

地球物理台网仪器维修信息管理的研究与实现^{*}

刘高川^{1,2}, 滕云田¹, 庞晶源³, 瞿 旻⁴, 杨正纲⁵

(1. 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081; 2. 中国地震台网中心, 北京 100045;
3. 吉林省地震局, 吉林 长春 130117; 4. 江苏省地震局, 江苏 南京 210014;
5. 云南省地震局, 云南 昆明 650224)

摘要: 针对地球物理台网仪器维修信息化薄弱的现状, 提出一个规范的地球物理台网仪器维修流程, 并对故障仪器的流通和维修订单的处理动作等信息进行研究, 设计了满足地球物理台网仪器维修信息管理的数据库结构, 设计和实现了基于 B/S 架构的仪器维修管理系统, 并在全国地球物理台网业务中部署使用。该系统具有可视化流程操作、维修资源弹性可扩展、维修信息共享和维修资源协同化的特点, 满足地球物理台网仪器维修信息化管理需要, 并为其它地震仪器信息化管理系统的设计提供了借鉴。

关键词: 地球物理台网; 仪器维修; 维修订单; 数据库结构; 信息分类

中图分类号: P315.392 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0666(2021)01-0121-08

0 引言

地震观测仪器是地震监测预报的重要保障, 其质量直接决定了数据产出的准确性。历经几十年的发展, 现有地球物理台网地震观测仪器数量达 3 300 余套, 遍布全国运行, 因此仪器质量的跟踪管理是地球物理台网面临的一项艰巨任务。而仪器维修信息的管理是仪器质量跟踪管理环节中的重要一环, 涉及单位众多, 逻辑流程复杂。

目前, 仪器维修的信息化管理在地球物理台网应用薄弱。周克昌等(2017)基于仪器生命周期管理思路, 尝试在地球物理台网现有业务系统的基础上, 基于 C/S 架构建设 1 套仪器信息管理系统, 但未能实现应用。部分省地震局根据自身需求建设维修管理系统(江昊琳等, 2014), 但仅限本省地震局内部使用, 且功能有限, 不能满足全国地球物理台网信息的通用和互联。经过多年的努力, 中国地震局建成了一个相对完善的地球物理台网仪器维修保障体系(刘高川等, 2016a), 形成了以台站、省级中心、片区中心和

仪器厂家为运行主体分级管理的维修保障体系(中国地震局, 2015), 但尚需 1 套完整有效的仪器维修信息管理系统支撑该体系高效运转。

本文针对地球物理台网仪器维修信息管理问题, 设计和实现了一套适用于全国地球物理台网的仪器维修管理系统。该系统基于 B/S 架构设计, 实现了仪器维修信息的透明化、流程化管理。

1 系统设计

1.1 仪器维修流程

为了确保故障仪器得到快速修复, 仪器维修需要考虑各单位协作的统一性, 同时还要兼顾时效性和技术能力等情况。台站是仪器维修维护的第一责任单位, 省地震局和片区中心发挥技术指导与备机备件支持作用, 将仪器厂家作为仪器维修的最后一道技术保障。仪器维修流程(图 1)为:

(1) 台站通过监控平台发现故障, 核实后填写故障信息, 台站自行维修或申请上一级维修。

(2) 省地震局根据故障现象, 判断自行维修或申请上一级维修。申请上一级维修, 可选择上

^{*} 收稿日期: 2020-03-23.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1503805)资助.

第一作者简介: 刘高川(1982-), 高级工程师, 主要从事地球物理台网观测技术研究. E-mail: gcliu@seis.ac.cn.

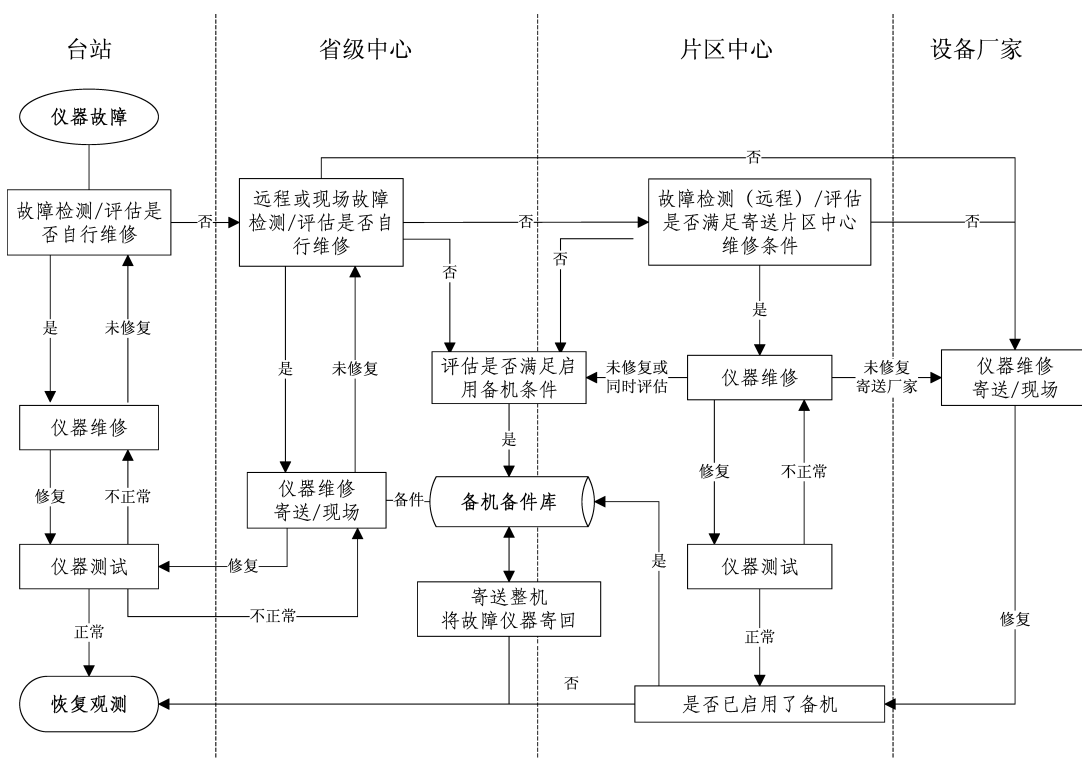


图1 地球物理台网仪器维修流程

Fig. 1 Flow of instrument maintenance in geophysical network

报所属片区中心或仪器厂家。

(3) 故障维修信息以订单模式发布,可由片区中心和仪器厂家进行抢单维修。所属片区中心也可转交其它片区中心维修。

(4) 1套故障仪器的修复以恢复观测或修复进入备机备件库或报废为止。

1.2 总体思路

以维修流程为主线,围绕故障仪器或备机备件的流通、维修动作开展设计,参照当前成熟的互联网行业订单流程式管理模式,结合地震台网业务管理的具体实际,实现维修过程流程化、透明化管理。具体设计思路如下:

(1) 满足订单流程可视化管理,将与仪器维修订单有关的动作设计成状态,每个动作带时间标签和人员信息,便于维修状态及轨迹跟踪。

(2) 维修记录可作为典型维修案例供全国类似故障处理推荐参考使用,同时也便于评估统计,仪器故障类型与维修类别详细分类,故障现象与维修过程详细记录,包括文字描述和高清图像。

(3) 与现有在运行的业务系统的信息兼容,

如业务系统中已有的台站信息、测点信息、仪器运行信息等基础信息,避免信息冗余和后续信息维护问题。

(4) 一个订单的生命周期从提交维修订单开始到订单结束为止,各单位根据维修流程对订单进行处理。

(5) 备机备件与仪器维修信息精确匹配,便于及时提供备机备件支撑仪器维修。

1.3 功能模块

基于维修业务需求,维修管理系统共设计了6个功能模块(图2)。其中仪器维修为系统核心模块,主要包括故障仪器申报、维修订单处理、仪器邮寄(通过邮寄单号从第三方接口获取物流信息)、维修和恢复信息填报、维修订单信息查询等相关功能;备机备件模块记录每个单位备机备件库的出入库及库存情况,包括入库、出库、库存查询功能;质量与维修评估模块对仪器故障情况、修复情况、维修机构修复情况、厂家售后情况等进行跟踪统计和评估;查询统计总览包括全国或区域在网仪器运行、故障、维修等情况的统计功能。

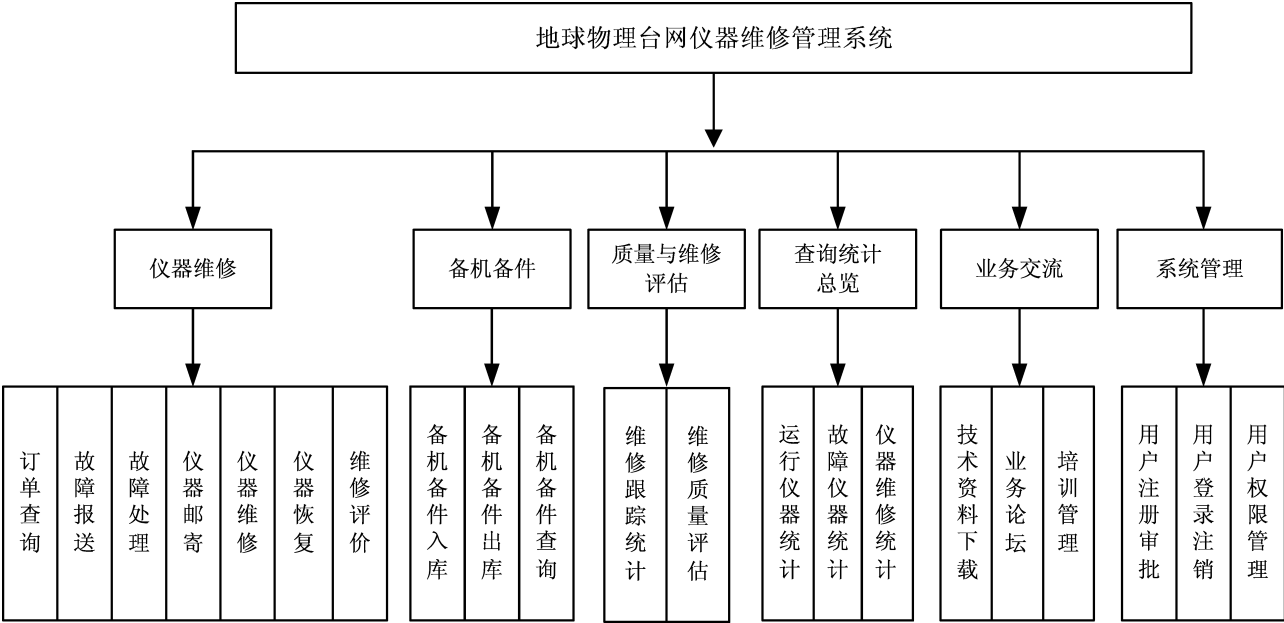


图 2 地球物理台网仪器维修管理系统功能模块

Fig. 2 Function module of instrument maintenance management system
in geophysical network

2 数据库结构设计

2.1 表结构设计

维修管理系统的主要信息由数据库统一存储管理。为确保系统之间信息共享与兼容，考虑到目前地球物理台网核心业务系统都是基于 Oracle 数据库存储（周克昌等，2010；刘高川等，2016b），维修管理系统数据库亦采用此平台。

系统表结构设计遵循 3NF 范式，表结构、表与表之间的关联体现业务逻辑。表名均以 QZ_INSTRU_ 开头，便于与现有系统数据表名区分。为了支撑系统运行，共设计了 12 张与维修信息管理相关的数据表（表 1）。其中维修订单、仪器故障、仪器维修、订单处理和备机备件出入库 5 张表为核心信息表。

维修订单表包括订单编号、仪器 ID、故障类型、故障开始时间、故障结束时间、修复结果、订单当前状态、填报人 ID、填报时间等字段。一个故障仪器的申报无论中间环节被多少维修机构转接，都只对应一条记录。

仪器故障表包括订单编号、故障现象描述、填报人 ID、填报时间、修改时间等。一条故障仪器维修订单可对应多个故障现象，可以从多个时

表 1 仪器维修管理信息数据表		
Tab. 1 List of instrument maintenance management information data		
序号	表名	存储信息说明
1	维修订单表	故障仪器维修订单及状态信息
2	仪器故障表	故障仪器的故障现象
3	仪器维修表	仪器维修过程信息
4	维修处理表	订单处理的逻辑顺序关系
5	备机备件出入库表	备机备件的出入库轨迹
6	远程技术支持表	远程技术支持情况及其评价信息
7	货物邮寄表	故障仪器及备机备件邮寄的相关信息
8	维修评价表	维修结果评价信息
9	备机备件基础信息表	备机备件生产厂家、技术指标等基本信息
10	单位信息表	单位类型、联系方式等基本信息
11	用户信息表	用户联系方式及维修专长等信息
12	图像信息表	故障现象、维修过程中的图像信息

间尺度和维度来描述仪器故障现象，提高故障判断的准确性。

仪器维修表包括订单编号、维修内容、维修开始时间、维修结束时间、当前维修结果、维修主体、维修过程描述、维修方式、维修人员代码、维修单位代码、填报人员代码、填报时间、维修

费用等。一个机构针对订单维修一次,产生一条记录;一个订单可转交给多个机构维修,形成多条记录,这些记录通过维修时间来区别逻辑上的先后顺序。

维修处理表包括订单编号、处理方式和结果、处理理由、填报时间、上报单位 ID、处理单位 ID、处理人员 ID。一个订单随着上报单位及处理单位的变化可以有多条记录来反映订单流转及其处理状况。

备机备件出入库表包括备机备件 ID、出入库人员 ID、出入库时间、库存动作(入库、出库)、所属单位 ID、存放单位 ID、来源(购入、返还、调拨;出库且为维修或报废或返厂,则为空)、维修订单号、填报人 ID、填报时间、库存状态等。

2.2 信息分类与编码

基于维修信息规范化管理需求,仪器维修管理信息数据表中的故障类型、维修内容、维修方式、维修结果、订单状态、单位类型、备机备件状态等字段约定了分类取值范围(表2)。

仪器 ID 的编码规则遵循《地震前兆数据库结构 台站观测》(DB/T 51—2012),是地球物理台网中区分台站仪器的唯一标识,通过仪器 ID 与现运行系统中仪器运行信息表相关联,锁定该仪器的台站、测点及仪器型号等信息。包括整机、传感器和数采在内的备机备件 ID 参照仪器 ID 的编码规则编制。

表 2 信息分类取值约定

Tab. 2 Value of information classification

序号	字段名	分类类型
1	故障类型	3 类: 传感器故障、数采故障、主机故障
2	维修内容	4 类: 芯片、板卡、部件、备机
3	维修方式	3 类: 现场维修、寄送维修、备机替换
4	维修结果	3 类: 修复、未修复、报废
5	订单状态	10 类: 发现仪器故障、故障仪器上报、故障订单退回、接受申请待维修、订单运输中、仪器修复待安装、仪器报废待处理、仪器修复失败、恢复观测待评价、评价完毕
6	单位类型	6 类: 台站、省局、片区中心、仪器厂家、国家中心、学科中心
7	备机备件状态	4 类: 库存、使用、返厂、报废

3 系统实现

3.1 技术架构

地球物理台网仪器维修管理涉及到多家单位间信息的共享与互联互通,为了便于各单位之间信息的流通和全局信息统计分析,该系统基于 B/S 架构设计和 JAVA 语言开发,实现一级部署、多级应用。

后台开发中采用 struts + hibernate4.4 框架,实现了松耦合。前端采用 Bootstrap, Jquery 等框架,界面友好,操作简便。其中 Bootstrap 框架自适应式布局,根据浏览设备不同,显示页面的效果也不同,可避免重复开发基于不同移动操作系统 APP (戴波等, 2016),支持手机与电脑设备。对于有野外访问及仪器厂家外网访问需求的用户,扫描首页二维码或者将系统地址保存到手机,用户打开系统即可自动缩放到手机上,与电脑操作无异。

3.2 关键技术

3.2.1 快速查询访问策略

本系统涉及到大量的数据库查询统计,为了提高查询速率和快速跟踪变化,程序后台将每个需要统计的数据都封装成静态变量,系统每 5 min 轮询更新一次变量的策略。此策略主要应用在涉及到大量频发的查询上,最为典型的就首页(查询统计总览功能),用户打开首页显示时,直接读取内存即可,减少数据库读取次数,极大提高了查询效率。同时,设置每 5 min 刷新一次页面,即可实时展示当前台网仪器运行情况,如图 3 所示。

3.2.2 图像与文本编辑处理

系统故障现象描述、维修处置过程描述以及典型维修案例等均涉及到大量图像与文本编辑。本系统采用二次开发之后的可嵌于浏览器的富文本编辑器技术 ueditor,用户可以按照类似 Word 的模式对内容进行编辑,可以将大量的文字、图像以类似于 HTML 文本格式化保存在 CLOB 字段中,其中图像仅保留其对应的 UUID 信息,具体图片保存在图像信息表中。在网页打开时,根据 UUID 调用图片信息表中对应的图片。如一条故障现象信息,保存为: <p>描述故障现象</p><p><img

src = http://IP/editor/./showImage.action? uuid = UUID, style = " width: 600px; height: 200px;" /</p>。在实际使用中,可以按照上述格式重复添加,实现一条记录保存为多个语段描述和多张图片。

3.2.3 短信通讯

手机短信作为当前主流的通信手段,已在地震系统12322平台的地震速报与地震应急业务中被广泛应用(赵国峰等,2014)。

仪器维修管理系统利用该平台提供的对外接口,将涉及维修订单、备机备件出入库的信息通过短信及时发送到相关人员的手机上,以便其尽快掌握相关信息动态。如故障信息需要上一级人员处置时,信息会自动短信提示上一级人员,而上级对维修订单有任何动作发生时,最新订单状态则会自动发送到订单发起人和与该订单相关的最近一次填报人的手机上。在短信内容上,对每一类动作都做了格式上的统一规范。



图3 仪器维修管理系统首页

Fig. 3 Home page of the instrument maintenance management system



图4 维修历史记录查询界面

Fig. 4 Query interface of maintenance history

4 应用效果

地球物理台网仪器维修管理系统于 2017 年部署到中国地震台网中心并正式投入使用,用户可通过互联网访问和使用该系统。目前,已累计注册 730 多个用户,形成 2 000 多条维修记录(图 4),实现了地球物理台网仪器维修的信息化、流

程化管理(图 5),提高了仪器维修效率,促进了省局之间的技术交流。

相比现有地震行业与仪器维修相关的管理系统,本系统具有以下特点:①流程化便捷式操作,用户只需根据可视化、流程式的引导即可完成相关信息处理;②维修资源弹性可扩展,满足现有台站以及省级中心对仪器的协同管理,也兼容以中心台站为主的运维模式,有扩展接口应对仪器

仪器故障登记卡

仪器类型: VS	仪器所属台站: 磐石地震台
仪器名称: 垂直摆倾斜仪	仪器故障开始时间: 2020-05-25 16:39
仪器故障类型(初步判断): <input type="checkbox"/> 数采故障 <input type="checkbox"/> 传感器故障 <input type="checkbox"/> 主机故障	

仪器故障描述:

故障现象描述 (含图片)

(a) 上报

仪器故障处理 关闭

请填写上报理由:

未能找到故障原因

请选择将要上报的单位!

☐ 发送短信 ☒ 不发送短信

(b) 订单处理

仪器维修登记卡

订单号: 202005291649_22016_3_2224101	仪器所属台站: 磐石地震台
仪器名称: 垂直摆倾斜仪(VS)	仪器故障开始时间: 2020-05-25 16:39
维修开始时间: 2020-05-28 16:50	维修结束时间: 2020-05-29 16:50
维修方式: <input type="radio"/> 寄送维修 <input checked="" type="radio"/> 现场维修	维修内容: <input type="button" value="板卡维修"/>
维修人员: 成磊源	维修结果: <input type="button" value="仪器修复"/>
仪器故障类型(确认): <input type="checkbox"/> 数采故障 <input type="checkbox"/> 传感器故障 <input type="checkbox"/> 主机故障	

维修过程描述:

维修过程描述 (含图片)

(c) 维修

仪器维修 仪器维修结束 关闭

仪器名称: 垂直摆倾斜仪(VS)	所属台站: 磐石地震台
仪器厂家: 武汉地震科学仪器研究院有限公司	故障开始时间: 2020-05-25 16:39:00.0
报修人: 杨昆	仪器故障部位: 数采故障
传感器故障	
仪器当前状态[*]	
仪器维修结果: <input checked="" type="radio"/> 修复 <input type="radio"/> 部分修复 <input type="radio"/> 报废	故障结束时间: 2020-05-29 16:52

(d) 恢复观测

维修评价

请对本次维修过程作出评价: ☒ 好评 ☐ 中评 ☐ 差评

请对本次维修结果进行描述:

对本次维修的评价 (含图片)

(e) 评价

报修订单 维修订单

本单位全部报修订单

订单历史状态列表

当前状态 评价完毕 处理单位: 磐石地震台

2020-05-29 15:01 磐石地震台(杨昆)执行了【评价完毕】操作。

2020-05-29 14:59 磐石地震台(杨昆)执行了【恢复观测】操作。

2020-05-29 14:56 吉林省地震局(成磊源)执行了【仪器修复】操作。

2020-05-29 14:54 吉林省地震局(成磊源)执行了【接受维修申请】操作。

2020-05-29 14:53 磐石地震台(杨昆)执行了【故障仪器上报】操作。

2020-05-29 14:48 磐石地震台(杨昆)发起了故障维修申请!

(f) 订单轨迹

图 5 订单处理流程化管理

Fig. 5 Flow management of the order processing

种类、数量和所属机构的变化,无需改变软件功能结构;③打通了全国仪器维修资源的信息孤岛,各级单位都能对当前仪器维修状态和维修过程进行跟踪和信息共享,每个维修记录都通过结构化方式进行了详细记录,为后续数据挖掘和台网仪器质量评估与优化决策提供了宝贵基础资料;④实现了维修资源利用最大化,采用维修订单与备机备件共享模式,包括维修机构、维修人员、备机备件等在内的维修资源都可以参与到某套故障仪器的维修和技术支持,提高资源利用率,且各个单位可发挥技术优势,相互协同以提高修复率。

5 结论和讨论

本文系统介绍了地球物理台网仪器信息管理系统整体设计及应用情况。近年的应用实践也

反映出该系统较好地满足了地球物理台网仪器维修保障的日常需要。但随着现代物流的发展、大数据分析应用在地震行业的深入以及管理机制的完善,系统在功能上还需要进一步优化完善,如维修历史支撑信息的智能推荐,通过观测数据质量进行仪器质量在线快速评估、备机备件的快速智能调配等。

仪器维修信息管理是地震仪器信息管理体系的一个重要组成部分,而完整的仪器信息管理系统应覆盖仪器生命周期全链条(图6)。本文研究的重点是仪器维修信息的管理,主要研究对象是仪器维修流程的信息化管理,为与数据质量评估系统、设备一体化监控平台、仪器校准管理系统之间预留相应的数据接口以便功能扩展,可调用上述关于仪器的状态或数据质量的监控结果,支撑维修管理系统的应用。

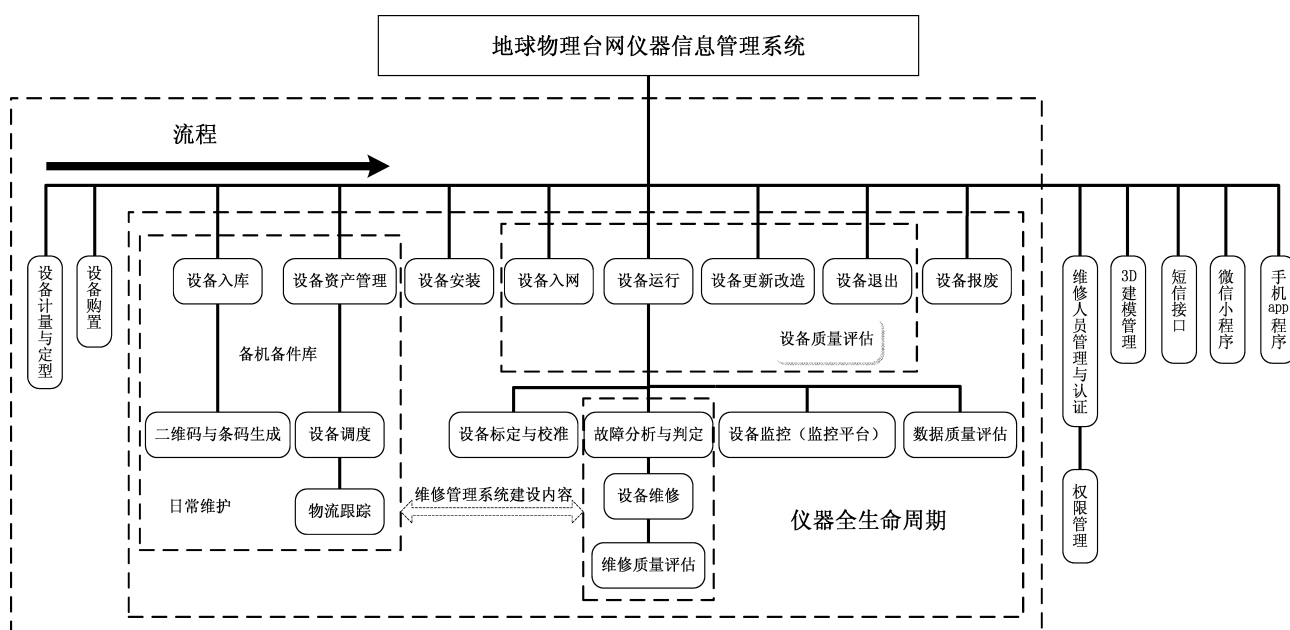


图6 维修管理系统与仪器信息管理系统的关系示意

Fig. 6 Relationship between maintenance management system and instrument information management system

备机备件的出入库管理是本系统的一项重要内容,而备机备件库的仓储管理本身是一件复杂的内容,涉及到条码管理、出入库管理、物流管理等方面,虽然本系统实现了主要功能,并应用到维修中,但限于篇幅,本文未做深入介绍。随着备机备件库管理体系的完善,其功能还需进一步完善。关于仪器故障类型的分类,目前还比较

粗糙,下一步有必要针对每种仪器类型的主要关键部件进行细分,以掌握更为精细的故障类别,为厂家仪器技术升级和备机备件储备提供依据。

测震台网的维修管理与地球物理台网基本类似,主要是基础信息的管理(如仪器代码管理等)和业务平台不同,本文的设计思路可为测震台网仪器维修管理系统的建设提供借鉴。

参考文献:

- 戴波,王大伟,江昊琳,等. 2016. 基于 Android 平台的地震设备维修管理系统[J]. 地震地磁观测与研究,37(2):153-156.
- 江昊琳,熊建伟,瞿旻,等. 2014. 地震监测仪器综合管理系统的设计与应用[J]. 高原地震,26(4):38-42.
- 刘高川,李正媛,王莉森,等. 2016a. 地震前兆台网观测仪器维修保障体系[J]. 地震地磁观测与研究,37(4):142-148.
- 刘高川,李正媛,王建国,等. 2016b. 地震前兆台网数据跟踪分析平台设计[J]. 大地测量与地球动力学,36(9):841-846.
- 赵国峰,李丽,李永红,等. 2014. 12322 地震速报短信服务系统设计与实现[J]. 地震研究,37(1):157-162.
- 中国地震局. 2015. 地震观测台网仪器维修管理办法(试行)[G].
- 周克昌,蒋春花,纪寿文,等. 2010. 地震前兆数据库系统设计[J]. 地震,30(2):143-151.
- 周克昌,王军,黄经国,等. 2017. 地震前兆仪器管理系统建设[J]. 中国地震,33(2):345-354.
- DB/T 51—2012,地震前兆数据库结构 台站观测[S].

Research and Implementation of Instrument Maintenance Information Management in Geophysical Network

LIU Gaochuan^{1,2}, TENG Yuntian¹, PANG Jingyuan³, QU Min⁴, YANG Zhenggang⁵

(1. *Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China*)

(2. *China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China*)

(3. *Jilin Earthquake Agency, Changchun 130117, Jilin, China*)

(4. *Jiangsu Earthquake Agency, Nanjing 210014, Jiangsu, China*)

(5. *Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650224, Yunnan, China*)

Abstract

In view of the weak current situation of instrument maintenance information management in geophysical network, we proposed a standard maintenance process of geophysical network instruments, and studied the information of the circulation of the faulty instrument and the processing action of the maintenance order. We also designed the structure of instrument maintenance database, and developed instrument maintenance management system based on B/S architecture, which is deployed in the National Geophysical network business. The system has the characteristics of visual process operation, flexible and extensible maintenance resources, maintenance information sharing and maintenance resource coordination, which meets the needs of geophysical network instrument maintenance information management, also provides a reference for the design of other seismic instrument information management system.

Keywords: geophysical network; instrument maintenance; maintenance order; database structure; information classification