

气候的历史与历史气候研究

□ 郑景云

中国科学院 地理科学与资源研究所 北京 100101

一、历史气候研究的主要内容与关键问题

历史气候作为一个学科领域,由地理学、气象学、历史学及其分支与相邻学科交叉而来,但其主要研究对象却与这些学科有别,核心是“气候的历史”或称“历史时期气候变化”。重点包括三个方面:一是利用代用证据反演历史时期的气候状况,即“历史气候重建”;二是历史时期气候变化的时空规律检测与诊断;三是历史时期气候变化的影响分析与适应研究。其中第一个方面是后两方面研究的基础。

1. 历史气候重建。重建历史气候的代用证据通常分为两大类,一是历史文献记载,按记载内容大致可分为天气记载、气象灾害记载、物候记载、区域气候特征及其影响记载等。二是自然代用证据,目前常用的主要包括树木年轮、冰芯、石笋、珊瑚、湖沼与海湾沉积物等。由于代用证据和代用指标类型多样,各种证据的定年精度、时间分辨率、空间代表性不一,各种指标所指示的气候要素及其时空有效性与敏感度、可量化程度及其不确定性等各异,因而要将这些代用证据反演为可与器测、再分析、模拟等资料衔接和对比的气候信息,通常须“将今论古”,以均一性、协同性及全息假设等基本假设和先验知识为科学依据,且研究过程极为复杂、难点多,所需专业知识涉及的学科也多。

历史气候重建主要包括四个基本环节:(1)研究区域的地理及气候背景分析与样地(区、点)选取;(2)代用记录或样品的采集及其连续性与代表性检查;(3)代用指标提取及其定年与气候意义解析、校准和校准方法的有效性分析、验证;(4)气候特征参数(如温度、降水、干湿、气候型及各种气候指数等)的定量推算及不确定评估。其中关键问题是:代用指标的气候意义解析及非气候信息剔除,气候信息的提取与定量校准及不确定分析评估等,这些通常也是上述所有内容中最复杂和最易受质疑的问题。

2. 历史时期气候变化的时空规律检测与诊断。

过去气候是当代与未来气候变化的背景,其中历史时期(特别是过去数千年)被认为气候从受自然驱动到受自然与人类活动共同影响的衔接时段;因此揭示这一时期的气候变化的多尺度特征,包括自然变率及成因机制与人类活动对其影响等,是认识气候系统在年、年代、百年、甚至千年尺度上运行与演化规律的主要途径,对辨识当代增暖是否超出自然变率约束、区分自然与人类活动对气候变化影响的相对贡献、预估未来数十年至百年的气候情景等具有独特价值,也是历次政府间气候变化专门委员会评估报告关注的重点议题之一。此外,深入理解区域气候变化机制对解释代用指标的气候指示意义,特别是其与大尺度气候变化的关联也具有重要价值。这方面研究的主要任务是分别从区域格局和全球系统两个层面入手,揭示气候变化的时空特征及其动力学机制和全球系统变化与区域气候变化间的关联机理。气候环境变化之间的关联过程与机理分析。同时还需要重建气候变化的自然与人为驱动因素,包括日照及辐射强度、火山活动、海冰、土地覆盖、温室气体和气溶胶浓度等的变化;并融合、集成各类重建结果,开展历史时期气候变化模拟试验,进行重建与模拟的对比诊断。

3. 历史时期气候变化的影响分析与适应研究。历史时期气候变化的影响与适应研究涉及的内容广泛、问题众多。当前中国在这一方面主要研究其对农业社会经济的影响和人类社会对气候变化的响应特征及其时空差异,包括:气候长期变化与极端事件对农业生产及社会经济系统的影响过程、特征与区域差异;人类社会(包括不同主体及整体)对气候阶段性变化和极端事件的响应敏感性、过程及适应策略、方式、措施等的区域差异及其与气候异常程度和社会经济发展背景的关联特征;特别是其中的多年代至百年尺度冷暖阶段变化及其间极端气候与灾害差异影响与响应的时空差异问题。由于气候变化影响是由其变化过程、幅度等和暴露于气候变化中的社会经济系统脆弱性共同决定,而社会经济系统脆弱性又受控于其对气

候变化响应的敏感性与韧性,受区域自然条件及众多社会经济因素等的共同影响,且随时空尺度而变化,具有显著的动态特征,因此,在研究气候变化对人类社会的影响后果时,不仅需要揭示气候变化及其所导致的资源和灾害变化时空差异,同时还需要深入研究社会经济系统韧性和人类社会对气候变化的认知及响应行为,涉及土地利用、农业生产、人口生计、经济状况、财物储备、文化理念、政治体制、管理机制等众多社会经济因素的时空特征及其相互配置关系问题。这些也是历史地理学的重要研究内容。

二、发展态势与研究热点展望

当前,国际过去全球变化研究计划已在“未来地球”前沿计划目标引领下,于近期逐步建立了新的研究计划。其新任务是利用“长时段和多尺度”特色,将气候、环境、人类三个关键子系统结合在一起,依托资料管理计划,进行多源资料整编、分析和集成,聚焦“地球系统演变的阈值、反转点与多重均衡,极端事件的影响与响应、适应”等主题,开展综合研究,以期定量揭示地球系统长期变化的气候系统动力学规律,生物圈和自然生态系统与气候的相互作用及对地球系统反馈的动力学过程,辨识人类活动对气候环境变化的影响及气候环境变化对自然生态系统服务功能和人类社会发展的影响,为应对地球系统处于更温暖状态提供科学基础。

历史气候研究作为 PAGES 的重要组成部分,也呈现出若干新发展态势,主要包括:在研究理念上,更强调地球系统科学的整体思维、全球与区域的关联和多学科的深度交叉,更突出多圈层、多尺度、多要素和气候、环境、人类等子系统间的相互作用与反馈关系分析,特别是区域尺度气候变化与全球气候系统变化的深度结合,以及气候变化重建、时空规律揭示和影响适应研究间的深度交叉。在代用资料方面,更强调不同来源证据和多指标数据的整合与集成,且更重视数据挖掘、大数据分析和模式同化等新技术在其中的应用。在研究手段和方法上,更强调气候重建与模拟诊断的结合及时空特征分析—归因检测—动力学机制诊断的结合,也更重视模拟诊断在解析代用指标气候意义方面的应用。因此,下列一些问题有望成为历史气候领域下一阶段的研究热点。

1. 在代用资料采集及气候变化重建方面,重点有:代用指标的气候意义机理解析、混合信号分离、非气候信息剔除和定量化分析;代用数据挖掘和不同来源资料的整编、比对分析与集成融合;代用指标对气候变化响应敏感度的时空差异与重建结果的时空代表性分析;多源、多指标数据的集合校准、模式同化与多尺度、多要素的高信度数据集研制;代用指标类型、数量、空间分布等对重建结果可靠性的影响及不确定性

分析。

2. 在历史气候变化时空规律检测与诊断方面,重点有:气候变化的多尺度变率、极端事件、突变特征分析及其敏感区域和早期预警信号诊断;局地气候异常—区域气候变化—遥相关—全球气候系统变化的关联过程与驱动因素分析及其机理、机制诊断;并更强调全球气候是一个多圈层、多尺度密切关联的整体系统,即便是局地或区域尺度的气候变化规律也需在“全球系统”的视野下去认知。

3. 在历史气候影响分析与适应研究方面,重点有:气候多尺度变率对区域资源环境承载力的影响;社会经济系统的韧性及对气候多尺度变化响应敏感性的动态特征;冷暖阶段变化及其间极端气候事件与灾害差异对社会经济系统的影响异同;人类社会不同主体对气候阶段性变化和极端事件的响应及适应特征差异等。同时将更重视气候多尺度变率影响与适应的多过程综合研究与复杂性剖析,以及社会经济系统对气候变化响应敏感性与韧性的动态特征研究;强调通过具体影响与响应案例剖析,去认知其间关联过程与机理,而不只是对气候长期变化与社会经济发展过程作宏观对比分析,以避免对历史气候变化影响和适应的简单化理解。

最后需谈及的是,尽管历史气候研究以“气候的历史”作为主要研究对象,但它并不是单纯的“历史”研究,而是一个由多个学科(包括气象学、地理学、历史学及其分支与相邻学科等)交叉而来的综合研究领域,因而其研究须以这些学科的基本理论、方法和专业知识为依托。以利用历史文献中的气象记载重建气候变化为例,同样的一条气象灾异(如干旱、雨涝、严寒等)记录,记在不同地区,其对气候异常的指示意义就可能存在显著的区别。同理,记在不同类别的文献中,其气候指示意义也通常存在差别。其中前者需以地理学和气候学的专业知识为依据,从记录所在区域的自然条件及气候特征等入手进行科学解析;而后者则要根据史籍的历史背景、记录目的等加以区分,这需要以历史学专业专业知识为依托。又如历史文献中的气象灾异记录通常存在“距今越近记录越多,距今越远记载越少”的显著特征,这是由社会越进步对记录越重视、记录手段越丰富,距今越早的典籍越难以留存等特点决定的,故在利用其重建气候变化序列时,需要根据这一特点,选用合理的代用指标和重建方法,同时采用统计技术对记录数量变化的影响进行剔除,不能直接进行简单的统计,而这正是气候学、历史学和统计学等专业知识交叉的结果。因此,只有通过这些学科的深度交叉,才能促进历史气候研究的深入和水平的提升。

■ 《云南大学学报(社会科学版)》
2021年第4期,约8000字