第 28 卷 第 3 期
2009 年 8 月

人 类 学 学 报
ACTA ANTHROPOLOGICA SINICA

Vol. 28 ,No. 3
Aug. ,2009

周口店北京猿人遗址的年代综述兼评该遗址的铝铍埋藏年龄

陈铁梅[1] , 周力平[2]

(1. 北京大学考古文博学院 , 北京 100871 ;
2. 北京大学地理系 ,地表过程分析与模拟教育部重点实验室 , 北京 100871)

摘要: 本文综合评述了对周口店第一地点的测年结果。探讨了 1) 基于骨化石铀系、裂变径迹、古地磁和牙化石 ESR 测年的老年代框架与 2) 基于钙板铀系和铝铍埋藏测年的新年代框架之间的差异。着重分析了铝铍埋藏年龄测量方法因假设前提不完全满足而可能引起测年结果偏老的系统误差。文中还对周口店遗址进一步的年代学研究提出了建议。

关键词: 周口店 ;北京猿人 ;古人类遗址测年 ;铝铍埋藏年龄

中图法分类号: P533 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3193 (2009) 03-0285-07

1 周口店第一地点北京猿人遗址测年数据汇总

周口店第一地点是一个极为重要的古人类遗址 ,这里发现了属于 41 个个体的直立人化石 ,包括 6 件较完整的头盖骨和 13 件下颌骨 ,上万件石器和大量哺乳动物化石。现被称为猿人洞的第一地点的地层 ,根据各层位的岩性、生物和气候标志 ,从上往下被划分为 13 层。后来在猿人洞的底部往下钻孔又分辨确定了第 14 —17 层。多数的人化石 ,包括 4 件头盖骨 ,发现于 8 —9 层 ,最高在第 3 层也发现 1 件头盖骨。在第 4 层和第 10 层中可见含炭屑的灰烬层 ,系北京猿人用火的遗迹。

测量该遗址各层位的年代 ,对了解我国古人类的进化过程 ,分析对比他们与非洲、欧洲各时期古人类之间的关系 ,具有关键的意义。上世纪多名学者曾使用了裂变径迹(刘顺生等[1] ,郭士伦等[2]) 、不平衡铀系(赵树森等[3] ,原思训等[4]) 、古地磁(钱方等[5] ,刘椿等[6]) 、和电子自旋共振(ESR) (黄培华等[7] , Grün *et al*[8]) 等多种方法测量了周口店遗址的年代。各方法的测年数据基本互恰 ,从而为北京猿人遗址提供了一个年代框架(见表 1 第 3 列) 。

最近《Nature》杂志刊登了中美学者合作测量周口店第一地点石英样品铝铍埋藏年龄的结果[9] 。这是在我国第一次将石英样品的铝铍埋藏年龄测量方法应用于古人类遗址年代学研究。值得注意的是 ,所测 10 件样品中 ,除去 2 个测量随机误差较大的样品(分别采自第 12 和第 13 层)后 ,有 6 件样品的测量结果在误差范围内一致 ,它们给出该遗址第 7 —10 层的年代为距今 77 ±8 万年。该文还结合前几年发表的钙板样品的质谱铀系年龄[10] ,对第一地点

收稿日期: 2009-06-03 ; **定稿日期**: 2009-07-03
基金项目: 科技部科技基础性工作专项(2007FY110200)
作者简介: 陈铁梅 ,北京大学考古文博学院研究员 , E-mail : chentm @pku. edu. cn。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

提出了一个新的年代框架(见表 1 第 4 列)。这个年代框架比上世纪多位学者提出的框架(称为老框架)显著偏早。例如老框架对遗址第 10 层的年代测定为约 46 —50 万年,新的测年将北京猿人生活的年代提前了约 30 万年,引起了广泛的注意和兴趣。这些新的测年数据是很有意义的,它将推进周口店遗址年代学研究的深入。

表 1 周口店第一地点测年数据汇总

Tab. 1 A summary of dating results for Locality 1 of Zhoukoudian

层位	厚度(m)	基于上世纪测量数据的老框架				基于本世纪测量数据的新框架	
		裂变径迹年龄(万年)	骨化石铀系年龄(万年)	古地磁年龄(万年)	牙化石 ESR 最大极限年龄(万年)	钙板铀系年龄(万年)	石英砂铝铍埋藏年龄(万年)
1	1.5		23 ±5(4)				
2 上	1.7		23 ±5(4)			32 ±1(2)	
2 下			23 ±5(4)			40 ±1(4)	
3	3.6		23 ±5(4)		35 ±3(4) 28 ±4(1)		
4	6.9	30.6 ±5.6	30 ±4(1)		28 ±4(1)		
5	0.4					≥60(8)	
6	7.1				39 ±2(3)		
7	1.5			38	39 ±2(3)		77 ±8(6)
8 —9	4.0				42 ±5(1)		77 ±8(6)
10	0.6	46.2 ±4.5			50 ±5(12)		77 ±8(6)
11	0,8				58 ±7(1)		
12	1.5						
13	4.8			晚于 78			
14 —15	7			早于 78			

注:1) 老框架的数据中未列入热释光年龄。2) 有的情况下,测年样品采自相邻的多个层位并作为一个层位处理,如第 1 —3 层的骨化石铀系年龄,3 —4 层的 ESR 年龄和 7 —10 层的石英砂埋藏年龄等。3) 括号中的数字为测量的样品数。4) 第 13 层及更高层位的古地磁年龄均低于 78 万年。5) ESR 年龄系铀匀速加入模式年龄,可看作为 ESR 年龄的最大极限值。

在进一步分析讨论这两个矛盾的年代框架前,我们先概要介绍石英的铝铍埋藏年龄这种新的测量方法。

2 石英样品铝铍埋藏年龄测量方法的基本原理和假设前提

铝和铍是指^{10}Be 和^{26}Al 两个放射性核素,其半衰期分别为 136(或 151)万年和 72 万年。地表石英中的^{10}Be 主要是宇宙射线中的中子和质子(统称核子)在石英砂的^{16}O 原子上的散裂反应所产生,而^{26}Al 主要是宇宙射线中的核子和 μ^- 介子轰击石英砂的^{28}Si 原子的产物。根据宇宙射线的通量和相应核反应的截面或已知年龄的石英样品中^{10}Be和^{26}Al的含量可以计算,对处于中高纬度地区地表的石英,平均每年每克样品中产生约 5 个^{10}Be 原子和约 30 个^{26}Al 原子(见 Cosse *et al*.[11]),称为^{10}Be 和^{26}Al 在石英中的产率,分别用 P_{Be}和 P_{Al}表示。P_{Al}与 P_{Be}的比值 R_0 约等于 6,也可能稍大,达到 6.8。根据现在的认识,几百万年以来宇宙射线通量的涨落不至于严重影响铝铍测年。石英砂所处的地理纬度和海拔高度会影响^{10}Be 和^{26}Al 的产率 P_{Be}和 P_{Al},但对产率比(R_0)的影响较小。

石英砂的铝铍埋藏年龄测年方法最早是 Lal *et al*[12] 提出的,其基本原理涉及石英砂样

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

品的三段历史，即(1)暴露前的历史，(2)暴露过程和(3)暴露后的埋藏过程，关于这三段历史需要作某些假设前提。现概述如下[12—14]：

(一)第一个假设前提是：石英样品在最近一次暴露地表时不含有^{10}Be 和^{26}Al 原子。刚自深埋的山体中暴露的石英样品应符合这个前提。假设连续暴露的时间为 t_{exp}，那么在暴露结束时，根据放射性增长的规律，每克石英中的^{10}Be 和^{26}Al 原子数为：

$$N_{Be}(暴) = P_{Be}\tau_{Be}(1 - e^{-t_{exp}/\tau_{Be}}) \quad (1)$$

$$N_{Al}(暴) = P_{Al}\tau_{Al}(1 - e^{-t_{exp}/\tau_{Al}}) \quad (2)$$

式中的 τ_{Be}和 τ_{Al}分别为^{10}Be 和^{26}Al 的平均寿命。平均寿命值等于半衰期除以 ln2，因此 τ_{Be} = 196(或 218)万年，τ_{Al} = 104 万年。

(二)第二个假设前提是：暴露时间 t_{exp}足够长使得样品中累积的^{10}Be 和^{26}Al 原子数足够多，能够为加速器质谱仪较精确地测量，同时 t_{exp}又不太长，使得在暴露的过程中^{10}Be 和^{26}Al 的衰变可以忽略，即要求 t_{exp}比^{10}Be 和^{26}Al 的半衰期短很多。这样公式(1)与(2)可以简化为 $N_{Be}(暴) = P_{Be}t_{exp}$和 $N_{Al}(暴) = P_{Al}t_{exp}$。从而，当暴露结束时，对于同时满足上面 2 个前提的石英样品，其^{10}Be 和^{26}Al 的原子数比等于它们的产率比，即

$$N_{Al}(暴)/N_{Be}(暴) = P_{Al}/P_{Be} = R_0 \approx 6 - 6.8 \quad (3)$$

(三)第三个假设前提是：如果有某种动力(例如水流或人为因素)将久经暴露的石英砂搬运进了岩洞的深处。而厚实的山体能完全阻挡住宇宙射线对石英砂的继续轰击，那么石英砂中的^{26}Al 和^{10}Be 原子数将因埋藏时间 T 的延续而衰变，即：

$$N_{Be}(T) = N_{Be}(暴)e^{-T/\tau_{Be}} \quad (4)$$

$$N_{Al}(T) = N_{Al}(暴)e^{-T/\tau_{Al}} \quad (5)$$

将公式(4)和(5)合并得到：

$$N_{Al}(T)/N_{Be(T)} = N_{Al}(暴)/N_{Be}(暴)e^{(T/\tau_{Be} - T/\tau_{Al})} = R_0 e^{-T/\tau_m} \quad (6)$$

式中的 $\tau_m = (1/\tau_{Al} - 1/\tau_{Be})^{-1}$　(7)

即 τ_m 是 $N_{Al}(T)/N_{Be}(T)$比值随埋藏时间 T 衰减的表观平均寿命。相对于^{10}Be 的半衰期取 136 或 151 万年，τ_m 为 221 或 199 万年。

由式(6)可见，只要测量岩洞中单位重量石英砂样品^{10}Be 和^{26}Al 的原子数，就可以计算出一个年龄值 T。如果上述的三个假设前提成立，那么 T 就是样品的真实埋藏年龄。满足上述的三个假设前提的情况称为石英样品铝铍埋藏年龄测量的最简化模式。

(四)石英砂的真实埋藏年龄能否准确代表石英砂样品的考古文化层的年龄还隐含另一个假设前提：石英砂从地表直接搬运到文化层，在搬运过程中石英砂未在它处“作客滞留”，即要求“一次快速搬运”。

3　对周口店第一地点石英样品铝铍埋藏年龄可能存在的系统误差

表 2 是 Shen *et al*.[9]测量结果的汇总。为了方便观察，本文在转抄测量数据时将所测 10 个样品按地层次序排列。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 周口店第一地点石英质样品的铝铍埋藏年龄测量

Tab. 2 $^{26}Al/^{10}Be$ burial age determination of quart 2 samples from locality 1 of Zhoukoudian

样品编号	层位	材料	^{26}Al	^{10}Be	$^{26}Al/^{10}Be$	埋藏年龄
			10^6 每克原子数	10^6 每克原子数	比值	万年
ZKD-6	6	石英砂	0.073 ±0.018	0.040 ±0.004	1.82 ±0.49	278 ±54
ZKD-7-2	7	石英砂	0.550 ±0.053	0.132 ±0.009	4.17 ±0.49	**100 ±24**
ZKD-8/9	8—9	石英砂	1.252 ±0.095	0.273 ±0.008	4.58 ±0.38	**75 ±17**
ST-1	8—9	石英石器	0.199 ±0.027	0.040 ±0.002	4.95 ±0.72	**67 ±29**
ST-2	8—9	石英石器	0.476 ±0.037	0.100 ±0.003	4.77 ±0.72	**73 ±17**
ST-3	8—9	石英石器	0.371 ±0.039	0.122 ±0.003	3.04 ±0.33	166 ±24
ST-4	8—9	石英石器	0.568 ±0.083	0.120 ±0.005	4.72 ±0.71	**75 ±30**
ZKD-10	10	石英砂	0.568 ±0.052	0.120 ±0.006	4.72 ±0.50	**75 ±22**
ZKD-12	12	石英砂	0.105 ±0.030	0.021 ±0.006	5.10 ±2.01	62 ±74
ZKD-13	13	石英砂	0.106 ±0.028	0.018 ±0.005	5.89 ±2.35	31 ±74

注:黑体为 Shen *et al*.[9]选用的年龄(the bolded are those used by Shen *et al*)。

表 2 的第 4,5 列显示实测的每克样品中^{26}Al 和^{10}Be 的原子数 $N_{Al}(T)$ 和 $N_{Be}(T)$,第 6 列是 $N_{Al}(T)$ 和 $N_{Be}(T)$ 的比值 R。第 7 列是计算得到的年龄值,是在 $R_0 \approx 6.8$ 和^{10}Be 半衰期为 136 万年的条件下计算得到的。Shen *et al*.[9]所测量的正是最简化模式的石英砂铝铍埋藏年龄。表 2 列出的测年误差仅考虑了测量过程的随机误差,并没有考虑半衰期和产率比等参数本身的测量误差。对所选 6 个样品测年值取平均,得到 77 ±8 万年。下面我们对因假设前提不完全满足等因素可能引进的系统误差作讨论。

(一) Shen *et al*.[9]采用了石英中^{26}Al 和^{10}Be 产率 P_{Al} 与 P_{Be} 的比值 $R_0 = 6.8$ 来计算埋藏年龄值,其根据是引用 Stone[15]的研究结果。但 R_0 是实验测量值,它本身是有误差的。Cosse *et al*.[11]总结不同研究者的测量结果,给出 R_0 值在 6—6.5 之间。如果取 R_0 的低端值 6.0 计算,那么周口店第 7—10 层 77 万年的年龄值将修正为 58 万年。

(二) 前述第一条假设前提涉及石英砂样品最近一次暴露前的暴露-埋藏历史,这一假设前提本身是无法检验的。如果该假设不成立,即如果样品有更复杂的暴露-埋藏历史,那么因为^{10}Be 的寿命比^{26}Al 长,样品在最近一次暴露前所残存的^{10}Be 将相对多于^{26}Al,必然将导致所测的最简模式埋藏年龄系统偏老于样品的真实埋藏年龄。表 2 中实际测量得到的 2 个老于 160 万年的样品表明,周口店石英砂样品中的确存在具有复杂暴露 - 埋藏历史的样品,它们的最简模式铝铍埋藏年龄明显偏老、不符合考古实际。这两个样品的铝铍年龄偏老也可能部分是因为它们不满足"一次快速搬运"的要求所致。Shen *et al*.[9]所采用的 6 个年龄值中可能也有类似的情况。

(三) 前述第二条假设前提是关于有限暴露时间所导致的误差。如果暴露时间过长也会导致所测埋藏年龄偏老。但这个假设是可以根据实测的数据进行检验的。据表 2 数据分析,所测样品的暴露时间均不长,估计均远短于^{26}Al 的半衰期,而且 Shen *et al*.[9]已对有限暴露时间可能引起的误差作了相关校正。

(四) Shen *et al*.[9]认为周口店的样品埋藏很深,第三条假设前提是成立的。

(五) ^{10}Be 的半衰期是实际测量值。以往使用的^{10}Be 的半衰期为 151 万年。Shen *et al*.[9]采用的半衰期为 136 万年,系 Nishizumi *et al*.[16] 2007 年所测,但新的半衰期值并没有得到普遍的接受。如果周口店遗址测年选用 151 万年半衰期值,那么 77 万年的年龄值将修正为 69

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

万年。

4　北京猿人遗址两个年代框架的对比和几点建议

本文的第一节介绍了周口店第一地点,新、老两个年代框架对于该遗址第 10 层的年代估计相差近 30 万年,新框架早于老框架。

(一) 古地磁测年(钱方等[3]) 观察到 B-M 界线处于第 13 层与第 14 层之间,13 层以上(含第 13 层) 属地磁正极性,而第 14 —17 层属地磁负极性。刘椿等[4] 也曾在周口店进行古地磁测量,观察到第 10 层以上的地层全属正极性(刘椿等没有测量更下部地层的剩磁极性)。Shen *et al*. [9] 对 B-M 界线的位置没有提出异议。如果我们都同意 78 万年的 B-M 界线处于第 13 层与第 14 层之间,那么第 7 —10 层 77 万年的铝铍埋藏年龄就显得太老了。因为从第 8 层到第 13 层间有十多米的堆积,各层的岩性和动物群组成记录有明显的变化,不太可能在很短时间内完成堆积。而且在第 13 层与第 14 层之间是一段侵蚀间断(扬子赓等[17]) ,这样第 13 层的底部就要晚于 78 万年。考虑到前面讨论的一,二,五等 3 个可能导致所测石英砂铝铍埋藏年龄系统偏早的可能,如果作相应的校正,两个框架之间的差异将缩小。

(二) 前人研究表明,周口店第 7 —10 各层的岩性和动物群组成上的变化指示了冰期 - 间冰期尺度上气候环境的变化[17—19]。Shen *et al*. [9] 基于铝铍埋藏年龄 77 万年的测量值, 将第 7 —9 层(含第 10 层上部) 与深海氧同位素 MIS18 时段相对比,并认为北京猿人生活在一个寒凉的时期。本文不拟讨论北京猿人生活的气候条件,仅指出,老的年代框架可以将相应层位与深海氧同位素 MIS16 时段相对比。但鉴于气候变化规律的旋回性,地层气候记录与深海氧同位素的对比,难以验证两个年代框架的孰优孰劣。逻辑上应该是先有可靠的绝对年代,然后陆海对比才有意义。此外,MIS18 的时间跨度不超过 6 万年,Shen *et al*. [9] 的对比再次意味着第 7 —10 层是在很短的时间内完成其沉积过程的,这与已有的研究结果似不符合。

(三) 我们也应该看到,老框架中关于遗址剖面中部只有第 10 层一个裂变径迹年龄,显得很单薄。两个框架都需要补充和完善。

(四) 为此我们建议有关部门组织力量对以下几个方面进行深入研究:

(1) 再次验证古地磁 B-M 界限的位置是否在第 13 层与第 14 层之间。

(2) 在第 4 和第 10 层的灰烬层中寻找有关样品测量更多的裂变径迹年龄。

(3) 能否在灰烬层和用火遗存中找到适合钾氩测年的高钾矿物。钾氩法测年的精确度很高,而且可以检验样品是否对放射成因氩封闭以及是否存在初始氩等。

(4) 使用质谱铀系方法测量各地层化石样品的年代。

(5) 目前已发表的钙板的质谱铀系年龄应该是可信的,建议进一步勘察和研究测年用钙板的地层位置和沉积过程,以便更好地探讨这些年龄数据的代表性。

总之,随着测年技术的进步,综合研究有可能为周口店遗址提出更符合实际,更精确的年代框架。其实,对周口店遗址年代的不同意见是近年来我国中更新世古人类年代学中有关争论的组成部分和重点,有兴趣的读者可参阅陈铁梅的"我国境内人类进化的年代学问题"[20]。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

参考文献:

[1] 刘顺生,郭士伦,张峰,等. 裂变径迹法在北京猿人年代测定中的应用[A]. 见:吴汝康等编. 北京猿人遗址综合研究[C]. 北京:科学出版社,1985,241-245.

[2] 郭士伦,周书华,孟武,等. 用裂变径迹法测定北京猿人年代[J]. 原子核物理,1980,2(2):183-186.

[3] 钱方,张景鑫,殷伟德. 周口店第一地点西壁及探井堆积物磁性地层研究[A]. 见:吴汝康等编. 北京猿人遗址综合研究[C]. 北京:科学出版社,1985,251-255.

[4] 刘椿,朱湘元,叶素娟. "北京人"化石产地洞穴堆积物的古地磁学研究[J]. 地质科学,1977,(1):26-33.

[5] 赵树森,夏明,张承惠,等. 应用铀系法研究北京猿人年代[A]. 见:吴汝康等编. 北京猿人遗址综合研究[C]. 北京:科学出版社,1985,246-250.

[6] 原思训、陈铁梅,高世君. 周口店遗址骨化石的铀系年代研究[J]. 人类学学报,1991,10(3):189-193.

[7] 黄培华,袁振新,方朝萌,等. 北京猿人第一个头盖骨及其遗址堆积层年代的电子自旋共振测年研究[J]. 人类学学报,1991,10(2):107-115.

[8] Grün R, Huang PH, *et al*. ESR ananlysis of teeth from the palaeoanthropological site of Zhoukoudian[J]. Journal of Human Evolution, 1997,32:83-97.

[9] Shen GJ, Gao X, Gao B, Granger DE. Age of Zhoukoudian *Homo erectus* determined with $^{26}Al/^{10}Be$ burial dating[J]. Natrue, 2009,458:198-200.

[10] Shen GJ, Ku TL, Cheng H, *et al*. High-precision U-series dating of Locality I at Zhoukoudian, China[J]. Journal of Human Evolution,2001,41:679-688.

[11] Gosse JP, Fillips FM. Terrestrial in situ cosmogenic nuclides, theory and application[J]. Quaternary Science Reviews,2001,20:1474-1560.

[12] Lal D. Cosmogenic nuclides produced *in situ* in terrestrial solids[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 1987, B29:238-245.

[13] Granger DE, Muzikar PF. Dating sediment burial with *in situ*-produced cosmogenic nuclides:theory,techniques,and limitations[J]. Earth Planet Sci Lett,2001,188:269-281.

[14] Granger DE. *In Situ*-Produced Cosmogenic Nuclides and Quantification of Geological Processes[J]. Geol Soc Am Spec Pap,2006, 415:1-16.

[15] Stone J. Air pressure and cosmogenic isotope production[J]. Journal of Geophysical Research, 2000,105(B10):23753-23759.

[16] Nishizumi K, Imamura M. Absolute calibration of ^{10}Be AMS standards[J]. Nuclear Instruments and methods in physics research, 2007, B258:403-413.

[17] 扬子赓,牟昀智,钱方,等. 周口店地区晚新生代地层研究[A]. 见:吴汝康等编. 北京猿人遗址综合研究[C]. 北京:科学出版社,1985,1-85.

[18] 孔昭宸,杜乃秋,吴玉书,等. 依据孢粉资料讨论周口店地区北京猿人生活及其前后自然环境的演变[A]. 见:吴汝康等编. 北京猿人遗址综合研究[C]. 北京:科学出版社,1985,119-154.

[19] Zhou CL, Liu ZC, *et al*. Climatic cycles investigated by sediment analysis in Peking Man's Cave, Zhoukoudian, China[J]. J Archaeol Sci, 2000, 27: 101-109.

[20] 陈铁梅,我国境内人类进化的年代学问题[A]. 见:陈铁梅编著. 科技考古学[C]. 北京:北京大学出版社,2008,71-77.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Dating of the Peking Man Site: A Comparison Between Existing Chronology and the $^{26}Al/^{10}Be$ Burial Ages

CHEN Tie-mei[1], ZHOU Li-ping[2]

(1. *School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing* 100871;
2. *Laboratory for Earth Surface Processes, Department of Geography, Peking University, Beijing* 100871)

Abstract: Two chronological frameworks for Locality 1 at the Peking Man Site of Zhoukoudian, Beijing are discussed. One is based on the previously published dates using the fission track, U-series, palaeomagnetism and ESR methods. The other is based on the ages recently obtained with the U-series dating of flowstone and the $^{26}Al/^{10}Be$ burial dating.

While both frameworks recognize that the Brunhes-Matuyama Boundary of 0.78 Ma is placed below the 13th layer at Locality 1 of Zhoukoudian, two different ages of about 0.45 Ma and 0.77 ± 0.08 Ma are suggested for the 8-9th layers respectively by these two frameworks, i.e. the difference being as large as 0.3 Ma. Significant changes in lithography, fauna and flora were observed from the 8-9th to the 13th layer, indicating at least one glacial-interglacial cycle. The $^{26}Al/^{10}Be$ burial age of 0.77 Ma for the 8-9th layers would squeeze five stratigraphical layers into a narrow time interval. This is hard to understand.

Factors which may cause systematic errors in the $^{26}Al/^{10}Be$ burial dating are discussed, such as the uncertainty of the half-life of the ^{10}Be, the uncertainty with the ratio of the production rates of ^{26}Al and ^{10}Be, and the complexity and unpredictability of the exposure-burial history of the quartz samples.

Further chronological studies on the Peking Man Site are also suggested.

Key words: Zhoukoudian; Peking Man; dating of paleoanthropological sites; $^{26}Al/^{10}Be$ burial dating

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n