

# 工程与环境地球物理的发展现状与趋势 ——1997 年工程与环境地球物理国际学术会议侧记<sup>\*</sup>

曹俊兴 贺振华 朱介寿

(成都理工学院油气藏地质及开发工程国家重点实验室 成都 610059)

**摘 要** 以 1997 年工程与环境地球物理国际学术会议的论文及报告为基础,分析了该学科的国内外发展现状,探讨了应予重视的研究方向。电阻率成像、地质雷达、层析成像、核地球物理近年发展较快;环境地球物理仍处于发展的初期阶段。近期应重视并加强对电磁成像、面波成像、污染监测调查技术、环境遥感监测技术、矿山地球物理技术和水下探测技术及地球物理场环境效应的研究。

**关键词** 工程地球物理 环境地球物理 层析成像 发展趋势

**分类号** P631/ X83

## 1 会议概况

工程与环境地球物理国际学术会议(International Symposium on Engineering and Environmental Geophysics: ISEEG '97) 1997 年 10 月 25 ~ 28 日在成都理工学院召开。来自 14 个国家的近 150 名代表出席了会议,其中国外代表 42 名,分别来自澳大利亚、加拿大、丹麦、法国、德国、意大利、日本、韩国、新西兰、马来西亚、俄罗斯、沙特和美国。国际环境与工程地球物理学会(EEGS)主席、美国密执安大学 Richard D. Woods 教授,国际岩石力学学会(ISRM)应用地球物理委员会主席、日本京都大学 Koichi Sassa 教授,俄罗斯科学院西北利亚分院环境地球物理研究所所长 Gueli. S. Vakhromeev 院士,加拿大滑铁卢大学孔隙介质研究所所长 Maurice B. Dusseault 教授,美国哥伦比亚大学 John T. Kuo 教授,德国 Freiberg 矿业技术大学地球物理系主任 Christian Oelsner 教授,日本九州大学 Keisuke Ushijima 教授,日本京都大学 Yuzuru Ashida 教授,俄罗斯科学院 Olga A. Hachay 教授与 Edward B. Fainberg 教授,韩国 Kangwon 国立大学海洋地质与地球物理系主任 K. Y. Kim 教授等国外知名学者出席会议并作了报告。

会议出版的英文论文集收入论文 87 篇,摘要 7 篇,其中国内论文 47 篇,摘要 5 篇;国外论文 40 篇,摘要 2 篇。会议的论文及报告基本上覆盖了工程与环境地球物理从理论方法到

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助的在华召开的国际学术会议(编号:49710310233)。

第一作者简介:曹俊兴,男,1961 年 9 月出生,博士后,主要从事地球物理层析成像的理论及应用研究。

收稿日期:1998 - 02 - 09;修改稿:1998 - 03 - 16。

技术应用的各个方面,代表了该学科领域的国内外先进水平。会议期间德国、法国、中国的数家公司和成都理工学院还展示了他们新的勘探技术设备与应用成果。与会的部分国内外代表应邀在成都理工学院作了数场学术报告。会后国家自然科学基金委员会主持召开了“环境地球物理研究会”。

本次会议的宗旨是面向 21 世纪,共同推进工程与环境地球物理的技术进步,加强国际合作、扩大应用领域,为社会经济的可持续发展服务。与会代表一致这是一次完满成功的国际学术会议。

## 2 工程与环境地球物理研究的重点领域及进展

工程与环境地球物理在国外称之为近地表地球物理 (near-surface geophysics),以高分辨、高精度为特点。传统上以高分辨浅层地震为主,近年探地雷达逐渐发展成为其核心技术之一。本次会议的论文和报告表明,在技术方法方面,地质雷达仍是研究的热点,电阻率成像有了大的进展,核地球物理技术取得了令人瞩目的成就;在数据处理解释方面,层析成像仍是研究的重点;在环境地球物理方面,目前关注的焦点主要是污染调查。

探地雷达的主要问题是探测深度和分辨率难以兼得,日本学者作了两点重要的改进,一是采用全波长谐振天线做发射天线,二是进行正交极化观测。通过这两点改进,配合其它措施,可使探测深度达到 10 m 以上而同时能保证必要的分辨率。透射电磁波成像需要计算初始辐射场强,我国学者使用在相同几何条件下观测的两个频率相近的波场值进行成像,克服了这一困难,并取得了好的实际资料处理结果。俄罗斯学者在电阻率成像方面所作的工作相当深入,他们系统地研究了近地表非均匀体在各种观测方式下的响应特征和消除办法,研究了区分各向异性响应与非均匀性响应的方法技术,发展了总电场测深 (TES)、不接地电阻率测量、多方位电阻率测量 (ARS: Azimuthal Resistivity Survey) 图分析等多种技术。介质的电导率通常变化较大,但对探测而言,更重要的是对小电导差度介质进行成像,德国学者对此进行了实验研究,指出电极排列等对分辨率有重要的影响。电阻率成像的主要问题是灵敏度函数的空间变化很大,对此,美国学者提出了一个对电阻率函数的二阶空间导数进行约束的解决办法。传统的自然电位方法被赋予了新的内涵,通过对自然电位变化与地下流体变化的关联,进行流体成像,已在地质工程 (如储层监测、灌浆监测等) 方面取得了重要应用。

地震方法的进展,主要集中在数据处理方面,我国学者提出的基于小波变换的地震记录分频处理技术可将薄层的可识别厚度减小到  $1/16 \sim 1/64$  波长;美国学者发展的伪波前膨胀旅行时计算方法,计算效率较高,对模型及波的传播方向没有限制;韩国学者对为深部探测而采集的地震数据进行近道叠前、叠后处理及高通滤波,成功的提高了垂向分辨能力,获得了浅部构造信息;我国学者研究开发的地震层析成像软件系统已可满足实际生产需要。全波形层析成像虽是多年的追求目标,但目前还未发展到进行实际处理的阶段。在技术方法方面,面波勘探近年发展较快,已可用于实际工程施工。

核地球物理技术在国外还处于发展的初期阶段,我国已作出了系统的成就,特别是在放射性污染调查方面。最近我国又在氡的迁移机理研究方面获得重要进展,证实地气中的物质是以纳米级的粒子形式迁移的,提出了氡的氦环绕簇迁移机理。

在应用方面,地球物理的应用多数集中在解决各种工程地质问题上,少量文章涉及管道探测等专门应用问题。美国学者在应用工程地球物理手段评价废弃矿井状态、指导回填方

案设计、进行回填效果监测等方面取得了重要成果,方法技术的合理综合与灵活运用是其主要特色。我国学者应用地震与电磁层析成像技术进行大型建筑地基勘察取得了显著成就。环境地球物理在国内外都还处于探索阶段,对其内涵与外延目前还有不同的看法,俄罗斯学者认为它应包括灾害地球物理(灾害预报)、预防地球物理(环境监测)与医学地球物理(物理场与病理学)三个方面的研究内容。本次会议上有关环境地球物理的论文及报告所讨论的主要是污染的监测调查问题,所使用的方法技术主要是电法及探地雷达。但我国学者依据对无机及有机物污染水与砂样的电阻率、激发极化率等参数的实验测定结果提出,用电法或电磁法评价饮用水的污染状况是非常困难的。

除上述重要进展外,近年美国在土壤剪切模量测定技术,加拿大在固体废物的浆化裂隙贯入(SFI)处理技术方面都获得了重大的进展。

总体来看,我国的工程与环境物探技术在上居中等偏上的水平(有学者撰文认为达到了国际先进水平),俄罗斯、德国、美国等在电阻率成像,日本、澳大利亚等在探地雷达等方面的研究均领先我们一步,特别是俄罗斯在电阻率成像方面的研究相当系统深入。我国在地震及电磁波层析成像、运用小波变换提高地震记录分辨率等方面的研究成果较为突出,核地球物理技术在我国得到了系统发展,特色明显。从研究工作特点上来说,俄罗斯、日本、德国、美国等国学者的研究工作多数都比较系统深入、不少是从方法到仪器进行系统的持续性研究,比较重视实验工作,这些都值得我们学习和借鉴。

### 3 工程与环境地球物理的发展趋势及对策

随着全球工业化进程的加速发展和人口的急剧增加,城市规模日益扩大,一方面大型建筑的安全性越来越重要,地质灾害造成的损失越来越大;另一方面,废弃物的大量排放与水资源超量开采使用等所导致的环境污染与恶化问题日益突出。针对这些问题的解决而发展起来的地球物理学的分支学科——环境工程地球物理必将会有大的发展,并将成为21世纪地球物理学的主要内容。工程与环境地球物理属高度综合的应用学科,涉及地质学、岩石物理学、测试技术、计算机技术、数值计算与图像处理技术等众多科技领域以及生理学、生态学、经济学、社会学等诸多方面的问题。它的发展依赖于这些技术学科的发展和社会的进步,同时对这些技术学科的发展与社会的进步也会起到积极的推动作用。综合本次会议的报告、论文及讨论来看,工程与环境地球物理的发展表现出如下特点:研究系统化,从方法到仪器设备系统研究发展;技术实用化,直接面向实际问题的解决;合作国际化,强强联合发展。工程与环境地球物理今后在继续服务于能源、交通、城市建设的同时,应积极推进针对海洋与环境问题的方法技术的发展,并应加强国际合作、加速技术更新与研究成果的商品化。今后几年,世界范围内的工程与环境地球物理研究工作将主要集中在如下方面:电阻率与电磁波成像技术(包括探地雷达技术);面波勘探技术;水与土壤污染监测调查技术;环境遥感调查监测技术;矿山地球物理技术;水下勘探技术;核地球物理技术;

地震灾害评价技术;地球物理场(人工及自然)的环境效应;高效实用的勘测仪器系统。为发展面向21世纪的工程与环境地球物理,服务于我国的可持续发展战略,我国在继续着力保持已有优势领域(核地球物理技术及仪器、层析成像技术等)发展的同时,应加强对电磁成像、面波勘探技术、遥感技术和矿山地球物理技术的研究,加强数据处理方法研究与数据采集设备研究的结合,加强理论研究与实验研究的结合。同时应定期举办主题连贯的

国际学术会议,促进国内外的交流与合作,促进学科的持续深入发展。

### 参 考 文 献

- 1 Engineering and Environmental Geophysics for the 21st Century (Proceedings of the ISEEG '97). Sichuan Publishing House of Science and technology, 1997.

## A REVIEW ON THE PROGRESS AND EVOLUTION TREND OF ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING GEOPHYSICS FROM ISEEG '97

CAO Jun-xing HE Zhen-hua Zhu Jie-shou

(State Key Lab of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration,  
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

**Abstract** Base on the papers presented during the International Symposium on Engineering and Environmental Geophysics (ISEEG '97) hold in Chengdu, China, a review on the progress and evolution of environmental and engineering geophysics is presented in the article. Much progress in resistivity tomography, ground-penetrating radar, seismic and EM tomography, nuclear tomography have been made in these years. Environmental geophysics is still in its initial stages. Great attention should be paid to the studies on resistivity and EM imaging, surface waves imaging, techniques in the detection and monitoring of contamination, remote sensing techniques for the monitoring of contamination, mine geophysical technique and subaqueous geophysical technique.

**Key words** Engineering geophysics, Environmental geophysics, Tomography, Evolution trend.