

# Analysis and Optimization Design of Distributed Production Command, Scheduling and Monitoring System”

Chunlei Lin

Luoyang Dan City Wireless Factory, Luolong District, Luoyang, Henan, 471000, China

## Abstract

With the continuous development and increasing complexity of smart factories, existing production command and dispatch monitoring systems can no longer meet the demands of rapidly evolving operational workflows. There is an urgent need for sophisticated, advanced command and dispatch systems optimized for efficient operations to satisfy the requirements of highly intelligent real-time data collection, processing, monitoring, and command control. This paper proposes a distributed production command and dispatch monitoring platform framework, detailing its operational mechanisms and focusing on dynamic visualization monitoring technology. The study aims to provide theoretical foundations and technical support for enhancing the efficiency and quality of AI-powered production command and dispatch systems.

## Keywords

artificial intelligence; production command and dispatch; monitoring system; distributed system; dynamic visual monitoring technology

## 基于分布式生产指挥调度暨监控系统分析及其优化设计

林春蕾

河南省洛阳市洛龙区国营洛阳丹城无线电厂，中国·河南 洛阳 471000

## 摘要

随着智慧工厂的不断发展和日益复杂化，现有的生产指挥调度暨监控系统已经无法服务于快速发展的生产运营工作，这就迫切需要完善、先进和适用于高效运营的指挥调度暨监控系统，来满足目前高度智能化的实时数据采集、处置、监视与指挥控制的应用需要。文章提出了一种基于分布式的生产指挥调度暨监控平台框架，详细阐述了其运行机制，并重点探讨了动态可视化监控技术，旨在为提升人工智能赋能下的生产指挥调度暨监控系统的工作效率与质量提供理论依据和技术支撑。

## 关键词

人工智能；生产指挥调度；监控系统；分布式系统；动态可视化监控技术

## 1 生产指挥调度暨监控系统简介

生产指挥调度暨监控系统是一套整合生产调度、实时监控、数据管理与应急响应的一体化平台，核心作用是实现生产全流程的可视化管控、资源优化配置及异常高效处置，保障生产连续、安全、高效运行。

## 2 关键技术支撑

**实时监控：**对生产设备、工艺流程、环境参数（如温度、压力、能耗）、人员位置等进行实时数据采集与可视化展示（如仪表盘、电子地图），支持异常数据自动报警（声光、短信等）。**指挥调度：**基于实时数据与生产计划，实现任务下达、资源（人员、设备、物料）调度与指令追踪，支持多部门协同（如生产、维修、仓储），部分系统具备 AI 辅助

调度建议功能。**数据管理与分析：**存储生产历史数据，提供趋势分析、产能统计、能耗分析、质量追溯等报表，为生产优化（如瓶颈排查、效率提升）提供数据支撑，部分支持与 ERP、MES 等系统数据互通。**应急响应：**预设应急预案模板，发生故障（如设备停机、安全隐患）时自动触发响应流程，显示处置步骤、责任人及资源调配路径，记录应急处置过程以便复盘。

## 3 优化设计

生产指挥调度暨监控系统关键技术优化方案，是通过整合通信、数据、业务系统，实现“统一指挥、高效协同、数据驱动”的一体化调度体系，核心是打破信息孤岛，提升应急/日常指挥的响应速度与决策准确性。

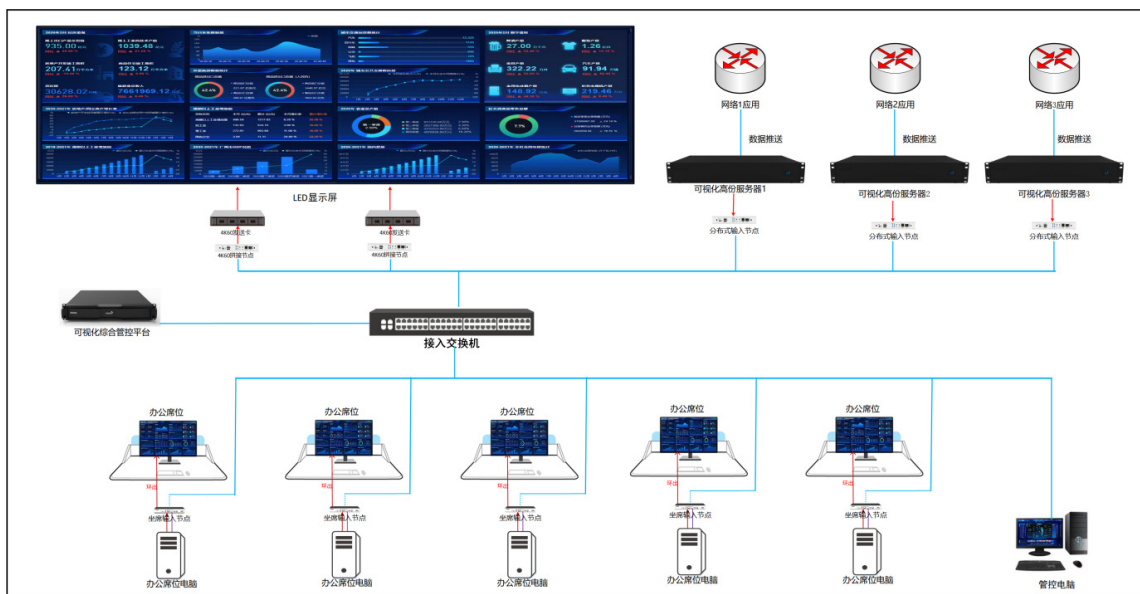
**分布式系统：**指挥中心通过无中心节点设计的分布式控制系统，即系统不存在中心控制节点，每个节点都是相对独立的。即使某个单节点出现故障，也不会影响整个系统的运行，能保障信号传输零中断，确保在应急指挥等关键场景

【作者简介】林春蕾（1973-），女，硕士，高级统计师，从事为智慧工厂研究。

中,生产数据等重要信息可及时抵达决策终端。系统连接图如下所示:

调度中心采用网络分布式架构,去核心化是分布式系统的主要特点,所用信号输入,切换输出都是通过基于网路

传输协议的分布式节点来完成。分布式节点可以部署在网络能达到的任意地方。多功能区大屏拼接处理器网络解码分布式节点信号,拼接输出到显示大屏,实现信号在大屏任意区域的显示。



分布式节点视频传输:将坐席主机与单块显示屏分别接进一个节点,所有节点通过网络交换机组网。坐席主机显卡 HDMI 接口输出 HDMI 信号给到分布式节点 HDMI 输入口,采集主机输出的信号画面,节点将 HDMI 信号编码为网络信号,打包后传输至交换机,与显示器相连的分布式节点收到切换指令后,从交换机中取出相应的网络流,并进行解码,变为 HDMI 信号后,通过 HDMI 输出口将视频信号送至显示器 HDMI 口,最终在显示器上将电脑画面显示出来。

监控平台系统与分布式系统对接:分布式系统基于 TCP/IP 网络架构,利用标准网络通信协议与平台连通(路由或直通方式),将平台内的监控信号列表汇集到平板上呈现,并以可视化形式拖拽上屏。实现多画面的监控效果,设置特定的电视墙显示模式,保持用户手持控制终端上画面与监控大屏画面完全同步。在内对接网络摄像头,通过分布式的解码功能,直接将网络视频信号直接在操作终端上显示各个区域的摄像头内容,并通过可视化操作以拖拽的方式切换摄像头信号至任意一个显示端上显示,同时在操作界面上的摄像头方向盘功能键,对网络摄像头的云台进行镜头移动控制放大缩小的操作。

对接大屏自定义拼接、漫游、叠加开窗:分布式节点对接现场显示大屏,通过节点自带的拼接功能无缝对接不规则 LED 发送卡不规则输出显示;开窗显示:组合大屏开窗显示多路视频画面,每个画面的视频信号可以任意切换。整屏显示:整个大屏显示一路完整的视频图像,显示的图像可以是接入系统的各个高清、超清、超高分信号源,在平板端一键拖拉上屏即可铺满整个拼接大屏幕显示,并随意切换。图像

叠加漫游:将任意一个或者多个信号叠加到其他信号之上显示,随意移动。(4) 场景保存与调用:能保存 N 个大屏布局场景模式,供一键快速调用

## 4 数据采集与处理

生产环境检查:对接在生产线的关键部位安装的各种类型的传感器(如温度、湿度、压力、位移等),用于实时监测设备状态和生产环境。

边缘计算:在数据源头附近进行初步处理,减少传输延迟和带宽需求,同时减轻中心服务器的负担。

云平台:将经过预处理的数据上传至可视化服务器,利用强大的计算资源进行深度分析和存储。

## 5 结论

分布式生产指挥调度暨监控系统,相比传统设计,核心优势体现在“智能化、主动性、协同效率、决策精度”四个维度的升级,具体差异如下:

### 5.1 降低风险前置成本。

传统集中式设计:像一个“大脑”(中央服务器)连接所有“肢体”(终端和设备)。所有数据都要先传到“大脑”处理,再由“大脑”发出指令。风险:“大脑”一旦故障,整个系统瘫痪。同时,随着“肢体”增多,“大脑”负担呈指数级增长,容易成为性能瓶颈。

分布式方案:像一个“神经网络”,每个节点(输入、输出、处理节点)都具备一定的智能和独立性。它们可以自主协商、直接通信。优势:没有单一的故障点,系统韧性极强。

资源可以按需扩展，性能不会因规模扩大而线性下降。

## 5.2 系统可靠性与业务连续性大幅提升。

传统集中式设计：中央服务器或核心交换机故障，可能导致整个指挥中心“黑屏”，业务中断。

分布式方案：采用无中心架构，任何单一节点故障（如某个输入节点、输出节点或处理器故障），只会影响该节点本身的功能，不会导致系统崩溃。信号路由路径自动重构，其他业务照常运行。这对于 7x24 小时不间断的生产监控和应急指挥至关重要。

## 5.3 灵活的扩展性与平滑演进能力

传统集中式设计：扩展往往意味着更换更强大的中央服务器或核心矩阵，成本高、工程复杂，且存在升级过程中的业务中断风险。扩展有上限。

分布式方案：采用模块化设计，扩展就像“搭积木”。需要增加信号源或显示屏时，只需增加相应的输入/输出节点，通过网络接入即可，系统自动识别并纳入资源池。这种扩展是平滑的、按需的，几乎不影响现有业务，且理论上没有上限。

## 5.4 资源池化与高效协同。

传统集中式设计：信号源、显示屏幕与特定的物理端口和线缆绑定，资源是“静态”和“孤立的”。调度一个信号到某个屏幕，需要精确的物理连接。

分布式方案：将所有输入、输出、处理资源虚拟化，形成一个统一的“资源池”。任何信号可以灵活调度到任何显示单元，完全打破了物理位置的限制。指挥员在操作时，面对的是一个逻辑上的整体资源，而非一堆零散的设备，极大提升了调度效率和便捷性。

## 5.5 降低布线复杂性与工程成本

传统集中式设计：需要将所有信号线缆集中铺设到中央机房，布线工程浩大、复杂，线缆数量多、距离长，成本和维护难度都很高。

分布式方案：主要依托 IP 网络（如千兆/万兆以太网）进行信号传输。只需部署标准的网络布线，节点可以就近接入网络。这大大简化了布线结构，减少了专用线缆（如 HDMI、SDI）的使用，降低了初期建设成本和后期维护难度。

## 5.6 更优的性价比与长期 TCO（总拥有成本）

初期投资：对于中小型系统，传统集中式可能仍有价格优势。但对于大型、复杂系统，分布式的布线成本和核心设备（大型矩阵）成本的节省会显现出来。

长期 TCO：分布式在扩展性、维护便利性、可靠性方面的优势，使得其长期运营成本（如升级成本、故障维修导致的业务中断损失）远低于集中式系统。

## 5.7 原生支持跨地域协同指挥

传统集中式设计：传统集中式系统难以实现的能力。

分布式方案：基于 IP 网络的天生优势，可以轻松地将不同物理地点（如总部、分公司、野外现场）的指挥节点通过专网/互联网连接起来，形成一个逻辑上统一的虚拟指挥中心。实现跨地域的信号共享、视频会议和统一调度，完美契合现代化、网络化的生产指挥需求。

综上，分布式系统不仅仅是技术的迭代，更是设计理念的革新。它将生产指挥调度系统从一个脆弱、僵硬的“黑盒”设备，转变为一个 resilient（有韧性）、灵活、开放的“生态系统”，特别符合现代智能工厂、应急管理场景下对指挥系统高可靠、高灵活、易扩展的严格要求。

分布式系统优势对比分析

特性维度	传统集中式系统	传统集中式系统	比较优势
系统架构	星型拓扑，中心化	网状拓扑，去中心化	根除单点故障，系统更健壮
可靠性	中心设备故障则系统瘫痪	单节点故障无影响，自动重构	业务连续性极高，保障指挥不中断
扩展性	刚性扩展，成本高，有瓶颈	单节点故障无影响，自动重构	面向未来，适应业务增长和变化
资源管理	物理绑定，静态分配	资源池化，动态调度	灵活高效，打破物理隔阂
布线工程	线缆种类多、距离长、工程复杂	主要依赖标准网络布线，简洁	降低成本和复杂度，便于维护
跨地域能力	难以实现，或需复杂级联	原生支持，天然优势	实现全局一体化指挥调度
总拥有成本	难以实现，或需复杂级联	长期 TCO 更优	投资回报率更高

## 参考文献

- [1] 王磊, 张斌, 李强. 基于分布式架构的智慧油田生产指挥系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2022, 30(05): 123-130.
- [2] 刘洋, 孙晓. 面向大型活动的应急指挥调度平台关键技术研究 [J]. 计算机工程, 2021, 47(07): 206-212.
- [3] 赵哲, 周伟. 基于数字孪生的智能制造车间实时监控与调度方法 [J]. 计算机集成制造系统, 2023, 29(01): 1-15.