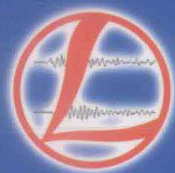


中国地质科学院地质研究所 岩石圈研究中心



岩石圈研究论文集

(一)

—庆贺吴功建工作60年暨80寿辰

主编 高锐

地质出版社

中国地质科学院地质研究所
岩石圈研究中心

岩石圈研究论文集

(一)

——庆贺吴功建工作60年暨80寿辰

高 锐 主编



地质出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本文集收录了自20世纪80年代初至90年代末中国地质科学院岩石圈研究中心吴功建研究员及其合作者的28篇地学论文,内容涉及运用地质学、地球物理、地球化学等多学科综合方法进行岩石圈构造、成分、动力学演化模式研究、地学断面调查与研究、矿产资源勘查、地质灾害与生态环境调查等,反映了岩石圈研究中心早期所做的大量具开创性、综合性的地质调查研究工作及其取得的骄人成绩。

本书可供地球科学中地质、地球物理和地球化学领域专业人员,地震预报、生态环境、医学、农业等领域的有关人员,高等院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩石圈研究论文集:庆贺吴功建工作60年暨80寿辰.

1 / 高锐主编. —北京:地质出版社,2010.6

ISBN 978-7-116-06713-4

I. ①岩… II. ①高… III. ①岩石圈—文集 IV.

①P583-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第106670号

责任编辑:叶丹 赵俊磊

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社 址:北京市海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324572(编辑部)

网 址:www.ghp.com.cn

电子邮箱:zbs@ghp.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京天成印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16

字 数:360千字

版 次:2010年6月北京第1版·第1次印刷

定 价:60.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06713-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

《岩石圈研究论文集》
编辑委员会

荣誉主编：李廷栋（院士）

主 编：高 锐（研究员）

委 员：李秋生（研究员）

王 涛（研究员）

张季生（研究员）

管 焱（研究员）

童 英（副研究员）

编者的话

21 世纪第一个 10 年——2010 年迎来了岩石圈研究中心成立 24 周年。

岩石圈研究中心于 1986 年成立。其前身是原地质矿产部深部地质办公室。岩石圈研究中心成立的背景是，第一轮中法“西藏喜马拉雅地质构造、地壳与上地幔形成和演化”项目合作刚结束，国际上兴起岩石圈研究计划，岩石圈已经成为全球地球科学研究的前沿。在李廷栋院士（时任中国地质科学院院长）等领导的倡议和积极筹备下，经地质矿产部朱训部长批准，成立了中国地质科学院岩石圈研究中心。其主要任务是跟踪国际岩石圈计划，了解和发展岩石圈研究方法技术，促进我国岩石圈研究。

岩石圈研究中心成立后挂靠中国地质科学院院机关，吴功建研究员任第一任主任。岩石圈研究中心成立后即刻跟踪国际岩石圈计划，开展了青藏高原“全球地学断面”研究，相继实施了多条中国大陆岩石圈探测剖面，开发和建设了“中国岩石圈三维结构数据库”，向地质矿产部提出了在“十五”至 2015 年基础研究发展规划中加强和实施岩石圈深部探测的建议。1994 年岩石圈研究中心合并到中国地质科学院地质研究所。

24 年来，据不完全统计，岩石圈研究中心的科研人员主持和参加了 50 余项国家及部级科技项目（课题）；从事了大量深部地球物理探测和地质调查，足迹遍及中国大陆岩石圈主要构造单元。取得的宝贵探测数据揭露出我国大陆一些重要构造单元（如青藏高原）典型地带的岩石圈结构和地球动力学过程。研究发表了许多论文、论著，编辑出版了全球地学断面图。研究论文发表在国内外学术期刊上，因期刊数目甚多，不仅对专业人员查阅不便，非专业人员更是难以获得。岩石圈现已成为地球科学研究的热点，为了保存一份岩石圈研究资料，交流岩石圈研究中心科研人员多年来的科研成果，活跃学术气氛和促进学科发展，表达对岩石圈研究中心成立 24 周年的纪念，在大家的提议和协助下，参照国际同行做法，将中心科研人员多年发表的论文汇集一起，分集公开出版《岩石圈研究论文集》。

在论文集中将不定期地以表或图的形式登载中心科研人员历年来主持和参加的项目（课题）目录，以展示中心科研人员辛勤工作和地学发展的轨道，弘扬不断进取、勇于探索的精神。

岩石圈研究中心创始人之一，吴功建先生自担任首任岩石圈研究中心主任以来，承担或指导了多项国家和部委科技项目，成果显著。近年来，他又积极开展岩石圈/生物圈层圈相互作用研究。他作为负责人之一的“区域地球化学在农业和生命科学中的应用”项目被授予国家科技进步二等奖。2010 年恰逢他 80 华诞，第一集岩石圈论文集主要登载他的多年论文与著作，以此祝贺。

借此机会，衷心感谢各级领导和同行多年来对岩石圈研究中心给予的关心和帮助。没有大家的支持和指导，岩石圈研究中心不可能发展并有所成就。

今后我们将陆续编辑、出版《岩石圈研究论文集》。本集由于时间仓促，遗漏或不当之处，在所难免，敬请谅解、指正。

《岩石圈研究论文集》编辑委员会

2010 年 4 月

· I ·

序 言

衷心祝贺吴功建同志的《岩石圈研究论文集》出版！

在将近半个世纪的“探查地球”生涯中，吴功建同志在勘查、教学、科研岗位都有长时期的实践，做出了许多贡献。他勇于探索，勤于笔耕，著述颇丰。这本文集收集了作者近20年来在岩石圈调查研究中的部分重要论著以及其他方面有代表性的文章，体现了作者长期劳动成果的精华，也从一个侧面反映了地球物理工作者根据国家经济建设和社会发展的需要，不断扩大地球物理方法的应用范围，努力提高科学技术水平的奋斗历程。

20年前，我国地质事业开始进入一个新的历史时期。地质工作一方面要坚持发扬多年积累的好经验、好传统，坚决去掉不合时宜的东西；另一方面要努力学习、引进国内外的新理论、新经验、新方法，实施新体制、新机制，开辟工作新领域。当时，不少同志认识到，地学向深部和全球范围发展是必然趋势，要想更好地解决资源问题、环境问题，就必须加强对深部的了解。因此，在继续系统地进行区域地质调查，做好矿产地质、环境地质工作的同时，还应加强深部地质工作。基于这种认识，经过一段时间准备之后，原地质矿产部决定，在过去已经进行的一些地区的深部地质地球物理调查研究的基础上，在“七五”规划中，把深部地质地球物理调查纳入地质工作计划，每年拨专项资金。实行深部调查和综合研究相结合，强调国内协作和国际合作，对科学深钻问题加强情报调研。为了协调各方力量，专门成立了协调领导小组，加强组织领导。在这一过程中，吴功建同志积极参与了大量工作，承担了若干重点研究课题。本论文集的大部分文章，是他和他的同事们进行综合研究的部分重要成果。

论文集还收集了作者在矿产勘查和水资源勘查以及地质灾害防御、环境保护等方面的一批文章，这些文章反映了作者在这些领域的有代表性的成果，也体现了作者突破专业局限，走向多学科结合的治学思想。吴功建同志和他的同事们早年在中国地质科学院第九研究室曾经进行过综合地质普查勘探方法的有成效的实验研究。由于九室的工作和其他一些试点工作的结果，原地质矿产部把“地质、物探、化探、探矿工程四结合”的综合地质普查勘探方法确定为一项技术业务政策，在全系统推广，取得了明显的成效。至今，多学科结合或多学科协作的理念仍有强大的生命力。

吴功建同志在其论文集即将出版之际来信要我作序。我发现文集的许多内容是过去曾经阅读和受益过的，同时引起我对往事的回忆，于是，择其有关者写了以上的话，权作序，也作为对吴功建同志工作60年暨80寿辰的祝贺。

原地质矿产部副部长 夏国治

2010年6月12日

热烈祝贺吴功建研究员论文集出版

吴功建研究员是我国著名地球物理学家和教育家，长期从事地球物理勘查、教学和岩石圈研究工作，是我国较早把地质与地球物理相结合进行地质矿产勘查和岩石圈研究的学者之一。20世纪50~60年代，他与同行一起率先在全国推行和实验综合地质普查勘探方法，取得明显的找矿效果。70年代，在河北地质学院物探系任系主任，主讲综合物探课，主编两部物探教材，教书育人，为国家培养了一批地质及地球物理人才。80年代开始，他筹建并主持了中国地质科学院岩石圈研究中心的工作，先后主持或参与主持完成了亚东-格尔木、格尔木-额济纳旗及亚洲地学断面研究，提出许多新的认识和新论点，所编制的地学断面图内容丰富，地质信息量大，制作精细，富于创新，获国内外地质界的高度评价。近年来，他积极推行我国国际岩石圈-生物圈计划的实施，参与主持了“区域地球化学在农业和生命科学中的应用”研究项目，在参与领导氡的监测与防治工作上做出了显著贡献。

今年是吴功建研究员80华诞之年，他的学生和同事把他近50年来的一些论著汇编出版，是一件十分有意义的事。因为这个文集不但汇集了吴功建研究员多年来锲而不舍、刻苦钻研所取得的主要科研成果，丰富了地球科学的文库，而且反映了吴功建研究员勇于实践、勇于探索和精益求精的科学精神，可以启迪青年人向前奋进之勇气。

借此机会，热烈祝贺我的老友——吴功建研究员80华诞，祝贺他的文集出版，并祝他在今后的科学求索中取得更大的成就。

中国科学院院士
原地质矿产部总工程师 **李廷栋**
中国地质科学院原院长

2010年6月10日

祝功建同志八十大寿

我为吴功建寿辰出这本文集而高兴，我乐意地应约写几句：为我们的友谊庆贺！

在合作工作的基础上建立的友谊是难得的和可贵的！功建同志大我两岁，1953年我从上海分配到北京中央地质部，住在南芦草园。比我早来的同志也常去这些地方集中。就在这儿与功建同志见过，但擦肩而过，没有什么往来。虽互相认识但了解不深，只知他是能干之人，工作有成绩。20世纪80年代后期，他们利用遥感、地震、计算机及综合物探高新技术，开展岩石圈研究工作，为此地质科学院成立了“岩石圈研究中心”。

这些前沿性的研究工作，给了我很大的启发。当时我想，作为一名分析工作者，我们为地矿部找矿提供了大量的数据。这每个基础性的数据，在各个不同的领域中都具有不同的内涵，我为不能进入地质、地球化学及有关领域参与物理、化学、生物、地质等工作而遗憾。1990年有一天，功建同志提出测氡的问题，我们从地质来源、断裂带渗透、热水石油中的含量谈到与地震、热水、健康的关系，甚是投机。由此从氡谈到区域地球化学数据在农业与生命科学中的应用，谈到多学科知识的交叉、多部门人才的合作，谈到环境地球化学研究中心的成立。我与吴功建同志为闯出一条地质地球化学与环境结合的新路而奋斗，终于在有关部委领导、院士、专家的支持下，形成了跨不同学科、跨不同部门、跨不同单位的合作研究。合作开始了，认识互补、专业分工与合作，工作是那么的和谐，真正地把不同队伍从不同学科角度团结在一起，从大气圈、岩石圈、水圈、土圈到生物圈，从地质、地球化学到农业及健康。七年的合作，由于工作目标的一致，整个集体目标与友谊共增。

工作中队伍的团结，家庭间相互的了解与帮助，尽在行动中。功建同志的夫人小师称我为大姐，有事就和我聊，我们的友谊发展到我去拜访小师的父亲师绣璋（中西医结合专家，一级教授，中国中医研究院广安门医院前院长），共同为发展中医药事业交换看法。敏章去世了，告别之时，他们夫妻两人拿着鲜花，步伐是这般深沉，为我分担哀情……人间真情是天赋的，是人为的，是可歌的。缘分无须表达，当你需要时对方就会伸手。我对小师说，我庆幸我们认识，人降临到世界上就是为群体而生，为群体而做。看了功建兄的成就已在许多领域起步，真为他庆贺。年龄虽然老了，但头脑仍然清晰。我们正在讨论下一步的棋该如何去下。想法付诸实现总是快乐的。我们要继续为人类能生活在更好的环境里而奋斗。

功建兄客气，要我继续带头，他还与我合作。这次不是我们牵头了，而是同行中壮年与青年。志同道合的朋友来自各方，这事业将建立在生物、物理、化学等各学科基础上，在不同部委、科研、大学、企业等单位的联合下，将知识转化为经济，将成果转化产品，为人类生活得更美好而努力！

原地质矿产部岩矿测试技术研究所所长 李家熙

2010年5月17日

前 言

本论文集收集了从1980年起至1999年止, 20年时间内, 在国内外杂志上发表过的论文, 不包括专刊、专集、报告、高校教材和报刊文章。为了阅读方便, 将论文分成三类: ①岩石圈调查与研究; ②地学断面调查与研究; ③矿产资源勘查、地质灾害与生态环境。其中地学断面调查与研究是20世纪80年代国际岩石圈计划后5年的前沿课题之一, 又是原地质矿产部中国地质科学院岩石圈研究中心成立后的重要研究项目, 故单独列出。从90年代起, 我们积极开展岩石圈-生物圈计划中的区域地球化学在农业与生命科学中的应用研究, 与世界同步, 参与全球计划, 开展了多学科、多部门、跨地区的大协作, 有的还与国外合作。应该说文集中的许多论文都是协作的成果, 是集体的成就。一些成果获得了国内外同行专家和学者的称赞和科研奖励, 由项目合作者集体共享, 我只不过是在探查地球与地学研究中尽自己一份力量而已。

本论文集大部分内容是有关我国西部地区岩石圈和岩石圈-生物圈的调查研究, 在当前我国西部大开发有关项目中将是一部很有用的资料, 同时也为我国西部各省、区、市寻找新的矿产资源、减轻地质灾害和保护环境提供科学的依据。

从我对地球探测与研究的50年中, 深深地体会到地球是一个整体, 我们不仅需要从各个专业的角度去认识地球, 还需从多学科的角度去认识它; 不仅要在地球表面寻找矿产资源, 预防地质灾害和保护地球村的环境, 还需了解与它们相联系的地球深部; 在我们去探索与研究复杂的地球同时, 还需注意培养一专多能的人才和研发高新技术。在选择科研方向时, 应瞄准学科前沿, 选择有价值、有发展前途的课题。这应是阅读本论文集的“主旋律”。

吴功建

2010年1月28日

探查地球的 60 年

尽管我没有可歌可泣的往事可以回忆，但回忆往事毕竟是件愉快的事情，特别是在庆祝中华人民共和国成立 60 周年的大喜日子里，对于与共和国一起成长的老年人更是如此。现代事有时如过眼烟云，倒记不牢了，而对往事则记忆犹新，有时同事们聚在一起还津津乐道于往事。本篇主要回忆往事中的一些主要事件，而且是自己亲身参与的事件。我于 20 世纪 50 年代从事物探与化探勘查和科研工作，60 年代与地质结合从事综合地质普查勘探方法的科研，70 年代从事物探教学，80~90 年代从事岩石圈研究和岩石圈-生物圈计划研究，每调换一次工作对我来说都是一次新的挑战 and 机遇。那年头信奉的是组织的需要，我对每一次新的挑战都没有低头，而是抱着满腔热情迎着困难上，因而我发现人是有很大的潜能的，不断进入新领域，扩展自己的知识面，向新的事物挑战，边学习边工作，自己感到还很充实，不断有新的问题需要探索和研究，也防止了我骄傲自满。我对参与物探与化探工作的回忆，从一个侧面可略窥视出我国金属矿产勘查中物探与化探发展的一个梗概进程。

我生在旧中国，她是一个贫穷又落后的国家，童少年时期又遭受日本侵略者的欺辱，尝尽做亡国奴的心酸痛苦，那时受工业救国的思想影响，认为只有努力读书，奋发有为，才能救国，才能有个人的出路。初中毕业后，我即考入高级工业职业学校，后因高级工业职业学校毕业后不能立即考大学，我又转回到北京六中继续上高中，中学毕业后我考入北京大学，是 1949 年新中国成立后第一批大学生，是共和国培养的正规大学生，毕业后参与了共和国的经济建设，与共和国一同成长。

物探与化探是地球物理和地球化学中的分支学科，是应用性的科学，在我国的地质工作中，是新的技术工种，与地质工作相比，它年轻很多。新中国成立以前，我国只有少数物探专家，他们是物探学科的创始人。而物探学科大规模的发展则是新中国成立以后的事。自 1952 年起，有一大批本科生陆续从清华大学、北京大学、复旦大学等高校毕业，从事这项新的事业。在 1953 年高等教育机构的院系调整中新成立了几所地质高校和中专学校，其中设置了物探系，由此我国开始培养自己的物探专业人才。而中国的化探是与物探放在一起发展起来的，因此它与物探有着密不可分的历史渊源。

一、做一名工业尖兵

1953 年我从北京大学毕业后，分到地质部工作，这个部对学物理的人来说是陌生的，院系调整前我国没有物探这一学科，只能调入相近学科的人员来搞这项事业。地质工作是工业的先行，地质队员便是工业的尖兵，肩负着为祖国寻找地下宝藏的使命。工作地区无疑是艰苦的，那时的信条是越去艰苦的地区越光荣，越是艰险越向前。我带着青年人的朝气，光荣地做了一名工业尖兵。

部里把我们这批新“尖兵”组织起来参加短期培训，要补充地质找矿与物探勘查的基本知识与技术训练，否则怎么工作呢？上课的老师都是名家，然而在物理系毕业的学

生们看来，对物探知识和技术比较重视，而对地质知识则较轻视，认为地质一看便懂，也无什么数学公式，似乎是无什么理论可学，都是描述性的经验和知识。但是在以后的找矿实践中，才发现地质书中所讲的，到实地全不认得，找不到书中描述的地质现象；各种变化了的地质现象，有时弄得你扑朔迷离。我们这才逐渐地认识到，地质虽基本上属于定性科学，但这一领域的知识十分难学，绝非一目了然，以后再不敢轻视地质这门科学了。

二、否定之否定

地质部地矿司物探室主任周镜涵带我去湖北阳新县的龙角山铜矿物探队实习，队长是先我一年毕业的北大同学张赛珍女士，在她的带领和教导下实习了磁法、自然电场法和电阻率法及如何用这些方法找铜矿。参与实习的还有吴国强、黄爱珍等人，我们参加了在龙角山对面的大面山坡上查明有无铜矿的工作。若无矿，地质队拟在大面山坡盖宿舍。经勘查后发现三种物探方法均显示有异常，而且位置吻合，推断地下有铜矿。经该队一名实习地质员检查，仅发现有石榴子石而无矿，于是对异常做出否定结论。无矿的物探异常因何引起？经测定石榴子石有磁性，可以产生磁异常，但不能产生电异常，人们只好解释为由地下水所引起。在年底全国物探工作总结会议上，这曾被作为一找矿异常被否定的例子，顾功叙教授意味深长地说，三种物探方法均有异常而非矿，可见其多解性。20世纪60年代鄂东地质队薛迪康总工告诉我，大面山坡已找到铜矿，过去的结论被否定了。石榴子石已是近矿的蚀变产物，后又被前苏联专家误认为是大型柱状铜矿而名噪一时，最后勘探证实为一中型铜矿。

三、转向间接找矿

云南个旧是我国著名的锡都，有悠久的开采历史，法国人曾在此开过锡矿。新中国成立前，顾功叙教授曾在此做过物探勘查。新中国成立后需大量锡矿，云南锡矿地质队是当时地质部的重点地质队之一，要求物探配合地质人员找锡。浅部的氧化锡矿已开采得差不多了，要找400~500m深的硫化锡矿，它们产于深处花岗岩与灰岩的接触面上，使用磁法、自然电场和电阻率法找锡的效果等于零，只得另想他法，于是增加了重力和电测深探测深部，间接找矿，因地形很坏，工作进展迟缓。苏联物探专家沙利可夫到我队检查工作时指出，物探工作效果不好，不能局限于就矿找矿，应开展面积性普查，要走在地质工作的前头，虽然没解决找锡矿的问题，但指出了新的方向。1954年底我就离队了，勘查深部花岗岩的起伏问题，后被冶金部的物探工作者解决了。

四、走向物探大普查

在苏联专家的建议下，改变物探工作就矿找矿的做法，开始进行物探大普查，物探要先行一步，走在地质工作的前头。1955年祁连山物探队按这一想法组队，它是一个综合性的物探队，包括测地、化探及航空物探等，其下设有10个分队：航磁分队、化探分队、4个等电位线法分队、磁法分队、测量分队及2个详查分队（包括磁法、自然电场、电阻率及联合剖面法等）。队长范云谱，技术组有张凯、聂馨五和我等人。工作区最大的困难是没水，队里配了2部水车从黄河拉水。物探队从已知的白银厂铜矿，沿含

矿的细碧角斑岩系地层向西过石青铜，向东过小铁山，勘查范围长数十千米，航空磁测向西部飞的面积更大。磁法普查已超出细碧角斑岩系的范围。等电位线法普查发现大量的异常，经详查后确定电异常的存在，建议地质人员打钻验证，苏联专家歇尔施尼尧夫去队检查工作，认为获得了与前苏联乌拉尔铜矿一样的等电位线异常，并为此举杯庆祝，然而检查的结果异常几乎全为炭质千枚岩所引起，大家大为扫兴。我们同时还发现了小铁山综合异常，经实地踏勘，有一方桌大小的铁帽，推测为矿异常，而此时地质人员对物探已失去信心，不再检查异常，后来地质人员在小铁山打出以铅锌为主的多金属矿，闭口不谈物探队的发现，似不公正。

五、地质部物探研究所诞生

1956年“肃反”运动过后，我调回北京工作，参与以黎风主任为首的物探所筹建工作，把一个规模不大的物探实验室扩大为物探研究所，经地质部批准，于1957年正式成立了物探研究所，由顾功叙教授任所长，我任学术秘书。这对我来说又是一个转折，从野外勘查转向科学研究。当时研究所的一个重要任务就是参与制定国家的12年科学规划，要经过12年的努力赶上或超过国际先进水平。该规划物探所只负责制定金属矿物探部分，包括化探在内。在顾所长的领导下，发动全所技术干部查阅国外文献，结合我国的目前及长远需要，把国外已有的新方法、新技术、新仪器先搬过来，模仿研制。大体上有以下几个方面的工作：①发展快速的航空物探方法；②发展多种地面电法；③研制新的位场测量仪器；④发展金属矿地震方法；⑤发展核物探方法；⑥发展地下物探方法；⑦研制一些元素的分析方法和标样；⑧总结物化探找矿的效果等。物探研究所的科研基本上是按规划分步实施的。

六、突破专业走向综合

1960年物探研究所归地质科学院管辖，院为推行综合地质普查勘探方法将我调入院的第九研究室，以便加强物探与地质的配合，这次调动使我脱离了专业队伍，要到地质科研队伍中去发展物探，突破专业走向综合，对我来说是一个不小的难题。综合地质普查勘探方法是要将地质、物探、化探和探矿工程结合起来，是实现多快好省的一种综合找矿方法，一方面抓面上的试点，另一方面地质科学院自组试点，以点带面加以推广。前者抓了辽宁青城子试点，它是一个老矿山，急需扩大矿的储量和远景以满足生产的需要。物探所在矿山试验原生晕化探方法，增大了老矿山储量，延长了矿山寿命，恢复了矿山的青春，地质部在此召开全国现场推广会，产生了很大的影响。后者，如在广东大宝山，组织全院有关地质、物探、化探人员对矿点进行快速找矿和评价，充分利用物探和化探资料，使用少量钻孔做出评价，综合地质普查勘探方法取得明显地质效果。九室在铜录山铜、金矿区进行综合方法试点，总结了合理有效使用综合普查找矿方法的规律，地质队利用此方法找到黄牛山隐伏铜矿体，从而显示出多学科合作的优越性。后因受“文化大革命”运动干扰总结报告的撰写工作搁浅，因此只有阶段性报告。

七、逆潮流沿层找矿

地质科学院副院长孟宪民教授根据国内外找金属矿的实践，提出与当时盛行的围绕

小侵入体找矿的相反意见，他认为今后应沿一定层位去找矿，这在当时我国地质界又引起了持久不衰的“水成”与“火成”成矿的大争论。他组织我们进行矿产储量的统计，表明沿层找矿的储量要远远大于围绕小侵入体找矿的储量。对过去所谓的“矽卡岩型”铜、铜铁、铜硫等矿床，他认为主要产于三叠系和石炭系地层之中，特别是在沉积岩的间断面或不整合面上，及其上下不远处去找矿，如在泥盆系与石炭系的沉积间断面上找矿。在火山岩发育地区，其底板层位是找矿的一个重要标志，若为向斜盆地，则有利于矿的聚集。他还注意充分利用物化探异常的找矿标志。在皖前 326 队与刘湘培总工程师研究航磁资料时，他曾提出罗昌河磁异常值得验证，并向地质部提出了建议，地质队勘查出一大型火山岩型铜铁矿床，并组织物探所有关人员去皖四合地区沿层找矿，后因“文化大革命”运动干扰未进行下去。

八、改革物探教学

1972 年经“文化大革命”运动审查、劳动之后，一部分干部开始分配工作，我被分配到河北地质学院物探系，这是一所刚由中专改建成的学院，教师主力是从地质部“五七”干校调到学院去的干部，再加上原来中专的老教师，尽管如此教师力量和教学设备仍显得十分薄弱。这对我又是一个新的挑战，从物探勘查、科研又走向了教学。如按已有地质学院课程设置，我们达不到大学水平。幸好学院从河北省分来一批原在北京的国际关系学院的外语教师，水平很高。其中，王朝文同志任物探系书记，我们配合默契。于是我们决定加强物探系的外语教学，增加英语学时课和会话能力。河北省有一些老大学，基础课教师力量是雄厚的，我们加强了基础课的门类和学时数。专业课是我们的薄弱环节，于是我们一方面从老院校聘请名教师来教学，采用师傅带徒弟的办法提高师资力量，另一方面派人到有关院校进修。这样一改，没想到学生考出留学生和研究生时占了优势，因为考研主要考外语和基础课。我们系虽是后办的，但改出了特长。我和管志宁、郭邵雍主编了《应用地球物理学——磁法教程》出版发行。并亲自教授综合物探课、磁法教程和普通物探课程。

九、开展区域物探研究

因妻子病故，我便产生了调动工作的想法，当时有地震局预报中心和大学物理杂志编辑部希望我去，开了商调函，但地质部不放，最后决定调我回地质科学院矿床研究所四室任主任。此时航测大队已编制出 1:100 万中国东部航磁图，并公开出版，但因缺少地质解释，使地质人员难以应用。再者物探工作总是就矿找矿，或进行普查，缺少区域地质解释工作，对发现新矿床是不利的。我们用 1979 年 6 月地质部航测总队出版的《中国航空磁力异常 ΔT 图》，做出中国东部航空磁力异常轴向图，然后给出地质解释。这种具客观性和直观性的航空磁力异常轴向为地质构造格架所控制，有的纵贯全区，有的表现为区域性格架，有的格架并有较多的地震震中分布，或与重力梯度带或异常错动相吻合。我们将中国东部划分为：①东北构造区；②华北构造区；③秦岭构造区；④扬子构造区；⑤华南构造区；⑥东海构造区；⑦南海构造区。异常轴向明显地显示了东部 3 条东西向的构造带：①阴山 - 燕山 - 辽东构造带；②秦岭 - 黄海南部构造带；③秦岭构造带。2 条北东向构造带：①佳木斯 - 昭通构造带；②逊克 - 二郎山构造带。2 条北

北东构造带：①嘉荫 - 贵县构造带；②新立屯 - 德保构造带。并结合已知的油气田、煤田及地热田的分布，找出一些分布规律，供今后找新能源参考。

十、设立地质矿产部深部地质办公室

1984年地质矿产部成立深部地质办公室，挂靠在中国地质科学院，并调我到此办公室任主任，当时我已54岁，又换了一个新的领域，应该说压力是大的。因地质找矿干部对深部地质知之甚少，甚至还有人反对搞深部地质，认为与找矿任务关系不大。我们做了三项工作：①调研深部地质在国外的进展与成果，写文章宣传，提高认识。②为了培训全国深部地质调查的人才，同时也为了让自己学习、充电，我们与院人事处共同举办了三期深部地质讲座及培训班，由全国著名科学家来班讲学，既讲了地球科学的基础知识，也讲了深部地质调查的各种地球物理方法与技术。最后，我们编辑出版了《岩石圈研究基本问题和方法》一书，全书约56万字，1990年由冶金工业出版社出版发行。③编制全国深部地质调查规划，布置了16条大剖面，以期对我国地壳结构和构造有一个基本的了解。

十一、创建中国地质科学院岩石圈研究中心

1986年，地质矿产部撤销了深部地质办公室，将其改建为岩石圈研究中心。岩石圈研究的最终目的在于发现新资源、减轻地质灾害和保护环境。主要任务是以大陆和大陆边缘为重点，查明岩石圈的结构构造、物质成分、演化和动力学。此时，张炳熹教授从联合国带回一张北美B2剖面图，作为全球地学断面（GGT）的样板，中心决定从编制GGT起步，参与国际合作计划，与国际研究同步。利用中法合作队的地震剖面数据为基础，并补作必要的其他地球物理调查，对已有资料用新的处理技术进行再解释。首先，要明确编图的指导思想，我们通过讨论决定，以板块构造学说为指导，采用地体学说，以运动学和动力学为重点进行编图。编图是按国际岩石圈委员会GGT协调组指定的“编图指南”进行的。由于岩石圈研究中心人力不足，故吸收了8个单位的64名科技干部（包括中心的人在内）开展多学科、多部门、跨地区的综合性大调查和科学研究，组成了一支国家级的科研队伍，成为国家自然科学基金会和地矿部重点科技攻关项目，并获得经费资助，同时逐渐补充一些年轻的硕士生进中心，使岩石圈研究中心的工作得以顺利开展。

十二、向地学前沿攀登

全球地学断面图（GGT）是一个形式和内容全新的图件，与以往的地质、地球物理图件均不相同，它包含：①地学断面索引图；②构造带与地体图；③地质条带图；④时空流程图；⑤实际材料图；⑥重力条带图（包括地热数据和天然地震）；⑦磁力条带图；⑧地球物理解释图；⑨地质解释剖面图。图件不是材料的堆积，而是经过讨论综合研究，反映我们对地壳结构、物质组成、演化和动力学的认识，是20世纪80年代后5年的地学前沿课题，需要我们去攀登。通过编图，我们还增加了极移曲线图、地体构造演化图和地球动力模型图，后三种图是原B2剖面所没有的。为了充分利用计算机，我们开发了人机交互解释系统，对各种方法的解释通过计算机互相验证，并与地质解释相结

合，使解释更趋于合理。为了美化物探成果图件，增强信息的反映效果，我们较早地利用了遥感技术作位场彩色增强信息处理。采用最新的处理技术对地球物理结果进行再处理，如位场的非线性解释方法。为了验证所做的地质解释，建立了二维力学模型，使地质解释走向定量化。在解释中我们提出喜马拉雅造山带是世界一种新型造山带。上述这些做法和成果获得了 GGT 两位主席 J. W. H. 蒙格教授和 H. J. 戈兹教授的高度称赞，他们说：我们的一些想法在你们这里已实现了，你们走在世界的前头。在 1989 年的国际东亚 GGT 学术研讨会上，将亚东 - 格尔木地学断面图作为新的国际样板之一，分发给世界各国和有关专家。1989 年在美国华盛顿召开的第 18 届国际地质大会上，在 50 条世界各国地学断面展示中，亚东 - 格尔木地学断面图作为代表作特展于岩石圈展台上，并得到国内外同行专家的推荐首批由国际资助出版。1991 年在奥地利维也纳第 20 届 IUGG 大会上展示了正式出版发行的亚东 - 格尔木地学断面图，成为首批向世界推荐出版的 6 张 GGT 图中的一张。青藏高原亚东 - 格尔木地学断面所取得的成果充分显示了多学科、多部门合作和国际合作计划的优越性，也显示了集体的智慧，此项调查与研究还为我们培养了一批从事学科前沿研究的人才。

十三、断面研究中发现新问题

有了亚东 - 格尔木地学断面图编制的经验之后，我们又继续向地质部和国家自然科学基金会申请格尔木 - 额济纳旗地学断面综合调查和研究项目，获准为科技攻关项目并得到经费资助，这样我国就有了一条纵贯我国近南北向的地学大断面，也完成了国际 GGT 印度 - 中国 - 俄罗斯亚洲地学断面计划的完整中国地学断面，全长约 2400km。由于青藏高原北部地质与地球物理工作均较少，该项目加强了调查内容，并增加了 100km 的反射地震，增强了地球化学模型与地球物理模型的结合，并增用了遥感资料。此断面的重点在研究所发现的一些问题上，它与过去的见解不同，由于增加了新的技术手段，获得了新的资料，存在看法上的差异是很自然的事，这些问题的发现是很有趣的。主要有：①青藏高原北界原定在祁连山前断裂，而反射地震结果显示此断裂向下延伸不大，终止于滑脱层，在河西走廊的宽滩山断裂下方有隐伏的反射层，可直达地壳底部，推测为青藏高原北界，可能是阿尔金断裂的东延部分，卫星重磁结果显示，青藏高原应为一个独立的构造单元。②通过应力场模拟计算表明：祁连山的隆升主要是受南北两侧的挤压力所致，祁连山两侧的大陆岩石圈相向运动，插入到祁连山之下，使祁连山岩石圈上部抬升及下部缩短加厚，形成增厚的岩石圈根；而且北部大于南部的挤压力，才形成现今的祁连山造山带。③祁连山的隆升主要在新生代，原认为它是一个加里东褶皱系，可能已风化侵蚀，而后再次发生造山运动，仅从反射地震资料看，老地层逆冲在古、新近纪地层之上，表明为新生代运动。④发现北祁连地体南侧有一高压变质带，类似于 Franciscan 的高压变质带。在柴达木地体北缘发现大型韧性剪切带，是一个超基性岩带或蛇绿岩带，是构造上地幔物质——石榴子石橄榄岩，并发现了榴辉岩，是一个高压变质带。这些问题的发现，虽不是定论，但根据现有资料提出了新的见解，对深化青藏高原岩石圈的认识无疑是有益的，这也是断面研究的宗旨。

十四、向 20 世纪 90 年代地学前沿起步

我有幸参加在加拿大温哥华召开的第 19 届 IUGG 大会的会前会，主要讨论“地球科学往何处去”的问题，参加会议的代表一致认为 20 世纪 90 年代应开展“全球变化”（Global Change）的研究，后确定岩石圈 - 生物圈计划为 90 年代地学前沿课题和国际合作计划。为了跟上国际地学步伐，我们不得不分一部分精力去寻找合作者，争取立项。此次出国代表团仅我一人参加了会前会，回国后我向代表团作了汇报，引起大家的重视，我还写了文章在中国地矿报上发表，朱训部长批示，此种文章很好，以后应该多登。但地矿部当时以找矿为主，对岩石圈 - 生物圈计划尚顾及不到。一个偶然机会我遇到岩矿测试技术研究所李家熙所长，谈及测氡问题，她表示愿意合作，并提出要立项仅氡一项，立不成大项目，于是反复研究决定设立“区域地球化学在农业和生命科学中的应用”项目。首先找到宋瑞祥副部长，获得他的支持，并由他牵线找到原国家科委邓楠副主任，同意列为科委“八五”计划的重点攻关项目。以地矿部岩矿测试技术研究所和岩石圈研究中心为主，联合卫生部、中国科学院（土壤研究所和地理研究所）及部内地质科学院矿床地质研究所、水文地质环境地质研究所、勘查技术研究院、北京地质局物探队等单位一起开展工作；为了获得化探数据，又与各省联系，得到各省地矿局的支持。该项目是对原 1:20 万比例尺的化探数据进行二次开发，将含量高的化探元素值滤去，经稀释后用于农业和生命科学，了解 24 种地球化学元素在我国国土上的丰缺，作为国家制定经济发展计划的科学依据。经多部门、多单位的专家通力合作，用了 5 年时间，圆满完成了这一任务，取得了国际先进水平，最后成果反映在“中国生态环境地球化学图集”上，图集制作精美，受到国内外专家的称赞。该项目获得了国家科技进步二等奖。组织和管理此项目无疑困难是很大的，李家熙教授具有惊人的才能，协调各方面力量，充分发挥各自的优势，大家合作愉快，并从工作中获得了丰富的经验。

室内氡害的监测与防治的研究是其中的一个专题，氡及其子体对人有潜在危害，可导致肺癌。该专题对我国一些地区的室内外和水中的氡含量做了调查，尤其是对北京市的室内和旅游景点、公共设施（如地铁）等的氡含量做了调查，发现建筑在断裂带和带有放射性岩石及其风化土壤的房屋、地下坑道和工程，氡含量往往超标，提出了一些防治措施。与英国合作共同对我国氡害和硒与地方病做了调查，吸收了他们的宝贵经验。

十五、地球物理场与人体健康

地球物理与人体健康无疑也是岩石圈与生物圈计划中的一个重要课题。这些地球物理场是看不见摸不着的，但又对人体健康有着重要影响。如地球引力场、地磁场、温度场、地电场、地震效应、火山作用和辐射场等地球物理场，对人体既有保护作用，也有危害作用。如地磁场，它对宇宙辐射场起屏蔽效应，对人体起保护作用，但人体内有 Fe、Co、Ni 等磁性元素，当地磁场发生变化时，这些元素也发生变化，影响人的生理功能。在太阳活动期，地球产生变化磁场，人们就容易发生全球性的流感、高血压和荨麻疹等疾病。当磁暴发生时，心脏病患者的死亡率增加，小儿出生增加，脊椎灰质炎病增多。现在医院常用磁疗治疗某些慢性病。有人把地磁场比喻为人类不可缺少的第四生命要素，就像阳光、空气和水一样重要。地球物理场与人体健康的研究，我虽有兴趣，终

因年已古稀，难以申请到项目，只是写些科普读物，唤起有志者从事该项研究。

十六、中国地学断面综合研究

中国地学断面先后做了 14 条，如何将这些断面用来解决中国的大地构造问题呢？在我退休后，与冯昭贤教授级高工一起研究了中国大陆地壳的构造地球物理格架，并结合航空磁力异常，中波长磁异常图，把地学断面线与面上的资料结合起来，从地球物理特征可以看出，拼合后的中国大陆可分成东、西两个古大陆集合体，东部由 3 个，西部由 2 个大陆块拼合而成，其中东北和准噶尔两个古陆块是有争议的地区。这 5 个古大陆块的共同特点是卫星磁异常为正磁异常，它反映了规模大、延伸长的前寒武纪深变质基底的存在，5 个古大陆块有各自的速度结构特点，唯中国西部两大古陆块的地壳速度有相似的结构特征。根据古地磁数据确认了中国东部 3 个古大陆的拼合时间和位置。卫星负磁异常对应的是众多地学断面上反映地体增生活动带。由于过去存在古亚洲洋和古特提斯洋，使得这些地体经历了离散、漂移和拼合碰撞的过程。我们还提出了中国大地构造存在深部和浅部不同层次的看法。该文登载在 1998 年《构造地质学——岩石圈动力学的进展》一书中。

十七、结束语

由于地球太复杂，大陆的年代又久远，要认清地球的结构构造绝非易事，人生太短，不过几十年，我和同事们所做的探测工作只不过是为人积累一点资料而已，随着科技的进步和人们对地球认识的不断深化，原做的解释必然会得到补充、修正甚至推翻。只有对地球的认识越深刻、越正确，人们才能从地球获得更多的资源、减轻地质灾害和保护地球村的环境，以提高人类的生活质量和改善人类生存环境。我虽已进入古稀之年，但对一名科研工作者来讲，生命不息，探索不止，要继续为探测地球尽自己的一份微薄力量。

吴功建

2009 年 10 月 28 日