

青海黄河源盆地早更新世以来环境演变

韩建恩, 余 佳, 朱大岗, 邵兆刚, 孟宪刚, 吕荣平, 钱 程, 贺承广, 王 津

HAN Jian-en, YU Jia, ZHU Da-gang, SHAO Zhao-gang, MENG Xian-gang,

LÜ Rong-ping, QIAN Cheng, HE Cheng-guang, WANG Jin

中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081

Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China

摘要:黄河源盆地位于青藏高原东北部, 是黄河的源头地区, 对环境和气候变化非常敏感。对黄河源盆地中的河湖相沉积物进行了孢粉分析, 获得丰富的孢粉数据, 结果显示孢粉组合以菊科、蒿科、藜科、禾本科、松、桦等草本和木本植物花粉为主。通过对各类植物的孢粉组合特征分析, 揭示了黄河源地区早更新世以来古植被、古气候的演替和变化。其演变经历了 4 个阶段: 第一阶段 223.9~90.1 万年, 为森林草原环境, 反映了温暖潮湿的气候; 第二阶段 90.1~35 万年, 为灌丛草原环境, 反映了总体干冷的气候; 第三阶段 35~2.8 万年, 为稀树草甸草原环境, 属湿润寒冷的气候; 第四阶段 2.8~0.8 万年, 为荒漠草原环境, 反应干冷的气候。

关键词:黄河源地区; 早更新世; 孢粉组合; 古环境

中图分类号: P534.63¹; X21

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)12-1941-09

Han J E, Yu J, Zhu D G, Shao Z G, Meng X G, Lü R P, Qian C, He C G, Wang J. The palaeoenvironmental evolution of the Yellow River headwater basin in Qinghai Province since Early Pleistocene. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(12): 1941-1949

Abstract: The Yellow River headwater basin located in the northeast Tibetan Plateau is the source of the Yellow River. This basin is very sensitive to the change of environment and climate. In this paper, the authors analyzed the pollen in the fluvial and lacustrine facies sediments in the Yellow River headwater basin. The pollen assemblage includes herbaceous pollen (Asteraceae, Artemisia families, Chenopodiaceae, Gramineae) and woody pollen (pine, birch). An analysis of characteristics of various kinds of plant pollen revealed the evolution and change of the palaeovegetation and palaeoclimate in Yellow River headwater basin since the Early Pliocene. The evolution has gone through four stages: the first phase from 2239 ka BP to 901 ka BP was a forest-steppe environment, reflecting a warm and humid climate; the second phase from 901 ka BP to 350 ka BP was a shrub steppe environment, suggesting a cold and dry climate; the third stage from 350 ka BP to 28 ka BP was a grass savanna-meadow grassland environment, implying a cold-humid climate; the fourth stage from 28 ka BP to 8 ka BP was a desert steppe environment, indicating a cold and dry climate.

Key words: area of the Yellow River source; Early Pleistocene; pollen assemblage; palaeoenvironment

孢粉由于个体小、重量轻、数量多, 很容易在风、水的搬运和昆虫的采集过程中向其它区域传输, 被广泛地应用在中更新世重建中^[1-4]。湖泊具有沉积连续性好、分辨率高、信息量丰富等特点, 利用其对气候、

环境变化的敏感性可以高分辨率地恢复过去气候、环境变化等过程, 是进行古气候研究的良好载体^[4]。湖相沉积物中的孢粉记录是地质时期古植被的表征和古气候信息的可靠载体, 通过孢粉记录可以恢复

收稿日期: 2011-09-19; 修订日期: 2011-10-17

资助项目: 地质力学研究所基本科研业务费项目《黄河源晚新生代河湖相地层序列及其环境意义》(编号: DZLXJK200902) 和中国地质调查局项目《青藏高原新构造及晚新生代古大湖研究》(编号: 基[2006]001-08)、《晚新生代构造气候变动对黄河水系演化影响研究》(编号: 科[2007]03-04)

作者简介: 韩建恩(1980-), 男, 博士, 助理研究员, 从事区域地质、沉积相与古环境研究。E-mail: hanjianen@163.com

研究区的植被历史、重建古气候。通过湖相地层中孢粉的研究,已经建立了青藏高原晚更新世以来的气候演变序列,如若尔盖盆地 RH 和 RM 孔^[5-7]、扎布耶盐湖^[8]、色林错^[9]、佩枯错^[10]、纳木错^[11]、羊湖^[12]、柴达木盆地^[13]、札达盆地^[14-17]等湖泊沉积物的研究,都给出了不同时期沉积区的植被状况及其所指示的古气候环境变化。

黄河源盆地位于青藏高原东北部,主要受亚洲季风系统的影响。盆地的形成和演化受到青藏高原隆起的影响,盆地中连续的湖相沉积物中记录下第四纪时期各类气候事件,其中的孢粉记录能够较为可靠地反映地质时期的古植被和古气候信息,可以进一步用于反映古季风变化、区域构造抬升、青藏高原隆起等方面的研究。

1 自然地理和地质概况

黄河源盆地为一晚新生代断陷盆地。盆地呈 NW—SE 向展布,长约 500km,宽约 150km,盆地南界为巴颜喀拉山,北界为布青山,西界为雅拉达泽山。盆地位于青海省东南部,介于 96°30′~98°50′E、34°20′~35°10′N 之间,海拔 4200~4500m,地势西高东低,地面平坦。本区具典型的高原大陆性半干旱高寒气候的特点。区内空气稀薄、严重缺氧,光照充足、太阳辐射强烈,低温寒冷、昼夜温差大,全年无绝对无霜期、冰冻期长,四季不分,暖季多集中降水,多雪、暴雨与冰雹,降水急剧猛烈,冷季干燥酷寒,偏西大风盛行,霜冻、雨雪多发等是其主要的气候特征。年平均气温-3.8℃,年降水量在 250~750mm 之间。降水量年内变化较大,降水主要集中在 6~9 月,这几个月的降水量占全年的 75%~90%以上。区内目前发育的植被以草本和蕨类植物为主,极少有灌木植物,无乔木生长。这些植物主要分布在海拔 4800m 以下的山坡、谷地和平地,有高寒草甸、高寒草原等植被类型。区内常见的植被主要为禾本科、莎草科、豆科、菊科等。

该盆地的基底为三叠纪泥灰岩、砂岩、浅变质岩,上面不整合堆积了拔湖数百米、厚数十米的第四纪早更新世—全新世湖相沉积地层。沉积物以含砾粗砂层、细砂层、粘土层、砂质粘土层为主。第四系划分为下更新统野牛沟组(Qp¹y)、中更新统鄂陵湖组(Qp²e)、上更新统大野马岭组(Qp³d)和全新统黑河乡组(Qhh)4 个地层单元^[18]。

2 样品采集

笔者在黄河源盆地 5 个剖面(包括 2 个连续剖面)29 级湖相阶地剖面的湖相沉积物中,共采集和分析了野牛沟、大野马岭、牛头碑、哈拉滩、黑河乡 5 个地点的孢粉样品共 219 个。样品的间距除野牛沟和哈拉滩剖面(样品号 P₁-1~P₁-7, P₆-1~P₆-5)为 2~3m 外,其余样品间距均为 10cm。样品经氢氟酸溶液处理,过筛后获得丰富的孢粉化石。在 219 件样品中共统计鉴定了 41015 粒花粉,平均每样约 187.3 粒。上述采样剖面与点位在平面图中的位置见图 1,有关层位的 ESR(电子自旋共振法)年龄见表 1。

3 分析结果

孢粉分析结果表明(孢粉由中国地质科学院水文地质环境地质研究所童国榜研究员鉴定,2007),黄河源盆地的湖相沉积物样品中孢粉含量较丰富,在 219 个样品所统计的 41015 粒孢粉中,共发现了 97 个科、属。孢粉组合中草本植物花粉含量略高,平均值为 88.9%,木本植物花粉含量为 8.5%,蕨类孢子最少,为 2.6%。草本植物花粉丰富,主要有菊科(Compositae)、蒿(*Artemisia*)、藜科(Chenopodiaceae)、禾本科(Gramineae)、十字花科(Cruciferae)、蔷薇科(Rosaceae)、唇形科(Labiatae)、莎草科(Cyperaceae)等。木本植物花粉主要有松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、柏科(Cupressaceae)、桦(*Betula*)、鹅耳枥(*Carpinus*)、栎(*Quercus*)及耐旱灌木麻黄(*Ephedra*)、沙棘(*Hippophae*)等。蕨类植物孢子主要为水龙骨科(Polypodiaceae)、蹄盖蕨(*Athyrium*)、铁线蕨(*Adiantum*)、真蕨纲(Filicales)的分子等。

现将黄河源盆地常见孢粉类型的百分含量变化表示于图 2、图 3 中。这里要说明的是,图中高位湖相沉积中的各段剖面(P₂、P₅剖面)是按时间顺序排列的,与野外实测高度顺序并不完全一致。P₁、P₃、P₆剖面为连续剖面,按深度顺序进行排列。另外,本文所报道的孢粉分析剖面 P₂、P₅ 位于湖岸而不是湖中,因而不可能获得连续的沉积记录,主要反映了早更新世以来区域内气候相对温暖湿润时期的状况。对于因阶地下切在岸边缺乏沉积记录的时段,其所对应的应为相对干冷时期的状况。根据样品中的孢粉组合的变化规律,从老到新可大致划分出 4 个孢粉带组合(图 2、图 3)。对其分述如下。

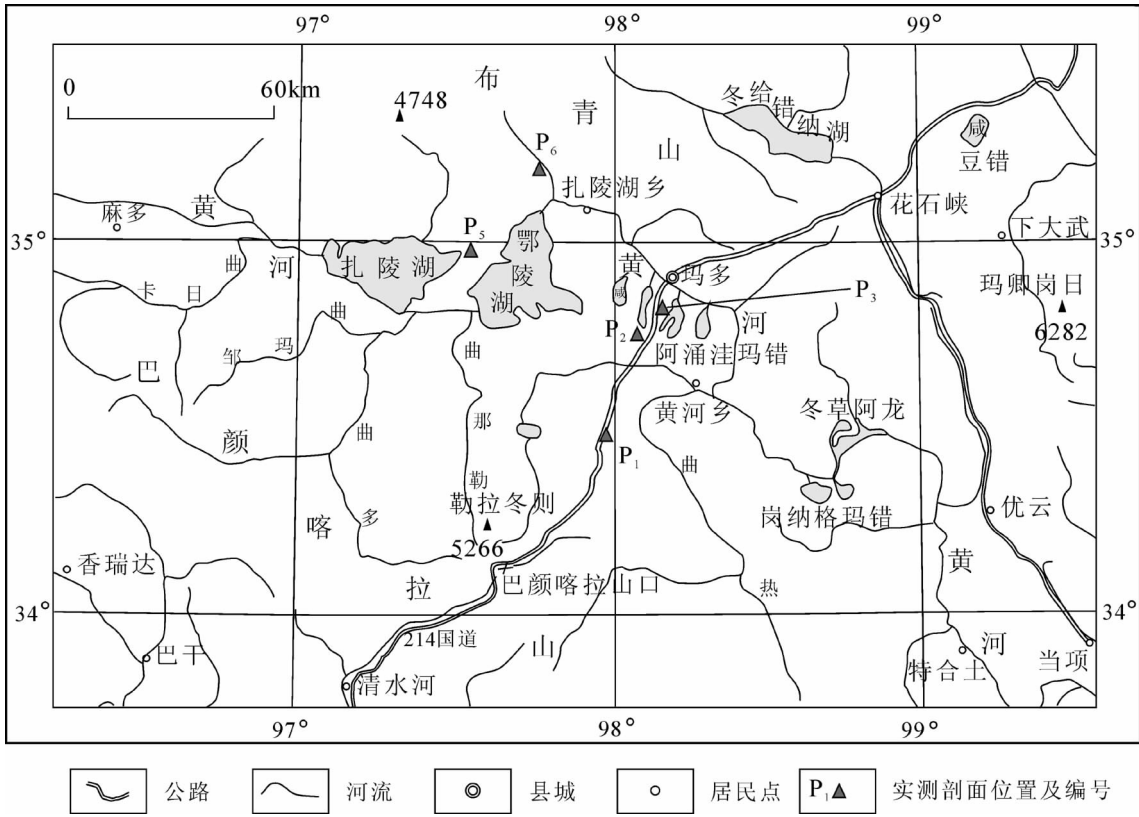


图 1 孢粉样品采样位置
Fig. 1 Location of the pollen sampling

I 带 (样号 $P_6-1 \sim P_1-5$), 样品采自早更新世哈拉滩剖面和野牛沟剖面中下部, ESR 年龄为 223.9~90 万年, 反映黄河源盆地早更新世中晚期的植被状况。本带孢粉比较丰富, 共鉴定出孢粉 1049 粒, 浓度一般为 40 粒/g, 最高可达 165.8 粒/g。孢粉组合中草本植物花粉占绝对优势, 含量在 70% 左右波动; 木本植物花粉含量一般在 27% 左右; 蕨类植物孢子含量极低, 一般小于 2.1%。主要孢粉类型有松 (*Pinux*)、云杉 (*Picea*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、麻黄 (*Ephedra*)、真蕨纲 (*Filicale*) 等, 其次有莎草科 (*Cyperaceae*)、十字花科 (*Cruciferae*)、榆 (*Ulmus*)、桦 (*Betula*)、蔷薇科 (*Rosaceae*)、菊科 (*Compositae*)、蒿 (*Artemisia*)、蹄盖蕨 (*Athyrium*) 等, 蒿藜 (A/C) 比值均大于 1。蒿属/藜科 (A/C) 比值作为环境变化的一个指标在许多研究者的成果中体现出来。EL-Moslinmany A P^[19] 研究了中东地区蒿属 (*Artemisia*)、藜科 (*Chenopodiaceae*) 与地表植被的关系, 翁成郁等^[20] 研究了西昆仑地区表土花粉组合特征及其与植被的数量关系, 指出

A/C 花粉含量比值可作为干燥程度的一个指示参数, 对气候、环境恢复具有很大意义。杨振京等^[21] 认为高含量的蒿属花粉代表较温湿的高海拔地区的干草原, 高含量的藜科 (*Chenopodiaceae*) 花粉代表低海拔地区的荒漠。根据蒿藜 (A/C) 比值判断这一时期黄河源盆地为温湿的气候环境。本带按灌木植物花粉和蕨类孢子含量变化又可分为 3 个亚带。下部 I_1 亚带孢粉组合特征为木本花粉自高向低下降, 草本植物花粉上升, 其中松 (*Pinux*)、桦 (*Betula*) 孢粉下降最为显著, 而落叶栎 (*Quercus*) 孢粉含量在这一带中由低到高增长, 说明 I_1 亚带总体比较干冷, 但相对整个 I 带比较温暖。 I_1 亚带也是蕨类孢子狐尾藻 (*Myriophyllum*)、真蕨纲 (*Filicale*) 等少见的区段, 也反映气候比较干旱寒冷, 体现了灌木草原气候的变化特征。中部 I_2 亚带保持了 I_1 亚带晚期的组合特征, 松 (*Pinux*)、桦 (*Betula*) 孢粉均保持了相对低的水平, 而落叶栎 (*Quercus*) 孢粉已经消失, 同时蕨类孢子真蕨纲 (*Filicale*) 断续出现。木本植物孢粉含量达

表 1 黄河源盆地第四系河湖相沉积物 ESR 测年结果^[18]
Table 1 ESR dating results of Quaternary lacustrine sediments
in the Yellow River headwater basin

样品编号	地层	年龄/10 ⁴ a	样品编号	地层	年龄/10 ⁴ a
P ₃ E-2	全新统	0.8±0.2	P ₅ T ₁₂ E-1	中更新统	36.8±3.5
P ₃ E-1	全新统	1.0±0.2	P ₅ T ₁₁ E-2	中更新统	38.0±3.5
P ₂ T ₁ E-1	全新统	1.10±0.2	P ₅ T ₁₁ E-1	中更新统	39.1±4.0
P ₂ T ₂ E-1	上更新统	2.84±0.3	P ₅ T ₁₀ E-2	中更新统	40.1±4.0
P ₂ T ₃ E-2	上更新统	3.53±0.4	P ₅ T ₁₀ E-1	中更新统	41.5±4.0
P ₂ T ₃ E-1	上更新统	3.82±0.4	P ₅ T ₉ E-2	中更新统	42.8±4.0
P ₂ T ₄ E-3	上更新统	4.45±0.4	P ₅ T ₉ E-1	中更新统	44.2±4.5
P ₂ T ₄ E-2	上更新统	5.59±0.5	P ₅ T ₈ E-2	中更新统	45.4±4.5
P ₂ T ₄ E-1	上更新统	6.37±0.5	P ₅ T ₈ E-1	中更新统	47.0±4.5
P ₂ T ₅ E-2	上更新统	6.88±0.8	P ₅ T ₇ E-2	中更新统	48.1±5.0
P ₂ T ₅ E-1	上更新统	7.36±0.8	P ₅ T ₇ E-1	中更新统	49.5±5.0
P ₂ T ₆ E-2	上更新统	8.10±0.8	P ₅ T ₆ E-2	中更新统	50.9±5.0
P ₂ T ₆ E-1	上更新统	9.40±1.0	P ₅ T ₆ E-1	中更新统	51.2±5.0
P ₂ T ₇ E-4	上更新统	10.1±1.0	P ₅ T ₅ E-2	中更新统	52.0±5.0
P ₂ T ₇ E-3	上更新统	11.6±1.2	P ₅ T ₅ E-1	中更新统	53.2±5.0
P ₂ T ₇ E-2	上更新统	12.2±1.2	P ₅ T ₄ E-2	中更新统	55.0±5.5
P ₂ T ₇ E-1	上更新统	12.6±1.2	P ₅ T ₄ E-1	中更新统	56.6±5.5
P ₂ T ₈ E-2	中更新统	12.6±1.0	P ₅ T ₃ E-2	中更新统	8.1±5.8
P ₂ T ₈ E-1	中更新统	15.2±1.2	P ₅ T ₃ E-1	中更新统	59.4±6.0
P ₂ T ₉ E-2	中更新统	17.0±1.6	P ₅ T ₂ E-2	中更新统	60.4±6.0
P ₂ T ₁₀ E-2	中更新统	19.2±1.9	P ₅ T ₂ E-1	中更新统	61.8±6.0
P ₂ T ₁₀ E-1	中更新统	20.5±2.0	P ₅ T ₁ E-2	中更新统	62.9±6.3
P ₂ T ₁₁ E-2	中更新统	21.1±2.0	P ₅ T ₁ E-1	中更新统	64.6±6.3
P ₂ T ₁₁ E-1	中更新统	21.8±2.0	P ₁ E-5-3	中更新统	70.7±7.0
P ₂ T ₁₂ E-2	中更新统	23.5±2.0	P ₁ E-5-2	下更新统	76.4±7.0
P ₂ T ₁₂ E-1	中更新统	25.9±2.0	P ₁ E-5-1	下更新统	87.0±8.0
P ₂ T ₁₃ E-2	中更新统	26.1±2.0	P ₁ E-4	下更新统	90.1±9.0
P ₂ T ₁₃ E-1	中更新统	26.7±2.3	P ₁ E-3	下更新统	97.1±9.0
P ₂ T ₁₄ E-1	中更新统	27.2±2.3	P ₁ E-2	下更新统	103.1±10.0
P ₂ T ₁₅ E-1	中更新统	30.6±3.0	P ₁ E-1	下更新统	113.4±10.0
P ₅ T ₁₄ E-1	中更新统	33.4±3.0	P ₆ E-5	下更新统	184.0±18.0
P ₅ T ₁₃ E-1	中更新统	34.1±3.0	P ₆ E-4	下更新统	207.6±20.0
P ₅ T ₁₂ E-2	中更新统	35.7±3.0	P ₆ E-3	下更新统	223.9±20.0

注：由成都理工大学应用核技术研究所 ESR 实验室梁兴中教授测定

本阶段的最低值(10.6%),草本植物孢粉含量上升,反映气候进一步趋于温暖湿润。本段同时伴随有藜科的增加和蒿属的降低,体现了在高寒森林草原的气候条件下出现了温暖气候波动的特征。上部 I₃ 亚带主要为野牛沟剖面的下部,孢粉主要类型与 I₁ 亚带基本相近,组合中草本植物有小幅下降,木本花粉

下降明显,蕨类植物孢子也同时减少,真蕨纲(Filicale)、狐尾藻(*Myriophyllum*)均未发现,气候又较 I₂ 亚带趋于寒冷。总之,孢粉 I 带为温暖潮湿的森林草原气候环境,气候出现冷暖波动。

II 带(样号 P₁-7~P₅T₁₂-4),样品采自野牛沟剖面顶部和牛头碑剖面上部,ESR 年龄为 87.7~35 万

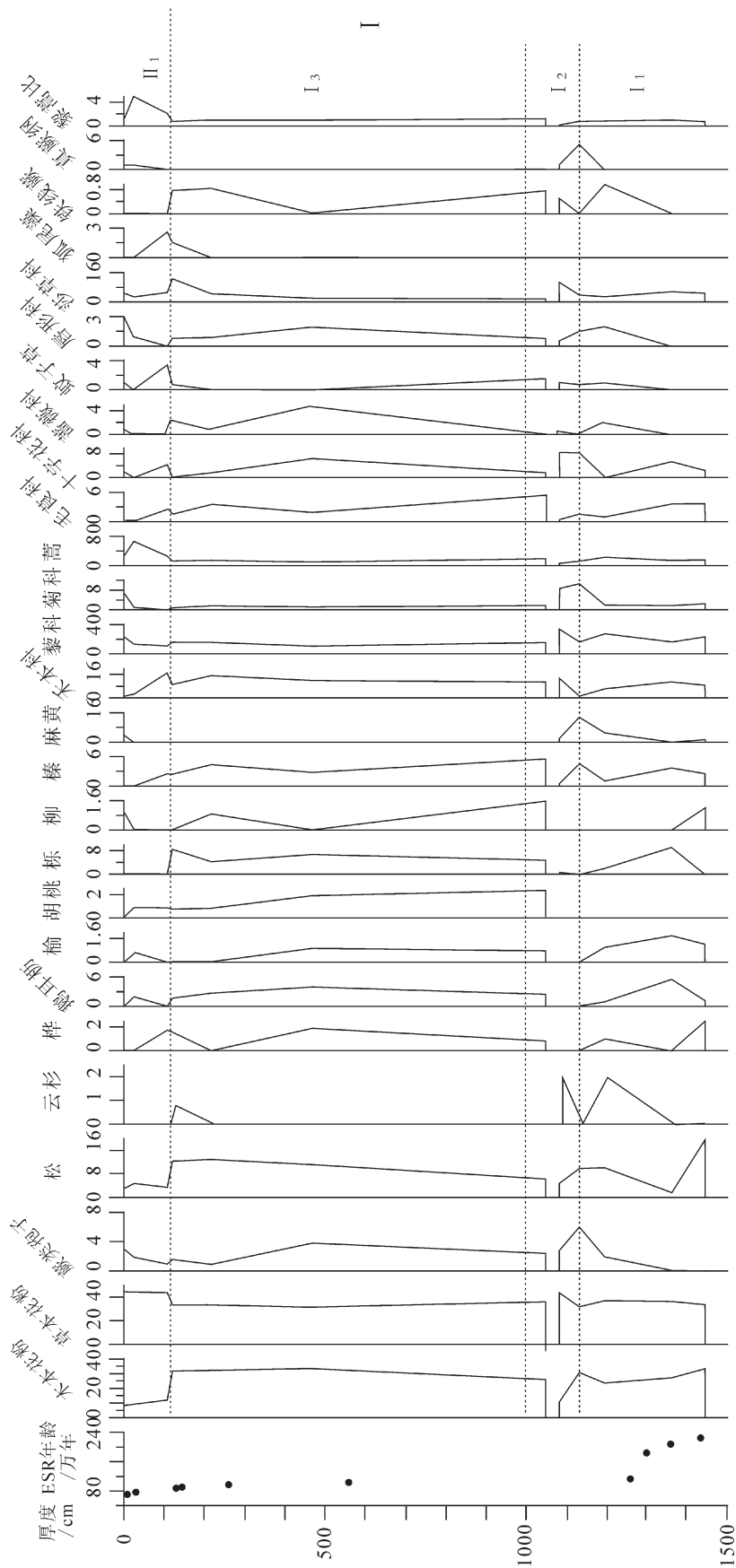


图 2 黄河源盆地湖相地层孢粉图式 (I 带)

Fig. 2 Pollen schema of lacustrine strata in the Yellow River headwater basin (I 带)

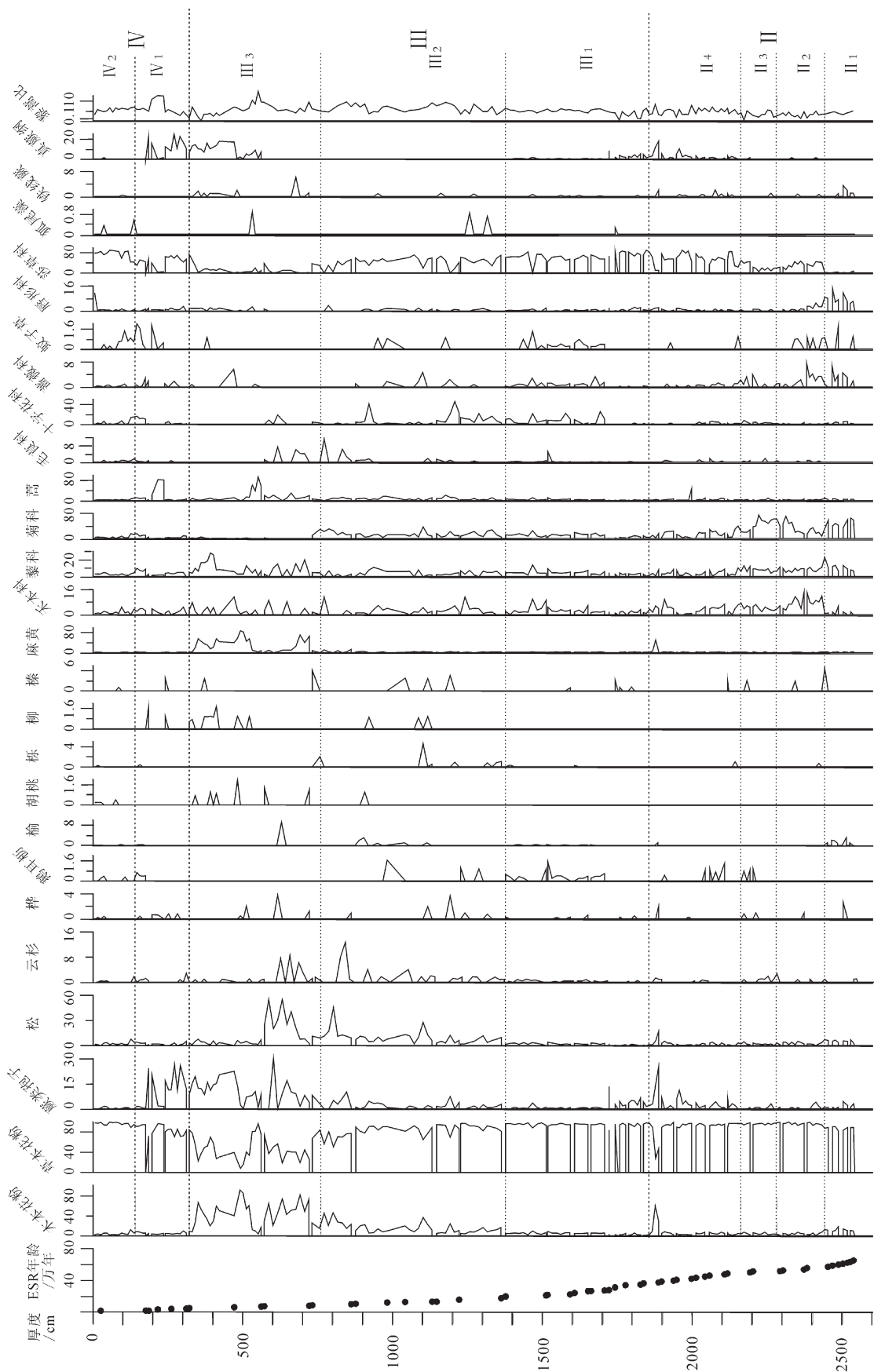


图 3 黄河源盆地湖相地层孢粉图式 (II~IV 带)
Fig. 3 Pollen schema of lacustrine strata in the Yellow River headwater basin (II~IV)

年,反映黄河源盆地中更新世早中期的植物状况。本带孢粉比较丰富,共鉴定出孢粉 18740 粒,浓度一般为 500 粒/g,最高可达 859 粒/g。孢粉组合中草本植物花粉占绝对优势,含量在 92%左右;木本植物花粉含量一般在 5%左右;蕨类植物孢子含量极低,一般小于 2.1%。主要孢粉类型有鹅耳枥(*Carpinus*)、禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia*)、莎草科(*Cyperaceae*)等,其次有松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、麻黄(*Ephedra*)、真蕨纲(*Filicale*)、十字花科(*Cruciferae*)、榆(*Ulmus*)、桦(*Betula*)、蔷薇科(*Rosaceae*)、蹄盖蕨(*Athyrium*)等,蒿藜(A/C)比值曲线波动频繁。本带按灌木植物花粉和蕨类孢子含量变化又可分为 4 个亚带。下部 II₁ 亚带孢粉组合特征为木本花粉自高向低波动下降,草本植物花粉上升,其中松(*Pinus*)、桦(*Betula*)、云杉(*Picea*)孢粉下降明显,榆(*Ulmus*)、栎(*Quercus*)变化不大,蕨类仅见铁线蕨孢子,狐尾藻、真蕨纲(*Filicale*)等很少见,说明本亚带总体比较干冷,体现了灌木草原气候的变化特征。中部 II₂ 亚带保持了 II₁ 亚带晚期的组合特征,松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)孢粉均保持了相对较低的水平,而代表温带气候环境的桦(*Betula*)断续出现,同时蕨类孢子真蕨纲(*Filicale*)也断续出现。木本植物孢粉含量达本阶段的最低值,草本植物孢粉含量上升,反映气候进一步趋于温暖湿润。本段同时伴随有藜科(*Chenopodiaceae*)的增加和蒿属(*Artemisia*)的降低,但藜蒿比曲线波动频繁,体现了在寒冷灌木草原的气候条件下出现了气候温暖—寒冷的波动特征。中部 II₃ 亚带组合中草本植物有小幅下降,木本花粉有所上升,但代表寒冷气候的云杉(*Picea*)、松(*Pinus*)等增加,蕨类植物孢子也同时减少,气候又较 II₂ 亚带变得寒冷。上部 II₄ 亚带组合中草本植物下降明显,木本花粉和蕨类孢子含量有所上升,特别是在本阶段的后期,蕨类植物花粉含量上升明显,达到 24.7%,喜温木本植物桦(*Betula*)属也出现,代表气温又有所上升,较 II₃ 亚带气候温暖。总之,孢粉 II 带以草本植物为主,夹有个别木本植物和蕨类植物花粉,总体上表现为灌丛草原的气候环境,但其中又有气候的波动,II₁ 亚带比较干冷,II₂ 亚带温暖湿润,II₃ 亚带又变得寒冷干燥,到 II₄ 亚带气候非常温暖湿润,为整个阶段气候最好的亚带。

III 带(样号 P₅T₁₂-5~P₂T₃-8),样品采自牛头碑剖面和大野马岭剖面,ESR 年龄为 35~2.8 万年,反

映黄河源盆地中更新世晚期和晚更新世早中期植物状况。本带孢粉比较丰富,共鉴定出孢粉 14476 粒,浓度一般为 350 粒/g,最高可达 1059 粒/g。孢粉组合中草本植物花粉也占绝对优势,含量在 72%左右;木本植物花粉含量一般在 22%左右;蕨类植物孢子有所升高,一般在 5%左右。主要孢粉类型有松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、桦(*Betula*)、鹅耳枥(*Carpinus*)、禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia*)、莎草科(*Cyperaceae*)等,其次有榛(*Corylus*)、榆(*Ulmus*)、胡桃(*Juglans*)、铁线蕨(*Adiantum*)等,蒿藜(A/C)比值曲线有所波动,但较 II 带平稳。本带按灌木植物花粉和蕨类孢子含量变化又可分为 3 个亚带。下部 III₁ 亚带孢粉组合特征为木本花粉有所上升,草本植物花粉下降,其中松(*Pinus*)、桦(*Betula*)、云杉(*Picea*)孢粉上升,胡桃(*Juglans*)、榆(*Ulmus*)、栎(*Quercus*)变化不大,喜湿的蕨类植物孢粉也比较少见,说明这一亚带相对寒冷,但本带总体比较温暖湿润。中部 III₂ 亚带保持了 III₁ 亚带晚期的组合特征,木本和蕨类孢粉含量有所上升,木本植物中松(*Pinus*)、云杉(*Picea*)孢粉上升,云杉(*Picea*)的含量达到本带的最大值(12.5%),代表温带气候环境的桦(*Betula*)也断续出现,同时蕨类孢子狐尾藻也断续出现。草本植物孢粉含量达本阶段的最低值,反映气候进一步趋于温暖湿润。上部 III₃ 亚带组合中草本植物花粉继续下降,木本花粉和蕨类孢子含量上升很快,达整个黄河源剖面的最大值,但代表寒冷气候的云杉(*Picea*)、松(*Pinus*)等增加,松(*Pinus*)含量也达本剖面的最大值(54.5%),喜温湿的蕨类植物孢子也同时增加,真蕨纲(*Filicale*)达剖面的最大值,气候又较 III₂ 亚带变得寒冷,但较 III₂ 亚带湿润。总之,孢粉 III 带木本植物和蕨类植物孢粉有所增加,但喜冷的云杉(*Picea*)、松(*Pinus*)也增多,总体上表现为草甸草原气候环境,气候逐渐变得寒冷,但同时随着降水量的增加,气候又比较湿润。

IV 带(样号 P₂T₃-7~P₃-1),样品采自牛头碑剖面和黑河乡剖面,ESR 年龄为 2.8~0.8 万年,反映黄河源盆地晚更新世晚期和全新世早中期的植物状况。本带孢粉比较丰富,共鉴定出孢粉 6318 粒,浓度一般为 1100 粒/g,最高可达 1359 粒/g。孢粉组合中草本植物花粉占绝对优势,含量在 93%左右波动;木本植物花粉含量一般在 4%左右;蕨类植物孢子有所

升高,一般在2%左右。主要孢粉类型有松(*Pinux*)、云杉(*Picea*)、鹅耳枥(*Carpinus*)、禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia*)、莎草科(*Cyperaceae*)等,其次有榆(*Ulmus*)、胡桃(*Juglans*)、真蕨纲(*Filicale*)等。本带按灌木植物花粉和蕨类孢子含量变化又可分为2个亚带。下部Ⅳ₁亚带孢粉组合特征为木本花粉急剧减少,草本植物花粉上升明显,蕨类植物基本不变,其中松(*Pinux*)、桦(*Betula*)、云杉(*Picea*)孢粉减少明显,胡桃(*Juglans*)、榆(*Ulmus*)、栎(*Quercus*)也很少见,喜湿的蕨类植物孢粉变化不大,主要为真蕨纲(*Filicale*),说明这一亚带相对寒冷。上部Ⅳ₂亚带保持了Ⅳ₁亚带晚期的组合特征,草本孢粉含量有所上升,木本植物中松(*Pinux*)、云杉(*Picea*)孢粉降低,代表温暖气候环境的桦(*Betula*)也比较少见,蕨类孢子狐尾藻也出现,反映气候进一步趋于寒冷。总体上表现为荒漠草原气候环境,气候逐渐变得干旱、寒冷,但同时又有几个湿润的阶段。

4 孢粉组合反映的古植被、古环境演变

孢粉学研究古环境的理论依据是植物及其孢粉,植物对气候等生态环境有密切的依赖关系,植被是反映气候变化的温度计。黄河源盆地湖相地层剖面划分的孢粉组合带反映了该区早更新世(223.9万年)以来古植被、古环境的演变经历了如下几个阶段。

(1)第1阶段(223.9~90.1万年):森林草原环境

本阶段植被中数量较多的草本植物有禾本科(*Gramineae*)、蒿属(*Artemisia*)、十字花科(*Cruciferae*);蕨类植物中较多的有铁线蕨属等;乔木数量较多的是常绿针叶的松(*Pinux*)和云杉(*Picea*),喜温暖的桦(*Betula*)有一定的数量,反映当时气候温暖潮湿,降水量比较多,湖泊开始形成。

(2)第2阶段(90.1~35万年):灌丛草原环境

本阶段气候变得干冷,盆地中木本植物更加少见,喜暖乔木完全退出该地的植物群落。由于受干冷气候的影响,草本植物也不茂盛,但本阶段有2个比较好的温暖期,桦(*Betula*)属数量有所上升。主要孢粉类型有鹅耳枥(*Carpinus*)、禾本科(*Gramineae*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、菊科(*Compositae*)、蒿属(*Artemisia*)、莎草科(*Cyperaceae*)等,其次有松(*Pinux*)、云杉(*Picea*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、麻黄

(*Ephedra*)、真蕨纲(*Filicale*)、十字花科(*Cruciferae*)、榆(*Ulmus*)、桦(*Betula*)、蔷薇科(*Rosaceae*)、蹄盖蕨(*Athyrium*)等。本带可分为4个亚带。Ⅱ₁亚带松(*Pinux*)、桦(*Betula*)、云杉(*Picea*)逐渐减少,胡桃(*Juglans*)、榆(*Ulmus*)、栎(*Quercus*)变化不大,气候相对温暖;中部Ⅱ₂亚带松(*Pinux*)、云杉(*Picea*)保持了相对低的水平,桦(*Betula*)断续出现,同时也可见真蕨纲(*Filicale*)等蕨类植物,气候进一步趋于温暖湿润;Ⅱ₃亚带云杉(*Picea*)、松(*Pinux*)等增加,蕨类植物减少,气候变得温暖湿润。Ⅱ₄亚带蕨类植物数量增加,喜温的木本植物桦(*Betula*)属出现,气温又有所上升。本阶段总体气候干冷,但同时出现了几次温暖期,湖泊在气候波动变化中形成、扩大。

(3)第3阶段(35~2.8万年):草甸草原环境

本阶段总体上表现为草甸草原气候环境,气候逐渐变得寒冷,但同时又比较湿润,降雨量增加。本带又可分为3个亚阶段。Ⅲ₁亚带木本植物孢粉松(*Pinux*)、桦(*Betula*)、云杉(*Picea*)有所上升,草本植物孢粉减少,蕨类植物孢粉也很少见,气温偏凉。Ⅲ₂亚带木本植物孢粉中松(*Pinux*)、云杉(*Picea*)开始上升,同时蕨类植物如狐尾藻也断续出现。气候趋于温暖湿润。Ⅲ₃亚带木本和蕨类孢粉含量大幅度上升,木本中的云杉(*Picea*)、松(*Pinux*)等达到整个黄河源剖面的最大值,气候变得冷湿。

(4)第4阶段(2.8~0.8万年):荒漠草原环境

随着干冷气候期的到来,喜暖乔木从植物孢粉中消失,黄河源盆地几乎全部被蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、禾本科(*Gramineae*)等草原植被所统治。这一阶段可以分为2个时期:初期气候干冷,植被以稀疏的耐旱草本和小灌木为主;晚期气候干旱,以蒿属、藜科、禾本科为主的荒漠草原植被为主。

致谢:野外和室内工作中得到中国地质科学院地质力学研究所马天林、孙立蓓研究员,张瑞丰教授级高级工程师,郭初笋工程师的指导和帮助;孢粉鉴定由中国地质科学院水文地质环境地质研究所童国榜研究员完成。在此一并表示感谢。

参考文献

- [1]萧家仪,吴玉书,郑绵平.西藏扎布耶盐湖晚第四纪孢粉植物群的初步研究[J].微体古生物学报,1996,13(4):395-399.
- [2]唐领余,沈才明,廖淦标,等.末次盛冰期以来西藏东南部的气候变

- 化——西藏东南部的花粉记录[J].中国科学(D),2004,34(5):436-442.
- [3]Campo V,Gasse F.Pollen-and Diatom-Inferred Climatic and Hydrological Changes in Sumxi Co Basin (Western Tibet) since 13000yr B P[J].Quaternary Research,1993,39(3):300-313.
- [4]沈才明,唐领余,王苏民,等.若尔盖盆地 RM 孔孢粉记录及其年代序列[J].科学通报,2005,50(3):246-254.
- [5]刘光秀,沈永平,张平中.青藏高原若尔盖地区 RH 孔 800-150ka BP 的孢粉记录及古气候意义[J].沉积学报,1994,12(4):101-109.
- [6]沈才明,唐领余,王苏民.若尔盖地区 25 万年以来的植被与气候[J].微体古生物学报,1996,13(4):373-385.
- [7]薛滨,王苏民,吴艳宏,等.若尔盖盆地 RM 孔揭示的过去 14 万年前古环境[J].湖泊科学,1999,11(3):206-212.
- [8]吴玉书,肖家仪.西藏扎布耶湖地区三万年以来的花粉记录[J].海洋地质与第四纪地质,1996,16(3):115-121.
- [9]孙湘君,杜乃秋,陈因硕,等.西藏色林错湖泊沉积物的花粉分析[J].植物学报,1993,35(12):943-950.
- [10]黄翡.西藏佩枯错 13000 -5000aB.P.植被与环境[J].古生物学报,2000,39(3):441-448.
- [11]朱大岗,赵希涛,孟宪刚,等.西藏纳木错扎弄淌剖面 10000 年以来的沉积间断和环境变化记录[J].地质力学学报,2003,9(4):355-362.
- [12]刘爱民,喻建新,贺永忠,等.藏北申扎羊湖河谷 140kaB.P.以来古环境的初步研究[J].第四纪研究,2003,23(1):84-91.
- [13]康安,朱筱敏,韩德馨,等.柴达木盆地第四纪孢粉组合及古气候波动[J].地质通报,2003,22(1):12-15.
- [14]韩建恩,余佳,孟庆伟,等.西藏阿里札达盆地香孜剖面孢粉分析[J].地质力学学报,2005,11(4):320-327.
- [15]吕荣平,罗鹏,韩建恩,等.西藏札达盆地托林剖面组合特征及其古气候意义[J].地质通报,2006,25(12):1475-1480.
- [16]朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,等.西藏阿里札达盆地早更新世早期沉积及其古气候与古环境变化[J].中国地质,2006,33(6):1276-1284.
- [17]余佳,罗鹏,韩建恩,等.西藏札达盆地古格剖面孢粉记录及其反映的古环境信息[J].中国地质,2007,34(1):55-60.
- [18]朱大岗,孟宪刚,邵兆刚,等.青海扎陵湖和鄂陵湖盆地第四纪河湖相地层研究[J].中国地质,2009,36(6):1218-1232.
- [19]E L-Moslinmany A P. Ecological significance of common nonar-boreal pollen: examples from dryhnd of the Middle East[J].Review of Palaeobotany and Palynology,1990,64(1/4): 343-350.
- [20]翁成郁,孙湘君,陈因硕.西昆仑地区表土花粉组合特征及其与植被的数量关系[J].植物学报,1993,35(1):69-79.
- [21]杨振京,徐建明.孢粉-植被-气候研究进展[J].植物生态学报,2002,26:73-81.