


科技考古的方法与应用

中国社会科学院考古研究所 著

文物出版社

科技考古的方法与应用

中国社会科学院考古研究所 著

 文物出版社

北京·2012

封面设计 张 蕾
责任印制 张 丽
责任编辑 谷艳雪

图书在版编目 (CIP) 数据

科技考古的方法与应用 / 中国社会科学院考古研究所著. —北京:
文物出版社, 2012. 6
ISBN 978 - 7 - 5010 - 3397 - 3

I. ①科… II. ①中… III. ①科学技术—考古—研究 IV. ①K854

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281031 号

科技考古的方法与应用

中国社会科学院考古研究所 著

*

文物出版社出版发行

(北京市东城区东直门内北小街2号楼)

http: //www. wenwu. com

E-mail: web@wenwu.com

北京京都六环印刷厂印刷

新华书店经销

787 × 1092 1/16 印张: 15. 5

2012年6月第1版 2012年6月第1次印刷

ISBN 978 - 7 - 5010 - 3397 - 3 定价: 80. 00 元

本课题得到以下资助：

中国社会科学院知识创新工程

中国社会科学院 A 类重大课题“中国考古学的方法与技术（2004 ~ 2007）”

中国社会科学院重点学科建设工程“科技考古（2002 ~ 2007）”

中国社会科学院重点研究室建设项目“科技考古（2009 ~ 2013）”

国家科技支撑计划课题“3500BC - 1500BC 中国文明形成与早期发展阶段的技术和经济研究”（课题任务书编号：2006BAK21B03）

国家科技支撑计划课题“公元前 3500 年至前 1500 年黄河、长江及西辽河流域的技术、生业和资源研究”（课题任务书编号：2010BAK67B03）

前 言

与其他人文学科相比，考古学与自然科学相关学科的关系十分密切。这不仅仅是因为考古学的诞生就与借鉴地质学和生物学的方法有关，也因为考古学自开始出现到现在，利用自然科学相关学科的方法与技术进行研究的过程就从未间断过。今天，考古学已经逐渐发展成一门以人文科学研究为目的、包含大量自然科学研究方法与技术的学科。能否更加广泛、更加有效地在考古学研究中运用各种自然科学相关学科的方法与技术，已经成为 21 世纪衡量一个国家考古学研究水平的极为重要的标尺之一。

在长期的考古学与自然科学相关学科的有机结合过程中，我们已经习惯把这些方面的合作研究称之为科技考古。我们认为，科技考古大致包含了以下的内容，即依据考古学的研究思路，借用自然科学相关学科的方法与技术，对考古遗址进行勘探，对遗址所在的区域进行调查和采样，对多种遗迹和遗物进行鉴定、测试和分析，对各类与考古研究相关的资料进行定量统计，从而在一定程度上认识遗址或遗迹的空间信息、遗存的绝对年代、自然环境特征、人类自身与体质相关的特征、人类的多种生存活动以及生产和社会行为特征，进一步拓宽考古学研究的视角与领域，提升考古学研究的效率、深度与精度，获取更多、更丰富的古代信息等。这里特别要强调的是，自然科学相关学科的方法和技术在考古学中的应用绝对不是简单地套用，而是必须在应用过程中始终做到与考古学紧密结合。从设计方案、野外调查、采集样品，一直到对调查、测试及鉴定结果的分析等多个方面，都要考虑到研究对象各自的考古背景、不同的出土地点、长时间埋藏过程的影响、当时可能的人为作用等诸多因素。

概括起来说，科技考古包含如下突出特征：从多个特定的角度对具体遗址、遗迹和遗物进行探讨，研究传统考古学无法涉猎的领域；秉承“将今论古”的原则，各个研究领域的方法都是在自然科学相关学科的技术和方法的基础上建立的；研究对象均出自考古发掘或与考古发掘相关，同时又分别具有地球科学、生物学、物理学、化学等学科的相关属性；各个研究领域的鉴定、测试结果都可以进行重复验证；各个研究领域的标准和结果分别适用于全国各个地区的考古遗址出土的同类遗迹和遗物的研究。

虽然仔细推敲科技考古这个词，好像总有不够贴切之感，但是因为从事考古研究的人员、从事科技考古研究的人员、从事自然科学相关学科研究的人员和学习考古学

及相关专业的学生，一般都知道这个词的实际含义是什么，所以暂时沿用科技考古这个约定俗成的叫法应该是最佳选择。

克里斯托弗·霍克斯在1954年指出，用考古材料解释人类行为存在一个递增的难度等级，技术是最容易的领域，而经济、社会和政治结构，乃至意识形态则表现出急遽上升的难度。这个说法后来被简称为“霍克斯难度等级”（布鲁斯·特里格[Bruce Trigger]著、沈辛成译、陈淳校：《世界考古学展望》，《南方文物》2008年第2期，第142~149页）。在霍克斯所处的时代，除了类型学和地层学以外，还没有多少利用其他学科的方法对考古资料进行研究的成功的实例。在考古学研究中，如果实物证据太少，单单依靠各种推测得出的结论，往往难以得到普遍的认同。要深化考古学研究，必须采集各类信息，从多个角度进行探讨，强调多重证据。这样，在认识古代社会的过程中，除了依据遗迹和遗物的物质形态特征，把握一个考古遗址或一个考古学文化在时空框架里的位置及开展其他一些探讨以外，如何从科技考古的角度获取各种信息，如何对各种信息进行分析和研究，提出类型学、地层学等研究以外的多种实证性认识，是考古学界广大研究人员十分关注的问题。

王国维说过，“古来新学问起，大都由于新发见”（王国维：《最近二三十年中中国新发见之学问》，见姚淦铭、王燕编：《王国维文集》，第33页，北京：中国文史出版社，1997年）。我们认为，把这句话改成“古来新学问起，大都由于材料和方法的新发现”，用其来概括中国科技考古的发展过程，是比较贴切的。

论及在考古学中应用科技考古的可行性，首先要提到的是科技考古秉承“将今论古”的原则。这个原则来自地质学家提出的“均变说”。“均变说”认为，地球的变化是古今一致的，地球过去的变化只能通过现今的侵蚀、沉积、火山作用等物理和化学过程来认识（莱伊尔[C. Lyell]著、徐韦曼译：《地质学原理（第一册）》，北京：科学出版社，1959年）。推而广之，也可以这样认为，自然界的物质形态、结构、性质和运动规律从古至今都是相同的。通过对现在的研究，就掌握了一把认识过去的钥匙。“均变说”在现代科学的形成过程中发挥了重要作用，至今仍是科学研究最为基础的理论假设之一。

考古学的研究对象是古代的物质遗存。研究对象的这种物质性特征是我们能够在考古学中应用科技考古的关键。科技考古涉及的自然科学学科主要包括物理学、化学、生物学、地球科学、数学等基础学科。这些学科探讨的是特定物质的形态、结构、性质、运动规律及空间形式和数量关系，其系统的科学原理、严谨的科学方法及大量的研究成果充分证明了他们各自的科学性。我们现在把这些基础学科的相关方法和技术与考古学进行有机结合，通过地球科学的方法探讨当时的自然环境，借鉴生物学的研究全面探究古代的人、动物和植物，运用物理学和化学的方法探讨遗物的年代、成分

和结构，借助数学的方法对各种资料和测试、鉴定结果进行统计分析。同时，我们对各种研究的设计及结果都要进行考古学的思考。这样就可以保证科技考古对古代遗迹、遗物进行研究时，在方法上的科学性、在思路上的逻辑性、在应用上的可行性及最后结论的可靠性。

我们认为，把科技考古各个领域的研究与地球科学、生物学、物理学、化学、数学等纯粹的自然科学研究进行比较，主要有四点共性：一是使用同样的仪器设备；二是依据同样的分析原理；三是运用同样的技术手段；四是对由同样的化学元素和物质结构组成的对象进行分析。主要有两点区别：一是分析的材料在时间上的差异性，前者的材料肯定属于古代，后者的材料则包括现代和古代；二是研究目的的不同，前者主要考虑如何解释古代人类的行为，探讨人类的历史，属于人文科学的范畴，后者则是认识物质的形态、结构、性质和运动规律，完全属于自然科学。我们可以肯定，只要真正做到考古学与自然科学相关学科的有机结合，在考古学中开展科技考古研究是切实可行的。

考古学发展到今天，其研究的内容已经由原来通过发掘出土的遗迹、遗物的形制确定一个考古遗址或一个考古学文化的年代早晚、文化特征，建立完整的古代物质文化谱系，进一步扩大到全面探讨古代社会的各个领域。任何一个区域、任何一个遗址的考古学调查和发掘，都是为了全面或部分地展现在一个特定时间跨度和空间范围内的自然环境状况，人类社会的生产活动、生活方式、社会组织、礼仪制度、丧葬习俗、文化交流等诸多方面。考古学研究内容的巨大变化要求我们全面强化科技考古在考古学中的应用。

如果说当年通过对人工遗迹和遗物形制的研究可以形象地再现其当时的原貌，从时空框架上把握考古学文化的位置，那么现在通过考古勘探、年代测定、环境考古、人骨研究、动物考古、植物考古、食性分析、古 DNA 研究、物质成分结构分析与工艺研究等，则可以科学地再现考古学文化的绝对年代，当时的自然环境状况、演变及人类与之相适应的互动关系，居住在不同地区的人群的体质特征和健康状况，各个时期人类的食物种类，人类采集、狩猎、种植、养殖等一系列获取食物资源方式的演变过程以及进行随葬和祭祀活动时使用各种动植物的特征，人类制作各种器物的方法、原料及发展过程，文化与文化之间一些特殊因素的交流等。同时，还能提高考古调查、发掘和研究的科学性。

概括起来说，在考古学中应用科技考古，主要是在两个方面发挥出巨大的作用：一个方面是对多种遗迹和遗物进行采样、鉴定、测试和分析，从多个角度拓展了考古学的研究领域；另一个方面是确认遗址和遗迹的位置、面积、布局，对各类考古资料进行定量统计和分析，极大地提高了考古学研究的效率和精确度。在这样的基础上形

成的考古学综合研究成果才能真正符合 21 世纪世界考古学发展的要求。

综上所述,在考古学中进一步加强科技考古的研究与应用,既是时代向考古学提出的要求,也是考古学自身发展的需要。经过多年的努力,在考古学中开展科技考古研究,已经经历了一个由逐步应用到全面推广的过程,这个过程正在给考古学研究带来一场革命性的变化,其深远意义和学术价值将在今后考古学研究的发展进程中不断体现出来。

正是基于上述认识及中国社会科学院考古研究所科技考古中心等科研单位各位研究人员多年的实践,我们着手编写了本书,争取做到:1)与国际考古学界通用的科技考古方法基本接轨,尽力符合中国考古学发展的实际需要;2)既认真考虑在包含多种遗迹与遗物的遗址里如何全面开展科技考古工作,又充分兼顾在考古发掘现场对某类遗迹或遗物的采样以及在实验室内处理、鉴定、测试和研究的全过程;3)面向考古研究人员,帮助他们做到看得明白、想得全面、用得得当,着重强调可操作性;4)从实用的角度帮助学生全面掌握科技考古的方法,为当前考古专业的教学提供助力。以上这些概括,既是本书的追求,也可谓是本书的特色所在。

本书是对当前国内科技考古各个主要研究领域方法及成果的系统梳理、归纳和总结,相信今后随着自然科学研究的发展和考古学研究的深入,不但现有的各种科技考古方法还会得到进一步的补充和完善,而且必定还会继续开发和建立新的科技考古方法。面向未来,任重而道远。我们从事科技考古的研究人员要和从事考古学研究的人员紧密合作,同时还要与自然科学相关学科的研究人员加强交流,大家共同努力,把科技考古各个领域的工作做得更好,把整个科技考古的研究工作做得更好,把中国考古学的研究工作做得更好。

目 录

前 言	1
第一章 总 论	1
一 科技考古的主要研究领域	1
二 科技考古的应用	4
第二章 考古勘探	6
第一节 遥感技术	6
一 遥感与遥感考古	7
二 考古遗迹或现象的影像特征	8
三 遥感影像的处理与解译	12
四 航空遥感技术的应用	13
五 卫星遥感技术的应用	16
六 水下遥感考古	18
第二节 物探技术	20
一 概述	20
二 工作步骤	23
三 应用实例	24
第三章 年代测定	26
第一节 碳十四测年	26
一 概述	26
二 采样方法	28
三 实验室工作方法	29
四 碳十四年代的树轮校正	31

五 应用实例	35
第二节 树木年轮定年	37
一 概述	37
二 采样方法	39
三 实验室工作方法	40
四 应用实例	43
第四章 环境考古	45
一 概述	45
二 重建古代自然环境	45
三 探讨古代人地关系	56
四 应用实例	61
第五章 人骨研究	64
一 概述	64
二 采样方法	64
三 人骨的性别、年龄鉴定	65
四 人骨的测量和分析	67
五 古病理和创伤的研究	71
六 骨骼上的文化行为	77
第六章 动物考古	81
一 概述	81
二 采样方法	81
三 实验室工作方法	83
四 判断家养动物的标准	86
五 应用实例	88
第七章 植物考古	90
第一节 植物遗骸分析	90
一 概述	90
二 采样方法	92
三 实验室工作方法	99

四 应用实例	104
第二节 木材分析	108
一 概述	109
二 采样方法	109
三 实验室工作方法	111
四 应用实例	111
第三节 植硅体分析	113
一 概述	113
二 采样方法	114
三 实验室工作方法	117
四 应用实例	121
第四节 淀粉粒分析	124
一 概述	124
二 采样方法	125
三 实验室工作方法	126
四 应用实例	127
第八章 食性分析	128
第一节 碳/氮稳定同位素分析	128
一 概述	128
二 采样方法	130
三 实验室工作方法	130
四 应用实例	132
第二节 锶同位素分析	133
一 概述	133
二 采样方法	135
三 实验室工作方法	135
四 应用实例	135
第九章 古 DNA 研究	138
一 概述	138
二 采样方法	138
三 实验室工作方法	139

四 应用实例	141
第十章 物质成分、结构分析和工艺研究	142
第一节 仪器分析方法简介	142
一 元素分析技术	144
二 化合物结构鉴定技术	147
三 显微分析技术	149
四 内部结构成像技术	153
五 热分析技术	155
六 分离分析技术	156
七 质谱分析技术	158
第二节 古陶瓷研究	160
一 概述	160
二 采样方法	161
三 元素组成分析	161
四 显微结构与物相分析	164
五 物理性能和热分析	167
六 痕迹观察及模拟实验	169
第三节 青铜器研究	172
一 概述	173
二 冶炼技术分析	174
三 产地和矿源分析	177
四 青铜器的金属学研究	181
五 造型材料的选择和制备工艺研究	185
六 青铜器制作工艺研究	190
第四节 石器研究	195
一 概述	195
二 采样方法	195
三 石器生产技术研究	195
四 石器功能及使用方式研究	197
五 应用实例	201
第五节 玉器研究	203
一 概述	203

二 玉料来源研究	203
三 玉器制作工艺研究	204
四 应用实例	205
第六节 出土残留物的化学分析与研究	206
一 概述	206
二 采样方法	207
三 实验室工作方法	208
四 应用实例	208
第十一章 考古地理信息系统	211
一 考古 GIS 研究的必要性	212
二 考古 GIS 中空间数据的分层	213
三 考古 GIS 的基本功能	214
四 考古发掘中 GIS 的建设	215
五 GIS 支持的聚落考古研究	215
六 GIS 与虚拟现实技术	218
后 记	221

插/彩图目录

插图 2-1-1	遥感考古主要影像标志	9
彩图 2-1-2	北庭古城彩红外航空影像图	i
插图 2-1-3	高昌古城航空影像图	11
彩图 2-1-4	汉长安城内局部彩色航空影像图	i
插图 2-1-5	新疆七个星古城、玉孜干古城和卓尔库特古城 1960 年前后拍摄的航空影像图	15
彩图 2-1-6	新疆七个星古城、玉孜干古城和卓尔库特古城 2002 年航空影像与卫星影像融合图	ii
彩图 2-1-7	旧州城址航空影像图	ii
插图 2-1-8	二战时期北京城航空影像图	16
彩图 2-1-9	安阳殷墟的遥感影像图	ii
插图 2-1-10	水下遥感考古设备模型	18
插图 2-2-1	探地雷达工作原理示意图	23
彩图 2-2-2	喇家遗址西侧边缘地带磁填图	iii
彩图 2-2-3	喇家遗址村西麦场磁填图	iii
彩图 2-2-4	喇家遗址窖藏图	iii
彩图 2-2-5	蚌埠双墩一号墓电法探测结果反演图	iii
彩图 2-2-6	蚌埠双墩一号墓葬图	iii
插图 2-2-7	探地雷达探测偃师商城二号宫殿夯土台基回波图	25
插图 3-1-1	碳十四—树轮年代校正曲线示意图	32
插图 3-1-2	碳十四数据通过校正曲线校正成日历年的实例	33
插图 3-1-3	长安马王村 H18 地层系列	36
插图 3-2-1	建立树木年轮年表的示意图	38
插图 3-2-2	未知年代的木材样本定年的示意图	38
插图 3-2-3	利用树轮骨架查找缺失年轮示意图	42
插图 5-1-1	龋齿	72

插图 5-1-2	牙周病	72
插图 5-1-3	牙齿釉质发育不全	73
插图 5-1-4	错颌畸形	73
插图 5-1-5	退行性关节炎	74
插图 5-1-6	筛状眶和多孔骨肥厚	75
插图 5-1-7	骨折创伤	76
插图 5-1-8	开颅术后头骨	77
插图 5-1-9	头骨穿孔	77
插图 5-1-10	枕部变形头	78
插图 5-1-11	环状变形头	78
插图 5-1-12	拔牙形式	79
插图 5-1-13	牙齿上的文化行为	79
插图 5-1-14	口内含球	80
插图 6-1-1	关键柱取样图	82
插图 7-1-1	网格式采样法示意图	95
插图 7-1-2	水波浮选仪示意图	96
插图 7-2-1	柘树的横切面、径切面和弦切面	112
插图 7-2-2	杉木的横切面、径切面和弦切面	112
彩图 7-4-1	上宅遗址出土石磨盘、石磨棒表层残留物中的古代淀粉粒	iv
插图 8-1-1	日本动植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与 $\delta^{15}\text{N}$ 分析结果图	129
插图 8-1-2	殷墟等遗址出土人/动物骨骼 $\delta^{13}\text{C}$ 与 $\delta^{15}\text{N}$ 分析结果图	133
彩图 9-1-1	151 个绵羊序列的中介网络图	iv
插图 10-3-1	青铜器铸造工序流程图	173
插图 10-3-2	青铜器制作技术研究工作流程图	174
彩图 10-3-3	喜鹊沟采矿遗址古采坑底部的侧向采洞	v
彩图 10-3-4	喜鹊沟采矿遗址采集到的矿石	v
彩图 10-3-5	喜鹊沟采矿遗址采集到的炉渣	v
彩图 10-3-6	铜绿山遗址春秋炼铜竖炉	v
彩图 10-3-7	赫章可乐墓地 HKM274: 86 釜铸造组织	v
彩图 10-3-8	赫章可乐墓地 HK301 发钎锻造组织	v
彩图 10-3-9	安阳殷墟孝民屯铸铜遗址出土 I 式觚范	vi
彩图 10-3-10	安阳殷墟孝民屯铸铜遗址出土 II 式觚范	vi
插图 10-3-11	安阳殷墟三家庄窖藏鼎 (中商) 器底 X 光片	193

插图 10-3-12	曲村晋国墓地出土鼎(西周)器底 X 光片	193
彩图 11-1-1	临汾盆地聚落考古 GIS 项目的数据结构	vii
彩图 11-1-2	田野考古发掘 GIS 系统	vii
彩图 11-1-3	临汾盆地中缓冲区与聚落分布图	vii
彩图 11-1-4	七星河流域的缓冲区与聚落分布	vii
彩图 11-1-5	临汾盆地中地面坡度与聚落分布	vii
彩图 11-1-6	临汾盆地中龙山时期陶寺遗址的可视域	vii
彩图 11-1-7	临汾盆地中集水盆地与聚落分布图	viii
彩图 11-1-8	十三陵遗址的三维模型	viii

第一章 总论

科技考古的研究领域大致可以分为考古勘探、年代测定、环境考古、人骨研究、动物考古、植物考古、食性分析、古DNA研究、物质成分结构分析和工艺研究、考古地理信息系统等。这里首先阐述科技考古主要领域的研究内容及其作用，然后系统介绍他们在考古调查、发掘和研究中的应用。

一 科技考古的主要研究领域

(一) 考古勘探

考古勘探是指利用遥感技术和地球物理探测技术在较大的区域中寻找地面和地下的考古遗存。通过对卫星照片和航空照片进行增强处理，可确定古代遗址的分布位置，进行考古遗址的测绘与监测；利用磁力仪和探地雷达等在遗址开展工作，在数据波形图中寻找异常点，可确定考古遗存的几何形态及空间分布范围等。

考古发掘工作开始以前，进行全面的遥感考古与地球物理探测，可以避免必须依靠人工钻探和发掘才能认识地下遗迹的状况，提高工作效率，节约时间，而且对地下文物不会造成任何破坏。依据高分辨率的航空、航天影像和地球物理探测设备，可以认识地下各种遗迹的分布状况，为制定田野发掘计划和确立遗址保护方案提供科学的依据。

(二) 年代测定

在新石器时代以来的考古学研究中，主要使用两种测定年代的方法：一种是运用常规碳十四测年和加速器质谱仪测年的方法对考古遗址出土的样品进行测试，通过 $\delta^{13}\text{C}$ 校正、树轮校正和系列样品拟合研究等，最后得到高精度的日历年代数据，判定具体遗址或文化层的绝对年代；另一种是通过通过对某一气候区特定树木的年轮进行分析和研究，建立长序列的树木年轮年表，从而对该地区古代遗址出土的同类树种的木质遗物进行精确的定年，为确定遗址的年代提供参考依据。

判断遗址的年代是考古学研究首先要解决的问题。碳十四测年和树木年轮定年可以确定各个遗址的绝对年代，进而为不同考古学文化和遗址的比较研究，确立起一个统一的时间标尺。