

锂电池正极材料自动化控制系统研究

唐进 熊伟 朱士建 陆帅兵 杨少力

(1. 北京矿冶科技集团有限公司, 北京 100160)

(2. 北京当升材料科技股份有限公司, 北京 100160)

(3. 江苏当升材料科技有限公司, 江苏 南通 226100)

摘要: 随着我国将新能源汽车产业转型升级确定为重要发展战略。锂电池成为新能源汽车的核心零部件, 锂电池正极材料在研发生产过程中也因产量大, 过程管控点多给生产设备和自动化控制系统提出了较高的要求。锂电池正极材料在入库-配混-烧结-破碎-包覆-干燥-烧结-包装-入库的这一系列过程中从粉体-浆料-粉体均要在设备内完成。在自动化控制系统中, 解决粉体材料设备可靠性、设备控制、信息采集、数据处理、数据交互等方面直接决定了自动化控制系统的架构搭建, 建设智慧工厂起着至关重要的作用。

关键词: 锂电池正极材料; 自动化; 数据传输

1 现状

锂电池主要由正极材料、负极材料、隔膜、电解液等构成。其中, 正极材料是锂电池最为关键的原材料, 是决定锂电池性能提升的关键, 占锂电池成本 40% 以上, 也直接决定了电池的生产成本。目前绝大多数的企业均实现了自动化的生产线, 实现了配混、一次烧结、破碎、一次过筛、一次除铁、包覆、干燥、二次烧、批混、二次过筛、二次除铁、包装、自动出入库连续控制的功能。就现有技术, 原材料投料、成品吨包和小包装还需要优化自动化控制功能和机械结构, 进而实现设备的合理衔接。在打造自动化工厂的同时, 确保产线运行可靠, 单体设备故障率 $\leq 1.5\%$, 提升总体设备控制功能。

随着工业以太网技术的发展, 现场总线解决了工业化控制系统中一对一的设备连线方式, 就 FCS 的结构优化了 DCS 结构的不足, 使得现场相关测量变送仪表可以与阀门等执行机构直接传送信号, 因而控制系统功能能够不依赖控制室的计算机或控制仪表, 直接在现场完成, 实现彻底的分散控制, 从而达到了现场级设备的快速响应。通过搭建工厂管理系统, 使得现场级设备、车间级设备、工厂管理级设备可以实现可靠连接和实时控制, 给建设新型自动化工厂和推进锂电池正极材料工厂自动化发展迈进了一大步。

2 工艺流程与设备

锂电池正极材料生产工艺流程因产品牌号不同流程工艺有所不同。早期的生产线为间歇式生产或半自动化、半连续式生产, 为了保证产品的一致性, 目前的一些大公司开始投入自动化连续性的生产线。根据生产工艺流程设计和制造。工艺流程为: 配混料、一次烧结、一次破碎、一次过筛、一次除铁、干法包覆、二次烧结、合批混、二次过筛、二次除铁、包装。其中高镍产线在一次除铁完成后需经过湿法包覆、压滤、干燥之后为二次烧结。在工厂建设初期基本配置相关设备确保在产品切

换时可合理调配。

工艺流程设备主要包括: 投料站、原料计量系统、高混机(或犁刀混料机)、自动循环线、辊道窑(或回转窑)、对辊机(或旋轮磨)、正压输送(或负压输送)、气流磨(或胶体磨)、振筛机、除铁机、包覆釜、压滤机、犁刀干燥机(或震动干燥机)、螺带混、吨包机、小包装机等。

新型的锂电池正极材料厂还配置立体仓库、智能 AGV 小车、进出扫码识别和定位等功能, 工艺流程中的现场称重典型应用有: 各种存储仓的称重计量、配料过程中的定量称重、成品物料的包装计量。目前工艺上采用的料仓称重、混合机称重系统、配料秤以及自动定量秤都是重力式装料衡器, 它们的共同结构都是包含供料装置、称重计量、显示装置、控制装置以及具有产能统计和通信等功能。物料混合分为干湿法混合, 干湿法混合的主要有犁刀混、高混机、螺带混、包覆釜、犁刀干燥机等。烧结用窑炉设备主要控制其温度精度、温度均匀性、气氛控制、连续性、产能、能耗和自动化程度等技术经济指标, 目前使用较多的为辊道窑炉、回转窑炉。

相关配套设备主要为自动上袋设备、热合封口机、贴标与喷墨打印、自动码垛机和缠包机等等。其均可采用点位控制和通讯控制连接控制相关附属配套设备。由本体控制系统将整套系统通过数据交互形成控制互连, 构成了一个整理的闭环自动控制系统。在设备运行过程中, 随着烧结区域设备夏季温度较高的特点, 环境温度控制对设备稳定性造成较为直接的影响。烧结设备保温不理想, 导致环境温度达到 40~50℃。设备在长期高温环境下运行对传感器、PLC 的 I/O 模块、温控模块、网络传输模块、控制线路等造成一定的影响导致故障频发。

3 数据采集和传输

设备运行过程中, 随着时间的推移会产生很多的数

据,比如设备计量时间数据、批号数据、设备运行电压、电流用电量数据、启停信号、阀门开关量、粉尘浓度、气体液体流量数据等等。现场控制设备主要由单体设备的 PLC 独立控制,采用 Modbus TCP、Modbus RTU、PROFINET、PROFIBUS 等通讯协议接入主控制器或上位机系统。工厂建设初期需充分考虑现场设备的控制信号和数据采集。重点考虑设备、仪表、阀门、流量计等的开关量和模拟量反馈,设备 PLC 点位预留开关量和模拟量的输入输出点位,便于后期新增仪表和阀门等的扩展接入。

数据传输使用现场总线具有节省硬件数量和线缆投资、节约安装费用、节约维护开销、用户可灵活根据需求配置系统、提升系统准确性和可靠性等特点。目前现有的 IEC 61158 标准包括 20 类控制现场总线,如: PROFIBUS 现场总线、CIP 现场总线、PROFINET 实时以太网、Modbus-RTS 实时以太网、CC-Link 现场总线等等。不同的厂家开发了不同的现场总线的控制特点。总线也是满足自动化发展的需求而产生的,由于不同领域控制要求各不相同,在现场传输根据点位数量、距离、响应速度要求不同合理根据现场配置即可。如 MODBUS 通信协议是 Modicon (莫迪康) 公司提出的一种 OSI 模型第 7 层上的应用层报文传输协议,目前已经成为一种通用的行业标准,广泛地应用于工业控制领域。数据采集和传输综合工厂生产工艺、质量、管理需求和成本预算合理兼顾,从而实现效益最大化的管控目标。

4 控制层级

为了实现不同厂家生产的设备之间的互连操作与数据交换,国际标准化组织 ISO/TC 97 于 1978 年建立了“开放系统互连”分技术委员会,起草了开放系统互连参考模型的建议草案,并于 1983 年成为正式的国际标准 ISO 7498。建立实现开放系统互联的分层模型,简称 OSI 参考模型。从 1-7 连接物理介质相应称之为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

在 OSI 模型中,不同厂家为了实现工业网络的低成本,对其进行了简化。比如锂电池正极材料自动化生产线可分为现场级、车间级、工厂管理层级来实现工厂原理系统。在这里,现场级主要包括现场设备、远程 I/O 设备、传感器、传动装置、变送器等等;车间级设备主要包括 PLC、工控机、PC 机等等;工厂管理级主要包括网关、PC 机等等。常见的现场级设备采用开关量输入输出,部分扫码设备、伺服系统等采用 RS-232、RS485、RS-422 串行通信接口或者 RJ-45 工业以太网接口;车间级设备采用 Modbus 或者 Profibus 等的通讯协议通过网线、光纤进行数据交互通讯。

5 自动化与智能化控制系统

1969 年第一个可编程逻辑控制器的发明,实现了第三次工业革命用电子和 IT 技术实现制造流程的进一步自动化。现在 21 世纪第四次工业革命基于信息物理融

合系统,在充分利用信息技术和网络空间相结合的手段,将传统制造业向智能化转型。自动化设备的组网数据相互交互、信号相互传输,在各自网络化分布式中逐步实现控制联调。

智能工厂是一种高能效的工厂,它基于高科技的、智能决策的、适应性强的、柔性化生产的,符合人体工程学的生产线。智能工厂的目标是整合客户和业务合作伙伴,同时也能够制造和组装定制产品。这也要求我们产线设计和施工过程中严格把控设备选型,确保设备的使用可靠性。考虑热备用,对关键设备或阀门采用冗余安装和控制方式。网络通信采用环网方式设计和安装,确保产线 24h 运转高可靠性,降低检维修频次和提升设备可靠性。

自动化程度的提升,设备的可靠性得到保障,智能化控制将数据进行统计、组合、分析、得出生产效率、OEE、管理效率等进而实现对生产合格产品,提升设备可靠性跨上新的台阶。

6 结论与展望

锂电池正极材料自动化控制系统在工业互联网发展过程中,不断的进行迭代更新,目前 DCS、CPS 在行业内均有广泛应用,在实现数字化、信息化的同时,对信息进行采集、运算、分析、存储、报表打印等给决策者有效的通过实施数据对现场生产管理和设备管理起到了至关重要的作用。下一步需考虑生产过程中生产、工艺、质量、设备、安环需要采集分析的数据对其重要数据进行采集并使用需求报表进行分析处理。对次要数据进行现场存储并设置周期上传。完善现场自动化的同时,接入 ERP、MES 等实现最终调度功能。

通过建设自动化车间,结合工业互联网、云平台和工业 APP,可以实现智能排产、智能产销、个性化定制(参数自动调节),使得员工的工作重心发生了重大的变化。越来越多导向性控制工作让工作内容、工作流程和工作环境等等发生了改变,管理者和员工需要了解学习和掌握更多关于自动化及网络控制相关知识。管理者也需要根据车间的转型升级优化业务流程,利用自动化车间的强大功能推动全员合理生产和维护,提升核心竞争力。

相信通过新能源汽车给锂电池正极材料市场带来的蓬勃发展,借助中国在上领先的大数据积累能力,广泛应用大数据、人工智能等新一代技术,锂电池正极材料行业实现国际领先,制造大国成为制造强国我们指日可待。

参考文献:

- [1] 张同苏,李志梅. 自动化生产线安装与调试实训和备赛指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2015.
- [2] 李正军. 现场总线与工业以太网及其应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [3] 保尔汉森. 实施工业 4.0, 智能工厂的生产自动化物流及其关键技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.