

# Key Technology of Large Pipe Diameter and Long Distance Pipe Jacking Construction in Chongqing Mahuangliang Interchange

Ying Peng

Chongqing Urban Construction Investment (Group) Co., Ltd., Chongqing, 402260, China

## Abstract

With the development of modern cities, the acceleration of municipal engineering construction, busy traffic, dense buildings, and numerous underground pipelines, people have higher and higher requirements for civilized construction. Trenchless technology construction has the advantages of short construction period, little impact on the environment, little impact on urban traffic and residents' travel, and no need to open the belly of new roads. The task of drainage engineering is becoming more and more important. In order to reduce the contradiction between drainage engineering and traffic, especially in the construction of residential areas, the method of open slotting is adopted. Because its noise, vibration, traffic interruption and ground subsidence affect the stability of buildings, we have put forward new requirements for pipeline construction. Pipe jacking construction, especially balanced pipe jacking construction, has been paid more and more attention.

## Keywords

pipe jacking; large pipe diameter; long distance; grouting for drag reduction

# 重庆蚂蟥梁立交大管径、长距离顶管施工关键技术

彭英

重庆市城市建设投资(集团)有限公司, 中国·重庆 402260

## 摘要

随着现代城市的发展,市政工程建设速度的加快,交通繁忙,建筑物密集,地下管线众多,人们对文明施工要求越来越高,非开挖技术施工具有工期短、对环境影响小、对城市交通和居民出行影响小、免除新建马路开膛破肚等优点,排水工程任务越来越重。为减少排水工程与交通之间的矛盾,尤其是在住宅区施工时,采用明开槽的方法,因其噪声、振动、交通阻断、地面下沉影响建筑物的稳定,促使我们对管道施工提出新的要求,顶管施工特别是平衡式顶管施工日益受到重视。

## 关键词

顶管;大管径;长距离;注浆减阻

## 1 概述

### 1.1 中国外其他国家发展趋势

顶管技术作为一种管道施工已有一百多年历史,较程度的发展则始于1955年,随着液压技术的发展,广泛采用大型液压千斤顶,才使得顶管技术获得迅速的推广。由于现代化城市的出现,这种施工方法的优越性得到进一步体现。一些先进国家的顶管施工法,从立案开始就用计算机设计,一直到顶管施工,全部实现计算机与显示屏监控,利用电磁波系统或电波激光方式可靠地掌握土质状况和地下埋设物。

### 1.2 中国研究现状

从1953年开始采用顶管法施工,四十年来顶管技术在中国发展很快。最大管径可达3500mm,并采用水力切土,自动纠偏等新工艺。在顶管施工技术方面,中国上海的发展速度在中国处于领先,研究此项技术始于1960年,起步比中国天津晚,80年代后期发展迅速,1985年上海市政工程局从日本引进直径800mm泥水平衡顶管设备,1986年开发直径1200mm泥水平衡设备<sup>[1]</sup>。1991年,直径2200mm土压平衡顶管机通过鉴定。顶管法施工占排水工程中的比例,从1983年的3%到2007年上升到33%。到目前为止,顶管施工随着城市建设的发展已越来越普及,应用的领域也越来越宽。近来运用到自来水管、煤气管、动力电缆、通信电缆和发电厂循环水冷却系统等许多管道的施工中,并在顶管的基础上发展成一门非开挖施工技术<sup>[2]</sup>。

【作者简介】彭英(1987-),女,中国重庆人,硕士,高级工程师,从事管理科学与科学研究。

## 2 工程概况

蚂蟥立交改造工程位于重庆市江北区观音桥组团。观音桥组团由司马河街道、大石坝街道、观音桥街道、华新街道、五里店街道和江北城街道组成,用地规模约 $36.52\text{km}^2$ ,人口规模约113万人。节点向东衔接观音桥商圈环道及建新东路,距商圈环道580m;向北衔接龙华大道,距鸿恩寺立交640m;向西衔接北滨路及万兴路,距李家坪立交750m,向南衔接渝澳大桥,距北桥头1.5km。

根据地形图及现场踏勘,道路周边地块基本成熟,且道路两侧综合管线较多,由于管道埋深较深,明挖施工对现状道路破坏较大,且对交通临时转换及保通带来极为不利<sup>[3]</sup>。对车流较大的渝澳大道行车安全会带来极大影响,故采用顶管施工。

## 3 主要施工技术

### 3.1 概述

近年来,随着城市建设现代化,高层建筑林立,宾馆、交通设施均向立体化发展,立交桥、地铁纵横交错,这些都给管道安装带来一定的难度。“明开槽”的施工方法必然受到限制。顶管施工由于不开挖地面,不中断交通,对周围环境影响小,该技术显得越来越重要。尤其是对于地下水位较高的沿海城市,采用普通方法施工,必须先降低地下水,降水会导致地面下沉,造成建筑物的破坏<sup>[4]</sup>。一些国家甚至通过立法,禁止“明开槽”施工方法。当前,国际上“平衡式顶管施工”正在飞速发展,而采用“泥水平衡式顶管施工”铺设深层管道更具有优越性。

该施工工艺的特点是施工时不需要降低地下水,挖掘面稳定,不易塌方,地面不易下沉,不影响交通,保护了地面建筑物及其他管线安全,而且这种施工工艺顶进速度快,既保证了作业人员的安全,也降低了劳动强度。由于顶管施工在推进过程中,在软土层中容易发生偏差,而且纠正这种偏差比较困难,管道容易产生不均匀下沉<sup>[5]</sup>。且土质多为亚黏土、沙性土,顶进中由于磨阻系数大而使顶进长度有一定的局限,这是因为随着顶距的增加,顶进阻力不断加大,顶到一定距离时,后方主顶千斤因顶力不够或顶力太大,超过管材承受极限造成管材被破坏,使施工无法进行,难以实现长距离顶进,所以解决大管径、长距离的施工是顶管研究的一个新课题。在长距离顶管施工中,注浆减阻是个关键环节,决定着顶进工作能否顺利进行,这又是一个制约顶管施工的课题。针对这些问题,通过比较典型的工程实例中的实践研究,进一步探索关键技术的解决方法,推动顶管工艺的发展与应用<sup>[6]</sup>。

### 3.2 施工操作要点

#### 3.2.1 进出洞口的措施

顶管施工中的进出洞口工作是一项很重要的工作,施工中应充分考虑到它的安全性和可靠性。尤其是从工作坑中

的出洞开始顶管,如果出洞安全、可靠又顺利,那么可以说顶管施工已成功了一半。许多顶管工程的失败,也就是失败在进出洞口这两个环节上<sup>[7]</sup>。

为了使进出洞口工作顺利地开展,可采用对洞口土体进行加固的措施。如果土质不是很软,则可采用门式加固法。所谓门式加固,就是对所顶管道外径的两侧和顶部的一定宽度和长度的范围内的土体进行加固,以提高这部分土的强度,从而使工具管或掘进机在出洞或进洞中不发生坍土现象<sup>[8]</sup>。加固的方式有的采用高压旋喷技术,有的采用搅拌桩技术,也有的采用注浆技术或冻结技术。

#### 3.2.2 洞口止水方法

顶管过程中,无论是管子从工作坑中出洞还是在接收坑中进洞,管子与洞口之间都必须留有一定的间隙。此间隙如果不把它封住,地下水和泥沙就会从该间隙中流到坑中,轻者会影响工作坑的作业,严重的会造成洞口上部地表的塌陷,甚至会造成事故,殃及周围的建筑物和地下管线的安全。因此,顶管过程中洞口止水是一个不容忽视的环节,必须认真、仔细地做好此项工作。

针对不同构造的工作坑,洞口止水的方式也不同。如在钢板桩围成的工作坑中,首先应该在管子顶进前方的坑内,浇筑一道前止水墙,墙体可由级配较高的素混凝土构成。其宽度2.0~5.0m,视管径的不同而不同,厚度0.3~0.5m,高度均为1.5~4.5m。如果土质条件较差,钢板桩之间的咬口封不住泥水,这时前止水墙的宽度最好与工作坑内径尺寸的宽度一致,然后再在前止水墙的预留孔内安装橡胶止水圈。

如果是钢筋混凝土沉井或用钢筋混凝土浇筑成的方形工作坑,则不必设前止水墙。如果是圆形工作坑,则必须同样浇筑一堵弓行的前止水墙,这时洞口止水圈就安装在平面上,而不可能安装在圆弧面上<sup>[9]</sup>。

如果在覆土深度很深,一般指大于10m以上或者在穿越江河的工作坑中,洞口止水圈必须做两道。前面一道是充气的,它像一只自行车内胎一样,它与管子不直接接触。中间有一道止水圈。平时,前面一道止水圈是不充气的,只有当后面的一道止水圈损坏需要更换时,前面的那一套充气时才起到止水作用。后面一道为普通的洞口止水圈,更换完毕以后,把前一道的气放去。这在长距离顶管或覆土深度较大的顶管中是必须做的。

#### 3.2.3 注浆减阻技术研究

##### ①注浆工艺中的顶力的确定。

顶力是顶管施工中的重要因素,后背主顶千斤的顶力要克服各种阻力方能前进,如管材自重、顶进惯入阻力、摩擦阻力、管道上垂直压力及水平的侧压力等。由于影响顶力值的原因较多,如土质特性、覆土深度、土壤含水量、顶进管径的大小及长度、管材表面光滑度、土压力大小变化、作业环境突变产生的摩擦阻力等,这些因素多且复杂,在施工

现场往往难以及时计算出来,现场需要简便直观计算式。经总结归纳及在特殊情况下采用安全系数法,在多种顶管情况中找出主要因素,编出通常工程采用的经验公式,可简便用来计算顶力。

## ②减阻材料及工艺效果。

注浆减阻是顶管中非常重要的一个环节,尤其是在长距离和曲线顶管中,它是顶管成功与否的一个极其重要的关键性的环节。

目前顶管长距离施工的技术保证措施,除了加设中继间外,更重要的是通过注浆工艺来减小管材与土壤的摩擦阻力,以达到长距离顶进的目的。注浆减阻的效果好,顶进阻力小,可使管道顶进很长距离,相反土质条件不好,又没有注浆或注浆技术应用差,管道顶进没经减阻,使管顶进距离不远后,就造成了“顶不动”。若采用注浆工艺润滑减阻后可以使原顶管提高40%~70%的顶距。

对于管外壁摩阻力,在很大程度上可以通过各种手段来施加影响。首先要注意管子表面的光洁平滑,以保持很低的摩擦系数。此外,极为重要的是,管子要尽可能避免圆度误差,并保持直径的一致。在这方面,如果管子是用许多管模制造的,问题可能就出现在制管厂中,因为管模本来就有尺寸公差,而且磨损程度也不相同。

若使刃脚比它相应于管子外径应有的尺寸稍大一点,就有可能降低管外壁摩阻力。这样能使上层不直接压在管体上。只要土层足够坚硬,这种方法就会取到预期的效果。而如果向管子和土层之间形成的空隙内压入支承介质,这种方法的效力更可以大大提高,并能维持一定的时间,从而足以顶进一段相当长的管路,再则,支承介质在起支承作用的同时,也可以作为润对支承—润滑介质的要求,可以根据摩擦定律推算出来。

## 3.2.4 小结

①进出洞口可采用对洞口土体进行加固的措施。如果土质不是很软,则可采用门式加固法。如果土质比较软,则必须在管子顶进一定的范围内,对整个断面进行加固。如果土质比较好,土比较硬,挖掘面上的土体又能自立,这时也可不必对土体进行加固。

②针对不同构造的工作坑,洞口止水的方式也不同。如果是钢筋混凝土沉井或用钢筋混凝土浇筑成的方形工作坑,则不必设前止水墙。如果是圆形工作坑,则必须同样浇

筑一堵弓形的前止水墙。

③注浆减阻是顶管中非常重要的一个环节。膨润土含量增加一倍,可使膨润土悬浮液的支承作用提高到7~10倍。若膨润土含量减少1/2,支承作用就可能降低到1/10。所以,确定悬浮液中的膨润土含量,有重大的意义。在从运动状态过渡到静止状态时,流限的增大须取决于悬浮液中的膨润土含量。

## 4 结论

顶管法施工的优点有下述几个方面:占地面积少,节约用地;施工面移入地下,不影响交通运输,又不破坏现有地下管线以及建筑物;穿越铁路、公路、河流、建筑物等障碍物时可减少沿线地上的工作量,可节约资金和时间,

大幅度降低工程造价;施工无噪声,大大减少对沿线用地水土环境的污染。施工速度快,减少土方填挖量;需要详细的工程地质和水文地质勘探资料。

顶管施工的技术经济效果显著,与开槽法相比,可大量减少土方的挖填量。开槽施工要浇注混凝土基座,而顶管施工是利用管底下边的天然地基,可节约大量的混凝土材料。此外,由于顶管工程采用机械化施工,降低了劳动强度。其占地面积少,沿线无需支撑支护,较开槽法相比,大大降低了工程造价。

## 参考文献

- [1] 余彬泉,陈传灿.顶管施工技术[M].北京:人民交通出版社,1998.
- [2] 伊易.长距离顶管管道失稳分析[J].建筑施工,1998,46(1):1-3.
- [3] 黄宏伟,胡听.顶管施工力学效应的数值模拟分析[J].岩石力学与工程学报,2003,25(5):66-70.
- [4] 成国保.顶管工作井井壁压力分布研究[J].港工技术,2003,8(3):14-17.
- [5] 冯海宁,温晓贵,魏纲,等.顶管施工对土体影响的现场试验研究[J].岩土力学,2003,24(5):5.
- [6] 魏纲.顶管施工中土体性状及环境效应分析[D].杭州:浙江大学,2003.
- [7] 王承德.曲线顶管初探[J].特种结构,1998,15(4):4.
- [8] 朱忠隆,张庆贺.盾构法施工对土体影响理论与试验研究[J].岩石力学与工程学报,1999,94(10):76-79.
- [9] 陈卫明.特殊地段顶管施工沉降控制技术[J].中国市政工程,2003,15(9):4-6.