

已建站场增加区域阴极保护系统实践

蔡德强¹ 何桥松¹ 刘念² 胡绍磊³ 冯治宇¹ 陈彬源⁴

1. 中国石油西南油气田公司蜀南气矿, 四川 泸州 646000;
2. 中国石油西南油气田公司, 四川 成都 610041;
3. 中国石油天然气股份有限公司西南管道昆明输油气分公司, 云南 昆明 650217;
4. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041

摘要:区域阴极保护系统是保障站内埋地管道、设备安全运行的重要措施。通过岳106井站增加区域阴极保护系统对站内埋地管道进行保护的实践,分析得出阳极地床形式的选择和位置的布置对于区域阴极保护系统的正常运行具有十分重要的意义。对于已建站场,如选择深井阳极地床则可大大减少现场施工工程量,同时也能发挥非常好的保护效果;区域阴极保护系统通电点的设置一定要考虑阴极保护电流的均匀分布情况,防止出现电流屏蔽现象,才能使站内所有埋地管道得到保护;区域阴极保护系统用设备可采用阴极保护成套撬装设备,撬装设备既能保证施工质量,减少现场施工工程量,同时也方便区域阴极保护系统今后的日常维护管理。

关键词:区域阴极保护;深井阳极;阴极保护成套撬装设备;通电点

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.04.016

Practice of Adding Regional Cathodic Protection System in Established Station

Cai Deqiang¹, He Qiaosong¹, Liu Nian², Hu Shaolei³, Feng Zhiyu¹, Chen Binyuan⁴

1. Shunan Gas Production Plant, PetroChina Southwest Oil & Gas Field Company, Luzhou, Sichuan, 646000, China;
2. PetroChina Southwest Oil & Gas Field Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China;
3. PetroChina Southwest Pipeline Kunming Oil and Gas Transfer Branch, Kunming, Yunnan, 650217, China;
4. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract: Regional cathodic protection system is an important measure to ensure the safe operation of buried pipelines and equipment in the station. By increasing regional cathodic protection system for protection of buried pipeline in ANYUE 106 well station, it is concluded that the form and position of the anode ground bed is of great significance for the normal operation of the regional cathodic protection system, and for established station, the deep well anode ground bed can greatly reduce the workload at site, also can provide a very good protection effect. The setting of the drain point of the regional cathodic protection system must consider the uniform distribution of the cathodic protection current, and prevent the occurrence of current shielding, so as to protect all buried pipelines in the station. The prefabricated equipment of cathodic protection can be used for the regional cathodic protection system, which can not

收稿日期:2019-02-27

基金项目:中国石油天然气集团公司“高压直流电区域管道风险防控技术研究”(KY 2016-06)

作者简介:蔡德强(1987-),男,四川泸州人,工程师,学士,主要从事管道管理工作。

only ensure the construction quality and reduce the workload at site, but also facilitate the daily maintenance and management of the regional cathodic protection system in the future.

Keywords: Regional cathodic protection; Deep well anode; Cathodic protection prefabricated equipment; Drain point

0 前言

岳 106 井集气站位于资阳市安岳县石桥铺镇洪坝村 2 组,于 2011 年 4 月建站,场站设计压力为 6.4 MPa,设计集输规模为 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,目前主要集输岳 106 井、岳 101-53-X2 井、岳 101-H1 井、岳 101-5 井组、岳 137 井、岳 151 井、岳 142 井、岳 101-53-H3 井等气井天然气,是资阳市境内重要的集气站之一^[1]。岳 106 井集气站站内主要埋地构筑物为埋地管道和接地极,埋地管道主要有 $\Phi 114.3$ 埋地管道(材质 L 245,长度 186 m)、 $\Phi 88.9$ 埋地管道(材质 L 245,长度 78 m)、 $\Phi 60.3$ 埋地管道(材质 L 245,长度 126 m)等,其中 $\Phi 114.3$ 埋地管道采用 3 PE 加强级防腐, $\Phi 88.9$ 埋地管道和 $\Phi 60.3$ 埋地管道均采用聚乙烯胶粘带特加强级防腐。站内埋地接地极为镀锌扁钢,规格多为 25 mm×3 mm。

区域阴极保护系统是保障站内埋地管道、设备安全运行的重要措施。岳 106 井站在投产初期,未对站内埋地管道实施区域阴极保护,岳 106 井站管道埋深(平均 2 m)处的土壤电阻率在 12~18 $\Omega \cdot \text{m}$ 之间,土壤腐蚀性等级为强,根据 GB/T 35508-2017《场站内区域阴极保护》的规定(土壤的腐蚀性评价为强腐蚀等级时,已建场站内的埋地管道、设备及储罐应限期补加阴极保护措施,并在运行期间始终保持)^[2]决定在岳 106 井站内增加一套区域阴极保护系统对岳 106 井站内埋地管道进行保护,以保障岳 106 井站埋地管道的安全运行,该套区域阴极保护系统主要由阳极地床、通电点、阴极保护设备等构成。

1 阳极地床

1.1 阳极地床形式介绍

区域阴极保护系统常用的阳极地床形式有近阳极地床和远阳极地床两种形式,当被保护管道处于阳极地床的阳极电场范围内时,该类阳极地床为近阳极地床;被保护管道处于阳极地床的阳极电场范围外时,该类阳极地床为远阳极地床。近阳极地床保护的埋地管道范围较小,而远阳极地床保护的埋地管道范围较大^[3]。

近阳极地床常见的有沿管道同沟敷设的线性阳极^[4],高硅铸铁阳极等形式,远阳极地床常见的有深井阳极地床等形式。对于新建油气场站,近阳极地床应用较为普遍,因为在管道埋设施工时,可在管道附近根据设计要求埋设线性阳极或其他阳极材料,施工安装较为

方便,施工质量容易控制,保护效果也较好^[5]。

岳 106 井站为已建站场,站场处于运行生产状态,如采用近阳极地床形式,则必须将站内所有埋地管道开挖出来,然后在管道附近敷设阳极材料,但经现场调查发现,岳 106 井站内有很多设备基墩,工艺装置区内管道设备密集,同时各种埋地管道交错分布,异常复杂,因此如果岳 106 井站采用近阳极地床形式对埋地管道进行保护,开挖过程中存在很大的安全隐患,同时埋地管道被开挖出来以后处于露空状态进行生产运行,管道的受力状态可能发生变化,也存在很大的安全风险,不利于区域阴极保护系统的施工。所以岳 106 井站区域阴极保护系统不适宜采用近阳极地床形式,最后确定采用远阳极地床形式的深井阳极作为岳 106 井站区域阴极保护系统的阳极地床^[6]。

1.2 阳极地床的现场实施

1.2.1 阳极地床的数量

采用深井阳极地床对站内埋地管道实施阴极保护时,部分埋地管道容易受到屏蔽,影响保护效果^[6],为防止此类现象的发生,岳 106 井站区域阴极保护系统在实施时,首先确定应尽量在站内多布置几口深井阳极,增加电流的分散性,尽量保证埋地管道四周均有深井阳极地床,防止屏蔽现象的发生^[7]。

在岳 106 井站区域阴极保护系统实施时,根据岳 106 井站站内设施布置图和现场勘测,确认了站内埋地管道的位置、埋地管道的管径、长度以及站内接地设施的材质、数量和位置,同时对站内拟选阳极地床的位置依据 GB/T 21246-2016《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》规定的方法进行了深层土壤电阻率测试,测试深度 30 m 和 60 m,详细测试结果见表 1。

表 1 岳 106 井站深层土壤电阻率测试数据统计

测试点编号	测试深度 /m	土壤电阻率 /(Ω·m)
1#阳极地床	30	32.5
1#阳极地床	60	26.2
2#阳极地床	30	33.8
2#阳极地床	60	25.5
3#阳极地床	30	32.0
3#阳极地床	60	25.2
4#阳极地床	30	33.3
4#阳极地床	60	26.0

根据 GB/T 35508-2017《场站内区域性阴极保护》的规定需对区域阴极保护系统的电流需求量进行计算^[8],再

根据区域阴极保护系统电流需求计算结果和岳106井站的土壤电阻率计算结果确定岳106井站区域阴极保护系统的阳极体需求数量,最后根据阳极体需求数量确定阳极地床的数量。经计算确定岳106井站区域阴极保护系统的深井阳极地床数量为4座,这样一方面能保证阳极地床的接地电阻满足要求,另一方面又保证站内所有埋地设施不易受到屏蔽影响^[9],都能得到足够的阴极保护电流,保证区域阴极保护的有效性。同时使每座阳极地床的输出电流最小,减小对站外埋地管道的阳极干扰影响^[10]。

1.2.2 阳极地床的位置

作为区域阴极保护系统的深井阳极地床距离外部管线较近且输出电流较大时,易对站外埋地管道形成阳极干扰^[11],在实施过程中应采取措施在保证站场区域阴极保护系统有效性的同时减少深井阳极地床对站外埋地管道的阳极干扰影响。当深井阳极与站外埋地管道距离大于50 m,且输出电流较小时,可忽略其对站外埋地管道的阳极干扰影响^[12]。因此深井阳极地床的位置选择非常重要,在岳106井站区域阴极保护系统进行阳极地床的位置选择时,首先采用PCM探管仪对站外埋地线路管道的位置进行标识,了解可能受到影响的站外埋地管道,在下一步选择深井阳极地床位置时,保证阳极地床的位置远离站外埋地管道,同时根据岳106井站站场内设施布置图和现场勘测。确认站内埋地管道、电缆、光缆、接地体等埋地设施的位置,保证选择的深井阳极位置均避开上述埋地设施或构筑物,防止深井阳极钻井施工时损坏上述埋地设施,影响站场的生产运行。为防止竣工图纸与现场情况不一致的情况发生,在岳106井站深井阳极施工时,首先采用PCM进行探测,然后采用人工钻探的方式,钻探至地下10 m深,保证地下没有任何埋地管道、电缆、光缆后再采用机械钻机进行深井阳极钻井施工^[13]。在最后确认深井阳极位置前还应根据深井阳极地床的深度、站场位置的土壤电阻率计算阳极地床的接地电阻,确认深井阳极地床接地电阻符合要求,同时保证所选位置处安装的深井阳极输出的电流能对站内所有埋地管道进行保护,而又不会对站外埋地管道形成阳极干扰。最后确定的岳106井站阳极地床位置见图1。

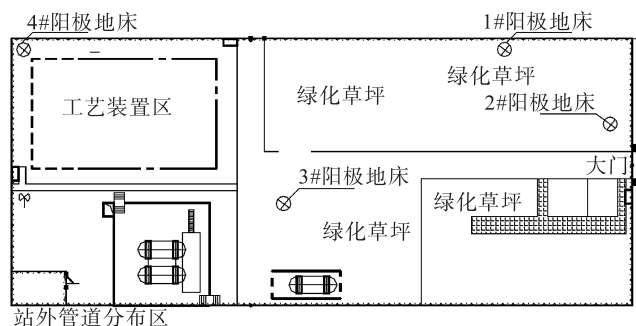


图1 阳极地床布置图

2 通电点的布置

通电点是区域阴极保护系统的重要组成部分,通电点通常由长效硫酸铜参比电极、通电电缆与管道的连接等构成^[14]。通电点的位置设置不当,将会影响区域阴极保护系统的保护效果,所以通电点的位置选择非常重要。

通电点在进行位置选择时,首先应考虑该通电点的保护范围,并确定保护范围内管道与对应的阳极地床之间的电流通道不会被屏蔽,保证阴极保护电流能均匀分布在被保护的埋地管道上;其次还要考虑通电点位置与附近接地体的距离,两者距离越远越好;最后还应考虑通电点附近埋设的长效硫酸铜参比电极容不容易失效^[15],是否方便日常管理和更换等。根据岳106井站站场内埋地管道设施布置情况,结合阳极地床设置位置,最后确定岳106井站区域阴极保护系统设置通电点4个,保证站内埋地管道都能得到充足的阴极保护电流,同时在通电点附近安装长效硫酸铜参比电极的正上方设置检查井,方便日常运行维护管理过程中测试埋设的长效硫酸铜参比电极是否失效,一旦失效,也方便更换。

3 阴极保护设备选择

站场区域阴极保护设备通常包括阴极保护电源设备、测试箱、接线箱等。岳106井站为改造站场,受站内建筑物空间限制,上述设备只能放置在室外,所以上述设备都选用室外型设备,防护等级必须达到IP 55以上^[16]。为防止阴极保护电源设备、各测试箱和接线箱在站场内零星分布影响站场美观,应集中布置,方便区域阴极保护系统的日常管理和维护,同时由于阴极保护电源设备、测试箱、接线箱三者之间电缆接线复杂,为减少阴极保护设施之间电缆沟开挖工程量,保证电缆连接质量,可采用阴极保护成套橇装设备^[14],该设备在工厂制造并完成所有设备之间的接线工作,既能保证施工接线质量,又能大大减少现场施工工程量,其外观也更加整洁、美观,日常管理维护更简单,同时还具有运输方便,可重复使用的特点,因此针对站场区域阴极保护系统,采用阴极保护成套橇装设备对区域阴极保护系统的日常正常运行和维护管理具有十分重要的意义^[17]。

阴极保护电源设备是区域阴极保护系统中最关键的一个设备,因此其选择十分重要。阴极保护电源设备通常有恒电位仪型和整流器型两种。恒电位仪设备通常能通过自动调节自身的输出电流大小,来保证被保护埋地管道设备始终处于保护电位范围内($-0.85 \sim -1.2$ V,相对于Cu/CuSO₄参比电极)^[18],因此通常选用恒电位仪作为区域阴极保护系统的电源设备。为方便调节每个通电点的保护电位,保证埋地管道处于保护范围

内,阴极保护电源设备应具备对每个通电点进行单独调节的能力,因此阴极保护电源设备应选择具有多路输出功能且每路独立可调的阴极保护电源设备。岳106井站由于设置有4个通电点,因此选择了具有5路输出(其中一路为备用)且每路输出均可独立调节的恒电位仪作为阴极保护电源设备^[19]。

4 投运与测试

岳106井站区域阴极保护系统建成后,选取了站内远离通电点和可能存在电流屏蔽的部位进行了电位测试,经测试各部位的管地电位均处于 $-0.85 \sim -1.2$ V(相对于Cu/CuSO₄参比电极)^[20],完全符合GB/T 35508-2017《场站内区域阴极保护》相关规定,测试数据见表2。

表2 岳106井站区域阴极保护系统管道电位测试数据统计

测试点编号	测试数值/V	测试点位置
1#	-1.036	工艺装置区边缘
2#	-1.015	工艺装置区边缘
3#	-0.925	工艺装置区边缘
4#	-0.955	工艺装置区中心
5#	-1.011	工艺装置区中心
6#	-1.043	工艺装置区中心

5 结论

已建站场增加区域阴极保护系统时,阳极地床的选择非常重要,选择深井阳极地床方式,并确定好正确的位置,首先能大大减少现场开挖工程量,也能避免对站外埋地构筑物干扰,同时还能发挥非常好的效果。区域阴极保护系统中通电点的设置,一定要根据站内埋地管道的分布情况进行选择,保证电流能均匀分布在埋地管道上,同时防止屏蔽现象的发生。通电点附近安装的长效硫酸铜参比电极的正上方可设置检查井,方便检查参比电极是否失效,参比电极一旦失效,也方便更换。对于站场区域阴极保护系统用设备可选用阴极保护成套橇装设备,该设备将阴极保护电源设备、各类测试箱和接线箱集成在橇座上,具有美观大方、可重复使用、运输方便的特点,选用橇装设备既能保证施工质量,减少现场施工工程量,又方便区域阴极保护系统今后的日常维护管理。

参考文献:

- [1] 胡士信. 管道阴极保护技术现状与展望[J]. 腐蚀与防护, 2004, 25(3): 93-101.
Hu Shixin. Present Status and Prospect of Cathodic Protection for Pipeline [J]. Corrosion & Protection, 2004, 25(3): 93-101.
- [2] 全国防腐蚀标准化技术委员会. 场站内区域性阴极保护: GB/T 35508-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
SAC/TC 381. Regional Cathodic Protection Within Station: GB/T 35508-2017[S]. Beijing: China Standards Press, 2018.
- [3] 马伟平, 张国忠, 梁昌华, 等. 储罐底板阴极保护电位分布规律探讨[J]. 天然气与石油, 2004, 22(4): 18-21.
Ma Weiping, Zhang Guozhong, Liang Changhua, et al. Discussion on Potential Distribution Law of Cathodic Protection on Tank Bottom Plate [J]. Natural Gas and Oil, 2004, 22(4): 18-21.
- [4] 王卫金, 李凤全, 郭岫岩, 等. 丛式井区域性阴极保护试验与研究[J]. 天然气与石油, 2004, 22(1): 31-33.
Wang Weijin, Li Fengquan, Guo Xiuyan, et al. Test and Study on Regional Cathodic Protection in Cluster Well [J]. Natural Gas and Oil, 2004, 22(1): 31-33.
- [5] 钟富荣. 阴极保护系统的漏电故障及预防措施[J]. 天然气工业, 1984, 4(2): 63-69.
Zhong Furong. Electric Leakage Trouble of Cathodic Protection System and Its Provision [J]. Natural Gas Industry, 1984, 4(2): 63-69.
- [6] 郭超, 王璠, 俞龙, 等. 储罐底板下表面阴极保护系统设计的常见问题[J]. 油气储运, 2012, 31(11): 833-836.
Guo Chao, Wang Fan, Yu Long, et al. Common Problems with Cathodic Protection System Design for the Lower Plate Surface of Tank Bottom [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 2012, 31(11): 833-836.
- [7] 李军龙, 徐星, 巩毅超, 等. 长输油气站场阴极保护[J]. 天然气与石油, 2016, 34(3): 79-82.
Li Junlong, Xu Xing, Gong Yichao, et al. Cathodic Protection for Long Distance Oil & Gas Station [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34(3): 79-82.
- [8] 刘海禄, 张国虎, 马含悦, 等. 天然气处理厂阴极保护投运问题分析[J]. 天然气与石油, 2014, 32(3): 53-55.
Liu Hailu, Zhang Guohu, Ma Hanyue, et al. Analysis on Problems Occurring During of Cathodic Protection System Commissioning in Natural Gas Treatment Plant [J]. Natural Gas and Oil, 2014, 32(3): 53-55.
- [9] 和宏伟, 门程, 白冬军, 等. 智能阴极保护采集监控系统的应用与发展[J]. 天然气与石油, 2014, 32(5): 80-83.
He Hongwei, Men Cheng, Bai Dongjun, et al. Application and Development of Intelligent Cathodic Protection Remote Acquisition Monitoring System [J]. Natural Gas and Oil, 2014, 32(5): 80-83.
- [10] 董龙伟, 董斌. 储罐底板在阴极保护中阳极类型的选择[J]. 天然气与石油, 2017, 35(2): 96-100.
Dong Longwei, Dong Bin. Selection of Anode Type for the Cathodic Protection of Tank Bottom [J]. Natural Gas and Oil, 2017, 35(2): 96-100.

- [11] 李海坤, 谢涛, 王颖, 等. 区域阴极保护实践与分析[J]. 天然气与石油, 2013, 31(2): 73-75.
Li Haikun, Xie Tao, Wang Ying, et al. Practice and Analysis of Regional Cathodic Protection [J]. Natural Gas and Oil, 2013, 31(2): 73-75.
- [12] 陈波, 李果, 林涛, 等. 提高站场区域阴极保护效果实践与认知[J]. 天然气与石油, 2018, 36(3): 87-91.
Chen Bo, Li Guo, Lin Tao, et al. Practice and Cognition of Improving Regional Cathodic Protection Effective in Oil & Gas Station [J]. Natural Gas and Oil, 2018, 36(3): 87-91.
- [13] 吴玲, 兰翔, 刘军. 长输管道阴极保护电位的自动检测技术研究[J]. 天然气与石油, 2005, 23(5): 17-19.
Wu Ling, Lan Xiang, Liu Jun. Research on Automatic Testing Technology for Cathodic Protection Potential in Long Distance Pipeline [J]. Natural Gas and Oil, 2005, 23(5): 17-19.
- [14] 董龙伟, 廖柯熹. 相邻储罐底板阴极保护电位的分布[J]. 材料保护, 2016, 49(3): 64-67.
Dong longwei, Liao Kexi. Cathodic Protection Potential Distribution of Adjacent Tank Bottom [J]. Journal Materials Protection, 2016, 49(3): 64-67.
- [15] 夏定健. 外加电流阴极保护辅助阳极[J]. 全面腐蚀控制, 2005, 19(2): 38-41.
Xia Dingjian. Impressed Current Cathodic Protection Anodes [J]. Total Corrosion Control, 2005, 19(2): 38-40.
- [16] 杜艳霞, 张国忠, 刘刚, 等. 储罐底板外侧阴极保护电位分布的数值模拟[J]. 金属学报, 2007, 43(3): 297-302.
Du Yanxia, Zhang Guozhong, Liu Gang, et al. Simulation of Cathodic Protection Potential Distribution on the Exterior of Storage Tank Bottom [J]. Acta Metallurgica Sinica, 2007, 43(3): 297-302.
- [17] 付晓芬. 大型航煤储罐罐底板阴极保护及MMO柔性阳极的应用[J]. 机场建设, 2011, 20(3): 33-38.
Fu Xiaofen. Application of Cathodic Protection and MMO Flexible Anode of Large Aviation Coal Storage Tank Bottom [J]. Airport Construction, 2011, 20(3): 33-38.
- [18] 胡学文, 吴丽蓉, 许崇武, 等. 外加电流阴极保护用辅助阳极的研究现状及发展趋势[J]. 腐蚀与防护, 2000, 21(12): 546-549.
Hu Xuewen, Wu Lirong, Xu Chongwu, et al. Situation & Development Tendency of Research on Anodes for Applied-Current Cathodic Protection [J]. Corrosion & Protection, 2000, 21(12): 546-549.
- [19] 范亚卓, 鞠鹤, 蔡天晓, 等. 柔性阳极在大型储油罐底上的应用[J]. 石油化工腐蚀与控制, 2010, 27(4): 44-46.
Fan Yazhuo, Ju He, Cai Tianxiao, et al. Application of Anodeflex in Large Oil Tank Bottom [J]. Corrosion & Protection in Petrochemical Industry, 2010, 27(4): 44-46.
- [20] 崔淦, 李自力, 卫续, 等. 基于边界元法的站场区域阴极保护设计[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2014, 38(6): 161-166.
Cui Gan, Li Zili, Wei Xu, et al. Cathodic Protection Design of Station Area Based on Boundary Element Method [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2014, 38(6): 161-166.

(上接第77页)

- Zhang Jinqing, Sun Fujie, An Guirong. Study on Incremental Law of Water Cut and Decline Law in Water Drive Oilfield [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(6): 82-85.
- [16] 张金庆, 孙福街. 相渗曲线和水驱曲线与水驱储量的关系[J]. 新疆石油地质, 2010, 31(6): 629-631.
Zhang Jinqing, Sun Fujie. Quantitative Relationship Between Relative Permeability Curve, Water Drive Curve and Waterflood Reserve [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2010, 31(6): 629-631.
- [17] 马艳丽, 赵忠军, 张振红, 等. 低渗低黏度油藏相渗曲线计算方法——丁型水驱特征曲线法[J]. 油气藏评价与开发, 2012(6): 28-31.
Ma Yanli, Zhao Zhongjun, Zhang Zhenhong, et al. Relative Permeability Curve Computing Method in Low Permeability and Viscosity Reservoirs—Type IV Water Drive Characteristic Curve Method [J]. Reservoir Evaluation and Development, 2012(6): 28-31.
- [18] 雷霄, 查玉强, 姜平, 等. 一种改进的油水相渗实验末端效应校正方法[J]. 中国海上油气, 2016, 28(5): 49-53.
Lei Xiao, Zha Yuqiang, Jiang Ping, et al. An Improved Correction Method for End-Effect in Oil-Water Relative Permeability Experiment [J]. China Offshore Oil and Gas, 2016, 28(5): 49-53.
- [19] 陈丹磬. 基于常规孔渗定量预判束缚水饱和度合理值范围[J]. 断块油气田, 2016, 23(1): 77-80.
Chen Danqing. Reasonable Value Estimation of Irreducible Water Saturation by Porosity and Permeability Characteristics [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2016, 23(1): 77-80.
- [20] 李金宜, 陈丹磬, 朱文森, 等. 一种对残余油饱和度合理值范围的预判方法[J]. 断块油气田, 2016, 23(3): 386-389.
Li Jinyi, Chen Danqing, Zhu Wensen, et al. A Prejudge Way for Reasonable Value Range of Irreducible Oil Saturation [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2016, 23(3): 386-389.