

文章编号: 1009-3850(2004)01-0035-06

青藏高原隆升过程的磷灰石裂变径迹分析方法

柏道远¹, 贾宝华^{1,2}, 王先辉¹

(1. 湖南省地质调查院, 湖南 湘潭 411100; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 由于青藏高原新生代以来地表高程持续强烈抬升, 在利用磷灰石 FT 年龄进行高原绝对隆升速率计算时应引入古地表高程参数, 而通常使用的“径迹年龄-地形高差法”却没有考虑到不同时期的古地表高程问题。为此, 笔者试提出高原隆升速率计算的“径迹年龄-海拔高程法”, 即以同一参考质点(样品点)在不同时期的海拔高程差作为绝对抬升量, 以绝对抬升量除以时间得出隆升速率。本文讨论了改进后方法与传统方法计算结果的差异及合理性。鉴于青藏高原的隆升具有明显的脉动性与幕式作用特征, 多数情况下 FT 年龄可能大致代表构造抬升与剥露事件的年代。

关键词: 高原隆升; 磷灰石裂变径迹; 径迹年龄-海拔高程法; 青藏高原

中图分类号: P631.6⁺21

文献标识码: A

青藏高原隆升过程和隆升机制是高原隆升研究的两个主要问题。在高原隆升过程方面, 经过几十年的工作已积累了大量资料, 取得了许多进展。从高原隆升过程的研究方法看, 近些年来已从过去单纯的综合古地理研究方法, 转变为综合古地理研究^[1~17]与同位素研究^[18~27]方法并重。综合古地理研究是通过包括地层、古生物、古土壤、地貌、古冰川等在内的多学科的综合研究, 恢复古地理环境, 推测隆起的幅度、时代和形式。同位素年代学分析是20世纪90年代兴起的一种新的研究高原隆升过程的方法, 它是通过特征矿物或全岩的 Rb-Sr、K-Ar 或裂变径迹年龄, 推算抬升速率及隆起年代。相对而言, 同位素手段具有简捷、快速的特点, 并容易获得中间过程, 尤其是日趋成熟的磷灰石裂变径迹(FT)分析现已成为一种极为重要的研究地质体隆升与低温热历史的工具。

由于青藏高原新生代尤其是晚新生代以来地表高程持续强烈抬升的特殊性, 在利用磷灰石 FT 年龄进行高原隆升过程分析, 特别是进行有关隆升速率

计算时, 应充分考虑到不同历史时期的古地表高程。近些年来有关学者在利用磷灰石 FT 年龄进行高原隆升速率计算时, 一般都使用“径迹年龄-地形高差法”, 具体计算过程中没有引入古地表高程参数。为此, 笔者试提出引入古地表高程参数计算高原绝对隆升速率的方法, 以供交流。

1 绝对隆升与视隆升

讨论高原隆升速率计算问题, 首先需明确绝对隆升与视隆升的概念。在长期的高原隆升过程研究中, 已经形成了高原隆升的两种主要的不同含义。第一种是绝对隆升, 即青藏高原块体作为一个巨大的物质实体相对其周边岩石圈的抬升, 与之相关的量值是块体内部质点的绝对隆升量; 第二种是高原地表高程的抬升, 其量值等于绝对隆升量减去剥蚀深度, 因此为一种视隆升。由此可见, 绝对隆升量与视隆升量间既有区别又密切相关, 因此对二者的研究便成为高原隆升过程研究不可分割的两个部分。

在前述高原隆升的综合古地理研究方法中, 大

多是对高原地表高程历史演化的研究,如通过古生物^[7~8]和沉积物^[9~13,16]的研究来推断古气候、古环境及相关地表高程等,因此其研究成果主要是关于视隆升方面。高原隆升的同位素年代学分析主要是研究地质体的冷却史,其核心是对应于某一同位素年龄地质历史时期分析样品的埋深(在埋深与温度成正比的一般情况下)。不同时期样品的埋深差就等于该时间段内的剥蚀深度,而绝对隆升量显然等于视隆升量(不同时期地表高程差)加上剥蚀深度。可见,有了相关的同位素年龄数据,便有可能推算出绝对隆升量与隆升速率,但其前提是要有对应的历史地表高程的数据。因此,高原隆升的同位素年代学研究在一定程度上离不开综合古地理研究成果。

显然,视隆升过程的研究对于认识高原及其周围地区,乃至整个北半球古气候、古环境的演化^[1~3]更为重要,而绝对隆升过程的研究对于认识高原隆升机制及深部动力学过程则有着更为直接而重要的意义。高原的隆升机制涉及板块的挤压、地壳与地幔岩石圈的增厚、深部地幔的热隆、重力均衡调整等,因此绝对隆升量与隆升速率的大小,便成为研究这些动力因子的贡献大小、作用强度和作用范围等随时间变化的主要参考因素,对青藏地区甚至全世界大陆地球动力学研究均具有特殊意义。从这意义上讲,绝对隆升量与隆升速率的概念在高原隆升过程研究中尤为重要。

需指出,在人们研究地质体(大多为深成岩体)因构造抬升与剥蚀作用造成的冷却历史时,产生了另外一种视隆升的概念,即将某个年龄段内的剥蚀深度作为视隆升量,相应的剥蚀速率作为视隆升速率^[24,25],有的在著文时甚至直接以“隆升速率”称之,而未明确其为“视隆升速率”^[24]。笔者认为,无论是从概念本身表达的含义,还是从认识高原构造抬升强度、幅度及高原隆升机制与深部动力过程的客观需要出发,隆升速率的概念都应限定为“指组成物质的抬升速率,即绝对隆升量与时间之比”。因此这种视隆升概念宜直接以“剥蚀深度”或“剥蚀速率”替代,否则会造成概念使用上的混乱以及资料利用时的不便。

2 计算方法

以下讨论的用以计算隆升速率的 FT 年龄均应为冷却年龄,反映样品冷却至封闭温度以来的时间,其前提条件是样品的冷却由于构造抬升和侵蚀所造成。

利用磷灰石 FT 年龄进行隆升速率计算的通用方法是“径迹年龄-地形高差法”,即以不同高程的两个样品的高程差除以其 FT 年龄之差,作为相应时间段内地壳的抬升速率。事实上,该方法计算出的是剥蚀速率,并非真正的隆升速率,可将其作为隆升速率的一个潜在前提是两个地质历史时期的地表海拔基本一致。因此在新生地地表海拔没有多大抬升的地区(如我国东部的低山丘陵区)该方法计算隆升速率可以适用,但对于地表高程具大幅抬升的青藏高原显然不可机械套用。

为此,笔者试提出“径迹年龄-海拔高程法”,即以同一参考质点(样品点)在不同时期的海拔高程差作为绝对抬升量,再以抬升量除以时间得出隆升速率。显而易见,度量绝对抬升量的基本前提就是参考质点的同一性,至于具体计算中要用到不同高程或不同部位样品的分析结果,则是利用样品间基本不变的相对空间关系,根据另一质点(样品)的已知高程来推算出参考质点的高程,因此属于具体的计算方法问题。

图 1 是根据两个磷灰石样品的 FT 年龄进行隆升速率计算的示意图。样品 S_1 与 S_2 的现海拔高程分别为 H_1 和 H_2 , FT 年龄分别为 t_1 和 t_2 , 此 4 个参数根据野外测量和室内分析测试得到。样品高差 $\Delta H = H_1 - H_2$, 该值在不同时期基本保持不变。 H_{f_1} 为 t_1 时古地表海拔, H_{f_2} 为 t_2 时古地表海拔高程,此两个参数应参考有关高原面高程演化的综合古地理研究成果取值。 H_m 为样品冷却到封闭温度时的埋深,其等于封闭温度与地表温度的差除以地温梯度,故一般情况下可视为已知量。在确定上述诸参数后,便可以求出样品 S_1 在 t_1 时的海拔高程 $H_{S_1 t_1}$ 和样品 S_2 在 t_2 时的海拔高程 $H_{S_2 t_2}$, 并可根据 $H_{S_2 t_2}$ 求出样品 S_1 在 t_2 时的海拔高程 $H_{S_1 t_2}$, 进而计算出 t_1 至 t_2 期间的绝对隆升量 $\Delta H_{t_1-t_2}$ 和隆升速率 $v_{t_1-t_2}$:

$$H_{S_1 t_1} = H_{f_1} - H_m,$$

$$H_{S_2 t_2} = H_{f_2} - H_m,$$

$$H_{S_1 t_2} = H_{S_2 t_2} + \Delta H$$

$$\Delta H_{t_1-t_2} = H_{S_1 t_2} - H_{S_1 t_1} = H_{f_2} - H_{f_1} + \Delta H \quad (1)$$

$$v_{t_1-t_2} = \Delta H_{t_1-t_2} / (t_1 - t_2) = (H_{f_2} - H_{f_1} + \Delta H) / (t_1 - t_2) \quad (2)$$

由公式(1)与公式(2)可以看出, t_1 至 t_2 期间的

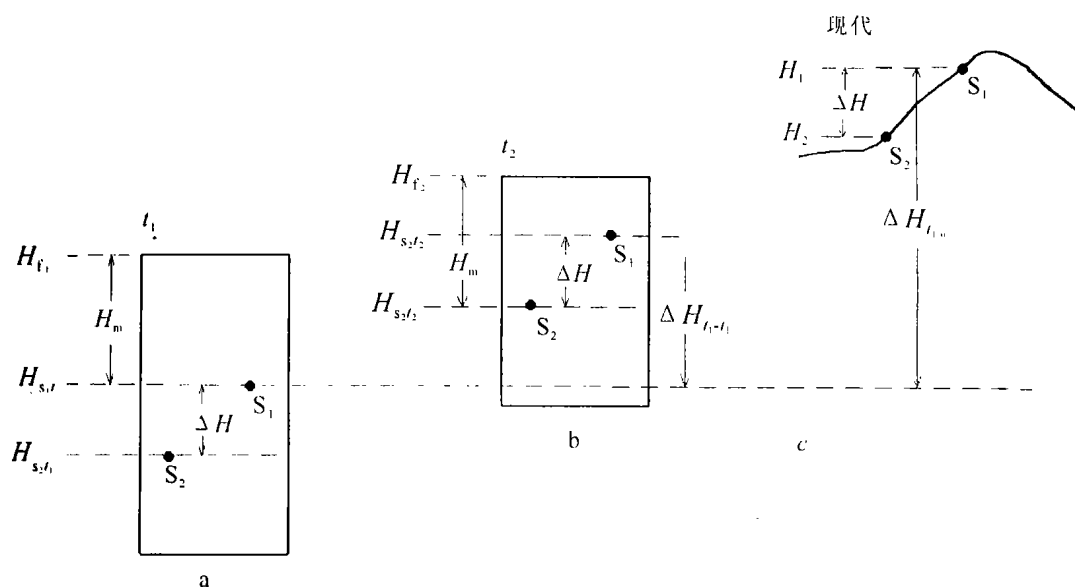


图1 据 FT 年龄计算绝对隆升量与隆升速率示意图

Fig. 1 Schematic diagrams showing the absolute uplifting amount and uplifting rates calculated according to fission track ages

绝对隆升量为 t_1 和 t_2 时的古地表海拔与样品 S_1 与 S_2 的高程差。

当 t_1 与 t_2 时的古地表海拔相同(此时隆升量等于剥蚀量), 即 $H_{f1} = H_{f2}$ 时, 由公式(1), 绝对隆升量便等于 S_1 与 S_2 的高程差, 这就是计算隆升速率时通常使用的“径迹年龄-地形高差法”。前面提出该方法的一个潜在前提是两个地质历史时期的地表海拔基本一致, 理由即在于此。

遵循同样思路, 不难计算出 t_1 (样品 S_1 进入封闭温度的时间) 以来总的绝对隆升量 ΔH_{t_1-0} 与平均隆升速率 v_{t_1-0} :

$$\Delta H_{t_1-0} = H_1 - H_{f1} + H_m \quad (3)$$

$$v_{t_1-0} = (H_1 - H_{f1} + H_m) / t_1 \quad (4)$$

由公式(3) 可以看出, t_1 以来的总绝对隆升量与样品 S_1 的现代海拔高程、 t_1 时的古地表海拔高程及样品进入封闭温度时的埋深等 3 个参数有关。而且仅当 t_1 时的古地表海拔高程为零时, 总绝对隆升量便等于样品 S_1 的现代海拔高程 H_1 与埋深 H_m 之和。

上述公式(1)、(2)、(3)、(4) 便是“径迹年龄-海拔高程法”计算隆升量与隆升速率的基本公式, 是针对青藏高原(晚) 新生代以来地表具大幅抬升的客观现实而设计的一种更合乎实际的隆升量与隆升速率的计算方法。再次强调指出, 这些公式均清楚表明进行高原绝对隆升量与隆升速率计算时离不开对古地表海拔高程的确定。

3 高原隆升速率计算方法讨论

按“径迹年龄-海拔高程法”计算公式考察, 前人在高原地区利用磷灰石 FT 年龄进行隆升速率计算时常有不尽合理之处, 下面以实例给予简单讨论。

王彦斌等在通过磷灰石 FT 年龄研究高喜马拉雅地区聂拉木花岗岩的抬升过程^[24] 时, 分别计算了 8 个分析样品冷却至封闭温度以来的平均抬升速率。其计算方法是以样品 FT 封闭温度对应的埋深(作者对其取值 3000m) 除以 FT 年龄。如样品 L-1 的 FT 年龄为 8.17Ma, 对应的抬升速率为 0.37mm/a; 样品 M-4 的 FT 年龄为 0.86Ma, 对应的抬升速率为 3.5mm/a 等。可见, 作者将剥蚀深度完全等同于构造抬升量。按前述公式(4) 理解, 亦即作者进行计算的假定条件是各样品进入封闭温度时的古地表海拔高程均等于其现代海拔高程。鉴于晚新生代高原地表高程持续隆升作用的存在, 较晚时期的古地表海拔尚可勉强认为与现代地表海拔相近(如对样品 M-4), 但对足够久远的地质历史时期, 显然不能认为其地表高程与现代一样。如样品 L-1, 其对应的地质年代为 8.17Ma, 属中新世晚期, 而从有关古地理研究结论来看, 其时高原地表高程主体为 2000 ~ 3000m^[8], 甚至可能不到 1000m^[3, 5], 与样品现代海拔高程 4200m 相去甚远。假如综合前人有关资料对古地表海拔取值 2500m, 则依据公式(4) 可计算出 8.17Ma 以来的平均隆升速率为 0.58mm/a,

比作者 0.37mm/a 的结论高出许多。

王军通过多个磷灰石裂变径迹分析样品对西昆仑卡日巴生岩体和苦子干岩体的隆升进行了研究^[26]。样品高程为 $3230\sim 3560\text{m}$, 样品裂变径迹年龄主要为 $2.14\sim 5.19\text{Ma}$, 裂变径迹长度为 $7.86\sim 11.72\mu\text{m}$, 长度分布的标准方差约为 $3\sim 4\mu\text{m}$ 。作者利用传统的“径迹年龄-地形高差法”计算了两岩体在各个年龄段内的平均视隆升速率。对各岩体的 FT 年龄最小的样品, 将其 FT 封闭温度对应的埋深(作者取值 2750m)与样点高程之和除以 FT 年龄, 作为样品的平均抬升速率。具体如卡日巴生岩体中样品 T-3, 样品高程为 3350m , FT 年龄为 3.09Ma , 计算出隆升速率为 1.97mm/a ; 苦子干岩体的样品 K-3, 样品高程为 3280m , FT 年龄为 2.14Ma , 计算出隆升速率为 2.82mm/a 。如以前述公式(4)考察样品 K-3 即可清楚看出, 作者将 2.14Ma 时的古地表海拔视为 0m 。这与客观事实出入太大, 因为早更新世初高原面的高程至少已达近 2000m ^[3]。如采用“径迹年龄-地形高差法”, 对当时地表海拔取值 2000m , 样品埋深仍然取值 2750m , 则可计算出隆升速率仅为 1.9mm/a 。补充指出, 王军对样品 T-3 和 K-3 计算的隆升量与隆升速率已没有明确的地质或地貌含义, 其既不是剥蚀量与剥蚀速率, 也不是地表高程的视隆升速率, 更不应作为绝对隆升量与隆升速率看待。

笔者近年来在中昆仑银石山地区进行了磷灰石 FT 研究^[28], 3 个样品的 FT 年龄分别为 $(1.66\pm 0.31)\text{Ma}$ 、 $(4.2\pm 0.8)\text{Ma}$ 、 $(3.9\pm 0.6)\text{Ma}$ 。各样品 FT 长度分布均呈近对称式单峰分布, 平均长度为 $11.90\sim 13.35\mu\text{m}$, 标准方差为 $1.46\sim 1.67\mu\text{m}$ 。采用“径迹年龄-海拔高程法”进行了绝对隆升量与隆升速率的计算, 其中 1.66Ma 以来昆仑山前山地带的平均绝对隆升速率为 2.49mm/a , 比上述考虑古地表高程时计算出的苦子干岩体 K-3 样品 2.14Ma 以来 1.9mm/a 的平均隆升速率明显要大, 但却比王军计算出的 2.82mm/a 小。据两地前述磷灰石 FT 长度分布情况看, 银石山地区 FT 长度明显比西昆仑卡日巴生岩体和苦子干岩体的要长, 而长度分布的标准方差则明显较这两个岩体的, 暗示银石山地区

较西昆仑具有更高的隆升速率, 这与笔者改进计算方法后所得出的隆升速率情况相符, 以此从一个侧面说明了采用“径迹年龄-海拔高程法”对隆升速率进行合理计算的必要性。

4 磷灰石裂变径迹年龄与构造抬升事件的关系

研究表明, 磷灰石中退火带的径迹之特点得以保存, 是由于后期构造运动使得地质体快速抬升-剥蚀所造成^[29, 30], 且裂变径迹记录了磷灰石通过它的封闭温度时相应的深度和时间。鉴于青藏高原的隆升具有明显的脉动性与幕式作用特征^[3, 16, 17, 25, 29], 总体表现为短时的快速抬升-剥露期与相对较长的稳定期相交替这一特点, 笔者认为多数情况下 FT 年龄可大致代表构造抬升与剥露作用的年代, 或者说对应于构造抬升事件有更高的磷灰石 FT 年龄概率。事实上, 从青藏高原已有资料来看, 某一地区的磷灰石裂变径迹年龄常常集中在一个或几个较短的年龄段中^[20~25], 便暗示裂变径迹年龄与抬升-剥露事件的年代密切相关。如王军对西昆仑卡日巴生岩体和苦子干岩体的磷灰石裂变径迹研究^[23], 得到年龄值总体上可分为 2.1Ma 和 $3.5\sim 5\text{Ma}$ 两组; A. K. Micheal 等对北帕米尔 Hunza 岩体的磷灰石裂变径迹研究和 G. Poupeau 等对 Yagzil 岩体从海拔 7200m 到 3990m 样品的磷灰石裂变径迹研究都得到了 $2.4\sim 6.6\text{Ma}$ 的年龄值^[22]。前述笔者近年来在中昆仑银石山地区获得 3 个磷灰石样品的 FT 年龄, 其中 $(4.2\pm 0.8)\text{Ma}$ 和 $(3.9\pm 0.6)\text{Ma}$ 的两个年龄可对应于 3.7Ma 左右的青藏运动 A 幕^[3], $(1.66\pm 0.31)\text{Ma}$ 的年龄则可对应于 1.7Ma 左右的青藏运动 C 幕^[3]。

由于高原内部及其周边复杂的动力学边界条件, 青藏高原的隆升具有不均衡特点^[31], 其不同地区的隆升幅度不一, 甚至隆升节律或构造抬升事件的年代都很可能存在差别, 故掌握大量的不同地区隆升过程的相关资料十分必要。如果能确证磷灰石 FT 年龄可与构造抬升事件建立联系的话, 则可通过更多的磷灰石 FT 样品测试来更为高效地分析与了解高原隆升过程的区域差异性。

参考文献:

[1] 李吉均,方小敏. 青藏高原隆起与环境变化研究[J]. 科学通报, 1998, 43(15): 1569— 1574.

[2] 李吉均,方小敏,潘保田,等. 新生代晚期青藏高原强烈隆起及其对周边环境的影响[J]. 第四纪研究, 2001, 21(5): 381— 390.

[3] 李吉均. 青藏高原的地貌演化与亚洲季风[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(1): 1— 9.

[4] 李炳元,潘保田,高红山. 可可西里东部地区的夷平面与火山年代[J]. 第四纪研究, 2002, 22(5): 397— 405.

[5] 李炳元,潘保田. 青藏高原古地理环境研究[J]. 地理研究, 2002, 21(1): 67— 70.

[6] 潘保田,李吉均,李炳元. 青藏高原地面抬升证据讨论[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2000, 36(3): 100— 110.

[7] 张青松,李炳元. 喀喇昆仑-西昆仑地区晚新生代隆起过程及自然环境变化初探[J]. 自然资源学报, 1989, 4(3): 234— 240.

[8] 魏明建,王成善,万晓樵,等. 第三纪青藏高原面高程与古植被变迁[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 318— 325.

[9] 崔之久,高全洲,刘耕年,等. 夷平面、古岩溶与青藏高原隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(4): 378— 375.

[10] 高全洲,崔之久,陶贞,等. 青藏高原古岩溶的性质、发育时代和环境特征[J]. 地理学报, 2002, 57(3): 267— 274.

[11] 高全洲,崔之久,刘耕年,等. 青藏高原风化壳红土的沉积地球化学和矿物学特征及环境意义[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2000, 39(5): 97— 102.

[12] 伍永秋,崔之久,葛道凯,等. 青藏高原何时隆升到现代的高度——以昆仑山垭口地区为例[J]. 地理科学, 1999, 19(6): 481— 484.

[13] 吴锡浩,安芷生. 黄土高原黄土-古土壤序列与青藏高原隆升[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(2): 103— 110.

[14] 郑洪波, Butcher, K., Powell, C.. 新疆叶城晚新生代山前盆地演化与青藏高原北缘的隆升——I 地层学与岩石学证据[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 274— 281.

[15] 金小赤,王军,陈炳蔚,等. 新生代西昆仑隆升的地层学和沉积学记录[J]. 地质学报, 2001, 75(4): 459— 467.

[16] 李长安,骆满生,于庆文,等. 东昆仑晚新生代沉积、地貌与环境演化初步研究[J]. 地球科学, 1997, 22(4): 347— 350.

[17] 李长安,殷鸿福,于庆文,等. 昆仑山东段的构造隆升、水系响应与环境变化[J]. 地球科学, 1998, 23(5): 456— 460.

[18] 吴珍汉,江万,吴中海. 青藏高原腹地典型盆地构造形成时代[J]. 地球学报, 2002, 23(4): 289— 294.

[19] 吴珍汉,江万,周继荣,等. 青藏高原腹地典型岩体热历史与构造-地貌演化过程的热年代学分析[J]. 地质学报, 2001, 75(4): 468— 476.

[20] 王瑜,万景林,李奇,等. 阿尔金山北段阿克塞—当金山口一带新生代山体抬升和剥蚀的裂变径迹证据[J]. 地质学报, 2002, 76(2): 191— 198.

[21] 王彦斌,王军,王世成. 高喜马拉雅地区聂拉木花岗岩快速抬升的裂变径迹证据[J]. 地质论评, 1998, 44(4): 430— 434.

[22] 王军. 西昆仑卡日巴生岩体和苦子干岩体的隆升[J]. 地质论评, 1998, 44(4): 435— 442.

[23] 丁林,钟大赉,潘裕生,等. 东喜马拉雅构造结上新世以来快速抬升的裂变径迹证据[J]. 科学通报, 1995, 40(16): 1497— 1500.

[24] 王彦斌,王军,王世成. 高喜马拉雅地区聂拉木花岗岩快速抬升的裂变径迹证据[J]. 地质论评, 1998, 44(4): 431— 435.

[25] 王军. 西昆仑卡日巴生岩体和苦子干岩体的隆升——来自磷灰石裂变径迹分析的证据[J]. 地质论评, 1998, 44(4): 435— 442.

[26] 王军,金小赤,任留东,等. 西昆仑北坡克里阳剖面新生代沉积的磷灰石裂变径迹研究[J]. 地球学报, 1999, 20(增刊): 159— 164.

[27] 江万,莫宣学,赵崇贺,等. 矿物裂变径迹年龄与青藏高原隆升速率研究[J]. 地质力学学报, 1998, 4(1): 13— 17.

[28] 柏道远,孟德保,刘耀荣,等. 青藏高原北缘昆仑山中段构造隆升的磷灰石裂变径迹记录[J]. 中国地质, 2003, 30(3): 240— 246.

[29] 王彦斌,王永,刘训,等. 天山、西昆仑山中、新生代幕式活动的磷灰石裂变径迹纪录[J]. 中国区域地质, 2001, 20(1): 94— 99.

[30] GREEN P F. Thermal and tectonic history of the east midlands shelf (onshore UK), and surrounding regions assessed by apatite fission track analysis [J]. Journal of Geological Society, London, 1989, 146(5): 755— 773.

[31] 肖序常,王军. 青藏高原构造演化及隆升的简要评述[J]. 地质论评, 1998, 44(4): 372— 381.

The apatite fission track analysis applied to the exploration of the uplifting of the Qinghai-Xizang Plateau

BAI Dao-yuan¹, JIA Bao-hua^{1,2}, WANG Xian-hui¹
(1. Hunan Institute of Geological Survey, Xiangtan 411100, Hunan, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Due to the rapid and sustained uplifting of the Qinghai-Xizang Plateau from the Cenozoic onwards, the ancient Earth's surface elevation parameters should be introduced into the calculation of the uplifting rates of the Plateau. However, they are generally not taken into account by using the commonly used "track ages-topographic deviation" method. In these cases, the "track ages-height deviation" method is put forward here as a new technique for the calculation of the uplifting rates of the Plateau. The method is constructed by taking the elevation above sea level of one spot (sampling site) during different periods as an absolute uplifting amount, which is divided by time, and then an uplifting rate may be obtained. The different and reasonable aspects are discussed for the above-mentioned methods. In most cases, the fission track ages may represent those of tectonic uplifting and erosional events in terms of the pulses and episodes of the uplifting of the Plateau.

Key words: plateau uplifting; apatite fission track; track ages-height deviation method; Qinghai-Xizang Plateau

资料简介

云南滇西南地区二级重力基点联测结果报告

完成单位: 云南省地调院地球物理地球化学调查所

内容简介: 建立滇西地区二级重力基点网以满足该区 1:20 万区域重力调查工作的需求, 完成面积 1050km², 滇西南地区重力二级基点网联测 15 个闭合环, 122 个重力二级基点, 其中 16 个支基点, 最少边段数 8 条, 连续支基点≤2 个。网上基点均取得了 2 个以上的合格独立增点。超额完成设计任务。专业人员对原始资料进行专门性检查, 查阅了实际材料图, 重力仪仪器性能试验记录, 重力野外观测记录本, 二级重力基点档案, 二级重力基点成果表。基点网平差示意图等到, 并抽查计算了基点网增量数 36 个, 抽查率 11%。增量计表与二级基点成果表均进行了 100%核对。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)