

PLC在铠甲坑探方风幕控制系统中的研究与应用

李朱德^{1,2}, 漆鹏程^{1,2}, 罗昔联¹, 孟祥兆¹, 王建^{1,2}, 顾子超^{1,2}

(1. 西安交通大学, 陕西 西安 214100;

2. 江苏金通灵光核能源科技有限公司, 江苏 无锡 214106)

摘要 铠甲坑距今已经有两千多年的历史, 当前部分铠甲已经损坏、风化, 原有的面貌也在逐渐消失, 提升保护技术水平迫在眉睫。本文设计开发了铠甲坑探方风幕系统及其控制方案, 并采用 PLC 实现了控制系统, 此方案能将游客观瞻空间和文物保存空间进行隔离, 旨在为开展铠甲坑文物保护环境实验研究提供参考。

关键词 铠甲坑; PLC; 风速; 温湿度

中图分类号: TP27

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)02-0004-03

文物是历史文化遗产的重要载体, 提升文物保护技术水平是国家文化安全的重要措施, 也是中国作为文明古国的国际责任。巨大的文物藏量对我国文物保护技术及展存方式提出了迫切需求^[1]。

由于很多文物本身质地的脆弱性, 且在文物保存的环境温湿度、灰尘等方面存在技术不足, 文物的损坏得到了越来越多的重视^[2]。汉阳陵是国内第一个采用全封闭结构的地下博物馆, 通过玻璃密封文物空间并实现游客和文物隔离, 博物馆实际运行结果表明, 这样的隔离虽然维持了文物空间环境相对稳定, 但仍然发生了开裂、霉变、泛碱等现象, 并未完全抑制文物病害。^[3]西安交大顾兆林团队研制开发了文物环境调控多场耦合实验舱系统, 利用空气幕原理实现文物保存区和游客游览区的隔离, 对文物展陈效果影响小, 通过实验研究表明该系统具有良好的隔离效果, 并具有良好的实践推广价值^[4]。

本文针对秦俑博物院铠甲坑探方风幕隔离系统, 为提升该实验系统的调控水平, 服务于文物保护技术实验研究与示范应用, 设计开发了基于 PLC 的风幕调控系统, 具有重要的理论研究价值和示范应用价值。

1 总体方案设计

1.1 风幕系统简介

风幕系统是该系统的核心部件, 由送风管道、送风风箱、送风风口、导流机构、回风管道、回风风箱、挡边、空气处理机组等组成。PLC 将采集到的环境信息处理判断后, 控制热泵进行制热或制冷, 使空气温

湿度达到基本要求, 由组合式空调机组中电热丝、加湿器进行精调后, 由变频器带动风机将空气从送风口输出, 从而形成风幕系统, 将回风口的回风进行回收。

1.2 控制要求

为适应秦始皇帝陵博物院铠甲坑环境调控技术要求, 对风幕系统提出了较高的控制目标和参数复杂和宽范围调节能力需求。通过控制系统, 将射流角度控制在 $-10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 可调范围, 调节精度达到 $\pm 1^{\circ}$; 导流板的送风风量控制在 $0\text{m}^3/\text{s}\sim 6000\text{m}^3/\text{s}$ 可调, 调节精度 $\pm 1\text{m}^3/\text{s}$; 坑内温度控制在 $16^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$, 调节精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$; 坑内相对湿度为 $50\%\sim 90\%$, 调节精度 $\pm 2\%$ ^[5]。

1.3 控制系统的结构

本文采用 PLC 控制铠甲坑探方风幕系统, 系统结构框图如图 1。系统由温度传感器、湿度传感器、风速传感器、组态王、PLC、APP、热泵、湿度调控模块、变频器、风机等组成。

1.4 控制系统的工作原理

铠甲坑探方风幕控制系统运行的工作原理是 PLC 通过温度传感器、湿度传感器、风速传感器等采集信号, 通过模拟量控制和以太网协议把信号显示在组态王界面和手机 APP 界面上, 通过 CPU 把采集到的信息进行数据处理, 根据预设的程序逻辑控制热泵、湿度调控模块、变频器等, 从而为铠甲坑提供风幕来保护坑道内的环境, 并且实现调控坑道内的风速、温度、湿度等功能^[6]。

本文采用模块化的控制策略进行控制, 具体控制策略如下:

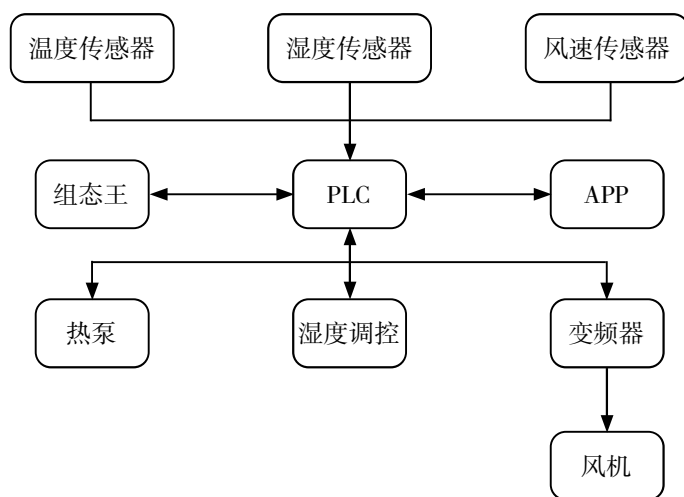


图 1 系统控制结构图

1. 温度调控: PLC 控制热泵启动, 热泵根据 PLC 的运行策略运行, 改变水箱里的水的温度, 水箱里的水和风道里的空气通过换热器进行换热, 换热后的空气通过风机传送到坑道的送风口, 进而改变坑道内的温度。为了提高温度控制精度, 选用精度较高的温度传感器, PID 计算方法。

2. 湿度调控: PLC 控制湿度调控模块启动, 湿度调控模块根据 PLC 的运行策略运行, 改变风道内空气的湿度, 湿度改变后的空气通过风机传送到坑道的送风口, 进而改变坑道内的湿度。为了提高温度控制精度, 选用精度较高的湿度传感器, PID 计算方法。

3. 风速调控: PLC 通过 modbus 协议控制变频器启动, 变频器根据 PLC 的运行策略运行, 改变风道内空气的流速, 一定流速的空气通过风机传送到坑道的送风口, 回风口对空气进行回收, 进而形成一面无形的风幕^[7-8]。

1.5 硬件设计

在本文 PLC 控制系统中, 为了适应系统控制需求, 使用的 PLC 共有 16 路数字输入, 16 路数字输出, 12 路模拟量输入, 1 路模拟量输出。具体分配如表 1 所示。

1.6 软件设计

软件分为: 主程序、初始化、温度转换、湿度转换、风速转换和中断程序五个部分。建立 Modbus 通讯协议, 用来接收温湿度传感器与风速传感器的信息, 并存储在相应的内存空间里; 在手动模式下, 可根据用户的需要, 控制如风机、水泵等器件的启停^[9], 当风机停止时, 电热丝也需停止工作, 否则可能会导致组合式空调机内温度过高, 机器损坏; 自动模式下, 将检测到

的环境参数与设定值对比, 自动判断应该加热或制冷, 加湿或除湿, 控制相应的器件动作。根据设定的风速值, 将其转换为相应的模拟量后, 控制变频器运行, 带动风机形成风幕。

2 系统调试

2.1 实验装置

在铠甲坑外侧搭建一个设备间, 设备间内有可调式空调机组, 设备房外有热泵、水箱、水泵等, 可调式空调机组通过风管连接到风幕系统。

2.2 实验方法及数据分析

PLC 控制程序设计, 将程序下载到 PLC 中, 闭合电源给 PLC 上电系统开始运行。系统在自动运行模式下, 先后开启风机、水泵、热泵、湿度调控模块等, 界面上显示实时温度、实时湿度、实时风量; 设定温度、设定湿度, 设定风量等。

导流板和送风风口通过铰链连接, 为了保证它们之间的密封性, 导流板和送风风口上下两个侧面采用帆布软连接进行密封。导流板是依靠 2 只直线电机来控制射流角度的, 经实际测量射流角度在 $-10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 波动。

以下实验是设定风量、湿度、温度到一定的目标值, 判断控制系统是否能达到目标值, 放置 3 只风速仪在送风风口的中间, 设定合适的射流角度, 改变变频器的频率, 测量 3 只风速仪的平均风速, 计算机根据截面积计算出铠甲坑的送风量。

放置 6 只湿度传感器在坑道内部, 调整系统的湿度调控模块, 得出铠甲坑平均湿度曲线图。

放置 6 只温度传感器在坑道内部, 调整铠甲坑热泵模块温度, 带有一定温度的空气传递到送风风口附

表1 I/O分配表

输入		输出	
启动	I1.5	风机	Q1.0
停止	I1.6	水泵	Q1.1
急停	I1.7	电热丝	Q1.2
风机启动	M5.0	水源热泵	Q1.4
风机关闭	M5.1	加湿器	Q1.5
水泵启动	M5.2	变频器	AQW0
水泵关闭	M5.3		
电热丝启动	M5.4	输入	
电热丝关闭	M5.5	手动自动切换	M10.0
水源热泵启动	M5.6	自动开机	M6.2
水源热泵关闭	M5.7	自动关机	M6.3
加湿器启动	M6.0	自动开机状态	M8.2
加湿器关闭	M6.1	制冷制热切换	M10.1

近,进而调整铠甲坑平均温度。

从以上可得出,系统达到了铠甲坑空气幕的控制目标:射流角度控制在 $-10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 可调;送风风口风量控制在 $0\text{m}^3/\text{s}\sim 6000\text{m}^3/\text{s}$ 可调;坑内温度控制在 $19^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 可调;坑内相对湿度为50%~90%可调。

3 结论

本文设计了一种基于PLC的铠甲坑探方风幕控制系统,通过查阅国内外资料,了解现阶段铠甲坑文物保护现状以及风幕系统的应用。学习并设计基于PLC的风速、温湿度控制方法,最终确定设计方案,开展了相关实验验证,得出以下结论:

1.通过本文的设计与调试,该风幕系统能够实现对于铠甲坑的送风风口的射流角度、风量、温湿度等控制,同时隔绝外界污染气体影响,为文物保护的研究提供了基础条件。

2.该控制系统可以开展后续的实验研究,确定风机最适宜的风速以及送风仰角,研究坑道内部温湿度的分布及文物保护区温湿度的分布。

3.该风幕系统需要改进的地方,比如对于温湿度的控制只是给它设定了一个标准值,将实际值与标准值对照控制相应的器件。而由于温度变化存在一定的惯性,当器件停止工作时,传感器检测到的环境温度等信息依旧会产生一定的变化,存在一定的波动,不

一定能做到绝对的恒温恒湿,后期可以尝试PID控制改进。

参考文献:

- [1] 孟祥兆,路昭,金立文,等.汉阳陵遗址文物保存风幕隔离及富氮低氧环境数值模拟研究[D].西安:西安交通大学,2015.
- [2] 路昭.遗址文物保护多场耦合实验舱系统设计[D].西安:西安交通大学,2014.
- [3] 刘克成,肖莉.汉阳陵帝陵外藏坑保护展示厅[J].建筑学报,2006(07):68-70.
- [4] 陈元生,解玉林.博物馆文物保存环境质量标准研究[J].文物保护与考古科学,2002(14):152-191.
- [5] RODI W. Proceeding of the Third International Symposium on Refined Flow Modeling and Turbulence Measurements[C].Tokyo: University Academy Press, 1998:96-108.
- [6] 教振浪,吕玉嫦,陈武框.多路风速测量方法[J].气象科技,2009(02):2-3.
- [7] 廖常初.PLC编程及应用(第四版)[M].北京:机械工业出版社,2013.
- [8] 王庆云.PLC变频器调速控制在油田中的应用[D].大庆:大庆油田设计院,2013.
- [9] 吴平.西门子200PLC与台达变频器的通讯控制与应用[J].机械与电子,2016(21):112-115.