

模糊数学在天然气管道内腐蚀评价中的应用

欧剑, 相臻

中国石油西南油气田分公司, 成都 610051

摘要:根据模糊数学综合评价的基本原理,对天然气管道内腐蚀程度进行综合评价,并通过应用示例验证该方法的可行性.结果表明,该方法对于天然气管线的安全运行具有科学指导性.

关键词:内腐蚀;天然气管道;模糊数学;模糊综合评价;腐蚀程度

中图分类号: TG174.1 文献标识码: A 文章编号: 1002-6495(2006)05-0389-02

APPLICATION OF FUZZY MATHEMATICS FOR EVALUATION OF INTERNAL CORROSION DEGREE OF GAS PIPELINE

OU Jian, XIANG Zhen

Southwest Branch, Petro China Company Limited, Chengdu 610051

ABSTRACT: It's extremely important to understand the internal corrosion degree of gas pipeline for oil field safety in production. In this paper, according to the basic principle of the fuzzy comprehensive evaluation, the internal corrosion degree of the gas pipeline will be evaluated, and examples were used to verify its feasibility. This method has the scientific guidance for the gas pipeline safe operation.

KEY WORDS: internal corrosion; gas pipeline; Fuzzy; Fuzzy comprehensive evaluation; corrosion degree

在长庆、四川、塔里木等油气田的输送管网中^[1-3],许多所输天然气都含有 H₂S、CO₂ 等物质,也正是由于这些物质所产生的腐蚀对管线的内壁造成了严重的破坏,近几十年来由内腐蚀所引发的严重事故也屡见报道.显然,这些物质与管线的内腐蚀有密切的关系,本文将针对管道的内腐蚀所进行综合评价,这对于制定管线的防腐方案、管线的内腐蚀检测方式以及以后能经济有效地维护天然气管线的安全运行是具有十分重要的理论与实际意义.

1 建立模糊综合评价模型的条件^[4,5]

1. 建立评价对象的因素: $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$, u_1, u_2, \dots, u_n 就是评价对象的各种因素,即评价指标.

2. 建立评语集: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, 其中 v_1, v_2, \dots, v_m 即评价中的评价等级.

3. 建立单因素评判,就是对因素集中每一个因素(评价指标),根据评语集中(评价等级)所作出的一个模糊判断,即该因素在评语集中对各个评价等级的隶属度有多大:

$$u_j = f(u_i) = \frac{r_{i1}}{v_1} + \frac{r_{i2}}{v_2} + \dots + \frac{r_{im}}{v_m}$$
$$0 \leq r_{ij} \leq 1 \quad 0 \leq i \leq 1 \quad 0 \leq j \leq 1$$

对每一个单因素 $u_i \in U$ 作出判断,就可得到一个模糊

矩阵 R

$$R = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

这样 (U, R, V) 将可构成一个模糊综合评价模型.

因为 U 中各因素(评价指标)对于管道的腐蚀程度有所不同,这需要对每个因素赋予不同的权重,一般确定权重的方法有灰色关联分析方法和专家评价法.这样可表示 U 上的一个模糊子集: $A = (a_1 a_2 \dots a_n)$, 并规定:

$$\sum_{i=1}^n a_i = 1$$

模糊综合评价 B 的基本公式:

$$B = A \cdot R = (b_1 b_2 \dots b_m) \quad b_j = \bigcup_{i=1}^m a_i \cap r_{ij} \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

b 是综合评价指标, B 是模糊综合评价集,通过对综合评价集合 B 进行归一化处理,采取“最大隶属度”判别准则进行评价.

2 应用

根据化学腐蚀机理以及现场数据分析得知影响天然气管道内腐蚀的主要因素为所输天然气中含的 H₂S、CO₂、缓蚀剂及管中的积水.本文主要针对前三种情况,通过对其进行的评价分析,以便采取有效的措施来达到减小腐蚀的目的.

1. 把评价对象 H₂S 对管道内腐蚀速度的影响程度记为

Table 1 Effect of hydrogen sulphide, carbon dioxide and corrosion inhibitor concentration on inner corrosion rate

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H ₂ S 浓度, mg/m ³	363	184	363	245	174	245	246	362	445	362	184	246
CO ₂ 浓度, 体积%	0.66	0	0.68	0	0.65	0	0	0.65	0.65	0.67	0	0
缓蚀剂浓度, ×10 ⁻⁶	200	0	50	0	200	200	0	200	100	0	200	200
内腐蚀速度, mm/a,	0.0088	0.057	0.045	0.239	0.0057	0.007	0.238	0.011	0.011	0.467	0.0038	0.0066

Table 2 The grade assesment

腐蚀因素 (浓度)	等级		
	弱腐蚀	一般腐蚀	较强腐蚀
缓蚀剂, ×10 ⁻⁶	c > 120	60 < c < 120	c < 60
H ₂ S, mg/m ³	a < 200	200 < a < 400	a > 400
CO ₂ , 体积%	b < 0.5	0.5 < b < 0.66	b > 0.66

U₁, 同理对于 CO₂ 记为 U₂, 缓蚀剂记为 U₃, U = {U₁, U₂, U₃}.

2. 评语集 V = {腐蚀弱、一般腐蚀、腐蚀较强}.

3. 分析这三项因素对管道内腐蚀的影响, 在确定权重 A 时我采用德尔菲法(专家评分法)并结合试验数据(见表 1).

权重值 A = (0.352, 0.332, 0.316)

4. 确定模糊矩阵 R^[6]. 常用的隶属函数有: 岭形分布、指数分布、梯形分布、正态分布、柯西分布、T 形分布以及 K 次抛物线分布等 7 种. 目前对于如何选取较好的隶属函数在理论上还不完善主要是根据现场的经验选取.

当确定隶属函数形式之前, 首先确定各影响因素是正向指标还是负向指标. 正向指标是指随着数值的增大其影响程度增大, 负向指标正好相反. 在天然气管道内腐蚀影响因素中, 正向指标和负向指标的确定必须是在认真分析其内腐蚀机理的基础上确定的. 比如在有 H₂S 的天然气管道中, 如果其浓度增大, 腐蚀程度将随之增大, 此时其为正向指标.

下面以 K 次抛物线分布为例说明隶属函数的确定方法, 其中的参数 K 根据现场测试数据和经验取 K = 2^[7].

$$u_1(x) = \begin{cases} 0 & X \leq 200 \\ (\frac{400-x}{200})^2 & 200 \leq X \leq 400 \\ 1 & X \geq 400 \end{cases}$$

$$u_2(x) = \begin{cases} 0 & X \leq 0.5 \\ (\frac{0.66-x}{0.16})^2 & 0.5 \leq X \leq 0.66 \\ 1 & X \geq 0.66 \end{cases}$$

$$u_3(x) = \begin{cases} 1 & X \leq 60 \\ (\frac{120-x}{60})^2 & 60 \leq X \leq 120 \\ 0 & X \geq 120 \end{cases}$$

根据《碎屑盐油藏注水水质推荐指标及分析方法》(SY/T5329-94)^[8], 确定各腐蚀因素状态的分级与取值范围如表 2 所示.

(5) 模糊综合评价

$$B = A \cdot R = (0.352 \ 0.332 \ 0.316) \cdot$$

$$\begin{pmatrix} 0.034 & 1 & 0 \\ 1 & 0.004 & 1 \\ 1 & 0.11 & 0 \end{pmatrix} = (0.65996, 0.38808, 0.332)$$

归一化处理:

$$B = \left(\frac{0.65996}{1.38005}, \frac{0.38808}{1.38005}, \frac{0.332}{1.38005} \right) \\ = (0.478, 0.281, 0.241)$$

从评价集 B 和试验数据中我们可以看出 H₂S 的含量对管道的内腐蚀程度影响较大, 其次是 CO₂, 最小的是缓蚀剂, 这个结果符合现场的实际情况.

3 结论

1. 内腐蚀程度评价的结果可作为对管道进行剩余强度评价、剩余寿命预测以及可靠性分析的依据.

2. 文中提出了利用模糊综合评判方法对天然气管道进行内腐蚀程度评价的具体方法, 并通过应用示例验证了该评价方法的价方法的关键是权重和模糊可行性.

3. 对于权重的选取本文采用的是德尔菲法(专家评分法)和试验数据的结合, 这将进一步提高评价的精度和结果的可信度.

4. 当需考虑的被评价因素较多, 且层次不同时, 应采用多级模糊综合评价, 再对其结果进行高层次的综合评价.

参考文献:

- [1] 山本隆, 曲良山, 黄桂柏, 等. 四川气田含 H₂S 天然气管道内防腐涂层性能现场试验研究[J]. 天然气工业, 1999, 19(2): 1.
- [2] 张学元, 王凤平, 等. 二氧化碳腐蚀防护对策研究[J]. 腐蚀与防护, 1997, 18(3): 8.
- [3] 张忠铎, 郭金宝. 宝钢技术[J] CO₂ 对油气管材的腐蚀规律及国内外研究进展, 2000, (4) 54
- [4] 刘哲民. 模糊数学在土地评价中的应用[J]. 宝鸡文理学院学报, 1994, (1): 2.
- [5] 赵晓刚. 油库设备维修规划—Fuzzy 综合评判法的应用[J]. 油田地面工程, 1994, 13(6): 1.
- [6] 喻西崇, 赵金洲, 乌亚玲, 等. 利用模糊综合评判评价注水管道腐蚀程度[J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(3): 2.
- [7] 周泰文. 模糊数学基础简明教材[M]. 武汉. 华中理工大学出版社, 1993.
- [8] 王博. 油田注水腐蚀问题研究[J]. 西安石油学院学报, 2001, 16(2): 23.