

特种设备安全运行管理体系构建与应用研究

陈 江

内蒙古自治区市场监督管理审评查验中心, 内蒙古 呼和浩特 010000

[摘要]特种设备是社会经济发展的重要基础设备,其安全运行直接影响人民群众生命财产安全以及正常生产生活秩序。为解决目前特种设备安全管理中存在的责任落实不到位、风险管理不够准确、信息化程度低等问题,在风险管理与全生命周期管理的基础上,对特种设备运行过程中所面临的主要风险及其管理上的不足进行研究,制定了一个由总体框架设计、风险分级管控以及隐患排查治理等内容构成的安全管理体系,并提出了相应的运行监测技术、智能预警技术和大数据平台建设等具体办法,从而实现对特种设备从设计到报废整个过程全方位管理的目标。研究显示,该管理体系有利于提高特种设备安全使用程度,在一定程度上对有关单位的安管理工作起到一定的指导作用。

[关键词]特种设备;安全管理;风险分级管控;隐患排查治理;全生命周期

DOI: 10.33142/ect.v4i5.19771

中图分类号: X943

文献标识码: A

Research on the Construction and Application of Safety Operation Management System for Special Equipment

CHEN Jiang

Inner Mongolia Market Supervision and Administration Review and Inspection Center, Hohhot, Inner Mongolia, 010000, China

Abstract: Special equipment is an important basic equipment for social and economic development, and its safe operation directly affects the safety of people's lives and property, as well as the normal production and living order. In order to solve the problems of inadequate responsibility implementation, inaccurate risk management, and low level of informatization in the current safety management of special equipment, based on risk management and full life cycle management, a study was conducted on the main risks faced by special equipment operation and their management deficiencies. A safety management system consisting of overall framework design, risk grading control, and hidden danger investigation and governance was developed, and corresponding operation monitoring technology, intelligent warning technology, and big data platform construction were proposed to achieve the goal of comprehensive management of special equipment from design to scrapping. Research has shown that this management system is conducive to improving the safe use of special equipment and plays a guiding role in the safety management work of relevant units to a certain extent.

Keywords: special equipment; safety management; risk classification control; hazard investigation and management; whole life cycle

引言

特种设备包括锅炉、压力容器、电梯、起重机械等,被大量用于各行各业,如工业生产、交通运输、城市建筑等。截至 2025 年底,全国特种设备数量达到 2441.69 万台。由于设备数量不断增加,特种设备事故也常有发生,对人民生命财产造成极大危害。根据市场监管总局公布的信息,在 2025 年,全国共发生特种设备事故 188 起,造成 156 人死亡。特种设备事故结案 87 起,由使用或管理不当引发的事故占比 87.36%,说明管理对于特种设备的安全起到决定性的作用。建立完善、合理、有效的特种设备安全

运行管理机制不仅是履行企业责任的必要条件,而且是提高本质安全水平的有效手段。特种设备安全不是一次两次的检查工作,而是一个从设计、制造、安装、调试、使用、保养到报废整个过程的工作,每一个环节脱离或者割裂开来或者形式化管理都会造成安全隐患的存在。因此,基于系统观念,在风险分级管控的基础上结合隐患排查治理形成双重预防机制并贯穿设备整个生命周期的安全管理模式有着重要的理论价值及实践意义。

1 特种设备安全运行管理理论基础

特种设备安全运行管理需多种学科知识作基础。风险管理

理论注重对设备运行过程中可能发生问题的认识、分析以及防控,在安全管理中起到决定性作用。全生命周期管理理念主张将注意力从单纯使用的角度扩大到设计、制造、安装、使用、维修、报废等各个环节。安全系统工程着眼于人机环境管理等因素的关系,注重整个系统的安全性而不是某一部分的安全性。而以全生命周期和系统韧性相结合的方式治理,则需要不同的阶段有针对性地提高缓解度、恢复度、学习度、应对度。在管理工作中,以上理论结合使用是特种设备安全管理体系的方法论指导思想,对开展风险辨识、隐患排查治理以及应急预案制定等工作起到一定的指导作用。

2 特种设备安全运行现状及问题分析

2.1 设备运行中的主要风险因素

各类特种设备因其结构、工作方式等不同所面临的风险也各不相同,在此基础上根据不同的设备以及其对应的风险进行总结如表 1。

2023 年,承压设备相关事故占特种设备事故总数比例为 26%,单起事故造成的直接财产损失约 1200 万元。从风险来源看,设备自身问题、安全附件失灵、人员操作不当等各方面原因交织在一起,一种风险容易发展成为多种风险并存的局面,从而加大事故发生概率。

2.2 安全管理存在的问题

目前特种设备安全管理工作存在问题较多。一是责任机制上,一些企业主要领导对安全生产重视程度不够,层层传递过程中层层衰减,内部自查自纠流于形式,体系文件不能及时更新;二是制度落实上,质量保证体系中相关人员任职资格不符合要求,操作人员和技术人员不足,制度与现实脱节;三是危险作业审查走过场,现场管理不到位,特种设备涉及的设计审查、制造质量控制、安装调试等方面问题较多;四是部分单位缺乏必须设备、检测手段,焊接工艺文件不完善,操作不当,反映企业资金投入不足、技术水平低下。人员管理上,无证上岗、习惯性违章、培训走过场等问题比较突出,对设备安全运行造成不利影响;在信息化管理上,信息孤岛问题较为明显,系统不能很好

地融入到实际工作中,无法做到及时的风险预测以及有效控制。

2.3 事故案例分析及启示

从一个典型的事故案例中可以反映出特种设备安全管理存在的问题。如 2025 年 6 月发生的一起门式起重机倾覆事故造成 2 人死亡,事故暴露出设计审查不严格、非法转包生产、资质挂靠、无证操作等一系列问题。这说明特种设备的安全管理工作要覆盖整个产品寿命周期,每一个阶段的工作都可能出现漏洞而导致事故的发生。又例如某修造船厂由于脚手架未按要求悬挂阻燃式安全网而被无人机检查出来后立案查处,这是技防人防相结合的一种方式,也是利用非现场执法提高工作效率的一个典型案例。两个事例给我们一个重要启示:特种设备安全管理要实现全方位、全过程管理,仅靠事后监督检查不能有效预防事故发生,还要从设计制造到后期使用、维护、报废等各个方面进行监管,形成整体防线。

3 特种设备安全运行管理体系构建

3.1 管理体系总体框架设计

特种设备安全运行管理体系是以双重预防机制为基础,以全生命周期为线索,以系统化、标准化、信息化为原则建立起来。该体系分为三个层面:战略层面确定安全理念及目标;管理层面制定组织职责、规章制度以及考核办法;实施层面开展风险识别、隐患排查整治及处置等工作。人员-设备-管理是直接因素,缓解-恢复-学习-应对是间接因素,两者结合形成安全运作的基础。而在设计时把风险防控融入设备选购、安装调试、使用过程、维修护理直至最后报废的过程中去,使零散的风险防控变成一个整体的风险防控。各模块间构成一个环路:风险辨识结果指导隐患分级排查,隐患排查发现问题反过来检验风险等级是否合理,绩效评价数据促进制度标准不断改进完善,应急预案实施中暴露出的不足之处又回到风险辨识部分重新审视。这样一个环路保证整个体系具有很强灵活性以及自我完善能力,让安全管理工作由被动符合转变为积极有效。

表 1 特种设备主要风险因素分类

设备类型	典型风险因素	风险等级	常见事故形态
锅炉	超压运行、缺水干烧、腐蚀减薄、安全阀失效	高	爆炸、烫伤、炉膛灭火爆燃
压力容器	介质泄漏、超温超压、材质劣化、疲劳开裂	高	中毒、火灾、爆炸、物理爆炸
电梯	冲顶蹲底、门锁失效、制动器失灵、钢丝绳断裂	中	剪切、坠落、困人、溜梯
起重机械	超载起吊、脱钩坠落、倾覆、限位装置失效	高	重物坠落、碰撞挤压、触电
场(厂)内专用机动车辆	超速行驶、视野盲区、制动失效、无证操作	中	碰撞、翻车、碾压

3.2 风险分级管控机制构建

风险分级管控是双重预防机制的基础工作,主要是指对特种设备在运行过程中存在的各种风险进行识别、分析、评价并进行等级划分后采取相应控制措施的过程,在实际操作中根据风险大小由大到小分为红、橙、黄、蓝四个等级,不同等级有不同的要求以及配置资源。三色分级管控是以设备安全状况及安全管理能力为依据,将特种设备及其使用单位分为三个等级:红色高风险主要集中在未按规定进行定期检验或者检验不合格、操作人员无证操作等方面,进行高强度监管;黄色中风险主要是由于缺少相关资料等原因造成的问题,进行定期检查;绿色低风险归入宽管,以企业自查、信息化为主要手段进行管理。风险等级是动态变化的,在设备定期检测、企业积极整改情况下,会适时作出相应改变,使管控程度符合当前的风险程度。

3.3 隐患排查治理体系构建

隐患排查治理是双重预防机制的重要组成部分,是风险分级管控的有效补充。隐患排查根据每日一次、每周一次、每月一次的要求进行,明确了各层级责任人员及需要排查的问题。企业共查出自身存在的安全隐患问题共计2708项,消除重大隐患309起,表明日常隐患排查工作的有效性。隐患治理实行“登记、评估、整改、验收、销号”的工作流程。一般的隐患由使用单位自己解决,较大的隐患要立即停止使用并向有关主管部门报告,在经过检查确认无误后才能投入使用。隐患排查治理的情况要及时记录并作为安全绩效考核的一部分,做到预防为主、不断进步。

4 特种设备安全运行关键技术与管理措施

4.1 特种设备运行监测技术

运行监测技术是掌握特种设备状况的基础性工作。根据不同设备特点,监测内容有所不同,如锅炉、压力容器主要监测温度、压力、液位、壁厚等,采取传感器在线采集以及定期检测方式;而电梯主要监测运行速度、制动能力、门锁情况等;起重机械主要监测起重量、行程限位、防风防滑情况等。从技术创新角度,在线高精度传感器能够及时获取压力变化情况并保持压力时长等相关信息,并对其加密后上传^[1]。利用电子标签编码、自动采集数据等方式,使设备参数终身跟随并可追溯其检查历史,解决信息缺失以及无法追溯问题。

4.2 智能化安全预警技术应用

智能化预警是从被动应对到主动防范,提高安全管理水平。基于数字孪生的服役安全及风险预警系统是将实际

物体与其对应的虚拟副本进行连接,完成描述、诊断、预测、决策等功能一体化。预警系统可以提前72h对设备故障做出预判,给维修提供足够的时间^[2]。智能化预警最重要的是从大数据里发现风险的发展趋势,在风险还没有表现出来之前就发出警报,以便进行预防性的维修工作。这是一条把传统的定期维修变为预测性维修的道路,减少意外的发生率。

4.3 大数据与信息化平台建设

大数据、信息化平台是管理工作的信息化体现形式,进行数据汇总、分析预警、提供决策依据等功能。平台由设备档案管理、在线监测展示、隐患闭环处理、检验到期提醒、移动执法端口等部分组成。监管系统实现多个入口的数据可见性、多种角度统计分析,自动预警超期未检或数据异常等问题^[3]。从平台使用角度来看,在监管部门与企业之间架设桥梁,形成分层管理、灵活调整、互相协作的新模式。为每一个设备分配一个唯一的二维码,扫描后可看到该设备的情况、级别、检验时间以及检查结果等相关内容,即一码全知。同时,平台数据还可进一步挖掘其使用价值,在数据资产进行登记、管理及利用等方面,形成统筹管理+专业开发+市场推广的合作模式,助力企业安全以及政府有效监管。

5 特种设备安全运行管理体系应用研究

5.1 推行路径与实施机制

特种设备安全保障运行体系建设应用落实是项复杂工程,其推行过程中要把握好逐步推进和完善的原则。一般分四个步骤来实施:第一步是前期准备,在此期间主要在做机构调整、职责划分、制度制定及完善的同时,开展对职工的安全教育和技术交底等准备工作,使体系达到可以实施的条件;第二步是试运行,在一定区域内就某类或者特定的重点危险设备进行先期试验性的操作,以验证体系的合理性和适用情况,找出存在的不足之处以及问题所在,并搜集运行状况的信息和相关人员的意见;第三步是全面普及,把经过试点后验证有效的做法作为工作规程加以固定下来并向全公司推广应用,做到一个样式的设备一个程序,一把尺子量到底;第四步是不断完善,定期检查、隐患排查以及事故回顾分析制度,发现问题及时整改补漏,做到体系随时在变动。经验告诉我们,如果体系推行缺少了程序步骤把控的话往往会出现制度“墙上挂着没人用”的尴尬境地或者是出现断档的情况,所以一定要加强组织保障力度和过程监督,让体系能够真正进入到日常工作里去。

5.2 过程控制与闭环管理模式

特种设备安全管理务必彻底消除“重用轻管”的错误观念,确立全程动态的安全理念,即将特种设备作为一条生产线的重要节点来抓,突出抓好特种设备的整个生命周期各环节的管理,尤其是做好各环节之间的连接以及责任落实工作,制定好各自的责任清单,把日常巡查、定期检测、维修保养、故障处理等工作都列入标准化管理范畴,做到闭环式管理。为了达到更好的管理效果,还要做好隐患排查整治登记,针对存在的风险隐患进行分等级管理及销号式整改,做到发现问题能够及时有效处理并且追究责任人。另外,在此基础上做好管理工作的目标性和结果导向,防止敷衍了事走过场,可以通过绩效考核、奖优罚劣来加强执行力。同时,作为企业的主体也要负起责任,组建专门的安全管理人员队伍和应急预案体系,积极引入智能化管理设施设备,比如,在线监测装置、数字化档案管理系统以及预警装置等,增强自身发现隐患的能力以及应对突发情况的速度。而监管部门也要加强监督指导力度,通过开展重点整治、突击检查和技术讲座等形式加强监督监管力度。唯有企业自身肩负起责任,并且有相关部门的有效监管,才能使管理体系不断健全起来,才能够真正提升特种设备的安全运行保障水平。

6 结语

特种设备安全运行管理是复杂系统工程,需要有理论

支持、制度保障以及技术支持共同发挥作用。根据对当前特种设备安全形势进行分析,超过 87%的事故是由于管理不当造成,这说明管理起着决定性作用。而风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制有机结合,则构成了整个设备全生命周期安全管理的基础架构。运行检测技术、智能预警技术、大数据平台等集成应用也给该架构奠定了坚实的基石。未来,特种设备安全管理将朝着更加智能化、精准化、系统化方向发展,在此基础上实现以数据为依据作出判断,及时发出警报提醒,全过程联合处理问题等将会成为发展趋势。在理论研究和实践探索良性互动下,特种设备安全管理水平一定会有新的提高,对促进经济社会高质量发展起到更好的保驾护航作用。

[参考文献]

- [1]任崇宝,王成竹,蓝麒,等.特种设备安全治理新模式:基于全生命周期系统韧性治理[J].中国安全科学学报,2025,35(9):8-19.
- [2]段军伟,范宏宇.探析 5G 驱动的特种设备使用安全管理标准化智慧建设[J].中国设备工程,2025(3):34-36.
- [3]李伟程.基于微服务架构的特种设备安全知识库系统设计与实践[J].中国科技纵横,2025(18):54-56.

作者简介:陈江(1985—),男,工程师,学历本科,毕业于武汉轻工大学,现就职于内蒙古自治区市场监督管理审评查验中心,研究方向:特种设备。