

## 油气管道工程建设期完整性管理研究

马慧峰 赵宏霞

江西省天然气投资有限公司, 江西 南昌 330069

[摘要]近年来由于管道建设速度过快,复杂的地理人文环境,市政设施相互影响及缺乏安全保证体系,导致油气管道存在诸多安全隐患。因此急需从全生命完整性管理角度出发,在项目设计、施工阶段开展完整性管理。文章分析了管道建设期完整性管理的主要任务,研究了管道建设期完整性管理主要工作和评估内容。研究成果可为建设期管道完整性管理工作提供参考。

[关键词]油气管道;建设期;完整性管理

DOI: 10.33142/aem.v3i9.4953

中图分类号: TE9

文献标识码: A

### Study on Integrity Management of Oil and Gas Pipeline Engineering during Construction Period

MA Huifeng, ZHAO Hongxia

Jiangxi Provincial Natural Gas Investment Co., Ltd., Nanchang, Jiangxi, 330069, China

**Abstract:** In recent years, due to the rapid pipeline construction, complex geographical and cultural environment, the interaction of municipal facilities and the lack of safety assurance system, there are many potential safety hazards in oil and gas pipelines. Therefore, it is urgent to carry out integrity management in the project design and construction stages from the perspective of whole life integrity management. This paper analyzes the main tasks of integrity management during pipeline construction, and studies the main work and evaluation contents of integrity management during pipeline construction. The research results can provide reference for pipeline integrity management during construction.

**Keywords:** oil and gas pipeline; construction period; integrity management

#### 引言

为了进一步提高油气储运工作的安全系数,有必要将油气储运管道的建设进行优化升级。油气稳定供应是保证社会经济稳步发展的关键因素之一,油气运输管道的建设极其重要。管道的建设是一个系统性强、专业复杂度高的工程。随着油气储运和管道行业的快速成长,储运管道的建设的一系列难题也变成行业内重要的研究方向。由此可见,油气管道工程建设期完整性管理研究具有重要现实意义。

#### 1 油气管道建设现状分析

##### 1.1 目前仍然比较缺乏对管道本体的有效保护

油气运输管道材质一般都为高强度钢材料。一般来说,盐碱土含水量高,对管道有很强的腐蚀性,而沙土中的碱土对管道腐蚀性较小<sup>[1]</sup>。因此埋藏已久的油气储运管道经常出现腐蚀但难以检测到的情况,所以地下隐藏着很大的隐患。因此,在实际应用中,原油大多是通过管道运输的。然而,由于外部环境的多变,管道极易被影响和腐蚀。加上一些油气运输公司不重视储运中的防腐工作,导致输油管道在长途运输中极易被腐蚀,不仅严重影响了运输效率,而且这也可能导致杂质增加,从而增加油品清洗工作量。更重要的是,如果管道被腐蚀,管道使用寿命将大大缩短,这将增加管道维护和更换的成本,增加油气管道运营公司的经济负担。

##### 1.2 运输安全保障不够全面

管道设计人员在管道设计中不能合理结合实际,导致油气储运过程中出现漏洞。因此,石油和天然气管道设施很容易受到静电和雷击等风险的影响。在石油和天然气运输中,一旦石油蒸发或气体泄漏并充满周围空气,就可能导致爆炸、燃烧等事故。部分企业由于相对缺乏油气安全储运的技术支持,导致响应协调机制不健全,缺乏针对性,无法识别关键风险区域。一旦发生事故,后果将是难以想象的。虽然近年来我国出现了一些先进的技术,但与其他国家相比,特别是原油储运技术,仍然存在很大的差距,我国在这些方面的研究明显缺乏,明显不足,缺乏大量油气储运的实际数据。

近年来,随着我国大规模城市化进程的推进,许多油气储运管道沿线的人口相对集中,大大增加了安全隐患。油气管道储运建设耗时长,成本高。如果在施工中使用不合格的管道材料,会造成严重的渗漏问题,这不仅会造成很大的浪费,还可能导致爆炸和火灾事故,带来很大的危害。

## 2 管道建设期完整性管理主要任务

### 2.1 建立相应的标准规范和体系文件

ASME B318S《天然气管道完整性管理系统》、美国石油学会 API 160《危险液体管道完整性管理系统》、BS 8010《管道使用规范:完整性管理管道设计、制造和安装等国际标准,以及设计原则、材料和施工技术要求,设计者应充分考虑管道通道的区域水平,提出“基于风险”的管理方法,明确了施工管道完整性管理的要求和变更程序。目前,我国还没有建立起一套体系的管道建设管道完整性管理标准和体系文件,应参考国际标准和规范,结合特点并符合国内管道完整性管理标准和实际情况,在制定系统文件的基础上,为油气管道建设过程中实施完整性管理提供了重要依据。

### 2.2 建立基础数据库

管道完整性管理以数据完整性和准确性为基础,包括数据采集、集成和利用。数据的准确性和完整性制约了后续高后果区识别、风险评价、完整性评价结果和运维的准确性和可靠性。

施工过程中数据采集的主要任务是在施工过程中建立数据,以质量跟踪为主线。例如,通过焊缝数、钢管数、钢卷数和炉号之间的关系,可以跟踪整个钢管生产过程。施工过程中采集的关键数据包括:基础地理、管道设计、管道风险、中心线、阴极保护、管道设施、第三方设施、应急管理。数据收集按照“谁生产,谁投入”的原则进行。通过管道完整性管理信息系统,将施工过程中的设计、采集和施工数据进行整合和利用,建立准确、完整的基础数据库,为管道运维提供基础数据。

### 2.3 安全、质量风险识别

施工期间管道完整性管理的核心是对施工过程中的缺陷和风险进行分析和控制,并考虑运行过程中的安全维护需求。因此,在施工期间的完整性管理中,必须充分识别安全质量风险,并制定相应的风险防控措施。

#### 2.3.1 设计风险控制

在管道设计阶段,设计缺陷是由设计和调查缺陷、人员失误等原因造成的。例如,在管道经过的后果高的特殊区域,站场的保护设计不当或工艺设计不合理会留下潜在的风险。因此,有必要从设计风险控制,分析可能的操作和危险的操作,并评估管道的总体设计根据管道操作的工作原理,并系统地评估设计的一致性,以确保管道工程设计的基本安全。

#### 2.3.2 管材缺陷风险控制

材料使用风险主要包括:材料初始缺陷和材料安装缺陷,初始缺陷是由管材制造、加工以及运输不当造成的缺陷,安装缺陷就是在管道安装过程中,由于施工工艺、方法不当等原因所形成的缺陷。

#### 2.3.3 施工风险

由于施工过程中人员、材料、设备、施工工艺和施工环境等因素,导致管道焊接、检测、防腐、下沟回填、水工保护、阴保等过程产生不同施工缺陷,对后期管道运行产生较大安全隐患<sup>[3]</sup>。

#### 2.3.4 第三方破坏风险

第三方因素对管道系统产生的破坏行为。主要包括违章占压燃气管道、意外性的破坏行为、其他施工单位未进行沟通违规施工、车辆通行碾压损坏等。

## 3 管道建设期完整性管理主要工作

### 3.1 建设期数据采集、审核和移交

设计阶段采集的数据主要包括:基础地理数据、遥感影像数据、可行性研究报告、专项评价报告、初步设计文件、施工图设计文件、专项设计文件、数字化模型等,见表1。

### 3.2 建设期管道高后果区识别

通过查阅资料、地图和现场踏勘的方式,根据 GB 32167《油气输送管道完整性管理规范》、QSY1180.2《管道完整性管理规范第二部分:高后果区识别》和 GB 50251《输气管道设计规范》确定高后果区的划分和设计系数选取,进行管道的高后果区识别,根据高后果区识别结果优化线路路由或施工方案,并提出消减措施。

表 1 管道设计阶段完整性管理数据采集清单

分类	数据子类名称
基础地理	建构筑物
	河流
	土地利用
	行政区划
	铁路
	公路
	土壤
	地质灾害
	面状水域
设计文件	可行性研究报告
	专项评价报告
	初步设计文件
	施工图设计文件
	HAZOP 分析、SIL 评级
	SIL 分析
管道风险	高后果区识别结果
	管道风险评价结果
	地质灾害评价结果

### 3.3 建设期管道风险评价

#### 3.3.1 设计阶段管道风险评价

分析管道可能遭遇的危险及相关风险因素，对识别出的风险因素，采用风险评价方法对管道风险发生概率和后果进行估算，确定管道风险等级，根据风险评价结果优化线路路由和站场选址，尽量避开高风险区或采取消减措施。

设计阶段基于管道完整管理应做的安全分析主要包括：HAZOP 分析、SIL 评级、站场静设备基于风险的检验 RBI (Risk Based Inspection)、站场动设备以可靠性为中心的维修 RCM (Reliability-Centered Maintenance)。

#### 3.3.2 施工阶段管道风险评价

管道施工过程中的风险主要是施工技术和自然灾害带来的威胁，施工过程中出现的问题最多，也最为常见，施工过程中，由于管道在连头处强度比较低，容易出现问题，如环焊缝质量、施工强组对应力集中等问题。分析并识别管道施工期间可能会遭遇的风险，对识别出的风险因素，采用风险评价方法进行评价，确定管道风险等级，并将风险消减措施落实到施工组织设计和施工方案中<sup>[42]</sup>。

### 3.4 建设期管道完整性管理评估

建设期管道完整性评估是指：从全生命完整性管理角度出发，在项目设计、施工阶段由业主委托第三方采用检查、检测、复核、评估等手段开展建设过程中完整性管理评估，及时发现和解决缺陷、隐患及问题，有效消减投产后的风险，确保运行期的管道安全。对交通环境进行实地调查，检查施工现场的材料等。根据实际情况，设计合适的管道铺设方法，尽量采用直线铺设，减少不必要的材料损失，降低施工成本，提高经济效益。

#### 3.4.1 管体情况复核评估

管体情况复核评估主要包括：环焊缝无损检测结果复评复核，分段水压试验情况复核，清管、扫线、干燥、测径情况复核，内检测复核评估，结构完整性复核评估等。

#### 3.4.2 管道防护设施及附属设施复核评估

管道防护设施及附属设施复核评估主要包括：防腐层检漏、阴极保护效果测试，地灾防治工程、水工保护工程等设施的合理性。

#### 3.4.3 外部环境复核评估

外部环境复核评估主要包括：现场占压、间距，与管道交叉、并行，穿跨越密闭空间及公共区域存在风险隐患，

实际高后果区与设计施工阶段高后果区识别结果的差异,设计阶段管道风险识别评价结果(含安评、环评、地灾等评价报告)与实际的差异,设计阶段管道路由、地区等级、设计系数等与实际的差异。

#### 4 保障油气管道安全运行的措施

自然环境、人为管理不足等是导致油气储运管道事故的根本原因,当然管道本身的缺陷导致的结果也不容忽视,为了沿线管道长久的安全稳定,系统的开展管道完整性评估技术可以降低管道带来的风险。完整性管理是世界上最先进的管道管理方式,近年来,我国油气管道的管理水平有所提升,但是国家对管道完整性管理并没有提出明确的方法,缺少官方正式的指导。因此,开展油气管道完整性管理工作,建立和完善系统化管理体系迫在眉睫。

(1) 制定管道完整性管理计划。通俗来讲,管道的完整性是指管道要始终处于安全可靠的受控的工作状态。管道的完整性管理不是一次性可以完成的,它是一个循序渐进的过程,要在一定的时间间隔后再次对管道进行监测,并采取相应的有效的措施。不同条件的管道有不同的评估方法。对于近些年建成的大型管道,一定要及时搜集相关数据得出结论,对管道进行相关评价;对于前些年建成的较旧的管道,可以采用直接法来对管道的系统或某些管段进行防腐检测和评价等。为保证油气储运管道的质量和施工安全,企业应尽可能选派专业、经验丰富的管道施工技术人员开展施工作业。储运管道的设计人员需要对管道建设各项设计环节逐条开展沟通和讨论,结合当地自然环境、地质和水文条件的建设的研究,依托于详细正确的方案、技术。施工人员必须严格按照施工计划执行任务。

(2) 有效开展管道风险管理工作。管道风险管理是对管道潜在危险转变成事故的概率和损失程度的综合分析。应该学习发达国家的风险分析方法,并且有效结合我国工程实际,尽快开展风险管理工作,壮大我国的油气储运的发展。

(3) 加强安全技术研究。我国应该在借鉴国外发达国家管道腐蚀检测器的基础上研发我国自己的国家管道腐蚀检测器,将核心技术国产化,国有化,在核心技术领域不被别人“卡脖子”,这将在一定程度上推动我国油气储运事业的发展<sup>[5]</sup>。

#### 5 结语

综上所述,油气资源是保障国民经济发展水平,提高国民生活水平的重要基础保障,其重要性不言而喻,其中油气储运管道建设的重要性也受到国家越来越多的重视。管道建设期完整性管理主要任务:建立相应的标准规范和体系文件,建立基础数据库和开展安全、质量风险识别。管道建设期完整性管理工作主要内容:数据采集和整合、高后果区识别、风险评价和管道完整性评估等。通过逐渐解决当前管道中的许多问题,是确保国家能源通道安全平稳运行必然条件。

#### [参考文献]

- [1] 魏滨. 我国油气管道建设运行管理技术及发展展望[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(15): 60-61.
  - [2] 刘文超, 孙仁金. 对我国油气管道建设运营的战略思考[J]. 油气储运, 2015, 34(2): 139-144.
  - [3] 黄维和, 郑洪龙, 王婷. 我国油气管道建设运行管理技术及发展展望[J]. 油气储运, 2014, 33(12): 1259-1262.
  - [4] 赵新. 油气储运管道建设现状及改善措施[J]. 油气田地面工程, 2014, 33(8): 62-63.
  - [5] 田瑛, 甄建超, 孙春良, 等. 我国油气管道建设历程及发展趋势[J]. 石油规划设计, 2011, 22(4): 4-8.
- 作者简介: 马慧峰 (1987. 4-), 大学本科, 江西省天然气投资有限公司赣南作业区副主任。