



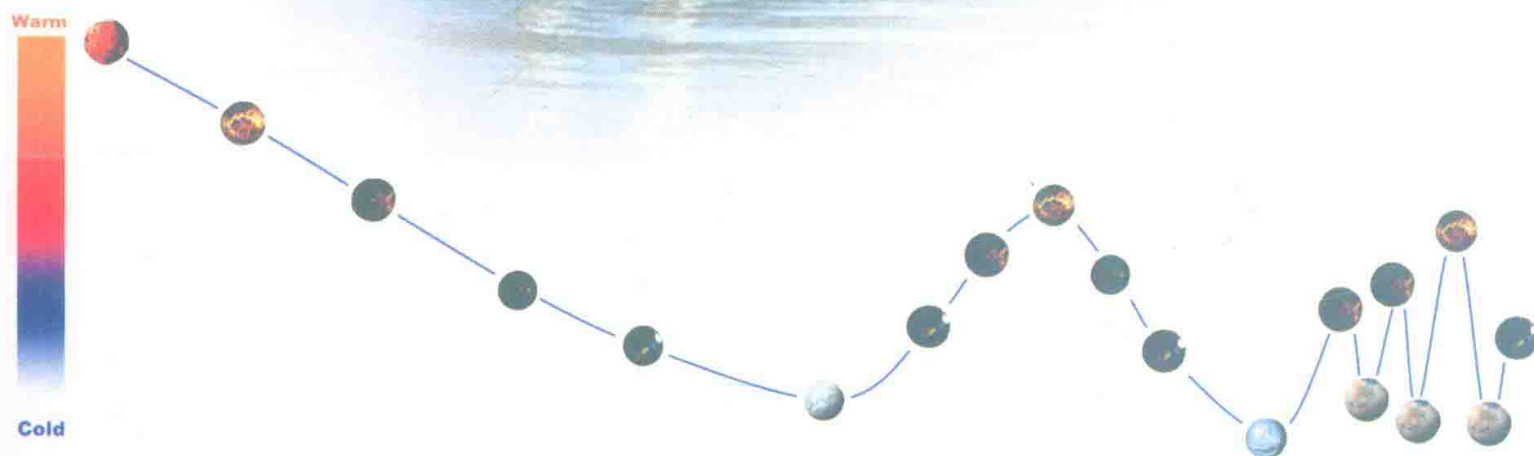
中国科协学会学术部 编

新

观点新学说学术沙龙文集

80

# 地球演化与全球变暖



中国科学技术出版社  
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

新观点新学说学术沙龙文集 ⑧

地球演化和全球变暖

中国科协学会学术部 编

中国科学技术出版社  
· 北 京 ·

## 图书在版编目 ( CIP ) 数据

地球演化与全球变暖 / 中国科协学会学术部编 .  
——北京: 中国科学技术出版社, 2014. 6  
ISBN 978-7-5046-6649-9

I . ①地… II . ①中… III . ①地球演化—研究  
②全球变暖—研究 IV . ① P311 ② P467

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 121205 号

---

选题策划 赵 晖  
责任编辑 赵 晖 夏凤金  
封面设计 照 心  
责任校对 何士如  
责任印制 张建农

---

出 版 中国科学技术出版社  
发 行 科学普及出版社发行部  
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号  
邮 编 100081  
发行电话 010-62173865  
传 真 010-62179148  
投稿电话 010-62103182  
网 址 [www.cspbooks.com.cn](http://www.cspbooks.com.cn)

---

开 本 787mm × 1092mm 1/16  
字 数 200 千字  
印 张 8.75  
印 数 1-2000 册  
印 次 2014 年 6 月第 1 版  
版 次 2014 年 6 月第 1 次印刷  
印 刷 北京长宁印刷有限公司

---

书 号 ISBN 978-7-5046-6649-9 / P · 178  
定 价 18.00 元

---

如有缺页、倒页、脱页, 请与本社发行部联系调换。

倡导自由探究

鼓励学术争鸣

活跃学术氛围

促进原始创新



“龟裂”——中国工程院院士谢和平

# 序

由中国科协主办，中国岩石力学与工程学会承办的“地球演化与全球变暖”学术沙龙经过近两天的热烈讨论，收获颇多。目前即将出版的这个册子，就是整理大家的发言，供更多的人参考，这是一件好事情。

2011年，我们学会组团参加美国的一个岩石力学会议，唐春安教授与我们同行。一路上，他多次与我谈起他对美国科罗拉多大峡谷形成机制的看法。他从龟裂的角度，运用能量最小、路径最短的力学原理，介绍了他的关于大峡谷形成的模型。我当时也饶有兴致地考察了大峡谷，觉得唐教授从力学的角度考虑大峡谷形成的机制有一定的道理。一年多以后，唐教授又将他有关地球演化与全球变暖的进一步思考及他与国外多位地球科学专家的书信往来向我进行了汇报，他的执着使我开始感到应该重视他的研究。

为此，2012年11月3日，学会邀请了相关专家和学者30余人，在北京组织了一次地球演化与全球变暖新观点研讨会，听取了唐教授关于地球演化与全球变暖新模型的报告，会议讨论十分热烈，对唐教授的观点基本给予了正面评价，会议决定申报本次学术沙龙。

本次沙龙得到了国内外专家学者的响应与支持。来自中国科学院地质与地球物理研究所、中山大学、南京大学、大连理工大学、东北大学、兰州大学、北京科技大学、北京师范大学、西南交通大学、南昌大学、北京建筑大学、总参科技委、中国科学院南京古生物研究所、中国地质科学院地质研究所、中国科学院武汉岩土力学研究所、香港大学、香港理工大学、美国康涅狄格大学、加拿大多伦多大学等国内外十几所高等院校、科研院所的近30位专家参加了学术沙龙。专家们围绕“地球演化与全球变暖”的主题充分交流了各自的科研成果，发表了各自的观点，并就当前该领域的一些热点问题展开了热烈讨论。特别是唐教授在沙龙主题发言中提出了有关地球演化的“锅盖

效应”模型，引起了多数与会者的极大兴趣。唐教授基于热力学、物理学和岩石力学基本原理，对地球演化和全球变暖机理进行了全新的思考，提出了地球的热平衡方程并对地球演化进行了逻辑推演。他将地球诞生初期熔岩海洋冷却形成坚硬地壳的过程比喻为逐渐变冷的火锅被盖上“锅盖”，而处于地壳封闭下的地球在温度积累过程中造成的地表大龟裂则是地球演化进程中的重大事件。他认为，地球演化的历史就是一部地球热能在冷—热周期不断转换中渐进衰变的历史。地壳与地幔物质在热平衡条件下的不断相互转化，诱发了一系列以升温与冷却、膨胀与收缩、熔融与凝固为特征的地表变迁史。全球变暖是地球演化热周期的必然趋势。

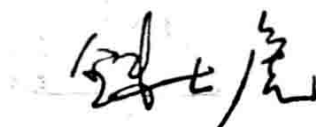
科学的本质是批判，交流的本质是质疑。本次沙龙秉承了这个理念。因为是新观点学术沙龙，具有探索性，所以这次沙龙实现了许多不同观点和意见的交锋。观点的碰撞，能完善已经提出的观点，诱发产生新的观点。沙龙讨论过程中，不仅唐教授详细阐述了他的观点，许多专家还从生物灭绝、海平面下降、红层以及冰川周期等多方面，对唐春安的模型提供了可能的佐证或者质疑。

我个人认为，唐教授的新观点并不是与传统地质科学对立。他的观点也是基于了大量的地质学观测和证据提出来的。我们可以回顾历史上很多重大的科学成就，都是后人站在前人的肩膀上而取得成功的。第谷(Tycho)、开普勒(Kepler)、牛顿(Newton)有关天体运行和万有引力的科学贡献，就是一个很好的例子。牛顿发现万有引力定律，是人类的伟大发现。牛顿说：“之所以我看得远些，是因为我站在了巨人的肩膀上”。当时，丹麦的实验天文学家第谷对多个行星的运行轨迹做了20多年的精确观测，积累了宝贵的第一手资料。然而，资料浩如烟海，他并没有找出行星运行的规律，是他的助手、德国人开普勒，对第谷的观测资料进行了长期的仔细研究，总结出著名的太阳系行星运动三定律。后来，牛顿基于开普勒行星运动三定律，认为一定有一种相互作用力控制着行星的运行，这一思考导致他发现了著名的万有引力定律。在这个故事里，第谷是一位观察家，开普勒是一位现象学家，而牛顿则是一位起关键作用的理论家。但是，如果没有第谷的精确观察，开普勒可能就不会发现他的三条定律。如果没有开普勒或其他研究者总结、归纳第谷浩如烟海的观测数据，将其梳理成简洁的定律，也许就没有后来牛顿的发现。

路甬祥院士在中国科学与人文论坛上曾经做过“魏格纳给我们怎样的启示”的演

讲，其中提到了三个启示：①创新需要勇气和自信、需要非凡的想象力和严谨的科学思维；②地球科学是一门跨学科的复杂系统科学；③应为地球科学研究创造更加良好的条件和环境。我们都知道地质学发展史上的伟大人物魏格纳先生，他突破传统，提出新思想、新学说，具有非凡的勇气、自信、想象力和严谨的科学思维，以及执着追求探索真理的毅力。这些品格和特点在魏格纳身上得到了充分体现。我们很多参加沙龙的专家，包括我，并不是表示完全同意唐教授的观点，而是希望这个领域能够有更多的讨论、争论，有更多的理性探索，这样才能期待产生新的学术观点，甚至新的学术理论。忘掉历史就是背叛，我们应该珍惜历史给我们的启示。

还有一点是最重要的。那就是，地球演化过程一定是一个与力学相关的过程。尽管唐教授不是地学工作者，但他从一位力学工作者的角度研究地球演化，这应该是一个值得鼓励的方向。



2013年10月27日

## 目 录

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 地球大龟裂——地球演化动力学新思考·····   | 唐春安 (3)   |
| 地球的洋、陆演化与气候变迁·····       | 陈国能 (13)  |
| 科学的想象力·····              | 王思敬 (22)  |
| 地壳演化的旋转—脉动机制·····        | 戚承志 (32)  |
| 二叠纪末生物大灭绝与高温事件·····      | 沈树忠 (46)  |
| 气候变化下的地质与岩土响应·····       | 李晓昭 (54)  |
| 对上新世—第四纪气候变化的两点思考·····   | 聂军胜 (59)  |
| 地球系统空间与壳元格网模型·····       | 吴立新 (62)  |
| 地震的气体诱发模型·····           | 岳中琦 (70)  |
| 温度周期与全球变暖·····           | 唐春安 (80)  |
| 表生黄钾铁矾矿物对古气候条件的指示意义····· | 陈 蕾 (109) |
| 总结发言·····                | 陈国能 (110) |
| 专家简介·····                | (112)     |
| 部分媒体报道·····              | (122)     |
| 后记·····                  | (128)     |

## 会议时间

2013 年 8 月 22—23 日

## 会议地点

北京

## 主持人

钱七虎

钱七虎：

大家都对地球演化和全球变暖的主题感兴趣，2002 年初我学会原副理事长唐春安提出地球演化与全球变暖的新观点，他认为地球演化历史就是一部地球内部热能在人类周期不断转换中渐进衰退的历史。地壳与地幔在热平衡条件下不断相互转化，诱发了以升温与冷却、膨胀与收缩、熔融与凝固为特征的地表变迁史，并在国际上首次提出了地球演化与全球变暖的新模型。

科学的本质是批判，交流的本质是质疑，希望本次沙龙能秉承这个理念。根据规定，除了主题发言以外，其他每人发言时间不超过 10 分钟，发言要简明扼要，讲清观点，以便让更多的同志有机会发言。因为是新观点新学说学术沙龙，具有探索性，所以允许不同观点和意见的交锋，但要讲清道理。我们鼓励不同的观点把讨论引向深入，以便能够产生观点的碰撞，完善已经提出的观点，产生新的观点。

我们可以回顾历史上很多重大的科学成就，是经受了同行实践和时间的检验才得以成立的。这里举一个例子，麦克斯韦在 42 岁时提出了完整的电磁波理论，但当时欧洲科学界固守牛顿力学传统的物理学观念，他的电磁波理论没有被承认，并当作奇谈怪论，他生前也没有受到应有的荣誉，直到逝世 9 年后的 1888 年，德国物理学家赫兹用实验验证了电磁波的存在，轰动了当时整个科学界，电磁波

理论取得了决定性胜利。20 世纪的电力、电子、信息技术革命，充分体现了电磁波理论的伟大意义。我们的很多专家，包括我，并不是完全同意唐教授的观点，而是希望这个领域能够有更多的讨论、争论，有更多的理性探索，这样才能产生新的学术观点，甚至新的学术理论。忘掉历史就是背叛，我们应该珍惜历史给我们的启示。

## 地球大龟裂——地球演化动力学新思考

◎唐春安

先说明一下，今天并不是围绕我个人的新观点讨论，而是大家围绕这次沙龙的主题开展讨论，我只是做主题发言。我们根据讨论的进展，将几个主题发言安插在讨论过程中分散进行。

我先讲主要的模型，在模型基础上的一些推演，后面在讨论中再插入进来介绍。我想到地球演化这个大问题，是受我的岩石破坏力学研究所启发的。我发现岩土材料中有一个现象很有意思，叫龟裂现象。龟裂的产生，既不是因为材料中某些位置的强度低，也不是因为材料中某些位置的应力高或应用集中。譬如，土地干裂之前，介质的材料性质是均匀的，并不是说产生开裂的地方原来的材料强度就低。还有，干裂发生之前，介质中的应力也是均匀的。干裂是在介质中的应力场达到一种临界点之后，产生远程相关的自组织现象，在很短的时间内新萌生的裂纹产生相互作用，共同促进，很快发展成一个大裂纹网络系统。在力学上，它属于裂纹空间（fracture spacing）问题，符合能量最小、路径最短原理。这很值得思考。就龟裂现象，我们做了很多实验。不仅是干裂，岩层受到下面抬升作用产生表面龟裂也是这样的道理。因为龟裂是并不依赖于物质的力学行为（不管是干裂还是冷缩），它的行为只是与力相关。湿度减小引起干缩，从力的角度看，实际是干缩引起了拉应力的产生。冷却过程也是在物质表面产生冷缩拉应力。因此，它们最后都是形成龟裂。

地球表面有很多这样的裂缝，可否通过这种龟裂的力学机制来理解？譬如，大峡谷的形成是否可以通过这个机制来理解？相对地球而言，大峡谷是小尺度问题。那么在大尺度方面会不会属于同样的机制？中国地质科学院地质研究所任纪舜院士曾说过，全球构造应该有一个统一的应力场来控制。从现代全球大洋裂谷系统来看，近8万千米长的洋中脊裂谷系，是一个相互关联的裂纹网络系统，显然应该有一个统一的应力场来控制。过去的主流观点认为地表破裂是某些地下热

异常造成的。我做了四个数值模拟，模拟不同层厚的球壳在内部膨胀条件下的破裂（图1）。遗憾的是，我不能模拟液体在里面的热膨胀应力。我只能通过在内部表面施加的位移增量来模拟它的膨胀效应。即使这样，我们得到了令人兴奋的结果。这个球的表面产生了龟裂现象。从这个角度看，有一篇文献很有意思，是美国加州理工的教授提出的一个很有意思的观点，他做了很多统计，发表了好几篇文章。他认为，大陆裂解时的裂缝分布符合某种多边形几何规律。他还发现多数大火山岩省都发生在三岔口。我的数值模拟不仅反映出了这种裂纹网络的形成机制，而且还正好反映出三岔口裂缝最深。有意思的是，这个裂缝是自上往下发展的。从这个角度入手考虑地球表面的开裂问题，可以想一想，为什么地球表面的板块边界是几何多边形块？热膨胀起很重要的作用，是地球内部热增长的结果。这种全球尺度的裂缝的形成并不是某些局部热异常造成的。我的模拟过程不需要特别设定材料的局部异常，也不需要设定载荷的局部异常。它们就是在一种均匀介质、均匀受力条件下产生的多边形裂纹现象。

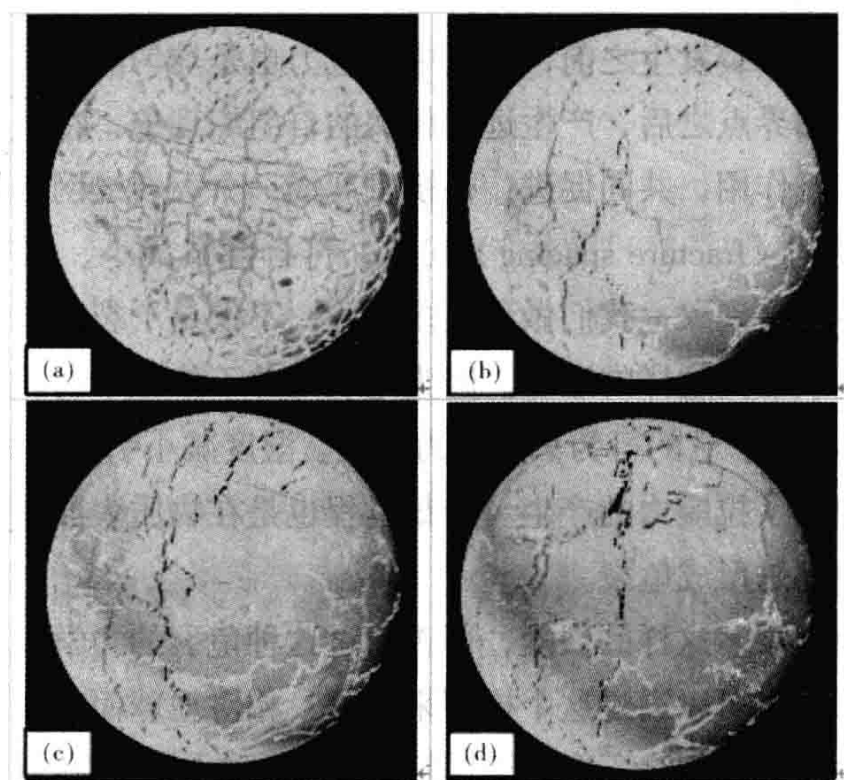


图1 不同层厚球壳内部膨胀破裂过程数值模拟

再想想全球变暖的问题。地球历史上温度的确有过很大的波动，比如冷到雪球事件，热到致命高温。那么，地球内部的热究竟是怎么变化的？冷热事件为什

么会周期出现？我就是从这个出发点入手，基于热力学、物理学和力学原理建立了一个模型，描述地球内部的温度周期。

首先是基本假设，根据地球科学的主流观点，45.6 亿年前地球是一个熔岩海洋。我这个模型探讨的出发点，就是从这个熔融海洋开始的。当时的地球，没有大陆，没有海洋，没有生命。仔细看一下地球系统（图 2），五种热起主要的作用。第一种热是地球形成初期的原始热，第二种是太阳辐射照在地球上的入射热，第三种是地球对外太空辐射的损失热，第四种是地球内部的放射性衰变热，第五种也是最重要的一种，地球物质凝固和熔融产生的冷热变化，凝固过程是放热的，熔融过程是吸热的。前面几个热都是单调的，只有这个是波动的。这个波动如果很大，会干扰这个本来是单调变化的热系统。初始热会逐渐释放，太阳辐射热是单调增加的，放射性衰变产热也是单调增加的，或者有波动，但不会突然波动。只有相变热可正可负，可能是一个重要的波动因素。

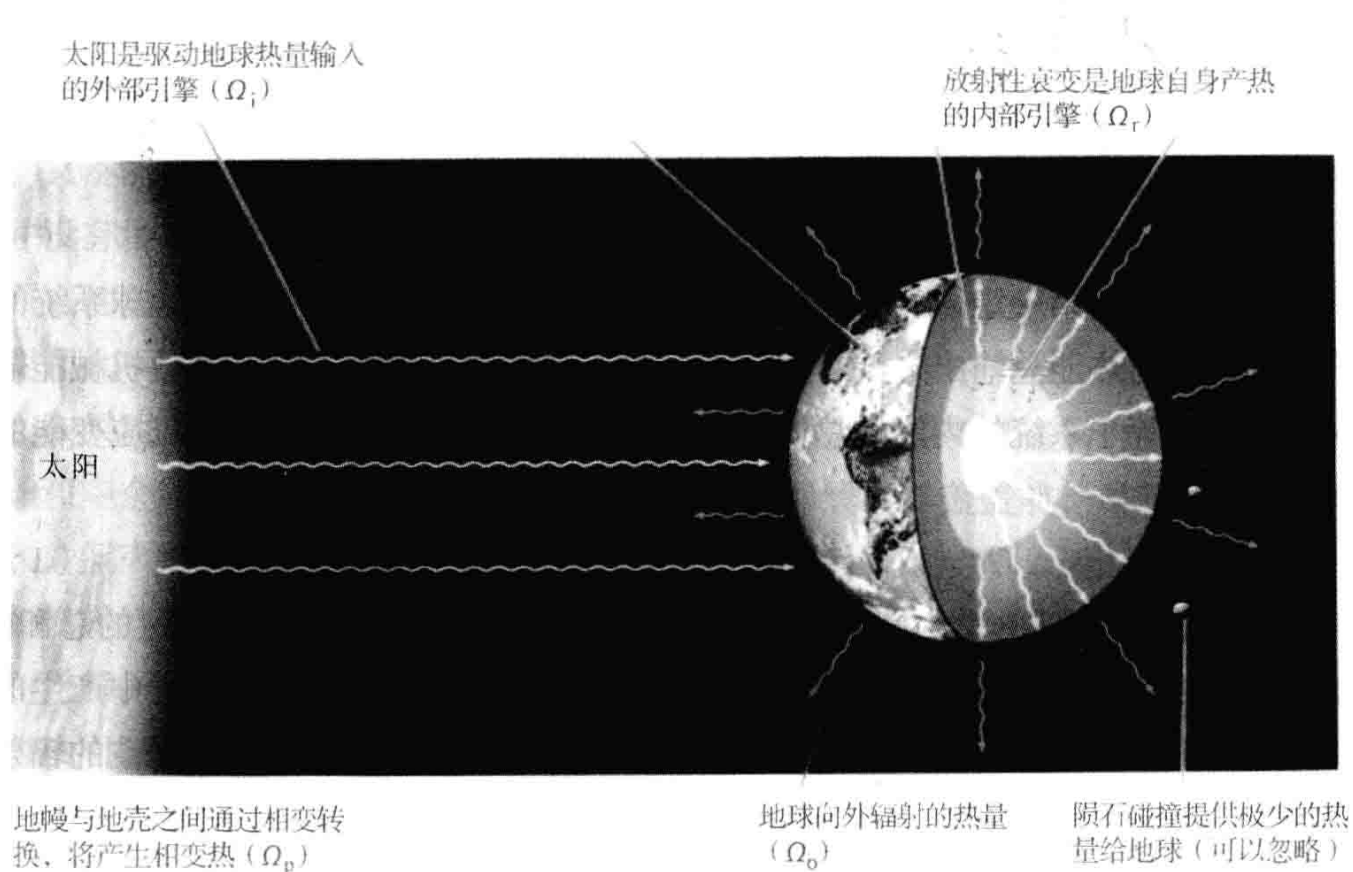


图 2 地球作为一个热平衡系统示意图

这里运用了两个定律，热力学第一定律，有关能量守恒的；热力学第二定律，涉及温度传导的方向。在自然条件下，热量是从高温向低温传导的，除非有外界

干预的情况。

物理学的三个原理也是控制地球演化过程的重要因素：

原理一，相变临界温度与压力有关，压力越高，产生熔融的临界温度越高；压力越低，产生熔融的临界温度越低。

原理二，多数地球物质，除水外，发生熔融的时候，体积将增加，即扩容；反之，发生凝固时体积减小，即缩容；物质不一样，扩容的程度不一样，冰是反过来的。

原理三，熔融过程是吸热过程，大部分的物质，凝固过程是放热过程。

力学原理：

原理一，当温度升高时，地球物质发生膨胀，在一定的约束条件下，膨胀的物质将产生相应的温度应力。

原理二，固体地球物质产生的热膨胀应力超过物质的强度，将诱发物质破裂，并造成局部应力释放。

原理三，液态地球物质产生热膨胀，将驱动热液从高压区向低压区流动。当这种流动趋于稳定时，液态物质各方向上的压力相等。

原理四，相对气态物质而言，可以假定液态物质不可压缩。

基于热力学第一定律，我们就可以给出地球热的平衡方程，即，地球系统的热能总输入与热能总输出之差（假定地球只有热能输入输出，没有其他机械能输入输出），等于系统的内能的总变化（即系统热能的增加或减少及系统应变能的变化）：

$$\Delta \Omega_E = \Delta \Omega_r + \Delta \Omega_p(\sigma, T) + \Delta \Omega_i + \Delta \Omega_o \quad (1)$$

其中， $\Delta \Omega_E$  是地球的总内能增量，它是地球系统热能变化和应变能增量的总和； $\Delta \Omega_r$  是地球内部的放射性衰变热增量； $\Delta \Omega_p$  地球物质凝固和熔融过程中产生的相变热增量； $\Delta \Omega_i$  是太阳对地球的辐射热增量； $\Delta \Omega_o$  则是地球对外太空的辐射热损失。

式（1）中， $\Delta \Omega_p(\sigma, T)$  表明地球物质熔融或凝固的相变热与压力  $\sigma$  和温度  $T$  有关。凝固是一个放热过程，而熔融则是一个吸热过程。这种物质的凝固和熔融相变主要发生在软流圈与岩石圈之间的交界带。

将式（1）对时间求导，即：

$$\frac{d\Omega_E}{dt} = \frac{d\Omega_r}{dt} + \frac{\partial\Omega_p}{\partial\sigma} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\partial\Omega_p}{\partial T} \frac{dT}{dt} + \frac{d\Omega_i}{dt} + \frac{d\Omega_o}{dt} \quad (2)$$

式(2)即为地球演化热平衡性态变化的速率表达式。根据其中与各个物理量相关的热变化规律,从该方程可以推演出地球演化过程中不同阶段的演化特征。

我与一些同事交流过此方程。当时很多人听我介绍了这个模型之后,都觉得太简单,很怀疑。但是,这个方程看着很简单,实际上用它可以解释很多重要的地学现象。我觉得这个模型非常恰当地表明了一个系统的热变化过程。比如我们吃火锅,这个火锅系统就是一个热系统。服务员将火锅端上来的时候,通常是端上烧开水。但是这锅开水端上来以后,温度永远不会自己再升高。就像热水瓶装开水,只能保温,但不可能使温度再升高。也就是说,不点火,火锅是吃不成的。所以吃火锅通常要点一个小火,点上火以后,这个系统就有了热量输入。但也许这个火不够大,火锅还可能继续变凉,说明热的增加少于热的耗散,这个系统就变成冷却系统了。尽管热量也在慢慢输入,但总的火锅系统是在变冷。火锅吃不成,又不能再去点更多的火,我们怎么办?我们可以给它盖一个锅盖!虽然盖锅盖并没有增加这个系统的热量输入,但是它却减少了火锅的热量输出,使得火锅从原来的总体热量减少的过程转入到总体热量增加的过程。因此,盖上锅盖以后,即便是火不够大,但只要时间足够长,总有一个时刻就会将这个火锅重新烧开。

如果我们考察这个系统内部的温度和压力变化,我们可以在锅内安装一个温度计和一个压力传感器。那么,它一定是这样的曲线,即盖盖前,尽管也有热量输入,但火锅的温度是在慢慢下降的。但是盖盖以后,温度便会逐渐升高,直至达到临界值,火锅的锅盖被顶开。此时,火锅中的温度,尤其是压力,会迅速下降。此后,火锅又会进入一个新的温度、压力升高的循环期,这就是火锅系统波动的热周期。

回到地球模型,既然认为最初的地球是熔融状态的,那么,根据目前地壳存在的事实,就可以得到第一个逻辑推论,即地球 45.6 亿年的演化过程总体上是冷却过程。说明地球系统的自身产热是不足以弥补整个系统对外的热损失的。但是这个系统显然不应该是单调降温过程,否则就不会有大规模火山喷发、熔岩溢流,不会有大地震,不会有生物大灭绝。这个系统一定在总体降温的过程中有过

几次大的波动。我认为地球系统有两种类型的大事件，对地球演化来说，是里程碑式的事件。一个就是液体到固体的冷却相变事件，与地壳形成有关，就是熔岩海洋在冷却过程中形成坚硬的地壳；另一个就是超大陆甚至整个地壳的裂解事件，称地球大龟裂。地壳的形成就是地球演化历史上第一次给地球盖了个大锅盖。由于地壳固体介质是相对隔热的，因此，地壳形成就使降温过程中的地球转入了升温过程，地球从收缩过程转入了膨胀过程。

稍微科学一点描述，就可以用式(1)、(2)的热平衡方程来表达。

特别强调一下，我们过去不太注意这个问题，即地球系统还有一个边界条件，非常重要，即寒冷的宇宙空间。在地球的周围万米高空，温度已降低到 $-50^{\circ}\text{C}$ 以下。在更遥远的宇宙空间，温度更是低于 $-200^{\circ}\text{C}$ 。我们坐飞机，都知道飞机外面的温度低达 $-50 \sim -60^{\circ}\text{C}$ 。寒冷的宇宙其实是给地球降温的最重要的边界条件。地球靠自身的热来抵御宇宙的冷，这是一对热与冷的矛盾体，热与冷相互斗争，推动着地球的演化。方程(1)、(2)还可以给出温度的周期性描述。刚才那几项中，放射性衰变热、太阳入射热等，总是单调的，是比较确定性的。只有地球对外散热这一项是变化的。地球演化的初期，地表是液态状的，与大气热交换快，热辐射也大，因此散热很快。从逻辑看，最早熔融状态的地球一定是冷却过程，因此这个总方程此刻小于0是确定的。地壳为什么能够形成？地球演化初期的失热大于产热，就是地壳形成的热力学基本条件。但是地壳一旦形成，就像给地球盖了一个大锅盖，大大减少了地球的散热。相对地球内部的放射性衰变产热，地球表面的失热相对很少了，即热流值大大降低，对外放热减少。地球内部总体开始升温，总的平衡热量方程就大于0了。地球转入升温状态，一方面地球的热能增加，另一方面地球的机械能增加，主要是弹性应变能增加，造成地球膨胀等。与此同时，地球的热能增加，温度增加，地壳从下部开始熔融，地壳就会慢慢变薄。

所以，地球温度的热周期会造成地壳厚度的变化。地球降温，地壳增厚。地球增温，地壳减薄。我们可以参考一下水星上的证据，资料表明，在水星上，巨大的岩浆冷却后结晶，之后又发生过熔融，说明温度发生了升、降变化的周期性行为。

降温增厚，增温减薄，温度的变化是决定性因素。地壳就是地球降温过程形成的。任院士也讲到过地壳厚度变薄变厚的现象，指出有很多种减薄模式。我这里主要讲的是增温和降温过程，降温形成陆壳，这个陆壳是隔热的，会造成地球