

Safety Practices for Debugging Automated Production Lines with Energy

Huoquan Jiang

Comau (Shanghai) Engineering Co., Ltd., Shanghai, 215000, China

Abstract

This study aims to analyze the risk and safety characteristics of automated production lines, study and discuss the safety characteristics and accident characteristics of automated production lines, and explain how to use lockout and tagout (LOTO) and its importance in mechanical automation. At the same time, this paper also identifies the scenario in which lockout and tagout (LOTO) cannot be fully implemented during energy debugging and maintenance in typical automotive automated production lines, and introduces the safety control measures during energy debugging. The research results show that effective risk identification and control measures as well as good training are crucial to ensure the safety of energetic commissioning operations.

Keywords

mechanical automation; lockout and tagout (LOTO); capable debugging; safety; control measures

自动化产线带能调试作业的安全实践

姜火泉

柯马(上海)工程有限公司, 中国·上海 215000

摘要

本研究旨在对自动化产线的风险安全特性进行分析,对自动化产线的安全特性和事故特性进行了研究探讨,对于机械自动化如何运用上锁挂牌(LOTO)及其重要性进行了阐述。同时,论文还以典型的汽车自动化生产线上带能调试和维修中无法完全执行上锁挂牌(LOTO)的场景进行了辨识,并介绍了带能调试过程中的安全控制措施。研究表明,有效的风险辨识和控制措施以及良好的培训对于确保带能调试作业的安全性至关重要。

关键词

机械自动化; 上锁挂牌(LOTO); 带能调试; 安全; 控制措施

1 引言

在现代工业生产中,随着机械自动化与智能制造的快速发展,自动化产线在现代工业社会越来越普及。一般来说,自动化设备的运转部件都会设置物理隔断将运动部件与周围环境进行阻隔,防止人与运转部件接触而造成人身伤害事故,例如设置围栏,加上防护罩等,一般情况下,在正常运转的自动化设备中,只要遵守安全操作规程,保证物理防护正常,安全事故不容易发生。但是,在自动化设备安装调试和设备故障排查和维修阶段的带能调试环节,人为屏蔽安全防护的带能调试带来极大的安全隐患,也成为工业安全事故的高发领域。论文以现代工业最常见的机械臂为例,通过分析现场的典型事故案例,强调了实施 LOTO 的必要性,并提出了带能调试作业相应的安全措施。

【作者简介】姜火泉(1984-),男,中国江西上饶人,本科,工程师,从事安全技术与管理研究。

2 自动化产线安全和事故特性

从理论上来说,机械自动化技术就是指将自动化技术应用于机械制造行业生产建设中,对加工对象进行自动化、连续性的生产作业,使得机械制造行业的整个生产过程更加自动化、高效化和安全化^[1]。机械自动化技术的应用使得整个制造过程中投入原料的流动速度和加工工艺变化更为迅速及时,从而达到节约机械制造人力资源投入的目的。

2.1 机械自动化的安全特性

机械及机械自动化产线是现代工业生产中不可缺少的工具,它们可以提高生产效率和质量,但同时也存在一定的安全风险^[2]。因此,保障机械及机械自动化产线的安全特性至关重要。机械的设计和制造必须符合相关的安全标准和法律法规,必须经过严格的质量检测和认证。在使用过程中,机械设备应定期进行检查和维护,确保其正常运转。

机械设备应具备多种安全装置和保护系统。例如,机械设备应配备安全开关、隔离装置、紧急停车按钮、声光报警等,以防止意外伤害和损失。

在机械自动化产线中，自动化控制系统也是一个重要的安全特性。自动化系统应采用可靠的控制技术和算法，确保系统的稳定性和安全性。此外，自动化系统应该具备自我诊断和自我保护的功能，当系统出现故障时能够自动停机并进行报警。

为了保障机械及机械自动化产线的安全，必须实施科学的安全管理措施，对员工进行安全培训和教育，增强他们的安全意识，提高自我保护能力^[9]。同时，必须建立完善的安全管理制度，制定相应的安全规范和程序，定期开展安全检查和评估，确保安全工作的落实和有效性。

总之，机械及机械自动化产线的安全特性涉及多个方面，需要综合考虑技术和管理。只有采取科学的管理措施，才能保证安全生产和机械自动化产线的稳健运行。

2.2 机械自动化的安全事故特性

以如下的三起涉及机械自动化设备的事故案例为例：

①某公司操作工伤害事故：在2018年6月1日，一名操作工在进行铁屑打包作业时，发现打包机内有余留屑，未切断电源便爬入设备内作业，结果发生机械伤害事故。

②大唐某热电厂检修作业事故：2016年2月25日，该热电厂在1号炉C磨煤机入口热风道内进行检修作业时，由于违规操作，发生了一起热风灼烫事故。

③特斯拉上海工厂焊装车间事故：2023年2月4日，在特斯拉上海工厂的焊装车间，两名员工都未严格执行LOTO程序，设备意外启动。

这些案例反映出在机械自动化设备操作中，执行上锁挂牌（LOTO）程序的重要性。LOTO程序是一种安全措施，旨在确保设备在进行维护、检修或清洁时处于关闭状态，以防止意外启动造成伤害。这些事故案例提醒我们，必须严格遵守安全操作规程，确保作业人员的安全。

实际操作中应严格遵守相关的安全规定和操作指南，以防止类似事故的发生。同时，企业应当加强员工的安全教育和培训，确保每个员工都能理解并执行LOTO程序，从而保障工作场所的安全。

基于以上提到的机械自动化设备未执行上锁挂牌（LOTO）的事故案例以及行业管理经验，我们总结出以下机械自动化安全生产事故的特点：

①违规操作：许多事故是由于员工未遵守既定的安全操作规程，如未执行LOTO程序，而造成的。这可能是由于缺乏安全意识、培训不足或监管不严。

②人为错误：事故往往涉及人为失误，例如在没有确保设备完全停止和安全的情况下进行操作，或者在没有正确确认工作区域安全的情况下开始工作。

③缺乏风险评估：事故发生之前可能没有进行适当的风险评估，或者风险评估没有得到有效实施。

④通讯失败：在一些案例中，可能存在团队成员之间沟通不畅，导致信息传递不完整或误解，从而引发事故。

⑤监管缺失：企业或工作场所的监管体系可能存在缺陷，未能有效监督和确保员工遵循安全程序。

⑥后果严重：由于机械自动化设备的性质，一旦发生事故，可能导致严重的人员伤害甚至死亡。

⑦可预防性：大多数事故都是可以通过正确的安全措施和程序来预防的，比如通过执行严格的LOTO程序、提供适当的安全培训和强化安全文化。

⑧技术故障与维护问题：设备的技术故障或不当维护也可能导致事故，尤其是在没有进行定期检查和维护的情况下。

⑨紧急响应不足：在紧急情况发生时，可能缺乏有效的应急响应计划或员工对应急程序了解不足，无法及时有效地应对突发事件。

为了减少这些事故的发生，企业需要加强员工的安全教育和培训，明确和执行严格的安全操作规程，尤其是上锁挂牌（LOTO）流程，进行定期的风险评估和设备检查，并建立有效的监督和应急响应机制。通过这些措施，可以大幅提升生产线的安全性，保护员工免受伤害。

总体而言，机械自动化生产线的安全生产事故通常是可以预防的，并且在很大程度上依赖于员工的安全意识、培训水平以及对安全操作规程的严格遵守。企业需要持续关注并改善这些方面，以确保工作场所的安全。

3 机械自动化实施上锁挂牌（LOTO）的必要性和步骤

实施上锁挂牌（LOTO）程序对企业而言是非常必要的，它有助于保障员工安全，防止因设备意外启动或危险能源释放而造成的人员伤害或财产损失。以下是实施LOTO的步骤和重点：

①识别能源：需要识别与设备相关的所有能源，如电力、气压、液压等，并明确哪些是可能导致伤害的危险能源。

②准备LOTO装置：为每个能源隔离点准备适当的上锁或挂牌装置。上锁装置通常是指可以物理阻断能源的锁具，而挂牌则是通过标签警示来告知其他人设备正在进行维修。

③关闭设备：按照正确的设备关机流程将设备停下来。对于有特定关机流程的设备，如导热油加热装置，需要按照规定的步骤降温后才能关闭，以避免造成设备损坏。

④隔离能源：在确认设备已关闭后，找到能源隔离装置，并将能源切断。应确保急停装置和按钮开关等不能作为能源隔离装置，一般隔离开关是有可见断点的开关，能从物理上将能源隔离。

⑤上锁或挂牌：在能源隔离点上加上锁具或挂上警示标签。标签上应清晰显示维修状态以及可能的危险，以防止他人误操作。

⑥试行和确认：在完成维修、保养或清洁工作后，应

进行试运行程序以确保设备安全恢复正常运行。

⑦培训和责任:企业应对员工进行LOTO程序的培训,包括上岗前的培训和定期的安全教育。确保员工能够识别潜在的危险能源,并熟悉正确的LOTO执行流程。

⑧监督和跟进:企业需要对LOTO程序的执行情况进行监督,并对不符合事项采取改善措施。

综上所述,机械自动化严格推广实施LOTO程序是安全管理的一个重要环节,通过这些步骤可以有效地减少生产线上安全事故,保护员工的生命安全和企业的财产安全。

4 自动化设备带能调试的安全控制措施

实施上锁挂牌(LOTO)能有效避免机械自动化的运动部件的意外启动,即进入设备运转部件前,将设备能源切断并上锁,并将锁具的钥匙放在自己口袋里,再进入到设备的运转区域,即可避免设备的误启动而造成的意外伤害,LOTO执行的效果与每个企业的安全管理的成熟度有关,从技术上没有问题。但是在实际的工作中,尤其是在机械自动化生产线的安装调试和维修的过程中,不可避免会涉及无法完全执行上锁挂牌的情况,如调试时需要近距离观察机械臂抓手位置,压机压头位置观察,自动化设备的精度的边观察边微调等。

汽车生产线因其高度自动化、大体量、复杂化、智能化,集成了大量的自动化设备,是机械自动化设备的典型代表,本章以某汽车焊装和总装的自动化生产线为例,识别出在哪些环节设备无法完全断能,而需要设备带能运转调试的场景。

4.1 识别带能调试的作业

①试漏站位:观察气漏点,不包含气缸位置调整活动。

②压机站位:观察压头位置。

③机器人站位:机器人抓手位置调整;观察压机压头位置(若有);内外装转运工位观察机器人抓手对接位置调整。

④涂胶站位:观察涂胶头是否甩出。

4.2 控制措施

针对人员必须进入站位内进行带能调试的作业,风险评估后的控制措施如下:

①必须申请带能作业许可证;必须佩戴安全帽(试漏站位及涂胶站位还需佩戴安全眼镜)。

②必须使用手动模式及利用伺服点动模式;在目前已有手动模式/自动模式钥匙的,此钥匙放在手动模式后由进入工位调试人员携带,平时由现场经理统一保管。建议工程部在后续的设计中将手动/自动模式钥匙定为标准设计要求。

③手动模式中的点动模式设置的速度必须遵循以下原则:机器人速度及没有剪切风险的机械运动部件不得超过250mm/s(手持试校器10%速率),压力机的运行速度不得超过10mm/s,有剪切风险的机械运动部件不得超过33mm/s。

④利用手持试校器,速率设置为10%以内(机器人站位)。

⑤站位内禁止交叉作业,一次申请只能调试一个问题

(机器人站位)。

⑥若站位内必须有人协助调试,持手持试校器人员应站在站位内可以看到另外人员的安全位置(机器人站位)。

⑦PLC面板挂维修调试警示牌;带能源调试的工位只能留一个出入口,其他工位出入口必须用锁锁定,防止其他人员误入。

⑧PLC面板与站位内人员距离超过3m以上,必须利用对讲机沟通并设置监护人(此监护人主要职责为关注站位内人员的不安全行为并及时提醒和制止,不管设备问题)。

⑨人员站在机械运动轨迹之外;调试人员与设备运动轨迹范围保持至少50cm的安全距离。

⑩配置机械阻挡装置(需设计部门后续设计)。

⑪严禁人站在站位内进行自动模式运行调试或观察。

⑫进行机械部件位置调整时必须执行LOTO(上锁挂牌),不可带能调整。

⑬全自动模式或调试状态下禁止手或身体部位进入“狗洞 dog hole”,只能在得到许可后从对应的安全门进入调试区内进入,其他门进行锁定。上电调试前,确保辊道的安全防护罩已安装完成。

⑭试漏工位仅允许观察漏点活动(处于封堵状态)时进行带能调试作业;禁止气缸位置调整活动带能调试作业。

⑮内外装转运工位进行机器人对接位置调整时,禁止人站在工位内地面观察,可以站在升降平台上佩戴好安全帽、安全带进行观察,此时必须执行带能调试作业安全要求(如手动模式,试校器速率10%)。

⑯到内外装转运二层升降平台处理故障问题时,执行带能调试作业安全要求,佩戴好安全帽、安全带。

⑰处理内外装站位机器人带件调试故障问题时,必须在站位外将机器人手臂抓手上的“物件”放置地面最低位置后(如托盘上),执行LOTO后进入工位内处理,反之须执行带能调试作业安全要求进行调试工作。

5 结语

综上所述,机械自动化产线的安全风险与事故有可以控制和避免的,需要将设备本身安全防护和企业安全管理的良好实践结合起来,其中上锁挂牌(LOTO)在机械自动化产线的安全管理中起着重要的作用,严格执行LOTO是机械自动化安全管理的关键控制措施之一,在带能调试作业中,辨识带能场景,做好风险辨识和控制措施,针对性采取安全控制措施是控制安全事故的有效手段。

参考文献

- [1] 范子源.浅析机械制造与自动化应用[J].数码世界,2018(5):354-355.
- [2] 许宁萍,程洋,顾燕,等.谈机械设计制造及其自动化发展方向[J].城市建设理论研究(电子版),2017(31):94.
- [3] 马红伟,陆刚.安全成本及安全成本分析指标的确定[J].徐州建筑职业技术学院学报,2004(1):39-42.