

烧失量数值波动对北京地区过去 气候和环境的特征响应*

张佳华

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

孔昭宸 杜乃秋

(中国科学院植物研究所 北京 100093)

摘要 通过对北京地区房山东甘池剖面所取的197个样品的烧失量测定,结合¹⁴C测年、剖面岩性特征及孢粉序列分析,初步回答了烧失量作为沉积物有机质含量的代用指标,其数值波动对北京地区15000a以来环境变迁和气候变化的特征响应,同时针对房山东甘池剖面的6个带的烧失量变化特征,提出其在反映气候异常、沉积物地貌单元等的意义,从而为更好地重建过去气候和环境提供依据。

关键词: 烧失量,东甘池剖面,过去环境和气候特征。

THE RESPONDENCE OF LOSS-ON-IGNITION RANGE TO PAST CLIMATE AND ENVIRONMENT IN BEIJING

Zhang Jiahua

(Institute of Remote Sensing Applications, Academia Sinica, Beijing, 100101, China)

Kong Zhaochen Du Naiqiu

(Institute of Botany, Academia Sinica, Beijing, 100093, China)

Abstract The loss-on-ignition(LOI)at 600°C of 197 samples obtained from a 820 cm profile at Dongganchi of Fangshan in Beijing. According to the continuous records of LOI, with the pollen analysis, the profile lithology, and ¹⁴C radiocarbon dating, the response of LOI range to past climate and environment since 15000 aB. P in Beijing was discussed. In the meantime, to understand the characteristics of LOI range of six zones in Dongganchi profile, the indications of LOI range to abrupt climate event and sediment landform unit were considered. This gives a basis to reconstruct past climate and past environment.

Key words: loss-on-ignition, Dongganchi profile, Paleo-climate and Paleoenvironment.

80年代以来,全球环境变化影响下的陆地生态系统研究日益引起国际上的广泛关注,其中IGBP和EOS(对地观测系统)中又特别强调了陆地生态系统中过去全球变化研究的重要性,专门设立PAGES项目。过去的气候和环境变化均受到地球系统中物理、化学和生物等过程的影响,其中许多变化又可以从海洋、陆地、湖泊、冰川、古土壤等记录中获得依据,从而在时间和空间上重建过去环境和生态环境状况。烧失

* 国家自然科学基金资助项目(39470132, 49371066)。中国科学院古生物与古人类学科基础研究特别支持项目: SAPPAS 9214。

收稿日期:1996-07-18,修改稿收到日期:1996-12-15。

量是对高温燃烧之后土壤有机质的损失量(loss-on-ignition)的测定。近年来的研究表明,通过对地层剖面的有机质损失量的测定,可以反映出过去气候和环境状况。因而烧失量的数值波动所对应的环境状况和气候特征具有明显的指示意义。在一定程度上烧失量和其他古环境记录标志将为人们更准确地恢复过去环境变化提供依据。

1 区域概况

北京地处华北地台燕山沉降带,地形起伏多变,在山麓沉积了以砾石为主的山麓相和急流相。组成山地的基质主要是石灰岩,发育的土壤有棕壤和古红壤,平原海拔30~50m,发育有古红壤和冲积土,平原河流众多,并有一定面积的沼泽。

本区属暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季炎热多雨,冬季寒冷干燥,年平均气温为10~11℃,最冷月1月均温-4.7℃,最热月7月均温26.1℃。年降水量500~700mm,降水季节分配不均,6~8月降水量占全年的70%以上,且年际变率大,夏季降水集中,多暴雨且易发生山洪、泥石流等灾害。

2 工作方法

采样点位于北京房山县长沟镇东甘池(39°32'N,115°47'E),地表层主要是晚更新世或末次冰期以来形成的松散沉积物,在山前洼地和古河道中发育有丰富的埋藏型泥炭和淤泥沉积;在山前和平原中的台地顶部发育有1~2m厚的风积物,类似黄土沉积,其中夹1~2层古土壤,中、下部为一套湖沼相粉砂、淤泥和泥炭沉积,沉积纹理清晰。野外剖面揭露挖掘厚度为8.2m,实验室共取样197块,间距为2cm,分别做烧失量测定(600℃)和孢粉分析。

烧失量测定是将样品先经100℃下烘干后称重,之后将样品放入马福炉中控制温度600℃,时间为6h。然后通过下式: $P\% = (G - B) / (G - A) \times 100\%$ (P为烧失量,G为坩埚重+100℃下烘干样重,A为坩埚重,B为600℃下烘干样重+坩埚重)。依烧失量结果作出剖面烧失量变化曲线图。¹⁴C测年共取样11块,深度从800~100cm,然后通过插值确立每一剖面深度样品与¹⁴C年龄的对应。孢粉统计分析在显微镜下进行,统计结果输入计算机并应用 Tilia 软件成图。

3 结果与讨论

通过对820cm剖面岩性分析、烧失量测定、¹⁴C测年以及孢粉统计结果分析见表1。图1给出东甘池剖面烧失量的数值波动曲线。

本次实验对197个样品做了有机质烧失量的测定,在600℃、6h的条件下,燃烧的绝大多数是有机质,由于有机质的元素主要由C、H、N、O、S等组成。当植物有机体死亡后受到微生物的作用,使植物残体经缓慢的缩合、脱水和脱羧基等复杂的生物化学过程后,使碳元素不断积聚而明显地增加,氢、氧和氮的含量逐渐减少。因此有机碳的含量可代表有机质的含量。沉积物中有机碳含量与烧失量呈现一致的变化关系。A. 莱尔曼研究美国明尼苏达湖不同类型沉积物有机碳含量与烧失量测量结果见表2。

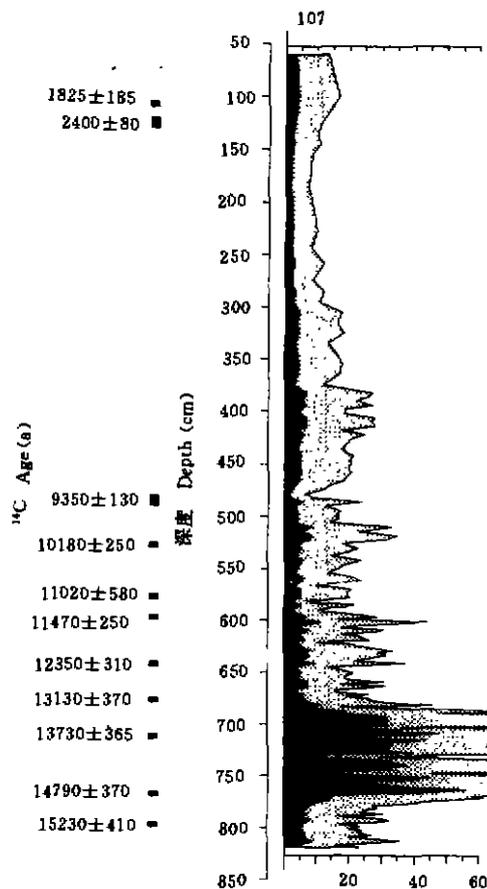


图1 北京房山东甘池剖面烧失量
Fig. 1 Loss-on-ignition(at 600 C)diagram in east profile, Dongganchi, Beijing

□ 烧失量数值放大5倍
Loss-on-ignition × 5 time

表1 东甘池剖面岩性、¹⁴C测年、烧失量、孢粉及植被和气候特征分带表
Table 1 The depth, ¹⁴C radiocarbon dating, LOI, pollen assemblages, vegetation and climate change in six zones from Dongganchi profile

分带 Zone	深度(cm) Depth	¹⁴ C测年 (aB.P) ¹⁴ C Age	剖面岩性 Lithology	烧失量 loss-on-ignition		孢粉特征及植被变化 Pollen assemblages and vegetation change	气候特征 Climate change
				范围 Range	平均 Average		
VI	183~60	3390~1000	耕作层、古土壤 和黄土层 Present-day soil, loessic deposit, ancient soil	2.03~4.30	3.01	植被覆盖度下降 Vegetation cover- degree decreased	气候干冷 Climate cold and dry
V	382~183	7270~3390	粉砂层、夹粘土层、灰 色、虫孔发育、见炭屑 Grey silt with in- terbedded clay and yellowish brown sandy aggregates, well-developed mi- croorganism channels and traces of char- coal	1.9~4.64	3.21	乔木花粉丰富, 阔叶树种繁盛 Tree pollen abundant, broad-leaved deciduous forest developed	似大暖期 气候特征 Climatic optimum
IV	502~382	9600~7270	粘土层、褐色、 致密块状 Brown clay, compact	1.71~7.02	5.01	乔木花粉增多,草原 植被向森林草原演替 Tree pollen increased, vegetation succession from grassland to for- est-grassland	干冷向温 暖转变 Climate change from dry and cold to warm
III	685~502	13170~9600	粉砂层及粉砂淤泥 互层,灰色至黄褐色 Greyish peaty clay with greyish yellow silt	1.77~12	5.80	冷性、暖性乔木花粉波动, 水生植物花粉减少,针阔 叶树混交,水生植物减少 Cold and warm tree pollen fluctuation, aquatic plant pollen decreased, the mixed of conifer and broad-leaved deciduous forest decreased, so as aquatic plant.	干凉温暖 波动 Climate fluctua- tion be- tween cool-dry and warm
II	768~685	14700~13170	泥炭层,泥质含 量较高 Peaty clay with high clay contents	7.51~55.91	29.56	水生植被花粉丰盛,水生 植物繁盛,陆生乔木不多 The aquatic plant pollen abundant, water plant developed and ter- restrial plant limited.	寒冷湿润 Climate cold and damp
I	820~768	15780~14700	灰色粉砂层 Light grey silt	4.03~14.39	7.54	草本植被花粉占优势, 草本植物占优势,以蒿, 藜为主 Herbs pollen dominated, the herbs dominated by <i>Artemisia</i> and <i>Chenopodi- aceae</i> .	干冷 Climate cold and dry

因此,烧失量变化可以反映沉积物中有机碳含量变化,进而可以反映出沉积物中有机质的含量变化。

3.1 烧失量反映不同的环境和气候特征 在6个带中,气候特征的变化较明显地表现在烧失量的变化上。

I带中烧失量平均为7.54%,而这一时期的气候为干冷。干燥的气候条件下,降水量较少,土壤湿度低,因

表2 美国明尼苏达湖沉积物中有机质含量与烧失量

Table 2 Contents of organic matter and weight loss-on-ignition of the sediment in the Minnesota lake, USA

	贫有机质 Poor organic matter	富有机质 Enrich organic matter	过渡 Transition	富 CO ₃ 盐 Enrich carbonate	贫 CO ₃ 盐富有机质 Poor carbonate and enrich organic matter
有机碳 Organic carbon	7.59	21.00	9.20	9.85	6.1
烧失量 Loss-on-ignition	17.91	41.92	18.19	19.84	12.40

作者注:引自 A. 莱尔曼《湖泊的化学地质学和物理学》, Lerman, A., Lakes Chemistry Geology Physics.

而有机质的分解速率大于积累速率,烧失量呈现低值,而在 I 带中虽然气候仍然寒冷,但由于湿润的气候条件,水生植物增多,沼泽相广泛发育,因而有机质积累增多,明显地呈现出烧失量的高值,最高值达到了 55.91%。而且约有 10 样品的烧失量均在 40% 以上,平均达到 29.56%,为本剖面的最高值,以后由于水分条件的变化,使得有机质的积累下降,烧失量始终没有达到 10%。呼伦湖的研究也表明了半干旱区淡水-半咸水半封闭湖中,湿润条件对应于有机质丰度的提高^[1]。M. M. 科诺诺娃认为,微生物在土壤温度为 20~30℃,湿度达到 60%~80% 时,活动能力强,不是或超过这种水热状况时,微生物活动能力逐渐减弱^[2]。Rampino M R 在讨论岩芯中有机碳分布与古气候波动的信息时,得出有机碳含量的低值与较寒冷相对应的结论^[3]。黄麒等在讨论柴达木盆地察尔汗盐湖古气候波动时得出了有机碳相对含量高阶段代表相对温湿的气候环境,而低则代表相对干冷的气候^[4]。巴里坤湖研究表明气候发展阶段不同,有机质积累与气候指标明显差异。气温高,植被生长茂盛,其残体积累增多,这样有机质含量就增多,气温低,不利于植物生长,进而导致有机质含量的下降^[5]。白光润从分析中国东部和日本 1 万年来的干湿变迁,对泥炭分布影响后,建立了泥炭形成的水热系统指数关系式^[6]: $Z = 5.7K + 12 - T$ (K 为湿润系数, T 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 期间平均气温)。由上可见,烧失量的高低与气候有多种对应关系。湿润的环境是有机质富积的最重要的条件,从温度来看,高温和寒冷都有有机物的积累。

3.2 烧失量指示气候异常和突变性气候事件 笔者在研究东甘池剖面中已结合多种指标初步确定了气候异常的存在,其中有机质的损失量作为重要的依据^[7]。在 I 带中烧失量最低值仅为 7.51%,而且从 14100~14000a.B.P.,烧失量的平均值低于 15%,对东甘池剖面地球磁场特性的研究也表明,此时出现近似于哥德堡漂移(göthenburg drift)相对应的事件^[8],而且此时的气候异常,呈现为更加干冷的气候特征,在 N 带中的 10620~10310a.B.P.,烧失量平均仅为 4.44%,最低为 3.37%,低于前后几个样品的值。因此推知,此段气候特征可能与气候突变事件新仙女木期相对应(younger dryas),新仙女木期是一个全球性的百年尺度的气候寒冷事件。最早发现在挪威剖面上出现有耐寒的植物八瓣仙女木(*Dryas octopetala*)。在 V 带中 5770a.B.P. 和 4560a.B.P.,前后均出现了烧失量的极低值,亦可解释为高温期(climatic optimum)的突然降温事件。Levesque 等人对加拿大的 6 个湖泊的比较研究中,证明了气候异常年代中烧失量(LOI)均有显著的减少^[9]。北京颐和园昆明湖 1000a.B.P. 前后的干冷期研究中,烧失量也出现明显的低值^[10]。新疆艾比湖沉积物 $\delta^{13}\text{C}$ 异常反映出两起低温事件 1000a.B.P. 和 500a.B.P. 在 LOI 上也有两个相应低值。

3.3 烧失量指示泥炭发育阶段和泥炭积累的中断 本剖面中泥炭积累阶段从 14700~13170a.B.P.,此时的烧失量平均为 29.56%,最高达到 55.91%,剖面岩性可明显看出黑色的泥炭层。但在泥炭层中却出现了明显的灰白色夹层,有两个异常值分别为 14060a.B.P. 和 13520a.B.P.,其岩性颜色为灰白色,在黑灰色的泥炭层中形成一明显的夹层,其中烧失量分别只有 9.07% 和 7.51%,反映出泥炭积累的中断。对东北地区的泥炭积累分析得知湿度增加,有机质积累增大,山区的山麓地带上的泥炭地向西扩展到松辽平原东部,而 25000a.B.P.,气候变暖变干,台地和山麓地带上的泥炭向东撤退,呈现减少和中断的状态^[11]。

3.4 烧失量反映沉积物的地貌特征和区域地貌单元变化的特征 从剖面分析看,东甘池剖面海拔高程 49m,剖面处于北京西山山前两洪积扇的扇间,上游且有一台地泉。这样,东甘池剖面则处于一流水地貌中。

在泥炭形成期中,此处可能为一扇间洼地,沉积物易于积累,但随着有机质的积累,洼地逐渐被填平。这样沉积物中有机物的积累减少,从6个分带中可知,除I带中烧失量平均值高于20%,其他5个带的均值低于10%。本来从9600aB.P以后,随着气温升高,植物残体积累增多,应当有较高的烧失量值,但结果却明显地显示出烧失量的低值。柴岫认为,泥炭沼泽中有积水并处于停滞状态,造成水质的毒化,对微生物活动极其不利,泥炭积累加强。流动的水,有新鲜氧的不断供给,则不利于有机物的积累^[2]。一般认为排水良好通畅时温度升高,有机质分解增强。排水不良时,温度升高,有机质分解下降。由此可从烧失量中判断有机物积累状况,进而可了解沉积物的地貌特征,同时依烧失量数值的波动,可判断区域地貌单元的变化状况。

3.5 烧失量反映植被生长状况及湖沼生产力状况 本剖面在14700~13170aB.P,曾出现有广泛发育湖沼相,从当时泥炭积累状况和烧失量的反映来看,当时,植被中沼生植物十分繁盛,这也可从这一带中的大量水生、沼生的植物花粉出现略见一斑。大量的植物提供了丰富的有机物来源,使之大量堆积形成泥炭。巴里坤湖研究表明孢粉浓度高,木本植物孢粉增多的冷湿期,有机质总量有明显的增加。Wetzel认为湖泊沉积物中有机化合物主要来源于微生物,幸免于微生物侵蚀的浮游动植物残体和排泄物以及从沿岸带和陆地输入的有机物。这些来源的有机质相对量取决于湖泊形态与生产力,小而浅的湖泊,其有机质可能主要来源于沿岸带^[4],这样看来,有机质含量多少反映了湖泊的生产力状况。Kelt也认为沉积物中有机碳的含量多寡不仅取决于陆源有机质输入量,而且与湖泊自身的初始生产力有关^[12]。West认为,水生类型花粉的数量波动反映出湖泊里水生演替系列的连续填充和湖水面小的变化,沉积物类型、有机质含量和水生类型花粉数量有一很好的对应关系^[13]。

4 结论

4.1 烧失量变化反映沉积物中有机碳含量变化,进而反映沉积物中有机质含量变化,烧失量变化与气候有多种对应关系。一般湿润的环境是有机质积累最重要条件,高温和寒冷情形也都有有机物的积累。

4.2 烧失量的波动不仅可以指示气候变化和环境特征,也可显示气候异常和突发性气候事件。同时可反映沉积环境的植被生长状况和沼泽相中初级生产力。再者依北京东甘池剖面的特殊地貌单元,烧失量的数值亦可间接反映沉积物的地貌单元变化特征。

4.3 应当指出,烧失量的数值波动只是从一个侧面反映过去环境和过去气候特征。由于其本身数值变化影响因素很多,因此在更准确地恢复和重建古气候、古环境时必须结合其他古环境记录一起来讨论。

参 考 文 献

- 1 薛滨等. 呼伦湖东露天矿剖面有机碳的总量及其稳定碳同位素和古环境变化. 湖泊科学, 1994, 6(4): 308~316
- 2 柴岫. 泥炭地学. 北京: 地质出版社, 1990. 32~42
- 3 莱尔曼 A., 王苏民等译. 湖泊的化学地质学和地理学. 北京: 地质出版社, 1989. 132~133
- 4 黄麒. 柴达木盆地察尔汗湖区气候波动模式的初步研究. 中国科学(B辑), 1990, 652~663
- 5 韩淑娟等. 论新疆巴里坤湖沉积地球化学指标的累积规律. 海洋与湖沼, 1994, 25(4): 429~437
- 6 白光润. 从泥炭分布的演化过程分析中国东部和日本一万年来干湿变迁. 地理科学, 1995, 15(1): 30~38
- 7 张佳华, 孔昭宸, 杜乃秋. 北京地区15000年以来环境变迁中灾害性气候突变事件的讨论. 灾害学, 1996, 11(2): 71~75
- 8 朱日祥等. 北京地区15000年以来磁场长期变化与气候变迁. 中国科学(B辑), 1993, 23(12): 1316~1326
- 9 Andre J, Levesque *et al.* A previously unrecognized late-glacial cold event in eastern North America, *Nature*, 1993, 361, 623~625
- 10 黄成彦等著. 颐和园昆明湖3500余年沉积物研究. 北京: 海洋出版社, 1996. 91~117
- 11 Li Qusheng. Changes of peatland in Northeast China since 3000aB.P, International Conference '94 on Wetland Environment and Peatland Utilization, 1994
- 12 Kelts K. Environments of deposition of lacustrine petroleum source rocks, *an introduction lacustrine petroleum source rocks*, 1988, (40): 3~26
- 13 G. James West. Late Pleistocene-Holocene climate and vegetation of California's north coast ranges: the pollen record, DRAFT, 1991