

开放式地质灾害监测系统的研究

史彦新

中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所 保定 071051

[摘 要] 本文介绍了一种开放式地质灾害监测系统的构建方案。首先简要叙述了开放式监测系统的概念，随后从监测系统的形成、硬件组成和软件设计三个方面进行了阐述，突出了监测系统开放、灵活的特点。

[关键词] 开放式系统；地质灾害监测；地质灾害预警

1. 前言

地质灾害监测预警是一项复杂的系统工程，具有多学科交叉、应用性强、不断发展变化等诸多特点，随着高新技术和计算机网络技术的迅速发展，地质灾害监测预警技术也有了很大发展，系统化、网络化的开放式地质灾害监测系统成为地质灾害监测发展的必然趋势。

所谓开放式监测系统，即采用开放的结构模式，采用统一标准或协议的一种软件或硬件的平台。在硬件方面，只要符合统一标准的模块，都可以接入该系统；在软件方面，运用模块化编程技术，结合模糊数学、专家系统、人工神经网络、小波分析等先进理论，根据不同的监测模型，采取不同的算法，并制定统一的通讯协议，实现对各监测模块的管理、监测数据的采集、监测信息的远程传输、系统通讯等功能^[1]。

最近在地质灾害预警关键技术方法研究与示范项目中，项目组在构建地质灾害监测系统时进行了大胆的尝试，在巫山地质灾害监测预警示范站，建立了基于钻孔倾斜仪深部位移监测、GPS 地表变形监测、TDR 滑坡位移监测、孔隙水压力监测等手段的开放式地质灾害监测系统。该监测系统可实现一天 24 小时连续监测，监测数据可以从现场发送到数据处理中心，及时获得监测结果，并实时发布^[2]。

2. 监测系统的形成

目前常用的地质灾害（滑坡）预报方法，多为对位移监测数据序列进行数学方法处理，作趋势性外推，这种处理方法受监测点选择的随机性和多种相关因素的综合影响，准确性较低，在实际应用中往往不能达到预期效果。为了提高地质灾害预测预报的准确性，必须对灾害体进行多手段、全方位的监测，对监测信息进行综合分析处理。

随着科学技术的发展及对地质灾害机理的深入研究，国内外地质灾害监测技术方法已逐渐向系统化、智能化方向发展，监测内容、方法、设备日趋多样化，不只局限于对位移的监测，已涉及地质灾害诱发因素的监测及地温、地声、射气浓度等地质灾害间接因素类的监测。只有对灾害体进行全方位的监测，并对监测信息进行综合分析，才能极大地提高监测的有效性与准确性，为地质灾害的预警预报提供坚实的数据基础。

因此，为了全面了解灾害体的位移变化情况及其他特征值，如孔隙水压力等，在巫山监测预警示范站，构建了一套开放式地质灾害监测系统，该系统对几种监测仪器进行集成，从地表位移、地下位移、孔隙水压力三个方面对灾害体进行监测，完成各监测模块的管理、监测数据的采集、传输，为综合分析处理及实时发布监测结果奠定了基础。

3. 监测系统的硬件组成

该监测系统在巫山监测现场安装有 4 种传感仪器，4 个监测模块分别是：

- (1) 固定式钻孔倾斜仪，监测钻孔内地下形变位移；

- (2) TDR 滑坡位移监测仪，该仪器自行研制，监测钻孔内形变位置与位移；
- (3) 孔隙水压力监测仪，该仪器自行研制，监测钻孔内土体的孔隙水压力；
- (4) 高精度 GPS，监测地表相对位移。

用于数据存储、仪器管理及信息传输的是我们自行研制的 TDR 滑坡位移监测仪。该仪器既完成本模块的监测任务，又兼当整个监测系统的数据采集装置。其采用开放式工业控制的设计思想，以 Windows 作为操作系统，采用 RS-232 进行数据通讯，对各监测模块进行管理，完成数据的采集、存储，最后利用 GPRS 无线传输技术，将监测信息远距离传送到数据处理中心，存入上位计算机中，在数据处理中心完成监测数据的综合分析处理，并实时发布监测结果。

该监测系统的硬件结构如图 1 所示。

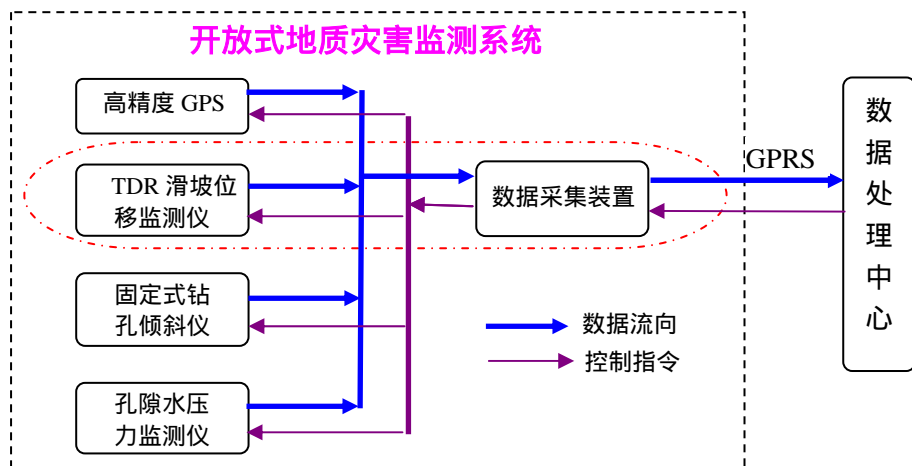


图 1 开放式地质灾害监测系统硬件结构示意图

4. 监测系统软件设计

4.1 各监测传感模块自控软件设计

各模块自控软件将控制模块的定时工作和通讯协议的建立。各模块自控软件相对独立，分头设计，根据监测对象的不同，采用不同的算法，完成监测、采集任务，同时负责本模块通讯协议的建立。

4.2 制定标准的通讯协议和特定的数据格式

通讯协议是现场监测传感仪与数据采集装置及数据采集装置与数据处理中心沟通的桥梁，当数据处理中心需要查看各模块的监测数据及设定监测参数时，均需通过数据采集装置，按照通讯协议上传下达。

针对地质灾害监测的实际情况，采用了主从机通讯方式，将数据处理中心计算机作为主机，监测系统的数据采集装置作为从机，实现一发一收联机通讯。在设定协议中，制定了四个字节的控制状态字，其中第一个字节是前端站点呼叫控制字，保证每个站点上数据的独立性；第二个字节是设备号控制字，能准确地调用各个监测模块的监测数据；第三个字节是读写控制字；第四个字节是握手应答控制字，呼叫并握手成功后，主从机之间即能相互传送或接收数据。传送数据过程中，设定一个表头文件。在表头文件中，首先用 1 个字节表示仪器设备号；再用 5 个字节表示数据时间；然后用 3 个字节代表点号、孔号和孔深；最后用 8 个字节存放监测数据。另外在修改各监测传感模块的参数时，可以通过主机发送一个配置文件 (*.dat) 到从机，从机（数据采集装置）接到这个配置文件，就会自动地去修改仪器参数，使各监测传感模块按设定方式采集监测数据。

通讯协议简述如下：

当监测系统启动通讯程序后，接收数据处理中心的命令并按以下格式进行数据字头文件

的上传。

序号	含 意	内 容	字节数
1	设备号	监测模块代号	1
2	日期	年、月、日	3
3	时间	时、分	2
4	点号	(监测点)	1
5	孔号	(监测孔)	1
6	孔深	(孔深)	2
7	保留字	监测数据	8
	合计		18

当数据处理中心下传监测参数时，以配置文件的方式进行通讯，系统接收命令后，按数据字头文件格式下传给各监测传感模块。其中的第 2、3 项改为下次监测的启动时间，第 7 项改为时间间隔，各监测传感模块接到指令后，其自控软件会控制监测仪按设定方式进行工作。

5. 结束语

以上所述的开放式地质灾害监测系统已在巫山地质灾害监测预警示范站项目中得以实现，运行效果良好，并且随着示范站的建设，基于其开放式的结构模式，会有更多的监测模块接入到该监测系统中，使其技术更加成熟，功能更加完善。

参考方献：

[1] 张青，史彦新，三峡库区地质灾害监测仪器的前景展望，环境与工程地球物理国际学术会议，2004, 6.
[2] 中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所，地质灾害预警关键技术方法研究与示范项目设计书，2002, 11.