

机械电子安全风险预警监测要素确定方法

张丰收

克拉玛依荣康机电设备有限公司, 新疆 克拉玛依 834000

[摘要]随着机械电子系统在各个领域的广泛应用,安全风险预警监测要素的确定方法成为保障系统可靠和安全的关键所在。文章结合风险要素识别方法,结合智能监测要素优选框架,探讨多源信息融合、动态权重分配等技术在风险预警中的应用,并分析不同行业的适配性,构建兼顾实时性与成本效益的监测体系,为机械电子安全风险预警提供系统化的解决方案。

[关键词]机械电子;安全风险;预警监测

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17248

中图分类号:

文献标识码: A

Method for Determining the Elements of Risk Warning and Monitoring for Mechanical and Electronic Safety

ZHANG Fengshou

Karamay Rongkang Electromechanical Equipment Co., Ltd., Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract: With the widespread application of mechanical and electronic systems in various fields, the determination method of safety risk warning and monitoring elements has become the key to ensuring the reliability and safety of the system. The article combines risk element identification methods and intelligent monitoring element optimization framework to explore the application of multi-source information fusion, dynamic weight allocation and other technologies in risk warning. It also analyzes the adaptability of different industries and constructs a monitoring system that balances real-time and cost-effectiveness, providing a systematic solution for mechanical and electronic safety risk warning.

Keywords: mechanical and electronic; security risks; early warning monitoring

引言

当前产业转型升级持续加速的进程中,机械电子系统安全管理面临的核心困境来源于两个相互交织的层面:技术复杂程度的指数级增长和风险表现形态的本质性变化。零部件疲劳磨损这类传统物理性风险,它们当然继续存在并且需要被关注。但更耗费工程精力的,是软件代码缺陷的隐蔽性、网络非法入侵的突发性、人机协作失误的不可预测性这些非实体化的新型威胁源。数字化工厂内部各子系统之间的关联紧密度,超越了历史上的任何时期的情况。某个不起眼的传感器读数异常情况,经过控制系统的多级算法传递与处理流程,完全可能成为灾难性误操作的触发点。全球产业链布局下不同区域技术规范存在的显著差异,还给风险管理标准化带来现实困扰,跨国企业的运营管理者,他们必须在各地合规性要求和方案通用性目标之间持续寻找平衡点。

1 机械电子安全风险预警监测的重要性

1.1 产业升级中的安全挑战

传统机械设备面临的安全挑战,主要集中于机械结构失效、材料疲劳等物理层面的风险。现代机械电子系统则迥然不同,其需同时应对软件逻辑错误、网络攻击、人机界面设计缺陷等诸多新型威胁。尤其在完成数字化与智能化转型的工厂环境中,设备与系统间数据交互的频度与深

度,均已达到前所未有的水平。单一节点的微小故障,极可能以难以预见的方式,在整个网络中迅速传播并扩大其影响范围。此乃产业升级过程中引入的显著安全困境。传统物理失效机制的分析方法,对理解此类新型复合风险尤显不足。软件层面的脆弱性、网络连接的开放性、人机交互的复杂性,此三者共同构成了现代系统安全防御的薄弱环节。说白了,风险的传播路径和最终影响,现在变得愈发难以捉摸。此外,系统集成度的提升,使得不同模块间的耦合性空前增强。局部故障的连锁反应,其速度和广度远超传统设备。此情此景,对安全风险的前瞻性识别与快速隔离能力,提出了远高于以往的严苛要求。尤甚者,智能决策算法本身可能引入不可预测性,进一步加剧了风险控制的难度。物理世界与信息空间的深度融合,遂使安全保障的边界日渐模糊。

1.2 事故预防的经济社会价值

站在经济学的角度来看,在机械电子系统的整个生命周期里投入用于安全预警监测的资源,其产生的边际效益往往都会高于事后补救的成本,尤其是在医疗设备、航空航天这些高价值的领域中。安全预警监测体系的建设,不仅仅关联着企业的直接经济损失,还紧密联系着品牌信誉、市场竞争力等等一系列无形资产的价值维护,这些要素共同构成了企业可持续发展的基础条件^[1]。社会层面来看,

重大工业事故造成的负面影响，往往远远超出事件本身，可能会引发公众对新技术的信任危机，甚至会影响到整个产业结构和各项政策的调整方向。这种外延效应，是任何理性决策者都必须慎重考量的重要因素。所以说，建立完善的机械电子安全风险预警监测体系，为整个产业生态构筑一道看不见摸不着但是坚实的防护墙是重中之重。

1.3 行业监管与合规性要求

当前，全球主要工业国家都建立起了越来越严格的机械电子安全监管体系。这些法规标准，它们不仅仅规定了产品的基本安全性能指标。企业还必须建立全过程的风险管控机制，这也是法规提出的明确要求。以欧盟的机械指令作为例子，它就明确要求制造商必须进行全面的风险评估并建立相应的防护措施。这种合规性要求，它在客观上形成了一种倒逼机制，迫使企业不得不把安全预警监测作为产品研发的重要组成部分。不同国家和地区的技术标准体系，它们之间存在着显著的差异。跨国企业因此必须建立起具备高度适应性的风险管理框架。满足不同市场准入要求的同时，技术方案的一致性还必须能够得以保持。机械电子安全风险预警监测要素的确定，它已经超越了单纯的技术范畴。企业得国际化战略中不可或缺的一环，它正成为这个要素确定工作的本质属性。

2 风险要素识别方法论

2.1 故障模式基础分析方法

在西部干旱多风沙的特殊环境条件下，传统 FMEA 方法必须进行三个方面的本地化改进。首先，增加环境应力因子分析的维度是必须做的，尤其是要针对强风沙、盐碱腐蚀、剧烈温差等典型的地域环境要素。其次，设备季节性使用的特点也得好好考虑，比如农用机械在非作业期长期封存状态可能出现的那些故障模式。最后，多民族聚居区的实际情况要求纳入民族文化因素，分析多语言操作界面可能带来的那种误操作风险。经过这样改进的分析方法，它能更准确地识别该地区机电系统特有的一些故障模式，像风沙导致传感器堵住、温差大引起接插件松动这类特殊问题。

2.2 多源信息融合技术

西部地方地广人稀，网络基础设施也分布很不均衡，这给多源信息融合带来了特殊的挑战。针对那些偏远地区网络信号覆盖不足的实际情况，应该优先选择带有本地预处理能力的智能传感器节点。然后，开发基于模糊推理的轻量级融合算法。考虑到多民族语言环境这个背景，信息融合系统还需要具备多语言报警信息自动转换的功能^[2]，这样做可以确保风险提示能够被不同民族的操作人员都准确理解。另外，在涉及边境贸易的那些具体场景里面，监测系统还需要能够处理不同制式设备发来的数据。

2.3 动态权重分配模型

不同风险要素的重要性并不是一成不变的，它会随着

系统运行状态的变化而变化，在机械电子系统实际运行的过程中，某些在正常情况下看起来次要的风险因素，到了特定工况下就可能突然变成关键的风险源。基于机器学习的自适应权重调整算法，它能够根据实时监测到的数据自动更新各风险要素的优先级排序。这种能力在应对突发工况变化时显得特别有用。不过，动态权重模型它也有自己的问题，它的可靠性非常依赖训练数据是否完备和是否有代表性，如果训练数据没有覆盖所有可能的运行状态，模型在某些极端边界条件下就可能做出错误的判断。

2.4 人因工程分析方法

机械电子系统安全风险评估中，操作者与机器交互环节占据特殊地位。操作者的认知局限及行为偏差，此乃事故链触发之关键环节。为定量评估不同人机界面设计对操作错误概率之影响，人因工程分析方法构建人的可靠性模型。界面设计缺陷，如指示灯颜色过于近似或操作提示语义含混，极易诱发操作者状态混淆，正是该方法关注之核心。随着自动化水平提升，操作者角色已由主动控制者转向监督者。角色转变带来新型人因风险，监控过程注意力涣散及情境意识缺失即为其表现。尤为关键的是，文化背景差异导致操作者对同一界面设计产生迥异理解。因此，人因分析必须纳入文化因素考量。坦白说，这增加了分析的维度复杂性。

2.5 环境适应性评估

环境因素对机械电子系统可靠性的作用常被低估。温度、湿度、振动、电磁干扰等环境应力，能够显著改变系统失效模式及速率。环境适应性评估需建立系统性能与环境参数间的映射关系。非线性且具滞后性，是此种关系普遍呈现之特征。运行环境持续变化的移动设备，如工程机械或车载电子系统，其面临的环境应力组合尤为复杂。实验室模拟典型环境剖面乃传统环境试验方法。然而，真实环境中多因素耦合产生的复杂效应，此方法难以有效复现。现代评估更倾向于应用数字孪生技术，通过虚拟仿真预测系统于不同环境条件下的响应。潜力巨大，然而模型精度及计算资源充足与否，依然制约着该方法的准确性。模型精度不足，往往源于资源投入的限制。

3 智能监测要素优选框架

3.1 关键特征提取准则

在多民族聚居且环境特殊的干旱多风沙区域应用中，特征提取工作必须牢牢抓住环境适应性和成本效益比这两个最核心的要素。面对农牧区域电力供应时常不稳定的现实状况，优先选择那些低功耗的特征参数是理所当然的。至于风沙弥漫的严苛环境，则需要重点盯紧与设备防护性能紧密相关的特征指标。特别需要花力气去开发的，是适用于移动畜牧设备的振动特征提取方法。这类设备在草原非铺装路面上的实际工作状态，它和工厂里面那种平稳环境下的表现存在着天壤之别。考虑到当地技术人员的普遍专业结构情况，特征提取最后得到的结果，还得具备足够

好的可解释性才行。

3.2 机器学习辅助决策

机器学习算法,它为监测要素的优选工作提供了非常强大的辅助决策工具。这些工具能够从堆积如山的历史数据中,自动挖掘出人眼根本识别不出来的复杂模式。像随机森林、梯度提升树这类监督学习方法,它们可以用来评估各个特征参数的重要性排序。聚类分析这类的无监督学习方法呢,则擅长于发现特征空间里面隐藏的异常模式^[3]。不过在实际应用过程中,机器学习模型解释性不足这个天生的缺陷,确实是个让人头疼的问题。尤其是在安全关键领域,工程师们必须清清楚楚地知道模型决策的依据到底是什么,心里才能踏实,才能建立起必要的信任。为了解决这个老大难问题,近年来兴起的可解释人工智能技术,比如通过特征重要性热力图这种直观的方式,把各个参数对最终决策的贡献度展示出来。机器学习模型的性能表现,它高度依赖训练数据本身的质量高低。数据集里面如果存在采样偏差或者标注错误这类问题,模型就完全可能学到错误的特征关联关系。

3.3 伦理约束机制

多民族文化交融的特殊背景,要求监测系统设计伊始即须充分尊重各民族独特风俗习惯与宗教信仰。涉及特定宗教信仰的食品加工设备监测过程中,传感器材质选择亟需规避触犯相关教义之可能。多民族聚居区域,监测数据收集行为及使用方式,务必严格遵循当地约定俗成的民俗禁忌。跨境流动数据之处理,监测系统必须构建符合国家边境数据安全强制性要求的特殊协议。核心目的,在于阻止关键技术数据违规传输至境外。发布预警信息时,不同民族对风险等级与性质的理解差异不容忽视。信息表达形式,亟需适配当地文化习惯。尊重,此乃建立有效合作关系的基石。兹事体大,系统设计者须对此保持高度敏感。

3.4 实时性优化策略

实时性作为安全预警系统核心诉求,其表现直接决定了监测要素优选工作的成效。预测价值高但计算耗时的特征参数,往往难以满足实时监测苛刻的时限要求。边缘计算架构的引入,为解决此矛盾提供了新思路。通过在靠近数据源的设备端部署轻量化计算模型,数据传输所致延迟可被有效削减。特征提取算法本身的计算复杂度,构成优化的关键对象。工程师们常常被迫在获取更丰富特征信息与控制计算资源消耗之间,进行艰难抉择。例如,优先选择计算效率高的时域特征,而非精度更优但计算量庞大的频域特征。尤为棘手的,当属需融合多传感器数据的复杂特征。其实时计算过程,严格受限与通信带宽大小与数据同步精度高低。为应对此系列挑战,分层处理策略展现出显著优势。说白了,就是将计算任务依据紧急程度与重要性,分配到云端、边缘端及设备端不同层级执行。如此,既能确保核心预警信号的实时性,又可维系系统整体监测能力的完整性。

3.5 成本效益平衡

成本效益分析,这是监测要素优选过程中绕不开的一个非常现实的考量。理论上设计得再完美的监测方案,如果成本高得吓人,那它在实际工程应用中也就失去了存在的价值。资源条件有限的应用场景里面,工程师们必须非常精心地设计监测要素的组合搭配方式。目标就是用有限的资金投入,撬动最大的安全效益提升幅度。这种微妙的平衡,需要同时考虑传感器本身的采购成本、安装和后续维护的难度、所需计算资源的多少等多个维度的因素。本质上,这又是一个典型的多目标优化问题^[4]。有启发意义的是,某些成本低廉的间接监测参数,如果经过巧妙算法的加工处理,最终达到的效果是有可能和高成本的直接监测差不多的。这种聪明的替代方案,往往能大幅降低整个系统的总拥有成本。更深层次的问题在于,评估成本效益时所选择的时间尺度长短。光看短期的话,投入高成本的精密监测肯定显得不太划算。但如果把眼光放长远,从设备整个生命周期的角度来算总账,这种投入却很可能带来相当可观的综合效益。

4 结束语

机械电子安全风险监测要素的智能优选过程,本质上是个融合技术严谨性与工程实用性的复杂系统工程。本文建立的分层次动态决策框架,它致力于在技术实施可行性、经济成本可控性、实时响应效能及伦理合规约束等多重目标维度间寻找微妙的平衡状态。特定多风沙地域和跨境作业场景的实际运行反馈反复证明,缺乏环境适应能力和文化兼容性的技术方案,再先进也难免遭遇适应性困境。机器学习辅助决策手段虽提供强大分析工具,但模型内在解释性不足和训练数据依赖性强的固有缺陷,它们始终是阻碍实用化的现实障碍。边缘计算架构等轻量化处理路径,它们为解决实时性矛盾开辟新通道,然而传输带宽的物理限制始终客观存在。成本效益的综合权衡过程,则要求工程决策者必须具备既见局部又观全局的系统性视野。最终而言,建设既稳定可靠又符合实际应用场景的风险预警体系,这是对产业可持续发展能力的必要投资。

[参考文献]

- [1]张燕超,陈洪良,明阳.起重机械吊装作业区域安全态势感知技术研究[J].起重运输机械,2024(15):47-52.
- [2]王亚军.LabVIEW 虚拟仪器在煤矿机械设备安全检测系统的应用[J].煤炭技术,2022,41(10):210-213.
- [3]魏定进.基于汽车电子机械式制动系统的主动安全设计[J].电子技术与软件工程,2022(20):121-124.
- [4]马环洲.基于电子皮肤的机械臂主动安全控制系统研究[D].太原:太原理工大学,2023.

作者简介:张丰收(1991.5—),毕业院校:东北大学,所学专业:电气自动化技术,当前单位名称:克拉玛依荣康机电设备有限公司,就单位职务:总经理,职称级别:中级工程师。