

锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹分析

李峰光¹, 任志峰¹, 孙晓靖¹, 王宪²

1. 湖南安广检验检测有限公司, 湖南 常德 415137

2. 湖南科技大学, 湖南 湘潭 411100

摘 要 : 锅炉、压力容器、压力管道等都是现代社会生产活动中的重要特种设备, 这些设备具有较高的危险性, 且其运行环境长期处于高温高压状态, 容易发生事故, 造成对于人员的生命财产安全造成巨大损失, 因此, 需要加强对于锅炉压力容器和压力管道的日常检验活动。裂纹是设备产生安全风险的主要原因之一, 加强对裂纹的检测, 并采取避免裂纹的措施, 可以促进设备的稳定运行。本文将结合实际情况, 确立锅炉压力容器压力管道的检验方法和检验内容, 并对裂纹的产生原因和具体种类进行分析, 最后探讨相关的应对措施, 以求为锅炉、压力容器、压力管道等特种设备的有序运行提供参考建议。

关 键 词 : 锅炉; 压力容器; 压力管道; 检验; 裂纹分析

Crack Analysis in the Inspection of Boiler Pressure Vessel and Pressure Pipeline

Li Fengguang¹, Ren Zhifeng¹, Sun Xiaojing¹, Wang Xian²

1. Hunan Anguang Inspection and Testing Co., Ltd. Changde, Hunan 415137

2. Hunan University of Science and Technology, Xiangtan, Hunan 411100

Abstract : Boiler, pressure vessel, pressure pipeline and so on are important special equipment in the modern society production activity, these equipment have the high danger, and its operation environment is in the high temperature and high pressure condition for a long time, accident is easy to occur, causing great loss to the safety of life and property, therefore, it is necessary to strengthen the boiler pressure vessel pressure pipeline routine inspection activities. Crack is one of the main reasons for the safety risk of equipment. Strengthening the detection of crack and taking measures to avoid crack can promote the stable operation of equipment. In this paper, the inspection method and content of pressure pipeline of boiler pressure vessel are established according to the actual situation, and the causes and specific types of crack are analyzed, for the boiler, pressure vessels, pressure pipes and other special equipment for the orderly operation of reference.

Keywords : boiler; pressure vessel; pressure pipeline; inspection; crack analysis

在进行锅炉压力容器压力管道的检验过程中, 需要结合实际情况选取合适的检测技术, 从而明确锅炉压力容器压力管道运行过程中存在的问题, 并积极采取针对性措施, 避免这些问题对锅炉压力容器压力管道的运行造成不良影响。在目前的锅炉压力容器压力管道检测活动中, 裂纹问题是重要的检测项目之一, 若裂纹问题过于严重, 将对锅炉压力容器压力管道造成重大影响, 甚至会对设备造成损坏。因此, 应当将裂纹问题的检测、处理和预防作为检验工作的核心内容^[1], 从而保障锅炉压力容器压力管道设备的正常运行, 延长设备的使用寿命。

一、锅炉压力容器压力管道的检验方法和检验内容

(一) 锅炉压力容器压力管道的检验方法

在进行锅炉压力容器压力管道的检验工作时, 会将多种检验方法进行有机结合, 以此提高检验工作的全面性和准确性。具体的检验方法可以分为以下几种: 首先是利用工作经验和专业化流程进行设备的检验, 在检验工具上主要采取常规工具。通过在前期全面了解设备的正常状态, 随后根据设备的表面形态、筒体椭

圆度等指标进行对比, 对设备的问题进行初步排查。其次是利用无损检测设备进行非破坏性检验, 主要使用超声波、射线、磁粉、涡流等专业检测设备对锅炉压力容器压力管道进行检测。最后是利用金相分析和理化分析等综合检测手段完成设备的检验活动^[2]。

在具体的查验方式上, 主要包括了目测查验锤击查验、直尺查验、拉线查验、样板查验、灯光查验、钻孔查验、超声波侧厚、射线焊缝查验等, 利用各类设备和各类手段完成对锅炉压力

容器压力管道的检验活动，对设备的安全性进行综合评估，保障设备的持续健康运行。

（二）锅炉压力容器压力管道的检验内容

在进行锅炉压力容器压力管道的检验过程中，需要提前确定检验内容，保证检验活动的全面性，避免检验内容的缺失所造成的不良影响。在单位自检合格之后，还需要由专业的检验机构进行进一步的检验，确保检验行为的严谨性和准确性。具体的检验内容包括外观尺寸是否合规、设备的壁厚是否达标、设备的位置设定是否合理等，还包括了对基础技术资料的审查、对管道焊缝质量的检测以及对安全附件的检查等^[9]。通过检验内容的确定，可以对锅炉压力容器压力管道设备当中是否存在问题进行排查，以更加细致、更加完备的检验内容提高检验活动的覆盖面，从而强化检验力度，为裂纹问题的排查奠定重要基础。

二、锅炉压力容器压力管道中常见的裂纹种类及其产生原因

（一）疲劳裂纹及其产生原因

疲劳裂纹是锅炉使用过程中最为常见的裂纹种类，从产生方式上可以分为机械疲劳、腐蚀疲劳、热疲劳三种。疲劳裂纹一般伴随着设备的长期连续运转而产生，在分布区域上十分广泛，大多出现在运转频率高的部位，如锅炉辅助转动设备的叶片、叶轮等位置。疲劳裂纹在产生之初相对细小，之后会随着疲劳累积进行不断的扩展，裂纹范围也会随之增加。其中，腐蚀疲劳造成的裂纹则会出现在汽包接管和吉祥水冷壁管附近，且随着时间的作用愈发严重。疲劳性裂纹的修复难度较高，很多情况下甚至需要对整个材料进行更换，需要耗费巨大的成本和时间投入，且一旦裂纹比较集中，则会向周边进行蔓延，通过不断扩展最终产生巨大影响，进而将引发一系列的安全风险。

机械疲劳裂纹产生的主要原因是设备长期运转出现了机械疲劳，使设备的表面承受的压力过大，从而产生了大面积的机械裂纹，这种裂纹会随着设备的运转不断延伸，以隧道状模式不断生长，最终对设备造成巨大破坏；热疲劳裂纹一般产生与设备的温度分布不均，出现热应变的情况，当热应变超出了材料的弹性极限后，便产生了热疲劳裂纹^[4]。热疲劳裂纹一般呈现龟裂状，对于设备的平稳运行具有重要影响；腐蚀疲劳则是因为设备长期在腐蚀介质的作用下引起抗疲劳性能的降低，从而在设备表面出现疲劳损伤，最终形成裂纹。

（二）焊接裂纹及其产生原因

锅炉、压力容器、压力管道并不是完整的体系，在安装过程中也无法一次成型，需要将不同的金属部件进行焊接，才能够形成完整的工业设备系统，其中锅炉是该工作系统的核心部件，同时其他部分也具有重要作用，若在设备局部出现问题，则容易引发连锁反应，降低设备的安全性。在焊接过程中，可能会出现焊接裂缝，影响设备的稳定运行。大多数的锅炉、压力容器、压力管道等均采用金属材料焊接制成，若未能对焊接活动进行把关，则很有可能会产生批量性的焊接裂纹，降低设备的安全性^[5]。

焊接裂纹的产生原因主要是极大的温度差诱发的热裂纹与冷裂纹，具体来说。在焊接活动结束后，在锅炉、压力容器、压力管道等设备的使用过程中，伴随着长期的高温高压作用，使得原有的裂缝成为热裂纹；同时，在焊接的冷却阶段，裂缝由经过冷却形成了冷却裂纹，最终在反复作用下产生较为严重的焊接裂纹。此外，焊接过程中溶解的氢元素与焊接冷却过程中的金相组织进行结合，也会导致冷裂纹的产生^[6]。焊接裂纹很难在焊接活动中完全避免，因此需要加强对于焊接活动的管理力度，降低焊接裂纹对于设备运行的影响。

（三）应力腐蚀裂纹及其产生原因

应力腐蚀裂纹产生的主要原因是设备长期与碱性介质接触所导致的，对金属材料造成的损坏十分明显。在碱性腐蚀物质的作用下，会在金属设备内部产生电位差，使金属晶体和晶间出现微电流，从而进一步引起内部的腐蚀，直至出现裂纹。应力腐蚀裂纹主要分为主裂纹和次裂纹，主裂纹通常会从晶体内部穿过，而次裂纹则与晶体的发展方向一致。从微观层面上看，应力腐蚀裂纹一般从里向外进行延展，呈现出“之”字的裂纹形态^[7]。应力腐蚀裂纹具有明显的群状形态，会对设备的性能造成严重影响。

（四）蠕变裂纹及其产生原因

蠕变，指的是固体材质在应力不变的情况下，随着时间的延长而出现的应变增加现象，随着蠕变现象的产生，会对固体材料造成一定程度的撕裂，进而形成蠕变裂纹。蠕变裂纹的产生原因主要是由于在长期的应力垂直作用下，受力部分的材料受到应力与高温等多重因素的作用导致材料分离，进而在材料表面产生了裂纹。蠕变裂纹大多出现在设备局部发生损伤之后。由于损伤部分长期受到压力、温度的影响，同时在应力集中的作用下出现的裂纹。

三、避免锅炉压力容器压力管道检验中出现裂纹的举措

（一）提高锅炉压力容器压力管道的生产制造水平

为了避免锅炉压力容器压力管道等设备出现裂纹问题，需要在这些设备的生产环节进行优化，提高锅炉压力容器压力管道的生产制造水平，使这类设备的出厂质量符合行业标准，降低裂纹等质量问题发生的几率，使其具有合格的性能，确保设备能够长期稳定运行。若想提高设备的生产制造水平，首先需要在图纸设计环节开始，充分把握好设备的质量控制，对设备的工作条件进行调研，并在易发生裂纹问题的环节做出优化处理。同时需要加强对图纸的审核工作，保证设备在设计环节的可靠性。其次，需要在生产制造全程严格遵守国家标准，按照相关的规范流程进行生产，保证生产制造活动的规范性，避免由于生产环节的失误所造成的的质量问题。最后，需要积极选取成熟的新材料和新工艺完成生产制造活动，通过材料与技术的支撑增强设备的耐用性，提高设备的使用寿命，以最大化避免裂纹的出现^[8]。

（二）健全锅炉压力容器压力管道的检验制度

想要避免锅炉压力容器压力管道出现裂纹问题，需要加强对

于这些设备的日常检验力度，在裂纹产生初期及时发现，并进行裂纹的针对性维护，降低裂纹问题对于设备的影响，保障设备的有序运行。需要健全锅炉压力容器压力管道的检验制度，以更加系统化的检验体系提高检验活动的综合效果。在构建检验制度的过程中，一方面需要架起那个在生产过程中的检验强度，从源头上保证设备的质量，严格限制不合格设备的出厂。

（三）增强相关设备操作人员的专业水平

生产人员的人为操作失误也是诱发锅炉压力容器压力管道出现裂纹的重要因素，因此，为避免裂纹对于锅炉压力容器压力管道的不利影响，需要加强操作人员的专业水平，维护好设备的安全质量。生产制造企业需要加强对操作人员的技能培训，通过定期的培训活动，培养生产人员的专业技术和安全生产意识，从而增强设备生产环节的质量意识，提高设备的出厂质量。在培训活

动结束之后，还需要对参与人员进行专业知识的考核，以此对员工的掌握情况进行评估，为之后的培训活动做出重要参考^[9]。可以将考核成绩与上岗需求挂钩，只有在考核合格后再能进行上岗操作，提高上岗人员的综合质量。

四、结束语

综上所述，锅炉、压力容器、压力管道等设备在生产生活中的应用十分普遍，这类承压类特种设备具有明显的危险性，可能对周边的生命财产安全造成巨大隐患。裂纹问题是导致该类设备出现安全事故的重要诱因，因此需要加强对裂纹问题的检测和维修，降低裂纹问题对于锅炉、压力容器、压力管道的影响。^[10]

参考文献

- [1] 史秋玉. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题分析 [J]. 模型世界, 2024(13):106-108.
- [2] 张国杰. 锅炉压力容器及压力管道检验中裂纹问题研究 [J]. 中国高科技, 2024(8):122-124.
- [3] 庄海立. 基于超声波探伤技术的锅炉压力容器无损检测方法 [J]. 今日制造与升级, 2024(4):23-25,48.
- [4] 尹洪恩, 张新岗. 锅炉压力容器压力管道裂纹 X 射线检测方法研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024,44(7):42-44.
- [5] 单增春, 孔凡叶, 耿文彬, 等. 锅炉、压力容器和压力管道的材料缺陷检测技术 [J]. 工程建设与发展, 2024,3(1):85-87.
- [6] 程哲. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题分析 [J]. 中国化工贸易, 2024,16(8):166-168.
- [7] 王书敏. 承压类特种设备检验之压力管道——裂纹隐患检测及措施分析 [J]. 中国化工贸易, 2024,16(16):148-150.
- [8] 李建磊, 张建华. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题探讨 [J]. 数字化用户, 2024(12):271-272.
- [9] 赵长龙, 孔鹏. 锅炉压力容器压力管道检验中的裂纹问题分析 [J]. 山东工业技术, 2023(4):87-90.
- [10] 吴超; 朱承正. 锅炉、压力容器与压力管道裂纹及预防分析 [J]. 中国机械, 2023(06):122-124.