

# 化工机电一体化生产中的安全风险评估

孙立军

宁夏东禹科技有限公司 宁夏 银川 750021

**摘要:** 随着工业4.0时代的到来,化工机电一体化生产模式逐渐成为行业主流。然而,这种高度集成化的生产模式也带来了更为复杂的安全风险。本文旨在探讨化工机电一体化生产中的安全风险评估方法,以为化工企业提供科学、系统的安全管理依据。

**关键词:** 化工生产; 机电一体化; 安全风险; 评估

## 引言

化工机电一体化生产结合了化工工艺、机械设备、电气控制及信息技术,实现了生产过程的自动化、智能化。然而,这种集成化生产模式在提高效率的同时,也增加了安全风险的复杂性和不确定性。因此,对化工机电一体化生产进行系统的安全风险评估显得尤为重要。

## 1 化工机电一体化生产的特点与风险源

### 1.1 特点

化工机电一体化生产作为现代化工产业的重要发展方向,其特点鲜明且显著。首先,它呈现出高度集成化的特征。在这一生产模式下,化工工艺、机械设备、电气控制以及信息技术被紧密地融合在一起,形成了一个有机整体。这种集成化不仅提升了生产效率,还确保了各环节之间的协同与配合,使得整个生产过程更加流畅。其次,化工机电一体化生产的自动化程度极高。大量先进的自动化设备和控制系统被广泛应用于生产过程中,极大地减少了人工干预,提高了生产的精确度和稳定性。这种自动化生产模式不仅降低了人力成本,还避免了因人为因素导致的生产误差。最后,智能化管理成为化工机电一体化生产的又一大亮点。通过数据采集与分析技术,生产过程中的各种数据被实时收集并处理,从而实现了生产过程的智能监控与优化。这种智能化管理不仅提高了生产效率,还为企业的决策提供了有力支持。

### 1.2 风险源分析

在化工机电一体化生产过程中,风险源的存在不容忽视。其中,设备故障是一大主要风险。随着设备的使用时间增长,老化现象逐渐显现,加之维护工作的疏忽或设计上的缺陷,都可能导致设备在关键时刻出现故障,进而影响整个生产线的正常运行。此外,控制系统的失效也是风险之一。电气控制系统作为化工机电一体化生产的核心,其稳定性至关重要。一旦控制系统或软

件程序出现错误,生产流程可能会瞬间失控,导致严重后果。人为操作失误同样是一个不容忽视的风险源<sup>[1]</sup>。操作人员对设备或系统的不熟悉、操作不当或疏忽大意,都可能引发安全事故或生产异常。最后,环境因素也对化工机电一体化生产构成威胁。如温度、湿度、振动等环境条件的变化,都可能对设备的性能和稳定性产生影响,进而增加生产过程中的风险。

## 2 化工机电一体化生产中安全风险评估的方法

### 2.1 风险识别

在化工机电一体化生产中,安全风险的评估首先依赖于风险识别的准确性。为了实现这一目标,需要借助一系列详尽的资料来进行深入分析。工艺流程图作为生产的蓝图,是识别潜在风险源的重要依据。通过仔细研究工艺流程图,可以发现哪些环节可能存在安全隐患,如高温高压区域、易燃易爆物质的处理等。同时,设备清单也是不可忽视的资料。它详细列出了生产过程中所使用的所有设备,包括其型号、规格、性能等参数。通过对比设备清单与已知的安全风险数据库,可以快速识别出哪些设备可能存在设计缺陷或老化问题。此外,操作规程也是风险识别的重要参考。它规定了操作人员生产过程中的具体行为准则。通过审查操作规程,可以发现其中可能存在的漏洞或不当之处。

### 2.2 风险分析

在化工机电一体化生产中,风险分析是确保生产安全的关键环节。为了对识别出的风险源进行更为深入和全面的了解,需要采用一系列科学的分析方法,其中故障树分析(FTA)和事件树分析(ETA)是两种常用的且行之有效的。故障树分析(FTA)是一种逻辑演绎分析方法,它能够帮助从结果出发,逆向追溯导致这一结果的所有可能原因。在化工机电一体化生产中,可以将某一安全事故或故障作为“顶事件”,然后逐层分解,找出导致这一顶事件发生的所有基本事件,即风险源。

通过故障树图，可以清晰地看到各风险源之间的逻辑关系，以及它们对顶事件发生概率的贡献大小。这种方法不仅能够帮助识别出关键的风险源，还能够为后续的防控措施提供有针对性的建议。事件树分析（ETA）则是一种从初始事件出发，按照事件发展的可能路径进行逐步分析的方法。在化工机电一体化生产中，可以将某一风险源作为起始事件，然后分析其可能导致的各种后续事件，以及这些事件对生产安全的影响程度。通过事件树图，可以直观地看到风险源如何通过各种路径传播和演化，最终导致安全事故或故障的发生。这种方法能够帮助全面评估风险源可能导致的后果，以及这些后果的严重性和发生概率<sup>[2]</sup>。在实际应用中，可以将故障树分析和事件树分析相结合，对识别出的风险源进行深入剖析。首先，利用故障树分析找出导致安全事故或故障的所有可能原因，即风险源；然后，利用事件树分析评估这些风险源可能导致的后果及其发生概率。通过这种综合分析，可以更加准确地了解化工机电一体化生产中的安全风险，为制定有效的防控措施提供科学依据。

### 2.3 风险评估

在化工机电一体化生产的安全风险管理中，风险评估是一个至关重要的环节。它基于风险分析的结果，对各类风险进行深入的定量或定性评估，从而确定风险等级，为后续的风险防控提供有力依据。为了实现这一目标，通常采用多种评估方法，其中风险矩阵法和层次分析法（AHP）是两种较为常用且效果显著的方法。风险矩阵法是一种直观且易于操作的风险评估方法。它通过将风险的可能性和后果严重性分别划分为若干个等级，并构建一个二维矩阵，将风险源按照其可能性和后果严重性的组合情况放入矩阵中的相应位置，从而确定风险等级。在化工机电一体化生产中，可以根据设备故障、控制系统失效、人为操作失误等风险源的特点，设定合理的可能性和后果严重性等级划分标准。然后，通过专家评估、历史数据统计分析等方式，确定各风险源的可能性和后果严重性等级，并将其在风险矩阵中进行定位，从而得出风险等级。这种方法简洁明了，能够快速帮助管理者识别出高风险区域，为制定针对性的防控措施提供依据。层次分析法（AHP）则是一种更为复杂但更为精确的风险评估方法（图1）。它通过将风险问题分解为多个层次和因素，构建出一个层次结构模型。然后，通过专家打分、问卷调查等方式，对同一层次内的各因素进行两两比较，确定它们之间的相对重要性。最后，通过计算各因素的权重，得出各风险源的综合风险值，从而确定风险等级。在化工机电一体化生产中，可

以利用层次分析法对设备故障、控制系统失效、人为操作失误等风险源进行细致的分析和评估。通过构建合理的层次结构模型，并邀请相关领域的专家进行打分和评估，可以得到更为精确的风险等级划分结果，为制定更为有效的防控措施提供科学依据。



图1 层次分析法（AHP）流程图

### 2.4 风险控制措施

在完成风险评估后，针对评估出的高风险项，必须制定具体且有效的风险控制措施。对于设备老化或设计缺陷导致的高风险，可以考虑对设备进行技术改造或升级，引入更为先进、可靠的设备和技术，以提升设备的稳定性和安全性。同时，加强对设备的定期维护和检修，确保设备始终处于良好的运行状态。在工艺方面，可以对生产流程进行优化，减少潜在的安全隐患。通过调整工艺参数、改进操作流程等方式，降低生产过程中的风险水平。此外，还可以引入先进的自动化控制系统，实现生产过程的精准控制，减少人为操作失误的可能性。

### 3 化工机电一体化生产中安全风险控制的具体措施

#### 3.1 提升操作人员操作水平：构建安全高效的操作团队

操作人员作为化工机电一体化生产的直接执行者，其操作水平和安全意识直接关系到生产的安全性和效率。因此，提升操作人员的操作水平是风险控制的首要任务。首先，应加强员工的技术培训。通过定期组织专业技能培训、邀请行业专家进行讲座、开展技术交流会等方式，使操作人员不断掌握新的技术知识和操作技能。培训内容应涵盖设备操作、维护保养、故障排查与处理等多个方面，确保操作人员能够熟练掌握各项技能。同时，安全教育同样不可或缺。应定期开展安全教育活动，向操作人员传授安全生产知识、安全操作规程以及应急处理措施等。通过案例分析、事故模拟等形式，让操作人员深刻认识到安全的重要性，增强他们的安全意识<sup>[3]</sup>。此外，还应鼓励操作人员积极参与设备管理和维护。对于发现设备问题的操作人员，应及时给予表扬和奖励，激发他们的工作积极性和责任感。同时，对于出现的问题，操作人员应严格按照安全规范进行报告和处理，确保问题得到及时有效的解决。

#### 3.2 完善设备检修工作：确保设备稳定运行

设备作为化工机电一体化生产的核心要素，其运行

状态直接影响到生产的安全性和稳定性。因此,完善设备检修工作是风险控制的重要环节。应定期对生产设备进行全面的检修和维护。根据设备的运行周期和使用状况,制定合理的检修计划,并确保计划的严格执行。检修内容应包括设备的机械部分、电气部分以及控制系统等多个方面,确保设备各部件的完好和性能的稳定。同时,建立预防性维护计划也是必不可少的。通过对设备运行数据的分析和监测,可以预测设备可能出现的故障和磨损情况,并提前采取相应的维护措施。这样可以有效降低设备突发故障的风险,减少生产中断和事故的发生。在检修过程中,还应注重对设备性能参数的检测。通过定期测试设备的各项性能指标,如温度、压力、转速等,可以及时发现设备存在的潜在问题,并采取相应的调整措施。这不仅可以确保设备的稳定运行,还可以提高设备的生产效率和使用寿命。

### 3.3 优化工艺流程:提升生产安全性和效率

工艺流程是化工机电一体化生产的核心环节,其优化程度直接影响到生产的安全性和效率。因此,需要对现有工艺进行不断的优化和改进。首先,应积极采用先进的工艺技术和设备。通过引进国内外先进的生产技术和设备,可以提高生产效率、降低能耗、减少污染物的排放,从而提升生产的安全性和环保性。同时,新技术和新设备的引入还可以消除传统工艺中存在的缺陷和问题,提高工艺的稳定性 and 可靠性。其次,应对现有工艺进行全面的分析和评估。通过深入剖析工艺流程中的各个环节和步骤,可以发现存在的安全隐患和效率瓶颈,并提出相应的优化方案。例如,通过调整工艺参数、改进操作流程、优化设备布局等方式,可以降低生产过程中的风险水平,提高生产效率。此外,还可以借助仿真技术和智能化手段对工艺流程进行优化<sup>[4]</sup>。通过建立工艺流程的仿真模型,可以模拟实际生产过程,预测可能出现的问题和风险,并提前采取相应的预防措施。

### 3.4 加强安全管理:构建全方位的安全保障体系

安全管理是化工机电一体化生产中风险控制的重要保障。为了构建全方位的安全保障体系,需要从制度、

人员、文化等多个方面入手。首先,应建立和完善化工企业安全生产及管理制度。通过制定明确的安全生产规章制度、操作规程和应急预案等,可以规范各级管理人员和操作人员的行为,确保他们严格按照规定进行生产和操作。同时,还应加强对制度执行情况的监督和检查,确保制度的有效落实。其次,加强安全生产法律法规的宣传和解读也是必不可少的。应定期组织员工学习安全生产法律法规和相关政策文件,提高他们的法律意识和安全意识。通过案例分析、法律讲座等形式,可以让员工深刻认识到遵守法律法规的重要性,并自觉落实到实际行动中。此外,还应注重安全文化的建设。通过营造“安全第一、预防为主”的安全文化氛围,可以激发员工的安全责任感和使命感,使他们时刻保持警惕和谨慎。同时,还应加强对员工的安全教育和培训,提高他们的安全技能和应急处理能力。最后,对于出现违规操作的员工,应严格按照规定进行惩罚和教育。通过严肃处理违规行为,可以警示其他员工,防止类似问题的再次发生。同时,还应加强对违规员工的帮扶和教育,帮助他们认识到自己的错误并改正行为。

### 结语

化工机电一体化生产中的安全风险评估对于保障生产安全具有重要意义。通过系统的风险识别、分析、评估及控制措施制定,可以有效降低生产过程中的安全风险。建议化工企业加强安全管理体系建设,定期开展安全风险评估工作,不断提升安全管理水平。

### 参考文献

- [1]司致丹.化工制造领域中机电一体化技术的应用研究[J].塑料工业,2024,52(06):174.
- [2]柯品,钟芳.关于化工企业生产中的潜在风险与管理探析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(17):13-15.
- [3]於娟娟.化工企业安全生产风险分级及管控措施[J].化工管理,2023,(26):94-96.
- [4]周长凯,包坤,刘旭.石油化工安全生产风险控制关键技术探索[J].化工管理,2023,(08):68-71.