

文章编号: 1009-3850(2003)02-0043-05

祁连山西段第四纪环境变迁研究

李麒麟, 王小伟

(甘肃地勘局 第三地质矿产勘查院, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 祁连山西段地处青藏高原西北缘, 自更新世以来的环境变迁是青藏高原隆升过程的环境响应。笔者根据对 CaCO_3 、古地磁、孢粉等资料的分析, 初步划分了 12 个寒冷期和 12 个温暖期, 并根据气候变迁的研究, 认为青藏高原隆升至少有三次加速时期。

关键词: 第四纪; 环境变迁; 祁连山西段; 甘肃

中图分类号: X141 文献标识码: A

祁连山西段地处青藏高原西北缘, 其更新世以来的沉积是青藏高原隆升并向北推挤的影响下形成的, 因此研究祁连山西段第四纪以来的环境变迁对认识青藏高原隆升及响应具有十分重要的意义。

1 构造背景与第四纪地层

祁连山西段由祁连山北缘大断裂分为走廊过渡带和祁连山褶皱带, 西以阿尔金断裂为界。祁连山

褶皱带由北祁连造山带、中祁连地块、南祁连山造山带组成, 其内有小型的山间盆地, 沉积了不完整的第四纪地层。走廊过渡带由酒东和酒西前陆盆地组成, 盆地内沉积了完整的第四纪地层, 研究区第四纪地层除早更新世已命名为玉门组砾岩外, 其余根据沉积的先后顺序、分布的地貌位置、成因类型、胶结程度和接触关系进行了划分(表 1)。

表 1 第四纪地层表

Table 1 Division of the Quaternary strata

| 时代 | 代号 | 成因类型 | 岩性 | 厚度/m | 分布地貌位置 |
|------|--------------|-------|-----------------------|----------|--------------|
| 全新世 | Qh^{col} | 风积沉积 | 松散细粉砂 | < 10 | 山前和低山丘陵区 |
| | Qh^{al} | 冲积沉积 | 松散砂砾石 | 10~15 | 河漫滩和河谷 |
| | Qh^{fl} | 洪积沉积 | 松散砂砾石 | < 10 | 山区沟谷和山前倾斜平原 |
| | Qh^{pl} | 冲洪积沉积 | 砂、砾石、含砾砂土 | 2~5 | 山区沟谷和各大河流上游 |
| | Qh^{dl} | 残积沉积 | 砾石、含砂砾石 | 5~10 | 低山丘陵和雪线以下的山坡 |
| | Qh^{gl} | 冰水沉积 | 砂、亚砂土夹砂砾透镜 | < 5 | 山区平滩和沟谷区 |
| 晚更新世 | Qp^{3col} | 风积 | 土黄色亚砂土、砂土 | 5~15 | 山间盆地 |
| | Qp^{3pl} | 洪积 | 青灰色砂、碎石 | < 50 | 山前倾斜平原的广阔戈壁滩 |
| | Qp^{3gl} | 冰川沉积 | 含砾亚砂土 | 10~30 | 雪山区沟谷高阶地 |
| 中更新世 | Qp^{2pl} | 洪积 | 半胶结砂砾石夹透镜状砂层 | 50~30 | 高洪积台地 |
| | Qp^{2pl} | 冲积 | 半胶结砂砾石 | 50~60 | 河流阶地 |
| | Qp^{2gl} | 冰水沉积 | 半胶结含泥砂砾石 | 50~70 | 冰川阶地 |
| | Qp^{2pl-d} | 洪积残积 | 半胶结碎石、砂砾石 | 50~10m | 山麓根部 |
| 早更新世 | Qy | 玉门组 | 灰色、褐灰色厚层状砾岩夹砂砾岩夹透镜状砂岩 | 200~600m | 祁连山北麓山前平原 |

收稿日期: 2002-09-12

2 第四纪气候期划分

第四纪以来,本区在青藏高原强烈隆升机制的影响下,古地理环境及其变迁演化过程是漫长和复杂的。笔者主要依据区内的冰期、第四纪地层特征,结合在酒泉黄泥堡乡进行的第四纪研究钻孔中的孢粉分析成果^[1](表2)、岩石风化系数^[1](表3)、Ca-CO₃含量^[1](表4)、古地磁、热释光、¹⁴C年代测定,建立了12个寒冷期和12个温暖期(表5)。

3 第四纪环境变迁

1. 更新世时期

早更新世早期,本区第一次寒冷期(1.28~2.25Ma)到来,山区气温普遍下降,在祁连山区形成大规模冰川^[2]。本期寒冷期持续时间长,从而在祁连山北麓沉积了大规模的冰碛物即玉门组,盆地内形成砂土、亚粘土与卵石互层的冰水沉积物,此时植被不发育,地层中孢粉很少或不含孢粉,木本植物有

表2 孢粉分析成果表
Table 2 Sporopollen analyses

| 时 代 | 古地磁年龄/ Ma | 植 物 种 属 | 植物特征 | 气候特征 |
|------|-----------|---|-------|---------|
| 全新世 | 0.011 | 孢粉较多,木本花粉占17.8%,主要有松属、云杉属、桦属、柳属。草本植物花粉占66.5%,主要有藜科、蒿属、麻黄属、白刺属、菊科、唇形科、毛茛科。孢子占15.7%,主要有卷柏科、中华卷柏科、水龙骨科 | 森林草原型 | 冷热频繁交替期 |
| 晚更新世 | 0.027 | 孢粉较多,木本花粉占11.8%,主要有云杉、松、桑、木樨。草本花粉占80.02%,主要有麻黄、蒿、禾本科、十字花科、茄科、香蒲。孢子占8%,主要为水龙骨科 | 森林草原型 | 冷热频繁交替期 |
| | 0.06 | 孢粉很少,几乎不含。局部地段含少量草本植物,如麻草、蒿等 | 荒漠型 | 干旱寒冷多风期 |
| | 0.15 | 孢粉含量较多,木本花粉占2.4%,主要有桦、柳、松。草本花粉占97.6%。主要有蒿、藜、亚科、蔷薇科、荨麻科、旋花科、白刺属、麻黄、菊、木本科、蓼属、唇形科、石竹科 | 森林草原型 | 温暖湿润期 |
| | 0.24 | 孢粉很少,几乎不含。局部地段含少量松属、蒿和藜 | 荒漠型 | 干冷多风期 |
| 中更新世 | 0.36 | 孢粉种属较多,木本花粉占17.8%,主要为松、栎、椴、榛、桦。草本花粉占82.2%,主要有蒿、藜、禾本科、香蒲、茄科、含羞草、小二仙草、十字花、莎草、麻草等 | 森林草原型 | 温暖偏湿期 |
| | 1.05 | 孢粉贫乏,地层中多数不含孢粉,局部地段含松、蒿和藜。 | 荒漠型 | 干旱寒冷多风期 |
| 早更新世 | 1.28 | 孢粉较多,木本花粉占40.6%,主要有松、漆、榆、枫香等。草本花粉占43.8%,主要有藜、蒿、禾本科、菊、石竹、蓼、胡秃子等。孢子占15.6%,主要有水龙骨科、石松、真蕨纲等 | 森林草原型 | 温暖偏湿期 |
| | 2.25 | 孢粉含量较少,局部地段含松、蒿、藜、禾本科、菊科 | 森林草原型 | 干旱寒冷多风期 |

表 3 岩石风化系数表

Table 3 The weathering coefficients for the rocks

| 时 代 | 最 高 | 最 低 | 平 均 | 古 气 候 |
|------|-----|-----|------|----------|
| 全新世 | 2.2 | 1.5 | 1.7 | 冷暖频繁交替变化 |
| 晚更新世 | 1.9 | 0.8 | 1.06 | 干冷多风 |
| 中更新世 | 2.4 | 0.4 | 1.19 | 温暖湿润 |
| | 1.5 | 0.5 | 0.88 | 干旱寒冷多风期 |
| 早更新世 | 1.4 | 0.5 | 0.82 | |
| | 2.2 | 0.6 | 1.07 | 温暖偏湿期 |

表 4 CaCO₃ 含量 (w_B %) 表Table 4 CaCO₃ contents (in w_B %)

| 时 代 | 最 高 | 最 低 | 平 均 | 古 气 候 |
|------|------|-----|------|----------|
| 全新世 | 14 | 9.5 | 11.8 | 冷热频繁交替变化 |
| 晚更新世 | 16 | 8.5 | 13.9 | 冷热交替变化 |
| 中更新世 | 19 | 6 | 12.7 | 温暖湿润 |
| | 15.5 | 11 | 12.9 | 干旱寒冷 |
| 早更新世 | 28 | 11 | 16.5 | 干冷偏湿 |
| | 38.5 | 10 | 21 | 温暖湿润 |

表 5 气候期划分表

Table 5 Division of the climatic phases

| 时 代 | | 古地磁 ¹⁴ C 热释光年龄/M a | 持续时间 | 气候特征 | |
|--------------|-------------|-------------------------------|-----------|----------|---------|
| 全 新 世 | 晚 | 0.0000~0.00015 | 0.00015 | 现代温暖期 | |
| | | 0.00015~0.0006 | 0.0045 | 明清干冷期 | |
| | | 0.0006~0.00075 | 0.00015 | 元代温暖期 | |
| | | 0.00075~0.001 | 0.00025 | 宋代干冷期 | |
| | | 0.001~0.0015 | 0.0001 | 隋唐暖湿期 | |
| | | 0.0015~0.002 | 0.0005 | 汉晋南北朝干冷期 | |
| | | 0.0002~0.00295 | 0.00005 | 周秦汉暖湿期 | |
| | 中 | 0.00295~0.0032 | 0.00153 | 周初干寒期 | |
| | | 0.0032~0.0034 | 0.0002 | 殷虚暖湿期 | |
| | | 0.0034~0.0045 | 0.0011 | 夏商干冷期 | |
| 0.0045~0.005 | | 0.0005 | 仰韶时期暖湿期 | | |
| 早 | 0.005~0.007 | 0.002 | 干冷期 | | |
| | 0.007~0.01 | 0.003 | 温暖期 | | |
| | 0.01~0.012 | 0.002 | 干冷期 | | |
| 更 新 世 | 晚 | 0.012~0.016 | 0.004 | 温暖湿润期 | |
| | | 0.016~0.02 | 0.004 | 干冷期 | |
| | | 0.02~0.027 | 0.007 | 温暖湿润期 | |
| | | 0.027~0.06 | 0.033 | 干旱寒冷多风期 | |
| | | 0.06~0.15 | 0.09 | 温暖温暖期 | |
| | 中 | 0.15~0.24 | 0.09 | 干冷多风期 | |
| | | 0.24~0.36 | 0.12 | 温暖偏湿期 | |
| | | 早 | 0.36~1.05 | 0.69 | 干旱寒冷多风期 |
| | | | 1.05~1.28 | 0.23 | 温暖偏湿期 |
| | | | 1.28~2.25 | 1.03 | 干旱寒冷多风期 |

少量喜阴凉的暗针叶植物松属,草本植物有少量而干旱的蒿、藜、禾本科和菊科。气候干旱多风。

早更新世中期(1.28~1.05Ma),气候逐渐变暖,冰川后退流出,祁连山的河流流量增加,酒泉盆地中沉积范围扩大,沉积物为湖积的砂、亚砂组成,同时植被发育,主要有喜阴凉的暗针叶松物松属和喜温暖的阔叶植物漆属、桦属、榆属和喜湿热的第三纪遗植物枫香等,草本植被主要有耐旱的蒿、藜、禾本科、菊石竹、蓼。反映为气候温暖湿润的森林草原景观^[3]。

早更新世晚期至中更新世早期(1.05~0.36Ma),气候逐渐变冷随之第二次寒冷期到来,青藏高原大冰盖形成,祁连山内堆积大量的冰碛物即 Q_p^{2gl} 冰期物,冰碛物由于受后期构造和沉积物的破坏现只在最高一级冰碛台地零星分布,沉积物为含泥较高的砂砾石层,此时植被不发育。根据区域资料,黄泥堡钻孔岩性、古地磁、热释光等研究大概在0.94Ma与0.555Ma之间,酒泉盆地基底断块复活,形成区域性抬升,酒泉市北的夹山上升,酒泉盆地和金塔盆地分开,文殊山的上升和嘉峪关断层的复活,使酒泉盆地分为东西两个盆地,这期间虽已形成疏勒河、北大河、洪水坝河,但往往被袭夺改道或绕道而流。本区风蚀和风力搬运作用加强,从而在酒泉盆地内沉积了风积物。反映气候为干寒多风,呈荒漠、岩漠、沙漠景观。

2. 中更新世时期

早更新世晚期和中更新世早中期(1.05~0.36Ma)第二期寒冷期之后,中更新世中晚期(0.36~0.24Ma)第二次温暖期到来,祁连山冰川退缩,侵蚀和剥蚀作用加强,酒泉盆地湖泊范围扩大,同时在祁连山山前形成大面积的冲洪积扇的砂砾石沉积。湖盆内沉积大面积的亚粘土和亚砂土。由于气候变暖,本区出现了大量的亚热带植物群落,木本植物有喜阴凉的暗针叶植物松属、云杉属、冷杉属和喜温暖湿热的阔叶植物栎、椴、榛、桦、杉、榆等。草本植物主要有耐旱的蒿、藜、禾本科、茄科、含羞草、麻黄、十字花科和喜水的香蒲、莎草等。全区呈针阔叶混交森林草原景观。湖盆内繁衍出大量喜湿热的河湖相介形虫。说明当时酒泉盆地自然环境甚佳。

中更新世晚期和晚更新世早期(0.24~0.15Ma),气候转向干旱寒冷。形成第三次寒冷期,即 Q_p^{3gl} 冰期物,但不如前两期寒冷,祁连山冰川后退至较高山地,冰碛物分布海拔3400~3950m之间,规模较小^[4]。酒泉盆地内中更新冲洪积砂砾卵石

呈面状沉积,上更新统冲洪积砂砾卵石在河流两岸呈带状分布。植被由于寒冷干旱不发育,全区呈现荒漠景观。

3. 晚更新世时期

晚更新世早期第三次寒冷期持续时间不长,进入中期第三次温暖期(0.15~0.06Ma)。伴随降雨和冰雪融化,祁连山区北大河、疏勒河等各大河流迳流增加,侵蚀和剥蚀作用加强,河谷深切,出山口后在祁连山北麓前缘形成数级堆积阶地。由于气候变暖植被茂盛,木本植物主要有松属、桦属和柳属;草本植物以耐旱的蒿、藜、豆科、蔷薇、荨麻、旋花、麻黄、菊科、禾本科等为主,反映为森林草原景观。

第三次温暖期持续时间不长,进入第四次寒冷期(0.06~0.27Ma),在区内规模较小,祁连山区已无本期冰期的古冰川遗迹可寻^[3]。在酒泉盆地中由于寒冷干旱沙漠区扩展,木本植物少见,草本植物只有少量耐旱的蒿、藜和麻黄。

晚更新世晚期(0.027~0.012Ma),气候冷热频繁交替,以温暖、湿润为主。山区雪线上升,雪水增多,酒泉湖盆范围扩大,植被有了较大发展。木本植物主要有云杉、松、桑、木樨、桦、柳、榆等,草本植物有蒿、藜、麻黄、禾本科、十字花科、茄科。

4. 全新世时期

全新世早期,大约在12000~10000a之间气候曾一度转冷。祁连山冰川下移,冰斗分布在4300m地区,冰碛物分布在4000~4150m之间,本期小冰期持续时间不长。大约在10000~7000a之间转暖,山区冰川后退,空气也变湿润,形成全新世第一次温暖期,酒泉盆地内第四纪沉积范围达到最大。

中全新世中早期,大约为7000~5000a,本区进入全新世第二次水冰期。该期气温下降,降水减少,气候又转干旱,但本次寒冷期持续时间不长,对古地理环境影响较小。之后,气候由冷转暖,并成为第四纪最温暖、最湿润时期,由于祁连山冰雪大量融化,冰川退至4300~4500m山头之上,加之大气降水量增加,酒泉盆地湖泊范围扩大至明海、莲花寺、前滩、黄泥堡等地,这时期在玉门火烧沟一带出现了人类活动。约4500~3400a本区转为干冷期,出现全新世的第二次小冰期,酒泉盆地沉积范围缩水,山区冰川发育,时代为夏、商代。约3400~3000a的殷虚时期气候又逐渐变暖,约3200~2950a的周朝初期气候又逐渐变得干冷。

晚全新世,据人类文字记载,气候有7次较大的波动,约2950~2000a周秦汉时期气候逐渐变暖,雨

水充沛,随之形成汉武帝移民屯田河西,2000~1500a的汉晋南北朝时期平均气温下降 $2.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$,低于现今 $1.5\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ 。1500~1000a隋唐时期,平均气温高于现今约 $2\sim 2.5^{\circ}\text{C}$,该时期雪水和大气降水增多,出现水草盛美的景象。1000~750a的宋代时期本区又一次出现干冷期。平均气温低于现代 1.5°C 左右。750~600a的元代气候变暖,成为暖期。约600~150a的明清气候又一次变冷成为寒冷期,平均气温比现今低 $1.7\sim 5.0^{\circ}\text{C}$,在这次长达500年左右的低温期内也有冷暖起伏,风、冻、水旱灾害不断发生。

3 气候变迁与青藏高原隆升关系讨论

本区位于青藏高原北缘,沉积活动受控于青藏高原的隆升,尤其在高原隆升中,接受沉积的酒泉盆地则完整的记录了高原隆升过程,笔者依据上述气候变迁古地磁、古孢粉、 CaCO_3 等资料综合分析,认为青藏高原至少有三次隆升加速时期^[6,7]。

早更新早期高原隆升期(2.0~1.28Ma),该期是青藏高原自成为成熟高原以来的首次快速隆升期,持续时间长,由于快速隆升,自处此北缘的祁连山环境剧烈变化,首次出现大面积的冰川活动。同时青藏高原则形成大冰盖雏形。

中更新世早期—早更新世晚期(1.05~0.36Ma):高原第二次快速隆升期,由于持续时间长青藏高原大冰盖完全形成,同时祁连山的冰川规模达到最大,由于高原隆升,阻挡了东南亚季风北进,

而逐渐形成季风环流,从而在河西走廊盛行西北风,致使本区成为干旱寒冷多风亚带^[8,9]。

晚更新世—全新世高原隆升期(0.16Ma—现今),本次隆升期对环境的影响非常明显,环境的组合面貌发生了根本性的变化,以冷干与暖湿的气候组合为基本特征。

参考文献:

- [1] 曹兴山. 甘肃第四系古地理环境[J]. 甘肃地质学报, 1996, 5(2): 40—55.
- [2] 潘保田, 李吉均, 朱俊杰, 等. 青藏高原: 全球气候变化的驱动力与放大器[J]. 兰州大学学报, 1995, 31(4): 160—167.
- [3] 李吉均, 方小敏, 马玉贞. 中国西部中新世草原/干旱气候大发展的沉积学、地球化学和孢粉学研究[A]. 陈毓川, 等. 第30届国际地质大会论文集: 第四纪地质(第21卷)[C]. 北京: 地质出版社, 1999. 29—37.
- [4] 潘保田, 李吉均. 青藏高原: 全球气候变化的驱动力与放大器[J]. 兰州大学学报, 1996, 32(1): 108—115.
- [5] 施雅风. 第四纪中期青藏高原冰冻圈的演化与全球变化的联系[J]. 冰川冻土, 1998, 20(3): 197—208.
- [6] 刘东生, 等. 第四纪环境[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 193—196.
- [7] 刘东生, 张新时, 袁宝印. 青藏高原形成演化的环境效应[A]. 孙鸿烈, 郑度, 等. 青藏高原形成演化与发展[C]. 广州: 广东科学技术出版社, 1998. 190—202.
- [8] 赵志军, 方小敏, 李吉均. 祁连山北缘酒泉盆地晚新生代磁性地层[J]. 中国科学(D辑), 2001, 31(增刊): 195—200.
- [9] 赵志军, 方小敏, 李吉均, 等. 酒泉砾石层的古地磁年代与青藏高原隆升[J]. 科学通报, 2001, 46(14): 1208—1212.

Quaternary environmental changes in western Qilian Mountains, Gansu

LI Qi-lin, WANG Xiao-wei

(Gansu Bureau of Geology and Mineral Resources, Lanzhou 730050, Gansu, China)

Abstract: The western segment of the Qilian Mountains is situated on the northwestern margin of the Qinghai-Xizang Plateau. The environmental changes since the Pleistocene represent the environmental responses to the uplift of the Plateau. In the light of CaCO_3 contents, paleomagnetic and sporopollen data, twelve climatic stages of cold and warm have been established, respectively for the study area. In addition, at least three phases of the accelerated uplifting of the Plateau are recognized: the early Early Pleistocene, early Middle Pleistocene-late Early Pleistocene and Late Pleistocene-Holocene.

Key words: Quaternary; environmental change; western Qilian Mountains; Gansu