

目 录

地质科学的基本特点(代序)	程裕淇 (1)
地质科学及有关地质工作今后的一些动向	程裕淇 (5)
当今地质界一谜: 恐龙为何绝灭?	璩 (11)
当前国际地质科学的发展动向	地质部情报所 (12)
1976-1980年地质学: 趋向、发现、失败	R. 杜伦佩 (15)
八十年代的地质学	欧仁·塞博尔德 (20)
构造地质学动态点滴	李 雪 (25)
板块构造理论的现状与发展趋势	何国琦 (31)
魏格纳及大陆漂移说	南梅 (33)
地球化学和行星学研究的新进展	涂光炽 (34)
从二十六届国际地质大会看矿物学	彭志忠 (37)
国际矿物学研究的动向	黄蕴慧 (38)
我国已发现多少种新矿物	以诚 (39)
岩相学的现状和动向	张秋生 (40)
蛇绿岩	璩 (43)
碳酸盐岩成因的研究现状	王景德、曹观双 (44)
世界古生物地层学的一些情况	卢衍豪 (47)
往昔一年几多天?	璩 (49)
世界矿床学研究述评	徐克勤 (50)
从二十六届国际地质大会看矿床学现状和 发展动向	陈肇博 (54)
国外关于成矿概念的根本性变化	王立文 (57)
锰结核的“兄弟”: 磷结核	南梅 (61)

金属矿床的板块构造分类·····	胡伦积 (62)
自然界存在天然铝·····	南梅 (64)
国外非金属矿地质的一些情况·····	王家枢 (65)
我国的非金属矿产资源·····	一尘 (68)
煤田地质的发展动向·····	尹善春 (69)
值得重视的新能源——煤成气·····	薛青 (73)
石油天然气地质勘探的新动向·····	胡朝元 (74)
我国陆地的油气资源·····	贺师 (77)
海洋地质学的新进展·····	龚璞 (78)
“海底玫瑰园”·····	以诚 (83)
水文地质和地热研究的新课题·····	安可士 (84)
第四纪地质研究的现状和趋势·····	刘东生 (87)
百年难遇的奇观——九星联珠·····	璞 (89)
当前国际工程地质研究的主要课题·····	谷德振 (90)
古地震研究的内容及意义·····	丁国瑜 (94)
我国发生过哪些八级以上的大地震?·····	一尘 (96)
固体矿产物探几个值得注意的发展动向·····	张肇元 (97)
用物探方法直接找油·····	贺师 (100)
国际数学地质发展的现状与趋势·····	李裕伟 余金生 (101)
国际数学地质协会·····	程实 (105)
当前世界选矿科技的发展方向·····	林斯栋 (106)
稀土元素·····	一尘 (110)
矿山地质学的发展动向·····	彭觥 (111)
国际工程地质协会·····	成师 (114)
展望八十年代遥感地质方法的可能进展·····	杨廷槐 (115)
前寒武纪地质研究的现状和动向·····	胡维兴、沈保丰 (122)
前寒武纪成矿作用研究的动向·····	沈保丰、胡维兴 (128)

地质科学的基本特点(代序)

程 裕 洪

在科学技术领域，不了解别人在干什么，进展到什么程度，不了解别国在干什么，进展到什么程度，就会事倍功半，不利于赶超世界先进水平，贻误我们的事业。一个时期以来，《地质报》陆续介绍了地质科学若干领域的发展动态，颇受读者欢迎。现在，补充了部分内容，重新作了增删，结集出版，我认为这是一件很好的事情。

这本《世界地质科技发展动向》的特点是：既简明扼要，而包括的领域又比较全面。因此，我相信它的出版，对于地质战线不同专业的人员，对于地质科研、教学和直接从事区域地质调查、矿产普查勘探以及其他实际地质工作的单位和人员，对于高等和中等地质院校的学生，对于地质战线的各级领导干部和广大地学爱好者，在了解和研究国际地质科技动态方面，都会起很好的促进作用。借此机会，我想就地质科学的基本特点谈点看法，作为代序。

地质学的研究对象是地球，在现阶段，还主要是研究地球表层——“地壳”的物质组成、结构、变化及其发展的历史；与此同时，也涉及水圈、气圈和地壳以下的“地幔”或更深部位。地质科学知识是通过不同性质的地质工作的实际而总结、积累起来的。进行专门性的地质科学研究和其它地质工作，主要目的在于搞清地质情况，了解和掌握地质规律，为

利用自然和改造自然提供必要的地质论断和依据（包括地质情况的阐明、矿产的评价、工程地质条件的评述、不同级别的矿产储量数字以及各种基础地质资料等），从而为我国的国民经济建设、国防建设和科学文化建设服务，促进社会主义现代化的光荣事业。

地壳是一个极其复杂的研究对象，它的不同组成部分或单位（矿物、岩石及其不同规模和性质的组合体，如矿床、地层、地质单元等），不但具有复杂的物质成分，不同的化学性质、物理性质和各式各样的结构方式，而且在漫长的时间和广大的空间内，又都受到了实质上是一系列物理作用、化学作用甚至生物作用相综合的地质作用的影响，不断地发生着错综复杂的物理和化学变化。这些作用以及它们所呈现的各种地质现象之间，存在着互相制约、互相联系、互相转化的关系；其经历的时间之长和活动的空间之广，而尤其是时间方面的因素，在现阶段，往往不是人们在实验室内所易于模拟的。它们的发生、发展和演化的规律，除具有普遍的特点之外，还常有一定的时间变异性和区域特殊性，因而不同地区具有不同的地质特征，蕴藏着不同种类、成分和规模的矿产。地壳中除了保存着各种地质变化的遗迹之外，还记载着生物的演化和同位素的蜕变等等其他科学方面的珍贵史料，它是在38亿年以上或40余亿年内所进行的一系列复杂运动的结果，而这个伟大的运动现在还在继续进行着。我们现在所能直接观察到的，还主要限于接近地表的这一小部分。地表以下更大深度的地质现象和地质作用，目前还只能通过地球物理等探测技术，来进行间接的推测和研究。

地质科学是对地壳和各种地质体（其中包括矿产和地下水资源）以及有关地质现象、地质作用，进行观察、描述并

从事科学试验、鉴定、解释和推理的一类科学。在工作过程中，除了地质科学技术以外，还需要根据具体情况，应用其他自然科学如物理、化学、数学、生物科学的知识以及许多有关的技术方法和手段（包括物探、化探、遥感、电算和探矿工程等等）。它们所研究的自然现象较物理、化学等科学的研究对象，具有更大的综合性。和物理、化学等基础科学比较，地质学的地域性和历史性较强，只有根据足够的实际资料，特别是足以充分说明空间和时间变化因素的丰富资料而总结出来的地质理论，才能有较广泛的适用性。一般来讲，地质科学研究，不能“栽培”、“饲养”它的研究对象，这是和某些生物学科不同的地方；一般也不属“制造”性质的科学活动，就是实用性最强的“矿山地质学”也不例外，这是和许多工程学科不同的地方。看来，在地质科学的不同科门中，是难于应用划分数、理、化、生物等基础学科和工程学科等技术科学的标准，来严格区别基础学科与技术学科的。当然，在实验地质学工作中，有关的地质学家也要进行不同地质作用的模拟试验，如矿物学家的矿物合成试验、岩石学家的成岩作用试验、矿床学家的成矿试验等等，但是，矿物人造晶体的制造或工艺用岩石的铸造，已属工艺学范畴，不是地质科学本身的工作。

上述这些地质科学的特点，决定了一般的地质科学工作，必须通过一定比重的野外实际工作，配合相应的室内研究工作，以及采用“重点深入，全面了解”的点面结合的工作方法，来完成它的任务。室外加上室内，构成了这个工作过程的有机整体，室外工作的宏观比重较大，而室内工作则微观比重较大，两者密切配合，起着互相验证和反复提高认识的作用。它们构成一个观察、记录（包括制图）、采样、初步综

合、试验分析、总结提高以至复查验证的完整过程。地质科学研究的过程，以及一切地质工作的过程，在实质上都是对其研究对象的一个综合性调查研究过程。因此，在工作方法上，地质科学和若干的基础科学也是有所不同的。地质科学研究必须与实际的生产工作密切结合。

从最近期间内的发展情况来看，随着有关生产事业的不断前进，不同地质工作中大量新技术、新方法（如不同的地球物理勘探方法、地球化学探矿方法，六、七千米甚至上万米深的钻探技术，同位素地质方法，航空以及遥感地质方法等等）的采用，物理、化学等基础科学不断取得新的成就并越来越多地应用于地质科学，加之地球物理、地球化学、数学地质、宇宙地质等地质科学中边缘学科的进一步发展，不但推动地质学更快的发展，地质科学的工作方法也经历着不断的革新。所有这一切都说明，不但地质科学能进行观察、记述的空间和时间的范围日益扩大，所取得的更为精确的定量数据日益增多，大大提高了叙述的准确性和地质科学中实验、模拟试验的比重，从而有可能更为正确地预测地下矿产资源的分布以及解决人类向地质科学所提出来的其他重大问题。同时，生产实践不但供给了大量的科学资料，并且为许多地质理论提供了反复实践和验证的机会，为一些重大地质理论问题的解决提供了可能。所以说，地质科学正处在一个新的发展和变化阶段之中，处在一场重大革命的前夜，让我们张开双臂，热情欢迎这场革命的到来吧。我们正是从迎接地质科学革命的高度，来看待及时掌握世界地质科技发展动态的必要性的。

地质科学及有关地质工作 今后的一些动向

程 裕 淇

决定地质科学和地质工作动向的因素

决定因素有三点：第一，决定于整个人类社会发展的实际需要；第二，决定于人类社会生产中的大量综合性地质科技资料的积累程度及其综合研究的程度；第三，决定于整个科学技术不断发展的情况。第一方面是需要，第二、第三方面是可能性。只考虑需要，而没有估计到可能性，科学技术工作难以按计划实现，发展动向的估计，也将变为不能“兑现”的空话。

从第一方面讲，有两个问题：一是人类社会对于矿产资源和能源的需用和要求；二是由于人类社会的演进和工农业等不断发展所引起的一系列生态平衡的破坏，以及一系列的环境地质问题的日趋严重。

第二方面可以高度概括为“地质研究程度”。主要是接近地球表面的新资料、更深部位地球物理等新数据的积累，和根据这些资料进行综合研究后所形成的大量的各种图件、报告、论文、论著，以及建立在这些资料基础上的科学论断、新观点、新理论。就地学范围来讲，各种各样的地质报告和原始图件，恐怕是反映客观实际的更直接、更重要的资料。

第三方面的因素，要考虑到诸如宇宙飞行仪器、海洋勘探手段(包括地球物理在内)、深钻技术的进展和包括电子探针、离子探针、各种波谱仪器在内的各种测试仪器、各种地球物理探测仪器与电子计算机等技术的日益完善，及这许多技术的综合应用于不同性质的地质工作后，有可能取得的新数据、新资料、新认识，和形成的新观点、新理论等等，以及可能开辟的地质工作和地质科学的新领域。

由于这三方面的因素，促使地质科学调查和研究的深度和广度日益增加，不断加深了我们对地质科学研究对象的认识和对有关的科学规律的掌握。具体说：(1)在空间上不断向纵深发展：从地表经地壳到了地幔的不同“层位”。从陆地向海洋发展，到达许多未知地区和领域，宇宙地质知识也日益增多。(2)时间上认识的扩大与加深：如对38亿年以前的地质情况的进一步了解和35亿年以前底栖微生物群的发现，大大延长了人们对地球历史的了解，同时对人类社会最接近的一段时间(第四纪)的研究也更详细了。(3)我们有可能对于更多的地质现象，作必要的解释，进行更深入和本质性的研究(如分子古生物学的研究)，而且观察得更为细致，描述、记录和测验得更为精确，并取得更多的定量数据。(4)不仅更多的地质现象和作用的模拟和实验成为可能，而且实验的条件进一步提高了，也就是说，达到更高的温度、更高的压力。(5)板块构造观点和有关理论得到补充、修正，它们在地质学不同分支科学中的应用和解释不断扩大。(6)更有效地了解和掌握一定地区内地质体在时间上的发生、发展和空间上的分布变化等规律。

地质科学的具体动向

一、海洋地质将进入一个新的阶段

(1) 海洋深钻计划将进入一个新的阶段。国际海洋钻探计划已经进行了一个阶段，还在继续进行。现在正设计一条吨位比以往更大、性能更好、达到更深的海上浮动的实验室，可在几千米深的水下再钻透几千米。这项工作进一步开展后，洋壳的秘密将进一步被揭开，人类关于石油开发的边界也会进一步扩大。位于大陆坡底的巨厚沉积层的秘密也将进一步被揭开。

(2) 利用潜艇进行海底观察。到目前为止，自给式潜艇观察深度局限于3000米，正在设计的一条船，观察深度可达到6000米，也就是说除了少数特别深的海沟以外，其它海底的主要部分都可以去进行观察。因此，今后将不象以往那样，只根据陆地上沉积盆地的一些资料来推测海底的臆想情况，而是可以根据大量的海底的实地观察进行分析推断了。

(3) 大洋底下的矿床与成矿作用问题。首先是含铜、镍等金属的锰结核，近几年来已经做了很多研究；今后对其形成条件、经济价值和开发问题等研究工作都将继续进行下去。成矿实验、结核的一系列地球化学问题等等，很多的奥秘等待我们去揭示。

另外，前些年对红海底含矿卤水的研究，和最近在大洋某些地方看到正在发生作用的含矿热液现象及其进一步探索，结合深海钻探和潜水观察计划的实现，必将导致在大洋底部更多的地方，发现类似的或其他的还在进行着的不同的海底成矿作用。

(4) 岩石圈动力学和演化研究。将要进行的岩石圈动力

学和演化计划，包括了对大陆边缘岩石圈的研究，使海洋地质学同比它更复杂得多的大陆地质学更好地结合起来。人们有可能对整个地球（包括地壳）进行了解，不象以往那样主要局限于陆地观察到的东西，并以此推测古代海洋的一些情况。

最后，由于从上述各方面对海洋的演化进行了研究，加上海上石油地质与地球物理工作的进一步发展，必然会提供更多的海洋地质资料，使得我们从第四纪海洋地质开始的探索，现在已经经历了第三纪而向中生代发展了。

二、陆地仍是地质人员活动的主要场所

（1）岩石圈动力学和演化计划的开展，将加速对陆地地质的深入了解。这个计划包括三个方面：岩石圈的现状，正在进行的过程及有关的构造活动；岩石圈的起源和演化；有关地球内部的理论和实验研究。就我们国家来讲，中法喜马拉雅合作研究项目，从1980年开始到1982年结束，在我国以往工作的基础上，其工作成果将对世界上最高的高原——青藏高原的形成和演化提出新的认识。

（2）深钻计划。国外正在考虑搞一个大陆的深钻计划，假如得以实现，将进一步更直接地揭露地下秘密。据了解，苏联钻探最大深度已超过一万余米。

（3）陆地上区域地质成矿的研究，也必然会揭露出不少秘密。我国当前特别强调从成矿带、成矿区的区域地质发展历史的全过程出发，再按不同的成矿时代研究区域成矿的规律性，尤其是不同地质背景下形成的矿组或跨矿组的成矿系列的发生、发展规律，不仅有可能为一定地区的矿产预测工作提供科学依据，也将不断丰富区域成矿规律学的知识。

（4）南极的研究将进一步取得进展。这将弥补欧、亚、

非、美、大洋诸洲所积累的地质资料在空间上的局限性。

三、地质学的研究对象已推及很多的宇宙空间

目前,宇宙空间的研究对象,已不仅是月球地质的问题,而是对火星等以及有关卫星所进行的很多宇宙空间地质的观察。现已发现,火星上有与地球所习见的许多大的断裂带;水星上有很多地层的大滑动,因此造成和地球相似的山脉现象;在一些卫星(如木星和土星的卫星)上,明显地看到火山活动和喷发的现象;另在三个卫星(木星的卫星)上面,看到被一层一定厚度的冰所覆盖,因此推断有可能存在着一种有利于生物存在的现象。

四、加强矿产资源和能源工作以适应人类发展的需要

能源矿产和其他矿产的研究与开发,将向海洋甚至南极发展。海洋中的矿产资源,除上面提到的锰结核等金属结核和从海水可以有效提炼的许多元素和矿物质以外,海洋石油的普查勘探和开发,以及有关的一些地质规律的总结,也一定有很大进展。南极的煤不一定会很快地开发,但研究煤系地层和煤的工作还会有人进一步去做,那将补充与丰富世界范畴的煤田地质学及有关知识。此外,根据实际情况和统计资料,除了石油、煤以外的全球非金属矿产的总产值,仅次于油和煤,而较金属为大,把非金属矿产作为许多国家的工业原料,看来还要发展。我国也是这样。而且,不光原有的矿产及其新用途的发现,必然还会找到以往人们认为无价值的岩石和矿物的非金属原料。由于这些矿产资源用途的发展,必然导致测试技术和综合利用技术的发展,也会导致一些矿物物理性能的测试技术的发展。此外,核能的发展,对放射性矿产成矿条件的研究,肯定会得到进一步加强。这一切,都将促进整个矿床学和成矿试验的大大发展,也将促进有关造

矿、加工技术的进一步发展。

五、环境地质工作进一步发展

首先，环境地质的调查研究工作，将会带动有关的测试技术，如水、土、空气里一系列微量元素、化合物、气体，甚至同位素等的测试技术的进一步改进，也将导致基础地质作用的进一步深入研究。其次，为了保护环境，要采取相应的一些措施，进行相应的研究，造成污染以后要研究怎么解决。再一点，就是对自然灾害的调查和掌握，预防、预报和防护措施等，其中包括火山爆发、地震、滑坡等。

六、区域地质特征研究的继续加强

由于区域地质成矿研究的需要，必将进一步加强区域地质的综合研究，并促进有关学科的发展。比如说，对沉积盆地所进行的全面综合研究，将进一步促进沉积学的发展；对变质岩地区所进行的变质岩层、变质岩带的研究，不仅是岩石学的问题，而更多的是变质地层形成的地质背景、构造背景等问题，这将涉及变质岩层的形成和演化、变质作用的特征和形成条件等研究课题，从而形成变质地质学的整体概念；火成岩发育地区的区域地质研究，也会导致有关岩浆作用的一系列研究，并总结出一些区域岩浆活动的若干规律性认识。

七、新技术方法的进一步采用及其与细致深入的野外工作的有机结合

今后，地质工作必然会应用更多的基础科学知识（如数学、物理、化学等等）和更多的新技术、新方法，包括各种实验地质学的实验和研究，但是，只有在同深入细致的野外观察有机结合的前提下，才能取得更多更好的成果。国际地科联前主席杜伦佩这样说过：“计算机的应用正在扩展，正在科技界占有更大的比重。但最终来看，计算机输出的质量

仍然决定于所输入数据的质量，还要靠把问题转化为公式的才能”。他又说：“我们不应忘记，地质学的发展要立足于地面工作，立足于耐心地、勤奋地收集扎实的资料。地质填图在地面工作中占有重要的位置。如果忽视了地质填图工作，那么对地质科学来说将是一个可悲的信号”。看来他同我们的认识是一致的。我们必须意识到，不论在国内、国外，都可能有片面强调采用新技术新方法而忽视细致、扎实的野外基础地质工作的偏向。

当今地质界一谜：恐龙为何绝灭？

在距今六千五百万年前的恐龙大规模死亡了。当时正值白垩纪结束和另一个地质时期老第三纪开始，雄霸地球达一亿六千万年之久的爬行动物恐龙，在很短的时间内便遭到了“亡族灭种”的厄运。恐龙何以会突然从历史舞台上消失呢？至今众说纷纭，莫衷一是。

一曰“海水变淡论”。在七、八千万年前，北冰洋曾经变成一个孤立的内海，由于雨水的下降，北冰洋的咸水被冲淡。距今大约6500万年前左右，北冰洋发生缺口，较冷和较轻的北冰洋水流入较暖的大西洋，在大西洋较重的海水之上形成一层冷流，从而导致水温大大下降，于是很多海生动物陷入死亡的绝境。较冷的海水又使空气变冷，蒸发量下降，陆地雨量也随之锐减，干旱促使陆地动物趋于灭亡。

二曰“气候变化论”。深海钻探揭示，6500万年前海水和气候都比较高。当气候高出恐龙等动物体温时，由于它们的身体不能散热，雄性的生殖系统受到破坏，精子往往无法存活，因此导致恐龙断宗绝代。也有学者认为，由于气候变热，雌性动物荷尔蒙受到影响，导致蛋壳变薄易碎，胚胎不能发育。

三曰“星体碰撞说”。由于小行星与地球碰撞，这样产生的灰尘和石块遮天蔽日，地球长时间处于黑暗之中，光合作用停顿，地球上生物的食物链受到破坏；也有的说，碰撞后大气发生变化，大量紫外线穿透大气层，或者由外星体带来铂族金属铀或氧化物等有毒物质，从而杀绝了恐龙和其他微生物。

迄今为止，各种说法都未获一致赞同，有的科学家认为，恐龙的绝灭，很可能不是单一原因引起的。

(璞)

当前国际地质科学的发展动向

地质部情报所

国内外都有许多人在议论“地质科学的革命”。对当前地质科学技术的发展，究竟怎样评价，是不是可以称之为“革命”，人们正在探讨。

纵观近20年来地质科学技术的变化，确实处在一个“革命”的大发展时期。

地质学的一些传统概念广泛受到冲击

近20年来地质科学的发展，突破了长期以来所形成的一些传统观念。

基础理论方面：在大地构造学说中，一直占统治地位的以地壳垂直运动为主要依据的地台—地槽学说，受到了板块学说的严重挑战；在沉积学中占统治地位的机械沉积分异学说，受到了浊流沉积和等深线流的独特沉积作用的巨大冲击，认为沉积作用和沉积产物的形成，不只是由浅海的简单机械沉积分异的结果，而且受着洋底地形、洋流、古气候等多种因素的影响；花岗岩都是深部岩浆分异的传统概念，受到了冲击，认为大部分花岗岩是由花岗岩化，或者是大陆壳重熔岩浆形成的理论，得到了广泛赞同；地球上火山活动比较有限的概念已被否定，现在多数人认为地球历史上的火山活动，特别是前寒武纪的火山活动是十分强烈的；过去认为没有超基性喷出岩的观点，现在也由于发现了科马提岩而受

到了冲击，变质岩主要是与内生作用有关的传统概念，受到批判，现已公认大量的变质岩的原岩是沉积岩和火山岩，并产生了变质相、变质相系和相组、相带的概念，在地层学方面，以全球性的构造变动（不整合、假整合面）和古生物带确定层位同时性的概念动摇了，提出了以界线层型剖面，做为划分地层的原则，在地质学方法论上逐步发展了模拟实验方法，取代了莱伊尔提出的现实主义原则。

在矿床理论方面，成矿模式的研究，成矿系列的研究和层控理论得到了广泛赞同，使传统的内生岩浆热液成矿学说受到很大冲击。

所谓成矿模式研究，是在深入解剖个别矿床，特别是典型矿床的基础上，力图从本质上掌握矿床形成的过程，掌握控制矿床形成的地质条件和因素，从而对某一类矿床的形成进行统一理论解释，目前国外已提出多种矿床的成因模式，所谓成矿系列研究，是指在特定的成矿区内，各种矿床之间，受着统一的地质作用的控制，可以互为指示标志，如含油气盆地中，油气、石盐、自然硫和某些金属矿床之间的一整套成矿系统的研究和解释。层控理论在找矿工作中取得了特别明显的成效，普遍认为许多重要的铁、锰、有色金属、稀有金属、贵金属和放射性金属矿床都是层控的。

区域地质调查取得新进展

当前地质调查的一个重要特点，是开展了区域性，甚至是全球性的研究。海洋地质调查的全面开展，特别是对深水盆地的调查研究，使地质学真正成为地球科学，是板块构造理论、沉积理论、某些矿床成因理论取得重大进展的基础，航天遥感技术，把地球作为一个整体进行了观测。现正把激

光技术应用到航天遥感观测中，高精度卫星激光测距仪，在 8 千公里的范围内测距精度达 1—2 厘米，可以用来观测地球的微形变、区域断层移动、地球自转速度、地极移动和地球固体潮的详细数据；许多国家都加强了综合调查研究，编制剥去第四纪沉积的基岩地质图，剥去沉积盖层的基底地质图和深部地质图；在系统的区域地质调查基础上，正在进行全球性地质对比，对绿岩带、蛇绿岩套和一些全球性成矿带的研究也大大深入了。

地质技术方法大革新

20年来在地质工作中大量利用了当代科学技术成就。发展了对全球进行快速观测的遥感技术；在物、化探工作中广泛采用了电子技术，最近又发展了地震地层、三维地震等先进技术方法。加强了各种地球化学晕形成机理和易挥发组份晕的研究；在岩矿测试工作中，采用了电子探针、离子探针、核磁共振和穆斯堡尔效应革新的波谱技术，等离子源和原子吸收光谱技术；电算技术已在地质工作中得到广泛应用，可以进行自动绘图、自动编图、成矿条件和地质条件的类比分析、地质作用过程的数字模拟等大量工作，随时提供所需要的各种数据和资料，实现了地质资料汇编工作自动化，近年来，还进行了人机联系、模式识别等新技术的研究。

（根据地质情报所在一次会议上的发言摘编）

1976—1980年地质学：

趋向、发现、失败

R·杜伦佩●

国际地科联即将离任的主席要讲一讲过去四年来地质科学中最重要的部分，这已经成为一个惯例。我请教了很多著名的同事和朋友，请他们谈谈在最重要发展方面的意见，这些答案来自62位同事。

板块构造学继续在地质思想领域占主导地位，板块构造已变得更为严格和更为周密了，它的简单的原始模式则需要严重的修改，努力把相对简单的海洋地质和复杂得多的大陆地质结合起来。

根据国际太平洋钻探和水下潜水器中的观察，对大洋中脊的性质进行了很多研究，有11个通讯员提到，一个最引人注意的发现是在格拉普高斯海隆和东太平洋海隆中都存在一个正在产生热和含矿水的冒烟管。那里有大量的蛤、蟹和螺丝等奇特的动物群，它们是靠硫磺细菌繁殖的，从而反映着一种奇特的和出乎意外的生物群落环境。这些不仅对扩张轴的作用提供了一个深刻的解释，而且说明在洋壳和海水之间存在强烈的相互作用。结合以前在红海发现的含金属的卤水，指出洋底就是矿物的一个重要的原始来源。

再来看板块构造的另一端的情景，消亡带似乎要比以前

●R·杜伦佩是第二十六届国际地科联主席。

设想的复杂得多。理论上假设的增生楔形体在日本海沟好象不存在或者微弱地发育。许多弧后盆地的张性体制仍有待于一个一致的解释。关于硫化矿床和俯冲带大陆一侧的张性体制有关，而斑岩铜矿则与压性环境有联系的意见，值得进一步研究。

实际上不存在面向西的岛弧，在扩张和消失的速率之间存在明显的矛盾，还有欧亚和北美西部之间清晰的板块边界的不存在，这些异常现象，仍有待于合理的解释。

在过去四年中另一巨大奇迹是沿着北美西部边缘存在着不均匀的强烈位移和转动的地壳碎块。从它们包含的动物群和植物群可以很好地证明他们是外来的。一些长期被抛弃的观点，例如边缘陆块说，甚至太平洋大陆说将会再次出现。

1974年，首次出现的所谓能源危机问题，激发了在大陆架海面地区进行广泛的勘探。北海提供了一个突出的例子，说明裂谷作用和海盆沉陷之间的相互作用。法国队在比斯开湾的发现导致了对平缓的凹曲断层的重新认识，说明地壳的延伸和变薄先于大洋的打开和经典的扩张机理的开始。

17个通讯员提到COCORP深部地震战役的结果，是1979年的一个突出发现。在怀俄明州威恩得河流域的下面存在一个中等倾斜的冲断层，这条断层直达地壳的下半部，还有在南阿巴拉契山脉山前地带和兰岭下面，有一平缓的向东倾斜的冲断层。这些对我们来讲都是意外的，就象我自己就不相信地壳在15公里或更深一些的地方会发生明显的破碎型形变。同时，借助于地下古温度计和古压力计的巨大进展，阿尔卑斯型山脉的工作正集中在对温度和压力随时间演化的分析上，包括构造地质学和非常规地质年代学等多种方法的结合正在取得有希望的成果。古地理或古构造的再造工作正在越来越

多地被利用。

板内构造的重要性正被越来越多的认识到——板块本身正象板块构造的模式一样并不是一成不变的。很多学者都对地质学着了迷，特别是青藏高原，它对大陆构造及与其有联系的地震学正在证明是一个突出的检验地区。和中国的伟大的地球科学团体恢复科学接触，是四年来最幸运的事情。

应用空间技术的现代大地测量已成为直接测量板块运动的新工具。

高温高压实验使我们对岩浆成因的认识建立在更为牢固的基础上。地球物理和地球化学的结合正提供地幔分异过程的新认识。挥发物、水和二氧化碳的作用已受到重视，沉积物的俯冲就象一个主要的运输工具，使地幔再次充水。

一个主要的发现是不仅在地壳，而且在其下面的地幔都存在显著的侧向非均质性。在洋底、大陆克拉通和古造山带之下的地幔都有显著区别，甚至在这些单元的一个之内也如此。此点已由同位素研究，特别是原始锶和钕同位素的研究，还有地震解释所证实。板块记录了它本身的历史，有可能追溯到它们的太古代成因。另一方面，新的板块构造必须放弃坚硬的岩石圈板块的古典的模式，也就是说大约10到130公里厚的岩石圈在一个均匀的软流圈上逍遥自在地漂流的模式。

在地壳和地幔中地震低速层的侦查已取得相当的进展。它们也代表强度减低带。大地构造和岩浆形成作用不但比以前设想的深一些，但也不算太深。

七十年代后期的一个特点也许是动力学方法应用于地质作用。地幔演化的某些周期性可能是存在的。它可能反映在

海平面的升降运动上，其惊人的幅度和同步性只是现在才变得明显起来。通过精细的地震工作，成功地在世界许多盆地和大陆架地区建立了详细地震地层学。

深海钻探中不断提供丰富的资料，关于海洋和陆地地质知识之间的脱节现象已进一步减少。现在的兴趣已集中在某些事件，例如缺氧期和特别是诸如白垩纪和古新世、始新世和渐新世之间的界线。由于在相当于这些界线上存在一个几乎是普遍性的缺失或者至少是缺少碳酸盐沉积，导致了各种多少带有冒险性的假说的出现，包括了超新星的爆炸和流星的陨落等假说。灾变说大大的隐现在今天地质学家的脑海里，10年以前，我们已经离开均变说走得很远了。

沉积岩的年龄测定工作已经大有改进。一个元古代的生物地层表似乎变得可行。化石已不再作为一个孤立的种来考虑，而是作为群体的一员，它可以记下环境的变化，从而也可以作为一种记时器。从晚白垩世到新生代，特别是从晚第三纪到全新世的间隔可以细致地加以划分，一直划到100万年甚至10万年的间隔。钾氩法已经可以用于较为近代的地质年龄测定，而 ^{14}C 法已经可以用于更古老的地质年龄测定，从而在标志着人类出现的关键缺口架起了桥梁。

近几年来最大的进展还应提到古海洋和古气候学。稳定同位素，特别是 ^{18}O 和 ^{13}C 对气候和水化学变化提供了一些最重要的线索，这些变化看来要比目前设想的更频繁和更强烈。

在外层空间，在这四年中木星的卫星提供了最活动的图片。木星有水，有构造形变以及有JO卫星的猛烈的火山喷发。随着对这些陌生星体的探索，我们希望对地球的早期演化学到更多的东西。

这些可能就是从25届地质大会以来一些最引人注意的发现和进展。这些成就是靠各种不同方法的应用而获得的，而且几乎都是采用高度发达的技术。各个领域中新数据的巨大洪流使电子计算机的应用成为必不可少。

当我们庆祝那些惊人发现时，我们不应忘记地质的发展要立足于地面工作，立足于耐心的、有眼力的收集扎实的资料。地质填图在地面工作中占有重要位置。如果忽视了地面工作，那对于我们的科学就是一个可悲的信号。许多漂亮的地质图开阔了我们对地球表面的知识；我们应该提到的例子是中国的一些地质图、南美构造图和由CGMW编制的表示海洋和大陆地质的新图幅。

谈到失败的方面，地学界没有能够对于处理有毒废物、放射性物质和其他方面达成预防性的协议。同样地，关于将来能源和资源短缺的问题上，地质学家未能去“叙述他们的无知的本性”。地球的资源是有限的。

可以说这四年来已经目睹了科学有成效的发展，许多新的方法和一些新的观点已经问世。现在有一个明显的趋势就是修改模式去接近事实，而不是歪曲事实去符合预想的模式。为了有效地解决这些问题还要走很长的路程。

（杨尔煦译，王可南校；莫柱荪改译）

八十年代的地质学

欧仁·塞博尔德●

在开幕大会上，杜伦佩教授对过去几年地质学的进展作了一个精彩的和全面的评述。这使我的任务——讨论未来几年的趋向——容易很多。我只要将他的陈述引伸一下并加上一些改进了的方法就行，我是确信绝大多数引伸是真实的。将要在莫斯科（下届国际地质大会将在莫斯科举行——编者注）出现的真正动人的新方法和新成果是显而易见的，它们在今天还是未知。和神学家的向前看和向上看刚好相反，我们地质学者被训练成向后看和向下看。

我们和杜伦佩教授一道向后看了四年。26届国际地质大会作为一个整体向后看了一个世纪（1980年是国际地质大会成立100周年纪念——编者）。

一个人向后看也要向前看，地质学对于人类的未来有着越来越多的责任。我们需要更多的科学。

1. 构造

我们原则上相信现在是过去之钥匙。现在的矿物和岩石以及它们在空间的排列是我们要了解所有岩石的钥匙。

什么是我们在最近的将来要解决的最重要的问题？我要将八十年代地质学的讨论留给较年青的同行，我们需要更多的事实去了解这些是怎样，特别是“有多快”在形成和已经形成的。许多岩石作用并未达到物理—化学平衡。因此，在

●欧仁·塞博尔德是国际地科联现任主席

矿物和岩石的动力学方面，有多得多的研究工作要做。两者都是在变化着的压力和温度条件，连同变化着的负水(H_2O^-)和 CO_2 含量之下形成的，变化的速度决定着矿物的形成和幸存，因此，“有多快”(Howfast)对于岩浆的侵入和冷却，地壳的上升和下降，膨胀和收缩，以及沉积物及其生物内容的埋藏，应是一个连续的问题。

离子探针应从矿物和岩石给我们一些新的答案，新的压力计将应用于自然的高压岩石上。对于较大的单元如地块、褶皱、造山根、板块的形成和形变速率也应有较好的了解。

聚敛板块边缘是目标——甚至抱有试图预告自然灾害的希望。板块X连同这些所谓被动的大陆边缘提出令人迷惑的问题：究竟只有海洋部分是活动的呢，或者一个中年的大陆地壳只是被动的，或者应力和应变是怎样跨过海洋一大陆边界的？还有边界，诸如海—海底或海—陆边界，仍是首要的问题。

2. 演化

我们猜测着地球的最早阶段，但从行星及我们的姊妹月球来的迷人的图景和结果越来越限制了(我们的)猜测。种种术语和作用诸如增生、岩浆海洋、原始地壳、分凝作用、轰击作用、月球上被消化了的花岗岩、火星和金星的初始的板块构造等已为地质学家所熟知，而且可能有助于侦查我们首次的克拉通核心。进一步的高温高压研究，对于了解这个年青地球的去气作用以形成气圈和水圈可能会提供线索。而气圈和水圈的形成，是更好地描述生物的演化及其生态危机的先决条件，而后者则是约在20亿年前随着从一个富于养料的原始海洋过渡到被氧气污染的海洋，光合作用的出现而引起的。有希望的是，化学古生物学利用分子化石，利用显微发

现，可以用来重建从蓝绿藻到真核单细胞绿藻以及到后生动物、一直到使古典的古生物学家和年青的采集者如此喜悦的有机硬质的发明的进一步途径。这种喜悦是基本的。因为它仍然是下几代地质学家的一个宝库。

因此，让我们放下前寒武纪而谈谈200万年的时期。板块构造是否永远是一种以同一方式的俯冲？要重建“消失在山脉中的海洋”，要用古地磁去阐释以前的大陆及其碎块的古位置。

前二叠纪古地理演化的全球方案将被继续讨论，地方分区的集中研究在完成高级秩序的难题上可能是最有效的，植物和动物区导致古气候，沉积盆地连同它们的不同碳氢化合物导致古环境，在时间和空间上成矿区是进一步找矿的基础。直到现在我不提地幔，为的是它的窗口的深度对于一个正常的地质学家来说是难于理解的，也许有一个地幔分区的存在，从而解释了地化异常，如少数的锡集中区。

我们绝大部分洋壳都老不过最早的哺乳类。它和海水的反应、冷却作用、沉降作用、年龄的测定以及因此而起的变化，不仅对于地球科学的硬岩学者，而且对于“软的甚至是湿的家族成员”都是一种继续的追求。漂移是必需的，而且也进一步俯冲——甚至对于新的岩石圈计划也是这样。

凭着地层模式化及其他办法，我们对于海退和海进有较好的理解，它们的幅度，周期性，以及最后它们的原因和沉降着的洋壳的升降是如此密切相关，我们最后应能将深海和陆棚海的地层学结合起来。所有这些将会是一个真正科学的地层学的开始。

我们期望地球海洋船“挑战者”号及其他深海钻井透视到过去之中，在80年代将和70年代一样被有效地利用。

最后，现在全球的海洋从而也是大气的气候，正受到南极冰帽及北方冰川的轻微影响。

就现代而言，它的序曲是在大约1500万年以前，而又大约在300万年前已开始。越接近现在，我们的日历越正确——更新世有几千年，而且有时甚至在缺氧的盆地沉积中还会有年度记录，在树木，珊瑚或大的软体动物的年轮（生长环）中，越接近现在，我们就越能将地质发现和古气候及古生物地理学的力量和原因加以联系。

这种较好的理解又可能成为预测的基础，特别是关于未来的气候，但我对于下一个4年是一个悲观论者，我只有十足的勇气预告，巴黎和华盛顿之间的距离将增加约10厘米。

3. 应用地质

我们对未来的能源供应的重要部分负有责任。我们确信用改进的或新的方法能够保证找到更多的油、气和煤。但我们知道，大自然需要大约1百万年或更多的时间去聚积仅够我们目前一年之用的石油，要为我们的后代子孙留下“好运气”！

我们觉得对金属和非金属原料的供应负有责任，非金属原料目前在价值上已超过金属原料。

从遥感技术、同位素地球化学来的新方法将会增加，也许我们不仅要绘制地面图而且要绘制50或100米水平以下的地质图。因此，我们也需要应用的科学，地质学是从肮脏的和灰尘满地的采矿事业中成长起来的，但向前看再有两点：

——我们觉得对其他资源如土壤、水、空气和局部对全球环境的关系负有责任。

——我们觉得对最重要的资源即人力资源的发展负有越来越多的责任，要尽最大努力在所有水平上和所有国家中培

养地质人材。

许多新的任务和新的领域在等待着我们，和别的科学一样，我们必须学会和非人间的领域打交道。光年和 A° 代替了英尺。万万世 (Aeons) 或微微秒 (Picoseconds) 代替了季节或世代。

在其他方面，新的讨论等待着我们，地质学也成为一门大科学——不只是深海钻探或潜水以及我们所期望的大陆深钻，我们也需要地壳实验室和太空实验室。

然而，有些地质学家冒着越来越多的风险去依赖数学、物理、化学和其他的盲人，而放松了和新鲜的空气、咸的海洋、脏的露头、五光十色的薄片、不显眼的化石接触。

回到我的开头话我倒要重复一下，地质学是年青的和永无止息的，正如我们的地球、火山、地震、瀑布、山崩、海潮这些明显的例子是永无止息的一样。

我们学会了预告我们地球在空间的位置，我们终将能学会预告一些灾害。然而，我们的基本问题的绝大多数是我们年青的科学解决不了的，而只能用新的观念和方法，并结合进一步的边缘学科和国际合作来解决，用法国话说：

“伟大的品格也许首先是团结全人类。”

(莫柱荪译 本书有删节)

构造地质学动态点滴

李 雪

走向国际合作

构造地质学作为地质学的一个分支学科，在现代地质学发展史上起了重要作用。无论在国际和国内，构造地质学界都是思想活跃，学说纷起，名家辈出，真正形成了百花齐放的局面。但是，一直到二十世纪五十年代末期，它才从基本上是各自为政的状态，逐步走向国际合作的阶段。这就是1959年到1960年的国际地球物理年，1960年到1970年的国际上地幔计划，1970年到1979年的国际地球动力学计划，以及1980年开始的国际岩石圈动力学和演化规划。此外，还有一些专题性质的国际协作和双边计划。这些计划执行的结果，取得了前所未有的巨大成果，把构造地质学推向了一个新的水平。

国际地质大会第二十六届会议中，构造地质组是二十个专业组中比较活跃的一个组，宣读的论文也较多，约占大会全部论文的十分之一，还不包括有关学科（如地球物理学组）的论文在内。这些论文虽然不能完全反映构造地质学进展的全貌，但还是反映了目前的发展趋势。这个趋势反映是多方面的。

板块构造学说登陆了

板块构造发展很快，但是，把它的理论应用于大陆构

造，还是近几年的事。国际二十六届地质大会上，有大量的论文以板块构造学说为理论基础，讨论了世界各地的阿尔卑斯造山带。涉及的地区包括奥地利、巴尔干半岛、土耳其、捷克斯洛伐克、高加索、阿拉伯、非洲地块、伊朗、印度、喜马拉雅、中南半岛、印尼等。主要内容是关于这些地区的蛇绿岩套、混杂岩、高温变质带和高压变质带的研究与划分，从而论证这些造山带的地层和构造演化机制，并在此基础上得出板块构造的模式。有的学者提出造山带是大陆板块和大洋板块以外的重要构造单元，它的宽达1000—2000公里，长达万里。这种长条形地区的活动性以1—2亿年计。活动的结果是岩石圈的破碎，形成叠瓦状岛弧和弧中盆地。划分这种构造单元是为了弥补板块构造学说最易受到批评的四个方面的问题：消亡带的总长度远远短于大洋裂谷的长度；消亡带切过裂谷，如太平洋，在裂谷平行于大陆边缘处无消亡带，如大西洋西部及印度洋东部，消亡带的产生及其地点。

新学说——等态论

为了避免海底扩张学说的缺陷，美国学者乌尔夫提出了一个新的大陆内部运动的假说——等态论。所谓“等态论”是指由于热量得失的差异所引起的上地幔体积和物态的变化，以及由岩石圈表面沉积和侵蚀所造成的压力变化。假定上地幔是由榴辉岩和上覆玄武岩所组成，则由放射性衰变所引起的增温，可以造成地壳的垂直上升。上升的幅度可达地壳厚度的20%。这一假说认为，西藏高原的上升所需的能量，用“等态论”解释，仅只所谓印度板块俯冲所导致的上升所需能量的一小部分。另外一些用板块构造难以解释的现

象，也可以用“等态论”加以严格地解释。如太平洋边缘地质的独特性、地震带的带状分布或穹窿状分布，海洋盆地的起源，火山作用以及变质作用等，都可以得到合理地解释。

巨大的近水平的冲断层

在美国西部落基山和东部阿帕拉阡山地区，都在深到25公里处发现了巨大的近水平的冲断层。这些水平冲断层使得前寒武纪的结晶岩逆掩于较新的地层之上，有早古生代地层被厚度为5—15公里的外来结晶岩地层所掩覆，面积可达250平方公里以上。这充分说明板内受到的巨大侧向挤压，其几何形态不同于垂直构造，可以作为大陆增长的一种模式。薄皮的冲推作用，可以把湿的沉积物带到地壳深部，形成低速层和高导层，并可成为地壳融熔的催化剂。

阿帕拉阡山脉深部的近水平逆掩断层的发现，意义十分巨大。根据研究的结果，认为这个山脉是平置于美洲大陆之上的，它逆掩了几百公里甚至一千多公里，使得这个山脉西面的整个地区伸入到山脉之下，直到美洲大陆与大西洋的边界之处。这也就是说，阿帕拉阡山脉之下，可能埋藏着深部的矿产和能源资源，虽然目前技术还没法采掘这些资源，但是将来有没有这种可能性呢？

阿帕拉阡山是地槽学说的发祥地，而地槽区又是垂直运动的典型地区。这里的巨大水平断层的理论意义无疑是非常重要的。

喜马拉雅构造

喜马拉雅地质是举世瞩目的研究课题，因为喜马拉雅山脉既是世界的屋脊，又是板块构造学说在陆地验证的关键地

区。从国际地质会议的有关论文看,取得的新认识大致是:①喜马拉雅山主要是由许多紧闭的、倒转的褶皱和缓倾角的逆断层、大型拉铺等所构成;②喜马拉雅山脉的构造发展是多旋回的,包括寒武纪的、加里东的或海西期的,主要是喜马拉雅期的;③南喜马拉雅的主轴带为显生宙的优地槽,其中存在着主轴深断裂,有厚达10—20公里的逆掩岩席,并夹火山岩,在有的岩席中发现了泥盆、石炭纪古孢子群,同时也有人指出喜马拉雅有冒地槽存在;④西藏大陆壳的双重厚度是由地壳下部通过古地中海于新生代的消亡而部分地熔化,结合主要造山作用于二叠纪及晚白垩纪时再度活动的结果;喜马拉雅花岗岩是由于地壳熔化形成,再生作用在这些花岗岩中起了重要的作用。

地球动力学问题

这个问题涉及到地壳运动的驱动力问题,水平运动与垂直运动的关系问题,板块边缘和板块内部的应力与应变问题,岩石圈的低速层与高导层问题、以及大陆地壳与大洋地壳的转化问题等等。目前,欧美学者多强调岩石圈的水平运动,苏联学者则强调垂直运动。值得注意的是新近提出来的两种动力学模式。

一种是法国学者提出的地球的演化动力学模式。他用同位素比值法作地质追踪,建立这个模式。他认为地球的初始对流体只有一个,但在30亿年前分裂成两个对流体。浅处的一个与板块的运动有关,深部的一个则与海洋岛弧的地幔源有关。上部对流体的继续分异,以缺少不亲和元素而形成大陆、大陆仍随时间而不断增长。深部地幔与地核进行交换,但随时间而减弱。

另一为苏联学者提出的重力分异模式，认为地核、地幔交界处以重力分异使重者下沉，进入地核；轻者上升，进入地幔，同时释放大量势能；最轻的物质则上升到地壳。这种分异作用可以在地壳下形成低速层和低密度层。积累了大量热能的地幔低密度层引起物质上升和岩浆活动，产生高山和洋脊。约 800°C 的热地幔与大陆接触，使玄武岩质层的玄武岩变成榴辉岩。榴辉岩下沉到上地幔中，导致地壳变薄而下陷，使岩石圈形成内陆海和边缘海；而另一部分上升物质则形成结晶岩地盾、稳定陆缘盆地和克拉通。在洋脊下，低速的和低密的地幔物质向两侧扩散，在海洋岩石圈内产生高应力，引起海底扩张和大陆飘移。

微 板 块 构 造

微板块大地构造的研究，主要借助于卫星照片、古地磁数据、同位素年龄、地热流的变化以及岩石化学成分等资料进行的。有人对特提斯区的板内构造研究，提出了板块体系的概念。即将板块划分为巨板块、板块、微板块和亚板块。并认为在中生代至老第三纪期间，特提斯属于欧亚板块的一个亚板块。有人认为在太平洋、印度洋和大西洋内都可能存在淹没了的地台，并提出在澳大利亚—新几内亚北面，于早二叠世时期，可能存在一个古大陆，被称为太平洋洲(Pacifica)。用地热流测量方法研究地热流和放射性热量的方向性变化，以推断微板块的发展历史，是一个新的方法，美国学者利用这个方法研究墨西哥微板块聚合问题，取得了成果。

微板块构造的研究，要求工作细致，数据丰富，对于板块构造学说由海洋进入大陆，并在地质科学的各有关学科，

例如矿床学方面的具体应用是个必要环节，并且可以进一步补充和发展板块构造学说。

地面地质工作仍很重要

在现代地质学研究中，由于新技术、新方法的采用，如数学、物理、化学、地球物理、遥感遥测等等在地质工作中的广泛应用，地质构造的研究进入了一个新的水平。但是，这并不等于说传统的工作方法已经完全失去了作用，相反，它仍然是一切工作的重要基础。因为新技术、新方法若不与野外的地质观察研究相结合，便不能详细地识别和划分地层，因而，也就失去了划分褶皱幕、确定构造作用的年代、鉴别断层关系以及探讨构造发展历史的依据。对此，第26届国际地质会议是十分强调的。正如地科联前任主席在开幕式中所说的，“不应忘记地质学的发展要立足于地面工作”，“地面填图在地质工作中占有重要位置。”“忘记了地面工作，对于地质科学就是一个可悲的信号。”现任地科联主席也提醒人们要防止因重视新技术、新方法而产生忽视地面工作的偏向。他劝人们不要冒越来越多的风险只依赖新的技术方法而放松了同新鲜的空气、咸的海洋、脏的露头、五光十色的薄片以及不显眼的化石的接触。可见，新的技术方法还不能完全代替传统的地质工作方法。地质锤、罗盘、放大镜这原始的地质“三宝”，仍未到退休的时候。

（本文主要根据中国地质代表团参加第二十六届国际地质大会汇报文集写成）

板块构造理论的现状与发展趋势

何 国 琦

60年代以来国际地学界兴起的板块构造理论已为我国地学界所熟知。通过参加26届国际地质大会，我们看到，这个学说确实是在地学领域中占主导地位的学术思想。国际地科联的前主席和新主席在他们分别所作的回顾与展望地质学的报告中，都围绕板块构造学说发表了见解。在反映地质学科前沿的五个大会报告中，有两个直接涉及这一学说；此外，大会不仅有板块构造理论的专题讨论，而且，许多专题，如大陆边缘地质、海洋地质、地球物理、岩石学、矿床学等等也都涉及这个重要课题。另一方面，我们也看到，板块构造理论还远没有达到成熟的地步，许多重要问题，甚至是基本的问题，仍然在讨论和发展当中。

现代板块边界的研究取得新进展

所谓现代板块边界，包括洋中脊、活动大陆边缘（海沟—岛弧—弧后盆地；海沟—活动大陆边缘）和转换断层。迄今为止，洋中脊的研究被认为是最清楚的。在第26届国际地质大会上，把在东太平洋中隆上正在产生热的含矿溶液和喷气的现象，以及与之有关的奇异生物群落，列为四年来最引人注意的发现。结合以前就知道的红海地区的含金属的热卤水，可以说，这一发现对海底扩张作用提供了一个有力的证据。

通过对深海钻探结果的总结，对俯冲带海沟的性质，以及发生在海沟内侧的不断增生的棱柱体的组成和构造有了进一步的了解，总的说比原来设想的模式要复杂得多。

板块构造理论用于解决大陆地质问题

26届国际地质大会检阅了运用板块构造理论解决新生代褶皱带的丰硕成果，对从欧洲一直到东南亚的广大古地中海带的构造演化都有所讨论。板块构造模式的运用似乎没有遇到太大的困难。这是把相对简单的海洋地质和比较复杂的大陆地质联系起来的良好开端。80年代将对中生代和古生代古板块的全球方案继续进行讨论，要更多地重建“消失在山脉中的海洋”。

将板块构造理论用于解释大陆地质问题，才能使它变成名副其实的全球构造理论。在这一过程中，它初始的简单模式有被抛弃的趋势。

我们看到，越来越多的人强调，板块并非“铁板一块”，认识到板内构造的重要性。此次大会有人提出，除大陆、大洋板块之外还应有第三类构造单元，这就是宽可达千余公里，长可近万公里的“造山带”。这种“造山带”易于破碎、变形，可在相当长（例如1亿年）的时间中，吸收来自临近板块的运动；此外还有所谓变形板块、微板块（把板块越划越小）等的说法。这些，实际上都是主张在刚性板块之间存在某种缓冲带，这类缓冲带的存在可以解释用简单的板块运动模式难以解决的大陆地质问题，尤其是解释当前谈论得较多的，岩石圈在增生和消减之间速度和量不平衡的问题，这个问题曾经是板块构造理论面临的一个相当大的困难。

是什么推动了板块

这是涉及到板块构造学说的另一个基本问题，在第26届国际地质大会期间进行了活跃的讨论。看来，目前的研究工作同以前偏重单纯理论计算的情况有所不同。例如，有人认为俯冲板块的倾角受其下物质运动方式的控制，因而可以根据俯冲板块倾角的变化探讨板块以下物质运动的方式；又例如有人提出岛弧和弧后区的应力状态与俯冲作用方式有关，因而提出根据岛弧和弧后区的应力场讨论推动板块运动的动力，总之，是找一些限制性条件，使问题的讨论深入一步。

以上几点难免以偏盖全。我国地处欧亚大陆东部，我国青藏高原的地质、东部及邻近海域的地质演化等等问题的研究，对发展板块地质理论有重要意义。

魏格纳及大陆漂移说

当你仔细地观看世界地图，你会发现南美洲的东海岸和非洲的西海岸的海岸线十分相似，难道这两块大陆以前是连在一起，后来才分开的吗？是的，大陆漂移学说的提出者，德国气象学家阿尔弗雷德·魏格纳当初正是这样想的。

魏格纳1880年生于柏林。1910年的一天，当魏格纳在看世界地图时，发现大西洋两侧的海岸线非常相似，当时他以为这不过是偶然现象，未予理会。1911年秋，他从一家学报得知，从古生物观点来看，昔日巴西曾与非洲相连接。这就大大启发了魏格纳。于是，他从地质学、古生物学和古气候学等多方面对这个问题进行彻底考察。他发现，大西洋两岸不仅海岸线相似，而且在对应的位置上，能找到对应的山脉、对应的矿产。1912年1月6日，魏格纳发表了著名论文《根据地球物理学论地质轮廓(大陆及大洋)的生成》，随后又作了关于“大陆水平移动”的讲演。他认为，大约三亿年之前地球上陆地是彼此相接的，称之为泛大陆，当时根本不存在大西洋、印度洋和北冰洋，泛大陆被一个巨大的海洋所包围。大陆漂移说的发表轰动了整个地质学界，那时魏格纳年仅32岁。1915年，他出版了著名的《大陆和海洋的起源》一书。1930年，当他50岁生日时，不幸于科学考察途中遇难。

(南梅)

地球化学和行星学研究的新进展

涂 光 灿

在第26届国际地质大会的分组活动中，举行了地球化学和行星学的报告和讨论。两个分组还联合主持了“行星的形成和演化”专题报告会。

从宣读论文情况看，近年来地球化学领域的重要进展是：

一、在同位素年代学方面，全岩钐钕法得到高度赞许。它和锆石的单矿物铀铅法结合起来，可以给出古老变质岩的接近真实形成年龄。铀—铅等时线法给出年龄值常偏高，而铷锶全岩法常给出变质岩，而不是原岩形成年龄。在第四系年代学方面，火山岩的钾氩法已相当成熟，可以与 ^{14}C 测定下限相衔接。进行了用 ^{40}Ar — ^{39}Ar 直接测定硫化物矿石年龄的尝试，它对黄铁矿效果较好。

二、在稳定同位素方面，碳、氧、氢的工作是大量的，涉及领域很广，包括各种成岩成矿过程。稀有气体稳定同位素受到更多重视， $^4\text{He}/^3\text{He}$ 、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 、 $^{129}\text{Xe}/^{130}\text{Xe}$ 等被用来研究行星早期演化和地球壳幔关系。

二、稀土元素地球化学是近三、四年来发展最快的分支领域。如法国，1978年初只有两家实验室搞稀土地球化学，1980年夏便增加到五家。 ^{143}Nd 和 ^{144}Nd 比值的测定，及其与 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的结合，为解释某些岩体物质

来源提供了新的依据。

四、关于一些巨大花岗岩类岩基物质来源问题，会议出现两种不同意见。法国Albarede等通过氧、锶同位素研究，认为美国西部和法国一些花岗岩类岩基主要由壳源物质组成，上地幔分异产物的参加是偶然的。Depaolo等利用 $^{142}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 和 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 两对比值研究了美国西部一些岩体，结论是花岗岩类30%（体积）来自地壳，其余来自上地幔。Lancelot等用锶、铅、钕比值研究安底斯山岩浆岩，得出了类似结论。

五、在有机地球化学方面，除有关分析方法的讨论外，对可溶有机质组成、有机质成因（陆源、藻类、细菌等）都有较多报告。关于一些生物标志化合物与古沉积环境、石油成熟度及其划分准则的讨论也较多。通过生物标志化合物对比了美国、挪威等地的不同原油、原油和生油层、不同生油层。

近年来，由于多次登月取样，行星摄影技术的发展，同位素的广泛应用，吉林陨石雨、若干碳质球粒陨石和南极洲大量陨石的发现等使行星学的研究得到迅猛的发展。主要进展是：

一、对行星早期历史有了进一步了解。以月球为例，最早的六亿年发生了大量冲击事件，形成许多陨石坑。剧烈冲击在39亿年前停止，继之而来的是大量玄武岩喷溢，它一直持续到30亿年以前。火星的玄武岩活动可以延长到10亿年前。水星也有同样早期发育历史，但基性岩喷溢为时短得多。

二、行星形成所需时间大致在 10^7 — 10^8 年内，或更少一些。在过去，人们认为星云凝聚成行星是十分缓慢过程，可能要几亿年。现在看来，这是个量变到质变过程，不需要那么长时间。

三、关于太阳系的发生、发展是否是在开放体系中进

行,长期以来是个谜。近几年来阿言德等对碳质球粒陨石白色包体中同位素异常地发现,使不少人相信,这是系外物质引起的,因而在太阳系的演化过程中有系外物质参加。

四、近年来,早太古代底栖微生物化石群的发现,使化石出现的记录推早到35亿年前。考虑到地球碳元素循环,有人认为,在38亿年前(即目前已知地球最古老岩石年龄)发现光自养生物和化学自养生物都不是不可能的。按照 Oparin 等学者意见,若出现适宜于蛋白质新陈代谢的环境便有可能出现生命。由于38亿年前已出现了水圈,生命的开始并不是不可能的。

五、火星上相距6500公里两个取样点的浮土样品分析,说明它们组成上相似,为基性—超基性物质,与地球相比,火星表面更古老一些。火星上的特殊冲击坑形态及似有流体参预了抛射物的堆放等,显示火星表面可能有地下冰、地下水,也有风蚀痕迹。

六、木星的四颗卫星表面情况十分不同。 J_4 很古老,完全被众多大陨石坑布满。 J_3 部分似 J_4 ,部分有较多凹陷系统。 J_2 已很少有冲击坑,但可能有断裂。 J_1 表面有活火山活动,包括大量破火山口、熔岩流与喷发柱。

看来,在地球化学与行星学两领域中,我国与世界先进水平差距很大。稀土元素地球化学,稀有气体地球化学、 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法、钐钕法测年龄在我国仍属空白,氧同位素工作开始不久。在有机地球化学方面虽然工作已作了一些,但理论上还很薄弱。行星学在我国就更落后了,除对吉林陨石进行了较系统工作外,其他分支都尚未开展工作。第26届国际地质大会,当能对我国地球化学与行星学的发展起良好的促进作用。

从二十六届国际地质大会看矿物学

彭 志 忠

在第二十六届国际地质大会的20个分组中，矿物学分组相对来说规模是较小的。因为在这次会议之前，在法国奥尔良召开了第12届国际矿物学会议，220多篇矿物学文章在该会议上作了交流，所以在地质大会的矿物学分组中仅就矿物学中最重要的问题，分别在“指示矿物和矿物共生关系的重要意义”、“专门矿物学：新矿物、新资料、晶体结构、硫酸盐矿物学、区域矿物、矿物学方法论”、“从矿物体系中获得物理化学资料：岩石学、地球化学、矿床成因论”三个专题，进行了交流讨论。我在会上宣读了题为《铁橄榄石——高铁铁橄榄石晶体结构中缺席的有序——无序现象及其成因探讨》的论文。

从第26届地质大会矿物学组的学术交流来看，世界各国矿物学沿着两个方向有很大的进展，一个方向是对矿物本身进行深入细致的研究，发现了许多新的矿物，扩大了矿物研究的领域，研究手段日益现代化；另一个方向是有关矿物成因、矿物标型特征的研究有新的进展，列入了一些新的标型特征，从物理化学角度研究矿物体系进入了新的阶段，经过了开始的野外观察阶段，通过大量的实验室工作，又在新的基础上结合地质产状提出了许多新的地质温度压力计。可以展望新的方法手段的引入，如离子探针的运用，随着海底、地壳深部、月球矿物学研究等领域的不断扩大，矿物学会提供更多的新知识，为解决全球的地质结构作出贡献。

国际矿物学研究的动向

黄 蕴 慧

在第二十六届国际地质大会前夕，在法国奥尔良召开了国际矿物协会第十二届年会，中国的陈光远和黄蕴慧参加了大会。会上共收到论文222篇(中国有17篇)，分别在晶结生长与岩石学、矿物物理学、电镜在矿物学中的应用、晶体中圈闭的岩浆液体及其岩石学意义、硅酸盐矿物学、宝石矿物与宝石材料、矿物其它领域等七个专题小组，进行了学术交流。

从两个会议的论文内容与论文安排情况看出：①国际矿物学从登月以来，针对微细、微量、微区矿物而兴起的各种先进技术与方法，已臻于成熟，目前矿物学的研究重点又转回到与岩石、矿床等地质学科相结合的矿物学本身。这说明，仪器与方法只是研究矿物学的手段，而不是矿物学研究的目的。②现代矿物学的发展已摆脱了描述矿物学阶段，并已从单个矿物孤立的研究进而注意到矿物组合的研究，如在第26届国际地质学大会矿物组的5个报告会中有3个报告会，60%以上的论文是探讨指示矿物与矿物共生组合的意义，以及矿物的热力学与矿物体系的物理化学数据的；③现代矿物学的另一发展方向是对矿物本身进行深入细微的研究，例如从物理化学角度，应用一些新的技术方法，对矿物的标型特征，矿物内部微细结构(缺陷、出熔等等)进行研

究，从而发现了一些矿物的新特性，这对矿物与矿物学的应用又扩大了范畴；④从两个会议，尤其是第26届国际地质大会的矿物、岩石、矿床、地球化学、古生物等分组会议来看，矿物学在地质科学或找矿、勘探、选矿、冶金等过程中均为一重要基础学科，除岩石、矿床、地化等各个领域外，它正继续向地层、古生物、大地构造等进一步渗透。它还直接涉及到七十年代的四大工业——宇航、电算、合成和原子能在八十年代的继续发展，也直接涉及到我国四化所需原材料的探索研究。⑤参观巴黎第六大学，见到地质系岩石室与矿物室都各自拥有自己的从显微镜—X光—电镜—探针—红外—差热—化学分析（包括湿法、X光萤光光谱、光谱、比色、火焰光度计、原子吸收等）—同位素等全套相同的设备，每种设备除有专人专管外，研究人员可以自由进入各实验室使用仪器，进行研究工作，相比之下，深感国内仪器设备成龙配套的“点”太少，仪器更新差，管理制度也存在着很多问题，很影响出成果、出人材。

我国已发现多少种新矿物？

1981年底，国际矿物学会通知中国地质学会矿物专业委员会：中国发现的新矿物，又有金沙江矿、青河石、大青山石、新安石、丹巴矿和汞铅矿等六种，被国际矿物学会通过。自1958年我国第一个新矿物香花石问世起，到1981年底为止，我国已发现新矿物90余种，至今共有23种获得国际矿物学会通过，它们的研究程度已经达到世界先进水平。我国矿物工作者还对三十三种矿物作了晶体结构分析，合成人造矿物一百余种，为解释各种地质作用提供了实验依据，为工农业生产，尖端科学技术和特种材料的需求开辟了新的资源。内蒙白云鄂博铁矿和稀有稀土矿床、四川攀枝花钒钛磁铁矿矿床、甘肃金川铜镍铂多金属矿床等大型矿床的勘探和资源综合利用，矿物工作都起了关键性作用。近几年，我国各地重视了彩石、宝石和玉石的研究和回收，大大提高了一些矿床的利用价值，也为国家换取了大量外汇。

（以诚）

岩相学的现状和动向

张 秋 生

在第26届国际地质大会的20个专业分组中，第一组岩相学是提交和报告论文较多的一个。正式刊登的论文摘要共有205篇，论文的作者来自40个国家，其中以法国（44篇）和美国（31篇）为最多。这些论文题目涉及面广泛，但按大会规定，沉积作用和沉积岩并未包括在内。虽然是以岩浆岩、变质岩为主，但讨论问题范围已远远超出了岩石学。许多论文实质上与构造学、前寒武纪地质、地球化学及成矿规律与矿床组所讨论的问题的性质是一致的。因此，用“Petrography”一词是比较合适的。

根据论文性质可将其归纳为12部分。关于变质旋回和变质带，报告了日本列岛的最早变质作用是15—20亿年(Kano, Hiroshi)。奥里威(Oliver)认为英伦三岛加里东期变质作用处于沉积埋深变质、聚敛带变质、增添带变质和大洋板块内部变质四种变质环境，但属板块边缘高压相系的变质作用。南朝鲜Ogcheon变质带的原岩是从前寒武纪至古生代的沉积岩和侵入岩组成的，并可分为绿片岩相(A带)、绿片岩——角闪岩相(B带)和角闪岩相(C带)三个中压型变质带。关于岩浆演化和花岗岩部分，苏联的保卡梯可夫(Bogatikov·O·A)在《地球历史中岩浆演化》一文中，将其划分为“生月期”、“地核期”、“克拉通期”、“大陆期”、

“陆洋期”五大时期，并各有其地质时限及岩浆活动特点，花岗岩的实验研究则侧重流体在花岗岩形成过程中的作用。关于火山作用及火山岩方面，以法、意、日、南美安第斯山地区资料为最多，普遍注意了火山岩系列的演化和一些特殊岩类的专题讨论。火山岩实验研究多数是在 $P-T-(CO_2 + H_2O)$ 系统中进行的，通过实验结果所获得的矿物共生和组构，用来恢复火山岩套的演化。安得瑞 (Andre·L) 等把比利时加里东地块中的线性火山岩分为钙碱系列和基性熔岩，从而得出它们是加里东时期西欧板块边缘的结论。关于蛇绿岩的论文，共有10篇，比较引人注目的是Iwasaki·Masao的论文，认为蛇绿岩可分为四个类型。关于交代作用和变质作用，美国人兰姆伯尔 (Rumble) 认为处于角闪岩相环境下的石英岩、泥质页岩与流体 (H_2O-CO_2 等) 渗透性平衡极限是一毫米至一厘米，从而否定了较大规模交代作用发生的可能性。澳大利亚的帕切，利用镁铁榴石六个亚类恢复变质原岩。澳大利亚尼斯比特认为科马提岩是一个早前寒武纪的特殊现象，最晚的时代是早元古代。不同的作者通过对智利、巴西、印度、法国、土耳其和南非等地区的麻粒岩的地质特点、演化历史和实验研究，较为深入的探讨了它的形成环境和在地质事件中的位置。多期变质作用的重叠，不仅反映在矿物相的叠加上，而且造成面状构造的转化、岩性层理的形成和三种叠加褶皱的模式，它可由新生矿物的同位素年龄值来判断 (中国张秋生)。美国沙基克认为，科罗拉多弗朗特山脉的混合岩化作用，是经历了封闭及开放两个系统的重叠。深部“急速”变质作用是美国赫里斯特 (Hollister, Lincoln) 等对哥伦比亚、加拿大海岸山脉急剧上升中 (30 公里深，每年以10毫米的速度上升) 的现代变质事件的研究得悉，其

结果是石榴石→紫苏辉石+斜长石，镁铁榴石+矽线石→堇青石等。同位素地球化学在岩石学中的应用，比较注意 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 。而美国巴瑞诺(Barreiro)认为钙质钙硷性岩浆在处于麻粒岩相环境下(约在70公里深的陆壳下)，可以失去 $\text{U} \rightarrow \text{Pb}$ ，但不失去 Th ，使得其保有低 $^{203}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ，高 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和正常的 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 。反向速度(Reaction rates)——时间因素被引进实验岩石学是最引人注目的一个问题。Helgeson·Harold·C (美)在题为《地球化学过程中的反向速度和物质转移》的报告中认为：水热作用开放系统要比封闭系统反应快，在 600°C 、5Kb(千巴)情况下，同成份的试样，可因时间的推移，变高岭石为白云母。此外还报告了白榴岩的成因：南非 CO_2 -花岗岩浆、大陆裂谷的玄武岩等论文。

新当选的地科联主席塞博尔德在题为《八十年代地质学》的报告中，强调未来地质学要解决构造—矿物—岩石的形成之“*How fast*”(有多快)问题。实验岩石学中时间因素的引进基本上打破了具有固定论色彩的P-t-C系统，可以预见活动论进入实验岩石学是一个必然趋势。由于成岩作用并未达到物理—化学平衡，所以化学动力学的工作应该是它的一个重要内容，而把现存的岩石及其系列(空间有机的排列)结合到地球历史的演化，结合到各个时代活动着的板块机制也是当代岩石学家们所必需要走的道路。岩相学也和地质学其他学科一样，存在的问题难度很大，而且有待解决的问题又是极其多的。所以岩石学最最重要的紧迫任务是人力资源，是培养一批高质量的岩石学家、地质学家，而他们至少要具备两个素质：对地质学、岩石学的无限热爱，为了追求地学的真理，应该具有无私的、忘我的精神，并且应该时

时刻刻为自己从事的职业而自豪。同时要具有新观念，他们不仅要善于“将今论古”，还要善于与非人感觉到的领域打交道。因为人类的出现是在地球形成的4600个百万年的最后1百万年的最后一段时间里，而地质学家、岩石学家所要解决的问题大半发生在人类诞生很久很久以前，并且许多地质事件在人类诞生后从未重复再现过。人们不能单凭人类的感受去议论某些地质事件的不可能或者不可思议。

蛇 绿 岩

蛇绿岩不是一种岩石的命名，而是特定地质构造作用的产物，是呈绿色、似蛇状的一套杂岩体，称为蛇绿岩套，过去还曾经叫做奥非奥岩。

蛇绿岩套具有明显的层序性，自上而下为：远海沉积物，水下火山熔岩组，席状岩墙群，深成侵入杂岩。这种层序，在全球范围内具有惊人的一致性。

关于蛇绿岩套的成因，一般认为是上地幔岩块被俯冲或玄武岩浆上升携带所致。具有枕状构造的水下熔岩，由海底扩张通道提供的席状岩墙群，不仅反映了火山活动的特点，而且能提示海底扩张的方向。玄武岩浆的分异物，由橄辉长岩到辉长岩再到斜长花岗岩，呈现出典型的堆积岩特征，在层状辉长岩的露头上可以见到粒状层理、成分层理及火成交错层理。蛇绿岩套的各成员之间具有同源性，与上地幔及现代洋壳岩可以类比。

蛇绿岩套与一些金属矿产有密切的关系。铬矿体是斜辉辉橄岩中纯橄岩内铬尖晶石聚集的结果。块状硫化物型铜矿床产在上部枕状熔岩的顶部，上下枕状熔岩之间及下部枕状熔岩的底部，具有层序性是这类矿床的重要特点。

(璞)

碳酸盐岩成因的研究现状

王景德 曹现双

近年来，人们在碳酸盐岩中相继发现了石油和天然气等矿产，因此，它被人们看成是一座天然的宝库。于是，它的成因问题也就引起了广大地质学家的极大兴趣，提出了很多看法，其中之一是“深海环境，化学沉积”的单一成因论。然而，随着地质科学的发展，人们对于这种传统观点提出了很多疑问，如：碳酸盐岩的组成问题，人们在显微镜下不但发现了生物介壳，而且，还发现了很多陆源碎屑。这样，人们对碳酸盐岩的成因就划了一个巨大的问号——它真是单一的“化学成因”么？二十世纪五十年代，在先进的科学技术促使下，它的成因研究也有了很大的进展，许多成因假说得到了证实，单一成因论才被迫让位，以浅海为主的多种环境，多种作用（如化学的、生物化学的、生物的等等）的多成因论才开始被人接受，这是碳酸盐岩石成因认识上的一次重大突破。近年来，人们为了解开这成因之谜，对碳酸盐岩成因的组分来源，结构组分（内碎屑、鲕粒、亮晶、泥晶等）、构造和沉积环境等诸方面进行了探讨和研究，取得了突出的成就，主要表现在以下四个方面：

首先是对碳酸盐岩组分来源的研究，近年的研究成果表明：组分的来源是“多源”的，而不是“单源”的，如：鲕粒的核心，既有陆源碎屑，又有内碎屑，它的组分来源，可以来自沉积盆地以内（称内碎屑），又可以来自盆地以外（称外碎屑），既可以是原地的，又可以是异地的。

其次是结构组分的研究，现在各种成因观念真可谓是：“百花齐放，百家争鸣”。同是一种结构组分，就有几种不同看法，如：内碎屑的成因，鲕粒的成因，灰泥和亮晶的成因，……每一种结构组分均有几种不同观点的争论。

内碎屑的成因，目前就有三种解释。其一：海底已固结或半固结的石灰质软泥是由动荡的海水经破碎、搬运、磨蚀、再沉积和成岩作用而形成。其二：海底已沉积的碳酸盐沉积物，由于海水下降，暴露于空气之中，在太阳的暴晒下失水收缩，形成干裂或泥卷，经波浪和水流作用而形成。其三：在碳酸钙饱和或过饱和的浅海滩中，在海水动荡的条件下，碳酸钙的微晶从海水中析出，由于它们之间的结晶力和电荷之间的静电引力作用，使其相互粘结和凝聚而成。

以上三种看法，第一种观点已被大多数人所接受，后两种现象，由于不常见，往往被人们所忽视。

鲕粒，广泛地分布在自然界中，它真实记录和反映了成因环境和条件。多数地质学家认为：鲕粒是在自由滚动的环境中，从过饱和的碳酸钙溶液中析出的文石针，围绕核心逐层加积而成。卡洛塞通过对鲕粒粒度、鲕核，各种鲕粒之间的关系探讨，认为鲕粒的生长是悬浮状态的。威伊尔则认为，成鲕作用过程是悬浮和埋藏不断交替的过程。而弗里曼在研究现代鲕的形成时，提出了新的成因假说，认为鲕粒是在静水的环境中形成的，如马德湖现代的静水鲕还正在形成之中。

关于碳酸盐的成因，目前还在争论之中。一九五九年，洛文斯塔姆和埃普斯廷通过对巴哈马的泥晶碳酸盐利用同位素的研究成果表明：泥晶碳酸盐是藻类成因。一九六二年，格曼对泥晶碳酸盐沉积物进行了含量对比，灰泥质中的有机质含量与砂粒大小的生物骨屑的含量相似，再一次证明了藻

类成因的观点。一九六二年，福克又提出了泥晶碳酸盐是化学成因的看法。一九六四年，仑斯曼通过对波斯湾文石泥成因的研究，进一步证实了福克的看法。

然而，无机化学沉积作用是泥晶方解石形成的主要作用，而藻类成因则是次要的，这是目前已被人们接受的观点。

关于亮晶的成因，目前已被大多数人所接受的，是福克和仑斯曼的沉积成因的观点。他们认为：亮晶是在成岩后期水动力较强的条件下，将原颗粒间的灰泥冲刷走，在成岩作用下，由化学沉积结晶出来的方解石晶体。并强调，具交错层的碳酸盐砂，是不能与泥晶方解石共生的，而巴瑟斯特和埃尔斯则认为：亮晶主要是重结晶作用，即：由原来沉淀的灰泥重结晶而形成。

第三，是对碳酸盐构造的研究，由原来宏观世界的描述，已经进入了微观世界的探讨。在电子显微镜下发现了碳酸盐的奥秘：它也和碎屑岩一样，具有波痕、干裂、斜层理等一些构造。这表明：碳酸盐与正常碎屑岩存在着共性。从而证实了碳酸盐多成因论的正确性。

第四，是对碳酸盐沉积环境的探讨，多年来，地质学家就利用“将今论古”综合分析的方法，对沉积环境进行了研究，表明绝大部分碳酸盐是浅水环境的产物(10—15米)，而且主要是海滨地槽与平原地槽的浅海环境的产物，在深海的环境中也可以有碳酸盐的沉积，但其规模大小无法与浅海环境的碳酸盐相比拟。

目前对碳酸盐岩成因的研究，虽然比过去有了很大进展，但就其深度和广度来说还远远不够，关于碳酸盐岩的成因问题，尚有待广大地质科技工作者去进一步研究和探讨。

世界古生物地层学的一些情况

卢衍豪

在第26届国际地质大会的古生物—微古生物讨论会上，我作了《三叶虫的个体发育和系统演化》的报告。古生物—微古生物组讨论的中心问题有以下十六个方面：(1)演化；(2)生物发源中心；(3)演化的模式；(4)古生物地理分区与大陆漂移的关系；(5)生物相；(6)生物地理差异与物种形成；(7)生物分带；(8)相指示化石；(9)底栖生物的古生态和古环境；(10)生物地理的演化与板块构造；(11)微古生物软体磷酸盐化的研究；(12)用古生物方法研究地轴的迁移；(13)晚元古代—早寒武纪生物圈的演化；(14)近代深海生物源沉积结构；(15)痕迹化石；(16)几丁虫等。

由上述内容可以知道，除一部分古生物描述工作仍按传统方法进行外，这十六个方面是目前各国研究的方向。这些研究内容，一方面联系到大陆漂移、板块运动与生物演化、分异、分区的关系，另一方面深入生物本身的演化、分异、分区、相变、生活环境等等。我国古生物的研究，目前尚处于经典的描述阶段，大量标本尚未经过分类、定名的系统研究和分带工作。以上十六个方面的研究，在我国约有一半已经有所发展，某些方面水平并不低于其他国家，但在论文数量上和学科数量上与我国所具有的丰富的古生物材料相比，

仍相差甚远。今后，我国古生物工作除仍继续进行经典的描述工作外，要大力提倡当前国际上研究的方向、方法，结合地质和生物方面的成就，努力创新，逐步走向全面发展，每个方面均要有高的学术水平。

在地层学方面，讨论会上穆恩之和我共同作了《中国奥陶纪的顶界和底界》的学术报告，我报告寒武—奥陶纪的界限，穆报告奥陶纪与志留纪的界限。我参加了前寒武—寒武纪分界，寒武纪地层，寒武—奥陶纪分界，奥陶纪地层，二叠纪地层五个组的讨论会。在这五个讨论会上，我国的工作深受注意，得到多数与会者的支持。例如前寒武—寒武纪分界问题，原拟在1980年会上把层型剖面定下来，地点在苏联。由于我国具有丰富材料，有大量新发现，因而推迟作出决定。在今后几年中，我国地质古生物界，必须尽量发挥所长，互相协作，有计划、有步骤地争取把层型剖面放在中国。

在讨论会上，苏联提出建立文德系问题。关于建立文德系，苏联做了不少工作，索柯洛夫院士在会上报告，发现了许多依迪卡拉动物群，力图以苏联剖面为标准地区，在寒武纪与晚元古代之间建立文德系。由于我国提出震旦系的建立，早于文德系，究竟以震旦系为准抑以文德系为准，会上未作决定，留待下届会议讨论。我国震旦纪研究时间虽然较长，但是生物群研究还远远不够，未大力寻找依迪卡拉动物群，如果争取以震旦系代替文德系，必须首先成立专题小组，分析情况，集中力量，在今后二、三年内，即在下届莫斯科国际地质大会之前，找到依迪卡拉动物群。我国目前对南北方震旦纪问题还存在着争论，内部意见分歧，各持己见，如不获得解决，就会抵消力量。

关于国际下古生界各纪的重大问题，我国的材料居于有利地位。与会者一致认为，中国是解决这些问题的关键地区之一，可能被选择为某些地层和分界线的国际层型剖面。我国对这些问题应列入国家重点研究项目，在三、二年内踏踏实实做出经得起考验的高水平的工作。

关于地层学的论文，有以下几个重点：(1)古环境与地层；(2)地层分析与分异；(3)大陆、大陆架与海洋沉积环境；(4)历史上环境变迁及地层年代工作的建立；(5)地层对比的各种方法比较。例如生物地层、岩石地层、古地磁地层；(6)白垩纪地台相地层对比和古环境；(7)寒武纪地层；(8)奥陶纪地层；(9)泥盆纪地层；(10)二叠纪地层；(11)白垩纪地层；(12)白垩纪含炭地层的性质与来源；(13)早第三系、晚第三系以及孢粉地层等。在利用古生物门类来解决地层时代方面，超微化石和微体化石的论文颇多。与会者对于中国生物地层工作予以高度评价，许多人提出要到中国参观、研究，在中国解决国际上存在的关键性地层问题。

往昔一年几天？

我们知道，现在的一年是365.25天。可是在地球的历史上，每年的天数并不是恒定不变的，而是不断变化的。

在约13亿年前的震旦纪时期，每年有507天；

约5.7亿年前的寒武纪早期，一年为421天；

4亿年至3.5亿年前，地质历史上的泥盆纪时期，一年约有400天；

3.5亿年至2.8亿年前的石炭纪时期，一年为395天；2.35亿年前的二叠纪时期，一年有376天左右；到了0.65亿年前的白垩纪晚期，一年只有370天了。如果根据这个变化速度推算下去，八、九亿年之后，一年也许只有300天左右了。

(璞)

世界矿床学研究述评

徐克勤

第26届国际地质大会矿床学组会议论文共323篇,这里据个人的意见,略作归纳评述。

关于锰矿,除了大量海底锰结核研究外,另外有10篇关于大陆上锰矿床的论文。锰矿以苏联为主,另外有巴西,印度等地,产锰矿也不少。中国锰矿首推广西,另外有贵州遵义、贵州东部、湖南湘潭、辽宁朝阳等处。

苏联锰矿成矿时代是:里菲期(震旦纪)、泥盆纪、早第三纪。大多数作者认为锰矿属于海底火山喷气—热泉沉积为主,对卡图拉等矿,研究者认为既非正常风化剥蚀沉积,亦非原生热液,而是沉积盆地下的地下热泉带来Mn、Si、Fe、P、Ba、Sr等物质。也有人认为苏联锰矿似乎时代愈新,产量愈高,而质量亦愈好。其大地构造环境似乎是以稳定地区为主,常在地台边缘,冒地槽的中间地块,锰矿产于海退时期。中国锰矿成矿时代,也以震旦纪、泥盆纪、二叠纪为主,地台地区可能是主要的。

关于铅、锌、银、铁、铜、锰等矿床的层状和层控问题,以及这类矿床原始形成于海底火山喷气、热泉沉积或其他沉积方式等问题的讨论,论文为数甚多。这类成矿作用从早元古代起,历经古生代、中生代,直至现在,仍在某些地区继续。

有几篇论文注意到原始沉积地段(海底火山喷气沉积)

的大地构造性质，似乎与造山作用后期的张力所引起的断块、地堑，或断陷带有关。原始沉积作用所形成的矿床，后期常有不同程度改变，有不同程度活化转移，这在各处都有不同程度的表现。后期叠加于前者之上。

关于花岗岩类与钨、锡、钼、铜、铀等矿床，论文达20篇左右。关于钨矿方面，特别值得注意的是一篇《中部欧洲钨矿》。在那里，钨主要以白钨矿出现，广泛存在于阿尔卑斯某些带上有关地层附近，这些矿点（也有少数矿床）是在空间上、时间上、及成因上与海底火山作用、海底火成岩的热液作用（水下喷气——热泉）有关，主要在奥陶纪，或志留纪变质地层内，有的是单纯白钨矿，有的是白钨矿和辉铋矿。有的则有W、Mo、Bi、Be、Cu、Au、Ag等共生。它的原始沉积和当时边缘海（微型）扩张有关。至于和片麻岩或花岗岩共生者，则属于后期活化转移所形成。矽卡岩白钨矿也属于后期活化转移之类。甚至于在德国北部著名的兰姆斯伯格硫化矿，也含有少量白钨矿。中部欧洲白钨矿的成因，值得我们参考。

我国南岭及其邻区，钨矿特多而富，我们认为由于有多层含钨矿源层（中国东南部地槽区可能有五个不同层位的含钨矿源层），加上多时代，多阶段花岗岩化或花岗岩形成作用，使地层中之钨逐步活化转移富集；燕山期与花岗岩有关的热液蚀变作用，最初由面型，发展至裂隙型；南岭一带，因大地构造地位关系，区域性剪切裂隙特别发育，终于形成多数钨矿床。矽卡岩白钨矿，并非是由热液自花岗岩中带来，而是不断通过热液蚀变，使花岗岩中之钨逐步活化转移富集而成矿床。

这几年对华南花岗岩研究，初步地可将华南燕山期花岗

岩类分为陆壳改造型和过渡性地壳同熔型。前者与钨、锡、铍、铌、钽等有关，南岭及其邻区，包括后加里东隆起区，和海西—印支拗陷区内大部分燕山期花岗岩，大部分属于第一类。陆壳改造型原始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 明显偏高，远在0.710以上，最近做的在0.720—0.730以上。深大断裂带以东地区的燕山晚期花岗岩类（偏中性）和长江中下游断陷带以及几个海西—印支期断陷带和深断裂带内的燕山期花岗岩类（实际上很多是花岗闪长岩类）属于后一类型。这类岩类与斑岩铜矿、斑岩钼矿、沉积—叠加类铁铜矿床和铅锌银矿床有关，也有较重要的金矿，但与W、Sn、Be、Nb、Ta等矿无关。

近年来斑岩铜矿矿床和矿点发现很多，主要集中于两大区——环太平洋区、欧亚特提斯区，还有古亚洲板块的边缘。

关于铁矿的论文，仅南美一篇，埃及一篇。而中国论文达六篇之多。南美的那一篇论文，专讨论安达斯区磷灰岩—角闪石—磁铁矿组合的大地构造控制。那里的磁铁矿在某些方面与当涂北区铁矿有些类似，成矿时代也差不多，可能都是上侏罗—下白垩纪矿物共生组合，共生岩石类型、矿床产状种类也差不多，只是它们是与海相火山岩共生，而当涂北区是陆相的。

在基性超基性岩及其与铬、镍、铂、钒、钛、铁、钴等矿产的关系方面，有论文18篇左右，其中质量较高者有4篇，中国占了三篇，颇为出色。王恒升的《岩浆重力液态分异及其对成岩成矿的重要性》，除列举基性超基性岩浆在液态时重力分异的证据外，认为铬铁矿在岩浆晚期富集特别重要。我在新疆看过铬铁矿晚期液体熔离的标本和不少实际资料，证明王氏的想法符合事实。这是中国研究人员对铬铁矿矿床成因研究的一个贡献。澳大利亚应用贵金属铌来评价各

种硫化镍矿床，以中子活化法确定铀的含量，各种镍的产出方式差别很大，以岩浆矿床硫化镍为最好，这种方法很有实际意义。

非金属矿床的研究论文包括对萤石，重晶石，磷块岩，自然硫，膨润土及盐，钾盐等。经研究，重要的商业用较富磷矿（当然指上震旦统和寒武纪下部），大都是在原始沉积后，经过物理作用的再富集，并且可以据此推论当时有利于这种再富集的水下地形条件。

在板块构造与成矿方面，大都属于简单的推论，很少有详细的阐述。例如，某一地带的好多矿床，很可能与消失带（俯冲带、毕乌夫带）有关。某一些海底火山喷气热泉沉积矿床，很可能与某地洋中脊的扩张或大陆的边缘海或岛弧后海盆的扩张，甚至某时期近似裂谷初期的海下断陷带等有关。美国报道“在两处缓慢扩张的洋中脊，有热液沉积”，列举了大西洋和印度洋两段洋中脊有热液沉积现象。另外，大量文章对洋底锰结核的研究，也是对海洋成矿作用的深入探讨，红海（洋中脊早期阶段）深渊下的铜锌铅银金（铁）矿的勘探和研究，已为人所熟知。

对于矿床中详细的矿物包裹体研究较多。稳定同位素和其他新技术新方法，如电子探针，扫描电镜，原子吸收光谱，红外光谱，X光荧光光谱，极谱分析，穆斯堡尔谱仪，中子活化等等，在许多发达国家已经普遍应用，我国也有不少应用。但无论在设备和技术方面我们的差距很不小。

关于从矿床的矿物中（如黄铁矿）直接用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测定年龄，这是一项新方法，颇值得注意。

关于成矿作用的试验，文章不多，这方面难度很大，但是这一条路是一定要走的。

从第二十六届国际地质大会看 矿床学现状和发展动向

陈 肇 博

从第二十六届国际地质大会的学术活动大会来看,可将当前国际矿产资源工作和矿床学的研究动向归纳为以下几点:

一、在能源和资源危机的阴影威胁下,各国加紧进行矿产资源摸底和远景评价工作。当前,除美、加、澳、西欧各国纷纷就各国多种矿产远景进行全国性评价和资源摸底外,还开展了一些国际性协作,对某些矿产资源进行全球性评价和预测。国际原子能机构与经济合作和发展组织的核能委员会联合开展了一个“国际铀矿资源评价计划”,广泛搜集和分析了世界各国的铀矿地质资料,对世界上 185 个国家和地区(包括中国)的铀矿远景储量进行了估算,并确定了最有利于铀矿成矿的远景地区。所搜集的资料全部输入到电子计算机数据库,可随时提取有关资料,还可通过计算机内储存的一系列计算程序直接进行远景储量估算。这种矿产资源评价方面的大规模国际性协作,不但使资源摸底和评价工作有坚实的基础和较高的可靠性,而且也将促进矿床学理论的发展。

二、重视区域成矿规律研究。

区域成矿规律和各种成矿规律图的编制,在矿床学学术

活动中占有重要位置。在区域成矿规律研究中，有以下几个值得我们重视的思路：

1. 十分注意地质环境的分析。不同时代的不同地质环境产有不同类型的矿产，这是研究区域成矿规律的一个重要出发点。会议中有不少论文对一些具体的成矿省和金属省所处的地质环境进行了深入分析，还有的在综合世界上主要金属矿产区域实际资料的基础上，划分出多种地质环境类型，如克拉通、优地槽、弧后陆棚、克拉通陆棚等，并论述了各种地质环境中所产出的典型金属矿产类型。

2. 时控概念。由于地球在长期演化过程中发生不可逆的物质分异，因而许多种金属矿产只在某一地质时代大规模富集。这就是矿产的时代控制作用。如含金铀古砾岩矿床只发生在24亿年以前，块状磁黄铁矿型镍矿只产出于18亿年以前，磁铁石英岩型铁矿在22亿年以后就基本上停止生成，而金伯利岩却大多是白垩纪和第三纪的。易于活化转移的元素（如Cu、Pb、Zn、Au、Ag、U、Mo等），在地质历史上可以多次在不同地质环境中形成不同类型的大规模富集。

3. 金属省中矿产富集的继承性。许多金属省中某一特定的矿种在不同地质时代中往往有两次以上的富集作用，晚期成矿作用与早期金属富集或过去存在的地球化学偏高场有一定继承作用，早期的金属富集为晚期成矿提供了矿源。南美斑岩铜矿的集中地段正是火山岩带叠置到古生代铜矿带的部位，目前世界上许多大的铀成矿区内也都有前寒武纪富铀层位存在。

三、成矿理论的深入研究。

1. 通过研究上地幔和地壳的相互作用，来认识内生金属矿产成矿作用的一系列基本问题，这是近年来矿床学界的一

个重要研究领域。地壳运动是和地幔物质的运动密切相联系的，上地幔在一定条件下能向地壳输送强大热流、流体流和大量矿化剂和成矿物质，这些地幔分异的物质和热流又与地壳物质发生多种形式的反应、混染和混合，促使地壳物质的熔化、熔解、活化、转移和富集，另一方面地壳在板块消亡带附近进入上地幔，引起地幔物质的不平衡和随后发生的一系列反应。

2. 板块学说在矿床学中的应用：如何把板块学说应用于矿床学是一个近几年来摆在矿床学家面前的迫切问题。目前，许多矿床学家和板块学家都在这方面进行着探索和努力。

3. 层控和层状矿床：对层控矿床的主要标志和细致特征有了更进一步的阐述，对层控矿床形成的几种主要方式也提出了不少看法。

4. 成矿作用机制的研究：除了进一步开展成矿模拟实验和热力学研究外，近几年来还出现了一些新的研究方法和途径，如利用稀土元素地球化学来研究成矿物质来源，利用拉曼激光探针来快速定量测定矿物气液包体的分子成分，用硫化物中的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 直接测定矿石年龄等。一些国家十分重视对现代成矿作用的观察和研究，如进行深海潜水直接观察和研究现代海洋中脊的热液沉积成矿作用，对深海锰结核的研究也极为重视。

四、在找矿勘探方法方面强调用地质认识来统率各种方法。当前的趋势是一面大力发展各种找矿勘探新方法和新技术，同时强调要以地质认识、包括对区域地质环境的分析、成矿模式的应用等来统率各种找矿方法，正确地处理、解释和应用各种方法取得的资料和数据，并合理选择方法。

国外关于成矿概念的根本性变化

王 立 文

最近二、三十年来，国外所勘查和开发利用的金属矿床，新型大矿床所占的比例越来越大。这种大型矿床主要包括细脉浸染型、网脉型、厚大的浸染带型、层状（和层控）矿床等。在这一时期，矿床学也相应有了很大发展，特别是对于火山成因、层状（和层控）、网脉状和斑岩铜钼矿等类型的矿床的认识有了很大进步，成矿概念发生了根本性的变化。

长期以来，人们一直认为；许多金属矿床，尤其是金属硫化物矿床，与侵入体有直接关系，即认为矿体中的金属组分是来自深部的岩浆（主要是花岗岩浆）带来的组分交代了围岩组分而形成的。自本世纪五十年代以来，各国开展的大量而详细的区域地质研究和矿山开发的实践，以及广泛应用新的技术手段的结果，动摇了金属矿床研究领域中长期占统治地位的深部岩浆热液成矿论。许多过去认为的后生金属矿床，现在认为与围岩是同时或近于同时形成的；许多过去认为是深部形成的矿床，现在认为是在地表或地表附近形成的。

澳大利亚布罗肯山矿床 这是世界著名的铅、锌、银矿床，储量和品位在世界上是独一无二的，金属总储量超过5500万吨，矿石平均品位（铅、锌、银）达25%。一九七五

年发现的一个巨大新矿体，其金属品位是：铅 26.2 %，锌 21.2%，银 447 克/吨。

长期以来，人们认为该矿床与其中的伟晶岩体有成因关系，是高温热液交代了对成矿有利的岩层而形成的。一九五三年，澳大利亚地质学家首次打破了旧观念的束缚，提出该矿床是同生的看法。矿体与围岩是整合接触，产于一定的岩石组合，没有围岩蚀变现象等，是主要的野外证据。矿体是代表水体底部（可能是狭窄的海底盆地）原始沉积的含金属层，后来的褶皱和变质作用，又在一定程度上改变了它的形态和原来的矿物成份，并使矿物重结晶。大多数人认为，该矿床是早元古代的经过强烈褶皱和变质作用的火山—沉积层状矿床。布罗肯山矿床被认为是同生成矿说的发源地。虽然，对于金属来源和矿石中的金属含量为什么那么高的问题，还未最终解决。

美国南达科他州霍姆斯塔克金矿 是北美最大的金矿山，1876 年发现，1877 年开采以来，累计产金量已达 1000 吨（平均品位 9 克/吨），开采深度已达 2000 米。矿体产在高度变形的前寒武纪霍姆斯塔克组（系石墨镁菱铁矿—石英片岩，在变质程度较高的地方已变成为镁铁闪石—石英片岩）内的膨胀带内，大体顺层产出，含金毒砂—磁黄铁矿与石英伴生，矿体中没有分带现象。

过去，多数人认为霍姆斯塔克金矿是高温热液成因的，是附近第三纪侵入体带上的。但是，地质研究，特别是七十年代初进行的稳定同位素研究，证明金不是第三纪侵入体带来的，而是在前寒武纪时和砷、硫、二氧化硅一起通过热泉作用被带到沉积环境中，和铁、镁、碳一起沉淀，形成原始沉积层，后来，由于霍姆斯塔克组及其相邻岩层发生

变质和复杂的褶皱作用，成矿组分迁移到膨胀带中。这就是说，金与铁等是同生的，是原始沉积下来的，后来的变形作用给它创造了温度压力条件和构造条件，使其富集成矿。

不整合——脉型（也称似脉型）铀矿 是新发现的一种铀矿类型，具有极大的经济价值，主要产在早元古代地层中，有的产在海西期（晚石炭世到早二叠世）活动带中。早元古代的不整合——脉型铀矿主要分布在澳大利亚澳北区东阿利格特河流域和加拿大萨斯喀彻温省阿斯巴斯卡盆地边缘。两个地区的铀矿化都以沥青铀矿为主，平均品位0.2—0.35%，有时达百分之几，单个矿床的 U_3O_8 储量为几万吨、几十万吨，甚至有五十至一百万吨的。这些铀矿有一个共同的特点，都产在不整合面上或不整合面附近。过去，这类铀矿被归入热液脉状铀矿，根据上述产状特点来看，很可能是在陆地风化条件下，在地层下沉和被后来的沉积物覆盖之前，由表生营力（主要是渗到地下的雨水，很可能是热水）形成的。但是，流体包裹体分析表明，铀矿的形成温度为 200°C 或 160°C ，因此，关于铀的富集机理还是有争论的。

最近有人提出，这类铀矿的形成顺序是：一，由于表生营力作用铀从矿源层释放出来，进入水溶液中；二，可溶性铀化合物随水溶液迁移、搬运；三，由于条件的变化，铀矿物在岩性圈闭和构造圈闭中（即裂隙和不整合面）中沉积下来；四，由于构造运动、变质作用和氧化作用铀进行再分配；五，铀在缺氧条件下最终保存下来而成矿。法国中央高原海西期花岗岩的脉型铀矿，美国产在前寒武纪变质岩中的施瓦茨沃德铀矿，都是这样形成的。

火山成因的块状硫化物矿床 文献上称为黄铁矿型矿床，实际上指的是含大量黄铁矿及一定数量的铜、铅、锌矿

床，这类矿床分布很广，多产在火山岩中，也有产在沉积岩层中的。是铜、铅、锌的主要来源之一。矿体通常呈层状或透镜状，一般成群产出，基本上与围岩层理平行。以加拿大诺兰达地区霍恩等矿床为例，具有以下特点：矿床产在一个单一而范围比较广的地层单位中；与火山中心或火山堆积有空间关系；物质来源是由单独的火山口或火山通道提供的；各个单独矿床中的硫化物是在同一个幕（活火山的间歇期）、在水下的同一种岩石表面上沉积下来的；矿体底板可由一个岩流变成另一个岩流，而上覆的岩流比较均匀和广泛；硫化物在后来的造山运动中发生重结晶，并重新活动。

目前倾向于认为这类矿床是在优地槽发展旋回的早期阶段，由于玄武岩类的火山作用，从深部火山源中产生了含矿的气水热液流，一部分矿质在火山通道中沉淀，或渗入火山通道两侧的围岩裂隙中沉淀，形成次火山热液（一交代）矿床；另一部分矿质，则到达地表（主要是海底）；在那里沉淀，形成喷气沉积矿床；还有一部分矿质被火山活动以及冲刷等作用带到火山中心四周较远的地方，在远处的陆源层中形成沉积矿床。加拿大、西班牙、土耳其、希腊、塞浦路斯、南斯拉夫、日本以及苏联大高加索和乌拉尔等的许多矿床就是这种成因的。这就是说，对于火山成因的块状硫化物矿床与当时地表的关系和与围岩的关系。目前一般趋向于认为是在当时的地表或近地表条件下形成的，主要是与围岩同生的（有一部分是后生的）。

综上所述，目前在成矿概念中强调矿床与围岩同生，强调矿床是在当时地表或地表附近特别是在当时的海底形成的。与此相应，强调沉积作用、成岩作用、火山喷发作用，以及地表风化、雨水（地表的和地下的）和微生物等表生作

用对成矿作用的贡献。相反，在传统的成矿概念中强调矿床是在围岩以后形成的，强调它的矿质来自深部并往往是在深部形成的。而与此相应，强调岩浆侵入作用、交代作用，以及与此相关的构造条件、高温高压条件和很大的深度对成矿作用的贡献。这就是金属矿床成矿概念改变的主要内容。

当然，不能把同生成矿的概念绝对化，认为什么矿床都是同生的，后生作用不起什么作用。恰恰相反，即使是同生层控矿床，后生作用对成矿也往往起决定性作用。一个不具工业品位的同生矿化，没有后来发生的地质作用使之富集，那它也不能成其为矿床。何况，许多矿床，确实是后生的。

锰结核的“兄弟”：磷结核

在谈到海底矿产资源的时候，人们常常提到那里大量存在的锰结核，这是一种还在不停地生长着的矿产资源。但是，锰结核还有一位“兄弟”——磷结核，却很少为人所知；其实，磷结核也是一种重要的海底矿产资源。

1865年，人们在非洲摩洛哥海岸外的沉积物样品中，发现了小如沙粒、大如拳头的褐色怪石，谁也弄不清它到底是个什么东西。八年之后，英国海洋调查船“挑战者号”在南非阿古勒斯海滩考察时，又发现了许多这样的怪石。经分析，其中含五氧化磷达20—30%，已达工业品位要求。后来经过大量调查，证实磷结核广泛分布于太平洋、大西洋、印度洋等海域的大陆架、大陆坡和洋脊上，总储量高达3000亿吨。按目前世界上对磷的消耗量计算，足够开采1000年！现在，世界上以美国开采磷结核最多。我国海洋地质工作者，在各海域也都发现了丰富的磷结核。

（南梅）

金属矿床的板块构造分类

胡 伦 积

地质工作者曾认为，大多数金属矿床与岩浆有关，而岩浆是从地壳深部上升到地壳浅部的，与此同时，形成各种类型的金属矿床。

从五十年代开始兴盛起来的板块构造理论，打开了人们的眼界，我们不能再把岩浆活动简单地看作是一种来自地壳深部岩浆层的岩浆侵入和喷发作用。按板块构造理论，岩浆作用主要产生在三种特定的大地构造环境中：

(1) 扩张的板块边界(增生)，即新洋壳正在发生的部位。

(2) 消亡带，由于板块在这儿俯冲消亡，部分洋壳进入地壳深部重熔后，再上升侵入和喷发。

(3) 上升的地幔岩的热点(Hotspots)，也分布在远离板块边界的板块内部。

根据对岩浆活动的新看法，对与岩浆活动有关的金属矿床，我们也可以用板块构造的观点，对金属矿床提出一个新的分类。根据矿床产出的特定构造部位和矿床的不同特征，可以大致分为五种类型：

1. 塞浦路斯型矿床

其典型实例是地中海东部塞浦路斯岛上的巨大铜硫化物矿床。这个矿床产生在穿切半岛中部的基性岩带中，矿床赋

存在枕状玄武岩熔岩中，枕状熔岩下部是席状玄武岩墙带，再往下是粗结晶辉长岩带。这样的一个剖面，可以看作是增生型板块之间的古洋中脊带产物。

也有人认为塞浦路斯的岩浆岩是一种蛇绿岩套，底部为超基性岩，往上为辉长岩，再上为玄武岩。蛇绿岩套遭受变质作用后，变质为片麻岩和片岩存在于古老地盾中。在蛇绿岩套底部的超基性岩中有时形成铬铁矿体。

在这种增生的扩张带中，往往有含矿的热液上升而形成另一些多金属矿床。现代扩张海底——红海裂谷中热卤水成矿作用的报道，证实了这种矿床存在的可能性。

2. 安第斯型矿床

这类矿床产于洋壳板块向大陆板块俯冲带靠近大陆板块的一侧，这是由于富含金属的部分洋壳俯冲到深部并被熔化后，又重新上升形成浅成侵入体或喷出为火山岩，如安山岩，流纹岩等。这些重熔岩浆活动所产生的多金属矿床，因其在南美安第斯山一带最为典型，故名之曰安第斯型。由于重熔岩浆产生的深度不同，上升部位离板块边缘的远近不同，从而产生不同种类的矿床，常见的规律是，从板块边界向板块内部，依次出现铁—铜—金银—铅锌—锡钼带。合理地运用这种规律，就有可能找到新的矿床。

3. 岛弧型矿床

这种类型矿床产生的岛弧中，赋存于块状霏细岩、安山岩和流纹岩中，如著名的日本黑矿。这类矿床的矿石常为多金属硫化物混合体，多数为铜铅锌硫化矿床，但含有少量的金和银。

4. 内大陆型

这类矿床产于远离板块边界的大陆内部，如美国的

密西西比河谷区的铅锌矿。这类矿床是来自地幔的上升热液形成的，上升热液往往形成一些地热柱，当热柱点上的板块运移时，更有利于形成这一类型的矿床。此外，金伯利岩岩筒和爆破角砾岩岩筒矿床也可能是这种作用所形成的。

5. 缝合线型

以上所说的四种类型矿床，在板块运移中，可能使其变位产于板块边缘，当两个陆地板块相撞时，它们可能重新变化，形成缝合线型矿床。在形成缝合线的特定地质条件下也可能形成一些新的矿床。

我们可用一张示意图来概括地表示这5种类型矿床和板块构造的关系。这种分类的好处是，不是把各种类型的矿床孤立地一个个加以分类，而是把它们看作是各种地质作用下形成的有机产物。过去人们曾试图用地槽、地台等理论来探讨和分析它们之间的内在联系，但这些分类法中存在着这样和那样的问题，运用板块构造理论来进行分类，揭示矿床之间的内在联系和成因，有助于指导地质找矿勘探工作。当然，金属矿床和板块构造关系的探讨还仅仅处于开始阶段，自然还会有不少问题有待进一步加以解决。

自然界存在天然铝

长时期以来，人们一直认为自然界不存在天然铝。铝都是以化合物形式存在的，而金属铝则主要是从铝土矿中提炼出来的。据报道，最近苏联科学家奥列伊尼科夫和诺夫戈罗多夫在调查西伯利亚和乌拉尔石英矿脉时，首次在自然界发现天然铝。在维也纳的国际学术会议上，诺夫戈罗多夫展示了与其他矿物共生的天然铝小颗粒。国际新矿物委员会认为这一发现很有价值，丰富了铝的矿物学和地球化学。

(南梅)

国外非金属矿地质的一些情况

王家枢

非金属原料是人类最早利用的矿产资源。目前，在自然界已知的2000多种矿物和350种岩石中，可以被工业利用的非金属矿物达150种，岩石50种。

非金属原料种类繁多、应用领域广而不定形、市场竞争性强而品种规格很不一致。从五十年代以来，随着冶金、化学、油气、农业、建筑工业和国防尖端技术的蓬勃发展，使世界非金属矿产产量和消费量增长速度超过了金属矿产。比如，世界非金属原料产量平均年增长率为6%，而金属原料为5%。资本主义国家非金属原料的产值一般要高出金属原料一倍。就消费量来说，在过去20年内，美国非金属原料消费量平均年增长率为5.6%，而金属原料仅为1.6%。为了满足现代工农业对非金属矿产日益增长的需要，世界各国十分重视非金属矿产的科学研究和普查勘探工作，采用各种技术手段来研究和发现早先工业上未予利用的矿物和岩石，从而使非金属矿产领域，尤其是新的非金属矿产类型的研究，成为现代地质学中最重要方向之一，出现了些某值得注意的动向。

一、加强非金属矿产的资源分析

苏联从五十年代末期开始全面考虑本国非金属矿产资源的形势分析工作。如全苏非金属矿产研究所，在1966—1969年

对苏联和外国硫酸钠和天然碱资源、产量、加工技术的分析，为苏联从1967年开始天然碱资源的检查预测工作提供了地质—经济依据。同时还注意到，另一种苏联矿物——重碳酸钠也是制做焙烧苏打的矿物原料，丝钠铝石是炼铝和提取碳酸钠的潜在原料，硅灰石是有价值的新的陶瓷原料，以及沸石作为吸附剂和催化剂，等等。在1968—1970年，该研究所与苏联外贸部商情研究所合作，全面分析了1913—1967年非金属原料及其加工产品的国际贸易资料，向政府提出了有关苏联多种进口原料的代用品和发展有利原料出口的建议。美国对非金属矿产资源形势也做了大量工作。1962年，美国地质调查所曾对燃料以外的近100种矿产做了全面分析，从中选出了硫、磷、钾、氟、石墨、云母、蓝晶石和一些金属等43种矿产列入重点研究项目。美国采矿、冶金和石油工程师学会编著的《工业矿物和岩石》一书，是美国非金属矿产资源形势分析的一个代表作，其中对近50种非金属矿产的用途、产量、储量、资源，以及未来发展趋势和需要研究的问题进行了全面总结。

二、日益注重非金属矿产的预测，开展综合研究和综合找矿

加强基础地质研究，开展成矿预测，在寻找某些非金属矿产上展示了有利前景。苏联西伯利亚雅库特金刚石矿床，就是与盛产金刚石的南非地台进行地质类比，开展成矿预测而找到的。澳大利亚、印度等国许多大型沉积磷矿的发现，是以洋流上升理论为指导，在预测的远景区内找到的。七十年代，澳大利亚西部金伯利地区金刚石矿床和苏联西伯利亚早寒武世钾盐矿的发现，均是依据40多年前作出的成矿预测，以各种技术方法为手段，坚持不懈工作的结果。一些国家还

十分注意从成矿建造（沉积建造和岩浆建造）的角度开展非金属矿山的综合研究和系统找矿。例如，综合研究盐类建造及其有关矿产，建立一套综合普查标志。研究超基性岩建造及其有关的石棉、云母、宝石、滑石和镁质耐火材料等矿产。

三、大力开展矿物物性研究，扩大工业利用领域

一种工业矿物的发展往往由于某种新用途的发现而引起，却很少由于一种新矿物的发现而产生。因此，加强矿物物性研究，开辟新的应用领域，是充分利用自然资源的重要手段。现代矿物物性研究主要解决以下几方面问题：（1）探索 and 发现新的物理特性，开辟矿物新的工业用途。如沸石发现于1756年，到1948年开始有组织地系统研究沸石类矿物的吸附性、离子交换等特性，到六十年代才大规模为工农业利用。膨润土是1898年发现的，直到六十年代以来，其高粘结力这一物理特性才被应用做铁矿球团粘结剂。现在发现，在碱性岩（霞石正长岩）中的钛、锆、铌、硅酸盐矿物在晶体结构上也属于典型的离子交换剂，可做分子筛使用，是天然离子交换剂的潜在来源。（2）矿物的定向变型。即通过物理—化学方法（如酸浸析和离子交换法），使某些矿物获得某种新的性质，使价值低的或无价值的矿物变为有工业价值的矿物。如通过输入离子的方法，可使某些矿物具半导体或其它重要性质，像金刚石“硼化”处理后即具半导体。（3）研究和发展人造矿物。目前，通过天然矿物物性研究来发展人造矿物，已有金刚石、云母，水晶等十来种非金属矿物进入工业利用领域。（4）发展代用材料，如资源短缺的白云母，具高绝缘、绝热性，通过研究，可以利用具相似性能的物质，如有机聚合物、氧化铝、蛭石、玻璃等物质代替白云

母。目前，国外云母代用材料已满足云母需求量16%。美国研制成功一种玻璃纤维，代替蓝石棉做防毒面具过滤器，从而使美国取消了蓝石棉的战略储备。

四、不断加强非金属矿产物化探方法的研究和利用

非金属矿产种类繁多，而且大部分矿产资源相当丰富，无须用特殊的方法就可以找到，所以物化探方法普查勘探非金属矿产向来是一个相当薄弱的环节。但为数甚多的重要非金属原料地表矿已越来越少，用一般地质方法很难发现，促使人们注意采用现代物化探技术去发现新矿床。伽马测井技术的发展，曾对加拿大钾盐的突破起过重大作用。近年来，许多国家利用航空和地面磁法，通过查明与矿化有关的断裂构造、岩浆岩体等，来间接地寻找石棉、金刚石、水晶等矿产。水化学法对于寻找钾盐，实践证明行之有效。

我国的非金属矿产资源

我国硫铁矿、石膏、菱镁矿、萤石、石棉、磷矿、锗矿、明矾石、岩盐等矿种，探明储量居世界前列；滑石、高岭土、鳞片石墨、重晶石、硅藻土、芒硝、膨润土、珍珠岩、沸石等矿种在世界上占有重要地位；大理石、花岗石等天然石料，以蕴藏量丰富和石质优良而著称于世。目前我国已探获储量的非金属矿产约有80种，产地4300余处。

我国煤炭资源探明的储量，已跃居世界首位，煤质牌号齐全。我国已探明的硫铁矿储量居世界第一位，磷矿储量居世界第三，硼矿资源有重要远景，其他化工非金属矿产也取得显著成果。建材、轻工及冶金辅助原料所需的非金属矿产，如石墨、石棉、滑石、石膏、高岭土、菱镁矿、水泥石灰岩、熔剂石灰岩等，基本上可以满足工业建设的需要。近几年，找到了规模较大的沸石矿、钠基膨润土和高级耐火材料蓝晶石等矿床，压电水晶、金刚石、蓝石棉、冰洲石和光学萤石等特种非金属矿产地质工作，获得重要成果。

(一尘)

煤田地质的的发展动向

尹 善 春

能源是发展生产和提高人民生活的物质基础，是国民经济建设中头等重要的问题。煤是地壳中蕴藏最丰富的能源资源，根据最近的估算，国外煤炭总储量为十三万七千六百二十亿吨，其中比较可靠的储量（相当A + B + C₁级）为一万二千九百七十五亿吨，经济可采储量为六千九百五十四亿吨。

根据预测研究，非再生能源（石油、天然气、煤）蕴藏量中，石油地质储量占18%，天然气占2—3%，煤炭占80%左右。按世界1978年三十五亿吨煤的年产量，仅煤的经济可采储量，即可开采一百年以上，而石油和天然气只能开采二十八年和四十五年。

根据西德的研究和预测，世界能源的消费比重，1980年石油占37%，天然气占17%，煤炭占28%，水力占11%，原子能占7%。到2000年，煤炭将是第二位能源，总消费量将达到五十亿吨标准燃料，石油将退居第三位，而且绝对量增长不大。

因此，煤炭在能源中的重要性是不言而喻的。1980年世界煤炭研究会，由十六个主要用煤和产煤国家的八十余名代表，经过十八个月的研究探讨，发表的一项报告指出：煤炭既是通向未来能源系统的桥梁，又是下一世纪继续发挥作用

的基础，“煤炭不增产，前途将是黯淡的。”

综合文献资料，国外煤田地质有以下几个方面的发展。

一、研究领域不断深化、扩大

与过去若干年相比，煤田地质研究内容已扩展到近二十个方面，其中煤的变质作用、岩相建造沉积环境、普查勘探方法、煤岩学以及煤中微量元素的研究居于相当重要位置。

对含煤地层的研究，普遍从多种研究途径出发，进行古生物地层、岩相、古地理、古生态、沉积学的研究，力求准确地进行划分和对比。而对矿区地层、往往还要采用地球化学和物探（测井）方法，进行详细的划分和对比，以便普查勘探时获得可靠的地层依据。对煤变质作用的研究，在国外受到极大的重视。研究煤的变质作用不仅能够查明煤质变化的原因和规律，用来预测煤质，而且有助于确定地质构造及其相对发育时代，如通过分析煤层等变质线、等变质面与构造的关系，有助于研究煤产地的地质构造发展历史。煤岩学的研究在煤田地质领域中日益引人瞩目。当前煤岩学研究有三个方向，一是综合煤岩学，着重研究煤的分类、名词术语、鉴别方法等等；二是煤岩学在地质上的应用，重点是研究沉积岩中分散有机质（镜煤体），探讨煤岩研究在煤岩层对比、解决构造、寻找石油和天然气等方面的应用。煤岩研究与普查勘探石油、天然气相结合是当前的一种趋势。三是在炼焦工业的应用上，主要是借助煤岩学研究预测煤的炼焦性能，确定炼焦煤的配比、预测焦炭的结构和强度。煤中微量元素研究，亦已越出煤的综合利用范围，开展利用微量元素研究沉积环境，提供找矿标志等等。

上述情况表明，煤田地质的研究范围在不断扩大，研究

内容逐步深化，应用性的研究进展较快。

二、开展找优质煤和老矿区外围的普查找煤工作

国外煤炭资源条件好的国家，普查找煤的重点是找优质煤和炼焦用煤。六十年代以来，美国煤田地质工作从东部向西部转移，重要原因之一是西部煤的含硫量低，通过地质工作，找出了一一个个优质的、可供炼焦的煤田。加拿大查明了五个炼焦煤田。澳大利亚加强成煤条件好的昆士兰州煤田的地质工作，找出了新的炼焦煤田。

一些煤炭资源条件差的国家，加强了老矿区的深部和外围掩盖区的找煤。他们主要采用地质、钻探和地面物探结合的综合方法，效果明显。日本在石狩煤田北部四百米厚的火山岩系下找到新矿区，在其南部泥质岩覆盖下找到了二亿吨的新矿区。英国在老煤田外围，在过去认为没有远景的地区，找到了全隐伏的塞尔比煤田，总储量达二十亿吨。

三、加强寻找露天开采煤田及其地质工作

与地下采煤相比，露天采煤，具有突出的优点。由于煤炭需求量的增长，国外主要产煤国家都把露天开采作为煤炭工业的发展方向。据1975年资料，主要采煤国家，如美国、澳大利亚、西德露天开采产量占总产量的54—57%，东德占99.8%，苏联占32%。据预测研究，到2000年美国和西德的露天开采产量将占总产量的60—70%，东德为100%、加拿大、澳大利亚将达到75—80%，波兰为20—25%。

为适应露天采煤的发展，许多国家加强了寻找露天开采煤田和适于露天开采煤田的地质工作。美国在西部各州、澳大利亚在昆士兰州寻找优质煤而且优先寻找适于露采的煤田，苏联在东西伯利亚和哈萨克斯坦开展了寻找露天开采煤田的工作。

过去，只有埋藏浅的煤层可用露天开采，但现在剥采比较小的煤层群，也有用露天开采，而且是开采埋藏较深的煤。

四、加强开采地质条件的研究，提高煤田勘探精度

随着采煤综合机械化的发展，必然要求掌握可靠的煤层地质资料，如煤层埋藏的地质构造、瓦斯涌出量、顶底板的性质以及水文、工程地质条件等。

国外通过不同方式来加强煤层地质条件的研究。有的国家如苏联、英国，制订了新的储量分级标准，以提高勘探精度。苏联1968年修订的储量规范与过去的相比，各级储量的钻探网密度加大了一到三倍。有的广泛采用地面物探方法，查明影响机械化开采的小断层，如日本用折射和反射地震法，能测出落差二十至三十米的断层；英国采用高分辨率地震仪，并配合钻探，能查明落差十五米以上的断层（成功率85%）。有的以加强矿井地质工作的方法来加强开采地质条件的研究，如英国建立了六个矿山地质队，西德用井下轻便地震仪，能测出三十至一千五百米内、落差等于或大于煤层厚度的小断层。

五、广泛采用新技术、新方法

有的国家应用航空地质测量配合少量钻探，在森林、沼泽地区普查找煤，效果良好。有的用这种方法找到了六十亿吨的大型褐煤田，所用时间比往常缩短一半；采用金刚石钻头与硬质合金钻头混合使用的方法，并推广钢丝绳取芯钻进（即不用提升钻具取芯，用钢丝绳从钻杆中取出岩芯），提高钻进速度；应用测井新技术，发展与改进测井方法及探测仪器，在扩大解决地质问题的范围、发展定量方法和提高测井精度的基础上，采用各种现代数字技术（磁带数据记录）；

广泛采用地面综合物探与井下物探技术，查明煤田隐伏构造和井下小型构造，加强地质构造条件的勘查；用电子计算机分析整理钻孔资料，自动制图和计算储量，整理煤质资料，个别国家已开始应用计算机模拟地质作用，进行煤田地质理论的研究。

值得重视的新能源——煤成气

在当今能源危机日益严重的情况下，世界各国都在积极探索和开发新的能源。煤成气就是正在探索的新能源之一。

煤在形成过程中，在热力作用下，经过化学反应和变质过程，释放出主要由甲烷和氮组成的气体。氮易溶于水，并在一定条件下分解成氢和氮气。氮的分子体积小，易运移，是发现煤成甲烷储集层存在的标志。甲烷分子体积大，比氮气运移慢，且易溶于水，它除了被煤层本身吸附外，其余变成游离气体向外运移，在有利储存的地质条件下，就聚集成煤成气藏。煤成气成分主要是甲烷，其次是氮和少量重烃，随着埋藏深度加大甲烷含量也增高。

煤是地壳中蕴藏量最丰富的能源资源，在当今石油、煤、天然气三大能源的蕴藏量中，煤约占百分之八十。据最近的估算，国外煤炭总储量为十三万七千六百二十亿吨，我国煤炭储量为六千亿吨。据一些实验数据表明，每吨煤在形成过程中可释放出煤成气一百五十到三百立方米，按此推算，目前全球的煤储量可生成煤成气二千一百五十四万三千万立方米到四千三百零八万六千万立方米，如按聚集系数百分之一一点五计算，能聚集成煤成气藏三百二十三万一千四百五十至六百四十六万二千九百亿立方米，可折合石油储量三千到六千亿吨。在我国，仅华北地区的煤成气，就可折合石油三十亿吨。可见，煤成气是一种多么巨大的潜在能源，很值得重视。

(薛青)

石油天然气地质勘探的新动向

胡朝元

能源是目前全世界的，也是第26届国际地质大会重点讨论的问题之一。根据我个人的体会，石油天然气地质勘探的新动向包括以下几个方面：

一、向深层和老地层找油

苏联特拉菲穆克在《西西伯利亚地台石油勘查新阶段》的论文中，报告了托木斯克西北一带深层的新发现。西西伯利亚以其中生代巨型油气田著称于世，最近通过工作，又发现了分布广泛的深部古生界地层，厚2—6公里，地球化学指标说明生油条件良好，已有11口井见到油流。例如，小依琴斯基油田侏罗系覆盖的泥盆系灰岩潜山油藏，油层深度2500—2750米；在3800米的深部志留系礁块灰岩内，发现单井日产超过200吨以上的高产油田。这个地区的古生界油气资源有可能超过已有的中生界油气田。

向老地层找油的理论研究也在大力进行。国际地质对比计划（IGCP）的157计划，主要研究早期生物进化与矿物原料、能源的关系。前泥盆纪石油的有机地球化学研究，对查清生命起源，早期海洋生物的性质，生物标记化合物及古气候、古沉积均有重大作用。当时陆上植物尚未出现，古老的油气均来自早期海洋生物如藻类、细菌、无脊椎动物等。现在中国四川及苏联伊尔库茨克等地均发现了油气田，在

美、澳等洲见到多处残留沥青、油气苗，由此就提出寒武系是否就是找油的下限？至今西方有部分勘探人员仍然忽视了前寒武系老地层的石油前景。157计划的作者认为对这个问题有重点提醒和研究之必要。

向深层和老地层找油找气，我国四川已取得一定成效，威远震旦系气田及川中奥陶系、川东石炭系气田的发现即是例子。

二、经常进行地质与经济相结合的分析，既加速勘探新的前缘地区，也不放松老油气区的精探

对未来石油资源及勘探之发展方向的预测，大多数人认为今后还可找到与已有储量大致相等的新储量；其中40%分布在新的勘探前缘盆地，60%来自老的油气区。因此，在老油气区加强精细勘探仍不失为是今后的一个重要勘探方向。

新区勘探除环太平洋西部活动带、南亚、地中海、中国西北部外，还有两个较大的新区。深海区辽阔广大，它的地质、地球化学及物探研究是一个长期的战略任务，根据深海钻探及大量物化探资料分析，表明深海的某些部分是可能含油的。北冰洋四周是发现油气希望十分巨大的另一新区，虽然那里环境极为恶劣，工作条件困难，投资大，但丰富的油气资源吸引了许多石油公司。挪威和格陵兰之间的北海北部海域，加拿大北极区，美国阿拉斯加，苏联北极地区的法兰士约瑟夫地岛等地，均已初见成效。

三、非常规油气资源的研究试验工作在国际上已列入重要议事日程

在全球能源供需矛盾日益加剧的情况下，油页岩、重油砂页岩气、煤成气等非常规油气资源问题，在第26届国际地质大会上占有颇重要的位置。

有人估算，全球的页岩油资源有1.2—2万亿桶，重油砂中的油气资源有5.5万亿桶。二者的远景可采储量约为2000—3000亿吨石油，为现有剩余石油储量的三倍。中国、苏联、瑞典为今天的主要页岩油生产国。国外除继续研究资源评价、采掘、炼油技术外，同时着重综合利用的研究，探讨页岩炼油提取钼、钒、镍、铀、铝等伴生金属的处理技术，从而提高其经济价值，降低油的成本。全世界页岩气分布很广，在一些能源缺乏的国家，引起了一定注意。

四、新技术新方法发展迅速

在地震方面，美国已研制成功1024道的数字地震仪，法国也在用500道的仪器进行野外生产，可控震源及导爆索已普遍使用。野外施工中，陆地上有的地区已经采用60次叠加，他们特别注意低速带研究，使用微地震、浅层折射、小地震等多种方法，配备专门人员和设备采集浅层低速带数据。室内计算机处理能力十分强大。为简化野外施工，提高速度，野外多用弯曲排列，用计算机解决由此而产生的复杂校正问题。为解决复杂的地下问题，发展了很多有效的处理手段，其中许多已由特殊处理手段变为常规处理项目，如亮点技术、自动静校正、速度谱分析、波动方程偏移等。墨西哥湾用亮点技术后，探井成功率由十分之一提高到四分之一，尼日利亚探井成功率由六分之一提高到二分之一。北海使用亮点技术找油成效也很大。地震地层学研究，国外已普遍应用。另外，还正在研究试验新的横波地震、垂直地震剖面法等新的地震方法。苏联在西伯利亚用地震配合电磁法直接找油收到了显著效果。

在地球化学方面，对岩屑剖面吸附气体的研究及烃类面积检测，是地球化学直接找油方法的新尝试。以一定的间距

和深度采取土样或者水样品，进行同位素和有机炭的精密分析，判断构造的含油性、研究剖面的有机物性质、成熟度及岩性、物性等问题。

遥感资料不仅可迅速地评价一个新区大面积的矿产资源，还可在老矿区的局部地区进行详细研究，发现新的油田。

另外还需指出的是：模拟实验方法已在石油地质研究的各个方面试用。已开始用数字模拟研究地下油气运移聚集的物理过程，预测探区的烃类聚集类型和数量，用物理模型模拟地堑盆地的构造发育机理。

我国陆地的油气资源

我国陆地油气资源丰富，前景广阔。与油气有密切关系的沉积岩面积四百五十万平方公里，分布着三百多个含油气沉积盆地，大部分盆地的沉积厚度在三千米以上，有的超过万米，具有相当良好的生油、储油条件。我国的石油地质工作者，继发现大庆油田之后，又在华北圈出了一百三十多个凹陷，八大套生油岩系，二十六个含油组合和一大批可供勘探的构造。找到了背斜、断块和古潜山等一系列不同类型的油气藏。在发育着八千米厚的第三纪地层中，估算其生油量达一千亿吨以上，再加上中生代，古生代和早古生代三大找油领域，前景尤为可观。此外，还在辽河、中原、江汉、陕甘宁、新疆、青海、苏北、四川、广东等地区，找到了一批规模不等的油气田。我国建成了大庆、大港、胜利、辽河、任丘、南阳、东濮、克拉玛依、玉门、四川等重要产油气基地。据国内外一些石油地质专家初步估算，我国石油资源量可达三百至六百亿吨，其中陆地占三分之二，一九七八年原油产量已突破一亿吨大关，跃居世界第九位。

（贺师）

海洋地质学的新进展

龚 璞

地球表面有71%被海洋占据着，大陆只占29%。对于大陆地质研究，已经有了数百年历史，而对于海洋地质，如果从第一次采到深海锰结核算起，也不过百余年历史，对于海洋的大规模深入研究，只是近四、五十年间的事。但是，由于有了陆地的经验和使用新的方法手段，海洋地质学的发展极其迅速，当今地质学的一些重要领域——例如“板块构造”、“全球构造”等，都是从海洋的研究开始的。海洋地质学正在大步向前迈进，取得很多新的进展。

新的概念不断修正旧模式

深海钻探已经在广阔的范围里展开，目前已在不同的大洋里施工了约70个钻孔，许多钻孔从海底向下钻进了2000多米。深海钻探的结果，加上地球物理、地球化学、沉积学、微古生物和古气候学等方面的证据，使得对于海洋的研究，逐步从现在的海洋追索到了中生代，具体说追索到了白垩纪。对从新、老第三纪直到白垩纪的大洋和大气历史提出了新的看法。从气圈、水圈直到生物圈，都曾经发生一系列互相联系的变化（古地理事件），影响着海底沉积的性质和特点。古海洋学的研究得出一条重要结论，古气候与水化学的变化要比目前人们所设想的要更加频繁而强烈，海面全球性

升降以及“氧危机”（缺氧）时期的存在等等，都有明显的同时性或同步性，在世界范围内发生在同一个时间。这说明，在地质历史发展过程中，地壳和地幔的演化有周期性和节奏性变化。在相当长的时间里，人们只承认均变论，而把“突变论”视为异端邪说，现在看来，在地质历史上，部分的突变是存在的。例如，白垩纪晚期恐龙和许多微体生物的突然绝灭，与此同时，白垩纪时期油气资源相当丰富，这是与当时广泛海浸，海平面上升最高、生物大量繁衍以及缺氧环境的出现，有利于有机质的保存联系在一起的。

在较长的时期里，有一种流行的概念，认为由于地幔热体制（包括对流、热物质的聚积等）的变化导致地幔物质上涌，使地壳裂开、形成洋中脊，产生洋底扩张，由裂谷发展成为大洋。海洋地质的发展使这种因果关系发生了动摇，不是地幔热体制变化导致地壳变薄、洋底扩张，相反，是地壳拉张变薄到一定程度，才出现了洋中脊，进而发生洋底扩张。地壳拉张变薄的机制是通过所谓“犁式断层”来实现的。什么叫犁式断层？就是上面陡、下面平的正断层。这种观点强调了由于地壳拉张而引起地幔变化，这是颇有启发的。然而，如果从事物的互相联系来看，二者应是互相制约、互为因果的，也许这样看会更符合实际一些。至于洋中脊的拉张，很多地方的事实说明，在时间和空间上都是不连续的，并且各地情况很不一样，不能一概而论。

过去沉积学的传统概念，总认为海洋沉积的物质来源主要是陆地地表的风化物质。海洋学的新发现使这种概念受到了挑战。例证之一是：继深海调查在红海发现热卤水和含矿金属软泥之后，七十年代后期在格拉普戈斯海隆及东太平洋海隆有含硫很高的含矿热泉水的喷溢，水温高达 $350-400^{\circ}\text{C}$ ，附

近还生活着大量巨型蛤、蟹及长达五米的鲜红色蠕虫。这是前所未见的现象，说明洋壳与海水间存在着强烈的相互作用，洋底就是金属矿物的一个重要来源。例证之二是：近年来各国对深海锰结核的大量研究，发现锰结核的形成与底质的成岩作用有关，底质的一些元素经“活化”被捕获到锰结核之中，纠正了过去认为锰结核中的化学元素主要来自大陆的传统看法。

海底矿产资源调查不断取得新成绩

海底矿产资源，目前主要是石油、天然气以及深海锰结核，调查这些资源是海洋地质学的一项重要任务。近年来在这方面取得了很大的进展。

海洋油气调查和勘探的主要地区是大陆架和大陆斜坡。在1971年至1976年间，海上与陆地发现的大油气田已近乎平分秋色。五十年代，还只有美国、苏联、委内瑞拉等少数几个国家生产海上油气，而现在几乎每一个沿岸国家都开展了海上调查，有40多个国家从事海上采油，100多个国家和地区进行海上物探调查，勘探的范围越来越宽，钻探和开发的海区深度也越来越大。目前海上油田的产量占世界油气总产量约五分之一，预计到1985年，将会占到35%。

从一些先进国家海洋油气勘查的情况来看，具有这样一些特点：首先，非常重视石油地质综合研究和区域勘探工作。大油气田的分布与区域古地理、古构造及沉积环境等有着密切的关系，要找到大的油气田，就必须加强对区域或全盆地的综合研究，包括有利的沉积相带、沉积速度、构造或地层圈闭、水文地质条件等方面的研究。海上油气田的勘查

条件复杂、难度更大，尤其如此。美国阿拉斯加普鲁德霍湾油田和西非尼日利亚海岸油田，都是在走了弯路之后，才重视了区域地质综合研究，明确了新的勘探方向，分别找到了储量为13亿吨和20亿吨的大油田。欧洲北海油田虽然起步较晚，但由于一开始就重视区域地质工作，效果非常好，单是挪威一国，1970年至1974年间，就连续找到七个大油气田，可采储量达七亿吨。第二，沉积相带的研究与高精度地震工作相结合，导致油气勘探的大突破。墨西哥湾中部的老黄金带，1908年就发现了高产油田，随后五十年间没有什么新的发现。直到五十年代中期，重视和加强了地层和沉积相的研究，纠正了原先认为是弓形构造的错误看法，根据老黄金带可能是个环礁的新认识布置工作，海陆联片，1963年终于取得突破，不到二年就发现了四个大油田。墨西哥的勘探实践表明，沉积相的研究与高精度地震工作互为左右手，前者指示大方向，后者具体确定勘探目标。第三，油气调查除使用地球物理方法外，还使用地球化学方法，取得评价一个区域含油气性的必要的辅助参数。第四，开展地震地层学研究，以弥补海上找油不可能多打井的不足。第五，注意寻找三角洲、珊瑚礁和盐丘等非构造类型的油气田，开辟找油新领域。在美国可采储量在1400万吨以上的321个油气田中，地层圈闭的油气田占70个；可采储量在20亿吨以上的两个最大的油田，皆为地层圈闭类型。

在深海锰结核的勘查活动中，除了已经大体搞清其成因和分布特点而外，一个最重要的进展是1978年3月第一次实现了对锰结核的连续开采，预计不久人类就可对深海锰结核进行商业性开发。

海洋环境地质研究被置于重要地位

海洋环境地质的调查研究，关系到油气勘探和海洋开发工程的安全，构成海洋地质必不可少的重要组成部分。在美国马萨诸塞州伍兹霍尔沿海，发现巨厚沉积物（厚300米，面积约6平方公里）的大距离（约数公里）滑动现象，这种现象在大西洋近岸海域百分之十五的地区均有发生。墨西哥湾油气工程活动频繁，那里的海底不稳定因素成为人们迫切关注的重大课题；由于种种原因所引起的海底变化，招致石油钻采平台斜倒，并曾在一年里断掉一百根油管。在距密西西比河口外15英里处工作的康涅克平台，附近发现有沉积物塌落滑动。据研究，造成海底不稳定的因素是多方面的。首先，密西西比河每年可携带100万吨泥砂入海，现代三角洲向海洋方向高速度堆积，在最近的四百年间，三角洲便向海的方向推进了二十四公里。这样高速度堆积的巨量泥砂，在不到一度的斜坡上就可发生滑动现象。其次，风暴引起的波浪压差，可以使岩屑间隙含着水份或气体的海底沉积物发生起伏，起伏高差可达数公尺。这种情况就可导致油管断裂。另外，基底不平产生的沉积物压实差，活动的盐丘（上升速度可达每年七厘米）等，也都可使海底产生升降，从而给石油钻采平台的安全带来严重威胁。所有这些情况表明，在海上油气勘探和开发活动日益增多的今天，海洋环境地质研究被置于重要地位是非常自然的事。海洋地质工作者，不仅要向开发部门指出什么地方有工业矿产资源，还要回答那些地方能否安全地进行资源开发。

目前，美国各个海区都有自己独特的环境地质调查课题。例如，东海岸是研究水下滑坡问题，阿拉斯加海域是研

究水下冻土和冰川对海岸的改造，而墨西哥湾则主要研究海底不稳定因素。

海底环境地质研究所使用的手段，目前主要是测深、浅层地震剖面仪、旁侧声纳、海底取样（包括底质取样、浅层气样）和压电检波器等。在海洋调查和勘探活动中，环境地质研究应同时进行，贯彻始终。

还应该指出的是，日益严重的海洋环境污染也与海洋地质工作有密切的关系，这一课题的解决，同样必须有海洋地质工作者参与。

“海底玫瑰园”

1977年以来，科学工作者在太平洋的格拉普高斯海岭及东太平洋的几个海降，发现了多处被称为“海底烟囱”的水下热洞。热洞里高达 $350-400^{\circ}\text{C}$ 的含矿热泉水不停地喷溢，其中不仅含有丰富的金属物质，还含有硫磺等气体。科学工作者乘坐着潜水器下潜到三千米深的海底，打开探照灯，通过潜望镜及海底电视，一幅神奇的海底画面顿时呈现在他们面前：只见直径二至六米的粗大烟囱，正在“咕嘟”、“咕嘟”地冒烟，热水象滚锅一样不停地翻腾，喷射出五颜六色的乳状液体，而烟囱的周围却是一片“绿洲”，生长着海葵一样的植物。在“绿洲”之中，那长达五米的鲜红色蠕虫，几十厘米长的巨型蛤、蟹，西瓜一般的海蚌，菜盆似的蜘蛛，手掌大小的沙蚕，都在自由自在地游弋，不时地向着它们从未见过的人类不速之客投以惊诧的目光，真是一个奇幻无比的世界，怪不得科学家送给它们一个雅致的名字，叫做“海底玫瑰园”。在海底热洞的周围，沉积着含有铁、锰、铜、铅、锌、金、银等金属的矿泥，成为万千地质学家们神往的研究对象，人类潜在的矿物资源。

（以诚）

水文地质和地热研究的新课题

安 可 士

第26届国际地质大会水文地质分组，共收到论文摘要185篇（其中有我国4篇），所涉及的主要问题，首先是“地下水和地表水是统一体”的新观点。过去曾在概念上将地下水和地表水分开考虑，致使地下水开采无计划，造成很多恶果。地下水的过量开采已在法国和德国引起了供水问题。实践使人们认识到，必须把地下水和地表水看成是统一体，不能盲目孤立的大规模开采地下水源，因此，一些国家制定了水资源开发方案原则，综合起来，即：地表水和地下水结合使用，进行人工回灌补给，控制区域性过量开采。

地下水资源的保护问题，是水文地质研究领域的新课题，它包括对水量的调节和管理以及防止水质污染两个方面。为解决地下水不足，进行人工补给，这是多年来国外一直注意的问题。法国北部，为增大里斯河的流量，抽取白垩纪含水层的水向河流补给，成效显著。地下水一旦受到污染，控制污染带的扩展和恢复原来水质，不仅非常困难，而且要花费大量资金。所以，各国十分注意防止地下水污染可能性的研究。

各国重视研究手段和方法的改进及应用，尤其重视计算技术和同位素方法的研究。电子计算机和模拟方法在水文地质领域中的应用已达到新的水平，用以解决诸如地下水资源区域评价和储量计算，地下水动态的预测，水文地质数据的贮

存、整理和综合分析等问题。同位素方法的应用也日益广泛，主要有：利用环境同位素 ^3H 、 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 和 $^2\text{H}/^1\text{H}$ ，可以绝对可靠的确定水的起源、地下水动态、不同含水层的相互联系等；利用碳14法、氚法和硅32法测定地下水年龄；利用各种示踪剂测定地下水流速及流向；利用放射性示踪剂和测井装置测定有效孔隙度、导水性和扩散性，等等。

总之，随着“地下水和地表水是统一体”观点的建立，直接影响着地下水资源的某些传统观念和研究方法，这是近年来水文地质学领域中的一个十分突出的特点。就全球范围来说，水资源面临的问题不是缺少，而是如何有效的管理。有人估计，到20世纪末，全世界的用水量每年将达5000立方公里，如果着手对水资源，特别是地下水的储量进行科学管理，水的问题是可以解决的。

地热方面，目前已有50多个国家在积极加强或着手进行地热资源的勘查开发。世界地热发电总量已突破200万千瓦，地热能的研究和开发已处于兴起的时代。从世界地热资源的分布来看，不论是以蒸汽为主，还是以热水为主的地热田，基本上均与构造板块的边界和火山活动地区联系在一起。世界上已知的主要地热田，处在正在扩张的洋脊上，或断裂谷上，或者在构造板块的边缘消减带上。

近年来，在勘探研究地热田的方法上，也有一定的改进。例如，把调查热田的蚀变带的分布特点，作为地热勘探的有力手段；广泛使用航空摄影地质调查法；提出了评价热储基础温度新方法；美国使用精密重力仪观测盖塞尔地热田，确定出热储的准确位置和热流体动态变化等情况；由于辐射温度计和热照相技术的发展，已有可能在野外同时测出一定范围内的地面温度分布；法国和日本已研制成功可在野

外直接测定和读数的热流计和热导仪，等等。

世界各国在对地热资源的勘探研究和开发利用方面，以美国发展最快，其特点是：先易后难，重点突破，全面展开。先研究和开发较简单的水热型地热资源，然后是地压地热资源，进而是干热岩体、岩浆和正常的温度梯度地热资源。从美国今后地热研究总趋势来看，将有越来越多的经费投入开发和利用干热岩体地热资源的新技术研究方面。美国已经开始研究地热资源在特殊的军事需要方面的潜在用途。

随着科学技术的发展，一些经济技术发达的国家正在探索开发利用能量更大的地压地热资源(美国)和干热岩体地热资源(美、日、苏等)。美国已制定出开发地压地热资源方案，认为干热岩体地热资源在1985~2000年间，将大大有助于满足国家对能源的需求。当前地热研究的范围很广，从勘探方法、钻探新工艺和能量转换技术，直到环境和利用等方面无所不至。

我国在水文地质研究理论和实践的主要方面，根据本届大会所提交的论文、地质旅行考察和参观科研单位所了解的情况，我个人认为与经济发达国家相比，并不落后。例如，由地质部水文所主编的《中国水文地质图集》，是目前世界上首次编制的全国性的水文地质专业图册，受到与会各国水文地质学家的注意和好评。但是，应该承认，我国在手段方法方面和先进国家相比，还有较大的差距，尤其是在同位素方法和电子计算机的应用方面（特别缺少终端设备）更为突出。在地热勘探开发方面，现阶段则应结合我国的实际情况，强调以综合利用为主要目的的地热勘探开发原则，而不宜过多的把力量和资金投入以地热发电为目的的地热勘探开发方面。

第四纪地质研究的现状和趋势

刘 东 生

第26届国际地质大会“第四纪及地貌学”组共收到论文137篇，分别在第四纪时期表层物理及地球化学作用速度、南北两半球温带及寒带区域演化的对比、热带地区第四纪古气候的重建、海平面变化及其对海岸带地貌的影响、地貌与新构造、西欧第四纪地层、深成岩体的差异性侵蚀、断堑系统及其对第四纪地层的影响、第四纪大陆及海洋古气候数据对比等九个专题小组进行宣读和讨论。

我国提交大会的论文有：朱家稳等的《桂林地区岩溶峰林地貌及其发育》，张寿越的《中国碳酸盐系与岩溶分区》，刘东生等的《中国黄土的古气候记录及其反映的古气候演化》，崔之久的《青藏高原的冰缘现象与环境重建》，李华梅等的《中国北方第四纪沉积物的磁性地层学研究》。其中，《中国黄土的古气候记录及其反映的古气候演化》一文在第2专题组宣读。与会者从幻灯片中看到中国黄土地形、剖面及古土壤的发育情况，认为较欧洲的好，从古地磁和地层学的研究与深海钻孔所建立的第四纪气候旋回对比性可能比欧洲黄土要更好。

1. 这次会议已从一般讨论地层对比、地层界线、岩石成因类型等转入到更深一步的专题讨论，其特点是：（1）南北两半球的对比，如拉丁美洲与北美气候对比，非洲与欧洲

的对比：(2)海平面变化与新构造的综合对比。对全新世以来的海岸线的范围、海水的进退，特别是近5000年来的事件有 ^{14}C 详细数据可以把新构造运动的速度、幅度及方式找出来，是对地震研究的一个良好的入门。从这方面研究提出世界各地海平面升降不同时的说法，这主要是由于地球形状、地轴变化、受空间的影响等原因所引起，从而使许多认为同时升降的问题又得重新考虑。(3)对表生物理、地球化学过程的速度开始注意。现已不仅注意其位移距离、含量多少、年代的多少等问题，更进一步提出了风化、沉积、移动的速度与方式的问题。

2. 第四纪研究工作的地区大为扩展。自第二次大战后，国际地质大会与国际第四纪地质大会分别开过九次和七次。在七十年代以前，基本上反映欧、美的研究较多。在这次会上，非洲的论文较多，拉丁美洲的论文也占很大比例，有些论文的水平也较高。亚洲方面，我国和印度的论文都不少。参加会议的年青人较多。

3. 国际地质学术活动的专题计划和论文宣读的“两重性”。许多老的问题多在平时召开的专门专题组中进行。而在国际会议上则把最新的想法、发现拿出来。

国际第四纪研究联合会下一届会议于1982年在莫斯科召开。欧洲的第四纪地质自第二次世界大战以来有两次大的突破，一次是六十年代以前，随着新的地质发现和同位素年龄的应用，突破了经典的贡兹、明德、里斯、玉木四次冰期的格局，至少在贡兹冰期以前，还有多瑙和比伯两次冰期。第二次突破是六十年代后期以来，这时期的特点是第四纪研究的定量化。特别是对晚更新世以来的地层研究，因为有了 ^{14}C 等方法，积累了大量数据，加之地层保持完好，辅助以

化石、孢粉和地球化学（氧同位素）等的研究，现在已不是简单地说明地层的界线，而是较生动地重述当时的自然环境，从划分地质年代逐渐过渡为说明地质“事件”。这不仅做到了地层的精确划分与对比，而且大大地提高了第四纪研究和基础研究的应用价值。（吴子荣、赵希涛据刘东生报告整理）

百年难遇的奇观—九星联珠

1982年3月上旬和5月中旬，茫茫太空出现了九大行星会聚的景象。这是百年难遇的奇观，为科学家们观测研究行星与太阳和地球的关系，提供了极好的时机。

我们所在的太阳系，是一个以太阳为“家长”，以水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星等九大行星和众多的小行星、彗星、流星为“家庭成员”的天体系统。九大行星沿着各自的轨道围绕太阳运行，周期各不相同：离太阳最近的水星，绕行太阳一周只需88天；金星需要半年；火星需要两年。离太阳最远的冥王星，需要248年以上。九大行星各行其道，分散在太阳四周的时候多，同时运行到太阳一侧的时候少。天文学家把较多行星聚集到太阳一侧的现象叫做“行星会聚”。九大行星如果会聚到太阳的同一侧，而且处在一个远小于 180° 的扇形区域里，这时要是有一位观测者“站在”太阳上来看九大行星，它们便如同九颗光彩的珍珠，一个接着一个地一字儿排开，蔚为奇观。这就是所谓的“九星联珠”。

1982年将会有两次这样的机会：3月上旬，九颗行星先后来到聚会区，它们组成的扇形区域于3月10日为最小，只有 96° ；第二次是5月16日为最小，达 104° 。“九星联珠”176年左右才出现一次，上一次发生在1803年，1982年过后，下一次再要看到九星连珠，那就得等到公元2357年了。

（璞）

当前国际工程地质研究的主要课题

谷 德 振

第26届国际地质大会期间，国际工程地质协会承担了工程地质与建筑材料和地质灾害两个组的学术讨论会，会议期间召开了该协会的理事会，重点讨论了《工程地质学》的编写问题，环境工程地质问题和场地工程地质勘测问题。

环境工程地质问题

在大会的全体会上，普锐斯作了《人是地质因素》的专题报告，提出了人口增长和经济发展的共同作用，使得人类成了地质营力。人的作用受到持续加速的科学文化发展的支配，迅速改变着自然环境。国际工程地质协会主席谢尔盖耶夫在理事会上正式提出了环境工程地质问题，认为这是极为重要的问题，是当前应该解决的问题。他指出：大气圈、生物圈、水圈和岩石圈有着环境科学的内在联系，是环境的组成单元，这些单元之一发生变化，就会破坏整个环境的平衡而引起连锁反应。

工程地质学是研究岩石圈上部与工程建设、采矿工程及工农业发展有关问题的科学，它是把岩石圈当作人类生活居住的一种介质，也是人类活动影响的对象，反之，它也影响着人类活动的特性。在人类影响下的岩石圈上部是环境的重要组成部分，应明确叫环境地质。在研究地质环境时，工程

地质学显然有助于对环境的认识与了解。会议号召所有工程地质学家及有关科学家,在任何工程建设及施工时,不但要对它们的可靠性和效益予以论证,还必须同等的考虑环境的保护和合理开发利用。

在环境工程地质的研究方面应重视岩石和岩体的物质组成,这些都是在原生及后生过程影响下形成的。物质组成的演化,直接影响着土体和岩体的强度、变形及其他特性。工作时要努力取得地质的自然演化过程及其在时间、空间及强度方面的定量预报,应开展区域工程地质的研究,针对特殊地区的地质自然环境的了解,编制各种区域环境工程地质类型图。这次学术讨论会上宣读了环境地质与环境保护、水库环境控制的工程地质研究,地下采矿对地面沉降的影响,工程地质和城市规划、工程地质和公共事业环境危害等方面的论文。

国际工程地质协会提出,工程地质学家应与水文地质学家、水文学家、土壤学家、地球化学家、地貌学家、采矿学家及岩土力学家等共同协作,为实现国际岩石圈计划而努力。

环境工程地质在我国工程建设和农田开发利用方面早已注意,但未正式称为环境工程地质学,今后应有目的有计划的发展这门科学,首先从城市规划着手。

场地工程地质勘测问题

场地工程地质勘测是世界各国都十分重视的问题,国际工程地质协会曾于1975年成立了场地工程地质勘测委员会,开始收集各国有关这方面的实际资料加以系统总结,经过多次反复讨论修改,在这次大会上作了专题报告并准备1980年

出版。这个报告阐述了勘测技术方法,包括工程地质测绘、航空照片及遥感信息影像、地球物理探测方法、钻探、坑槽探及采样、室内及野外试验和现场动态观测设备等,都有分析评述并列表区分。也提出了勘测范围、勘测组织领导、勘测阶段应注意的问题,勘探成果的表达方式及报告,还有重大工程地质问题附录。

1. 自然灾害和人为灾害

工程的安全受着地质、水文及气象等因素所产生的自然灾害的影响,也受到过去、现在或未来人为活动而引起的灾害的影响。自然灾害包含地震灾害,块体运动灾害,火山灾害,大地构造灾害和地面沉降灾害。

全世界每年大于Ⅱ级的地震计有12,000次,其中有些导致了严重的灾害。震源出现的地点与年轻的山脉和板块构造边缘有关,地震活动带的确定是极为重要的,设计建筑物时应考虑建筑物本身及地基的地震效应,座落在软基上的建筑物所受地震灾害较在硬基上为重,对重大建筑物如大坝及核电站等,确定地震作用下地基的性能尤为重要。靠近海洋或内陆水域由于地震而引起的涌浪海啸也是不能忽视的。

块体运动就是土体、岩体从自然边坡上由上向下的运动,这种运动也是自然边坡受侵蚀的形成过程。块体运动类型有滑移、岩块崩塌、土流及泥石流等。工程建设力求避开这些地带,否则,必须进行加固。

世界上有500多座活火山,根据火山的大小、岩浆的性质、喷发强度和频率,可导致局部的、区域的、或全球性的灾害。多数的火山都与活动构造和板块构造边缘有关。

全球构造运动常导致地壳某一部分的应力释放,可促进断层复活。对主要构造带的变形量测定及原位应力测试,有助

于地下工程设计。

地面沉降是由于地下材料的取出而产生的,如地下水,矿产资源及地下仓库开拓等、有些地面沉降与火山活动及地震作用有关,这些灾害直接影响地面建筑物和地下工程的安全。

人为灾害包括地面沉降灾害、诱发地震灾害、块体运动灾害及污染灾害,这些灾害的机制与自然灾害大体一致,主要是人类活动破坏了自然的平衡条件,这种灾害有时是很严重的。

2. 地基的工程地质特性

工程是建筑在土体或岩体之上或其中,场地勘测的目的就是确定地基工程地质特性。国际上强调土体结构及岩体结构,无论是土体或岩体其组成都是复杂的,它们的性质不能以单一土层或完整岩石来表示,在岩体论证时,强调了分割面或不连续面是控制岩体变形破坏的机理。在岩体分类上,也是以分割面性质为准的。如:

方位:分割面的空间状态,以倾向及倾角表示之。

空间:两分割面间的垂直距离。

延展性:分割面的长度及面积,注意它的终点是否受其他分割面的阻止。

粗糙度:分割面上的起伏差,是波浪状拟参差不齐,这有助于抗剪阻力,巨型波浪状可局部改变倾斜方向。

岩壁强度:分割面相邻两壁的抗压强度视风化程度而不同,分割面强度较低于岩块强度,若崖壁紧密相接,抗剪强度则高。

缝隙:分割面两壁间的垂直距离,可以充气,亦可充水。

充填物:分割面中材料都较母岩为弱,填料有碎屑、粘土、角砾夹泥,断层泥等,有时为矿物膜及岩脉。

渗漏:分割面为水流及气流的渗透途径,可产生渗压。

古地震研究的内容及意义

丁 国 瑜

1976年3月，苏联科学院主席团地震和建筑抗震联合委员会，批准了苏联新的地震区划图。但是，在这之后的四个月内，苏联境内接连发生四次较强的地震，都与区划图不符合。其中三次地震实际上是发生在图中的无震带中，一个八度地震是发生在区划图的七度区内。因此，有人提出，必须重新考虑地震危险区划的原则和方法。索洛连科等人认为，进行古地震的研究，就有可能避免类似的错误。

在美国西部的多震区，关于地震的历史记载仅有二百年。运用这样短时间的资料或更短的仪器记录资料，去判定该区地震危险性是极其不可靠的。因此，艾伦等地震地质学家一再强调：必须重视地震地质、活动断层的研究，重视史前古地震的地质标志的运用和作用。

我国虽然有悠久的历史地震记录，但在约三千年有关地震的资料中，较完整的强震记载也不过四五百年，而且仅局限于东部的一些地带。如果一些地区强震的重复周期较长，例如几百年或上千年，则历史记录就不能正确地反映该地地震活动的全貌，地震平静期给予人们的假安全感很易导致对地震危险性的错误判断。1966年邢台7.2级地震、1976年唐山7.8级地震都是发生在因历史上缺少强震记载而确定的较低烈度区内，就是这方面突出的惨痛事例。因此若能对第四纪，

特别是全新世以来地震活动的规律性有所了解的话，那对正确判断地震危险性是有重要意义的。所以，开展古地震的研究就成了一个弥补历史记载时间太短的可行方法。

古地震研究的主要内容，是研究在地质历史上，特别是第四纪晚期遗留下来的与地震有关的各种地质、地貌现象，进一步判定曾经发生过地震的时间、地点、强度和动力状况等，追溯更长时期内地震活动的规律。古地震研究主要是研究地质遗留下来的各种现象，包括：地震断层错动现象、断层陡坎、断层角砾、地裂缝；沉积层的褶曲变形、砂层的液化、喷涌现象；水下地滑、古地形表面的土层滑动、地震崩塌等重力滑动现象；水系错动、地震湖等古地震形成的地貌现象以及古林木的倾斜变位等。当然，在分析和运用这些现象判定古地震的存在时，必须非常谨慎，因为有许多类似的现象并非是地震造成的。深入研究现代大地震的各类剩余变形现象及其形成的动力学特征，对确定古地震存在的标志具有重要作用。

近年来在美国、苏联、日本、伊朗、新西兰、南斯拉夫等地都已开展了古地震的调查研究。我国近几年来这方面的工作也正在迅速的开展，在鄂尔多斯周围的银川盆地、汾渭断裂带、京津唐一代、郯庐断裂带、西南的横断山区、鲜水河断裂带以及新疆等地都已发现了不少古地震的地点和各种类型的现象，在认识各地古地震现象的特点以及工作方法上取得了许多很有意义的发现和进展。如宁夏中宁附近黄河阶地第四系中发现了古地震断层、砂层液化及其揉皱喷注等现象。

需要指出，确定古地震事件的存在只是研究的开始，综合利用宏观和微观多种标志进一步判定古地震的各种参数，

阐明一个地区最后一次强地震事件的时间，及该区在长时间内强震活动和重复周期的状况，才是这一工作的目标。这就需要在一些重点地区进行系统而深入的工作，在空间上与活动断裂带的研究相结合，在时间上要大力加强古地震事件年代学的测定，而首先是近代数百年、上千年以至全新世古地震事件年代学的测定工作。

我国发生过哪些八级以上的大地震？

我国是一个多地震国家，据现有资料统计，8级以上的地震发生过十八次：

- 1303年9月17日，山西省洪洞、赵城地震，震级8；
- 1556年1月23日，陕西省华县地震，震级8；
- 1604年12月29日，福建省泉州海外地震，震级8；
- 1668年7月25日，山东省莒县、郯城地震，震级8.5；
- 1679年9月2日，河北省三河、平谷地震，震级8；
- 1695年5月18日，山西省临汾、襄陵地震，震级8；
- 1739年1月3日，宁夏平罗、银川地震，震级8；
- 1812年3月8日，新疆伊宁东部地震，震级7—8；
- 1833年9月6日，云南省嵩明南杨林地震，震级8；
- 1902年8月22日，新疆阿图什附近地震，震级 $8\frac{1}{4}$ ；
- 1906年12月23日，新疆玛纳斯西南地震，震级8；
- 1920年6月5日，台湾省花莲东南海中地震，震级8；
- 1920年12月16日，宁夏海原地震，震级8.5；
- 1927年5月23日，甘肃省古浪地震，震级8；
- 1931年8月11日，新疆富蕴附近地震，震级8；
- 1950年8月15日，西藏察隅西部地震，震级8.5；
- 1951年11月18日，西藏当雄东北地震，震级8；
- 1972年1月25日，台湾省台东东北海中地震，震级8。

(一尘)

固体矿产物探几个值得 注意的发展动向

张 肇 元

近十年来物探工作有了明显的进步。各种物探方法都得到了日益广泛的应用。苏联从1960年以来物探工作的投资额大体上一直占其全部地质勘探费用的四分之一到五分之一，美国则占六分之一左右。

根据目前国外固体矿产物探技术的应用现状和发展趋势可以看出：

一、更加重视用物探方法，特别是航空物探方法，开展区测工作

国外越来越多的人认为，物探工作在金属矿勘探中应从猎取个别异常发展为研究区域地球物理场，以了解地质规律，查明地质构造，从而迅速、准确地圈出找矿远景区，以充分发挥物探技术方法的优越性。事实证明这既有利于区域成矿预测工作，也有助于发展地质理论，板块构造理论的兴起和发展就是这方面的很好例证。

区域物探采用的主要方法有航磁、重力、电法、地震、地温以及放射性测量等。对于不同的地质任务，各种方法所起的作用也不同。

在物探区测工作中，国外十分注意最终取得合乎质量要

求的地球物理条件，尽可能采用综合方法以利互相补充，克服单一方法的多解性；同时注意深部地壳乃至上地幔的研究，以利对区域地球物理场的分析和解释。

二、扩大收录信息量，物探仪器向多参量、多频及多道发展

为扩大物探方法的应用范围，提高区分各种地质因素的能力，要求收录的信息量 and 研究的参数不断增加，国外随着微电子学的发展，物探仪器的数据收录能力较几年前有了大幅度的提高。例如航空放射性测量系统，目前可同时记录256—1024道数据，而在1975年以前只有4道，60年代则只有1道。现代的航空电磁系统一般都采取6道数据，而且正在研制具有更多道数的系统。一套多功能的综合航空物探系统，在一次飞行中通常可以包括磁力仪、电磁系统、伽马射线能谱仪和甚低频系统，在一架固定翼测量飞机上每半秒钟可记录15道以上相互独立的物探数据。大地电流法和电磁法已扩大到6个数级的带宽，激发极化法和电阻率法在有些仪器中也采用了类似的带宽。如美国和加拿大正在研究测 10^{-3} — 10^{-2} 到 10^5 — 10^6 赫的复电阻率谱方法，出现了区分黄铜矿与黄铁矿化及石墨的可能性。加拿大凤凰公司的最新产品IPV—3电法仪器的工作频率更扩展为 2^{-14} — 2^{16} 赫，可作为多频电磁仪和频谱激发极化仪。澳大利亚的西罗泰姆时域瞬变电磁仪可取17—32道读数。

三、微处理机在物探仪器上的应用日益受到重视

在地面勘探仪器中引进微处理机的“革命”才刚刚开始。这类可程序的、有智能的电路元件，有可能在较短的时间内收录到更多的数据，并具有更好的信息增强和实时处理能力。来自许多探头的输入可同时被接收下来并存储在磁带

式固态存储器中。这种“革命”的含义首先意味着减少测量时间和花费，在各点上能取得更多的数据，从而有助于更好地解释测量结果，免除许多极为费时而又易于引起误差的工作任务。目前国外已有许多种仪器，都装上了微处理机。预计在今后几年内带微处理机的仪器将在物探仪器制造业中占主导地位。

四、加强科研工作，提高物探方法的分辨能力，加大勘探深度

为满足地质工作的要求，各种物探方法的进一步发展都注意了提高分辨能力和加大勘探深度。一方面是研制新方法，如苏联提出的一些电化学方法（接触极化曲线法和强制离子迁移法），和美国、加拿大等国正在研制的复电阻率法均试图用于区分矿物成分。另一方面是改进现有仪器设备和工作方法，如巴林杰公司拟通过改进因普特系统并在数据处理中采用反演概率法，试图在信噪比小于1的情况下提取有用信号，将系统的勘探深度增大到500米。

五、计算机的应用日益广泛

西方国家物探数据室内整理、解释和成图自动化程度高，因此，野外工作结束后2个月到半年便可提出报告。据报道，加拿大利用半自动化成图程序，每天平均可处理测线3000英里航磁数据并绘出等值线图。在应用计算机解释各类物探数据（尤其是多道性质的数据）方面，取得了一些根本性的进展。对位场方法数据的计算机处理和解释较之电法一直处于领先地位，但近年来在电阻率、激发极化和电磁法测量中对数据进行直接反演解释也有了某些进展，这是值得注意的。

在物探数据处理和解释方面一项引人注目的发展是，出现了与计算机连接的人机联系终端设备，计算出的模型异常

能立即显示在萤光屏上。如在萤光屏上显示出的模型异常与野外数据所得的异常不相吻合，则可通过终端迅速地修改模型参数，直至吻合为止。

美国已在一种或几种联立数据组中采用模式识别技术方面做了许多工作，此项研究一旦获得突破，将为地质找矿工作带来重大的变革。

用物探方法直接找油

目前寻找油气所用的地震、电法、重力等物探方法，基本上都是间接找油，即探测地下几百米至几千米深度内的储油构造和各种类型的岩性圈闭。用物探方法直接找油气，是国内外正在探索和研究的课题，随着物探仪器和方法的发展，有些方法在直接找油的实践中已取得了一定成效。电瞬变法测量，时间域电磁法，复电阻率法等就是正在试验中的几种直接找油的电法方法。

油气藏上的碳氢化合物或其他有关物质，向上运移而产生的化学变化，使油气藏上呈现衰减的高电位差也相应发生变化，用电瞬变法测量出地下油气受到这种变化的响应，就可达到直接找油的目的。含油气的岩石，一般都是不良导体，与它周围的岩石有明显的电阻率差异，用时间域电磁法，测定大地电磁响应随频率或延迟时间的变化而导出的电阻率变化，进行直接找油，在国外已见成效。此外，在美国西部的一些油田上，用复电阻率法测量结果，证实有与油气藏密切相关的复电阻率异常存在，把这些资料再与可靠的地质资料对比，发现在许多油田上有侵染的金属硫化物存在，此硫化物可作为直接找油的标志。

美国的一些大学还开展了电法找油的模拟实验，用计算机模拟法对不同层系中的薄电阻层的探测能力进行研究。实验结果表明，对于电阻层的响应，电场比磁场灵敏得多。

（贺 师）

国际数学地质发展的现状与趋势

李裕伟 余金生

从26届国际地质大会数学地质讨论会的论文分析，兹就当前数学地质十个重要领域的现状和趋势，分别予以介绍。

1. 矿产资源统计预测

利用电子计算机及相应的统计方法，预测区域矿产资源远景、确定勘探靶区，已在预测铁、多金属、稀有金属、铀和石油等矿产方面取得了显著效果。

国际地质数据存贮、自动处理和检索委员会，系统地研究了计算机矿产资源数据库及矿产资源预测方法问题，推广了六种计算机矿产资源预测方法，从而推动了这方面的国际合作和发展。

2. 预测地质学

所谓预测地质学，就是建立一定的数学模型，来预测在一定地质条件下，核物质（包括核燃料贮存库和核废料的处理场地）向它周围的岩石产生放射性扩散，最后由岩石圈进入生物圈的扩散时间、空间和剂量之间的关系。目前所作的多为500年、1000年的长期预报。

3. 图形识别（模型识别）

在地质工作中有许多信息是以各种图形的形式提供的，

如各种地质图件、岩矿显微图象、电信号、卫星照片等。如何充分利用这些图形信息来进行各种目的的分析、对比和分类,一直是数学地质研究的重要课题。例如,通过地质图或构造图的图形识别技术,可以对比两个地区地质构造条件的异同,从而分析成矿远景。图形识别一般采用多元统计方法、数字滤波等各种形式的统计方法。

4. 数学形态学

数学形态学是由法国枫丹白露数学形态研究中心马特龙和色拉为首发展起来的一套映象分析技术。它与图形识别的区别是:(1)在数学方法上以随机函数和微分几何为基础,从而形成了独特的法国学派的专门图象分析技术;(2)在应用上主要用于研究显微镜图象,如岩石、矿物的光、薄片,生物或医学显微镜照片等。通过对这些照片中颗粒的不同灰度的识别,建立起不同的相,然后研究和分析由各个相所组成的显微图象的形态结构,并加以定量地表达和描述。整个映象分析技术由结构分析器的映象分析仪来实现,整个过程全部自动化,每天可处理数千个样品。数学形态学分析技术可广泛用于地质、冶金、医学、生物、森林、农业等部门,受到世界各国的重视。

5. 地质统计学

利用一套随机函数与多元统计相结合的方法来对空间数据进行估计。目前地质统计学以法国为中心,为马特龙所首创。在地质、森林、农业、气象、海洋等方面均获得广泛的应用。在地质上,主要用于解决矿产储量计算问题,现已逐步扩展到用于解决水文地质、地球化学、地质制图和矿产区域预测等方面的问题。

6. 数学地质方法在沉积学、地层学和古生物学中的应用

沉积、地层和古生物学是数学地质最早的研究对象。在沉积学中，目前主要使用多元统计时间序列分析和数学模拟等方法，来研究沉积环境（沉积相、沉积地球化学环境、水动力环境、构造环境等）；在地层对比方面，近年来发表了许多数学方法和计算机程序，力图作到自动分层和对比，配合剖面自动联结、绘图技术，从而大大提高了地层资料分析的效率；地层对比主要使用各种统计方法，研究生物地层资料和岩性地层资料；在古生物领域中，主要用统计方法，数学模拟方法，来研究古生物（特别是微体古生物）的分类、演化和生态问题。

7. 地质数据库

广义的地质数据库包含地质数据库和地质书目数据库两类。前者包含地质工作中获得的观察和测试数据，如野外地质、钻井、物化探、实验室的数据、文字、图表等。国外目前比较重视矿产资源、能源、野外地质、地球物理及地球化学等大型、综合性的地质数据库的建设。后者专指由图书、情报和各种地质出版物所组成的数据库。

在美国、加拿大和西欧，数据库已成为各种地质科学计算的必要基础，如矿产预测是在矿产资源数据库的基础上进行的，石油预测是在石油钻井和石油地质数据库的基础上进行的，各种地球物理计算立足于重力、磁测等数据库，而地质统计学储量计算则立足于矿床勘探或矿山地质数据库。地质数据库同各种处理计算方法的联结，加上各种绘图、显示技术，大大提高了地质资料处理的自动化程度。

目前虽各国均在搞“国家数据库”，但有向“国际数据库”发展的趋势。

8. 地质情报图书检索

到目前为止，世界上有三个重要的地质书目数据库：美国的GEO—REF，英国的GEOSYSTEMS和法国PASCAL—GEODE。其中每个数据库均包含有50万篇以上的地质文献，世界各地的用户均可通过计算机网络向这些数据库检索地质文献。现在GEOREF和PASCAL—GEODE已决定联合起来，形成一个更大的国际地质书目数据库。除美、法外，一些欧洲国家也加入这一计划。这个新的国际地质书目数据库目前使用英、法两种语言，以后很可能发展成一个多语言的国际地质书目数据库系统。

9. 计算机自动绘制地质图

近十年来，计算机绘制地质图技术有了巨大的发展，从而使地质人员存取、编绘、复制地质图件（从简单的曲线图、等值线图到复杂的综合地质图），非常迅速、简便、灵活。英、美、法、西德、加拿大等国均在大力发展计算机绘图技术，已有一些成熟的软件系统和相当的经验。目前有的绘图程序包，开始吸取克里金技术作为一种插值方法。

10. 数学地质程序、程序系统及地质计算语言

目前各国已积累了大量的数学地质计算机程序。一些国外著名的数学地质中心都很注意程序的建设工作。如数学地质的最早基地之一的美国堪萨斯大学，就积累了近百个数学地质应用程序。美、英、法、加拿大等许多国家的地质计算中心，均有统计分析程序包。为了交流数学地质计算机程序，上届国际数学地质协会主席梅里亚姆主编了《计算机与地球科学》杂志，主要发表解决传统地质问题的各种统计分析、岩石化学计算、地质过程计算机模拟、定量地层对比方法和各种地质制图方法等计算机程序。

目前，一个更新的动向是地质计算语言或地质程序语言的出现：(1)新的程序语言在结构和算法上将专门考虑地质学中的问题和地质学的特点；(2)许多地质的概念和术语将用数学的语言和符号来表达。梅里亚姆预计，地质计算语言的发展将成为数学地质在八十年代的最重要事件。

国际数学地质协会

国际数学地质协会于1968年8月在布拉格成立。它隶属于国际地科联和国际统计学会。现有会员500多人，其中绝大多数是个人会员，少数是团体会员。我国以中国地质学会的名义，于第26届国际地质大会期间正式加入该协会。

国际数学地质协会，经常举办各种数学地质学术会议和专题讨论会，主编了《国际数学地质协会会志》和《计算机与地球科学》两个杂志，前者主要介绍各种数学地质方法及其应用，后者介绍各种数学地质计算机程序。该协会的每个会员，每年可按期收到这两份杂志。

(程 实)

当前世界选矿科技的发展方向

林 斯 栋

近十多年来，国际选矿科技的发展动向，大体可以归纳以下五个主要方面：

一、普遍重视理论与基础应用研究

历届国际选矿会议都发表数量可观的选矿基础研究论文。从1979年6月在华沙召开的第十三届国际选矿会议来看，39个国家到会代表727人，共发表95篇论文，专题论述磨矿、粒度检测、浮选、细粒选矿、分级、磁电选、化学处理等基础研究或涉及基础研究方面的论文就在24篇以上，占25%强。1980年3月在美国召开的国际细粒选矿报告会，有论文91篇，许多论文也都是从近代物理、化学、表面——胶体化学的基本理论出发，进行论述的。

美国在选矿基础研究上处于世界领先地位。1977年继续进行的基础研究主要内容有：矿粒特性的系统测定；选矿过程的微观研究；选矿单元操作模拟以及分选过程动力学分析。加利福尼亚大学材料科学及矿物工程系富尔斯登留(D. W. Fuerstenou)教授，于1979年8月在我国长沙中南矿冶学院讲学，开设了《浮选理论基础》讲座，内容十分丰富。

二、微细粒选矿新工艺新技术的研究已成为当前国内外选矿研究领域的重大课题

1980年在美国召开的国际细粒处理报告会，广泛地论述

了金属矿物、非金属矿物、煤、废料、废水中微细悬浮物、生物细粒的产生、分级、磁选、电选、重选、水冶、团粒、固液分离、废料处理等，论文共计91篇，标志着近年来国际上细粒分选的新进展。

第十三届国际选矿会议的95篇论文，按大会分类：细粒工艺9篇、粘土选矿（细粒处理）12篇，占全部论文的22%强。

中国金属学会1979年11月在长沙召开的中国第二次选矿学术会议，有84篇论文在大会上宣读。其中论述黑色细粒分选工艺的就有细粒红铁矿的反浮选，磁重选，细粒红铁矿的选择性絮凝分离、脱泥、细磨分级、离心选矿等7篇，占黑色选矿15篇论文的几乎一半。论述泥质氧化铜矿、氧化铅锌矿、细粒锡石及锡细泥的分选回收工艺的论文有10篇，占有色选矿20篇论文的50%。论述高梯度磁分离细泥技术、动力学与统计理论、聚磁介质研究、离心选矿机、振摆皮带溜槽等细粒分选设备与分选理论研究的论文7篇，占选矿设备与自动化18篇论文的38%以上。

中南矿冶学院成立了矿物工程与细粒选矿教学科研组织，说明国内冶金部门、高等院校在细粒分选理论和工艺上给予了相当的重视，而且取得了某些进展。

细粒选矿发展是当代矿物工程发展的必然趋势。几种主要的新工艺新技术如：美国蒂尔登铁选厂七十年代首创的“选择性絮凝（脱泥）—浮选；澳大利亚沃伦（L.J. Warren）首先试验成功的选别白钨矿细泥的剪切絮凝——浮选；美国新出现的选择性团粒——表层浮选；载体浮选；液——液提取；高梯度磁选以及离心选矿机等为细粒选矿开拓了新的领域。

东北工学院、北京矿冶研究院等研究弱磁——强磁——阳离子捕收剂反浮选处理鞍山式弱磁性铁矿石的新工艺，使我国在红铁矿选矿上闯出了一条路子。

三、贫矿的采选冶问题日益受到工业发达国家的重视

随着工业技术高度发展的需要，要求在世界范围内大量开采各种有用矿物，导致原矿石及其它有用矿物组分品位明显降低，贫矿越来越多。由于富的易选的，组成简单的资源开采得差不多了，就得向低品位、难选、粒度细、组成复杂的矿石进军，向选矿的深度发展，就要研究新设备，新工艺、新技术，强化选矿过程。

美国在1970年制定了《美国矿业和矿产条例》，要求合理开发和利用矿物资源及寻找矿物新来源。美国矿业局在1976年曾拨款2700万美元进行低品位矿石加工、二次资源利用和冶炼气体净化的研究。一些大学和矿冶公司也在研究充分利用矿物原料和减少污染的新工艺。1972年4月，在纽约举行过低品位矿物资源的采选国际会议，会后编辑出版了《近代低品位及表外矿采选进展》文集。

日本矿产资源极端短缺，十分重视贫矿利用。1979年日本经济团体联合会等组织提出75个开发技术革新领域，其中包括“低品位矿石的有效利用技术”。近几年来，日本对二次资源利用、废水、废渣、尾矿等资源化加紧研究。

当前，国际上对贫矿开发处理研究大体上可归纳两种主要类型（方法）：

〈1〉传统选矿技术创新、工艺的革新。研制大型、高效，低耗、适用性强、处理量大的选矿设备。综合利用外加各种能场，如磁场、电场、离心力场、相界面等，创造分选新方法、新设备是当前一种主要趋向。强化选矿过

程,发展和利用联合流程、新型选矿药剂处理低品位难选冶矿石。

(2) 研究发展低品位矿石的特殊处理技术: 第一是综合应用地质、水文、矿物、采矿、选矿、冶金等技术的原地(in-situ)开采法(或叫溶液采冶法,在苏联叫地质工艺开采法),引起人们的很大兴趣,适用于地质条件复杂、深部难开采的低品位矿石。美国、加拿大等国家较多用于铀矿开采,也用于氧化铜矿、红土矿和锰结核。

第二,应用细菌对铀、锰、铜等低品位矿石进行选冶的生物采矿,引起较大注意,有可能发展成生物冶金学。

第三,化学选矿。国际选矿会议有关湿法冶金的文章逐年增加。第十三届国际选矿会议有10篇文章论述化学选矿,占论文总数的10%强。近年来,由于对环保、生态学要求日益严厉,浮选低品位细粒与大量黄铁矿致密共生的黄铜矿、指标低,得不到合格商品精矿。因此,当前热衷于研究硫化铜矿、尤其是黄铜矿的湿法处理。

四、贫、细、杂矿石处理是当代矿物工程的重大课题

当前,“杂”字问题尤为突出。研究“杂”矿的选矿是矿产资源综合利用发展的必然趋势,也是中心问题。“杂”往往兼有贫细。研究“杂”矿的选矿并综合利用有价值的组分,用单一的选矿方法、欲达到综合利用的目的,其实例是少见的。工艺过程中多包括数种选矿方法的组合,或所谓综合选矿法。国内外广泛研究选—冶联合工艺流程,取得显著成效。

五、国外大力发展矿冶研究机构

美国拥有一个相当庞大的矿冶研究机构网,对选矿理论及实践问题进行广泛的研究。美国这方面的研究机构可分成

三类：美国内务部矿业局所属的选冶研究中心、矿冶工业研究机构以及高等院校。据不完全统计，矿业局所属有8个矿冶研究中心，矿冶工业研究机构有23个，从事矿冶研究的高等院校有34所。这些研究机构的工作各有侧重。研究内容包括矿物经济、破碎机理及其机械、浮选、重选、磁选、湿法冶金等理论和设备，以及磨矿、浮选过程的数学模拟等等。除理论研究和实验室研究，还有相当数量的半工业试验厂。

苏联在矿物原料选冶研究方面走在世界前列。单是苏联地质部就建立有全苏矿物原料研究所、哈萨克矿物原料研究所、后贝加尔非金属研究所、中亚地质与矿物原料研究所和中央地质勘探研究所等11个综合性科学研究所，其中都设有综合利用研究机构。此外，还有59个选矿、化学和非金属原料工艺实验室)选矿14个、化学工艺6个、煤化学9个、非金属原料工艺30个)以及一些试验车间和半工业试验工厂。近年来各研究所和地质院校进行了385项矿产综合利用研究工作。

稀 土 元 素

稀土元素既不稀少，也不是土，而是在自然界有着大量储藏的一些金属。地壳中稀土的含量为0.0153%，比铜、铅、锌、锡、钨、钼和贵金属要多几十倍甚至几百倍，而在月球表面，稀土含量相当于地壳中含量的3至10倍。那么，人们为什么把稀土元素叫做“稀土”呢？原来这是从18世纪沿用下来的名称。那时候，人们把一些不溶于水的金属氧化物统称为土族元素，加之可以提取这些金属氧化物的矿物比较稀少，而且只能获得外观象碱土(氧化钙)一样的氧化物，所以就把这些元素称为稀土。

稀土是17种元素的总称，其中包括镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镱(Yb)、镱(Yb)、镱(Lu)等镧系元素，以及和它们化学性质相近的钪(Sc)和钇(Y)。在自然界，含稀土元素的矿物约有250种。我国18个省、区发现有稀土资源，储量占世界第一，生产能力仅次于美国而居世界第二位。

(一 土)

矿山地质学的发展动向

彭 觥

矿山地质学是介于地质学与采矿学之间的边缘学科，主要研究矿床开发过程中有关地质、矿产资源、技术经济等问题的理论和方法。它的发展与采矿有着密切的依存关系，找矿勘探与矿山开采的地质工作的衔接，要由矿山地质工作来完成；在矿山生产的过程中，为改进选矿工艺，提高回收率而进行矿物、岩石性质的研究，也要由矿山地质工作来承担。

矿山地质学作为一门独立的科学出现比较晚，直到二十世纪三、四十年代，才有这门学科的专著，到五十年代论著才逐步多了起来。A·M·贝特曼在1950年出版的《矿床学》中，把矿山地质学称为“经济地质学的一个特殊分支”，并列举其任务是：在矿山的开采准备阶段确定矿床的形状、规模及延伸，进而对矿床作出详细的经济与地质评价；在采矿进行阶段，矿山地质人员和采矿人员密切合作，布置和管理生产勘探、开拓及采矿工程，寻找断层错失的矿体，提高储量的可能性，解决采场工程地质问题和选矿、冶炼问题。B·M·克列特尔等人，在1960年出版的《矿床的普查与勘探》一书中，则把矿山地质工作的主要目的概括为：在尽可能不降低矿山企业生产率的情况下延长其寿命；帮助矿山提高开采技术和经济效益。

当前国外矿山地质学有以下几个方面的新发展。

第一、研究领域不断扩大

七十年代以来矿山地质学进入了一个新的发展阶段，即从过去侧重矿块和采掘工程的地质编录、取样及储量计算阶段，发展到从整体上对矿区、矿床、矿体进行多学科多层次的综合研究为主的阶段。

最近十年来，由于采矿量增加和高效率采矿方法与新设备的推广应用使开采中储量损失上升。因此，要求矿山地质人员，从降低损失率的角度，准确验证矿体与围岩的界线，矿化变弱（矿体变贫、变小）的部位，构造断裂和矿体质量变化，以及对开采有影响的矿体附近工程地质水文地质条件。同时加强科研工作，改进生产工艺，确定降低储量损失不可避免的下限。

第二、在寻找富矿体的理论和实践方面取得了显著进展

美国、加拿大和苏联等国，都很重视综合性矿山地质研究。通过总结已经开采的矿床形成和分布规律，运用成矿模式和围岩蚀变分带，地质构造（矿田构造）分带，地球化学分带等定性定量对比方法，指导生产矿区外围和深部寻找新矿床，尤其是盲矿床。

在矿山地质（开拓和开采）工作中，必须加强矿床基础地质资料的研究，这是不断扩大矿床储量的重要途径之一。

加拿大魁北克省诺兰达地区现有19个矿床，其中有7个矿床是1955年至1977年，运用生产矿山积累的地质资料，总结出的火山成矿理论（并结合物化探）发现的。

1971年至1975年苏联新增78亿吨铁矿储量中，有60亿吨是克里沃罗格和库尔斯克等生产矿区，通过矿山地质工作获得的。

第三、加强了工艺矿物学研究

为了提高矿产资源综合利用程度，改进采、选、冶工艺流程和搞好矿山环境保护，许多国家正大力发展工艺矿物的研究。苏联从工艺矿物学角度，把矿物分为含有用元素和具有可用特性两类。并对矿物成分，嵌布粒度，结构特征与选冶分离度的关系进行研究，进而解决了采矿损失率和选矿回收率问题。另外，矿物在加工过程中的性状及其变化，如在不同药剂中的浮游性能，在不同温度压力下在酸碱和有机溶液中溶解度变化等加强了研究。近来英国、澳大利亚、加拿大等国，对选矿过程中定量矿物的分析研究发展较快。

在选冶过程中的大量贫矿和尾矿，是重要的矿产补充资源。这些资源的利用，也必须从工艺矿物学入手，研究这些废料中矿物和元素特征和它的次生变化。

第四、矿山水文、工程及环境地质研究有新进展

在矿山水文地质方面，主要是采用新技术、新方法来研究矿区含水层的地质特征，查明补给源和疏干排水范围，地下水、地表水和井下涌水量变化规律，露天矿受水面积对边坡影响，以及矿山企业的工业与民用水源观测和水质分析评价。如美国、西德等一些矿山采用电磁、重力各种物理测井方法测定含水层、储水构造，并把电子计算机应用于矿山水文地质工作。

在矿山工程地质方面，从六十年代以来，美国、苏联、加拿大等国，为了对露天矿进行人工加固，整治滑落坍塌，大力开展了矿山工程地质的新分支——岩体工程地质力学的调查研究，深入分析断层、层理、片理等可能形成滑落的潜在弱面，系统观察水的冲刷和润滑作用、爆破震动和温度变化等因素，对降低岩石强度和增大下滑力的影响。

矿山环境地质的调查研究是矿山地质的一个新课题。近几年重点是调查矿山废料、废液（矿坑水和尾矿水）、井下矿石自燃和地热灾害，以及从矿井排到大气中的废气等，对矿山环境的危害和对农作物及动植物的影响。尤其井下某些金属矿石的粉尘对人体引起的各种疾病。

消除矿山和工厂环境污染的一项重要措施是扩大废料利用，如苏联用铁矿废石作建筑材料，加拿大用含磁黄铁矿等硫化物尾矿和炉渣混合在一起充填采空区效果良好。东德一些矿山也大力利用选矿尾砂制砖。

第五、矿山地质技术经济研究发展较快

近年来地质经济、矿山技术经济以及矿山系统工程学的进展促进了矿山地质经济的研究并有不少新进展。如：对综合回收矿石中伴生有用组分的经济效果和计算评价的研究，对鼓励企业回收更多伴生组分，起到了积极作用；矿石开采中储量损失的经济评价及其方法的研究，对改进矿山经营和保护矿产资源具有双重意义；可变性边界品位的研究，是国外七十年代地质经济研究的重要成果之一，它的一个重要观点就是动态的辩证的看待品位指标。

国际工程地质协会

国际工程地质协会(IAEG)，于一九六四年在印度新德里正式成立。现有国家小组四十二个，加上地区和单位共六十多个，会员四千多人。一九七九年在苏联召开的国际工程地质协会理事会上，正式通过接纳中国为国家小组，批准四十五人为第一批会员。一九七〇年在法国巴黎、一九七四年在巴西圣保罗、一九七八年在西班牙马德里，分别召开了第一、二、三次国际工程地质大会。根据一九七九年理事大会的决定，一九八二年在印度新德里举行第四届国际工程地质大会，一九八三年在波兰举行环境工程地质讨论会，一九八四年在法国巴黎举行建筑材料讨论会。

协会还办了《工程地质丛刊》，

(成 师)

展望八十年代遥感地质方法的 可能进展

杨廷槐

一、

众所周知，加拿大、澳大利亚等国一些重要区域的矿产开发，与1950—1960年遥感地质工作有密切关系。迄今区域地质测量及对资源的区域侦察评价，仍然是国外遥感地质方法发挥效用的主要方面，它所起的作用是：加速面上工作及帮助确定进一步的重点工作区。苏联发展遥感地质，促使它们改变了地质填图的方法组合，收到了积极的生产效用；七十年代以来，苏联便以所谓组合地质方法推进中、大比例尺的地质填图速度，同时，又借助于遥感地质等手段加强欧洲北部及西伯利亚、远东地区的资源评价工作。美国在阿拉斯加以寻找铀及其它有色金属、油气资源为重点的区域工作，遥感地质也起了积极的作用。近年某些发展中国家积极利用本国与外来力量加强待开发区的地质与普查工作，如1977—1979年英国和西德等国便在玻利维亚东部地盾区、埃及西部、秘鲁安第斯、印尼苏门答腊进行一系列的填图普查项目。可以认为，遥感地质作为地质及资源的区域侦察手段，已为较多国家所利用。目前，遥感地质尚不是直接的找矿方法，但它的间接作用已在区域构造研究、对有关矿产与构造、岩性的时空关系的调查，以及作为综合找矿的一种手段，有了良好的

效用：

1.大量新的区域构造资料，包括星载激光雷达（地面发射后接收反射回波）对地壳形变和地块飘移的动态监测资料，促进了构造理论的发展，为多种地质工作服务对象所利用。

2.在某些金属或非金属矿（尤其是构造因素占主导的矿种）的区域成矿规律研究和具体找矿工作中，起积极作用。例如，在墨西哥北部，有人利用图象线性特征的统计工作图，查明了成矿的具体构造部位，提出了一些靶区，指导化探测量及异常评价，发现了多处矿化点，有一处已在二百多米深部找到工业铜矿化。近年在南美一些基底地区的找矿工作中，利用遥感图象分析取得良好的效果。

3.在油气、铀矿等能源资源普查中，遥感地质的主要作用是减少地面工作量，帮助选取物探靶区，有时它具有地面工作无法发挥的一些研究能力，起了重大作用。美国的奇弗隆海外石油公司在肯尼亚东部就曾利用线性特征及影象异常有效地确定盆地边界及储油层厚度的水平加厚趋向。皮得逊通过线性特征应力分析，由拖泄断裂推断隐伏储油构造，有效地确定勘探井位。文森特在密执安盆地发现地堑构造及有关断层，经钻探发现了油、气显示；美国怀俄明州“矿卷型”铀矿工业价值与赋矿层位的砂泥比值有正相关关系的发现，也是近年这方面的实例。

资料表明，国外在水资源（地表与地下水）、地热、地震地质等调查工作中，也较多利用遥感资料，日本、智利近年还以机载遥感作为勘查地热资源的主要手段；在非洲、中东及南美一些干旱地带，由于地质资料缺乏，遥感地质成为地下水区域调查工作的主要方法。

应该看到，在复杂的变质岩、火山岩及厚覆盖地区，遥感地质目前只能通过多种探测技术或增强不同波谱响应的处理方法，对大的岩石单元进行填绘，对不同变质相或火山旋回产物，只能借助其不同物理特征的影象反映帮助探测，目前尚不能利用不同变质相或火山旋回的矿物组份作为详细区分岩相的依据；在构造分析上，大比例尺工作仍面临地面工作所遇到的一些困难。因此，这类岩区成为目前国外遥感地质重要的方法试验区。

二、

几年来，我国遥感地质在各有关领域的实验应用，已初步收到一些效果，概括起来有以下几点：

1.在部分省区区域地质测量中，采用了以遥感地质为基础的几个图幅联测的方法，提高了填图效率，质量也有所提高。四川盆地1：20万区域地质调查生产任务的完成，就是其中一例；

2.通过图象线性特征分析，并配合少量地面工作，在我国各不同地质单元及岩区内发现普遍存在着规模不等的环形特征或断裂，这种构造现象是前所未见的。补充或修改了对某些地区构造格局的认识。几年来各种比例尺的遥感地质构造解释资料，陆续为构造理论研究、地震地质和工程地质调查工作所利用；

3.遥感地质除了作为区域矿产综合评价方法的一种手段，在某些矿种或成矿地带上应用外，在砂金、煤、盐、铀及多金属矿的普查工作中已有较好的应用。如某地以铜为主的多金属矿通过影象特征追索，发现其标志层延伸二、三百公里，经实地验证，查见了大量的铜铅锌矿点。某含煤构

造，由于遥感地质工作的推断预测，煤田远景储量得到了扩大；

4.对干旱、半干旱地带的水文地质区划及地下水勘查，有较明显效果。吉林等省区利用遥感地质方法成功地找断层和裂隙地下水。

应该指出，近年还在柴达木、华北平原、松辽平原及四川盆地以至“羌塘地块”等地，开展了遥感地质配合找油找气的方法试验。今后，随着地质工作服务范围的扩大，遥感地质在环境地质调查、地质灾害监测等方面的应用，也将会取得好效果。

由于我国使用遥感方法的时间比较短，投入的工作力量很有限，所以迄今所取得的这些效果是相当可喜的，标志我国遥感地质方法的应用已有良好的开端。

三、

遥感地质与遥感技术密切联系着。现代的计算技术（与计算机）、信息处理及电子探测器件等技术日新月异，遥感技术在传感器及信息处理两个方面的进展也很快，这对遥感地质方法已经产生并将继续产生直接的影响。在今后10年，这种影响比目前更起决定性作用。今后10年遥感技术将出现的重大变革及它们给遥感地质方法带来的相应影响，可能是这些方面：

1.遥感技术将大幅度提高数据传输速率、采用新的大型探测器陈列及新的连续调频的波长鉴别器件。据估计，今后的数据传输率可能接近于每秒 10^{10} 位，这相对于目前的陆地卫星的传输率就要使分辨率提高24倍，瞬时视场达到3米。目前为确保好的信噪比而已使用的硅探测器线阵已达2000单

元以上，也使用了 800×800 单元的面阵探测器件(CCD)，以后将使用硅以外的探测器系统，其规模更大。同时，以后将使用高分辨连续调频的滤波器，如目前所发展起来的可调音频光学滤波器(TAOF)。这些发展的结果，将导致长波段得到应用及实现窄波段系统的记录。

2.严格地说，迄今通用的机载和星载遥感传感器并不十分适合地质用途，其原因是工作波段缺少地质有用波段，波段间距也过大，不利于地质信息的提取。近年大量的室内与机载实验，已确认中红外波谱区(2—2.5及4—40 μm)有关波段对多种地质物质(如硅酸盐)的探测有重要作用，而判别矿物的波段宽度要求达到0.02 μm 或更窄。这些要求的实现将使遥感地质方法能更多地利用多种矿物内部在中红外区的振动过程的波谱响应，使岩性判别技术大大地提高。必须指出，今后10年可调式激光主动系统(短波长)可望得到发展，这又将使探测手段得到重要加强。近年已有机载系统的成功实验，令人鼓舞。如机载激光红外系统以造岩矿物晶格的共振频率激光束照射目标，外差法检测回波(9.1—11.6 μm)而记录不同矿物的剩余射线，已可测不少造岩矿物及粘土矿物，判定火成岩的基-酸组份比。如果较长波段的可调式激光系统获得成功，也将扩大矿物鉴定的范围，克服中红外区内某些波段发射能量低及大气吸水影响所带来的限制。

3.对遥感地质，目前可用的数字增强技术已达20种以上。在数据获取及处理方面，今后发展的一个重要方面是针对不同目标的数字模型的研究、建立与应用。例如，将主、被动微波、热增量、重、磁、光谱及有关辐射比等各种数据集一起显示成图象的数字模型；研究山区不同辐射传输对传感器响应的影响的模型及其与数字地形数据(DMT)的综合，

将可实现对非朗伯面响应的检测；勘查不同矿床类型的资源勘查模型（如斑岩铜矿、块状硫化物矿床模型等）将使遥感地质方法与地质上已确立的成矿模型直接联系起来。迄今的试验表明，模型技术在今后10年将有长足的发展。

4.待测地物物理特性及地球化学特性的波谱响应研究工作将有所加强，将导致更适应地质用途的技术途径的问世或发展。利用植物、土壤所含过渡金属种类和含量与它们的波谱响应关系的探测技术，今后几年可能达到实用程度，促进遥感地质与地球化学方法的综合应用，近年问世的普查油、气或矿物的一些微波系统的进一步完善，将加强遥感在能源普查工作中的能力。例如，利用气体分子吸收体吸收微波能量辐射所发生的激发和泵浦原理的机载雷达系统，已有较好的实验报道。今后遥感地质工作所依据的不仅仅是图象特征及结构，它将越来越多地同时依据各种表征地物性质的数据。

5.线性特征的统计、作图是遥感地质方法从统计上揭示地质构造规律的重要工作方法，今后的发展将是线性特征的数字识别及各种统计方法的综合运用。后者对隐伏构造分析具有重要意义。近年国外有人利用多种统计方法综合分析应力场，曾预测750—2500米深度的背斜、穹窿及覆盖褶皱构造，为盆地找油提供了线索。

美国航天飞机试验成功已部分实现了上述技术发展，它对遥感地质的进展在技术与降低经济成本两个方面创造良好条件。在八十年代内，航天飞机拟作500次飞行，其中20%是对地球遥感，已经考虑了地质应用。它携带的宽幅摄影机（地面分辨率15米）、多波段红外辐射计（10波段，包括1.6—2.5 μm 波段）及成象雷达（为地质目的设计）等系统对地

质应用的影响是很有利的，尤其在降低经济成本方面。

遥感地质（包括其前身摄影地质的发展固然与遥感技术的引入有关，但同时也与各国着力于提高区域地质研究程度、加强矿物和能源评价工作这一背景有关，这一点在某些幅员广的国度里表现得更明显，尤其在美国和苏联。苏联第10个五年计划（1975—1980年）完成了600多万平方公里的航天摄影地质制图（以1:50万—1:100万为主），第11个五年计划要完成820万平方公里，预计1988年完成全境的制图任务；他们规定在地质测量和普查工作的各个阶段要更广泛使用航空及航天资料，要及时检验用遥感方法查出的矿点。这一做法，与计划近年完成中比例尺填图任务、修编近10—15年已完成图幅以及通过补充地质研究等办法来提高区域地质研究程度的宗旨有关系，这是值得我们注意的。

前寒武纪地质研究的现状和动向

胡维兴 沈保丰

前寒武纪通常是指距今大约5.7亿年以前一段漫长的地质时期。由于这一时期地壳的组成、演化、生命形式和发展程度以及成矿特点等方面都显著地不同于显生代，因而在地质科学中，形成了具有独自特点的研究领域——前寒武纪地质学。

一、前寒武系与寒武系界限

当前国际上一般确定前寒武纪的上限是5.7亿年，我国是6.5亿年，这是就时限而言。但在具体确定前寒武系与寒武系界限时，一般都认为古生物法是唯一可以利用的方法，而且把地层中出现的埃迪卡拉无骨骼无脊椎化石和寒武纪的小壳化石之间的界面作为前寒武系与寒武系的分界。国际地质对比计划第29项《前寒武和寒武系界限》工作组指出，在上前寒武系及下寒武统边界之间，在世界许多地区有着稳定的地层特征及一些基本的生物发展特征，从而具备全球对比的条件。确定前寒武系寒武系界线的原则，是以单一的海相连续地层，小壳化石的出现为寒武系的底界，而绝不是不整合面，因而这个界限在野外并无明显的岩性标志。但也有人认为，下寒武统小壳化石的分布具有穿时性，因而不能作为确定界限的标志。工作组选出了包括我国三峡、峨嵋等五个

剖面在内的若干界限层型候选点。

二、前寒武纪地质年代的划分

国际地科联前寒武纪分会的方案，建议把前寒武纪划分为太古宙和元古宙；界限在25亿年。但近年来，通过对世界范围内一些重要地质事件的研究，有人认为太古宙和元古宙的界限可能是跨时代的和非划一的，具有穿时性，其界限可能是从23到27亿年左右。

众所周知，尽管地球—月球体系的年龄已合理地确定在45.5亿年，但可能用于确定老于太古宙时间单位的早期历史岩石组合，仍然没有一个清晰的上界（可能38或39亿年）。因此北美地层命名委员会建议将这一概略的时间单位非正式地暂定为“前太古宙”。该委员会提出了一个《美国和墨西哥前寒武纪地层地质年代表》，将太古宙三分为早、中、晚，其时间界限为33和29亿年，将元古宙也三分为早、中、晚，其时间界限为16和9亿年。

三、前寒武纪古生物学

七十年代以来，前寒武纪特别是晚前寒武纪古生物学有了迅速的发展。目前，关于元古宙生物存在的问题，已没有任何疑义，不仅有动物，而且也有植物化石。起先在晚前寒武系发现了无小壳后生动物化石印痕，后来发现疑原类的角质外壳。每一种生物化石对于晚前寒武纪生物地层的划分和对比都起着很大作用。过去认为后生动物仅存在于晚前寒武纪上部地层中，但后来发现他们存在于更老的地层。一般认为，利用叠层石对同一沉积盆地进行地层划分对比是可能的，但远距离对比的有效性如何，尚有不同的看法。我国叠

层石工作者，近年在相当震旦亚界蓟县系下部层位中，发现并研究了稳定条件下微小类型叠层石组合，认为其生长环境可能是在较深的海水中处于大陆棚上产生的，分布范围广，有可能作为远距离甚至洲际对比的标志。叠层石的研究已从形态描述深入到研究其微结构的时期。

太古宙古生物学近年来也有很大的进展。已知最古老的是35亿年前，产在西澳大利亚皮尔巴拉地块瓦拉沃纳群燧石中的微小丝状化石。这些化石至少有五种不同的微生物形态，有的构成独特的链状集合微细胞。在南非34亿年无花果群中有类似藻类和其它鞭状孢囊的碳质球体、叠层石的形成时代可追索到35亿年，但老于25亿年的岩层中目前发现尚少。建造叠层石的微生物有些类似某些现存的丝状细菌和蓝藻，是代表地质记录中已知最老而较为复杂的真正微化石。

地球早期生物演化与矿产和能源特别是石油关系的研究，近年来引起了极大的注意。这不仅是由于古生物学和有机地球化学的研究已经表明，许多未变质的前寒武纪岩层都富含藻类和细菌生物物质，说明这些岩层存在有生成石油的物质基础，原核、蓝绿藻类和细菌很可能是前寒武纪石油的主要来源。

四、前寒武纪地质年代学

前寒武纪地质年代学的研究重点是太古宙。太古宙是地质历史的最早期阶段，它始于38亿年前，并延续到25亿年前。它的上限以构造型式的改变为标志。迄今为止，在地质历史的连贯数据中，还没有大于40亿年的。

在西格陵兰、北美南部、非洲和西澳大利亚等地的太古宙克拉通上，集中进行了太古宙岩石及其地质年代学的研

究，划分了两种岩石组合，即高级变质区和花岗岩—绿岩区。铷—锶全岩等时线法在测定太古宙似花岗岩类岩石的年龄方面起着重要作用；然而它在高级变质岩和低级变质岩中的应用，尚有许多未解决的问题。

因此，目前认为测定绿岩带和高级变质区的年代，除铷—锶法外，还必须采用其他方法。对酸性火山岩中锆石的铀—铅法年龄测定，可能是比较精确的，然而合适样品的缺乏，而使这一方法受到很大限制。

近年来，钐—钕（Sm-Nd）法的应用，使得同位素地质年代学的研究有了新的进展。钐— ^{147}Sm 经 α 蜕变而成钕— ^{143}Nd ，半衰期为 10^{11} 年，而在各类基性火山岩中的Sm/Nd比的差异，足以使钐—钕等时线的作图成为可能。由于稀土元素优先进入辉石，钐和钕在该岩石中可能比铷、锶活动性要小，因而钐—钕法可应用于更广泛的样品范围。在应用于前寒武纪地质年代学的研究方面，有着广阔的前景。最早应用钐—钕法测定太古宙岩石年龄，是津巴布韦绿岩带一套变质程度不同的样品，其年龄为 26.4 ± 1.4 亿年。

在前寒武纪地质年代学的研究中，要注意多期变质作用带来的复杂性。因此，前寒武纪地质年代学必须和野外地质学密切协作。

五、前寒武纪大地构造学和地球动力学

大地构造的各学派，对前寒武纪大地构造都很少提出过比较合理的解释。尽管许多学者同意板块构造是生成大洋壳和岛弧壳两者所必须的，但关于板块构造何时真正开始，却很少有一致的意见。前寒武纪地质学家普遍认为，地质活动的性质在地球的历史上是有变化的。因而对前寒武纪地质构

造的解释，不可避免地存在许多争论。例如对于非洲较老的造山带的成因，就有不同解释，有人认为它们是由于内部形变而成的，而按板块构造模式，它们则是作为大陆碰撞地区的标志而存在的。北美和非洲最早的视磁极轨迹都显示出，整个前寒武纪时期，至少从27亿年开始至现今的大陆块之间，磁极都有相对运动。

前寒武纪地球动力学—古地磁学的研究，给前寒武纪大地构造研究增添了新的内容。古地磁研究者认为，前寒武纪有些大陆块曾经在地球表面运移过，造山带不是由巨大海洋的形成或消亡，以及大陆与大陆的碰撞所产生的，而是由大陆的形变造成的。在地球发展的初期，可能只有两个或三个大陆板块。因此它们之间相互碰撞的可能性很小，但就在那时，大陆板块内部由于形成断裂，然后又闭合上，并进一步产生了现今所见到的许多造山带。古地磁资料证明了前寒武纪构造机制不同于现代的板块构造机制。

运用稀土元素地球化学来研究太古宙地壳演化，是当前一个新的动向。稀土元素图谱使用的原理是：稀土元素在沉积作用中不发生分异，仅在变质作用中偶然发生变化，因而可用以恢复原岩性质，进行揭露古地壳的发展历史。太古宙沉积岩的稀土元素图谱，不同于太古宙后沉积岩的稀土元素图谱，它们不富含轻稀土元素，也没有铈异常。典型的图谱类似于现代岛弧火山岩的图谱。

目前，对太古宙地壳演化模式的设想有三类：硅镁—硅铝转变模式；板块模式和均衡模式。但有关这方面的认识，尚处于深入研究阶段。

有些前寒武地质学家，认为地球在前寒武纪时期较热，从理论上讲，对流作用和板块构造也应发生过，而且应当是

进行得更快速些。前寒武纪板块和显生宙板块显有差异，但也有其相似性。如南非巴伯顿绿岩带与显生宙蛇绿岩很相似。因此，对前寒武纪板块构造不是有无的问题，而是要研究其本身的特点和地壳发展型式的问题。

六、前寒武纪成矿作用

在前寒武纪漫长的地质时代内，由于蕴藏着极其丰富的矿产资源，成矿作用一直是极为重要的研究课题。前寒武纪成矿特点可以概括为：矿质，特别是太古界，常与火山活动紧密有关，其形成的方式主要受沉积作用控制；矿床或矿源层常受后期的、不止一次的变质作用所改造；矿床普遍具有层控的特征。关于前寒武纪成矿作用研究的进展，我们拟专文介绍（见《前寒武纪成矿作用研究的动向》一文）。

前寒武纪成矿作用研究的动向

沈保丰 胡维兴

前寒武纪成矿作用是当前国际地质界的重要研究课题之一。在26届国际地质大会上，这方面的论文较多。国际地质对比计划（IGCP）第91项《太古宙地球化学》、第92项《前寒武纪成矿作用》、第157项《早期生物演化与矿产和能源的关系》，都从不同的侧面来探讨前寒武纪矿床的特征和成矿作用。现根据我们的体会，对前寒武纪成矿作用研究的动向归纳如下：

一、太古宙绿岩带和成矿

由于太古宙中多数重要的矿床都产出在以火山岩为主的绿岩带内，因此近年来绿岩带成矿作用一直是前寒武纪成矿作用研究的重点之一。A.M.古德文把绿岩带分为三种类型，1.巴伯顿型，科马提岩—拉斑玄武岩（无安山岩）组合，2.达瓦尔型，以沉积岩组合为主，盖层和基底具明显不整合，3.苏必利尔型，富安山质的多模式镁铁质—长英质岩石组合。这三种类型的绿岩带都以伴有科马提岩为建造标志。绿岩带中的主要矿床与地层中一定的岩石组合有关。J.M.富兰克林研究了加拿大地盾太古宙的成矿作用后提出：与火山岩有关的块状硫化物矿床，分布在中部为长英质火山碎屑岩相到边部为碎屑岩和镁铁岩流岩相的火山环境中。由脉体和

同生形态构成的层控金矿床,经常产在:1,从火山岩(主要是镁铁质的)到沉积岩具有明显而快速的相变化;2,具有次火山岩或高层位超镁铁或镁铁质岩床;3,有普遍的碳酸盐蚀变;4,在火山岩和沉积岩地层的铁建造等四种特征的绿岩岩系中。铁建造分布在绿岩带的许多岩相中,一些规模较大的铁建造产在浊流层内,远处浊流盆地的氧化物相铁建造是铁氧化物连续沉淀在深水盆地的结果,而硫化物相铁建造一般是分布在浅水区,可能是生物作用沉积形成。镍(铜)矿床主要局限在高层位超镁铁岩岩床中,常常位于超镁铁岩岩流附近。J.J.格锐赛姆和G.D.洛夫特斯-希尔斯认为,西澳大利亚卡姆巴达镍矿大约有80%的金属矿石都产在底板拉斑玄武岩和上覆超镁铁岩的接触带上,而多数局限在底板拉斑玄武岩的构造范围内。少部分矿石产于超镁铁岩系的顶板矿层中。我国当前关于绿岩带的报道也不少,但对我国是否存在以科马提岩为特征的绿岩带尚有争论,与绿岩带有关的金、铁等矿床的研究有待于深入。

二、原始活化和内生成矿作用

在太古宇末和元古宇初,是大量内生金属矿床如含铁—钛矿化的斜长岩、铜镍和铬铂的岩浆矿床、含稀有金属和云母的伟晶岩、含铌钽矿化的碱性交代岩和含稀有金属的碳酸岩等形成的重要时期。其原因何在?在26届国际地质大会B.H.喀赞斯基的论文中,认为大量内生金属矿床的形成,说明了原始活化区的成矿作用,提出了原始活化作用、原始活化区和原始活化区成矿作用的见解。原始活化区可分为构造—深成作用型、构造—变质作用型和构造—交代作用型等三种主要类型。前寒武纪早期地壳构造的原始活化作用伴随

有强烈的内生砷化作用，地壳下部的矿源在内生矿床形成中起主导作用。在构造—深成作用型的原始活化区，成矿组份和地幔侵入体共同出现；在构造—变质作用型的原始活化区，成矿组份则是在高温流体参与下富集，在构造—交代作用型的原始活化区，成矿组份是变质期后溶液聚集而成。

三、早期生物成矿作用

近年来，研究早期生物演化对形成矿产和能源关系的生物成矿作用已愈来愈引起人们的注意，国际地质对比计划，第157项就是为研究这一问题而设的一个学术项目。在前寒武纪，金、铜、铁、磷、锰、铅锌、铀、石墨、萤石等矿床常与炭质片岩建造或叠层石生物礁紧密有关。通过对炭质片岩建造中的钒、金、磷等元素的研究，发现岩层中这些元素含量均较高，同时其富集程度和有机碳含量具有一定的正相关关系，这反映出前寒武纪生物作用对金属富集的影响。这些金属的含量还达不到工业矿床的要求，炭质片岩建造仅作为矿源层，需要经过深部热流作用才能使这些金属活化、富集，然后形成矿床。对与前寒武纪叠层石紧密伴生的铁矿、黄铁矿、磷块岩等研究，更是无可怀疑地说明生物成矿作用。近年来前寒武纪生物作用对形成石油等能源矿产的研究也取得了一些重要的进展。在北美、欧洲、非洲和澳大利亚等地的前寒武纪沉积岩中，都发现了原生石油的标志。目前在35亿年前已发现了生命遗迹。在许多未变质（或变质很浅）的前寒武纪岩层中都发现富含藻类和细菌的生物物质，这说明具有生油的基础，而原核、蓝绿藻和细菌很可能是前寒武纪石油的主要源泉。在苏联中西伯利亚的勒拿—通古斯卡石油省内，已找出以晚前寒武纪（文德和里菲）油

层为主的油田，勘探面积达67万平方英里，潜在储量达2000亿桶。在我国震旦亚界上，中部地层中已发现了油气和沥青质，所以在未变质（或变质很浅）的前寒武纪巨厚地层发育的地区，要注意石油和天然气的寻找。

四、沉积（火山沉积）—变质作用

在形成前寒武纪矿产中的作用

前寒武纪岩石中60—80%是外生和火山沉积成因（包括这些岩石后期变质改造）。A.B.谢多良柯提出：沉积和生物作用，加上由于火山活动物质带人的复杂性，引起物质的深部沉积分异作用，形成矿源层、沉积和火山沉积矿床；对沉积岩、火山岩和沉积火山岩的不同变质相的区域热动力变质作用，伴随着物质的变质分异作用和热液及交代作用，形成受变质和变成矿床；对原始岩石的超变质和重熔作用，促使物质的岩浆分异作用，形成与花岗岩化、混合岩化有关的矿床。外生成矿作用和沉积及变质作用的联合是前寒武纪成矿作用的主导因素。 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 、D/H等稳定同位素的综合研究，是解决和鉴别前寒武纪沉积—变质成矿作用不可缺少的手段。

五、地史演化和成矿关系

矿床形成于一定的地质环境，产出在时间和空间的统一体内。在30多亿年漫长的前寒武纪地质历史中，由于地壳演化和生物圈、水圈、大气圈等各种因素联合作用的结果，前寒武纪主要类别矿床的形成，随着地质时间的推移，有一定的规律性。在26届国际地质会议中，好些论文都试图探讨前

寒武纪矿床的产出和地史演化关系的问题。目前已知条带状铁建造是地史中最早形成的矿种之一，最老的产于格陵兰西部阿西亚地区的可达37.6亿年，但主要形成在27—27.5、18—22亿年的两个地质时期内。太古宙的金矿主要与绿岩带有关。在31亿年前就形成的与酸性火山岩有关的铜锌矿床中铅含量甚低。青金石、金云母矿床几乎主要产在太古宙。下元古宙是形成与铬铂矿床有关的层状镁铁质侵入体的重要时期。兰特型的金铀砾岩矿床仅产于太古宙和元古宙不整合面的砾岩层内。中上元古宙的黑色页岩、碎屑岩、碳酸岩建造是铜、多金属矿床的赋矿岩系。块状磁黄铁矿镍矿主要产在早于18亿年与火山孤超镁铁岩侵入体和岩流内。上元古宙和早寒武世是磷块岩形成的重要时期、碳酸盐建造类型的铅锌矿和蒸发盆地中的盐、石膏和钾盐共生矿种在前寒武纪很不发育。但是前寒武纪矿床分布的时间性还有许多问题尚待深入研究，而且必须与空间分布性结合起来考虑；即使当前广泛流传的块板构造理论，一进入这一领域，就会遇到在研究显生宙板块构造时所不曾遇到的问题。



