

长输管道顶管穿越施工技术研究与应用

田文杰（山东莱克工程设计有限公司，山东 东营 257000）

摘 要：随着全球能源需求的持续增长和基础设施建设的不断推进，长输管道作为能源和物资输送的重要动脉，在现代社会中扮演着至关重要的角色。然而，传统的开挖式管道施工方法往往伴随着高昂的成本、漫长的工期以及对环境的显著破坏。在这样的背景下，顶管穿越施工技术以其独特的非开挖特性，逐渐成为长输管道建设领域的研究热点。该技术能够在不破坏地表的情况下，实现管道的精确穿越，不仅显著降低了施工成本和时间，还最大程度地减少了对周边环境的影响。本文即着眼于此，通过全面探讨长输管道顶管穿越施工技术的理论基础及实践应用，以供参考。

关键词：长输管道；顶管穿越；施工技术；应用研究

0 引言

长输管道，作为现代社会不可或缺的基础设施之一，承载着能源与化工产品的长距离传输任务，其安全、高效、环保的建设方式一直是工程界研究的重点。传统的开挖式施工方法虽然在过去的建设中发挥了重要作用，但伴随着环境保护意识的加强、城市化进程的加快以及对工程成本和时间效益的不断追求，非开挖施工技术逐渐成为研究的热点。其中，顶管穿越施工技术以其独特的施工方式和显著的经济社会效益，在长输管道建设领域受到广泛关注。

1 长输管道顶管穿越施工基础理论

1.1 长输管道概述

长输管道，作为现代社会中不可或缺的基础设施，承载着能源与化工产品长距离传输的重要任务。它们如同国家的生命线，将石油、天然气、水等关键资源从产地输送到消费地，为经济的持续发展和人民的日常生活提供着坚实的支撑。长输管道的建设与运营，不仅关系到国家能源安全 and 经济命脉，更与环境保护、社会和谐息息相关。

长输管道的建设是一项极其复杂而艰巨的工程。它们需要穿越各种复杂的地质条件，如山地、河流、沼泽等，还要应对地震、洪水等自然灾害的威胁。长输管道的建设还必须考虑到环境保护的因素，尽可能减少对生态环境的破坏。因此，长输管道的建设需要综合运用多种工程技术和科学手段，确保管道的安全、稳定和高效运行。

1.2 顶管穿越施工技术原理

顶管穿越施工技术原理是一种先进的非开挖施工方法，广泛应用于长输管道等基础设施建设中。该技术通过在工作井中运用顶进设备，将管道按设计路径

顶入土层，实现不开挖地表的情况下完成管道穿越。其原理涉及力学、材料科学、土壤学等多个领域，具有高效、环保、经济等多重优势。在顶管穿越施工过程中，核心技术在于利用顶进设备的推力，克服管道与周围土壤之间的摩擦阻力，使管道沿着预定的轨迹前进。这一过程中，管道的材质、尺寸、土壤的性质以及施工设备的性能等因素都会对施工效果产生重要影响。因此，在施工前需要进行详细的地质勘察和管道设计，确保施工方案的合理性和可行性。

1.3 顶管穿越施工的主要影响因素

顶管穿越施工是一项复杂的工程技术，其实施过程受到多种因素的影响，这些因素不仅关乎施工的效率和质量，更直接关系到整个工程的安全性和经济性。地质条件是顶管穿越施工中最基本且最重要的影响因素之一。土壤的类型、含水量、强度、稳定性以及地下水位等都会对顶管施工产生显著影响。例如，在黏性土壤中，由于土壤的黏聚力和内摩擦力较大，顶管施工时遇到的阻力也会相应增大；而在砂性土壤中，虽然阻力相对较小，但土壤的透水性较强，容易引起涌水、涌砂等问题。

地下水位的高低也会直接影响到土壤的力学性质和顶管施工的难度。当地下水位较高时，不仅会增加土壤的湿度和重量，还会降低土壤的承载力和稳定性，给顶管施工带来更大的挑战。管道材料的选择和性能同样对顶管穿越施工产生重要影响。管道作为整个工程的主体部分，其材质、直径、壁厚、强度等参数都会直接影响到顶进过程中的阻力和稳定性。一般来说，管道材料应具有足够的强度和韧性，以承受顶进过程中的各种应力和变形。管道材料还应具有良好的耐腐蚀性和密封性，以确保在使用过程中不会因腐蚀或泄

漏而引发安全问题。

2 主要施工技术

2.1 铺设管道

施工石油管道采用顶管穿越方式，总长度约30m，将穿越一条公路。该穿越段位于河流冲积洪积扇下游区域，地质条件复杂，主要由亚粘土层和细粉砂层构成。由于地基承载力较弱且地下水位较深，在铺设管道时必须采取相应措施以防止地下水侵蚀地基。

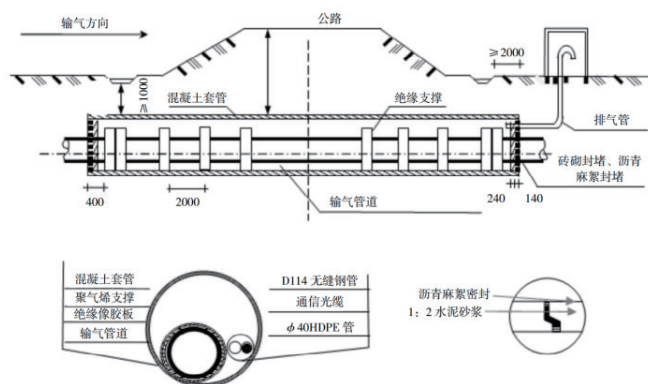


图1 顶管机顶管穿越示意图 (mm)

为确保管道安全稳定，工作人员决定在砾石垫层上铺设管道。垫层厚度设为400mm，使用的砾石直径小于10mm。在施工过程中，实际管道长度为29.4m，纵向坡度约为20%。管道将埋入地下，并沿着地形坡度由西向东、由南向北进行铺设。需要特别注意的是，在施工过程中严禁出现倒坡现象，并且管道顶部的覆土厚度应大于1.5m。鉴于本工程大部分管道铺设在沙漠戈壁地区，工作人员将特别关注配水管道的设计工作，以确保工程质量和安全。所有管道都将敷设在地下，以保护管道免受外界因素的损害。同时还需要注意管道周围的土壤能够为管道提供足够的支撑和保护，所以周围的土壤厚度不得小于1.5m。为便于日后的管道检测和维护工作，工作人员计划在管道沿线每隔400米处设置一个电子标志，以便准确标识管道的铺设方位。

2.2 竖井设置

竖井的位置选择是首要考虑的问题。一般来说，竖井应设置在顶管穿越路线的两端，以便于顶管机的安装和拆卸，以及管材的运输和堆放。竖井的位置还应考虑到周围环境的因素，如地质条件、地下管线分布、交通状况等。在选择竖井位置时，应尽可能避免在地质条件复杂、地下管线密集或交通繁忙的区域设置竖井，以减少施工难度和安全风险。竖井的尺寸设

计也是非常重要的。竖井的尺寸应根据顶管机的型号、管材的规格以及施工人员的活动空间等因素来确定。竖井的深度也需要根据地质条件和施工要求进行合理设计，以确保竖井的稳定性和安全性。在竖井的结构设计方面，需要考虑到地质条件、荷载要求、施工工艺等因素。竖井的井壁和井底应采用强度高、稳定性好的材料进行构筑，以确保竖井在施工过程中能够承受各种荷载和作用力。竖井的结构设计还应考虑到施工工艺的要求，如便于顶管机的安装和拆卸、管材的运输和堆放等。

2.3 千斤顶安装

在安装千斤顶之前，需要对其进行全面的检查，包括外观是否完好、油压系统是否工作正常、各部件连接是否牢固等。只有确认千斤顶状态良好，才能进行后续的安装工作。安装前还需对施工现场进行清理，确保安装区域平整、无障碍物，为千斤顶的安装提供良好的作业环境。千斤顶的安装位置选择也是一项重要工作。一般来说，千斤顶应安装在坚固、稳定的基础上，以确保其在顶进过程中不会发生移动或倾斜。在安装时，还需要根据管道的直径、长度以及土层的性质等因素，合理确定千斤顶的数量和布置方式。这样不仅可以确保千斤顶能够提供足够的顶进力，还可以使管道在顶进过程中受力均匀，避免发生偏移或损坏。安装过程中，千斤顶与管道之间的连接方式也是需要特别注意的。

一般来说，千斤顶与管道之间应采用刚性连接，以确保顶进力的有效传递。在连接处还应设置缓冲装置，以减少顶进过程中对管道的冲击和振动。为了确保千斤顶的安装精度，还需要使用专业的测量工具进行校准和调整。在安装完成后，还需要对千斤顶进行全面的检查和测试。检查内容包括各部件连接是否牢固、油压系统是否工作正常、顶进力是否满足施工要求等。测试时可以通过模拟顶进过程，观察千斤顶的工作状态和管道的移动情况，以确保其在实际施工中能够正常工作。

2.4 丁铁安装

丁铁的安装位置选择是首要考虑的因素。在安装前，必须对顶管线路进行详细的勘察和分析，确定丁铁设置的佳位置。这些位置通常是管道的转弯处、坡度变化点或需要特殊支撑的地段。合理的位置选择能够确保丁铁发挥最大的支撑和导向作用，提高管道的顶进效率和精度。安装丁铁时，必须确保其牢固性

和稳定性。丁铁与管道之间的连接方式应采用高强度、耐腐蚀的螺栓或焊接等可靠连接方式。在安装过程中,需要对连接部位进行严格的检查和测试,确保连接牢固、无松动现象。为了防止丁铁在受力过程中发生变形或位移,还应对其进行必要的加固和支撑措施。丁铁的安装角度和方向也是需要精确控制的。在安装过程中,必须使用专业的测量工具对丁铁的安装角度和方向进行准确的测量和调整。这可以确保丁铁与管道的轴线保持一致,避免在顶进过程中产生不必要的摩擦和阻力。合理的安装角度和方向还能够减少丁铁的受力集中现象,提高其使用寿命和安全性。除了上述因素外,丁铁的安装还需要考虑周围环境的影响。例如,在腐蚀性土壤或潮湿环境中,需要对丁铁进行特殊的防腐和防潮处理,以确保其长期使用的稳定性和可靠性。

2.5 主管道穿越

在主管道穿越之前,必须进行详细的地质勘察和线路设计。地质勘察的目的是为了了解穿越区域的地质结构、土层性质、地下水位等信息,为后续的穿越施工提供准确的数据支持。线路设计则需要根据地质勘察结果和工程要求,确定主管道的最佳穿越路径和深度,以确保施工的安全性和经济性。选择合适的顶管机和管材也是主管道穿越中的重要环节。顶管机的选择需要根据地质条件、管道直径、穿越长度等因素进行综合考虑,确保其具有足够的顶进力和稳定性。管材的选择则需要考虑到其强度、耐腐蚀性、密封性等方面的性能,以确保在穿越过程中不会发生破损或泄漏等安全事故。

在主管道穿越过程中,施工技术的运用也是至关重要的。施工人员需要熟练掌握顶管机的操作技巧,合理控制顶进速度和方向,确保主管道能够按照设计要求顺利穿越。还需要根据地质条件的变化及时调整施工参数,以避免出现卡管、偏移等不良情况。施工过程中还需要加强对周围环境的监测和保护,防止因施工造成的环境污染和破坏。安全措施在主管道穿越中同样不容忽视。施工现场需要设置明显的安全警示标志,并配备相应的安全设施和救援设备。施工人员需要严格遵守安全操作规程,佩戴必要的劳动保护用品,确保自身和他人的安全。

2.6 施工注意事项

施工现场的安全管理是首要考虑的问题。由于顶管穿越工程通常涉及地下作业,因此必须确保施工现

场的通风良好,防止有害气体聚集。要定期检查施工现场的电气设备,确保其绝缘性能良好,防止触电事故的发生。施工现场应设置明显的安全警示标志,并配备相应的安全设施和救援设备,以便在紧急情况下能够及时应对。

对于施工材料和设备的管理也是至关重要的。所有进入施工现场的材料和设备都必须经过严格的检查,确保其质量符合工程要求。特别是管材和顶管机等关键设备,更需要进行详细的验收和试运行,确保其在使用过程中不会出现问题。施工材料和设备的存放也要合理规划,防止其受到损坏或影响施工进度。在施工过程中,对地质条件和水文情况的实时监测也是必不可少的。

由于地质条件和水文情况的变化可能对施工产生重大影响,因此必须定期进行监测和分析,以便及时发现问题并采取相应的措施。例如,在遇到软土层或地下水位上升等情况时,需要调整顶进参数或采取加固措施,确保施工的顺利进行。对于施工过程中的环境保护也是不能忽视的。在施工过程中,应尽量减少对周围环境的干扰和破坏,防止施工噪音、粉尘等污染物对周边居民的生活造成影响。

3 结语

简而言之,长输管道作为现代社会重要的基础设施,其建设方式与技术始终备受关注。传统的开挖式施工方法,尽管历史悠久且技术成熟,但在面对环境保护、城市发展和成本控制等多重挑战时,显得力不从心。而顶管穿越施工技术则能够在不破坏地表的情况下,实现管道的精确、快速安装,显著降低了对环境的影响,同时也大幅缩减了工程成本和时间。新型材料和智能化技术的应用,将有望提高该技术的施工效率和质量;而对施工过程的精准控制和安全管理的研究,则将进一步提升该技术的安全性和可靠性。

参考文献:

- [1] 付宏斌. 油气长输管道顶管穿越施工技术分析[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(02): 55-57.
- [2] 吴晓锋. 石油天然气管道隧道穿越施工技术探究[J]. 新型工业化, 2021, 11(08): 121-122.
- [3] 隋冰. 某长输管道 EPC 项目设计变更问题处理[J]. 石油工程建设, 2021, 47(04): 84-87.
- [4] 王垒亭. 长输管道工程复合型发送沟施工技术研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(13): 183-185.