

LNG 储罐防腐涂料选择及防腐施工工艺研究

王 涛 章太伟 罗 斐 (昆仑能源湖北黄冈液化天然气有限公司, 湖北 黄冈 438000)

摘 要: 作为 LNG 气化站中关键设备之一的 LNG 储罐, 其完好与否直接关系到气化站的正常运行, 而该设备的完好包括基础的稳固性、储罐的自然蒸发状况和夹层真空度及附件、储罐内外表面的完好等方面, 国家相关规范提出了明确要求。在 LNG 储罐日常运行中, 风吹日晒, 储罐外表面不可避免地被腐蚀, 特别是处于化工园区、沿海地区、南方多雨地区等的 LNG 气化站, LNG 储罐的外表面遭受腐蚀更快或腐蚀更严重一些。由于 LNG 储罐的特殊性, 要对其外表面进行有效的防腐, 如何选择合适的防腐涂料, 如何安全有效的进行防腐处理成为一个重要课题。LNG 储罐已运行近十年, 其外表面出现了点状或片状腐蚀, 必须对其进行防腐处理, 达到完好状态。本文对 LNG 储罐的外表面防腐实践进行总结讨论, 以期对该种储罐外表面防腐的工艺过程控制起到示范作用。

关键词: LNG 储罐; 防腐涂料; 防腐施工

1 LNG 储罐的特点

1.1 储存介质的危险性

众所周知, LNG 常压下约在 -162°C 储存, 在 $0.3\text{MPa}\sim 0.7\text{MPa}$ 条件下, 在 -145°C 左右储存 (以组分不同决定), 一旦泄漏后果十分严重。因此, 相关资料提出了 LNG 的潜在危险性: 即低温、BOG (蒸发气体)、着火 (爆炸) 和翻滚的危险性等问题, 对设备的完好及安全管理提出了较高的要求。

1.2 储罐的结构特点

目前, 城镇燃气 LNG 气化站的总容积多在 2000m^3 以下, 这些气化站的 LNG 储罐多为立式真空粉末绝热储罐, 这种储罐为双层结构, 内罐为不锈钢, 外罐为碳钢, 内外罐之间的夹层充填保温绝热材料并经抽真空处理, 内罐靠外罐来支撑, 再加上储存介质重量及其他载荷, 就要求外罐要有较高的刚度和强度。另外, 立式真空粉末绝热储罐罐体的高度较高 (相对其他燃气设施), 所有工艺接管管口均在储罐下部, 中上部光滑。

由此可见, 这些典型 LNG 储罐的外罐直径多在 $2500\text{mm}\sim 4000\text{mm}$, 高度在 $12000\text{mm}\sim 23000\text{mm}$, 相比其他燃气设施来说, 高度还是较高的, 这就使得储罐的外表面特别是上部防腐维护较困难, 风险较大。

2 LNG 储罐防腐涂料的选择与确定

2.1 防腐涂料的选择方案

为抑制腐蚀所采用的涂料应具有较好的防腐蚀作用, 这主要包括: 涂料的阴极保护作用、涂料的阳极 (钝化、缓蚀) 作用和涂层的屏蔽作用。涂料的阴极保护作用: 涂层中含有对被保护金属成为牺牲阳极的金属颜料, 且金属颜料的含量很高, 使涂层中金属微粒之间、金属微粒与被保护金属之间达到电接触的程度, 从而使金属基体免被腐蚀。涂料的阳极作用: 当涂层中含有具有缓蚀、钝化的化学型防腐颜料时, 在有微量水存在时, 就会从涂层中离解出具有缓蚀功能的离子, 通过多种机理使腐蚀电池的一个电极或两个电极极化, 从而抑制腐蚀进行。

涂层的屏蔽作用: 涂层具有阻挡水、氧和离子从外界腐蚀环境穿过涂层到达金属界面的能力, 从而使基体和环境隔离, 免受腐蚀。LNG 气化站站址所处的环境决定了 LNG 储罐所处的环境, 通常处于城市边缘地带或工业园区, 南方更是潮湿多雨, 沿海地区空气中盐分较高, 这些因素

都能加速 LNG 储罐外表面的腐蚀。又由于 LNG 储罐储存介质、结构的特殊性, 必须选用具有上述防腐作用且质量优良的涂料。综合考虑上述因素, 最终选择由底漆、中间层漆和面漆 3 层涂层组成防腐体系的方案。

2.2 防腐涂料的确定

针对的实际情况, LNG 储罐防腐涂料确定如下: 底漆为环氧富锌底漆, 中间层漆为环氧云铁中间层漆, 面漆为白色丙烯酸脂肪族聚氨酯磁漆。

3 防腐施工及控制

3.1 防腐前的准备

通过招投标选择有相应防腐资质且经验丰富的施工单位, 签定施工合同和安全协议、质量保证协议; 施工单位应制定切实可行的施工措施计划 (方案); 有条件的应选用有相应资质的监理单位进行监理, 以监督防腐质量和施工安全管理等工作; 施工前办理好各种作业批准手续。应保证采用的刷涂、滚涂和喷涂设备设施完好, 电力电缆不得破损、漏电。对于施工用涂料, 应算好用量, 集中采购, 整批次购进; 应由生产厂家原有的、有清楚标识且尚未开启的容器盛装, 且在质保期内; 产品应有合格证及使用说明书等质量证明材料, 且符合前述技术要求和国家相关规范的规定; 应在仓库内集中存放, 不得露天存放, 同时远离火源等危险源。

3.2 施工控制

3.2.1 除锈

①整体表面除锈。采用机械除锈法, 即首先利用空压机对储罐的外表面进行喷砂处理。喷砂用的石英砂应达到要求且颗粒均匀, 除锈过程应自上而下、自左至右均匀进行, 使喷砂质量达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 中规定的 Sa212 级标准。喷砂除锈后, 应及时清除罐体表面的浮灰和碎屑等; ②特殊部位除锈。采用人工除锈法, 即对不能采用喷砂除锈的部位, 如储罐的支腿及其与罐体的连接部位、仪表接管部位及其他存在角焊缝等的部位, 采用人工用磨光机进行除锈, 使除锈质量达到《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB8923 中规定的 St3.0 级标准的要求。同样, 除锈结束后也应及时清除除锈部位的浮灰和碎屑等。

3.2.2 涂漆

油漆的施工参数要求: 按底漆→中间层漆→面漆的施

工顺序进行。涂装：在储罐外表面除锈达到要求后，应在4h内涂上环氧富锌底漆。涂漆时可采用高压无气喷涂设备喷涂，也可用滚涂设备滚涂。可采用聚酯酰胺作为固化剂，按前述要求将调配、搅拌好的环氧富锌底漆施涂3遍，每遍间隔至少4h，使底漆漆膜总厚度 $\delta \geq 80\mu\text{m}$ ，但在施涂后遍底漆涂料前，必须彻底清除表面的锌盐，以免影响漆膜的层间附着力；在底漆涂完并干燥24h后，采用原子灰刮补表面不平整部位，然后用砂布轻轻打磨补涂了原子灰的部位，注意不得损伤底漆涂层；再在整个表面涂调配、搅拌好的环氧云铁中间层漆2遍，使其漆膜厚度达到 $\delta \geq 80\mu\text{m}$ ；在环氧云铁中间层漆涂完并干燥24h后，在储罐整体表面施涂搅拌好的白色丙烯酸脂肪族聚氨酯磁漆3遍，保证漆膜厚度 $\delta \geq 80\mu\text{m}$ 。对于储罐的某些“死角”部位，如支腿、接管、角焊缝及涂层损伤处等部位应分别及时用毛刷蘸取底漆、中间层漆、面漆将漆液“塞于”这些部位，保证漆膜厚度达到要求。

3.2.3 合格要求

施涂完毕后，储罐防腐后的整体外观要求为：罐体表面无明显流挂、凹陷现象，表面色泽均匀一致；漆膜的总厚度应达到240 μm 以上（用电脑涂层磁性测厚仪测定），这是一个硬性指标；同时还应对相关指标检测合格；对防腐施工过程形成书面记录。组织相关方对工程进行验收并合格。达到上述要求后方可判定为防腐质量合格。

3.3 施工防护及注意事项

施工前，应采用帆布对LNG储罐下部周边的工艺管（上接第174页）处理方式，处理过的废水中含有大量的盐，这会导致处理过的废水硬度较大，所以化工废水的化学法处理还是存在较大的局限性。

3.3 化工废水处理中膜技术的应用

使用膜技术处理化工废水是一种高效的处理方案，该方案还能有效弥补传统化工废水处理上存在的不足，在膜技术的长时间的研发历史中，研发出了多种不同性质的膜，多种类的膜为化工工业废水提供了良好的处理前景，像是渗透膜、反渗透膜、超滤膜和微滤膜等技术，可适应化工废水处理的多方面的不同需求。渗透膜和反渗透膜是目前业内最为先进同时也是最环保，节能效果最好的膜分离技术，通过利用溶液渗透压的原理实现物质分离。当需要将溶液与气体进行有效分离或者提纯处理时，就可考虑采用超滤膜技术。至于微滤膜分离技术，是一种出现较早的膜分离技术，主要是通过微孔精密过滤的形式，将原本藏匿于化工废水中的细小杂质进行有效过滤。这是很多企业依然坚持使用的一种废水处理技术。

3.4 生物处理技术

生物处理技术是近年来兴起的一门新技术，该技术在化工废水处理上的主要模式是，培养针对性的微生物，将有害物质进行吞噬分解，该方式在针对有机工业废水方面具有奇好的效果，在无机废水处理上也存在一定的可能性。使用生物处理技术，只需要在初期进行一定的投资，在后期只好做好环境条件的控制，就可以凭借生物自身的成长性实现持久有效的废水处理，不用再添加任何额外的设备，在成本投资上可谓是一劳永逸的废水处理方案，因此该方

道、阀门、仪表等进行遮盖防护，以防锈屑、浮灰、涂料对其污染及下落物件对其砸坏；储罐储存量尽量减少，一般控制在20%（体积百分数）左右为宜；施工过程中储罐不得进行进液、出液、升压、倒罐等操作，并及时观测储罐内压力、液位等的变化。应保证施工现场空气湿度不超过85%或保证罐体表面温度比此时空气的露点至少高3℃以上。环境温度必须高于5℃，最好在10℃以上，但不得高于40℃。特别是沿海地区、南方地区、冬雨季防腐施工时应特别注意，否则，将极大影响防腐效果。扬尘天气及风速较大的时候也不应防腐施工。

4 结语

一般LNG储罐在进行上述防腐处理后，防腐层使用寿命至少5年以上，特殊地区、特殊环境除外。由于LNG储罐结构、储存介质及高处防腐的特殊性，对防腐工作提出了较高的要求。我国幅员辽阔，各地LNG气化站所处环境不同，LNG储罐生产厂家不同，使用频次不同，管理水平不同，储罐外表面的腐蚀状况也就不同，其防腐处理方案可能存在差异。作者以LNG气化站防腐实践为例，力图总结出较完整的LNG储罐防腐方案，以期对目前国内LNG气化站LNG储罐的防腐工作提供较高地借鉴指导意义，进一步提高LNG设备设施的管理水平，这就是论文作者的目的所在。

参考文献：

- [1] 刘世杰. 奉贤海湾LNG气化站灌装效率的优化探讨[J]. 上海煤气, 2021(01):1-4.

式凭借成本优势在未来具备很广阔的应用前景。生物处理技术的微生物对于环境的要求较高，在进行生物处理之前，先要对废水进行大致的预处理，将工业废水浓度和酸碱度调整在一个合适的范围，再度进行沼气池和沉淀池中进行生物处理，其中活性污泥处理法就是一种相对成功的工业污水处理工艺，该方案就是生物处理技术的一个典型应用。

由于现代工业废水的种类日益繁多，处理难度越来越大，传统的活性污泥处理法难以满足现代多种污水处理工艺，所以在活性污泥处理法之上又发展出了多种升级处理法，比如专门擅长除氮的A/O法、专门擅长除磷的A2/O法，处理速度更快的A/B法，和歇式活性污泥法SBR法，这些新生物技术的出现提升了其在化工废水处理方面的应用前景。

4 结语

化工废水处理时国家政府和群众对于化工企业的共有要求，在这方面，化工企业必须肩负时代责任使命，做好企业化工废水的处理工作，在具体的处理上，除了传统的物理化学处理办法外，相关企业还可充分借鉴现代先进处理工艺，向渗透膜和生物处理技术方面进行开发，争取早日找到一条符合本化工企业的废水处理路径，最好能变废为宝，在做好废水处理的同时，实现资源的回收利用，这更符合化工企业可持续发展的目标。

参考文献：

- [1] 汪志玉. 试析微电解技术在工业废水处理中的应用[J]. 化工管理, 2015(14).