

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50393 - 2008

钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范

Technical code for anticorrosive engineering
of the steel petroleum tank

2008 - 01 - 14 发布

2008 - 07 - 01 实施

中华人民共和国建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范

Technical code for anticorrosive engineering
of the steel petroleum tank

GB 50393 - 2008

主编部门：中国石油化工集团公司

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2008年7月1日

中国计划出版社

2008 北 京

中华人民共和国建设部公告

第 788 号

建设部关于发布国家标准 《钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范》的公告

现批准《钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范》为国家标准，编号为GB 50393—2008，自 2008 年 7 月 1 日起实施。其中，第3.0.6、3.0.7、4.1.3、4.1.4、4.2.2、4.2.14(1)、5.2.7、5.3.1、6.0.1 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
二〇〇八年一月十四日

前 言

本规范是根据建设部建标〔2004〕67号文《关于印发“二〇〇四年工程建设国家标准制定、修订计划”的通知》的要求,由中国石化集团洛阳石油化工工程公司会同有关科研、设计、生产和施工等单位共同编制的。

本规范在编制过程中,编制组进行了广泛的调查研究,认真总结了我国近10年来石油储罐防腐蚀工程在科研、设计、施工和运行维护等方面的经验,同时参考了国内外关于石油储罐防腐蚀工程的大量标准和资料,广泛征求了国内石油化工、石油天然气等行业的科研、设计、生产、施工及防腐材料生产等单位的意见,最后经审查定稿。

本规范共分7章和7个附录,主要内容包括总则、术语、一般规定、设计、施工、交工验收和运行维护与检测等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国石化集团洛阳石油化工工程公司负责具体技术内容的解释。

在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄往中国石化集团洛阳石油化工工程公司(地址:河南省洛阳市063信箱,邮编:471003,电话:0379-64885572,传真:0379-64885209,电子信箱:wjh99784@sohu.com、wangjingh@lpec.com.cn)。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人:

主 编 单 位:中国石化集团洛阳石油化工工程公司

参 编 单 位:中国石化股份有限公司茂名分公司

中国石化镇海炼化股份有限公司

中国石化上海石油化工股份有限公司

中国船舶重工集团第七二五研究所

中国石油天然气管道工程有限公司

上海百利加防腐工程有限公司

主要起草人:王菁辉 陈光章 郭 鹏 胡士信 刘小辉
龚春欢 周家祥 李宏斌 罗 明 贾鹏林
崔中强 吴晓滨

目 次

1 总 则	(1)
2 术 语	(2)
3 一般规定	(5)
4 设 计	(7)
4.1 涂层保护	(7)
4.2 阴极保护	(9)
5 施 工	(13)
5.1 一般规定	(13)
5.2 表面处理	(13)
5.3 涂装	(15)
5.4 金属涂层施工	(16)
5.5 阴极保护施工	(16)
5.6 施工过程检查与控制	(17)
6 交工验收	(19)
7 运行维护与检测	(20)
7.1 涂层保护	(20)
7.2 阴极保护	(20)
附录 A 储罐用防腐蚀涂料	(23)
附录 B 储罐用阴极保护材料	(27)
附录 C 磨料和表面处理设备	(33)
附录 D 露点温度值查对表	(36)
附录 E 表面处理等级及测定	(38)
附录 F 涂装质量检验规则及方法	(40)

附录 G 阴极保护电位的测试方法	(43)
本规范用词说明	(46)
附:条文说明.....	(47)

1 总 则

1.0.1 为了规范钢质石油储罐(以下简称储罐)防腐蚀工程的设计、施工、验收、运行维护与检测,确保工程质量和安全运行,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建储罐的防腐蚀工程。

1.0.3 储罐防腐蚀工程,除应执行本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 钢质石油储罐 steel petroleum tank

用于储存石油及石油产品的钢质容器,在本规范中,指常压立式圆筒形焊接储罐。

2.0.2 基底 substrate

需要进行涂装或已经涂装过需再度涂装的钢材表面。

2.0.3 表面预处理 surface pretreatment

在涂装前,除去基底表面附着物或生成的异物,以提高基底表面与涂层的附着力或赋予表面以一定的耐蚀性能的过程。

2.0.4 喷射处理 blasting

利用高速磨料流的冲击作用清理和粗化基底表面的过程。

2.0.5 磨料 abrasive

用作喷射处理介质的天然或合成固体材料。

2.0.6 露点 dew point

空气中的水汽在钢材表面凝结成水珠时的温度。

2.0.7 氧化皮 mill scale

钢材在制作或热处理过程中,表面形成的氧化膜层。

2.0.8 表面清洁度 surface cleanliness

表面处理后金属表面的洁净程度。

2.0.9 表面粗糙度 surface roughness

金属表面处理后具有的较小间距和峰谷所构成的微观几何形状特性。

2.0.10 锚纹深度 maximum height of the profile

在取样长度内,轮廓峰顶线和轮廓谷底线之间的距离,它决定了涂层的最小厚度值,也称最大锚纹深度,简称锚纹深度。

2.0.11 涂层 coat

为使金属表面与周围环境隔离,以达到防腐蚀或装饰目的,涂敷在金属表面的保护层。

2.0.12 防腐蚀涂料 corrosion protective coating

涂敷在金属表面,使其与环境分离达到耐腐蚀目的的涂料。

2.0.13 导静电涂料 antistatic coating

具有导静电功能的涂料。

2.0.14 孔隙 pinhole

从涂层表面一直渗透到金属表面的细孔。

2.0.15 表面电阻 surface resistivity or electrical surface resistivity

涂层的表面电阻。

2.0.16 阴极保护 cathodic protection

通过降低腐蚀电位使金属腐蚀速率显著减小的电位法而达到的电化学保护。

2.0.17 牺牲阳极 sacrificial anode

在离子导电的介质中,与被保护体相连,可以提供阴极保护电流的金属电极或合金电极。

2.0.18 强制电流 impressed current

由外部施加的电流。

2.0.19 辅助阳极 impressed current anode

与强制电流电源的正极相连的电极。

2.0.20 填充料 backfill

为改善埋地阳极或电极的工作条件,填塞在阳极或电极四周的导电性材料。

2.0.21 保护电位 protective potential

金属达到有效保护所需要的电位值。

2.0.22 保护电流密度 protective current density

金属达到有效保护所需要的电流密度。

2.0.23 极化电位 polarized potential

由于电流的流动引起电极/电解质界面电位的偏移成为极化状态下的电位。

2.0.24 参比电极 reference electrode

在测量电位时用以作为参照,具有稳定可再现电位的电极,通常采用铜/硫酸铜参比电极,简称“CSE”,也可采用高纯锌电极、甘汞电极或氯化银电极。

2.0.25 通电电位 switch-on potential

通电时测得的罐/介质电位。

2.0.26 断电电位 switch-off potential

断电瞬间测得的罐/介质电位。

2.0.27 IR降 IR drop

电流在介质中流动所造成的电阻压降。

2.0.28 测试桩 test station

用于测量阴极保护参数的装置。

3 一般规定

3.0.1 设计储罐时应采取防腐蚀措施;储罐的防腐蚀工程应与主体工程同时设计、同时施工、同时投用。

3.0.2 当采用涂层保护时,储罐防腐蚀涂层的设计寿命不宜低于7年。

3.0.3 罐径不小于8m的储罐,底板外表面除涂敷防腐涂层外,尚可考虑采用阴极保护,阴极保护设计寿命不得低于20年。

3.0.4 原油储罐底板内表面和油水分界线以下的壁板内表面应采用牺牲阳极和绝缘型防腐蚀涂层相结合的保护形式,并且应达到下列要求:

1 防腐蚀涂层的表面电阻率不应低于 $10^{13}\Omega$,涂层应具有耐热性、耐油性、耐盐性、耐水性和耐酸碱性;

2 牺牲阳极应采用铝合金阳极;

3 保护电流密度设计值不得低于 $10\text{mA}/\text{m}^2$ 。

3.0.5 防腐蚀工程的施工应按设计文件规定进行。当需要变更设计、材料代用或采用新材料时,应征得原设计单位确认。

3.0.6 防腐蚀工程所用材料,应具有产品质量证明文件,其质量应符合本规范及国家现行有关标准的规定。产品质量证明文件,应包括下列内容:

1 产品质量合格证及材料检测报告;

2 质量技术指标及检测方法;

3 复检报告或技术鉴定文件。

3.0.7 储罐防腐蚀工程应同时具备下列条件方可进行施工:

1 设计、施工、使用材料、检测及其他技术文件齐全,施工图纸已经会审;

2 施工方案应经过有关方面确认和技术交底,并进行了技术培训和安全技术教育;

3 所用各种原材料、施工机具和检验仪器等检测合格;

4 防护设施安全可靠,原材料、施工机具和施工设施齐全,施工用水、电、气能够满足现场连续施工的要求。

3.0.8 储罐内防腐蚀工程应经验收,并应在养护期满后投入使用;闲置期间储罐不得充水。如果闲置时间超过两周,宜采取必要的保护措施。

3.0.9 设计和施工中所涉及的有关工业卫生、安全、劳动保护和环境保护除应执行现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160、《涂装作业安全规程涂漆前处理工艺安全及其通风净化》GB 7692、《涂装作业安全规程涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514、《工业企业设计卫生标准》GBZ 1 和《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 中的规定外,还应执行国家其他现行有关标准的规定。

4 设 计

4.1 涂层保护

4.1.1 应根据储罐的材质、储存介质、温度、部位、外部环境等不同情况采取合理的涂层保护。

4.1.2 防腐蚀涂料的性能应符合附录 A 的要求。

4.1.3 当储罐内采用绝缘型防腐蚀涂料时,涂层的表面电阻率应不低于 $10^{13} \Omega$ 。

4.1.4 当采用导静电型防腐蚀涂料时,应采用本征型导静电防腐蚀涂料或非碳系的浅色添加型导静电防腐蚀涂料,涂层的表面电阻率应为 $10^8 \sim 10^{11} \Omega$ 。

4.1.5 原油储罐的涂层保护工程应满足下列要求:

1 原油储罐底板内表面和油水分界线以下的壁板内表面,应采用绝缘型防腐蚀涂料;底漆宜采用环氧类涂料,中间漆可采用厚浆型环氧玻璃鳞片、厚浆型环氧云母类等防腐蚀涂料,面漆应采用耐酸碱、耐盐水、耐硫化物、耐油和耐温的防腐蚀涂料;涂层干膜厚度应依据涂层配套体系而定,且不宜低于 $300 \mu\text{m}$ 。

2 浮顶罐钢制浮顶底板外表面和浮顶侧板外表面应采用耐油的导静电防腐蚀涂料,涂层干膜厚度不宜低于 $250 \mu\text{m}$ 。

3 浮顶罐内壁上部 and 浮顶外表面应采用耐水耐候性防腐蚀涂料,底漆宜采用富锌类防腐蚀涂料,面漆可采用氟碳类、丙烯酸-聚氨酯等耐候性防腐蚀涂料,涂层干膜厚度应依据涂层配套体系而定,且不宜低于 $200 \mu\text{m}$;内壁上部的涂装高度宜为 $1.5 \sim 3.0 \text{m}$ 。

4 拱顶罐内壁顶部应采用绝缘性防腐蚀涂料,底漆宜采用富锌类防腐蚀涂料,面漆应采用耐水、耐油的防腐蚀涂料;涂层干膜厚度应依据涂层配套体系确定,且不宜低于 $200 \mu\text{m}$ 。

5 有保温层的地上原油储罐外壁应采用耐水性防腐蚀涂层,底漆宜采用富锌类防腐蚀涂料,面漆应采用耐水性防腐蚀涂料;涂层干膜厚度不宜低于 $150\mu\text{m}$ 。

6 无保温层的地上原油储罐外壁底漆应采用富锌类防腐蚀涂料,面漆可采用氟碳类、丙烯酸-聚氨酯等耐水耐候性防腐蚀涂层;涂层干膜厚度应依据涂层配套体系确定,且不宜低于 $200\mu\text{m}$ 。

7 除浮顶罐外的原油储罐顶的要求应符合本条第 6 款的规定。

8 洞穴原油储罐外壁应采用耐水性防腐蚀涂层;底漆宜采用富锌类防腐蚀涂料,面漆可采用环氧类、聚氨酯类防腐蚀涂料;涂层干膜厚度应依据涂层配套体系确定,不宜低于 $300\mu\text{m}$ 。

4.1.6 产品储罐的涂层保护工程应满足下列要求:

1 产品储罐内表面应采用耐油性导静电防腐蚀涂料,底漆宜采用富锌类防腐蚀涂料,面漆可采用本征型或浅色的环氧类或聚氨酯类等导静电防腐蚀涂料,涂层干膜厚度不宜低于 $200\mu\text{m}$,其中底板内表面不宜低于 $300\mu\text{m}$ 。

2 产品储罐外壁的涂层保护工程应符合本规范第 4.1.5 条第 6 款的要求。

4.1.7 中间产品储罐的涂层保护工程应满足下列要求:

1 中间产品储罐内表面底漆宜采用无机富锌类防腐蚀涂料,面漆应耐热、耐油性导静电防腐蚀涂层;涂层干膜厚度不宜低于 $250\mu\text{m}$,其中底表面不宜低于 $350\mu\text{m}$ 。

2 中间产品储罐外壁的涂层保护工程应符合本规范第 4.1.5 条第 6 款的要求。

3 渣油储罐和污油储罐的内外涂层保护工程应符合本规范第 4.1.7 条第 1 款和第 2 款的要求。

4.1.8 存储低粘度原油、中间馏分油及轻质产品油等易挥发油品的储罐外壁宜采用耐候性热反射隔热防腐蚀复合涂层;涂层干膜厚度应由涂层配套体系确定,且不宜小于 $250\mu\text{m}$ 。

4.1.9 当储罐采用喷金属外加封孔涂层保护时,金属涂层厚度不宜低于 $180\mu\text{m}$,封孔涂层厚度不宜低于 $60\mu\text{m}$,涂料的选择应符合本规范第 4.1.5~4.1.7 条的要求。

4.1.10 储罐的边缘板可采用弹性防水涂料贴覆无蜡中碱玻璃布或防水胶带的防腐蚀措施;当采用弹性防水涂料贴覆玻璃布时,应符合下列要求:

1 底漆的粘度应为 $50\sim 60\text{s}$ (涂-4 杯)。

2 一次弹性胶泥应在罐壁与罐外边缘板之间填注压紧并形成平整的斜面;二次胶泥厚度不得小于 3mm ,应使面漆的厚度均匀分布。

3 底板与罐基础接触部分的空隙应采用弹性防水材料填充。

4 玻璃布的贴覆接缝处重叠不应小于 50mm ,且不应有褶皱。

4.1.11 储罐加热盘管应根据加热介质的温度,选择合适的防腐蚀涂料,涂层干膜厚度不宜低于 $250\mu\text{m}$ 。

4.1.12 梯子、扶手、平台等储罐外钢结构的涂层可按照本规范第 4.1.5 条第 6 款的要求采取保护措施。

4.1.13 各种储罐不同部位涂料可按本规范表附录 A 选用。

4.2 阴极保护

4.2.1 原油储罐底板内表面应采用牺牲阳极法;根据具体情况储罐底板外表面可采用强制电流法阴极保护措施,或采用牺牲阳极法。

4.2.2 当储罐施加阴极保护时,应满足下列要求:

1 当原油储罐底板内表面施加阴极保护措施时,罐/介质电位(铜/硫酸铜饱和溶液)应为 $-1100\sim -850\text{mV}$;

2 当储罐底板外表面或与土壤接触的壁板施加阴极保护措施时,罐/介质电位(铜/硫酸铜饱和溶液)应为 $-1100\sim -850\text{mV}$,或者罐/介质极化电位偏移不应小于 100mV 。

4.2.3 设计原油储罐底板内表面的阴极保护系统时应考虑下列

因素:

1 罐底、壁板及其他内构件与海水或原油沉积水等腐蚀性介质相接触的表面积,应考虑其涂层和表面状况。

2 腐蚀性介质的化学成分和温度。

4.2.4 原油储罐底板内表面的保护电流密度不得低于 $10\text{mA}/\text{m}^2$, 并应符合下列规定:

1 有防腐涂层的钢表面保护电流密度范围应为 $10\sim 30\text{mA}/\text{m}^2$ 。

2 无防腐涂层的钢表面保护电流密度范围应为 $30\sim 150\text{mA}/\text{m}^2$, 充海水期间为 $70\sim 100\text{mA}/\text{m}^2$; 在含有 H_2S 或 O_2 等去极化剂和较高温度的环境下, 应提高保护电流密度。

4.2.5 原油储罐内壁铝合金牺牲阳极的性能应符合本规范附录 B.1 的要求。

4.2.6 原油储罐底板内表面具体阴极保护设计应符合本规范附录 B.2 的规定。

4.2.7 石油储罐外底板的阴极保护系统的设计应考虑下列因素:

1 罐区和储罐的设计资料、相邻的地上和地下金属构筑物分布和电缆导管的路径等。

2 可利用电源位置、可能的干扰源和杂散电流的存在与否等。

3 自然电位、土壤电阻率、地下水位、土壤腐蚀情况、冻土层深度、基岩深度和现场条件等。

4 已有的或规划中的阴极保护系统。

5 系统的电绝缘性、电连续性、接地极等。

6 保护电流需量。

7 其他维护和运行参数。

4.2.8 原油储罐内阳极的布设应符合下列规定:

1 阳极应均匀布设。

2 阳极块的下表面与罐底板内表面的距离宜为 $50\sim 70\text{mm}$ 。

3 在沉积水出口部位应适当增加阳极块的数量。

4.2.9 新建储罐如接触海水时,罐内应采用临时性牺牲阳极保护措施;牺牲阳极可安装在罐底板和浮顶上。

4.2.10 强制电流电源设备,可选用整流器或恒电位仪。在防爆区域使用的电源设备应符合现行国家标准《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的要求,直流电源的容量应有 10%~50% 的裕量,电源的驱动电压应考虑所选用阳极允许电压的额定值。

4.2.11 储罐外底板阳极的布设应符合下列规定:

1 阳极应均匀布设。

2 当采用牺牲阳极法时,阳极数量应能满足总电流的需要,并应保证阳极设计寿命;在罐周布设时,阳极应距罐底周边 2~3m,埋地深度应超过 3m;宜采用镁合金阳极,性能应符合本规范附录 B.3 要求。

3 当采用强制电流法时,应避免干扰已有设备运行和对邻近构筑物产生杂散电流;当采用斜井式时,阳极应靠近罐底中心。

4.2.12 采用阴极保护的储罐与相邻的非保护金属构筑物之间应施加电绝缘,施加电绝缘时应满足下列要求:

1 应在与储罐相连接的管道和其他金属构件的适当位置设置电绝缘。

2 电绝缘装置上应采取防电击、电涌的措施,如安装极化电池、避雷器、接地电池等。

3 电绝缘设备可选用绝缘法兰或绝缘接头。

4.2.13 所要保护的构件应连续导电。

4.2.14 储罐的接地极应符合下列规定:

1 应采用电极电位较罐体材料低的材料。

2 宜采用纯锌棒等材料。

4.2.15 阴极保护系统应设置测试点或测试桩,并应满足下列要求:

1 罐周应设 1~4 个测试点,罐底中心点应埋设参比电极。

2 罐底其他位置应根据罐径大小适当埋设参比电极,罐径小

于 12m 的石油储罐可不设埋地参比电极。

3 参比电极宜为长效 CSE 电极和锌参比电极的双电极。

4 已建储罐罐底电位的测量,可通过在罐底设置带孔塑料管的方式进行测量,塑料管的施工不应対罐基础造成威胁。

5 测量时应保证罐内具有足够高的液位。

6 测量电位时可采用可替代的参比电极。

4.2.16 当阴极保护系统运行对周围金属构筑物所造成的干扰影响超过+100mV时,可采取重新布置阳极位置、改变阴阳极通电点或给被干扰物提供防护等措施。

4.2.17 罐群或罐区的区域性阴极保护可采用深井阳极和分布式浅埋阳极相结合的措施。

4.2.18 油罐底板外表面具体阴极保护设计计算应符合本规范附录 B.4~B.7 的规定。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 储罐防腐蚀施工应由具有三级及以上防腐保温工程专业承包资质或具有二级及以上石油化工工程施工总承包资质的企业实施。

5.1.2 从事储罐防腐蚀施工的企业应具备相应的施工能力、检测手段,并应具有健全的质量管理体系和责任制度。

5.1.3 应根据储罐钢材表面不同的锈蚀情况和涂装设计要求编制合理可行的表面处理施工方案,应结合储罐的类型、部位和设计要求编制合理可行的涂装施工方案,并严格按照施工方案组织施工。

5.1.4 涂料应经检验合格后方能使用。

5.2 表 面 处 理

5.2.1 表面处理方式应采用磨料喷射处理,只有在喷射处理无法到达的区域方可采用动力或手工工具进行处理。

5.2.2 喷射处理前,应按下列规定进行预处理:

1 对待涂钢质储罐表面进行预检。

2 宜采用高压洁净水对钢表面进行冲洗,水压不应低于15MPa。

3 应采用动力或手工工具对焊缝、焊渣、毛刺、边缘弯角和喷射处理无法到达的区域进行处理。

5.2.3 储罐钢表面的喷射处理应符合下列规定:

1 压缩空气流应经过脱水脱油处理。

2 喷射枪气流的出口压力宜为0.5~0.8MPa。

3 循环使用的磨料应有专门回收装置。

5.2.4 磨料和设备应按本规范附录 C 的规定选用。

5.2.5 表面喷射处理后,应采用洁净的压缩空气吹扫,用真空吸尘器清理所有待涂的钢表面,并应尽快实施底涂。

5.2.6 表面处理后至实施底涂前,钢材表面温度应至少比露点温度高出 3°C (露点温度见本规范附录 D),储罐内空气相对湿度不宜高于 80%。

5.2.7 石油储罐钢表面经处理后表面清洁度应符合下列要求:

1 采用磨料喷射处理后的钢表面除锈等级应达到现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 中 Sa2.5 级或 Sa3 级。

2 采用手工或动力工具处理的局部钢表面应达到 St3 级。

3 表面可溶性氯化物残留量不得高于 $5\mu\text{g}/\text{cm}^2$,其中罐内液体浸润的区域不得高于 $3\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 。

5.2.8 石油储罐的钢表面经处理后表面粗糙度应符合设计文件及下列要求:

1 采用金属热喷涂时,锚纹深度应为 $60\sim 90\mu\text{m}$ 。

2 采用涂料涂装时,锚纹深度应为 $40\sim 80\mu\text{m}$;有机富锌涂料锚纹深度为 $40\sim 60\mu\text{m}$,无机富锌涂料锚纹深度为 $60\sim 80\mu\text{m}$ 。

3 当设计文件另有规定时,表面粗糙度应符合设计文件和所用涂料的要求。

5.2.9 涂料的配制和涂装施工应符合下列规定:

1 基底表面如有凹凸不平、焊缝波纹及非圆弧拐角,应先行处理。

2 双组分或多组分涂料的配制应严格按照涂料使用说明书进行,并配置专用搅拌器搅拌均匀,如有结皮,应用 200 目筛网过滤后,并在规定的时间内把涂料用完。

3 涂装间隔时间,应严格按照涂料使用说明书的要求,在规定的时间内涂敷底漆、中间漆和面漆。

4 涂层厚度应均匀,不得漏涂或误涂。

5 对每道涂层的湿膜厚度进行检测。

6 刷涂时,层间应纵横交错,每层宜往复进行。

5.2.10 表面清洁度和表面粗糙度可按本规范附录 E 的要求进行检测。测定时,也可按照现场制作的样板或图像样本,但现场制作的样板应采取适当的措施妥善保护。

5.2.11 储罐的加热盘管宜在罐外进行表面处理,且表面处理前应检测壁厚;管束式盘管应在组焊完压力试验合格后进行表面处理,光管式盘管应先分段预制,尺寸检验合格后进行表面处理;加热盘管的表面经处理后的表面清洁度和表面粗糙度还应满足所选涂料的设计要求。

5.3 涂 装

5.3.1 涂料供方应提供符合国家现行标准的涂料施工使用指南,施工使用指南应包括下列内容:

- 1 防腐蚀涂装的基底处理要求。
- 2 防腐蚀涂料的施工安全措施和涂装的施工工艺。
- 3 防腐蚀涂料和涂层的检测手段。
- 4 防腐蚀涂层的维护预案。

5.3.2 涂装时,钢表面温度应高出现场露点温度 3°C ,且不宜高于 50°C 。

5.3.3 当施工环境通风较差时,应采取强制通风。

5.3.4 涂装前应进行试涂,试涂合格后方可进行正式涂装。

5.3.5 涂装前应按下列规定对涂装表面进行检查和清理:

- 1 全面检查待涂表面和焊缝处,如有缺陷应以适当的方式进行处理。
- 2 采用洁净的压缩空气吹扫或真空吸尘器清理待涂的钢表面。
- 3 检查待涂表面的表面清洁度和表面粗糙度是否达到要求。

5.3.6 检查合格后应尽快涂敷底漆。

5.3.7 储罐涂层完工,在拆卸脚手架等过程中,宜对涂层妥善保护,避免机械碰撞和损伤,如有损伤应按原工艺修复。

5.3.8 储罐的加热盘管的涂装施工,应符合下列规定:

1 涂料底漆应全部覆盖金属表面,点蚀凹坑应采用腻子填补找平处理。

2 宜在罐外进行施工,可采用喷涂或刷涂,加热盘管两头应各预留 100mm 范围不涂,等罐内组焊完成且水压试验合格后再补涂。

3 质量检验应在涂层完全固化后进行,检验内容应符合本规范第 5.6.5 条的要求。

4 对检验不合格的涂层应重新补涂并复检,直至合格为止。

5.3.9 储罐还可采用高压无气喷涂施工。

5.4 金属涂层施工

5.4.1 金属涂层应为铝、锌及其合金,施工应采用热喷涂方式。

5.4.2 铝、锌及其合金的组成、施工检查及验收应按现行国家标准《金属和其他无机覆盖层热喷涂锌、铝及其合金》GB/T 9793 的规定进行检验,合格后方可封闭涂装。

5.4.3 封闭涂装时,应符合下列规定:

1 对原油储罐应采用绝缘型防腐蚀涂料进行封孔,涂层厚度不得低于 $60\mu\text{m}$ 。

2 对产品储罐、中间产品储罐和污油储罐应采用第 4.1.6 条规定的面漆进行封孔,涂层厚度不得低于 $60\mu\text{m}$ 。

3 涂装体系与金属涂层应具有良好的附着力。

5.5 阴极保护施工

5.5.1 罐内牺牲阳极阴极保护工程的施工,应符合下列要求:

1 按图纸确定阳极分布的位置并画线。

2 用焊接法固定阳极于罐体,单边焊缝长度不小于 50mm。

5.5.2 罐外牺牲阳极阴极保护工程的施工,应符合下列要求:

1 牺牲阳极填料配比符合要求,用量充足,采用预包装法施工时,应选用天然纤维编织袋,严禁使用化纤制品。

2 装包前阳极表面应进行打磨,除去氧化膜等杂质,包装时确保阳极位于填料的中央。

3 应采用吊装工具将预包装的阳极就位,全部过程不得牵拉阳极的电缆引线。

5.5.3 强制电流阴极保护工程的施工,应符合下列要求:

1 阳极施工过程中应确保阳极电缆及接头密封完整无破损。

2 电源设备的安装应满足所选设备的功能要求,不得将电源的正、负极接反。

3 电缆连接应采用铜焊或铝热焊接,埋地电缆敷设时应留有松弛度。

5.6 施工过程检查与控制

5.6.1 施工前应检查本规范第 3.0.7 条所规定的内容:

1 所有防腐蚀材料经第三方确认合格,工程管理部门和施工单位共同确认签字方可施工作业。

2 基底经表面预处理后应全面检查,合格后方可办理工序交接手续,经过签证后方可进行施工。

5.6.2 原材料的质量要求及检查方法应符合本规范附录 A、B 和 C 的要求。

5.6.3 处理后钢表面的质量要求应符合本规范第 5.2.6 条和第 5.2.7 条的规定,检查方法应符合本规范附录 E 的要求。

5.6.4 涂装过程中的质量检查应包括下列内容:

1 每道涂层的外观应平整、颜色一致,无漏涂、泛锈、气泡、流挂、皱皮、咬底、剥落、开裂等缺陷。

2 湿膜厚度或金属涂层厚度应符合要求。

3 涂装间隔时间应符合涂料使用施工指南的要求。

5.6.5 涂装完成漆膜实干后,涂装质量应按本规范附录 F 的方法

检查,并符合下列规定:

1 外观应符合本规范第 5.6.4 条第 1 款的要求。

2 涂层厚度不得低于设计值。对于原油储罐、中间产品储罐和污油储罐,应符合附录 F 的“90-10”规则;对于产品储罐,应符合附录 F 的“85-15”规则。

3 绝缘型涂层应无孔隙,检测时,应采用电火花检漏仪;导静电涂层的孔隙率不应大于 2 个/ m^2 ,检测时,宜采用 5 倍以上放大镜。

4 导静电涂层表面电阻应符合设计值,检测时,应采用涂料表面电阻测定仪。

5.6.6 阴极保护工程施工质量的检查,应包括下列内容:

1 材料和设备的检查,应符合本规范第 5.6.1 条的要求。

2 对罐内牺牲阳极的安装位置和焊接质量进行检查。

3 对罐外阴极保护系统的阳极位置、填料用量、电缆接头的质量进行检测。

4 对罐底参比电极的埋设位置、填包状况、电位进行检测,并确保电缆连接可靠。

5 对测试装置的安装位置、导线连接及接线柱标识进行检查。

5.6.7 施工过程的安全检查,应包括下列内容:

1 安全生产责任制。

2 防火、防爆、防雷安全措施。

3 作业人员防护措施。

4 原材料储存安全技术。

5 除锈、容器内作业、电气、起重、脚手架等的安全作业技术。

6 防腐蚀涂装的“三废”治理措施。

6 交工验收

- 6.0.1 石油储罐防腐蚀工程未经交工验收,不得投入生产使用。
- 6.0.2 石油储罐防腐蚀工程验收时,应提供以下资料:
 - 1 设计文件和设计变更文件。
 - 2 施工方案和施工记录。
 - 3 原材料质量证明文件。
 - 4 隐蔽工程验收记录。
 - 5 施工质量检查与控制记录。
 - 6 施工过程中出现的有关技术问题的处理记录。
 - 7 返修记录。
 - 8 交工验收检查检测记录。

7 运行维护与检测

7.1 涂层保护

- 7.1.1 储罐涂层交工验收并投用后,不宜进行焊接等动火作业。
- 7.1.2 对底部易积水的储罐,在运行过程中应定期排水并作相应的记录。
- 7.1.3 应对储罐内防腐涂(镀)层进行检查,如有脱落、起皮、粉化缺陷,应及时进行修复。
- 7.1.4 清罐前,清罐方案应由防腐专业技术人员会审,应避免损伤涂层。
- 7.1.5 使用单位应建立储罐的防腐管理档案,档案的内容应包括:
- 1 防腐施工资料。
 - 2 防腐涂层使用情况。
 - 3 历次的腐蚀调查情况、防腐方案、测厚记录、事故记录等。
- 7.1.6 应对储罐的外防腐涂层及边缘板防腐层进行日常巡检,每半年至少进行一次专业检查,如发现涂层破损或罐体腐蚀,应进行评估,确定是否需要维修,并作相应的记录。

7.2 阴极保护

- 7.2.1 开罐时,应检查罐内牺牲阳极的溶解情况,阳极与储罐的接触点是否完好等,测量其保护电位,根据检查情况确定牺牲阳极是否要重新安装或更换。
- 7.2.2 新建的阴极保护系统在启动之前,应对储罐原始参数进行测量,测量的项目有:

1 罐内采用牺牲阳极阴极保护系统进行保护时,可采用便携式参比电极对罐内积水部位的保护电位进行测量。

2 罐外阴极保护的测量内容包括:

- 1)罐底外壁/地自然电位;
- 2)牺牲阳极接地电阻或辅助阳极的接地电阻;
- 3)与储罐相连的埋地管线的自然电位;
- 4)与储罐相邻的其他地下金属结构物的自然电位;
- 5)如果有电绝缘装置,应对其绝缘性能进行检验。

7.2.3 阴极保护系统投产运行后,应及时进行电参数测量和检验,以验证是否满足设计要求。测试项目有:

- 1)保护电位;
- 2)保护电流;
- 3)相互干扰影响;
- 4)接地电池或其他防护装置的性能。

7.2.4 阴极保护系统稳定运行后,应每半年检测一次。

7.2.5 在储罐维修期间,阴极保护系统如果停止运行,应当尽快重新启动。

7.2.6 阴极保护的运行管理应符合下列要求:

1 牺牲阳极可每年进行一次综合测试,日常管理可每月测量保护电位。

2 如发现保护参数异常或故障,应立即进行检测,并重新调整参数。

3 所有测试应详细记录,并对当天的气象参数进行登记。

4 对于故障和异常现象发生时,除详细测试外还应拍照留档,条件允许时应录像。

5 所有相关资料和测试记录,应有专门的技术管理部门负责,并永久保存,这些资料和记录应包括:

- 1)基础数据;
- 2)设计图纸和交工图纸;

- 3)设备手册和产品说明书；
- 4)关键的控制部位、测试点位置；
- 5)定期检测记录以及维修记录等。

附录 A 储罐用防腐蚀涂料

A.1 一般规定

A.1.1 储罐用防腐蚀涂料除应符合本规范的规定外,尚应符合国家其他现行标准的规定。

A.1.2 储罐用防腐蚀涂料的检验分物理机械性能的检验和防腐蚀性能的检验;其中,涂料的取样应符合现行国家标准《涂料产品的取样》GB 3186 的规定,漆膜的制备应符合现行国家标准《漆膜一般制备法》GB 1727 的规定。

A.1.3 储罐用防腐蚀涂料(中间漆除外)的主要物理机械性能指标,应符合表 A.1.3 的要求。

表 A.1.3 防腐蚀涂料的物理机械性能指标

项 目	技 术 指 标	试 验 方 法	备 注
漆膜外观颜色	色调均匀一致,漆膜平整	GB 1729	—
柔韧性	$\leq 1\text{mm}$	GB 1731	4 倍放大镜
附着力	1 级	GB 1720	200g
耐冲击性	$\geq 50\text{kg} \cdot \text{cm}$	GB 1732	—
干燥时间	表干 $\leq 2\text{h}$,实干 $\leq 24\text{h}$	GB 1728	—

A.2 绝缘型防腐蚀涂料

A.2.1 绝缘型防腐蚀涂料主要适用于原油储罐 1.5m 以下的壁板内表面和底板内表面等部位。

A.2.2 绝缘型防腐蚀涂料的主要技术指标,应满足表 A.2.2 的要求。

表 A. 2. 2 绝缘型防腐蚀涂料绝缘涂层性能和防腐蚀性指标

项 目	技术指标	试验方法	试验条件
表面电阻	$\geq 10^{13} \Omega$		—
耐热性	漆膜完好, 无剥落、无起皱、无裂纹、无起泡、无生锈、无变色等现象, 失光率 $\leq 20\%$	GB 1735	180℃, 24h
耐汽油性		GB 1734	60℃, 720h
耐盐水性(3% NaCl)		GB 1763	60℃, 720h
耐碱性(5% NaOH)		GB 1763	720h
耐酸性(5% H ₂ SO ₄)		GB 1763	720h

A. 3 导静电型防腐蚀涂料

A. 3. 1 导静电型防腐蚀涂料主要适用于成品油储罐。

A. 3. 2 导静电型防腐蚀涂料的主要技术指标, 应满足表 A. 3. 2 的要求。

表 A. 3. 2 导静电型防腐蚀涂料技术指标

项 目	技术指标	试验方法	试验条件
表面电阻	$10^8 \sim 10^{11} \Omega$		—
耐湿热性	一级	GB 1740	1000h
耐盐雾性	一级, 涂层无红锈	GB 1771	1000h
耐汽油性	漆膜完好, 无剥落、无起皱、无裂纹、无起泡、无生锈、无变色等现象, 失光率 $\leq 20\%$	GB 1734	60℃, 720h
耐碱性(5% NaOH)		GB 1763	720h
耐酸性(5% H ₂ SO ₄)		GB 1763	720h

A. 4 氟碳类防腐蚀涂料

A. 4. 1 氟碳类防腐蚀涂料主要用于储罐外壁防腐蚀涂层的面漆。

A. 4. 2 氟碳类防腐蚀涂料应具有良好的耐水性和耐候性, 其主要技术指标, 应满足表 A. 4. 2 的要求:

表 A.4.2 氟碳类防腐蚀涂料技术指标

项 目	技术指标	试验方法	试验条件
树脂氟含量	$\geq 20\%$	—	—
固体含量	$\geq 60\%$	GB 1725	—
细度	$\leq 30\mu\text{m}$	GB 1724	—
耐水性	$\geq 120\text{h}$	GB 1733	沸水法
耐候性	优(装饰性)	GB 1767	8000h
抗老化性	一级	GB 1865	3000h
耐碱性(5% NaOH)	漆膜完好,无剥落、无起皱、无裂纹、无起泡、无生锈、无变色等现象,失光率 $\leq 20\%$	GB 1763	720h
耐酸性(5% H ₂ SO ₄)		GB 1763	720h

A.5 富锌类防腐蚀涂料

A.5.1 富锌类防腐蚀涂料主要适用于石油储罐外壁和内壁防腐蚀涂层的底漆。

A.5.2 富锌类防腐蚀涂料的主要技术指标,应满足表 A.5.2 的要求。

表 A.5.2 富锌类防腐蚀涂料技术指标

项 目	技术指标	试验方法	试验条件
干膜锌含量	$\geq 80\%$	—	—
固体含量	≥ 65	GB 1725	160℃
耐湿热性	一级	GB 1740	1000h
耐盐雾性	一级,涂层无红锈	GB 1771	720h

A.6 有机硅类防腐蚀涂料

A.6.1 有机硅类防腐蚀涂料主要适用于加热盘管等高温部位。

A.6.2 有机硅类防腐蚀涂料防腐蚀性能的主要技术指标,应符合表 A.2.2 的要求。

A.7 热反射隔热防腐涂料

A.7.1 热反射隔热防腐涂料主要适用于存储易挥发油品(包括低粘度原油、中间馏分油及轻质产品油)的储罐外壁。

A.7.2 热反射隔热防腐涂料的主要技术指标,应满足表 A.7.2 的要求。

表 A.7.2 热反射隔热类防腐涂料技术指标

项 目	技术指标	标准方法	试验条件
反射率 ρ	$\geq 70\%$	GB/T 13452.3	波长为 0.3~1.35 μm
半球发射率 ϵ	$\geq 60\%$	GB/T 2680-94	波长为 8~13.5 μm
导热系数 λ	$\leq 0.25 \text{ W/cm} \cdot \text{K}$	GB/T 10297	
防腐性能	同表 A.2.2		

A.8 热喷涂锌、铝及其合金

A.8.1 热喷涂锌、铝及其合金主要适用于储罐内壁的防腐蚀工程。

A.8.2 锌、铝及其合金化学成分应满足下列条件:

1 铝应符合现行国家标准《中国新旧合金牌号对照表》GB 3190 中的 L2 的质量要求,即 $\text{Al} \geq 99.5\%$ 。

2 铝合金应符合现行国家标准《中国新旧合金牌号对照表》GB 3190 中的 LF5 的质量要求,即含 5% Mg 的铝镁合金。

3 锌应符合现行国家标准《锌锭》GB/T 470 中的 Zn-1 的质量要求,即 $\text{Zn} \geq 99.99\%$ 。

4 锌合金中,锌的成分应符合现行国家标准《锌锭》GB/T 470 中 Zn-1 的质量要求,即 $\text{Zn} \geq 99.99\%$,铝的成分应符合现行国家标准《中国新旧合金牌号对照表》GB 3190 中 L1 的质量要求,即 $\text{Al} \geq 99.7\%$,可选用不同比例的锌铝合金。

附录 B 储罐用阴极保护材料

B.1 原油储罐内铝合金牺牲阳极

B.1.1 当原油储罐内采用铝合金牺牲阳极时,阳极材料的化学成分,应符合表 B.1.1 的规定。

表 B.1.1 原油储罐内铝合金牺牲阳极化学成分

化学成分	Zn	In	Si	Fe	Cu	Al
含量%	2.5~4.5	0.018~0.050	≤0.10	≤0.10	≤0.01	余量

B.1.2 铝合金牺牲阳极化学成分的分析应符合现行国家标准《铝-锌-铟系合金牺牲阳极化学分析方法》GB 4949 的规定。

B.1.3 原油储罐内铝合金牺牲阳极的电化学性能,应符合表 B.1.3 的规定。

表 B.1.3 原油储罐内铝合金牺牲阳极电化学性能

电化学性能	指 标
开路电位(V)	-1.18~-1.10
工作电位(V)	-1.12~-1.05
电流效率(%)	≥85
实际电容量(A·h/kg)	≥2400
消耗率[kg/(A·a)]	≤3.65

注:开路电位和工作电位均相对于铜/硫酸铜参比电极。

B.1.4 电化学性能的测试,应符合现行国家标准《牺牲阳极电化学性能试验方法》GB/T 17848 的规定;应采用人造海水或洁净的天然海水作为试验介质。

B.2 原油储罐底板内表面阴极保护计算原则

B.2.1 选定阴极保护电流密度时,应符合本规范第 4.2.4 条的

规定,可根据文献资料和经验选取,也可通过馈电试验选取。

B. 2. 2 所需总保护电流 $I_{\text{总}}$ 可按下式计算:

$$I_{\text{总}} = S \times I \quad (\text{B. 2. 2})$$

式中 S ——被保护的面积(m^2);

I ——阴极保护电流密度(mA/m^2)。

B. 2. 3 单块牺牲阳极输出电流 I_a 可按下式计算:

$$I_a = \Delta E / R \quad (\text{B. 2. 3})$$

式中 ΔE ——驱动电位,取 0.3V ;

R ——回路总电阻,即阳极的接地电阻(Ω)。

B. 2. 4 牺牲阳极块的使用数量 n 可按下式计算:

$$n = I_{\text{总}} / I_a \quad (\text{B. 2. 4})$$

B. 2. 5 牺牲阳极的使用寿命可按下式计算:

$$Y = \frac{W \times A \times \eta}{8760 \times I_a} \quad (\text{B. 2. 5})$$

式中 W ——牺牲阳极的实际重量(kg);

A ——牺牲阳极的理论容量($\text{A} \cdot \text{h}/\text{kg}$);

η ——牺牲阳极电流效率(%);

I_a ——牺牲阳极发生的电流(A)。

B. 3 镁合金阳极的性能

B. 3. 1 镁基牺牲阳极的化学成分应符合表 B. 3. 1 的规定。

表 B. 3. 1 镁基牺牲阳极化学成分

阳极种类	镁-铝-锌 I	镁-铝-锌 II	镁-锰	高纯镁	
化 学 成 分 (%)	Al	5.3~6.7	2.7~3.5	< 0.05	< 0.02
	Zn	2.5~3.5	0.7~1.3	< 0.03	< 0.03
	Mn	0.15~0.60	0.15~0.60	1.2~2.0	< 0.01
	Mg	余量	余量	余量	> 99.9
	Fe	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.005
	Cu	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.02	≤ 0.004
	Ni	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001	≤ 0.001
	Si	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.01

B.3.2 镁基牺牲阳极化学成分的分析应符合现行国家标准《镁及镁合金化学分析方法》GB/T 13748.1~GB/T 13748.10 的规定。

B.3.3 带状镁阳极应采用高纯镁或镁锰合金。

B.3.4 铝基、镁基和锌基牺牲阳极的规格型号、包装和运输应分别符合现行国家标准《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB 4948 和《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731 的规定。

B.3.5 埋地牺牲阳极地床填充料应符合下列要求：

- 1 填充料应具有电阻率低、渗透性好、保湿性好等特点。
- 2 配方可采用石膏粉：工业硫化钠：膨润土的质量百分比为 75：5：20 的专用化学填料包。
- 3 填料包中填充料厚度应为 5~10cm。

B.4 辅助阳极

B.4.1 高硅铸铁阳极应满足下列要求：

- 1 高硅铸铁阳极的允许电流密度为 $5\sim 80\text{A}/\text{m}^2$ ，消耗率应小于 $0.5\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{a})$ 。
- 2 阳极引出线截面积不应小于 10mm^2 ，长度不应小于 1.5m，与阳极的接触电阻应小于 0.01Ω 。
- 3 高硅铸铁阳极的化学成分应符合表 B.0.4 的规定。

表 B.4.1 高硅铸铁阳极的化学成分

类型	化学成分(%)						
	Si	Mn	C	Cr	Fe	P	S
普通	14.25~	0.5~	0.8~1.05	—	余量	≤ 0.25	≤ 0.1
加铬	15.25	0.8	0.8~14	4~5	余量	≤ 0.25	≤ 0.1

B.4.2 石墨阳极应满足下列要求：

- 1 石墨阳极的允许电流密度为 $5\sim 10\text{A}/\text{m}^2$ ，消耗率应小于 $0.6\text{kg}/(\text{A}\cdot\text{a})$ 。
- 2 石墨阳极的石墨化程度不应小于 81%，灰分应小于 0.5%。

3 电阻率范围应在 $9.5 \sim 11.0 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ 之内。

4 气孔率范围应在 $25\% \sim 30\%$ 之内。

5 阳极引出线要求同 B.4.1.2。

B.4.3 柔性阳极应满足下列要求：

1 最大输出电流为 $82 \text{ mA}/\text{m}$ (无填充料时为 $52 \text{ mA}/\text{m}$)，最小弯曲半径为 150 mm 。

2 柔性阳极铜芯截面积不应小于 20 mm^2 ，阳极外径不应小于 15 mm 。

B.4.4 金属氧化物阳极应满足下列要求：

1 消耗率应小于 $6 \times 10^{-6} \text{ kg}/(\text{A} \cdot \text{a})$ 。

2 电阻率应小于 $0.14 \Omega/\text{m}$ 。

B.4.5 辅助阳极地床填充料应符合下列要求：

1 可使用焦炭粒，但含碳量应大于 85% 。

2 焦炭粒最大粒径宜小于 15 mm ，填充料厚度应为 $50 \sim 100 \text{ mm}$ 。

3 当采用预包覆焦炭粉的柔性阳极或金属氧化物阳极时，可不采用填充料。

B.5 参比电极

B.5.1 参比电极的位置应尽量靠近罐底板，并尽量远离阳极，不得接触阳极。

B.5.2 石油储罐用埋地型参比电极应符合下列要求：

1 埋地型参比电极应具有极化电位小、稳定性好的特点。对 CSE 电极不应小于 $\pm 10 \text{ mV}$ ，对高纯锌 (锌含量大于 99.995%) 电极不应小于 $\pm 30 \text{ mV}$ 。

2 使用寿命应与阴极保护设计寿命一致。

B.6 恒电位仪

B.6.1 恒电位仪应在室内工作，其技术性能要求如下：

- 1 给定电位： $-0.500 \sim -2.000\text{V}$ （连续可调）。
- 2 电位控制精度： $\leq \pm 5\text{mV}$ 。
- 3 输入阻抗： $\geq 1\text{M}\Omega$ 。
- 4 绝缘电阻： $> 2\text{M}\Omega$ 。
- 5 抗交流干扰能力： $\geq 24\text{V}$ 。
- 6 耐电压： $\geq 1500\text{V}$ 。
- 7 满载纹波系数：单相 $\leq 10\%$ ，三相 $\leq 8\%$ 。

B.7 金属氧化物阳极阴极保护计算原则

B.7.1 进行金属氧化物阳极阴极保护计算时，可按如下参数选取：

- 1 设计寿命：不低于 40 年。
- 2 保护电流密度：不低于 $10\text{mA}/\text{m}^2$ 。
- 3 阴极保护极化电位偏移：不小于 100mV 。
- 4 阳极埋深： $0.15 \sim 0.35\text{m}$ 。
- 5 设计温度： $16 \sim 48^\circ\text{C}$ 。
- 6 回填沙的电阻率 $200 \sim 500\Omega \cdot \text{m}$ 。
- 7 阳极片之间的间隔间距可按表 B.7.1 选择。

表 B.7.1 金属氧化物阳极系列阳极片、导电片参考间距

储罐直径(m)	阳极片间距(m)	导电片间距(m)
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

B.7.2 所需总保护电流 I_a 可按式 B.2.2 计算。

B.7.3 所需阳极的总长度 L 可按下式计算：

$$L = I_{\text{总}} / I_{\text{单}} \quad (\text{B. 7. 3})$$

式中 $I_{\text{单}}$ ——单位阳极长度可产生的电流(mA/m)。

B. 7. 4 阳极接地电阻 R_N 可按式计算：

$$R_N = \frac{\rho \times Q}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L^2}{rD} - 2 \right) \quad (\text{B. 7. 4})$$

式中 ρ ——土壤电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)；

L ——阳极片长度(m)；

r ——阳极片等量半径(m)；

D ——阳极网埋深(m)；

Q ——电阻系数，取 1.5。

B. 7. 5 阳极实际使用寿命可按式计算：

$$Y = \frac{W}{8760 \times I_{\text{实}} \times \omega} \quad (\text{B. 7. 5})$$

式中 W ——阳极的实际重量(kg)；

$I_{\text{实}}$ ——阳极实际发生的电流(A)；

ω ——阳极片的消耗率[kg/(A·h)]。

B. 7. 6 恒电位仪容量的选择可按式计算：

$$V_{\text{REC}} = 1.2 \times I \times R_T \quad (\text{B. 7. 6-1})$$

式中 V_{REC} ——恒电位仪输出电压(V)；

$I_{\text{总}}$ ——所需的总的保护电流(A)；

R ——回路总电阻(Ω)；

$$R = R_N + R_w + R_C \quad (\text{B. 7. 6-2})$$

式中 R_N ——阳极接地电阻(Ω)；

R_w ——导线电阻(Ω)；

R_C ——被保护体接地电阻(Ω)；

$$R_C = R_s / S \quad (\text{B. 7. 6-3})$$

式中 R_s ——涂层电阻率(Ω/m^2)；

S ——总表面积(m^2)；

R_C ——取决于罐底板涂层状况，如是裸钢板则 $R_C = 0$ 。

附录 C 磨料和表面处理设备

C.1 磨料

C.1.1 应根据表面处理等级要求,按表 C.1.1 选择合适的磨料,不得使用海砂,不宜使用河砂。

表 C.1.1 石油储罐表面处理常用磨料

类型	缩写	原始颗粒形状 ^①	比较样块 ^②	备注	
金属磨料(M)	冷硬铸铁	M/CI	G	G	主要用于压缩空气喷射处理
	高碳钢	M/HCS	S或G	S	主要用于抛丸喷射处理
	低碳钢	M/LCS	S	S	
	钢丝切段	M/CW	C	S	
	氧化铝砂	M/AL	G	G	—
非金属磨料(N)	硅砂	N/SI	G	G	主要用于压缩空气喷射处理
	橄榄石砂	N/OL	G	G	
	石榴石砂	N/GA	G	G	
	硅化钙渣	N/FE	G	G	主要用于压缩空气喷射处理
	铜矿砂	N/CU	G	G	

注:①原始颗粒形状:S—丸粒,圆形;G—砂粒,不规则角形;C—圆柱粒,锐角边缘。

②评定最终表面粗糙度时使用的比较样块,可参照 ISO 8503.2 规定。

C.1.2 磨料应满足现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面处理方法 磨料喷射清理》GB/T 18839.2 的规定,并且不得含有

腐蚀性成分和影响涂层附着力的污物。

C.1.3 磨料应是干燥的(当加入到高压液体中或水砂混合料喷砂清理系统除外),且应能自由流动,使之能均匀进入喷射流中。

C.1.4 应在喷砂处理前进行预先试验以确定磨料。

C.1.5 磨料颗粒的硬度,应符合下列规定:

- 1 钢砂和钢丸应达到洛氏 C 40~60;
- 2 非金属磨料应达到莫氏 6 级。

C.1.6 磨料颗粒的尺寸范围的选择,应考虑表面粗糙度的要求和表面洁净度的要求。表 C.1.6 给出了部分磨料尺寸与表面粗糙度对应关系。

表 C.1.6 部分磨料尺寸与表面粗糙度对应表

磨料种类	磨料尺寸				
	G80	G50	G40	G40	G25
钢丸	S110	S170	S230	S280	S330/S390
石英砂 ^①	30/60	16/35	16/35	8/35	8/20
石榴矿砂	80	36	36	16	16
氧化铝	100	50	36	24	—
铜矿砂	20/40	12/40	12/40	10/40	10/40
表面粗糙度(μm)	25	37.5	50	62.5	75/100

注:由于硅化物对健康有害,宜避免使用石英砂。

C.1.7 磨料在反复循环使用过程中应考虑除去粉尘和污染物,并适当补充新的磨料以保持其预定的颗粒大小范围和颗粒大小分布。

C.2 表面处理设备

C.2.1 可按表 C.2.1 选用合适的设备进行表面处理。

表 C. 2.1 表面处理常用设备

设备名称	用途
空压机	为喷射处理提供压缩空气和动力,输出压力不应低于0.55 MPa
去湿机	用于降低储罐内空气的湿度,使之符合涂装的条件
暖风机	用于提高储罐内的温度,使之符合涂装的条件
排风机	用于降低储罐内扬尘和易燃易爆气体
吸砂机	用于及时排除储罐内积聚的废砂,尤其在浮顶部位作业时
高压冲洗机	用于清除钢表面的氯化物,水压不宜低于15MPa
油水分离器	脱离压缩空气中的水汽和油
压力平衡罐	当使用多台空压机时,保障每支喷枪的压力和流量相等

C. 2.2 所有设备的操作应严格执行国家现行关于安全、健康和环境保护方面的规定。

C. 2.3 设备应定期检查和维修,保证设备的正常运转。

附录 D 露点温度值查对表

表 D 露点温度值查对表

空气温度 (°C)	在下列相对湿度下的露点温度(°C)						
	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
10	-6.7	-2.9	0.1	2.6	4.8	6.7	8.4
12	-5.0	-1.1	1.9	4.5	6.7	8.7	10.4
14	-3.3	0.6	3.8	6.4	8.6	10.6	12.4
16	-1.5	2.4	5.6	8.3	10.5	12.6	14.4
18	0.2	4.2	7.4	10.1	12.5	14.5	16.3
20	1.9	6.0	9.3	12.0	14.4	16.4	18.3
22	3.7	7.8	11.1	13.9	16.3	18.4	20.3
24	5.4	9.6	12.9	15.8	18.2	20.3	22.3
26	7.1	11.4	14.8	17.6	20.1	22.3	24.2
28	8.8	13.1	16.6	19.5	22.0	24.2	26.2
30	10.5	14.9	18.4	21.4	23.9	26.2	28.2
32	12.3	16.7	20.3	23.2	25.8	28.1	30.1
34	14.0	18.5	22.1	25.1	27.7	30.0	32.1
36	15.7	20.3	23.9	27.0	29.6	32.0	34.1
38	17.4	22.9	25.7	28.9	31.6	33.9	36.1
40	19.1	23.8	27.6	30.7	33.5	35.9	38.0
42	20.8	25.6	29.1	32.6	35.4	37.3	40.0
44	22.5	27.3	31.2	34.5	37.3	39.7	42.0
46	24.2	29.1	33.0	36.3	39.2	41.7	43.9
48	25.9	30.9	34.8	38.2	41.1	43.6	45.9
50	27.6	32.6	36.7	40.0	43.0	45.6	47.9

注：表 D 露点温度值查对表给出了空气温度和相对湿度所对应的露点温度，使用该表时应注意以下几点：

- ①各行空气温度值,找到接近实际测量值的较高值和较低值。
- ②各行相对湿度值,找到接近实际测量值的较高值和较低值。
- ③找出相应的四个露点温度,分两步进行线性内插计算,并四舍五入至0.1℃。
- ④表D中的数值是可以通过公式(D.0.1)计算得到的。

$$t_d = 243.175 \times \frac{(243.175 + t)(\ln 0.01 + \ln \varphi) + 17.08085t}{234.175 \times 17.08085 - (243.175 + t)(\ln 0.01 + \ln \varphi)}$$

(D.0.1)

式中 t_d — 露点温度(℃);

t — 空气温度(℃);

φ — 空气湿度(%)。

附录 E 表面处理等级及测定

E.1 表面锈蚀等级和除锈等级测定

E.1.1 石油储罐钢材表面锈蚀等级和除锈等级的测定,应采用日视对比测定法;测定时,应符合现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 第四章的规定,并应进行拍照。

E.1.2 锈蚀等级,宜按照现行国家标准 GB 8923 第二章的规定进行确定。

E.1.3 在本规范中,除锈等级分为三级,即 Sa2.5、Sa3 和 St3,宜按照现行国家标准 GB 8923 第 3.2.3 条和第 3.3.3 条的规定进行确定。

E.2 表面粗糙度的测定方法

E.2.1 应在现场用表面粗糙度测定仪对表面粗糙度进行测定;测量时,应符合现行国家标准《产品几何技术规范 表面结构 轮廓法评定表面结构的规则和方法》GB/T 10610 的规定。

E.2.2 测定过程应符合下列要求:

- 1 应按本规范第 F.1.2 条的要求选择检测区域位置;
- 2 在检测区域内选择 5 个检测点,每个检测点面积应为 100cm^2 的正方形;
- 3 在检测点内任意取 3 个点进行测量,测量结果取平均值。

E.2.3 表面粗糙度的表示应符合现行国家标准《表面粗糙度参数及其数值》GB/T 1031 和《产品几何技术规范 表面结构 轮廓法 表面结构的术语、定义及参数》GB/T 3505 的规定。

E.3 钢表面可溶性氯化物测定方法

E.3.1 应在现场对钢表面的可溶性氯化物进行测定;测量时可参考国际标准《涂敷涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 水溶性盐的电导仪现场测定方法》ISO 8502.9。

E.3.2 测量过程应符合下列要求:

1 可参照本规范第 F.1.2 条的要求,选择合适的检测区域位置。

2 在检测区域内选择合适的检测点,每个检测点面积应为 100cm^2 。

3 用 50ml 的纯水或去离子水擦洗检测点,擦洗过程至少为 3min,擦洗过程中,水不得滴出或溢出检测点与擦洗工具。

4 收集擦洗液,若擦洗液不足 50ml,应加水补足。

5 对擦洗液的可溶性氯化物含量进行测定,测定结果以 mg/l (NaCl 的含量)的数值表示。

E.3.3 钢表面可溶性氯化物的含量结果表示:

$$P = P_{\text{NaCl}}/2 \quad (\text{E.3.3})$$

式中 P ——钢表面可溶性氯化物的含量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$);

P_{NaCl} ——擦洗液中可溶性氯化物含量,即 mg/l 的数值。

附录 F 涂装质量检验规则及方法

F.1 一般规定

F.1.1 当采取抽检时,应选择具有代表性的受检区域。

F.1.2 受检区域的选择应符合下列规定:

1 选择若干受检区域,每块区域面积可为 10m^2 ,每一单独区域不得断开。

2 受检区域的面积的总和不应小于总面积的 5%,其中重点部位不得小于 10%。

F.1.3 检验时涂层表面应是干燥的,无附着物的。

F.1.4 检验仪器应具有良好的重复性和再现性。

F.1.5 检验过程中如发现质量不合格时,应采取适当方式处理,然后重复整个检验过程。

F.2 “90-10”规则

F.2.1 用仪器进行测量的结果,允许有 10%的读数可低于规定值,但每一单独读数不得低于规定值的 90%。

F.2.2 “90-10”规则的具体要求如下:

1 按本规范第 F.1.2 条的要求选择合适的检测区域。

2 在每块区域任意确定 5 个面积为 100cm^2 的正方形,并在正方形里选择三点进行测量,结果取平均值。

注:举例说明,以涂装面积为 4000m^2 ,规定涂层厚度为 $200\mu\text{m}$ 为例。

1) 任选 20 个区域,每块面积为 10m^2 ,符合总面积的 5%。

2) 在每块区域任意确定 5 个面积为 100cm^2 的正方形,并在正方形里选择三点进行测量,结果取平均值。本例可获得 100 个数据。

3) 本例中获得的 100 个数据,可允许 10 个数据低于 $200\mu\text{m}$,但每一单独点的测量值不得低于 $180\mu\text{m}$,如下表所示。

测得数据(μm)	平均值(μm)	合格与否
179 200 221	200	不合格
200 180 181	187	不合格
190 200 210	200	合格

F.3 “85-15”规则

F.3.1 用仪器进行的测量结果,允许有 15% 的读数可低于规定值,但每一单独读数又不得低于规定值的 85%。

F.3.2 “85-15”规则的具体要求,应符合本规范第 F.2.2 条的要求。

F.4 涂层厚度的测量

F.4.1 应采用磁性测厚仪对涂层厚度进行测量。

F.4.2 测量时,应按照现行国家标准《磁性金属基体上非金属覆层厚度测量磁性方法》GB 4956 的规定执行。

F.4.3 测量过程应符合本规范第 F.2.2 条的要求。

F.4.4 测量弯曲表面(如加热盘管等)时,仪器应进行专门的校准。

F.5 涂层孔隙率的测量

F.5.1 应采用电火花检漏仪或 5~10 倍放大镜对涂层孔隙率进行测量。

F.5.2 当采用电火花检漏仪测量时,应符合下列要求:

- 1 按本规范第 F.1.2 条的要求选择检测区域位置。
- 2 探测电极沿涂层表面移动时应始终保持与涂层表面紧密接触,并通过观察电火花的出现来确定孔隙的位置。
- 3 确定检测区域孔隙的个数。

F.5.3 电火花检漏仪检测电压应符合公式(F.5.3)的规定:

$$V=3294 \sqrt{T_c} \quad (\text{F. 5. 3})$$

式中 V ——检测电压(V);
 T_c ——涂层厚度(mm)。

注:当涂层厚度分别为 $350\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ 、 $250\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 和 $60\mu\text{m}$ 时,对应的检测电压分别为 2000V 、 1800V 、 1700V 、 1500V 、 1300V 和 800V 。

F. 6 涂层表面电阻的测量

F. 6. 1 可采用涂料表面电阻测定仪对涂层表面电阻进行测量。

F. 6. 2 测量时,应符合下列要求:

- 1 按本规范第 F. 1. 2 条的要求选择检测区域位置。
- 2 在检测区域内选择 5 个检测点,每个检测点面积可为 400cm^2 。
- 3 在检测点内任意取 3 个点进行测量,测量结果取平均值。

附录 G 阴极保护电位的测试方法

G.1 储罐的罐/地极化电位—850mV

G.1.1 测量应符合以下准则：钢质储罐相对饱和铜/硫酸铜参比电极的极化电位至少—850mV。为了避免储罐去极化过快，断电时间不应超过 3s。测试时必须断开与储罐直接连接的牺牲阳极组。如果存在杂散电流或其他电流源且不能被中断时，测量就存在误差。为此建议采用测试探头或辅助试片，用探头或试片断电法代替。

G.1.2 影响断电测试方法准确度的电流源包括：

- 1 牺牲阳极。
- 2 相邻的其他阴极保护系统。
- 3 电气化铁路。
- 4 原电池或双金属电池。
- 5 直流采矿设备。
- 6 极化水平不同的相邻储罐。
- 7 与之搭接的其他构筑物。

G.1.3 基本测试设备包括：

- 1 具备足够输入阻抗的电压表。通常情况下，数字式仪表具备 $10^7 \Omega$ 的输入阻抗。
- 2 不同颜色的仪表引线。
- 3 CSE 或其他参比电极。

G.1.4 测试步骤：

- 1 测试前确认阴极保护设备已安装且运行正常。
- 2 在所有影响储罐电位的直流电源系统中安装电流中断设备。

- 3 确定参比电极的安放位置。
- 4 确定测试点位置。
- 5 在测试点处用电压表连接储罐和参比电极。
- 6 记录罐/地通电电位、瞬间断电电位,断电测量应在 0.5~1.0s 内完成。

G.2 储罐的阴极极化电位差至少 100mV

G.2.1 测试应符合以下准则:钢质储罐和与土壤接触的饱和铜/硫酸铜参比电极之间测得的极化电位差至少 100mV。测试时必须断开与储罐直接连接的牺牲阳极组。本方法适合在腐蚀电位较低的储罐环境中使用,对未涂敷的或覆盖层失效的储罐尤其有效。

G.2.2 影响该测试方法准确度的电流源包括:

- 1 牺牲阳极。
- 2 相邻的其他阴极保护系统。
- 3 电气化铁路。
- 4 原电池或双金属电池。
- 5 直流采矿设备。
- 6 极化水平不同的相邻储罐。
- 7 与之搭接的其他构筑物。
- 8 直流焊接设备。

G.2.3 基本测试设备:

- 1 具备足够输入阻抗的电压表。通常情况下,数字式仪表具备 $10^7 \Omega$ 的输入阻抗。
- 2 不同颜色的仪表引线。
- 3 CSE 或其他参比电极。

G.2.4 测试步骤:

- 1 极化衰减的测试步骤:
 - 1) 测试前确认阴极保护设备已安装且运行正常;
 - 2) 确认所有影响储罐电位的直流电源系统可被中断;

- 3) 确定参比电极的安放位置；
- 4) 确定测试点位置；
- 5) 在测试点处用电压表连接储罐和参比电极；
- 6) 记录罐/地通电电位、瞬间断电电位；

注：罐/地断电电位是计算极化衰减的基准值。

- 7) 断开在测量点处影响电位测量的所有直流电源系统；
- 8) 连续测量和记录储罐/电解质电位，直到它达到稳定的去极化水平。

2 极化形成的测试步骤：

- 1) 测试前确认阴极保护设备已安装且尚未开始运行；
- 2) 确定参比电极的安放位置；
- 3) 确定测试点位置；
- 4) 在测试点处用电压表连接储罐和参比电极；
- 5) 记录罐/地自然电位，该电位是计算极化形成的基准值；
- 6) 运行阴极保护设备，确定罐/地电位达到极化值；
- 7) 确认在所有影响储罐电位的直流电源系统中已安装电流中断设备；
- 8) 记录罐/地通电电位、瞬间断电电位；
- 9) 瞬时断电电位和自然电位的差值即为极化形成的数值。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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”;

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”。

中华人民共和国国家标准

钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范

GB 50393 - 2008

条文说明

目 次

1 总 则	(51)
2 术 语	(53)
3 一般规定	(54)
4 设 计	(57)
4.1 涂层保护	(57)
4.2 阴极保护	(60)
5 施 工	(64)
5.1 一般规定	(64)
5.2 表面处理	(64)
5.3 涂装	(65)
5.4 金属涂层施工	(66)
5.5 阴极保护施工	(66)
5.6 施工过程检查与控制	(67)
6 交工验收	(69)
7 运行维护与检测	(70)
7.1 涂层保护	(70)
7.2 阴极保护	(71)
附录 A 储罐用防腐蚀涂料	(72)
附录 B 储罐用阴极保护材料	(75)
附录 C 磨料和表面处理设备	(76)
附录 D 露点温度值查对表	(77)
附录 E 表面处理等级及测定	(78)
附录 F 涂装质量检验规则及方法	(80)
附录 G 阴极保护电位的测试方法	(82)

1 总 则

1.0.1 石油储罐防腐工程主要包括涂层保护和阴极保护两种手段。目前涂层保护工程出现的问题比较多,主要有:

1 在设计方面,源于理论误解而在涂料的选型上出现错误。例如,在原油罐底的防腐蚀和导静电问题上,原油罐底部采用导静电涂料,不仅使罐体加重腐蚀,而且还会使牺牲阳极加速消耗。石油储罐因涂料的选择不当而造成腐蚀加重的情况时有发生,给石油储罐的安全和使用带来了不少隐患。

2 在施工方面,表面处理等级达不到要求,所选涂料的质量要求不统一,在具体操作上各行其是,造成涂装质量差别很大。

3 在维护方面,重视程度不高,忽视维修,使遭到破坏的涂层得不到及时适当的处理,从而导致涂层失去保护作用。

为了确保工程质量,避免上述问题的发生,制定本规范。大量的工程实践证明,加强对施工过程的控制,可有效减少损失和资源浪费,有利提高防腐蚀的效果,从而对整个防腐蚀工程的安全性、耐久性提供可靠的保障。本规范在制定过程中对施工控制作了较多的规定。

1.0.2 强调了本规范的适用范围。本规范在制定过程中重点对新建大型原油储罐的防腐蚀工程进行了规定。首先,因为原油罐的腐蚀问题比较严重,腐蚀原因又很复杂;其次,因为原油罐底的防腐蚀在设计上出现理论性错误,导致腐蚀更加严重;最后,因为目前我国正在加强原油储备能力的建设,在石油储罐防腐蚀工程方面还缺乏统一的相关国家标准。本规范在制定过程中也对成品油罐进行了专门的规定。成品油罐包括汽油罐、柴油罐、煤油罐等。这类储罐的油品温度较低,罐底存水较少,并且储罐的数量也

较多。对这类储罐规定了应采用的导静电防腐涂层的结构及类型。中间产品罐作为炼厂中比较特殊的储罐,因为其在特殊的腐蚀环境和腐蚀介质下出现了诸多的腐蚀问题,所以在规范的制定过程中对中间产品罐作了规定。同时,本规范对渣油罐和污油罐也作了规定。其他如污水罐、气体罐(柜),本规范没有专门的规定,在设计、施工过程中可参考本规范。

1.0.3 石油储罐属于火灾和爆炸等危险性设施,是安全保护的重点设备,所以首先必须做到安全可靠。

本规范是石油储罐防腐蚀工程专业性技术规范,是针对石油储罐防腐蚀工程而制定的,因此在设计和施工过程中,如遇到其他标准与本规范的规定不一致的情况,应执行本规范的规定。

防腐蚀工程所涉及的专业较多,许多防腐蚀材料具有一定的毒性,施工环境恶劣,施工条件苛刻,所以对施工的安全技术、劳动保护和环境污染等方面的要求必须严格,在这些方面,国家的法律法规和相关标准都有严格明确的规定,必须执行。

2 术 语

本章列出了石油储罐防腐蚀工程中的相关术语,主要包括涂层保护和阴极保护两个方面,而侧重于涂层保护方面的表面处理施工及检测。

3 一般规定

3.0.1 石油储罐被腐蚀所造成的危害是不容置疑的,如不采取防腐措施,储罐的使用寿命会大大降低。

储罐在主体设计时应同时考虑所储存的油品种类以及储罐所处的外部环境和地质等情况,采用合理有效的防腐蚀措施,并且应做到与主体工程同步设计、同步施工和同步投产使用,这样才能经济、有效地发挥防腐蚀措施的作用。

3.0.2 本条规定是基于石油储罐的生产维护周期和经济合理性方面的考虑。通常油品储罐使用6~7年后进行清罐检修,特别是储罐内防腐涂层使用寿命若低于7年,则罐内壁及罐底板内表面明显有被储存介质腐蚀的倾向。

3.0.3 对于罐径小于8m的储罐不必采用阴极保护措施。大多数储罐的罐径大于8m,造价高。依据储罐的实际情况,由于石油储罐底板外表面与土壤接触,有受到含有腐蚀性的雨水和地下水腐蚀的危险。国内外普遍对土壤侧涂敷涂层加阴极保护。虽然焊缝处5~10cm的宽度因无法涂敷而裸露,但涂层部分可以使阴极保护电流大大降低,从而延长阴极保护系统的使用寿命。

无论强制电流法还是牺牲阳极法用于油罐外底板的阴极保护,若保护寿命低于20年,则没有实际价值。

3.0.4 本条因为其重要性和特殊性,所以作为一般规定。原油罐内壁下部和底板内表面的腐蚀情况比较复杂。罐底有一定高度的积水,积水的腐蚀性强。积水本身是导电介质,不会产生静电积累,所以不必采用导静电涂层,而应采用绝缘型防腐涂层和牺牲阳极联合保护技术。因为强制电流阴极保护系统要使用电源,而且电器回路连接复杂,存在产生电火花而引燃易燃易爆介质的

可能性,所以采用牺牲阳极保护方法对罐内壁下部和底板内表面进行保护更为合理。

1 当绝缘型防腐涂料的表面电阻率达到 $10^{13}\Omega$ 时,涂层的绝缘性能好,阳极块的消耗率低,涂层防腐蚀性能优异,可以达到长效防腐。

2 原油储罐内沉积水部位的牺牲阳极材料应采用铝合金牺牲阳极,因为锌阳极在温度高于 54°C 的情况下可能发生极性逆转,而镁阳极易产生火花,因此应采用铝合金阳极。

3 当保护电流密度为 $10\text{mA}/\text{m}^2$ 时,在初期保护电流显得偏大,在中后期时适中。

3.0.5 储罐防腐蚀施工时,应严格按照防腐设计方案进行。因为设计方案由经验丰富的专业人员设计并已经过评审,随意变动可能影响防腐效果。新材料日益增多,但规范的制定往往滞后于材料与技术的发展,为保证新材料和新技术得到应用,本规范提倡采用新技术和新材料,但采用的新技术和新材料必须通过试验获得可靠数据或有充分实践证明不影响最终防腐蚀效果,并征得设计部门同意,方可采用。

3.0.6 原材料质量的优劣直接关系到储罐防腐蚀工程的好坏。目前国内防腐蚀材料的生产单位很多,有的产品质量不稳定,因为产品质量不合格而导致的质量事故时有发生。为防止不合格材料或不符合设计要求的材料用于石油储罐的防腐蚀工程,本条规定了必须具有产品质量证明文件。本规范只对部分产品作了规定,其他的应符合国家或行业的现行标准。

1 有国家现行标准依据的,材料供货方必须提供材料检测报告和产品合格证书,作为自查自检材料。

2 没有标准依据的,材料供货方必须提供材料的质量技术指标和相应的检测方法。

3 进入施工现场的材料应有复检报告,对于新材料和新技术必须提供省部级以上的技术鉴定报告,提供质量技术指标和相应

的检测方法,以此作为第三方检验的依据。

原材料的检验应遵循的原则是:自查自检,互查互检,他方检验。原材料不仅应有供货方提供的检验报告,而且应经过业主的检验或第三方的检验,方可进入施工现场。对于新材料和新技术经过科学和合理的鉴定后采用,从而能保证优质材料和先进技术的使用。

3.0.7 本条规定了施工必须具备的条件,对施工机具和检验仪器进行了规定,目的是为了**保证施工质量**。

3.0.8 罐内有的涂层在涂装完成后需要有一定的养护期,只有在养护期满后**方可使用**;有的储罐在涂装完成后尚未投用,造成闲置,闲置期间为了避免对涂层的损坏,应采取相应的防护措施,储罐充水会对涂层造成一定的损伤,因此规定储罐闲置期间不得充水。

3.0.9 防腐蚀工程涉及专业较多,许多防腐蚀材料为**有毒性、易燃**,高空作业施工环境恶劣,施工条件苛刻,所以对施工的安全技术、劳动保护和环境污染等方面的要求必须严格。

4 设计

4.1 涂层保护

4.1.1 储罐采用涂层保护时应根据不同的储存介质采用不同的防腐涂层体系。不同的油品介质其腐蚀性不同,同一储罐的不同部位其腐蚀程度也不相同,因此,对储罐内防腐蚀涂层的耐蚀性要求就有所不同;储存介质温度不同对涂层的耐温性要求也不同。所以,应根据具体情况具体分析,合理地选择涂层保护方案。

4.1.2 各种防腐蚀涂料其性能应达到一定的指标要求,才能表现出应有的防腐性能。因此,附录 A 中列出了油罐可能使用的各种防腐涂料的基本性能指标。

4.1.3 涂层的表面电阻率大于等于 $10^{13} \Omega$ 可以认为是绝缘的。就防腐涂层来说,其表面电阻越大,防腐性能越好。

4.1.4 导静电涂料分为本征型和添加型两类。本征型利用基料本身的导静电能力来实现导静电;添加型主要通过填料来实现导静电,常见的主要以添加金属和金属氧化物及炭黑为主,添加金属和金属氧化物浅色导静电涂料,与以添加炭黑为主的黑色导静电涂料有所区别。由于炭黑系列的导静电涂料在使用过程中污染油品、耐腐蚀性差等缺陷,本规范限制了炭黑系列的导静电涂料的使用。本规范提倡使用本征型导静电涂料。

美国国家消防协会标准《静电作业规范》NFPA77 明确提出,涂料的电阻率应高于介质的电阻率,并不宜超过 $10^{11} \Omega$ 。导静电涂料的电阻率低于油品的电阻率的 1~2 数量级,可以认为是安全的。

4.1.5 原油储罐的油水分界线高度是相对固定的,涂装的高度应至少高于最高油水分界线 20cm。原油储罐内部的腐蚀程度以罐

底内表面和与底板“T”形相交的第一、二圈板最为严重，罐顶次之，罐壁最轻；通常罐底板的涂层厚度应大于罐顶，罐壁因腐蚀轻微而一般不进行涂装。

1 原油储罐底板内表面的面漆要求具有耐酸碱、耐盐水、耐硫化物、耐油等特性，它与罐底沉积水中复杂的化学成分有关。短期耐热 180°C 是基于蒸罐或清罐等操作而考虑的。由于沉降水是强腐蚀渗透性介质，底漆采用附着力强的环氧类防腐蚀漆，中间采用耐渗透性强的含玻璃鳞片或云母的环氧厚浆涂料，防止腐蚀性离子渗透穿过涂层，面漆采用耐油和酸、碱、盐和具有耐热性的防腐蚀涂料，这样的配套体系比较合理。因此，防腐涂层的厚度应在 $350\mu\text{m}$ 以上才能达到与阴极保护相配套的长效防腐效果。

2 浮顶罐因浮盘始终与原油接触并处于活动状态下，有产生静电的倾向，所以该部位应采用导静电涂层。

3 浮顶罐内壁顶部和浮顶上表面因长期处于大气环境下，所以要求涂层具有耐水性和耐候性，其内壁上部的涂装高度可根据浮顶活动最高高度而定，通常情况下涂装高度为 $1.5\sim 3.0\text{m}$ 。

4 拱顶罐顶部由于存在油气、水蒸气、空气及油品中挥发性的硫化氢等，在温度变化的条件下，罐内气体产生“呼吸”作用，气体在罐顶是流动的，所以要求涂层应具有耐水性、耐油性、耐候性。

5 有保温层的原油储罐外防腐涂层应具有耐水性是基于保温层内部容易存留水分而考虑的。富锌漆是性能良好的防锈底漆，这是防腐所必需的。

6 无保温层的地上原油储罐外防腐同样也应采用富锌漆作为底漆，面漆由于长期受紫外线和大气的破坏，因此面漆必须采用耐候性好的氟碳漆和丙烯酸-聚氨酯类防腐涂层，防腐涂层总厚度应在 $200\mu\text{m}$ 以上较为合理。

7 原油罐顶（浮顶罐除外）的防腐除了满足本规范第 4.1.5 条第 6 款外，还应满足有一定的耐磨性，因检修维护阶段通常会有人员在罐顶作业。

8 地下储罐由于不受大气紫外线的作用,仅为水和水蒸气的作用,因此,底漆必须用富锌漆,面漆用耐水性好的环氧类、聚氨酯类或其他耐水性良好的防腐涂料。地下储罐由于不方便施工修补,因此,涂层厚度应达到 $300\mu\text{m}$ 。

4.1.6 通常石油产品的电阻率较原油要高出 3~4 个数量级,油品的装卸容易产生静电积累,储罐内表面防腐涂层应具有耐油性和导静电性。其中,外防腐与无保温层的原油罐的外防腐相同。

4.1.7 石油炼制过程的中间产品其腐蚀性一般要高于相应的石油产品,通常高于常温,储罐内表面涂层应具有耐热性和耐油性。其中,外壁保护涂层除了满足本规范第 4.1.5 条第 6 款的要求外,涂层也应具有一定的耐热性。内防腐则除了满足导静电外也还应有耐热性要求,以满足涂层长期在一定温度下使用的需要。

4.1.8 本条规定的应用对象为易挥发性油品(包括低粘度原油、中间馏分油、轻质产品油等)的储罐外壁。“热反射隔热”,即太阳光(可见光和近红外两者占热能的 90%)中绝大部分被涂层表面反射掉,把涂层及基体吸收的可见光和近红外及紫外光能以红外辐射方式,通过大气窗口发射到大气外层,以达到降温的目的。所以,规定的技术指标是反射率 $R \geq 70\%$ (白色 $\geq 90\%$ GB/T 13452.3),半球发射率 $\epsilon \geq 60\%$ (GB/T 2680) 而不是笼统地讲降低温度多少度;隔热,是由于中间涂层中含有经过特种处理的空心微球阻挡热能传递,从而起到隔热作用,所以规定的技术指标是导热系数 $\rho \leq 0.25\text{W}/\text{cm} \cdot \text{K}$ (GB/T 10297)。热反射隔热防腐涂料是由热反射涂层(内含所需波段内反射率最高的粉料)、隔热中间层(内含经过特殊处理的空心微球)和环氧富锌或环氧云母底漆等三层组成,干膜厚度不应小于 $250\mu\text{m}$ 。

4.1.9 对于本规范第 4.1.7 条中规定的中间产品罐,也可采用喷涂金属外加耐热性导静电防腐涂料封孔,因为金属的耐热性更好,具有导电性又有阴极保护功能,但必须达到一定的厚度,封孔涂层的厚度也应保证,否则会发生更为严重的腐蚀。

4.1.10 油罐底外边缘板的腐蚀原因,一是由于油罐的基座与罐体底板结合的部位,随着环境主要是温度的变化使底板径向发生伸缩;二是由于油罐装卸的油量变化引起油罐的变形,当油罐充液后由于静液压力作用产生较大的环向应力,使油罐沿半径方向产生水平变位,而边缘板由于与底板牢固地焊在一起无法向外扩张,结果在边缘板处发生变形,从而产生边缘应力,该应力与基座对边缘板的抵抗力共同作用导致底板外环部的塑性变形;当空罐时,罐体恢复原状,边缘板却由于塑性变形而向上翘曲。过去国内的油罐底板边缘板防水的习惯做法是沥青灌缝或敷沥青砂,但投入使用后检查发现成功的很少,也有用橡胶沥青或环氧玻璃布进行防水,但前者的耐老化性能差,粘接强度不够;后者的弹性差,使用后发生开裂、拉脱等现象,效果极不理想。2001年5月中国石化集团公司颁发了关于《加工高含硫原油储罐防腐技术管理规定》,该规定附录2中规定,油罐底板边缘板的防渗水防腐施工宜采用CTPU防水涂料贴覆玻璃布的施工工艺,采用该工艺施工的储罐边缘板防腐层最长的已使用6年无开裂、渗水,外观良好。CTPU的特点是:防水效果好、粘接性好、有很好的抗变形能力(拉伸率达500%)、维修容易、使用寿命长。

4.1.11 加热盘管因加热介质温度的不同,对涂层的耐热性要求也有所不同。一般情况下,采用有机硅涂料较多,也有采用酚醛环氧涂料的,但主要应根据加热介质温度来选择。

4.2 阴极保护

4.2.1 由于石油储罐内油气环境较复杂,存在易燃易爆的危险性,而外加电流阴极保护系统驱动电压高,电器回路连接复杂,存在产生电火花而引燃易燃易爆介质的可能性,所以本规范推荐采用牺牲阳极保护方法对罐内进行保护。

本条对于罐底板外壁的阴极保护的方式提出推荐意见,通常大的储罐采用强制电流法是比较经济的,但也不能排除牺牲阳极

方式的可能性。从经济上考虑,罐径小,电阻率合适的情况下,牺牲阳极方式仍是最佳的选择。

4.2.2 关于阴极保护准则,国际上认识基本一致。自1992年NACE RP 0169标准修订后,IR降的成分基本上不允许含在其内,所以现在所提的电位准则均应认为是不含IR降成分的,给出的 $-1100\sim-850\text{mV}$ 应是断电时测得的电位,通电电位的值已没有实际意义。 -100mV 的准则通常用于金属表面、耗电量大、自然电位低的场合。

4.2.3 进行罐内保护面积计算时,罐内的附属钢结构应在考虑范围之内,但由于其结构复杂,表面积往往不易精确计算,故在计算保护面积时,可将储罐内壁板积水高度的面积和储罐底板内表面的面积的和乘以 $1.1\sim 1.2$ 的系数。罐底积水部位的涂料种类和质量与牺牲阳极保护设计密切相关,涂层质量好,保护电流密度可减少,阳极用量可降低。

腐蚀性介质的化学成分和温度与铝合金牺牲阳极材料的选择有关。现行国家标准《铝-锌-钢系合金牺牲阳极》GB/T 4948规定了五种成分的铝合金牺牲阳极。实验证明,不是所有铝阳极都适合在原油沉积水中使用,如铝-锌-钢-镁-钛阳极在高温下易产生晶间腐蚀,电化学性能明显劣化,所以在进行牺牲阳极保护设计时,应根据沉积水的化学成分和温度进行阳极材料筛选。

4.2.4 保护电流密度是进行阴极保护设计的关键技术指标,而本指标是根据工程实践经验和参照国外有关标准确定的。美国NACE RP0575标准规定,保护电流密度范围为 $50\sim 400\text{mA/m}^2$,如无法确定电流密度时,设计时可采用 100mA/m^2 。根据我国大型石油储罐的现状和大量的工程实践经验,原油储罐中沉积水中钢表面所需要的保护电流密度范围取 $30\sim 150\text{mA/m}^2$ 比较合适,其中有保护层的钢表面保护电流密度范围应为 $10\sim 30\text{mA/m}^2$;无保护层的钢表面保护电流密度范围应为 $30\sim 150\text{mA/m}^2$;充海水期间,裸露的钢表面所需要的保护电流密度范围为 $70\sim 100\text{mA/m}^2$ 。

4.2.7 阴极保护设计所要考虑的因素很多,本条只列出了一些主要影响保护方案的因素,如果考虑不全面则会影响整体保护效果。

4.2.8 罐内沉积水的高度是不确定的,牺牲阳极只有在电解质的环境下才能起到阴极保护作用,阳极块的下表面与罐内底板的距离在 50~70mm 比较适当,高于 70mm 则沉积水位低时牺牲阳极不发挥作用,而低于 50mm 时则清扫极不方便。

大量实践表明沉积水出口部位的阳极消耗很快,需要增加阳极块的数量,一般情况下可增加 1~2 块。

4.2.9 在海滨地区新建的大型储罐为节约经费,通常采用充海水试压,由于海水本身的强腐蚀性,试压完成后,罐内钢板往往锈迹斑斑,如果采用小型铝合金或镁合金牺牲阳极进行临时保护,钢板表面则不会产生锈蚀,从而能够节约大量的时间和经费,这已在很多油罐的建设过程中采用过。

4.2.10 本条对电源的选用提出要求,主要有电源形式、防爆要求、容量和工作范围的规定,均属电器产品的常规要求。这里提醒一点,对于有些阳极产品,如网状金属氧化物(MMO)阳极,因存在有击穿电压的问题,所以所选的电源设备的电压不应超过此限(详见 BS 7361 标准和 W. v. 贝克曼《阴极保护手册》第三版等文献)。

4.2.11 储罐底板外侧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。

4.2.12 在国外文献中曾有“没有电绝缘就没有阴极保护”的观点,可见电绝缘对于阴极保护有多么重要,储罐阴极保护也不例外。目前国内有一种说法,采用 MMO 阳极的罐底阴极保护可以不要电绝缘。这种笼统的说法是不准确的,还要看具体条件。

4.2.13 本条是确保保护电流流动的必要条件。

4.2.14 为了减小保护电流消耗,避免不必要的腐蚀电流的形成,在罐体接地上不应采用比钢铁电位还正的材料做接地极。

4.2.15 阴极保护水平和效果的检测是以保护电位为标准的,如

果测试位置不合理或测量方法有问题都会造成误判。对于大型储罐,因直径太大,电流分布不会太均匀,因而保护电位测量的位置显得十分重要。一般要求罐周边要有多处,罐中心点位置必须要有一处,只有这样才能对保护电流分布有个大致的认识。由于罐底的参比电极埋设是一次性的,在电极埋完后罐基础还要施工,易造成硫酸铜电极的破坏,所以应采用双电极体系,再者锌的参比电极寿命也比较长,是理想的参比电极。

4.2.16 这是防干扰的要求, $+100\text{mV}$ 是直流干扰所不允许的,可参照现行石油天然气行业标准《埋地钢质管道直流排流保护技术标准》SY/T 0017。

4.2.17 罐群或罐区的保护,单独采用一种阳极形式,有时可能达不到预想效果,在局部还要增加一些分布式阳极补充,两者结合是较为理想的。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

本节主要对施工企业的资质进行了规定,目的是为了**保证施工质量**。企业的资质是其技术、管理和资源等总体水准的体现,达到要求则有可能**保证防腐蚀工程的整体效果**,否则整体效果就会受到影响。

5.2 表 面 处 理

5.2.1 钢板表面的腐蚀状况分为 A、B、C、D 四个等级;不同等级的表面状况,表面处理方案有所不同,储罐用钢表面处理等级要求达到 Sa2.5 级,轧制的新钢板和有腐蚀坑的旧钢板的施工方法、材料消耗、压缩空气的压力等有很大差异。因此,应根据实际情况制定合理的施工方案。

本规范推荐采用磨料喷射处理,本条强调只有在喷射处理无法到达的区域方可采用动力或手工工具进行处理。

5.2.2 石油储罐受化工大气、海洋大气的腐蚀,在安装或使用过程中,表面会残留盐分、油脂、化学品和其他污染物,如果直接进行喷射或打磨处理,一部分污染物会随着磨料或锈蚀产物脱离钢材表面,还有一部分将会在处理过程中,被嵌入表面锚纹中,形成油膜等;当涂装涂料时,这些嵌入表面的污染物会严重影响涂料与金属基体的附着力。因此,在进行喷射处理前应采用高压洁净水冲洗表面。

5.2.4 附录 C 所选的设备和磨料是达到要求的除锈效果的必要条件。没有这些条件作保证是不可能达到所要求的除锈等级的。

5.2.5 喷射处理后,基体表面可能有灰尘等,把灰尘等清除干净

需要手段,使用洁净的压缩空气和真空吸尘器等手段,目的是将吸附在新鲜的、粗糙的钢材表面上的灰尘等清理干净,确保底涂时基体表面达到涂装施工要求。清理完成后,应立即底涂,拖延时间可能会使基体洁净的表面又受到污染。

5.2.6 使用温、湿度测试仪测定空气温度和相对湿度,对照露点温度表查出该温度、湿度下的露点温度;再与当时的钢材表面温度(可用钢材表面温度仪测定)比较,决定是否可以进行施工,因为如果钢材表面结露则影响需要防腐的钢材底漆的附着力。

5.2.7 本条规定了油罐防腐涂装时金属基体应达到的洁净程度和氯离子污染量的控制指标。借助现场快速测试包或数字式氯含量测试仪可以测量钢材表面可溶性氯化物含量。

5.2.8 本条是对涂装前表面处理的具体要求,不同的防腐涂装要求不同的锚纹深度,不同的底漆也需要不同的锚纹深度。每种涂料都有特定的锚纹深度要求。

锚纹深度的检查不能仅凭肉眼,应使用专门的粗糙度检测仪。

5.2.10 表面清洁度和表面粗糙度现场样板,应在业主代表、监理等的共同监督下现场制作,用专门的仪器检测合格后,妥善保护,防止其被污染、锈蚀,方可作为参照物。

5.3 涂 装

5.3.1 每种涂料都应该有切实可行的施工指南才可能保证涂层最终的性能。本条强调了涂料供方应提供涂料的施工使用指南。

1 不同的涂料对基层的处理要求和处理工艺会有所不同,采取的处理方式不当会造成涂装失败。

2 由于涂料往往由多种化学组分组成,不能排除在涂装过程中对人体造成伤害,涂料供方应提供安全施工方面的相关数据,同时还应提供可能出现人体伤害情况下的处理措施。

3 对于涂料的特殊指标,如果现行标准没有规定的,涂料供方应提供相应的检测方法,由第三方进行检验。

4 在涂装完成并投入使用后,涂层在使用过程中会遇到各种各样的问题,涂料供方应提供相应的维护预案。

5.3.2 钢表面的涂装温度应高于露点,环境温度不宜高于 50°C ,否则涂层中溶剂挥发太快会产生过多的针孔。

5.3.4 强调了涂装施工现场试涂的重要性,如果现场试涂不合格那或者涂料不合格,或者涂装工艺或涂装条件不合格。

5.3.5 涂装前的检查和清理是十分必要的。钢材表面如有凹凸不平,可批刮薄层腻子;钢材表面应无裂缝、起皮、拉口等缺陷,大部分这类缺陷是在表面预处理后才显现出来,如果出现这种情况,则应进行打磨、焊接处理,甚至更换钢材。这条是具体涂装时应该注意的一些必不可少的方面。表面处理结束至涂敷底漆之间的时间间隔,一般情况下不应超过4h,在海滨潮湿地区一般不应超过2h。腻子应与涂料匹配,腻子干透后应打磨平整,清理干净后实施底涂。

5.3.7 本条主要是强调在涂装完工后应注意保护涂层,如有破坏则应按原方案进行重涂直至达到要求。

5.3.8 本条是针对加热盘管的防腐提出的具体要求,因为加热盘管的温度高,腐蚀严重,其防腐既要达到要求又不影响传热。

5.3.9 储罐高压无气喷涂效果也比较理想,已被大量采用。

5.4 金属涂层施工

本节在制定过程中主要参考了现行国家标准《金属和其他无机覆盖层 热喷涂 锌、铝及其合金》GB/T 9793 和中国石化集团公司颁布的《加工高含硫原油储罐防腐技术管理规定》中的内容。

5.5 阴极保护施工

5.5.1 罐内牺牲阳极与储罐钢板的连接可采用焊接或螺栓固定的方式,但建议采用焊接方式安装;为了保证焊接的牢靠,单边焊缝长度不小于50mm。

5.5.2 罐外阳极的电缆引线应密封好,并应保证在阴极保护设计寿命内不被损坏;因电缆引线损坏而使牺牲阳极无法给罐底提供保护电流的现象往往是由于施工过程中牵拉阳极的电缆引线造成的。

5.5.3 本条提出了外加电源阴极保护施工时的具体要求和注意事项,以确保保护系统的正常运行。

5.6 施工过程检查与控制

施工过程的质量检查是防腐蚀工程检查的重点,施工时必须严格按照施工方案进行。施工直接决定涂装质量的优劣,必须加强施工过程的质量检查与控制。

5.6.1 检查是否达到本规范第3.0.7条的要求,即:施工设计完成、经过了审核、具有明确的签署文件和完整可靠的技术文件方可开始施工,施工作业所需的图纸齐备,经过会审才不会在施工过程中出现分歧。施工所用防腐材料进行了抽检,出具由权威质检部门的检测报告,供货方、业主和施工方三方共同认可才不会出现以后互相推诿的纠纷。基底的检查符合设计要求,才不会出现表面处理不当或防腐涂装不合理的现象。

5.6.2 本条是对油罐防腐用材料质量的特殊要求,必须满足,否则会造成危害。这类材料有特定的检测方法。

5.6.3 表面处理效果是否达到应用要求,对最终防腐效果影响非常大,因此检测方法必须具体、可操作和能明显进行判别表面处理效果。

5.6.4 油罐防腐涂料在施工过程中容易出现与其他涂料相同的问题。如出现涂层不平整、颜色不一致,漏涂、泛锈、气泡、流挂、皱皮、咬底、剥落、开裂等缺陷。因此,每一层是否达到所要求的厚度,涂装的层数是否符合要求、涂层的针孔率等是否达到要求等都应进行检查,否则会留下质量隐患。

5.6.5 防腐涂层干燥后,应检查干膜厚度是否达到设计要求,涂

层表面状况如何等。对于原油储罐、中间产品储罐和污油储罐,由于腐蚀比较严重,因此要求要比成品油罐严格,要求采用“90-10”规则,而成品油罐则要求采用“85-15”规则来检查涂层的厚度。绝缘型涂层应采用电火花检漏仪检测空隙率,而导静电防腐涂层则用5倍放大镜检测空隙率。用涂料表面电阻仪来检测绝缘型涂层和导静电涂层的电阻率。

5.6.6 阴极保护工程的检测有具体的要求,所用阳极材料的成分是否达到国标要求,质量是否稳定,重量是否达到要求,所选设备型号、稳定性等是否合乎要求,罐内的阳极焊接是否牢固,位置正确与否等,罐外阳极位置、填料数量、质量、参比电极的数量、位置、电缆连接、测试桩的连接绝缘密封等,都影响最终的防腐效果。

5.6.7 人身安全、财产安全应贯彻整个施工过程,因此施工过程的安全检查非常重要。应制定安全生产责任制,做到每一步都有人负责安全,每一步都注意安全。应制定防火、防爆、防雷安全措施,作业人员防护措施,原材料储存安全技术规定。除锈及容器内作业,电气、起重、脚手架等安全作业技术要落到实处。此外,施工过程中的废物处理不得污染环境。

6 交工验收

6.0.1 石油储罐防腐蚀工程涉及：

- 1 防腐设计：包括防腐涂料和阴极保护。
- 2 防腐施工。
- 3 防腐施工过程质量检测。
- 4 防腐效果检测。

6.0.2 石油储罐防腐蚀工程完工需要验收内容很多，包括设计文件、施工方案和记录、施工所选的防腐材料（包括防腐涂料和阴极保护材料）的质量合格证明文件以及施工过程中的设计替代、材料更换、返修过程记录（包括返修点的位置等）以及最终各种检测结果（包括防腐涂层的厚度、表面电阻、针孔率、保护电位、断电电位等），这些文件完整齐全才能有效证明防腐工程是否真正达到预期的防腐效果。

7 运行维护与检测

7.1 涂层保护

7.1.1 储罐涂层竣工验收合格后,不宜再进行任何强度和严密性试验,因为试验带有一定的压力,有可能对已完工涂层造成损伤。虽然涂层与钢底材有一定的附着力,但在较大的外压与卸压状态下会使涂层产生收缩与膨胀的内应力,有可能产生微裂纹,使涂层屏蔽与防腐性能降低。储罐涂层竣工验收合格后,更不能进行焊接动火作业,特别是储罐焊接牺牲阳极应在涂装前完成。

7.1.2 储罐底部积水中含有一定量的氯离子、 H_2S 与溶解氧,这些都会加重罐底的腐蚀,为减轻对罐底的腐蚀应明确规定定期排水并作相应记录。有条件的最好能安装自动脱水系统,以保证油罐污水在最低液位。

7.1.3 对储罐涂层应妥善保护,国家现行标准《常压立式圆筒型钢质储罐维修检修规程》SHS 012—2004 中规定储罐的检修周期为3~6年,各单位根据这一规定安排储罐的检修,储罐的腐蚀情况及防腐层的使用情况也应同时检查,发现涂层有缺陷应根据检测结果确定是否需要补涂或重新整体防腐。

7.1.4 本条为清罐时的具体要求。任何机械损伤,均将造成储罐涂层的局部缺陷,腐蚀介质就会从该缺陷处渗入而侵蚀金属基体,造成毗邻处涂层的脱落,腐蚀扩大。对防腐涂层尚在使用寿命期内的储罐,在制订清罐方案时应有防腐专业人员参与会审,避免防腐层的损坏。

7.1.5 储罐建立防腐档案,是设备管理最基本的需要。

7.1.6 巡检是对油罐的防腐工程日常管理的主要内容,以便及时发现并整改。

7.2 阴极保护

7.2.1 本条规定对原油罐底板内表面所采用的牺牲阳极情况进行检查,以确定该系统是否完好,还是需要修补完善等。

7.2.2 本条规定了新建的阴极保护系统的各种电化学参数应该进行测量的内容。不同的介质环境需要测量不同的参数。本条对储罐底板侧阴极保护投产前的测试项目提出要求,这是十分必要的,因为投产后有些参数测量将变得十分困难,甚至不可能,这些原始参数将作为档案永久保存,以供日后管理中参比。

7.2.3 为了检验阴极保护投用后的效果,必须进行保护参数的测量,其基本参数是保护电位(测量方法在附录 G 中给出),本条是保护电位测量的最基本要求,主要有测量点的位置、参比电极的位置、参比电极的选择和罐内液位的要求。只有满足这些要求,才能测量出真实的保护电位和电位分布。

7.2.4 阴极保护系统运行半年后应该进行运行情况的检查,测量保护参数,以确定系统是否需要参数调整,设备是否需要修理维护等。

7.2.5 储罐系统检修维护后,间断的时间不宜太长,否则再次启动时阴极保护系统会受到不良影响。阴极保护系统投入运行后,一般都运行稳定,只要电源工作正常就可视为保护正常,管理工作中,维护系统的正常工作是主要的,保护电位不必测量太频繁,因为标准要求采用断电测量,使电源经常通/断操作,会对保护的连续性造成一定的影响。阴极保护系统投入运行后,如遇停电,停电时间不宜过长。

7.2.6 本条给出了管理工作中的主要内容,也是基本要求,各单位可能还会在此基础上补加其他的内容,不过一座储罐的档案是必不可少的,应永久保存。

附录 A 储罐用防腐蚀涂料

A.1 一般规定

储罐用防腐涂料必须具备一般防腐蚀涂料所应该具有的物理机械性能,包括附着力、柔韧性、硬度、冲击强度、粘度、密度、固体含量等一系列性能指标,此外还应具备储存油品这种特殊介质相适应的一些性能,包括导静电性等。这些指标的测试应严格按照国标方法进行。

A.2 绝缘型防腐蚀材料

由于原油携带无机盐和水,储存中无机盐和水沉积在罐底,一般积水高度在 1.5m 左右时,应进行排水。由于涂层与腐蚀性、渗透性很强的无机盐和沉降水等接触,容易被破坏,金属容易被腐蚀。特别容易发生电化学腐蚀,因此,在罐底 1.5m 左右的壁板和罐底只能使用绝缘性防腐蚀涂层,而且涂层的电阻越大,绝缘性越好,防腐效果越好;相反,涂层导电性越好,则耐腐蚀性越差。所以,对这段罐壁和罐底的涂层的表面电阻有特别要求。

A.3 导静电型防腐蚀涂料

成品油储罐所储存的绝缘性油品在装卸等过程中,容易产生静电,静电对储罐来说非常危险,因此本规范严格要求对这些静电要导出。依据国内外导静电经验和实验结果,此类储罐的防腐涂层必须采用导静电防腐型涂料,静电指标严格执行安全要求,导静电性能指标——涂层表面电阻低于 $10^8 \Omega$ 时,涂层的耐蚀性将降低,高于 $10^{11} \Omega$ 时,导静电性处于不安全范围。

A. 4 氟碳类防腐蚀涂料

氟碳类防腐蚀涂料主要用在油罐的外防腐,油罐的外防腐涂层与大气接触,特别是紫外线。普通的外防腐涂层的基体容易被紫外线所破坏,涂层的高分子基体容易在紫外线作用下发生链的断裂,涂层寿命短。而氟碳防腐蚀涂料的高分子基体由于存在键能很大的氟碳键,紫外线很难破坏,高分子链不易断裂,因此,储罐的外防腐应采用氟碳类防腐蚀涂料。但是此类涂料的耐紫外线的的能力与涂层高分子基体中氟的含量有直接关系,因此表 A. 4 规定了此类涂料的基本性能要求。

A. 5 富锌类防腐蚀材料

富锌类防腐涂料主要用做油罐内外防腐涂层的底漆。其中,涂层中的锌起到阴极保护作用。阴极保护作用时间的长短与涂层中锌的含量有直接关系,锌含量越高,作用时间越长,但锌含量超过 90%,涂层的其他物理机械性能将降低。当涂层中锌的含量低于 80%时,涂层的阴极保护作用时间较短,已无法满足油罐防腐的要求。因此表 A. 5. 2 列出了富锌类防腐蚀涂料的最低要求。

A. 6 有机硅类防腐蚀涂料

有机硅类防腐蚀涂料主要用于加热盘管等高温部位的防腐蚀,普通的防腐蚀涂料在加热盘管的工作条件下已经失去保护作用,仅有机硅涂料具有耐高温性能。

A. 7 热反射隔热防腐蚀涂料

热反射隔热防腐蚀涂料主要用于易挥发轻质油品储罐的外防腐,由于轻质油品在夏天或气温较高时,容易挥发损失大量油品,使油罐的内部温度低于环境温度能够减少挥发量。国内此类涂料大多机理不明,涂层的性能指标无法测定,因此表 A. 7. 2 中明确

了此类涂料形成涂层的技术指标和检测方法。

A.8 热喷涂锌铝及其合金

热喷涂锌、铝及其合金主要用于油罐内防腐。

附录 B 储罐用阴极保护材料

原油罐由于易发生电化学腐蚀,因此在罐内应采用电化学方法——使用牺牲阳极的阴极保护技术。由于储存介质的特殊性,要求阳极不被原油所污染,而且能够满足油品温度变化的要求。由于锌阳极易发生电位逆转,而镁阳极有碰撞产生电火花的安全,因此必须采用铝合金阳极。铝合金牺牲阳极化学成分的分析应符合现行国家标准《铝-锌-钢系合金牺牲阳极化学分析方法》GB 4949。

附录 C 磨料和表面处理设备

C.1 磨料

不同的磨料产生不同的效果,不同的基体需要不同的磨料,不同的防腐涂层也需要不同的磨料。海砂含有氯离子等无机盐,容易产生腐蚀,而且不易清理,因此,磨料中海砂是要禁止使用的。不同的涂层需要不同的表面粗糙度或锚纹深度,需要不同的磨料,选用不同的磨料粒度。

C.2 表面处理设备

不同的磨料需要不同的设备,精良的设备是质量的保证。空压机、去湿机、暖风机、排风机、吸砂机、高压冲洗机、油水分离机和压力平衡罐等设备的安全正常使用是实施处理的基础。

附录 D 露点温度值查对表

表面处理的结果与很多因素有关,其中与空气的湿度也有很大关系,湿度越大,处理后的金属表面越容易发生返锈,越容易增加处理的难度。不同的湿度应采用不同的除湿参数。

附录 E 表面处理等级及测定

E.1 表面锈蚀等级和除锈等级测定

表面锈蚀等级和除锈等级目前仍然采用的是目视评定对比法,本节主要引用了现行国家标准《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB 8923 中的规定。

影响目视评定结果的因素很多,其中主要有:a)喷射除锈所用的磨料,手工和动力工具除锈所用的工具;b)钢材本身的颜色;c)不属于标准锈蚀等级的表面锈蚀状态;d)表面不平整、工具划痕;e)照明不均匀;f)因磨料冲击表面的角度不同而造成的阴影等。所以,在评定时应在良好的光照环境下进行,样板或照片应靠近钢材表面。评定时拍照存档也是必要的。

除锈等级评定时也可以用现场制作样板。

E.2 表面粗糙度的测定方法

本规范推荐采用表面粗糙度测定仪对表面粗糙度进行测定,表面粗糙度的参数表示方法较多,在本规范中采用轮廓最大高度,在涂装中也称最大锚纹深度,简称锚纹深度,即 R_z 。轮廓最大高度在国家标准《产品几何技术规范 表面结构 轮廓法 表面结构的术语、定义及参数》GB/T 3505—1983 是用 R_z 表示的。具体解释可参考 GB/T 3505—2000。

在涂装中也有采用比较样块法的,比较样块法主要通过目视和触觉来评定,可参考现行国家标准《涂装前钢材表面粗糙度等级的评定(比较样块法)》GB/T 13288—91。由于比较样块法对评定结果的影响因素较多,故本规范推荐采用触针式表面粗糙度测定仪进行测定。

E.3 钢表面可溶性氯化物测定方法

钢表面的可溶性氯化物也是引起涂装失败的原因之一,因此,表面处理后应尽快实施底涂。本规范推荐在施工现场进行可溶性氯化物的测定,测定时主要采用电导仪。国际标准《涂敷涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 水溶性盐的电导仪现场测定方法》ISO 8502.9 对此作出了相关规定。

取样的方法直接影响到现场测定结果,本规范根据通用做法和相关标准规定了取样要求。

取样时主要用纯水或去离子水擦洗钢表面,使可溶性氯化物溶解于擦洗液,然后分析擦洗液中氯化物的含量。

现行国家标准《涂敷涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 清理过的表面上氯化物的实验室测定》GB/T 18570.2 中规定擦洗过程至少为 5min,由于本规范规定的取样面积为 100cm^2 ,认为擦洗过程超过 3min 是可以的。

附录 F 涂装质量检验规则及方法

F.1 一般规定

F.1.1 受检区域应该能够代表涂装工程的质量,其涂料类型、表面处理等级、涂装工艺、涂层指标以及涂装部位应基本一致。

F.1.2 重点部位的确定应依据相关规定由设计部门或业主方来确定。

F.2 “90-10”规则

F.2.1 在测量的数据中,每一单独测量数据不得低于规定值的90%,否则,即可判为不合格。

F.2.2 例中第一组数据说明的是 $179\mu\text{m}$ 低于规定值的90%,第二组数据说明的是低于规定值的数据个数超过了总数据个数的10%,这样即可判为不合格。

F.4 涂层厚度的测量

涂层厚度测量的方法及表面测厚仪品种较多,应用比较普遍。本规范推荐采用磁性测厚仪,因磁性测厚法更准确、更实用、操作更简便。

待测表面的曲率对磁性测量有影响,因此测量时应对仪器进行专门的校准。

磁性测厚法对待测表面形状的陡变比较敏感,因此靠近边缘或内转角处进行测量也是不可靠的,测量时也应应对仪器进行专门的校准。

F.5 涂层孔隙率的测量

涂层孔隙(也称针孔)是涂装质量的隐患,本规范推荐采用电

火花检漏仪进行测量,不建议采用低压湿海绵法测量。

由于检测电压与涂层厚度有关,应符合公式(F. 5. 3)的规定。公式(F. 5. 3)主要适用于涂层厚度小于 1mm 的情况,本规范中的涂层厚度一般小于 1mm。但当涂层厚度超过 1mm 时,则检测电压与涂层厚度的关系应为:

$$V=7843 \sqrt{T_c}$$

此外检测电压也可以用涂层每毫米厚的绝缘击穿电压乘以涂层最小允许厚度来确定。

当采用电火花检漏仪检测出孔隙及其他缺陷时,应采用原工艺及时进行修补。

F. 6 涂层表面电阻的测量

涂层表面电阻的测定应在现场进行,测定时可采用涂料表面电阻测定仪。涂层表面的电阻是正方形涂层两对边间测得的电阻值,与涂层厚度和正方形大小无关。

目前,国际上常用的涂层表面电阻测定仪的电极主要为平行刀电极,可直接读数。

附录 G 阴极保护电位的测试方法

本附录参考了《埋地或水下金属管道系统阴极保护准则的标准测试方法》NACE TM 0497 和《埋地或水下金属储罐系统阴极保护准则测量技术》NACE TM 0101 两部标准编制。

G.1 储罐的罐/地极化电位—850mV

G.1.1 储罐的罐/地极化电位—850mV 是衡量储罐阴极保护水平最重要的指标,过去国内均采用通电条件下测得,这里含有 IR 降误差,因此国内外近几年均采用了断电测量技术,本条是这一技术的一般原则要求。

G.1.2 本条提醒注意影响测量精度的主要因素,测量过程中应尽量克服。

G.1.3 本条是实施测量的基本仪器和材料。

G.1.4 本条给出基本的测量过程。

G.2 储罐的阴极极化电位差至少 100mV

G.2.1 本条给出储罐的阴极极化电位差至少 100mV 准则测试方法的一般性说明和要求。

G.2.2 本条提醒注意影响测量精度的主要因素,测量过程中应尽量克服。

G.2.3 本条是测量的基本仪器和材料。

G.2.4 本条给出基本的测量过程,分为极化形成和极化衰减两个测量方法。

中华人民共和国国家标准
钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范

GB 50393-2008

☆

中国石油化工集团公司 主编

中国计划出版社出版

(地址:北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座4层)

(邮政编码:100038 电话:63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168毫米 1/32 2.875印张 71千字

2008年6月第1版 2008年6月第1次印刷

印数1—10100册

☆

统一书号:1580177·062

定价:15.00元