

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2016.0053

关于曹姓家族分子人类学研究的几个问题

葛 威

福建省厦门大学人文学院, 厦门 361005

摘要: 近年来, 复旦大学现代人类学实验室围绕曹姓家族开展了一系列 DNA 研究, 认为曹操的 Y 染色体应该属于 O2-M268 单倍型, 并提出通过 DNA 的分析可以判断西高穴 2 号墓的墓主人身份。本文考察了 O2-M268 单倍型在东亚人群中的分布, 发现它并非曹操或曹氏家族所独有。有关曹操的 Y 染色体可能是 O2-M268 单倍型的结论对于进一步确认西高穴 2 号墓的属性意义有限。本文还对所谓“曹鼎牙齿”DNA 研究所依据的材料和论证过程进行了讨论, 认为有关研究在很多方面脱离历史学和考古学背景, 其研究的正当性及结论的可靠性都很难让人信服。目前看来, DNA 方法并不能从根本上解决曹操墓的真伪之争。

关键词: 曹操; Y 染色体; O2-M268; 元宝坑; 曹姓家族

中图分类号: Q987; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2016)04-0626-07

Discussions on molecular anthropology studies related to Cao clans

GE Wei

School of humanities, Xiamen University, Xiamen 361005

Abstract: For the past few years, the Laboratory of Contemporary Anthropology, Fudan University has carried out a series of DNA studies on the Cao clan. According to these studies, Emperor Cao Cao was a carrier of Y chromosome haplotype O2-M268, thus the identity of the man buried in the Xigaoxue No.2 tomb could be clarified via DNA analysis. The current paper investigates the distribution of O2-M268 in the Chinese population, and results suggest that this haplotype is not an exclusive haplotype to the Cao clan, thus it only has limited significance in further determining the identity of the occupant in the Xigaoxue No.2 tomb. The paper also discusses the context of material remains associated with the so-called Cao Ding's tooth and the reasoning process of the DNA study about it. Analyses show that the DNA study departed from historical and archaeological background in many aspects so that the validity of the research

收稿日期: 2014-06-19; 定稿日期: 2014-10-13

基金项目: 福建省高校杰出青年科研人才培育计划 (JA13004S) 资助

作者简介: 葛威 (1980-), 男, 安徽亳州人, 厦门大学人文学院历史系副教授。Email: gewei@xmu.edu.cn

Citation: Ge W. Discussions on molecular anthropology studies related to Cao clans[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2016, 35(4): 626-632

and the reliability of its conclusions are questionable. For the moment, DNA method seems ineffective in resolving the controversial issues related to Cao Cao's tomb.

Keywords: Cao Cao; Y chromosome; O2-M268, Yuanbaokeng; Cao clans

1 引 言

2009 年, 由河南省文物考古研究所组织发掘的河南安阳西高穴村 2 号大墓(以下简称西 2 墓)被有关方面认定为魏武帝曹操的陵墓^[1]。但是, 社会各界对于“曹操墓”真伪的争论从其被认定之初就一直有停歇过。值得注意的是, 围绕相关问题进行论战的各方不仅有媒体、公众等非专业群体, 也有资深的考古学家和历史学家^[2, 3]。这表明, 曹操墓的真伪之争并非一场充满娱乐色彩的闹剧, 而是值得认真对待的学术公案。

检阅前人有关此问题的讨论, 大致包括了墓葬形制、出土文物、遗骸年龄等方面。当然, 要解决曹操墓的真伪问题, 墓主人本身无疑是关键所在。如果能证明西 2 墓中所出男性头骨就是曹操本人, 则可使所有争论划上句号。或许是基于这种考虑, 复旦大学现代人类学实验室开展了一系列颇有创新性的工作, 试图从现代曹姓家族的 DNA 入手, 并结合古代曹操家族成员的 DNA 分析, 找到属于曹操独有的染色体单倍型, 进而提取并分析西 2 墓男性头骨的染色体单倍型, 并最终确认其身份^[4-7]。

DNA 是遗传信息的载体, 是主要由碳、氢、氧、磷等元素组成的生物大分子。DNA 在生物体死亡后就会发生降解, 但这种降解是一个缓慢的过程。研究表明, 考古出土的人和动物骨骼中仍然保存着尚未完全降解的 DNA 片段。分析古代个体和群体的 DNA 序列, 可以探讨个体属性、人类起源、人群迁徙、族群关系以及社会属性等考古学问题。如果从 1985 年 Pääbo^[8] 对埃及木乃伊 DNA 的提取和克隆算起, DNA 方法应用于考古研究已经有近 30 年时间。这 30 年, 也是分子生物学飞速发展的时期, 新的技术手段不断涌现。迄今, 人们已经尝试从考古遗骸中提取并测序了线粒体 DNA、Y 染色体 DNA 及其它核基因组 DNA。研究对象也从历史时期的先民扩展到早已在晚更新世灭绝的尼安德特人^[9]。尽管在古 DNA 的研究历史中出现过污染的问题, 但随着人们污染防范意识的增强, 已经发展了多种排除污染的手段, 最终使古 DNA 研究得到了广泛的认可。

然而, 任何方法都有其局限性, 不应该过分夸大一种方法的适用范围, 去试图解决它不能解决的问题。俗话说: “隔行如隔山”, 这在科学技术飞速发展的今天表现得更加突出。随着现代科学的日益精细化和专门化, 不同学科发展出一套只有专业人士才能看懂的术语, 使学科间的对话变得越来越困难。对于大多出身于文科的考古工作者来说, 要理解分子人类学方法尤为不易。但是, 这并不意味着考古学者面对高科技手段时话语权的丧失, 因为科学研究所运用的归纳、演绎等方法, 及在推导结论时所遵循的逻辑性总是相一致的。充分的交流和对话应该能够增进学科间的相互信任。有鉴于此, 本文将回顾近年来围绕曹姓家族所开展的有关 DNA 研究, 提出几点不同看法。

2 现代曹姓家族 O2-M268 单倍型有关问题

有关现代曹姓家族 DNA 的研究分别以中文和英文发表于国内外不同期刊^[4, 10]，但内容基本一致。根据这两篇文章（为行文方便，以下统称文一）的报道，研究者对 79 个曹姓家族的 280 个男性和其他姓氏的 446 个男性进行了外周血采集，对他们 Y 染色体上的 DNA 进行扩增、测序和单倍型分析。结果显示“单倍型 O2-M268 是唯一在宣称是曹操后裔的众多家族里频率显著升高的单倍型”。因此，文一得出结论，认为 O2-M268 这种单倍型“极可能是曹操的 Y 染色体单倍型”。

由于 Y 染色体非重组区相对严格的父系遗传特性，其在法医学、亲子鉴定和群体遗传学等领域已经得到广泛的应用。不同地区的人群，由于长期的隔离，基因组的特定位点就会产生不同的变异。一条染色体或线粒体 DNA 上的这些变异的排列组合称为单倍型 (Haplotype)。具有共同祖先的相似的一组单倍型构成单倍群 (Haplogroup)。在人类 Y 染色体上，已经划分出了 A-T 共 20 个单倍群^[11]。研究表明，这些单倍群具有一定的地域分布特征，其中的 O 类群是东亚人群主要的单倍群。文一所言 O2-M268 即是 O 类群中的一种单倍型。

从遗传学的角度来看，通过曹操后人的 Y 染色体单倍型去上溯曹操的 Y 染色体单倍型，理论上并没有什么不妥，但是研究者在确定曹操后代时所使用的谱牒材料却可能是有问题的。对此，已经有魏晋史学者提出了质疑^[12]。退一步说，即使 O2-M268 这种单倍型确属曹操的 Y 染色体单倍型，这一线索对于判断西 2 墓的墓主人身份所起的作用仍然非常有限。不妨假设曹操的单倍型就是 O2-M268，如果提取并分析西 2 墓中男性头骨中的 Y 染色体 DNA，结果不外乎两种可能：1) 不属于 O2-M268 单倍型；2) 属于 O2-M268 单倍型。对于第一种情况，将得出墓主人不是曹操的结论；而如果是第二种情况，却并不能因此认定墓主人就是曹操。因为 O2-M268 并非曹操或曹氏家族所独有，而是分布于不同的民族、姓氏和家族中，比如史姓^[13]。根据 Yan 等人^[14]的报道，O2-M268 在中国汉族中的分布概率大约为 5%。这意味着，在整个汉族群体中，存在着大量携带这种单倍型的个体，而且这些人中只有很小一部分姓曹，大部分都是别姓。考虑到汉族群体的总量庞大，有理由推测即使在汉代携带 O2-M268 的人也不在少数，而且绝不限于曹操家族。所以，从逻辑上讲，即便西 2 墓男性的 Y 染色体单倍型是 O2-M268，他仍然不一定是曹操，也不一定姓曹。

当然，分析这个问题时不能完全抛却考古学和历史学背景。西 2 墓出土的大量文物显示墓主人应该是魏晋时期与曹操关系密切之人或曹操本人。从这个意义上讲，缩小墓主人的人选范围是有可能的。那么，如果候选的墓主人数量有限，再加上 O2-M268 的证据，是否就足以确定墓主人真实身份呢？笔者以为仍然是很困难的，因为还是无法排除其它可能。比如，有学者指出西 2 墓更有可能是曹操之孙曹奂之墓^[15]。如果这一假设成立，试问能通过 O2-M268 来区分曹奂和曹操吗？答案是不能，因为无论曹操是什么单倍型，曹奂都会是跟他的祖父一样的单倍型。

3 “曹鼎”牙齿 DNA 研究有关问题

继现代曹姓家族 Y 染色体单倍型研究之后，复旦大学研究团队^[6]又对所谓“曹操的叔祖父曹鼎”的牙齿进行了 DNA 提取和单倍型分析，并声称曹鼎也是 O2-M268 单倍型。如此以来，曹操的后人及其“叔祖父”都是 O2-M268 单倍型，则曹操无疑也是这种单倍型。这样的推理表面上看似乎环环相扣，但笔者在考察了有关文字信息后却发现实际上疑点重重。

3.1 研究材料“元宝坑一号墓牙齿”出土背景不明

在这篇关于曹鼎牙齿的文章中（以下简称文二），作者们提到所分析的牙齿来自安徽亳州曹氏宗族墓地之元宝坑一号墓（以下简称元 1 墓）。但是，根据元 1 墓发掘报告的描述，该墓在发掘前已经遭到严重破坏，殉葬品几乎被盗光，“墓内文物零乱，多混杂在填土中”，并没有提到有任何人骨或牙齿出土^[16]。那么，这颗牙齿究竟从何而来呢？在另一篇相关的文章中^[5]，有一段文字描述了获取样本的经过：

在笔者 2010 年 3 月前往亳州曹氏宗族墓地考察时，巧遇当时参与发掘元 I 墓的考古人员，据他回忆说曾在元 I 墓中发现过牙齿，并放一信封中，但由于当时知识所限，没有把牙齿当作文物入库，故牙齿可能在杂物堆中。得知这一消息，我们立即前往亳州博物馆，经库房人员精心查找，最终找到了那个信封和其中的牙齿，并经当时组织发掘的前馆长李灿先生确认属元 I 墓。

众所周知，牙齿是考古学非常重视的研究材料。著名的元谋人其实也就只是几颗牙齿。在发掘中出土了牙齿无疑是重要的发现，纵然是上世纪七十年代，也没有理由忽视之。考古领队都经过专业培训，不可能不知道牙齿的重要性；如果没有疑问，不会不将其发表在报告中。这是很难用“限于知识所限”来解释的。发现了牙齿却没有写入报告，甚至都“没有当作文物入库”，实在让人难以理解。

无论如何，鉴于该墓被严重盗掘，且发掘时并没有发现人骨，几十年后从“杂物堆”中找到的一颗牙齿，出土位置也不清楚，很难说它究竟是墓主人的还是后世从填土中混入的（它甚至有可能是盗墓者的）。总之，目前缺乏充分的证据表明牙齿的主人究竟是谁。在这种情况下，不加批判地认定这就是墓主人的牙齿，而完全不考虑其它可能，显然有失学术研究应有的严谨。将这样的问题材料拿来作研究，并试图解决重大学术问题，无异于在松软的沙滩上建造大厦。

3.2 元宝坑一号墓的墓主身份需进一步判别

由于缺乏可靠的证据，原发掘报告并没有明确判别墓主人的身份，而是仅凭出土字砖的刻文推测可能为“会稽曹君”。之后，田昌五^[17]和殷涤非^[18]两位先生曾就该墓主人的身份问题进行过激烈讨论，田文认为“很可能是曹胤”，殷文则断言“非曹褒莫属”。但无论如何，都没有确凿的证据表明元 1 墓的墓主人是曹鼎。那么，复旦大学诸君是如何认定元 1 墓的主人为曹鼎的呢？原文中有这么一段话：“YBK I was suggested to be the tomb of Cao Cao's granduncle, Cao Ding”，意思是说“元 1 墓被认为是曹操叔祖父曹鼎

的墓”。到底是什么人这样认为呢？后面给出的参考文献是《从牙齿磨损度推断安徽亳州元宝坑一号墓墓主身份》^[5]（以下简称文三），该文作者中的李辉先生同时也是文二的共同作者。尽管历史学家们在元1墓墓主人身份问题上尚无定论，但文三另辟蹊径，通过对元1墓牙齿的磨损程度来判断墓主人年龄为50或55岁以上，进而结合历史文献，认为最有可能是曹鼎。

然而，笔者在考察了文三的推理过程后却发现，其立论依据存在着相当多的不确定性。如文章在论及曹鼎年龄时说：“曹鼎具体生卒年月如何，目前尚无记载，但有记载称曹操有一叔父活了58岁，极有可能便是曹鼎。”一个人的生卒年月都不知道，怎么能判断年龄呢？后面认为跟曹休有关，因为曹鼎是“曹休的爷爷”，分析说：“如果当时曹休的母亲真的已经很‘老’，估计曹休父亲死时也不年轻，那么曹鼎就可能更老了。这样推测，这位‘高龄’墓主就最有可能是曹鼎。”这里短短几句话，连续使用“如果”、“估计”、“可能”等语气副词，表明作者对这种推导并没有多大把握。那么，由这些并不确定的证据推出的结论“墓主人是曹鼎”也就仍然只能是一种“可能”了。当然，作者们在最后也指出“但究竟是不是曹鼎，尚需要进一步的证据。”可是，这样一个有待证实的结论，为什么到了英文文章中却没有了“可能”，而变成一种既定的事实了呢？

这里有必要说明“suggest”这个词的涵义。在英语论文写作中，“suggest”通常用来阐述由证据和推理所得出的结论，基本上传达的是一种肯定的意味。可以说，文二的作者使用“suggest”来翻译文三相关的结论并不准确，因为它屏蔽了原文结论的不确定性。这样的表述使得不知内情的英语读者完全看不出中国学界在墓主人身份问题上有什么不同的意见，也不可能想到这一点。而且，文二从头至尾并没有只言片语提到墓主人身份的不确定性。很显然，作者们就是把曹鼎当作墓主人来对待的。这也是文二开展研究的前提，因为牙齿的主人必须是明确的，不能有任何“可能”的成分，否则所有的分析结果都将失去意义。可是不管怎样，元1墓的墓主人身份的不确定性是一个不争的事实，文二作者应该对此有深刻的认识，而不能一厢情愿地把他当作“曹鼎”来对待。

3.3 曹鼎与曹操的关系有待考证

文二在介绍样本时明确指出牙齿属于“曹操的叔祖父曹鼎”（Cao Cao's granduncle）。那么，曹鼎果真是曹操的“叔祖父”吗？其实，史学界对曹鼎的身份并无定论，而是存有不同看法^[16]。一说是“中长侍曹腾之弟”，也就是曹操的叔祖父；一说是“太祖从弟曹洪的伯父”，却成了曹操的叔父。之所以出现这种情况，有可能是史籍记载有误，也不排除确实有两个曹鼎。但无论如何，作者们都应该向读者说明曹鼎身份的不确定性，可是我们却没有看到。

更令人不解的是，在李淑元和李辉作为作者的文三中言之凿凿曹鼎是曹操的叔父，而到了同样有李辉作为共同作者的文二中，曹鼎却又堂而皇之地变成了曹操的叔祖父。读者不禁要问：同一作者发表于中文和英文期刊上的文章，为何对同一事件的认识前后不一？中国人一向注重长幼之分，这样把辈分弄错的事恐怕不好用疏忽或笔误来解释。即便是有了新的认识，也应该对以前的认识进行某种检讨吧？作者们在如此关键问题上的轻率态度实在是匪夷所思。

其实，不管曹鼎是叔祖父或叔父，都很难说与曹操有血缘关系。根据《三国志·武帝纪》中的记载：“桓帝世，曹腾为中常侍大长秋，封费亭侯。养子嵩嗣，官至太尉，莫能审其出生本末。嵩生太祖。”既然曹操父亲曹嵩的身世未知，曹操与其叔祖父或叔父是否有血缘关系又如何能说得清呢？

3.4 古代 DNA 的分析尚需排除污染

古代 DNA 研究常有激动人心的发现，但也容易引起质疑，其中很敏感的一个问题是要排除外源 DNA 的污染。有别于现代样本，古代样本往往经历了复杂的埋藏过程，在发掘过程中和发掘后也难免被现代人触摸，这些都可能将外源 DNA 引入所分析的对象。事实上，从取样、纯化、扩增到测序的每一个步骤都可能发生污染。为了在古 DNA 研究中控制和识别污染，人们已经发展了一套比较成熟的方法，包括设置空白对照、重复性检验及在公共数据库中进行相似性检索（系统发育分析）等^[19]。其中的任何一个环节如果做得不好都很难排除污染。一个并不久远的例子是河南西峡恐龙蛋化石的 DNA 研究。1995 年，北京大学的 researchers 声称从约 7-8 千万年前的恐龙蛋化石中提取到了 DNA 片段^[20]，引起了公众的极大兴趣和学界的广泛关注。可是很不幸，这些片段不久后就被不同的研究者分别独立认定为来自真菌和高等植物等外源 DNA，而根本不可能来自恐龙^[21-23]。究其原因，就是由于没有进行严格的系统发育分析。

对于古 DNA 研究来说，牙齿是相对理想的材料^[19]，但也不能因此就忽视污染问题。“曹鼎”牙齿毕竟来自考古发掘出土，如果其年代确切，也属古代 DNA 研究范畴。由于该牙齿在发掘时并没有采取什么防污染措施，为各种污染的发生提供了条件。尽管文二的研究者们也提到他们的实验操作严格遵守古代 DNA 研究的标准（“Our ancient DNA experimental operations are strictly controlled by following all the criteria for ancient DNA studies”），但“实验操作”再严密也不能保证扩增出来的序列就没有污染，只有对结果进行规范的检验才能确定有否污染^[24-26]。然而，无论是在英文版的文二还是另一篇内容与之相近的中文版文章中^[27]，我们都没有看到相关的检验，也没有看到对古 DNA 可靠性的讨论。严格地讲，我们没有足够的理由相信这就是古代的 DNA。由于复旦大学此前开展了大量现代曹姓 DNA 研究，存在样本交叉污染的可能性，更有必要对结果进行充分的可靠性检验。

4 结 语

本文对近年来复旦大学研究团队围绕曹氏家族 DNA 开展的相关研究进行了回顾，讨论了这些研究中存在的诸多问题。分析表明，有关曹操的 Y 染色体可能是 O2-M268 单倍型的结论对于进一步确认西 2 墓的属性意义有限，即它可能会否定曹操墓，却不可能认定曹操墓。而所谓“曹鼎牙齿”的 DNA 研究更是在很多方面脱离历史学和考古学的研究背景，加之缺乏古 DNA 可靠性方面的讨论，其研究的正当性及结论的可靠性都很难让人信服。

跨学科研究是未来学术发展的趋势，越来越多的自然科学方法正在渗透进人文学科的研究当中。然而，不同学科的交叉研究并非方法与问题的简单加和，而必须顾及各自在

研究对象、目的等方面的差异。自然科学工作者在介入人文学科的研究时,只有深入了解相关问题的学术史,尊重其特定的研究规律,才能真正达到跨学科解决学术问题的初衷。如若不然,则可能只会带来新的混乱和困扰。

致谢: 斯坦福大学东亚系刘莉教授就本文写作的意义进行了有益的讨论并拨冗校订英文摘要;中国社会科学院考古研究所陈星灿研究员审阅终稿并给予了热忱的鼓励和支持;两位匿名审稿人和责任编辑提出了建设性的修改意见。作者在此一并感谢。

参考文献

- [1] 河南省文物考古研究所, 安阳县文化局. 河南安阳市西高穴曹操高陵 [J]. 考古, 2010, 8: 35-45
- [2] 方北辰. 曹操墓认定的礼制性误判 [J]. 成都大学学报: 社科版, 2010, 6: 31-42
- [3] 徐光冀. “曹操高陵”的几个问题 [A]. 见: 中国考古学会编. 中国考古学会第十四次年会论文集 [C]. 北京: 文物出版社, 2012, 395-402
- [4] 王传超, 严实, 侯铮, 等. Y 染色体揭开曹操身世之谜 [J]. 现代人类学通讯, 2011, 5: 107-111
- [5] 李淑元, 李辉. 从牙齿磨损度推断安徽亳州元宝坑一号墓墓主身份 [J]. 现代人类学通讯, 2010, 4: 53-56
- [6] Wang CC, Yan S, Yao C, et al. Ancient DNA of Emperor CAO Cao's granduncle matches those of his present descendants: a commentary on present Y chromosomes reveal the ancestry of Emperor CAO Cao of 1800 years ago [J]. Journal of Human Genetics, 2013, 58(4): 238-239
- [7] 韩昇. 曹魏皇室世系考述 [J]. 复旦学报: 社会科学版, 2010, 3: 11-19
- [8] Svante Pääbo. Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA [J]. Nature, 1985, 314: 644-645
- [9] Green RE, Krause J, Briggs AW, et al. A draft sequence of the Neandertal genome [J]. Science, 2010, 328: 710-722
- [10] Wang CC, Yan S, Hou Z, et al. Present Y chromosomes reveal the ancestry of Emperor CAO Cao of 1800 years ago [J]. Journal of Human Genetics, 2012, 57: 216-218
- [11] Karafet TM, Mendez FL, Meilerman MB, et al. New binary polymorphisms reshape and increase resolution of the human Y chromosomal haplogroup tree [J]. Genome Research, 2008, 18(5): 830-838
- [12] 朱子彦. 存世曹氏族谱与曹操后裔无关——与复旦“曹操墓人类基因调查的历史学研究”课题组商榷 [J]. 上海大学学报: 社会科学版, 2010, 3: 79-87
- [13] 史定华, 阎春宁. 如何研究一个宗族遗传网络 [J]. 电子科技大学学报, 2013, 3: 322-327
- [14] Yan S, Wang CC, Li H, et al. An updated tree of Y-chromosome Haplogroup O and revised phylogenetic positions of mutations P164 and PK4 [J]. European Journal of Human Genetics, 2011, 19(9): 1013-1015
- [15] 方北辰. 曹操墓应为曹宇、曹奂父子王原陵 [J]. 成都大学学报: 社科版, 2010, 6: 43-63
- [16] 安徽省亳县博物馆. 亳县曹操宗族墓葬 [J]. 文物, 1978, 8: 32-45
- [17] 田昌五. 读曹操宗族墓砖刻辞 [J]. 文物, 1978, 8: 46-50
- [18] 殷涤非. 对曹操宗族墓砖铭的一点看法 [J]. 文物, 1980, 7: 83-88
- [19] 杨东亚. 古代 DNA 研究中污染的控制和识别 [J]. 人类学学报, 2003, 2: 163-173
- [20] 安成才, 李毅, 朱玉贤, 等. 中国河南西峡恐龙蛋化石中 18S rDNA 部分片段的克隆及序列分析 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 1995, 2: 140-147
- [21] 杨洪. 古代 DNA 序列的分析与甄别——兼评恐龙 DNA 的研究 [J]. 古生物学报, 1995, 6: 657-673
- [22] 屈良鹄, 施苏华, 周慧. 河南西峡恐龙蛋 18S rDNA 片段质疑 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1995, 3: 115-119
- [23] 王槐春. 河南省西峡恐龙蛋化石 DNA 序列数据的再分析 [J]. 遗传学报, 1996, 3: 183-189
- [24] 崔银秋, 段然慧, 季朝能, 等. 交河故城古车师人的线粒体 DNA 分析 [J]. 高等学校化学学报, 2002, 8: 1510-1514
- [25] 赖旭龙, 杨淑娟, 唐先华, 等. 仰韶文化人类遗骸古 DNA 的初步研究 [J]. 中国地质大学学报: 地球科学, 2004, 29(1): 15-20
- [26] 李春香. 小河墓地古代生物遗骸的分子遗传学研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2010, 47
- [27] 王传超, 严实, 姚灿, 等. 曹操叔祖的古 DNA 结果与曹操后世子孙相符 [J]. 现代人类学通讯, 2013, 7: 61-63