

物探技术应用的新进展——环水工地球物理

王德琪*

摘要 人类的生产活动与自然界地球物理生态环境的变化是相互影响的,当前人类的生存环境极为严峻,解决环水工(环境、水文、工程)地球物理问题、保护地球环境、净化人类生存空间已刻不容缓。世界上许多国家政府和议会已将解决环水工地球物理问题付之于行动,环水工地球物理正处于上升趋势。

在解决环水工问题中,物探技术的应用已发挥了独特作用,并取得了很大的进展。它采用了以往地震勘探中很少使用的巨视为干扰波的面波勘探,其效果更佳;它利用浅层高分辨率地震反射法在地表塌陷和地裂缝灾害中取得了突破性进展;它从过去的单用一种方法勘探,改变成现在的多种方法综合利用,提高了探查的分辨率;它克服并解决了用其它方法无法进行和解决或解决效果不好的难题,减少了工作量、提高了工作效率和准确性,并降低了成本;同时它还形成了一整套在核电站建设及核废料处理中,应用物探技术选址的成功方法等等。环水工地球物理为物探技术开辟了一条新的广阔的应用领域。

关键词 生态环境 环水工地球物理 物探技术应用 新进展

引言

人与地球物理环境之间是相互影响的,人类的生存与地球物理环境有着密切的关系,人类的生存离不开地球物理环境。所谓地球物理环境的变化就是指地球系统中的气圈、水圈、低温圈、地圈和生物圈的变化。它的变化必然影响到人类的生存环境。

地球物理环境的变化与人类生存环境的关系

地球为人类生存、社会进步和经济繁荣提供了一切物质资源。但其本身却又是地震、火山等灾害的策源地,特别是本世纪以来,地球发生了巨大变化。这种变化和各种灾害不仅给人类

表1 对我国一些地质灾害所造成的经济损失的估算

灾害类型	直接损失(美元)	间接损失(美元)
塌陷、滑坡和泥石流	230~340M	1720~2590M
地面沉降	180~230M	550~690M
喀斯特(塌陷)	120~170M	340~520M
区域性大断裂	60~120M	170~340M
合计	590~860M	2780~4140M

* 工作单位:中国新星石油公司石油物探研究所
 收稿日期:1999年3月5日

社会 and 经济发展带来了重大损失,而且对人们的生命财产安全造成了严重威胁。我国每年由地质灾害所造成的直接经济损失平均为 11.5 亿美元(见表 1)。单单一个唐山大地震就夺走了几十万人的生命。

人类长期生活在地磁场中,受地磁场磁化,当地球磁场明显降低时,人体细胞可因缺磁而衰亡,血液因缺磁而减少活性,许多生物因难于忍受低磁场、零磁场或磁场倒转而纷纷死去,甚至造成种族灭绝。此外,地球物理场还可以引起电力和通讯中断,金属管线锈蚀等。

来自太阳耀斑所释放的能量可高达 $10^{25} - 10^{26}$ J,在耀斑发生时,各种辐射大幅度增长,当宇宙辐射场到达地表时,人的肌体就会受到损伤。磁感应强度超过 0.2 微特斯拉的电磁场容易诱发癌症,尤其会使儿童白血病患者增多。

如此可知,自然界地球物理环境的变化与人类生存环境密切相关。但是,这种变化是缓慢的,微妙的、也是目前人类科学暂时还无法抗拒的。然而,自然界的这种生态环境的变化和失衡,除自然因素(指地球和宇宙的原因)外,更重要的是人为因素的影响。

人类的生产活动对自然界生态环境的影响

人类自进入工业化革命以来,由于人类的生产活动以及生物能量的燃烧,促使大气中 SO_2 、 CO_2 等温室气体增加,使得大量的粉尘进入空气,这些气体的热罩作用形成了温室效应。

随着温室效应的加剧,全球气候变暖、温度升高、出现山地冰川融化、冰原后退、海洋膨胀、海平面上升。加之水蒸气蒸发的加快,以至产生更强烈的对流,从而地球上的某些地区干旱概率增加,而另一些地区将出现严重的洪涝灾害。

再说人们长期的过度开发、盲目围垦;无限制地向地球索取、消耗也人为地破坏了自然界生态环境的平衡。

此外,随着地球上人口的增加给资源和环境也带来了巨大压力。城市扩大,耕地减少、土地资源超载;森林被破坏;草原资源退化;生态功能减弱。我国 600 多个城市中,300 多个城市缺水。我国的 523 条河流中,现已有 436 条受到严重污染。为此,目前对生态环境的恢复与治理、对水资源的研究和水污染的治理与防制已是迫在眉睫。

总而言之,人类的生产活动及人口的不断增长,破坏了自然界生态环境的平衡,使得自然界地球物理环境更加恶化,给人类的生存带来了巨大灾难,而这些灾害和污染的“孕育”、发生和发展已给我们造成了一系列的极其严重的环水工地球物理问题。

1 目前国内外环水工地球物理的新动向

当前自然、人为灾害和污染已经破坏了自然界生态环境的平衡,地球物理环境不断恶化。保护生态环境与资源、走协调发展的道路,已成为世界各国的共同目标和战略选择。

在第 26 届国际地质大会(IGC)上,国际工程地质学会就发表了《参与解决环境问题的宣言》;在第 27 届 IGC 上,又专题讨论了环境保护等问题;在第 28 届 IGC 上,“亚洲的淡水和地面沉降”、“掌握土壤动力学、土壤和全球变化”成了第一天的大会报告;在第 29 届 IGC 上,人类生存与发展的若干问题已成为主题之一;直到在我国第一次主办的第 30 届 IGC 上,主题学术报告会上发言的第一篇论文就是“中国地球环境与全球变化”,环境问题已成为大会讨论的热门话题,极为突出了地质环境变化与全球气候变化之间的相互制约与相互影响。

据报道,自1988年起,美国每年都召开一次“物探技术用于环水工问题的讨论会”(SAGEEP)。1998年6月16日,欧盟环境部长会议批准了抑制空气污染的两个新法律。对SO₂、NO₂、烟尘和铅等四种污染物制定了有法律约束的界限。我国政府于1998年10月15日,在亚太地区议员环发大会第六届年会上签署了“21世纪议程”等有关文件。把保护绿色地球作为人类赖以生存和持续发展的基本点和基本国策。1998年10月27日,中国对外经贸合作部与澳大利亚国际发展署签署了水资源管理项目的谅解备忘录,澳大利亚为这一项目提供了200万澳元资助。1998年10月29日,中国和波兰又签署了“中波1999~2000环保合作协议”。在此同时我国政府也颁布了一系列有关环保的法律法规,在1997年下半年,我国编制和完成了《全国生态环境建设规划》。如此不难看出,世界各国政府和议会已把正确处理 and 协调环境与发展列入重要地位。

自1981年以来,澳大利亚在中国的水资源管理与保护、污染处理等方面的投资已超过6200万澳元。西方国家对环水工物探的投资仅排在石油物探和固体矿产物探之后,居第三位。1987年至1991年五年期间,西方国家固体矿产物探的年平均投资为3383万美元。而环水工物探年平均投资是2680万美元。在同一时期,美国的环水工物探年平均投资为441万美元。同时美国能源部(DOE)还规划在未来20年中将对9000多个研究机构进行总数达1500亿美元的补贴,其中若1/4用于环水工地球物理(年平均为18.75亿美元),而目前全球整个地球物理业的总费用也只有16亿(1988年)和30亿(1994年)美元。由此看来,环境与发展已得到世界各国的共识。已成为全人类普遍关注的重要问题。对于解决环水工地球物理问题,人们已经付诸于行动。

另外,地质专业技术人员的就业方向也正在发生转变。据欧洲地质学家联合会1990年前后的调查表明,环境地质人员占地质人员总数的37.6%,大大超过经济地质(石油和矿产地质人员的比例22.7%)。目前美国国内从事环境研究的人员与过去10年相比,正以引人注目的比率出现。据AAPG资料介绍:1992年应届地质毕业生中报名石油工业的占12%,而报名环境地球物理的占46%;1993年报名环境领域的占61%,而报名石油行业的只占8%(见图1)。要知道,就在70年代末环境地质还仅属地质工作中最小的若干专业领域。

此外,近年来环水工地球物理方面的论文篇数也越来越多。以SEG(美国勘探地球物理学家协会)年会论文集为例,1992年62届SEG年会是8篇;1993年63届SEG年会是11篇;1994年64届SEG年会是16篇;1996年66届SEG年会是20篇;直到1997年67届SEG年会已是22篇(其中包括“专题会议”7篇)。因此,可以预言:环境地球物理工业可能迅速超过石油地球物理工业,环水工地球物理的发展将会越来越兴旺。

总之,环水工地球物理问题业已为各国政府、政治家、科学家及公众所关注。从斯德哥尔摩的《联合国人类环境会议宣言》,到巴西《环境与发展的里约热内卢宣言》;从4月22日的世界地球日,到6月5日的世界环境日;从“全球变化”到“21世纪议程”,环境已上升到“持续发展”的战略高度。

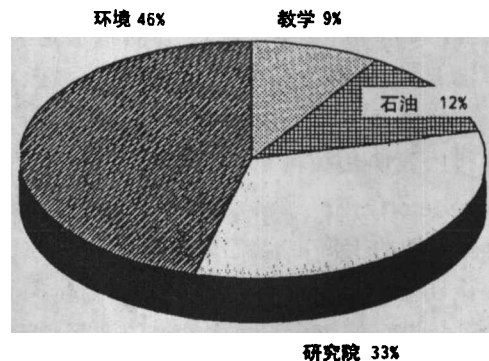


图1 北美地球科学部毕业生的就业趋势
(出处:AAPG)

2 物探技术应用的新进展——环水工地球物理

大家知道,多年来物探技术(地球物理勘探技术)主要用于经济地质(矿产和石油地质),而用于环水工地球物理方面的仅排在次要位置。但是,随着改革开放,由计划经济转变为市场经济,再加之全球环境的恶化,环水工地球物理已为物探技术开辟了一条新的广阔的应用领域。特别是在目前矿产物探不景气、石油物探投资额下降、地质行业总体性萧条的情况下,环水工物探应运而生,成为一枝独秀,具有极强的生命力。

环水工地球物理的迅猛发展拓展了物探技术的应用领域,而物探技术在环水工地球物理中的应用又取得了新的进展。具体是:

- (1)浅层高分辨率地震反射法在地表塌陷和地裂缝灾害中取得了突破性进展;
- (2)采用了以往地震勘探方法中很少使用,且视为干扰波的面波勘探,其效果更佳;
- (3)从过去的单用一种方法勘探,改变成现在的多种方法(以互相协调补充)综合利用,提高了探查的分辨率和准确性;
- (4)形成了一整套在核电站建设及核废料处理中应用物探技术选址的成功方法;
- (5)探测结果从定性转变到定量,为应用物探技术快速直接寻找地下水迈出了崭新的一步;
- (6)克服并解决了用其它方法无法进行和解决,或解决效果不好的难题,减少了工作量、提高了工作效率和准确程度,并降低了成本。

所有这些从下面分述的实际应用中可清楚地体现出来。

2.1 物探技术用于对环境污染监测与探查(如对废水、废渣、管道渗漏、有害气体扩散和放射性物质污染的探测和研究)的新进展

物探技术可用于探测地下水和地表水的污染。当水被无机盐污染时,由于离子浓度的增高往往使电阻率降低。现已发现电阻率、雷达、激发极化法和中子活化测井都可以应用。例如:加拿大某化工厂,有机化合物泄漏严重,有机溶剂 CCl_4 的泄漏造成了环境污染。后来用核物理方法利用中子活化测井,以Cl作为指示元素作面积调查,在测量点上活化一定时间后,迅速离开活化点,然后再进入下一个测量点。如此逐点测量,最后将污染源、污染区有效的圈定出来。

物探技术也可以用来探测地下管网的泄漏污染以及地下管线(包括金属非金属)的分布。如利用气测法探测供气管道的泄漏污染;利用地震层析成像技术或地震雷达的高频电磁波($n \cdot 10 - n \cdot 100$ 兆赫)进行浅层填图,发现石油管道的渗漏及所造成的污染。例如,由联合国贷款援助的上海市合流污水重点工程,在施工期间发生管道破裂,为了尽快查明管线破损情况以及时制止合流污水的渗漏污染。物化探研究所应用了层析成像方法检测水下深埋管道破损,成像结果正好与合流污水管道的埋深和形态一致,反映出了管道的破损位置和程度,及时制止了污染。近年来,利用物探技术综合探测地下管网已得到了广泛应用,取得了较好的效果。以水泄漏为例,探测水漏点的水漏率达95%以上;漏点定位误差小于 $\pm 1\%$ 米。

物探技术还可用于监测由采矿造成的环境污染和粉煤灰的污染。如在掌子面上利用放射性测量可测定煤的灰分,监测粉煤灰的含量。物探技术中的磁法可用于大气污染调查,在磁法中对磁化率进行测定,可鉴别颗粒污染物的类型和工业排放源。据波兰西里西亚地区的统计,

每开采 100 吨煤就会有 2×10^9 贝可的镭造成环境污染。在核物探技术中,纯仪器中子活化分析法具有灵敏度高、准确度好、不破坏样品、且能同时测定 40 余种元素的含量。所以,核物探技术和磁化率测定法现已成为研究大气污染问题的一种重要手段。

此外,利用地质条件较稳定的深部沉积盆地水—岩系统来处置 CO_2 、 H_2S 、 NO_2 等有害气体,物探技术也可参与发挥作用。目前这方面的理论研究和实验工作已经开始,美国等国的学者已出版了这方面的专著,1997 年我国学者在美国召开的第四届国际环境大会上也发表了题为“ CO_2 地质处置的可能性”的论著,从理论上阐述了利用深部沉积盆地水—岩系统来处置温室气体 CO_2 的可能性。

2.2 物探技术用于对地质灾害的环境调查、灾害防治等监测和预报的新进展

浅层高分辨率地震反射法、折射法、瑞利波法、射气法、电测深法以及天然声辐射和电磁辐射测量等物探技术,它们既可以用于灾害地质填图,提高划分薄层的能力,获得浅层信息;也可以对塌陷、溶洞、滑坡、山崩、岩爆等进行长期监测和短期预报;还可以研究地基的地质结构和物理力学参数,了解地下基岩的风化程度,松散层的错动和地裂缝的发育延伸情况。特别是浅层高分辨率地震反射法,由于浅层反射频带的拓宽。加之反射波主频提高了一个数量级,从 700 到 1000 赫兹,使得分辨薄层、浅层的能力大大提高。

如近几年来,我国安徽省铜陵地区发生的大面积地表塌陷和地裂缝灾害。它涉及到 8 个居民村和铜陵市长江路一带的一些市属单位,受灾户 2500 多户,严重危房 700 多间(套),一条矿山专用铁路,两条公路一度中断水质遭受污染,水土流失;供水、供气、尾砂管理、多处断裂,整个区域成灾严重。

当时在该区使用了多种探索方法,但效果均不理想,特别是有些探查方法因受到周围地形和环境的限制,根本就无法开展。后来发现浅层高分辨率地震反射法效果最好,尤其是比折射法效果更好。它对一些非均匀复杂空间形态的地质构造、活动断裂、地下空洞和塌陷等的探查,在其精细和准确程度上显示出了独特的效果(要知道,就在几年前还只能解决一些简单的地层起伏构造的空间形态问题)。在该地区使用了此方法后获得了大量浅层信息。资料清楚地反映出喀斯特地区塌陷区域及可能发生灾害区域地层的实际状况(塌陷 273 个,塌陷直径一般在 2—7 米,深 2—4 米;小街地区最大塌坑长轴 19.8 米,深 9 米;新桥矿区最大塌坑直径 16 米,深 13 米;灾害影响面积达 201.14 万平方米),取得了突破性进展。

目前,已在发生或评估可能发生塌陷的地区设立了监测点:监测地下水位的变化和地面变形等异常情况;注意开采井及矿坑的水量、水质、含砂量的变化;以及时对塌陷提出预测预报;避免或最大限度的降低灾害损失。另外根据应用物探技术在铜陵塌陷区的工作结果,找出了大面积地表塌陷和地裂灾害的成因:主要是因为断裂构造控制的复杂喀斯特古地貌发育的缘故。再加之区内有 12 项工程采疏地下水,以至形成空洞诱发岩溶塌陷,而造成大面积的塌陷灾害。此结论的关键部位经地震钻探和开挖验证无误,现在已通过冶金部有关专家评审鉴定。

又如美国地质调查所,近期用最小展布的浅层三维地震反射勘探,对美国堪萨斯州和俄克拉何马州哈钦森盐层进行了探查(见图 2)。最后取得了令人满意的效果,图中清晰地勾划出了盐溶解后的落水洞轮廓。

另外,应用瞬态瑞利波法(即应用以前地震勘探方法中视为干扰波的面波)探测盐湖中暗洞的分布范围、埋深和发育情况,结果也很令人满意,特别是其分辨率明显的比以往使用稳态瑞利波法还要高。瞬态瑞利波法和稳态瑞利波法相比,在勘察盐溶、地下洞穴和其它工程地质

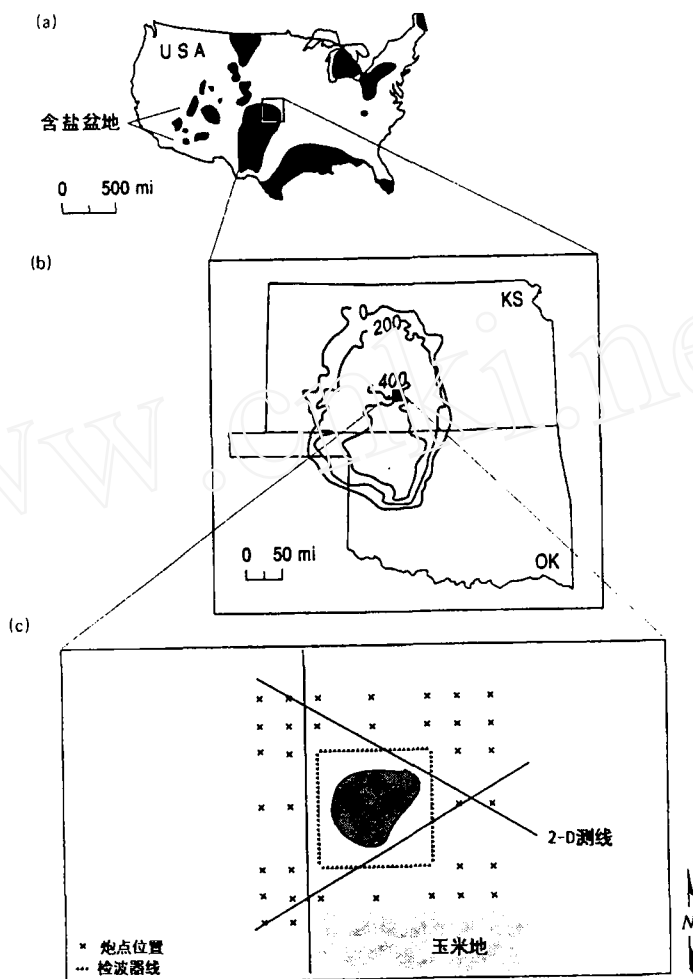


图 2 显示相对位置的地区图

(a)美国主要含盐盆地(Ege,1984);(b)美国堪萨斯州和俄克拉何马州哈钦森盐层的一个广角等厚图(Walters,1977);(c)地震反射落水洞的相对位置

方面,具有仪器轻便、价格便宜、所需人员少(一般野外工作只需 2—3 人);测线短,对地形和周围环境影响小;工作效率高;分辨率高等特点。因而是一种很有前途的物探技术。

2.3 物探技术用于参与环境保护措施设计和评价的新进展

在环境保护措施的设计和评价中,物探技术也可发挥作用。目前,法国、加拿大和瑞典等西方国家的核能,在其能源开发中占有相当的比重,我国的核电站也在不断崛起。因此,为避免核废料和其它有毒废料对环境的污染,寻找核废料存储地,特别是高放射性废物的存储地,现已成为一个重要问题。一般认为:核岛(核废物场)的地块要相对稳定,无大的地震活动和构造运动;其次岩土的物理化学性质也要稳定;水文地质条件要单一。如在地质条件比较稳定的大型沉积盆地,深埋处置中、高放射性核废料,在理论上是安全的;又如块状结晶花岗岩就是比较理想的存储地,但是如果岩体本身存在裂缝、节理或其它地质构造,则不利于核废料的存储。为了

将核废料和其它有毒废料存入地下地质体(即为核废料和垃圾选择场地),我们可采用物探技术来选择相对稳定的区块,确定地质体的范围和深度,了解其裂隙发育程度和含水性,以填绘主要断裂带,同时在掌握了地下构造的第一手资料后,还可参与对核存储地作出相应的评价。

例如,加拿大多伦多大学研究人员,在马尼托巴省 Lao du Bomet 附近对花岗岩深层岩体进行跨孔地震层析测量,最后提供了核废料处理场地的候选地点资料。

又如美国 Oak Ridge 国立实验室(ORNL),对 Oak Ridge 预留地 Melton 峡谷废料处理区(靠近美国田纳西州,位于 ORNL 南部)进行了近地表地震成像和反射率研究。其目的是要确定引起地震反射率变化的原因,为 Melton 峡谷废料处理区提供地下地质构造更详细的解释。同时对该废料处理区作出相应的评价。

在这项研究之前,仅有八条地震反射测线和一份多分量 VSP 资料,层序反射成像也只是一张 1981 年测定的数据集和一条 1993 年的源试验测线。后来对废料处理区的分类作了部分补救调查,除了作了地表地震剖面外,还在 Melton 峡谷西部边界的钻孔(WOL-2,图 3)附近采集了多分量 VSP 的垂直入射 P 波和 SH 波。这些新的数据是(1)在废料处理区的底下 Copper Creek Thrust(CCT)带之上,预先用图解说明估计的双重构造;(2)在 CCT 之上对褶皱/断层层序成像;(3)对非测绘的几个地质接触的推断提供辅助性证据;(4)显示所看到的主要由层内岩性接触和脆性裂缝带所引起的地震反射率。这些新的数据预期提供了大规模的地质构造成像(基本区域地层、地面逆断层等)和更小的地质特征(如:断层和裂缝带之类)。并提交了一份双重构造的横推断层和由反射率变化起因的详细剖视图。更重要的是:在特定的岩层中,不仅发现了来自岩性接触的许多反射波,而且,断层带(如 Copper Creek Thrust)和岩性地层中都含有孔隙裂缝带。

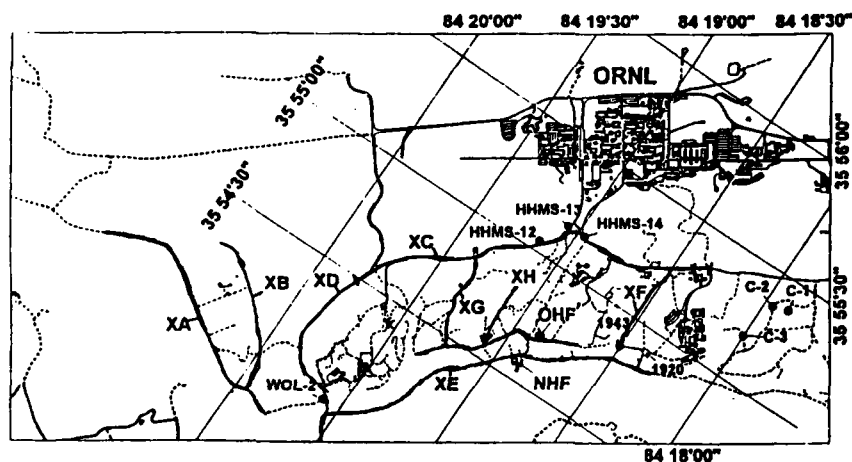


图 3 Melton 峡谷地震测线的位置(即:XA, XB, … XG 和 SH);新、老水力压裂设施(NHF/OHF);与 Oak Ridge 国立实验室(ORNL)有关的钻孔(如:WOL-2, HHMS12…)。网格线是纬线和经线

这些综合数据已对 Oak Ridge 预留地 Melton 峡谷废料处理区提供了基本需要的分析和评价。它们为从事于该废料处理区的水文地质模拟,提供了重要构造信息,这对未来近地表勘探测量非常有用。目前,该废料处理区和附近的污染区已被完全控制在环境治理规划中。

在国内,采用横波、纵波、反射地震、激电测深、联合剖面、四极对称、放射性 α 卡测量等七

种物探方法的综合应用,搞清了广东大亚湾核电站核废物场地下地质构造情况:该场址覆盖区第四系不发育,断层构造也不发育,无区域性断层分布,若干条小断层属于非能动性断层,总体为稳定地块,其基岩埋深在20~50米,基岩面起伏形态为中间高两端低。而且精度可靠,费用只用了相当于原工程费用300万元的10%,节约了90%的资金。几年来积累了很多经验,并在核电站建设及核废料处理中,首次在我国总结出了一整套应用物探技术选址的成功方法。另外,还完成了秦山三期核电站和三门核电站的工程选址。

2.4 物探技术用于测试水质、寻找地下水和咸淡水分布区段的新进展

在水文方面,物探技术同样大有用武之地。如应用放射性测量、电阻率、激电等多种综合物探技术可以测试水质、并能很快确定地下水富集区的位置;应用海上井中物探技术,可查明咸淡水分布区段,尤其是用直流电阻率法划分咸淡水具有独特的效果。最近又研究出了一种找水的新方法——核磁共振法,该方法能够在缺水地区快速找到人们急需的水资源。在地面快速直接寻找地下水,这是一种非常实用的找水新方法。

特别是近年来应用核磁共振法在湖北、河南等地均找到了地下水。核磁共振法是利用核磁共振效应的原理,使具有核磁顺磁性的氢核(水中的质子,其是地层中顺磁性丰度最高的核子)选择性地吸取电磁能量。只要地层中有自由水存在,核磁共振信号就有响应,含水量越多响应越强,这就构成了一种直接找水的新方法。新方法解决了电阻率法找水中探查岩溶水出现多解性的难题,而且,它还不受地质因素干扰,受地形影响也较小,尤其是在岩溶区探查地下岩溶水中,它从过去的只能作定性解释转变为现在的可以进行定量解释(提供探测深度内含水层的深度、厚度和含水量)。这为准确快速地寻找地下水迈出了新的一步,这是应用物探技术找水方法中的一个飞跃。

2.5 物探技术用于选择工程场地、检测工程质量、预报工程有害地质因素和评价地基工程地质特性的新进展

在工程方面,近年来物探技术在工程勘探中的应用已远远超出传统工程地基勘探的范围,这是因为工程建筑的数量和规模越来越大的缘故。目前物探技术已扩大到工程质量检测;快速勘查工程有害地质因素;发现和确定隐伏活动断层;评价区域稳定性、安全性和地基的工程地质特性以及抗震效应等方面。尤其是物探技术现在已是了解地基工程地质特性的有效手段,因为它能反映地基地质结构和物理力学参数的三维连续变化,不像钻探和土工试验往往只能反映点上的情况,所获得的钻孔资料极为复杂,很难找出规律性的三维连续变化。与钻探和土工试验相比,物探技术还可大大减少钻探工作量、降低成本。

例如面波勘探,利用面波频散的特点(即传播的相速度随频率而改变)来反映地下构造。首先对采集到的面波数据在时—空域拾取面波成分,并通过快速傅立叶变换将其转换到频率—波数域中;再在频率—波数域取面波能量团的极大值,并滤除其它干扰波的频率成份,完成面波的二次提取;然后再对面波记录进行资料处理解释,计算出面波的频散曲线;最后根据面波的频散曲线进行地层划分。它解决了无法进行钻探而又必须测定速度结构的困难;较准确地反映出了地层的划分。且按介质密度分层比按钻孔资料分层更细微,满足了地震行业的规范要求,比以往常规地震勘探方法中,应用纵波和横波的效果更佳。

又如应用核物探技术,通过构造及溶洞提供通道,而使放射性元素富集的特点,有效的查找了溶洞、构造裂隙以及有害地质因素,并评价地基的稳定性,这些均有成功的例子。

在非洲留尼汪 Grand Etang 大坝坝址的勘察过程中,为查明玄武岩流的连通性以及玄武

岩的风化程度,开展了跨孔地震层析测量,该方法可反复复原偏移所需要的野外速度,并再次进行偏移,重新划定地层界面,以至大大改善了成像质量,提高了分辨率。同时把应用此方法测量的结果与钻孔地层对比,发现左侧上部玄武岩流与右侧下部玄武岩流不连续,其间充填有淤泥,并且玄武岩流与古老的玄武岩也不相连。此外,还识别出了三个弱化带等工程有害地质因素。最后,对大坝地基的工程地质特性作了评价。这些结果为大坝坝址调查提供了重要信息。

综上所述可以看出,物探技术在环水工地球物理中的应用十分广阔。它在对环水工地球物理的监测与探查、预报与防治、保护与解决乃至设计治理与评价等许多方面的应用中均有显著成效,并且都取得了新的进展。特别是在人类生存空间已遭到严重破坏的今天,利用物探技术的设备优势和技术专长开辟环水工地球物理领域,开创环境地球物理的新局面尤为重要,它将是造福于人类千秋万代的百年大计。

3 近期可优先发展的技术研究项目

3.1 地下水污染调查和研究

- (1) 污染物与地下物质的相互作用机制及对地球物理场的影响;
- (2) 城市废水追踪(包括地面污水对地下水的污染状况调查);
- (3) 城市废水处理,复用状况调查、评价。

3.2 地球物理场幅射的环境效应研究

- (1) 环境放射性本底调查与研究(天然核辐射、天然电磁辐射);
- (2) 大气污染与地球物理场的相关性研究;
- (3) 人为放射性灾害及氡灾害的调查与监测。

3.3 地下水资源勘查

- (1) 寻找地下水富集区的水系位置;
- (2) 中国干旱、半干旱地区的咸淡水分布及水质状况调查。

3.4 地面沉降的地球物理调查与研究

- (1) 工程环境地质调查(包括水电站、核电站、江河大坝、公路桥梁调查以及各种大型建筑的地基勘察);
- (2) 工程施工灾害防止与监测(包括建筑质量及由施工所造成的地基不稳定性检测和建筑物状况监测)。

3.5 环水工地球物理综合方法技术研究

- (1) 岩层参数(如孔隙度、渗透性等)与地球物理测量参数相互关系的理论与实验研究;
- (2) 发展定时监测地球物理方法技术,尤其是定时层析层象技术;
- (3) 研究并建立一套适合于浅层不均匀及各向异性介质的地球物理理论、方法和技术。

4 结论

在解决环水工问题中物探技术最方便灵活、最丰富、也最具发展潜力,它有着独特的作用和效果;在环境污染与地质灾害的监测和防治方面,它还有着快速、经济、可靠的特点。特别是

在当前自然和人为灾害不断困扰着整个人类的情况下,物探技术在环水工地球物理诸方面的应用都取得了新进展,并起到了重要作用。它已成为物探部门发展经济的新的增长点,已为人类生存、经济繁荣、社会进步以及人类与自然共存作出了新的重大贡献。

物探技术在环水工领域中的应用虽然取得了新进展,并起到了重要作用,但是这不等于物探技术就能包打天下了。要知道,灵活地应用或改造好传统的物探技术;加强消化吸收已引进的新仪器、新技术和不断地引进更新的技术;提倡联合勘探、协作攻关、分工合作、解决难题、取得突破性进展;特别是跨学科的综合应用、研究、乃是对地球物理勘探技术进行整体化研究之必然。

主要参考文献

- 1 滕吉文,保护地球环境与“净化”人类生存空间的思考,地球物理学进展,Vol. 13, No. 3, 1~13, 1998.
- 2 Lim Pei Cui et al, Advances of environmental geophysics in China, SEG International Exposition and Sixty-Sixth Annual Meeting, Vol. 2, 1317~1319, 1996.
- 3 中国地质矿产信息研究院汇编,形势与挑战, 292~375, 中国地质矿产信息研究院科技处出版, 1994.
- 4 中国地球物理学会编,中国地球物理学会年刊, 302~458, 地震出版社, 1994; 136~180, 190~194, 390, 西安地图出版社, 1998.
- 5 赵廷寿、刘清林,第三十届国际地质大会胜利闭幕,石油物探信息报, 1996. 8. 15.
- 6 博雅 译,欧盟采取统一行动削减温室气体排放,石油消息报, 1998. 8. 5.
- 7 William E. Doll, How can environmental geophysics be advanced? The leading EDGE, Vol. 13, No. 10, 1035~1039, 1994.
- 8 吴长贵,铜陵地区岩溶塌陷基本特征及防治方向初步探讨,安徽地质, Vol. 4, No. 4, 61~69, 1994.
- 9 Ana C. Vilella et al, Delineation of salt dissolution sinkholes using minimal deployment shallow 3-D seismic reflection surveying, SEG International Exposition and Sixty-Seventh Annual Meeting, Vol. 1, 780~782, 1997.
- 10 Bradley J. Carr et al, Near-surface seismic imaging and reflectivity studies of the Melton Valley waste areas, Oak Ridge Reservation, SEG International Exposition and Sixty-Seventh Annual Meeting, Vol. 1, 772~775, 1997.