

文章编号:1009-2722(2011)11-0045-06

# 泰山地区第四纪末次冰期古气候特征

张建伟<sup>1</sup>, 刘建霞<sup>1</sup>, 郭慧玲<sup>2</sup>, 申卫星<sup>2</sup>, 王锡魁<sup>3</sup>, 陈岩<sup>2</sup>, 路忠诚<sup>1</sup>

(1 青岛地质工程勘察院, 青岛 266071; 2 泰山风景名胜区管委会, 山东泰安 271000;

3 吉林大学地球科学学院, 长春 130061)

**摘要:**采集泰山南坡沉积物样品进行年龄和孢粉测试, 结合泰山地区现代气候特征, 研究泰山地区第四纪末次冰期时的古气候特征。样品年龄测定显示其形成年代为 $(30.54 \pm 2.59)$  ka B P, 相当于末次冰期主冰期时代; 孢粉组合显示较耐冷的针叶植物松属孢粉占优势, 耐寒耐冷的“中华卷柏+蒿属+藜科”孢粉有较多出现, 优势植物种群为“松属+中华卷柏+蒿属+藜科”, 指示的沉积环境比较寒冷。泰山现代年均气温、降水量与天山、长白山、崂山等地区气候现状进行比较, 推测末次冰期时, 泰山山顶年均温为 $-11.3 \sim -4.3$  °C, 古气候表现为气候寒冷、降水丰富的冷湿气候特征。

**关键词:**泰山地区; 孢粉分析; 末次冰期; 古气候

中图分类号: P532

文献标识码: A

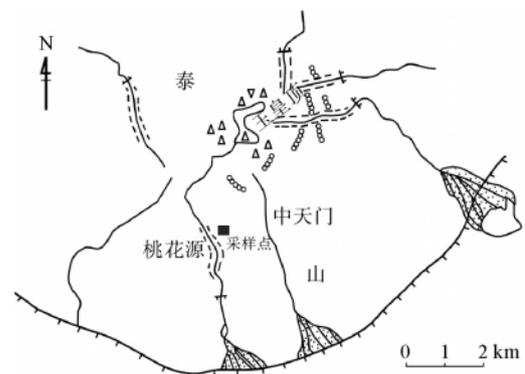
第四纪时期地球气候与环境的变化以冰期与间冰期的多次交替为主要特点<sup>[1]</sup>; 我国东部地区所处的特殊地理位置, 使其古气候的研究一直为我国地质学界和国际学术界所关注<sup>[2, 3]</sup>。

本文通过采取泰山沉积物进行年龄和孢粉测试, 以孢粉组合分析泰山地区古植物群及其表征的古气候; 根据泰山地区现代气候气象资料, 按照气温垂直变化规律及第四纪时期气候演化规律, 结合我国其他冰川地区当前气候气象资料, 研究泰山地区古气候特征。

## 1 采样点及样品采集

经实地考察, 选定泰山南坡桃花源景区河流 II 级阶地上的砂砾石堆积物剖面采集样品(图 1), 地理坐标为  $36^{\circ}16'229''N, 117^{\circ}02'32''E$ 。该处

阶地为泰山山顶的玉皇顶自上而下多年冲蚀沉积而成, 从地势和沿途地层剖面露头来看, 所采样品应为泰山南坡坡上物质运移至此地的沉积物。挖掘清理后, 采集 S 样品 2 件各约 1 000 g, 进行年龄和孢粉类型测试。



图例  
宽谷 河流裂点 冲积扇  
石海 石河 断崖

图 1 采样点位置示意图

Fig. 1 Location map of samples

收稿日期: 2011-08-20

基金项目: 泰安市科技计划项目(2006-32)

作者简介: 张建伟(1980—), 男, 博士, 主要从事环境地质与第四纪地质方面的研究工作。E-mail: roseblood@126.com

## 2 样品年龄

沉积物样品送中国地震局地壳应力研究所进行热释光年龄测定,显示其形成年代为  $30.54 \pm 2.59$  ka BP,相当于末次冰期亚间冰期时代<sup>[4]</sup>。

## 3 孢粉分析

### 3.1 孢粉结构特性

孢粉体积小,数量多,外壁由有机化合物和近似角质纤维素组成,300 °C 不分解,高压不变形,强酸碱不溶解,能长期保存在沉积物中,已广泛地被用作恢复古气候的依据<sup>[5, 6]</sup>。

### 3.2 样品测试

样品在吉林大学古生物研究中心教育部重点实验室孢粉测试室进行测试,并对测试结果进行统计。

首先物理和化学的方法处理,去掉矿物质及孢粉以外的其他有机物,使花粉富集起来。富集后的孢粉保存于硅油或甘油介质中。制片时取其一滴置于载玻片上加以硅油、甘油胶等折光率高的介质,覆以盖玻片进行观察。

### 3.3 优势植物种群分析

共取孢粉 900 粒进行分析,根据孢粉测试结果统计各科属的个数和百分比(表 1),研究其优势植物种群。综合统计后,绘制 S 样品孢粉科属柱状图(图 2)。

可以看出,统计 S 样品以较耐冷的针叶植物松属孢粉占优势,耐寒耐冷的“中华卷柏+蒿属+藜科”孢粉有较多出现,相对喜暖湿的落叶阔叶植物孢粉很少,水生植物香蒲属很少。因此,样品优势植物种群为“松属+中华卷柏+蒿属+藜科”,该类植物的生长特性指示的沉积环境比较寒冷<sup>[7, 8]</sup>。

## 4 泰山地区现代气候特征

泰山地区属温带季风区,温带半湿润大陆性季风气候;由于地处山东半岛,距海洋较近,因此

受海洋性气候影响明显;温度适中,降雨量较大。由于山势高峻,泰山山上与山下泰安城区的温度、降水等差异明显。分析自 1971 年以来的气象数据资料,研究泰山地区的现代气候特征。

表 1 样品中各种孢粉含量综合统计

Table 1 Pollen composition of the samples studied

孢粉科属	S	
	百分比	个数
松属( <i>Pinus</i> )	58.89%	530
胡桃属( <i>Juglans</i> )	2.78%	25
栎属( <i>Quercus</i> )	3.22%	29
榆属( <i>Ulmus</i> )	1.00%	9
蔷薇属( <i>Rosa</i> )	0.22%	2
桦属( <i>Betula</i> )	0.11%	1
椴属( <i>Tilia</i> )	0.11%	1
中华卷柏( <i>Selaginella sinensis</i> )	14.45%	130
石松属( <i>Lycopodium</i> )	2.22%	20
禾本科( <i>Gramineae</i> )	2.45%	22
石竹科( <i>Caryophyllaceae</i> )	1.22%	11
藜科( <i>Chenopodiaceae</i> )	2.67%	24
菊科( <i>Compositae</i> )	1.56%	14
景天属( <i>Sedum</i> )	0.11%	1
苋科( <i>Amaranthaceae</i> )	0.11%	1
十字花科( <i>Cruciferae</i> )	0.11%	1
香蒲属( <i>Typha</i> )	0.11%	1
蒿属( <i>Artemisia</i> )	8.11%	73
栽培禾本科( <i>Cultural Gramineae</i> )	0.22%	2
皂荚属( <i>Gleditsia</i> )	0.11%	1
鹅耳枥属( <i>Carpinus</i> )	0.22%	2
总计( <i>Total</i> )	100%	900

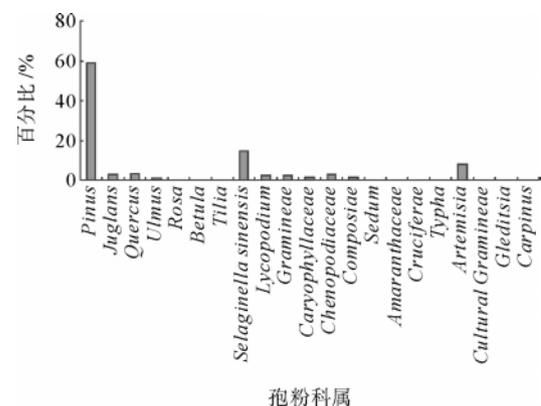


图 2 统计 S 样品孢粉科属直方图

Fig. 2 Histogram showing pollen genus

### 4.1 气温

综合泰山气象观测站(海拔 1 530 m)和泰安气象观测站(海拔 230 m)的数据资料,将 1971 年以来 37 a 的极端最高温、极端最低温、年均温、年较温差等数据成图(图 3、4、5),就温度变化特征进行分析。其中,泰山气象观测站数据代表泰山山上气象状况;而泰安气象观测站数据为泰安市(地处泰山山下)气象状况,除因为海拔高差所产生的温度差异外,还与泰安市工农业生产、城市开发建设、交通运输等人类活动所产生的影响有关<sup>[9]</sup>。

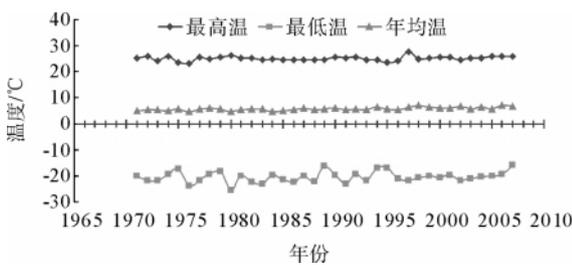


图 3 泰山观测站 37 a 气温变化

Fig. 3 Temperature at the Taishan monitoring station for the past 37 years before 2007

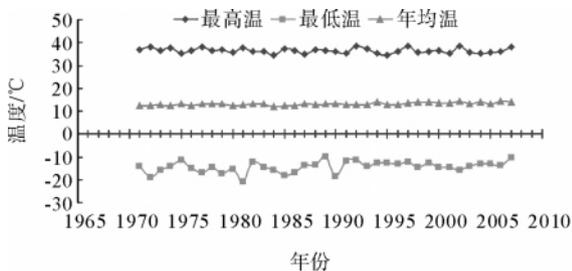


图 4 泰安观测站 37 a 气温变化

Fig. 4 Temperature at Taian monitoring station for the past 37 years before 2007

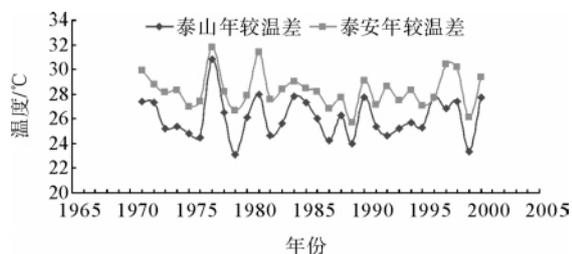


图 5 泰山与泰安 30 a 的年较温差变化

Fig. 5 Comparison of temperature changes at Taishan and Taian for the 30 years before 2000

由图 3 中泰山气温数据可以看出,泰山年极端最高温度为 23.3~27.6℃,极端最高温多年平均值为 25.1℃;泰山年极端最低温度为-25.4~-15.8℃,极端最低温多年平均值为-20.4℃;各年平均温度值为 4.6~6.8℃,多年平均温度值为 5.7℃。

由图 4 中泰安气温数据可以看出,泰安年极端最高温度为 34.5~38.6℃,极端最高温多年平均值为 36.5℃;泰安年极端最低温度为-20.7~-9.9℃,极端最低温多年平均值为-14.3℃;泰安各年平均温度值为 12.1~14.3℃,多年平均温度值为 13.1℃。

由图 5 中 1971 年以来共 30 年的数据资料可以看出,泰山的年较温差值为 23.1~30.8℃,年较温差多年平均值为 26.1℃;泰安的年较温差值为 25.7~31.8℃,年较温差多年平均值为 28.3℃。泰山的年较温差值无论是单年比较还是多年平均都小于泰安。

### 4.2 降水量

由图 6 中 1971 年以来 37 a 的降水量数据资料可以看出,年最大降水量发生在 1990 年,泰山降水量 1 766.3 mm,泰安降水量 1 295.8 mm;年最小降水量泰山发生在 1988 年,为 553.9 mm,泰安发生在 1989 年,为 340.5 mm。泰山多年平均降水量为 1 054.2 mm,泰安多年平均降水量为 695.9 mm。单年降水量或多年平均降水量,泰山均大于泰安。

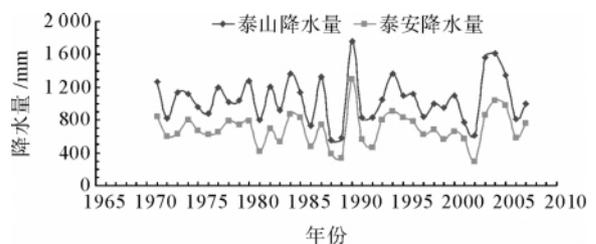


图 6 泰山和泰安 37 a 降水量变化

Fig. 6 Comparison of precipitation at Taishan and Taian for the 37 years before 2007

### 4.3 类似地区对比

将泰山地区现代气候与天山进行横向对比、

与长白山进行纵向对比,及与崂山进行邻近地区对比分析<sup>[10]</sup>。

#### 4.3.1 类似地区的气候状况

##### (1) 天山

天山是我国最大的现代冰川区,共有冰川6 890多条,总面积达9 500多 km<sup>2</sup>,约占全国冰川面积的16%。天山一号冰川形成于新近纪晚期,距今已有400万a历史,上限海拔高度为4 474 m,冰舌末端海拔高度3 790 m。天山山脚海拔约800 m,山北为寒温带,冬季漫长严寒,年平均气温在6~7℃,冷月平均气温为-6~-7℃之间;山南年平均气温在10℃以上,冷月平均气温多在-8~-10℃之间。

##### (2) 长白山

长白山是与五岳齐名的关东第一山,主峰海拔2 691 m。山脚的白山市属北温带大陆性季风气候,是吉林省最寒冷地区,市区年平均气温4.6℃,多年平均降水量883.4 mm。

##### (3) 崂山

崂山是山东半岛的主要山脉,最高峰崂顶海拔1 133 m,是我国海岸线第一高峰。崂山地处温带季风气候区,受海洋影响,冬暖夏凉,年振幅和昼夜温差较小;年均温在11~12℃之间;降水量随季节而变化,历年平均降水量为940~1 073.7 mm。崂山脚下为青岛市,属温带季风气候区域,受海洋性气候影响明显,年均温12.3℃,春季温度回升慢;年平均降水量775.6 mm。

#### 4.3.2 比较分析

泰山现代年均气温、降水量与天山、长白山、崂山等地区气候现状列表进行比较(表2,其中数据均取下限值)可以看出,发育有冰川的天山、长

白山地区山下现代多年平均温度值比泰山山下要低,而天山位于泰山西北向,长白山位于泰山北向,比较分析还应考虑到纬度地带性因素和海拔因素等;泰山山下降水量也较大,比长白山山下略少。

近年,有学者认为崂山地区在末次冰期时曾发育有冰川。而泰山与崂山同属于山东省境内,距离相近,因此现代气候具有较好的可比性;泰山山顶年均温度低于崂山很多,山下温度略高于崂山;泰山山顶年均降水量略多于崂山山顶,泰山山下降水量略少于崂山山下,且还要考虑崂山受海洋性气候影响明显大于泰山这一因素。

## 5 泰山地区古气候

根据泰山地区孢粉和现代气候的分析结果,综合研究其古气候特征。

### 5.1 古气温

孢粉分析优势植物种群为“松属+中华卷柏+蒿属+藜科”,指示的末次冰期时环境比较寒冷。有许多学者根据末次冰期中冰楔的发育和分布推算华北地区第四纪时期年平均温度。在华北阳原县东窑子头、阳高县梨益淘和河北的虎头梁等地的泥河湾组中部和上部,以及北京官厅镇与鹿叶坡村之间离石黄土的下部,相继发现了冰缘卷曲变形构造,研究后认为早一中第四纪冰期温度要比现今低16~18℃之多<sup>[11-13]</sup>。周昆叔等<sup>[14]</sup>根据华北冰期气候旋回与植被更替关系,通过植被所要求的气温与当地现今气温对比,得出冷高峰期气温比现今至少低8.5~10℃。在黄河中下游地带多处发现晚更新世晚期末次冰期冰缘动物群的化石,参照日本以猛犸象化石分布南界的冰期最热月平均温度为10℃,黄河中下游末次冰期最热月平均温度要比现今低17℃左右<sup>[15-18]</sup>。研究人员认为崂山在第四纪冰期前后的气温比现今气温至少低10℃,估计盛冰期的降温幅度还要大<sup>[19, 20]</sup>。

现代泰山顶年均温为5.7℃,6—8月份夏季平均气温为18℃,以末次冰期降温10~17℃计,推测末次冰期时,泰山山顶顶年均温为-11.3~-4.3℃,夏季均温1~8℃。

表2 泰山与其他山地冰川区现代气候比较

Table 2 Comparison of modern climate between Taishan and other mountain glacial areas

现代气候比较	天山		长白山		崂山		泰山	
	山顶	山下	山顶	山下	山顶	山下	山顶	山下
多年平均温度/℃	—	10	—	4.6	11	12.3	5.7	13.1
多年平均降水量/mm	—	—	—	883.4	940	775.6	1 054.2	695.9

另外,舒勒认为泰山地区“已经下沉了 1 000 ~2 000 m”<sup>[21]</sup>,而一般来说,随着地势上升,气温将下降,则末次冰期时泰山地区的温度可能更低<sup>[22]</sup>。

## 5.2 古降水

中华卷柏(*Selaginella sinensis*)的孢子一般指示气候湿润,其含量在 10%以上时可作为水量较大地区沉积的特征<sup>[23]</sup>;泰山地区沉积物样品 S 的中华卷柏孢粉含量为 14.45%,说明泰山地区末次冰期时降水丰富。泰山山下降水量比长白山和崂山的山下略少,但泰山山顶年均降水量多于崂山山顶;而长白山在末次冰期时形成冰川说明降水量较大,由此也可以推测泰山地区末次冰期古降水丰富。

## 5.3 古气候特征

从以上分析可以得出,泰山地区古气候表现为温度低、气候寒冷、降水丰富的冷湿气候特征。

## 6 结论

(1)采集泰山沉积物样品进行孢粉分析,样品优势植物种群为“松属+中华卷柏+蒿属+藜科”,指示的沉积环境比较寒冷;中华卷柏孢粉含量较高,达 14.45%,说明泰山地区末次冰期时降水丰富。

(2)统计泰山地区现代气候特征,推测末次冰期时,泰山山顶顶年均温为-11.3~-4.3℃,夏季均温 1~8℃;降水量与相似地区对比,也可以推测泰山地区末次冰期古降水丰富。

(3)泰山地区第四纪末次冰期古气候表现为温度低、气候寒冷、降水丰富的冷湿气候特征。

### 参考文献:

- [1] 施雅风,崔之久,李吉均,等. 中国东部第四纪冰川与环境问题[M]. 北京:科学出版社,1989.
- [2] 何培元. 庐山第四纪冰期与环境[M]. 北京:地震出版社,1992.
- [3] 徐叔鹰. 山东第四纪若干问题的探讨[J]. 铁道学院学报(自然科学版),1993(3):11-14.
- [4] 杨子廉,林和茂. 中国东部第四纪进程与国际对比[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [5] 翁成郁,孙湘君,陈因硕. 西昆仑地区表土花粉组合特征及与植被的数量关系[J]. 植物学报,1993,35(1):69-79.
- [6] Alley R B, Mayewski P A, Sowers T, et al. Holocene climatic instability: a prominent widespread event 8200 years ago [J]. *Geology*, 1997, 25: 483-486.
- [7] El-Moslinmany A P. Ecological significance of commort nonarbor real pollen: example from dry land of the Middle East [J]. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1990, 64: 343-350.
- [8] 许清海. 华北平原北部现代不同沉积相孢粉组合特征研究[M]. 西安:西安地图出版社,1994.
- [9] 丁敏,孙佳佳,彭淑贞. 全球变化下的泰山山顶和泰安市气候变化特征对比分析[J]. 泰山学院学报,2008,30(3):89-93.
- [10] 陈文海,柳艳香,马柱国. 中国 1951—1997 年气候变化趋势的季节特征[J]. 高原气象,2002,21(3):251-257.
- [11] 孙黎明,李英杰,陈秀玉,等. 河北阳原盆地泥湾组有孔虫来源的探讨[J]. 地理与地理信息科学,2004,20(3):96-98.
- [12] 闵隆瑞,张宗祜,王喜生,等. 河北阳原台儿沟剖面泥湾组底界的确定[J]. 地层学杂志,2006,30(2):103-108.
- [13] 卢演倩,魏兰英,尹金辉,等. 北京西山古山洪堆积——马兰砾石形成环境及年代[J]. 第四纪研究,2003,23(6):611-620.
- [14] 周叔昆,严富华. 华北地区第四纪植被演替与气候变化[J]. 地质科学,1984,19(2):82-92.
- [15] 杨怀仁,陈西庆. 中国末次冰期的古气候[M]//第四纪冰川与第四纪地质论文集(第五集). 北京:地质出版社,1988:22-40.
- [16] 孙广友,邓伟. 长江河源区冰缘环境沼泽的研究[J]. 地理科学,1990,10(1):86-94.
- [17] 郭永志. 日本的第四纪冰川作用及冰缘地貌[J]. 国外第四纪地质,1992(1):1-9.
- [18] 牛云博,张威,闫玲,等. 冰缘地貌与气候的拟合关系研究[J]. 海洋地质动态,2008,24(1):12-14.
- [19] 李乃胜,石学法,赵松龄,等. 崂山地质与古冰川研究[M]. 北京:海洋出版社,2003.
- [20] 杨达源. 中国东部第四纪冰期气候与环境的基本特征[J]. 海洋地质与第四纪地质,1990,10(1):71-79.
- [21] 常子文,舒勒. 泰山中部的冰川形象[J]. 地质科学,1959:82-83.
- [22] 张林源. 青藏高原上升对我国第四纪环境演变的影响[J]. 兰州大学学报,1981(3):142-155.
- [23] 张佳华,孔昭宸. 中华卷柏在恢复过去环境研究中的生态指示意义[J]. 西北植物学报,1999,19(3):530-537.

## PALEO-CLIMATIC CHARACTERISTICS DURING THE LAST GLACIAL STAGE OF QUATERNARY IN THE TAISHAN MOUNTAIN AREA

ZHANG Jianwei<sup>1</sup>, LIU Jianxia<sup>1</sup>, GUO Huiling<sup>2</sup>, SHEN Weixing<sup>2</sup>,  
WANG Xikui<sup>3</sup>, CHEN Yan<sup>2</sup>, LU Zhongcheng<sup>1</sup>

(1 Qingdao Institute of Geo-Engineering Investigation, Qingdao 266071, China;

2 Mount Tai Management Committee, Tai'an 250013, Shandong, China;

3 College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China)

**Abstract:** Sediment samples were collected from the south slope of the Taishan Mountain for age dating and pollen studies in order to define the paleo-climate pattern during the last glacial period of the Quaternary. Dating data show that the sediments were formed  $30.54 \pm 2.59$  kaB. P, approximately during the last glacial maximum. Palynological Assemblages were dominated by the cold coniferous species of "Selaginella + Artemisia + Chenopodiaceae" assemblage with "Pinus + Selaginella + Artemisia + Chenopodiaceae" as the major population, indicating a cold climate. Compared the modern temperature and precipitation at the Taishan Mountain with the current climate at Tianshan, Changbai and Lao Mountains, it is inferred that the temperature at the top of Taishan Mountain could be as low as  $-11.3$  to  $-4.3$  °C, with high rainfall during the last glacial period.

**Key words:** Taishan Mountain area; pollen analysis; modern climate; last glacial period; paleo-climate