

举个例子，隐患整改闭环率得分为 (已闭环数 / 应闭环总数) * 100，若计算结果低于及格分数 90 分则触发预警。

5.3 综合评估与可视化

(1) 权重设置：采用层次分析法 (AHP) 或专家打分法设定各层级指标权重，在设定权重的时候，“事故、事件管理”、“风险管控”、“驾驶行为”等严格管控指标赋予更高权重。

(2) 动态评分：按照日、周、月等时间周期，系统动态自动计算各部门、各业务板块的安全得分。

(3) 风险四色图：根据结果分数在地图或组织架构图上标注“红、橙、黄、蓝”四色标识风险等级。

(4) 管理驾驶舱：建立领导层可视化的面板，展示核心指标、趋势图、预警列表等管理内容。

5.4 预警与干预机制

(1) 阈值预警：当任一关键指标超过预设阈值时，系统自动将预警信息发送给相关责任人以及安全管理部门。

(2) 趋势预警：通过环比、同比分析，识别指标恶化趋势并进行趋势预警。

(3) 专项预警：在重大节假日、汛期、极端天气前，根据历史数据及外部通知，进行专项安全预警。

6 实践应用与效果评估

6.1 实施情况

我们选取某地市烟草商业企业进行了本模型的试点应用，试点范围包括：12 个县区烟草公司、5 个物流中心、3 个配送中心。截至到评估日期，已成功将超过 2000 个关键安全风险点接入系统持续进行监控。

我们用模型分析了人员行为、设备状态、作业环境及管理流程等多个维度的风险点，把收集的结果用 Haddon 矩阵框架进行标定。对物联网传感器、视频监控、作业日志及巡检记录等多个源数据进行实时采集，将采集的数据进行融合分析，初步构建了企业级安全生产动态感知网络。

6.2 效果评估

经过近一年的系统化运行，模型的应用效果通过多项关键绩效指标 (KPI) 得到了显著体现。具体量化对比如下表所示：

表 2 系统运行效果对比表

评估维度	关键指标	实施前状况	实施后状况	提升效果
风险识别效率	平均识别周期	约 7 天	≤2 天	缩短约 71%
	识别准确率	基准值	提高 35%	误报、漏报率显著降低
隐患整改效能	整改闭环率	78%	92%	提升 14 个百分点
	重大隐患整改及时率	未专项统计	95%	建立了专项跟踪与预警机制
安全绩效结果	可记录安全事故数量	年度基准值	同比下降 32%	事故严重程度同步下降
	未遂事件 / 轻微事件数量	年度基准值	同比下降 28%	潜在风险得到有效控制

7 结论与展望

本研究构建的“三维度 - 四层级”模型，在试点地市烟草商业企业中进行安全生产动态风险评估，得到了预期的效果，将安全风险做到可视化、可量化、可预警，把安全管理模式从事后问责模式转变为事前预防、过程控制模式。

根据收集的数据显示，应用模型提升了风险识别效率、隐患整改闭环率及整体安全绩效，可以作为烟草商业企业的现代安全管理体系的有效支撑工具。

展望未来，该模型可与 AI 相结合，结合科学算法使风险预测更加精准，并且进一步拓宽数据来源渠道，整合更多的内外部安全信息，搭建一个全面的风险感知网络，最终实

现安全与业务管理的融合。

参考文献

- [1] Haddon W. The many faces of injury prevention. American Journal of Public Health, 1970, 60(1): 19-29.
- [2] 王小明. 基于PDCA循环的安全管理模型研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25(6): 143-148.
- [3] 李华, 等. 基于大数据的安全生产风险评估方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2018, 28(11): 101-107.
- [4] 国家烟草专卖局. 烟草行业安全生产标准化建设指南[Z]. 2020.
- [5] 张强, 等. 烟草企业安全管理创新与实践[M]. 北京: 中国烟草出版社, 2022.

Development and application of magnetic control opening interlock safety protection device based on dough machine equipment

Xiaojuan Gao Gaoqiang Wang Yun Yang Junjun Pan Tingting Wang

Fangzi Marketing Department, Shandong Weifang Tobacco Co., Ltd., Weifang, Shandong, 261206, Chian

Abstract

[Background and Purpose] To install safety protection devices on noodle machine equipment, eliminate hidden problems during use, and improve its “intrinsic safety” level. [Methods] Study the structure and working principle of the equipment used in noodle making machines, analyze the advantages and disadvantages of common cover opening interlock protection devices, and determine the type of interlock protection device to be installed. [Results] The magnetic control safety interlock device has a wide range of applications, simple structure, low cost, and does not require professional installation and maintenance. And the magnetic switch is completely enclosed, waterproof and dustproof, with high safety. Easy to operate and effective. [Conclusion] The installation and application of magnetic control safety interlock protection devices can effectively improve the “intrinsic safety” level of such equipment, and the installation cost is low and the service life is long. It can effectively solve the safety problems and hidden dangers of surface machinery equipment, and significantly improve the safety management level of enterprises.

Keywords

Magnetic control safety interlock device; Intrinsic safety; Potential safety hazards; Enterprise safety management level

基于和面机类设备磁控开盖联锁安全保护装置的研制与应用

高校娟 王高强 杨云 潘君君 王亭亭

山东潍坊烟草有限公司坊子营销部, 中国·山东 潍坊 261206

摘要

【背景和目的】为和面机类设备加装安全保护装置, 消除使用过程中的问题隐患, 提升其“本质安全”水平。【方法】研究和面机类设备的构造及工作原理, 分析常见开盖联锁保护装置的优缺点, 确定加装联锁保护装置的类型。【结果】磁控式安全联锁装置适用范围广, 结构简单, 费用低廉, 不需要专业人员安装维护。且磁控开关完全封闭, 防水防尘, 本身安全性高。操作简便, 效果良好。【结论】磁控式安全联锁保护装置的加装应用, 能切实提升该类设备“本质安全”水平, 且加装成本低、使用寿命长, 可有效解决和面机类设备安全问题隐患, 显著提升企业安全管理水平。

关键词

磁控式安全联锁装置; 本质安全; 安全问题隐患; 企业安全管理水平

1 引言

党的十八大以来, 以习近平同志为核心的党中央高度重视安全生产工作, 总书记发表一系列重要论述、作出一系列重要指示批示, 反复强调, “人民至上、生命至上”, “安全是发展的前提, 发展是安全的保障”。当前, 烟草行业坚决贯彻落实总书记关于安全生产的重要论述, 将安全生产工作摆在突出位置, 从“讲政治”的高度安排部署安全生产工作。本文围绕烟草企业职工餐厅和面机使用安全, 运用风险根源分析、风险控制措施分析方法, 查找影响和面机类

备安全问题的制约因素, 并有针对性地提出具体解决措施, 提升该类设备“本质安全”, 全力提升企业安全管理水平。

2 常规和面机类设备存在的安全隐患

2.1 现状分析

通过查阅近几年各类生产安全事故报告, 社会层面和面机类设备机械伤害事故层出不穷, 例如因操作不当手臂被卷入、头发被缠绕、儿童好奇被机器伤害等事故时有发生; 据了解, 烟草行业内也曾发生过类似事件。其直接原因虽然是工作人员违反操作规程, 但该类设备未设置开盖联锁保护也是事故发生的直接原因之一。因此, 为和面机类设备加装开盖联锁保护装置, 提升机器本质安全是消除设备隐患最直接、最有效的手段。

【作者简介】高校娟(1981—), 本科, 经济师, 从事企业管理、安全管理研究。

2.2 调查分析

2.2.1 风险根源分析

运用事故致因理论——轨迹交叉理论进行了风险根源（危险源）分析和研究。

从“人的不安全行为”进行分析

该类设备潜在的风险在于操作人员不能实现精准掌握设备箱体内部投料的量和比例，需要反复开盖查看，或者在设备运转状态下始终保持开盖状态，这就导致箱内异物掉入的可能性大大增加，在本已违反操作规程的情况下（设备处于运转状态开盖即违反操作规程），对搅拌臂转速的判断失误，将手伸入或衣服、头发等掉入箱内，卷入搅拌臂内引发事故。因此，人的不安全行为是导致事故发生的直接原因。

从“物的不安全状态”进行分析

该类设备的风险在于，一是在正常状态下设备存在固有的缺陷，即基于设备成本控制和风险较低的角度考虑，绝大多数该类中小型设备生产厂家未关注此类设备的开盖联锁保护装置配备；二是在设备异常状态下发生安全事故，包括电机故障、部件断裂、皮带松动断裂、线路老化、超寿命使用等等。

通过上述分析，可以看出该类设备事故发生的主要因素是“人的不安全行为”即操作人员的失误，但依据安全生产领域“事故致因理论”和“轨迹交叉理论”以及人类本身存在的自然局限即必然存在的“非理性行为”，即便是安全教育、培训、法规、制度规定、应急处置等各项管理措施均落实到位，仍然无法完全避免事故的发生。

因此降低或消除该类风险的控制措施重点应放在控制或消除“物”（设备）的不安全状态，弥补设备固有缺陷，切断事故发生的根源中“人”的致因轨迹，实现该类设备的“本质安全”，就可以消除操作人员失误或违反操作规程导致的风险根源。

（名词解释：本质安全是指通过设计等手段使生产设备或生产系统本身具有安全性，即使在误操作或发生故障的情况下也不会造成事故的功能。）

2.2.2 风险控制措施分析

运用风险控制措施原则顺序理论（风险控制措施层次模型）：消除、替代、工程控制（ \square 隔离）、管理（行政控制）、个体防护（PPE），从针对性、可操作性、经济性三个方面逐项进行分析研究。

消除：能否把这个机械伤害的风险消除掉？

（1）分析：和面机做为面食初级加工设备，综合其加工效率和人工成本控制的实际情况，为确保满足就餐要求，该类设备必然存在，那么该类风险也就必然存在。

（2）结论：该项措施否定。

替代：能否用其他更安全的设备替代该类设备？

（1）分析：

①中小型和面机的功能单一，设备采购成本相对较低，

目前社会市场上并没有带有开盖联锁保护功能的中、小型和面机类设备来实现替代。

②自动化程度高具有多功能的更安全的食品加工机械均属大型设备，多适用于面食加工厂家，其生产的食品供应的是社会市场，其市场价格均在数十甚至数百万元以上，基于烟草行业内商业单位的就餐人员实际面食供应需求和内部食堂的后勤保障性质，职工食堂不可能采用更安全更自动化的面食加工机械。

（2）结论：该项措施否定。

工程控制：工程控制即工程技术控制措施，结合行业特点和要求，可理解为“防止事故发生”的安全技术措施，分析是否能通过工程技术手段进行有效的风险控制。

（1）分析：工程技术控制措施一般有以下三种。

①故障安全控制即设备发生故障仍能保持操作人员安全，和面机类设备故障一般为动力故障、控制故障、传动故障等，这些故障较为直观，一般能够通过观察和检查及时发现。按其构造相对简单的特点，故障安全控制技术对该类设备作用较小。

②失误安全控制即人员操作失误（包括违规操作）仍然保证安全，如在设备运转时，人员违规动作发生，设备即停止运转，实现失误安全。针对该类设备的结构特点，采用失误安全控制技术能够有效控制该类设备风险，对防止事故发生起到关键性的作用。

③自动化控制，结合行业特点和商业各单位的实际以及实现该类设备自动化的复杂性，实现自动化控制不具有可行性。

（2）结论：从针对性、有效性和经济性三个方面对上述措施进行综合对比分析，采用工程控制技术措施中的失误安全控制技术是可行的措施。

标识、警告和管理控制以及个体防护：

以上均属于管理措施，烟草行业各单位按照烟草行业安全生产标准化规范的要求进行落实，结合前述轨迹交叉理论分析结果，以上四项管理措施不能完全消除或控制风险。因此结论是否定。

根据上述对风险产生的根源和工程控制技术措施的分析，可以看出针对和面机未设置开盖联锁保护问题，采用失误安全控制技术（安装开盖联锁保护装置）以实现和面机的本质安全化，能够有效控制该类设备机械伤害事故的发生。

2.3 确定最佳方案

2.3.1 设备构造及工作原理

要实现工程技术控制措施，首先要了解和面机类设备构造以及工作原理。以和面机为例，通过查阅该设备的结构图和工作原理以及对现场设备静态和运转状态的观察，确认该类设备主要的部件分为机械构件包括设备框架（角铁焊接）、箱体（不锈钢轧板）、钢轴、搅拌臂、传动皮带、调速齿轮等，电气构件包括电机、电源线、双向调控开关等。

其工作原理为电源接入双向调控开关，控制电源开关和电动机的顺、逆转向，电动机通过调速齿轮带动搅拌臂在箱体内部转动，实现和面动作。其次，按照操作规程的要求，为确保操作安全，设备运转时箱体的顶盖应当呈关闭状态，箱体内部的面粉和液体搅拌的过程操作人员不可视。

2.3.2 常见开盖联锁保护装置的类别及特点

机械式安全联锁装置

机械式安全联锁装置使用物理原理来实现开盖联锁，设置机械式接触开关，通过开盖动作，依靠盖板自身重力压触到开关，中断电路设备停止运转。优点是结构相对简单，安装操作容易，费用较低，缺点是盖板必须放置到位，部件需定期保养和及时更换，不易实现完全封闭，缺乏防爆效果（面粉具有可燃爆性）。

电子式安全联锁装置

电子式安全联锁装置使用电子控制器来实现开盖联锁，通过多个传感器监测开盖动作，将动作信号传递给前置控制电路，根据预设的判断条件，完成设备电路中断与开启。优

点是动作快、准确，适应性广，缺点是需加设前置控制电路，结构复杂，设计安装费用高，且安装和维护需要专业人员。

光电式安全联锁装置

光电式安全联锁装置使用红外线技术实现开盖联锁，红外线发射和接收端固定在箱体特定位置，通过设备开盖动作切断和接通红外线束来控制前置电路。优点是动作准确，适应性好，缺点是需要加设前置控制电路，结构复杂，设计安装费用高，安装和维护需要专业人员，且对人员的操作有一定干扰，不能完全避免风险的产生。

磁控式安全联锁装置

磁控式安全联锁装置使用磁控开关实现开盖联锁，将磁控开关的“磁铁端”和“开关端”分别装设于箱体与箱盖上，通过磁铁端和开关端的接近和分离来控制前置控制电路的开关。优点是适应范围广，结构简单，安装操作容易，费用低廉，不需要专业人员安装维护，且磁控开关是完全封闭的，防水防尘，本身安全性高，安装后对操作人员无干扰。缺点是需设置前置控制电路。

表 1 常见开盖联锁保护装置使用可行性分析表

评价因素	结构复杂性	设计安装费用	安装难易度	是否需要前置控制	是否影响正常操作	是否需要专业维保	是否产生新的风险	评价分值 (优选顺序由低到高)	综合评定结论 (可行性)
类别	1. 评价因素权重平均; 2. 设定分值低1, 中2, 高3; 是1, 否0								
机械式	1	2	1	0	0	0	1	5	不可行
电子式	3	3	3	1	0	1	1	12	不可行
光电式	2	2	2	1	1	1	1	10	不可行
磁控式	1	1	1	1	0	0	0	4	可行

通过对上述四种方式统计对比，可以看出工程技术措施最优方案为采用磁控式联锁保护装置。

3 和面机类设备磁控开盖联锁安全保护装置的应用

3.1 磁控电路设计思路

运用人机工程学防呆防错原理，按照《电气设备安全设计导则》安全设计原则，以实现开盖联锁保护为目标进行设计。将磁控开关与交流接触器连接形成前置控制电路，把设备双向调控开关与前置控制电路进行串联，通过磁控开关的“磁控端”与“开关端”接近和分离来控制前置控制电路，达到设备电源的通、断。因为交流接触器的接线端外露，为防止产生电火花，需要将交流接触器进行封闭，与磁控开关连接好后，放入防爆盒内。

3.2 对比分析

结合目标要求，经过功能、价格、体积等综合对比，确定使用 PS-3150 磁性接近磁控开关（常开式）和交流接触器 NCH8-20/20（中小型和面机电机功率通常在 1kw 以下，如功率超过 1.2kw，则应更换与功率相配的交流接触器），因

该类磁控开关只能接低功率负载（通常应用在门柜上控制灯具），所以需要与交流接触器组合形成前置控制电路进行使用。



图 1 磁控开盖

（长 2.4cm, 宽 1.4cm, 单片厚度 0.6cm; 感应距离 1-4mm, 寿命可达 100 万次, 价格 20 元以下）



图 2 交流接触器

(负载功率 1.2KW 以下, 价格 20 元以下)



图 3 前置控制电路组合、配套铝质防爆盒

前置控制电器组合连接好之后, 可先用普通灯泡加照明开关进行测试, 磁控开关能够在 220V 电压下与交流接触器配合使用, 控制效果良好, 测试结果与设计思路一致。

3.3 安装验证

将磁控开关和前置控制电路进行上机安装, 然后对设备效果进行测试和验证。具体做法包括, 拆解设备双向控制开关, 将开关电源与交流接触器串联, 磁控开关的“磁控端”固定在箱盖左前角, “开关端”用联线固定在箱体的正面左上角, 在盒盖状态下, 磁控端和开关端合二为一, 开关端的线路接入防爆盒内与交流接触器相连接, 测试验证通过后, 对全部线路进行套管固定, 防爆盒的出线口用胶封闭。

4 结语

(1) 经过测试验证及食堂面食操作人员、安全管理人员评价反馈, 该成果对消除和面机类设备操作过程中的安全隐患起到了明显的作用, 具有很强的实用性、可操作性, 对烟草商业企业普遍存在的共性问题具有良好的推广应用价值。

(2) 创新运用风险控制层级理论, 对问题产生根源进行深入分析, 为行业安全生产风险预防和隐患排查治理体系探

索了科学的问题解决思路, 对烟草行业各类专业设备的安全性改进提供了理念方法上的指导。

(3) 该开盖联锁安全保护装置的设计应用, 填补了社会市场和面机类设备联锁保护装置缺失的空白, 鉴于其能够实现该类设备“本质安全”的安全科技属性和防水、防尘、高寿命、低成本且易于实现消费市场量产的特点, 能够带来良好的社会效益。



图 4 安装测试好后的正常使用状态 (侧面) (设置开盖联锁保护装置)

参考文献

- [1] 龙克文, 刘利, 颜天宝. 家用和类似用途电动食品加工器具机械式磁性接近开关应用[J]. 日用电器, 2015(6): 82-85.
- [2] 李明福. 和面机安全联锁装置[J]. 劳动保护, 1995(4): 28-29.
- [3] 洪茂耀. 食品加工机安全连锁装置改善探讨[D]. 台南: 嘉南药理大学, 2016.
- [4] 李涛, 于广成. 一种盖式和面机安全限位装置: CN103609629B[P]. 2015-12-02.
- [5] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 家用和类似用途电器的安全 第38部分: 商用电动饮食加工机械的特殊要求: GB/T 4706.38-2024[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.