

大荔人所在层位贝壳的电子自旋共振年龄

尹功名¹, 孙瑛杰¹, 业渝光², 刘武³

(1. 中国地震局地质研究所, 北京 100029; 2. 国土资源部海洋地质研究所, 青岛 266071;
3. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044)

摘要: 大荔人属早期智人中较古老的类型, 在人类起源研究中具有重要意义。采用电子自旋共振 (ESR) 测年技术直接测定了采自大荔人所在层位的 3 个贝壳样品的年龄, 同时, 进行了铀系测年分析, 根据贝壳 ESR 的年龄结果, 大荔人可能老于距今 250ka。

关键词: 大荔人; 贝壳; 电子自旋共振测年

中图分类号: P533 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3193 (2001) 01-0034-05

1 引 言

1978 年春, 陕西省水利电力局刘顺堂同志在陕西大荔县段家乡解放村东的甜水沟 (东经 109°44', 北纬 34°52') 发现一个比较完整的人头骨化石, 属早期智人中较古老的类型, 代表一个新的亚种——智人大荔亚种 (*Homo sapiens daliensis*), 俗称大荔人 (Dali Man), 处于人类从直立人向智人演化过渡的环节之中^[1]。由于世界上发现完整的早期智人头骨不多, 因此, 大荔人的发现不仅填补了我国古人类发展史上的一个空缺, 而且在人类起源研究中具有重要意义。

在地貌上, 大荔人化石地点位于洛河左岸合阳黄土塬的段家梁, 该地附近发育有两级黄土台地, 第 2 台地由洛河第 3 级阶地及上覆黄土 - 古土壤序列两部分构成。上覆黄土 - 古土壤序列中发育了 S₂、L₂、S₁ 和 L₁。大荔人化石出露在 S₂ 之下约 8m 处的河流相砂砾石层, 即大荔考古点 7806A 点的第三层, 这一层为杂色砂砾石层, 砾石成分复杂, 磨圆度高, 以直径约 0.5cm 的砾石为主, 含透镜体的细砂, 埋藏有贝壳、骨化石, 这一层厚 80cm^[2-3]。

由于受大荔人所处的时间段及测年样品材料的制约, 有关大荔人的年代学研究较少, 陈铁梅等^[4]根据牛牙以及骨化石的铀子系年龄认为产出大荔人化石及动物化石那一层位的年代为 18—23 万年; 孙建中等^[5]对大荔人所在剖面进行了热释光年龄测定和孢粉分析, 根据热释光年龄, 认为大荔人不老于距今 30 万年, 但是, 他们同时指出, 在整个剖面上的地层序列, 年代数据序列和孢粉谱序还未能完全相互符合。迄今为止大荔人的年代学研究水平与大荔人在古人类学上所占的重要地位明显不相称。本文是采用电子自旋共振

收稿日期: 1999-08-10; 定稿日期: 2000-09-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49702032)

作者简介: 尹功名 (1966-), 男, 浙江嵊州市人, 中国地震局地质研究所副研究员, 博士, 从事第四纪年代学和构造研究。

(ESR) 测年技术对大荔人年龄再次进行了测定。

2 测年样品的处理和测试

样品贝壳采自大荔考古点 7806A 点的第 3 层中, 主要为波状丽蚌 (*Lamprotula undula Odhner*)、古丽蚌 (*Lamprotula antiqua Odhner*) 和假丽蚌 (*Lamprotula spuria*)。丽蚌属种类一般生活于水较深, 冬季水不干涸的水域, 水流较急或溪流, 水质清澈、透明的河流及其相通的湖泊内, 底质较硬, 上层为薄薄泥沙, 下面为沙底的环境中。

用于测年的贝壳为 3 个个体大的古丽蚌 (*Lamprotula antiqua Odhner*), 3 个贝壳分别编为 Dali-1、Dali-2 和 Dali-3。其中贝壳最厚处约 18mm, 去除内外侧各 5—6mm, 以去除外部 alpha 和 beta 影响部分, 中间样品用于测年。经薄片显微镜下鉴定, 贝壳仍为文石矿物组成, 还未转化为方解石。

贝壳中间部分的样品轻轻夹碎, 研磨, 过筛, 获得 150—200 μ m 大小组分。每个样品分成 8—9 个小测样。每个测样为 200mg, 除一个测样作为测定天然累积 ESR 信号强度外, 其余测样进行了人工放射源 (^{60}Co , 源) 辐照。辐照剂量分别为 200、400、700、1000、1300、1600 和 2000 Gy。

3 个样品第 1 次测量在中国计量院完成, 样品 Dali-2 在国土资源部海洋地质研究所进行了比对测试, 表 1 中编号为 Dali-2a。测试条件为: 调制幅度为 0.1mT, 微波功率 2mW, 时间转换常数 81.92ms, 转换时间 51.12s, 放大倍数 5×10^5 。所测信号为 $g = 2.0010$ 。

样品都检测到了极明显的 ESR 信号 (如图 1)。等效剂量通过附加剂量法获得, 拟合曲线呈指数增长 (如图 2)。各样品的等效剂量、年剂量以及 ESR 年龄见表 1。

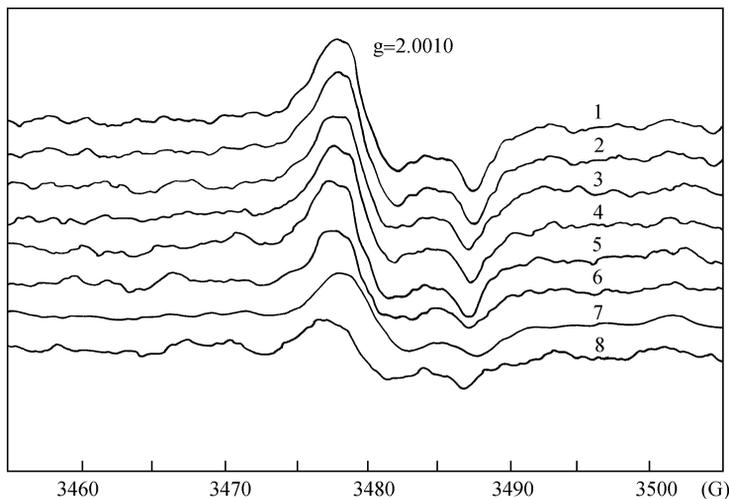


图 1 由 ESR 谱仪记录到的样品 Dali-2a 贝壳文石的 ESR 信号曲线

ESR spectra of shell from Dali-2a sample recorded with a ESR spectrometer

曲线 1、2、3、4、5、6、7 和 8 分别为样品经 2000、1600、1300、1000、700、400、200 和 0 Gy ^{60}Co 辐照后的 ESR 信号曲线 (Curve 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 is ESR spectrum of natural plus 2000, 1600, 1300, 1000, 700, 400, 200 and 0 Gy ^{60}Co irradiation, respectively)

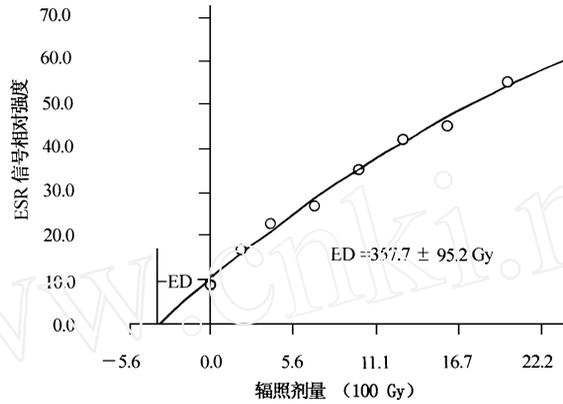


图 2 样品 Dalir-3 的 ESR 信号增长曲线及等效剂量 (ED) 值
The ESR growth curves and ED determination of Dalir-3 sample

表 1 贝壳样品的 ESR 测年结果和分析数据表

The ESR results and data of shells

样品编号	沉积物			贝壳		年剂量 (EU) (Gy/ ka)	等效剂量 (Gy)	ESR 年龄 (EU) (ka)
	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)			
Dalir-1	1.14	3.74	1.58	1.60	0.34	1.497	418.3 ± 165.7	279.5 ± 110.7
Dalir-2				1.50	0.28	1.448	409.2 ± 168.8	282.5 ± 116.6
Dalir-2a							386.8 ± 104.5	267.1 ± 72.2
Dalir-3				1.50	0.30	1.450	357.7 ± 95.2	246.6 ± 65.6

3 年龄结果的可靠性

3.1 贝壳 ESR 测年现状

Ikeya et al^[6]首先采用 ESR 技术应用于贝壳定年, 随后, 许多研究者作了更深入和广泛的研究, 有许多成功的实例^[7]。但是, 由于贝壳中铀处于开放系统, 以及文石向方解石的结晶转化, 因此, 贝壳的 ESR 年龄可信度相对较差。

文石软体动物贝壳的 ESR 信号谱线复杂, 主要有 5 个峰。大致分别为 $g = 2.0058$ 、 2.0032 、 2.0020 、 2.0012 和 1.9976 。由于不同的 ESR 信号峰具有不同的热稳定性和寿命, 有时同一个样品, 选择不同的峰可能会得到不同的等效剂量值 (ED)。所以, 不同的学者对峰有不同的选择^[8-10]。目前多数贝壳 ESR 测量者采用 2.0010 峰, 此峰热稳定性相对较高, 寿命长, 相当于珊瑚文石 ESR 的 C 峰, 获得过众多大于距今 500ka 的年龄^[11]。

除上述影响年龄可靠性的因素外, 还有样品本身放射性元素中 alpha 粒子相对于 beta 的效率, 即 alpha 有效系数的估计等诸多方面。

3.2 本文样品 ESR 年龄可靠性的评价

这 3 个贝壳测样, 显示有一个极好的 $g = 2.0010$ 峰, 等效剂量计算采用此信号峰。而

没有做其它信号的等效剂量计算。在源辐照后，样品放置了 3 个星期才进行第一次测量，而第 2 次是在第一次测量之后 30 天。二次测量的 ED 值在误差范围内一致，可以认为在测量之前，已去除了因辐照产生的不稳定性信号。但是，ED 值的误差比较大。

检测信号为 $g = 2.0010$ ，此峰是贝壳 ESR 测年的常用峰，寿命远大于所测贝壳的估计年龄。

虽然在表 1 中没有给出年剂量的测量误差。但是，在年剂量测量中可能存在有一定的确定性和误差。贝壳的放射性元素含量在中国科学院高能物理研究所用中子活化分析技术测定；而环境沉积物的铀、钍含量通过 alpha 厚源计数法确定，钾则用火焰光度计技术。Alpha 有效系数采用 $0.10^{[10]}$ 。而考虑到已去除 5—6mm 的外层，就没有估算外部的 alpha、beta 贡献。因此，样品的年剂量由样品本身（内部）放射性元素产生的 alpha、beta 和 gamma，周围沉积物放射性元素产生的 gamma，宇宙射线（150mGy/ka）提供，沉积物含水量为 13%，最后按 Aitken^[12]提供的有关参数计算年剂量。

来自同一地点的同种类贝壳（古丽蚌）进行了 U 系测年，古丽蚌样品 $^{227}\text{Th}/^{230}\text{Th}$ 法测年获得的 ^{227}Th 年龄为 192 ± 27 ka。贝壳可能有过后期铀的吸收，但是目前无法验证。铀系年龄指示贝壳的实际年龄可能应老于距今 200ka。

为了计算简单，本文在年剂量计算时，采用早期铀加入模式（表 1），获得的 ESR 年龄可能接近或小于实际年龄。

3.3 与地层年龄比对

用于测年的丽蚌贝壳样品采自大荔人所在层位，即大荔考古点 7806A 点的第 3 层中。7806A 点剖面由上部 L_1 、 S_1 、 L_2 和 S_2 组成的黄土 - 古土壤序列和下部的河流相堆积物组成，大荔人产于黄土 - 古土壤序列中 S_2 之下约 13m 的河流相地层之中^[31]。在气候地层上，黄土高原的 S_2 与深海氧同位素阶段 7 相当，其下限年龄约 247kaB. P.^[13]，由此推测，大荔人的年龄应老于 250kaB. P.。本文贝壳的 ESR 年龄与地层序列年龄相符合。

4 结 论

用采自大荔人所在层位的贝壳样品借助 ESR 测年方法并假定铀为早期吸收（EU），得到的年龄值为约距今 250ka，ESR 的 EU 年龄值应小于样品的真实年龄，即大荔人所在层位地层的真实年龄应大于 250kaB. P.，即大荔人应老于 250kaB. P.。但是，由于以往贝壳的 ESR 年龄可靠性不是很高，而且，这次 ESR 测量的误差也较大。因此，大荔人的年龄还有待于进一步的深入研究。

致谢 本文工作得到了中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的吴新智先生、黄慰文研究员和中国地震局地质研究所卢演侑研究员的鼓励和指导，参与样品采集的还有陕西省考古研究所周春茂研究员、中国科学院西安黄土与第四纪研究室的赵华博士，中国科学院动物研究所王玉英老师鉴定了贝壳种属，中国地震局地质研究所林传勇研究员鉴定了贝壳的矿物特性，ESR 测量得到了中国计量院高钧成研究员的帮助，南京师范大学沈冠军教授测试分析了铀系年龄并对本文初稿提出了许多宝贵的修改意见。在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 吴新智. 陕西大荔县发现的早期智人古老类型的一个完好头骨 [J]. 中国科学, 1981, 11 (2): 200—206.
- [2] 陕西省考古研究所, 荔县文物管理委员会. 大荔 - 蒲城旧石器——大荔人遗址及其附近旧石器地点群调查发掘报告 [M]. 北京: 文物出版社, 1996.
- [3] 尹功明, 赵华, 卢演倩等. 大荔人化石层位上限年龄的地质学证据 [J]. 第四纪研究, 1999, (1): 93.
- [4] 陈铁梅, 原思训, 高世君. 铀子系法测定骨化石年龄的可靠性研究及华北地区主要旧石器地点的铀子系年代序列 [J]. 人类学学报, 1984, 3 (3): 259—269.
- [5] 孙建中, 赵景波. 黄土高原第四纪 [M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [6] Ikeya M, Ohmura K. Dating of fossil shells with electron spin resonance [J]. J Geol, 1981, 89: 247—251.
- [7] Rink WJ. Electron spin resonance (ESR) dating and ESR applications in Quaternary science and Archaeometry [J]. Radiation Measurements, 1997, 27 (5—6): 975—1025.
- [8] Molodkov A, Hutt G. ESR dating of subfossil shells: some refinements [A]. In: Ikeya M, Miki T eds. ESR Dating and Dosimetry. Tokyo: Ionics, 1985, 145—155.
- [9] Kai A, Ikeya M. ESR study of fossil shells in sediments at Hamana lake [J]. Appl Radiat Isot, 1989, 40: 1139—1142.
- [10] Grun R. 1989. Electron spin resonance (ESR) dating [J]. Quat Int, 1: 65—109.
- [11] 业渝光, 和杰, 刁少波等. 西琛一井的 ESR 年代学 [A]. 见: 梁名胜等主编. 中国海陆第四纪对比. 北京: 科学出版社, 1991, 224—233.
- [12] Aitken MJ. Thermoluminescence Dating [M]. London: Academic Press, 1985.
- [13] 刘东生等编译. 第四纪环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1997, 189—239.

THE ESR AGE OF SHELLS FROM THE BED OF DALI WITH HUMAN FOSSIL

YIN Gong-ming¹, SUN Ying-jie¹, YE Yu-guang², LIU Wu³

(1. Institute of Geology, China Seismological Bureau, Beijing 100029;

2. Institute of Marine Geology, MLR, Qingdao 266071; 3. Institute of

Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Academia Sinica, Beijing 100044)

Abstract: Dali hominid site was discovered in the spring of 1978 at Tianshuigou, Dali county. The human fossil is classified as early *Homo sapiens* and the site is considered one of the most important paleoanthropological sites in China. ESR technique is used to determine the ages of three shells found in the bed with human fossil. There is later Uranium absorption in the shells and it is considered a kind of absorption in stages. The results of the ages of the shells suggest that Dali hominid may be older than 250ka BP.

Key words: Dali hominid; Shell; Electron Spin Resonance (ESR) dating