

深井套管阴极保护的计算与分析

赵 健¹, 常守文¹, 张莉华¹, 孙 魁², 赵应龙²

1. 中国科学院金属研究所, 金属腐蚀与防护国家重点实验室, 沈阳 110016;

2. 江汉油田设计研究院, 钱江 433123

摘要:对江汉油田 3000 多米深的王 59 井套管的阴极保护电位的分布进行了计算, 计算结果与实测结果的相对误差均小于 8%。尽管如此, 在阴极保护电流从 5 A 增大到 20 A 的情况下, 仍然无法使该井套管的保护电位完全达到最小保护电位的标准。

关键词:深井; 套管; 阴极保护; 计算

中图分类号: TG174.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6495(2003)05-0282-03

CALCULATION AND ANALYSIS OF CATHODIC PROTECTION FOR DEEP WELL CASINGS

ZHAO Jian¹, CHANG Shou-wen¹, ZHANG Li-hua¹, SUN Kui², ZHAO Ying-long²

1. State Key Laboratory for Corrosion and Protection, Institute of Metal Research,

Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

2. Jianhan Oilfield Design and Research Institute, Qianjiang 433123, China

ABSTRACT: With the development of oil and gas fields in Western China, both the number and the depth of oil and gas wells increase very rapidly. To understand the performance of cathodic protection of a deep well, a cathodic protection system was applied to a Well W59 in the Jiangnan Oilfield, which has a depth of over 3000 meters. The cathodic potential distribution induced by the impressed current was calculated for the well and compared with the downhole measured potentials. It follows that the differences between the calculated and measured potentials was less than 8%. However, the well casings were not cathodically protected completely though the cathodic currents were changed from 5A to 20A.

KEY WORDS: deep well; casing; cathodic protection; calculation

随着开采时间的增长, 东部油田的储量和开采效率日渐降低, 而西部油田因大储量石油的探明必将大力发展; 另一方面, 西部地区的天然气资源占我国陆上天然气总资源量的四分之三, 也将成为国民经济发展的新的增长点。所以, 我国石油天然气工业发展的重心已逐渐从东部转移到西部, 相应地用于油、气井套管的深度都在不断地增加。特别是随着西部大开发中“西气东输”项目的建设, 对于油、气井套管的使用寿命提出了更高的要求。众所周知, 作为石油、天然气开采的重要设备, 油、气井投资都很大, 东部油田每口井的造价通常为数百万元, 西部油田每

口井通常为二千万元左右。一旦套管发生严重腐蚀就有可能象东部油田一样随时间呈指数增长, 那么若干年后不得不打更新井, 那时所要付出的代价将非常大。正因如此, 西部一些油田已经开始采取措施, 对油、气井套管实施阴极保护争取把腐蚀问题有效地加以控制。另一方面, 由于东部油田已经进行了套管阴极保护评价方面的研究, 西部油田将不会在对油、气井套管实施阴极保护之后才发现对井下保护状况不清楚, 再去寻找套管阴极保护原位评价方法和改善阴极保护效果, 也不会因此造成不必要的重复和浪费。

为此, 本文利用已建立的阴极保护电位分布公式计算方法^[1,2], 对江汉油田王 59 井套管的井下阴极保护电位分布进行了计算, 同时探讨了用阴极保护技术对深井套管实施完全保护的可能性。

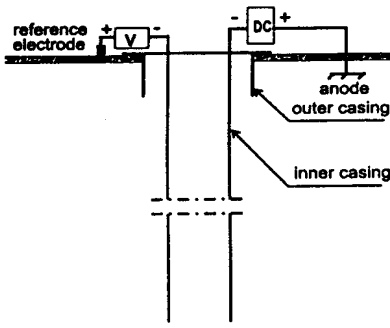


Fig. 1 CP system of well W59

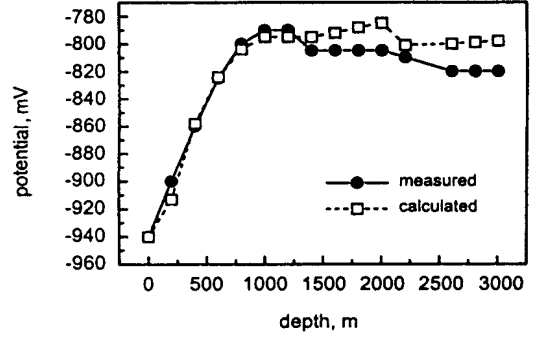


Fig. 2 Distribution of cathodic potential under impressed current of 5 A

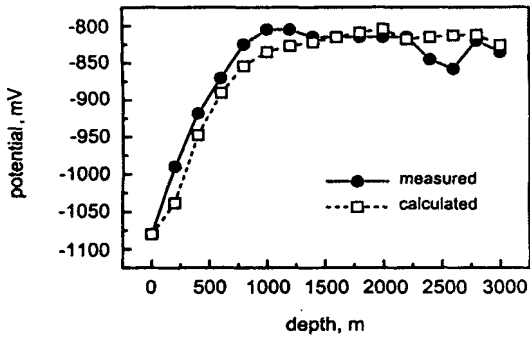


Fig. 3 Distribution of cathodic potential under impressed current of 8 A

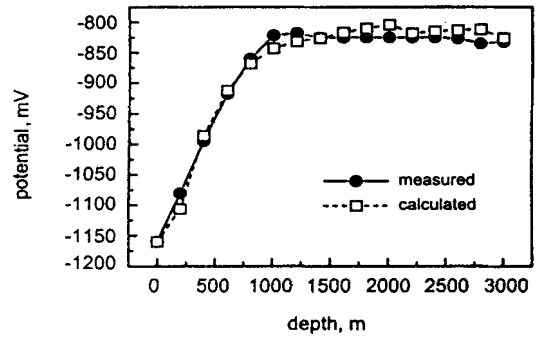


Fig. 4 Distribution of cathodic potential under impressed current of 11 A

Table 1 Casing/ Soil Potentials (- V) of Well W59 with Different Impressed Current

depth, m	0A	5A	8A	11A	15A	20A
0	0.730	0.940	1.080	1.160	1.375	1.390
200	0.726	0.900	0.990	1.080	1.210	1.275
400	0.730	0.860	0.918	0.995	1.075	1.113
600	0.732	0.825	0.870	0.918	0.980	—
800	0.735	0.800	0.825	0.860	0.895	0.915
1000	0.742	0.790	0.805	0.822	0.845	0.850
1200	0.752	0.790	0.805	0.818	0.838	0.815
1400	0.760	0.805	0.815	0.825	0.840	0.820
1600	0.762	0.805	0.815	0.825	0.840	0.820
1800	0.762	0.805	0.815	0.825	0.838	0.820
2000	0.762	0.805	0.815	0.825	0.845	0.865
2200	0.780	0.810	0.815	0.825	0.865	0.820
2400	0.780	—	0.845	0.825	0.842	0.840
2600	0.690	0.820	0.858	0.827	0.845	0.875
2800	0.780	0.820	0.820	0.835	0.850	0.830
3000	0.795	0.820	0.835	0.832	0.855	0.830

1 深井套管的阴极保护与计算

1.1 试验井概况^[3]

试验井选择的是江汉油田王 59 井,该井由表层套管和生产套管组成.该井表层套管长 155.69 米,外径为 324.0 毫米,壁厚 10.0 毫米,钢材牌号为 D 型,单位长重量为每米 79.94 公斤;内层套管为 N80 钢,总长为 3473.33 米,包括外径为 139.7 毫米、壁厚分别为 7.72 毫米和 9.17 毫米的两种套管,相应套管的单位长重量分别为每米 25.30 公斤和每米 29.76 公斤.套管外的水泥返高至 2688.23 米.王 59 井的阴极保护系统见图 1.

1.2 阴极保护电位测量^[3]

阴极保护电位测量时,将硫酸铜参比电极设在套管的背离阳极一侧,以减少阳极地床电位的影响;它与套管的距离应视土壤 IR 降而定.首先应测得土壤 IR 降曲线,然后将参比电极设在 IR 降曲线平缓区的位置上,即距油井井口 100 米处.利用一专用

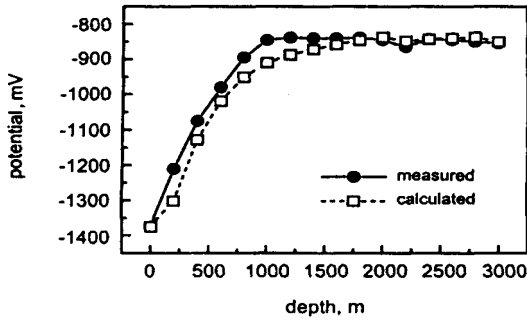


Fig. 5 Distribution of cathodic potential under impressed current of 15 A

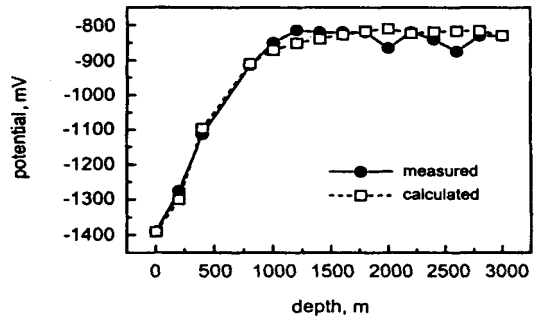


Fig. 6 Distribution of cathodic potential under impressed current of 20 A

接触器在套管内与所需测点内壁紧密连接,然后测量套管各点对参比电极的电位,测试数据见表 1.

1.3 阴极保护电位计算

王 59 井的内外层套管的总长度分别为 3473.33 米和 155.69 米,依近似公式,计算出内外层套管的平均单位长电阻分别为 $69.63 \times 10^{-6} / \text{m}$ 和 $24.45 \times 10^{-6} / \text{m}$.在现场实验的基础上,考虑到套管上各点自然腐蚀电位随深度的变化,用以下公式^[1,2]对王 59 井的阴极保护电位进行了计算.

$$E_P(X) = E_C(X) + E(0) \cdot \text{EXP}\{-1000 X s_1 I_1 \cdot (0) / E(0)\} \quad (0 \leq X \leq 155.69\text{m}) \quad (1)$$

$$E_P(X) = E_C(X) + E(L_2) \cdot \text{EXP}\{-1582(X - L_2) s_2 [I_A \cdot (L_2) / E(L_2)] \text{EXP}\{-(X - L_2) / (L_1 - L_2)\}\} \quad (155.69\text{m} \leq X \leq 3473.33\text{m}) \quad (2)$$

用(1)、(2)两式对不同电流下王 59 井套管阴极保护的计算结果见表 2;同时,在图 2、图 3、图 4、图 5 和图 6 中,分别将 5A、8A、11A、15A、20A 的阴极保护电流下的计算电位与井下实测电位进行了比较.

2 结果与讨论

油、气井按照深度可分为常规井、深井和超深井^[4].一般当油井的深度超过 3000 米,就可算作是深井.上面利用公式计算方法计算了东部江汉油田一口深井套管的阴极保护电位,从表 2 列出的计算结果来看,在外加阴极保护电流为 5 A、11 A 的情况下,计算出的阴极保护电位与井下实测值的相对误差均小于 5%;而当施加的保护电流为 8 A、15 A 和 20 A 时,只有个别点的计算结果与测量结果的相对误差大于 5%,但最大偏差均小于 8%.另一方面,由图 2~图 6 可以更直观地看到,在不同的保护电流

下,用公式计算法得到的结果与实测电位相当接近.

尽管所建立的这种公式计算方法具有较高的准确性,但是对于 3473 米深的王 59 井来说,从表 2 列出的计算电位和实测电位不难看出,套管上大多数点的电位都要比最小阴极保护电位标准 - 0.85 V (Cu/CuSO₄) 更正,即处于欠保护状态.另一方面,再分析一下保护电流为 8 A、11 A 和 20 A 的情况,在接近套管末端的 3000 米深处的计算电位和保护电位几乎没有什么变化,说明通过提高外加保护电流并不能达到改善深井套管阴极保护效果的目的.

3 结论

1. 利用已建立的公式计算方法对江汉油田深井套管的阴极保护电位进行了计算,所得结果与实测结果的偏差均在 8% 以内,证明了这种油井套管阴极保护电位公式计算方法的可行性,能够为判断套管的阴极保护效果或保护深度提供比较可靠的信息.

2. 从王 59 井套管的计算电位和实测电位来看,阴极保护技术不能使该井套管达到完全的阴极保护.

参考文献:

[1] 赵健,张莉华,赵泉,等.油井套管井下阴极保护电位计算方法研究[J].中国腐蚀与防护学报,2001,21(6):363.
 [2] 赵健,常守文,张莉华,等.套管阴极保护的一种新计算方法及其应用[J].腐蚀科学与防护技术,2001,13(6):321.
 [3] 赵应龙.关于油井套管保护状况测量方法的探讨[J].油田地面工程,1986,5(3):22.
 [4] 王仲茂,卢万恒,胡江明.油田油水井套管损坏的机理及防治[M].北京:石油工业出版社,1994.134.