

油气管道顶管施工中的地面沉降风险控制策略

巩向雨（上海能源建设工程设计研究有限公司天津分公司，天津 300450）

摘要：地面沉降是油气管道顶管施工中的常见问题，其威胁着施工区域的稳定性，并有可能对周边建筑物、道路和市政设施造成严重影响。针对油气管道项目，地面沉降的风险控制尤为关键，因为它们通常位于高度敏感和战略重要的位置。因此，对顶管施工过程中地面沉降的风险进行深入研究并制定有效的控制措施，对于保障油气管道安全运营和城市地下空间的安全利用具有至关重要的意义。本文即着眼于此，分析了顶管施工中地面沉降的主要原因，并在此基础上提出了一系列风险控制策略，以供参考。

关键词：顶管施工；地面沉降；风险控制；地基加固；信息化监测

0 引言

在现代城市建设中，地下管线作为城市生命线的重要组成部分，承担着供水、排水、燃气、电力、通信等重要功能。随着城市化的快速推进和地下空间的不断开发，传统的开挖施工方式已难以满足城市建设的需要。顶管施工技术，作为一种非开挖施工技术，以其对地面交通和环境影响小的优势，在城市地下管线建设中得到了广泛应用。

1 控制地面沉降风险的目标

施工安全是控制地面沉降风险的首要目标。任何工程项目的进行都必须以确保人员的生命安全为前提。在顶管施工中，地面沉降导致施工现场的坍塌、设备的损坏以及人员的伤亡。因此，通过科学有效的措施来控制地面沉降风险，可以显著降低这些安全事故发生的概率，为施工人员提供一个安全、稳定的工作环境。环境保护也是控制地面沉降风险的重要目标之一。

随着城市化进程的加速，地下空间开发日益频繁，顶管施工等非开挖技术得到广泛应用。但这些施工活动会对周边环境造成一定影响，其中地面沉降是最为显著的一种。地面沉降导致周边建筑物、道路和市政设施的损坏，甚至影响到地下管线的正常使用。因此，控制地面沉降风险对于保护周边环境、维护城市正常运行具有重要意义。工程质量与长期稳定性同样不容忽视。在顶管施工过程中，地面沉降不仅影响施工进度和质量，还对工程的长期稳定性构成威胁。如果施工过程中未能有效控制地面沉降风险，那么在工程完工后，地面会继续发生沉降，进而影响工程的正常使用功能和使用寿命。

因此，为了确保工程的质量和长期稳定性，必须在施工过程中采取有力措施来控制地面沉降风险。除

此之外，控制地面沉降风险还有助于提升施工效率和降低成本。地面沉降风险的存在会增加施工的难度和复杂性，从而延长工期并增加成本。通过采取有效的控制措施，可以降低这一风险的发生概率，使施工过程更加顺畅、高效，进而达到节约成本的目的。这也有助于提升施工单位的竞争力和社会声誉。

2 石油管道施工概述

2.1 石油管道施工技术

石油管道施工是现代石油工业中的关键环节，其技术和方法的选择直接关系到工程的安全性、经济性和环境影响。顶管技术作为一种非开挖施工方法，在石油管道工程中被广泛应用，因其对环境的最小干扰及施工的高效性而受到重视。顶管施工技术不仅减少了地面交通的影响，还显著降低了对周围环境的破坏，特别是在城市或其他敏感区域的应用中显示出其独特优势。

顶管施工是通过使用封闭的管道推进系统，在地下形成管道通道而不需挖掘地表。这种方法首先在起始井中安装顶管机，通过顶管机的推力将管道从一端推向另一端，直至达到预定位置。整个过程中，管道的推进速度和方向由高精度的控制系统进行调控，以适应地下复杂的地质和水文条件。地基加固是顶管施工中另一个关键环节，尤其是在地质条件较差的区域。加固方法通常包括注浆、桩基加固和地下连续墙等技术。注浆加固通过向土体中注入特定的浆料，填补土中空隙，增加土体密实度，提高其承载力和稳定性。

2.2 风险识别与地质勘察

在石油管道施工项目中，风险识别与地质勘察是确保工程安全与效率的基石。对于顶管施工而言，地质勘察不仅是前期准备工作的重要部分，也是风险管理过程中不可或缺的一环。通过地质勘察，施工团队

能够获得关于土壤组成、地下水位、岩石层面和其他地质特征的详细信息。地质勘察通常钻孔取样、地面渗透测试、地质雷达探测和地震波速度测量等多种技术，可以提供土层分布、地质结构稳定性以及可能存在的空洞和软土区域的详尽数据。对施工区域进行全面的地质分析，有助于识别如地下水活动、活断层存在以及土壤液化潜力等风险因素，这些都是顶管施工中可能遇到的主要挑战。通过地质勘察获得的数据可以直接影响顶管施工的策略和方法选择。例如，如果勘察结果显示某一区域存在大量的软土层，施工团队可能会选择使用更为稳健的管道材料，调整顶管机的顶进速度，或者修改注浆方案以提高地基的稳定性和承载力。

此外，地质勘察结果还可以指导施工过程中的实时监控策略，如何布置监测设备以及预设的调整措施，以应对地质条件可能带来的变化。风险识别则是基于地质勘察数据的一种系统分析过程，旨在评估并量化施工过程中可能遇到的各种风险。这包括地面沉降、设备故障、人员安全事故以及由于地质不确定性引发的延误和成本增加。

风险识别过程通常涉及多个专业领域的专家，他们将利用勘察数据，结合历史资料和类似工程的经验，对潜在风险进行分类、评级和优先级排序。实施地质勘察和风险识别的一个主要目的是制定出一套完善的应对措施和预案，以减少不利影响并提高工程成功的可能性。这些措施包括技术层面的解决方案，如增加地基加固、改进施工工艺、使用特制材料等，也包括管理层面的策略，如施工期间的安全管理、环境保护措施和社会影响评估。

3 控制地面沉降风险的策略

3.1 事前控制

在项目启动之初，全面细致的地质勘察是必不可少的。通过对施工区域的地质构造、土层分布、地下水状况等环境因素进行深入分析，可以准确掌握施工条件，为制定合理的施工方案提供重要依据。地质勘察的结果将直接影响施工工艺的选择、顶进力的设定以及注浆加固方案的制定等关键决策。

基于地质勘察结果，进行施工方案的科学设计是事前控制的核心。施工方案应充分考虑地质条件、施工环境、设备性能等多方面因素，确保施工过程的稳定性和安全性。特别是针对软弱地质条件或复杂施工环境，应制定针对性的技术措施和应急预案，以应对

出现的地面沉降风险。

施工设备的选型和维护也是事前控制的重要环节。选择性能稳定、适用于特定地质条件的施工设备，可以提高施工效率，减少设备故障对施工进度和安全的影响。定期对设备进行维护保养，确保其处于良好的工作状态，也是预防地面沉降风险的有效措施之一。对施工人员的技术培训和安全教育同样重要。通过培训，提高施工人员对顶管施工技术的掌握程度，增强其对施工环境的认知能力。

安全教育则旨在提升施工人员的安全意识，使其能够严格遵守安全操作规程，避免人为因素引发的地面沉降风险。在材料采购方面，事前控制同样发挥着重要作用。选择质量可靠、符合设计要求的材料，可以确保施工质量和工程稳定性。对材料进行严格的质量检验和控制，防止因材料问题导致的施工质量隐患和地面沉降风险。

3.2 事中控制

施工工艺的实时监控是事中控制的核心内容之一。在施工过程中，应密切关注施工工艺的实施情况，确保各项参数和操作符合设计要求。特别是对于顶进力、注浆压力等关键参数，应进行实时监测和调整，以保持土体的稳定性和控制地面沉降。对施工过程中出现的异常情况，如土体变形过大、顶进困难等，应立即停止施工并查明原因，采取相应措施进行处理。地质条件的变化也是事中控制需要密切关注的内容。由于地质条件的复杂性和不确定性，施工过程中会遇到未预见的地质情况，如土层变化、地下水位波动等。这些变化都对施工过程产生不利影响，增加地面沉降的风险。

因此，在施工过程中应加强对地质条件的监测和分析，及时发现和处理地质条件变化带来的问题。施工质量的严格把控是防止地面沉降风险的重要手段。在施工过程中，应严格按照设计要求和施工规范进行施工操作，确保每一道工序的质量符合标准。特别是对于关键部位和隐蔽工程，应进行重点检查和验收，确保施工质量可靠。应加强对施工材料的检验和控制，防止因材料质量问题导致的施工质量隐患。

对突发事件的快速处理也是事中控制的重要内容之一。在顶管施工过程中，会遇到各种突发事件，如设备故障、停电停水、自然灾害等。这些事件都对施工过程产生严重影响，甚至引发安全事故。因此，应建立完善的应急预案和快速反应机制，确保在突发

事件发生时能够迅速做出反应并采取有效措施进行处理。除了以上几个方面外,事中控制还应注重对施工人员的安全教育和技能培训。通过定期的安全教育和技能培训,可以提高施工人员的安全意识和操作技能水平,增强其对施工环境的适应能力和应对突发事件的能力。这对于保障施工过程的安全性和稳定性具有重要意义。

3.3 加固地基

地基加固的目的主要是提高地基的承载力和稳定性,减少地基变形,从而防止地面沉降。加固方法的选择应根据地质条件、工程要求、施工环境等因素综合考虑。常用的地基加固方法包括注浆加固、桩基加固、地下连续墙等。注浆加固是一种常用的地基加固方法,通过向地基中注入浆液,填充土体中的孔隙和裂缝,增加土体的密实度和强度。注浆材料的选择应根据工程要求和地质条件来确定,常用的注浆材料有水泥浆、水泥砂浆、化学浆液等。

注浆加固可以有效地提高地基的承载力和抗渗性能,减少地基变形和沉降。桩基加固是另一种常用的地基加固方法,通过在地基中打入桩体,将建筑物的荷载传递到深层土层中,从而提高地基的承载力和稳定性。桩基的类型和布置应根据工程要求和地质条件来确定,常用的桩基类型有钢筋混凝土桩、预应力混凝土桩、钢管桩等。桩基加固可以有效地提高地基的承载力和抗震性能,适用于各种地质条件和工程要求。

除了注浆加固和桩基加固外,地下连续墙也是一种有效的地基加固方法。地下连续墙是在地面上开挖一定深度的沟槽,然后在沟槽中浇筑混凝土形成一道连续的墙体。地下连续墙具有强度高、刚度大、抗渗性能好等优点,可以有效地提高地基的承载力和稳定性。地下连续墙还可以作为基坑支护结构使用,保护周边环境的稳定和安全。

3.4 地面沉降监测信息化施工

地面沉降监测信息化施工的核心在于集成先进的监测技术和信息化手段。通过布置高精度的沉降观测点,并利用自动化数据采集系统,可以实时获取地面沉降的精确数据。这些数据经过处理和分析后,能够直观地展示地面的变形趋势和速率,为施工人员提供重要的参考信息。实施地面沉降监测信息化施工需要注重技术的全面性和系统性。除了布置观测点和采集数据外,还需要建立完善的数据传输和存储系统,确保监测数据的实时性和连续性。

借助专业的数据分析软件,可以对监测数据进行深入挖掘和分析,揭示地面沉降的内在规律和影响因素。地面沉降监测信息化施工还需要与施工管理紧密结合。通过将监测数据与施工进度、质量控制等信息相融合,可以实现施工过程的全面监控和管理。这种管理方式有助于及时发现潜在的安全隐患,并采取相应的措施进行预防和控制,从而确保施工过程的顺利进行。实施地面沉降监测信息化施工还需要注重技术创新和人才培养。

随着科技的不断发展,新的监测技术和信息化手段不断涌现,为地面沉降监测提供了更多的选择和。因此,需要保持对新技术的关注和学习,不断推动监测技术的创新和应用。

4 结语

简而言之,地面沉降风险的控制需要在施工前进行详细的地质勘察,制定科学合理的施工方案,确保每一步操作都基于充分的数据支持和风险评估。在施工过程中,实时监控和动态调整策略同样不可或缺,它们能够确保施工过程的稳定性和安全性。而地基加固措施的应用,则为降低地面沉降风险提供了有力的技术支撑。在风险控制策略中,信息化施工监测的重要性不容忽视。通过利用先进的监测设备和技术,可以实现对施工过程的实时监控和数据传输,从而为施工决策提供科学依据。这种信息化手段的应用,不仅提高了施工效率,更在一定程度上降低了地面沉降风险的发生概率。

参考文献:

- [1] 叶继红. 给排水管道顶管施工关键技术 [J]. 城市住宅, 2021, 28(09): 183-184.
- [2] 甄祖玲. 某水库项目顶管近距离穿越构筑物施工技术探析 [J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(08): 203-205.
- [3] 杨胜利. 大口径顶管施工技术难点及解决措施 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(15): 36-37.
- [4] 田帅. 顶管施工过程质量控制 [J]. 建筑技术开发, 2021, 48(15): 123-124.
- [5] 杨珂莉. 探讨管道工程顶管施工过程中的监理要点——以汀溪水库群至翔安原水输水工程第Ⅱ标段为例 [J]. 散装水泥, 2020, (06): 105-107.
- [6] 张凯, 武永新, 田润泽. 并行顶管不同纵向间距下施工数值模拟分析 [J]. 地下空间与工程学报, 2020, 16(S2): 835-840.