

ICS 75. 200

E 98

备案号: 53363—2016

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

P

SY/T 0088—2016

代替 SY/T 0088—2006

钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准

Specification of external surface cathodic protection
for the bottom of steel storage tank

2016—01—07 发布

2016—06—01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国石油天然气行业标准

钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准

Specification of external surface cathodic protection
for the bottom of steel storage tank

SY/T 0088—2016

主编部门：中国石油天然气集团公司

批准部门：国家能源局

石油工业出版社

2016 北 京

国家能源局 公告

2016 年 第 1 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）有关规定，经审查，国家能源局批准《核电厂常规岛及辅助配套设施建设施工技术规范 第5部分：水处理及制氢系统》等345项行业标准，其中能源标准（NB）54项、电力标准（DL）125项和石油天然气标准（SY）166项，现予以发布。

附件：行业标准目录（节选）

国家能源局
2016 年 1 月 7 日

附件：

行业标准目录（节选）

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
180	SY 4201.1—2016	石油天然气建设工程施工质量 验收规范 设备安装工程 第1 部分：机泵类	SY 4201.1—2007		2016-1-7	2016-6-1
181	SY 4201.2—2016	石油天然气建设工程施工质量 验收规范 设备安装工程 第2 部分：塔类	SY 4201.2—2007		2016-1-7	2016-6-1
182	SY 4201.3—2016	石油天然气建设工程施工质量 验收规范 设备安装工程 第3 部分：容器类	SY 4201.3—2007		2016-1-7	2016-6-1
183	SY 4201.4—2016	石油天然气建设工程施工质量 验收规范 设备安装工程 第4 部分：炉类	SY 4201.4—2007		2016-1-7	2016-6-1
184	SY 4202—2016	石油天然气建设工程施工质量 验收规范 储罐工程	SY 4202—2007		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
185	SY 4203—2016	石油天然气建设工程施工质量验收规范 站内工艺管道工程	SY 4203—2007		2016-1-7	2016-6-1
186	SY 4204—2016	石油天然气建设工程施工质量验收规范 油气田集输管道工程	SY 4204—2007		2016-1-7	2016-6-1
187	SY 4205—2016	石油天然气建设工程施工质量验收规范 自动化仪表工程	SY 4205—2007		2016-1-7	2016-6-1
188	SY 5436—2016	井筒作业用民用爆炸物品安全规范	SY 5436—2008		2016-1-7	2016-6-1
189	SY 6279—2016	大型设备吊装安全规程	SY 6279—2008		2016-1-7	2016-6-1
190	SY 6303—2016	海洋石油设施热工（动火）作业安全规程	SY 6303—2008		2016-1-7	2016-6-1
191	SY 6307—2016	浅海钻井安全规程	SY 6307—2008		2016-1-7	2016-6-1
192	SY 6320—2016	陆上油气田油气集输安全规程	SY 6320—2008		2016-1-7	2016-6-1
193	SY 6321—2016	浅海采油与井下作业安全规程	SY 6321—2008		2016-1-7	2016-6-1
194	SY 6345—2016	海洋石油作业人员安全资格	SY 6345—2008		2016-1-7	2016-6-1
195	SY 6346—2016	浅海移动式平台拖带与系泊安全规范	SY 6346—2008		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
196	SY 6353—2016	油气田变电站（所）安全管理 规程	SY 6353—2008		2016-1-7	2016-6-1
197	SY 6354—2016	稠油注汽热力开采安全技术规程	SY 6354—2008		2016-1-7	2016-6-1
198	SY 6360—2016	油田注聚合物、碱液、表面活性剂开采安全规程	SY 6360—2008		2016-1-7	2016-6-1
199	SY 6503—2016	石油天然气工程可燃气体检测报警系统安全规范	SY 6503—2008		2016-1-7	2016-6-1
200	SY 7028—2016	钻（修）井架逃生装置安全 规范			2016-1-7	2016-6-1
201	SY/T 0088—2016	钢质储罐罐底外壁阴极保护技 术标准	SY/T 0088—2006		2016-1-7	2016-6-1
202	SY/T 0097—2016	油田采出水用于注汽锅炉给水 处理设计规范	SY/T 0097—2000		2016-1-7	2016-6-1
203	SY/T 0308—2016	滩海石油工程注水设计规范	SY/T 0308—1996		2016-1-7	2016-6-1
204	SY/T 0311—2016	滩海石油工程通信技术规范	SY/T 0311—1996		2016-1-7	2016-6-1
205	SY/T 0544—2016	石油钻杆内涂层技术条件	SY/T 0544—2010		2016-1-7	2016-6-1
206	SY/T 0605—2016	凝析气田地面工程设计规范	SY/T 0605—2008		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
207	SY/T 0609—2016	优质钢制对焊管件规范	SY/T 0609—2006		2016-1-7	2016-6-1
208	SY/T 4130—2016	玻璃纤维增强热固性树脂现场 缠绕立式储罐施工规范			2016-1-7	2016-6-1
209	SY/T 5185—2016	砾石充填防砂水基携砂液性能 评价方法	SY/T 5185—2008		2016-1-7	2016-6-1
210	SY/T 5250—2016	油田用背罐车	SY/T 5250—2008		2016-1-7	2016-6-1
211	SY/T 5252—2016	岩样的自然伽马能谱实验室测 量规范	SY/T 5252—2002		2016-1-7	2016-6-1
212	SY/T 5289—2016	油、气、水井压裂设计与施工 及效果评估方法	SY/T 5289—2008		2016-1-7	2016-6-1
213	SY/T 5337—2016	砾石充填工具技术要求	SY/T 5337—2008		2016-1-7	2016-6-1
214	SY/T 5347—2016	钻井取心作业规程	SY/T 5347—2005		2016-1-7	2016-6-1
215	SY/T 5395—2016	黏土阳离子交换容量及盐基分 量测定方法	SY/T 5395—1991		2016-1-7	2016-6-1
216	SY/T 5402—2016	原油水含量的测定 电脱法	SY/T 5402—2008		2016-1-7	2016-6-1
217	SY/T 5412—2016	下套管作业规程	SY/T 5412—2005		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
218	SY/T 5416.1—2016	定向井测量仪器测量及检验 第1部分：随钻类	SY/T 5416.1—2006		2016-1-7	2016-6-1
219	SY/T 5416.3—2016	定向井测量仪器测量及检验 第3部分：陀螺类	SY/T 5416.3—2007		2016-1-7	2016-6-1
220	SY/T 5426—2016	石油天然气钻井工程 岩石可 钻性测定与分级	SY/T 5426—2000		2016-1-7	2016-6-1
221	SY/T 5490—2016	钻井液试验用土	SY/T 5444—1992 SY/T 5490—1993		2016-1-7	2016-6-1
222	SY/T 5523—2016	油田水分析方法	SY/T 5523—2006		2016-1-7	2016-6-1
223	SY/T 5533—2016	石油钻机用 DS 系列电磁涡流 刹车	SY/T 5533—2002 SY/T 5716.7—1995		2016-1-7	2016-6-1
224	SY/T 5536—2016	原油管道运行规范	SY/T 5536—2004 SY/T 5737—2004		2016-1-7	2016-6-1
225	SY/T 5552—2016	地锚车	SY/T 5552—2009		2016-1-7	2016-6-1
226	SY/T 5562—2016	油气井用射孔枪	SY/T 5562—2000		2016-1-7	2016-6-1
227	SY/T 5593—2016	井筒取心质量规范	SY/T 5593—1993		2016-1-7	2016-6-1
228	SY/T 5618—2016	套管用浮箍、浮鞋	SY/T 5618—2009		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
229	SY/T 5692—2016	电缆式地层测试器作业技术规范	SY/T 5692—2008		2016-1-7	2016-6-1
230	SY/T 5710—2016	地层测试工具性能检验技术规范	SY/T 5710—2002		2016-1-7	2016-6-1
231	SY/T 5711—2016	钻具螺纹镀铜和磷化技术条件	SY/T 5711—1995		2016-1-7	2016-6-1
232	SY/T 5715—2016	石油天然气工业用碳钢、合金钢、不锈钢和镍基合金铸件	SY/T 5715—1995	API Spec 20A: 2012, NEQ	2016-1-7	2016-6-1
233	SY/T 5753—2016	油井酸化水井增注用表面活性剂性能评价方法	SY/T 5753—1995		2016-1-7	2016-6-1
234	SY/T 5754—2016	油田酸化互溶剂性能评价方法	SY/T 5754—1995		2016-1-7	2016-6-1
235	SY/T 5755—2016	压裂酸化用助排剂性能评价方法	SY/T 5755—1995		2016-1-7	2016-6-1
236	SY/T 5767—2016	原油管道添加降凝剂输送技术规范	SY/T 5767—2005		2016-1-7	2016-6-1
237	SY/T 5783.2—2016	注入、产出剖面测井资料处理与解释规范 第2部分：斜井			2016-1-7	2016-6-1
238	SY/T 5815—2016	岩石孔隙体积压缩系数测定方法	SY/T 5815—2008		2016-1-7	2016-6-1
239	SY/T 5829—2016	油气田开发井井号命名规则	SY/T 5829—1993		2016-1-7	2016-6-1
240	SY/T 5928—2016	地震勘探资料归档规范	SY/T 5928—2009		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
241	SY/T 5945—2016	测井解释报告编写规范	SY/T 5945—2004		2016-1-7	2016-6-1
242	SY/T 5971—2016	油气田压裂酸化及注水用黏土 稳定剂性能评价方法	SY/T 5971—1994 SY/T 5762—1995		2016-1-7	2016-6-1
243	SY/T 5978—2016	含油气盆地构造单元划分	SY/T 5978—1994		2016-1-7	2016-6-1
244	SY/T 5979—2016	石油天然气藏（田/区）命名 规范	SY/T 5979—1994		2016-1-7	2016-6-1
245	SY/T 5996—2016	水泥胶结组合仪	SY/T 5996—1994		2016-1-7	2016-6-1
246	SY/T 6110—2016	气藏描述方法	SY/T 6110—2008		2016-1-7	2016-6-1
247	SY/T 6113—2016	修井用气动卡盘	SY/T 6113—2008		2016-1-7	2016-6-1
248	SY/T 6213—2016	酸化用氟硼酸	SY/T 5765—1995 SY/T 6213—1996		2016-1-7	2016-6-1
249	SY/T 6214—2016	稠化酸用稠化剂	SY/T 6214—1996 SY/T 5694—1995		2016-1-7	2016-6-1
250	SY/T 6240—2016	重晶石化学分析推荐作法	SY/T 6240—2008	API RP 13K; 2011, MOD	2016-1-7	2016-6-1
251	SY/T 6253—2016	水平井射孔作业技术规范	SY/T 6253—2007		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
252	SY/T 6284—2016	石油企业职业病危害因素监测技术规范	SY/T 6284—2008		2016-1-7	2016-6-1
253	SY/T 6319—2016	防止静电、雷电和杂散电流引燃的措施	SY/T 6319—2008	API RP 2003: 2008, MOD	2016-1-7	2016-6-1
254	SY/T 6373—2016	油气田电网经济运行规范	SY/T 6373—2008		2016-1-7	2016-6-1
255	SY/T 6374—2016	机械采油系统经济运行规范	SY/T 6374—2008		2016-1-7	2016-6-1
256	SY/T 6381—2016	石油工业用加热炉热工测定	SY/T 6381—2008		2016-1-7	2016-6-1
257	SY/T 6382—2016	输油管道加热设备技术规范	SY/T 6382—2009		2016-1-7	2016-6-1
258	SY/T 6393—2016	输油管道工程设计节能技术规范	SY/T 6393—2008		2016-1-7	2016-6-1
259	SY/T 6417—2016	套管、油管和钻杆使用性能	SY/T 6417—2009		2016-1-7	2016-6-1
260	SY/T 6420—2016	油田地面工程设计节能技术规范	SY/T 6420—2008		2016-1-7	2016-6-1
261	SY/T 6422—2016	石油企业用节能产品节能效果测定	SY/T 6422—2008		2016-1-7	2016-6-1
262	SY/T 6464—2016	水平井完井工艺技术要求	SY/T 6464—2010		2016-1-7	2016-6-1
263	SY/T 6549—2016	复合射孔施工技术规范	SY/T 6549—2003		2016-1-7	2016-6-1
264	SY/T 6550—2016	地震勘探归档数据转储规范	SY/T 6550—2003		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
265	SY/T 6573—2016	最低混相压力实验测定方法 细管法	SY/T 6573—2003		2016-1-7	2016-6-1
266	SY/T 6575—2016	油田提高采收率方法筛选技术 规范	SY/T 6575—2003		2016-1-7	2016-6-1
267	SY/T 6578—2016	输油管道添加减阻剂输送技术 规范	SY/T 6578—2009		2016-1-7	2016-6-1
268	SY/T 6593—2016	核磁共振成像测井仪刻度规范	SY/T 6593—2004		2016-1-7	2016-6-1
269	SY/T 6617—2016	核磁共振测井资料处理及解释 规范	SY/T 6617—2005		2016-1-7	2016-6-1
270	SY/T 6621—2016	输气管道系统完整性管理规范	SY/T 6621—2005	ASME B31.8S: 2014, MOD	2016-1-7	2016-6-1
271	SY/T 6662.7—2016	石油天然气工业用非金属复合 管 第7部分：热塑性塑料内 衬玻璃钢复合管			2016-1-7	2016-6-1
272	SY/T 6690—2016	井下作业井控技术规程	SY/T 6690—2008 SY/T 6120—2013		2016-1-7	2016-6-1
273	SY/T 6707—2016	海洋井场调查规范	SY/T 6707—2008		2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
274	SY/T 6722—2016	石油企业耗用水统计指标与计算方法	SY/T 6722—2008		2016-1-7	2016-6-1
275	SY/T 6741—2016	石油专用计量器具校准方法编写规则	SY/T 6741—2008		2016-1-7	2016-6-1
276	SY/T 6755—2016	在役油气管道对接接头超声相控阵及多探头检测	SY/T 6755—2009		2016-1-7	2016-6-1
277	SY/T 6767—2016	石油企业余热资源量测试与计算规范	SY/T 6767—2009		2016-1-7	2016-6-1
278	SY/T 6858.5—2016	油井管无损检测方法 第5部分：超声测厚	SY/T 5447—1992		2016-1-7	2016-6-1
279	SY/T 6858.6—2016	油井管无损检测方法 第6部分：非铁磁体螺纹渗透检测	SY/T 6508—2000		2016-1-7	2016-6-1
280	SY/T 6896.3—2016	石油天然气工业特种管材技术规范 第3部分：钛合金油管			2016-1-7	2016-6-1
281	SY/T 6986.2—2016	液化天然气设备与安装 船用输送系统的设计与测试 第2部分：输送软管的设计与测试		BS EN 1474-2: 2008, MOD	2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
282	SY/T 6986.3—2016	液化天然气设备与安装 船用 输送系统的设计与测试 第3 部分：海上输送系统		BS EN 1474-3: 2008, MOD	2016-1-7	2016-6-1
283	SY/T 7029—2016	液化天然气船对船输送作业指南			2016-1-7	2016-6-1
284	SY/T 7030—2016	定方位射孔作业技术规范			2016-1-7	2016-6-1
285	SY/T 7031—2016	油气储运术语			2016-1-7	2016-6-1
286	SY/T 7032—2016	输气管道添加减阻剂输送减阻 效果测试方法			2016-1-7	2016-6-1
287	SY/T 7033—2016	钢质油气管道失效抢修技术规范			2016-1-7	2016-6-1
288	SY/T 7034—2016	管道站场用天然气过滤器滤芯 性能试验方法			2016-1-7	2016-6-1
289	SY/T 7035—2016	黄金管生烃热模拟实验方法			2016-1-7	2016-6-1
290	SY/T 7036—2016	石油天然气站场管道及设备外 防腐层技术规范			2016-1-7	2016-6-1
291	SY/T 7037—2016	油气输送管道监控与数据采集 (SCADA) 系统安全防护规范		API Std 1164: 2009, IDT	2016-1-7	2016-6-1
292	SY/T 7038—2016	油气田及管道专用道路设计规范			2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
293	SY/T 7039—2016	油气厂站钢管架结构设计规范			2016-1-7	2016-6-1
294	SY/T 7040—2016	油气输送管道工程地质灾害防治设计规范			2016-1-7	2016-6-1
295	SY/T 7041—2016	钢质管道聚丙烯防腐层技术规范			2016-1-7	2016-6-1
296	SY/T 7042—2016	基于应变设计地区油气管道用直缝埋弧焊钢管			2016-1-7	2016-6-1
297	SY/T 7043—2016	石油天然气工业用高压玻璃钢油管			2016-1-7	2016-6-1
298	SY/T 7044—2016	海底管道用大口径无缝钢管			2016-1-7	2016-6-1
299	SY/T 7045—2016	离心泵和回转泵轴封系统		ANSI/API Std 682:2004, IDT	2016-1-7	2016-6-1
300	SY/T 7046—2016	制冷系统安全标准		ANSI/ASHRAE Std 15:2004, IDT	2016-1-7	2016-6-1
301	SY/T 7047—2016	锚链规格书		API Spec 2F: 1997, IDT	2016-1-7	2016-6-1
302	SY/T 7048—2016	海洋结构用钢板生产资格预评定推荐作法		API RP 2Z: 2005, IDT	2016-1-7	2016-6-1
303	SY/T 7049—2016	滩海海底管道检验技术规范			2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
304	SY/T 7050—2016	滩海陆岸石油设施检验技术规范			2016-1-7	2016-6-1
305	SY/T 7051—2016	人工岛石油设施检验技术规范			2016-1-7	2016-6-1
306	SY/T 7052—2016	滩海漫水路及井场结构施工技术规范			2016-1-7	2016-6-1
307	SY/T 7053—2016	海底管道总体屈曲——高温/高压下的结构设计		DNV RP F110: 2007, IDT	2016-1-7	2016-6-1
308	SY/T 7054—2016	海底管道维修推荐作法		DNV RP F113: 2007, IDT	2016-1-7	2016-6-1
309	SY/T 7055—2016	水下分离器结构设计推荐做法		DNV RP F301: 2007, IDT	2016-1-7	2016-6-1
310	SY/T 7056—2016	海底管道自由悬跨		DNV RP F105: 2006, IDT	2016-1-7	2016-6-1
311	SY/T 7057—2016	动态立管		DNV OS F201: 2010, IDT	2016-1-7	2016-6-1
312	SY/T 7058—2016	海底管道阀门规范		API 6DSS:2010, IDT	2016-1-7	2016-6-1
313	SY/T 7059—2016	浮式生产系统和张力腿平台的立管设计		API RP 2RD: 2006, IDT	2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
314	SY/T 7060—2016	海底管道稳定性设计		DNV RP F109: 2009, IDT	2016-1-7	2016-6-1
315	SY/T 7061—2016	水下高完整性压力保护系统 (HIPPS) 推荐做法		API RP 170: 2009, IDT	2016-1-7	2016-6-1
316	SY/T 7062—2016	水下生产系统可靠性及技术风 险管理推荐做法		API RP 17N: 2009, IDT	2016-1-7	2016-6-1
317	SY/T 7063—2016	海底管道风险评估推荐作法		DNV RP F107: 2010, IDT	2016-1-7	2016-6-1
318	SY/T 7064.5—2016	石油天然气工业 海洋结构物 特殊要求 第5部分：设计和 施工过程中的重量控制		ISO 19901-5: 2003, IDT	2016-1-7	2016-6-1
319	SY/T 7066—2016	气田节能量计算方法			2016-1-7	2016-6-1
320	SY/T 7067—2016	水平井油藏地质设计技术要求			2016-1-7	2016-6-1
321	SY/T 7068—2016	注蒸汽采油二维比例物理模拟 实验技术要求			2016-1-7	2016-6-1
322	SY/T 7069—2016	天然气净化工程劳动定额			2016-1-7	2016-6-1
323	SY/T 7070—2016	微地震井中监测技术规程			2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
324	SY/T 7071—2016	陆上节点地震数据采集系统检验项目及技术指标			2016-1-7	2016-6-1
325	SY/T 7072—2016	大地电磁测深法资料处理解释技术规程			2016-1-7	2016-6-1
326	SY/T 7073—2016	陆上可控源电磁法勘探资料处理解释技术规程			2016-1-7	2016-6-1
327	SY/T 7074—2016	钻井液高温高压滤失量测试仪校准方法			2016-1-7	2016-6-1
328	SY/T 7075—2016	石油钻修井指重表校准方法	JJG(石油)03—1999		2016-1-7	2016-6-1
329	SY/T 7077—2016	自然伽马刻度器校准方法	JJG(石油)48—1999		2016-1-7	2016-6-1
330	SY/T 7078—2016	中子寿命测井仪校准方法			2016-1-7	2016-6-1
331	SY/T 7079—2016	补偿中子刻度器校准方法	JJG(石油)47—1999		2016-1-7	2016-6-1
332	SY/T 7080—2016	抽油机井综合测试仪校准方法			2016-1-7	2016-6-1
333	SY/T 7081—2016	检波器测试仪检定装置校准方法			2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
334	SY/T 7082—2016	补偿中子测井仪校准方法	JJG(石油)52—2000		2016-1-7	2016-6-1
335	SY/T 7083—2016	特种往复式抽油泵			2016-1-7	2016-6-1
336	SY/T 7084—2016	固井水泥头及常规固井用胶塞			2016-1-7	2016-6-1
337	SY/T 7085—2016	承压设备的设计计算		API Std 6X; 2014, MOD	2016-1-7	2016-6-1
338	SY/T 7086—2016	石油天然气工业 钻井和采油 设备 压裂泵送设备			2016-1-7	2016-6-1
339	SY/T 7087—2016	石油天然气工业 钻井和采油 设备液氮泵送设备			2016-1-7	2016-6-1
340	SY/T 7088—2016	钻井泵的安装、使用及维护			2016-1-7	2016-6-1
341	SY/T 7089—2016	海洋平台钻机选型推荐作法			2016-1-7	2016-6-1
342	SY/T 7508—2016	液化石油气中总硫的测定 氧 化微库仑法	SY/T 7508—1997		2016-1-7	2016-6-1
343	SY/T 10008—2016	海上钢质固定石油生产构筑物 全浸区的腐蚀控制	SY/T 10008—2010	NACE SP 0176: 2007, MOD	2016-1-7	2016-6-1

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采用国际 国外标准	批准日期	实施日期
344	SY/T 10029—2016	浮式生产系统规划、设计及建造的推荐作法	SY/T 10029—2004	API RP 2FPS; 2011, IDT	2016-1-7	2016-6-1
345	SY/T 10040—2016	浮式结构物定位系统设计与分析	SY/T 10040—2002	API RP 2SK; 2005, IDT	2016-1-7	2016-6-1

前 言

本规范是根据国家能源局《关于下达 2014 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2014〕298 号）的要求，对《钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准》SY/T 0088—2006 进行的修订。本标准由西安长庆科技工程有限责任公司会同有关单位共同编制完成。

在编写过程中，本规范编制组经深入调查研究，认真总结近十年来的实践经验和科技发展，参考相关国际先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范共分 9 章和 1 个附录，主要内容包括：总则、术语、一般规定、阴极保护准则、阴极保护系统设计、电绝缘、阴极保护系统的安装、干扰与防护、阴极保护系统的运行与维护。

与 SY/T 0088—2006 相比，修订的主要技术内容是：

- 将原规范第 4 章阴极保护必要性内容简化并入第 3 章；
- 补充了 100mV 保护准则判据不适用的情况；
- 补充了浅（深）埋阳极、网状阳极和线性阳极接地电阻的计算内容；
- 补充了网状阳极和线性阳极的敷设方式及安装要求；
- 补充了常用辅助阳极性能指标要求。

本规范由石油工程建设专业标准化委员会提出并归口管理，由西安长庆科技工程有限责任公司负责解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送至西安长庆科技工程有限责任公司（地址：陕西省西安市经开区长庆大厦，邮编：710018）。

本规范主编单位：西安长庆科技工程有限责任公司

本规范参编单位：中国石油天然气股份有限公司规划设计总院

宁波拓朴测控技术有限公司

本规范主要起草人员：成 杰 罗 锋 胡建国 林 罡
张志浩 毛 丽 郭亚红 黄 志
王以家 解红军 孙芳萍 孙银娟
罗慧娟

本规范主要审查人员：刘玲莉 俞彦英 曹靖斌 韩文礼
王丽芬 黄春蓉 姚 华 赵常英
滕延平 陈学江 魏金生 李 锐

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	一般规定	3
4	阴极保护准则	4
5	阴极保护系统设计	5
5.1	资料收集与现场勘察	5
5.2	阴极保护方式的选择	6
5.3	强制电流阴极保护系统	6
5.4	牺牲阳极保护系统	12
5.5	阴极保护的测量	13
6	电绝缘	16
7	阴极保护系统的安装	17
7.1	强制电流保护系统	17
7.2	牺牲阳极保护系统	18
7.3	辅助设施的安装	18
8	干扰与防护	20
9	阴极保护系统的运行与维护	21
9.1	一般规定	21
9.2	阴极保护检测	21
附录 A	常用阳极性能指标	23
标准用词说明	27
引用标准名录	28
附件	钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准 条文说明	29

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	General requirements	3
4	Cathodic protection rules	4
5	Design of cathodic protection system	5
5.1	Data collection and site survey	5
5.2	Selection of cathodic protection methods	6
5.3	Impressed current systems	6
5.4	Sacrificial anode systems	12
5.5	Measurement of cathodic protection	13
6	Electrical insulation	16
7	Cathodic protection systems installation	17
7.1	Impressed current system	17
7.2	Sacrificial anode system	18
7.3	Auxiliary facilities installation	18
8	Interference and protection	20
9	Operation and maintenance of cathodic protection systems	21
9.1	General	21
9.2	Testing of cathodic protection	21
Appendix A	Anode material properties	23
	Explanation of wording in this code	27
	List of quoted standards	28
	Addition: Explanation of provisions	29

1 总 则

- 1.0.1 为有效实施钢质储罐罐底外壁阴极保护，制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于新建和已建的钢质储罐罐底外壁阴极保护，本规范不适用于 LNG 储罐。
- 1.0.3 钢质储罐罐底外壁的阴极保护除执行本规范外，尚应符合国家现行有关标准（规范）的规定。

2 术 语

2.0.1 导电聚合物线性阳极 **conductive polymer linear anode**

将具有导电能力的高分子聚合物包覆于铜芯导线外层所构成的阳极。

2.0.2 混合金属氧化物线性阳极 **mixed metal oxide linear anode**

线状混合金属氧化物与铜芯导线并行连接构成的阳极。

2.0.3 网状阳极 **mixed metal oxide anode grid**

由混合金属氧化物阳极与钛金属连接片垂直交叉焊接构成的辅助阳极，辅助阳极呈网格状埋设于储罐底部。

3 一般规定

- 3.0.1 经调查分析，确认腐蚀会影响储罐的安全和经济运行时，应采取阴极保护措施。
- 3.0.2 钢质储罐罐底外壁宜采用强制电流保护，也可采用牺牲阳极保护。
- 3.0.3 阴极保护系统的设计寿命应与被保护储罐的设计寿命相适应。
- 3.0.4 阴极保护系统设计时，应避免保护系统与相邻金属构筑物之间的直流干扰影响，存在干扰时应采取防护措施。
- 3.0.5 储罐的接地极不应使用比罐体电极电位更正的材料。
- 3.0.6 储罐与埋地管道可联合进行区域阴极保护。

4 阴极保护准则

4.0.1 储罐罐底外壁阴极保护电位（罐/地极化电位）应为 $-850\text{mV} \sim -1200\text{mV}$ （相对于饱和硫酸铜参比电极）。

4.0.2 当本规范第 4.0.1 条保护准则难以达到时，可采用阴极极化或去极化电位差大于 100mV 的保护准则判据。 100mV 保护准则判据不可用于高温、硫酸盐还原菌、杂散电流干扰和异种金属材料耦合情况。

5 阴极保护系统设计

5.1 资料收集与现场勘察

5.1.1 储罐罐底外壁阴极保护系统设计时，应收集下列设计基础资料：

- 1 总平面及罐区布置。
- 2 储罐设计资料，如储罐设计寿命、类型、基础、接地系统及防腐涂层等。
- 3 可用电源条件。
- 4 储存介质温度。
- 5 可设置阴极保护间的位置。
- 6 电绝缘及电跨接。
- 7 相关电缆走向及敷设方式。
- 8 防爆区域分类。

5.1.2 已建储罐除满足本规范第 5.1.1 条收集资料外，还应收集下列资料：

- 1 储罐竣工资料。
- 2 储罐罐底状况。
- 3 储罐维护、检修记录。
- 4 区域内类似储罐的泄漏史。

5.1.3 现场调查、勘察宜至少包括下列内容：

- 1 已建的阴极保护系统运行状况。
- 2 杂散电流干扰情况。
- 3 特殊环境及条件。
- 4 地质状况、冻土层深度及土壤电阻率。
- 5 相邻埋地金属构筑物及距离。
- 6 被保护系统的电连续性和电绝缘的可能性。

5.2 阴极保护方式的选择

5.2.1 阴极保护方式选择至少应考虑以下因素：

- 1 被保护储罐的规格及数量。
- 2 所需电流密度和总保护电流。
- 3 土壤地质条件。
- 4 对邻近金属构筑物的干扰。
- 5 罐区未来发展规划。
- 6 阴极保护系统安装、运行、维护综合费用。

5.2.2 当储罐满足下列条件之一时，宜采用强制电流阴极保护：

- 1 储罐直径大于或等于 18m。
- 2 土壤电阻率大于或等于 $100\Omega \cdot m$ 。

5.3 强制电流阴极保护系统

5.3.1 强制电流阴极保护设计计算宜进行保护电流、电源额定输出、阳极重量和阳极接地电阻计算：

1 保护电流应通过现场实测或采用推荐保护电流密度进行计算，保护电流可按公式 (5.3.1-1) 计算：

$$I_{\text{总}} = i_{\text{a}} S_{\text{总}} \quad (5.3.1-1)$$

式中 $I_{\text{总}}$ ——阴极保护系统总电流量 (A)；

$S_{\text{总}}$ ——被保护面积 (m^2)；

i_{a} ——阴极保护电流密度 (A/m^2)，推荐保护电流密度 $5mA/m^2 \sim 10mA/m^2$ 。

2 直流电源额定输出电压和功率可按公式 (5.3.1-2) 和公式 (5.3.1-3) 计算：

$$V = I(R_{\text{a}} + R_{\text{L}} + R_{\text{c}}) + V_{\text{R}} \quad (5.3.1-2)$$

$$P = IV/\eta \quad (5.3.1-3)$$

式中 V ——直流电源额定输出电压 (V)；

I ——阴极保护系统电流 (A);
 R_a ——阳极接地电阻 (Ω);
 R_L ——导线电阻 (Ω);
 R_c ——罐底/大地过渡电阻 (Ω);
 V_R ——阳极地床反电动势 (V), 采用焦炭填料时可取 2V;
 P ——电源功率 (W);
 η ——电源整流器效率, 取 0.7。

3 常规辅助阳极重量可按公式 (5.3.1-4) 计算:

$$G = TgI_f/K \quad (5.3.1-4)$$

式中 G ——阳极总重量 (kg);
 T ——阳极设计寿命 (年);
 g ——阳极消耗率 [$\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{年})$];
 I_f ——阳极工作电流 (A);
 K ——阳极利用系数, 取 0.7~0.85。

4 网状阳极长度计算可按公式 (5.3.1-5) 计算并按表 5.3.1-1 核算, 两者应取数值较大:

$$L = I/i_{\text{额}} \quad (5.3.1-5)$$

式中 L ——阳极长度 (m);
 I ——系统所需保护电流总量 (A);
 $i_{\text{额}}$ ——单位长度阳极可产生的电流 (A/m)。

表 5.3.1-1 网状阳极带、导电片间距表 (m)

储罐直径	阳极带间距	导电片间距
80 以上	2.0	8.0
60	1.6	6.0
40	1.4	5.0
30	1.2	4.0
20	1.0	4.0
18	1.0	4.0

5 辅助阳极接地电阻计算包括：

- 1) 单支浅埋立式辅助阳极接地电阻可按公式 (5.3.1-6) 计算：

$$R_{v1} = \frac{\rho}{2\pi L_a} \ln \left(\frac{2L_a}{D_a} \sqrt{\frac{4t + 3L_a}{4t + L_a}} \right) \quad (t \gg D_a) (D_a \ll L_a) \quad (5.3.1-6)$$

式中 R_{v1} ——单支立式辅助阳极接地电阻 (Ω)；

ρ ——土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)；

L_a ——辅助阳极长度 (含填料) (m)；

D_a ——辅助阳极直径 (含填料) (m)；

t ——辅助阳极埋深 (填料顶部距地表面) (m)。

- 2) 单支浅埋水平辅助阳极接地电阻可按公式 (5.3.1-7) 计算：

$$R_h = \frac{\rho}{2\pi L_a} \ln \left(\frac{L_a^2}{tD_a} \right) \quad (t \ll L_a) (D_a \ll L_a) \quad (5.3.1-7)$$

式中 R_h ——单支水平式辅助阳极接地电阻 (Ω)；

ρ ——土壤电阻率 ($\Omega \cdot m$)；

L_a ——辅助阳极长度 (含填料) (m)；

D_a ——辅助阳极直径 (含填料) (m)；

t ——辅助阳极埋深 (填料顶部距地表面) (m)。

- 3) 浅埋阳极组接地电阻可按公式 (5.3.1-8) 和公式 (5.3.1-9) 计算：

$$R_a = F \frac{R_z}{n} \quad (5.3.1-8)$$

$$F \approx 1 + \frac{\rho}{nsR_z} \ln(0.66n) \quad (5.3.1-9)$$

式中 R_a ——辅助阳极组接地电阻 (Ω)；

F ——辅助阳极电阻修正系数；

R_z ——单支辅助阳极接地电阻 (Ω)；

n ——阳极支数；

ρ ——土壤电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)；

s ——辅助阳极间距 (m)。

4) 深井式辅助阳极接地电阻可按公式 (5.3.1-10) 计算：

$$R_{v2} = \frac{\rho}{2\pi L_a} \ln\left(\frac{2L_a}{D_a}\right) \quad (t \gg L_a) \quad (5.3.1-10)$$

式中 R_{v2} ——深埋式辅助阳极接地电阻 (Ω)；

ρ ——土壤电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)；

L_a ——辅助阳极长度 (含填料) (m)；

D_a ——辅助阳极直径 (含填料) (m)；

t ——辅助阳极埋深 (填料顶部距地表面) (m)。

5) 网状阳极接地电阻可按公式 (5.3.1-11) 和公式 (5.3.1-12) 计算：

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{2L^2}{rD} - 2 \right] \cdot Q \quad (5.3.1-11)$$

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (5.3.1-12)$$

式中 L ——阳极长度 (m)；

r ——阳极带等量半径 (m)；

D ——阳极网埋深 (m)；

Q ——电阻系数，取 1.5；

S ——阳极截面积 (m^2)。

6) 线性阳极接地电阻可按公式 (5.3.1-13) 计算：

$$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln\left(\frac{2L}{d}\right) \quad (d \ll L) \quad (5.3.1-13)$$

式中 d ——阳极直径 (m)；

ρ ——土壤电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)；

L ——辅助阳极长度 (含填料) (m)。

5.3.2 应依据土壤性质和阳极与环境的适应性选择阳极。阳极类型可选用高硅铸铁阳极、网状阳极、导电聚合物线性阳极和混合金属氧化物线性阳极等。阳极性能应满足本规范附录 A 的要求。

5.3.3 辅助阳极的布设应根据储罐类型、环境条件和阴极保护需求来确定，可按图 5.3.3-1 至图 5.3.3-7 所列形式布设阳极。

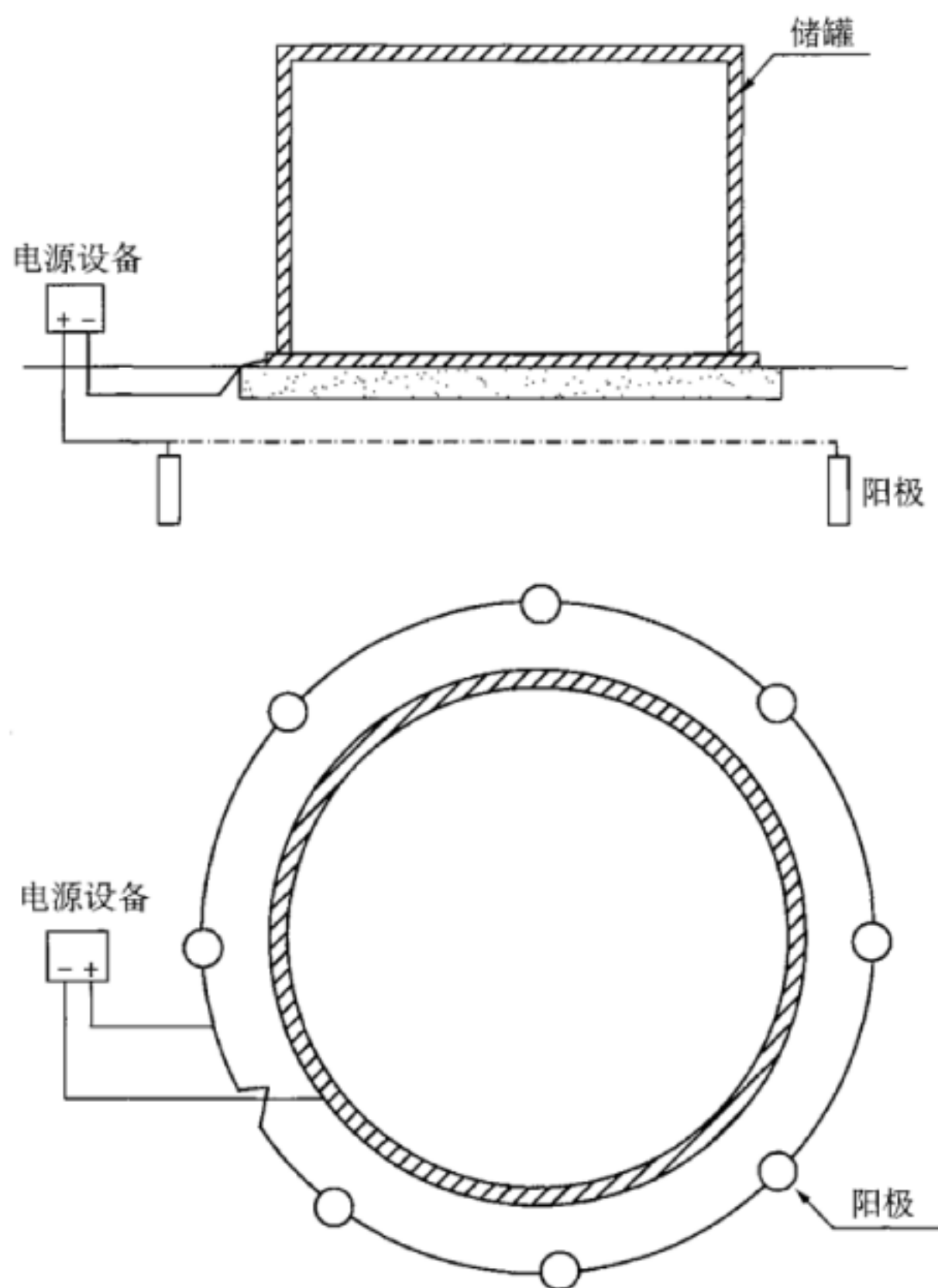


图 5.3.3-1 罐周式

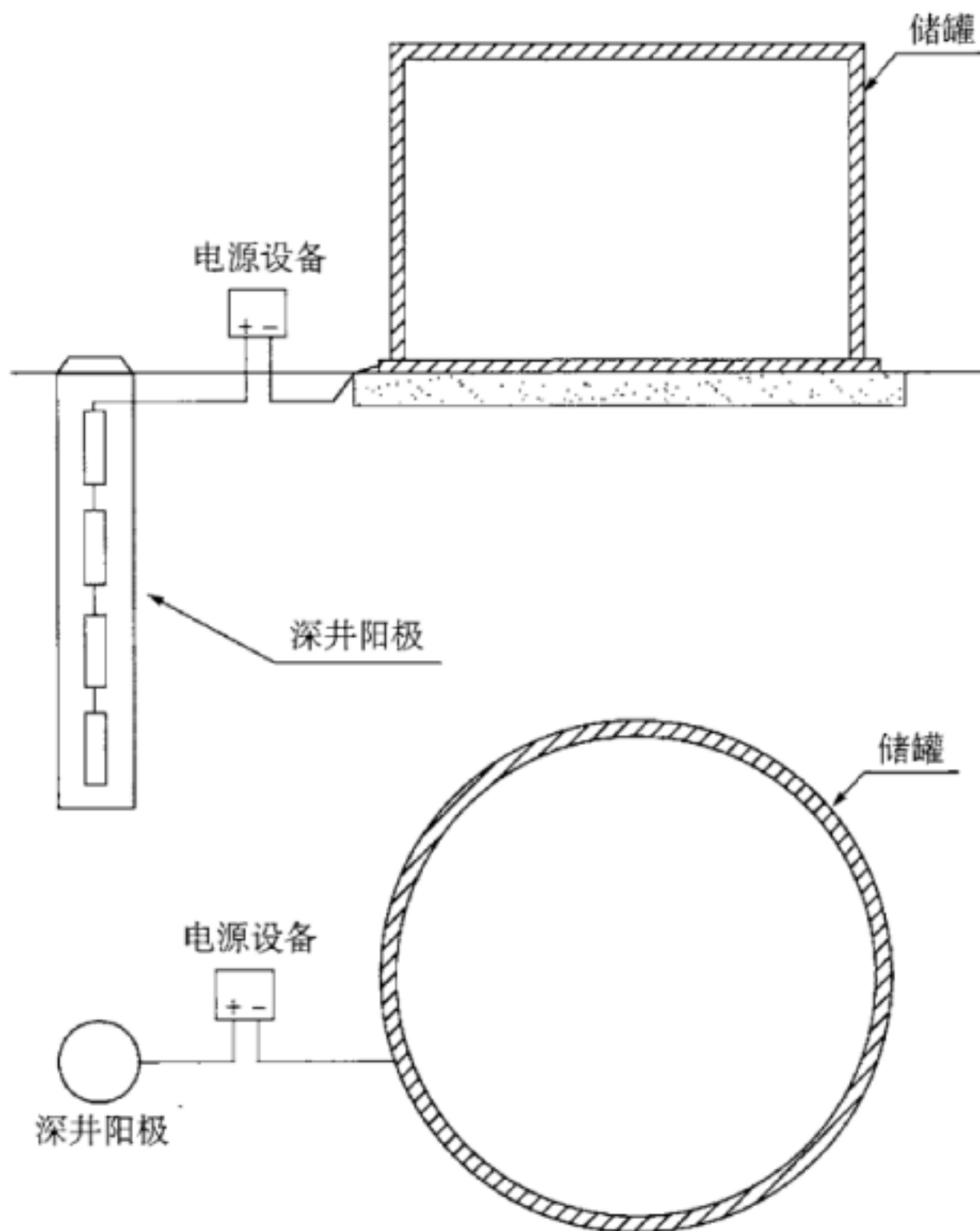


图 5.3.3—2 罐旁深井式

5.3.4 多个储罐联合保护时，阳极地床可采用深井式、浅埋式或深井与浅埋结合的方式。

5.3.5 带防渗膜的罐底阴极保护的阳极应安置在防渗膜和罐底之间，阳极类型宜采用混合金属氧化物网状阳极、导电聚合物线性阳极或混合金属氧化物线性阳极。

5.3.6 强制电流系统直流电源设备可选用整流器或恒电位仪。直流电源的输出电压与输出电流应留有裕量，并应与阴极保护回路的总电阻相匹配。

5.3.7 电源设备的选型应满足使用环境的要求。

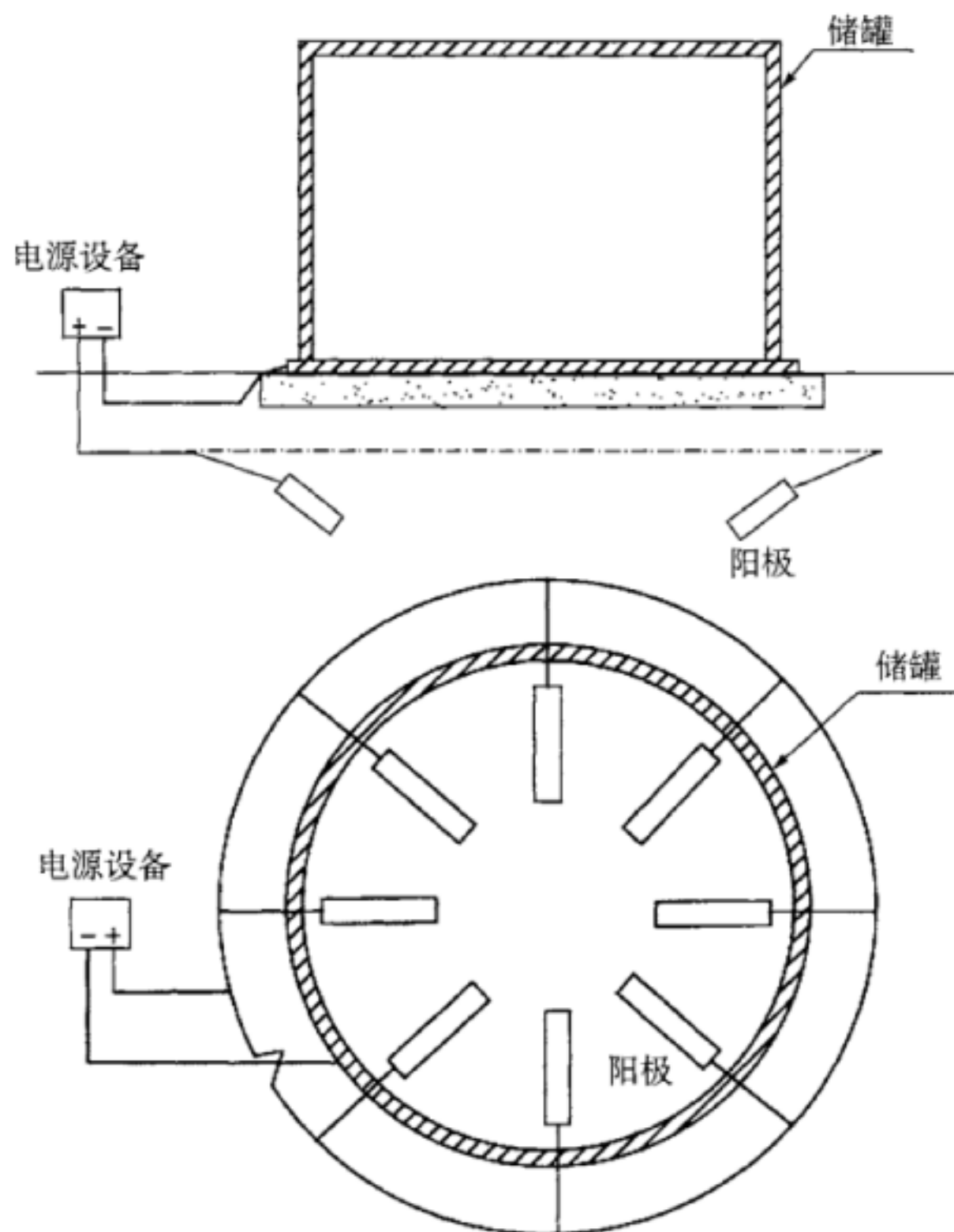


图 5.3.3—3 罐底斜插式

5.4 牺牲阳极保护系统

5.4.1 牺牲阳极类型宜选用镁基牺牲阳极，并应带填包料使用。

5.4.2 牺牲阳极性能应执行现行国家标准《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731 的规定。

5.4.3 牺牲阳极设计计算执行现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的规定。

5.4.4 牺牲阳极的埋设应有利于保护电流的均匀分布，宜在罐周均匀布置阳极，阳极与罐底边缘的间距宜为 1m~3m，埋深不

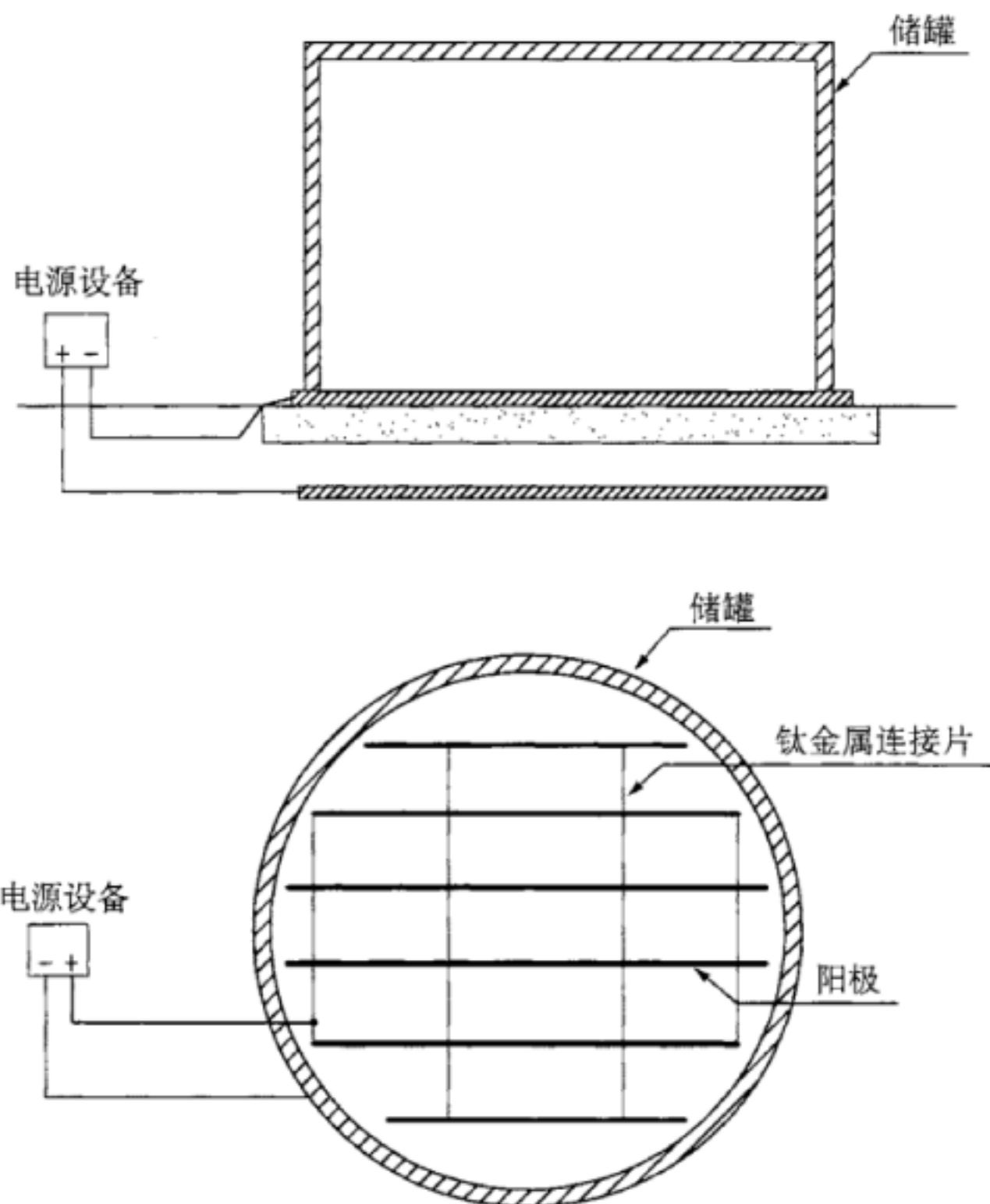


图 5.3.3-4 罐底网状式

宜小于 1m，应埋设在冻土层以下，防渗膜以上，并应避开接地极。

5.5 阴极保护的测量

5.5.1 新建储罐设计时，宜在罐底适当位置安装长效参比电极。安装数量不宜少于两支，且有一支应位于罐底中心位置。

5.5.2 罐底阴极保护电位监测点的数量及分布应能有效反映罐底保护情况，并应满足以下要求：

- 1 分布在罐周边的监测点不宜少于两处，当罐底直径较大

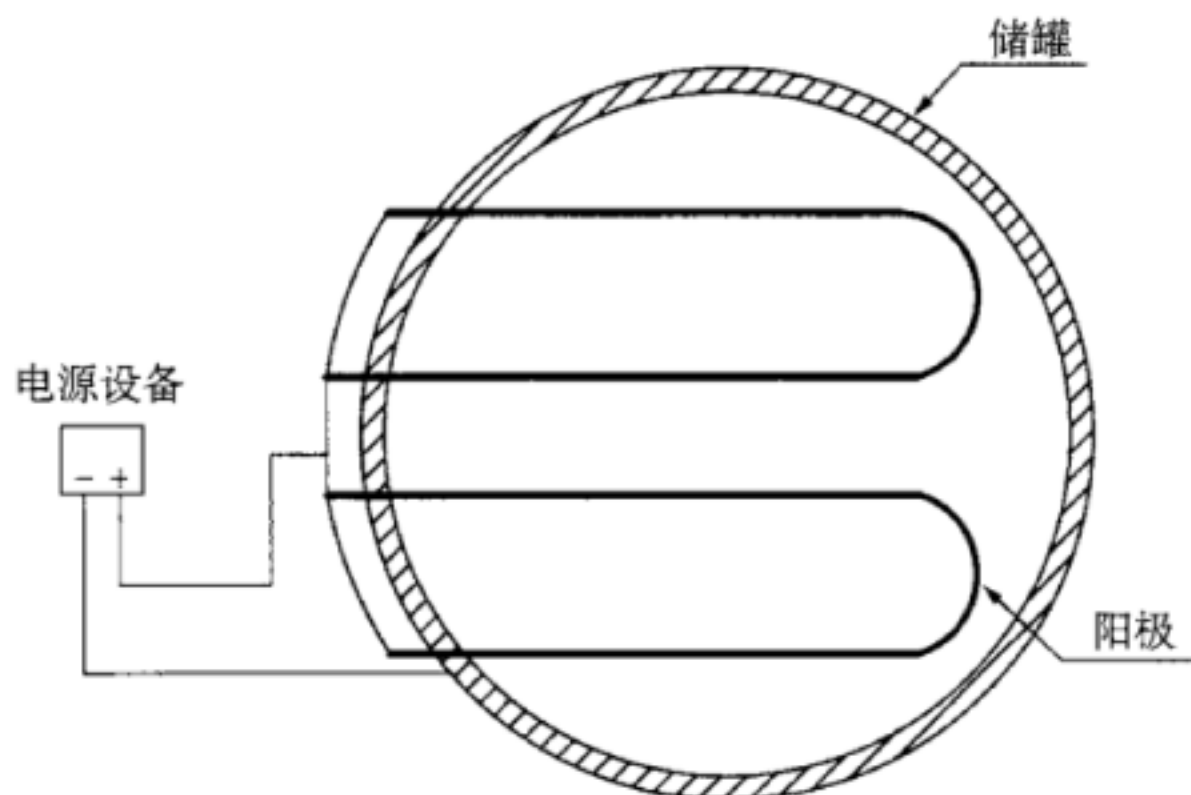


图 5.3.3—5 罐底蛇形布设

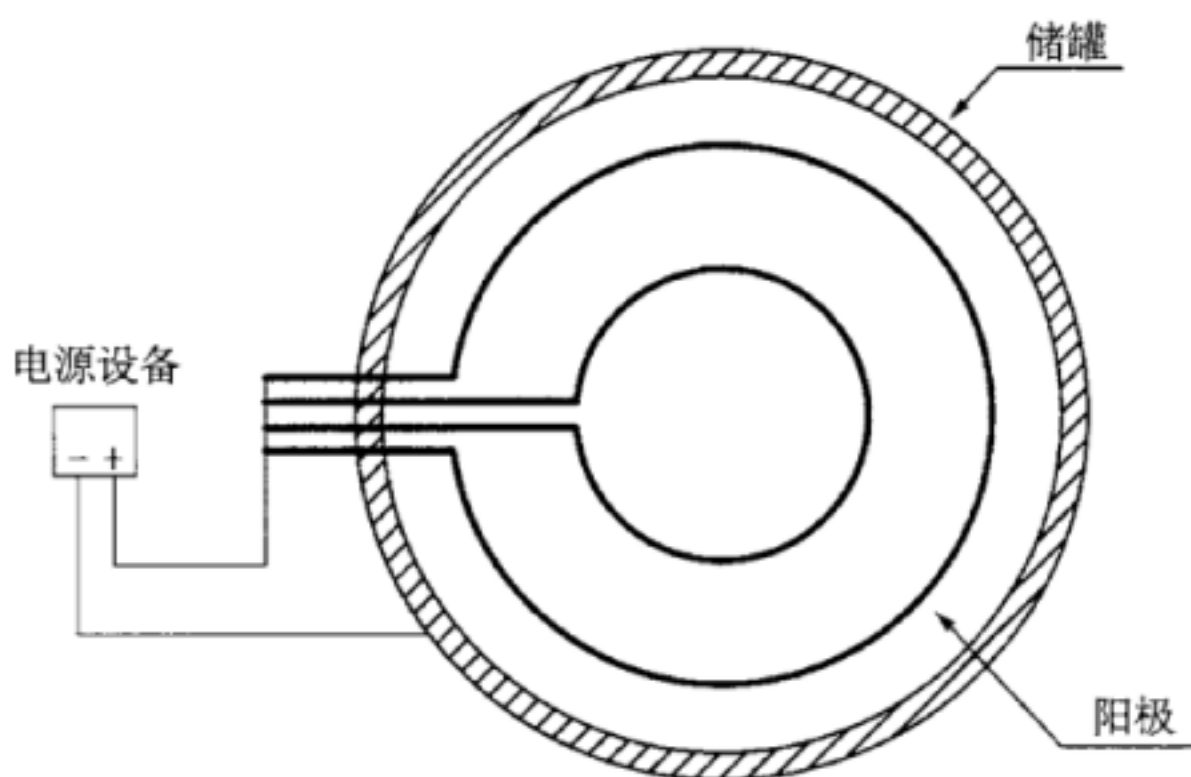


图 5.3.3—6 罐底同心圆式

时可增加监测点数量。

2 监测点的设置宜避开阳极干扰区。

3 采用罐周阳极布设时，罐底周边的保护电位宜保持在 $-1100\text{mV} \sim -1200\text{mV}$ （相对饱和硫酸铜参比电极）。

5.5.3 罐底宜安装长效铜/饱和硫酸铜和高纯锌两种参比电极，两种参比电极可同时安装。

5.5.4 阴极保护电位、阴极极化的测定方法应执行现行国家标

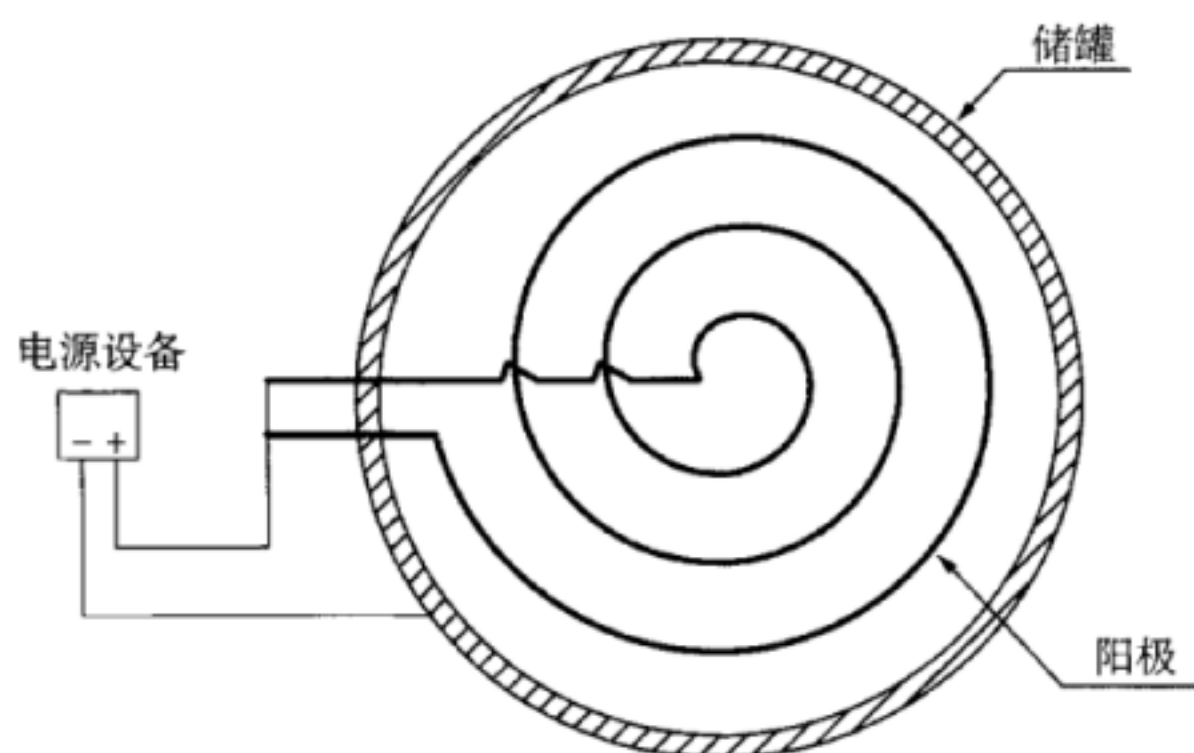


图 5.3.3—7 罐底盘旋式

准《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246 的规定。

6 电 绝 缘

6.0.1 阴极保护的设计宜考虑电绝缘，电绝缘装置的安装位置应满足电气接地的限定要求。

6.0.2 绝缘装置应采用绝缘法兰、绝缘接头或其他专门设计的绝缘装置，绝缘装置不宜安装在存在爆炸可能性的密闭区域内。

6.0.3 绝缘装置应根据工艺温度、压力、介质及管道参数进行设计。

6.0.4 绝缘装置应采取防强电冲击保护措施。

7 阴极保护系统的安装

7.1 强制电流保护系统

7.1.1 安装前应检查并确认所有设备与材料符合设计要求。

7.1.2 辅助阳极安装应按照设计要求进行施工，浅埋阳极安装应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术标准》GB/T 21448 的规定，深井阳极安装应符合国家现行标准《强制电流深阳极地床技术规范》SY/T 0096 的规定。

7.1.3 强制电流电源设备的安装，应满足以下要求：

1 应按设计和产品说明书的要求进行安装。

2 电缆与电源设备应采用机械连接，且连接可靠。电源设备通电前，应检查并确认电源设备的正负极连接是否正确。

3 电源设备应有良好的接地。

4 电源设备机柜安装于室内时，机柜前后间距不宜小于 1m。

7.1.4 电源设备与储罐罐底连接电缆宜采用焊接，采用机械连接时不应埋于地下。

7.1.5 阳极引线和电缆敷设应留有一定裕量，线性阳极与电缆的接头宜设置于储罐基础环梁外侧，所有连接接头应进行绝缘密封。安装过程中应避免损坏阳极引线和连接电缆的绝缘层。

7.1.6 储罐罐底埋设有网状阳极或线性阳极时，阳极与储罐罐底之间的距离不应小于 0.3m，与储罐基础环梁不小于 0.2m，且应埋设于砂垫层中。

7.1.7 当储罐更换罐底，新旧罐底之间的距离应大于 0.3m，阴极保护的阳极、参比电极应放置于新旧罐底之间的垫层中，安装中应避免储罐罐底与阳极发生短路。

7.2 牺牲阳极保护系统

7.2.1 牺牲阳极在储罐四周分布，同组阳极宜选用同一批号或开路电位相近的阳极。

7.2.2 牺牲阳极埋设有立式和水平式两种，在罐周埋设时应符合现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的规定。

7.2.3 牺牲阳极的安装应符合下列要求：

1 牺牲阳极应按设计要求和 technical 规定进行安装，阳极体不应与管道或储罐直接接触。

2 采用预包装牺牲阳极时，应测试阳极和导线的电连续性，测试应在不破坏阳极预包装完整性的条件下进行，预包装袋应为棉麻类织品。

3 采用非预包装牺牲阳极时，牺牲阳极应位于专用填包料的中心，回填前应浇淡水润湿。

7.2.4 电缆与储罐、电缆与电缆、电缆与阳极钢芯均宜采用焊接连接，焊接后应采取绝缘防腐措施。阳极组与储罐宜通过接线箱或测试桩连接。

7.2.5 牺牲阳极连接电缆的埋设深度宜大于或等于 0.7m，电缆敷设时长度应留有一定裕量。

7.3 辅助设施的安装

7.3.1 测试桩的安装应符合下列要求：

1 测试桩应做明确标志，安装位置应考虑防爆要求。

2 测试桩的结构应考虑防水防潮。

3 测试电缆应埋地敷设，电缆端头应设置永久性标识，在直埋电缆上方应设警示标志。

7.3.2 回填前应仔细检查电缆及接头的完好性，电缆长度应留有足够的裕量。回填过程中不应损伤电缆的绝缘材料。

7.3.3 参比电极的安装应按下列要求执行：

- 1 电缆与参比电极引线的连接处应进行绝缘密封处理。
 - 2 长效参比电极应带填料安装。
 - 3 罐底安装的参比电极应与罐底板保持间距，避免因罐底变形损坏参比电极。
- 7.3.4 绝缘装置的安装应执行下列要求：**
- 1 安装前应检查确认绝缘装置符合设计要求。
 - 2 应按照产品说明书要求安装。

8 干扰与防护

8.0.1 阴极保护投运前，测得的储罐罐底对地电位较稳定的自然电位正向偏移超过 20mV 时应进行监测；当电位正向偏移超过 100mV，应采取防护措施。

8.0.2 存在直流杂散电流干扰时，可执行现行国家标准《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》GB 50991 的规定，采取相应的防护措施。

9 阴极保护系统的运行与维护

9.1 一般规定

- 9.1.1 阴极保护系统在投运前，应测量储罐自然电位。
- 9.1.2 阴极保护系统投运后，应及时测量和检验保护系统的阴极保护参数。
- 9.1.3 检测罐底对地电位时，宜在罐底与基础最大程度接触情况下进行。
- 9.1.4 储罐维修后，阴极保护系统应尽快重新启动。

9.2 阴极保护检测

- 9.2.1 投产运行前应测试并记录下列数据、信息：
 - 1 储罐对地电位。
 - 2 阳极接地电阻。
 - 3 阳极地床区域地表电位梯度。
 - 4 牺牲阳极开路电位。
 - 5 相邻金属构筑物对地电位。
 - 6 绝缘装置绝缘性能。
 - 7 现有邻近阴极保护系统运行参数。
- 9.2.2 阴极保护在调试过程中应测试并记录下列数据、信息：
 - 1 储罐对地电位。
 - 2 阳极地床区域地表电位梯度。
 - 3 电源设备输出电流、输出电压和控制电位。
 - 4 牺牲阳极输出电流及闭路电位。
 - 5 相邻金属构筑物对地电位。
 - 6 绝缘接头两侧对地电位。
 - 7 现有邻近阴极保护系统运行参数。

9.2.3 阴极保护正常运行后应定期进行下列参数测试：

- 1 电源设备输出电流、输出电压、控制电位。
- 2 监测点储罐对地电位。
- 3 阳极地床的接地电阻。
- 4 绝缘装置两侧电位差。
- 5 长效参比电极有效性检查。

9.2.4 存在下列情况之一时，应对阴极保护系统进行全面测试及必要调整：

- 1 储罐经过检修改造后。
- 2 阴极保护系统意外停机重新启用时。
- 3 储罐所在区域发生改扩建后。
- 4 阴极保护系统输出发生明显变化时。

9.2.5 应记录并保存的资料包括：竣工验收资料，调试及运行过程中的检测记录，检修、维护及更换资料。

附录 A 常用阳极性能指标

A.1 高硅铸铁阳极

A.1.1 高硅铸铁阳极的允许电流密度为 $5\text{A}/\text{m}^2 \sim 80\text{A}/\text{m}^2$ ，消耗率应小于 $0.5\text{kg}/(\text{A} \cdot \text{年})$ 。

A.1.2 高硅铸铁阳极规格应满足表 A.1.2-1 的要求，高硅铸铁阳极化学成分应符合表 A.1.2-2 的要求。

表 A.1.2-1 常用高硅铸铁阳极规格

序号	阳极规格		阳极引出导线规格	
	直径 (mm)	长度 (mm)	截面积 (mm^2)	长度 (mm)
1	50	1500	10	≥ 1500
2	75	1500	10	≥ 1500
3	100	1500	10	≥ 1500

表 A.1.2-2 高硅铸铁阳极化学成分

序号	类型	主要化学成分 (%)					杂质含量 (%)	
		Si	Mn	C	Cr	Fe	P	S
1	普通	14.25~15.25	0.5~1.5	0.80~1.05	—	余量	≤ 0.25	≤ 0.1
2	加铬	14.25~15.25	0.5~1.5	0.80~1.4	4~5	余量	≤ 0.25	≤ 0.1

A.2 网状阳极

A.2.1 网状阳极应由混合金属氧化物阳极带与钛金属连接片垂直交叉焊接而成。

A.2.2 混合金属氧化物阳极带性能指标应符合表 A.2.2-1 的要求，钛金属连接片化学成分、性能指标应符合表 A.2.2-2 和

表 A. 2. 2-3 要求。

表 A. 2. 2-1 混合金属氧化物阳极带性能指标

序号	项目	指标
1	截面尺寸 (mm)	6.35×0.635
2	单根标准长度 (m)	152 (或 100)
3	阳极质量 (g/m)	16.7
4	阳极电阻 (Ω/m)	0.1389
5	阳极面积 (m^2/m)	0.014
6	等量半径 (mm)	2.2
7	额定输出电流 (A/m)	>0.02
8	使用寿命 (年)	50
9	电流效率 ($\text{A} \cdot \text{年}/\text{m}^2$)	>72

表 A. 2. 2-2 钛金属连接片化学成分

序号	化学成分 (%)	
	基材	Gr1/2
1	氮	<0.03
2	碳	<0.08
3	氢	<0.015
4	铁	<0.3
5	氧	<0.25
6	杂质	<0.4

表 A. 2. 2-3 钛金属连接片物理性能指标

序号	物理性能	指标
1	截面尺寸 (mm)	12.7×0.9
2	电阻率 ($\mu\Omega \cdot \text{cm}$)	<56
3	单根标准长度 (m)	152 (或 100)

续表 A. 2. 2-3

序号	物理性能	指标
4	质量 (g/m)	51
5	弹性模量 (MPa)	1.05×10^5
6	抗拉强度 (MPa)	345
7	屈服强度 (MPa)	275
8	延伸率 (%)	20

A. 3 线性阳极

A. 3. 1 储罐阴极保护采用的线性阳极包括：导电聚合物线性阳极和混合金属氧化物线性阳极两种类型。

A. 3. 2 线性阳极综合性能应符合表 A. 3. 2-1 的要求。混合金属氧化物线性阳极主体性能指标应符合表 A. 3. 2-2 的要求。导电聚合物线性阳极中导电聚合物性能指标应符合表 A. 3. 2-3 的要求。线性阳极外保护层为织物覆盖层，其性能指标应符合表 A. 3. 2-4 的要求。线性阳极填料采用焦炭粉，其性能指标应符合表 A. 3. 2-5 的要求。

表 A. 3. 2-1 线性阳极综合性能

序号	项目	单位	指标
1	最大输出电流	A/m	0.052
2	最低施工温度	℃	-18
3	最小弯曲半径	mm	150
4	阳极铜芯截面积	mm ²	16
5	阳极外径	mm	≥35
6	导电聚合物外径	mm	≥13
7	使用寿命 (最大电流密度输出)	年	≥25

表 A. 3. 2—2 混合金属氧化物线性阳极主体性能指标

序号	项目	性能指标
1	基材	一级钛
2	涂层厚度 (IrO/TaO)	$\geq 6\text{g/m}^2$
3	最大工作电流密度	100A/m^2

表 A. 3. 2—3 导电聚合物性能指标

序号	项目		性能指标	试验方法
1	体积电阻率 (23℃)		$1.1\Omega \cdot \text{cm} \sim 1.9\Omega \cdot \text{cm}$	GB/T 3048.3
2	耐化学试剂浸泡 (7d, 23℃, 质量变化率)	3% NaCl	$< 1\%$	GB/T 11547
		3% Na ₂ SO ₄	$< 1\%$	
		3% NaOH	$< 1\%$	

表 A. 3. 2—4 织物覆盖层材料性能指标

序号	项目	性能指标	试验方法
1	织物单位面积质量	$\geq 150\text{g/m}^2$	GB/T 4669
2	顶破强力 (幅宽 $\leq 140\text{mm}$)	$\geq 500\text{N}$	GB/T 7742.1
3	耐磨性能 (0.600 水砂纸)	≥ 100 次	GB/T 21196.2
4	抗穿刺性能	$\geq 28\text{kg}$	FZ/T 01117

表 A. 3. 2—5 焦炭粉填充料性能指标

序号	项目	性能指标	试验方法
1	碳含量	$\geq 98\%$	GB/T 2001
2	颗粒大小	$0.1\text{mm} \sim 1.0\text{mm}$	YS/T 587.12
3	体积电阻率	$\leq 0.05\Omega \cdot \text{m}$	GB/T 24521

标准用词说明

- 1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
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”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 本规范条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《焦炭工业分析测定方法》GB/T 2001
- 《电线电缆电性能试验方法 第3部分：半导体橡塑材料体积电阻率试验》GB/T 3048.3
- 《纺织品 机织物 单位长度质量和单位面积质量的测定》GB/T 4669
- 《纺织品 织物胀破性能 第1部分：胀破强力和胀破扩张度的测定 液压法》GB/T 7742.1
- 《塑料 耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547
- 《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731
- 《纺织品 马丁代尔法织物耐磨性的测定 第2部分：试样破损的测定》GB/T 21196.2
- 《埋地钢质管道阴极保护参数测量方法》GB/T 21246
- 《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448
- 《焦炭电阻率测定方法》GB/T 24521
- 《埋地钢质管道直流干扰防护技术标准》GB 50991
- 《纺织品 防穿刺性能的测定 有刃刀具法》FZ/T 01117
- 《强制电流深阳极地床技术规范》SY/T 0096
- 《炭阳极用煅后石油焦检测方法 第12部分：粒度分布的测定》YS/T 587.12

附件

钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准

条文说明

修 订 说 明

本规范是根据国家能源局 2014 年下达的任务，由西安长庆科技工程有限责任公司主编，中国石油天然气股份有限公司规划设计总院和宁波拓朴测控技术有限公司参加，对《钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准》SY/T 0088—2006 进行修订而成的。

修订过程中，本规范编制组对近十年来国内外钢质储罐罐底外壁阴极保护技术的实践和发展进行了调研，并广泛征求了国内石油领域设计、施工、运行、研究及管理等方面的意见，经反复讨论，先后形成了规范编写大纲、征求意见稿、送审稿和报批稿，最后由石油工程建设专业标准化委员会会同有关部门审查定稿。

为便于广大设计、施工、科研等有关人员在使用本规范时能够正确理解和执行本规范条文的规定，本规范修订组根据国家有关编制标准、规范条文说明的统一规定，按正文的章节条款顺序编制了条文说明，供本规范使用者参考。

在执行本规范过程中，希望各应用单位结合工程实践，总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料函寄西安长庆科技工程有限责任公司技术质量部（地址：陕西省西安市经开区长庆兴隆园小区长庆大厦，邮编：710018）。

目 次

1	总则	32
3	一般规定	33
4	阴极保护准则	34
5	阴极保护系统设计	35
5.1	资料收集与现场勘察	35
5.2	阴极保护方式的选择	35
5.3	强制电流阴极保护系统	35
5.4	牺牲阳极保护系统	38
5.5	阴极保护的测量	38
6	电绝缘	40
7	阴极保护系统的安装	41
7.1	强制电流保护系统	41
7.2	牺牲阳极保护系统	41
8	干扰与防护	42
9	阴极保护系统的运行和维护	43
9.2	阴极保护检测	43
附录 A	常用阳极性能指标	44

1 总 则

1.0.1 本条明确了制定本规范的目的。钢质储罐罐底外壁阴极保护技术应用在国内已有近三十年了，该技术的应用已经成熟。国外储罐罐底外壁阴极保护技术标准有《地上石油储罐的阴极保护》API RP 651 和《地下储罐系统采用阴极保护腐蚀控制的推荐做法》NACE RP 0285 等，国内标准有《钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范》GB 50393，但这些标准只针对石油类储罐，涵盖面较小。因此，编制钢质储罐罐底外壁阴极保护技术标准是有必要的。

1.0.2 本条说明了本规范的使用范围。

3 一般规定

3.0.1 本条规定了储罐在确定是否需要采取阴极保护措施时，进行前期调查是具有必要性的。

3.0.2 本条对采取的阴极保护方式进行界定，主要考虑到牺牲阳极阴极保护在实际应用中的经济性。国外标准中规定储罐牺牲阳极输出电流大于 1A 严禁使用；同时牺牲阳极必须埋设于地下水位以下，但其消耗较快，在国内成功应用例子较少。

3.0.3 阴极保护系统的设计寿命应考虑被保护系统的使用年限，但对于阴极保护系统中的设备和材料，可不限定使用寿命，在使用年限内可进行维修或更换。阳极的设计寿命应高于被保护体的使用年限，尤其是埋设于储罐罐底的阳极。

3.0.4 强制电流阴极保护电流是以大地为回路的，它的流动不可避免地要对附近地下金属构筑物造成干扰影响。由于保护系统与地下金属构筑物之间相互干扰的情况较为复杂，不易在设计阶段摸清，因此在设计前期对可能出现的情况应提前考虑，并提出相应的防护措施。

3.0.5 储罐的接地极是为了防止雷击和静电而设置的重要安全设施，而钢质接地极容易造成保护电流的大量流失。为了解决阴极保护电流流失问题，推荐采用比钢材电极电位负的材料作为储罐接地极。例如：锌接地极在土壤中的开路电位和储罐要求的外加保护电位基本相等，因此使用锌接地极既可保证保护电流不会从这里流失，又可利用锌接地极比钢质接地极导电能力强的优点，保证储罐有良好可靠的接地保护。

3.0.6 站内埋地管网和储罐可以进行联合区域性阴极保护，这种保护形式在兰州—成都原油管道江油泵站工程中得到了很好的应用，不仅对埋地管网进行了有效保护，同时对储罐罐底外壁也起到了保护作用。

4 阴极保护准则

4.0.1 有关阴极保护准则，国内外的认识基本一致，自 1992 年《管道防腐》NACE RP 0169 修订后，现在所提的电位准则均认为是不含 IR 降的影响。

4.0.2 钢质储罐罐底外壁在站场内受到的外界影响较多，根据《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 和《石油和天然气工业 管道运输系统的阴极保护》ISO 15889 中的准则要求，储罐在介质温度高、存在硫酸盐还原菌、受杂散电流干扰和与异种金属材料耦合的情况下阴极保护系统可能无效，需要在设计时对上述情况进行考虑。

5 阴极保护系统设计

5.1 资料收集与现场勘察

5.1.1~5.1.3 新建储罐和已建储罐设计前期资料收集及现场勘察是进行阴极保护系统设计时必须考虑的因素。

5.2 阴极保护方式的选择

5.2.1~5.2.2 强制电流由于可利用的驱动电位大、电流输出大且可调，适用于所需保护电流大的大型构筑物和土壤电阻率高的环境。根据近年国内对储罐底板外壁阴极保护的设计经验，同时考虑到经济因素，本次修订对采用强制电流阴极保护的适用范围进行了界定，便于设计时对阴极保护类型进行合理选择。直径不小于 18m 的储罐属于罐容在 3000m^3 以上的标准储罐，罐径在这个尺寸以上的储罐采用强制电流阴极保护更具有经济适用性，同时在 API RP 651 中推荐牺牲阳极保护通常应用于直径小于 18m 的储罐罐底。当土壤电阻率大于 $100\Omega \cdot \text{m}$ 时，牺牲阳极在土壤中会出现失效的情况，因此在这样的土壤环境中不建议采用牺牲阳极阴极保护。

5.3 强制电流阴极保护系统

5.3.1 阴极保护电流密度的选取是设计成败的关键，国外对沥青砂垫层罐底的保护电流密度的规定也不统一。根据近年国内工程的设计经验，对于有防腐层的罐底外壁的保护电流密度一般取 $5\text{mA}/\text{m}^2 \sim 10\text{mA}/\text{m}^2$ ；对于裸钢底板，保护电流密度一般取 $10\text{mA}/\text{m}^2 \sim 20\text{mA}/\text{m}^2$ 。API RP 651 中提到，通常保护电流密度在室温下为 $10\text{mA}/\text{m}^2 \sim 20\text{mA}/\text{m}^2$ ，高温储罐的保护电流密度在 $20\text{mA}/\text{m}^2 \sim 80\text{mA}/\text{m}^2$ 的范围内，由于国外储罐罐底外壁多采

用无防腐涂层形式，因此这两个数值应是属于裸钢底板的。目前，国内的罐底外壁均采用了防腐涂层，所以选取保护电流密度 $5\text{mA}/\text{m}^2 \sim 10\text{mA}/\text{m}^2$ 是比较适宜的。另外，也可根据现场情况，采用现场电流需求量测试试验来计算电流密度。具体做法：采用一个临时阳极地床、一个合适的直流电源与被保护储罐建立一个临时保护站，通电后沿罐周围和中心测量其保护电位来判断。此测试可提供储罐所需的电流近似值，然后根据实际的输出电流和保护面积计算出电流密度。进行现场电流需求量测试时，罐内应有足够的液位使罐底最大程度地与垫层材料接触。

在设计中，直流电源额定输出电压的计算对于导线电阻和罐底/大地过渡电阻一般可以忽略不予考虑。

浅（深）埋阳极地床接地电阻的计算参考了管道强制电流阴极保护的计算方法。网状阳极的计算是参考了石化企业网状阳极企业标准和国内多年的设计施工经验，阳极长度可以根据总电流量和阳极单位长度电流量计算，也可以根据阳极间距计算，两个值推荐取最大值作为阳极接地电阻计算数据。线性阳极是 2000 年后在国内阴极保护设计中开始推广的，经过十几年的应用，证实这种阳极在阴极保护系统中，尤其是在储罐底板外壁阴极保护中效果较好，其接地电阻的计算也有采用以下经验公式进行计算的。

$$R = \frac{G_F \cdot \rho}{\rho_a} \quad (1)$$

式中 G_F ——线性阳极接地电阻系数；

ρ_a ——相对土壤电阻率，一般取 $10\Omega \cdot \text{m}$ 。

线性阳极接地电阻系数按表 1 的经验系数进行选择。

公式（1）计算值与本规范第 5.3.1 条中的公式（5.3.1-13）计算值接近，但公式（1）计算采用了经验系数，导致计算数值单位有误，故在本规范中不予推荐采用公式（1）进行线性阳极接地电阻计算。

5.3.2 同样的阳极结构和数量，在低电阻率地区易获得较小的

接地电阻，从而节省电力；在相同接地电阻的情况下，低电阻率地区可减少阳极消耗，降低成本。其中高硅铸铁和混合金属氧化物阳极一般安装在土壤中较好；聚合物阳极不应在碳氢化合物污染的环境中使用；作为阳极填充料的焦炭和阳极不能与储罐表面接触。

表 1 线性阳极接地电阻系数表 ($\rho_s = 10\Omega \cdot m$)

阳极使用长度 (m)	接地电阻系数 G_F
0~30	0.62
31~150	0.16
151~300	0.09
301~600	0.05
601~900	0.04
901~1200	0.03
>1200	0.02

5.3.3 储罐罐底外壁阴极保护阳极的布置原则应是保护电流分布均匀，互相干扰影响小。从众多布设方式中可以看出，阳极的类型直接影响到保护电流的分布是否均匀。根据近年来储罐工程的设计施工经验，网状阳极和线性阳极的使用具有明显优势。

5.3.4 罐区的保护，单独采用一种阳极形式，可能很难奏效，因此在局部还要增加一些分布式阳极补充。在国内保护成功的案例中，如仪征罐区和东营首站等，均采用了深井阳极和周边阳极，实践证明两者结合较为理想。

5.3.5 本条明确了带防渗膜的储罐罐底阴极保护阳极的位置，确保了保护电流不被屏蔽。网状阳极或线性阳极更易布设于罐底，因此推荐采用这两种阳极。

5.3.6 在储罐强制电流阴极保护系统中，恒电位仪的使用仍然是主流，受到设计、施工和运行单位认可。

5.4 牺牲阳极保护系统

5.4.1 本条推荐采用镁基牺牲阳极，作为罐底牺牲阳极保护系统的阳极类型。镁基牺牲阳极适用土壤电阻率范围是 $15\Omega \cdot \text{m} \sim 150\Omega \cdot \text{m}$ ，而常用的锌基牺牲阳极土壤电阻率范围是小于 $15\Omega \cdot \text{m}$ 。储罐所在区域土壤电阻率一般大于 $50\Omega \cdot \text{m}$ ，在这个土壤电阻率范围内镁基牺牲阳极更适合作为罐底阴极保护阳极材料。

5.4.3 储罐罐底外壁牺牲阳极保护计算与管道牺牲阳极计算式一样，因此可以执行现行国家标准《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 的规定。

5.4.4 采用牺牲阳极保护时应充分考虑牺牲阳极的使用寿命和更换条件，因此不推荐将牺牲阳极布设于罐底。由于防渗膜对牺牲阳极电流有一定的屏蔽影响，因此在埋设牺牲阳极时应考虑防渗膜的埋深。

5.5 阴极保护的测量

5.5.1 储罐周围测得的罐/地电位数据并不代表储罐中心的实际保护水平，为了准确检测分析出阴极保护系统是否有效，应更多地考虑对储罐中心位置保护电位进行检测。因此，在罐底中心安装长效参比电极是必要的，同时为了避免数据的单一性，可适当增加参比电极安装数量。

5.5.2 储罐罐底周边可以适当安装相应的监测点，但考虑到经济性建议安装两处，对于大型或超大型储罐可以考虑增加。监测点的位置应充分考虑到阳极对参比电极的干扰，因此监测点的位置应选择在阳极干扰区之外。当储罐阴极保护系统采用的是罐周阳极布设时，储罐罐底中心处于远阳极点，保护电流密度和保护电位相对近阳极点要低，因此罐底周边保护电位宜达到规范要求的上限。

5.5.3 为了准确测量罐底的保护电位，参比电极必须具备稳定

性好、重现性好的特点。实际工程中发现 Cu/CuSO_4 参比电极在不同季节电极电位偏差较大， Cu/CuSO_4 参比电极中的电解液外渗，还会导致使用寿命大大减少。罐底参比电极埋设是一次性的，在电极埋设完成后储罐基础还需要施工，这也易造成参比电极的破坏。所以，采用双电极体系是有意义的。

高纯锌参比电极的寿命较长，是理想的参比电极。国内大部分储罐的阴极保护中均使用双参比电极，有效保证了参比电极的测量精度和使用寿命。

6 电 绝 缘

6.0.1 在储罐与管网连接时，管线对储罐的直接干扰影响大于联合接地系统对储罐的影响，因此，在设计中应尽可能地考虑到储罐与管网之间的电绝缘。但是在储罐阴极保护与管线阴极保护属于同一系统的情况下，可以不考虑两者间的电绝缘。

6.0.2~6.0.3 这两条规定了电绝缘装置的选择类型、安装位置和设计要 求，由于绝缘装置两端存在电位差，安装时宜考虑直埋或地上安装。

6.0.4 绝缘装置的两侧为两个系统，当一侧受到雷电或过大电流等情况影响时，会击穿绝缘材料，因此，应根据实际情况采取保护措施。

7 阴极保护系统的安装

7.1 强制电流保护系统

7.1.1~7.1.3 这三条规定了辅助阳极和电源设备在安装上需要满足的条件。由于国内很多工程在恒电位仪设备安装时，对恒电位仪设备摆放位置没有具体要求，造成恒电位仪设备摆放形式较多，故增加了恒电位仪设备安装前后间距的要求，为设计和施工提供依据。

7.1.4 电缆与储罐的连接方式，从施工和经济角度上来说，值得推荐的做法为焊接。机械连接包括了扣锁、镶铆和螺栓等形式，这些连接形式更易受到土壤腐蚀环境的影响，所以采用地上安装更为实际。

7.1.5 储罐基础在正常的生产运行时有可能可能会出现沉降问题，为了避免穿越基础环梁的电缆或其接头由于沉降而导致断裂，对电缆裕量和接头的安装进行了规定。

7.1.6 本条指明了网状阳极和线性阳极在罐底埋设时的要求，阳极与罐底和环梁之间保持一定的距离可以更好地降低对阳极的损坏和不必要的干扰影响。阳极埋设于砂垫层中可降低阳极损坏的几率，同时砂垫层对阴极保护电流的屏蔽影响更小。

7.2 牺牲阳极保护系统

7.2.1~7.2.5 牺牲阳极系统在钢质储罐底板外壁阴极保护中使用较少，受储罐基础垫层的限制，镁基牺牲阳极罐周布设形式较为常见。因储罐安装区场地需要进行处理，土壤电阻率普遍偏高，为了防止镁基牺牲阳极出现失效的情况，在阳极埋设回填之前对填料包浇水润湿是常见做法。

8 干扰与防护

8.0.1 本条说明了在储罐阴极保护系统投运前，对储罐进行检测，如果发现储罐罐底对地电位发生了超过 20mV 的正向偏移，并且偏移相对平稳、具有持续性，那么此时储罐罐底阴极保护系统很有可能受到了外界的干扰，这时应对储罐阴极保护系统进行监测。

若检测到电位偏移超过 100mV，波动较大，呈正负交变，或具有断续性，这种干扰情况通过对储罐阴极保护系统进行监测分析后，发现是直流杂散电流干扰，那么干扰源很可能是直流电气化铁路、直流输电系统、直流电力设施或设备，如电解、电镀设备、直流电焊设备等。

9 阴极保护系统的运行和维护

9.2 阴极保护检测

9.2.1~9.2.3 阴极保护系统在投产运行前后，对储罐对地电位、阳极接地电阻、阳极地床电位梯度和相邻金属构筑物对地电位等均应进行检测，这样可以根据检测结果更好地证明系统运行良好。

附录 A 常用阳极性能指标

辅助阳极是阴极保护系统的重要组成部分，阳极性能直接影响到阴极保护系统运行状况的好坏。本次修订增加了常用阳极的基本性能指标，便于在设计、采购和施工中对阳极进行正确地选择，同时也保证了钢质储罐罐底外壁阴极保护系统的保护效果。

阳极性能指标中的试验和检测标准均应优先满足现行国家标准或行业标准的规定。