

叶世山, 吴华灯, 罗运宏, 等. 智能化地震台站监控运维管理平台架构探究[J]. 华南地震, 2024, 44(4): 40-45. [YE Shishan, WU Huadeng, LUO Yunhong, et al. Architecture of Intelligent Seismic Station Monitoring, Operation, and Maintenance Management Platform [J]. South China journal of seismology, 2024, 44(4): 40-45]

## 智能化地震台站监控运维管理平台架构探究

叶世山<sup>1</sup>, 吴华灯<sup>1</sup>, 罗运宏<sup>2</sup>, 黄 晖<sup>1</sup>, 卢子晋<sup>1</sup>, 李晋恺<sup>1</sup>, 劳 谦<sup>1</sup>,  
丁莉莎<sup>1</sup>, 陈建涛<sup>1</sup>, 严 兴<sup>1</sup>, 邓 金<sup>1</sup>, 周健文<sup>2</sup>

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 珠海泰德企业有限公司, 珠海 519002)

**摘要:** 随着广东省地震局“十二五”、“十三五”规划的实施, 广东省的地震观测台站, 特别是无人值守台站的大幅增多, 地震台站运行维护和观测环境也越来越复杂, 迫切需要新的技术思路和管理系统对地震台站进行科学管理。针对地震观测台站的智能化运维管理平台技术架构设计进行探究, 为地震监测智能化、信息化发展提供服务及技术支持。

**关键词:** 地震台站; 智能监控; 运维管理; 监控运维

中图分类号: P315.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)04-0040-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.04.05

## Architecture of Intelligent Seismic Station Monitoring, Operation, and Maintenance Management Platform

YE Shishan<sup>1</sup>, WU Huadeng<sup>1</sup>, LUO Yunhong<sup>2</sup>, HUANG Hui<sup>1</sup>, LU Zijin<sup>1</sup>,  
LI Jinkai<sup>1</sup>, LAO Qian<sup>1</sup>, DING Lisha<sup>1</sup>, CHEN Jiantao<sup>1</sup>, YAN Xing<sup>1</sup>,  
DENG Jin<sup>1</sup>, ZHOU Jianwen<sup>2</sup>

(1. Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, China; 2. Zhuhai Taide Enterprise Co., Ltd., Zhuhai 519002, China)

**Abstract:** With the implementation of the “12th Five Year Plan” and “13th Five Year Plan” by the Guangdong Earthquake Agency, there has been a significant increase in the number of seismic monitoring stations in Guangdong Province, especially unmanned stations. The operation, maintenance, and observation environment of seismic stations have become increasingly complex, and there is an urgent need for new technological ideas and management systems to scientifically manage seismic stations. This apaper explored the technical architecture de-

收稿日期: 2024-09-10

基金项目: 广东省科技协同创新重点项目(2021B1111610008); 广东省地震局地震科研基金(重点实验室开放基金)项目(GDDZJ202201)联合资助。

作者简介: 叶世山(1985-), 男, 高级工程师, 主要从事地震观测技术应用研究与地震台站运维工作。

E-mail: L143007@163.com

通信作者: 吴华灯(1980-), 男, 高级工程师, 主要从事地震观测技术研究和软件系统开发工作。

E-mail: gdea\_whd@aliyun.com

sign of an intelligent operation and maintenance management platform for seismic monitoring stations, providing services and technical support for the development of intelligent and information-based earthquake monitoring.

**Keywords:** Seismic station; Intelligent monitoring; Operation and maintenance management; Monitoring, operation, and maintenance

## 0 引言

随着广东省地震局“十三五”规划的实施,广东省的地震观测台站,特别是无人值守台站的大幅增多,地震台网功能得到了不断增强,监测能力也得到了进一步提升,但是台站的日常运行维护和管理业务量也随之剧增,管理上面临诸多问题。如台站运行环境越来越复杂,故障定位慢;运维工作繁重,缺少自动化工具和手段;运维管理没有电子化、流程化、标准化,工作效率低下等。近年来,地震系统在运维管理方面形成了以国家级中心、省级中心、中心站为主体的多级设备运维模式,研发部署了一些运维平台。如国家测震台网测震观测设备管理系统实现了台站及设备信息录入、维修维护记录、设备跟踪等功能,地球物理台网仪器维修管理系统实现了运维管理监测设备的维护维修、备机备件调拨等功能,中国大陆构造环境监测网络台站监控信息平台实现了GNSS设备的管理,以及一些省级地震局也建设了成熟度各异的运维管理平台。上述各平台系统只是对区域或部分学科的设备、或部分业务环节进行静态或动态管理,人工参与度较高。尽管中国地震烈度速报与预警工程项目配套了智能化监控运维管理系统,其监控仍未包括多学科仪器设备,不能完全满足应用需求。因此,为了有效解决台站运维管理面临的新难题,迫切需要新的技术思路和管理系统对地震观测台站进行科学管理,以有效提高台站技术系统的稳定性和管理的规范性,为地震数据连续可靠的产出和应用共享奠定基础。随着电子信息技术的飞速发展,物联网<sup>[1-2]</sup>、云计算、大数据等新兴技术逐渐在地震监测中发挥着重要的作用。根据《防震减灾“十三五”专项规划—地震信息化规划》<sup>[3]</sup>中提出的“智慧地震”发展战略,广东省地震局依托广东省科技厅协同创新重点项目“综合地震监测业务智能化管理平台研发与应用”项目,开发了一套支持地震行业

多学科仪器设备自动化监控、智能化运维管理、生命周期管理;支持观测数据质量实时评估分析、监测业务综合决策管理和观测数据综合服务,集信息大融合、大处理、大管理、大服务为一体的智能化地震台站监控运维管理平台。本文针对智能化地震台站监控运维管理平台技术架构设计进行探究,为地震监测智能化、信息化发展提供服务及技术支持。

## 1 台站现状及存在问题

当前大量的地震观测台站建设项目进入了运营阶段,而缺乏可借鉴和参考的海量地震观测台站运维管理实践经验;地震观测台站运维管理过程中涉及多种多样的台站类型(基准站、基本站、一般站、地球物理站等)、观测学科(地震动观测、流体观测、形变观测、地电地磁观测、GNSS观测等)、观测仪器种类(专业观测仪器、动环监测设备、通用设备等)、监测项目等内容,众多的数据条目在运维管理过程中面临着数据标准不规范不统一,信息集成、共享、流转效率低下;地震观测台站设备运行状态预警的及时性和有效性较差,缺乏精度可靠的运行状态异常预警方式及模型;地震观测台站设备运行监控指标的针对性和可靠性不高,地震观测台站设备运行具有一定的差异性和复杂性,目前缺乏对不同种类和型号的设备的针对性监测;缺乏具有针对性、操作性强的地震观测台站设备运行异常事件应急响应处理手段,快速准确响应机制成效有限。

## 2 总体架构

### 2.1 平台功能

智能化地震台站监控运维管理平台的主要由智能监控、智能运维、设备管理、数据管理、统计分析等功能组成。



图1 平台功能模块图

Fig.1 Function modules of platform

## 2.2 平台架构

智能化地震台站监控运维管理平台采用平台化设计,以数据采集平台构建功能平台;以监控、

告警、报表、智能运维等构建强大的功能服务平台;具体资源的管理作为基于平台的管理功能,具备以接口为中心的设计模式。

平台核心部分按层次划分可分为三层,分别是数据采集层、数据服务层和数据应用。

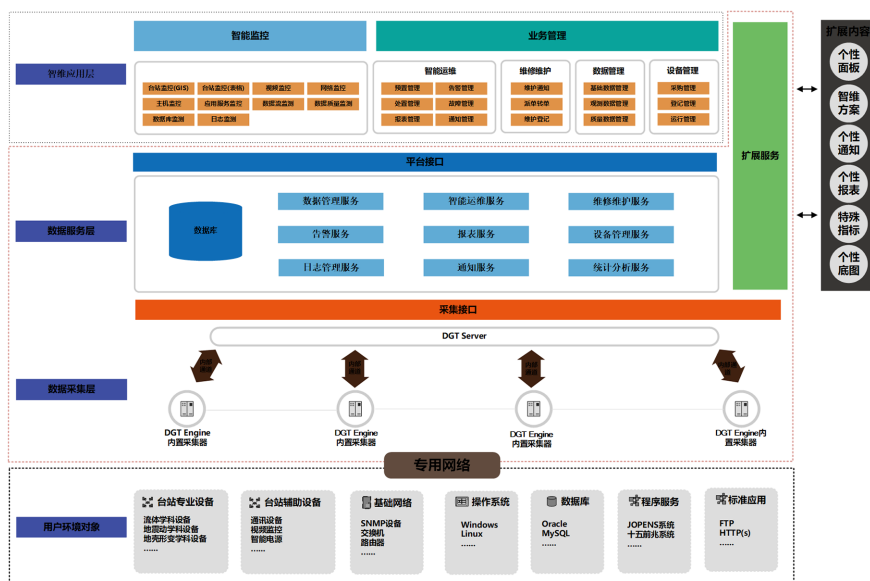


图2 平台架构图

Fig.2 Platform architecture

其中底层数据采集层可根据采集业务数量的大小充分利用分布式和负载均衡技术灵活实现包括各类地震观测台站专业设备、辅助设备、视频设备、网络设备;中心机房的主机、网络、操作系统、程序服务等各种类型监控对象的集成化状态采集及管理。

中层数据服务层主要以各种功能组件的方式实现各种系统核心服务功能,包括智能运维服务、数据管理服务、维修维护服务、告警服务、报表服务、设备管理服务、日志管理服务、通知服务、统计分析服务等。

应用层主要负责提供各种业务功能,包括智

能化监控、智能运维、维修维护、设备管理、数据管理等应用。

同时,平台提供了专业的数据共享服务功能,可用于不同级别或区域的平台之间进行数据共享,以实现分布式管理。

2.3 技术路线

智能化地震台站监控运维平台总体技术架构

充分复用成熟的平台、产品和组件,对业务场景和应用特征进行分类,采用全面解耦原则(业务与数据解耦、平台与应用解耦、系统部件解耦等),构建分层分级、开放的技术架构,软件总结技术架构如下图3所示。

平台开发涉及到监测数据采集、数据分析处理、可视化监控等业务,采用多种技术进行混合开发。

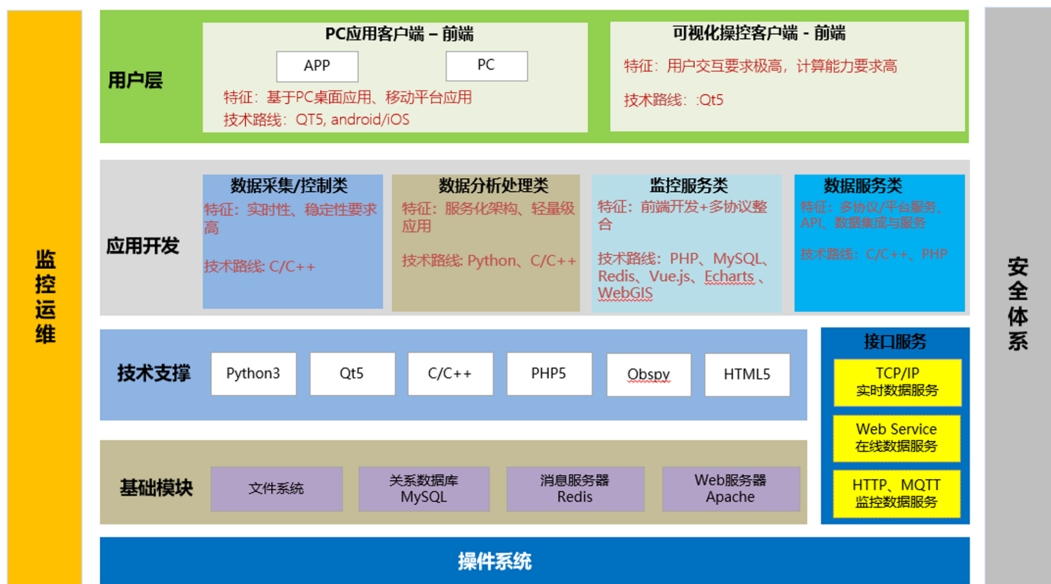


图3 平台技术架构图

Fig.3 Technical architecture of platform

平台开发主要采用前沿的开源框架及技术栈,可灵活根据需求部署安装于Windows、Linux等主流操作系统,系统通过消息服务器与别的程序模块进行集成与交互。

平台采用的数据存储及中间件主要包括有MySQL数据库(存储基础数据、运行参数等)、MongoDB数据库(设备监测数据等)、文件系统(观测数据等)、Redis(实时数据、消息队列等)、Apache/Tomcat(网页服务等)、Nodejs(服务接口等)。

平台后端开发采用的技术栈主要包括有Java(前端网页服务开发)、Python3(数据处理)、Node.js(系统服务接口开发)、C/C++(数据采集、数据流共享等)。

平台前端开发采用的技术栈主要包括HTML5、JavaScript、Vue.js、Echarts、WebGIS等技术。

3 关键技术实现

3.1 海量数据采集

智能化地震台站监控运维管理平台需要解决的首要关键技术问题是接入海量且种类繁杂的设备监测数据。本平台系统充分借助当前前沿的互联网、物联网、数据库和GIS等领域的技术手段,在结合地震行业地震监测设备特点的基础上,充分借用高新技术实现台站设备数据的智能化采集。

均衡采集命令:该平台通过智能控制,智能分配被管理对象的采集口令,忙闲配合,实现保证数据取值的前提下,对于设备的压力最小;智能错误处置:平台通过智能判断,对于被管理对象取值异常进行智能判断,避免由于网络突发异常造成的采集出错误报和频繁采集造成的设备压



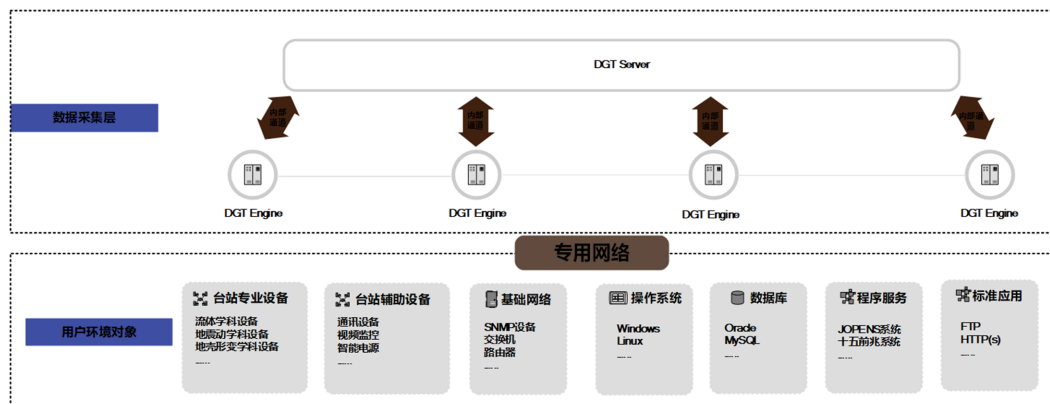


图4 平台数据采集技术构架图

Fig.4 Technical architecture of platform data collection

力；提供丰富的扩展接口，可方便的接入用户自行开发的采集探针，实现用户管理对象的便捷增加。

### 3.2 海量数据存储

智能化地震台站监控运维管理平台涉及到需要存储管理的数据种类繁多、数量巨大，针对不同类型的数据类型特点，本平台采用多种方式对数据进行存储管理。

**MySQL 数据库：**关系型数据库，主用于存储各种结构属性相对稳定的数据类型，例如台站参数、设备参数、运行参数、元数据等。

**MongoDB 数据库：**非关系型数据库，主要用于存储各种结构属性不稳定的数据类型，例如设备监测数据等。

**Redis 数据库：**Key-Value 存储系统，主要用于存储各种实时的数据类型，例如实时监测数据、消息队列等。

**文件系统：**文件存储系统，主要用于存储数据量巨大且结构稳定的数据类型，例如连续观测数据等。

### 3.3 海量数据分析

智能化地震台站监控运维管理平台设计的目标是实现对地震台站进行智能化监控与运维，因此需要对采集存储的海量数据进行实时或定期自动分析处理，为上层的自动判断、自动决策、自动运维等业务提供支撑。本平台的数据分析处理统一采用 Python 语言实现，依据 Python 强大的开源库可快速、高效实现数据的分析处理与展示，包括 Obspy、Pandas、Numpy、Matplotlib 等。

### 3.4 海量数据展示

智能化地震台站监控运维管理平台在落实智能化的运维的基础上，同时须注重运维可视化的实现，实现运维过程可视、可控，包括监控可视化、业务可视化、巡检可视化、数据可视化等<sup>[4-8]</sup>，为了高效、友好地实现平台系统的可视化需求，提高海量数据可视化展示的效果和交互的友好性，平台后端统一通过 JORN 格式将各种数据进行预处理和压缩，尽可能减少传输的数据量及前端处理的压力，前端采用 VUE 框架提高性能及效率。

## 4 平台应用

目前，智能化地震台站监控运维管理平台已经接入国家地震烈度速报与预警工程广东子项目建设的地震台站、广东省地震速报台网地震台站、广东省地球物理台网等约 1448 个地震台站的设备数据，实现了对广东省各类地震监测站智能化监控、运维和管理；当地震台站数据中断、台站设备故障、台站数据质量异常或者台站数据传输延时等情况发生时，平台后台第一时间启动指令修复，当无法自动修复时，将自动通过平台界面、手机短信、电子邮件、微信公众号等方式向运维技术人员发送异常警告信息；同时平台根据业务类型自动向运维技术人员派发故障运维工单，并及时自动跟踪和提醒地震监测台站故障处理进度。平台在广东省地震局的应用大幅提高了广东省各类地震监测站网的运行率及数据质量，极大缓解了广东各地震监测中心站运维人员的压力，应用成效显著。

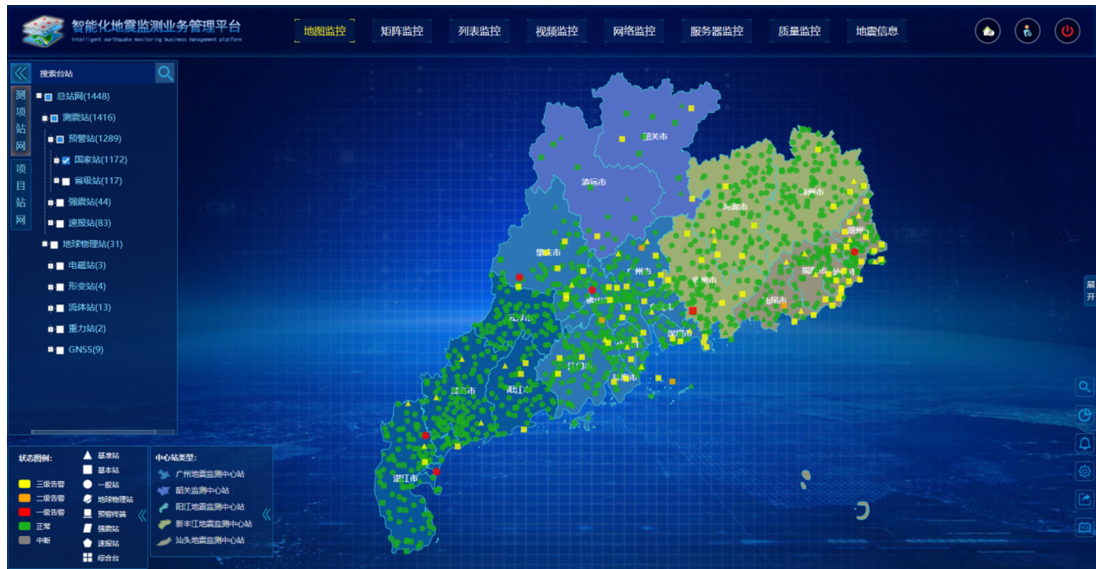


图5 平台对各类地震监测台站监控应用情况图

Fig.5 Application of platform for monitoring various seismic monitoring stations

## 5 结语

智能化地震台站监控运维管理平台在广东将各种类型的地震监测站(基准站、基本站、一般站、地球物理站等)进行了全链条智能化监控与运维管理,进一步规范了各类地震监测设备数据接口标准,实现了海量设备运行状态的智能化监控、故障智能化诊断自修复、运维智能化派发工单和进度自动跟踪,极大提高了广东地震台和各地震监测中心站的地震台站管理水平和运维能力,并形成了可借鉴和参考的各类地震监测站运维管理的实践经验。针对当前地震监测台站运维管理亟待解决的关键问题而研究设计的多层平台架构及功能体系,希望能为地震监测智能化、信息化发展提供技术借鉴。

## 参考文献

[1] 刘峥,刘青,渠海鹏,等. 基于物联网的温室环境智能监控系统设计与研究[J]. 电子设计工程,2021,29(05):12-15.

[2] 杨羽,刘阳,田晔,等. 基于物联网的智能地震台站运维平台的设计与实现[J]. 科技创新导报,2019,16(28):140-141.

[3] 中国地震局. 防震减灾“十三五”专项规划——地震信息化规划[EB/OL]. (2020-08-24)[2024-09-10].<https://www.cea.gov.cn/cea/zwgk/ghjh/5550188/2020082409061430913.pdf>.

[4] 杨晓明. 基于NB-IoT的地震台站运行状态监控系统[J]. 物联网技术,2020,10(06):17-19.

[5] 孔令爱,胡子超,王银龙. 地震台站运维信息化管理系统设计与应用[J]. 四川地震,2022,(03):42-47.

[6] 韩成成,王琐琛. 地震台站运行监控可视化平台建设[J]. 电脑编程技巧与维护,2021(10):39-41.

[7] 赖见深,全建军,林木金,等. 地震台站信息网络节点的网络安全管理与维护探析[J]. 网络安全技术与应用,2020(12):163-165.

[8] Astiz L, Eakins J A, Martynov V G, et al. The Array Network Facility seismic bulletin: Products and an unbiased view of United States seismicity[J]. Seismological Research Letters, 2014, 85(3):576-593.