

环境与工程

(国外物化探论文选编)

《物探化探译丛》编辑部编

P631-53
5-2

地质出版社

1993

PDG

环境与工程

(国外物化探论文选编)

《物探化探译丛》编辑部编

地震出版社

1993

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本选编收录了 1992 年以来国外有关环境与工程, 地质灾害评价、预测, 农业地质等方面实用性强的物化探论文共 19 篇。其主要内容包括: 环境与工程的地球物理与地球化学; 危险的地质现象及预防措施; 世界上环境污染复杂地区地球物理方法的应用; 被污染地下水的地球化学分类; 室内和土壤中氡的监测或预测; 公路桥基的勘测, 隧道工作面前方的预测, 活动断层、塌方、地下管线和储油罐的探测; 土壤调查和土壤性质、变化特征及其成分的评估方法; 抗旱的补救措施等。选编中涉及的方法有: 电磁法、地质雷达、层析技术、地球化学方法、氡气测量法、地震探测、电法、磁法等。

本书可供从事地质、石油、环保、城建工作的科技、生产人员、有关院校的师生以及从事工程、环境地质市场的人员参考。

特邀责任编辑: 李淑仪

※

地震出版社 出版

北京民族学院南路 9 号

潮河印刷厂印刷

※

787×1092 1/16 6.6 印张 / 插页 150 千字

1993 年 8 月第一版 1993 年 8 月第一次印刷

印数 0001—1500

ISBN7-5028-0850-7/P.530

(1243) 定价: 4 元

序 言

地矿部物化探研究所《物探化探译丛》编辑部在中国勘查技术院（科技处）的大力支持下，针对环境地学对地球物理、地球化学工作者的严峻挑战和国内在解决环境与工程问题方面的急需，组织编辑了《环境与工程》（国外物化探论文选编），书中收录了1992年以来环境、工程方面的最新论文共19篇。

本选编主要介绍环境与工程问题的实用性强的物化探方法技术及其应用实例，还介绍了有关环境与工程方面的短评。内容包括：环境与工程的地球物理与地球化学，危险的地质现象及预防措施；世界上环境污染复杂地区地球物理方法的应用；被污染地下水的地球化学分类；室内和土壤中氡的监测或预测；公路桥基的勘测，隧道工作面前方的预测，活动断层、塌方、地下管线和储油罐的探测；土壤调查和土壤性质、变化特征及其成分的评估方法；抗旱的补救措施等。

中国地球物理学会副理事长、中国地球物理学会环境地球物理专业委员会主任夏国治同志为本选编撰写了题为“新的形势和环境物探的发展”论文，指明了环境物探发展的特点、趋势和任务，为今后此项工作的开展提出了具有方向性的重要问题，值得引起我们的重视。

选编中涉及的方法有：电磁法、地质雷达、层析技术、地球化学方法、氡测量法、地震探测、电法、磁法等。

中国地质勘查技术院副总工程师宋宝春同志审阅了所有论文，并提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢。

我们希望此选编能给读者在解决国内环境与工程问题中带来新的思路，并借鉴其中的一些方法技术，为开拓地质市场发挥重要作用。

选编中难免有错误不当之处，恳请指正。

编 者

目 录

环境物探的形势和进展.....	(1)
环境地球物理.....	(5)
危险地质现象及其预报措施.....	(8)
北美海湾沿岸的环境问题与地球物理的应用	(11)
当代工程地球化学问题	(14)
被污染地下水的地球化学分类及对其作地球化学研究的主要任务	(22)
室内氧与土壤和基岩氧潜在量的相关关系——一个研究实例	(29)
土壤氧、渗透率和室内氧预测	(35)
用地震方法预测隧道工作面前方——在瑞士洛迦诺(市) Centovalli 隧道中的 试验计划	(40)
小规模构造形变的很高分辨率三维地震反射成像	(46)
适用于公路桥梁勘测的地质雷达系统	(52)
探地雷达的三维管道成像	(60)
三维数据采集和分析用于高分辨率 GPR 研究	(65)
用 TEM 方法探测台湾西南部新化地区的活动断层	(69)
斜坡崩塌的规模与发生频次关系的分维研究	(73)
一个高噪声区地基的孔隙度、渗透率和剪切强度 ($P \cdot 2S$) 跨孔层析试验	(78)
地质雷达在美国农业部的 10 年应用.....	(82)
土壤分类学: 地质雷达应用指南	(88)
在典型结晶岩区域通过电阻率调查采取抗旱补救措施	(95)

环境物探的形势和进展

夏 国 治

前 言

环境地球物理学是环境科学和地球物理学的交叉学科，在环境科学体系中属于环境地球学。环境地球物理涉及的研究范围很广，学科体系尚在形成之中。环境物探是环境地球物理的分支学科，主要研究地球物理学在环境问题上的应用，以地球物理学的理论、方法、技术，研究自然的地质环境和人类活动对地质介质的影响，评估和预测环境的质量和变化，为环境保护目标服务。我国通常把环境物探和水文物探、工程物探并列，称之为“水、工、环物探”，或把三者统称为“广义环境物探”。相对于石油物探和金属物探，水、工、环物探作为独立的分支学科形成的时间较晚；而在水、工、环中，环境物探又晚于其他二者，也可以说正处于从水文物探、工程物探中分离出来，走向独立，并不断扩大应用范围的过程中。直到现在，这三者之间的某些研究领域和课题内容仍有重叠和交叉现象，不易划分得很清楚。可以认为，环境物探既拥有传统的任务目标，又拥有环境保护的新的目标。

环境问题是人类面临的重大问题之一。在当今全球性环境保护新高潮形势下，环境科学要求吸收更多学科的最新成就，以提高环保工作水平。物探作为一门正在发展着的应用科学技术，在环境的调查、评价、监测、保护和合理利用方面，有广泛的应用前景。因此，积极发展环境物探，充分发挥它在解决环境问题中的特殊作用，具有十分重要的意义。

环境问题一般分为两大类，一类是自然灾害引起的原生环境问题，一类是人为活动引起的次生环境问题。后者在产业革命兴起之后越来越严重，是对自然资源的掠夺性开发和不合理利用产生的后果。传统的环境污染物主要指的是废气、废水、废渣、垃圾、噪音等等，这些污染物目前在一些国家已得到较好的控制；而在大多数国家，特别是发展中国家，仍是严重问题。近年来，人们对环境保护的注意眼光，已从传统污染物的治理延伸到酸雨、臭氧层耗损、温室效应、生态恶化等涉及范围更大的、乃至危及全人类的问题。“只有一个地球”、“拯救地球”的呼声在全世界日益高涨。保护环境，实现持续发展，已成为世界各国人民紧迫而艰巨的共同任务。

地质环境是自然环境的重要组成部分。地震、火山、滑坡、洪水、海岸灾害等造成的巨大损失，早为人们熟知。人为活动引起的地质灾害，破坏自然环境，也往往造成多种危害。如过量抽取地下水引起城市地面沉降，水质污染影响居民健康和生态变化，采矿区及其邻近出现滑坡、崩塌、地面沉陷，修建铁路引起滑坡、泥石流、塌陷，滥伐、滥垦、过牧造成水土流失、土地沙化等。地质环境对社会经济发展和人类生存的巨大影响以及开展环境地质工作的意义，日益受到人们的理解和重视。本世纪 60 年代正式出现了“环境地质学”这一术语。环境地质学不仅研究自然地质因素对人类及其发展的影响，而且研究由于

人类活动引起的地质作用以及由此造成的灾害和预防对策。这一新兴学科已经拓展了许多分支。当前国际上有一种明显的趋势，就是越来越多的地质学家从原来的主要为资源保证服务的圈子走出来，扩大自己的调查研究范围，承担起环境保护的重任。不少国家已经或正在开展系统的环境地质工作，其中包括地球物理调查。物探在环境任务上的投资正在增长。一些有影响的专业性国际学术会议上，环境物探成为专门的讨论领域。环境物探专著开始问世。

环境物探的特点与趋向

从一些文献资料可以看出，环境物探在发展中呈现的若干特点和趋向：

一、应用领域正在扩大，还需进一步开拓

由于用户对物探在环境问题中的作用的认知有所增加以及物探在竞争中不断提高信誉，近年来，物探在环境问题上的服务领域正在扩大。一方面是在地质灾害防治中，物探方法得到进一步应用，如对滑坡、泥石流、山崩的监测，氡气灾害的研究，有关地震灾害防治的构造稳定性，断层活动性研究等；另一方面是在人为灾害的调查、监测和预防中物探发挥了多种作用，正在不断扩大服务范围，例如对地下坑道岩爆预测、石油天然气钻井井喷预防、煤矿瓦斯爆炸预防、土地盐碱化研究、工程建设对环境的影响研究，以及核废料处理场地的选址、其他固体废料和液体废料处理场地的选址、对这些有害废物储存场地的地球物理污染的长期监测、地下水水质恶化情况及其范围研究、污染源和污染范围研究等。实际上，过去有些项目成功地应用了物探方法而未将这些工作归之于“环境物探”，或只称之为“物探在环境问题上的应用”。如同在能源和矿产勘查上的应用一样，物探在环境问题上也是有效性和局限性并存；但其有效性在目前尚未能充分发挥，有赖于人们进一步正确使用和开发。

二、物探在环境问题上得以应用的基本原因

西方有的学者对此着重强调两个方面：一是从灾害治理出发，物探可以评估现有污染问题的程度，预告污染物在地下的移动去向，指导钻探施工。另一是从灾害预防出发，物探可以帮助进行工程设计，防止环境问题发生。建设项目开始之前应用物探提供地基的完整性有关资料，使得诸如废料堆放场地和化工工厂这样一些重要设施能有正确的选址。环境问题往往同地下污染物的流动有关，这些流体或是液体，或是气体。在有利条件下，物探方法可以直接探测流体的运动状态，可以提供浅部地层和地质构造资料以及有关的渗透性资料。这些资料对场地的评估非常有用。

三、可用的方法相当多，以解决浅层问题为主

环境物探所涉及的方法技术问题以解决地表下浅层问题居多，也有一些探测深度比较大的问题。目前使用的方法颇多，其中大都是物探多年来在能源和矿产勘查中曾经应用的，如地震勘探、磁法、重力法、电阻法、激发极化法、电磁法、自然电场法、测井……。为了适应浅层勘查、提高分辨率以及某些特殊需要，不少方法在仪器设计和数据处理

上都做了改进,也出现了一些专用的仪器设备。在方法的选用上,环境物探同石油物探、金属物探一样强调地球物理前提条件,根据不同的任务和条件,选用不同的方法和方法组合,强调物探、遥感、化探的结合。有些“老”方法如磁法、重力法、自然电场法、电阻法,由于使用简便,成本低,又具有一定的有效性,往往得到较多的应用。有的方法,即使效果不错,但费用高,也难以推广使用。可以预期,当方法的费用变得更为便宜时,环境物探将在更多的领域和课题上得到应用。

四、室内氡气灾害研究正成为一个热门课题

现在,许多国家对氡的问题都很重视,有些国家开展了全国性生活环境中氡的水平调查。这是由于不久前人们认识到氡对人体的危害:长时期吸入氡气能使肺癌的发病率急剧增高。美国环保局认为,如果室内氡浓度高于 4pCi/l (微微居里/升),就应采取治理措施。有的学者估算,全美约有 10—15% 的私人住宅氡浓度大于 4pCi/l 。室内氡主要来自房屋地基所在的地层中,很少部分来自地下水和建筑材料。氡的三个同位素中,最值得注意的是 $^{222}_{86}\text{Rn}$,它是 $^{235}_{92}\text{U}$ 衰变系列的成员。研究地层中铀的分布是评价氡气灾害的前提。一般的做法是,利用区域性航空 γ 能谱测量结果提供的铀含量分布资料,初步预测区域性氡气灾害程度,圈出需要进行地面检查的靶区,同时注意在断层和裂隙带上布置工作,尤其是活动性断层带应作为靶区。在靶区内开展地面 γ 能谱测量和射气测量,确定氡浓度高的地点和范围。室内的氡浓度监测一般使用连续氡监测器或 α 径迹探测器进行。

五、核废料处理场地选址研究中物探能发挥重要作用

建立核电站带来的一个严重问题是废料的处理。这些废料中含有大量裂变产物,其中很多具有相当长的半衰期,需要将其安全地存放数百年。世界各国都非常重视核废料的管理和处置,因为它同政治、经济、社会问题关系重大。核废料处置问题的实质是采用工程屏障和自然屏障组成多重屏障系统,有效地隔离放射性核素向环境扩散,以防止影响人类健康和安全。现在,许多国家认识到地质处理方法是使强放射性废料与生物圈隔离的最好方法,在地下开凿的储存库中能够安全处理核废料。在核废料处理场地选址和设计建造储存库时,要综合考虑地质构造、水文地质条件、工程地质条件、水文、土地利用、资源开发等因素。这些因素同地质学密切相关,从而要进行地质调查。物探方法在解决核废料有关的地质和工程问题上能发挥重要作用。例如,有些国家认为盐体是储藏核废料最好的一种地质介质。为了研究盐层构造,一般先用重力法和电法详细确定盐层构造在平面上的形态和大小,根据重力和电法结果布置地震勘探,准确确定盐体深度,利用井中地震可以准确确定盐体边部位置和形态。为了确定盐体是否适于储存核废料,还要研究盐体内部结构,主要是所含杂质(夹层)的数量、含水性 and 裂隙发育程度。利用测井、井中重力、井中无线电波法和垂直地震剖面可以发现和确定夹层,利用测井、地面和井中电法可以研究含水性、利用井中电法等方法可以了解裂隙发育程度。

六、环境放射性本底测量是一项有意义的基础工作

大规模的生产和科学实验活动,如建设燃煤电站、利用磷酸盐矿石做肥料、开发特殊建材等,由于所用的某些能源或原材料中含有放射性元素,将会增加人类接受天然辐射照

射的机会。核试验、核事故的发生也将造成放射性污染。为了了解天然的和人工的放射性对人体的影响和危害程度,及时掌握其变化规律,许多国家都非常重视在大范围内开展环境放射性本底测量。特别是在一些重要设施如核电厂、热电厂、化工厂周围和大中城市开展这项工作十分必要。一旦出现核事故,可以进行定量的比较,以便为确定污染范围与程度提供科学依据。不久前,我国核工业总公司系统在河北省某市进行了一定面积的放射性本底测量,发现该市火电厂存放煤渣的地方具有高于天然本底值2—3倍的辐射异常,指出了污染的范围及污染源。这个发现有助于有关方面及时采取措施,减少污染造成的损失。

放射性本底测量是一项基础调查,一些国家已经系统地开展了基础环境地质调查,其中包括环境地球物理调查,编制多种比例尺图件,提供公众使用。其指导思想是把基础研究和应用研究结合起来。

今 后 展 望

环境保护是我国的一项基本国策。1992年6月联合国环境和发展大会之后,我国政府及时提出了对策性措施。今年八届人大一次会议决定在常委会下设立环境保护委员会。可以认为,我国环保工作正面临新的形势。这对环境地质、环境物探的发展是一个新的机遇,也提出了更高的要求。为了适应新形势、新要求,必须抓住时机,扩大物探在环境问题上的应用范围,不断提高质量、效果和效益,并通过任务带动学科的进一步发展。

一、扩 大 应 用

物探在能源和矿产勘查上的重要作用,早已为人们熟知,但在环境问题上的重要作用,尚未得到普遍的理解和承认。当前,由于种种原因,物探在资源勘查上的投资严重不足,工作量减少,人员富余;而环境保护任重道远,环境事业方兴未艾,物探大有可为。国内外的已有事例表明,许多环境问题的解决,应当或必须应用物探方法,对此要加强交流和报道,使有关方面了解物探在环境问题上的作用和重要性,克服认识上的障碍,增进共识。这是物探在环境问题上扩大应用的前提。可以回想一下,取得物探在资源勘查上的地位是经过不懈努力才得以实现的。其中的许多经验仍然值得借鉴。

二、强 调 应 用 效 果

物探向环境领域阔步发展,是一个重大的战略行动。但是,从整体来看,仍处于初期阶段。环境物探可做的工作内容很多,目前情况下要有选择地组织若干重点项目,力求做出成绩,争取在一些关键课题上取得重要成果,以扩大影响,巩固地位。重点的选择应密切结合国家环保工作发展的需要,具有现实的重大意义,方法技术上又基本上有把握。这些项目和课题既可以独立立项,也可以同其他学科联合进行。同时要做到重点项目和一般项目相结合,总体上具有一定的规模。

三、依 靠 科 技 进 步

“解决环境问题的最终手段是工程技术”。物探在环境问题上是一门新方法新技术,其

潜力尚未充分发挥,但在某些具体问题也还存在需要攻克的难关。因此,需要物探在科学技术上不断有所创新。应制订总体的发展规划。规划要包括基础研究、应用研究、开发研究三个层次。注意吸收地球物理学中其他分支学科的新成就,吸收石油物探、金属物探,特别是水文物探、工程物探中的新成就,把自己独创同引进国内外的先进技术结合起来。在这方面,要努力争取有关方面在投资上的支持。

四、发挥学会的作用

环境物探的发展依赖于广大地球物理工作者的共同努力。中国地球物理学会去年组建了环境地球物理专业委员会。推动环境物探的健康发展被列为委员会近期的一项重点工作内容。经过研究,委员会提出了一些课题,如城市垃圾存放场地选址调查、地下水污染调查与监测,干旱区淡、咸水分布,沿海城市海水入侵,花岗岩区辐射调查,氧气灾害研究,环境放射性本底测量等,建议作为环境物探近期的重点,争取有关方面立项。学会具有跨部门、跨行业的优势,在组织学术活动、促进科学技术的发展上可发挥重要作用。

五、加强人才培养

大学和中专的有关专业应当增设环境方面的课程,使学生在学校学习时打下在环境问题上应用物探方法的知识和能力的基础。在有条件的学校,还可适当组织学生参加实际的课题。

相信在新的形势推动下,经过广大地球物理工作者的努力和有关学科、部门的支持,环境物探在我国必然会有一个较大的发展。

环境地球物理*

John p. Greenhouse

引言

“1990年的地球物理活动”一文表明,全世界用于环境目的的费用比1989年增长269%。对环境地球物理工作者来说,这的确是振奋人心的消息,不过不能不看到以下的事实:(a)目前的水平还低于1985年报道的水平;(b)环境项目只占地球物理全部费用20亿美元的0.04%。更仔细地分析数据发现,在过去五年中环境、土工和工程的费用与地球物理全部费用的变化趋势是一致的(见图1,2),80年代中期急剧下降,随后是近年来的缓慢上升。再仔细分析,还能发现一些奇怪的相互矛盾之处,例如,1990年非洲有46万美元花在工作上(约40%),而非洲的地下水工作却是零。可是,1988年承包

* Environmental Geophysics

商把 42.3 万美元花在非洲的地下水地球物理工作上，却分文未投在环境上。1988 年的“地下水”1990 年变成了“环境”，这可能吗？

在地球物理这些次要领域中的费用数字很难取得和证实，对上述统计数字过于认真对待是不明智的，这些数字只能用来说明，“环境的”这个形容词正慢慢打通它走向地球物理词汇的道路，但不论在什么是环境地球物理、还是在它对我们的行业 and 我们的学会未来会产生何种影响方面，都仍然存在着一些混乱。它究竟是一种时髦的风尚、我们未来的希望，还是某种介于两者之间的东西？

什么是环境地球物理？

更仔细地分析 1988 到 1990 年的数据（图 3）表明，在环境调查方法中电磁法，尤其是频率域方法，占主导地位，地震和磁法远居次要地位。能够有理由推想，电磁法主要用

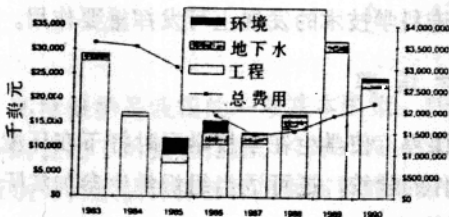


图 1 1983—1990 年世界工程、地下水和环境物探费用与物探总费用之比

1—环境；2—地下水；3—工程；4—总费用

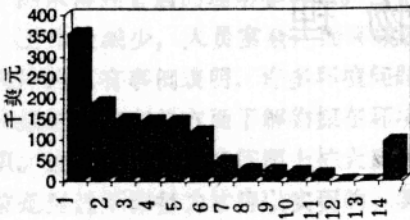


图 3 1988—1990 年世界环境物探的分方法费用

1—电磁；2—地震；3—磁法；4—井中；5—航空；6—电阻率；7—电磁/磁；8—放射性；9—遥感；10—重力；11—自然电位；12—大地电磁；13—激发极化；14—其他

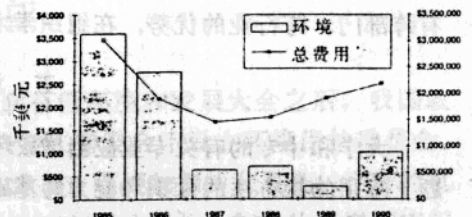


图 2 1985—1990 年世界环境物探单项费用与物探总费用之比

1—环境；2—总费用

于地下水污染，地震调查用于有害废料处理场地的评价，而磁测工作用于圈定金属废弃物。但情况并非一定如此。有时地球物理就像老的方法穿上新衣服一样，以求在正牌生态市场上找到工作，针对这种情况、以及针对上述非洲的统计数字表现出来的一丝嘲讽并没有错。在这一术语中确有装点门面和机会主义的成分。例如，在拟建的核电站下面圈定基岩断层的地震测量如今可以名正言顺地贴上环境的标签，而十年前这只能称为土工或工程工作。而且，同类嘲讽者还会指出，甚至这些熟悉的修饰词（或甚至“地下水”这样的词）

实际上也不特别说明问题，而只是用来表明物探工作与某一有利的特定市场有关。

可见，“环境地球物理”一词主要不是说明与之有关的方法和目标。它往往是同水文地质和水文地质工作者相互关联进行的，它很可能与地下水的关系更大，而不是地下水的供应，与地下水的保护关系更大，而不是勘探或开发，与废料的关系更大，而不是资

源。正如 Romig (1992) 指出的那样, 这是一种主要以工作成本为动力、而不是以可能取得的收益为动力的行业。

最重要的是, 它架起了地球物理学和其他环境地学之间的桥梁。假定预测仍然倾向于认为这一环境市场将有巨大增长, 那么很显然, 我们作为个人和学会的目的之一 (尤其假定勘探和开发前途未卜) 应该是保持和加强这一桥梁。我们能做到这一点吗?

现 状

尽管市场百分比很小, 但环境地球物理已经在对我们的行业作出非常积极的贡献, 同时也对其提出挑战。下面简单谈及三个方面。

新地球物理工作者 对于教育工作者来说, “环境”提出了一种与社会有关的因果关系, 要从这个角度去解释我们的学科。勘探地球物理不再像过去那样是一个有魅力的科目。很难把学生吸收到这样一种行业, 在这里他们会发觉被 (错误地) 拴在死胡同——没有多少新工作岗位的、以资源为基础的行业里。不论什么是环境地球物理, 它有助于提供本行业保持旺盛所需要的东西——为数不多但稳定的好学生流入地球物理专业作为一个整体。

但是这些学生需要的培训不同于他们的老校友。在课程表中要为多种环境科学留有余地, 尤其要强调水文地质学。甚至连地质学, 其中的环境地质已经是成熟和有效的分支学科, 在这一方面也明显地经历着一些由其已建立的知识范围的惯性所造成的困难。我们能做得更好些吗?

新工作 环境科学和工程确实需要地球物理工作者, 尽管他们不是总能认识到这一点。有害废料处理场地的调查和治理尤其是不仅能提供就业机会, 而且能提供创新机会的沃土。少数在地球物理和水文地质学方面都具有较高技能的硕士毕业生在这一领域内找工作没有困难。

可以说, 实际上地球物理在这些方面仍未充分展示其效能。就整体而言 (而且经过广泛的概括), 处于管理岗位的土木或环境工程师以及水文地质工作者对地球物理的承认程度, 或者说地球物理的信誉, 尚未达到应有的高度。由于专门从事此类工作的个人和小公司的努力, 信誉在稳步提高, 但我们仍然蒙受少数过分吹嘘和不当表述其能力的害群之马的损害。我们可能尚未将工作做到家。问问您自己, 你们的学会或其地方机构有没有为用户以及地球物理工作者开办课程? 你们那里的大学是否要求土木和环境工程师、甚至地质工作者学基础地球物理课程?

新的学会? 这就提出了专业地球物理学会的作用问题。尽管我们做了很大的努力, 环境地球物理的成长主要是在已建立的地球物理部门之外, 目前许多在此领域工作的个人是其他领域的专业人员, 他们是在工作中学会地球物理的。他们既没有参加像 SEG 或 EAEG 这类学会的背景, 也没有这种倾向, 可是他们需要一种团体意识。他们是处于边缘状态的, 但他们对我们的未来会是必不可少的。最近以 SAGEEP* 会议为基础成立了一个新的工程和环境地球物理学会就是这种压力的迹象之一。成立专业化的学会, 只要他们同学科的主流保持着联系, 其基调就是积极的。这一点能够做到吗?

* 地球物理用于工程和环境问题讨论会

研究工作 如上所述, 环境领域向地球物理工作者提出了严峻的挑战。一个分支学科是否兴旺的衡量标准是花费在相关研究工作上的专款。至少在加拿大, 四年前要求主要基金机构支持环境地球物理的课题是非常困难的。这种情况在改变, 但不像机会所赋予的那样快。下面是一些例子。

一地下水的有机污染。 仅在北美, 治理含水层的高密度非水相有机液体, 如过氯乙烯的费用就达几十亿美元。处理这种有机溶剂最好不要进行钻探, 因为钻孔会成为它们向下运移的通道。任何能有效圈定或监测这类高毒性物质的遥测技术都会得到奖赏。尽管从地球物理性质来讲溶剂并非是理想的目标, 但这类研究仍可得到大量财政支持。在加拿大和美国的几个单位之间正在开展一个有关地下水中溶剂的大型学科间研究项目, 研究的结果是: 在适当条件下, 雷达、雷达层析成像、电阻率和中子测井都有效。

一大范围地下水监测。 在文献中已开始报道这类项目, 成为地球物理另一个可能有利可图的用武之地。Van 等人的文章介绍对内华达一个 55 公顷的蒸发池衬砌的监测就是这种类型的最初实例。值得注意的是其与开发地球物理的发展类似, 那里监测油藏的过程, 如提高采收率, 也是一个活跃的研究领域。在这些应用领域中, 地球物理工作者必须明确而定量地提出监测方法对地下待测变化的灵敏度。确有必要研究对这些方法的模拟。

一地震和雷达处理。 对浅层地震反射和雷达数据作非常先进的处理, 这种要求日益增长, 是目前把重点放在浅层的标志。通常用于勘探领域的许多处理和显示技术目前在环境领域都是实用的, 但要它们有效地适应尚需进行研究。

这正是对地球物理的技能愈来愈感兴趣的三个领域。

结 论

在里程碑式的 SEG“环境和土工地球物理”一书出版两年之后, 关于“环境”对我们行业的意义和重要性, 评价仍不一致。尽管如此, 环境地学作为一个整体增长的潜力仍然很大, 地球物理将自己放在适当位置发挥作用是很必要的。作为个人, 当然必须适应这种形势。从共同的角度来看, 依然提出, 我们应当继续促使大学的教学大纲更有针对性, 而我们作为个人, 并通过我们的学会, 将地球物理引向其他环境专业。最后强调一下在现阶段支持地球物理用于环境问题的研究工作的重要性。

崔霖沛 译自 SEG 62 届年会论文摘要, RE 1.5, p.606—609, 1992.

林 木 校

危险地质现象及其预报措施*

В. Ю. Зайченко

* Опасные геологические явления и меры по их предупреждению

在生物和无生物自然界相互联系的长链中，有个别环节会不时地被突发的、怒海狂澜式的过程所损坏。在地圈（岩石圈）内这指的是像强地震、滑坡和泥石流、新构造运动、天然和人工辐射、强烈的岩溶形成作用及一系列其他十分危险的、能摧毁原有生态关系的现象。它们对生物界（生物圈）的危险不仅在于一次性的破坏作用，而且在于可能产生更深远的变化，因为它们影响到遗传基因并改变生物原来生存的物理化学条件。危险地质现象的特点是它们不受人类设定的国土、行政及别种区划的影响，其生成和发展不以人的愿望或意志为转移。在类似的条件下，怎样才能预卜、预报和保护生物界及其生存环境不受这些毁灭性作用危害是十分重要的科学问题，其解决在很大程度上取决于专家和科技界的努力，并取决于独联体和各共和国最高苏维埃和政府所持的立场。对这方面的事态进行分析，可以得出如下结论。

地震危险性 在独联体的领土上，每年平均发生 1—2 次破坏性地震，从 1948 至 1988 年全国的地震损失约合 20 万人的生命和 200 亿卢布。由于地震活动区的迅速都市化——建立高坝、建设核电站、化工及其他危险性大的工业，可靠进行地震预报的问题日益尖锐。近年来的斯皮塔克（1988 年）、塔吉克（1989 年）和东哈萨克斯坦（1990 年）地震表明，现有预报灾难性地震现象的系统是不完善的。

自 1979 年以来，地质部门开始介入这个问题，其所需承担的任务是研究地震活动区的深部构造和作为地震前兆信息载体的地球物理、地球化学、水化学场的变化。所取得的信息转交给不同的地震研究所，后者通过综合分析所有资料作出地震事件的短期、中期和长期预报。所有研究工作都是在全联盟统一计划的范围内进行的。对所规定任务的分析表明，虽然研究工作仍在进行，但解决地震预报问题的状况总的来说不能认为是令人满意的。

地震预报系统的主要缺点并不在于关于释放巨大能量的原理的概念从理论上不完善，而在于地震实时监测系统运行的体制。数据收录和从观测地点传送到以现代计算机为基础的处理地点需要全部实现自动化。可惜这一主要缺点仍未克服，因此也就很难指望近期内能有效地预报这一可怕的现象。科学院大地物理研究所同许多其他单位协作制定了在独联体领土上建立自动化地震预报系统的方案，该方案经过不同机关的多次审查，但事情并未超出一般性决议的范围。我们认为，负责生态方面事务的机关以及相应的代表机构和科技界到了回到这一问题并为了未来而着手解决的时候了。在科研方面，首先应当保证：增加深部地球物理测深的工作量，以便奠定可靠的构造基础，来编制 1:250 万比例尺独联体领土地震区划图以及个别在地震方面最危险和在国民经济方面最重要地区 1:100 万、甚至 1:20 万比例尺的详细地震区划图；改变已形成的解释深部测深地质—地球物理资料的方法，转向发展震源地震过程物理—数学模型的定量分析方法，以便确定地震前兆、其成因以及预测对介质剧烈作用的时间、地点和强度的可能性。

解决这个问题要求改变已经形成的深部地球物理测深和资料解释的方法。还必须在具有活动震源的地区，在固定台站和实验室的基础上引进长期研究岩石物理参数的新方法、新原理。

在地壳的流体地球形变场研究方面，必须保证开发综合解释地震、地球化学、水化学和其他场的方法，以确定地震前兆，研究在地壳个别构造建造范围内形成流体地球形变应

力场的地动力作用的成因及其与蕴藏能量积累与释放的关系。

外生地质危险性 在国民经济中很大一部分损失与外生地质作用的活跃发展有关，如滑坡、泥石流、沉陷、山崩等，这些现象可能由活跃的构造运动引发，也可能由人类的活动引发。科技界会记得不久前（1989年）在塔吉克斯坦发生的与滑坡现象有关的悲剧事件；按照很多专家的意见，与新构造运动有关的1988年在列宁格勒铁路勃罗果耶（Бологое）站附近的火车脱轨事件；由于对岩溶形成作用考虑不够，在建设罗文（Ровен）核电站和沃尔果顿（Волгодон）核机械厂时发生的意外情况等等。因此，制订有科学依据的预测外生地质作用发展的方法、奠定地区工程防护的地质基础、在外生地质作用活跃发展的地区提高人民生活的安全性和降低损失——是国民经济的迫切要求。这是一个综合性的问题，要求很多单位，包括科学院共同努力加以解决。必须在独联体领土上，尤其是地震活跃和工业开发区内，组织完成有计划的1:25000比例尺的工程地质填图，同时开展地质监测业务，建立监测的科学和方法基础。不解决这些问题，预防外生地质作用的后果是不可能的。

辐射危险性 在工业、医学和国民经济其他领域中广泛使用电离辐射源；勘探、开采和加工铀矿；无控制地使用天然放射性核素含量偏高的建筑材料；遗弃核事故产生的放射性物质都对周围的生物界产生日益增大的危险。《地质勘探》联合会在114个城市（包括莫斯科和圣彼得堡）领土上所做的放射性调查表明，有2100多个放射性污染地段，其 γ 射线强度超过120微伦琴/小时（ $\mu\text{r/h}$ ）。在1000个地段上 γ 射线照射率超过 $1\text{m}\gamma/\text{h}$ ，而在85个地段上为 $n-n \cdot 100\gamma/\text{h}$ 。

研究与天然电离辐射源有关的辐射环境状况也具有重要意义。联合国原子辐射作用科学委员会的资料和独联体学者的调查表明，居民所受照射的有效剂量当量的60—70%左右是由天然源引起的，这一数量的一半以上属于住房、厂房、坑道空气中氡及其衰变产物的照射。居民受到的大量照射源于矿物原料的加工、含氡水的使用和天然放射性核素含量偏高的肥料的施用。

我国直至近期尚未开展以辐射安全为目标的、有意识的、与天然放射性核素和氡有关的辐射环境研究。国外的经验和我国学者的个别调查证明，这个问题对居民的生命保障甚为迫切。

天然放射性核素和氡是地质介质的产物，所以目标明确地研究地质介质可以解决这一问题。需在我国领土上进行有计划的专门调查，调查应当基于统一的方法。已制订了这个问题的工作计划，但需要审查和决断。

文中只提到一部分对人和生物界的生命活动有危险的地质现象，其研究和预测对地球文明极为重要，所积累的有关这些问题的知识已荟萃到一系列所制订的1991—1995年的科技计划中，需要的是将这些计划付诸实施。科技地质学会和科学与工程学会联合会的责任是吸引社会各界和政府人士对这一问题的注意，争取对其重要性和优先实施的必要性的承认。

崔霖沛 译自 《Советская геология》 №. 3, 1992.

林 木 校

北美海湾沿岸的环境问题 与地球物理的应用*

Thomas L. Dobecki McBride-Ratcliff

【摘要】 北美海湾沿岸从其资源（天然资源与人力资源）、地质和潜在危害方面来看是一个特殊地区。一般，污染物的性质及其与地质环境的关系导致这样的情况，就是与世界其他部分类似的污染目标相比，难以用地球物理方法来圈定（如果不是不可能的话）。例如，GPR（探地雷达）是美国东部环境地球物理的主要支柱，而对海湾沿岸的大多数项目却不实用。

本文介绍了海湾沿岸的独特特征和问题的严重性。对地球物理应用的评述是同探测目标的问题、地质影响和相应的物理现象联系在一起的。以海中输（气）管填图（磁法和地震反射）、卤水羽状水流圈定（EM 电导率）和 TCE（三氯乙烯）源测定（磁法和 EM）等实例说明问题的性质和解决办法。

引 言

美国海湾沿岸地区以多种因素著称，包括它丰富的油气储量、浅层地质年轻多变、炼油厂和石油业工厂过度集中以及世界上最为集中的地质学家。这样的组合在地球上是一无二。可是还有其他独特之处，即是与上述资源及其支柱工业有关的环境问题的严重性和性质，它们形成的污染物与灾害在地质上的内在联系，以及用地球物理方法对它们作定量描述的可能性。

就污染物与危害而言，它们可在近海或岸上遇到，或者与连接两个区的错综复杂的管道有关。例如，法律上规定必须定期检查采油平台和输油（气）管道，以保证完好无损（无泄漏与腐蚀）和安全航行（无航行造成的危害）。虽然目前对在近海倾卸垃圾的数量和位置几乎无人编图，但这肯定会成为未来所关心的问题。

该区环境工作的主要领域（除了全国共同面临的填土和其他问题外）显然将与石油工业的各个方面有关。问题可能与石油勘查（如城市地震勘探期间的振动监测）、石油开采（封闭泥浆池和钻探中所产生的泥浆/地层卤水）有关，并通过炼油厂、石化厂和排放系统下方或其附近的地下水污染。所有这些活动和装置在海湾沿岸均存在，没有任何其他地方能与之相比。

常见的环境问题

下面是海湾沿岸各类环境项目的典型实例。所举实例肯定很不完整，但它确实说明了要求地球物理所致力的工作环境之多种多样。

* Environmental challenges and geophysical applications along the North American Gulf Coast

输油（气）管 最近美国联邦政府立法要求所有近海流体管道（水深达 5m）的经营管理单位确定这种管线实际设置的部位和它们在沉积层下方的埋深。该问题是在几条拖网渔船撞在输气管上发生爆炸后提出来的。

岸上的管道也有类似的问题（泄漏，管子的状态）。

无害油田废水处理装置 在海湾沿岸地区，用于钻井或由钻探作业产生的流体或者重新注入地下，或者输送到地表的化学和（或）生物处理装置处置后再重新送入生物圈。有时注入并向浅部蓄水层或池塘渗漏——这两种情况下均需对污染物加以描述、圈定和治理。

炼油厂和石化厂 这些设施处理大量可能有害的流体，产生出流体和固体废料，并且在本区内的数量极大。美国全部化学制品中的很大部分均是在得克萨斯和路易斯安那的海湾沿岸生产的或通过这里的港口设施转运的。某些工厂位于以往有过不同用途的场地上方（如过去的填土区）。一旦发现了污染，往往很难确定污染来自何方，以及这种污染源是否仍在起作用。这种污染源可以是来自埋藏的油桶／油罐、设计不当的排放系统、管道系统渗漏、大规模的泄漏，或许污染源早在安装设备之前便已出现。环境工作的任务是确定污染源、最后的结果、危险性和治理措施。

海湾沿岸的地质情况和地球物理影响

与上述环境问题关联的海湾沿岸的地质／水文地质背景，正是使人们对在这里工作如此有兴趣和地球物理工作复杂化的根源。当我们靠近海岸时，发现地下淡水与咸水混合并受到潮汐的影响。浅层沉积物主要是互层的粉砂、砂和粘土（未胶结），粘土是良导电体。尽管初看起来，粘土所起的重要作用在于它形成了流体垂直迁移的边界，但粘土也与我们力图控制的污染物相互作用。某些时候这种相互作用的结果不利，粘土会干燥，实际上加速了垂直迁移，这取决于污染物的种类。

潜水面较高，故碎屑物质和粘土被水饱和，这意味着 P 波波速在它们之间不会有什么差异。因此对浅部地层而言，地震折射常不理想，不过地震仍可找到其用途。这些单元之间的密度差异和刚性的变化，使它们适合于做反射地震研究（P 波和 S 波）。这里的地下水位高因而有利于增大耦合系数，提高分辨率。

粘土和淤泥的电阻率为 $1\Omega \cdot m$ 左右，而粉砂和砂的仅为 $5-10\Omega \cdot m$ 。这里大多数物质是良导的，因此电导率通常可高至 $300-1000mS/m$ （毫西门子／米），使得直读电导率仪在其线性校正范围内无法工作。假定电导率如此之高，那就不难理解为什么探地雷达不能穿透而失去作用，所以在该区除了特殊用途外，一般不应用 GPR。

粉砂和粘土除了微小的电阻率差异外，它们确实表现出明显的自然 γ 放射性差别（有些具高放射性），所以常规地球物理测井（自然 γ 、自然电位、电阻率）对钻探项目是十分有效的补充。

本区浅层无石灰岩，使喀斯特无法发育。不过存在相当浅的盐丘，有产生断层系统和沉降的可能性，使情况表现出其特有的复杂性。一些公司提出用盐丘作为处置有害物质（泥浆或气注入用溶解法开采的矿洞）的介质，因此，对盐体（以及它对上覆沉积层的影响）作土工学描述也是海湾沿岸的一个问题。

最后，由于海湾沿岸是一个生长活跃的地区，有大量生长断层，这些断层也将在任一