

基于物联网的智慧园林灌溉及监测系统研究

张撞撞

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：传统园林灌溉多采用定时灌溉或者人工灌溉的方式，但是由于土壤墒情和作物需水不同，在园林灌溉中容易出现水资源浪费或者供水不足的问题。而基于物联网技术则可以利用传感器、通信网络、数据处理平台等实现园林灌溉的智能化管理和监测。本文对基于物联网的智慧园林灌溉及监测系统架构设计和组成要点进行分析阐述，并进一步探讨其在具体安装施工中的相关要点和关键，以供参考。

【关键词】：物联网；智慧园林；灌溉控制系统；环境监测；数据采集

DOI:10.12417/2705-0998.25.16.041

1 智慧园林灌溉及监测系统的总体架构设计

智慧园林灌溉及监测系统是通过传感器等实时监测土壤湿度、气象条件以及植物生长状况等相关数据，并以此为基础自动控制灌溉水量和时间，在满足植物生长需求所需水分的同时，降低水资源浪费。该系统采用分层架构设计，包含感知层、网络层、平台层与应用层，各层通过标准化接口交互数据，具体结构如图1所示。感知层负责采集数据，网络层传输数据，平台层处理分析数据，应用层实现人机交互。

(1) 感知层作为数据采集终端，其主要用于获取园林绿地环境及设备状态参数。设备涵盖环境参数传感器（如土壤湿度、空气温湿度等传感器）、设备状态传感器（监测灌溉设备运行）及定位标识设备（GPS模块与RFID标签）^[1]。

(2) 网络层作为数据传输通道，能够将感知层数据传至平台层，并下达控制指令。一般采用LoRa与NB-IoT融合方案，LoRa用于园区内传输，覆盖广、抗干扰强；NB-IoT用于远程通信，基于蜂窝网络，功耗低、支持海量连接，满足系统大规模部署需求。

(3) 平台层作为系统核心，主要承担数据处理、存储、分析与决策等功能。其一般采用边缘计算与云计算协同架构，边缘节点负责预处理与实时决策，通过卡尔曼滤波降低测量误差；云平台采用MySQL+InfluxDB混合存储，结合Python库实现大数据分析^[2]，为养护提供数据支撑。

(4) 应用层作为用户交互界面，其能够通过可视化界面直接呈现分析和控制功能，其具备实时监测、智能灌溉、移动监测、现场控制等多项功能，以满足不同管理需求。

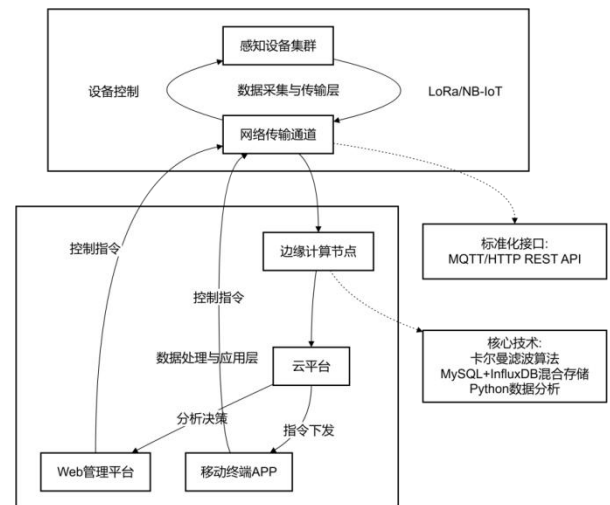


图1 智慧园林灌溉及监测系统的总体架构设计

2 基于物联网的智慧园林灌溉及监测系统的构建

2.1 传感器的配置和部署

感知层硬件的选型直接影响系统数据采集的精度与稳定性，需结合园林场景的环境特点与参数采集需求，选择性能可靠、功耗低、适应性强的硬件设备，同时制定科学的部署方案，确保数据采集的全面性与代表性。根据系统功能需求，感知层需部署土壤湿度传感器、温度传感器、空气湿度传感器、光照强度传感器、

风速传感器、风向传感器、水质传感器等几类传感器。所有传感器均采用RS485或I2C接口，支持Modbus-RTU通信协议，便于与边缘网关对接；供电方式采用锂电池（3.6V/5000mAh），结合低功耗设计，单次充电可支持1~2年续航，大幅降低运维成本。在传感器部署过程中，充分考虑园林的地形地貌、植物分布及灌溉区域划分等因素。比如土壤湿度传感器按植物种类和土壤类型分区部署、气象传感器安装在地势开阔、通风良好且无遮挡的区域、植物生长传感器按植物种类和生长特点部署、水质传感器安装在灌溉水源取水口、蓄水池及灌溉管网关键节点，实时监测水源水质变化。

2.2 传输层网络搭建

传输层主要采用 NB-IoT 和 LoRa 两种无线通信技术搭建网络。

(1) NB-IoT 网络搭建。在园林内部,根据传感器节点的分布情况,合理设置 NB-IoT 终端设备,将传感器采集的数据通过 NB-IoT 终端设备进行协议转换,然后发送至 NB-IoT 基站。NB-IoT 基站将数据传输至运营商的核心网,再通过互联网将数据转发至系统的数据处理层服务器。为提高数据传输的可靠性,采用冗余备份的方式,在关键位置设置多个 NB-IoT 终端设备,当某个终端设备出现故障时,其他设备能够自动接替其工作,确保数据传输的连续性^[3]。

(2) LoRa 网络搭建。根据园林的面积和地形,合理规划 LoRa 网关的部署位置,在面积较大、地形复杂的园林区域,每隔 1-2 平方公里设置一个 LoRa 网关,确保 LoRa 信号能够覆盖整个区域。LoRa 终端节点与传感器相连,将传感器采集的数据通过 LoRa 无线信号发送至 LoRa 网关,然后 LoRa 网关对接收的数据进行汇聚和处理,然后通过有线网络(如以太网)将数据传输至数据处理层服务器。为优化 LoRa 网络性能,对 LoRa 的通信参数进行合理配置,如调整发射功率、扩频因子、带宽等参数,以适应不同的传输距离和环境干扰情况。通过 NB-IoT 和 LoRa 网络的协同搭建,实现感知层传感器数据的高效、可靠传输,满足智慧园林灌溉及监测系统对数据传输的需求。

2.3 数据处理层平台搭建

数据处理层平台基于云计算技术进行搭建,选用开源的云计算平台 OpenStack 作为基础架构。

在 OpenStack 平台上创建多个虚拟机实例,分别用于部署数据库服务器、数据处理服务器以及应用服务器。其中数据库服务器选用 MySQL 关系型数据库,用于存储系统采集到的各类结构化数据,如传感器实时数据、历史数据、用户信息、灌溉记录等。例如创建传感器数据表,存储传感器的类型、编号、安装位置、采集时间以及测量数据等信息;创建灌溉记录表,记录灌溉设备的开启时间、关闭时间、灌溉区域、灌溉水量等数据。

数据处理服务器主要运行数据处理程序和分析算法。运用 Python 语言编写数据处理脚本,对从传输层接收到的原始数据进行清洗、去噪和格式转换等预处理操作,然后利用机器学习框架 Scikit-learn 和深度学习框架 TensorFlow 等,在数据处理服务器上训练灌溉决策模型、植物生长预测模型等,例如通过支持向量机(SVM)算法构建灌溉决策模型,对大量的历史土壤湿度数据、气象数据以及植物生长数据对模型进行训练,使模型能够根据实时监测数据准确预测植物的需水量,为灌溉控制提供决策依据^[4]。

应用服务器则部署系统 Web、移动应用的后端服务等应用程序,通过应用服务器实现与用户的交互,如查询实时监测数据、控制灌溉设备、生成报表等响应请求。通过搭建功能强大的数据处理层平台,实现对海量数据的高效存储、处理和分析,为智慧园林灌溉及监测系统的智能化决策提供有力支持。

2.4 应用层软件开发

在移动端应用开发方面,基于 GSM 通讯模块控制技术人员可通过手机下载 APP,利用 GSM 网络信息业务实现传感器大数据传输,使管理人员在远离现场时仍可方便地获取传感器大数据和信息、对中央控制系统发出控制指令,实现对智慧灌溉系统的远程自动控制、大数据采集技术(例如通过计算机中央控制系统,将传感器采集现场温度、土壤湿度、风向、天气状况等原始数据显示在彩色液晶屏上,辅以图形、表格等多种动态显示整个灌溉区运行情况,准确、直观、明了,实时监控^[5]。依据灌溉的经验和监测数据收集分析,制定科学合理轮灌计划等)。移动端应用的功能与 Web 端应用类似,用户可以通过手机随时随地查看园林的实时监测数据,接收报警信息,进行灌溉控制操作等。为提高移动端应用的用户体验,在界面设计上注重简洁明了、操作便捷,采用响应式设计,使应用能够适应不同尺寸的手机屏幕。通过开发功能完善的应用层软件,为园林管理者提供便捷的操作平台,实现对智慧园林灌溉及监测系统的远程、实时管理。

3 基于物联网的智慧园林灌溉及监测系统安装施工要点

3.1 灌溉管道安装施工要点

灌溉管道施工需按“放线定位→沟槽开挖→PE 管敷设→管道压力试验→管沟回填→阀门井、检修井砌筑”流程推进。放线定位阶段需采用 GPS(如海星达 H32 型号)确保管道走向与设计一致;沟槽开挖时,若地下水位高于槽底高程,需将地下水位降至槽底最低点以下,且整个敷设与回填过程中槽底不得积水或受冻;PE 管敷设时需将双绞线沿管道同沟敷设,下管前需按产品标准逐节进行外观检验,不符合标准的管材严禁使用;对于因管道荷载、地层土质变化可能产生纵向不均匀沉降的地段,需在敷设前对地基进行加固处理;管道压力试验需采用电动试压泵完成,试验合格后方可进行管沟回填,回填时需使用 20~62kg/M 型号电动夯实机确保压实度;阀门井与检修井砌筑需符合设计尺寸,保障后续检修操作空间。施工中每道工序在完工后需要报告监理检验合格方可进入下一道工序。

3.2 控制阀、喷头及泵站机组安装施工要点

控制阀、喷头和泵站机组作为智慧园林灌溉及监测系统的核心执行与动力部件,其安装精度影响灌溉效果与系统效能。具体安装要点如下:

第一,控制阀安装接管前必须冲洗管道并加装过滤器,确

保介质洁净。取水阀需用专用接头连接,搭配铜球阀调节流量;电磁阀需与解码器配合,按介质流向安装且电磁线圈竖直向上;泄水阀安装在管线最低处,进排气阀选用大小孔类型,检修阀安装要便于操作。

第二,喷头安装时,间距应控制在射程的0.8-1.2倍,不同类型喷头按设计要求匹配,安装后需检查喷洒范围,避免出现盲区或重叠。

第三,泵站机组安装选用长轴深井机组,通过变频与工频协调工作。水泵叶轮置于动水位以下,电机在井上;配套稳压罐、电接点式压力表保障压力稳定;进水端安装反冲洗砂石过滤器,出水端安装止回阀,防止水锤冲击,确保设备稳定运行。

3.3 控制器安装施工要点

控制器是智慧灌溉系统的“指令中枢”,负责接收传感器数据、生成灌溉制度并向执行部件发送指令,其安装与接线质量直接影响系统控制精度。控制器与电磁阀采用“2线”式通讯方式,控制器需接出2.5mm²双芯带铠电缆连接至各电磁阀处,电缆与解码器连接后再由解码器连接电磁阀,线与线之间连接需使用防水接头,避免雨水或湿气影响通讯稳定性。

3.4 传感器安装施工要点

由于系统会采用多种不同的传感器,所以需要分别按照要求做好各类传感器的正确安装:(1)土壤温湿度传感器需插入土壤中,探头需与土壤紧密接触;(2)降雨传感器、光照传感器、风速风向传感器需安装在无遮挡的开阔区域,避免建筑物、树木遮挡影响数据准确性;(3)流量传感器需安装在灌溉主管道或分支管道上,实时监测管道内水流速度与流量;(4)雨量计需安装在地势平坦、无积水的区域,精准记录降雨量,为控制系统判断是否暂停灌溉提供依据。所有传感器安

装完成后需检查接线是否牢固,确保采集数据能准确传输至中央控制系统。

3.5 GSM 通讯模块安装施工要点

GSM 通讯模块是实现远程控制的关键组件,安装时需先打开模块旁盖子放入装有静态公共IP地址的SIM卡,确保模块能接入移动手机网络;通讯天线需尽可能架高安装,避免建筑物、树木等遮挡物屏蔽信号或造成干扰,保障远程数据传输速率与指令传达及时性。安装完成后需测试模块通讯功能,确认管理人员通过手机APP能正常获取传感器数据、向中央控制系统发送控制指令。

3.6 控制系统安装调试要点

在控制系统安装完成后,作业人员需从线路、数据库、控制方式三方面进行调试。第一,检查通讯线路及电源线路,确保所有线路连接正确且通畅。若发现线路不通或连接错误,需立即排查修复,避免因接线问题引发系统故障。第二,在控制系统中创建专项数据库,录入分控阀流量参数、基本自然条件参数、系统主管道流量分配方案等关键数据,为控制系统计算灌溉提供基础依据。第三,对中控室控制、手机APP控制、现场遥控控制、现场手动控制等多种控制方式进行逐一测试,确保各指令能精准传达至执行部件,在完全达到设计功能要求后再投入使用。

4 结语

本研究所提出的智慧园林灌溉与监测系统,能够有效实现园林灌溉过程的全流程自动化管理,提高园林管理的智慧化程度。但是在具体应用中,必须加强对整个安装施工过程的管理控制,确保基础设施建设质量,以充分发挥智慧园林灌溉与监测系统的作用和价值。

参考文献:

- [1] 杜峥.物联网技术在大型园林植物养护监测中的应用[J].种子科技,2025,43(14):210-212.
- [2] 孙蕊卿,张石锐,张来喜,等.智能灌溉技术研究进展与实践[J].蔬菜,2025,(07):1-11.
- [3] 李玉淋.基于物联网的水稻生长环境智能监测与调控[J].北方水稻,2025,55(04):120-122.
- [4] 张瑞阳,陶怡,周珺成,等.基于智慧灌溉的控制器设计与应用[J].工业仪表与自动化装置,2025,(03):38-44.
- [5] 张莹,张光耀,王绪东.智能灌溉系统在市政园林中的应用[J].农村科学实验,2025,(04):139-141.