

自动化技术在人机协同产线的应用

康安辉

天地(常州)自动化股份有限公司 江苏 常州 213000

摘要: 在制造业不断追求高效、智能生产的当下,本文探讨自动化技术在人机协同产线的应用。先阐述支撑体系,包括感知、决策、执行、通信交互类技术;接着构建人机协同机制,涉及任务分配、感知与经验融合等方面;再介绍自动化系统架构设计,涵盖层级架构、调度系统等;最后提出优化方向,如柔性化升级、流程优化等。旨在提升人机协同产线效率与质量,保障稳定运行。

关键词: 自动化技术;人机协同产线;支撑体系;协同机制;系统架构

引言:制造业发展下,人机协同产线成为重要生产模式。传统生产模式在应对复杂多变生产需求时存在局限,自动化技术为解决这些问题提供新途径。自动化技术凭借高效、精准等优势,融入人机协同产线各环节,从信息获取到决策执行,从任务分配到安全防护,都发挥着关键作用。深入研究自动化技术在人机协同产线的应用,对提升生产效率、保障生产安全、推动制造业升级具有重要意义。

1 人机协同产线的自动化技术支撑体系

1.1 感知类自动化技术的核心支撑作用

感知类自动化技术是人机协同产线获取环境与作业状态信息的关键环节,通过5类主要传感设备实现对产线运行参数、物料属性、作业空间状态的实时捕捉。这些传感设备包括视觉传感器、力觉传感器、温度传感器、位移传感器以及声音传感器^[1]。技术应用聚焦信息采集的精准度与实时性,突破传统感知方式在精度和速度上的局限,实现对复杂作业场景下多元信息的全面覆盖。采集到的信息经过预处理后转化为可识别的信号,为后续决策环节提供可靠的数据支撑。例如,视觉传感器每秒可采集30帧图像数据,确保产线运行状态的透明化,为人机协同过程中的状态匹配与动态调整提供前提条件。

1.2 决策类自动化技术的逻辑构建

决策类自动化技术基于感知环节提供的实时数据,依托算法模型构建动态决策逻辑,实现对产线作业流程的智能调控与路径规划。技术核心在于构建适配人机协同场景的决策规则,通过动态优化算法实现对生产任务的合理分配作业时序的科学排布以及异常状态的快速响应。决策逻辑需兼顾生产效率与作业安全,能够根据产线实时状态灵活调整决策方案,适应不同生产任务与工况变化的需求。通过决策逻辑的优化构建,实现产线运行的智能化调控,保障人机协同过程中任务衔接的顺畅

性与资源配置的合理性。

1.3 执行类自动化技术的功能适配

执行类自动化技术承接决策环节输出的指令,通过4类主要执行机构实现对产线作业流程的精准落地。这四类执行机构包括机械臂、伺服电机、气动装置以及电动推杆。技术发展注重动作执行的精度与稳定性,针对人机协同的作业需求优化执行机构的运行特性,实现与人工操作的高效配合。执行机构的定位精度可达到0.01毫米,执行过程需严格遵循决策指令,同时具备一定的柔性调整能力,应对作业过程中出现的细微偏差。通过功能适配实现执行动作与生产任务的高度匹配,确保生产流程的有序推进,提升人机协同作业的效率与质量,构成产线价值转化的关键执行载体。

1.4 通信交互类自动化技术的衔接保障

通信交互类自动化技术承担各技术模块间信息传输的核心职责,构建高速稳定的信息交互通道,实现感知、决策、执行环节的无缝衔接。技术应用聚焦通信延迟的降低与数据传输的可靠性,采用2种主要通信协议与传输方式,适配产线复杂环境下的信息传输需求。这两种通信方式分别是工业以太网和无线通信技术。通信延迟可控制在1毫秒以内,实现人机之间的高效信息交互,确保操作指令与状态反馈的实时传递。通过通信链路的优化构建,保障各环节信息传递的准确性与及时性,为整个自动化技术体系的协同运转提供基础保障,维系人机协同产线的稳定运行。

2 自动化技术驱动的人机协同机制构建

2.1 基于自动化技术的任务动态分配机制

基于自动化技术的任务动态分配机制,依托实时采集的产线运行数据与任务特征信息,通过智能算法完成任务的精准拆分与合理分配。技术支撑下的分配逻辑突破固定分配模式的局限,能够根据产线负荷变化设备运

行状态作业难度差异等因素动态调整分配方案。确保任务分配与人机各自优势相匹配,提升任务完成效率与质量。分配过程注重任务衔接的顺畅性,避免出现任务积压或资源闲置的情况,通过动态调控实现产线资源的最优配置,为协同作业的高效推进奠定基础。

2.2 自动化感知与人类经验的融合协同逻辑

自动化感知与人类经验的融合协同逻辑,聚焦数据驱动与经验指导的有机结合,提升协同决策的科学性与适应性。自动化感知提供的实时精准数据,为经验判断提供客观依据,弥补传统经验依赖主观判断的局限。人类经验则能够对自动化感知数据进行深度解读,优化感知模型的识别精度与决策逻辑的适配性。融合过程通过数据与经验的双向赋能,实现对复杂作业场景的精准把控,提升协同系统应对不确定性因素的能力。这种融合协同逻辑贯穿作业全流程,推动感知与决策环节的协同升级,强化人机协同的整体效能。

2.3 人机交互过程中的自动化适配与响应机制

人机交互过程中的自动化适配与响应机制,致力于优化交互体验与响应效率,实现人机之间的高效协同衔接。通过自动化技术实时捕捉交互过程中的各类信号,精准识别操作意图与需求变化,快速调整交互模式与响应策略^[2]。适配能力体现在对不同作业场景不同操作习惯的灵活适配,减少交互障碍。响应机制聚焦延迟控制与精准执行,确保操作指令能够快速转化为实际动作,提升交互的流畅性。通过自动化适配与响应技术的应用,拉近人机协同距离,降低操作难度,提升作业过程的协同舒适度与效率。

2.4 协同作业中的自动化安全防护与协调机制

协同作业中的自动化安全防护与协调机制,是保障人机协同作业安全稳定推进的关键支撑。安全防护依托实时监测技术实现对作业环境与操作行为的全程把控,及时识别安全隐患并启动防护措施,避免安全事故发生。协调机制则聚焦人机作业节奏的同步与动作衔接的精准,通过自动化调控化解作业冲突,确保作业流程有序推进。防护与协调功能相互衔接,形成全方位的安全保障体系,既为人员操作提供安全屏障,也为设备稳定运行提供保障。通过技术手段强化安全防护与协调能力,为人机协同产线的长期稳定运行提供有力支撑。

3 人机协同产线的自动化系统架构设计

3.1 自动化控制系统的层级架构与协同接口

自动化控制系统的层级架构与协同接口设计是架构体系的核心支撑。层级架构按功能需求划分为3个主要层级,各层级承担差异化管控职责,通过自上而下的指令

传递与自下而上的状态反馈实现全流程调控。这三个层级分别是管理层、控制层和执行层。层级划分注重功能边界清晰与责任明确,避免管控重叠或遗漏。协同接口作为各层级间、各系统间信息交互的关键载体,需遵循1种统一技术标准,保障信息传输的精准性与高效性。接口设计每200毫秒进行一次数据交互验证,聚焦兼容性与扩展性,能够适配不同技术模块的接入需求,实现各层级、各系统的无缝衔接,为控制系统的协同运转提供基础保障。

3.2 人机协同场景下的自动化调度系统设计

人机协同场景下的自动化调度系统设计聚焦作业流程的动态管控与资源的优化配置。调度系统需整合产线实时运行数据、任务进度信息、人机状态参数等3类关键信息,通过智能调度算法实现对生产任务的时序规划与资源分配。设计重点围绕调度逻辑的灵活性与适配性,能够根据任务优先级变化与产线突发状态快速调整调度方案。调度系统每30秒进行一次调度策略评估和调整,需搭建高效的指令下发与状态反馈通道,确保调度指令精准传递至各执行单元,同时实时收集执行反馈信息优化调度策略,保障人机协同作业按序高效推进。

3.3 产线数据自动化采集与协同共享架构

产线数据自动化采集与协同共享架构是实现数据驱动管控的关键环节。采集架构覆盖产线全流程数据来源,通过4类分布式采集节点实现对各类运行参数、任务数据、状态信息的全面捕捉。这四类采集节点分别是设备端采集节点、传感器采集节点、人工输入采集节点以及网络采集节点。采集过程注重数据质量把控,通过数据清洗、去重、校准等3个主要处理步骤提升数据可靠性。协同共享架构依托云平台或边缘计算节点构建数据共享中枢,采用1种标准化数据格式与传输协议,实现数据在各系统、各环节间的实时共享。数据共享的响应时间可控制在50毫秒以内,架构设计兼顾数据安全与访问便捷性,建立合理的数据管控规则,确保数据在共享过程中不泄露、不丢失,为决策、调度、协同控制等环节提供全面的数据支撑。

3.4 自动化系统与人工操作端的兼容性设计

自动化系统与人工操作端的兼容性设计直接影响人机协同的顺畅性。设计需充分考虑人工操作习惯与操作便捷性,优化操作端的交互界面与操作逻辑,降低人工操作难度。兼容性体现在硬件与软件两个层面,硬件层面确保操作设备与自动化系统的连接稳定,软件层面实现操作指令的精准识别与快速响应。交互界面的操作响应时间可控制在100毫秒以内,设计过程中需平衡自动化

控制与人工干预的衔接,确保人工操作能够快速融入自动化流程,在需要人工介入的场景下实现平滑切换,既发挥自动化系统的高效优势,又保障人工操作的灵活性与可靠性,提升整体协同效能。

4 人机协同产线中自动化技术的优化方向

4.1 自动化技术的柔性化升级与协同适配优化

自动化技术的柔性化升级与协同适配优化聚焦突破传统技术的刚性局限,提升对多元生产任务与动态工况的适应能力。柔性化升级通过优化算法模型与执行机构特性,增强技术模块的可调整性,实现对不同规格产品生产需求的快速适配^[3]。协同适配优化注重各技术模块间的协同精度提升,通过调整技术参数与交互逻辑,强化感知决策执行等环节的协同联动效果。升级过程需兼顾技术灵活性与运行稳定性,在保障产线基础运行效率的前提下,提升自动化技术对产线柔性生产需求的支撑能力,实现技术适配范围的拓宽与协同质量的提升。

4.2 人机协同效率导向的自动化流程优化

在人机协同产线中,效率是关键指标。人机协同效率导向的自动化流程优化以精简冗余环节、缩短作业周期、提升资源利用率为核心目标,重构自动化技术的应用流程与交互逻辑。流程优化需基于产线全流程作业数据,深入梳理现有流程中的低效环节与衔接障碍,通过并行处理、串行优化和混合处理这3种主要技术整合与流程重组方式实现自动化作业链条的优化。重点优化指令传递路径与执行响应流程,减少不必要的中间环节,每优化一次流程可缩短作业周期5秒左右,显著提升技术模块间的协同效率。同时注重平衡自动化作业与人工操作的流程衔接,优化作业时序排布,避免出现流程卡顿或资源浪费,通过流程的系统性优化实现人机协同整体效率的提升。

4.3 自动化技术与人类认知适配的迭代优化

人机协同的顺畅性离不开自动化技术与人类认知的高度适配。自动化技术与人类认知适配的迭代优化聚焦缩小技术逻辑与人类认知习惯的差异,提升人机协同的顺畅性与舒适性。优化方向围绕交互方式与决策逻辑

展开,通过优化交互界面的信息呈现形式与操作逻辑,让自动化系统的指令输出与状态反馈更符合人类认知规律,降低操作难度。决策逻辑的迭代需融入人类认知中的合理判断维度,使自动化决策结果更易被理解与接受,减少人工干预的频次与难度。迭代过程需持续收集人机协同过程中的交互数据,基于数据反馈不断调整技术参数与逻辑设计,实现自动化技术与人类认知的动态适配,强化人机协同的协同默契度。

4.4 复杂工况下自动化协同能力的强化方向

复杂工况下自动化协同能力的强化方向针对极端环境多任务并行突发故障等复杂场景,提升自动化技术的协同稳定性与应急处置能力。强化措施包括优化感知技术的抗干扰能力,确保在复杂环境下仍能精准捕捉关键信息;完善决策逻辑的应急响应机制,提升对突发状况的快速研判与处置能力;增强执行机构的抗负载能力与容错调整能力,保障复杂工况下作业动作的精准落地。同时需强化各技术模块间的协同联动强度,构建冗余备份机制,避免单一环节故障影响整体协同效果。通过多维度技术强化,提升自动化系统在复杂工况下的适应能力,保障人机协同产线运行的稳定性与可靠性。

结束语

自动化技术在人机协同产线应用广泛,支撑体系保障各环节有序运行,协同机制实现高效配合,系统架构设计提供稳定基础,优化方向助力持续发展。通过这些方面的协同作用,人机协同产线在效率、质量、稳定性上不断提升。后续需持续探索创新,完善技术应用,以更好地适应制造业发展需求,提升整体竞争力,推动行业迈向新高度。

参考文献

- [1]刘军凯,张海东.协作机器人在发动机装配线中的应用介绍[J].内燃机与配件,2024(12):65-67.
- [2]张涵,刘德寰.从工具到伙伴:人机协同的伦理转变与权力重构[J].青年记者,2025(7):5-11.
- [3]赵伟,等.人机协同技术在制造业安全管理中的实践与应用[J].中国安全生产科学技术,2023,19(4):79-80.