高精度大数据重塑古代生物多样性记录

殷鸿福

中国地质大学(武汉), 生物地质与环境地质国家重点实验室, 武汉 430074

E-mail: hfyin@cug.edu.cn

High-resolution big data reshape ancient biodiversity records

Hongfu Yin

State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology, China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan 430074, China

E-mail: hfyin@cug.edu.cn

doi: 10.1360/TB-2020-0614

21世纪的地球科学主题是研究地球各圈层相互作用的地球系统科学。生物圈演化与地球演化基本同步, 其研究对象有机界相对于无机界演化快速、反应灵敏, 因此对地球系统科学研究十分重要。迄今对生物圈演化的研究集中在距今5.4亿年前的显生宙。依据古生物数据库建立的几个显生宙生物演化曲线^[1-3]已经揭示了生物的盛衰史及其转折点——起源、辐射和灭绝。但是迄今的工作都遇到了同样的瓶颈: 由于化石采集的不完备性和时间记录、化石鉴定的不精确性, 导致所建立的曲线比较粗略(时间精度为 $8\sim 11\pm 2.4\sim 3.2$ Ma), 不能精确描述生物演化和卡定突发性事件, 并难于与较精确的地球化学曲线相对比, 因而在恢复地球历史变迁、进而预测未来方面受到限制。

Fan等人^[4]报道的GBDB(Geobiodiversity Database)古生代至中三叠世数据库在这方面有所突破, 表现在以下几方面(图1): (1) 资料基础完备, 可靠性高。研究基于3112条地层剖面、11268个海洋生物物种、116060个地层层位, 而且化石清单经过专家审定; (2) 此数据库虽以中国为主, 但由于组成中国的各板块的地史分布, 基本上代表了显生宙时的东半球自冈瓦纳南部至北方区北部的情况(文献[4]的图S3), 且可与以往以西半球为主的诸曲线互相补充对照; (3) 更重要的是, 为了改进时间记录不精确性, 他们采用了CONOP(约束最优化法), 并针对并行计算设计了SAGA混合算法(模拟退火算法simulated annealing和遗传算法genetic algorithm), 形成了CONOP.SAGA方法, 使其古生代至中三叠世的时间划分到一万一千多个时间段, 其平均时间精度达到约 2.6 ± 1.49 万年, 比前人的时间精度提高了400余倍。这大大细化了该时间段生物演化的研究, 并加强了与地球环境演变对比的潜力。

与包括Sepkoski^[1]、Alroy等人^[2]、Bambach^[3]在内的以往成果相比, Fan等人^[4]利用GBDB所绘制的古生代至三叠纪生物多样性曲线, 在晚奥陶世、泥盆纪F-F.(文献[4]中前延至中-晚泥盆世)及二叠纪末3次大灭绝方面大体相似, 在生物辐射方面则有差异。其中, 奥陶纪大辐射从寒武纪末即已开始, 比以往提早了2千万年; 显现了一个早志留世的辐射, 是以往没有的; 以往曲线显示了晚石炭世至早中二叠世的较小辐射, 此次曲线则显示其幅度更大、时限更长, 可与奥陶纪大辐射媲美, 并且延伸至晚二叠世而没有中二叠世末的灭绝。这些变动值得我们注意。但是文献[4]中“二叠纪末大灭绝”延至251.32(251.95~0.63) Ma, 已进入三叠纪范围(文献[4]中表S2, *H. parvus*时间为251.902 Ma), 似应称为“二叠-三叠纪之交大灭绝”, 这样称呼亦符合野外实况。

Fan等人^[4]将GBDB生物多样性曲线与显生宙同一时间段中多种反映地球环境变化的代用标志曲线相对比, 试图从生物与环境协同演化的角度论述生物多样性变化的外因机制。对比结果是, 大气CO₂浓度与生物多样性的长期曲线有某种相似性, 但用差分法(first difference)去除时间序列趋势后, 显示两者并无显著因果关系(文献[4]中图4(F)和5)。其他代用标志曲线亦未能显示与生物多样性曲线的可对比性。搞清楚古生代气候与构造活动(含大陆漂移)与生物多样性的关系还有很长一段路要走, 但Fan等人^[4]的尝试是值得赞赏的。

古生物学已经有几百年的历史。GBDB在传统的分类学和生物地层学基础上, 采用创新的方法和大数据、高性能计算(天河二号超级计算机)、人工智能算法, 使我国古生物数据库研究走到国际前列。它给我们的启示是, 古老的学科可以焕发青春, 其途径是开拓创新和交叉融合。

图 1 古生代属种多样性变化曲线(a)和 10 个主要化石类群的种级多样性(b)^[4]. 淡绿色和暗绿色阴影分别代表 500 次运算产生的 1σ 和 2σ 偏差范围, 2σ 偏差范围大约相当于 95% 的置信区间. 1, 奥陶纪生物大辐射; 2, 奥陶纪末生物大灭绝; 3, 早志留世生物辐射; 4, 中-晚泥盆世生物多样性下降; 5, 晚石炭世-早二叠世生物大辐射; 6, 二叠纪末生物大灭绝

Figure 1 General trajectories of Paleozoic genus and species diversity for 10 major fossil groups^[4]. (a) Genus (red) and species (green) diversity. (b) Species diversity. The light and dark green shading in (a) represent 1σ and 2σ standard deviations, respectively, which are based on 500 bootstrap runs. 2σ approximately equals the 95% confidence interval. 1, Great Ordovician biodiversification event; 2, end-Ordovician mass extinction; 3, early Silurian radiation; 4, Middle to Late Devonian diversity decline; 5, late Carboniferous–early Permian biodiversification event; 6, end-Permian mass extinction

致谢 感谢国家自然科学基金委员会-中国科学院联合项目(L1824022)资助.

参考文献

- 1 Sepkoski J J Jr. A Compendium of Fossil Marine Animal Genera. Ithaca: Paleontological Research Institution, 2002
- 2 Alroy J, Aberhan M, Bottjer D J, et al. Phanerozoic trends in the global diversity of marine invertebrates. *Science*, 2008, 321: 97–100
- 3 Bambach R K. Phanerozoic biodiversity mass extinctions. *Annu Rev Earth Planet Sci*, 2006, 34: 127–155
- 4 Fan J X, Shen S Z, Erwin D H, et al. A high-resolution summary of Cambrian to Early Triassic marine invertebrate biodiversity. *Science*, 2020, 367: 272–277