

同一规格及使用年限的液化石油气钢瓶的定期检验结论与基于风险评估结论的对比性分析

黄永燕 李健铭 李金辉 杨建东 张振
宁夏弘茂特种设备检验检测有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i8.8295

[摘要] 本文聚焦于同一规格及使用年限的液化石油气钢瓶，深入对比其定期检验结论与基于风险评估的结论。通过阐述定期检验和风险评估的原理、方法，分析定期检验与定期检验的可比性，发现两种方法下各有优势，需要根据实际情况选择。

[关键词] 液化石油气钢瓶；定期检验；风险评估；对比分析

Comparative Analysis of Regular Inspection Conclusions and Risk Assessment-Based Conclusions for Liquefied Petroleum Gas Cylinders of the Same Specification and Service Life

Huang Yongyan Li Jianming Li Jinhui Yang Jiandong Zhang Zhen
Ningxia Hongmao Special Equipment Inspection and Testing Co., Ltd.

[Abstract] This article focuses on liquefied petroleum gas cylinders of the same specification and service life, and deeply compares their regular inspection conclusions with those based on risk assessment. By explaining the principles and methods of regular inspection and risk assessment, analyzing the comparability between regular inspection and regular inspection, it is found that each method has its own advantages and needs to be selected according to the actual situation.

[Key words] LPG Cylinder; Periodic Inspection; Risk Assessment; Comparative Analysis

一、引言

液化石油气钢瓶作为储存和运输液化石油气的常用承压设备，广泛应用于居民生活、商业餐饮等领域。其安全状况直接关系到公众的生命财产安全。随着钢瓶使用年限的增加，瓶体可能出现腐蚀、疲劳等缺陷，导致安全风险上升。传统的定期检验制度为保障钢瓶安全发挥了重要作用，但

随着科技发展和安全管理理念的更新，基于风险评估的方法^[1]逐渐受到关注。对比分析同一规格及使用年限的液化石油气钢瓶的定期检验结论与基于风险评估的结论，对于优化钢瓶安全管理策略、提高安全管理效率具有重要意义。

二、液化石油气钢瓶定期检验概述

2.1 定期检验的法规依据与周期规定

我国对液化石油气钢瓶的定期检验制定了严格的法规标准。如《气瓶安全技术监察规程》明确规定了不同材质、规格和使用环境的液化石油气钢瓶的检验周期。一般情况下，对使用年限在15年以内的钢瓶，自制造日期起，每4年进行一次定期检验；对使用年限超过15年的钢瓶，予以报废处理。这

些法规要求旨在确保钢瓶在整个使用寿命周期内的安全性能，及时发现并处理潜在的安全隐患^[2]。

2.2 定期检验的项目与方法

2.2.1 外观检查

外观检查是定期检验的首要环节。检验人员通过目视或借助简单工具，对钢瓶瓶体、瓶阀、护罩等部位进行检查。主要检查内容包括瓶体是否有凹陷、鼓包、划伤、腐蚀等明显缺陷，瓶阀是否完好、开闭灵活，护罩是否有变形、损坏等情况。外观检查能够直观地发现钢瓶表面的可见缺陷，为后续的检验项目提供初步依据。

2.2.2 壁厚测定

壁厚测定是评估钢瓶强度的重要手段。采用超声波测厚仪等设备，对钢瓶筒体、封头、焊缝等关键部位进行壁厚测量。通过测量壁厚并与原始设计壁厚进行对比，判断钢瓶是否因腐蚀等原因导致壁厚减薄，从而评估其承载能力是否满足安全要求。壁厚测定能够定量地反映钢瓶的腐蚀程度，对于确定钢瓶是否继续安全使用具有重要参考价值。

2.2.3 耐压试验

耐压试验是检验钢瓶整体强度和密封性的关键环节。将钢瓶充满水后，用试压泵缓慢升压至规定的试验压力，并保持一定时间。在试验过程中，观察钢瓶是否有渗漏、变形等异常情况。耐压试验能够模拟钢瓶在实际使用中可能承受的压力，检验其是否具备足够的强度和密封性，确保在正常工作压力下的安全运行。

2.3 定期检验结论的判定标准

定期检验结论主要依据钢瓶在各项检验项目中的表现进行判定。如果钢瓶外观无明显缺陷，壁厚测定结果符合标准要求，耐压试验合格，则判定钢瓶检验合格，可以继续使用。若钢瓶存在严重的外观缺陷、壁厚减薄超过规定范围或耐压试验不合格等情况，则判定钢瓶检验不合格，需进行维修或报废处理。定期检验结论的判定标准明确、具体，为钢瓶的安全管理提供了直接的依据。

三、液化石油气钢瓶风险评估概述

3.1 风险评估的基本原理

风险评估是对设备存在的风险和失效后果进行预测的技术^[3]。对于液化石油气钢瓶，风险评估通过对钢瓶的材质、使用环境、运行历史等因素进行综合分析，识别可能导致钢瓶失效的危险源，评估其失效可能性和失效后果的严重程度，进而确定钢瓶的风险等级。风险评估的基本原理基于风险=失效可能性×失效后果的公式，通过量化这两个因素来确定设备的风险水平。

3.2 风险评估的常用方法

3.2.1 故障树分析 (FTA)

故障树分析是一种自上而下的演绎推理方法。通过建立钢瓶失效的故障树模型，将钢瓶失效这一项事件逐步分解为多个中间事件和基本事件，分析各事件之间的逻辑关系，找出导致钢瓶失效的所有可能途径。例如，钢瓶泄漏这一失效事件可能由瓶体腐蚀穿孔、瓶阀密封失效等中间事件引起，而瓶体腐蚀穿孔又可能由介质腐蚀、环境因素等基本事件导致。故障树分析有助于系统地识别钢瓶的潜在风险因素，为风险评估提供基础。

3.2.2 失效模式与影响分析 (FMEA)

失效模式与影响分析是对钢瓶可能出现的各种失效模式进行分析，评估每种失效模式对钢瓶性能和安全的影响程度，并确定相应的风险优先数 (RPN)。RPN 由失效模式的发生概率 (O)、严重程度 (S) 和检测难度 (D) 三个因素的乘积计算得出。通过对不同失效模式的 RPN 进行排序，能够确定钢瓶的关键失效模式和高风险区域，为制定针对性的风险控制措施提供依据。

3.2.3 基于可靠性的风险评估方法

基于可靠性的风险评估方法是利用概率统计理论和可靠

性分析技术，对钢瓶的可靠性进行评估，进而确定其风险水平。通过建立钢瓶的可靠性模型，考虑钢瓶的材质性能、制造工艺、使用环境等因素的不确定性，计算钢瓶在不同使用年限下的失效概率。这种方法能够定量地评估钢瓶的风险，为钢瓶的安全管理提供更精确的决策支持。

3.3 风险评估结论的表示与应用

风险评估结论通常以风险等级的形式表示，如低风险、中风险、高风险等。根据风险评估结果，可对钢瓶采取不同的风险管理措施。对于低风险钢瓶，可适当延长检验周期或采取常规的维护措施；对于中风险钢瓶，需加强监测和维护，必要时进行针对性的维修；对于高风险钢瓶，则应立即采取措施消除风险，如报废处理或进行全面修复。风险评估结论的应用有助于实现钢瓶的差异化风险管理，提高安全管理的效率和科学性。

四、定期检验结论与风险评估结论的对比分析

4.1 判定依据的差异

定期检验结论主要依据钢瓶在外观检查、壁厚测定、耐压试验等具体检验项目中的实际检测结果，以法规标准规定的具体数值和合格判定准则为依据进行判定。其判定依据侧重于钢瓶当前的物理状态和性能是否符合既定的标准要求。而风险评估结论则是基于对钢瓶的失效可能性和失效后果的综合分析，考虑了钢瓶的材质特性、使用历史、运行环境等多方面因素，以风险等级的形式表示。风险评估的判定依据更具综合性和前瞻性，不仅关注钢瓶当前的状态，还考虑了未来可能发生的失效情况及其后果。

4.2 评估结果的差异

在某些情况下，定期检验结论和风险评估结论可能存在差异。例如，对于一个外观无明显缺陷、壁厚测定结果在合格范围内且耐压试验合格的钢瓶，按照定期检验标准可判定为合格。但从风险评估的角度来看，如果该钢瓶长期处于恶劣的腐蚀环境中，虽然当前各项检验指标合格，但未来发生腐蚀失效的可能性较高，其风险等级可能被评估为中风险或高风险。相反，对于一些外观存在轻微划伤但不影响整体强度和密封性的钢瓶，定期检验可能判定为合格，而风险评估可能因考虑到划伤可能在特定工况下引发疲劳裂纹扩展等因素，将其风险等级评估得相对较高。

4.3 时效性的差异

定期检验具有明确的周期规定，其检验结果反映的是钢瓶在检验时刻的安全状况。随着时间推移，钢瓶的安全状况可能发生变化，而定期检验无法实时跟踪这种变化。风险评估则可以根据钢瓶的实时运行数据、环境监测数据等动态信息，对风险进行持续评估和更新，能够更及时地反映钢瓶安全状况的变化趋势。例如，当钢瓶所在地区的环境湿度突然增加，可能导致钢瓶腐蚀速率加快，风险评估系统可及时捕捉到这一信息并调整风险等级，而定期检验需等待下一个检验周期才能发现钢

瓶可能存在的新问题^[4]。

五、综合应用策略

5.1 基于风险评估优化定期检验周期

对于经风险评估确定为风险等级较低的钢瓶,在严格确保安全的前提下,适当延长定期检验周期是可行的操作方案。而对于风险等级较高的钢瓶,缩短检验周期并加强检验频次显得尤为关键,通过这样的方式可以及时发现并处理潜在的安全隐患,最大程度保障钢瓶的安全使用^[7]。例如,当钢瓶被风险评估为低风险时,在充分考虑钢瓶的使用环境、维护记录等因素后,可谨慎地将检验周期从原本的4年延长至5年甚至6年。相反,若钢瓶被判定为高风险,基于其可能存在的较大安全风险,可将检验周期大幅缩短至2年,甚至在风险极高的情况下缩短至1年,以此来加强对高风险钢瓶的管控力度,保障其安全运行^[8]。

5.2 结合两者结果制定针对性的维护措施

根据定期检验和风险评估的综合结果,为钢瓶制定科学、个性化的维护措施。对于定期检验发现存在轻微缺陷,如瓶体表面有少量划痕、轻微腐蚀,同时风险评估等级较低的钢瓶,可采用打磨修复划痕、涂抹防腐漆等局部修复与防腐处理措施,以消除潜在隐患,确保钢瓶能在安全状态下继续使用。对于风险评估为中风险,且定期检验揭示出有潜在问题,如瓶体内部有局部减薄迹象、阀门密封性能有所下降的钢瓶,不仅要对其发现的问题进行必要维修,如更换阀门密封件、对瓶体减薄部位进行加固处理,还应在日常使用中,加强对钢瓶压力、外观等方面的监测,优化运行管理流程,建立详细的钢瓶使用档案,定期记录各项参数,以便及时察觉异常情况。而对于风险评估为高风险,且定期检验明确判定不合格的钢瓶,例如瓶体出现严重变形、大面积腐蚀穿孔等情况,应立即采取报废处理,防止其流入市场造成安全事故;若有修复价值,也可进行全面修复,从瓶体更换到阀门等零部件的彻底更新,但修复后必须经过严格的检验流程,确保各项指标符合安全标准,才能再次投入使用。

5.3 建立动态监测与预警系统

利用物联网、大数据等前沿技术,构建液化石油气钢瓶的动态监测与预警系统。借助各类传感器,实时、精准地采集钢瓶的压力、温度、使用环境中的湿度、振动频率等多元数据,并将这些数据持续传输至数据处理中心。在数据处理中心,结合预先构建的风险评估模型,运用复杂算法对钢瓶的安全状况进行不间断的实时评估与智能预警。当钢瓶的风险等级经评估超过预先设定的阈值时,系统将即刻通过声光、短信、平台弹窗等多渠道及时发出预警信号,快速提醒相关监管部门、运营企业等采取更换钢瓶、维修检测、调整使用环境等相应措施,真正实现钢瓶安全管理从传统人工经验模式向智能化、科学化模式的转变。

六、结论

液化石油气钢瓶的定期检验结论与基于风险评估所得结论,在诸多关键层面存在显著差异。定期检验聚焦于钢瓶当下的物理状态,诸如瓶体有无明显凹陷、划痕、腐蚀迹象,以及阀门、密封件等部件是否完好,同时对其性能进行严格检测,判断是否契合现行标准要求。这种检验方式依托清晰明确的法规依据与判定准则,例如依据《气瓶安全技术监察规程》等相关法规,检验流程与判定标准均有章可循,检验结果直观且具有权威性。风险评估则截然不同,它从更宏观且动态的视角出发,综合考量钢瓶的失效可能性与失效后果。失效可能性涉及钢瓶的制造工艺、使用环境(如温度、湿度、振动情况)、使用频率等多方面因素,失效后果则涵盖对周边人员安全、财产损失以及环境影响等层面的预估。风险评估更具前瞻性与综合性,能够通过建立数学模型、收集长期数据等方式,动态呈现钢瓶安全状况随时间推移的变化情况。

[参考文献]

- [1]陈刚,左尚志,陶雪荣,等.承压设备的安全风险评估技术及其在我国的应用和发展趋势[J].中国安全生产科学技术,2005,1(1):31-35
 - [2]武斌.特种设备安全评价[D].天津:天津大学,2007
 - [3]敬东.我国特种设备安全评价与分析[J].化工机械,2010,37(4):510-513
 - [4]程洁,赵洁.中国生态风险评价现状[J].环境科学与管理,2009,34(11):171-173
 - [5]蔡良君,姚安林.城市燃气管道风险评价技术现状分析与展望[J].天然气与石油,2008,26(06):32-35
 - [6]杨胜州.特种设备安全评价指标体系研究[D].北京:中国地质大学,2006
 - [7]吕琼.特种设备安全管理评价体系研究[D].山东:山东大学,2012
 - [8]雷胜强.国际工程风险管理与保险[M].北京:中国建筑工业出版社,1998
- 基金项目:中国特检协会软课题项目支持(编号:CASEI-RKT2024-48)
- 作者简介:黄永燕,1986.9.15,女,宁夏,汉族,本科,质量部总监,研究方向:特种设备;
- 通讯作者:李健铭(1990—),男,工程师,博士;
- 李金辉,1986.3.23,男,河南,回族,本科,总经理,研究方向:特种设备;
- 杨建东,1992.8.15,男,宁夏,汉族,本科,检验员,研究方向:特种设备;
- 张振,1988.5.27,男,宁夏,汉族,本科,检验员,研究方向:特种设备。