

“白垩纪大洋红层——海洋/气候响应”研究进展综述

IGCP463/494 秘书处

中国地质大学, 北京 100083

Secretary of IGCP 463/494

China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Secretary of IGCP 463/494. Progress in the studies of “Cretaceous oceanic red beds—Response to ocean/climate change” project. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(2): 069-080

Abstract: “Cretaceous oceanic red beds”(CORB) being a new direction of international Cretaceous Research was put forward and initiated by Chinese scholars. Promoted by the two International Geological Correlation Program projects(IGCP 463/494), the paleo-oceanographic and paleo-climatological significance of CORB has been increasingly recognized by the international earth science community. Annual workshops of IGCP projects and other sessions played important roles in stimulating the CORB studies. (1) During the inaugural meeting of IGCP 463, 2002, colleagues were informed on the latest advances of CORB studies through a comprehensive exchange of data, ideas, etc. Research objectives and plans for the next five years were outlined for the investigation and study of the CORB along the Apennines-Alps-Carpathianse. (2) More data on CORB had been accumulated and problems on “mid-Cretaceous CORB” were put forward in the 2003 annual workshop of IGCP463 and inaugural meeting of IGCP494. (3) More progress in CORB studies had been made in the annual workshop of 2004 and “Cretaceous oceanic red beds” had been introduced to the international earth science communities during the CORB session in the 32nd International Geological Congress. (4) It was encouraging that during the CORB session of EGU (European Geological Union) 2005 Annual Symposium, multiple-discipline trends were embodied in the CORB studies. Such changes could be found by exploring the following experiences of CORB studies: (1) regional level of CORB studies can be a part of the global correlation program; (2) scientists from more countries have funds to study the CORB and not only from China; (3) CORB has often been the subject of international congresses and international annual symposia. This was not limited only to the annual workshop of the two IGCP projects; (4) the coordination of multidisciplinary researchers of the projects is now common. These are the challenges facing Chinese scholars. More endeavors are needed to keep our advantage in original CORB studies; and, more importantly, an able Chinese group in Cretaceous research could be fostered through the process of international cooperation.

Key words: Cretaceous; oceanic red beds; paleo-oceanography; Earth system science; IGCP; stratigraphy

摘要:“白垩纪大洋红层”是中国学者提出并开拓的白垩纪研究新方向。在其所领导的两个国际地质对比计划项目(IGCP463/494)的推动下,“白垩纪大洋红层”所蕴含的古海洋与古气候意义,正引起越来越多的学者的重视。特别是近几年召开的学术会议对“白垩纪大洋红层”研究起到了很好的推动作用:(1)在2002年度IGCP463项目启动会议上,对“白垩纪大洋红层”的研究现状进行了初步的交流,制订了项目研究的总体目标和未来五年工作计划,并考察了亚平宁—阿尔卑斯—喀尔巴阡沿线的大洋红层;(2)2003年度的IGCP463工作会议和IGCP494启动会议,不仅积累了大洋红层研究的资料,而且将白垩纪大洋红层研究推进到白垩纪中期;(3)2004年度两个项目的工作会议,以及通过在第32届国际地质大会特别讨论会的工作,进一步推进了大洋红层的研究,并将“白垩纪大洋红层”研究介绍给广大的国际地球科学界;

(4)在欧洲地球科学联盟 2005 年会上,“白垩纪大洋红层”研究体现出了多学科共同参与的可喜现象。回首近几年来的研究历程可以发现,“白垩纪大洋红层”研究已实现了如下转变:(1)从区域性研究到全球对比综合研究的变化;(2)从由中国科学家单独研究变为多个国家的科学家申请到项目和经费共同研究;(3)从举办 IGCP 项目学术年会快速向国际大会或国际性学术年会转变;(4)研究人员的学科配备逐渐完善。以上转变的实现,对中国学者而言既是机遇,更是挑战。需要持续不断的努力,才能继续保持中国科学家在这一领域原创性研究的优势。

关键词:白垩纪;大洋红层;古海洋学;地球系统科学;国际地质对比计划;地层学

中图分类号:P534.53;P736.2 文献标识码:A 文章编号:1005-2321(2005)02-0069-012

20 世纪地球科学的重大进展之一,在于认识到人类活动将对地球表层系统和全球气候产生直接影响,例如所产生的二氧化碳等温室气体的大量增加将可能造成人为的“温室效应”^[1]。解决该问题的途径有两个:一个是基于现代气候模式成果,对未来气候的变化进行模拟预测;另外一个途径就是对地球历史中曾经发生过的快速温室气候变化进行追踪,通过对快速气候变化的原因、过程、对环境和生物的影响等综合研究,为研究气候变化提供“真实”的、可资借鉴的实例^[2]。

白垩纪被公认为是地质历史中研究温室气候的典范时期,其间发生的重大地质事件及其与快速气候变化之间的关系可能是回答以上问题最好的“钥匙”^[3],所以国际地学界历来重视白垩纪的研究。2000 年在奥地利维也纳召开的第六届国际白垩纪大会上,由中国学者王成善等人就中国藏南晚白垩世海相红层问题所做的“Late Cretaceous oceanic oxic event in the Tibetan Himalaya”的报告,引起与会学者的广泛关注^[4]。5 年时间过去了,在中国学者所领导的两个国际地质对比计划项目的推动下(IGCP463——上白垩统大洋红层:对海洋/气候变化的响应、IGCP494——白垩纪中期黑色页岩到大洋红层的转变:特提斯域几个地点的综合研究),在各国有关科学家的共同努力和我国有关机构的大力支持下,白垩纪大洋红层问题已成为白垩纪研究新的方向之一;“白垩纪大洋红层(Cretaceous Oceanic Red Beds,简称 CORB)”的概念,已正被国际白垩纪研究领域接受,其所蕴含的有关古海洋和古气候的科学意义引起越来越多学者的重视^[5-11]。为什么在短短几年的时间内,白垩纪大洋红层研究能够从区域尺度提升到国际范围的研究?它的进展和未来发展前景如何?本简讯将通过近几年来与白垩纪大洋红层研究有关的学术活动的回顾,对白垩纪大洋红层研究作出简要的总结和展望,以利于与此相关领域研究工作的进一步开展。

1 IGCP463 项目启动会议

IGCP463 项目“晚白垩世大洋红层:对大洋/气候全球变化的响应”第一次工作会议于 2002 年 9 月 21 日至 22 日在意大利安卡拉 La Fonte 酒店召开。这次会议由 IGCP463 项目组和 IGCP 中国国家委员会共同发起,并由意大利安卡拉大学、中国成都理工大学共同组织。会后还组织了长达一周的野外考察,考察路线穿越了亚平宁、阿尔卑斯和喀尔巴阡山脉。来自奥地利、保加利亚、加拿大、中国、捷克、德国、意大利、波兰、罗马尼亚、俄罗斯、土耳其和美国等共 13 个国家的 26 名代表参加了会议。

1.1 室内研讨^①

会议第一阶段为学术报告。王成善教授代表 IGCP463 项目组,首先作题为“Introduction to IGCP 463: Upper Cretaceous Oceanic Red Beds (CORB)”的报告,就 CORB 研究的由来、意义和工作安排的考虑作了介绍,然后各国学者做了 18 个口头报告。会议最为激动人心的进展之一,就是证实了在阿尔卑斯、喀尔巴阡、亚平宁、北大西洋、喜马拉雅、高加索、土耳其和伊朗等地均有晚白垩世大洋红层的分布。其中对藏南红层——床得组的研究最为深入,所涉及到的学科有生物地层学(万晓樵与李国彪)、岩石地层学(李祥辉)、沉积学(胡修棉)、无机地球化学(胡修棉、黄永健)和有机地球化学(邹艳容、彭平安)。床得组红层的年代为三冬至坎潘早期,是高度氧化的沉积环境的产物,以其原生红色、高含量的三价铁、负铈异常和低有机碳含量为显著特征。

据 Wagreich 报道,晚白垩世大洋红层在奥地

^① HU X M, SARTI M. Cretaceous Oceanic red beds (CORB) in an Apennines-Alps-Carpathians Transect: Field Guidebook, Inaugural Meeting of IGCP 463. Ancona, Italy, 2002:115.

利东阿尔卑斯的 Helvetic / Ultrahelvetic 地区(土仑至坎潘/马斯特里赫特期)、Penninic 地区(? 赛诺曼、康尼亚克和坎潘晚期,)和奥地利东阿尔卑斯地区(坎潘期)广泛分布,岩性分别为泥灰岩、红色页岩和红色泥灰岩与泥质灰岩。

K. Bak 详细研究了 Pieniny Klippen 带广泛分布的晚白垩世大洋红层,其岩性主要为砖红色泥灰岩和泥质灰岩。该地区 CORB 的顶底界线时间稍有变化,北部山脊地区的红层最早出现时代为赛诺曼早期,并结束于坎潘晚期;而在山脊的斜坡和中部峡谷地带红层最早出现于土仑期,并分别于康尼亚克—三冬期和坎潘早期结束。从红层的颜色、生物活动痕迹、微体化石相和有孔虫组合可以看出,高度氧化的沉积环境的出现是本地区红色沉积形成的主要原因,这一点与藏南红层的成因尤为类似。据 M. Melinte 的研究,CORB 广泛出现在东喀尔巴阡山地区,并被称之为 Beliei 组;主要为一套钙质红色泥灰岩沉积,中间夹杂白色和绿色的钙质泥灰岩。红层跨越的年代为坎潘晚期—马斯特里赫特期。在土耳其的 Pontides 地区,红层主要表现为一套红色薄层远洋灰岩,年代为赛诺曼晚期—坎潘早期。在这段时间跨度的前后,刚好有两次对于黑海的张开具有重要意义的岩浆活动,因此该红层在黑海沿岸地区刚好可以作为划分两次岩浆活动的标志层。

除了上述地区之外,在环东北特提斯的南部区域,亦即从喀尔巴阡山到中亚的广大地区,也发现了 CORB 的广泛分布。在乌克兰的喀尔巴阡山西部地区发现了一层厚达 200 m 的红色沉积(Puchov 组),年代为土仑至坎潘期。在克里米亚地区,只有康尼亚克期的沉积物呈现较弱的品红色。在前苏联的高加索地区,CORB 广泛分布。土仑晚期至三冬期的灰岩和泥灰岩颜色从白色、品红到红棕色变化不等。康尼亚克至坎潘早期的灰岩中,红色与绿色泥灰岩交替出现。在高加索西部地区,品红色—砖红色的碳酸盐复理石沉积年代为赛诺曼至三冬期;而坎潘至马斯特里赫特时期的沉积岩则主要为白色(偶尔为品红色)的灰岩。小高加索(Lesser Caucasus)地区的 CORB 时代主要为土仑晚期、康尼亚克晚期和三冬早期。在中亚地区,则主要在 Kopetdagh 地区发现 CORB 的分布;但是从该地区往东,则土仑晚期至三冬期的红色和绿色的泥灰岩(40~180 m)很快被灰色泥灰岩和灰岩所代替;但是坎潘期的绿色泥灰岩包括了约 10 m 灰的红色泥灰岩基底。

据 Tur 的研究,在北高加索和塔克拉玛干西部地区,时代为土仑晚期至马斯特里赫特早期的地层中几度出现品红色和红色沉积,特别在康尼亚克至三冬期的地层中最为明显。在 Prae-Caucasus 地区,红色和灰色的泥灰岩和灰岩形成了厚达 80 m 的地层序列,时间跨度为康尼亚克早期至三冬早期,并可延伸至坎潘期。在 Tuarkyr 盆地(塔克拉玛干西北部),CORB 的时代大致为康尼亚克至坎潘期,并主要以红色泥灰岩和灰岩互层为特征。在西北高加索的北坡地带,红色泥灰岩发育于土仑晚期的复理石沉积序列之内;而品红色灰岩和红色至棕色的泥灰岩则出现在马斯特里赫特时期的地层当中。在克里米亚的 Kopeth-Dag 盆地西部,红色泥灰岩出现在盆地最底部的康尼亚克早期地层中,然后一直延续至马斯特里赫特早期。

通过对全球各地 CORB 的对比研究,胡修棉等总结出 CORB 具备如下特征:(1)有机碳含量极低,仅为 0~0.3%;(2)沉积环境多样,包括大洋盆地、斜坡/隆起和外陆棚;一般为远洋和半远洋环境。在斜坡环境中,红层中经常夹杂浊积岩,如意大利的 Scaglia Rosa 组和奥地利的 Nietrental 组;(3)在大洋盆地中,红色沉积一般为泥质岩;在斜坡和外陆棚中则不仅出现红色页岩,而且发育红色泥灰岩、红色灰岩和红色放射虫硅质岩;(4)许多地区的晚白垩大洋红层紧随赛诺曼—土仑界线出现(OAE2),并直接延续至古新世。

会议第二阶段是讨论工作计划,所有与会人员集中就项目的进一步发展问题进行综合讨论,并就项目科学目标达成一致意见,也就是集中研究深海环境中从缺氧沉积到氧化沉积的转换过程。为了深入理解晚白垩世大洋红层的科学问题,需要进行多学科联合研究,包括地层学、矿物学、沉积学、地球化学、古海洋学、古地理、古气候和大洋/气候模拟等方面的综合研究。而本项目的第一步工作就是为 CORB 建立一个内容齐全的数据库。数据库的内容包括:(1)CORB 的分布地区(经纬度、国家);(2)包括构造在内的区域地质背景;(3)地层位置,如确定的年代、化石阶与生物带、化学地层学、岩石地层学、地层格架、沉积速率;(4)物质成分包括岩石学、矿物学、沉积岩种类、地球化学(有机、无机、同位素、稀土);(5)生物地层学包括生物分类学、丰度、多样性等等;(6)古地理位置/背景,包括古地磁/古方位等等。

为更好地理解 CORB,与会代表认识到该对比

计划项目还需要以下几个方面的信息:(1)红层旋回地层学包括过程、时间和对比;(2)沉积环境包括沉积物输送过程、水深、溶解氧含量、生物生产率以及输送方向等;(3)古地理包括海洋和古气候模型、古气候以及大洋环流。

为了加强区域合作,经大会的讨论,决定将项目的参加人员按区域划分成四个研究小组,分别为喜马拉雅、中东、欧洲和环太平洋—大西洋区域。对每个小组而言,其主要任务在于促进本区域内国家工作组之间的协调、沟通与合作,建立区域数据库,并撰写年度区域总结。

1.2 野外考察

本次会议会后的考察路线由连续的两部分组成:A部分(9月23—24日)由Massimo Sarti担任领队,路线从意大利安卡拉(Ancona)至古比奥(Gubbio),然后到加达湖畔(Lake Garda);B部分(9月25—29日)是为期长达5天的跨国旅行,从意大利北部开始,穿过奥地利阿尔卑斯地区,进入斯洛伐克的喀尔巴阡山,最后终止于波兰南部的Pieniny Klippen带。B部分的路线领队分别由所在国的东道主担任,分别为Michael Wagreich博士(奥地利),Jozef Michalik博士(斯洛伐克)和Krzysztof Bak博士(波兰)。几位东道主合作编写了题为“Cretaceous Oceanic Red Beds (CORB) in an Apennines-Alps-Carpathians Transect”的精美的野外路线指南,并分发给各位与会代表。

意大利的Scaglia Rosa组不仅因为其用于装饰材料而在意大利远近闻名,更重要的是它具有重大地质意义。Scaglia Rosa组的典型的品红—红色灰岩从土仑期一直延伸至始新世,其中还包含了著名的具有铍异常K/T界线,这也是Alvarez等提出的关于中生代终结的外星撞击学说的发源地。在意大利为期两天的考察中,共考察了5条具有Scaglia Rosa组露头的剖面,分别为:Ancona附近的Fornaci采石场、Bottaccione和Contessa峡谷、加达附近的Pra da stua和Torbole剖面。与Gubbio剖面相比,Fornaci Quarry的Scaglia Rosa中的浊积岩(白带)非常发育。而Gubbio剖面为所有与会者提供了一次认识世界上最完整的远洋沉积序列的良好机会,该序列主要由Maiolica, Scisti a Fucoidi, Scaglia Bianca, Scaglia Rossa, Scaglia Variegata, 和Scaglia Cinerea组等构成。

值得注意的是,在Contessa采石场可以见到几层

重要的红层,其中包括Scisti a Fucoidi组底部阿普特早期红色页岩,Scaglia Bianca组内部的赛诺曼中期含页岩的红色泥灰岩,以及土仑后期的Scaglia Rosa。白垩纪Scaglia Rosa地层与古近纪的浅水灰岩之间良好的接触关系在几个剖面均有良好的出露。

野外考察的B部分沿着萨尔斯堡—维也纳—布拉特斯拉发—克拉科夫路线进行,大洋红层包括红色不含钙质的泥岩和页岩、红色钙质页岩、红色泥灰岩和红色含泥灰岩。奥地利CORB 4个剖面分别出露于欧洲板块南缘、Penninic洋和北钙质阿尔卑斯的奥地利阿尔卑斯微板块,其年代主要为三冬期—坎潘期。

斯洛伐克的CORB是Jablonica推覆盖层Koöarisk组的一部分和著名的Pieniny飞来峰带Púchov泥灰岩(由Stúr1860年首次描述并命名),这些CORB主要由红色泥灰岩和含泥灰岩组成,年代为赛诺曼—坎潘期。CORB在波兰主要分布于Pieniny飞来峰带和波兰外喀尔巴阡,在岩性上与斯洛伐克相似。有趣的是,喀尔巴阡阿尔布—赛诺曼期红色泥灰岩与亚平宁中部的白垩纪中期红层相似,意味着阿尔布红层也是广泛分布的,这一点尚需论证。

2 IGCP463项目2003年度工作会议

IGCP 463第二次研讨会原本准备于2003年8月在西藏拉萨举行,因“非典”的因素而改在土耳其黑海沿岸城市Bartın举行,包括对土耳其北部的大洋红层为期4天的野外考察。本次研讨会由伊斯坦布尔理工大学欧亚地球科学研究所组织,来自奥地利、加拿大、中国、捷克、以色列、波兰、斯洛伐克、罗马尼亚、俄罗斯和土耳其等10个国家的22名学者参与此次会议及会后的野外考察。本次研讨会的目标是每个成员介绍其对于晚白垩世大洋红层的研究进展,并展示最新的成果和资料。

2.1 室内会议^①

工作会议在Bartın如期举行,会上共做了21个报告,在报告之前由会议组织者Okan Tuysuz和项目领导人王成善作了简短评述。IGCP463项目领导人之一、加拿大Luba Jansa教授在总结一年以

^① TUYSUZ O, YIKILIMAZ B. Field Guidebook of the IGCP 463, Bartın Workshop. Istanbul Technical University, 2003, 116.

来的工作之后,再次凝练了 IGCP463 项目的研究目标,亦即研究从白垩纪中期黑色页岩向晚期的大洋红层的全球性转变所蕴含的古海洋学意义。Luba Jansa 还提出,历经一年多的对比研究发现,CORB 不仅局限于晚白垩世,在白垩纪中期也有广泛出露,如阿尔卑斯、喀尔巴阡和意大利的白垩纪早期地层中也有类似的富氧沉积出露,先前专心研究缺氧沉积的学者们往往忽略了这一点。随后,胡修棉、M. Sarti 详细描述了 Umbria-Marche 盆地白垩纪中期大洋红层,从阿尔布—赛诺曼期共有 8 套红层出露。鉴于意大利古生物学家对 Umbria-Marche 盆地的白垩系地层已经进行了相当细致的生物地层学研究,划分出了红层的微生物化石带,因此建议以 Umbria-Marche 盆地为典型剖面,用于西特提斯北缘红层对比。

紧接着的 4 个报告主要针对奥地利阿尔卑斯 CORB。奥地利北钙质阿尔卑斯带 Brandenburg 地区 Tiefenbach 附近三冬期剖面,由一套碳酸盐岩质砂岩、砂质泥灰岩、灰色泥灰岩和红色泥灰岩组成,总厚度超过 80 m,覆于三叠系 Haupt 组白云岩之上。该剖面由 3 个不整合海侵—海退沉积旋回组成,其中 B5 旋回中部的暗红色—棕色泥灰岩 CORB 厚约 5 m,覆于灰色的叠瓦蛤泥灰岩之上。从 B5 和 B6 旋回中采集的新样品中,含属于三冬期 *Dicarinella asymmetrica* 带的有孔虫。B4 顶部年代为 85.53 Ma, B5 底部和顶部分别为 85.23 和 84.58 Ma, B6 底部为 83.80 Ma。M. Wagnreich 和 H. G. Krenmayr 认为 CORB 不是单一、短期的全球事件,而是一种长期的远洋背景沉积类型。由于 CORB 沉积中一般存在显著的陆源碎屑输入,而且其古深度和古洋流情况复杂,因此 CORB 常常受到浊积岩的影响。例如在 Gosau 斜坡盆地即为如此,造成沉积物颜色可能呈现红灰交织的情况,所以盆地地形和当地碎屑输入情况强烈影响着大洋红层的出露及其沉积相类型。M. Wagnreich 报道了东阿尔卑斯 Ultrahelvetic 带晚白垩世颇具特色的富有机碳黑色页岩的新数据。根据浮游有孔虫资料,可知其年代为赛诺曼末期,因此可能与 OAE2 相对应,其上覆地层为土仑中期红色和淡灰色泥质灰岩及泥灰岩,两者呈断层接触。根据 H. Egger 的研究,东阿尔卑斯 Rhenodanubian 复理石沉积古深度约为 3 000~5 000 m,复理石层序中有 3 个组由半远洋红色和绿色页岩与浊积粉砂岩组成,这 3 个组的时

代分别为晚阿尔布—早赛诺曼期 (Untere Bunte Mergel 组)、康尼亚克—早坎潘期 (Seisenburg 组) 以及坎潘末期 (Perneck 组),其中 Perneck 组钙质超微浮游带为 CC22 (*Uniplanarius trifidus* 带),表明这套同时代红色页岩相的出露距离超过 500 km。

随后的 5 个报告是关于西喀尔巴阡晚白垩世的不同方面, M. Svobodová 和 Skupien 比较了 Bohemian 白垩纪盆地 (捷克) 与外西喀尔巴阡 Silesian 单元的孢粉学特征。一个比较有趣的现象是,在 Silesian 单元土仑期地层中有 *Chatangiella* 和 *Isabelidinium* 两个属出现,而这两者通常出现在德国北部、加拿大北极地区和澳大利亚等较冷的水域中。J. Michalik 和 J. Sotak 讨论了地中海北特提斯晚白垩世古地理分布,这些作者强调了这些地区构造的复杂性,认为在赛诺曼—坎潘期高水位期,沉积盆地横跨整个欧洲大陆广大地区,并将特提斯和北方盆地系统连接起来。P. Skupien, Z. Vašíček 和 L. Jansa 讨论了外西喀尔巴阡 (捷克) Silesian 单元海相红层,在 Godula 组复理石层序底部附近,出露一套厚约 100~300 m 的坎潘期地层,缺少钙质微体化石说明沉积于 CCD 面之下。L. Svabenicka 研究了外西喀尔巴阡推覆体 Magura 群中较年轻的远洋红层。在 Kaumberg 组和 Púchov 泥灰岩中,红层形成两个独特的层位,在前者中主要是褐色—红色和淡绿—灰色粘土岩及少量粉砂岩,钙质含量低,富含晚赛诺曼—晚三冬期胶结有孔虫;后者为红色和灰—绿色粘土岩和泥灰岩,钙质含量高,厚约 100 m,钙质超微化石主要为晚坎潘期 (*Broinsonia parva constricta*, *Uniplanarius trifidus* 和 *Reinhardtites levis*) 至晚马斯特里赫特期 (*Lithraphidites quadratus* 和 *Micula murus*)。J. Sotak 和 J. Michalik 通过有孔虫研究,证明西喀尔巴阡红层沉积最早出露于阿尔布 (*Rotalipora ticinensis* 带) 时期。这些泥灰岩中富含有孔虫和放射目浮游微生物,在赛诺曼期为连续沉积,顶部化石带为 *Rotalipora cushmani* 带; K/T 界线之后轮孔虫的消失,是红色泥灰岩中微生物群组成的主要变化;土仑早期轮孔虫灭绝之后的红色泥灰岩中有孔虫组合以 *whiteinellid* 和 *helvetotruncanid* 有孔虫群为特征;至此稍后, *dicarinellid* 和 *marginotruncanid* 的主要代表种出现,标志着大洋重新回到中—贫营养条件。在古水深度更大的地区,红层中几乎没有陆源碎屑物的加入。在坎潘期 (如 *Globotruncana arca* 带 Púchov 泥

灰岩)和马斯特里赫特早期(如 *Globotruncana fals-estuarti* 带的 *Gbelany* 泥灰岩)为连续沉积。

D. Jipa 和 M. Melinte 介绍了在东喀尔巴阡几个构造单元的上白垩统大洋红层沉积。东喀尔巴阡外复理石带 Tisarú 组(也称之杂色页岩组)在晚阿尔布—康尼亚克时期连续沉积,主要由红色和绿色放射虫硅质岩和红色粘土岩构成,其上覆地层为三冬期—古新世早期泥灰岩和 *Lepsa* 组灰屑岩。作者估计这些海相红层的沉积速率约为 15~18 mm/ka。M. Melinte 讨论了罗马尼亚晚白垩世红层超微化石变化,发现在土仑早期红色和绿色页岩中,出现许多新的超微植物物种,白垩纪早、中时期的特提斯属被新的世界性种所代替,以 *Micula* 和 *Prediscosphaera* 属为主。

O. Tüysüz 概括了土耳其北部晚白垩世远洋红色沉积,Ankara-Erzincan 蛇绿岩缝合带标志着土耳其部 Sakarya 和 Kirsehir 陆块分离,Ankara-Erzincan 洋作为新特提斯北支而残留下来。该缝合带宽约 5~10 km,由两个推覆体构成,上部推覆体主要由一个蛇绿岩混杂堆积组成,包括厚而有序的蛇绿岩段;下部推覆体主要由火山岩组成,表明存在一个晚白垩世洋内岩浆带。远洋红色灰岩和硅质岩在上述两个推覆体中均有出露,年代为赛诺曼—马斯特里赫特期。T. Ş. Yurtsever 等讨论了 K/T 界线事件及其在土耳其西南部的 Antalya 推覆体放射虫生物群。在 Antalya 市附近的 Antalya 推覆体中,黑色页岩以夹层形式出露于放射虫燧石岩中,总有机碳含量在 7.89%~42.19% 之间。放射虫研究表明黑色页岩时代为土仑早期。

E. A. Shcherbinina 介绍了东高加索上白垩统远洋红层中的超微浮游生物群资料。品红色和红色泥灰岩层出露于 Bonarelli 层之上,时代为土仑晚期,另一段淡红色灰岩层厚约 8 m,跨康尼亚克—三冬期界线。R. Gambashidze 通过对早赛诺曼期箭石层的研究,发现在高加索不同地区古海水温度范围为 15~25 °C,而在坎潘至马斯特里赫特晚期海水温度下降到 15~17 °C。C. Benjamini 讨论了以色列赛诺曼—土仑过渡期准层序的脱碳酸盐作用。

有 4 个报告集中于藏南白垩系。万晓樵展示了藏南远洋红层中灰岩夹层的浮游有孔虫资料。江孜红层厚约 29 m,共有 4 个浮游有孔虫带,最底部是三冬期晚期 *Dicarinella asymetrica* 带,红层的顶部为 *Globotruncana calcarata* 带。R. W. Scott 等应

用图表对比分析的方法,研究藏南岗巴附近的宗山剖面,计算沉积间断的持续时间在 *Whiteinella archaocretacea* 带底部约为 90.80~90.37 Ma。罗辉通过放射虫研究,得出藏南江孜附近埋藏在缝合带混杂堆积中的红色燧石时代为晚阿普特期。

与会者在总结讨论期间认为,当前的项目对于初步目标完成得相当好,各国的科学家之间的合作也是十分成功的;若某些同事在 IGCP463 相关研究中缺乏专门技术,不同领域的专家将为其提供帮助。项目领导者认为在编辑综合年代地层表方面还存在明显的不足,因为只有制订出这样的表格之后,才能确定哪些大洋红层是区域现象,哪些具有全球意义。红层的生物地层学和国际对比方面取得相应的进展之后,项目的下一步将是建立晚白垩世大洋从缺氧到富氧变化的触发机制,这类研究需要运用多种地球化学方法,而目前只有一个关于此类研究公开发表过,另一个则已经在本项目中启动。因此,需要共同选择愿意参加这类研究的地球化学家们加入到项目中来,2004 年意大利国际地质大会期间,IGCP 463 将举行一个特别会议,可以提供这种论坛。

2.2 野外考察

会后的 4 天里,与会者考察了出露于 Çankir 盆地北部 Bartin-Sinop 沿线和 Ankara-Erzincan 缝合带的 Ereğli-Bartın 地区大洋红层的露头。欧亚地球科学研究所所长 O. Tüysüz 精心制作了一份厚达 100 多页的详细野外指南,其中包括对 Pontides 中部和西部白垩纪地质的讨论以及远洋红层露头的描述。

第一天上午,与会者沿黑海海滨途中参观了西 Pontides 的古生代和三叠纪基底以及上白垩统碳酸盐,同时见到了 1999 年 8 月 17 日 7.4 级大地震造成的变形;经过 Ereğli,考察了 Ereğli-Zonguldak 路 Zonguldak 盆地的上—下白垩统单元。沿黑海海岸而行至 Sinop,横跨西 Pontide 岩浆弧。该火山弧由两个火山岩序列组成,中间由远洋灰岩单元将其分开。下部的火山岩序列是土仑—三冬期时期的 Dereköy 组,与下伏单元呈不整合接触,表现为西黑海盆地的主裂缝相。远洋灰岩单元是晚三冬期—坎潘期 Dereköy 组,不整合上覆于老岩石单元 Unaz 组之上。上部的火山岩序列由坎潘期 Cambu 组的玄武质和安山质熔岩以及火山岩和火山碎屑物组成。第二天参观 Sinop 盆地 post-Malm 地层和呈叠

瓦状叠覆在中 Pontide 三叠系基底上的上白垩统蛇绿岩, 由于在新特提斯关闭的时候, 本地区发生了强烈的晚始新世叠覆, 使得构造变得相当复杂。第三天参观了 Ankara-Erzincan 蛇绿岩缝合带(新特提斯北支)。缝合带中可以区分出两个推覆体, 上部推覆体是蛇绿岩混杂岩, 下部推覆体是 Yaylaçayı 组的火山和沉积单元。最后一天考察了上白垩统红色远洋灰岩、页岩和油积岩, 包括出露于 Amasya 的上侏罗统巨岩块和极少量蛇绿岩岩块。

3 IGCP 494 项目启动会议

在 IGCP463 项目执行过程中, 发现不仅仅在白垩纪晚期存在着大洋红层, 在白垩纪中期可能也有大洋红层, 并且表现为以中高频旋回特点。所以, 以中国年轻学者胡修棉为首, 联合德国、波兰和俄罗斯年轻学者一起, 着眼于研究白垩纪中期黑色页岩向大洋红层转变的问题, 向 UNESCO/IUGS 的 IGCP 委员会申请了 IGCP 年轻科学家类型的项目。鉴于 IGCP463 所取得成果和它所研究的大洋红层重要性, 国际 IGCP 委员会批准了这个项目, 这也是该委员会启动的第一个年轻科学家项目。IGCP 494 项目在 2003 年得到批准立项后的当年, 于 11 月 17—18 日在德国不来梅 Deutsche Eiche 酒店举行该项目的启动会议, 会议由德国不来梅大学组织, 其中有半天时间是参观不来梅 ODP/DSDP 岩心库。

本次会议目的是项目成员汇报对于白垩纪中期大洋红层研究的进展, 介绍新的信息和资料及讨论将来的合作。分别来自奥地利、保加利亚、加拿大、中国、德国、意大利、波兰、俄罗斯及瑞士等 9 个国家的 16 名学者参与了本次研讨会, 其中 9 名学者就白垩纪大洋红层作了精彩的报告, 有两个以展板的形式展出。报告者及其报告的题目分列如下: Bak 等, K/T 界线大洋沉积物从缺氧到富氧的变化: 外喀尔巴阡复理石沉积物证据; Bak 等, 从放射虫记录证据看白垩纪中期富氧到缺氧条件的变化; Bertle 等, 从 Spiti-Himachal Pradesh/India 白垩系大洋红层; Hu 等, 意大利中部 Umbria-Marche 盆地白垩纪中期大洋红层; Jansa 等, 古海洋学: 斗牛士宁愿骑着黑色的母牛而不是好战的公牛; Lehmann 等, 白垩系陆缘红层实例; Mort 等, 古海洋生产率和古营养水平的有用信号: 对西班牙、意大利、英国和科罗拉多赛诺曼—土仑剖面的研究; Pavlishina 等, Rhenodanu-

bian 复理石带(奥地利)阿尔布晚期—赛诺曼早期深海红层; Tur, 北西高加索上白垩统红色层序: 有孔虫资料; Wagreich 等, 欧洲边缘远端(Helvetic 单元, 东阿尔卑斯, 奥地利)K/T 界线事件和土仑期大洋红层; Wang 等, 藏南海相白垩系概括。

通过这次研讨会, 确信白垩纪中期海相红层广泛分布于阿尔卑斯、喀尔巴阡、亚平宁、北大西洋、德国北部和高加索地区。认同 IGCP 494 的主要科学目标是探求白垩纪中期深水环境下沉积物从缺氧到富氧变化的大洋过程, 尤其是从 Selli 到 CORB 的初次出露, 以及 Bonarelli 层到 Scaglia Rossa 组的转变。在随后的两年中, IGCP494 项目的领导者和成员将对选定区域的几条典型剖面进行详细调查, 以便更好地了解白垩纪中期大洋红层的属性及其与同时代黑色页岩的关系。在研讨会后, 参观了不来梅 ODP/DSDP 岩心库, 所有与会者调查了岩心编号为 1049/1050 的典型阿尔布大洋红层和黑色页岩, 该岩心取自大西洋西北部的 Blake Nose, 是 ODP171B 航次的成果。

4 IGCP463/494 项目 2004 年度工作会议

2004 年 8 月 15—18 日在罗马尼亚布加勒斯特举行了 IGCP463 第三次工作会议和 IGCP494 第二次工作会议。罗马尼亚国家科学院海洋地质和地质生态研究所 M. C. Melinte 教授组织了本次会议。会议主要目的是回顾白垩纪大洋红层所取得的新进展, 并探讨其古气候和古海洋学意义。来自澳大利亚、保加利亚、中国、捷克、德国、波兰、罗马尼亚、西班牙、土耳其和美国等 10 个国家的 23 名学者参加了会议及会后的野外考察。

4.1 室内研讨^①

开会伊始, R. Scott 就展示了一张根据目前所掌握资料所作的上白垩统大洋红层的综合年代地层表, 表明大洋红层发生于晚白垩世的每一个时期, 此时深海盆地处于氧化条件, 然而并不清楚这一时间是否具有全球等时性, 或者说是否这一特征仅是区

① MELINETE M C, BRUSTUR T, SZOBOTKA S, et al. Upper Cretaceous Red Beds: Response to ocean/climate global change. Field Guidebook of the Workshop of IGCP 463 & 494. Bucharest, Romania: The National Institute of Marine Geology and Geoecology, 2004, 57.

域性现象。亚平宁、奥地利阿尔卑斯、波兰、捷克、罗马尼亚喀尔巴阡、高加索及西藏的一些剖面作为 CORB 的例子,已经取得了生物地层学数据。但是超微化石、浮游有孔虫和鞭毛虫局限于赛诺曼、土仑、康尼亚克、三冬、坎潘和马斯特里赫特阶。CORB 在澳大利亚 Tiefenbach 沉积于早三冬期的一个短期内;而在喀尔巴阡的飞来峰北带,除在 OAE2 层位出现间断外,从赛诺曼期开始出露并一直持续到晚坎潘期;捷克和高加索远洋相红层沉积持续时间短,西藏的床得组是典型的远洋红层,其沉积持续了大半个坎潘期。

Jaume Gallemí 和 Mihaela Carmen Melinte 报道了广泛出露于西班牙 Subbetic 地区(Betic 区域的外带)Capas Rojas 组大洋红层中分选出的海胆和钙质超微化石。研究区域分布于 Las Vallongas 和 Pantà d'Elx(Alicante 省)、Cieza 和 Caravaca(Murcia 省)、Topares(Almería 省)以及 Mancha Real 和 Castillo de Locubín(Jaén 省);对其他上白垩统红层(出露于 Intermediate 单元的 Qipar-Jorquera 组)也进行了研究。上述两个组红层中的海胆群有很大不同。Capas Rojas 组中海胆群包括常见的 *Rispolia subtrigona*, *Homoeaster auberti*, *Ovulaster gauthieri*, *O. zignoanus*, *O. obtusus*, *Stenonaster tuberculata* 和 *Infulaster* sp. 等,在 Las Vallongas 钙质超微动物群范围为早康尼亚克晚期—晚康尼亚克期(UC10 钙质超微带),而在 Topares 则为康尼亚克末期—三冬最早期(UC11c 钙质超微带)。已发现海胆群的 Qipar-Jorquera 组的分布区域主要有:Castell de Guadalest 和 Benimantell 村附近,El Scarest(Sella 和 Finestrat 之间)、Orxeta, El Cabrafic Alt(Aigües de Busot 和 Busot 之间)、Estret de Busot 和 La Torre de les Maçanes。其海胆群通常包括 *Stegaster novoii*, *S. bouillei* 和 *Homoeaster evaristei*。在 *Homoeaster evaristei* 之下的层位中出现 *Coraster vilanovae*,但其颜色不是红色的。从样品中分析出来的超微化石所反映的时代,最早为 Estret de Busot 地区 UC18(早马斯特里赫特期),而在 El Cabrafic Alt 地区则为 UC20(早、中马斯特里赫特期界线)。

胡修棉和 Lilian Švábenická 介绍了西班牙 Granada 东北的 Rio Fardes 剖面的地层,该地层分布于中 Subbetic 域深水盆地区。Fardes 组出露的 II 段和 III 段由(半)远洋沉积与浊积岩及滑塌层组

成,其中出露有两套红层,主要由厚层淡红粘土组成,并夹有灰色、杂色或黑色粘土和钙质粘土。基于对红层的钙质超微化石研究,可知 II 段红层时代为早土仑末期(UC7 超微化石带),III 段红层时代为中康尼亚克(UC10 超微化石带)—中、晚康尼亚克期界线(UC10-UC11? 超微化石带)。

Ines Wendler(德国)介绍了 CORB 成因的一个现代观点,即重视底层水氧含量对洋底有机成分及碳酸钙储存的影响。大洋中底层水氧含量不仅控制铁及其他元素的氧化状态,同时对沉积物中的有机成分的氧化也有至关重要的作用。通过研究高生产率阿拉伯海东北部的最近表层沉积物,发现将沉积物暴露在氧气中对于其碳酸盐颗粒的储存有重要的影响。

Stephanie Neuhuber 和 Michael Wagreich 介绍了北钙质阿尔卑斯 Rehkogelgraben 剖面的晚三冬期地层。根据地层中红色和白—淡灰色泥灰岩所组成的规则的韵律,作者认为红色层沉积时有大量陆源物质供应,带来大量氧气,导致水柱中的有机物被完全氧化,大量营养物质和类营养元素(P, Ba, Cu, Zn)被带到洋底;而白色层中则为贫氧条件,陆源碎屑供给少,在水柱的下部或沉积期后碳酸盐软泥中有机成分呼吸作用则很强。

Camilo Ponton 和 Florentin Maurrasse 介绍了 CORB 沉积在时间分布上的整体变化。红—褐色沉积物在白垩纪中期处于次要地位,而至晚白垩世和古新世则频繁出露并占主导地位。红层成因的精确控制机制成为有待攻克的问题。如果沉积地层方面的变化可以指示包含水柱中溶解氧变化在内的古环境变化的控制因素,那么红层的出露表明与富氧条件有关;同时也与干旱条件有关,因为干旱条件下可以增加陆源物质的输入。根据上述作者的观点,这些同时代的红层沉积相的变化,既表明了盆地的地形学特点,也反映了相邻陆地的相关条件。

后面几个报告集中在喀尔巴阡山地区的 CORB 研究。Malata 介绍了波兰外喀尔巴阡地区 CORB 的胶结有孔虫及其生物地层学意义。最老的指示种为 *Bulbobaculites problematicus*, 集中出现在赛诺曼—康尼亚克早期。这种有孔虫类型的出现,指示了 CORB 在小 Silesian 盆地最早出现的时间。在 Magur、前 Magura、Silesian 和 Skole 单元,以及 Uvigerinamina jankoi 带的土仑期地层中都有红层发育。在当时所有的次级盆地,红色粘土都堆积

在 CCD 面之下, 喀尔巴阡盆地在当时达到最大古深度。Magura 和 Silesian 单元中, 年代较晚的红层以主要出现胶结有孔虫为特征, 不含浮游品种; 而在次 Silesian 和前 Magura 单元的红层中, 钙质种类有所增加。Miroslav Bubik 介绍了 Silesian 单元中红层的生物地层学和古生态学特征, 并进行底栖有孔虫多样性和丰度分析, 用来估计红层沉积时期的古环境趋势。结果显示红层多为贫营养条件, 结合遗迹化石判断, 表明黑层沉积于富营养和缺氧条件下。黑层中缺少碳酸盐和钙质化石, 清楚地表明其沉积于 CCD 面之下。Mihaela Melinte 报告了罗马尼亚喀尔巴阡 CORB 沉积的时间, 红层底部最早出露于阿尔布末期, 东喀尔巴阡外复理石带所有推覆体都有红层出露, 主要由杂色页岩组成, 覆盖在黑色页岩组(凡兰吟?—阿尔布期)之上。

İsmail Ömer Yilmaz 对土耳其西北部贝利阿斯—阿普特期远洋碳酸盐旋回沉积缺氧-富氧的变化进行了详细的研究, 测制了两个详细的地层剖面, 重新采样近 200 个。发现地层主要由远洋碳酸盐组成, 其远洋灰岩和泥灰岩或黑色页岩构成层偶, 每一层偶的延时 34~57 ka。İsmail Ömer Yilmaz 认为这些层偶是米兰科维奇旋回引起的, 并观察到泥灰岩或黑色页岩与灰岩中的微锥类与颗石藻比值有所不同。泥灰岩或黑色页岩的微锥类较灰岩丰富, 而灰岩中富含颗石藻, 反映出沉积期间营养水平和古生产力的变化。该变化与海平面升降有关, 受轨道参数的控制并最终在沉积物的相变上体现出来。

Kağan Tekin 报告了土耳其活动大陆边缘晚白垩世同构造期的海相红层研究情况。赛诺曼—马斯特里赫特期, 新特提斯洋的主要分支——İzmir An-kara Erzincan 洋由于洋底向北俯冲到 Pontide 陆块下而消失; 同时沿 Pontide 南缘, 在 Pontide 和活动大陆边缘之上发育一个硅铝壳弧。通过放射虫研究认为叠覆在活动大陆边缘的沉积物形成于中阿尔布—晚赛诺曼期。

Polina Pavlishina 对保加利亚 Srednogorie 地区中部大约为三冬—坎潘期的红层, 亦即 Mirkovo 组红色灰岩和泥灰岩, 包括上覆的 Chugovo 组浊积岩进行了研究。在 Chugovo 组和 Mirkovo 组上部采集了孢粉样品, 其中腰鞭毛虫包囊和正型花粉类样品各占一半。样品的分析表明其时代为坎潘晚期—马斯特里赫特早期, 其下覆的红层应该属于三冬初期—坎潘早期。

4.2 罗马尼亚喀尔巴阡野外考察

布加勒斯特会议之后的 3 天里, 与会者考察了出露于罗马尼亚喀尔巴阡推覆体的红层。M. C. Melinte, T. Brustur, D. Jipa 以及 S. Szobotka 等准备了一份详尽的野外指南, 包括罗马尼亚喀尔巴阡地质, 集中介绍了东喀尔巴阡复理石带和出露于其内的红层沉积。

第一天与会者离开布加勒斯特沿 Prahova 河谷观察。在 Nistorești, 考察了晚坎潘—马斯特里赫特期的红色远洋/半远洋沉积, 并取地球化学样品。紧接着进入 Ialomița 河谷, 考察了坎潘—早古新世 Gura Beliei 组樱桃红色泥灰岩, 这种红色沉积仅发育于东喀尔巴阡最南端, 构造期后的推覆体盖层反映了白垩纪和中新世的构造运动。Gura Beliei 组泥灰岩包括多样的钙质超微化石和浮游有孔虫群, 并有少数大生物群, 主要为 Belemnitella 属。最后观察到提塘—贝利阿斯 Sinaia 组钙质浊积岩中夹有 Azuga 相绿色和红色放射虫岩石。野外第二天的目的是考察东喀尔巴阡最老的白垩纪红层, 出露于复理石带颈部内侧的沉积物。在 Cernatu-Dalnic 和 Covasna 地区, 红层(杂色页岩组)整合上覆于下白垩统黑色页岩之上, 主要由红色和绿色页岩组成, 夹有放射虫燧石, 根据发现的菊石 *Stoliczkaia dispar* 和 *S. notha*, 确定杂色页岩的底部为阿尔布末期。底栖有孔虫、腰鞭毛虫和放射虫群研究表明本地区 CORB 在赛诺曼—康尼亚克期为连续沉积。野外最后一天, 与会者考察路线从 Braşov 镇到 Buzău 河谷, 观察出露东喀尔巴阡 Dacidian 和内 Moldavidian 推覆体上覆盖层的红层, 并详细考察了 Poiana Florilor-Teliu 地区 Dumbrăvioara 组远洋红层。该组有 3 个部分, 下部为阿尔布末期—赛诺曼末期红色页岩(含 *Neohibolites ulitimus* 和具有 *Rotalipora appenninica* 的微生物群); 中部为赛诺曼早期—土仑早期黑色和灰色页岩(含 *Puzosia planulata*, *Romaniceras* spp., *Hamites* spp., *Acanthoceras rhotomagense*, *Inoceramus* aff. *hercynicus* 和 *I. crippsi*); 上部为早土仑期红色页岩(底部位于 UC6a 超微化石带, 顶部为 UC9b 超微化石带)。最后考察的 CORB 出露于 Audia 推覆体的盖层, 红层以狭窄条带头出露, 红层特别是其上部(含海绿石砂岩, 岩石地层单元与波兰喀尔巴阡 Lgota 层相似)覆盖于黑色页岩组之上。根据钙质超微化石研究(从 UC0 到 UC10 超微化石带), CORB 的时代为阿尔

布末期—康尼亚克早期。当地红色页岩(Bota-Botita 组)下部含斑脱土,某些地方还可以观察到角砾岩和花岗质闪长岩成分(来源于仅在晚白垩世活动的山脉)。

5 第 32 届地质大会主题讨论会 (T29.10)

IGCP463/494 项目于 2004 年 8 月 23 日在意大利佛罗伦萨第 32 届地质大会期间在主题讨论会场举行了以“白垩纪大洋红层”为主题的会议,会议召集人为王成善、L. Jansa 和 M. Sarti。本次会议的目的不仅由项目成员展示其研究成果,更主要是为了将这两个项目介绍给国际地学界,并希望通过该会议吸收更多的成员和了解新的信息,结果证明确实做到了这一点。从出席人数来看,会议取得出人意料的成功,虽然会议室的座位超过 200 个,但仍然座无虚席,甚至连站的地方都没有。

会议期间共做了 14 个口头报告(包括 3 个特邀报告),并张贴了 10 张海报。在第一个特邀报告中, Bill Hay 介绍了大洋水体中溶解氧的古海洋学原理,推测白垩纪大洋的洋流和构造与现在的不同点及其可能的结果,并展示了与现在有很大不同的白垩纪大洋环流模式。第二个特邀报告人是 Tim Lenton,他讨论了过去 130 Ma 以来,海洋和大气中氧气的变化模式。他认为海洋沉积物中磷的峰值与大洋缺氧事件相对应,缺氧-富氧的波动可以通过磷的埋藏变化反映出来。如磷风化的增加可以由构造活动或火山作用引起,还可引起同时期大气中 CO_2 含量增加和全球气温的升高。在第三个特邀报告中,意大利地质学家 A. Montanari 为听众介绍了他对 Umbria-Marche 盆地地质演化的长期研究成果。CORB 出露于该盆地白垩纪晚期到第三纪早期的沉积地层中,他认为 Scaglia Rossa 组发育于广泛的构造活动时期。王成善介绍了 IGCP 463/494 的目标,并概括了计划所取得的一些成果,指出大洋环流、气候变化和构造等因素及其组合的几个不同的动力模式,能反映晚白垩世大洋底层水氧化条件;指出黑色页岩向大洋红层的转变反映了碳存储和碳库分布的变化,对其进行深入研究,对油气勘探战略方面具有一定的指导意义。

Luba Jansa 在其总结性报告中认为一系列的过程,如沉降流、海平面、洋流和气候方面的变化等,都

可能是导致白垩纪大洋实现从缺氧到富氧条件的转变几个因素,目前尚没有充分的地球化学证据可以确定究竟是哪一种因素占据主导地位。这个过程可以在全球大洋中同时产生作用,导致海洋不同部分的氧化还原条件有所不同。对比全球各地晚白垩世大洋红层可以发现,穿时性是白垩纪大洋红层的一大特点,要揭示 CORB 形成的主要限制因素及其古海洋学、古气候学意义,就必须开展高分辨率地层学工作,以便进行精确的对比。R. W. Scott 随后对于当前大洋红层资料进行概括,计算了东欧和西藏 CORB 的沉积速率,发现其范围大致为 2~50 m/Ma。

会上其他项目成员介绍了新的生物地层学资料,分别是: M. Wagreich 和 S. Neuhuber 对东阿尔卑斯 Ultrahelvetica 带 CORB 研究; M. Melinte 和 D. Jipa 对罗马尼亚南喀尔巴阡的研究等。J. Sotak 和 J. Michalik 等通过对斯洛伐克喀尔巴阡的研究,指出 K/T 界线有孔虫组成的主要变化,轮孔虫在此界线消失。作者认为当温跃层变得不稳定时,微生物群变化与海洋水体分层变化相关。O. Tuysuz 介绍了土耳其从 Pontides 到 Sakarya 带地质断面的红层资料,指出在该断面上晚白垩世远洋红层不仅出露于陆块而且在缝合带内也可以发现,而在土耳其南部尚缺乏相关的发现。Ivan Dulic 等人介绍了他们对塞尔维亚 CORB 的研究成果,发现一些油井穿透了红层,在塞尔维亚的西南部还有红层露头。Juliane Fenner 讨论了德国大陆古海洋学钻孔(Kirchrode II)中发现的阿尔布中期远洋红层的资料。

Y. Gavrilov, E. Scherbinina 和 N. Tur 等人以展板的形式,介绍了出露于大高加索的几个层位,如中土仑早期以及康尼亚克期远洋红层的研究成果。万晓樵和司家亮介绍了藏南晚白垩世生物地层格架,胡修棉等展示了西班牙南部 Rio Fardes 地区远洋红层露头。A. Peter 和 F. Surlyk 通过研究东格陵兰岛下白垩统地层中出露的远洋红层,提出远洋红层可以发育于多种海洋学条件下,与古海洋普遍的增温及洋流变化有关。Ines Wendler 展示了对阿拉伯海现代沉积物的研究成果,认为当海底为氧化状态可以导致沉积物中的碳酸盐溶解,即便该沉积物出露于 CCD 面之上。

6 欧洲地球科学联盟 2005 年度会议主题讨论会(SSP 24)

欧洲地球科学联盟 2005 年会于 2005 年 4 月 24—29 日在奥地利维也纳举行。IGCP 463/494 成员、奥地利维也纳大学 M. Wagneich 教授和德国不来梅大学 Ines Wendler 博士主持的主题讨论会(SSP24)“从白垩纪黑色页岩到大洋红层”将如期举行。从主题会所收到的摘要看来,对白垩纪大洋红层的研究又有了进一步的发展,体现在如下方面:

(1)各红层剖面的古生物资料进一步积累,并向高分辨率的方向迈进。如斯洛伐克科学院的 Sotak 博士报道了斯洛伐克境内喀尔巴阡红层剖面的高分辨率微体古生物资料,在此基础上探讨大洋红层所代表的古环境变化。研究发现红色沉积的微体成分的主要转变发生在 K/T 界线,此时的浮游有孔虫谱系中的 *Rotaliporids* 消失。该现象的发生主要与气候变暖和海水柱均一化所带来的温跃层的不稳定、从而导致大洋水体的重组有关;同时期的硅质生物大量涌现。K/T 界线之后的红层中有孔虫资料表明大洋水体返回到中等—贫营养条件。奥地利维也纳大学 Wagneich 教授根据东阿尔卑斯大洋红层的古生物资料,指出本地区红层出现的高峰时期为三叠晚期—坎潘早期,这与全球红层出现的高峰期是一致的。

(2)地球化学、同位素方面的资料得到进一步的丰富,为探讨大洋红层的成因机制问题作了进一步的铺垫。如 S. Neuhuber 博士利用红层中的有孔虫壳体 and 全岩样品,进行了碳氧同位素、矿物学以及其他项目的地球化学测试,发现红色沉积期间的陆源碎屑沉积速率更高,氧气的供应也更为充足,导致有机质在水体中的彻底氧化。而 Wagneich 教授则首次对红层剖面开展了锶同位素地层学工作,为东阿尔卑斯众多红层剖面的精确对比进行了有力的尝试。

(3)新的学科方法的引入为挖掘大洋红层的古气候古海洋学意义提供了依据。这方面主要体现为国际著名地球化学家 William Hay 的工作。Hay 根据洋流模拟的结果,认为白垩纪中期之前,由于不存在统一的大洋环流,洋流体系主要以一系列相对独立的大型涡流系统组成(称之为 eddy-filled ocean),因此大洋深部的氧气常常难以得到补充,因此频繁

发生大洋缺氧事件;而晚白垩世大洋红色沉积的出现及其广泛分布,是大洋底部氧气得到持续供应的表现,如果结合红色沉积的古深度资料,就可将大洋红色沉积作为示踪大洋深部洋流循环的良好工具。

其他方面的进展包括持续对白垩纪中期黑色页岩与大洋红层之间关系的探讨、现代海洋研究对大洋红层的启示等,预计将对大洋红层的研究具有一定的推动作用。

7 白垩纪大洋红层研究发展趋势

通过对近几年来白垩纪大洋红层研究工作的回顾,不难总结出如下发展趋势:

(1)从地域分布上看,大洋红层研究已经从包括对我国西藏地区在内的地方性研究,转变为在国际对比计划框架范围内的全球对比综合研究。几年来的对比研究发现,CORB 广泛分布于晚白垩世全球大洋的深水环境中——北至格陵兰,南至新西兰,都发现了 CORB 的踪迹。这就决定了这项研究的国际性,任何单个国家的研究人员都无法独立完成。而正是国际地质对比计划的推行,为该项工作的迅速开展奠定了良好的基础。

(2)从由我国科学家单独研究变为多个国家的科学家申请到项目和经费共同研究。现在除中国之外,其他国家研究人员申请到各自所在国经费和项目开展红层研究的情况包括:(a)捷克科学基金委员会资助 Petr Skupien 博士,开展题为“捷克境内外西喀尔巴阡构造带上白垩统大洋红层:沉积学,生物地层学和地球化学”的研究,执行时间为 2005—2007 年;(b)土耳其科学技术研究理事会资助 İsmail Ömer Yılmaz 博士,开展题为“土耳其西部下白垩统(阿普特—阿尔布阶)和上白垩统(赛诺曼—土仑阶)地层全球大洋缺氧和富氧事件的沉积学、微体古生物学和沉积化学记录”的研究,执行期为 2004—2005 年;(c)奥地利科学院、奥地利 IGCP 国家委员会资助 Michael Wagneich 教授,开展题为“东阿尔卑斯、Hellenids 和印度喜马拉雅上白垩统大洋红层:基于微体生物组合和稳定同位素研究探讨环境控制”的研究,执行时间为 2003—2006 年;(d)德国德意志研究联合会资助 Ines Wendler 博士,开展题为“在全球主要气候和海洋变化格局下从下白垩统全球大洋缺氧事件到上白垩统全球大洋红层沉积:以东特提斯喜马拉雅和西北特提斯阿尔卑

斯为例”的研究,时间为2004—2006年;(e)意大利外交部资助 Massimo Sarti 教授,开展题为“西特提斯上白垩统大洋红层的对比以及意大利中部立典剖面”的研究,时间为2002—2004年;(f)罗马尼亚科学院、罗马尼亚研究和科学国家理事会资助 Mihaela Carmen Melinte,开展题为“罗马尼亚东和南喀尔巴阡上白垩统大洋红层”的研究(2004—2005)。

此外,新西兰和美国也正在所在国申请基金过程之中。

(3)从举办 IGCP 项目学术年会快速向国际大会或国际性学术年会转变。例如,“白垩纪大洋红层”先后被第32届国际地质大会(意大利,2004)、欧洲地球科学联盟年度会议(奥地利,2005)、第7届国际白垩纪会议(瑞士,2005)、第二届国际古生物大会(中国,2006)列为主题讨论会进行讨论。

(4)从参加人员的学术背景看,研究人员的学科配备逐渐完善。不仅有古生物学、地层学、地球化学等传统专业的人员参与其中,来自古气候、古海洋、全球变化研究背景人员的加盟,将有力的推动红层研究的进行。例如专门研究碳循环、氧循环的专家的参与,对于探讨大洋红层与碳氧循环的关系将是非常有利的。当然目前这方面的努力还是非常初步的,有待于进一步的工作。

通过上述学术活动,白垩纪大洋红层研究已取得初步的成果。国际著名的白垩纪研究刊物“*Cretaceous Research*”在今年第一期上以正刊的形式发表了以大洋红层为主题的系列成果专辑,新的系列成果的发表也正在筹划之中。我们也清楚地看到,挑战与机遇共存。“大洋红层”科学问题引起了国际学术界的关注,近两年来许多国家都给予资助进行相关研究,这必将促进白垩纪大洋红层的研究,但对于中国科学家来讲,却是一个无形的挑战。为了迎接这一挑战,并继续保持中国科学家在这一领域原创性研究的优势,还需要持续不断的努力,并应通过此过程为我国培养和锻炼一支白垩纪研究的精干队伍。

感谢 UNESCO/IUGS 以及 IGCP 全委会对 IGCP463/494 项目的支持,也感谢 IGCP 中国国家委员会对白垩纪大洋红层研究的关心。IGCP463/494 项目的各位同仁提供了各自所在国家的大洋红层资料,在此致以谢意。

References:

- [1] GUTZLER D S. Co-variability of spring snow pack and summer rainfall across the Southwest United States[J]. *Journal of Climate*, 2000, 13: 4018-4027.
- [2] HAYWOOD A M, VADELS P, MARKWICK P J. Cretaceous (Wealden) climates: A modeling perspective[J]. *Cretaceous Research*, 2004, 25: 303-311.
- [3] SKELTON P W, SPICER R A, KELLEY S P, et al. *The Cretaceous World*[M]. London: Cambridge Express, 2003: 343.
- [4] WANG C S, HU X M, LI X H, et al. Late Cretaceous oceanic oxic event in Tibetan Himalayas[A]. WGAREICH M. *The Proceedings of 6th International Cretaceous Symposium* [C]. Vienna, 2000:143.
- [5] WANG C S, HU X M, JANSAN L, et al. Upper Cretaceous oceanic red beds in southern Tibet: A major change from anoxic to oxic condition [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 21-32.
- [6] HU X M, WANG C S, SARTI M, et al. Upper Cretaceous Oceanic Red beds (CORB) in the Tethys: Occurrence, lithofacies, age and environment [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 3-20.
- [7] MELINTE M C, JIPA D C. Campanian-Maastrichtian marine red beds in Romania: Biostratigraphical and genetical significance [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 49-56.
- [8] WAGREICH M, KRENMAYER H G. Upper Cretaceous Oceanic Red beds (CORB) in the Northern Calcareous Alps (Nierental Formation, Austria): Slope topography and clastic input as primary controlling factors [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 57-64.
- [9] WAN X Q, LAMOLDA M A, SI J L, et al. Foraminiferal stratigraphy of Cretaceous red beds in southern Tibet [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 43-48.
- [10] ZOU Y R, KONG F, PENG P A, et al. Organic geochemical characterization of Upper Cretaceous oxic oceanic sediments in Tibet, China: A preliminary study [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 65-71.
- [11] LI X H, WANG C S, HU X M. Stratigraphy of deep-water Cretaceous deposits in Gyangze, southern Tibet, China [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26(1): 33-41.