

数字化在汽车涂装生产线的应用与发展

□ 中国汽车工业工程有限公司 / 韩达 王锐 魏宏基



在汽车行业竞争日益激烈的今天，只有在生产过程中妥善处理好“成本、效率、质量”之间的关系，才能提高产量、扩大销售，从而在激烈的市场环境中生存、壮大。自动化、数字化和网络技术的应用，使得汽车生产企业大幅度提高了产品质量、提升生产效率、降低了生产成本。

汽车涂装生产线的数字化应用

1. 提高生产线自动化水平

(1) 涂装自动化输送控制系统设计。传统电气控制为集中控制方式，控制系统存在如下缺点——配电盘柜数量多、现场导线多，施工繁琐、调试维护不便等。以PLC为

控制核心，用现场总线模块及动力控制器件分散控制取代了成排的电控柜和密布的信号电缆，通过以太网厂级管理，实现在线监控、编程和数据管理，底层控制系统、中间监控系统和车间数据管理系统紧密结合高效通信。

工业网络控制系统，主要由工业以太网、工业现场总线及PLC控

制系统构成:

①工业以太网属于计算机网络中的局域网,作为一种工业单元网络,连接各自动化系统,并为PC机和工作站提供通信。②工业现场总线使PLC控制系统和现场装置实现双向数字通信。现场总线采用分布式I/O网络,可专门针对操作终端、驱动器、传感器、执行器、PLC等单个主站,将控制系统集成到高端监控控制系统中,并具备远程诊断功能,减少故障处理或停机时间,实现自动化系统的灵活扩展和修改。③PLC控制系统使用中、大型PLC主机,开发控制程序。主要应用AB、西门子、三菱品牌PLC,自主设计控制方案。

(2)涂装自动化输送控制系统应用。涂装生产线较多使用滑撬输送机,主要有:带式滚床、摩擦滚床、移行机、旋转机、升降机、工艺皮带、喷漆双链、烘干双链等。在涂装车间完成从前处理、电泳、打胶、PVC喷涂、中涂、面漆、烘干、检查等全部工艺要求,根据生产需求按生产节拍及工艺线路进行输送,最终将合格车身送到总装车间输送线上。

根据整个汽车生产制造过程,采用工业以太网和现场总线网络系统,企业实现了生产过程和管理的自动化,实时监控运行状态,跟踪物流。

以涂装车间升降机为例:

升降机主要包括升降装置、滚床、升降架定位器等。升降机驱动装置全部采用带制动电机,其中升降装置使用变频控制。变频控制方式为速度闭环矢量控制,确保升降装置平稳启动、平稳停车,通过编

码器对升降过程中失速故障实时监测,出现故障时立即停止运行并关闭电机制动,同时将报警信息上传监控系统。使用光电传感器、接近传感器及限位开关等,对升降机断带、人员误闯、升降极限位等进行故障监测。升降机使用的驱动变频器、传感器等均与现场分布式工业现场总线相连,通过PLC执行用户程序,实现升降机运行控制和故障保护功能。PLC通过连接工业以太网,将升降机运行及故障信息发送给中央监控系统,实现升降机自动控制和远程监控。

2. 提高生产线柔性化

(1)车体自动识别系统。依靠安装在滑撬或车身上的识别标签和固定在车间关键位置的读写站,系统进行车体识别和跟踪。识别介质主要采用钢条码、条形码和射频识别标签。

钢条码识别原理是通过一定编码方式将十进制的识别号转换为二维码,将钢板冲压成二维码数据孔,最终制成钢条码。读取钢条码作业过程中,读取装置安装有激光传感器,当读取装置获得读取命令后,通过激光传感器获取钢条码,根据编码规则把二维码转换为十进制识别号,通过识别号查询数据库系统,最终获取车体信息。

条形码是将宽度不等的多个黑条和空白按照一定的编码规则排列。白色物体能反射各种波长的可见光;黑色物体则吸收各种波长的可见光,当条形码扫描器光源发出的光在条形码上反射后,反射光照到条码扫描器内部的光电转换器上,光电转换器根据强弱不同的反射光信号,转换成相应的电信号,

由芯片进行数据处理得出条码信息。

射频识别标签也称RFID,采用电磁感应的方式实现数据读写。识别标签进入读取装置发出的磁场后,接收射频信号——凭借感应电流所获得的能量将存储在芯片中的产品信息送出,或者由标签主动发送某一频率的信号,读取装置把信息读取并解码后,即可获得存储在识别标签里的相关信息。

钢条码与另外两种识别系统相比,可以持续工作在高温环境下。钢条码识别的使用寿命长、稳定性强,尤其适用于涂装车间局部工艺段高温、高湿、易爆的生产环境。由于钢条码识别标签无法实现数据存储,需要将车身条码和路由、质量等信息存入数据库,通过检索数据库实现车体信息的查询和修改,因此对工业以太网的稳定性、上位的程序结构和编程的要求较高。与成套进口的识别系统相比,钢条码识别系统在识别成功率、运行稳定性及造价成本方面有显著优势。

(2)条码自动识别系统功能设计。实时车体信息跟踪:在涂装生产线重要区域设置读写站,对经过的车辆进行识别标签读取,通过车体信息数据库以及上位软件建立车体监控系统,实时监控厂内生产情况。在出现问题时能快速查询到所要查找的车辆,特别是滞留车、特殊订单车的具体位置,相关工作人员能随时了解车间生产情况,并对生产做出及时调整,极大地提高了生产效率。

质量信息录入和查询功能:在质检工位提供移动端输入返修原因和车身部位、VIN码,该信息将自

动存入数据库方便生成质量报表，同时也可以从报表上方便地查询车间内每辆车体的质量情况。该功能一方面可以让质量管理人员方便地分析出频繁发生的质量问题，从而对相关工艺进行更新，另一方面可以让上游工段的人员快速地了解车辆返修的原因，并且还可以为车辆终身的质量跟踪提供初始数据。

路由控制功能:在涂装生产线存储区出入口设置读写站。对经过其读写站的识别标签进行读取，从获得车体信息，根据一定的路由规则计算道次，然后向输送系统发送命令，使车体按照计算的道次放行。对于有分色要求的存储区，该功能可以实现颜色一致的车体连续排列进行喷漆，减少机器人换色频率，节约油漆和溶剂的同时，减少污染物的排放。

机器人自动作业:在机器人工段入口设置读写站，当车辆到达读取位置时，识别系统读取车体信息，为机器人提供车型、颜色等信息，提高涂装生产线柔性化生产。

(3)识别系统架构设计。如图1

所示，系统通过工业以太网实现数据交互。

服务器－数据库：服务器会将PLC收到的车体信息、质量信息、滑撬号等存储到数据库，供以后的报表和质量追踪使用。

PLC－现场HMI操作屏：现场操作屏用于对各个识别站点进行参数设置或生产控制。PLC的报警信息和网络故障等都将显示在操作屏上，以便相关人员及时处理故障。

识别系统－ERP：涂装生产线存储区排序要从ERP获取车体的批次和顺序信息，根据批次号和顺序号实现车体排序。另外，在涂装车间下线口识别站点将下线车辆的信息发送到ERP，以方便物料的配送和查看生产计划的完成情况。

识别系统－输送系统：在车间的分道点，识别系统服务器会计算出当前车辆的路由信息，发送给输送系统，输送系统将根据该信息正确选道，从而实现生产线的自动运行。

识别系统－机器人：在自动喷漆线和自动涂胶线的入口识别系统

站点可以为机器人系统提供当前车辆的车型、颜色，以便机器人自动选择正确的工作方式。

3.生产管理水平提高

(1) 涂装生产线质量ANDON系统。涂装生产线质量ANDON系统，提供生产信息可视化显示，提示现场人员请求帮助和设备故障信息，同时生产人员可以看到当前生产信息，如：生产计划、在线车数、停线时间等。生产线操作工通过工位拉绳激活ANDON系统指示灯和音乐通知班组长，班组长能够及时响应呼叫。通过对呼叫次数和停线时间的记录分析报表，挖掘潜在的问题(涵盖：质量、过程、设备及人员等),有利于提高生产管理水平。

(2) ANDON系统功能设计。为操作工提供呼叫帮助：生产线操作人员通过安装在每个工位两侧的拉线开关来实现帮助请求，同时系统还提供到位停线、紧急停线功能。

生产信息及时传递和处理：LED显示板显示当前停线工位，提示相关人员迅速作出反应，减少停线时间。采用音乐提示音作为报警声音，让相关人员在第一时间得到信息，及时作出响应。

监控功能：ANDON管理服务器实时采集各控制系统PLC数据，并将数据记录存入数据库。这些数据可以反映车间各线体运行、固定停线、临时停线等情况，监控车间生产数据。操作人员还可以查询相应的生产信息。

物料需求：当工位缺少生产物料的时候，操作人员会按下物料按钮，设置在物流区的显示屏会显示



图1 自动识别系统架构图

出缺少的物料和缺料工位，并提供语音提示，物流人员及时将物料送达相关工位。

报表系统：ANDON报表系统将会自动记录并分析每个工位的停线次数，停线时间和停线原因，以及产量信息，并长期保存在系统后台ANDON数据库中，方便进行历史记录统计和查询。

报表可以保存各种参数设置，以及各种监控数据，提供用户各种参数设置报表和监控报表。报表包括：拉绳历史记录报表、双班作息音乐配置报表、拉绳配置报表、生产线信号配置报表、PLC故障报表、用户管理报表等。

(3) ANDON系统架构设计。
ANDON显示控制计算机：计算机采用Windos SERVER系统和专用显示控制软件，控制车间中的大屏显示内容和音乐。通过以太网联接到涂装车间工厂内网，执行系统的显

示信息管理功能。
ANDON管理服务器：该计算机采用Windos SERVER系统和上位监控软件。通过以太网联接到涂装车间工厂内网，执行系统的上位机管理功能。

历史数据存储服务器：该计算机采用Windos SERVER系统和SQL Server数据库软件。该服务器存储车间中的ANDON系统历史数据，为车间中的计算机提供WEB历史数据查询服务，通过它来实现ANDON系统历史数据备份功能。

ANDON系统PLC：位于车间内，ANDON系统包括一套PLC控制系统，插上总线通信模块，通过现场总线采集I/O信号。配置以太网通信模块，以便与上位系统数据交换。

ANDON显示板：如图2所示，显示屏能显示车间需要的各种信息，主要显示工位呼叫信息、质量呼叫信息、目标产量、实时产量、

合格率等与生产直接相关的内容。



图2 显示屏画面

多媒体音乐发生器：每一块ANDON显示屏都配有一套音乐发生器，音乐的类型可由客户自定义。所有这些声音的选择可触发都是通过ANDON显示控制计算机来控制，客户可通过ANDON控制计算机任意定义事件的音乐。

拉线开关、防爆开关：非防爆区域的质量呼叫采用拉线开关或带灯按钮，防爆区域采用防爆带灯按钮。通过拉线开关或防爆开关实现呼叫或停线功能。

ANDON系统SQL数据库：如图3所示，具备与工厂内将要实施

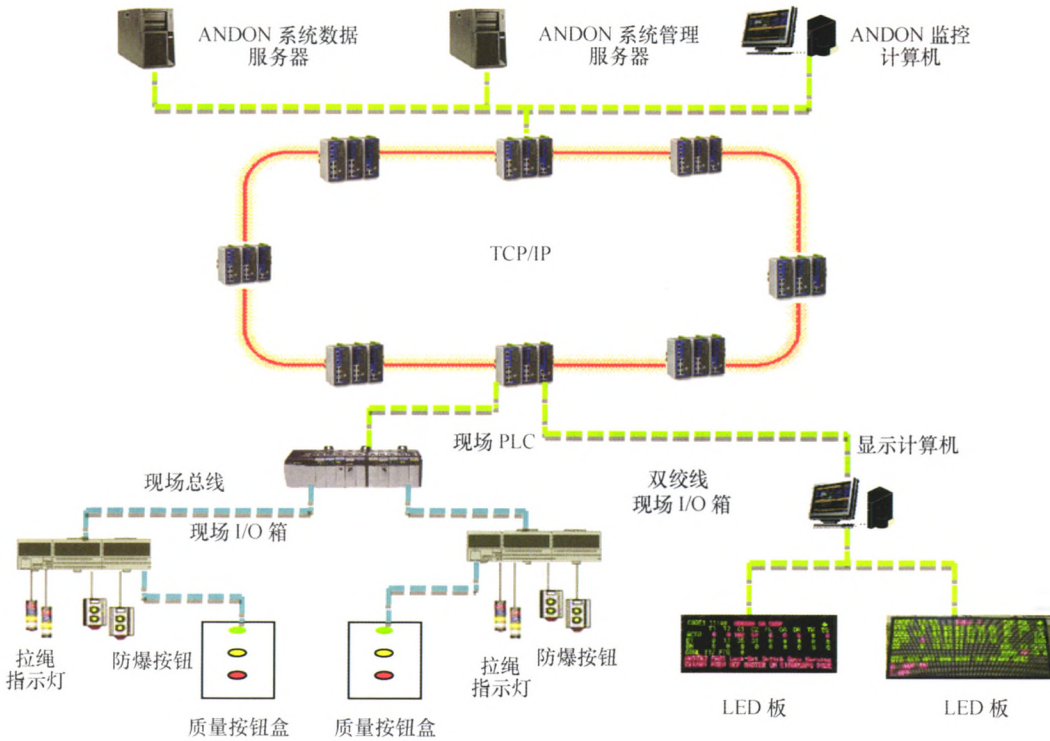


图3 ANDON系统架构图

的其他信息系统在通信和数据流向上的兼容性。

在控制室设置ANDON显示控制计算机、ANDON管理服务器、ANDON历史数据服务器。在ANDON历史数据服务器上开发基于网页形式的ANDON历史记录查询浏览应用程序，为车间办公室的计算机提供基于WEB形式的ANDON历史记录的浏览与查询功能。外延了整个系统的使用范围，方便了以后对整个系统的管理，使ANDON系统真正成为生产制造系统的核心之一。

涂装生产线数字化发展趋势

1.涂装生产线智能化精细化发展

与现行涂装生产线降低成本、

提升效率的目标相同，智能化生产线将为汽车制造商带来更多的变化。归纳几个选项，包括：清晰把握产销流程、提高生产过程可控性、减少生产在线人工干预、实时准确搜集生产线数据，自动编排生产计划与生产进度等，这些都依赖于现有自动化技术与网络技术的进一步融合。

如图4所示，识别系统将来可以对接工厂ERP系统，功能将延伸到销售和售后环节，生产线根据销售订单自动编排生产计划和生产进度，同时拉动零部件供应商的采购订单，使销售订单信息数据流在各生产环节垂直流动，由虚拟到现实，生产效率将大幅提高。

2.智能传感器提供在线监控功能

智能传感器将是未来工业智能

化发展的关键。智能化传感器是指那些装有微处理器的传感器系统，不仅能够执行信息处理和信息存储，而且还能够进行逻辑思考和结论判断。

智能传感器发挥在线监控功能，将减少或取代生产线人工干预。他的大量普及，对提高产品质量降低设备故障率有本质的飞跃。

3.数字化技术助推节能环保

数字化技术在能源管理、数据分析等方面的优势越来越明显。涂装生产线作为汽车生产中高耗能、高污染的重点环节，做到“节能”与“环保”势在必行。其中能源管理分析与污染废物排放实时监测，将在汽车涂装生产线中得到全面普及。**AUTO1950**



图4 生产线智能化发展趋势