油库在役大型储罐防腐大修施工控制要点

李伟东（中海油销售东莞储运有限公司，广东 东莞 523988）

摘要：油库储罐是油库重要的储油设备，储罐的安全运行关系油库安全生产的保障。本文结合某一级油库在役大型储罐在不停产的情况，组织进行的防腐大修施工实践，总结提出了防腐维修施工作业中的喷砂除锈、涂装控制以及安全管理中的控制要点，可为相似项目提供借鉴参考。

关键词：在役储罐；防腐大修；喷砂除锈

0 引言

石油库内公称直径大于或等于 30m，或公称容积大于等于 10000m³ 的储罐通常称为大型储罐。油库储罐的管理涉及罐区、储罐本体及安全附件、基础，贯穿于储罐设计、施工、运行及报废等全生命周期，因此确保储罐安全、稳定、长周期运行是油库重大危险源安全风险管理工作的重要内容。

某商业油库 12 座大型储罐始建于 2007 年，次年正式投产进油储存，历经十年近海边的风吹日晒侵蚀，罐壁、罐顶等储罐外部表面出现严重锈蚀，部分焊缝位置表面防腐层完全脱落，严重影响油罐的安全运行。

根据储罐完整性管理要求，油库组织对 12 座在役储罐在不停产的前提下，逐个完成防腐大修施工，对罐体表面的锈蚀隐患进行了彻底整改。

1 工程概况

该油库总库容 32 万立方，防腐大修工程涉及全部成品油储罐。其中 4 个 20000m³ 汽油储罐，8 个 30000m³ 柴油储罐，全部为在役正常使用的内浮顶储罐。

由于该油库地处狮子洋入海口附近，易受海风及雨水的侵蚀，加之使用年限较长，罐体各个圈板，罐顶钢板以及通气口、罐顶操作平台、上罐盘梯、泡沫发生器维修平台、罐顶踏步栏杆等各个附件均出现了防腐层的油漆起皮，生锈、腐蚀减薄等问题。

根据整改方案，拟对 12 个油罐的外壁、罐顶外表面的全面积，包括与罐体及罐顶焊接的全部补强板、附件支架、高空消防管、盘梯以及罐顶钢结构等罐体附件，进行喷砂除锈，打出一定的表面粗糙度，然后再对储罐外部整体重新涂刷底漆、中间漆和面漆进行防腐防护。

2 施工组织与工序要求

由于该油库承担上级销售公司一级油库中转枢纽功能，作业周转量较大，而大修施工又涉及全部储罐，

并且要求在不停产的前提下，逐步完成对全部油罐腾空、清罐、防腐、维修、检测以及重新投用等系列工作任务。因此项目对安全管理、施工组织及生产统筹要求较高，油库团队对施工方案进行了精心编制。

2.1 施工组织

油库专门抽调骨干管理人员组成防腐施工专项管理小组，全程对防腐项目进行全面全过程严格管理。组织监护人员、施工队及生产人员进行项目专门的安全交底，严格审核现场高空作业、动火作业、临时用电等高风险作业的安全措施落实，确保项目安全施工。

2.2 施工工序

根据油罐防腐的特点及现场情况，经多次施工方案比选讨论，最终确定了储罐先清罐后喷砂除锈，然后重新涂刷油漆的施工方案。施工罐旁边相邻的油罐，靠近施工罐一侧的罐体通气孔，罐顶通气孔、电气仪表等做好包覆防护，以免喷砂粉尘进入造成破坏油品或设备；施工罐底下地面的设备、管线、施工罐本体的电气仪表设备等用彩条布或塑料薄膜包覆，以免滴下的涂料覆盖设备管道。

2.3 单罐施工流程

施工准备→喷砂除锈 Sa2.5 级→检验验收合格→环氧富锌漆底漆 / 水喷射部位使用环氧铝粉底漆（干膜厚度不小于 80 μm）→检验验收合格→环氧云铁中间漆（干膜厚度不小于 90 μm）→检验验收合格→丙烯酸聚氨酯面漆（干膜厚度不小于 80）→检验验收合格（总干膜厚度不小于 250 μm）→竣工验收。

2.4 施工管理要求

每天开工前，各级人员分级分别检查各安全措施是否到位，在相关记录表格上签字确认。安全措施落实到位后，监护人员协助施工单位办理风险作业许可后才开始施工。施工过程中，监护人员主要对施工中的涉及安全措施的落实进行检查，确保罐顶作业、移动

人员挂好安全带，吊篮和吊板移位时，悬挂绳在罐顶固定部位紧固结实，生命绳系挂牢靠等等所有涉及人身安全的环节进行监护监管。油罐喷砂作业前，确认清罐清洗干净，达到72h强制通风时间以上，每班安排人员进罐巡检，仔细检查罐内浮盘浮筒和囊式密封是否磨损而存有残油带来的油气风险，施工前对罐内至少6个以上可燃气体检测点检测合格，同时罐内检查无残油滴漏，罐周边可燃气体检测合格，确认符合安全施工条件后才能办理风险作业许可施工。

3 防腐施工具体控制要求

3.1 架设施工吊篮作业平台安全操作要求

经项目管理组反复研究讨论，施工采用了操作简单灵活，上下移位容易，方便实用安全可靠的电动吊篮。罐顶固定点选择与罐体连接的环形走道附属角铁构件设置，每根钢丝绳的连接点分别固定，主绳和副绳固定于不同点上。作业人员同时还需单独配备安全绳一条。安全绳固定于罐顶通气帽处缠绕系牢。作业人员佩戴安全带通过自锁器与安全绳连接并增设缓冲包，安全绳与罐体接触部位敷设橡胶皮垫隔离摩擦确保施工安全。升降吊篮时，必须同时启动提升机，使各吊点同步升降，保持吊篮的平衡。升降吊篮应由专人操作，前进手柄及倒退手柄不能同时扳动。升降动作要平稳，不能碰撞油罐罐体，吊篮临罐体一侧加设防撞胶垫，防止碰撞。升降吊篮时，应增加两根安全钢丝绳，并设防坠器，以保证打滑或断绳时的安全。吊篮平台安装后正式提升前，应经荷载试验确认，悬挑梁、提升机构、吊篮平台及安全装置符合要求，方可正式投入使用。吊篮升降过程中，必须保持钢丝绳与地面垂直，不准斜拉。若吊篮平台需横向移位时，应将吊篮平台下降到地面，调整悬挂点及钢丝绳位置后，再重新提升。吊篮平台升降过程中不得与油罐罐壁频繁碰撞，遇突出部位时，可临时设人员配合将吊篮平台推开，避免碰撞。吊篮平台升降到位后，应采取简单的临时固定措施，防止操作人员作业时吊篮平台始终处于晃动状态。进入吊篮平台内的作业人员佩戴安全带，安全带应挂牢在保险绳上并有自锁器，不得挂在提升钢丝绳上，防止提升钢丝绳断开失去作用。

吊篮管理人员每周定期进行吊篮安全检查，检查各系统装置，用电器，机械设备的工作情况。日常检查过程中，钢丝绳、提升机、安全装置（包括平衡重、安全锁、独立救生绳）、以及吊篮结构连接每日必检，一旦发现的问题必须立即采取措施进行整改。

3.2 喷砂除锈等级达标控制要求

喷砂后的钢板母材必须达到表面粗糙度达到GB8923中规定的Sa2.5级以上标准。钢材表面应无可见的油脂、污垢、氧化皮、铁锈和油漆层等附着物，任何残留的痕迹应仅是点状或条纹状的轻微色斑。喷砂处理后的金属表面应是均匀的粗糙面，不应产生明显的凹坑和飞刺。过程中如有返锈时应重新进行除锈并达到要求。喷砂过程中还需对喷砂材料、操作方法进行严格控制。

喷砂施工时要求环境湿度 $\leq 80\%$ ，钢板温度高于露点温度 5°C ，喷涂施工环境在 $5\text{--}35^{\circ}\text{C}$ 为宜。喷砂用磨料、气体等符合GB9793-1997的规定。磨料要具有一定的硬度和冲击韧性。磨料铜矿砂粒度全部通过筛选过程，喷嘴入口最小空气压力 0.6MPa ，喷枪与被喷射面的角为 $30\text{--}75^{\circ}$ ，喷枪与被喷射面的距离为 $80\text{--}200\text{mm}$ 。压缩空气应干燥洁净，不得含有水份和油脂，可将白布或白漆靶板置于压缩空气流中 1min ，其表面用肉眼观察应无油、水等污迹。

喷砂施工时，喷砂设备应尽量接近工件，以减少管路长度和压力损失，避免过多的管道磨损。喷砂软管力求顺直，减少压力损失和磨料对弯折处软管的集中磨损。对运用中必须弯折处，要经常调换磨损方向，使磨损比较均匀，延长软管使用寿命。喷砂时为了防止漏喷和空放、减少移位次数、提高磨料利用率和工作效率，应该在施工前对整个结构全面考虑，合理安排喷射位置，拟定喷射路线。喷嘴移动速度视空气压力、出砂量及结构表面污染情况灵活掌握。在喷射过程中，控制适当的磨料、空气比例是提高工效、保证质量、降低磨料损耗和节省材料的关键。磨料过少，不能充分利用压缩空气能量，工效低，不经济。磨料过多，管路被大量砂粒占据，每个砂粒分配的能量就有限，喷射无力，砂耗大，工效低。喷射完毕，应用压缩空气吹净表面的灰尘。下道工序进行前如发现基体金属表面被污染或返锈，应重新处理以达到要求的表面清洁度等级。

喷砂完成后首先应对喷砂除锈部位进行全面检查，其次要对基体钢材表面进行清洁度和粗糙度检查。重点应检查不易喷射的部位。对基体钢材表面进行清洁度和粗糙度检查时，严禁用手触摸，应在良好的散射日光下或照度相当的人工照明条件下进行，以免漏检。喷砂除锈后，金属结构表面清洁度应达到Sa2.5，应对照《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》中提

供的照片进行比较,比较时至少每 2m² 有一个比较点。

3.3 涂装操作质量保证控制要求

油罐防腐油漆的涂装是最后关键工序,对油漆、环境及滚涂的顺序都必须严格按照要求标准、方案进行,才能保证防腐质量。

3.3.1 涂装环境要求

涂装涂料时必须注意的主要因素是涂装基层表面状况、温度和涂装时的大气环境。通常涂装施工要求相对湿度应在 80% 以下的气候条件中进行。钢板温度必须高于环境露点温度 5℃ 才能施工,否则容易表面凝结水份而不能保证涂装质量。气温在 30℃ 以上的条件下施工时,由于溶剂挥发加快,要增大加入稀释剂后才能施工。

3.3.2 涂料选用要求

吸取施工前期经验,本次储罐外壁涂层选择更有利于储罐腐蚀防护的氟碳涂料。采用环氧富锌漆作为底漆,环氧云铁作中间漆,丙烯酸聚氨酯涂料作为面漆。底漆干膜厚度不小于 80 μm,中间漆干膜厚度不小于 90 μm,面漆干膜厚度不小于 80,涂层总干膜厚度不小于 250 μm。涂装前,协调涂料厂家技术人员在现场全程跟踪检查确认金属表面处理、涂料的搅拌、涂料的配比等均符合涂料的使用要求后方可涂装,采用列表方式留档施工过程记录并签字确定人。

3.3.3 涂料调制要求

油漆选用的是双组分涂料,在使用前必须将甲、乙两组分各自搅拌均匀后,按厂家指定的比例均匀混合。双组分涂料一般是由基料、粉料组成的,通过粉料和基料混合后的化学反应来实现涂料的第一步反应。严格按照说明书所规定的比例来混合,两个组分一旦混合在一起,就必须在规定的时间内用完。所以,必须掌握好用量,用多少,配多少,以免造成浪费。同时严格掌握产品说明中规定的熟化时间,要求将两组分混合均匀后,按产品说明书放置一定的时间才能使用,以保证施工性能和漆膜的性能。涂料使用前需要过滤,将涂料中可能产生的或混入的固体颗粒、漆皮或其他杂质滤去,以避免这些杂质堵塞喷嘴、影响施工进度和漆膜的性能及外观。配制漆料区域应在地面铺设彩条布,避免对地面造成污染。

3.3.4 涂刷操作要求

监护人员检查喷砂后的钢板、焊缝是否喷射干净,没有残留旧涂层、没有氧化皮、没有油脂,板材表面已用压缩风吹扫干净无灰尘,检查合格后才允许涂刷

底漆,基层处理完成后应在 4h 内喷刷底漆。每天涂刷涂层过程的底、中、面漆必须测厚抽查合格后,才可以进行下一道工序。在涂装前应将储罐、管道或钢结构表面全面清理一遍,擦去灰尘等。涂料应倒入装有辊涂板的容器内,将滚子的一半浸入涂料,然后提起在辊涂板上回来回滚涂几次,使滚子全部均匀浸透涂料,并把多余的涂料辊压掉。涂层的第一道防腐涂料涂膜干燥后,方可进行下道涂层施工,所有涂层不得漏涂,涂层表面应光滑平整,颜色一致无针孔、气泡、流挂、剥落、粉化和破损等缺陷。底漆施工必须在较干燥的气候进行,应防止剧烈的温度变化和高温空气的侵袭。在涂刷面层涂料时,必须注意施工现场的湿度和温度,以免影响涂料的成膜,在湿度大时或温度太低时,必须待底层彻底干燥后方可涂刷或停止施工。

3.3.5 验收检查要求

防腐施工中各道工序之间必须进行质量检查,前道工序合格后方可进行下道工序的施工,最后一道工序完毕后进行彻底检查,发现有不合格的缺陷时,应修补合格。验收检查包括涂膜目测、外观检查,主要包括脱皮、漏刷、泛锈、气泡、针孔、流坠、皱皮、色差、刷纹的处理等。验收同时要求进行涂膜厚度检测,主要采用电子磁性测厚仪测量,厚度不得小于方案要不厚度。干膜厚度测量原则为 85-15。即:85% 的测量值不得低于规定干膜厚度,其余 15% 的测量值不能低于规定膜厚的 85%。同时也要求对涂膜的固化情况进行触摸检查,合格标准为用手指轻触涂层表面不留下痕迹亦不感到粘手。

4 结论

综上,油罐防腐大修施工涉及风险作业、质量控制及施工组织各方面要求。严格遵守安全操作规程,优化施工工艺,合理安排施工顺序是确保油库在役大型储罐防腐检修工作的基本保障。特别是在油库不停产情况下,对油罐的清洗处理、油气检测以及电动吊篮作业平台搭建等施工保障条件,以及对储罐原有防腐层的喷砂除锈与涂装操作等质量保证要求都要采取严格的控制措施,才能确保储罐防腐大修的施工安全与质量达标。

参考文献:

- [1] 高志洋. 浅谈石化企业大型储油罐检维修工程施工安全管控 [J]. 当代化工研究, 2017(7).
- [2] 徐家旭. 储罐检维修作业的风险及防控措施 [J]. 化工通讯设计, 2020, 46(6).