

中国地球物理学研究进展

Progress in the Geophysics Research in China

毛桐恩

(国家地震局地球物理研究所,高级工程师 北京 100081)

汪纬林

(中国地球物理学会,高级工程师 北京 100081)

姚家榴

(地震出版社,副编审 北京 100081)

地球物理学是一门以地球为研究对象的应用物理学。十年来,地球物理学迅速发展,学术思想活跃,传统学科有了新的发展,新的学科不断涌现。通过国际科技合作与交流,引进了新理论、新概念和新技术,促进了我国地球物理学科水平的迅速提高,取得了丰硕成果。

一、固体地球物理研究

我国的固体地球物理研究主要集中于地壳、上地幔的结构构造及其形成、演化和动力学的多学科研究。

1. 自1985年以来,利用天然地震台网和层析成像技术研究地壳深部结构构造已经取得较大的进展。利用地震面波资料对我国青藏高原、东部地区、东海地区、以及利用体波资料对四川和东南沿海等地区的三维速度结构的研究成果,为认识岩石圈介质的横向变化,推断地壳上地幔的深部过程提供了有价值的资料。

2. 利用大陆反射剖面(或深地震测深法)和地学断面法研究地壳上地幔细结构已迈开了重要一步。完成深地震反射剖面800多公里,其中大陆东部700多公里,青藏高原100多公里。其研究结果对构造单元划分及岩石圈的细结构具有重要意义。特别是中美合作进行的“喜马拉雅和西藏高原深地震反射剖面试验与综合研究”获得了重大成果,首次揭示了喜马拉雅山脉地壳内部存在着大型的滑脱构造,延长几十公里;山脊下的地壳厚度即莫氏面的深度可达70~75公里。这两个新发现,对于认识和建立具有典型意义的喜马拉雅陆—陆碰撞造山带的地壳结构和造山作用模式极其重要。揭示喜马拉雅碰撞造山带的深部结构、构造和变形过程,

探讨其动力学机制,大大深化了对大陆造山带的科学认识,并发展了大陆造山带的理论。

我国已完成11条地学断面,总长度约25130公里。断面的地壳构造主要根据深地震测深法剖面的资料,其中不少是对以前的资料做了重新解释。地学断面图揭示了中国大陆地壳的立体构造及演化关系,在研究中较充分地运用了地球物理观测资料,揭示出中国大陆岩石圈有许多独特的构造,其中两条断面的研究成果已在国际上公开出版。

完成了第一张根据现有深地震测深资料编制的中国大陆莫霍界面深度图,它和以往根据重力数据编制的莫霍界面深度图有较大不同。

深地震测深又取得了一批新的二维解释成果,在研究的宽度与深度上都有了明显的提高,大大丰富了人们的认识。

深地震反射测深还揭示出大陆岩石圈的许多共性,即透明的上地壳、反射的下地壳和普遍透明的上地幔。莫霍界面为一明显的间断面不具有普遍的意义,在一些地区,莫霍界面是一厚达数公里的复杂高低速互层的过渡带。

3. 自1985年以来,大地电磁测深工作有了很大发展,为研究地壳上地幔的电性结构共完成了大地电磁测深点2000多个。其主要研究结果是,在中国大陆内部的一些地区发现有壳内高导层,并常常与壳内低速层一致,其顶面埋藏深度和发育程度又往往与区域地质构造活动相关。上地幔高导层的顶面埋深也与构造活动相关。这些研究结果与国外同行的研究结果一致。新编的中国岩石圈电性结构图,深化了对我国地壳深部构造的认识。

此外,首次利用MAGSAT卫星磁异常资料计算了中国及邻区卫星磁异常的三维模型,为研究地壳构造提出了新的证据。

4. 完成了一批大地热流值测定,其中 441 个热流值数据已经被国际热流委员会承认,并编入全球热流值数据库中。

除西藏外,我国地热流具有南低北高、西低东高的特点,大地热流与岩石圈厚度、地质构造特征有密切的关系。岩石圈热结构是深部热状态和构造热活动的综合反映。

利用气象地温资料推断大地热流值是一种正在探索的新途径,已取得与实测大地热流值相接近的有意义的成果。

5. 青藏高原岩石圈的形成和动力学过程一直是地球物理的前沿性课题。通过地学断面的综合研究、数值模拟、剪切波三维速度结构研究,提出了新认识,注意到了软流圈的拖曳和重力作用的复合效应,提出了新的岩石圈的变形模式,还开展了高原热演化的模拟研究。

在地球动力学的研究中,利用多种地球物理观测资料直接反演了地幔对流模型,并对板块俯冲带的负浮力作用进行定量计算,提出了新看法。

探讨了热应力作为震源驱动力的可能性,并取得了很有意义的认识。

编制出版了第一张中国和临近海域岩石圈动力学图。

6. 在震源物理的研究中,利用近年新发展形成的系统科学理论、灰色理论等对地震破裂物理、震源过程和地壳应力场、震源参数和地震前兆物理进行了大量的研究并取得了很大进展。

此外,在应用地形变均衡理论、全球重力场模型等方面的理论工作中也已取得重要成果。

总之,十年来基本查明了中国大陆及其邻近海域的区域地球物理特征、岩石圈结构格架及地壳厚度的变化和我国大陆地壳结构、构造的基本特点,推覆与滑脱构造的研究都取得较大进展。

二、勘探地球物理研究

由于采矿、水文、工程环境工作的需要,勘探地球物理发展十分迅速,新的观点和概念不断出现,方法、仪器和数据解释技术的多样化和迅速改进,给人以日新月异的感觉。

1. 通过创新和引进,石油物探有了突飞猛进的发展,地震勘探全面实现了数字化,三维地震(陆上和海上)、地震地层学、精细处理、数字测井、高精度磁测、重力细测、大地电磁测深等一系列方法和技术得到推广应用。

突破了构造圈闭的老范畴,勘探对象更广泛,勘探沙漠、海洋、碳酸盐岩裸露地区的能力有了明显提高,初步形成了构造、地层、岩性、油气四结合勘探目标的技术体系,形成了地震和非地震方法相

结合的技术发展思路。

双相介质及各向异性介质中弹性波的传播机制研究为直接反演孔隙度和求取裂隙特征打下了理论基础;分形、神经网络、小波理论,以及多参数模式识别、地震岩性模拟等方面都有了新进展,提高了储层横向预测的精度;三维一步法偏移首次在人机交互工作站上实现,使处理与解释得到有机结合;高精度三维地震勘探在稠油热采及水平井的设计上也有了新的应用。

国家自然科学基金“八五”重点项目“陆相薄互层油储地球物理理论与方法研究”已取得了某些研究成果。编制出版的 1:200 万中国海域地球物理系列图,为寻找海上石油提供了地球物理基础资料。

通过对扬子海相碳酸盐岩地区、塔里木盆地、东海陆架盆地的石油勘探科技攻关,特别是在海相碳酸盐岩地区实现了找油气的重大突破。塔里木盆地超亿吨大油田的发现就是石油物探科技攻关的巨大成果之一。

2. 为解决固体矿产物探的四大任务:快速普查、探测深部矿、寻找低品位矿、矿床勘探评价,“七五”期间专门研究了有效寻找隐伏矿的物探方法和合理的勘探程序,采用了探测深度大的地面物探方法和井中物探方法,和建立矿田的地质——地球物理模型,在资料处理方法中发展了强干扰背景上分辨弱讯号的技术等。通过深入的试验研究获得了多方面的成果,建立了直接找矿与地质立体填图相结合的新找矿模式。在金矿的勘探上,新的研究指出,金矿大多与硫化物矿物共生,金矿的品位往往与硫化物矿产含量之间存在着正相关关系,因而金矿石与围岩存在着电性和磁性差异,这为物探方法发现和圈定金矿载体提供了可能性,在此基础上可采用综合物探方法对载体进行评价以指导找矿。总之,我国在这个领域所取得的理论方法、应用范围和找矿效果方面的进展,都明显居于世界前列。

3. 地球物理勘探的应用范围在水文、工程、地球物理环境与减灾中得到了扩大,方法技术得到了提高,效果显著。80 年代的水文、工程物探大大改变了过去主要是应用为数不多的方法在较小范围工作的局面,无论是方法技术或应用效果都基本上可以和金属物探、石油物探并列,已成为我国地球物理研究与应用中最活跃的领域之一。由于引进和开发了包括先进的浅层高分辨地震法在内的多种方法(应力波法、高密度电阻率法、电磁波法、高精度磁测和微重力勘探等)而大大提高了解决地质问题的能力。水文物探在勘查多种类型的地下水和地热田方面获得良好效果。在一些重要经济区,水文物探和水文地质相结合,为制定农业和水利发展规划提供了重要的科学依据。黄淮海平原大范围的地质

地球物理勘查和综合研究成果为水文物探资料的二次开发提供了范例。

工程物探在坝址及大型滑坡体探测、桩基检测、市政地下管线探测和检测、地热源探测、确定岩溶和古矿坑遗址等方面取得了大量成果。特别是坑道工作面的“前方构造”探测技术、地质雷达技术、层析技术的采用,把工程物探的应用领域推向了新阶段。长江三峡库岸稳定性及环境地质评价与预测和大瑶山隧道工程地质勘察等均达到国际先进技术水平。

针对地震、旱涝、地裂、岩暴以及其他地球物理生存环境中的灾害问题开展了有成效的研究,并取得了一系列新的研究成果,包括对这些综合性灾害的预测、减灾研究、对策研究等。

我国对地震预报和地震前兆的研究做了大量工作,不仅取得了一些有关的震前地球物理信息,而且利用灰色系统和分数维理论对强震区进行预测,采用系统最大熵预报地震,初步取得了一些有希望的研究成果,提高了对自然灾害的监测预报和防灾能力。

三、地磁和高空物理研究

几年来,在磁暴机制、磁暴预报、电离层以及环境磁学等方面的研究取得了有意义的结果。

1. 组织了太阳、空间、电离层、地磁的“协调联测”和联合研究,进行了国内和国际日地物理联合观测 20 多次,取得多项成果。多年研究表明,磁暴的太阳源不是确定和唯一的。

2. 磁剪切、红移、磁海湾结构及磁对消现象可能是磁暴发生的太阳磁场特征,可作为磁暴预报的前兆考虑。这些特征对寻找磁暴预报因子很重要。

3. 在地球电磁场的研究方面,比较深入地整理和分析了我国地磁台站的数据,更为准确地描述了地球磁场及长期变化的时空形态。对地磁高空物理学中的经典 S_e 电流系统提出了新的见解。

4. 在电离层资料的分析与理论解释上有了进一步的提高与加强,在把我国一些随太阳活动周期变化的较完整的观测资料与国际参考电离层的对比研究方面有所深入。

5. 研究表明磁层与太阳风相互作用的复杂性决定了地磁扰动的复杂性,地磁扰动存在着混沌行为,具有混沌吸引子。地磁扰动所反映的是磁层的变化,其分数维为 2.7,是低维吸引子,据此有可能对地磁扰动进行预测。

6. 我国南极长城站首次记录和发现了多谱哨声。哨声频次和地磁活动的相关特性对认识电离层和磁层结构和状态,认识极区带电粒子沉降的动力

学过程具有重要意义。

7. 统计研究表明磁暴可以引起电离层闪烁,但并不是每个磁暴都能引起闪烁,这与磁暴活动强度有关。

8. 经过几年的筹备及努力,中国日地物理预报中心于 1992 年 2 月在北京成立,此即国际 IUWDS 机构下的中国区域警报中心。

四、地球物理技术

随着人类科学技术的发展,地球物理技术包括仪器设备、资料的处理解释、成果的表述方式等方面取得了显著的进步。主要表现为以下几个方面:

1. 微电子技术的发展,几乎使所有地球物理探测仪器都已经实现了数字化或计算机控制,从而使探测的灵敏度和精确度都有很大的进步。

2. 高速电子计算机及其微型化使探测数据的处理和解释出现了质的变化。三维图像处理已经十分普及。各种物探成果正在经历从图形显示转化为图像显示的变化。弹性波、电磁波层析成像技术取得了很大发展。在分析处理各种地球物理信息中利用了很多先进的计算技术,并在这 10 年中形成了独立的计算地球物理学科,从而促进了物探成果应用效果的提高。

3. 各种高效的数据管理软件及地理信息系统的出现,为物探信息与其它各种地质信息的综合提供了十分方便和强有力的手段,不仅使物探成果的解释更为可靠,而且使地质、地球物理、地球化学及其它有关学科之间能够更紧密地相互结合和相互渗透。

4. 航天技术的进步使地球资源的遥感技术进入了新的发展时期。由于它可以方便迅速和全面地取得资料并进行反复观察对比,遥感信息已经成为人们了解和研究地球的不可缺少的手段。细分光谱和雷达技术的进步,可望在不远的将来使遥感技术取得更加显著的地位。

5. 全球卫星定位技术(GPS)的发展,不仅从根本上改变了大地测量和野外定位方法的面貌,而且可精确地测定各种地质体的位移速度和方向。我国研制成功了第三代卫星激光测距仪(SLR),其观测精度达到国际第三代 SLR 的水平。GPS 技术在地震监测中已经取得第一批重要数据,为研究全球构造变化和地球动力学提供了重要的手段。

6. 激光技术已经越来越多地深入地质勘探领域。除了激光在大地测量上的应用外,利用激光的高分辨率和原子钟所提供的高稳定的时间测量,绝

(下转第 64 页)

元即寄。

1.17 F92028 高效净水剂—聚合硫酸铁絮凝剂 (综合效果最好, 售价最低)

目前国内使用较好的净水剂有三氯化铁、聚合硫酸铁等, 但其价格高, 且对人体有毒, 该净水剂则集众家之长, 价廉无害, 备受行家推崇。

建一年产 2500 吨厂, 需厂房 200~300m², 设备投资 10 万元即可(0.5 吨锅炉除外), 人员 12 名, 每吨综合成本 315 元, 售价 600 元, 年产值 180 万元, 年利润 85 万元。

技术转让费面议, 中介服务费 8200 元, 索可行性分析报告汇 48 元即寄。

1.18 F92019 节能合成水燃料生产技术

此乃崭新的能源物质, 为普通的化工原料与一定比例的水配制而成, 生产工艺简单、资源丰富、价格低廉。不牵涉现有任何能源物质原料, 且无毒、无臭味、无烟、无污染。新炉具工作压力 1kg, 普通价格 150 元/台。且能为国家节省大量能源, 1 万户省 1.5 万吨煤。

按年供 1 万户计算, 总投资额 28 万元(其中设备 12 万, 土建投资 4 万, 汽车 12 万)。年供合成水燃料 2000 吨, 成本 1000 元/吨, 售价 1500~1900 元/吨, 年产值 300 万元, 年利润 100 万元; 另供 1 万户炉具, 可收回 50 万元, 当年可获总利 150~200 万元。

技术转让费北方 40 万(南方 70 万), 中介服务费 5 万元, 可行性分析报告 48 元。

1.19 F92024 超声遥控触摸开关

该开关, 是 86mm 系列, 适于暗式接线盒或明式接线盒上的面板式开关。与同类产品比有五大功能特点: ①遥控触摸并用; ②与单联机械开关通容; ③各种负载通用; ④长寿命; ⑤直观指示醒目。适用于房里或厅里日光灯控制, 也适用于其他灯具或小家电的开关控制。

生产本品所用仪器及设备只需一台示波器、一台 mV 表、一台频率计、一台小台钻、一台小砂轮机(总计 1 万元)。模具费可于第二期投入, 首期用深圳厂外协件。资金投入小。

技术转让费 4 万元(每省一家), 负责提供成套设计资料、成品样品、检测报告、人员培训等。中介服务费 4200 元。产品资料及样品图片 48 元即供。

1.20 B92133 承建年产 1000 吨苯酚生产厂

(包销产品, 年利 230 万元)

苯酚是重要的有机化工原料, 在工业中有重要的用途。国内年需求量约 5 万吨, 而目前仅有 3 万吨。

设备投资 60 万元(含运罐、贮罐、真空泵、液下泵、锅炉等), 厂房 120m², 电力 20kW, 年用水 2000 吨, 年用煤 500 吨, 2 吨锅炉, 工人 50 名, 每吨苯酚成本 3300 元, 包销价 5600 元, 年产值 560 万, 年利润 230 万元。主要原料有纯苯、硫酸、苛性碱。

技术转让费 5 万元(分二次, 先期 3 万), 中介服务费 15000 元。可行性分析报告 120 元。

1.21 B92134 承建异戊醇生产厂(包年利润 20 万元)

异戊醇为化工原料之一, 广泛用于化工行业, 用量大、货源紧缺。按年产 100 吨异戊醇, 需厂房 100m², 工人 15 名。主要原料为酒精厂或白酒厂排出的杂醇油。该法采用预处理和分段切割方法提取异戊醇, 使产品醇度提高到 95% 至 98%, 每二吨杂醇油可生产一吨成品, 并可出丙醇、丁醇和混合醇三种副产品。每吨综合成本不超过 2500 元, 包销价 4500 元, 年包销 100 吨(付款时间不超过 10 天), 年纯利 20 万元。

技术转让费 5 万元, 中介服务费 8000 元, 可行性报告 25 元。

1.22 F92020 L—苹果酸生产技术

(现代生物工程技术、开通创汇渠道)

该产品在国际市场上尚属新品, 在食品、日化和医药化工上有独特的作用。现存方法一般为化学合成法和发酵法。该产品为吸取国外先进技术使用固定化细胞工程生产 L—苹果酸, 为外贸出口畅销产品。年需求量 8000 吨。目前产量仅 500 吨。

主要设备包括: 分析检测设备、发酵罐、离心机、反应罐等。建一年产 300 吨 L—苹果酸厂需厂房 1550m², 电力 180kW, 每天用水 60~70 吨, 设备及安装费计 158 万元, 流动资金 100 万元。工人 80 名。主要原辅材料国内充足。吨综合成本 22800 元, 销售价 42000 元。年产值 1200 万元, 年纯利 387 万元。当年收回全部投资。

技术转让费 40 万元, 提供先进菌种、工程设计并培训人员。中介服务费 8 万元。索可行性分析报告汇 48 元即供。

(上接第 45 页)

对重力值的测定方法和技术有了质的改变。

在地形变与地应力的研究领域, 国产的人工激光测距仪, 经技术改造, 测程已达到 2 万公里, 定位精度达到 2~4 厘米; 高精度、稳定性好的自采地应力测量系统达到国际水平。

我国在绝对重力仪的研制上已达到国际先进

水平。微重力及重力梯度测量在实际应用中有了长足的发展。

7. 地震层析成像是应用地球物理学中非常有前途的新技术。我国在理论、方法上的研究有了一定的深度, 仪器设备也有了一定的保证, 观象试验取得了相当满意的效果。(责任编辑 肖庆山)