

# 中国人牙齿形态测量分析 ——华北近代人群臼齿齿冠及齿尖面积

邢 松<sup>1,2</sup>, 刘 武<sup>1,3</sup>

(1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039;  
3 中国科学院人类演化与科技考古联合实验室, 北京 100044)

**摘要:** 本文采用数字摄影和图像分析技术对华北新石器时代人类上、下颌臼齿齿冠及齿尖基底面积进行了精确测量。在此基础上, 计算了相对齿尖基底面积。结果显示: 近代华北人上颌各臼齿齿尖大小均呈原尖> 前尖> 后尖> 次尖的顺序, 下颌三个臼齿齿尖大小面积顺序有所不同; 上颌的后尖和次尖呈现异速生长的趋势。各臼齿齿尖相对面积的总体变异呈下颌臼齿大于上颌臼齿, M1 到 M3 依次增加、靠近远中侧的齿尖大于近中侧的齿尖的趋势。本文首次对现代中国人臼齿相对齿尖面积进行了调查统计, 为古人类学及体质人类学研究积累了基础性数据。本研究显示利用数字摄影和图像分析技术对包括臼齿齿冠和齿尖面积在内的非线性特征进行精确的定量分析较传统的测量方法具有明显的优越性, 在古人类学和体质人类学研究中有广泛的应用前景。

**关键词:** 臼齿; 齿冠基底面积; 相对齿尖基底面积; 形态测量学; 近代华北人

**中图法分类号:** Q981.6      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-3193 (2009) 02-0179-13

## 1 引 言

人类牙齿大小与牙齿形态特征一样具有明显的时代变化和人群差异, 在人类演化和现代人群关系研究中一直发挥着重要的作用<sup>[1-8]</sup>。对人类牙齿测量特征的研究主要是分析齿冠、齿根及整个牙齿不同部位之间的线性距离、由线性距离构成的指数, 以及齿冠面积。在这些牙齿测量特征中, 臼齿齿冠面积和齿尖面积尤其受到关注。一些研究发现人类上下颌各臼齿齿尖数量、大小、形态、排列方式在不同的古人类及现代人群表现各异, 认为臼齿齿尖相对面积及其变异对研究人类演化及人群关系具有很重要的价值<sup>[9-12]</sup>。一些学者对古人类及现代人群臼齿相对齿尖面积作过描述和对比。例如, Wood 等<sup>[9-11]</sup>注意到南方古猿等早期人类臼齿齿尖相对面积呈现明显的种群间差别。Bailey<sup>[12]</sup>对尼安德特人与现代人上颌臼齿齿尖相对面积进行了对比, 发现后尖和次尖相对面积在尼人与现代人之间具有明显差别。在此基础上分析了尼安德特人与解剖结构上现代人上颌第一臼齿相对齿尖面积及大小顺序的形状差别。在现代人类臼齿齿尖相对面积研究方面, Hanihara、Matsumura 和 Bailey<sup>[12-14]</sup>分

收稿日期: 2008 11 17; 定稿日期: 2009 02 03

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2 YW-106); 国家自然科学基金 (40772016); 科技部国际合作重点项目 (2007DFB20330) 资助

作者简介: 邢松 (1984), 男, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所硕士研究生, 主要从事古人类学研究。Email: xingsongh@yahoo.com.cn.

别调查了现代日本人上颌臼齿次尖相对面积、下颌第一和第二臼齿齿尖相对面积,以及其他一些人群上颌第一臼齿齿尖相对面积。此外,还有一些学者对中新世古猿、非洲大猿、狒狒等非人灵长类臼齿相对齿尖面积进行研究<sup>[15-17]</sup>。

多年来,在古人类学和体质人类研究中,把臼齿齿冠近似看作一个方形,以齿冠近-远径与颊-舌径乘积作为齿冠<sup>[4-5]</sup>。然而,人类臼齿齿冠形态多不规则并有很大的变异,使用齿冠近-远径与颊-舌径乘积获得的齿冠面积与真实的齿冠面积之间有很大的误差。其次,传统的牙齿测量方法无法确定某一局部区域的面积,如对各齿尖面积,只能粗略地估计臼齿齿尖大小顺序。上世纪 60 年代以来,不断有学者尝试建立测量计算齿尖面积的方法。早年的齿尖面积测量方法是将牙齿照片上的标志性点转化为坐标,再通过程序计算出相对齿尖面积<sup>[18-19]</sup>,或者使用测面器(Planimeter)对放大的照片描边<sup>[9,11,20-24]</sup>;其他的研究还有用齿尖的直径指示齿尖大小<sup>[25-28]</sup>;最近,齿尖面积测量通过对牙齿底片数字化<sup>[16-17,29]</sup>,或采用数字化模块来实现<sup>[15,30-34]</sup>。但是,这些方法都费时、费力,不够精确。

近年来,随着数字摄影及图像分析技术的发展,以二维及三维形状(shape)分析为基础的形态测量学(morphometrics)研究方法在古人类及体质人类学得到越来越多的应用,一些以前难以量化的非线性测量指标,如形状不规则区域的面积、角度、牙齿表面整体及局部三维立体形状等可以被精确测量。一些学者也开始用这些方法对牙齿齿冠及齿尖面积进行测量分析<sup>[12,35]</sup>。其中比较简单的方法是将附有标尺的臼齿咬合面数字图像轮廓图放置在与之相同比例尺的网格图上,通过数网格的数量进而得到齿冠面积的估计值(图 1)。但这种方法比较费时,在齿冠轮廓边界与网格相交处计数时存在一定的误差。最近, Bailey 采用数字摄影和电脑图像分析技术精确计算了更新世中、晚期人类上颌臼齿齿冠及齿尖面积<sup>[12]</sup>。

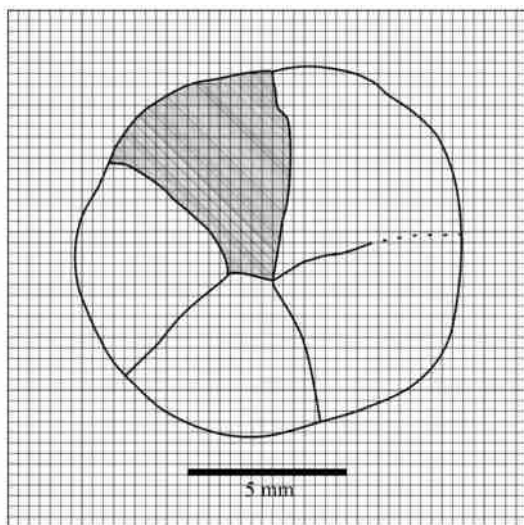


图 1 网格计数方法测量齿冠及齿尖面积

Measurements of molar crown and cusp areas (by counting the grids)

迄今,国内学术界对中国古人类及现代中国人牙齿测量性特征的研究还仅限于牙齿线性距离测量及指数分析<sup>[7-8]</sup>。除在一些对古人类牙齿形态特征的眼观察描述中注意到臼齿齿尖大小顺序外,尚未有对臼齿齿尖面积的专门研究。上世纪 60 年代王惠云<sup>[36]</sup>测量的

现代中国人牙齿数据一直为古人类学及相关研究所引用。但尚未有人对现代中国人牙齿齿尖面积进行过专门的研究。基于上述情况, 本文将采用数字摄影和电脑图像分析技术对现代中国人臼齿齿冠和齿尖面积进行形态测量分析, 建立一种新的牙齿齿冠与齿尖面积测量方法, 提高数据准确性, 减少误差。同时通过这项工作提供一组近代华北人群臼齿齿冠及齿尖面积数据, 为今后采用形态测量分析方法对中国古人类牙齿形态变异进行定量化分析积累基础数据。

2 材料与方法

2.1 研究材料

本文研究的标本包括单颗及附在颌骨上的 413 颗臼齿(表 1), 来源于河南淅川下王岗考古遗址, 距今 4000—5000 年<sup>[37]</sup>。对有断裂、邻接面严重磨损、咬合面严重磨损(齿沟难以辨别清晰), 大范围龋齿裂隙及钙质结合严重的牙齿予以剔除。

表 1 本文使用的牙齿标本

Dental specimens used in the present study

	M1	M2	M3	合计
上颌	63	68	51	182
下颌	72	79	80	231
合计	135	147	131	413

2.2 牙齿手工测量

为了对比手工测量与电脑图像测量两种方法之间在牙齿线性距离, 以及齿冠面积的差异情况, 用游标卡尺对本研究的每一臼齿的齿冠近-远中径和颊-舌径进行了测量。测量方法参照 Goose 的标准<sup>[1]</sup>。

齿冠近-远中径(MD): 牙齿近远中邻接面之间的最大距离。测量时, 除平行于牙冠面外, 为便于手工测量和照片测量的对比, 卡尺一侧紧贴牙齿近中侧的邻接面。

齿冠颊-舌径(BL): 与牙齿近远中径垂直的颊舌侧最大距离。

2.3 牙齿咬合面拍摄

使用配备数字摄影系统的 Olympus SX10 体视显微镜对每一枚臼齿齿冠咬合面拍摄高分辨率的照片。拍照时, 下颌臼齿的近中齿根纵轴垂直于镜头平面, 颊侧颈线平行于镜头平面, 上颌臼齿颊侧颈线和远中颈线平行于镜头平面, 使牙齿保持在解剖位置。为便于手工测量和图像处理软件测量的线性数据进行对比, 拍照时, 近中邻接面平行于照片的一侧边缘。同时, 对每张牙冠面照片附加 10 mm 的标尺。

2.4 齿冠及齿尖面积测量方法

对所有臼齿进行手工测量和咬合面数字摄影的基础上, 运用图像处理软件 AutoCAD 对每一枚臼齿齿冠的线性距离、齿冠和齿尖的绝对面积以及齿尖的相对面积进行了测量和计算。本文参照有关学者的研究确定了这些面积指标的定义及测量方法。

齿冠基底面积(crown base area): 垂直于齿冠纵轴的齿冠平面的最大面积, 也被称为齿冠总面积(TCBA-total crown base area)。

齿尖基底面积(Actual cusp base area): 齿尖基部位于与齿冠纵轴垂直的咬合面底部的面积。

齿冠基底面积和齿尖基底面积反映的是与咬合面平行的平面上齿冠或齿尖最大的面积。这一最大面积平面一般都不在齿冠咬合平面, 而位于齿冠中部附近。

相对齿尖基底面积(Relative cusp base area): 齿尖基底面积占齿冠基底面积或齿冠总面

积的百分比。相对齿尖基底面积= ( 齿尖基底面积/ 齿冠基底面积) × 100%。

使用 AutoCAD 软件沿着齿冠轮廓及各齿尖周界进行描边。对因邻接面磨损对齿冠近中面和远中面造成的缺损, 参照原来的齿冠轮廓曲线进行了矫正( 图 2)。完成齿冠轮廓及齿尖边界描边后, 在齿冠近中远中最大距离间连接一条水平直线得到近远中径, 颊舌间最宽处连接一条垂线得到颊舌径。使用电脑软件测量得到各个齿尖的测量面积后, 相加得到整个牙冠基底面积。最后, 根据比例尺计算出臼齿的实际线形距离及整个牙冠面积和各个齿尖面积的实际大小。

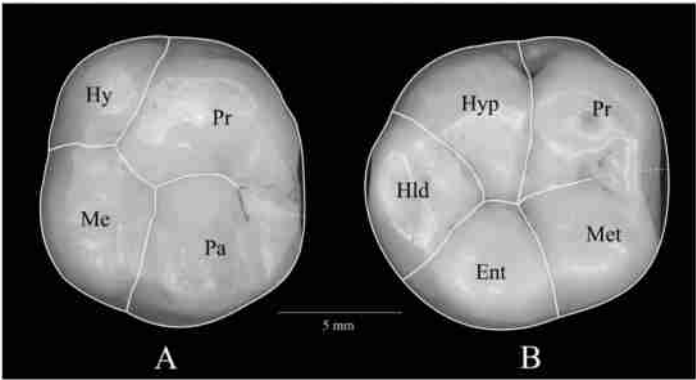


图 2 上、下颌臼齿咬合面的主要齿沟分布及齿尖划分情况

Distribution of major grooves and separation of cusps on occlusal surfaces of mandibular and maxillary molars

- A. 上颌臼齿 Maxillary molar ( Pa: 前尖 Paracone, Me: 后尖 Metacone, Pr: 原尖 Protocone, Hy: 次尖 Hypocone);  
B. 下颌臼齿 Mandibular molar ( Pr: 下原尖 Protoconid, Hyp: 下次尖 Hypoconid, Hld: 下次小尖 Hypoconulid, Met: 下后尖 Metoconid, Ent: 下内尖 Entoconid)

2.4 数据差异检验

运用 SPSS 软件对手工与通过电脑图像测量计算得到的 MD、BL、TCBA 进行平均数成对 t 的比较。同时, 左右两侧的参数也经过独立样本 t 检验。

3 结 果

3.1 齿冠测量数据

经独立样本 t 检验, 上、下颌左右臼齿之间 MD、BL 及齿冠基底面积差异不显著。所以本文取该三项数据的左右平均数列于表 2 及表 3。从表中可以看出, 手工测量与电脑图像测量的 MD、BL 及齿冠基底面积均表现为 M1> M2> M3; 上、下颌 M3 的 MD、BL 及齿冠基底面积的变异范围在 M1、M2、M3 中最大, 上颌各臼齿的 BL 变异范围均高于 MD, 下颌各臼齿的 BL 变异范围低于 MD 的变异范围; 各臼齿 MD、BL 大小的分布范围从 M1 到 M3 基本呈现增加趋势, 但齿冠基底面积的分布范围没有出现这样的趋势。

表 4 列出了手工测量与电脑测量 MD、BL 和齿冠基底面积三项数据的成对样本 t 差异检验。该表显示, 各臼齿 MD 的手工测量数据与电脑测量数据差异水平没有明显的规律, 而手工测得的 BL 和牙冠面积远大于电脑所测数据, 差异水平超过 0.001, 其中两种方法所测齿冠基底面积数据差异均在 20% 以上, 且呈现 M1< M2< M3 的趋势。

表 2 上、下颌臼齿齿冠手工测量数据

Original data of maxillary and mandibular molar crowns

(mm)

	近中远中经 MD (mm)			颊舌径 BL (mm)			齿冠基底面积 TCBA (mm <sup>2</sup> )		
	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
M <sup>1</sup>	11.02	0.46	10.28—12.08	12.08	0.47	11.27—13.27	133.24	8.86	121.64—151.9
M <sup>2</sup>	10.19	0.55	9.10—11.40	12.02	0.61	10.32—13.48	122.73	11.67	96.8—147.28
M <sup>3</sup>	9.65	0.59	8.53—10.93	11.48	0.72	9.75—12.82	110.95	11.91	91.31—136.96
	近中远中经 MD (mm)			颊舌径 BL (mm)			齿冠基底面积 TCBA (mm <sup>2</sup> )		
	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
M <sub>1</sub>	11.61	0.52	10.7—12.73	11.34	0.47	10.36—11.34	131.84	10.60	112.03—156.09
M <sub>2</sub>	11.29	0.58	10.00—13.46	10.90	0.55	9.45—12.72	123.34	12.04	95.92—171.21
M <sub>3</sub>	11.23	0.91	9.15—13.20	10.72	0.73	9.13—12.58	120.85	16.99	87.28—166.06

表 3 上、下颌臼齿齿冠电脑测量数据

Computed data of maxillary and mandibular molar crowns

(mm)

	近中远中经 MD (mm)			颊舌径 BL (mm)			齿冠基底面积 TCBA (mm <sup>2</sup> )		
	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
M <sup>1</sup>	11.02	0.46	10.11—12.08	11.75	0.46	10.54—13.25	106.87	6.95	89.85—125.91
M <sup>2</sup>	10.12	0.57	8.71—11.31	11.67	0.59	10.00—12.99	97.47	9.38	75.81—118.25
M <sup>3</sup>	9.57	0.68	8.43—11.40	11.19	0.70	9.29—12.78	86.17	10.44	68.41—108.01
	近中远中经 MD (mm)			颊舌径 BL (mm)			齿冠基底面积 TCBA (mm <sup>2</sup> )		
	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range	Mean	SD	Range
M <sub>1</sub>	11.75	0.53	10.67—12.84	11.20	0.46	10.15—12.28	108.40	8.54	89.11—124.99
M <sub>2</sub>	11.30	0.60	9.91—13.15	10.69	0.57	9.11—12.48	100.07	10.00	76.42—134.03
M <sub>3</sub>	10.97	0.85	9.01—12.90	10.38	0.68	8.86—12.35	92.51	12.41	68.30—128.88

表 4 手工测量与电脑测量 MD/ BL/ TCBA 成对 t 检验

Paired t test results of original and computed MD/ BL/ TCBA samples

	近中远中经 (MD)			颊舌径 (BL)		齿冠基底面积 (TCBA)		
	样本数	手工	电脑	手工	电脑	手工	电脑	100(手工-电脑)/电脑
M <sup>1</sup>	41			>>>		>>>		24.28
M <sup>2</sup>	51	>>		>>>		>>>		25.24
M <sup>3</sup>	47	>>>		>>>		>>>		29.78
	MD			BL		AREA		
	样本数	手工	电脑	手工	电脑	手工	电脑	100(手工-电脑)/电脑
M <sub>1</sub>	39	<<		>>>		>>>		23.98
M <sub>2</sub>	44	>		>>>		>>>		24.23
M <sub>3</sub>	45	>>>		>>>		>>>		27.25

差异水平:>, 0.05; >> <<, 0.01; >>>, 0.001。

3.2 齿尖出现情况

由于齿尖出现情况在上、下颌各臼齿不尽一致, 尤其上颌臼齿第五尖, 以及下颌臼齿第五尖、第六尖和第七尖的出现率变异较大, 本文对齿尖在这批标本上、下颌各臼齿的出现情况进行了观察统计。表 5 罗列的各齿尖在上、下颌臼齿的出现情况显示: 上颌臼齿以 4 尖型居多, 次尖出现率从 M1 到 M3 依次减少。第五尖出现率在所有上颌臼齿都很低, 但在上颌第三臼齿的出现率高于第一和第二臼齿。齿尖出现情况在下颌臼齿的差别主要表现在第五尖、第六尖和第七尖。所有下颌第一臼齿都有第五尖, 而第五尖在下颌第二臼齿和第三臼齿

的出现率在 51.9%—76.3% 之间。第六尖和第七尖在下颌臼齿出现情况变异较大,尤其第六尖在第三臼齿的出现率明显高于第一和第二臼齿。

表 5 上、下颌臼齿齿尖出现情况

Frequency of each cusp in the maxillary and mandibular molars (by percentage)										(%)
样本数		前尖	后尖	原尖	次尖	次小尖				
M <sup>1</sup>	63	100	100	100	100	3.2				
M <sup>2</sup>	68	100	100	100	98.5	4.4				
M <sup>3</sup>	51	100	100	100	72.6	7.8				
样本数		原尖	次尖	后尖	内尖	第五尖	第六尖	第七尖		
M <sub>1</sub>	72	100	100	100	100	100	8.3	2.8		
M <sub>2</sub>	79	100	100	100	100	51.9	8.9	0.0		
M <sub>3</sub>	80	100	100	100	100	76.3	28.8	3.8		

3.3 相对齿尖基底面积

表 6 罗列了上、下颌臼齿各相对齿尖基底面积的平均值、标准差和变异系数。可以看出,上颌三个臼齿相对齿尖大小关系均呈原尖> 前尖> 后尖> 次尖的顺序。其中前尖和原尖相对面积按照 M1、M2、M3 的顺序增加,而后尖和次尖的趋势恰恰相反;下颌 M1 各齿尖大小顺序为原尖> 次尖> 后尖= 内尖> 次小尖,M2 为原尖> 次尖> 后尖> 内尖> 次小尖,M3 为原尖> 后尖> 内尖> 次尖> 次小尖,除原尖和内尖按照 M1、M2、M3 的顺序增大外,其他各齿尖大小没有明显的按照从近中到远中的递增或递减的趋势。值得注意的是所有三个下颌臼齿后尖和内尖相对面积非常接近(19.7%—21.1%),彼此之间的差异最大仅为 0.44%。这样小的差别很可能由抽样误差所致。

表 6 近代华北人相对齿尖基底面积

Relative basal cusp areas of recent Northern Chinese ( by percentage)																		( % )			
	前尖			后尖			原尖			次尖			次小尖								
	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV						
M <sup>1</sup>	26. 3	1. 78	6. 77	22. 8	1. 36	5. 96	30. 2	2. 08	6. 89	20. 5	2. 14	10. 44	4. 0	0. 31	7. 75						
M <sup>2</sup>	30. 2	2. 14	7. 09	22. 2	2. 56	11. 53	32. 8	3. 24	9. 88	14. 7	3. 55	24. 14	7. 8	1. 56	20						
M <sup>3</sup>	33. 4	3. 88	11. 62	20. 2	5. 10	25. 25	38. 1	6. 15	16. 14	10. 4	3. 84	36. 92	10. 9	2. 43	22. 29						
	原尖			次尖			后尖			内尖			第五尖			第六尖			第七尖		
	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV	Mean	SD	CV
M <sub>1</sub>	24. 9	1. 80	7. 24	20. 7	1. 51	7. 29	19. 7	1. 69	8. 60	19. 7	2. 48	12. 58	14. 3	2. 88	20. 14	5. 9	1. 88	31. 86	8. 1	1. 44	17. 78
M <sub>2</sub>	26. 6	2. 16	8. 10	25. 0	5. 18	20. 71	21. 1	2. 26	10. 70	20. 7	3. 23	15. 62	10. 9	4. 28	39. 27	10. 2	2. 61	25. 59	0		
M <sub>3</sub>	28. 1	3. 70	13. 15	16. 5	5. 61	33. 99	20. 8	3. 01	14. 49	20. 7	3. 90	18. 84	14. 3	4. 16	29. 09	8. 5	2. 26	26. 69	12. 0	5. 64	47

为了解上、下颌臼齿各齿尖相对面积内部变异情况,本文采用二维散点图分别对比了上、下颌各臼齿相对齿尖基底面积与齿冠基底面积的分布情况。在此基础上又计算了上、下颌臼齿各齿尖相对面积的变异系数(CV = 100\* SD/Mean)。

上、下颌臼齿各齿尖相对基底面积与齿冠基底面积的散点图分布显示上、下颌臼齿所有齿尖相对基底面积数据基本集中分布在各自平均相对齿尖基底面积区域,大致呈水平状分布。也有一些齿尖的相对基底面积分布范围略分散,主要出现在上、下颌第三臼齿次尖,以及下颌第二臼齿第五尖等(例如见图 3)。

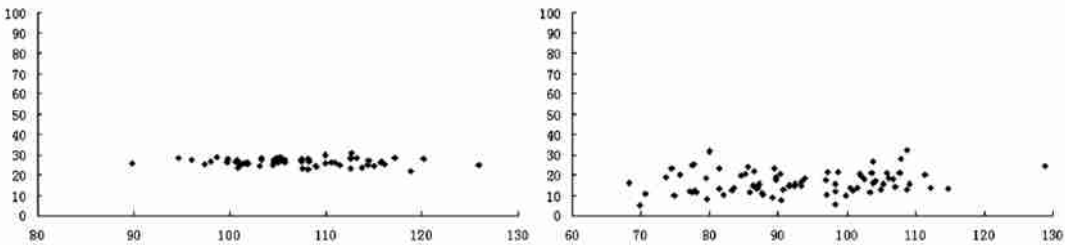


图 3 相对齿尖基底面积与齿冠基底面积的两维散点分布  
The relative basal cusp area plotted against the total crown basal area  
(左 Left: 上颌第一臼齿原尖 protocone of maxillary first molar;  
右 Right: 下颌第三臼齿次尖 hypoconulid of mandibular third molar)

上、下颌臼齿各齿尖相对基底面积变异系数(表 6)显示, 下颌臼齿相对齿尖基底面积的变异总体上大于上颌臼齿相对齿尖基底面积的变异; 无论上颌, 还是下颌臼齿, 各齿尖相对基底面积的变异从 M1 到 M3 呈增加趋势。本文通过累加每一臼齿所有齿尖相对齿尖基底面变异系数获得了各臼齿相对齿尖基底面积的总变异系数, 通过上、下颌各臼齿相对齿尖基底面积总变异系数在折线图的分布, 直观地展示了这些相对齿尖面积变异特点(图 4)。

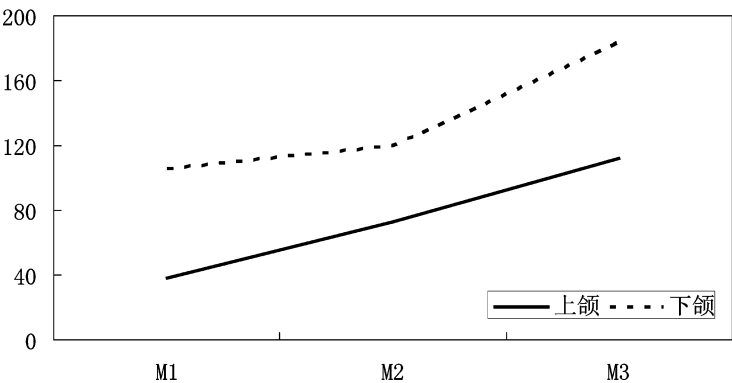


图 4 相对齿尖基底面积总变异系数上、下颌臼齿的分布  
Overall CV of relative basal cusp areas of maxillary and mandibular molars

为进一步分析各臼齿单个齿尖相对面积的变异情况, 本文通过折线图展示了所有齿尖相对基底面积的变异系数(图 5)。该图显示, 上颌第一臼齿各齿尖相对面积变异程度接近, 仅次尖略高; 第二和第三臼齿均以次尖变异最大。下颌第一臼齿变异最大的齿尖为第五尖, 第二臼齿和第三臼齿为次尖和第五尖。考虑到上颌臼齿第五尖以及下颌臼齿第六尖和第七尖出现率较低, 图 5 将这三个齿尖平均分割到相邻的齿尖。结合表 6 数据可以发现, 无论在上颌臼齿, 还是在下颌臼齿, 远中侧齿尖相对面积的变异大于近中侧齿尖。

## 4 讨论

### 4.1 近代华北人臼齿齿冠与齿尖面积

长期以来, 臼齿齿冠面积和齿尖相对大小一直是研究人类演化和现代人群关系的重要

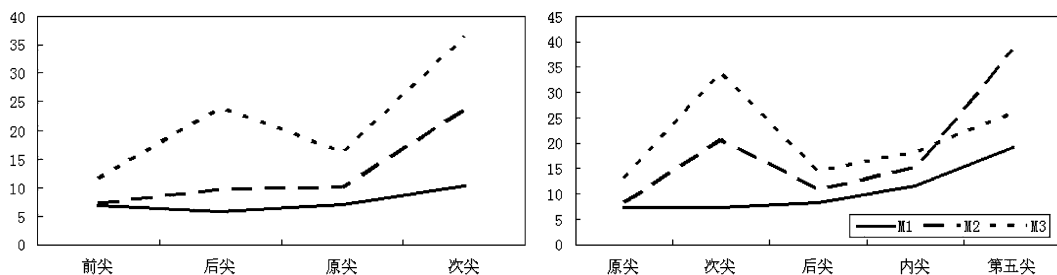


图 5 上、下颌臼齿各相对齿尖基底面积变异系数的分布

The CV of relative basal cusp area of the maxillary and mandibular molar cusps

(左 Left: 上颌臼齿 maxillary molar; 右 Right: 下颌臼齿 mandibular molar)

牙齿特征。许多研究都证实臼齿齿冠面积具有明显的时代变化和种群间的差别<sup>[2, 4-8]</sup>, 也有一些研究对齿尖大小顺序及其意义作过描述<sup>[38-41]</sup>。在这些研究中, 现代人群齿冠与齿尖面积是不可缺少的基础性数据。本文采用数字摄影和图像分析技术测量了华北新石器时代人类上、下颌臼齿齿冠与齿尖基底面积。在此基础上, 计算了各臼齿单个齿尖的相对齿尖基底面积, 提供了一批不可缺少的现代人群齿冠与齿尖面积基础性数据。这是首次对现代中国人臼齿相对齿尖面积进行的调查统计。本文数据显示近代华北人臼齿齿冠面积呈  $M1 > M2 > M3$  的顺序, 电脑或手工数均符合这一规律。标准差显示上下颌第三臼齿齿冠面积数据分布较为分散, 说明这两个牙齿齿冠近-远中和颊-舌径线大小变化最大, 可能与第三臼齿形状不规则有关。

近 60 年来, 一些学者对化石人类和现代人类臼齿齿尖大小作过描述和调查。例如, Wheeler<sup>[38]</sup> 提出在下颌第一臼齿次小尖小于颊侧的其他两个尖, 近中颊侧尖大于舌侧的两个尖, 而舌侧的这两个尖大小均一; Kraus 和 Jordan<sup>[39]</sup> 认为下颌第一臼齿同样大小的舌侧两个牙尖大于颊侧的三个尖; Jørgensen<sup>[40]</sup> 表示下颌第一臼齿中, 近中侧齿尖是五个尖中最大的, 而 Zeisz 和 Nuckolls<sup>[41]</sup> 却认为下颌五个齿尖中最大的是远中颊侧尖。由于当时技术条件限制, 无法精确比较各齿尖大小差别程度, 尤其在两个齿尖大小接近或形状差别较大时很容易造成判断误差, 所以不断有学者尝试采用量化分析的方法精确测量齿尖的面积, 但这些研究大多是对化石人类牙齿齿尖面积的测量分析, 对现代人群齿尖面积进行量化的研究还不多。Matsumura<sup>[14]</sup> 对现代日本人下颌第一和第二臼齿齿尖面积侧进行了测量。Bailey<sup>[12]</sup> 对由北非、西非、欧洲、东北亚、印度和澳大利亚现代人群组成的混合样本上颌第一臼齿齿尖面积进行了测量。这两项研究还都计算了各臼齿齿尖的相对面积。本文将 Matsumura 和 Bailey 的臼齿相对齿尖面积与本文计算的近代华北人对应数据作了对比(表 7)。可以看出, 华北近代人群上颌第一臼齿齿尖相对面积与 Bailey 调查的数据基本一致。虽然 Bailey 调查的牙齿样本数量有限, 但包括了非洲、欧洲、亚洲以及澳大利亚的人群。本文作者认为现代人群上颌第一臼齿齿尖相对面积很可能没有地区性差异。与 Matsumura 的数据对比显示, 下颌第一臼齿除内尖和第五尖外, 其他齿尖的相对面积之间差别不大, 而下颌第二臼齿齿尖相对面积除第五尖差别比较小外, 其他齿尖的相对面积差异较大, 这种差异是由于不同测量方法引起的, 还是日本人群与华北现代人群下颌第一、第二臼齿齿尖相对面积确实存在差别, 有待验证。



表 7 近代华北人及其他现代人群臼齿相对齿尖基底面积

Relative basal cusp area of recent Northern Chinese and other modern peoples ( by percentage) (%)							
样本	例数	牙齿				数据来源	
现代人( 北非、西非、欧洲、东北 亚、印度、澳大利亚) M <sup>1</sup>		前尖	后尖	原尖	次尖	Bailey( 2004) 本文	
	62	25.8	22.9	31.0	20.3		
	63	26.3	22.8	30.2	20.6		
现代人( 日本) 近代人( 中国华北) M <sub>1</sub>		原尖	次尖	后尖	内尖	第五尖	Mat sumura(1992) 本文
		25.3	20.3	20.5	21.3	12.5	
	72	24.9	20.7	19.8	20.0	14.5	
现代人( 日本) 近代人( 中国华北) M <sub>2</sub>		原尖	次尖	后尖	内尖	第五尖	Mat sumura(1992) 本文
		28.0	18.5	22.7	19.6	11.2	
	79	26.6	25.0	21.1	21.1	11.8	

注: Bailey 测量时如发现上颌第一臼齿出现第五尖, 将其面积二分, 分别归入邻近的后尖和次尖。Matsumura 对下颌臼齿出现的第六或第七尖也作了同样的处理。本文参照同样的方法调整了相关的齿尖数据。

值得一提的是, 上颌臼齿的后尖和次尖按照 M1、M2、M3 的次序依次减小, 也就是说这两个齿尖呈现异速生长的趋势, 这与 Macho 在 1994 年所测结果一致, 并且 Macho<sup>[24]</sup> 指出, 人类上颌臼齿从近中侧向远中侧尺寸减小是因为齿冠远中侧的齿尖尺寸减小所致。

4.2 臼齿齿尖相对面积变异

迄今为止, 有关学者对人类臼齿齿尖相对面积的研究除揭示不同臼齿各齿尖平均相对面积的差别外, 还发现臼齿齿尖相对面积存在一定的内部变异。这种变异主要体现在某一种群同一类别各臼齿及各齿尖相对面积数据的分布集中程度、齿尖形状、排列方式等。一些研究对臼齿齿尖相对面积的变异在不同化石人类之间、现代人群不同性别间以及家系或双生子之间的表现作了调查, 发现了一些齿尖相对面积的变异<sup>[9-11, 19, 28]</sup>。关于导致这种变异的原因, 一般认为与食物、环境及遗传因素有关<sup>[19, 42]</sup>。还有一些研究发现, 这种变异在化石人类、现代人群及非人灵长类的演化、系统分类、种群关系研究方面具有重要的价值<sup>[9-15]</sup>。

本文通过对全部单个牙齿各齿尖相对基底面积与齿冠基底面积原始数据在两维散点图分布情况以及变异系数的分析, 揭示了华北近代人群上、下颌臼齿相对齿尖面积的变异情况。根据表 6 变异系数及图 3、图 4、图 5, 华北近代人群上颌臼齿相对齿尖面积变异小于下颌臼齿; 无论上颌臼齿, 还是下颌臼齿, 相对齿尖面积的变异从 M1 到 M3 依次增加。上颌臼齿以次尖变异最大, 下颌臼齿以次尖和第五尖变异最大。此外, 本文发现不管上颌臼齿还是下颌臼齿, 其远中侧的齿尖相对面积的变异普遍大于近中侧齿尖的变异。而近中侧的两个齿尖, 颊侧尖相对面积变异系数稍小些, 这表明近中颊侧尖是臼齿各齿尖中相对面积最为稳定的齿尖。Kondo 和 Townsend 也指出变异程度在后来形成的牙尖中增加, 所以上颌臼齿中前尖是相对面积最为稳定的齿尖<sup>[35]</sup>。本文分析仅涉及其数据的分布情况, 以后将进一步分析齿尖其他方面的变异, 并探讨这些变异可能的形成机制及其意义。

4.3 齿冠及齿尖面积测量方法比较

如前述, 传统的手工测量方法主要的缺点是无法测量非线性特征, 因而不能准确测量形状不规则的齿冠和齿尖面积。由于牙冠并不是规则的方形, 以 MD×BL 作为齿冠面积自然会造成与实际数据之间的差异, 这种差异会随着牙冠面的不规则程度加大而增加, 这一点可以从 M3 的手工测量面积与电脑测量结果差别最显著得到证明, 同时上颌臼齿相对于下颌对应位置的臼齿来说, 手工测量数据与电脑测量数据差异较大, 这可能是由于上颌臼齿相对

比较扭曲的缘故。

与手工测量方法相比,采用数字摄影和图像分析技术测量齿冠和齿尖面积,以及进行简单的线性距离测量具有高精度、可重复性、可较准确校正邻接面磨损以及简便易行等优点。根据本文研究,在取得齿冠咬合面数字照片后,通过电脑软件可以极其精确地自动测量咬合面、任何单一齿尖,或某一特定部规则形状区域的面积,其精度可以达到  $0.1\text{mm}^2$ 。这样的对任何不规则形状面积的精确测量是传统方法根本无法实现的。即便对简单的线性测量,如常规的齿冠 MD 和 BL 径线,使用数字照片和电脑软件测量也较手工测量更为精确。手工测量齿冠的这两个径线是否准确取决于测量卡尺角度与齿冠之间的角度,而电脑测量准确性与牙齿摆放是否出于正常位置有关。两者相比,将牙齿置于正常的解剖位置远将卡尺与齿冠之间的角度调整到最合适程度容易。此外,将牙齿放置到正常解剖位置拍照后,可以反复测量,而手工测量卡尺与牙齿之间的角度每次都不会一致,有时还会有很大的差异。本文在使用电脑软件对齿冠和单个齿尖面积进行测量过程中,曾试验对同一面积进行三次测量,结果彼此之间的差异非常小,一般不超过  $0.5\text{mm}^2$ 。因而这种方法具有非常好的可重复性。人类臼齿齿冠近中面和远中面一般都具有邻接磨损面,这种磨损会造成 MD 径线测量值的误差。在手工测量时只能靠肉眼判断的估计值来校正。而在数字照片上,图像分析技术可以沿着齿冠轮廓曲线较为准确地校正磨损造成的缺损。此外,本文作者通过实际操作体会到利用数字摄影和图像分析技术测量齿冠和齿尖面积比较简便易行,也适合于对大量牙齿的测量分析。

作者也发现对磨损严重咬合面齿沟模糊,或咬合面结构复杂的臼齿,确定齿尖轮廓难度较大。表 7 显示,本文所得上颌第一臼齿的各齿尖相对面积与 Bailey<sup>[12]</sup> 的数据差别不大,主要集中在前尖和原尖,如果将这两个齿尖面积相加,所得数据相差无几,所以这种差异可能是由于对前尖和原尖之间的齿沟划分不同所致。

#### 4.4 未来前景

20 世纪 90 年代以来,以生物体形状及其变异分析为主要内容的形态测量学(morphometrics)发展迅速并在古人类学和体质人类学研究中得到广泛应用。这一研究领域采用不同的方法提取生物样本的两维和三维信息,包括线性距离和角度测量、标志点和曲面分析、面积测量等。尤其侧重对各种不规则形状的测量和分析,进而衍生了几何测量形态测量学(geometric morphometrics)这一新兴研究领域。数字摄影、电脑图像分析及相关软件的迅速发展进一步促进了形态测量学领域的研究<sup>[43]</sup>。本文采用了形态测量学研究的一些方法对华北近代人群臼齿齿冠及齿尖面积进行了测量分析,充分体现了形态测量学研究手段的优越性。然而,本文还只是对两维平面投影面积的测量分析。目前的方法还无法精确测量齿冠咬合面三维表面面积,分析起伏不平、形状变异很大的齿尖形态信息。近年来发展起来的接触式三维立体测量和非接触式三维激光扫描等高精度数据可以通过分析咬合面隆起程度、齿沟深度等更精确地计算对比齿冠和齿尖表面积,从而能更加深入地了解牙齿的形态特征及演变规律,为古人类学和体质人类学研究开辟了良好的前景。

#### 参考文献:

- [1] Goose DH. Dental measurement: an assessment of its value in anthropological studies[A]. In: Brothwell DR (Eds). *Dental Anthropology* [C]. London: Pergamon Press, 1963. 125-148.

- [ 2 ] Bailit HL, Friedlaender JS. Tooth size reduction: A hominid trend[ J]. *American Anthropologist*, 1966, 68:665-672.
- [ 3 ] Wolpoff MH. *Metric Trends in Hominid Dental Evolution*[M]. Cleveland: Case Western Reserve University Press, 1971.
- [ 4 ] Brace CL, Mahler PE. Post Pleistocene changes in the human dentition[ J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1971, 34: 19† 204.
- [ 5 ] Brace CL, ShaoXQ and Zhang ZB. Prehistoric and modern tooth size in China[ A]. In: Smith FH and Spencer F (Eds). *The Origin of Modern Humans*. New York: Alan R Liss Inc, 1984, 485-516.
- [ 6 ] Frayer DW. Metric dental change in the European upper Paleolithic and Mesolithic[ J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1977, 46: 109-120.
- [ 7 ] 张银运. 周口店第一地点人类牙齿化石的时序性变异[ J]. *人类学学报*, 1991, 10(1): 85-89.
- [ 8 ] 刘武. 中国第四纪人类牙齿大小的演化及其意义[ J]. *第四纪研究*, 1999, 2: 127-138.
- [ 9 ] Wood BA, Abbott SA. Analysis of the dental morphology of Plior Pleistocene hominids: Mandibular molars: Crown area measurements and morphological traits[ J]. *Journal of Anatomy*, 1983, 136: 197-219.
- [ 10 ] Wood BA, Abbott SA, Graham SH. Analysis of the dental morphology of Plior Pleistocene hominids: Mandibular molars: study of cusp areas, fissure pattern and cross sectional shape of the crown[ J]. *Journal of Anatomy*, 1983, 137: 287-314.
- [ 11 ] Wood BA, Engleman CA. Analysis of the dental morphology of Plior Pleistocene hominids: Maxillary postcanine tooth morphology [ J]. *Journal of Anatomy*, 1988, 161: 1-35.
- [ 12 ] Bailey SE. A morphometric analysis of maxillary molar crowns of Middle-Late Pleistocene hominins[ J]. *Journal of Human Evolution*, 2004, 47: 183-198.
- [ 13 ] Hanihara K, Tamada M, Tanaka T. Quantitative analysis of the hypocone in the human upper molars[ J]. *Journal of Anthropology Society Nippon*, 1970, 78(3): 200-207.
- [ 14 ] Matsumura H, Nakatsukasa M, Ishida H. Comparative study of crown cusp areas in the upper and lower molars of African apes [ J]. *Bulletin of the National Science Museum*, 1992, Tokyo Series D 18: 1-15.
- [ 15 ] Wood BA, Xu Q. Variation in the Lufeng dental remains[ J]. *Journal of Human Evolution*, 1991, 20: 29† 311.
- [ 16 ] Uchida A. Variation in tooth morphology of *Gorilla gorilla*[ J]. *Journal of Human Evolution*, 1998a, 34: 55-70.
- [ 17 ] Uchida A. Variation in tooth morphology of *Pongo pygmaeus*[ J]. *Journal of Human Evolution*, 1998b, 34: 71-79.
- [ 18 ] Biggstaff RH. The basal area of posterior tooth crown components: The assessment of within tooth variation of premolars and molars[ J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1969, 31: 163-170.
- [ 19 ] Biggstaff RH. Cusp size, sexual dimorphism, and heritability of maximum molar cusp size in twins[ J]. *Journal of Dental Research*, 1976, 55: 189-195.
- [ 20 ] Erdbrink DP. A quantification of the *Dryopithecus* and other lower molar patterns in man and some of the apes[ J]. *Zeitschrift Morphologie und Anthropologie*, 1965, 57: 70-108.
- [ 21 ] Erdbrink DP. A quantification of lower molar patterns in deuter Malayans[ J]. *Zeitschrift Morphologie und Anthropologie*, 1967, 59: 40-56.
- [ 22 ] Hills M, Graham SH, Wood BA. The allometry of relative cusp size in hominoid mandibular molars[ J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1983, 62: 311-316.
- [ 23 ] Reid C, van Reenen JF, Groeneveld HT. Tooth size and the Carabelli trait[ J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 1991, 84: 427-432.
- [ 24 ] Macho GA. Variation in enamel thickness and cusp area within human maxillary molars and its bearing on scaling techniques used for studies of enamel thickness between species[ J]. *Archives of Oral Biology*, 1994, 39: 783-792.
- [ 25 ] Sperber G. Morphology of the cheek teeth of early South African hominids[ J]. Ph. D. thesis, University of the Witwatersrand, 1974.
- [ 26 ] Corruccini RS. Crown component variation in hominoid lower third molars[ J]. *Zeitschrift Morphologie und Anthropologie*, 1977, 68: 14-25.
- [ 27 ] Kondo S, Yamada H. Cusp size variability of the maxillary molariform teeth[ J]. *Anthropological Science*, 2003, 111(3): 255-263.
- [ 28 ] Kondo S, Townsend GC, Yamada H. Sexual dimorphism of cusp dimensions in human maxillary molars[ J]. *American Journal*

- Physical Anthropology, 2005, 128: 870-877.
- [29] Uchida A. Dental variation of Proconsul from the Tinderet region, Kenya[J]. Journal of Human Evolution, 1996, 31: 489-497.
- [30] Suwa G. A comparative analysis of hominid dental remains from the Shungura and Usno formations, Omo Valley, Ethiopia[J]. Ph. D. thesis, University of California at Berkeley, 1990.
- [31] Madhoo GA, Moggi Cecchi J. Reduction of maxillary molars in Homo Sapiens: A different perspective[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1992, 87: 151-159.
- [32] Suwa G, Wood BA, White TD. Further analysis of mandibular molar crown and cusp areas in Pliocene and Early Pleistocene hominids[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1994, 93: 407-426.
- [33] Suwa G, White TD, Howell FC. Mandibular postcanine dentition from the Shungura formation, Ethiopia: Crown morphology, taxonomic allocations, and Plior Pleistocene hominid evolution[J]. American Journal Physical Anthropology, 1996, 101: 247-282.
- [34] Suwa G. Serial allocation of isolated mandibular molars of unknown taxonomic affinities from the Shungura and Usno formations, Ethiopia, a combined method approach[J]. Journal of Human Evolution, 1996, 11: 269-282.
- [35] Kondo S, Townsend GC. Associations between Carabelli trait and cusp areas in human permanent maxillary first molars[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2006, 129: 196-203.
- [36] 王惠云. 我国人牙的测量统计[J]. 中华口腔杂志, 1959, 7: 149-153.
- [37] 杜百廉, 范天生. 下王岗原始社会遗址人骨的研究[J]. 郑州大学学报医学版, 1979, 1: 25-28.
- [38] Wheeler RC. A Textbook of Dental Anatomy and Physiology[M]. Philadelphia: W. B. Saunders Corporation, 1950, 422.
- [39] Kraus BS, Jordan RE. The Human Dentition Before Birth[M]. Philadelphia: Lea and Febiger, 1965, 218.
- [40] Jørgensen KD. The Deciduous Dentition[M]. Acta Odontologica Scandinavica, 1956, 14(Suppl.): 20.
- [41] Zeisler RC, Nuckolls J. Dental Anatomy[M]. St. Louis: C. V. Mosby Corporation, 1949, 486.
- [42] Hartman SE. A cladistic analysis of hominid molars[J]. Journal of Human Evolution, 1988, 17: 489-502.
- [43] Slice DE. Geometric morphometrics[J]. Annual Review of Anthropology, 2007, 36: 261-281.

## Morphometric Analysis of Chinese Teeth: Molar Crown and Cusp Areas of a Recent North Chinese Population

XING Song<sup>1,2</sup>, LIU Wu<sup>1,3</sup>

(1. Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;

2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

3. Laboratory of Human Evolution and Scientific Archaeology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044)

**Abstract:** Studies of the molar crown basal area and relative basal cusp area in human evolutionary research has been important but it has been difficult to measure precisely the occlusal or cusp areas of the teeth. In recent years, advances in computer technology have made it possible to quantify some of these complex traits. With the combination of digital photography and advanced computer software, two non-linear morphologies, absolute occlusal area and relative basal cusp area (RBCA), of maxillary and mandibular molars of recent Northern Chinese have been quantified. From the results of this research, the following conclusions are made: the gradation protocone> paracone> metacone> entocone as noted in any one of the maxillary molars, while the RBCAs display various sequences in the three mandibular molars; the metacone and protocone of the maxillary molars shows a clear allometric tendency; the

RBCAs variability is collectively higher in the mandibular molars than in the maxillary molars, distal cusps rather than mesial cusps, and increases from M1 to M3. This research investigated the molar RBCAs of modern Chinese for the first time and now provides fundamental data for future application in palaeoanthropological and physical anthropological work.

**Key words:** Molar; Crown basal area; Relative basal cusp area; Morphometrics; Recent Northern Chinese

消息与动态

贵州毕节团结乡麻窝口洞发现晚更新世猩猩化石

2008 年 12 月 1 日,中科院古脊椎所赵凌霞、罗志刚在贵州毕节何官屯扒耳岩巨猿化石点的野外工作即将结束时,得到团结乡一洞穴发现动物化石的消息。他们与毕节地区文物局、毕节市文管所业务人员,在团结乡干部的协助下,对发现化石的麻窝口洞及周边地区进行了为期 5 天的实地考察,在麻窝口洞内采集到种类丰富的哺乳动物化石,其中包括猩猩和长臂猿化石。

团结乡位于毕节市西北部,云贵川三省交界处,属于低中山深切河谷地貌区。麻窝口洞是一个石灰岩溶洞,洞口地理坐标北纬  $27^{\circ}43.37'$ ,东经  $105^{\circ}22.27'$ 、海拔 1196m。洞口朝向东北方向,宽 6.2m,高 2.7m。哺乳动物牙齿化石采自洞内进深 3m—5m 处的较松散的砂质粘土中,非常密集。据当地曾爬入洞内深处的一村民讲,再里面也有化石,但上部空间狭小,我们不太容易进入。该化石点保存状况良好,基本没有被扰动。这次在洞口附近采集到的哺乳动物化石均为单颗牙齿,初步鉴定至少有 15 个种类,包括 3 种灵长类:猩猩、长臂猿、猴类;5 种偶蹄类:苏门羚、鹿、麂子、猪、牛;2 种奇蹄类:中国犀、巨貘;2 种食肉类:中国黑熊、鬣狗;2 种啮齿类:豪猪、硕豪猪;长鼻目:东方剑齿象。上述动物大多为现生种,仅少数绝灭种,如东方剑齿象、中国犀、巨貘。根据动物群组合及堆积物特征,初步判断该动物群的时代可能为晚更新世。采集的牙齿化石中,大多数为食草类动物的牙齿,此外豪猪牙也很多。猩猩、长臂猿和猴类则是典型的森林动物。

我国已发现的猩猩化石点(30 多个)主要集中在广西、广东,时代从早更新世到晚更新世。此外在云南也有少量地点。目前贵州境内仅在桐梓岩灰洞和黔西观音洞发现过猩猩牙齿化石,二者的时代均为中更新世,与麻窝口洞的动物化石组合相比,动物群面貌也不尽相同。贵州毕节团结乡麻窝口洞新发现的猩猩化石和哺乳动物群对研究猩猩的地史分布、演化绝灭及贵州西部高原地区的环境变迁有着重要意义。(赵凌霞、张忠文、戴犁)