第 27 卷　第 6 期
2025 年　12 月

古　地　理　学　报
JOURNAL OF PALAEOGEOGRAPHY（Chinese Edition）

Vol. 27　No. 6
Dec.　2025

文章编号：1671-1505(2025)06-1607-20　　**DOI**:10.7605/gdlxb.2025.060

基于中国传统时间观的地球演化史模型

黎念青

北京市经济社会发展研究院，北京 101160

摘　要　根据中国传统的干支纪时和六十甲子纪年法以及传统医学中的3600年周期学说，演绎出21.6万年、1296万年、7.776亿年和466.56亿年旋回，将466.56亿年假定为宇宙的生命周期。结合最新科学进展，将宇宙诞生时间确定为138.1536亿年，将太阳系和地球的年龄确定为45.7488亿年。根据十天干，将宇宙生命周期分为10个46.656亿年旋回。在此基础上，首先，用六十甲子分析法，按照46.656亿年旋回找出地球诞生以来的辛巳段、旋回中点（0.5，癸巳段与甲午段交界点）、庚子段、辛亥段4个关键时段，与地质事件相对应。第二，用黄金分割法，对45.7488亿年以来的历史作多次黄金分割，找出其黄金分割点，与地质事件相对照。第三，用7.776亿年周期将地球演化史分成6个大的旋回，即4574.88—3797.28 Ma、3797.28—3019.68 Ma、3019.68—2242.08 Ma、2242.08—1464.48 Ma、1464.48—686.88 Ma和686.88 Ma至今，分析每个旋回的辛巳、庚子、辛亥等关键节点。第四，按照“一阴一阳之谓道”思想，将2个7.776亿年周期，共120个1296万年，作为一个旋回，找出其黄金分割点所在的第74个1296万年，分析这一时段的生物和地质变化。最后，用六十甲子法将最后一个7.776亿年旋回按照1296万年周期进行拆分，运用黄金分割法，找出各个1296万年周期的黄金分割点，与地质年代表分期作对照，从中发现生物演化、人类进化和地球板块构造运动的规律，构建出地球演化史的总体模型。

关键词　地球演化　古地理学　大历史　时间观　黄金分割　天干地支

作者简介　黎念青，男，1968年生，北京大学历史系中国史专业历史学学士（1991年）、北京大学经济学院中国经济史专业经济学硕士（1996年），目前在北京市经济社会发展研究院从事政策研究。E-mail：nianqingli@126.com。

中图分类号：P531，K01　　**文献标志码**：A

A model of Earth evolution history based on traditional Chinese time theory

LI Nianqing

Beijing Institute of Economic and Social Development, *Beijing* 101160, *China*

Abstract　Based on the traditional Chinese Ganzhi Chronology, the Sixty-Jiazi Chronology, and the 3,600-year cycle theory from Traditional Chinese Medicine, this study deduces cycles of 216000 years, 12.96 million years, 777.6 million years, and 46.656 billion years. The universe's lifespan is assumed to be 46.656 billion years. According to the latest scientific advances, the Big Bang occurred 13.81536 billion years ago, and the age of the Solar System and the Earth is estimated at 4.57488 billion years. By the Ten Heavenly Stems, the universe is divided into ten 4.6656-billion-year cycles. On this basis, first, by the Sixty-Jiazi method, four key points in the Earth's 4.57488-billion-year history are identified as

收稿日期：2024-11-30　　改回日期：2025-01-24

Xinsi (0.3), the midpoint of the cycle (0.5; the boundary between Guisi and Jiawu), Gengzi (0.618), and Xinhai (0.8), which correspond to geological events. Second, using the golden-ratio method, we repeatedly partition the 4.57488-billion-year history to identify golden-ratio points and compare them with geological events. Third, the Earth's evolutionary history is divided into six major cycles using a 777.6-million-year periodicity, namely 4574.88–3797.28 Ma, 3797.28–3019.68 Ma, 3019.68–2242.08 Ma, 2242.08–1464.48 Ma, 1464.48–686.88 Ma, and 686.88 Ma to present. The key nodes of each 777.6-million-year cycle, such as Xinsi, Gengzi, and Xinhai, are analyzed. Fourthly, following the concept of "one yin and one yang is called the Tao", two 777.6-million-year cycles—comprising 120 segments of 12.96 million years—are taken as one cycle. The 74th 12.96-million-year segment (the golden-ratio position) is identified to examine the biological and geological changes during this period. Finally, the most recent 777.6-million-year cycle is subdivided into 12.96-million-year intervals by the Sixty-Jiazi. The golden-ratio point of each 12.96-million-year interval is identified and compared with the subdivisions of the geological time scale, from which a model of Earth's evolutionary history is constructed.

Key words Earth evolution, palaeogeography, Big History, time theory, golden ratio, Heavenly stems and Earthly branches

About the author LI Nianqing, born in 1968, holds a Bachelor degree of History in Chinese History from the Department of History, Peking University (1991), and a Master degree of Economics in Chinese Economic History from the School of Economics, Peking University (1996). Currently, he is engaged in policy research at the Beijing Institute of Economic and Social Development. E-mail: nianqingli@126.com.

1 概述

20 世纪中期以来，随着放射性测年技术、进化分子钟、宇宙微波背景辐射等科学技术的涌现，发生了历史学家大卫·克里斯蒂安所说的“精密计时革命”(Chronometric Revolution)(孙岳，2012；克里斯蒂安 D，2013)，史前史、古生物学、地质学、宇宙学都开始应用精确测年技术，深层历史时间概念获得了坚实的科学基础，人们依据可靠的绝对日期建立的时间轴可以追溯到地球的初始甚至宇宙的起源。在历史学自然科学化的同时，自然科学也在历史化，以至于高能物理学家尼马·阿尔卡尼—哈米德说：宇宙学就是历史学（佩奇 L，2020)，国内也已有学者提出建立年代古地理学的建议(王瑜等，2022)。精确测年技术使我们能够以统一的、跨学科的方式，将宇宙、地球、生命和人类的历史作为一个历史连续体去研究，建构起一种关于整个过去的客观的、科学的、日益详细的时间表(刘耀辉，2013)。历史学也不再是传统单一的人文社会学科，而是成为包括一大群分支学科的学术大家族（孙岳，2012；克里斯蒂安 D，2013)。几乎与自然科学界学者建构起地球系统科学的同时，20 世纪 80 年代末至 90 年代初，涵盖生物学、地球科学、天文学、宇宙学等学科，以“物质与能量”、“能量流”、“熵”和“负熵”、“复杂性”、“金凤花原理”、“集体知识”等概念为分析工具，以统一的跨学科方式理解宇宙、地球、生命和人类历史为目标，实现历史学与自然科学融合的“大历史”（Big History）应运而生。历史学家大卫·克里斯蒂安于 2004 年出版的“大历史”奠基之作《时间地图》被著名的全球史专家威廉·麦克尼尔誉为“一项伟大的成就”，将之与牛顿的经典物理和达尔文的进化论相媲美（克里斯蒂安 D，2017，威廉·麦克尼尔推荐序)。

但正如一些学者所说，克里斯蒂安等人的“大历史”研究范式未能阐发出一种整合多个学科的方法论（刘耀辉，2013)，也未实现联结自然史和人类史的初衷，其用“能量流”、“复杂性”、“金凤花原理”等概念去界说人类社会的起伏变故显得天真和乏力（孙岳，2012)。

从轴心时代起，世界各民族就形成了各自独有的观察和认识世界的思维方式。与希腊民族追问世界本源、知识或真理只能从永恒的常在中去把握的

实质主义认知理路不同，中国人更多的是通过对历史运动的把握来体认天命的变化，中国经典和先秦诸子几乎无一不以历史作为主要论证手段（刘家和，2013）。笔者以中国传统时间观为基础，将国内外自然科学的研究成果与中国的人文传统相结合，建构一个宇宙、地球和人类社会演化的时间模型，形成中国特色、中国话语体系的“大历史”研究范式（黎念青，2025）。本研究即该研究范式的自然史部分。

2　研究方法

2.1　中国古代以天干地支纪时和六十甲子纪年的时间观

2.1.1　天干地支和六十甲子的主要内容

刘晓峰（2021）对中国传统时间观作了比较系统的梳理。“盖自黄帝以来，始用甲子纪日，每六十日而甲子一周”。中国在商朝时已经开始使用干支纪时，战国时期开始用六十甲子纪年（刘晓峰，2021）。刘青松（2022）将上古学者对天干、地支含义的解释进行了归纳整理。从古人对天干、地支涵义的理解可以看出，天干和地支都反映了生命孕育、生长、成熟、衰亡的规律。为便于大家理解，现将天干、地支的含义，择其要者摘录如下（表 1，表 2）。

干支纪时是中国古人的一大发明，干支是中国古代历法的根本（刘晓峰，2021）。六十甲子的起源有天文学因素的影响，可能来源于对土、水、木三星的观察。木星绕太阳一周约 12 年，土星绕太阳一周约 30 年，水星绕太阳一周约 0.25 年，其最小公倍数是 60 年，这意味着土、水、木三星约 60 年相会于一线（刘晓峰，2021）。

为便于理解，将六十甲子按顺序排列如下（表 3）。

将六十甲子与金、木、水、火、土“五行”相配，每个“五行”细分成 6 种，共 30 个纳音五行，每 2 年为一相同纳音五行。比如甲子、乙丑配海中金，壬戌、癸亥配大海水（表 4）。纳音五行不仅对今天的人来说是个难解之谜，据北宋沈括和南宋洪迈记载，当时的术家也已经“鲜原其意”、“多不能晓”（黄大同，2009）。

纳音五行给我们的最大启示是将六十甲子各年两两配对，既体现了中国传统的“一阴一阳之谓道”精神，也与当代量子物理学中的互补性原理相符合。纳音五行是中医“运气学说”的组成部分，中医以十天干配合金、木、水、火、土“五运”推算每年的岁运，以十二地支配合寒、暑、燥、湿、风、火“六气”推算每年的岁气，判断 60 年间每年天时气候变化对人体生命活动的影响。明清医学家费启泰（1590—1677 年）、王丙（1733—1803 年）、陆懋修（1818—1886 年）等人在总结历代名医用药寒温特点与所值“大气”相符关系的基础上，将“六气”主司时间由 1 气主司 1 年扩大为 1 气主司 60 年，形成周期为 3600 年的“大司天”理论。

表 1　天干的含义

Table 1　Meanings of Heavenly Stems

序号	天干	释义
1	甲	孚甲也。《释名・释天》：万物解孚甲而生也
2	乙	屈也。《纬书集成・推度灾》：乙者，屈也，屈折而起也 轧也。《释名・释天》：乙，轧也，自抽轧而出也
3	丙	炳也。《释名・释天》：物生炳然，皆著见也
4	丁	壮也。《释名・释天》：物体皆丁壮也
5	戊	茂也。《释名・释天》：戊，茂也，物皆茂盛也
6	己	纪也。《释名・释天》：己，纪也，皆有定形可纪识也 起也。《纬书集成・推度灾》：己者，起也，万物壮起也
7	庚	更也。《纬书集成・推度灾》：物至是而改，将更之也。庚者，更也，阴代阳也
8	辛	新也。《释名・释天》：辛者，新也，物初新者，皆收成也。 兵也。《纬书集成・推度灾》：辛者，兵也，物至是而残笃也
9	壬	阴气孕妊。《白虎通・五行》：壬者，阴始壬 万物孕妊。《释名・释天》：壬也，阴阳交，物怀妊，至子萌也 任养，任事。《史记・律书》：壬之为言任也，言阳气任养万物于下也
10	癸	揆也。《史记・律书》：癸之为言揆也，言万物可揆度，故曰癸

注：资料来源：刘青松，2022。孚甲指种子在初期生长阶段，其外壳尚未完全破裂，内含的白皮开始发芽的现象。抽轧指植物初出地面，呈弯曲状，犹如“乙”字，为屈扭上升之象。

2.1.2　对天干地支和六十甲子的科学理解和转化

为什么中国人选择了用十和十二搭配出六十甲子，这一最原初的根本问题至今仍然是个谜，没有人能给出大家都认可的回答（刘晓峰，2021）。今天我们可以借用玻尔的互补性原理，以及与 DNA 模型的类比，来深化对天干地支和六十甲子的理解。

量子力学创始人尼尔斯・玻尔根据双缝干涉实

表 2 地支的含义

Table 2 Meanings of Earthly Branches

序号	地支	释义
1	子	滋也。《史记·律书》：子者，滋也，言万物滋于下也
2	丑	纽也。《史记·律书》：丑者，纽也，言阳气在上未降，万物厄纽未敢出 《释名·释天》：丑，纽也。寒气自屈纽也
3	寅	演也。《纬书集成·推度灾》：演也，物演渐大，少阳之气也 螾也。《史记·律书》寅言万物始生螾然也
4	卯	茂也。《史记·律书》：卯之为言茂也，言万物茂也 冒也。《释名·释天》：卯，冒也，载冒土而出也
5	辰	震也。《纬书集成·推度灾》：震也，物振而动也 娠也。《史记·律书》：辰者，言万物之娠也 伸也：《释名·释天》：伸也，物皆伸舒而出也
6	巳	起也。《白虎通·五行》：巳者，物必起。“巳、起”假借 已也。《史记·律书》：巳者，言阳气之已尽也
7	午	满也。《白虎通·五行》：午者，物满长 仵也。《释名·释天》：午，仵也，阴气从下上，与阳相忤逆也
8	未	味也。《史记·律书》：未者，言万物皆成，有滋味也 昧也。《释名·释天》：未，昧也，日中则昃向幽昧也
9	申	气之伸也。《宝典》卷七《纪历枢》：申者，伸也。宋均注：阳气衰，阴气伸
10	酉	老也。《宝典》卷七《纪历枢》：酉者，老也。万物衰，枝叶槁
11	戌	灭也。《史记·律书》：戌者，言万物尽灭
12	亥	该也，核也，闭塞义。《史记·律书》：言阳气藏于下，故该也

注：资料来源：刘青松，2022。螾即“蚓”，螾然是指蚯蚓蠕动的样子。

表 3 六十甲子的构成

Table 3 Order of Sixty-Jiazi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		甲子	乙丑	丙寅	丁卯	戊辰	己巳	庚午	辛未	壬申
1	癸酉	甲戌	乙亥	丙子	丁丑	戊寅	己卯	庚辰	辛巳	壬午
2	癸未	甲申	乙酉	丙戌	丁亥	戊子	己丑	庚寅	辛卯	壬辰
3	癸巳	甲午	乙未	丙申	丁酉	戊戌	己亥	庚子	辛丑	壬寅
4	癸卯	甲辰	乙巳	丙午	丁未	戊申	己酉	庚戌	辛亥	壬子
5	癸丑	甲寅	乙卯	丙辰	丁巳	戊午	己未	庚申	辛酉	壬戌
6	癸亥									

验提出了互补性原理。双缝干涉实验表明，在一种观察方式中，光会表现得像是由单个粒子组成的光束，在另一种观察方式中，光又表现的像一种连续不断、此起彼伏的波。光到底是波还是粒子，跟具体的实验装置和观察方法有关，这种现象就是所谓的波粒二象性。玻尔由此发展出互补性理论，并将中国传统的太极图放入自己设计的纹章中，以体现互补性思想（泰泽 N，2023）。用互补性原理审视中国传统的时间观，天干和地支就像光的波粒二象

表 4 六十甲子纳音表

Table 4 List of Sixty-jiazi Nayin

甲子 乙丑	丙寅 丁卯	戊辰 己巳	庚午 辛未	壬申 癸酉
海中金	炉中火	大林木	路傍土	剑锋金
甲戌 乙亥	丙子 丁丑	戊寅 己卯	庚辰 辛巳	壬午 癸未
山头火	涧下水	城头土	白蜡金	杨柳木
甲申 乙酉	丙戌 丁亥	戊子 己丑	庚寅 辛卯	壬辰 癸巳
井泉水	屋上土	霹雳火	松柏木	长流水
甲午 乙未	丙申 丁酉	戊戌 己亥	庚子 辛丑	壬寅 癸卯
沙中金	山下火	平地木	壁上土	金箔金
甲辰 乙巳	丙午 丁未	戊申 己酉	庚戌 辛亥	壬子 癸丑
覆灯火	天河水	大驿土	钗钏金	桑柘木
甲寅 乙卯	丙辰 丁巳	戊午 己未	庚申 辛酉	壬戌 癸亥
大溪水	沙中土	天上火	石榴木	大海水

注：资料来源于黄大同（2009），摘录自（元）陶宗仪《南村辍耕录》纳音条目。

性，都是对时间之矢的量化方式。

六十甲子与 DNA 双螺旋结构有异曲同工之妙，天干和地支就像 DNA 结构的 2 条多核苷酸链，六十甲子中的每一年就像一个通过氢键连接形成的互补碱基对，只是天干、地支的数量多于嘌呤碱基和嘧啶碱基的数量，但其组合方式存在类似之处。

把黄金分割法运用于六十甲子分析，找出六十甲子中的关键节点。$60\times0.618=37.08$，取整为 37，在六十甲子序列中为庚子。把六十甲子分为前 30 年和后 30 年，前 30 十年黄金分割点取整后在辛巳（18），后 30 年黄金分割点取整后在辛亥（48）。六十甲子的中点在癸巳、甲午间（30）。辛者，新也，兵也。巳者，起也。辛巳代表了一个时代的兴起；亥者，核也，义为闭塞，辛亥代表一个时代的终结。辛巳、辛亥多发生破坏性事件。抓住了这 4 个关键节点，就抓住了理解六十甲子的关键（黎念青，2025）。

把六十甲子按照 1 来作量化处理，辛巳即 0.3，旋回中点（癸巳、甲午交点）为 0.5，庚子为 0.618，乙巳为 0.7，辛亥为 0.8。从历史经验看，这些年份往往都需要引起关注。

2.2 将中国传统时间观与黄金分割法相结合，建构起一个包含宇宙、地球、人类社会的总体性演化模型

2.2.1 以六十甲子为基础，构建人类社会和自然界演化周期的层级体系

按照“大司天”的思维理路进一步推演开，

将 1 气主司时间由 60 年扩大为 3600 年，则形成 21.6 万年周期。依此类推，形成 6 级周期体系。

1）60 年（1 个六十甲子），可称为生命周期，2 个甲子 120 年即人的极限寿命。美国著名衰老研究专家 Hayflick L 根据人胚胎肺成纤维细胞的寿命和分裂次数，推算出人类的寿命为 120 岁（何琪杨，2016），与中国古人把 2 个六十甲子称为“天年”不谋而合。120 的黄金分割点是 74.16，这与最近国外科学家发现的人类衰老规律：75 岁后个体造血功能显示出克隆多样性的严重下降（Mitchell *et al.*，2022）；78 岁后血液通路、骨形态发生蛋白信号传导相关变化最为剧烈（Lehallier *et al.*，2019），导致人体崩塌性衰老，非常相近。

2）3600（60^2）年，可称为社会周期，全新世以来人类在经历了 3 个 3600 年周期后，于公元 904 年后，开始了现代社会的建构过程（黎念青，2025）。

3）21.6 万年（60^3，0.216 Ma），可称为智人周期。距今 20 多万年前是解剖意义上的现代人诞生的时间（田娇阳等，2018）。

4）1296 万年（60^4，12.96 Ma），可称为生物灭绝周期。2 个 1296 万年（2592 万年）恰好与古生物学者 David M. Raup 等人所认为的 2600 万年地球生物灭绝周期相当（蒋志刚，2016）。显生宙生物灭绝的计算机可行性模拟也表明有约为 26 Ma 的周期（周瑶琪，2018）。

5）7.776 亿年（60^5，777.6 Ma），可称为地球周期，与以前地质学界确定的冥古宙（45.67—38.1 亿年）时间跨度大致相当。地球目前正处于第 6 个 7.776 亿年旋回中。

6）466.56 亿年（60^6，46.656 Ga），可称为宇宙周期，数值与整个可见宇宙（到宇宙微波背景辐射的距离）半径 465 亿光年极为接近（余瑜，2019）。本模型把 466.56 亿年假定为宇宙的生命周期。

2.2.2　将每一周期按照天干作 10 等分，按照地支作 12 等分，分析每一阶段地球演化的特征

把黄金分割法运用于各周期，找出每一周期的黄金分割点 0.618 所在的时点，将在这一时点所发生的地质事件放入地球演化史，观察其意义。

2.2.3　按照六十甲子作 60 等分

找出其中的辛巳、庚子、辛亥段，与地史学所公认的这一时期所发生的地质事件作对照，探索地球演化的旋回规律。

2.3　关于宇宙起源和地球诞生时间的确定

美国国家研究委员会所编的《固体地球科学与社会》中认为：“地质学是一门时间起特别关键作用的学科，对时间的这种依赖性给地质现象增添了一个独一无二的维”（陆松年等，1996）。正如陆松年所说，这个时间维在研究大陆地壳演化时起着非常重要的作用。没有时间维的确定，就无法讨论地球的演化问题。

2.3.1　宇宙起源时间

目前，各国物理学家对宇宙和地球的年龄都没有取得一致的意见。2009—2013 年，欧洲航天局普朗克卫星团队对宇宙微波背景辐射观测分析后，得出宇宙年龄为 138.2 亿年。2021 年 1 月，康奈尔大学国际天文学家小组对宇宙年龄评估为 137.77±0.4 亿年，这一年龄值与标准宇宙模型提供的数值相吻合（刘霞，2021）。本模型以 1296 万年作为宇宙和地球演化的基本时间单位，将宇宙大爆炸发生时间确定为 138.1536 亿年（1066 个 1296 万年周期）。

2.3.2　太阳系和地球的生命周期

对于太阳系和地球的年龄，一般认为形成于 45.67 亿年前（陆松年和相振群，2021）。2023 年，美国亚利桑那州立大学研究人员根据太阳系陨石斑点计算出太阳系的年龄为 45.684 亿岁（刘霞，2023）。在此基础上，本模型将太阳系和地球诞生时间确定为 45.7488 亿年（即 353 个 1296 万年周期）。

将宇宙周期 466.56 亿年按照十天干划分为 10 个相等的时间段，每一天干时长为 46.656 亿年，两个天干时长为 93.312 亿年，与一般认为的太阳系寿命 100 亿年接近，这可以看作是地球和太阳系的寿命。目前地球和太阳系正处于其生命周期前半段的尾声。

3　从 46.656 亿年旋回看地球的演化

3.1　用六十甲子法，从整体角度分析 46.656 亿年旋回

把 46.656 亿年旋回按照六十甲子分成 60 等份，每一等份为 0.7776 亿年。为节省篇幅，本研究不对 46.656 亿年旋回从甲子到癸亥的 60 个

0.7776 亿年旋回逐一详述，只就前述几个关键时段进行简要的分析。辛巳段在这个旋回开始后的 13.2192—13.9968 亿年间。庚子段在这个旋回开始后的 27.9936—28.7712 亿年间，辛亥段在这个旋回开始后的 36.5472—37.3248 亿年间。黄金分割点在这个旋回开始后的 28.8334 亿年。从 4574.88 Ma 前地球诞生算起，辛巳段在 3252.96—3175.2 Ma，旋回中点（0.5）在 2242.08 Ma，庚子段在 1775.52—1697.76 Ma，黄金分割点在 1691.54 Ma，与庚子段结束时间基本相同。辛亥段在 920.16—842.4 Ma。下面，结合各时期的地质事件，对这几个关键时段进行分析。

3.1.1 辛巳段（3252.96—3175.2 Ma）

如前所述，辛巳代表着新的时代的兴起。从无机界看，从 3.1 Ga 开始，太古宙克拉通在不同区域都有稳定存在，其中保存的岩石记录了岩浆长期演化的过程（樊海龙等，2023）。从有机界看，辛巳段与现在普遍认为的 32 亿年前光养生物发生的时间（梅冥相，2016a）一致。根据 Bleeker 等汇总的前寒武纪地史演化过程中的关键地质事件及年代，在约 3230 Ma 是巴比顿绿岩带中的 Fig Tree 和 Moodies 群（陆松年和于海峰，2009），其中的一些球状构造，类似于一种细菌或蓝绿藻。

辛巳段这个 0.7776 亿年旋回的黄金分割点在 3204.4 Ma，恰好与国际年代地层表（ICS 2023.09 版）中的古太古界和中太古界分界线（3200 Ma）一致。

3.1.2 旋回中点（0.5，癸巳—甲午之交，2242.08 Ma）

2012 年国际地层委员会推出 Van Kranendonk 等人提出的全球地质年代表建议版（下文简称“Van Kranendonk 建议版”），对元古宙进行了重新划分，将古元古代划分为成氧纪（2420—2250 Ma）、真核纪或雅图里纪（2250—2060 Ma）和哥伦比亚纪（2060—1780 Ma），分别对应于大气氧含量上升、Lomagundi-Jatuli 同位素漂移和 Columbia 超大陆形成（赵太平等，2019）。旋回中点（0.5，癸巳—甲午之交）也恰好是成氧纪和真核纪的交界点。这一时期的大氧化事件（GOE）包括早期阶段 2.50—2.30 Ga 水圈的氧化和晚期阶段 2.30—2.22 Ga 的大气圈氧化（陆松年等，2016）。在约 2.43—2.26 Ga，大气氧含量经历了多次升降，最后在~2.26 Ga 开始永久性地高于 10^{-5} PAL（罗根明等，2022）。

3.1.3 庚子段（1775.52—1697.76 Ma）

庚者，更也。庚子代表着变革，原来的趋势终止，开始进入变革时期。庚子段开始的时间与现在地质学界认为的从 1780 Ma 开始地球进入成年期（梅冥相，2016a）完全相同。在无机界，全球哥伦比亚超大陆从 1780 Ma 开始陆续进入裂解期（陆松年等，2016）；在有机界，从 17 亿年前开始，大型多细胞生物开始出现，华北克拉通 17—15 亿年微观和宏观的生物化石证据说明，该阶段真核生物多样性不断增加，出现更为复杂的多层壳壁结构，器官和组织进一步分异。真核生物在这时不仅具备一定程度的复杂性（含细胞骨架和内膜系统），而且也表现出中等程度的多样性（赵太平等，2019）。

3.1.4 辛亥段（920.16—842.4 Ma）

辛亥代表着旧时代的终结。在无机界，最大的地质事件是新元古代早期 Rodinia 超级大陆的聚合（~900 Ma）（周传明等，2019）。在有机界，距今 10—8 亿年的新元古代早期，复杂生物开始陆续登上生物演化的舞台。可靠的复杂生物的化石记录开始出现，少量的绿藻、红藻、真菌化石以及可疑的多细胞动物化石被发现（袁训来等，2023）。

从前面的分析可以看出，地球历史上已知的构造、生物和环境发生重大转折的 3 个时间段：2.5—2.3 Ga、1.8—1.6 Ga 和 1.0—0.8 Ga（朱茂炎，2022），恰好对应了 46.656 亿年旋回中点（0.5）、庚子段和辛亥段（表 5）。

3.2 从黄金分割法的角度，分析 46.656 亿年旋回

3.2.1 一次分割

以 16.92 亿年为分界线，把 46.656 亿年旋回分成前（共 28.83 亿年）、后（共 17.82 亿年）2 段。根据模型，地球至今有 45.7488 亿年的历史，这样，地球的历史就可以分成前段（A 段，45.7488—16.92 亿年）和后段（B 段，16.92—今后 0.9 亿年）。在华北克拉通北部燕山地区约17 亿年的长城系常州沟组及串岭沟组中，发现多种保存完好、形态复杂、目前已知最古老的真核疑源类生物化石，其代表着真核生物向多样性阶段演化的开端（赵太平等，2019），这被认为是继 35 亿年前从非生物的化学进化发展到生物进化、20 亿年前

表 5　46.656 亿年旋回关键时段及事件

Table 5　Keyperiods and events of 4.6656 Ga cycle

时段	年代/Ma	事件
辛巳	3252.96—3175.2	古太古界与中太古界分界线；32 亿年前光养生物出现（梅冥相，2016a）；3.1 Ga，太古宙克拉通稳定存在（樊海龙等，2023）
旋回中点（0.5）	2242.08	2.30—2.22 Ga，晚期阶段大气圈氧化（陆松年等，2016）
庚子	1775.52—1697.76	Van Kranendonk 等认为，地球在 1780 Ma 进入成年期（梅冥相，2016a）；Columbia 超大陆于 ~1.78 Ga 开始发生陆内裂解事件（赵太平等，2019）；17 亿年之后，真核生物多样性持续增加、细胞结构不断完善、产生多种生物共生组合且开始向多细胞生物演化（赵太平等，2019）
辛亥	920.16—842.4	~900 Ma，Rodinia 超级大陆聚合（周传明等，2019）；距今 10—8 亿年，复杂生物开始陆续登上生物演化舞台（袁训来等，2023）

早期生物分异后生物演化的第 3 次飞跃（杜远生和童金南，2022）。

3.2.2　多次分割

作为一种数字比例关系，黄金分割具有可无限次分割下去的特点。把第 1 次分割后形成的 A 段和 B 段再次按照黄金分割率进行划分，A 段就会在 27.93 亿年被分成前段（A_1，45.75—27.93 亿年）和后段（A_2，27.93—16.92 亿年）2 段。B 段在 5.90 亿年被分成前段（B_1，16.92—5.90 亿年）和后段（B_2，5.90—今后 0.9 亿年）。

A 段分割点 27.93 亿年有着特殊的意义，与国际地质年代表（ICS 2023.09 版）中的中太古代和新太古代分界线（28 亿年）基本相当。

B 段分割点所在的 5.9 亿年前是蓝田生物群时代。蓝田生物群是一个早于所有埃迪卡拉生物群的特殊埋藏宏体真核生物化石群，时代限定在 6.35—5.8 亿年之间（袁训来等，2012），蓝田生物群代表着后生动物的出现，是生命演化的第 4 次飞跃（杜远生和童金南，2022）。

把第 2 次分割形成的 A_1 段（45.75—27.93 亿年，共 17.82 亿年）再次分割，黄金分割点 11.01 亿年在距今 34.74 亿年左右，形成 A_{11}（45.75—34.74 亿年）和 A_{12}（34.74—27.93 亿年）2 段。目前已知的最古老的生命存在的岩石学证据叠层石，形成于 35 亿年前（李一良和孙思，2016），与这个分割点时间非常接近。约 34.5—31 亿年期间，一些陆块增生并形成了地球上第 1 个超大陆 Vaalbara，集结成稳定的克拉通（李三忠等，2015b）。

把 A_{11}（45.75—34.74 亿年，共 11.01 亿年）再次进行黄金分割，分割点在 38.95 亿年左右。39 亿年是晚期大规模撞击（LHB）发生的时间（陆松年等，2005；梅冥相，2016b），前人认为月球上大部分撞击盆地均形成在约 3.9 Ga 前后（肖智勇，2021）。

3.3　以 7.776 亿年旋回为单元，分析 46.656 亿年旋回

46.656 亿年旋回包含 6 个 7.776 亿年旋回。地球诞生以来，经历了 5 个完整的 7.776 亿年旋回，目前正处于第 6 个 7.776 亿年旋回的尾声。分述如下。

3.3.1　第1个7.776亿年旋回（4574.88—3797.28 Ma）

这个 7.776 亿年时段基本相当于以前地质年代表中的冥古宙（4567—3810 Ma），即地质学家所说的“黑暗时代”（陆松年等，2016；旷红伟等，2018），其黄金分割点在 4.09 Ga 左右。该旋回的关键时段及事件见表 6。有学者认为，生命起源发生在 4100 Ma 前，产甲烷生物作用发生在 4100—3800 Ma 之间（梅冥相，2016a）。这个旋回结束时（3.8 Ga），地球上已经完成了前生命体的复杂化学进化，产生了原始生命（童金南，2021）。目前比较公认的最早生命化石证据出现在 38 亿年前。3.8 Ga 前，地球上形成了稳定陆块。最古老陆壳的物质组成和形成条件已显示出多样性，表明陆壳在那时就已达到较高的演化程度（翟明国等，2023）。

3.3.2　第2个7.776 亿年旋回（3797.28—3019.68 Ma）

这个旋回与“Van Kranendonk 建议版”中的伊苏瓦系（3800—3500 Ma）和卡普瓦尔纪（3500—3000 Ma）（朱茂炎，2022）比较吻合。这个旋回的 0.618 分割点在 3.317 Ga。该旋回的关键时段及事件见表 7。

从有机界看，35 亿年前，地球已出现多种原核生物（童金南，2021）。生氧光合作用这样复杂的

表 6 4574.88—3797.28 Ma 旋回关键时段及事件

Table 6 Key periods and events during 4574.88-3797.28 Ma

时段	年代/Ma	事件
辛巳	4354.56—4341.6	4356 Ma,分异作用,Mg-钙钛矿、Ca-钙钛矿与方镁石结晶并进入深地幔中。4350 Ma,具有大陆特征的部分地壳形成(梅冥相,2016b)
旋回中点(0.5)	4186.08	4200 Ma,存在着较冷的液态水(梅冥相,2016b)
庚子	4108.32—4095.36	4100 Ma 前,生命起源(梅冥相,2016a)
辛亥	3965.76—3952.8	约 4000 Ma,地球内核的结晶和磁场的形成(陆松年等,2005)

表 7 3797.28—3019.68 Ma 旋回关键时段及事件

Table 7 Key periods and events during 3797.28-3019.68 Ma

时段	年代/Ma	事件
辛巳	3576.96—3564.0	约 3600 Ma,Acasta 较年轻的英云闪长岩和花岗岩,格陵兰 Isua 绿岩带,氧的光合作用(陆松年等,2005);最早在 36 亿年前,可能有一些陆块增生并形成了地球上第 1 个构造上更稳定的超大陆 Vaalbara(李三忠等,2015b)
旋回中点(0.5)	3408.48	约 3.45—3.1 Ga 期间,Vaalbara 集结成稳定的克拉通(李三忠等,2015b)。南非昂威瓦特系(约 34 亿年前)发现了可能为蓝藻和细菌的球形或椭圆形有机体(杜远生和童金南,2022)
庚子	3330.72—3317.76	约 35—33 亿年前产生了厌氧的细菌类(童金南,2021)
辛亥	3188.16—3175.20	3200 Ma,光养生物发生(梅冥相,2016a);31 亿年前 Baltica/Fennoscandian 地盾形成,成为 Vaalbara 超大陆的核心(李三忠等,2015b)

新陈代谢作用已经发生(梅冥相,2016b)。从无机界看,巨大的地幔柱头部抵达岩石圈底部发生减压部分熔融,熔体喷发于洋底形成巨厚的玄武质洋底高原,地幔柱尾柱部分熔融形成科马提质玄武质岩浆,较高的温度导致先前的铁镁质地壳和新形成的洋底高原下部玄武质地壳发生多期次部分熔融,形成 3.53—3.24 Ga TTG 花岗岩体,导致长英质大陆克拉通的形成(赵国春等,2023)。大致在 31 亿年前,地球局部发生现代样式的俯冲作用(梅冥相,2016a)。这个旋回结束时,以部分熔融地壳的快速冷却和陆核的广泛形成为标志,陆核型联合古陆,如南非罗得西亚陆核、特兰斯瓦陆核、中非的安格拉陆核在 3000 Ma 左右就已固结(龚一鸣,1997)。约 30 亿年前,地球出现了最早的大陆 Ur(李三忠等,2015a)。

3.3.3 第 3 个 7.776 亿年旋回(3019.68—2242.08 Ma)

这个 7.776 亿年旋回包含“Van Kranendonk 建议版”中的中太古代蓬戈拉纪(3020—2780 Ma)、新太古代(2780—2420 Ma)和古元古代增氧纪(2420—2250 Ma),其始点与蓬戈拉纪始点、其终点与增氧纪终点完全相符。其 0.618 分割点在 2.54 Ga,与太古宙和元古宙的界限(2.5 Ga)基本相同。该旋回的关键时段及事件见表 8。

这时,真核生物特有的大分子结构(甾烷)在距今 25—27 亿年前的岩石中就已经检出,海洋生物进化从原核生物阶段进入原生生物阶段(童金南,2021)。华北陆块上第 1 次出现显著增氧过程的时限为 2.56—2.52 Ga,不仅时间上比全球其他地区(~2.4 Ga)早了约 1 亿多年,而且生命演化也比其他地区提早 0.6—0.7 Ga(沈保丰等,2021)。太古宙最重大的地质事件莫过于 2780—2420 Ma 的新太古代超级事件(陆松年等,2016)。根据锆石元素分布曲线推断,完整地壳形成的时间应该在 27 亿年左右(唐春安,2015)。2780—2630 Ma 是太古宙晚期的地壳快速生长时期(梅冥相,2016a)。2.5 Ga 前后的地球发生巨变,最重要的事情是大陆稳定化即克拉通化,陆壳发展到可能存在一个与现今大小近似的古老大陆(超级克拉通),随即进入构造静寂期,一些学者认为是板块构造最可能的启动时间,或者代表了地球历史上某个构造体制转换的时期(翟明国,2022)。陆核型联合古陆在2500 Ma 左右成型,构造组成为绿岩带和期间的花岗质岩带(龚一鸣,1997)。距今 24—21 亿年前,地球经历了第 1 次全球性冰封的寒冷气候,并伴随氧气含量的第 1 次突然升高(胡永云和田丰,2015)。

3.3.4 第 4 个 7.776 亿年旋回(2242.08—1464.48 Ma)

这个 7.776 亿年旋回大致相当于地质年代中的

表 8　3019.68—2242.08 Ma 旋回关键时段及事件

Table 8　Key Periods and events during 3019.68-2242.08 Ma

时段	年代/Ma	事件
辛巳	2799.36—2786.4	Van Kranendonk 等认为,地球在 2780 Ma 进入青年期(梅冥相,2016a),与辛(新)巳(起)的特征完全相符
旋回中点(0.5)	2631.48	2630 Ma 左右全球性克拉通化作用结束,以大陆地壳的变硬过程和露出水面为特征(梅冥相,2016a)
庚子	2553.12—2540.16	约 2.6—2.5 Ga 是华北克拉通地壳生长时期,俯冲相关的侧向构造体制逐渐取代垂向的地幔柱构造体制(王伟等,2015);约 25 亿年前,全球克拉通化结束(张艳斌等,2024);2.66—2.50 Ga 大气圈已经开始部分氧化,2.56—2.52 Ga,华北陆块第 1 次出现显著增氧过程(沈保丰等,2021)
辛亥	2410.56—2397.6	24 亿年前,大氧化事件开始(罗根明等,2022);约 24 亿年左右 Kenorland 大陆破裂,形成一系列的大规模放射状基性岩墙群(李三忠等,2015a)

古元古代层侵纪、造山纪、固结纪和中元古代盖层纪（前半段），在 Van Kranendonk 建议版中则包括古元古代贾图利纪/真核生物纪、哥伦比亚纪和中元古代罗迪尼亚纪（1.78—0.72 Ga）的前 3 亿年。该旋回的 0.618 分割点在 1.76 Ga，关键时段及事件见表 9。

从有机界看,真核生物开始出现，只是此时仍以蓝绿藻和细菌等原核生物为主。在沿海微生物藻席中，各种原始单细胞微生物混杂生长在一起，诞生了复杂单细胞生物（张凤廉等，2021）。分子进化研究表明，干族真核细胞在 27 亿年前就已出现，而冠族真核生物到 18 亿年前也已经出现（胡金良和王庆亚，2014）。

从无机界来看，这一旋回是 Kenorland 超大陆（~2.5—2.1 Ga）裂解、哥伦比亚超大陆（~1.8—1.4 Ga）从形成到裂解的时期（李献华，2021）。陆核进一步固结、扩展和集结，形成原地台。吕梁运动、卡瑞里运动、赫德孙运动使原地台型联合古陆基本成型（龚一鸣，1997）。

3.3.5　第5个7.776亿年旋回(1464.48—686.88 Ma)

从有机界看，这个 7.776 亿年旋回里，原本单细胞的藻类植物演化成多细胞的大型宏观藻类，大约 14 亿年前，出现了最早的疑似多细胞真核生物（童金南，2021）。15—12 亿年，华北克拉通微生物演化进入“快车道”，真核生物多样性快速增加，诞生出大量种类丰富、形貌各异、表面具复杂纹饰的微体古生物化石及多种个体巨大的宏观藻类化石（赵太平等，2019）。在地球上的其他克拉通 15—12 亿年的岩层中也发现多种微观和宏观的生物化石记录，表明该阶段真核生物在全球分布广泛、种类繁多（赵太平等，2019）。10—8 亿年前的元古代地层中出现大量的多样化的真核生物化石（胡金良和王庆亚，2014）。

从无机界看，随着初始原地台的进一步固结和集结，1450 Ma 左右，成熟的原地台型联合古陆成型。经过多次构造—岩浆活动的改造，由晋宁运动、哥德—格林威尔运动形成了具有真正地台基底结构的岩石圈巨型稳定块体，在 850 Ma 左右形成了地台型联合古陆（龚一鸣，1997）。这个旋回前期最大的地质事件是格林威尔造山运动和罗迪尼亚超大陆的形成。0.618 分割点在 983.92 Ma，与格林威尔造山运动的结束时间 980 Ma（陆松年，2002）基本一致。该旋回的关键时段及事件见表 10。

把这个7.776 亿年按照天干分成 10 等份，最后的癸段（764.64—686.88 Ma）开始的时间与

表 9　2242.08—1464.48 Ma 旋回关键时段及事件

Table 9　Key Periods and events during 2242.08-1464.48 Ma

时段	年代/Ma	事件
辛巳	2021.76—2008.8	2060 Ma,哥伦比亚超大陆开始形成(陆松年等,2016)
旋回中点(0.5)	1853.28	约 1.85 Ga,东部陆块和西部陆块沿着中部造山带拼贴碰撞而形成华北克拉通(王伟等,2015)
庚子	1775.52—1762.56	1.78 Ga,哥伦比亚超大陆开始陆续进入裂解期(陆松年等,2016);冠族真核生物在 18 亿年前也已经出现(胡金良和王庆亚,2014)
辛亥	1632.96—1620.0	约 1.6 Ga,盖层纪开始; 16 亿年前祖先动物和祖先植物分离(袁训来等,2023)

表 10 1464.48—686.88 Ma 旋回关键时段及事件

Table 10 Key Periods and events during 1464.48-686.88 Ma

时段	年代/Ma	事件
辛巳	1244.16—1231.2	1230 Ma 弧/弧后岩浆作用结束,标志着劳伦大陆边缘之下大洋岩石圈俯冲作用终止(陆松年,2002)
旋回中点(0.5)	1075.68	1080—1020 Ma,Ottawan Pulse 事件(陆松年,2002)
庚子	997.92—984.96	1000—980 Ma,Rigolet Pulse 事件,格林威尔造山运动结束(陆松年,2002)
辛亥	855.36—842.4	850 Ma,后生动物首次出现; Rodinia 超大陆的汇聚(陆松年等,2016)

Bleeker 等人于 2004 汇总的前寒武纪关键地质事件及年代中的雪球地球事件开始时间 760 Ma (陆松年和于海峰, 2009) 基本相同。

3.3.6 第 6 个 7.776 亿年旋回 (686.88 Ma 至今)

从有机界看, 第 6 个 7.776 亿年旋回是生命大爆发的时代, 地球生命系统改变了过去近 40 亿年缓慢演化的沉闷局面, 演化速度急剧加快。地球生物群落发生宏观质的改变, 生物从单细胞生物演化出多细胞生物类群。自此持续 30 多亿年的微生物席生态群落被宏体真核多细胞生物群落所主导(张志飞等, 2021)。

从无机界看, 从新元古代晚期开始, 发生了自太古宙以来岩石圈块体的一次最大规模的聚集事件, 大陆性联合古陆在 250 Ma 时定型 (龚一鸣, 1997)。新联合古陆于晚三叠世开始分裂, 直至今天其分裂、漂移过程仍在继续 (肖传桃, 2017)。

表 11 是对这 6 个 7.776 亿年旋回的黄金分割点及对应的地质事件的汇总。

3.4 15.552 亿年(2 个 7.776 亿年)旋回的黄金分割点

按照中国传统的“一阴一阳之谓道”精神, 以及当代量子物理学中的互补性原理, 2 个甲子构成一个完整的周期 (即人的“天年”)。按照这种思路, 可以将地球诞生以来的 6 个 7.776 亿年旋回分成 3 个 15.552 亿年旋回, 即 4574.88—3019.68 Ma, 3019.68—1464.48 Ma, 1464.48 Ma 至今。一个完整的 15.552 亿年旋回共有 120 个 1296 万年。120×0.618 = 74.16, 取其整数 74 (相对于第 2 个六十甲子中的“丁丑”)。

第 1 个 15.552 亿年旋回的第 74 个 1296 万年在 3628.8—3615.84 Ma 间, 这是原始生命向多种原核生物过渡的阶段。大约在 38 亿年前, 地球上已经完成了前生命体的复杂化学进化, 产生了原始生命。在 35 亿年前, 地球已出现多种原核生物, 该时期的岩石中已保存了光合自养微生物的痕迹 (童金南, 2021)。古生物学家称之为早期生命演

表 11 各 7.776 亿年旋回黄金分割点及事件汇总

Table 11 Golden ratio points and events of every 777.6 Ma Cycles

序号	年代/Ma	特征	黄金分割点	地质事件及时间
1	4574.88—3797.28	黑暗时代	40.94 亿年	41 亿年,生命现象出现(梅冥相,2016a;张凤廉等,2021);4.1—4.0 Ga,形成地球保留的最古老陆壳岩石(翟明国,2022)
2	3797.28—3019.68	原核生物出现,生物演化第 1 次飞跃; 大陆克拉通开始形成	33.17 亿年	35—33 亿年,厌氧细菌产生(童金南,2021);长英质大陆克拉通形成(赵国春等,2023)
3	3019.68—2242.08	原生生物出现; 克拉通化完成; 大氧化事件	25.39 亿年	2.5 Ga,地球演化历史上最伟大的事件,即克拉通化(翟明国,2022);Kenorland 超大陆开始形成(李三忠等,2015b)
4	2242.08—1464.48	生物演化第 2 次(早期生物分异,复杂单细胞生物出现)、第 3 次(真核生物多样化)飞跃;陆核的进一步固化、扩展和集结,原地台的形成	17.62 亿年	1.78 Ga,地球进入成年期,Columbia 超大陆开始发生陆内裂解事件(陆松年等,2016);真核生物出现(张志飞等,2021)
5	1464.48—686.88	真核生物多样性,宏观藻类诞生; 具有真正地台基地结构的岩石圈巨型稳定块体形成	9.84 亿年	10 亿年,真核生物繁盛(杜远生和童金南,2022);格林威尔造山运动结束(陆松年,2002)
6	686.88 至今	生态群落由宏体真核多细胞生物群落主导; 现代板块构造体制形成	2.06 亿年	2.08 亿年,哺乳动物出现(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所信息中心,2014)

化的第 1 次飞跃（杜远生和童金南，2022）。在无机界，最早在 36 亿年前，可能有一些陆块增生并形成了地球上第 1 个构造上更稳定的超大陆 Vaalbara（李三忠等，2015a）。

第2个 15.552 亿年旋回的第 74 个 1296 万年在 2073.6—2060.64 Ma 间，与 Gunflint 组的燧石形成时间（大约 20 亿年前）基本相同，Gunflint 组燧石中发现了 8 属 12 种的微化石，古生物学家将早期生物分异，即多样性的增加，称之为早期生命演化的第 2 次飞跃（杜远生和童金南，2022）。在无机界，在 2060 Ma，Bushveld 层状侵入体及沉积岩为主的被动陆缘建造，新太古代超级克拉通的裂解和离散（陆松年和于海峰等，2009），哥伦比亚超大陆开始形成（陆松年等，2016）。

第 3 个 15.552 亿年旋回的第 74 个 1296 万年在 518.4—505.44 Ma 间，这恰是以“澄江生物群”为代表的寒武纪生物大爆发主幕发生的时间（杜远生和童金南，2022）。在无机界，泛非造山运动形成了在几亿年后都相当稳固的冈瓦纳大陆（肖传桃，2017）。

3 个 15.552 亿年旋回，特别是其黄金分割点之所在，在有机界对应着地球生命演化的原核生物、真核生物、多细胞后生动物和植物 3 个演化阶段。在无机界，则是超大陆的聚散旋回。

3.5　小结

从前述分析可以看出，通过 3 种方法：把地球演化史按照六十甲子分期、作为一个整体用黄金分割法来分解、拆解成 6 个 7.776 亿年旋回、3 个 15.552 亿年旋回，地球演化史的关键时点全部呈现了出来。

4　最近一个 7.776 亿年旋回的回溯

由于现代地球科学对最近一个 7.776 亿年旋回的研究比较深入，下面结合对这一旋回的分析，来对本研究提出的地球演化模型进行检验。

4.1　十天干分期

将这个 7.776 亿年旋回按照天干作 10 等分，每等份 7776 万年，包括 60 个 129.6 万年。每个 7776 万年的黄金分割点和辛亥段（即第 48 个 129.6 万年）及对应的地质事件见表 12。

4.2　六十甲子视域下的最近一个 7.776 亿年旋回

为避免重复，只计算出每个 1296 万年旋回的黄金分割点，与 2023/09 版国际年代地层表作对比。结合互补性原理，计算出两个一组旋回的黄金分割点，并与国际年代地层表作对比（表 13）。

表 12　最近一个 7.776 亿年旋回的天干划分

Table 12　Division of the last 777.6 Ma cycle by heavenly stems

天干	年代 / Ma	黄金分割点		辛亥	
		时点 / Ma	地质事件和时间	时段/ Ma	地质事件和时间
甲	686.88—609.12	638.82	635 Ma，成冰纪与埃迪卡拉纪分界点；埃迪卡拉后生动物群爆发（陆松年等，2016）	625.97—624.67	/
乙	609.12—531.36	561.06	约 560—520 Ma，埃迪卡拉纪与寒武纪过渡时期（刘伟和张兴亮，2021）	548.21—546.91	约 550 Ma，冈瓦纳超大陆形成（杜远生和童金南，2022；陆松年，2002）
丙	531.36—453.6	483.3	485.4±1.9 Ma，寒武纪与奥陶纪分界点	470.45—469.15	470±1.4 Ma，弗洛阶与大坪阶分界点
丁	453.6—375.84	405.54	4 亿年前丛枝菌根出现（沈仁芳和赵学强，2015），土壤生态系统开始形成	392.69—391.39	393.3±1.2 Ma，埃姆斯阶与埃菲尔阶分界点
戊	375.84—298.08	327.78	323.2±0.4 Ma，早石炭世与晚石炭世分界点	314.93—313.63	315.2±0.2 Ma，巴什基尔阶与莫斯科阶分界点
己	298.08—220.32	250.02	251.902±0.024 Ma，古生代与新生代分界点	237.17—235.87	237.0 Ma，拉丁阶与卡尼阶分界点
庚	220.32—142.56	172.26	1.8 亿年前，盘古大陆开始裂解	159.41—158.11	1.6 亿年，中华侏罗兽（季强等，2012）
辛	142.56—64.8	94.5	90 Ma，燕山运动主伸展期向弱挤压变形期过渡（董树文等，2019）	81.66—80.36	80 Ma，燕山运动结束（董树文等，2019）
壬	64.8 至今	16.74	16.8 Ma，长臂猿类与猩猩类和大猩猩类发生演化分异（季强等，2021）	3.89—2.59	3.6 Ma 青藏高原开始大幅度隆升（李吉均等，2015）

表 13 最近 7.776 亿年旋回六十甲子划分

Table 13 Division of the last 777.6 Ma cycle by Sixty-Jiazi

时段	年代/Ma	1296 万年旋回黄金分割点、其他重大时点及地质事件	2592 万年旋回黄金分割时点及地质事件
甲子	686.88—673.92	分割点在 678.87;670—575 Ma,是冈瓦纳大陆形成的第一阶段(姚金龙等,2021)	分割点在 670.86 Ma
乙丑	673.92—660.96	分割点在 665.91 Ma	
丙寅	660.96—648.0	分割点在 652.95 Ma	分割点在 644.94 Ma
丁卯	648.0—635.04	与马林诺冰期(650—635 Ma)(杜远生等,2020)大致相当。分割点在 640 Ma	
戊辰	635.04—622.08	始点与埃迪卡拉纪开始时间(635 Ma)完全一致,埃迪卡拉后生动物群爆发(陆松年和于海峰,2009);蓝田生物群(635—580 Ma)(杜远生和童金南,2022)。分割点在 627.03 Ma	分割点在 619.02 Ma
己巳	622.08—609.12	分割点在 614.07 Ma	
庚午	609.12—596.16	分割点在 601.11 Ma	分割点在 593.1 Ma
辛未	596.16—583.2	分割点在 588.15 Ma	
壬申	583.2—570.24	辛未、壬申交界点(583.2 Ma)与埃迪卡拉纪中期 Gaskiers 冰期(583.7—582.1 Ma)一致(旷红伟等,2019);575—480 Ma 是冈瓦纳大陆形成的第二阶段(姚金龙等,2021);分割点在 575.19 Ma	分割点在 567.18 Ma
癸酉	570.24—557.28	分割点在 562.23 Ma	
甲戌	557.28—544.32	分割点在 549.27 Ma。550 Ma,东、西冈瓦纳大陆聚合,冈瓦纳大陆形成(陆松年和于海峰,2009)	分割点在 541.26 Ma,在 2022/02 版之前的国际年代地层表中的寒武系底界 541.0±1.0 Ma 范围内。541 Ma,带壳动物出现(陆松年等,2016)
乙亥	544.32—531.36	分割点在 536.31 Ma。530—520 Ma 发生全球构造联动事件,现代板块构造正式建立(姚金龙等,2021)	
丙子	531.36—518.4	分割点在 523.35 Ma。丙子始点与纽芬兰统第二阶底界(~529 Ma)大致相当;530—520 Ma,冈瓦纳周缘形成俯冲带并引发全球性构造联动,古太平洋回撤事件(姚金龙等,2021)	分割点 515.34 Ma 与寒武系第四阶底界(514 Ma)相近
丁丑	518.4—505.44	分割点 510.39 Ma 与乌溜阶底界(~509 Ma)相近	
戊寅	505.44—492.48	分割点 497.43 Ma 与排碧阶底界(~497 Ma)相同	分割点 489.42 Ma 与芙蓉统第十阶底界(489.5 Ma)相同
己卯	492.48—479.52	分割点 484.47 Ma 在寒武系与奥陶系交界(485.4±1.9 Ma)范围内。	
庚辰	479.52—466.56	分割点在 471.51 Ma,与中奥陶统大坪阶底界(470.0±1.4 Ma)极为接近	分割点在 463.5 Ma
辛巳	466.56—453.6	辛巳始点在中奥陶统达瑞威尔阶底界(467.3±1.1 Ma)范围内;分割点 458.55 Ma 在上奥陶统与中奥陶统分界(458.4±0.9 Ma)范围内。辛巳终点在凯迪阶底界(453.0±0.7 Ma)范围内	
壬午	453.6—440.64	分割点 445.59 Ma 接近奥陶系和志留系交界点(443.8±1.5 Ma),在赫南特阶底界(445.2±1.4 Ma)范围内,发生了显生宙第 1 次生物大灭绝(于浩男等,2024)	分割点在 437.58 Ma 在特列奇阶底界(438.5±1.1 Ma)范围内
癸未	440.64—427.68	癸未始点在埃隆阶底界(440.8±1.2 Ma)范围内;分割点 432.63 Ma,在温洛克统申伍德阶底界(433.4±0.8 Ma)范围内	
甲申	427.68—414.72	甲申始点在高斯特阶底界(427.4±0.5 Ma)范围内;分割点 419.67 Ma,在志留系和泥盆纪交界范围内(419.2±3.2 Ma)	分割点 411.66 Ma 在下泥盆统布拉格阶底界(410.8±2.8 Ma)范围内
乙酉	414.72—401.76	分割点在 406.71 Ma 在埃姆斯阶底界(407.6±2.6 Ma)范围内	

续表 13

时段	年代/Ma	1296 万年旋回黄金分割点、其他重大时点及地质事件	2592 万年旋回黄金分割时点及地质事件
丙戌	401.76—388.8	分割点 393.75 Ma 在中泥盆统底界(393.3±1.2 Ma)范围内	分割点 385.74 Ma 与中泥盆统吉维特阶底界(387.7±0.8 Ma)相近
丁亥	388.8—375.84	始点在吉维特阶底界(387.7±0.8 Ma)范围内,分割点在 380.7 Ma。丁亥旋回的中点(382.32 Ma)在中泥盆统底界(382.7±1.6 Ma)范围内	
戊子	375.84—362.88	分割点在 367.83 Ma。上泥盆统弗拉阶—法门阶(F-F)界线事件),与 D-C 界线事件等构成第 2 次生物大灭绝(王玉珏等,2020);这个旋回始点与晚古生代冰期始点约 370 Ma(王永达等,2024)接近	分割点 359.82 Ma 与密西西比亚系下统杜内阶底界(358.9±0.4 Ma)相近,发生 D-C 界线事件
己丑	362.88—349.92	分割点 354.87 Ma,接近泥盆系、石炭系交界点(358.9±0.4 Ma)。己丑旋回伊始即发生“石炭—二叠纪大冰期”(仲钰天等,2023)	
庚寅	349.92—336.96	分割点在 341.91 Ma	/
辛卯	336.96—324 .0	分割点在 328.95 Ma,与谢尔普霍夫阶底界(330.9±0.2 Ma)相近	
壬辰	324.0—311.04	始点与巴什基尔阶底界(323.2±0.4 Ma)相近;分割点 315.99 Ma 与宾夕法尼亚系中统莫斯科阶底界(315.2±0.2 Ma)相近	分割点 307.98 Ma 与卡西莫夫阶底界(307.0±0.1 Ma)相近
癸巳	311.04—298.08	分割点 303.03 Ma 与格舍尔阶底界 303.7±0.1 Ma 相近。癸巳、甲午交界点恰好也是石炭系和二叠系的交界点(298.9±0.15 Ma)	
甲午	298.08—285.12	始点与阿瑟尔阶底界(298.9±0.15 Ma)相近;分割点 290.07 Ma 在亚丁斯克阶底界(290.1±0.26 Ma)范围内	分割点 282.06 Ma 与空谷阶底界(283.5±0.6 Ma)相近
乙未	285.12—272.16	始点与空谷阶底界(283.5±0.6 Ma)接近;分割点在 277.11 Ma	
丙申	272.16—259.2	始点与罗德阶底界(273.01±0.14 Ma)接近;分割点 264.15 Ma 在卡匹敦阶底界(264.28±0.16 Ma)范围内。这个旋回终点晚古生代冰期(约 370—260 Ma)(王永达等,2024)结束	分割点在 256.14 Ma
丁酉	259.2—246.24	分割点 251.19 Ma 与奥伦尼克阶底界 251.2 完全相同,盘古大陆形成,二叠纪进入三叠纪,古生代进入中生代。始点与吴家坪阶底界(259.51±0.21 Ma)相近;二叠纪—三叠纪灭绝事件(沈树忠和张华,2017),即第 3 次生物大灭绝。这个时点也是 7.776 亿年旋回的己段(298.08—220.32 Ma)中的庚子(251.52—250.22 Ma)	
戊戌	246.24—233.28	基本与中三叠世(247.2—237 Ma)重合。始点与安尼阶底界(247.2 Ma)相近;分割点 238.23 Ma 与卡尼阶底界(~237 Ma)相近	分割点在 230.23 Ma
己亥	233.28—220.32	分割点 225.27 Ma 与诺利阶底界(~227 Ma)相近	
庚子	220.32—207.36	分割点在 212.31 Ma	分割点在 204.3 Ma
辛丑	207.36—194.4	始点与瑞替阶底界(~208.5 Ma)相近;分割点 199.35 Ma 在辛涅缪尔阶底界(199.5±0.3 Ma)范围内,与三叠系、侏罗系交界点(201.4±0.2 Ma)相近。辛丑旋回庚子段(199.58—199.37 Ma)发生 T-J 界线事件,即第 4 次生物大灭绝	
壬寅	194.4—181.44	分割点 186.39 Ma。壬寅旋回辛亥段结束时点(184.03 Ma)在托卡尔阶底界(184.2±0.3 Ma)范围内	分割点在 178.38 Ma
癸卯	181.44—168.48	分割点在 173.44 Ma,与阿林界底界(174.7±0.8 Ma)相近;盘古大陆开始裂解	
甲辰	168.48—155.52	始点在巴通阶底界(168.2±1.2 Ma)范围内;分割点在 160.47 Ma,基本在牛津阶底界(161.5±1.0 Ma)范围内	分割点 152.46 Ma 与钦莫利阶底界(154.8±0.8 Ma)相近

续表 13

时段	年代/Ma	1296 万年旋回黄金分割点、其他重大时点及地质事件	2592 万年旋回黄金分割时点及地质事件
乙巳	155.52—142.56	始点在钦莫利阶底界(154.8±0.8)范围内；分割点在147.51 Ma；乙巳旋回辛亥段结束时点(149.3 Ma)与提塘阶底界(149.2±0.7)相当。乙巳、丙午交点(142.56)与侏罗纪、白垩纪交点(~145.0)接近	
丙午	142.56—129.64	分割点 134.55 Ma 与欧特里夫阶底界(~132.6)相近	分割点 126.54 Ma 与巴雷姆阶底界(125.77)相近
丁未	129.6—116.64	分割点在 121.59 Ma，与阿普特阶底界(~121.4)相同	
戊申	116.64—103.68	分割点在 108.63 Ma	分割点 100.62 与塞诺曼阶底界(100.5)基本相同
己酉	103.68—90.72	分割点 95.67 Ma。己酉旋回辛亥段结束时点(93.31)与土仑阶底界(93.9)接近	
庚戌	90.72—77.76	始点与康尼亚克阶底界(89.8±0.3)相近；旋回中点是84.24 与坎潘阶底界(83.6±0.2)相近；分割点在82.71 Ma	分割点在 74.7 Ma
辛亥	77.76—64.8	分割点在 69.75 Ma。辛亥旋回进入癸段(66.1~64.8 Ma)后，第 5 次生物大灭绝，恐龙灭绝。中生代进入新生代，白垩纪进入古近纪	
壬子	64.8—51.84	旋回中点在 58.32 Ma，与坦尼特阶底界(59.2)相近；分割点 56.79 Ma 与始新世底界(56.0)相近	分割点 48.78 Ma 与卢泰特阶底界(47.8)相近
癸丑	51.84—38.88	分割点在 43.83 Ma。癸丑旋回辛亥段结束时点(41.47)与巴顿阶底界(41.2)接近	
甲寅	38.88—25.92	分割点在 30.87 Ma。甲寅旋回辛亥段结束时点(28.51)与夏特阶底界(27.82)接近	分割点 22.86 Ma 与阿基坦阶底界(23.03)相近
乙卯	25.92—12.96	分割点在 17.91 Ma。乙卯旋回辛亥段结束时点(15.55)与蓝盖阶底界(15.98)接近	
丙辰	12.96—A.D.903	分割点在 4.96 Ma	

注：目前处于丁巳（公元 904 年至今后 1296 万年）旋回。最近这个 7.776 亿年旋回将在今后 9072 万年结束，即还有 7 个（丁巳、戊午、己未、庚申、辛酉、壬戌、癸亥）1296 万年旋回。

4.3 从最近一个 7776 万年旋回，看人类形成史

最近一个 7776 万年旋回从 64.8 Ma 开始，也是最近一个 7.776 亿年旋回的壬段。“壬”即“妊”，意味着新的生命的孕育。壬段最大的特征就是哺乳动物的繁盛和人类的产生。壬段的 0.618 黄金分割点在 16.74 Ma。对长臂猿的基因组测序结果表明，1680 万年前，长臂猿与大猿从类人猿中分化出来（林小春，2014）。

“壬”段迄今共经历了 5 个完整的 1296 万年旋回，从公元 904 年开始进入第 6 个 1296 万年旋回。这 5 个 1296 万年旋回分别是 7.776 亿年旋回六十甲子分割中的壬子、癸丑、甲寅、乙卯和丙辰。

（壬子）64.8—51.84 Ma：这段时间大致相当于新生代古近纪古新世（66.0—56.0 Ma）和始新世伊普利斯期（56.0—47.8 Ma）的前半段。0.618 黄金分割点所在的 56.79 Ma，与古新世和始新世交界处相近（56.0 Ma）。这时，偶蹄类、奇蹄类和灵长类首次出现并广泛分布于北半球各大洲（江淅等，2012）。大约在 6500 万年前，灵长目分化为原猴亚目和简鼻猴亚目。约 6000 万年前，从简鼻猴亚目中分化出眼镜猴次目（刘牧，2022），即跗猴型下目。根据北半球化石记录，大约 5500 万年前，第 1 次出现真灵长类动物（刘牧，2020）

（癸丑）51.84—38.88 Ma：这个 1296 万年开始后，全球气候在始新世初期的降温之后再次发生增温，在 52—50 Ma 达到高潮，称为早始新世气候适宜期（Early Eocene Climatic Optimum，EECO）（邓涛等，2023）。0.618 黄金分割点在 43.83 Ma 左右，这个 1296 万年旋回的辛亥段在 41.47 Ma，与始新统巴顿阶底界（41.2 Ma）相近。德雷克海峡开始张裂，导致始新世晚期南极冰盖的出现，全球气候由“温室”转入“冰室”（江淅等，2012）。4000 万年前，从简鼻猴亚目中分化出新大陆猴

（刘牧，2022）。

（甲寅）38.88—25.92 Ma：0.382 分割点在 33.93 Ma，与渐新世初大冰期（EOGM 事件或 Oi-1 事件）发生的时间 33.7 Ma（刘志飞等，2004）非常接近。约 34 Ma 以来，地球气候进入冰室期（王永达等，2024）。33.5 Ma 时，欧洲发生哺乳动物群大间断（Grande Coupure）事件，在亚洲表现则被称为蒙古重建（Mongolian Remodelling）。一些地区原本繁盛的灵长类动物几乎完全灭绝，亚洲南部和非洲北部的热带地区成为灵长类动物的避难所，生活于非洲的类人猿更加繁盛，为后来人类的起源与演化奠定了基础（邓涛等，2023）。3500—3000 万年以前，在今天的埃及法雍地区生活着原上猿总科。这个 1296 万年旋回的 0.618 分割点在 30.87 Ma，30 Ma 火山爆发造成了埃塞俄比亚高原，东非大裂谷系统（East African Rift System，EARS）开始形成（王绍武和闻新宇，2011）。基因组研究表明，2900 万年前，猿类与旧世界猴分化开来（林小春，2014）。

（乙卯）25.92—12.96 Ma：0.618 黄金分割点在 17.91 Ma 左右。原始类人猿在约 2200 万年以前出现在东非，显示出早期类人猿与现代类人猿及人类之间的联系（李安山，2024）。1700—1500 万年，全球冰量显著减少，大洋底层水温度进一步上升，形成中新世气候适宜期（Middle Miocene Climatic Optimum，MMCO）（邓涛等，2023）。1680 万年前（这个 7.776 亿年旋回的黄金分割点），猿类分化为大猿（各类猩猩）和小猿（长臂猿）（林小春，2014）。大约 1400 万年前，猩猩与人类分离，人科动物（大猿）分化为猩猩亚科和人亚科（奇云和李大可，2012）。

（丙辰）1296—903 A.D。这个 1296 万年旋回黄金分割点在 4.95 Ma。这个时点与长期以来认为的人类出现于 5 Ma 完全相符。近年来，人们对人猿超科中人科和大猿科的分化时间标定在约 5 Ma 前（吕宝忠，2012）。科学家根据人、黑猩猩和猩猩的血清蛋白存在 1%的差异，认为人和猿大概是在 5 Ma 分道扬镳的（陈淳，2013）。

按照天干顺序，将这个 1296 万年分成 10 等分，每个等份为 129.6 万年。（7）、（8）阶段与新近纪上新世（5.333—2.58 Ma）基本重合，（9）、（10）阶段与第四纪更新世（2.58—1.17 万年前）基本重合。

1）1296—1166.4 万年，黄金分割点在距今 1215.9 万年。

2）1166.4—1036.8 万年，黄金分割点在距今 1086.3 万年。

3）1036.8—907.2 万年，黄金分割点在距今 956.7 万年。大约 1000 万年前，大猩猩从人类和黑猩猩中分离出去（奇云和李大可，2012）。

4）907.2—777.6 万年，黄金分割点在距今 837.1 万年。

5）777.6—648 万年，黄金分割点在距今 697.6 万年。700—600 万年就是人类最初出现的时间（吴新智，2010）。化石证据和计算机成像都表明，在乍得萨赫勒地区发现的距今 700 万年的“萨赫勒人乍得种”属于迄今为止发现的最早的人类化石，并取名“图迈”（Tumai），但持不同意见者认为，“图迈”化石更像猿，而非人（李安山，2024）。

6）648—518.4 万年，黄金分割点在距今 568 万年，恰是地猿属出现的时间（580—520 万年）（吴新智，2010）。大约在 600 万年前，黑猩猩与人类分离（奇云和李大可，2012）。在肯尼亚的图根山（Tugen Hills）发现的 600—570 万年前的化石表明已经习惯用两腿走路，可归属于人类，被定名为“原初人图根种”（李安山，2024）。

7）518.4—388.8 万年，黄金分割点在 438.3 万年。440 万年前的埃塞俄比亚地猿始祖亚种，其四肢骨骼的形态介于后来的人与猿之间而偏于人类，除经常在地面身体直立用两条腿行走外，还可能在树上活动（吴新智，2010）。

8）388.8—259.2 万年，黄金分割点在距今 308.7 万年。这个阶段结束时，最早的石器于 2.6 Ma 出现，标志着人属的形成（王绍武和闻新宇，2011）。

9）259.2—129.6 万年，黄金分割点在距今 179.1 万年，直立人出现。一部分能人或鲁道夫人在非洲东部演变成直立人，在大约 200—180 万年前走出非洲，在欧亚大陆迅速扩散。亚洲西南部有距今约 170 万年前的格鲁吉亚 D Manisi 人化石，亚洲东南部有印尼爪哇岛 180 万年前的化石（吴新智，2010）。

10）129.6 万年至公元 903 年。0.618 黄金分割点 49.5 万年恰好是北京人出现的时间。有学者认为北京人开始出现在 80 万年前（吴秀杰，2024），恰好

是这个旋回的 0.382 分割点。但吴新智认为用铝/铍法测算北京猿人生活于 77 万年前的论证存在诸多问题，仍维持 50 万年这一结论(吴新智，2010)。

5 结论和展望

5.1 结论

以上用以中国传统时间观建构的模型对地球演化历史作了简要的回顾，通过上述分析，本模型与国际年代地层表高度耦合，也与地质学、古生物学、考古学的既有成果高度耦合。地球历史上已知的构造、生物和环境发生重大转折的时间段，在宇（宙）、界（代）、系（纪）、统（世）层面都能在旋回起始点、黄金分割点或者庚子、辛亥等关键时点找到相对应的节点，在阶（期）层面耦合度也非常高，在人类演化史方面更是高度耦合。

5.2 展望

为进一步完善这一地球演化模型，今后需要在以下问题上进行更深入的研究。

1）造成多层级旋回的机制是什么？超大陆旋回、造山运动、冰期、生物灭绝等重大地质事件基本都具有周期性或韵律性特征（唐春安等，2021），一些学者认为，自然物理循环通常以基本旋回的整数倍传播，地球作为太阳系中一个极其活跃的物理系统，谐波贯穿于整个地球演化历史，导致地质现象具有旋回特征（张瑞等，2023）。威尔逊旋回、米兰科维奇旋回成为地质科学的基本研究范式。早在 20 世纪末，中国一些学者也认识到在晚新生代，存在着准 1.2 Ma 周期构造气候旋回规律（吴锡浩等，1998），可谓是 129.6 万年旋回的先声。

2）地质事件出现于旋回不同的时点，如旋回的交界点、辛巳段、旋回中点、庚子段、辛亥段等关键节点，其分布有没有一定的规律？

3）如何解决数十亿年来不同地质时期时长不一致问题？地质时间是与地月系统和地球自身膨胀过程分不开的，地球阶段性的膨胀收缩产生各种尺度的时间节律，地球经历极早期绝热压缩后的整体缓慢膨胀过程产生不同演化阶段的时间弯曲。自太古代以来，伴随时间变慢，地球日月年的长度均在逐渐变长（周瑶琪，2018）。在地质历史各时期，由于太阳系、地月系统及地球本身自转的变化，导致地球轨道参数（偏心率、岁差、黄赤交角等）的不断变化，引起年长、地月距离、日长的变化（马晴等，2022）。是否存在一种超越日历年的“标准年”计时单位，就像可以把煤炭、石油、电力等不同的能源换算成统一的标准煤一样？

4）如何认识本研究模型中有的关键时点与国际年代地层表不能完全匹配的问题？许靖华先生在谈到气候与历史周期的关系时曾说：大自然有各种高频率循环，没有单个循环机制与气候变迁对应，而是许多种循环加总的结果。大自然中有共振，也有差频(许靖华，2014)。这可能也适用于本研究提出的地球旋回规律。就像天王星的实际运行轨道经常与理论计算的轨道不相符，人们由此发现了海王星的存在一样。目前，地层学对阶的界线年龄的确定存在 3%~6%的误差(周瑶琪，2018)，随着地层学研究的日益深入，相信以后会逐步趋同。在那些与理论数值不一致的地方更有可能取得科学上的突破。

5）地球科学与传统文化的结合问题。19 世纪特别是 20 世纪上半叶以来，建立在经验主义之上的实证科学成为探索真理的唯一方式，但逻辑学家哥德尔的不完全性定理证明了实证科学的局限性（泰泽 N，2023）。20 世纪下半叶，随着量子科学、复杂性理论的兴起，越来越多的人认识到传统文化的价值。自 20 世纪 90 年代以来，地球系统科学的思想已经逐渐成为人们的共识（王鸿祯，2006）。新技术武装下的地球科学因过度注重细节而迷失在地球科学的汪洋大海，成果丰富却是只见树木不见森林（唐春安等，2021）。长期以来中国地球科学习惯于追随和仿效（汪品先，2024），多数研究依然是验证前人提出的模型与假说，以局部的、区域性地质为主，缺乏高层次的、普适性的理论创新和提出重大导向性的科学问题（唐春安等，2021），鲜有理论上的突破（王训练，2022）。科学发展的途径是“范式转变”，要求从方法学上突破，实现源头创新（汪品先，2024）。中国学术界需要通过历史的反思，重新认识传统文化，建立自具特色的中国学派（汪品先等，2024）。

改革开放以来，中国地质学特别是古生物学研究取得了突飞猛进的发展，澄江化石群、梅树村动物群、瓮安生物群、蓝田生物群、宋洛生物群的相继发现，改写了生物进化史。时代也在呼唤中国的地质科学能将科学方法与中国传统文化相结合，为地球科学开拓新的研究维度，贡献中国的文化基

因。笔者不揣浅陋，提出自己的一些观点，希望能对大家有所启发。

致谢　感谢《古地理学报》编辑部领导和各位老师。在所刊文章作者的学术地位成为评判刊物等级重要指标的时代，能将一位无名作者的文章送给评审专家审读，充分体现了编辑部领导和老师对地球科学专业的热爱和对诞生地球科学中国学派的期盼。感谢 3 位匿名审稿专家耐心细致的审阅和对文章的修改意见，审稿专家甚至针对我地质学专业知识短板，有针对性地推荐了阅读书目，使我受教良多、感动莫名。请允许我再次向编辑部老师和 3 位审稿专家致以最崇高的敬意！

参考文献(References)

(瑞士)许靖华著. 甘锡安译. 2014. 气候创造历史. 北京：生活·读书·新知三联书店，1-286. [Hsu K J. 2014. Climate Made History(Simplified Chinese Edition). Beijing: SDX Joint Publishing House, 1-286]

陈淳. 2013. 考古学与人类起源. 大众考古，(1)：57-60. [Chen C. 2013. Archaeology and the origin of Humans. Popular Archaeology, (1): 57-60]

邓涛，侯素宽，吴飞翔. 2023. 新生代温室和冰室气候背景下动物区系的演变. 科学通报，68(12)：1557-1566. [Deng T, Hou S K, Wu F X. 2023. Faunal evolution under the background of the Cenozoic greenhouse and icehouse climate. Chinese Science Bulletin, 68(12): 1557-1566]

董树文，张岳桥，李海龙，施炜，薛怀民，李建华，黄始琪，王永超. 2019. “燕山运动”与东亚大陆晚中生代多板块汇聚构造：纪念“燕山运动”90 周年. 中国科学：地球科学，49(6)：913-938. [Dong S W, Zhang Y Q, Li H L, Shi W, Xue H M, Li J H, Huang S Q, Wang Y C. 2019. The Yanshan orogeny and late Mesozoic multi-plate convergence in East Asia: commemorating 90th years of the “Yanshan Orogeny”. Scientia Sinica(Terrae), 49(6): 913-938]

杜远生，童金南. 2022. 古生物地史学概论(第三版). 湖北武汉：中国地质大学出版社，21-342. [Du Y S, Tong J N. 2022. Introduction to Palaeontology and Historical Geology(The Third Edition). Hubei Wuhan: China University of Geosciences Press, 21-342]

杜远生，周琦，张连昌，余文超. 2020. 重大地质事件与大规模沉积成矿作用(代序言). 古地理学报，22(5)：807-811. [Du Y S, Zhou Q, Zhang L C, Yu W C. 2020. Major geological events and large-scale sedimentary mineralization(Generation of the preface). Journal of Palaeogeography(Chinese Edition), 22(5): 807-811]

樊海龙，杨高学，郭建明，马雪云，刘翔. 2023. 地球早期大陆地壳的形成与演化. 地质论评，69(2)：669-690. [Fan H L, Yang G X, Guo J M, Ma X Y, Liu X. 2023. The origin and evolution of Earth's oldest continental crust. Geological Review, 69(2): 669-690]

龚一鸣. 1997. 重大地史事件、节律及圈层耦合. 地学前缘，4(S2)：75-84. [Gong Y M. 1997. Significant geological events, rhythms and interaction of different earth spheres. Earth Science Frontiers, 4(S2): 75-84]

何琪杨. 2016. 人类寿命到底能延长多久？科学通报，61(21)：2331-2336. [He Q Y. 2016. How much can human life span be extended? Chinese Science Bulletin, 61(21): 2331-2336]

胡金良，王庆亚. 2014. 普通生物学(第 2 版). 北京：高等教育出版社，1-262. [Hu J L, Wang Q Y. 2014. General Biology(The Second Edition). Beijing: China Higher Education Press, 1-262]

胡永云，田丰. 2015. 前寒武纪气候演化中的 3 个重要科学问题. 气候变化研究进展，11(1)：44-53. [Hu Y Y, Tian F. 2015. Three important issues of Precambrian climate evolution. Climate Change Research, 11(1): 44-53]

黄大同. 2009. “六十甲子纳音”研究. 文化艺术研究，2(4)：64-98. [Huang D T. 2009. On “sixty jiazi Na-Yin”. Studies in Culture & Art, 2(4): 64-98]

季强，袁崇喜，王旭日. 2012. 中国辽宁中华侏罗兽的发现代表早期哺乳动物演化的一个新里程碑. 地球学报，33(5)：715-720. [Ji Q, Yuan C X, Wang X R. 2012. Discovery of *Juramaia sinensis* (*Eutheria*) from western Liaoning of China represents a new milestone in early mammal evolution. Acta Geoscientica Sinica, 33(5): 715-720]

季强，季燕南，吴文盛，董颖，郭震. 2021. 人类从哪里来?：(4)人类演化与古地理、古环境和古气候变化. 地质学刊，45(1)：1-7. [Ji Q, Ji Y N, Wu W S, Dong Y, Guo Z. 2021. Where are our humans from?: (4) human evolution and paleogeographic, paleoenvironmental and paleoclimatic changes. Journal of Geology, 45(1): 1-7]

江淅，贾建忠，邓丽君，万晓樵. 2012. 古近纪重大气候事件及其生物响应. 地质科技情报，31(3)：31-38. [Jiang T, Jia J Z, Deng L J, Wan X Q. 2012. Significant climate events in Paleogene and their biotic response. Geological Science and Technology Information, 31(3): 31-38]

蒋志刚. 2016. 能否避免物种灭绝？科学通报，61(18)：1978-1982. [Jiang Z G. 2016. Can we prevent extinction? Chinese Science Bulletin, 61(18): 1978-1982]

克里斯蒂安 D. 2013. 普世史的回归. 全球史评论，(1)：1-30. [Christian D. 2013. The return of Universal History. Global History Review, (1): 1-30]

克里斯蒂安 D. 2017. 时间地图：大历史，130 亿年前至今. 北京：中信出版社，1-245. [Christian D. 2017. Maps of Time: An Introduction to Big History(Simplified Chinese Edition). Beijing: CITIC Press Group, 1-245]

旷红伟，柳永清，范正秀，彭楠，耿元生，朱志才. 2018. 地球早期生物—环境演化记录：前寒武纪叠层石. 北京：地质出版社，1-312. [Kuang H W, Liu Y Q, Fan Z X, Peng N, Geng Y S, Zhu Z C. 2018. Records of Biology and Environment in the Early Earth. Beijing: Geological Publishing House, 1-312]

旷红伟，柳永清，耿元生，白华青，彭楠，范正秀，宋换新，夏晓旭，王玉冲，陈骁帅. 2019. 中国中新元古代重要沉积地质事件及其意义. 古地理学报，21(1)：1-30. [Kuang H W, Liu Y Q, Geng Y S, Bai H Q, Peng N, Fan Z X, Song H X, Xia X X, Wang Y C, Chen X S. 2019. Important sedimentary geological events of the Meso-Neoproterozoic and their significance. Journal of Palaeogeography(Chinese Edition), 21(1): 1-30]

黎念青. 2025. 试论基于中国传统时间观的历史研究范式的构建. 聊城大学学报(社会科学版)，(2)：133-148. [Li N Q. 2025. On the construction of historical research paradigm based on Chinese traditional time theory. Journal of Liaocheng University(Social Science Edition), (2): 133-148]

李安山. 2024. 人类起源的非洲考古：发现、积累与辩论. 西亚非洲，(4)：27-48,160. [Li A S. 2024. African archaeology of the origin of humankind: discovery, accumulation and debate. West Asia and Africa,(4): 27-48,160]

李吉均,周尚哲,赵志军,张军. 2015. 论青藏运动主幕. 中国科学：地球科学,45(10)：1597-1608. [Li J J,Zhou S Z,Zhao Z J,Zhang J. 2015. On the main curtain of Qinghai-Tibet movement. Scientia Sinica(Terrae),45(10): 1597-1608]

李三忠,许立青,张臻,孙文军,戴黎明,郭玲莉,曹花花,张国伟. 2015a. 前寒武纪地球动力学(Ⅱ)：早期地球. 地学前缘,22(6)：10-26. [Li S Z,Xu L Q,Zhang Z,Sun W J,Dai L M,Guo L L,Cao H H,Zhang G W. 2015a. Precambrian geodynamics(Ⅱ): early Earth. Earth Science Frontiers,22(6): 10-26]

李三忠,戴黎明,张臻,赵淑娟,郭玲莉,赵国春,张国伟. 2015b. 前寒武纪地球动力学(Ⅲ)：前寒武纪地质基本特征. 地学前缘,22(6)：27-45. [Li S Z,Dai L M,Zhang Z,Zhao S J,Guo L L,Zhao G C,Zhang G W. 2015b. Precambrian geodynamics(Ⅲ): general features of Precambrian geology. Earth Science Frontiers,22(6): 27-45]

李献华. 2021. 超大陆裂解的主要驱动力：地幔柱或深俯冲？地质学报,95(1)：20-31. [Li X H. 2021. The major driving force triggering breakup of supercontinent: mantle plumes or deep subduction? Acta Geologica Sinica,95(1): 20-31]

李一良,孙思. 2016. 地球生命的起源. 科学通报,61(S2)：3065-3078. [Li Y L,Sun S. 2016. The origin of life on Earth. Chinese Science Bulletin,61(S2): 3065-3078]

林小春. 2014. 最后一种猿类基因组被“破译”. 江西饲料,(6)：48. [Lin X C. 2014. The last ape genome was“deciphered”. Jiangxi Feed,(6): 48]

刘家和. 2013. 史学、经学与思想：在世界史背景下对于中国古代历史文化的思考. 北京：北京师范大学出版社,1-368. [Liu J H. 2013. Historiography, Confucian Classics and Thought: Reflections on China's Ancient History and Culture in the Context of World History. Beijing: Beijing Normal University Press,1-368]

刘牧. 2020. 灵长目·原猴亚目. 内蒙古呼和浩特：内蒙古大学出版社,1-5. [Liu M. 2020. Primates: Strepsirrhini. Hohhot, Inner Mongolia:Inner Mongolia University Press,1-5]

刘牧. 2022. 灵长目·简鼻亚目(上). 呼和浩特：内蒙古大学出版社,1-5. [Liu M. 2022. Primates: Haplorrhini(Ⅰ). Hohhot:Inner Mongolia University Press,1-5]

刘青松. 2022. 古释名辑证. 北京：中华书局,31-42. [Liu Q S. 2022. Compilation and Verification of Ancient ShiMing. Beijing: Zhong Hua Book Company,31-42]

吕宝忠. 2012. 人类起源与智能进化. 自然杂志,34(5)：294-298. [Lü B Z. 2012. Anthropogeny and intellectual evolution. Chinese Journal of Nature,34(5): 294-298]

刘伟,张兴亮. 2021. 新元古代地球环境与生命演化研究进展与趋势. 西北大学学报(自然科学版),51(6)：1057-1064. [Liu W, Zhang X L. 2021. Research progress and tendency on Neoproterozoic environments and lives. Journal of Northwest University(Natural Science Edition),51(6): 1057-1064]

刘霞. 2021. 宇宙多老了？最新估计是 137.7 亿岁. 科技日报,2021-1-14(4). [Liu X. 2021. How old is the universe? The latest estimate is 13.77 billion years old . Science and Technology Daily, 2021-1-14(4)]

刘霞. 2023. 45.684 亿岁！太阳系“老”了 110 万年. 科技日报,2023-8-4(4). [Liu X. 2023. 4.5684 billion years old! The solar system was more aged by 1.1 million years. Science and Technology Daily,2023-8-4(4)]

刘晓峰. 2021. 时间与东亚古代世界. 北京：社会科学文献出版社,11-50. [Liu X F. 2021. Time and the Ancient World of East Asia. Beijing: Social Sciences Academic Press,11-50]

刘耀辉. 2013. 大卫·克里斯蒂安的“大历史”理论探析. 人文杂志,(7)：90-97. [Liu Y H. 2013. An analysis of David Christian's theory of “Great History”. The Journal of Humanities,(7): 90-97]

刘志飞,拓守廷,赵泉鸿,成鑫荣,黄维. 2004. 南大西洋深水渐新世初大冰期事件. 科学通报,49(17)：1793-1800. [Liu Z F,Tuo S T,Zhao Q H,Cheng X R,Huang W. 2004. Great ice age events in the early Oligocene in the deep water of the south Atlantic. Chinese Science Bulletin,49(17): 1793-1800]

陆松年,郝国杰,相振群. 2016. 前寒武纪重大地质事件. 地学前缘,23(6)：140-155. [Lu S N,Hao G J,Xiang Z Q. 2016. Precambrian major geological events. Earth Science Frontiers,23(6): 140-155]

陆松年. 2002. 青藏高原北部前寒武纪地质初探. 北京：地质出版社,1-7. [Lu S N. 2002. Preliminary Exploration of PreCambrian Geology in the Northern Qinghai Tibet Plateau. Beijing: Geological Publishing House,1-7]

陆松年,于海峰. 2009. 中央造山带(中—西部)前寒武纪地质. 北京：地质出版社,175. [Lu S N,Yu H F. 2009. Precambrian Geology of the Central Orogenic Belt(Central-Western). Beijing: Geological Publishing House,175]

陆松年,相振群. 2021. 再论“关于板块运动启动时间的争论”. 岩石学报,37(1)：24-34. [Lu S N,Xiang Z Q. 2021. Re-discussion on “The debate concerning the beginning of the plate tectonics”. Acta Petrologica Sinica,37(1): 24-34]

陆松年,杨春亮,蒋明媚,李怀昆,李惠民. 1996. 前寒武纪大陆地壳演化示踪. 北京：地质出版社. 1-156. [Lu S N,Yang C L,Jiang M M,Li H K,Li H M. 1996. Tracing the Evolution of Precambrian Continental Crust. Beijing: Geological Publishing House,1-156]

陆松年,李怀坤,王惠初,陈志宏. 2005. 对国际地层委员会前寒武纪划分参考方案的简介及评述. 地质论评,51(2)：169-173. [Lu S N,Li H K,Wang H C,Chen Z H. 2005. Brief introduction and comment on the special reference to the Precambrian subdivision by the international commission on stratigraphy. Geological Review, 51(2): 169-173]

罗根明,朱祥坤,王水炯,张世红,焦超群. 2022. 元古宙早期大氧化事件的成因机制与气候生态效应. 中国科学：地球科学,52(9)：1665-1693. [Luo G M,Zhu X K,Wang S J,Zhang S H,Jiao C Q. 2022. Genetic mechanism and climatic and ecological effects of great oxidation events in Early Proterozoic. Scientia Sinica(Terrae),52(9): 1665-1693]

马晴,周瑶琪,曹梦春,尹兴城. 2022. 地球轨道参数在前寒武纪地层中的记录及研究进展. 地质论评,68(1)：293-308. [Ma Q, Zhou Y Q,Cao M C,Yin X C. 2022. Records and research progress of earth's orbital parameters in Precambrian strata. Geological Review,68(1): 293-308]

梅冥相. 2016a. 太古宇的建系：前寒武纪年代地层划分大胆的尝试和重要的进展. 地层学杂志,40(2)：186-208. [Mei M X. 2016a. System-level division of the Archean eonothem: an important advancement and a bold proposal of Precambrian chronostratigraphical division. Journal of Stratigraphy,40(2): 186-208]

梅冥相. 2016b. 冥古宙的地层学属性：了解地球形成初期古地理背

景和演变历史的重要线索. 古地理学报,18(4)：513-524. [Mei M X. 2016b. Stratigraphical natures for the Hadean: an important clue for understanding of both evolutionary history and palaeogeographical background in forming and initial periods of the Earth. Journal of Palaeogeography(Chinese Edition),18(4)：513-524]

佩奇 L. 2020. 宇宙小史. 北京：中信出版集团,1-175. [Page L. 2020. The Little Book of Cosmology(Simplified Chinese Edition). Beijing: CITIC Publishing Group,1-175]

奇云,李大可. 2012. 人科动物基因组测序全部完成大猩猩、黑猩猩和猩猩,谁与人类最亲近？生物进化,(2)：27-35. [Qi Y,Li D K. 2012. The sequencing of the genomes of all hominids has been completed,which is closest to humans,gorillas,chimpanzees,or orangutans? Biological Evolution,(2)：27-35]

沈保丰,毕君辉,张阔. 2021. 华北陆块 2.56~2.52 Ga 增氧事件对成矿和生命演化的影响. 地质学报,95(2)：336-351. [Shen B F,Bi J H,Zhang K. 2021. Effect of 2.56-2.52 Ga oxidation event on mineralization and life evolution in the North China block. Acta Geologica Sinica,95(2)：336-351]

沈仁芳,赵学强. 2015. 土壤微生物在植物获得养分中的作用. 生态学报,35(20)：6584-6591. [Shen R F,Zhao X Q. 2015. Role of soil microbes in the acquisition of nutrients by plants. Acta Ecologica Sinica,35(20)：6584-6591]

沈树忠,张华. 2017. 什么引起五次生物大灭绝？科学通报,62(11)：1119-1135. [Shen S Z,Zhang H. 2017. What caused the five Mass extinctions? Chinese Science Bulletin,62(11)：1119-1135]

沈树忠,张飞飞,王文倩,王向东,樊隽轩,陈吉涛,王博,曹剑,杨石岭,张华,李高军,邓涛,李献华,陈骏. 2024. 深时重大生物和气候事件与全球变化：进展与挑战. 科学通报,69(2)：268-285. [Shen S Z,Zhang F F,Wang W Q,Wang X D,Fan J X,Chen J T,Wang B,Cao J,Yang S L,Zhang H,Li G J,Deng T,Li X H,Chen J. 2024. Deep-time major biological and climatic events versus global changes: progresses and challenges. Chinese Science Bulletin,69(2)：268-285]

孙岳. 2012. 超越人类看人类?："大历史"批判. 史学理论研究,(4)：49-59,159. [Sun Y. 2012. Transcending humanity to discover humanity? a critique of"Big History". Historiography Quarterly,(4)：49-59,159]

泰泽 N. 2023. 万物本源. 北京：中信出版社. 3-124. [Theise N. 2023. Notes on Complexity: A Scientific Theory of Connection,Conciousness,and Being(Simplified Chinese Edition). Beijing: CITIC Publishing Group,3-124]

唐春安,陈甜甜,龚斌. 2021. 地球演化冷热波动周期与重大地质事件. 中国科学：地球科学,51(10)：1813-1816. [Tang C A,Chen T T,Gong B. 2021. Earth's thermal cycles and major geological events. Scientia Sinica(Terrae),51(10)：1813-1816]

唐春安. 2015. 地球大龟裂：地球演化动力学新思考. 前沿科学,9(2)：4-24. [Tang C A. 2015. New ideas on the evolution of the Earth. Frontier Science,9(2),4-24]

田娇阳,李玉春,孔庆鹏,张亚平. 2018. 遗传学视角下东亚人群的起源和演化. 遗传,40(10)：814-824. [Tian J Y,Li Y C,Kong Q P,Zhang Y P. 2018. The origin and evolution history of East Asian populations from genetic perspectives. Hereditas,40(10)：814-824]

童金南. 2021. 古生物学(第二版). 北京：高等教育出版社,32-305. [Tong J N. 2021. Paleontology(The Second Edition). Beijing: China Higher Education Press, 32-305]

汪品先. 2024. 现代科学与传统文化. 科技导报,42(6)：16-24. [Wang P X. 2024. Modern science and traditional culture. Science & Technology Review,42(6)：16-24]

汪品先,郭正堂,焦念志,金之钧,王成善. 2024. 寻找地球系统科学的突破口. 地球科学进展,39(8)：767-771. [Wang P X,Guo Z T,Jiao N Z,Jin Z J,Wang C S. 2024. Towards research breakthroughs in east system science of China. Advances in Earth Science,39(8)：767-771]

王鸿祯. 2006. 地层学的几个基本问题及中国地层学可能的发展趋势. 地层学杂志,30(2)：97-102. [Wang H Z. 2006. Some fundamental problems of stratigraphy and the possible tendency of development of stratigraphy in China. Journal of Stratigraphy,30(2)：97-102]

王绍武,闻新宇. 2011. 人类走出非洲. 气候变化研究进展,7(4)：304-306. [Wang S W,Wen X Y. 2011. Out of Africa. Climate Change Research,7(4)：304-306]

王伟,刘树文,白翔,郭荣荣. 2015. 前寒武纪地球动力学(Ⅷ)：华北克拉通太古宙末期地壳生长方式. 地学前缘,22(6)：109-124. [Wang W,Liu S W,Bai X,Guo R R. 2015. Precambrian geodynamics(Ⅷ)：late Archean crustal growth models recorded in the North China Craton. Earth Science Frontiers,22(6)：109-124]

王训练. 2022. "金钉子"之后的国际年代地层表刍议. 科学通报,67(3)：307-320. [Wang X L. 2022. Attempting discussion of the international chronostratigraphic chart after the global standard boundary stratotype section and point. Chinese Science Bulletin,67(3)：307-320]

王永达,杨石岭,沈冰,朱茂炎,陈祚伶,纪伟强,黄晓芳,孙敏敏,张师豪. 2024. 地球深部过程与极热和极冷事件. 科学通报,69(2)：215-229. [Wang Y D,Yang S L,Shen B,Zhu M Y,Chen Z L,Ji W Q,Huang X F,Sun M M,Zhang S H. 2024. Links between deep Earth processes and hyperthermal and extreme cooling events. Chinese Science Bulletin,69(2)：215-229]

王瑜,何登发,刘松楠,周丽云,高山林. 2022. 年代古地理学：理论与实践. 古地理学报,24(5)：908-919. [Wang Y,He D F,Liu S N,Zhou L Y,Gao S L. 2022. Chrono-palaeogeography: theory and practice. Journal of Palaeogeography(Chinese Edition),24(5)：908-919]

王玉珏,梁昆,陈波,宋俊俊,郭文,乔丽,黄家园,郤文昆. 2020. 晚泥盆世 F-F 大灭绝事件研究进展. 地层学杂志,44(3)：277-298. [Wang Y J,Liang K,Chen B,Song J J,Guo W,Qiao L,Huang J Y,Qie W K. 2020. Research progress in the Late Devonian F-F Mass extinction. Journal of Stratigraphy,44(3)：277-298]

吴锡浩,王苏民,安芷生,蒋复初,肖华国,孙东怀,薛滨. 1998. 关于晚新生代准 1.2 Ma 周期构造气候旋回. 地质力学学报,4(4)：1-11. [Wu X H,Wang S M,An Z S,Jiang F C,Xiao H G,Sun D H,Xue B. 1998. On tectonoclimatic cycle of quasi period of 1.2 Ma in late Cenozoic. Journal of Geomechanics,4(4)：1-11]

吴新智. 2010. 人类起源与进化简说. 自然杂志,32(2)：63-66,60. [Wu X Z. 2010. A brief introduction of human evolution. Chinese Journal of Nature,32(2)：63-66,60]

吴秀杰. 2024. 周口店发现的人类化石及其研究进展. 人类学学报,43(6)：900-912. [Wu X J. 2024. Human fossils discovered in Zhoukoudian and their research progress. Acta Anthropologica Sinica,43(6)：900-912]

肖传桃. 2017. 古生物学与地史学概论(第二版·富媒体). 北京：石油工业出版社, 245-439. [Xiao C T. 2017. Introduction to Paleontology and Historical Geology (The Second Edition, Rich Media). Beijing: Petroleum Industry Press,245-439]

肖智勇. 2021. 撞击过程和内太阳系撞击历史. 地质学报,95(9): 2641-2661. [Xiao Z Y. 2021. Impact cratering and impact history of the inner Solar System. Acta Geologica Sinica,95(9): 2641-2661]

姚金龙,赵国春,韩以贵,刘潜,余珊,Simon Williams,何艳红,李阳. 2021. 晚新元古代—早寒武世现代板块构造与现代地球系统的建立. 西北大学学报(自然科学版),51(6): 1007-1018. [Yao J L,Zhao G C,Han Y G,Liu Q,Yu S,Williams S,He Y H,Li Y. 2021. Establishment of modern plate tectonic regime and modern Earth system in the late Neoproterozoic-early Cambrian. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 51(6): 1007-1018]

于浩男,刘永岗,林琪凡,魏梦宇,左浩悦,张健,章露露. 2024. 晚奥陶纪地球气候对地球轨道变化的响应. 北京大学学报(自然科学版),60(6): 1037-1054. [Yu H N,Liu Y G,Lin Q F,Wei M Y,Zuo H Y,Zhang J,Zhang L L. 2024. Response of Earth's climate to orbital changes in late Ordovician. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis,60(6): 1037-1054]

余瑜. 2019. 2019 年度诺贝尔物理学奖解读: 两类研究的奇妙组合. 科学通报,64(36): 3789-3792. [Yu Y. 2019. The Nobel Prize in physics 2019: wonderful combination of two astronomical research areas. Chinese Science Bulletin,64(36): 3789-3792]

袁训来,陈哲,肖书海,万斌,关成国,王伟,周传明,华洪. 2012. 蓝田生物群: 一个认识多细胞生物起源和早期演化的新窗口. 科学通报,57(34): 3219-3227. [Yuan X L,Chen Z,Xiao S H,Wan B,Guan C G,Wang W,Zhou C M,Hua H. 2012. The Lantian biota: a new window onto the origin and early evolution of multicellular or Ganisms. Chinese Science Bulletin,57(34): 3219-3227]

袁训来,庞科,唐卿,李光金,肖书海,周传明,陈哲,陈雷,万斌,王伟,关成国,欧阳晴,牛长泰,王霄鹏,刘雅榕. 2023. 复杂生物的起源和早期演化. 科学通报,68(S1): 169-187. [Yuan X L,Pang K,Tang Q,Li G J,Xiao S H,Zhou C M,Chen Z,Chen L,Wan B,Wang W,Guan C G,Ouyang Q,Niu C T,Wang X P,Liu Y R. 2023. The origin and early evolution of complex organisms. Chinese Science Bulletin,68(S1): 169-187]

翟明国. 2022. 太古宙的洋—陆与古地理问题. 古地理学报,24(5): 825-847. [Zhai M G. 2022. Ocean and continent in Archean. Journal of Palaeogeography(Chinese Edition),24(5): 825-847]

翟明国,赵国春,郭敬辉. 2023. 关注前寒武纪大陆形成演化研究. 科学通报, 68(18): 2281-2283. [Zhai M G,Zhao G C,Guo J H. 2023. Focus on form and evolution of Precambrian continents. Chinese Science Bulletin, 68(18): 2281-2283]

张凤廉,王华建,张水昌,邓胜徽,叶云涛,邓焱,王晓梅,吕丹,卢远征,吕怡潼. 2021. 元古宙真核藻类演化及环境控制因素. 地质学报,95(5): 1334-1355. [Zhang F L,Wang H J,Zhang S C,Deng S H,Ye Y T,Deng Y,Wang X M,Lü D,Lu Y Z,Lü Y T. 2021. Evolution of Proterozoic eukaryotic algae and environmental constraints. Acta Geologica Sinica,95(5): 1334-1355]

张瑞,金之钧,Michael Gillman,刘全有,魏韧,李鹏,张之辉. 2023. 太阳系长期旋回在中生代沉积盆地中的记录. 中国科学: 地球科学,53(2): 345-362. [Zhang R,Jin Z J,Gillman M,Liu Q Y,Wei R,Li P,Zhang Z H. 2023. Long-term cycles of the Solar System concealed in the Mesozoic sedimentary basin record. Scientia Sinica (Terrae),53(2): 345-362]

张艳斌,翟明国,周艳艳,周李岗. 2024. 大陆下地壳. 地学前缘,31(1): 28-45. [Zhang Y B,Zhai M G,Zhou Y Y,Zhou L G. 2024. The continental lower crust. Earth Science Frontiers,31(1): 28-45]

张志飞,刘璠,梁悦,胡亚洲,陈飞扬,张志亮,陈延龙,任心宜,姚金龙,李国祥,郭俊锋,华洪. 2021. 寒武纪生命大爆发与地球生态系统起源演化. 西北大学学报(自然科学版),51(6): 1065-1106. [Zhang Z F,Liu F,Liang Y,Hu Y Z,Chen F Y,Zhang Z L,Chen Y L,Ren X Y,Yao J L,Li G X,Guo J F,Hua H. 2021. The Cambrian Explosion of animals and the evolution of ecosystems on Earth. Journal of Northwest University(Natural Science Edition), 51(6): 1065-1106]

赵国春,张健,尹常青,王潮,张国伟. 2023. 前板块构造与大陆起源. 科学通报,68(18): 2312-2323. [Zhao G C,Zhang J,Yin C Q,Wang C,Zhang G W. 2023. Pre-plate tectonics and origin of continents. Chinese Science Bulletin,68(18): 2312-2323]

赵太平,庞岚尹,仇一凡,祝禧艳,王世炎,耿元生. 2019. 古/中元古代界线: 1.8 Ga. 岩石学报, 35(8): 2281-2298. [Zhao T P,Pang L Y,Qiu Y F,Zhu X Y,Wang S Y,Geng Y S. 2019. The Paleo-Mesoproterozoic boundary: 1.8 Ga. Acta Petrologica Sinica, 35(8): 2281-2298]

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所信息中心. 2014. 中国侏罗纪新发现的神、仙二兽为哺乳动物起源研究再添新证. 化石,(4): 4-6. [Information Center of Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology,Chinese Academy of Sciences. 2014. The newly discovered Shenshou and Xianshou from the Jurassic period in China provide new evidence for the origin of Mammals. Fossils,(4): 4-6]

仲钰天,陈吉涛,高彪,杨文莉,岳超盛,王向东,沈树忠. 2023. 晚古生代大冰期碳—水循环回顾与展望. 科学通报,68(12): 1544-1556. [Zhong Y T,Chen J T,Gao B,Yang W L,Yue C S,Wang X D,Shen S Z. 2023. Carbon-water cycles during the Late Paleozoic Ice Age: reviews and prospects. Chinese Science Bulletin,68(12): 1544-1556]

周传明,袁训来,肖书海,陈哲,华洪. 2019. 中国埃迪卡拉纪综合地层和时间框架. 中国科学: 地球科学,49(1): 7-25. [Zhou C M,Yuan X L,Xiao S H,Chen Z,Hua H. 2019. Ediacaran integrative stratigraphy and timescale of China. Scientia Sinica (Terrae), 49(1): 7-25]

周瑶琪. 2018. 地球节律. 山东青岛: 中国石油大学出版社,1-216. [Zhou Y Q. 2018. Earth Rhythms. Shandong Qingdao: China University of Patroleum Press, 1-216]

朱茂炎. 2022. 前寒武纪全球地质年代划分新趋势. 地层学杂志, 46(2): 209-213. [Zhu M Y. 2022. New trends in the rock-based subdivision of the Precambrian timescale. Journal of Stratigraphy, 46(2): 209-213]

Lehallier B, Gate D, Schaum N, Nanasi T, Lee S E, Yousef H, Moran Losada P, Berdnik D, Keller A, Verghese J, Sathyan S, Franceschi C, Milman S, Barzilai N, Wyss-Coray T. 2019. Undulating changes in human plasma proteome profiles across the lifespan. Nature Medicine,25: 1843-1850.

Mitchell E, Chapman M S, Williams N, Dawson K J, Mende N, Calderbank E F, Jung H, Mitchell T, Coorens T H H, Spencer D H, Machado H, Lee-Six H, Davies M, Hayler D, Fabre M A, Mahbubani K, Abascal F, Cagan A, Vassiliou G S, Baxter J, Martincorena I, Stratton M R, Kent D G, Chatterjee K, Parsy K S, Green A R, Nangalia J, Laurenti E, Campbell P J. 2022. Clonal dynamics of haematopoiesis across the human lifespan. Nature,606: 343-350.

(责任编辑 李新坡; 英文审校 徐 杰)