第 33 卷　第 2 期(345~354)　　中 国 地 震　　Vol. 33　No. 2
2017 年 6 月　　EARTHQUAKE RESEARCH IN CHINA　　Jun. 2017

周克昌、王军、黄经等,2017,地震前兆仪器管理系统建设,中国地震,**33**(2),345~354。

地震前兆仪器管理系统建设

周克昌　王军　黄经国　余丹　纪寿文　刘高川　叶青

中国地震台网中心,北京市西城区三里河南横街 5 号　100045

摘要　长期以来,对前兆台网仪器的管理缺乏系统性。为此,研发了前兆仪器管理系统。该系统实现了对前兆仪器从购买到淘汰整个生命周期的管理,其中包括安装、接入、运行、故障、停测、报废等,以及仪器故障维修流程的管理,其中包括故障登记、处理、维修、备机备件库等。基于这些信息,对仪器及故障维修情况进行综合统计分析,为管理决策提供信息支持。本文主要介绍了该系统设计的一些主要技术方面和系统实现的主要功能。

关键词:　前兆　仪器　信息系统

[**文章编号**] 1001-4683(2017)02-0345-10　　[**中图分类号**] P315　　[**文献标识码**] A

0　引言

仪器是前兆台网最重要的组成部分,前兆台网各级节点(前兆台站、省级前兆台网中心、国家地震前兆台网中心、学科台网中心)的运行维护主要是围绕前兆仪器进行的。因为,前兆仪器是决定前兆数据质量的最关键因素。

国家“十五”项目在建设前兆技术系统时,对前兆仪器较以前给予了较多考虑,如在设计前兆数据库(周克昌等,2010)时已考虑了对仪器的管理需要,设计了关于仪器的基本信息表、运行信息表、运行维护信息表、参数信息表等,后又根据需要在数据库中增加了对仪器的监控跟踪信息表。但因对前兆仪器的管理并未覆盖仪器的整个生命周期——从购买到淘汰的全过程,故导致无法对前兆仪器实施过程跟踪。总之,长期以来对前兆仪器的管理相对零散、不完整。对仪器的各种统计信息始终不准确,仪器在发生变更后不能及时反映出来,数据用户也无法知道产出数据的仪器的准确信息,例如,某测点下的数据是否是由同一台仪器观测的,中间是否更换过仪器,是否对仪器进行过大的维修等。本系统就是针对目前前兆台网对仪器管理的需要,在现有仪器信息的基础上,试图构建一个完整的前兆仪器管理系统,以实现:

①对每台仪器整个生命周期的运行情况进行全程跟踪,形成仪器档案。

②与现有的数据管理系统结合,充分利用并整合现有资源,形成一套基于仪器的管理系统。

③仪器综合信息展示与服务。统计分析仪器运行状况,综合展示仪器信息,为前兆台网管理人员的台网管理工作(如仪器选型)提供参考,为前兆台网日常管理提供辅助工具,并为

[**收稿日期**] 2016-09-20;[**修定日期**] 2017-02-25

[**作者简介**] 周克昌,男,1964 年生,研究员,主要从事地震信息处理工作。E-mail:kczhou@seis.ac.cn

数据应用提供仪器信息服务。

1 系统设计的几个主要方面

1.1 仪器类别和状态

1.1.1 仪器分类

根据仪器的使用情况,本系统将仪器性质划分为以下几类:

①观测仪器　安装在台站长期运行的仪器。

②备用仪器　各单位、维修中心以备用为目的而购买的仪器,包括在开始购买时就配备的备用仪器,如地电仪。

③临时性仪器　如短期的实验性观测仪器。

1.1.2 仪器状态

①无状态　仪器购置后到安装前为无状态。

②安装　新购置仪器安装和已有仪器迁址观测的重新安装。

③接入　接入正式观测系统。

④试运行　对仪器运行进行测试。

⑤正式运行　仪器已进入正式观测运行。

⑥故障维修　因仪器发生故障,进入故障维修阶段。

⑦暂时停测　因各种仪器以外的原因(如台站改造等)导致仪器暂时停止正常观测。

⑧备用　仪器处于待命状态。

⑨调拨/归还　片区仪器维修中心将备用仪器调拨给下属各省地震局(以下简称省局)临时使用,省局在仪器修改后将片区仪器维修中心调拨的备用仪器归还。

⑩永久停测　仪器故障无法修复,因而报废,进入永久停测阶段。仪器生命周期结束。

1.2 仪器、前兆片区仪器维修中心和仪器故障编码

1.2.1 仪器编码

仪器 ID 编码是每台仪器的唯一身份标识,是本系统跟踪仪器生命周期各阶段状态的关键。仪器 ID 编码采用的是《中国地震前兆台网专用设备网络通信接口规程》中规定的编码格式,由 12 个字符组成,即:

——第 1~4 个字符为“X”加设备的测项代码;

——第 5~8 个字符为厂家自定义标志;

——第 9~12 个字符为设备序列号,由 4 个阿拉伯数字组成。

仪器在本系统中进行登记后,其 ID 号不能更改,直至该仪器被淘汰。

1.2.2 前兆片区仪器维修中心代码

为了提高仪器维修效率,中国地震局将全国前兆台网的仪器维修管理划分为几个片区(表1)。在本系统中,给每个片区中心赋予一个代码,以便管理。

1.2.3 故障编码

仪器发生故障后的维修需要经历台站、省局、片区仪器维修中心等多个节点的处理。为了把一次仪器故障的全部有关信息关联起来,因此对每次仪器故障赋予一个编码。每次在登记仪器故障时,自动生成一个故障编码,存储在有关信息表中,故障编码规则如下:

表 1　　**前兆片区仪器维修中心一览表**

片区名称	挂靠单位	承担管理工作的省、市地震部门及单位	片区中心代码
华北片区	河北省地震局	河北、山西、北京市、天津、河南、地质所、地球所、预测所、壳所、震防中心	1NH
东北片区	辽宁省地震局	辽宁、吉林、黑龙江、内蒙	1NE
西北片区	甘肃省地震局	甘肃、陕西、宁夏、青海	1NW
华东片区	江苏省地震局	江苏、安徽、山东、湖北、浙江、上海	1ET
华南片区	广东省地震局	广东、福建、江西、湖南、海南	1SH
西南片区	四川省地震局	四川、重庆、西藏	1SW
云南片区	云南省地震局	云南、广西、贵州	1YN
新疆片区	新疆维吾尔自治区地震局	新疆	1XJ

仪器 ID+故障开始日期(故障开始日期如“20160626”)。

在仪器状态信息表、故障处理登记表、仪器收寄登记表等中记录该故障编码。因故障更换备用仪器时,在故障处理表中记录更换的仪器 ID,以及该故障编码。

1.3　数据库的设计

为了保存仪器的有关信息,在结合前兆数据库现有仪器信息的基础上,本系统在前兆数据库中增加了下列诸表:

①仪器目录表　本表是仪器主表,存放所有前兆仪器的有关信息,每台(套)仪器为 1 条记录。各单位的所有仪器均应在本表中有且仅有 1 条记录。

②仪器状态信息表　本表存放仪器生命周期中经历的各个阶段状态的有关信息,每台(套)仪器的每个状态为 1 条记录。

③仪器安装信息表　本表存放仪器安装时的有关信息,每套仪器的每次安装(包括新仪器安装和已有仪器迁址时的安装)为 1 条记录。

④仪器接入信息表　本表存放仪器接入申请和批复的有关信息,每套仪器的每次接入为 1 条记录。

⑤故障处理登记表　本表存放台站、区域中心、片区维修中心故障处理情况。1 台仪器的 1 次故障受理为 1 条记录。

⑥备机备件出入库登记表　本表存放备机备件的基本信息及其出、入库信息。备机备件新采购或从台站回收时,需办理入库;从库中领用时需办理出库。每个备机备件每入库出库 1 次有 1 条记录。

⑦仪器收寄登记表　本表存放仪器或备机备件邮寄的有关信息。1 个邮寄件有 1 条记录(包括寄件和收件)。

⑧仪器文档信息表　本表存放有关仪器的有关文档,包括 PDF 文档、WORD 文档、图片、视频等。

上述诸表中的信息都实现了从台站、省级中心到国家地震前兆台网中心的数据交换。

本系统涉及的现有的有关仪器信息表主要有:台站仪器运行维护信息表(用于仪器故障登记信息、故障处理结果、仪器标定检定信息等)、仪器类型信息表(周克昌等,2013)。在第一次运行本系统进行系统初始化时,会从现有的台站仪器运行信息表中将现有仪器信息加

载到仪器目录表中。

限于篇幅，在此不给出具体的表结构。

1.4　跨库操作

前兆台网目前的数据流程是：台站→省级中心→国家地震前兆台网中心（刘高川，2008），省级中心之间不能进行前兆数据交换，从国家地震前兆台网中心也不能向省级中心传送数据。在划分了前兆仪器维修片区，并设立片区维修中心后，片区下属的省局要把仪器故障信息报送给片区维修中心，备用仪器的调拨和归还也需要在片区维修中心和其管辖的省局之间进行数据交换。国家地震前兆台网中心要将仪器接入申请批复情况告诉省局。按照目前的前兆台网数据流程，这些需求无法实现。为了满足这些业务需求，本系统在前兆数据库层面创建了一个专门用于前兆仪器管理的用户，并通过网络直接在省级中心的数据库之间进行数据交换。新创建的用户只用于前兆仪器管理系统内部，只对专门为前兆仪器管理系统新建的表具有操作权限。在整个前兆仪器管理系统中，跨库操作只在下述情况下可行：

- 省级中心向片区仪器维修中心注册；
- 有仪器接入的批复；
- 片区中心备用仪器调拨；
- 省局归还调拨的备用仪器；
- 省级中心向片区仪器维修中心上报故障信息。

1.5　流程梳理

仪器生命周期从仪器购置开始，到仪器报废为止。在仪器故障期间，其维修流程从故障登记开始，经过各级节点的处理和维修，到维修结果为止。流程如图。

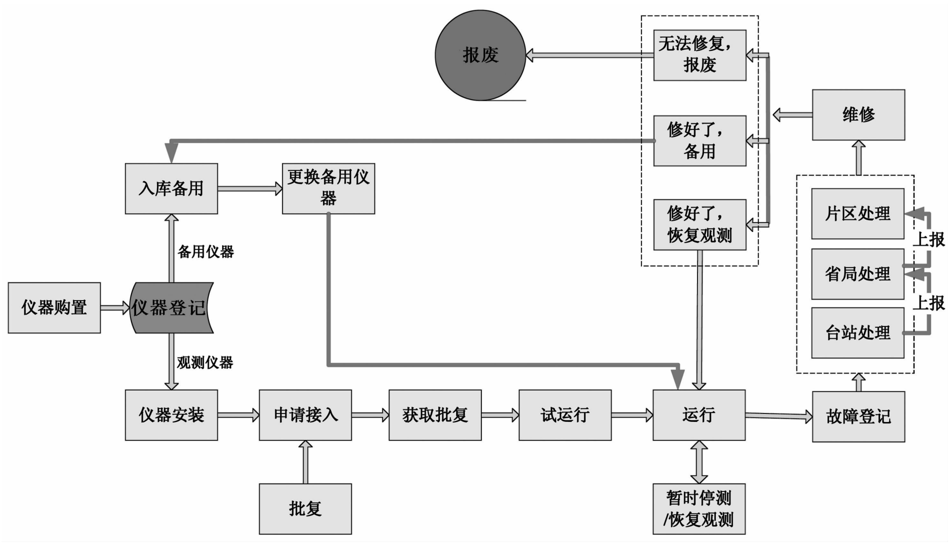

图 1　仪器生命周期和维修流程图

2 系统实现

基于以上设计以及对前兆仪器生命周期管理和故障维修流程管理的业务需求及模型的梳理，在实现本系统时，主要实现了仪器生命周期管理、仪器故障维修流程管理、备机备件管理、仪器信息统计分析等功能模块。

2.1 仪器生命周期管理

仪器从购置到淘汰的整个生命周期，要经历登记、安装、接入、运行、故障、停测、报废等过程。

2.1.1 仪器登记

新购置仪器首先应在本系统中进行登记，这是仪器生命周期的起点。在登记时，要给仪器一个唯一的 ID 号。本系统将对 ID 号进行查重，避免 ID 号冲突。

2.1.2 仪器安装

新仪器登记后，对于观测仪器，下一步就是在台站安装。仪器安装信息包括仪器有关信息、仪器所在的台站测点信息、观测环境和设施准备情况、开箱检查情况、安装单位和过程情况、仪器网络设置、现场测试情况和现场培训情况等方面。在本系统中填写以上安装信息，并需要将仪器安装报告(Word 文档)保存到本系统中。

2.1.3 仪器接入

每次完成仪器安装后，接入系统进行运行(包括试运行和运行)之前，省级中心需通过本系统向国家地震前兆台网中心申请接入。国家地震前兆台网中心对接入申请进行审核批准后，省级中心方可将仪器接入到前兆系统中运行。本功能包括省级中心接入申请和查看申请的批复情况的界面，以及国家地震前兆台网中心对接入申请的批复界面。对于未获批接入的仪器，省级中心可查看国家中心的拒绝说明，改正后再次提交接入申请。

2.1.4 仪器运行

仪器接入后，省级中心可通过本系统中将接入的仪器投入试运行或运行。对于一些重大项目(如“十五”网络项目、地震背景场项目等)的仪器建设，要求在项目验收前先进行一段时间的试运行。如无此要求，可直接进行运行。

2.1.5 暂停观测/恢复观测

如在运行过程中，因仪器以外的各种原因导致无法正常进行观测，如台站或观测设施(如山洞)改造等，可暂时停测(无故障停测)，待观测条件恢复正常后，再恢复仪器观测。

2.1.6 仪器更新

仪器因老化需要更新是仪器被淘汰的情形之一(另一种被淘汰的情形是仪器故障后无法修复而淘汰，见下节)。在此情形下，使用新仪器将其替换掉，被替换的老仪器报废，并在本系统中进行登记。

2.2 仪器故障维修流程管理

仪器在运行中发生故障，要按照“确认故障现象→分析故障原因→故障登记、处理→仪器维修”的流程进行故障处理。

2.2.1 故障信息登记

故障发生后，台站或区域中心(对直管仪器)确认故障现象、分析故障原因，然后在本系

统中登记本次故障的有关信息。故障信息登记由直接管理该仪器的节点(有信息节点的台站节点或直属仪器的省局中心节点)填写。

2.2.2 故障处理

故障登记后,在本系统中按照台站、省局、片区维修中心的顺序进行故障处理。

①台站故障处理 首先是台站进行故障处理,如果是小故障,台站自己可修好,则自行维修,否则,上报省局进行维修。

②省局故障处理 省局仪器维修中心在接到台站上报的仪器故障后,要确定能否自修;若不能,则将故障上报给片区仪器维修中心;或者在咨询了片区仪器维修中心后,将仪器返厂维修;或者仪器已经老化,无法维修,直接将仪器报废。

③片区仪器维修中心处理 片区仪器维修中心在接到省局上报的仪器故障后,同样有以下几种处理方式:即自行维修,片区仪器维修中心派人进行维修;送到厂家维修;无法修复,仪器报废。

每级节点在处理时,都可登录本系统,查看故障信息和下级节点的处理情况。

2.2.3 更换备用仪器

如果维修需要比较长时间,且省局或片区仪器维修中心有相应的备用仪器,则在故障处理期间,可以临时更换备用仪器进行观测。在本系统中对备用仪器进行的使用进行登记。

2.2.4 维修结果填写

维修结束后,由台站或省局中心(对直管仪器)在其节点的本系统中,填写维修结果。维修结果分3种情况:

①仪器修好后,重新放到原测点进行观测;

②仪器修好后,转为备用。如果在维修期间使用了备用仪器,现在也不想将备用仪器替换出来,而是将其作为观测仪器使用,则修好的仪器转为备用。

③修不好,报废,该仪器生命周期结束。

至此,仪器维修流程结束。

2.3 备机备件管理

为保障台网运行,在省局和片区仪器维修中心均购置了一定数量的备用仪器及备用部件,如电源、数采等。为了便于管理,本系统对备机备件进行库管理,对备机备件的入库、出库情况进行登记,以便掌握备机备件的使用和库存情况。新购置的及用后要归还的备机备件,需办理入库。而库中的备机备件在使用前需办理出库。如果备机备件在片区仪器维修中心,在使用前需由片区仪器维修中心先将备机备件出库并调拨给使用的省局。省局在不再使用该备机备件时,应将备机备件归还片区仪器维修中心并入库。

2.4 仪器有关信息的统计分析

针对仪器生命周期的信息和仪器维修的信息,可以进行统计分析。

2.4.1 仪器分类统计

①查看某仪器的生命历程中所经历的各种状态。

②按单位、时间、仪器名称、型号等要素查询显示某个单位、当前或某个时间段内、某种类型号的仪器的数量和仪器列表。

③显示某个测点上曾使用过的仪器,为数据分析提供参考信息。

2.4.2　故障维修信息统计

①维修过程的信息汇总：包括故障时间、送修时间、台站、省局和片区中心受理时间、最终维修机构（最终将仪器维修好的单位：台站，省局，维修中心，厂家）、维修内容、维修结果等。

②各类仪器的故障率统计。

③维修率统计（总维修率、各维修参与方（台站、省局、片区、厂家）的维修率）。

④维修耗时统计（每次故障的时长和平均时长、维修各阶段的耗时等）

⑤备机备件使用情况统计（备机备件库存情况、每个备机备件使用情况、各类备机备件的使用率、使用时长（天）等）。

2.5　系统开发与部署

2.5.1　系统架构

本系统是在 Windows. NET 平台采用 C#开发的 C/S 模式应用，与后台数据库的连接通过 Oracle 客户端进行。由于本系统的开发和部署环境及节点范围与“前兆台网数据处理系统”相同，因此为了简化部署，将本系统集成在“前兆台网数据处理系统”中，通过更新“前兆台网数据处理系统”的可执行文件 QZPROCESS.EXE 文件直接部署。

2.5.2　系统界面

由于仪器生命周期管理和故障维修管理都是按照其流程逐步完成的，因此，本系统在设计界面时，采用了类似向导式的界面。这样，既一目了然，不容易发生错误操作，又可让用户了解目前进展，在当前可以进行哪些操作。例如，仪器生命周期管理界面（图 2）：

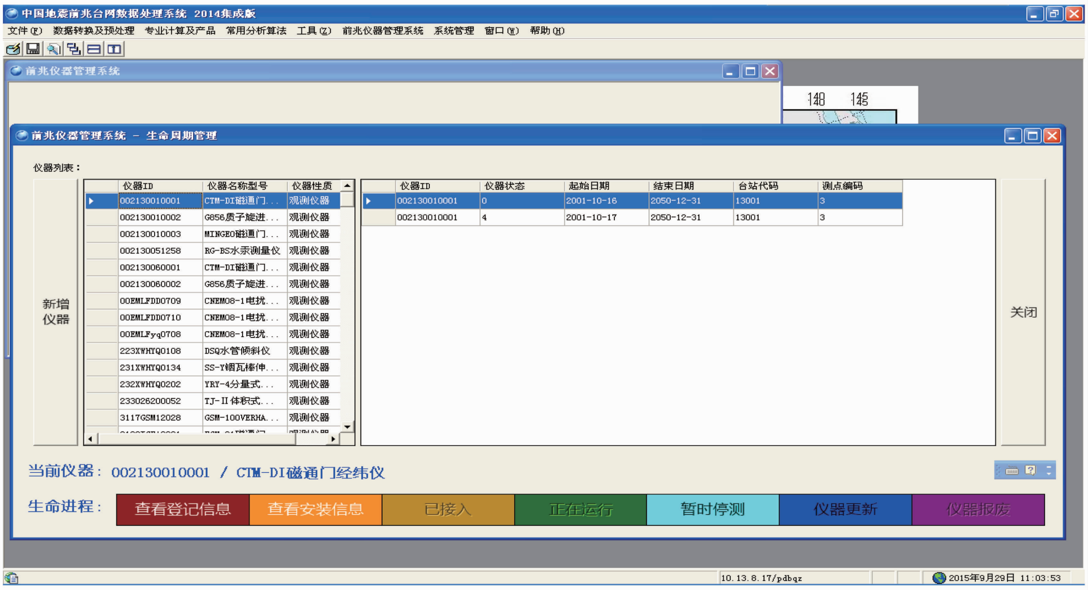

图 2　仪器生命周期管理主界面

由图 2 可知，对选中的这套磁通门仪器，已经进行了仪器登记、安装、接入，目前该仪器正在运行，接下来可对该仪器进行的操作是暂时停测和仪器更新。对于已经走过的流程，可

以查看相关信息,如,可查看这套磁通门仪器登记信息等。而对于没有走过的流程,可以执行相应的管理操作。

再如,仪器维修管理流程界面(图 3):

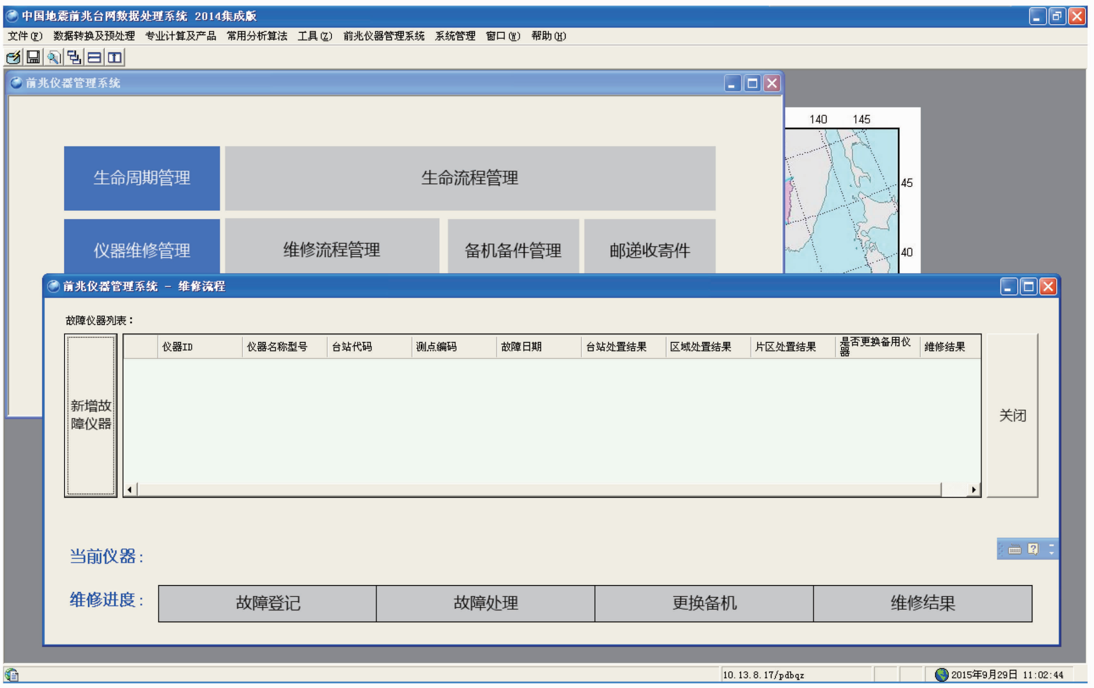

图 3　仪器维修管理主界面

在界面底部,给出了维修流程的几个步骤的操作按钮。

2.5.3　系统版本与部署

本系统部署到前兆台网的各类节点,包括台站、省局、片区仪器维修中心、国家地震前兆台网中心。由于各类节点的需求和管理职能各有不同,故各类节点的功能会略有不同。如,台站节点不能进行仪器的报废和备机备件的管理,省局和片区仪器维修中心才具备这些功能。为了简化系统部署和后期的系统维护,没有专门发行本系统的台站版、省级中心版、片区仪器维修中心版、国家中心版等,而是只发行一个综合版本,在系统内部,通过程序检测用户所在节点类型,根据节点类型自动定制该节点的功能和操作选项。如果系统检测到是台站用户,则在故障处理时,不出现报废选项,是否报废仪器由省级中心和片区中心决定。

3　讨论

3.1　仪器 ID 问题

仪器 ID 是每台仪器的唯一身份标识,在本系统中,它是数据库中各个表的主键之一,是本系统用来跟踪仪器生命周期各个阶段状态和仪器维修流程的关键标识。所以,仪器一旦在本系统中登记时赋予了仪器 ID 后,在该仪器的整个生命周期中,不能更改。

一台前兆仪器通常由传感器(探头)、主机、信号放大器、数采、电源、通信单元等部件组

成，仪器发生故障后，可能会对一些仪器部件进行更换和维修。如何判断维修后，是否还是原来的仪器，还是该仪器已经变成了一台跟旧仪器不同的新仪器了？笔者认为，仪器 ID 以仪器传感器和主机为准，在不更换仪器传感器和主机时，可认为该仪器没有本质变化，仪器 ID 不得改变。

目前有 2 种关于仪器 ID 的不正确做法，一是有些单位在测点上更换了仪器后，为了将其接入前兆数据管理系统中运行，将该新仪器的 ID 号改为旧仪器的 ID 接入，使得新、旧仪器在前兆系统中无法区分，也无法对该测点上观测使用过的仪器进行追踪，这种做法是应该严格禁止的。二是仪器数采故障后更换了新的数采，由于仪器 ID 是记录在数采中的，如果只更换了数采是不应该导致仪器 ID 改变的，所以这时应该在新数采上将仪器 ID 改为原仪器的 ID。但有的单位没有更改就将仪器接入系统运行。这种情况与前一种情况正好相反，是本应该保持仪器 ID 不变却由于没有更改新数采上的仪器 ID 而导致 1 台仪器变成了 2 台仪器。

因此，在实际工作中，必须正确处理好仪器 ID，以确保本系统中的信息准确和完整。

3.2 信息交换问题

本系统中，各种仪器及其故障维修信息的报送，即信息从台站到省级中心，再到片区仪器维修中心和国家地震前兆台网中心，使用的数据交换机制是目前前兆数据使用的基于交换标志位的机制。这种机制是一天中设置多个交换时间点，每天定期进行数据交换，因此其最大的缺点是不能准实时地进行信息的交换，信息交换会滞后一段时间，导致下级节点的信息上级节点不能立即看到。例如，仪器故障后，台站填报了故障信息和处理信息，但省级中心只有在到了最近的交换时间点进行信息交换后才能看到这个故障信息。因此，信息交换机制今后需要进一步完善。

4 结语

目前，本系统已在全国前兆台网部署使用，包括台站、省级中心（包括片区仪器维修中心）、国家地震前兆台网中心，并根据使用情况和用户需求在不断完善。相信本系统的部署使用将为加强和规范前兆台网对仪器的管理发挥积极作用。

另外，本系统是一个对前兆台网固定台站的观测仪器进行管理的系统。地球物理场流动观测（包括流动地磁测量、流动重力测量、流动形变测量等）使用的仪器的管理与前兆固定台站观测仪器的管理差异很大，同时用户也不相同，因此本系统中未予考虑。在笔者最近完成的“地球物理场流动观测数据管理系统”中，包含了对流动观测仪器的管理，今后也将继续对该系统进行完善。

参考文献

刘高川、滕云田、王晨等，2008，Oracle 复制技术在地震前兆元数据交换中的应用，中国地震，**24**(6)，142~149。

周克昌、蒋春花、纪寿文等，2010，地震前兆数据库系统设计，地震，**30**(2)，143~151。

周克昌、纪寿文、蒋春花等，2013，《地震前兆数据库结构　台站观测》(DB/T 51-2012)，北京：地震出版社。

Introduction to the system for management of instruments used for earthquake precursory observation

Zhou Kechang Wang Jun Huang Jingguo Yu Dan Ji Shouwen Liu Gaochuan Ye Qin

China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

Abstract For a long time, the management of instruments used for earthquake precursory observation is non-sysmatic, so we develop the system for management of instruments used for earthquake precursory observation. This system implements the management of the whole life cycle of such instruments, including installation, checking in, running, failing, stopping/restoring observation, and being discarded. This system also implements the management of processing flow of repairing after an instrument failure, including registering of failure, processing, repairing, and inventory of spare instruments and parts. Based on the management information, comprehensive statistics of instruments and failure repairing can be made, supplying support for decision making. This paper mainly introduces the main technical aspects of system designing, and the main functions realized.

Key words: **Precursory**; **Instrument**; **Management system**