

国际地学计划 IGCP-710 项目

2023 年度工作报告（中方）

一. 野外考察

本年度中方的野外工作聚焦冈瓦纳北缘裂解地块晚古生代所经历的高度动态的古地理演化，以及相应的地层古生物与沉积记录。自 5 月份始，不同的工作团队联合国内外专家，在东南亚重点地区，例如泰国西部，我国滇藏地区和内蒙东部等地陆续开展了一系列野外考察。

1. 联合泰国玛哈沙拉堪大学的专家，在泰国西部亲冈瓦纳相区对晚石炭至二叠纪地层的沉积环境和古生物化石开展考察。重点考察了 Mae Ping 断裂和 Three Pogoda 断裂之间的 Kaeng Krachan 群碎屑岩和中晚二叠世 Ratburi 灰岩。碎屑岩序列中含大量的分选和磨圆差的杂砾岩（图 1 上），指示受冈瓦纳冰川影响的冰海环境，上覆灰岩开始出现暖水化石，如蠕类等。这种环境的转变与滇西腾冲和保山地块一致，但各地气候转折的准确时间和所含暖水化石组成是否具有差异，这些差异如何提供古环境（如水温、纬度）的更多细节是下一步值得探讨的命题。

2. 联合南京大学和成都理工大学的专家，在西藏雅鲁藏布江东段的泽当附近围绕特提斯洋的地质记录开展了野外工作。考察了代表深海环境的放射虫硅质岩、大洋南侧被动陆缘的朗杰学群碎屑岩沉积（图 1 下）、大洋关闭之后碰撞造山时期的罗布莎砾岩等。以往研究表明，该地区保存了可能代表雅江带特提斯洋中最老的一套放射虫，指示中三叠世安尼期已经存在洋盆。但亦有分析表明，尽管放射虫硅质岩通常代表深海大洋环境，但特定的放射虫组合亦可产出于相对较浅水环境。因此，进一步分析雅江带放射虫具体的属种组成，不同时代和产地所产出化石的异同，有望更精细的解释其环境指示意义。

3. 联合北京大学和昆明理工大学的专家，在内蒙古东部和滇西昌宁-孟连带对二叠纪灰岩序列开展了沉积学考察。在内蒙苏尼特右旗的阿木山组识别出早二叠世的碳酸盐岩丘（mound），其中的建造生物由老到新从主要为叶状藻类转变为棘皮类。苏尼特右旗地区当时位于碳酸盐岩建造分区格局中热带区和亚热带区之间的过渡区，对于综合了解早二叠世全球碳酸盐岩建造的分布和演变可

以补充珍贵的材料。在昌宁-孟连带南部的石佛洞剖面识别出中二叠世的一套礁体，具有独特的造礁模式。与通常的海绵直立造礁不同，该礁体经历了海绵死亡后倒伏，之后被微生物和方解石胶结封闭。

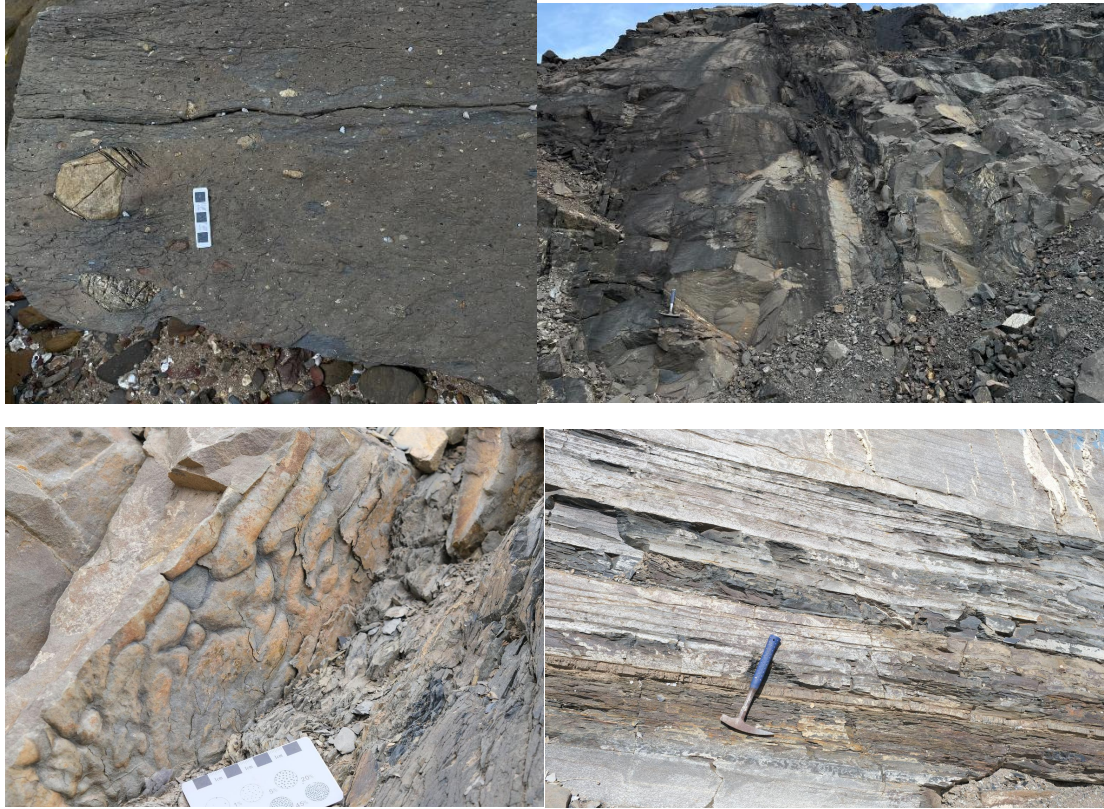


图 1. 2023 年度项目野外考察露头照片

泰国西部早二叠世杂砾岩（上），西藏雅鲁藏布江带泽当地区三叠纪朗杰学群复理石沉积（下）

二. 研究进展

本年度中方的研究进展主要有两类，继续聚焦滇藏地区晚古生代无脊椎动物化石、沉积学、构造地质学记录，为精细重建特提斯古地理演化提供重要约束；另一方面利用大数据手段试图开展综合研究，在地球化学和古生物数据库建设方面取得长足发展。

进展一：腕足类是对晚古生代气候敏感的主要浅海底栖生物类别。滇西腾冲地块腕足类尽管很早被解释为具有冷水特征，作为判断该地块具有冈瓦纳亲缘性的重要证据。但一直以来，对这些腕足类鲜有系统的古生物学鉴定工作。联合澳大利亚腕足专家，我们对腾冲地块二叠纪腕足类动物群的属种组成和古地理意义进行了深入分析（图 2）。根据在地块北部衫木塘剖面采集的 120 余枚

化石标本，在空树河组碎屑岩的顶部识别出了 *Elivina-Etherilosia* 组合（Sakmarian-Artinskian 早期），在其上大东厂组灰岩序列的下部识别出 *Spiriferella-Spiriferellina* 组合（Artinskian 晚期）和 *Waagenites-Costiferina* 组合（Roadian-Wordian 期）。根据属种组成的变化，可判断腕足动物群从早二叠的冷水型转变为至中二叠世中期的冷暖水混生型。这可能与当时冈瓦纳冰川消融和腾冲地块从冈瓦纳裂解并向北漂移这一动态古地理变化所对应。

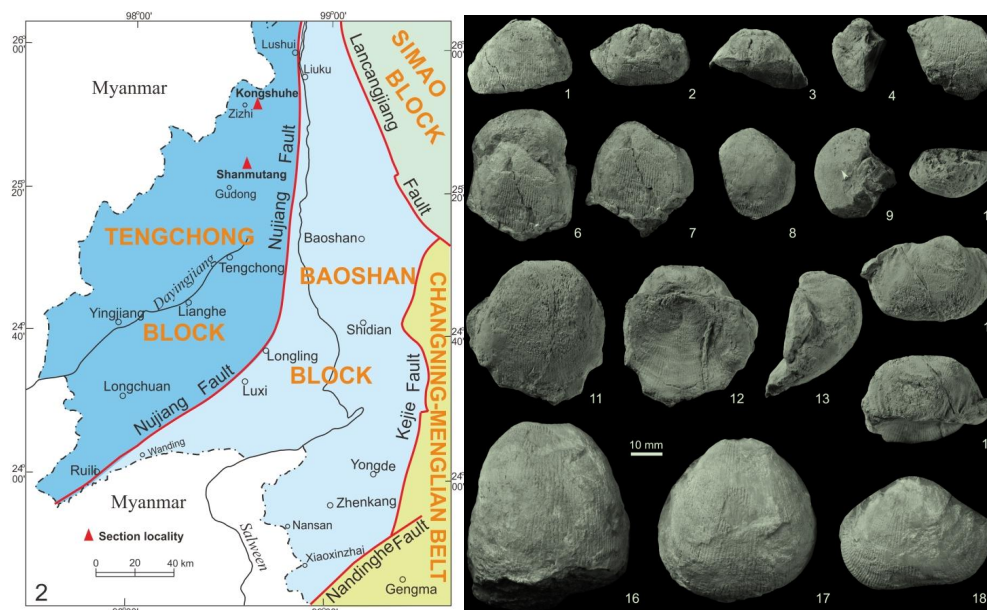


图 2. 滇西腾冲地块地理位置及二叠纪腕足类动物群

进展二：放射虫硅质岩一般指示深海环境，因而是判定古洋盆存在的最主要的古生物证据之一。在滇西昌宁-孟连带中部，放射虫硅质岩呈南北向广泛分布。在该带南部帕秋地区原划归泥盆纪的硅质岩中，采集了丰富的放射虫化石（图 3），系统鉴定识别出两个晚二叠世组合：*Albaillella levis* 组合和 *Albaillella protolevis* 组合。进一步总结该带已有的放射虫资料表明，不同产地晚二叠世放射虫根据 albaillellaians, latentifistularians, entactinarians 和 spumellarians 四类对水深敏感的分子，可以区别为深水（>500 m），较深水（200-500 m）和浅水（<200 m）三大类。这项研究再次证实，无论从地质年代亦或沉积环境而言，昌宁-孟连带是由诸多局部有序、整体无序的构造岩片组成。

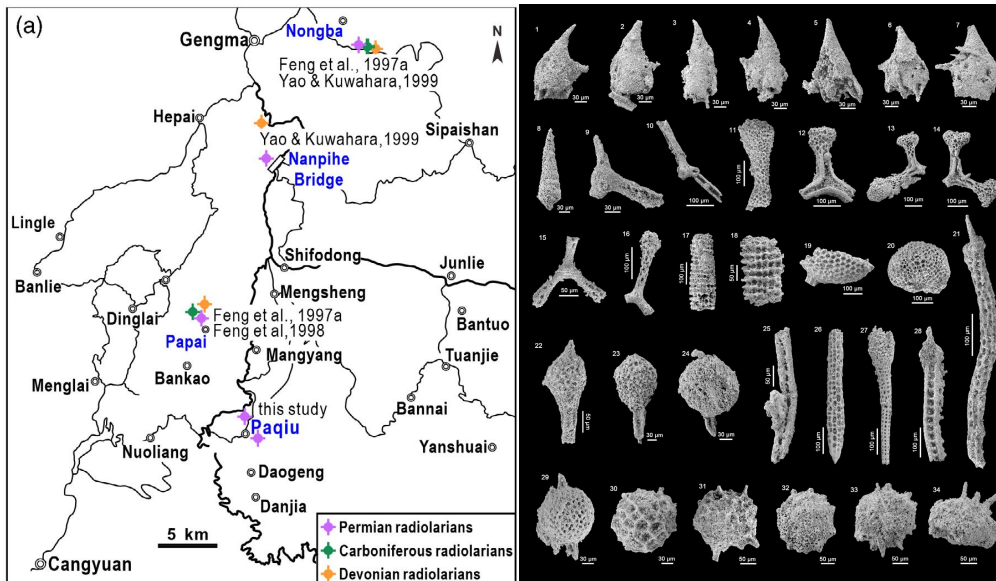


图 3. 滇西昌宁-孟连带放射虫产地及南部帕秋地区二叠纪放射虫化石

进展三：基于近年在滇西昌宁-孟连带所积累的资料，我们对该地区作为特提斯洋主缝合带的地质意义有了新的解读。该带蛇绿岩零星分布于中部地区的和东侧临近临沧地体的两个南北向条带，两者分别代表古特提斯和原特提斯。原、古特提究竟是相互继承还是时空独立的尚有争议。该带东部大面积出露的石炭纪南段组代表被动陆缘沉积，碎屑锆石分析指示物源可能来自亲冈瓦纳的保山地块；西侧二叠纪南皮河组杂砂岩的碎屑锆石物源可能来自亲华夏地区；石炭-二叠纪灰岩中蜓类化石从属种组成和演化序列与华南可以很好对比，可能是大洋洋盆中接近华夏区的海山沉积。因此，若中带蛇绿岩代表了原地广阔的大洋，很难解释其东侧南段组能够接受亲冈瓦纳物源，更接近东侧亲华夏区的海山灰岩和南皮河组能跨越大洋就位于中带的西侧。据此，我们提出昌宁-孟连带主体为保山地块的被动陆缘，而中带的蛇绿岩和深海硅质岩为东侧推覆而来的外来岩块（图 4）。

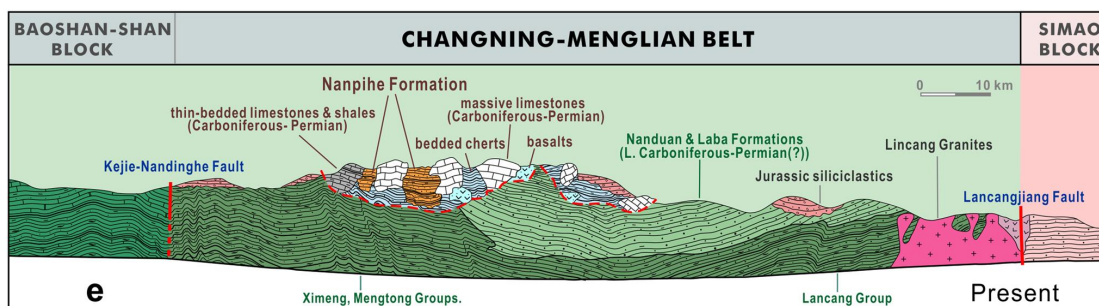


图 4 滇西昌宁-孟连带晚古生代地层分布解释模型

进展四： 大数据分析对于集成广大特提斯域多学科海量地质数据具有独特的优势。参与项目的南京大学大数据团队建立了地球化学数据库建设的标准化流程，并收集了全球奥陶纪碳酸盐全岩氧同位素数据，以探讨海洋生物多样性与海水温度之间的关系。目前共收集了 142 条海相地层露头剖面约 14,000 条记录，并依据原始文献提供的岩相学、地球化学信息对全岩氧同位素数据进行数据清洗，排除了可能受到后期成岩改造影响的数据。筛选后保留的全岩氧同位素数据展示了与来自生物化石的相似的变化趋势（图 5）。重建的温度曲线显示了奥陶纪时期整体变冷的趋势；且中纬度地区温度较低纬度地区的低，与现代 Köppen 气候带划分格局一致。更重要的是，奥陶纪生物大辐射和大灭绝事件与该时期的温度变化有较好的一致性，这一生物与环境协同演化的命题值得继续深入探讨。

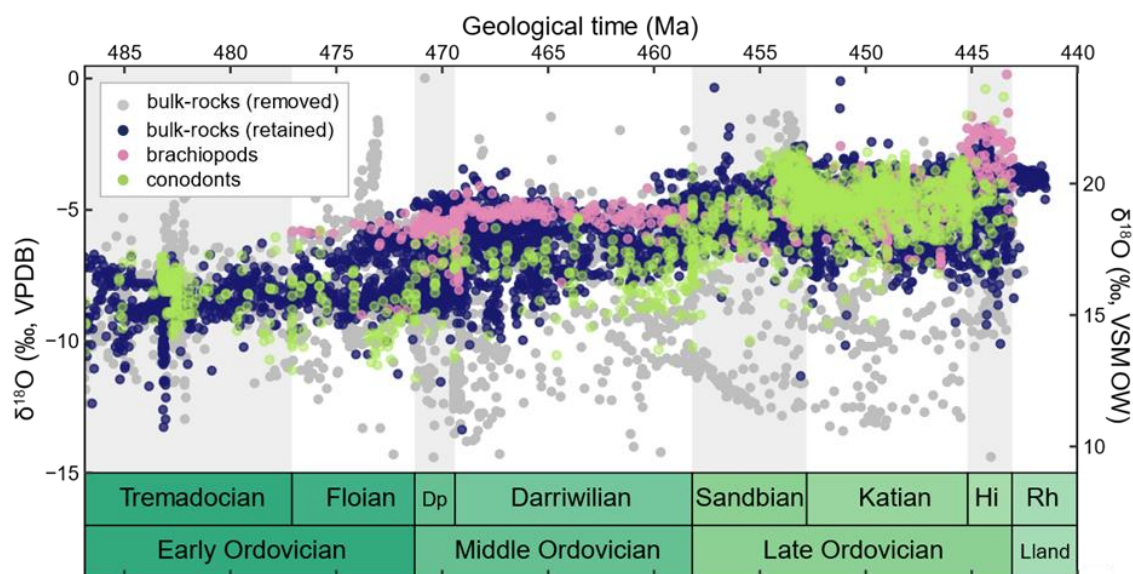


图 5. 全球奥陶纪氧同位素数据汇编

浅灰色代表清洗后去除的数据，深蓝色代表筛选后保留的数据，粉色和绿色分别代表来自腕足化石和牙形石的数据。

三. 学术会议与成果发表

本年度中方成员积极参与多个国内外学术会议，并重点参与举办了两次学术会议。首先，IGCP710 项目第二届国际学术研讨会在波兰克拉科夫市 AGH 大学顺利召开（图 6），中方五名代表参与会议并做口头报告（图 7），交流了中方

在地层古生物、沉积学、构造学和地球化学等方面的进展。其中，黄浩作为项目中方负责人，受邀做大会开场主题报告，全面介绍了对于滇西昌宁-孟连带晚古生代特提斯演化的相关地质记录和古地理解释。其次，项目成员与中国古生物学会古生态分会联合，在西藏林芝和山南地区举办了第八届第二次学术年会，及会后野外考察。值得一提的是，本项目的在执行的过程中，与国内外同样关注特提斯演化的项目保持密切交流沟通，例如参与了在桂林召开的国家基金委重大研究计划“特提斯地球动力学系统”2023年度年终会议、泰国召开的IGCP700项目“东南亚碳酸盐岩建造”2023年度国际研讨会、南京召开的中国古生物学会第31届学术年会等。



图 6. 中方成员本年度参与国内外学术会议情况

表 1. 中方成员本年度参与 IGCP 项目会议所作的口头报告：

报告人	类型	会议	报告题目
Hao HUANG	大会主题报告	3 rd Symposium of IGCP-710	Reappraisal of the Changning-Menglian Belt as a Suture Zone for the Tethys in Western Yunnan, China: Late Paleozoic Faunal and Sedimentary Evidence
Lin WEI	口头	3 rd Symposium	Temporal and spatial heterogeneity of the Ailaoshan-Song Ma-Song Chay ophiolitic

	报告	of IGCP-710	mélange, and its significance on the evolution of Paleo-Tethys
Xiaochi Jin	线上口头报告	3 rd Symposium of IGCP-700	Dark-colored thin-bedded limestone successions in the Gengma-Cangyuan area of the Changning-Menglian Belt, western Yunnan, China
Yang CHU	口头报告	3 rd Symposium of IGCP-710	Coevolution of Paleo-Tethys and Rheic: New tectonic constraints from Iran and Turkey
Lintong MENG	口头报告	3 rd Symposium of IGCP-710	Bulldoze and rebuild: Modifying cratonic lithosphere via removal and replacement induced by continental subduction, which will be present during this Symposium
Xiaoli Ma	口头报告	3 rd Symposium of IGCP-710	Ordovician spatial patterns of climate change inferred from carbonate $\delta^{18}O$ thermometers, implications for the onset of the mid-Ordovician icehouse

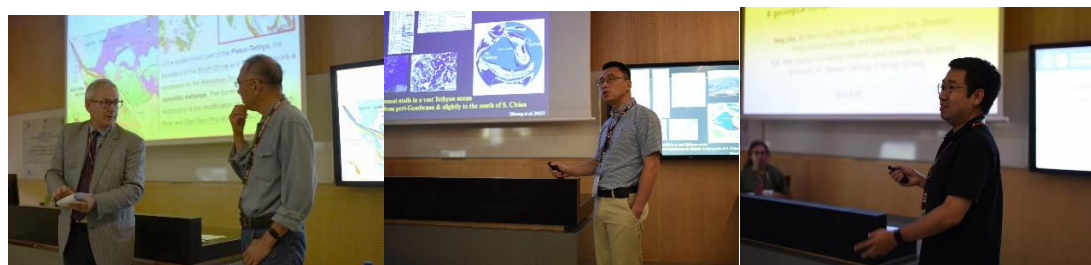


图 7. 中方代表在 IGCP710 第三届国际研讨会发表口头报告

中方本年度发表成果:

基于上述工作成果，本年度中方成员在国内外高水平期刊继续发表了一系列学术论文，包括 *Tectonics*, *Journal of Asian Earth Sciences* 等。

期刊文章

1. Hao Huang, Xiaochi Jin, Yukun Shi, Jianbin Zheng, Zhen Yan, 2023, New fusulinid assemblages from the Changning-Menglian Belt in western Yunnan, China and their paleogeographic implications, *Journal of Asian Earth Sciences*, Volume 256, 105807, <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2023.105807>.
2. Huiqing Xu, Yingying Zhao, Hao Huang, Shaochun Dong, Yukun Shi, Chunju Huang, Huaichun Wu, Zhiqi Qian, Qiang Fang, Huaguo Wen, Zhongtang Su, Shuang Dai, Ronghua Wang, Chao Li, Chao Sun, Junxuan Fan, 2023, A comprehensive construction of the domain ontology for stratigraphy, *Geoscience Frontiers*, Volume 14, Issue 5, 101461, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2022.101461>.
3. Jianbin Zheng, Xiaochi Jin, Hao Huang, Zhen Yan, Late Permian radiolarians

from the ‘Middle-Upper Devonian’ in the Paqiu area of the Changning-Menglian Belt, western Yunnan, China and their bearings on analysing the remains of the Palaeo-Tethys. *Geological Journal*, volume 58, issue 3, 998-1011.

4. Pu Zong, Lipei Zhan, Sangmin Lee, Hao Huang, Guangrong Shi, Xiaochi Jin. In press. Cisuralian–Guadalupian brachiopod assemblages from the northern Tengchong Block in western Yunnan, China and their paleogeographical implications—A revisit. *Journal of Paleontology*.
5. Meng, L., Chu, Y., Lin, W., Zhao, L., Wei, W., Liu, F., et al. 2023. Decoding the link between magmatic cyclicality and episodic variation of tectonics and crustal thickness in the overriding plate. *Tectonics*, 42, e2023TC008040. <https://doi.org/10.1029/2023TC008040>
6. 黄浩, 文蝶, 黄汉晖. 论二次抽样以矫正多样性统计偏差的经典、发展与应用. *古生物学报*, 2023, 62(3):424~435。

野外指南

1. 黄浩、孙宗元、朱米西，2023. 西藏雅鲁藏布江东段的特提斯演化：泽当到拉萨的地质记录。中国古生物学会古生态专业委员会第八届第二次学术会议。

四. 2024 年工作计划

2024 年度原为项目的收官之年，但考虑到项目执行初期受到了新冠疫情的干扰，我们将申请本项目的执行延期一年，目前已经与联合国教科文组织初步沟通。

在下一年度的工作中，一方面将继续推进东特提斯和西特提斯域的联系与对比，同事着重强调利用大数据分析方法助力传统地学研究。由于特提斯域规模巨大，涉及地球系统科学多个学科的海量地学数据，更突出了地质数据或证据的综合集成与分析的重要性。中方的野外工作地区，除了前期有了较好积累的我国滇藏地区之外，将着力拓展泰国、马来西亚、缅甸等地的野外考察，采集这些新的化石与沉积学材料，与我国开展对比研究，解释尽管同处亲冈瓦纳相区，在化石组成和环境气候变化之间的异同。

基于前期项目执行所积累的诸多进展，下一年度将重点推进成果发表工作，拟在 *Global and Planetary Change* , *Palaeogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology* 等期刊上组织两个专辑。

同时，2024 年度，我们将继续积极开展学术交流，拟举办三个国际学术会

议：初定于 9 月底，与 IGCP735 项目联合在土耳其召开本项目第三届国际学术研讨会；在韩国釜山举办的第 37 届国际地质大会上已经成功申请了一个特提斯演化的专题；6 月将于波兰克拉科夫的 AGH 大学，和 HKT 组委会联合举办第 36 届 HKT 工作组会。