

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2013.09.002

泥水平衡顶管技术在燃气施工中的应用

□ 北京市燃气集团有限责任公司工程建设管理分公司(100083)张秋丽

摘要: 燃气工程顶管施工技术经济性与适用性都较为突出, 经过实践中的不断探索和改进, 燃气工程顶管施工无论在技术上、顶管设备还是施工工艺上都愈加成熟和完善。本文以北京市怀柔、密云天然气管线工程(6标)工程为例对泥水平衡顶管施工中所遇到的一些技术问题, 以及针对这些问题所采取的相关技术措施进行了分析和总结, 并力图有所创新, 以利于顶管施工技术在今后不同施工环境下的灵活运用和推广。

关键词: 非开挖施工 顶管技术 泥水平衡 扰动

1 概述

伴随越来越快的北京国际化大都市建设步伐, 各类城市基础设施改造和建设力度也越来越大, 其中不可避免地涉及到大量各类地下管线的铺设与改造。这些工程的实施, 难免不会对地面环境造成影响。为了最大限度地减少这类影响, 非开挖施工技术因其无需开挖面层即可完成地下管线的铺设, 无论其在经济性还是适用性方面都较为突出。所以, 该项技术近几年

在北京的燃气工程施工中得到了广泛的应用。

其中的顶管技术同定向钻技术、夯管技术等一样作为非开挖施工技术中的一个重要分支, 经过在实践中的不断探索和改进, 无论在技术上、顶管设备还是施工工艺上都愈加成熟和完善。而泥水平衡顶管技术作为顶管技术之一, 现在也已经成为北京燃气工程施工中比较普遍采用的一种非开挖施工技术。

北京市怀柔、密云天然气管线工程(6标)是2011年北京市政府向市民承诺的重点民生工程之一,

智能化技术改造方案包含很多技术和管理思路的突破, 主要有以下几点:

(1) 创新性把企业私有云技术应用到燃气企业信息化过程当中, 对如何基于管网对象统一编码构建燃气企业共享数据中心提出了具体可行的思路;

(2) 对如何在企业私有云基础上, 搭建燃气企业统一的综合调度平台提出了技术改造方案, 彻底解决原有多个系统需要分别登陆, 数据不统一, 功能分散的弊端;

(3) 对专业化模块如何集成到综合平台中进行

了说明, 解决原有的专业系统往往是孤立系统, 无法在具体应用中发挥更大作用的缺点;

(4) 智能运行、智能输配等智能化模块, 对具体专业管理领域内的智能化技术改造提出了详细的方案, 具有很强的理论和实践意义。

燃气企业智能化技术改造不但是技术的革新, 由于流程的集成和管理的精细化, 它还是一个管理的革新, 在建设和实施过程中, 涉及大量工作人员职能的提升和工作方法的改进, 这个是尤为需要重视的。

本人作为该工程的第六标段DN500次高压A工程的项目管理员全程参与了整个实施过程。该工程不仅现场的拆迁难度很大，而且施工条件也有限，工程需穿越京密路，穿越的实际长度为140m，穿越的土层主要为卵石层，且地下水位较低，由于京密路是一条连接城区与远郊的交通要道，所以，该路的车流量大，车速快，对下方土体扰动较大，因此，施工难度大，但同时工期又要求很紧。经过对该工程地质、水文条件的勘测分析，以及对所要穿越道路状况的调查和对工程工期的要求等诸多因素的综合考虑，该工程放弃了原来设计的明开施工方案而采用泥水平衡顶管的方式进行，经过与设计单位、施工单位、监理单位等反复磋商和研究，最终决定在该工程中采用破碎式泥水平衡的顶管施工方法，这是首次将该项技术应用于北京的燃气工程中。

2 京密路段地质及水文条件的勘测及分析

根据地勘报告，本工程施工现场土层按沉积年代可分为人工堆积层和第四纪沉积层两大类，施工场地土层自上而下的具体分布情况如下：

表层为厚度1.30m~4.00m的人工堆积层①层房渣土，局部为粉土填土。

人工堆积层以下新近沉积层②层细砂、②1层砂质粉土、②2层粉质粘土。

再下为一般第四纪沉积层③层卵石、③1层细砂、③2层粘质粉土及砂质粉土、③3层粉质粘土、④层卵石。

根据设计图纸，本工程设计管线主要位于第四纪沉积的卵石③层，含沙量少于30%，地面高程为41.83m~44.08m，隧道覆土为5.4m~6.1m。本工程完全处于含砂率20%~30%，砾石含量60%~70%卵石层中，且存在直径400mm~500mm的卵石。隧道穿越地层见图1。

3 工程特点

(1) 拟建管线穿越的京密路为101国道，道路横断面为四幅路行式，经安排人员调查，该路段行车高峰时车流量约为2 000辆/h，车流量较大，车速较快，

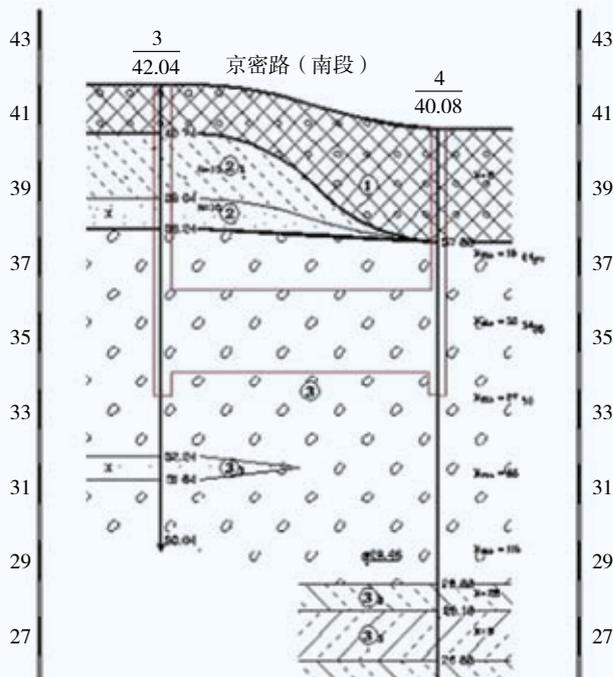


图1 穿越地层地质构造示意

对下方土体扰动较大。

(2) 本工程顶管轴线段无地下水，水位埋深在地表20m以下。根据以往的顶管施工经验，顶进施工过程中，循环用的泥浆有可能会被干燥土体吸收，如果这样将有可能导致浆液循环不畅，从而致使渣土无法及时排出。因此，建议施工单位合理控制顶管的顶进速度，通过调节使机头泥水仓压力在该地层主动土压力和被动土压力之间，可以有效的避免开挖面的坍塌，防止河水、地下水涌入开挖断面。

(3) 地勘报告表明该工程地质条件差。工程完全处于含砂率20%~30%，砾石含量60%~70%卵石层中，且存在直径400mm~500mm的卵石，见图2。

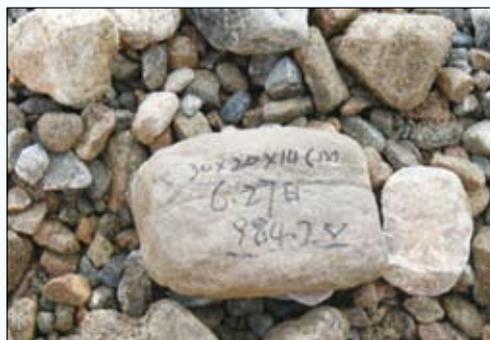


图2

4 设备的选型

常用的泥水平衡顶管比较适用于土质层的地质条件,但本工程所要面临的却是卵石层,经与设计单位、施工单位共同研究后选择具有破碎能力的DH-1350型号的顶管机。该顶管机配置了适合本工程地质条件的切削刀盘。因为地质条件全部为卵石,考虑到刀盘磨损后影响顶管速度,因此,在顶进前对刀盘再次进行了耐磨焊条堆积。

DH-1350型号的顶管机具有大功率的二次破碎能力,原则上通过更换不同的切削刀盘能够适应于各种地质条件。其特点是:

(1) 施工时间短,速度快,连贯性好,顶进过程不间断,有较强破碎能力。(在卵石层24h可达到15m~30m)。

(2) 安全性高,顶管机在掘进时,泥水采用的是膨润土和高分子聚合物混合,能很好的形成泥浆护壁,压力控制在(0.03MPa~0.05MPa)使土体有一个很好稳定性,所以,不容易造成塌方。

(3) 沉降量小,超挖量小,减阻浆注浆压力高(管材注浆口压力可达2MPa)。壁外填充减阻选用膨润土与高分子聚合物,使得顶管机在施工中与地下土紧密结合在一起,形成土压与顶管机顶进的平衡,能有效地保护顶管上部的道路及附近原有建(构)筑物,使地下施工对其影响很小,最大沉降量不会超过15mm。

(4) 施工精度高,测量采用电子激光经纬仪实时检测。

5 施工中遇到的技术问题

本工程在顶管机始发入洞后,当推进速度达到30mm/min时,扭矩维持在80%左右,管道内泥浆流速为1.5m/min,每推进1m泥浆损失量为2m³~2.5m³。施工时排泥管道砾石渣土排出不连贯,泥水仓内的渣土经常堵塞排泥管道,导致顶进施工中断;并且顶管机挖掘面上方地面局部有泥浆从地缝冒出,导致泥浆损失严重,并造成环境污染,无法建立正常的泥浆循环,渣土无法顺利排出;排出的破碎后的砾石粒径均不大于20mm,小于正常二次破碎后的砾石粒径。

经现场调查分析,确定原因如下:

(1) 初始顶进时调制的泥浆比重设为了1.2,加入的材料为粘土、膨润土,配比为水:粘土:膨润土:=8:2:1.5,分析判断,在该比重下泥浆因无法形成有效泥膜来平衡掘进面的土压力,所以导致相当一部分泥浆渗透进掘进面土体损失掉而无法回到泥浆储存罐中。

(2) 泥浆的流速较低,不足以排出正常顶进所产生的砾石渣土,导致渣土在泥水仓堆积并堵塞排泥管,泥浆因无法回到管路而从地面薄弱处冒出,刀盘扭矩也因此居高不下。

(3) 排出的渣土砾石粒径偏小,说明砾石有过破碎现象,即部分砾石破碎后无法及时进入排泥管而继续在泥水仓内参与破碎,使得顶管机的部分破碎能力被浪费掉,同时还增大了刀盘扭矩,也从另一方面说明了顶管机还有进一步提高推进速度的可能。

所以,正是由于泥浆的比重和管道流速等参数不适合该工程段砾石层土质,才导致泥浆在管道中无法正常循环带出渣土,从而导致了一系列问题的发生。

6 改进泥浆循环情况

由于穿越土层含砾石较多,土体渗透能力较强,使得挖掘面的泥水平衡需要较大的泥水比重;同时为了防止发生泥水仓砾石无法及时运出而堵塞排泥管的问题,需要增加泥浆的携带效率,因此,采取了以下措施:

6.1 增大泥浆比重

需向泥浆中加入粉土或粉质粘土、膨润土,比例调节为8:2:0.1,将泥浆比重调至1.3,同时加入高分子聚合物,比例为10kg/m³,以增加浆液粘稠度,理论上可以增加泥浆的携带率,同时可以降低泥浆的渗透能力,减少泥浆在砂卵石层的渗透损失。

6.2 增加管道内液体流速

管道内流速是机械化泥水平衡顶管施工的一项重要参数。在穿越层砾石含量加多的顶管施工中,较低的管道流速会使泥水仓内的渣土无法及时排除,进而造成排泥管堵塞,而较高的泥浆流速固然可以更有效率的带出泥水仓的渣土砾石,但是过快的泥浆流速会造成渣土排出量大于到盘的切削量,从而破坏前方土

体的稳定性，引起地面沉降等问题，同时流速的提要需要较高的管道压力，而进泥压力的提高会使泥浆加快侵入前方土体，导致浆液损失，甚至发生泥浆从地面或已成型管道的密封薄弱处冒出的现象。

通过施工单位技术人员对渣土排出量进行计算和模拟，依据结果，将管道流速设定为2m/s，并将进泥压力控制在0.05MPa~0.07MPa以内。

7 技术改进后施工情况

因以往的工程也有冒浆的情况，不但对顶管不利，同时也会污染环境，所以，本工程在调整泥浆参数的同时，本人也提出为了防止地面再次冒浆应采取对地表薄弱处进行注浆加固等措施，以填补土体内部空隙，这样能在一定程度上保证刀盘挖掘面的泥浆压力的稳定。

经过改进，在后续的顶进施工中，顶管机的推速达到50mm/min~60mm/min，刀盘扭矩稳定在70%~75%，排出的砾石粒径在40mm左右（如图3），渣土排出过程连贯，每米泥浆量损失降为1m³左右，地面冒浆情况基本得到控制，达到了预期的效果。

8 总结

事实证明，根据隧道穿越层的地质情况所做出的采用具有破碎功能的顶管机的决策是正确的。当



图3

然，由于毕竟是首次运用该技术和设备穿越无水砂卵石层，知识和实践经验不足，所以，导致初期顶进过程中所设定的泥浆参数等不够合理和准确，施工过程中出现一些问题，经过科学分析和认真处理，通过对泥浆比重的科学调整以及增大管道内液体的流速等措施，最终达到了预期的施工效果。因此，今后在机械化泥水平衡顶管燃气工程施工中，首先对顶管机类型及其配套设备的选择非常重要，其次对泥浆的参数及管道内液体的流速控制等也非常关键，尤其是在诸如无水砂卵石的土层条件下，两方面均需慎重而科学地考虑及选择。通过对具有破碎能力的泥水平衡顶管技术和设备在北京地区燃气工程施工中的首次运用，克服了顶管穿越无水砂卵石土质的施工难题，不仅保证了工程质量，也保证了工程按期完成，同时，也节省了工程成本，值得在今后类似条件和情况下的燃气工程中大力推广和应用。

工程信息

广东珠海LNG冷能空分项目展开环评

2013年8月2日，广东珠海LNG冷能空分项目环境影响评价进行首次公示，据悉，LNG冷能空分项目总投资逾3亿元，日可生产液氧300t、液氮300t、液氩14.5t。

广东珠海LNG冷能空分项目为新建项目，建设单位为中海油工业气体（珠海）有限公司，其位于高栏港经济区南迳湾作业区环岛西路与南迳

中路交口处，占地约29 163m²，紧邻正在建设中的广东珠海金湾液化天然气有限公司LNG接收站。该占地为冷能空分项目用地，不涉及搬迁安置。

按照规划，该项目总投资32 543万元，工期为24个月，环境影响评价单位为中国科学院南海海洋研究所，首次公示于2013年8月2日展开，将持续10天。

（本刊通讯员供稿）