UDC

中华人民共和国国家标准

P

GB/T 50393－2017

钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准

Technical standard for anti-corrosion engineering of steel petroleum storage tanks

2017－10－25 发布

2018－05－01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
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标准

Technical standard for anti-corrosion engineering of steel petroleum storage tanks

GB/T 50393 - 2017

主编部门：中国石油化工集团公司
中国石油天然气集团公司
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2018年5月1日

中国计划出版社

2017 北 京

中华人民共和国国家标准
钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准
GB/T 50393-2017
☆
中国计划出版社出版发行
网址：www.jhpress.com
地址：北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层
邮政编码：100038　电话：（010）63906433（发行部）
三河富华印刷包装有限公司印刷

850mm×1168mm　1/32　4.5印张　115千字
2018年4月第1版　2018年4月第1次印刷
☆
统一书号：155182·0229
定价：27.00元

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1718 号

住房城乡建设部关于发布国家标准《钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准》的公告

现批准《钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准》为国家标准，编号为 GB/T 50393—2017，自 2018 年 5 月 1 日起实施。原国家标准《钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准》GB 50393—2008 同时废止。

本标准在住房城乡建设部门户网站（www. mohurd. gov. cn）公开，并由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2017 年 10 月 25 日

前　言

本标准是根据住房城乡建设部《关于印发〈2014年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2013〕169号)的要求，由中石化广州工程有限公司、中石油大庆油田工程有限公司会同有关参编单位对《钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范》GB 50393—2008进行修订而成。

本标准在修订过程中，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，最后经审查定稿。

本标准共分7章和8个附录，主要内容包括总则、术语、基本规定、设计、施工、交工验收、运行维护等。

本标准修订的主要技术内容是：

1. 明确了防腐蚀工程实施过程中各方的职责与工作内容；

2. 根据腐蚀环境、腐蚀等级及设计寿命的要求，明确了防腐蚀方案；

3. 对第四章内容进行了重新编排，增加了罐底板边缘防护的有关内容；

4. 按可追溯性原则对施工环节的要求进行了修订与补充；

5. 结合国内涂料生产企业的实际情况，对常用涂料的主要性能指标进行了规定；

6. 给出了不同腐蚀等级下的常用防腐蚀方案；

7. 对于油品储罐在介质环境下的防腐蚀方案进行了明确。

本标准由住房城乡建设部负责管理，中国石油化工集团公司负责日常管理，中石化广州工程有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请寄送中石化广州工程有限

公司(通信地址:广东省广州市天河区体育西路191号中石化大厦;邮政编码:510620)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位: 中石化广州工程有限公司
中石油大庆油田工程有限公司

参 编 单 位: 中石化宁波工程有限公司
中国石油集团工程技术研究院
青岛双瑞海洋环境工程股份有限公司
中国石化股份有限公司广州分公司
北京碧海舟腐蚀防护工业股份有限公司
中国石油管道局工程有限公司设计分公司
中国石化青岛安全工程研究院
中国石化管道储运有限公司管道科学研究院
中国石化华东管道设计研究院

主要起草人: 胡庆均　张荣兰　缪　平　沈美菊　林　竹
李威力　窦宏强　赖广森　曾彦华　彭云超
邱志刚　陈学江　李宏斌　赵予川　张国信
赵永明　王虎太

主要审查人: 陈光章　周家祥　解红军　罗　锋　韦振光
韩文礼　刘小辉　吴尚兵　武铜柱　俞　群
曾小军　路宝玺　刘玲莉　陈洪源　陈中华
赵常英　成　杰　黄春蓉　李　浩　白树彬
李依璇　俞海洲　李荣俊　庄燕群　徐笑纡
余　飞

目　次

Contents

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、运行维护与管理,做到安全环保、经济合理,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于钢质石油储罐的防腐蚀工程。

1.0.3 钢质石油储罐防腐蚀工程除应符合本标准外,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 storage tanks

用于储存石油及石油产品的钢质容器，在本标准中指立式圆筒形焊接储罐。

2.0.2 腐蚀环境　　corrosion conditions

造成储罐金属构件腐蚀的环境。

2.0.3 大气环境腐蚀　　atmospheric corrosion

主要由环境大气中的腐蚀性介质引起的腐蚀。

2.0.4 介质环境腐蚀　　immersed corrosion

主要由储罐内介质引起的腐蚀。

2.0.5 业主　　owner

储罐的最终用户或使用者。

2.0.6 设计方　　designer

完成储罐防腐蚀设计文件的单位。

2.0.7 施工方　　constructor

实施储罐防腐蚀施工的单位。

2.0.8 供应商　　supplier

提供储罐防腐蚀工程所需材料的单位。

2.0.9 防腐蚀设计文件　　documents for anti-corrosion design

储罐各部位的腐蚀环境确认、腐蚀等级划分、防腐措施等全过程文件的总称(以下简称“设计文件”)。

2.0.10 防腐蚀工程　　anti-corrosion engineering

储罐防腐蚀设计、施工、质量检验、验收等工作的总称。

2.0.11 基底　　substrate

需要涂覆的基体材料表面。

2.0.12 表面处理　surface preparation

涂装前，除去基底表面附着物、氧化物或其他提高表面粗糙度的措施。

2.0.13 喷射处理　blasting

利用高速固体颗粒流的连续冲击作用清理和粗化工件表面的方法。

2.0.14 磨料　abrasive

喷射处理介质中的固体颗粒。

2.0.15 水喷射 hydro-jet cleaning

用出水压力在 70MPa～170MPa 的高压水或大于 170MPa 的超高压水连续不断地作用在被清洗表面，使其附着物脱落的方法。

2.0.16 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。

2.0.17 涂层　coating

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

2.0.18 湿膜厚度　wet film thickness; WFT

涂层在被涂物表面未固化的涂膜厚度。

2.0.19 干膜厚度　dry film thickness;DFT

涂层在被涂物表面固化后所形成的涂膜厚度。

2.0.20 挥发性有机化合物　volatile organic compound;VOC

在所处的大气温度和压力下，可以自然挥发的任何有机液体或固体。

2.0.21 导静电型防腐蚀涂料　static conductive anticorrosion coating

涂层的表面电阻率在 $1\times10^{8}\Omega\sim1\times10^{11}\Omega$ 范围内的防腐蚀涂料。

2.0.22 水性涂料　waterborne coating

用水作溶剂或分散介质的涂料。

2.0.23 无溶剂涂料　　solventfree coating

挥发性溶剂的质量百分比小于或等于2%的涂料。

2.0.24 漏点　　holiday

涂层表面的针孔或漏涂点。

2.0.25 表面电阻率　　surface resistivity

单位面积内的表面电阻，Ω。

2.0.26 阴极保护　　cathodic protection

通过阴极极化控制电化学腐蚀的方法，包括牺牲阳极法和外加电流法。

2.0.27 牺牲阳极　　sacrificial anode

靠自身腐蚀为被保护体提供阴极保护电流的电极。

2.0.28 辅助阳极　　auxiliary anode

在外加电流阴极保护下，与外部电源正极直接相连，向被保护体提供阴极保护电流的电极。

2.0.29 线性阳极　　linear anode

采用碳粉预包装阳极芯材，并与之成为一体化线性结构的辅助阳极。

2.0.30 网状阳极　　grid-anode

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

2.0.31 参比电极　　reference electrode

在测量电位时用以作为参照，具有稳定开路电位的电极。

2.0.32 填充料　　backfill

为改善埋地电极的工作条件，填塞在电极四周的材料。

2.0.33 保护电位　　protective potential

金属达到有效保护所需要的电位。

2.0.34 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。

2.0.35 IR降　　IR drop

电流在参比电极与被保护设施之间电解质上产生的电压降。

2.0.36 极化电位 polarized potential

不含 IR 降所实测的储罐对电解质的电位。

2.0.37 通电电位 on potential

通电时测得的储罐对电解质电位。

2.0.38 断电电位 instant-off potential

断电瞬间时测得的储罐对电解质电位。

2.0.39 开路电位 open circuit potential

在无外加电流下金属达到稳定腐蚀状态时所测得的电位。

2.0.40 测试桩 test post

布置在储罐附近,用于测量阴极保护参数的装置。

2.0.41 防腐蚀施工技术方案 anti-corrision construction plan

依据防腐蚀施工组织设计要求,对防腐蚀工程施工编制的具体作业文件,包括施工工艺、资源、工期、HSE 和质量等要求(以下简称"施工技术方案")。

2.0.42 防腐蚀施工技术文件 anti-corrision construction documents

防腐蚀施工组织设计、施工技术方案、施工作业指导书等用以指导工程施工管理、施工作业的文件总称(以下简称"施工技术文件")。

2.0.43 隐蔽工程 concealed work

被后一工序覆盖的部位或被后续作业覆盖的工序。

2.0.44 设计寿命 design life

防腐蚀工程在设定的条件下预期可安全应用的年限,亦称预期耐久性。

3 基本规定

3.1 职　　责

3.1.1 业主应向设计方和施工方提供储罐结构尺寸、储存介质及其组分等主体工程的有关资料，并提供储罐所安装地区的大气环境数据以及储罐防腐蚀工程的设计寿命要求。

3.1.2 设计方应根据业主提供的资料，确定储罐各部位的腐蚀环境和等级，并在此基础上完成储罐的设计文件。当业主提供资料不全时，设计方应与业主沟通获得有关资料，或按有关标准的要求形成有关文件，但须得到业主的确认。

3.1.3 施工方应根据设计文件的要求，编制相关的施工技术文件并组织防腐蚀工程的实施，确保防腐蚀工程质量满足设计文件的要求。

3.1.4 供应商应根据设计文件的要求提供合格的材料，并提供该材料详细施工指导说明书。

3.2 防腐蚀工程的设计寿命

3.2.1 防腐蚀工程的设计寿命应由业主在合同中进行说明。

3.2.2 当业主在合同中没有进行说明时，应按下列原则确定，但应得到业主的书面确认：

1 不易进行检修部位的设计寿命宜与主体工程一致；

2 储存介质腐蚀环境下的设计寿命不应低于主体工程检修周期；

3 当采用金属涂层保护时，涂层的设计寿命不宜低于 10 年；

4 大气腐蚀环境下的设计寿命可按低(L)、中(M)、高(H)三级考虑，低(L)指寿命 2 年～5 年，中(M)指寿命 5 年～15 年，高

(H)指寿命 15 年以上；

5 外加电流阴极保护的设计寿命不宜小于 20 年，罐内牺牲阳极设计寿命不宜小于 10 年。

3.3 腐蚀等级

3.3.1 大气环境腐蚀等级可按储罐金属在大气环境下暴露第一年的均匀腐蚀速率 v_1(mm/a)分为四个等级，应符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 大气环境腐蚀等级

腐蚀等级	均匀腐蚀速率 v_1(mm/a)	腐蚀程度
Ⅰ	$v_1<0.025$	无腐蚀
Ⅱ	$0.025\leqslant v_1<0.050$	轻腐蚀
Ⅲ	$0.050\leqslant v_1<0.200$	中腐蚀
Ⅳ	$v_1\geqslant 0.200$	强腐蚀

3.3.2 介质环境腐蚀等级可按介质对储罐金属的均匀腐蚀速率 v_1(mm/a)和点蚀腐蚀速率 v_2(mm/a)分为四个等级，应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 介质环境腐蚀等级

腐蚀等级	均匀腐蚀速率 v_1(mm/a)	点蚀腐蚀速率 v_2(mm/a)	腐蚀程度
Ⅰ	$v_1<0.025$	$v_2<0.130$	无腐蚀
Ⅱ	$0.025\leqslant v_1<0.130$	$0.130\leqslant v_2<0.200$	轻腐蚀
Ⅲ	$0.130\leqslant v_1<0.250$	$0.200\leqslant v_2<0.380$	中腐蚀
Ⅳ	$v_1\geqslant 0.250$	$v_2\geqslant 0.380$	强腐蚀

注：以 v_1 和 v_2 两者中的较严重结果确定腐蚀程度和腐蚀等级。

3.4 其　　他

3.4.1 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。

3.4.2 防腐蚀工程的施工除应符合本标准的规定外，尚应符合设

计文件的规定，当需要变更设计或材料代用时，应征得设计方书面确认。

3.4.3 防腐蚀工程所用材料应具有产品质量证明文件。产品质量证明文件应至少包括下列内容：

1 产品质量合格证和材料检测报告；

2 质量技术指标和检测方法。

3.4.4 储罐防腐蚀工程应经验收，并在养护期满后方可投用。闲置期间宜采取必要的保护措施。

3.4.5 防腐蚀工程所涉及的有关工业卫生、安全、劳动保护和环境保护应符合现行国家标准《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《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 和《涂装作业安全规程　安全管理通则》GB 7691 中的规定。

4 设　　计

4.1 一般规定

4.1.1 储罐防腐蚀方案可采用涂层方案，或涂层和阴极保护联合方案。涂层方案包括涂料涂层和金属涂层两类。

4.1.2 腐蚀等级为Ⅰ级时，金属表面可不进行防腐蚀防护，其他腐蚀等级宜采用涂层进行防腐蚀防护。

4.1.3 当储罐金属腐蚀等级或防腐蚀涂料的耐腐蚀性能不能确定时，防腐蚀方案可通过试验确定。

4.1.4 土壤腐蚀性较强区域的储罐、重要程度较高的储罐罐底外表面宜采用涂层和阴极保护联合方案。

4.1.5 当采用牺牲阳极和涂层联合方案时，被保护部位的防腐蚀涂料表面电阻率不应低于 $1\times10^{13}\Omega$。

4.1.6 介质为可燃易爆且在操作过程中易产生静电荷累积，在没有导静电措施时，与介质接触部位的防腐蚀涂层应采用表面电阻率为 $1\times10^{8}\Omega\sim1\times10^{11}\Omega$ 的浅色非碳系导静电型防腐蚀涂料。

4.1.7 浮盘浮舱内部涂装的防腐蚀涂料应采用水性或无溶剂涂料。

4.1.8 当采用涂层和阴极保护联合方案时，涂层的耐阴极剥离性能应符合现行行业标准《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315 的规定。

4.1.9 防腐蚀涂层的选用应符合下列规定：

1 与储罐表面的材质相适应；

2 与储罐的使用环境、储存介质相适应；

3 与储罐金属表面温度相适应；

4 各道涂层间具有良好的配套性和相容性；

5 具备施工适应性；

6 安全环保、经济合理。

4.2 涂料涂层

4.2.1 涂料应符合下列规定：

1 宜选用无溶剂、水性涂料、高固体份涂料，涂料中挥发性有机化合物(VOC)含量应小于 420g/L，常用涂料性能应符合本标准附录 A 的规定；

2 有害重金属铅(Pb)、镉(Cd)、六价铬(Cr^{6+})、汞(Hg)含量应符合现行国家标准《建筑钢结构防腐涂料中有害物质限量》GB 30981 的规定；

3 底漆、中间漆、面漆、固化剂、稀释剂等应互相匹配。

4.2.2 防腐蚀涂料可按成膜树脂分为醇酸、酚醛环氧、环氧、聚氨酯、氟碳、聚硅氧烷等。

4.2.3 大气腐蚀环境下按照涂料性能、使用温度范围的不同，可采用醇酸、丙烯酸聚氨酯、氟碳、聚硅氧烷、环氧、环氧富锌等涂料。

4.2.4 大气环境防腐蚀方案应符合下列规定：

1 直接受日光照射的储罐表面涂层应采用耐候型涂料；

2 储罐保温层下的防腐蚀涂层可不采用耐候型涂料；

3 储存轻质油品或易挥发有机溶剂介质储罐的防腐宜采用热反射隔热涂料，总干膜厚度不宜小于 250μm，热反射隔热涂料和涂层性能指标应符合本标准附录表 A.0.14 的规定；

4 洞穴等封闭空间内储罐的腐蚀等级应比相应的大气环境提高一级；

5 在碱性环境中，不宜采用酚醛漆和醇酸漆涂料；

6 不同腐蚀等级下常用防腐蚀方案应符合本标准附录 B 的规定。

4.2.5 介质腐蚀环境下按照涂料性能、使用温度及耐介质性能的不同，可采用玻璃鳞片、环氧、酚醛环氧、无机富锌等涂料。

4.2.6 介质环境防腐蚀方案应符合下列规定：

1 宜采用高固体份、无溶剂、水性涂料；

2 航空燃料类的储罐内表面应采用不含有锌、铜、镉成分的导静电涂料；

3 有机溶剂类储罐防腐蚀涂层不应与介质相容；

4 中间产品储罐宜采用无溶剂环氧、酚醛环氧、水性环氧、无机富锌等涂料；

5 不同腐蚀等级下常用防腐蚀方案应符合本标准附录 B 的规定；

6 介质环境油品储罐常用防腐蚀方案应符合本标准附录 C 的规定。

4.2.7 储罐加热器应根据用途、加热介质的温度、储罐内介质选择防腐蚀涂料。

4.2.8 储罐底板外表面防腐蚀方案应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 储罐底板外表面防腐蚀方案

涂料种类	使用温度（℃）	腐蚀等级Ⅱ	腐蚀等级Ⅲ	腐蚀等级Ⅳ
		干膜厚度（μm）/道数	干膜厚度（μm）/道数	干膜厚度（μm）/道数
环氧涂料	≤80	≥200/2～3	≥250/2～4	≥300/2～5
酚醛环氧涂料	≤200	≥200/2～3	≥250/2～4	≥300/2～5

4.3 金属涂层

4.3.1 储罐表面采用锌、铝及其合金等金属热喷涂层外加封闭涂层保护时，其设计应符合现行国家标准《热喷涂　金属和其他无机覆盖层　锌、铝及其合金》GB/T 9793 的有关规定。

4.3.2 金属涂层厚度不宜小于 180μm，金属涂层应选择配套的封闭涂层，封闭涂层厚度不宜小于 60μm。

4.4 罐底板边缘防护

4.4.1 储罐罐底板边缘宜进行防护，防护区域（图 4.4.1）应包括

以下部位：壁板底部向上 150mm、边缘板罐外伸出部分、储罐基础上表面外露部分 200mm 或储罐基础上表面全部外露部分和储罐基础侧壁顶部 100mm。

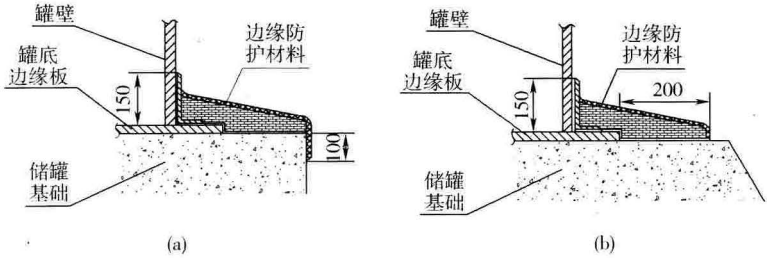


图 4.4.1　储罐罐底板边缘防护区域示意图

4.4.2　罐底板边缘防护结构应能有效防水，并应能抵抗储罐底板边缘与基础的变形不协调。

4.4.3　排水斜坡斜度应大于 1∶10。

4.4.4　边缘底板防护材料应符合下列规定：

1　在高温和低温环境时应保持良好的防水、防紫外线、高粘接性、防腐蚀性能、耐候性、弹性和密封性能；

2　使用温度范围内应能有效地阻止水、氧、微生物及腐蚀介质进入储罐底部边缘板与混凝土基础之间的缝隙，不渗透、不泄漏，并能长期保持密封性能；

3　使用温度范围内应避免老化、固化产生的开裂、泄漏等造成的防水失效；

4　应符合安全环保规定。

4.5　阴极保护

4.5.1　阴极保护应符合下列规定：

1　储罐内壁需采用阴极保护时，宜采用牺牲阳极保护；

2　储罐罐底外壁宜采用外加电流阴极保护；

3　多座储罐联合阴极保护或储罐与埋地管道联合阴极保护时，宜采用外加电流阴极保护；

4　内径大于或等于 30m 的储罐宜设置独立的阴极保护系统；

5　内径小于 30m 的储罐可采用联合阴极保护，每座储罐均宜安装可调节保护电流大小的装置或设施；

6　被保护的储罐可根据需要设置绝缘装置，储罐底板采用近阳极外加电流保护时，储罐可不与连接管道电绝缘；

7　阴极保护用材料、设备及计算还应符合本标准附录 D 的规定。

4.5.2　储罐内部阴极保护电位(CSE)应在－1100mV～－850mV 范围内。介质温度高于 60℃或介质中 H_2S 含量不小于 50ppm 时，阴极保护电位(CSE)应在－1100mV～－950mV 范围内，阴极保护电位的测试应符合本标准附录 E 的规定。

4.5.3　储罐内部阴极保护设计应考虑下列因素：

1　储罐结构、液体进出口位置及尺寸、内部构件、储罐设计寿命及检修周期等；

2　操作温度、介质收发频率、罐底沉降水液位及沉降水性质；

3　防腐蚀涂层结构、现状及预期状况；

4　阳极材质、布置、驱动电位、发生电流量、使用寿命、安装及更换。

4.5.4　储罐内部阴极保护电流密度的选取应符合下列规定：

1　储罐内部涂装防腐蚀涂层时，阴极保护电流密度宜取 $10mA/m^2$～$30mA/m^2$；

2　储罐内部无防腐蚀涂层时，阴极保护电流密度宜取 $50mA/m^2$～$400mA/m^2$；

3　介质中含有 H_2S、O_2 等去极化剂或操作温度较高时，应提高保护电流密度。

4.5.5　储罐内部阴极保护宜采用铝合金牺牲阳极，牺牲阳极应符

合本标准附录 D.1 的规定。

4.5.6 储罐内部阴极保护设计计算应符合本标准附录 D.6 的规定。

4.5.7 储罐内部牺牲阳极的设置应符合下列规定：

1 阳极应均匀设置；

2 阳极下表面与罐底板上表面的距离宜为 50mm～100mm；

3 阳极与罐底板可采用焊接连接或螺栓连接，采用焊接连接时应避开罐底板焊缝区，焊接部位应在焊后采取防腐蚀措施；

4 在储罐周边及罐底排水口等腐蚀严重部位宜增加牺牲阳极数量。

4.5.8 新建储罐如采用海水试压，罐内应采取临时性牺牲阳极保护措施，牺牲阳极可采用铝合金阳极或镁合金阳极，设计中阴极保护电流密度可取 $100mA/m^2$。

4.5.9 储罐外部阴极保护设计时，罐底外表面阴极保护电位(CSE)应在－1200mV～－850mV 范围内，或者罐/地极化电位偏移不小于 100mV。保护电位测试时，罐内介质的液位应超过储罐最高操作液位高度的一半。

4.5.10 储罐罐底外表面阴极保护系统设计时，应根据下列条件选择合适的阴极保护方案：

1 被保护储罐的规格及数量；

2 所需保护电流；

3 土壤电阻率、化学成分、含氧量、pH 值等土壤地质条件；

4 对邻近金属构筑物的干扰；

5 罐区未来发展规划；

6 阴极保护系统设备材料、安装、运行、维护等综合费用。

4.5.11 储罐罐底外表面阴极保护电流密度裸钢部分宜取 $10mA/m^2$～$20mA/m^2$，有防腐蚀涂层部分应降低。当储罐的操作温度较高时，可提高阴极保护电流密度。

4.5.12 储罐外部牺牲阳极阴极保护设计应符合下列规定：

1　牺牲阳极宜采用镁阳极或锌阳极；

2　镁阳极应采用标准镁合金材料或高电位镁合金材料，适用于土壤电阻率低于 150Ω·m 的环境；

3　锌阳极应采用高纯锌或锌合金材料，适用于土壤电阻率低于 15Ω·m 且阳极敷设区域的土壤温度不超过 49℃ 的环境；当土壤中含有碳酸盐、碳酸氢盐或硝酸盐时，则不宜选用锌阳极；

4　牺牲阳极应均匀敷设在罐周或罐底，罐周边牺牲阳极应敷设在冻土层以下，避开接地极；

5　储罐基础采取防渗结构时，牺牲阳极应敷设在罐底与防渗结构之间。

4.5.13　储罐外部外加电流阴极保护设计应符合下列规定：

1　辅助阳极应依据土壤性质、阳极与环境的适应性和经济性等选择；

2　大型储罐或储罐设置防渗结构时，辅助阳极宜采用近阳极地床，辅助阳极应敷设在罐底与防渗结构之间；

3　地下岩层较浅时辅助阳极宜采用浅埋阳极地床，当土壤电阻率随着深度的增加而快速增加时，阳极地床宜水平敷设；

4　多座储罐联合阴极保护或储罐与埋地管道联合阴极保护时，辅助阳极可采用深井阳极地床、浅埋阳极地床或其相结合的方式。

4.5.14　采用外加电流阴极保护时，新建阴极保护系统应避免干扰已建阴极保护系统运行和对邻近构筑物产生杂散电流干扰。

4.5.15　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，应采取干扰防护措施，可重新布置阳极位置、改变阴极通电点或为被干扰物设置防护设施。

4.5.16　外加电流阴极保护电源设备可选用恒电位仪或整流器。在爆炸危险环境内使用的电气设备应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058 的规定。电源设备直流输出电压不宜超过 50V，输出电流宜留有 30%～50%裕量。

4.5.17 阴极保护系统应设置测试设施，并应符合下列规定：

1 罐底中心点应埋设参比电极，罐底其他位置应根据储罐直径大小埋设参比电极；

2 参比电极的位置应靠近罐底板，并远离阳极，不得接触阳极。

3 参比电极宜采用长效硫酸铜电极和锌参比电极的双电极；

4 罐周应设 1 个～4 个测试装置。

4.5.18 储罐罐底外表面阴极保护设计计算应符合本标准附录 D.6 的规定。

5 施　　工

5.1 一般规定

5.1.1 施工方应按业主提供的设计文件编制详细的施工技术文件，并应得到业主或其委托方的书面批准。

5.1.2 储罐防腐蚀施工应具备下列条件：

1 防腐蚀施工企业应具有相应资质，并应具有健全的质量管理体系和责任制度；

2 防腐蚀施工技术文件应进行技术交底，作业人员应经过技术培训和安全教育；

3 防护设施应安全可靠，原材料、施工机具和施工设施应齐全，施工用水、电、气应能满足现场连续施工的要求。

5.1.3 涂料应存放在通风、干燥的仓库内，应防止日光直射，并应隔离火源，远离热源。

5.1.4 在防腐蚀工程施工前应进行检查验收，并办理工序交接手续。

5.2 表面处理

5.2.1 储罐及其附件表面处理可采用喷射除锈、手动和动力工具除锈等方法。

5.2.2 表面处理前应对待涂表面进行预检，清除待涂表面残留盐分、油脂、化学品和其他污染物等有害物。

5.2.3 磨料应符合本标准附录 F.1 的规定。

5.2.4 表面喷射处理后，应采用洁净的压缩空气吹扫或真空吸尘器清理所有待涂的表面，并应及时实施底漆涂装。

5.2.5 表面处理后至实施底漆涂装前，钢材表面温度应至少比露

点温度高出 3℃，露点温度宜按本标准附录 G 取值，储罐内空气相对湿度不宜高于 80%。

5.2.6 经处理后的表面应符合下列规定：

1 采用喷射处理后的表面除锈等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的规定，当采用涂料涂层时，表面除锈等级为 Sa2 1/2 级或 Sa3 级，当采用金属涂层时，表面除锈等级为 Sa3 级；手工或动力工具处理的局部钢表面应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 中 St3 级的要求；

2 灰尘等级应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的评定试验　第 3 部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定（压敏粘带法）》GB/T 18570.3 中 2 级或 2 级以上的要求；

3 表面可溶性氯化物残留量不应高于 $5\mu g/cm^2$，其中罐内液体浸润的区域不宜高于 $3\mu g/cm^2$；

4 表面粗糙度应满足设计文件和所用涂料的要求。

5.2.7 表面清洁度和表面粗糙度应按本标准附录 F.2 的规定进行测定。

5.2.8 储罐表面只有在喷射处理无法到达的区域可采用动力或手工工具进行处理。

5.2.9 干法喷射处理工艺应符合下列规定：

1 压缩空气流应经过脱水脱油处理；

2 喷砂枪气流的出口压力宜为 0.5MPa～0.8MPa；

3 循环使用的磨料宜设置专门回收装置。

5.3 涂料涂层

5.3.1 涂装作业环境应符合下列规定：

1　环境温度宜为5℃～45℃，待涂表面温度应在露点温度以上3℃，且待涂表面应干燥清洁；

2　环境最大相对湿度不应超过80%；

3　有特殊要求的产品，应满足涂料供应商要求；

4　当施工环境通风较差时，应采取强制通风；

5　如在涂装过程中出现不利的天气条件，应停止施工。

5.3.2　涂装前应按下列规定对涂装表面进行检查和清理：

1　应全面检查待涂表面和焊缝处，如有不合格项应以适当的方式进行处理；

2　可采用洁净的压缩空气吹扫，也可采用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。

5.3.3　涂料的配制和涂装施工应符合下列规定：

1　金属表面处理后，宜在4h内涂底漆，当发现返锈或污染时，应重新进行表面处理；

2　双组分或多组分涂料的配制应按涂料施工指导说明书进行，并配置专用搅拌器搅拌均匀；

3　涂装间隔时间应按涂料施工指导说明书的要求，在规定时间内涂敷底漆、中间漆和面漆；

4　涂层厚度应均匀，不应漏涂或误涂；

5　焊接接头和边角部位宜进行预涂装；

6　应对每道涂层的厚度进行检测。

5.3.4　涂装前应进行试涂，试涂合格后可进行正式涂装。

5.3.5　辊涂或刷涂时，层间应纵横交错，每层宜往复进行。

5.3.6　上道涂层受到污染时，应在污染面清理干净且涂层修复后进行下道施工。

5.3.7　涂层完工后，应避免损伤涂层，如有损伤宜按原工艺修复。

5.3.8　喷涂宜采用高压无气喷涂。

5.4 金属涂层

5.4.1 金属涂层施工应符合现行国家标准《热喷涂　金属和其他无机覆盖层　锌、铝及其合金》GB/T 9793 的规定。

5.4.2 当采用涂料涂层封闭施工时，应符合本标准第 5.3 节规定。

5.5 边缘底板防护

5.5.1 施工环境应满足相应材料要求，充水试验合格后可进行施工。

5.5.2 施工应符合下列规定：

1 防护范围内应干燥、洁净；

2 防护层表面应平整、无气泡，两层之间及搭接处无开裂；

3 防护层之间、防护层与金属间、防护层与基础间应粘贴牢固；

4 防护层外表面应留有适当的坡度。

5.6 阴极保护

5.6.1 罐内牺牲阳极的施工应符合下列规定：

1 阳极宜在涂装之前安装，并应在涂装过程中采取可靠措施保护阳极；

2 应按设计文件确定阳极分布的位置并划线；

3 应采用双边连续焊。

5.6.2 罐外牺牲阳极的施工应符合下列规定：

1 施工时应确保填包料混合均匀并完整的包覆阳极；

2 电缆与储罐底板、电缆与牺牲阳极钢芯宜焊接连接，所有焊接处应防腐绝缘。

5.6.3 外加电流阴极保护工程的施工应符合下列规定：

1 辅助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　电缆与储罐连接宜采用铜焊或铝热焊接，埋地电缆敷设时应留有余量；

4　焊后应对焊点部位进行防腐。

5.6.4　浅埋阳极地床的施工应符合下列规定：

1　浅埋阳极施工前应对阳极进行检查，不应有损伤和裂纹，接头密封完整牢固，电缆应完整无损坏，每根阳极电缆长度均应满足安装位置尺寸的要求，并留有余量；

2　每根阳极电缆宜直接引入接线箱；

3　阳极安装后，在保护系统断电状态下应测试阳极组的接地电阻，并做好测试记录；

4　阳极电缆宜敷设至接线箱处并通过套管引入箱内。

5.6.5　深井阳极地床的施工应符合下列规定：

1　阳极井钻孔应竖直，表面光滑，存在井孔塌陷的情况下宜采用套管保护，保护套管安装应在阳极安装前进行；

2　阳极可采用地面组装整体吊装或采用井口分段组装的安装方式；

3　电缆导管或排气管的连接可采用粘接或热熔接方式；

4　现场泵送碳填料前，填料宜在净水中预浸，也可使用润湿剂润湿；碳填料应由深井底部向上逐步填充；

5　闭孔深阳极井口装置安装应留有通气孔防止气体聚集；开孔深阳极井口装置安装应防止地面流体进入。

5.6.6　线性阳极地床的施工应符合下列规定：

1　线性阳极施工前应进行外观、尺寸、电导通性检查；

2　可采用同心圆环或蛇形敷设；

3　线性阳极电缆引出线的长度应满足储罐底板的沉降要求；

4　在砂垫层的回填密实处理过程中，不应使用振捣棒等容易造成线性阳极损坏的工具和措施；

5　线性阳极通过水泥圈梁时应使用穿线管引出圈梁并至地下埋设。

5.6.7 网状阳极地床的施工应符合下列规定：

1 网状阳极施工前应对阳极带和连接片进行外观、尺寸、电导通性检查；

2 阳极带和连接片应采用相互垂直敷设焊接，组成阳极网；

3 在敷设网状阳极时，阳极网应采用多点供入电流；

4 在砂垫层的回填密实处理过程中，不应使用振捣棒等容易造成阳极网损坏的工具和措施；

5 每个混合金属氧化物阳极带之间或阳极带与导电钛片之间的交叉点采用点焊时，点焊数不应少于 3 个；

6 阳极溃入点与导电钛片的点焊长度不应小于 10cm，点焊数不应少于 4 个。

5.6.8 阴极保护电缆的安装应符合下列规定：

1 电缆与储罐的连接宜采用铜焊或铝热焊接方式连接；

2 电缆应进行及时有效标识，防止混乱；

3 应在所有接线端子等位置对电缆挂牌或贴牌标识，所有标识应牢固、耐用、不褪色。

5.6.9 参比电极的安装应符合下列规定：

1 铜/硫酸铜参比电极在安装前应用水浸泡；

2 在后续施工中不得对参比电极造成损伤。

5.7 过程检查与施工质量控制

5.7.1 原材料的检查与控制应符合下列规定：

1 原材料应具有产品质量合格证及检测报告等产品质量证明文件，其性能指标应符合设计文件和产品技术文件的规定；

2 对原材料质量有疑义时，应现场见证取样，并提交复验。

5.7.2 表面处理的检查与控制应符合下列规定：

1 基底经表面处理后应全面检查，合格后方可办理隐蔽工程验收，经确认后方可进行施工；

2 处理后的表面应符合本标准第 5.2.6 条的规定，检查方法

应符合本标准附录 F.2 的规定；

3 处理后的表面不符合规定时，应重新处理直至符合规定。

5.7.3 涂装过程中的质量检查应符合下列规定：

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 每道湿膜厚度或金属涂层厚度应符合设计文件规定；

3 涂装间隔时间应符合涂料施工指导说明书及设计文件的规定。

5.7.4 涂装完成且漆膜实干后，涂装质量的检查除应符合本标准附录 H 的规定外，还应符合下列规定：

1 外观应符合本标准第 5.7.3 条第 1 款的规定；

2 涂层厚度检测应符合本标准附录 H.3 的规定；

3 涂层应无漏点，绝缘型涂层检测时宜采用电火花检漏仪，当涂层厚度小于 200μm，可采用低压检漏仪检测；导静电涂层应采用低压检漏仪检测；

4 导静电型防腐蚀涂料涂层表面电阻率宜采用表面电阻测定仪进行检测。

5.7.5 涂层最终质量检查应包括下列内容：

1 涂层固化后，应及时检验外观、厚度、漏点和附着力；

2 涂层应全部目测检查，表面应平整、光滑，不得有发黏、脱皮、气泡、斑痕等缺陷；如有缺陷，则根据缺陷情况进行修补或复涂，修补使用的涂料和厚度应与原涂层相同；

3 涂层厚度检测应符合本标准附录 H.3 的规定；

4 漏点检测应符合本标准第 5.7.4 条第 3 款的规定；

5 不同的涂装方案的涂层附着力检测可采用附着力试板验证，附着力试板的制作、检测应符合本标准附录 H.5 的规定，当业主有要求时或对试板检测结果有异议时，可在实际涂层部位进行附着力检测，检验部位和数量由业主、施工方协商。

5.7.6 金属涂层工程施工质量的检查应符合下列规定：

1　表面处理后表面除锈等级应符合本标准第5.2.6条的规定，表面清洁度和粗糙度应符合本标准附录F.2的规定；

2　当表面处理不合格时，应对不合格区域重新预处理；

3　金属涂层厚度应符合设计文件规定，厚度、附着力等检测应符合现行国家标准《热喷涂　金属和其他无机覆盖层　锌、铝及其合金》GB/T 9793的规定；

4　金属涂层外观应均匀一致，无起泡或底材裸露的斑点等缺陷。

5.7.7　罐底板边缘防护施工质量的检查应符合下列规定：

1　储罐罐底板边缘防护区域应符合本标准第4.4.1条的规定；

2　排水斜坡斜度应符合本标准第4.4.3条的规定。

5.7.8　阴极保护工程施工质量的检查应包括下列内容：

1　罐内牺牲阳极的安装位置、焊接质量；

2　罐外牺牲阳极的安装位置、接地电阻、断电电位、通电电位；

3　罐外周边辅助阳极的安装位置、接地电阻、焦炭用量和通电电位；

4　罐底辅助阳极的安装位置、接地电阻和通电电位，罐底网状辅助阳极馈入点之间的电连续性；

5　罐底参比电极的安装位置；

6　电缆连接电阻和标识。

5.7.9　检查应有记录，记录应至少包括检查项目、检查方法、检查位置、检查结果、检查时间及检查人员等。

5.7.10　检查发现的不合格项，应及时进行整改，整改前应制订相应的整改方案。整改方案应至少包括不合格项产生的原因、整改范围、工具(装)要求、安全作业注意事项、作业人员要求、具体整改工艺等内容；整改过程中应做好整改实施记录；整改后应进行检查并做好检查记录。

5.7.11　施工工序应有记录，记录应至少包括施工内容、施工时间、气象条件、施工工具、作业人员、该工序需执行的作业指导书等内容。

6 交工验收

6.0.1 储罐防腐蚀工程交工验收应由业主组织相关单位按本标准有关条款进行，未经验收，不得投入生产使用。

6.0.2 储罐防腐蚀工程交工验收内容应符合下列规定：

1 施工范围和内容应符合合同规定；

2 工程质量应符合设计文件及本标准的规定；

3 应具有完整的施工技术方案、施工记录及质量检查、检验和检测记录。

6.0.3 阴极保护系统在启动前，应对储罐原始参数进行测量，测量应符合下列规定：

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

2 罐外阴极保护的测量应至少包括罐底外表面的自然电位、牺牲阳极接地电阻或辅助阳极的接地电阻、与储罐相连的埋地管线的自然电位、与储罐相邻的其他地下金属结构物的自然电位等内容；当有电绝缘装置时，应对其绝缘性能进行检验。

6.0.4 储罐防腐蚀工程验收资料应至少包括下列内容：

1 设计文件和设计变更文件；

2 施工技术文件和施工记录；

3 原材料质量证明文件；

4 原材料检验报告；

5 隐蔽工程验收记录；

6 表面清洁度、粗糙度、干膜厚度、漏点、附着力检测等施工质量检查与控制记录；

7 施工过程中出现的有关技术问题的处理记录；

8 整改位置、原因、方法、数量及检查结果等整改记录；

9 业主要求的其他资料。

7 运行维护

7.1 一般要求

7.1.1 业主应建立储罐的防腐蚀管理档案，档案应至少包括下列内容：

1 交工验收资料；

2 检查与维护和维修记录等。

7.1.2 储罐贮存介质改变时，应确认防腐蚀方案的适用性。

7.1.3 储罐运行过程中，应进行日常检查与维护和定期全面检查与维护。

7.1 涂　　层

7.2.1 储罐涂层交工验收并投用后，不宜进行焊接等动火作业。

7.2.2 储罐运行过程中，应对易积水的部位定期排水并做记录。

7.2.3 日常检查与维护应符合下列规定：

1 应检查储罐外部防腐层使用情况，应至少包括粉化、褪色、龟裂、起皮和脱落等内容；当发现涂层损伤严重时，应对储罐的腐蚀程度进行检查并修复防腐蚀涂层，涂层修复方案宜采用储罐原防腐蚀方案；

2 应及时清除浮顶储罐浮顶上的雨雪，并应定期清扫浮顶污物，保持中央排水系统畅通；

3 当存在积水时，应检查储罐平台、加强圈、抗风圈等部位和呼吸阀、通气孔等附件的腐蚀情况，并应对积水严重的部位或附件做好记录并及时消除积水。

7.2.4 定期全面检查与维护应符合下列规定：

1 宜与储罐主体的检查与维护同时进行；

2　应对不易进行日常检查的部位重点检查；

3　在清罐、开罐检查或其他原因开罐期间，应对有内防腐蚀涂层的储罐进行全面检查，并根据检查结果确定是否需要对原涂层进行修复或重新防腐；

4　储罐防腐蚀涂层的局部维修宜采用与原涂层相同或匹配的材料。

7.2.5　清罐作业不应损伤涂层，蒸罐时罐内温度宜低于75℃。

7.2.6　检查应有记录，记录应至少包括检查项目、检查方法、检查位置、检查结果、检查日期及检查人员等内容。

7.2.7　维护、维修记录应至少包括维护、维修项目、部位、日期及人员等内容。

7.2.8　定期全面检查与维护的记录应归入储罐的防腐蚀管理档案。

7.3　阴极保护

7.3.1　储罐运行过程中，阴极保护系统的运行维护应符合下列规定：

1　应定期进行电参数测量和检验，验证是否满足设计要求；

2　应测试保护电位、保护电流、相互干扰影响、接地电池或其他防护装置的性能；

3　在储罐维修期间，阴极保护系统如果停止运行应及时重新启动。

7.3.2　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，根据检查情况确定牺牲阳极是否要重新安装或更换。

7.3.3　阴极保护的运行管理应符合下列规定：

1　罐外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　外加电流阴极保护系统的保护电位应至少每月测试一次；

3　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；

4　所有测试应详细记录，并对当天的气象参数、储罐液位进行记录；

5　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；

6　测试记录及相关资料应归入储罐的防腐蚀管理档案，这些资料和记录应至少包括关键的控制部位、测试点位置、定期检测记录以及维修记录等内容。

附录 A　常用涂料性能指标

A.0.1　涂料和涂层性能测试指标中未注明温度和常温应为23℃±2℃。

A.0.2　无溶剂环氧涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2　无溶剂环氧涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	容器中状态		搅拌后均匀无硬块	目测
2	固体含量(%)		≥98	SY/T 0457
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	
4	电气强度(MV/m)		≥25	GB/T 1408.1
5	附着力(MPa)		≥10	GB/T 5210
6	抗 3°弯曲		无裂纹	SY/T 0442
7	抗冲击(8J)		无针孔	SY/T 0442
8	耐热水性(90℃～100℃,48h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1733
9	耐汽油性(常温,720h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	SY/T 0319
10	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
11	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温,720h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温,720h)		
		5%NaCl(常温,720h)		

注:耐热水性、耐汽油性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 250μm～350μm。

A.0.3　溶剂型环氧涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3　溶剂型环氧涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标		试验方法
			大气环境	介质环境	
1	容器中状态		搅拌后均匀无硬块		目测
2	不挥发物含量(%)		≥80		GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4		GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24		
4	电气强度(MV/m)		≥25		GB/T 1408.1
5	附着力(MPa)		≥8		GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1		GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50		GB/T 1732
8	耐热水性(90℃～100℃,48h)		—	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1733
9	耐汽油性(常温,720h)		—	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	SY/T 0319
10	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 1771
11	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温)	168h 不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	720h 不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温)			
		5%NaCl(常温)			

注:1　耐热水性、耐汽油性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为250μm～350μm;

2　当该涂料仅用于中间漆时,可不测试耐化学介质性。

A.0.4　水性环氧涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4　水性环氧涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标		试验方法
			大气环境	介质环境	
1	容器中状态		搅拌后均匀无硬块		目测
2	不挥发物含量(%)		≥50		GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4		GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24		
4	电气强度(MV/m)		≥25		GB/T 1408.1

续表 A.0.4

序号	项目		指标		试验方法
			大气环境	介质环境	
5	附着力(MPa)		≥5		GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1		GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50		GB/T 1732
8	耐热水性(90℃～100℃,48h)		—	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1733
9	耐汽油性(常温,720h)		—	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	SY/T 0319
10	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 1771
11	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温)	168h 不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	720h 不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温)			
		5%NaCl(常温)			

注:耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 250μm～350μm。

A.0.5 酚醛环氧涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 酚醛环氧涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标		试验方法
			大气环境	介质环境	
1	容器中状态		搅拌后均匀无硬块		目测
2	不挥发物含量(%)		≥80		GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4		GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24		
4	电气强度(MV/m)		≥25		GB/T 1408.1
5	附着力(MPa)		≥8		GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1		GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50		GB/T 1732
8	耐高温高压性(120℃自来水,0.25MPa,168h)		—	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	SY/T 0319
9	耐汽油性(60℃±2℃,720h)		—	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	SY/T 0319

续表 A.0.5

序号	项目		指标		试验方法
			大气环境	介质环境	
10	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 1771
11	耐化学介质性	5%H_2SO_4(60℃±2℃,720h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(60℃±2℃,720h)			
		5%NaCl(60℃±2℃,720h)			

注:1 耐汽油性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 250μm～350μm;

2 耐高温高压性指标是否测试由用户和供应商协商确定。

A.0.6 环氧玻璃鳞片类防腐蚀涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.6 的规定。

表 A.0.6 环氧玻璃鳞片类防腐蚀涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	容器中状态		搅拌后均匀无硬块	目测
2	不挥发物含量(%)		≥80	GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	
4	电气强度(MV/m)		≥25	GB/T 1408.1
5	附着力(MPa)		≥8	GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
8	耐热水性(90℃～100℃,48h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1733
9	耐汽油性(常温,720h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	SY/T 0319
10	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
11	耐化学介质性	10%H_2SO_4(常温,720h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温,720h)		
		10%NaCl(常温,720h)		

注:耐热水性、耐汽油性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 250μm～350μm。

A.0.7 导静电型防腐蚀涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.7 的规定。

表 A.0.7 导静电型防腐蚀涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标		试验方法
			溶剂型	水性	
1	容器中状态		搅拌后均匀无硬块		目测
2	不挥发物含量(%)		≥80	≥55	GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4		GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24		
4	表面电阻率(Ω)		10^8～10^{11}		GB/T 1410
5	附着力(MPa)		≥8		GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1		GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50		GB/T 1732
8	耐热水性(90℃～100℃,48h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 1733
9	耐汽油性(60℃±2℃,720h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		SY/T 0319
10	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 1771
11	耐化学介质性	5% H_2SO_4(常温,720h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落		GB/T 9274 甲法
		5% NaOH(常温,720h)			
		5% NaCl(常温,720h)			

注:耐热水性、耐汽油性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 250μm～350μm。

A.0.8 无机富锌涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.8 的规定。

表 A.0.8 无机富锌涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	容器中状态(组分 A,B)		锌粉:应呈微小的均匀粉末状态 液料和浆料:搅拌混合后应无硬块,呈均匀状态	目测
2	不挥发分中金属锌含量(%)		≥70	HG/T 3668
3	干燥时间	表干时间(h)	≤1	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤6	
4	附着力(MPa)		≥3	GB/T 5210

续表 A.0.8

序号	项目		指标	试验方法
5	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
6	耐湿热性(1000h)		一级	GB/T 1740
7	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
8	耐化学介质性	3%NaCl (常温,168h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法

注:耐湿热性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 75μm～100μm。

A.0.9 环氧富锌涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.9 的规定。

表 A.0.9 环氧富锌涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	容器中状态		应无硬块,呈均匀状态	目测
2	不挥发物含量(%)		≥70	GB/T 1725
3	不挥发分中金属锌含量(%)		≥70	HG/T 3668
4	干燥时间	表干时间(h)	≤1.5	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	
5	附着力(MPa)		≥5	GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
8	耐湿热性(1000h)		一级	GB/T 1740
9	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
10	耐化学介质性	3%NaCl (常温,168h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法

注:耐湿热性、耐盐雾性和耐化学介质性的测试涂层厚度应为 75μm～100μm。

A.0.10 丙烯酸聚氨酯涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.10 的规定。

表 A.0.10 丙烯酸聚氨酯涂料和涂层性能指标

序号	项目	指标	试验方法
1	细度(A,B 组分混合后)(μm)	≤55	GB/T 1724
2	不挥发物含量(%)	≥50	GB/T 1725

续表 A.0.10

序号	项目		指标	试验方法
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	
4	附着力(MPa)		≥8	GB/T 5210
5	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
6	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
7	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温,168h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温,168h)		
		3%NaCl(60℃±2℃,168h)		
8	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
9	人工加速老化(1000h)		不起泡、不开裂、不脱层,允许1级变色、1级失光和1级粉化	GB/T 1865
10	冻融循环(5个循环)(级)		合格	SY/T 0320

注:测试附着力、耐盐雾性、耐化学介质性、人工加速老化及冻融循环的涂层配套体系和厚度应按照涂料供应商提供的技术文件或设计文件确定。

A.0.11 醇酸涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.11 的规定。

表 A.0.11 醇酸涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	细度(μm)		≤50	GB/T 1724
2	不挥发物含量		≥50	GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤4	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	
4	附着力(MPa)		≥3	GB/T 5210
5	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
6	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
7	耐水性(常温,168h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1733
8	耐盐水性(常温,168h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
9	耐盐雾性(300h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
10	人工加速老化性(200h)		不起泡、不开裂、不脱层,允许2级变色、3级失光和1级粉化	GB/T 1865

注:测试附着力、耐盐雾性、耐化学介质性、人工加速老化及冻融循环的涂层配套体系和厚度应按照涂料供应商提供的技术文件或设计文件确定。

A.0.12 交联氟碳涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.12 的规定。

表 A.0.12 交联氟碳涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	细度(A,B组分混合后)(μm)		≤30	GB/T 1724
2	氟含量(%)		≥20	HG/T 3792
3	不挥发物含量(%)		≥60	GB/T 1725
4	干燥时间	表干时间(h)	≤4	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	
5	附着力(MPa)		≥8	GB/T 5210
6	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
7	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
8	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温,168h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温,168h)		
		3%NaCl(60℃±2℃,168h)		
9	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
10	人工加速老化(3000h)		不起泡、不开裂、不脱层,允许1级变色、1级失光和1级粉化	GB/T 1865
11	冻融循环(5个循环)(级)		合格	SY/T 0320

注:测试附着力、耐盐雾性、耐化学介质性、人工加速老化和冻融循环的涂层配套体系及厚度应按照涂料供应商提供的技术文件或设计文件确定。

A.0.13 聚硅氧烷涂料和涂层性能指标应符合表 A.0.13 的规定。

表 A.0.13 聚硅氧烷涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	基料中硅氧键含量(全漆)(%)		≥15	HG/T 4755
2	不挥发物含量(%)		≥75	GB/T 1725
3	干燥时间	表干时间(h)	≤8	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	GB/T 1728
4	附着力(MPa)		≥8	GB/T 5210
5	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
6	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732

续表 A.0.13

序号	项目		指标	试验方法
7	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温,168h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温,168h)		
		3%NaCl(60℃±2℃,168h)		
8	耐盐雾性(1000h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
9	人工加速老化(3000h)		不起泡、不开裂、不脱层,允许1级变色、1级失光和1级粉化	GB/T 1865
10	冻融循环(5个循环)(级)		合格	SY/T 0320

注:测试附着力、耐盐雾性、耐化学介质性、人工加速老化及冻融循环的涂层配套体系和厚度应按照涂料供应商提供的技术文件或设计文件确定。

A.0.14 热反射隔热涂料和涂层性能指标应符合表A.0.14的规定。

表 A.0.14 热反射隔热涂料和涂层性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	不挥发物含量(%)		≥50	GB/T 1725
2	干燥时间	表干时间(h)	≤4	GB/T 1728
		实干时间(h)	≤24	GB/T 1728
3	附着力(MPa)		≥5	GB/T 5210
4	柔韧性(mm)		1	GB/T 1731
5	耐冲击性(cm)		50	GB/T 1732
6	太阳光反射比	白色	≥0.80	JG/T 235
		其他色	≥0.60	
7	半球发射率		≥0.85	GB/T 2680
8	近红外光反射比		≥0.60	JG/T 235
9	耐盐雾性(720h)		不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 1771
10	人工加速老化(1000h)		不起泡、不开裂、不脱层、不粉化,允许2级变色和1级失光	GB/T 1865
11	耐化学介质性	5%H_2SO_4(常温,168h)	不起泡、不生锈、不开裂、不脱落	GB/T 9274 甲法
		5%NaOH(常温,168h)		

A.0.15 储罐内壁的防腐蚀工程选用热喷涂时,喷涂金属及其合金材料应符合下列规定:

1 喷铝时，铝的质量百分比应不小于 99.5%；

2 喷 AlMg5 铝合金时，其中镁的质量百分比应在 4.5%～5.6%范围内；

3 喷锌时，锌的质量百分比应不小于 99.99%；

4 喷 ZnAl15 锌合金时，其中锌的质量百分比应在 84%～86%范围内，铝的质量百分比应在 14%～16%范围内，可选用不同比例的锌铝合金。

附录B　不同腐蚀等级下常用防腐蚀方案

B.1　大气环境常用防腐蚀方案

B.1.1　大气环境不同腐蚀等级常用防腐蚀方案宜符合本标准第B.1.2～第B.1.4的规定。

B.1.2　大气环境腐蚀等级Ⅱ时常用防腐蚀方案宜符合表B.1.2的规定。

表B.1.2　大气环境腐蚀等级Ⅱ时常用防腐蚀方案

适用场合：乡村区域，低污染环境										
体系编号	底涂层				后道涂层	涂料体系		设计寿命		
	基料	底漆	道数	DFT（μm）	基料	道数	DFT（μm）	L	M	H
1	AK	Misc.	1	40	AK	2	≥80	√		
2	AK	Misc.	1～2	80	AK	2～3	≥120	√	√	
3	AK	Misc.	1～2	80	AK、AY	2～4	≥160	√	√	√
4	AK	Misc.	1～2	100	—	1～2	≥100	√	√	
5	AY	Misc.	1～2	80	AY	2～4	≥160	√	√	√
6	EP	Misc.	1～2	80	EP、PUR	2～3	≥120	√	√	
7	EP	Misc.	1～2	80	EP、PUR	2～4	≥160	√	√	√
8	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	—	1	≥60	√	√	√

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
AK＝醇酸	单组分	√	AK＝醇酸	单组分	√
AY＝丙烯酸	单组分	√	AY＝丙烯酸	单组分	√
EP＝环氧	双组分	√	EP＝环氧	双组分	√
ESI＝硅酸乙酯	单组分或双组分	√	PUR＝聚氨酯、脂肪族	单组分或双组分	√

续表 B.1.2

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
PUR＝聚氨酯、脂肪族	单组分或双组分	√			

注：1　建议与涂料生产商共同进行相容性确定；

2　建议在硅酸乙酯底漆(ESI)上涂覆一道后续涂层作为过渡涂层；

3　底漆一栏中 Zn(R)为富锌底漆；Misc. 为采用其他类型防锈颜料的底漆(指那些含有磷酸锌颜料或其他防腐颜料的底漆，以及涂料不挥发分中金属锌颜料的质量分数低于 70%的底漆)；

4　涂料体系一栏中 DFT 为干膜厚度。

B.1.3　大气环境腐蚀等级Ⅲ时常用防腐蚀方案宜符合表 B.1.3 的规定。

表 B.1.3　大气环境腐蚀等级Ⅲ时常用防腐蚀方案

适用场合：城市及工业大气环境，含中度硫化物、低盐分临海区域										
体系编号	底涂层				后道涂层	涂料体系		设计寿命		
	基料	底漆	道数	DFT (μm)	基料	道数	DFT (μm)	L	M	H
1	AK	Misc.	1～2	80	AK	2～3	≥120	√		
2	AK	Misc.	1～2	80	AK	2～4	≥160	√	√	
3	AK	Misc.	1～2	80	AK	3～5	≥200	√	√	√
4	AK	Misc.	1～2	80	AY	3～5	≥200	√	√	√
5	AY	Misc.	1～2	80	AY	2～4	≥160	√	√	
6	AY	Misc.	1～2	80	AY	3～5	≥200	√	√	√
7	EP	Misc.	1	80	EP、PUR	2～3	≥120	√		
8	EP	Misc.	1	80	EP、PUR	2～4	≥160	√	√	
9	EP	Misc.	1	80	EP、PUR	3～5	≥200	√	√	√
10	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	—	1	≥60	√	√	
11	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	2	≥160	√	√	√
12	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	AY	2～3	≥160	√	√	
13	EP、PUR	Zn(R)	1	60	AY	3	≥200	√	√	√

续表 B.1.3

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
AK＝醇酸	单组分	√	AK＝醇酸	单组分	√
AY＝丙烯酸	单组分	√	AY＝丙烯酸	单组分	√
EP＝环氧	双组分	√	EP＝环氧	双组分	√
ESI＝硅酸乙酯	单组分或双组分	√	PUR＝聚氨酯、脂肪族	单组分或双组分	√
PUR＝聚氨酯、脂肪族	单组分或双组分	√			

注：1　建议与涂料生产商共同进行相容性确定；

2　建议在硅酸乙酯底漆(ESI)上涂覆一道后续涂层作为过渡涂层；

3　底漆一栏中 Zn(R)为富锌底漆；Misc. 为采用其他类型防锈颜料的底漆(指那些含有磷酸锌颜料或其他防腐颜料的底漆，以及涂料不挥发分中金属锌颜料的质量分数低于 70%的底漆)；

4　涂料体系一栏中 DFT 为干膜厚度。

B.1.4　大气环境腐蚀等级Ⅳ时常用防腐蚀方案宜符合表 B.1.4 的规定。

表 B.1.4　大气环境腐蚀等级Ⅳ时常用防腐蚀方案

体系编号	底涂层				后道涂层	涂料体系		设计寿命		
	基料	底漆	道数	DFT (μm)	基料	道数	DFT (μm)	L	M	H
适用场合：含有中等含盐度的工业和沿海区										
1	AK	Misc.	1～2	80	AK	3～5	≥200	√		
2	AK	Misc.	1～2	80	AY	3～5	≥200	√		
3	AK	Misc.	1～2	80	AY	3～5	≥240	√	√	
4	AY	Misc.	1～2	80	AY	3～5	≥200	√		
5	AY	Misc.	1～2	80	AY	3～5	≥240	√	√	
6	EP	Misc.	1～2	160	AY	2～3	≥200	√		
7	EP	Misc.	1～2	160	AY	2～3	≥280	√	√	√
8	EP	Misc.	1	80	EP、PUR	2～3	≥240	√	√	
9	EP	Misc.	1	80	EP、PUR	2～3	≥280	√	√	√

续表 B.1.4

体系编号	底涂层				后道涂层	涂料体系		设计寿命		
	基料	底漆	道数	DFT (μm)	基料	道数	DFT (μm)	L	M	H
10	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	AY	2～3	≥160	√		
11	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	AY	2～4	≥200	√	√	
12	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	AY	3～4	≥240	√	√	√
13	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	2～3	≥160	√		
14	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	2～3	≥200	√	√	
15	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	3～4	≥240	√	√	√
16	ESI	Zn(R)	1	60	—	1	≥60	√		
适用场合：高湿、高盐和恶劣大气环境的工业区										
1	EP、PUR	Misc.	1～2	120	AY	3～4	≥200	√		
2	EP、PUR	Misc.	1	80	EP、PUR	3～4	≥320	√	√	√
3	EP、PUR	Misc.	1	150	EP、PUR	2	≥300	√	√	
4	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	3～4	≥240	√	√	
5	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	3～5	≥320	√	√	√
6	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	AY	4～5	≥320	√	√	√
适用场合：海洋、近海，河口、高盐度临海区域										
1	EP、PUR	Misc.	1	150	EP、PUR	2	≥300	√	√	
2	EP、PUR	Misc.	1	80	EP、PUR	3～4	≥320	√	√	√
3	EP、PUR	Misc.	1	400	—	1	≥400	√	√	
4	EP、PUR	Misc.	1	250	EP、PUR	2	≥500	√	√	√
5	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	4	≥240	√	√	
6	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EP、PUR	4～5	≥320	√	√	√
7	EP、PUR、ESI	Zn(R)	1	60	EPC	3～4	≥400	√	√	√
8	EPC	Misc.	1	100	EPC	3	≥300	√	√	

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
AK＝醇酸	单组分	√	AK＝醇酸	单组分	√
AY＝丙烯酸	单组分	√	AY＝丙烯酸	单组分	√
EP＝环氧	双组分	√	EP＝环氧	双组分	√

续表 B.1.4

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
EPC＝环氧组合物	双组分		EPC＝环氧组合物	双组分	
ESI＝硅酸乙酯	单组分或双组分	√	PUR＝聚氨酯、脂肪族	单组分或双组分	√
PUR＝聚氨酯、脂肪族	单组分或双组分	√			

注：1　建议与涂料生产商共同进行相容性确定；

2　建议在硅酸乙酯底漆(ESI)上涂覆一道后续涂层作为过渡涂层；

3　底漆一栏中 Zn(R)为富锌底漆；Misc. 为采用其他类型防锈颜料的底漆(指那些含有磷酸锌颜料或其他防腐颜料的底漆，以及涂料不挥发分中金属锌颜料的质量分数低于 70%的底漆)；

4　DFT 为干膜厚度。

B.2　介质环境常用防腐蚀方案

B.2.1　介质环境，不同腐蚀等级、设计寿命 5 年～10 年下常用防腐蚀方案宜符合本标准附录 B.2.2～B.2.4 的规定，其他设计寿命下涂层干膜厚度可适当调整。

B.2.2　介质环境下腐蚀等级Ⅱ时常用防腐蚀方案宜符合表 B.2.2 的规定。

表 B.2.2　介质环境腐蚀等级Ⅱ时常用防腐蚀方案

适用温度	编号	底涂层				后道涂层	涂料体系	
		基料	底漆	道数	DFT (μm)	基料	道数	DFT (μm)
$t \leqslant 80℃$	1	EP	Misc.	1～2	80	EP	2～5	≥200
	2	PER	Misc.	1～2	80	PER	2～5	≥200
	3	EP	Zn(R)	1～2	80	EP	2～5	≥200
	4	ESI	Zn(R)	—	—	—	1～2	≥60
	5	EPGF	Misc.	—	—	—	1～2	≥200
$80℃ < t \leqslant 120℃$	1	PER	Misc.	1～2	80	PER	2～5	≥200

续表 B.2.2

	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
EP＝环氧	双组分	√	EP＝环氧	双组分	√
PER＝酚醛环氧	双组分	√	PER＝酚醛环氧	双组分	√
ESI＝硅酸乙酯	双组分	√	—	—	—
EPGF＝环氧玻璃鳞片	双组分	—	—	—	—

注：1　建议与涂料生产商共同进行相容性确定；

2　更高温度范围内的防腐蚀方案需进行特殊考虑；

3　底漆一栏中 Zn(R)为富锌底漆；Misc. 为采用其他类型防锈颜料的底漆（指那些含有磷酸锌颜料或其他防腐颜料的底漆，以及涂料不挥发分中金属锌颜料的质量分数低于 70%的底漆）；

4　涂料体系一栏中 DFT 为干膜厚度。

B.2.3　介质环境腐蚀等级Ⅲ时常用防腐蚀方案宜符合表 B.2.3 的规定。

表 B.2.3　介质环境腐蚀等级Ⅲ时常用防腐蚀方案

适用温度	编号	底涂层				后道涂层	涂料体系	
		基料	底漆	道数	DFT (μm)	基料	道数	DFT (μm)
$t \leqslant 80℃$	1	EP	Misc.	1～2	80	EP	2～5	≥250
	2	PER	Misc.	1～2	80	PER	2～5	≥250
	3	EP	Zn(R)	1～2	80	EP	2～5	≥250
	4	ESI	Zn(R)	—	—	—	1～2	≥80
	5	EPGF	Misc.	—	—	—	1～3	≥250
$80℃ < t \leqslant 120℃$	1	PER	Misc.	1～2	80	PER	2～5	≥200

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
EP＝环氧	双组分	√	EP＝环氧	双组分	√
PER＝酚醛环氧	双组分	√	PER＝酚醛环氧	双组分	√
ESI＝硅酸乙酯	双组分	√	—	—	—

续表 B.2.3

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
EPGF＝环氧玻璃鳞片	双组分	—	—	—	—

注：1　建议与涂料生产商共同进行相容性确定；

2　更高温度范围内的防腐蚀方案须进行特殊考虑；

3　底漆一栏中 Zn(R)为富锌底漆；Misc. 为采用其他类型防锈颜料的底漆（指那些含有磷酸锌颜料或其他防腐颜料的底漆，以及涂料不挥发分中金属锌颜料的质量分数低于 70%的底漆）；

4　涂料体系一栏中 DFT 为干膜厚度。

B.2.4　介质环境腐蚀等级Ⅳ时常用防腐蚀方案宜符合表 B.2.4 的规定。

表 B.2.4　介质环境腐蚀等级Ⅳ时常用防腐蚀方案

适用温度	编号	底涂层				后道涂层	涂料体系	
		基料	底漆	道数	DFT (μm)	基料	道数	DFT (μm)
$t \leqslant 80℃$	1	EP	Misc.	1～2	80	EP	2～5	≥300
	2	PER	Misc.	1～2	80	PER	2～5	≥300
	3	EP	Zn(R)	1～2	80	EP	2～5	≥300
	4	ESI	Zn(R)	—	—	—	1～2	≥100
	5	EPGF	Misc.	—	—	—	1～4	≥300
$80℃ < t \leqslant 100℃$	1	PER	Misc.	1～2	80	PER	2～5	≥250

底涂层基料	类型	可水性化	后道涂层基料	类型	可水性化
EP＝环氧	双组分	√	EP＝环氧	双组分	√
PER＝酚醛环氧	双组分	√	PER＝酚醛环氧	双组分	√
ESI＝硅酸乙酯	双组分	√	—	—	—
EPGF＝环氧玻璃鳞片	双组分	—	—	—	—

注：1　建议与涂料生产商共同进行相容性确定；

2　更高温度范围内的防腐蚀方案须进行特殊考虑；

3　底漆一栏中 Zn(R)为富锌底漆；Misc. 为采用其他类型防锈颜料的底漆（指那些含有磷酸锌颜料或其他防腐颜料的底漆，以及涂料不挥发分中金属锌颜料的质量分数低于 70%的底漆）；

4　涂料体系一栏中 DFT 为干膜厚度。

附录C　介质环境油品储罐常用防腐蚀方案

C.0.1　介质环境为油品时，不同腐蚀等级、设计寿命5年～10年下常用防腐蚀方案宜符合本标准附录C.0.2～C.0.4的规定，其他设计寿命下涂层干膜厚度可适当调整。

C.0.2　常温（$t \leqslant 80$℃）原油外浮顶储罐常用防腐蚀方案宜符合表C.0.2的规定。

表C.0.2　常温（$t \leqslant 80$℃）原油外浮顶储罐常用防腐蚀方案

防腐蚀部位	腐蚀等级	防腐蚀方案	干膜厚度（μm）
浮顶底板下表面、外缘板外表面、接触油品的支柱等附件	Ⅲ	环氧涂料 酚醛环氧涂料	≥250
罐内底板、 底板上1.5m高的罐壁	Ⅳ	环氧涂料 酚醛环氧涂料 环氧玻璃鳞片涂料	≥300

注：环氧富锌底漆与牺牲阳极阴极保护不可同时使用。

C.0.3　中间油品产品储罐常用防腐蚀方案宜符合表C.0.3的规定。

表C.0.3　中间油品产品储罐常用防腐蚀方案

操作温度	防腐蚀部位	腐蚀等级	防腐蚀方案	干膜厚度（μm）	备注
常温（$t \leqslant 80$℃）	罐内壁	Ⅱ	环氧涂料 酚醛环氧涂料	≥200	
	罐内顶	Ⅲ	环氧涂料 酚醛环氧涂料	≥250	
	罐内底	Ⅲ	环氧涂料 酚醛环氧涂料	≥250	

续表 C.0.3

操作温度	防腐蚀部位	腐蚀等级	防腐蚀方案	干膜厚度（μm）	备注
常温（$t \leqslant 80℃$）	碳钢制内浮盘的浮顶底板下表面、外缘板外表面、接触油品的支柱等附件、浮顶上表面及其附件	Ⅲ	环氧涂料 酚醛环氧涂料	≥250	
高温 $80℃ < t \leqslant 120℃$	罐内表面	Ⅲ	酚醛环氧涂料	≥200	（仅限拱顶罐）
高温 $80℃ < t \leqslant 120℃$	罐内表面	Ⅳ	酚醛环氧涂料	≥250	（仅限拱顶罐）

注：中间油品产品储罐可采用环氧富锌底漆。

C.0.4 成品油品储罐常用防腐蚀方案宜符合表 C.0.4 的规定。

表 C.0.4 成品油品储罐常用防腐蚀方案

操作温度	防腐蚀部位	腐蚀等级	防腐蚀方案	干膜厚度（μm）	备注
常温（$t \leqslant 80℃$）	罐内壁	Ⅰ或Ⅱ	酚醛环氧涂料	≥200	Ⅰ级可不防腐
			无机富锌涂料	≥80	
			环氧涂料	≥200	
	罐内顶	Ⅱ	酚醛环氧涂料	≥200	
			无机富锌涂料	≥80	
			环氧涂料	≥200	
		Ⅲ	酚醛环氧涂料	≥250	
			无机富锌涂料	≥100	
			环氧涂料	≥250	
	罐内底	Ⅱ	酚醛环氧涂料	≥200	
			无机富锌涂料	≥80	
			环氧涂料	≥200	
		Ⅲ	酚醛环氧涂料	≥250	
			无机富锌涂料	≥100	
			环氧涂料	≥250	

续表 C.0.4

操作温度	防腐蚀部位	腐蚀等级	防腐蚀方案	干膜厚度（μm）	备注
常温（$t \leqslant 80℃$）	碳钢制内浮盘的浮顶底板下表面、外缘板外表面、接触油品的支柱等附件、浮顶上表面及其附件	Ⅰ或Ⅱ	酚醛环氧涂料	≥200	Ⅰ级可不防腐
			无机富锌涂料	≥80	
			环氧涂料	≥200	

注：成品油品储罐可采用环氧富锌底漆。

附录D 阴极保护

D.1 牺牲阳极

D.1.1 铝合金牺牲阳极应符合下列规定：

1 铝阳极材料的化学成分应符合现行国家标准《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB/T 4948 中 A13 与 A21 的成分规定；

2 铝合金牺牲阳极化学成分的分析方法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/T 4949 的规定；

3 原油储罐内铝合金牺牲阳极电化学性能应符合表 D.1.1 的规定。

表 D.1.1 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(%)	1 型	≥85
	2 型	≥90
实际电容量(A·h/kg)	1 型	≥2400
	2 型	≥2600
消耗率[kg/(A·a)]	1 型	≤3.65
	2 型	≤3.37

注：1 开路电位和工作电位应相对于饱和甘汞参比电极；

2 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。

D.1.2 锌合金牺牲阳极应符合下列规定：

1 锌阳极材料的化学成分应符合现行国家标准《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB/T 4950 的规定；

2 锌阳极化学成分的分析方法应符合现行国家标准《锌-铝-

镉合金牺牲阳极化学分析方法》GB 4951 的规定；

3　锌合金牺牲阳极电化学性能应符合表 D.1.2 的规定。

表 D.1.2　锌合金牺牲阳极电化学性能

电化学性能	海水中(1mA/cm²)	土壤中(0.03mA/cm²)
开路电位(V)	−1.09～−1.05	≤−1.05
工作电位(V)	−1.05～−1.00	≤−1.03
实际电容量(A·h/kg)	≥780	≥530
消耗率[kg/(A·a)]	≤11.23	≤17.25
电流效率(%)	≥95	≥65
溶解性能	表面溶解均匀，腐蚀产物容易脱落	

注：1　开路电位和工作电位应相对于饱和甘汞参比电极；

2　海水介质宜采用人造海水或天然海水；土壤介质应采用潮湿土壤，且阳极周围添加填充料。

D.1.3　镁合金牺牲阳极应符合下列规定：

1　镁合金阳极的化学成分应符合现行国家标准《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731 中 AZ63B、AZ31B 或 M1C 的成分规定；

2　镁合金阳极化学成分的分析方法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；

3　镁合金牺牲阳极电化学性能应符合表 D.1.3 的规定。

表 D.1.3　镁合金牺牲阳极电化学性能

电化学性能	MGAZ63B	MGAZ31B	MGM1C
开路电位(V)	−1.59～−1.49	−1.59～−1.49	−1.74～−1.69
闭路电位(V)	−1.59～−1.44	−1.49～−1.39	−1.61～−1.52
实际电容量[A·h/kg]	≥1210	≥1210	≥1100
电流效率(%)	≥55	≥55	≥50

注：1　开路电位和工作电位应相对于饱和甘汞参比电极；

2　电化学性能的测试应符合现行国家标准《镁合金牺牲阳极电化学性能测试方法》GB/T 24488 的规定；应采用人造海水或洁净的天然海水作为试验介质。

D.2 辅助阳极

D.2.1 高硅铸铁阳极应符合下列规定：

1 阳极体表面不应有孔隙、裂纹、收缩纹等，不应残留环氧树脂或塑料物等污物。

2 高硅铸铁阳极化学成分应符合表 D.2.1 的规定。

表 D.2.1 高硅铸铁阳极化学成分表

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

注：加铬的高硅铸铁阳极适用于含 Cl^- 的土壤或海水中。

3 允许电流密度应为 $5A/m^2$～$80A/m^2$，消耗率应小于 0.5kg/(A·a)。

4 阳极引出电缆应为单芯多股绞合铜导线，截面不应小于 $10mm^2$，阳极引出线与阳极连接处应防水密封。

5 阳极引出电缆与阳极的接触电阻应小于 0.01 Ω，拉脱力数值应大于阳极自身重量的 1.5 倍。

D.2.2 混合金属氧化物棒阳极应符合下列规定：

1 基体材料应为一级钛(GB/T 3620 中 TA2)；氧化膜应为 IrO/TaO(氧化铱/氧化钽)；

2 允许电流密度为大于或等于 11A/m，消耗率应小于或等于 6mg/A·a；

3 阳极周围应填充碳填料，填充应密实；碳填料体积质量应大于或等于 $1041kg/m^3$，粒径范围：98%通过 20 目筛，80%通不过 100 目筛，含碳量大于 90%；

4 阳极引出线与阳极连接处应防水密封，且应能承受水压和阳极释放气体造成的氧化降解；

5 阳极引出电缆与阳极的接触电阻应小于 0.01 Ω，拉脱力

数值应大于阳极自身重量的 1.5 倍。

D.2.3 混合金属氧化物线性阳极应符合下列规定：

1 阳极基体材料应为符合现行国家标准 GB/T 3620 中 TA2 的一级钛，氧化膜应为 IrO/TaO(氧化铱/氧化钽)；氧化膜厚度应大于或等于 $6g/m^2$；

2 组装好的阳极外径宜为 Φ38mm±2mm，质量宜为 1.4kg/m～1.6kg/m；最大输出线电流密度宜为 52mA/m 或 160mA/m 型，消耗率应小于或等于 6mg/(A·a)，在最大电流密度下使用寿命不应小于 25 年；

3 组装好的线性阳极所允许的最小弯曲半径应小于 150mm。

D.2.4 导电聚合物型线性阳极应符合下列规定：

1 阳极铜导线的铜芯截面积不应小于 $10mm^2$，电阻不应大于 $1.55\times10^{-3}\Omega/m$；导电聚合物阳极芯外部应为导电聚合物材料；

2 导电聚合物性能指标应符合表 D.2.4 的规定，其阳极直径(内含铜导线)应大于或等于 13mm；

表 D.2.4 导电聚合物性能指标

项 目	性能指标	试验方法
体积电阻率(23℃)	1.1Ω.cm～1.9Ω.cm	GB/T 3048.3
耐化学试剂浸泡 (7d,23℃,质量变化率) 3%NaCl 3%Na_2SO_4 3%NaOH	 <1% <1% <1%	GB/T 11547

3 最大额定线电流密度时的使用寿命应大于或等于 25 年；

4 组装好的阳极外径宜为 Φ38mm±2mm；质量宜为 1.4kg/m～1.6kg/m；

5 组装好的线性阳极所允许的最小弯曲半径应小于 150mm。

D.2.5 混合金属氧化物(MMO)带阳极应符合下列规定：

1 混合金属氧化物带阳极表面应颜色均匀、无花斑，对折180°混合金属氧化膜无开裂、无剥落；

2 混合金属氧化物带阳极性能应符合表 D.2.5-1 的规定；

表 D.2.5-1 混合金属氧化物(MMO)带阳极性能表

氧化膜涂层材质	IrO_2 和 Ta_2O_5
基材	Ti，GB/T 3620.1 TA1
截面尺寸	6.35mm×0.635mm
标准长度	100m 或 152m
阳极质量	16.7g/m
阳极电阻	0.1389Ω/m
阳极面积	$0.014m^2/m$
等量半径	2.2mm
额定输出电流	>20mA/m
消耗率	$<6\times10^{-6}kg/(A\cdot a)$
使用寿命	50a
电流效率	$>72A\cdot a/m^2$

3 导电钛连接片应表面光亮、无油污，其化学成分和物理性能应符合表 D.2.5-2 的规定。

表 D.2.5-2 导电钛连接片化学成分和物理性能表

化学成分		物理性能	
基材	ASTM B 265 Gr I/II	截面尺寸	12.7mm×0.9mm
氮	<0.03%	电阻率	$56\mu\Omega\cdot cm$
碳	<0.08%	标准长度	100m 或 152m
氢	<0.015%	质量	51g/m
铁	<0.30%	弹性模量	1.05×10^5MPa
氧	<0.25%	抗拉强度	345MPa
杂质总量	<0.40%	屈服强度	275MPa
		延伸率	20%

D.2.6 钢铁阳极可采用废弃钢材制作，阳极的消耗率应为 8kg/(A·a)～10kg/(A·a)。

D.3 焦炭填料

D.3.1 焦炭填料应为煅烧石油焦炭。

D.3.2 焦炭填料性能指标应符合表 D.3.2 的规定。

表 D.3.2 焦炭填料性能指标

项目	性能指标	阳极类型
碳含量	≥85%	高硅铸铁阳极
	≥90%	混合金属氧化物棒阳极,线性阳极
颗粒大小	≤15mm	高硅铸铁阳极
	98%通过 20 目筛, 80%通不过 100 目筛	混合金属氧化物棒阳极,线性阳极
堆积密度	≥750kg/m³	高硅铸铁阳极
	≥1041kg/m³	混合金属氧化物棒阳极,线性阳极
体积电阻率	≤0.05Ω·cm	—

D.4 阴极保护电源设备

D.4.1 阴极保护电源设备宜选用变压整流器或恒电位仪;工作模式应为恒电流模式、恒电位模式、恒电压模式的一种或一种以上。

D.4.2 变压整流器应符合下列规定:

1 可靠性高;

2 维护保养简便;

3 寿命长;

4 环境适应性强;

5 输出电流、电压可调;

6 具有抗过载、防雷、抗干扰、故障保护等功能;

7 仪器电路板经防潮处理,可在湿度不大于 85%环境下长期工作;

8 具有通、断电功能。

D.4.3 恒电位仪应符合下列规定:

1　参比信号输入端的综合输入阻抗应大于或等于 1MΩ；

2　应能长期稳定工作，电位控制精度为±5mV；

3　输出电压的可调范围(V)宜为 1%～100%，输出电流的可调范围(A)宜为 1%～100%；恒电位连续可调范围宜为－0.50V～－3.00V；

4　流经参比电极电流不应大于 3μA；

5　仪器允许工作环境温度宜为－20℃～＋70℃；

6　输入、输出对机壳的绝缘电阻应大于 10MΩ；

7　电源处于额定状态工作时，其电压输出纹波系数不应大于 5%；

8　应具有参比电极流空、断线自动保护功能；应具有过电流及短路、过电压、过热等故障保护、报警功能；

9　应具有抗交流 50Hz 工频干扰功能，且在参比端子与零位接阴端子之间施加 50Hz、30V 干扰电压时，保护电位值的变化不应大于 5mV；

10　交流电源输入端子对机壳应能承受 1500V(有效值)、50Hz 的试验电压，试验时间 1min，不应出现飞弧或击穿现象；

11　直流电源输入端子对机壳应能承受 750V(有效值)、50Hz 的试验电压，试验时间 1min，不应出现飞弧或击穿现象；

12　设备“零位接阴”端子分别与各远传接口的输出端子相互隔离，应能承受 1500V(有效值)、50Hz 的试验电压，试验时间 1min 时，不应出现飞弧或击穿现象；

13　电源设备的输入、输出端应安装合适的雷电防护单元，并应符合现行国家标准《低压电涌保护器(SPD)　第 12 部分：低压配电系统的电涌保护器　选择和使用导则》GB/T 18802.12 的规定。

D.4.4　阴极保护电源设备室外安装时应有防晒措施；防护等级不应低于 IP55，应采用油冷方式；位于防爆区内时，恒电位仪的防爆性能应与安装位置的防爆要求相匹配。

D.5 参比电极

D.5.1 参比电极宜选用铜/硫酸铜参比电极(CSE)或高纯锌参比电极,参比电极埋地使用时,应包裹化学填料。

D.5.2 铜/硫酸铜参比电极的性能应符合下列规定:

1 铜电极应采用纯度不小于99.7%紫铜丝或紫铜棒;

2 应用纯度为化学纯的硫酸铜和蒸馏水或纯净水配制饱和硫酸铜溶液;

3 渗透膜应采用渗透率高的微孔材料,外壳应采用绝缘材料;

4 流过硫酸铜电极的允许电流密度应小于$5\mu A/cm^2$;

5 硫酸铜电极相对于标准氢电极的电位应为+316mV(25℃),电极电位误差不应大于5mV;

6 使用温度范围应为0℃~45℃。

D.5.3 高纯锌参比电极的性能应符合下列规定:

1 高纯锌参比电极相对于硫酸铜电极-850mV的电位应为+250mV(25℃);

2 使用温度范围应为0℃~45℃;

3 高纯锌参比电极中的锌电极应为高纯锌制成,高纯锌的化学成分应符合表D.5.3的规定。

表D.5.3 高纯锌的化学成分

化学成分	百分比%(重量)
铝	—
镉	≤0.001
锌	99.995
铁	≤0.001
铜	≤0.0001
铅	≤0.003

D.6 阴极保护计算

D.6.1 储罐底板内表面牺牲阳极计算应符合下列规定:

1 总需求电量应按下式计算：

$$I_{总} = S \times I \tag{D.6.1-1}$$

式中：$I_{总}$——总电流(mA)；

S——被保护的面积(m^2)；

I——阴极保护电流密度(mA/m^2)，应符合本标准第4.5.4条的规定。

2 单块牺牲阳极输出电流可按下式计算：

$$I_a = \Delta E / R \tag{D.6.1-2}$$

式中：I_a——阳极输出电流(A)；

ΔE——驱动电位，取0.25V；

R——阳极的接水电阻(Ω)。

3 阳极接水电阻可按下式计算：

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \times \left(\ln \frac{4L}{r} - 1\right) \tag{D.6.1-3}$$

式中：R——阳极接水电阻(Ω)；

ρ——介质电阻率(Ω·m)；

L——阳极长度(m)；

r——阳极当量半径(m)。

4 阳极当量半径可按下式计算：

$$r = C / 2\pi \tag{D.6.1-4}$$

式中：r——阳极当量半径(m)；

C——阳极截面周长(m)。

5 牺牲阳极块的使用数量可按下式计算：

$$n = I_{总} / I_a \tag{D.6.1-5}$$

式中：n——牺牲阳极块的使用数量。

6 牺牲阳极的使用寿命可按下式计算：

$$Y = \frac{W \cdot Q}{8760 \times I_m} \cdot \frac{1}{k} \tag{D.6.1-6}$$

式中：Y——牺牲阳极的使用寿命(a)；

W——牺牲阳极的实际重量(kg)；

Q——牺牲阳极的实际电容量(A·h/kg)；

$1/k$——牺牲阳极利用系数，取 0.85；

I_m——牺牲阳极平均发生电流(A)，其取值应为总电流的3/5～4/5。

D.6.2 储罐底板外表面带状镁合金阳极计算应符合下列规定：

1 总需求电量应按下式计算：

$$I_{总} = S \times I \tag{D.6.2-1}$$

式中：$I_{总}$——总电流(mA)；

S——被保护的面积(m^2)；

I——阴极保护电流密度(mA/m^2)，宜符合本标准第 4.5.11 条的规定，也可通过馈电试验选取。

2 阳极输出电流可按下式计算：

$$I_a = \Delta E / R \tag{D.6.2-2}$$

式中：I_a——阳极输出电流(A)；

ΔE——驱动电位，取 0.65V；

R——阳极的接地电阻(Ω)。

3 阳极接地电阻可按下式计算：

$$R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[\ln\frac{2L}{r_1}\left[1+\frac{\frac{L_1}{4t}}{\ln^2\frac{L_1}{r_1}}\right]+\frac{\rho_1}{\rho}\ln\frac{r_1}{r}\right] \tag{D.6.2-3}$$

式中：R——阳极接地电阻(Ω)；

ρ——土壤电阻率(Ω·m)；

ρ_1——回填料电阻率(Ω·m)；

L——阳极长度(m)；

L_1——回填料长度，带状阳极回填料长度与阳极长度相同(m)；

r——阳极当量半径(m)；

r_1——回填料当量半径(m)；

t——阳极埋深(m)。

4 阳极使用长度可按下式计算：

$$n = I_{总} / I_a \tag{D.6.2-4}$$

5 阳极的使用寿命可按下式计算：

$$Y = \frac{W \cdot Q}{8760 \times I_m} \cdot \frac{1}{k} \tag{D.6.2-5}$$

式中：W——牺牲阳极的实际重量(kg)；

Q——牺牲阳极的实际电容量(Ah/kg)；

$1/k$——牺牲阳极利用系数，取 0.85；

I_m——牺牲阳极平均发生电流(A)，其取值应为总电流的 3/5～4/5。

D.6.3 储罐周边牺牲阳极计算应符合下列规定：

1 总需求电量可按下式计算：

$$I_{总} = S \times I \tag{D.6.3-1}$$

式中：$I_{总}$——总电流(mA)；

S——被保护的面积(m^2)；

I——阴极保护电流密度(mA/m^2)，阴极保护电流密度应符合本标准第 4.5.11 条的规定。

2 阳极接地电阻应按下列公式计算：

$$R_{VH} = \frac{\rho}{2\pi L_a} \times \left(\mathrm{Ln}\,\frac{2L_a}{D} + \frac{1}{2}\mathrm{Ln}\,\frac{L_a}{2t} + \frac{\rho_a}{\rho}\mathrm{Ln}\,\frac{D}{d} \right) \tag{D.6.3-2}$$

$$R_{V1} = \frac{\rho}{2\pi L_a} \times \left(\mathrm{Ln}\,\frac{2L_a}{D} + \frac{1}{2}\mathrm{Ln}\,\frac{4t + L_a}{4t - L_a} + \frac{\rho_a}{\rho}\mathrm{Ln}\,\frac{D}{d} \right) \tag{D.6.3-3}$$

$$R_{总} = k\,\frac{Rv}{N} \tag{D.6.3-4}$$

$$d = \frac{C}{\pi} \tag{D.6.3-5}$$

式中：R_{V1}——立式阳极接地电阻(Ω)，当 L_a 远大于 d，t 远大于 $L_a/4$ 时使用；

R_{VH}——水平式阳极接地电阻(Ω)；

ρ——土壤电阻率(Ω·m)；

ρ_a——填包料电阻率(Ω·m)；

L——阳极长度(m)；

L_a——阳极填料层长度(m)；

D——阳极填料层直径(m)；

d——阳极等效直径(m)；

C——周长(m)；

t——阳极中心到地面间距(m)；

k——修正系数(1.1～2.5)；

N——阳极数量(支)。

3 牺牲阳极输出电流可按下列公式计算：

$$I_0 = \frac{\Delta E}{R} \tag{D.6.3-6}$$

$$\Delta E = (E_C - e_c) - (E_a - e_a) \tag{D.6.3-7}$$

$$R = R_a + R_c + R_W \tag{D.6.3-8}$$

式中：I_0——牺牲阳极输出电流(A)；

ΔE——阳极有效电位差(V)；

E_C——阴极开路电位(V)；

E_a——阳极开路电位(V)；

e_c——阴极极化电位(V)；

e_a——阳极极化电位(V)；

R——回路总电阻(Ω)；

R_a——阳极接地电阻(Ω)；

R_c——阴极过渡电阻(Ω)；

R_W——回路导线电阻(Ω)。

4 阳极支数计算可按下式计算：

$$N = f\frac{I}{I_0} \tag{D.6.3-9}$$

式中：N——阳极数量(支)；

I——保护管段需要的保护电流(A)；

I_0——牺牲阳极输出电流(A)；

f——备用系数，取 2～3。

5 牺牲阳极重量可按下式计算：

$$W = \frac{Y \cdot \omega \cdot I}{0.85} \qquad \text{(D.6.3-10)}$$

式中：W——阳极净质量(kg)；

Y——阳极工作寿命(a)；

ω——阳极消耗率[kg/(A·a)]；

I——阳极平均输出电流(A)。

D.6.4 储罐底板外表面网状阳极阴极保护计算应符合下列规定：

1 基本参数选取应符合下列规定：

1)设计寿命不应低于 20 年；

2)阳极埋深应为 0.15m～0.35m；

3)回填沙的电阻率应为 200Ω·m～500Ω·m；

4)网状阳极系列阳极片、导电片参考间距可按表 D.6.4 选择。

表 D.6.4 网状阳极系列阳极片、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

2 总保护电流应按下式计算：

$$I_{总} = S \times I \qquad \text{(D.6.4-1)}$$

式中：$I_{总}$——总电流(mA)；

S——被保护的面积(m^2)；

I——阴极保护电流密度(mA/m^2),应符合本标准第 4.5.11 条的规定。

3 所需阳极的总长度可按下式计算:

$$L = I_{总} / I_{额} \tag{D.6.4-2}$$

式中:L——阳极总长度(m);

$I_{额}$——单位阳极长度可产生的电流(mA/m)。

4 阳极接地电阻可按下式计算:

$$R_N = \frac{\rho \times Q}{2\pi L}\left(\ln \frac{2L^2}{rt} - 2\right) \tag{D.6.4-3}$$

式中:R_N——阳极接地电阻(Ω);

ρ——土壤电阻率(Ω·m);

L——阳极片长度(m);

r——阳极片等量半径(m);

t——阳极网埋深(m);

Q——电阻系数,取 1.5。

5 阳极使用寿命可按下式计算:

$$Y = \frac{W}{8760 \times I_{实} \times \omega} \tag{D.6.4-4}$$

式中:Y——阳极使用寿命(a);

W——阳极表面混合金属氧化物涂层的重量(kg);

$I_{实}$——阳极实际发生的电流(A);

ω——阳极片的消耗率,取 6×10^{-6} kg/(A·h)。

6 恒电位仪容量的选择可按下列公式计算:

$$V_{REC} = 1.2 \times I_{总} \times R \tag{D.6.4-5}$$

$$R = R_N + R_w + R_c \tag{D.6.4-6}$$

$$R_w = \rho_{cu} \frac{L}{A_x} \tag{D.6.4-7}$$

$$R_C = R_S / S \tag{D.6.4-8}$$

式中:V_{REC}——恒电位仪输出电压(V);

$I_{总}$——所需的总的保护电流(A);

R——回路总电阻(Ω)；

R_N——阳极接地电阻(Ω)；

R_w——导线电阻(Ω)，包含阳极和阴极电缆电阻；

R_c——被保护体接地电阻(Ω)；

R_s——涂层面电阻率(Ω·m^2)，涂层质量优时，取 2×10^3 Ω·m^2；涂层质量一般或差时，取 1×10^2 Ω·m^2；裸钢板的电阻率取 0；

L——导线长度(m)；

A_x——导线截面积(m^2)；

ρ_{cu}——铜的体积电阻率，在 20℃时，一般取 1.72×10^{-8} Ω·m；

S——被保护体总表面积(m^2)。

D.6.5 储罐底板外表面线性阳极阴极保护计算应符合下列规定：

1 基本参数的选取应符合下列规定：

1)设计寿命不应低于 20 年；

2)阳极埋深不宜小于 0.30m；

3)回填沙的电阻率宜为 200Ω·m～500Ω·m。

4)线性阳极参考间距可按表 D.6.5 选择。

表 D.6.5 线性阳极参考间距

储罐直径(m)	间距(m)蛇形排列	间距(m)环形排列
80 以上	4	4
60	3	3
40	2.5	2.5
30	2.5	2.5
20	2	2
18	2	2

2 总保护电流应按下式计算：

$$I_{总} = S\times I \qquad \text{(D.6.5-1)}$$

式中：$I_{总}$——总电流(mA)；

S——被保护的面积(m^2)；

I——阴极保护电流密度(mA/m^2)，宜符合本标准第 4.5.11 条的规定，也可通过馈电试验选取。

3 所需阳极的总长度可按下式计算：

$$L = I_{总}/I_{额} \tag{D.6.5-2}$$

式中：L——阳极总长度；

$I_{额}$——单位阳极长度可产生的电流(mA/m)。

4 阳极接地电阻应按下式计算：

$$R_N = \frac{\rho \times Q}{2\pi L}\left(\ln \frac{2L^2}{rt} - 2\right) \tag{D.6.5-3}$$

式中：R_N——阳极接地电阻(Ω)；

ρ——土壤电阻率(Ω·m)；

L——阳极片长度(m)；

r——阳极片等量半径(m)；

t——阳极埋深(m)；

Q——电阻系数，取 1.5。

5 混合金属氧化物线性阳极的使用寿命可按下式计算：

$$Y = \frac{W}{8760 \times I_{实} \times \omega} \tag{D.6.5-4}$$

式中：Y——阳极使用寿命(a)；

W——阳极表面 MMO 涂层的重量(kg)；

$I_{实}$——阳极实际发生的电流(A)；

ω——阳极表面 MMO 涂层的消耗率[kg/(A·h)]。

6 恒电位仪输出电压应按下列公式计算：

$$V_{REC} = 1.2 \times I_{总} \times R \tag{D.6.5-5}$$

$$R = R_N + R_w + R_c \tag{D.6.5-6}$$

$$R_w = \rho_{cu}\frac{L}{A_x} \tag{D.6.5-7}$$

$$R_C = R_S/S \tag{D.6.5-8}$$

式中：V_{REC}——恒电位仪输出电压(V)；

$I_{总}$——所需的总的保护电流(A);

R——回路总电阻(Ω);

R_N——阳极接地电阻(Ω);

R_w——导线电阻(Ω),包含线性阳极导线电阻以及阳极和阴极电缆电阻;

R_s——涂层面电阻率(Ω·m^2),取 2×10^3 Ω·m^2;涂层质量一般或差时,取 1×10^2 Ω·m^2;裸钢板的电阻率取 0;

L——导线长度(m);

A_x——导线截面积(m^2);

ρ_{cu}——铜的体积电阻率,在 20℃时,一般取 1.72×10^{-8} Ω·m;

R_c——被保护体接地电阻(Ω);

S——总表面积(m^2)。

D.6.6 储罐周边深井阳极计算应符合下列规定:

1 总电流应按下式计算:

$$I_{总} = S\times I \qquad \text{(D.6.6-1)}$$

式中:$I_{总}$——总电流(mA);

S——被保护的面积(m^2);

I——阴极保护电流密度(mA/m^2),应符合本标准第 4.5.11 条的规定。

2 深井阳极接地电阻可按下式计算:

$$R_A = \frac{\rho}{2\pi L}\times\ln\frac{2L}{d} \qquad \text{(D.6.6-2)}$$

式中:R_A——深井阳极接地电阻(Ω),当 t 远大于 L 时使用;

L——辅助阳极长度(含填料)(m);

d——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);

ρ——土壤电阻率(Ω·m)。

3 恒电位仪容量可按下列公式计算:

$$I_T = I \times 110\% \quad \text{(D.6.6-3)}$$

$$V_T = R_T \times I_T + V_0 \quad \text{(D.6.6-4)}$$

式中：I_T——设备最小输出电流量；

V_0——阴、阳极间反向电压降(V)，一般取 2V。

4 阳极的数量可按下式计算：

$$N = \frac{Y \times g \times I}{G \times K} \quad \text{(D.6.6-5)}$$

式中：G——单支硅铁阳极的重量或 MMO 带阳极表面 MMO 涂层的重量(kg)；

N——阳极的数量(支)；

g——阳极的消耗率[kg/(A·a)]；

I——阳极工作电流(A)，取每回路所需的保护电流的计算值；

Y——阳极设计寿命(a)；

K——阳极利用率，取 0.70～0.85。

附录 E　阴极保护电位的测试

E.0.1　测试设备应至少包括下列内容：

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。

E.0.2　－850mV(CSE)准则的测试步骤应至少包括下列内容：

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，断电电位测量应在 0.5s 内完成；

7　断电电位宜采用有足够精度和灵敏度的数字记录仪记录。

E.0.3　100mV 极化电位差准则的测试步骤应至少包括下列内容：

1　极化衰减的测试步骤应包括下列内容：

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；

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应包括下列内容：

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。

附录F　磨料和表面处理

F.1　磨　　料

F.1.1　储罐表面处理常用磨料应符合表F.1.1的规定。

表F.1.1　储罐表面处理常用磨料

类型		缩写	原始颗粒形状	比较样块	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　原始颗粒形状符号应符合现行国家标准《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。

2　硅砂不应使用海砂，不宜使用河砂。

F.1.2　磨料应符合现行国家标准《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，且不得含有腐蚀性成分和影响涂层附着力的污物。

F.1.3　除加入到高压液体中或水砂混合料喷砂清理系统外，磨料应是干燥的，且应能自由流动、均匀进入喷射流中。

F.1.4　喷砂处理前应通过试验确定磨料。

F.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 C40～60；

2　非金属磨料应达到莫氏 6 级。

F.1.6　磨料颗粒的尺寸范围的选择应满足表面粗糙度的要求和表面洁净度的要求。部分磨料尺寸与表面粗糙度对应关系应符合表 F.1.6 的规定。

表 F.1.6　部分磨料尺寸与表面粗糙度对应关系表

磨料种类		表面粗糙度(μm)				
		25	37.5	50	62.5	75/100
磨料尺寸	钢砂	G80	G50	G40	G40	G25
	钢丸	S110	S170	S230	S280	S330/S390
	石英砂	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

注：由于硅化物对健康有害，宜避免使用石英砂。

F.1.7　当反复循环使用时，磨料应除去粉尘和污染物，并应补充新的磨料。

F.2　表面处理

F.2.1　表面锈蚀等级和除锈等级测定应符合下列规定：

1　储罐表面锈蚀等级和除锈等级的测定，应采用目视对比测定法；测定时，应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 的规定，并应进行拍照；

2　锈蚀等级宜按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定进行确定；

3　除锈等级应分为 Sa2 1/2、Sa3 和 St3 三级，宜按照现行国

家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 规定进行测定。

F.2.2　表面粗糙度的测定应符合下列规定：

1　应在现场用表面粗糙度测定仪进行测定；测定时，应符合现行国家标准《产品几何技术规范(GPS)　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。

2　检测区域位置的选择应符合下列规定：

1)应在储罐罐底、罐壁、罐顶选择若干检测区域，每块区域面积不宜小于 $10m^2$，每一单独区域不得断开；

2)检测区域面积之和不应小于总面积的 5%；

3)所选择的检测区域应包括各种表面处理工艺的表面。

3　测定过程应符合下列规定：

1)应在检测区域内选择 5 个检测点，每个检测点面积应为 $100cm^2$ 的正方形；

2)应在检测点内任意取 3 个点进行测量，测量结果应取平均值。

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

F.2.3　钢表面可溶性氯化物测定应符合下列规定：

1　钢表面可溶性氯化物应在现场测定，测定方法宜符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的评定试验　第9部分：水溶性盐的现场电导率测定法》GB/T 18570.9 的规定。

2　测量过程应符合下列规定：

1)可按照本标准第 F.2.2 条的规定，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 $100cm^2$ 的正方形；

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，水不得滴出或逸出检测点和擦洗工具；

4)当收集的擦洗液不足 50mL，应加水补足；

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

3 钢表面可溶性氯化物的含量应按下式计算：

$$P = P_{NaCl}/2 \qquad (F.2.3)$$

式中：P——钢表面可溶性氯化物的含量($\mu g/cm^2$)；

P_{NaCl}——擦洗液中可溶性氯化物含量($\mu g/cm^2$)，即 mg/L 的数值。

F.2.4 钢表面灰尘的检测应符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的评定试验 第 3 部分：涂覆涂料前钢材表面的灰尘评定(压敏粘带法)》GB/T 18570.3 的规定。

附录G　露点温度值查对表

G.0.1　露点温度值查对表(表G.0.1)。

表G.0.1　露点温度值查对表

空气温度(℃)	相对湿度下的露点温度(℃)						
	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	29.4	32.6	35.4	37.8	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:表中给出了空气温度和相对湿度所对应的露点温度,使用该表时应注意下列几点:

(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)表中的数值是可以通过公式(G.0.1)计算得到的。

$$t_d = 234.175 \times \frac{(234.175 + t)(\ln 0.01 + \ln\phi) + 17.08085t}{234.175 \times 17.08085 - (234.175 + t)(\ln 0.01 + \ln\phi)} \tag{G.0.1}$$

式中：t_d——露点温度（℃）；

t——空气温度（℃）；

ϕ——空气湿度（%）。

附录 H　涂装质量检验规则及方法

H.1　一般规定

H.1.1　检验时涂层表面应干燥且无附着物。

H.1.2　检验结果不合格时，应采取处理措施直至检验合格。

H.1.3　质量检验所用仪器应经计量部门鉴定合格且在有效期内。

H.2　涂敷过程质量检验

H.2.1　每完成一道涂敷，应对湿膜表观全部目测检查，湿膜应无漏涂、气泡、流挂、起皱、咬底等缺陷。

H.2.2　每一道涂层表干后，应进行目测检查，不得有起泡、分层起皮、流挂、漏涂等现象。

H.2.3　当涂层厚度达不到要求时应增加涂敷遍数直至合格。

H.3　涂层最终质量检验

H.3.1　涂层固化后，应及时检验涂层外观、厚度、漏点及粘结力，检验结果应做好记录。

H.3.2　外观检验应符合下列规定：

1　涂层应全部目测检查；

2　涂层表面应平整连续、光滑，且不得有发黏、脱皮、气泡、斑痕等缺陷。

H.3.3　厚度检验应符合下列规定：

1　宜将储罐表面分为罐底、罐壁、罐顶、钢制浮盘和其他附件五个部分，钢质储罐涂层厚度检测部位及点数可按表 H.3.3-1 的规定进行检查，钢质浮盘涂层厚度检测部位及点数可按表 H.3.3-2 的规定进行检查；各部分检测布点应均匀，焊缝处的检测点数不得

少于总检测点数的 20%。

表 H.3.3-1　钢质储罐涂层厚度检测部位及点数

储罐容积 $V(m^3)$	检测点数(个)			
	罐底	罐壁	罐顶	其他附件
$V \leqslant 1000$	10	20	10	10
$1000 < V \leqslant 10000$	20	60	28	20
$10000 < V \leqslant 30000$	28	80	40	28
$30000 < V \leqslant 50000$	40	100	60	40
$50000 < V \leqslant 100000$	60	140	80	60
> 100000	80	160	100	80

注：内外表面所检测的点数均应满足表中要求。

表 H.3.3-2　钢质浮盘涂层厚度检测部位及点数

储罐容积 $V(m^3)$	检测点数(个)			
	浮盘下表面	浮盘上表面	浮舱外缘板	每个浮舱内表面
$V \leqslant 10000$	20	16	10	2
$10000 < V \leqslant 30000$	28	20	14	2
$30000 < V \leqslant 50000$	40	30	20	2
$50000 < V \leqslant 100000$	60	50	30	2
$V > 100000$	80	60	40	2

注：每个浮舱内表面应至少包括一个底板检测点。

2　应按照现行国家标准《色漆和清漆　漆膜厚度的测定》GB/T 13452.2 的规定选用磁性测厚仪测定干膜厚度。

3　检测结果应符合“90－10”的规则，允许 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%。

H.4　漏点检验

H.4.1　漏点检验前防腐层表面应干燥。

H.4.2　采用电火花检漏仪检测时，涂层的检漏电压应为 5V/μm。连续检测时，检漏电压应每 4h 校正一次。检查时，探头应接触防

腐层表面，探头移动速度宜为 0.2m/s。

H.4.3 采用低压检漏仪检测时，宜采用低压湿海绵法进行漏点检验，检漏时电解液距金属裸露面的距离不应小于 13mm，检漏电压宜为 9V。

H.4.4 涂层应全部进行漏点检验，检验出的漏点应进行补涂。应将漏点周围至少 50mm 范围内的防腐层用砂轮或砂纸打毛，然后涂刷涂料至满足要求。固化后应再次进行漏点检验直至合格。

H.5 涂层附着力检验

H.5.1 涂层附着力检验宜符合现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210 的相关规定，测量结果应符合本标准附录 A 的规定。

H.5.2 应按不同的涂装方案分别制作涂层附着力检测试板，同样的涂装方案下，每 $1000m^2$ 应至少制作一块试板；储罐加热盘管、浮盘、浮舱等复杂结构应至少分别制作一块试板。试板的表面处理及涂层要求应与所代表的部位一致，试板表面处理和涂装应与所代表的部位在相同环境下同时施工。

H.5.3 试板的大小应符合现行国家标准《色漆和清漆 拉开法附着力试验》GB/T 5210 的规定，并应至少满足 6 次试验组合的需要。

H.6 涂层表面电阻率的测量

H.6.1 表面电阻率应按现行国家标准《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》GB/T 1410 进行测量。

H.6.2 涂层表面电阻率的测量应符合下列规定：

1 应按本标准附录 F.2.2 第 2 款的规定选择检测区域位置；

2 应在检测区域内选择 5 个检测点，每个检测点面积宜为 $400cm^2$；

3 应在检测点内任意取 3 个点进行测量，测量结果应取平均值。

本标准用词说明

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：

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：

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：

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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB 50058

《石油化工企业设计防火规范》GB 50160

《产品几何技术规范(GPS)　表面结构　轮廓法　表面粗糙度参数及其数值》GB/T 1031

《绝缘材料　电气强度试验方法　第1部分:工频下试验》GB/T 1408.1

《固体绝缘材料体积电阻率和表面电阻率试验方法》GB/T 1410

《涂料细度测定法》GB 1724

《色漆、清漆和塑料　不挥发物含量的测定》GB/T 1725

《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》GB/T 1728

《漆膜柔韧性测定法》GB/T 1731

《漆膜耐冲击测定法》GB/T 1732

《漆膜耐水性测定法》GB/T 1733

《漆膜耐湿热测定法》GB/T 1740

《色漆和清漆　耐中性盐雾性能的测定》GB/T 1771

《色漆和清漆　人工气候老化和人工辐射曝露　滤过的氙弧辐射》GB/T 1865

《电线电缆电性能试验方法　第3部分:半导电橡塑材料体积电阻率试验》GB/T 3048.3

《产品几何技术规范(GPS)　表面结构　轮廓法　术语、定义及表面结构参数》GB/T 3505

《钛及钛合金牌号和化学成分》GB/T 3620.1

《钛及钛合金加工产品化学成分允许偏差》GB/T 3620.2

《铝-锌-铟系合金牺牲阳极》GB/T 4948

《铝-锌-铟系合金牺牲阳极化学分析方法》GB/T 4949

《锌-铝-镉合金牺牲阳极》GB/T 4950

《锌-铝-镉合金牺牲阳极化学分析方法》GB/T 4951

《色漆和清漆拉开法附着力试验》GB/T 5210

《涂装作业安全规程　涂漆工艺安全及其通风净化》GB 6514

《涂装作业安全规程　安全管理通则》GB 7691

《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

《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定》GB/T 8923

《色漆和清漆　耐液体介质的测定》GB/T 9274

《热喷涂　金属和其他无机覆盖层　锌、铝及其合金》GB/T 9793

《产品几何技术规范(GPS)　表面结构　轮廓法　评定表面结构的规则和方法》GB/T 10610

《塑料　耐液体化学试剂性能的测定》GB/T 11547

《色漆和清漆　漆膜厚度的测定》GB/T 13452.2

《镁及镁合金化学分析方法》GB/T 13748.1～GB/T 13748.10

《镁合金牺牲阳极》GB/T 17731

《牺牲阳极电化学性能试验方法》GB/T 17848

《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的评定试验》GB/T 18570

《低压电涌保护器(SPD)　第12部分:低压配电系统的电涌保护器　选择和使用导则》GB/T 18802.12

《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

《镁合金牺牲阳极电化学性能测试方法》GB/T 24488

《建筑钢结构防腐蚀涂料中有害物质限量》GB 30981

《工业企业设计卫生标准》GBZ 1

《富锌底漆》HG/T 3668
《聚硅氧烷涂料》HG/T 4755
《交联型氟树脂涂料》HG/T 3792
《钢质管道熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315
《钢质储罐液体涂料内防腐层技术标准》SY/T 0319
《钢质储罐外防腐层技术标准》SY/T 0320
《钢制管道熔结环氧粉末内防腐层技术标准》SY/T 0442
《钢制管道液体环氧涂料内防腐层技术标准》SY/T 0457
《建筑反射隔热涂料》JG/T 235

中华人民共和国国家标准

钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准

GB/T 50393 - 2017

条 文 说 明

编 制 说 明

《钢质石油储罐防腐蚀工程技术标准》GB/T 50393—2017，经住房城乡建设部2017年10月25日以第1718号公告批准发布。

本标准是在《钢质石油储罐防腐蚀工程技术规范》GB 50393—2008的基础上修订而成。上一版的主编单位是中国石油化工集团洛阳石油化工工程公司，参编单位是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，主要起草人员是王菁辉、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。

本次修订组建了由用户、设计单位、研究单位、施工单位、材料生产商等涵盖储罐防腐蚀工程全生命期内的有关各方参加的编制组。在修订过程中，对国内在用的储罐的防腐蚀现状进行了调研，对新型、环保型材料（无溶剂、水性）涂料的性能、生产及应用进行了研究，同时还参考了国外行业协会（例如NACE、API）和工程公司（例如BP、BASF等）的标准。为使标准更具有代表性，编制组组织了多次内部会议和与用户、材料生产商等一起参加的外部讨论会。

本标准明确了防腐蚀工程实施过程中各方的职责；按可追溯性原则对施工环节的要求进行了修订与补充；对所用涂料的主要性能指标进行了修改完善；注重环境保护，强调水性、无溶剂、高固体份等环保型涂料的使用；结合国内实际，明确了阴极保护设计要求和计算方法；补充了边缘板的防护要求。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本

标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目　　次

1 总　　则

1.0.2 本标准针对的是新建储罐的防腐蚀工程，在役储罐的防腐蚀工程原则上可以参照执行。

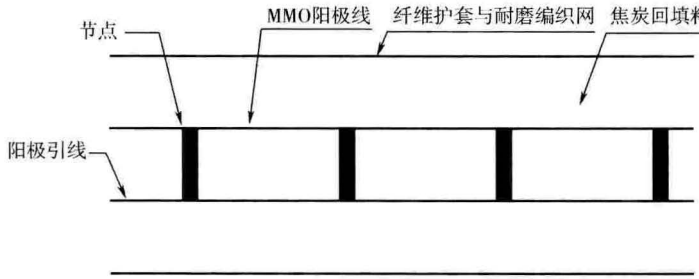
2 术　　语

2.0.2～2.0.4　储罐大气环境下的腐蚀与储存介质关系不大，介质环境下的腐蚀与储存介质密切相关，由于储存介质种类繁多，腐蚀性相差很大。本标准主要给出了石油及石油产品的防腐蚀方案，其他非石油产品及其制品的防腐蚀方案可根据介质的特性参考本标准要求确定。

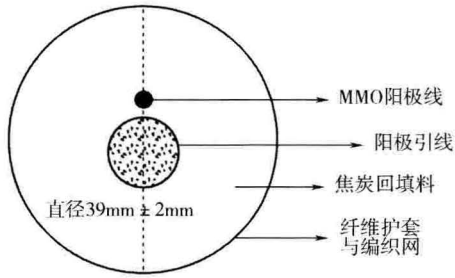
2.0.6　设计方是指完成储罐防腐蚀设计文件的单位，不是指完成储罐本体设计的单位。一般情况下，储罐本体的设计方可以与储罐防腐蚀设计为同一设计单位。当业主有特殊要求时，防腐蚀设计可以与储罐本体设计为不同单位。

2.0.29　根据阳极芯材的不同，线性阳极有 MMO/Ti 和导电聚合物两种形式。

(1)MMO/Ti 线性阳极由连续的 MMO/Ti(混合金属氧化物)阳极线、连续的内部铜芯电缆、阳极线和内部铜芯电缆连接的密封接头、焦炭包覆层、耐酸碱织层和耐磨编制网组成(如图 1 所示)。



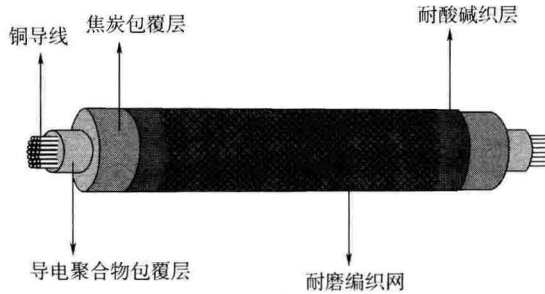
(a) 结构组成图



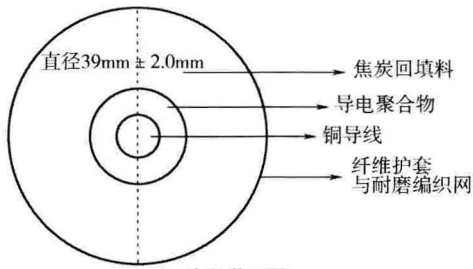
(b) 截面形状图

图 1　MMO/Ti 线性阳极示意图

(2)导电聚合物线性阳极是由阳极铜导线、导电聚合物包覆层、焦炭包覆层、耐酸碱织层和耐磨编制网组成(如图 2 所示)。



(a) 产品结构图



(b) 产品截面图

图 2　导电聚合物线性阳极示意图

3 基本规定

3.2 防腐蚀工程的设计寿命

3.2.2 本标准的腐蚀环境主要按大气环境和介质环境来分类。根据不同的腐蚀环境、腐蚀速率确定腐蚀程度和腐蚀等级，再根据腐蚀程度和腐蚀等级确定防腐蚀方案。大气环境腐蚀是指直接或间接与大气接触部分的腐蚀，介质环境腐蚀是直接或间接与介质接触部分的腐蚀。

1 储罐本体的设计使用寿命在其设计文件中已明确，一般为15年，有的为20年；

2 主体工程检修周期一般为6年～8年。

3.3 腐蚀等级

3.3.1 一般情况下，根据相应的国家标准或全国范围的环境监测站所提供的数据确定当地大气环境的年腐蚀速率。本标准中大气环境的年腐蚀速率是参照现行国家标准《大气环境腐蚀性分类》GB/T 15957的数据并经适当调整后得到的。在当地该数据难以获取时，一般按照大气对钢材表面腐蚀程度确定腐蚀等级。

大气对钢材表面腐蚀程度可根据大气中腐蚀介质、空气相对湿度和大气环境确定。大气中腐蚀介质可分为腐蚀性气体、酸雾、颗粒物、滴溅液体等。腐蚀性气体可按照现行国家标准《大气环境腐蚀性分类》GB/T 15957进行分类，大气环境气体分类见表1，大气中颗粒物的特征见表2。

表1 大气环境气体分类

气体类别	腐蚀性物质名称	腐蚀性物质含量(mg/m^3)
A	二氧化碳	<2000
	二氧化硫	<0.5

续表 1

气体类别	腐蚀性物质名称	腐蚀性物质含量(mg/m³)
A	氟化氢	<0.05
	硫化氢	<0.01
	氟的氧化物	<0.1
	氟	<0.1
	氟化氢	<0.05
B	二氧化碳	>2000
	二氧化硫	0.5～10
	氟化氢	0.05～5
	硫化氢	0.01～5
	氟的氧化物	0.1～5
	氟	0.1～1
	氟化氢	0.05～5
C	二氧化硫	10～200
	氟化氢	5～10
	硫化氢	5～100
	氟的氧化物	5～25
	氟	1～5
	氟化氢	5～10
D	二氧化硫	200～1000
	氟化氢	10～100
	硫化氢	>100
	氟的氧化物	25～100
	氟	5～10
	氟化氢	10～100

注：当大气中同时含有多种腐蚀性气体，则腐蚀级别应取最高的一种或几种为基准。

表 2　大气中颗粒物的特征

特征	名　　称
难溶解	硅酸盐，铝酸盐，磷酸盐，钙、钡、铅的碳酸盐和硫酸盐，镁、铁、铬、铝、硅的氧化物和氢氧化物
易溶解、难吸湿	钠、钾、锂、铵的氯化物，硫酸盐和亚硫酸盐，铵、镁、钠、钾、钡、铅的硝酸盐，钠、钾、铵的碳酸盐和碳酸氢盐
易溶解、易吸湿	钙、镁、锌、铁、铟的氯化物，镉、镁、镍、锰、锌、铟、铁的硫酸盐，钠、锌的亚硝酸盐，钠、钾的氢氧化物，尿素

可根据大气环境气体分类和大气中颗粒物的特征确定大气环境腐蚀程度，大气环境腐蚀程度分级见表 3 和表 4；也可根据适用环境确定大气环境腐蚀程度，见表 5。

表 3　按大气环境气体分类确定的大气环境腐蚀程度分级表

环境气体的分类	大气相对湿度（年平均，%）	大气环境	腐蚀程度
A	<60	乡村大气	无腐蚀
A	60～75	乡村大气	无腐蚀
B	<60	城市大气	
A	>75	乡村大气	轻腐蚀
B	60～75	城市大气和工业大气	
C	<60		
B	>75	城市大气	中腐蚀
C	60～75	工业大气和海洋大气	
D	<60		
C	>75	工业大气	强腐蚀
D	60～75		
D	>75	工业大气	强腐蚀

表 4　按大气中颗粒物特征确定的大气环境腐蚀程度分级表

腐蚀性物质		作用量	大气相对湿度（年平均，%）	腐蚀程度
酸雾	—	大量	＞75	强腐蚀
		少量	＞75	中腐蚀
			≤75	轻腐蚀
	有机酸	大量	＞75	强腐蚀
		少量	＞75	强腐蚀
			≤75	中腐蚀
颗粒物	难溶解	大量	＜60	轻腐蚀
	易溶解、难吸湿			轻腐蚀
	易溶解、易吸湿			中腐蚀
	难溶解	大量	60～75	轻腐蚀
	易溶解、难吸湿			中腐蚀
	易溶解、易吸湿			中腐蚀
	难溶解	大量	＞75	轻腐蚀
	易溶解、难吸湿			强腐蚀
	易溶解、易吸湿			强腐蚀
滴溅液体	工业水	pH＞3		中腐蚀
		pH≤3		强腐蚀
	盐溶液			强腐蚀
	无机酸			强腐蚀
	有机酸			强腐蚀
	碱溶液			强腐蚀
	一般有机液体			轻腐蚀

注：当大气中含有两类或以上腐蚀介质时，按照较高腐蚀程度进行选取；当几类腐蚀介质腐蚀程度相同时，腐蚀程度提高一级。

表 5　按适用环境确定的大气环境腐蚀程度分级表

腐蚀程度	低碳钢每平方米质量损失（暴露 1 年后）		适用环境	
	质量损失（g/m^2）	厚度损失（μm）	外部	内部
无腐蚀	＜200	＜25	乡村大气环境	

续表 5

腐蚀程度	低碳钢每平方米质量损失(暴露 1 年后)		适用环境	
	质量损失(g/m²)	厚度损失(μm)	外部	内部
轻腐蚀	200～400	25～50	乡村区域,低污染环境	非供暖区域、会出现冷凝水的环境,比如:仓库、体育场馆
中腐蚀	400～1600	50～200	城市及工业大气环境。含中度硫化物、低盐分临海区域	高湿度生产区,如食品加工厂、工业洗衣店、酿造厂、乳品加工厂等
强腐蚀	≥1600	≥200	含有中等含盐度的工业和沿海区; 高湿、高盐和恶劣大气环境的工业区; 海洋、近海,河口、高盐度临海区域	化工厂、游泳池、船厂; 含有高湿度和冷凝水的区域; 永远是高潮湿的严酷大气环境

储罐不同部位的腐蚀环境是不同的,储罐承受大气环境腐蚀的部位见表 6。

表 6　储罐承受大气环境腐蚀的部位

罐　　型		大气环境腐蚀部位
内浮顶罐	装配式浮盘	罐外底、外壁、外顶
	钢制焊接式浮盘	罐外底、外壁、外顶,浮舱内部
拱顶罐		罐外底、外壁、外顶
外浮顶罐		罐外底,外壁,储罐内壁上部 2m,浮舱内部,抗风圈、中间抗风圈、浮盘上表面及其附件
所有储罐		梯子平台、开口接管外壁

3.3.2　表 3.3.2“介质环境腐蚀等级”中的“均匀腐蚀速率”和“点蚀腐蚀速率”的数值参照了现行国家标准《钢质管道内腐蚀控制规范》GB/T 23258—2009 中的表 1。

储罐不同部位的腐蚀环境是不同的，储罐承受介质环境腐蚀部位见表7。

表7　储罐承受介质环境腐蚀的部位

罐　　型		大气环境腐蚀部位
内浮顶罐	装配式浮盘	罐内底、内壁、内顶
	钢制焊接式浮盘	罐内底、内壁、内顶， 浮顶底板下表面、外缘板外表面、接触油品的支柱等附件、浮顶上表面及其附件
拱顶罐		罐内底、内壁、内顶
外浮顶罐		罐内底板， 底板上部1.5m高的罐壁， 浮顶底板下表面、外缘板外表面、接触油品的支柱等附件
所有储罐		加热器(如有)、开口接管内壁

注：盛装油品的拱顶罐罐顶内表面同时受大气环境和介质油气环境腐蚀，一般认为该部位是介质环境腐蚀，腐蚀程度应比罐壁腐蚀程度高。

3.4　其　　他

3.4.1　“同时设计、同时施工、同时投用”即“三同时”，指的是在一个工程项目建设周期内，要把防腐蚀工程与主体工程一并完成。

4 设　　计

4.1 一般规定

4.1.1 储罐防腐蚀方案通常采用涂层方案或涂层和阴极保护联合的方案。单独采用阴极保护方案进行储罐防腐蚀是不经济的，但在一些油田小型储罐防腐蚀或在特定条件下需进行阴极保护时，单独采用阴极保护方案。

4.1.4 土壤腐蚀性较强区域的储罐罐底外表面容易受到腐蚀，重要性程度较高的储罐罐底外表面一旦发生腐蚀泄漏危害严重，因此本标准认为对这两类储罐罐底外表面要加强防腐。

通常认为土壤电阻率小于 20Ω·m 为土壤腐蚀性较强的地区。储罐基础的电阻率比周围土壤的电阻率高，可以起到减缓腐蚀的作用，但是基础周围的腐蚀性土壤可以通过毛细管作用影响储罐基础，因此可以通过周围土壤的电阻率来判断储罐罐底外表面的腐蚀状况。

土壤腐蚀性分类可参考表 8。

表 8　土壤腐蚀性分类

土壤腐蚀性	极强	强	中	弱	极弱
土壤电阻率(Ω·m)	<5	5～10	10～20	20～100	>100

重要程度较高的储罐指大型储罐和位于自然保护区、石油储备库等区域的储罐。大型储罐一般指内径大于或等于 30m 的储罐。

4.1.6 一般认为导静电型涂料可以将储罐内的静电导走，使其不产生静电积聚；但是如果涂料的表面电阻率过小，防腐蚀性能将受到较大影响，因此本标准明确了导静电涂料表面电阻率的范围。

本标准认为只有在储罐盛装可燃介质和易爆介质时，产生的静电积聚具有较大的危险性。通常可燃介质包括的范围可参考现行国家标准《石油化工企业设计防火规范》GB 50160—2008 条文说明中表 2；易爆介质指气体或者液体的蒸汽、薄雾与空气混合形成的爆炸混合物。并且其爆炸下限小于 10%，或爆炸上限和爆炸下限的差值大于或等于 20%的介质。

4.2 涂料涂层

4.2.1 涂料的要求本标准给出 3 款规定。

1 考虑到环保的要求越来越高，本标准推荐采用环保涂料。

3 底漆、中间漆、面漆、固化剂、稀释剂等互相匹配，并不是指底漆、中间漆、面漆、固化剂、稀释剂等必须选择同一厂家的产品，而是指它们使用时不能产生不良影响。

4.2.3 储罐设计时，一般储罐的设计温度高于储罐的最高操作温度。在选择涂料时，可以按照储罐的最高操作温度确定涂料的种类。“使用温度”是指涂料附着的金属表面的温度，一般可取储罐的最高操作温度。

大气环境腐蚀常用涂料特性见表 9，介质环境腐蚀常用涂料特性见表 10。

表 9 大气环境腐蚀常用涂料特性表

涂料种类	优点	缺点	使用注意	适用温度
醇酸	1. 单组分涂料，施工方便； 2. 底材润湿能力和附着力好； 3. 易于维修涂装； 4. 具有一定耐候性	1. 彻底干透的时间长； 2. 化学抗性和溶剂抗性差； 3. 耐碱性差； 4. 抗水浸泡能力差	1. 可使用于构筑物内外部干燥环境中； 2. 有水性化品种可以选用； 3. 不应使用在镀锌铁、富锌底漆上作为中间漆或面漆	≤80℃

续表 9

涂料种类	优　　点	缺　　点	使用注意	适用温度
丙烯酸	1. 单组分涂料，施工方便； 2. 快干性、低温施工性好； 3. 具有一定的化学抗性和耐水性； 4. 总体较好的光泽保持性和耐久性； 5. 易于重涂和维修涂装	1. 固体含量低； 2. 耐热性和抗溶剂性差； 3. 一次成膜厚度小； 4. 附着力一般	1. 不宜使用在温度大于 60℃ 的场合； 2. 有水性化品种可以选用	≤60℃
脂肪族聚氨酯	1. 良好的附着力与机械物理性能； 2. 耐水性、抗化学品性能好； 3. 具有优异的耐候性	双组分涂料，有使用期限制	1. 常作为面漆使用； 2. 有水性化品种可以选用	≤120℃
聚脲	1. 优异的硬度、耐磨和强韧性； 2. 优异的耐候性； 3. 快速固化性能； 4. 高固体份或无溶剂品种，低 VOC 含量	双组分涂料，有使用期限制且使用期较短	1. 有无溶剂品种可以选用； 2. 可以单道涂装在底材上代替常见的底漆、中间漆、面漆三涂层结构	≤80℃
氟碳漆	1. 具有超长耐候性； 2. 良好的耐水性及抗化性； 3. 良好的附着力与机械物理性能； 4. 具有抗污和自洁性能	双组分涂料，有使用期限制	常作为面漆使用	≤120℃
聚硅氧烷	1. 具有持久的耐候性； 2. 优异的耐水性及抗化性； 3. 优异的物理机械性能； 4. 高固体份涂料，VOC 含量低	双组分涂料，有使用期限制	常直接配套硅酸乙酯型无机富锌底漆做面漆	≤120℃

续表 9

涂料种类	优　　点	缺　　点	使用注意	适用温度
环氧	1. 优异的附着力； 2. 优异的硬度和耐磨性； 3. 优异的抗化学品性； 4. 优异的绝缘性； 5. 高固体份涂料	1. 双组分涂料，有使用期限制； 2. 耐紫外线能力差，户外易粉化； 3. 韧性差，有重涂时间限制	1. 常作为底漆、中间漆使用； 2. 有无溶剂、水性化的涂料品种可选用	≤80℃
环氧富锌	1. 优异的附着力和机械物理性能； 2. 优异的防锈性和电化学保护作用，大气腐蚀环境中的耐久性好； 3. 高固体份涂料	1. 底材处理要求高； 2. 抗酸、碱性差； 3. 双组分涂料，有使用期限制； 4. 颜色单一	1. 常用作高性能涂层体系中的底漆； 2. 有水性化品种可选用	≤80℃
无机富锌	1. 优异的防锈性和电化学保护作用； 2. 优异的硬度、耐磨性； 3. 优异的耐高温性能； 4. 优异的耐溶剂性能； 5. 快干性，可以制成车间底漆	1. 底材处理要求高； 2. 抗酸、碱性差； 3. 涂层韧性差； 4. 过厚的涂层易开裂； 5. 重涂性差； 6. 颜色单一	1. 高性能涂层体系中的底漆； 2. 潮气固化涂料，涂层固化依赖于空气湿度，后道涂料涂装前需检验其固化程度； 3. 自身重涂性差，漆膜修补需用有机富锌底漆，后道涂层复涂前需要薄喷封孔连接漆； 4. 涂层厚度不宜超过 125μm； 5. 有水性化品种	≤400℃（无保温）
丙烯酸改性有机硅耐热漆	1. 常温干燥； 2. 漆膜附着力好； 3. 具有良好的耐水、耐候、耐久型； 4. 具有一定的耐化工大气腐蚀性能	单道成膜厚度小	1. 常用于高温储罐； 2. 仅作面漆用 3. 常与无机富锌配合使用	≤260℃

表 10　介质环境腐蚀常用涂料特性表

涂料种类	优　　点	缺　　点	使用注意	适合使用环境	适用温度
环氧玻璃鳞片	1. 附着力好； 2. 涂层坚硬，耐磨，抗冲击性好； 3. 固化收缩率小，水汽和介质渗透率小； 4. 耐水及抗化学介质性好	1. 双组分涂料，有使用期限制； 2. 韧性差，有重涂时间限制； 3. 剪切强度低	1. 常用于埋地、浸水、污油、水储罐等应用场合； 2. 有无溶剂涂料品种可选择	原油和污水环境下的储罐底板	≤80℃
环氧	1. 优异的附着力； 2. 优异的硬度和耐磨性； 3. 优异的绝缘性； 4. 高固体份涂料	1. 双组分涂料，有使用期限制； 2. 韧性差，有重涂时间限制	1. 常作为底漆、中间漆使用； 2. 可用在埋地、浸水、储罐内衬等场合； 3. 有无溶剂、水性化的涂料品种可选用； 4. 有导静电型	水、轻质产品、馏分油、原油及汽油	≤80℃
酚醛环氧	1. 涂层附着力好； 2. 涂层硬度及耐磨性好； 3. 优异的抗强化学介质侵蚀性； 4. 玻璃化温度高，耐热介质腐蚀性好	1. 双组分涂料，有使用期限制； 2. 韧性差，有重涂时间限制	3. 常用于侵蚀性强的化学品储罐和耐高温介质侵蚀的环境； 4. 有无溶剂涂料品种可选择； 5. 有导静电型	轻质产品、馏出物、芳香族产品、高纯水、酸性产品、原油和汽油	≤120℃

续表 10

涂料种类	优　　点	缺　　点	使用注意	适合使用环境	适用温度
无机富锌	1. 优异的防锈性和电化学保护作用； 2. 优异的硬度、耐磨性； 3. 优异的耐高温性能； 4. 优异的耐溶剂性能； 5. 快干性，可以制成车间底漆	1. 底材处理要求高； 2. 抗酸、碱性差； 3. 涂层韧性差； 4. 过厚的涂层易开裂； 5. 重涂性差； 6. 颜色单一	1. 潮气固化涂料，涂层固化依赖于空气湿度，后道涂料涂装前需检验其固化程度； 2. 自身重涂性差，漆膜修补需用有机富锌底漆，后道涂层复涂前需要薄喷封孔连接漆； 3. 涂层厚度不宜超过 125μm； 4. 有水性化品种	芳香族环烃（醇、酮等有机溶剂）	≤400℃
耐高温有机硅	良好的耐热、耐水、电绝缘性	硬度低、耐燃性差，耐油性差		高温储罐	≤400℃

4.2.4　本标准对大气腐蚀环境涂装方案给出了 6 款要求。

1　日光中的紫外线对部分涂料性能影响较大，容易造成部分涂料粉化脱落。紫外线强弱程度可以用紫外线指数表示。紫外线指数是指在一天中太阳在天空中的位置最高时（一般是在中午前后）到达地面的太阳光线中的紫外线辐射对人体皮肤的可能损伤程度。气象部门通过分析气象条件对紫外线辐射的影响程度，研究什么样的气象条件下紫外线辐射比较强、什么样的气象条件使紫外线辐射减弱，据此发布紫外线指数预报，以指导公众采取适当的防护措施。紫外线指数用 0～15 的数字表示。

2　有保温的储罐在潮湿地区大气环境腐蚀严重。由于面漆致密性较好，所以防腐蚀方案一般包括面漆，但由于在保温层下不直接受大气影响，因此可以不采用耐候型面漆。不锈钢储罐一般不防腐，因此本标准没有作出相关规定。但是，在沿海地区由于受盐雾影响，氯离子含量较高，所以奥氏体不锈钢储罐需要涂刷防腐涂料。

3　轻质油品通常为终馏点不大于 220℃的介质，主要包括石脑油、焦化汽油、焦化汽柴油、催化汽油（未加氢、精制）等油品，以及含有轻质油组分的轻污油、含硫污水等。常用易挥发有机溶剂介质包括苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯、甲醇、乙醇、丙酮等。

5　氨气（NH_3）是大气中主要碱性气态污染物。

4.2.6　按储存介质种类的不同，储存介质可分为原油、中间产品、产品、含硫污水、消防水等。中间产品是指储存石脑油、粗汽油、粗柴油、蜡油、渣油等各类中间产品。产品包括成品油和有机溶剂。成品油是指汽油、柴油、煤油、航空煤油、润滑油等各类油品。含硫污水是指储存各类含酸、碱、盐、污油及各类硫化物的污水。

有机溶剂是指能溶解一些不溶于水的物质（如油脂、蜡、树脂、橡胶、染料等）的一类有机化合物，其特点是在常温常压下呈液态，具有较大的挥发性，在溶解过程中溶质与溶剂的性质均无改变。有机溶剂的种类较多，按其化学结构可分为 10 大类：

(1)芳香烃类：苯、甲苯、二甲苯等；

(2)脂肪烃类：戊烷、己烷、辛烷等；

(3)脂环烃类：环己烷、环己酮、甲苯环己酮等；

(4)卤化烃类：氯苯、二氯苯、二氯甲烷等；

(5)醇类：甲醇、乙醇、异丙醇等；

(6)醚类：乙醚、环氧丙烷等；

(7)酯类：醋酸甲酯、醋酸乙酯、醋酸丙酯等；

(8)酮类：丙酮、甲基丁酮、甲基异丁酮等；

(9)二醇衍生物：乙二醇单甲醚、乙二醇单乙醚、乙二醇单丁醚等；

(10)其他:乙腈、吡啶、苯酚等。

本标准针对介质环境防腐蚀涂装方案给出了6款要求。

2 对储存航空燃料类的储罐内表面涂料性能有特殊要求,是为了防止涂料污染介质。

3 一般比较纯净的有机溶剂介质可以不采取防腐蚀措施,但有的有机溶剂腐蚀性较强,如苯酚、苯胺等介质偏碱性,丙烯酸是酸性,甲醇遇铁锈易产生颜色变化,需要采取防腐蚀措施,可采用金属涂层或无机富锌防腐涂料。无机富锌涂料可以使用在温度低于80℃的有机溶剂储罐内壁,特别是用来耐受C4以下强极性的小分子化工品,保护储存介质不受到污染,例如醇类、酮类等。这类化学品由于分子结构电荷分布不均匀造成极性较强,对一些有机树脂的漆膜穿透力较强,很容易造成漆膜溶胀而过早失效。储罐内壁涂料底漆和面漆宜使用同一种树脂的涂料,以保证良好的层间结合力,避免在长期浸泡中由于温度波动导致热胀冷缩不一致而影响内壁涂料系统的层间附着力下降。

4.2.7 对于加热器等高温加热设施,建议采取增加加热器管壁腐蚀裕量来保证加热器的运行寿命,也可采用合适的涂装方案进行防腐。

4.2.8 根据现行国家标准《立式圆筒形钢制焊接油罐设计规范》GB 50341—2014附录E3.1"储罐基础顶部应采用沥青砂垫层,厚度不小于100mm",所以罐底外表面接触的基础表面一般为沥青砂垫层,与天然土壤成分、物理性能不同,因此本标准将防腐蚀方案单独列出。可以根据储罐周围土壤的电阻率确定储罐底板下表面的腐蚀等级,同时参考储罐所处大气环境和储存介质的操作温度等因素,具体见表11。环氧煤沥青有毒,环保性能差,本标准不推荐采用,但是该材料便宜实用,目前储罐底板下表面防腐中经常采用,环氧煤沥青在储罐防腐蚀工程中的适用范围见表12。

表 11　土壤的电阻率与储罐底板下表面腐蚀等级对应表

土壤电阻率 ρ(Ω·m)	≥20	10≤ρ<20	<10
储罐底板下表面的腐蚀等级	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ

表 12　环氧煤沥青在储罐防腐蚀工程中的适用范围

涂料种类	使用温度(℃)	腐蚀等级Ⅱ	腐蚀等级Ⅲ	腐蚀等级Ⅳ
		干膜厚度(μm)/道数	干膜厚度(μm)/道数	干膜厚度(μm)/道数
环氧煤沥青	≤80	≥300/2～3	≥400/3～4	≥500/3～5

4.3　金属涂层

4.3.2　每一种金属涂层都有其特定的封闭涂层，不能随意搭配使用。

4.4　罐底板边缘防护

4.4.1　罐底板边缘防护材料与储罐罐体防腐材料区别较大，因此本标准将罐底板边缘防护单独进行规定。

4.4.2　目前储罐罐底板边缘防护材料很多，有 CTPU、矿脂带、密封油带、防水橡胶带、防水胶泥、粘弹体、弹性防水涂料贴敷无蜡中碱玻璃布或防水胶带等。每种材料有各自的特点，防腐效果差别很大，还需要进一步研究和时间的检验，待技术成熟后，再纳入标准。为方便大家使用，常用罐底板边缘防护材料性能指标见表 13。

表 13　常用罐底板边缘防护材料性能指标

序号	项目		指标	试验方法
1	固体含量(%)		≥80	GB/T 19250
2	干燥时间	表干时间(h)	≤6	GB/T 19250
		实干时间(h)	≤24	
3	断裂伸长率(%)		≥300	GB/T 19250
4	粘结强度(MPa)		≥1.0	GB/T 16777 A 法

续表 13

序号	项　　目	指　　标	试验方法
5	耐盐雾性(500h)	不起泡、不开裂、不脱层	GB/T 1771
6	人工加速老化(500h)	不起泡、不开裂、不脱层，允许1级变色、1级失光和1级粉化	GB/T 1865

4.5 阴极保护

4.5.1 本条给出了7款阴极保护的一般要求。

1 由于石油储罐大多数情况下储存的是易燃易爆介质可能性，强制电流阴极保护系统驱动电位高，电器回路连接复杂，存在产生电火花的可能性，所以储罐内壁推荐采用牺牲阳极进行阴极保护。保护范围包括储罐底板内壁及与底部沉降水接触的储罐壁板内壁。

4.5.5 铝合金牺牲阳极按材料成分分为五种：铝锌铟镉合金牺牲阳极、铝锌铟锡合金牺牲阳极、铝锌铟硅合金牺牲阳极、铝锌铟锡镁合金牺牲阳极、铝锌铟镁钛合金牺牲阳极。镉可对环境造成严重污染，对人体健康危害极大，故不建议采用铝锌铟镉合金牺牲阳极。

4.5.8 新建储罐如采用海水试压，水压试验完成后立即将海水排尽，用清水清洗储罐内。

4.5.9 储罐罐底外表面阴极保护电位－1200mV～－850mV是指消除IR降后的保护电位。100mV极化准则通常用于耗电量大、自然电位低的场合，其在高温条件下、土壤中含硫酸盐还原菌、存在杂散电流干扰及异种金属材料偶合的情况下不适用。其他常用参比电极及相对于饱和硫酸铜参比电极(CSE)的保护电位(25℃)见表14。

表 14　常用参比电极相对于 CSE 的保护电位对照表

参比电极	相对于CSE的保护电位－0.850(V)
饱和甘汞参比电极	－0.780
饱和氯化银参比电极(用于海水)	－0.800
高纯锌参比电极	＋0.250

4.5.10 储罐罐底外表面阴极保护方案的确定与设计基础资料和现场调查结果有关。设计基础资料和现场调查结果是指有助于阴极保护设计的资料。设计基础资料包括总平面和系统布置;储罐规格、设计寿命、基础结构、防腐涂层结构等储罐设计参数;防渗结构;电绝缘、电跨接及接地极等;拟建阴极保护间位置;相关电缆走向及敷设方式;可利用的电源;防爆区域划分等。现场调查结果包括已建和拟建阴极保护系统;可能存在的杂散电流干扰源;土壤电阻率、地下水位、冻土层深度、基岩深度及其他特殊环境条件;附近的地下金属构筑物分布;是否有排水不畅区域;区域内类似储罐的泄漏记录;其他维护和运行数据等。

储罐外部阴极保护系统设计时还需考虑以下影响因素:

(1)当采用混凝土、沥青砂、沥青等作为储罐基础材料时,可能对阴极保护电流起到一定的屏蔽作用,从而影响阴极保护系统的有效运行;

(2)高温、防腐层脱落、细菌腐蚀、土壤中含有特殊污染物、罐底与基础接触不良、罐底基础干燥也会影响阴极保护系统的有效运行。

只有当电流能够从阳极到达储罐罐底的情况下,阴极保护才是一种行之有效的腐蚀控制措施。有多种因素可能减少或阻止阴极保护电流的流动,因此在某些情况下会影响阴极保护系统的有效运行。其影响因素如储罐基础采用混凝土、沥青、沥青砂;在储罐罐底和阳极之间设置防渗结构;高电阻率土壤或岩石基础;储罐采用双层罐底结构等。

采用混凝土、沥青砂、沥青等作为储罐基础材料时,可以阻挡地下水,减缓罐底腐蚀,但可能对阴极保护电流起到一定的屏蔽作用,从而影响阴极保护系统的有效运行。

4.5.11 对于储罐罐底外壁有防腐蚀涂层部分的阴极保护电流密度一般取 $10mA/m^2 \sim 20mA/m^2$,还需要考虑涂层的损失。如果储罐的操作温度较高,一般认为以 30℃为基准,每升高 10℃,阴极

保护电流密度增加25%，可按照下式估算。

$$I_1 = I_0 \times 1.25 \times (t - 30)/10 \quad (1)$$

式中：I_1——阴极保护电流密度（mA/m^2）；

I_0——初始阴极保护电流密度（mA/m^2）；

4.5.12 本条是对储罐外部牺牲阳极保护设计的规定。

第5款，牺牲阳极应敷设在罐底与防渗结构之间是为了防止电流屏蔽。

4.5.13 辅助阳极按照敷设方式可分为近阳极地床、浅埋阳极地床和深井阳极地床，近阳极地床一般敷设在罐底，采用网状阳极或柔性阳极。浅埋阳极地床敷设在罐周或罐底，可以水平敷设、垂直敷设或斜插式敷设。深井阳极地床根据实际情况选择适合的敷设位置。

辅助阳极按照材质可分为高硅铸铁阳极、混合金属氧化物阳极、柔性阳极等。

5 施　　工

5.1 一般规定

5.1.2 根据住房城乡建设部《关于印发〈建筑企业资质标准〉的通知》(建市〔2014〕159号)第18项“防水防腐保温工程专业承包资质标准”,防腐蚀施工企业需要有相应施工资质。

5.6 阴极保护

5.6.5 阳极可以是预包装的,也可以在地面整体组装或分段组装及下井过程中安装。深井的直径、深度要满足设计要求。

当阳极井深度小于40m或预包装阳极数量不超过4支时,推荐采用地面组装,整体吊装的安装方式;其他情况可采用井口分段组装。当采用井口分段组装时,建议在井口配备防止阳极滑落的止滑装置。

阳极下井过程中,确保阳极垂直、平稳下放,防止井壁坍塌。

保证电缆导线或排气管的连接可靠;电缆导管和排气管的高度位置至少引至地面上20cm;每根阳极电缆直接连接到井口附近的阳极接线箱或阳极接线桩,中间没有接头;每根阳极电缆的自由端按顺序作永久标记;阳极导线及接头不承重。

碳填料充满阳极区,且超过阳极顶部1m以上,确保炭填装密实;碳填料上方再填充至少1m的粗砂或砾石。

安装过程中要注意阳极电缆的放置,保证电缆有一定的裕量且无损伤和承重。在井口固定好阳极电缆,通过套管引入接线箱,按顺序接好。一周后在保护系统断电状态下测量阳极接地电阻并做好记录。安装测试完工后,安装阳极井地面标记。

5.6.7 本条是对网状阳极地床施工的规定。

第 2 款，每个 MMO 阳极带之间或阳极带与导电钛片之间的交叉点采用点焊时，点焊数一般不少于 3 个。阳极馈入点与导电钛片的点焊长度一般不小于 10cm，点焊数一般不少于 4 个。

5.7 过程检查与施工质量控制

5.7.3 储罐涂装过程质量检验一般包括涂层外观检查、表面清洁度检查、检查/检测区域记录、粗糙度/湿膜厚/干膜厚/漏点检测记录，可以参照表 15～表 18 进行记录。

5.7.4 本条是对漆模实干后涂装质量检查的规定。

第 3 款，低压检漏仪为使用直流电压低于 100V 的低压湿海绵检漏仪，当绝缘型涂层厚度大于 25μm 且小于 200μm 时，选用低压检漏仪是合适的。电火花检测仪虽能检测任意厚度的防腐层，但为破坏性检验，为了保证涂层质量，所以导静电涂层不推荐采用电火花检测仪。

5.7.5 本条是对涂层最终质量检查的规定。

第 5 款，涂层附着力检测属于破坏性试验，因此本标准在保证涂层质量的前提下优先选取同环境下的试块进行检测。

5.7.7 储罐阴极保护过程检查与施工质量控制一般包括罐内牺牲阳极安装质量检查、罐外牺牲阳极安装质量检查、罐外辅助阳极—分布式阳极安装质量检查、罐外辅助阳极—深井阳极安装质量检查、罐底板下表面线性阳极安装质量检查、罐底板下表面 MMO 带阳极安装质量检查，可以参照表 19～表 24 进行记录。

表 15　涂层外观检查表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>检查日期：</td><td colspan="2">储罐名称：</td><td>储罐编号：</td></tr>
<tr><td>检查区域</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">检查依据</td><td colspan="3">防腐设计文件：</td></tr>
<tr><td colspan="3">防腐施工技术文件：</td></tr>
<tr><td colspan="3">其他文件：</td></tr>
<tr><td rowspan="11">检查内容</td><td>检查项目</td><td>要求</td><td>是否符合要求</td></tr>
<tr><td>平整</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>颜色一致</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>无漏涂</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>泛锈</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>气泡</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>流挂</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>皱皮</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>咬底</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>剥落</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>开裂</td><td></td><td>是□　否□</td></tr>
<tr><td>不符合位置示意图</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>不符合描述</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>不符合部位照片</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">备注：</td></tr>
<tr><td>施工班组长：

年　月　日</td><td>专业工程师：

年　月　日</td><td>质量检查员：

年　月　日</td><td>检查单位：　（盖章）

年　月　日</td></tr>
</table>

表 16　表面处理检查表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">检查日期：</td><td colspan="2">储罐名称：</td><td>储罐编号：</td></tr>
<tr><td>检查区域</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">检查依据</td><td colspan="4">防腐设计文件：</td></tr>
<tr><td colspan="4">防腐施工技术文件：</td></tr>
<tr><td colspan="4">其他文件：</td></tr>
<tr><td rowspan="12">检查内容</td><td>检查项目</td><td>要求</td><td colspan="2">是否符合要求</td></tr>
<tr><td>待涂表面残留盐分</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>待涂表面残留油脂</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>待涂表面化学品和
其他污染物等有害物质</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>焊缝预处理</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>焊渣预处理</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>毛刺预处理</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>边缘弯角预处理</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>喷射处理无法到达的区域的预处理</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>除锈等级</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>表面可溶性氯化物残留量</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>灰尘度 2 级及以上(以正常或校正视力刚刚可见微粒直径≤100μm)</td><td></td><td colspan="2">是□　否□</td></tr>
<tr><td>不符合位置示意图</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>不符合描述</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>不符合部位照片</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">备注：</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工班组长：

年　月　日</td><td>专业工程师：

年　月　日</td><td>质量检查员：

年　月　日</td><td>检查单位：　（盖章）

年　月　日</td></tr>
</table>

表 17　检查/检测区域记录表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">检查日期：</td><td colspan="2">储罐名称：</td><td>储罐编号：</td></tr>
<tr><td>检查/检测区域</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">检查/检测内容</td><td>粗糙度　□</td><td colspan="2">漏点　□</td><td></td></tr>
<tr><td>湿膜厚　□</td><td colspan="2">干膜厚　□</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">检查/检测依据</td><td colspan="4">防腐设计文件：</td></tr>
<tr><td colspan="4">防腐施工技术文件：</td></tr>
<tr><td colspan="4">其他文件：</td></tr>
<tr><td colspan="5">受检区域分布图</td></tr>
<tr><td colspan="5">备注：</td></tr>
<tr><td colspan="2">施工班组长：

年　月　日</td><td>专业工程师：

年　月　日</td><td>质量检查员：

年　月　日</td><td>检查单位：　（盖章）

年　月　日</td></tr>
</table>

表 18　粗糙度/湿膜厚/干膜厚/漏点检测记录表

项目名称						
检查日期：		储罐名称：		储罐编号：		
检查区域						
检测内容			检测点数			
仪器型号			环境条件			
部位编号	实测值			平均值	要求	是否合格
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
						是□　否□
备注：						
施工班组长： 年　月　日	专业工程师： 年　月　日	质量检查员： 年　月　日	检查单位：　（盖章） 年　月　日			

表 19　罐内牺牲阳极安装质量检查记录表

<table>
<tr><td colspan="2">项目名称</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">单元名称：</td><td colspan="2">施工单位：</td><td>检验：</td></tr>
<tr><td colspan="4">质量检查规定</td><td>施工单位
检查评定记录</td><td>监理(建设)
单位检查意见</td></tr>
<tr><td>主控项目</td><td colspan="3">牺牲阳极的种类、型号和数量应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="14">一般项目</td><td>1</td><td colspan="2">牺牲阳极的安装位置应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">2</td><td rowspan="4">牺牲阳极支撑角与罐底板焊接缝长度应符合设计要求</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">牺牲阳极的表面应无油漆等污染物</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">牺牲阳极应完整无损坏</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">5</td><td rowspan="4">牺牲阳极下表面距离储罐底板高度应符合设计要求</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">6</td><td rowspan="4">牺牲阳极保护电位</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td>施工单位检查评定结果</td><td colspan="5">项目专业质量检查员：　　年　月　日</td></tr>
<tr><td>监理(建设)单位检查结论</td><td colspan="5">监理工程师：
(建设单位项目代表)　　年　月　日</td></tr>
</table>

表 20　罐外牺牲阳极安装质量检查记录表

项目名称			单元名称	
施工单位			检验批编号	
质量检查规定			施工单位检查评定记录	监理(建设)单位检查意见
主控项目	1	牺牲阳极的种类、型号和数量应符合设计要求		
	2	化学填包料组分和重量应符合设计要求		
	3	阴极保护电缆的规格应符合设计要求		
	4	参比电极的种类、型号和数量应符合设计要求		
一般项目	1	牺牲阳极的安装位置、安装方式应符合设计要求		
	2	阳极回填应密实,阳极埋设后应浇水充分浸透		
	3	牺牲阳极接地电阻应符合设计要求		
	4	牺牲阳极开路电位	测试点 1	
			测试点 2	
			测试点 3	
			……	
	5	牺牲阳极闭路电位	测试点 1	
			测试点 2	
			测试点 3	
			……	
	6	储罐底板保护电位	测试点 1	
			测试点 2	
			测试点 3	
			……	
	7	阴极保护电缆的焊接点、连接点应连接牢固且导电良好,连接电阻应≤0.01Ω	测试点 1	
			测试点 2	
			测试点 3	
			……	
	8	电缆连接点和焊接点应进行防水密封		
	9	阴极保护电缆的编号应符合设计要求		
	10	参比电极的安装位置、安装方式应符合设计要求		
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员：　　年　月　日			
监理(建设)单位检查结论	监理工程师： (建设单位项目代表)　　年　月　日			

表 21　罐外辅助阳极—分布式阳极安装质量检查记录表

项目名称				单元名称	
施工单位				检验批编号	
质量检查规定				施工单位检查评定记录	监理(建设)单位检查意见
主控项目	1	辅助阳极的种类、型号和数量应符合设计要求			
	2	焦炭填料的规格和重量应符合设计要求			
	3	阴极保护电缆的规格应符合设计要求			
	4	参比电极的种类、型号和数量应符合设计要求			
一般项目	1	辅助阳极的安装位置、安装方式应符合设计要求			
	2	阳极回填应密实，阳极埋设后应浇水充分浸透			
	3	阳极接地电阻应符合设计要求			
	4	储罐底板保护电位	测试点 1		
			测试点 2		
			测试点 3		
			……		
	5	阴极保护电缆的焊接点、连接点应连接牢固且导电良好，连接电阻应≤0.01Ω	测试点 1		
			测试点 2		
			测试点 3		
			……		
	6	电缆连接点和焊接点应进行防水密封			
	7	阴极保护电缆的编号应符合设计要求			
	8	参比电极的安装位置、安装方式应符合设计要求			
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员：　　年　月　日				
监理(建设)单位检查结论	监理工程师： (建设单位项目代表)　　年　月　日				

表 22　罐外辅助阳极—深井阳极安装质量检查记录表

<table>
<tr><td colspan="2">项目名称</td><td colspan="2"></td><td>单元名称</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">施工单位</td><td colspan="2"></td><td>检验批编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">质量检查规定</td><td>施工单位
检查评定记录</td><td>监理(建设)
单位检查意见</td></tr>
<tr><td rowspan="4">主控
项目</td><td>1</td><td colspan="2">辅助阳极的种类、型号和数量应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">焦炭填料的规格和重量应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">阴极保护电缆的规格应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td colspan="2">参比电极的种类、型号和数量应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="13">一般
项目</td><td>1</td><td colspan="2">辅助阳极的安装位置、安装方式应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">阳极接地电阻应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">储罐底板保护电位</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">阴极保护电缆的焊接点、连接点应连接牢固且导电良好，连接电阻应≤0.01Ω</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="2">电缆连接点和焊接点应进行防水密封</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td colspan="2">阴极保护电缆的编号应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="2">参比电极的安装位置、安装方式应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>施工单位
检查评定
结果</td><td colspan="5">项目专业质量检查员：　　年　月　日</td></tr>
<tr><td>监理(建设)
单位检查
结论</td><td colspan="5">监理工程师：
(建设单位项目代表)　　年　月　日</td></tr>
</table>

表 23　罐底板下表面线性阳极安装质量检查记录表

<table>
<tr><td colspan="2">项目名称</td><td colspan="2"></td><td>单元名称</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">施工单位</td><td colspan="2"></td><td>检验批编号</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">质量检查规定</td><td>施工单位
检查评定记录</td><td>监理(建设)
单位检查意见</td></tr>
<tr><td rowspan="3">主控
项目</td><td>1</td><td colspan="2">线性阳极的种类、型号和数量应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">阴极保护电缆的规格应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td colspan="2">参比电极的种类、型号和数量应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="13">一般
项目</td><td>1</td><td colspan="2">线性阳极的安装位置、安装方式应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td colspan="2">阳极接地电阻应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">储罐底板保护电位</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">阴极保护电缆的焊接点、连接点应连接牢固且导电良好，连接电阻应≤0.01Ω</td><td>测试点 1</td><td></td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>测试点 2</td><td></td></tr>
<tr><td>测试点 3</td><td></td></tr>
<tr><td>……</td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="2">电缆连接点和焊接点应进行防水密封</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>6</td><td colspan="2">阴极保护电缆的编号应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td colspan="2">参比电极的安装位置、安装方式应符合设计要求</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>施工单位
检查评定
结果</td><td colspan="5">项目专业质量检查员：　　年　月　日</td></tr>
<tr><td>监理(建设)
单位检查
结论</td><td colspan="5">监理工程师：
(建设单位项目代表)　　年　月　日</td></tr>
</table>

表 24　罐底板下表面 MMO 带阳极安装质量检查记录表

项目名称				单元名称	
施工单位				检验批编号	
质量检查规定				施工单位检查评定记录	监理(建设)单位检查意见
主控项目	1	MMO 带阳极的种类、型号和数量应符合设计要求			
	2	阴极保护电缆的规格应符合设计要求			
	3	阳极馈入点的型号和数量应符合设计要求			
	4	参比电极的种类、型号和数量应符合设计要求			
一般项目	1	MMO 带阳极的安装位置、安装方式应符合设计要求			
	2	MMO 带阳极和导电钛片的点焊数量应符合设计要求			
	3	阳极馈入点与导电钛片的焊接长度和点焊数量应符合设计要求			
	4	阳极接地电阻应符合设计要求			
	5	储罐底板保护电位	测试点 1		
			测试点 2		
			测试点 3		
			……		
	6	阴极保护电缆的焊接点、连接点应连接牢固且导电良好，连接电阻应≤0.01Ω	测试点 1		
			测试点 2		
			测试点 3		
			……		
	7	电缆连接点和焊接点应进行防水密封			
	8	阴极保护电缆的编号应符合设计要求			
	9	参比电极的安装位置、安装方式应符合设计要求			
施工单位检查评定结果	项目专业质量检查员：　　年　月　日				
监理(建设)单位检查结论	监理工程师： (建设单位项目代表)　　年　月　日				

6 交工验收

6.0.4 储罐防腐蚀工程验收一般包括隐蔽工程验收、防腐工程交工验收检查，可以参照表25和表26进行记录。

表25 隐蔽工程验收记录表

<table>
<tr><td>项目名称</td><td></td><td>单元名称</td><td></td></tr>
<tr><td>隐蔽项目</td><td></td><td>施工图号</td><td></td></tr>
<tr><td>隐蔽内容
及简图</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>检查
结果</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">建设/监理单位</td><td>总承包单位</td><td>施工单位</td></tr>
<tr><td colspan="2">专业工程师：

日期：　　年　月　日</td><td>专业工程师：

日期：　　年　月　日</td><td>专业工程师：

质量检查员：

施工班组长：

日期：　　年　月　日</td></tr>
</table>

表 26　防腐工程交工验收检查记录表

项目名称		单元工程			
防腐前表面状态		环境温度	℃	环境相对湿度	%
防腐部位					
防腐层结构及要求					

检查项目与要求	检查结果
原材料符合设计要求及有关规范规定，具有出厂质量合格证明文件及检验报告	
储罐按规定进行了强度、严密性试验，具有工序交接记录	
基层表面处理方法正确，处理结果符合设计等级要求	
防腐层材料的配比、试验符合有关规范规定，报告齐全	
防腐层底层材料使用正确，层数及厚度符合设计要求	
防腐层中间层材料使用正确，层数及厚度符合设计要求	
防腐层面层材料使用正确，层数及厚度符合设计要求	

部位	材料名称	牌号	生产厂家	设计厚度(μm)	实测厚度(μm)
底层					
中间层					
面层					

验收结论：

建设/监理单位	总承包单位	施工单位
专业工程师： 日期：　　年　月　日	专业工程师： 日期：　　年　月　日	专业工程师： 质量检查员： 施工班组长： 日期：　　年　月　日

7 运行维护

7.2 涂　　层

7.2.3、7.2.4 储罐防腐蚀涂层检查与维护可以参照表 27 进行记录。

表 27　储罐防腐涂层运行检查表

<table>
<tr><td colspan="2">储罐名称</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">储罐编号</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">储罐类型</td><td colspan="10"></td></tr>
<tr><td colspan="2">检查人</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">检查日期</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td colspan="2">检查部位</td><td colspan="10">检查项目及质量情况</td></tr>
<tr><td rowspan="2">储罐</td><td>罐顶</td><td>粉化</td><td></td><td>褪色</td><td></td><td>龟裂</td><td></td><td>起皮</td><td></td><td>脱落</td><td></td><td>其他</td><td></td></tr>
<tr><td>罐体</td><td>粉化</td><td></td><td>褪色</td><td></td><td>龟裂</td><td></td><td>起皮</td><td></td><td>脱落</td><td></td><td>其他</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">罐体附着结构</td><td>平台扶梯</td><td>粉化</td><td></td><td>褪色</td><td></td><td>龟裂</td><td></td><td>起皮</td><td></td><td>脱落</td><td></td><td>其他</td><td></td></tr>
<tr><td>加强圈或抗风圈</td><td>粉化</td><td></td><td>褪色</td><td></td><td>龟裂</td><td></td><td>起皮</td><td></td><td>脱落</td><td></td><td>其他</td><td></td></tr>
<tr><td>浮顶储罐内防腐层外露部位</td><td>外浮顶刮损涂层</td><td></td><td>粉化</td><td></td><td>褪色</td><td></td><td>龟裂</td><td></td><td>起皮</td><td></td><td>脱落</td><td></td><td>其他</td><td></td></tr>
<tr><td>储罐内防腐涂层（罐顶、罐体、罐底和部件）</td><td>罐底与浮顶立柱接触点涂层</td><td></td><td>粉化</td><td></td><td>褪色</td><td></td><td>龟裂</td><td></td><td>起皮</td><td></td><td>脱落</td><td></td><td>其他</td><td></td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="13"></td></tr>
</table>

附录 A　常用涂料性能指标

A.0.9　环氧富锌涂料主要适用于石油储罐防腐蚀涂层的底漆。

A.0.14　热反射隔热防腐蚀涂料主要适用于存储易挥发油品(包括低黏度原油、中间馏分油及轻质成品油)的储罐外壁。

附录 B　不同腐蚀等级下常用防腐蚀方案

B.1　大气环境常用防腐蚀方案

本节是参照现行国家标准《色漆和清漆　防护涂料体系对钢结构的防腐蚀保护》GB/T 30790—2014 的有关内容经适当调整后编制的。

附录C　介质环境油品储罐常用防腐蚀方案

本标准只列出介质环境油品储罐常用防腐蚀方案，没有包括有机溶剂等特殊介质。

附录中的防腐蚀方案没有包括操作温度超过120℃的高温储罐。一般认为高温储罐内部不存在电化学腐蚀环境，不需进行防腐蚀处理，如有其他化学腐蚀存在，可选择合适的主体材料。但是，高温储罐其罐顶温度可能会低于100℃，且可能存在凝析水，因此罐顶需进行防腐，防腐蚀方案可以参照本标准执行。

附录D 阴极保护

D.2 辅助阳极

D.2.2 混合金属氧化物棒阳极尺寸一般为 Φ25mm×1000mm，也可以根据需要定制。

D.2.3 混合金属氧化物线性阳极直径一般为 Φ1.5mm，氧化膜厚度一般大于或等于 6g/m^2，阳极质量约为 13.7g/m，阳极电阻约为 0.0174Ω/m。

D.3 焦炭填料

D.3.2 混合金属氧化物阳极焦炭填料性能中的碳含量推荐采用大于或等于 98%，试验方法可参照现行国家标准《焦炭工业分析测定方法》GB/T 2001—2013；颗粒大小推荐采用 0.1mm～1.0mm，测定方法可参照现行行业标准《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—2006。

D.6 阴极保护计算

D.6.4 网状阳极的电阻率一般小于 0.14Ω/m，消耗率一般小于 6×10^{-6}kg/(A·a)。线性阳极阴极保护计算原则：线性阳极之间的间隔一般通过计算得到，在计算参数不完整的情况下，最小间距可参照表28选择。

表28 线性阳极参考间距

储罐直径(m)	间距(m) 蛇形排列	间距(m) 环形排列
80以上	4	4
60	3	3

续表 28

储罐直径(m)	间距(m) 蛇形排列	间距(m) 环形排列
40	2.5	2.5
30	2.5	2.5
20	2	2
18	2	2

D.6.6 深井阳极和浅埋阳极计算是参照国家现行标准《强制电流深阳极地床技术规范》SY/T 0096 和《埋地钢质管道阴极保护技术规范》GB/T 21448 编制的。

附录E　阴极保护电位的测试

E.0.2　钢质储罐相对饱和铜/硫酸铜参比电极的极化电位按照－850mV准则进行测试时，为了避免储罐去极化过快，断电时间一般不超过3s；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，建议采用测试探头或辅助试片，可用探头或试片断电法代替。

影响断电测试方法准确度的干扰源包括牺牲阳极、相邻的其他阴极保护系统、电气化铁路、原电池或双金属电池、直流采矿设备、极化水平不同的相邻储罐、与之搭接的其他构筑物等。

E.0.3　钢质储罐和与土壤接触的饱和铜/硫酸铜参比电极的极化电位差按照100mV准则进行测试的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。罐/地断电电位是计算极化衰减的基准值。

影响该测试方法准确度的干扰源包括牺牲阳极、相邻的其他阴极保护系统、电气化铁路、原电池或双金属电池、直流采矿设备、极化水平不同的相邻储罐、与之搭接的其他构筑物、直流焊接设备等。瞬时断电电位和自然电位的差值即为极化形成的数值。

附录F　磨料和表面处理

F.1　磨　　料

F.1.7　补充新磨料的目的是为了保持其预定的颗粒大小范围和颗粒大小分布。

附录G　露点温度值查对表

算例：假设空气温度 $t=32.6℃$，空气相对湿度 $\Phi=76\%$，按照表 G.0.1 求出相应的露点温度 t_d。

(1)各行空气温度值，找到接近实际测量值的较高值 34℃ 和较低值 32℃；

(2)各行相对湿度值，找到接近实际测量值的较高值 80% 和较低值 70%；

(3)找出相应的四个露点温度(表 29)；

表 29　露点温度值查对表

空气温度(℃)	在下列相对湿度下的露点温度(℃)	
	70%	80%
32	25.8	28.1
34	27.7	30.0

(4)根据表 29 四个实测露点温度计算出空气温度为 32.6℃、相对湿度分别是 70% 和 80% 时的露点温度(表 30)，即：

相对湿度为 70% 时：

$$t_d=25.8+\frac{(27.7-25.8)\times(32.6-32)}{34-32}=26.4℃$$

相对湿度为 80% 时：

$$t_d=28.1+\frac{(30.0-28.1)\times(32.6-32)}{34-32}=28.7℃$$

表 30　露点温度值查对表

空气温度(℃)	在下列相对湿度下的露点温度(℃)	
	70%	80%
32.6	26.4	28.7

(5)根据空气温度为 32.6℃ 的相对湿度，计算出相对湿度为

76%时的露点温度，即：

$$t_d = 26.4 + \frac{(28.7 - 26.4) \times (76\% - 70\%)}{80\% - 70\%} = 27.8℃$$

(6)根据公式(G.0.1)，计算出的 $t_d = 27.7℃$。

附录 H　涂装质量检验规则及方法

H.4　漏点检验

H.4.2　采用电火花检漏仪检测时，防腐层厚度一般按设计厚度计算。

H.4.3　采用低压检漏仪检测时，可按低压检漏仪的使用说明书进行操作。当防腐层厚度小于 0.25mm 时，电解液可采用普通自来水；当防腐层厚度在 0.25mm～0.50mm 之间时，可在自来水中放入一些湿润剂，以使液体尽快渗入漏点。低压检漏仪处于正常工作时，湿海绵电极与金属壁间的直流电压一般不超过 100V。

S/N:155182·0229

9 155182 022904

统一书号：155182 · 0229

定　　价：27.00 元