中华人民共和国石油天然气行业标准

钢质水罐内壁阴极保护技术规范

Specification of cathodic protection of internal submerged surfaces of steel water storage tanks

SY/T 6536—2002

主编单位：华北石油勘察设计研究院
批准部门：国家经济贸易委员会

石 油 工 业 出 版 社

2002 北 京

目　　次

1　总则 …… 1
2　阴极保护的必要性确定 …… 2
2.1　一般规定 …… 2
2.2　有覆盖层的钢质水罐 …… 2
2.3　无覆盖层的钢质水罐 …… 2
2.4　经济因素 …… 2
2.5　运行因素 …… 3
3　设计基础资料 …… 4
3.1　强制电流阴极保护系统 …… 4
3.2　牺牲阳极阴极保护系统 …… 5
4　阴极保护方法的选择 …… 7
5　强制电流阴极保护系统 …… 8
5.1　设计 …… 8
5.2　安装 …… 9
5.3　自动强制电流系统 …… 10
5.4　运行及维护 …… 10
6　牺牲阳极阴极保护系统 …… 13
6.1　设计 …… 13
6.2　安装 …… 14
6.3　运行及维护 …… 15
7　阴极保护准则及测量方法 …… 17
标准用词和用语说明 …… 18
附件　钢质水罐内壁阴极保护技术规范　条文说明 …… 19

中华人民共和国国家经济贸易委员会

公　　告

2002 年第 32 号

公布 78 项石油行业标准

国家经贸委批准.78 项石油行业标准，现予公布，自 2002 年 8 月 1 日起实施。

以上标准由石油工业出版社出版、发行。

附件：78 项石油行业标准名称及编号

中华人民共和国国家经济贸易委员会

2002 年 5 月 28 日

附件：

78项石油行业标准名称及编号

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
1	防腐蚀工程经济计算方法	SY/T 0042—2002	SYJ 42—89
2	油气田工程测量规范	SY/T 0054—2002	SY/T 0054—93
3	油罐区防火堤设计规范	SY/T 0075—2002	SY 0075—93
4	钢制储罐内衬环氧玻璃钢技术标准	SY/T 0326—2002	
5	埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准	SY/T 0413—2002	SY/T 4013—95
6	石油天然气金属管道焊接工艺评定	SY/T 0452—2002	SY 4052—92
7	油气管道钢制对焊管件设计规程	SY/T 0518—2002	SY/T 0518—92
8	地震检波器　第3部分　涡流式检波器	SY/T 5046.3—2002	
9	地震检波器　第4部分　动圈式加速度检波器	SY/T 5046.4—2002	
10	钻修井用割刀	SY/T 5070—2002	SY 5070—91 SY 5424—91 SY/T 5688—95

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
11	评定井身质量的项目和计算方法	SY/T 5088—2002	SY/T 5088—93
12	钻井液用磺化褐煤 SMC	SY/T 5092—2002	SY/T 5092—93
13	井口装置和采油树规范	SY/T 5127—2002	SY 5127—92 SY 5279.1—91 SY 5279.2—91 SY 5279.3—91 SY 5156—93
14	石油钻机用离心涡轮液力变距器	SY/T 5141—2002	SY/T 5141—93
15	岩石中金属元素原子吸收光谱测定方法	SY/T 5161—2002	SY 5161—87
16	钻柱转换接头	SY/T 5200—2002	SY 5200—93
17	岩样的自然伽马能谱分析方法	SY/T 5252—2002	SY/T 5252—91 SY/T 5253—91
18	偏心配水工具	SY/T 5275—2002	SY 5275—91
19	港口装卸用输油臂	SY/T 5298—2002	SY/T 5298—91
20	陆上地震勘探资料采集质量检查与验收	SY/T 5314—2002	SY/T 5314—95
21	撞击式井壁取心技术规程	SY/T 5326—2002	SY/T 5326—93 SY/T 5605—93
22	压裂用田菁胶	SY/T 5341—2002	SY/T 5341—88

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
23	储层敏感性流动实验评价方法	SY/T 5358—2002	SY/T 5358—94
24	扩张式封隔器	SY/T 5404—2002	SY/T 5404—91
25	特殊取心工具	SY/T 5414—2002	SY 5414—91 SY/T 6200—1996
26	石油修井绞车	SY/T 5470—2002	SY 5470—92
27	石油钻机用绞车	SY/T 5532—2002	SY/T 5532—92
28	石油钻机用 DS 系列电磁涡流刹车	SY/T 5533—2002	SY/T 5533—92
29	原油管道试运投产规范	SY/T 5536—2002	SY/T 5536—92
30	凝析气藏流体物性分析方法	SY/T 5543—2002	SY/T 5543—92
31	单螺杆抽油泵	SY/T 5549—2002	SY 5549—92
32	裸眼井、套管井测井作业技术规程	SY/T 5600—2002	SY/T 5600—93 SY/T 5606—93
33	电缆输送射孔施工技术规程及质量评定	SY/T 5604—2002	SY/T 5604—93
34	试油测试工具性能检验技术规程	SY/T 5710—2002	SY/T 5712—95 SY/T 5710—95
35	石油地质岩石名称及颜色代码	SY/T 5751—2002	SY/T 5751—1995

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
36	管输原油降凝剂	SY/T 5767—2002	SY/T 5767—1995 SY/T 5887—93
37	可控源声频大地电磁法勘探技术规程	SY/T 5772—2002	SY/T 5772—1995
38	山区地震勘探测量技术规程	SY/T 5775—2002	SY/T 5775—1995
39	注入、产出剖面测井资料解释规程	SY/T 5783—2002	SY/T 5783—93
40	套管整形与密封加固工艺作法	SY/T 5790—2002	SY/T 5790—93
41	地面重力勘探技术规程	SY/T 5819—2002	SY/T 5819—93
42	抽油杆扶正器	SY/T 5832—2002	SY/T 5832—93
43	油水井化学剂解堵经济效果评价方法	SY/T 5849—2002	SY/T 5849—93
44	采气工程劳动定额	SY/T 5896—2002	SY/T 5896—93
45	输气工程劳动定额	SY/T 5897—2002	SY/T 5897—93
46	钻井液用聚丙烯酰胺钾盐	SY/T 5946—2002	SY/T 5946—94
47	石油重力、磁力、电法、地球化学勘探图件	SY/T 6055—2002	SY/T 6055—94

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
48	地层岩石热物性参数的测定方法	SY/T 6107—2002	SY/T 6107—1994
49	碳酸盐岩气藏开发地质特征描述	SY/T 6110—2002	SY/T 6110—94
50	天然气管道试运投产规范	SY/T 6233—2002	SY/T 6233—1996
51	油井管全尺寸试验方法　油、套管螺纹上卸扣试验	SY/T 6238.2—2002	
52	石油工业作业场所劳动防护用具配备要求	SY/T 6524—2002	
53	泡沫排水采气推荐作法	SY/T 6525—2002	
54	盐酸与碳酸盐岩动态反应速率测定方法	SY/T 6526—2002	
55	电、声成像测井原始资料质量规范	SY/T 6527—2002	
56	岩样介电常数测量方法	SY/T 6528—2002	
57	原油库固定式消防系统运行规范	SY/T 6529—2002	
58	非腐蚀性气体输送用管线管内涂层	SY/T 6530—2002	
59	油井泵体用直缝电阻焊钢管	SY/T 6531—2002	

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
60	激发极化仪校准方法	SY/T 6532—2002	
61	稳定试井测试及解释方法	SY/T 6533—2002	
62	双螺杆油气混输泵	SY/T 6534—2002	
63	高压气地下储气井	SY/T 6535—2002	
64	钢质水罐内壁阴极保护技术规范	SY/T 6536—2002	
65	天然气净化厂气体及溶液分析方法	SY/T 6537—2002	
66	配方型选择性脱硫溶剂	SY/T 6538—2002	
67	BOX 地震数据采集系统检验项目及技术指标	SY/T 6539—2002	
68	钻井液完井液损害油层室内评价方法	SY/T 6540—2002	
69	海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——荷载抗力系数设计法（增补 1）	SY/T 10009—2002	SY/T 10009—1996
70	海洋石油工程制图规范	SY/T 10028—2002	

序号	标准名称	标准编号	代替标准编号
71	海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法——工作应力设计法（增补1）	SY/T 10030—2002	SY/T 10030—2000
72	海底管道系统规范	SY/T 10037—2002	SY/T 4804—92
73	海上固定平台直升机场规划、设计和建造的推荐作法	SY/T 10038—2002	SY/T 4806—92
74	浮式结构物定位系统设计与分析的推荐作法	SY/T 10040—2002	
75	石油设施电气设备安装一级一类和二类区域划分的推荐作法	SY/T 10041—2002	SY/T 4811—92
76	海上生产平台管道系统设计和安装的推荐作法	SY/T 10042—2002	SY/T 4809—92
77	泄压和减压系统指南	SY/T 10043—2002	SY/T 4812—92
78	炼油厂压力泄放装置的尺寸确定、选择和安装的推荐作法	SY/T 10044—2002	

前　言

本规范是根据原国家石油和化学工业局国石化政发（1999）94号文下达的任务，由华北石油勘察设计研究院主编的。

本规范在制定中参照了美国NACE RP0196—96《钢质储水罐浸水内表面牺牲阳极阴极保护推荐作法》、NACE RP0388—95《钢质储水罐浸水内表面外加电流阴极保护推荐作法》。

本规范在编制过程中，将NACE RP0196—96和NACE RP0388—95的主要内容进行了重新编排，将内容相同的部分进行了合并，对NACE RP0196—96和NACE RP0388—95中一些不适合国内情况的内容做了删除和更改，并根据国内情况增加了一些内容，同时参阅了国外相关标准，征求了设计、科研、生产等有关方面的意见。

本规范由中国石油天然气集团公司提出。

本规范由中国石油天然气股份有限公司规划总院归口。

本规范主编单位：华北石油勘察设计研究院。

本规范主要起草人：董振丰、张志川、赵常英。

本规范由华北石油勘察设计研究院负责解释。

1 总　　则

1.0.1 为了规范钢质水罐内壁阴极保护系统的设计、施工、管理、运行，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建和已建钢质水罐内壁的强制电流阴极保护系统和牺牲阳极阴极保护系统。

1.0.3 阴极保护技术既可以单独用来控制浸水表面的腐蚀，也可以与覆盖层或其它保护方法配合使用。阴极保护技术不能保护非浸水表面。

1.0.4 钢质水罐内壁阴极保护系统的设计、施工、管理、运行，除应符合本规范外，尚应符合国家现行的有关强制性标准、规范的规定。

2 阴极保护的必要性确定

2.1 一般规定

2.1.1 腐蚀控制的方法和程序一般应考虑腐蚀速率、罐的维修费用及腐蚀产物的类型、特征、水质要求等因素的影响。

2.1.2 单独使用覆盖层时，必须保证被保护的表面拥有完整的覆盖层。

2.1.3 阴极保护只能有效地抑制浸水表面的腐蚀，而不能修复已产生的腐蚀破坏。

2.2 有覆盖层的钢质水罐

2.2.1 为控制钢质水罐内壁覆盖层浸水表面缺陷处的腐蚀，宜采用阴极保护。

2.2.2 对于强腐蚀性水介质，采用覆盖层和阴极保护更加合理有效。

2.2.3 阴极保护系统的合理设计和维护可延长覆盖层的使用寿命。

2.2.4 使用覆盖层，可明显降低阴极保护所需的电流。

2.3 无覆盖层的钢质水罐

2.3.1 无覆盖层的钢质水罐内壁可采用阴极保护技术。

2.3.2 对于已建的无覆盖层或覆盖层质量差的钢质水罐，宜采用强制电流阴极保护技术。

2.4 经济因素

2.4.1 对于有覆盖层钢质水罐，阴极保护的费用应与覆盖层重新涂敷、罐体修补和金属腐蚀损失的费用相比较，阴极保护不仅

可延长现有覆盖层的寿命，还可减少因覆盖层损坏导致金属腐蚀的修复工作。

2.4.2 对于无覆盖层或覆盖层失效的钢质水罐，阴极保护的费用应与覆盖层维护、金属损耗、设施穿孔、设计寿命减少及水质降低等因素所产生的费用进行比较。

2.5 运行因素

2.5.1 阴极保护系统正确的设计和运行，可避免或减少储罐及覆盖层的维修。

3 设计基础资料

3.1 强制电流阴极保护系统

3.1.1 钢质水罐强制电流阴极保护系统设计时应考虑下列因素：

1 水罐的设计（可接近性、缝隙、屏蔽区域）；

2 覆盖层的类型和状况；

3 电源的电压和电流；

4 辅助阳极的材料及规格；

5 辅助阳极的寿命和更换方法；

6 电源控制方式；

7 罐内构件；

8 参比电极位置；

9 电费；

10 析氢的可能性和通风要求；

11 遭受破坏的可能性；

12 健康和安全性。

3.1.2 在强制电流阴极保护系统设计之前，应获取下列有关资料：

1 罐尺寸及内部结构，包括高架罐的立管高度；

2 浸水的表面积；

3 水质分析报告及其随季节的变化；

4 水的电导率；

5 罐排空和上水的频率和速度；

6 内覆盖层的类型；

7 内覆盖层的状况；

8 内壁浸水表面的状况；

9 水是否结冰；

10　水的平均温度和极端温度；

11　交流电费用和可利用性；

12　水流动形式、再循环、充气、加热器、立管等；

13　其它有关资料，包括罐的寿命和使用情况及连接方式。

3.1.3　阴极保护设计应采用专业厂家提供的定型产品。

3.1.4　材料选择和系统设计应综合考虑安装费、材料费、设备费、维修费和电费，达到技术、经济最优。

3.1.5　如是栓接和铆接罐，当施加强制电流阴极保护时，必须确保所有连接部件的电连续性。

3.1.6　一般情况下，应进行现场腐蚀评价和前期设计勘测。

3.2　牺牲阳极阴极保护系统

3.2.1　钢质水罐牺牲阳极阴极保护系统设计时应考虑下列因素：

1　健康和安全性；

2　水罐的设计（可接近性、缝隙、屏蔽区域）；

3　覆盖层的类型、现状和将来的状况；

4　不同牺牲阳极材料的驱动电位；

5　牺牲阳极的材料及规格；

6　牺牲阳极的寿命及更换方法；

7　辅助设备；

8　参比电极的位置；

9　遭受破坏的可能性；

10　水质分析报告。

3.2.2　牺牲阳极阴极保护系统设计之前，应获取下列有关资料：

1　水罐的尺寸，包括进口/出口设施；

2　连续或间歇浸水表面积；

3　水质分析报告及其随季节的变化；

4　水的电导率、pH值和流速；

5　水罐排水和上水的速度及频率；

6　内覆盖层的类型、状况和寿命；

7　内壁浸水表面的状况；

8　水是否结冰；

9　水的平均温度和极端温度；

10　其它有关资料，包括罐的寿命和使用情况及连接方式。

3.2.3　牺牲阳极设计应采用专业厂家提供的定型产品。

3.2.4　牺牲阳极设计应综合考虑材料费、安装费、维修费，达到技术、经济最优。

3.2.5　一般情况下，应进行现场腐蚀评价和前期设计勘测。

4 阴极保护方法的选择

4.0.1 钢质水罐内壁可采用强制电流或牺牲阳极阴极保护方法。

4.0.2 钢质水罐内壁阴极保护方法的选择主要应考虑下列因素：

1 水介质的腐蚀性及所需保护电流密度的大小；

2 被保护水罐内浸水表面的大小；

3 被保护水罐内浸水表面的覆盖层类型及其质量；

4 罐内构件的复杂性对保护电流分布的影响；

5 电源的可利用性。

4.0.3 所需保护电流过大且有适合电源时，可采用强制电流阴极保护，设计时应考虑电流分布的均匀性及电解产生气体和其它因素的安全性。

4.0.4 当罐内有优良覆盖层，所需电流较小时，可根据水介质的电阻率、温度和含油性，选择不同牺牲阳极，施加阴极保护。

4.0.5 阴极保护方法应能确保所保护的浸水表面达到本规范第7.0.1所规定的准则，并采用《防腐蚀工程经济计算方法》SY/T 0042计算20年的现值费用最低。

5 强制电流阴极保护系统

5.1 设　　计

5.1.1 强制电流阴极保护对直流电源的要求如下：

1 能满足长期不间断供电。

2 一般情况下，应采用整流器或恒电位仪。对于无电地区也可采用太阳能电池等多种供电方式。

3 直流电源设备应配置适当的保护和监测设备，包括断路开关、断路器、输出电压表、电流表、以及防震、防雷和过载保护设备，电源设备应在全电压输出范围内既可以手动又可以自动控制。

4 直流电源设备的输出电流可根据钢质水罐内壁保护面积和阴极保护所需的电流密度进行计算。

5 电源设备的输出电流取决于所需的电流密度，裸露表面所需电流密度通常在 $1mA/m^2 \sim 200mA/m^2$ 之间，对于油田污水最高可达 $400mA/m^2$；有覆盖层的钢质水罐表面所需的初始电流密度不大于裸露表面所需电流密度的 1%，输出电流应按覆盖层破损 20%时达到完全保护所需的电流密度计算。

6 直流电源设备的输出电压取决于电流密度和回路电阻，应考虑系统寿命期内导线压降和阳极对水产生的压降。

5.1.2 辅助阳极设计时应考虑下列因素：

1 辅助阳极结构与分布应符合下列要求：

1）辅助阳极宜均布于罐内。

2）辅助阳极的数量、直径及长度的选择应满足设计电路的电阻和电流要求。

3）设计中应防止辅助阳极与设备表面短路。

4）如有结冰，应采取措施防止阳极及罐内结冰，防止冰

块塌落损坏阳极。

2 辅助阳极材料选择时应符合下列要求：

1）辅助阳极可选用高硅铸铁、石墨、陶瓷或镀铂钛（铌）、柔性阳极等，材料的选择应适合其使用环境。

2）安装在饮用水罐中的辅助阳极材料应对饮用水无污染。

3）辅助阳极寿命取决于所用材料的消耗速率、重量以及系统的输出电流，设计应明确阳极的使用寿命。

5.1.3 强制电流阴极保护系统的设计应考虑长效参比电极的布置。

5.1.4 强制电流阴极保护的附件应符合下列要求：

1 辅助阳极的支撑及连接导线应有最佳的经济寿命。

2 对于垂直悬挂的辅助阳极系统，应提供检修孔或安装相应的设备，检修孔应设计防护罩。

3 水平安装的辅助阳极系统一般置于水面以下，不需提供检修孔，但要有放水装置。

4 钢质水罐外面的所有连接导线均应加装保护管，罐内的辅助阳极导线可设计成明线。

5.2 安 装

5.2.1 强制电流阴极保护系统的施工应依据施工图和相关规范进行，如需变更，必须经设计方书面认可。所有变更均应记录在案。

5.2.2 阴极保护系统安装前应按下列要求进行检查和处理：

1 应检查直流电源，确保内部构件连接牢固，无损坏。直流电源参数应满足设计要求及相关规范。

2 应检查阳极所用材料、规格、导线长度及连接方式是否与设计及规范一致。在检查和安装期间应避免损坏阳极。所有导线应仔细检查，确保绝缘层无损伤，否则严禁使用。

5.2.3 阴级保护系统安装时应按下列要求进行：

1 安装电源时应将损坏的可能性降至最小。

2　在交流回路中应安装一个外部断路开关，电源箱应接地。

3　在无其它因素（如不美观、有水等）制约时，电源都宜安装于地上适当高度，以便于随时维修保养。

4　阳极电缆必须确保绝缘层无破损。所有电缆和接头必须是防水的。严防电缆受到磨损和锋利物体的损坏，确保电缆与储罐或护管间无短路。

5　阳极电缆应避免在水中接头，阳极主导线与阳极导线之间的连接必须牢固可靠且有良好的导电性，连接处必须做防水密封。

5.3　自动强制电流系统

5.3.1　有覆盖层的钢质水罐内壁应采用恒电位仪施加阴极保护，调节罐—水电位在给定电位值。

5.3.2　自动阴极保护系统的直流电源设备应符合下列要求：

1　电源的电流输出应能在额定值的0～100%之间调节。

2　控制电流输出的罐—水电位应从参比电极合理布置得到。

3　控制电流输出的罐—水电位应符合本规范第7.0.1条的规定

4　电源应能自动调节电流输出，使罐—水电位维持在选定值±25mV以内。

5.3.3　自动阴极保护系统的参比电极应浸在水中，并用标准电极校准，电位漂移为±10mV。

5.4　运行及维护

5.4.1　强制电流阴极保护系统必须保持连续运行，并根据本规范第7.0.1条调整到所需的罐—水电位。

5.4.2　阴极保护系统的维护应进行月检和年检。

1　月检应符合下列规定：

1）每月应检查一次电源设备。

2）对于手控体系，应测量电源的电压和电流及罐—水电

位。如果罐—水电位超出了正常范围，应查明原因并做相应调整。

3）对于自控体系，应测量罐—水电位，如果罐—水电位超出了正常范围，应查明原因并做相应调整。

4）当腐蚀条件苛刻时应增加检查次数。

5）参比电极必须定期校核，如果电位偏差超过了±10mV，应更换。

2 年检应符合下列规定：

1）每年应对强制电流阴极保护系统的部件进行一次彻底的检查，应按要求对电源、阳极、导线及参比电极进行检测和更换。

2）电源设备月检查出的任何缺陷都要维修或更换。年检应包括清除冷却水入口处残渣，检查所有的连接是否牢固，不受腐蚀影响，如果需要的话应对箱体和外壳涂漆。

3）设计寿命为一年的辅助阳极，每年（或根据设计寿命）都要更换。当水罐内有结冰时，阳极应在春天冰化后更换。清罐时，应检查辅助阳极和导线状况。如果罐内有覆盖层，应记录覆盖层状况，同时也应记录腐蚀或结垢的情况。

4）应检查参比电极和连接导线，确定它是否能连续运行到下一次年检。导线绝缘层破损应进行修补。如果绝缘层已经老化了，应立即更换导线。所有导线和与参比电极的连接点都应完全绝缘。

5.4.3 应记录罐体的全部资料及使用情况，包括：

1 罐尺寸、构造及容量；

2 罐的位置；

3 罐的承建人；

4 建造日期；

5 投产日期；

6　原有覆盖层，包括其体系、表面处理及材料；

7　覆盖层的修补及更换；

8　罐体修补记录；

9　罐的建造及有关的维修费用；

10　覆盖层和阴极保护的有效期。

5.4.4　应记录钢质水罐储存水的全部资料，包括：

1　水位及变化情况；

2　水质分析报告（pH、电导率、含盐量、Cl^-、溶解氧、二氧化碳、硫化氢等）；

3　水腐蚀性测试报告；

4　水处理药剂使用情况；

5　进水、排水情况；

6　清罐及清洗。

5.4.5　应记录阴极保护系统安装及设计的全部资料，包括：

1　电源容量（直流和交流）；

2　辅助阳极的数量及分布；

3　辅助阳极材料及设计寿命；

4　导线及阳极的安装方式；

5　通电日期及初始电流和电压；

6　电路示意图。

5.4.6　应保存所有的维修记录，包括：

1　强制电流阴极保护电压、电流和罐—水电位月测结果及水面高度；

2　年检报告；

3　所有修补及新增部件；

4　维修费用（覆盖层费用、阴极保护检修费用及电费）。

6 牺牲阳极阴极保护系统

6.1 设　　计

6.1.1 牺牲阳极阴极保护系统的输出电流设计应符合下列要求：

1 牺牲阳极阴极保护系统必须能够提供足够的电流，满足系统设计寿命内保护储罐的最低标准，包括预期的覆盖层失效。

2 钢质水罐内壁所需电流密度按本规范第 5.1.1 条第 5 款选取。应注意水的成分、通风程度、水流速度、水温和 pH 值等对电流密度的影响。

3 输出电流是由驱动电位与回路电阻计算得出的。

4 应考虑水的温度和电导率的改变而引起的回路电阻的变化。最大回路电阻应根据牺牲阳极消耗 85% 时的结构形状进行计算。

6.1.2 选择牺牲阳极时应符合下列要求：

1 牺牲阳极由镁及镁合金、锌及锌合金或专用铝合金制造。

2 阳极材料的选择应不影响水的用途。

3 牺牲阳极应有一钢芯贯穿于整个长度，固定阳极。

6.1.3 牺牲阳极的布置及安装应符合下列要求：

1 牺牲阳极的布置应能提供均匀的电流分布。

2 牺牲阳极的安装，应防止其在高流速、罐排水时受到损坏，并注意结冰对牺牲阳极的影响。

6.1.4 牺牲阳极阴极保护系统的监测和测试应符合下列要求：

1 被保护的钢质水罐，宜安装外部固定测试箱，并配有连接长效参比电极和罐体的接线端子。

2 牺牲阳极与罐体应在接线盒内电连通。

3 如果牺牲阳极直接与储罐连接，参比电极应置于已知的涂层漏点（约 5mm^2）附近，远离最近的阳极，使 IR 降影响最

小。

6.1.5 牺牲阳极寿命设计时应符合下列要求：

1 用额定的运行电流密度和消耗率计算牺牲阳极的寿命。

2 计算牺牲阳极寿命时，牺牲阳极的利用系数不超过85%。

6.1.6 牺牲阳极阴极保护用电缆及焊接应符合下列要求：

1 与牺牲阳极连接的电缆，应用焊接方式连接，焊接处应绝缘密封。

2 电缆与水罐应用焊接方式连接。

3 电缆接头应使用高压连接器或焊接方式连接。

4 水罐内的测试电缆应适用于水浸条件。

6.1.7 对于铆接或螺栓连接的钢质水罐，所有受保护的部件均应保证电连续性。

6.2 安 装

6.2.1 牺牲阳极阴极保护系统的施工应按施工图和相关规范进行。如需变更，必须经设计方书面认可。所有变更均应记录在案。

6.2.2 阴极保护系统安装前应按下列要求进行检查和处理：

1 应检查阳极所用材料、规格、导线长度及连接方式是否与设计及规范一致，确保阳极无损坏，电缆连接牢固。在检查和安装期间应避免损坏阳极。所有导线应仔细检查，确保绝缘层无损伤。否则，严禁使用。

2 长效参比电极应按产品说明书进行验收和测试，并用标准参比电极进行校准。如有差异，应记录差值。

6.2.3 牺牲阳极安装时应符合下列要求：

1 接线盒应安装在安全且易接近处。

2 严防电缆磨损或受到锋利物体的损伤，确保电缆与储罐或护管之间不短路。

6.3 运行及维护

6.3.1 牺牲阳极阴极保护系统应进行测试和调整，使其连续工作并提供有效的罐—水电位。

6.3.2 牺牲阳极阴极保护系统应进行测试和维护，包括：

1 在通常情况下，牺牲阳极系统应进行年度测试，根据本规范第 3.2.2 条中列出的参数变化，测试周期可适当调整。

2 应对系统进行测试确定是否满足本规范第 7.0.1 条中的准则。如不满足应调整回路电阻值。

3 长效参比电极应在断电条件下进行校核，如电位差值显著，应更换。

4 应确定便携式参比电极在罐中的安放位置，得到的读数与长效参比电极得到的读数进行比较，保证便携式参比电极的值具有代表性。

5 所有牺牲阳极阴极保护系统的部件宜进行年检。检测罐—水电位，确定保护系统运行是否正常。对于顶部有检修孔的水罐，应用便携式参比电极沿罐壁进行测量，评价水罐内壁是否得到保护。不能正常工作的牺牲阳极应及时更换。

6.3.3 当水罐停用时，应对阳极进行检查，更换损坏的阳极，同时检查阳极的消耗率，当牺牲阳极消耗量接近 85% 时，应更换。

6.3.4 应记录罐体的全部资料及使用情况，包括：

1 罐尺寸、构造及容量；

2 罐的位置；

3 罐的承建人；

4 建造日期；

5 投产日期；

6 原有覆盖层，包括其体系、表面处理及材料；

7 覆盖层的修补及更换；

8 罐体修补记录；

9　罐的建造及有关的维修费用；

10　覆盖层和阴极保护的有效期。

6.3.5　应记录钢质水罐储存水的全部资料，包括：

1　水位及变化情况；

2　水质分析报告（pH、电导率、含盐量、Cl^-、溶解氧、二氧化碳、硫化氢等）；

3　水腐蚀性测试报告；

4　水处理药剂使用情况；

5　进水、排水情况；

6　清罐及清洗情况。

6.3.6　应记录阴极保护系统安装及设计的全部资料，包括：

1　牺牲阳极的规格和数量；

2　牺牲阳极的成分；

3　长效参比电极的种类、型号和制造商；

4　导线和阳极支撑；

5　电路示意图；

6　单个牺牲阳极电阻和并联电阻；

7　带开关的接线箱；

8　阳极投产日期、初始电流和电位。

6.3.7　应保存所有的维修记录，包括：

1　牺牲阳极输出电压、电流和罐—水电位月测结果及水面高度；

2　年检报告；

3　所有修补及新增部件；

4　维修费用（覆盖层费用、阴极保护检修费用）。

7 阴极保护准则及测量方法

7.0.1 钢质水罐内壁阴极保护准则可采用下列任意一项或几项为判据：

1 在施加阴极保护的情况下，测得罐—水电位为－850mV（相对于饱和硫酸铜参比电极，下同）或更负。

2 相对饱和硫酸铜参比电极的罐—水极化电位为－850mV或更负。

7.0.2 罐—水电位测量过程中消除 *IR* 降的方法有：

1 在施加保护电流时，参比电极在距罐表面漏点 3cm 处测量。

2 瞬时中断保护电流或采用消除 *IR* 降的其它方法时测量。

7.0.3 电位测量应在多处进行。测量时将参比电极放在距浸水钢表面 3cm 沿罐壁和罐底以一定间隔进行。

7.0.4 也可使用下列参比电极，相当于饱和硫酸铜参比电极－850mV的对应值为：

1 饱和甘汞电极：－780mV。

2 锌：＋250mV。

3 饱和 Ag/AgCl 电极：－760mV，如果饱和 Ag/AgCl 电极用于饮用水，应用饱和硫酸铜参比电极进行较准。

标准用词和用语说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待：

1 正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

附件

钢质水罐内壁阴极保护技术规范

条文说明

制 订 说 明

本规范是根据国家石油和化学工业局国石化政发（1999）94号文下达的任务，由华北石油勘察设计研究院主编的。

本规范在制定中参照采用了美国 NACE RP0196—96《钢质储水罐浸水内表面牺牲阳极阴极保护推荐作法》、NACE RP0388—95《钢质储水罐浸水内表面外加电流阴极保护推荐作法》。

在本规范的编制过程中，将 NACE RP0196—96 和 NACE RP0388—95 的主要内容进行了重新编排，将内容相同的部分进行了合并，对 NACE RP0196—96 和 NACE RP0388—95 中一些不适合国内情况的内容做了删除和更改，并根据国内情况增加了一些内容，同时参阅了国外相关标准，征求了设计、科研、生产等有关方面的意见。

在执行本规范的过程中，如发现有需要修改和补充之处，请将意见和资料寄至主编单位，以便参考。

华北石油勘察设计研究院

2001 年 11 月

目　　次

1　总则…… 22
2　阴极保护的必要性确定…… 23
2.1　一般规定 …… 23
2.2　有覆盖层的钢质水罐 …… 23
2.3　无覆盖层的钢质水罐 …… 24
2.4　经济因素 …… 24
2.5　运行因素 …… 24
3　设计基础资料…… 25
3.1　强制电流阴极保护系统 …… 25
3.2　牺牲阳极阴极保护系统 …… 25
4　阴极保护方法的选择…… 26
5　强制电流阴极保护系统…… 27
5.1　设计 …… 27
5.2　安装 …… 27
5.3　自动强制电流系统 …… 27
5.4　运行及维护…… 28
6　牺牲阳极阴极保护系统…… 29
6.1　设计 …… 29
6.2　安装 …… 29
6.3　运行及维护…… 29
7　阴极保护准则及测量方法…… 30

1 总　　则

1.0.1　说明制定本规范的目的。

1.0.2、1.0.3　指明本规范的适用范围和不适用范围。NACE RP0196—96 和 NACE RP0388—95 中规定的使用范围为储存天然水的钢质水罐内壁阴极保护，而未包括油田污水罐。考虑到油田污水罐与清水罐阴极保护的区别主要是所需阴极保护电流密度大小的不同，因此，本规范未对钢质水罐中的储存水进行定义。

1.0.4　交待了本规范和其它标准、规范的关系。在石油行业已颁布的现行标准、规范中，有些已到修订期，进行了修订。故在执行中应以新修订的标准、规范为准。

2 阴极保护的必要性确定

2.1 一般规定

2.1.1 由于水中溶解氧、二氧化碳、硫化氢等腐蚀性物质的存在，极易引起钢质水罐内壁的腐蚀。由于有污水罐、清水罐、饮用水罐等，各种水质的腐蚀性相差很大，因此，应采用不同的防腐方法或同时采用几种方法。阴极保护并不是唯一的方法。

2.1.2 对于要求使用年限较短的钢质水罐，如果覆盖层施工的很好，可不采用阴极保护。对于要求使用年限较长的钢质水罐，尽管覆盖层施工得很好，也应采用阴极保护。

2.1.3 对于水浸不到的钢质水罐内壁，尽管实施了阴极保护，由于没有导电介质，也得不到保护。对于已产生腐蚀的钢质水罐，阴极保护只能抑制其继续腐蚀，而对已产生的腐蚀破坏（如蚀坑）不能进行修复。

2.2 有覆盖层的钢质水罐

2.2.1 在施工和使用过程中，覆盖层均会受到损坏和老化，而且不可避免地存在针孔，完全完整的覆盖层几乎是不存在的。覆盖层针孔或缺陷的存在会加速该处金属的腐蚀，从而引起钢质水罐的腐蚀穿孔。采用阴极保护可有效地防止或减缓覆盖层漏点处的腐蚀。

2.2.2 对于腐蚀性很强的水，由于涂层针孔等缺陷，会加速钢质水罐内壁的腐蚀，而阴极保护能很好地保护涂层针孔等缺陷处的金属腐蚀。国内外实践表明，覆盖层加阴极保护是最经济有效的防腐方法。

2.2.4 对于有覆盖层的钢质水罐内壁，由于覆盖层减少了钢的裸露面积，因此，保护电流密度会大大降低，相应的运行费用就

会大大降低。

2.3 无覆盖层的钢质水罐

2.3.1、2.3.2 无覆盖层的钢质水罐内壁采用阴极保护时，需要的电流是非常大的，但是，相对于重新涂敷覆盖层来说采用阴极保护可能是比较经济的。

2.4 经 济 因 素

2.4.1 对于有覆盖层的钢质水罐，在重新涂敷时，应考虑采用阴极保护，至于是否经济，本条列出了经济比较时应进行对比的几点因素。

2.4.2 对于无覆盖层或覆盖层失效的钢质水罐，是重新涂敷，还是采用阴极保护，本条列出了经济比较时应进行对比的几点因素。

2.5 运 行 因 素

2.5.1 本条给出了采用阴极保护的作用，如果阴极保护运行正常的话，可大大减少钢质水罐腐蚀穿孔事故的发生，保证钢质水罐的连续使用，延长钢质水罐的使用寿命。

3 设计基础资料

3.1 强制电流阴极保护系统

3.1.1 本条列出了进行强制电流阴极保护系统设计时需考虑的一些基本因素。这些因素与阴极保护阳极的选用及布置、阴极保护电流的确定、安全性、经济性等有重要关系。

3.1.2 本条列出了进行阴极保护设计之前应收集的一些基础资料。这些资料与阴极保护系统的合理设计有密切的关系。在对钢质水罐进行阴极保护设计时，仅参考设计图纸往往会出现考虑不全面的情况，要使设计合理方便施工，就得对钢质水罐进行充分的现场调查。

3.1.3 采用阴极保护设备、材料专业厂家生产的定型设备、材料，在设备配件、材料更换时比较方便。

3.1.4 阴极保护系统设计中，如阳极的用量可多可少，多时会增加材料费和安装费，但是，会减少系统运行中的耗电量，减少电费，因此，应对两者进行比较，选择较经济的做法。

3.2 牺牲阳极阴极保护系统

3.2.1 本条列出了进行牺牲阳极阴极保护设计时应考虑的一些因素。这些因素与阴极保护阳极的选用及布置、阴极保护电流的确定、安全性、经济性等有重要关系。

3.2.2 本条列出了进行牺牲阳极阴极保护设计之前需得到的一些基本资料，以便进行合理有效的设计。

3.2.3 采用标准形状和大小的牺牲阳极在维修和更换时比较方便。

3.2.4 如在设计时，牺牲阳极的材料和重量尽量与罐的检修周期相一致，也就是说，新安装的牺牲阳极在下次罐检修时正好也该更换或在罐的下一次检修时正好也该更换。

4 阴极保护方法的选择

4.0.1、4.0.2 钢质水罐内壁可采用强制电流阴极保护，也可以采用牺牲阳极阴极保护。对于大型钢质水罐，由于保护电流需要量较大，如果采用牺牲阳极保护，牺牲阳极用量会很大，这样，安装和维护费用均较高，大量的牺牲阳极还会减小储罐的容积，增大罐基础的负荷。因此，对于大型钢质水罐宜采用强制电流阴极保护，而不宜采用牺牲阳极阴极保护。对于小型钢质水罐，所需的牺牲阳极数量及重量较少，这样，就能充分发挥牺牲阳极所需运行和维护费用低的优点。另外，选择阴极保护方法时，还应考虑本规范第4.0.2条中所列的因素。

目前，国内钢质水罐内壁多采用牺牲阳极阴极保护方法，且多是把阳极直接焊在罐壁上，无测试系统。因此，牺牲阳极阴极保护的效果也无法测量。而钢质水罐内壁采用强制电流阴极保护方法的很少。

4.0.3 采用阴极保护时，应注意采取相应的措施防止析氢、电连通等引起的安全事故。

4.0.4 一般情况下，当水介质的电阻率大于500Ω·cm时，适合采用镁及镁合金牺牲阳极，在饮用水中应采用高纯镁阳极；当水介质的电阻率小于500Ω·cm时，适合采用锌及锌合金牺牲阳极，但应注意温度对锌及锌合金牺牲阳极的影响，当水介质的温度大于60℃时应慎用；当水介质的电阻率小于150Ω·cm时，适合采用铝合金牺牲阳极。

5 强制电流阴极保护系统

5.1 设 计

5.1.1 对阴极保护用直流电源的基本组成、输出电流、输出电压等的一些基本要求，以及选用直流电源时应考虑的一些相关因素。对于钢质水罐内壁阴极保护用直流电源，为了避免阴极保护电位过高而引起覆盖层阴极剥离，最好采用恒电位仪。

5.1.2 对阳极的结构、阳极材料的选择等所做的一些基本要求，提出了设计中应考虑的一些特殊情况。为使钢质水罐内所有表面均受到保护，避免在阳极附近产生过电位，破坏覆盖层，辅助阳极应尽可能均布于罐内。

5.1.4 本条是为方便管理，延长阴极保护系统的使用寿命。

5.2 安 装

5.2.1～5.2.3 为了保证阴极保护安装严格按图纸和规范进行，保证施工质量，对强制电流阴极保护系统施工及检查等的一些基本规定和要求。

5.3 自动强制电流系统

5.3.2 对钢质水罐实施阴极保护，阴极保护电流的大小随覆盖层老化、极化膜积累、温度、水位、水流速度、水组分、溶解氧和其它条件的不同而变化，如果维持在合适的罐—水电位，防腐效果是明显的。因此，一般情况下应采用可自动控制电位的恒电位仪，以便使保护电位处于相对恒定值，避免覆盖层产生阴极剥离现象或达不到完全保护。

5.3.3 对参比电极的一些基本要求。

5.4 运行及维护

5.4.1 对系统运行状况的一些基本要求。

5.4.2 是对系统运行后进行检查及维护的要求。为保证阴极保护系统的正常运行，充分发挥阴极保护系统的作用，应对系统进行定期检查和维护。对于自动强制电流阴极保护系统，如果电位超出了正常范围，应查出原因。电位漂移的原因可能是线路的故障或参比电极有缺陷；引起电流变化的原因可能是参比电极有缺陷、线路故障、钙沉淀及涂层破损。参比电极缺陷、线路故障应立刻更换或修补，同时清除结垢及修补涂层。

5.4.3～5.4.6 是对系统记录提出的一些基本要求。

6 牺牲阳极阴极保护系统

6.1 设　　计

6.1.1 本条列出了牺牲阳极阴极保护设计中确定阳极输出电流的方法及应考虑的影响因素。

6.1.2 本条列出了牺牲阳极阴极保护设计中对阳极的基本要求。

6.1.3 本条是对阳极布置和安装的基本要求。镁牺牲阳极一般放在离罐壁有一段距离之处或将与罐壁最近的一面用覆盖层涂敷，因为如果直接固定在罐壁上，可能会引起覆盖层剥离。采用镁牺牲阳极时应特别注意，因为在镁阳极上会析氢，当镁撞击带锈的钢时，会发生铝热剂式火花。因此，有发生爆炸的危险。

6.1.4 目前，国内钢质水罐内壁多采用牺牲阳极阴极保护方法，且多是把阳极直接焊在罐壁上，无测试系统。因此，牺牲阳极阴极保护的效果也无法测量。本条的目的是为方便测量。

6.2 安　　装

6.2.1～6.2.3 为保证牺牲阳极的施工质量、方便测试和管理做此规定。

6.3 运行及维护

6.3.1 对系统运行的一些基本要求。

6.3.2 为保证阴极保护系统的正常运行，充分发挥阴极保护系统的作用，应对系统进行定期检查和维护。本条是对系统运行后进行检查、维护的一些基本要求。

6.3.4～6.3.7 这几条是对系统记录提出的一些基本要求。

7 阴极保护准则及测量方法

7.0.1 给出了阴极保护的判断准则，也可根据实验结果来定，而不局限这些准则。有覆盖层的钢质水罐，关于最大保护电位，还没有确定的数值，电位低于 $-1.1V$ 时可能会引起覆盖层的破坏。特殊情况下，有时出现阴极保护无效或只有部分有效。这些情况包括高温、涂层脱落、屏蔽、细菌腐蚀及非正常污染等。

7.0.2 给出了测量过程中减少 *IR* 降的方法。

7.0.4 给出了采用其它电极时相应的保护电位值。