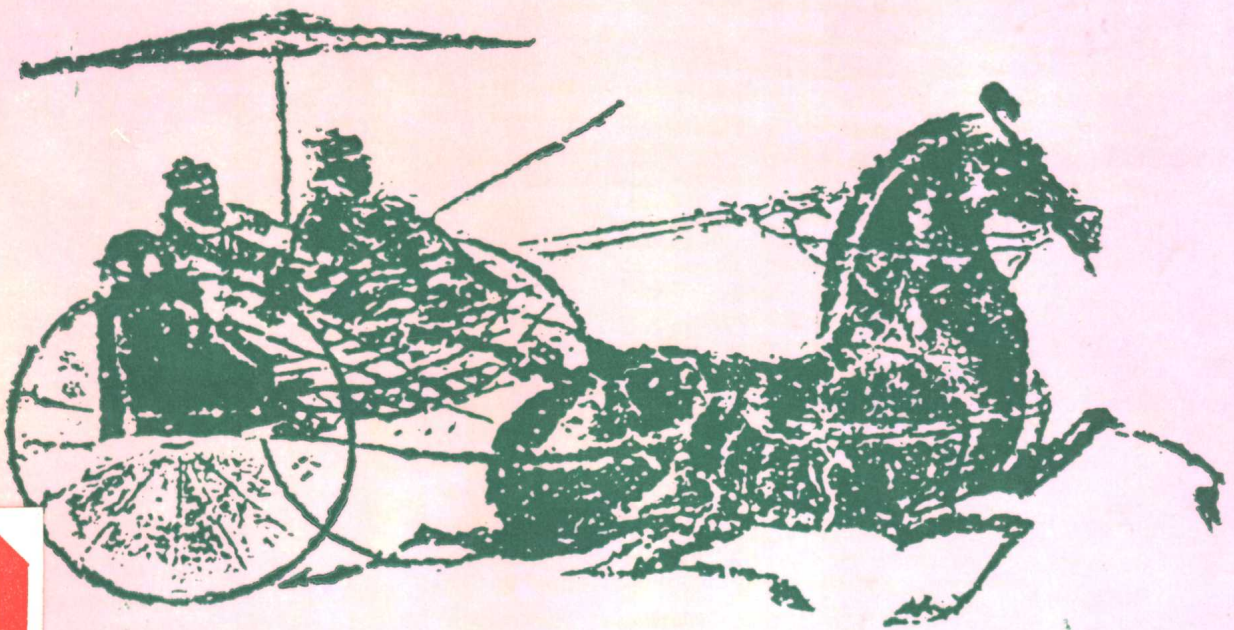


科技考古论丛

苏秉琦题

——全国第二届科技考古学术讨论会论文集
《科技考古论丛》编辑组 编



中国科学技术大学出版社

33

6

科技考古论丛

——全国第二届科技考古学术讨论会

论文集

《科技考古论丛》编辑组 编

中国科学技术大学出版社

1991·合肥

科技考古论丛

——全国第二届科技考古学术讨论会论文集

《科技考古论丛》编辑组 编

责任编辑：胡水余 封面设计：郑志坚

*

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路96号)

中国科学技术大学印刷厂印刷

安徽省新华书店发行

*

开本：787×1092/16 印张：14.25 字数：341千

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

印数：1—1500册

ISBN7-312-00248-X/K·2 定价：9.00元

内 容 提 要

本书是在提交“全国第二届科技考古学术讨论会”论文的基础上选编成的，集中而具体地反映了我国科技考古学的研究现状和一部分成果。全书分综述评论、学科论坛、研究成果和特邀报告 4 个专题，收入 41 篇论文。

本书对考古学工作者和该专业学生、文物保护和管理部門工作人员以及有关领域科技工作者都有一定的参考价值和启发作用。

序

古来人类的知识是一个整体,不分自然科学和社会科学。不论在西方古希腊、古罗马或在东方的中国先秦时代,许多哲人的著作不少含有天文、历法、地理、动植物和农耕知识,杂以伦理、教育、治理国家的法则、经济、政治等。古人统称之为哲学。

其后自然科学有突飞猛进的发展,各分支学科发展为一独立的体系。至20世纪自然科学的实验方法与社会功能得到明显的高度发展。

这时自然科学与社会科学又相交融,但不是简单地重复古代两种科学的交替混合,而是发展成为一种新的水乳交融,从而产生出新学科。

考古学是一门研究人类遗存实物的科学,内容包括野外发掘、文物考订、分类、分析辨认以及文物保护,这门学科已具有悠久历史。

欧洲在十八世纪 H·W·Klaproth 曾考虑用化学分析方法来解决文物成份分析问题,这是化学分析法闯入考古领域的开端。到本世纪物理的、化学的分析方法和仪器分析突飞猛进,从前考订文物年代和成份分析只限于几种简单方法,而现在又有核物理的放射性方法、电子显微镜、X射线衍射仪、质谱仪、金相分析、穆斯堡尔效应等新仪器、新手段,凭借这些先进仪器与实验方法考古学走上了一条新道路。于是有实验室考古或科技考古这样一门新学科应运而生。古老的考古学一旦与现代科技相结合,便获得了新力量。

一个学科与另一学科相结合就产生新的学科是现代科学发展的道路。

1989年10月20日至22日在安徽省合肥市中国科学技术大学召开了全国第二届实验室考古学术讨论会,有来自全国13个省市40个单位71人参加,并有美国同行到会宣读论文,全会宣读论文计54篇,嚶嚶求友,到会者五湖四海。斯是盛会,会议主持者将论文编订成册,爰为之序,并祝科技考古学茁壮成长!

钱临照

1990年6月

前 言

考古研究的对象是一切与人类古代社会有关的实物遗存。我国地大物博、历史悠久、文物遗迹丰富,考古学研究得天独厚。半个多世纪来,我国考古学家成功地发掘了诸如半坡、殷墟、商城和秦俑坑等许许多多重要遗址,震惊了整个世界。在发掘和研究的基础上,已建立起水准很高的考古理论。考古科学的发展,使愈来愈多的考古学家认识到自然科学技术对考古研究的重要作用。夏鼐先生曾一再主张将科学技术应用到考古研究中去,而苏秉琦先生则明确指出,科技考古应成为一门新的交叉学科。

国际上的科技考古工作发轫于18世纪。事实上,我国的科技考古研究亦可追溯到本世纪20年代。建国以后,北京和上海的一些研究单位和高等院校,在考古断代,古陶瓷工艺和古冶铸技术等方面都取得了令人瞩目的成果。近10年来,在钱临照、苏秉琦、杨承宗和柯俊等前辈学者的关心和支持下,河南、陕西、广西和安徽等省(区)的科技考古工作相继开展起来,并取得了一定的成绩。

自然科学技术的理论、手段和方法一经进入考古领域,实物遗存的潜在信息便逐步被揭示出来:如, ^{14}C 、热释光及顺磁共振等技术直接揭示出实物遗存的绝对年龄信息;光谱、金相、穆斯堡尔谱、X射线衍射及电子显微镜等测试手段给出考古对象的结构成分数据,使人们有可能更准确地得到它们的制作工艺信息;而铅同位素、稀土微量元素及长石定量分析等方法,则可探索青铜、陶质文物的矿物来源踪迹;如此等等,不一而足。无疑,这些潜在信息的揭示给考古研究增添了新的内容和活力。1988年5月上旬在广西南宁市召开的全国第一次实验室考古学术讨论会和1989年10月下旬在安徽合肥市召开的全国第二次实验室考古学术讨论会,较为集中而具体地反映了我国科技考古的研究现状和部分成果。为了推动科技考古工作的发展,促进同行和学科之间的相互了解和合作交流,我们决定从第二次会议论文中选出一部分,其中包括科罗拉多州丹佛市博物馆的邦克博士提供的论文,汇编成集。论丛编辑组由仇士华、李志超、高正耀、张秉伦、范崇政、王昌燧和王胜君组成,许多繁重的工作是由王昌燧同志完成的。论丛的内容包括考古断代、古冶金、古陶瓷、玻璃、玉器及颜料等研究领域的综述评论、现代科学技术在考古学、文物保护和科技史领域的应用进展以及关于研究方法与工作经验的专题报告等,不少作者都是其论述领域的学科带头人。因此,对于与此有关的大学本科生,科研工作人员及文物考古研究人员,本论丛不失为一本很有价值的参考书。然而,由于我们学识有浅陋、经验缺乏,加之时间所限和学科发展的自身原因,在收录、编辑过程中难免有疏漏、差错和不妥之处,恳请原作者和读者不吝指正。

全国第二次实验室考古学术讨论会期间,与会代表还专门对学科的命名和内涵进行了认真热烈的讨论,讨论的结果是,学科名称以科技考古为宜。为此,本集出版时以《科技考古论丛》为名,特予说明。

最后,对于资助出版本论文集的中国科学院物质结构分析开放研究实验室、安徽省文物考古研究所和安徽省博物馆表示衷心地感谢。

《科技考古论丛》编辑组

1990年7月

目 录

序	钱临照(I)
前言	(II)

综述评论

考古断代方法述评	仇士华 蔡莲珍(1)
中国金属史的分期和发展梗概	华觉明(10)
科学技术研究在陶瓷考古中的应用	李家治(18)
中国历代分相釉——其化学组成、不混溶结构与艺术外观	陈显求 黄瑞福 陈士萍 周学林(25)
中国古玉的研究	闻 广(39)
近年中国古代化学史研究方法之进步	赵匡华(45)
关于古代文物的力学性质的研究	王大钧(51)
中国古代磁学成就与考古磁学	李国栋(57)
电子自旋共振(ESR)测年在史前考古和历史考古中的应用	金嗣昭 黄培华 梁任又(60)
中国古代彩绘颜料研究综述	王进玉(68)

学科论坛

浅述考古学与自然科学的关系	张志培 马淑琴(73)
科技考古与考古教学	蒋赞初(75)
略论技术考古学的科研和教学	李志超(78)
漫谈现代科学技术与考古	白荣金(81)
科技考古促进金属考古学飞速发展	李京华(83)
两汉时代青铜冶铸业与科技考古	杜迺松(86)
开拓科技考古新领域	单 晔(94)
从古荣冶铁遗址的发掘研究看科技考古的意义	陈立信(97)

研究成果

粉状锈研究及青铜文物保护	范崇政、王昌耀、王胜君、张懋森、W. T. Chase、张敬国、韩自强(100)
浅议环境与文物	程德润(111)
古代青铜器锈蚀机理研究	刘成、程德润、赵明仁(118)
文物保护用聚合物透气性研究的应用	杨植震、唐静娟、沈政、杨存忠(128)
硅氧烷石刻保护涂层的研究	孔荣贵、刘胜峰、童显双(133)
遥感技术在寿春城遗址考古调查中的应用	丁邦钧、李德文、杨则东(136)
青海大通县出土汉代玻璃的研究	史美光、周福征(142)
雌雄铜鼓考	李世红、万辅彬(147)
南宋官窑釉的穆斯堡尔谱初步分析	高正耀、陈松华、李中和(154)
小黄冶三彩窑样品的穆斯堡尔分析	高正耀、陈松华、秦广雍(157)
元代钧瓷烧成条件的穆斯堡尔谱分析	高正耀、陈松华(161)
元代汝瓷的穆斯堡尔谱初步分析	高正耀、陈松华、杜宝石(164)
技术物理和计算机在考古学上的应用	金国樵(169)
考古类型学方法的计算机实现	李科威(176)

文物信息系统与科技考古	铁付德(180)
殷墟石磬频谱特性研究	申 斌、姚润亭、王 黎(185)
桂林庙岩文化遗址及其形成环境	陈 先、区训一、王丽娟(192)
花山岩画颜料和粘合剂初探	邱钟苍、李前荣、潘笑梅、王昌燧(197)
“水锡”考辨	周卫荣(202)
古青铜器的模糊铭文纹饰处理	邢锦云、盛发和、潘 波、潘笑梅、王昌燧(207)
源激发 X 射线荧光法(XRF)对考古样品成分的无损分析	刘 倩、杨炳忻、徐克尊、赵 岩(210)
蚁鼻钱的 X 射线荧光法无损检测	毛振伟、张秉伦、池锦祺、张振标(213)

特邀报告

Ancient Bronze Ornaments With Tin Enriched Surfaces and

Gilded Bronze Belt Plaques Cast by 'Lost-Wax and Lost-textile' E. C. Bnker(216)

考古断代方法述评

仇士华 蔡莲珍

(中国社会科学院考古研究所)

考古学是“时间”的科学。在整理考古资料、研究考古问题时判断遗迹遗物的年代是最基本的一环,对于史前考古尤其如此。这就是考古学中的“年代学”。通常考古学家依靠地层学和类型学断定相对年代,这种断代方法曾对考古学作出过重要贡献,至今仍然是很有用的。但它的局限性和不完善性是显而易见的,它无法判断绝对年代。自从自然科学的断代方法引进考古学或与考古学相结合以后,考古年代学才真正建立在可靠的基础之上,取得了重大的成果,甚至在某些方面或在一定意义上可以说引起了考古学的革命性进展。已故的夏鼐先生一贯极力主张把自然科学方法引进到考古学领域中去,不仅是在考古学上要利用自然科学方法,而且还要采用“多学科的研究工作”的组织方法进行多学科的研究。因此他曾亲自领导筹建考古所的自然科学实验室,并建成了我国第一个¹⁴C断代实验室。我们现在召开现代科技考古的学术交流会,如果夏先生健在,一定会非常高兴的。今天我们仅就考古学中使用的自然科学断代方法及其断代成果谈谈粗浅的看法,以求教于大家。

表1为各种考古断代方法简表。

一、断代方法

1. 古地磁法(PM)

有两种方法:一种是利用某些古物的热剩磁性进行断代的技术,用于新石器时代以来的窑、炉、灶、砖、瓦、陶瓷的断代。另一种是利用地层沉积磁性随地磁极性倒转而倒转的现象进行地层断代,用于旧石器时代古人类地层的断代。两者都不是独立的绝对年代测定方法。前者要靠已知年代样品预先建立古地磁随年代变化的实验曲线作为参考标准。后者要靠钾氩法预先建立连续地层的磁极性倒转年代序列表作为参考标准。

古物的热剩磁性断代,由于¹⁴C断代的广泛应用,实际上很少使用。沉积磁性断代在铀系方法最大可测年限以前(35万年前)是目前测定古人类地层年代的主要手段之一。我国云南元谋、陕西蓝田、北京周口店等古人类地层都曾用过此法。但必须指出由于沉积地层的原始剩磁性很弱,标准极性年表中某些事件的存在及年代尚有争论,因此实测的地层磁性和标准地层磁性对比常常发生困难,定出的年代也就容易引起争论,所以工作过程中要特别仔细,或者方法本身还需要进一步完善。

2. 钾氩法(K-Ar)

主要应用于地质学方面测定火成岩的年代。在考古学中应用成功,主要是测定了东非人化

石的年代。因为在那里的沉积地层中夹有多层火山灰层可以取样测定。通过对肯尼亚鲁道夫湖区、坦桑尼亚奥杜威峡谷和埃塞俄比亚奥莫盆地人类化石层中火山灰的测定得出结论,认为人类的起源至少在 250~300 万年以前,比原来估计的 100 万年大大提前了。

钾氩法适于测定早期旧石器时代的年代。我国早期旧石器时代人类化石地层中尚未发现适合于钾氩法测年的标本。

3. 裂变径迹法(Ft)

地质上常用于黑曜岩、凝灰岩等火山物质及玻璃陨石的测定。受岩浆烘烤过的围岩中的含铀矿物也是测定的对象。它测定年代的范围可以数千年至数百万年,考古上亦可应用。埋有古人类化石的火山岩层,古人类用火堆旁被高温烘烤过的矿物晶粒、陶器中的锆石晶粒、人工玻璃等都可以取样测定。对于较年轻的考古样品则要求含铀量较高,否则会因自发裂变径迹数目太少,统计误差会随之增大。曾用裂变径迹法测定坦桑尼亚奥尔杜威峡谷古人类遗址第一层中的火山浮石得出的年代是 2.03 ± 0.28 百万年,同用钾氩法测得的 1.75 ± 0.15 百万年一致,因此表明东非人的年代是可信的。

我国科学工作者曾用此法对北京人用火遗迹的灰烬层(周口店第一地点第 10 层)中的屑石测定得出 46.2 ± 4.5 万年的年龄值。

4. 铀系法

利用铀的诸同位素和它们的子体之间放射性平衡的破坏和重建的过程进行测年,其测年范围为 0~100 万年。考古学上用于测定的对象主要是人类及哺乳动物的牙齿和骨骼,以及石灰岩洞穴中的石灰华、石笋、石钟乳等碳酸盐沉积物。埋在地下的牙齿和骨骼从周围地下水中交换吸附得到铀,洞穴中的自生碳酸盐沉积时水中溶解的铀跟着一起沉积出来。根据子体钍-230和镤-231的重新积累的程度可计算出年代。由此断代的有效范围在 35 万年以内。经过不断的研究和发展近年来铀系法测定的年代可靠性不断提高,我国工作者已做出不少年代数据,它已经成为旧石器时代中、晚期的主要断代手段。

5. 热释光及电子自旋共振法(TL, ESR)

这两种方法的共同处是两者都通过测量样品中积累的辐射剂量效应来确定最近一次受热后的年代或样品形成的年代。作为第四纪有效的测年方法两者都在不断的研究改进和发展。热释光断代应用于考古是从 60 年代测定陶器的烧制年代开始的。我国在 70 年代建立实验室,已公布过多批年代数据。一般情况下所测得的年代还算可靠,误差为 10%左右,可测年代范围的上限可达百万年。应用前剂量法可测准数百年内烧制的陶器。可测的样品还有古人类遗址的火烧土或火山灰层、岩浆烘烤层,因此在考古方面的应用颇为广泛,相应地也应用在地质方面。近十多年来应用阳光晒退的理论又推广应用到沉积物的测定,例如用于测定黄土、海底岩芯、河湖相沉积等。

ESR 断代方法是最近十多年迅速发展起来的,几乎同 TL 方法一样都要用样品所接受的自然辐照总剂量和年剂量来计算年代。但由于 ESR 方法的灵敏度较差,一般难以测定太年轻的样品。它的优点是样品测量时不加热,因此可以重复使用,而且完全可以用于测定骨骼、牙齿、珊瑚、贝壳之类的样品。而 TL 法由于要加热引起化学发光因而难以测定这类样品。ESR 方法还可以象利用氨基酸外消旋反应测年一样,利用有机物的化学变化测定。例如在洞穴中死亡的动物,由于温度不变,用 ESR 方法测其有机体的化学变化可获得理想的测定效果,这对考古学或法医学研究显然都有用。

6. 氨基酸外消旋法(R)

动物死亡后体内原生的 L 型蛋白质氨基酸逐渐向其 D 型镜像对映体转化最后达到平衡,以致旋光作用消失,这种现象称为外消旋反应。外消旋反应的速度以指数函数关系严重依赖于环境温度。根据骨化石中 L 型和 D 型蛋白氨基酸的比例及骨化石所在的环境温度即可定出动物死亡的年代。但由于骨化石所处的环境温度历史可能有其复杂性,难以估定,所以用此法测定年代往往误差较大,可靠性较差。事实上曾经出现误差极大的事例。

1975 年美国氨基酸测定方法的权威——加州大学巴达教授曾测得一个北美人骨化石的年代为距今 7 万年引起了轰动。因为一般认为美洲的人类是末次冰期时期亚洲人通过白令海峡过去的。1983 年用 AMS 方法测得该人骨化石的可靠年代是距今 4390 年,这才纠正了上述的错误。

由于氨基酸测年所需样品量极少,容易采集,方法简单易行,所以虽然测年准确度和可靠性较差,需要进一步研究使其完善,但对于建立第四纪年代学仍有希望发挥作用。

7. 黑曜岩水合法

黑曜岩是一种火山玻璃,石器时代人类常用它作为制作各种工具的材料。黑曜岩对水有很强的亲和力,表面经常吸附一薄层水,水逐渐向内部扩散形成水合层。水在水合层中的重量大约占 3%,是新鲜黑曜岩中水含量的 10 倍,在光学显微镜下水合层的边沿可以清楚地显示出来。黑曜石工具在制作时其表面是新创面,水合层厚度为零,由此开始水合作用,按 $D^2=kt$ 的规律发展, D 为水合厚度, k 为扩散系数。 k 与埋藏温度和黑曜石本身的化学成分有关,而与湿度无关。同一时代相同成分的黑曜石,赤道地区的水合层厚度比北极地区的大 8 倍,而且因为埋藏环境的温度并非完全不变,往往难以确定,因此这种方法起初常限于局部地区作相对断代,或与 ^{14}C 年代比较定出标准后再用内插法或外推法定出绝对年代。后来通过高温诱发水合试验和确定出有效水合温度的经验公式,可以不依靠其它断代方法定出黑曜石工具的制作年代。1983 年密歇尔(J. W. Michels)等用肯尼亚普罗斯佩克农场(Prospect Farm)考古遗址的一系列层位中出土的黑曜石制品测出了从 2500~120000 年的各层绝对年代。3 万年以内的年代数据基本上与 ^{14}C 测定结果相一致。

我国黑曜石制作的工具极少,目前尚未见开展此项工作。

8. 树木年轮法

树木有年轮人们很早就知道,但作为科学的树轮年代学则是本世纪初由道格拉斯(A. E. Douglass)开始研究建立起来的。他及其后继人在美国西南部成百个考古遗址中收集了成千件木结构样品,互相衔接可上溯到二千多年以前。一个最有趣的例子是它在一个古遗址中发现了一个木梯,砍木材用的工具是石斧,梯子两条腿的树轮年代不一样。一条腿用的是公元 1570 年砍的树,另一条则是公元 1720 年的。因此,他认为这个木梯是公元 1570 年建造的,公元 1720 年断了一长腿,换上了新的。

这个方法原则上比较简单,只要建立起本地区的主年轮序列,考古木头样品的年轮谱与主年轮序列对照就可以定出非常准确的年代。实际上由于各种原因很不容易做到。首先不是各地所有的树都能很好反映出气候的变化,形成理想的特征年轮谱。第二,不易找全各个时期的树木将年轮序列衔接起来。只能在气候季节变化比较明显的地区选择适当的长寿木树种,才能建立起年代连续比较长的主年轮序列。目前在美、欧均已建立了近万年的主年轮序列。

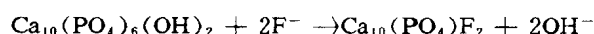
欧洲中世纪的考古遗址和古建筑利用树木年轮断代取得了不少成果。树轮年代学对考古最重要的贡献还在于它对 ^{14}C 年代的校正。因为树轮的年代相应于日历年代,同树轮木片的 ^{14}C

年代比较发现两者有明显差别。3千年前的标本,年代愈老¹⁴C年代愈偏年轻,6千年前的样品相差可达800年。¹⁴C年代经过树轮年代校正才能获得接近实际的考古年代。

目前已有高精度的树轮年代校正曲线,有可能使¹⁴C年代转换到比较精确的历史纪年。我国可靠的历史纪年是从西周共和元年即公元前841年开始的,在此之前的年代都是根据古籍中记载的帝王世系片段推算出来的,武王伐纣的年代说法,上下最多可差100多年,因此利用高精度的¹⁴C测定及树轮校正曲线的最新进展,有可能对商周历史纪年之分歧作出有益的判断,这在我国商、周考古研究中是个重要的课题。

9. 骨化石含氟量分析法

由于地下水中的氟进入埋在地下的骨骼中,使骨骼中的无机磷化合物——羟基磷灰石变为氟磷灰石:



这一过程是不可逆的,因此骨化石中的氟含量愈高,表示埋在地下时间愈长。实际上地下环境条件各地是不一样的,这种变化的速度不能保持不变,所以不能用作绝对断代。曾用此法鉴定过一度被认为是早期原始人类的英国辟尔唐人(piltown man)化石,结果证明这一化石原来是伪造的。

由于铀系法和ESR法都可以对骨化石进行断代,并且方法已相当完善,所以实际上氟含量分析法在现代断代工作中很少使用。

10. ¹⁴C测年及新发展的AMS法

自1949年发表第一批¹⁴C测年数据至今已历时40年,从此¹⁴C年代数据量逐年递增。它是考古、地质、海洋等众多学科研究中最有成效的测年手段,它不但对史前考古年代学作出了重大贡献,使之发生了革命性变化,它的发展和进步同时还直接影响着许多学科的研究和进展。

常规的¹⁴C测年技术是靠记录样品碳中¹⁴C原子衰变率,称为衰变计数法,目前这种方法在技术上已发展到非常完善的地步。一般用1—10克的样品碳测量精度可达2—0.5%,可测的最高年限为4—5万年。如果样品量不受限制,使用同位素浓缩技术将样品中¹⁴C加以浓缩,则可测的最高年限达7万年。但是衰变计数法对于样品量受限制的情况有难以克服的困难,在许多情况下,由于样品量太少,根本无法测定。

近年来发展了以直接计数样品中¹⁴C原子数目的加速器质谱技术计数方法,即AMS法,原则上还可将可测年限再提高。它突出的优点是所需样品量极少,只需几毫克纯碳即可。这意味着¹⁴C测年样品的范围大为扩展,为许多学科的应用展现出新的图景。

这一新方法已经获得成功,自1983年以来已提供了数以千计的¹⁴C年代数据,我国也已列入了重大基金课题项目。AMS法的测量精度已可同一般常规方法相比较,而且还在不断改进。曾用AMS法测定了埃及的一处晚更新世地层中出现的几颗大麦粒,结果表明它们是近代的,结束了一场关于农业起源于晚更新世的争论;AMS法纠正了原来利用氨基酸法测定美国加州森尼维尔人骨的错误年代数据前面已谈过;最近还测了耶稣的裹尸布。这些课题以前用常规¹⁴C方法是无能为力的。地学中AMS¹⁴C法的应用尤为广阔,例如极地冰样、深海钻孔样、微体有孔虫的测定对研究末次冰期以来的沉积速率、海面升降、气候变化等都极为重要。

二、断代成果

我国使用的考古断代方法在旧石器时代早期元谋人、蓝田人等主要靠古地磁断代。北京周

口店地点使用了古地磁、热释光、裂变径迹、氨基酸外消旋、铀系等断代方法。在 35 万年以内则主要靠铀系断代方法,其次是热释光断代方法。在旧石器时代晚期 4 万年以内主要靠¹⁴C 断代方法,其次是铀系方法和热释光方法。到了新石器时代 1 万年以内则更是以¹⁴C 方法为主,其次是热释光方法。就全部测定的数据量而言,¹⁴C 数据已有两千多个,占了绝大部分,其次是有数以百计的铀系数据和热释光数据。由于各种断代方法的应用,我国旧石器时代和新石器时代都已建立起年代序列表。旧石器时代的年代序列表请参见:“陈铁梅,我国旧石器考古年代学的进展与评述,考古学报,1988 年 3 期”。但相对来说,以¹⁴C 方法建立的史前新石器时代考古年代学最为完整可靠。已故的夏鼐先生曾写道:“由于¹⁴C 测定年代法的采用,使不同地区的各种新石器文化有了时间关系的框架,使中国的新石器考古学因为有了确切的年代序列而进入一个新时期。”现将各地区新石器时代文化¹⁴C 年代序列简表列于表 2。这张简表是用一千多个¹⁴C 数据同考古文化地层相对照建立起来的。以中原地区河南、陕西部分数据所作出¹⁴C 数据与文化序列图表^[1],表明这些年代数据与文化层位的序列基本是一致的,由此可见用这么多¹⁴C 年代数据建立起来的考古文化年代序列是牢靠的。

¹⁴C 方法配合考古工作所做的年代测定推动了学科深入发展,有些甚至改变了旧有的观点。下面举几个实际的例子:

①旧石器晚期文化变化和进展的速度比原先想象的远为快速。例如河套人、峙峪人、资阳人和山顶洞人等,它们的年代原先估计可早到 5 万年或以上,但¹⁴C 年代测定证明均在 4 万年以内。山顶洞人甚至可晚到只有 1 万多年。

②安阳小南海人遗址各层位的年代数据有 3 个:距今 11000±500 年(ZK-655);距今 13075±220 年(ZK-170);距今 24100±500 年(ZK-654)。据发掘者推断各层石器都具有同样的特征,动物化石也没有种的区别,它应该属于同一阶段的连续堆积。从动物的化石性质上分析可以确定这个洞穴堆积的地质时代属于更新世晚期,¹⁴C 年代也与此大体吻合。由此可以得到启示,一个洞穴遗址可能有不同层位,可以分期,不能笼统地作为一个短暂的时期来处理。山顶洞遗址堆积也有类似的情况,上下层的年代相差了将近 1 万年。因此注意¹⁴C 测定年代的配合,对旧石器晚期文化遗存的研究可以更加深入细致。

③许多旧石器晚期文化如山西朔县峙峪、河南安阳小南海、山西沁水下川、蒲县薛关和河北阳原虎头梁等遗址中发现打制石器的技术相当进步,已有细石器或类似细石器的石器,将这些遗址的年代测定对照新石器时代遗址中的细石器进行研究,有助于弄清细石器发展的来龙去脉。

④南方洞穴遗址和贝丘遗址往往有旧石器晚期和新石器早期的连续堆积。例如广东阳春独石仔洞穴遗址、广东封开黄岩洞遗址、江西万年仙人洞遗址、广西柳州白莲洞洞穴遗址,还有属于新石器早期的广西桂林甑皮岩遗址和广西南宁豹子头贝丘遗址等。这些遗址的时代处于旧石器晚期或新石器时代早期的阶段,是史前考古学中研究由旧石器向新石器过渡的重要环节。但是由于地处石灰岩地区,有些¹⁴C 样品的年代偏老,误差较大。虽然¹⁴C 年代工作者对石灰岩地区的各类样品年代数据的可靠性做了认真的研究,但有些考古学家对这些遗址的年代仍有怀疑和争议。另一方面由于华南考古工作开展较晚或不够充分,不如黄河流域考古工作集中

而发现丰富,许多文化的内涵需要进一步澄清和研究,或者有待新的发掘和发现,对年代测定也还需要做进一步的工作。但无论如何, ^{14}C 年代测定对这一过渡时期的研究还是起到了提供线索和促进的作用。

⑤将新石器时代考古迅速向早期推进,早期文化一经发现,通过 ^{14}C 测定马上可以肯定。例如:山东滕县北辛遗址下层文化、辽宁沈阳新乐遗址下层文化、浙江余姚河姆渡下层文化、甘肃秦安大地湾一期文化、河南新郑裴李岗文化、河北武安磁山文化、内蒙古敖汉旗兴隆洼文化等早期新石器文化都由于 ^{14}C 测定的配合而得以迅速肯定。

⑥龙山文化时期各遗址中普遍发现有用于铺地和粉刷墙壁的白灰面,它是否是用人工烧制的石灰问题,不能用分析成分的方法解决。但用白灰面测出它确从当时空气中吸收了 CO_2 ,就可以肯定是经过人工烧制的。现已肯定人们在四五千年前已普遍烧制和使用石灰,这是建筑史上的一件大事。

⑦配合夏文化探索测定了河南偃师二里头遗址各层位 30 多个年代数据,将该遗址一至四期文化大致框定在距今 3850—3450 年;测定了山西襄汾陶寺遗址 20 多个年代数据,将该遗址的早、中、晚各期的年代大致框定在距今 4350—3750 年前。发掘者根据对发掘资料的研究,认为二里头文化早期可能属于夏代,中、晚期则在商代。陶寺类型文化可能就是夏族文化,在中、晚期建立了夏王朝。目前探索还在进行中,下结论尚为时过早,但无疑这两种文化的年代测定,对研究夏文化颇为重要。

⑧我国古代冶铁最晚起始于春秋时期,煤炭的发现和使用也很早,在汉代冶铁遗址中曾发现有煤的使用。因此有些学者认为早在汉代就把煤用于冶铁。但根据目前铁器中 ^{14}C 的鉴定结果,我国在宋代才开始把煤炭用于冶铁,汉代冶铁遗址中虽发现有煤,但未用于炼铁。

三、几点看法

综上所述,我国考古学和古人类学中应用自然科学断代方法都取得了可喜的成果。不论是旧石器时代还是新石器时代都已建立了初步的各类文化的绝对年代框架。但我们应当清醒地看到还存在许多很不完善的地方,必须共同作出努力,求得进步。

首先测年方法本身和实验技术需要不断改进,要提高可靠性和精度。不同的方法存在不同的情况,有些测年方法的理论或实验技术需要进一步深入研究加以验证方法是否完善、是否可靠?要注意的问题是什么?例如古地磁法本来就是比较测年方法,由于标准的古地磁极性年表本身还需不断完善,以及其他各种困难,测出的年代数据发生争论是难免的,如果在几种方法对照验证,则情况会使人更满意。钾氩法和裂变径迹法则首先需要注意找到能代表文化层位年代、符合方法要求的样品。氨基酸外消旋法单独断代时则更需要慎重。铀系法测年对样品是否封闭要有可信的证据。电子自旋共振方法(FSR)还需要积累经验。即使方法比较完善的 ^{14}C 方法,也因为含碳样品常常不是考古对象本身,而要注意样品与考古对象的关系。如何去除污染、取何种含碳物合适的问题,减少采样量、扩大采样范围、提高精度等更是迫切的要求。总之,测年工作要全神贯注,是一项研究工作,也必须以研究工作来对待。

表 1 考古断代方法

技术类别	断代方法	可测样品	测定年代范围	误差范围	适用课题	备注	
							本身衰变规律
放射性同位素	^{14}C 测定年代	含碳物质(动、植物遗骸等)	5×10^4 年以内	放射性测量误差0.5—1%(相当年代40—80年)	旧石器晚、新石器、殷周—汉唐、边远地区、古代技术、古器物等的年代问题		
	钾—氩(K-Ar)	火成岩	1×10^5 年以内	测量误差几%, 主要取决于样品封闭程度	古人类起源、旧石器时代等年代问题		
	铀子系(U系)	碳酸盐、骨、牙、贝壳	1×10^4 — 4.5×10^5 年	测量误差3—5%多数在10%以上	旧石器时代、新石器早期的文化年代		
	热释光(TL)	陶器、火烧土、沉积细沙	$几 \times 10^5$ 年以内	测量误差3—5%多数在10%以上	陶器制作、考古遗址、火烧遗迹、黄土沉积等年代问题		
	电子自旋共振(ESR)	陶器、火烧土、骨、石灰华	$几 \times 10^5$ 年以内	测量误差3—5%多数在10%以上	陶器制作、考古遗址、火烧遗迹、黄土沉积等年代问题		
	裂变径迹(FI)	火山灰、玻璃、石器、陶器	$几 \times 10^3$ — $几 \times 10^6$ 年		古人类遗迹、遗物的年代问题		
	磁性规律	考古地磁(热剩磁性)	火烧粘土、陶器、砖等	1×10^4 年以内	比较测年方法	陶、砖制品、火烧遗迹等年代	
		沉积地磁(极性倒转)	粘土	3×10^4 年以上	比较测年方法	火烧遗迹、旧石器时代遗址等年代	
		树木年轮	木质样品	1×10^4 年以内	逐年读数1—10年	^{14}C 年代校正、古建筑、木制品等精确年代测定	
	生物规律	黑曜岩水合	黑曜岩制品	$几 \times 10^5$ 年以内	测量精度 $\sim \pm 0.1\mu\text{m}$ 年代误差 $几 \times 10^{-10^2}$ 年	黑曜石制品、出土遗址的年代问题	
氨基酸外消旋		骨	$几 \times 10^2$ — $几 \times 10^6$ 年		古人类起源等年代问题		
含氟量		骨、牙	$几 \times 10^6$ 年以内		古人类起源等年代问题		
物理、化学及其它方法							

表 2 各地区史前新石器时代文化¹⁴C年代简表

距今(年)	中原地区	黄河下游	黄河上游	长江下游	长江中游	内蒙古东北地区	华南地区	距今(年)
3000	商代 二里头文化	商代 岳石文化	齐家文化	商代 马桥	商代	夏家店文化		3000
4000	客省庄二期文化 中原龙山文化 庙底沟二期文化	山东龙山文化 三里河 东海峪 黑山岛 白石村 王因 大汶口文化	马厂文化 半山文化 马家窑文化 石岭下文化 仰韶文化	良渚文化 崧泽文化 马家浜文化 河姆渡文化 罗家角	青龙泉三期文化 屈家岭文化 大溪文化	富河文化	石峡文化 山背文化	4000
5000							隆安大龙潭	5000
6000	仰韶文化 大河村 庙底沟 半坡 双庙 石首岭					红山文化 小珠山(下层) 新乐文化	扶绥贝丘	6000
7000		北辛文化	大地湾文化		石门市遗址 第五层	兴隆洼文化	豹子头	7000
8000	白庙 老官台 磁山 裴李岗文化						甌皮岩(上层)	8000
9000							仙人洞	9000
10000							甌皮岩(下层) 螺髻岩 黄岩洞	10000
11000							独石仔洞穴	11000
12000								12000

其次,测年工作者和考古学家都必须高度重视提供断代的样品的采集工作,要亲自采样或亲自过问。野外采样是否科学合理对于测出的年代数据的意义和可靠性估价极为重要。样品所在的文化层位必须明确无误。要注意地层堆积的年代与样品形成的年代是否一致,只有那些代表意义明确、能满足方法本身假设前提的样品测出的年龄数据才有价值。

第三,考古年代学的建立是测年工作者和考古学家的共同研究成果,或者说是自然科学断代方法与考古学互相渗透互相结合的成果。因此我们强调:测年工作者要了解考古学、了解测年工作在考古学中所处的地位及其意义,这样才能测出符合考古要求的年代数据。而考古学家也应了解测年方法的原理、方法及存在的问题,以便于正确使用年代数据。如果两者分家,建立起来的考古年代学是不完整的,不能令人信服的。只要我们继续共同努力,建立我国更加完善的考古年代学是很有希望的。

参 考 文 献

- [1] 仇士华等. 中国第四纪研究, 1989, 8(1).