

市政管道施工中长距离顶管施工技术的探究与发展趋势

余磊 杨慧婷 金灏

湖北神龙市政建设工程有限公司 湖北武汉 430058

摘要:随着城市化建设的步伐不断加速,市政给排水管道、电力管道、地铁、地下通道等地下设施在保障城市居民生活中的各个领域起到了不可或缺的作用。这种地下设施工程的建设,一方面能充分利用地下空间资源;另一方面极大改善了居民的衣食住行。在进行市政管网建设时,顶管施工技术已经成为了现在城市管道建设的主要施工工艺之一了。与开槽铺管相比,顶管具有不需要开挖路面,且能够直接下穿河流、湖泊、道路及地面构筑物的优势。也正是因为这种独有的优势,才使得顶管施工在城市管网建设中运用的越来越多。而长距离顶管施工技术作为一种顶管施工的发展趋势,因其能够单次顶进更长的距离,能在错综复杂复杂的城市中占用更少的地面,更加经济和环保,所以长距离顶管施工已逐步获得了广泛的应用,尤其是在征地难度大的主城区内。

关键词:市政管道施工;长距离顶管;施工技术

随着社会和经济的持续发展,城市化的建设在质量和规模上都有了明显的进步。在这一背景下,市政工程得到了快速发展,并逐渐形成了一定的体系与标准。市政管道工程,作为城市建设的核心部分,其施工品质对城市化进程的总体成果起到了决定性的作用,尤其是其作为地下管道的运行,像一座城市的血管一样,串联起家家户户的每个人。近年来,我国加大对市政管道工程施工的投入力度,不断推进市政工程建设水平的提高。随着时间的推移,市政管道工程在城市化进程中已经变得至关重要。为了确保施工时对城市的影响和成本负担,一方面要加强对市政工程的管理力度;而另一方面也要不断改进施工工艺。

一、市政给排水长距离顶管施工的原理

在顶管施工中,人工顶管、泥水平衡式顶管和土压平衡式顶管是三种主要的顶管工艺,这些工艺在各种地质、施工和设计条件下都有着广泛的应用场景。其中泥水平衡顶管机是国内现阶段最常用也是最具代表性的一种。这种机器依赖于工作井内的千斤顶来提供所需的前进动力,并通过千斤顶不断的往复顶收来达到把成品管节向前推进的目的,并通过掘进机前方的刀盘切削和泥水输送的方式,将前方土体排出。该设备可适用于绝大多数的土层,并且能够有效降低对周围环境影响,而且泥水输送的方式能够极大程度的节约出土时间。因其泥水输送的方式具有很高的效率和便捷性,所以在城市的供水、排水项目,综合管廊、电力通道等项目建设中,

长距离顶管技术经常会使用泥水平衡式的顶管机。而土压平衡顶管机,对切削下来的土体是通过螺旋输送机上排出,再由斗车运送出管道,出土效率较低,而且不利于长距离的顶管施工。人工顶管的出土方式也和土压平衡类似,但是由于国内顶管行业的兴起,顶管设备的不断的推陈出新,加上对安全生产的要求越来越高,人工顶管也逐步成为了一种被淘汰的老工艺。

二、市政给排水施工中长距离顶管施工技术的优势

在市政给排水工程当中长距离顶管施工技术有着一些明显的优点。一是长距离顶管施工可避免严重扰乱地表交通、破坏地面设施、降低居民生活影响。由于在建设过程中无需开挖大范围地面,因此交通路线能够得到有效地保留,且不会对周边社区及商业区造成明显交通堵塞。二是长距离顶管施工技术能够减少施工成本,缩短工期。与传统开挖施工方式相比,顶管施工无需占用很大的地面空间,这样就不需要进行征地拆迁工作,而且施工时也无需大量土方开挖及回填工作,从而节省大量的人力及机械设备的投入,并有效地缩短工期。同时对环境破坏较少,无大量废弃物产生,降低后续清理修复作业。此外长距离顶管施工技术对工程质量具有一定优势。顶管施工技术利用无开挖方式能够避免地层沉降,管道变形,继而确保管道稳定及使用寿命。并且,该顶管施工技术能够实现快速装配与拆卸,满足多种复杂地质条件下的施工要求,使项目具备较好的适应性与灵活性。长距离顶管施工技术具有的优点主要表现为减少了

对交通运输,地表环境的冲击,降低了施工成本及工期,提高了施工质量。该施工技术的运用可有效地解决市政给排水工程中,需要一次性铺设长距离管道施工所面临的部分困难,从而为城市健康发展提供可靠的基础设施技术支持。

三、长距离顶管施工的技术要点

(一) 选择合适的施工材料

在进行市政供水和排水的施工时,必须使用各种不同的材料,并且每种材料都应满足其独特的使用要求,比如压力管道通常选用钢管,常用的排水管道选用的是钢筋混凝土管,如需要有较长的使用期限和出色的耐腐蚀特性,也可以选择玻璃纤维夹砂管等其他管材。此外,不同类型的建筑对材料的要求也有所不同,这就使得工程施工材料具有较高的多样性。为了保证工程能够高品质地完成,不仅要保证各个阶段的任务都能按照既定规则执行,应重视施工材料的选用。尤其对于长距离顶管施工,管道能够承受的最大顶力往往也是顶管顶进时顶力的极限值,所以在同等情况下,管材承受力越大越有利于长距离顶管的施工。而且,在挑选施工材料的过程中,也要依据施工区域的土壤特性来挑选出安全、抗腐蚀且使用寿命较长的材料。在实际应用的时候,还要结合不同环境下、不同工程需求、不同地层情况、顶进长度、管径、管节接口形式等综合判断材料的使用情况,确定其最佳的选择方案,保证所选用的材料能够发挥出最大的作用。此外,在确保满足前述标准的基础上,还需努力减少材料购买的成本开销。

(二) 科学设定顶管顶力

在执行市政供水和排水工程的具体施工阶段,有必要依据现实状况来设计管道的尺寸,包括其长度和直径。因此,在具体施工之前必须要对整个市政工程管网系统的整体结构及运行状态有一个清晰全面地了解。在开始施工之前,我们必须深入思考城市的未来发展方向,并对现有的给排水施工计划进行适当的调整,确保其与城市的整体发展规划相一致。另外,对于排水管道施工技术来说,要充分了解不同地区的土壤类型以及土质结构特点,从而制定出科学有效的设计方案。除此之外,还需依据地质勘查的数据和管道内部的压力配置等多种因素,来合理地确定适当的顶推力。

根据规范,顶管的顶力可按下式计算:

$$F_0 = P_t + N_F$$

$$P_t = \pi \times D \times L \times f_k$$

$$N_F = \pi/4 \times D^2 \times \gamma \times H$$

式中:

F_0 ——计算的总顶力;

P_t ——顶进时顶管掘进机的顶进侧阻力;

N_F ——顶进时顶管掘进机的迎面阻力;

D ——管道的外径;

L ——管道的计算顶进长度;

f_k ——管道外壁与土的平均摩阻力;

γ ——土层/岩石的重度;

H ——覆土厚度。

根据上式,可以判断出在确定的顶管直径、顶管管材能够承受的最大顶力、地层属性和覆土厚度,若要使顶进长度更长,就要有效减少顶管的实际顶力,而减少实际顶力的方法就是有效降低管道外壁与土的平均摩阻力(上式中的 f_k)。

若是顶推力超过来了管道允许承受的最大顶力时,还可以考虑在顶进过程中增加中继间,从而达到整段顶管分节顶进的目的,以此来减少顶力。但是在实际施工过程中,增加中继间一方面会造成成本的增加,另一方面启用中继间会成倍的降低施工的效率。所以在长距离顶管施工时,还是应重点考虑探究如何降低管道外壁与土的平均摩阻力。

(三) 长距离顶管的轴线测量

顶管施工常用激光经纬仪进行轴线的实时监测,从而保证顶进轴线按照设计的预定标高顶进。但是在长距离顶管施工过程中,受到距离的不断加长,会超过现有测量仪器的最大测量长度,从而影响顶进施工。因此,在施工阶段,对平面控制网进行定期全面复测和不定期局部复测,复测精度不低于原测精度。顶进方向由激光经纬仪提供,应选用精度高、误差小、可视距离长的仪器,同时在顶进过程中使用全站仪进行连续观测机头和管道的顶进姿态,复测修正误差值及时纠偏。

若长距离顶管中,激光经纬仪无法满足施工,需要用全站仪在管道内部进行连续测量,那么测量人员就需要进入管道内部操作,对管道口径大小就有了一定影响。所以小口径顶管施工,人员不便进入时,不建议顶进太长的距离。

(四) 长距离顶管的管内通风换气

长距离顶管,在管道施工过程中,随着管道不断向前延伸,由于空气不流通,管内温度会逐渐增高,空气中的氧气会逐渐稀少,管内湿度增大。一方面会造成管

内工作环境差,存在一定的有限空间作业的安全隐患,另一方面管道内外空气不同,会对测量精度造成偏差。所以,在长距离管道顶进过程中,为改善管内工作环境,提高管道顶进时的测量精度,在管道施工的全过程中采取通风措施,加大管道内空气流通量,营造良好的作业环境。

在施工中,一般采用特殊设计的通风系统,采取通风管道由外向机头送风的方式。除下管时需断管外,顶进采用全过程送风,通风管固定在工作井侧壁及管内壁的侧边,要牢固固定。采用风琴式软管,以利风管伸缩。在施工的全过程中风管随着顶管的延伸而不断的接长,确保管道通风,满足管道内施工需求。保证顶管内的氧气浓度不低于20%,有毒有害气体与灰尘的浓度不大于有害于身体健康的浓度,其中 $\text{CO} \leq 30\text{mg/m}^3$, $\text{NO}_2 \leq 50\text{mg/m}^3$, $\text{CO}_2 \leq 0.5\%$, $\text{SO}_2 \leq 0.0005\%$,工作面通风设备的噪音不超过80分贝。用于通风的空气必须清洁,地下作业点新鲜空气量不低于每人每小时 3m^3 ,风速大于 0.15m/s ,最大风速不超过 6m/s 。

(五) 中继间的设定

若受工程项目的实际情况的影响,在长距离顶管施工时,通过润滑来降低管道外壁与土的摩阻力还不能满足施工要求时,就应提前设置中继间。中继间采用二段一铰可伸缩的套筒承插式钢结构件,由前体、后体、千斤顶、动力油泵站、止水密封圈五个部分组成。由于中继环的实际总推力是顶进阻力引起的,所以在正常顶进条件下,中继环液压系统工作压力较低,设备故障率小,可靠性高。止水采用2道调整型橡胶密封圈,螺钉补偿胶圈磨损,材料耐油丁晴橡胶,可拆卸更换设计,设有润滑和应急处理装置;另外加2道高压唇形密封,止水压力达到 0.75Mpa ;确保顶进时不漏水、不漏泥砂、不漏浆。

中继间的设置,是将一段顶管分解成若干段,向前一段一段的循序顶进,从而把整段顶管所需要的顶力分解,达到长距离连续顶进的要求。但是,此方法会造成一方面成本费用增加,另一方面工期延长的不利影响。

四、长距离顶管施工的发展趋势

随着城市建设的不断加快,一方面会有大量的新城区不断建设发展;而另一方面,一些老旧城区的市政管道设施也会出现病害和容量不足的问题。同时,传统的高压线塔连接的高压线路也会严重制约到城市的空间利用和城市的建设发展。所以越来越多的市政设施都将并入到地下,有的是单一建造地下管道,有的是采用综合

管廊的形式建设集约化的地下管廊。而这些地下设施的建设项目不仅是完善城市功能、提升环境质量、确保安全和满足市民基础需求的关键途径,而且对于城市可持续发展和城市空间开发利用也具有至关重要的影响。目前我国大多数市政工程建设还是都采用了地下管道输送的运作方式,顶管法管道铺设工艺也越来越多的在国内各个市政管道施工项目上使用。

但随着城市密集程度越来越高,顶管施工的普及性越来越广,长距离顶管施工技术就更凸显其特有的价值了。尤其是对武汉这座中部地区最大的城市而言,武汉既是江城也是湖城,因地理位置处于长江中下游平原,地下水位较高,河湖众多,有全国最大的城中湖,也是全国城内湖泊最多的城市之一。这种特殊的地理位置极大的体现了长距离顶管施工的优势。近年来,武汉大力治理城市湖泊水环境和城市内涝,以东湖、沙湖、汤逊湖为主的城中湖都和长江连通,一到汛期,雨水排不出去,极易形成内涝。这些治理工程中,都以顶管施工为主,虽然80%的单段顶管段长度均超过了200米,但是仍不能一次性穿越整个湖泊,同时受到地形地貌的限制,管道线路都不能选用最优和最简的,既造成工程成本增大,也协调更多的施工用地来设置更多顶管工作井。而采用长距离顶管施工技术就能解决这些问题,因此它具有更高的社会价值和经济价值。在市政管网顶管施工中,采用长距离顶管技术是至关重要的。这种技术不仅可以高效地完成施工任务,还能确保城市的交通和生活秩序保持稳定,甚至能够节约经济成本。尤其是在武汉这座河湖众多的城市,长距离顶管具有天然的技术优势。因此,它是一种非常适合现代工程建设的技术,值得我们广泛推广。

参考文献

- [1] 马保松.非开挖工程学[M].北京:人民交通出版社,2008.
- [2] 余彬泉,陈传灿编著.顶管施工技术[M].北京:人民交通出版社,1998.
- [3] 王福芝,曾聪,孔耀祖.大直径长距离顶管润滑泥浆方案研究[J].地质科技情报,2016,35(02):49-52.
- [4] 钱峰.复杂地质环境长距离顶管施工关键技术研究与应用[J].四川建筑,2023,43(4):270-272.
- [5] 刘敏林.长距离顶管施工技术的分析[J].广东水利水电,2004,(10):28-31.