



前言: 青藏高原及其周边综合地层、生物群与古地理演化

沈树忠^{1*}, 丁林², 朱茂炎^{3,4}, 王向东¹, 邓涛^{4,5}

1. 南京大学地球科学与工程学院, 关键地球物质循环前沿科学中心, 内生金属成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210023;

2. 中国科学院青藏高原研究所, 青藏高原地球系统全国重点实验室, 北京 100101;

3. 中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 南京 210008;

4. 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京 100049;

5. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044

* 通讯作者, E-mail: szshen@nju.edu.cn

收稿日期: 2023-10-30; 收修改稿日期: 2023-11-05; 接受日期: 2023-11-06; 网络版发表日期: 2024-03-27

第二次青藏高原综合科学考察研究项目(编号: 2019QZKK0706)和国家自然科学基金重大项目(批准号: 42293280)资助

青藏高原被誉为“世界屋脊”、世界“第三极”和“亚洲水塔”。青藏高原的范围西起帕米尔高原, 东至龙门山-横断山脉, 南至喜马拉雅山脉, 北至昆仑山-祁连山。南向北延伸1200多公里, 从东到西延伸约2500公里。青藏高原是在什么时间开始隆起的? 这还是一个有争议的命题。有的学者提出, 自新生代早期的古新世(6千5百万年前)印度-亚洲大陆碰撞起就开始隆升了(Ding等, 2017, 2022); 但是也有学者认为, 青藏高原隆升是在新生代晚期的中新世(Zheng和Wu, 2018)。

新生代以来的地质和化石记录研究表明, 青藏高原的隆起导致东亚地区乃至全球的气候发生了巨大的变化, 对青藏高原及其周边的生物群分布和多样性演变产生了重大影响(Li等, 2021; Xiong等, 2022)。作为一个高大的地形屏障, 青藏高原有效地阻挡了来自北方中高纬度地区的气流, 使它们难于进入南亚; 同时, 喜马拉雅山脉也阻挡了南方温暖潮湿气流的北进, 导致南亚和东亚季风系统的形成。因此, 青藏高原的隆升, 改变了整个东亚的地理地貌、环境气候和生态格局, 对全球气候变化也产生了重要影响(刘佳等, 2024;

邓涛等, 2024; 王永等, 2024)。

事实上, 青藏高原隆升前的地质和古地理演变的影响可能远超新生代以来形成的青藏高原本身, 如今的青藏高原是由多个大小不一的板块或小地块经过复杂的碰撞过程拼贴而成, 其中包括拉萨、南羌塘、腾冲、保山、掸邦等基墨里微地块群以及周边的印度板块、喀喇昆仑地块、帕米尔地块等。青藏高原内含有多条重要的板块缝合线, 从北到南依次包括祁连山缝合线、昆仑山缝合线、金沙江缝合线、龙木错-双湖缝合线、班公-怒江缝合线和雅鲁藏布江缝合线等, 不仅代表了多个已经消失的大洋, 包括原特提斯洋、古特提斯洋、中特提斯洋(或称班公-怒江洋)和新特提斯洋等, 而且自北向南记录了一系列从早古生代经晚古生代到中生代的大陆增生事件(Zheng等, 2013)。在这个显生宙地质历史中, 青藏高原内部地块与南方的印度板块、澳大利亚板块、东侧的华北板块、华南板块、北方的塔里木板块、祁连山地块、柴达木地块等都存在不可分割的联系(Metcalf, 2021)。

青藏高原所涵盖的范围是东特提斯构造域的核心

中文引用格式: 沈树忠, 丁林, 朱茂炎, 王向东, 邓涛. 2024. 前言: 青藏高原及其周边综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54(4): 911-914, doi: 10.1360/SSTe-2023-0271

英文引用格式: Shen S Z, Ding L, Zhu M Y, Wang X D, Deng T. 2024. Preface to integrative stratigraphy, biotas, and paleogeographical evolution of the Qinghai-Tibetan Plateau and its surrounding areas. Science China Earth Sciences, 67(4): 895-898, <https://doi.org/10.1007/s11430-023-1222-1>

(吴福元等, 2020; 朱日祥等, 2023), 对揭示地史时期全球构造、古地理、生物与环境等的演化起到了举足轻重的作用. 青藏高原内部在显生宙时期多个特提斯洋的打开和关闭过程是地球深部活动的直接体现, 也是地表全球重大气候变化和生物演变的幕后推手(沈树忠等, 2024). 在地球内部活动驱动下, 南方冈瓦纳大陆与北方劳亚大陆逐渐南北向汇合, 导致东西向的瑞亚克洋关闭, 阻断了东西向的赤道暖流的同时, 形成了横贯南北统一的泛大陆及其东侧半封闭的特提斯多岛洋, 泛大陆的聚合与裂解过程是驱动地表重大气候与生物演化的关键动因.

位于赤道附近的巨大的特提斯洋洋盆与当今西太平洋-印度洋暖池具有异曲同工之作用(Shields和Kiehl, 2018), 是能量交换和生物多样性的中心, 当时一系列微板块从冈瓦纳大陆分离, 陆续向北漂移, 形成了极其复杂的多岛洋格局(Yin等, 2004; Xu等, 2022; Sengör等, 2023). 特提斯洋很可能是当时大量甲烷蕴藏和有机质埋藏的场所, 其内部及其周边的大规模火山喷发导致的大量温室气体释放对全球环境的影响可能远超以往的估计, 并不亚于西伯利亚和峨眉山大火成岩省的影响, 是瓜德鲁普世晚期和二叠纪末两次生物大灭绝的主要原因之一(Chen和Xu, 2019; Zhang等, 2021). 因此, 无论是青藏高原在显生宙时期的古地理演化还是新生代时期的地貌变迁, 都对东亚乃至全球产生了不可估量的影响, 研究青藏高原的地质演化过程对揭示其对东亚乃至全球的生态环境的影响具有重要的科学价值.

重建青藏高原复杂的拼贴和隆升演变历史, 首先必须了解其各个块体的地层框架及其化石群特征. 早在19世纪晚期, 就有西方学者以科学研究名义进入西藏开展科学考察, 并采集少量的化石(例如, Davidson, 1866). 1951年中国科学院组建西藏工作队, 开始了第一次青藏高原综合科学考察研究, 积累了大量宝贵的第一手科学资料, 填补了青藏高原地层古生物研究的一系列空白, 取得了举世瞩目的成就. 1959年, 由中国科学院和国家体育运动委员会联合组织的科考队第一次考察了珠穆朗玛峰地区, 1965年又组织了第二次考察; 嗣后, 科考队出版了系列《珠穆朗玛峰地区科学考察报告: 古生物分册》(中国科学院西藏科学考察队, 1975, 1976a, 1976b)、《珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966–1968): 地质》(中国科学院西藏科学考察

队, 1974)、《青藏高原科学考察丛书: 西藏古生物》(中国科学院青藏高原综合科学考察队, 1980–1982)、《西藏地层》(中国科学院南京地质古生物研究所等, 1984)等, 初步建立了青藏高原地区显生宙的地层格架, 为开展青藏高原地质构造、古地理演化、矿产资源的勘探等奠定了重要基础, 其中部分时代地层框架一直沿用至今.

然而, 第一次青藏高原科考至今已有半个多世纪. 在此期间, 国际年代地层框架已经发生了很大的改变, 中国科学家在青藏高原及其周边又开展了大量野外工作, 积累了大量新的材料. 特别是自2019年开始的第二次青藏高原科考工作以来, 围绕着青藏高原地质、古地理、古气候和矿产资源等开展了新一轮的系统研究, 各个方面都取得了重要进展. 由于自第一次科考以来的研究至今还缺乏系统性总结, 尤其是地层古生物工作至今大多数还在沿用第一次青藏高原科考的资料, 亟须总结更新以适应新的研究需要. 与此同时, 从地质演化角度, 青藏高原与东南亚和西亚各国, 包括泰国、缅甸、巴基斯坦、印度、塔吉克斯坦、哈萨克斯坦等, 以及中国塔里木、天山、云南西部等地区的地质演化密切相关, 特别需要澄清这些不同构造地质体之间的地层和古地理对比关系.

为此, 我们组织了“青藏高原及其周边综合地层、生物群与古地理演化”专辑, 邀请各个地质年代目前正在一线从事研究的专家撰写各断代的综合地层和古生物、古地理演化等方面的内容, 目的是在新的国际年代地层标准下构建可用于国际对比的青藏高原不同块体高精度综合地层框架; 全方位地系统总结不同时代化石群演变和分布特征; 并在此基础上, 重建青藏高原及其周边各块体的古地理演化过程, 重点是原、古、中、新特提斯洋的演化过程, 并对深时全球性重大事件在青藏高原地区的表现特征进行了深入探讨.

本专辑包含的14篇论文, 内容涵盖青藏高原及其周边从前成冰纪到第四纪各个时代的综合地层学, 化石群特征及其古地理和古气候意义等(胡培远等, 2024; 孙郎等, 2024; 孙智新等, 2024; 方翔等, 2024; 陈中阳等, 2024; 郗文昆等, 2024; 胡科毅等, 2024; 沈树忠等, 2024; 武桂春等, 2024; 李建国等, 2024; 席党鹏等, 2024; 刘佳等, 2024; 邓涛等, 2024; 王永等, 2024). 与第一次青藏高原科考报告相比, 本次总结在以下几个方面取得显著进展: (1) 青藏高原地层系统全部采用了

全新的国际地层划分系统, 各时代地层单元都按照新的国际地层划分方案进行了时代归属厘定和对比, 增加了周边国家和相关块体的地层和化石群特征综述, 并且首次对前成冰纪、成冰纪和埃迪卡拉纪地层和对比进行了总结(胡培远等, 2024; 孙郎等, 2024); (2) 根据化石群和地层的沉积特征、古生态、古气候指示特征阐述了青藏高原各个板块或块体的古生物地理区系特征, 从化石群和地层沉积特征的角度对青藏高原各个块体的古地理演化进行了诠释; (3) 在青藏高原与周边块体的地层对比研究中, 增加了生物地层以外的多重划分对比方法, 包括化学地层、磁性地层、高精度年代学等资料; (4) 对地史时期发生的一系列全球性重大事件在青藏高原各个块体的表现特征进行了概述。

我们期望本专辑的出版能够促进青藏高原及其周边地区的综合研究。

参考文献

- 陈中阳, 陈清, 王光旭, 方翔, 唐鹏, 闫冠州, 袁文伟, 黄冰, 张小乐, 燕夔, 张元动, 王怿. 2024. 青藏高原及其周边志留纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1026–1057
- 邓涛, 方小敏, 李强, 王世骥, 吴飞翔, 侯素宽, 马蛟, 江左其果, 孙丹辉, 郑妍, 史勤勤, 孙博阳, 李录. 2024. 青藏高原及其周边新近纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1343–1378
- 方翔, 甄勇毅, 王光旭, 魏鑫, 陈中阳, 梁艳, 武学进, 李文杰, 李超, 詹仁斌, 张元动. 2024. 青藏高原及其周边奥陶纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 992–1025
- 胡科毅, 王向东, 王文琦, 宋英凡, 叶训焱, 李璐, 史宇坤, 杨孙容, 李莹. 2024. 青藏高原及其周边石炭纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1091–1124
- 胡培远, 翟庆国, 赵国春, Cawood P A, 唐跃, 刘一鸣. 2024. 青藏高原及其周边前成冰纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 915–935
- 李建国, 饶馨, 牟林, 崔肖辉, 李鑫, 罗辉, 刘培学. 2024. 青藏高原及其周边侏罗纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1211–1243
- 刘佳, 宋艾, 丁林, 苏涛, 周浙昆. 2024. 青藏高原及其周边古近纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1308–1342
- 郗文昆, 梁昆, 郭文, 高彪, 宋俊俊, 陈波, 黄璞, 乔丽, 徐洪河, 陈吉涛, 孙语聪, 张以春. 2024. 青藏高原及其周边泥盆纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1058–1090
- 沈树忠, 张以春, 袁东勋, 徐海鹏, 琚琦, 张华, 郑全锋, 罗茂, 侯章帅. 2024. 青藏高原及其周边二叠纪综合地层、生物群以及古地理和古气候演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1125–1170
- 孙郎, Khan M M S S, 杨传, 孙智新, 潘兵, Ahmed S, 苗兰云, 孙玮辰, 胡春林, 孙晓娟, 罗翠, 陈波, 殷宗军, 赵方臣, 李国祥, 朱茂炎. 2024. 青藏高原及其周边成冰纪-埃迪卡拉纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 936–967
- 孙智新, 孙郎, 赵方臣, 潘兵, Khan M M S S, Ahmed S, 杨传, 苗兰云, 殷宗军, 李国祥, 朱茂炎. 2024. 青藏高原及其周边寒武纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 968–991
- 王永, 郑绵平, 凌媛, 向树元, 邵兆刚, 张克信, 柯学, 林晓, 韩芳, 韩建恩. 2024. 青藏高原及其周边第四纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1379–1410
- 吴福元, 万博, 赵亮, 肖文交, 朱日祥. 2020. 特提斯地球动力学. 岩石学报, 36: 1627–1674
- 武桂春, 纪占胜, Lash G, 曾庆高, 姚建新. 2024. 青藏高原及其周边三叠纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1171–1210
- 席党鹏, 李国彪, 姜仕军, 饶馨, 江湜, 王天洋, 覃祚焕, 王亚苏, 贾建忠, Kamran M, 史忠叶, 吴於洋, 王盘喜, 孙立新, 曾庆高, 万晓樵. 2024. 青藏高原及其周边白垩纪综合地层、生物群与古地理演化. 中国科学: 地球科学, 54: 1244–1307
- 中国科学院南京地质古生物研究所, 中国科学院地质研究所, 中国科学院植物研究所. 1984. 西藏地层. 北京: 科学出版社
- 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 1980–1982. 青藏高原科学考察丛书: 西藏古生物, 第一至第五分册. 北京: 科学出版社
- 中国科学院西藏科学考察队. 1974. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966–1968)地质. 北京: 科学出版社
- 中国科学院西藏科学考察队. 1975. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966–1968)古生物(第一分册). 北京: 科学出版社
- 中国科学院西藏科学考察队. 1976a. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966–1968)古生物(第二分册). 北京: 科学出版社
- 中国科学院西藏科学考察队. 1976b. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告(1966–1968)古生物(第三分册). 北京: 科学出版社
- 朱日祥, 赵盼, 万博, 孙卫东. 2023. 新特提斯单向俯冲的动力学机制. 科学通报, 68: 1699–1708
- Chen J, Xu Y G. 2019. Establishing the link between Permian volcanism and biodiversity changes: Insights from geochemical proxies. *Gondwana Res*, 75: 68–96
- Davidson T. 1866. Notes on some Carboniferous, Jurassic, and Cretaceous(?) Brachiopoda, Collected by Captain Godwin-Austen in the Mustakh Hills, in Thibet. *Geol Soc Lond Quart J*, 22: 35–39
- Ding L, Kapp P, Cai F L, Garzzone C N, Xiong Z Y, Wang H Q, Wang C. 2022. Timing and mechanisms of Tibetan Plateau uplift. *Nat Rev Earth Environ*, 3: 652–667
- Ding L, Spicer R A, Yang J, Xu Q, Cai F L, Li S, Lai Q Z, Wang H Q,

- Spicer T E V, Yue Y H, Shukla A, Srivastava G, Khan M A, Bera S, Mehrotra R. 2017. Quantifying the rise of the Himalaya orogen and implications for the South Asian monsoon. *Geology*, 45: 215–218
- Li S F, Valdes P J, Farnsworth A, Davies-Barnard T, Su T, Lunt D J, Spicer R A, Liu J, Deng W Y D, Huang J, Tang H, Ridgwell A, Chen L L, Zhou Z K. 2021. Orographic evolution of northern Tibet shaped vegetation and plant diversity in eastern Asia. *Sci Adv*, 7: eabc7741
- Metcalfé I. 2021. Multiple Tethyan ocean basins and orogenic belts in Asia. *Gondwana Res*, 100: 87–130
- Şengör A M C, Altiner D, Zabcı C, Sunal G, Lom N, Aylan E, Öner T. 2023. On the nature of the Cimmerian Continent. *Earth Sci Rev*, 247: 104520
- Shields C A, Kiehl J T. 2018. Monsoonal precipitation in the Paleotethys warm pool during the latest Permian. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 491: 123–136
- Xiong Z Y, Liu X H, Ding L, Farnsworth A, Spicer R A, Xu Q, Valdes P, He S L, Zeng D, Wang C, Li Z Y, Guo X D, Su T, Zhao C Y, Wang H Q, Yue Y H. 2022. The rise and demise of the Paleogene Central Tibetan Valley. *Sci Adv*, 8: eabj0944
- Xu H P, Zhang Y C, Yuan D X, Shen S Z. 2022. Quantitative palaeobiogeography of the Kungurian-Roadian brachiopod faunas in the Tethys: Implications of allometric drifting of Cimmerian blocks and opening of the Meso-Tethys Ocean. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 601: 111078
- Yin H F, Zhang K X, Feng Q L. 2004. The archipelagic ocean system of the eastern Eurasian Tethys. *Acta Geol Sin*, 78: 230–236
- Zhang H, Zhang F F, Chen J B, Erwin D H, Syverson D D, Ni P, Rampino M, Chi Z, Cai Y F, Xiang L, Li W Q, Liu S A, Wang R C, Wang X D, Feng Z, Li H M, Zhang T, Cai H M, Zheng W, Cui Y, Zhu X K, Hou Z Q, Wu F Y, Xu Y G, Planavsky N, Shen S Z. 2021. Felsic volcanism as a factor driving the end-Permian mass extinction. *Sci Adv*, 7: eabh1390
- Zheng Y F, Xiao W J, Zhao G C. 2013. Introduction to tectonics of China. *Gondwana Res*, 23: 1189–1206
- Zheng Y F, Wu F Y. 2018. The timing of continental collision between India and Asia. *Sci Bull*, 63: 1649–1654

(责任编辑: 郑永飞)