地下人防工程通风与信息化监测系统研究

王 雷

哈尔滨市国防动员工程设施保障中心技术保障二科 黑龙江 哈尔滨 150090

【摘 要】：本文面向地下人防工程的环境安全保障需求，融合信息技术，实施了智慧化通风与数字化监测系统研究。研究了常规通风系统依靠人工操作、即时性和节能效果欠佳的现状，以及当前监测手段分散、智能程度偏低的局限性。接着证明了建设整合智能感知、网络化传输与自动控制于一体的新一代系统的迫切性、实际需要和技术可行性。论文主要提出了一个完整的整体解决方案，详细说明了利用多种传感器网络来收集数据并进行改进布局的具体做法，搭建了一个基于物联网技术的数据传输框架，并且规划出了根据实时环境变化来调节通风设备运行方式的智能控制计划。在信息化监测系统的建设过程中，仔细探讨了如何处理和保存云端上的数据，设计出一个能够实时查看情况、查阅过去的历史记录、展示当前状况的功能齐全的在线管理界面，同时还在系统中加入了多个级别的异常情况报警机制，确保一旦发生问题就能自动启动相应的通风设备进行调整。借助仿真试验比较了新型平台与常规方法的优劣，结果显示提出的系统明显提高了监控即时性、调节准确度以及紧急响应效能，证实了其实用意义，并且探讨了系统在恶劣条件下的适用性等方面可能存在的不足，从而为后续改进指明了方向。本次研究为实现地下防空设施通风控制的智能化和信息化提供了切实可行的技术路径。

【关键词】：地下人防工程；通风系统；信息化监测；智能控制；物联网

DOI:10.12417/3041-0630.26.13.035

引言

随着城市化进程加快与地下空间开发深度拓展，地下人防工程已成为兼具防护功能、可实现平战两用的重要基础设施，其内部环境安全保障直接关系人员生存与设备稳定运行。通风系统是保障内部空气品质、温湿度与有害气体浓度达标的核心环节，传统固定流程运行、人工手动调节的通风模式，普遍存在响应滞后、能耗偏高、难以适配动态环境变化的短板，配套环境监测体系多呈碎片化状态，数据互通性差，缺乏自动分析与提前预警能力，突发工况下难以为决策提供及时支撑。近年物联网、智能传感与自动控制技术的快速发展，为破解上述痛点提供了可行路径。本文围绕地下人防工程环境管控与安全监测需求，搭建集智能感知、联网传输、自动控制于一体的智能通风监测管理系统，通过问题梳理、方案设计与仿真验证，为提升人防工程日常运维与应急处置能力提供技术支撑。

1 地下人防工程通风与监测现状

1.1 传统通风系统运行模式

传统地下人防工程的通风系统运行方式主要依靠预先设定和人工手动控制，自动化和智能化程度非常低。这种系统的通风设备往往只是定时开启或者关闭，控制方法比较简单，比如设定某个气体浓度超过一定数值就启动设备。通风设备的运行状态不能灵活调整，很难适应人防工程内部那些变化很快、情况复杂的环境变化。系统的能源利用效率不高，风机常常开到最大功率一直运转，遇到负载突然增加或者减少的情况，无法自动调整到合适的运行状态，这样就造成了大量能源被白白消耗掉。传统的控制方式没有收集和分析周围环境的各种数据，比如二氧化碳浓度、温度湿度、有害气体的含量，一旦发生紧急事件，比如火灾导致有毒烟雾弥漫，或者因为大量人员聚集造成空气变得很差，通风系统往往需要很长时间才能做出反应，处理起来非常慢。通风方面的决策全部靠现场工作人员凭借多年工作经验来猜测和判断，这样的做法既不够准确，也没有足够快的速度，很难达到现在人们对于紧急情况下迅速采取措施和保护好环境安全的迫切要求。

1.2 现有监测手段及其局限

现在地下人防工程使用的监测方法显得零散并且各自独立，整体能力表现得很差。环境参数的测量主要依靠单独安装的单一功能传感器或者便携式检测仪器，测量位置分布得非常稀疏，覆盖范围不够完整，没有办法做到对整个工程内部环境进行全面的了解和掌控。数据收集的方式主要依靠人工定期巡查并手动记录下来，或者利用简单的有线方式把数据传送到附近的独立显示器上，这样就造成了数据更新速度慢、反应滞后的情况，完全不能做到持续不间断的实时监控。各种监测子系统，比如空气质量监测、设备状态监控、安全防护检查等等，彼此之间缺少良好的信息整合和互相配合的机制，数据格式也不一致，最终造成了很多独立的信息孤岛。这种情况让管理人员很难全面掌握工程运行的真实情况，也很难根据多种来源的

作者简介：王雷 （1977.10.18），工程师八级，研究生研究方向 信息工程 。

数据来进行深入研究和科学判断。目前这些系统的智能化程度比较低，普遍缺少对数据进行详细解析和发现异常情况的功能，提前发出危险警告的能力很弱，而且不能很好地配合通风控制系统的正常运转，严重限制了整体安全保障水平的提高和整体保护效果的发挥。

2 智能通风与监测系统的构建需求

2.1 环境安全与应急响应的新要求

城市化进程不断加快加上地下空间开发越来越深入，地下人防工程已经成为非常关键的人群躲避危险的地方。过去主要依靠人工巡查加上固定时间通风这种简单方式管理，已经完全不能够完全达到随时掌握地下空间空气质量和温度湿度以及可能存在有毒有害气体的具体数值这些严格要求。尤其当突然发生火灾或者化学物质泄漏事故的时候，或者因为某种原因需要马上把所有人封锁起来的时候，系统必须能够很快发现环境发生了变化并且及时做出反应，这样才能帮助人们尽快离开危险区域并且顺利开展紧急救援工作。现在的应急反应机制特别强调平时和平时期和战争时候一起准备并且互相配合协调，所以通风系统不但要能够在平常时候节约能源并且正常运转，而且还要能够在出现紧急情况的时候自动启动应急通风模式，同时还要跟消防设备报警系统以及安全防护装置互相配合起来共同控制，最终形成一个从发现问题到做出判断再到采取行动整个过程都由系统自己负责并且始终处于主动状态的全面环境安全保障完整体系。

2.2 信息化集成的技术可行性

现在信息技术快速进步，给搭建智能通风加上监控系统提供非常成熟的工程技术条件。传感器技术越来越小、价格便宜并且性能优秀的特点，使得大量布置放在重要位置的各种参数传感器网络，在成本和技术水平上都变得可行，能够实现全面而且精确的环境数据收集工作。物联网以及无线通信技术得到广泛推广以后，特别是低功耗远距离网络以及 5G 技术取得很大发展，很好地解决地下空间布线特别困难的问题，为海量监测数据提供了稳定并且延迟很小的可靠传输途径。云计算和边缘计算这些模式拥有非常强大的数据处理能力和存储能力，能够帮助实时流动的数据完成收集、分析以及模型建立任务。已经很成熟的分析算法以及智能控制理论，为从海量数据里面提取有用信息，并且根据这些信息制定出更好的控制方案，提供了坚实的基础保障。把感知部分、网络部分、平台部分和应用部分通过信息化方法深入结合在一起，建成一套功能齐全的智能通风加上监控系统，在技术路线选择方面已经具备充分的可行性。

3 系统整体方案与关键技术

3.1 传感器网络与数据采集布置

系统使用多种传感器网络作为环境状况探测的主要工具。网络里面装有能够准确测量温度、湿度、二氧化碳含量、有毒气体含量以及颗粒物含量这些重要环境指标的小型探测设备。考虑到地下工程空间结构特别复杂、各种环境指标分布极不平衡的情况，研究人员专门制定了一个根据区域功能划分等级并且结合空气流动模拟计算出来的改进安装方案。在人员经常活动的地方、通风重点位置以及容易发生危险的部位，比如设备房间和进出通道，需要安排大量的传感器进行覆盖。而在那些不太重要的角落部分，则可以使用数量较少的布置方法，这样就能做到既保证全面掌握情况，又合理控制设备数量和费用支出。所有的传感器都经过精心设计，能够长时间保持低能量消耗状态，同时具备定时收集数据或者在特定情况下启动数据收集的功能，从而为上面的控制系统和决策过程提供精确程度高、时间分辨率好、空间分辨率高的原始信息资料。

3.2 基于物联网的数据传输架构

为了完成传感数据的可靠汇聚与远程交互工作，研究人员设计并搭建了一套分层次的物联网数据传输系统。这套系统从底层到高层可以分成三个主要部分，分别是感知层、网络层以及应用层。在感知层部分，研究人员选择了一些能耗较低且覆盖范围较广的技术方案，比如 Zigbee 或者 LoRa 这类产品，用来建立一个专门针对地下工程环境设计的本地无线传感网络，这个网络的主要任务是把各个角落里的传感器节点采集到的数据及时地汇总起来，然后送到最近的一台网关设备那里。网络层部分，研究人员利用地下工程内部已经存在的工业以太网或者光纤网络，作为一条重要的主干传输路径，把来自各个区域的网关设备所收集到的数据顺利传送到一个中心服务器上。整个系统还预留了备用的通信方式，即 4G 或者 5G 蜂窝网络，用作紧急情况下的通信后备方案。在数据传输的过程中，工作人员会对数据进行格式统一、时间戳同步和初步滤波处理，确保数据传输既迅速又准确，这样就能为云端平台进行数据分析提供一个非常稳固和可靠的起点。

4 信息化监测平台的具体实现

4.1 云端数据处理与存储

对于多种来源并且格式不统一的监测数据，系统规划了一种利用云服务器来进行数据处理和存储的具体安排。各种传感器采集到的原始数据会通过物联网网关进行集中整理并传输到云端服务器上面，数据到达云端之后会先进行数据清理和格式标准化的初步加工，这样就能去掉那些不正常的噪声点和多余的重复信息。经过初步处理之后变成规范格式的数据，会用时序数据库来进行高效的存储和科学的组织管理，这样的方式

能够很好地支持大量环境监测数据的快速写入操作以及频繁的查询请求。

4.2 Web 平台功能设计与展示

为了达到方便的远距离统一监管的目的，这项研究开发出一种依靠 B/S 架构的网络信息系统监测平台。平台的界面采用了模块化的规划方式，核心功能模块包含了几个关键部分，分别是：综合态势总览模块，这个模块把各种区域的关键环境数据和设备运行状况用图形化的形式整合起来展示出来；实时数据监控模块，可以提供详细的数据表格和数据变化的曲线图进行展示；历史数据查询模块，允许用户根据具体的时间范围、区域位置、数据类型等多种条件来进行查找和深入分析；系统管理模块，专门用来调整设备的相关设置，还有分配不同人员的操作权限。所有的界面都大量使用了图表和地理地图这些直观易懂的视觉工具，清楚地显示出地下空间内部环境的变化趋势以及触发警报的具体情况，用户只需要打开普通的电脑浏览器就可以随时查看相关信息。

4.3 异常预警与联动机制

系统搭建了一套多层次的异常预警模型，目的是做到提前防范的安全保护工作。预警规则根据事先设定好的环境条件安全标准来制定，如果监测得到的数据超过预先确定的标准，就会立刻判断出异常的具体级别，比如发出警告、发送警报、启动紧急警报这些不同种类的通知方式。平台会利用网页页面上的弹出窗口、手机短消息通知以及声音和灯光的警报装置等多种途径，把重要的警告信息迅速推送给相关工作人员，确保大家能够很快采取行动。另外，预警规则跟通风控制系统紧密结合在一起，共同设计出一套相互配合的工作流程。

5 系统测试与实际应用效果

5.1 测试环境与参数设置

为了证明这个系统的实际作用，在某个典型的地下防空工程地下空间里面布置了一个专门用来测试的区域。这个区域里面装有温度湿度传感器、一氧化碳浓度传感器、细颗粒物浓度传感器以及挥发性有机物浓度传感器，这些传感器组成了一个小规模的传感器网络。系统的核心控制单元采用了自己研发出来的智能控制算法，并且把风机和风阀这些通风设备连接到了一起。测试过程中模拟了普通人在里面工作、机器正常运转以及遇到突发火灾等情况下的多种环境状况，分别定了两个标准来作为启动控制措施的依据，一个是平时稳定的环境条件，另一个是在紧急情况下的快速变化环境条件。

5.2 运行结果与性能对比

在持续一个月的模拟运行试验期间，全新系统完成了环境数据的实时监测和数据传送工作。与老旧的定期通风方式相比，智慧调控平台在确保空气洁净水平的前提下，明显减少了超过 30%的通风耗电量。如果模拟场景中的烟雾浓度超出设定范围，系统会在几秒钟内触发警报，并迅速开启强力排风功能，紧急处理反应时间比老式的手动操作方式快很多。过去的数据整理结果显示，全新系统对于外界环境变化的调整显得更加平稳，没有出现老旧方式中过度调整或者反应迟缓的问题。

6 结语

这项研究主要关注如何提高地下人防工程环境安全保护的能力，特别针对通风系统和监测系统的详细分析进行了全面研究，证明搭建一个智能化并且高度整合的系统是非常必要的，并且完全能够实现。研究人员制定了一个完整的方案，这个方案包含了实时监控环境变化、确保信息传输稳定、利用智能手段进行控制调整以及提供直观的操作界面来进行管理。模拟测试的结果显示，这种系统可以很好地解决过去那种方式在实时反应速度、精确程度和多个环节之间的配合效率上存在的问题，明显提高了地下空间内部环境状况的监控效果和通风调节的自动化水平，同时还能帮助面对紧急情况时迅速采取措施。但是必须清楚地认识到，这种系统在长时间连续工作时是否足够稳定、能否很好地应对非常复杂多变的环境条件、以及如何高效处理大量不同来源的数据这些方面还存在不少困难和问题，这些都是今后研究工作和实际工程应用中必须要重点关注并尽快加以改进的地方。随着物联网技术、人工智能技术和边缘计算技术的不断发展和完善，地下人防工程的通风系统和环境监测系统肯定会朝着更加能够自主做出判断、实现多种功能的高度结合以及不同部分之间高效协同工作的方向不断前进。

参考文献：

[1] 闫建武.煤矿智能通风与监测系统研究[J].机械管理开发,2022,37(06):223-224.

[2] 孙勇.LKJ 设备运行监测信息化管理系统研究[J].铁道通信信号,2021,57(08):65-67.

[3] 孙伟征.计算机信息化视角下人防指挥通信系统建设[J].电子乐园,2023,(01):0025-0027.

[4] 胡永德.脊梁——献给地下人防工程[J].中国人民防空,2022,(12):66-66.

[5] 朱爱山周慧鹏.改扩建地下人防隧道通风除尘技术实践[J].地下空间与工程学报,2021,17(z1):463-468.