

# 用 Brainerd-Robinson 方法比较华北地区 几个主要晚更新世化石动物群 的年代顺序

陈 铁 梅

(北京大学考古专业年代测定实验室)

**关键词** Brainerd-Robinson 统计分析方法;华北;更新世;动物群相对年代

## 内 容 提 要

本文尝试用 Brainerd-Robinson 方法分析华北地区六个主要动物群相对年代的先后,讨论了方法的原理及所采用的判断标准。所得顺序为丁村、许家窑、萨拉乌苏、峙峪、小南海和山顶洞,与绝对年龄数据和旧石器考古工作者的一般认识相符。这表明在一定的条件下,用 B-R 方法来分析动物群相对年代的先后是可行的。

本文尝试用 Brainerd-Robinson 方法确定丁村、许家窑等六个华北地区更新世晚期的主要化石动物群的相对年代顺序。

第四纪二、三百万年以来,哺乳动物群发生了一系列的演化。不少原第三纪古老的属、种绝灭了。新种不断出现、发展,其中有的已经消失。动物群的组成随时间而变化。当然同时代不同地区的哺乳动物化石种的组成,也会因气候、环境乃至化石保存条件的不同而有所差异。但毕竟“时代”是决定动物群组成的主要因素,当对处于相近气候条件下的动物群进行比较时,更是如此。由此可以根据哺乳动物群的组成来划分第四纪陆相地层的年代。

用哺乳动物化石作为第四纪分期的标志时,不能仅考虑个别种的演变,而必须分析动物群组成的综合特征。常用的方法之一是用绝灭种所占的百分比来比较动物群的早晚。但此法失之于过于笼统,因不分析绝灭种的组成,故有时会导出难以接受的结论。例如峙峪动物群中绝灭种的百分比为 40%,比萨拉乌苏动物群中绝灭种百分比 32% 为高。但从萨拉乌苏组中出土的三个牙化石的铀系年龄都在距今五万年左右,比峙峪的  $^{14}\text{C}$  年龄距今  $28945 \pm 1370$  年为老。有人曾建议应分别统计每一动物群中第三纪古老种,第四纪新现种、第四纪广布种和现生种的成分,作为划分动物群时代的标志原则。但至今尚无统一的标准,更缺乏定量的数值标志。

Brainerd-Robinson 方法是考古研究中用以对多个遗址或墓葬按它们的文化器物特征及出现频率来排列其相对年代先后的一种数理统计方法。它是按创议者的名字命名的。

这一方法全面地考虑了被比较对象各方面的综合特征,而且在对比排队中有确定的数量标准。我们参照了 Dempsey 和 Baumhoft 在 B-R 方法基础上提出的一种变异方案,作了某些改动,并将其用于动物群的对比上。

## 一、原理和方法

我们结合动物群之间的排队问题来介绍 B-R 方法。设要根据相对年代的早晚对  $k$  个动物群进行排列,它们共有的动物种是  $n$  种。现在来比较其中第  $i$  个和第  $j$  个两个任选的动物群的异同。规定若某一种动物(例  $r$  号种)同时在  $i$  和  $j$  两个群中出现,或都不出现,则定义  $R_{ij}^r = 1$ ;反之若该种动物仅在其中的一个群中出现,而在另一群中不存在,则定义  $R_{ij}^r = 0$ (见表 1)。

表 1 相似系数计算

动物种的编号	1	2	3	4	...	$r$	...	$n$
在第 $i$ 群中是否存在	+		+					
在第 $j$ 群中是否存在			+	+				+
$R_{ij}^r$ 值	0	1	1	0		1		0

然后将这些  $R_{ij}^r$  按  $n$  种动物求和

$$S_{ij} = \sum_{r=1}^n R_{ij}^r$$

很显然,如果  $i$ 、 $j$  两个动物群完全一致,即每一种动物同时在  $i$  和  $j$  两个群中出现,或同时不出现,则  $S_{ij} = n$ ;反之,若这两个群完全不一致,即每一种动物仅在其中的一个群出现,而在另一群不出现,则  $S_{ij} = 0$ 。这样定义的  $S_{ij}$  是  $i$  和  $j$  两个群之间相近程度的数量标志,因为  $S_{ij}$  值愈大,愈接近  $n$  值;那么  $i$  和  $j$  两个群的动物组成愈相似,它们在年代上也应愈相近。我们称  $S_{ij}$  为  $i$  和  $j$  两群之间的相似系数。当动物群的总数为  $k$  个时,每两群之间可比较,一共有  $k^2$  个相似系数,它们可以排成一个  $k \times k$  的方阵,称之为相似系数方阵。

$$\begin{matrix} S_{11} & S_{12} & \cdots & S_{1k} \\ S_{21} & S_{22} & \cdots & S_{2k} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ S_{k1} & S_{k2} & \cdots & S_{kk} \end{matrix} = \{S_{ij}\}_{k \times k}$$

因为  $S_{ij} = S_{ji}$ , 所以这是一个对称的方阵。

在未确定  $k$  个动物群的相对年代顺序之前,它们之间的排列次序是任意的,一共可以有  $k!$  种排列方式,相应也就有  $k!$  个不同的方阵。要在  $k!$  种排列方式中找出一个“最佳”排列,此排列顺序反应了讨论中的  $k$  个动物群的相对年代先后。“最佳”排列应要求每一

个群都与它最相似的群（即与它的相似系数最大的群）相邻，而相似性愈差的群在排列中的位置相离愈远。

怎样去找符合上述要求的“最佳”排列呢？我们不作数学上详细的论证，仅给出本文中的判断标准是要求相应方阵  $\{S_{ij}\}_{k \times k}$  中每一条斜线上的元的平均值  $M_i$  按方阵主对角线的远近单调下降，并且这些  $M_i$  的和最小，即：

$$\begin{cases} M_i = \frac{1}{k-i+1} [S_{i1} + S_{(i+1)2} + \cdots + S_{k(k-i+1)}] \\ M_i > M_{i+1} \end{cases}$$

（上面二公式中  $i = 1 \rightarrow k$ ）

$$D = \sum_{i=1}^k M_i \text{ 值最小}$$

这样，解决  $k$  个动物群之间的相对年代顺序问题，归结为寻找满足上述条件的相似系数方阵。但是计算量较大，因为阶乘  $k!$  是一个上升很快的函数。例如本文考虑六个动物群， $k! = 6! = 720$ 。即要在 720 个相似系数方阵中挑出一个满足上述条件的方阵。要用计算机来完成。顺便提到，在上面的讨论中我们不拘于数学上的严密性，没有讨论是否有其他的判断“最佳”排列的标准，以及在各种判断标准下的解是否一致等问题。

总之，上述的 B-R 方法提供了一种按动物群的组成情况在动物群之间进行排队对比的方法。本方法在计算相似系数时考虑到了所有的  $n$  种动物群，而在找“最佳”排列时又考虑了每一个动物群与其他所有群之间的相互关系；因此它是综合考虑了动物群之间全部特征的异同，同时它依据定量的判断标准，从而减少了判断中的主观因素。我们认为 B-R 方法比单纯统计绝灭种百分比能提出更为可信的结论。虽然本法的计算量大一些，但编好固定程序后，计算机能很快完成计算。

## 二、应用和结果

本文选择了丁村、许家窑、萨拉乌苏、峙峪、小南海和山顶洞等六个动物群。选择作为对比动物的有 36 种，其中食肉目 14 种、长鼻目 4 种、奇蹄目 4 种和偶蹄目 14 种。关于动物群与动物种的选择上有以下考虑：

1. 所选各动物群全属于华北地区，以减少地区气候差异对动物群组成的影响，尽量使时代上的差别是影响动物群组成的主要因素。

2. 被选的每一个动物群中能被鉴定的动物种必须是足够多，以保证已被鉴定的这些种动物能代表当时存在的动物群的基本面目。本工作中以峙峪动物群的动物种最少，仅有十个种，占总数 36 种的四分之一强。

3. 本文选择了有蹄目、食肉目及长鼻目等大型哺乳动物作为对比动物。这些动物的分布广，它们的迁移使地面上宽广区域中的分布有相似性，以减少地区的不同对动物群产生的影响。

4. 啮齿目动物未被作为对比动物选入。因为在萨拉乌苏及山顶洞群中啮齿目动物可定到种的各有八个，而在丁村及其他动物群中仅发现方氏田鼠等一、二种啮齿目种。这样

表 2 各化石动物群的统计

	古老种	丁村	许家窑	萨拉乌苏	峙峪	小南海	山顶洞	现生种
狼 <i>Canis lupus</i>		sp	+	+		+	+	+
狸狼 <i>Canis nycterentes procynoides</i>							+	+
狐 <i>Vulpus</i>		sp					+	+
豺 <i>Cuon hodgson</i>							+	+
棕熊 <i>Ursus arctos</i>		sp					sp	+
洞熊 <i>Ursus spelaeus</i>						+	sp	
阿尔泰鼬 <i>Mustela altaica</i>							+	+
艾鼬 <i>Mustela evermanni</i>							+	+
最后斑鬃狗 <i>Crocuta ultima</i>				+	+	+	+	
猞猁 <i>Felis lynx</i>							+	+
豹猫 <i>Felis cf. bengalensis</i>							+	+
香猫 <i>Paguma larvata</i>							+	+
野猫 <i>Felis silvestris</i>							+	+
猎豹 <i>Acinonyx jubatus</i>							+	+
德永象 <i>Palaeoloxodon cf. tokunagai</i>	+	+						
纳玛象 <i>Palaeoloxodon namadicus</i>	+	+					sp	
诺氏象 <i>Palaeoloxodon naumanni</i>	+		+	+				
印度象 <i>Elephas cf. indicus</i>		+					sp	+
梅氏犀 <i>Rhinoceros mercki</i>	+	+						
披毛犀 <i>Rhinoceros tichorhinus</i>		+	+	+	+	+		
普氏野马 <i>Equus przewalskyi</i>		+	+	+	+			+
野驴 <i>Equus hemionus</i>		+	+	+	+	+	+	+
野猪 <i>Sus scrofa</i>		sp	sp	+		+	sp	+
赤鹿 <i>Cervus (Elaphus) canadensis</i>		+	+	+	+	sp	+	+
葛氏斑鹿 <i>Cervus (Pseudaxis) cf. grayi</i>		+	+			sp		
北京斑鹿 <i>Cervus (P.) hortulorum</i>						sp	+	+
肿骨鹿 <i>Megaloceros pachyosteus</i>	+	sp						
河套大角鹿 <i>Megaloceros ordosianus</i>		sp	+	+	+			
东北麝子 <i>Capreolus manchuricus</i>						+	+	+
普氏小羚羊 <i>Gazella przewalskyi</i>			+	+	+	+	+	+
鹅喉羚 <i>Gazella subgutturosa</i>		sp	+	+	+			
盘羊 <i>Ovis ammon</i>				+				+
裴氏转角羊 <i>Spirocerus peii</i>	+	sp	+					
古赫特转角羊 <i>Spirocerus kiakhtensis</i>	+	sp	+	+				
王氏水牛 <i>Babalsus wansjocki</i>		sp		+	+	sp		
原始牛 <i>Bos primigenius</i>		+	+	+	sp		sp	

大的差别我们估计是由化石的堆积环境和保存条件的差异而造成的，也可能是发掘时没有专门注意采集小哺乳动物化石的原因。因此丁村等六个动物群之间在啮齿目上所表现的差异并非真正反映当时啮齿目动物群的差异。另外，翼手目可能也属于此种情况，因此也未被选入。

5. 有些种，例如兔形目的达呼儿鼠兔、肉食目的狗獾、虎、豹等在晚更新世前后变化不大，不便作为对比动物化石用于分期。食虫目的刺猬几乎在这几个群中都未能定到种。这

些动物都未被作为对比动物选人。

6. 有些动物在某些群中只能定到属, 而不能定到种, 例如丁村的扁角鹿(*Megaloceros* sp.)、河套大角鹿(*Megaloceros ordosianus*)及肿骨鹿(*Megaloceros pachyosteus*)都有相似之处, 但又有一定的差别。在这种情况下计算相似系数时, 取  $R_{ij}^* = 0.5$ 。

表 2 列出了这六个动物群中 36 种动物的出现情况。为便于以下之讨论, 表 2 中的六个群已按 B-R 法实际计算, 判断相对年代的顺序排列。同时为了对比上的方便, 我们另把 36 种动物中的现生种和古老种也分别作为二个群一起比较。

利用第一节中讨论的原理及方法, 根据表 2 中 36 种动物在六个群中的分布情况, 用 B-R 法计算后, 判断相应于“最佳”排列的相似系数方阵  $\{2 \times S_{ij}\}_{k \times k}$  应是:

	古老	丁村	许家窑	萨拉乌苏	峙峪	小南海	山顶洞	现生
古老	72	44	43	36	39	35	16	12
丁村	44	72	50	44	45	38	18	20
许家窑	43	50	72	61	56	48	24	25
萨拉乌苏	36	44	61	72	61	51	26	28
峙峪	39	45	56	61	72	54	30	27
小南海	35	38	48	51	54	72	41	33
山顶洞	16	18	24	26	30	41	72	60
现生	12	20	25	28	27	33	60	72

相应的诸  $M_i$  值是单调下降的, 它们分别为:  $M_1 = 72, M_2 = 53, M_3 = 42.83, M_4 = 36.4, M_5 = 32.25, M_6 = 26, M_7 = 18$  和  $M_8 = 12$ 。而  $D = \sum_{i=1}^8 M_i = 292.48$ 。这种排列中的  $D$  值经证明最小, 因此相应的“最佳”排列年代顺序是:

丁村 → 许家窑 → 萨拉乌苏 → 峙峪 → 小南海 → 山顶洞

### 三、讨 论

1. 本文用 Brainerd-Robinson 方法得到的以上六个动物群的年代顺序, 符合旧石器考古工作者的一般看法, 并与已有的  $^{14}\text{C}$  年代数据, 以及北京大学考古专业年代实验室最近用铀系法测得的年代数据相符。这说明了在分析动物群之间的相对年代顺序时, B-R 方法是一种值得应用的方法。特别是对若干个颇为相近的动物群进行比较时, B-R 方法的优越性可能更为明显。

2. 由于 B-R 方法综合对比了几十种动物的出现情况, 这样即使对个别的种在鉴别或统计时不甚妥当, 一般也不至于引起这些群的排列顺序发生太大变动。我们曾将表 2 中的最后斑鬣狗、香猫、猎豹和披毛犀等四种气候敏感种舍去, 用剩下的 32 种动物来确定六个群的排列顺序, 仍得到与前面相同的动物群排列顺序。这似乎也表明气候的差异在确定这六个动物群的排列顺序时并没有起重要作用。

3. 从表 2 看到, 当动物群的排列次序确定后, 才有可能对个别种动物的生存时代进

行分析。例如河套大角鹿的生存年代大致是从许家窑到峙峪,而在较早的丁村动物群中出现的扁角鹿,它已具有河套大角鹿的很多特征,但还不是河套大角鹿。又如生活在许家窑及萨拉乌苏的诺氏象 (*Palaeoloxodon naumanni*) 在时代上可能要比生活在丁村的纳玛象 (*Palaeoloxodon namadicus*) 要晚一些。

4. 我们认为值得在其他地区及其他时代范围内尝试用 B-R 方法来分析动物群之间的相对年代早晚。

作者曾得到中国科学院古脊椎动物与古人类研究所胡长康、吴新智和王令红诸同志的帮助,谨致谢意。

(1982年5月12日收稿)

### 参 考 文 献

- 中国社会科学院考古研究所实验室, 1976. 放射性碳素测定报告(四)。考古, (2): 200—204。  
 安志敏等, 1965. 河南安阳小南海洞穴堆积的试掘及脊椎动物化石研究。考古学报, (1): 1—51。  
 原恩训等, 1983. 用铀子系法测定河套人及萨拉乌苏文化的年代。人类学学报。  
 陈铁梅等, 1982. 许家窑旧石器遗址的铀子系法年代测定。人类学学报, 1: 91—95。  
 祁国琴等, 1975. 内蒙古萨拉乌苏河流域第四纪哺乳动物化石。古脊椎动物与古人类, 13: 239—249。  
 贾兰坡等, 1972. 山西峙峪旧石器时代遗址发掘报告。考古学报, (1): 39—58。  
 贾兰坡等, 1979. 许家窑旧石器时代文化遗址 1976 年发掘报告。古脊椎动物与古人类, 17: 277—293。  
 裴文中, 1940. 周口店的山顶洞动物群。中国古生物志新丙种第十号(总 125 号)。  
 裴文中等, 1958. 山西襄汾县丁村旧石器时代遗址发掘报告。中国科学院古脊椎动物研究所甲种专刊第二号, 21—74。  
 Brainerd, G.W., 1951. The place of chronological ordering in archaeological analysis. Am. Antiq., 16:301—313.  
 Dempsey, P. and M. Baumhoft, 1963. The statistic use of artificial distributions to establish chronological sequence. Am. Antiq., 28:496—509.  
 Robinson, W.S., 1951, A method for archaeological ordering archaeological deposits. Am. Antiq., 16: 293—301.

## CHRONOLOGICAL SEQUENCE OF SIX LATE PLEISTOCENE FAUNAS IN NORTH CHINA WITH THE BRAINERD- ROBINSON METHOD

Chen Tiemei

*(Dating Laboratory of Archaeological Section, Historical Department, Peking University)*

**Key words** Brainerd-Robinson method; Relative dating of faunas;  
North China; Pleistocene

### Abstract

Contextual analysis suggested by Brainerd and Robinson and developed by Dempsey and Baumhoft was used to establish chronological sequence of six faunas in North China. The deduced chronological order is: Dingcun (1), Xujiayao (2), Saraosol (3), Siyu (4), Xiaonanhai (5) and Shangdingtong (6). This order might be acceptable for most anthropologists and archaeologists, and it goes along with the  $C^{14}$  and uranium series dating results. The Brainerd-Robinson method might be a sensitive technique for establishing fauna sequence.