

中文引用格式: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.

英文引用格式:REN Chongbao, WANG Chengzhu, LAN Qi, et al. New mode of special equipment safety governance: system resilience governance in whole life cycle[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(9):8-19.

特种设备安全治理新模式: 基于全生命周期系统韧性治理*

任崇宝¹工程师, 王成竹¹经济师, 蓝麒¹正高级工程师,
郝素利^{**2}教授, 崔健峰³

(1 中国特种设备检测研究院, 北京 100029; 2 中国矿业大学(北京)管理学院,
北京 100083; 3 北京工业大学 信息科学技术学院, 北京 100124)

中图分类号:X913

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.09.0060

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFF0607401);北京市自然科学基金资助(9252014)。

【摘要】 为提升特种设备安全治理水平,运用社会生态韧性的治理范式,基于文献综述、模式解析、体系结构解析与概念阐述法,探究特种设备全生命周期安全韧性治理模式。首先,建立并解析基于全生命周期的安全治理模式与基于系统韧性的安全治理模式,形成韧性主导的特种设备安全治理模式(RL-SES-GM);其次,建立特种设备安全治理“人员-设备-管理”(SES-PEM)直接要素体系与特种设备安全治理“缓解-恢复-学习-应对”(SES-MRLC)间接要素体系,并解析体系结构,据此界定全生命周期系统韧性视角下的风险;最后,构建“安全软科学+硬件装备”的二维治理范式结构、“风险分级管控+隐患排查治理+安全韧性”的三重预控机制结构以及“数据+知识”双驱动的二维技术结构。结果表明:二维治理范式结构、三重预控机制结构及二维技术结构共同为风险防控政策的制定与优化提供范式支撑;所构建的 SES-PEM 与 SES-MRLC 为安全治理的定量研究与决策效率提升奠定要素基础;全生命周期 RL-SES-GM 有效驱动特种设备安全治理范式变革,基于全生命周期与系统韧性耦合机制的治理模式应在不同周期针对性提升“缓解度、恢复度、学习度及应对度”。

【关键词】 特种设备; 安全治理; 全生命周期; 系统韧性; 要素体系

New mode of special equipment safety governance:
system resilience governance in whole life cycle

REN Chongbao¹, WANG Chengzhu¹, LAN Qi¹, HAO Suli², CUI Jianfeng³

(1 China Special Equipment Inspection & Research Institute, Beijing 100029, China;

2 School of Management, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China;

3 School of Information Science and Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: To enhance the safety governance level of special equipment, based on the governance paradigm of socio-ecological resilience, and through literature review, pattern construction, structural analysis, and conceptual elaboration, the safety resilience governance mode of the whole life cycle of

* 文章编号:1003-3033(2025)09-0008-12; 收稿日期:2025-05-14; 修稿日期:2025-07-20

** 通信作者:郝素利(1979—),女,河北邯郸人,博士,教授,主要从事风险管理、公共安全管理、社会治理等方面的研究。E-mail: sluckyh@126.com。

special equipment was explored. Firstly, the safety governance mode based on the whole life cycle and the safety governance mode based on system resilience were established and analyzed, and the resilience-led special equipment safety governance mode (RL-SES-GM) was constructed. Secondly, direct element system of SES-personnel equipment management (SES-PEM) and indirect element system of SES-mitigating recovery learning coping (SES-MRLC) were established, and the structure of these systems was analyzed. Based on this, the risks from the perspective of system resilience throughout the whole life cycle were defined. Finally, a two-dimensional governance paradigm structure of "safety soft science + hardware equipment", a triple pre-control mechanism structure of "risk grading control + hidden danger investigation and management + safety resilience", and a two-dimensional technology structure driven by "data + knowledge" were constructed. The results show that the established two-dimensional governance paradigm structure, the triple pre-control mechanism structure, and the two-dimensional technical structure in this paper provide a paradigmatic support for the formulation and optimization of risk prevention and control policies. SES-PEM and SES-MRLC of safety & security governance lay the foundation for quantitative research and decision-making efficiency in safety & security governance. The whole life cycle RL-SES-GM effectively drive the paradigm transformation of special equipment safety governance. The governance mode under the coupling mechanism of whole life cycle and system resilience should targetedly improve the "mitigating ability, recovery ability, learning ability, and coping ability" in different periods.

Keywords: special equipment; safety governance; whole life cycle; system resilience; element system

0 引 言

特种设备作为支撑国民经济和社会发展的重要基础装备,具有数量庞大、应用广泛、重要性突出及高危险性特性。截至 2024 年末,全国特种设备总量达 2 294. 18 万台套,持证作业人员 1 360. 18 万人,且在用设备年增幅预计维持 10%^[1]。近十年来,特种设备对国内生产总值直接贡献率为 2% ~ 3%,关联贡献率超 64%^[2],但设备困人、高空坠落等安全事故频发,已造成数十亿元经济损失^[3],并引发负面社会舆情。因此,深入探索特种设备安全治理模式,对于保障人民群众生命财产安全、提升公共服务保障能力具有重要的现实意义。

随着国家及地方层面相继推出基于风险的分类监管、双随机监管等机制,特种设备风险监管已进入成熟阶段。基于风险的监管模式核心在于识别、分析和评价特种设备全生命周期风险,进而基于设备和企业的风险等级实施分类监管策略^[4]。伴随国家社会治理体系和治理能力现代化建设的推进,特种设备安全领域已确立多主体协同治理的理念。郝素利等^[5-6]主张加快特种设备监管思路转型与治理格局调整,构建协同型安全治理模式。张诗悦等^[7]提出特种设备安全监管的多元共治模式,通过界定政府、市场、检测机构和社会 4 大治理主体的权责边

界,分别构建安全产出模型、投入成本模型和非效益模型,得出“多元主体合作可显著提升治理效益”的结论。此外,学者们基于风险管理和回应性监管理论,优化特种设备安全监管模式并提出具体实施方案,比较成熟的研究成果集中在安全治理模式设计^[8]、管理案例^[9]、作业人员^[10]、脆弱性理论分析^[11]及安全责任保险机制^[12]等维度,且均证实引入多中心治理理念,有助于推动政府职能转变,解决信息不对称、市场恶性竞争等问题。然而,现有研究对事件冲击的影响效应及安全可持续性(即安全韧性)的关注存在明显不足,尤其在事件冲击下特种设备安全韧性的演化机制方面,仍有待进一步探索。

鉴于此,笔者拟以可持续发展理念为指导,通过概念阐释与结构解析方法,将全生命周期治理模式与社会生态韧性治理范式纳入统一研究框架,系统梳理其理论基础与核心内涵。在此基础上,提出特种设备全生命周期系统韧性治理新模式,重点解析模式结构、识别关键要素、界定治理风险,并构建特种设备安全治理“人员-设备-管理”(Special Equipment Safety-Personnel Equipment Management, SES-PEM)直接要素体系与特种设备安全治理“缓解-恢复-学习-应对”(Special Equipment Safety-Mitigating Recovery Learning Coping, SES-MRLC)间接要素体系,旨在为相关部门优化政策供给、提升特

种设备安全治理水平提供理论支撑,同时为我国公共安全治理领域的制度设计提供参考。

1 特种设备安全治理新模式建立

1.1 基于全生命周期的安全治理模式

从横向分析维度看,主体多元化是安全治理模式的内核基础。通过模式解构可见:特种设备多元主体治理模式的构成要素包括但不限于政府、市场、社会及公众。主体多元化视角下的特种设备安全治理呈现显著转型特征:治理主体由政府一元监管转向“政府主导、市场-社会-公众协同参与”的多元格局;监管手段由“政府单一管制”转向多元主体共治;监管形态由“政府静态监管”转向“政府+企业”动态监管。在多元动态监管框架下,政府可针对设

备、人员、企业多维度监管对象动态实施差异化策略,显著提升监管效能。随着政策演进与高质量发展需求,各主体要素成分也会动态调整。例如:随着特种设备检验机构改革,部分转企的检验机构会由社会主体调整至市场主体。

融合主体多元化特征与全链条系统性属性,纵向维度构建基于全生命周期理念的特种设备安全治理模式。通过交叉融合时间维和逻辑维的治理流程,形成特种设备全生命周期安全治理模式框架如图1所示。从时间维度出发,基于“危险-风险-事故”的演化过程,将安全治理全生命周期划分为事前、事中、事后3阶段。从逻辑维度出发,构建覆盖全周期的4大任务域:特种设备安全预测、特种设备安全决策、特种设备安全执行和特种设备安全反馈。

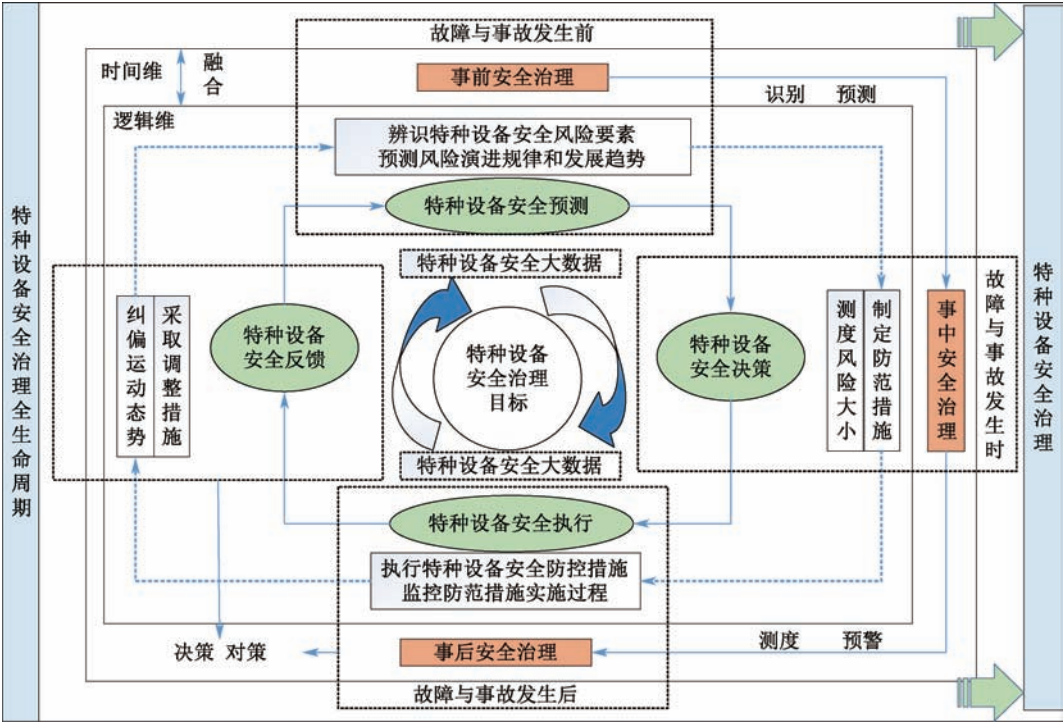


图1 特种设备全生命周期安全治理模式框架

Fig.1 Framework of safety governance mode for whole life cycle of special equipment

1.2 基于系统韧性的安全治理模式

安全韧性理论基础已从均衡理论向演化理论转变。实践中,韧性主导的系统柔性治理范式已在应急管理^[13]、生态^[14]及金融安全^[15]等领域成功应用。基于系统科学理论基础^[16],借鉴宏观产业系统化构建范式^[17-18],结合上述理论与实践启示,以特种设备安全为研究对象,构建“韧性主导的特种设备安全治理模式(Resilience-Led Special Equipment Safety & Security Governance Mode, RL-SES-GM)”,

其运行路径如图2所示。

RL-SES-GM是一种融合安全治理理念、方法与模型的综合体系,核心实施路径为“搜集特种设备安全信息,分析加工并构建安全韧性子系统,支撑多元治理主体运用多维策略开展全流程治理活动”。简言之,RL-SES-GM通过搜集分析安全信息生成安全韧性子系统,并依托该子系统支撑特种设备安全治理行为,最终实现治理水平的提升。该模式将安全韧性系统贯穿于特种设备安全治理全生命周期。

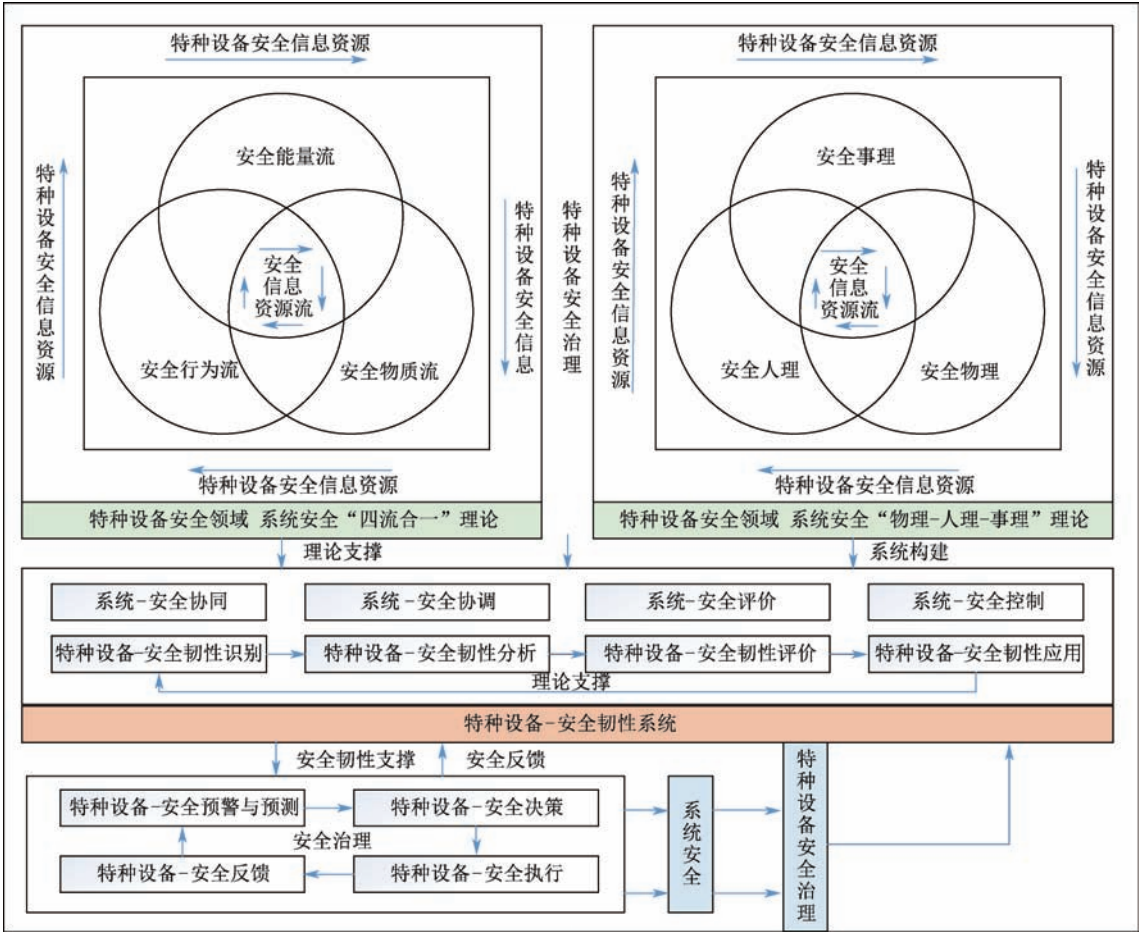


图 2 RL-SES-GM 运行路径
Fig. 2 Operating path of RL-SES-GM

与城市安全治理等领域的韧性主导治理实践相比, RL-SES-GM 虽核心理念相似,但“安全韧性子系统”的具体运行路径存在特殊性。

RL-SES-GM 模式通过韧性视角下的特种设备安全预警预测、安全决策、安全执行与安全反馈,实现系统安全目标,并与全生命周期治理视角深度融合。一方面,基于韧性的安全治理需以全面的安全韧性要素为基础,而要素的识别与分析需依托安全韧性系统;另一方面,其有效运行需依赖治理领域的协同、控制与评价等实践支撑,并以系统安全学理论方法为指导。RL-SES-GM 模式运行过程中,一是以系统安全“四流合一”理论为基础^[19],安全信息与资源承担整合功能,系统内安全物质流、能量流与行为流可整合为安全信息资源流,即通过安全信息资源表征系统安全状态。安全韧性子系统作为安全信息资源的“加工工厂”,其有效运转以全面准确的安全信息资源为前提。二是基于系统科学“物理-事理-人理”方法论衍生的“安全物理-安全事理-安全人理”方法论^[20],为模式运行中安全韧性指标

体系的构建提供支撑。

2 特种设备安全治理模式要素体系

2.1 SES-PEM 体系解构

特种设备安全危险源于事故对象和相关事故环境,同时孕育于安全脆弱性之中。从概念关联看,安全脆弱性的反面即为安全韧性,且二者的构成要素存在交叉性。

1) 依据“危险源+脆弱性=事故”模型^[11],安全危险源指可能引发伤害的潜在根源。按伤害类型可分为触电、碾压、切割、中毒、着火、溺水、煤矿等;安全脆弱性由易损性、易感性、抵抗力及抗逆力 4 类要素构成。在自然技术视角下,易损性为设备和环境暴露的客观危险状态,抵抗力为其维护和应急能力;在人文社会视角下,易感性为群体社会受风险影响的主观状态,抗逆力为其承受和恢复能力。

模型中事故传导路径包括:①危险源触发设备和环境易损性,若客观抵抗力不足,将提升事故概率

并引发事故;②群体社会管理防御体系存在薄弱环节,若主观抗逆力不足,脆弱性易被击穿,危及设备和环境安全并产生社会影响;③危险源、脆弱性与事故子系统呈正相关,且危险源与脆弱性具有共生性。

2) 构建安全治理“风险-韧性=事故”模型。社会生态韧性系统表现为闭环系统,随时间维度可分为缓解、恢复、学习和应对4大能力要素^[21-22]。从自然技术视角看,缓解能力指系统维持被扰动前状态的能力;恢复能力指系统受扰动与灾害后重建功能的复原能力。从人文视角看,学习能力体现系统主体通过积累扰动与灾害经验降低风险的主动优化能力;应对能力则是在学习能力基础上实现系统灾后的重建工作。上述4要素环环相扣,当社会系统具备强缓解和恢复能力时,可快速抵御外界扰动和灾害冲击并复原原有功能;而通过从灾害中汲取经验强化学习与应对能力,能进一步提升系统对潜在灾害、风险的承受阈值^[23]。

在安全治理“风险-韧性=事故”模型中,安全风险、韧性及事故的传导路径包括:①风险作为事故前置触发因子,其强度若超过设备及环境的缓解、恢复能力,且学习与应对能力不足,即风险大于韧性,则极易引发事故;②当学习与应对能力的协同效应弱于缓解与恢复能力时,安全韧性易衍生为安全脆弱性,进而引发事故;③风险与事故呈正相关,韧性与事故呈负相关,安全风险与安全韧性通过强度抵消关系决定事故发生概率。同时,“危险源+脆弱性=事故”模型与“风险-韧性=事故”模型均呈现典型共性特征:安全监管与治理的要素识别与决策逻辑,正从自然技术视角向社会人文视角过渡。

3) 基于安全治理“危险源+脆弱性=事故”模型与“风险-韧性=事故”模型,构建特种设备安全治理模型体系:特种设备安全危险源/风险±特种设备安全脆弱性/韧性=特种设备安全事故。

分层事故致因理论将事故直接原因划分为人的失误、物的故障和外部事件^[24-25]。在特种设备安全危险源/风险±特种设备安全脆弱性/韧性=特种设备安全事故模型体系中,危险源与风险属于事故的直接原因。由于8大类特种设备的差异性,以电梯为例展开分析:电梯安全危险源指可能导致设备失效或人员伤害的潜在隐患,其衍生结果为风险。团体标准《电梯应急处置平台技术规范》(CPASE M001—2015)^[26]将电梯故障直接原因划分为人为原因、外部原因、门系统、曳引系统、导向系统、轿厢、控制系统、电气系统和安全保护装置9大类。

特种设备作业的人因风险治理具有必要性:一是作业人员规模持续扩大,截至2024年底,全国持证人员达1 360.18万;二是使用环节事故占比极高(2024年达82.57%),且其中81.36%源于使用管理不当,违章作业仍是主因^[1]。统计数据(2002—2016年)^[3,27]显示:423起典型电梯事故中,曳引与强制驱动电梯事故占85%(致429人伤亡),自动扶梯与自动人行道事故占14%(致57人伤亡),杂物电梯与液压驱动电梯事故占5%(致23人伤亡),其直接原因主要包括人的不安全行为 P 、设备的不安全状态 E 和相关单位使用管理不当 M 。基于分层事故致因模型和特种设备安全危险源/风险±特种设备安全脆弱性/韧性=特种设备安全事故模型体系,结合统计数据^[3,27]和CPASE M001—2015^[26],构建SES-PEM直接要素体系(图3),从微观层面揭示承载体的作用机制。需说明的是,特种设备事故多为多因素耦合结果,即人员的不安全行为、设备的不安全状态与相关单位使用管理不当的单独或联合作用均可能诱发事故。

SES-PEM要素体系遵循“宏观要素层-中观因素层-微观指标层”的路径,从自然技术与社会人文2个维度解析特种设备安全治理的直接要素,包括安全危险源与风险2个维度。

1) 宏观要素层。以特种设备安全危险源与风险子系统为基础,SES-PEM将直接要素映射为人员的不安全行为 P 、设备的不安全状态 E 和相关单位使用管理不当 M ,形成SES-PEM要素体系的3个子结构:社会人文视角的人员子结构(Special Equipment Safety & Security-Personnel, SES-P)、自然技术视角的设备子结构(Special Equipment Safety & Security-Equipment, SES-E)与综合视角的管理子结构(Special Equipment Safety & Security-Management, SES-M)。

2) 中观因素层。以电梯为例,SES-P包含4类人员因素集合:①维保人员因素集合:涵盖维保过程中的不规范操作、违规操作、设备缺陷漏检及无证作业等;②乘客人员因素集合:包括乘用过程中的不当使用、自救处置失误及违规操作救援设备等;③安装人员因素集合:涉及安装阶段的违规操作、无证作业、未按设计文件安装及无监护独立操作等;④物管和救援人员因素集合:包含无证违规修理、三角钥匙滥用(含违规使用、擅自出借)及擅离职守等。SES-E包含2类故障因素集合:①门锁故障因素集合:主要表现为层门/轿门闭合验证的电气安全装置失效、

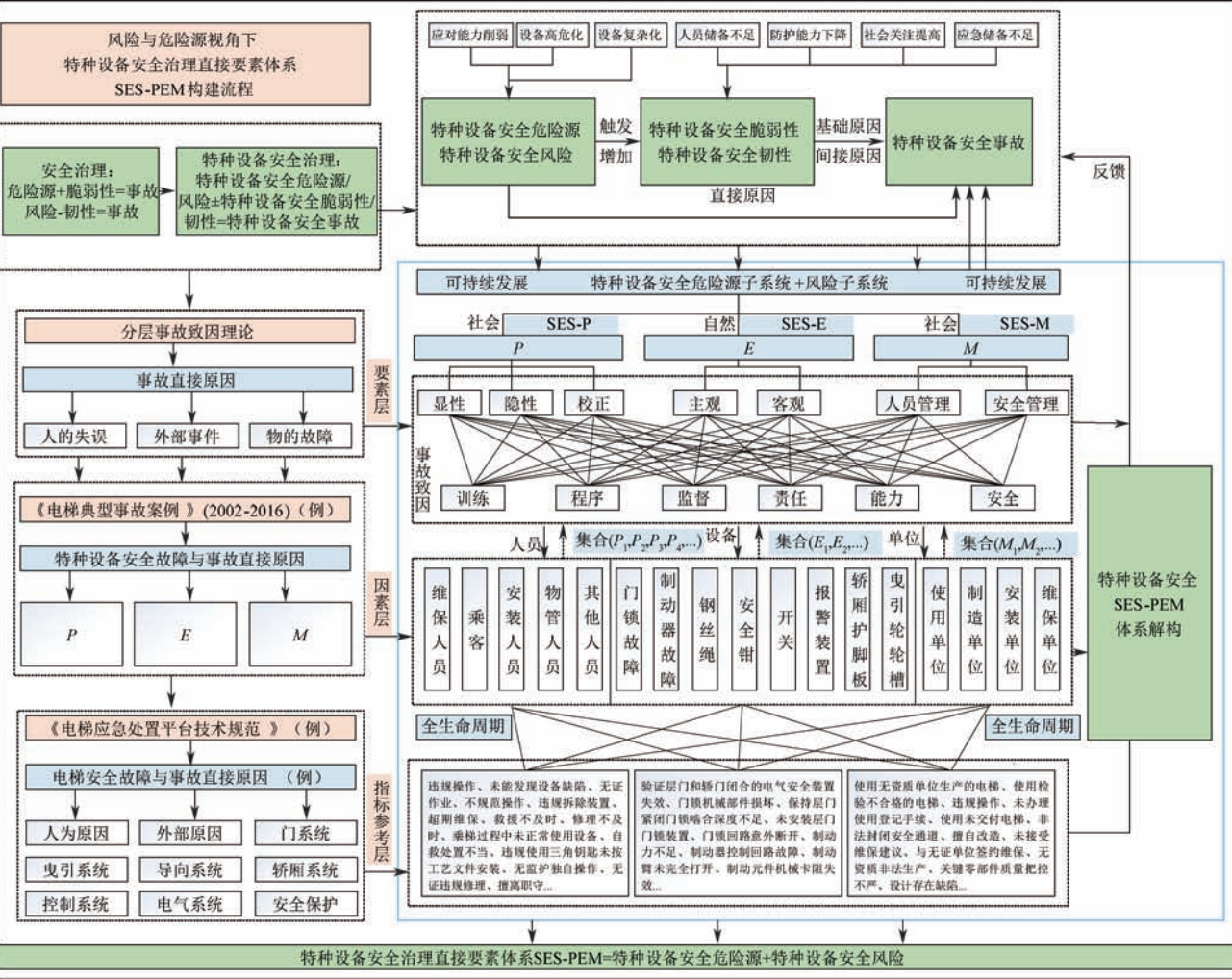


图 3 SES-PEM 直接要素体系

Fig. 3 Direct factor system of SES-PEM

门锁机械部件损坏及啮合深度不足等;②制动器故障因素集合:包括制动力不足、控制回路故障、制动臂未完全打开及制动元件机械卡阻失效等。门锁故障和制动器故障在设备不安全状态引起的事故占比超 65%^[3]。SES-M 包含 2 类管理因素集合:①使用单位因素集合:涉及使用无资质电梯或检验不合格电梯、违规操作及未办理登记手续等;②制造单位因素集合:包括无资质生产、关键零部件质量把控不严及设计缺陷等。使用单位和制造单位在相关单位使用管理不当引起的事故中占比超过 95%^[3]。

2.2 SES-MRLC 体系解构

基于安全脆弱性与韧性的对冲关系,特种设备安全脆弱性指系统中高风险薄弱环节的伤害概率,而安全韧性为其对立面。结合特种设备安全治理“特种设备安全危险源/风险±特种设备安全脆弱性/韧性=特种设备安全事故”模型体系与 SES-

PEM 直接要素体系,构建 SES-MRLC 间接要素体系,如图 4 所示。

2.2.1 SES-MRLC 结构

在宏观层面,基于 SES-PEM 体系解构结果与特种设备安全危险源/风险±特种设备安全脆弱性/韧性=特种设备安全事故模型体系,SES-MRLC 将间接要素映射为缓解能力、恢复能力、学习能力、应对能力,据此形成 SES-MRLC 间接要素体系的 4 个子结构:①缓解度子结构(Special Equipment Safety & Security-Mitigating Ability, SES-MA),反映设备和环境在风险暴露下的客观危险状态,指特种设备系统客体维持扰动前状态的能力,涵盖灾前准备与灾后自动调整能力;②恢复度子结构(Special Equipment Safety & Security-Recovery Ability, SES-RA),体现群体和社会应对事故影响的主观危险状态,指特种设备系统客体受冲击后重建功能并恢复受扰动与灾害前状态的能力;③学习度子结构(Special Equipment

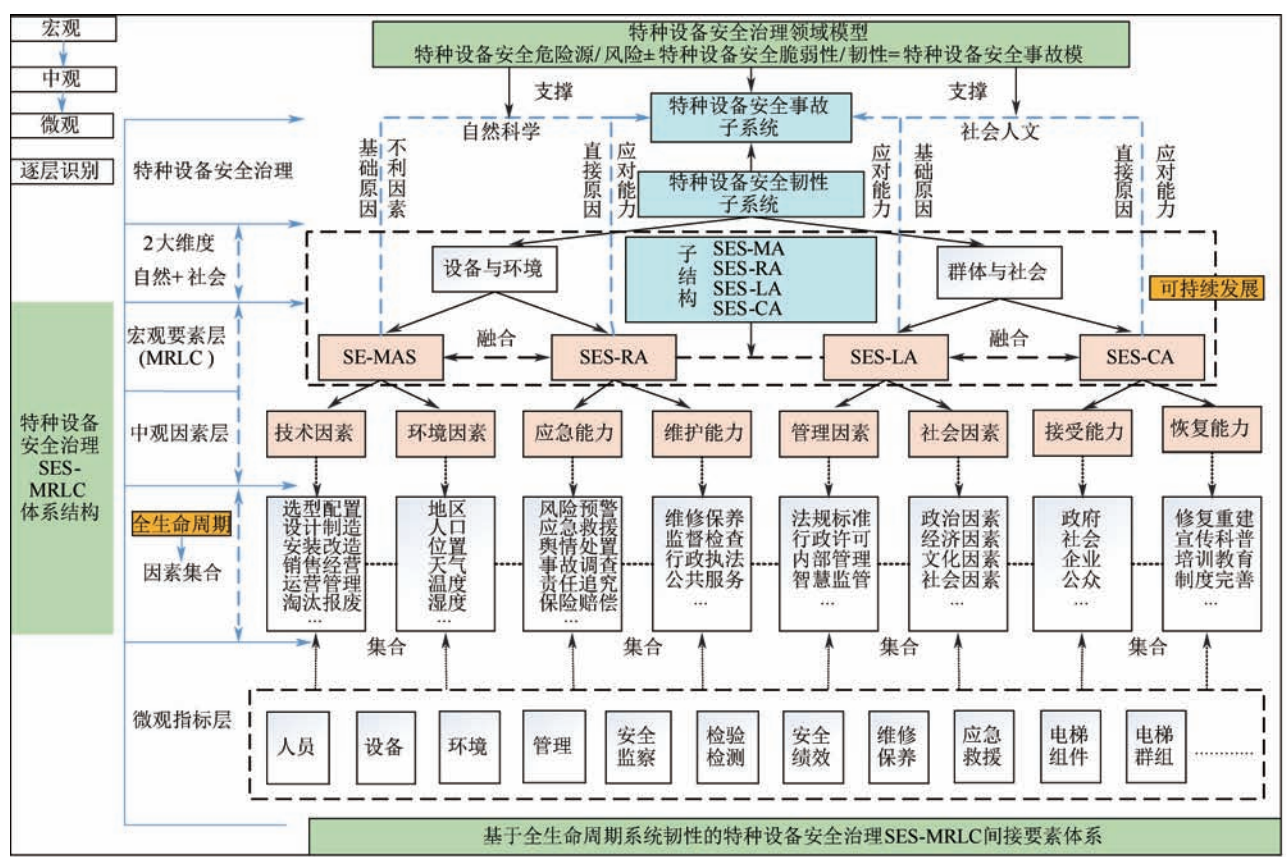


图4 SES-MRLC 间接要素体系

Fig. 4 Indirect factor system of SES-MRLC

Safety & Security-Learning Ability, SES-LA),反映设备和环境面对危险时的学习能力,指特种设备系统主体针对系统所受扰动与灾害主动积累经验来降低风险的能力;④应对度子结构(Special Equipment Safety & Security-Coping Ability, SES-CA),反映群体和社会面对危险时的接受和恢复能力,是指特种设备系统主体在学习能力的基础上对系统受灾状态开展的重建与复原工作。4个子结构从宏观层面实现对特种设备安全治理承载体的系统性描述和评价。

2.2.2 SES-MRLC 解析

刘铁民等^[28]基于“触发事件+脆弱性=灾难”模型,将特种设备安全脆弱性要素划分为自然、技术、社会与管理4个维度,而韧性理论已从生态学领域拓展至社会生态领域,其核心是“稳定-恢复-适应”的动态能力,根植于永续发展、社会脆弱性、生态平衡和结构功能主义等范式^[22],体现预防、应急与重建的响应特性。结合2002—2024年事故数据与当前安全治理现状,运用专家访谈法与现场调研法,将SES-MRLC归纳为技术与环境、管理与社会、应急与维护、接受与恢复8个维度。在治理现代化与智慧监管背景下,需涵盖设计、制造、安装等8大环节的

监管主体与对象,明确权责边界。依据《特种设备安全法》^[29],制造企业和用户为生产、经营和使用环节的主体,检验机构为检验检测环节的主体,政府和监管部门为应急救援和调查处理环节的主体。因此,SES-MRLC遵循“宏观要素层-中观因素层-微观指标层”路径,从自然技术与社会人文维度整合主体权责与环节特征,以衡量SES-MRLC安全韧性。

1) 宏观要素层。基于自然技术视角的缓解能力与恢复能力、社会人文视角的学习能力与应对能力,与之对应形成SES-MA、SES-RA、SES-LA、SES-CA等4个子结构。

2) 中观因素层。SES-MA:技术因素集合(覆盖全生命周期的设计制造、安装改造修理、经营、使用、淘汰报废等)与环境因素集合(涵盖地区、人口、位置、周边、天气等影响设备老化腐蚀的外部条件)。SES-RA:应急能力因素集合(涵盖风险预警、应急救援、舆情处置、事故调查等全流程响应)与维护能力因素集合(体现企业、检验机构、政府部门的日常维保、检验检测、监督水平)。SES-LA:管理因素集合(包括法规标准、行政许可、内部管理、智慧监管、智

慧治理等制度保障)与社会因素集合(涉及政治、经济、文化、社会等宏观环境影响)。SES-CA:接受能力因素集合(以社会的认知度、满意度等为主)与恢复能力因素集合(包括设备修复重建、宣传科普、培训教育等长效提升机制)。

3 特种设备安全治理模式结构构建

3.1 系统韧性安全治理风险界定

基于系统科学理论^[16]及安全软科学范式的系统模式^[30-31],结合基于全生命周期系统韧性的特种设备安全治理模式、SES-PEM 及 SES-MRLC,将基于全生命周期系统韧性的特种设备安全风险定义为:在以特种设备全生命周期安全韧性为核心目标的治理系统中,因内部缓解度、恢复度、学习度、应对度及人员、设备和管理要素的实际状态与目标状态相悖,导致实际安全水平与预期安全水平产生的负向偏差。其中,缓解度、恢复度、学习度与应对度要素的状态直接反映安全韧性子系统的运行效能,而人员、设备和管理要素的状态则表征安全危险源与风险环

境的动态特征。与单一维度的事故概率评估不同,此类风险的核心关注点在于全生命周期韧性系统整体的不安全状态,而非某一孤立要素诱发事故的可能性。

3.2 系统韧性安全治理结构构建

融合基于全生命周期的安全治理模式与基于系统韧性的安全治理模式,结合 SES-PEM 与 SES-MRLC,构建以全生命周期系统韧性为主导的特种设备安全治理新模式,其结构包括新范式、新机制与新技术。

1) 新范式结构。安全软科学以“人-事-物”综合系统为研究核心,聚焦跨学科、多层次科研活动,既是推动国家安全治理现代化的重要学科基础,又涵盖安全基础理论、学科建设、社会治理、文化建设、政策法制、风险决策、行为安全管理、职业健康管理、事故应急管理、安全健康促进等微观研究领域。基于此,引入安全软科学范式,构建安全软科学与硬件装备相融合的特种设备安全治理二维新范式结构如图 5 所示。



图 5 特种设备安全治理二维新范式结构

Fig. 5 Two-dimensional new paradigm structure for safety governance of special equipment

2) 新机制结构。融合全生命周期与系统韧性理论,结合风险分级监管机制、安全韧性与安全风险防范化解的契合点,建立风险分级管控、隐患排查治理与韧性提升相融合的重重预防新机制结构^[32],如图 6 所示。该机制包含 3 个模块:一是基于安全韧性范式流程构建的安全韧性子系统;二是基于指数

测度的风险管控模块,将特种设备安全风险划分为微度、低度、中度、高度、极度 5 个等级,其中高度与极度风险定义为重大安全风险,对应构建 8 个子系统(重大/一般风险识别、预警、控制、监测),实现分级精准管控;三是基于数据知识双驱动的隐患排查治理模块,构建“隐患知识深度挖掘-事件事理图谱

知识库-隐患知识动态演化-隐患知识多维智能推荐”的关键技术路径,形成基于隐患知识动态演化与智能推荐的决策应用系统。

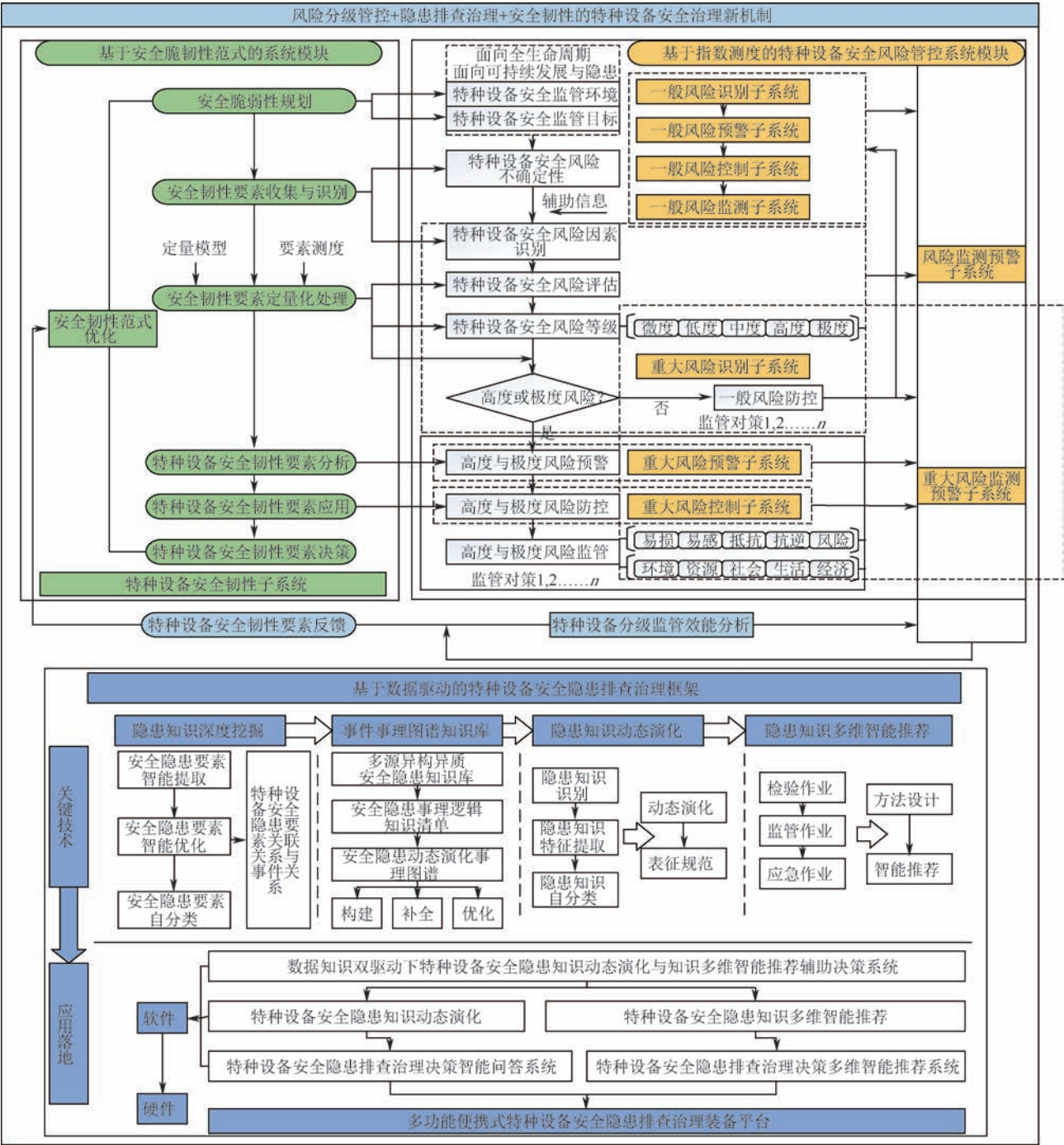


图 6 特种设备安全治理三重预防新机制结构

Fig. 6 New triple prevention mechanism structure for safety governance of special equipment

3) 新技术结构。引入人工智能技术,建立数据知识双驱动的特种设备安全治理新技术结构^[33](图 7),赋能敏捷治理、靶向治理与韧性治理实践。该技术结构融合全生命周期理念与安全风险管理理论,联动政府、市场与社会主体,运用数据制式驱动

方法,覆盖全生命周期风险管控、安全韧性提升与隐患排查治理,最终实现安全风险智能防控。与传统特种设备安全治理模式相比,其核心优势体现为主体多元化、监测预警系统化、内容全面化及结果精准化。

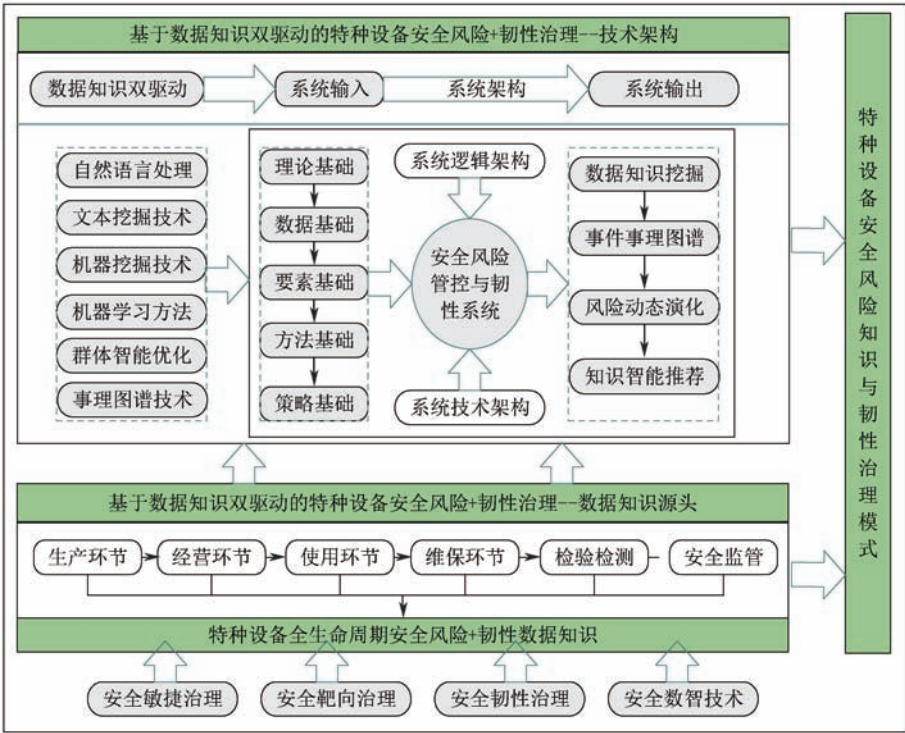


图 7 特种设备安全治理新模式-技术结构

Fig. 7 New mode – technology structure for safety governance of special equipment

4 结 论

1) 全生命周期视域下安全 RL-SES-GM 核心在于以安全韧性驱动特种设备治理变革,既丰富安全韧性理论,又革新安全治理模式和机制。其“安全软科学+硬件装备”的二维治理范式、“风险分级管控+隐患排查治理+安全韧性”的三重预控机制及“数据+知识”双驱动技术框架,为特种设备风险防控政策制定与优化提供范式支撑。

2) 特种设备安全治理直接要素体系 SES-PEM 与间接要素体系 SES-MRLC 构成风险定量研究的要

素基础,既是风险等级分类、指数测度评价、安全综合等级评定的依据,也是宏观掌握区域特种设备安全状况、提升决策效率的有效途径。

3) 全生命周期系统韧性视角的特种设备安全治理模式实施需分阶段聚焦核心指标:事前监测缓解度与学习度,事中追踪恢复度,事后强化学习度与应对度。

4) 研究仅完成定性与半定量视角分析,后续需通过定量与实证研究验证模式可行性,推动治理敏捷化、精准化与科学化发展。

参 考 文 献

[1] 市场监管总局特种设备局. 市场监管总局关于 2024 年全国特种设备安全状况的通告[EB/OL]. (2025-04-23). https://www.samr.gov.cn/tzsbj/qktb/tb/art/2025/art_1b31b22095744942af16cf24cec957ac.html.

[2] 任崇宝,蓝麒,郝素利,等. 基于数据驱动的电梯安全风险要素识别研究[J]. 中国特种设备安全,2024,40(增 1): 1-8.
REN Chongbao, LAN Qi, HAO Suli, et al. Research on elevator safety risk factor identification based on data-driven[J]. China Special Equipment Safety, 2024, 40(S1): 1-8.

[3] 任崇宝. 基于数据驱动的电梯安全风险要素识别与预警研究[D]. 北京:中国矿业大学(北京),2023.
REN Chongbao. Research on elevator safety risk factor identification and early warning based on data-driven[D]. Beijing: China University of Mining and Technology-Beijing, 2023.

[4] 江书军. 基于风险的特种设备使用单位安全分类监管研究[D]. 北京:中国矿业大学(北京),2013.
JIANG Shujun. Research on the special equipment user's safety classification supervision based on risk[D]. Beijing:

- China University of Mining and Technology-Beijing, 2013.
- [5] 郝素利. 特种设备安全多中心协同治理模式研究[J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(9): 155-160.
HAO Suli. Research on polycentric synergetic governance model of special equipment safety[J]. China Safety Science Journal, 2019, 29(9): 155-160.
- [6] 郝素利, 石芬芬. 风险感知、协同治理: 媒体参与特种设备安全治理的路径分析[J]. 中国市场监管研究, 2023(11): 54-61.
HAO Suli, SHI Fenfen. Risk perception and collaborative governance: the path research of media Participating in Special Equipment safety governance[J]. Research on China Market Regulation, 2023(11): 54-61.
- [7] 张诗悦, 丁日佳, 丁文均. 多元共治下的特种设备安全效益分配模式[J]. 中国安全科学学报, 2017, 27(10): 149-154.
ZHANG Shiyue, DING Rijia, DING Wenjun. Research on model of safety benefit allocation for special equipment under multiple co-governance[J]. China Safety Science Journal, 2017, 27(10): 149-154.
- [8] 郝素利. 特种设备安全监管新模式: 多中心治理[J]. 中国科技论坛, 2018(7): 9-17.
HAO Suli. The new mode of special equipment safety regulation: multi-centered governance[J]. Forum on Science and Technology in China, 2018(7): 9-17.
- [9] 陈浩伟. 多中心治理视角下化工园区特种设备安全管理研究: 以江苏省大丰港化工园区为例[J]. 中国市场监管研究, 2021(9): 38-41.
CHEN Haowei. Research on special equipment safety management of chemical industrial zone from perspective of multi-centric[J]. Research on China Market Regulation, 2021(9): 38-41.
- [10] 韩舒华. 基于云服务的特种设备作业人员继续教育系统研究[J]. 机电技术, 2020(1): 41-42, 89.
- [11] 蓝麒. 电梯安全脆弱性理论及协同治理体系研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2018.
LAN Qi. Research on vulnerability theory and collaborative governance system of elevator safety[D]. Beijing: China University of Mining and Technology-Beijing, 2018.
- [12] 丁日佳, 田铮. 电梯责任保险对电梯公共安全管理的影响: 基于双重差分模型的实证[J]. 经济经纬, 2020, 37(5): 169-176.
DING Rijia, TIAN Zheng. Research on the impact of elevator liability insurance on elevator public safety management: an empirical study based on the difference-in-differences model[J]. Economic Survey, 2020, 37(5): 169-176.
- [13] 樊博, 聂爽. 应急管理中的“脆弱性”与“抗逆力”: 从隐喻到功能实现[J]. 公共管理学报, 2017, 14(4): 129-140, 159-160.
FAN Bo, NIE Shuang. Prospects and explanations of international crisis management research in public administration[J]. Journal of Public Management, 2017, 14(4): 129-140, 159-160.
- [14] 张怡梦. 中国西部地区生态脆弱性评估: 面向西部 45 个城市的探索性研究[J]. 统计与信息论坛, 2018, 33(8): 74-84.
ZHANG Yimeng. The evaluation of ecological vulnerability in western China: an exploratory analysis based on 45 cities in western China[J]. Journal of Statistics and Information, 2018, 33(8): 74-84.
- [15] 梁永礼. 我国金融系统安全评价与风险预警研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2018.
LIANG Yongli. Research on the evaluation and early warning of China's financial security[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2018.
- [16] 叶立国. 系统科学理论体系的理性重建: “内外融合的非线性立体结构”[J]. 系统科学学报, 2020, 28(1): 6-11.
YE Ligu. Rational reconstruction of theoretical system of systems science: "nonlinear stereoscopic structure syncretizing the inside and outside"[J]. Journal of Systems Science, 2020, 28(1): 6-11.
- [17] 郝全洪. 协同发展的现代产业体系建设的制约因素与应对之策: 基于系统科学理论的若干思考[J]. 江淮论坛, 2021(1): 37-43, 193.
HAO Quanhong. The restrictive factors and suggestions on the construction of modern industrial system of coordinated development: analysis based on the theory of systems science[J]. Jiang-huai Tribune, 2021(1): 37-43, 193.
- [18] 郝全洪. 系统科学视角的发展现代产业体系的理论逻辑[J]. 西北大学学报: 哲学社会科学版, 2021, 51(1): 101-108.
HAO Quanhong. Theoretical logic of developing modern industrial system from the perspective of system science[J]. Journal of Northwest University: Philosophy and Social Sciences Edition, 2021, 51(1): 101-108.
- [19] 王秉, 吴超. 安全信息学论纲[J]. 情报杂志, 2018, 37(2): 88-96.
WANG Bing, WU Chao. The outline of safety informatics[J]. Journal of Intelligence, 2018, 37(2): 88-96.
- [20] 顾基发, 唐锡晋, 朱正祥. 物理-事理-人理系统方法论综述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7(6): 51-60.
GU Jifa, TANG Xijin, ZHU Zhengxiang. Survey on Wuli-Shili-Renli system approach[J]. Journal of Transportation

Systems Engineering and Information Technology, 2007, 7(6): 51-60.

- [21] 周利敏. 从社会脆弱性到社会生态韧性:灾害社会科学研究范式转型[J]. 思想战线, 2015, 41(6): 50-57.
ZHOU Limin. From social fragility to socio-ecological toughness: paradigmatic transformation of the research of social-disaster science[J]. Thinking, 2015, 41(6): 50-57.
- [22] 高恩新. 防御性、脆弱性与韧性:城市安全管理的三重变奏[J]. 中国行政管理, 2016(11): 105-110.
GAO Enxin. Defensiveness, vulnerability and resilience: three paradigms of urban safety studies[J]. Chinese Public Administration, 2016(11): 105-110.
- [23] 王秉, 吴超. 科学层面的安全管理信息化的三个关键问题思辨:基本内涵、理论动因及焦点转变[J]. 情报杂志, 2018, 37(8): 114-120.
WANG Bing, WU Chao. Thoughts about the three key questions of safety management informatization on the science level: basic connotation, theoretical motives and focus changes[J]. Journal of Intelligence, 2018, 37(8): 114-120.
- [24] 陈宝智, 吴敏. 事故致因理论与安全理念[J]. 中国安全生产科学技术, 2008, 4(1): 42-46.
CHEN Baozhi, WU Min. Etiologies of accident and safety concepts[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2008, 4(1): 42-46.
- [25] 刘国愈, 雷玲. 海因里希事故致因理论与安全思想因素分析[J]. 安全与环境工程, 2013, 20(1): 138-142.
LIU Guoyu, LEI Ling. Heinrich accident causation theory and safety thought factor analysis [J]. Safety and Environmental Engineering, 2013, 20(1): 138-142.
- [26] CPASE M001—2015, 电梯应急处置平台技术规范[S].
CPASE M001-2015, Technical specification for elevator emergency handling platform[S].
- [27] 蓝麒麟, 肖莉. 中国电梯安全责任保险蓝皮书(2021)[M]. 北京:中国劳动社会保障出版社, 2021: 15-35.
- [28] 刘铁民, 朱慧, 张程林. 略论事故灾难中的系统脆弱性:基于近年来几起重特大事故灾难的分析[J]. 社会治理, 2015(4): 65-70.
- [29] 市场监管总局. 中华人民共和国特种设备安全法 [EB/OL]. (2019-08-20). https://www.samr.gov.cn/tzshj/zcfg/flfg/art/2019/art_39715c5a62f64e32aa522fcc2afd6298.html.
- [30] 佟瑞鹏, 王露露, 胡向阳, 等. 安全软科学研究追溯与展望:内涵、外延与挑战[J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(4): 1-8.
TONG Ruipeng, WANG Lulu, HU Xiangyang, et al. Review and prospect of safety soft science research: connotation, extension and challenge[J]. China Safety Science Journal, 2023, 33(4): 1-8.
- [31] 罗云, 裴晶晶, 许铭, 等. 我国安全软科学的发展历程、现状与未来趋势[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(1): 1-11.
LUO Yun, PEI Jingjing, XU Ming, et al. The development history, current situation and future trend of safety soft science in China[J]. China Safety Science Journal, 2022, 32(1): 1-11.
- [32] 王海清, 张玉倩, 郑威, 等. 基于主次屏障的化工装置事故根因分析及“双预”机制应用[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(2): 131-137.
WANG Haiqing, ZHANG Yuqian, ZHENG Wei, et al. Root cause analysis of chemical installation accident based on primary-secondary barriers and its application on double prevention mechanism[J]. China Safety Science Journal, 2024, 32(2): 131-137.
- [33] 王启飞, 赵逸涵, 刘帅, 等. 煤矿事故大数据驱动的风险治理模式研究综述[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(7): 28-37.
WANG Qifei, ZHAO Yihan, LIU Shuai, et al. Review of big data-driven risk governance models for coal mine accidents[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(7): 28-37.



作者简介: 任崇宝 (1993—), 男, 山东临沂人, 博士, 工程师, 主要从事特种设备安全风险管理与装备研发、标准化管理与自然语言处理等方面的研究。E-mail: renchongbao@csei.org.cn。