



中国IGCP全国委员会2023年学术研讨会

IGCP739项目：中生代-古近纪极热事件

The Mesozoic–Palaeogene hyperthermal events:

lessons for understanding Anthropogene global warming

汇报人：陈曦

中国地质大学（北京）

2022年12月18日 北京

报告提纲

- 一、IGCP739概况
- 二、项目工作情况
- 三、代表性学术成果
- 四、下一年计划



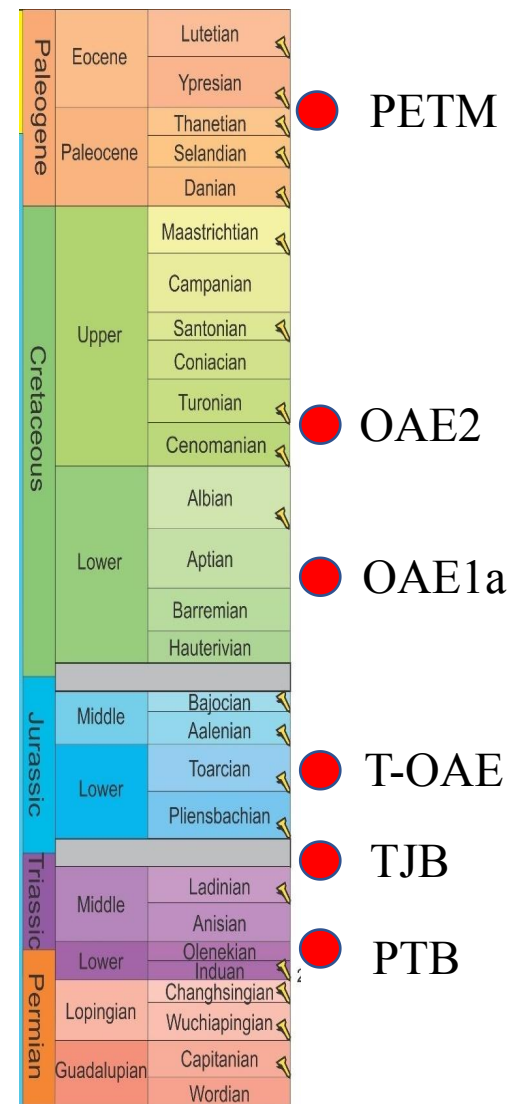
一、IGCP739项目概况

极热事件：地质历史中短时期、快速增温事件

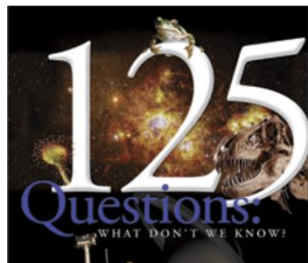
hyperthermal	age (Ma)	approximate onset duration (kyr)	approximate total duration of warmth/ $\delta^{13}C$ excursion (kyr)	magnitude of marine neg. $\delta^{13}C$ (‰) excursion (if present)	low-latitude SST warming (ΔK)	ocean anoxia/euxinia	approximate pCO_2 change (from pre event to peak) in ppm	approximate surface ocean acidification (pH units)	extinction intensity (% marine species)
Palaeocene–Eocene Thermal Maximum	55.9	0.1–3	170	3–4	3–4	Y	800–2200	0.3	1–20
OAE 2	~93	~100	1322	—	1.5–2	Y	370–500	—	20
OAE 1a	~120	1–100	1145	3–4	2–4	Y	1000–2000	—	22
early Toarcian OAE	~183	~150	300	5–6	2–5	Y	350–1200	—	15–20
End-Triassic	201.6	~85	1200	~1.5	3–4	Y	1120–2240	—	80
Permian–Triassic	251.9	10–20	>5000	5–6	10–12	Y	2000–4400 2800–7000	0.4	95

Foster et al., 2018

- 在千年–10万年尺度内 CO_2 大量释放，造成全球快速变暖；
- 全球碳循环重大扰动，碳同位素剧烈漂移
- 大洋广泛缺氧、酸化，PH降低约0.3–0.4 个单位；
- 水文循环增强；大陆风化作用增强；
- 生物集群灭绝



极热事件是研究现今和预测未来气候的重要参照

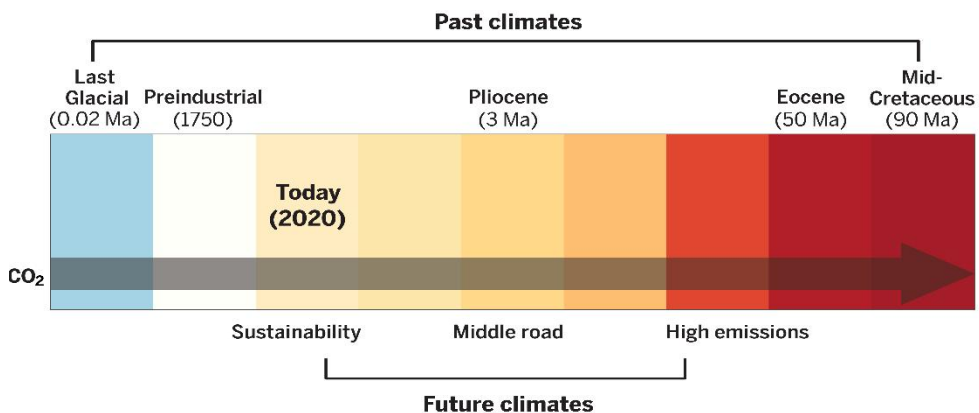


23 温室效应会使地球温度达到多高

REVIEW SUMMARY

CLIMATE CHANGE

Past climates inform our future



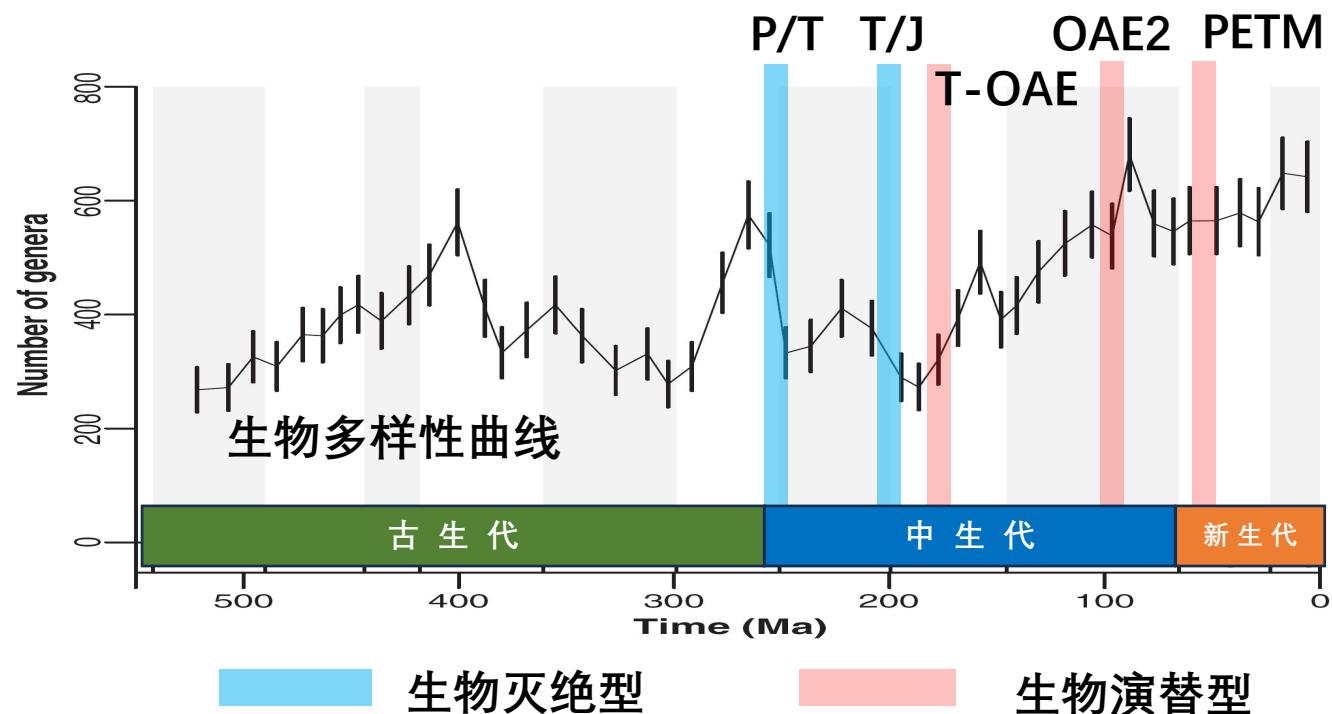
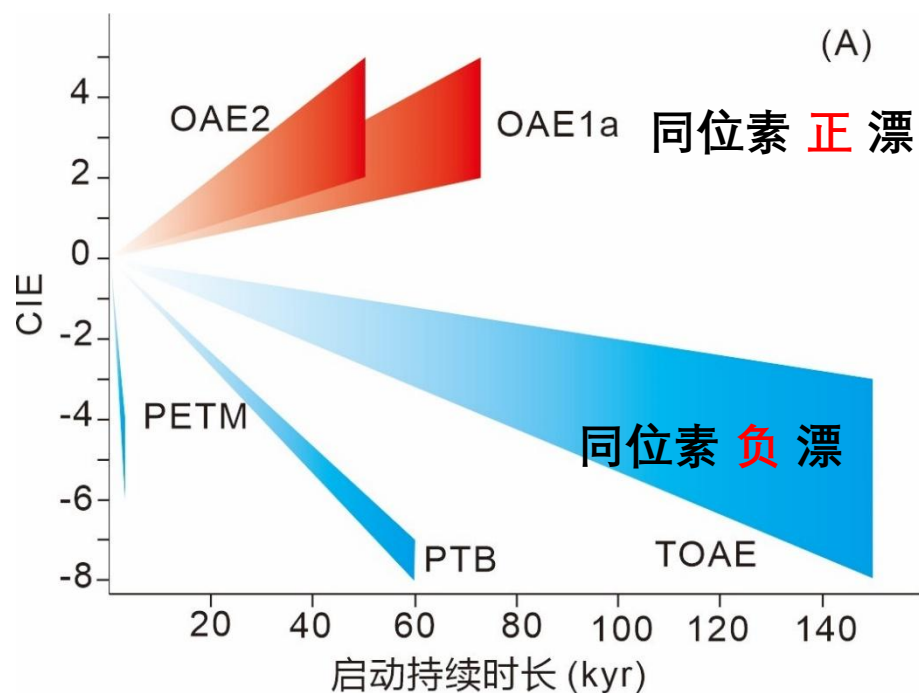
Tierney et al., 2020, Science

Geological or geochemical proxy evidence for	Future & "Anthropocene"	Deglacial Transition	Oligocene - Pliocene	PETM	End Cretaceous	OAEs	Triassic/Jurassic	Permian/Triassic
pCO ₂ change	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
pH change	↓	↓	↓	↓	?	?	?	?
Saturation Change	↓	↓	-	↓	↓	?	?	?
Temperature Change	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Carbon Release								
Ocean Acidification Score	/3	2	1	3	1	1.5	2	1.5

Honisch et al., 2012, Science

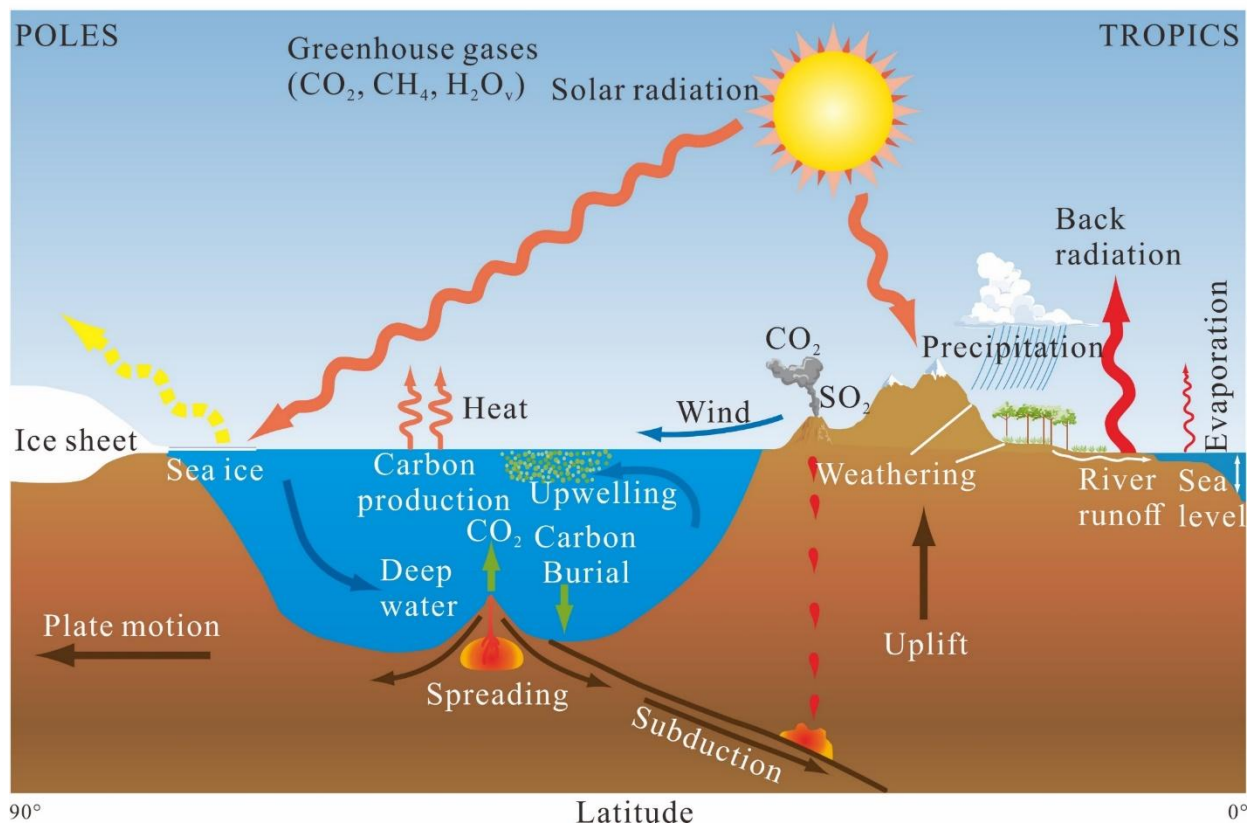


不同极热事件的环境演化过程与生态响应有显著差别



IGCP739 项目目标

Earth's Climate System And Interactions Of Its Components



Ruddiman, 2014

目标1: 极热事件的成因机制

目标2: 极热事件的环境效应

目标3: 极热事件的生态响应

项目负责人



Xiumian Hu

11 40.75 · PhD

南京大学



Ismail Omer Yilmaz

11 31.98 · Prof. Dr.

土耳其中东科技大学



Santanu Banerjee

11 37.04 · PhD

印度理工学院



Micha Ruhl

11 34.4

爱尔兰都柏林圣三一学院



David B. Kemp

11 35.23 · PhD MSci

中国地质大学（武汉）



Ying Cui

11 31.78 · PhD Penn

美国蒙特克莱尔州立大学

执行年限： 2021-2025年

研究对象： P/T界线事件、卡尼期洪泛事件、T/J界线事件、J/K、OAEs、PETM等

研究目标： 极热事件期间全球环境演化过程与生物响应

二、项目工作情况

部分中国工作组成员：

姓名	单位	职称	分工
王成善	中国地质大学（北京）	教授	古地理、古海洋、古湖泊
胡修棉	南京大学	教授	古地理，古海洋，全球海平面重建
全成	长安大学	教授	古植物学与陆地古气候
李永祥	南京大学	教授	白垩纪缺氧事件过程与机制
侯明才	成都理工大学	教授	全球活动古地理
孟俊	中国地质大学（北京）	教授	大印度位置、规模
邢立达	中国地质大学（北京）	副教授	陆地脊椎动物与古气候
姜仕军	暨南大学	教授	古生物地层与新生代极热事件
崔莹	蒙特克莱尔州立大学	助理教授	古海洋事件碳循环模拟
David Kemp	中国地质大学（武汉）	教授	侏罗纪古海洋事件与环境演化
何天辰	河海大学	研究员	早中生代古海洋地球化学
郑新源	明尼苏达大学	助理教授	海洋和环境事件的同位素示踪
马超	成都理工大学	教授	旋回地层学
徐伟慕	都柏林三一学院	助理教授	海洋事件的陆地响应
李娟	中科院南古所	助理研究员	快速海洋事件过程与机制
黄永建	中国地质大学（北京）	副教授	湖平面与古湖泊环境
陈曦	中国地质大学（北京）	研究员	地层学，古温度、洋流和海平面
沈俊	中国地质大学（武汉）	教授	快速海洋事件过程与机制
金鑫	成都理工大学	副教授	快速海洋事件过程与机制
韩中	成都理工大学	副研究员	快速海洋事件过程与机制

50余位中国学者支持，分别来自南京大学、中国地质大学北京、中国地质大学武汉、成都理工大学等

2023年度野外工作:

中国工作组在西藏、新疆、四川、贵州等地共采样2570余件



2023年度部分室内测试：各类分析测试、9545余件

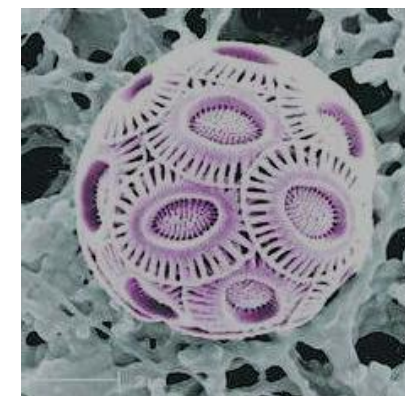
测试类型 (数量)	Hyperthermal event	Lower C29n putative hyperthermal	Late Danian putative hyperthermal	PETM	OAE 1a	OAE2	Sine.- Plien. Event	Toarcia n OAE	Carnian Pluvial Event	End- Triassic	PTB	T/J	POE
	Method												
元素含量 (2032)	XRF			1080	50			268	250	388			100
	XRD								50				
	Major elemtnes				46					1000			
	Trace elements			320	96			28	50				100
	I/Ca+Mg												
	Hg			420	167		200	600	40	300			100
	Plant Hg			40			20	20					
同位素 (1503)	Fe/P speciation					84						400	
	C-isotopes			440	353		70		200	500			100
	Ba-isotopes												
	Hg-isotopes				28								
	Li-isotopes											120	
	Mg-isotopes												
	N-isotopes							30					
有机地化 (584)	U-isotopes					75							
	CAS-d34S					85		30					
	GC-MS			20									20
	TOC/S			320	353			57					100
矿物分析 (383)	TS							57					
	Rock Eval					73				88			
	XRD												
古生物化石 (63)	Foraminifera size analysis												
	Siderite analysis												
微相分析	Foraminifera, Ammonite, Conodont, Calcareous nannofossil etc.				46	150							
	thin section authentication				46							32	
年代学	Astrochronology			1									1
地球系统模 型	cGENIE Earth system modeling							3		3			



有孔虫



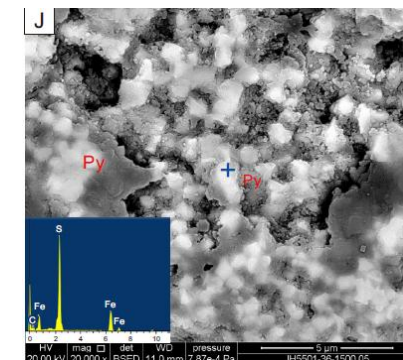
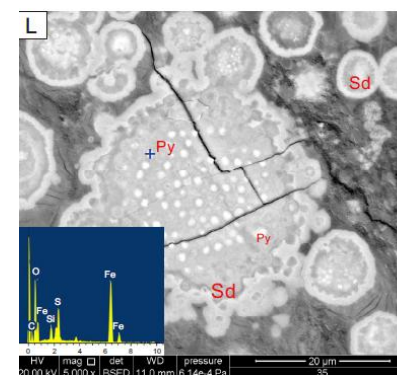
牙形石



钙质超微



菊石



菱/黄铁矿形态分析

国际学术交流：

依托36届国际沉积学年会举办2023年度会议
克罗地亚-意大利野外考察



克罗地亚杜布罗夫尼克：来自**10**个国家的专家，共**16**个口头报告，**3**个展板，参会人数**100**余人次



会后，IGCP739成员在地克罗地亚地质调查局**Igor Vlahović**教授和的里雅斯特大学**Franceschi Marco**副教授的带领下，考察克罗地亚和意大利晚三叠世**CPE、T-OAE和OAE2**

2023 AGU



PP53A: Climate Change and Environmental Extremes Across the Mesozoic-Paleogene Hyperthermal Events

Introductory Remarks[†]

2:10pm-2:12pm Dec 15 (Pacific)[†]

PP53A-01: Mesozoic and Cenozoic hyperthermal events and Anthropocene global warming (invited) (highlighted)[†]

2:12pm-2:22pm Dec 15 (Pacific)[†]

Xiumian Hu[†]

PP53A-02: Nitrogen biogeochemistry during Oceanic Anoxic Events and hyperthermals, perspective from deeper in geologic time. (invited) (highlighted)[†]

2:22pm-2:32pm Dec 15 (Pacific)[†]

Christopher Junium[†]

PP53A-03: Early Paleogene Hyperthermals and Hydroclimate Change in the Uinta Basin, Utah[†]

2:32pm-2:42pm Dec 15 (Pacific)[†]

Jacob Slawson[†]

PP53A-04: Deep History, Aflame: Palaeofire Intensification and Environmental Flux Across the Danian Boltysh Lacustrine Record as an Analogue For Our Future with Fire[†]

2:42pm-2:52pm Dec 15 (Pacific)[†]

Thomas Theurer[†]

PP53A-05: Radioisotopic Age and Duration of Aptian Oceanic Anoxic Event 1a: Geochronologic and Paleocceanographic Implications[†]

2:52pm-3:02pm Dec 15 (Pacific)[†]

Youjuan Li[†]

PP53A-06: Mercury Evidence of Intense Volcanic Effects on Land Ecosystems During the Early Aptian Oceanic Anoxic Event 1a (OAE 1a)[†]

3:02pm-3:12pm Dec 15 (Pacific)[†]

Xue Gu[†]

PP53A-07: Lithium Isotope Evidence for the Increase of Continental Weathering in the Jurassic[†]

3:12pm-3:22pm Dec 15 (Pacific)[†]

Xikai Wang[†]

PP53A-08: The Record of Sedimentary and Ecosystems Responds to Hyperthermal Event during the Carnian Pluvial Episode in Southwestern China[†]

3:22pm-3:32pm Dec 15 (Pacific)[†]

Shixin Li[†]

Discussion[†]

3:32pm-3:40pm Dec 15 (Pacific)[†]

2023 EGU



国内学术交流:

IGCP 739成员在第七届全国沉积学大会上作口头报告，其中项目负责人胡修棉作大会特邀报告



胡修棉



陈曦



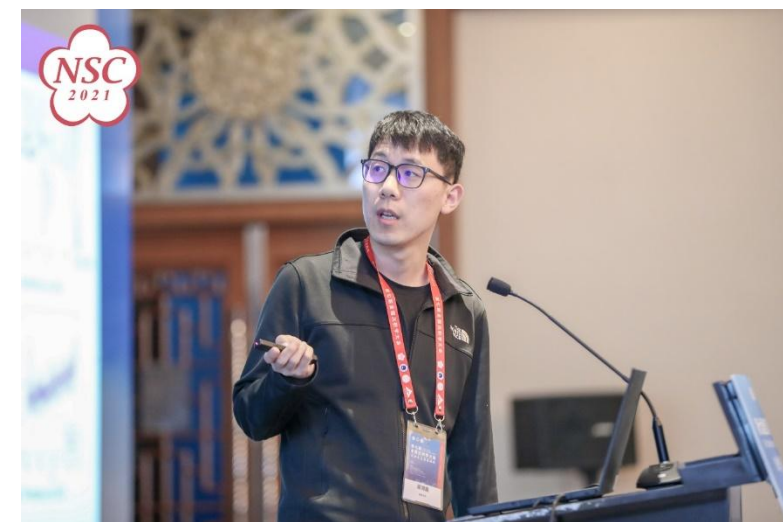
韩中



金鑫



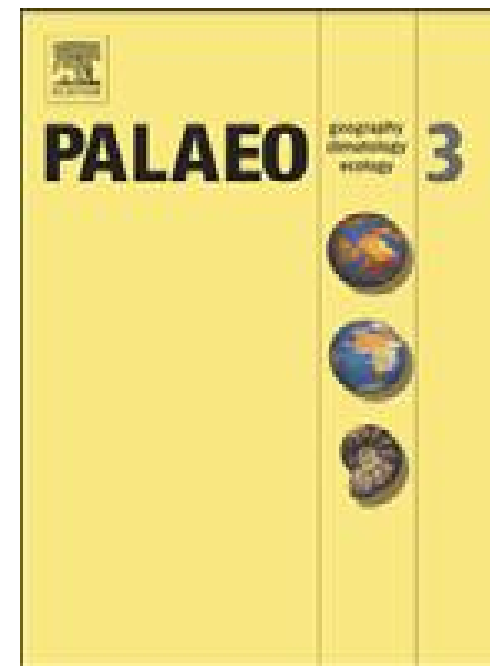
何天辰



蒋璟鑫

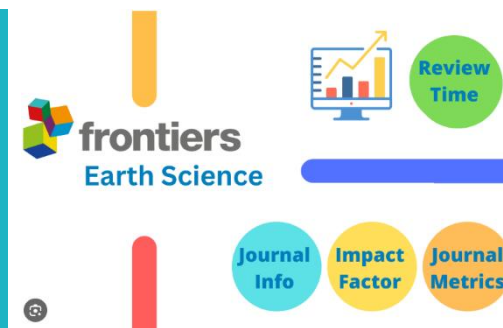
组织出版物2个

- 2022-2023: **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**; *Rapid hyperthermal events in marine and terrestrial environment during the Mesozoic-Cenozoic*, Edited by **Zhong Han, Santanu Banerjee, Jacopo Dal Corso, David Kemp, Xiumian Hu**.
- 预计收录IGCP 739成员文章**20**篇；截止12月10日，总共接收到**13**篇论文，接收**4**篇，被拒**4**篇，其余还在审稿中。



🏠 > Frontiers in Earth Science > Biogeoscience > Research Topics > Biogeochemical Changes Across...

Biogeochemical Changes Across the Mesozoic–Paleogene Climate Extremes



- 2022-2023: **Frontiers in ecology and evolution**; *Biogeochemical Changes Across the Mesozoic–Paleogene Climate Extremes*, Edited by **Tianchen He, Jin Xin, Calum Peter Fox, Hepin Wu, Xi Chen**

IGCP739项目组成员2023年主要论文（28篇）

期刊	数量	期刊	数量
Nature Geoscience	1	Geological Journal	1
PNAS	1	Global and Planetary Change	5
Science Advances	1	Journal of Paleontology	1
Earth and Planetary Science Letters	6	Minerals	1
Geology	1	Palaeo3	2
Cretaceous Research	1	Palaeontology	1
Earth-Science Reviews	1	Turkish Journal of Earth Sciences	1
Evolving Earth	1	沉积学报	1
Frontiers in Ecology and Evolution	1	科学通报	1

- NG、PNAS、NC
子刊3篇；
- Geology 1篇
- EPSL 6篇；
- ○ ○ ○ ○ ○
- 中文 2篇

三、代表性学术成果



目标1: 极热事件的成因机制

大火成岩省是怎么影响气候的

目标2: 极热事件的环境效应

剧烈升温一定引起海洋缺氧吗

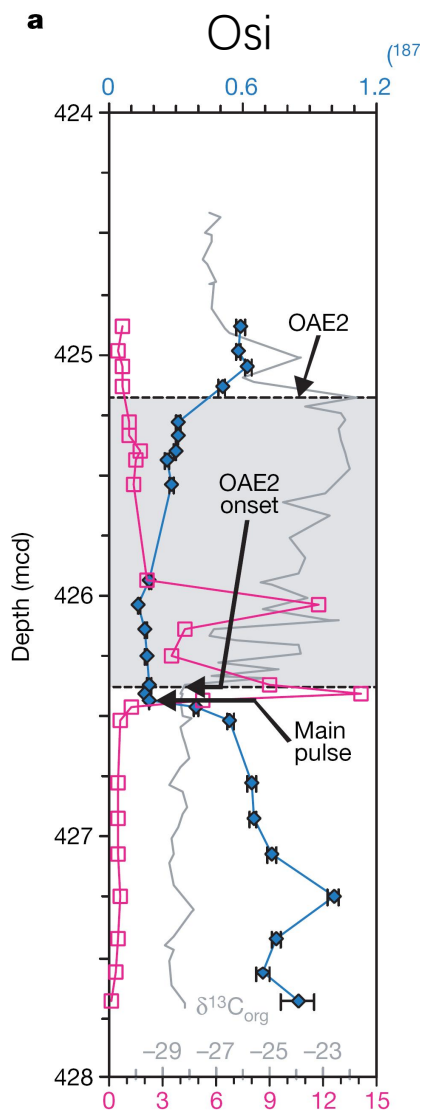
目标3: 极热事件的生态响应

生态系统会发生什么样改变

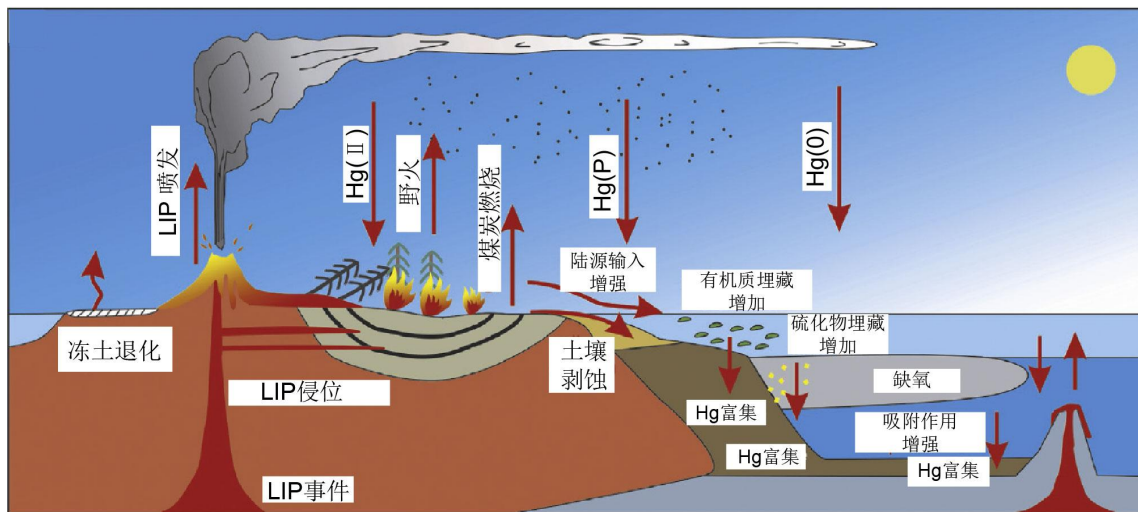
3.1 极热事件的形成机制

目前主流观点：大火成岩省诱发极热事件

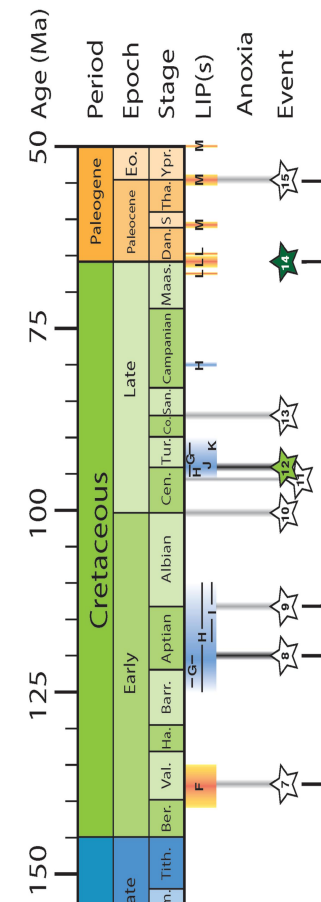
从火成岩省到极端升温的中间过程，缺乏详细解析



Turgeon and Creaser, 2008, Nature



Grasby et al., 2019 ESR



Percival et al., 2018, AJS

2021年项目认识：LIP在陆地上和海底喷发，其生态-环境效应差异显著

中国科学: 地球科学
SCIENTIA SINICA Terrae
论文

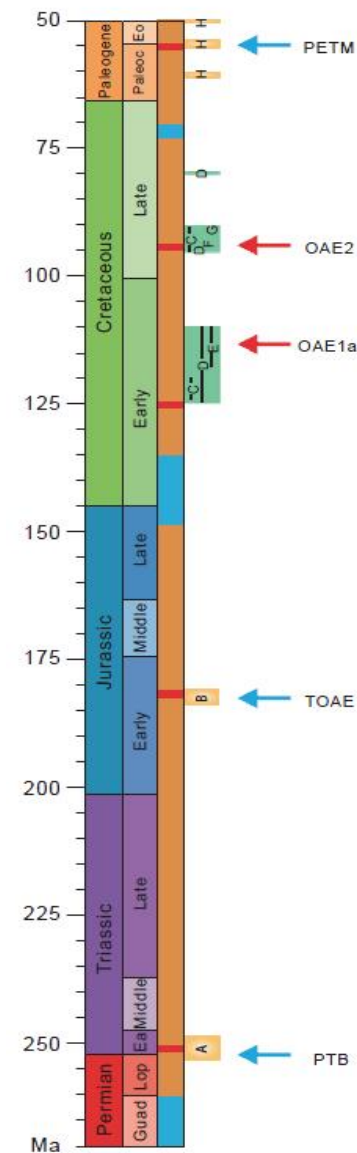
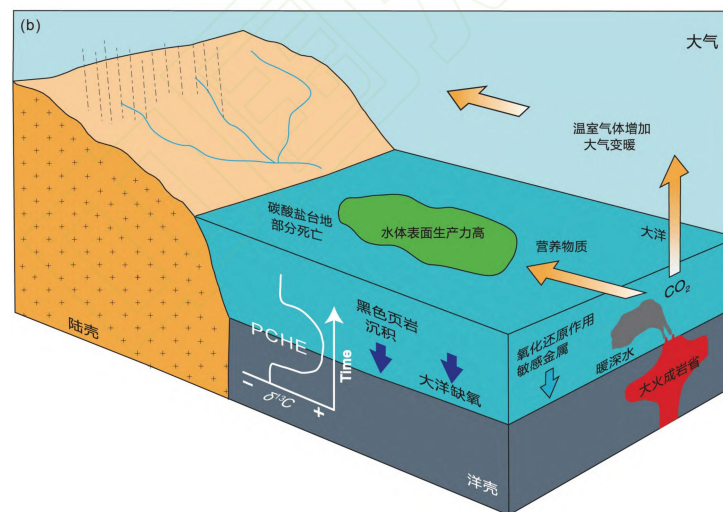
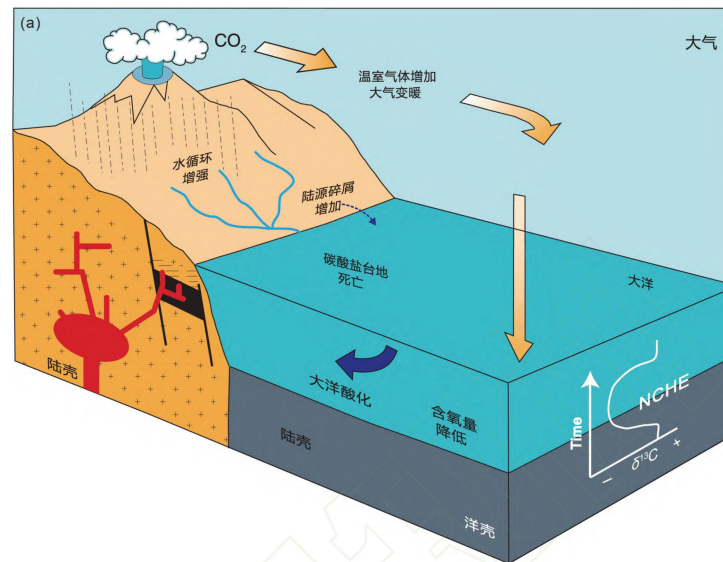
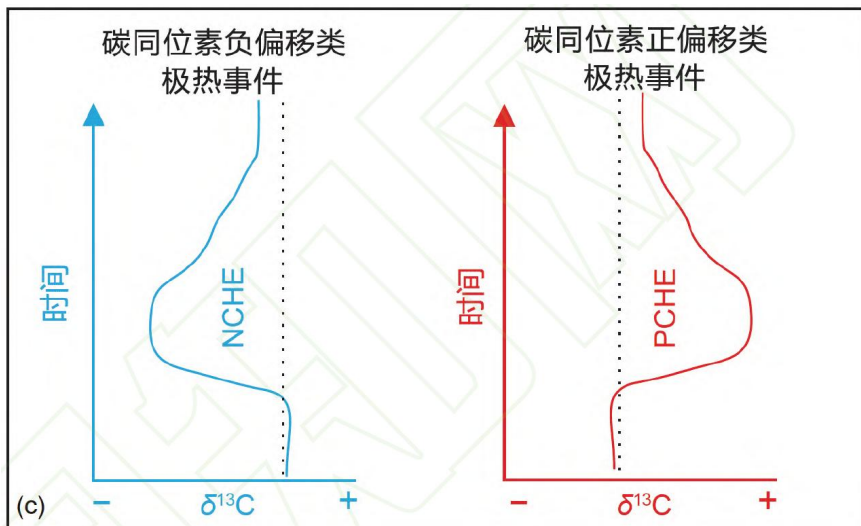
earthcn.scichina.com

《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

CrossMark
click for updates

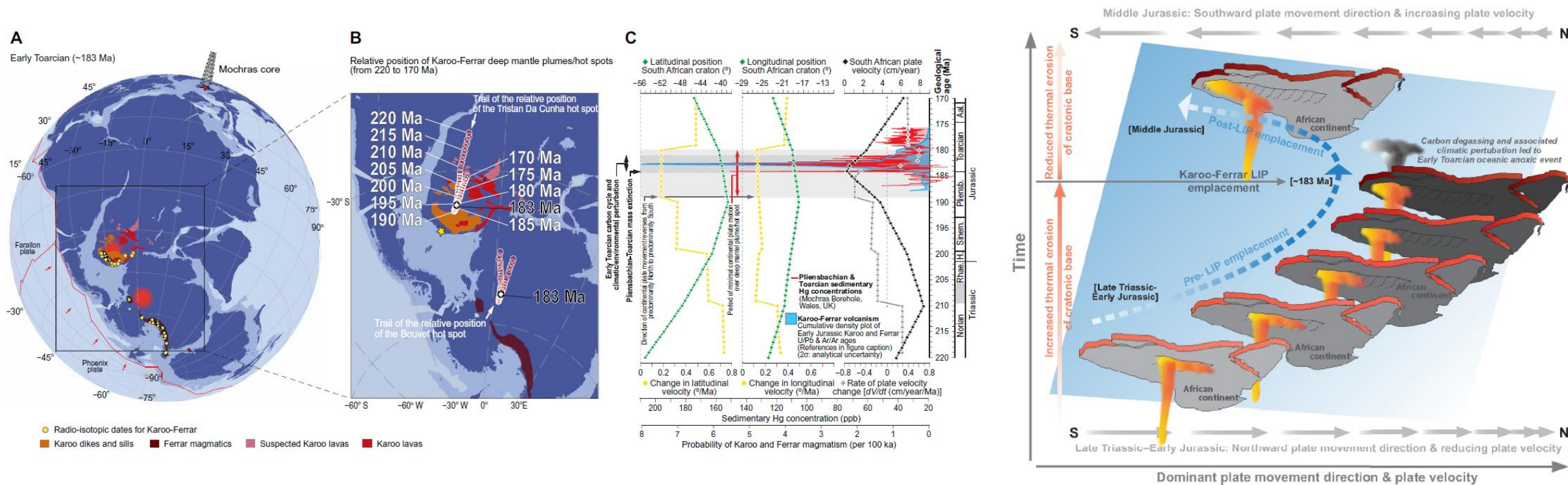
中生代两类极热事件的环境变化、生态效应与驱动机制

胡修棉*, 李娟, 韩中, 李永祥

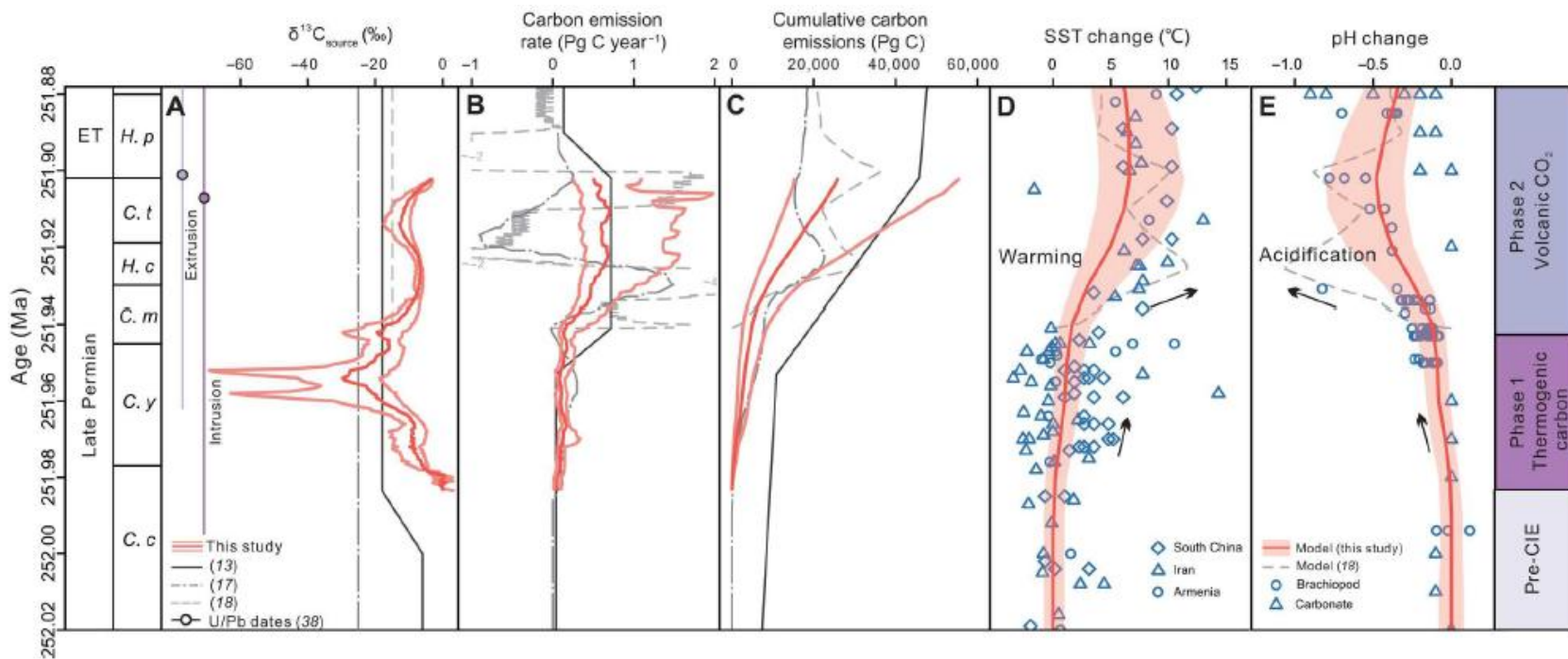


2022年项目认识：板块运动减慢和转向，是导致LIP在陆地喷发的重要原因

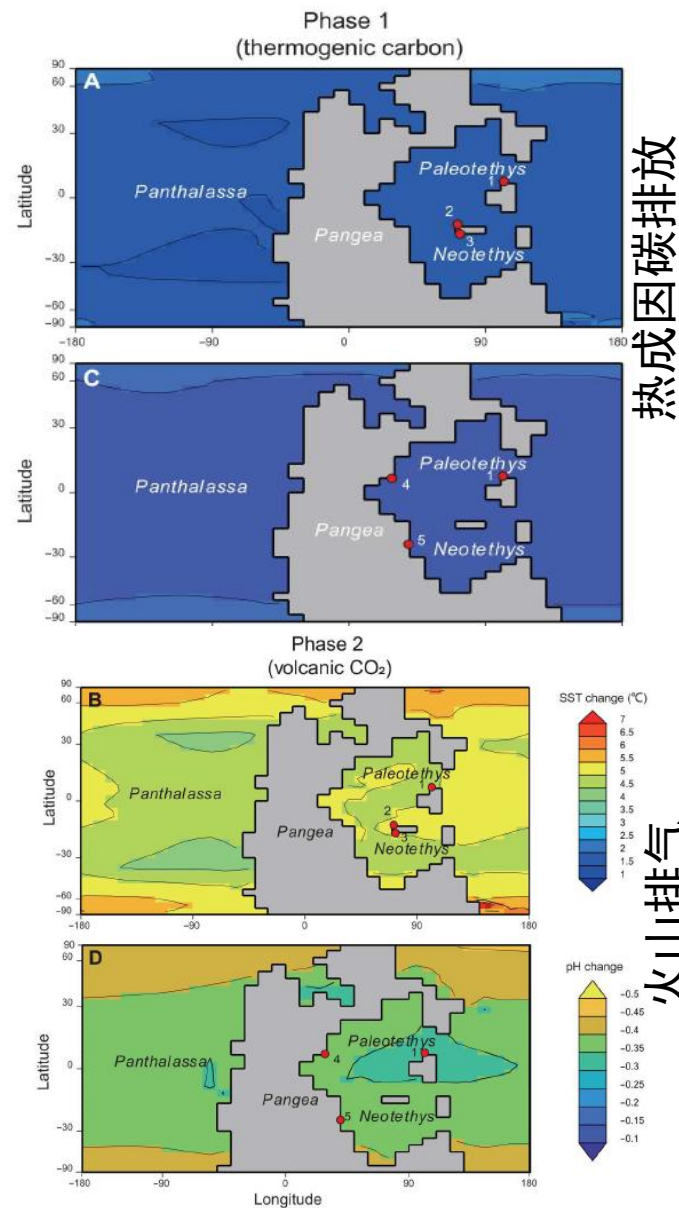
- 板块重建表明潘基亚南部地幔热点在Karoo-Ferrar LIP喷发前运动速度大幅减缓，随后发生反向运动
- 侏罗纪Toarcian早期，足够慢的热点移动速度提供充足的热量和时间熔融并侵入上覆克拉通，造成LIP喷发
- LIP大规模喷发的结果，直接导致侏罗纪极热事件T-OAE的形成



2023年新的认识：热解排气+火山排气最终导致P/T极热事件



- PTB时期碳同位素数据和地球系统模型揭示CO₂源由较慢排放率的热成因碳转变为快速率的火山成因碳；

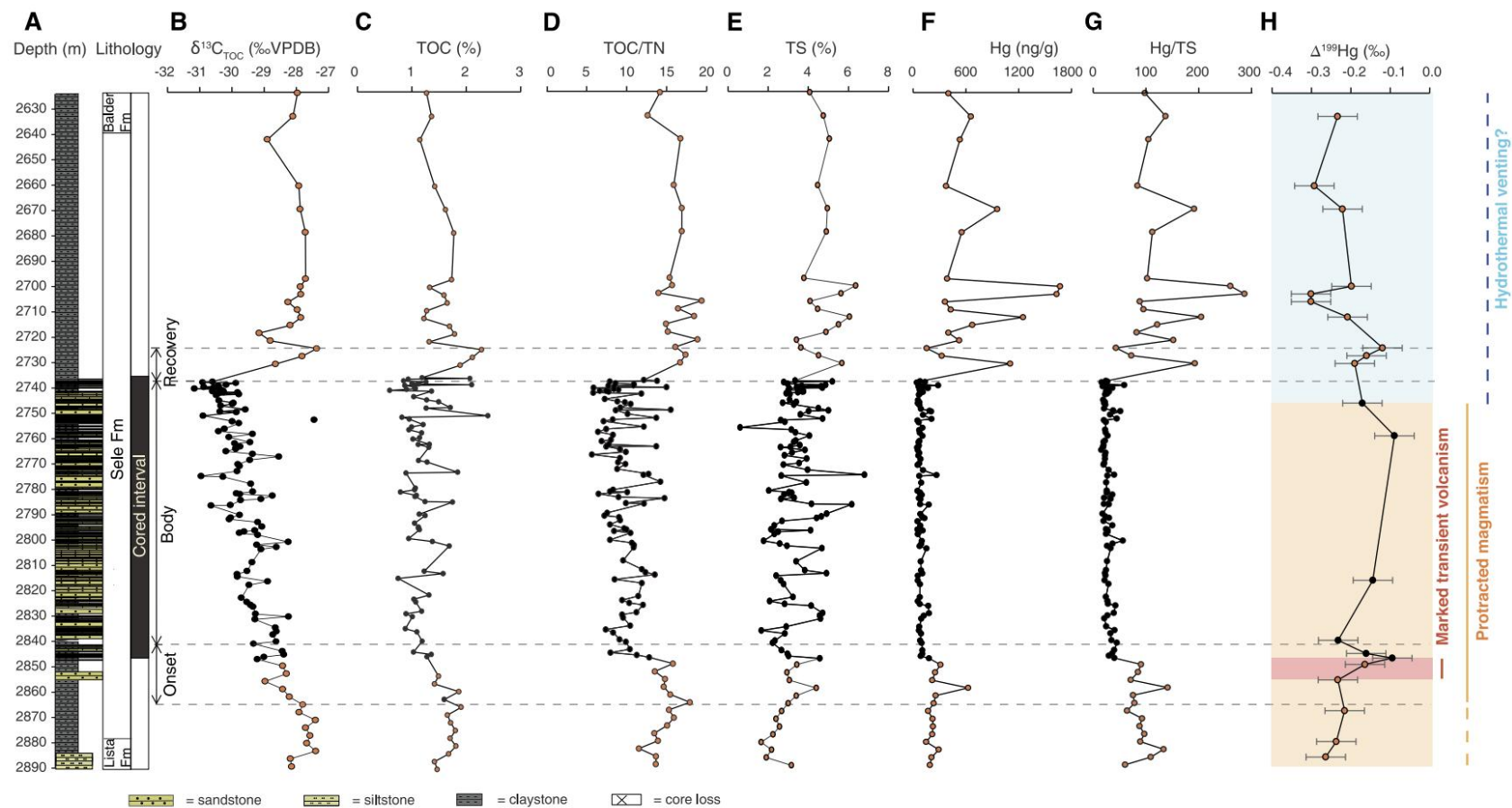


热成因碳排放

火山排气

大火成岩省岩浆作用触发极热事件-PETM

- 通过对靠近NAIP的23/16b-9钻井沉积记录的汞同位素分析，重建了PETM期间首个汞同位素变化曲线，揭示了火山活动释放的CO₂对PETM的驱动作用。
- 发现与NAIP相关的火山活动可能驱动了PETM，并在一定程度上维持了PETM核心段的持续时间。

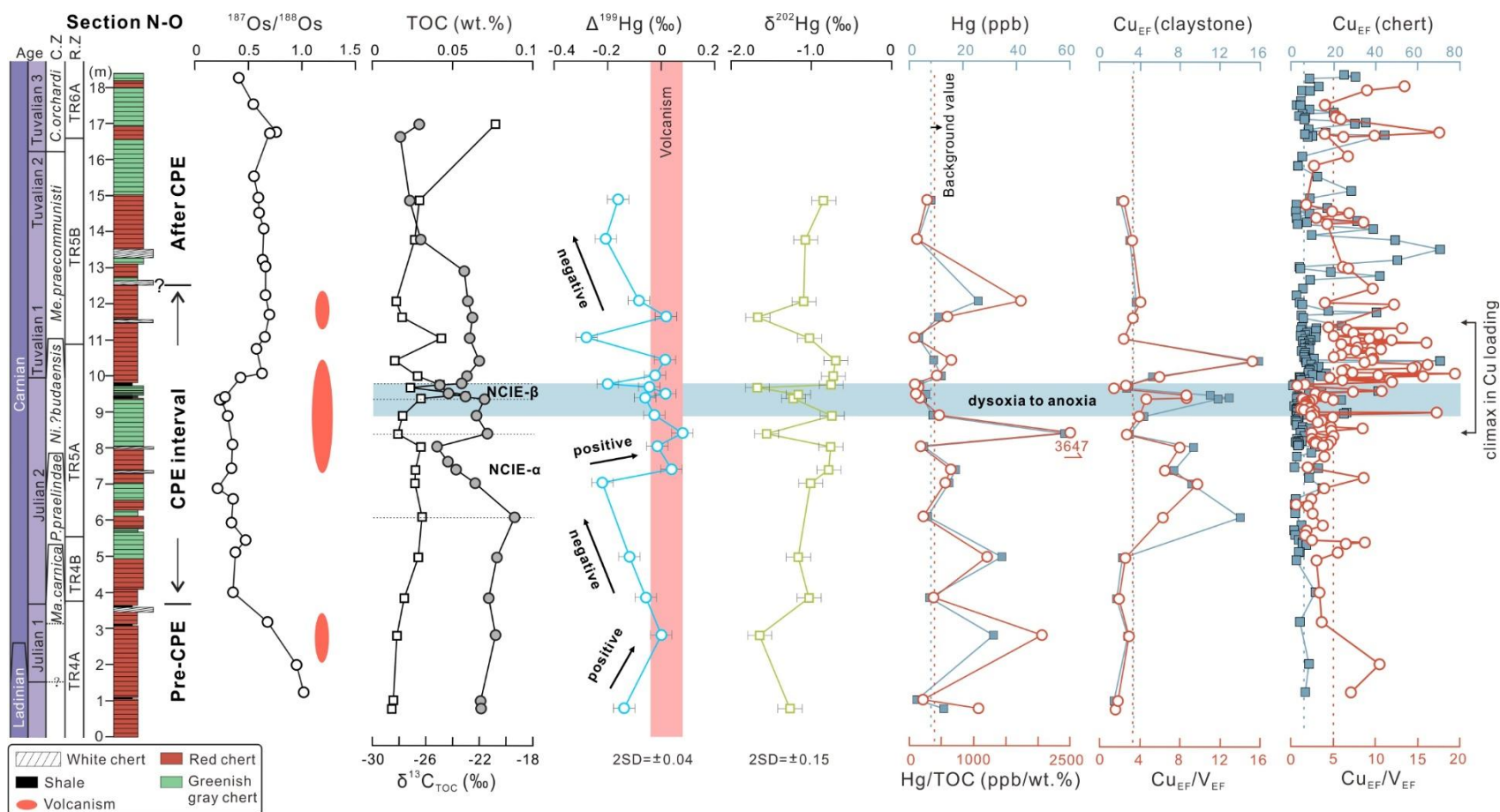


PETM: $\Delta^{199}\text{Hg}$ 突然正漂，指示
NAIP岩浆作用驱动

Jin et al., 2023 EPSL

大火成岩省岩浆作用触发极热事件-CPE

- 利用Hg元素含量及其同位素揭示了远洋沉积物中记录的CPE时期大规模火山作用的直接证据；
- 发现远洋沉积物中保存了Wrangellia大火成岩省具备不同强度的脉冲式喷发特征的记录，其峰值排放速率可能是造成卡尼期生物灭绝和环境突变的重要原因

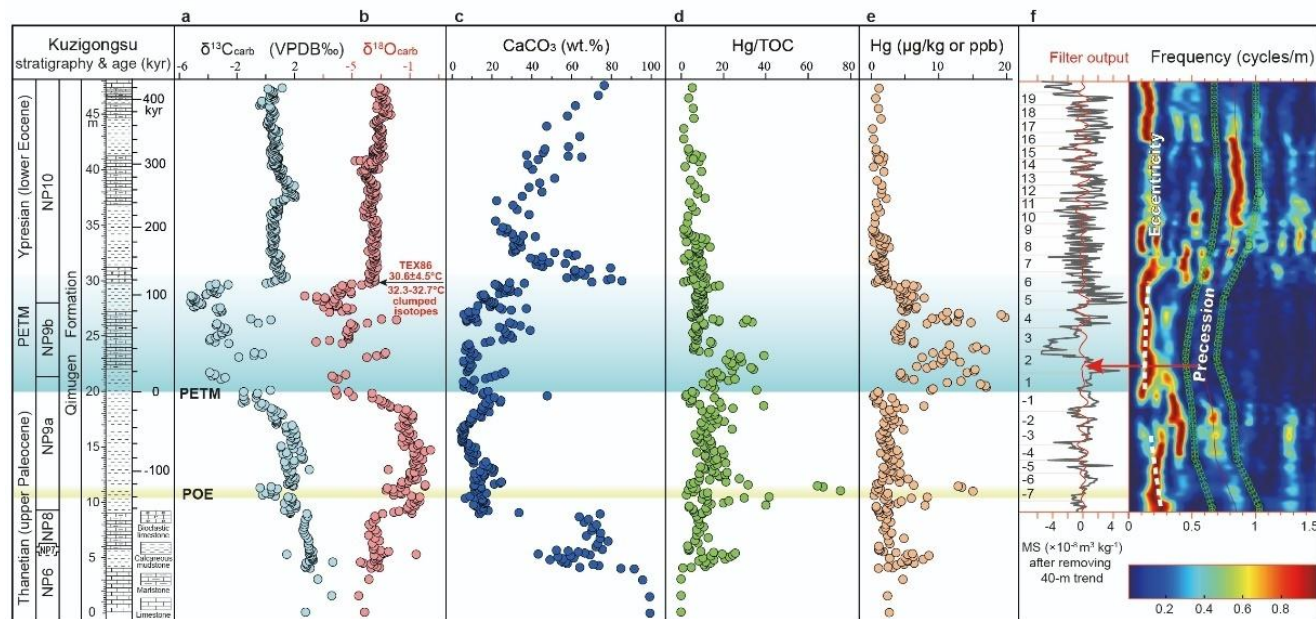
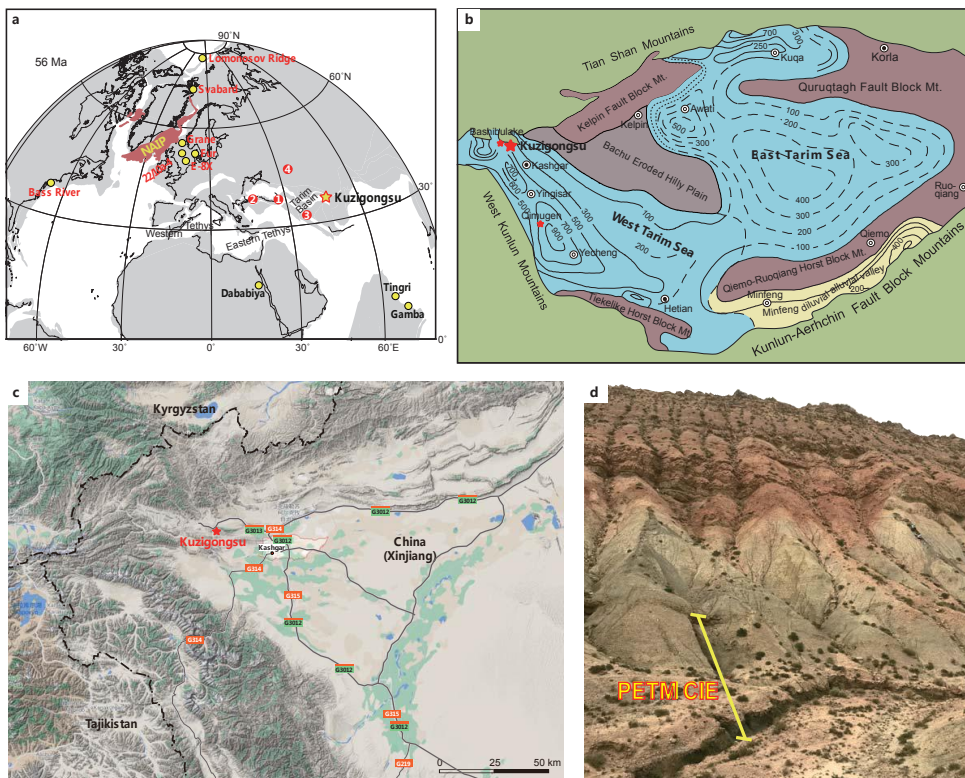


卡尼期中期，犬山剖面 $\Delta^{199}\text{Hg}$ 值保持稳定，且表现为明显的火山来源的Hg特征，并伴随着Hg和Cu元素含量富集

Jin Xin et al., 2023 EPSL

地球轨道参数的变化导致极热事件

Tarim basin, Xinjiang, China



磁化率指标：

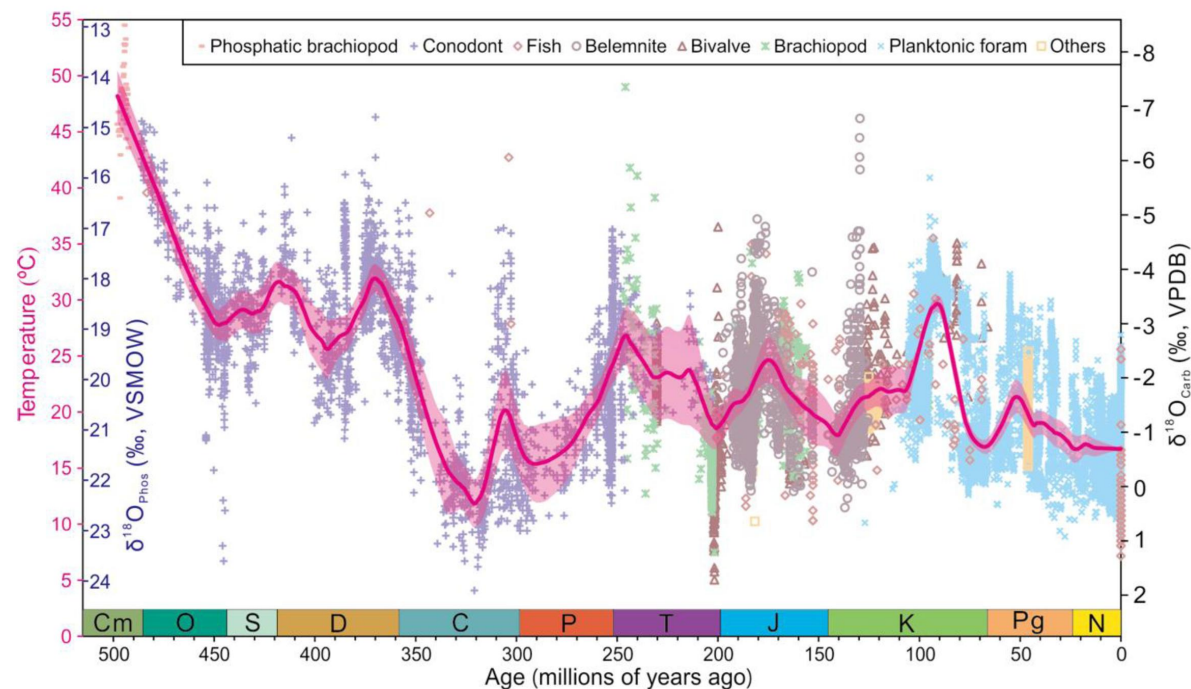
偏心率：滤波后的5-9.8 m周期被解释为短周期离心率信号（~100千年）；

岁差：滤波后的1.2-1.9 m周期被解释为岁差信号（~20千年）

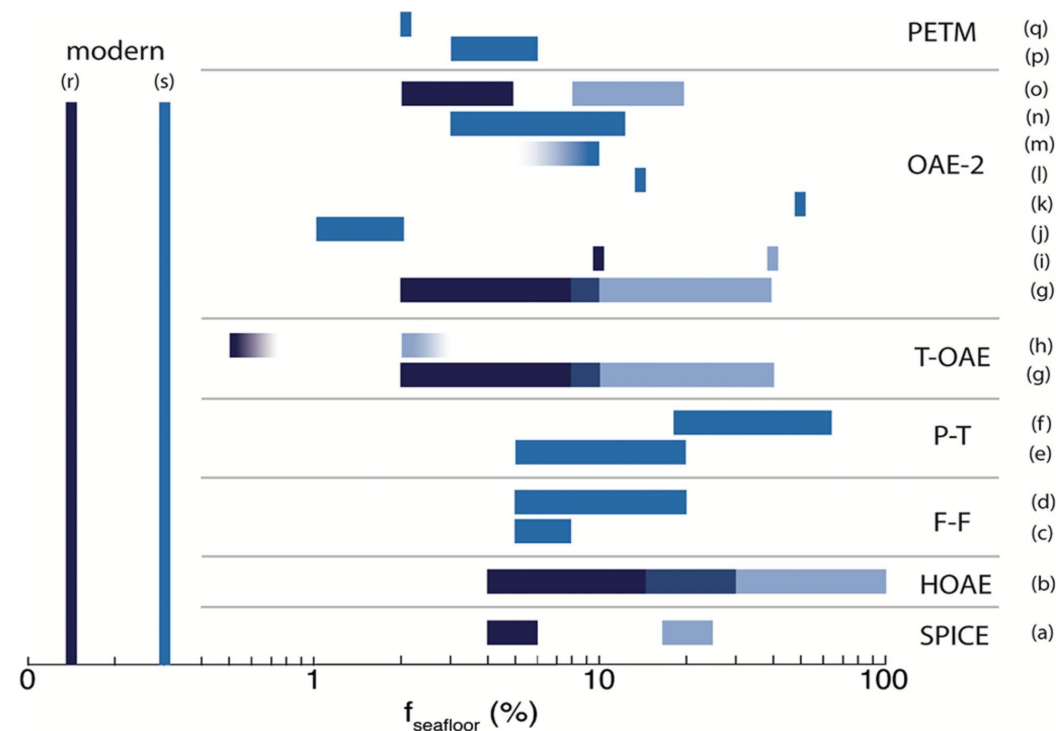
Jiang S et al., NC, 改回

3.2 极热事件的环境效应

升温幅度有多大

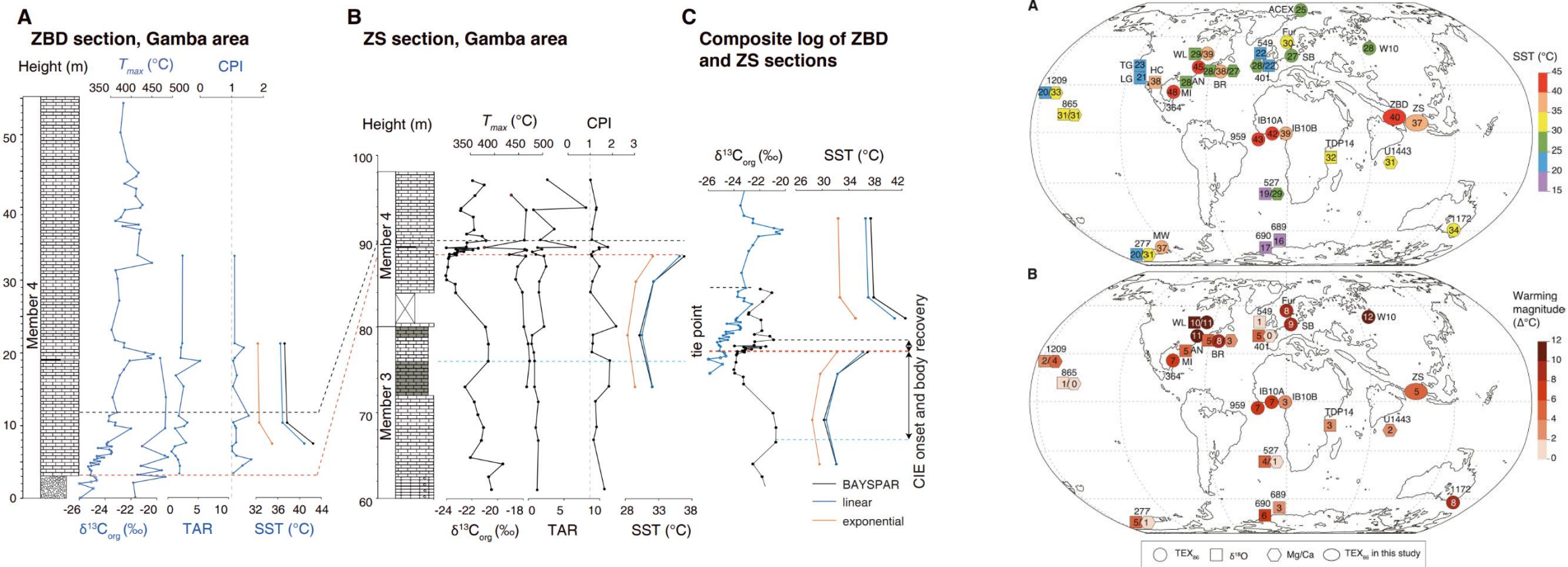


升温一定导致缺氧吗



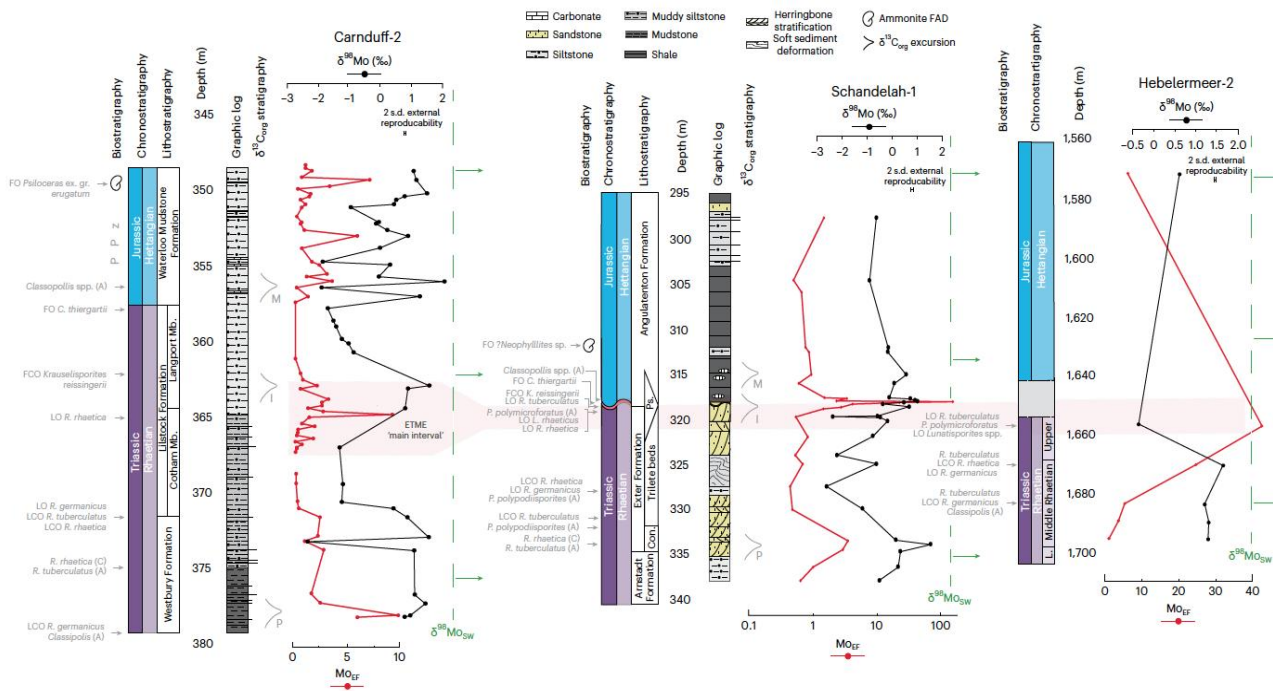
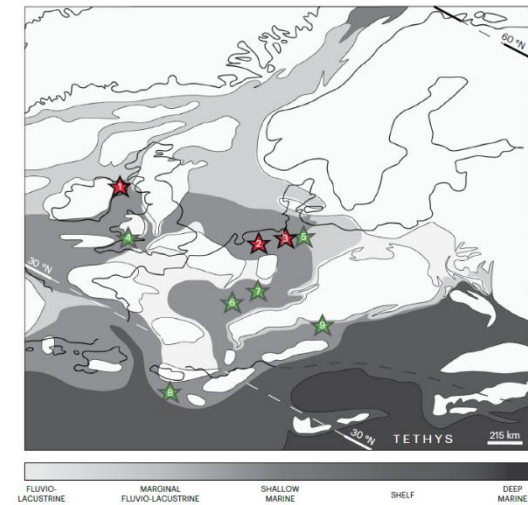
PETM期间热带东特提斯浅海升温3-5°C

- 藏南两个浅海PETM剖面isoGDGT的海表温度重建结果表明PETM期间存在3-5°C的增温，支持PETM期间温度梯度减小的结论。



Mo同位素指示T/J极热事件海洋缺氧面积与现今相似

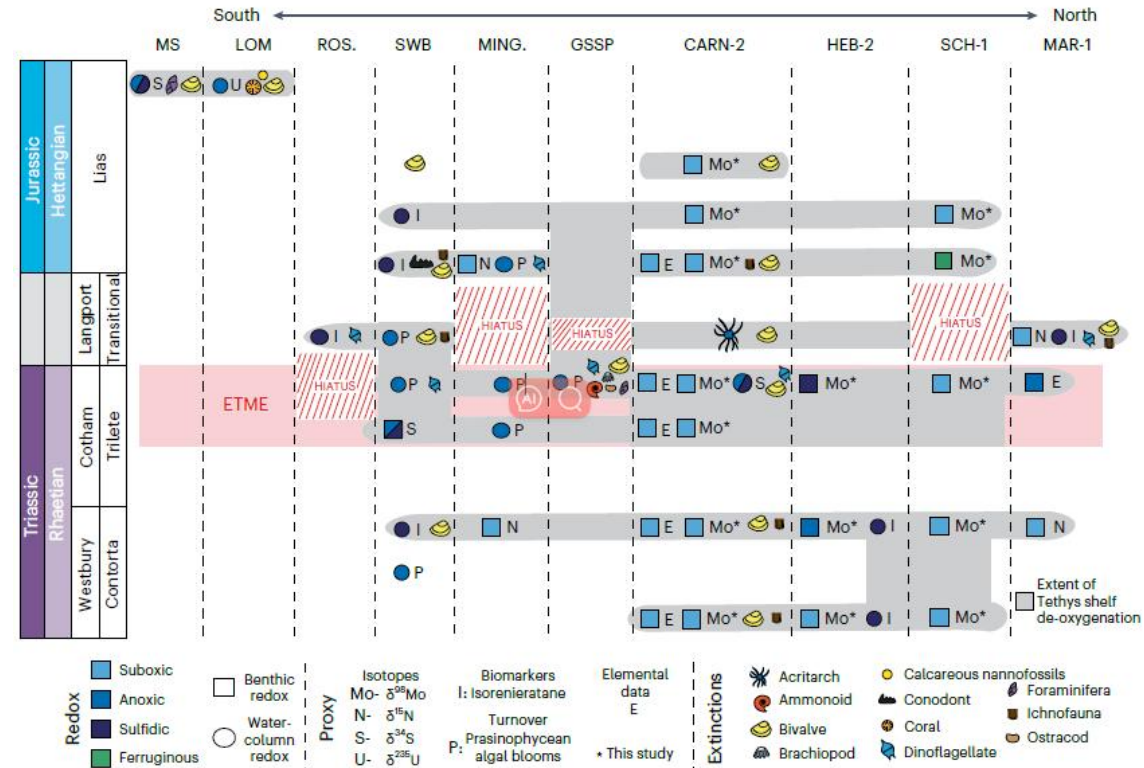
- $\delta^{98}\text{Mo}$ 峰值表明，三叠纪末生物大灭绝时期全球硫化海洋分布与现代海洋相似；
- 陆架浅水地区记录了脉冲式硫化缺氧，可能对浅海生物灭绝起着重要作用。



北爱尔兰

德国

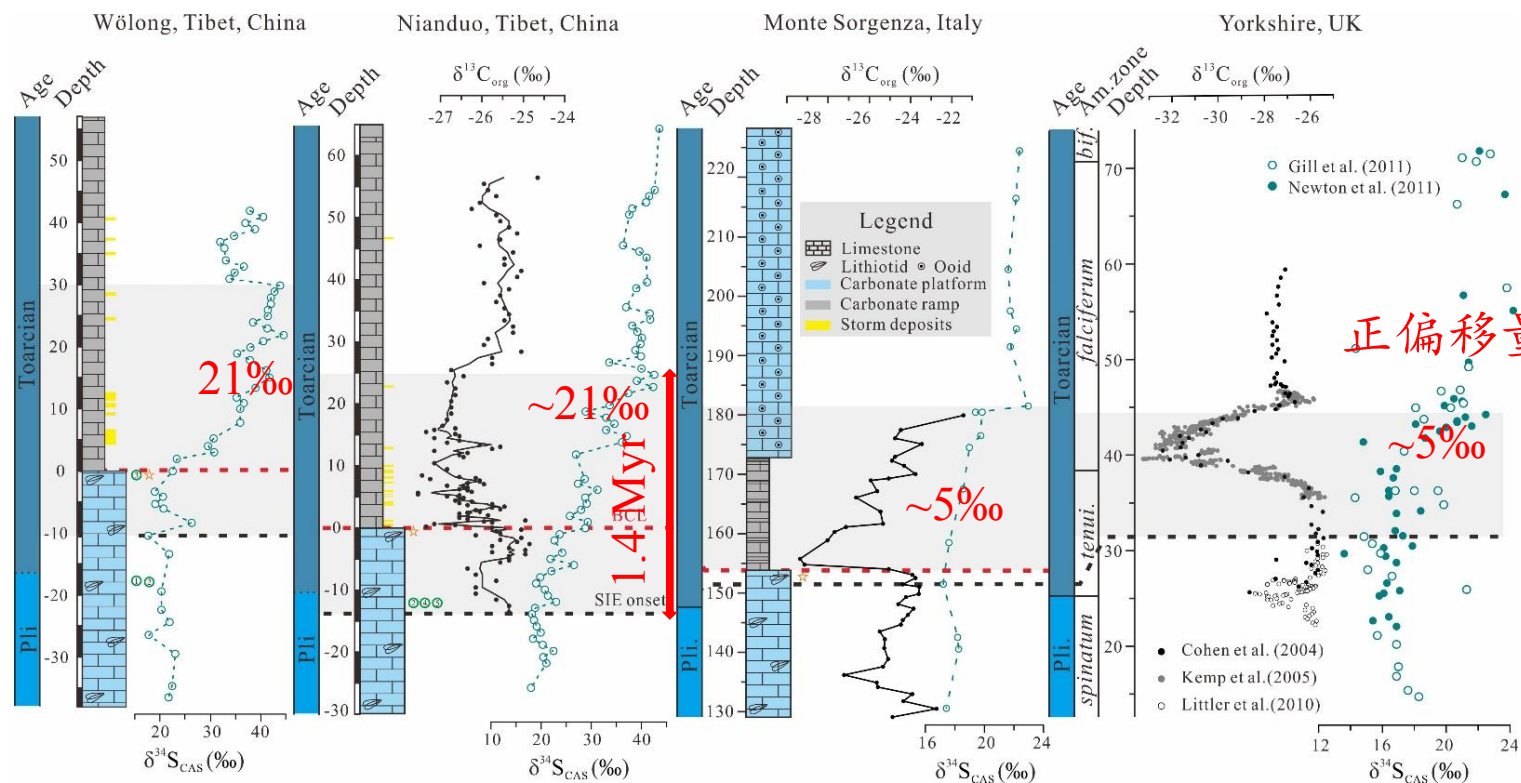
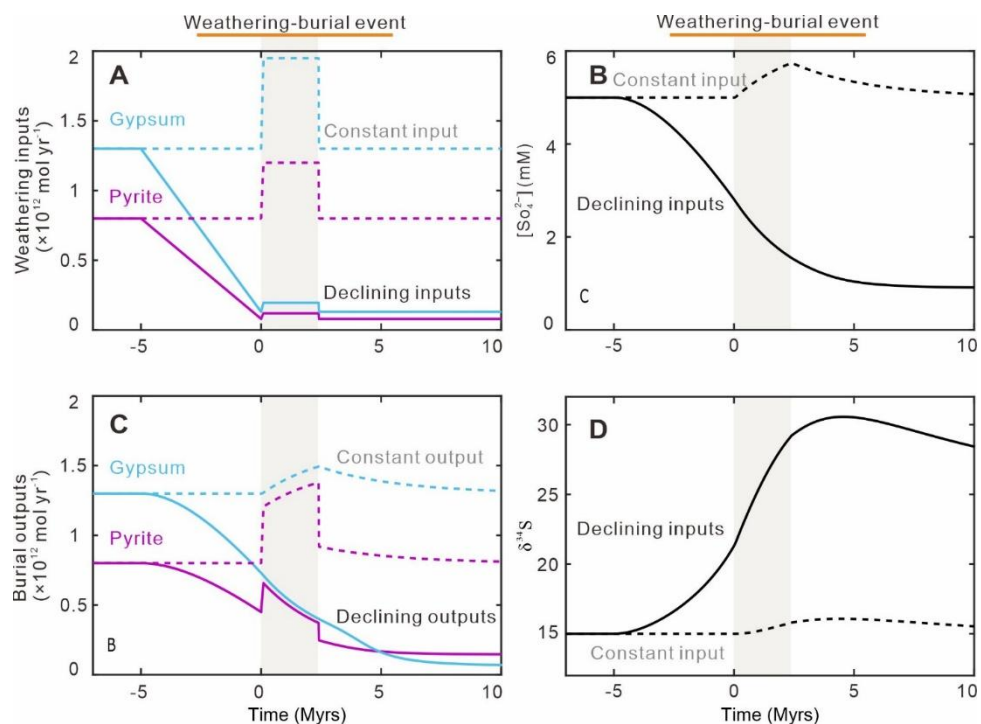
德国



硫同位素揭示T-OAE全球黄铁矿埋藏速率显著增加

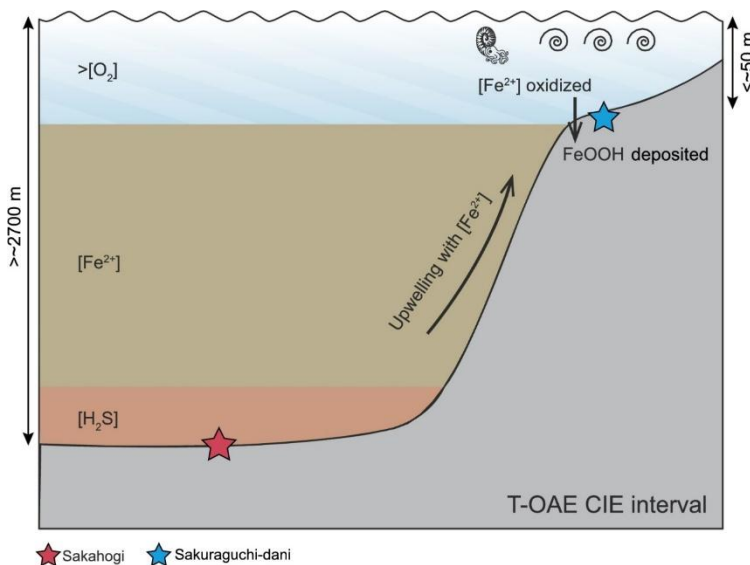
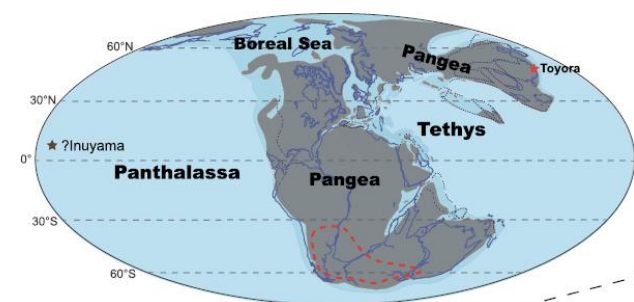


● $\delta^{34}\text{S}$ 在T-OAE时期均显示1.4 Myr正偏移，表明长周期缺氧

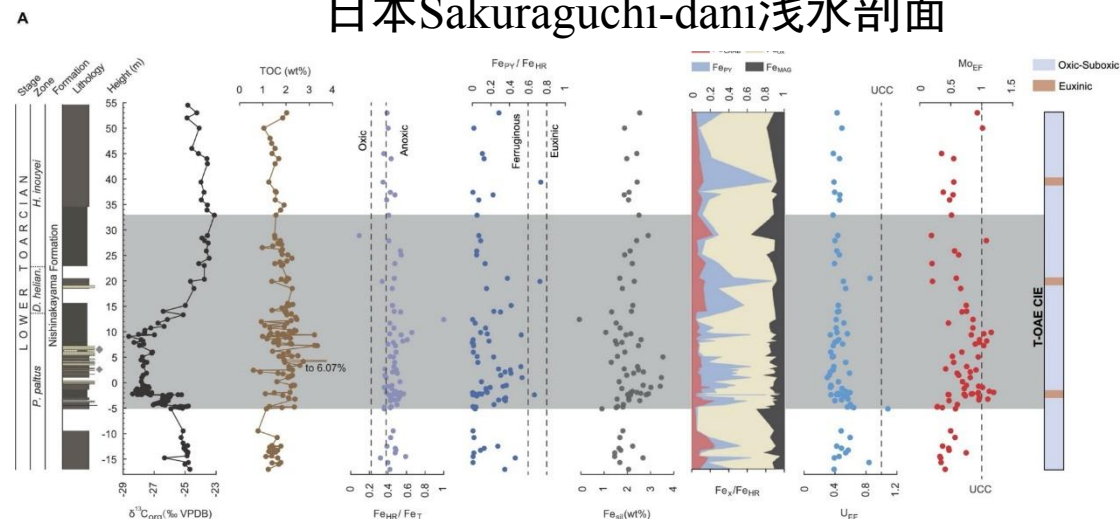


T-OAE期间泛大洋深水缺氧、浅水氧化

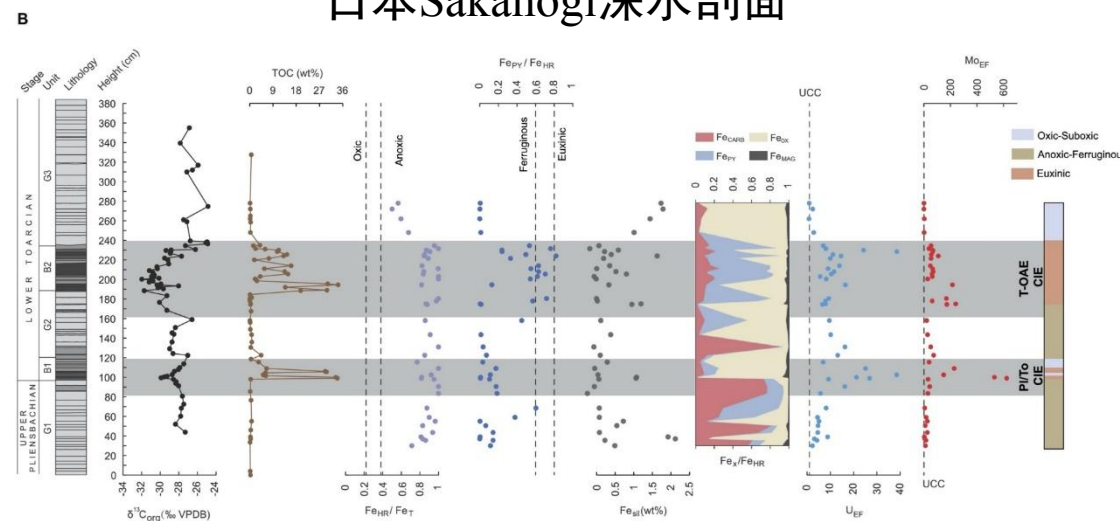
- 铁组分和氧化还原敏感元素指标揭示T-OAE时期泛大洋深水发育硫化条件，而浅水整体为氧化-次氧化条件
- T-OAE期间泛大洋可能的铁循环模型：上涌过程将深部还原性水体带入表层，还原性铁被大量氧化进而在浅水沉积物中富集



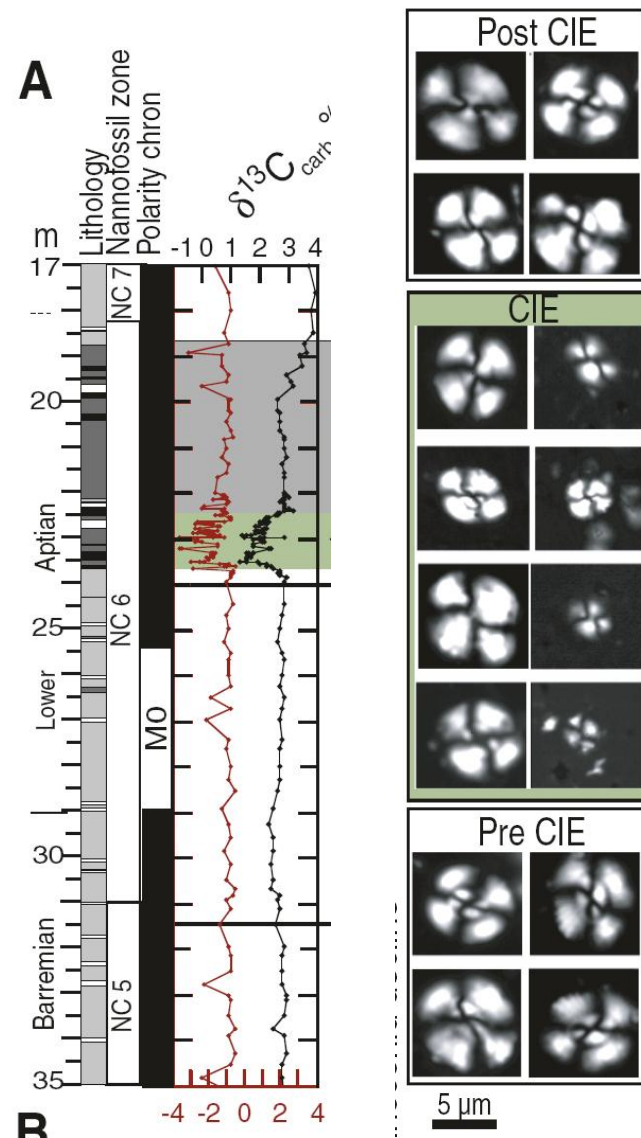
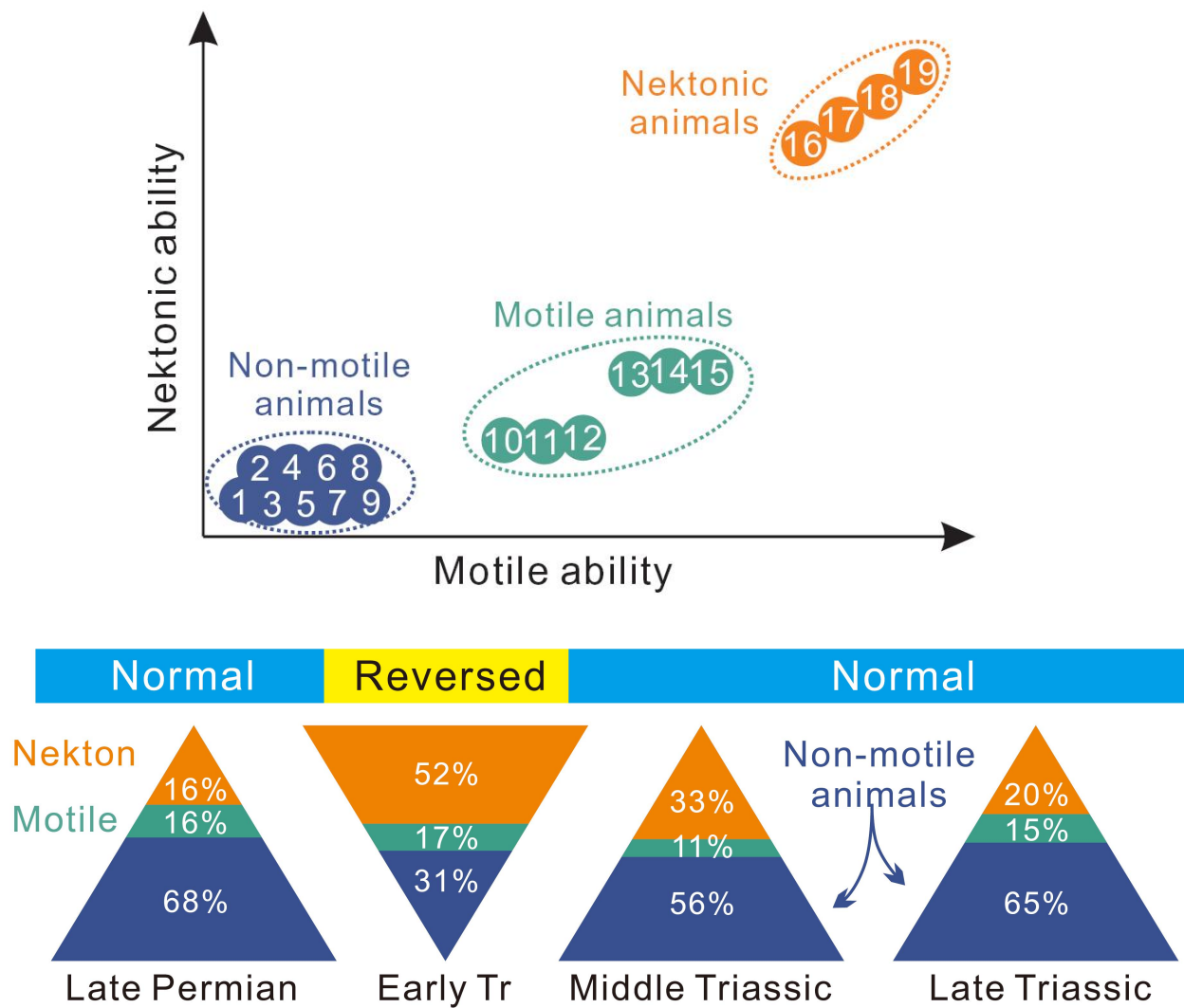
日本Sakuraguchi-dani浅水剖面



日本Sakahogi深水剖面



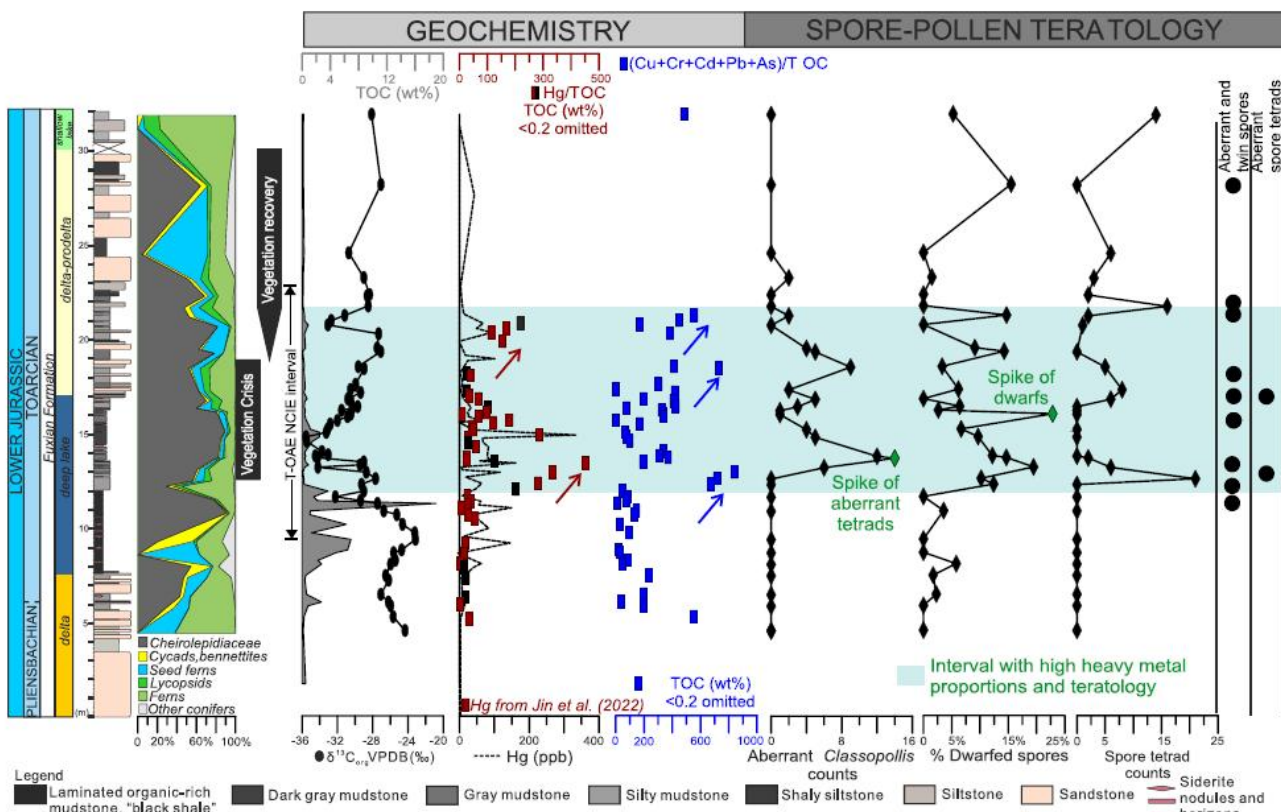
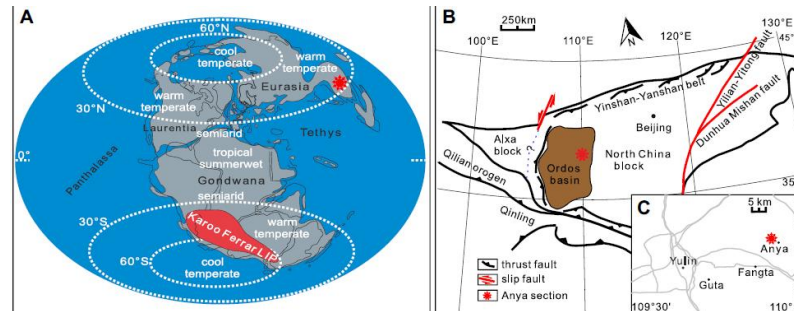
3.3 极热事件的生物响应



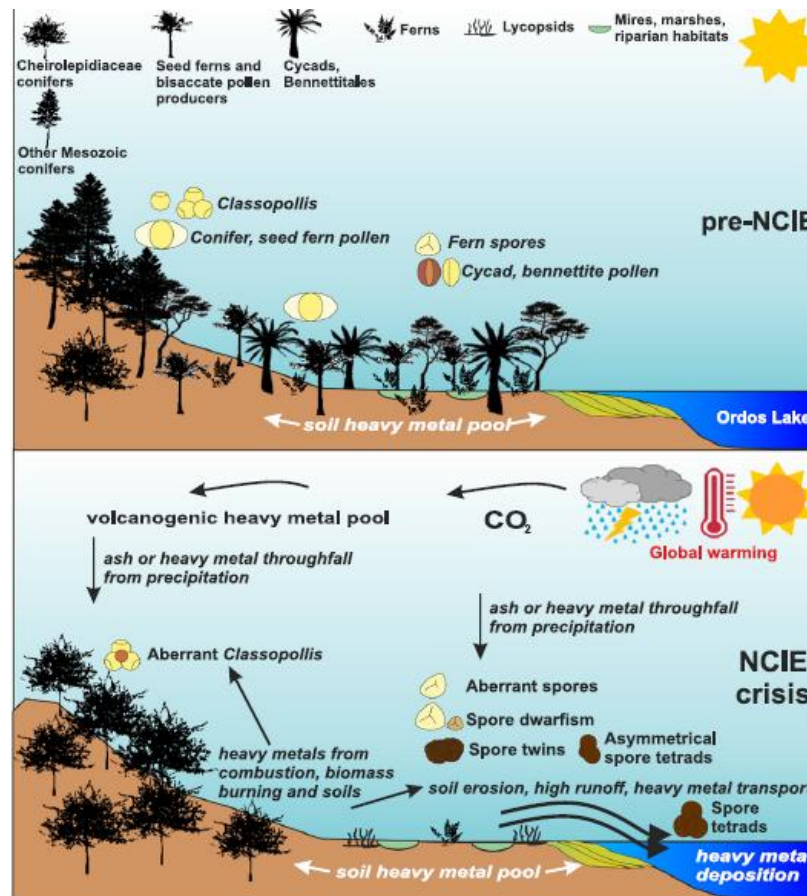
T-OAE期间重金属毒性使陆地生态系统崩溃

鄂尔多斯盆地

- 地球化学和孢粉学数据揭示T-OAE期间出现高度畸形的孢子和花粉，伴随着重金属含量增加；
- 火山活动和水文循环增强可能导致陆地有毒重金属浓度增加，对植被形成致命打击。

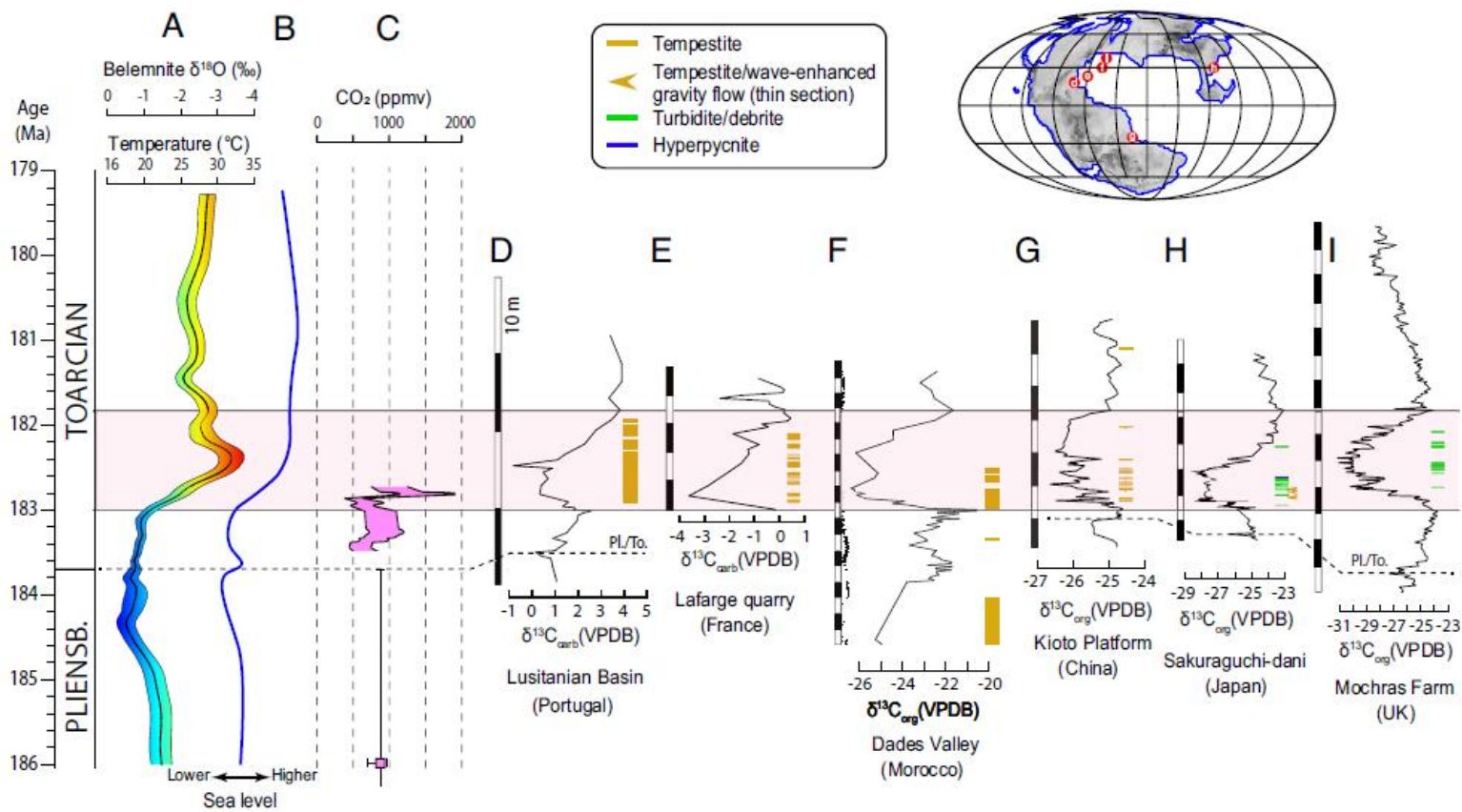
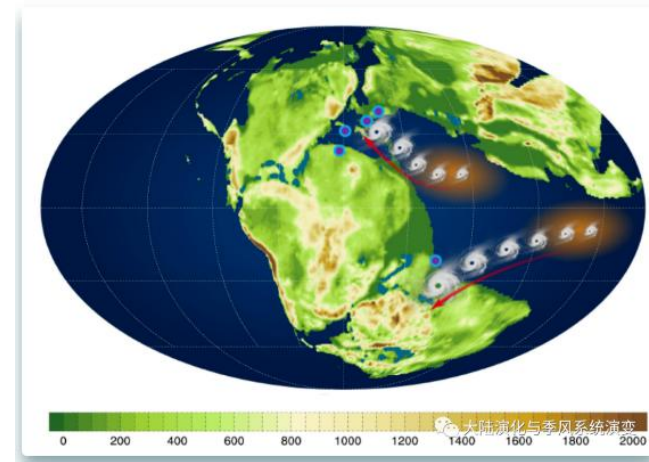


Baranyi et al., 2023 Geology

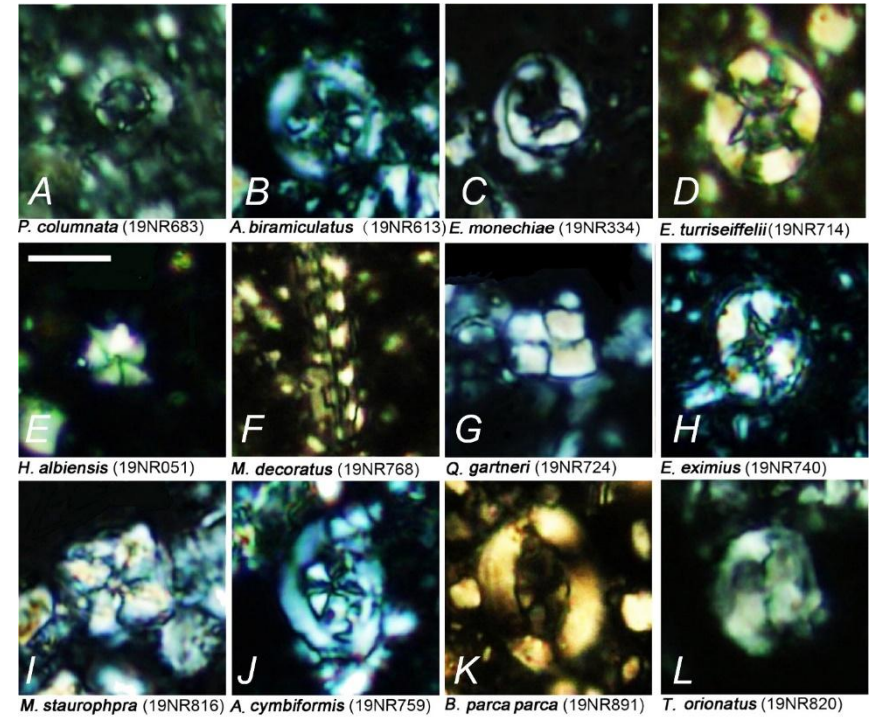
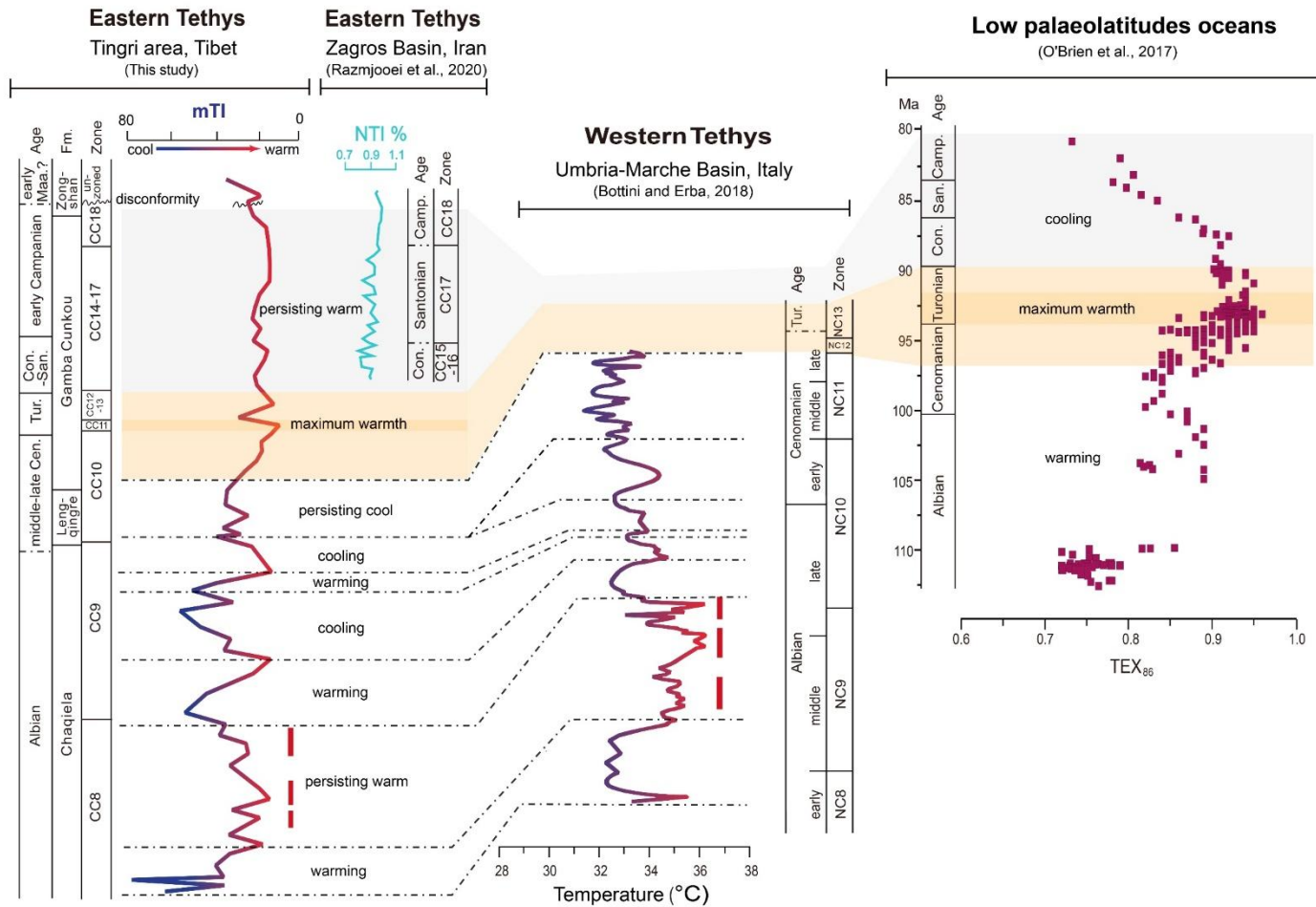


T-OAE时期风暴增强对陆生动物的影响

- 海气耦合气候模型表明极热事件期间，特提斯洋存在两个台风生成中心
- 赤道北侧形成的台风在副热带高压引导气流作用下，在西北部沿岸登陆
- 赤道南侧形成的台风在西南沿岸登陆，和地质记录一致。
- 台风登陆对陆地生态系统产生深刻影响



极热事件OAE2时期海洋浮游藻类抗溶种和喜暖种含量显著上升



2023年学术成果小结

- 大火成岩省喷出之前，岩浆在侵位过程中对气候系统有重要影响
- 快速升温可能不导致全球性大范围缺氧，但导致浅海地区间歇性缺氧
- 极热事件期间海洋和陆地生态系统受到深刻影响

2024初步计划

学术会议

时间	地点	内容
2024年4月	奥地利维也纳	EGU 2024
2024年5月5-8日	美国亚利桑那	SEPM2024国际沉积学地球科学会议
2024年6月24-27日	英国阿伯丁	37th IAS Meeting of Sedimentology
2024年5月	中国南京	第六届国际古地理学会议
2024年6月	苏格兰阿伯丁	第37届IAS沉积学年会
2024年6月		第36届北欧冬季地质会议
2024年6月-7月	土耳其安卡拉	IGCP739年会（组织地球化学数据分析与模拟）

野外工作

时间	地点	内容
2023年1月	伊朗	寻找扎格罗斯地区OAE1a, OAE2和PETM记录, 恢复沉积环境变化, 探究事件期间的台地演化、大陆风化。
2023年6-8月	西藏	PETM、T-OAE、T-J界线样品
2023年6-8月	欧洲、西藏	白垩纪OAEs、T-J界线样品
2023年6-8月	日本、意大利	CPE样品
2023年9月	新疆	POE、PETM样品

谢谢各位专家 敬请批评指导

