

用加速器质谱计碳14测年

<http://www.wenwuchina.com/episteme/> 2011-6-13 16:26:15 作者：李坤\原思训 来源：《文物考古与现代科学》

作者简介：

李 坤：北京大学重粒子物理研究所 研究员

原思训：北京大学考古系 教授

一、引言

利用宇宙射线产生的放射性同位素 ^{14}C 来测定含碳物质的年龄，叫做 ^{14}C 测年。1949年3月，美国W. F. Libby和他的合作者在Science杂志上率先公布了他们第一次 ^{14}C 测年结果[1]。当时，他们是靠探测 ^{14}C 的衰变，即 β 放射线来检测 ^{14}C 在样品中的比活度或含量。自1950年起，这种方法的技术与应用在全世界有了显著的进展。但是， β 计数方法的局限在于必须使用大量的样品和较长的测量时间。实际上，样品的 ^{14}C 比活度也可以通过测量样品中放射性同位素与稳定同位素的比值($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)来推算，而质谱是一个有效的方法，不过，普通质谱计受其灵敏度的限制并未能成功。

70年代末期，开始发展了加速器质谱计(AMS)技术方法[2]。由于粒子被加速到Mev的能量，可以利用负离子源技术、电子剥离技术、电磁场分离技术和原子核物理技术来很好地对待测粒子与分子离子、同位素和同量异位素分开，从而根本地得到有效的抑制。正因为如此，AMS ^{14}C 测年方法显示出了其独特的优点。首先，样品用量少：一般AMS ^{14}C 测年方法只需用1至5mg样品，最小有人只用20-50 μg ，而常规 ^{14}C 测年法则需1至5g样品，相差三个数量级。其次，灵敏度高：AMS ^{14}C 测年法测量同位素比值的灵敏度可达 10^{-15} 至 10^{-16} ，而常规质谱只能达 10^{-8} ，火花质谱可达 10^{-9} ，最先进的ICP质谱也只能达 10^{-11} ，相差五至七个数量级。再从测量时间来看：AMS ^{14}C 测年法测量现代碳，达到1%的精度，只需10-20分钟，但常规 ^{14}C 测年方法却需12-20小时。

正由于AMS ^{14}C 测年方法具有上述优点，自其问世以来，一直为考古学家、古人类学家和地质学家所重视，并得到广泛的应用。例如，在地学方面，尤其是在更新世至全新世界面时标，晚更新世和全新世时期的冰期、古气候、古环境变化、海平面升降等研究方面，能提供高分辨的时间标尺。在考古学方面，能为旧石器时代晚期人类的发展提供完整的时间标尺，为新石器时代考古提供完整的年代序列，为史前考古研究提供可靠的时间标尺等。AMS ^{14}C 测年也常用于一些重要文物或事件的鉴定。

下面将着重介绍北京大学AMS ^{14}C 测年在考古方面的应用，并介绍AMS ^{14}C 测年在“夏商周断代工程”中的作用。

二、北京大学 ^{14}C 测年工作

北京大学加速器质谱计(PKUAMS)如图1所示，自1993年建成以后，即广泛地应用于考古遗址地层、古人类骨头、陶器起源追溯、冶金史、农作物栽培史、文物鉴定等多方面的研究工作。在古气候和古环境的重建研究方面也做了不少的工作。

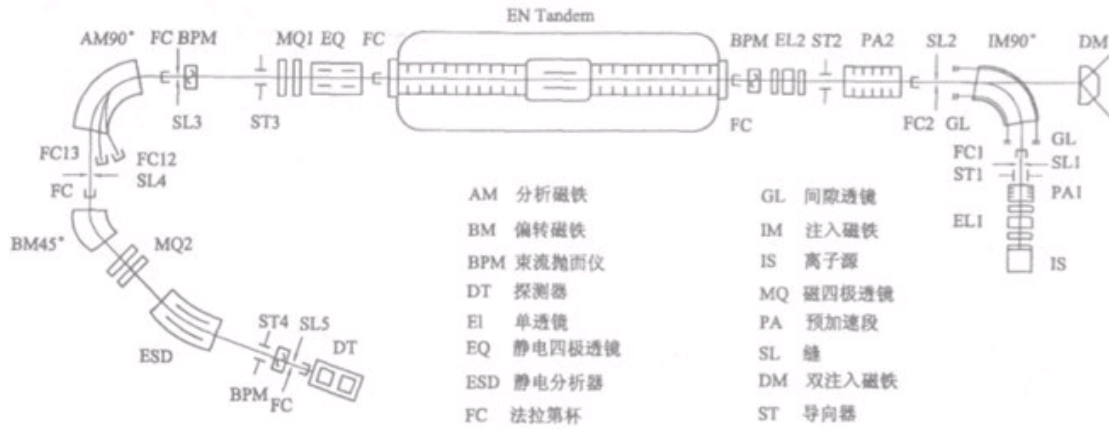


图1北京大学加速器质谱计

(一) 考古遗址年代测定旧石器时代向新石器时代过渡的时间是考古学中的一个饶有兴趣的问题，但是，过去常因样品量的局限而难以得到解决。十多年前，我们曾用 β 计数法，通过测定广西柳州白莲洞和广东阳春独石仔的年代探讨过这个问题，但是由于遗址的一些层位缺乏足够的测年样品而受限制。1988年广西桂林庙岩遗址的发现为深入研究这一问题提供了新的线索，但在测年样品量方面亦有相同的困难。AMS14C测年方法解决了这一难题[3]，其结果如表1和表2。可以看出，表1中左面从距今9250至距今19350年之间缺少的年代数据由AMS14C年代数据得以补充。通过深入研究两个遗址出土的遗物种类、类型，制造技术并结合AMS14C测定的年代，我们认为大约于距今2至1万年之间是中国南方旧石器文化向新石器文化急速转变的时期。

(二) 古代入骨的年代测定[4]古人类化石是考古学研究的珍贵材料，而一些古代人骨，特别是脱层入骨，仅仅根据人骨本身的形态学及某些相关资料难以判断其准确年代，表3是我们用AMS14C测年方法测定的部分人骨年代。这些人骨在测定之前，根据其颜色、比重、挖掘时所处的地貌、表现层位、混杂的动物骨骼种属，以及某些体质人类学特征，均被认为可能属于晚更新世化石，但是测定结果表明，除个别样品与原来估计年代接近外，其他均为全新世人骨。

(三) 追溯陶器起源陶器是人类一项划时代的发明，它与人类的生产、生活有密切关系。一些考古学家甚至将它的出现，看作新石器时代的开端。以往的研究和资料说明，中国至少在一万年以前，就已开始使用陶器。近年来我们对广西桂林庙岩和湖南道县玉蟾岩遗址出土的陶片进行了研究。首先，测定了它们出土地层的年代，确定其年龄都老于一万四千年。为了得到这些陶片的确实年龄，我们剖析了陶器中各种含碳组分，从陶片样品分离出其中的腐殖酸与胡敏素分别测定年代，在分析了这两个组分的14C年代与陶器本身真实年代之间的关系之后，结合这两个遗址的地层14C年代结果，我们认为庙岩陶片年代在距今一万六千年左右；而玉蟾岩陶片的年代约为距今一万四千五百年前后。从而将中国陶器出现的时间推前五千多年。

(四) 我们还测量了河北宣化龙烟铁矿炼铁炉渣的年龄，证实了该矿至少有900年的历史，要比所谓它是20世纪某外国人发现此矿的说法早得多。测定了甘肃东灰山出土的碳化小麦，年龄为4230年，它是我国迄今发现最早的小麦。我们还在几乎无损的情况下，为用户测定了一些珍贵文物的年代，从而确认其真伪。

(五) 为了配合全球气候变化的研究，了解我国第四纪以来气候变化的趋势，在国家自然科学基金支持下，中国地质学家对我国北方干旱半干旱区东西向地质大断面中的若干典型剖面进行了研究[5]，并总结了该地区过去气候变化的规律，也预测了未来环境发展的趋势。我们与中国科学院地质研究所合作，用AMS14C方法测定了陕西渭南黄土地层剖面一系列样品的年龄。提供了该剖面从晚更新世到全新世的高分辨率时间标尺，如图2所示。它为重现黄土中保存的古气候古环境记录所反映的地质历史情况提供了重要依据。

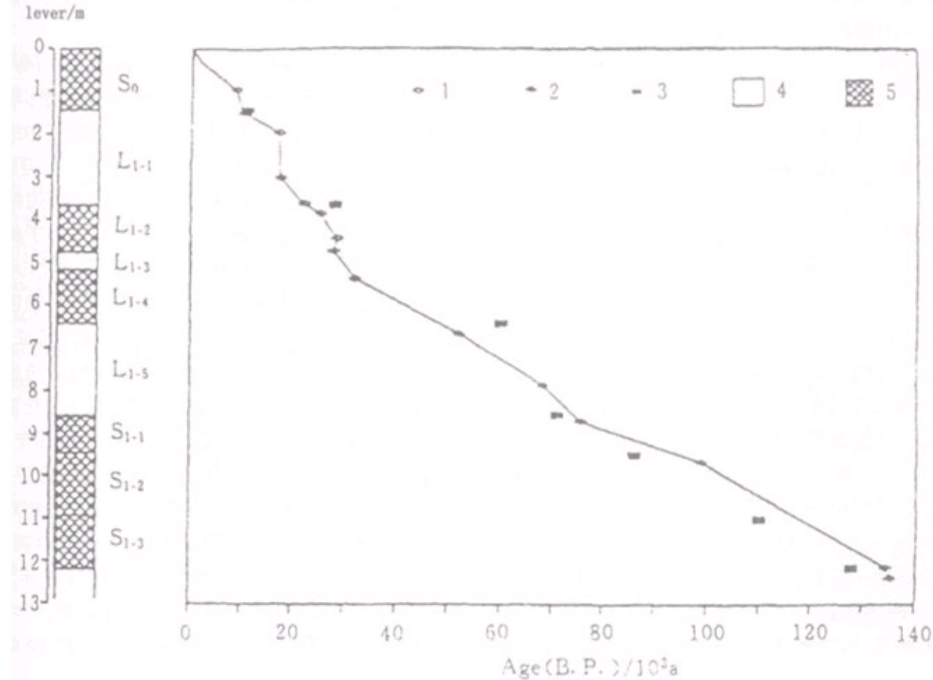


图2渭南黄土年龄与SECPMAP对比

(六) 我们与中国地质科学院岩溶地质研究所合作, 对从广西桂林盘龙洞采集的1.22米高的石笋按照沉积形成的微细纹层进行分层取样和AMS14C测年[5], 配合氧同位素、微量元素等方法, 对过去三万年来的气候变化做了精细研究。结果表明, 石笋不同时期的沉积速率在每百年0.12到28厘米间变化。在距今一万二千年至三万二千年间是末次冰期中特别干燥的时期, 石笋生长很慢; 在距今一万年以来的全新世中, 该地区气候总的具有潮湿和温暖的趋势。

三、夏、商、周断代工程

中国古代文明是人类历史上有数的几个独立起源的古代文明之一, 为世人所公认。正是这些自古以来绵延传流、没有中断的中国文明, 使中国人引以自豪。夏商周三代是中国古代文明的重要时期。然而, 我国历史纪年, 从西周共和元年即公元前841年起, 才有比较确凿的编年材料。在此以前的历史年代, 都是根据古籍中记载的帝王世系片段推算出来的, 史学界历来众说纷纭。例如, 对武王伐纣的年代推算就有四十余种不同的说法, 上下相差百余年。有些学者根据史籍记载的天文现象进行年代推算, 增强了科学性。但因史籍记载不仅不全, 而且专家们对一些现象的解释和可信性存在分歧, 仍难得出公认的结论。在过去几十年中, 中国的考古学家做了大量的工作, 发现了一些夏商时期重要遗址, 并且出土了许多宝贵的文化遗存, 尤其是殷墟的发掘, 甲骨文的发现, 确证了世系的存在, 也增加了夏王朝传说史的可靠性。但对于商王的历史纪年, 也还只能是由史学家们根据古籍中或甲骨上的只言片语进行估计与推算。要确定各个时期的绝对年代, 还需要进行大量的精细的年代测定工作。为此, 国务院于1995年12月21日决定将“夏商周断代工程”列为国家重大科研课题。其目标是: 对西周共和元年(公元前841年)以前, 包括西周早、中和晚期前半各王, 以及商代后期, 从商王武丁到纣王, 确定比较准确的绝对年代; 对商代前期, 能提出比较详细的年代框架; 对夏代提出基本的年代框架。

在“夏商周断代工程”中, 历史学研究, 将在历史文献学、历史地理学、古文字学等方面开展工作, 通过对浩瀚的中国典籍及金文、甲骨文研究搜寻, 去伪存真, 为考古学、天文学研究提供有价值的新资料、新线索; 天文学研究, 依据对古代天文现象的计算, 可以确定若干绝对年代坐标; 考古学研究, 通过对夏商周三代考古遗址的发掘研究, 建立相对年代分期, 并为14C测年提供文化性质确切、出土地层明确、相对年代可靠的测年标本, 特别是序列测年标本; 而高精度14C测年(包括常规与AMS)通过一系列样品年代的测定, 为断代工程提供可靠的年代数据, 旁证天文学计算的可靠性。依据14C年代, 树立起年代框架与时标, 对解决一些问题发挥关键的作用。

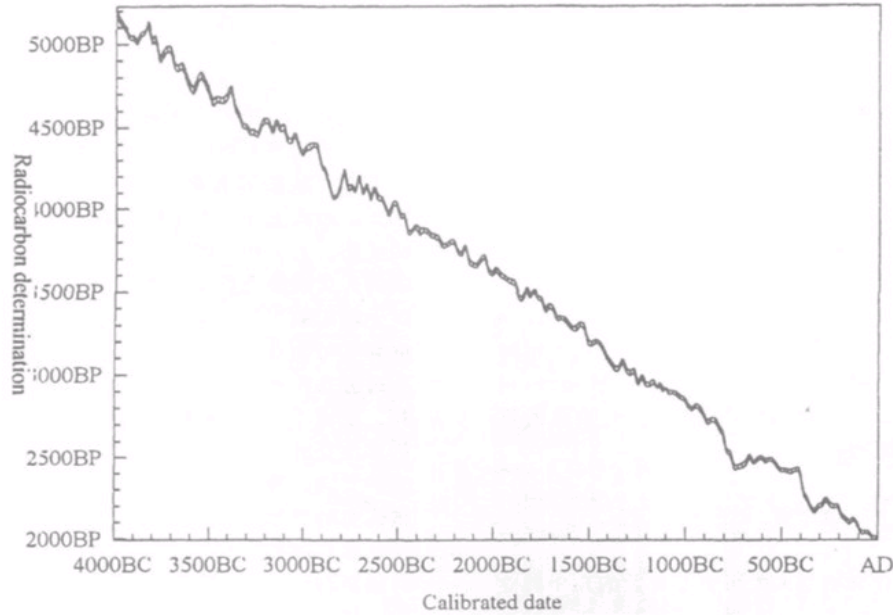


图3部分树轮校正曲线

北京大学AMS14C测年原有精度为 $\pm 1\%$ ，相当于 ± 80 年的年代误差。通过系统的改造，可望达到目前国际上先进14C的测量精度 $\pm 0.3\%$ 至 0.5% ，相当于 ± 40 年至 ± 24 年的误差。但是，14C测年所给出的直接结果是14C年龄，还需用树轮曲线校正后才能得到真正的日历年龄。由于树轮年龄校正曲线呈锯齿形状，如图3所示，使14C年龄对应的日历年龄是多值的，误差会被放大，难以满足工程的要求。然而，我们可以利用这一特征，对已知相对年代序列的各种系列样品进行高精度的测量，并作拟合与日历年龄转换[6][7][8]。有可能将其日历年代的准确程度控制在20年，甚至更小。目前已知的较为理想的系列样品是殷墟甲骨，其中许多甲骨上刻有帝王的年号，因此，其相对纪年序列已较好地确定。但这类样品极为珍贵，并且样品量很小，只有用AMS14C方法进行测年。AMS14C测年方法将充分发挥它样品用量少，可以用来测定极其珍贵的甲骨以及重要的骨头、烟盒等小样品的优势，在工程中发挥独特的作用。

参考文献

[1] Libby, W.F., et al, "Age Determination by Radiocarbon Contents: World Wide Assay of Nature Radiocarbon", Science, vol. 109, (1949) p. 227

[2] 李坤、郭之虞：《加速器质谱碳十四断代》，《原子核物理评论》第14卷，第1期，1997年，第53—56页。

[3] Yuan Sixun, Li Kun, et al, "Application of AMS Radiocarbon Dating in Chinese Archaeological Studies", Proceeding of the 14th International Conference: Applications of Accelerators in Physics (American Institute of Physics), Denton, Texas, 1996, pp 803-806

[4] Yuan Sixun, Guo Zhiyu, et al, "AMS 14C dating of ancient human bones in missing layers", NIM, B113, (1996) pp 477-478

[5] Wang Jianjun, Li Kun, et al, "AMS Application to the Paleoclimate Study in China" 《核分析技术与环境科学》，原子能出版社，1997年，10月，106-110页

[6] 刘若新、仇士华等：《长白山天池火山最近一次大喷发年代研究及其意义》，《中国科学》第27卷，第5期，1997年，437-441页

[7] 仇士华、蔡莲珍：《解决商周纪年问题的一线希望》，《中国商文化国际学术讨论会论文集》，中国大百科全书出版社，1998年，442-450页

[8] 仇士华、蔡莲珍：《14C断代技术的新进展与夏商周断代工程》，《考古》1997年第7期

表 1: 白莲洞遗址 ¹⁴C 年代

β 计数方法	AMS ¹⁴ C 测年方法
层位及样品编号* ¹⁴ C 年龄(年 BP)	层位及样品编号* ¹⁴ C 年龄(年 BP)
东 1 BK82092 7080±125↓	↓
东 2 BK94043 9520±90↓	↓
↓	西 IU BA94027 10310±290↓
↓	东 3 BA93016 10160±580↓
↓	东 4 BA93017 13550±590↓
↓	西 3 BA92017 18440±410↓
↓	东 8 BA92013 20240±660↓
西 4 TBK82097 19910±180↓	↓
西 4 TBK92039 21570±150↓	
西 4 BBK82098 26680±620↓	

*U: 上层, T: 顶部, B: 底部

表 2: 庙岩遗址 ¹⁴C 年代

层位	样品编号	¹⁴ C 年龄 BP
2	BA92030-1	13100±370
3M	BA92033-1	13000±450
4M	BA92034-1	14110±270
5L	BA92036-1	18670±320
6L	BA92037-1	21530±430

*M: 中层, L: 下层

表 3 人骨的 AMS ¹⁴C 测年结果

样品编号	样品材料	¹⁴ C 年龄 BP
BAHW1	人头盖骨	670±150
BAHW2-1	人胫骨	470±120
BAHY1	人头盖骨	2130±140
BAJP	人头盖骨	290±130
BAJ	人枕骨	2310±190
BAHH	人头盖骨	390±180
BABM1	人头盖骨	3060±160
BABM2	人软骨	3160±100
BABF	人枕骨	530±80
BANZ1	人头盖骨	2380±150
BAN22	人头盖骨	8780±280
BAHY	人大腿骨	3260±150
BAHS	人头盖骨	2200±150
BASC1	人大腿骨	3030±130
BASC2	人头盖骨	3310±230
BAGLS	人软骨	2150±90
BAGL1	人头盖骨	3500±90
BAGM	人软骨	8530±310
BA92044	人骨	40860±2500

本文转载自《文物考古与现代科学》宿白主编，特此声明，请勿转载！

任何版权疑问，请联系岳成律师事务所。

相关阅读

版块精选



为中国文物奔走的70年
中国书画市场因何辉煌
山东陈庄西周城址
新农村建设中古建保护
红木家具今年达150万元

- 红楼服饰制作工艺 番耙丝 紫砂壶“名人陷阱”
- 古典收藏品成为家居装饰热潮 高科技保护文物
- 中国最大王妃墓尘封400余年后开放 星巴克事件
- 重阳菊酒 文物学会重阳祝寿会 中秋应节食品来历

古玩交流



合作伙伴:



中国文物学会



北京中国书画收藏家协会



中国收藏家协会



天津书画院



中国黄金投资分析师网



中国工商银行

中华人民共和国文化部 | 国家文物局 | 北京市文物局 | 中国文物保护基金会 | 故宫博物院 | 中国国家博物馆
北京鲁迅博物馆 | 国际友谊博物馆 | 文物出版社 | 中国文物研究所 | 中国文物信息网 | 首都博物馆
北京文网 | 中国书画艺术研究院 | 新浪网收藏频道 | 新华网收藏频道 | 中新网 | 中都国拍

[点击查看更多链接 >>](#)

关于我们 | 专业服务 | 广告服务 | 联系我们 | 网站地图 | 法律声明 | 合作伙伴 | 诚聘英才 | 帮助
银行支持：中国工商银行 法律支持：岳成律师事务所 网站运营：Celestone

中国文物网版权所有



京ICP证070695号