

# 非标机械设备安全防护装置设计的研究

宗祯东

(南京汇川技术有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要** 随着工业自动化程度的不断提高, 非标机械设备在工业生产中扮演着越来越重要的角色。然而, 由于非标机械设备的多样性和复杂性, 其安全防护装置的设计成为保障生产安全的关键。本文深入探讨了非标机械设备安全防护装置设计, 阐述了其重要意义, 详细解析了设计流程, 通过实际案例分析展示应用效果, 并提出了优化与改进策略, 旨在为非标机械设备安全防护装置设计提供全面、科学的参考, 从而提升非标机械设备的安全性, 保障操作人员的生命安全与企业生产稳定运行。

**关键词** 非标机械设备; 安全防护装置设计; 本质安全原则; 隔离原则; 连锁原则

中图分类号: TH122

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.06.037

## 0 引言

在工业生产中, 非标机械设备发挥着关键作用, 因其能满足特定生产需求, 在各行业得到广泛应用。然而, 非标机械设备定制化、非标准化特点使其安全风险管控难度大。安全防护装置作为保障操作人员安全的关键防线, 其设计至关重要。合理设计安全防护装置, 能有效降低事故发生率, 保护人员生命财产安全, 确保生产活动顺利进行。随着工业技术不断进步, 对非标机械设备安全防护装置设计的研究也需不断深入, 以适应新的安全需求。

## 1 非标机械设备安全防护装置设计的意义

### 1.1 保障人员安全

非标机械设备在运行过程中存在多种危险, 如机械部件的运动、高温高压、电气故障等, 稍有不慎就可能造成操作人员受伤甚至危及生命。安全防护装置能将操作人员与危险隔离, 降低人员接触危险的概率。防护栏可防止人员靠近高速旋转的机械部件, 避免卷入事故; 急停按钮能在紧急情况下迅速停止设备运行, 为人员逃生争取时间<sup>[1]</sup>。

### 1.2 提高生产效率

安全事故不仅会造成人员伤亡, 还会导致生产中断, 给企业带来经济损失。通过设计合理的安全防护装置, 可有效减少事故发生, 保证生产的连续性。当操作人员无需过度担忧安全问题时, 能更加专注于工作, 从而提高生产效率。此外, 安全防护装置还能保护设备, 减少设备因意外损坏而导致的维修时间, 进一步保障生产的顺利进行。

### 1.3 符合法规要求

在安全生产日益受到重视的今天, 国家和地方出

台了一系列关于机械设备安全的法规和标准。企业在设计和使用时, 必须确保其安全防护装置符合相关法规要求。遵守法规不仅能避免企业面临法律风险和罚款, 还能提升企业的社会形象, 增强企业的可持续发展能力。

## 2 非标机械设备安全防护装置设计流程

### 2.1 设备危险分析与识别

在设计安全防护装置前, 必须全面、深入地分析和识别非标机械设备存在的各种危险。可采用故障树分析 (FTA)、失效模式与影响分析 (FMEA) 等方法。故障树分析通过构建逻辑模型, 从系统故障出发, 逐步分析导致故障的各种因素; 失效模式与影响分析则对设备每个部件的可能失效模式进行分析, 评估其对设备和人员的影响。对于一台大型非标自动化装配设备, 可能存在机械部件的碰撞、夹伤危险, 电气系统的漏电、短路危险, 以及由于物料搬运不当引发的坠落、砸伤危险等。通过细致的危险分析, 明确危险的类型、位置和可能发生的后果, 为后续防护装置设计提供依据。

### 2.2 防护装置设计原则确定

#### 2.2.1 本质安全原则

本质安全原则旨在从设备设计的源头入手, 消除或尽可能减少危险的产生。在进行非标机械设备设计时, 工程师们会精心考量设备的整体结构与各个零部件的布局<sup>[2]</sup>。在设计一款自动化生产设备时, 避免采用尖锐角度的机械部件, 而是将其设计为圆润光滑的形状, 这样能大大降低操作人员在日常操作、设备维护等过程中因意外碰撞而受伤的风险。通过优化设备的整体布局, 合理安排各部件的位置, 减少突出物, 防止人员衣物、肢体等被意外勾挂, 从根本上提升设备的安全性。

### 2.2.2 隔离原则

隔离原则是通过物理隔离的方式,将操作人员与设备的危险区域完全隔开。在工业生产中,防护栏和防护罩是常见的应用形式。在大型机床设备周围安装坚固的防护栏,能有效阻止人员在设备运行时误闯入危险区域,避免被高速旋转的刀具、移动的工作台等伤害。对于一些高温、高压或具有腐蚀性的设备部位,会安装特制的防护罩,不仅能防止人员直接接触危险,还能阻挡可能飞溅出的高温液体、高压气体等,保障操作人员的生命安全。

### 2.2.3 连锁原则

连锁原则强调防护装置与设备运行状态之间的紧密关联。以常见的冲床设备为例,当防护门未完全关闭时,冲床的控制系统会自动识别这一状态,阻止冲床进行冲压操作。只有当防护门正常关闭且连锁装置确认无误后,冲床才会按照指令启动运行。这种连锁机制有效避免了操作人员在未做好防护准备时设备意外启动,大大降低了因操作失误导致的安全事故发生概率,确保设备运行与人员安全的协同性。

### 2.2.4 警示原则

警示原则通过设置明显的警示标识和信号,时刻提醒操作人员注意潜在危险。在设备的危险部位,如传动链条、高温表面等,会张贴醒目的警示标志,上面印有危险提示图案和文字说明。同时,当设备运行出现异常,如温度过高、压力过大等情况时,会及时发出声光报警信号。在化工生产设备中,当某个反应釜内的压力接近警戒值时,设备会立即发出尖锐的警报声,并闪烁红色警示灯,提醒操作人员及时采取措施,避免事故的发生。

## 2.3 防护装置选型与设计

根据危险分析结果和设计原则,选择合适的防护装置类型并进行具体设计。防护装置类型包括固定式防护装置、活动式防护装置、连锁防护装置、自动防护装置等。一是固定式防护装置。适用于危险区域相对固定且无需频繁操作的部位,如大型机械设备的底座防护栏,采用坚固的金属材质制作,安装牢固,能有效阻挡人员进入危险区域。二是活动式防护装置。常用于需要频繁操作或维护的部位,如设备的检修门,可在需要时打开,操作完成后关闭。设计时需考虑其开启和关闭的便利性,以及关闭后的稳定性和安全性。三是连锁防护装置。与设备控制系统紧密相连,确保防护装置的状态与设备运行状态相互制约。在电梯中,只有当电梯门完全关闭且连锁装置正常工作时,电梯才能运行。四是自动防护装置。利用传感器和自动化技术,当检测到人员靠近危险区域时,自动启动防护

措施,如自动停机、弹出防护屏障等。

### 2.4 防护装置的力学计算与结构设计

为确保防护装置能有效抵御危险,需进行力学计算和结构设计。根据设备可能产生的冲击力、压力、拉力等力学参数,计算防护装置所需的强度和刚度。对于承受高速旋转部件离心力的防护罩,需计算离心力大小,选择合适的材料和结构形式,确保防护罩在高速旋转时不会破裂或变形。在结构设计方面,要考虑防护装置的安装方式、连接方式以及与设备整体的协调性。采用合理的焊接、螺栓连接等方式,保证防护装置的稳定性和可靠性。同时,注意防护装置的外观设计,使其便于操作和维护,且不影响设备的正常运行。

## 3 非标机械设备安全防护装置应用案例分析

### 3.1 案例选取与背景介绍

某机器人制造企业引进一台非标自动化装配设备,用于机器人的装配加工。该设备集成了机械、电气、自动化控制等多种技术,运行速度快、生产效率高,但也存在诸多安全风险。如机械手臂运动范围大,可能与操作人员发生碰撞,电气系统复杂,存在漏电隐患。

### 3.2 安全防护装置设计方案实施

该方案设计了固定式防护网状围挡,既能区域分隔阻挡飞溅物及机械伤害,又能让操作人员观察装配过程。同时,安装了活动式防护栏和连锁装置以及光栅系统。防护栏可根据操作需要打开或关闭,当防护栏打开时,连锁装置会使机械手臂自动停止运动,防止人员在进入危险区域时受到伤害。设备运行时,操作人员超出安全区域,触发光栅,设备立即停止运行。此外,采用漏电保护装置和接地保护措施,确保电气系统的安全性。在设备操作面板上设置了紧急停止按钮,方便操作人员在紧急情况下迅速停止设备运行<sup>[3]</sup>。

### 3.3 应用效果评估

经过一段时间的运行,该非标自动化装配设备的安全防护装置取得了良好的应用效果。装配区域的防护围挡及红外光栅有效保护了操作人员的身体,避免进入危险区域受到机械伤害;机械手臂防护栏和连锁装置杜绝了碰撞事故的发生;电气系统的保护措施确保了设备的稳定运行,未发生漏电事故。操作人员对设备的安全性满意度大幅提高,生产效率也得到了有效保障,企业的安全生产水平显著提升。

## 4 非标机械设备安全防护装置的优化与改进策略

### 4.1 基于新技术的防护装置创新设计

在科技飞速发展的当下,新技术为非标机械设备安全防护装置的创新设计注入了强大动力。新型材料

的不断涌现,为防护装置的升级提供了物质基础。碳纤维复合材料以其高强度、轻量化的特性,逐渐在防护装置制作中崭露头角。相较于传统金属材料,碳纤维复合材料制作的防护栏,不仅能承受更大的冲击力,提供更可靠的防护性能,还能大幅减轻设备整体重量,降低设备运行能耗,同时便于安装与搬运。智能传感器的应用则让防护装置具备了“感知”能力。在设备运行过程中,各类智能传感器实时监测设备运行状态和人员位置信息。如在自动化生产线中,利用红外传感器监测操作人员是否靠近危险区域,一旦检测到人员进入危险范围,系统会立即自动触发防护措施,如启动声光报警、自动停止设备运行等,将事故风险扼杀在萌芽状态。人工智能技术的引入更是将防护装置的功能提升到了新高度。通过对设备运行数据的深度分析,人工智能算法能够提前预测潜在的安全风险。对设备关键部件的温度、振动、压力等数据进行实时分析,当发现数据异常波动时,系统可提前发出预警,提醒工作人员及时进行检查和维护,实现从被动防护到主动防护的转变。

#### 4.2 防护装置的维护与管理策略

安全防护装置的维护和管理是确保其始终发挥有效作用的核心环节。企业首先要制定一套全面且细致的维护计划。维护周期可根据设备的使用频率、工作环境等因素合理确定,如对于在恶劣环境下频繁使用的设备,缩短维护周期,增加检查频次。检查内容涵盖多个方面。防护装置的完整性检查至关重要,查看防护屏是否有破损、防护栏是否变形等;连接部位的牢固性直接关系到防护装置的稳定性,需定期检查螺栓、焊点等连接部位是否松动;对于联锁装置,要重点检测其可靠性,模拟各种运行场景,确保在防护装置异常开启时,设备能准确无误地停止运行。一旦发现问题,必须及时进行修复或更换。对于轻微的损坏,如防护屏的小面积划痕,可及时进行修补;若防护栏出现严重变形或联锁装置故障,则需立即更换新部件<sup>[4]</sup>。同时,加强对操作人员的培训不可或缺。通过定期组织培训课程,向操作人员详细讲解防护装置的正确使用方法,如如何正确开启和关闭防护栏、如何在紧急情况下使用紧急停止按钮等;传授防护装置的维护要点,如日常清洁方法、简单故障排查技巧等。提高操作人员的安全意识和责任心,使其认识到安全防护装置的重要性,主动参与到防护装置的维护管理工作中。

#### 4.3 持续改进机制的建立

建立持续改进机制是推动安全防护装置不断优化

的关键。企业应广泛收集各类信息,包括安全事故案例,深入分析事故发生的原因,从中找出防护装置存在的漏洞和不足;设备运行数据也是重要的分析依据,通过对设备运行数据的长期监测和分析,发现防护装置在不同工况下的性能表现,挖掘潜在问题;同时,积极收集操作人员的反馈意见,他们在一线工作,最能直观感受到防护装置的使用体验和存在的问题。定期组织技术人员对防护装置进行评估和改进。根据收集到的信息,技术人员运用新的技术和理念,对防护装置进行优化设计。根据操作人员反馈防护栏开启不便的问题,技术人员可引入电动助力开启系统,提高防护栏操作的便捷性;针对安全事故中暴露出的防护装置防护范围不足的问题,重新设计防护装置的布局 and 结构,扩大防护范围<sup>[5]</sup>。通过不断地收集信息、评估分析和改进优化,使防护装置的功能和性能持续提升,以适应不断变化的生产环境和安全需求。

#### 5 结束语

非标机械设备安全防护装置设计是保障工业生产安全的重要环节。通过深入分析设备危险,遵循科学的设计原则,合理选型和设计防护装置,并进行严格的力学计算和结构设计,能有效提升非标机械设备的安全性。实际案例表明,正确设计和应用安全防护装置可显著降低事故发生率,提高生产效率。随着新技术的不断发展,持续优化和改进安全防护装置设计,建立完善的维护管理和持续改进机制,对于保障工业生产安全、促进企业可持续发展具有重要意义。未来,应进一步加强对标机械设备安全防护装置设计的研究,不断探索新的设计理念和方法,为工业生产安全提供更可靠的保障。

#### 参考文献:

- [1] 高日鹏,凌丽,王耀. 非标机械设备安全防护装置设计的研究[J]. 现代职业安全,2024(11):87-89.
- [2] 李兆勇. 非标自动化设备在汽车工业中的应用特点与展望[J]. 自动化应用,2024,65(07):128-130.
- [3] 容刚. 谈非标自动化机械设备的设计[J]. 装备机械,2023(04):60-62.
- [4] 黄选鑫. 机械加工非标自动化设备的设计及研究[J]. 现代工业经济和信息化,2023,13(01):306-307.
- [5] 孔双双. 关键链技术在非标自动化设备研发项目中的运用研究[J]. 中国设备工程,2022(14):208-210.