

多分量地震监测预测系统 AETA 项目介绍

我国是地震多发的国家,断裂带分布广泛。地震,尤其是大地震,一旦在人们毫无察觉的情况下发生在人口密集区,将对人们的生命财产造成难以估量的损失。地震预测仍然是未解的世界难题,其根本的原因在于没有找到一种确切的前兆信号,尤其是临震的前兆变化。

我们认为地震发生前,必然引起地球物理场的显著变化,其中电磁场的波动是重要的信号。基于此,我们研制了多分量地震监测预测系统 AETA,该系统支持电磁扰动和地声信号的观测,具有易安装、抗干扰的特性,是工业级的批量产品,满足高稳定性、可靠性和一致性的观测需求。

多分量地震监测预测系统 AETA 由地声传感探头、电磁传感探头、地面处理终端,及云平台数据存储和分析系统组成,如图 1 所示。AETA 系统感知来自地下的电磁扰动、地声信号,实时监测其变化,采集的数据通过有线或无线网络将数据传输到云平台,通过互联网实时访问云平台的监测数据。

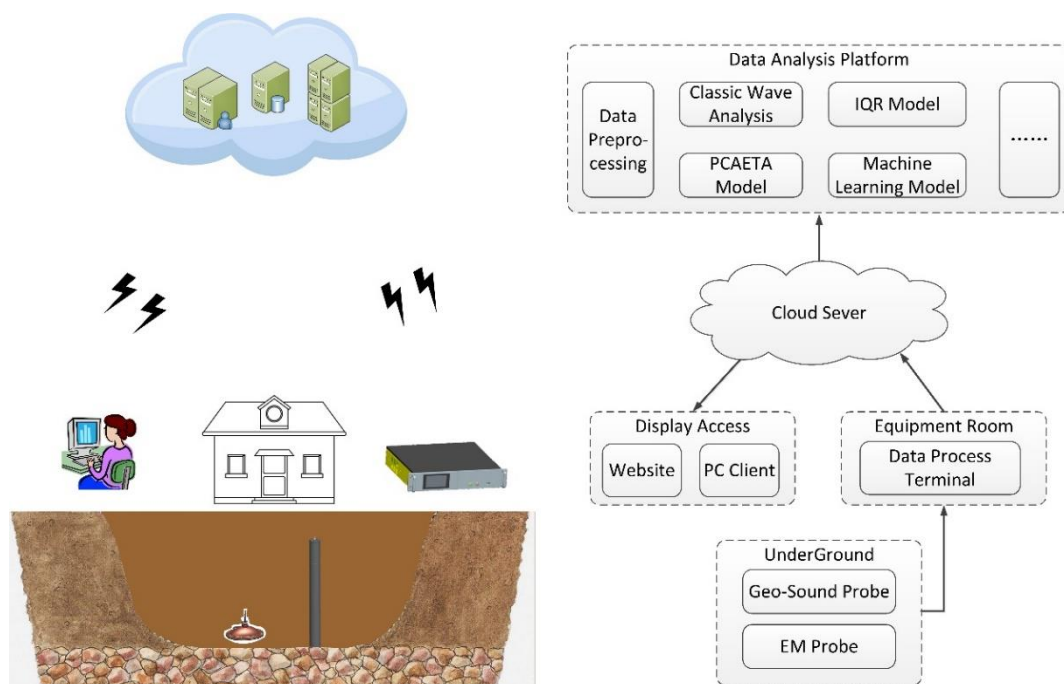


图 1 多分量地震监测预测系统 AETA

该系统传感探头性能如下所述:

(一)、电磁传感探头性能：

- 频率范围：0.1 Hz to 10 kHz；
- 动态范围：0.1nT~1000nT；
- 灵敏度： $>20\text{mV/nT}@0.1\text{Hz}\sim 10\text{kHz}$ ；
- 数据分辨率：18bits.
- 尺寸：直径 90mm，高度 850mm，线缆长度 40m.

(二)、地声传感探头性能

- 频率范围：0.1 Hz to 10 kHz；
- 电压分辨率：19.073uV；
- 一致性： $<\pm 5.5\%$ (0.47dB)；
- 数据分辨率：18bits.
- 尺寸：直径 265mm，高度 68mm，线缆长度 40m.



图2 （左）电磁传感探头；（右）地声传感探头。

经过与中国地震局监测预报司及相关省局协商，选取了地震频发的川滇地区和曾发生过唐山大地震的首都圈作为观测区域，布设了181个AETA台站，川滇地区152个，首都圈29个。同时在这两个区域周边，还布设了40个台站，观测目标区域的远场范围内电磁扰动信号的变化，具体包括西藏、青海、甘肃、广东、台湾等。

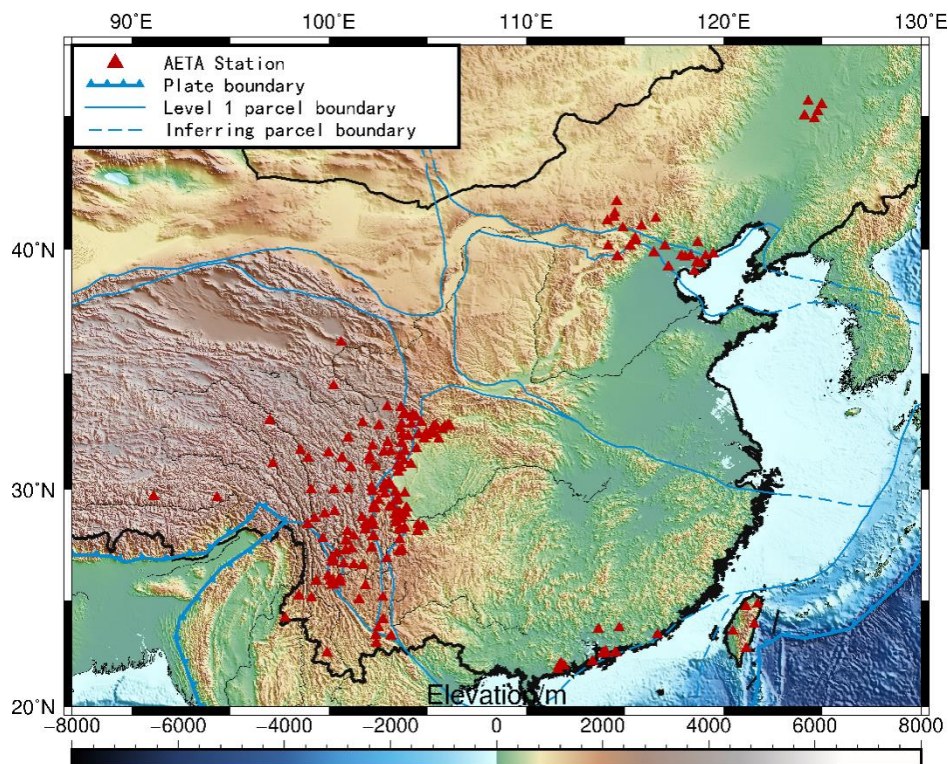


图 3 AETA 系统全国台站分布图

AETA 系统的研制和量产，得到多家单位的全方位支持，如图 4 所示。尤其是深创谷 SVV 技术服务公司为保证 AETA 的工业实现和品质给予极大的帮助。

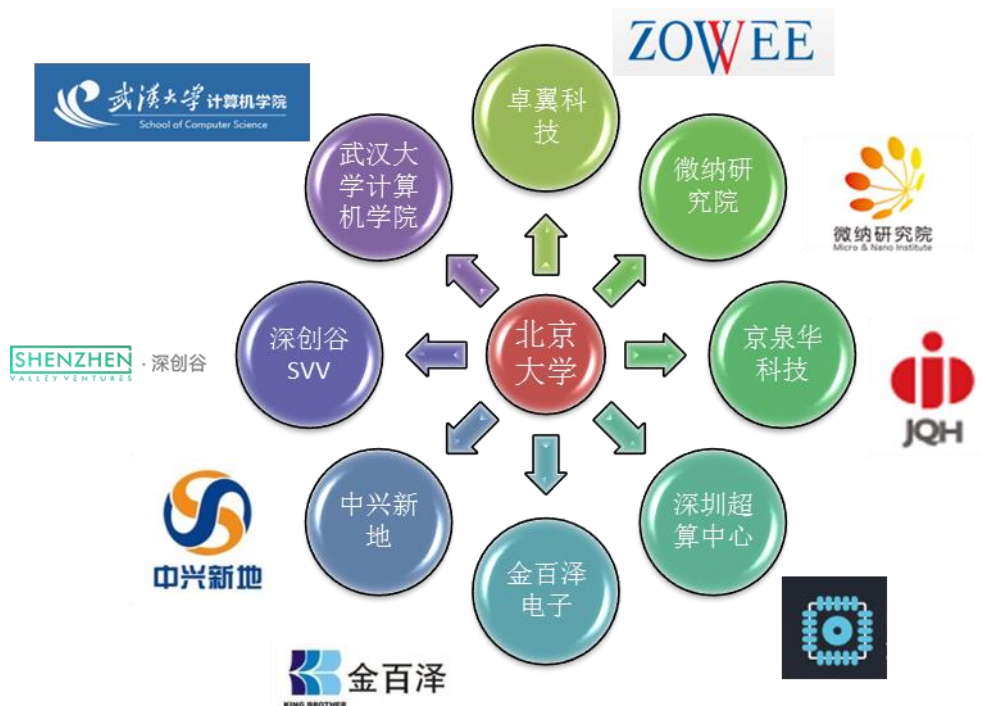


图 4 AETA 项目合作单位

在 AETA 系统的布设过程中，我们获得了四川、云南、河北、西藏、广东、深圳等省市地震局以及 100 多个地市县防震减灾局的支持。在现场安装过程中，台站的工作人员也给予了大量帮助。如图 5 所示。



图 5: AETA 系统布设

在 2017 年 8 月 8 日九寨沟 7.0 地震发生之后，在四川省地震局的协助下，我们在震后第三天到达了震中区域并对在震中周边的县以及九寨沟县县内开展了流动观测，如图 6 所示。



图 6 2017 年 8 月 8 日九寨沟 7.0 级地震后第三天到达震中开展流动观测

AETA 系统现场实验得到中国地震局和相关省地震局及市县防震减灾局的支持。经过近 3 年的布设和观测实验，实验表明 AETA 系统性能稳定、环境适应性高、易于布设、抗工作和生活干扰强。

AETA 台站累积观测时间近 3 年，积累了丰富的观测数据。观测发现在全国范围内电磁扰动的信号呈现出日周期的变化形态，在日周期信号中还有一种特殊的信号，其幅值变化具有日升阶跃变成低值并小幅波动，持续到日落时则阶跃变成高值并小幅波动，然后持续至日升的特性。该波形我们称之为 SRSS 波（Sunrise & Sunset），即日升日落同步变化的波形。

分析 2017 年四川地区 3 级以上地震得出，在震中距 100 公里内有 AETA 台站覆盖的地震事件中，均出现了显著 SRSS 波，且部分有震前变异。在 2017 年 8 月 8 日九寨沟 7.0 级地震前后，其周边 100 公里内的 2 个台站出现了显著的 SRSS 波且震前有明显变异，周边 200 公里内共 4 个台站出现显著 SRSS 波，且这 4 个台站的波形变化具有局部互相关性。

地声信号在震前和震时常常出现连续的脉冲信号，且在局部区域多个 AETA 台站的地声异常常常具有时间上的同步性，该信号与周边的地震具有较强的相关性。如 2017 年 8 月 8 日九寨沟地震 7.0 级地震前后，其周边的九寨沟防震减灾局台、青川防震减灾局台，以及较远的峨眉山防震减灾局台均出现明显的震前地声异常波动情况。

观测发现了电磁扰动的 SRSS 波、地声的异常波动与地震（尤其是强震）之间具有强相关性和临震特性。基于该发现，我们于 2018 年先后向四川省地震局填报了两次 4 级以上地震预报，结果符合预期。

我们认为，如果 AETA 台站覆盖密度能够间距 30~50 公里，即一个县 5~10 台，我们相信完全有可能给出更准确的预测。

70: 杜斌 赵长

地震预报卡

1. 预测等级标准的确认，只将带○涂实为●

2. 预测内容请参考确认的级别所规定的等级标准填写：

等级标准	震级 (Ms)	时间 (天)	地域半径 (Km)
一级	≥7.0	≤90	≤200
二级	6.0-6.9	≤60	≤150
三级	5.0-5.9	≤30	≤100
余震	≥5.0	≤5	≤50

注：表中余震预测是绝对中强震发生 10 天以后的 5 级以上余震所作出的预测

3. 单位或者集体的预测应填全称。个人的预测应填所在单位全称、本人姓名、通讯地址和邮政编码。

4. 地震预测意见应向预测地的县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或机构报告，也可向所在地的县级以上地方人民政府负责管理地震工作的部门或机构，或国务院地震工作主管部门受理机构（北京市西城区三里河南路甲 5 号中国地震台网中心，邮编 100045）报告。

5. 预测依据应明确、详细。

6. 本卡片可以复制，保密期满后予以公布。

7. 预测意见评价：

① 完全正确：实发地震发生在预测时间范围内，预测意见的地点、震级与实发地震完全符合；

② 部分预测要素对应：实发地震发生在预测时间范围内，预测意见的地点、震级至少有一个与实发地震建址，即地点误差不得超过 300 公里（西藏地区不超过 500 公里），或者震级误差不得超过 1 级。

③ 无对应：不满足①②条件的。

地震预报预测卡片

预测等级：○一级 ●二级 ○三级 ○余震

预测内容：

1. 时间：2018 年 6 月 27 日至 2018 年 7 月 6 日

2. 震级 (Ms)：5.0 级至 6.9 级

3. 地域：用封闭图形绘于下面经纬网内，并标注其图形顶点的经纬坐标。

网格单位：(0.1) 度

上述预测内容的依据和方法：
(文字简明，图作清晰，提供定量公式，可填写在背面或者附页)
请附图表说明。

预测的单位或集体印章：北京大学深圳地质能源与资源技术研究中心

或者个人预测签字：所在单位盖章：填报单位：2018 年 6 月 27 日

通讯地址：广东省深圳市南山区西丽街道 25 号 邮编：518055

图 7 2018 年 6 月 27 日第一次地震预报卡

表 1 第一次地震预报情况说明

名称	震级 (Ms)	时间 (天)	地域 (半径) (公里)
预测值	6.0	2018-6-27 至 2018-7-6	震中: 32.65, 104.15 纬度范围: 32~33.3~ 经度范围: 103~105.3
地震事件	4.0	2018-6-29	震中: 32.17, 104.57
预测误差	2	0	预测范围内 震中距 66km

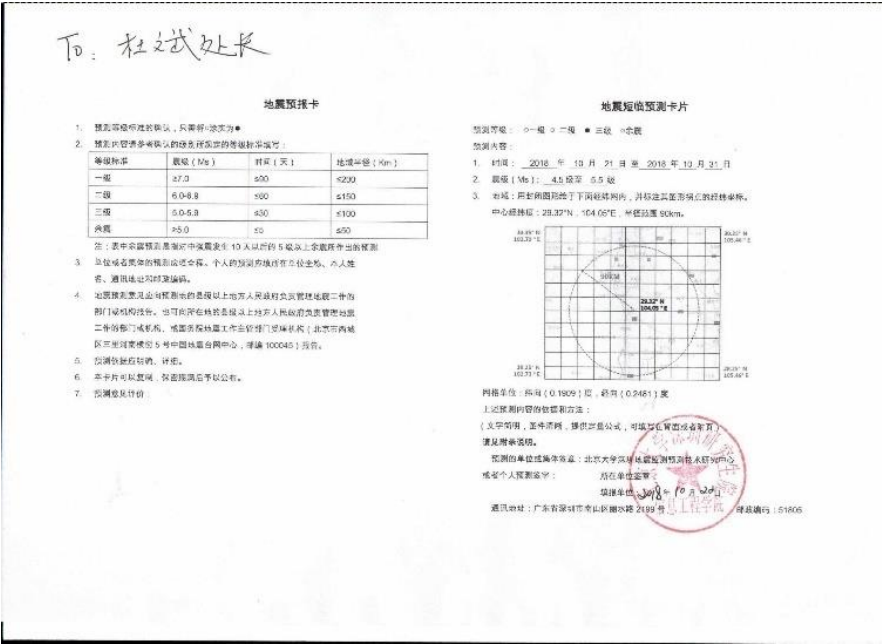


图 8 2018 年 10 月 22 日第二次地震预报卡

表 2 第二次地震预报情况说明

名称	震级 (Ms)	时间 (天)	地域 (半径) (公里)
预测值	4.5 至 5.5	2018-10-21 至 2018-10-31	震中: 29.32, 104.05 半径: 90km
地震事件	3.0	2018-10-23	震中: 29.4, 104.46
	5.1	2018-10-31	震中: 27.7, 102.08
预测误差	2	0	预测范围内 震中距 40km
	0	0	偏差: 174km 震中距: 264km

表 3 地震三要素预报精度

	等级标准	震级 (Ms)	时间 (天)	地域 (半径) (公里)
中国地震局	一级	≥7.0	≤90	≤200
	二级	6.0—6.9	≤60	≤150

	三级	5.0—5.9	≤ 30	≤ 100
	余震	≥ 5.0	≤ 5	≤ 50
北京大学地震监测预测技术研究中心	强震	$\geq 5.0, \pm 0.5$	≤ 15	≤ 50

强震是破坏性地震，造成极大的生命财产损失，强震临震预报是有益的预报！

基于 AETA 数据的经验临震预报→基于 AETA 数据的临震模型预报是我们努力的方向！