

# 物联网技术在抽水蓄能远程监测、预警的研究与应用

董 波

(国网新源安徽响水涧抽水蓄能有限公司, 安徽省芜湖市 241083)

**【摘 要】** 物联网技术为输变电设备状态监测、状态检修提供了新的智能化手段。本项目涉及抽水蓄能电站中重要数据的监测、远程实时预警、无线网络、数据传输、通信协议、通信机制等多方面内容, 以射频识别(RFID)技术、无线传感网(WSN)技术等先进物联网技术, 对抽水蓄能电站输变电设备状态监测及远程预警系统制定了一套完整的智能电网检测系统。

**【关键词】** 物联网 智能电网 输变电设备状态监测 远程预警

## 0 引言

物联网是在互联网的基础上发展起来的, 除了融合了计算机技术、通信技术、RFID 技术外, 还引入了传感器技术。无线传感器网络作为物联网的支撑技术, 采用无线通信方式, 是一种新的信息获取和处理技术。通过在监测区域内部署大量的传感器节点, 经无线通信方式形成一个多跳的自组织网络, 实现对监测区域内感知对象的信息采集、处理和传输等。

目前在国内抽水蓄能电站生产中, 部分设备的重要指标数据需要人工读取、人工计算分析和人工储存, 信息化程度相对较低, 影响生产效率和增加生产成本; 有些设备由于所在环境的特殊性, 人员现场采集容易造成安全生产事故。虽然有部分地区六氟化硫密度读取用有线网络系统采集, 有线网络系统存在着网络安装布线困难、布线麻烦、布线不美观、布线成本高等因素限制其普及。六氟化硫密度对高压设备的绝缘效果影响很大, 所以对 SF<sub>6</sub> 密度实现监控对电站的运行安全非常重要; 同时 GIS 设备运行要求 SF<sub>6</sub> 密度超过警戒值需要立刻通知相关负责人, 以便及时采取相关措施。

与传统的有线监测方法相比较, 使用无线传感器网络进行电力设备监测有四个显著的优势: 一是传感器网络的自组性决定了网络的快速部署; 二是采集的数据可以通过主节点(网关)进行传送, 系统性能有质的提高; 三是网络具有较好的健壮性, 能够满足电力设备特定应用的需求; 四是电力行业需要数据系统平台可以监控区域进行全覆盖, 无线传感器网络技术可以弥补有线和电信运营商达不到的盲点, 给设备管理部门提供了一个选择。

## 1 项目简介

物联网应用可分为传感网络, 传输网络, 应用网络三层, 系统应用流程可分为: 首先对目标物体属性进行标识, 静态属性可直接存储在标签中, 动态属性可由传感器实时探测; 其次识别设备完成对目标物体信息的读取, 并将信息转换为适合网络传输的数据格式; 再次, 将目标物体的信息通过网络传输到信息处理中心, 由处理中心对物体信息进行相关的操作。系统的拓扑结构如图 1 所示。

基于物联网技术特点及优势, 结合电力生产现状, 对抽水蓄能电站输变电设备状态监测及远程预警系统制定了一套完整的方案。

本项目第一阶段对抽水蓄能电站输变电设备的 GIS 气隔六氟化硫密度、压力、温度等参数实施在线智能监控和预警; 同时我们在这套系统中留有扩展空间, 为下一步电站对其他各种参数的远程智能监测、监控带来便捷。

本项目涉及抽水蓄能电站中重要数据的监测、远程实时预警、无线网络、数据传输、通信协议、通信机制等多方面内容, 是综合采用各种先进的交叉学科技术的应用型系统。其主要内容模块分层如图 2 所示。

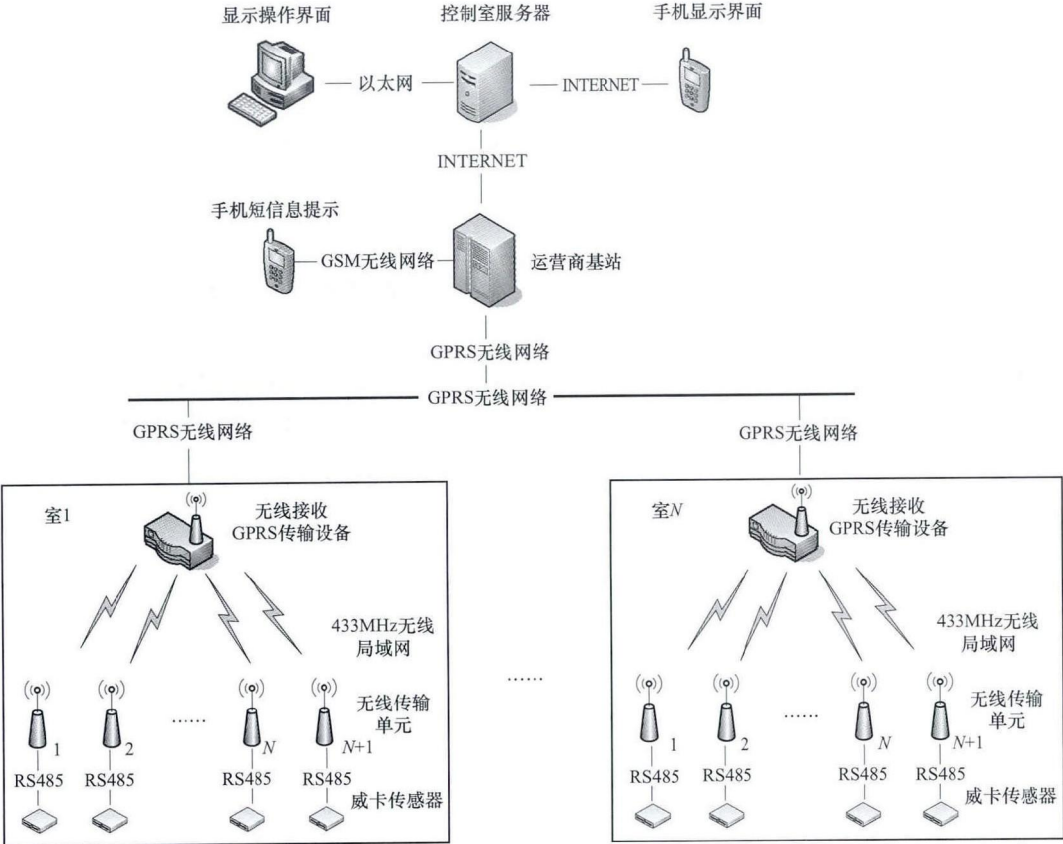


图 1 系统拓扑结构图

项目构建“感”“传”“知”三位一体的抽水蓄能电站远程监测、预警分析系统。多元/多接口/多信道通用传感网络终端单元提供统一传感平台，通用传感网络终端单元实现监测自动感应、数据自动测量；IP/GPRS/RF/ID/3G 联网监控实现异构系统互联互通，将数据传送至通用的互联网平台；系统数据库支持、数据融合挖掘分析技术、GIS 气隔 SF<sub>6</sub> 密度采集和监测技术、实时预警技术、C/S（客户端/服务器）信息汇集平台实现监测数据的自动分析，自动存储，自动远程预警。

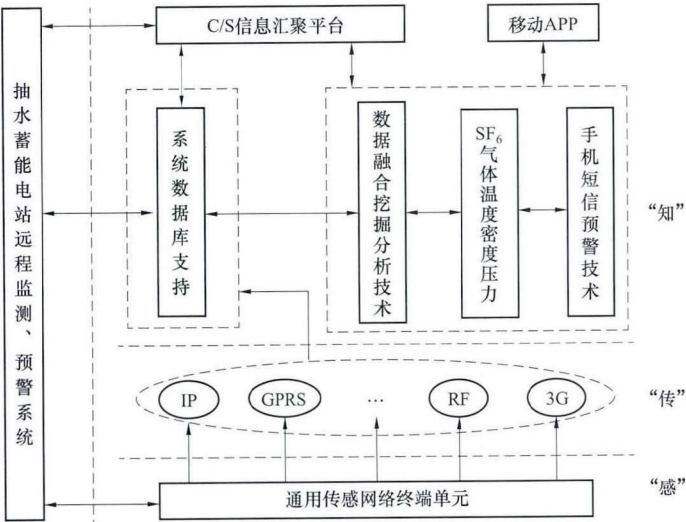


图 2 系统结构图

2 抽水蓄能电站传感网系统组成

为了构建抽水蓄能电站传感网系统，实现各类型、各地点传感网络终端单元互联互通，必须统一传输

平台，标准化通信协议，规范化数据模式。项目构建通用传感网络终端单元，利用无线接入技术或局部工业总线接入技术，实现信息交互和数据共享。

项目构建的抽水蓄能电站传感网系统如图 3 所示。其基于自主研发的多元/多接口/多信道通用传感网络终端单元，构建集监测数据采集，数据传输，监测数据自动分析监测数据报表曲线于一体的 C/S 层次化管理服务系统。

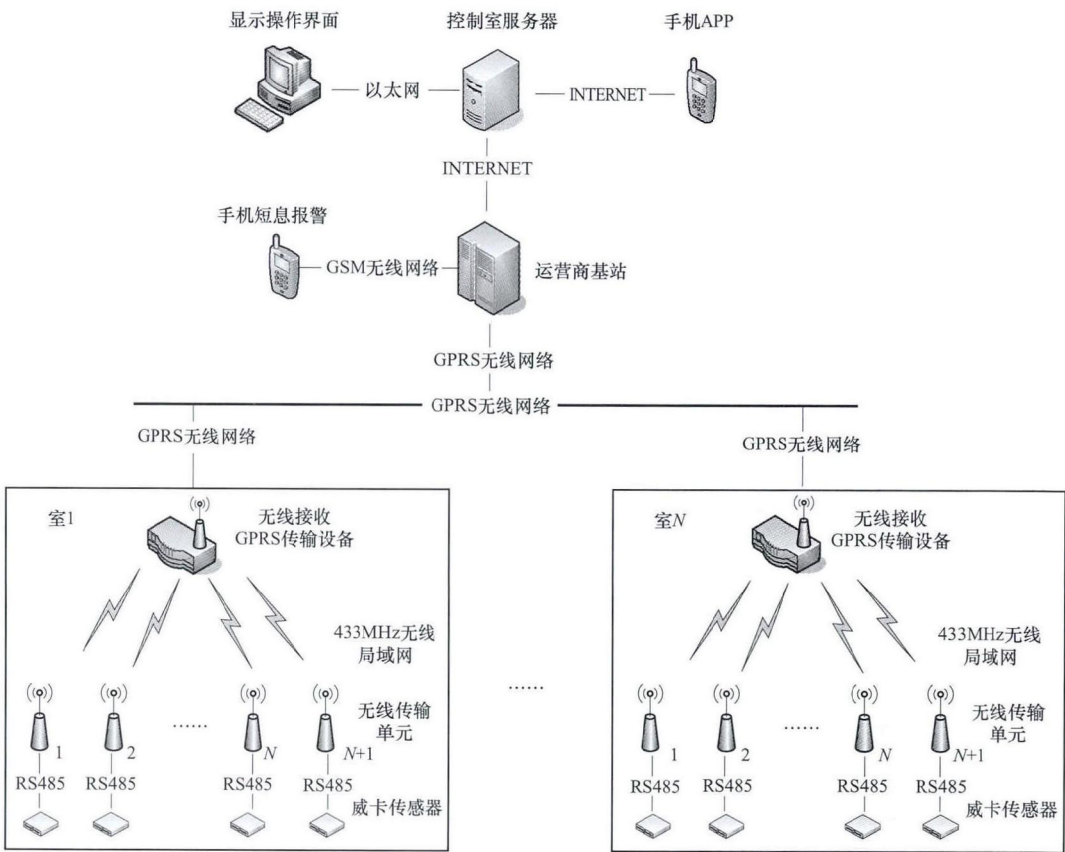


图 3 系统拓扑图

系统数据流层次结构如图 4 所示。以数据库服务系统为中心，选择、过滤、解析、融合底层传感网络的多源异构数据，使其对上层图形界面透明；作为数据库支撑，为用户图形界面提供动态的图元和数据调用；基于传感网络，实现数据交互共享，提升数据质量和可靠性。

多个传感网络终端单元采集到的数据到通过“通信协议”与网关（无线接收和 GPRS 远程发送设备）进行交互，采用可靠、快速、安全、通信距离远的通信协议，潜在成本低的通信方式。鉴于电站的 GIS 布置很不规则，弯曲多、障碍物多、遮挡物、距离远多等因素，采用 433MHz 频段在进行单元和网关之间的短距离通信。网关通过 GPRS 方式接入互联网与服务器进行通信。本系统监测中传感器采集的是数据量不是太大，采用 GPRS 通信可以大大降低通信费用。当单元将采集的数据传送给网关之后，网关将数据进行打包再通过与服务器的 TCP 连接来将打包好的数据进行上传，服务器收到数据后对其进行解析后发送到在线的客户端实时显示，并同时存放入数据库中，方便客户端查询。

2.1 SF<sub>6</sub>密度、压力、温度采集传感网络终端单元

在抽水蓄能电站物联网系统中，传感网络终端单元主要功能在于将各类参数数据打包，通过协议转换与通信平台，进行数据共享和交互。其信息内容包括 GIS 气隔 SF<sub>6</sub>密度、压力、温度等数据。对于该终端结构，一般考虑由收发通信模块、传感器数据采集模块、主体处理控制模块等模块组成。终端基本结构如图 5 所示。

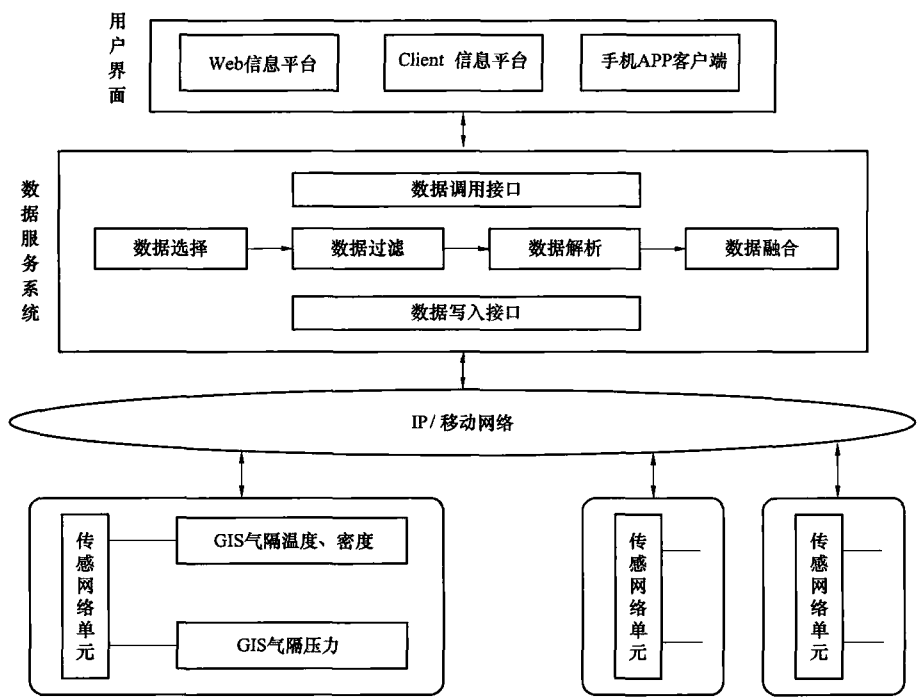


图 4 系统数据流层次结构图

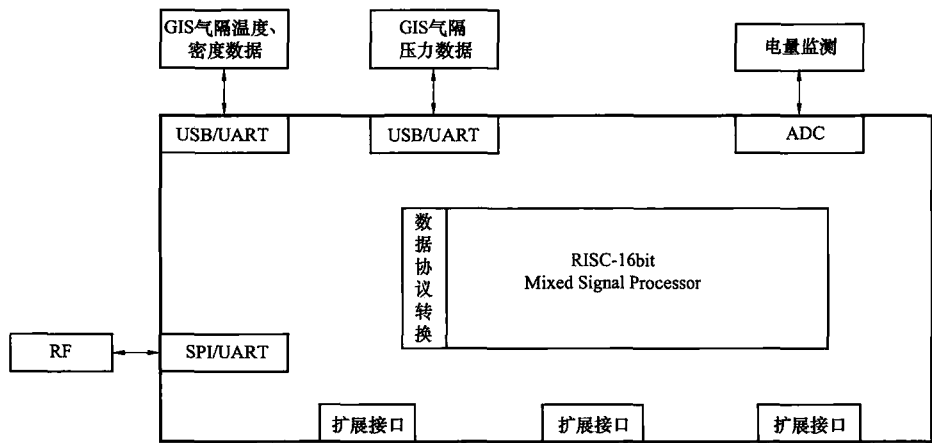


图 5 通用传感网络终端单元模块图

研发基于超低功耗微处理器 CC430 的通用传感终端，以构成传感网系统单元。其构成主要由三部分组成：CPU 系统数据处理模块、通信模块以及相关协议、传感器接入模块（包含 AD 转换、通用通信接口）。此单元将抽水蓄能电站相关设备中的 GIS 气隔 SF<sub>6</sub> 的密度、压力、温度等传感数据打包，通过我们自己定制的“通信协议”转换与通信平台进行通信。SF<sub>6</sub> 的密度、压力、温度传感器采用德国威卡的带数字输出的密度计，该密度计精度高、可靠性好。

2.2 无线接入通信平台：网关

在抽水蓄能电站传感网环境中，网关接收单元发送的无线射频信号，并将数据进行打包加密等操作后发送到服务器。无线接收 GPRS 发送设备通过 GPRS 方式接入互联网。无线接收 GPRS 发送设备与单元之间的射频通信距离为 100m 以上，并可同时与多个单元进行无线通信。无线接收 GPRS 传输设备采用工频 220V 交流电供电，可以安装在任何有通信运营商无线信号覆盖的位置。无线接收 GPRS 传输设备具有发送手机短信功能，该功能可以有效保证在气体泄漏到临界值时系统通知到相关人员。网关基本结构如图 6 所示。

2.3 基于 C/S（客户端/服务器）的检测、数据处理、预警和服务综合系统

在抽水蓄能电站传感网中，系统数据库处在数据流的中心，它是共享数据、数据自动分析中的数据仓库。系统数据库是需要进行交互数据库，传感系统向系统数据库写入数据。用户可以从系统数据库中获取数据。

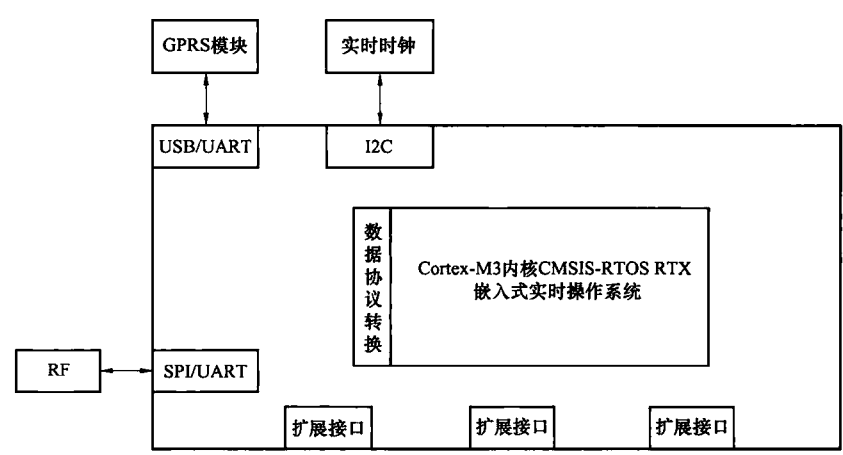


图 6 无线接入、接出通信平台：网关

传感数据通过异构网络传送至数据服务中心，经过数据服务中心的选择，过滤，解析，融合，最终写入系统数据库。

服务器程序主要运行在远程的 Linux 服务器上，考虑到本服务系统数据量、用户量级别以及经济效益，采用 MySQL 数据库可以很好满足本系统。

服务器解析好网关的数据之后，就会给在线的客户端主动发送实时的单元数据，客户端与服务器之间同样也是使用 TCP socket 通信。客户端作为人机交互的介质需要实现实时显示出服务器发送过来的实时数据，还需要发送一些对单元的设置指令，以及对历史数据的查询及导出。

客户端程序与服务器的连接采用了。Net 中的 TCPClient 的异步通信方式。采用回调方式来监测各项指令的执行状态。

显示位置实时状态采用了自定义控件 UserControl，在控件内部使用了 BindingList<T>加上数据绑定来实现的界面与数据的实时自动同步。

客户端界面主要由欢迎界面，主界面，历史数据界面，手机设置界面，以及其他设置界面组成。客户端主界如图 7 所示。

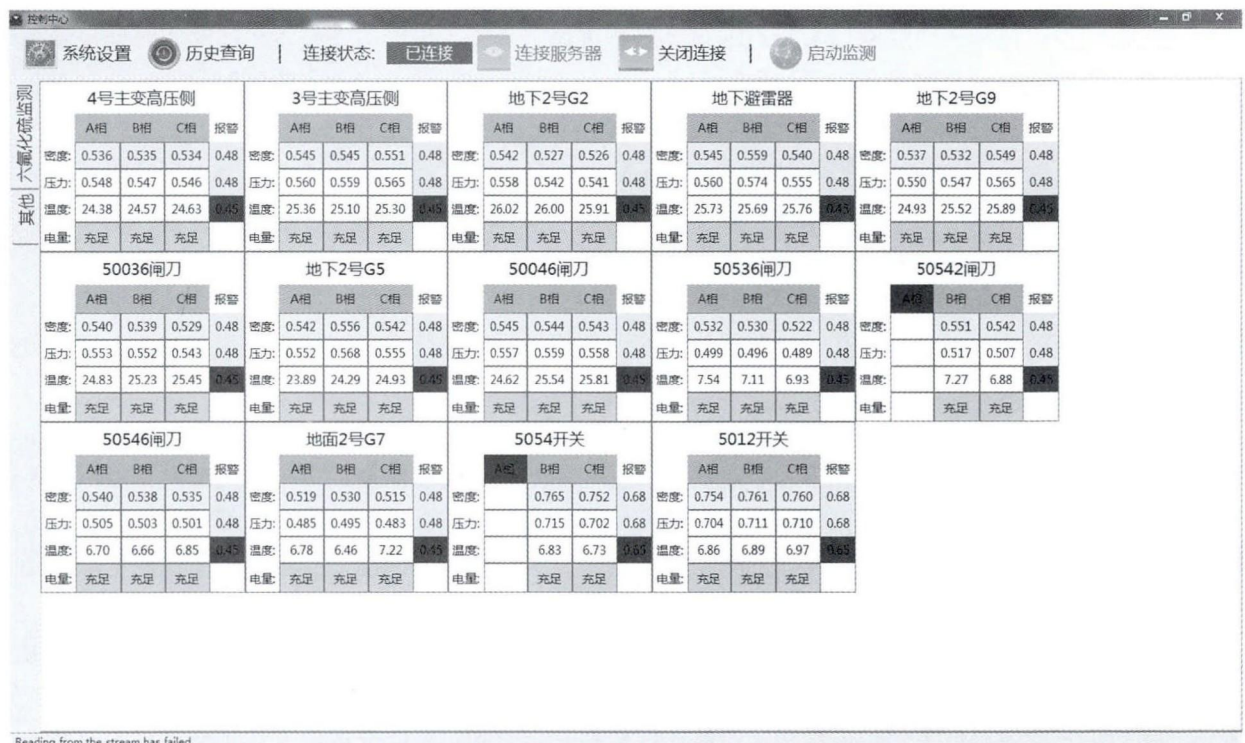


图 7 客户端主界面图



### 3 研究成果和创新亮点

物联网技术应用于抽水蓄能电站远程监测、预警系统的成功研发,实现了智能化远程监测高压设备中的 GIS 气隔六氟化硫( $\text{SF}_6$ )密度、压力、温度,是国内首次应用物联网技术对影响高压设备安全运行的绝缘气体六氟化硫进行远程监控、分析和预警,是国内“首台首套”设备。

(1) 填补国内高压设备中  $\text{SF}_6$  密度无线远程监测、分析和预警的空白。首次将物联网技术应用到抽水蓄能电站的输变电设备  $\text{SF}_6$  监测,本项目实现对输变电设备运行状态中的  $\text{SF}_6$  的密度、压力、温度的实时感知、监控预警、分析诊断和评估预测,其建设和推广工作对提升抽水蓄能电站智能化水平、实现输变电设备状态运行管理具有积极而深远的意义。实现远程监控数据、远程实时手机预警以及数据自动分析,从而弥补我国抽水蓄能电站中  $\text{SF}_6$  监测信息化程度不足的缺点。

(2) 有效控制了温室气体  $\text{SF}_6$  的排放。 $\text{SF}_6$  是《京都议定书》受控物质,具有很强的温室气体效应,温室气体潜值(GWP)高达 23 900 以上。《国家应对气候变化规划(2014—2020 年)》中明确  $\text{SF}_6$  是大气中吸收和重新放出红外辐射的自然和人为的温室气体之一,电力行业也被确定为重点排放单位,要求电力行业的企业严格控制温室气体排放。本项目应用物联网技术实现对  $\text{SF}_6$  的实时在线监测、分析和预警,能够及时发现  $\text{SF}_6$  的可能存在的泄漏。本项目研究成果对电力行业控制温室气体排放具有积极的意义,也填补国内的一项空白。

(3) 物联网技术在 GIS 设备中的应用为设备的状态维修管理提供科学性和可行性。随着物联网技术的不断发展,状态维修理论逐步运用于设备安全管理中。本课题应用物联网技术对 GIS 设备的  $\text{SF}_6$  密度、压力、温度实行长期的在线监测、分析和预警,应用层中的数据库系统长期存储每个 GIS 气隔得  $\text{SF}_6$  的数据,我们可以随时根据密度曲线图,来评估设备的运行状态,为 GIS 设备状态维修管理提供科学性和可行性。

以信息技术为支撑,构建基于物联网技术的设备状态维修安全管理依据。本项目的数据库和客户端软件提供以下便利:

(1) 直观性:在基于物联网技术的设备状态维修中,借助直观的图表曲线,使设备管理人员在 GIS 设备运作中,很容易发现设备潜在的问题。

(2) 实时性:在基于物联网技术的 GIS 设备状态维修管理中,借助信息技术,能够实时地反映系统的运行状况,能够实时地反映设备的维修保障需求,能够实时地掌握系统中设备的可用程度,能够对获取的或采集的信息进行实时处理,为管理者提供决策依据。

(3) 精确性:精确,是基于物联网技术的设备状态维修安全管理的目的之一。基于物联网技术的设备状态维修管理,是对设备系统实施精确管理的有效手段和方法。在基于物联网技术的设备状态维修安全管理中,能够实现对维修保障的各方面内容精确测量和管理。

(4) 可预测性:采用预先和计划的维修,能够提高装备完成任务的能力;采用预先和计划的管理,能够提高设备系统的运行效益。在基于物联网技术的设备状态维修安全中,这种预先和计划源于远程监控系统、和数据库系统。

(5) 免除了人工读表操作,有效地提高了生产力,提高了人员安全性。传统输变电设备中的  $\text{SF}_6$  密度监测,已有发展了很多年,监测设备和手段落后,有些还是人工读取数据。传统输变电设备监测还存在以下方面的缺点:传统人工操作,工作量大,并且已经不能满足可靠性和精度要求;部分设备高度较高,给读表人员带来人身安全隐患。物联网在  $\text{SF}_6$  密度监测、分析和预警的应用,全过程实现智能化,提高了生产效率,同时也杜绝了该设备安全隐患。

(6) 无线传感物联网  $\text{SF}_6$  密度监测系统安装方便快捷、监测可靠、扩展性好。目前,国内  $\text{SF}_6$  密度监测,除了一部分人工读取数据外,有少量监测采用 RS485 有线通信的形式读取数据,有线采集缺点:布线困难、接口单一、通用性差、扩展性弱,不能支持数据安全存储与智能分析,无法实现远程实时监控等;基于物联网技术的无线传感  $\text{SF}_6$  密度监测系统具有以下创新点:

1) 安装无须布线。从传感器到接收器装置、再到服务器全部采用无线通信方式,彻底摆脱了传统布线的诸多烦恼。

2) 监测可靠。采用无线传输方式,使用软件多重保证连接的可靠性,可以避免传统方案因线缆接头连接而导致的监测不可靠问题。

3) 扩展性好。新方案具有很好的扩展性,基于监测数据进行统计分析、数据建模、辅助决策、远程监控等。本系统可扩展诸如水位、水情、降雨量、泄漏电流、硅油压力等多项参数的监测中。

#### 4 结束语

建设坚强智能电网已成为未来电网的发展方向和既定目标。输变电设备状态监测是智能电网建设的重要组成部分,是实现输变电设备状态运行检修管理、提升输变电专业生产运行管理精益化水平的重要技术手段。积极引入物联网技术,有助于提升输变电设备监测诊断、运行管理的水平,推进智能电网建设。

物联网技术是以无线传感网络技术、射频识别 RFID 技术等作为物体智能识别、监测的手段,其无线传感网络技术可有效解决有线通信方式的弊端。本课题高压设备 SF<sub>6</sub> 密度、压力、温度监测是基于物联网的 RFID 射频识别技术以射频通信数据通信,并结合无线通信网络借助 GPRS 等无线远程传输方式,可实现对输变电设备的实时同步管理,为输变电设备状态监测提供了新的智能化手段。

物联网就其本身而言,代表了下一代信息技术的发展,而目前其发展正处于起步阶段,仍然面临技术完备性不足、产品成熟度低、成本偏高、规划管理、无线电频率资源合理安排及分配等诸多因素的制约,但随着各方面的共同努力,物联网将迎来美好的未来,对经济起到积极的推动作用。