



北京市高等教育精品教材立项项目

北京大学考古文博学院考古学系列教材

科技考古学

陈铁梅
编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS



北京市高等教育精品教材立项项目

北京大学考古文博学院考古学系列教材

科技考古学

陈铁梅 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

科技考古学/陈铁梅编著. —北京:北京大学出版社,2008.8

(北京大学考古文博学院考古学系列教材)

ISBN 978-7-301-14038-3

I. 科… II. 陈… III. 科学技术—考古—高等学校—教材 IV. K854

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 100364 号

书 名: 科技考古学

著作责任者: 陈铁梅 编著

责任编辑: 王树通

标准书号: ISBN 978-7-301-14038-3/K·0530

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752038 出版部 62754962

印 刷 者: 北京汇林印务有限公司

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 426 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

内 容 简 介

本书以考古遗存的勘探、人类及其文化起源和进化年表的建立、冶金考古、陶瓷考古、古环境复原以及农业和畜牧业的起源等考古学内容为脉络体系,论述自然科学的思想和方法在考古学的学科研究与发展中的作用。这种论述体系有助于考古人员的把握。而对科技内容则着重于规范、通俗地介绍其基本原理,以利于文科读者的理解,并通过综述、比较和前后引证,使分散在各章节中相互关联的科技内容尽量整体化。写作特点在于辩证分析各种科技测量技术的优点和缺点、成果、前景和局限性,着重介绍学界正在探讨的热点课题和有争议的观点,以期引起读者的兴趣和思考。

本书内容丰富全面,并反映最新的成果、论述思路清晰、文字流畅、可读性强。

读者对象除考古、科技考古和文物保护的学生和研究人员外,对从事古人类学和第四纪研究的人员也有参考价值。希望本书能激发其他学科的读者对属于文理结合的科技考古学的兴趣,希望有助于对考古学感兴趣的科技人员在自己的研究领域中找到介入考古学研究课题的切入点。

作 者 简 介

陈铁梅 男,北京大学考古系教授,博士生导师,1959年毕业于前苏联列宁格勒大学物理系,1973—1999年任考古系科技考古实验室主任,长期从事科技考古和定量考古的教学和研究。主要研究方向为: ^{14}C 、不平衡铀系和电子顺磁共振测年,古陶瓷的产地溯源研究和考古资料的定量研究。发表论文近200篇,合作或主编专著2部,译著1部,包括最近出版的《定量考古学》。为建立我国的史前年代学,特别是古人类和旧石器考古年代学,为推进我国考古学研究的数量化做出贡献。曾获国家科技进步三等奖,国家教委和中国社会科学院科研成果一等奖。历任我国科技考古学会副理事长,第四纪研究会理事, *Quaternary Science Reviews-Geochronology* 和《考古科学和文物研究》等杂志编委。荣誉职称有德国国家考古研究所通讯成员等。

序

北京大学考古学系及其前身考古专业，早在 1973 年就开设了科技考古课程。但名称几经变动，有时叫“现代科技与考古”，有时叫“现代科技在考古学中的应用”，最后用了一个比较简单的名称——科技考古学。这反映我们对于学科性质的认识有一个过程，一时还把握不准。

我个人认为，科技考古教学的目的，不在于让学生掌握多少技术，而首先是要让学生了解科学技术对考古学研究的重要作用，关注科技考古的最新信息，同时要培养考古人员的科学素质，掌握一定的科学理论和方法，按照科学的程序去处理资料、提取信息，研究各种信息之间的联系，从而推导出有科学根据的考古学结论。我认为整个考古教学都要贯彻这个精神，科技考古学更具有义不容辞的责任。要讲清楚这个问题，还得从考古学的学科性质讲起。

考古学是依据古代人类社会留下的实物遗存来研究人类社会历史的，从学科目标和研究的主要内容来说，无疑属于历史学科。但考古学不是传统的历史学的自然延伸，传统的历史学不能直接产生考古学。考古学也不是金石学或古器物学的直接延伸，从金石学或古器物学也不能直接产生考古学。考古学的产生，是在历史学的发展提出了寻找新的证据和拓展研究领域的要求，在地质地层学和生物分类学初步形成的学术背景下，借用了二者的基本原理，并且依据人类历史文化遗存的特点而加以改造为考古地层学（或层位学）和考古类型学（或标型学），在实际工作中运用了测量、绘图和照相等技术，后来又引进文化人类学中的文化圈理论而改造为考古学文化的理论。只有具备了这些基本理论和操作技术，考古学才真正成为一门新兴的独立学科而得到学术界的承认。这说明考古学的产生就是同自然科学技术的应用分不开的。此后考古学的发展，不但依赖于考古工作的开展和资料的积累，依赖于相关理论和方法论的探索，更有赖于现代科学技术的广泛应用。

随便举几个例子。

人类的起源应该是历史学关心的头等大事。因为有了人类才会有人类的历史。可是传统的历史学完全无法解答这样的问题，要么避而不谈，要么引述“女娲造人”或“上帝造人”的神话。19 世纪中叶，在西欧多处发现人工打制的石器与已经灭绝的动物化石共存，德国莱茵河畔还发现了远比现代人原始，但显然不是猿类的尼安德特人（简称尼人）。后来在旧大陆多处发现了比尼人更为原始的猿人即直立人，证明人类本是由某种类人猿进化而来，上帝造人的神话便不攻自破了。但人类究竟是在什么时候、什么地方、由何种猿类进化而来，是单一起源还是有不同的起源？仍是长期没有解决的问题。20 世纪 60 年代以来，在东非发现了一系列原始人类的化石，并且往往与人工打制的石器共存。他们的脑量平均只有 631 毫升，被命名为能人。用钾氩法测量的年代大约在距今 200 万年前后。研究表明，他们是从某种南方古猿进化而来的。解剖形态和文化比能人更为进步的是直立人，也是以东非发现最多，年代最早。他们的脑量约在 848~1067 毫升之间，年代约在距今 40—180 万年之间，但似乎不是能人的直接继承者，而可能是从另一种南方古猿进化而来。直立人在欧亚大陆有着广泛的分布，但目前还缺

乏他们比东非直立人为早的确实证据。此外,作为人类直接祖先的南方古猿至今也只在非洲发现,这样就产生了人类非洲起源说。假如没有科学的测年技术,仅仅依据人类化石形态是否原始来进行排比就缺乏说服力。近来一些学者根据分子生物学的研究提出现代人的祖先竟是非洲的一位“夏娃”。尽管还有许多疑问,需要与相关学科作进一步的研究。但能提出这类问题只能是自然科学与考古学联合研究的果实。

农业起源曾经是引领人类文化大踏步前进的一场革命。传统的历史学也无法解答这个问题,只好用“神农氏教民稼穡”一类的神话充数。单靠农学家也无法正确解答这个问题,需要有多种学科的合作,特别是现代科学技术的应用。例如对稻作农业起源的认识就走过了一条颇为曲折的道路。过去农学家根据栽培稻谷的形态认定其野生祖本是普通野生稻,又根据普通野生稻分布比较集中的情况推定栽培稻起源于印度或东南亚或我国的华南地区。前些年山地起源说也盛极一时,几乎没有人注意到长江流域,因为那里只有很少野生稻的记录,是普通野生稻分布的北部边缘。但是近年来在长江流域发现的史前栽培稻遗存十分丰富,不但相关的遗址数量最多,经过 ^{14}C 测定的年代也最早,其中最早的标本可达一万年以上,而且连绵不断。至此长江流域起源说和边缘起源论便得以成立。稻谷的植硅石分析和基因分析也支持这一结论。

陶器起源是新石器时代考古研究的重要课题。过去认为日本文化是受中国文化的影响才发展起来的,以致把日本绳纹文化陶器的年代推定在仰韶文化和龙山文化之后。可是 ^{14}C 等方法测定的年代却早到公元前一万年以前,是全世界陶器起源最早的地区之一。比一向被认为文化进程最先驱的西亚地区的陶器烧制要早好几千年。

我国的原始瓷最早见于商代,包括中原地区的郑州商城、小双桥及长江以南的江西吴城等遗址。到底哪里是原产地,曾经有过激烈的讨论,单靠考古学文化的研究难以给出明确的回答。本书作者曾经用中子活化分析方法测量各地原始瓷片中多种微量元素的含量,并用多元统计中的判别分析方法来进行产地溯源,受到学术界的重视。

中国最早的铜器到底是自行发明的还是由西方传入的,还是两者都有可能?是学术界颇为关心的热门话题。这个问题的解决一要靠新的考古发现,二要靠相关科技的测试与分析,离开科技手段是难以得到正解认识的。

类似的例子可以举出很多,现代科技对考古学研究的重要性由此可见一斑。记得曾经帮助利比(W. Libby)建立世界上第一个 ^{14}C 实验室,后来又长期主持费城大学博物馆考古学应用科学中心(MASCA)的奈内(F. Rainey)于1974年发表过一篇文章,回顾25年来科技考古的成就时,特别讲到由于 ^{14}C 等测年技术的应用,改变了人们关于人类在冰河时期的生存、农业的起源、陶器的发生以及新大陆的文化发展的一系列传统观念,对人类历史的年代结构产生了革命性的影响^①。那还是早年的事。从那以后,科技考古又有长足的进展。前不久出版的伦福儒和保罗·巴恩所著《考古学:理论、方法与实践》^②,是享誉世界的考古学教科书,其中有大量篇幅和个案研究介绍科技考古的方法和所取得的成果,可以说是现代考古

① Froelich Rainey. Science and Archaeology, *Archaeology*, 1974, 27(1).

② 伦福儒,等. 考古学:理论、方法与实践. 北京:文物出版社,2004.

学的代表作。从中可以看出现代科技的广泛应用,如何大大改变了考古学的面貌。

时至今日,无论是考古学遗存的发现、勘探、发掘、资料整理、标本测试分析、考古资料库的建立还是有关研究软件的制作,几乎都离不开相关的科学技术。这已成为当今考古学发展的大趋势,使我们有可能从看似平常的考古遗存中提取越来越多的科学信息,极大地拓展了考古学研究的领域,也极大地加深了人们对过往历史的认识。认识到这个大趋势,并且在考古学研究中大力推行是十分重要的。只有这样,考古学才能跟上现代科学发展的步伐,不断加强考古学研究的科学基础,提高考古学研究的水平。

陈铁梅教授长期从事科技考古学的教学和科研工作,是在我国高等学校中开设科技考古学课程的第一人,是推进我国科技考古事业发展的著名学者。他具有深厚的现代物理学基础和广博的自然科学技术知识。他在北京大学考古学系领导创建了我国第一个液体闪烁法¹⁴C实验室,实验室后来又建立了铀系、电子自旋共振和¹⁴C加速器质谱等多种测年方法,扩展为考古与第四纪地质年代实验室。以此为基础开展了一系列考古年代学,以及科技考古学其他领域的研究。他与国内外科技考古界建立了广泛联系,不断捕捉科技考古的最新信息,还多次到国外著名的高等学校和实验室进行研究。由于他长期在北京大学考古学系工作,能够比较深切地了解考古学的特点和考古学对现代科技的实际需求,这方面他具有较大的优势,也充分地反映在本书的内容上。

本书是作者在多年教授科技考古学和相关研究的基础上,进一步参阅国内外大量科技考古方面的资料,重新整理研究,集中精力写作而成。文笔流畅,可读性强。章节的安排大体上依据考古学科的需要,每一专题都介绍有哪些科技手段或测试方法可以利用。哪些方法比较成熟,哪些方法有待改进,哪些方法虽不完善但可能具有较好的发展前途。具体讲到某种方法时则着重阐述基本原理和国内外实际应用的情况,同时尽可能避开某些纯技术性的内容。作者认为这是读者正确理解科技方法的适用范围、条件和局限性,正确解读有关测量数据的基础。这个看法是非常正确的,也是本书贯穿始终的一个突出的特点。书稿在我的案头放了很久,我看了又看,爱不释手,从中获得了许多教益。相信本书的出版将不但有助于提高科技考古的教学水平,就是对于一般考古学者科学素质的培养,了解科技考古的重要作用,使其更加自觉地与科技人员合作,运用科技考古的成果以提高考古学研究水平,都会发挥积极的作用!

严文明

于北京大学考古文博学院

前 言

自然科学技术应用于考古学研究的重要作用在考古学界已经得到共识,同时愈来愈多的自然科学工作者积极参与考古实践,将科技方法应用于我国的考古研究。“科技考古学”已被审定为我国高等学校考古专业的必修课。人们自然在考虑,怎样才能使科技方法与考古学研究结合得更密切、更有效。其关键是自然科学与考古两方面的人员对对方学科应该有更好的了解。科技考古学的专著和教材有助于实现这个目的,遗憾的是我国这方面的出版物极少。最早是金国樵等撰写的《物理考古学》(上海科学技术出版社,1989)。1991年李士等出版了《现代实验技术在考古学中的应用》(科学出版社),这是一本很好的科技考古专著,理化方面的科技内容论述全面、清晰,可惜未涉及生物科学在考古研究中的应用。此外,该书的写作以科技内容作为脉络体系,考古内容仅作为应用实例介绍。上述这两本书出版较早,且印数很少,现在已很难买到。2006年高等教育出版社出版了由赵丛苍主编的《科技考古学概论》(以下简称《概论》),该书反映了快速发展的科技考古学的最新研究成果。《概论》的作者是几位考古学家,他们以考古遗迹遗物的勘探、采集、分析研究作为全书的脉络体系,在这个体系内介绍各种科技方法,这种论述体系较易为考古工作者和考古系学生所接受。本书的编写参照了《概论》的论述脉络,但侧重面与《概论》有所不同,例如,本书专列章节论述上新世以来人类起源和进化的年代学、冶金考古和古陶瓷的科技研究等内容,而不涉及水下考古和人骨测量等。因为作者的学术背景,本书对科技内容的论述也许更详细些,并力求更加准确规范。希望本书能与《概论》互补,帮助学界同仁、考古和科技考古专业的同学,以及其他有兴趣的读者能从多个角度了解科技考古学的内容。

本书作者自1973年起就讲授科技考古学课程,深感缺乏相关教材之困苦,但鉴于主客观原因,直到前些年退休后才得以专心撰写这本教材。但一经动手,便遇到一系列的困难。第一,科技考古涉及物理、化学、生物、环境等多学科的知识,而作者深感知识积累的不足,只能阅读大量的文献,真是边学边写,同时请了多位专家审阅和修改初稿,减少错误,以免贻误读者。第二,从事和关心科技考古的人员有不同的学术背景,他们对科技考古的涉足深浅不一,写作中怎样照顾不同读者的需要是作者必须考虑的。为此,书中用较多篇幅论述每种科技方法的基本原理而尽量避开纯技术的内容,因为对原理的理解是正确应用科技方法于考古研究、正确理解方法的适用范围、条件和局限性,正确解读有关测量数据的基础。此外,对多数课题还推荐了有关的综述性论文。第三,本书的第二至九章分别讨论科技考古一个方面的专题,各章的内容相对独立,自成体系,读者不一定需要按全书的先后次序阅读。但是有的内容,例如样品的化学元素测量、同位素技术和电镜技术等又涉及多个章节,为了避免前后重复叙述又能方便阅读,编辑了索引附于书后。第四,科技考古学是一门新兴的学科,对不少课题(例如现代人的起源、考古年表(包括夏商周年表)、青铜器的六齐说和产地溯源、瓷器起源的地区、某些作物的栽培起源、地域间的文化和技术交流等)存在不同的观点和争议。争议正反映了学科的生命活

力。作者尽可能客观地介绍争论各方的观点,但不可避免地掺杂个人的倾向,盼望读者批评。第五,近年来我国学者在科技考古领域研究硕果累累,但受篇幅和作者的学识所限,未能全面反映,恳请读者和有关研究者的谅解。本书第十章专门扩展介绍某些与本书内容有关的理化基础知识,供读者需要时参阅。

作者感谢北京市教委、北京大学和考古系的领导对本书写作和出版的支持。感谢严文明先生 30 多年来对作者的理解和支持,并为本书作序。周慧、高星、刘武、金正耀、苗建民、吴小红、秦岭、陈建立和刘伟诸先生审阅了有关章节,提出了修改意见。金正耀、苗建民、郭士伦、李伟东、夏正楷、周力平、刘克新、陈建立和崔剑锋诸先生友善地提供了资料和图片。作者衷心感谢他们对本书出版的贡献。本书内容中错误和不妥之处由作者负责,并敬请读者批评指正。

陈铁梅

于北京大学考古文博学院

目 录

第一章 绪 论	(1)
1.1 科技考古学的学科归属、发展简史和研究对象	(1)
1.2 学科的知识体系和科技考古工作者的知识结构	(3)
1.3 学科的理论基础	(4)
1.4 学科方法论的一些特点	(4)
1.4.1 科技考古学是实证性的学科	(5)
1.4.2 科技考古学体现多学科的综合研究	(5)
1.4.3 科技考古学属定量研究的学科	(6)
1.4.4 科技考古学遵循统计推断的逻辑	(7)
1.5 科技考古学与相关学科的关系	(7)
1.5.1 科技考古学与科学技术史的关系	(7)
1.5.2 科技考古学与文物保护科学的关系	(8)
1.5.3 科技考古学学科内部各分支间的关系	(8)
1.6 科技考古研究人员的培养问题	(9)
第二章 考古遗存的科技勘探方法	(10)
2.1 遥感考古勘探	(10)
2.1.1 遥感考古勘探的原理、基本设备和发展概况	(10)
2.1.2 航空照片的解译	(13)
2.1.3 专业的航空考古勘探	(15)
2.2 地面的地球物理勘探	(17)
2.2.1 磁法勘探	(17)
2.2.2 电阻率勘探方法	(19)
2.2.3 探地雷达勘探	(21)
2.3 全球定位系统和考古地理信息系统	(22)
2.3.1 全球定位系统和电子全站仪	(22)
2.3.2 考古地理信息系统	(24)
第三章 研究人类诞生和进化的时间标尺——上新世和更新世的测年	(27)
3.1 人科早期成员在非洲的进化及其时间标尺	(28)
3.2 钾氩测年和氩-氩测年方法	(31)
3.2.1 钾氩法测年的基本原理和年龄计算公式	(31)
3.2.2 ^{39}Ar - ^{40}Ar 测年技术	(33)
3.2.3 含钾单矿物的激光熔融 ^{39}Ar - ^{40}Ar 测年	(34)

3.2.4	钾氩法测年的应用实例和测年误差	(35)
3.3	裂变径迹测年方法	(35)
3.3.1	原理与技术	(36)
3.3.2	测量误差与应用	(36)
3.3.3	α 径迹测年方法	(37)
3.4	古地磁测年方法	(38)
3.4.1	地磁场的反转和地磁极性年表	(38)
3.4.2	岩石和沉积物的剩余磁性	(39)
3.4.3	地磁极性年表的时间刻度	(39)
3.4.4	肯尼亚库彼福拉遗址和我国巫山龙骨坡遗址的古地磁测年	(40)
3.4.5	古地磁测年的一些问题	(42)
3.4.6	古地磁测年和考古地磁测年的区别	(43)
3.5	中更新世时段的人类进化和研究现代人起源的时间标尺	(43)
3.5.1	中更新世各大洲的直立人和早期智人	(43)
3.5.2	解剖学现代人的出现	(44)
3.5.3	关于尼安德特人	(44)
3.6	不平衡铀系测年方法	(45)
3.6.1	自然界的3个放射性衰变系	(46)
3.6.2	铀系法测年的基本原理和前提条件	(46)
3.6.3	铀系法测年前提条件的检验	(47)
3.6.4	铀系测年法的三种技术	(48)
3.6.5	铀系法在建立中更新世古人类进化年表中的应用	(48)
3.7	释光测年方法	(49)
3.7.1	热释光(TL)测年的原理和热释光的测量	(50)
3.7.2	累积剂量和年剂量率的测量	(51)
3.7.3	热释光测年应用于古人类研究实例	(53)
3.7.4	光释光(OSL)测年方法的原理和应用于沉积物测年的优越性	(53)
3.7.5	光释光技术应用于古人类与考古遗址堆积物测年的实例	(55)
3.8	电子自旋共振测年方法	(57)
3.8.1	电子自旋共振现象和测年的原理	(57)
3.8.2	电子自旋共振方法应用于古人类遗址测年实例	(58)
3.9	基于第四纪全球气候变化的时间标尺和天文学时间标尺	(59)
3.9.1	深海沉积物的氧同位素时标	(60)
3.9.2	黄土地层剖面中古气候代指标记录的冰期与间冰期交替	(61)
3.9.3	第四纪全球气候变化与地球轨道参数周期变化间的关系——天文学的时间标尺	(64)
3.10	研究人类进化的分子生物学时间标尺	(66)
3.10.1	估测人猿分离时间的血红蛋白分子钟	(66)

3.10.2	估测现代人最早共同祖先年代的核苷酸分子钟	(67)
3.11	^{10}Be 和 ^{26}Al 等宇宙成因核素应用于上新世和早、中更新世测年的前景	(68)
3.11.1	连续堆积地层的 ^{10}Be 时间标志	(68)
3.11.2	宇宙成因核素测量岩石的暴露年龄	(69)
3.11.3	宇宙成因核素测量石英砂的埋藏年龄	(70)
3.12	我国境内人类进化的年代学问题	(71)
3.12.1	我国早更新世的人化石及石器文化	(71)
3.12.2	我国中更新世古人类遗址测年中的一些问题	(71)
3.12.3	中国境内现代人的起源问题	(73)
第四章	全新世新石器文化和历史时期考古遗存的测年	(78)
4.1	钾氩法测年等更新世测年方法应用于全新世考古测年的探讨	(78)
4.2	基于地球公转周期的高精确度测年	(80)
4.2.1	树木年轮测年	(80)
4.2.2	纹泥测年	(82)
4.2.3	冰芯测年	(83)
4.3	^{14}C 测年概述、基本原理和假设前提	(84)
4.3.1	碳元素的全球循环和 ^{14}C 同位素的产生	(84)
4.3.2	^{14}C 测年的 4 个基本假设前提	(85)
4.3.3	关于 ^{14}C 同位素的半衰期	(86)
4.3.4	^{14}C 测年的测量对象	(87)
4.4	^{14}C 测年的技术实施	(87)
4.4.1	现代碳标准物质和 ^{14}C 测年的计时起点	(87)
4.4.2	^{14}C 测年的常规技术和加速器质谱技术	(88)
4.4.3	^{14}C 测年加速器质谱技术的优点	(88)
4.5	^{14}C 测年数据的误差分析和误差校正	(90)
4.5.1	^{14}C 测年的随机统计误差	(90)
4.5.2	碳同位素分馏所导致的误差	(91)
4.5.3	贮存库效应所导致的误差	(92)
4.5.4	大气 ^{14}C 比活度的变化和 ^{14}C 年龄系统误差的树木年轮校正	(92)
4.6	^{14}C 测年结果的代表性问题	(96)
4.7	时序系列样品的树轮年龄校正和高精确度 ^{14}C 测年	(96)
4.8	我国 ^{14}C 测年技术的发展概况及其对史前考古年代学的贡献	(99)
4.9	^{14}C 测年与夏商周断代工程	(99)
4.9.1	武王克商年代的范围	(100)
4.9.2	“夏商交替年代”的框定	(102)
4.9.3	二里头遗址的起始和分期年代	(103)
4.10	加速器质谱 ^{14}C 测年技术对有机文物真伪的“准无损”鉴定	(103)

第五章 冶金考古概述	(106)
5.1 铜和青铜的物理性质	(106)
5.2 我国青铜冶炼技术的起源及其早期发展	(107)
5.2.1 甘青地区	(107)
5.2.2 中原地区	(108)
5.3 青铜制品化学组成的测量及其考古学意义	(109)
5.3.1 分析青铜制品化学组成的考古学意义——“六齐”说的检验	(110)
5.3.2 青铜制品化学组成的测量方法	(111)
5.3.3 原子发射光谱仪(AES)	(111)
5.3.4 原子吸收光谱仪(AAS)	(112)
5.3.5 X荧光光谱仪(XRF)	(113)
5.3.6 电子探针(EPMA)	(113)
5.3.7 电感耦合等离子质谱(ICP-MS)和中子活化分析(INAA)	(114)
5.4 青铜制品的显微结构研究	(114)
5.4.1 实体显微镜	(114)
5.4.2 光学金相显微镜	(114)
5.4.3 青铜的显微结构和金相图谱	(115)
5.4.4 电子显微技术的基本原理及其在冶金考古中的应用	(119)
5.5 青铜制品锈蚀产物的矿相分析	(121)
5.5.1 X射线衍射谱仪(XRD)	(121)
5.5.2 红外吸收光谱仪(IRAS)和傅立叶变换红外光谱仪(FT-IR)	(123)
5.5.3 激光拉曼光谱仪	(124)
5.6 古代青铜制品测年的可能性探讨	(126)
5.7 古代青铜原料的产地溯源和铅同位素分析	(126)
5.7.2 青铜制品铅同位素溯源的假设前提和一个实例	(127)
5.7.3 青铜冶铸过程中铅同位素的微弱分馏	(128)
5.7.4 青铜制品使用两个或多个矿源以及青铜制品重熔重铸可能性的探讨	(130)
5.7.5 低铅青铜制品的铅同位素指征问题	(131)
5.7.6 我国的铅同位素考古概况和关于高放射成因铅的问题	(131)
5.7.7 质谱仪简介和铅同位素比值的测量	(134)
5.7.8 锡和铜同位素示踪古代青铜制品铜锡矿源的困难	(136)
5.7.9 微量元素组成示踪青铜制品铜矿料来源的可能性和困难	(138)
5.8 我国钢铁技术的早期发展——陨铁利用和早期的人工冶铁	(139)
5.9 块炼铁和块炼渗碳钢	(140)
5.10 铸铁冶炼和铸铁的韧化技术	(141)
5.10.1 铸铁冶炼与白口铁	(141)
5.10.2 白口铸铁的退火脱碳和含石墨的铸铁	(142)

5.11	我国古代的铁碳合金钢技术·····	(144)
5.11.1	炒钢·····	(144)
5.11.2	灌钢·····	(146)
5.11.3	百炼钢·····	(146)
5.12	铁质文物的锈蚀和保护·····	(146)
5.13	铸铁冶炼的燃料和铁质文物的测年问题·····	(147)
5.13.1	我国何时开始用煤炼铁·····	(147)
5.13.2	古代铁制品的 ¹⁴ C测年·····	(148)
第六章	古陶瓷的科技研究 ·····	(152)
6.1	陶瓷的基础科学知识·····	(153)
6.1.1	陶瓷的原料和化学组成·····	(153)
6.1.2	烧制过程中陶瓷理化性质的变化·····	(155)
6.2	我国陶瓷发展的简史和要素·····	(156)
6.3	古陶瓷化学组成测量的方法·····	(159)
6.3.1	湿化学方法·····	(160)
6.3.2	中子活化分析方法·····	(160)
6.3.3	X射线荧光分析方法·····	(162)
6.3.4	电感耦合等离子质谱仪测量陶瓷的化学组成的前景·····	(164)
6.3.5	质子激发X荧光和同步辐射X荧光测量陶瓷化学组成的特点·····	(164)
6.4	古陶瓷化学组成的研究概况和数据的考古学诠释·····	(165)
6.5	陶瓷其他物理性质的测量·····	(169)
6.5.1	陶瓷烧成温度和瓷釉熔融温度范围的测量·····	(169)
6.5.2	陶瓷的吸水率和气孔率的测量·····	(170)
6.6	瓷釉的化学组成、呈色机理和发展概况·····	(171)
6.6.1	瓷釉的种类、显微结构和呈色机理·····	(171)
6.6.2	我国瓷釉的发展简况·····	(173)
6.7	古陶瓷烧制年代的测量·····	(174)
6.7.1	热释光测年基本原理的回顾·····	(174)
6.7.2	陶片热释光测年的采样要求·····	(175)
6.7.3	陶片热释光测年的准确度、误差和应用情况·····	(175)
6.7.4	含有机物陶片的 ¹⁴ C测年·····	(176)
6.8	古陶瓷的真伪鉴别·····	(176)
6.8.1	古陶瓷真伪鉴别的热释光技术·····	(176)
6.8.2	鉴别古陶瓷真伪的化学组成分析方法·····	(177)
第七章	古代人类生活环境的复原 ·····	(181)
7.1	植物遗存的分析与古植被复原·····	(182)
7.1.1	孢子和花粉分析·····	(182)

7.1.2	植硅石分析	(185)
7.1.3	木头、果实和种子残存的分析	(187)
7.2	动物遗存的分析与古环境	(189)
7.2.1	哺乳动物遗骸的采集、鉴定和哺乳动物群组成的统计分析	(189)
7.2.2	作为古环境指示物的软体动物组合	(192)
7.3	其他环境指示物	(193)
7.3.1	淀粉粒分析	(193)
7.3.2	脂肪酸分析	(193)
7.3.3	硅藻分析	(194)
7.3.4	沉积物的有机质含量和磁化率分析	(194)
7.3.5	各类沉积地层的氧同位素变化	(195)
7.3.6	沉积地层的碳同位素分析	(197)
7.4	中国全新世的气候和环境变化概述	(197)
7.4.1	全新世早期升温期	(198)
7.4.2	全新世中期大暖期	(198)
7.4.3	全新世晚期降温期	(199)
第八章	农业起源和古人食物结构研究中的科技方法	(202)
8.1	我国栽培稻起源的研究	(204)
8.1.1	栽培稻长江中下游地区起源说的提出和建立	(204)
8.1.2	栽培稻遗存与野生稻的区分及栽培稻种的进化	(205)
8.1.3	关于我国稻作农业的起源	(207)
8.2	北方地区粟、黍等作物的栽培起源研究	(207)
8.3	西亚地区小麦播种的起源和我国最早的小麦种植	(210)
8.4	我国家畜饲养起源的研究	(211)
8.4.1	饲养型动物的鉴别标志	(211)
8.4.2	我国早期的家畜饲养	(215)
8.5	古人遗骨的元素和同位素组成与其生前食物结构的关系	(216)
8.5.1	碳同位素组成的指示意义	(217)
8.5.2	氮同位素组成的指示意义	(218)
8.5.3	碳、氮同位素分析我国古人食物结构的实际应用	(218)
8.5.4	古人硬组织微量元素组成的指示意义	(221)
8.6	古人硬组织的锶同位素组成显示其栖息地的迁移	(222)
8.6.1	矿物和岩石的锶同位素组成及其涨落	(222)
8.6.2	锶同位素揭示古人栖息地迁移的原理和假设前提	(222)
8.6.3	锶同位素考古应用实例	(224)
第九章	分子生物学技术在考古研究中的应用	(228)
9.1	分子生物学的部分基础知识简介	(228)

9.1.1	蛋白质是 20 种标准氨基酸组成的长链	(228)
9.1.2	染色体是 4 种脱氧核糖核苷酸(DNA)组成的长链双螺旋结构	(229)
9.1.3	DNA 是怎样控制蛋白质的合成的	(231)
9.1.4	基因的突变和遗传性状的变化	(232)
9.2	古 DNA 研究的分子生物学技术	(233)
9.2.1	古 DNA 的提取和纯化	(233)
9.2.2	古 DNA 的扩增	(234)
9.2.3	DNA 链的测序	(234)
9.2.4	古 DNA 分析中的防污染	(235)
9.3	分子生物学在考古研究中的应用实例	(235)
第十章	有关的理化基础知识简介	(241)
10.1	原子光谱和原子结构	(241)
10.1.1	电磁波的基础知识	(241)
10.1.2	玻尔的氢原子结构理论与氢原子光谱	(242)
10.1.3	改进的玻尔原子结构理论与化学元素周期表	(243)
10.1.4	玻尔的原子结构理论与 X 特征射线谱	(244)
10.1.5	玻尔原子结构理论的意义及局限性	(245)
10.2	分子光谱简介	(245)
10.3	原子核的组成和同位素	(246)
10.3.1	原子核的组成和同位素	(246)
10.3.2	原子的质量和元素的原子量,原子核的结合能	(247)
10.3.3	元素的同位素组成和同位素分馏	(247)
10.4	原子核的放射性衰变及放射性衰变的类型	(248)
10.4.1	α 衰变	(249)
10.4.2	β 衰变	(249)
10.4.3	γ 衰变	(250)
10.4.4	重原子核的自发裂变	(251)
10.5	放射性衰变的基本规律	(251)
10.5.1	基本规律和放射性同位素测年的基本公式	(251)
10.5.2	衰变常数、平均寿命和半衰期	(252)
10.5.3	衰变系的放射性平衡	(253)
10.5.4	宇宙成因核素增长的规律	(254)
10.6	放射性活度的测量单位	(254)
10.7	放射性衰变和测量的统计性质	(255)
10.8	放射性射线与物质的相互作用和辐照剂量	(256)
10.9	科技测量中的误差问题简述	(258)
索 引		(260)

第一章 绪 论

科技考古学是考古学的分支学科,也是一个蓬勃发展的新兴学科。作为一个分支学科,应该界定和说明它的研究对象和目标、知识体系、理论基础、方法论以及它和相邻学科的关系,这是本章将讨论和探索的问题。但因为学科的历史较短、还不成熟,目前对其中的某些问题难以全面和中肯地回答。本章的内容是探索性的,将着重分析科技考古学的学科特点、分析它与其他相关学科的关系,从中认识学科的内容和地位。

1.1 科技考古学的学科归属、发展简史和研究对象

科技考古学是考古学中一支新兴的分支学科,它与考古学有着相同的研究对象和研究目标。它们都是以发现和研究古人活动所留下的不完整的、变形的实物遗存作为研究对象,从中提取关于古人活动的信息。目标在于复原古代社会和古人的生活方式,了解人与环境的关系,并进一步探讨人类的行为模式及其发展规律。科技考古学的特点在于使用自然科学和技术的各种方法和手段。我们基本同意赵丛苍(2006)在其专著《科技考古学概论》中对学科的定义:“科技考古学是利用自然科学的理论方法和技术,分析古代实物资料,从中提取古代人类的活动信息,用以探讨人类行为、生存方式、生产技能以及人与自然的关系及其发展规律的一门学科”。这个定义明确了学科的研究目标和研究方法的特点,并与国外学者的定义也相近。例如,国外一些学者将科技考古学(archaeometry)定义为“The application of modern mathematical, physical, chemical, and other natural scientific methods in the investigation of archaeological materials with the aim to solve historical and archaeological problems”。但是我们在“实物遗存”前面加了一组修饰词:“不完整的、变形的”,这组修饰词是从英国过程主义考古学家 D. L. Clark(1973)那里借用过来的,目的在于强调:考古调查和发掘所获得的信息相对于古代的实际情况是局部和总体的关系,两者并不存在直接的对应关系,因此在对古代实物遗存作分析研究和在解释分析数据时必须十分小心谨慎。

科技考古学出现较晚,是考古学学科本身发展到一定阶段后才逐步形成的,至今还不是成熟的学科。19世纪下半叶,德国的施里曼等将地质学中的地层学原理移植到考古遗址中文化地层的分析,成功地发掘了西亚特洛伊古城和意大利庞贝古城等遗址,并建立了考古地层学。20世纪初,瑞典的蒙德留斯参考生物分类学的思想对古器物进行分类,奠定了考古类型学的基础。从此考古学作为一门新的学科诞生了。虽然19世纪初或更早就有人对古代文物进行了化学分析,但这些仅是孤立的个例。科技考古作为学科其真正的建立与发展是在二次世界大战以后,当时考古学学科本身已充分成熟。¹⁴C测年方法的建立和被广泛接受、牛津大学“考古与艺术史研究实验室”等几个专门从事考古遗物科学分析实验室的建立和一批专业的“科技考古工作者”的出现,标志着科技考古学科的开端(陈铁梅,1999)。我国的情况也是这样,1921