

第20届国际大地测量学与地球物理学联合会 维也纳大会地震地质类成果交流简介

陈家超
(广东省地震局)

P3152

提要 根据作者参加大会收集到的资料和考察体会,介绍了在会上交流的地震地质类成果,对某些前缘研究领域的新进展作了重点介绍。

1991年8月11日至14日在奥地利首都维也纳召开了第20届国际大地测量与地球物理学联合会(IUGG)会议,与会各国(地区)代表7千多人,其中我国代表110多人(不包括台湾地区)。大会主会场设在维也纳市中心的“Messepalast”展览馆,其它协会会场和展览分设在维也纳各个分区。笔者作为中国代表团的成员出席了这次会议,参加国际地震学与地球内部物理学协会(IASPEI)震源专题组讨论,并承担了我国IUGG全委会及国家地震局分派的学术调研任务,故有机会参加了其它协会地震地质方面的学术讨论,下面是在会议期间了解到的一部分学术交流成果。

国际大地测量学与地球物理学联合会第20届大会共分8大部分。其中有四部分涉及到许多有兴趣的地质问题。即:1.由联合会(UNION)主持的部分;2.由国际地震与地球内部物理学协会(IASPEI)主持的部分;3.由国际火山学与地球内部化学协会(IAVCEI)主持的部分;4.由国际地磁与超高层大气物理协会(AGA)主持的部分。

1. 由联合会主持的部分

联合会直接主持的15个专题讨论会中,有5个与地质关系密切,编号为U1、U3、U6、U11、和U12。

U1杰弗里斯讨论会是为纪念著名的地球物理学家杰弗里斯在四个地球物理学中心课题上(即地球热历史、地球形态和自转、地球物理过程中的损耗及地球构造)的开拓性贡献而命名的。讨论会发表了25篇论文,主题是地球物理构造和过程之间的相互关系。其中北京大学戴绍先等的论文讨论了太平洋西岸俯冲带的构造及俯冲过程,美国J·R·赖斯讨论了断层滑动的时空复杂性,D·L·安德森讨论了地幔构造和地幔羽。

U3讨论会主题是现代地球物理学中主要难题或谬论。内容包括地磁极倒转、地幔对流形式、卫星遥测大陆磁异常与大冲击的关系等。

U6地球内部深处动力学与地球自转讨论会。中国科技大学的符荣善根据大地水准面异常、板块运动及深地幔层面X线照相资料讨论了地幔对流模式。美国哈佛大学的C·W·Gable等讨论了边界力及板块规模对板块构造与地幔流大规模相互作用的影响,H·C·纳

塔夫等讨论了地幔底辟的热构造。

U11边缘海盆地深处的构造讨论会。内容既包括了综合性的成因模式，如苏联科学院地质研究所的V·B·斯瓦洛娃的“弧后海的形成和演化”和苏联L·E·列文的“边缘海和内海：岩石圈年龄、性质和类型”，也包括了某些地区具体的海盆地的构造演化。如鄂霍茨克海、日本海、波罗的海、菲律宾海等。中国科学院青岛海洋研究所李乃盛的文章讨论了东海大陆边缘裂谷系的构造演化。

U12地球和行星的化学演化讨论会。澳大利亚国立大学的刘琳昆（音译）讨论了巨冲击后地球的化学成分。中国科学院地球化学研究所于学源讨论了中国新疆北部274火山岩和构造环境。Y·Abe讨论了地球岩浆洋的热演化、分异和均一化。

2. 国际地震与地震内部物理学协会主持部份

该部分共11个专题讨论会，其中4个较重要并与地质关系密切的是S2复杂构造地震解释的进展；S3/SW13大陆岩石圈板块构造特征/全球地球科学横断计划；S9岩石圈变形的物理过程：观察、实验室和数字模拟；S10地球内部物理性质：地幔至地核讨论会。此外，该协会还召开了10个专业委员会的科学会议及13个专题讨论会。

S3/SW13大陆岩石圈板块构造特征/全球地球科学横断计划专题讨论和研讨联合会议，内容十分丰富，发表的文章共百余篇，其中讨论构造演化过程的九篇。美国明尼苏达大学J·H·斯陶特在“大陆增生与被动岩石圈板块的演化”中提出了一个小板块受热点放射流驱动，最后形成克拉通核的十分有趣的过程。他认为古代花岗岩绿岩带可能是这一过程的标志。他的模式可以解释克拉通区内的板块构造，包括远离活动俯冲带处的褶皱和逆冲断层带的形成。苏联科学院海洋研究所L·P·佐年沙英在“陆内板块构造”中指出在大陆内至少存在两类板块边界，一种是伸展性的，而另一种则是碰撞性的。前者如东非裂谷，后者如喜马拉雅碰撞带。除了其它一些特征以外，伸展性板块活动与热点集中及高大地水准面的所谓热区域有关，而碰撞性板块活动则与没有热点并以低大地水准面为特征的所谓冷区域相联系。美国Cornell大学J·E·奥利弗在“大陆碰撞的斑斑点点”一文中总结了碰撞带一些能够历久不衰的标志，包括自生作用、沉积成岩作用、变质作用、流体包裹体、侵入体、白云石化、古磁化作用、矿床及远移碳氢化物等，对研究和鉴别碰撞带有一定帮助。以研究特提斯造山带而闻名的土耳其地质学家A·M·C·森格尔等在“大西洋与太平洋之间沿特提斯造山带分布的缝合线的岩浆和变质特征，作为探寻老造山带缝合线的标志”中指出，找寻缝合线的最好标志是与消亡作用有关的岩浆作用，其次就是与碰撞作用有关的岩浆作用，而高温高压变质作用则分布不规则。在讨论前寒武纪地质的约二十篇文章中，大多数是利用地震反射调查去研究古板块活动过程。研究对象包括加拿大地盾、波罗的海地盾，南明尼苏达花岗片麻岩区、西南格陵兰太古宙地块以及南印度麻粒岩区及毗邻的达瓦尔克拉通等。加拿大地质调查所A·G·格林认为前寒武纪地壳在构造上与显生宙岩区一样是多种多样的，其中许多构造可以用现代板块构造的概念进行解释。芬兰赫尔辛基大学U·洛斯托等进一步用地震剖面及大地电磁剖面发现和研究了芬诺斯堪的亚地盾的古板块边界——古碰撞带和拉伸带。在九篇关于裂谷的论文中，具有代表意义的是苏联科学院地球物理研究所N·Y·孔年等的“欧亚大陆的裂谷”以及加拿大Concordia大学P·S·孔马拉佩利的“从完整的威尔逊旋回所见，在断裂切割的劳伦古陆边缘由地幔羽生成的区段”。前者是关于欧亚大陆裂谷带地震构造的第一部完整的报告，后者描述了一系列与劳伦古陆边缘某一区段的初期裂谷演化和漂移

有关的特征。关于“欧亚大陆、澳大利亚及南、北美洲的古生代造山带”有10篇论文，其中伦敦大学的D·伦代尔等在“汤奎斯特带深构造？加里东板块边界的显示？”一文中描述了如何利用南波罗的海深地震反射剖面测量、广角反射实验并与重力、磁法、电法等地球物理资料相结合，找到了加里东板块的边界。属于“太平洋边缘、阿尔卑斯和喜马拉雅造山带”这一专题的有20篇论文。其中有代表性的是欧洲综合地质调查科学协作委员会S·米勒在“欧洲综合地质调查项目：科学成果”一文中介绍了这一项目的主要成果是：（1）运用地球物理资料的综合研究，鉴别出表征芬诺斯堪的亚和中欧构造单元的地壳标记；（2）应用上地幔和下地壳捕掳体的地球化学信息结合其物理性质，建立了岩石圈规模的地质模式；（3）阿尔卑斯构造的新见：联合地震反射及折射成果，清楚地显示欧洲板块向南俯冲于阿尔卑斯山脉之下，阿德里亚板块最北端与向下俯冲的欧洲板块于距地表因苏布里克线约50公里的深处成犬牙状相接；（4）清楚地显示出地表地质（了解得最清楚的增生楔中的一个）与地球物理（多层地壳断片的复杂堆积）在波河平原—阿平宁—利古里亚海地区的密切联系。在这一专题下我国学者发表的论文最多，其中有国家地震局马杏垣等人的“华北响水—满达拉断面研究所揭示的大陆岩石圈板块构造的标记”、“西藏高原地震活动性与发展层”，北京大学戴绍先等的“华北赤峰—林西地区岩石圈构造及其地质意义”，国家地震局王绳祖的“控制亚洲大陆板内构造变形的一个联合塑性流动网系”，中国科学院史耀磷等的“西藏高原碰撞构造的热标记”，新疆地震局柏美祥的“阿尔金山活动断层的运动学和动力学特征”以及国家地震局郑荣盛等人的“西藏高原及邻区的三维地震波速构造及其对大陆间碰撞模式的意义”。值得提出的是：王绳祖提出的联合塑性流动网系模式，可以较合理地解释亚洲大陆的板内构造形变，包括应力场、地壳中低速/高传导层的成因、裂谷、地堑和盆地的成因等。

“大陆规模研究与总体看法”集中了19篇论文，包括日本Kyoritsu女子大学N·Sugi等人的“碰撞带地震构造”，澳大利亚矿产、地质、地球物理局D·M·芬莱森等的“地球物理资料所见的显生宙澳大利亚地壳构造与综合构造模式”。加拿大地质调查所A·G·琼斯的“近代和古代俯冲带的电磁影象”。上述最后一篇文章中，琼斯描述了测深电磁法，特别是大地电磁法探测到地壳深处的一些电导性显著增强的带，其中有一些位于目前正在活动的俯冲带上面，另一些则位于利用地质方法推断的古代俯冲带上。琼斯的方法，对找寻古代的俯冲带具有实用意义。

成都地质学院朱杰绶等在“中国板块的岩石圈构造研究证据”一文中透露，通过地震调查已编制了一系列中国岩石圈图件（包括莫氏面深度、岩石圈厚度、地壳波速分布和Pn波速等）。中国地壳的平均厚度约为45—50km，而中国岩石圈平均厚约100km，根据特征岩石圈厚度和波速分布圈定出5大板块和许多小板块。三个古地核（塔里木、杨子和鄂尔多斯）具有极厚的岩石圈和极高的波速分布。板块之间的褶皱带（例如秦岭褶皱带及中部构造带）及东南大陆边缘岩石圈厚度较薄。加厚的刚化岩石圈造成了大规模的挤压盆地，这与薄而弱化的岩石圈导致拉伸裂谷和地堑的生成形成鲜明的对照。大陆的联合和分解在中国仍在进行。上述的资料对研究中国的地质与构造具有很大的参考价值。

论述苏联境内构造的有苏联地质部S·L·科斯丘钦科等的“苏联大陆岩石圈中的板块构造单元”，苏联海洋研究所L·P·佐年沙英与加拿大地质调查所J·弗霍夫合作编写的“苏联大地构造的磁性特征”、苏联地球物理研究所M·K·卡班的“苏联南部地区深部构

造和大地构造”等文章。其中第一篇文章提出的根据深地震测深揭露的三种构造单元很有启发性，这三种构造单元存在于东欧板块、西西伯利亚板块及西伯利亚板块之间的交接带，是板块间相互作用的结果，这三种构造单元是：造山带、深部走滑断层和深部逆冲断层。美国的V·L·克什文克等与以色列科学家合作撰写的“寒武纪突变性真极移的一个例子”中，除了运用极移资料推断寒武纪时一些大陆（如北非、北美，东、西冈瓦纳等）的漂移、碰撞等活动以外，还根据地层学Rb/Sr和U/Pb的测年资料得出一个十分意外的结论，即过去一直认为寒武纪持续时间约为100百万年（我国通用的地质年代表定为70百万年），而实际上只有20百万年如此短暂！

在“全球地球科学断面调查”这一标题下，集中了“全球地球科学断面调查项目”的许多重要的成果。该项目是国际岩石圈计划的一部分，其任务是综合所有地质、地球物理、测地和地球化学资料，编制多条选定的宽100公里、长达几千公里的岩石圈地壳剖面，以揭示地球岩石圈的构造、物理和动力学演化。研讨会上发表成果有：德国地质、地球物理及地质情报研究所M·阿尔弗斯等的“论横断面的数字化”，苏联科学院地球物理研究所A·V·埃戈尔金等的“西伯利亚岩石圈的联合地球物理模式”和“横切乌拉尔、西西伯利亚板块及其邻区的地质断面”，N·Y·孔年等的“欧亚大陆深构造图册”，苏联科学院综合地质调查项目研究组的“菲律宾海综合地质调查项目的成果”，S·V·素波列夫等的“苏联一些长断面地震资料的岩石学解释”。此外还有西喀尔巴阡山脉、北墨西哥、布拉斯克（大西洋海岸——南巴西与玻利维亚边界）、东澳大利亚新南威尔士、澳大利亚南昆士兰，加那利——巴哈马斯及中国青藏高原等地的地球科学断面调查的成果资料。

3. 由国际火山学与地球内部化学协会主持的部分

该协会主持的专题讨论中有四个专题与地质关系较密切，即V1岩浆路径；V3溢流玄武岩火山作用与动物群消亡、陨石冲击及热点的关系；V4火山喷发先兆监控和喷发预测；进展及社会问题；V5岩浆房模拟进展。

在V1岩浆路径这一专题讨论会上共发表了40篇论文，其中只有极少数讨论与岩浆路径有关的问题，如D·L·安得森的“地幔羽的根”、C·金凯德等的“大规模对流中深地幔羽的生长：2D与3D对比”，L·威尔逊等的“在行星壳/岩石圈中控制岩浆上升的因素”及Y·伊达的“应用于火山喷发和地幔上涌流的面型流体路径的不均匀张开”。其余文章内容十分庞杂，既有岩浆演化和成因问题，也有描述某些火成岩的一些特点的文章。

V3溢流玄武岩火山作用与动物群消亡、陨石冲击及热点的关系讨论会，共集中了18篇论文。讨论会以A·K·巴克西的“对大陆溢流玄武岩火山作用，火流星冲击及全球动物群消亡事件之间的关系假说的评价”开始，紧接着宣读的三篇论文都与这一主题有关。其余论文则内容也较庞杂。

V4火山喷发先兆监控和喷发预测讨论会共发表了15篇文章，大多数议题较集中，虽然火山喷发预测与地震预测一样，是十分棘手的问题，但是文章中提出的一些监控和预测方法，仍然有参考意义。

V5岩浆房模拟进展专题共有论文49篇，对很多地区各种各样的岩浆房进行了研究，这对岩浆的起源和演化问题的深入了解提供了某一方面的资料。

（四）由国际地磁与超高层大气物理协会主持的部分

该协会主持的与地质问题有密切关系的部分有：GAM1.6地壳与地幔的电阻率构造讨论

会; GAM1.7电磁观察所提供的构造和岩石学信息; GAM1.8活动造山带的电磁研究成果; GAM1.10/S—8洋底地磁观察; GAM1.11特提斯带古地磁与构造; GAM1.12视极移路径的确定; GAM1.13磁地层学与磁极年表的创新; GAM1.14极性转换和倒转; GAM1.15太古代磁性; GAM1.17沉积物的岩石磁性; GAM1.18其它一般性问题等十一个专题讨论会, 涉及地磁在地质学几个领域中的应用成果, 其中许多文章很有参考价值。

最后, 值得一提的是美国国家委员会与美国地球物理联合会向本届大会提交的1987—1990年度美国国家报告。这份报告共十分册, 分别综述过去4年来美国在(1)大气科学, (2)大地测量学, (3)地磁学与古地磁学, (4)水文学, (5)海洋学, (6)行星学, (7)太阳—行星关系, (8)地震学, (9)构造物理学, (10)火山学、地球化学与岩石学等10个方面取得的主要成果, 并且预测下一个4年可能出现的主要问题。这份报告内容虽然仅涉及美国本国的研究活动, 但在很大程度上能够反映出全球性的有关学科研究动向和水平。与地质关系密切的主要是其中的第9分册和第10分册。第9分册“构造物理学”共有12篇评论文章。第一篇是该分册的编辑美国地质调查所的柯尔比写的综合性评述“1987—1990年的构造物理学”, 其余的是: 伊利诺斯西北大学戈空的“板块运动”; 美国地质调查所希克曼的“岩石圈应力与活动断层强度”; 新墨西哥洛斯阿拉莫斯国立实验室盖希尔和哈佛大学奥康内尔合写的“层析技术、大地水准面和板块运动”; 伊利诺斯西北大学宾纳的“地慢不连续面”; 普林斯顿大学伦德贝格和加利福尼亚大学里德合写的“大陆边缘构造学: 前弧过程”; 斯克里普斯海洋学院摩根的“洋中脊动力学: 观察和理论”; 马萨诸塞工学院埃文思和德雷森的“地球材料的变形: 6个较容易的方面”; 阿利桑纳州立大学乌尔夫、宾夕法尼亚州立大学麦克韦尔及纽约州科梅大学巴塞特合写的“矿物和熔体物理学”; 史丹福大学和美国地质调查所塞加尔的“断层机制”; 加利福尼亚大学阿格纽和美国地质调查所埃尔斯沃思的“地震预测和长期灾害评价”; 俄勒冈大学韦尔登的“1987—1990年度美国的活动构造研究”。

本分册编辑柯尔比的综合评述, 总结了过去4年美国在构造物理学研究中所取得的主要成果是: 建立了一些描述现今板块活动的新模式; 编制了全球应力图, 应用卫星测高法编制了海洋盆地大地水准面图, 并编制了一套美国大陆边缘及夏威夷近海微水深调查声纳图; 对地球地震波速结构进行了全球性再评价; 建立了一些有关板块驱动力的全球模式。

在所建立的新模式中, 最为突出的是Demets等人于1990年发表的关于相对板块运动的NUVEL—1模式。这一模式的建立花费了10年时间, 它揭示了岩石圈应力状态和变形的动力学机制。根据柯尔比的评述: “这个模式代表了自1978年以来第1个对现今全球板块运动的理论再总结, 而Demets等人的文章, 无疑将会成为我们这个领域中最广泛引用的文章之一, 新模式主要的特点是: 1) 建立模式所依赖的实验和观测数据比以前丰富得多, 特别是与板块运动约束条件有关的观测数据; 2) 由于使用了声纳微水深测量法, 震源机制震波图的波形反演, 以及改进的洋底磁异常分析法等新工具, 因而在确定板块相对运动速率和运动方面时有更高的分辨率; 3) 通过对所需板块及其边界数目更为客观的分析并采用了改进的误差分析法, 求出了与欧拉极的位置和旋转速率有关的更为完善的约束条件。

在“板块运动”一文中, 戈登认为近4年来最重要的进展之一是认识到弥散板块边界的存在。过去一直认为大洋岩石圈是刚性的, 其板块边界则是狭窄而界限分明的, 但是最近的可靠资料表明这种认识是不正确的。弥散变形不但存在于板块内部, 并且集中于板块边缘的

变形比以前想像的要宽阔得多。这种现象在印度洋表现得最为明显。

板块边界的运动往往是理想化了的，实际上板块边界一般具有混合的性质，即通常既有平行于边界的运动又有垂直于边界的运动发生，虽然这些垂直和平行于边界的运动分量可以被分配到边界附近的变形带中。近几年来已经找到一些运动分量被分散及分配到邻近变形带中的、具有净斜向运动的板块边界的新例子，并且这种过程的流变学和动力学依据也找到。

从板块运动的调查而发现的“圣安德烈斯亏欠”问题，长期以来没有获得满意的答案。所谓“圣安德烈斯亏欠”，是 Atwater 和 Molnar [1973] 提出的。他们发现，圣安德烈斯断层晚第三纪的滑移远小于根据太平洋板块与北美板块之间的运动而计算得到的滑移量，这一差额，即所谓的“失踪运动”，虽然有一部分已在该断层附近的盆地与山岭区找到，但是仍然还需要一个平行于断层的 $13 \pm 5 \text{ mm/a}$ 的右行滑动和垂直于断层的 $9 \pm 3 \text{ mm/a}$ 的缩短运动方能全部抵销这一差额。因此，Misster 和 Gordpn [1987] 估算，在圣安德烈斯断层以外的人烟稠密的加利福尼亚沿岸，可能在一些历史上从未发生过地震的断层中孕育着大地震。但是最近根据上面提到过的 NUVE—1 模式，特别是根据对太平洋磁异常的新分析资料，计算出的亏欠要小得多，其平行于圣安德烈斯断层的分量仅为 4 mm/a ，而垂直分量则为 7 mm/a 。

在地震地质研究方面，柯尔比总结出 3 个方面的成就。首先是查明了西北太平洋史前俯冲带大地震的地质证据以及进行了与震间弹性应变积累相一致的地壳应变测量。这些结果支持了早先根据与板块运动有关的区域地震强度并对相似性质的俯冲带进行类比而作出的地震危险评价；其次，由于史前地震地质的研究以及对地震周期在认识上的进展，使我们能够对加利福尼亚地震概率进行区域评价；第三，目前对北美西部及其它地区与板块间分散变形有关的灾害已经有了较深入的认识。

钻孔热构造和热流的测量和解释，过去一直都是应用于地球内部过程和动力学方面的研究上，但是现在已成为研究全球气候变暖（即温室效应）的有力工具。

1987—1990 年度美国报告的第 10 分册，由编辑阿利桑纳州立大学的芬克编写综合性评述“1987—1990 年度的火山学、地球化学和岩石学”。其余还收集了 8 篇评述文章，即：华盛顿大学吉奥尔索的“矿物和熔体的热力学”，阿利桑纳大学帕特切特的“地幔和地壳的同位素化学及化学演化”，哥伦比亚大学莱舍和加利福尼亚工学院贝克尔合写的“火成岩石学的最新进展”，阿利桑纳州立大学皮利克的“变质地质学”，普林斯顿大学卡什曼和华盛顿大学伯甘苞合写的“岩浆过程”，华盛顿大学卢尔和路易斯安那州立大学威廉斯合写的“火山学”，公爵大学克莱恩的“洋脊的岩浆和热液地球化学过程”，阿利桑纳州立大学伯特的“成矿作用”。芬克在综合评述中写道：“火山学、地球化学和岩石学研究的主要目的是：（1）确定地幔的成分和结构；（2）研究火成岩化学成分与来源区及演化史之间的关系；（3）查明火山作用方式，以各灾害评价服务；（4）根据热力学原理和材料性质去研究地球化学反应；（5）根据其它地球化学过程去解释成矿作用以便为找矿服务”等等。

过去 4 年，应用不可逆过程热力学、统计力学、化学动力学的理论去解释矿物和熔体的地球化学过程方面的研究有了进一步的发展，熔体结构的新的核磁共振研究表明，在玻璃转换温度以上，相互键合的 4 面体是熔体中的短命组分，从而打破了硅酸盐熔体的传统观点。超高压实验搞清了许多地幔相平衡，相变换以及元素配分系数等问题。蛇绿岩及橄榄岩捕虏体仍然被认为是代表上地幔成分的样品，对它们的研究表明地幔不均匀的范围很小。最

近对麻粒岩的同位素研究表明它们来自中等深度的地壳而不是来自下地壳。对成分特殊的岩浆的研究有所增强，其中包括了斜长岩、玻古安山岩和科马提岩，其应用集中于探讨早期地球分异和地壳的形成等过程上。在变质地质方面，由于对压力—温度—时间路径的研究，在过去4年来大大地提高了我们对变质地质过程的认识。对俯冲带、碰撞带和拉伸地区的变质作用研究也有所增强。在中国西部发现兰片岩变质作用表明，俯冲作用在800Ma以前就很活跃。在榴辉岩中出现柯石英，说明在碰撞带中地壳物质可以下插到100km以下的深处。

在成矿作用研究上主要的突破是采用了散射方式的电子显微镜以及透射电子显微镜，以致在研究微量金属时具有高得多的分辨率。离子探针也能鉴别出更微量的金属。活动的离散大陆边缘的成矿作用研究也取得一定成果。对于酸性火山作用有关的矿化的研究也取得了一定的进展，在以后的4年中，我们预料可以应用扫描隧道显微镜（ST μ ）直接观察到一定压力、温度条件下的热液过程，以及直接观察到硫化物矿中的原子，并可用原子力显微镜（AF μ ）观察蚀变矿物中心的原子。这些新仪器的应用，必将使我们对矿床的研究提高到一个新的水平。

BRIEF INTRODUCTION OF THE ACHIEVEMENTS ABOUT SEISMOGEOLOGY OF THE INTERNATIONAL UNION FOR GEODESY AND GEOPHYSICS IN VIENNA XX GENERAL ASSEMBLY

Cheu Jiachao

(Seismological Bureau of Guangdong Province)

[Abstract] According to the collected data, field investigation and the experiences from the author who attended the conference in Vienna, some achievements about seismology and geology are introduced, especially the new development about some frontier research field is describes in this paper.

[Key words] Academic exchanges; Seismology; Geology; New development