

# 海洋工程管道对接方法及技术

刘 孟

中海油深圳海洋工程技术服务有限公司 广东 深圳 518000

**摘要:** 作为海洋资源开发的重要手段之一,海洋工程管道的对接技术一直是研究的热点问题。本文首先综述了海洋工程管道的应用背景和需求,然后介绍了传统的管道对接方法以及新发展的湾口组合对接技术,并结合实际工程案例分析了各种方法的优缺点。最后,本文展望了海洋管道对接技术的研究方向 and 未来发展趋势。

**关键词:** 海洋工程;管道对接;技术优化

引言:随着海洋油气等海洋资源的开发利用,海洋管道作为一种重要的海洋工程建设方式,得到了广泛的应用。管道在海洋中需要经受各种自然因素的影响,如海浪、海滩等。尤其是,在海洋中对接管道时,对于管道质量和安全性更是提出了更高的要求。成熟的管道对接技术是海洋工程建设中极其重要的一环,然而,受技术条件和现实情况的限制,传统的管道对接技术也存在一些问题,需要更好的技术来优化现有的方式。

## 1 海洋工程管道的需求

海洋工程管道是指用于连接油气田的海底井口与海洋工程平台、陆上加工设施等的管道系统,具有海底开采、海上生产和陆上加工等功能。随着国家能源战略的不断推进和新能源开发的需求不断增加,海洋工程管道的需求也日益旺盛。首先,海洋工程管道在海洋能源产业中发挥着至关重要的作用。海洋能源是人类最重要的能源资源之一,海洋工程管道的建设和运营成本较低,又不会占用过多的陆地资源。海上风力、海洋热能等新能源正在快速发展,而建设海洋工程管道是实现海洋能源利用的关键。此外,随着国家“一带一路”战略的推进,近年来国际合作和油气管道研发也将是海洋工程管道需求增长的重要来源。其次,海洋工程管道的需求在国家能源战略和能源结构调整中得到了强有力的推动<sup>[1]</sup>。近年来,国内能源消费结构正从主要依靠传统化石能源向清洁能源转变,随着天然气、油田等海洋资源的大量发现,国家也将新能源发展作为战略性新兴产业,大力发展海洋石油和海洋天然气开发,加快海洋风电、浪能发电、潮汐发电等新能源领域的开发,这将为海洋工程管道的需求提供巨大的推动力量。最后,海洋工程管道的需求也将带动海洋技术研发的不断进步。

## 2 海洋工程管道对接原理

海洋工程管道对接的原理主要基于以下几个方面:

2.1 管道结构和连接方式:通常管道结构分为同心式

管和非同心式管。前者是指两根管道的中心轴线重合,后者指两根管道中心轴线相距一定距离。同心式管道对接时,对接端的墙厚度和管径要保持一致,以保证连接处的强度和密封性。

2.2 对接设备和工艺:对接设备包括对接头、管道定位和卡爪等,对接过程中涉及到的工艺主要是管道对中、管道夹紧、填充密封剂和压力测试等。

2.3 水下环境和天气:水下环境和天气是对接过程中需要考虑的因素。水下环境通常包括海水温度、海水压力、海水浪高、海水流速等,影响着管道对接的安全性和精度。天气则直接影响对接作业的顺利进行,包括强风浪和台风等自然灾害。

## 3 海洋工程管道对接方法

### 3.1 浮式对接

浮式对接法是海洋工程中较为常见的管道对接方法之一,其适用于长距离的管道输送,主要有以下几个步骤:首先,需要将两根管道的断面加工成符合配合要求的形状。这一步骤需要进行精细的测量和加工,确保两根管道的形状和尺寸完全匹配,以便进行接口的拼装。其次,将两个管道的接口平行放置,通过吊装设备将它们提升到水面上,然后将船舶调整到两根管道的接口处。在船舶侧面设置相应的支架,将两根管道弧形对接到支架上。接着,将一根管道的拐角处固定在船舶上,并在这根管道的另一端连接起升降设备。将另一根管道的拐角取出,放到水面上,然后在这个拐角处连上管道汇接器,并将汇接器和另外一根管道的拐角处连接好。最后,通过升降装置,将这根管道的拐角和汇接器慢慢地升起,使其与船上的另一根管道拼合连接。然后,将两根管道缓缓下沉,将拼接处放置到适当的水深处,最终完成了浮式对接<sup>[2]</sup>。需要注意的是,浮式对接法在实际应用中也存在一些局限性和安全隐患。首先,在操作过程中需要严格掌握海洋环境和气象变化等因素,保证

对接操作的顺利进行。其次,对生产工艺和材料要求严格,确保拼接部位的质量可靠、牢固。同时,在对接过程中需要加强浮标和缆绳等安全措施的实施,对遇到的危险和异常情况及时做出有效的应对措施。总之,浮式对接法具有一定的适用性和实用性,能够有效地减少水下施工所需的时间和人力投入,同时也能够减少对海底环境的影响。然而,为了保证对接质量和安全性,实际应用中需要严格执行相关工艺和安全规范,对新的材料和技术要适度审慎,确保海洋工程建设的顺利进行。

### 3.2 潜水对接法

潜水对接法是海洋工程中一种开展水下管道对接的施工方法,因其可以对管道接头有直接观测能力、珍珠链效应较小等优点而受到广泛应用。在实际操作过程中,需要进行以下步骤:首先,需要进行前期工程准备。这一阶段主要包括地形调查和海底环境勘探、合适的施工时间的选定、潜水员的选择等环节。需要在具备必备技术装备的情况下,选定适合潜水对接法的条件,并制定详细的施工计划。其次,潜水对接前需要进行钢管分段和对接面处理。钢管必须切割成适合潜水员操作的大小,在相应的部位进行加工和铆接,使得管道接口尺寸和形状符合工程设计要求。接着,实施管道对接操作。潜水员会将对接处管道的约束器挂上绳索,然后升起直到海面水平。此时的潜水员就可以进行接头处理了,先将管道接头的外表面清洗干净,然后使用切割与焊接、螺纹连接以及机械卡式连接等技术对接接头,最后进行检测确保接头完全无泄漏现象。最后,管道对接完毕按合适位置进行降到水下,然后进行钢管安装和固定,并进行后续处理工作,以达到完全的工程要求。需要注意的是,该方法的操作需要高度的技术水平和工艺方法,同时具有相应的疾病和伤害风险<sup>[1]</sup>。与此同时,潜水对接所需要的水下时间较长,会涉及到诸如水下压力、水下视觉范围等因素,具有较高的操作难度。总之,潜水对接法的优点在于对管道接头有直接观测能力、珍珠链效应较小,适用于海底深度较浅、管径较小的海洋管道。同时,要注重技术细节把控,加强安全监督与施工规范的严格执行。相信,在合适的条件下,潜水对接法可以成为一种高效且经济的管道对接方法。

### 3.3 定向钻孔对接法

海洋工程管道定向钻孔对接法是一种新型的海洋工程管道对接方法,是利用定向钻探技术在管道的两端之间钻探一条水平孔道,然后将管道沿孔道对接在一起。相比其他传统的对接方式,这种对接方案具有诸多优点,但也存在一些局限性。首先,该方法在对水下环境

的影响方面表现优异。与传统海洋工程管道对接方式相比,定向钻孔对接法可以避免由船舶和风浪等天气因素所带来的影响,使对接过程更加平稳有序。此外,该对接方式可以保护水下环境的完整性和稳定性,减少环境污染和生态破坏,有助于保护海洋生态环境。其次,定向钻孔对接法可以避免一些跨越障碍物的问题。由于管道跨越海峡或其他障碍物的情况下,该方案具有优势,可以避免传统管道敷设方式所遇到的一些障碍,如对岸地形复杂、交通阻塞、生态环境影响等问题,同时可以缩短敷设时间,降低敷设成本,提高效率。然而,该方法的局限性也是显而易见的。由于定向钻孔对接法需要对水下地质条件有较高要求,对水下地形和地质状况进行充分的调查和研究是非常必要的<sup>[1]</sup>。同时,该方法的制造费用比较高,需要较高的技术水平和相应的装备,往往需要聘请专业技术人员进行操作,并进行高成本的维护和管理。总的来说,海洋工程管道定向钻孔对接法是一种新型的、优越的管道对接方式,它能够避免传统管道对接方式的瓶颈,对水下环境的影响较小,对环境友好,

### 3.4 机械连接对接法

机械连接对接法是海洋工程管道对接的一种常见方法,其主要通过螺纹、法兰等机械连接方式实现管道的快速、便捷对接。这种连接方式具有简单、灵活、易行等优点,同时不会受水下环境和天气等因素的干扰。但是,与其它对接方法相比,机械连接对接法的管道连接处强度和密封性较弱,适用于临时管道或紧急修复的情况。在实际应用中,机械连接对接法的操作流程通常包括以下几个步骤:首先,需要进行管道棒段的加工。这一步骤包括锯头、顶线、磨口、沟槽、螺纹、倒角等操作,需要按照规范的工艺流程操作,确保管道口形状精准、长度贴合。然后,安装相应的连接装置。一般机械连接对接法连接装置主要有螺纹连接法兰、法兰盘连接和气动螺栓连接等。根据实际需要,安装对应的配件,如法兰和法兰垫片等。接下来,进行连接操作。对连接装置进行调整,使两根管道平面紧贴,然后进行连接操作,将螺纹等机械连接部件连接在一起<sup>[2]</sup>。在连接完成之后,需要进行初步检验,确保连接部位没有发现裂纹、翘曲等情况。最后,进行全面检查和测试。成品后应全面检查连接部位密封性和强度,同时进行船舶的稳定性测试和降钻压力测试,确保连接的可靠性和安全性。需要注意的是,机械连接对接法虽然操作简便、灵活,但在施工过程中也存在着一些潜在的安全风险。比如,管道连接处的强度和密封性较弱,易受外部因素干扰,因此需要对相关施工工艺、安全装置、环保等进行严格控

制和管理,减少安全风险。

#### 4 海洋工程管道对接技术

##### 4.1 管道对中技术

管道对中是指将两根管道的中心轴线完全重合。对中技术通常使用的是激光测量和辅助工具(如霍尔传感器等)来实现。在对中之前,需要对两根管道进行水平和垂直校正。

##### 4.2 管道夹紧技术

管道夹紧是指将两根管道夹紧在一起以提高连接处强度和密封性。夹紧的方法通常有气胀式和液移式两种。其中气胀式夹紧是直接利用高压气体对管道进行夹紧,液移式夹紧则是通过液压或机械压力对管道进行夹紧。

##### 4.3 填充密封剂技术

填充密封剂是指在对接处填充一种粘性剂以提高连接处的密封性。一般使用的密封剂有硅橡胶、丙烯酸酯和聚氨酯等。填充密封剂要求具有优异的耐寒性、耐腐蚀性和耐高压等特点。

##### 4.4 压力测试技术

压力测试是指在管道对接完成后,进行压力测试以验证其强度和密封性。测试时一般需反复增压和降压多次,并记录下压力变化趋势和时间。测试压力通常根据管道的环境和使用要求而定。

#### 5 管道对接技术的未来发展

随着世界各国的经济发展和人口增长,能源需求也在不断增加。海洋作为一种不可逆转的能源资源,逐渐成为人们重视的对象。海洋工程建设中管道对接技术是保证工程成功实施的重要部分,尤其是在海底油气开采和海洋风电等领域。近年来,随着海洋资源的不断开发和利用,对海洋工程建设高效、安全的管道对接技术逐渐引起人们的关注<sup>[3]</sup>。在未来的发展中,管道对接技术将继续不断创新和完善。首先,管道对接技术的自动化智能化将成为未来发展趋势。目前,自动化技术和智能化技术的发展迅速,将成为推动管道对接技术进一步发展的重要力量。例如,在对管道的精确定位、地质勘测、管道压力等关键数据的监测和控制上,都可以通过物联网、人工智能、机器学习等技术实现自动化和智能化。

这样不仅可以提高管道对接的精度和准确性,还可以提高工作效率和安全性,降低成本。其次,管道对接技术将更加注重环保和可持续性。在未来的管道对接过程中,需要更加注重环境保护和可持续性的要求。例如,通过引入新型材料,例如新型涂层、防腐材料和降温材料等,可以在一定程度上减少环境污染和生态破坏。此外,对于强调可持续发展的区域,还应用低碳、清洁能源技术,例如海洋风能、潮汐能、海浪能等,进一步降低对能源的消耗。管道对接技术将更多地应用于深海领域。未来随着海洋资源的深度开发和利用,需要大量进口管道对接技术和设备。针对深海环境下的管道敷设和对接,需要研究和开发新型设备和材料,以保证其在高压、低温、高载荷等一系列极端环境下的可靠性和稳定性。同事对于海底山脉、海峡海峪等地形地貌复杂的区域,需要运用先进的数学仿真、机器视觉、非接触测量等技术,加强定位精度,提高管道对接效率。总之,海洋工程建设中管道对接技术未来趋势将是智能化、环保、可持续和适应深海环境等。通过不断创新和技术应用,将为海洋资源的有效开发和利用提供更多的可能。

#### 结语

海洋工程管道对接是海上输送油气不可或缺的一个环节,其对接的效率和质量对于油气勘探和开发过程有着至关重要的作用。海洋工程管道对接方法和技术的选择,一定要根据现场的环境和实际情况来进行精准选择,以保证对接效果的最佳。在管道对接过程中,对于水下环境和天气等不可控因素,需要有科学规划和周密准备,以便及时应对不良情况的出现,确保对接作业的安全和效率。

#### 参考文献

- [1]薛浩良,常云凯.海上油气输送系统中的自锚定和支承管道技术与应用[J].石油管道系统工程,2020,5(8):20-25+45.
- [2]杨光理,吴定发,许跃.海上管道对接技术的研究综述[J].海洋技术社论,2019,5(5):23-27.
- [3]陈汝钦,郑浩民.海洋管道对接技术的研究与发展[J].海洋工程建筑技术,2019,15(8):40-45+59.