

物联网驱动的工业自动化智能监控系统设计与应用

周献水

杭州精鼎玻璃制品有限公司，浙江省杭州市，310000；

摘要：随着物联网（IoT）技术的广泛渗透，工业自动化监控系统正发生根本性变革。传统工业控制系统受限于数据获取不全面、响应滞后与人工干预频繁等问题，而基于物联网的智能监控系统则通过实时感知、远程控制和边缘智能等手段，为工业设备管理与生产流程优化提供了全新解决方案。本文从系统设计思路、关键技术构建与典型应用场景三个维度展开，系统阐述物联网驱动下工业自动化监控的构架革新与应用前景，旨在为新一代智能制造体系的构建提供理论支撑与实践参考。

关键词：物联网；工业自动化；智能监控；边缘计算；系统设计；智能制造

DOI：10.64216/3080-1508.25.03.047

引言

在工业4.0背景下，制造企业正面临从“自动化”向“智能化”的跃迁需求，而这一转型的核心在于全面感知、精准分析和自主决策能力的建立。物联网作为新一代信息技术的重要组成，通过构建一个万物互联的网络环境，实现工业设备的全生命周期感知、控制与管理，是智能工厂的基础平台。相较传统工业自动化系统，物联网驱动的智能监控系统具备数据广覆盖、高实时性、自适应控制等显著优势，能够有效解决生产安全、能效管理、设备预测维护等工业痛点问题。

目前，尽管越来越多的制造企业开始尝试引入IoT系统，但如何将物联网架构合理嵌入原有生产流程、如何设计高效稳定的监控系统以及如何实现数据的实时协同处理，仍是行业内的技术难题。因此，本文围绕工业物联网智能监控系统的构建路径、关键技术支撑和落地应用场景进行深入探讨，推动智能制造体系的标准化、模块化和智能化进程。

1 智能监控系统的设计理念与结构建构

1.1 面向工业场景的系统需求分析

工业自动化场景多样，涵盖离散制造、流程工业、能源管理、仓储物流等多个子领域，每类场景对监控系统提出不同的技术需求。总体而言，系统必须具备高可靠性、高适应性与高可扩展性，能够在高温、高压、高粉尘等恶劣环境中稳定运行。同时，系统需支持多协议设备接入、异构数据采集、多维度实时监控与远程控制能力。例如，在能源行业，系统需对电力管网实现精细化负荷管理与故障快速响应；在制造业，则更注重设备

运行状态的预测性维护与良率分析。因此，在系统设计初期，必须充分识别各类工业子场景的业务逻辑、数据流转路径和控制反馈需求，确保系统架构具有面向多元需求的适配弹性与结构兼容能力。

1.2 系统架构的分层设计与功能划分

一个高效的物联网智能监控系统通常采用“感知层—网络层—平台层—应用层”四层架构模式。感知层包括传感器、控制器、摄像头等各类采集设备，负责获取环境与设备状态数据；网络层则通过工业总线、无线传输、边缘网关等实现数据的传输与中继；平台层负责数据的统一存储、预处理与事件判别，是决策逻辑的中枢；应用层则面向用户提供可视化监控、远程控制、报警联动、预测性分析等功能。在此架构中，边缘计算节点的嵌入显著提升了系统响应速度与本地决策能力，尤其在对低延迟、高带宽的工业任务中具有关键价值。此外，系统功能应具有高度模块化与灵活配置能力，以便于按需部署、分布式扩展与软硬件解耦，实现工业系统的长期演进与可持续升级。

1.3 数据驱动下的智能控制逻辑设计

在智能监控系统中，传统的逻辑控制被逐步替代为基于数据驱动的智能决策控制。系统需结合历史数据与实时采集信息，构建设备健康状态评估模型、生产流程优化模型和能耗分析模型，实现精准预测与动态控制。以某数控机床监控系统为例，通过采集电流、电压、振动频率与温度数据，系统可识别出微弱的运行异常迹象，并通过机器学习模型判断是否需要启动预维护程序，提前规避故障停机风险。智能控制逻辑的核心在于建模准

确性与反馈闭环效率,而这需要系统在多源异构数据融合、特征提取与模型迭代方面具备持续优化能力。未来,随着人工智能技术在工业场景的深度融合,基于知识图谱与因果推理的自适应控制将成为主流方向。

2 关键技术支撑与系统实现路径探析

2.1 多源异构数据采集与融合机制

在工业场景里,数据种类和来源特别多,既有传统自动化控制设备比如 PLC、SCADA 里的表格型数据,也有摄像头拍的视频、工人说话的录音、机器人运动路线,还有 ERP、MES 这些管理系统留下的操作记录。这些数据格式不一样,而且来自不同厂家用的通讯协议也各不相同,怎么解决设备之间‘语言不通’的问题变成了系统设计时首先要考虑的。智能监控系统得在底层搭建兼容性好的中间层,能使用 Modbus、OPC-UA、MQTT、PROFINET 这些常见工业协议,这样才能让设备连上网并实时传数据。对于视频、音频、文字这些不规则数据,系统还要有智能分析和格式转换的本事,在数据进平台前做好简单分类、打标签和去掉有问题数据,保证数据能用。为了方便处理数据,现在大家都普遍会在边缘节点装小型数据处理工具,这些工具按照提前设好的规则做基础分析、提取关键信息和触发警报,把整理好的数据传到云平台做统一分析。最后所有数据都要转换成统一格式的知识单元,搭建不同业务和工序的数据共享平台,为后面做高级分析和应用打下基础。

2.2 边缘计算与云端协同的处理模式

工业生产现场对于反应速度和通信可靠性这些方面有特别严格的要求,传统上主要用中心云平台的方案处理数据,遇到需要快速处理、大量数据同时过来还有延迟必须很低的情况时候效果就不太行。像加工速度控制、紧急停机处理、环境突然变化这些重要环节,只要稍微慢一点就可能弄坏设备或者出安全事故。这时候用边缘计算就能很好解决问题,把边缘计算节点装在工厂的网络关口、PLC 控制器或者智能设备里,就能在本地收集数据、简单分析然后马上动作。比如说温度传感器发现温度超过标准值了,边缘节点不用等云平台发命令自己就能关掉电机或者改运行参数,这样一来整个反应过程变快很多,安全也有保证了。而云平台那边更适合做定期数据分析、训练复杂的算法模型、不同厂区之间的数据比较还有统一发指令这些工作,相当于是整个系

统的脑子。在边和云配合工作的模式下,系统把任务分清资源协调好,组成一个灵活又能互相配合的系统,这样不仅让整体效率更高,还能减少数据传不完或者系统出问题的可能,让大的工业物联网系统更容易扩展、更好管理,持续运行也更稳定。

2.3 人工智能在工业监控中的应用价值

人工智能技术现在应用得越来越深了,正在改变工业监控系统原来的作用和能力范围,从以前只能看看状态和警报,现在升级成了一个能预测、诊断、优化还能帮忙做决定的“聪明大脑”。比如用图像识别来做产品外观检查就特别典型,用高清摄像头拍产品照片,AI 模型就能自己找出那些小划痕、凹进去的地方或者尺寸不对的问题,代替了以前靠人眼检查,这样质检质量又准又稳定。再说说监控操作规范这事,用计算机视觉加上动作捕捉还有深度学习,就能看工人有没有戴安全帽啊、有没有乱操作机器啊,这样就自动管住安全问题了。更厉害的是 AI 用在预测维修这方面,把设备运行的各种数据塞到深度学习模型里训练,系统就能搞出来一个设备健康评估模型,预测可能出什么故障的概率。像是风力发电的设备里,AI 只要看看轴承振动信号的微小变化,就能知道未来几周会不会出现裂纹或者磨损的问题,这样就可以提前安排检修,避免机器突然坏了停转。还有 AI 能用在生产计划优化系统里,帮忙决定订单谁先做、怎么调配资源最合理、怎么省电这些事,让监控系统不光会“看”,还会“想”和“管”,从只会检测的系统变成能做决定的系统,变成工厂智能化过程中特别重要的技术支撑点。

3 典型应用实践与未来发展展望

3.1 制造企业的智能工厂监控体系建设

随着数字转型在制造业发展起来,很多企业开始意识到数据就是资产的道理。想要打造智能化工厂,很多工厂都在开始物联网相关的监控系统改造。这些系统既做到了生产过程能透明管理,又让资源分配更有效和设备更安全。比如有个汽车零件厂,他们用了智能监控系统后,在车间里布置了传感器网络,能收集温度、湿度、空气质量这些环境数据,还有机器的电压、电流、震动情况,甚至工人怎么操作的动作轨迹。数据先在边缘节点处理,再传到云端。云平台用设备健康分和过去的数据做预测维护,如果参数有问题就自动报警并派工单,

从被动修变成了主动预防。同时这个系统还连上了 ERP 和 MES 系统,把计划、执行和反馈环节都打通了,让生产安排更灵活,供应链配合得更好。用了这个系统一年后,故障减少了 32%,效率提高 18%,能耗降了 12%,这说明工业物联网在工厂里很有用,值得推广。

3.2 能源与公共设施领域的智能化管控实践

在传统公共基础设施方面,运维监测很长时间都是靠人工检查和固定数据分析,经常出现反应慢、信息传递不及时的情况。但现在有了物联网和智能监控技术之后,明显让公共设施运行的智能程度和反应速度变得更好。举个南方城市电力配网系统的例子,他们装了很多电流传感器、电压传感器还有故障检测装置,再加上边缘计算设备和 5G 网络回传技术,这样就能组成分散式的智能监测体系。这套系统不仅能够随时查看配电各个部分的运行情况,还能用算法发现短路、负荷过大、跳闸这些问题,并且马上自己在本地完成“几秒钟内”的修复操作,这样让供电可靠性变得更好用户也更满意。像水务系统的话,某个地方用无线传感器网络和云平台把全市水管都监控起来,通过压力和流量变化来找哪里可能漏水,结果用了半年意外停水的情况少了快四成,服务质量提升很大。还有像是城市下水道、路灯系统、桥梁安全监测这些方面,智能监控系统也在慢慢推广使用。因为这类系统有物联网的数据驱动特性、智能判断能力和远程控制手段,正好能解决以前传统管理方法存在的信息不连通问题,帮助城市管理从各个独立感知点转变成数字化联合运作的模式。

3.3 面向未来的智能监控系统发展趋势

随着物联网、AI、大数据、云计算这些技术不断融合发展,工业自动化智能监控系统也会不断升级,出现几个值得注意的趋势。第一是系统结构会更加趋向于自治和协同结合的分布形态。终端节点不再是单纯的感知工具了,它们还会有局部处理、自己优化和安全控制等功能,变成智能小系统,和中心平台一起组成多层级的协作系统。第二个方面是监控平台会从封闭的产品系统转为开放式的生态平台,能够进行数据资产管理、接入算法模型、协同第三方应用,让行业之间的资源和能力

可以共同建设和分享。另外,随着工业大模型、因果学习这些先进 AI 技术的应用,系统会具备更高水平的“理解能力”和“演化能力”,从而拥有类似人的认知功能,比如知识推理逻辑、制定应急策略,真正成为工业生产里的“智能大脑”。最后在双碳政策和绿色制造理念指导下,智能监控系统会有更强的绿色管理功能,比如能耗数据的精细分析、碳排放监测和能效优化会成为系统的标配之一,帮助企业达到环境效益和经济效益的双赢,促进制造业绿色转型和可持续发展。

4 结语

物联网技术与工业自动化的深度融合,推动了传统监控系统从静态数据采集向动态智能管理的升级转型,构建了一个以数据为基础、以智能为核心、以协同为目标的新型工业监控体系。从系统设计、技术实现到行业应用,每一个环节都体现出“互联、智能、高效、可持续”的发展趋势。虽然现实中仍面临网络安全、设备兼容、标准不统一等多重挑战,但通过持续的技术创新与场景落地验证,物联网驱动的智能监控系统正逐步从概念走向标准,从试点走向规模化部署。未来,伴随新技术浪潮的进一步涌现,这一系统将成为推动工业数字化、绿色化、智能化转型的关键基石,也将在推动产业高质量发展 and 全球制造业竞争格局重塑中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 黄姝娟, 刘萍萍, 王建国, 等. 物联网系统设计与应用[M]. 中国铁道出版社: 202201. 186.
- [2] 鲁东海, 孙纯军, 秦华. 基于物联网技术的智能变电站辅助控制与监测系统设计与应用[J]. 华东电力, 2011, 39(04): 567-571.
- [3] 荀艳丽, 焦库, 张秦菲. 基于物联网的智能家居控制系统设计与实现[J]. 现代电子技术, 2018, 41(10): 74-76.
- [4] 左翰博. 基于物联网的智能家居控制系统设计与实现[J]. 电脑迷, 2018(01): 76-77.
- [5] 杨堤. 基于物联网的智能家居控制系统设计与实现[J]. 电子世界, 2012(21): 16-17.