

刘学, 张志强, 郑军卫, 等. 关于人类世问题研究的讨论[J]. 地球科学进展, 2014, 29(5): 640-649, doi: 10. 11867/j. issn. 1001-8166. 2014. 05. 0640. [Liu Xue, Zhang Zhiqiang, Zheng Junwei, et al. Discussion on the anthropocene research[J]. Advances in Earth Science, 2014, 29(5): 640-649, doi: 10. 11867/j. issn. 1001-8166. 2014. 05. 0640.]

关于人类世问题研究的讨论*

刘 学, 张志强, 郑军卫, 赵纪东, 王立伟
(中国科学院兰州文献情报中心, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:“人类世”(Anthropocene)一词是由大气化学家诺贝尔奖得主 Crutzen 与生态学家 Stoermer 在 2000 年首次正式提出的, 一经提出即在学术界引发广泛讨论。当前, 相关国际会议上有关人类世的议题逐渐增多, 国际上一些相关的研究计划和新期刊也陆续推出, 人类世问题已成为环境科学、地球科学、考古学、生物学及其他相关学科领域的一个研究热点。目前国际人类世研究前沿热点集中在人类活动驱动的地球系统变化、人类世下限的确定等方面; 研究焦点是找到一个确定人类世的边界或标志物——地质学界公认的“金钉子”(GSSP)。人类世是在人类活动引起的全球性环境问题这一背景下提出的, 强调人类活动也是一种重要的地质营力, 其对地球改造的程度与后果足以与传统意义上的地质营力(地震、造山运动等)产生的影响相匹敌。由于中国巨大的人口规模和有限的生存空间, 在过去几十年中对国土地理环境改造的幅度是空前的, 因此从未来既要提升人民生活质量和促进经济社会发展, 又要保护好国土环境与自然资源, 实现人与自然和谐发展的角度而言, 在中国开展人类世问题研究不但具有极其重要的科学意义, 而且具有更大的现实意义。针对我国人类世问题的研究现状, 提出了设立人类世专业委员会、组织召开人类世研究学术会议、参与人类世研究国际有关的组织与相关协会、资助人类世研究计划与项目等以推动人类世研究工作深入发展的建议。

关 键 词:人类世; 人类活动; 环境变化; 全新世; 第四纪研究

中图分类号:P534; P96

文献标志码:A

文章编号:1001-8166(2014)05-0640-10

1 引 言

自人类诞生以来, 人类活动就以各种方式影响和改造着地球。尤其是工业革命以来, 人类工业化的现代文明进程已经给地球环境造成了前所未有的、不可磨灭的影响。过去 300 年间, 世界人口增长了 10 倍, 达 60 亿, 仅在 20 世纪就增长了 4 倍^[1]。20 世纪的城市化规模甚至比此前增长了 13 倍, 其他因素如世界经济和能源利用的增长也同样显著(表 1)。过去 50 年来, 地球表面被人类改造的程度

远比历史上任何时期都强。预计 2050 年世界人口将超过 90 亿, 甚至可能达到 105 亿, 对地球环境的影响可能还会加剧^[2]。《地球生命力报告 2012》^[3]指出: 人类对自然资源的需求自 1966 年以来翻了一番, 人类现在每年使用相当于 1.5 个地球的资源来维持自身的生活; 按目前的发展模式, 预计到 2030 年人类每年将需要 2 个地球来满足自身的需求。人类驱动的这些变化正在引起科学家对未来地球环境能否继续维持人类文明的担忧。

在人类活动引起的全球性环境问题日益突出的

* 收稿日期: 2014-02-28; 修回日期: 2014-05-04.

* 基金项目: 中国科学院“十二五”委托任务“资源环境科技发展态势监测分析与战略研究”; 中国地质调查局地质矿产调查评价专项项目课题“地质科学与资源科学进展监测与分析”(编号: 12120113018800)资助。

作者简介: 刘学(1986-), 女, 重庆人, 研究实习员, 主要从事固体地球科学战略情报研究。E-mail: liuxue@llas.ac.cn

表1 20世纪人类活动增长和影响的部分记录^[1]Table 1 A partial record of the growths and impacts of human activities during the 20th century^[1]

| 项目 | 增长幅度(1890s—1990s)/% |
|-----------|---------------------|
| 世界人口 | 400 |
| 世界城市人口总量 | 1 300 |
| 世界经济 | 1 400 |
| 工业产值 | 4 000 |
| 能源利用 | 1 600 |
| 煤产量 | 700 |
| 二氧化碳排放量 | 1 700 |
| 二氧化硫排放量 | 1 300 |
| 铅排放 | 约 800 |
| 水利用 | 900 |
| 海洋鱼类捕捞 | 3 500 |
| 牛头数 | 400 |
| 猪产量 | 900 |
| 灌溉面积 | 500 |
| 耕地 | 200 |
| 森林面积 | -20 |
| 蓝鲸数量(南大洋) | -99.75 |
| 长须鲸数量 | -97 |
| 鸟类和哺乳动物 | -1 |

注:负数代表下降

背景下,“人类世”(Anthropocene)这一新名词应运而生。该概念是由大气化学家诺贝尔奖得主 Crutzen 与生态学家 Stoermer 于 2000 年首次正式提出的^[4],他们认为:自 1784 年瓦特发明蒸汽机以来,人类的作用越来越成为一个重要的地质营力;提出全新世已经结束,当今的地球已进入一个人类主导的新的地球地质时代——人类世。其实早在“Anthropocene”一词提出之前,就有许多学者意识到人类活动对地球产生的重大影响,提出过类似的名词。1873 年意大利地质学家 Stoppani 将人类活动列为一种“新的地质营力^[5],在力量和全球性方面可以与地球自然力相媲美”,事实上 Stoppani 的研究已触及“人类世”(Anthropozoic era);后续出现的类似名词还有“人类纪”(Anthropogene)^[6]、“智慧圈”(Noosphere)^[4,7,8]、“人类圈”(Anthroposphere)^[9-11]等。但自“Anthropocene”一词提出后,“人类世”才逐渐得到科学家们的重视。尤其是 2002 年 Crutzen^[7]在《自然》杂志上继续发表他的“人类世”观点后,这个概念即被学术界接受,开始成为科学媒体中的常见词。

2008 年 2 月,Zalasiewicz 等^[12]21 位伦敦地质学会地层委员会(Stratigraphy Commission of the Geological Society of London)成员联名在 *GSA Today* 上发表论文认为,人类活动——特别是工业革命以来

的人类经济活动对气候和环境造成了全球尺度的影响。这些影响涉及沉积、大气、生物、海洋、冰冻圈等多个圈层,在地层中留下了可见、可测的标志,能够为人类世(统)下限(底界)的确立提供地层学上的证据。

2009 年,国际地层委员会(ICS)专门设立了以 Zalasiewicz 为主席的人类世工作小组(The Anthropocene Working Group),以考察人类活动引起的变化是否满足正式开创一个新的地质时代的标准^[13]。该小组将于 2016 年在南非举办的第 35 届国际地质大会上递交最终报告,然后通过投票表决的方式为这一地质时期最终正名——人类纪(period)、人类世(epoch)或者人类期(stage)。一个新的地质时期的设立或修订是一个漫长的过程,以第四纪年代的修订为例,在经过了长达 60 年的争论,国际地层委员会在 2009 年才最终完成了对其的修订。人类世地质时期的正式确定也将经过漫长的科学论证。

自人类世工作小组成立后,小组的一些成员通过撰写文章或参加各类学术研讨,推广人类世概念,并带动更多的学者根据各自研究领域成果,为人类世的成立提供更多的证据。国际上一些相关的新计划和新期刊也陆续推出人类世。自此,人类世已成为环境领域、地球科学领域、考古领域以及其他各相关领域的研究热点。2011 年 5 月,约 20 名诺贝尔奖得主^[14]向联合国提交了《斯德哥尔摩备忘录》,建议将人类现在所处的地质年代改为“人类世”。2011 年 12 月 21 日,*Nature* 回顾总结了 2011 年的 11 个科研进展与科技政策事件,以“生活在人类世”(Living in the Anthropocene)为标题将“人类世”列入其中^[15]。2013 年 *Nature Geoscience* 在首期发表特刊文章,特邀 9 位地球与行星科学领域知名科学家对 2007 年以来地球科学领域的进展与热点予以回顾和梳理,“人类世”是 9 个热点之一^[16]。

下面就发达国家、国际组织等有关“人类世”的研究计划、召开的相关重要国际会议等进行梳理,并结合对科学研究论文的文献计量分析结果,归纳总结人类世研究国际发展态势与前沿热点,为我国相关研究工作的开展提供参考。

2 人类世研究国际现状

2.1 近年来与人类世研究相关的重要国际会议

近年来尤其是 2012 年以来,相关国际会议上有关人类世的议题逐渐增多(表 2),说明“人类世”这一名词越来越得到学术界尤其是地球科学界的重

表 2 近年来与人类世研究相关的国际会议

Table 2 International conferences related anthropocene in recent years

| 时间 | 会议名称 | 人类世相关议题或认识 |
|-----------------------|-----------------------------------|---|
| 2012. 03 | 国际科学理事会(ICSU) 发起的主题为“压力下的星球”大会 | 会上科学家们确认,人类对地球系统的影响已经成为全球尺度的地质过程,人类已经驱使地球进入人类影响地球的地质时代——人类世 |
| 2012. 08. 05 ~ 08. 12 | 国际地质大会(IGC) | 人类世地质学 |
| 2012. 09. 17 ~ 09. 21 | 全球大气化学国际计划(IGAC) | 人类世的大气化学、大气化学与超大城市、大气化学与气候、大气化学与健康、大气化学与地表—大气交换等 |
| 2012. 10. 18 ~ 10. 28 | 美国农学会、作物学会和土壤学会年会 | 人类世土壤的改造过程 |
| 2012. 11 | 美国地质学会(GSA)2012 年会 | 人类世地貌学 |
| 2012. 12. 03 ~ 12. 07 | 美国地球物理联合会(AGU)秋季会议 | 人类世:世界面临 4 °C 的升温前景 |
| 2013. 04. 07 ~ 04. 12 | 欧洲地质联盟(EGU)2013 年会 | 人类世的地貌景观:研究现状与发展趋势 |
| 2013. 04. 09 ~ 04. 14 | 美国地理学家协会(AAG)2013 年会 | 人类世的再评估与人类文明的重新定位 |
| 2013. 08. 27 ~ 08. 31 | 第八届国际地貌学大会(IAG) | 人类世地貌学 |
| 2013. 11. 26 | 2013 年世界哲学日圆桌会议 | 思考人类世 |

视。从相关国际会议的主题与探讨内容可以看出,人类世大气化学、人类世地貌景观变化、人类世土壤变化等都是人类世研究关注的重点。同时,对人类世的政治性研究等也有所涉及。

2.2 人类世相关研究计划

对人类世这一新问题,国际上仅有少数机构制定了相关的研究计划。

2.2.1 人类世国际法

由挪威研究理事会资助 Vidas 带领的弗里德约夫·南森研究所(FNI)负责为期 4 年(2011—2014 年)的研究计划——“人类世的国际法”(International Law for an Anthropocene Epoch)^[17],该项目拟解决一旦人类世被正式确定为地质时间单位后,国际法将如何面对这一新挑战的问题,重要领域包括海洋法、环境法和基因资源法等。

2.2.2 人类世与生物群落

2011 年,美国国家科学基金会资助了一项由 Ellis 带领的马里兰大学研究团队进行的为期 5 年(2011—2015 年)耗资 183 万美元的研究计划——“地球:不断发展出新的全球土地变化科学工作流程”(Globe: Evolving new global workflows for land change science)^[18],该项目将评估人为造成的局部和区域的土地变化对全球的影响,从而帮助确定人类世在陆地系统中的标记。实际上早在 2007 年,Elis 就与来自荷兰、德国和加拿大等国科学家成立了人为生物群落工作组(the Anthromes Working Group)^[19],该工作组基于将人为生物群落(Anthropogenic Biomes)作为一种把人类因素考虑在内的进行全球生态学、地球科学和人类世研究的新范式,旨在了解和模拟人类改造陆地生态系统的过程。

2.2.3 “人类世河流”研究计划

“人类世河流”(Rivers of the Anthropocene)^[20]是考察在人类世(1750 年至今)全球河流系统的跨学科研究计划。该计划的第一阶段将把俄亥俄河和泰恩河(the Ohio and Tyne Rivers)作为案例研究。河流及其景观并不只是简单的自然现象或人类的遗迹,而是人类与自然相互复杂作用的结果,该国际研究团队试图进行跨学科分析以考察人类与河流环境之间的相互作用。通过绘制河流系统的生态、地理、文化、社会、政治和科学历史,该计划将为公共政策、环境保护和遗产管理等相关问题提供见解。

2.2.4 “人类世海洋表层过程”研究计划

2007 年启动的“人类世海洋表层过程”研究计划(Surface Ocean Processes in the Anthropocene, SOPRAN)^[21]由德国联邦教育与科研部(BMBF)资助,也是德国参与“表层海洋—低层大气研究”(Surface Ocean Lower Atmosphere Study, SOLAS)国际合作研究计划的一部分。SOPRAN 计划的主要目的是研究海洋表层过程及其变化,重点将研究海洋—大气生物地球化学相互作用的 3 个主要方面:①大气组成的变化如何影响海洋表层;②海洋表层的变化如何改变海洋向大气层的气体排放;③海洋与大气物质交换的机制与速率。

2.3 人类世研究的相关新学术期刊

独立的专门性学术期刊的产生是一个学科逐渐走向成熟的重要标志,近年来已先后诞生了多个以报道人类世研究为主的国际性学术期刊,标志着人类世研究已迈出了坚实的一步,正在向一门独立的学科发展。

2012 年,BioOne 新推出一种开放获取期刊——

《Elementa:人类世科学》(*Elementa: Science of the Anthropocene*)^[22]。鉴于人类已经成为地球系统变化的主导因素,为了解人类对地球的影响及程度,从2013年4月起,Elsevier开始出版新杂志《人类世》(*Anthropocene*)^[23]。2013年7月11日,美国地球物理协会(AGU)宣布与Wiley共同推出新期刊——《地球未来》(*Earth's Future*),这是一本全新的跨学科开放获取期刊,该期刊投稿文章的研究时间范围为人类活动时代(人类世)^[24]。世界第五大学术出版商——SAGE出版公司于2014年开始出版新期刊——《人类世评论》(*The Anthropocene Review*)^[25]。

2.4 基于文献计量分析的人类世研究发展态势

文献计量学是研究学科发展态势的一种定量方法,主要是利用文献信息进行统计分析,反映学科发展的现状和趋势以及学科研究的主要问题领域等。以汤森路透Web of Science (SCI-E和SSCI)数据库为数据源,采用“主题=(“anthropocene*” or “age of man” or “anthropozoic era” or “anthropogene” or “noosphere” or “anthroposphere”)”进行检索,检索时间为2013年12月6日,同时通过人工判读对部分与研究内容无关的记录进行剔除,得到人类世相关研究SCI收录论文共计240篇,利用汤森路透的分析工具TDA对论文数据进行文献计量分析。

人类世概念正式提出仅有13年时间,对于这一新兴领域的相关研究还比较少,2000—2013年人类世研究相关SCI论文总计240篇,年度发文量呈逐年增加的趋势,特别是自2009年人类世工作小组成立以后,推动了更多的学者开始有关人类世研究的相关工作。从发文量国家排名情况来看,美国是该领域发文量最多的国家,可见其在该领域的引领地位。英国排名第二,其余依次为德国、澳大利亚、加拿大、法国、荷兰、西班牙、瑞典和中国。我国在该领域的发文量仅为6篇,可见我国学术界关于人类世研究的关注还很少。从发文量前10位机构的排名情况来看,各机构发文量的差异不大(3~7篇),马里兰大学发文7篇位居第一。这些机构中,其中4个来自美国,2个来自英国,其余4个分别来自法国、澳大利亚、德国和加拿大。从发文所属学科来看,环境科学与生态学领域的论文数量最多,其次是地质学、自然地理学、科学与技术其他学科等。刊发人类世研究论文的期刊中,前5个期刊即*Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical & Engineering Sciences*(《皇家学会哲学学报杂志A辑:数学、物理学与工程学》),*Holocene*(《全

新世》),*Quaternary Science Review*(《第四纪科学评论》),*Nature*(《自然》)和*Science*(《科学》)的发文量共计39篇,占该领域论文总量的16.39%。可以说,这5个期刊是人类世研究论文的核心期刊。从人类世研究被引频次排名前20的研究论文可看出,Meybeck, Steffen, Andersson, Zalasiewicz和Codispoti等是人类世研究的核心作者。

3 人类世研究前沿热点

3.1 人类活动驱动的地球系统变化

地球系统中没有哪个组成成分能够完全不受人类活动的影响。地球的大气、淡水和海洋系统、陆地系统、生物区,以及将它们联系在一起的生物地球化学循环都反映出人类活动的影响。

3.1.1 人类活动驱动的海洋系统变化

人类活动导致了海水的不断酸化。当下的海洋酸化速度已经与古新世—始新世气候最暖期时的酸化速度相似,彼时表面海水的温度上升了5~6℃。海洋表面的生态系统未受到重大影响,而深海底部的生态系统濒于毁灭。现在的海洋酸化速度大约是古新世—始新世气候最暖期时速度的10倍,研究者称之为“史无前例”的地质事件^[26]。2012年,美国和欧洲科学家发布了一项新研究成果,证明海洋正经历3亿年来最快速的酸化^[27]。即使人为CO₂排放停止,如碳酸盐补偿等过程在未来千年尺度可能会持续影响海洋变化^[28]。到2100年,全球海洋上层平均值可能会经历温度增加1.2~2.6℃、溶解氧的浓度比当前值降低2%~4%、pH值下降0.15~0.31、浮游植物产量比当前值减少4%~10%等变化^[29]。

3.1.2 人类活动驱动的河流系统变化

研究表明,黄河流域人类对泥沙通量的影响大约开始于3000年前。过去1000年,人类对于沉积物通量大规模的影响速率加快,范围更广。森林砍伐、农业、采矿、运输等人类活动的总和与地质气候事件产生的效果相当。到16世纪,现代社会的发展开始改造环境,对土壤的扰动也更加频繁^[30]。

从长期以来人类压力对陆地水生系统各个方面的影响来看,目前仅有加拿大和阿拉斯加、亚马逊河、刚果盆地的部分地区及西伯利亚的一些河流保持原始状态;从全球范围来看,进入人类世后陆地水生系统发生了一系列重大变化,如沉积物不平衡、出现新的无流区、盐渍化、化学污染、酸化、富营养化和微生物污染等^[31]。

在人类改造地表的所有活动中,建坝、农业及其

他土地挖掘活动所造成的加速侵蚀是影响河流沉积和形态学的主要因素之一。目前全世界登记在册的高度超过 15 m 的水坝已经超过 45 000 个^[32]。大型水库改变了水流的时间和强度,不仅溶解物质并使物质微粒化,而且改变化学反应的位置和途径。同时,这些大坝也分隔河流、裂解景观和水生动物的栖息地,创建新的沉积物和碳库^[33]。在全球范围内,每年大坝减少的流向海岸的沉积物达(1.4±0.3)亿 t,尽管由于土壤剥蚀和河流搬运,大坝沉积物以每年(2.3±0.6)亿 t 的速率增加^[33]。

3.1.3 人类活动驱动的大气圈变化

大气 CO₂ 浓度可用作唯一的、简单的指标来追溯人类世的进程,并且利用其将地球系统的人类印迹与自然可变性进行对比(表 3)。1850 年前后,大气 CO₂ 浓度为 285×10⁻⁶,处于第四纪晚期间冰期期间自然变幅的范围之内。1800/1850—1945 年,CO₂ 浓度上升了 25×10⁻⁶,足以超过整个全新世自然变幅的上限,从而提供了明确无误的证据:人类活动在全球尺度上影响着环境。因而指定人类世的开端与工业化时代的开端(1800—1850 年)是一致的^[34]。

表 3 地球上完全现代的人类生存期间大气 CO₂ 浓度^[34,35]

Table 3 Atmospheric CO₂ concentration during the existence of fully modern humans on Earth^[34,35]

| 年份/时段 | 大气 CO ₂ 浓度/10 ⁻⁶ | 年份/时段 | 大气 CO ₂ 浓度/10 ⁻⁶ |
|--------------------|--|-------|--|
| 距今(25~1.2)万年前: | | 1825 | 284 |
| 间冰期期间范围 | 262~287 | 1850 | 285 |
| 冰期期间最小值 | 182 | 1875 | 289 |
| 距今 12 000~2 000 年前 | 260~285 | 1900 | 296 |
| 全新世(当前间冰期): | | 1925 | 305 |
| 1000 | 279 | 1950 | 311 |
| 1500 | 282 | 1975 | 331 |
| 1600 | 276 | 2000 | 369 |
| 1700 | 277 | 2005 | 379 |
| 1750 | 277 | 2010 | 389 |
| 1775 | 279 | 2012 | 393 |
| 1800 | 283 | 2013 | 396 |

3.1.4 人类活动驱动的生态系统变化

人类世的定义主要基于全球环境变化,而人类利用土地是全球环境变化的主要原因。考古学和古生态学证据表明,至晚更新世人类及其土地利用等改造的生态系统已遍布世界各地,尽管自 8 000 多年前以来人类的影响就是巨大的,但主要还是在 20 世纪大多数生物圈才开始被人类密集地利用,生态

过程描绘了这些变化,并对整个生态系统运行的影响越来越大^[36]。Ellis 等^[37]展示的一套新的地图显示了自工业革命开始后人为生物群落的变化:在 1700 年,地球上无冰的陆地面积中 95% 为原始或半自然生物群落,仅有 5% 被人类利用;全球的土地利用变化主要发生在 1900—2000 年,到 2000 年时,55% 的无冰陆地被人类利用,变为牧场、耕地、村庄等,未被利用的保持原始的土地仅保存在地球最寒冷和最干燥的地区。Richter^[38]以土壤不肥沃为由,将目前的时期称之为“人类世”。气候变化以及大气 CO₂ 浓度上升对土壤造成影响,成土作用时间已开始受人为因素控制。美国农业和城市土地利用的研究表明,5% 的美国土壤正濒于“大量损失”或“彻底退化”^[39]。

人类活动造成的影响还极大地加速了物种的灭绝,Barnosky 等^[40]以全球哺乳动物种类为指标,衡量目前的生物多样性,结果发现人类正在经历一场将延续千百年的集群灭绝,并且它最快将在 3 个世纪内爆发。即使是在遥远的北极,人类活动也会对其气候环境以及生态系统产生影响。Smol 等^[41]分析了北极及其附近 11 个地方的 55 个湖泊的古湖沼记录,数据反映自 1850 年以来北极圈内藻类和无脊椎动物呈现出快速的突变及生态重组现象,且最为显著的生态环境变化亦发生在近 150 年以来。

3.2 人类世作为地质时代合理性的讨论

“人类世”与以前的地质年代相比有一个重要的不同点,即过去的所有地质年代都已经结束,我们知晓它们的整个历史,而“人类世”正在持续,关于 Zalasiewicz 指出的未来地质学家们将会看到我们这个时代留下的化石的观点,国际地层委员会(International Commission on Stratigraphy, ICS)主席 Finney 认为,仅仅根据预测来定义一个地质时代是错误的;德国地层委员会(DSK)的 Menning 则表示,将人类世引入地质年代表会带来更多的问题而不是好处,因为这会迫使地质学家们重新审视他们定义地质时代的标准^[42]。

从地球演化史来看,不同级别的地质时代都有与其相对应的不同级别的生物事件,包括绝灭事件、短暂的间隔和生物辐射(或爆发)。但进入全新世以来,虽然人类活动导致了大量物种的绝灭,但并未出现新的生物种群,即还没有发生生物辐射(爆发)现象,因而,建立一个新的地质时代,条件还不充分^[43]。蒋青等^[44]通过对比 12 个纪,38 个世和 100 个期的延续时间,建议在承认人类作为当前最重要

的地质营力对地球产生影响的情况下,不建新世而建新期可能更合理。

虽然对人类世是否成立有上述不同意见,但赞同设立人类世的学者在目前公开发表意见的作者中还是占绝大多数。这些学者,有的完全同意所提议的人类世概念,有的则对人类世下限提出了不同见解。建议主要有以下4种:

(1) 原全新世下限。刘东生^[45]建议直接用人类世取代全新世,强调从全新世开始人类的作用就已发生,人类作为地质营力对地球产生的全面影响,不仅仅是近200多年来的影响。因此,人类世的下限就应等同于原全新世的下限。陈之荣^[43]对此表示赞同,他认为,采用“人类世”来称谓全新世,既丰富了全新世的内容,又避免了Crutzen等在划分地质时代标准上的困境,是可取的。

(2) 全新世早期,即把下限推到数千年前。Ruddiman^[46]提出在前工业时期,大气CO₂浓度已从 260×10^{-6} 缓慢增至 280×10^{-6} ,一方面由于当时所处的间冰期较之前的2个间冰期更长,另一方面则是由人类的农业活动造成的,也就是说在前工业时代人类的农业活动所造成的大气改变就已经很可观了,所以将人类世的下限定为全新世早期。但是,有学者对此持反对意见,认为在前工业时期的大气CO₂浓度上升并非人为原因,而是自然变化过程^[47,48]。一些考古学家在总结人类活动引起的不利环境变化后也认为,数千年前就已经进入了人类世,他们指出约在6万年前人类的祖先从聚居地非洲大陆开始扩散并开始改造大陆,约在11500年前农业开始起源,约9000年前小米、小麦、大麦作为粮食就开始在中国各地出现了^[49]。

(3) 工业革命开始。人类世的提出者Crutzen和Stoermer认为,自发明蒸汽机以来,人的作用越来越成为一个重要的地质营力。他们提议将西方国家工业革命的开始时间即18世纪下半叶,作为全新世和人类世的界线,因为根据冰芯记录,自那时起大气中数种温室气体浓度激增,并且人类对地球产生了清晰可辨的、全球性的影响。Zalasiewicz和Steffen等也持该划分意见。其中Steffen等^[34]更是将人类世分为3个阶段:第一阶段为工业化时期(1800—1945年);第二阶段为大加速时期(1945—2015年);第三阶段为地球系统运营者时期(2015—)。

(4) 20世纪中叶。从1945年第一次人造原子弹爆炸后全球地层就包含了微小但是数量可以测量的人造放射性核元素^[50]。Wolfe等^[51]有关北极区

域和高山带的湖泊沉积物的最新研究表明,人类世下限应确定为1950年,其依据是与19世纪相比,由于化石燃料燃烧造成大气中CO₂含量增加,在湖泊沉积物中有明显的地层标志,这个可以作为人类世的金钉子。Syvitski等^[30]研究指出,过去50年间,人类对世界生态系统的改变比自己历史上以往任何可比的阶段都更加快速、更加广泛。

除上述4种主流建议外,还有少许学者提出不同看法,如Smith等^[52]在*Nature Geoscience*撰文指出晚更新世人类的狩猎导致美洲巨型动物灭绝,并造成甲烷排放量显著减少。因此他们得出结论:人类世应该从13400年前就开始了,这与人类首次大规模迁移至美洲的时间相一致。

目前较多的观点认为,“人类世”是全新世后半段出现的,即上述划分意见中的第3种或第4种。地球的地质时期一般持续时间在300年以上,人类世如能建立,即意味着仅持续1万多年的全新世的终结。两者最大的区别是,“全新世”的定义是人类的出现与崛起,而“人类世”则直截了当地说明人类已经成为地球的主人。

“人类世”的术语尚未被广泛认同的一个重要原因在于迄今还没有找到一个确定它的边界或标志物——地质学界公认的“金钉子”(Global Stratotype Section and Point, GSSP),即由国际地质科学联合会(International Union of Geological Sciences, IUGS)和国际地层委员会以正式公布的形式所指定的年代地层单位界线的典型或标准。它是为定义和区别全球不同年代(时代)所形成的地层的全球唯一标准或样板,并在一个特定的地点和特定的岩层序列中标出,作为确定和识别全球2个时代地层之间界线的唯一标志。到目前为止,人们还没有找到“人类世”相对应的“金钉子”或者可以用作地层界线的标志。

目前人类世候选金钉子主要有物种灭绝、核试验、海洋酸化、城市化、农业生产、物种入侵、工业化、畜牧化和合成化学等9个^[53]。

4 我国人类世问题研究现状

自人类世概念正式提出后,我国学者也迅速作出了积极响应。2001年12月1~4日在重庆举行了“西部大开发面临的挑战——全球变化区域响应研讨会暨第四届CNC-IGBP 2001年年会”,会上安芷生、陈宜瑜和陈泮勤等发言,都强调当今全球变化研究已进入了新阶段,称之为进入“人类世纪”,对其主要特征取得了共识^[54]。并且自第一届人类世

工作小组成立以来,安芷生一直是该小组成员。

2004年两院院士大会上,刘东生^[55]介绍了“人类世”的概念,并指出自工业革命以来,人类活动成为重要的地质营力。人类的一些活动已引起了地球环境一些不容乐观的变化,正在加剧侵袭着人类赖以生存的地球系统。环境问题已成为全球可持续发展的一个主要障碍。地质自然灾害的频频发生,更促使我们关注环境变化及人与自然的协调发展,“人类世”为我们提供了研究这一问题的新视角。他强调,研究“人类世”不仅需要多种自然科学的交叉融合,甚至要求自然科学和社会科学的通力合作,加强地球系统研究,实现人与自然和谐发展。此外,刘东生还陆续发文强调人类世提出的重要意义^[45,56]。

近些年,还有一些学者也参与到人类世研究的行列。蒋青等^[44]整理分析了2000—2008年的相关论著,对“人类世”名称的来历、“人类世”提出的背景及数年来学术界的争议内容等进行了介绍和评论;赵剑波等^[57]对人类世地质学的研究体系及研究前景予以论述,指出研究人类世地质有利于人类正确认识自己的行为,并且规范这种行为,从而有利于建立人与自然和谐的美好社会。

5 结论与建议

5.1 结论

人类世的概念是在人类活动引起的全球性环境问题日益突出的背景下提出的,强调人类活动也是一种重要的地质营力,其对地球改造的程度与后果足以与传统意义上的地质营力(地震、造山运动等)产生的影响相匹敌。

人类世问题近年来已逐步成为环境领域、地球科学领域及相关学科领域的一个研究热点。人类世是否正式命名显然还将有激烈的学术争鸣,但单就该概念提出后使人们越来越关注自身对地球系统的改造而言,该概念就具有极大的积极作用。对该概念内涵的深入讨论,无疑将带来诸多有益结果,如将有利于鼓励降低化石燃料使用以减少碳排放,加大保护生物多样性的力度以减少其损失;可以作为对地球系统的保护措施进行立法的佐证;或者作为评估环境破坏赔偿要求的证据等。“人类世”议题的真正价值不仅仅是划分一个新的地质时期,而是当前该如何恢复并保持人类与自然的和谐发展。

有关人类世研究的国际会议、研究计划项目以及学术期刊的陆续出现并增加,所有这一切都标志

着建立独立的人类世科学的条件已基本成熟。在人类世科学研究中,人类将被作为地球系统的重要组成部分,同时被作为一个独立的营力来研究对地球系统的改造和影响。

5.2 建议

我国是文明古国,人类活动大规模改变国土环境的记录在中华大地上和史册中比比皆是,这为进行人类世研究提供了很好的基础条件。由于我国巨大的人口规模和有限的生存空间,我国人口在过去几十年中对国土地理环境改造的幅度是空前的,造成的不利环境影响已经严重制约着国家的可持续发展。因此,从未来既保持人与自然和谐,又提升人民生活质量和促进经济社会发展的角度而言,在我国开展人类世研究不但具有重要的科学意义,而且具有更大的现实意义。在人类世概念提出之后,我国仅有少数学者以人类世的视角开展了相关的研究,此概念并未引起学术界特别是地球科学相关学术界的广泛关注。针对目前我国人类世问题研究不足的现状,在人类世研究的工作组织方面,中国第四纪科学研究会及有关单位应高度重视这一新兴研究领域,积极策划组织相关研究工作,如中国第四纪科学研究会可考虑新增人类世专业委员会、组织召开人类世研究专题学术会议、参与人类世研究国际有关组织与相关协会、资助人类世研究领域的计划与项目等。在人类世研究内容方面,重点开展以下方面的研究:人类对地球生态系统的影响及可能产生的不同地质记录;人类引起地貌景观变化的理论和实证研究;人类世的地球系统管理研究;人类世以来中国古环境的演化、古环境图的制作和人类活动强度评价;气候转型问题研究等。只有积极加入人类世研究的行列,以人类世的新视角审视我们的发展,建立人与自然和谐的世界,才可以使我们古老而年轻的人类文明得以持续发展。

参考文献(References):

- [1] McNeill J R. Something New under the Sun[M]. New York, London: WH Norton and Company, 2000.
- [2] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights, Working Paper No. ESA/P/WP. 210[R/OL]. 2009 [2013-10-21]. http://www.un.org/esa/population/.../wpp2008/wpp2008_highlights.pdf.
- [3] World Wild Fund for Nature. Living Planet Report 2012[R/OL]. 2012[2013-11-10]. http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_2012_rio_summary_booklet_final_120509.pdf.
- [4] Crutzen P J, Stoermer E F. The “Anthropocene”[J]. *IGBP News-*

- letter, 2000, 41: 17-18.
- [5] Clark W C, Munn R E. Sustainable Development of the Biosphere [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.
- [6] Gerasimov I P. Anthropogene and its major problem[J]. *Boreas*, 1979, 8:23-30.
- [7] Crutzen P J. Geology of mankind [J]. *Nature*, 2002, 415 (6 867): 23.
- [8] Safra J E. Noösphere [M] // Encyclopaedia Britannica 8. London: Encyclopaedia Britannica Inc., 1998:757.
- [9] James P E. Toward a further understanding of the regional concept [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1952, 42 (3): 195-222.
- [10] Elkin I I, Yashkul V K, Ostertag Jr C T, translated. Problems of epidemiological geography. Report 7. The significance of the anthroposphere in the geography of zoonoses causative agents[J]. *Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 1966, 11: 101-109.
- [11] Bergel F. Carcinogenic hazards in natural and man-made environments[J]. *Proceedings of the Royal Society of London (Series B, Biological Sciences)*, 1974, 185(1 079): 165-181.
- [12] Zalasiewicz J, Williams M, Smith A, et al. Are we now living in the Anthropocene? [J]. *GSA Today*, 2008, 18(2): 4-8.
- [13] Subcommission on Quaternary Stratigraphy, International Commission on Stratigraphy. Working Group on the ‘Anthropocene’ [EB/OL]. 2013[2013-12-03]. <http://quaternary.stratigraphy.org/workinggroups/anthropocene/>.
- [14] Crutzen P J, Agre P, Arber W, et al. The Stockholm Memorandum, Tipping the Scales Toward Sustainability [R/OL]. 2011 [2013-12-03]. <http://globalsymposium2011.org/wp-content/uploads/2011/05/The-Stockholm-Memorandum.pdf>.
- [15] Noorden R V. 365days; 2011 in review [J]. *Nature*, 2011, 480:426-429.
- [16] Stocker T F, Zalasiewicz J, Kasting J, et al. Five years of Earth science[J]. *Nature Geoscience*, 2013, 6(1): 7-16.
- [17] Fridtj Nansen Institute. International Law for an Anthropocene Epoch? [EB/OL]. 2013 [2013-12-14]. http://www.fni.no/projects/anthropocene_law.html.
- [18] NSF. CDI-Type II; GLOBE: Evolving New Global Workflows for Land Change Science [EB/OL]. 2013 [2013-12-15]. http://www.nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=1125210.
- [19] Laboratory for Anthropogenic Landscape Ecology. Anthromes Project [EB/OL]. 2013 [2013-11-12]. <http://eco3d.org/projects/anthromes/>.
- [20] IUPUI. Rivers of the Anthropocene [EB/OL]. 2013 [2013-12-20]. <http://rivers.iupui.edu/cms/>.
- [21] BMBF. SOPRAN-Surface Ocean Processes in the Anthropocene [EB/OL]. 2013 [2013-11-20]. <http://sopran.pangaea.de/>.
- [22] BioOne. Elementa; Science of the Anthropocene [EB/OL]. 2013 [2013-09-05]. <http://www.elementascience.org/>.
- [23] Elsevier. Anthropocene [EB/OL]. 2013 [2013-10-14]. <http://www.journals.elsevier.com/anthropocene/>.
- [24] Wiley. Earth’s Future [EB/OL]. 2013 [2014-1-7]. [http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)2328-4277](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)2328-4277).
- [25] SAGE. The Anthropocene Review [EB/OL]. 2013 [2013-10-04]. <http://anr.sagepub.com/>.
- [26] Ridgwell A, Schmidt D N. Past constraints on the vulnerability of marine calcifiers to massive carbon dioxide release [J]. *Nature Geoscience*, 2010, 3:196-200.
- [27] Hönisch B, Ridgwell A, Schmidt D, et al. The geological record of ocean acidification [J]. *Science*, 2012, 335 (6 072): 1 058-1 063.
- [28] Tyrrell T. Anthropogenic modification of the oceans [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2011, 369: 887-908.
- [29] Mora C, Wei C L, Rollo A, et al. Biotic and human vulnerability to projected changes in ocean biogeochemistry over the 21st century [J]. *PLoS Biology*, 2013, 11(10): 1-14.
- [30] Syvitski J P M, Kettner A. Sediment flux and the Anthropocene [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2011, 369: 957-975.
- [31] Meybeck M. Global analysis of river systems; From Earth system controls to Anthropocene syndromes [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B) Biological Sciences*, 2003, 358(1 440): 1 935-1 955.
- [32] Dybesius M, Nilsson C. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world [J]. *Science*, 1994, 266:753-762.
- [33] Committee on Challenges and Opportunities in Earth Surface Processes; National Research Council. Landscapes on the Edge: New Horizons for Research on Earth’s Surface [R/OL]. 2010 [2013-12-14]. <http://clas.ucdenver.edu/ges/landscapes/LandscapesOnEdge.pdf>.
- [34] Steffen W, Crutzen P J, McNeill J R. The anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of nature? [J]. *Ambio: A Journal of the Human Environment*, 2007, 36: 614-621.
- [35] NOAA Mauna Loa Observatory. Atmospheric CO₂ Mauna Loa Observatory (Scripps/NOAA/ESRL) Monthly Mean CO₂ Concentrations (ppm) Since March 1958 [EB/OL]. 2014 [2014-02-10]. <http://co2now.org/Current-CO2/CO2-Now/noaa-mauna-loa-co2-data.html>.
- [36] Ellis E C. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 2011, 369:1 010-1 035.
- [37] Ellis E C, Goldewijk K K, Siebert S, et al. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000 [J]. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, 19(5): 589-606.
- [38] Richter D B. Humanity’s transformation of Earth’s soil; Pedology’s new frontier [J]. *Soil Science*, 2007, 172(12): 957-967.
- [39] Amundson R, Guo Y, Gong P. Soil diversity and land use in the United States [J]. *Ecosystems*, 2003, 6:470-482.
- [40] Barnosky A D, Matzke N, Tomiya S, et al. Has the Earth’s sixth mass extinction already arrived? [J]. *Nature*, 2011, 471: 51-57.
- [41] Smol J P, Wolfe A P, Birks H J B, et al. Climate-driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes [J]. *PNAS*,

- 2005, 102(12): 4 397-4 402.
- [42] Christian S, Axel B. The Anthropocene Debate: Do Humans Deserve Their Own Geological Era? [EB/OL]. 2013 [2013-10-15]. <http://www.spiegel.de/international/world/the-anthropocene-debate-do-humans-deserve-their-own-geological-era-a-773233.html>.
- [43] Chen Zhirong. Anthroposphere · Noösphere · Anthropocene[J]. *Quaternary Sciences*, 2006, 26(5): 872-878. [陈之荣. 人类圈·智慧圈·人类世[J]. 第四纪研究, 2006, 26(5): 872-878.]
- [44] Jiang Qing, Leng Qin, Wang Li. Anthropocene, the newly proposed geological epoch rooted in environmental research? [J]. *Journal of Stratigraphy*, 2009, 33(1): 11-17. [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? [J]. 地层学杂志, 2009, 33(1): 11-17.]
- [45] Liu Dongsheng. Demand of anthropocene study in the new stage of geoscience: In honor of late geologist Huang Jiqing for his innovative spirit[J]. *Quaternary Sciences*, 2004, 24(4): 369-378. [刘东生. 开展“人类世”环境研究, 做新时代地学的开拓者[J]. 第四纪研究, 2004, 24(4): 369-378.]
- [46] Ruddiman W F. The anthropogenic greenhouse era began thousands of years ago[J]. *Climatic Change*, 2003, 61: 261-293.
- [47] Broecker W C, Stocker T F. The Holocene CO₂ rise: Anthropogenic or natural? [J]. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 2006, 87(3): 27-29.
- [48] Stocker B D, Strassmann K, Joos F. Sensitivity of Holocene CO₂ and the modern carbon budget to early human land use: Analysis with a process-based model[J]. *Biogeosciences*, 2011, 8: 69-88.
- [49] Balter M. Archaeologists say the ‘anthropocene’ is here—But it began long ago[J]. *Science*, 2013, 340: 261-262.
- [50] Zalasiewicz J, Williams M, Steffen W, et al. The new world of the Anthropocene [J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44(7): 2 228-2 231.
- [51] Wolfe A P, Hobbs W O, Birks H H, et al. Stratigraphic expressions of the Holocene-Anthropocene transition revealed in sediments from remote lakes[J]. *Earth-Science Reviews*, 2013, 116: 17-34.
- [52] Smith F A, Elliott S M, Lyons S K. Methane emissions from extinct megafauna[J]. *Nature Geoscience*, 2010, 3: 374-375.
- [53] Bellanger B. Mais dans quelle époque vivons-nous? [J]. *Science & Vie*, 2012, 8: 78-87.
- [54] CNC-IGBP Secretariat. “The challenge for the western development—the regional response of global change and the 4th CNC-IGBP 2001 annual conference” (summary) [J]. *Advances in Earth Science*, 2002, 17(2): 299-301. [国际地圈生物圈计划中国全国委员会 (CNC-IGBP) 秘书处. “西部大开发面临的挑战——全球变化区域响应研讨会暨第四届 CNC-IGBP 2001 年年会”会议纪要(摘要) [J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 299-301.]
- [55] Lu Cairong, Wang Guangrong. What are the academicians paying attention to—The latest information from Chinese research frontier [J]. *Policy & Management*, 2004, 11: 26-28. [陆彩荣, 王光荣. 院士们在关注什么——来自中国科研前沿的最新信息 [J]. 科学咨询(决策管理), 2004, 11: 26-28.]
- [56] Liu Dongsheng. The prospects of Quaternary science in China [J]. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(2): 165-176. [刘东生. 第四纪科学发展展望 [J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 165-176.]
- [57] Zhao Jianbo, Jie Yi. On several basic theoretical questions of geology of Anthropocene [J]. *Journal of Huazhong Normal University (Natural Science Edition)*, 2008, 42(4): 649-653. [赵剑波, 揭毅. 人类世地质学几个基本理论问题 [J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2008, 42(4): 649-653.]

Discussion on the Anthropocene Research

Liu Xue, Zhang Zhiqiang, Zheng Junwei, Zhao Jidong, Wang Liwei

(Lanzhou Library of Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The “Anthropocene” was first formally proposed by the Nobel Prize winner and atmospheric chemist Paul Crutzen and ecologist Eugene F. Stoermer in 2000. Since then, there has been widespread discussions on it in scientific community. Currently, with the issues related to the Anthropocene increasing coverage in international meetings, international new projects and new journals are gradually increasing, the Anthropocene has become a research hotspot in environmental science, Earth science, archeology, biology and other relevant disciplines, including human activities driven changes in the Earth system, the beginning of Anthropocene, etc. Researchers focus on finding the “golden spikes” (GSSP), which are locations where there are strata successions with clear evidences of a worldwide event, including the appearance of distinctive fossils. The Anthropocene is put forward in the background of the human activity caused global environmental problems, stressing that human is also an important geological forces, its extent and consequences of the transformation of the Earth to geological forces enough match the tradition-

al sense (earthquakes, orogenic movement, *etc.*). Due to China's huge population size and limited living space, the Chinese population has been unprecedented for the modification of the land and geographical environment in the last few decades. Therefore, the Anthropocene research not only has important scientific significance, but also has more practical significance in China. There are some suggestions based on the status of Anthropocene research in China: Chinese Association for Quaternary Research may consider the addition of Anthropocene professional committee, hold a national conference on Anthropocene, participate in the related international organizations and associations and fund the related research.

Key words: Anthropocene; Human activities; Environmental change; Holocene; Quaternary research.