

# 基于PLC的综合管廊智能监控系统设计

张慎

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司

**摘要:** 城市综合管廊是一类复杂且系统性的综合项目,其涉及内容多、专业性强,为保证各系统的稳定运行,可基于PLC编程系统对其智能监控系统予以集成设计,减少设备重复配置,提高系统设备的运行效率,实现综合管廊智能化、自动化的运维管理。本文以河南郑州马寨新镇区综合管廊项目为例,对基于PLC编程系统的城市综合管廊智能监控系统设计进行综合分析,在明确综合管廊智能监控系统设计特点的基础上对其设计要点展开探讨,以期在城市综合管廊智能化监控系统提供一种可靠和高效的设计思路。

**关键词:** 综合管廊; PLC; 智能监控系统

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.01.081

## 一、综合管廊智能监控系统概述

城市综合管廊类属集中功能型地下公共建筑,集约化地管理了城市电力、通信、给排水、燃气和热力等各类管线,是城市运行的“生命线”。智能监控系统是城市综合管廊附属设施系统中的重要组成部分,需整合包括环境监测子系统、通风子系统、排水子系统、电力监控子系统、入侵报警子系统、以及通信子系统等在内的多个专业系统,负责对管廊本体环境、各类附属设施进行在线监测和控制,对非正常工况以及事故进行报警。本文所依托的马寨新镇区综合管廊项目包含椰风路和景中路两条综合管廊,总长度4415m,包含高压电力舱、电力电信舱、燃气舱、污水舱和综合舱共5个舱室,本项目的综合管廊智能监控系统需具备对以上各舱室的环境监测、通风和排水等设备监控、电力监控、入侵报警以及通信传输等功能。本项目智能监控系统逻辑上分为信息层、控制层和设备层,其中信息层部署于管廊的监控中心,同智能监控管理平台相衔接;控制层由管廊

各分区的控制模块组合而成,以各分区的PLC为主要设备;设备层为管廊现场的各类终端采集设备。将PLC可编程系统融入综合管廊智能化系统设计中,能有效利用PLC的可编程功能及终端接入能力,对整体项目的各个系统进行数据采集、整理及功能性控制。

## 二、基于PLC的综合管廊智能监控系统的总体设计方案

在城市综合管廊设计中,一般以200m-300m的长度划分防火分区,每个防火分区之间设置1个综合井,综合井内部署通风、排水、供配电以及通信等设施。从综合管廊管控的合理性角度出发,PLC控制柜宜设置在综合井设备间内,接入并控制本综合井以及后续的单个防火分区内的各类设备。马寨新镇区综合管廊项目为5舱室管廊,在本项目中每个综合井设备间内部署2台PLC控制柜,内置PLC可编程控制器,其中1台PLC接入高压电力舱、电力电信舱、污水舱和综合舱内设备,另1台PLC接入燃气舱内设备。每台PLC配置各类模块,各采集设备终端以其对应的通信接口接入PLC内相应模块,采集数据由TCP/IP通信模块将信息转换为TCP/IP数据包,通过以太网方式与上位平台通信。PLC能够支持以太网方式进行程序的读出/写入/比对,以及对可编程控制器的运行监视。智能监控系统外场设备与中心平台之间的通信采用千兆光纤环网,以保证通信的可靠性。以上整体系统架构如图1所示。

在监控中心的智能监控管理平台内部署组态软件,管廊外场上传的各项管廊环境参数和控制设备的运行状态数据均能够可视化地集中展示,便于管理人员对各分区的不同系统进行管理。智能监控管理平台可对各项数据进行处理和分析,当异常情况发生时将其信息提供给管理人员,及时启动各项应急预案,而在常态下系统对

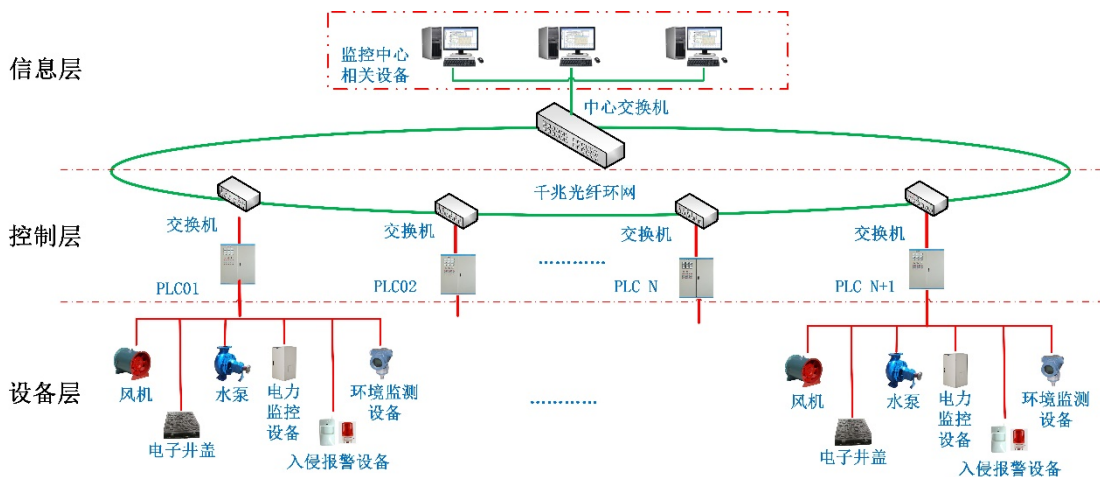


图1 综合管廊PLC智能监控系统架构示意图

各类数据保持实施监视，维护综合管廊的稳定运行。

### 三、基于PLC的综合管廊智能监控系统的详细设计策略

依托马寨新镇区综合管廊项目，参照《城市综合管廊工程技术规范》（GB 50838-2015）以及《城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准》（GB/T 51274-2017）等相关标准，对基于PLC的综合管廊智能监控系统展开精细化设计工作，下文针对具体设计策略详细分析。

#### （一）环境监测子系统

##### 1. 系统功能设计

管理人员需要定期在综合管廊内部进行巡视和运维工作，综合管廊为典型的地下隧道空间，仅有部分通风口与外部大气相通，舱室内各类气体含量无法保证与地面环境一致，气体含量异常情况均有可能发生，例如：人员、微生物的活动会造成管廊空气中的 $O_2$ 含量下降；污水管道连接处、阀门安装处由于滴漏会产生 $H_2S$ 、 $CH_4$ 等有毒有害气体；电力电缆、热力管道会产生热力，使综合管廊温度升高。以上气体和环境异常，均会对工作人员人身安全造成影响，因此需要对以下内容保持监测：①监测 $O_2$ 含量，在每个防火分区中央设置1台 $O_2$ 检测仪，当 $O_2$ 含量低于19.5%（V/V）时报警；②监测 $H_2S$ 、 $CH_4$ 含量，在每处通风口和人员出入口分别设置1台 $H_2S$ 检测仪，在污水舱内的以上节点分别设置1台 $CH_4$ 检测仪，当 $H_2S$ 浓度高于 $10mg/m^3$ 或 $CH_4$ 浓度高于1%V/V时报警；③监测温、湿度，在每个防火分区中央设置1台温湿度检测仪，报警阈值根据实际运维要求设定。智能监控系统可根据接收到的数据地址对传感器进行识别和精准定位，判断异常情况严重程度，向管理人员报警并启动处置预案。

##### 2. 环境监测采集数据接入

本项目中的以上环境参数采集终端设备，均采用三线制变送器，输出信号为4~20mA模拟工业标准信号，采用24V DC电源单独供电。每个防火分区内的环境参数采集终端，均通过硬接线接入本分区头部综合井内的PLC，PLC配置若干个8路模拟量输入模块。每台变送器输出信号+（被测量的信号电流正极），接入PLC模拟量输入端子正极，变送器的输出信号-（被测量的信号电流负极），接入PLC模拟量输入端子负极。

#### （二）通风、排水等设备控制子系统

##### 1. 系统功能设计

综合管廊属于地下空间结构，为保证空气正常流通，提高各项环境参数的指标，在廊内应部署通风设备。本项目中通风设备由暖通专业设计，在高压电力舱、电力电信舱内部署消防平时两用单速风机，在综合舱内部署平时用单速风机，在污水舱、燃气舱内部署平时兼事故两用双速风机。各舱室在平时通风状态下，由智能监控系统控制风机运行并监测其运行状态；污水舱在事故通风状态下，由智能监控系统控制风机运行并监测其运行状态；高压电力舱、电力电信舱在火灾后通风状态下，由火灾自动报警系统负责控制风机；燃气舱在燃气泄漏事故通风状态下，由可燃气体探测报警系统

联动火灾自动报警系统负责控制风机。通过不同控制手段，满足暖通专业对于通风机组在平时和事故状态下的各类通风要求。

综合管廊内除有通风口、投料口、人员出入口等特殊断面处的飘洒雨水外，还有来自综合管廊内壁的部分结构渗漏水、表面凝结水等，此外管道维修的放空、发生火灾时和供水管道泄漏时，都可能造成一定的廊内积水，因此管廊内需设置必要的排水设施。本项目中排水设施由给排水专业设计，在每个防火分区内设置有集水坑和集水井，每座集水井内配置两台潜水泵，一用一备，两台泵轮流启动，紧急情况下两台泵同时启动。智能监控系统接入液位报警信号，并控制水泵的运行并监测其运行状态。液位信号设定为水泵触发控制信号，当集水坑内的液位超出限定水位时则可触发水泵进行自动启动排水，待液位降至标准范围后方可停止。

此外，综合管廊的每个综合井的逃生口设置有电子井盖，作为特殊情况下的人员出入通道，智能监控系统需能够对井盖进行远程控制并监测其状态。

##### 2. 通风、排水等设备监控接入

本项目中，风机控制箱采用数字量接入本分区头部综合井内的PLC，接入信号包括：风机压差、高速启停控制和状态反馈、低速启停控制和状态反馈、就地/远程、过载反馈、故障信号等；水泵控制箱采用数字量接入本分区头部综合井内的PLC，接入信号包括：启停控制、状态反馈、就地/远程、过载反馈、故障信号、延时轮换、水位报警等；电子井盖采用数字量接入以下信号：开关控制、故障反馈。通过PLC编程，结合环境采集参数情况，以及事先制定的日常运行方案，实现对以上所有设备的控制逻辑，使其满足综合管廊的业务需要。

#### （三）电力监控子系统

##### 1. 系统功能设计

综合管廊内部署有各类电力仪表和配电设施，电力监控子系统利用电力监测设备、传感器和通信技术，监测各类电力设施的实时参数，上传至监控中心智能监控管理平台内的电力监控管理模块进行分析，对管廊内的电力设施进行实时、准确、全面的监测和管理，及时发现故障和异常，保证廊内的电力安全和稳定运行。

##### 2. 电力监控数据接入

本项目中，电力监控数据通过Modbus接口接入本分区头部综合井内的PLC，需要监控的设备和参数如下：

①电力监控系统表计，测点内容：电流、电压、功率、功率因数等；②EPS电池柜通讯模块：电池欠压、充电器故障、逆变器故障、电池连接故障、持续过载、单节电池电压异常、应急照明控制；③变压器温控和报警信号：高温信号、超温报警，变压器故障信号等；④UPS主机通讯模块：UPS主机允许状态监测（电源、电流、电能质量、负载率）及电池容量监测；⑤UPS配电箱电源监控模块：失压监测、开关控制。

#### （四）入侵报警子系统

##### 1. 系统功能设计

综合管廊作为重要的城市基础设施，需保障其安全

性，防止无关人员的擅自闯入。本项目中在各个综合井的逃生口、投料口设置了幕帘式红外微波双鉴入侵探测器，以及入侵声光报警器。当发生人员入侵时，探测器及时监测到入侵情况，在现场声光报警，并向监控中心即使发送报警信息。同时，入侵报警子系统可以分别联动智能照明子系统和视频监控子系统，入侵报警信息发送至中心平台后，平台软件可联动智能照明子系统启动报警区域的照明设备，使摄像机能捕捉到更加清晰的画面，并即时调取报警点的实时视频监控画面，在管理界面弹窗显示，以便管理人员能迅速掌握入侵事发点的实

时状况。

2. 入侵报警数据接入

本项目中，入侵报警探测器的报警信号以及声光报警器的状态反馈信号均采用硬接线，以数字量接入本分区头部综合井内的PLC，PLC将以上信息转换为TCP/IP数据，经通信链路上传至监控中心的入侵报警系统管理主机。

(五) PLC模块配置和控制点表设计

根据上述各系统设备接入PLC的设计要求，以下列出针对一个常规防火分区的PLC（监控高压电力舱、电力电信舱、污水舱和综合舱）的标准模块配置和控制点表。

表1 常规防火分区PLC模块配置和控制点表

PLC设备模块配置	监控设备名称	设备数量	监控内容	DI	DO	AI	RS485
断路器×1 PLC电源单元×2 CPU单元×1 底板×2 TCP/IP通信模块×1 8路模拟量输入模块×5 32点数字量输入模块×5 32点数字量输出模块×2 RS485串口通信模块×4 PLC编程电缆×1 USB转换电缆×1 扩展电缆×1 直流开关电源，DC24V 10A×1 中间继电器，DC24V，若干 中间继电器，AC220V，若干 PLC编程软件×1	气体检测仪 (O <sub>2</sub> )	4	O <sub>2</sub> +、O <sub>2</sub> -			8	
	气体检测仪 (H <sub>2</sub> S)	4	H <sub>2</sub> S+、H <sub>2</sub> S-			8	
	气体检测仪 (CH <sub>4</sub> )	1	CH <sub>4</sub> +、CH <sub>4</sub> -			2	
	温湿度检测仪	4	温度+、温度-，湿度+、湿度-			16	
	电子井盖	1	开关控制、故障反馈	1	1		
	平时兼事故两用双速风机控制箱	2	风机压差、低速启停控制、低速运行状态反馈、低速故障反馈、高速启停控制、高速运行状态反馈、高速故障反馈、手/自状态反馈、过载反馈	14	4		
	消防兼平时两用单速风机控制箱	4	风机压差、启停控制、运行状态反馈、故障反馈、手/自状态反馈、过载反馈	20	4		
	平时用单速风机控制箱	8	风机压差、启停控制、运行状态反馈、故障反馈、手/自状态反馈、过载反馈	40	8		
	一用一备潜水泵	8	1#泵启停控制、1#泵运行状态反馈、1#泵手/自状态反馈、1#泵故障反馈、2#泵启停控制、2#泵运行状态反馈、2#泵手/自状态反馈、2#泵故障反馈、延时轮换、水位报警、过载反馈	72	16		
	电力监控仪表	3	电流、电压、功率、功率因数等				3
	EPS	1	电池欠压、充电器故障、逆变器故障、电池连接故障、持续过载、单节电池电压异常、应急照明控制				1
	变压器温控器	2	高温信号、超温报警，变压器故障信号等				2
	UPS主机通讯模块	1	UPS主机允许状态监测（电源、电流、电能质量、负载率）及电池容量监测				1
	UPS配电箱电源监控模块	1	失压监测、开关控制				1
总计				147	33	34	8

监控燃气舱的PLC需根据实际接入的设备数量配置模块和设计控制点表，在此不做赘述。

结束语：

城市化进程的深入发展推动了城市综合管廊项目的建设，依托相关技术手段的进步，综合管廊监控系统的架构逐渐趋向智能化、规模化方向发展。为提高综合管廊的运行管理水平，在系统设计中应加强现代化科技理念，提升系统集成化程度，减少设备重复配置，有效利用PLC的多类型接口接入能力对整体架构予以深度优化，在充分掌握综合管廊设计要求的前提下对各分区控制系统精准把控，确保各系统、设备的设计效果均能有效应用于实战，为城市综合管廊的稳定运行提供基础保障。

参考文献

[1]住房和城乡建设部，GB 50838-2015 城市综合

管廊工程技术规范[S].

[2]住房和城乡建设部，GB/T 51274-2017 城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准[S].

[3]秦燕. 浅谈地下综合管廊智能监控系统设计及调试[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(02): 108-111.

[4]邱威. 基于PLC的综合管廊智能监控系统[J]. 工业控制计算机, 2021, 34(08): 55-56+59.

[5]刘玉昊, 王昕煜, 李芝宏, 赵东波, 赵少博. 一种城市综合管廊智能监控系统的设计与实现[J]. 市政技术, 2021, 39(07): 154-159.

[6]李朝栋, 孟冰, 何赫. 综合管廊智能监控报警与运维管理系统设计[J]. 智能建筑, 2019(01): 65-71.

作者简介: 张慎, 男, 汉, 1989.07.11, 中国上海, 全日制本科, 中级工程师, 研究方向: 弱电智能化专业, 本次论文为综合管廊监控系统。