

超设计使用年限承压特种设备分级监管方法研究

邢中华 王晓梅 白帆 李歌 谭明波

中国特种设备检测研究院, 北京, 100029;

摘要:随着工业设备使用年限的延长, 超设计使用年限的承压特种设备安全风险逐步增加, 本研究针对此类设备的分级监管方法进行深入探索与研究。在监管方法方面, 本文通过引入风险评估模型, 建立针对承压特种设备的分级监管方法, 将更有效地识别潜在危险并采取差异化管理策略, 提出基于设备状态等级与运行环境复杂度的分级指标体系, 运用 Visio 软件设计监管流程图, 并利用 PDCA 循环管理进行效能评估与优化, 可以使监管机构在有限的资源下, 集中力量对高风险设备进行更严格的监控, 确保特种设备在超设计年限后依然能够安全运行, 降低因设备老化引起的安全事故发生率。

关键词:承压特种设备; 超设计使用年限; 分级监管。

DOI:10. 69979/3041-0673. 24. 4. 029

1 研究背景及意义

承压特种设备主要分为锅炉、压力容器、压力管道三大类。国家对特种设备的设计、制造及使用年限均有严格规定, 通常, 其设计使用年限为 10 至 20 年。但是, 很多设备投入使用以后, 设计使用年限后直接报废造成资源的极大浪费, 因此很多设备依然在继续使用。但是超设计使用年限的特种设备一旦继续投入使用, 特别是在电站锅炉、高压压力容器、工业管道等领域承压设备, 金属疲劳、腐蚀和老化等问题可能会导致严重的安全隐患, 随着设备的老化, 其性能和安全性必然受到影响。因此, 本研究(本文系中国特种设备检测研究院内部科研项目课题“超设计使用年限服役承压设备安全风险综合评价及智能预警技术”(项目编号: 2021YFC3001805)和国家市场监督管理总局特种设备安全与节能技术委员会软科学研究课题“特种设备重大事故隐患判定标准完善研究”(项目编号: AJW-2024-03)的研究成果)旨在通过引入风险评估模型, 建立针对承压特种设备的分级监管方法, 将更有效地识别潜在危险并采取差异化管理策略, 可以使监管机构在有限的资源下, 集中力量对高风险设备进行更严格的监控, 确保特种设备在超设计年限后依然能够安全运行, 降低因设备老化引起的安全事故发生率。

2 分级监管方法建立

2.1 分级监管的理论模型

监管理论基础主要着眼于如何有效监督与管理特种设备, 确保其在使用过程中的安全性与可靠性。根据

风险管理理论, 特种设备的监管应基于设备的危害特性、使用年限及设备运行环境, 对设备进行分级管理。在分级监管领域中, 多种模型被提出以对承压特种设备进行有效的分类与管理^[1]。主要模型包括: 风险评估模型、功能分级模型和综合评估模型。这些模型从不同角度为设备的安全性与使用年限提供了理论支持。

风险评估模型通常基于故障树分析(FTA)或事件树分析(ETA)进行构建, 通过量化设备在使用过程中的潜在风险因素, 确定风险值。功能分级模型则聚焦于设备的设计和使用功能。综合评估模型结合以上两种模型的优点, 通过构建多维度的评估框架, 包含环境因素、经济成本、技术可行性等多重维度^[2]。模型中引入模糊数学和层次分析法(AHP)进行权重评价, 确保各项指标之间的合理关系^[3]。一项针对特种设备的案例研究显示, 此模型能够提高决策支持效率约 30%, 并有效地降低因设备选型不当引发的安全事故。

模型对比分析还表明, 风险评估模型在处理突发性事故时具有较高的响应灵活性, 但其局限在于对长期使用趋势的预测能力不足; 功能分级模型则在设备优化和升级方案的制定方面表现不错, 但容易受到市场需求波动的影响。综合评估模型则最为全面, 能够有效整合各类信息, 为标准化监管决策提供依据。

2.2 分级监管框架

分级监管框架的构建以特种设备的使用年限、压力等级、适用范围和技术状态为基础, 采用多维度分类的策略。首先, 将特种设备分为五个主要级别^[4]: A 级(高风险设备)、B 级(中高风险设备)、C 级(中风险设

备)、D级(低风险设备)、E级(低风险、底线设备)。各级别设备的监管频次、检测要求和评估标准依据其类别进行差异化设计。

在风险评估中,采用量化指标体系^[5],包括设备的使用年限、历史故障率、维护记录及操作人员培训程度等,综合得出设备的综合风险指数(CRI)。

CRI的计算公式为: $CRI = (U \times W1 + F \times W2 + M \times W3 + T \times W4)$

其中U为使用年限,F为故障率,M为维护评分,T为培训水平,W1至W4为各项指标的权重。

设备风险等级的设定阈值为0-100,具体分级对应如下:0-20为E级,21-40为D级,41-60为C级,61-80为B级,81-100为A级。

监管措施根据设备级别设定相应的检查频率与程序。A级设备需每季度进行全面检查,每次检查需出具详细报告,以确保设备在使用过程中的安全性和可靠性。B级设备的检查频率为半年一次,每次检查需出具详细报告。C级设备每年检查一次。而D级和E级设备则可实施每两年或每三年的定期检查,具体事项采取抽查的方式进行。

监管框架中引入智能化监测手段,实时收集和分析设备运行数据,以支持动态管理。利用物联网(IoT)技术,设备通过传感器将实时数据传输至云平台,监管机构可通过数据分析,及时发现潜在隐患并采取干预措施。对出现异常的设备,需建立应急响应机制,迅速响应并进行专项检查。

建立信息共享机制,将监管数据与行业的其他相关方(如制造商、检修单位等)共享,实现多方协作,提升监管效率。在信息安全方面,严格控制数据访问权限,确保设备信息的机密性和完整性。

基于上述框架,通过不断优化和迭代,形成一套科学、合理、高效的分级监管体系,不仅提高了特种设备的安全使用保障能力,同时也为监管部门提供了可持续的管理与服务模式。此框架的实施可有效降低特种设备事故率,提高行业整体安全水平。

3 监管流程与方法设计

监管流程图是特种设备安全监管的重要工具,旨在确保超设计使用年限的承压特种设备得到有效监控与管理。该流程图分为若干关键环节,具体如下:

1. 获取信息:通过数据库与现场检查,获取特种设备的基本信息,包括设备类型、使用年限、制造商、监

检记录等,使用年限、历史故障率、维护记录及操作人员培训程度等确保信息的准确性与完整性。

2. 风险评估:首先,将特种设备分为五个主要级别:A级(高风险设备)、B级(中高风险设备)、C级(中风险设备)、D级(低风险设备)、E级(低风险、底线设备)。各级别设备的监管频次、检测要求和评估标准依据其类别进行差异化设计,对超设计使用年限的设备需特别关注,及时识别潜在危害。

3. 监管措施:制定针对不同分类设备的监管措施。特级设备必须具备实时监控系统,A级和B级设备需配备报警装置,C级设备则需制定定期检测和报告程序,D级和E级确保及时发现和处理问题。

4. 分级监管:根据设备风险评估结果进行监管。A级设备需每季度进行全面检查,每次检查需出具详细报告,以确保设备在使用过程中的安全性和可靠性。B级设备的检查频率为半年一次,每次检查需出具详细报告,C级设备每年检查一次,每次检查需出具详细报告。而D级和E级设备则可实施每两年或每三年的定期检查,具体事项采取抽查的方式进行。设备监管可以和定期检验等合并,不符合要求的增加检查频次。

5. 反馈与改进:建立反馈机制,收集设备运行反馈和监管效果评估;对发现的问题进行跟踪处理,分析原因并提出改进措施,形成闭环管理。

6. 报告与记录:监管结果需形成书面报告,记录包括检查时间、人员、发现问题及整改措施。相关文档需纳入特种设备管理档案,确保信息可追溯。

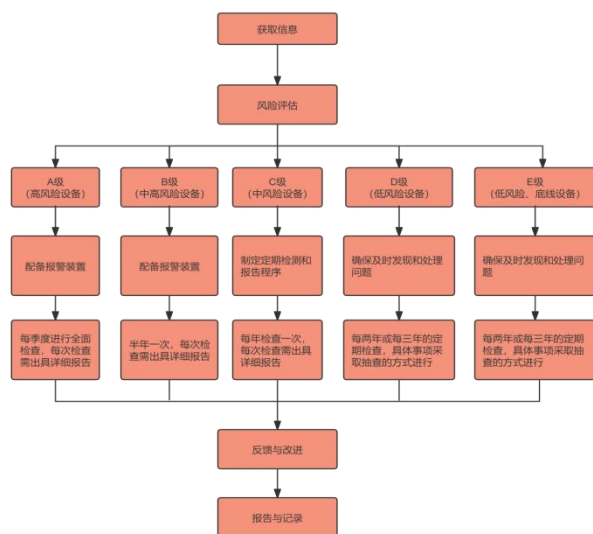


图 4-1 监管流程图

此流程图强调了对超设计使用年限承压特种设备

的动态监控与管理,确保在实际应用中实时反映设备安全状况,并为风险控制提供理论依据与数据支持。同时,它为监管机构制定政策和实施措施提供了指导,有效推动特种设备安全管理制度的完善与实施。

4 效能评估与优化

在特种设备的分级监管中,效能评估与优化是确保监管措施合理性与有效性的关键环节,本文通过 PDCA 循环管理进行效能评估与优化。

效能优化手段包括反馈机制的构建和持续改进策略的实施。针对评估结果,制定针对性的优化措施。如发现某类设备在特定环境下故障率显著增加,需进一步细化监管策略,增加检测频率或改进维护标准。同时,定期组织评估会议,通过行业专家及相关部门的合作,形成闭环反馈,快速响应并解决新出现的问题。

再者,利用先进技术手段提升监管效能。如引入物联网技术实现设备实时监控,通过数据采集系统及时反馈设备运行状态,达到预警目的。结合大数据分析技术,运用预测模型对设备故障进行预警,确保及时维护,减少人工干预,降低成本。

实施动态监管模式,依据设备使用状态与运行数据,灵活调整监管策略。在高风险期间或设备状态不佳的情况下,加大监管力度,确保安全。通过数据挖掘与风险评估,定期更新监管政策,确保与时俱进。这种动态调整机制有效提高了监管的适应性与精准度。

最终,将监督评估与优化过程与培训相结合,提升相关人员的专业素养和应对能力。通过定期培训和技能提升,确保监管人员掌握新技术和新方法,以提高监管整体水平。

效能评估与优化不仅是对特种设备分类监管效率

的量化检验,也是提升安全管理水平的核心手段。通过指标设置、综合分析、动态调整和人员培训等多维度措施,可以使监管机构在有限的资源下,集中力量对高风险设备进行更严格的监控,确保特种设备在超设计年限后依然能够安全运行,降低因设备老化引起的安全事故发生率。

参考文献

- [1]刘致双,金志浩,戚作秋.基于多指标综合评估法的特种设备固有风险分级方法研究[J].中国设备工程,2021
 - [2]王利杰.探究承压类特种设备使用过程的风险分级方法[J].中国设备工程,2020
 - [3]董颖.特种设备整类综合风险评价方法研究[J].,2019
 - [4]陈增江,陈晓伟,刘剑锋,等.基于模糊层次综合分析法的防爆桥式起重机安全分级评价[J].化工机械,2019
 - [5]李涵.承压类特种设备使用过程风险分级探讨[J].石油和化工设备,2018,(05):80-82.
- 作者简介:邢中华(1987-),女,汉族,山西,安全工程,无,工程师,从事特种设备风险监测技术研究,中国特种设备安全;
- 课题名称及编号:本文系中国特种设备检测研究院内部科研项目课题“超设计使用年限服役承压设备安全风险综合评价及智能预警技术”(项目编号:2021YFC3001805)和国家市场监督管理总局特种设备安全与节能技术委员会软科学研究课题“特种设备重大事故隐患判定标准完善研究”(项目编号:AJW-2024-03)的研究成果。