

# 地震与火山电磁研究的国际学术交流与合作\*

袁洁浩, 顾左文, 陈 斌, 狄传芝, 高金田, 王 粲

(中国地震局地球物理研究所, 北京 100081)

**摘要:** 国际地震与火山电磁研究工作组 (EMSEV) 于 2001 年在国际地磁学与高空物理学协会 (IAGA)、国际地震学与地球内部物理学协会 (IASPEI) 及国际火山学与地球内部化学协会 (IAVCEI) 的大力支持下成立。自 2001 年起, EMSEV 一直致力于地震与火山电磁研究的国际学术交流与合作, 有力推进了地震与火山电磁研究。描述了 EMSEV 及其工作会议的概况, 简要介绍了地震与火山电磁研究的国际学术交流与 EMSEV 的国际合作, 讨论并展望了地震与火山电磁研究的前景。

**关键词:** 地震与火山电磁研究; 学术交流; 国际合作

**中图分类号:** P318

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2013)01-0132-09

## 0 引言

地震和火山喷发都是自然灾害。大地震和火山大喷发有很大的破坏性, 造成众多人员伤亡与巨大的经济损失。因此, 人们十分关注地震和火山的活动。

1960 年以来, 有关的专家学者十分关注并从事地震和火山电磁学的观测与研究 (Stacey, 1964; Nagata, 1969; Rikitake, 1968; Tuck *et al*, 1977; Johnston, 1997)。二十世纪六七十年代, 日本、中国、美国、俄罗斯等多地震国家相继将电磁方法列入国家地震预测计划, 积极开展了地震电磁效应的观测与研究, 已在地震电磁效应及其机理研究方面获得了有意义的科研成果 (祁贵仲等, 1977, 1978, 1981; 赵玉林, 钱复业, 1978; 钱复业等, 1982; 孙若昧, 卢振业, 1982; 陈英方等, 1983; 云南省地震局前兆室流磁组, 1984; 詹志佳等, 1988, 1996; Davis, Johnston, 1983; Rikitake, Honkura, 1985; Sumitomo, Noritomi, 1986; Zhan, 1989, 1990; Sasai, Ishikawa, 1991; Oshiman *et al*, 1991; Johnston *et al*, 1994; Shapero, Abdullabekov, 1982; Iyemori *et al*, 1996; Honkura *et al*, 1976; Miyakoshi *et al*, 1994)。同时, 在火山活动区开展了电磁观测与研究, 亦获

得了有意义的火山电磁效应 (Fujinawa *et al*, 1992; Zlotnicki *et al*, 1993; Mueller, Johnston, 1997)。

地震和火山喷发是人类必须共同面对的自然灾害, 因此, 国际交流与合作是非常重要的。为了推进地震与火山相关的电磁效应观测与研究领域中科学家与研究机构之间的国际合作, 推进相关资料与研究结果的交流与讨论, 在国际地磁学与高空物理学协会 (IAGA)、国际地震学与地球内部物理学协会 (IASPEI) 与国际火山学与地球内部化学协会 (IAVCEI) 的大力支持下, 2001 年建立了国际地震与火山电磁研究工作组 (EMSEV)。EMSEV 为地震与火山电磁研究的国际交流与合作提供了支撑的平台。2011 年 EMSEV 已有来自 16 个国家的 44 名成员与 269 名在册的通信成员。这些成员活跃在地震与火山电磁研究的国际交流与合作中, 为推进地震与火山电磁研究的进步做出了重要的贡献。笔者简述了 EMSEV 的活动及其成果, 讨论并展望了地震与火山电磁研究的前景。

## 1 EMSEV 及其工作会议

在 1999 年国际大地测量学与地球物理学联合

\* 收稿日期: 2012-07-09.

**基金项目:** “国家国际科技合作资助”项目《远东地区地磁场、重力场及深部构造观测与模型研究》(2011DFB20210) 与中央级公益性科研院所基本科研业务专项《可移动磁通门台阵监测实用技术研究》(DQJB09B14) 联合资助。

会 (IUGG) 大会中, Seiya Uyeda, Malcolm Johnston, Jacques Zlotnicki 和 Yoichi Sasai 等提议在国际地磁学与高空物理学协会 (IAGA)、国际地震学与地球内部物理学协会 (IASPEI) 及国际火山学与地球内部化学协会 (IAVCEI) 之间成立地震与火山电磁研究工作组 (EMSEV)。2001 年 7 月, 经 IUGG 执委会批准 EMSEV, 正式成立。

2001 年 8 月 23 日在越南河内召开了 EMSEV 第一次工作会议 (在 IAGA 与 IASPEI 的联合大会中), Uyeda, Sasai, Zlotnicki 等 20 多名专家学者参加了这次会议, 会议研究了 EMSEV 的组成、科学目标及其与 IAGA、IASPEI 及 IAVCEI 的关系。

EMSEV 的主席: Seiga Uyeda 教授 (日本), 秘书: Toshiabas Nagao 博士 (日本), IAGA 代表: Jacques Zlotnicki 博士 (法国), IASPEI 代表: Malcolm Johnston 博士 (美国), IAVCEI 代表: Malcolm Johnston 博士 (美国), IAGA-I (2) 工作组代表: Yasuo Ogawa 博士 (日本)。

EMSEV 的宗旨: (1) 推进地震与火山相关的电磁效应观测与研究领域中科学家与研究机构之间的国际合作; (2) 推进相关资料与研究成果的交流与讨论。EMSEV 的科学目标: (1) 严格评估为地震与火山活动的电磁效应提供证据的资料; (2) 研究地震与火山活动电磁效应的物理机制;

(3) 为深入了解地震与火山活动过程, 对观测到的电磁效应提出解释; (4) 设计专门实验, 获取可靠资料。EMSEV 与上述国际协会的关系: (1) IAGA、IASPEI 与 IAVCEI 国际协会组委会各指派一名代表参加 EMSEV; (2) 每年 12 月, EMSEV 将向这 3 个国际协会的秘书处提交年度学术活动与成果的报告; (3) 这些国际协会每 2 年对进行评估 EMSEV; (4) IAGA-I (2) (电磁感应与电导率) 工作组亦派一名代表参加 EMSEV。

2002 年 9 月 6 日在莫斯科举行了第二次 EMSEV 工作会议, 20 名 EMSEV 成员与 20 名非 EMSEV 成员参加了会议。EMSEV 的主席 Seiga Uyeda 与 Malcolm Johnston 讲述了 EMSEV 的背景与历史。Uyeda 与 Toshiabas Nagao 介绍了 EMSEV 由来自 14 个国家的 34 位成员与在册通信成员 204 名组成, 这个通信名单对所有人都是开放的。EMSEV 的活动得到了 IAGA、IASPEI 与 IAVCEI 的大力支持与资助。会议讨论了 2003 ~ 2004 年 EMSEV 的活动安排。

2007 年 8 月在意大利召开 IUGG 大会期间, 举行了第 10 次 EMSEV 工作会议, 选举了 EMSEV 新成员: 主席 Jacques Zlotnicki, 副主席 Malcolm Johnston, 秘书 Toshiabas Nagao, IAGA 代表 Jann-Yeng Liu 博士 (中国台湾), IASPEI 代表 Malcolm Johnston, IAVCEI 代表 Yoichi Sasai 博士 (日本),

表 1 2001 ~ 2011 年 EMSEV 的历次工作会议  
Tab. 1 EMSEV business meetings during 2001 ~ 2011

序号	时间/年 - 月	地点	人数	主要内容
1	2001 - 08	越南河内	20 多	研究了 EMSEV 的组成与运作方案, 讨论科学目标及与 IAGA 等国际协会的关系
2	2002 - 09	莫斯科	40	讨论 2003 ~ 2004 年 EMSEV 的活动安排
3	2003 - 01	菲律宾	30	讨论与菲律宾开展火山的合作监测与研究
4	2003 - 07	日本	50	例会 (在 IGUU 大会期间)
5	2003 - 09	法国	28	讨论参加 2003 年 IUGG 大会的专题
6	2004 - 10	亚美尼亚	15	例会 (在 IASPEI 大会期间)
7	2005 - 07	法国	29	报告 2004 ~ 2005 年 EMSEV 的活动, 讨论 2006 ~ 2007 年 EMSEV 的活动
8	2005 - 11	墨西哥	16	“地震—火山电磁学”学术讨论会
9	2006 - 06	法国	28	例会
10	2007 - 08	意大利	57	选举 EMSEV 新成员 (在 IUGG 大会期间)
11	2008 - 09	罗马尼亚	37	例会
12	2009 - 01	南非	26	例会
13	2010 - 10	美国	40	讨论 EMSEV 研究的新方向, 建议开展“大震 EM 信号的物理学”新项目
14	2011 - 07	澳大利亚	15	选举 EMSEV 新成员 (在 IUGG 大会期间)

IAGA-I; 工作组代表 Harinarayana. 博士 (印度), 以及 7 名 EMSEV 新成员, 还有 42 名正式成员与 200 多名在册通信成员。新的 EMSEV 将重点关注于地震与活动断裂的电磁研究。为尽快提供科学机遇, 提出了以下实验区: 印度的 Koyna 断裂 (大地震几率高)、土耳其 (Izmit 地震附近)、天山、印度尼西亚、菲律宾、哥伦比亚及其它地区。主要目标为: (1) 推进致力于观测并研究与地震和火山相关的电磁效应的科学家及研究组之间的国际合作; (2) 通过联合野外观测、学术讨论会与教育计划, 在发展中国家开展电磁方法; (3) 支持相关资料及研究成果的传播与讨论; (4) 推进先进国家与地区 (日本、美国、希腊、意大利、法国、中国、中国台湾、印度等) 中的高质量研究, 组织国际水平的研究与学术会议, 认可杰出的观测与成果, 并推进在不同领域研究中的活动。

2010 年 10 月在美国召开的第 13 次 EMSEV 工作会议, 讨论了 EMSEV 的工作重点, EMSEV 将重点关注地震与火山喷发的电磁现象的物理学、监测与解释。

2011 年 7 月在澳大利亚召开 IUGG 大会期间, 举行了第 14 次 EMSEV 工作会议, 选举了 EMSEV 新成员: 主席 Jacques Zlotnicki, 副主席 Malcolm Johnston, 秘书 Toshiyasu Nagao, IAGA 代表 Jann - Yeng Liu, IASPEI 代表 Malcolm Johnston, IAVCEI 代表 Yoichi Sasai, 5 名 EMSEV 新成员, 以及 44 名正式成员与 269 名在册通信成员。

表 1 列出了 2001 ~ 2011 年 EMSEV 历次工作会议。

## 2 地震与火山电磁研究的国际学术交流

### 2.1 地震、火山与地热活动过程的电磁研究专题讨论会

2001 年 8 月 20 ~ 31 日, 在越南河内召开了 IAGA 与 IASPEI 联合科学大会。在这次科学大会期间, 召开了“地震、火山与地热活动过程的电磁研究”专题讨论会, 会议召集人是 Zlotnicki 与 Sasai, 交流讨论了 45 篇学术论文, 反映了该领域研究的成果与进展。

日本学者报告了日本伊豆半岛的地震地磁观

测研究与 2000 年 8 月三宅火山喷发的电磁信号的研究成果。伊豆半岛位于日本岛中部, 是亚欧板块、北美板块、太平洋板块与菲律宾板块的接合部。从 1974 年伊豆半岛近海发生  $M6.9$  地震后, 该地区的构造活动性异常高: 1974 ~ 1980 年间发生 5 次  $M5 \sim 7$  破坏性地震、地壳异常隆起、1989 年海底火山喷发、1993 年海底 5 个震群活动。为加强对该地区的地震活动与构造活动的监测, 1976 年 5 月起布设了地磁观测网, 1990 年又加强了地磁监测, 已经获得 5 次地震与 3 个震群的震磁前兆、火山喷发与地壳异常隆起的构造磁效应。对于 2000 年 7 月日本三宅火山喷发, 早在 1995 年日本学者已在该地区开展了地磁与电磁观测工作; 资料分析表明, 1996 年 6 月至 1998 年 6 月在该火山中部的地磁台上升 10 nT, 而火山南部台站下降 5 nT, 日本学者 Sasai 和 Ishikawa (1991) 认为这是火山地下 700 m 深处的热退磁效应。同时还获得了与火山活动有关的电磁信息。

法国学者 Zlotnicki 博士等报告了火山电磁效应。法国留尼汪岛富尔奈斯火山开始新一轮活动: 1998 年 3 月、1999 年 7 月与 9 月、2000 年 2 月、6 月与 10 月发生了火山活动。通过分析该火山几年的电磁与自电势观测记录资料得到: 火山喷发前几周出现几 nT 的磁变化信号, 在喷发的当天, 熔岩达到地面时, 磁变化高达 7 nT; 记录到电异常信号, 但不同台站的电信号异常存在一定的相位差; 还记录到自电势异常信号, 其变化幅度可达 2.5 V/m。Marquis 博士等报告了注水实验及其结果: 在 1 km<sup>2</sup> 局部地区布设了 48 个电极以监测地表电势变化; 向该地区注入 23 000 t 水, 目的在于监测与注水有关的电动现象, 探讨地下注水与地震活动的联系, 寻找可能的地震前兆。注水过程已观测到地表电势 -10 mV 的变化, 其异常变化与注水一致, 且随注水率上升而增加, 但注水后 4 天亦存在异常。在诱发的最大地震 ( $M2.6$ ) 之前约 24 小时, 记录到高频自电势几十毫伏的变化, 这可能是该地震的前兆信息。Parrot 博士介绍了 DEMETER 小型卫星, 该卫星设计重量约 110 kg, 寿命 2 年, 将于 2003 年由法国空间局发射, 轨道高度 800 km, 为近极区轨道, 该卫星将安装电磁测量仪器 (各 3 个分量, 观测频段为 DC ~ 3.5

MHz)，还有离子质谱仪与高能粒子分析仪等，该卫星的科学目的在于研究由地震活动引起的电离层扰动以及监测地球电磁环境。

中国学者报告了通过野外现场试验，得到了水库蓄水过程水位变化与磁变化的相关性以及地下核爆的磁效应，为震磁前兆机制提供了大尺度的试验证据，同时为地震监测预报工作提供了具有实际应用价值的观测结果；北京地区地磁测网获得了大量准确可靠资料，分析了该地区地磁场的正常变化规律；在消除地磁正常变化背景的基础上，分析研究了可能的震磁前兆，获得了包括 1976 年 7 月 28 日唐山  $M7.8$  地震在内的若干地震的震磁前兆信息；根据地磁异常信息，较好地预测了几个 5 级左右的地震。应用电磁方法，研究了中国青藏地区、天池火山区与一些地震活动区的电导率结构，联合解释了地壳介质中弹性与电性各向异性。

俄国、美国、印度、意大利、土耳其、希腊等国家学者报告了与地震、火山及地热活动有关的电磁观测研究的成果，内容包括：海底、海洋上层与海面的地震电磁信号，用声发射监测火山的生长、地壳结构的电磁成像、热温泉区的电磁研究，与地震有关的 ULF/VLF 电磁异常，震前等离子体异常，强震期间地球—大气层耦合，太阳活动与地震活动的相关性，磁暴影响地震活动性的研究，自然电场及其与地壳形变和地震活动性的联系，与地震有关的地磁转换函数的变化，地磁场对地震地质介质形成与构造地震的影响，地磁扰动对地震构造过程的影响等。

2.2 国际地震电磁学学术讨论会

2005 年 3 月 14 ~ 19 日，在日本东京召开了国际地震电磁学学术讨论会。该讨论会的主席是早川正士教授 (Prof. Masashi Hayakawa)。来自 20 多个国家的 120 多名电磁专家学者、152 篇论文参加了这次讨论会。这次讨论会有 8 个专题：(1) 地震—岩石圈效应；(2) 震源现象的信号处理；(3) 地震—大气层与电离层现象以及岩石圈—大气层—电离层之间的耦合 (LAI)；(4) 地震—大气层效应；(5) 地震—电离层效应；(6) 国家与国际计划；(7) 地震现象的空间观测；(8) 与 2003 ~ 2004 年日本地震有关的电磁现象。表 2 为各专题

报告与展示的论文数。

表 2 各专题报告与展示的论文数

Tab. 2 Paper numbers of the oral and the poster in various sessions

专题序号	报告(重点报告)	论文展示	论文数小计
1	17 (3)	59	76
2	2 (2)		2
3	3 (3)		3
4	7 (0)	9	16
5	7 (0)	24	31
6	4 (0)	6	10
7	3 (3)		3
8		11	11

在重点报告中，报告了地震前的低频电磁辐射，与地壳运动相关的超低频地磁变化，超低频磁场与地震发生时的地震近场效应。信号处理方面，阐述了为寻求异常的信号处理技术，日本地震活动区的超低频地磁场变化；强震前后的电离层异常，地震发生期间所观测到的大气层异常现象；法国 DEMETER 卫星观测的地震电磁异常的初步结果，遥感技术与地震。

震磁研究的论文有：构造磁学的现状与展望、台湾集集地震前后所观测到的地磁日变幅异常、乌兹别克斯坦长期研究所获得的震磁变化、北京及邻区的震磁研究、应用地磁方法在新疆地区的地震监测等等。

2.3 地震与火山电磁研究的国际学术讨论会

2005 年 11 月 3 ~ 4 日在智利召开 EMSEV 学术讨论会“地震电磁学与岩石圈—大气层—电离层物理耦合机制的新进展”。内容包括：地震与火山的卫星与地面观测的联合电磁模式，活断层与火山的综合电磁监测；地震与火山活动的多参数方法；与地震及火山活动相关的所有频段的近地电磁过程与辐射，与地震地磁现象相关的地球化学及地热过程，与地震火山活动相关的空间等离子体变化，电磁现象的模拟。

表 3 列出了 2006 年 EMSEV 参与的国际地震与火山电磁研究学术讨论会，可见，2006 年是 EMSEV 活动很活跃的一年，其 35 名成员与 200 多名在册通信成员分别参与了 2006 年国际学术讨论会。

表 3 2006 年国际地震与火山电磁研究学术讨论会

Tab. 3 International workshop of electromagnetic study on earthquakes and volcanoes during 2006

时间	地点	主题
3 月	中国台湾	台湾地震前兆的综合探讨
6 月	法国	首次 DEMETER 卫星学术讨论会
7 月	新加坡	地震电磁学：岩石圈—大气层—电离层之间的相互耦合
7 月	北京	与地震有关的电磁信号的观测、分析方法与理论
11 月	印度	与地震及火山相关的电磁研究
12 月	旧金山	与地震相关的电磁信号的观测、确认及理论

2007 年 7 月 2 ~ 13 日在意大利召开的 IUGU 大会期间，EMSEV 有关于地震与火山电磁研究进展的 4 个专题讨论会：（1）火山的构造与活动；（2）与地震及活动断裂有关的地磁场：活动断裂附近与断裂活动期间的电磁测量，包括下地壳在内的地震区与非震破裂区地磁结构的不均匀性；诸如水坝加载及注水的可控实验观测与地壳加载/破裂的观测；有关源产生机制的理论研究；测量分辨率、资料质量、虚假信号源的鉴别、分离与去除；与电磁测量一起进行的多参量测量（应变、倾斜、孔压、位移等），以给出震前、震时与震后的源过程物理的更好约束；（3）地壳不稳定性与地震前兆：所有类型的地壳不稳定性证据，包括地震活动、岩浆、应变异常、活动断裂、断层蠕动、地下流体扰动、电磁异常及其与它们的相关性；震前与震时地壳现象以及它们之间关系的经验与统计变化；地壳不稳定性前后的测量技术与资料分析方法；解释不稳定性及其前兆的物理机制的理论模型；（4）应用空间技术研究地震电磁学。这 4 个专题共有 143 篇论文摘要。

2011 年 4 月 3 ~ 8 日在维也纳召开的欧洲地球物理联合会（EGU）大会上，EMSEV 有 3 个专题：地震电磁现象与地震前兆；从实验室到地球物理尺度上对岩石与其它物质的形变过程及其伴随的力学与电磁现象；震害评估、前兆现象与预测的可信度。

2011 年 6 月 27 日 ~ 7 月 8 日在澳大利亚召开的 IUGG 大会上，EMSEV 有 5 个专题：地震、活

动断裂与海啸的电磁研究；应用空间技术对地震与火山活动过程开展电磁研究；应用电磁与其它地球物理技术成象与监测活动火山及地热场；短期地震预报：电磁与其它可能的前兆及其产生机制；从空间到地球的电磁振荡：庆祝 150 周年与超低频波研究的新进展。

2011 年 12 月美国地球物理联合会（AGU）大会上，EMSEV 的专题为“地震前兆真实性的多学科研究：震例研究与统计学”。

3 EMSEV 的国际合作

3.1 Taal 火山监测与合作

2003 年 1 月 13 ~ 17 日，在菲律宾举行了主题为“亚洲国家地震与火山监测”学术讨论会，作了 24 篇论文报告。2003 年 1 月 15 日在菲律宾召开了第 3 次 EMSEV 会议，决定 EMSEV（主席 Seiya Uyeda，秘书 Toshiyasu Nagao）与菲律宾地震与火山研究所（所长 Renato U Solidum Jr）开展 Taal 火山的监测与研究合作，并于 2004 年进行 Taal 火山的监测计划。通过对该火山的观测研究表明，有浅层岩浆活动的信号。法国小组（Zlotnicki 为组长）、日本小组（Sasai 为组长）与菲律宾火山与地震研究所合作，开展地磁、电位、排气与地温等测量，并建立了火山监测站，在 2006 年，继续进行 Taal 火山监测计划。

Taal 火山的监测与研究的合作项目于 2004 年 11 月开始，该国际合作包括来自日本、法国、美国、希腊、意大利与比利时等国家的研究小组。观测研究显示，观测到电磁信号与地面形变，2010 年 4 ~ 8 月出现了地震与火山的险情。因此，2010 年 11 月 EMSEV 与菲律宾继续签订了今后 4 年 Taal 火山监测与研究的合作协议。

3.2 与俄罗斯科学院的科学合作

多年来，EMSEV 起着推进关于活动火山与活动断层新研究的作用。目前，EMSEV 与菲律宾火山与地震研究所关于 Taal 火山缓慢苏醒的合作监测与研究，进行得很顺利。现在，EMSEV 正在推进关于地震发生与地震可能伴随的电磁信号的研究。2009 年 EMSEV 成员 Uyeda 与 Nagao 访问了俄罗斯科学院 Bishkek 研究站。2011 年 11 月 Uyeda

与 Komagawa 又再次对其进行了访问,他们都得到很深的印象,并一致认为今后双方需要开展密切的国际合作。

俄罗斯科学院(RAS)在 Bishkek 研究站(站长 Anatoly Rybin 为 EMSEV 成员)进行了 30 多年的地下电导率的监测研究。他们的试验包括由 4.5 km 长的双电极向地下注入强大电流,这是当今世界上最大尺度的电/电磁探测试验。通过试验发现,在一些中等地震前,电阻率变化百分之几,且在地震前这些电阻率变化已恢复正常。如在强大电流注入测验后的 2~6 天,观测到地震活动水平上升了,被释放的地震能量为注入能量的 106 倍。这意味着电流注入触发了地震活动。所有这些结果都是在前苏联时就得到的,但至今国际学术界尚未确认这些结果。

在 2011 年 7 月第 14 次 EMSEV 工作会议(表 1)上,讨论了 EMSEV 与俄罗斯科学院(RAS) Bishkek 研究站的科学合作协定,其科学合作主题为“在中亚地区应用大电流注入系统研究与地震活动有关的电导率结构变化”。具体内容为:(1)出现电导率变化的震源区的 3D 模拟;(2)电导率变化与地震活动性相关性的深入研究;(3)电磁触发过程及其意义;(4)由局部构造与断裂系统引起的电信号变化;(5)野外试验;(6)在希腊之外的地区独立试验地震电信号的观测;(7)由 MHD 发电机产生的电磁信号的物理机制。

为获得 Bishkek 科学家们所从事研究的确切信息,2011 年 11 月 8~12 日在 Bishkek 研究站召开了第一次 Bishkek-EMSEV 联合学术讨论会。

2011 年 11 月 10 日,EMSEV(主席 Jacques Zlotnicki,秘书 Toshiyasu Nagao,副主席 Malcolm Johnston)与在 Bishkek 的国际研究中心—地球动力学试验基地(IGRC)(执行站长 A. K. Rybin)、俄罗斯科学院 Bishkek 研究站(RS RAS)(副站长 G. G. Schelochkov)正式签订了科学与技术合作协定,该协定的目的是在合作研究中亚地区活动断层与发生地震的物理过程期间,为双方提供科学与技术的活动平台,以推进应用电磁与其它地球物理方法的新研究,并增强资料的处理和分析。该协定将推进发展合作参加者的科学关系,以利于解决有关中亚大陆岩石圈的不同活动断层的地震

发生与监测并减轻这类地震的基本问题。其它类似研究亦包括在该协定中。

该协定的合作时间为从 2011 年 11 月 10 日开始 4 年;如果双方同意,该协定的合作时间可以再延期 4 年。因此,双方的合作研究将获得丰硕的成果。

## 4 讨论

2001 年 IUGG 正式成立了 EMSEV,因为 EMSEV 的研究领域很广,故 EMSEV 与 IAGA、IASPEI 及 IAVCEI 关系密切。为了解地震与火山的活动过程以及能够测定、分析与活动构造过程相关的电磁信号,必须具有多个领域研究的专业知识:地球物理学、断层破裂与火山喷发的物理学、实验室实验、产生磁、电及电磁信号的物理机制、地壳中流体、气体及热流的作用、电磁信号在地壳中及其通向电离层的传播等专业知识。

EMSEV 为推进地震与火山电磁研究,经常召开地震与火山电磁研究的国际学术讨论会。从 2004 年开始至今,EMSEV 与菲律宾开展了 Taal 火山的监测与研究合作。这些地震与火山电磁研究的国际学术交流与合作,大大增进了地震与火山电磁研究(Hayakawa *et al.*, 2006)。EMSEV 与菲律宾在 Taal 火山监测与研究的国际合作中,来自日本、法国、美国、希腊、意大利与比利时等国家的研究小组都参加了该国际合作,充分体现了 EMSEV 国际合作的特色与优势。这种强有力的国际合作研究,有助于攻克科学难题。此外,EMSEV 还积极鼓励与推进科学家与研究机构之间的国际合作,同样取得了地震与火山电磁研究的可喜成果(Hayakawa, Molchanov, 2004; Zhan *et al.*, 2004; Johnston *et al.*, 2006; 范莹莹等, 2010; 刘君等, 2011)。

在 2001~2012 年期间,世界上的地震活动区与火山活动区都进行着大量而质量较好的磁、电与电磁场测量,获得了地震与火山电磁研究的新进展与新成果(Oshiman *et al.*, 2001; Uyeda *et al.*, 2002; Matsushima *et al.*, 2002; Gu *et al.*, 2006; Parrot, 2006; 顾左文等, 2006; Enomoto *et al.*, 2006; Gu *et al.*, 2008; Yoshimura *et al.*, 2008; 汤

吉等, 2008; 陈斌, 2011; 谭大成等, 2012)。

总之, 地震与火山电磁研究已获得了长足的进步。然而, 为确定电磁信号与地震和火山喷发之间的因果关系, 还需要做更多的工作。实际上, 在测定多种电磁参量、应用参考测点、识别和降低电磁噪声、是否与应力、应变、物质性质、流体含量等其他地球物理量资料的一致性、以及探讨火山与地震活动区的地壳破裂等方面的研究, 都需要进一步改进与提高。

## 5 展望

2012 年 9 月 30 日至 10 月 4 日, 将在日本静冈召开 EMSEV2012 学术讨论会。这次学术讨论会包括 5 个专题: (1) 与地震、海啸、火山、断层活动、山崩、地热活动等过程有关的电、磁与电磁现象; (2) 基于大陆与空间监测技术的电磁成象; (3) 为确保可靠解释, 应用多种参数观测的与岩石圈—大气层—电离层耦合有关的震前、震时与震后的现象; (4) 与活动过程相关的电磁信号的产生机制: 理论与实验研究; (5) 与 2011 年 3 月 11 日日本 9 级地震与海啸相关的地震、大地测距与电磁的研究。该地方委员会组织专题 3 以纪念 Oleg Molchanov 先生。Oleg Molchanov 先生是地震电磁研究的先锋, 2011 年逝世, 享年 71 岁; 日本神户地震后, 日本科技厅于 1996 年启动了地震尖端研究计划; 他与 Hayakawa 专家一起参加了该计划, 并做出了巨大贡献。这次由 EMSEV 主办的每两年召开一次的学术讨论会, 将展示地震与火山电磁研究的最新进展与成果。从 2012 年起, 每两年由 EMSEV 主办的学术讨论会, 将有效地推进地震与火山的电磁研究。

EMSEV 积极鼓励并推进地震与火山电磁研究的国际合作。由于 Taal 火山正在缓慢苏醒, 因此, 2010 年 11 月 EMSEV 与菲律宾继续签订了今后 4 年 Taal 火山监测与研究的合作协议。在经过深入考察与研究的基础上, 2011 年 11 月 10 日 EMSEV 与俄罗斯科学院签订了今后 4 年的合作协议; 如果双方同意, 该协定的合作时间可以再延长 4 年。这样稳定而长期的国际合作将有助于解决地震与火山电磁研究的基本问题。

我国相关的专家学者积极地参加了 EMSEV 的活动及国际地震与火山的电磁学学术讨论会, 向国际同行介绍了我国的进展与科研成果, 与国际同行交流讨论了有关工作与研究等问题, 沟通了今后的学术交流与合作的国际通道, 有助于我国今后的工作与国际交流合作。中国地震局在地震与火山电磁学的观测研究方面做了大量的工作, 积累了丰富的经验, 取得一批电磁前兆。为推进该学科的发展及其在地震与火山监测预报工作的效能, 应当进一步加强国际学术交流与合作, 不断提升我国的学术水平。

地震与火山电磁研究的最终目标是探索电磁前兆及地震与火山喷发的预测预报、减轻乃至消除地震与火山喷发所造成的灾害。为此, 今后需要在地震与火山活动区进行更多的电磁观测与研究, 进一步开展国际学术交流与合作, 不断推进地震与火山电磁效应的深入研究。

## 参考文献:

- 陈斌. 2011. 自然正交方法在地震地磁监测中的应用[J]. 地震研究, 34(4): 466–469.
- 陈英方, 詹志佳, 曾小平, 等. 1983. 苏鲁皖地区地磁场总强度异常的初步分析[J]. 地震研究, 6(2): 159–166.
- 范莹莹, 杜学彬, Jacques Zlotnicki, 等. 2010. 汶川流不息 8.0 大震前的电磁现象[J]. 地球物理学报, 53(12): 2 887–2 898.
- 顾左文, 张毅, 姚同起, 等. 2006. 九江—瑞昌  $M_s 5.7$  地震地磁异常的观测与分析[J]. 地震学报, 28(6): 611–621.
- 刘君, 杜学彬, Jacques Zlotnicki, 等. 2011. 几次大地震前的地面和空间电磁场变化[J]. 地球物理学报, 54(11): 2 885–2 897.
- 祁贵仲, 詹志佳, 侯作中, 等. 1981. 渤海地区地磁短周期变化异常、上地幔高导层的分布及其与唐山地震的关系[J]. 中国科学(B 辑), (7): 869–879.
- 祁贵仲. 1977. 地磁场的空间相关性及其在地震预报中的应用[J]. 地球物理学报, 20(3): 169–184.
- 祁贵仲. 1978. “膨胀”磁效应. 地球物理学报, 21(1): 18–33.
- 钱复业, 赵玉林, 明月红, 等. 1982. 地震前地电阻率的异常变化[J]. 中国科学(B 辑), (9): 831–839.
- 孙若昧, 卢振业. 1982. 唐山地震前地磁场长期变的局部异常[J]. 地震研究, 5(4): 397–408.
- 谭大成, 赵家骊, 席继楼, 等. 2012. 青藏高原中强震前的地电场变异及构成解析[J]. 地球物理学报, 55(3): 875–885.
- 汤吉, 詹艳, 王立凤, 等. 2008. 5 月 12 日汶川 8.0 地震强余震观测的电磁同震效应[J]. 地震地质, 30(3): 739–745.
- 云南省地震局前兆室流磁组. 1984. 剑川 5.3 级地震的地磁变化[J]. 地震研究, 7(4): 417–424.

- 詹志佳,高金田,张洪利,等. 1996. 震磁前兆研究[J]. 地震研究,19(4):340-345.
- 詹志佳. 1988. 震磁现象及其物理基础. 国家地震局科技监测司编,地震监测与预报方法清理成果汇编—地磁地电分册[M]. 北京:地震出版社.
- 赵玉林,钱复业. 1978. 唐山7.8级地震前震中周围形变电阻率的下降异常[J]. 地球物理学报,21(3):181-190.
- Davis P, Johnston M. 1983. Localized geomagnetic field changes near active faults in California 1974-1980[J]. J G R, 88(B11):9452-9460.
- Enomoto Y, Hashimoto H, Shirai N, *et al.* 2006. Anomalous geoelectric signals possibly related to the 2000 Mt. Usu eruption and 2003 Tockashi-Oki earthquakes[J]. Chem Earth, 31(4-9):319-324.
- Fujinawa Y, Kumagai T, Takahashi K. 1992. A study of anomalous underground electric field variations associated with a volcanic eruption[J]. Geophys Res Lett, 19(1):9-12.
- Gu Z, Gao J, Chen B, *et al.* 2008. Geomagnetic observation and research in seismic active area of Xinjiang, China[J]. Progress in Geophysics, 2008, 23(3):652-661.
- Gu Z, Zhan Z, Gao J, *et al.* 2006. Seismomagnetic research in Beijing and its adjacent area, China[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 31(4-9):258-267.
- Hayakawa M, Molchanov O A. 2004. Summary report of NASDA'S earthquake remote sensing frontier project[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 29(4-9):617-627.
- Hayakawa M, Pulinets S, Parrot M, *et al.* 2006 Recent Progress in Seismo Electromagnetics and Related Phenomena[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 31(4-9):129-495.
- Honkura Y, Niblett E R, Kurts R D. 1976. Changes in magnetic and telluric fields in a seismically active region of Eastern Canada; preliminary results of earthquake prediction studies[J]. Tectonophysics, 34:219-230.
- Iyemori T, Kamei T, Tanaka Y, *et al.* 1996. Co-seismic geomagnetic variations observed at the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake[J]. J Geomag Geoelectr, 48(1):1059-1070.
- Johnston M, Mueller R, Sasai Y. 1994. Magnetic field observations in the near-field of the 28 June 1992 *M*<sub>7.3</sub> Landers, California, earthquake[J]. BSSA, 84(3):792-798.
- Johnston M, Sasai Y, Egbert G, *et al.* 2006. Seismomagnetic effects from the long-awaited 28 September 2004 *M*<sub>6.0</sub> Parkfield earthquake. Bul. Seismol[J]. Soc America, 96(4b):1-15.
- Johnston M. 1997. Review of electric and magnetic fields accompanying seismic and volcanic activity[J]. Surveys in Geophysics, 18(15):441-475.
- Matsushima M, Honkura Y, Oshiman N, *et al.* 2002. Seismo-electromagnetic effect associated with the Izmit earthquake and its aftershocks. Bull. Seismol[J]. Soc Am, 92(1):350-360.
- Miyakoshi J, Shiozaki I, Nakamura M. 1994. Observation of geoelectric potential difference in Wakayama between multi-channeled grounded electrodes of short-spacing in the hope of detecting an earthquake predictor[M]//In Hayakawa M and Fujinawa Y eds., Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction. Tokyo: Terra Scientific Publishing Company.
- Mueller R, Johnston M. 1997. Review of magnetic field monitoring near active fault and volcanic California: 1974-1995[J]. Phys Earth Plan Int, 105(3-4):131-144.
- Nagata T. 1969. Basic magnetic properties of rocks under the effect of mechanical stresses[J]. Tectonophysics, 9(2-3):427-445.
- Oshiman N, Sasai Y, Honkura Y, *et al.* 2001. Long-term geomagnetic changes observed in association with earthquake swarm activities in the Izu Peninsula, Japan[J]. Annali di Geofisica, 44(2):261-272.
- Oshiman N, Tuncer M K, Honkura Y, *et al.* 1991. A strategy of tectonomagnetic observation for monitoring possible precursors to earthquakes in the western part of the North Anatolian fault zone, Turkey[J]. Tectonophysics, 193(4):359-368.
- Parrot M. 2006. Special issue: First results of the DEMETER micro-satellite[J]. Planetary and Space Science, 54(5):411-557.
- Rikitake T, Honkura Y. 1985. Solid Earth Geomagnetism Tokyo: Terra Scientific Publishing.
- Rikitake T. 1968. Geomagnetism and earthquake prediction[J]. Tectonophysics, 6:59-68.
- Sasai Y, Ishikawa Y. 1991. Tectonomagnetic signals related to the seismo-volcanic activity in the Izu Peninsula[J]. J Phys Earth, 39:299-319.
- Shapiro V, Abdullabekov K. 1982. Anomalous variations of geomagnetic field in East Fergana-magnetic precursors of the Alay earthquake with *M* = 7.0 (1978, Nov. 2)[J]. Geophys J R Astron Soc, 68(1):1-5.
- Stacey F D. 1964. The seismomagnetic effect[J]. Pure Appl Geophys, 58(1):5-22.
- Sumitomo N, Noritomi K. 1986. Synchronous precursors in the electrical earth resistivity and geomagnetic field in relation to an earthquake near the Yamasaki fault, Southwest Japan[J]. J Geomag Geoelectr, 38:971-989.
- Tuck G T, Stacey F D, Starkey J. 1977. A search for the piezoelectric effect in quartz-bearing rock[J]. Tectonophysics, 39(4):7-11.
- Uyeta S, Hayakawa M, Nagao T, *et al.* 2002. Electric and magnetic phenomena observed before the volcano-seismic activity in 2000 in the Izu island region[J]. Japan Proc Natl Acad Sci, 99(11):7352-7355.
- Yoshimura R, Oshiman N, Uyeshima M, *et al.* 2008. Magnetotelluric observation around the focal region of the 2007 Noto Hanto earthquake (*M*<sub>6.9</sub>), Central Japan[J]. Earth Planet Space, 60(2):117-122.
- Zhan Z, Johnston M, Gu Z, *et al.* 2004. Seismomagnetic observation and



- research in Beijing area, China[J]. In: Chen Yuntai ed., *Advances in Seismology and Physics of Earth's Interior in China*, 146 – 159, Beijing: Seismological Press.
- Zhan Z. 1990. Geomagnetic investigations for searching earthquake precursors[J]. *Journal of Seismic Research*, 13(4): 419 – 434.
- Zhan Z. 1989. Investigations of tectonomagnetic phenomena in China [J]. *Phys Earth Planet Inter*, 57(1–2): 11 – 22.
- Zlotnicki J, Le Mouél J L, Delmond J C, *et al.* 1993. Magnetic variations on Piton de la Fournaise volcano. Volcanomagnetic signals associated with the November 6 and 30, 1987, eruptions[J]. *J Volc Geotherm Res*, 56(3): 281 – 296.

## International Academic Exchange and Cooperation on Electromagnetic Studies on Earthquakes and Volcanoes

YUAN Jie-hao, GU Zuo-wen, CHEN Bin, DI Chuan-zhi, GAO Jin-tian, WANG Can  
(*Institute of Geophysics, CEA, Beijing 100081, China*)

### Abstract

On substantial support of the International Association of Geomagnetism and Aeronomy (IAGA), the International association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI) and the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI), the Working Group on Electromagnetic Studies on Earthquakes and Volcanoes (EMSEV) was established in 2001. The EMSEV has devoted to the international academic exchange and the cooperation on electromagnetic studies on earthquakes and volcanoes since 2001, and promoted the electromagnetic studies on earthquakes and volcanoes. We described the general situation of the EMSEV and its working conference, and briefly introduced the international academic exchange of electromagnetic studies on earthquakes and volcanoes and international cooperation on the EMSEV, and discussed and looked forward the prospect of electromagnetic studies on earthquakes and volcanoes.

**Key words:** Electromagnetic Studies on Earthquakes and Volcanoes (EMSEV); academic exchange; international cooperation

### 更 正 声 明

2012 年第 3 期第 393 页底添加“基金项目：甘肃省地震局青年地震科学基金资助项目（201006）。”特此更正。给作者和读者带来不便，敬请原谅。