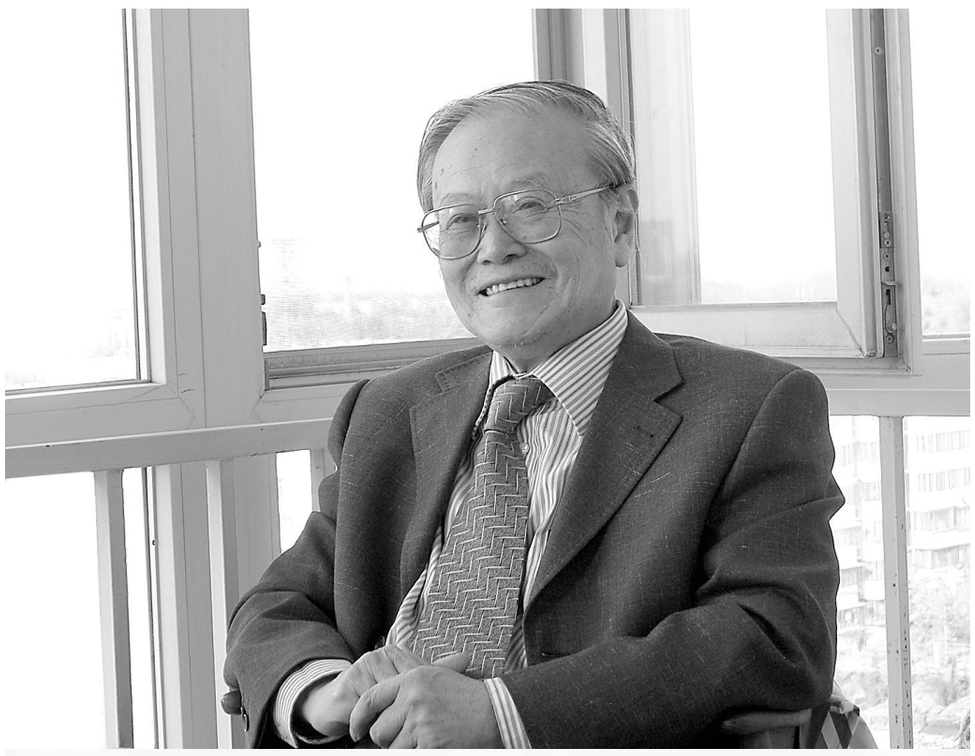
“老科学家学术成长资料采集工程”系列报道 ㊶

作为我国勘查地球化学的开拓者与奠基人，谢学锦一直在这门新兴学科内不断创新，使它在若干领域领先世界。他发现了国际公认的铜矿指示植物——海州香薷，探寻到原生晕找矿规律，独自完成了《中国地质词典》中地球化学勘查部分300多个专业词条的注释，提出了极具重要意义的“区域化探全国扫面计划”。他是国际地球化学填图的三位主要倡导者之一。

谢学锦：躬身大地，敢为天下先

■张立生



谢学锦（1923~）

应用地球化学家，中科院院士。原籍上海，生于北平，1941~1945 年就读于浙江大学物理系、化学系，1947 年毕业于重庆大学化学系。历任地质部化探室主任、中国地质学会理事、中国地质学会勘查地球化学专业委员会主任委员、地球物理地球化学勘查研究所副所长及名誉所长、国际 Journal of Geochemical Exploration 副主编、国际地科联全球地球化学填图工作组指导委员会委员和分析技术委员会主席、联合国教科文组织国际地质对比计划（IGCP）执行局委员、国际 Geochemistry Exploration·Environment·Analysis 编委。先后荣获部级科学技术进步奖一等奖 3 项、国家科学技术进步奖二等奖 1 项、何梁何利科学技术进步奖和国际应用地球化学家协会（AAG）的最高国际奖项——国际应用地球化学家协会金奖。

师出名门　崭露头角

1923 年 5 月 21 日，谢学锦出生在北平一个学术和艺术气氛浓厚的家庭。父亲谢家荣是我国地质科学的奠基人章鸿钊、丁文江创办的工商部地质研究所培养的我国第一代地质学家中的佼佼者，我国矿床学的主要奠基人。母亲吴镜侬是安徽人，毕业于北京女子师范大学。她出身名门，聪明美丽，质朴大方，擅长绘画，爱好音乐，思想激进。

在家庭氛围的熏陶下，谢学锦从小就立志成为一个科学家。中学时代受启功的影响，博览群书，这不仅使他从中获得乐趣和思维逻辑的锻炼，更重要的是体会到人类社会的各种悲欢离合，善与恶、美与丑、伟大与渺小，从而熏陶了自己的道德观念与情操。他的中学学业是在颠沛流离的抗战岁月中完成的，他的大学生活则伴随着轰轰烈烈的进步学生运动。在重庆大学，他遇到了良师梁树权——他的高等分析化学课讲得非常精彩，使谢学锦受益匪浅，对他后来从事的勘查地球化学专业起了夯实基础的作用。

大学毕业后，谢学锦进到父亲领导的矿产测勘处工作，在父亲的指引下，进入了一门新兴的学科——勘查地球化学。

1951 年夏，谢学锦受父亲的派遣，与同事徐邦梁一道去安徽安庆月山开展中国的第一次地球化学探矿实验，发现了铜矿的指示植物——海州香薷。这是他事业的开端。

不久，谢学锦被调入地质部筹建的中国第一个化探机构地质部化探室。

1953 年 5 月到 9 月，刚刚成立的化探室去陕西省安康县牛山做了一个地球化学探矿实验。当时地质部苏联专家组中有位叫罗吉诺夫的专家，听了陕西一个人的报告，看了他的标本，就断定牛山这个地方有一个很大的斑岩铜矿。但谢学锦的父亲看了标本，说“这根本就不是”，和罗吉诺夫产生了分歧。罗吉诺夫建议在牛山进行当时苏联使用的“铜量测量”，就是系统采集测区的土壤样品，用吹管分析方法测定其中铜的含量。他认为这是评价斑岩铜矿经济价值的有效方法。于是，地质部派化探室去牛山工作。化探室所有人都去了。他们在 6 平方公里的范围内，采集土壤样品，用谢学锦在安徽安庆月山使用的双硫腙现场比色分析铜的方法做实验。结果证明，牛山矿点没希望。

后来，罗吉诺夫到牛山视察，通知谢学锦和另外一位同志周树强下山向罗吉诺夫汇报。当晚，他们在山上高一脚低一脚地摸黑前行，走到山下时天已经亮了。见了罗吉诺夫，谢学锦汇报说，铜的含量只有几十个 ppm（即十万分之几），没有开采价值。罗吉诺夫认为“那是因为你没有做吹管分析，做了吹管分析就知道了”。他们又将含量最高的样品给了他，但他终究也没能吹出高含量来。后来，他们写了一个报告，否定了这个矿点，就这样否定了一个“权威”的意见。

原生晕找矿一炮打响

原生晕找矿法是在已知矿床的钻孔中和地表进行系统采样、分析，以勾绘出原生晕围绕矿体的三度空间分布。将所得的结果在未知区进行地表工作，以找寻盲矿。

谢学锦进入勘查地球化学领域时，这种原生晕找矿法在国际上只有 10 多年的历史，主要在苏联使用。西方学者认为原生晕没有什么意义，因为他们发现，原生晕在很短的距离内，变化就非常大，难有规律可循。

原生晕真的没有规律可循吗？谢学锦不大相信。他决定采用英国人 J. S. Webb 在做地球化学图时，曾经用过的一种移动平均法来进行原生晕研究，看看究竟会是什么情况。研究的结果表明，利用 5 点移动平均法对数据进行处理后，在相当范围内，原生晕的变化是非常有规律的。

1959 年，物探所成立了由谢学锦和邵跃负责的原生晕方法研究组，并制定了一个庞大的原生晕研究计划。按此计划，研究组先后赴湖南桂阳县黄沙坪和辽宁凤城县青城子铅锌矿区以及安徽贵池县铜山铜矿区，总共采集了各种样品约 3500 件。研究结果表明所研究矿区的盲矿体上方的地表基岩中都存在金属异常，说明原生晕方法能有效地找寻盲矿。研究结果还表明：青城子矿区以 Pb 含量大于 300 ppm、As 含量大于 100 ppm 及 Cu/Pb 比值小于 0.2 的地球化学异常与有经济价值的矿化有关。以此进行工作，在青城子矿区新发现了好几个铅锌盲矿体，大大扩大了青城子矿区的远景，指出了新的找矿方向，使一个濒临关闭的老矿山得以起死回生。

原生晕找矿在青城子一炮打响，地质部和冶金部于 1960 年 4 月在青城子联合召开了全国原生晕找矿现场会。青城子的原生晕找矿案例由此写进了教科书。原生晕找矿的方法在全国地质战线轰轰烈烈地开展了起来。

1963~1964 年间，谢学锦全面总结出了与苏联同处国际领先水平的原生晕的研究成果，写出了共九章 16 万字的《地球化学岩石测量的理论基础与工作方法》，成为中国上世纪六七十年代化探工作者必读的工作手册。

烧锅炉不忘科研

尽管原生晕的研究获得了巨大成功，但它仍处于战术地位，不过是一种辅助性的找矿方法而已。谢学锦认为勘查地球化学这门科学应该取得战略地位。他要把勘查地球化学从一种战术手段变成一种战略性的、指导全局的方法，把这确定为他一生所有努力的目标。为此他毅然决定将他学术研究的车轮转向一个他梦寐以求、规模宏大、将会令世界震惊的领域：进行大规模的、全国范围的地球化学填图，弄清楚元素周期表中几乎所有元素在中国大地上的分布状况。

为此，谢学锦先去了四川米易的深山调研——四川的化探工作者在那里试验水系沉积物测量。在那里，他总结出了提高分析质量，控制和消除各种分析偏倚，是区域化探工作中亟待重视和解决的问题——这就是他四川米易之行得出的最重要的结论。在那里，他深切体会到了地质工作的艰苦：地质队的同志们送他们出山时，常常走了整整半天，居然还能看得见他们的身影——那山路太难走了！为此他用塑料奶瓶，将其加装一个头，制成“挤瓶”，用它添加试剂，拼凑了一套冷提取设备，在现场进行了 300 多个分析，这在冷水沟大型锡矿床的发现中起了重要作用。

这时候“文革”开始，父母先后自杀离世，谢学锦则被下放到陕西蓝田烧锅炉。少年时代的博览群书给了他力量。他记起了朗费罗的《生命赞歌》：人生既有享乐，也有悲伤。在痛苦的岁月中，他边工作边等待，坚持让每个明天都比今天有一点进展。

在蓝田烧锅炉的日子里，他始终没有忘记他要在中国大地上开展大规模地球化学填图的宏伟计划。他白天烧锅炉，晚上在煤油灯下看专业书和当时能弄到的文献资料，时刻关注着国内外勘查地球化学的发展现状和趋势，谋划着中国的地球化学填图。

正是在那些烧锅炉的日子里，他编写了有 125 个词条的化探名词解释，纠正了国内化探名词使用的混乱情况；也正是在那些烧锅炉的日子里，他翻译出版了对我国化探工作有着重要参考价值的由美国人 H.E.霍克斯和英国人 J.S.韦布合著的《矿产勘查的地球化学》。

让化探成为“领路者”

机会只给作好准备的人。1978 年 1 月，在上海举行了一个对于中国地质界和勘查地球化学界具有重要历史意义的会议——国家地质总局区测及铁矿会议。谢学锦在大会上作了题为《区域化探——历史、现状、前景》的报告，提出了在全国范围内开展第二代 1∶20 万区域化探扫面即全国地球化学填图的建议。这个建议最终得到了国家地质总局的采纳，被正式纳入国家计划之中。他为此起草了《区域化探内地及沿海重新扫面方法暂行规定》，举办郑州区域化探训练班，亲自授课，为各省区开展化探扫面培训技术骨干。授课内容于 1979 年 12 月由地质出版社以《区域地质调查野外工作方法第四分册区域化探》的形式出版，是进行区域化探全国扫面计划的工作手册和指南，在全国产生了重大影响，曾三次再版。

当时，虽然国家地质总局领导的决心下了，红头文件也下发了，但仍然有许多人，包括一些省地质局的总工程师却还是想不通，认为没必要进行大规模的重新扫面。因此，谢学锦到各省区宣传、解释进行区域化探全国扫面计划的必要性与重要性，并具体指导工作的进行，使得规模空前、全球瞩目的区域化探扫面计划很快就在全国各省区开展起来。

为了开展全国范围的大规模地球化学填图，他先后组织了区域化探样品分析方法的研究、分析标准样的研制、分析质量监控方案的制定与研究、高寒山区、干旱荒漠区、半干旱草原荒漠区、岩溶区和热带雨林区等特殊景观区区域化探方法技术研究。

为进行如此大规模的区域化探扫面，各省（市、自治区）根据地质部的要求成立了专门队伍——部分省成立化探大队、大部分省在物探队或区调队中成立了化探分队，根据扫面规划并严格按照“区域化探扫面工作方法若干规定”的要求，有计划有步骤地开展扫面工作。迄今已经完成中国大陆 700 多万平方公里的扫面工作，为解决我国的矿产资源发挥了重大作用。据中国地质调查局 2005 年的统计：共发现各类地球化学异常达 58788 处，共检查了其中的 17623 处异常，在验证的 4218 处异常中有 3349 处异常找到了矿。

谢学锦曾经在一次学术会议上讲过“三只老鼠”的故事。他借前人的一幅漫画，把地质、物探、化探比作三只“找矿”的老鼠。他说：“这三只老鼠谁来领路呢？化探！因为化探提供的是物质信息，是矿床的直接物质显示——物质第一性。”人们早已习惯“以地质为基础”“物探先行”，但谢学锦坚信，化探应该而且能够成为矿产勘查的领路者，起到战略指导的作用。

依据区域化探全国扫面计划所采集的数百万样品获得的数以千万计的高质量数据，谢学锦陆续提出了一系列勘查地球化学的新概念：套合的地球化学模式谱系、地球化学块体、巨型矿床形成的首要条件是巨大的成矿物质供应量、活动态的成矿可利用金属量是估计成矿物质供应量的最佳指标，等等。依据上述新概念与相应的新方法，他提出了一整套全新的找矿战略。这套新战略的主旨是在整个矿产勘查过程中，以化探提供的直接找矿信息为先导，结合地质与地球物理资料，迅速掌握全局，逐步缩小靶区，直到找到大型、特大型甚至巨型矿床。

让化探在找矿中起到指导全局的战略作用，这个谢学锦一生追求的目标，终于通过区域化探全国扫面计划实现了。

金矿化探世界第一

由于金的分析方法非常昂贵，金又被认为是在地表条件下化学性质非常稳定，主要以颗粒金的形式产出，而金颗粒的分布又极不均匀，金的延展性非常好，极难磨细，所以采集样品进行分析时，样品的代表性很难解决，分析误差极大，且分析的重现性也非常差。因此，世界各国的区域化探项目中，绝大多数都没有把金列为必须分析的元素。

谢学锦崇尚爱因斯坦“想象力比知识更重要”的名言。苏联学者的研究发现，金矿床的区域性地球化学异常可达数百平方公里，但异常都很弱，其异常下限只有几个 ppb。他据此推想，这种大面积的微弱的区域性金异常应该不是由通常的颗粒金引起的，自然界中可能有大量超微细（纳米及亚微米级）颗粒的金存在，正是这种超微细颗粒金形成了金的区域性异常。

由此，谢学锦经过再三考虑，决定将 Au 列入中国的地球化学填图应分析元素名单，并要求研制出检出限低于克拉克值的快速 Au 分析方法。他的这一大胆预测与决策和其后针对这一问题的研究，最终绕开颗粒金，将 Au 的分析检出限降至 0.3 ppb。这在全世界绝无仅有，其效果也是全世界独一无二的。由此解决了一个世界难题，取得了金矿化探方法技术和理论的突破，使中国得以创造了让整个世界瞩目的找金成果。他和学生王学求总结中国金矿化探的《金的勘查地球化学 理论与方法·战略与战术》被美国地质调查所的化探元老称之为“一本划时代性的巨著”。

引领全球地球化学填图

1987 年，谢学锦和其他国家地球化学家一起提出了国际地球化学填图计划。该计划拟在全球采集大约 5000 件样品，分析其 71 种元素的含量，以期尽早制作出全球地球化学图来。

采集什么样的样品才具有代表性以及怎样才能保证世界各国众多实验室的分析数据可以相互对比，是全球地球化学填图中两个最关键的问题。

1988~1993 年间，中国环境监测总站为研究中国土壤中元素平均含量，从全国各地采集了 4000 多件土壤样品。用这些样品的分析数据编制了中国土壤中 49 种元素的分布图。令人吃惊的是，依据这 4000 多件土壤样品制作的中国土壤元素含量分布图竟然与区域化探全国扫面计划所采集的 500 多万件样品取得的数以千万计的数据制作的图件非常相似。更令人惊奇的是，谢学锦将这 4000 多件样品先后抽稀到 800 件和 400 件，结果所作出的图件仍惊人相似。1990 年 8 月在布拉格举行的第 14 届国际化探大会上展示这些地球化学图时，引起全场轰动。

这是为什么？谢学锦反复思考着。1991 年长江流域大洪水的电视画面给他留下了非常深刻的印象。1992 年在美国莱斯顿参加第三届 V·M·戈尔德斯密特地球化学大会期间的一天夜里，他突然猛醒，翻身起来去查阅随身带着的环境监控总站的报告，断定他们采集的土壤样品大多属于泛滥平原沉积物，是洪水泛滥期间从面积达数千甚至数万平方公里的汇水盆地上游冲下来的，是经过洪水充分混匀的上游物质。想分析这样的物质来追索上游矿床的具体位置当然毫无用处，但却能够很好地反映整个汇水盆地的元素平均含量，这对于研究地球上存在的那些巨大的地球化学模式具有极大的价值。他据此提出，泛滥平原沉积物是全球极低密度地球化学填图的最佳采样介质，引起了各国学者的浓厚兴趣。

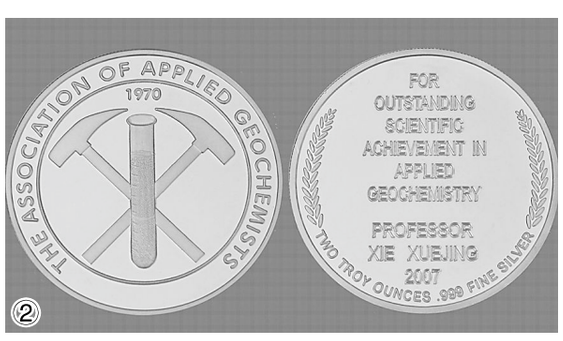
回国后，他申请和主持实施了“环境地球化学监控网络与全国动态地球化学填图”项目，在全国范围内采集了 529 个泛滥平原沉积物样品。最终结果显示：用这 529 个样品的分析数据编制的地球化学图与根据全国区域化探扫面采集的 500 多万个水系沉积物样品的分析结果所编制的地球化学图竟惊人相似，以此证明了这种极低密度的泛滥平原沉积物可以作为全球地球化学填图的采样介质。

由于指导中国地球化学填图所取得的巨大成功，谢学锦担任了全球地球化学填图分析技术委员会主席。他以分析委员会主席身份先后于 1989 年在巴西、1990 年在加拿大、1991 年在莫斯科，依据中国的经验，作了题为《国际地球化学填图对分析的要求》的报告，就国际地球化学填图计划项目应该统一测定的元素、分析检出限和数据质量等问题提出了具体的要求。他提出的这些要求最终为国际地球化学填图指导委员全盘接受，成了国际地球化学填图的标准。

为推动全球地球化学填图，谢学锦和他的学生们采取走出去、请进来的方法，先后为亚洲、非洲、拉丁美洲 10 多个国家举办地球化学填图培训班，推广中国的经验。鉴于在全球采集 5000 样品填图需要太长的时间，为了能够在较短的时间内制作出全球地球化学图来，他又和挪威等国的学者一起倡导在全球主要大河口采样进行填图，并为此申请和经联合国教科文组织批准了在中国建立全球尺度地球化学研究中心。

鉴于谢学锦在应用地球化学领域和国际地球化学填图工作中的杰出贡献，2007 年在西班牙举行的第 23 届国际应用地球化学学术讨论会上，他获得了该协会的最高奖项——国际应用地球化学家协会金奖。

（作者系国土资源部成都地质矿产研究所研究员）



①1990 年谢学锦在加拿大参加地质分析 90 会议。
②2007 年 6 月 19 日谢学锦荣获国际应用地球化学家协会金奖，图为奖章正、背面。
③2009 年 10 月 12 日谢学锦在廊坊国际地球化学填图会议上发言。

延伸阅读

尽早制作出全球地球化学图

■谢学锦

我现虽已 92 岁高龄，不再做具体研究工作，但“Idea Producer”的作用仍在继续发挥。

最近建议的几项大科学计划，包括全国油气地球化学扫面计划、全国废矿堆地球化学大普查计划、全国土壤地球化学普查、土壤质量的地球化学评估计划及全球尺度地球化学计划都处在开始阶段。这些都属于各种形式的大规模地球化学填图计划，特别是我们计划的全球尺度地球化学计划。

但我担心 10 年来以 5000 采样格子覆盖全球，采集泛滥平原沉积物样品的国际地球化学基准值项目，在非洲、拉美及中亚难以实施。根据分形自相似理论，认为自然过程在规模与时间间隔不同的情况下，所得到的效果是相似的。例如水系沉积物、河漫滩沉积物、泛滥平原沉积物及大河三角洲沉积物，皆是水流搬运上游汇水盆地中的物质，经搅均过程而生成，只是形成的汇水盆地的规模及形成的时间差别巨大。

根据这一思想，我与童霆先生在湖南湘、资、沅、澧四条河口，采集沉积物，将其元素含量与上游数十万平方公里汇水盆地的元素平均值比较，得到非常相似的结果。我们在长江口、镇江及张家港采少数样品，与整个长江流域百万样品的元素含量平均值相比，亦得到非常相似的结果。这表明，可以用河口很少样品的元素含量，预测上游的矿产资源潜力。由此我建议成立全球尺度地球化学研究中心，推动这一新思路。采集全世界特别是非洲、拉美及中亚入海大河口及主要支流口的样品，与全球地球化学基准值计划共同进行。

这一研究中心已得到中国各单位之支持，也已经得到联合国教科文组织（UNESCO）的批准。但国内相关单位会签手续繁复，我只能如大仲马所说的“Wait and hope”来对待此事了。