用效果测度灰色分析评价天然气 压缩系数的计算公式

郑欣*

(长庆石油勘探局勘察设计研究院)

王俊奇

(长庆石油勘探局钻采工艺研究院)

摘要 将灰色系统理论中局势决策的效果测度引入灰色关联分析中,针对直接计算天然气压缩系数的许多公式,提出了评价的新方法,并对各个公式的计算结果与实测值之间的准确程度进行了排序。通过陕甘宁中部气田的实际应用表明: Papay 方法是该气田较为适用的、相对准确的计算公式。同时,效果测度灰色分析考虑了数据之间动态过程的发展态势,比单纯的误差分析更为合理且直观易懂,具有计算简便、快速等优点。

主题词 模糊数学 分析 天然气 压缩系数 计算方法 应用

问题的提出

在气田开发过程中,天然气压缩系数(Z)是最重要的参数,需要准确确定。随着计算机的广泛使用,许多学者提出了不少直接计算 Z 的经验公式。到底哪种计算方法更符合本地区的实际,如何根据

实测数据选择合适的计算公式就显得比较重要了。

过去的评价方法侧重于误差分析^[1~3],找不出计算结果之间的动态发展态势。本文将灰色系统理论中局势决策的效果测度引入灰色关联分析,使评价方法更趋合理。不仅可以找出适合本地区的合适的计算方法,而且可对各个公式的计算结果与实测

MCRC 装置皆采用该公司的产品。其结构比较独特,泄漏量为零,在切换过程中,阀芯无论处于何种位置,过程气都能流通,不会在切换时造成憋压。目前国内还无类似产品,经与国内有关阀门生产厂家研讨,认为用国产的蒸汽夹套三通球阀来代替引进产品是可行的,其价格约为进口三通阀的 1/3。

(3)在线分析仪。目前国内硫磺回收装置所用的 H_2S/SO_2 比率在线分析仪基本上都是由国外引进的。由化工部自动化所、洛阳石化工程公司、洛阳石化总厂联合研制的 HZ3830 型 H_2S/SO_2 比率在线分析仪和中石化北京设计院、北京分析仪器厂和武汉石油化工厂共同研制的 KL—107 型紫外 H_2S/SO_2 在线比例分析仪都已通过中国石化总公司组织的技术鉴定,今后有望使用国产的 H_2S/SO_2 比率在线分析仪。

(4)催化剂。由四川石油管理局天然气研究所研制的 CT6—4 低温克劳斯催化剂的实验室成果和侧线试验成果都已通过鉴定。在川西北矿区天然气净

化厂硫磺回收装置上进行的侧线试验表明,CT6—4 催化剂的低温活性、活性稳定性、抗硫酸盐化及热稳定性均好,其硫转化率可达 80%以上,硫容量达到 30%,完全能满足工业应用要求。目前该催化剂已在镇海石化总厂 Sulfreen 法尾气处理装置上使用。因此 CT6—4 低温克劳斯催化剂用于今后的 MCRC 装置上是可行的。

参 考 文 献

- 1 关昌伦. MCRC 硫磺回收工艺初探. 天然气工业, 1991; 11(4): 86~93
- 2 盛炳林. MCRC 硫磺回收装置自控系统特点. 天然气工业, 1992; 12(4): 75~85
- 3 Lagas J A, Borboom J, Goar B G 著, 李菁菁译. Superclaus 工艺的五年操作经验. 炼油设计, 1995; 25(5): 17~21

(审稿人 教授级高级工程师 关昌伦)
(收稿日期 1996-02-08 编辑 王瑞兰)

* 郑欣, 助理工程师, 1970年生; 1994年毕业于西南石油学院储运工程专业, 现从事气田地面工程设计工作。地址: (745100) 甘肃省庆阳县。电话: (029) 3592760。

数据的准确程度进行排序。同时,该分析方法计算简便,适合现场推广使用。

效果测度灰色分析的方法

设参考数列为 $\{x_i^0\}$,比较数列为 $\{x_i\}$,其关联系数 ξ_i ⁽⁴⁾:

$$\xi_i = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_{oi} + \rho \Delta_{\max}} \quad (1)$$

式中: $\Delta_{oi} = \text{ABS}(x_i^0 - x_i)$ 为两序列的绝对差;

$\rho \in (0, 1]$, ρ 为分辨系数;

$\Delta_{\min}$ 、 $\Delta_{\max}$ 分别为两列绝对差中的最小值、最大值。

由式(1)可知,不同的分辨系数,有不同的 ξ_i 值,即关联度不唯一;同时,无量纲化方法不同也可导致错误的关联排序结果⁽⁵⁾。为此,将灰色局势决策中的效果测度引入关联分析中,用效果测度进行无量纲化。

对 $\{x_i\}$ 越大, $\{x_i^0\}$ 越大的效用关系:

$$\text{令: } y_i = x_i / x_{i\max} \quad (2)$$

对 $\{x_i\}$ 越小, $\{x_i^0\}$ 越大的效用关系:

$$\text{令: } y_i = x_{i\min} / x_i \quad (3)$$

式中 $x_{i\max}$ 、 $x_{i\min}$ 分别为比较序列中的最大值、最小值。

用无量纲化后的比较序列与参考序列的效用测度值,作为关联系数 ξ_i ,即:

$$\text{当 } y_i < y_0 \text{ 时: } \xi_i = y_i / y_0 \quad (4)$$

$$\text{当 } y_i > y_0 \text{ 时: } \xi_i = y_0 / y_i \quad (5)$$

$$\text{关联度 } \gamma_i \text{ 为: } \gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \xi_{i(k)} \quad (6)$$

由式(4)、(5)计算的关联系数 ξ_i ,因无分辨系数 δ 的参与,因而为一定值。由此计算关联度可得到关联排序。值得指出的是,对于备选方案的优选问题,各比较序列的无量纲化值 y_i ($i=1, 2, \dots, n$)就是关联系数值,关联度 γ_i 的公式化为:

$$\gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (7)$$

至此,本文提出了效果测度分析计算的方法。实质上,效果测度灰色分析是集灰色关联分析、灰色局势决策于一体的一种新方法。

对各种 Z 系数计算方法的评价

在查阅大量文献的基础上,本文对国内外报道的有关计算 Z 系数的公式,进行收集、整理和单位

变换,并结合陕甘宁中部气田的实际情况,选以下 7 种常用的计算公式进行评价:

1. 计算低压($p < 35$ MPa) Z 系数(简称方法 1)

文献[6]详细介绍了该算法,用试算法在计算机上直接计算即可得到 Z 系数。尽管此方法用来计算低压($p < 35$ MPa) Z 系数,但有人用它计算 $p > 35$ MPa 时的 Z 系数,仍能得出满意的结果。

2. H—Y 方法(简称方法 2)

该方法是 Hall—Yarborough 根据 Starling—Carnahan 状态方程导出的。其中的非线性方程可用牛顿迭代法求解。

3. D—P—R 方法(简称方法 3)

该方法是 Dranchuk, Purvis 和 Robinson 拟合 BWR 状态方程得到的,也称 8 参数方程,仍可用牛顿迭代法求解。

4. Gopal 方法(简称方法 4)

该方法是用 13 个相关公式拟合 Standing-Katz 图的不同部分而得到的一种非迭代方法。

5. Brill—Beggs 方法(简称方法 5)

该方法也是一种非迭代方法,文献[7]对此作了介绍。

6. Papay 方法(简称方法 6)

用该方法计算 Z 系数的公式为:

$$Z = 1 - \frac{352p_r}{10^{0.9813}T_r} + \frac{0.274p_r^2}{10^{0.8157}T_r} \quad (8)$$

当编制程序送入计算机后,所需存储量极小,用一般的计算器也可直接算出。它也是一种非迭代方法。

7. SRK 方法(简称方法 7)

该方法是 Soave 对 RK 状态方程进行修正后而得到的。

应用上面所述的 7 种方法,对陕甘宁中部气田 11 口井计算压缩系数,并与实测数据进行比较,见表 1。

于是,以实测数据为参考序列,以各种公式的计算结果为比较序列,计算它们之间的关联度 γ_i ,见表 2。

很显然,关联排序为:

$$\gamma_6 > \gamma_2 > \gamma_1 > \gamma_5 > \gamma_4 > \gamma_3 > \gamma_7$$

即:与实测数据比较,Papay 方法最准确,其次为 H—Y 方法;然后依次为低压下求 Z 的方法、Brill—Beggs 方法、Gopal 方法、D—P—R 方法、SRK 方法。

以后,在没有必要实测的情况下,直接使用 Papay 法进行计算,即可得相对准确的 Z 系数。

表1 Z系数计算值与实测值的比较

Table 1. Coefficient comparison between calculation result and actual value

井号	压力 (MPa)	温度 (°C)	相对 密度	实测 Z系数	计算Z系数						
					方法1	方法2	方法3	方法4	方法5	方法6	方法7
陕13	34.47	121.1	0.5959	1.0381	1.0195	1.0245	1.1673	0.9989	1.0096	1.0528	1.1053
陕84	10.34	102.2	0.6085	0.9403	0.9296	0.9323	0.9373	0.9382	0.9353	0.9334	0.9823
陕81	8.62	104.8	0.6064	0.9536	0.9395	0.9425	0.9430	0.9488	0.9466	0.9422	0.9831
陕90	17.24	103.0	0.6374	0.9300	0.9511	0.9523	0.9819	0.9646	0.9549	0.9554	1.0371
陕57	30.38	105.0	0.6180	0.9876	0.9689	0.9727	1.1261	0.9341	0.9537	1.0000	1.0766
陕181	4.00	116.9	0.6140	0.9803	0.9708	0.9731	0.9709	0.9788	0.9762	0.9713	0.9924
G19—11	27.58	116.7	0.5921	0.9998	0.9748	0.9755	1.0802	0.9292	0.9637	0.9902	1.0546
陕11	13.79	103.3	0.6147	0.9166	0.9195	0.9211	0.9418	0.9182	0.9211	0.9255	0.9916
陕93	5.17	105.5	0.5966	0.9700	0.9600	0.9626	0.9604	0.9665	0.9665	0.9607	0.9848
陕52	24.13	110.8	0.6230	0.9603	0.9438	0.9437	1.0357	0.9326	0.9326	0.9569	1.0404
林5	6.89	106.7	0.5862	0.9622	0.9512	0.9543	0.9525	0.9588	0.9588	0.9530	0.9805

表2 7种方法计算结果与实测Z系数的关联度

Table 2. Related degree between calculation results by seven methods and actual values of coefficient Z

井号	实测 Z系数	实测值与计算值的关联系数						
		方法1	方法2	方法3	方法4	方法5	方法6	方法7
陕13	1.0381	0.9821	0.9869	0.8893	0.9622	0.9725	0.9860	0.9392
陕84	0.9403	0.9886	0.9915	0.9968	0.9978	0.9947	0.9927	0.9572
陕81	0.9536	0.9852	0.9884	0.9889	0.9950	0.9927	0.9880	0.9700
陕90	0.9300	0.9778	0.9776	0.9471	0.9641	0.9739	0.9734	0.8967
陕57	0.9876	0.9881	0.9849	0.8770	0.9458	0.9657	0.9876	0.9173
陕181	0.9803	0.9903	0.9927	0.9904	0.9985	0.9958	0.9908	0.9878
G19—11	0.9998	0.9750	0.9757	0.9256	0.9294	0.9639	0.9904	0.9480
陕11	0.9166	0.9968	0.9951	0.9732	0.9983	0.9951	0.9904	0.9244
陕93	0.9700	0.9897	0.9924	0.9901	0.9964	0.9964	0.9904	0.9850
陕52	0.9603	0.9828	0.9827	0.9272	0.9882	0.9712	0.9965	0.9904
林5	0.9622	0.9886	0.9918	0.9899	0.9979	0.9965	0.9904	0.9813
$\sum y_i$		10.8380	10.8587	10.4955	10.7736	10.8184	10.8766	10.4298
关联度 γ_i		0.9853	0.9972	0.9541	0.9794	0.9835	0.9888	0.9842
排序结果		3	2	6	5	4	1	7

磨溪气田开发对区域水环境影响的评估

刘石* 贺冰

(四川石油管理局川中石油天然气勘探开发公司)

摘要 磨溪气田属我国较大的整装气田,投入开发以来气田对探区环境的水质、大气、土壤、植被有何影响是环保工作人员应关注的问题。通过对涪江断面及九道坎水库几年的跟踪监测,详细分析了气田勘探开发及天然气加工处理产生的钻井废水、井下作业废液、气田水、炼化废水对区域水环境的影响程度,得出了区域内主要河流涪江及九道坎水库的环境贡献值,从而为进一步开发磨溪气田提供了环境管理的依据。

关键词 磨溪气田 开发 环境保护 评价

磨溪气田是中国石油天然气总公司、四川省“八五”规划的重点工程,也是我国较大的低渗透整装气田,实行勘探开发并举的滚动式开发模式。为搞好气田勘探开发的环境保护工作,做到清洁勘探、文明开发、油气生产与环境保护相协调,勘探初期四川石油管理局和四川省环境监测中心对气田勘探区域环境的水质、大气、土壤、植被进行了环境影响评价,并编制了《磨溪气田环境影响评价报告书》,通过了省级鉴定与验收。随着勘探开发程度的加强,近年来气田

对水环境是否构成影响、程度如何,文章将从气田钻井废水、井下作业废液、气田水、炼化废水的处理及排放等方面进行重点分析和评估,以便为该气田的环境管理工作提供确切的依据。

气田的周边状况

1. 水环境

为嘉陵江主要支流的涪江是流经气田最大的水源河流,在气田内流经长约 20 km,落差约 60 km,

遍意义的方程,以便使计算 Z 系数的方法更具有广泛的应用范围。

结 论

(1) 本文将灰色系统理论中局势决策的效果测度首次引入灰色关联分析中,提出了评价一系列计算 Z 系数公式的新方法。由于考虑了数据的动态发展态势,比单纯的静态误差分析更为合理。

(2) 通过陕甘宁中部气田天然气(其中甲烷在 90% 以上)的实测数据与经验公式计算结果进行关联排序,表明 Papay 方法是该气田较适用的计算 Z 系数的方法。在没有实测值的情况下,可以用 Papay 方法进行计算。

(3) 尽管这种方法不限于评价天然气的压缩系数,就方法本身来说,有一定的普遍意义。但需要说明的是:用 Papay 方法计算 Z 系数时只考虑了对比压力 p_r , 对比温度 T_r 。实际上,影响 Z 系数的因素还包括偏心因子 ω 等。因此,用该方法计算 Z 系数只适用于较特殊的气体。在实际中,有待于考虑更具普

参 考 文 献

- 1 韩洪升. 天然气压缩因子计算方法的评价. 油气储运, 1994;13(1):13~18,31
- 2 冯叔初,刘秀联. 天然气压缩因子相关式的评价. 油田地面工程,1988;7(5):11~16
- 3 Gabor Takacs. Comparing methods for calculating Z-factor. OGJ, May 15, 1989:43~46
- 4 刘希强等. 灰色关联空间引论. 贵阳:贵州人民出版社, 1993
- 5 李万绪. 连续过程的关联度. 华中理工大学学报, 1991; (3)
- 6 杨继盛. 采气工艺基础. 北京:石油工业出版社, 1992
- 7 Golan M, Whitson C H. Well performance. 1986

审稿人 教授 尹代益
收稿日期 1996-03-21 编辑 王瑞兰

* 刘石,助理工程师,1989年毕业于承德石油高等专科学校化学分析专业,所研制的SYZ-C型移动饮用水处理装置曾获四川省乡镇企业科技进步一等奖。地址:(629001)四川省遂宁市二井沟。电话:(0825)2224511—511321。

when the temperature is at 20~100°C. The results of corrosion test and X-ray diffraction analysis of corrosion product at 20~60°C showed that the promotion or inhibition of steel corrosion by SRB was decided by the type of crystal of the corrosion product on the steel surface. SRB increases the corrosion while the product is Fe₃S₈, and inhibits the corrosion while it is FeS.

SUBJECT HEADINGS: Oil and gas field, Equipment, Sulfate reducing bacteria, Sulfur compound, Corrosion, Testing, Analysis.

Yu Dunyi, associate professor, graduated in chemistry department from Huadong Teacher University; he has published several papers. Add: (430074) Yujashan, Wuhan, Hubei. Tel: (027)7543432.

Chen Yunqiang (*Survey and Design Institute of Sichuan Petroleum Administration*); **REFORMING TRADITIONAL CLAUS SULFUR RECOVERY UNIT BY MCRC TECHNIQUE**, NGI 16(6), 1996: 63~68

ABSTRACT: Adopting cryogenic adsorptive technique, MCRC sulfur recovery unit is of simple flowsheet, high sulfur recovery rate and tailgas treatment function. Traditional Claus sulfur recovery unit is reformed into Low-temperature Claus sulfur recovery unit by Chuanxibei Natural Gas Purification Plant of Sichuan Petroleum Administration. It is proved after continuous operating of 72 h that the reformed one, with design sulfur recovery rate of 99% and sulfur production of 52.6 t/d, runs well and all indexes meet the design requirements, and the examine value of sulfur recovery rate is 99.03%. Most parts of the unit are made in China except a little of key components so as to short construction time and save investment. MCRC sulfur recovery method is simpler than others when sulfure production is < 0.1 Mt/a.

SUBJECT HEADINGS: MCRC, Sulfur recovery unit, Technological process, Technical reform.

Chen Yunqiang, engineer, graduated in petroleum processing from Huadong Chemistry Engineering Institute in 1989; he is engaged in the technology design of natural gas purification, Claus sulfur recovery and light hydrocarbon recovery units. Add: (610017) No. 28, Xiaoguanmiao Houjie, Chengdu, Sichuan. Tel: (028)6747700.

Zheng Xin (*Survey and Design Institute of Changqing Petroleum Exploration Bureau*), **Wang Junqi**; **THE EVALUATING CALCULATING FORMULA OF NATURAL GAS COMPRESSIBILITY BY EFFECTIVENESS MEASUREMENT GREY ANALYSIS**, NGI 16(6), 1996: 68~71

ABSTRACT: Through introducing situation decision effectiveness measurement of grey sytem theory into grey association analysis, a new method of evaluating the formula of directly calculating natural gas compressibility is proposed out. The accuracies between the results calculated by the each formula and measured values are orderd. It is proved by the application in the central gas field of Shanganning Basin that Papay method is a more suitable and more accurate formula. Because of considering the development situations among data, effectiveness measurement grey analysis is rationer than error analysis, and it is of the advantages of easy understanding, easy calculation, saving time etc.

SUBJECT HEADING: Fuzzy mathematics, Analysis, Natural gas, Calculation method, Application.

Zheng Xin: assistant engineer, graduated in storage and transport from Southwest Petroleum Institute in 1994; now he is engaged in design of oil-gas field surface engineering. Add: (745100) Qingyang, Gansu. Tel: (029)3592760.

Liu Shi (*Chuanzhong Petroleum Exploration and Develepment Company of Sichuan Petroleum Administration*), **He Bing**; **EVALUATING THE INFLUENCE OF MOXI GAS FIELD DEVELOPMENT ON REGIONAL WATER ENVIRONMENT**, NGI 16(6), 1996: 71~75

ABSTRACT: Moxi gas field is the biggest overall one in China. Close attentions should be paid to the envi-