

# 关于地震科学实验场发展的回顾与展望\*

杨军<sup>1</sup>, 王宝善<sup>2</sup>, 陈颢<sup>3♣</sup>

(1. 中国地震局滇西地震预报实验场办公室, 云南 大理 671000; 2. 中国科学技术大学 地球和空间  
科学学院, 安徽 合肥 230026; 3. 南京大学 地球科学与工程学院, 江苏 南京 210046)

**摘要:** 地震科学实验场的建设在我国地震科学的发展过程中起到了良好的推动作用。通过回顾我国地震科学实验场的发展历程, 介绍了中美地震科技合作的成果以及地震科学实验场的经验, 在此基础上对地震科学实验场未来的发展提出展望, 认为地震科学发展要集中攻克关键性科学问题; 可以开辟流动实验场, 将基础研究、应用研究、长期性的科学问题及短期性的科学问题有机结合起来。

**关键词:** 地震科学实验场; 科学问题导向; 研究地区导向; 流动实验场

**中图分类号:** P315-24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2019)03-0305-05

## 1 地震科学实验场的发展

20 世纪中期, 前苏联研究发现在塔吉克的加尔姆地区, 地震前地下波速会有明显的变化, 基于此观测提出了地震发生机理的新模型, 并在加尔姆地区建立了地震预报科学实验场(卢振恒, 1986; 张君仪, 1980; Л. И. Боканенко, 1994)。随后, 德国科学家也在土耳其的阿拉托利地区建立了地震科学实验场(卢振恒, 1986)。这些工作主要针对地震发生机理的基础研究, 受到了国际科学界的重视。但由于政治变动和经费来源等因素的限制, 到 20 世纪 70 年代, 这些实验场的工作都陆续中断了。

1978 年中国共产党十一届三中全会的召开, 标志着中国进入了改革开放的新时代。1979 年中美建交, 拉开了中美科技合作的序幕, 地震科学实验场作为最早一批的合作项目开始推进。1980 年 1 月 24 日, 国家地震局(现中国地震局, 下同)、中国科学院、国家科委、军委总参谋部和外交部 5 家单位与美国相关部门正式签订了中美地震科技合作议定书(图 1)。这份议定书涉及 7 个方面的合作内容: ①地震前兆现象与预报技术的研

究; ②板内活断层与地震研究; ③地震工程与减轻地震灾害合作研究; ④地壳深部结构合作研究;

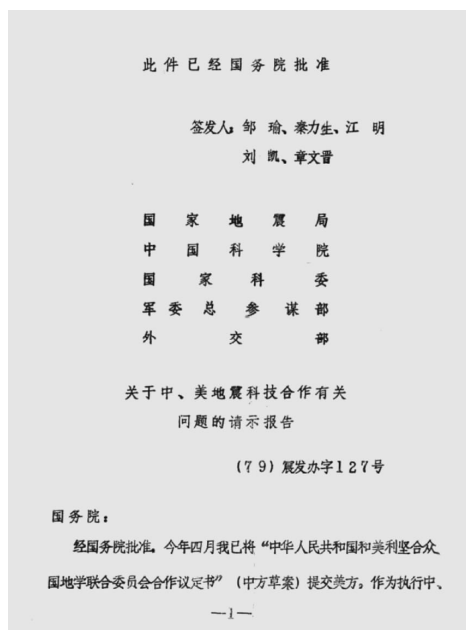


图 1 国务院对“关于中、美科技合作有关问题的请示报告”的批复

Fig. 1 Reply of the State Council to the “Request for Report on Issues Related to Sino-US Science and Technology Cooperation”

\* 收稿日期: 2019-05-21.

基金项目: 国家自然科学基金(41674058)和云南省陈颢院士工作站(2014IC007)联合资助.

♣通信作者: 陈颢(1942-), 中科院院士、地球物理学家, 主要从事地球物理学和岩石物理学研究, 近年主要研究方向为用地震波探测地下结构的理论和方法, 及其在环境、能源和减灾方面的潜在应用. E-mail: yongchen@seis.ac.cn.

⑤岩石力学实验室的合作研究；⑥超长周期地震台站的设置与合作研究；⑦资料和地震图胶片的交换。

中美双方根据签订的合作议定书，确定在云南省大理白族自治州建立国家地震局滇西地震预报实验场（以下简称滇西地震预报实验场），其科学定位为研究板内地震（也称“大陆地震”）的科学问题，而非局限于研究滇西区域的地震问题。协议书有效期为 4 年。在这种“科学问题导向”思想的指导下，中美双方交流密切。4 年期间，中方先后接待美方科研人员 155 位，中方赴美国交流科研人员 98 位。滇西地震预报实验场还接待了来自英国、德国和以色列等多个国家的科研人员。许多地震科技骨干，如丁国瑜、梅世蓉、马宗晋、曾融生、马瑾、谢礼立、许厚泽、姚振兴等都曾在滇西地震预报实验场工作过。中美地震科技合作工作，对中国地震工作的发展起到了极大的促进作用，中国的地震研究工作也得到了国际地震学界的高度重视，SSB（State Seismological Bureau，国家地震局）的名称与 USGS（United States Geo-

logical Survey，美国地质调查局）、NASA（National Aeronautics and Space Administration，美国航天局）一样，频繁出现在包括 Science 在内的各种英文专业杂志上（Kan *et al.*，1986）。

1983 年 10 月 25 日，国家地震局在云南省大理白族自治州召开了滇西地震预报实验场第一次工作会议，参会成员有原国家地震局副局长林庭煌（滇西地震预报实验场工作委员会主任）、云南省地震局原局长姜葵、原国家地震局地震预报中心主任陈鑫连、原国家地震局地球物理研究所所长陈颢、原国家地震局地震研究所所长赖锡安、原国家地震局地质研究所所长刘若新、四川省地震局原局长罗灼礼及王贵美等同志。

1984 年，国家地震局在北京召开了第一届大陆地震国际讨论会，该次会议的科学议题为“大陆地震”，来自全世界十几个国家的近 300 名学者出席会议，其中包括 12 个国家近 20 位科学院院士。表 1 为此次会议一些代表性的发言题目（国家地震局科技监测司，1984）。

表 1 第一届大陆地震国际讨论会中具有代表性的发言题目

Tab. 1 Representative speeches in the 1st International Symposium on Earthquakes in the Mainland

序号	姓名	国家	题目
1	Bolt B A	USA	Seismological Strong Motion Parameters
2	Evison F	UK	Seismic Hazard Assessment in Continental Area
3	Gupta H K	India	Recent Investigation of North – East India Seismicity
4	Nersesov I L	—	Precursors of Continental Earthquakes
5	Mendiguren J A	—	Continental Seismicity in Brazil
6	Aki K	France	The Use of Physical Model of Fault Mechanics in US
7	Mogi K	Japan	Fundamental Study of Earthquake Prediction
8	Tapponier P	France	Seismotectonics of Asia
9	Karnik V (UNDRO)	—	Seismicity Pattern in Europe and the Mediterranean
10	丁国瑜	China	Active Faults in China
11	马宗晋	China	The Basic Characteristics of the Continental Earthquakes
12	许绍燮	China	A Review of Continent Seismicity Pattern

滇西地震预报实验场建立后，国家地震局组织多家科研单位在云南地区开展了大量科学实验工作，比如“滇深-82”及“滇深 86-87”人工爆破测深工程和“云南地学大断面”综合研究工作，通过这些工作获取了云南地区丰富的测深资料，之后许多科研学者对这些云南测深资料进行分析研究，揭示了云南地区地壳的一些重要特征。

如此丰富密集的测深资料及研究成果在我国大陆是少见的（张建国，2009；姜葵，陈金海，1986；白志明，王椿镛，2003；Kan *et al.*，1986），这也为滇西地震预报实验场继续开展地震科学实验工作奠定了坚实的基础。

21 世纪初以来，滇西地震预报实验场继续在地震科学实验探索方面开展相关工作。2007 年重

建了由6个子台组成的测震观测台网,2011年与中国地震局地球物理研究所合作建成了全球第一个陆地固定式地震信号发射台——宾川地震信号发射台(陈颢等,2017;王彬等,2015,2016),并依托该发射台连续申请了2项国家自然科学基金及1项云南省院士工作站等科研项目,2017年与中国地震局地球物理研究所合作在云南宾川布设了密集台阵,开展了云南宾川主动源邻区浅层精细结构多源成像研究,并与中国地震局地质研究所合作开展“亚失稳”研究,上述一系列的科研合作项目为云南地震科学研究及人才培养搭建了良好的平台。

## 2 曲折

20世纪80年代后期,参照滇西地震预报实验场的经验,全国多地开始建立地震预报实验场。但地震预报实验场的科学定位慢慢发生了变化,这些实验场的主要目标是成为其所在地区监测预报方面的“实验场”。这是一种“研究地区导向”定位,即以该区域的地震预报作为评价“实验场”的标准:选择多地震的地区建立地震预报实验场,建设多种手段、高密度的观测系统,通过分析地震前兆的方法预报“实验场”地区的地震,并试图评价各种经验性方法的局限性(陈鑫连,1987;梅世蓉,1994;马宗晋,2000),以期推动地震预报研究的进步,这样的定位给“实验场”的发展带来了局限。这些“实验场”建立之初,将科学目标定位在地震预报,希望通过“实验场”的工作,在地震预报方面有所突破。在任何地区,地震(特别是大地震)的复发周期都是很长的,而“实验场”运行的时间有限,所以多数“实验场”都没有完成预定目标。于是,包括滇西地震预报实验场在内的很多实验场,如京津唐张地震预报实验场、山西和新疆的地震预报实验场,都走过了一段曲折萧条的道路。到如今,除了滇西地震预报实验场,其它的地震预报实验场都逐渐被人们遗忘。

20世纪80年代,中美地震科技合作的基地之所以选择在滇西地区,原因有二:一是该地区地处大陆内部,地震多,实践的机会也多;二是滇西地震多与红河断裂有关,而红河断裂北段地震

频繁,南段却很少有地震。同一条断裂,南北两段地震活动性质完全不一样,正如美国地质学家 Clarence R. Allen 在合作议定书签订过程中所提出的“这是研究地震机理、断层与地震关系的绝好地区,也是全球范围内研究大陆地震基础前沿问题的最好地区”。

要把一个实验基地建设好,科学的定位是最重要的。我们应该把着眼点放在提高地震科学的水平上。因为地震科学的发展,能够促进地震预报水平的提高,这与地震预报并不矛盾。对地震的观测和理论研究可为地震预报提供基础。

## 3 流动实验场

地震科学的发展面临许多挑战性的问题,大致可以分成两类:长期性和短期性的问题。我们应该挑选几个关键性的科学问题,在有条件的地方,集中力量进行攻关。部分科学问题举例如下:

(1) 4D地震学。根据“国家地震科技创新工程”中“解剖地震”的计划,要对地震的物理过程进行研究,要求我们对地下介质状态的变化开展监测。利用多种技术手段,对地下介质的物理性质、力学性质等随时间的变化开展研究,是4D地震学的主要内容(图2)。4D地震学的观测能够帮助我们认知哪些“前兆”能够反映地下介质状态的变化,哪些不能;能够提高前兆观测的空间密度和时间尺度(王伟涛等,2017)。

(2) 城市地震学。中国的城市化率近75%,对城市下方空间的探测是“透明地壳”“韧性城乡”的重要研究方向。对地下结构的探测是地震科学的强项,但在城市这一经济、人员和环境的综合载体下开展探测,对地震学的探测模式和探测精度提出了挑战,需要对相关的探测震源和观测技术开展深入的研究,以应对城市环境下高分辨率地下空间探测的要求。同时,也对地震学研究产出成果的类型和成果应用提出了新的要求。选择适当的城市,开展流动实验场的工作,服务于政府城市建设,势必得到多方面的支持,对传统地震学走出学院式的象牙塔有极大的帮助。

(3) 页岩气地震学。科技发展要以“需求牵引,问题导向”为目标。天然气等清洁能源成为

从传统化石能源向新能源跨越中不可逾越的桥梁,清洁能源所占比重有望在 2030 年超越煤炭、2040 年超越石油。当前是天然气为主导的清洁能源的黄金发展期,世界正进入“天然气时代”。针对国家在能源需求方面所面临的科学问题,开辟流动实验场,在天然气能源的存储等方面开展工作,针对特定的问题,在相应地区开展相对短期的实

验研究,这样可以在促进学科发展的同时为国家需求保驾护航(智慧服务)。

总之,在实验场进行长期实验的基础上,开辟流动实验场,增加适当的短期实验内容,将基础研究与应用研究有机结合起来,可以增加地震科研的活力,开辟新的研究领域,更好地为国家服务。



图 2 正在工作的大理宾川地震信号发射台为 4D 地震学研究提供可靠信号源

Fig. 2 The working Dali Binchuan Seismic Signal Launcher provides a reliable source for 4D seismology research

#### 参考文献:

- 白志明,王椿镛. 2003. 云南地区上部地壳结构和地震构造环境的层析成像研究[J]. 地震学报, 25(2): 117-127.
- 陈鑫连. 1987. 我国地震预报工作的回顾与展望[J]. 中国地震, (2): 3-8.
- 陈颢,王宝善,姚华建. 2017. 大陆地壳结构的气枪震源探测及其应用[J]. 中国科学:地球科学, 47(10): 1153-1165.
- 国家地震局科技监测司. 1984. 大陆地震活动和地震预报国际学术讨论会论文集[M]. 北京:地震出版社.
- 姜葵,陈金海. 1986. 滇西地震预报实验场第一期工程的总体设计与实施进展[J]. 地震研究, (2): 217-224.
- 卢振恒. 1986. 国际地震预报研究实验场计划[J]. 国际地震动态, (10): 31-32.
- 马宗晋. 2000. 面对大自然的报复[M]. 广州:暨南大学出版社.
- 梅世蓉. 1994. 40 年来我国地震监测预报工作的主要进展[J]. 地球物理学报, (增刊 1): 196-207.
- 王彬,李孝宾,刘自凤,等. 2016. 宾川地震信号发射台的震源系统、观测系统和观测结果[J]. 中国地震, 32(2): 193-201.
- 王彬,吴国华,苏有锦. 2015. 宾川地震信号发射台的选址、建设及初步观测结果[J]. 地震研究, 38(1): 1-6.
- 王伟涛,王宝善,蒋生森,等. 2018. 利用气枪震源探测大陆浅部的地震学研究回顾与展望[J]. 地震研究, 40(4): 514-524.
- 张建国. 2009. 中越红河断裂活动性研究[D]. 合肥:中国科学技术大学.
- 张君仪. 1980. 苏一综合地震考察队负责人撰文介绍加尔姆实验场概况[J]. 国际地震动态, (7): 12-13.
- Kan R J, Hu H X, Hu R S, et al. 1986. Crustal structure of Yunnan Province, People's Republic of China, from seismic refraction profiles [J]. Science, 234(4775): 433-437.
- Л. И. Боканенко. 1994. 加尔姆试验场的局部形变与预报地震的可能性[J]. 地震地质译丛, 16(1): 54-62.

## Review and Prospect of the Development of Earthquake Science Experiment Field

YANG Jun<sup>1</sup>, WANG Baoshan<sup>2</sup>, CHEN Yong<sup>3</sup>

(1. *office of the Western Yunnan Earthquake Prediction Study Area, China Earthquake Administration, Dali 671000, Yunnan, China*)

(2. *School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, Anhui, Henan, China*)

(3. *School of Earth Sciences and Engineering Nanjing University, Nanjing 210046, Jiangsu, China*)

### Abstract

The construction of Earthquake Science Experiment Field has played a good role in promoting the development of earthquake science in China, and has achieved a number of excellent results. We review the development course of China's Earthquake Science Experiment Fields, summarize the achievements of Sino-US seismic science and technology cooperation and the experience of earthquake experiment field, and try to make some prospects for the future development of Earthquake Science Experiment Field. It is believed that the development of seismological science should concentrate on key scientific problems, open up unfixed test experiment, and organically combine basic research, applied research, long-term scientific problems and short-term scientific problems.

**Keywords:** Earthquake Science Experiment Field; scientific problem orientation; research area orientation; unfixed test experiment