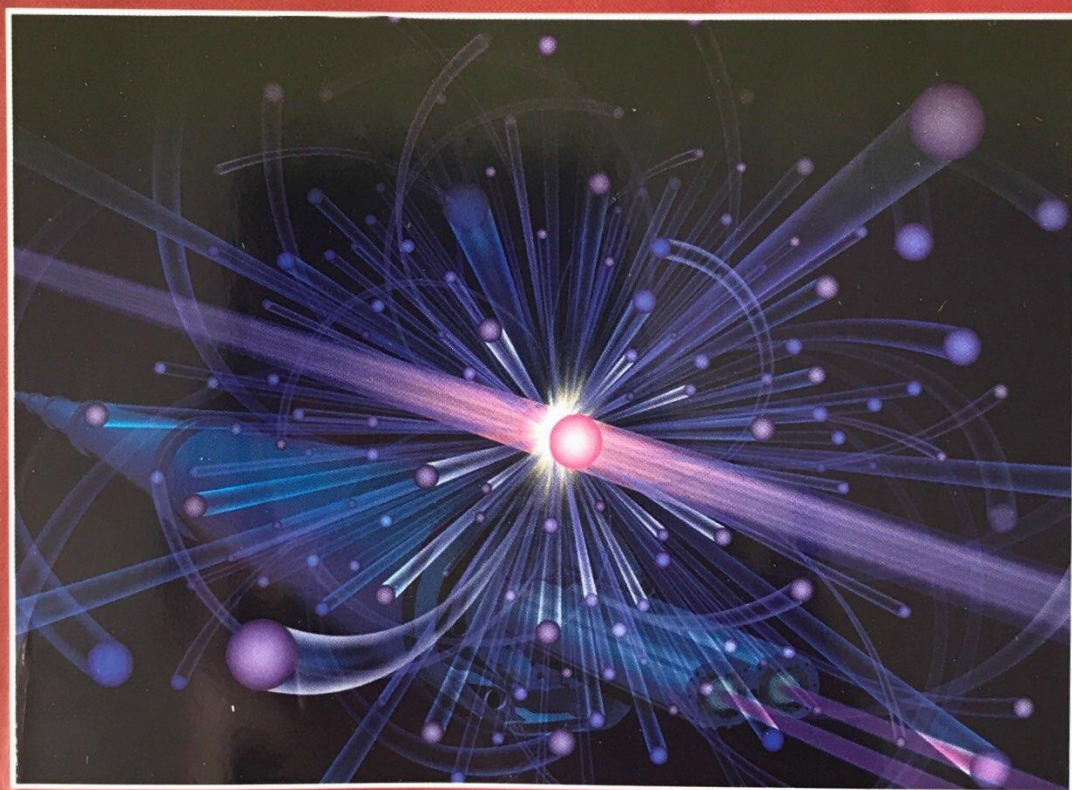


2013

科学发展报告

Science Development Report

中国科学院



科学出版社

学》在同一期专门发表国际著名古生物学家大卫·博特杰(David Bottjer)教授的评述^[3],介绍了我们的研究成果,认为该项成果对研究未来全球变暖对生物的影响具有重要启示作用。该文也被《美国国家地理》(National Geographic)、《新科学人》(New Scientist)等网络和平面媒体报道,引起了国际上的广泛关注。目前此文已经被《科学》《自然·地质学》《美国科学院院刊》等国际著名刊物引用7次。著名的全球变化专家马修·休伯(Matthew Huber)在接受《新科学人》采访评述本成果时指出:很显然,广泛存在的热死亡是有关地质历史时期生物大灭绝研究中被忽视了并缺少研究的一种机制,地球上的生物群可能易受赤道地区非常强的气候变暖的攻击。

参 考 文 献

- 1 Joachimski M M, Lai X, Shen S, et al. Climate warming in the latest Permian and the Permian-Triassic mass extinction. *Geology*, 2012, 40: 195-198.
- 2 Sun Y, Joachimski M M, Wignall P B, et al. Lethally hot temperatures during the early Triassic greenhouse. *Science*, 2012, 338: 366-370.
- 3 Bottjer D J. Life in the early Triassic ocean. *Science*, 2012, 338: 336-337.

Lethally Hot Temperatures at 250 Ma Ago

Lai Xulong, Sun Yadong, Jiang Haishui

The Permo-Triassic transition witnessed the most devastating mass extinction during the Phanerozoic. Oxygen isotope derived from conodont suggested that the rapid rise of equatorial sea surface temperatures coincided with the end-Permian mass extinction. The temperatures rose to exceptional high values in the following early Triassic lasted five million years and were inimical to lives in the equator. The exceptional warmth might be a contributing factor for the delayed ecosystem recovery.

4.21 地球内核边缘存在形状不规则现象

温联星

(中国科学技术大学地震与地球内部物理实验室)

地球内部自里至外分为地核、地幔和地壳三个同心球层,而地球地核可进一步分

为内、外核(图1)。地球内核位于地球中心,是个像月球大小的固体铁球,外面被高速流动的液态铁镍合金(也有些其他较轻元素)外核所包围。地球内核随着地球内部的缓慢冷却,从外核凝固逐渐向外生长。内核在其增长过程中产生潜热并释放较轻的元素,为外核的热化学对流提供驱动力。其中,内核凝固产生的潜热为外核对流提供了热能,而内核凝固中释放的轻元素则在地球内部重力作用下由外核底部往上浮,为外核对流提供了化学驱动力。

外核对流是产生地球磁场的原因。因此,探索地球内核的凝固过程是了解产生地球磁场的驱动力的关键。地球磁

场不仅对于地球上生物的生存与繁衍具有重要的保护作用,地球磁场的变化也对我们的现代生活有着尤其重要的影响。地球磁场拦截了太阳辐射来的带电粒子和来自宇宙的射线,使它们不能冲破大气层到达地面,保护着生物的生存与繁衍;地球磁场的变化影响着和我们紧密相关的卫星导航系统等。科学界现有的观念认为,由于外核温度变化极小,地球内核的凝固过程在不同地理位置上是均匀的。因此,内核表面应该是均匀光滑的,凝固过程产生的地磁场驱动力也应该是横向均匀的。

科学家对地球内核的探索依赖于地震和核爆产生的地震波。地震或核爆产生的弹性波穿越地球内部到达地面,产生震动。地震波引起的地面震动造成了我们平常熟悉的地震灾害,如房屋倒塌、桥梁破坏等。不过,地震波穿越地球内部不同深处直至地心,在穿过不同介质时具有不同的速度,且在地球内部不同的界面(如地核与地幔分界面)产生反射和折射。地震波就像一面镜子照亮了地球内部,成为一种探测地球内部的主要手段。利用地震波探测地球内部和医学中X射线拍片的原理一样。在X射线拍片的主要手段。利用地震波探测地球内部和医学中X射线拍片的原理一样。在X射线拍片中,我们通过X射线穿过人体。因为X射线对人体器官及骨骼有不同的穿透能力,通过分析穿过人体的X射线的强度,我们得到人体器官及骨骼的影像。地震波探测地球内部则通过分析穿透地球内部的地震波的走时(即地震波从震源到达观测点所需的时间)和衰减,得到地球内部的结构。

我们通过分析由班达海三个深部地震散发的从地球内核表面反射的地震波的走时和振幅来研究地球内核表面(图1),结果发现,这些地震波的走时和振幅在日本的高敏度地震台网的不同台站的记录中呈现快速的变化。地震波在有些台站晚到2秒之久,而

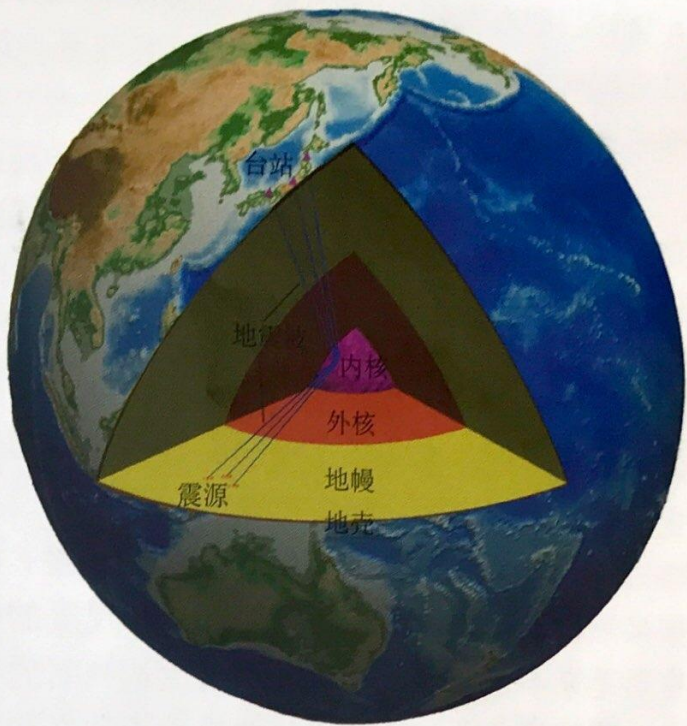


图1 地球内部结构及地震波传播

在另外一些台站则早到2.5秒；地震波的强度在台网观测中的变化达到4倍以上。我们通过模拟地震波传播，发现地球内核表面至少拥有一种横向6千米、垂向起伏14千米的地形和另一种横向2~4千米、垂向起伏4~8千米的系列地形。

这一研究结果首次利用直接的地震学证据，证明地球内核表面并非我们所认为是均匀光滑的，而是至少拥有两个不同尺度的不规则地形。地球内核表面是一个由地核成分和温度控制的液态(外核)–固态(内核)相变面。地球内核表面存在不规则的现象表明，这个相变面随区域而变化。我们提出了两种可能的解释：①地球内核表面是一个由其局部的温度和成分控制的固–液态平衡相边界，内核表面存在不规则地形表明内核表面附近存在着小尺度的温度和成分的变化；②小尺度的驱动力使地球内核表面变形，使其偏离固–液态平衡相边界，形成不规则形状。边界的热化学平衡本应使内核边界调整至原来的平衡位置，即偏离固–液态平衡相边界的内核部分将被融化，但如果热化学平衡调整所需的时间比小尺度的驱动力变化的时间要长，即这些不规则的变形还来不及与周围的成分和温度达到新的平衡，则内核表面的不规则的现象可能存在。这种情况下，地球内核边界处于动态和不稳定状态。这两种解释都表明，地球内核的凝固过程随区域不同而变化，甚至有可能在某些区域凝固、另外一些区域融化。也就是说，产生地磁场的驱动力随区域不同而变化。因此，科学界需要重新评估产生地磁场的驱动力。

国际权威学术期刊《美国科学院院刊》(PNAS)于2012年4月30日在线发表了这项研究成果^[1]。此项研究获得了国家自然科学基金重点项目和中国科学院、国家外国专家局“创新团队国际合作伙伴计划”的资助。

参 考 文 献

- 1 Dai Z Y, Wang W, Wen L X. Irregular topography at the Earth's inner core boundary. *P Natl Acad Sci USA*, 2012, 109(20):7654-7658.

Irregular Topography at the Earth's Inner Core Boundary

Wen Lianxing

The solidification of the Earth's inner core releases latent heat and expels light elements, providing driving forces for the thermo-compositional convection in the outer core, a process responsible for generating the Earth's magnetic field. The inner core boundary has always been thought to be smooth and the drive forces of the outer core convection be laterally homogeneous. We analyzed seismic waves reflecting