

新发现的和县直立人牙齿化石

范小筱¹, 郑龙亭², 邢松^{3,4}, 吴秀杰³, 黄万波^{3,5}, 刘武³

1. 安徽省和县博物馆, 和县 238200; 2. 安徽博物院, 合肥 230061; 3. 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044; 4. 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008; 5. 重庆中国三峡博物馆三峡古人类研究所, 重庆 400015

摘要: 本文对一颗新发现的安徽和县直立人上第三前臼齿的尺寸、形态特征、齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式进行了观测, 并与世界范围内相关古人类标本进行了对比。结果发现, 新发现的和县直立人 P³ 齿冠尺寸较大, 同一地点还发现了另外一颗尺寸较大的 P³, 两颗牙齿基本是目前发现的中国直立人和早期智人标本中齿冠尺寸最大的, 显示其较为原始的一面。在齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式上, 新发现的和县直立人标本表现出与世界各地其他直立人的一致性, 但齿冠颊侧面显著发育的近中纵向沟将这颗牙齿归入到了亚洲直立人的变异范围内, 与非洲和 Dmanisi 直立人区别。中国直立人 P³ 在齿冠尺寸、横脊发育与否、颊侧面近远中纵向沟发育程度、齿根数目、齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式这些在人类演化过程中具有明显演化变化趋势的特征上表现出较大的变异, 和县这颗牙齿处于中国直立人总体变异范围内较原始的一侧。与周口店直立人相比, 新发现的和县直立人标本和同一地点发现的另一颗 P³ 部分形态特征较原始, 这与和县人头骨形态特征相对周口店直立人进步的趋势相反。新发现的这颗牙齿及其他和县直立人化石对探讨东亚地区直立人的起源和地区性差异具有重要意义。

关键词: 和县; 直立人; 上第三前臼齿; 尺寸; 形态特征

中图法分类号: Q981, Q983^{+.3}; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2013)03-0280-13

1 前言

1980~1981年, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所会同安徽省相关单位对和县龙潭洞进行了三次发掘, 发现了一批古人类化石, 包括1件头盖骨、2件头骨碎片、1件附带有2颗牙齿的下颌骨残片、9颗单个牙齿, 以及1件牙齿碎片^[1-4]。根据动物群组成及实验室测试, 和县古人类生活在距今15~41.2万年前^[5-10]。研究表明, 和县人化石在形态上与北京猿人较为相似, 但又具有若干较周口店直立人进步的特征; 和县人在分类上代表一种进步类型的直立人, 其系统位置与较晚的周口店直立人相当^[1-4]。自和县人化石发现以来, 学术界除对人类化石的年代一直有争议外, 对和县人化石形态特征以及相关的演化也存在不同的认识^[11-12], 和县人化石也一直是研究东亚直立人演化的重要材料。

2012年7月, 笔者在和县博物馆整理馆藏化石标本时偶然发现了一颗人类牙齿化石。

收稿日期: 2012-10-15; 定稿日期: 2012-11-28

基金项目: 中国科学院重点部署项目 (KZZD-EW-03); 国家自然科学基金 (41272034); 现代古生物学和地层学国家重点实验室 (中国科学院南京地质古生物研究所) 资助 (123103)

作者简介: 范小筱, 安徽省和县博物馆馆员, Email: fxx3131@163.com

通信作者: 邢松, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所助理研究员, Email: xingsong@ivpp.ac.cn

并向当年参加龙潭洞发掘的原和县文化馆工作人员叶永相了解并查阅了当年的发掘记录。据载，这颗牙齿发现于 1981 年 5 月 16 日，与其他和县直立人化石出自同一地层，具体发现位置为编号 1-D 的发掘方（图 1）。这颗牙齿没有与其他和县人化石一起编号、研究与收藏，因此，本文将对这颗人类牙齿进行详细的形态学研究和对比。

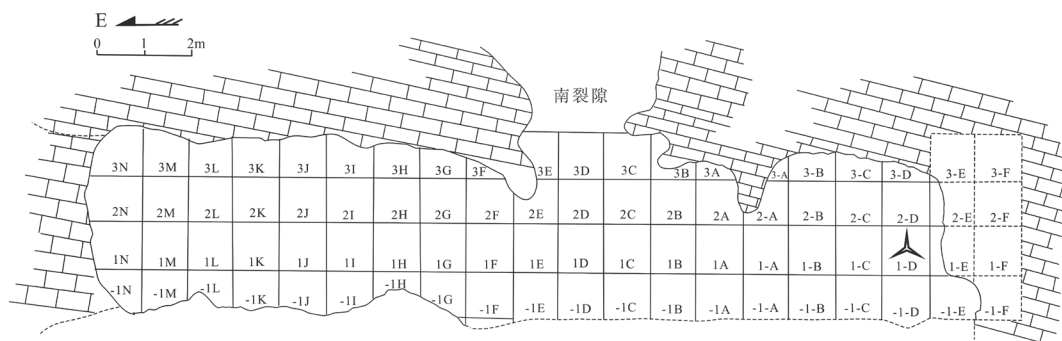


图 1 和县龙潭洞发掘平面 (叶永相绘)

Fig.1 Plan view of excavation area at the Longtandong site, Hexian (by Ye Yongxiang)

2 材料和方法

2.1 材料

本文所使用的对比标本涉及世界范围内人类演化从早到晚各阶段。对比标本共分 13 组（表 1）。南方古猿、非洲早期人属和现代人标本用于两极 (polarity) 对比。非洲早期人属组包括能人 (*H. habilis*) 或鲁道夫人 (*H. rudolfensis*) 标本，所包含标本范围依据 Tobias^[13] 和 Wood^[14-15]。

印尼标本时代跨度较大^[16-17]，形态特征变异较大，曾先后出现多个种名，甚至是属名^[18-26]。尽管至今还存在印尼早更新世标本中可能涉及不同于直立人的种属，但普遍观点还是将印尼早中更新世标本统一划入到直立人范畴内^[27-28]。

2.2 方法

本文主要通过尺寸、传统形态描述和几何形态测量三个方面对新发现的这颗和县直立人牙齿化石进行了研究。

齿冠尺寸测量：本文采用 Wolpoff^[29] 定义的齿冠近远中径和颊舌径的测量方法，根据此定义，近远中径为齿冠近远中邻接面之间，平行于咬合面和颊侧面的最大距离；颊舌径是垂直于近远中径的最大宽度。

形态描述：本文对新发现的和县直立人牙齿以及对比标本的描述和对比的相关术语和涉及的性状主要参照 Weidenreich^[30], Turner et al^[31], Martínón-Torres et al^[32-33]。

几何形态测量：几何形态测量 (Geometric Morphometrics) 是基于坐标点数据来量化研究形状的一种方法，是获取、加工和统计分析坐标点数据的过程综合^[34]。形状被定义为不因平移、旋转、缩放而改变的物体的一种属性^[34]。在几何形态测量过程中，不同对

表 1 用于和县 P³ 尺寸、形态研究的对比标本

Tab.1 Comparative specimens used in the present study

种属	标本
南方古猿阿法种	Laetoli; Hadar
南方古猿非洲种	Sterkfontein
非洲早期人属	Olduvai; Koobi Fora; Omo Valley
非洲直立人	Koobi Fora
Dmanisi	Dmanisi
印尼直立人	Sangiran
中国直立人	周口店; 和县; 建始; 沂源; 浙川
先驱人	Atapuerca TD6
海德堡人	Petralona; Montmaurin; Kabwe; Arago; Atapuerca SH
尼安德特人	Krapina; Arcy-sur-Cure (Yonne); La Quina; Le Moustier; Monsempron; Saccopastore; Spy; Amud; Kulna; St. Césaire; Sakajia; Shanidar; Tabun; Hortus; Obi-Rakhmat
中国早期智人	巢县; 金牛山; 桐梓; 长阳; 周口店第四地点
早期现代人	西亚: Skhul; Qafzeh 欧洲: Abri Pataud; St Germain La Riviere; Predmosti; La Ferrassie; Brno; Combe Capelle; Mladec; Dolní Věstonice; Pavlov 中国: 山顶洞
现代人	南非: 河南、湖北考古遗址出土的标本(新石器时代到明清)

象之间的非形状因素（主要包括位置、尺寸和朝向）通过叠合 (Superimposition) 的一种最常用的方法 GLS (Generalized least squares), 又称 GPA (Generalized Procrustes Analysis) 来去除, 具体过程见 Zelditch et al^[35]。

本文的几何形态测量主要基于数字图片。拍照前, 将数码相机固定在翻拍架上, 并用水平仪对相机镜头和翻拍架底板进行水平校正。牙齿放在胶泥上, 并转动以使其齿颈线 (齿冠与齿根交接线) 所围绕成的面尽量处于水平位置。拍照时, 相机景深调到最大值 (f/32)。本文只使用与新发现的和县直立人 P³ 同一侧别的标本, 如果对比标本该侧牙齿缺失、破损和磨耗严重, 使用 ACDsee 软件将另一侧牙齿镜像。

获得数字图片后, 在 TpsDig2^[36] 中选取标志点和半标志点。标志点 (Landmarks) 是在不同个体之间能够对应起来的解剖或接近解剖位点^[35]; 半标志点^[37] 主要在研究缺少标志点的外轮廓形状时使用, 并配合滑动过程 (Sliding technique)。这一滑动过程能够减小因半标志点位置的任意性而造成的不同形状之间相互变化需要的扭曲程度^[38-42]。

由于 P³ 舌侧尖容易因磨耗而不易定位其最高点, 所有本文只选取 P³ 齿尖夹角区 (颊舌尖最高点和前后凹四个点连线形成的区域, 对研究齿尖的排列具有重要借鉴意义) 的另外三个标志点用于后续测量和分析。将标本齿冠外轮廓 40 等分, 等分点作为半标志点。

提取各标志点和半标志点的坐标数据后, 使用 TpsRelw 软件^[43] 进行统计分析。

3 结果

3.1 牙齿描述 (上颌第三前臼齿, 图 2)

保存情况: 新发现的和县人牙齿为上颌左侧第三前臼齿。牙齿保留有完整的齿冠和

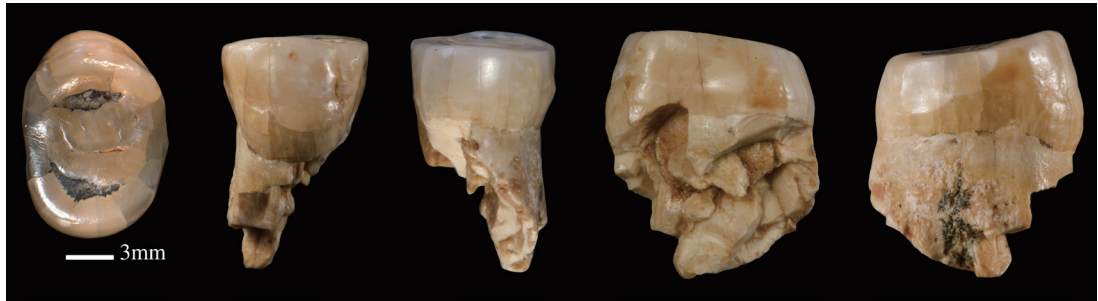


图 2 新发现的和县直立人 P³ 照片 /Fig.2 Overview of the new P³ of Hexian *H. erectus*

从左至右依次为：咬合面、颊侧、舌侧、近中侧、远中侧 (from left to right: occlusal, buccal, lingual, mesial, distal)

靠近齿颈约 6mm 的齿根远中部分。牙齿咬合面磨耗较严重，已将齿尖磨平，在颊侧齿尖和舌侧齿尖各形成一个条状齿质暴露面，牙齿磨耗相当于 Molnar^[44] 磨耗分级标准的 4 级，估计该个体死亡时的年龄 30–40 岁。除咬合面磨耗外，在齿冠近中面和远中面靠近切缘处，各有一个长条状齿间邻接磨耗面。

齿冠尺寸：近中–远中径 9.0(9.25) mm，颊–舌径 13.17 mm

齿冠形态特征：咬合面观（图 3），齿冠外轮廓近似椭圆形。考虑到近中和远中邻接面磨耗，颊侧尖稍长于舌侧尖；齿冠颊侧面和舌侧面的近中侧相对明显突出，整个齿冠外轮廓略不对称。颊侧尖与舌侧尖完全被中央沟隔开，无连接两齿尖的横脊发育。颊侧尖咬合面近中侧可见有一条显著发育的附脊，该脊直接从中央沟发育；对应的颊侧尖的远中侧也可观察到一条明显的附脊，该脊被一条近远中走向的次级沟截断为两部分，靠近中央沟的一部分呈结节状。颊侧尖主脊是否分叉由于磨耗不能确定。由于磨耗，已无法确定舌侧尖咬合面的齿沟结构。但在舌侧尖靠近中央沟的区域，近中和远中侧皆保留了很轻微的凹陷，代表舌侧尖与齿冠近远中边缘脊的界限。同样由于磨耗，是否存在近远中附尖不能够确定。颊侧面观（图 3），近中侧发育一条显著的纵向沟，伴随有釉质褶皱；远中侧也可观察到一条纵向沟，发育程度弱，朝向齿尖方向。近远中纵向沟将颊侧面的中三分之一区域围绕成一条脊。颊侧面的下三分之一（磨耗前）与颊侧面的上部被一条发育程度中等的近远中走向的沟隔开，该下三分之一区域代表颊侧面的基底隆起（basal eminence），也称齿带（cingulum）^[30]。

齿根形态特征：齿根部分只保留了靠近齿颈约 6 mm 的远中部分，具体齿根数量和结构无法确定。从保留的齿根部分远中侧可观察到齿根分叉处，据此判断，该齿根的数目为 2 或 3。若为 2 条，齿根分别处于颊侧和舌侧；若为 3 条，齿根两条处于颊侧，一条处于舌侧。两条的

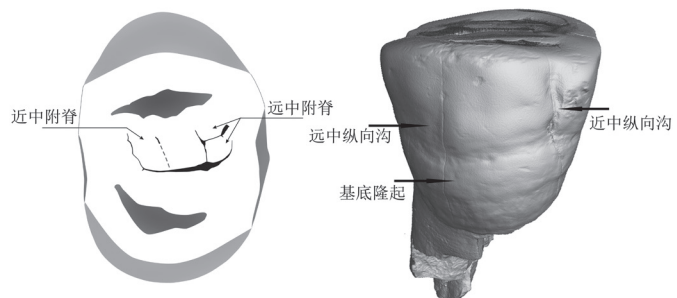


图 3 新发现的和县直立人 P³ 咬合面（左）和颊侧面（右）形态特征
Fig.3 Morphologies of the new P³ of Hexian *H. erectus* viewed occlusally (left) and buccally (right)

情况也涉及颊舌齿根之间有时会出现牙骨质或齿质的连接。

3.2 尺寸及形态特征对比

3.2.1 尺寸对比

表 2 罗列了在和县发现的两颗 P³ 以及各对比样本组 P³ 齿冠近远中径和颊舌径的测量数据。图 4 展示了和县直立人两颗 P³ 及全部对比标本齿冠近远中径和颊舌径在两维空间的散点分布。

从表 2 和图 4 中可以看出, 新发现及以前报道过的两颗和县直立人 P³ 尺寸均较大, 在本文所使用的所有标本中, 其近远中径和颊舌径只同时小于南方古猿和非洲早期人属的 4 例标本。除了这 4 例标本外, 新发现的和县直立人标本在近远中径上超过了其他所有直立人标本, 与 ZKD19 最为接近; 颊舌径上只小于印尼直立人的 S27、非洲直立人的 KNM ER-1808、和县另外一颗 P³ (PA832)。除周口店直立人的 ZKD19 外, 和县直立人的两颗 P³ 齿冠不管是在近远中径还是颊舌径上, 都超过了目前中国发现的其他直立人和早期智人标本。

从其他对比标本中可以看出, 虽然不同种属之间 P³ 尺寸有不同程度的重叠, 但基本上按照人类演化顺序从早到晚不断减小。具体来看, 欧洲早期现代人和中国的现代人 P³ 尺寸最小, 西亚早期现代人标本相对欧洲早期现代人和中国的现代人的在近远中径和颊舌径上都有所增加。尼安德特人标本相对早期现代人的尺寸有所增加, 并与其存在一个很大范围的重叠, 重叠区域内基本可将西亚早期现代人标本所包括。海德堡人部分标本分布在尼安德特人变异范围内的标本尺寸较大的一侧, 部分标本尺寸超出了尼安德特人的变异范围并有所增加。先驱人的 3 例标本尺寸基本处于海德堡人的变异范围内, 但靠近最大值一侧分布。中国直立人 P³ 尺寸变异较大, 其中 ZKD78 处在了尼安德特人和西亚早期现代人的变异范围内, ZKD142 和 PA67 处于尼安德特变异范围的上部, 与先驱人的标本接近。

表 2 新发现的和县直立人 P³ 及对比标本齿冠近远中径 (MD) 和颊舌径 (BL)

Tab.2 Crown dimensions (MD and BL) of the new P³ of Hexian *H. erectus* with comparative specimens

	近远中径(mm)		颊舌径(mm)		数据来源
	均值(mean)	范围(range)	均值(mean)	范围(range)	
和县 (新发现)	9.0(9.25)		13.17		本文
和县 (PA832)	9.0		13.4		[1]
南方古猿非洲种(n=6)	9.53	9.1-10.2	13.11	12.10-14.60	[45]
非洲早期人属(n=10)	8.96	8.10-10.5	12.02	11.00-13.65	[13-14]
非洲直立人(n=3)	8.63	8.30-9.10	12.45	11.50-13.85	[14, 46]
Dmanisi (n=1)	8.60		11.60		[32]
印尼直立人(n=11)	8.03	7.10-9.10	11.11	9.60-13.85	[29, 47-48]
中国直立人(n=9)	8.54	7.40-9.20	12.21	10.50-13.40	[30, 49-51]
先驱人(n=3)	8.40	8.10-8.80	11.63	11.50-11.80	[52]
海德堡人(n=9)	8.47	7.85-9.00	11.38	10.50-12.05	[29, 53]
尼安德特人(n=33)	7.86	6.30-9.30	10.66	9.20-11.80	[29, 54]
中国早期智人(n=5)	8.36	7.40-9.00	11.08	10.60-12.10	[55-59]
早期现代人(n=31)	7.27	6.00-8.85	9.89	8.50-11.13	[29]
现代人(n=46)	7.90	6.00-10.50	9.54	8.76-10.58	本文

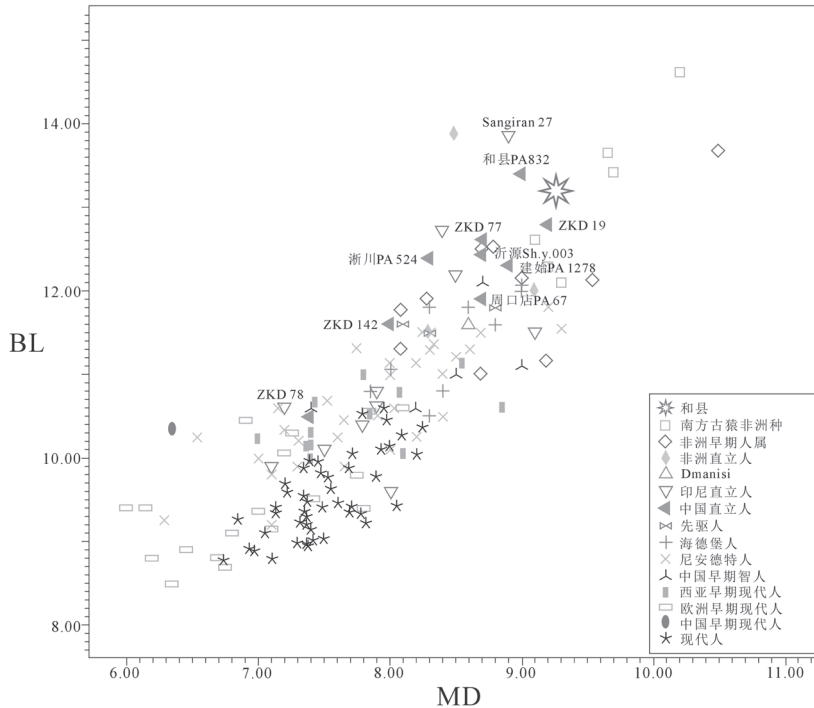


图 4 新发现的和县直立人 P^3 及对比标本齿冠近远中径 (MD) 和颊舌径 (BL) 散点图
Fig.4 A scattergram of the new P^3 of Hexian *H. erectus* and comparative specimens showing their mesiodistal and buccolingual dimensions

中国其余大部分直立人标本的尺寸较大，超出了欧洲更新世所有古人类尺寸的变异范围。中国早期智人尽管只有 5 例标本，但占据了一个较大的变异范围，其中长阳、金牛山和周口店第四地点标本处于尼安德特人和西亚早期现代人变异范围内；桐梓标本处于尼安德特人变异范围外的右侧；巢县标本是目前发现的中国早期智人标本中尺寸最大的一颗，处于中国直立人的变异范围内，大于欧洲的先驱人和大部分海德堡人标本的尺寸。印尼直立人标本的变异范围较大，基本分在两个区域，其中一个处于早期现代人和现代人的变异范围内，对应的另一个区域内标本的尺寸较大，该区域内的印尼标本部分处于中国直立人的变异范围内，S27 尺寸较大，在颊舌径上超过了所有中国直立人的尺寸。非洲早期直立人标本分布区域靠近整个亚洲直立人变异范围中尺寸较大的一侧区域。Dmanisi 的一例标本所处点周围主要是欧洲的更新世化石人类标本。南方古猿标本尺寸最大，变异范围内只有非洲早期人属标本和中国的 ZKD19。非洲早期人属标本尺寸相对南方古猿有所减小，其主要分布区域内可见各地区的直立人、中国的早期智人、先驱人以及尺寸较大的海德堡人和尼安德特人。

3.2.2 形态特征对比

近年的一些研究通过对化石人类和现代人 P^3 的形态对比筛选出了一些在人类演化过程中表现出明显演化趋势的性状，主要包括颊侧尖主脊分叉、是否发育连接颊舌尖的横脊、颊侧面近远中纵向沟的发育程度和齿根数目^[33, 60-65]。南方古猿和非洲早期人属横脊出现率较高，印尼直立人和海德堡人次之，尽管横脊在其余分类单元中都有出现，但一般出现率

较低。所以横脊代表一种普遍存在于南方古猿和非洲早期人属的原始特征。颊侧尖主脊分叉（一般为 2-3）在南方古猿、非洲早期人属、直立人、海德堡人和尼人出现率要明显高于早期现代人和现代人的^[32]，代表的是一种原始特征，该特征的功能意义是增加了咬合面复杂程度。颊侧纵向沟一般对应齿冠咬合面的边缘脊，是齿尖数目减小，咬合面结构趋于简化的遗留。近中一侧的纵向沟发育程度一般比远中侧的强，二者的减弱代表着一种进步趋势。较为发育的纵向沟有时会伴随有釉质褶皱。光滑的颊侧面普遍出现在海德堡人、尼人、早期现代人、现代人标本上^[32]。齿根数目大约经历了三个演化阶段^[66]，三齿根到双齿根，涉及颊侧双根的愈合；超过一半齿根高度的完全分离的双跟到双根之间连接有薄的牙骨质或厚的齿质，以至于牙髓腔在厚的齿质连接下不再是两个独立的空间，而是形成一种横截面呈 8 字型的样式，但该状态下，侧面观齿根宽度没有发生从齿颈线到根尖逐渐缩小的现象，根尖一般分叉。第三个阶段是双齿根变成单根，只保留近远中面的较浅的纵向沟，侧面观齿根宽度从齿颈线到根尖逐渐减小，使得齿根侧面观呈三角形，根尖不分叉。第三阶段在南方古猿中就出现，第二阶段最早出现在非洲直立人，第三阶段最早出现在海德堡人。

为了详细探讨新发现的这颗和县直立人牙齿化石在整个直立人群中的演化位置，本文重点将其与世界范围内的直立人以及直立人相关材料进行了对比。其中非洲直立人标本横脊有或无；颊侧面近远中纵向沟不发育或只是微弱发育；齿根结构有三齿根（颊侧根根尖分叉）、双齿根、和愈合的双齿根三种形式^[14, 63-64]。Dmanisi 标本无横脊；颊侧面近远中纵向沟发育微弱或弱；齿根处于双支愈合状态^[32]。印尼直立人标本横脊出现率 22.2%；颊侧面近中纵向沟在弱到显著范围内变异，其中超过半数发育显著，远中纵向沟一般发育微弱，但有时也出现中等程度的发育水平；齿根数目为 2 或 3^[48, 65]。先驱人标本横脊有或无；颊侧面近中纵向沟微弱或弱，远中纵向沟无或只是微弱发育；双齿根。中国直立人标本中周口店直立人标本中只有 PA67 出现横脊；颊侧面上近中纵向沟为三角区域中等程度凹陷，远中纵向沟为一条发育弱的斜沟；齿根双支，部分标本双支之间连接有牙骨质或齿质，只保留根尖分叉。和县 PA832 有横脊，无明显的近中纵向沟和远中纵向沟，三齿根；建始标本无横脊，近中纵向沟和远中纵向沟发育微弱或弱，双齿根；蓝田公王岭标本双齿根（CT 数据）；沂川标本有横脊，近远中纵向沟无或只是微弱发育，双齿根；沂源标本无横脊，近中纵向沟为显著发育，远中纵向沟为发育弱，双齿根。中国早期智人中长阳标本无横脊，近远中纵向沟为发育弱；巢县标本近中纵向沟显著发育；周口店第 4 地点标本无横脊，单齿根，齿根从齿颈线到根尖宽度逐渐减小，形成三角形的侧面观；桐梓标本无横脊，无明显的近远中纵向沟；盘县大洞标本无横脊，单齿根，但齿根从齿颈线到根尖宽度没有出现逐渐减小的现象。

3.3 齿冠外轮廓和齿尖夹角区形状对比

RW1 和 RW2 (Relative warps or Principal components) 分别解释 P³ 齿冠外轮廓和齿尖夹角区形状变异的 27.62% 和 19.5% (图 5)。靠近 RW1 正轴端点的标本齿冠外轮廓不对称，颊侧尖与舌侧尖长度接近；颊侧线和舌侧线同时出现近中侧外突现象，因而齿冠外轮廓整体近似半圆形；颊侧尖齿尖点距离颊侧线距离较远，前后凹相互分开。RW1 负轴一端标本齿冠外轮廓基本对称，颊侧尖由于近远中侧的突出而明显长于舌侧尖；颊侧尖齿尖点靠近颊侧线，前后凹之间相互靠近；RW2 正轴端点标本齿冠外轮廓稍不对称，舌侧线近中

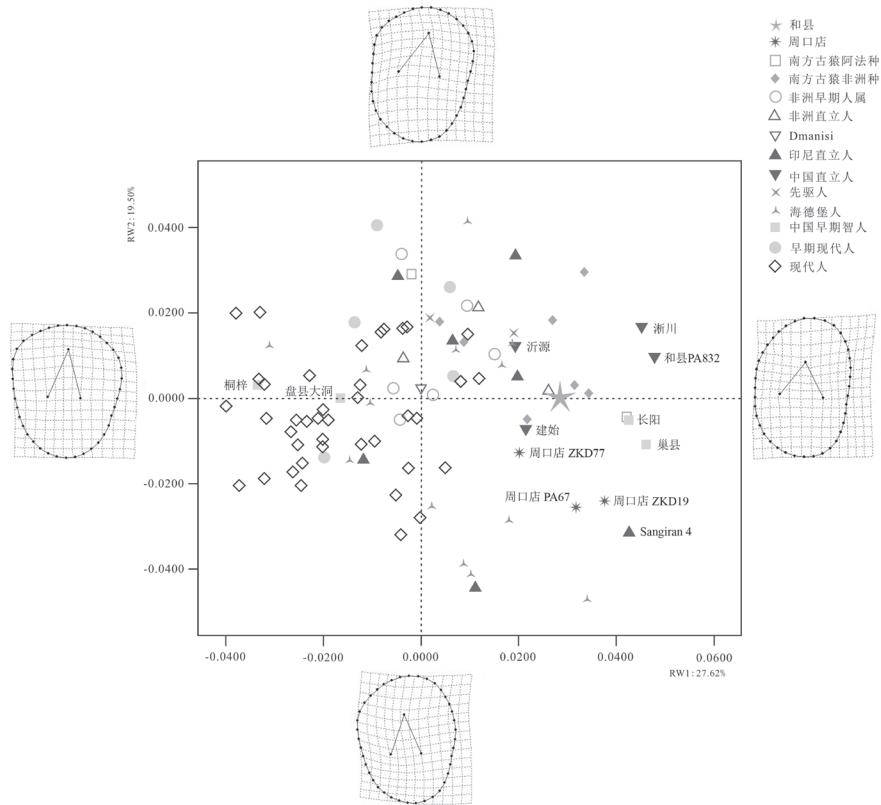


图 5 新发现的和县直立人 P^3 及对比标本齿冠外轮廓和齿尖夹角区形状变量主成分分析结果
Fig.5 The new P^3 of Hexian *H. erectus* and comparative specimens scattered along RW1 and RW2 in a geometric morphometric analysis

侧突出，颊侧线基本对称，颊侧尖稍长于舌侧尖；颊侧尖齿尖点移向颊侧线，前后凹之间相互分开。RW2 负轴一端标本齿冠轮廓不对称，颊侧线近中侧明显突出。颊侧尖明显长于舌侧尖，其中颊侧尖的远中侧外突相对明显。颊侧尖齿尖点远离颊侧线，前后凹相互靠近。

整体上看，现代人占据 RW1 的负轴区域，仅有 10% 标本分布到 RW1 正轴一侧。化石人类大部分标本占据 RW1 正轴区域，但仍有少量标本分布到 RW1 负轴区域。现代人和化石人类在 RW2 正轴附近有小的重叠区域。南方古猿和非洲早期人属主要在坐标轴的右上区域围绕 RW1 和 RW2 正轴分布。非洲直立人和 Dmanisi 标本在南方古猿和非洲早期人属分布范围内。印尼直立人标本变异较大，3 例分布在南方古猿和非洲早期人属区域，1 例分布在现代人区域，另外 2 例靠坐标轴右下区域分布。中国直立人中的沂源和建始标本处于或接近南方古猿的变异范围；浙川和和县 PA832 比沂源和建始标本分布更靠近 RW1 坐标轴的右侧；周口店直立人的 3 例标本虽然在 RW1 值上较为接近，但沿着 RW2 的方向上，周口店标本更加靠近该轴的负值发现，只有 ZKD77 与建始标本接近。先驱人的两例标本与部分亚洲直立人靠近，分布在南方古猿和非洲早期人属范围内。SH 地点的海德堡人标本分布范围较大，3 例在南方古猿和非洲早期人属范围内，4 例在现代人区域，5 例在坐标轴右下部分。中国早期智人中的长阳和巢县处在 RW1 轴的左右侧，与中国直立人中的浙川和和县以 RW1 轴呈镜像分布。早期智人中的另外 2 例，桐梓和盘县大洞标

本已经完全处在现代人范围内。早期现代人 5 例标本中只有 3 例分布在现代人范围内, 其余 2 例处在现代人分布范围外的上部。

新发现的和县直立人 P³ 齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式完全处在早期现代人和现代人变异范围外, 也不能被欧洲更新世化石人类变异范围所包括。在坐标轴上的位置处于中国直立人变异范围内, 与南方古猿非洲种的 3 例标本、非洲和印尼直立人的各 1 例标本、中国的建始标本分布点最为接近。中国直立人中的沂源标本和 ZKD77 相对建始标本距离新发现的和县标本距离稍远。新发现的和县标本在坐标上的分布点与中国直立人标本中的和县 PA832、浙川、周口店的 PA67 和 ZKD19 以及中国所有早期智人标本距离相对较远。

4 讨 论

自和县人化石发现以来, 围绕其生活年代、形态特征、演化地位开展了多方面的研究^[1-12]。在年代方面, 先后采用热释光、铀系法、和电子自旋共振对和县人遗址的堆积物和动物化石进行了测定, 认为和县人的时代距今 15-41.2 万年^[5-10]。黄培华等^[8]指出, 如果考虑进测年原理和化石在地层中的形成规律, 热释光^[5]和铀系法^[6]的测年结果与电子自旋共振的结果可以互相印证, 认为和县人的生存年代距今 30 万年左右。Grün 等^[10]通过铀系法和电子自旋共振的结合将和县人的生存年代延长到了距今 41.2±2.5 万年前(平均值)。通过对和县人头骨、下颌骨和牙齿的形态学描述和对比, 认为和县人在系统演化地位上属于直立人, 部分形态特征与周口店直立人相似, 部分与印尼中晚期直立人接近^[1-4, 11]。相对周口店直立人, 和县人的形态特征表现出进步的趋势, 其具体的系统演化位置与较晚的周口店直立人相当^[1, 3-4], 这主要表现在头骨上, 而在牙齿上是否也表现出同样的趋势在以往的研究中未曾提及。和县人的形态特征相对周口店和印尼直立人所表现出来的差别被认为代表亚种的差异水平^[2], 但有的学者认为这只是地域性差异而已^[1, 4]。也有的学者认为和县人是亚洲南北地区直立人基因交流的结果^[6, 7]。

本文通过尺寸、形态特征、齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式等方面对新发现的一颗和县直立人 P³ 进行了综合研究。结果发现, 和县人这颗 P³ 尺寸较大, 在颊舌径上稍小于同一地点发现的另外一颗 P³(PA832)。和县人这两颗 P³ 基本上是目前发现的中国直立人相应类别牙齿中尺寸最大的。通过本文其他标本的对比, P³ 在人类演化过程中从早到晚尺寸上不断减小的(虽然不同演化单元之间存在很大不同程度的重叠)。从这一点上来看, 和县直立人的这两颗 P³ 在尺寸上似乎代表着中国直立人中最为原始的状态。

从形态特征上看, 新发现的和县直立人 P³ 咬合面无横脊, 而该地点发现的另外一颗 P³(PA832) 发育连续的横脊, 中国其他直立人中还有浙川和周口店的一例标本有横脊, 其余中国直立人标本均无横脊结构。非洲、印尼、Dmanisi 直立人和先驱人的横脊有或无。所有总体上来看, 新发现的和县直立人 P³ 在横脊结构上处于世界各地直立人的变异范围内。齿冠颊侧面如果出现近远中纵向沟, 一般是近中侧发育程度强, 新发现的和县直立人 P³ 符合这一规律, 其近中侧显著发育的纵向沟, 并伴随有釉质褶皱, 处于与南方古猿和非洲早期人属接近的原始状态, 但发育较弱的远中纵向沟相对部分南方古猿和非洲早期

人属标本已经表现出进步趋势。新发现的和县直立人 P^3 显著发育的近中纵向沟使得该标本不同于非洲、Dmanisi 直立人和先驱人标本，这些标本近中纵向沟发育一般较弱。印尼和中国直立人 P^3 颊侧面近中纵向沟存在弱到显著发育的变异（周口店直立人标本为弱到中等），所以新发现的和县直立人 P^3 标本在该性状上与亚洲的直立人接近，并处于其变异范围内。中国早期智人中的巢县标本颊侧面近中侧也有显著的纵向沟，并伴随有釉质褶皱，而其他中国早期智人标本的近中纵向沟发育较弱，在桐梓和盘县大洞标本中基本无近远中纵向沟。新发现的和县直立人 P^3 标本齿根数目为 2 或 3，处在其他直立人变异范围内。

在人类演化过程中， P^3 齿冠外轮廓颊侧线近中侧不对称突出程度减弱、齿冠外轮廓形状对称程度增加、颊侧尖齿尖点移向颊侧线、颊侧尖相对舌侧尖长度明显增加、前后凹之间距离相对减小代表着进步趋势^[66]。直立人、先驱人、部分海德堡人、部分中国早期智人保持着与南方古猿和非洲早期人属在这些性状上的原始状态，欧洲的海德堡人、中国的早期智人和早期现代人部分标本在这些性状上表现出比较进步的状态，完全处于现代人的变异范围内。少量的非洲早期人属和直立人标本在齿冠外轮廓形状和齿尖排列上也处在了现代人变异范围内。中国直立人 P^3 在颊舌尖的长度比例、颊侧面近中侧的突出程度、前后凹的分离程度、颊侧尖远中侧相对近中侧明显突出这些特征表现出一定程度的变异。新发现的和县直立人标本与中国其他直立人标本，尤其是和县 PA832、浙川、周口店的 PA67 和 ZKD19，在这些特征中的一项或几项上表现出差别。其中，周口店直立人标本颊侧尖外轮廓的远中侧相对近中侧的突出，这一点与新发现的和县直立人标本不同，似乎代表着一种地域性差异。中国早期智人的长阳和巢县标本在齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式上也保持了相对原始的状态，但与新发现的和县直立人有所差别；中国早期智人中的桐梓和盘县大洞标本在齿冠外轮廓形状和齿尖排列样式上已完全处于现代人变异范围内^[68-69]，相对新发现的和县直立人标本和中国其他直立人标本已经明显表现出进步的趋势。

综上所述，新发现的和县直立人标本 (P^3) 齿冠尺寸较大，同一地点发现的另外一颗 P^3 齿冠尺寸也较大，这两颗牙齿基本是中国目前发现的直立人 P^3 中齿冠尺寸最大的。在世界直立人范围内，和县的这两颗 P^3 只在宽度上小于极少量非洲和印尼早期直立人标本。较大的尺寸代表着原始性。除尺寸外，新和县直立人牙齿形态特征基本处于亚洲直立人变异范围内。较大的尺寸和显著发育的颊侧近中纵向沟使和县这颗牙齿处于中国直立人变异范围内相对原始的一侧。与周口店直立人相比，新和县直立人这颗牙齿由于无横脊，所以在原始性上不及周口店直立人的 PA67。但和县直立人另外一颗 P^3 (PA832) 有连续的横脊，所有在该特征的原始或进步性上，和县直立人与周口店直立人相当。新和县直立人 P^3 的颊侧近中侧纵向沟显著发育，比周口店直立人标本稍原始。综合考虑和县直立人的两颗 P^3 ，齿根数目为 2~3，其中 PA832 为确定的 3 齿根。由于 3 齿根的 P^3 目前只出现在南方古猿、非洲早期人属、印尼早期直立人和非洲早期直立人标本中，所以在齿根数目上，和县直立人要比周口店直立人原始。以往的研究指出，和县直立人的头骨表现出若干较周口店直立人进步的性状，所以其系统演化位置与较晚的周口店直立人接近^[1,3-4]，然而，这一观点没有在本文的研究中得到证实。相反，和县人直立人 P^3 部分性状较周口店直立人原始。如果发现的和县直立人头骨和牙齿来自生存在同一时代的人群，那么它们所表现出来的演化状态是不同步的，至于这一现象是否可以从其他类别牙齿的研究中获得证实，需要将来

进一步的研究。此外,从本文对和县直立人 P³ 的研究中可以看出,这两颗牙齿相互之间在形态特征上差别较大,如颊侧面的近中纵向沟发育程度、横脊发育与否、齿冠外轮廓形状和齿尖排列方式等。如果这两颗牙齿来自生存在同一时代的人群,那么该人群内部表现出来的较大的形态特征变异对研究中国其他直立人的系统演化具有重要借鉴意义。

致谢:安徽省和县原文化馆工作人员叶永相同志提供了化石发现的背景资料和发掘平面图;和县博物馆黄远斌等为标本观察和野外考察提供了多方面的协助。作者谨此致谢!

参考文献

- [1] 吴汝康,董兴仁. 安徽和县猿人化石的初步研究[J]. 人类学学报, 1982, 1: 2-13
- [2] 黄万波,方笃生,叶永相. 安徽和县猿人化石及有关问题的初步研究[J]. 古脊椎动物与古人类, 1982, 30(3): 248-256
- [3] 吴茂霖. 1981年发现的安徽和县猿人化石[J]. 人类学学报, 1983, 2: 109-115
- [4] 郑龙亭,黄万波. 和县人遗址[M]. 中华书局, 2001
- [5] 李虎侯,梅屹. 和县人的上限年龄[J]. 科学通报, 1983, 28: 703-703
- [6] 陈铁梅,原思训,高世君,等. 安徽和县和巢县古人类地点的铀系法年代测定和研究[J]. 人类学学报, 1987, 6: 249-254
- [7] 黄培华. 用电子自旋共振法测定和县猿人年代的初步研究[J]. 科学通报, 1994, 39: 1919-1919
- [8] 黄培华,梁任又,郑丽珍,等. 和县猿人年代的研究[J]. 人类学学报, 1995, 14: 262-265
- [9] 黄培华,郑丽珍,全裕才. 和县猿人及其动物群年代测定的初步研究[J]. 核技术, 1995, 18: 491-494
- [10] Grün R, Huang PH, Huang WP et al. ESR and U-series analyses of teeth from the palaeoanthropological site of Hexian, Anhui Province, China [J]. J Hum Evol, 1998, 34: 555-564
- [11] 董兴仁. 中国的直立人[A]. 见: 吴汝康,吴新智,张森水编. 中国远古人类. 北京: 科学出版社, 1989, 9-23
- [12] Zhang YY. Human fossils from Anhui, Southeast China: Coexistence of *Homo erectus* and *Homo sapiens* [J]. Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association, 1991, 10: 79-82
- [13] Tobias PV. Olduvai Gorge: The Skulls Endocasts and Teeth of *Homo Habilis*, vol.4[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1991
- [14] Wood BA. Koobi Fora Research Project, vol. 4 [M]: Hominid Cranial Remains. Oxford: Clarendon Press, 1991
- [15] Wood BA. Origin and evolution of the genus *Homo* [J]. Nature, 1992, 355: 239-240
- [16] Swisher CC, Curtis GH, Jacob T et al. Age of the earliest known hominids in Java, Indonesia [J]. Science, 1994, 263: 1118-1121
- [17] Larick R, Ciochon RL, Zaim Y et al. Early Pleistocene 40Ar/39Ar ages for Bapang Formation hominins, Central Jawa, Indonesia [J]. Proc Nat Acad Sci USA, 2001, 98: 4866-4871
- [18] Von Koenigswald GHR, Weidenreich F. The relationship between *Pithecanthropus* and *Sinanthropus* [J]. Nature, 1939, 144: 926-929
- [19] Weidenreich F. Giant early man from Java and South China [J]. Anthropol Pap Am Mus Nat Hist, 1945, 40: 1-134
- [20] Robinson JT. *Meganthropus*, australopithecines, and hominids [J]. Am J Phys Anthropol, 1953, 11: 1-38
- [21] Le Gros Clark WE. The Fossil Evidence for Human Evolution [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1955
- [22] Tobias PV, Von Koenigswald GHR. A comparison between the Olduvai hominines and those of Java and some implications for hominid phylogeny [J]. Nature, 1964, 204: 515-518
- [23] Krantz GS. An explanation for the diastema of Javan *erectus* Skull IV [A]. In: Tuttle RH (Eds). Paleoanthropology, Morphology and Paleocology. The Hague: Mouton, 1975, 361-372
- [24] Sartono S. Sagittal cresting in *Meganthropus palaeojavanicus* [J]. Modern Quaternary Research in Southeast Asia, 1982, 7: 201-210
- [25] Tyler DE. A taxonomy of Javan hominid mandibles [J]. Hum Evol, 1991, 6: 401-420
- [26] Tyler DE. Two new "*Meganthropus*" mandibles from Java [J]. Hum Evol, 2001, 16: 151-158
- [27] Pope GG. Recent advances in Far Eastern paleoanthropology [J]. Annu Rev Anthropol, 1988, 17: 43-77
- [28] Rightmire GP. The Evolution of *Homo erectus*: Comparative Anatomical Studies of an Extinct Human Species [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990
- [29] Wolpoff MH. Metric trend in hominid dental evolution [M]. Cleveland: Press of Case Western Reserve University Press, 1971
- [30] Weidenreich F. The dentition of *Sinanthropus pekinensis*: A comparative odontography of the hominids [M]. Palaeontol Sin New Ser D, 1937
- [31] Turner II CG, Nichol CR, Scott GR. Scoring procedures for key morphological traits on the permanent dentition: The Arizona State University dental anthropology system [A]. In: Kelley M and Larsen C (Eds), Advances in Dental Anthropology. New York:

- Wiley-Liss, 1991, 13-31
- [32] Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM, Gómez-Robles A et al. Dental remains from Dmanisi (Republic of Georgia): Morphological analysis and comparative study [J]. *J Hum Evol*, 2008, 55: 249-273
- [33] Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM, Gómez-Robles A et al. Morphological description and comparison of the dental remains from Atapuerca-Sima de los Huesos site (Spain) [J]. *J. Hum. Evol.*, 2012, 62: 7-58
- [34] Slice DE. Geometric morphometrics [J]. *Annu Rev Anthropol*, 2007, 36: 261-281
- [35] Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD et al. *Geometric Morphometrics for Biologists: A Primer* [M]. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004
- [36] Rohlf FJ. *TpsDig2*. Ecology and evolution, SUNY. Stony Brook, New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/1998a>
- [37] Bookstein FL. *Morphometric Tools for Landmark Data* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1991
- [38] Bookstein FL. Applying landmark methods to biological outline data [A]. In: Mardia KV, Gill CA, and Dryden IL (Eds.), *Image Fusion and Shape Variability Techniques*. Leeds: Leeds University Press, 1996
- [39] Bookstein FL. Landmarks methods for forms without landmarks: Morphometrics of group differences in outline shape [J]. *Med Image Anal*, 1997, 1: 225-243
- [40] Bookstein FL, Sampson PD, Connor PD et al. Midline corpus callosum is a neuroanatomical focus of fetal alcohol damage [J]. *Anat Rec*, 2002, 257: 217-224
- [41] Adams DC, Rohlf FJ, Slice DE. Geometric morphometrics: Ten years of progress following the 'revolution' [J]. *Ital J Zoology*, 2004, 71: 5-16
- [42] Gunz P, Mitteroecker P, and Bookstein FL. Semilandmarks in three dimensions [A]. In: Slider D (Eds.), *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2005, 73-98
- [43] Rohlf FJ. *TpsRelw*. Ecology and evolution, SUNY. Stony Brook, New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/1998b>
- [44] Molnar S. Human tooth wear, tooth function and cultural variability [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1971, 34: 175-190
- [45] Moggi-Cecchi J, Grine FE, Tobias PV. Early hominid dental remains from Members 4 and 5 of the Sterkfontein Formation (1966-1996 excavations): Catalogue, individual associations, morphological descriptions and initial metrical analysis [J]. *J Hum Evol*, 2006, 50: 239-328
- [46] Leakey REF, Walker AC. Further hominids from the Plio-Pleistocene of Koobi Fora, Kenya [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1974, 67: 135-163
- [47] Jacob T. Palaeoanthropological discoveries in Indonesia with special reference to the finds of the last two decades [J]. *J Hum Evol*, 1972, 2: 473-485
- [48] Grine FE, Franzen JL. Fossil hominid teeth from the Sangiran Dome (Java, Indonesia) [J]. *Cour Forsch-Inst Senckenberg*, 1994, 171: 75-103
- [49] 吴汝康, 吴新智. 河南淅川的人类牙齿化石 [J]. *古脊椎动物与古人类*, 1982, 1: 1-9
- [50] 吕遵涛, 黄蕴平, 李平生, 等. 山东沂源猿人化石 [J]. *人类学学报*, 1989, 8(4): 301-313
- [51] 张银运, 张振彪, 刘武. 古人类 [A]. 见: 郑绍华编. *建始人遗址* [M]. 北京: 科学出版社, 2004, 26-36
- [52] Bermúdez de Castro JM, Rosas A, Nicolás ME. Dental remains from Atapuerca-TD6 (Gran Dolina site, Burgos, Spain) [J]. *J Hum Evol*, 1999, 37: 523-566
- [53] Bermúdez de Castro JM. Dental remains from Atapuerca (Spain). I. Metrics [J]. *J Hum Evol*, 1986, 15:256-287
- [54] Bailey SE, Hublin JJ. Dental remains from Grotte du Renne at Arcy-sur-Cure (Yonne) [J]. *J Hum Evol*, 2006, 50: 485-508.
- [55] 贾兰坡. 长阳人化石及共生哺乳动物群 [J]. *古脊椎动物学报*, 1957, 1: 247-258
- [56] 顾玉珉. 周口店新洞人及其生活环境 [A]. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所编. *古人类论文集* [C]. 北京: 科学出版社, 1978, 158-171
- [57] 吴茂霖. 贵州桐梓新发现的人类化石 [J]. *人类学学报*, 1984, 3(3): 195-201
- [58] 何嘉宁. 金牛山人化石牙齿初步研究 [J]. *人类学学报*, 2000, 19(3): 216-225
- [59] Bailey SE, Liu W. A comparative dental metrical and morphological analysis of a Middle Pleistocene hominin maxilla from Chaohuan (Chaohu), China [J]. *Quatern Int*, 2010, 211: 14-23
- [60] White TD. Additional fossil hominids from Laetoli, Tanzania: 1976-1979 specimens [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1980, 53: 487-504
- [61] Johanson DC, White TD, Coppens Y. Dental remains from the Hadar Formation, Ethiopia: 1974-1977 collection [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1982, 57: 545-603
- [62] Ward SC, Johanson DC, Coppens Y. Subocclusal morphology and alveolar process relationships of hominid gnathic elements from the Hadar Formation: 1974-1977 Collections [J]. *Am J Phys Anthropol*, 1982, 57: 605-630
- [63] Walker A, Leakey R. The skull [A]. In: Walker A, Leakey (Eds). *The Nariokotome Homo erectus Skeleton*[C]. Cambridge, MA:

Harvard University Press, 1993, 63–94

- [64] Dean MC, Smith BH. Growth and development of the Nariokotome youth, KNW-WT 15000 [A]. In: *The First Human-Origin and Early Evolution of the Genus Homo*. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology, 2009, 101-120
- [65] Kaifu Y, Zaim Y, Baba H et al. New reconstruction and morphological description of a *Homo erectus* cranium: Skull IX (Tjg-1993.05) from Sangiran, Central Java [J]. *J Hum Evol*, 2011, 61: 270-294
- [66] 邢松. 周口店直立人牙齿形态特征变异 [M]. 中国科学院研究生院博士学位论文, 2012
- [67] Wolpoff MH. *Paleoanthropology*[M]. Boston: McGraw Hill, 1999
- [68] 孙承凯, 周蜜, 邢松. 沂源人牙冠的几何形态学研究 [J]. *人类学学报*, 2011, 30: 1-13
- [69] Liu W, Schepartz L, Xing S et al. Late Middle Pleistocene hominin teeth from Panxian Dadong, South China [J]. *J Hum Evol*, 2013, 64: 337-355

An Upper First Premolar of *Homo erectus* Newly Found at the Hexian Site

FAN Xiao-xiao¹, ZHENG Long-ting², XING Song^{3,4}, WU Xiu-jie³,
HUANG Wan-bo^{3,5}, LIU Wu³

1. Hexian Museum of Anhui Province, Hexian 238200; 2. Anhui Museum, Hefei 230061; 3. Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;
4. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Nanjing 210008;
5. Chongqing Three Gorges Institute of Paleoanthropology, China Three Gorges Museum, Chongqing 400015

Abstract: An isolated upper first premolar (P³) of *Homo erectus* was recently recognized from the fossil collection excavated from the Hexian site, Anhui. The present work carried out studies on both size and morphology of this new tooth. After comparing it with related specimens, the new P³ was found to be significantly large in the crown size, and represent the largest one among fossil teeth found in mainland of China, except for another P³ discovered at the same site. The large crown indicated a relatively primitive state. Based on the shape of crown outline and the pattern of cusp arrangement, the new P³ did not discriminate from those of other *H. erectus*. However, the deeply-furrowed mesial vertical groove on the buccal face clustered the new P³ with those of Asian *H. erectus*. This type of tooth underwent clear evolutionary changes in its size, transverse crest, buccal vertical groove, root number, the shape of crown outline, and the pattern of cusp arrangement. These P³ of Chinese *H. erectus* varied obviously in these features. The size and morphologies of the new Hexian tooth were relatively primitive within the group of Chinese *H. erectus*. Previous studies assumed that the skull of the Hexian fossil hominin displayed some features more progressive than those of Zhoukoudian *H. erectus*. However, this assumption was not supported by the present study. On the contrary, some traits of these premolars of Hexian *H. erectus* were found to be more primitive than those of Zhoukoudian *H. erectus*. The new P³ of Hexian *H. erectus* will play a significant role in exploring the origin and territorial variation of Chinese *H. erectus*.

Keywords: Hexian; *H. erectus*; Upper first premolar; Size; Morphology