

天目山深溪流域晚更新世 晚期以来环境演变*

宋友桂 朱 诚

(南京大学城市与资源学系 南京 210093)

提 要 运用多种研究方法对天目山深溪流域晚更新世晚期以来的环境演变进行了系统分析. 结果表明: 1. 晚更新世晚期以来本区至少经历了 2 个冷期即末次冰期盛冰期、新仙女木时期和 3 个温暖期; 2. 在末次冰期盛冰期时本区的年平均气温未低于 0°C , 不具备冰川发育条件, 至多作为一种冰缘环境.

关键词 天目山 深溪流域 晚更新世晚期 环境演变

天目山位于浙江省西北部, 山体由火山岩组成, 呈东西向延伸, 海拔 $> 1\,000\text{m}$, 最高峰龙王山 $1\,587.4\text{m}$, 相对高差一般 $> 600\sim 700\text{m}$, 是中国东部典型的中低山. 山体植被分布垂直地带性明显, $< 650\text{m}$ 为常绿阔叶林, $650\sim 1\,100\text{m}$ 为典型常绿落叶阔叶林, $> 1\,100\text{m}$ 为落叶阔叶林. 深溪河发源于西天目山北麓, 全长约 16km , 在报福坛西侧汇入西苕溪, 最后流入太湖, 其上游在龙王庙一带的谷地曾被认为是冰蚀作用形成的“U”型谷.

1 地球化学元素和氧化物

在深溪流域采集样品 17 个, 用等离子发射光谱 (ICP) 方法进行化学分析. 结果 (表 1) 表明, 这些剖面中氧化物以 Al_2O_3 为最多, K_2O 次之, 而 Fe_2O_3 含量变化较大. 从分析来看, 这种富铝铁化现象反映了本区在晚更新世晚期以来主要经历了温暖湿润的化学风化环境. 与姚砂岭剖面相比, 这些剖面中 K_2O 的含量普遍略高于 Fe_2O_3 , 是因为其剖面海拔比姚砂岭高且接近含钾丰富的酸性流纹岩; 而海拔较高的千亩田和石路里剖面中 K_2O 含量较低, 这与其所处的地势陡峭, 沉积物中 K_2O 易淋失不易保留有关. Sr 是一种对气候变化较为敏感的元素, 它在潮湿环境下易被淋洗和迁移, 而在干旱环境中富集很明显, 从表 1 中可以看出龙王庙 Sr 的含量在 L_2 层达到最大值, 反映当时沉积环境发生过较湿 \rightarrow 偏干 \rightarrow 湿润的变化过程.

利用表 1 结果可推算出各剖面的地质背景值, 进而计算出这些样品的衬度系数. 结果表明在龙王庙剖面中 2.55m 处衬度系数 > 1 的元素和氧化物较多 (23 种), 2.70m 处次之, 其他两处较少. 这表明 L_1 和 L_2 样品代表的层位反映的是元素富集时期; L_4 所在的层位主要为元素淋失时期. 从纵剖面上来看, 衬度系数有自上而下逐渐增大的趋势. 这说明上部元素多淋滤迁移, 而下部富集, 反映了上部地层经历了暖湿为主的化学风化环境, 下部多为冷湿环境, 且在 L_2 层温度达到最低值.

* 国家自然科学基金 (批准号: 49771075) 与南京大学现代分析中心测试基金资助项目.

收稿日期: 1997-12-02 改回日期: 1998-03-29.

表 1 等离子发射光谱 (ICP)测试结果¹⁾

Table 1 Results from ICP plasma excitation- optical emission spectrometry

样品号	龙 王 庙				冰 坑			石路里	
	L ₄	L ₃	L ₂	L ₁	B ₅	B ₁	Q ₃	S ₄	S ₅
Al ₂ O ₃	15. 89	15. 98	19. 30	15. 44	16. 67	17. 52	13. 37	12. 56	16. 84
Fe ₂ O ₃	6. 00	1. 45	3. 61	1. 97	4. 50	3. 11	2. 87	4. 66	5. 40
CaO ^o	0. 18	0. 25	0. 32	0. 37	0. 78	0. 20	0. 53	0. 11	0. 13
MgO ^o	0. 54	0. 51	0. 75	0. 90	0. 51	0. 46	0. 84	0. 91	0. 78
K ₂ O ^o	5. 23	6. 29	5. 99	5. 72	6. 28	6. 28	3. 52	2. 95	3. 50
Na ₂ O ^o	1. 06	1. 61	1. 58	1. 44	0. 86	1. 01	1. 23	0. 73	0. 57
Ti ^o	0. 54	0. 48	0. 48	0. 37	0. 38	0. 45	0. 55	0. 55	0. 50
Ba	455. 32	646. 89	689. 09	678. 65	510. 60	573. 50	550. 12	459. 76	474. 19
Be	2. 79	2. 00	4. 16	2. 70	2. 45	2. 80	2. 36	2. 34	2. 32
Co	13. 62	3. 98	8. 02	17. 30	6. 78	5. 16	5. 66	14. 74	9. 54
Cr	39. 01	26. 84	47. 62	35. 71	25. 01	23. 28	50. 97	51. 34	48. 72
Cu	6. 84	9. 03	15. 20	11. 13	5. 57	2. 43	7. 07	8. 61	8. 95
Ga	18. 03	16. 02	20. 63	14. 28	16. 69	19. 12	11. 02	17. 62	16. 81
Li	40. 62	40. 80	49. 68	44. 32	35. 68	57. 66	33. 50	44. 16	52. 62
Mn	130. 00	154. 66	168. 95	233. 94	270. 00	501. 06	240. 24	250. 00	357. 42
Mo	2. 84	3. 34	3. 36	2. 10	2. 74	2. 60	0. 88	1. 70	1. 30
Nb	41. 28	41. 74	38. 38	30. 10	36. 56	39. 32	36. 44	29. 34	25. 52
Ni	17. 14	17. 10	20. 84	27. 30	11. 88	9. 94	19. 84	20. 58	20. 94
P	380. 00	124. 64	252. 60	208. 80	155. 28	152. 33	387. 60	205. 80	346. 20
Pb	42. 28	77. 08	50. 06	33. 46	30. 70	26. 12	36. 76	24. 80	29. 86
Se	8. 72	8. 14	10. 14	8. 44	6. 74	6. 96	8. 96	7. 88	13. 52
Sn	11. 11	3. 29	3. 68	3. 58	2. 92	3. 07	0. 65	11. 77	1. 69
Sr	55. 42	80. 20	88. 88	85. 42	60. 84	74. 80	95. 44	51. 04	51. 66
V	51. 66	44. 36	65. 92	51. 42	38. 46	35. 26	45. 79	69. 10	55. 12
Zn	123. 51	81. 09	106. 42	171. 22	70. 26	45. 76	73. 56	94. 22	71. 42
Ce	62. 68	92. 40	117. 20	132. 16	59. 00	67. 16	46. 78	75. 04	40. 34
La	38. 64	28. 70	57. 56	59. 04	23. 72	40. 10	14. 78	38. 26	15. 96
Y	18. 36	21. 62	30. 04	25. 68	11. 60	19. 22	0. 44	14. 22	0. 74

* 为百分比含量 ,其余为 ppm含量 .

1)样品由南京大学现代分析中心用等离子发射光谱 (ICP)方法测定 .

2 孢粉分析结果

2. 1 龙王庙剖面孢粉组合特征

在该剖面距地表 2. 1m 2. 3m 2. 55m和 2. 7m深处共采样 4块 ,共发现 21个科属 . 其中 2. 1m处仅含少量松属孢粉和个别枫杨、马鞭草、睡莲科和茜草属 ,反映当时气候较暖 . 另 3个采样点孢粉含量较多 (图 1) . 2. 7m和 2. 55m处都以冷杉为主 ,分别占 45. 2%和 44. 2% ,反映了当时以冷杉为主的暗针叶林 ,气候冷湿 ,且 2. 55m处沉积时气温较 2. 7m处低 ; 2. 3m处孢粉中冷杉含量降低 (3. 53%) ,而水龙骨科占绝对优势 (86. 4%) ,反映仍是冷湿环境 ,但相对下方层位的沉积环境有所变暖 ,这与地球化学元素和氧化物反映的沉积环境是一致的 .

从剖面孢粉组合特征看 ,上述地层沉积环境肯定较现在冷湿 . 顾嗣亮^[1]亦在此处采样作过孢粉分析 ,所采的五个样品中 (A₁~ A₅)以 A₃为界分上、下两种孢粉组合 ,其上部以裸子植物为主 ,含量可达 50. 87% ,构成冷杉属 - 水龙骨科 - 栎属组合 ,反映沉积时气

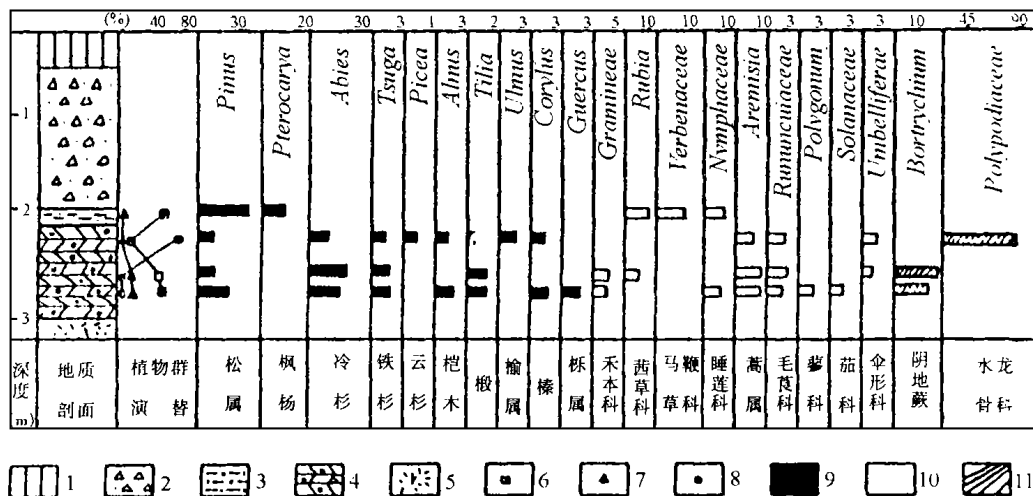


图 1 龙王庙剖面孢粉图式

Fig. 1 Sporopollen spectrum of Longwangmiao profile

候较冷;其下部孢粉中蕨类和阔叶类增加,针叶林减少,构成水龙骨科—栎属—禾本科组合,说明当时气候较温暖湿润。上述孢粉组合与天目山平溪及道源洞组合极为相似^[2],反映晚更新世晚期以来本区气候从较为温暖转为冷湿的过程。结合天目山地区 Fe^{3+}/Fe^{2+} 推算的古温度值来看,当时最低平均气温尚未低于 $0^{\circ}C$,此冷湿环境除了带有全球性外,还与此处深窄峡谷背阴的地理位置有关。

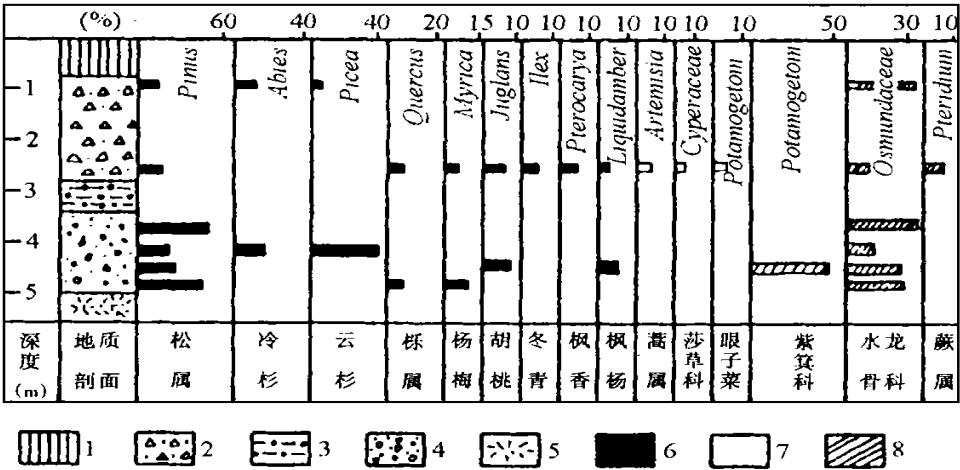
2.2 千亩田剖面孢粉组合特征

千亩田沼泽中植物残体和泥炭层厚约 1.5m,在沼泽较厚部位采用坑探法挖至 1.4m 采集了孢粉样。在 1m 处孢粉组合以阔叶林为主,构成栎属—禾本科—松属孢粉组合,以山毛榉科花粉占绝对优势,且有青冈栎、冬青等常绿阔叶树种以及枫香等喜暖树种,构成含常绿阔叶林成分的落叶阔叶林植被,反映当时的气候较现在温暖。其下 1.4m 处亦含有丰富的孢粉,且以木本花粉占绝对优势,优势群种有青冈、水青冈、栎、及少量的榆、无患子科、杨梅、鹅耳枥、枫杨、栗、栲和松。草本类有莎草科、马鞭草科、蒿与水生的香蒲、狐尾藻、眼子菜等。这些孢粉组合反映的是有少量落叶阔叶林树的常绿阔叶林群落,说明此处深度 1m 以上沼泽发育在全新世中期以后,1.4m 深度的沼泽年代应更早一些,但仍属于全新世发育的沼泽,当时气候比现在应更为暖湿。

2.3 冰坑剖面孢粉组合特征(图 2)

在该剖面共采样 10 个,仅在 0.9m, 2.8m, 3.8m, 4.4m, 4.7m 和 5m 处发现有孢粉。5m 处为松—水龙骨科—栎组合,还有个别的杨梅,反映当时为温暖湿润的常绿阔叶林,年代应属于晚更新世早期;4.7m 处为紫萁科—水龙骨科—栎属组合,反映当时气候较为温暖;4.4m 处为云杉—冷杉—水龙骨科组合,含个别松属,此时气候变冷;3.8m 为松属—水龙骨科组合表明冰后期气候逐渐回升;在 2.8m 处有少量松及个别的胡桃、冬青、枫

杨、枫香、杨梅等花粉,草本类有少许伞形科、蒿、莎草科等,此组合应属于针叶落叶阔叶混交林的温和气候。在 0.9m 处又出现冷杉-云杉-水龙骨科组合,说明进入全新世前气候突然变冷即为新仙女木事件。



1. 表土层; 2. 残坡积层; 3. 粘土砾石层; 4. 巨砾与泥质混杂层; 5. 火山岩 6. 木本花粉; 7. 草本花粉; 8. 蕨类孢子

图 2 冰坑剖面孢粉图式

Fig. 2 Sporopollen spectrum of Bingkeng profile

3 天目山晚更新世晚期降温幅度

本区晚更新世晚期的最大降温值是徐馨^[3]提出的 13℃,大量研究^[4-5]结果表明本区降温幅度最大值未超过 9℃,而西天目山山顶(1497 m a. s. l.)处的现年平均气温为 8.8℃^[1],海拔 300m 的山麓现年均气温为 14.9℃,这说明晚更新世时天目山的年均气温从未低于 0℃,而且当时东亚季风环流已经形成,天目山又位于其中心区域,夏季受副高压控制气温不会太低,冰坑和龙王庙剖面中喜冷的冷杉、云杉与喜暖的枫香、胡桃、水龙骨科并存也说明了这一点。在这种夏季气温较高冬季气温也不很低的情况下是不利于冰川形成与发育的。Fenzel^[6]在 30 年代即提出主要是由于长江中下游山地纬度太低,末次冰期雪线高出山地故不能发育冰川,另据施雅风先生^[7]推算末次冰期盛冰期时长江下游地区的最低雪线也未低于海拔 3000m,以上研究结果均证实了这一点。

4 其他分析结果

4.1 古地磁和磁性地层特征

在深溪流域共采样 37 个,古地磁测试结果表明:龙王庙剖面磁性地层在 2.7m 处转为负极性,根据其下地层的孢粉组合和¹⁴C 年代可知此为哥德堡事件(Göthenburg reversal),即冰期气候转为冰后期气候的转折点^[8],此时海面又开始上升,沿海地区发生海侵。其余的剖面均为布容正极性。

4.2 沉积物微结构

对剖面沉积物原样的微结构扫描电镜观察,发现其表面特征中的流纹形态以波状连续型为主,气孔形状多呈椭圆和不规则状,构造类型以致密波状为主,气孔孔径在 5~100 μ m 之间,反映了近源化学风化的冷湿环境特征。

4.3 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 反映的古温度特征

高价铁与低价铁的比值可以推算第四纪古温度,对本区姚砂岭剖面的推算结果表明^[4]:本区在第四纪年平均气温最高为 20.3 $^{\circ}\text{C}$,最低为 6.88 $^{\circ}\text{C}$,考虑到姚砂岭剖面海拔仅为 300m,按平均海拔每增加 100m 温度降低 0.6 $^{\circ}\text{C}$ 计算,则在第四纪时天目山最高峰 1587.4m 的最低温度为 -0.84 $^{\circ}\text{C}$,在这种临界温度之下形成和发育冰川亦是不可能的,至多是一种冰缘环境,何况天目山海拔较高的山顶面在晚更新世时就一直处于被剥蚀状态^[9]。

5 结 语

我国东部第四纪以来深受东亚季风环流影响,晚更新世早期气候暖湿,进入末次冰期后极峰位置大幅度南移,季风萎缩南撤,干冷气候的影响空前强大,但季风条件下的夏季温度不会太低,表现为干冷气候加强的特点。已有研究表明^[10],晚更新世北方针叶林的南界不超过 39 $^{\circ}\text{N}$,冰期冷而干的水热条件对冰川的发育不利。冰后期季风加强,由于处于山地丘陵地带,加强了降水强度和变率,气候转为湿润;全新世气候以暖湿为主。

冷杉、云杉的出现并不等于就是寒温带暗针叶林,因为常含有喜暖成分如:铁杉、里白、紫萁等属和亚热带分布的水龙骨科和蕨类等,更不能作为第四纪冰川存在的依据。天目山深溪流域在晚更新世冰期时植被表现为含云杉、冷杉及松的针叶落叶阔叶林,气候冷湿。暖期时含常绿阔叶树枫香和落叶的栗、漆树等形成的常绿和落叶混交林,末次冰期可能是以含冷杉云杉的松林为主要植被。在天目山地区冰期时严寒侵袭不及北方强烈,同时由于青藏高原隆起后,使得我国东部地区的热状况发生改变,季风环流加强,使广大东南地区处于比较稳定的潮湿气候条件下,因此每当冷期到来,一些喜热喜暖的常绿阔叶树向山麓迁移,而落叶阔叶树和针叶树从高处向低处及平原扩展,在长江流域一带形成针叶与落叶阔叶林为主的混交林,而在山区松、云杉、冷杉等分布的范围比现在要广。末次冰期盛冰期时,云杉冷杉可下移到海拔 400~500m (如冰坑、龙王庙) 的谷地,林带平均气温约为 6~8 $^{\circ}\text{C}$ 。目前西天目山仍有银杏的存在则更加说明了晚更新世时深溪流域乃至整个天目山地区的降温幅度不会很大。

冰消期后,喜湿冷的蕨类及针叶树都有大幅度地减少,栎、鹅耳枥、胡桃等亚热带树种花粉大量增加,说明气候变暖,晚更新世晚期曾发生过新仙女木期气候突变事件——气候突然变冷,对深溪流域上述剖面分析表明本区降温幅度亦可达 4~6 $^{\circ}\text{C}$ 左右,在冰坑剖面也有所体现,在龙王庙剖面表现为磁性地层极性漂移即哥德堡事件。现今生长在 1500m 以上山地的云杉、冷杉又向低地移动,但因持续时间短,随即气候迅速变暖,进入全新世它们又往高处迁移。

参 考 文 献

- [1] 顾嗣亮. 浙江天目山的第四纪冰川泥纹问题. 北京: 科学出版社, 1985, 163~ 165.
- [2] 刘金陵, 叶萍宜. 上海、浙江某些地区第四纪孢粉组合及其在地层和古气候上的意义. 古生物学报, 1977, 16 (1): 1~ 11.
- [3] 徐 馨, 韩辉友. 浙江天目山地区第四纪孢粉组合及其气候上的意义. 见: 中国地理学会. 1977年地貌学术讨论会文集. 北京: 科学出版社. 1981, 78~ 83.
- [4] 朱 诚. 天目山姚砂岭地区第四纪沉积环境研究. 沉积学报, 1995, 13(13): 1~ 11.
- [5] 张树维. 第四纪末次冰期晚冰期芜湖地区古植被与古气候演变. 见: 中国第四纪冰川冰缘学术会议论文集. 北京: 科学出版社, 1985, 172~ 174.
- [6] Fenzel, G., Das Taipei massive Tsinglinshan North China. Petermann Geogr. Mitteil 1937, (83): 203~ 206.
- [7] 施雅风, 崔之久, 李吉均等著. 中国第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989, 192~ 198.
- [8] 赵松龄, 张宏才. 晚更新世末期的地磁短期反极性事件. 海洋地质研究, 1981, 1(2), 61~ 66.
- [9] Zhu Cheng, Song Yougui. Comparison of Quaternary Deposit Environment among Lushan, Huangshan and Tianmushan mountains. *Chinese Geographical Science*, 1997, 7(3), 259~ 269.
- [10] 崔之久, 谢又予. 论我国东北、华北晚更新世晚期多年冻土南界与冰缘环境. 地质学报, 1984, (2), 165~ 175.

第一作者简介 宋友桂, 男, 1974年生. 1996年毕业于华东地质学院地球科学系. 现为南京大学城市与资源学系第四纪专业全球变化与环境演变方向硕士研究生, 主攻第四纪地质专业, 曾发表 *Comparison of Quaternary Deposit Environment among Lushan, Huangshan and Tianmushan mountains* 等论文多篇.

ENVIRONMENTAL EVOLUTION SINCE LATE LATE PLEISTOCENE IN SHENGXI STREAM VALLEY OF TIANMUSHAN MOUNTAINS

Song Yougui Zhu cheng

(*Department of City & Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093*)

Abstract

With several methods, this paper discusses environmental evolution of Shengxi stream valley in Tianmushan mountains since the late Late Pleistocene. The results are as follows: 1. This region had at least undergone 2 cold phases and 3 warm phases since the late Late Pleistocene; 2. During the Last Glacial Maximun, the lowest annual air-temperature had never reached below 0°C, at mostly this region had developed a periglacial environment.

Key words Tianmushan mountains, Shengxi stream valley, late Late Pleistocene, environmental evolution