

师宏波,王坦,张锐,等. 2023. 地震站网运行监控关键技术分析与实践. 中国地震, 39(3): 650~662.

地震站网运行监控关键技术分析与实践

师宏波¹⁾ 王坦¹⁾ 张锐¹⁾ 樊春燕¹⁾ 何案华²⁾ 张慧娟³⁾

1) 中国地震台网中心, 北京 100045

2) 应急管理部国家自然灾害防治研究院, 北京 100085

3) 杭州叙简科技有限公司, 杭州 311121

摘要 随着地震系统信息化和现代化推进, 观测站点数量不断增加, 地震站网运行监控势在必行。本文根据地震台网运行特点和实际需求, 从地震站网监控要素、运行状态流解析、故障判断与告警、数据质量分析、监控信息数据库存储等诸多关键技术进行分析研究。同时, 结合已有地震站网运行监控平台的研发实践, 给出具体的思路和方法, 并提出未来发展新考量, 为地震省域台网或其他行业站网监控提供参考。

关键词: 地震站网 监控技术 运行维护 信息化

[文章编号] 1001-4683(2023)03-0650-13 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

0 引言

中国是地震多发国家, 地震断裂带活动性较强, 经过几十年的发展, 分布在全国的地震观测站能够有效地进行断裂带活动性监测和地震速报, 并为地震监测、预报和预警提供基础观测资料服务。据统计, 全国已正式运行的测震台网(测震、强震动)和地球物理台网(GNSS、重力、定点形变、地磁、地电和流体)等站点数量达 6000 余个, 待“国家地震烈度速报与预警工程”(简称“预警工程”)建成, 站网数量将新增至 15391 个^①。地震台站运行正常与否和数据质量好坏会直接影响断裂带活动性或物理参数的正确获取和判断, 最终左右地震监测和预测预报的依据和结果。目前, 地震站网的运行管理和维护主体是各省地震局、中心台或台站值守技术人员, 站网运行情况获取以人工判断为主, 且运维管理方式方法较为简单, 个别省局或学科依托单位在站网运行过程中形成了相关系统或平台, 但存在方法单一、信息技术应用不足、实时性差、监控维度少、不成体系、台站信息化程度低、已有平台或系统老旧、功能各异不统一、缺少一体化监控等问题(钟磊, 2019)。随着地震系统站网改革和信息化、现代化推进, 地震站网运行监控平台可实时监视站网运行的状态和数据质量情况, 为站网运维提供了有效手段, 从而推动防震减灾事业现代化进展。监控涉及地震台站多种观

[收稿日期] 2022-05-24 [修定日期] 2023-03-22

[项目类别] 地震台站全流程一体化监控平台项目资助

[作者简介] 师宏波, 男, 1983 年生, 高级工程师, 主要研究方向为大地测量与 GNSS 地壳形变监测分析。

E-mail: hbshi@seis.ac.cn

① 中国地震局. 2018. 国家地震烈度速报与预警工程初步设计方案和投资概算报告.

测手段、电力系统、通信系统以及数据流、状态流和远程控制等方面,要保障专业观测数据稳定以及站网运维便捷、智能,经过实践检验的监控技术和方法显得尤为重要^②(左湘文等, 2021)。

1 架构设计

根据现有地震监测体系,地震站网运行监控平台按照业务层级可设计为接入层、数据层、应用层和业务展示层四层架构(图 1)

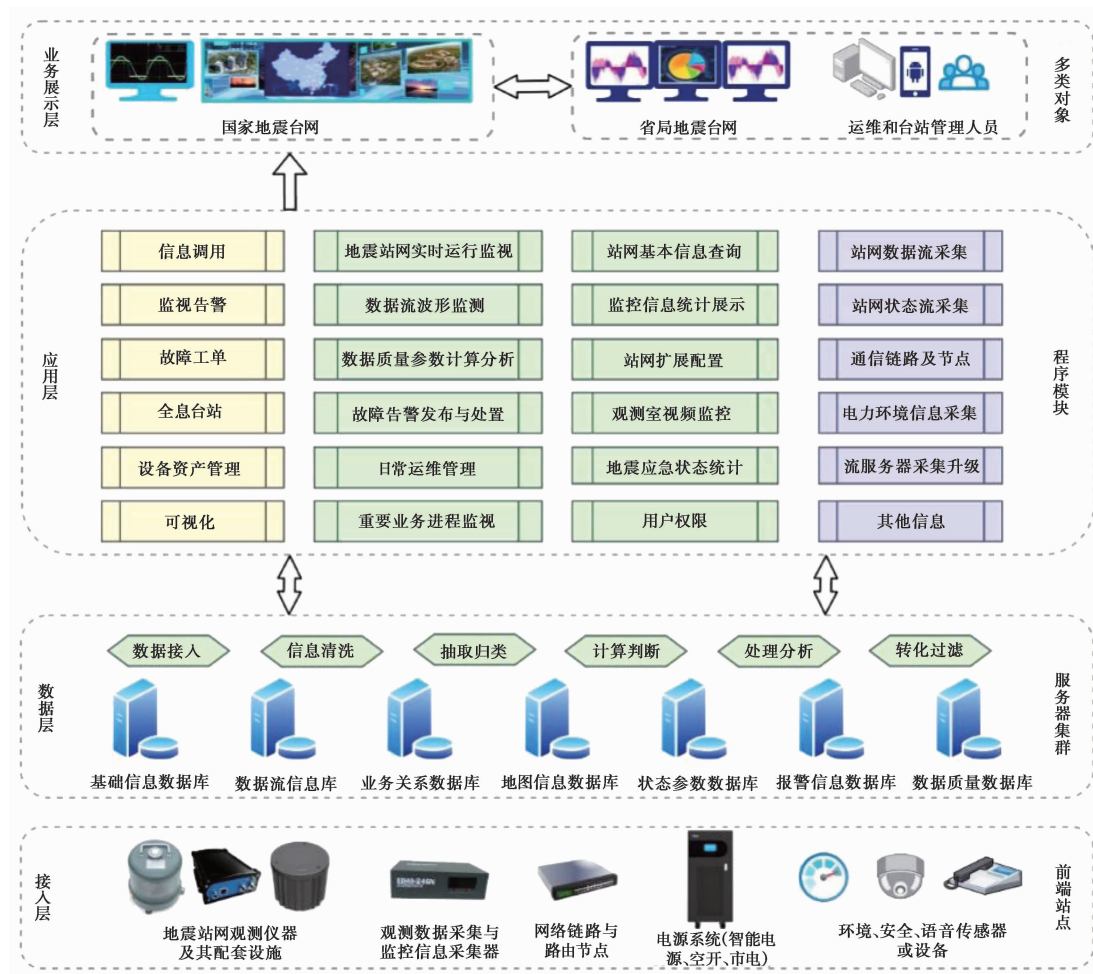


图 1 现有监控平台业务架构图

(1)接入层:省地震局平台应用流数据处理技术,对测震台网和地球物理台网一般监测站的监控信息流数据进行接入、解析和预处理,为数据处理分析、告警处理和可视化展示提供基本支撑。数据采集层支持多维的设备数据采集,包含观测设备、辅助设备、网络节点等

② 防震减灾“十三五”专项规划——地震信息化规划. 中震测发[2016]85号.

的运行状态、数据流状态等,支持 TCP/IP 等多种接口采集形式。

(2)数据层:基于监控平台的信息数据库,实现监控信息的存储和管理,同时具有对平台自身产生的业务数据、运行数据等数据库的访问和信息提取,运维数据的数据清洗、抽取、转换、过滤、计算等一系列功能,完成监控平台的监控信息的展示和统计。

(3)应用层:平台切合实际应用,形成观测数据流监视、观测设备与辅助设备状态监控、信息网络传输节点监视、动力环境安全监控、业务系统监测、监测故障告警与处置、值班管理、站网运行质量计算、统计分析 with 查询等系列应用功能^③。

(4)业务展示层:整个平台业务应用的终端设备展示和查看,主要包括:大屏、图形工作站和移动图形工作站等,直接为运维人员提供服务,也可在操作终端上直观地进行操作实时查看数据处理情况。

2 监控采集要素

监控平台的基础是采集或解析的站网运行信息,从监控要素的紧迫性来讲,平台首先要监视的是“有”、“无”的问题,如数据是否中断,电力系统是否正常等,其次才是“好”、“坏”的问题,如数据质量、站网连续性如何等。因此报警也应该分先后等级,并非所有的监视异常都要告警,也并非所有的告警都有高紧迫性而必须立刻处置,其中,以影响到数据产出和质量故障尤为重要原则。因此,对于台站运行状态的监视集中体现在影响观测数据质量的基本信息和动态信息的采集(吴小飞等,2021)。本文尽可能给出了必要的监控因素,在实际实施中可按需选择或补充。

2.1 基础静态信息

地震台站参数包含位置交通、地质构造、地基岩性、场地布局、观测设施、建站时间、测项组成、运维信息等属性参数;专用设备参数包含唯一识别码(SN)、制造厂商、出厂日期、设备型号、专业用途、观测精度、工作环境范围;通用设备参数包含其序列号、生产日期、厂家参数、用途等;通用软件参数包含其属性参数和部署参数等;其他参数可包含中心站地震监测人员的基本参数和岗位参数。

2.2 仪器动态信息

地震监测设备基本的采集监视项应包含设备整机状态、输入电压、机体温度、数据记录可用存储空间、授时和时间同步、运行连续时长、用户登录记录等必要因素。根据设备供应商开放的协议,对设备运行状态进行远程采集和控制,包括查看设备运行状态属性、实时数据、运行参数设置、变更与展示、远程断电重启仪器、时钟校对等协议规定功能。能够对供电系统的电压、电流、输出端口、负载电压电流以及观测室观测环境的温度、湿度、压强等监控状态进行采集。设备如异常或故障会首先进入自动处理流程,若能够自行修复,则系统只会生成自动处理的日志文件,对于不能自动处理的设备故障会直接通知相关管理人员和技术人员,并转入自动报修模块,等待系统派单维护。

除此之外,每套观测设备用途不同,采集监视的具体内容有较大差异,按照测震和地球物理台网设备分类归纳,如表1所示。

^③ 中国地震局. 2018. 地震信息化行动方案(2018—2020年).

表 1 地震台站观测仪器状态监控项

监控项	描述	涉及仪器	观测手段
加电运行观测状态	观测设备或仪器是否在运行的综合情况	数据采集器或主机；地震全部手段专业观测仪器或设备或传感器	全学科
仪器工作输入电压	提供给地震观测仪器或传感器工作的输入电压	数据采集器或主机；地震全部手段专业观测仪器或设备或传感器	全学科
仪器或设备内部温度	观测设备或辅助仪器机箱或主板温度	数据采集器；GNSS 接收机	全学科
设备自身数据存储空间	用于本地存储数据的空间量,单位:MB	数据采集器；GNSS 接收机	全学科
授时校钟状态	标准时间源对地震设备或辅助设备的内部时间伺服校准情况	数据采集器	部分学科
地震计校准状态	阶跃波信号校准	测震仪	测震
地震计观测系统标定状态	正弦波信号校准或是否按规定标定	测震仪；强震动仪	测震
南北向、东西向和垂向摆体零位电压	零位电压为 0mV,并符合规定范围	测震仪；强震动仪	测震、强震动
地震事件触发	在触发条件下生成一条记录	强震动仪；烈度仪	强震动
事件触发传输	地震事件触发信息传输正常	强震动仪；烈度仪	强震动
接收到信号的卫星数量	任何一个卫星系统所能锁定的有效卫星个数	GNSS 接收机	GNSS
最高高度角卫星信噪比	所接收到信号且高度角最高的卫星信噪比	GNSS 接收机	GNSS
电极供电电压	供电电压是否稳定	电极	地电
地电装置稳定性	稳定度降低情况	地电观测装置	地电
补偿(或偏置)电流	在补偿(或偏置)测量法中,流过分量线圈产生补偿(或偏置)磁场的电流	地磁观测装置	地磁
传感器漏电情况	检测传感器电缆(或线圈)是否有破损	地电、地磁和流体装置	地电、地磁和流体
水位仪量程超限	水位仪传感器处于量程最佳观测范围	水位仪	流体
流体传感器自校准	传感器自校准结果	流体传感器	流体
测氦仪固有本底	在没有被测辐射源存在的条件下,测量仪器的固有计数	测氦仪	流体
测氦仪工作高压值	选定的光电倍增管工作点电压	测氦仪	流体

2.3 观测数据信息

观测数据流或文件中包含的一些基本信息对于后续数据处理分析至关重要,缺失或者失真会导致结果偏差,具体参考监控内容见表 2。

2.4 辅助设施监控信息

辅助设备信息主要包括数据传输网络链路和供电系统,监控内容见表 3。

(1)网络链路:通过 SNMP、JDBC、JMX 等协议完成对网络设备监控管理,具备网络设备状态链路流量、网络设备配置信息的自动备份、变更对比等功能,其中备份功能可选择手动或者自动备份,具备动态的网管信息展现,包括端口列表、设备部件表等数据表以及网络设

表 2 观测数据监控内容

监控内容	描述
数据记录产出	观测数据记录是否正常产出
数据流的完整性	数据流是否丢包
数据流或文件内容记录格式规范性	数据记录和传输格式的正确性
数据采样率	数据记录的历元时间间隔
数据文件名或代码合规性	数据文件命名与代码的正确性
数据描述信息的正确性和完整性	时间、仪器参数等是否属实、完整

表 3 地震台站辅助设备信息

对象	监控内容	描述
网络通信	数据通信设备在线状态	使用 SNMP 协议查询设备是否在线
	设备接口连通状态	接口是否连通的状态
	设备接口带宽使用率	通信接口使用带宽与通信接口设定带宽之比的百分数
	设备时延时间	监测网络通信设备时延时间,单位:ms
	设备时延抖动时间	监测网络通信设备时延抖动时间,单位:ms
	丢包率	监测网络通信设备丢包数量与网络发送数据包数量之比的百分数
	内存使用率	设备已使用的内存值与设备总内存值之比的百分数
	存储空间使用率	数据处理设备已使用存储空间值与存储空间总值之比的百分数
电源系统	设备故障信息	设备 CPU、内存、硬盘等硬件的故障信息
	运行模式	供电设备运行时负载电力提供的模式,包括正常模式、放电模式、旁路模式三种。
	输入电压	交流市电作为供电设备外接输入时的当前电压量值或状态。
	输出通道状态	供电设备输出通道开关状态
	输出电压	供电设备各通道的输出电压值
	输出电流	供电设备各通道的输出电流值
	负载率	供电设备实际承担稳定的负载总功率与其额定输出功率之比
	负载总功率	供电设备提供电力的各负载功率之和,单位:W
	蓄电池剩余电量	蓄电池当前可用电量与其额定容量之比
	蓄电池放电剩余时间	供电设备在放电模式下运行,蓄电池当前剩余放电时间,单位:min
	蓄电池充电电压	给蓄电池充电当前电压值,单位:V
	蓄电池充电电流	给蓄电池充电当前电流值,单位:A
蓄电池内阻	蓄电池在工作时,电流流过蓄电池内部所受到的阻力	

备的端口流量、丢包率、错包率、ping 延时和丢包等运行参数,并可给出这些指标的趋势、平均值和最大值,为故障的预测提供有力的分析工具。对网络链路的监控能够及时反映网络设备运行状态的变化,具备拓扑设备的详细信息查询功能,实时跟踪和更新网络拓扑变更信息,支持网络设备面板状态仿真图图形化展示。

(2)电力系统:智能电源(或 UPS)监控可通过 RJ45 网口的 SNMP 协议、RS232 总线等方式进行监控信息和供电状态采集,包括输入市电电压,输出各路电压、电流、机内温度、负

载率、蓄电池充电电压、蓄电池充电率,接口状态等,并将采集的信息通过中央数据采集器进行实时处理、协议转换,传送到数据库服务器,再通过平台进行数据展示。同时,平台对电源进行远程控制,分路进行操作。

(3)视频监控:支持通过 SDK 或者标准化接口接入 DVR、NVR 或通过 RTSP 协议接入 IP 摄像机的视频监控图像功能,通过后台参数配置,实时对接一般监测站视频流信息,日常处于关闭状态,按需调用查看视频图像。利用增强视频行为识别侦测技术,当发现台站内外物体位移后,发送信号到摄像头和服务器,启动拍摄和录影,存储于省局视频监控平台,从而有效地提取和跟踪运动目标,异常情况出现时自动向值班人员进行短信或邮件告警,实现智能报警功能。日常无须实时记录视频文件或查看监控屏,以减少磁盘空间占用。除安全监视外,可通过视频实现与现场维护人员进行运维互动(钟乐海等,2021)。系统融合不同厂家、品牌、多种标准协议,支持不同分屏显示,具有查看历史视频记录及可追溯功能。

(4)温湿压环境监测:现场温度设备应具备能够监测台站观测室内的温度、湿度和压强信息功能,并支持 RJ45、RS232 串口协议对接,获取环境条件数据。

(5)其他传感器接入:通过平台远程实现观测室门禁系统开合,并记录时间等相关信息。同时支持水浸、烟感等环境监控接入。

3 监控功能关键点

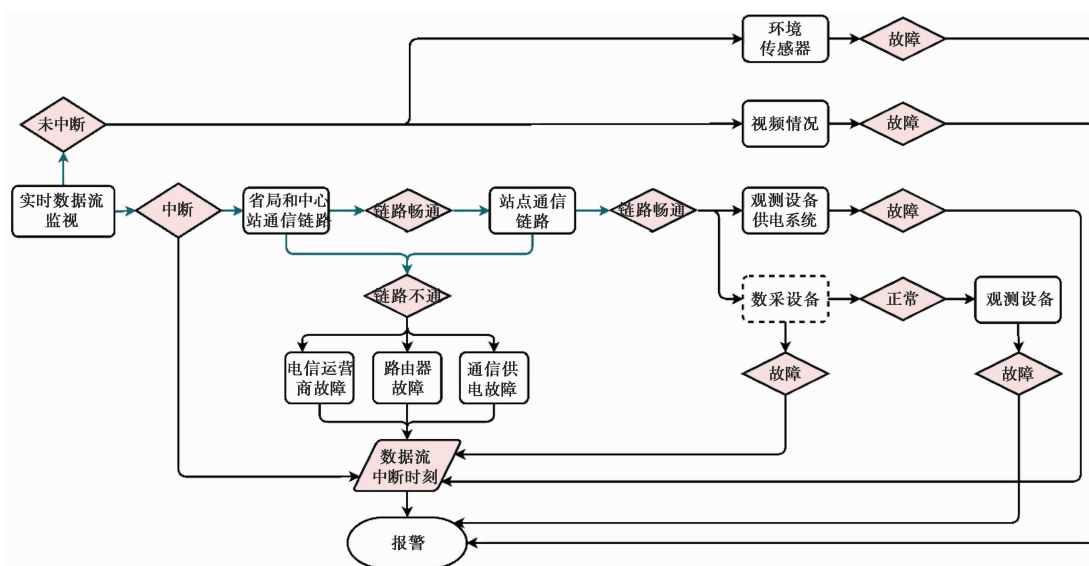
监控平台是用于状态显示、故障报警、运维处置、信息统计的综合平台,作为运维人员日常交互的工具以支撑业务,可包括地震站网运行监控的各个环节,根据重要程度,筛选以下五个方面阐述。

3.1 设备运行故障判断逻辑和报警

现代化的站网运行监控以信息“网络”为根本,因此,对于大多数台站,监控平台发现异常后,首先判断平台至站点的通信网络是否正常,若故障,直接按记录的中断时刻报警,作为该时刻台站的唯一报警信息发布,而台站前端包括观测设备在内的其他设备因网络中断而无法得知情况,暂不报警,待网络故障恢复后再进行运行状态判断。当然,对于有条件的站点增加 4G/5G 无线网络“旁路”,在有线网络中断情况下,做进一步判断。

以实时数据流为基础的报警逻辑:对于实时性要求比较高的监控对象或者以数据流为基础的业务通常采用此模式,如速报预警业务对测震台网的监视,即通过实时数据流的有无。若数据流中断,则记录站网故障秒级时刻,进而判断可能出现故障节点,依次为省局和中心站通信网络、单个站点通信网络、站点电力系统、数采设备(可选)、观测设备以及其他监控设备运行状态,系统判断出故障节点,以最先判断出现的相应的故障类型结合故障时刻,便形成了一条新的报警信息,若数据流未中断,则可进行观测环境、视频等辅助监控项(图 2)。

固定周期性监视模式:监控平台按具体业务需求设置监视时长(如 1min、30min 或更长),定时启动监控任务,对站网监视对象进行监视判断,逻辑顺序同上述实时数据流为基础的报警逻辑。由于存在固定周期性,无法得知精确的故障时刻,只能按照平台判断出故障的时刻进行记录,部分故障时间与真实故障时间存在误差,误差延迟的最大值取决于设定的固定周期,但这种误差对于非实时监控模式可忽略不计。例如,对 GNSS 观测设备文件本地存储空间大小的监视间隔为 24h。



注：虚框表示部分测项中无该单独设备。

图2 以实时数据流状态为初始判断的台站设备运行报警逻辑图

地震站网以地震监测、预报、地震速报和预警业务为主,特别是速报和预警业务对于观测数据的实时性和稳定性要求比较高,监控平台在架构设计时应将实时监视或准实时监视放在优先位置,务必对于实时数据流和站网传输信道为首要对象进行实时监视(韩成成等,2021)。针对实时性要求不高的部分地球物理观测台站,可设定监视周期实现“准实时”监视。

一般情况下,地震站网实时监控运行故障报警是即时的,可及时提供信息进行处置以减少故障时长。然而,在实践中,需考虑以下情况:

(1) 延迟报警。观测数据从地震站点传输至数据中心,通信链路长,数据交换节点多,难免会出现“闪断”情况(几秒或1~2min内自动恢复),这样的报警对于运维本身没有实际意义,因此在设计研发中要考虑“闪断”故障的核实时间,即从发现故障2min之后故障仍未消失则报警,否则不报警,但要作为一条故障记录存在历史故障库中。

(2) 合并报警。若省域或中心站管辖区域内地震站点大面积中断(50%以上),判断为省地震局或中心站业务技术系统出现故障,则不再进行单独站点故障报警,区域内所有站点故障只发一条报警信息。

(3) 派单跟踪,形成闭环。监控平台发出故障报警后,需要立即处置的台站故障,平台自动或值班员手动将故障问题及发生时刻和初判原因以特定形式形成故障处置单,分派给平台已录入的该台站负责人和维护技术人员,技术人员登录平台接受派单并及时进行现场故障修复(杨甜等,2019)。同时,可将修复过程照片、技术文档等上传平台作为凭证。当故障解除后,系统自动判定正常,派单结束,整个过程是闭合循环,便于故障处理节点跟踪。

3.2 数据质量监控

地震站网监控的目的是能够发现中断的数据链条,同时监视原始观测数据的缺陷,告知运维人员及时处理,保障数据质量。对测震站网和地球物理站网各测项运行质量进行监视,

按照数据加工程度分为几何质量和专业物理质量。前者包括分析观测设备及网络设备的运行时长(连续运行率),数据记录的断记(数据完整率),数据有效率、观测环境的异常变化、数据格式规范性、日志的完整性等,应用自动化智能化标记分析技术,实现数据质量监视。后者对站网观测数据进行自动化专业预处理与分析,集成数据处理与分析算法,产出噪声水平、功率谱、零点漂移、信号突跳、信噪比、多路径效应、数据重复性和测项分量一致性、潮汐因子精度和中误差、相对标准差等物理数据质量分析结果(周碧霄,2019;Zhao et al,2021),绘制专业数据质量评价图像,输出标准化的日、周、月、季、年地震站网运行质量报告。

数据质量报警阈值参照各测项或学科制定的运行评比、质量评价规范等相关规定进行设定。

3.3 测震台网流服务器改造升级

地震台站监控是辅助站网运行管理和维护的手段,其首要原则是不能影响正常业务数据的产出、汇集(周克昌等,2013)。测震和强震动台站通过测震流服务器将观测设备和数据采集器的数据流实时传输到省地震台网和国家台网,数据流中除了地震观测数据外,仅有少量仪器状态信息,如经纬度等。要获取其他重要信息则会出现以下情况:①另外增加信息采集设备,同时增加了台站负担和出故障的几率;②采集设备需要额外用户名登录地震数采设备,然而为保障观测数据的稳定,厂商对访问数采的用户数进行了限制,用户数过多就会影响数采正常运转。

基于以上两点,对于测震站点不建议增加额外监控信息采集设备,可通过对流服务器软件进行改造升级,将“过滤”掉的状态信息随数据流一同传回或者流服务器软件将数采的状态信息一并传回,这样监控平台可直接对接流服务器,从中同时获取强震、测震设备的数据流和状态流数据(图3)。该方式在“预警工程”新采购的流服务器中已经实现应用。

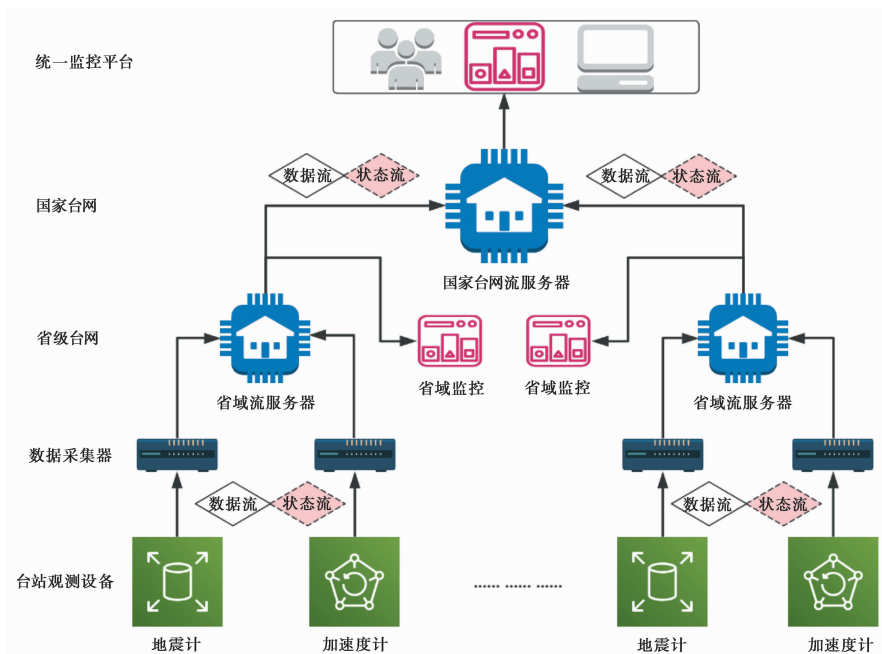


图3 测震流服务器升级后的站网数据流和状态流采集流程

3.4 监控日志与信息统计

3.4.1 自动日志

监控平台主要以通过信息化手段减少误判、提高运维效率为目的,平台应根据每日监控信息自动生成规定格式和内容的监控日志,由运维人员校核无误后发布或者运维人员手动生成当前时刻的运行日志,同样也可统计生成站网运维周报、月报甚至年报,这些日志或报表能够导出形成表格或文档,或通过 ElkStack 技术实现运维日志数据信息的收集存储、搜索、统计和展示。

3.4.2 智能案例库

报警的故障经台站运维人员修复,台站运行状态正常后报警解除,监控平台记录恢复时刻、恢复时长、故障类型等故障信息进入历史故障库,经过一段时间积累,台站运行记录自动形成案例库,平台可采用大数据分析技术,智能地给出类似问题通常的处置办法,以及对于易发故障的站点和时间进行预测预警,提醒台网运维人员,同时方便后续查询和统计。

3.4.3 查询统计与展示

监控平台可设置不同维度综合查询统计,可按时间段、空间范围(区域)、站网运维单位、故障类型、设备型号、学科类别、站点编号名称、运行状态等一个或多个组合关键参数进行查询,统计成表。同时兼顾用户自定义查询统计,支持对系统内各模块数据信息项进行自有选择、灵活布局操作,提供图表联动、数据钻取、数据切片器、OLAP 等交互式分析功能,实现对站网监控信息、观测数据、设备运行状态等数据的可视化统计分析,并生成分析报告。

统计展示。采用二维 GIS 技术、BIM 展示技术和 HTML5 等技术,通过列多种可视化方式,直观查询统计不同类别的台站运行情况。例如,通过类别树形结构、类别分类视图显示不同学科、测项设备、区域信息,故障频次、时长、类型等综合统计结果,可绘制折线统计图、饼状图、柱状图等绘图方式直观地显示各个台站监控信息和告警情况,查看分析图表和专题图。另外,可对接 EQIM 系统,及时获取地震三要素信息,当地震发生后,平台能够根据震级自动统计并生成距震中位置一定范围(可设定)内台站运行状态信息。

3.5 监控平台信息技术

采用分布式技术与微服务架构结合进行设计和开发,以满足为不同服务对象提供可伸缩、可扩展、灵活定制的个性化站网数据服务的需求。

3.5.1 监控信息分布式存储和热备份技术路线

实时监控信息量大且种类多,包括十几种观测仪器关键状态、通信网络、电源系统、观测环境等。另外,对实时性要求高且监控信息读写频繁,主要为实时监控的状态信息和报警实时跟踪信息,因此优化的信息存储方式十分必要。对于先行监控平台,采取“一主两从”分布式的方式(图4),即由监控平台采集的监控信息实时写入主数据库,同时主数据库通过数据同步技术同步到一个从数据库和一个备份数据库,监控平台调用的监控信息池为从数据库,将信息读写分开,提高平台后台支撑的效能,在平台和从数据库之间建立缓存机制,提高信息交换速度。同时,备份数据库也极大提高数据的安全性。

3.5.2 分布式处理技术

由于地震站网监控数据具有数据类型多、时空尺度跨度大等特点,地震站网监控数据服务云平台常常需要同时加工处理台站仪器、动环设备、网络等不同类型的地震站网监控数

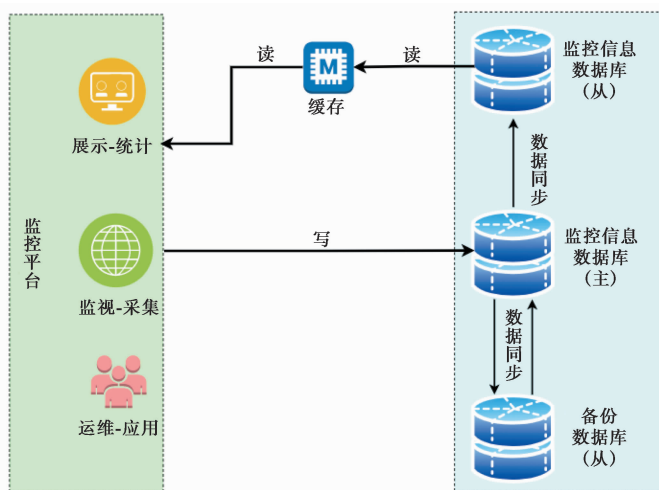


图 4 监控信息分布式存储和热备技术

据,将其加工制作成符合不同行业需求的服务产品,因此需要平台具有多任务并发处理能力,避免任务堆积。平台宜采用开源 Hadoop 架构的分布式计算云平台开发和运行处理海量地震站网监控数据的应用程序,采用分布式并行处理模型 Map Reduce 以及 Spark 内存计算技术实现海量地震站网监控数据并发的分布式处理,保证各种地震站网监控产品加工处理与服务的时效性(蒋雄伟等,2002)。

3.5.3 微服务架构与容器(Docker)技术

地震观测站点众多且仪器繁杂,适合采用微服务的架构。微服务架构是一种去中心化的系统架构,本质上也是一种分布式架构,其核心思想是将应用功能尽可能细地划分成独立的服务,每个服务都专注于单一具体的业务功能实现,服务之间采用轻量级的通信机制(通常是基于 HTTP 的 RESTful API)互相协调、互相配合,最终为用户提供符合不同需求的功能服务(孙海洪,2016; 韩万江等,2021)。

地震站网监控管理平台的微服务可由分布式 MySQL 数据库集群、HBase 集群、HDFS 分布式存储文件系统、分布式对象存储系统 OSS 结合 Elastic Search 的分布式索引系统提供基础数据支撑,面向不同服务应用的地震站网监控产品微服务功能封装到可虚拟化部署的 Docker 容器中,通过 Spring Cloud 实现服务发现与注册、配置管理、服务调用、服务网关、负载均衡、熔断、数据监控等功能(图 5),构建生产级的灵活扩展微服务应用,方便地进行地震站网监控服务的持续开发和集成(王坦等,2021)。其中,结构化数据采用 MySQL 数据库进行存储,非结构化数据基于内存或分布式缓存 Redis、MongoDB 等,业务系统信息通过 kafka、rabbitMQ 等消息中间件传输。

采用 Docker 容器可分别封装地震站网监控产品等基础数据解析、转换、统计加工、绘图等服务功能,以及面向监控服务产品加工处理服务功能等微服务,这些服务功能可应用 C、Fortran、Java、python 等不同编程语言开发,或应用到 NCL 等绘图工具包,业务部署时可以将应用及相关开发环境一起封装到可移植且相互独立的 Docker 容器中,实现快速简单的服务部署。

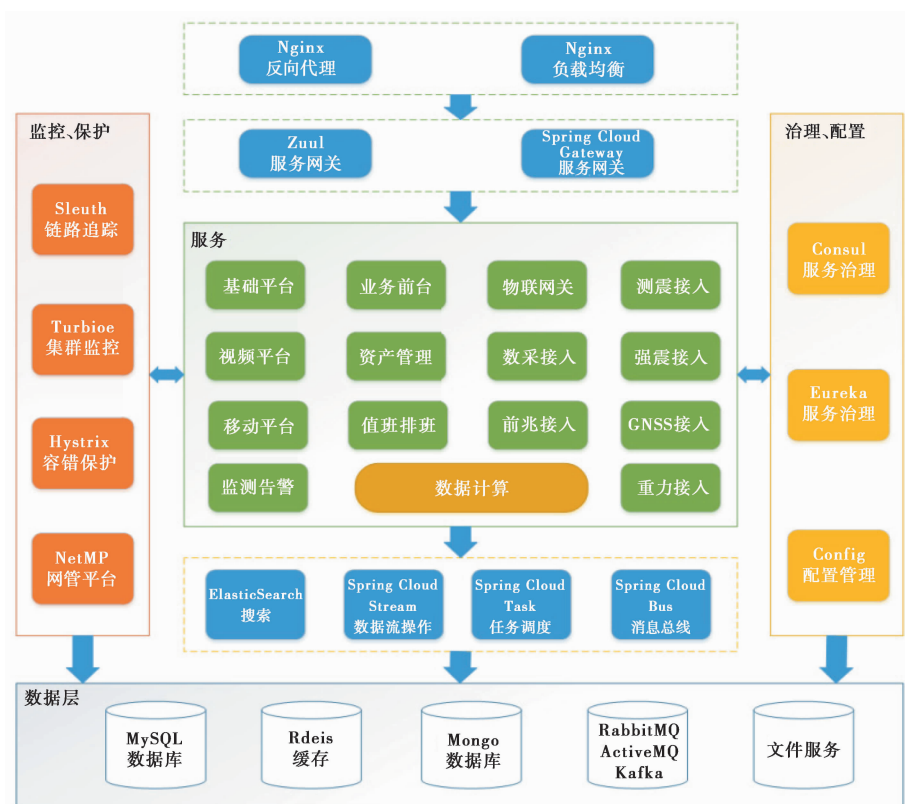


图 5 现有监控平台技术架构

3.5.4 监控平台可扩展性

随着监测预报需求变化,未来地震站网规模和仪器台套数也相应增长,因此,监控平台应具有后台添加标准台站各学科观测仪器和辅助设备的功能,以适应未来台网发展趋势。同时,预留标准集成接口,提供灵活可扩展的集成配置功能(马锐,2013)。允许用户通过添加观测设备基础信息、IP 地址、通道配置和主要参数等信息,即可满足对新增观测设备、辅助设备、视频及环境监控等设备的监控信息采集。允许用户通过修改报警阈值即可实现故障判断和定位的需求,根据台站设备特性及重点程度等级进行告警的个性化设置,可设置不同告警级别、触发条件和阈值范围等告警策略。

4 讨论与结论

经过“十三五”地震系统信息化工作实施,地震站网一体化监控实践初具规模,实现了对站网设备运行状态、网络节点、电力供给、环境参数,视频语音等实时监控,监控信息可进行 3D 全景动态与虚拟实体综合展示;实现数据质量在线分析,如站网运行率、数据有效率、断记、台基噪声、实时波形、功率谱图等十几种质量参数;具有自动故障告警、微信或手机 APP 信息发布,维护派单,台站基础信息库,多维度不同时间段信息统计,故障案例库等智能运维机制;建立了在线设备入库、唯一 ID 标识码、出库跟踪、库管状态查询等资产管理流程;具

备强大的可视专题与运维人员进行交互功能。总体上,监控平台从技术层面解决了之前地震站网运行状态无感知、运行维护效率低下、台网资产不明晰、数据质量非在线、网络链路节点无监视、台站动力环境信息缺失等主要问题,同时也统一了杂乱小平台的“烟囱林立”局面,体现了“业务扁平化”的思路,促进地震台网管理现代化迈上新台阶。

本文较为细致地阐述了地震站网监控平台研发的基本架构和技术流程,重点介绍了监控信息采集要素,对研发过程中主要的功能和技术关键点进行了深入解释和分析,为各省地震台网监控提供思路和技术支撑,同时服务地震台网业务改革。

然而,监控平台只是站网运管的手段,要不断提升地震站网运管朝着更加智能、便捷、高效的方向发展,建议着重考虑以下两点:

(1)地震监测站的标准化和信息化亟待加强。自1966年邢台地震起,经历1978—1995年期间不断建设,中国开启地震台站观测自动化历程,“十五”期间实施了“中国数字地震观测网络工程”,完成了地震台站仪器的数字化网络化改造,目前,全国可实时汇集和交换数据的测震台站达1155个,共有6个厂商的20个型号观测仪器和5个厂商的8个型号数采设备在网运行(梁姗姗等,2021)。另外,全国还有1041个地球物理台站共3348余套仪器在网运行,其中数字化仪器2924套,人工/模拟仪器424套。然而这些台站设备信息化标准化程度较低、仪器品牌和种类繁多,且新旧差别大,各厂商接口协议不统一,监控信息输出不全面,信息技术陈旧落后等问题导致国家级的业务平台无法进行真正意义上统一、一体化的台网监控,台站层面或是无信息接口和输出,或是无数据包解析协议、设备承载不起更多信息量、同一测项仪器杂乱、监控信息格式不一致、需要人工干预等。若信息采集无法到达监控平台,再强大的平台功能也只是“空架子”。因此,需要花大力气逐步淘汰老旧设备,提升台站信息化、自动化和标准化水平。国家重大科技基础设施中国大陆构造环境监测网络和“预警工程”项目在实施中吸取经验,采用全国相对统一的仪器设备、数据格式和管理模式,有利于统一标准,加快台站信息化进程。

(2)地震台站改革新形势下运维监控模式亟需升级。一般监测站以台站信息化改造升级为主,配置智能电源(含温湿压传感器,预留其他传感器接口)、改造网络设备、增配视频、音频设备等(给出升级改造设备清单和技术指标);中心站按照权限登录省局监控平台,获取管辖区一般监测站网实时监控信息,接收故障报警,实施故障现场处置,负责所辖站网日常运行维护,可远程对台站观测设备或辅助设备进行控制;省局台网集成部署监控平台,获取省局所属站网监控信息(数据流和状态流),统计分析省域站网运行情况,存储观测数据和监控信息,可远程对台站观测设备或辅助设备进行控制。配备相应的服务器和存储;国家台网统一研制监控平台从各省局监控平台获取全国站网监控信息(数据流和状态流),查询、统计、分析全国站网运行情况,存储观测数据。

智能监控平台需要人机交互。地震的发生关乎人类的生命和财产安全,关乎社会稳定和国家安宁,任何观测数据问题或技术系统故障均会造成地震速报或预警的不准确,甚至是错误信息,传播于众将会造成决策失误、社会恐慌、政府公信力丧失等系列恶劣影响,小到误听误判,大到财产和生命损失,影响经济建设和国家大局稳定。就目前站网运管情况而言,地震站网监控系统主要作用是解放人力,提高效能,而非完全代替运维人员,对于重大监控信息必须由运维人员核验无误后发布,这样才能确保运行信息的及时准确。

参考文献

- 韩成成,王瑛琛. 2021. 地震台站运行监控可视化平台建设. 电脑编程技巧与维护,(10):39~41.
- 韩万江,陈淑文,韩卓言,等. 2021. 基于微服务架构的分布式灾情管理系统设计. 中国地震,37(4):806~818.
- 蒋雄伟,马范援. 2002. 中间件与分布式计算. 计算机应用,22(4):6~8.
- 梁姗姗,邹立晔,赵博,等. 2021. 中国测震台网地震监测能力初步分析. 地震地磁观测与研究,42(6):68~75.
- 马锐. 2013. 基于监控平台的信息化运维管理平台设计. 信息安全, (10):161~163.
- 孙海洪. 2016. 微服务架构和容器技术应用. 金融电子化,(5):63~64.
- 王坦,师宏波,黄经国,等. 2021. 基于微服务架构的地震站网全流程一体化监控平台设计与实现. 地震地磁观测与研究,42(3):276~283.
- 吴小飞,谢志炜. 2021. 电网基建项目全过程智能化监控关键技术分析. 长江信息通信,34(9):102~104.
- 杨甜,殷志刚,祁振东,等. 2019. 远程监控系统在地震台站运维中的应用. 山西地震,(3):48~50.
- 钟磊. 2019. 面向气象数据监控系统的优化设计与研究. 硕士学位论文. 北京:北京交通大学.
- 钟乐海,李礁,包晓安,等. 2021. 公共安全智能监控平台关键技术. 兵工自动化,40(11):60~65,77.
- 周碧霄. 2019. 地震资料处理质量监控过程分析. 硕士学位论文. 北京:中国石油大学(北京).
- 周克昌,赵刚,王晨,等. 2013. 中国地震前兆台网观测技术系统整合. 中国地震,29(2):270~275.
- 左湘文,张磊,薛箐箐,等. 2021. 国家地面气象观测站运行监控与技术支持系统设计与实现. 气象水文海洋仪器,38(2):83~85.
- Zhao M, Ma J H, Chang H, et al. 2021. General seismic wave and phase detection software driven by deep learning. Earthq Res Adv,1(3):100029.

Analysis and Practice of Key Techniques for Operation of Seismic Monitoring Station Network

Shi Hongbo¹⁾, Wang Tan¹⁾, Zhang Rui¹⁾, Fan Chunyan¹⁾, He Anhua²⁾, Zhang Huijuan³⁾

1) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

2) National Institute of Natural Hazards, MEMC, Beijing 100085, China

3) Hangzhou Xujian Technology Co., Ltd, Hangzhou 311121, China

Abstract With the development of informatization and modernization of seismic system, and the number of seismic network is increasing, it is imperative to monitor the operation of seismic network. According to the characteristics of seismic network operation and the actual demand, this paper analyzes and studies many key technologies such as monitoring main elements, operation status flow analysis, failure judgment and alarm, data quality analysis, monitoring information database storage, etc. Moreover, combined with the research and development practice of the existing operation monitoring platform of seismic station network, the specific ideas and methods are given, and the new considerations for future development are put forward, which can provide practical reference for the monitoring of provincial seismic station network or other industries.

Keywords: Seismic station network; Monitoring technology; Operation and maintenance; Informatization