

大口径顶管技术在某灌区管道输水工程中的应用

冯博韬

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i3.5253

[摘要] 目前随着科学技术的不断发展,大口径顶管的设计、施工技术也取得了长足发展。在某灌区管道输水工程中输水干管要穿越既有国省公路干线,由于该公路属于进出疆交通要道,不得随意中断交通,不具备开挖埋管的技术条件。因此在本工程的设计过程中提出采用顶管技术穿越国省公路干线。本文以大口径顶管技术在该管道输水工程中的应用实践为例进行分析,以期今后的大口径顶管技术应用提供可供借鉴的经验,旨在推动大口径顶管技术的发展。

[关键词] 大口径顶管技术; 某灌区; 管道输水工程; 应用

中图分类号: TU81 文献标识码: A

Application of large-diameter pipe jacking technology in a pipeline water conveyance project in an irrigation area

Botao Feng

Xinjiang Corps Survey and Design Institute Group Co., Ltd

[Abstract] At present, with the continuous development of construction technology, the design and construction technology of large-diameter pipe jacking have also made great progress. In a pipeline water conveyance project in an irrigation area, the main water pipeline should cross the existing national and provincial highways, because the highway belongs to the traffic arteries in and out of Xinjiang, it is not allowed to traffic in the middle section at will, and it does not have the technical conditions for excavating and burying the pipes. Therefore, in the design process of this project, it is proposed to use pipe jacking technology to cross the national and provincial highway trunk lines. In this paper, the practical experience of large-diameter pipe jacking technology in the pipeline water transmission project is used to provide reference experience for large-diameter pipe jacking technology in the future and promote the development of large-diameter pipe jacking technology.

[Key words] large-diameter pipe jacking technology; an irrigation district; pipeline water conveyance projects; apply

引言

随着管道输水工程的发展,对前期规划设计、施工建设均提出了全新的技术要求,顶管技术的出现,不同程度上改变了管道输水工程的设计、施工技术水平,不仅减少了人力、物力,还降低了施工过程对既有工程及生态环境的影响,且随着顶管设备的更新迭代,顶管技术水平不断发展,其俨然成为新时代管道输水工程设计、施工的重要技术之一^[1]。在我国,顶管技术在具体的施工实践过程中不断完善,现已成为了一项相对成熟的技术,而本次工程的DN3600大口径顶管技术的应用能够为管道输水工程的发展提供了可供借鉴的经验。

1 大口径顶管技术在管道输水工程的应用特点

第二师三十八团灌区设计灌溉面积30余万亩,全灌区为管道输水,灌区建设对于该区域的经济社会发展具有重要意义,而水作为灌区发展中重要的发展因素,如何做好输水工程至关重

要。目前,顶管技术是建设大口径输水管道的的重要组成部分,与我国正在进行的城市建设中的非开挖隧道管道施工技术一样,能够减少施工投入,并且施工过程中对既有工程和生态环境的影响较低。但是随着国家各项基础设施的不断完善发展,在大口径、长距离管道输水的过程中,不可避免地会有需要穿过建筑物、交通设施或者其他基础设施的通道,给工程的建设增加一定的难度。为不影响这些既有工程的正常使用,顶管技术在管道输水工程的使用将不断增加。

2 大口径顶管技术在管道输水工程中的应用案例

2.1 项目概况。第二师三十八团二期水利工程项目位于第二师三十八团灌区,工程区东距且末县城130km,西距民丰县城150km,距塔中直线距离220km。三十八团二期水利工程的主要任务是以灌溉、供水为主,新建二期灌区并为三十八团城镇发展等预留用水条件。通过对喀拉米兰河和莫勒切河的调蓄工程及用水统筹进

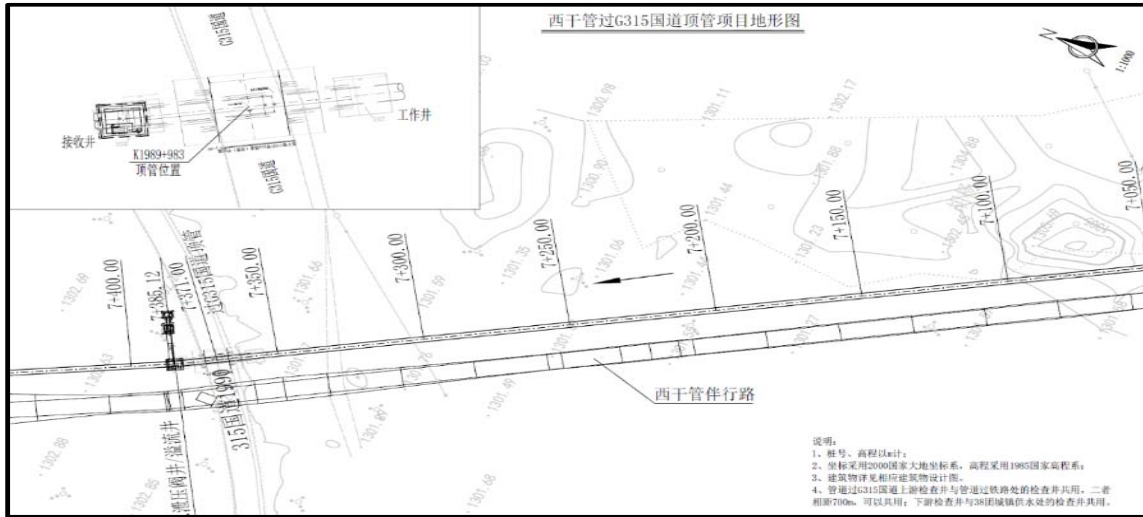


图1 顶管设计总体平面布置图

行联合调度,实现三十八团二期将在一期18万亩灌溉面积的基础上,新增灌溉面积9.8万亩,总灌溉面积达到27.8万亩。

本工程输水总干管为西干管,西干管设计管径为DN2800,设计压力等级1.2MPa,干管在桩号7+371处穿越国道G315线,该处国道里程桩号为K1989+983,路面宽度8m,路基宽度15m。G315线为进出南疆的重要道路,不能随意中断道路的运行^[3]。因此,输水管道设计采用顶管方式穿越国道G315线。套管直径为DN3000,本次顶管涉及到的套管长度为30米。穿越公路的供水管道为DN2400涂塑钢管,套管采用钢筋混凝土柔性接头钢承口管。工程总体布置如下图。

本工程的顶管主要技术参数如下,见表1。

表1 顶管设计参数表

序号	穿越道路	道路桩号	交叉角度	管径	操作井			接收井			套管长度	管顶最小埋置深度			
					支护形式	尺寸(长宽高)			支护形式	尺寸(长宽高)			到自然地面	到路面	
						(m)	(m)	(m)		(m)		(m)			(m)
1	G315	K1989+983	90	3	放坡开挖+钢板桩支护	6	6	6.19	放坡开挖+钢板桩支护	4	5	6.89	30	2.6	3.6

2.2地质条件。灌区及输水骨干管网工程出露地层为第四纪地层,按成因类型分为风积层和冲洪积层,在勘察深度内自上而下揭露的地层如下:第四纪全新统风积粉土质砂(Q₄^{col})分布于风积沙丘中,厚度1~5m不等。土黄色,干燥~稍湿,松散~稍密。天然密度1.43~1.62g/cm³,天然含水率1.5%~2.8%,比重2.69,渗透系数8.9×10⁻³cm/s,具中等透水性,地基承载力建议值100kPa。②第四纪上更新统~全新统冲洪积(Q₃₋₄^{alpl})土质砂,埋深1~5m不等,厚度在勘探深度5m内未揭穿,土黄色,稍湿,稍密,局部夹含砂低液限粉土透镜体。天然密度1.43~1.62g/cm³,天然含水率2.5%~5.8%,比重2.70,渗透系数5.6×10⁻³cm/s,具

中等透水性,地基承载力建议值120kPa。

2.3顶管后背墙设计及管道允许顶力验算。顶管的后背墙是一道关键工序,后背墙设计包括后背结构和尺寸,它取决于顶管管径大小和后背土体的被动土压力,其目的是为了考虑在最大顶力条件下保证后背土体不被破坏,以期在顶进过程中充分利用天然的后背土体。在本项目中考虑顶管工作井与后背墙共同设置,减少工程投资。

2.3.1顶力计算。在顶进钢筋混凝土管时,其总顶力可通过如下公式进行计算:

$$F_0 = \pi D_1 L f_k + N_F \quad (\text{《给水排水工程顶管技术规程》CECS246-2008 12.4.1})$$

式中: F₀—总顶力标准值(KN);

D₁—管道的外壁(m);

L—管道设计顶进长度(m);

f_k—管道外壁与土的平均摩擦阻力(kN/m²),取值10kN/m²;

N_F—顶管机的迎面阻力(KN),按照下式计算。

$$N_F = \pi(Dg - t)TR$$

式中: D_g—顶管机外径(m);

T—刃口厚度,可取0.05m;

R—挤压阻力(kN/m²),取400kN/m²。

由上式计算可得,钢筋混凝土管顶力F₀=3614KN。

2.3.2管道允许顶力验算。顶管截面上最大允许顶力F_d(N)为:

《给水排水工程顶管技术规程》CECS246-2008 8.1.1)

$$F_{dc} = 0.5 \frac{\varphi_1 \varphi_2 \varphi_3}{\gamma_{Qd} \varphi_5} f_c A_p$$

式中: φ₁—混凝土材料受压强度折减系数,可取0.9;

φ₂—偏心受压强度提高系数,可取1.05;

φ₃—材料脆性系数,可取0.85;

φ₅—混凝土强度标准调整系数,可取0.79;

γ_{Qd}—活载分项系数,可取1.3;

f_c —混凝土抗压强度设计值, 根据《水工钢筋混凝土结构设计规范》(SL191-2008) C50混凝土为23.1(N/mm²);

A_p —管道的最小有效传力面积(mm²)。

由上式计算可得, 管道允许定力 $F_{ac}=28081.9\text{KN}$ 。

根据顶管截面上最大允许顶力计算公式顶管截面上的最大允许顶力 F_d 大于总顶力标准值 F_0 , 因此采用钢筋混凝土柔性接头钢承口管满足要求。

2.3.3后座反力验算。一般要求后背土体承载力 $R>F_0$, R 采用(顶管施工技术及验收规范这段非开挖技术协会标准2012.3公式7.1.8)。

$$R = \alpha\beta \left(\gamma H^2 \frac{K_p}{2} + 2cH \sqrt{K_p} + \gamma h HK_p \right)$$

式中: R —总推力之反力, kN;

α —系数, 取值范围1.5—2.5, 取值2.0;

B —后座墙的宽度, m。取值6.0m;

γ —土的容重, kN/m³; 14.3—16.2; 取值14.3;

z_h —后座墙的高度, m。取值4.0;

K_p —被动土压系数; 取值2.66;

c —土的内聚力kPa; 取值21.85;

h —地面到后座墙顶部土体的高度。(按照不利状况取值)

由上式可算得: 后背土体承载力 $R=12zh11\text{KN}$ 。

求得 $R>F_0$, 因此该后背墙尺寸满足要求。

因此, 根据以上, 本次在顶管实施中, 工作井采用钢筋混凝土整体结构, 平面尺寸为5m×5m, 井深9m, 井壁厚40cm, 后背井壁厚100cm。

2.4施工需注意事项。

(1)洞口止水。大口径顶管是一种新型的管道输送方式, 它具有高效率、低噪音和高可靠性的特点。需要对灌区地形进行详细测量, 以确定合适的洞口位置, 选择合适的大口径顶管规格, 并对其进行测试和评估, 确保其能够满足灌区的特殊需求。同时, 还需要对整个系统进行设计和施工, 包括安装顶管、连接管道以及其他相关设备。通过这些步骤, 我们可以保证灌区的供水质量和效率得到有效的提升, 从而实现水资源的最大化利用。(2)减摩泥浆的固化及洞口接头处理。大口径顶管是一种新型的输送管道, 其具有较高的承载能力和抗腐蚀性能。因此, 近年来越来越多地被用于各种水利工程中, 如灌区管道输水工程。然而, 在实际施工过程中, 由于泥浆粘度较高且易变性强, 使得施工难度较大。为了解决这一问题, 我们采用了以下方法: 减小泥浆黏度过高; 采用减摩泥浆的方法进行固化; 使用合适的材料制作洞口接头^[5]。通过这些措施的应用, 大大提高了施工效率并降低了成本。(3)正常顶进施工。在开展剔凿洞口前要先在洞口底部、洞口的核心及其洞口的两腰位置, 凿开好多个正合适的洞口, 随后观察结构层次及其洞口位置, 看它的存不存在渗水和漏泥的状况, 如果出现那就需要采取相应举措来堵漏洞口, 在堵漏洞口前要先解决好并筒两侧的砂土, 然后把洞口的封门剔凿^[4]。(4)

管内通风及有害气体检测。管内通风及有害气体检测是大口径顶管技术在某灌区的管道输水工程中必不可少的环节。为了确保输送介质的质量和安全, 必须进行管内通风。通过定期清洗和更换过滤器, 可以有效减少管道内的杂质和污垢, 并保证水质的清洁度。由于一些工业废气可能进入到供水系统中, 因此需要对管道内部的空气质量进行监测。这可以通过安装专门的传感器来实现, 以确保管道内的空气质量符合国家标准。如果发现管道内的有害气体浓度过高, 则应立即采取措施进行处理, 以免对人体健康造成危害。(5)顶进与监测。在管道顶进过程中, 应遵循勤测量、勤纠偏、微纠偏的原则, 控制顶管机前进的方向和姿态, 并根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势, 确定纠偏的措施。第一节管道顶进, 安装下一节管道后, 应校核测量管道中心线和两端高程。每次加装顶铁后要重新测量, 保证每根管道的顶进数据符合设计要求。测量发现管道中心线或高程偏差达1cm以上时, 应予以校正^[2]。

3 大口径顶管技术在某灌区管道输水工程中的应用对策

在某灌区管道输水工程中, 采用大口径顶管技术的施工过程中存在一些问题。其中最主要的问题是施工期间对环境的影响较大。为了减少这种影响, 采取了以下措施: 一方面, 在施工前进行了充分的研究和准备工作, 通过分析地形地貌、地下水位等因素, 确定了合适的施工方案。另一方面, 通过加强施工过程的监测、控制, 穿越施工时设专人观测地面有无裂缝、沉降等病害; 顶管过程中若出现塌空, 应停止施工, 进行灌浆处理, 及时进行纠偏, 以保证施工质量安全。

4 结语

综上所述, 社会经济的快速发展, 国家基础设施的建设速度加快, 长距离管道输水工程会不可避免的穿越既有工程, 为不影响现有工程的运行, 非开挖、顶管技术应运而生, 顶管技术也不断发展, 本次某灌区管道输水工程的顶管技术为解决长距离管道输水工程的难点和痛点提供了新的解决思路。总之, 在今后类似工程中采用大口径顶管技术的应用前景和发展潜力将是必不可少的。未来, 将继续探索和完善这一技术手段, 以更好地满足我国农业现代化发展的需要。

【参考文献】

- [1]朱国林.毗邻既有管道大口径顶管施工技术研究[J].四川水力发电,2023,42(04):35-39.
- [2]王存汉.顶管技术在大口径给水管施工中的应用[J].中国新技术新产品,2022,(09):106-109.
- [3]梁立国.大口径顶管技术的应用研究[D].中国石油大学(北京),2022.
- [4]邱兆瑞,牛小彝,刘东明.大口径顶管施工管道临时修复技术[J].城市住宅,2021,28(09):201-202.
- [5]彭仁.承压水流砂地层条件下顶管施工技术分析[J].江西建材,2022,(4):264-266.