

老科学家学术成长资料采集工程
中国科学院院士传记丛书

走向奥维耶多

谢学锦传

张立生◎著



1923年 1941年 1951年 1957年 1965年 1980年 2007年
出生于北平 考入浙江大学 发现铜矿指示植物铜草 任地球化学研究所化探室主任 与学生一起制备出我国第一个地球化学标准样 当选中国科学院学部委员 在奥维耶多获得国际应用地球化学家协会的金质奖章

 中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

 上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

老科学家学术成长资料采集工程
中国科学院院士传记 丛书

走向奥维耶多

谢学锦 传

张立生◎著

中国科学技术出版社
上海交通大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

走向奥维耶多：谢学锦传 / 张立生著. —北京：
中国科学技术出版社，2016.3

(老科学家学术成长资料采集工程丛书)

ISBN 978-7-5046-7110-3

I. ①走… II. ①张… III. ①谢学锦—传记 IV.

① K826.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 054636 号

出 版 人	秦德继 韩建民
责任编辑	李 红
责任校对	何士如
责任印制	张建农
版式设计	中文天地

出 版	中国科学技术出版社 上海交通大学出版社
发 行	科学普及出版社发行部
地 址	北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编	100081
发行电话	010-62103130
传 真	010-62179148
网 址	http://www.cspbooks.com.cn

开 本	787mm × 1092mm 1/16
字 数	304 千字
印 张	21.5
彩 插	2
版 次	2016 年 5 月第 1 版
印 次	2016 年 5 月第 1 次印刷
印 刷	北京华联印刷有限公司
书 号	ISBN 978-7-5046-7110-3 / K · 183
定 价	68.00 元

(凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责调换)

总序一

中国科学技术协会主席 韩启德

老科学家是共和国建设的重要参与者，也是新中国科技发展历史的亲历者和见证者，他们的学术成长历程生动反映了近现代中国科技事业与科技教育的进展，本身就是新中国科技发展历史的重要组成部分。针对近年来老科学家相继辞世、学术成长资料大量散失的突出问题，中国科协于2009年向国务院提出抢救老科学家学术成长资料的建议，受到国务院领导同志的高度重视和充分肯定，并明确责成中国科协牵头，联合相关部门共同组织实施。根据国务院批复的《老科学家学术成长资料采集工程实施方案》，中国科协联合中组部、教育部、科技部、工业和信息化部、财政部、文化部、国资委、解放军总政治部、中国科学院、中国工程院、国家自然科学基金委员会等11部委共同组成领导小组，从2010年开始组织实施老科学家学术成长资料采集工程。

老科学家学术成长资料采集是一项系统工程，通过文献与口述资料的搜集和整理、录音录像、实物采集等形式，把反映老科学家求学历程、师承关系、科研活动、学术成就等学术成长中关键节点和重要事件的口述资料、实物资料和音像资料完整系统地保存下来，对于充实新中国科技发展的历史文献，理清我国科技界学术传承脉络，探索我国科技发展规律和科技人才成长规律，弘扬我国科技工作者求真务实、无私奉献的精神，在全

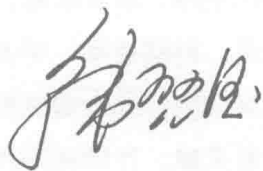
社会营造爱科学、学科学、用科学的良好氛围，是一件很有意义的事情。采集工程把重点放在年龄在 80 岁以上、学术成长经历丰富的两院院士，以及虽然不是两院院士、但在我国科技事业发展中作出突出贡献的老科技工作者，充分体现了党和国家对老科学家的关心和爱护。

自 2010 年启动实施以来，采集工程以对历史负责、对国家负责、对科技事业负责的精神，开展了一系列工作，获得大量反映老科学家学术成长历程的文字资料、实物资料和音视频资料，其中有一些资料具有很高的史料价值和学术价值，弥足珍贵。

以传记丛书的形式把采集工程的成果展现给社会公众，是采集工程的目标之一，也是社会各界的共同期待。在我看来，这些传记丛书大都是在充分挖掘档案和书信等各种文献资料、与口述访谈相互印证校核、严密考证的基础之上形成的，内中还有许多很有价值的照片、手稿影印件等珍贵图片，基本做到了图文并茂，语言生动，既体现了历史的鲜活，又立体化地刻画了人物，较好地实现了真实性、专业性、可读性的有机统一。通过这套传记丛书，学者能够获得更加丰富扎实的文献依据，公众能够更加系统深入地了解老一辈科学家的成就、贡献、经历和品格，青少年可以更真实地了解科学家、了解科技活动，进而充分激发对科学家职业的浓厚兴趣。

借此机会，向所有接受采集的老科学家及其亲属朋友，向参与采集工程的工作人员和单位，表示衷心感谢。真诚希望这套丛书能够得到学术界的认可和读者的喜爱，希望采集工程能够得到更广泛的关注和支持。我期待并相信，随着时间的流逝，采集工程的成果将以更加丰富多样的形式呈现给社会公众，采集工程的意义也将越来越彰显于天下。

是为序。



总序二

中国科学院院长 白春礼

由国家科教领导小组直接启动，中国科学技术协会和中国科学院等 12 个部门和单位共同组织实施的老科学家学术成长资料采集工程，是国务院交办的一项重要任务，也是中国科技界的一件大事。值此采集工程传记丛书出版之际，我向采集工程的顺利实施表示热烈祝贺，向参与采集工程的老科学家和工作人员表示衷心感谢！

按照国务院批准实施的《老科学家学术成长资料采集工程实施方案》，开展这一工作的主要目的就是要通过录音录像、实物采集等多种方式，把反映老科学家学术成长历史的重要资料保存下来，丰富新中国科技发展的历史资料，推动形成新中国的学术传统，激发科技工作者的创新热情和创造活力，在全社会营造爱科学、学科学、用科学的良好氛围。通过实施采集工程，系统搜集、整理反映这些老科学家学术成长历程的关键事件、重要节点、学术传承关系等的各类文献、实物和音视频资料，并结合不同时期的社会发展和国际相关学科领域的发展背景加以梳理和研究，不仅有利于深入了解新中国科学发展的进程特别是老科学家所在学科的发展脉络，而且有利于发现老科学家成长成才中的关键人物、关键事件、关键因素，探索和把握高层次人才培养规律和创新人才成长规律，更有利于理清我国科技界学术传承脉络，深入了解我国科学传统的形成过程，在全社会范

国内宣传弘扬老科学家的科学思想、卓越贡献和高尚品质，推动社会主义科学文化和创新文化建设。从这个意义上说，采集工程不仅是一项文化工程，更是一项严肃认真的学术建设工作。

中国科学院是科技事业的国家队，也是凝聚和团结广大院士的大家庭。早在1955年，中国科学院选举产生了第一批学部委员，1993年国务院决定中国科学院学部委员改称中国科学院院士。半个多世纪以来，从学部委员到院士，经历了一个艰难的制度化进程，在我国科学事业发展史上书写了浓墨重彩的一笔。在目前已接受采集的老科学家中，有很大一部分即是20世纪八九十年代当选的中国科学院学部委员、院士，其中既有学科领域的奠基人和开拓者，也有作出过重大科学成就的著名科学家，更有毕生在专门学科领域默默耕耘的一流学者。作为声誉卓著的学术带头人，他们以发展科技、服务国家、造福人民为己任，求真务实、开拓创新，为我国经济建设、社会发展、科技进步和国家安全作出了重要贡献；作为杰出的科学教育家，他们着力培养、大力提携青年人才，在弘扬科学精神、倡树科学理念方面书写了可歌可泣的光辉篇章。他们的学术成就和成长经历既是新中国科技发展的一个缩影，也是国家和社会的宝贵财富。通过采集工程为老科学家树碑立传，不仅对老科学家们的成就和贡献是一份肯定和安慰，也使我们多年的夙愿得偿！

鲁迅说过，“跨过那站着的前人”。过去的辉煌历史是老一辈科学家铸就的，新的历史篇章需要我们来谱写。衷心希望广大科技工作者能够通过“采集工程”的这套老科学家传记丛书和院士丛书等类似著作，深入具体地了解和学习老一辈科学家学术成长历程中的感人事迹和优秀品质；继承和弘扬老一辈科学家求真务实、勇于创新的科学精神，不畏艰险、勇攀高峰的探索精神，团结协作、淡泊名利的团队精神，报效祖国、服务社会的奉献精神，在推动科技创新和国家建设的广阔道路上取得更辉煌的成绩。



总序三

中国工程院院长 周 济

由中国科协联合相关部门共同组织实施的老科学家学术成长资料采集工程，是一项经国务院批准开展的弘扬老一辈科技专家崇高精神、加强科学道德建设的重要工作，也是我国科技界的共同责任。中国工程院作为采集工程领导小组的成员单位，能够直接参与此项工作，深感责任重大、意义非凡。

在新的历史时期，科学技术作为第一生产力，已经日益成为经济社会发展的主要驱动力。科技工作者作为先进生产力的开拓者和先进文化的传播者，在推动科学技术进步和科技事业发展方面发挥着关键的决定的作用。

新中国成立以来，特别是改革开放 30 多年来，我们国家的工程科技取得了伟大的历史性成就，为祖国的现代化事业作出了巨大的历史性贡献。两弹一星、三峡工程、高速铁路、载人航天、杂交水稻、载人深潜、超级计算机……一项项重大工程为社会主义事业的蓬勃发展和祖国富强书写了浓墨重彩的篇章。

这些伟大的重大工程成就，凝聚和倾注了以钱学森、朱光亚、周光召、侯祥麟、袁隆平等为代表的一代又一代科技专家们的心血和智慧。他们克服重重困难，攻克无数技术难关，潜心开展科技研究，致力推动创新

发展，为实现我国工程科技水平大幅提升和国家综合实力显著增强作出了杰出贡献。他们热爱祖国，忠于人民，自觉把个人事业融入到国家建设大局之中，为实现国家富强而不断奋斗；他们求真务实，勇于创新，用科技为中华民族的伟大复兴铸就了辉煌；他们治学严谨，鞠躬尽瘁，具有崇高的科学精神和科学道德，是我们后代学习的楷模。科学家们的一生是一本珍贵的教科书，他们坚定的理想信念和淡泊名利的崇高品格是中华民族自强不息精神的宝贵财富，永远值得后人铭记和敬仰。

通过实施采集工程，把反映老科学家学术成长经历的重要文字资料、实物资料和音像资料保存下来，把他们卓越的技术成就和可贵的精神品质记录下来，并编辑出版他们的学术传记，对于进一步宣传他们为我国科技发展和民族进步作出的不朽功勋，引导青年科技工作者学习继承他们的可贵精神和优秀品质，不断攀登世界科技高峰，推动在全社会弘扬科学精神，营造爱科学、讲科学、学科学、用科学的良好氛围，无疑有着十分重要的意义。

中国工程院是我国工程科技界的最高荣誉性、咨询性学术机构，集中了一大批成就卓著、德高望重的老科技专家。以各种形式把他们的学术成长经历留存下来，为后人提供启迪，为社会提供借鉴，为共和国的科技发展留下一份珍贵资料。这是我们的愿望和责任，也是科技界和全社会的共同期待。

周济

序 我的科研生涯

我年轻时上的是浙江大学，先读物理系，后转到化学系。后来因参加学生运动，为躲避军统迫害，称病休学离开浙大，到了重庆。后转入重庆大学，攻读梁树权^①先生的高等分析化学，并在他的指导下，完成毕业论文。后来在永利铔厂及矿产测勘处工作。主要做矿石与岩石分析工作。这些工作和经历为我后来研究勘查地球化学，发挥我的特长奠定了基础。

勘查地球化学是 20 世纪 30 年代诞生的新学科。我一生的勘查地球化学的研究，由父亲谢家荣开其端。父亲在 1950 年的 *Economic Geology* 上看到了 T. S. Lovering 等人的一篇文章，谈及在美国一个地区分析水系沉积物找铜。他觉得这种新的找矿方法很有前途，建议我去一试。我利用 T. S. Lovering 的双硫脲测 Cu 的方法，改进其设备，使之更轻便化，取得了效果。1951 年我与徐邦梁在安庆月山进行了勘查地球化学在中国的首次实验，并发现了铜矿指示植物海州香薷。

地质部成立后，准备筹设地球化学探矿室（简称化探室），调我参加筹建的工作。筹建工作进行得缓慢，参加筹建工作的一些人对此新兴学科

① 1955 年首批当选为中国科学院数理化学部委员。

的发展前途缺乏信心，地质界也未给予足够的支持，加上不断的政治运动，研究工作无法顺利进行。我感到很无奈。最后运动搞到自己的头上，被划成了右派。由于领导（主要是周镜涵）的力保，幸而没有被下放到基层劳动，仍可以在研究所继续从事研究工作。因为赵文津（当时所领导之一）的建议，我开始与邵跃合作研究矿床原生晕。我们首先使用五点移动平均技术，使岩石中成矿元素含量的不规则跳跃起伏光滑成有规律的趋势变化，成功提出了原生晕浓度分带与组分分带的理论，并在辽宁青城子的实践中获得成功，找到了新的盲矿，使一个即将关闭的矿山起死回生。这一成功震动全国，地质及冶金系统各地质队纷纷效仿，出现了大规模开展原生晕研究工作的新局面。

但我却认为原生晕找矿法只不过是一种战术性方法。通过对勘查地球化学方法的研究，我产生了清楚的指导思想：应该把勘查地球化学提高到一种战略上指导全局的地位，这样才能取得巨大的成果。我当时认识到，为达到这一战略研究目的，必须进行大范围大规模的地球化学填图。当时四川物探队已在米易 1:20 万图幅中开展了多元素的水系沉积物测量。我决定去四川进行调查研究。调研的结果发现最大的问题是多元素分析问题未能很好解决。这个问题不仅在中国，而且在全世界的地球化学填图工作中普遍存在。“文化大革命”期间，我一直在认真考虑这个问题。并对几个最重要问题的解决有了成熟的想法。直到 20 世纪 70 年代中期，根据我的建议，进行了“皖浙赣三省区化探方法试验”的项目，我编写了区域化探手册并到全国各省游说呼吁，在黄山会议上作了“当前区域化探若干问题的探讨”的报告，具体提出了区域化探全国扫面计划。这项计划是受西方勘查地球化学先进思想的启发，尤其是英国 J. S. Webb 及其学生们出版的北爱尔兰地球化学实验图集的影响而提出的。J. S. Webb 发现河流下游采集的河床活性沉积物，其元素含量接近上游汇水盆地中元素含量的平均值。这一重大发现表明，可用低密度的水系沉积物采样控制很大面积的元素分布。但我同时也看出西方地球化学填图工作的缺陷。故对 J. S. Webb 等工作做了很大的改进。具体的重要改进是：

(1) 改善样品编号系统。J. S. Webb 等所提出溯河流而上按编号顺序

采集水系沉积物，直至上游的截止点（Cut off point），欲找寻的新矿床就在截止点附近。但在一个很大面积内有着多条河流及支流，若沿各自顺序编号会造成编号系统很大的混乱。改善的方法是在1:20万地形图上，在野外采样前，预先在室内按方里网从左至右，再从上至下做好编号。这种方法可以成功地避免编号的混乱不清，有效地支持了对水系沉积物的分析研究工作。

（2）格子采样。上述的编号系统导致产生了新的格子采样的概念。思路是：在1:20万地形图上的方里网中编好号之后，在每个 1km^2 格子内的水系最下游处采样，应该是这 1km^2 中元素平均值的最有代表性的样品。我们把这种 1km^2 格子称为采样格子。为节省经费，将每4个 1km^2 格子中的样品组合后送交分析。这种 4km^2 中的组合样被称为分析格子中的样品。分析所得的元素含量置于 4km^2 格子的中央，发现异常后再分析 1km^2 格子中的原样以获取更详细的信息。

（3）坚持要求高分析灵敏度。国外地球化学填图工作中，为节省人力，多使用具有多元素分析能力的大型仪器（X射线光谱XRF，等离子火焰发射光谱ICPES等）。这种做法虽能提供多种元素分布的基础性资料，但对许多痕量及超痕量元素的分析灵敏度严重不够，因而对于找矿，特别是找矿的战略作用大大降低。我曾与许多西方的找矿公司负责人交谈，他们对大学和研究机构所做的地球化学填图工作不屑一顾。因此我们坚持要求，对所有痕量元素的分析检出限必须降至该元素的地壳丰度值以下。由于文献上发表的一些超痕量元素（如Au）的地壳丰度值的数据太高，因而改变要求，规定检出率必须达到80%~100%。基于这样一种认识思想，我们提出了一套使用多仪器多方法的分析系统，即，以大型仪器为骨干扫掉大多数元素，对“困难”元素使用对它最灵敏的方法分别各个击破，从而获得了全面的精准的超高质量分析数据。这项举措使中国的填图分析质量远远地走在了世界的前面。

（4）提出金的勘查地球化学新方法。当时西方的地球化学填图计划都不分析金。因为金有延展性，不易被粉碎。分析时，如果称取的样品中偶尔有粒金落入，就会产生出异常的干扰高值。这种粒金效应使得分析结果

极不可靠。西方学者的做法是加大分析时的称样量。西方的找金权威 I. Nichol 甚至建议，每次分析要称取多至 800 克样品才能取得稳定的结果。我却认为在自然界中，除有颗粒状金存在外，还存在有大量的超微细金。基于这一认识，我将金异常值定为大于 2ppb（十亿分之二），条件是这样的数值必须连续存在。若在大面积样品中含量都小于这个值，而其中偶尔出现一个高出数十或数百倍的高值时，不能作为异常。用这种巧妙的方法绕开了粒金效应的干扰，成功地解决了这个一直困扰世界找金界的难题。

（5）解决采样分析数据的全球可对比性。不同实验室分析中出现的系统误差必须加以减小或避免，否则不同地区取得的数据就无法对比。这一问题西方学者在各自进行的地球化学填图中从未重视。直到后来，因为要考虑整合全球的地球化学填图时，才发觉这一问题的严重性。我们在制订中国的地球化学填图计划时，由于需要指挥各省众多的实验室共同参加分析工作，从一开始就非常重视这个问题，因此在全国计划尚未开始进行时，我们就提出了标准样的设想，并着手研究和制备了 12 个标准参考样，最后组织全国许多实验室一起参加定值工作，并制订严格的质量监控方案，使不同实验室分析数据的系统误差减至可容忍的最低值。

（6）研究复杂地理景观条件下的地球化学填图的技术方法。我们在区域化探扫面计划开始时就把全国分为内地沿海地区及边远地区两大类，内地及沿海地区主要使用格子内采集水系沉积物的方法，边远地区则进一步划分为森林沼泽区、干旱荒漠区、半干旱荒漠区、黄土覆盖区、高寒山区、高寒湖沼区、热带雨林区等，分别研制采样方法。30 多年的研究结果表明，干旱荒漠区研制的方法效果最好，但所有的方法今后都需要继续研究改进。

我们开创的这项“中国区域化探全国扫面计划”至今已进行了 30 多年，覆盖全国 80% 的国土面积，根据其中提供的线索找到了大量新矿床，其潜在经济价值至少达 16000 亿元。通过它获得了极有价值的海量数据，为今后许多年各种研究工作取得创新成果提供了条件。地球化学块体概念的提出就是一例。基于对扫面成果海量数据的研究，我们能够站在一个前

所未有的高度，以空前广阔的视野，重新审视地球的元素富集现象，从而在 1995 年提出了地球化学块体的概念。由于地球形成时的不均匀性及其后的各种地质作用，使某些元素富集而形成的地球化学块体成为成矿的物质供应来源。我们可以利用地球化学块体的规模，预测成矿的规模及吨位。这一概念的提出，使勘查地球化学不仅可以依据成矿后的分散模式来找矿，还可依靠成矿前元素的分布模式来预测大型矿床的存在，由此大大提高了地球化学填图在找矿中的战略作用。

区域化探全国扫面计划仅分析了 39 种元素，多年的研究表明，取得更多元素甚至周期表内所有元素的分析数据非常有必要。基于这个想法，多年来我们一直在研究一些过去计划中从未分析的“困难元素”的分析方法，最后提出了 76 种元素地球化学填图（76GEM）项目。

76GEM 项目迄今只完成了西南 5 省市区与东南 8 省两个子项目。因为对其他地理景观条件复杂的省份，尚未决定是只使用扫面计划的组合样进行分析，还是再辅以各种深穿透方法及浅钻采样分析来完成。76GEM 计划的一项重大成果是提出了新的分析质量监控方法，即用标准图的概念取代标准样的概念，亦即用监控整个图幅质量的概念取代监控分析数据质量的概念。多年来我一直在思考这个问题。但要很多实验室合作制作出一份标准图来，既费时又费钱。最初曾用几个实验室分析结果的平均值来制作一幅参考图，再与各实验室分析结果所制作之图进行比较，最后提出用大量标准样互相按比例组合，对这一组组合样给以虚拟的空间位置，这样制成一张虚拟的标准图来评价各分析实验室的分析质量。这种思路与做法，已被证明是行之有效的，并在全国推广。

1987 年在国际会议上，瑞典的 B. Bølviken，芬兰的 A. Björklund 与我三人提出的用 5000 个采样格子覆盖全球大陆，开始了全球地球化学填图的讨论。当时对于采用何种样品能代表格子（每个格子为 $160 \times 160 \text{ km}^2$ ）内元素平均值，有很大争论。中国环保部门曾进行全国各类土壤丰度值的研究，在全国采集了各种类型土壤的大量样品，以计算各类土壤中元素的丰度。该部门的一名研究人员根据这些样品的分析结果制作了全国土壤中元素分布的图件。我看过这些图件，并试着将各元素分析结果随机抽稀至

800 个，更进一步抽稀至 400 个，其所制作之地球化学图仍极相似。这个结果，1990 年在布拉格召开的第 14 届国际化探大会上报告时引起轰动。但我却不了解这抽稀后的样品何以仍有如此好的代表性。直到 1991 年中国长江流域发生水灾时，从电视上看到，上游之物都被洪水冲到下游的画面，让我受到启发：环境部门所采的土壤样品应该是河口的泛滥平原沉积物，故而对上游很大的汇水盆地的元素平均值具有代表性。为说服国外科学家，我在国内进行一项大规模实验，以 529 个泛滥平原沉积物样品覆盖全国，所绘制的元素分布图，与用化探扫面计划所采的几百万样品的分析结果绘制的元素分布图，在宏观趋势上惊人地相似，从而为全球地球化学填图采样介质的确定指出了方向。

在区域化探全国化探扫面计划进行顺利并取得重大效果之时，我想到了油气的勘查地球化学。这一领域的国外发展一直跌宕起伏，主要是因为它的理论基础“油气物质的垂直运移”与地质理论“油气盖层的不透性”发生冲突，因而不能为正统地质界所接受。我明白进入这一领域会有巨大风险。后来尽管有王大衍先生的鼎力相助，但机构之间的利益矛盾及地矿部石油局的不支持，这项工作经历了无数坎坷。近来国土资源部重新部署大规模油气勘查，但仍继续沿用传统的“地质 + 地震 + 钻探”的做法。我认为必须有新的思路与做法，才能在油气勘查方面有新的突破。总结过去油气地球化学勘查发展中的问题，可以取得正确的应用思路：一是应该充分发挥它能够快速战略评价盆地含油气远景的作用，尤其是在困扰地震方法的碳酸盐岩沉积盆地地区，以及难于开展地震工作的地区（如山区及近海地区），二是在详查中避免单独根据油气地化资料确定普查钻孔位置^①，这种方法应该主要用于评价地震方法所圈定构造的含油性，这可大大降低干孔的数量。为此上书国土资源部部长，得到支持后正大规模进行试点。

① 由于油气物质运移至地表通过的复杂性，过去只简单根据地表油气地球化学异常来确定普查钻孔位置，故常有失败。若成功见油，其作用却并不为石油界认可，造成宣传解释不力。但一旦失败，却遭到许多非难。这种情况与石油界对待地震方法完全不同。根据地震方法布置钻孔，不见油，并不会受到非难。

我曾与刘东生先生联名在香山召开一次会议，呼吁开展环境地球化学工作，特别注意环境地球化学灾害的突然爆发，亦即奥地利学者所指的所谓“化学定时炸弹”的爆发。后在香山又与地科院测试所召开了一次类似会议。这项工作得到中国地质调查局及环保部门的支持，已经开始大规模开展。但我已年逾 90，力不从心。不能再深入这一领域，只能由我的学生们承担这一研究领域的重任。

19 世纪以来出现了各种找寻深埋于外来覆盖层下方矿床的方法技术，为了概括这些方法技术，E. Cameron 与我经讨论后提出深穿透地球化学一词。对这方面的研究，我们与国外的不同之处在于：①国外对成矿元素如何穿透外来覆盖层达于地表有各种理论解释，而我们提出的地球气理论认为，地壳深部的巨大压力促使气体呈微气泡形式携带超微细形式的成矿元素上升，再经各种地质作用加强与接力而达于地表；②国外将这类技术仅用于详查或半详查，我们则用于战略普查，研究不仅源于矿床而且源于地球化学块体的活动态成矿元素；③国外的研究已进入市场，成功与失败参半，而我们的研究尚在遍受争议阶段；④国外主要使用选择性弱提取技术以滤掉背景值的干扰，而我们已开始使用各种选择性强提取技术，不仅过滤掉背景值干扰，且大大提高异常的强度及可靠性。

回顾我一生的科研工作，有以下几点感受。

重视分析方法的研究，提高分析效率

在勘查地球化学发展的初期，我们同时博采西方学者和苏联学者的研究方向，发展各种快速比色方法与水平电极撒样法。但因被封锁和受政治运动的影响，尽管此项工作与西方和苏联并驾齐驱，但因取得的成果一直不能正式用英文发表，也不为国外所知。后来我国的地球化学填图工作，所以水平超过国外，主要得益于我们的多元素、多方法、多仪器分析系统，以及比国外早许多年就认识到数据的全球可对比性，并采取有力措施，避免或减少不同实验室的分析系统误差。“文化大革命”期间曾批判我“化而不探”，其实我是要先解决“化”，才能更好地“探”。在历次国际会议上，我一直和国外学者争论，在地球化学填图工作中，分析与采样

何者更为重要。国外学者认为如果采样不得当，分析再好也是枉然；我则认为，如果分析问题不先解决，采样研究会得不出正确的结论。这种争论源于国外地球化学填图的负责人多为地质出身，而我的分析工作经历形成中国的特色。

A. G. Darnley 曾述及中国的地球化学填图所涉面积之广，工作量之大，全世界无可相比。这样海量而且高质量的分析数据的取得，必须使用高效率的分析操作。我们是受福特在汽车工业改革的启发，将分析操作（如称样、溶样、沉淀、过滤、提取、测定）分解，改成大规模操作流水作业。这种革命性的改变，使分析效率大大提高，可以在短时间内分析上万或上百万样品，并取得高质量的数据。

要善于在夹缝中求发展，对目标坚持、执着、锲而不舍

1957 年物化探研究所成立时，化探研究室不足 30 人。当时国内外化探发展还处于萌芽状态，其技术方法的发展方向模糊不清；在找矿中能起多大作用亦不肯定。总之，一切都还在探索之中。但从化探诞生之日起，我就有一个非常清楚的认识：化探研究工作必须与生产工作密切结合，化探研究工作必须为具体找矿工作服务。对化探研究工作本身，我认识到：它是新创学科，前人未涉猎，所以必须坚持不盲从，独立思考的思维方式；必须对新鲜事物保持敏感，必须从其他学科汲取营养。这样才能产生新思想、新认知，才能获得突破与创新。20 世纪五六十年代，中国传统地质界对化探未能给予足够的重视，化探工作者必须为自己的发展奋斗。正是由于坚持了独立思考的思维方式，坚持了与生产相结合的工作作风，在它的研究发展中，不断地被注入创新思想和创新方法，才使得它以无可驳辩的、日益增多的找矿成效，获得了地质界的普遍承认与重视。中国的化探研究，在自己成长的过程中成熟了自己，形成了自己的特色，开创了自己独特的道路。

用人所长，用体制所长，争取各方面支持，调动千军万马

我在担当研究所行政领导时，为建立精干优秀的科技队伍，曾认真进