

天然气运输过程中存在的主要安全问题及其对策研究

张 敏 (青岛汶海赛弗投资咨询管理有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要:近年来,随着 society 对天然气能源的需求不断增加,天然气管道建设和运输日益增多。但是,天然气长输管线也存在一定的安全隐患,给人们的生命财产安全带来了威胁。为了保障天然气管道的安全运输,遏制各类安全生产事故的发生,对天然气运输过程中存在的主要安全问题进行分析,研究相关对策非常有必要。

关键词:天然气管道;安全对策措施

0 引言

天然气管道由于是高压输运、天然气量大、输送距离远,而且天然气具有易燃易爆危险性,一旦发生管道泄漏,特别是管道破裂将会引起大量天然气在破裂处高速喷出,一旦被点火源点燃,将形成喷射火灾;即使未被点燃,在受气象和地形的影响下也可能达到爆炸极限,一旦出现点火源,就会发生剧烈爆炸。通过分析天然气运输过程中存在的主要安全问题及其产生危险后果的主要条件,并提出消除和控制问题的对策措施,有利于提高天然气管道本质安全程度,保障人员的安全和健康。

1 天然气运输过程中存在的主要安全问题分析

1.1 输送工艺中存在的主要问题

1.1.1 工艺流程、设备布置不合理

输气管道运行安全与系统总流程、工艺流程及系统设备布置有着非常密切的关系。工艺流程设置合理、设备布置恰当,并且能够满足输送操作条件的要求时,系统运行就平稳,安全可靠就高。否则,将给系统安全运行造成十分严重的隐患,甚至使系统无法运行。

1.1.2 管道强度计算不准确

管道强度设计计算时,将根据管道所经地区的分级或管道穿越公路等级、河流大小等情况,确定强度设计系数。如果管道沿线勘察不清楚,有可能出现地区分级不准确,造成高级低定,最终造成设计系数选取不恰当,管道壁厚计算不能满足现场实际情况。管道应力分析,强度、刚度及稳定性校核失误,造成管道变形、弯曲甚至断裂。

1.1.3 材料选材、设备选型不合理

在确定管子、管件、法兰、阀门、机械设备、仪器仪表材料时,未充分考虑材料与介质的相容性,导致使用过程中产生腐蚀;法兰、垫片、螺栓组合未充分考虑振动失效,引起螺栓断裂、垫片损坏而出现泄漏;压力表、温度计、液位计、安全阀等安全附件参

数设定不合理,造成安全隐患,并使控制系统数据失真;爆炸危险场所分区错误,引起电气设施防爆等级确定错误;关键设备未充分考虑自动控制保护系统或控制系统设计存在缺陷。

1.1.4 防腐蚀设计不合理

防腐蚀设计时未充分考虑土壤电阻率、管道附近建(构)筑物和电气设备引起的杂散电流的影响,造成管道防腐层老化、防腐能力不够直至失效;管道内、外表面防腐材料选择不合理、施工方法不正确、厚度不能满足使用工况要求;管道阴极保护参数设置不合理,而造成保护能力不够等。

1.1.5 管线布置、柔性考虑不周

管线平面布置若不合理,会造成管道因热胀冷缩产生变形破坏或振动。埋地管道弯头的设置、弹性敷设、埋地地质影响、温差变化等,对运行管道产生管道位移具有重要影响,柔性分析中如果未充分考虑或考虑不全面,将会引起管道弯曲、拱起甚至断裂。管内介质不稳定流动和穿越公路、铁路处地基振动产生的管道振动均可能导致管道位移。

1.1.6 结构设计不合理

在管道结构设计中未充分考虑使用后定期检验或清管要求,造成管道投入使用后不能保证管道内检系统或清管球的通过,而不能定期检验或清污;或者管道、压力设备结构设计不合理,难以满足工艺操作要求从而带来重大安全事故。

1.1.7 防雷、防静电设计缺陷

防雷、防静电设计未充分考虑管道所经地区自然和项目运行的实际情况,或设计结构、安装位置等不符合法规、标准要求。以及未定期检查、维护,防雷防静电设施故障、损坏会造成安全隐患。

1.2 施工质量问题

如果在管道施工过程中采用强力组装或存在焊接缺陷、补口、补伤质量不达标或管沟、管架的埋设未

严格按照施工要求进行或穿越质量不高、检验质量控制不严均可能对管道的正常运行造成隐患。

①如在施工过程中采用强力组装,一般需要采用特别的方法(如定位块焊接)使管道发生变形,而一旦焊接完成并去除装配工装或定位块,管道因恢复原来的变形而在焊缝内产生了较高的安装残余应力,会使工作时管道中的应力增大,也有可能破坏钢管外表面材质状态,造成管道承压运行后在破坏点产生缺陷,也有可能损坏表面防腐层,使管道防腐性能或等级降低;强力组装使管道常常伴随有超差错边的出现,超差错边不仅削弱管道承压强度,而且会造成较大的应力集中,易于产生缺陷;②焊接会使管道产生各种缺陷,较为常见的有裂纹、夹渣、未熔透、未熔合、焊瘤、气孔和咬边。目前大部分天然气管道均为埋地敷设,且一般情况下都是连续运行,管道中若存在焊接缺陷,不但难以发现,而且不易修复,会给管道安全运行构成威胁;③钢管除端部焊接部位一定长度以外,在钢管生产厂或防腐厂都进行了防腐处理,钢管在现场焊接以后,未防腐的焊接部位需要补口。在施工过程中,由于各种原因造成钢管内外表面的防腐涂层损坏,特别是外表面涂层的损坏,在损坏处要补伤。补口、补伤质量不良会影响管道抗腐蚀性能,从而引起管道腐蚀失效;④管沟、管架质量对管道的安装质量有一定的影响,如管架强度不够、管道埋深不够、管道悬空、管沟基础不实等都会影响管道的安全使用;⑤对于穿越地段的管道,由于施工存在比其他管道相对大的困难,因此,很容易造成漏检或检验控制不严的情况,从而给管道运行带来安全隐患;⑥管道安装完成后的检验验证都是由建设单位委托监理或监督单位来完成的,如果这些单位技术水平较低不能胜任具体的检验工作,将给工程质量留下安全隐患;具体检验控制点的设置、检验内容的确定不能满足标准、规范要求,或者不能符合工程实际需要,可能造成质量事故。

1.3 社会危害因素辨识与分析

①管道经过的地段存在正常的经济作业,在进行建(构)筑物的施工、道路和桥梁等基础设施的建设、各种地下管线的敷设时,可能与管线发生交叉,如果与相关部门缺乏沟通,施工时可能造成管线破坏。特别是管道附近大型建(构)筑物施工、爆破作业将带来管道地基沉降,引起管道悬空,这样既破坏管道埋深恒压状态,又引起管道弯曲、变形甚至断裂;②对

于穿越河流、铁路、公路的管道,当铁路、公路分别进行清淤、维护施工作业时,如果未充分考虑管线的安全,很有可能对其造成破坏;③管道的违章占压,在管道附近空地甚至管道上修建公路、房屋、建(构)筑物等设施、或进行开挖沟渠、挖砂、生产、打井等作业,造成严重占压埋地管道现象。这种占压现象,既构成了对管道基础的破坏,引起基础下沉,又增加了管道的负荷、破坏了管道的恒压状态,造成管道弯曲变形甚至损坏;④管线所经之地,除了人类活动的地区外,还经许多的农田、树林、田野等地区。在这些地区,一般都有自然生长的树木、灌木等植物。当这些根深植物在管道附近甚至管道上生长时,由于地点偏僻不便巡线,造成漏巡,尤其是在管道顶部覆土厚度较浅的部位,树根很容易达到管道处。因此,深根植物的根系将缠绕、挤压、损坏管道的防腐覆盖层,造成管道防腐失效;⑤若管线沿线的各类标志桩损坏或标识不准确,则更容易造成工程的无意破坏;⑥若管线周边平行或交叉敷设新的市政管网(如给排水管线、管沟等)时,一旦新建管道与原有输气管道的水平或垂直安全净距不符合规范要求,在天然气管道泄漏的情况下,泄漏的天然气若进入市政管网则会造成事故发生的可能性和事故造成的后果的严重性大大增加。

2 安全对策措施

2.1 工艺安全技术对策措施

①地下输气管道不得在堆积易燃、易爆材料和具有腐蚀性液体的场地下面穿越,并不宜与其他管道或电缆同沟敷设。当需要同沟敷设时,必须采取防护措施;②输气管道应避开滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、洪水严重侵蚀等地质灾害地段,宜避开矿山采空区及全新世活动断层。当受到条件限制必须通过上述区域时,应选择危害程度较小的位置通过,并采取相应的防护措施;③工艺设计应根据气源条件、输送距离、输送量、用户的特点和要求以及与已建管网和地下储气库容量和分布的关系,对管道进行系统优化设计,经综合分析和技术经济对比后确定;④输气管道的强度设计应满足运行工况变化的要求;⑤输气管道应设置线路截断阀(室)。线路截断阀(室)应选择在交通方便、地形开阔、地势相对较高的地方,防洪设防标准不应低于重现期25年一遇;⑥输气管道相邻线路截断阀(室)之间的管段上应设置放空阀,并应结合建设环境可设置放空立管或预留引接放空管线的法兰

接口。放空阀直径与放空管直径应相等；⑦输气管道应采取外防腐层加阴极保护的联合防护措施进行防腐设计。管道外防腐层类型、等级的选择应根据地形与地质条件、管道所处环境的腐蚀性、地理位置、输送介质温度、杂散电流、经济性等综合因素确定。管道阴极保护设计应根据工程规模、土壤环境、管道防腐层质量等因素，经济合理地选用保护方式；⑧高压燃气管道及管件设计应考虑日后清理管或电子检管的需要，并宜预留安装电子检管器收发装置的位置；⑨地下燃气管道上的检测管、凝水缸的排水管、水封阀和阀门，均应设置护罩或护井；⑩管道沿线应设置里程桩、转角桩、标志桩、交叉桩和警示牌等永久性标识。通过人口密集区、易受第三方损坏地段的埋地管道应加密设置标识桩和警示牌，并应在管顶上方连续埋设警示带；⑪输气管道应设置测量、控制、监视仪表及控制系统；⑫燃气管道做防静电接地。输气管线的法兰（绝缘法兰除外）、阀门连接处，当连接螺栓数量少于5根时，采用铜片跨接，跨接处采用搪锡处理。平行敷设于地上的金属管道，其净距小于100mm时，采用金属线跨接，跨接点的间距不应大于30m。地上敷设的输气管道的始端、末端、分支处以及直线段每隔200m处，设置防静电和防感应雷接地装置。

2.2 施工安全对策措施

①施工前的准备工作。在施工前，需要进行详细的规划和准备工作，包括天然气管道的设计、定位和定深等。需要在施工前确定天然气管道的线路，并确保其与其他地下管道和设施的交叉和冲突；②施工现场的标识与封闭。在施工现场周围需要设置围栏或施工围挡，确保施工现场的安全。同时，在施工现场需要设置明确的标识，标明管道线路和标识管道类型，并制定相应的施工标准和要求；③施工人员的安全。施工人员需要受到专业培训，掌握相关的安全知识和技能，如操作天然气管道的设备和工具等。同时，施工人员需要佩戴个人防护装备，如安全帽、防护服、耐酸碱手套等；④施工现场的风险识别与控制。在施工现场需要进行风险识别和评估，确保施工过程中不会引发危险和事故。在风险识别和评估的基础上，采取相应的控制措施，如设置警示标识、设立安全指示牌、设置安全警戒线等；⑤施工设备的安全。对于天然气管道施工所涉及的设备和工具，需要进行定期检查和维修，确保其正常运行和安全使用。对于老化、损坏或不合格的设备和工具，需要及时更换或修理；

⑥施工过程中的监控和检查。在天然气管道施工过程中，需要进行全程监控和检查，确保施工的质量和安。同时对施工现场进行定期巡检，及时发现和解决问题，防止事故的发生。

2.3 安全管理对策措施

①运营单位应加强安全生产管理，建立、健全安全生产责任制和安全生产规章制度，改善安全生产条件，提高安全生产水平，确保安全生产；②制定各种作业的安全操作规程。规程应包括紧急停车及异常情况处理等内容。严格工艺管理，强化操作纪律和劳动纪律；③各级组织应建立一套系统的、完整的、针对性和操作性强的事故应急预案，并应定期进行培训和演练。建议至少编制以下（不限于）事故应急预案：管道发生天然气泄漏事故应急预案；管道发生火灾、爆炸事故应急预案；管道断裂事故应急预案；穿越中小型河流预案等；④运营单位应经常组织各级有关部门分析、研究安全情况，类比同类项目和类似事故，及时制定相应的安全对策措施，在运行管理、设备管理和工艺管理等方面加强监督检查，保证燃气管道的安全正常运行；⑤通过发布公告、开展公众教育和媒体宣传等手段，加强与毗邻管道居民地经常性沟通，提高民众保护管道的意识；⑥实施土地使用控制，减少管道故障。除了要经常对管道周围进行巡视外，还需做出具体的土地使用控制规定，如管道两侧5m以内不得取土和构筑建筑物等；⑦提高管道建设质量，选购管材应符合国家标准及设计要求，尽量选用优质产品，加强管道沿线警示标识等设施的建设管理；⑧建立完善的巡线制度，安排工作人员沿管道走向定期巡检，加强管道巡线力度；⑨建立紧急处置的特权制度。给当班值勤的人员以在紧急情况下调用人员、物质、材料、装备、设备的权力，可以越级或直接使用，待成功处置后再上报，而不用承担擅自支配的责任，相关人员要全力配合，不得延误如有延误情况属实要追究因其延误所造成的不良后果的责任。

参考文献：

- [1] 李宇惠, 谭立平, 张义洪. 天然气管道运输安全运行管理中的隐患及对策探究 [J]. 科学与信息化, 2022(34):154-154.
- [2] 张杰, 王铮. 石油天然气运输中的安全问题及对策分析 [J]. 城市建设理论研究, 2022(23):1-3.
- [3] 张龙. 石油天然气管道安全管理常见问题及对策 [J]. 石化技术, 2022, 24(6):1.