

昆仑山口羌塘组磁性地层与新构造运动

钱 方

(中国地质科学院地质力学研究所)

张金起

(中国地质科学院天津地质矿产研究所)

摘 要 格尔木昆仑山口羌塘组厚 596m,磁性地层年代为 2.90—0.65MaBP,不整合在羌塘组上的望昆冰碛层年龄约为 0.65—0.6MaBP,其下惊仙冰期年龄约为 3.0MaBP 羌塘组中新发现的三趾马化石年龄为 2.08MaBP,三趾马生存高度为海拔 1000—2000m,古纬度为 32.56°,计算出东昆仑地区第四纪以来上升速率为 2.3—3.1mm/a,向北水平移动速率 143mm/a,西大滩左行走滑断层滑动速率为 10mm/a

关键词 羌塘组 三趾马 新构造运动

格尔木昆仑山口(图 1)海拔 4771m,两侧分布一套超过 596m 厚的早更新世河湖相地层,被命名为羌塘组(唐领余等,1976;吴锡浩等,1982;钱方等,1982) 羌塘组受构造变形,大部分倾向 SW,倾角 5°—20°,层内见有断层,并已抬升到海拔 5000m 以上,成为现今长江和格尔木河的分水岭。

1 羌塘组地层特征

根据最新资料,羌塘组厚 596m,为河湖相,自下而上可分六段,含孢粉和介形类化石(吴锡浩等,1982;钱方等,1982;刘兰锁,1982;孔昭宸等,1982;庞其清,1982),并发现三趾马化石。

第一段:为灰色、灰白色、灰黑色和浅棕色粘土和亚粘土层,夹砂层和碎屑层。砂层中发育交错层理,有水生草本植物和螺化石。孢粉组合以藜科(*Chenopodiaceae*)为主,麻黄(*Ephedra*)次之,还有园柏(*Sabina*)、松属(*Pinus*)、云杉(*Picea*)、栎属(*Quercus*)、桦科(*Betulaceae*)的花粉,个别还有楝科(*Meliaceae*)、山毛榉属(*Fagus*)和木犀科(*Oleaceae*)等。介形类化石在中部有疏忽玻璃介(*Candona neglecta sars*)、奇异小玻璃介(*Candoniella mirabilis*)、奇异白花介(*Leucocythere mirabilis*)、共和白花介(*L. gongheensis*)、背瘤白花介(*L. dorsotuberosa*)等;厚约 90m

第二段:黄色、灰黄色砂砾层和砂层,及青灰色、灰褐色粘土和亚粘土互层,有草本水生植物和螺化石。孢粉组合以园柏为主,还有白刺(*Nitraria*)、柽柳(*Tamarit*)、藜科、麻黄、蒿(*Artemisia*)及个别松属、云杉等花粉。介形类有奇异小玻璃介、凸出玻璃介(*Candona Convexa*)、布氏土星介(*Ilyocypris bradyz*)、疑湖花介(*Limnocythere dubiosa*)、意外湖花介(*L. ct. inopinata*)、奇异白花介、共和白花介等;厚 100m

第三段:灰色粘土、亚粘土和灰黄色砂层夹小砾石层。粘土、亚粘土层中常见微层理,韵律

: 国家计委专项资助及三十届国际地质大会资助项目。 本文作者曾参加中、法东昆仑联合考察队。

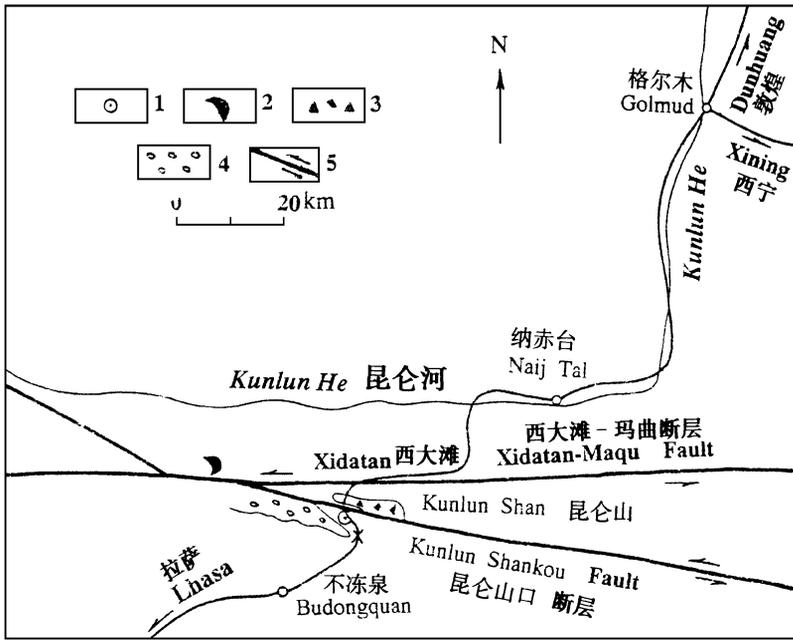


图 1 昆仑山口示意图

Fig. 1 Sketch map on the Kunlun Mountains - Pass

1. 三趾马出土处; 2. 辉石岩; 3. 惊仙冰碛层; 4. 望昆冰碛层; 5. 断层

清晰。孢粉组合以桦属 (*Betula*) 和榛属 (*Corylus*) 占优势, 还有云杉、冷杉 (*Abies*) 及个别的鹅耳枥属 (*Carpinus*), 还发现有盘星藻 (*Pediastrum*)。介形类化石丰富, 有 10 属 36 种。主要有奇异小玻璃介、亮球星介 (*Cydocypri serena*)、隆起土星介 (*Ilyocypris gibba*)、独山土星介 (*I. dunschansensis*)、清晰土星介 (*I. evidens*)、双瘤湖花介 (*Limnocythere binoda*)、意外湖花介、背瘤白花介及大量白花介未定种。在本层下部发现三趾马 (*Hipparion sp*) 化石。本层厚约 32m

第四段: 灰黑色亚粘土和灰白色砂层互层, 向上渐变为黄色碎屑层夹砂层或亚粘土层, 底部见有冻胀褶曲。孢粉以藜科和菊科 (*Compositae*) 为主, 并出现苔藓。介形类化石减少, 主要有玻璃介 (*Candona sp*)、奇异小玻璃介、真星介 (*Eucypris sp*)、布氏土星介、湖花介和白花介等。本层厚约 165m

第五段: 以黄色砂砾和棕褐色岩屑为主, 夹砂层和亚粘土层, 交错层发育。层内见有小褶曲和小断裂, 未发现孢粉, 介形类化石也极少, 且品种单调, 仅有 4 属 6 种。即光滑白花介 (*Leucomythere mirabilis*)、双瘤湖花介、真星介等。本层厚 77m

第六段: 下部为棕红色砂砾层, 向上为灰棕色、棕黄色亚粘土夹砂砾层。孢粉以藜科、菊科和麻黄属为主, 夹数层含水生草本植物化石。介形类化石仅见少量光滑白花介和白花介未定种。厚约 132m

在羌塘组第六段上部, 不整合覆盖中更新世望昆冰期冰积物; 羌塘组第一段底部则与惊仙冰期冰水沉积砂砾层渐变过渡

2 羌塘组磁性地层年代

自 1975 1977和 1983的三年中,钱方、马醒华等曾对昆仑山羌塘组第一段、第二段、第三段和第四段下部地层进行磁性地层研究,并将作出的极性序列与极性年表中的松山负极性世下部和高斯世的上部对比,判定距今约 253—170 万年。1993至 1994年,笔者和伍永秋、严竟浮等人,在羌塘组第四段上部和五、六段剖面连续布置古地磁样点 57个,采样 82块,除部分样品因松散不能测定外,共测出 40个古地磁样数据;还在含三趾马化石的第三段和第四段下部层位,补采 26个古地磁样点 93块标本,在第一段下部布置 10个样点,采样 24块。样品经系统热退磁(少部分为旋转退磁),测出各试样的磁偏角和磁倾角,作相应的古地磁极性图,与钱方 1982年发表的剖面相接。其中第三和第四段下部结果与 1982年的一致,本文将补测的其余各段结果反映在图 2中。图中可以看出,羌塘组第六段距今约为 0.65—0.73Ma,第五段距今约 0.73—1.21Ma,第四段距今约 1.21—2.01Ma,第三段距今约 2.01—2.09Ma,第二段距今约 2.09—2.48Ma,第一段距今约 2.48—2.90Ma。整个羌塘组磁性剖面从高斯世的凯纳事件后开始至布容世早期结束,总共经历约 2.25Ma。

含三趾马化石层位为羌塘组第三段下部,其上、下两次正极性事件可以和松山世的留尼旺事件 I 和 II 对比。这样,三趾马的年代应介于这两个事件的上、下年限之间,在极性年表上为距今 2.04—2.12Ma 之间,所以三趾马化石年代为距今 2.08±0.04Ma。

不整合在羌塘组上的望昆冰期冰碛层的年代,可能为 0.65—0.60MaBP;在羌塘组下面的惊仙冰期的冰水层的时代大於 2.90MaBP,惊仙冰期约为 3.00MaBP。昆仑山地区自 3.00—0.60MaBP 之间无大冰盖存在。

3 三趾马化石的发现及其古生态环境

1993年 8月 2日,我们在昆仑山垭口西侧,观察羌塘组剖面 and 采集古地磁样时,在羌塘组第三段下部地层的高约 10余米的一个残丘里,发现一段大型哺乳动物骨化石。该化石出露于海拔约 4780m 处,大部分埋藏于湖相地层中,为一段长约 15cm 的掌骨(已破碎为两节),同时还找到一些碎骨片。野外推测它可能是马的掌骨,后经中国科学院古脊椎动物与古人类研究所宗冠福副研究员鉴定为三趾马 *Hipparion sp* 的掌()骨一段。

昆仑山口三趾马的生态环境主要依据含三趾马化石层的孢粉和介形类的生态环境来分析的。刘兰锁(1982)、孔昭宸等(1981)在昆仑山口羌塘组含三趾马化石上部层位的湖相沉积物中,曾找到比较丰富的孢粉,其中乔本植物孢粉高达 75.8%,草本植物花粉占 12.7%,蕨类植物占 6.5%。乔本植物以桦属和榛属占绝对优势,其次为云杉、冷杉、胡桃属(*Juglans*)、鹅耳枥属、栎属、松、榆等;草本植物以藜科为主,还有蓼属(*Polygonum*)、唐松草属(*Thalictrum*);蕨类有槲蕨属(*Drynaria*)和中国蕨科(*Sinopteridaceae*)。该层下面还发现个别水生的眼子菜(*Potamogetonaceae*)、香蒲(*Typhaceae*)、黑三棱(*Sparganium*)和莲(*Nelumbo*)等花粉及盘星藻。据孢粉资料推测,当时气候温暖,湖泊周围木本植被发育,且水温较暖,水面平静;盘星藻的出现,表明当时湖水深不过 15m。该层介形类化石也极丰富(其清,1982),有 10属 17种。它们是:隆起土星介、独山土星介、清晰土星介、疏忽玻璃介、凸出玻璃介、玻璃介未定种、奇异小玻璃介、纯净小玻璃介、亮球星介、小爬星介、小道盖介、瑞克坦尼克真星介、意外湖花介、双瘤

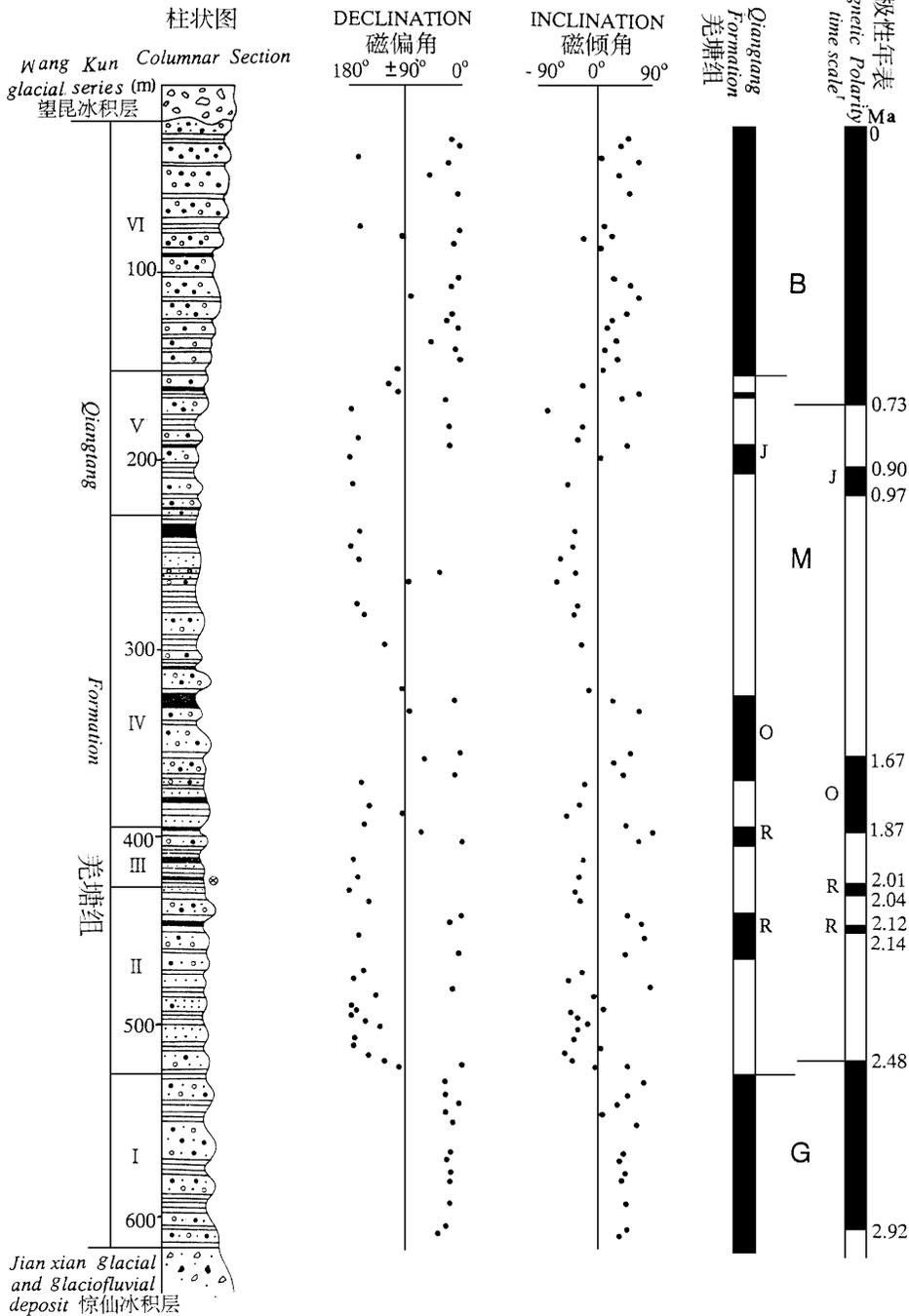


图 2 羌塘组磁性柱与标准年表对比

Fig. 2 A correlation between the Qiangtang Formation polarity sequence and the standard polarity scale

湖花介、奇异白花介、背瘤白花介、白花介未定种等。这一组合也反映当时气候温暖,且湖底水温不超过 17°C,水面开阔平静;湖水为淡至低盐类型,水流可向外泄。此外,还发现有螺、植物

化石及盘星藻类,更说明当时羌塘湖处于湖水平静,相对稳定的沉积阶段。根据湖相层下面的砂砾层中的交错层收敛方向指向 NNW,推测当时该处河流是由 SE 流向 NW 的。

通常认为三趾马是生活在海拔 1000-2000m 高度上的(计宏祥等,1981) 昆仑山口三趾马化石层位是在羌塘组第三段,上面还沉积了 165m 厚的第四段河湖相地层,说明当时羌塘组是一面沉降一面接受沉积的,而且羌塘组第四段沉积高度应该是在海拔 1000-2000m,而今羌塘组第四段最高达到海拔 4800m,显然,羌塘组第四段沉积以后,地面又被抬升了 2800-3800m。

4 昆仑山口 第四纪以来的运动学分析

4.1 抬升速率

如前所述,羌塘组时代距今 2.90-0.65Ma,其中第四段湖相沉积距今约 1.21Ma,沉积高度为海拔 1000-2000m,至今已抬升了 2800-3800m,抬升速率 X 是:

$$X = H/t \quad H - \text{抬升高度} \quad t - \text{抬升时间}$$

$$X = (4800\text{m} - 2000\text{m}) / 1.21 \text{ Ma} = 280 \times 10^4 \text{ mm} / 12 \times 10^4 \text{ a} = 2.3 \text{ mm/a}$$

$$X = (4800\text{m} - 1000\text{m}) / 1.21 \text{ Ma} = 380 \times 10^4 \text{ mm} / 12 \times 10^4 \text{ a} = 3.1 \text{ mm/a}$$

抬升速率 X 为 2.3-3.1mm/a

4.2 古纬度变化及速率

昆仑山垭口含三趾马化石层的羌塘组第三段产状为倾向 207°,倾角 13°。在该层的同一小层中采集了 10 块古地磁标本,将标本系统热退磁后,经分析选取在 350°C 热退磁后各试样的剩磁方向列于表 1。

表 1 热退磁后的剩磁方向

Table 1 Remanent geomagnetic direction after thermal demagnetization

标本号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
磁偏角	169.1	171.5	170.1	175.4	171.3	176.7	172.6	172.7	172.0	170.8	172.2
磁倾角	-37.0	-42.4	-46.4	-44.7	-42.8	-38.6	-39.2	-42.5	-44.6	-41.0	-41.9

将平均磁倾角和磁偏角经计算并按邢历生(1982)方法校正后,得出昆仑山垭口三趾马化石沉积时的古纬度(表 2)。邢历生对笔者等人在昆仑山口羌塘组中采集的古地磁样原始测量结果进行统计、计算和分析处理,得出昆仑山垭口在 2.40MaBP 时的古纬度是 32.56°N(表 2),这与我们计算出的古纬度(32.10°N)相当一致。

表 2 昆仑山口古纬度计算(单位:度)

Table 2 The calculation of palaeolatitude at the Kunlun Mountains-pass

资料依据	现今位置		平均剩磁方向		古纬度	校正后的磁偏角 古纬度		古地磁极		信任角 α	信任椭圆	
	纬度	经度	偏角	倾角		磁倾角	古纬度	纬度	经度		W_p	W_m
本文	35.69	94.03	172.22	-41.94	24.19	51.44	32.10	-76.59	126.27	2.05	1.55	2.52
邢历生(1982)	35.69	94.03	-4.57	42.43	24.57	51.93	32.56	85.09	325.76	11.48	10.73	15.69

昆仑山口现今纬度是 35.69°,古纬度为 32.10°,向北移动了 35.69°-32.10°=3.59°,也就是说昆仑山口向北推移了 110Km \times 3.59°=394.9Km,平均每年向北运动速率为:

$$V = \frac{S}{T} = \frac{394.9 \text{ Km}}{2.08 \text{ Ma}} = \frac{3949 \times 10^5 \text{ mm}}{20.8 \times 10^5 \text{ a}} = 189.9 \text{ mm/a}$$

如按邢历生测量结果计算向北运动速率为:

$$V = \frac{S}{T} = \frac{344.3 \text{ Km}}{2.40 \text{ Ma}} = \frac{3443 \times 10^5 \text{ mm}}{20.8 \times 10^5 \text{ a}} = 143 \text{ mm/a}$$

在用古地磁方法计算古纬度时,有些误差是不可避免的,但上述计算结果比较接近,可以看出,第四纪以来昆仑山口向北移动的总趋势是完全可信的。

4.3 东西向水平滑动及速率

昆仑山口第四纪以来不仅持续隆升且向北推移,而且还有 EW 向水平滑动。如昆仑山主脊北侧有一条 EW 向左旋滑动断层——西大滩断裂(库马、东大滩-西大滩(或东、西大滩)断裂)。1975年吴锡浩和笔者等人,在昆仑山口西,西大滩断裂北侧靠西端 30Km 处,发现本区唯一的辉石岩露头(吴锡浩等,1982),在昆仑山口羌塘组下部的惊仙冰期冰碛层中(该冰碛层在青藏公路东侧)至昆仑山主脊,海拔 5000 余米),见有大量辉石岩漂砾,占整个冰川漂砾的 5-10% 左右,显然,他们是来自西面的辉石岩体。W. S. F. Kidd 和 P. Molnar 1985 年在昆仑山口工作后,首先提出西大滩走滑断裂造成冰碛物错位于辉石岩母岩体 30Km 以外(W. S. F. Kidd 1990)。1993 年笔者又对该断裂进行观察,认为冰碛物主要是因走滑断裂造成错位,但据我们新的古地磁年代资料,该冰碛层年代为距今 3.00Ma 左右,而不是 W. S. F. Kidd 等人提出的 2.40Ma。根据 3.00Ma 以来西大滩走滑断层移动 30Km 的现象,可以计算出该断裂 EW 向左旋滑动速率为 10mm/a。这一结果和 W. S. F. Kidd 等计算出的 13mm/a 接近,也和任金卫等(1993)计算出该断层在全新世平均水平滑动速率为 10mm/a 的结果一致。

青藏高原为地球上的第三极,是一个独特的地质、地理单元,高原的隆起对高原本身、中国大陆及全球构造环境产生巨大影响。对青藏高原不同地点、不同地质年代三趾马的生态环境、海拔高度和古纬度的定量研究,不但可以较精确地计算出高原强烈隆升的时间、阶段及速率,同时也可以对上新世以来高原水平运动矢量的分析给出定量证据。通过对青藏高原及其周边的三趾马动物群的生活年代及生态环境的研究,为探讨青藏高原的隆升时间及其运动学分析,提供了重要线索和依据。

这项研究刚开始不久,不足之处是可以理解的。如昆仑山口古纬度向北推移的年平均值可能会偏大;青藏高原的吉隆、札达、聂聂雄拉、贵德等地三趾马动物群的生存年代及其古生态环境也急待进行定量研究。

野外和室内工作得到许志琴教授、崔之久教授、宗冠福副研究员及伍永秋、严竞浮等同志的帮助,笔者表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 唐领余等,青海昆仑山垭口盆地第四纪湖相沉积孢粉组合及其意义。中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所集刊(第一号),北京:科学出版社,1976,P106-117
- 2 吴锡浩等,东昆仑山第四纪冰川地质。青藏高原地质文集(4),北京:地质出版社,1982,P1-18
- 3 钱方等,羌塘组和曲果组磁性地层的研究。青藏高原地质文集(4),北京:地质出版社,1982,P121-130
- 4 刘兰锁,青藏公路沿线上新世—早更新世孢粉组合及其意义。青藏高原地质文集(4),北京:地质出版社,1982,P136-150
- 5 庞其清,青藏高原昆仑山口第四纪羌塘组介形虫化石的地质意义。青藏高原地质文集(4),北京:地质出版社,1982,

- 6 钱方等,青藏高原羌塘组的研究. 中国地理学会冰川冻土学术会议论文集(冰川学),北京:科学出版社,1982, P98-100
- 7 计宏祥等,西藏三趾马动物群的首次发现及其对高原隆起的意义. 见:青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题,北京:科学出版社,1981, p19-25
- 8 孔昭宸等,从昆仑山—唐古拉山晚第三纪、第四纪的孢粉组合讨论青藏高原的隆起. 见:青藏高原隆起的时代、幅度和形式问题,北京:科学出版社,1981, P78-89
- 9 邢历生,从古地磁学数据探讨中国第四纪构造运动的程式. 中国地质科学院地质力学研究所刊(2),北京:地质出版社,1982, p97-105
- 10 W. S. Kidd P. Molnar,拉萨至格尔木第四纪和现代活动断层. 青藏高原地质演化(1985年中国科学院—英国皇家学会青藏高原综合地质考察报告),北京:科学出版社,1990, P348-371
- 11 任金卫等,青藏高原北部库玛断裂东、西大滩段全新世地震形变带及其位移特征和水平滑动速率. 地震地质,1993, 15(3): P285-288

STUDY ON THE MAGNETIC STRATIGRAPHY OF THE QIANGTANG FORMATION AND THE NEOTECTONISM

Qian Fang

(Institute of Geomechanics, CAGS)

(Joint SinoFrench Investisation of E. Kunluns)

Zhang Jingqing

(Tiangjing Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS)

(Joint SinoFrench Investisation of E. Kunlun)

Abstract The Qiangtang Formation, at the pass of the Kunluns, 596m in thickness, having a magnetic stratigraphy age of about 2.90–0.65Ma B. P., is overlain unconformably by the morianes of the Wangkun Glacial stage about 0.65–0.60Ma B. P. and underlain by the outwash gravel of the Jingxian Glacial Stage about 3.00Ma B. P. in age. The *Hipparion sp* newly discovered in the Qiangtang Formation was determined to be of 2.08Ma age. Since the habitat of the *Hipparion sp* is about at a height of 1000–2000m above sea level, at a latitude of about 32.56°, it is estimated that the East Kunlun Mountains region might have undergone an uplifting at a rate of about 2.3–3.1mm/a and a Northward horizontal movement of about 143 mm/a since Quaternary. Meanwhile, the Xidatan sinistral slip fault in the East Kunlun Mountains has a slip rate of 10mm/a.

Key words Qiangtang Formation, *Hipparion sp.*, Neotectonism

第 一 作 者 简 介

钱方,男,1939年生,研究员。1962年毕业于南京大学地理系,主要从事第四纪地质、地貌、古地磁及古人类方面的研究。通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号地质力学研究所。邮政编码:100081