

高密度存储型仓库的智能控制系统设计与应用

文/四川京邦达物流科技有限公司 石振磊

以实际案例简述一项基于分布式 I/O 的 PLC 控制系统在阁楼货架式仓库内对照明、通风等设备控制的设计与应用，该控制系统成本经济，拓扑结构简单，外部电路简化。系统采用模块化结构设计，便于后期项目改进和扩充，可以满足现代化密集型仓储对电气设施设备智能控制的要求。

近年来，随着我国电子商务高速发展，电商物流发展十分迅速，电商仓储呈现出存储模式高密度化等特点，而与之配套的电气设备较传统普通单层仓库有很大的差别。如阁楼式货架存储型仓库，在已有的普通单、多层库房场地内建一个中间阁楼，以增加存储空间，可做二三层阁楼。由于阁楼货架在空间上增加了存储与工作平台，随之而来的就是相应的照明及通风降温的需求。传统模式下照明及通风系统的开关控制逻辑已不能满足高密度存储型库房在控制智能性、能源节约性及操作灵活性等方面的要求。本文以笔者设计及实施的工程实例，阐述对于阁楼货架式仓库的照明及温度智能控制系统的组成与设计理念，通过具体工程实例为同类项目提供借鉴。

项目背景

在仓库的阁楼货架区域内，基本没有自然采光，且货架对光线屏蔽作用很大，需要布置大量照明设备。此外空气流动性差，空间温差大，特别是在炎热的夏季，三层阁楼与一层阁楼的最大温差可

达 10℃。如没有良好的通风降温系统，作业人员极易中暑。因此照明及温控系统是阁楼货架内基础而又重要的组成部分。图 1 是某电商配送中心仓库阁楼货架存储区的示意图。

在该项目中，原仓库建筑面积 1.2 万 m²，分 3 个防火分区，内建有三层阁楼货架存储区，主要的配套电气设备为照明及通风设备。其中照明设备为 8 W LED 灯具 3 600 盏，分 72 个回路控制。通风设备为 1 kW 负压风机 96 台，3 kW 水冷风机 45 台，分 141 个回路控制。使用方的需求是进行集中控制，如按照传统控制方式将开关控制柜集中在某处，将会产生以下问题：①库房的分区配电间分布在 3 个防火分区内，原则上某一分区内的所有用电负荷必须从该分区配电间引出。集中控制必须跨分区将 3 路主线引入到集中开关控制箱后再由分支回路分配至终端设备，这样一来，造成主电缆及分支导线的数量剧增，从经济性上来看，是非常不利的；②一旦集中控制开关柜的位置确定后，后期是无法移动的，而现场运营经常会根据业务变化调整布局，从控制灵活性上来看，是不具备的；③由于

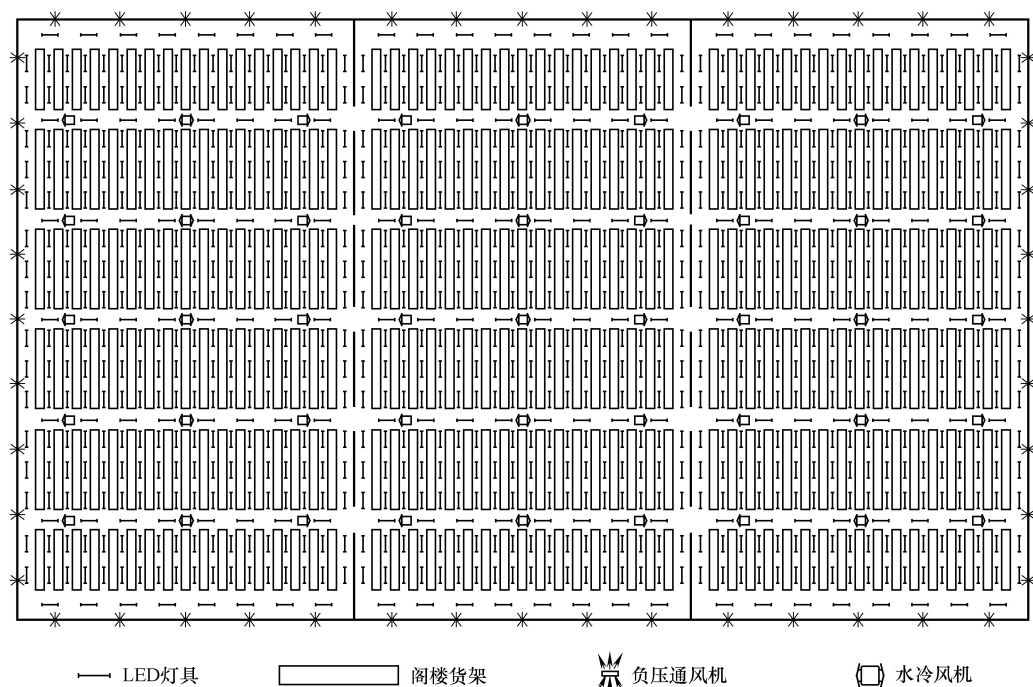


图1 某仓库阁楼货架平面图(1~3层)

照明及通风的设备都集中在一处控制，会导致开关柜的数量和体积增加，开关数量增多，如照明需要72个开关，而风机除开关功能外，还有高低速运行及制冷运行、排水等辅助功能开关，加起来有上百个控制按钮，在操作上不具备便利性。

方案选择

为解决上述问题，同时又能满足使用方的需求，采用基于西门子PLC的分布式I/O通过Profi-Net网络组态的控制技术应用到该项目场景中。

由于采用分布式I/O技术，分支回路配电箱可以分布在3个防火分区的负荷中心，大量减少电缆及导线布线的数量，经济性获得极大提升。分区配电及I/O箱通过PN网络连接到HMI控制箱，可实现集中控制。由于使用HMI人机界面，可灵活地对控制布局及控制逻辑进行编程，如延迟开关、定时开关、集控及分控、照度及温度自动控制等功能，这些都是传统开关操作模式难以实现的，所以从操作性上较传统开关模式有本质的改变。此外，主控HMI的位置需要调整，只需

移动一根网线，相比传统配电柜模式在灵活性上无法比拟。图2、图3是两种模式设计方案的对比示意图。

系统实现

1. 系统结构

本系统采用西门子ET200SP系列PLC，其中控制模块选择1510SP型CPU加KTP700型HMI，分布式I/O选择IM155-6PN接口模块并扩展16路数字量输出I/O模块作为照明及风机继电器控制输出，16路数字量输入I/O模块作为运行、故障及被动式红外探测等信号反馈通道。光照强度及温度检测通过分布在阁楼货架区域内的照度及温度传感器进行数据采集并转换成4~20mA电流信号，通过16路模拟量输入I/O模块传输给PLC。控制系统结构如图4所示。

外电路部分，照明电路选择使用1P微型断路器加20A中间继电器组合；风机电路选择电动机保护开关加三相交流接触器与中间继电器组合。I/O控制箱之间通过ProfiNet网线与PLC的CPU模块及HMI连接。

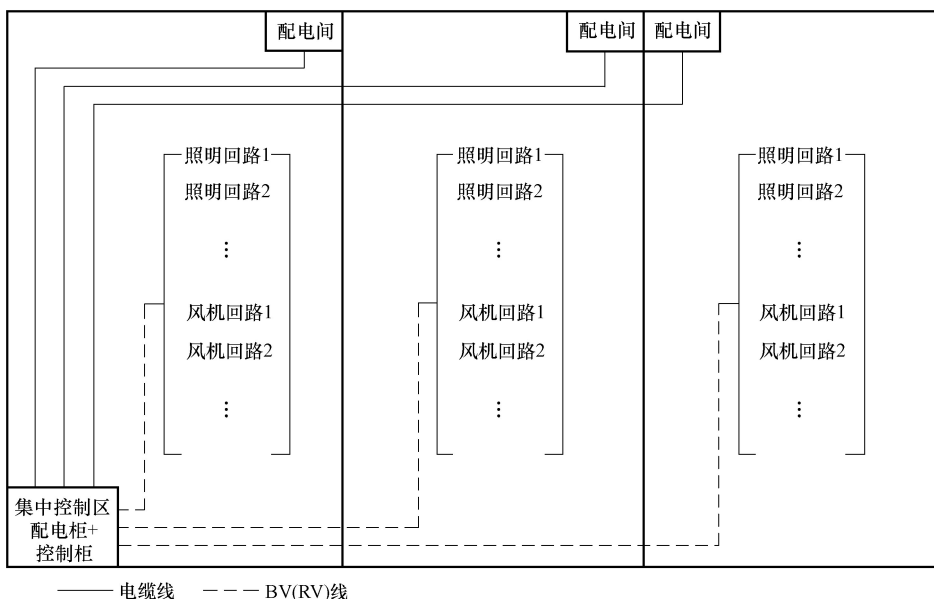


图2 传统控制模式（阁楼1~3层）

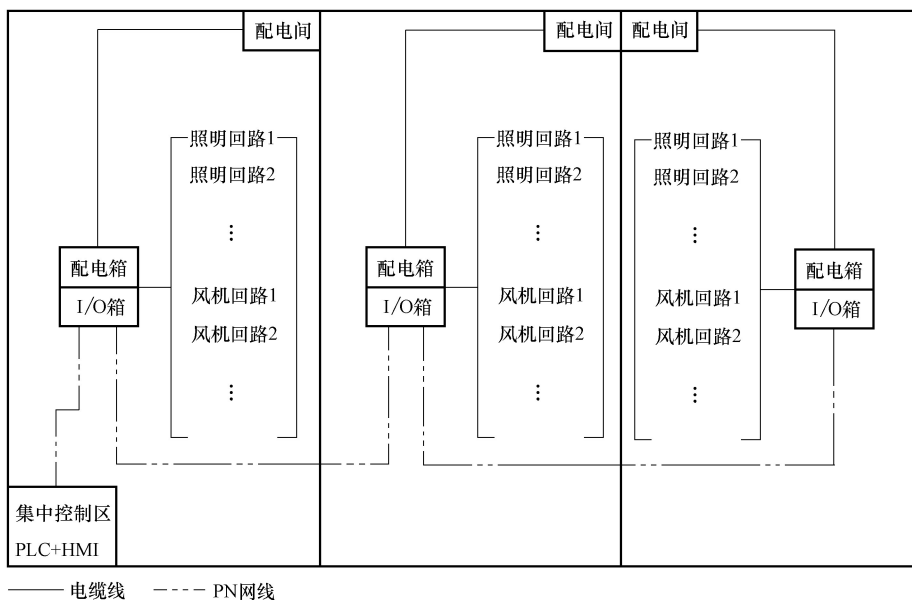


图3 智能控制模式（阁楼1~3层）

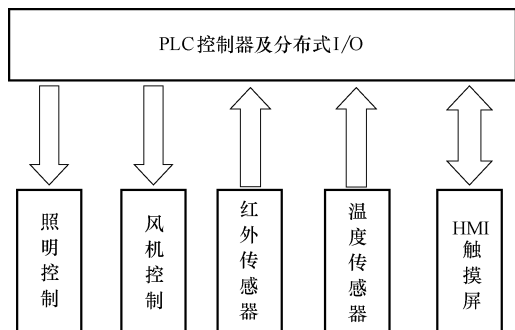


图4 控制系统结构

2. 照明控制

根据原建筑防火分区及阁楼层数划分，本项目共划分为6个照明分区，本文以一个照明分区为例说明。出于节能考虑，采用8W单管LED光源，根据照度计算及现场运营需求，一个分区共布置600盏灯源，其中约50个灯源为一个控制回路，I/O数字量输出模块通过控制继电器的通断实现开关控制，如图5所示。

照明控制分手动及自动控制。手动模式下，操

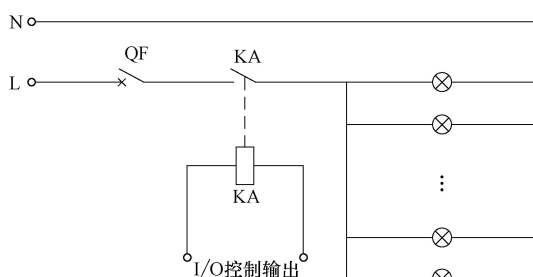


图5 照明控制示意图

作人员可根据现场实际需求来控制照明情况。自动控制包括人员感知及照度检测，根据操作人员在HMI终端预设的人员探测及照度值的执行参数自动控制照明开关。其中人员感知是利用被动式红外探测器检测仓库区域内是否有人活动，当检测到有人活动时，灯组自动开启，人员离开后设置延时关闭。照度检测是利用光照度变送器，将某检测区域内的照度计有效值信号经电流信号通过I/O模拟量输入模块反馈给PLC，PLC经过内部程序的计算并与预设值进行对比输出，实现对该区域照明的自动控制。此外人员及照度探测可根据实际情况设定优先级，例如设置照度优先，当某检测区域内照度值高于设定值且探测有人活动时，此时灯组仍会自动处于关闭状态，反之自动开启。

3. 风机控制

本项目温控分区同照明，温控系统由负压风机及冷风机组成，其中负压风机功能是使空气流动循环，冷风机功能是制冷并释放冷风。例如1分区共有38台负压风机及15台冷风机，均采用独立回路设计。I/O数字量输出模块通过中间继电器实现对风机的控制，如开关、高低速运行切换、制冷和排水等功能。风机控制示意图如图6所示。

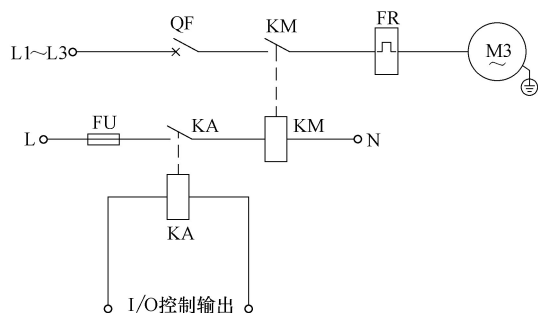


图6 风机控制示意图

照明控制同样分手动及自动控制，自动控制在温度传感器检测，根据在HMI上预设的温度阈值自动开关。温度检测选用温度变送器，根据实际需要每个区域的温度计有效值信号经电流信号通过I/O模拟量输入模块反馈给PLC。

4. 控制程序

系统程序包括PLC及HMI程序两部分，编程环境为博途TIA Portal V15，首先将所有硬件在博途V15下进行组态，然后分别对PLC及HMI进行编程。PLC程序完成对各分区内照明及风机的运行控制，HMI程序实现对整个系统的工作状态进行监控，设定系统参数，例如手动/自动状态切换、定时自动启停时间、温度及照度自动启停设定值等。当程序编写完成后，利用S7-PLCSIM V15仿真软件验证程序编译及运行，验证成功后下载到现场PLC中进行后续调试。

结束语

高密度化的存储模式是电商仓储物流发展的一种趋势，目前很多企业都在通过设备升级来提高存储能力，本文案例是笔者多年从事电商物流自动化技术工作的经验与研究成果，本项目在实际应用过程中取得了良好的效果。该项目的投入成本低，可实施性高，对后期运营在节能管控、效率提升等方面有很强的优势。基于分布式I/O的PLC控制系统具有较强的灵活性和可集成性，在本项目中，仅集成了照明与温度控制，在后期还可根据发展需求集成更多的系统。通过WINCC软件，还能将PLC控制程序集成在物流园区数字化管理中心的SCADA系统里，因此具有良好的发展前景，可为相同以及相关行业提供借鉴。EA