天然气管网修复补强技术分析 *

黄 坤[1]　杨 华[2]　石 杰[3]　龙婷婷[3]　苏 欣[1]
(1.西南石油大学　2.中原石油勘探局勘察设计研究院　3.中国石化西南分公司川西采输处)

黄坤等.天然气管网修复补强技术分析.天然气工业,2006,26(4):119-121.

摘　要　分析了川西天然气管网的特点,介绍了其最初采用的管道修复补强的主要技术:带压补漏和焊接补漏技术。分析发现,这两种方法都属于事后处理措施,为了更好的保证川西地区管线正常运行,决定采用 Clockspring 复合修复技术。为此,对其基本原理进行了阐述,并对几种技术进行了分析比较,从经济、环境等方面的对比可以看出,Clockspring 复合修复技术优于其他技术。

主题词　天然气　输气管道　管道维修　技术　比较　Clockspring 复合修复技术

目前,国外用于管道补强修复的技术主要有 2 种:管道覆盖层更新技术和管道管体补强技术。而国内管道修复技术经过长时间的发展与应用,已经形成了在线补漏等技术,目前主要有:带压补漏、管道焊接修复技术、更换管道等。

一、川西管网修复现状

1.川西管网特点

川西管线一般始建于 20 世纪 80 年代末至 90 年代初,至今已运营了 10 多年,处于事故高发阶段。现在的川西地区天然气管道具有如下特点:川西地区土壤具有中等腐蚀性;土壤中含水率腐蚀作用最大;管道防腐层较差;管道腐蚀以外腐蚀为主;管道不会出现大规模撕裂。可见,川西管线受建设时期施工质量、重视程度等的影响,外防腐层施工质量较差,同时受土壤环境的影响,很容易使管道受到外腐蚀形成穿孔,导致天然气泄漏。

2.修复的措施

(1)带压补漏

此方法危险性高,且只是一种短期的维护方法,补漏后管道只能维持 3～5 月。在以往的管网维护过程中,川西管网一直采用带压补漏技术,并在实践中不断对其进行改进。技术发展分以下 3 个阶段。

1)注剂式带压密封技术

其基本原理是:密封注剂在人为外力的作用下,被强行注射到卡具与泄漏部位外表面所形成的密封空腔内,迅速地弥补泄漏处缺陷,在注剂压力远远大于泄漏介质压力的条件下,泄漏被强行止住,其原理见图 1。但这种方法存在很大的缺陷,如果管道内气体压力过高,卡具便无法有效地密封,将导致带压补漏失败。

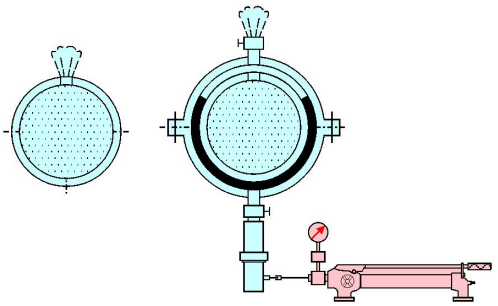

图 1　带压补漏原理示意图

2)卡具带压补漏技术

卡具带压补漏技术是一种结构简单,操作方便的带压补漏技术。其基本原理是:在管道泄漏处用特制专用卡具在管道上形成一个固定外套,同时在卡具上焊接一个螺帽,并将泄漏点正对卡具上螺帽的中心。然后在泄漏处放置一块高强度、高弹性的耐油橡胶片,最后在螺帽上拧上螺栓,并利用螺栓的推进力和卡具的夹持力将橡胶片紧紧地压在泄漏点上,从而将泄漏点堵死。

* 本文受到四川省重点学科建设项目资助(SZD0416)。

作者简介:黄坤,1965 年生,副教授,博士研究生;1985 年本科毕业于原西南石油学院油气储运专业,现任西南石油大学设计研究储运地面工程设计室主任,主要从事油气储运工程方面的研究与教学工作。地址:(610500)四川省成都市新都区。电话:13981806835。E-mail:swpihk@126.com

尽管卡具带压补漏技术可以成功地将泄漏处堵住,但是,由于该补漏技术的核心材料——橡胶片,在高应力挤压和管道内部介质的双重影响下容易老化失效,导致管道发生再次泄漏(卡具带压补漏的有效使用时间只有半年至 1 a 左右,见表 1)。使用卡具带压补漏技术的应用和发展受到很大的限制。

表 1　卡具有效使用时间表

序号	泄漏管道	带压补漏时间	再次补漏时间	使用时间(d)
1	新场—孟家	1999－02－21	1999－09－18	210
2	德绵管道	2000－01－18	2000－08－22	221
3	德绵管道	2000－04－06	2000－08－22	138
4	袁塔管道	2000－02－09	2001－11－02	328

3)带压粘接补漏技术

带压粘接补漏技术是基于卡具带压补漏技术发展而来的。其基本原理是:根据泄漏管道的管径大小,专门制作一块与管道外壁能很好吻合的弧形钢板。带压补漏时,先在钢管帽的中心对准管道泄漏点,将弧形钢板粘接在钢管上,此时天然气从螺帽中泄出,对弧形钢板不产生压力。待粘接剂固化后,再将螺栓拧上,并利用螺栓的端面与螺帽形成密封。

虽然带压粘接补漏技术具有施工方便、不动火、使用寿命长等优点,但仍存在很多问题:在有水环境该种粘接剂就无法快速固化;管道表面处理不彻底对粘接的强度影响很大等。

(2)焊接补漏

对于同条管线,当管道发生多次泄漏或带压补漏圈失效后,一般采用管线停运放空,焊接补漏的方法。常规的管道焊接补漏方法则需对管道全线停输,并放空管内的天然气进行卸压,这使得气田的正常生产、管网的合理调度、下游用户的正常用气都受到极大的限制,经济损失巨大。因此,在一般情况下,都会尽量避免使用焊接补漏。

从川西管网采用的补漏技术,结合国内外不停输修复技术现状对比看出,国外的研究注重机械化设备,使用安全的设备,开发和应用性能良好的材料;技术设备配套,通过提高管道修复施工的安全性和生产效率,使不停输修复施工更加经济可靠。

我国目前只有少数几个单位开展了管道外修复方面的研究和工程应用。就目前看来国内一般不注重外修复技术的研究,也没有相关的修复设备。因此为了延长管道使用寿命,建议根据我国管道的实际情况,引进国外先进的不停输修复工艺和设备,学习国外先进的施工技术,尽早开展国内管道不停输修复施工的应用,实现管道的安全管理。

上述川西地区管线修复采用的两种方法均是属于事后处理措施,要变"事后被动修复"为"事前主动预防",以保证川西地区管线正常运行延长管道使用寿命,就需要找到一种经济可行的补强修复技术。分析认为,管道复合补强修复技术是一种更经济高效、快捷、能永久性地恢复管体强度,保证管道安全运行的管道补强修复技术。复合管道修复技术现在已经广泛使用于管道维护和大修中,与传统的更换管道或打金属卡箍修复方法相比较,复合修复技术在安全性、经济性和修复效果上具有更大的优势。它基本上不需要任何设备,现场施工非常简单;不需要焊接作业,安全;对生产基本上没影响,不停输;不影响阴极保护系统;修复寿命可长达 50 a;具有良好的经济效益;不受腐蚀;适用于各种作业环境;不影响任何管道作业。

二、管道复合补强修复技术

1.技术原理

复合修复技术就是将复合修复材料缠绕在存在缺陷的管道外表面,与强力胶和填料一起构成复合修复层。修复完成后,缺陷部位管道承担的部分应力就会传递到复合修复层,从而使缺陷部位管道承担的应力始终处于安全极限之下,保证管道的安全运行。

美国天然气研究协会的研究证实:任何一种复合修复材料能否达到修复效果,主要取决于复合材料的抗拉伸强度和弹性模量。新产品的最小拉伸强度必须超过 310 MP,复合修复层的弹性模量最小为 34×10^3 MP[1]。

2. ClockSpring 复合修复技术

Clockspring 复合修复层由复合套筒、强力胶和具有极高抗压强度的填料 3 部分组成。复合套筒由 Clockspring 公司在工厂根据客户的管径和压力预成型。其玻纤比例、线性弹性形变、弹性模量、抗拉强度、热膨胀系数得以精确地控制。玻纤保证了复合套筒的强度,而树脂使复合套筒具有记忆效应,使复合套筒得以紧紧包覆在管道表面。

许多年来,ClockSpring 公司一直处于运用复合技术修复管道的最前沿。60 多个国家共计超过 100000 家单位使用成功率达到 100%。在过去几年,该公司进行了大量的室内测试,证实了该技术是

一种成功、可行的修复方案。

下面是 AEA(原子能机构,Atomic Energy Authority)完成了一系列对 ClockSpring 的产品测试后得出的最后报告:①在一个 25 mm 缺陷上,估计的平均短期失败压力为 12.5 MPa;②20 a 后,在最坏情况下,一个 25 mm 缺陷预期的失败压力为 7.745 MPa;③ClockSpring 修复产品在 20 a 后,估计衰退因子为 1.58,低于玻璃钢管道和其他的复合材料。

ClockSpring 公司生产的复合管道修复套件还经受住了 GRI(美国天然气研究协会,Gas Research Institute)的严格测试。迄今为止,除了 ClockSpring 复合管道修复套件以外,还没有一种复合修复材料能够通过 GRI 的全面测试程序。在测试结束时,GRI 得出了这样的结论:只要严格按照 ClockSpring 的程序安装,修复将是永久性的[2-7]。

三、技术对比及经济效益分析

川西采输处在管道修复上,目前普遍采用的带压补漏技术与复合技术相比有许多不足之处(表 2)。

表 2　带压补漏与复合技术优缺点对比表

对比项目	Clockspring	带压补漏
危险性	安全	较高
适用温度	广	较小
适用压力	可适用于高压	适用压力较低
动用设备	基本不需要	设备较多
施工难度	低	较大
腐蚀情况	不受腐蚀	易受腐蚀
修复寿命	可达 50 年	临时性措施
成本	低	较高

以 377 mm 直径管道为例。假设在 1 km 管段上存在 10 个腐蚀点,用 2 种方法进行修复。

采用带压补漏方法的工程费用:600 元×10=6000 元;采用 Clockspring 方案的工程费用:2 万元×10=20 万元。

Clockspring 材料修复寿命为 50 a,而带压补漏修复时间为半年。我们以 20 a 计算,带压补漏所需的总费用为 0.6 万×40=24 万元,超过了 Clockspring 方案所需费用(20 万元)。同时,如果采用带压补漏,由于其寿命短,在半年后,漏点会因不能承受压力而须再次进行补漏,会多次产生不必要的协调、挖坑费用,且由于多次泄漏对环境产生污染,会在一定程度上影响企业的声誉。带压补漏也只能用在管段漏点较少的情况下,当漏点增多需对整条管段或管线进行放空,实施焊接补漏作业,也会存在天然气损失和环境污染等问题。而 Clockspring 方案使这些问题通通得到解决,因此是更加经济可行的。

参 考 文 献

[1] 郑光明等.国外旧管道外涂层的更新技术[J].国外油田工程,1999,15(8).

[2] STEPHENS D R, KILINSKI T J. Field validation of composite repair of gas transmission pipelines[R].GRI, 1998, 0032.

[3] STEPHENS D R, KILINSKI T J. Field validation of composite repair of gas transmission pipelines[R]. GRI, 1994, 0139.

[4] STEPHENS DENNY R.Summary of validation of Clock-Spring for permanent repair of pipeline corrosion defects [R].GRI,1998,0227.

[5] KUHLMAN CHRIS J,LINDHOLM U S,STEPHENS DETAL.Long-term reliability of gas pipeline repairs by reinforced composites[R].GRI,1995,0071.

[6] Permanent composite repair of gas transmission lines DOT regulatory process and results[R].

[7] WIM VRANCKXETAL.Inspection and repair of a crude oil pipeline[J].Corrosion Prerention&Control, 1998,45 (5).

(修改回稿日期　2006-02-22　编辑　居维清)