

海底油气管道的泄漏及预防

赵 华¹ 宫本涛² 韩宇辉³

(1. 中国石化胜利油田孤东采油厂; 2. 中国石油对外合作经理部; 3. 中国石油天然气管道工程有限公司)

摘 要 介绍了海底油气管道铺设特点,分析了海底管道破裂的原因主要是第三方损害,其次还有物理损伤、机械损伤、管线材质缺损、材料疲劳、管线内外表面腐蚀、不可抗力 and 外界条件变化等。提出了海底管道泄漏的有效预防措施,主要包括预防第三方损害和管线腐蚀、提高泄漏检测和监测能力、制定应急响应计划、鼓励公众参与、迅速实施应急响应计划五部分。

关键词 海底 油气管道 泄漏 预防

0 引 言

随着全球油气工业向海洋进军,人类钻井足迹从陆地延伸到海洋,海底蜿蜒曲折的油气管道,成为全球能源运输动脉的重要组成部分。与此同时,海底油气管道不断延伸变长,海底油气管道破裂泄漏的风险也悄然增加,成为海洋溢油事故的原因之一^[1]。

与传统碰撞或触礁导致油轮泄漏、钻采平台操作失误或部件老化等原因引发的溢油事故相比,海底油气管道破裂在行为模式、影响范围、修复周期等方面都有明显不同,因此应对策略和预防措施也必须加以调整。

1 海底管道铺设特点

海底油气管道是在海底铺设输送石油和天然气管道的工程。包括海底油、气集输管道,干线管道和附属的增压平台,以及管道与平台连接的主管等部分。其作用是将海上油、气田所开采出来的石油或天然气汇集起来,输往系泊油船的单点系泊或输往陆上油、气库站。海洋油、气管道的输送工艺与陆上管道相同。

20 世纪 50 年代初期,人们开始在浅海水域中寻找石油和天然气。随着海洋油气田的开发,首先出现了海洋输气管道。天然气必须依靠海洋管道外输,浅海中采出来的原油则可由生产平台直接装入油船。在深海中采出来的原油,大型油船停靠生产平台会威胁到平台安全,因此出现了海中专用于停靠大型油船的单点系泊。这样,就要有连接各生产平台与单点系

泊之间的输油管道。70 年代,在海域中开发了大型油气田以后,开始建设了大型海洋油气管道,把开采的油气直接输往陆上油气库站。

海底管道工程在海域中进行,工程施工的方法则与陆上管道线路工程不同。其主要特点是:①施工投资大。在一般海域中铺设一条中等口径的海洋管道需要一支由铺管船、开沟船和 10 余只辅助作业的拖船组成庞大的专业船队。此外,还需要供应材料、设备和燃料的船只等。租用专业船队的费用是海洋管道施工中的主要费用,由于这一费用较高,致使海洋管道施工费用比陆上同类管道要高 1~2 倍。②施工质量要求高。不论是在施工期间或投产以后,海洋管道若发生事故,其维修比陆上管道维修困难得多,因此,海洋管道施工要确保质量。③施工环境多变。海况变化剧烈而迅速,如风浪过大,施工船队难以保持稳定。在这种情况下,往往须将施工的管道下放到海底,待风浪过后再恢复施工。④施工组织复杂。海洋管道施工中,管道的预制、船队的配件、燃料和淡水的供应等,都需要依靠岸上的基地;船队位置和移动方向的确定,也是依靠岸上基地的电台给予紧密配合。因此海洋管道施工具有海陆联合组织施工的特点。

2 海底管道破裂原因及危害

2.1 破裂原因

与油轮、汽车等运输方式相比,油气管线具有输运量大、稳定和很少受气候影响等优势,因而也更为安全。正因为如此,海底油气管道备受青睐。世界上大型海上石油天然气作业区如北海、墨西哥湾以及中

东波斯湾,大量使用海底管线作为生产井域和处理终端的油气运输方式。近年来,随着我国海域石油天然气作业的大幅度增加,海底油气管道作为运输方式也越来越普遍,覆盖了渤海、南海东西部大部分水域和东海部分水域。

油气管线破裂原因大致可归类为:物理损伤(铺设不当或焊接不当造成的缺损)、机械损伤、管线材质缺损,材料疲劳和管线内外表面腐蚀等;恶意和故意破坏的第三方损害;不可抗力 and 外界条件变化,如地震或海床支撑坍塌^[2]。

据统计,全球海底油气管道破裂的原因主要是第三方损害,约占事故原因的 50%~60%。比如在我国渤海,海底管网密布,水面则是进出各港湾的航道、鱼汛期集中作业的水域,存在其他用海者误操作的客观条件。国际油价的冲高,也存在极少数人铤而走险钻孔盗油引发溢油事故的问题^[3]。

2.2 风险增加

在海底油气管道不断延伸的同时,海底油气管道破裂引起的事故和污染在国内外都呈上升趋势,防止和应对管道溢油的任务也越来越艰巨。北海海域约 2.15×10^4 km 长的油气管线被查知有潜在环境风险。2005 年,美国墨西哥湾共有 102 条油气管线在卡特里娜飓风打击下有程度不同损毁破裂。2006 年,BP 在美国阿拉斯加的油气管线破裂给当地环境造成了严重污染,使美国联邦法庭下令其关停大部分油气管线以进行更严格的测试。

海底油气管道破裂虽易发生在管线的登陆点和浅海滩涂,但具体地点往往具有不确定性,加之目前的检测手段无法保证第一时间探知油气管线破裂,一旦发生破裂将导致溢油量较大。由于查漏和修复困难,溢油会断断续续溢出海面,在海流和风力作用下在附近成片状漂移。即使在查漏过程中,残留油品仍会在泵压下溢出,呈分散的薄油膜,造成收油时间长及机械回收困难。

油气管线破裂引起的溢油污染程度,取决于管线损害的程度、流体的天然属性(可压缩天然气还是不可压缩的石油产品)、油气管线的尺寸、截止阀的位置、油气管线的水下路径、作业者应急动员效率以及泄漏检测水平的高低。

3 海底管道泄漏的预防措施

海底油气管道需要企业和有关部门加强管理和监督,以减少破裂可能性。其中,采取有效防范措施是应对海底油气管道破裂的首选。

3.1 预防第三方损害和管道腐蚀

第三方损害对海底管道所有者来说虽不负主要责任,但也不能说毫无干系。很多国家对海底油气管道的铺设严格的工业标准,比如掩埋不足就难以提供足够的防锚保护,这就要求管线所有者在铺设过程中严格按照工业标准进行,一丝不苟达到足够的防锚保护深度,同时主管部门应对施工者的铺设质量加以监督。以渤海湾这样的浅海为例,考虑到海床特征、水面运输密度和海上作业机械对海底管线的损害范围,沟塹应达到 1.5~2.0 m 的深度较为安全^[4]。

为解决资源不对称的问题,还应会同主管部门在管道集中的海底走廊,设立醒目的海上标志,避免其他用海者对海底管道的误操作。

管道腐蚀极少引起大面积的破裂。可以通过规范使用材料、监督制造质量、严格把关焊接质量以及用“智能猪”探查等手段,减少腐蚀造成的破裂事故。对于作业者则要求严格进行水下巡检,作为环保承诺的具体措施。

3.2 提高泄漏检测和监测能力

在海底油气管道破裂中,泄漏检测水平的高低起着至关重要的作用,也是能否及时堵漏、进行海上收油的前提条件。因此,不少国家提出了可参考的工业标准。比如对于油品输运管线,在泄漏规模达管线内总量的 2% 时,无论管线长度和阀门间隔长度,检测设备应于 20 min 之内检测到信号^[5]。

管道所有者应严格执行定期巡检制度,并提高泄漏检测和监测能力,提高检测和监测设备的水平。但目前,检测系统和设备都有其局限性,在灵敏度、精确度、可靠性、可操作性和连续检测能力等方面还亟待提高。比如由腐蚀产生的破裂点面积通常都很小,特别在焊点、阀门连接处等出现的破裂点,溢出率不大,会在相当长一段时间,检测设备并无明显指示,以至于很多事故的发生,是海上人工观察或海事卫星最先发现的。

另外,海底油气管道的所有者还应提供管道有关的全部信息,包括铺设线路图、详细的风险段和紧急事故发生时的应对距离等。

3.3 制定应急响应计划

参考国际上的海底油气管道历史及事故案例,周密的应急响应计划是预防海底油气管道破裂的关键环节。

海底油气管道所有者首先要制定有针对性的应急响应计划,保证油气管道破裂事故发生后,能够清

楚界定不同区域和层次的主管部门、应急机构和海底油气管道所有者、作业者的职责,需要哪些应急资源,同时配套清晰简洁的行动策略方案。这一应急计划还应考虑扩展的可能性,特别是与作业者总体应急预案相衔接^[6]。

在准备应急预案过程中,各方相互磋商和保持沟通是非常重要的,特别是内容和成本应该达成一致,确定各方在应急响应计划中承担的职责和扮演的角色。

应急响应计划还应考虑事故的关联性。在管道走廊内如一条管道破裂,特别是该管道铺设在海底表面,可能会引起支撑结构的坍塌而损害其他管道。当准备应急计划时,应该有对这种关联损害的假设及应对方案。

另外,定期演习是保证应急响应计划有效性的的重要手段。演习中,容易被疏忽的通信是重要的检查内容。通讯录要及时更新,通信要满足各方联络的需要,以解决应急行动中通信不对称问题。

3.4 鼓励公众参与

海底油气管道的保护需要管理层、治安机构、企业和民间团体共同努力。根据我国国情,可以考虑建立激励和奖励制度,鼓励渔业人员和海洋油气作业者及时报告海上发现的不明来源溢油,指明位置和拍照,经核实后予以奖励。同时应立法对民间举报者给予法律保护,严禁打击报复行为。

3.5 迅速实施应急响应计划

像交通事故一样,不管如何预防,海底油气管道破裂事故都难免会发生。这时,最重要的是适时根据事故级别,迅速实施相应的应急响应计划,把影响降到最低程度。

不管海底油气管道破裂的原因是什么,不管主要责任在于谁,海底油气管道的作业者无疑是应急响应计划的主要实施者,在事故发生后要控制事故现场,提出实际发生情况和潜在后果的评估,向有关主管部门、应急组织及受影响大众的民间团体及时通报事故进展,采取减轻环境损害的措施,提出恢复管线正常

开通的条件并实施等等^[7]。

当然,最重要的是吸取教训,做好应急预案准备和故障处理演练,努力将油气管道破裂造成的损失降到最低程度。

4 结束语

随着海底油气管道向海底的延伸,管道发生破裂泄漏的事件也随之增多,这给运营安全和海洋生态环境带来很大的不利影响。国内外海底油气管道破裂引起的事故和污染总体呈上升趋势,所以防范管道溢油的任务也越来越艰巨。

各国在防范和应对海底油气管道破裂方面进行了有益的探索,也积累了不少成功经验。下一步仍需在认真分析研究管道破裂原因和风险因素的基础上,提出相应的应对策略和预防措施;仍需在预防第三方损害和管线腐蚀,提高泄漏检测和监测能力,制定完善应急响应计划,提高公众参与度上下功夫;同时加强日常应急预案准备和故障处理演练等,确保海底油气管道运营安全,降低海洋污染的风险。

参 考 文 献

- [1] 金伟良,张恩勇,邵剑文,刘德华.海底管道失效原因分析及对策[J],科技通报,2004,6.
- [2] 汪海成.海底管线系统偶然性载荷作用下的风险评估[D],天津大学,2004.
- [3] 闫凤霞,高惠临.风险评估及其在油气管道方面的应用[J],石油工业技术监督,2003,2.
- [4] 王茜,赵建平.海底管道第三方破坏失效状况模糊故障树分析[J],天然气工业,2008,5.
- [5] 杨莉.长输油气管道故障树分析的定量风险评价方法研究[D],兰州理工大学,2006,5.
- [6] 赵永涛.油气管道风险评估现状及对策研究[J],石油化工安全环保技术,2007,1.
- [7] 王维顺,蒋大旭.长输管道故障树及可靠性增长对策[J],西南石油学院学报,2004,2.

(收稿日期 2009-01-09)

(编辑 王薇)

会 讯

第十一届中国国际环保展览暨会议于 2009 年 6 月 3 日至 6 日在北京召开