

国际组织正式提名人类世地层“金钉子”，一个新的地质年代或将确立

地球历史即将“翻篇”？人类世发出警示

■本报记者 许琦敏

地质年代的确定是一件大事。人类在为地球以往几十亿年的地质年代进行划分后，终于要将自己的印记镌刻在这部沉重的“史册”。

7月11日，国际人类世工作组（AWG）在法国里尔举行的新闻发布会上宣布，经过3轮投票、对比参选的12个备选地点后，提议将加拿大克劳福德湖作为人类世地质年代的“金钉子”，中国吉林的四海龙湾玛珥湖及其他候选地点作为补充。

这一提议将提交国际地质科学联合会（IUGS）各级机构表决，结果或将于2024年8月在韩国釜山举行的第37届国际地质学大会上公布。若该提议得到通过，将意味着地球已正式进入“人类世”的新纪元。

地质记录已显著不同于全新世

地球的年龄至今约有46亿年。为了描述漫长的地球历史时期和重大地球历史事件，地质学家和古生物学家根据地层自然形成的先后顺序，将地球约46亿年历史划分为若干阶段，这就是地质年代。

地质年代在时间上的表述单位可分为宙、代、纪、世、期、时几个等级。比如，我们目前所处的地质时代是“显生宙/新生代/第四纪/全新世”。

全新世的开始，以1.17万年前第四纪最后一次冰期结束作为标志。全新世在经历了万余年后，人类活动对地球系统的影响和改造日益显现。一部分地质学家认为，人类活动已经对地球系统产生了持久、广泛并且深刻的影响。于是他们提出地球开始进入“人类世”，即人类的时代。

早在1873年，意大利地质学家斯托帕尼就表示，人类活动对环境造成了深刻影响，地球已经进入“人类的时代”，当时他用的词语是“人类代”，而非“人类世”。

现在广泛使用的“人类世”概念，是由1995年诺贝尔化学奖得主、荷兰大气化学家保罗·约瑟夫·克鲁岑和美国密歇根大学湖泊生物学家尤金·斯托默在斯托帕尼的基础上，于2000年提出的。他们明确指出，有种种迹象表明，人类活动已经对地球系统造成不可逆转的改变，“人类世”应该是一个新的地质时期。

韩永明解释，当前来自地质学、环境科学、大气科学、生态学和全球变化研究领域越来越多的证据显示，人类活动作为一种活跃的地质营力，已对地球系统自然进程产生了史无前例的、持久广泛的影响。

“20世纪50年代以来，由于人类活动的影响，出现了海平面上升、大气二氧化碳浓度升高、全球变暖、生物多样性下降等全球性气候环境问题，大量人类活动的标志物被记录在沉积物中。”韩永明举例说，诸如铯137和钚239、碘129、钍137等人工放射性核素，黑碳、多环芳烃、碳球粒等工业排放物质，以及塑料、水泥等新材料出现在地层中，“这些都是人类世的重要标志物”。

由此可见，人类世是人类活动改变地球系统边界条件的关键时段。人类营力的增加，已导致人类世的地质生物记录显著不同于全新世时期。

自2008年起，德国地质学家简·扎拉谢维奇等人从人类改造地球环境留下的地层证据出发，开始探讨人类世作为全新世之后新地质年代的可能性。他们提出，要从地层学的角度研究人类世，并力求使其成为一个正式的地层单元。

地球“新篇章”在争议中诞生

人类世是否应该作为一个新的、正式的地质年代单位被确立？这在科学界经历了相当多的争议。

关于人类世的起始时间，不同学者提出了不同观点，包括早期农耕时代、青铜时代、16世纪大航海时代、19世纪工业革命、1945年原子弹爆炸、20世纪中叶全球环境变化加速时期等。

目前，国际人类世工作组所推荐的人类世起点，始于20世纪中叶。“这几十年来，相对于地球46亿年的历史来说，实在太短了。”韩永明说，这么短的一段时间，应该将人类世放在地质年代单位的哪个等级，同样极富争议——究竟是作为一个“纪”、一个“世”，还是作为一个“期”，或是只能算作一个“事件”？

韩永明表示，从传统地质学角度看，人类世作为一个正式的地质年代单位，似乎时间有些短，但考虑到其对地球系统影响的深度和广度来说，它很可能应该作为一个脱离了第四纪的新地质年代——也就是“人类纪”。当然，在目前阶段，考虑到人类对地球影响的时间还存在很大争议，将其定义在“世”这个地层等级可能是合适的。

人类世概念目前已被地球科学、人类学、考古学、生态学和环境科学等学科的研究人员广泛使用，并被大众所接受。根据Web of Science文献核心数据库检索，近20年来，标题中包含“Anthropocene”（人类世）一词的论文逐年增多，2019年以来每年发表180篇左右，涉及生态学、地理学、大气科学、地质学等诸多学科。

虽然这些学科属于广义上的地球科学，但地球时代的划分通常还是要由地质学中的地层学分支来确定。2009年，国际地层委员会设立了由34位研究人员组成的人类世工作组，由简·扎拉斯维奇担任主席，其工作目标是起草一份正式确认人类世的提案。若这份提案得到通过，人类世就将正式成为一个官方定论的地质年代，被纳入地质年表。

然而，人类世的确定，是一项艰巨而复杂的任务。经过10年调研，2019年5月21日，国际人类世工作组就“人类世”是否应被认定为新的地质年代进行投票，34位成员中的29人投出赞成票。至此，该小组的下一步重点工作是遴选全新世/人类世界线的“金钉子”候选剖面。

韩永明介绍，确定人类世全球界线层型剖面和点位（GSSP），就是在一个特殊的地层剖面中指定一个特定间断和特定点，以此来定义和识别人类世/全新世的地层单位界线。

人类世“金钉子”的确定，包含三项内容：第一，人类世的起始时间，即地球究竟在什么时间点结束全新世，进入人类世；第二，人类世的首要标志物和次要标志物是什么；第三，在众多人类世候选剖面中，确定一个标准剖面和多个辅助剖面。

“每一个地质年代单位的确定，都需要在对应的地层中确定相应的首要标志物，它必须在全世界具有普遍性和等时性。”韩永明说，在新生代之前的地层中，一个地质年代的开始主要以某一种动植物化石的首次出现为标志；而在新生代以后，一个地质年代的开始主要以地球化学信号的突变为首要标志物。目前确定的人类世的首要标志物，就是人工放射性核素“铯”。

人类活动改变地球已是不可逆的进程。进入21世纪，一个新地质年代的名字“人类世”，越来越多地出现在自然科学、社会人文乃至全球治理等领域中。

然而，确定人类世的“原点”是一项极有难度、充满争议的工作。日前，由国际非政府组织国际地层委员会（ICS）设置的国际人类世工作组（AWG）提议，将加拿大克劳福德湖作为人类世地质年代的“金钉子”，中国吉林的四海龙湾玛珥湖及其他候选地点作为补充。

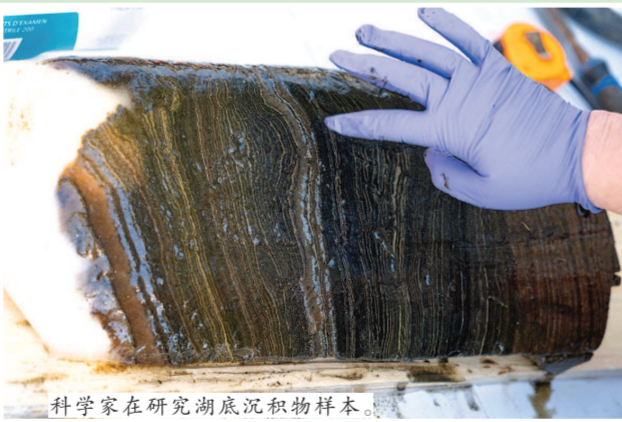
这项长达14年的工作经历了怎样的曲折？克劳福德湖与四海龙湾玛珥湖的沉积泥芯中记录下了人类世的哪些活动痕迹？为此，本报记者采访了四海龙湾玛珥湖候选地点提议人、中国科学院地球环境研究所研究员韩永明。



加拿大不列颠哥伦比亚省克劳福德湖。



科学家在克劳福德湖采样。



科学家在研究湖底沉积物样本。

进入“人类世”需要全球应战

人类世一旦确立，标志着开始于1.17万年前的全新世的结束，地球进入了新的地质时代。

国际人类世工作组认为，人类活动，尤其是工业革命以来的人类活动，已成为一种地质营力，导致了地球系统的改变。人类需要一个全新的时间单元来描述这些变化，而且这些变化尚未结束，人类活动在未来可能对地球造成更大程度的影响。

“这也在提醒所有人，人类社会对于全球环境和气候产生了重大影响，比如全球变暖、污染加剧等等，这些问题的解决需要全球携手，需要我们每一个普通民众的参与，只有大家一起行动起来，才能真正解决这些人类自身造成的问题。”韩永明认为，人类世的提出和确定，将让每一个人都充分认识到人类在地球系统中所处的位置、肩负的责任，“我们有必要对建立宜居地球负起责任”。

人类世的确立，将推动人类世科学的发展。韩永明说，这将使更多科学家投入到相关研究中，通过构建自然营力与人类营力对地球系统扰动幅度和速率相对变化的历史，深入揭示人类活动对气候环境变化的影响，从而提出对人类世的应对策略和方案。这不仅将推动地球系统科学发展，更将为应对全球气候环境变化、推动生态文明建设、制定可持续发展战略、开展气候环境外交，提供不可或缺的科学支撑。

尽管人类世目前还处于地球科学的范畴，但随着人类世科学的发展，它将会与社会学、人文科学高度交叉融合，成为一门超越传统地球科学范畴的新兴学科，服务于可持续发展，为人类社会进步提供强大理论支撑。

对话韩永明：

人类世“金钉子”怎么选

如果必须确定一个最能反映人类活动塑造地球的地方，你会选择哪里？中国科学院地球环境研究所研究员韩永明的回答是：中国吉林四海龙湾玛珥湖。

玛珥湖是一种特殊的火山湖泊，只接收大气沉降，无河流的输入和输出。在安芷生、周卫健两位中国科学院院士的领导下，团队于2017年向国际人类世工作组（AWG）提出，将四海龙湾玛珥湖作为人类世“金钉子”的候选剖面。经过多年研究，他们发现，四海龙湾湖中的泥芯显示了多种人工放射性核素。而且，泥芯中指示人为活动的标志物（如工业排放的烟炱、球形碳颗粒、重金属和环境DNA等）的快速增加，都出现在20世纪中叶的全球大加速时期，均指示了地球系统的改变。

AWG为何最终决定推荐克劳福德湖为人类世地层“金钉子”？韩永明对此作出详细解释。

文汇报：人类世“金钉子”的确定过程是怎样的？一共入围了多少候选地点？

韩永明：这个过程相当漫长。第一步是要在全球范围内遴选潜在的人类世“金钉子”。最终全球一共选出了12个候选点，其中10个位于北半球，研究载体包括湖泊沉积物、海洋沉积物、泥炭、珊瑚、石笋、冰芯等。

接下来，各个候选地点的推荐团队在对人类世地层剖面进行详细精确的研究后，各自向AWG提交报告。该工作组在组内对12个候选点进行投票，得票数在60%及以上候选点将会被推荐到第四纪地层委员会。

第四纪地层委员会对AWG的提案进行投票，若提案获得超过60%赞成票，将会被提交给国际地层委员会。若候选剖面在国际地层委员会的投票中仍获得60%及以上票数，提案将会提交给国际地质科学联合会批准。国际地层委员会正式批准后，一个新的“金钉子”就正式确立了。

经过AWG内部前两轮投票，中国的四海龙湾玛珥湖和加拿大的克劳福德湖进入到最终轮的投票中，最后克劳福德湖获得了61%的支持。接下来，AWG将会把提案提交给第四纪地层委员会进行下一步投票。目前，人类世“金钉子”尚未正式确立。

文汇报：克劳福德湖与四海龙湾各自有何特点？

韩永明：四海龙湾玛珥湖位于中国吉林省靖宇县的国家森林公园中，是一个典型的近圆形的玛珥（火山）湖，直径约750米。

火山湖一般形成于火山喷发后的圆形火山锥，水源来自大气降水和地下水。该湖没有河流汇入汇出，其沉积物完全来自大气沉降和湖泊自生过程，且不受局地人类活动的直接影响，因此其沉积物记录了具有全球意义的环境和气候变化，以及人为活动的信号。

四海龙湾玛珥湖发育和保存有良好的年纹层，主要由春季的浅色碎屑层和秋季深色的硅藻层组成，可对沉积物进行精确定年，分辨率可达1年，甚至可细分至季节。多种人为活动和自然环境变化的信号在四海龙湾沉积物中都获得了良好记录。其中，被认为是人类世首要标志物的铯239和钚240，其活度在1953年快速增加，单峰分布特征具有全球一致性。

克劳福德湖位于加拿大多伦多郊区，面积2.4公顷，深24米，由一个石灰岩洞穴坍塌而成，有季节性流水带人。由于该湖受当地人类活动影响非常严重，因此我们认为，它反映的主要是当地局部信号。其沉积物也具有纹层结构，也可进行高分辨率的精确定年。但是需要指出的是，克劳福德湖提案中的铯239和钚240记录的年代分辨率只有4至6年，无法确定明确的人类世起始时间。此外，它的次要标志物基本反映的是多伦多市局部地区的人类活动影响。

文汇报：为何克劳福德湖会获得人类世工作组的推荐？

韩永明：我们在四海龙湾玛珥湖的研究工作显示，四海龙湾的记录满足所有国际地层委员会对于“金钉子”标准的要求。而且，四海龙湾是12个全球对比点中唯一一个提供了首要标志物铯239和钚240分辨率记录的点位——只有达到年分辨率的首要标志物记录，才有可能准确地将人类世底界定义在一个具体的年代。根据《自然》杂志7月11日的相关报道，从克劳福德湖的记录中无法确定人类世的底界究竟应该放在1950年还是1952/1953年。

四海龙湾湖在最后一轮投票中惜败，我们尊重投票结果，但仍对其持保留态度。

文汇报：目前，四海龙湾玛珥湖及其他候选地点将作为补充地点，帮助定义人类世，其补充作用如何体现？

韩永明：按照全球年代地层划分准则，辅助层型点亦属于“全球层型”，是对“金钉子”的补充，其一般具有和“金钉子”相似的特征。

辅助剖面一般在地域、沉积类型等方面作为主剖面的补充，便于全球人类世科学家的研究。在所有的投票过程中，“金钉子”和“辅助层型剖面”将一起提交给相应的委员会，大家综合这些材料，共同确定是否通过人类世“层型剖面”。

延伸阅读

地质年龄

地质年龄一般涉及到绝对年龄和相对年龄。

地质绝对年龄是根据测出岩石中某种放射性元素及其蜕变产物的含量而计算出岩石生成后距今的实际年数。越是古老的岩石，地层距今的年数越长。

地质相对年龄的确立主要依据于化石。在各个不同时期的地层里，大都保存有古代动植物的标准化石。各类动植物化石出现的早晚是有一定顺序的，越是低等的，出现得越早，越是高等的，出现得越晚。这就是英国地质学家史密斯提出“化石层序律”。由于不同时代地层中的标志化石或者化石组合是不同的，科学家可以通过标志化石反推产出这些化石的地层年代。

地层学“金钉子”

地球形成约46亿年以来，在原始的地壳上，慢慢覆盖起层层叠叠的岩石，为地球演变发展留下了一部石头做成的“万卷书”。在地质学中，这些岩石便是地层，每一个地层都有其相应的地质年代。

“金钉子”正式名称叫作“全球界线层型剖面和点位”，在该点上的岩层记录可以清楚地将其与此前的地质年代区分开。根据国际地质科学联合会和国际地层委员会规定，“金钉子”是确定和识别全球两个时代地层之间界线的唯一标志。地球上的宙、代、纪、世、期都要由“金钉子”来区分，它一旦在世界某个地方“钉下”，该地点就变成一个地质年代的“国际标准”。



吉林四海龙湾玛珥湖。

（韩永明团队提供）本版图片除署名外均新华社发