

多学科融合下人类世内涵的多元化问题讨论与展望

陈杰¹, 陈圣乾^{1*}, 吴铎^{2*}, 陈发虎^{1,2}

1. 中国科学院青藏高原研究所, 青藏高原地球系统与资源环境全国重点实验室, 北京 100101

2. 兰州大学资源环境学院, 西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000

* 联系人, E-mail: sqchen@itpcas.ac.cn; dwu@lzu.edu.cn

2025-01-18 收稿, 2025-04-07 修回, 2025-05-06 接受, 2025-05-28 网络版发表

国家自然科学基金青年科学基金(42401183)、国家资助博士后研究人员计划(GZC20241803)和国家自然科学基金(42588201)资助

摘要 地球系统科学家于2000年提出了人类世的概念, 强调由于人类活动改变了地球表层系统的自然运行规律使得地球进入新的地质时代。国际地层委员会自2009年设立人类世工作组推动其成为正式的年代地层单位, 但历时15年研究与努力后于2024年否决了该提议。尽管该提议未能获得官方认可, 但是当前人类世术语已被广泛采用, 其研究范畴横跨理学、技术科学、人文科学及社会科学等多个学科领域。在此背景下, 本文首先简要回顾了人类世从提出至被否决的历程和多年来与之相伴的争议, 其次阐述了不同学科视角下人类世概念的多元性, 并从多学科融合的角度探讨其定义争议及被否决的原因, 最后对未来人类世研究进行了展望。本文认为, 人类世作为多学科共用的学术术语, 目前其内涵因学科视角不同而丰富多元, 同时人类世跨学科的争议与探讨不仅促进了多学科融合和地球系统科学发展, 也成为了人类活动对地球环境影响的一种思想或理念。未来需要深化自然科学、人文科学和社会科学更深层次的融合, 系统整合“人类圈”要素, 以构建真正统一的地球系统科学, 从而推动对人类世概念的深入理解, 并为可持续发展提供理论支撑与实践指导。

关键词 人类世, 地球系统科学, 学科融合, 人类圈, 可持续发展, 人与环境相互作用

地球是一个复杂的动态系统, 其内部(如构造运动和火山活动)和外部(如风化作用)地质作用共同驱动着地球系统不断演化。基于地球系统的演化历程, 地球的历史被划分为不同的地质年代^[1,2]。地质年代的划分是地球科学研究的重要基石, 地质年代表是根据宙、代、纪、世、期为单位来划分地球历史, 目前我们正处于显生宙新生代第四纪全新世。5.4亿年以来的显生宙被划分了11个纪, 每个纪平均延续数千万年之久, 然而第四纪仅有258万年, 包括更新世和全新世, 其中全新世为1.17万年以来的时段^[3]。从地质年代的划分可以看出, 距离现在越近, 其划分越详尽, 这主要是距离现在越近, 一方面是地层范围更广泛, 细节更丰富, 另外一方面人类更了解也更关注自己居住的这颗星球^[4]。鉴于当前人

类活动对地球环境造成的深远影响, 过去20余年科学家们对于是否应增设一个时间跨度更短的新地质年代单位—人类世, 展开了广泛的争论。

自人类出现以来, 这一单一物种逐渐形成了一个复杂的社会系统^[5], 其对地球系统的影响力越来越大, 近百年成为了主要的地质营力^[2,6,7], 对地球环境造成了史无前例的持久广泛影响^[8]。2000年, 诺贝尔化学奖获得者Paul J. Crutzen和湖泊生物学家Eugene F. Stoermer^[9]提出了人类世(Anthropocene)的概念, 表达由于人类活动巨大的影响, 全新世结束, 地球进入了新的地质时代。2009年, 国际地层委员会(International Commission on Stratigraphy, ICS)下属的第四纪地层分委员会(Subcommission on Quaternary Stratigraphy, SQS)组建

引用格式: 陈杰, 陈圣乾, 吴铎, 等. 多学科融合下人类世内涵的多元化问题讨论与展望. 科学通报, 2025, 70: 4188–4200

Chen J, Chen S, Wu D, et al. Discussion and prospects on the multidimensional Anthropocene concept under disciplinary integration (in Chinese). Chin Sci Bull, 2025, 70: 4188–4200, doi: [10.1360/TB-2025-0077](https://doi.org/10.1360/TB-2025-0077)

了人类世工作组(Anthropocene Working Group, AWG),该工作组致力于研究人类世被设立为正式的年代地层单位的可行性^[10]。在国内,刘东生最早响应人类世提议^[6]。汪品先等人^[11]在其著作《地球系统与演变》中指出,人类世概念的提出推倒了“古”与“今”之间的隔墙,促进地质与现代过程融合。此外,安芷生和韩永明曾是人类世工作组重要成员,参与了工作组系列人类世研究成果的发表以及为人类世工作组的提案贡献了重要力量。国内学者在不同研究阶段对人类世的提出与争论、核心理念及研究范畴进行过梳理与探讨^[2,4,7,12-17],这些努力极大地丰富了人类世研究的内涵。

历经长达15年的研究和争论,人类世工作组于2023年10月向第四纪地层分委员会提交了将人类世设立为新的年代地层单位的正式提案^[18],然而,2024年3月第四纪地层分委员会否决了这一提案,并得到了国际地质联合学会(International Union of Geological Sciences, IUGS)的最终确认^[19]。因此,在人类世工作组提议被否决的背景下,我们应该如何看待人类世?如何使用人类世这一学术术语?未来如何开展有关人类世的研究?本文在回顾人类世从被提出至其正式化提议被否决的历程以及多年来与之有关的争议基础上,概括了更广泛的学术群体对于人类世概念内涵的理解和运用,从多学科融合角度思考人类世定义之争和被否决的根源,最后对未来人类世研究进行展望,希望引起国内学者和公众对人类世更广泛的关注,以及对人与自然关系更深刻的思考。

1 人类活动影响及人类世概念的提出与争论

在人类世概念提出之前,已有少数科学家意识到人类活动对地球产生的日益显著的影响^[1]。例如,早在1864年,George P. Marsh^[20]在其著作《人类与自然》(近期重印时更名为《人类活动改变的地球》)中,探讨了人类对自然环境产生的深远影响。1962年美国海洋生物学家Rachel Carson^[21]的《寂静的春天》问世,极大地提升了公众对环境危机的文化认知。然而,当时主流科学界仍普遍认为全球变化主要是由自然营力驱动。例如,IPCC在1990年的报告中尚未量化人类活动对气候变化的影响^[22];到了1995年的报告指出人类对气候存在可辨识的(discernible)影响^[23];而到了2021年最新的报告,则明确指出人类活动“无可争议地”(unequivocally)是现代全球变暖的主因^[24]。

实际上,在人类世概念提出之前,已有类似思想和

术语出现,但并未广泛流传^[25]。例如,1866年,Reverend Haughton^[26]提出了人类纪(Anthropozoic)的概念,随后意大利地质学家Antonio Stoppani^[27]在其地质学教程中使用了这一词汇。20世纪初期,Pierre Teilhard de Chardin、Édouard Le Roy和Vladimir I. Vernadsky^[28]提出了智慧圈(Nöosphere)的概念,指出人类智慧活动已成为地质演化新动力。直至2000年,Crutzen与Stoermer^[9]共同提出人类世的概念。这一概念在推广之后获得了广泛关注,主要原因在于人类逐渐认识并感受到自身行为对地球环境所带来的深远影响。人类活动对地球环境造成的巨大影响威胁到了人类的生存与可持续发展,人类自身需要找到有效管理地球的方法,实现人与自然和谐相处和可持续发展,共建人类命运共同体。

人类世概念提出20余年以来,其定义持续引发争论,核心分歧在于是否应将其确立为正式的年代地层单位(图1)。人类世工作组成立的核心使命在于提出关于设立人类世的建议及其具体方案^[10]。工作组成员发表了一系列研究成果,关键发现表明,自20世纪50年代以来,人类活动的急剧增加对地球系统的各个层面均产生了显著且全球一致的影响^[29],这些影响在地层沉积中得到了广泛记录,表现为地层中的物理、化学及生物指标由先前的缓慢变化转变为指数级增长,与全新世地层形成了鲜明对比^[30]。基于此,2019年人类世工作组通过投票确定1950年代为起始点,并于2023年向国际地层委员会提交正式提案^[18],建议将加拿大克劳福德湖作为全球层型剖面 and 点位(“金钉子”),同时将中国四海龙湾玛珥湖等11个点位列为辅助剖面^[31,32]。反对观点聚焦于:(1)对人类世的承认可能更多地出于政治考量而非科学的严谨性^[33,34];(2)缺乏地质学证据,没有适用价值^[35,36];(3)人类活动对地球环境的影响可追溯至20世纪50年代之前^[37-39];(4)人类活动的影响具有穿时性和区域差异性^[40,41];(5)70年时间跨度远低于传统地层划分标准^[34,41]等。

针对这些争议,前第四纪地层委员会主席Philip L. Gibbard、前国际地层委员会主席Stanley Finney、“早期人为假说”(The early anthropogenic hypothesis, 见第2节)提出者William F. Ruddiman、考古学家Matthew Edgeworth及环境学家Erle C. Ellis为代表的学者提出将人类世重新定义为地质事件,以涵盖其穿时性、区域差异及社会-环境互动的多样性特征,也更符合社会科学和人文科学领域对于该术语的理解与应用^[45,46]。对此,人类世工作组的成员及其支持者指出该定义混

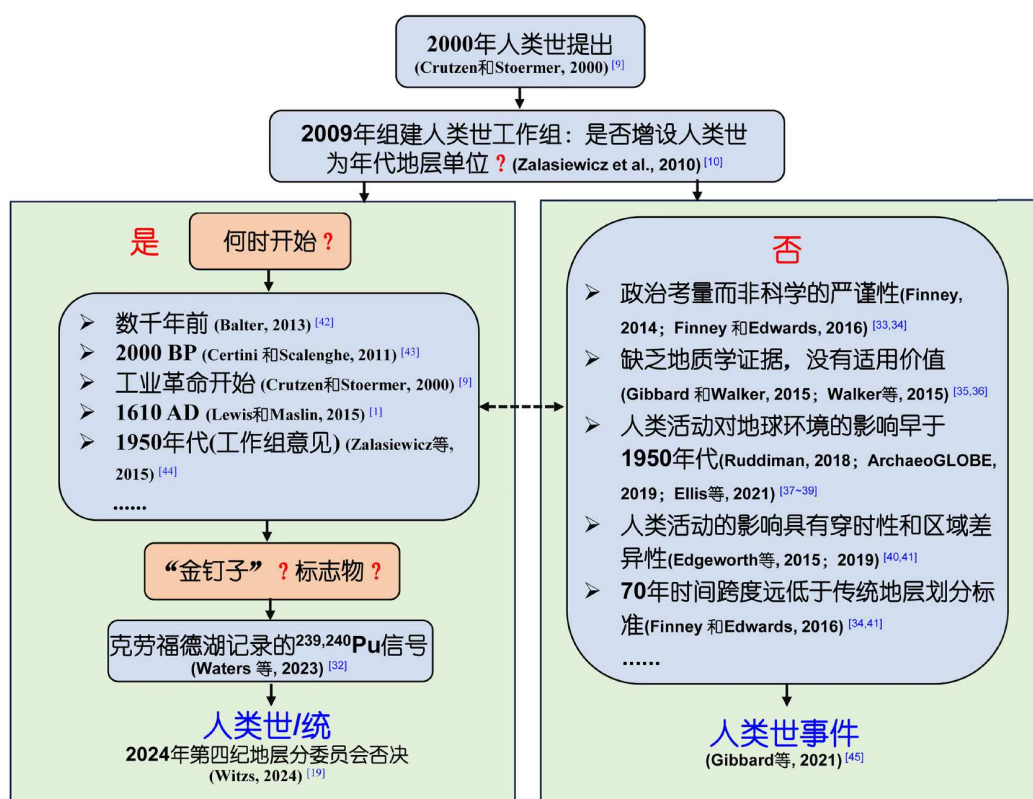


图 1 (网络版彩色)人类世的提出与争议过程框架图

Figure 1 (Color online) An overview of the proposal and controversial development of the Anthropocene concept

淆了地学中“世”(epoch)、“事件”(events)和“时期”(episodes)的概念,认为其更符合一个包含多个地质事件的地质时期。此外,建议通过双重定义(“人类世”与“人类世事件”),或许能够为该领域的讨论提供有益的补充^[47~49]。

2024年3月第四纪地层分委员会投票否决了该提议^[19],这意味着该概念在未来十年内无法被纳入国际地质年代表。这一结果并不意外,因为参与决策的学者均来自地层学与地质年代学领域,其学科范式更关注百万年尺度的地质过程,而人类世70年的时间跨度仅相当于传统地层划分的“瞬间”。但需强调的是,无论是人类世/统,还是人类世事件,从地质学的角度来讲,当代人类活动对地表环境大规模改造的时间段是地质历史上的一个重要时期。

总体来说,现代人类活动毋庸置疑成为一个重要的地质营力,学界承认其对地球系统造成了剧烈而快速的变化。然而,是否需要将人类世设立为正式的年代地层单位虽根植于地层学框架,但其影响维度已突破

传统地质学边界,目前仍然是一个开放性的问题。值得注意的是,地质年代确立的历史经验为此可以提供重要参照,尤其是近期与人类历史紧密相连的地质年代单位,如第四纪的界定与人类的起源直接关联^[50],全新世则标志着地球历史上最后一次冰期的终结,并且在这一时期内人类活动开始显著地影响地球环境。尽管如此,界线划分始终以气候突变事件(如新仙女木事件、8.2 ka事件、4.2 ka事件)为核心依据^[51]。另外,一个新的地质年代单位的确认是一个漫长而又复杂的过程。以全新世的设立为例,1830年,Charles Lyell提出了“现代时期”(Recent epoch)的概念,经Paul Gervais (1867~1869)发展为“全新世”(The Holocene)术语;1885年国际地质大会正式采纳该术语,作为更新世之后的一个地层单位,1977年成立全新世工作组;国际地层委员会于2008年正式批准以新仙女木事件结束(距今约11700年,以公元2000年为基准)作为全新世的开始^[52]。这一标准化过程历时178年,标志着从经验性术语到标准化年代地层单位的范式转变。类似地,第四纪的官方

确认历经60年学术争论^[3]。这些案例揭示,新地质年代的接纳需要经历学科认知迭代、全球地层证据积累以及学术共识形成的漫长而又复杂过程。关于是否将人类世正式纳入地质年代单位的范畴,也尚需时日进行更为广泛的讨论与深入理解。

2 多学科视角下人类世概念的异同

尽管人类世尚未被正式纳入地质年代体系,该术语已在学术界获得广泛应用,其研究范畴涵盖环境科学与生态学(占比55%)、地理学、大气科学、地质学、动物学和人类学等多学科(图2(a))。基于Web of Science文献计量分析,当前研究可归纳为三大主题集群:(1)生物多样性及生态系统响应研究;(2)人类活动对气候系统、植被动态与地表过程的影响研究;(3)可持续发展路径的实践探索(图2(b))。这些研究集群不仅内容关联紧密,更呈现出显著的跨学科融合特征,体现了自然科学与人文社科的深度交叉。作为跨学科概念,人类世激发了不同领域学者基于专业视角的多元化阐释,其概念内涵在共识与分歧中持续演进^[15,17](表S1和图3)。

人类世概念起源于地球系统科学,该学科将地球视为由多圈层相互作用构成的复杂适应系统^[53,54]。在这一框架下,人类是地球系统不可或缺的一部分,参与系统其他组成部分的相互作用与反馈。在地球系统科学的视角下,人类世被定义为地球历史的新阶段,其特征表现为人类活动对地球系统产生了显著且持久的影响,驱动其进入新的状态,与全新世明显不同^[55](图3(b))。最初,Crutzen和Stoermer^[9,56]将18世纪后期工业革命的开端作为人类世开始的时间,其标志是大气中CO₂和CH₄开始异常增高。随后,通过集成多维度的社会经济要素(人口规模、GDP和化石能源消耗量等)和地球系统关键参数(大气CO₂、气温和海洋pH等)的耦合指标体系,证实20世纪50年代开启的“大加速”(Great Acceleration)时期^[57],人类活动的强度与广度呈现指数级增长,通过级联效应引发地球系统组分、结构及功能的系统性重构^[47]。基于球杯模型的分析表明,该时期人类活动已突破全新世吸引阈(Holocene Basin of Attraction,指地球系统在自然状态下维持准稳态的参数空间范围)的边界,导致地球系统脱离全新世临界阈值,进入不可逆的新的状态^[58](图3(b))。以全球能源消耗总量为例,20世纪50年代以来的70年全球能源消耗总量(~22 ZJ)超过了全新世11700年间能源使

用的总量(~14.6 ZJ)^[59]。大气CO₂浓度的演变清晰映射地球系统剧变:距今约7000年开始升高,至1950年上升约50 ppm,而此后70多年却激增超过100 ppm,呈现数量级差异的加速进程^[44]。

地质学对年代地层单位人类世的界定聚焦于地层记录的全球等时性,其核心包括:(1)人类活动是否在地层中形成区别于全新世的地质记录;(2)这些记录是否具有全球同步性^[30](图3(a))。人类世工作组通过多指标分析证实:自20世纪50年代以来人类活动成为改变地质记录的主导力量,在不同的地质载体中均留下了清晰的、确凿的、永久性的且近乎全球同步的记录,表现为技术化石(铝、塑料和混凝土等)、碳氮磷等元素、放射性核素等物理、化学和生物指标由之前的缓慢变化转变为指数级增长,人类世地层显著不同于全新世地层^[8,30]。其中,核试验产物如^{239,240}Pu、¹²⁹I和¹³⁷Cs等放射性核素自1952年起在各类地质沉积中呈现快速增加趋势,成为划分人类世的重要地层标志^[16,32]。地层学与地球系统科学通过协同验证机制建立理论关联,地层记录为解析地球系统演化轨迹提供多尺度证据链^[58]。这种学科耦合性在人类世定义中具象化体现为双方均支持人类世被定义为一个地质时间单位,其起始时间点通过地层学标志层(如1952年全球核爆沉积信号)与地球系统临界阈值(如大气CO₂突破300 ppm)双重验证,最终锚定于20世纪50年代^[44,55]。

人类世内涵的核心争议聚焦于其是否应被确立为正式地质年代单元(详见第1节)。地球系统科学与地质学主导该核心议题的论证,而生态学、环境科学、考古学及人类学等学科虽涉及相关讨论,但主要侧重于将该概念应用于各自研究领域,关注不同时空尺度人类活动引发的生态环境变化,实质构成人类世理论体系的外延拓展。其中生态学与环境学作为高频使用该术语的领域(图2(a)),人类世常被等同为“人为的”,其时间维度呈现弹性特征,既可追溯至前工业时期^[39],也可延伸至未来^[60]。这种学科特性导致人类世内涵和起始时间随研究焦点动态演变,因而也具有丰富的外延,是一个综合性且宽泛的术语。考古学与人类学研究过去人类-环境长期互动关系,其一考古材料和数据源于人类活动遗址的直接记录^[61],其二学科特有的穿时性分期体系(如新石器时代存在上千年时间的区域差异),使得他们对人类世的定义往往追溯到几千年前人类开始显著改变环境的时期,如农业的出现或城市的发展,

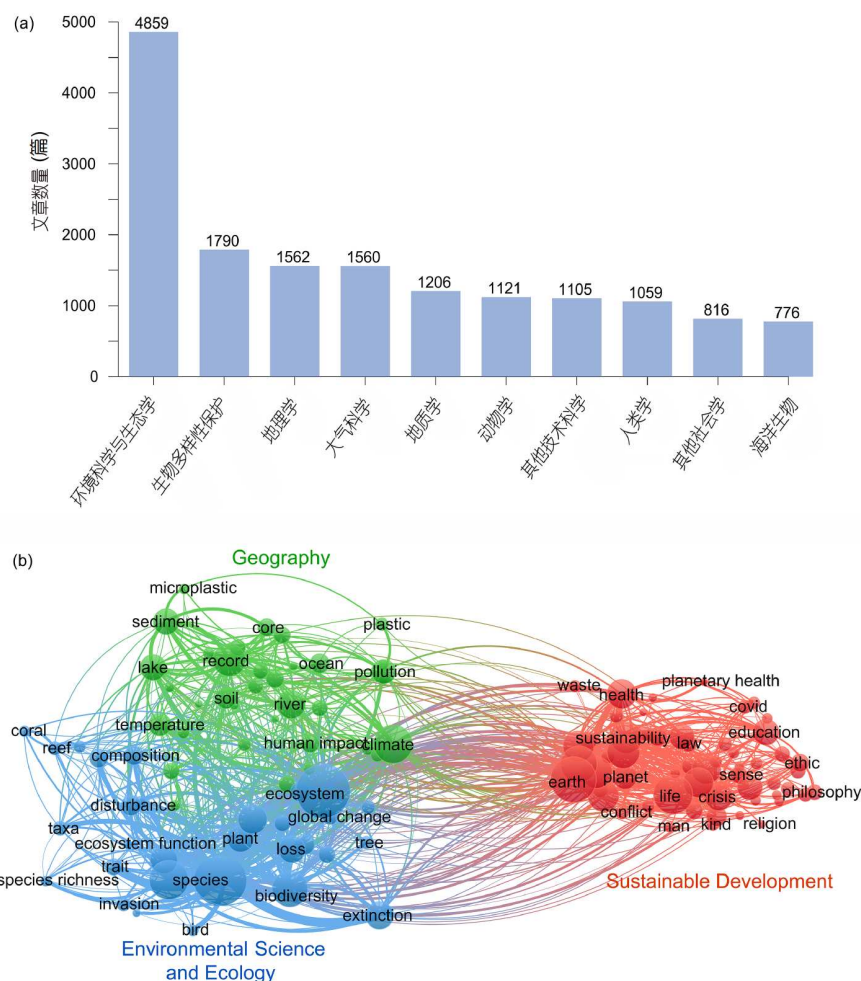


图 2 (网络版彩色) Web of Science 数据库 2000~2024 年人类世主题文献计量分析. (a) 累计论文数的主要学科分布; (b) 基于 VOSviewer 的过去 20 年来人类世研究热点分析, 图中显示了出现频次较高的主题词, 词之间的距离越近表示相关性越强, 联系越紧密, 不同颜色代表不同的热点聚类

Figure 2 (Color online) Bibliometric analysis of Anthropocene-themed literature from 2000 to 2024. (a) Statistics on the number of articles related to Anthropocene research directions; (b) Analysis of research hotspots on the Anthropocene over the past two decades based on VOSviewer, with the figure showing frequently occurring keywords. The closer the words are to each other, the stronger the correlation and connection. Different colors represent different hotspot clusters

这些定义不强调全球同步性^[38,40,42]. 此外, Ruddiman 等人^[62,63]的“早期人为假说”同样关注早期人类活动的环境效应, 主张人类活动早在数千年前已开始改变大气温室气体成分. 其关键证据包括全新世中期大气中温室气体的变化(逐渐缓慢上升)不同于之前的间冰期(逐渐缓慢下降)的显著差异, 以及考古数据的佐证. 然而, Ruddiman 等人^[37,64]实际上并不支持人类世开始于数千年前, 而是建议非正式使用首字母小写“anthropocene”一词以强调人类环境影响的长期持续性与穿时性特征. 尽管与人类世工作组的观点存在分歧, 但双方均认同人类活动的影响可追溯至数千年前, 且近几十年来这

种影响已显著加速.

中国独特的地理环境与文明延续性为人类与自然耦合研究提供了理想之地, 相关研究对解译人类世具有重要价值. 距今约 1 万年前稻作农业^[65]和粟作农业^[66]分别在中国长江流域和黄河流域起源. 农业起源和扩散促进了新石器文化的发展, 然而直至距今约 6000 年前, 以稻作农业和粟黍农业为主导的农业经济才分别在长江流域和黄河流域得以建立^[67]. 农业集约化驱动了人口的快速增长和文化的扩张, 也为社会复杂化进程和文明起源奠定了重要的经济基础^[68]. 人类活动的增强对地表景观的破坏是最直接的, 研究显示

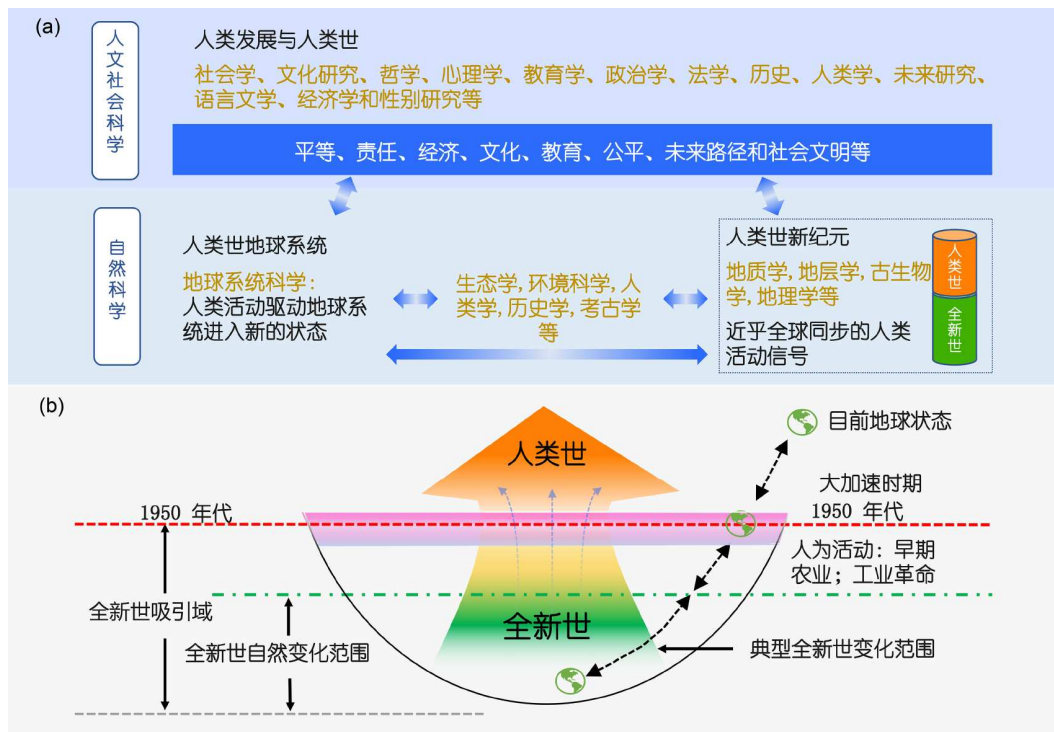


图3 (网络版彩色)人类世定义概念图。(a) 多学科视角下人类世概念和内涵图(根据文献[55]修改); (b) 球杯模型描述的地球系统科学人类世定义(根据文献[58]修改)

Figure 3 (Color online) Conceptual diagram of the Anthropocene. (a) Diagram of the concept and connotations of the Anthropocene from a multidisciplinary perspective, adapted from Zalasiewicz et al.^[55]; (b) Definition of the Anthropocene in Earth system science as described by the Planetary Cup Model, adapted from Steffen et al.^[58]

人类活动于数千年前开始改变了区域陆地景观^[69,70], 不过其时空模式呈现显著区域异质性^[71~73]。历史时期中央集权体制的建立使人类活动上升成为北方沙尘暴变化的主控驱动机制^[74], 并显著削弱东部地区植物多样性^[75,76]。

人类世概念已突破自然科学范畴, 延伸至人文社会科学领域, 通过跨学科协同深化了对人类世的全面理解。与自然科学主要聚焦于地球环境对人类活动的响应并将人类视为一个统一的整体不同, 人文社会科学着重解析人类活动影响背后的社会、文化、政治和伦理意涵, 涉及社会学、哲学、法学及政治学等多学科领域^[52,77~79](图3(a))。在这些研究中, “人类世”叙事中的“人类”并非均质整体, 如发达国家与发展中国家对生态破坏的责任差异巨大, 因此, 不平等已成为人类世社会政治分析的核心议题, 其思想内核在于对工业文明的批判性反思, 并强调人类在塑造未来地球系统中的责任与行动的可能性^[17,80]。联合国开发计划署在《人类发展报告》30周年纪念版《下一个前沿:

人类发展与人类世》^[81]为此提供了实证案例, 该报告揭示了人类发展不平等与行星尺度环境危机之间的互馈机制, 论证了社会正义缺失如何加剧人类世风险。基于此, 人文社会科学视域下的人类世概念呈现显著的外延扩展性, 是一个综合性的且宽泛的术语。鉴于有的学者认为“人类世”一词掩盖了责任主体的异质性, 主张“资本世”(Capitalocene)^[82]和“种植园世”(Plantationocene)^[83]等替代命名。

总体而言, 人类世的概念在不同学科及学术群体中呈现出了显著的多元性特征。这些群体倾向于依据自身的学科特点或研究领域的特定视角来诠释人类世, 由此赋予了它丰富而多样的内涵, 几乎难以全面概括。这一现象不仅加剧了关于人类世理解的持续争议, 还可能导致不同学科间因定义差异而产生误解与混淆, 阻碍了跨学科的深入交流与协作。随着学科之间的交叉融合, 部分跨学科定义框架正在形成共识基础, 而概念的多维特征恰好映射出学科视角差异与学术对话的辩证关系。

3 学科融合与人类世内涵多元性的关系

人类世作为一个在多学科融合进程中诞生的学术术语,由于当前学科界限还没有完全被打破,其任何单一定义都难以全面契合所有学科或学术群体的需求.当前广泛应用的多数科学术语,其概念框架与内涵发展大多局限于特定的学科范畴内,通常具备清晰明确的定义,这无疑促进了科学的发展与交流.以“全新世”这一术语为例,在跨学科或领域的语境中被提及,其含义依然遵循地质学中的阐释,保持了定义的一致性与准确性.而对于在不同学科中使用的同一科学术语,其定义在不同学科中既有相通之处也存在差异,但对于术语定义的演变与争议也往往局限于单一学科.以“恢复力”(resilience)一词为例,该词在力学领域内通常指物体恢复到原有状态的能力;在生态学范畴,它则指生态系统及其内部反馈吸收并维持“状态变量、驱动变量以及参数变量”发生变化的能力.至于“气候恢复力”的概念,其初始定义指社会-生态系统应对气候变化冲击后维持或回到原来状态的能力,随后则扩展至系统在不确定性的变化中适应和学习的能力^[84].此外,当前人类活动的加剧已导致地球系统恢复力的显著下降,使其偏离了全新世以来的稳定状态^[85].这些定义的变化不仅反映了不同学科间的独特视角与关注点,也揭示了科学术语随着研究深入而深化的内涵.

地球系统科学的发展,导致了学科前所未有的整合.作为地球系统科学的核心概念之一,人类世提出之后,在学科交叉融合的过程中不断向多个学科和领域延伸^[50].在前文中,我们提到的人类世定义的争论与人类世内涵的讨论汇聚了来自不同学科背景科学家们的智慧与见解.然而,尽管学科间的融合趋势日益明显,但现有学科壁垒并未完全打破,这在一定程度上导致了人类世的多元性.当前,不同学科和领域关注的时间尺度、空间范围、人类活动和生存环境特征存在显著差别,关于人类活动对地球环境的影响呈现出多样化的研究视角.在自然科学领域,没有区分人类活动对环境影响程度是人类世起始点的争议的根源,有的学者主张人类世开始于人类活动对局部环境产生可识别的影响,有的则认为人类世开始于人类活动对全球环境产生可识别的影响,还有学者认为人类世开始于人类活动对地球环境造成显著改变之时^[86].因此,要全面理解人类世概念的争论,科学家们需要掌握包括地质学、人类学、考古学等自然科学以及人文社会科学等一系

列学科的相关知识,还需了解深时地球历史、人类历史、农业起源与传播、工业革命和信息革命等时间框架和事件.只有这样,才能跨越学科界限,共同推动对人类世这一重要概念的深入讨论和理解.

尽管当前不同使用者对其理解和解读不尽相同,但总体来看,都承认人类活动对地球系统的深远影响,解析当代人类活动对环境的影响的思考是它的核心,只是不同的学科从不同的视角来思考.当前学术讨论的焦点不应局限于术语定义,而应着力探究不同时间尺度下人类社会与自然系统的耦合机制,促使我们去思考我们该怎样去保持人与自然的和谐相处,这也是地学研究的核心内容^[87].一方面,人类活动强度呈现出非线性增长的趋势,社会组织结构、技术革新和文化交流等社会进程,如广谱革命、农业起源与传播、新旧世界交换、工业革命和信息革命等,推动了人类活动力量急剧增加,从而引发人地相互作用模式的质变,系统解析这些关键阶段的人地耦合转换机制具有重要理论价值.另外一方面,不同区域人类活动开始和发展过程存在显著异步性,人地关系演化存在区域差异.因此,在强调人与自然耦合全球普遍性的同时,也需要重视存在的区域差异性.人类社会的几次变革,显著提升了能源、资源获取及信息交流效率,推动了社会系统的质变与复杂化,自然系统受人类社会系统影响也越来越大,先是部分区域自然系统的稳态转换到现代整个地球系统发生了稳态转换.全新世以来地球系统边界相对稳定,因此自然营力也相对稳定.工业革命之前自然营力大于人类营力,人类活动影响主要表现为区域性景观改造,其影响具有时空异步特征,且与气候变化的效应常相互交织^[88].工业革命之后人类活动占据主导地位,人类活动对地球系统各方面都造成了显著负面影响,在岩石圈、水圈、大气圈和生物圈均形成具有全球同步性的显著印记(图4).这种从局部扰动到全球性系统转变的演化轨迹,构成了人类世研究的核心科学证据链.

人类世的概念让人类认识到自身对地球系统产生影响的严重程度,极大地提升了学界和民众对人与环境关系问题的关注度.由于地球系统是由多个相互连结、相互作用的单元构成^[50,89],因此,我们在面对地球一系列日益严重的生态环境问题时,必须站在一个全新的视角上进行系统性的思考,这一全新视角首先需要打破各个学科壁垒,推动自然科学、人文科学与社会科学在更深层次上的融合与整合,将孤立研究

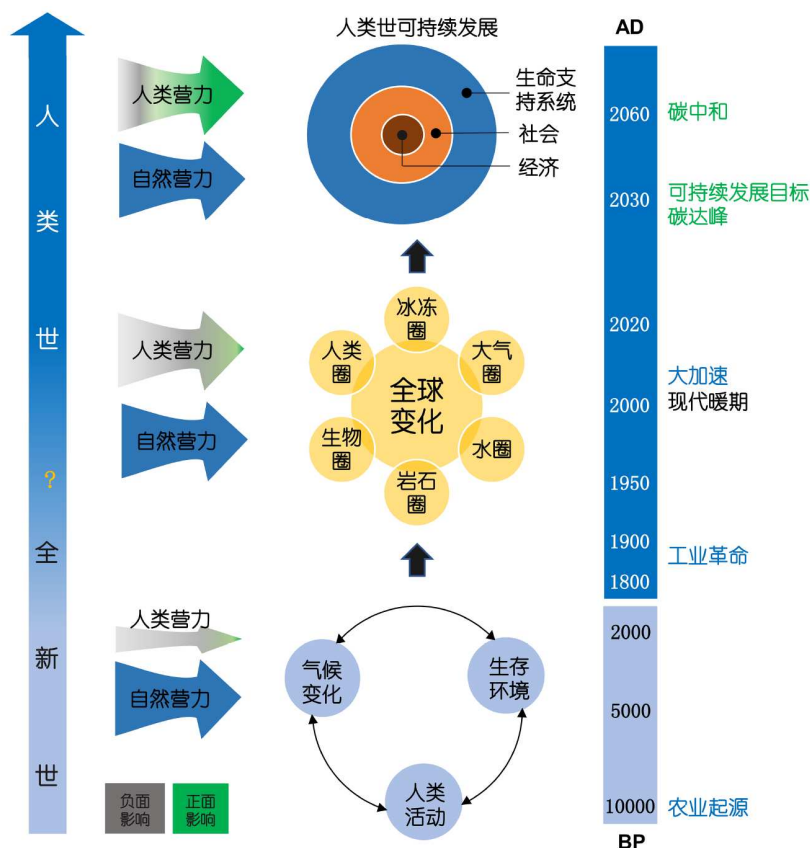


图4 (网络版彩色)人类世的过去、现在与未来示意图。最左边为全新世至人类世的转换,第二列为地质营力变化(包括自然营力和人为营力)。人类世可持续发展概念图根据Griggs等人^[89]修改。最右边黑色为气候变化事件,蓝色为人类文明发展的重大事件,绿色为未来战略目标

Figure 4 (Color online) Diagram of the past, present, and future of the Anthropocene. The concept map of sustainable development in the Anthropocene is modified from Griggs et al.^[89]. On the far right, black represents climate change events, blue indicates major milestones in the development of human civilization, and green denotes strategic goals for the future

地球系统某个组分的那些传统学科连接起来,以此建立对地球的统一理解。因此,传统的地球科学研究也需要研究范式的转变,亟待与社会科学和人文学科结合,从单一的地学问题研究向综合的地球系统科学研究转变,发挥解决社会关注问题方面的作用^[6,55]。鉴于地球系统的不可实验性,研究需构建“全球-区域-局地”多尺度研究框架。湖泊系统因其边界明晰、过程可控的特性,成为人类世理论实践的天然实验室,其封闭性允许开展系统动力学模拟,开放性则承载着社会-生态耦合作用^[90]。例如,基于多学科方法整合(沉积记录-生态系统服务-人类社会经济),太湖流域研究揭示湖泊流域社会-生态系统的非线性转型:1950~2000年生态环境退化的问题逐渐加剧,2000年后呈现经济发展与生态恢复协同态势,该研究为解决湖泊流域在人类世面临的科学问题提供了科学建议^[91]。与此同时,人类世内涵的

争议与讨论,也恰好为打破学科壁垒、促进多学科融合提供了契机,为我们深入理解地球系统提供了前所未有的机会。这一过程不仅有助于我们更全面地把握人类活动对地球环境的复杂影响,也为我们共同面对全球性环境挑战、制定科学应对策略奠定了坚实的基础。

4 结语与展望

人类世这一概念目前被广泛用于描述、分析及阐释人类活动对地球系统产生的深远影响,涵盖地质、生态环境和社会经济等多个维度上的变化,是一个极为重要且内涵丰富多元的科学术语,具有跨学科的属性。虽然人类世这一术语在诞生之初即旨在作为一个年代地层单位,然而近期国际地层委员会否决了将人类世作为地球新纪元的提议。本文首先回顾了人类世

从提出至其正式化被国际地层委员会否决的历程,其中核心议题聚焦于是否将人类世正式确立为正式的年代地层单位。鉴于新的地质年代单位的认定历程既漫长又复杂,人类世是否成为正式的地质年代单位仍还需要时间去解答,不过从地质学的角度来讲,当代人类活动对地表环境大规模改造的时间段是地质历史上的一个重要时期。尽管不同学者在使用该术语时虽有不同侧重点,但在多数情境下,人类世这一概念更多地被视作一种思想或理念,核心在于对人类活动对地球系统及全球环境改变的思考,目前已成为一个深刻影响并连接自然科学、人文科学与社会科学的重要概念。

人类世来源于地球系统科学,其定义也应基于人类活动对地球系统的整体影响^[92]。根据最新研究,人类及其活动,涵盖社会、经济、技术和文化等要素,构成了一个独立的圈层,称为“人类圈”(Anthroposphere),它完全耦合于地球系统且与其他圈层相互作用^[50,51]。随着地球系统科学发展和对多学科的融合,人类世也正积极促使各学科领域内部以及跨学科之间的合作与对话,促使我们更深入地探索现代环境挑战更深层次的意义与背景,以及人类与自然之间的复杂关系。人类世的概念反映了过去和现在人类活动对地球系统的影响的性质、范围和程度,但是真正的意义在于基于此来指导影响未来的态度、选择、政策和行动。推进人类世科学发展^[16],并深化自然科学与人文社会科学之间的交叉融合,需要构建包含“生态-社会恢复力”与“人类世”等跨学科术语体系,建立多源数据(地质记录、现代监测、社会政策文本)的融合共享机制,培养具备系统

思维的复合型人才,促进自然科学与人文社会科学研究者协同解决地球系统治理等复杂问题。理解人类世的深层内涵,要求打通时间隧道,纵向贯通深时地质演化、人类文明进程(包括农业传播、工业革命和信息革命)与未来预测;打通圈层隔离,全面将人类圈完整嵌入地球系统科学体系,最终实现该学科的理论整合。在此框架下,提升地球系统运行机制解析能力,并据此制定出更加科学有效的应对策略,有助于我们合理调整人类活动的规模与方向,增强人类活动的正面影响,保护地球生命支持系统,从而推动人类社会的可持续发展^[图4]。

自生命起源以来,生物与环境持续相互作用,逐步形成维持生命存续的复杂自适应系统,这一机制被表述为盖娅假说^[93]。不同于历史上多个物种形成一个复杂系统与环境相互作用,人类作为单一物种演化出高度组织化的社会系统^[5],促使地球生命自我调控系统发生本质转变,从无目的、无意识状态转变为具有自我意识的状态(盖娅2.0)^[94]。考虑到人类社会的行为的自主性,这一理论框架可以成为促进全球可持续发展的有效认识框架。当前,复杂的人类社会系统对地球环境产生空前影响,已实质性威胁人类可持续发展。面对这一挑战,人类社会系统亟需与人类生存环境(自然环境、生活环境和工作环境)构建形成复杂的自适应系统。在此系统中,人类社会作为关键交互要素,共同保障地球适宜人类存续,这一过程本质上符合达尔文式盖娅理论揭示的演化逻辑,即通过多层级自然选择实现自我调节^[95],在动态平衡中维系人类文明的存续。

参考文献

- Lewis S L, Maslin M A. Defining the Anthropocene. *Nature*, 2015, 519: 171–180
- Liu B J, Yang R C, Wei J C, et al. A new phase of earth history: anthropocene (in Chinese). *J Shandong Univ Sci Technol (Nat Sci Ed)*, 2018, 37: 1–9 [刘宝珺, 杨仁超, 魏久传, 等. 地球历史新阶段——人类世. 山东科技大学学报(自然科学版), 2018, 37: 1–9]
- Head M J. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: present status and future directions. *Quat Int*, 2019, 500: 32–51
- Jiang Q, Ling Q, Wang L. Anthropocene, the newly proposed geological epoch rooted in environmental research (in Chinese). *J Stratigr*, 2009, 33: 13–19 [蒋青, 冷琴, 王力. “人类世”论评——环境领域的“舶来品”, 地球科学的新纪元? 地层学杂志, 2009, 33: 13–19]
- Williams M, Zalasiewicz J, Haff P K, et al. The Anthropocene biosphere. *Anthropocene Rev*, 2015, 2: 196–219
- Liu D S. Demand of Anthropocene study in the new stage of geoscience: in honor of late geologist Huang Jiqing for his innovative spirit (in Chinese). *Quat Sci*, 2004, 24: 369–378 [刘东生. 开展“人类世”环境研究, 做新时代地学的开拓者——纪念黄汲清先生的地学创新精神. 第四纪研究, 2004, 24: 369–378]
- Zhao J B, Jie Y. On several basic theoretical questions of geology of Anthropocene (in Chinese). *J Huazhong Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2008, 42: 649–653 [赵剑波, 揭毅. 人类世地质学几个基本理论问题. 华中师范大学学报(自然科学版), 2008, 42: 649–653]
- Zalasiewicz J, Waters C N, Williams M, et al. *The Anthropocene as a geological time unit: a guide to the scientific evidence and current debate*. Cambridge: Cambridge University Press, 2019

- 9 Crutzen P J, Stoermer E F. The “Anthropocene”. *IGBP Global Change Newsl*, 2000, 41: 17–18
- 10 Zalasiewicz J, Williams M, Steffen W, et al. The new world of the Anthropocene. *Environ Sci Technol*, 2010, 44: 2228–2231
- 11 Wang P X, Tian J, Huang E Q, et al. *Earth System and Evolution* (in Chinese). Beijing: Science Press, 2018. 446–450 [汪品先, 田军, 黄恩清, 等. 地球系统与演变. 北京: 科学出版社, 2018. 446–450]
- 12 Chen Z R. Anthroposphere·noosphere·Anthropocene (in Chinese). *Quat Sci*, 2006, 26: 872–878 [陈之荣. 人类圈·智慧圈·人类世. 第四纪研究, 2006, 26: 872–878]
- 13 Liu X, Zhang Z Q, Zheng J W, et al. Discussion on the Anthropocene research (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2014, 29: 640–649 [刘学, 张志强, 郑军卫, 等. 关于人类世问题研究的讨论. 地球科学进展, 2014, 29: 640–649]
- 14 YIN Z Y, Liu X D. “The Anthropocene”—Its proposition and controversies (in Chinese). *Quat Sci*, 2023, 43: 1146–1156 [尹志勇, 刘晓东. “人类世”的提出与争议. 第四纪研究, 2023, 43: 1146–1156]
- 15 Han Y M. Debate on the new epoch of the Anthropocene and interdisciplinary integration thinking (in Chinese). *World Sci*, 2024, 4: 1 [韩永明. 人类世新纪元之辩与跨学科交融思考. 世界科学, 2024, 4: 1]
- 16 Zhou W J, Zhao X, Chen N. New progress in the Anthropocene science in China (in Chinese). *Adv Earth Sci*, 2024, 39: 1–11 [周卫健, 赵雪, 陈宁. 中国人类世科学研究新进展. 地球科学进展, 2024, 39: 1–11]
- 17 Fang X Q. On the multi-perspectives of the Anthropocene (in Chinese). *J Palaeogeogr*, 2024, 26: 1671–1505 [方修琦. 人类世的多角度透视. 古地理论学报, 2024, 26: 1671–1505]
- 18 McCarthy F M, Patterson R T, Head M J, et al. The varved succession of Crawford Lake, Milton, Ontario, Canada as a candidate Global boundary Stratotype Section and Point for the Anthropocene series. *Anthropocene Rev*, 2023, 10: 146–176
- 19 Witze A. It’s final: the Anthropocene is not an epoch, despite protest over vote. *Nature*, 2024, doi: [10.1038/d41586-024-00868-1](https://doi.org/10.1038/d41586-024-00868-1)
- 20 Marsh G P. *Man and Nature or, Physical Geography as Modified by Human Action*. London: Sampson Low, Son and Marston, 1864
- 21 Carson R. *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin, 1962
- 22 Houghton J T, Jenkins G J, Ephraums J J. *Climate Change: the IPCC Scientific Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990
- 23 Houghton J T (Ed.). *Climate Change 1995: the Science of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996
- 24 IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: the Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021: 3–32
- 25 Steffen W, Grinevald J, Crutzen P, et al. The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. *Phil Trans R Soc A*, 2011, 369: 842–867
- 26 Haughton S. *Manual of Geology*. London: Longmans, Green, Reader, and Dyer, 1866
- 27 Stoppani A. *Corso di geologia del professore Antonio Stoppani*. Milan: G. Bernardoni e G. Brigola, 1873
- 28 Vernadsky V I. The biosphere and the noosphere. *Am Sci*, 1945, 33: 1–12
- 29 Steffen W, Leinfelder R, Zalasiewicz J, et al. Stratigraphic and Earth System approaches to defining the Anthropocene. *Earth’s Future*, 2016, 4: 324–345
- 30 Waters C N, Zalasiewicz J, Summerhayes C, et al. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 2016, 351: aad2622
- 31 Han Y, Zhisheng A, Lei D, et al. The Sihailongwan Maar Lake, northeastern China as a candidate Global boundary stratotype section and point for the Anthropocene series. *Anthropocene Rev*, 2023, 10: 177–200
- 32 Waters C N, Turner S D, Zalasiewicz J, et al. Candidate sites and other reference sections for the Global boundary Stratotype Section and Point of the Anthropocene series. *Anthropocene Rev*, 2023, 10: 3–24
- 33 Finney S C. The ‘Anthropocene’ as a ratified unit in the ICS International Chronostratigraphic Chart: fundamental issues that must be addressed by the Task Group. *SP*, 2014, 395: 23–28
- 34 Finney S C, Edwards L E. The “Anthropocene” epoch: scientific decision or political statement? *GSAT*, 2016, 26: 4–10
- 35 Gibbard P L, Walker M J C. The term ‘Anthropocene’ in the context of formal geological classification. *SP*, 2014, 395: 29–37
- 36 Walker M, Gibbard P, Lowe J. Comment on “When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal” by Jan Zalasiewicz et al. (2015), *Quat International*, 383, 196–203. *Quat Int*, 2015, 383: 204–207
- 37 Ruddiman W F. Three flaws in defining a formal ‘Anthropocene’. *Prog Phys Geography-Earth Environ*, 2018, 42: 451–461
- 38 Stephens L, Fuller D, Boivin N, et al. Archaeological assessment reveals Earth’s early transformation through land use. *Science*, 2019, 365: 897–902
- 39 Ellis E C, Gauthier N, Klein Goldewijk K, et al. People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2021, 118: e2023483118
- 40 Edgeworth M, deB Richter D, Waters C, et al. Diachronous beginnings of the Anthropocene: the lower bounding surface of anthropogenic deposits. *Anthropocene Rev*, 2015, 2: 33–58
- 41 Edgeworth M, Ellis E C, Gibbard P, et al. The chronostratigraphic method is unsuitable for determining the start of the Anthropocene. *Prog Phys Geography-Earth Environ*, 2019, 43: 334–344

- 42 Balter M. Archaeologists say the ‘Anthropocene’ is here—but it began long ago. *Science*, 2013, 340: 261–262
- 43 Certini G, Scalenghe R. Anthropogenic soils are the golden spikes for the Anthropocene. *Holocene*, 2011, 21: 1269–1274
- 44 Zalasiewicz J, Waters C N, Williams M, et al. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal. *Quat Int*, 2015, 383: 196–203
- 45 Gibbard P L, Bauer A M, Edgeworth M, et al. A practical solution: the Anthropocene is a geological event, not a formal epoch. *Episodes*, 2022, 45: 349–357
- 46 Gibbard P, Walker M, Bauer A, et al. The Anthropocene as an Event, not an Epoch. *J Quat Sci*, 2022, 37: 395–399
- 47 Head M J, Zalasiewicz J A, Waters C N, et al. The proposed Anthropocene Epoch/Series is underpinned by an extensive array of mid-20th century stratigraphic event signals. *J Quat Sci*, 2022, 37: 1181–1187
- 48 Head M J, Zalasiewicz J A, Waters C N, et al. The Anthropocene is a prospective epoch/series, not a geological event. *Episodes*, 2023, 46: 229–238
- 49 Waters C N, Williams M, Zalasiewicz J, et al. Epochs, events and episodes: marking the geological impact of humans. *Earth-Sci Rev*, 2022, 234: 104171
- 50 Head M J, Gibbard P L. Formal subdivision of the Quaternary System/Period: past, present, and future. *Quat Int*, 2015, 383: 4–35
- 51 Walker M, Head M J, Lowe J, et al. Subdividing the Holocene Series/Epoch: formalization of stages/ages and subseries/subepochs, and designation of GSSPs and auxiliary stratotypes. *J Quat Sci*, 2019, 34: 173–186
- 52 Walker M, Johnsen S, Rasmussen S O, et al. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. *J Quat Sci*, 2009, 24: 3–17
- 53 Steffen W, Richardson K, Rockström J, et al. The emergence and evolution of Earth System Science. *Nat Rev Earth Environ*, 2020, 1: 54–63
- 54 Pan X, Chen D, Pan B, et al. Evolution and prospects of Earth system models: challenges and opportunities. *Earth-Sci Rev*, 2024, 260: 104986
- 55 Zalasiewicz J, Waters C N, Ellis E C, et al. The Anthropocene: comparing Its meaning in geology (Chronostratigraphy) with conceptual approaches arising in other disciplines. *Earths Future*, 2021, 9: e2020EF001896
- 56 Crutzen P J. Geology of mankind. *Nature*, 2002, 415: 23
- 57 Steffen W, Broadgate W, Deutsch L, et al. The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration. *Anthropocene Rev*, 2015, 2: 81–98
- 58 Steffen W, Leinfelder R, Zalasiewicz J, et al. Stratigraphic and Earth System approaches to defining the Anthropocene. *Earths Future*, 2016, 4: 324–345
- 59 Syvitski J, Waters C N, Day J, et al. Extraordinary human energy consumption and resultant geological impacts beginning around 1950 CE initiated the proposed Anthropocene Epoch. *Commun Earth Environ*, 2020, 1: 32
- 60 Bowman D M J S, Balch J, Artaxo P, et al. The human dimension of fire regimes on Earth. *J Biogeography*, 2011, 38: 2223–2236
- 61 Roberts N. How humans changed the face of Earth. *Science*, 2019, 365: 865–866
- 62 Ruddiman W F. The Anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago. *Clim Change*, 2003, 61: 261–293
- 63 Ruddiman W F, He F, Vavrus S J, et al. The early anthropogenic hypothesis: a review. *Quat Sci Rev*, 2020, 240: 106386
- 64 Ruddiman W F, Ellis E C, Kaplan J O, et al. Defining the epoch we live in. *Science*, 2015, 348: 38–39
- 65 Zhang J, Jiang L, Yu L, et al. Rice’s trajectory from wild to domesticated in East Asia. *Science*, 2024, 384: 901–906
- 66 Yang X, Wan Z, Perry L, et al. Early millet use in northern China. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2012, 109: 3726–3730
- 67 Zhao Z J. The process of origin of agriculture in China: archaeological evidence from flotation results (in Chinese). *Quat Sci*, 2014, 34: 73–84 [赵志军. 中国古代农业的形成过程——浮选出土植物遗存证据. 第四纪研究, 2014, 34: 73–84]
- 68 Yang J, Zhang D, Yang X, et al. Sustainable intensification of millet–pig agriculture in Neolithic North China. *Nat Sustain*, 2022, 5: 780–786
- 69 Dong G H, Zhang S J, Yang Y S, et al. Agricultural intensification and its impact on environment during Neolithic Age in northern China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2016, 61: 2913–2925 [董广辉, 张山佳, 杨谊时, 等. 中国北方新石器时代农业强化及对环境的影响. 科学通报, 2016, 61: 2913–2925]
- 70 Cheng Z, Weng C, Steinke S, et al. Anthropogenic modification of vegetated landscapes in southern China from 6,000 years ago. *Nat Geosci*, 2018, 11: 939–943
- 71 Pu Y, Wei X, Liu J, et al. Relationship between environmental evolution and human activities in the northeastern Qinghai-Xizang Plateau throughout the past millennium and its implications for the onset of the Anthropocene. *Sci China Earth Sci*, 2024, 67: 3536–3549 [蒲阳, 魏学琼, 刘建宝, 等. 近千年青藏高原东北部环境演变与人类活动的关系及其对人类世开端的启示. 中国科学: 地球科学, 2024, 54: 3574–3586]
- 72 Li F, Gaillard M J, Cao X, et al. Towards quantification of Holocene anthropogenic land-cover change in temperate China: a review in the light of pollen-based REVEALS reconstructions of regional plant cover. *Earth-Sci Rev*, 2020, 203: 103119
- 73 Wu D, Pan L, Kong W, et al. Anthropocene on the eastern margin of the Tibetan Plateau: a Holocene perspective from multiple sedimentary records. *Anthropocene*, 2024, 48: 100451
- 74 Chen F, Chen S, Zhang X, et al. Asian dust-storm activity dominated by Chinese dynasty changes since 2000 BP. *Nat Commun*, 2020, 11: 992
- 75 Cao X, Tian F, Herzschuh U, et al. Human activities have reduced plant diversity in eastern China over the last two millennia. *Glob Change Biol*,

- 2022, 28: 4962–4976
- 76 Zheng Z, Ma T, Roberts P, et al. Anthropogenic impacts on late Holocene land-cover change and floristic biodiversity loss in tropical southeastern Asia. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2021, 118: e2022210118
 - 77 Lövbrand E, Beck S, Chilvers J, et al. Who speaks for the future of Earth? How critical social science can extend the conversation on the Anthropocene. *Glob Environ Change*, 2015, 32: 211–218
 - 78 Ellis E, Maslin M, Boivin N, et al. Involve social scientists in defining the Anthropocene. *Nature*, 2016, 540: 192–193
 - 79 Zalasiewicz J, Adeney Thomas J, Waters C N, et al. The meaning of the Anthropocene: why it matters even without a formal geological definition. *Nature*, 2024, 632: 980–984
 - 80 Bai X, van der Leeuw S, O’Brien K, et al. Plausible and desirable futures in the Anthropocene: a new research agenda. *Glob Environ Change*, 2016, 39: 351–362
 - 81 UNDP (United Nations Development Programme). Human Development Report 2020: the Next Frontier: Human Development and the Anthropocene. New York: UNDP, 2020
 - 82 Moore J W (Ed.). Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism. Oakland: PM Press, 2016
 - 83 Haraway D. Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: making kin. *Environ Humities*, 2015, 6: 159–165
 - 84 Chen D, Qin D H, Xiao C D, et al. Climate resilience and its implications for China (in Chinese). *Climate Change Res*, 2019, 15: 167–177 [陈德亮, 秦大河, 效存德, 等. 气候恢复力及其在极端天气气候灾害管理中的应用. *气候变化研究进展*, 2019, 15: 167–177]
 - 85 Steffen W, Rockström J, Richardson K, et al. Trajectories of the Earth system in the Anthropocene. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2018, 115: 8252–8259
 - 86 Malhi Y. The concept of the Anthropocene. *Annu Rev Environ Resour*, 2017, 42: 77–104
 - 87 Chen F, Fu B, Xia J, et al. Major advances in studies of the physical geography and living environment of China during the past 70 years and future prospects. *Sci China Earth Sci*, 2019, 62: 1665–1701 [陈发虎, 傅伯杰, 夏军, 等. 近70年来中国自然地理与生存环境基础研究的重要进展与展望. *中国科学: 地球科学*, 2019, 49: 1659–1696]
 - 88 Mills K, Schillereff D, Saulnier-Talbot É, et al. Deciphering long-term records of natural variability and human impact as recorded in lake sediments: a palaeolimnological puzzle. *WIREs Water*, 2017, 4: e1195
 - 89 Griggs D, Stafford-Smith M, Gaffney O, et al. Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 2013, 495: 305–307
 - 90 Rong W, Ke Z, Jianbao L, et al. The importance of lake ecosystem evolution for anthropocene research (in Chinese). *J Lake Sci*, 2024, 36: 333–338 [王荣, 张科, 刘建宝, 等. 湖泊流域生态系统演化对人类世研究的重要意义. *湖泊科学*, 2024, 36: 333–338]
 - 91 Lin Q, Zhang K, Giguët-Covex C, et al. Transient social–ecological dynamics reveal signals of decoupling in a highly disturbed Anthropocene landscape. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2024, 121: e2321303121
 - 92 Hamilton C. Define the Anthropocene in terms of the whole Earth. *Nature*, 2016, 536: 251
 - 93 Lovelock J. Gaia: a New Look at Life on Earth. Oxford: Oxford University Press, 2016
 - 94 Lenton T M, Latour B. Gaia 2.0. *Science*, 2018, 361: 1066–1068
 - 95 Doolittle W F. Darwinizing Gaia: natural Selection and Multispecies Community Evolution. Cambridge: MIT Press, 2024

补充材料

表S1 主要学科领域对人类世定义的异同比较

本文以上补充材料见网络版csb.scichina.com. 补充材料为作者提供的原始数据, 作者对其学术质量和内容负责.

Summary for “多学科融合下人类世内涵的多元化问题讨论与展望”

Discussion and prospects on the multidimensional Anthropocene concept under disciplinary integration

Jie Chen¹, Shengqian Chen^{1*}, Duo Wu^{2*} & Fahu Chen^{1,2}

¹ State Key Laboratory of Tibetan Plateau Earth System, Environment and Resources, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

² Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

* Corresponding authors, E-mail: sqchen@itpcas.ac.cn; dwu@lzu.edu.cn

The Anthropocene, a pivotal concept proposed by Paul J. Crutzen and Eugene F. Stoermer, E.F. in 2000, delineates the overwhelming anthropogenic impacts on natural environmental conditions and the ensuing the onset of a new geological epoch. The Anthropocene Working Group (AWG) was established in 2009 to examine the evidence and to clarify whether this was sufficiently compelling to formalize the Anthropocene as a new chronostratigraphic unit. Despite conducting systematic investigations for fifteen years (2009–2024) and preparing comprehensive reports, the International Commission on Stratigraphy (ICS) ultimately rejected the proposal to ratify the Anthropocene as a formal geological epoch in 2024. Against this backdrop, this paper first reviews the trajectory of the Anthropocene's conceptualization, from its proposal to its rejection by the ICS, with the core debate centering on whether to formally establish it as a chronostratigraphic unit. While the designation of a new geological epoch remains a protracted and complex process—leaving the formal status of the Anthropocene unresolved—the period of large-scale human modification of Earth's surface environment undeniably represents a significant chapter in geological history.

Although this proposal was not officially accepted, this terminology has transcended its geological origins to become a cross-disciplinary lens for analyzing human-environment interactions. This paper then examines the multidimensional nature of the concept from various disciplinary perspectives, addressing disputes over its definition and the reasons for its rejection through the lens of multidisciplinary integration. In Earth system science, it signifies a planetary regime shift, validated by models showing humanity's disruption of Holocene stability. Geology prioritizes the geological signals in the strata, such as globalized technofossils, while ecology and environmental science adopt elastic temporal frameworks, linking the term to biodiversity loss or climate change across millennia. Archaeology and anthropology, emphasizing long-term human-environment interactions, trace its origins to early agricultural or industrial transitions, challenging the AWG's mid-20th century timeline. In contrast to natural science disciplines, social scientists and humanities scholars critically examine the sociocultural, economic, and political drivers underpinning these human-environment interactions. Notably, criticizing the homogenization of responsibility is central to sociopolitical analyses of the Anthropocene. Therefore, the Anthropocene exhibits pronounced conceptual diversity across disciplines and academic communities. These groups tend to interpret the term through their own disciplinary lenses, endowing it with rich and varied connotations that resist comprehensive synthesis. This pluralism not only perpetuates ongoing debates over its definition but also risks fostering misunderstandings and disciplinary silos, thereby hindering cross-disciplinary dialogue and collaboration. The multidimensional nature of the Anthropocene reflects both the heterogeneity of disciplinary perspectives and the dialectical interplay of academic discourse. Born from interdisciplinary synthesis, the Anthropocene resists singular definitions due to persistent disciplinary boundaries; no single interpretation can fully satisfy the needs of all fields or academic groups. Despite divergent interpretations, there is broad consensus on its central tenet: the profound impact of human activities on Earth's systems, thus it has become a key concept reflecting the significant impact of human activities on the natural environment. At its core lies the critical examination of contemporary anthropogenic environmental changes, albeit approached through distinct disciplinary perspectives. Looking forward, research should focus on deepening the integration of the natural sciences, humanities, and social sciences, fostering an environment where disciplinary boundaries fade and fully integrating the Anthroposphere—technology, culture, and governance—into Earth system science. By constructing a truly unified Earth system science, researchers can enhance understanding of the Anthropocene and provide both theoretical and practical guidance for achieving sustainable development.

Anthropocene, Earth system science, interdisciplinary integration, Anthroposphere, sustainable development, human-environment interaction

doi: [10.1360/TB-2025-0077](https://doi.org/10.1360/TB-2025-0077)