

中国大陆地球深部结构 与动力学研究

——庆贺滕吉文院士从事地球物理研究50周年

张中杰 高锐 吕庆田 刘振宽 主编

14.000.000K



科学出版社
www.sciencep.com

中国大陆地球深部结构 与动力学研究

——庆贺滕吉文院士从事地球物理研究 50 周年

张中杰 高 锐 吕庆田 刘振宽 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书展示了中国大陆地球物理学和动力学研究的最新成果。研究成果涉及地壳与上地幔结构、板块与板缘构造,理论与实验地球物理,空间物理和应用地球物理等研究领域。收集的102篇学术论文,体现了研究者在相关研究领域的最新进展,反映了相关研究领域的前沿,具有较高的学术水平。这些研究成果对深化地球内部物质与能量的交换、深层动力过程乃至地球内部结构研究均具有重要意义。

本书可供地球物理、大地构造、地球化学等学科的科研人员和高等院校师生学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国大陆地球深部结构与动力学研究:庆贺滕吉文院士从事地球物理研究50周年/张中杰等主编. —北京:科学出版社,2004.3
ISBN 7-03-012958-X

I. 中… II. 张… III. ① 大地深部构造—中国—文集 ② 地球动力学—文集 IV. P562-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 012570 号

责任编辑:彭 斌 李久进/责任校对:包志虹/封面设计:黄华斌

排版制作:科学出版社编务公司/责任印制:钱玉芬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年3月第 版 开本:787×1092 1/16

2004年3月第一次印刷 印张:67 1/2 插页5

印数:1~800 字数:1578 000

定价:200.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

编辑委员会

顾问(按姓氏笔画排序)

马 瑾	马宗晋	王 水	王思敬	王德滋	邓启东
石耀霖	叶大年	叶叔华	田在艺	宁津生	任纪舜
刘嘉麒	孙 枢	孙鸿烈	安芷生	许绍燮	许厚泽
李廷栋	李德生	苏纪兰	吴国雄	何继善	张国伟
张彭熹	汪集旸	肖序常	陈 颢	陈运泰	陈宜谕
陈俊勇	陈毓川	林学钰	赵文津	金翔龙	郑 度
姚振兴	钟大赉	秦蕴珊	贾承造	徐世浙	郭令智
黄荣辉	曾庆存	童庆禧	谢礼立	翟裕生	戴金星

主 编

张中杰	高 锐	吕庆田	刘振宽
-----	-----	-----	-----

副主编(按姓氏笔画排序)

丁仲礼	于 晟	马石庄	王椿镛	邓 军	乔 森
朱日祥	刘启元	刘恩儒	李文范	李清河	吴如山
张先康	张禹慎	林 舸	范蔚铭	杨宝俊	杨顶辉
杨树锋	陈晓非	周云轩	胡家富	郑 晔	贺振华
彭 斌	郭华东	曾新吾	熊 熊	薛爱民	酆永刚

编 委(按姓氏笔画排序)

丁志峰	万志超	马晓冰	王 勇	王 政	王仰华
王光杰	王启玲	王妙月	王尚旭	王铁男	王谦身
孔祥儒	孔繁文	牛之俊	牛滨华	方大钧	卢造勋
叶正仁	田 钢	邓晋福	白武明	白登海	冯德益
全幼黎	朱介寿	朱元清	闫永利	闫雅芬	刘 财
刘 洪	刘 斌	刘士杰	刘元龙	刘延忠	刘宏兵
刘国栋	刘福田	孙若昧	安振昌	庄灿涛	孙运生
孙建国	毕思文	牟永光	吴向红	吴建春	吴锡生
何樵登	李 小凡	李叶旭	李幼铭	李白基	李向阳
李继亮	李毓茂	张秉铭	张培震	杨 华	杨文采
杨长春	杨慧珠	林君琴	苗晓桂	国连杰	陈胜早
陈海旭	周惠兰	赵 平	赵国敏	洪汉净	皇甫岗
秦德先	柴育成	莫宣学	徐中信	徐文耀	徐宝慈
徐德津	郭爱樱	高尔根	曹洛华	常 旭	符力耘
章 晔	葛碧如	傅正祥	傅荣珊	焦灵秀	曾孝箴
曾晓献	谢小碧	谢鸿森	赖明惠	熊绍柏	翟明国
潘作枢	潘裕生	魏奉思			

序

《中国大陆地球深部结构与动力学研究》是为庆贺滕吉文院士从事地球物理学研究50周年而出版的一本论文集，是一部具有重要科学和历史意义的文献。

滕吉文院士祖籍河北黄骅，是我国著名的地球物理学家，他1934年3月14日出生于黑龙江省哈尔滨，1952年毕业于衡阳扶轮中学，同年考入原东北地质学院应用地球物理系，1956年在该校本科毕业。毕业后进入中国科学院地球物理研究所从事地球物理学研究。秦馨菱院士和曾融生院士两位恩师的教诲使他在科学人生的征途上获益匪浅。1959年被选派赴苏联留学，在原苏联科学院大地物理研究所做研究生，在叶比娜采娃(A. M. Епинатвева)和别尔松(И. С. Берзон)两位著名地球物理学家的指导下，进行地震波传播动力学研究，连续在苏联著名期刊《地球物理学报》上发表了4篇论文，取得了优异的成绩，于1962年获得了苏联科学院物理-数学副博士学位。回国后一直跟随导师曾融生院士从事中国地壳与上地幔物理和地球动力学研究。他于1963年被聘为助理研究员，在科学的春天(中国科学大会)前夕，即于1978年经在科学会堂答辩晋升为副研究员，1986年晋升为研究员，1992年经国务院学位委员会审批为博士生导师。现为中国科学院地质与地球物理研究所研究员、博士生导师、中国科学院学位委员会委员、地质与地球物理研究所战略指导委员会委员，并为中国科学院研究生院教授兼地球物理教学部主任，吉林大学教授，浙江大学、成都理工大学和云南大学兼职教授与名誉教授。1999年当选为中国科学院院士。

滕吉文院士一直在科研第一线孜孜不倦地进行着地球物理学研究。曾主持过多项国家、中国科学院、国家自然科学基金委员会及原地矿部的重大、重点、攻关和国际合作等项目。先后担任过课题组长、研究室主任、研究所副所长等职。在学会工作中曾任中国地球物理学会理事、常务理事、副秘书长，石油学会理事，青藏高原研究会理事，力学学会地球动力学委员会委员。在学报工作时曾任《地球物理学报》、《地震研究》、《热带海洋》等学术期刊的编委。现仍担任着中国地球物理学会理事、大陆动力学委员会副主任、中国地震学会地壳深部探测委员会副主任和《大地构造与成矿学》、《地球物理学进展》、《地震地质》等学术期刊的编委。他还是中国科学院动力大地测量实验室(武昌)、岩石圈构造演化实验室(北京)，教育部武汉大学地球空间环境与大地测量重点实验室(武昌)，中国石油天然气集团公司物探重点实验室(北京)和国土资源部应用地球物理开放实验室(长春)的学术委员会委员。

滕吉文院士在我国地球物理学研究中倾注了全部的心血，尤其是在地球内部物理和大陆动力学领域取得了重要成就。自1974年以来他以充沛的精力和极大的热情投身于青藏高原的大陆动力学研究，用他自己的话说：“青藏高原的蓝天、白云、草地、牛羊和那特殊条件下的生态环境陶冶了我，青藏高原在复杂力系作用下的深层动力过程的地球物理研究培育了我，我也为青藏高原的地球深部与大陆动力学研究做出了一定的奉献”。在以孙鸿烈院士为首的中国科学院青藏高原综合科学考察队的领导下，他主要负责地球物理分队的研究工作，为青藏高原的深部结构和深层动力过程做出了重要的贡献。他尤其重视理论与实践的结合，并认为对地球物理学来说，“可靠信息与信息量的缺乏或不足，

是任何数学技巧和图像显示所无法弥补的”。数十年来，他领导的研究队伍在我国东北、华北、华南、西北、西南和青藏高原等地进行了大量的深部地震探测研究，积累了丰富的宝贵资料，建立了适于中国地理环境和地质构造特征的观测系统和以正、反演技术为主线的资料处理和多学科综合为前提的解释理论与方法，并为中国地球深部结构和大陆动力学的地震探测体系的建立做出了开拓性的贡献。滕吉文院士最先提出了我国岩石圈结构的基本分区与模型，指出中国地壳具有层、块结构特征，并发现地壳中存在低速层、高速层、深大断裂和横向不均匀性与各向异性等。

多年来他以系统的学术思想和敏锐的科学思维、求实奋进的科学精神，在地球物理科学领域取得了一系列首创性的重要成果。早在 20 世纪 60 年代开展了绕射波场动力学难题的研究，并进行了三维物理模型实验；70 年代率先在青藏高原开展人工源深部地震探测、综合地球物理场和地球动力学研究；80 年代又在中法合作中深入研究了地壳与上地幔结构和深层过程与地球物理边界场效应，从而首次得到青藏高原壳-幔介质的层、块速度结构，地壳中存在两个低速层和巨厚地壳与相对薄岩石圈的模型；提出了冈瓦纳古大陆解体分离并向北漂移，从而形成了块体拼贴、挤压和壳-幔深部物质侧向流展的论点与学说；发现雅鲁藏布江-恒河平原北缘为印度洋板块与欧亚板块的碰撞挤压过渡带；20 世纪末以来又提出了喜马拉雅碰撞造山带的深层动力过程与“双层楔板”新模型。这些成果得到国内外同行们的高度重视和广泛引用。20 世纪 80~90 年代在川、滇及攀西裂谷带首先进行了深部地球物理探测，发现并提出其为“被动活化”的古裂谷，对攀西裂谷带的深层动力过程和演化及世界裂谷系的分类取得了新认识。20 世纪 80 年代至今，他一直在深入研究中国东部及陆缘地带的综合地球物理场效应，壳-幔介质的细结构，岩石圈减薄和深部物质与能量的交换及其与太平洋板块运动的耦合，提出了渤海湾存在潜在地幔热柱的深部结构和物理场背景的论点与论据；发现造山带与盆地存在着特异的深层动力过程与形成模型；对地震“孕育”、发生与发展的深部介质及构造环境，对矿产资源的形成、分布与演化的深部物质与能量交换的物理-化学过程进行着深入研究与探索，并提出深层找矿的新认识。近年来又在研究东亚岩石圈的壳-幔边界结构、构造与圈层作用、动力学响应，探讨岩石圈、软流圈、壳-幔边界和板块构造、板缘与板内俯冲的运动学和动力学格局。同时，还对地球内部介质与结构的横向不均匀性、非线性和各向异性进行着研究。在全球变化研究中，对保护地球环境与“净化”人类生存空间进行了探讨，提出对地球环境的监测、治理与保护是四维空间的问题，而且是各向异性的和非线性的。

滕吉文院士认为世纪之交，对地球物理学既是机遇，也是挑战。为此基于对全球 20 世纪的重要成就和 21 世纪的方向与任务的深入思考提出：地球物理学家应当全方位的去揭示地球内部的奥秘，为了人类社会与经济的可持续发展必须将“地球深部的介质与结构、状态与组成，运动与行为，物质和能量的交换，深层过程与圈、层耦合和力源与机制”作为地球科学的一个系统工程来探索，以资在 21 世纪里，为了加速中国工业化的进程，在安全、稳定地利用全球资源的同时，还必须建立起自己的矿产资源后备基地，并对灾害和环境的研究做出新的重要贡献。

在地球物理学领域里，滕吉文院士取得了大量的在国内、外有重要影响的研究成果，已在国内、外学术刊物上发表论文 190 余篇，出版专著(包括合著)8 部，并广为中外地学界所引用。为了青年人的成长，他近 20 余年来一直坚持在中国科学院研究生院以及有关

大学为大学生、研究生讲授“地壳与上地幔的地震探测”和“岩石圈物理学”课程，并经常举行地球物理学的前沿性讲座。同时，他通过自己系统的研究工作培养硕士、博士和博士后 30 余人，多次被评为优秀研究生导师。他曾多次获得国家自然科学一等奖(1987)，国家科技攻关奖(1986)，中国科学院特等奖(1986)。其中一等奖三次(1986, 1987, 1992)，科技攻关奖一次(1986)。

半个世纪以来，滕吉文院士在我国地球物理学领域艰苦奋斗的历史充分表明：他具有良好的科研道德和学风。他治学严谨，执著追求，善于思考和创新；他谦逊好学，尊敬师长，尊重他人的劳动，善于团结与合作，同时还特别重视对青年人的培养。他经常对人讲：“我的任何一点进步和成就都倾注着中、外导师的关怀，悉心指导和严格要求，是与各级领导的培育，同行朋友和学生们的携手合作与支持分不开的，同时也浸透着我本人对地球物理学的炽热投入和所做出的奉献！”多年来，他以其新颖的系列学术思想，做出了一系列富有创新性的成果，在与导师和同事们共同开辟我国地球深部与地球动力学领域的研究中，取得了优异的成绩。

滕吉文院士为我国地球物理与地球动力学的研究、为国家建设和人才的培育，为我国地球物理学跻身于世界先进行列做出了积极的贡献，他的学术成就在国内、外享有广泛声誉，他是我国在该领域做出杰出贡献的科学家之一，是我国这一领域的开拓者之一，是优秀的学科带头人，也是能在国际上反映我国地球物理科学研究水平的杰出代表之一。

2004 年是滕吉文院士从事地球物理学研究 50 周年的盛喜日子，为了促进地球深部物理学与大陆动力学的发展和不断深化，为了使地球物理学在 21 世纪担当起地球科学领域的中坚，他的众多领导、同事、朋友和学生们纷纷撰写论文，报道、回顾与展望滕吉文院士一直为之挥洒汗水、辛勤耕耘的地球深部物理学和大陆动力学领域的最新进展，并编辑了这本论文集。全书涵盖了滕吉文院士所工作过的(或相邻)领域，即地球物理学、地震学、地球动力学、勘探地球物理学、地质构造学、地热学、岩石圈物理学等学科领域，共收集论文 102 篇。这些论文使我们从一个侧面看到滕吉文院士为之奋战了半个世纪的地球物理科学的发展、进步和人才辈出，同时也可以感受到滕吉文院士为祖国地球物理事业的无私奉献、奋勇开拓和不断辛勤耕耘的科学精神，这种精神必将激励着人们继往开来，迎接时代的挑战，为我国地球物理事业在 21 世纪得到更新、更快的发展，为我国在一段不太长的历史时期步入世界地学强国而奋发努力！

贺滕吉文院士从事地球物理研究 50 周年，并诚希在未来的岁月里做出更大的新贡献！

谨此，特向滕吉文院士、论文作者、编辑和为此而付出辛勤劳动的同志们致以深深的感谢！

刘东生
2005-12-25

目 录

序

向科学强国迈进中的地球物理学基础研究和创新理念	滕吉文 (1)
庆贺滕吉文院士从事地球物理学研究五十周年	张中杰 杨顶辉 张秉铭等 (26)
大陆碰撞及中国大陆应力场的稳定性	傅容珊 郑 勇 黄建华 常筱华 (49)
永葆青春探索地球心灵	吉林大学地球探测科学与技术学院 (61)
青藏高原形成演化和动力学	潘裕生 (64)
华北东部地幔亚热柱的成矿作用研究	
.....牛树银 孙爱群 侯泉林 胡华斌 毛景文 王宝德 许传诗 (77)	
Rough Surface Scattering in Irregular Crustal Waveguides: Comparison of Various Approximation Theories	Li Yunfu (93)
中朝块体与扬子块体结合带在黄海海区位置的地球物理证据	
.....郝天珧 刘建华 江为为 宋海斌 阎晓蔚 (126)	
阿尔金-龙门山地学断面的地壳纵波速度结构	
.....王有学 韩果花 袁学诚 姜 枚 W. D. Mooney (134)	
非涅尔体叠加方法及其应用效果	裴江云 陈树民 王建民 林春华 李金玉 (147)
基于预条件共轭梯度法的盲源反褶积方法	朱振宇 裴江云 刘 洪 李幼铭 (153)
中国大陆科学钻探地球物理调查	杨文采 程振炎 (159)
全球构造新概念	高名修 (176)
滇西及邻区板缘动力学初探	姜朝松 王绍晋 周瑞琦 周真恒 (183)
地球动力学研究中的精细重力场证据	孙和平 (188)
中国灵璧-奉贤地学断面域内地壳物理资料特征分析	
.....刘 财 王 典 刘万崧 杨宝俊 刘 洋 张 智 (196)	
组合板块与中国大陆构造变形	洪汉净 于 泳 陶 玮 郑秀珍 刘培洵 (204)
可控源音频大地电磁法应用于地热资源勘查	刘延忠 高宝忠 卢义媛 (214)
利用波场延拓方法消除上覆介质的影响	
.....裴江云 曹福仁 王元波 陈 斌 关 欣 (226)	
中国大陆科学钻探场址区的地壳速度结构研究	王有学 姜 枚 韩国华 (234)
研究动物电磁波谱特征必要性的思考	葛碧如 (242)
地球内部圈-层耦合与中国大陆板内强震成因	毛桐恩 姚家榴 (246)
磁暴环电流形成过程研究	濮祖荫 谢 伦 周煦之 傅绥燕 (265)
Structure and Dynamics of Lithosphere Across the Tibetan Plateau, Indian Subcontinent and North Indian Ocean	Chen Shengzao (277)
接收函数与云南地壳的 S 波速度结构	胡家富 朱雄关 夏静瑜 (295)
个旧-大厂地质构造演化及锡多金属成矿	秦德先 谈树成 范柱国 刘光亮 (305)

地球深部动力学说的意义与进展	杨学祥 (314)
格尔木-额济纳旗地学断面重力场球冠谐分析与岩石圈构造研究	孟令顺 高 锐 王喜臣 管 烨 (319)
发展中的地震波传播理论	牛滨华 孙春岩 (327)
非均匀 TI 介质中弹性传播的通量校正传输差分合成三分量地震记录	杨顶辉 卢 明 刘昆萍 (339)
固体地球地震学与勘探地震学交叉的新进展	柳江琳 何樵登 (348)
南海的三维莫霍界面	苏达权 刘元龙 陈 雪 陈邦彦 李唐根 曾维军 林长松 (357)
小波包变换在折射和宽角反射地震资料中的应用	樊计昌 李松林 (366)
毕各庄区地磁场测量结果及其地质解释	底青云 王光杰 王 若 王妙月 (375)
青藏高原冰芯研究	姚檀栋 (384)
中新世以来地幔柱活动的全球响应	王登红 陈振宇 李建康 (391)
利用漂移壳追踪法研究南大西洋异常区内辐射带高能质子辐射环境的长期变化	濮祖荫 谢 伦 焦维新 傅绥燕 (397)
一种去除地震噪声的新方法	杨慧珠 王一博 (405)
定向垂直裂缝和孔洞介质中地震波场特征的实验研究	贺振华 李亚林 曹 均 李 琼 (410)
印度-欧亚板块碰撞带地幔变形场的分析研究	王椿镛 P. Silver 吴建平 吴庆举 楼 海 (417)
岩石圈黏性对陆-陆碰撞变形场和应力场的影响	陆诗阔 蔡永恩 (424)
中国大陆塑性流动网络与相对稳定块体对大地热流分布的影响	王绳祖 (434)
永胜期纳上地壳的地震波 Qp 和 Qc	李白基 秦嘉政 叶建庆 钱晓东 (448)
南海东北部东沙-澎湖-北港高磁异常隆起带及其南侧磁静区的深部地壳结构特征	夏戡原 黄慈流 黄志明 (454)
巴颜喀拉、祁连和鄂尔多斯的地壳结构特征	张先康 王夫运 (466)
中国东北地区深部地球物理探测与研究的进展	卢造勋 姜德录 白 云 孟补在 (475)
波场延拓算子的最佳乘积基函数展开方法研究	刘 洪 刘礼农 杨 辉 (483)
超谐共振在可控震源-大地能量耦合中的影响研究	陈祖斌 林 君 (491)
非均匀 Fourier 变换在地震数据重建中的应用	孟小红 周建军 郭良辉 (501)
中国大陆两类岩石圈根及其动力学效应	邓晋福 吴宗絮 邱瑞照 莫宣学 肖庆辉 罗照华 赵海玲 赵国春 苏尚国 (514)
中国东、西部新生代变形的岩石圈热-流变学结构制约	王良书 刘绍文 李 成 李 华 徐鸣洁 韩用兵 (522)
中亚天山地区现今地壳运动	党亚民 陈俊勇 (534)
奉贤至阿拉善左旗地学断面的流变结构及其动力学意义	魏荣强 臧绍先 孙武城 (539)

金沙江断裂对川滇及西南地区构造活动与应力分布的影响.....	
.....魏东平 黄玺瑛 冯向东 (553)	
中国及邻区岩石圈三维结构样式蔡学林 朱介寿 曹家敏 严忠琼 阳正熙 (563)	
固-流耦合各向异性介质中 BISQ 模型的 Green 函数..... 申义庆 杨顶辉 (579)	
地磁场与地球内部过程朱日祥 史瑞萍 潘永信 (589)	
渤海海域新第三纪以来的构造演化及其与外围构造活动的关系	
.....叶洪 陈国光 郝重涛 陈晓莉 (596)	
老同学吉文院士的点滴事.....李毓茂 (605)	
CTM- D · I 磁力仪磁通门检测系统的检测原理、特性及其应用.....刘士杰 (606)	
有效消除地震勘探资料中的多次波.....洪菲 胡天跃 (615)	
重力和地震资料反演青藏高原地壳的变密度模型.....王勇 柯小平 (627)	
青藏高原西部和东部隆升机制动力学数值模拟比较研究.....	
.....张贵宾 李岩峰 高锐 (634)	
上地壳速度结构和基底断裂探测的 P_g 走时有限差分反演成像方法	
.....白志明 张中杰 王椿镛 (649)	
大别、苏鲁高压超高压变质岩带地球物理特征对比.....	
.....姚敬金 钟清 李文松 张素兰 曹洛华 (662)	
读老朋友的新书.....张少泉 (672)	
接收函数的波动方程有限差分模拟.....田小波 吴庆举 曾融生 (675)	
各向异性介质中的 CDP 成图.....秦义龙 张中杰 陈赞 刘秀杰 (683)	
冈瓦纳型和扬子型地块地壳结构.....	
.....张中杰 白志明 王椿镛 滕吉文 吕庆田 李继亮 (695)	
地震勘探多次叠加成像技术综述.....韩立国 何樵登 (704)	
Post-Collisional Crustal Thickening in the Tibetan Plateau: Numerical Modelling and Implication..... Ying Liqiang Zhang Zhongjie Lin Ge Wang Yuejun (717)	
青藏高原南北向裂谷区的深部构造的空间展布特征.....贺日政 高锐 郑洪伟 (743)	
塔里木南缘 Moho 层减薄与速度逆转: 岩石圈拆沉的地震证据	
.....李秋生 高锐 Honn Kao (752)	
地球圈层壳幔网络构造体制与地球动力学研究构思建议.....陈学波 (760)	
松辽盆地基底特征与盆地混合型裂谷性质.....	
.....杨宝俊 赵雪平 李瑞磊 王建民 (766)	
青藏高原及其邻区 Love 波速度横向展布特征	
.....陈赞 张中杰 胡家富 孙春岩 牛滨华 (773)	
利用模拟退火方法对有偏 VSP 反射波旅行时 进行反演以重建椭圆各向异性速度结构陈竞一 张中杰 (783)	
关于天山陆内造山动力学问题.....刘启元 (792)	
Finite Difference Simulation of Seismic Wave Propagation in 2D Solids with Spatial Distribution of Discrete Fractures.....Liu Enru Serafeim Vlastos Li Xiangyang (800)	

Effects of Fracture Roughness on Hydraulic and Mechanical Properties of Fractured Rocks	Liu Eenru Zhang Zhongjie (812)
铜陵矿集区的地壳结构及对成矿过程的启示.....	吕庆田 侯增谦 史大年 赵金花 (833)
琼北火山区的地震观测与壳幔结构的研究	丁志峰 李卫平 吴庆举 胡久长 何正勤 张 炼 (846)
长白山天池火山的深部结构及地震活动特征研究.....	吴建平 明跃红 苏 伟 (859)
青藏高原物质侧向流动的讨论.....	孙若昧 张中杰 滕吉文 朱介寿 (872)
波场外推叠前偏移速度分析.....	张文生 (881)
云南 2001 年施甸地震的剪切波分裂参数变化特征.....	高 原 梁 维 丁 香 薛 艳 蔡明军 刘希强 苏有锦 彭立国 (888)
用曲面 Spline 表示 1970 年中国地磁场和异常场分布	安振昌 顾左文 夏国辉 高金田 徐元芳 韩 炜 王月华 詹志佳 (896)
加强深部调查 加强多学科多部门的联合	赵文津 (908)
Numerical Methods in Solar Wind Simulations: A Survey	Feng Xueshang Wei Fengsi Wu S. T. Fan Quanlin (919)
A Prediction Method of Geomagnetic Disturbances Based on IPS Observations— Dynamics—Fuzzy Mathematics	Wei Fengsi Feng Xueshang (930)
Identification of the Magnetic Cloud Boundary Layers ...	Wei Fengsi Feng Xueshang (938)
Space Weather Research in China	Wei Fengsi Feng Xueshang (976)
层状弱各向异性介质反射波旅行时及偏振的计算.....	张超英 张中杰 (984)
Integrating Seismic Fracture Analysis with Migration	Ye Zheng David Gray (990)
Factors Affecting AVO Analysis of Prestack Migrated Gathers.....	Ye Zheng Sam Gray Scott Cheadle Paul Anderson (995)
三维各向异性介质中弹性波波场数值模拟.....	裴正林 牟永光 (1001)
Seismic Velocity Structures Based on Long and Short-Period Surface Wave Propagation (a Short Review)	José Badal (1013)
The Estimation of Large Statics by Using Surface Consistent Difference of Cross-Correlation and Stack Power Method	Xue Aimin (1037)
天津市防震减灾技术系统建设与进展.....	赵国敏 (1043)
阿尔金断裂现今地壳形变及滑移率: 数值结果及构造意义.....	熊 熊 郑 勇 滕吉文 王继业 (1052)
贺滕吉文院士从事地球物理工作 50 周年.....	沈显杰 (1064)
水调歌头·为寿.....	课题年轻同仁 (1065)

向科学强国迈进中的地球物理学基础研究和创新理念

滕吉文

(中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘 要 本文基于我国地球科学前进中的地球物理学学科发展进程和历史论述了我国在该领域是一个科学大国, 而非强国的论点与依据。提出了基础研究与理论研究的重要性、导向与体制的作用, 及其在原始创新中的指导效能和跻身于世界科学之林、向科学强国迈进中的要素、问题和理念。通过世界上一系列著名科学大师们的成就、经历和科学发展历程, 充分显示了基础研究的巨大力量。尤其是基础研究中的科学思维、科学知识和科学方法的集合——科学精神乃是构筑科学强国与创新基石的核心。

关键词 地球物理学 基础研究 科学精神 原始创新 科学强国

基础研究推动着人类文明与社会前进, 是科学创新与经济源泉和基石, 是技术创新的指南, 是培养和造就高层次科技人才的摇篮。这是因为人类文明进步的历史实践已经证明, 并还在不断地证明: 基础研究的每一个重大的发现、突破, 均必然地标志着人类认识世界和改造世界的升华, 并使科学与技术创新、高技术产业的形成和经济与文化进步产生飞跃。

半个世纪以来, 由 1974 年科学的春天开始, 我国的科学研究从文化大革命的束缚下解放出来, 重视理论与基础研究, 给予了科研人员一个比较宽松的环境, 使得我国的科学与技术得到长足的发展, 取得了优异的成绩, 为祖国的建设、人民生活的改善和社会与经济的可持续发展作出了不可磨灭的功绩, 因此, 改变了我国在世界科学与技术、政治与经济领域中以及国际事务中的作用和地位。20 余年的改革开放和近年来的以科教兴国为纲的各类创新工程亦在人们的脑海里深深地栽下了一种新意识的根苗, 全民意识中, 对科教有了一定的理解和尊重。同时, 国家对科技的发展和创新不仅重视, 而且加大了投入力度, 并在努力创造一个更为宽松的政治、生活和研究环境, 以使人民幸福、国家富强, 并建立起独立于世界民族之林的科学强国。

我们生长在这样一个国度里, 目睹了半个世纪以来的千变万化, 也看到了一代代青年人的茁壮成长, 深感慰藉与发自内心的高兴! 作为一位科学家, 他不仅要看到现在, 享受着这些人类的集体成果, 而更重要的却是对未来科学进步和炎黄子孙在世界科技进步中的作用和地位的思考! 在人类科学发展的长河中, 在科学原始创新历程上我们要做些什么? 而要做这些, 又需要 we 具有哪些充分和必要的条件? 因为这是中国人和人类生活与生存空间所依赖的高科技发展的必需。基于这一前提, 深深感到我国不仅人口众多(已达 13 亿人口), 而在地球科学领域中的确是一个大国, 但却远不是一个地学强国, 这就不得不引起地学界广大同仁和领导部门的深思! 看来, 要讨论这个问题, 地球科学的

范畴太大,也太广了些,而且也难于贴切,所以还是基于地球物理学来讨论,可能还现实一些!尽管如此,所涉及的方面也甚复杂,因为在理论上、认识上还存在着很多不同的见解,即是一个有待讨论、争议和不断深化的议题,当必存在着一个认识的过程。基于此,本文将讨论以下四个方面的问题。

1 基础研究与学科发展导向

20 世纪中叶以来,在任务带学科的号召下,我国的科学技术在工业、农业、国防和人民生活等事业中取得了辉煌的成就。为此,当今已退出历史舞台的三代科技工作者、党、政领导干部和全国各行各业的人民所建立的功勋必将记入千秋万代的史册。因为半个多世纪以来广大人民的奋斗、积累、创造和辛勤支撑着共和国的成长和科学技术的不断进步,同时也成为培育和鞭策代代青年人成长的物质力量和精神支柱。

在当今的形势下,我国各研究机构、单位和院校的科研工作似乎已摆脱或将要摆脱“学科”研究的范畴,而是围绕着论文的数量,尤其是 SCI 收录的核心来旋转。因此,研究所、室也好,学科组也罢,基本上已是能以争得项目和提交一定数量的论文为主体。当然,要想在世界科学舞台上有一定的显示度,科学研究必然要伴随着论文的数量与质量,我认为这是十分必要的,但不充分。因为对地球物理学来讲学科建设迫在眉睫,理论与基础研究需快速加强,科研潜力有待积累。我们必须在扎实的学科基础研究积累的基础上才能有所突破,并具真正创新性的成果体现。

1.1 多年基础和理论研究的成果是当今科技前进的基石

基础研究是人类利用前人研究积累的科学知识,进一步探索自然界未知的奥秘,揭示新现象、新规律,创立新理论、新学说的创造性劳动。当今我国各大学和研究所,如中国科学院的各个研究所近年来在创新工程的支持和推进下,做了不少工作,取得了不少高水平的成果,也在著名杂志上(如 Nature 或 Science)发表过系列文章,也得到国际学术界的一些好评,这是非常重要的,标志着我国的科学进步与水平。然而却不能为此而令一些人陶醉和得到满足,因为在科学的征途上,这里永远是起点。

尽管如此,仍应清醒地究其沿革,我们的很多成果是在一个什么样的背景下产出的呢?事实上多为沿继国际间提出的理论、方法、实验、硬件设备及软件程序等成果的基点上添入中国数据与资料(地区性差异)或略有修补、或改造的结果。对地球科学来说,国际上更感兴趣的是发生在东亚的地球科学事件和数据(资料),所以多年来在地球科学方面的国际合作很多,然而中、外的每一项国际合作所产生的影响多为外国人大于中国人,且国际引文中也往往是多引外国人的工作,而对中国人的工作引用率却相对要少得多。这就是说在创新的内涵上、程度上,尤其是原始创新上我们还有一段相当的距离。另外,当今在科技领域中急于求成的思想和作法较为普遍,而这却是在基础研究中取得突破性进展的障碍。一些违背科学精神的行为屡见不鲜,影响很坏。显见,我国基础研究的现状已与当前我国的经济发展和在国际事务中的地位不相匹配,这是我们当今必须清晰认识的和潜在的学科“危机”。可是,中国科技与教育界绝不能在一段较长的历史时间内

停留于这一现状。因此,基础研究必须强化,以资促使其由追随向独创、由维系向开拓、由渐进向突破的重大的、实质性的转变。

同时也必须认识到,就是我们当今一系列的工作与成绩,也是在 20 世纪中、末叶以来半个多世纪中国老一辈地球物理学家和几代人在基础研究与理论研究成果和科学劳动的积累与所得成果的结晶、发展和支撑。

1.2 基础与理论导向在科学发展中的地位不容轻估

对于一门科学的基础学科建设、发展与成就往往难于以项目的经费多少、人数的多寡或论文数量及发表刊物来量度,因为在科学发展的历史进程中,确有一文定“天下”的依据。我们暂不谈爱因斯坦(Albert Einstein)相对论的提出,而从地球物理学角度来看,其作用确为“永恒”的。例如,德国著名地球物理学家魏格纳(Alfred Wegener)于 1912 年 1 月 6 日,他在缅甸河畔法兰克福向地质协会所作题为《大陆的水平移动》的报告,并第一次成文发表于 1912 年《彼得曼地理通报》上。尽管当时出现了一场激烈的争论,但科学的真理是不容霸权压抑的,大约经历了半个来世纪的艰难岁月,这一学说已成为 20 世纪地球物理学界的“革命”性支柱,至今一直在指导着地球科学的发展与前进。

在地球物理学领域中,自 20 世纪初叶以来,发现了地球内部存在一系列的不连续界面。1909 年南斯拉夫地球物理学家莫霍诺维奇(A. Mohorovicic)通过 Pn 波的研究发现了壳-幔边界;1914 年美国地球物理学家古登堡(B. Gutenberg)首次提出核-幔边界;1936 年丹麦地球物理学家莱曼(I. Lehmann)发现地球的核心分为内核和外核;1962 年布伦(K. E. Bullen)依据美国地球物理学家杰福瑞斯(H. Jeffreys)在 1939 年提出的地球内部速度分布将地球分为七层以来,基本上奠定了地球内部的分层速度结构,并成为地球内部研究的物理基础。这是 20 世纪人类认识地球本体发展进程中的最具全球性意义的重大成果之一。

20 世纪地球物理学研究中的这些基础与理论贡献和一系列的科学成就确为当今人类探索资源、灾害、环境变迁和深化对地球本体的认识给予了理论依据和实践的指南。正是由于地球物理学的这些基础研究成就方使得 21 世纪地球物理学的深入研究和探索地球内部圈层耦合,深部物质分异、调整、物质与能量的交换和其深层动力过程有了可能。

英国著名诗人蒲柏(Von Pope)曾写过这样的诗句:“自然和自然规律隐匿在黑暗中,上帝说:让牛顿降生吧!则一切就有了光明”。这首宗教色彩浓郁的诗,形象地表明牛顿(Isaac Newton)的基础研究成就对于近代科学的发展有着多么重要的作用。

科学要发展,技术要进步,人民要幸福,国家要强盛,这是历史发展的必然。为此,理论与基础研究是十分关键的。因为科学知识最本质的特征在于其理论的指导性和预见性。依据理论指导与预测,人类才有可能对自然力施以某种控制和利用,而科学以其所获得的成就取得崇高的威望,只因为科学的活动发现,并掌握了理性的方法。所以说,基础研究、理论研究的潜在效能是“无穷”的,这也是为了中华民族科学发展,并占领世界科学之巅的必须。

2 我国在地球物理学领域确实是一个科学大国，但不是一个科学强国

21 世纪摆在地球物理学家面前的是挑战，但也是机遇。这是因为地球是我们人类的母亲，人类世世代代在地球上耕耘、繁衍，并不断地向地球索取一切所需要的物质和资源，但对地球却了解得很少、研究得很少。当今人类必须清晰地认识到，地球是人类社会与经济、科学与技术可持续发展所需资源，既是金属与非金属矿产资源和石油、天然气与煤炭能源的宝库，但又是地震、火山“孕育”、发生和发展的策源地；地球内部物质的运移及其导致的构造运动又必然地影响着或制约着地球上的人文、气候和山、川的格局及海、陆的变迁。基于当今世界的发展和国际事务中的纠葛，中国必须在全球发展与战略中呈现出自己的责任、义务和作用。为了人类的幸福和持久的和平，在 21 世纪中国必须快速工业化的进程中，地球物理学向何处去？21 世纪地球物理学的方向与任务是什么？又在世界地球物理学领域里占有什么位置？这是当代地球物理学家必须为国家目标做出明确回答的命题。

2.1 中国人应苏醒奋进，不能再躺在古代四大发明的荣塌上安睡

火药、造纸、印刷术和指南针的发明，标志着文明古国的先导和中华民族的骄傲，并对世界科学发展和人类进步作出了卓越的贡献。公元前 132 年我国东汉科学家张衡便创制了人类第一台地动仪，为记录地震事件开创了新的历史篇章。为此，至今我国已积累了数千年的丰富的历史地震资料，这无疑是研究地震对人类和社会造成灾难的宝贵科学财富。我国古人在医、药学领域的贡献是十分丰富的，无论是华佗的超人医术、李时珍的《本草纲目》，还是针灸术与中药材等均中华民族的生存和兴旺取得了重要成就，并延续至今。然而也应当看到我国古人多注重于实用性，而不注重理论性，因而忽略了理论系统的完备，故科学性 with 继承性不足。现在我们来仔细想一想、看一看，为什么这些发明传入国外，而在世界其他国家却得以发扬光大，并创造了当代的文明社会 and 高度现代化的科学与技术成就呢？例如，从 17 世纪 30 年代到 19 世纪中叶，弹性波理论得到欧洲科学家伽利略(G. Galileo)、胡克(R. Hooke)、柯西(A. L. Cauchy)、泊松(S. D. Poisson)、斯托克斯(G. H. Stokes)等人的重视，但当时尚未与地震联系起来。直到 19 世纪末叶、20 世纪初叶，格雷(T. Gray)、米尔思(J. Milne)、伊文(J. A. Ewing)、维歇尔特(E. Wiechert)、伽利津(B. Glitzin)等人先后研制出现代化的地震仪后，在世界各地记录到了众多的地震事件，而通过这些记录图上的震相分析将地震与弹性理论联系起来，故导致了地震波动理论的发展。从此，对地震的研究才超越了定性的描述阶段，进而形成了一门独立及完整的数学-物理性很强的现代地球物理学。当然这里面有我国受到一段较长历史时期封建制度的束缚 and 生产力落后及政治腐败的严重影响，但是不能必然地完全归罪于它。因为从封建社会结束后到今天已有一百余年的历史，在这近百年间，即 20 世纪，恰又为世界科学与技术飞跃的发展时代，出现了很多科学奇迹，如板块构造理论、计算机与技术的发展、信息高科技和

宇航及现代化武器等。那么在这一段历史期间,尤其是在科学与技术高峰的攀登和创新上,中国人又做了什么呢!不客气地说,基本上是“泊来品”。

为此,东方的巨狮必须真正苏醒,祖先的成就就是祖先的,可以引以为荣,但绝不能引以为傲而安于现状,不然我们就只能在科学与技术的创造中做“二道贩子”。尽管“二道贩子”也会有辉煌,但绝不是中国科学发展的道路。显然,中国人必须踏踏实实地着眼于继承、发扬和原始创新,要有所发现,有所发明,有所创造。只有这样才能真正的有所前进,并为人类科学事业作出永不衰竭的贡献。因为,这是民族兴旺、国家富强的灵魂,而绝不能躺在祖先的身躯上和留下来的中国这块丰富多彩的土地上安待,靠挖掘古物或“卖稀”(中华大地特有的东西或资料)来迎得国际社会与科技界的欢欣、合作和给予的一些好评。因为勤劳、智慧、勇敢的中华民族有着光辉的改造世界和创造世界的优良传统、智慧与能力。

2.2 在地球物理学发展中我国是一个科技大国

中国疆域广阔,人口众多,但物并不博。在当今这个世界上谁拥有顶尖的科技帅才、将才和强有力的科技群体,谁就能够占领据高点,促进本民族的兴旺发达,并在人类进步和社会发展中起到主导作用。换言之,谁就能领导“世界潮流”。基于创新是基础研究的灵魂,而人才却是基础研究的主体。我国则由于历史的原因形成了基础研究人员“断层”,而且人才流失严重,研究队伍尚未切实稳定和构成,故给我国基础研究和突破带来了一定的困难。

然而我国在地球物理学领域中,科技队伍是相当庞大的。半个多世纪以来,北京大学、中国科技大学、吉林大学(即原长春科技大学)、云南大学、中国地质大学、成都理工大学、石油大学和各部委专属的一系列院校所培养出来的专业本科生估计约4万人。由有关大学物理系、数学系、计算数学系、力学系、计算机系、无线电系,机械系等专业转入这一科学领域的科技人员至少也有3万人左右。这一领域的管理人员和领导干部亦数以万计。此外,各种类型的中等专业学校和高中毕业后投入这一领域的技术人员按2万人估计。这样一来,除很少量的人在中国科学院外,其余全部分布在国土资源部、各石油公司(原石油工业部)、核工业部、煤炭工业部、冻金工业部、水利电力部和高等院校,即在地球物理科学与技术领域中的有关科技人员估计可达10万人左右。若是整个地球科学领域那就更多了,估计可达百万人左右。这近百万人在中国这960万 km^2 土地上的科研、生产、教育各有关部门和领域辛勤地劳动,为祖国的繁荣富强,为资源的供给,为灾害的预防,为科学与技术的进步而奋发努力。概略地估算一下,每年在国内、外各类刊物上发表地球物理方面的文章亦数以千篇计,估计约1200篇左右。若以整个地球科学来计算则可能是一个天文数字。显而易见,人数与文章数在世界上是绝对领先的,确实称得上是一个地球物理科学大国。这个队伍与成果数量在我国科技发展和国力增强中,其业绩功不可没。应当说,我国的地球物理工作者对世界上这一科学领域的研究和工作付出了辛勤的劳动,为国家建设作出了重要成绩!当必也是对世界地球物理学的发展作出了重要贡献。

当我们看到这些成绩时,当必自豪。然而,我们必须深思,在世界地球物理学领域

里,在理论上、方法上、技术上和成果上我们有哪些成就确属原始创新?有哪些是发展了世界上他人成果并取得质的飞跃?又有哪些成果属创造性领先行列,并得到世界各国有关科学家们的共识,而视之为本门科学的先哲和导向?……现在让我们再回过头来看看国内地球物理学界发展的势态与概况。

2.2.1 硬件设备

在石油、天然气、煤炭和金属矿产资源勘探中,即在陆地、海洋、地面与井下勘探所使用的地球物理观测仪器与数据采集系统、实验设备与通信装置(包括地震波场、重力场、磁场、电场、放射性测量等所使用的仪器设备),基本上皆为引进。我国原石油工业部和地矿部在西安和重庆及北京曾有过专门研制(仿制)各类地球物理仪器和检波器的专业工厂,也生产了若干产品。但由于产品稳定性较差和在市场经济及某种思潮促使下而纷纷“倒闭”或停产。最早为由原苏联引进,至今则完全转换为美国、加拿大和德国等国的仪器设备,并占有绝对统治地位。

在地震和地球内部研究中无论是区域台网、流动观测台站和多道仪器设备,最早在20世纪50年代开始亦为从原苏联引进和仿制,现在却基本上也以美国、英国、加拿大、瑞典、法国和德国的仪器设备和技术为主体。同时也在他们的基础上仿制和改进,但主体是引进。

重力仪在全国基本上已为清一色的Lacost & Romberg,磁力仪以加拿大进口为主要渠道。深部地震探测仪器和拾震装置则以美国、英国和瑞士进口为主,大地电磁测深仪器以德国和美国进口为主。

尽管曾有过自己仿制和改进的仪器及设备,并在实践中得以应用,也取得了不少可贵的数据。但由于缺乏必要的支持和人心向“洋”,而得不到重视,于是当今国内的地球物理仪器仿制、研制基本上已沦为“空白”。

2.2.2 软件设备

在当今石油地震勘探中所用的数据处理和解释软件及模块基本上皆为引进的(如美、英、加、俄等)。在地震与固体地球内部研究中尽管不如石油工业中这么彻底,但在一定程度上亦不完全例外,包括面波、体波和转换波场及复杂介质结构的不均匀性与各向异性等方面的方法和软件基本上均为来自国外,或源于国外。

2.2.3 理论与方法

20世纪50年代前后从原苏联各有关对口部门引入,改革开放以来从欧美等西方国家引入,中国人只不过充填了在中国土地上观测的数据或在方法上略有改进罢了!如石油与天然气地震勘探中的偏移、叠加、剔噪、多次波压制等和地球物理学研究中的理论地震图、射线追踪,各类线性与非线性算法以及反射波场资料的处理程序与模块等。

这充分表明,从以上这半个世纪以来的地球物理勘探和地球物理学的发展进程中,