

陕京输气管道采用国际先进检测技术的重要性

姚 伟*

(中国石油北京天然气集输公司)

姚 伟:陕京输气管道采用国际先进检测技术的重要性,油气储运,2002,21(10) 1~3。

摘 要 介绍了国内外管道检测技术,阐述了陕京输气管道采用国际先进检测技术应满足的技术指标,提出了检测容许缺陷与壁厚的关系,论述了陕京输气管道所需检测系统在机械性能、电子电路系统和信号处理系统等方面的先进性。

主题词 输气管道 检测技术 重要性 应用

一、前 言

陕京输气管道干线选用直径为 660 mm 螺旋管,设计压力为 6.4 MPa;储气库配套管道选用直径为 711 mm 螺旋管,设计压力为 5.5 MPa。全线采用三层结构 PE 防腐层和外加电流阴极保护相结合的防腐系统^[1,2]。目前,陕京输气管道已建成既有压气站又有储气库,且拥有 10 个进出口向多家用户供气的完整输配气系统,年输气能力由初期不增压的 $13.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 提高到 $33 \times 10^8 \text{ m}^3$,日调峰能力为 $500 \times 10^4 \text{ m}^3$,承担向京、津、冀地区的供气任务。

陕京输气管道所使用设备既是目前世界上最先进的,也是其他输气管道所无法比拟的。从管道安全的角度考虑,运行管理部门对天然气管道的运行制定了大量的安全性和完整性管理措施,其中包括 2002 年拟对陕京输气管道全线实施智能内检测,这将对陕京输气管道自 1997 年投产以来管道完整性情况进行一次总的检测和评价,以建立管道的各项基础数据,例如缺陷的位置、环焊缝的位置等,从而制定管道安全运行与维护决策。

二、国内外管道检测技术

目前,国内的检测设备在机械性能、电子电路和信号处理方面均不具备检测天然气管道的能力,而

只适合于输油管道。欧洲和北美等国家已经开始应用天然气管道的智能内检测技术,在管道的运行与维护中发挥了重要作用^[3~5]。

检测技术的先进性主要体现在获取数据的检测设备和数据分析处理系统两个方面,管道检测使用的设备外形与管道清管器相似,都是以管道输送介质作为动力源,其不同点在于检测器具有复杂的电磁电路系统。一般而言,石油、天然气管道的检测技术可分为以下几类^[4]。

- (1)管道几何形状检测技术;
- (2)内外腐蚀检测技术;
- (3)地理定位及泄漏检测技术。

管道几何形状检测是传感器与管内壁作 360°接触,以检测管内径偏差的变化。该技术已在欧洲、北美、中东、亚洲(包括中国)等大多数国家检测公司中应用,技术差别较小。

内外腐蚀检测技术是管道检测技术的核心,国内外目前的检测技术差别较大。该项技术是在管道截面充满强磁场,利用置于磁极之间的磁传感器感应磁场泄漏和偏移,从而确定金属损失的面积。这项技术已在油气管道上得到迅速应用,掌握该技术的公司目前有英国 BG、ROSEN、PIPETRONIX、TUBOSCOPE、中国 CNPTC、VETCO 等。这项技术的先进性体现在两个方面,一是检测器具有良好的机械动态性能,二是信号处理系统能识别缺陷

损失的三维形貌和尺寸。由于输送介质的可压缩性，目前真正在天然气管道上应用的公司只有 ROSEN、PIPETRONIX、TUBOSCOPE 三家管道公司。CNPTC 公司正在研发这项内外腐蚀检测技术，以尽快应用到天然气管道上。

地理定位及泄漏检测技术是确定管道的位置、外形以及地理等信息，获得的信息可与 GPS(卫星定位)相连接。NowSCO 公司设计了一种地理位置检测器，能提供一条管道的地理调查数据，可确定陆地与近海腐蚀和沉降的区域。ROSEN 公司设计了一种泄漏检测器，通过电子检测所发生的声音确定泄漏位置。这两项技术已被国内外大多数检测公司所掌握，但应用效果各不相同。

三、陕京输气管道的检测技术指标

根据国内外管道检测技术的发展趋势，陕京输气管道首先制定了相应的内检测标准，提出了相应的技术指标。检测技术指标主要考虑陕京输气管道

的管径和最小壁厚，以及采用检测器的探头和通道的数量。采用 ASME B31.G 和 RESTRENG 规范绘制了存在的最小缺陷与金属损失量的关系图(见图 1)，从图中的曲线趋势可以看出，根据管道的不同缺陷面积，可以得出不同的缺陷深度。按照检测设备的探头数量和通道数量，列出了陕京输气管道检测所需的技术指标(见表 1)。

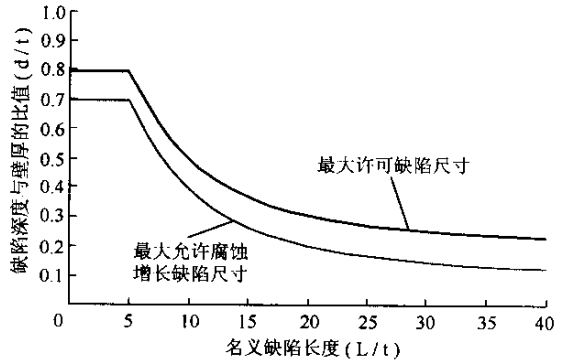


图 1 陕京输气管道最大腐蚀许可缺陷尺寸

表 1 陕京输气管道检测技术指标

缺陷类型	检测的临界值						绝对轴向定位精度(距焊缝)(m)	
	深度(mm)		长度(mm)		宽度(mm)		近期标准	远期标准
	近期	远期	近期	远期	近期	远期		
大面积腐蚀	0.20	0.10	30	20	15	15	±0.1	±0.1
坑点蚀	0.30	0.20	30	20	15	15	±0.1	±0.1

缺陷类型	尺寸精度						环向定位精度(°)	
	深度(mm)		长度(mm)		宽度(mm)		近期标准	远期标准
	近期	远期	近期	远期	近期	远期		
大面积腐蚀	±0.15	±0.10	±10	±20	±10	±10	±15	±15
坑点蚀	±0.15	±0.20	±10	±10	±10	±10	±15	±15

注 t 为管壁厚度,mm。

表 1 所列指标已经达到了北美目前的检测指标，部分超过了高分辨率检测器的标准，完全可满足陕京输气管道的检测要求。

四、陕京输气管道采用的检测技术

陕京输气管道采用的检测技术主要包括以下几个方面。

1、检测器

智能腐蚀内检测器由获取数据部分、储存数据部分、电池盒部分组成。主要包括以下几个系统。

(1)驱动系统。该系统设计了聚氨酯皮碗，主要

作用是密封和保持检测器与管壁的正常距离。管内流体压力推动皮碗，皮碗拖着系统通过管道。

(2)能源系统。传感器、数据处理装置及储存装置由电池作能源。

(3)磁化系统。永久磁体被所测管道磁化，磁铁的端部与管壁摩擦的金属刷连接，并在管壁产生饱和磁场。

(4)传感器系统。检测过程中，主腐蚀探测器安装在磁体之间，检测金属损耗区的磁通泄漏强度及管子特性(管子接头，三通，阀门等)。为了区别分内、外缺陷，检测器配备了一定数量的ID/OD探测器。

(5)数据处理和记录系统。传感器产生的信号转

换成数字信号,经压缩后储存在固态装置中,以便分析。

(6) 里程系统。三个里程轮不断采集位置数据,并汇集在检测数据中。为保证测量距离精度高,减小由打滑或里程轮自由运行引起的偏差(在三通处)的要求,通常采用几个里程轮。

(7) 旋转监测系统。摆锤不断监测工具的旋转位置,如果工具在检测运行中不旋转,其扇形齿轮上的传感器将一直占据管子相同的圆周。如果传感器旋转,传感器将检测到管子的不同部位。

(8) 定位系统。基准时间标志系统将检测器的定位值与管道沿线确定的参考点联系起来。

2、 动态性能

检测器的动态性能是对天然气管道检测的最基本要求,输气管道的检测与原油管道有较大的差异。由于检测器质量较大,同时气体具有可压缩性,当检测器在输气管道内高速运行时,容易在弯头、三通、变径等部位产生撞击,造成管道的破坏。而在原油管道中,检测器运行速度较平稳,且速度较慢,因而对动态性能的要求不严格。陕京输气管道检测所使用的检测器要求具有较好的动态性能,这就需要在检测器上增加安全保护功能,并具有高速信号下的补偿作用,确保信号的平稳。

3、 支撑系统

检测器支撑系统是否完善是决定探头信号对比分析的重要条件。支撑系统对检测器的整体起支撑作用,目的是使整个检测器在管内保持水平运行,在保证重力的情况下,上部探头与管壁严密接触,以保证信号的可靠性。因此,支撑系统硬度必须适中,以免在高速运行中接触管壁时产生跳动而影响支撑的稳定性,从而避免假信号的产生。

4、 驱动皮碗

皮碗是检测器的驱动部件,其合理的分布和数量是高精度检测器所必需的。陕京输气管道使用的检测器,最突出的一个特点在于满足检测器高速运行的要求,能在弯头、变径以及通过绝缘接头时具有足够的变形量,并且当检测器在管内部卡住时,皮碗具有自保护的功能,不会因卡住而导致输气压力上升。

5、 钢 刷

钢刷是产生闭合磁路的关键部件,如果钢刷的技术参数匹配不当,可能造成信号的丢失和不正确。

从优化的角度,陕京输气管道对检测使用的钢刷进行了大量的试验,以保证钢刷的硬度和密度,确定了钢刷的参数,包括钢刷的直径、材质、数量和与管壁的接触程度,并分析了钢刷对磁路的影响因素。

6、 探头和电路系统

检测器的探头包括腐蚀探头和确定内外腐蚀的 ID/OD 探头,两种探头直接与管道接触,以金属损失信号形式输出到存储器,探头采集信号的稳定性决定了检测的可靠性。探头与管壁接触时的运行速度容易产生振动,因此,正确的选择支撑探头弹簧的弹性系数尤为重要。另外,要求探头必须耐磨,材料的选取是关键。

从上述几个方面考虑,陕京输气管道对探头进行了优化设计,选择了高耐磨度的材料,消除了探头在管道内部的跳动现象。

7、 信号处理系统

陕京输气管道的检测信号分析拟采用国际先进的信号分析软件,对检测的信号重新处理,以最大限度地提高检测精度。

五、结束语

先进的检测技术是陕京输气管道安全与完整性管理的重要基础,在采用这一技术的同时,还要开发相应的金属损失评价技术,对检测到的缺陷数据进行安全评价分析,从而提出维修决策和建议,这对管道的安全运行和维护等管理水平的提高都具有重要意义。

参 考 文 献

- 1、 四川石油设计院:储—1843 陕京天然气输送工程—线路工程, 1996。
- 2、 四川石油设计院:储—1842 陕京天然气输送工程—总体设计, 1996。
- 3、 卢维信(译):清管器技术的现状及发展趋势,国外油田工程 1998,8。
- 4、 张丽萍(译):现代清管技术综述,国外油田工程,1998,10。
- 5、 GRI: New GRI Facility Focuses on Inspection Technology R&D, Pipeline & Gas Journal, 1994,221(7) 32~33。

(修改稿收到日期:2002-05-10)

编辑:刘春阳