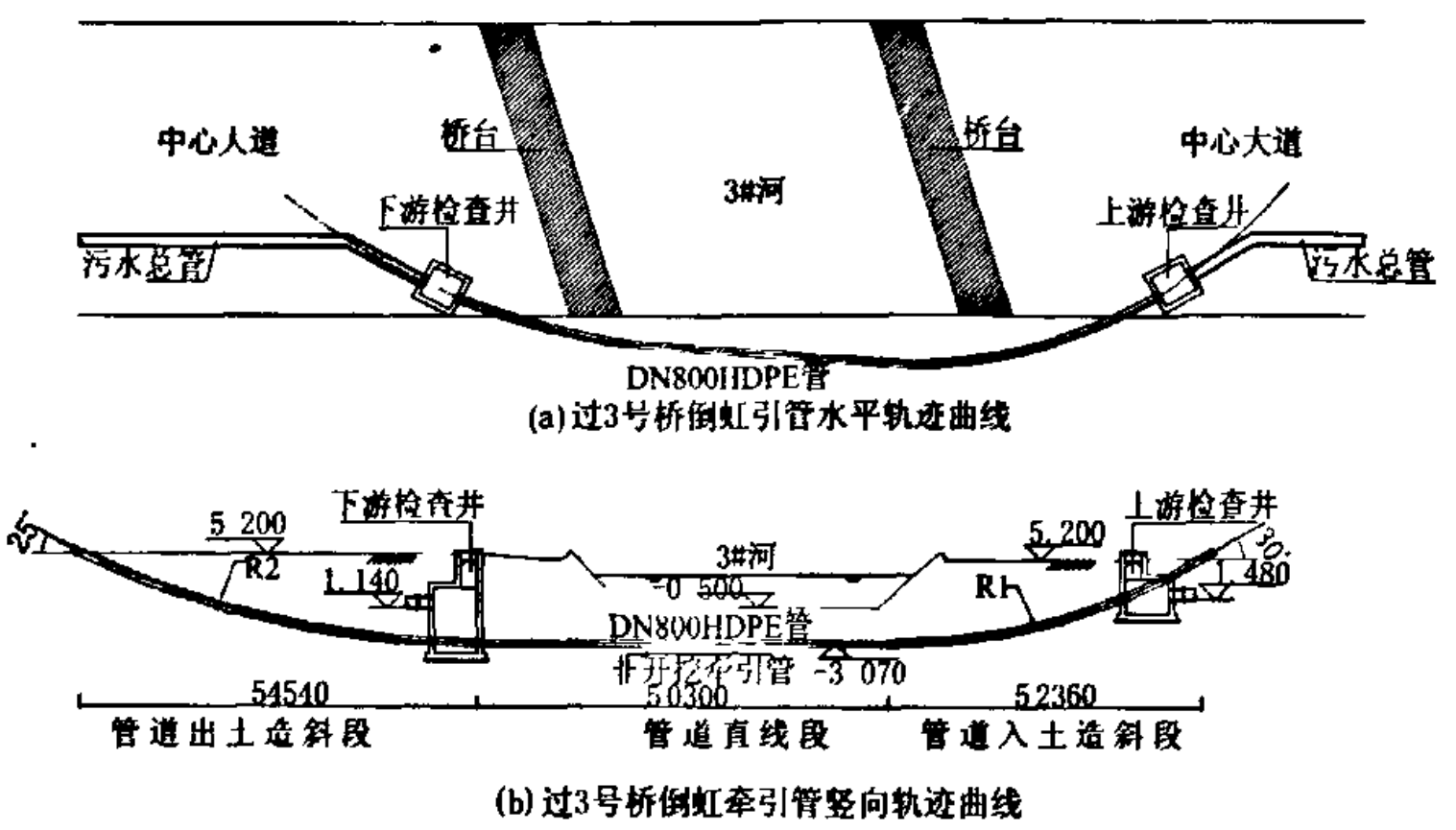


图 2 倒虹牵引管轨迹曲线(单位:mm)

势,在城市给排水工程中应用的前景非常广阔,尤其适用于穿越障碍物和施工场地狭小、施工周期短的工程。

我国目前每年都有大量的供水和排水管道须新建或改造,对道路的破坏非常大。仅以上海为例,据不完全统计,上海内环线以内的道路总长度约有 1000 km,道路总面积超过 1700 万 m^2 ,而每年因地下管线施工至少有 13% 左右的道路被开挖,开挖面积超过 220 万 m^2 。如果推行非开挖技术达到 10% 比例,就可以每年减少 20 万 m^2 以上的道路开挖,将对城市的经济和社会效益作出重大贡献。

当然,非开挖牵引管道技术在我国尚处于新兴起步阶段,设计、选材、施工、验收等规范标准尚在制定和完善之中。因此,积极引进和学习国外先进技术,并在工程实践中大力推广、积累经验,尽快形成我国相应的规范标准,是非常迫切和必要的。

参考文献

[1]中国非开挖技术协会(CSTT).非开挖技术工程应用资料[Z].
[2]美国 DITCH WITCH 公司.JT4020Mach1 钻机技术参数资料[Z].
[3]张海.非开挖技术与城市建设[J].工程机械与维修,2003.1.
[4]乌效明,胡郁乐,等.导向钻进与非开挖铺管技术[M].中国地质大学出版社,2004.

嘉兴投资 70 亿元构筑大交通

嘉兴市今年将投入 70 亿元,继续向“153060”的嘉兴“大交通”战略目标推进,即到 2010 年,嘉兴市将与上海、杭州等周边城市实现 1 小时互通,与周边各县市实现半小时互通,各县市区 15 min 即可上高速。高速公路建设仍是今年的重头戏,杭浦高速公路(嘉兴段)、申嘉湖(嘉兴段)、杭州湾大桥北接线 3 条高速公路今年年底建成通车。