**1.项目设计的创意来源和开发理念**

电熔镁砂是制造、冶金、化工、航天工业等行业所需耐火材料的主要原料，是国家重要的战略资源。电熔镁炉是熔炼电熔镁砂的主要设备，其熔炼过程需要消耗大量的电能，电能成本占整个生产成本的60%以上，因此如何降低生产过程的能耗是企业最为关心的问题。对于科研人员来说，设计合理高效的运行优化控制算法是降低能耗，提高产品质量和企业盈利的关键。本项目以传统流程工业——电熔镁炉熔炼过程为背景，开发了一套基于“端边云”协同架构的电熔镁炉远程监控实验系统。本系统旨在帮助科研人员在实验室环境下模拟真实工业控制过程并对实际生产过程数据和真实生产数据下的仿真控制效果进行监控，为科研人员提供一个可用于算法仿真和验证的平台，以协助科研人员进行算法研究。

面对生产过程中产生的大量数据，传统的本地存储及有线传输方式很难满足用户日渐增长的数据管理和容载需求，有必要将工业云作为大量工业数据存储的平台，通过对云端存储的大数据进行分析，可以对工业生产过程做出最优的控制决策。本项目利用“端边云”布局架构将终端设备、边缘设备和工业云平台三体联动起来，将计算扩展到边缘，在靠近客户端、设备端的地方去建立计算能力，让计算变得更近，从而可以让网络延时变得不再成为问题，能够更及时的做出最优的决策。这意味着许多控制（计算）将通过本地设备实现而无需交由云端，这将很大程度上提升处理效率，减轻云端的负荷，并为用户提供更快的响应。因此，设计一套基于“端边云”协同架构的电熔镁炉远程监控实验系统具有很大的发展前景以及实际意义。

**2.项目的使用价值和主要创新点**

基于“端边云”协同架构的电熔镁炉远程监控实验系统可实现对工业过程数据的实时采集、无线传输、云端存储、运行优化控制以及控制效果远程监控等功能。通过对该系统的使用，科研人员可以利用边缘设备验证控制算法并通过终端设备对算法的执行过程及控制效果进行实时监视和效果评价。此外，该系统为工业现场的操作工人提供一个可实现远程控制的操作界面，通过该远程操作界面可在远程终端设备上通过TCP/IP协议实现对电熔镁炉远程监控。项目的主要创新点包括：

1)系统采用“端边云”架构设计，即将远程终端、边缘设备和互联网上的云服务器联动起来，提升运行效率，降低云端负荷；

2)数据传输采用基于发布/订阅范式的消息协议MQTT的数据传输方式，该过程不仅实时可靠，而且提高了工业过程数据传输的安全性；

3)海量数据云端存储，为大数据下的分析、运行优化控制决策提供支持；

4)利用该系统可以进行与电熔镁炉运行优化控制过程相关的仿真实验，监视算法控制效果，便于科研人员进行算法开发和验证；

5)为实现操作工人对工业现场电熔镁炉系统的远程控制提供技术手段和可行性技术路线，远程控制的实现可以降低工人劳动强度，节省企业人员调度成本。

**3.项目的主要功能和功能板块**

基于“端边云”协同架构的电熔镁炉远程监控实验系统根据功能的不同分别为科研人员和操作人员设计不同的界面。其中，科研人员的界面包括简介、动态性能指标监控、电流优化设定、电流&频率趋势监控和异常工况模拟等五个部分，操作人员的界面包括旋转式电熔镁炉监控、电流实时趋势、过程状态监控和参数设置等四个部分。

主要功能包括如下四点：

1)工业过程数据的传输通过基于发布/订阅范式的消息协议MQTT进行数据传输。

2)将工业过程数据实时发送至云端数据库并保存，实现海量数据的云端存储，为大数据下的分析与运行优化控制过程提供支持。

3)边缘设备通过对大数据的分析，可以对电流设定值进行优化，并对上述设定值下的性能指标（单吨能耗）进行预报。

4)科研人员通过终端设备可以对电熔镁炉的实际运行情况及运行优化控制算法的控制仿真效果进行监视，同时可以进行模拟异常工况下的自愈控制实验。

5)未来通过该系统可以实现现场操作工人对实际工业现场电熔镁炉的远程监控。

其中，在科研人员操作界面中，简介部分对实验室、电熔镁炉以及其控制方法、工作环境、产品进行了简要介绍。动态性能指标监控实现了对实际电流趋势的监控、电流优化设定值和单吨能耗的趋势显示，并且展示了三相电流与电流设定值之间的绝对误差累计和&均方误差、超允许区间百分比、非优状态百分比等情况。电流优化设定主要对电流预设定值、PI前馈补偿值、自优化补偿值、自愈控制补偿值、电流优化设定值以及对应趋势进行监控，同时显示三相电流与电流设定值之间的绝对误差累计和、均方误差（百分比）等情况。电流&频率趋势监控对A、B、C相的电流和电机转动频率进行实时数值显示和波形显示。异常工况模拟能够进行异常工况的模拟，分别能够进行开始模拟、自愈控制、取消控制和取消模拟等操作，通过A、B、C三相电流趋势和自愈控制补偿值趋势的实时显示，来验证自愈控制算法的有效性。

在操作人员操作界面中，旋转式电熔镁炉监控显示了电极升降变频、冷却水流量、设备状态、自动手动切换、液压站和炉体转动等操作人员可监控及操作内容。电流实时趋势对A、B、C三相电流进行实时数值以及趋势展示。过程状态监控可对三相电流、手动给定、三相电极动作、电极动作、设备故障和打料排气工况等值进行过程监控。参数设置使操作人员可进行工艺参数和PID参数的设定。上述操作界面与实际工业现场的本地操作界面样式基本相同，方便操作工人快速上手操作。

**4.项目的适用对象、应用场景、应用现状和市场发展预期情况**

本系统适用于两类需求不同的人员——科研人员和操作人员。其中，科研人员主要包括需要在实验室环境下对真实工业生产过程进行监控并且需要进行模拟实际工业控制过程实验的用户。操作人员主要包括对工业现场环境下电熔镁炉设备进行操作、监视、控制的操作工人。

基于“端边云”协同架构的电熔镁炉远程监控实验系统以电熔镁炉实际工业过程为应用场景，借助“端边云”协同的先进架构，对仿真控制效果进行监控，有助于科研人员进行算法仿真和验证。另外，为未来实现操作人员对熔炼过程进行远程实时监控提供可行性技术路线。此外，该系统还可以推广应用到类似复杂工业生产过程，通过帮助科研人员进行算法仿真和验证，在算法验证效果良好的情况下，为企业人员的生产管理提供指导意见和建议，进而指导企业实际生产，提高企业生产效率，降低生产能耗，为企业带来可观利润。

基于“端边云”协同架构的电熔镁炉远程监控实验系统符合当代互联网的发展趋势，并应用大数据分析、人工智能等先进技术进行开发设计，具备科技领先水平。系统存在大量的适用对象，他们目前仍处于传统的科研与操作方式中，需要新的科技来提高生产效率以及远离恶劣环境。因此，该系统符合市场要求，具有广阔的应用市场发展前景。

**5.项目整体结构图**

