

# 国内外泥炭腐殖化度及其古气候意义研究的对比分析

周莹 (南宁学院, 广西南宁 530200)

**摘要** 以年代标尺为线索,总结了国内外对泥炭腐殖化度的研究区域及内容,并对其指示的古气候意义进行了对比分析,提出泥炭腐殖化度的古气候指示意义虽因地域的差异而不同,但仍是指示古气候环境水热变化的重要指标。

**关键词** 泥炭腐殖化度;研究进展;古气候指示

**中图分类号** S-058;P532;X142 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)28-10046-03

## Peat Humification at Home and Abroad and Comparative Analysis on Its Paleoclimate Meaning

ZHOU Ying (Nanning University, Nanning, Guangxi 530200)

**Abstract** The foreign and domestic advances of peat humification are reviewed based on climatic proxy sequences. Then comparative analysis on its paleoclimate meaning was conducted. This article notes that peat humification is still the important indicator of paleoclimate changes although the different area may have different significance.

**Key words** Peat humification; Research progress; Paleoclimate meaning

泥炭腐殖化度是指植物残体由于腐解作用而失去细胞结构物质的相对含量,它与泥炭分解速率相关,泥炭分解越快,其腐殖化程度越高,所以影响泥炭分解速率的温度、水分、酸度等因素,在一定程度上可通过泥炭腐殖化度表现出来,进而泥炭腐殖化度的波动变化与古气候变化存在一定的关系。因此,泥炭腐殖化度与植物大化石、孢粉、磁化率、烧失量、稳定碳氧同位素、火山灰等<sup>[1]</sup>其他古气候环境代用指标的研究,为全面重建泥炭地古气候和古环境奠定了基础。通过对泥炭沼泽发育历史的研究,重建古气候的特征,研究该时期气候变化机制,为探讨未来气候变化趋势、突变事件等提供重要的科学依据。

### 1 泥炭腐殖化度研究进展

**1.1 国外研究进展** 从1932年<sup>[2]</sup>国外学者开始对泥炭腐殖化度进行应用与研究,自此腐殖化度的研究迅速发展起来,对湿度与腐殖化度之间关系的探索直至1995年,1995年以后逐渐将其作为恢复古环境的代用指标,并得到很好的发展与应用<sup>[3-4]</sup>。其具体的研究如下表1。

综合上述研究,国外关于泥炭腐殖化度古气候意义研究的地区重点是欧洲及美洲大陆等有大量泥炭分布的地区,研究方法重点是将其与孢粉、有壳变形虫、植物大化石等古气候代用指标进行对比。

表1 国外泥炭腐殖化度研究进展

年份	学者	研究区域	研究内容	参考文献
1975	Aaby&Tauber		当降水少时,泥炭表层处于较长时间氧化环境,腐解作用强烈,泥炭沉积速率较低,反之较高	[5]
1976	Aaby	丹麦 Draved 沼泽	通过泥炭腐殖化度与两类根足虫的含量对比,并首次阐明上升泥炭腐殖化度与湿度之间的关系	[6]

接下表

续表 1

年份	学者	研究区域	研究内容	参考文献
1995	Chamber, Tallis		对海洋性气候条件下披盖式泥炭进行研究,但存在误解使得披盖式泥炭的古气候研究进展缓慢	[6]
1995	J Blackford 等	爱尔兰地区	该地 1.0 kaBP 的泥炭气候记录,并使用泥炭在碱提取物的特定波长(540 nm)处的可见光度值描述泥炭的腐殖化度	
1997	Chamber 等	苏格兰南部 Talla Moss 泥炭	通过泥炭中孢粉含量与腐殖化度分析,探讨 5.4 kaBP 的古气候环境变化	
2000	Barber 等		英国两个距离相距甚远的泥炭沉积剖面的大型植物化石对比,重建过去 2.0 kaBP 气候状况	
1999	Charman		将有壳变形虫、植物大化石及泥炭腐殖化程度等指标对比,研究了雨养泥炭沼泽地区中-晚全新世气候	[7]
2002	P. G. langdon 等	苏格兰东南部 Temple Hill Moss	植物大化石与腐殖化度及阿米巴原虫化石进行对比研究,重建了当地整个全新世古气候的湿度变化,并将去趋势处理后的植物大化石数据与腐殖化度数据进行对比,得出 1 100 年的千年尺度周期性	[8]
2003	Robert K. 等	Michigan	利用阿米巴虫化石、腐殖化度及孢粉等指标,对比研究晚全新世湿度变化	
2003	由 Chambers 牵头,		欧洲 9 国联合开始一项以泥炭为载体,名为“记录欧洲陆地的突然气候变化”的研究计划,以泥炭为载体的对泥炭剖面中腐殖化度、植物大化石、生物遗存等指标进行测量,以期恢复地质历史时期欧洲大陆的气候突变事件及碳平衡历史	
2004	Fiona Roos-Barraclough	瑞士两处泥炭剖面	通过对腐殖化度进行研究,恢复了该区 14.5 ka 至今气候的变化过程。研究表明,在寒冷地区或时段内,腐殖化度比降水更易受温度的影响,反之亦然	[9]
2005	Anders Borgmark	瑞典中东部地区	通过对两个泥炭剖面的腐殖化度记录的提取及功能谱分析,揭示了该区 250 年的气候变化周期。他们将腐殖化度、C/N 比值及阿米巴原虫进行对比研究,并推断地下水深度	[10]
2007	Antony Blundell	爱尔兰地区	通过对植物大化石、有壳变形虫及泥炭腐殖化度进行分析,对该区 1 920 BP 至今的沼泽地表面湿度变化进行了恢复,并将其与法国中部的湖泊水位进行对比	[11]

**基金项目** 国家自然科学基金项目(41072023):高分辨率泥炭记录的火山喷发事件及其气候效应研究。

**作者简介** 周莹(1989-),女,湖北枝江人,硕士,助理讲师,从事环境工程研究。

**收稿日期** 2014-08-22

**1.2 国内研究进展** 国内对泥炭腐殖化度的研究始于 2003 年王华<sup>[12-13]</sup>等对青藏高原东部四川省红原泥炭地进行的研究。作为古气候代用指标首次研究,腐殖化度自此应用古环境研究中。国内学者对泥炭腐殖化度的研究报道见表 2。

表 2 国内泥炭腐殖化度研究进展

年份	学者	研究区域	研究内容	参考文献
2003	王华	青藏高原东部红原泥炭	测定了同一剖面的泥炭腐殖化度、木里苔草纤维素 $\delta^{13}\text{C}$ , 并将测定结果与冰芯、孢粉等其他气候代用指标比较, 提出腐殖化度记录的全新世 12 kaBP 印度西南季风在高原演化历史中具有的新气候意义	[12][13]
2005	于学峰等	青藏高原东部	对泥炭腐殖化度和灰度两项指标的相关性论证, 再将其作为冬季风指标, 研究青藏高原东部全新世以来冬季风演变历史	[14]
2006	尹茜等	浙江天目山千亩田	利用泥炭腐殖化度重建了该区域全新世以来古气候环境演化序列。以 $^{14}\text{C}$ 测年为基础, 构建了该区沼泽剖面的年龄-深度模式曲线, 并发现了该区腐殖化度与烧失量较好的相关性	[15]
2007	薛积彬等	南岭东部江西定南大湖	测定泥炭沉积记录的腐殖化度、TOC 及磁化率等环境代用指标, 在可靠 $^{14}\text{C}$ 测年技术支持下, 重建本区 12 kaBP 以后与环境变化过程	[16]
2007	郑琰明等	南岭东部江西定南大湖	对 TOC、腐殖化度和干密度等气候代用指标分析, 探讨大湖形成与全新世以来气候环境变化	[17]
2007	钟巍、马巧红等	雷州半岛北部湛江市区屋山泥炭和遂溪县下录泥炭	在 $^{14}\text{C}$ 测年的基础上, 分析了两个泥炭剖面的沉积特征及其腐殖化度、有机质含量变化, 发现两个剖面在相同时段内的沉积特征和气候环境特征较相似, 证明了气候环境变化是控制研究区区域泥炭发育的主要因素。研究表明泥炭腐殖化度敏感地记录了古气候信息, 其高值指示气候相对暖湿, 低值指示气候相对干冷	[18][19]
2008	马春梅、朱诚等	神农架大九湖泥炭和浙江天目山千亩田	对中国东部两地泥炭腐殖化度进行研究, 并与孢粉记录、有机质含量、TOC 和 Rb/Sr 对比, 得出腐殖化度可以作为研究季风降水良好代用指标, 并较好反映晚冰期以来气候变化; 泥炭腐殖化度记录的大九湖和千亩田近 5 000 a 来气候变化相似, 显示不同经度相近纬度的山间盆地泥炭对东亚季风降水变化有着相同的响应	[20]
2008	蔡颖、钟巍等	中国西北新疆巴里坤湖	对新疆巴里坤湖沉积物腐殖化度的测定, 与有机质、TOC、自生碳酸盐 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 等的比较, 结合年代探讨该湖全新世以来干湿变化古气候信息	[21][22]
2011	胡凡根、李志忠等	福建北部天湖山	以 $^{14}\text{C}$ 测年为基础, 构建了天湖山泥炭剖面的年代序列, 通过对研究区泥炭腐殖化度与有机质的分析研究, 发现两者呈现出很好的相关性, 共同记录了研究区约 9.5 kaBP 以来的气候变化	[23]

可见, 国内腐殖化度指标的应用地区正逐渐扩大, 包含青藏高原东部、浙江天目山千亩田、湖北神农架大九湖、新疆北部巴里坤湖、雷州半岛北部等地, 研究范围从山地泥炭到平原泥炭, 从陆地泥炭到湖沼泥炭; 主要的研究方法是借助孢粉、碳氧同位素等较为成熟的环境代用指标对比分析。虽

然存在一些不足, 但泥炭腐殖化度能有效地作为古气候代用指标, 探讨其在古环境研究中的重要意义。

## 2 国内外泥炭腐殖化度古气候意义研究对比分析

气候是泥炭形成过程中最基本的控制因素, 水热条件共同影响腐殖化度的形成, 但到目前为止, 通过将国内外对泥炭腐殖化度的研究对比可知, 学者们对泥炭腐殖化度的古气候意义存在不同的看法, 产生的差异例于表 3。

表 3 国内外学者对腐殖化度古气候意义的观点

学者	研究地区	气候因子	对比指标	结论
Chambers	苏格兰南部披盖式沼泽	湿度	孢粉	腐殖化度低, 指示气候较湿润; 腐殖化度高, 指示气候较干燥。还可以用腐殖化度推断水位深度
P. G. Langdon	苏格兰东南部 Temple Hill Moss 泥炭		植物大化石、阿米巴原虫化石	
Anders Borgmark	瑞典中东部		C/N 比值、阿米巴原虫	
Antony Blundell	爱尔兰地区		植物大化石、有壳变形虫	
王华、洪业汤	青藏高原东部四川省红原泥炭	湿度-温度组合	木里苔草纤维素 $\delta^{13}\text{C}$	腐殖化度高指示气候温暖湿润, 腐殖化度低指示干冷
马巧红	雷州半岛北部		有机质含量、烧失量	
蔡颖、钟巍	新疆北部巴里坤湖		有机质含量、TOC、自生碳酸盐	
尹茜	浙江天目山千亩田		烧失量	腐殖化度高指示气候干冷, 腐殖化度低指示气候湿热
薛积彬	南岭东部江西定南大湖		TOC、磁化率	
马春梅、朱诚	湖北神农架大九湖		孢粉、有机质含量、TOC、Rb/Sr	
胡凡根、李志忠	福建屏南天湖山		有机质	

国外学者认为, 沼泽水位与泥炭腐殖化度的变化具有相关性, 泥炭水位较低时, 泥炭多处于氧化环境, 具有较长的分解时间, 其腐殖化度较高; 反之, 较高的水位中, 泥炭多处于还原状态, 植物残体分解较慢, 其腐殖化度较低。因此, 早期国外研究认为高分解度的泥炭指示干燥气候; 低分解度的泥炭指示湿润气候。最近的研究更加注重多指标方法得到更多气候变化细节<sup>[24]</sup>。可见, 国外学者研究所涉及的气候因子仅限于地表环境湿度, 并未涉及到温度或温度-湿度组合对泥炭腐殖化度的影响。

国内以洪业汤、周卫建、钟巍为代表的在青藏高原东部、雷州半岛北部、新疆巴里坤湖的研究认为腐殖化度高指示气候温暖湿润, 腐殖化度低指示干冷; 以朱诚、马春梅为代表的在神农架、浙江千亩田的研究结果则相反: 腐殖化度高指示气候干冷, 腐殖化度低指示气候湿热。

王华等在青藏高原红原泥炭地的研究、钟巍等在雷州半岛北部晚更新世泥炭研究认为, 微生物分解能力与植物初级生产力会随气候条件的干冷而减弱。在两方面综合作用下, 泥炭中无定形腐殖质百分比降低, 即泥炭腐殖化度降低。反之, 微生物分解能力与植物初级生产力会随气候条件的温暖有所提高, 使泥炭中无定形腐殖质百分比增高, 即腐殖化度

增高。因此,泥炭的腐殖化度能指示腐殖化度分解作用的综合影响,也间接地反映了水热条件的影响。

马春梅在大九湖和千亩田泥炭的研究中利用 Rb/Sr 和孢粉对比分析,认为沼泽在气候条件干燥时处于氧化环境,微生物活动强烈,植物残体分解彻底,腐殖化程度增大;在温暖的水涝环境下,微生物活动降低,植物残体分解速率减慢,腐殖化程度降低。薛积彬在江西南岭东部大湖泥炭的研究认为,较高的 TOC 含量和腐殖化度指示了泥炭初始发育形成时期,湖泊处于变干的沼泽化环境,区域降水减少,气候相对较凉干;而较低的 TOC 含量和腐殖化度则反映区域降水较多,湖面扩张,泥炭没有发育,气候环境较为暖湿<sup>[16]</sup>。

学者在研究中发现,即使在同等条件下,不同植物分解产生的腐殖质含量不同。气候作为影响泥炭腐殖化度变化的主要因素,是建立在整个泥炭剖面中植物组成相对均一的前提下的<sup>[25]</sup>。腐殖化度指标并不能定量地反映区域的地表环境湿度,而只能指示环境相对干湿条件变化。不同地质地貌类型、不同气候带,会有降水汇集、渗流、蒸发等水文地质差异,还存在气温、降水、植被的不同,可能会造成区域性的降水与泥炭地湿度不一致。可见,这些是造成研究者在利用泥炭腐殖化度作为古环境气候代用指标过程中其气候意义出现不同解释的原因。

### 3 结论

尽管泥炭腐殖化度的古气候的指示意义因地区的不同而存在着差异,但随着其作为气候代用指标研究的不断深入,同时通过其他相对成熟的环境代用指标得到了很好的证实,具有较好的应用潜力,它在古气候环境变化的研究中具有不可忽略的重要作用。

### 参考文献

- [1] 于学峰. 青藏高原东部地区全新世高分辨率季风演化与 5000 年来人类活动环境效应研究[D]. 西安:中国科学院地球环境研究所,2005.
- [2] CASELDINE C J, BAKER A, CHARMAN D J, et al. A comparative study of optical properties of NaOH peat extracts: implications for humification studies[J]. *The Holocene*, 2000, 10(5): 649 - 658.
- [3] ALLEY R B, MAYEW SKI P A, SOWERS T, et al. Holocene climatic instability: a prominent, wide spread event 8200 yr ago[J]. *Geology*, 1997, 25: 483 - 486.
- [4] BLACKFORD J J, CHAMBERS F M. Proxy climate record for the last 1000 years from Irish blanket peat and a possible link to solar variability[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1995, 133(1): 145 - 150.
- [5] AABY B. Cyclic climatic variations in climate over the past 5,500yr reflected in raised bogs[J]. *Nature*, 1976, 263(5575): 281 - 284.

- [6] CHAMBERS F M, BARBER K E, MACKLY D, et al. A 5,500yr proxy climate and vegetation record from blanket mire at Talla Moss, Borders, Scotland[J]. *The Holocene*, 1997, 7(4): 391 - 399.
- [7] CHARMAN D J, HENDON D, PACKMAN S. Multiproxy surface wetness records from replicate cores on an ombrotrophic mire: implications for Holocene palaeoclimate records[J]. *Journal of Quaternary Science*, 1999, 14(5): 451 - 463.
- [8] LANGDON P G, BARBER K E, HUGHES P D M. A 7 500-year peat-based palaeoclimatic reconstruction and evidence for an 1 100-year cyclicity in bog surface wetness from Temple Hill Moss, Pentland Hills, southeast Scotland[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2003, 22(2): 259 - 274.
- [9] FIONA ROOS-BARRACLOUGH, VAN DER KNAAP W O, VAN LEEUWEN J F N. A Late-glacial and Holocene record of climatic change from a Swiss peat humification profile[J]. *The Holocene*, 2004, 14: 17 - 19.
- [10] BORGMARK A, SCHONING K. A comparative study of peat proxies from two eastern central Swedish bogs and their relation to meteorological data[J]. *Journal of Quaternary Science*, 2006, 21(2): 109 - 114.
- [11] BLUNDELL A, CHAIMAN D J, BARBER K. Multiproxy late Holocene peat records from Ireland: towards a regional palaeoclimate curve[J]. *Journal of Quaternary Science*, 2008, 23(1): 59 - 71.
- [12] 王华, 洪业汤, 朱咏焯, 等. 红原泥炭腐殖化度记录的全新世气候变化[J]. *地质地球化学*, 2003, 31(2): 51 - 56.
- [13] 王华, 洪业汤, 朱咏焯, 等. 青藏高原泥炭腐殖化度的古气候意义[J]. *科学通报*, 2004, 49(7): 686 - 691.
- [14] 于学峰, 周卫健, 程鹏, 等. 青藏高原东部全新世夏季季风变化的高分辨率泥炭记录[J]. *地球科学*, 2006, 36(2): 182 - 187.
- [15] 尹茜, 朱诚, 马春梅, 等. 天目山千亩田泥炭腐殖化度记录的中全新世气候变化[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2006, 26(6): 117 - 122.
- [16] 薛积彬, 钟巍, 彭晓莹, 等. 南岭东部大湖泥炭沉积记录的古气候[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2007, 27(5): 105 - 113.
- [17] 郑琰明, 钟巍, 薛积彬, 等. 南岭东部江西定南大湖湖沼沉积特征研究[J]. *华南师范大学学报*, 2008(2): 129 - 135.
- [18] 马巧红, 钟巍, 薛积彬, 等. 晚更新世晚期以来雷州半岛北部泥炭腐殖化度的古气候意义[J]. *热带地理*, 2008, 28(6): 498 - 503.
- [19] 钟巍, 薛积彬, 甄治国, 等. 雷州半岛北部晚更新世晚期气候变化的泥炭沉积记录[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2007, 27(6): 97 - 104.
- [20] 马春梅, 朱诚, 郑朝贵, 等. 中国东部山地泥炭高分辨率腐殖化度记录的晚冰期以来气候变化[J]. *中国科学*, 2008, 38(9): 1078 - 1091.
- [21] 蔡颖, 钟巍, 薛积彬, 等. 干旱区湖泊沉积物腐殖化度的古气候指示意义——以新疆巴里坤湖为例[J]. *湖泊科学*, 2009, 21(1): 69 - 76.
- [22] 薛积彬, 钟巍. 新疆巴里坤湖全新世环境记录及区域对比研究[J]. *第四纪研究*, 2008, 28(4): 610 - 620.
- [23] 胡凡根, 李志忠, 姜修洋, 等. 福建屏南天湖山泥炭腐殖化度记录的早全新世以来气候变化[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2011, 6(3): 31 - 39.
- [24] ANDERS B, STEFAN W. Regional and local patterns of peat humification in three raised peat bogs in varmland, south-central sweden[J]. *GFF*, 2008, 130(3): 161 - 176.
- [25] DMITRI MAUQUOY, DAN YELOFF, BAS VAN GEEL, et al. Two decadal resolved records from north-west European peat bogs show rapid climate changes associated with solar variability during the mid-late Holocene[J]. *Journal of Quaternary Science*, 2008, 23(8): 745 - 763.

(上接第 10031 页)

全管理规章制度,确保基层烟草工作站建设工作落到实处、取得实效,为张家界烟草产业可持续健康稳定发展奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1] 胡刚, 薛剑波, 屈建康. 现代烟草农业基层烟叶工作站建设工作研究[J]. *现代农业科技*, 2011(22): 355 - 356.
- [2] 徐斌. 烟叶基层建设的重要性[N]. *企业家日报*, 2013 - 10 - 09(11).