

外加电流阴极保护中深井阳极的布置

尚兴彬¹, 孙丽², 李劲松¹, 席海宏³, 景龙详⁴

- (1. 中石油华东设计院有限公司, 山东 青岛 266071;
2. 中国石化管道储运有限公司华东管道设计研究院, 江苏 徐州 221008;
3. 中石化天然气榆济管道分公司, 济南 250002
4. 中石化石油工程设计有限公司 管道工程设计所, 山东 东营 257021)

摘要: 针对某输油管道工程, 为保障阴极保护效果的同时, 减少阴极保护对周边金属构筑物产生直流杂散电流的干扰。结合现有相关标准规范以及阴极保护干扰的产生机理, 对深井阳极的布置位置和阴极保护方案进行对比分析。由于该工程输油管道将分输库整体包围, 如库外长输管道全部采取外加电流的阴极保护形式, 无论阳极井如何布置, 阴极保护电流均有可能对分输库内储罐等金属构筑物产生杂散电流干扰, 此时阳极井的位置需从施工、维护、保护电流的发散以及投资等方面比选确定。为了实现外输管道得到有效保护, 且最大程度减小阴极保护电流对分输库内储罐等金属构筑物的干扰, 可采取对由分支点进出库区的成品油管道与干线绝缘, 并对该部分管道施加牺牲阳极保护的形式。

关键词: 阴极保护; 阳极井; 位置布置; 杂散电流; 干扰

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2018.08.006

中图分类号: TE88

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2018)08-0033-06

Layout of Deep Well Anode in Applied Current Cathodic Protection

SHANG Xing-bin¹, SUN Li², LI Jin-song¹, XI Hai-hong³, JING Long-xiang⁴

- (1. CNPC East China Design Institute Co., Ltd, Qingdao 266071, China;
2. Sinopec PSTC East China Pipeline Design & Research Institute, Xuzhou 221008, China;
3. Yulin to Jinan Gas Pipeline Subsidiary of SINOPEC, Jinan 250002, China;
4. Sinopec Petroleum Engineering Corporation, Dongying 257021, China)

ABSTRACT: In order to protect effect of cathodic protection and reduce interference of DC stray current to surrounding metal structures for a certain oil pipeline project, the existing relevant standards and specifications combined with the mechanism of cathodic protection were considered to compare and analyze layout of deep well anode and cathodic protection scheme. It is found that the whole oil depot was surrounded by pipelines of this project. As a result, if the applied current cathodic protection was adopted in the foreign pipeline of reservoir, no matter how the anode well was arranged, the cathodic protection current may interfere the metal structure such as the storage tank in the oil depot, and the position of the anode well should be determined from the aspects of construction, maintenance, divergence of protection current and investment. To protect the pipeline effectively and minimize the interference of cathodic protection current to metal structures such as storage tanks in the oil depot, the product oil pipeline between separation point and oil depot can be insulated and sacrificial anode protection might be applied to this part of pipeline.

KEY WORDS: cathodic protection; deep well anode; layout; stray current; interference

石油与天然气作为一种重要的化石燃料，在国内外广泛应用。我国油气生产主要集中在西北、东北以及西南地区，而华北、华东、华南地区却是油气的主要消费区，油气分布与消费的不均衡为长距离油气管道的建设利用提出了要求^[1-3]。阴极保护作为长距离油气埋地管道的重要组成部分^[4-5]，受到国内外的广泛关注^[6-7]。此关注主要集中在阴极保护的保护效果以及受干扰情况的研究，对于阴极保护系统对保护范围外金属结构的干扰（以下简称阴极保护系统干扰）却较少。国外对于阴极保护系统干扰的研究，始于 20 世纪 50，60 年代，而国内起步较晚，且主要集中于数值模拟技术和室内实验，结合现场实际测试的研究相对较少。其中张华民等通过模拟装置，针对油井套管，研究了 10 种典型的阳极排布中阴极保护体系间的相互干扰^[8]。王萌等通过边界元方法，采用 BEASY 软件分别模拟研究了土壤电导率、涂层破损率、阳极输出电流、阳极位置以及套管间距等因素对阴极保护系统干扰程度的影响^[9]。李丹丹等通过现场测试和数值模拟两种方式对交叉并行管道阴极保护干扰问题进行了对比分析^[10]。

1 工程简介

某工程管道采用多管同沟敷设方式埋设，管道分布情况如图 1 所示。

同沟敷设管道采用三层 PE 外防腐和联合阴极保护的形式进行腐蚀防控，同沟敷设管道间通过均压线进行保护电位的均衡。各阴极保护站及相应保护管道面积见表 1。

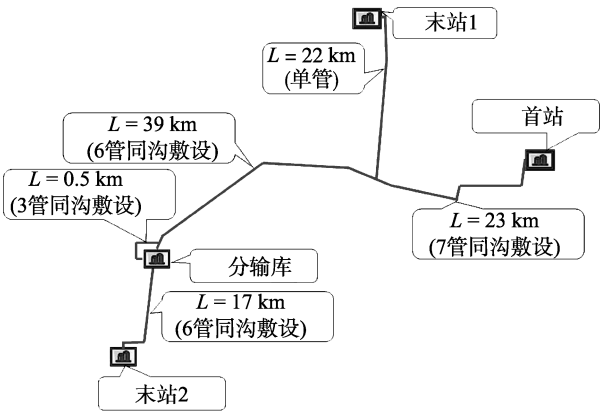


图 1 工程管道布置

阴极保护系统设置方案如图 2 所示。在分输库附近，由于管道布置较为复杂，且征地受阻，阳极井布置位置选取较为困难。如图 3 所示，成品油管道由库区西侧进出库区，原油管道由库区东侧进出库区，输油管道对库区形成包围。库区整体未施加区域阴极保护，而库区内原油储罐和成品油储罐罐底全部采用柔性阳极外加电流阴极保护。

表 1 阴极保护系统保护面积统计

阴极保护系统位置	管道数量	管径/mm	管道长度/km	保护面积/m ²	
首站+分输库（100 V，75 A）	3 （包括预留 1 条）	700	3.5（预留）	7 900	
			62	139 300	
			23	51 700	
				80 060	
	3	400	62	80 060	
				63 890	
			2	63 890	
	小计			566 860	
	分输库（80 V，60 A）	1	500	17	27 350
			400		21 950
3		400	21 950		
		400	21 950		
		300	17 520		
2		300	17 520		
		400	650		
3		400	0.5	650	
		400	650		
小计			130 190		
末站 1	1	700	22	49 420	

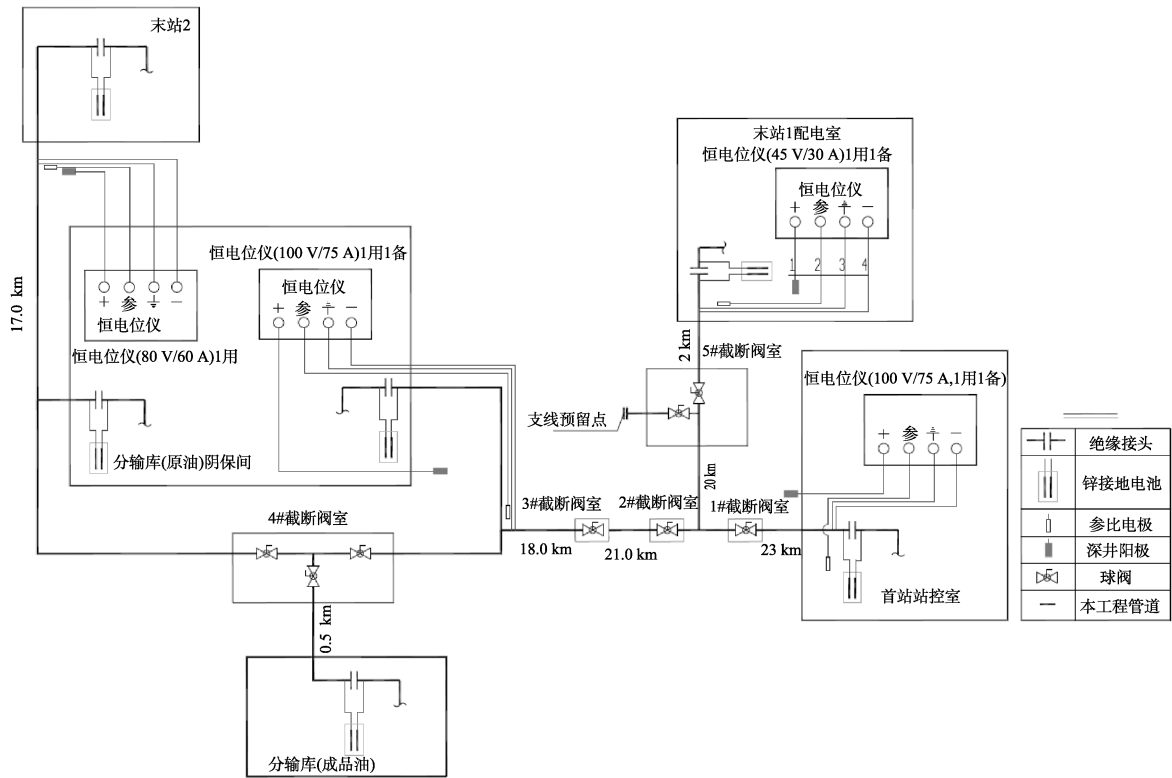


图 2 阴极保护系统设置方案

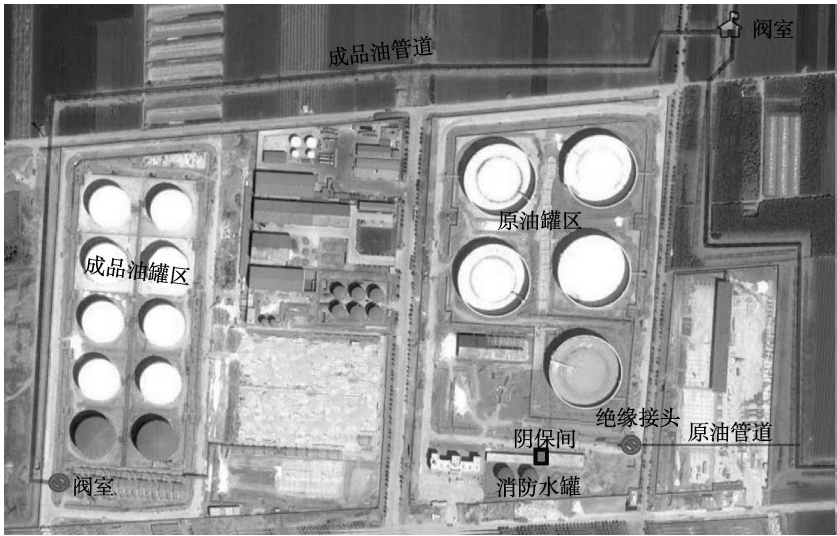


图 3 分输库周边进出管道分布

2 阳极井布置位置比选

2.1 相关规范解读

目前对于深井阳极布置，主要有 SY/T 0036—2000《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》（已作废）和 SY/T 0096—2013《强制电流深阳极地床技术规范》^[11-12]。

《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》对辅助阳极位置要求如下：地下水位较高或潮湿低洼

处；土壤电阻率 $50\ \Omega\cdot\text{m}$ 以下的地点；土层厚，无石块，便于施工处；对邻近的地下金属构筑物干扰小，阳极位置与被保护管道之间不宜有其他金属构筑物；阳极位置与管道的垂直距离不宜小于 $50\ \text{m}$ 。当采用柔性阳极时，对于裸管道阳极的最佳位置是距管道 10 倍管径处；对有良好的覆盖层的管道可同沟敷设，最近距离为 $0.3\ \text{m}$ 。

《强制电流深阳极地床技术规范》中规定以下区域宜选用深阳极地床：金属构筑物密集区域；因地形所限，难以埋设浅埋阳极地床区域；浅埋阳极地床可

能对临近金属构筑物产生干扰区域;地表土壤电阻率高的地区。此外,还规定深阳极地床不宜设置在低洼处、存在有害物质处、死水区、排水区域以及有地下空洞等地区。

结合现有规范要求,阳极井布置时,需定性分析阳极井破坏的可能性、施工的便捷性、保护电流的分散性,以及对周边金属所建构筑物的影响,但无定量要求。阳极井破坏的可能性、施工的便捷性,可通过定性分析大致判断,而保护电流的分散性以及周边金属所建构筑物的影响仅仅通过定性分析,很难保证阴极保护的施加效果。其中,《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》规定,阳极井与被保护管道间距不宜小于 50 m。该要求力求保护电流的分散良好,因此,该数据可作为参考来指导阳极井的位置设计。

施加阴极保护对周边金属所建构筑物的影响,尤其是阳极井位置的影响,暂无数据支持,国内外鲜有研究,且以模拟计算或室内试验为主,不具有切实有效的指导性^[13-16]。由此,该影响程度还需后期杂散电流检测判断。

2.2 阳极井位置比选

根据 SY/T 0036—2000,为降低对邻近的地下金属构筑物干扰,阳极位置与被保护管道之间不宜有其他金属构筑物。由于输油管道已经将分输库包围,无法实现该要求。阳极井设置中主要考虑尽可能增大阳极井与周边金属构筑物的间距。综合考虑库区已建管沟、油气管道情况,以及避免土地分割,阳极井布置方案如图 4 所示,各方案优缺点对比见表 2。

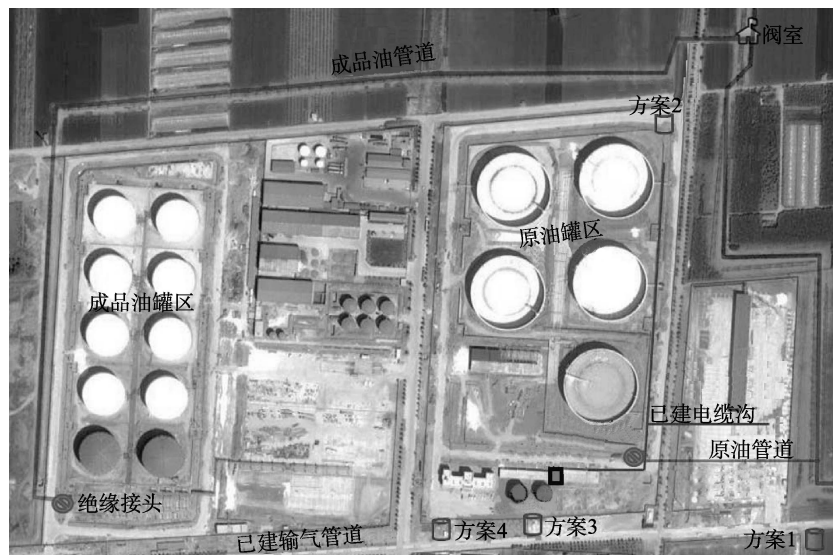


图 4 分输库阳极井布置

表 2 阳极井布置位置方案优缺点对比

方案	优点	缺点
调整方案 1	对分输库储罐影响可能性小	电缆布置长度长
调整方案 2	—	对分输库原油储罐影响可能性大; 电缆长度长。
调整方案 3	电缆布置长度短	对分输库消防水罐影响可能性最大; 附近有地下输气管道和高压输电线
调整方案 4	电缆布置长度短	对分输库消防水罐影响可能性较大; 附近有地下输气管道和高压输电线

经优缺点对比,选取方案 1。该方案阴极保护相关设备布置如图 5 所示,其中深井阳极排气管位置可根据实际征地情况调整位置,尽可能减少排气管长度。

2.3 影响以及排查

若该工程管道防腐层完好,阴极保护系统则几乎无保护电流流出,因此对周边金属构筑物无杂散电流干扰。由于施工过程中的破坏以及周边环境对防腐层的不断侵蚀,随着管道在役时间的增长,防腐层的绝缘性能不断降低。此时,恒电位仪向绝缘缺陷部分发送电子,而土壤中的阳离子则由阳极井流向管道受损位置,形成由阳极井向被保护位置的保护电流。大多数电流会沿着阳极井-管道-恒电位仪-阳极井的路径流动,但仍有少量的电流可能会发生路径偏移,形成杂散电流流入周边裸露金属,加速金属的腐蚀,如图 6 所示。为了获悉杂散电流的影响,需对可能被干扰金属构筑物进行杂散电流干扰测试,测试方法和排流防护方案遵循 SY/T 0017—2006《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》^[17-18]。

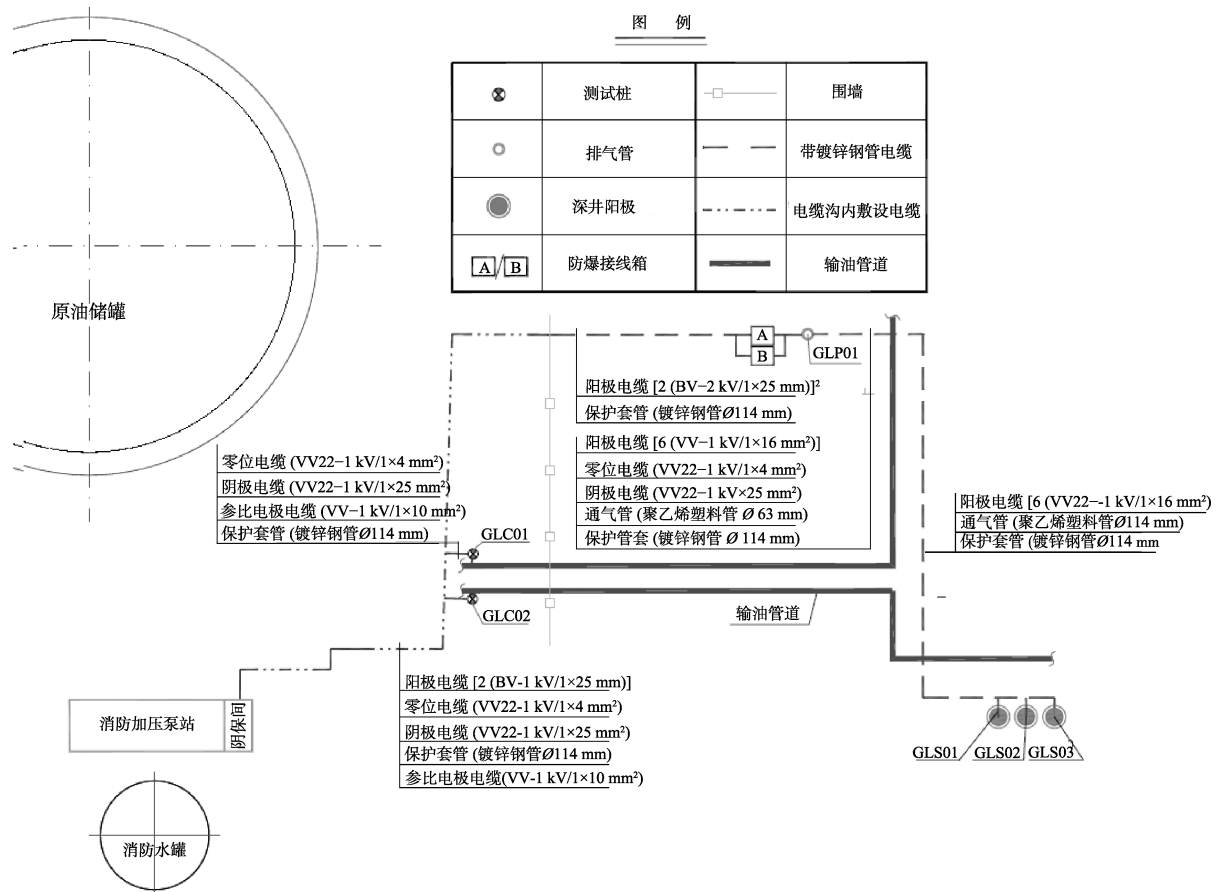


图 5 阴极保护相关设备布置

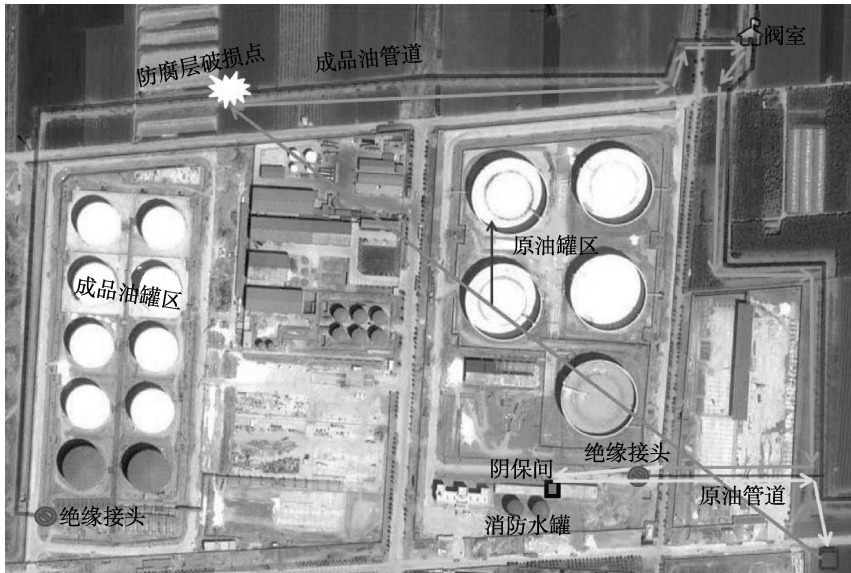


图 6 杂散电流的产生

3 输油管道阴极保护方案优化探讨

分输库阴保站阳极井布置位置选取困难，一方面源于周边管道密集，且征地受阻；另一方面源于被保护管道将分输库包围。出于第二方面的原因，可以对阴极保护系统进行优化，以减小对周边金属构筑物的影响。如图 7 所示，对进出分输库成品油管道在分输

阀室处设置绝缘接头，并对该部分管道设置牺牲阳极保护；而对于阳极井的位置，在忽略土地分割等实际问题的基础上，阳极井布置在干线东侧。由此阳极井与分输库附近的被保护管道上任意破损点间电流几乎全部在分输库东侧分布，对储罐的杂散电流干扰可能性大大减小，而进出分输库的成品油管道可通过牺牲阳极阴极保护系统得以保护。

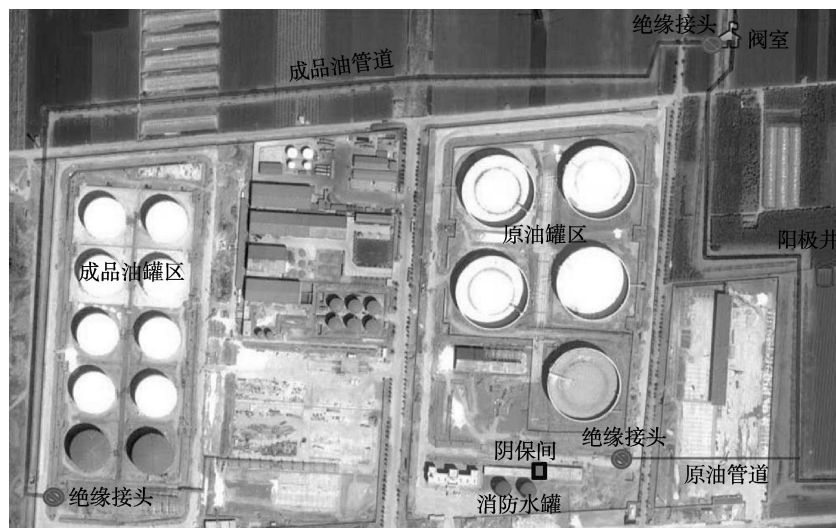


图7 分输库阴保站阴极保护系统优化

4 结论

通过结合具体工程中深井阳极的布置和阴保方案设计,得到以下结论。

1) 针对该工程,由于站外管道布置复杂,且将站内罐区包围,若想采用一套外加电流阴极保护系统对站外管道进行统一保护,该外加电流阴极保护系统产生的电流将可能对站内储罐产生直流杂散电流保护。

2) 对于受保护管道布置复杂的阴保站,可通过对局部管道增设绝缘,并采用牺牲阳极保护的方式,在保障所有管道得到有效保护的同时,减少对阴保站周边其他金属构筑物的干扰。

参考文献:

- [1] 王红菊, 祝恣智, 张延萍. 全球油气管道建设概况油气储运, 2015, 34(1): 15-18.
- [2] 宋艾玲, 梁光川, 王文耀. 世界油气管道现状与发展趋势[J]. 油气储运, 2006, 25(10): 1-6.
- [3] 蒲明, 马建国. 2010年我国油气管道新进展[J]. 国际石油经济, 2011, 19(3): 26-34.
- [4] GB 50253—2014, 输油管道工程设计规范[S].
- [5] GB 50251—2015, 输气管道工程设计规范[S].
- [6] 薛致远, 毕武喜, 陈振华, 等. 油气管道阴极保护技术现状与展望[J]. 油气储运, 2014, 33(9): 938-944.
- [7] 曾传海. 油气管道阴极保护技术现状与展望[J]. 油气储运, 2014, 33(9): 938-944.
- [8] 张华民, 王继勇, 郭稚弧. 油井套管阴极保护干扰的研究[J]. 材料保护, 1996(10): 9-12.
- [9] 王萌, 卫续. 深井套管阴极保护干扰的数值模拟研究[J]. 石油化工高等学校学报, 2017, 30(5): 93-98.
- [10] 李丹丹, 毕武喜, 祁惠爽, 等. 交叉并行管道阴极保护干扰数值模拟[J]. 油气储运, 2014, 33(3): 287-291.
- [11] SY/T 0036—2000, 埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范[S].
- [12] SY/T 0096—2013, 强制电流深阳极地床技术规范[S].
- [13] 李自力, 崔淦, 尚兴彬, 等. 土壤电阻率和阳极埋设方式对长输管线阴极保护电位分布的影响[J]. 腐蚀与防护, 2013, 34(7): 566-568.
- [14] 汪洋, 张亚萍, 韩秀虹, 等. 减小来自阴极保护装置杂散电流干扰的实验探究[J]. Modern Physics, 2015, 5(3): 65-71.
- [15] 尚兴彬, 胡乃科, 张守峰, 等. 外加电流阴极保护电流屏蔽与阴极干扰研究[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2015, 32(6): 14-17.
- [16] 董亮, 杜艳霞, 路民旭, 等. 油气输送站场内外阴极保护系统间干扰数值模拟[J]. 石油学报, 2013, 34(2): 393-400.
- [17] SY/T0017—2006, 埋地钢质管道直流排流保护技术标准[S].
- [18] SY/T 0088—2016, 钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准[S].