

董一兵, 朱音杰, 王仁涛, 刘檀, 2017. 基于开源 WebGIS 的测震台站运维管理系统的设计与实现. 震灾防御技术, 12 (2): 399—408. doi: 10.11899/zzyf20170217

# 基于开源 WebGIS 的测震台站 运维管理系统的设计与实现<sup>1</sup>

董一兵<sup>1, 2)</sup> 朱音杰<sup>1)</sup> 王仁涛<sup>3)</sup> 刘檀<sup>1)</sup>

1) 河北省地震局, 石家庄 050021

2) 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 合肥 230046

3) 中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077

**摘要** 本文介绍了一套测震台站运维管理系统的设计与实现。在研发过程中, 使用开源的 WebGIS 服务器 GeoServer 和前端技术 Openlayers, 实现了测震台站 WebGIS、在线式台站运维信息管理、台站仪器状态监视和台站故障统计功能, 对测震台站运维管理工作提供软件支持。系统在河北测震台网的应用效果良好, 具有一定的推广应用价值。

**关键词:** 测震台站运维 管理信息系统 Web 服务 开源 WebGIS

## 引言

台站管理是区域测震台网中心的一项基础性工作, 涉及台站规划、建设和运行维护的全过程, 其中, 运维阶段的管理是整个管理工作的中心环节。台站运维阶段管理的目标是通过一系列管理手段的实施, 提高台网的实时运行率和数据可用性, 保证台网业务系统的稳定运行。台站运维工作的主要内容是台站基础设施、专业设备的维修维护和升级改造, 在工作过程中会积累大量的工作日志和技术档案, 这些记录是反映台站运行情况的基础资料, 具有重要的应用价值。比如, 通过定期对台站故障频次进行分类统计和分析, 可以获悉导致台站断记的主要因素, 从而为台站的升级改造提供决策依据。测震台站通常是无人值守台, 台站维护需要借助计算机网络和应用软件完成。近年来, 随着中国地震背景场探测项目、地震烈度速报和预警项目等一系列项目的实施, 测震台网的规模日趋庞大, 台站维护任务日益繁重, 传统的记录和管理方式则较为简单、粗放, 不利于资料的重复使用, 研制专用软件, 为台站运维阶段管理过程提供服务, 提高管理效能, 已成为当务之急。为了提高台站管理工作的效率、提高运维档案的利用率, 我们研发了一套 B/S 结构的测震台站运维管理系统, 支持用户在 PC 端利用通用的 Web 浏览器管理台站数据, 在移动终端上远程检查台站运行状态。与传

**1 基金项目** 河北省科技支撑计划项目 (15275402D), 测震青年骨干培养专项 (20140303), 地震科技星火计划项目 (XH17007) 和河北省地震科研基金 (DZ20170109002) 联合资助

**[收稿日期]** 2016-05-10

**[作者简介]** 董一兵, 男, 生于 1983 年。工程师, 博士生。从事区域测震台网工作。E-mail: yuehun06@163.com

**[通讯作者]** 朱音杰, 男, 生于 1986 年。工程师, 学士。从事区域测震台网工作。E-mail: 526252372@qq.com

统 C/S 结构的应用程序相比,这种瘦客户端的应用架构具有更好的可维护性、可扩展性、可移植性和较低的使用门槛。

WebGIS 是 GIS 技术与 Web 技术的有机结合,是在网络环境下传输、存储、处理、分析、显示与应用地理空间信息的分布式系统(孟令奎等,2005)。开源 WebGIS 是源代码开放的 WebGIS 平台(魏波等,2009),与商业平台相比,具有低成本、可定制、跨平台的特点。WebGIS 被广泛应用于社会各个领域(刘吉夫等,2003)。近年来,在地震行业,也涌现出一系列基于 WebGIS 的应用,涉及监测预报、应急救援、震害防御 3 大体系(赵曦等,2014;胡斌等,2014;屈佳等,2014;班亚等,2014)。在系统中,我们利用 GeoServer 搭建了开源的台站电子地图服务器,利用 OpenLayers 实现了台站电子地图的远程接入。

## 1 需求分析

### 1.1 测震台站的维护工作

在区域测震台网中心,台站运维的日常工作通常包括检查状态、发现故障、远程维修、监控服务器/工作站、通信链路等。台站发生故障时,首先判断故障类型(表 1),然后登记台站维护日志。台站故障总体可分为断记和病态运行 2 种情况。断记是指实时数据流中断,导致断记的主要因素有外部供电停止、通信链路中断、数据采集器无输出等。病态运行是指数据流未中断,但仪器的健康状态指标超限,如地震计零点漂移、数据采集器的钟差过大等。仪器的病态运行会降低观测数据的质量,影响台网业务系统的资料产出,因此对仪器的健康状态进行检查是十分必要的。通过检查,不仅可以纠正病态运行,还可以预防断记。例如,可以对供电电压进行监视,当电压低于 11V 时,通常意味着外部供电停止,这时可以通过及时更换蓄电池来保证运行。有些故障可以通过远程维修解决,例如地震计零点漂移、数据采集器无输出等。无法远程修复的故障必须进行现场维修,涉及到设备更换的,应当记录仪器管理日志。远程或现场维修以后,应当及时更新台站维护日志。在维护过程中,要记录 4 类信息:①台站基本参数,主要包括台站代码、地理坐标、场地类型、仪器类型、启用时间等;②台站维护日志,主要包括台站的故障类型、处置类型、故障持续时间等。③仪器管理日志,主要包括仪器的标识、序列号、台站、启用时间等;④台站仪器运行状态,包括电压、温度、钟差、存储空间、机械零位等 11 个参数(董一兵等,2013)。

在以往的台站维护工作中,由于缺少专用的软件平台,各环节通常需要借助不同的工具完成,环节之间缺乏有效衔接和集成,导致工作程序繁琐、工作效率不高。例如,检查仪器状态要使用厂家提供的客户端软件,登记故障要使用 JOPENS 系统的台站日志,现场维修、仪器更新要借助纸介质或电子表格进行记录,这些过程会逐渐积累大量独立存储的档案资料,这些资料具有重要的参考价值,但难于保存、利用困难,尤其是纸介质记录,更容易散失。采用集成化的台站运维管理系统之后,可以对各类台站、仪器以及运维档案进行集中存储和管理,提高运维工作效率和技术档案的利用率。

### 1.2 功能和性能要求

系统应能够对台站运维过程中形成的各类信息进行管理,并提供人机交互式的图形用户界面,主要功能包括:

(1) 测震台站运维信息管理:支持对测震台站基本参数、台站维护日志和仪器管理日志的增、删、改、查操作。

表 1 台站故障类型编码

Table 1 List of codes of fault type

序号	代码	描 述	序号	代码	描 述
1	1000	正常	13	1232	脉冲标定异常
2	1101	外部供电停止	14	1299	未知原因的专业设备故障
3	1102	供电设备故障	15	1301	通信链路中断
4	1199	其他供电影响	16	1302	通信设备故障
5	1201	地震计无输出	17	1701	基础设施改造
6	1202	地震计零点漂移	18	1702	盗窃
7	1209	地震计不明原因故障	19	1703	观测环境变化
8	1211	数据采集器无输出	20	1799	其它人为干扰
9	1212	数据采集器时钟错误	21	1801	雷电
10	1213	数据采集器参数设置错误	22	1899	其它天灾影响
11	1219	数据采集器不明原因故障	23	1998	原因不明的数据中断
12	1231	脉冲标定无输出	24	1999	其他因素

(2) 测震台站仪器状态监视：对测震台站健康状态的信息进行定时采集和发布，对异常及时报警。

(3) 测震台站故障统计：对测震台站的故障类型、处置类型按频次进行统计，输出统计图表。

(4) 测震台站 WebGIS：支持缩放操作，提供地图配置选项。

系统的性能应满足下列要求：

(1) 健壮性：系统运行稳定；具有可靠的容错机制。

(2) 安全性：系统应与测震台网目前的技术系统良好兼容；提供认证机制，限制对重要数据的访问。

(3) 并发性：支持多用户并发操作。

(4) 易用性：提供友好的图形用户界面。

## 2 系统设计

### 2.1 网络结构

系统的网络拓扑结构如图 1 所示，服务器端采用分布式部署方式。采用分布式部署时，需要分别搭建几种服务器环境，包括 Web、WebGIS、消息和数据库服务器。其中，Web 服务器使用 Tomcat 6.0，它是 Web 应用程序的容器，打包后的 Web 源程序要部署到它的 webapps 目录下才能执行 (Chetty, 2009)；WebGIS 服务器使用 GeoServer 2.5，用于提供电子地图；消息服务器使用 ActiveMQ 5.10，用于管理台站仪器状态消息队列——服务器端程序从数据采集器接收状态数据，然后传递给 ActiveMQ，客户端程序从 ActiveMQ 订阅状态消息；数据库服务器使用 PostgreSQL 8.4+PostGIS，PostgreSQL 存储属性数据，PostGIS 是它的空间扩展，用于存储空间数据。

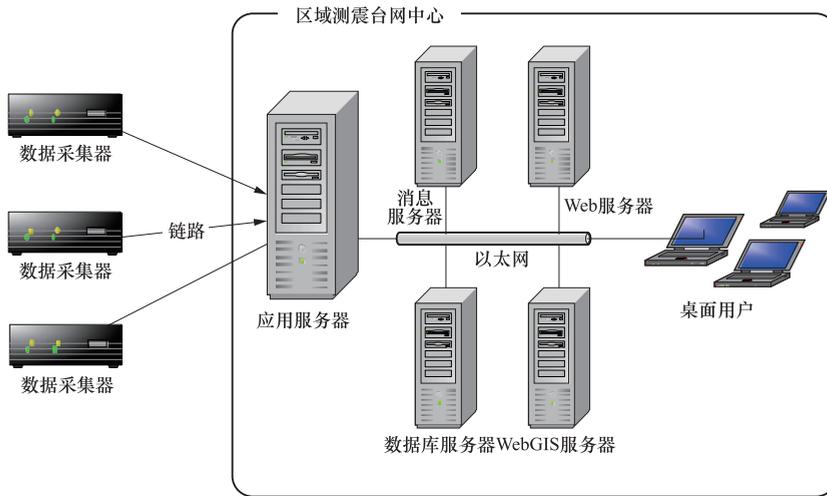


图 1 系统的网络拓扑结构

Fig. 1 Network topology of the SMIS

## 2.2 系统架构

系统采用分布式的多层架构(图2)。在服务器端,仪器状态数据采集服务从数据采集器查询得到仪器的状态数据,并传递给ActiveMQ;ActiveMQ管理名为SOH.TOPIC的主题队列,缓存状态数据并持久化写入PostgreSQL数据库;PostgreSQL存储属性数据,包括台站基本参数、台站维护日志、仪器管理日志和台站仪器运行状态;PostGIS存储空间数据,例如行政区边界和台站分布等;测震台站管理业务逻辑,包括台站运维信息管理、仪器状态监视和故障统计等功能模块,都被部署到Tomcat容器中,并发布为Web服务,在前端使用JSP调用;GeoServer

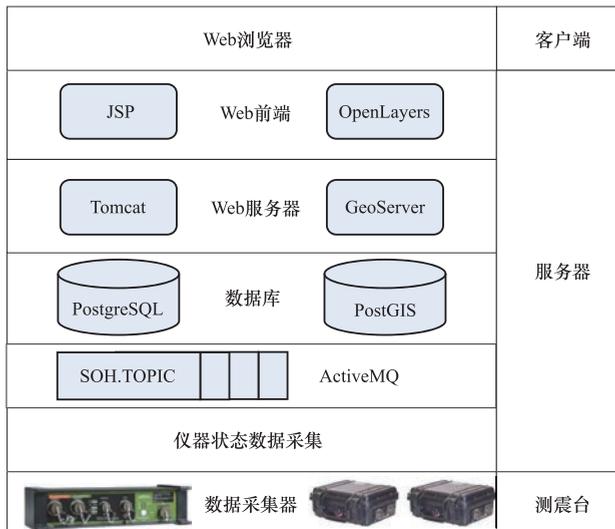


图 2 系统的体系结构

Fig. 2 System structure of the SMIS

将 PostGIS 数据源发布为 WebGIS 服务(Iacovella 等, 2013), 在前端使用 Openlayers 调用(Gratier 等, 2015)。在客户端, 授权用户使用通用的 Web 浏览器即可访问系统。

### 2.3 仪器状态监视模块的设计

目前, 在测震台网业务系统中, 已有对台站实时地震波形数据进行监视、报警, 并对台站实时运行率和数据完整率进行统计的应用软件, 但对台站健康状态的数据仍缺乏高效的利用。近年来, 各区域测震台网对通信链路、避雷系统和地震仪器相继进行了升级改造和更新换代, 台网的实时运行率和数据完整率得到了可靠保证。现阶段, 着力提高数据质量应成为台网运维工作的重点之一, 数据质量直接影响台网的监测效能。仪器的健康状态是影响数据质量的重要因素, 例如, 数据采集器的供电电压、机箱温度直接影响其正常运行, 钟差影响授时精度, 地震计的零位飘移降低系统的动态范围等等, 因此, 监视仪器的健康状态十分重要。JOPENS 系统在数据库中定义了健康状态数据表(Soh.table)的结构, 其中, 能够直接从数据采集器获取的数据及说明如表 2 所示。表 2 中定义的正常值区间是软件的缺省配置, 表示监测值落入区间内为正常, 否则为异常。

本模块由 3 个服务构成: 仪器状态采集服务、消息服务和 Web 服务。其中, 仪器状态采集服务与台站的数据采集器进行通信, 收集状态数据, 并交给消息服务(董一兵等, 2015); 消息服务管理状态消息的队列, 支持数据持久化选项; Web 服务提供用户访问状态数据的界面。

表 2 台站仪器状态参数表

Table 2 SOH parameters

序号	名称	含义	正常值区间	单位
1	Pwr_input	供电电压	[-9, 18]	V
2	Pwr_output	输出电压	[-9, 18]	V
3	Pwr_battery	电池电压	[0, 9]	V
4	Dsp_temp	主板温度	[-20, 60]	°C
5	Clk_diff	钟差	[-100, 100]	μs
6	Frq_diff	频差	[-10, 10]	PPB
7	Drive_free_space	存储器可用空间	[20, 100]	%
8	Z_mp_volts	Z 通道零位	[-1, 1]	V
9	N_mp_volts	N 通道零位	[-1, 1]	V
10	E_mp_volts	E 通道零位	[-1, 1]	V

### 2.4 用户操作流程

根据测震台站日常维护工作的一般程序设计了系统用户的操作流程(图 3)。用户登录系统后, 可以并行地执行台站信息管理、仪器状态检查和故障统计等 3 类操作, 当发现台站故障时, 首先需要记录台站维护日志; 然后, 根据故障类型进行维修, 若更换了仪器, 需要记录仪器管理日志; 最后, 当台站恢复正常后, 更新台站日志, 将处置类型、故障结束时间、日志内容和备注等信息补充完整。

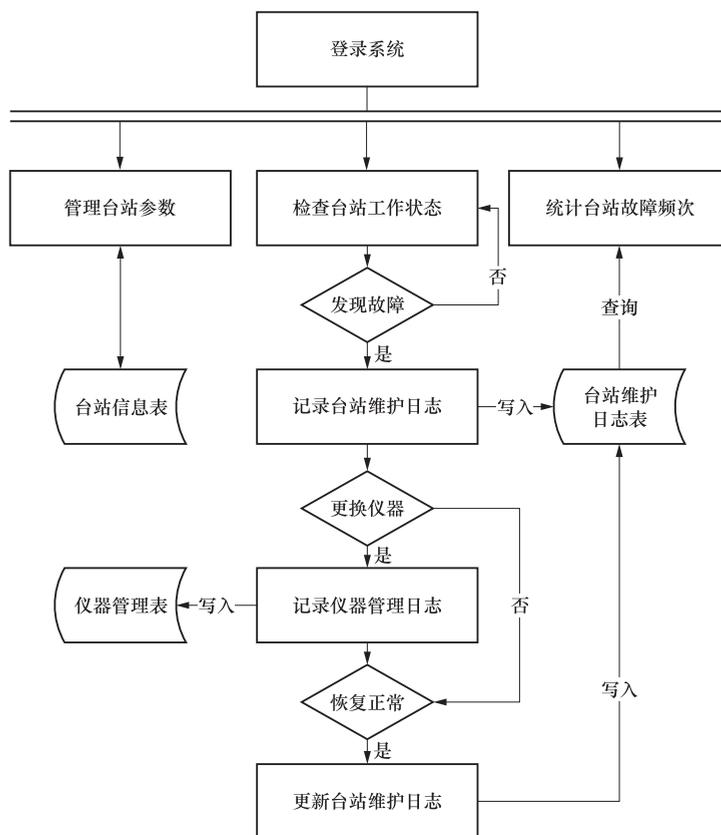


图3 用户操作流程

Fig. 3 Flowchart of User's business process

### 3 系统实现与应用

#### 3.1 系统主页

在客户端,用户在浏览器中键入服务器地址即可进入系统主页(图4)。主页顶部是系统LOGO和快捷按钮区域,中部是测震台站专题电子地图。地图左侧提供了“鱼骨”控件,可以对地图进行缩放;地图右侧是 WebGIS 配置区域,用户可选择关心的图层予以显示。无论是局域网用户还是移动用户,只要与服务器连通,即可访问系统,便于现场工作人员远程检查台站运行状态。

#### 3.2 测震台站运维信息管理

单击主页顶部的“测震台站管理”快捷按钮,可从地图左侧弹出功能区域(图5),自上而下依次是台站参数管理、仪器管理和台站维护日志管理。在“台站参数管理”区域,缺省显示测震台站列表,用户可以通过单击字段名称对列表记录进行排序,也可以修改单页显示的记录条数。工具栏上提供了基于“台站代码”关键字的模糊检索功能。单击某1条台站记录可以使 WebGIS 定位到该台站。缺省状态下,用户以访客身份进入系统,仅能浏览部分数据,没有修改数据的权限。要使用系统的全部功能必须以管理员的身份登录后才可通过单击“新增”、“编辑”和“删除”按钮执行相应操作。仪器管理和台站维护日志管理的界面与图4类似,不再赘述。利用这几项功能,当台站参数发生变更、仪器进行了置换或者更新、台站

基础设施更新时, 台站维护人员可以将这些变更记录到数据库中。当需要了解某台站的资料时, 可以利用模糊检索查询该台站的历史记录。

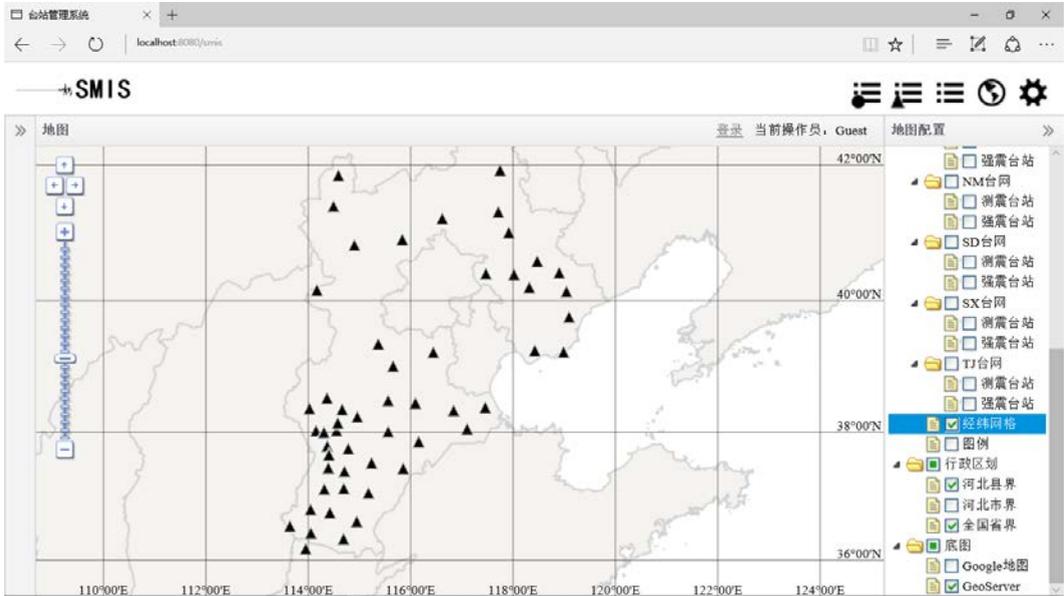


图 4 系统主页

Fig. 4 Main page of the system

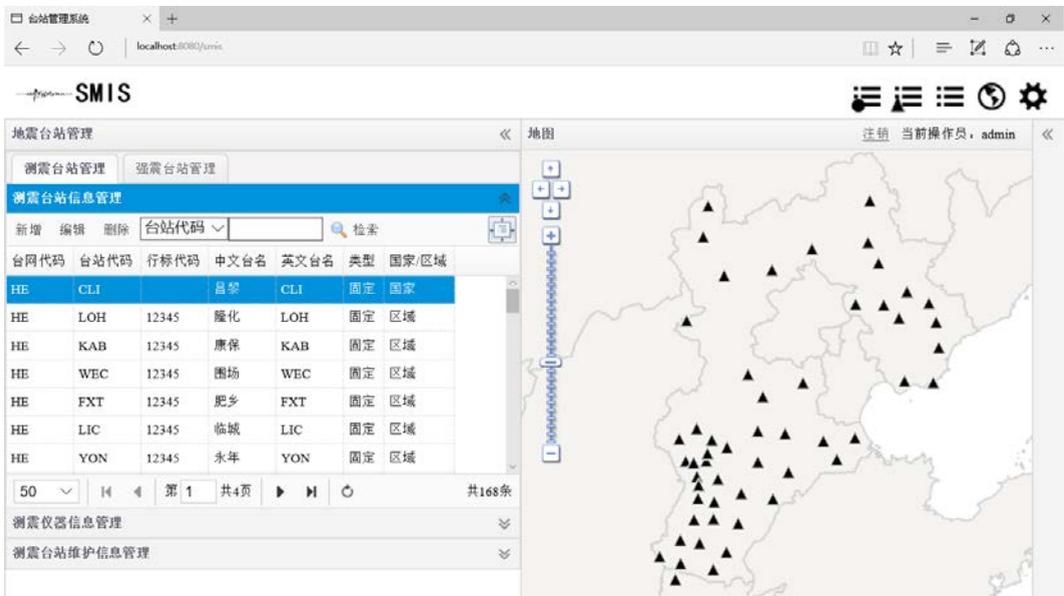


图 5 测震台站参数管理

Fig. 5 Parameter management of seismic stations

### 3.3 对测震台站仪器状态的监视

在台站列表双击某台站即可打开该台站的仪器状态监视页面(图 6)。页面上提供了 2 种

视图,即上部的数据列表和下部的仪表盘,2种方式同步刷新。根据系统配置的阈值范围(表2),仪表盘上的绿色区域表示正常,红色区域表示异常,指针随区域改变颜色,用户可以通过观察仪表的读数和指针的偏移了解台站仪器的工作状态,也可以自定义正常值的区间。比如,在实际工作中,测震仪器供电电压的正常值在12V左右,当遇到外部供电停止时,供电电压会逐渐下降,降至10V以下时,数采将不能正常工作,因此可以将供电电压的阈值区间设置为[10, 13],这样一来,当某台站的供电电压低于10V时,系统将发出报警提示。系统钟差和地震计机械零位也是对数据质量影响很大的因素,用户应当重点关注。



图6 测震台站仪器状态监视

Fig. 6 Operation state monitoring of seismic instrument

### 3.4 测震台站故障统计

从“测震台站管理”功能区可打开台站故障统计页面。用户设置“台网”、“台站”、“故障类型/处置类型”、“开始时间”和“结束时间”之后单击“统计”按钮,系统将按照用户要求对台站维护记录进行统计并输出统计图表,用户可以获得各类故障的分布情况,并从中找出主要故障。图7是河北测震台网2014年故障统计饼图,从图中可以看出,外部供电停止在所有故障类型中占比最高,达到48%,这提示用户下一步应重视台站的市电供应情况,及时更新UPS和蓄电池。通信链路中断的情况占比达到13%,也属于比较多发的故障类型,这提示用户应当加强与网络运营商的沟通和协调,督促运营商提高通信链路质量,加快故障处理速率。

### 3.5 系统应用

河北是一个震害严重的区域(王想,2016),提高河北测震台网运维工作的效率有利于保证台网的监测能力,使之更好服务于防震减灾事业。2015年以来,系统在河北测震台网进行了应用。我们将2014年的台站故障记录导入系统,并进行了统计,结果表明,外部供电停止和通信链路中断是导致台站断记的最主要因素,占到故障总数的60%。2015年,台网有针对

性地对台站进行了升级改造,更新了台站的供电设备并改进了通信设备的供电方式,使得因这 2 种因素导致的断记得到有效控制,台网的实时运行率和数据完整率均较上年有所提高。系统的应用,切实提高了台站维护工作的效率,为保障台网运行率和数据质量发挥了积极作用。

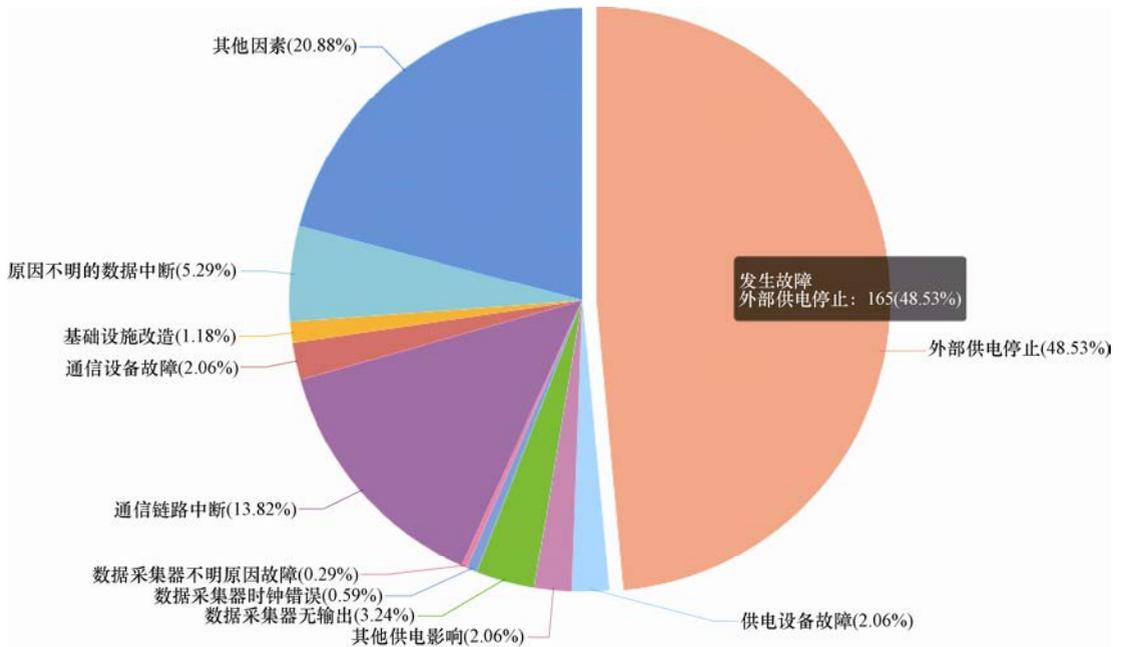


图 7 测震台站故障统计饼图

Fig. 7 Pie-chart of faults with different types

## 4 结论

本文介绍了综合利用 Java Web 和 GeoServer 开发技术,设计、开发的一套测震台站运维管理系统。系统采用 B/S 结构,免去了客户端程序的安装和维护,增强了系统的灵活性和可维护性,降低了使用门槛和维护成本。系统完全采用成熟的开源技术开发,在保证性能的同时控制了研发成本;通过引进开源的 WebGIS 开发技术 GeoServer+PostGIS+Openlayers,实现了功能丰富、性能稳定、界面友好的台站专题电子地图;测震台站运维信息管理实现了对台站参数、仪器参数和台站维护日志的管理;测震台站仪器状态监视实现了对台站状态参数的采集、存储、发布与报警,为台站数据质量的实时监控提供了工具;测震台站故障统计实现了对台站故障的分类统计,可为台站建设、更新提供参考依据。系统在河北测震台网的应用切实提高了台网的实时运行率和数据完整率,具有一定的推广应用价值。

## 参考文献

- 班亚,王喜娜,马兰,2014.地震应急响应系统设计及实现.测绘科学,39(11):57—61.  
董一兵,高景春,刘胜国等,2013.测震仪器健康状态数据交换平台的设计与实现.地震研究,36(3):379—383.

- 董一兵, 何永波, 刘强等, 2015. 一种测震仪器数据流接入框架的设计与应用. 地震研究, **38** (2): 326—331.
- 胡斌, 董一兵, 刘新等, 2014. 基于百度地图 API 的测震台网电子地图服务系统的设计与实现. 地震研究, **37** (2): 312—316.
- 刘吉夫, 陈颢, 陈棋福等, 2003. WebGIS 应用现状及发展趋势. 地震, **23** (4): 10—20.
- 孟令奎, 史文中, 张鹏林, 2005. 网络地理信息系统原理与技术. 北京: 科学出版社.
- 屈佳, 李俊, 王耀宗等, 2014. 基于 WebGIS 的地震信息上报与服务系统的设计与实现. 地震工程与工程振动, **34** (5): 254—260.
- 王想, 王亚茹, 郭蕾等, 2016. 2015 年 1 月 11 日河北滦县  $M_L$  3.3 震群震兆分析. 地震地磁观测与研究, **37** (2): 41—47.
- 魏波, 王学华, 刘先林等, 2009. 开源 WebGIS 分析与设计. 测绘科学, **34** (6): 233—236.
- 赵曦, 姬建中, 常俊等, 2014. 基于 WebGIS 的地震数据服务系统建设及关键技术研究. 灾害学, **29** (3): 224—228.
- Chetty D., 2009. Tomcat 6 developer's guide. Birmingham: Packt Publishing.
- Gratier T., Spencer P., Hazzard E., 2015. OpenLayers 3: beginner's guide. Birmingham: Packt Publishing.
- Iacovella S., Youngblood B., 2013. GeoServer beginner's guide. Birmingham: Packt Publishing.

## Design and Implementation of the Seismic Station Maintenance Management System Based on Open Source WebGIS

Dong Yibing<sup>1,2)</sup>, Zhu Yinjie<sup>1)</sup>, Wang Rentao<sup>3)</sup> and Liu Tan<sup>1)</sup>

1) Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China

2) School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230046, China

3) Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077, China

**Abstract** In this paper, we introduce the design and implementation of the seismic station maintenance management system. The developed system can support services via Web pages such as station WebGIS, station maintenance information management, station equipment operation condition monitoring and station fault statistics on line, with the use of open source WebGIS server GeoServer and front-end technology Openlayers. The system has been approved to be successful of its application in the seismic network of Hebei province, so it is of good promotion prospects.

**Key words:** Operation and maintenance of seismic station; Management information system; Web Service; Open source WebGIS