

LNG 罐内泵检修作业优化案例分析

段朝阳

(中石化天津液化天然气有限责任公司 天津 300457)

摘要: 在使用传统不可再生化石能源向全面利用可再生清洁能源的转型时期, LNG (Liquefied Natural Gas, 液化天然气) 由于其本身的理化性能, 是转型期优选的能源之一。LNG 行业国产装备产业链的完整和维护维修技术的成熟, 关系到 LNG 行业的安全稳定运行; LNG 罐内泵是关键设备, 需重点研究。本文在实践的基础上, 对 LNG 罐内泵检修作业措施进行了优化, 并进行了实践运行。

关键词: 罐内泵; 检修作业步骤; 作业时间; 安全

0 引言

笔者公司 LNG 接收站目前运行 4 个大型储罐, 每个储罐安装有 12 台罐内潜液泵(以下简称罐内泵), 按照项目建设规划, 将会陆续增加 4 个大型储罐。随着罐内泵数量的增多, 罐内泵运行时间陆续接近设计运行期限, 对罐内泵运行参数进行监测, 并开展对罐内泵的日常检维修工作, 将是保证全厂生产安全的关键一环。

1 常规作业流程及存在的问题

从 2021 年开始, 检维修中心在公司的整体安排部署下, 组织技术力量, 提前商定检维修方案, 编制操作规程作业指导书, 现场照片见图 1, 具体步骤见表 1。至今, 公司累计对 4 个大型储罐的罐内泵提

(下) 泵作业 8 台次, 积累了相关数据和实践经验。

提泵作业完成后, 泵筒恢复待装状态, 直到维修好的罐内泵按照相反工序复装。除开 / 关底阀可以提前或延迟外, 罐内泵提(下)泵作业步骤中的第 2 ~ 9 步工序必须在一天内完成, 正常情况下从早上开始, 持续施工作业至傍晚, 总计耗时 9h。实践发现, 如果提(下)泵作业出现延误, 完成作业的时间将延迟至晚上, 安全风险剧增。具体延误原因包括开工时间稍有推迟、悬臂吊钢丝绳出现同步故障、罐内泵防撞块卡塞等。在作业第 3 ~ 6 步工序期间, 泵筒一直处于敞开状态, 如果底阀关闭不严, 就会出现持续挥发的 NG (Natural Gas, 天然气) 气体, 增加了安全作业风险。同时接收站处于码头海岸区, 提升罐内泵作业场所又在储罐顶部, 涉及起重特殊作业, 受天气状况如下雨、大风、冬季严寒等不利



图 1 提泵现场照片

表1 罐内泵提泵作业步骤指导书

序号	时间安排	作业内容	耗时	人员	备注
1	提前或延后1d	开(关)底阀。吊装工具至罐顶	2h	机修	
2	8:30	利用悬臂吊拆(装)贯穿接头入口电缆。拆卸仪表线缆	1h	机、电、仪	
3	9:30	利用悬臂吊拆(装)泵顶盖	1h	机、仪	
4	10:30	将悬臂吊防旋转钢丝绳更换成罐内泵泵筒起重专用钢丝绳	1h	特种设备	
5	12:30	提泵作业	1.5h	机、电、仪	
6	14:00	将罐内泵泵筒起重专用钢丝绳更换成悬臂吊防旋转钢丝绳	1h	特种设备	仪表2人撤出现场
7	15:00	利用悬臂吊将泵顶盖吊至泵筒上紧固复位,密封泵筒	1h	机修	特种设备2人撤出现场
8	16:00	利用悬臂吊将泵吊至地面运回工房	1h	机修	机修4人撤出现场
9	17:00	利用悬臂吊安装DN125贯穿电缆法兰接头	1~1.5h	机电	
10	18:30	工作结束	合计9h		完工后,机修1人、电工3人撤出现场

因素影响,极大地增加了安全作业风险^[1]。因此对LNG罐内泵提(下)泵作业步骤进行改进和优化,缩短作业时间,提高工作效率,降低作业风险和工人作业强度,具有很大的现实意义和实用价值。

2 优化过程及实施效果

通过与罐内泵制造厂家交流,并收集调研相关作业现场经验,首先明确了在常规作业过程中耗时最长和工作量最大的两个部件——罐内泵顶板和电缆贯穿接头,通过制作工装来缩短主要部件的作业时间,进而缩短整体作业时间^[2]。

2.1 针对罐内泵顶板的优化分析

顶板的作用如下:

- (1) 密封DN600泵筒,避免NG气体泄漏;
- (2) 泵安装在泵筒后,通过泵顶板中的支撑吊杆和支撑钢丝绳使泵悬吊以开(关)底阀;
- (3) 泵安装在泵筒后,收纳两条泵筒起重专用钢丝绳;
- (4) 承受动力电缆、通信信号线缆的重量。

实践发现,在提出罐内泵后,把顶板回装后顶板只起到密封泵筒的作用;如果泵筒内泵未运行,泵筒底部底阀关闭不严,泵筒内的压力和储罐持平,且压差小于等于28kPa。从理论上和实践出发,制作一个能够承受最小100kPa压力的DN600带孔工装盲板法兰,当特种设备人员按照常规作业指导书第6步工序进行作业施工,将罐内泵泵筒起重专用钢丝绳更换成悬臂吊防旋转钢丝绳的同时,机修人员用

自制的工装盲板封闭泵筒。这样可以减少常规作业指导书中第7步工序,即利用悬臂吊将泵顶盖吊至泵筒上紧固复位,密封泵筒,可缩短作业时间1h。

2.2 针对电缆贯穿接头的优化分析

通过研究贯穿接头与动力电缆连接结构,自制DN125的凸型盲法兰,当按照常规作业指导书进行第3步、第4步和第5步工序时,利用凸型DN125盲法兰密封动力电缆部分。这样可以减少常规作业指导书第9步工序,即利用悬臂吊安装DN125贯穿电缆法兰接头,缩短作业时间1~1.5h。

2.3 工装制作

工装制作按照材料选型、设计图纸、机械加工、质量检验四个步骤实施^[3],分别制作DN600带孔的(盲)法兰盖和凸型DN125法兰。查询盲法兰尺寸和压力的对应表,DN600(CL300)盲法兰厚度为8mm时,可承受100kPa压力。为了保证封闭泵筒的安全性,把盲法兰的厚度增加至18mm,重量约为68kg。经测量发现,标准的RFDN125(CL300)法兰与断开的贯穿接头连接的法兰密封面尺寸不一致,故将DN125法兰内圈直径从原来的145mm加大到155mm,并将密封面从RF改成FF,以保证安装密封效果。凸型DN125的法兰成品见图2。

3 实施效果

优化后的操作规程作业指导书见表2。对比表1和表2得出,提(下)泵作业时间总计由原来的9h缩短至6.5h,提泵作业节省了2.5h。电气作业人员

表2 优化后的操作规程作业指导书

序号	时间	作业内容	需要时间	人员	备注
1	提前或延后1d	开(关)底阀。吊装工具至罐顶	2h	机修	
2	8:30	利用悬臂吊拆(装)贯穿接头入口电缆。拆卸仪表线缆	1h	机、电、仪	
3	9:30	拆(装)泵顶盖。安装贯穿接头凸型 DN125 的密封法兰	1h	机、仪、仪	
4	10:30	将悬臂吊防旋转钢丝绳更换成罐内泵泵筒起重专用钢丝绳	1h	特种设备	
5	12:30	提泵(下泵)作业	1.5h	机、电、仪	中间 1h 吃饭
6	14:00	将罐内泵泵筒起重专用钢丝绳更换成悬臂吊防旋转钢丝绳。安装 DN600 带孔的(盲)法兰盖	1h	特种设备、机修	电气 3 人、仪表 2 人撤出现场
7	15:00	利用悬臂吊将泵吊至地面运回工房	1h	机修	特种设备 2 人撤出现场
8	16:00	工作结束	合计 6.5h		完工后机修撤出现场



图2 凸型 DN125 的法兰成品

从原来的 17:00 撤出现场提前到 14:00, 提前了 3h, 机修人员撤出现场的时间从 18:30 提前到 16:00, 提前了 2.5h。优化后的现场照片见图 3、图 4 和图 5。

4 效益及意义

针对提(下)罐内泵作业规程的优化, 实践证明优化思路正确, 措施有效, 具体总结出三个方面的效益价值。

4.1 缩短提(下)泵时间, 提高工作效率, 降低作业强度, 减少安全风险

单次提(下)泵作业时间缩短 2.5h, 按 2021 年提泵作业 8 台次计算, 全年节省作业工时 20h, 大大提高了工作效率。电气作业人员从原来的 17:00 撤出



图3 安装 DN600 带孔的(盲)法兰盖

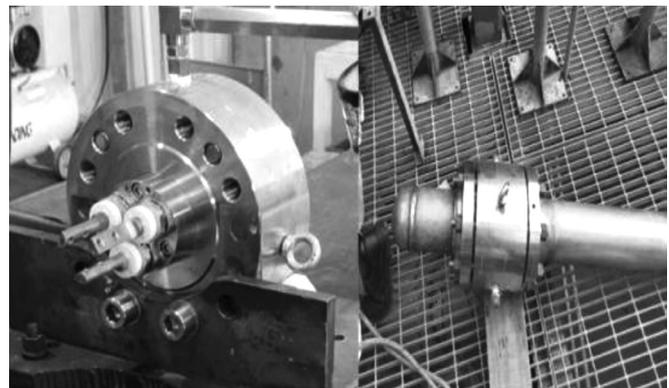


图4 凸型 DN125 的法兰封闭的电气贯穿接头

现场提前到 14:00, 提前了 3h, 机修人员撤出现场的时间从 18:30 提前到 16:00, 提前了 2.5h, 降低了工人的工作强度。

从优化后的作业步骤可以看到, 第 6 步工序将罐内泵泵筒起重专用钢丝绳更换成悬臂吊防旋转钢丝



图5 封堵顶板电气接口

绳的同时，采用DN600带孔的盲法兰盖密封泵筒，避免了NG气体泄漏，较原步骤提前了1h密封，降低了因泵筒泄漏带来的安全风险。

4.2 提高应对临海作业天气突变的能力，减少安全作业风险

由于缩短了作业时间，应对多变天气的能力得到了提升。例如2022年9月14日提泵作业，提前查看本地天气预报，显示天气晴朗、风力只有2级，但在提泵的当天中午，相关部门突然发布消息，今晚至第二天早上的海面风力将加大到6级及以上。当天下午15:30，实测风速已达到7.5m/s（注意：起重作业要求风力<5级，风速低于7.9m/s），如果按照常规作业，会面临很多的安全隐患。但由于采用了优化后的作业步骤，在15:40将罐内泵吊至地面，并在16:00之前完成了作业，有效减少了因天气原因带来的安全作业风险。2022年9月14日作业现场照片见图6。

4.3 优化后的作业步骤同样适合于高压泵

高压外输泵提泵作业步骤中，采用吊车将泵顶板



图6 2022年9月14日15:22（阵风7.5m/s）吊泵至地面

回装至泵筒，同时用吊车将重量0.5t左右的电气贯穿接头回装到泵顶板电气法兰上。此工序与提（下）罐内泵作业工序类似，可按照同样的思路进行优化，并通过实践检验合理性和实际效果。

5 结语

液化天然气公司作为天然气安全供应保障堡垒之一，在日常的场站设备检维修过程中，应不断思考优化，采取对应措施，提质增效。本文提出的优化后的提（下）罐内泵作业流程，缩短了提（下）泵时间，提高了工作效率，降低了作业强度，减少了安全风险，可在同行内推广应用。

参考文献：

- [1] 刘树锋，韩荣鑫，胡超. LNG罐内泵的特点及应用浅析[J]. 石化技术, 2017, 24(11):245-246.
- [2] 周树辉，宋坤，郭琦，等. LNG储罐罐顶防爆旋臂起重机设计[J]. 石油和化工设备, 2019, 22(3):9-12.
- [3] 豆宝宜. LNG泵出口管道设计探讨[J]. 石油化工设计, 2016, 33(3):20-24.

作者简介：段朝阳（1970.04-），男，汉族，贵州六盘水人，大专，高级技师，研究方向：LNG及天然气设备。