

影响天然气管道安全的危害因素分析及对策探讨

浙江省天然气开发有限公司 方东晓

摘要:文章从设计及施工缺陷、第三方破坏、腐蚀、自然灾害以及误操作等方面，分析了影响天然气管道安全的危害因素，并提出了相应的对策。

关键词:管道 安全 危害 因素 分析 对策

引进清洁、优质、高效的天然气能源，建设浙江省天然气输气管网工程是浙江省经济快速发展的需要，此举将有利于实现全省能源结构优化和能源供应多元化。浙江省已建成了杭州—湖州、杭州—宁波天然气输气管道，干线全长共计335 km，管径813 mm，设计压力6.4 MPa，管道材质X65，管道防腐采用强制电流阴极保护加三层PE外防腐层的联合保护方法。今后，浙江省还将建设川气东送的配套工程杭州—嘉兴天然气输气管道工程，西气东输二线配套工程杭州—衢州—温州天然气输气管道工程，以及宁波—台州—温州天然气输气管道工程。最终全省形成“多气源一环网”的省级天然气输气管网。

随着天然气管道工程建设的深入开展，加强天然气管道的管理和维护，保障沿线人民群众生命财产安全，确保管道的安全稳定运行，更是一项长期而艰巨的任务。本文试通过对影响管道安全危害因素进行初步分析，并提出相应的对策和建议。

1 危害因素分析

对管道造成危害的因素主要包括：设计及施工缺陷、第三方破坏、腐蚀、自然灾害以及误操作等方面。

1.1 设计

长输管道建设规模大，投资高，勘察设计是确保工程本质安全的第一步，设计质量对工程质量有着直接的影响。精心设计，深入调研，做好多种方

案的比选，并遵照有关的工程设计规范，才能使设计方案技术经济合理而且安全可靠性好。设计合理性及其危害主要表现在：

1.1.1 管道选线、站场选址

管道的路由是设计中非常重要的一项工作。线路的走向、长短和通过的难易程度将对整条管线的投资、施工、运行安全都有很大影响。设计时要注意站场选址及站内的建筑物布局、分区、防火间距、防火防爆等级、消防设施配套、与周围及他建筑物的安全距离等问题，以防相互影响，产生安全事故，并危及相邻设施。

1.1.2 工艺流程、设备选型

长输管道运行安全与系统总流程、各站场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、设备选型恰当，系统运行就平稳，安全可靠性就高。否则，将给系统安全运行造成十分严重的威胁。

在进行水力、热力等工艺计算时，设计参数或工艺条件确定不合理，将造成站场的位置设置或压缩机等设备的选型不当，从而给系统造成各种安全隐患。

1.1.3 管道强度计算

管道强度设计计算时，对管道的受力载荷分析不当，或强度设计系数取值有误，将使强度计算产生偏差，造成管材、壁厚的选用不恰当。例如，输气管道是根据管道所经地区的分级或管道穿跨越铁路、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，造成强度设计系数选取不恰当。若这

种失误导致管道壁厚计算值偏低，将不能满足现场实际工况的安全；若偏高，将会造成管材不必要的浪费。因此，管道应力分析、强度、刚度及稳定性校核产生偏差，将会造成管道变形、弯曲甚至断裂等严重后果。

1.2 施工缺陷

施工质量的好坏不仅关系到管道的使用寿命，更直接关系到管道的安全可靠性。管道施工缺陷主要有以下几方面：

1.2.1 焊接缺陷

焊接是管道施工中最重要的一道工序。管道焊缝处产生的缺陷常见有裂纹、夹渣、未熔透、未熔合、焊瘤、气孔和咬边等，管道一旦建成、投产，一般情况下都是连续运行。因此，管道中若存在焊接缺陷，不仅难以发现，而且不易修复，会给管道安全运行构成威胁。

影响焊接质量或产生焊接缺陷的主要因素有：

(1) 焊接方法的影响。手工向下焊工艺采用多机组流水作业，劳动强度较低，效率较高，焊接质量也较好，但焊接质量还取决于焊接环境和焊工素质。

(2) 管口质量差。在钢管运输过程中没有保护好管口，造成如椭圆度超差、局部变形等，若采用强力装配方式进行焊接对口，会在焊缝内产生较高的安装残余应力，造成较大的应力集中。

1.2.2 防腐层补口、补伤的质量问题

防腐层补口、补伤的质量问题主要表现：表面粗糙度达不到标准要求；补口时未按规定要求与钢管已有的防腐层进行搭接，或搭接长度不够；补伤时面积不能满足标准、规范要求；补口、补伤的粘接力或厚度不符合要求，造成再次损坏或防腐能力不足等。补口、补伤质量较差将会直接影响管道抗腐蚀性能，从而引起管道的腐蚀。

1.2.3 管沟开挖及回填的质量问题

如果管沟开挖深度或管沟基础不实，特别是采用机械压实，将造成管道向下弯曲变形；地下水位较高而管沟内未及时排水就敷设管道，会使管道底部悬空，如果夯实不严，极易造成管道拱起变形。回填土的土质达不到规范要求时，其中的石块等可

能硌伤防腐层。回填高度、夯实程度不够，会造成管道埋深不够、管沟基础不实等问题。

1.2.4 穿跨越质量问题

对于需要穿越公路、铁路及江河等特殊地段的管道，由于敷设完成以后难以实施再检修等工作，因此，施工质量的优劣对充分保证穿越管道质量显得尤为重要。穿越河流段的管道，当河床受水流冲刷而使其深度逐渐减小，将可能造成管道悬空。对于通航河道，如果进行疏浚或船舶抛锚时，将对管道构成危害。河流堤岸防护工程的施工或公路和铁路养护工程的施工也有可能对管道造成损坏。

1.3 第三方损伤

人为外力损伤已成为天然气长输管道泄漏、火灾、爆炸的主要原因之一。由于长输管道管廊土地所有权属不属于企业，而长输管道线长、面广、点多，所经行政区域范围大，因此造成对管道的管理难度较大，其危害主要表现在以下几方面：

1.3.1 建筑、施工损伤管道

当管道经过经济发达地区或人口稠密的城镇范围内时，该区域内的建筑物的施工、道路和桥梁等基础设施较多。由于各种施工管理涉及的管理部门众多，在缺乏有效机制和观念淡漠情况下，难以协调，所以在施工时，经常会出现损坏长输管道的现象。

1.3.2 在河床上作业损伤管道

在河床上进行挖沙、取土、航道清淤等作业时，如果未充分考虑管线的安全，可能造成管道裸露、悬空或破坏。

1.3.3 违章建筑占压管道

有一些单位和个人受经济利益的驱使，常常忽视安全生产和管理，在管道附近空地甚至管道上修建公路、房屋、建构筑物等，或进行开挖沟渠、挖沙、生产、打井等作业，造成占压埋地管道的现象。这种占压现象，既构成了对管道基础的破坏，引起下沉，又增加了管道的负荷，造成管道弯曲变形甚至损坏。例如：2008年1月28日，杭州—宁波天然气管道国华电厂支线牛头山阀室附近管段发生滑坡现象，造成滑坡塌方管段变形事故，主要原因就是坡顶堆载、坡脚取土及连日雨雪天气造成。

1.3.4 有意破坏

一些不法人员为了获取经济利益，盗、扒管道防腐层，偷盗仪器仪表、阀门或附属设施，并人为蓄意破坏管线其他设施。特别是无人值守的阀室尤为严重。

1.4 地质灾害

对管线造成损坏的地质灾害有：山体滑坡、崩塌以及地面沉降。

1.4.1 山体滑坡、崩塌

山体滑坡、崩塌除直接成灾外，还常常造成一些次生灾害，如在滑、崩过程中雨水或流水的参与下直接形成泥石流。滑坡、崩塌的发生所形成的岩石或泥石流挤压管道，造成管道出现拉伸、弯曲、扭曲等变形甚至断裂。

1.4.2 地面沉降

作为自然灾害，地面沉降的发生有着一定的地质原因，也有人为因素，随着人类社会经济的发展、人口的膨胀，地面沉降现象越来越频繁，沉降面积也越来越大，人为因素已大大超过了自然因素。

地面沉降会导致管道下部悬空或产生相应变形，严重时发生断裂；造成设备与管道连接处变形或断裂。

1.5 管道腐蚀的危害

腐蚀是造成天然气长输管道事故的主要原因之一。腐蚀既有可能大面积减薄管道的壁厚，从而导致过度变形或破裂，也有可能造成管道穿孔，或应力腐蚀开裂，引发漏气事故。

站场的地面管道、设备，由于受到大气中水、氧气、酸性污染物等物质的作用而引起管道腐蚀。长输管道主要采用埋地方式敷设，埋地管道受所处环境的土壤、杂散电流等因素的影响，容易造成管道电化学腐蚀、细菌腐蚀、应力腐蚀和杂散电流腐蚀等。

1.6 误操作

操作失误的主要原因有：

(1)管理、操作人员自身技术水平、业务素质不高。

(2)操作人员没有认识到严格执行操作规程、遵守安全生产规定的重要性，有章不循或违章操作。

2 减少天然气管道安全危害因素的对策及建议

根据上述管道危害因素的分析，结合浙江省天然气管道建设和运行的实际状况，减少影响天然气管道安全危害因素，确保管道安全，提出以下对策及建议：

2.1 严把设计关，确保设计质量

设计工作是保障管道安全的第一个重要环节，站场的设计在符合规范和标准的情况下，要尽可能方便运行和维修。输气站场的位置选择必须严格按设计规范的要求，考虑与周围建筑、城市、村庄、公路的安全防火距离，应避免在低洼处进行选址。站场设备、设施的选择要可靠并考虑合理的备用。要按有关规范设计必要的安全防火防爆设施。通信、自动化系统的设计要可靠。管道干线设计要合理选择路由、工作压力、管材的防腐形式，特别是在人口稠密区及滑坡、地面沉降、泥石流等地质灾害多发区等特殊地段，必须充分考虑相关因素并采取针对性的保护措施。线路截断阀选择要可靠，确保需要时及时关闭。

另外，建议要给予设计工作充分的时间保证，设计方案要反复论证取其最优，特别是涉及到定向钻、顶管穿越高速公路、铁路、特大型河流时，一定要充分论证，避免由于仓促而造成的设计缺陷。

2.2 严格施工管理，确保施工质量

施工质量是关系到管道能否安全、平稳投产和运行以及减少事故发生的关键。施工过程中除了要遵守国家、行业有关施工规范和符合设计要求外，还应注意以下几个方面的问题：

(1)根据管材情况，在经过严格的焊接工艺评定的基础上，优先选用适用的焊接材料并制定出严格的焊接工艺规程，物质采办、工程施工、监理等方面要严格执行以确保焊接质量。

(2)对地质灾害多发地段的护坡、水工保护等工

程的施工，应该严格管理，按照设计要求施工并确保施工质量。

(3)管道焊缝处的防腐补口问题需要引起高度重视，应该选用合格的高质量的补口材料，在补口作业时要严格按照工艺要求操作，保证补口质量，防止留下隐患。

(4)管道施工过程中，应该科学组织、文明施工，尽量避免管道防腐层的损坏和管体的损伤等，一旦发生损伤必须采取内部的清理，防止泥土、手套、焊条、焊接工具等杂物遗留在管道内。

2.3 强化运行管理，杜绝操作失误

一条输气管道建成投产后，管理跟不上或操作失误直接导致事故的发生或造成事故的扩大和损失的增加。因此必须采取有限措施，加强管道干线、站场设备、自控系统等各方面的管理工作。根据输气管道的特点，建议重点在以下几方面加强管理：

(1)通过清管可以排除管内污物和积液，达到提高输送能力和防止内腐蚀的目的。因此应根据管道运行状况，合理制定清管周期并及时组织管道的清管工作。特别是投产初期更应引起注意。

(2)加强运行管理。要有完善的安全管理规章制度

度、操作规程和事故预案。要加强一线操作人员和调度人员的培训，使其熟练掌握正常操作和事故状态下的紧急处理程序和操作。

(3)要确保阴极保护系统的正常运行，对管道腐蚀状况要进行监测，发现问题及时采取措施。

(4)要有一支精干、高效的维抢修队伍。配备完善的维抢修机具，确保事故状态下及时到位，并在最短时间内完成抢修作业。

2.4 加强沿线的巡查

制定完善的管道巡线制度，要利用 GPS 定位仪等先进的设备进行沿线的巡查，定期监测管道埋深，特殊管段重点巡查，防止违章建筑占压管道，最大限度地减少自然灾害和人为因素的破坏。

2.5 加大天然气管道安全保护工作的宣传力度

管道沿线各地、各有关部门要加强对沿线群众的管道设施安全保护的宣传教育，增强广大人民群众对天然气管道安全重要性和违规行为危险性知识的认识和了解，强化天然气管道安全保护意识，努力营造群众参与监督、全社会广泛支持的保护天然气管道安全的浓厚氛围。

(收稿日期：2008-4-16)

Discussion on the Analysis and its Countermeasure of the Elements on NG Pipeline's Security Harmful

Zhejiang Natural Gas Development Co., Ltd. Fang Dongxiao

Abstract: The article analyzes influencing natural gas pipe security harmful factors and puts forward relevant countermeasure through design and construction defects, third-party interference, corrosion, natural disaster, incorrect operation and other aspects.

Key Words: pipe, security, harm, factor, analysis, countermeasure

(上接第 31 页)

Shanghai Gas Control Emergency Command System Platform Based on Digital Technology

Shanghai Municipal Gas Dispatching Center Qi Xiaohu

Abstract: The article expatiates on platform architecture, each system, operation mode and technical features by recent construction of digital gas control emergency command system platform as background. And it makes prospect about future platform construction.

Key Words: control, emergency, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), GIS (Geographic Information System), GPS (Global Positioning System)