

地震形变观测仪器智能故障诊断软件的设计与实现

李查玮^{1,2}, 庞聪^{1,2}, 罗棋^{1,2}

(1. 湖北省地震局, 湖北 武汉 430071; 2. 中国地震局地震研究所, 湖北 武汉 430071)

摘要: 针对目前湖北辖区内形变观测仪器常见的故障现象以及故障点, 本文结合异常数据识别分析方法, 设计了智能诊断软件方便现场运维人员对故障点的排查, 对形变观测仪器实现智能化故障诊断。本文采用基于微信小程序应用的开发方式, 通过把仪器故障信息化零为整并对其进行结构化处理, 用来构建知识图谱。利用决策树的方式在微信小程序上开发设计, 从而完成仪器故障点的判断, 实现智能故障诊断的功能。

关键词: 人工智能; 知识图谱; 故障诊断; 微信小程序

Research on Seismic Instrument Management Platform Based on WeChat Mini Program

Li Chawei^{1,2}, Pang Cong^{1,2}, Luo Qi^{1,2}

(1. Hubei Earthquake Administration, Wuhan 430071, China; 2. Institute of Seismology, CEA, Wuhan 430071, China)

Abstract: Aiming at the common fault phenomena and points of the deformation observation instrument within the jurisdiction of Hubei Province, this paper combines identification and analysis method of abnormal data to design software to facilitate the staff to check the fault point and realize intelligent diagnosis. This paper adopts the application development method of WeChat Mini Program. In this way, the instrument fault information is integrated into zero, and the information is processed structurally. The processed information is used to build a knowledge map. The decision tree is used to develop and design the WeChat applet, so as to complete the judgment of instrument fault points and realize the function of intelligent fault diagnosis.

Keywords: Artificial intelligence; Knowledge graph; Fault diagnosis; WeChat Mini Program

1 引言

在地面监测体系中, 地壳形变观测室最重要的前兆观测项目之一。地形变观测, 是利用精密仪器观测地壳微小变化(包括倾斜、水平和垂直位移)来预报地震的具体方法, 建立形

变观测台站形成观测台网进行连续观测，可以更好地对观测数据进行建模分析，为地震预报提供理论基础^[1-3]。

湖北省辖区内的形变观测手段有：水管倾斜观测、伸缩应变观测、钻孔应变观测、钻孔倾斜观测和垂直摆倾斜观测。自形变台网建设建成以来，我省的形变观测仪器运行时间已超20年，运行过程中由于电子元器件老化、机械磨损等致使观测数据出现异常。

在仪器运维的工作中，从数据异常中对仪器故障原因进行判断，对运维人员的运维能力和工作经验要求较高，因此，智能化仪器运维软件的实现尤为重要，通过人工智能算法和数据分析等手段对仪器故障的原因和常见现象进行整合，运维人员可以通过平台上的出现过的故障现象对仪器故障原因做出基本判断和维修准备。这样一来，中心站运维人员的维修能力可以得到提高，仪器的故障时间可以尽可能的缩短减少。

2 软件设计

智能故障诊断软件针对仪器故障原因、故障现象、仪器维修的相关记录或描述做汇总和归纳，使仪器运维人员可以更加快速直观的对故障仪器的故障点进行判断，提高仪器维修的效率，减少不必要的缺数和断记。**2.1 功能需求分析**

形变仪器故障诊断功能故障智能诊断小程序需要完成以下功能：对仪器出现的故障现象进行对应，确定是否为形变仪器的数据采集器故障，排出数据采集器的故障后，对仪器类型进行选择，可以实现对 DSQ 型水管仪、SSY 型应变仪、VP 型倾斜仪、VS 型倾斜仪、SKZ 型钻孔应变仪、YRY 型钻孔应变仪、CBT 型钻孔倾斜仪、RZB 型钻孔应变仪的故障诊断。

2.2 软件结构设计

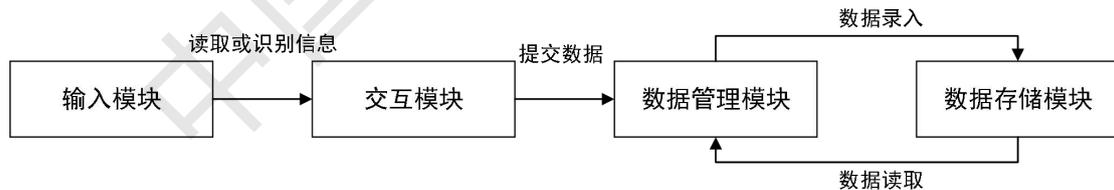


图 1 软件结构设计图

Fig 1 Software structure design drawing

(1) 输入模块：在微信小程序的用户界面上对用户的相关信息进行修改，修改用户名，用户联系方式和用户单位等信息，并将信息发送至交互模块

(2) 交互模块：

a. 数据显示，以微信小程序的形式运行在智能设备上，显示仪器类型

b.数据输入，在微信小程序的仪器类型界面上对故障现象进行点选判断，通过判断得到故障解决的方案。

c.数据提交，将在界面上修改过的信息提交到数据管理模块

(3) 数据管理模块：进行数据读取与存入的功能，从数据库里读取或者存入数据到数据存储模块

(4) 数据存储模块：存储故障仪器的现象和解决方案。

2.3 逻辑算法设计

形变观测仪器智能故障诊断软件针对不同的形变观测手段制定了不同的故障判断逻辑：

(1) 水管倾斜观测

水管倾斜观测由 DSQ 型水管仪完成，其工作基本原理是根据连通管内水面保持自然水平的原理。仪器台基出现相对垂直位移时，两端液面便会相对仪器钵体发生变化，通过浮子、位移传感器等转变成电信号进行数据记录。

该仪器有电路系统、标定系统、管路系统和换能系统组成。其中电路系统主要包括电源线、信号线、供电主机和数据采集器，标定系统主要包括步进电机和微距测量装置，管路系统是水管仪的水管管道和水管钵体，换能系统主要包括信号放大器、位移传感器和铁芯。针对 DSQ 型水管仪的结构设计的故障点诊断逻辑如图 2 所示：

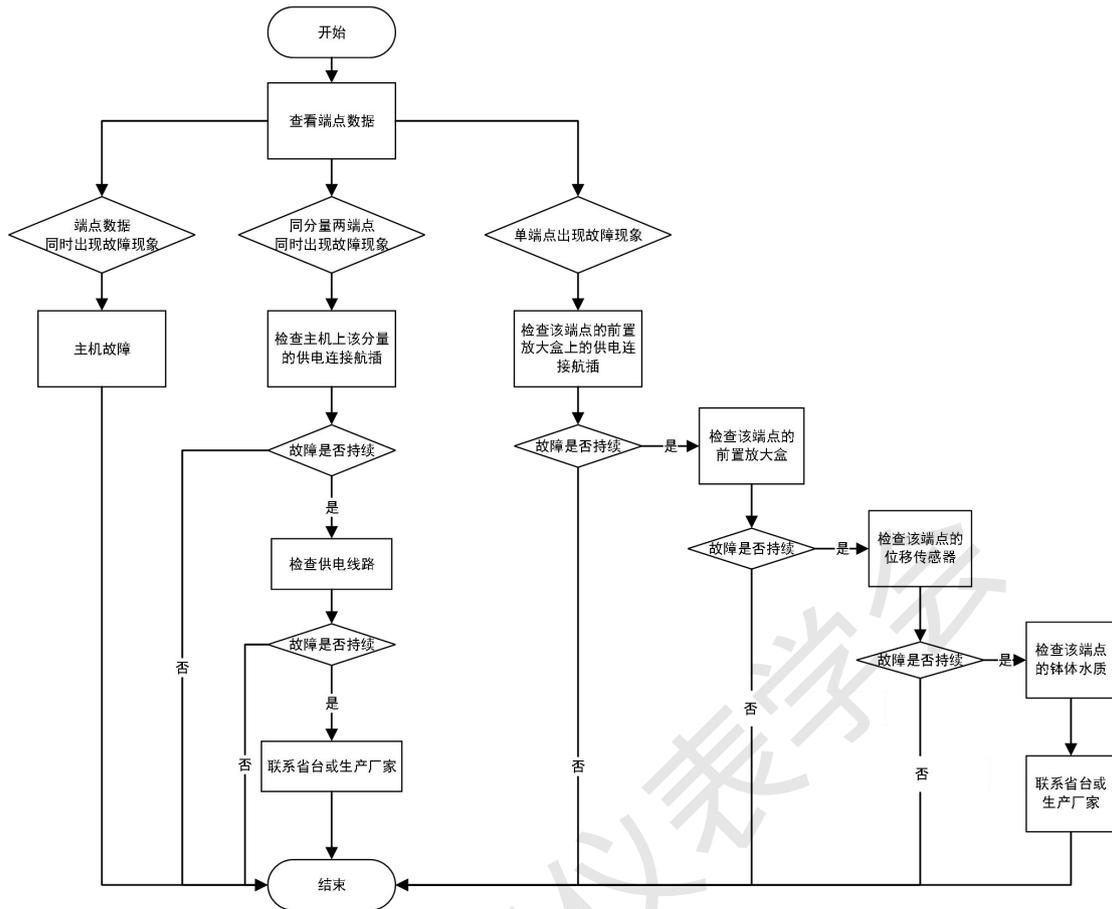


图 2 DSQ 型水管仪故障点诊断逻辑图

Fig 2 Logic Diagram of DSQ Fault Point Diagnosis

(2) 伸缩应变观测

伸缩应变观测由 SSY 型伸缩应变仪完成，它测量地壳表面两点间的应变变量。伸缩应变仪的结构特点为，一端为固定端，另一端连接传感器及信号放大电路，当固定端与测量端之间距离变化时，在特定的环境下视基线长度不变，铁芯与探头之间的间距随之变化，位移传感器将此间距变化转换成电压变化，经过前置放大器，由电缆传输至主机。由主机传送至地震前兆数据采集器，进行数据传输联网。通过灵敏度，格值等换算，便可计算出应变变量的变化。

该仪器有电路系统、标定系统、机械系统和换能系统组成。其中电路系统主要包括电源线、信号线、供电主机和数据采集器，标定系统主要包括步进电机和微距测量装置，机械系统是伸缩仪的伸缩杆和吊丝，换能系统主要包括信号放大器、位移传感器和铁芯。针对 SSY 型伸缩应变仪的结构设计的故障点诊断逻辑如图 3 所示：

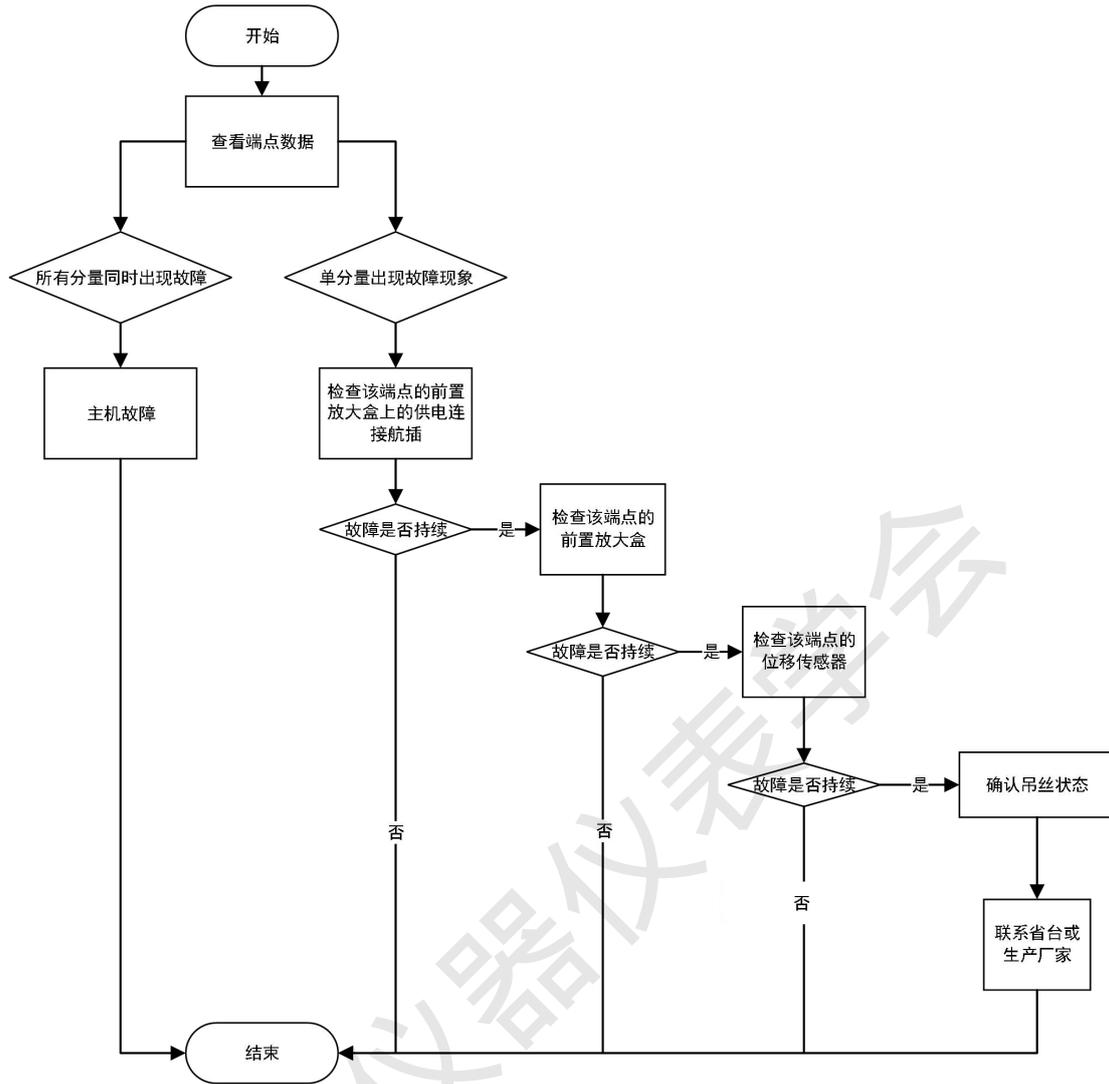


图 3 SSY 型伸缩仪故障点诊断逻辑图

Fig 3 Logic Diagram of SSY Fault Point Diagnosis

(3) 钻孔应变观测和钻孔倾斜观测

钻孔观测分为应变观测和倾斜观测，在湖北省形变观测台网中，由 SKZ-3 型钻孔应变仪和 YRY 型钻孔应变仪完成钻孔应变观测，由 CBT 型钻孔倾斜仪和 CZB 型钻孔倾斜仪完成钻孔倾斜观测。

钻孔观测仪器的结构基本一致，有深埋于钻孔中的传感器探头、数据采集器和主机组成，因观测需要，传感器探头在安装时就被水泥固化在钻孔井内，如果探头出现故障，仪器运维人员无法修复，因此，钻孔观测仪器的故障诊断只给出主机故障和数采故障的维修方案。其故障点诊断逻辑如图 4 所示：

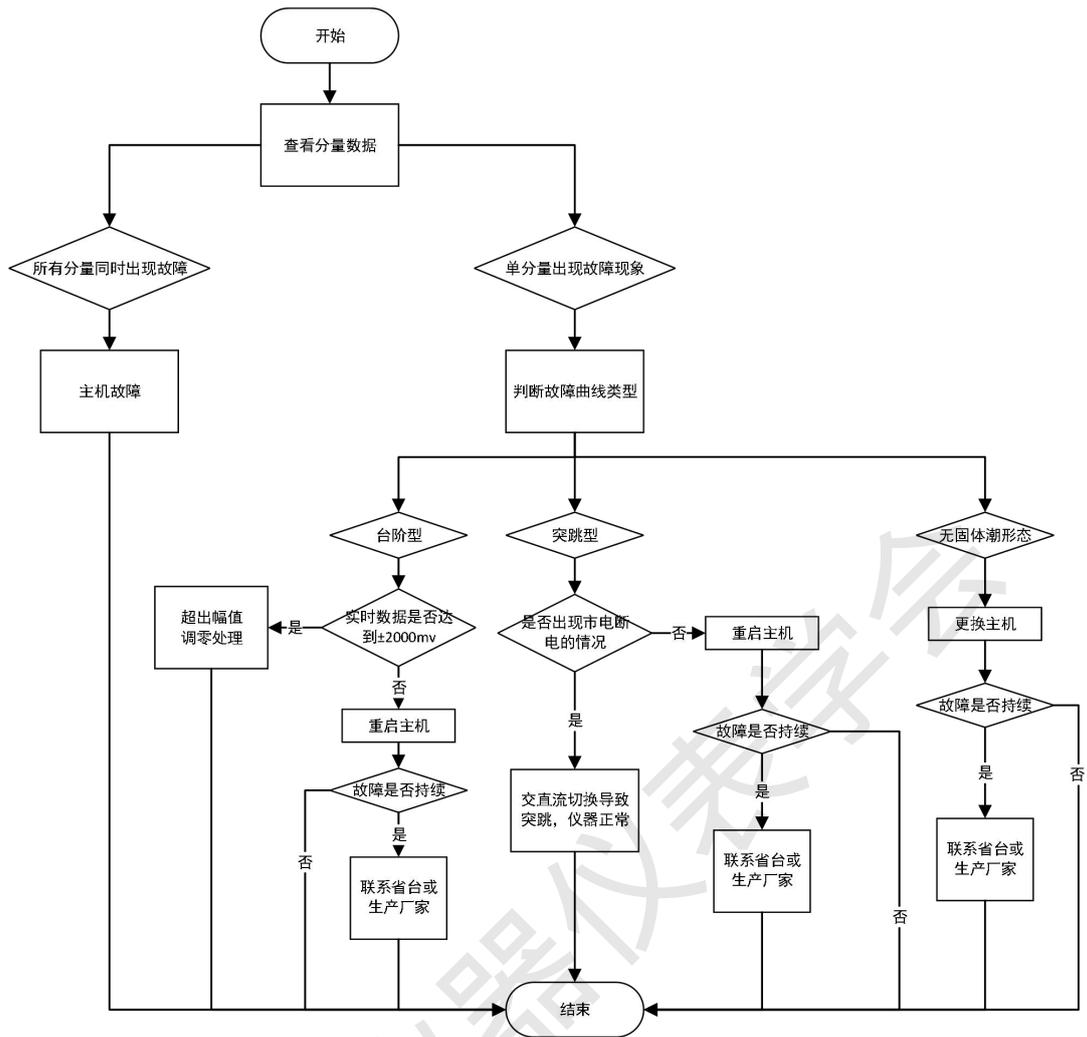


图 4 井下钻孔仪器故障点诊断逻辑图

Fig 4 Logic Diagram of Downhole Drilling Instrument Fault Point Diagnosis

(4) 垂直摆倾斜观测

垂直摆倾斜观测由 VS 型垂直摆倾斜仪和 VP 型宽频带倾斜仪完成，其中 VP 型倾斜仪是 VS 型倾斜仪的升级产品。垂直摆由柔丝、摆杆和重块三部分组成，摆在没有震动的条件下处于铅锤状态，当由于振动发生倾斜变化时，摆平衡位置发生变化，摆和支架之间的相对位置发生变化，电容式位移传感器的动片和定片之间的间距也相应的发生变化，通过传感器将这种变化转换成电信号。

垂直摆倾斜仪的故障点诊断逻辑如图 5 所示：

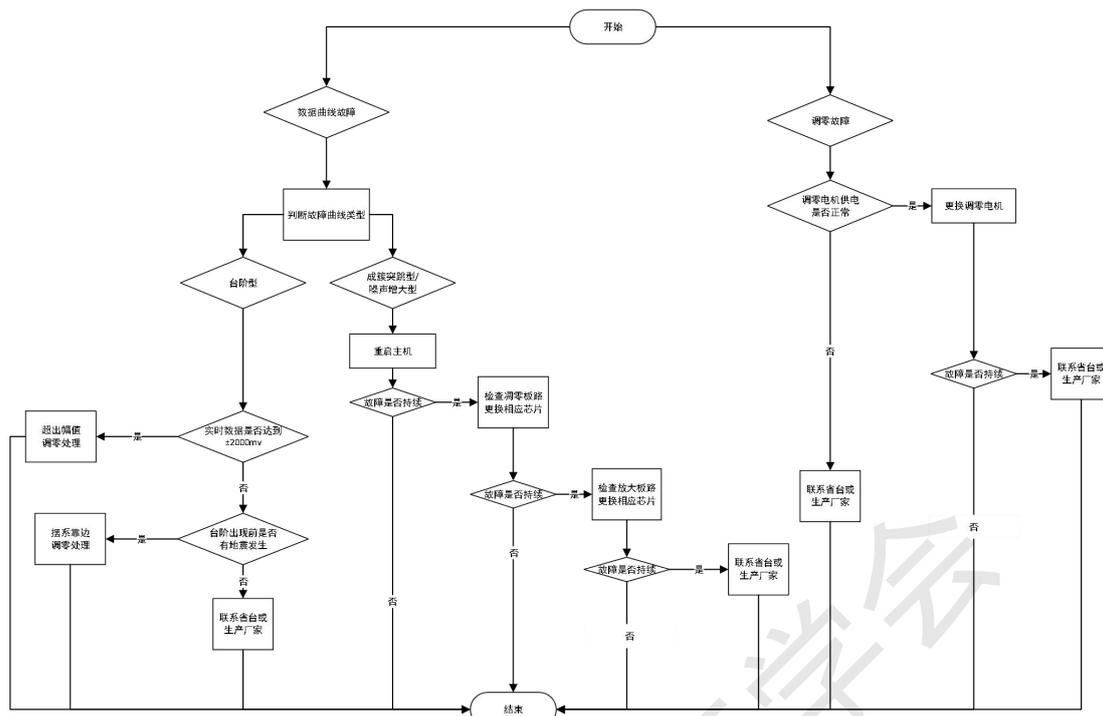


图 5 垂直摆倾斜仪故障点诊断逻辑图

Fig 5 Logic diagram for fault point diagnosis of vertical pendulum tiltmeter

3 软件实现

关于智能故障诊断软件的搭建，现在成熟应用的主要有两种，分别是基于 C/S 架构和基于 B/S 架构。其中，基于 C/S 架构需要安装客户端才可以进行管理操作，它的开发比较容易，操作简单，但是应用程序的升级和客户端的维护较为困难。基于 B/S 架构将系统功能实现的核心部分集中到了服务器，简化了系统的开发、维护和使用[3]，但是它对 web 浏览器的兼容性要求较高。以上两种架构均不能满足实时性需求，他们都需要依托于电脑或者笔记本，在实际应用中不便捷。

近年来，微信小程序在政务、医学、高校管理等多个领域应用广泛，微信是腾讯公司推出的一款为智能手机提供即时通讯服务的应用程序，它的受众广，实用性强，可以通过网络发送文字、图片、音视频^[5]，在地震领域也有应用，主要体现在地震应急救援、地震信息收集、地震震情管理、地震政务工作、地震舆情控制、地震档案等。

为了满足不同操作系统手机用户的使用需求，并保证故障信息采集与故障处理的效率和质量，基于微信小程序的地震形变观测仪器智能故障诊断软件可以克服移动端应用程序与操作系统兼容性差的问题，且微信的应用范围广、受众多、互动性强、成本低等特点有利于系

统的应用推广。

软件结构如下图所示：

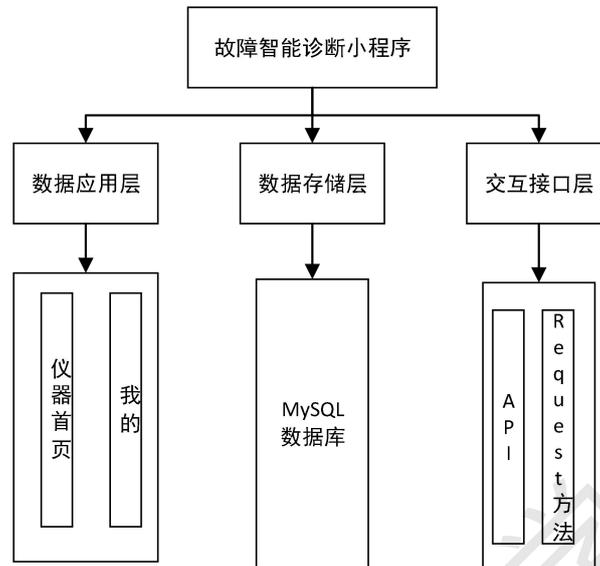


图 6 软件实现结构图

Fig6 Software implementation structure diagram

基于微信小程序的地震形变观测仪器智能故障诊断软件的界面实现如下：



图 7 仪器智能故障诊断小程序首页

Fig7 Home page of WeChat applet for instrument intelligent fault diagnosis

点击选择形变仪器后，根据故障现象判断是否为数据采集器故障造成，排除了数据采集

器的故障后，才进入按观测手段分类的故障诊断。数采故障所产生的常见故障现象及在微信小程序中故障诊断实现如下图 8 和图 9 所示：

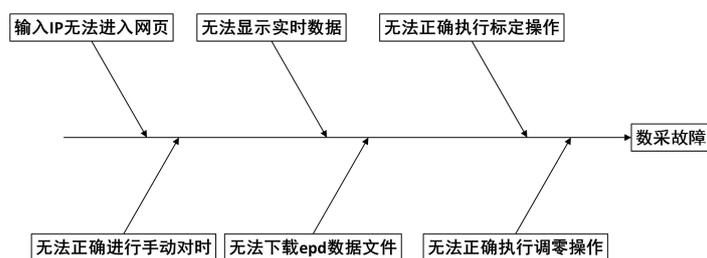


图 8 造成数采故障原因

Fig 8 Causes of data collector failure



图 9 数采故障诊断实现

Fig 9 Realization of fault diagnosis for data collector

排除数采故障后，进入仪器选择界面，如图 10 所示：



图 10 选择仪器类型界面实现

Fig 10 Interface realization of instrument type selection

根据不同的仪器类型以及仪器故障诊断逻辑，实现故障诊断，以 SSY 伸缩仪的诊断流程为例：①判断所有分量是否同时出现故障，选择是和选择否的界面实现，选择否后，进入下一故障点排除的诊断流程：



图 11 诊断观测分量故障的界面实现

Fig 11 Interface implementation of fault diagnosis for observed components

②判断单分量出现故障的情况下，故障点是否在标定装置上，选择是和选择否的界面实现，选择“否”后，故障点可能出现在信号线路或电源线路中，需要维修人员到现场看到仪

器的运行情况后再做判断，因此智能故障诊断的流程结束。选择“是”后，进入下一故障点排除的诊断流程：



图 12 诊断单分量故障的界面实现

Fig 12 Interface Implementation of Single Component Fault Diagnosis

③判断标定装置出现故障后上，选择是和选择否的界面实现，选择“否”后，故障点可能出现在伸缩仪的管线系统中，需要维修人员到现场看到仪器的运行情况后再做判断，因此智能故障诊断的流程结束。选择“是”后，则确认了故障点，并根据故障诊断的结果维修仪器：



图 13 诊断标定装置故障的界面实现

Fig 13 Realization of the Interface for Diagnosing the Failure of the Calibration Device

5 小结

本文设计一个基于微信小程序的地震形变观测仪器智能诊断软件,通过把仪器故障信息化零为整,进行结构化处理,信息覆盖仪器类型、仪器侧项、仪器组成、常见故障曲线现象、常见故障点、维修方式等多种类别,结构化数据用于搭建知识图谱。利用贝叶斯网络决策模型和知识图谱推理技术,依据不同的状态信息生成不同的诊断问题,从而让故障智能诊断模型具备推理能力,通过决策分析技术,完成仪器故障点的判断,实现智能故障诊断的功能。

参考文献:

- [1]周洋,卫义训. 黄梅台形变观测资料的短期干扰因素分析[J]. 国际地震动态, 2011, 000 (012) :29-33.
- [2]吕品姬,赵斌,陈志遥, et al. 2009 年日全食期间黄梅台的固体潮扰动[J]. 大地测量与地球动力学, 2010, 30 (S1) :116-119.
- [3]孙伶俐,吕品姬,罗俊秋,等. 2009—2010 年日食活动对湖北地区地震前兆观测的影响[J]. 大地测量与地球动力学, 2011, 31 (4) :41-46.
- [4]李云云. 浅析 B/S 和 C/S 体系结构[J]. 科学之友:中, 2011.
- [5]郭红梅,赵真,张莹. 基于微信公众平台的建筑物信息采集系统设计及实现[J]. 震灾防御技术, 2019 (4) :9.