

一种危险化学品球形储罐检测平台的研制

张兴伟 王文丽 秦延山 于磊 任菲菲 (聊城市特种设备检验研究院, 山东 聊城 252000)

摘要: 为了解决危化品球罐在检修、检测中搭设脚手架存在的诸多问题, 研制一种球罐检测平台装置, 不必搭设脚手架, 可方便把人员送到球罐内表面任意位置和外表面柱腿焊缝处, 可以搭载部分设备、仪器, 通过自动机械装置, 实现自动清理、检测。该平台安装拆卸方便、减轻工作强度、安全可靠, 能够缩短工作周期, 减少停车时间, 既能为节省资金、创造社会价值, 又能提高工作人员的安全保障, 提高检测质量, 利于发现并减少球罐的安全隐患, 具有积极的促进作用。

关键词: 储罐; 检测; 平台

0 前言

危险化学品球形储罐(以下简称球罐)是石化系统常见的储存设备, 体积在 $400\sim 10000\text{m}^3$ 较为常见, 用来储存液化石油气、液氨、乙烯、丙烯等危险化学品及其它化工产品。球形储罐是一种重要的储存容器, 一般由上极板、上温带、赤道带、下温带、下极带、支柱等组成(不同容积的球形储罐带数不同)。其具有应力分布均匀、承载压力大的特点。因同样工况下所用的钢板厚度仅为圆筒形压力容器的一半, 同时还具有表面积较小、占地面积较小, 可以大量节省材料等优点, 被广泛应用于石油、化工、冶金、能源、气体等工业领域。球罐在受外力影响时可能导致泄漏甚至爆炸, 从而造成人员伤亡和环境污染等严重后果, 而通过对球罐进行检修、定期检测可以发现缺陷, 能够有效防止事故发生。本文作者参与研制了一种球罐检测平台装置, 不必搭设脚手架, 可方便把人员送到球罐内表面任意位置和外表面柱腿焊缝处, 可搭载部分设备、仪器, 通过自动机械装置, 实现自动清理、检测。该平台安装拆卸方便、减轻工作强度、安全可靠, 能够缩短工作周期, 减少停车时间, 既能为节省资金、创造社会价值, 又能提高工作人员的安全保障, 提高检测质量, 利于发现并减少球罐的安全隐患, 具有积极的促进作用。

1 项目实施的必要性及意义

1.1 球罐自身具有危险性

通常球形储罐中的存储介质具有极度高度危害或者易燃易爆的特点, 一旦容器出现损伤失效, 不仅会造成球罐本身的损坏, 严重情况下会引发极大的火灾爆炸事故, 进而造成严重的人员伤亡, 财产损失等灾难性的后果。

球罐具有泄露这一危险特性, 比如液化石油气球

罐, 按三类压力容器进行设计、制造、安全、管理、使用, 在使用过程中, 往往由于某种原因而出现泄漏问题, 或罐体焊缝开裂, 或在与其连接的管线焊缝处开裂、甚至发生断裂等。一旦发生这样的情况, 就会出现大量的、带有一定压力的液化石油气从断裂处向外喷出, 迅速扩散, 形成可燃性蒸气云或爆炸性气体混合物, 遇到明火立即发生燃烧爆炸, 给周围造成难以估计的危险和破坏。

1.2 球罐检验、检修的必要性

基于上述原因, 对球罐进行检修、定期检测是非常必要和重要的, 通过检修、检测, 发现球罐存在的缺陷, 能够有效防止爆炸、泄露等事故的发生。在役球形储罐的定期检验中, 焊接接头是球形储罐产生缺陷的主要部位之一, 尤其是球壳板焊缝经常会发现超出TSG 21-2016《固定式球形储罐安全技术监察规程》中相关要求的缺陷, 易存在裂纹、夹渣、气孔、未熔合、未焊透、几何偏差、电弧擦伤及咬边等。在实际生产运行中, 球形储罐的损伤主要发生在应力集中部位, 快速的定位球形储罐的应力集中区域, 可以有针对性进行检测甚至监测, 提前发现和判断球形储罐的损伤, 在预防事故发生方面有着重要的意义。

在球罐的制造过程中, 由于其自身的体积巨大, 通常采用现场组装焊接的方式进行。由于现场焊接环境较为复杂, 再加上人为因素影响, 所焊接的焊缝极易出现错边、气孔、未焊透、裂纹和未熔合的缺陷。另一方面, 球壳板组装过程中通常采用定位斜铁进行固定, 并采用这种方式进行调整间隙和错边量, 因此在组装过程中较容易发生强力组装的情况, 进而产生一定的约束力。再之, 球罐的焊接顺序为先纵缝后环缝, 这种的组装顺序对于纵缝的残余应力影响不大, 但是由于重力等其他因素的影响, 环缝的组装过程中

更容易产生较大的应力，其发生缺陷的概率也相对较大。

球形储罐检验过程中统计发现，所发现的裂纹绝大部分集中在环缝及其热影响区，其分布情况与该球形储罐的应力分布情况基本一致。因此，环焊缝的检验在监检和定检中为检验重点位置。

1.3 检修或检验时存在的问题

在检修或者检测时，需要把作业人员送到球罐内部表面和外部柱腿焊缝处，由于球罐的形状和周边管道布置等限制，作业人员不容易到达相应位置。目前，检修或检测时常见的实现方式是在球罐内、外搭设脚手架、铺设脚手板，人在脚手板上实施作业，这种方式存在的缺点诸多：①需要大量钢管、扣件、脚手板，搭设工作量大、成本高、时间长；特别是内部搭设，需要将工件从球罐下人孔（直径 500mm）送入，极其耗费人工；②作业人员需要携带工具、仪器等攀爬脚手架到达作业面，非常浪费体力，作业人员安全带在攀爬过程中不易搭扣，安全性得不到保证；③由于受脚手架、脚手板限制，球罐内部分区域无法清理、检测；④由于球罐内部空间相对封闭，受粉尘、高温等环境因素影响，长时间罐内工作对人体健康不利；⑤作业人员在实施作业时，需要一手紧抓脚手架、一手持清理工具、检测仪器等，由于清理工具、检测仪器等较重，工作面积大，作业人员工作极为繁重，严重时造成手腿疲劳颤抖，严重影响安全，甚至影响检测质量；⑥脚手架搭设、拆除周期长、效率低，导致企业停车时间长，影响企业正常生产，造成经济损失；⑦无法实现自动清理、检测工作。

针对上述种种问题，研制一种球罐检测平台装置，这个平台安装拆卸方便、减轻工作强度、安全可靠，能够缩短工作周期，减少停车时间，既能为节省资金、创造社会价值，又能提高工作人员的安全保障，提高检测质量，利于发现并减少球罐的安全隐患，对其安全使用具有积极的促进作用，是一个能迅速成果转化、实用性很强的作业平台。

通过征集部分省内外的特检院和从事球罐清理的行业人员意见，对该工作平台都有浓厚兴趣，愿意采用这种平台工作，市场前景广阔。

2 项目主要研究内容

2.1 项目简介

本平台分为球罐内检测装置和球罐外检测装置两部分。

①球罐内检测装置由立柱和工作臂组成。立柱可以在球罐上人孔、下人孔两端固定，能够水平 360° 旋转；工作臂固定在立柱中心位置，能够上下 180° 运动。工作臂端部连接载人吊篮或者搭载清理工具、检测仪器。整个装置使用可快速拼装、拆卸的部件组成，单个部件体积和重量能够保证自由出入罐口且便于人力拆装。平台采用全液压方式作为动力驱动，可以把人或工具仪器送到球罐内壁任意位置。②球罐外检测装置由底盘和工作臂组成。底盘作为工作臂的支撑，可以自行走、快速转换工位；工作臂由一级伸缩、两级折叠结构组成，可按现场状况要求任意调整高度、角度，解决了空中管廊等障碍物干涉的问题，扩大了作业范围。工作臂端部连接载人吊篮，整个装置采用全液压方式作为动力驱动，可以把人送到球罐外部与柱腿连接处进行检测，且能够避开球罐外部复杂的管道障碍。

2.2 项目创新点和先进性

本项目与传统搭设脚手架方式相比，具有以下创新点和先进性：①平台采用标准节模块化组装，成本低、装拆快，缩短企业停车时间，为企业节约成本效果明显。根据球罐容器大小，预计至少可节省一半以上时间，容积越大效果越明显；②作业人员工作强度降低，工作安全性、舒适性提高，同时也相应提高了检测质量；③工作面无死角，可以到达内壁任意位置及罐外柱腿焊缝位置；④为清理打磨、检测提供一个工作平台，可以拓展应用范围。比如可以搭载设备、仪器，通过智能控制机械臂实现自动清理内表面、自动连续磁粉检测、自动连续测厚、远程标注等功能，并且通过大数据分析，使检测数据的自动分析、自动判断缺陷等智能检测先进技术得以实现；⑤平台通过增加标准节方式，可以方便的增加立柱和工作臂长度，便于适应 400-10000m³ 各种容积球罐；

经查询国家科技成果库，类似项目有的采用爬壁机器人把设备送达球罐内壁相应位置，其缺点是不能运送人员；有的采用钢丝绳、滑轮方式拉动工作臂，缺点是不能自由旋转、有死角，且工作精度低、安全性差。

本项目与类似产品相比，具有以下创新点和先进性：①以将工作人员送达球罐任意位置，而类似产品采用爬壁机器人不能运送人员，无法解决需要人员到达工作面的情况；②采用全液压作为驱动，工作安全可靠，运行速度从零到高速可以自由调节，且运行平

稳、定位精度高，而类似产品采用电机驱动减速机，通过卷放钢丝绳驱动装置运行，机构复杂，可靠性和安全性较低，升降到达某区域时有自由摆动现象，稳定性差；③球罐外检测装置可以自行走、快速转换工位；工作臂由一级伸缩、两级折叠结构组成，可按现场状况要求任意调整高度、角度，解决了空中管廊等障碍物干涉的问题，目前未见有类似产品。

2.3 拟开展的主要研究工作

为解决目前传统搭设脚手架方式进行球罐检修、检测，周期长、成本高、劳动强度高、安全性差等问题，主要研究如下工作：①调研国内各类球罐结构形式、储存介质、使用技术参数、结构技术参数、周边管道障碍等现状；②整体设计，平台装置的强度、回转角度、连接形式等；③部件设计，标准节、回转机构、吊篮、人孔固定装置等各部件结构、尺寸、重量；④液压控制系统设计，液压部件选型、匹配；⑤整机安装、试验。

2.4 技术路线

技术路线主要为：调研、设计、安装调试、整改、试验、转化、运用，如图1所示。

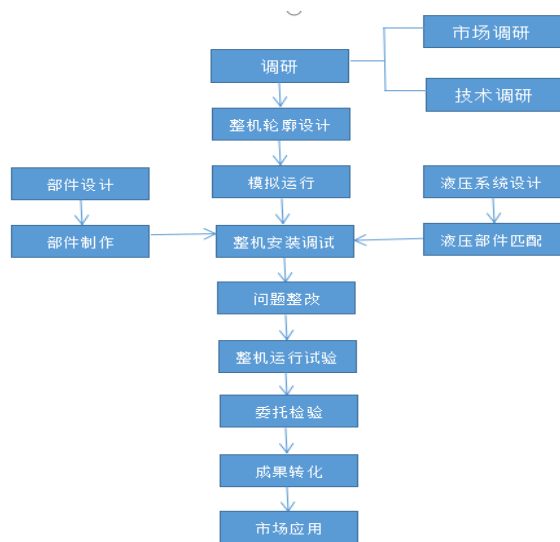


图1 技术路线图

3 主要技术指标

主要技术指标包括：适应 400–10000m³ 球罐；装置额定载荷 ≥ 200kg；罐内装置单个部件尺寸（能够进出 φ500mm 人孔，且重量 ≤ 50kg）；罐内装置水平 360°、旋转上下 180° 摆幅；罐内装置水平回转、上下摆动速度可以在 0–0.5m/s 范围内自由调节；罐外装置举升高度 15m，可以通过伸缩、折叠，回转工作臂实现避开空中障碍，利用轮式插装支腿跨越罐区地面障碍。

4 项目预期社会效益和经济效益

本项目是按照国家支持和鼓励事业单位专业技术人员创新创业要求，充分发挥事业单位在科技创新和“大众创业、万众创新”活动中的示范引导作用，利用自身特点和合作单位的优势，共同进行的一个研发项目。

4.1 社会效益

本项目可以彻底改变目前搭设脚手架进行球罐检修、检测的方式，解决拆装工期长、搭设难度大、脚手板上作业危险繁重等一系列问题，采用本平台可以有效降低工作人员劳动强度，提高工作的舒适性，从而提高检测质量。本装置为球罐内外作业提供了一个平台，在这个平台基础上可以搭载清理打磨、检测仪器等装备，使自动清理、自动检测、智能检测等先进技术可以得到有效应用，尽可能多的发现事故隐患，减少危化品球罐事故发生。

4.2 经济效益

本项目的投用，一是可以为球罐使用单位降低脚手架搭设成本、缩短检修周期，带来可观的经济效益；二是对研发和合作单位，项目转化后可以全国推广，可以作为产品进行销售，也可以出租给使用、检修、检测单位，或者以本项目为优势依托，在全国范围内承揽球罐检修、检测服务工作，市场前景广阔。

5 结束语

本文针对危化品球罐在检修、检测中搭设脚手架存在诸多问题并结合工作经验而研制的一种球罐检测平台装置，该平台可方便把人员送到球罐内表面任意位置和外表面柱腿焊缝处，可搭载部分设备、仪器，可通过自动机械装置实现自动清理、检测。该平台既减少停车时间、提高工作效率、节省资金、创造社会价值，又能提高工作人员的安全保障，提高检修、检测工作质量，为特种设备主要是危化品球形储罐的安全监督管理起到一定的技术保障作用。

参考文献：

- [1] 房务农, 王剑, 冯伟. 大型球形储罐裂纹分析及修复要点 [J]. 焊接, 2018(5):56-60.
- [2] 薛永盛, 刘鹏鹏, 姬辉等. 在役球形储罐的焊接缺陷评定及验证性 [J]. 焊接, 2022(8):59-64.
- [3] 中红菊, 王瑛, 陈鹃. 球形储罐在定期检验过程中缺陷统计分析 [J]. 铸造技术, 2017,36(8):1094 – 1097.

作者简介：

张兴伟 (1969-)，男，本科，院长，高级工程师，主要从事特种设备检验管理工作。