

海管铺设过程中的跨越施工技术研究

高晓东 于昊成 张守明

中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300450

摘要: 海管铺设过程中的跨越施工技术研究聚焦于解决复杂海洋环境下的管道跨越难题。本文探讨了跨越施工的技术原理、创新方向及应用前景,重点分析了智能化监测与控制、新材料新工艺的应用,以及模块化标准化设计等关键技术。研究旨在提高施工效率、保障施工安全、提升工程质量,为海洋管道跨越施工提供理论支持和技术参考。

关键词: 海管铺设; 跨越施工技术; 应用

1 海管铺设概述

1.1 海管铺设的基本概念

海管铺设是指将管道铺设在海底,用于连续输送油、气、水等介质的工程活动。海管作为海洋油气开发的重要基础设施,承担着将深海资源安全、高效地输送至陆地的重任。海管铺设工程涉及多种技术和方法,需要克服深海高压、低温、强腐蚀等极端环境挑战,以及长距离铺设中的定位、连接、保护等一系列技术难题。海管铺设不仅要求施工精度高,还需要确保管道在海底的长期稳定运行。

1.2 海管铺设的工艺流程

海管铺设的工艺流程大致可以分为以下几个关键步骤:(1)前期设计与规划。根据输送介质、海底地形、气候条件等因素,进行详细的设计计算,确定管道规格、材质、铺设路径及铺设方式等。这一阶段还需进行环境影响评估,确保工程对海洋生态系统的影响最小化;(2)管道制造与预组装。在陆地上或专门的船厂,按照设计要求制造管道段,并进行焊接、防腐处理等工艺。部分管道段还可能进行预组装,以提高海上铺设效率;(3)铺设船只与设备准备。选择适合的铺设船只,如铺管船、拖船等,并配备必要的铺设设备,如S-lay(侧铺)、J-lay(竖铺)、Reel-lay(卷铺)系统等。根据海底地形和管道直径选择最合适的铺设方式^[1];(4)海上铺设作业。铺设船只到达指定海域后,开始铺设作业。管道段从船上缓缓放出,通过铺设系统精确控制其下沉深度和方向,确保管道平稳、连续地铺设在海底预定位置。在铺设过程中,可能需要进行焊接、检查接口、涂敷防护层等操作;(5)管道连接与固定:海底管道需要逐段连接,形成完整的输送系统。连接方式通常采用焊接或机械连接。连接完成后,还需要对管道进行固定,以防止其因海浪、海流等因素发生移位或损坏。固定方式包括挖沟掩埋、使用水泥垫块或固定压块等;

(6)清管试压与排水。管道铺设完成后,需要进行清管试压工作。清管作业是为了清洗管内壁、测量管线是否有屈曲变形。试压则是为了测试水下连接点是否泄漏,确保管道的安全运行。试压完成后,还需要对管道进行排水或干燥作业;(7)管道保护与监测。海底管道在长期使用过程中可能会受到各种因素的影响而损坏。因此需要采取一定的保护措施,如设置警示标志、加强巡查等。同时还需要对管道进行实时监测,以及时发现并处理潜在的问题;(8)管道修复与更换。即使采取了保护措施,海底管道仍然可能会发生损坏。此时,需要使用起重机将损坏段提出海床,进行修复或更换。修复工作通常需要使用专业的设备和技术,以确保修复后的管道能够正常运行。

2 海管铺设跨越施工技术的原理

2.1 常规跨越施工技术

常规跨越施工技术是海管铺设中一项基础而重要的技术,它主要应用于跨越河流、峡谷、浅滩等自然障碍时。这项技术依托于成熟的工程理论和丰富的实践经验,采用一系列标准化的工程方法和设备,确保管道能够安全、稳定地跨越这些障碍。在常规跨越施工中,通常会使用临时支撑结构,如坚固的支架、耐用的吊索或浮筒等,这些结构能够起到临时支撑和悬挂管道段的作用。施工团队会根据跨越障碍的具体情况和管道的设计要求,精心设计和布置这些支撑结构,以确保它们在施工过程中能够承受管道的重量和各种外力作用。然后施工团队会逐步延伸、连接管道段,通过精确的施工控制和可靠的设备支持,确保管道在跨越过程中的位置准确、连接紧密。常规跨越施工技术以其成熟可靠、操作简便等特点,在海管铺设工程中得到了广泛应用。

2.2 特殊跨越施工技术

特殊跨越施工技术则是针对海管铺设中一些更为复杂、具有特殊挑战性的跨越场景而开发的。这些场景可

能包括深海沟壑、大型河流、环境敏感区域或极端天气条件等，它们对跨越施工提出了更高的要求 and 更大的挑战。为了应对这些挑战，特殊跨越施工技术往往需要采用创新的工程方案、专门的设备和技术手段。例如，在深海沟壑的跨越施工中，可能会使用大型浮吊来吊装和定位管道段，或者采用水下机器人进行精确定位和安装作业；在环境敏感区域的跨越施工中，可能会选用特殊材料来增强管道的耐腐蚀性或抗压性，以减少对周围环境的影响。此外，特殊跨越施工还可能涉及更复杂的施工工序、更高的安全要求和更严格的环保标准。因此施工团队需要具备丰富的经验和专业的技能，能够灵活应对各种复杂情况，确保跨越施工的顺利进行和管道的长期安全运行。

3 跨越施工技术及其在海管铺设中的应用

3.1 跨越施工技术的类型与特点

跨越施工技术是一种在工程建设中用于跨越自然或人工障碍的专门技术，其类型多样，特点各异。根据跨越障碍的不同，跨越施工技术可以分为桥梁跨越、架空跨越、浮体跨越等多种类型。桥梁跨越技术主要利用桥梁结构作为支撑，将管道或线路安全地跨越河流、峡谷等障碍；架空跨越技术则通过架设支架、吊索等结构，将管道悬挂在空中，跨越地面障碍；而浮体跨越技术则利用浮体（如浮筒、浮船等）的浮力，将管道支撑在水面上，跨越水域障碍。这些跨越施工技术各具特点，如桥梁跨越技术具有稳定性好、承载能力强等优点，但施工周期长、成本较高；架空跨越技术施工相对简便，但对支架和吊索的设计和安装要求较高；浮体跨越技术则适应性强，但受水流、风浪等环境因素影响较大。

3.2 跨越施工技术在海管铺设中的具体应用

在海管铺设工程中，跨越施工技术发挥着至关重要的作用。当海管需要跨越河流、海峡、浅滩等水域障碍时，跨越施工技术便成为了不可或缺的选择。具体来说，对于较宽的水域，可能会采用桥梁跨越技术，通过建造专门的桥梁结构来支撑和固定海管，确保其安全、稳定地跨越水域。对于较窄的水域或水深较浅的区域，则可能采用架空跨越技术，利用支架和吊索将海管悬挂在空中，避免与海底或水面直接接触^[2]。而在一些特殊的水域环境，如潮流湍急、风浪较大的海域，浮体跨越技术则可能更为适用，通过浮体的浮力来支撑海管，使其能够随水流波动而保持稳定。在实际应用中，施工团队会根据海管铺设的具体需求和跨越障碍的特点，选择最合适的跨越施工技术，并结合先进的工程设备和技术手段，确保海管能够安全、高效地跨越各种障碍，顺利完

成铺设任务。

4 海管铺设跨越施工技术的优化与创新

4.1 设备与工艺优化

在海管铺设跨越施工技术的不断优化与创新过程中，设备与工艺的优化占据了举足轻重的地位。传统的跨越施工设备往往存在体积庞大、操作复杂、效率低下等问题，难以满足现代海管铺设工程对高效、精准、安全的需求。因此设备制造商和施工单位不断探索新技术、新材料的应用，对跨越施工设备进行了一系列创新与改进。在设备方面，现代化的跨越施工设备更加注重智能化、自动化和模块化设计。例如，大型浮吊设备采用了先进的控制系统和传感器技术，能够实现精准定位、自动调平和稳定吊装，大大提高了施工效率和安全性。一些新型的支架、吊索等支撑结构也采用轻量化、高强度的材料，既减轻设备自重，又提高承载能力和耐久性。在工艺方面，跨越施工技术也不断进行着创新与优化。传统的施工工艺往往依赖于人工操作和经验判断，存在较大的主观性和不确定性。而现代化的施工工艺则更加注重科学化和标准化，通过引入先进的测量技术、计算软件和模拟仿真手段，对施工过程进行精准控制和优化设计。例如，在跨越施工前，可以利用三维建模技术对跨越障碍进行精确模拟和分析，制定出最优的施工方案和工艺参数。在施工过程中，还可以实时监测和调整施工状态，确保施工质量和进度符合设计要求。

4.2 材料选择与应用

材料的选择与应用是海管铺设跨越施工技术中的另一个重要方面。传统的材料往往存在耐腐蚀性差、强度不足、寿命短等问题，难以满足海管铺设工程对长期稳定运行的需求。因此科研人员和工程师们不断探索新型材料的应用，以提高海管跨越结构的性能和寿命。在现代海管铺设跨越施工中，高强度、耐腐蚀、轻量化的材料成为了首选。例如，采用高强度钢材制作的支架和吊索，既能够承受巨大的荷载，又能够抵抗海水的腐蚀和风浪的冲击。同时一些新型的复合材料如碳纤维、玻璃纤维等也被广泛应用于跨越结构中，它们具有重量轻、强度高、耐腐蚀性好等优点，能够进一步提高跨越结构的性能和寿命。另外，在海管本身的材料选择方面，也更加注重其耐腐蚀性和耐久性。现代海管通常采用双层或多层结构，内层为输送介质的管道，外层为防腐层和保护层，能够有效地防止海水和腐蚀介质的侵蚀，延长海管的使用寿命。一些新型的海管材料如钛合金、不锈钢等也被逐渐应用于实际工程中，它们具有更好的耐腐蚀性和机械性能，能够满足更复杂、更恶劣的海洋环境

需求。

4.3 智能化监测与控制技术

随着信息技术的不断发展和普及,智能化监测与控制技术在海管铺设跨越施工中得到了广泛应用。传统的监测与控制方式往往依赖于人工巡检和定期检测,存在监测范围有限、数据准确性不高、响应速度慢等问题。而智能化的监测与控制技术则能够实现实时监测、数据分析、预警报警和远程控制等功能,大大提高了施工的安全性和可靠性。在智能化监测方面,可以通过在跨越结构上安装传感器和监测设备,实时监测其应力、应变、位移等参数,及时发现并预警潜在的安全隐患。还可以利用遥感技术、无人机巡检等手段对跨越区域进行全方位、多角度的监测和分析,确保施工过程的顺利进行。在智能化控制方面,可以通过引入先进的控制系统和算法,对跨越施工过程进行精准控制和优化调整。例如,在浮吊作业中,可以利用自动控制系统实现吊装的精准定位和稳定控制;在支架和吊索的安装过程中,可以利用智能算法对安装位置、角度和力度进行优化设计,确保跨越结构的稳定性和安全性。

5 海管铺设跨越施工技术的创新与发展

5.1 技术创新方向

海管铺设跨越施工技术的创新与发展,始终围绕着提高施工效率、保障施工安全、提升工程质量这一核心目标。在未来的技术创新方向中,将主要聚焦于以下几个方面:一是智能化与自动化技术的深度融合。通过引入先进的传感器、控制系统和算法,实现跨越施工过程的智能化监测、自动化控制和精准化作业,减少人为干预,提高施工精度和效率。二是新材料与新工艺的应用探索。不断研发和应用高强度、轻量化、耐腐蚀的新型材料,以及高效、环保、可靠的新工艺,以满足海管铺设跨越施工在复杂多变海洋环境中的需求。三是模块化与标准化设计的推广。通过模块化设计,实现跨越施工部件的标准化生产和快速组装,缩短施工周期,降低施工成本,提高工程的可维护性和可扩展性^[3]。在技术创新的具体实施上,将注重跨学科、跨领域的合作与交流,借鉴和吸收其他行业的先进技术和经验,不断拓宽海管

铺设跨越施工技术的创新思路。同时将加强与技术研发机构、高校和企业的合作,共同推动海管铺设跨越施工技术的研发与应用,形成产学研用一体化的创新体系。

5.2 新技术应用前景

新技术在海管铺设跨越施工中的应用前景广阔,将为海洋工程的发展带来革命性的变革。智能化与自动化技术的融合应用,将使得跨越施工过程更加安全、高效、精准,大大减少人为因素导致的安全事故和质量问题。新材料与新工艺的应用,将提升海管跨越结构的耐久性和可靠性,延长工程使用寿命,降低维护成本。模块化与标准化设计的推广,将使得跨越施工更加灵活、便捷,适应不同海域和不同规模的海管铺设需求。具体来说,新技术应用前景将体现在几个方面:(1)提高施工效率和质量,通过智能化监测和控制,可以实时掌握施工状态,及时发现并解决问题,确保施工过程的顺利进行。(2)降低施工成本和风险。新材料和新工艺的应用,将减少对传统材料的依赖,降低施工成本;同时智能化技术的应用,将提高施工的安全性,降低安全风险。(3)推动海洋工程的可持续发展。新技术应用将使得海管铺设跨越施工更加环保、高效,符合可持续发展的要求,为海洋资源的开发和利用提供更加可靠的技术支撑。

结束语

随着海洋开发的深入,海管铺设跨越施工技术将面临更多挑战。本研究通过深入探讨和创新,为跨越施工提供了新思路和方法。未来,将继续加强技术研发与应用,推动海管铺设跨越施工技术的不断进步,为海洋工程的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]前德门,梁超,满新宝.海管铺设过程中的跨越施工技术研究[J].中国化工贸易,2020,12(26):183-184.
- [2]曹源.用好海底电缆探测设备与技术海事测绘保障海上风电场建设[J].中国海事,2022,(06):11-15.
- [3]阿斯兰·阿不力米提.仪表与自动化技术在石油管道的应用[J].电子技术与软件工程,2019(06):122.