

实验研究

输油管道运行参数及检测数据的统计分析^{*}帅 健^{**} 卜文平

(中国石油大学(北京))

帅 健 卜文平: 输油管道运行参数及检测数据的统计分析, 油气储运, 2006, 25(12) 35~37.

摘 要 统计了某输油管道运行压力和温度、腐蚀检测数据以及管材性能等数据, 并进行了分析。对于管道运行温度和压力, 推荐了概率分布; 对于腐蚀缺陷的深度和长度, 分别推荐了指数分布和对数正态分布。拟合腐蚀检测数据, 得到了缺陷深度和长度的统计特征值。对管材性能参数推荐采用正态分布, 这种分布在 95% 的置信度下可通过假设检验。认为该输油管道的统计分析结果可以作为输油管道安全评定的基础。

关键词 输油管道 运行参数 检测数据 统计分析

一、前 言

在油气管道的安全评价中, 基于可靠性的评价方法是最近发展起来的一种方法^[1,2]。这种方法由于恰当地考虑管道系统的运行与结构参数的随机性, 已越来越多地得到了实际应用, 并为一些国际标准所采用^[3]。基于可靠性的评价方法必须以实际数据为基础, 这就要求收集大量的管道运行和结构数据, 并进行统计分析。

本研究基于管道材料材料力学试验数据, 对某输油管道进行了调查, 并收集了该管道的数据。有关运行参数是该管道近 6 年的生产记录, 腐蚀缺陷部分的数据来自于该管道在线腐蚀检测的结果, 管材部分的性能参数来自于本研究的试验结果。

二、管道运行参数的统计分析

1、管道运行压力

管道运行压力是决定管道安全运行的最重要因素, 在管道的安全评定中, 主要关注的问题是管道在运行期间出现的最大值, 因此对运行中的出站和进站压力采用 Gumbel I 型分布较为合理, 这种概率分

布的概率密度函数为:

$$F(x) = \exp\left[-\exp\left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha}\right]\right] \quad (1)$$

式中 x_0 —— 位置参数;

α —— 形状参数。

表 1 是各站出站压力和进站压力的统计特征值 (均值和变异系数), 采用 K-S 假设检验方法^[4], 在 95% 的置信度下, 一些站的进站和出站压力参数未通过对推荐分布类型的假设检验。

表 1 各站出站压力和进站压力的统计特征值

站号	出站压力均值 (MPa)	出站压力 变异系数	进站压力均值 (MPa)	进站压力 变异系数
1	4.137	0.019		
2	3.338	0.153	1.897	0.265
3	3.893	0.047	0.233	1.226
4	3.118	0.229	1.465	0.250
5	4.418	0.047	0.202	0.960
6	3.004	0.197	1.651	0.254
7			0.078	1.015

2、管道运行温度

对于管道运行温度, 推荐采用正态分布, 这是一种广泛应用的概率分布类型, 其分布函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}\right] \quad (2)$$

^{**}北京市教育委员会共建项目“天然气输气管网运行中的关键技术”。

^{*}102249, 北京市昌平区府学路 18 号; 电话: (010)89733772。

式中 μ ——均值;
 σ ——均方根值。

表 2 是各站进站和出站温度的正态分布参数。使用 K-S 假设检验方法, 在 95% 的置信度下, 各站的进站与出站温度均通过了对正态分布类型的假设检验。

表 2 各站出站和进站温度正态分布参数

站号	出站温度均值 ($^{\circ}\text{C}$)	出站温度 变异系数	进站温度均值 ($^{\circ}\text{C}$)	进站温度 变异系数
1	54.756	0.122	38.598	0.034
2	50.254	0.117	35.497	0.034
3	51.000	0.107	34.807	0.020
4	49.035	0.110	34.782	0.040
5	50.285	0.099	34.328	0.030
6	49.304	0.102	34.896	0.030
7			34.288	0.027

三、检测数据的统计分析

在役管道安全评定的重要内容是确定管壁腐蚀缺陷对管道剩余强度的影响, 因此, 对管道的腐蚀缺陷进行统计分析是十分必要的。对于壁厚 7 mm 的管道, 检测的缺陷分类为, 壁厚减薄在 1.75 mm 以下的轻度腐蚀(L); 壁厚减薄在 1.75 mm 以下的面积相对大的轻度腐蚀(L^{*}); 壁厚减薄在 1.75~3.5 mm 之间的中度腐蚀(M); 壁厚减薄在 1.75~3.5 mm 之间的面积相对大的中度腐蚀(M^{*}); 壁厚减薄在 3.5 mm 以上的严重缺陷(S); 壁厚减薄在 3.5 mm 以上的面积相对大的严重腐蚀(S^{*}); 轻度片状麻点(PIT)。

缺陷的尺寸为缺陷深度和长度, 特别是缺陷深度, 检测时仅分级给出了缺陷数目, 而没有缺陷深度的具体数据, 这对缺陷深度的统计分析是困难的。因此, 提出用指数分布来描述缺陷深度的概率特征, 采用拟合的方法来确定缺陷深度的分布函数。之所以提出用指数分布描述缺陷深度的概率特征, 是由于浅缺陷发生的概率密度大, 随着缺陷深度增大, 其发生的概率密度逐渐减小。根据安全工程学的原则, 缺陷深度与其发生频率 P 有如下关系:

$$a^n P = \text{常数}$$

式中 a ——缺陷深度;
 n ——幂指数。

一般认为, 大量的浅缺陷随着缺陷深度增大, 其

缺陷出现的数量减小, 也可以认为缺陷深度与其发生频率之间有这样的关系:

$$P \propto a^{-n} \quad (n > 0)$$

这些看法均支持缺陷深度按负指数分布。指数分布函数的形式为:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (x > 0)$$

根据在各区间段上检测到的缺陷数量, 将拟合得到的各区间段指数分布参数列于表 3。

表 3 腐蚀缺陷深度指数分布参数

区间号	λ	区间号	λ
1	1.460	4	2.375
2	1.547	5	2.366
3	2.220	6	2.370

对于腐蚀缺陷长度, 在部分缺陷处因为有具体的检测数据, 根据对这些数据的统计分析, 得到了表 4 的结果, 因此推荐采用对数正态分布。使用 K-S 假设检验方法, 在 95% 的置信度下, 推荐的概率分布类型是合理的。这样, 对缺陷长度推荐对数正态分布, 统计分析的结果见表 4。

表 4 缺陷长度的 K-S 检验

区间号	均值 (m)	变异系数	对数正态的 K-S 检验	数据 点数
1	3.198	1.213	0.02 < 0.454	8
2	5.080	0.488	0.157 < 0.158	75
3	6.978	0.559	0.168 < 0.275	23
4	4.200	0.876	0.168 < 0.454	8
5	3.769	0.777	0.07 < 0.21	40
6	4.078	0.621	0.128 < 0.203	45

四、管材性能参数的统计分析

对管材的屈服强度 σ_s 和拉伸强度 σ_n 进行了统计分析, 推荐采用对数正态分布, 在 95% 的置信水平下, 通过了 K-S 假设检验, 结果见表 5。

表 5 管材性能的统计分析结果

检测内容	均值 (MPa)	变异 系数	对数正态的 K-S 检验	数据 点数
屈服强度	390.8	0.113	0.389 < 0.454	8
拉伸极限	526.2	0.029	0.246 < 0.454	8

防腐保温

埋地管道防腐层大修对管道运行的热力影响

黄金萍*

李俊国

陈元强

(中国石油管道公司沈阳调度中心)

(中国石油管道公司长庆输油分公司)

孟凡强

(中国石油管道公司科技研究中心)

黄金萍 李俊国等: 埋地管道防腐层大修对管道运行的热力影响, 油气储运, 2006, 25(12) 37~42.

摘 要 针对东北管网防腐层大修导致土壤温度场发生改变进而影响管道安全运行的问题, 对埋地管道的土壤热力条件进行了分析, 给出了铁秦线两座泵站的热力对比实例。为消除管道防腐层大修因土壤热力条件恶化对管道运行造成的不利影响, 制定了改善管道热力环境的措施, 提出了管道防腐层大修工作的建议。

主题词 埋地管道 防腐层 大修 土壤温度场 热力条件 影响 分析

一、管道防腐层大修对土壤温度场的影响

2005年3月, 东北管网进行了大范围的管道防腐层大修。管道开挖后, 原有土壤温度场发生了改变。在低输量下, 土壤温度场的变化将影响管道的安全运行。2005年4~5月, 对铁秦线防腐层大修期间的运行数据进行了跟踪与分析。现场抽样结果显示, 防腐层大修的客观条件已对管道的安全运行构成了威胁。现对东北管网防腐层大修引发的土壤温度场受破坏的问题进行分析。

管道开挖后的散热方式发生了改变, 随着开挖管段和裸管段数量的增多, 传热系数 K 值不断加大。传热系数、站间温降和出站温度都比 2004 年同期数值有大幅度升高。原油进站温度下降, 意味着要消耗更多的燃料油来提高出站温度。为此, 对铁秦线管道防腐层大修期间的运行数据进行了跟踪分析, 见表 1。

从表 1 可以看出, 管道的传热系数增加, 散热损失增大, 进站温度下降, 耗油量增加。为了保证安全进站温度, 必须提高原油的出站温度, 但因受热力条件的限制, 当土壤温度场的温度下降到一定程度时, 进站温度势必会出现低于安全进站温度的工况。

通过分析计算某输油管道的运行压力与温度数据, 得到了统计特征值。对腐蚀缺陷深度, 推荐指数分布, 拟合得到了分布参数, 这种方法能很好地从缺陷检测结果中得到缺陷深度的概率描述。统计分析缺陷长度和管材性能参数(屈服强度和拉伸强度)的结果表明, 选用对数正态分布或正态分布是合理的, 可以作为管道安全可靠性的指导性基础。

2. Yong Bai and Ruxing Song: Reliability Based Limit State Design And Re qualification of Pipelines, 17th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Fairfield, NJ, USA, 1998.
3. Recommended practice RP- F 1 0 1 Corroded Pipelines, DNV, 1999.
4. 帅健 许葵: 输油管道参数的统计分析与安全评定, 石油学报, 2002, 23(3)。

参 考 文 献

1. 帅健 许葵: 腐蚀管道失效概率的评定方法, 石油学报, 2003, 24(4)。

(收稿日期: 2005 12 09)

编辑: 孟凡强

ZHAO Shi, JIANG Xiaobin *et al*; **Reliability Method for the Assessment of the Failure Probability and Remaining Life of the Corroded Pipeline**, *OGST*, 2006, 25 (12) 28~31.

A limit state function of the corroded pipeline is presented on the basis of analysis of failure pressure and corrosion rate of corroded pipeline. The advanced first order and second moment iterative method are employed for calculation on reliability index and failure probability. As an engineering example, reliability index and failure probability are calculated and remaining life is predicted for a corroded pipeline. The effects of applied pressure, corrosion rate, defect depth and defect length on the reliability of corroded pipeline are evaluated.

Subject Headings: pipeline, corrosion defect, reliability, failure probability, remaining life, prediction, method

• OIL & GAS STORAGE •

GAO Falian, CHENG Dianxu *et al*; **Techniques on Shaving Peak with Pipeline and Underground Gas Storage**, *OGST*, 2006, 25 (12) 32~34, 42.

A practical analysis is made on the peak shaving techniques with long distance pipeline, underground gas storage and other storage and transportation facilities. The applicable scopes and technical requirements for different peak shaving techniques are presented. An economic comparison on different peak shaving techniques is carried out. The results show that the depleted reservoirs to be used as underground gas storage are the lowest in the operating cost.

Subject Headings: gas transmission pipeline, underground gas storage, natural gas, peak shaving technique, economic analysis and comparison, application

• EXPERIMENT & RESEARCH •

SHUAI Jian and BU Wenping; **Statistic Analysis about Operation Parameters and Inspection Data of an Oil Pipeline**, *OGST*, 2006, 25 (12) 35~37.

Statistic analysis about operation parameters and inspection data of an oil pipeline is of importance to safety assessment of a pipeline in service. In this paper, an oil pipeline is investigated and its data is collected about operation pressure and temperature, corrosion inspection, pipeline material performance and so on. For operation pressures and temperatures, statistic characteristic values are obtained by means of statistical analysis and probabilistic distribution types are recommended. For the depth and length of corrosion defects, the exponent distribution and lognormal distribution are recommended, respectively, so that the statistic characteristic values of corrosion defect size are fit from corrosion inspection data. The normal distribution is recommended for performance parameters of pipeline materials as yield strength and tensile strength. It can pass assumption check with confidence level 95%. These statistic results can be fundamental to safety assessment of pipelines in service.

Subject Headings: oil pipeline, operation parameter, inspection data, statistic analysis, corrosion defect, safety assessment

• CORROSION CONTROL & INSULATION •

HUANG Jinping, LI Junguo *et al*; **Analysis on the Thermal Impact of Coating Overhaul of Buried Pipeline on Operating Oil Pipeline**, *OGST*, 2006, 25 (12) 37~42.