

超大型原油储罐内大角缝缺陷的消除

徐家旭 周贵田（中海油惠州石化有限公司，广东 惠州 516086）

摘要：超大型原油储罐是化工炼油厂原油进厂、运输的关键设备，原油罐的安、稳、长、满、优运行是保障炼厂高负荷生产的“基石”。在储罐定期清罐检验期间，罐内大角焊缝检查是重点项目，无损检测是主要检控手段。本文介绍，罐内大角焊缝磁粉检测发现缺陷和缺陷消除过程，并思考如何在建造时保证超大型储罐焊缝施焊质量。

关键词：内大角焊缝；磁粉检测；热处理；消缺

1 引言

近十年来，随着国内原油战略储备快速提升，超大型储罐作为原油储存的关键设备，其施工质量管控也越发严格。储罐是石油炼化工厂和原油储运系统的重要组成部分，当其容积达到10万立方米以上时，习惯上称为超大型储罐。超大型储罐组对的所有焊缝中，内大角焊缝质量是焊接技术管理最重要之一。主要原因如下^[1]：①罐底板与壁板连接处的大角焊缝，焊接过程中会集中大量拘束应力；②罐内收油后，罐内大角焊缝处受力最集中，受到罐底板的翘曲应力和罐壁板环向应力的叠加作用；③罐内大角焊缝是易形成腐蚀环境，受冷热变化等因素影响，导致的此处变形量最不平衡。

2 发现缺陷

某炼厂协调工艺生产间隙，机械清洗一台原油储罐。该罐名义容积是10万立方米，清罐前已经运行6年多。

按照SY/T 5921《常压立式圆筒形钢制焊接储罐维护检修规程》附录D油罐检验内容中条目“罐底与壁板的大角焊缝、单盘与浮舱的角焊缝及浮舱的角焊缝采用着色渗透探伤或磁粉探伤检查”要求，生产单位要求对该原油储罐内角焊缝按20%比例抽检，发现4张边缘板与壁板的内大角焊缝出现似“枯树枝”裂纹。

初步采用角磨机打磨方式，试图消除缺陷。但是，某一处表面裂纹打磨处理3次，磨掉焊缝高度约2mm，该裂纹长度由11cm延伸至22cm，仍未消除，如图1和图2所示。同样，处理另一处裂纹的结果一样。

扩大检验内大角焊缝100%，共检测出环向和纵向裂纹约106处；距离焊缝10mm~50mm边缘板上裂纹约120处。

3 分析原因

结合裂纹形态和打磨消缺问题，生产单位邀请专

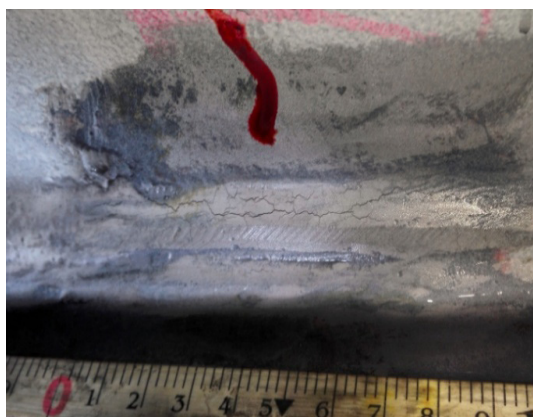


图1 裂纹长度11cm



图2 裂纹长度22cm

家亲临现场察看，组织专家组会议分析裂纹产生原因，商讨焊缝修复方案。

①储罐基础参数详见表1；②介质是蓬莱原油，水样分析情况如表2（单位：mg/L）；③从宏观形态看，表面裂纹呈“枯树枝”状，裂纹走向与所受拉应力垂直；从实际消缺过程看，角磨机打磨后，裂纹长度环向延伸；④专家组通过详细分析、讨论一致认为，该罐大内角焊缝裂纹由应力腐蚀导致，可能原因：a. 储罐建造过程中，角焊缝局部存在较大的残余应力；b. 储罐运行过程中，角焊缝受频繁地交变载荷影响；c. 裂纹的产生受硫化物和氯离子等腐蚀介质的影响。

表 1

储罐类型	立式圆筒型	罐顶型式	双浮盘浮顶
设计温度	45	设计压力	大气压力
主体材质	08MnNiVR\ Q345R\Q235R	公称壁厚	底板: 20/11 壁板: 33/28/ 23/19/16/12
焊接系数	1.0	腐蚀裕量	壁板: 1.0mm; 底板: 2.0mm

表 2

COD	NH3-N	钠	氯离子	硫化物
3190	31.4	7122.4	11656	42.6

4 消除缺陷

专家组,设计单位,施工单位和生产单位共同分析裂纹成因,考虑检修周期和成本优化,商量消除缺陷的最佳对策。形成如下意见:①消缺方案原则上不更换边缘板;②清除缺陷焊道前须进行消氢热处理,清除后湿荧光磁粉检测合格再进行补焊,补焊采用回火焊道处理;③边缘板上裂纹进行打磨消除,要求打磨边缘圆弧过渡,不能有尖锐部位。原则上打磨深度小于 2mm,不需要补焊。

施工单位编制专项施工组织设计,并经过审批通过。在施工现场,严格按照专项施工组织设计要求,采用消项作业法,步步落实。

4.1 消氢热处理

对已有裂纹缺陷的大内角焊缝消氢热处理,以不大于 200℃/h 速率升温到 350℃,保持 350℃ 恒温 2 个小时,然后以不大于 200℃/h 降至 300℃/h,自然降温至常温。如图 3 所示。

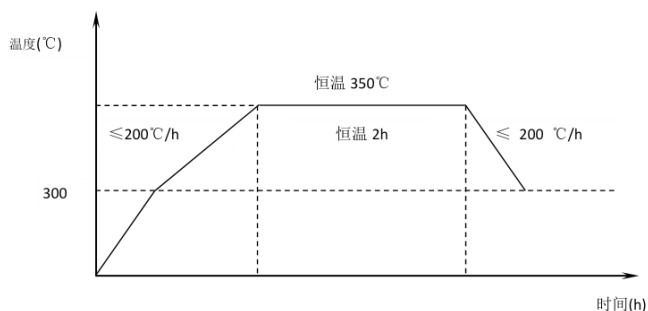


图 3 热处理温度时间图

加热时,应分次分段进行,相邻两段加热时,加热搭接长度宜大于等于 300mm,用热电偶测温,实际操作时,将热电偶点焊在焊缝上,目的是真实反映焊缝温度。用 100mm 厚硅酸铝纤维毡将电加热片与热电偶一同包覆,包覆的范围为焊道两侧不小于 150mm。

同时,最大程度降低热损失,在罐外,用 100mm 厚硅酸铝纤维毡将罐底部保温层与罐底边缘板间的缝隙填塞,并用铁丝勒紧固定。如图 4 和图 5 所示。

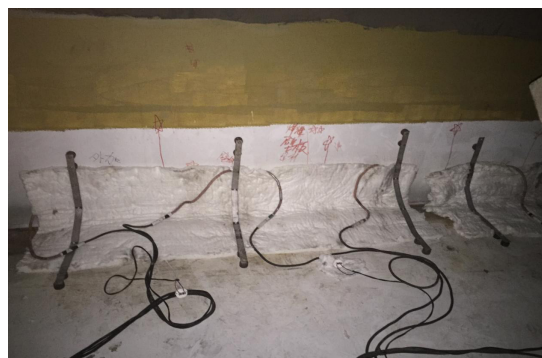


图 4 罐内消氢热处理作业



图 5 罐外局部保温处理

4.2 清除缺陷部位

①对已热处理并降温至常温缺陷部位,进行湿荧光磁粉检测^[2]。与原检测报告中缺陷部分进行对比,以免遗漏。如图 6 所示;

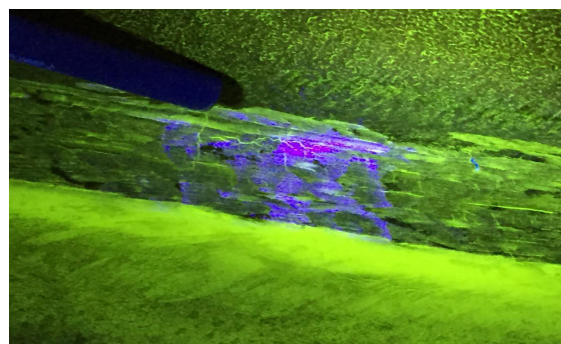


图 6 湿荧光磁粉检测缺陷

②对湿荧光磁粉检测不合格部位,用碳弧气刨和角磨机打磨相结合的方法彻底清除干净。使用气刨时,应对焊缝区域预热至 100℃以上方可进行;

③清除缺陷部位后,应再次进行湿荧光磁粉检测,合格后方可进行返修补焊。实际操作中,缺陷清根检测发现,裂纹沿环向少量延伸了。现场研究,认为存在残余应力。因此,对缺陷焊缝沿环向头尾两端钻小

盲孔释放残余应力后,再清根,没有再延伸了;

④边缘板裂纹采用角磨机打磨方式,直至检测合格为止。打磨深度达5mm。

4.3 修补焊缝

①参照建罐时的焊接工艺评定,制定焊接工艺卡,需审核通过后开展相关作业。采用手动焊条电弧焊,焊条选用大西洋的CHE60RH;

②焊前检查组对质量,清除坡口两侧20mm范围内的铁锈、水分、杂质并应充分干燥;

③焊前对缺陷焊口预热,预热温度不小100℃,用电子测温枪监控温度达标;

④施焊初层焊道后,用湿荧光磁粉检测。合格者,进入第二层焊道焊接;不合格者,须返工,彻底清根重新焊接;

⑤在焊接时,选择多层多道焊接,且大于两层;在修补焊道增加一道回火焊道且修整至原焊道或母材圆滑过渡,并做湿荧光磁粉检测;

⑥在整个修补过程中,采用跳焊法,并尽可能均匀分布,沿同一方向施焊,避免局部应力集中;

⑦此次共修补226处大角焊缝及边缘板缺陷,且检测合格。如图7、图8所示;

⑧此次修补可能会造成缺陷对应的外大角焊缝承受较大应力,故而对相应的外大角焊缝进行了磁粉检测,且没有发现裂纹等缺陷。

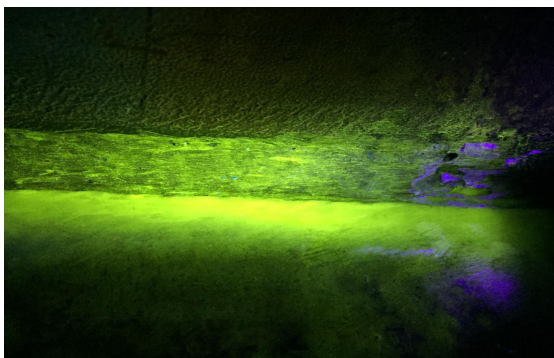


图7 大角焊缝缺陷消除



图8 边缘板缺陷消除

5 结论

本文讲述了10万立原油储罐在清罐检验期间,对于发现的罐内大角焊缝和边缘板缺陷问题,组织开展了详细分析和制定消缺整改措施。从产生缺陷的本质原因出发,考虑、优化检修周期和维修经济性,针对性开展了一系列的消缺作业,最终高质量、高效率、低成本安全完成此次储罐检修工作。为后续同类大型储罐检修提供技术支持,在完成各项常规检修事项的同时,重点关注罐内大角焊缝检验、消缺情况,提升大型储罐本质安全。通过本次消缺,总结如下预防措施:

①储罐钢板主要材质是08MnNiVR,由于钢中少量的Mo、V、Mn、Si等合金元素的作用,钢材的淬透性非常好,焊接过程较容易产生淬硬组织,有一定的冷裂倾向^[1]。因此,在焊接这种钢材时应进行焊前预热;

②选择合理的焊接工艺,采用分段退焊法或跳焊法,沿同一方向均匀施焊。控制组对误差,焊接过程加热和冷却应均匀,避免局部产生残余应力,可采用局部退火焊道消除残余应力^[4];

③特别关注施焊环境。下雨天,湿度大,大风天等较恶劣气候环境,应采用相应措施或暂停施工作业;

④罐底边缘钢板和第一圈壁钢板材质均是08MnNiVR,此类低合金高强度钢,内部缺陷容易出现扩展^[5]。因此,可以采用裂纹方向首尾两端钻盲小孔释放应力法,阻止扩展趋势;

⑤储罐内大角焊缝质量好坏直接关系是否能长周期安全运行,建议按规范或标准对储罐检验检修,尤其对内大角焊缝应做全面细致检验。

参考文献:

- [1] 李海山,金健,梁玉国.大型储罐角缝焊接气孔产生原因及控制[J].化工装备技术,2021,32(3):50-52.
- [2] 刘保平.钢制储罐角焊缝的磁粉探伤[J].无损探伤,2022,31(1):39-40.
- [3] 韩献军,吕少军,梁振声,蒋波.10万m³油罐角焊缝平角埋弧自动焊工艺[J].现代焊接,2023,127(7):23-25.
- [4] 焦建雄,陈海辉.大型储罐环焊缝残余应力测定与分析[J].石油化工腐蚀与防护,2022,27(2):62-63.
- [5] 魏化中,何亚莹,游锋,张占武.大型储罐大角焊缝裂纹的可靠性分析[J].武汉工程大学学报,2023,36(2):29-30.