应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2019, 56(3): 563−578. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2019.066

黑胸散白蚁不同群体在形态分类特征上的差异性研究*

徐 鹏** 陈尚海 张 亮 曾小虎

（成都市白蚁防治研究中心，成都 610010）

摘 要 **【目的】** 研究黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder 形态分类特征显著差异性。**【方法】** 利用 SPSS19.0 对黑胸散白蚁兵蚁和成虫不同的量度特征进行差异单因素分析（ANOVA）、多重比较 Duncan's（P<0.05）和主成分分析。**【结果】** 兵蚁头长至上颚端、头阔指数、前胸背板中区毛、前胸背板长、后颏狭、后颏宽、右触角最短节数、左触角节数和右触角节数 9 个指标在 6 个不同群体间变异较小，具有相对稳定性；成虫前翅宽、单复眼间距、复眼距头下缘、左触角最短节数、右触角节数、头长至上颚端和前 Cu 脉分支数 7 个指标在 6 个不同群体间变异较小，具有相对稳定性；显著性分析结果显示主成分分析选出的兵蚁的 9 个指标和成虫的 6 个指标在不同群体间存在显著性差异；不同种类白蚁的特征值测量指标亦存在一定程度重叠区。**【结论】** 白蚁形态分类鉴定最好结合兵蚁和成虫的多个形态指标进行判断；种内形态指标的差异显著性及种间形态指标存在重叠，容易导致白蚁同物异名；白蚁形态分类学需要将形态分类学方法和现代分子生物学技术等多种技术有机结合。

关键词 等翅目；黑胸散白蚁；形态特征

Differences in the morphological classification of *Reticulitermes chinensis* Snyder

XU Peng** CHEN Shang-Hai ZHANG Liang ZENG Xiao-Hu

(Chengdu Research Center of Termite Control, Chengdu 610010, China)

Abstract **[Objectives]** To investigate differences in the morphological classification of *Reticulitermes chinensis* Snyder. **[Methods]** Single factor analysis of variance (ANOVA), Duncan's multiple comparison (P<0.05) and Principal component analysis were used to analyze the morphological characteristics of soldiers and alates in SPSS19.0. **[Results]** Variation in 9 parameters of soldiers; length from head to mandible, head width, central setae on the pronotum, pronotum length, pronotum width, postmentum length, postmentum width, the least right-side antennal fragment, left-side antennal fragment and right-side antennal fragment, in the 6 populations examined was relatively small. Variation in 7 parameters of alates; fore-wing length, distance between the ocellus and compound eye, length from compound eye to head, the least left-side antennal fragment, right-side antennal fragment, length from head to mandible and branches of the fore cubitus, in the 6 populations was also relatively small. However, Principal component analysis indicated a significant difference in common parameters between soldiers and alates. In addition, there was a certain amount of overlap between the parameters of termites of different species. **[Conclusion]** The morphological classification of termites should be verified using multiple morphological parameters of soldiers and alates. Overlap between intraspecific morphological taxonomic criteria and interspecific morphological taxonomic criteria can easily lead to synonymy. The taxonomy of termites should therefore combine morphological taxonomy with modern molecular, and other, techniques.

Key words Isoptera; *Reticulitermes chinensis*; morphological characteristics

---

*资助项目 Supported projects：成都市城乡房产管理局自主研究课题项目（CDSFGJ20100301）

**通讯作者 Corresponding author，E-mail：xu_peng_1891@126.com

收稿日期 Received：2018-06-04；接受日期 Accepted：2018-09-27

白蚁属比较原始的等翅目社会性昆虫，目前全世界白蚁种类有现生属 283 属、现生种 2 935 种，化石属 52 属、化石种 173 种，共计 3 108 种（程冬保和杨兆芬，2014）。散白蚁是指鼻白蚁科 Rhinotermitidae 散白蚁属 *Reticulitermes* 的种类，因群体小，巢群分散而得名。目前全世界共有 138 个现生种（Krishna *et al.*，2013），主要分布在东洋区，其次分布在古北区、新北区、新热带区和非洲区。该类群对建筑物和树木危害严重、防治难度大，仅美国每年就会导致数百亿美元的损失（Cameron and Whitting，2007）。

白蚁形态分类鉴定的传统方法，主要依靠兵蚁或有翅成虫个体的形态特征和量度值。由于白蚁具有多态性，正确的白蚁形态分类鉴定需要白蚁的各个品级，但是在白蚁标本采集中很难采全白蚁各个品级；其次，同种白蚁个体间在形态上存在较大的差异，不同地域的种间白蚁个体在形态特征上亦表现出了趋同现象；此外，由于白蚁的外部形态特征极为相似，体壁柔软，骨化程度低，白蚁无论雌雄有翅成虫，生殖器均为几块简单骨片，分类鉴定无法采用生殖器特征。这些都给白蚁形态分类带来了较大的困难（蔡邦华和陈宁生，1963；程冬保和杨兆芬，2014）。散白蚁因缺乏明显的自由衍征，种间非常相似（Szalanski *et al.*，2003），因此量度特征成为散白蚁物种描述与鉴定的重要依据。同时，因同种白蚁不同个体间量度特征存在差异，也给白蚁尤其是重要有害白蚁的鉴定工作带来的很大的困难（Kirton and Brown，2003；Vargo *et al.*，2003；刘炳荣等，2014）。等翅目内存在较为普遍的同物异名现象（Kambhampati and Eggleton，2000；黄复生等，2000；李桂祥，2002；王建国，2004；丁俊杰，2013）。目前我国等翅目共计 41 个现生属和 474 个现生种（程冬保和杨兆芬，2014），白蚁现生种类数占全世界现生种类的 16.12%，我国散白蚁有 111 个种，全为现生种（黄复生等，2000），现生散白蚁属种类占全世界现生散白蚁种类的 80.43%，仅一个散白蚁属的现生种类即占到全世界现生白蚁种类的 3.8%，而另外 40 个属的现生属种类仅占全世界现生白蚁种类的 12.33%。黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis* Snyder 是成都地区入室危害房屋建筑最常见的白蚁种类（徐鹏等，2015；曾小虎等，2016）。本文以同一地区的不同黑胸散白蚁群体为研究对象，对不同黑胸散白蚁群体内的兵蚁和成虫的度量特征进行了测量，通过显著差异性分析和主成分分析对测量结果进行分析，找出可用于白蚁形态分类的度量特征，以期为今后的散白蚁属形态分类及修订提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

黑胸散白蚁标本均于 2013 年 3 月底黑胸散白蚁分飞期采集，共计 6 个不同群体，每个群体至少含 10 个及以上的兵蚁和成虫。标本具体采集信息见表 1。

1.2 标本种类鉴定

1.2.1 形态分类鉴定 在光学显微镜下，依据《等翅目》（黄复生，2000）一书记录的白蚁的形态特征，观察 6 个不同群体白蚁兵蚁和成虫的形态特征，再根据形态特征和测量结果进行检索，初步鉴定 6 个群体白蚁均为黑胸散白蚁。

1.2.2 分子分类鉴定 通过 DNeasy Blood & Tissue Kit (50)提取试剂盒提取 6 个不同黑胸散白蚁群体的 DNA 做为 PCR 扩增模板，利用线粒体上一段基因序列（上游引物：5′-CAGATAAGTGCATTGGATTT-3′，下游引物：5′-GTTTAAGAGACCAGTACTTG-3′）作为扩增引物扩增 COⅡ基因序列，再将具明显条带的 PCR 产物采用 3730XL 测序仪进行测序。用 DNAman8.0 对获得的 6 个不同群体白蚁的 COⅡI 基因序列进行校对拼接，去除引物区和低质量的序列，获得长度为 683 bp 的序列。在美国国立生物技术信息中心（NCBI）数据库搜索已记录的黑胸散白蚁的 COⅡ基因序列。通过将 6 个不同白蚁群体测得的 COⅡ基因序列与 NCBI 数据库记录的黑胸散白蚁 COⅡ基因序列应用 DNAman8.0 的 Multiple Sequence Alignment 功能

表 1　黑胸散白蚁 6 个不同群体信息
Table 1　Information of 6 different populations of *Reticulitermes chinensis*

群体 Populations	兵蚁数量（只） Soldiers quantities	成虫数量（只） Alates quantities (ind.)	采集地点 Localities	采集时间 Date	采集人 Collectors
群体 1 Population 1	13	30	成都市金牛区九里堤南路 70 号	2013.03.26	杨文锋
群体 2 Population 2	31	30	成都市金牛区九里堤南路 70 号	2013.03.26	杨文锋
群体 3 Population 3	27	30	成都市锦江区静安路 1 号	2013.03.28	陈文
群体 4 Population 4	30	30	成都市锦江区静安路 1 号	2013.03.28	陈文
群体 5 Population 5	30	30	成都市青羊区金泽路 28 号	2013.03.29	曾小虎
群体 6 Population 6	30	30	成都市成华区建设北路二段 4 号	2013.03.29	陈尚海

对比分析，得到其相似度为 99.92%。最终确定 6 个群体的白蚁均为黑胸散白蚁。

1.3　数据获得和处理

选取每个群体兵蚁的 23 个形态特征（表 2）和成虫 25 个形态特征（表 8），在 Zeiss Discovery V20 体视显微镜及成像系统进行观察、测量和记录。利用 SPSS19.0 对不同的量度特征进行差异单因素分析（ANOVA）、多重比较 Duncan's（$P<0.05$）和主成分分析。

2　结果与分析

2.1　不同黑胸散白蚁群体的兵蚁量度特征变异

黑胸散白蚁兵蚁的 23 个形态特征见表 2。对不同黑胸散白蚁群体的兵蚁量度特征变异的分析结果（表 3-表 6）表明，不同群体的黑胸散白蚁兵蚁在前胸背板中区毛根数、前胸背板长等共计 20 个测量指标中均存在不同程度的显著性差异（$P<0.05$）。其中除前胸背板长、前胸背板中长、头阔指数和左触角节数 4 个测量指标，仅存在一个群体与其余 5 个群体存在显著性差异外（$P<0.05$），其余的前胸背板中区毛根数、前胸背板宽等 16 个测量指标，均存在 2 个以上的群体与其余群体存在显著性差异（$P<0.05$）。在 20 个测量指标中，前胸背板中区毛根数在同一群体变化范围更大，同一群体的前胸背板中区毛最大根数均在前胸背板中区毛最小根数的 2 倍以上，左右触角最大节数也在左右触角最小节数的 1.5 倍左右。

2.2　黑胸散白蚁兵蚁量度特征结果与分析

2.2.1　因子分析　运用 SPSS19.0 软件对兵蚁形态特征变量进行分析，获得主成分特征值（7）。从 23 个原变量中提取出了特征值大于 1 的 8 个主成分，其累计贡献率为 76.788%。用这 8 个主成分就能反映 23 个原变量之间的差异关系。

2.2.2　主成分分析　因子分析提取了黑胸散白蚁兵蚁的 8 个主成分，通过主成分分析分别获得了 8 个主成分的负荷值（表 8），根据主成分负荷值和特征值，依次计算得到特征向量矩阵（表 9）。由特征向量矩阵可以计算出兵蚁 8 个主成分的得分，主成分的表达式为：

$$Y_k=a_1X_1+a_2X_2+a_3X_3+a_4X_4+a_5X_5+\cdots+a_nX_m$$

兵蚁的 8 个主成分 K 取值 1-8，n 取值 1-23，m 取值 1-23，a 为特征向量，X 为标准化后的变量。

式中，X 为标准化后的变量，负荷值的绝对值越大，贡献越大。根据兵蚁主成分得分表达式得出，头长至上颚端在第一主成分有较高的负荷值，头阔指数在第二主成分中有较高的负荷值，

表 2 黑胸散白蚁兵蚁的形态性状

Table 2 Morphological characters of soldiers of *Reticulitermes chinensis*

特征变量 Variable quantities	定义 Definition
前胸背板中区毛 Central setae of pronotum (CSP)	背面观前胸背板中心区域的长毛数
前胸背板长 Pronotum length (PL)	背面观前胸背板的最大长度，不包括边缘毛
前胸背板中长 Pronotum middle length (PML)	背面观前胸背板凹陷处中轴线的长度，不包括边缘毛
前胸背板宽 Pronotum width (PW)	背面观前胸背板的最大宽度，不包括边缘毛
体长至上颚基 Body barring mandibles length (BBML)	个体在伸展状态下，上颚基部至腹部末端的最大直线长度
体长至上颚端 Body length (BL)	个体在伸展状态下，上颚尖端至腹部末端的最大直线长度
头长至上颚基 Head barring mandibles length (HBML)	头部在水平状态下，上颚基部至头后缘的最大直线长度
头长至上颚端 Head length (HL)	头部在水平状态下，上颚尖端至头后缘的最大直线长度
头最宽 Head width (HW)	正面观头部最大宽度
头最高 Head height (HH)	侧面观头部最大宽度
头阔指数 Head width indicator (HWI)	头宽×100/头长
后颏长 Postmentum length (PL)	腹面观后颏的最大长度
后颏宽 Postmentum width (PW)	腹面观后颏的最大宽度
后颏狭 Postmentum narrow width (PNW)	腹面观后颏的最窄宽度
腰缩指数 Postlabium index (PI)	后颏宽×100/后颏长
后胫长 Tibia length (TL)	后足胫节的最大长度
上唇长 Labrum length (LL)	上唇在水平状态下，上唇基部到上唇端部的最大长度，不包括端毛
上唇宽 Labrum width (LW)	上唇在水平状态下，上唇的最大宽度
左上颚长 Left mandible length (LML)	左上颚在水平状态下的直线长度
左触角节数 Left antennae quantities (LAQ)	左触角包括柄节、梗节、鞭节的总节数
右触角节数 Right antennae quantities (QAQ)	右触角包括柄节、梗节、鞭节的总节数
左触角最短节 Shortest left antennae (SLA)	左触角包括柄节、梗节、鞭节中最短的一节
右触角最短节 Shortest right antennae (SRA)	右触角包括柄节、梗节、鞭节中最短的一节

前胸背板中区毛和后颏狭在第三主成分中有较高的负荷值，前胸背板长在第四主成分中有较高的负荷值，后颏宽在第五主成分中有较高的负荷值，右触角最短节数在第六主成分中有较高的负荷值，左触角节数在第七主成分中有较高的负荷值，右触角节数在第八主成分中有较高的负荷值。头长至上颚端、头阔指数、前胸背板中区毛、前胸背板长、后颏狭、后颏宽、右触角最短节数、左触角节数和右触角节数 9 个指标在 6 个不同群体间变异较小，具有相对稳定性。

2.3 黑胸散白蚁与近似种兵蚁量度特征对比结果与分析

黑胸散白蚁兵蚁量度值与近似种白蚁兵蚁量度值的对比，主要基于与《等翅目》一书近似种白蚁兵蚁量度值记载的数据的对比。通过主成分分析获取了能够作为黑胸散白蚁兵蚁形态分类鉴定的 9 个形态特征，实际测量过程中发现兵蚁触角极易折断损坏，对测量结果具有较大的影响。故右触角最短节数、左触角节数和右触角节数 3 个形态特征不纳入与近似种白蚁量度值的对比。近似种白蚁兵蚁头长至上颚端量度值在《等翅目》一书中亦无记录，故不考虑黑胸散白蚁兵蚁头长至上颚端量度值与近似种白蚁的对比，共选取了平额散白蚁亚属的 9 种散白蚁与黑胸散白蚁的量度值进行对比，分别为：新中华散白蚁、圆唇散白蚁、雷波散白蚁、狭胸散白蚁、锥颚散白蚁、大别山散白蚁、清江散白蚁、丰都散白蚁、直缘散白蚁，结果见表 10。

表 3　黑胸散白蚁不同群体兵蚁形态特征差异显著性比较

Table 3　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* soldiers for significance analysis

群体 Populations	前胸背板中区毛根数 CSP		前胸背板长 PL		前胸背板中长 PML		前胸背板宽 PW		体长至上颚基 BBML	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=13）	8.67±2.19 bc	6-13	0.52±0.04 b	0.43-0.57	10.46±0.04 b	0.38-0.51	0.87±0.06 c	0.75-0.96	5.23±0.39 a	4.42-5.88
2（*n*=31）	8.00±1.77 b	4-11	0.54±0.03 a	0.48-0.61	0.48±0.03 a	0.39-0.54	0.89±0.03 b	0.82-0.98	4.57±0.24 c	4.19-5.11
3（*n*=27）	7.07±1.52 cd	4-11	0.53±0.03 a	0.46-0.61	0.46±0.02 a	0.42-0.51	0.90±0.04 b	0.83-0.96	4.75±0.37 b	3.97-5.67
4（*n*=30）	9.77±1.77 a	5-13	0.53±0.04 a	0.43-0.61	0.47±0.03 a	0.40-0.53	0.86±0.04 b	0.81-0.96	4.46±0.29 c	3.82-5.31
5（*n*=30）	6.90±1.58 cd	3-10	0.54±0.04 a	0.48-0.59	0.49±0.03 a	0.42-0.53	0.88±0.04 b	0.81-0.96	4.83±0.25 b	4.54-5.62
6（*n*=30）	6.77±1.28 d	3-10	0.55±0.03 a	0.47-0.60	0.49±0.03 a	0.41-0.52	0.94±0.04 a	0.85-1.00	5.36±0.44 a	4.58-6.31
总数 Total (*n*=161)	7.73±2.05	3-13	0.53±0.05	0.43-0.61	0.47±0.05	0.38-0.54	0.88±0.09	0.75-1.00	4.83±0.45	3.82-6.31

表中数据均为平均值 ± 标准差；同列数据后标有不同小写字母表示显著性差异（$P<0.05$，LSD）。下表同。

Data (mean ± SD) followed by different small letters in the same column are significant difference ($P<0.05$, LSD). The same below.

表 4　黑胸散白蚁不同群体兵蚁形态特征差异显著性比较

Table 4　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* soldiers for significance analysis

群体 Populations	体长至上颚端 BL		头长至上颚基 HL		头最宽 HW		头最高 HH		头阔指数 HWI	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=13）	6.18±0.43 a	5.26-6.96	1.85±0.05 c	1.78-1.93	1.16±0.02 c	1.13-1.20	0.93±0.06 b	0.85-1.00	0.63±0.02 a	0.60-0.67
2（*n*=31）	5.52±0.27 c	5.07-6.16	1.84±0.07 c	1.73-2.00	1.16±0.03 c	1.08-1.22	0.94±0.05 b	0.84-1.07	0.63±0.02 a	0.58-0.68
3（*n*=27）	5.78±0.40 b	5.05-6.70	1.81±0.06 cd	1.66-1.91	1.14±0.03 d	1.10-1.19	0.98±0.07 a	0.87-1.13	0.63±0.02 a	0.59-0.67
4（*n*=30）	5.42±0.28 c	4.84-6.26	1.80±0.07 d	1.66-1.90	1.15±0.02 cd	1.11-1.20	0.92±0.04 b	0.85-0.99	0.64±0.02 a	0.59-0.68
5（*n*=30）	5.84±0.25 b	5.53-6.63	1.98±0.05 a	1.86-2.08	1.19±0.03 b	1.14-1.25	0.99±0.04 a	0.90-1.09	0.60±0.02 b	0.57-0.63
6（*n*=30）	6.41±0.42 a	5.64-7.20	1.94±0.05 b	1.83-2.01	1.23±0.02 a	1.18-1.31	0.99±0.03 a	0.93-1.08	0.63±0.02 a	0.60-0.68
总数 Total (*n*=161)	5.83±0.48	4.84-7.20	1.88±0.09	1.66-2.08	1.18±0.04	1.08-1.31	0.96±0.06	0.84-1.19	0.63±0.02	0.57-0.67

表 5　黑胸散白蚁不同群体兵蚁形态特征差异显著性比较

Table 5　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* soldiers for significance analysis

群体 Populations	后颏长 PL		后颏宽 PW		后颏狭 PNW		腰缩指数 PI		后胫长 TL	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=13）	1.42±0.05 d	1.30-1.51	0.44±0.02 bc	0.41-1.47	0.19±0.01 bc	0.17-0.21	0.31±0.01 a	0.29-0.34	0.91±0.08 cd	0.75-1.00
2（*n*=31）	1.43±0.05 d	1.33-1.57	0.45±0.01 bc	0.43-0.49	0.20±0.01 ab	0.18-0.22	0.31±0.01 a	0.29-0.34	0.90±0.06 d	0.80-1.06
3（*n*=27）	1.43±0.06 d	1.34-1.54	0.44±0.02 c	0.41-1.47	0.20±0.02 a	0.16-0.23	0.31±0.02 ab	0.27-0.34	0.94±0.04 bc	0.87-1.04
4（*n*=30）	1.46±0.05 c	1.36-1.55	0.45±0.01 b	0.41-0.48	0.18±0.01 cd	0.17-0.20	0.31±0.01 ab	0.28-0.33	0.96±0.03 b	0.90-1.01
5（*n*=30）	1.60±0.05 a	1.50-1.69	0.47±0.02 a	0.44-0.50	0.19±0.01 cd	0.17-0.21	0.30±0.01 c	0.26-0.32	1.01±0.06 a	0.90-1.10
6（*n*=30）	1.55±0.04 b	1.46-1.64	0.47±0.01 a	0.44-0.49	0.18±0.01 d	0.17-0.20	0.31±0.01 b	0.28-0.33	1.00±0.03 a	0.95-1.08
总数 Total (*n*=161)	1.49±0.08	1.30-1.69	0.46±0.02	0.41-0.50	0.19±0.01	0.16-0.23	0.31±0.01	0.26-0.34	0.96±0.07	0.75-1.10

表 6　黑胸散白蚁不同群体兵蚁形态特征差异显著性比较

Table 6　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* soldiers for significance analysis

群体 Populations	上唇长 LL		上唇宽 LW		左上颚长 LML		左触角节数 LAQ		右触角节数 QAQ	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=13）	0.45±0.03 d	0.39-0.50	0.34±0.02 d	0.31-0.37	0.96±0.03 c	0.90-1.00	15.33±0.78 a	14-16	14.67±1.56 c	13-17
2（*n*=31）	0.45±0.04 d	0.40-0.55	0.35±0.02 bc	0.32-0.40	0.97±0.19 c	0.91-1.10	15.50±1.63 a	12-18	15.46±1.37 ab	13-18
3（*n*=27）	0.47±0.04 cd	0.41-0.54	0.35±0.02 d	0.30-0.37	1.06±0.05 ab	0.98-1.19	15.24±1.45 a	12-18	15.30±1.29 ab	13-17
4（*n*=30）	0.49±0.04 b	0.40-0.53	0.35±0.02 cd	0.30-0.38	1.05±0.03 b	0.98-1.10	15.41±1.15 a	12-18	15.32±1.02 ab	13-17
5（*n*=30）	0.48±0.03 bc	0.41-0.53	0.36±0.02 b	0.32-0.39	1.11±0.04 a	1.04-1.17	13.83±3.97 b	12-16	13.93±4.03 c	12-17
6（*n*=30）	0.52±0.02 a	0.47-0.57	0.38±0.02 a	0.34-0.41	1.09±0.04 ab	1.02-1.17	16.03±1.40 a	12-17	16.00±1.31 a	12-17
总数 Total (*n*=161)	0.48±0.04	0.39-0.57	0.36±0.02	0.30-0.41	1.05±0.10	0.90-1.19	14.16±4.42	12-18	14.21±4.25	12-18

表 7　黑胸散白蚁兵蚁 23 个形态性状的特征值

Table 7　The eight values of 23 characters of *Reticulitermes chinensis* soldiers

主成分 Principal component	特征值 Eigen value	贡献率（%） Contribution rate	累积贡献率（%） Cumulative contribution rate
第一主成分 First PC	7.193	31.273	31.273
第二主成分 Second PC	2.292	9.964	41.237
第三主成分 Third PC	1.742	7.574	48.811
第四主成分 Fourth PC	1.685	7.325	56.135
第五主成分 Fifth PC	1.389	6.039	62.174
第六主成分 Sixth PC	1.166	5.070	67.244
第七主成分 Seventh PC	1.118	4.861	72.105
第八主成分 Eighth PC	1.077	4.683	76.788

表 8　黑胸散白蚁兵蚁形态特征主成分的负荷值

Table 8　Loading of principal components on the morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* soldiers

变量 Variable quantities	负荷值 Load value							
	第一主成分 First principal component	第二主成分 Second principal component	第三主成分 Third principal component	第四主成分 Fourth principal component	第五主成分 Fifth principal component	第六主成分 Sixth principal component	第七主成分 Seventh principal component	第八主成分 Eighth principal component
前胸背板中区毛 CSP	−0.435	−0.046	−0.564	0.113	0.069	0.043	0.185	−0.252
前胸背板长 PL	0.425	−0.220	0.159	0.767	−0.199	0.059	−0.055	−0.146
前胸背板中长 PML	0.510	−0.338	0.031	0.660	−0.167	0.140	−0.111	−0.058
前胸背板宽 PW	0.547	0.249	0.117	−0.112	−0.194	−0.159	0.160	−0.362
体长至上颚基 BBML	0.677	0.434	0.179	−0.079	−0.273	−0.340	−0.015	−0.164
体长至上颚端 BL	0.709	0.430	0.159	−0.068	−0.279	−0.309	−0.002	−0.161
头长至上颚基 HL	0.899	−0.301	−0.050	−0.054	−0.011	−0.060	−0.132	0.020
头最宽 HW	0.781	0.275	−0.039	0.032	0.150	0.285	0.058	−0.142
头最高 HH	0.448	0.011	0.519	−0.201	−0.162	0.143	0.016	0.239
头阔指数 HWI	−0.447	0.647	0.007	0.081	0.149	0.339	0.224	−0.143
后颏长 PL	0.818	−0.268	−0.242	−0.189	0.018	0.158	0.033	0.121
后颏宽 PW	0.660	0.073	0.073	0.005	0.519	0.101	−0.380	−0.021
后颏狭 PNW	−0.295	0.070	0.564	−0.237	−0.175	0.301	−0.096	0.136
腰缩指数 PI	−0.335	0.413	0.347	0.182	0.482	−0.097	−0.433	−0.153
后胫长 TL	0.544	−0.111	−0.278	−0.153	0.244	−0.200	−0.138	−0.183
上唇长 LL	0.277	0.582	−0.336	0.311	0.053	−0.076	0.067	0.171
上唇宽 LW	0.642	0.418	−0.127	−0.007	0.172	0.248	0.142	0.034
左上颚长 LML	0.640	−0.027	−0.072	−0.299	0.144	0.302	0.235	0.063
左触角节数 LAQ	0.237	0.181	0.102	0.297	0.007	−0.142	0.486	0.346
右触角节数 QAQ	0.179	0.387	−0.271	0.204	−0.139	0.012	−0.335	0.616
左触角最短节数 SLA	0.202	−0.243	0.490	0.298	0.434	0.039	0.369	−0.043
右触角最短节数 SRA	0.051	−0.166	0.104	−0.040	0.448	−0.569	0.212	0.285
头长至上颚端 HBML	0.924	−0.243	−0.062	−0.140	0.038	0.073	−0.027	0.025

表 9 黑胸散白蚁兵蚁特征向量矩阵

Table 9 The feature vector matrix of *Reticulitermes chinensis* soldiers

特征变量 Variable quantities	*Y*1	*Y*2	*Y*3	*Y*4	*Y*5	*Y*6	*Y*7	*Y*8
前胸背板中区毛 CSP	−0.060	−0.020	−0.324	0.067	0.050	0.037	0.165	−0.234
前胸背板长 PL	0.059	−0.096	0.091	0.455	−0.143	0.050	−0.049	−0.135
前胸背板中长 PML	0.071	−0.148	0.018	0.392	−0.120	0.120	−0.099	−0.054
前胸背板宽 PW	0.076	0.109	0.067	−0.066	−0.140	−0.136	0.144	−0.336
体长至上颚基 BBML	0.094	0.189	0.103	−0.047	−0.196	−0.292	−0.014	−0.152
体长至上颚端 BL	0.099	0.188	0.091	−0.041	−0.201	−0.265	−0.001	−0.150
头长至上颚基 HL	0.125	−0.131	−0.029	−0.032	−0.008	−0.052	−0.118	0.019
头最宽 HW	0.109	0.120	−0.022	0.019	0.108	0.244	0.052	−0.132
头最高 HH	0.062	0.005	0.298	−0.119	−0.116	0.123	0.015	0.222
头阔指数 HWI	−0.062	0.282	0.004	0.048	0.107	0.291	0.201	−0.133
后颏长 PW	0.114	−0.117	−0.139	−0.112	0.013	0.135	0.029	0.112
后颏宽 PW	0.092	0.032	0.042	0.003	0.374	0.087	−0.340	−0.019
后颏狭 PNW	−0.041	0.031	0.324	−0.141	−0.126	0.258	−0.086	0.126
腰缩指数 PI	−0.047	0.180	0.199	0.108	0.347	−0.084	−0.388	−0.142
后胫长 TL	0.076	−0.048	−0.160	−0.091	0.176	−0.172	−0.123	−0.170
上唇长 LL	0.038	0.254	−0.193	0.185	0.038	−0.065	0.060	0.158
上唇宽 LW	0.089	0.182	−0.073	−0.004	0.124	0.213	0.127	0.032
左上颚长 LML	0.089	−0.012	−0.042	−0.177	0.103	0.259	0.210	0.059
左触角节数 LAQ	0.033	0.079	0.059	0.176	0.005	−0.122	0.434	0.321
右触角节数 QAQ	0.025	0.169	−0.156	0.121	−0.100	0.010	−0.300	0.572
左触角最短节数 SLA	0.028	−0.106	0.281	0.177	0.313	0.034	0.330	−0.040
右触角最短节数 SRA	0.007	−0.072	0.060	−0.024	0.322	−0.488	0.190	0.264
头长至上颚端 HBML	0.128	−0.106	−0.035	−0.083	0.027	0.063	−0.024	0.023

表 10 黑胸散白蚁与近似种白蚁兵蚁量度值对比

Table 10 The measured values for comparison of *Reticulitermes chinensis* with the similar species soldiers

种类 Species	头阔指数 CI	前胸背板中区毛 CSP	前胸背板长 PL	后颏狭 PNW	后颏宽 PW
新中华散白蚁 *Reticulitermes neochinensis*	0.59-0.62*	约 10	0.57*	0.15-0.18*	0.43-0.48*
圆唇散白蚁 *Reticulitermes labralis*	0.62-0.65*	10-16	0.44-0.55*	0.16-0.19*	0.40-0.44*
雷波散白蚁 *Reticulitermes leiboensis*	0.60-0.64*	约 30	0.59-0.66	0.10-0.12	0.41-0.47*
狭胸散白蚁 *Reticulitermes angustatus*	0.53-0.59*	约 8*	0.64-0.67	0.15-0.18*	0.50-0.55
锥颚散白蚁 *Reticulitermes conus*	0.63-0.66	4-6*	0.55-0.58*	0.14	0.45-0.47*
大别山散白蚁 *Reticulitermes dabieshanensis*	0.55-0.61*	6*	0.56-0.61*	0.17-0.18*	0.51-0.55
清江散白蚁 *Reticulitermes qingjiangensis*	0.59	4	0.45-0.55*	0.15-0.16	0.50-0.55
丰都散白蚁 *Reticulitermes fengduensis*	0.55-0.58*	6*	0.56-0.57*	0.19-0.20*	0.46-0.47*
直缘散白蚁 *Reticulitermes rectis*	0.54-0.59*	6*	0.43-0.46	0.10-0.14	0.43-0.52*
黑胸散白蚁 *Reticulitermes chinensis*	0.60±0.02	7.73±2.05	0.53±0.05	0.19±0.01	0.46±0.02

* 表示黑胸散白蚁与各近似种白蚁兵蚁性状测量指标存在交叉。

* means overlap existing in morphological taxonomic criteria between *Reticulitermes chinensis* and similar species soldiers.

黑胸散白蚁与新中华散白蚁、圆唇散白蚁、雷波散白蚁、狭胸散白蚁、锥颚散白蚁、大别山散白蚁、清江散白蚁、丰都散白蚁、直缘散白蚁 9 种近似白蚁种的对比结果表明：黑胸散白蚁在头阔指数、前胸背板中区毛、前胸背板长、后颏狭和后颏宽 5 个性状指标与其它 9 种近似白蚁存在一定的交叉现象，但综合 5 个指标考虑，黑胸散白蚁与其它近似种又存在差异，故头阔指数、前胸背板中区毛、前胸背板长、后颏狭、后颏宽可作为黑胸散白蚁兵蚁形态分类鉴定参考依据。

2.4　不同黑胸散白蚁群体的成虫量度特征变异

黑胸散白蚁成虫的 25 个形态特征见表 11，对不同黑胸散白蚁群体的成虫量度特征变异的分析结果（表 12-表 16）表明，不同群体的黑胸散白蚁兵蚁在体长连翅、体长等共计 22 个指标中均存在不同程度的显著性差异（$P<0.05$）。其中前翅 Cu 脉分支数和左触角节数 2 个测量指标，在所有的群体之间不存在显著性差异；头长

表 11　黑胸散白蚁成虫的形态性状

Table 11　Morphological characters of alates of *Reticulitermes chinensis*

特征变量 Variable quantities	定义 Definition
体长连翅 Body including wings length (BIWL)	个体在伸展状态下，上唇端至后翅末端的最大直线度
体长 Body length (BL)	个体在伸展状态下，上唇端至后腹部末端的最大直线长度
前胸背板长 Pronotum length (PL)	背面观前胸背板的最大长度，不包括边缘毛
前胸背板宽 Pronotum width (PW)	背面观前胸背板的最大宽度，不包括边缘毛
头长至上唇端 Head including labrum length (HILL)	头部在水平状态下，头后缘至上唇端部的最大长度，不包括端毛
头长至上唇基 Head length (HL)	头部在水平状态下，头后缘至上唇基部的最大直线长度
头连复眼宽 Head including compound eye width (HCEW)	正面观头部连复眼的最大宽度
头宽 Head width (HW)	正面观头部最大宽度
复眼长径 Compound eye longest diameter (CELD)	过对称中心，复眼的最长宽度
复眼短径 Compound eye shortest diameter (CESD)	过对称中心，复眼的最短宽度
单眼长径 Ocelli longest diameter（OLD）	过对称中心，单眼的最长宽度
单眼短径 Ocelli shortest diameter (OSD)	过对称中心，单眼的最短宽度
单复眼间距 Ocelli and compound eye distance (OCD)	与测量视角垂直平面下，单眼和复眼之间的最短距离
复眼距头下缘 Compound eye and head distance (CHD)	与测量视角垂直平面下，单眼和头下缘之间的最短距离
前翅长 Forewing length (FL)	前翅的最大长度
前翅宽 Forewing width (FW)	前翅的最大宽度
后翅长 Underwing length (UL)	后翅的最大长度
后翅宽 Underwing width (UW)	后翅的最大宽度
前 Cu 脉分支数 Forewing Cu branch (FCB)	前翅 Cu 脉的分支数
后 Cu 脉分支数 Underwing Cu branch (UCB)	后翅 Cu 脉的分支数
左触角节数 Left antennae quantities (LAQ)	左触角包括柄节、梗节、鞭节的总节数
右触角节数 Right antennae quantities (RAQ)	右触角包括柄节、梗节、鞭节的总节数
左触角最短节 Shortest left antennae（SLA）	左触角包括柄节、梗节、鞭节中最短的一节
右触角最短节 Shortest right antennae（SRA）	右触角包括柄节、梗节、鞭节中最短的一节
后胫长 Tibia length (TL)	后足胫节的最大长度

表 12　黑胸散白蚁不同群体成虫形态特征差异显著性比较

Table 12　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* alates for significance analysis

群体 Populations	体长连翅 BIWL		体长 BL		头长至上唇端 HILL		头长至上唇基 HL		头连复眼宽 HCEW	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=30）	9.5±0.30d	8.58-10.03	6.1±0.41bc	5.30-7.18	1.3±0.05cd	1.27-1.52	1.0±0.05b	0.95-1.14	1.0±0.04c	0.94-1.14
2（*n*=30）	9.78±0.40c	8.89-10.48	5.60±0.23e	5.17-6.09	1.35±0.05d	1.27-1.45	1.06±0.04b	0.96-1.14	1.07±0.04c	1.01-1.15
3（*n*=30）	10.17±0.31a	9.60-10.95	6.37±0.38ab	5.69-7.13	1.38±0.05bc	1.30-1.47	1.10±0.03a	1.05-1.15	1.09±0.03b	1.05-1.15
4（*n*=30）	9.71±0.44cd	8.75-10.20	5.83±0.36d	5.14-6.52	1.39±0.05bc	1.30-1.49	1.06±0.04b	1.01-1.13	1.08±0.03bc	1.03-1.15
5（*n*=30）	9.99±0.27b	9.28-10.63	6.14±0.42c	5.32-7.06	1.40±0.05ab	1.30-1.54	1.06±0.04b	1.01-1.16	1.07±0.03c	1.02-1.18
6（*n*=30）	10.30±0.33a	9.75-10.89	6.52±0.33a	5.95-7.10	1.42±0.05a	1.35-1.52	1.07±0.05b	1.00-1.18	1.11±0.04a	1.04-1.19
总体 Total (*n*=180)	9.92±0.43	8.58-10.95	6.11±0.48	5.14-7.18	1.38±0.05	1.27-1.54	1.07±0.04	0.95-1.18	1.08±0.04	0.94-1.19

表 13　黑胸散白蚁不同群体成虫形态特征差异显著性比较

Table 13　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* alates for significance analysis

群体 Populations	复眼长径 CELD		复眼短径 CESD		单眼长径 OLD		单眼短径 OSD		单复眼间距 OCD	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=30）	0.21±0.01b	0.20-0.24	0.20±0.01b	0.17-0.22	0.08±0.01a	0.05-0.09	0.07±0.01a	0.05-0.08	0.06±0.01cd	0.05-0.08
2（*n*=30）	0.21±0.01b	0.20-0.22	0.20±0.01b	0.18-0.22	0.07±0.01b	0.06-0.09	0.06±0.00c	0.06-0.07	0.07±0.01bc	0.04-0.08
3（*n*=30）	0.22±0.01c	0.20-0.24	0.20±0.01b	0.18-0.22	0.07±0.01c	0.05-0.09	0.06±0.01d	0.05-0.07	0.06±0.01cd	0.05-0.08
4（*n*=30）	0.23±0.01a	0.22-0.24	0.22±0.01a	0.21-0.23	0.07±0.01ab	0.06-0.08	0.06±0.00bc	0.06-0.07	0.07±0.01b	0.05-0.08
5（*n*=30）	0.23±0.01a	0.20-0.25	0.22±0.01a	0.19-0.24	0.08±0.01a	0.06-0.09	0.07±0.01ab	0.05-0.09	0.06±0.01d	0.05-0.07
6（*n*=30）	0.23±0.01a	0.22-0.25	0.22±0.01a	0.21-0.24	0.07±0.01ab	0.06-0.08	0.06±0.01bc	0.06-0.07	0.07±0.01a	0.06-0.08
总体 Total (*n*=180)	0.22±0.01	0.20-0.25	0.21±0.01	0.17-0.24	0.07±0.01	0.05-0.09	0.06±0.01	0.05-0.09	0.06±0.01	0.04-0.08

表 14　黑胸散白蚁不同群体成虫形态特征差异显著性比较

Table 14　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* alates for significance analysis

群体 Populations	前胸背板长 PL		前胸背板宽 PW		前翅长 FL		前翅宽 FW		前翅 Cu 脉分支数 FCB	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=30）	0.53±0.04 cd	0.43-0.60	0.90±0.04 bc	0.81-0.97	7.39±0.25 c	6.82-7.92	1.89±0.06 e	1.76-2.03	9.87±1.01 a	8-12
2（*n*=30）	0.54±0.03 bc	0.48-0.61	0.88±0.04 de	0.81-0.95	7.52±0.32 ab	6.88-8.73	1.91±0.09 e	1.72-2.16	9.83±0.83 a	8-12
3（*n*=30）	0.53±0.04 bcd	0.47-0.60	0.92±0.03 ab	0.85-0.97	7.62±0.19 a	7.29-7.99	2.15±0.07 c	2.03-2.30	10.07±1.01 a	8-12
4（*n*=30）	0.52±0.05 d	0.41-0.59	0.89±0.05 cd	0.82-0.97	7.57±0.18 ab	7.35-7.91	2.21±0.05 b	2.14-2.35	10.07±0.83 a	8-11
5（*n*=30）	0.55±0.02 b	0.50-0.60	0.87±0.03 e	0.81-0.93	7.49±0.18 bc	7.15-7.89	2.00±0.09 d	1.80-2.12	10.00±0.79 a	8-11
6（*n*=30）	0.63±0.04 a	0.54-0.69	0.93±0.04 a	0.84-0.99	7.58±0.20 ab	7.28-7.99	2.28±0.09 a	2.10-2.42	10.07±0.64 a	9-11
总体 Total (*n*=180)	0.55±0.05	0.41-0.69	0.90±0.05	0.81-0.99	7.53±0.24	6.82-8.73	2.07±0.17	1.72-2.42	9.98±0.86	8-12

表 15　黑胸散白蚁不同群体成虫形态特征差异显著性比较

Table 15　Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* alates for significance analysis

群体 Populations	后翅长 UL		后翅宽 FW		后 Cu 脉分支数 UCB		左触角节数 LAQ		右触角节数 QAQ	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=30）	7.11±0.21 c	6.68-7.48	1.91±0.08 d	1.76-2.06	9.93±0.69 ab	9-12	15.53±4.32 a	13-17	14.17±5.75 b	12-17
2（*n*=30）	7.23±0.25 b	6.65-7.80	1.94±0.10 cd	1.75-2.12	9.63±0.81 bc	8-11	15.30±4.31 a	14-18	14.43±5.05 b	13-18
3（*n*=30）	7.43±0.19 a	7.10-7.74	2.14±0.08 a	2.01-2.30	9.97±0.61 ab	9-11	15.60±4.39 a	13-18	15.90±3.29 ab	13-18
4（*n*=30）	7.32±0.18 b	7.12-7.69	2.10±0.04 b	2.04-2.21	10.03±0.67 a	9-11	16.43±0.94 a	14-18	16.36±1.33 a	12-18
5（*n*=30）	7.25±0.18 b	6.88-7.60	1.95±0.09 c	1.81-2.11	9.50±0.82 c	7-11	16.16±1.86 a	10-17	16.30±1.09 a	13-17
6（*n*=30）	7.28±0.15 b	7.08-7.73	2.13±0.06 ab	2.04-2.27	9.70±0.70 abc	8-11	16.63±0.93 a	14-18	16.27±1.08 a	12-18
总体 Total (180)	7.32±0.19	6.88-7.74	2.08±0.10	1.81-2.30	9.80±0.73	7-11	15.94±3.20	10-18	15.58±3.57	12-18

表 16 黑胸散白蚁不同群体成虫形态特征差异显著性比较

Table16 Different populations were compared with morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* alates for significance analysis

群体 Populations	头宽 HW		复眼距头下缘 CHD	
	平均值 Mean±SD	范围 Range	平均值 Mean±SD	范围 Range
1（*n*=30）	1.0±0.04 c	0.87-1.07	0.20±0.01 ab	0.18-0.23
2（*n*=30）	1.02±0.03 b	0.96-1.10	0.20±0.01 ab	0.18-0.22
3（*n*=30）	1.03±0.03 b	0.99-1.11	0.21±0.01 a	0.17-0.23
4（*n*=30）	1.06±0.03 a	1.01-1.12	0.19±0.01 c	0.17-0.22
5（*n*=30）	1.03±0.03 b	1.00-1.15	0.18±0.02 d	0.15-0.21
6（*n*=30）	1.07±0.05 a	1.00-1.16	0.20±0.01 bc	0.17-0.22
总体 Total（180）	1.04±0.04	0.87-1.16	0.20±0.02	0.15-0.23

至上唇基一个测量指标仅存在一个群体与其余 5 个群体存在显著性差异外（$P<0.05$）；其余的体长连翅、体长共计 19 个测量指标，均存在 2 个以上的群体与其余群体存在显著性差异（$P<0.05$）。

2.5 黑胸散白蚁成虫量度特征结果与分析

2.5.1 因子分析 运用 SPSS19.0 软件对成虫形态特征变量进行分析，获得主成分特征值（表 17）。从 25 个原变量中提取出了特征值大于 1 的 8 个主成分，其累计贡献率为 70.712%。用这 8 个主成分就能反映 25 个原变量之间的差异关系。

2.5.2 主成分分析 因子分析提取了黑胸散白蚁成虫的 8 个主成分，通过主成分分析分别获得了 8 个主成分的负荷值（表 18），根据主成分负荷值和特征值，依次计算得到特征向量矩阵（表 19）。由特征向量矩阵可以计算出成虫 8 个主成分的得分，主成分的表达式为：

$$Y_k=a_1X_1+a_2X_2+a_3X_3+a_4X_4+a_5X_5+\cdots+a_nX_m$$

成虫的 8 个主成分 K 取值 1-8，n 取值 1-21，m 取值 1-21，a 为特征向量，X 为标准化后的变量。

根据黑胸散白蚁成虫主成分得分表达式得出，前翅宽在第一主成分有较高的负荷值，单复眼间距在第二主成分中有较高的负荷值，左触角最短节数在第三主成分中有较高的负荷值，头长至上颚端在第四主成分中有较高的负荷值，前 Cu 脉分支数在第五主成分中有较高的负荷值，右触角节数在第六主成分中有较高的负荷值，复眼距头下缘在第七主成分中有较高的负荷值，前 Cu 脉分支数在第八主成分中有较高的负荷值。

表 17 黑胸散白蚁成虫 25 个形态性状的特征值

Table 17 The eigen values of 21 characters of *Reticulitermes chinensis* alates

主成分 Principal component	特征值 Eigen value	贡献率（%） Contribution rate	累积贡献率（%） Cumulative contribution rate
第一主成分 First PC	4.954	23.590	23.590
第二主成分 Second PC	1.929	9.185	32.775
第三主成分 Third PC	1.857	8.844	41.620
第四主成分 Fourth PC	1.480	7.045	48.665
第五主成分 Fifth PC	1.304	6.208	54.874
第六主成分 Sixth PC	1.206	5.741	60.615
第七主成分 Seventh PC	1.091	5.197	65.812
第八主成分 Eighth PC	1.029	4.900	70.712

表 18　黑胸散白蚁成虫形态特征主成分负荷值

Table 18　Loading of principal components on the morphological characteristics of *Reticulitermes chinensis* alates

变量 Variable quantities	负荷值 Load value							
	第一主成分 First principal component	第二主成分 Second principal component	第三成分 Third principal component	第四主成分 Fourth principal component	第五主成分 Fifth principal component	第六主成分 Sixth principal component	第七主成分 Seventh principal component	第八主成分 Eighth principal component
体长连翅 BIWL	0.769	.040	−0.052	0.205	−0.154	0.275	−0.089	0.110
体长 BL	0.479	−0.226	−0.341	0.011	−0.379	0.115	0.052	0.261
头长至上唇端 HILL	0.545	0.287	−0.059	−0.399	−0.156	−0.071	0.087	0.196
头长至上唇基 HL	0.625	−0.179	0.090	−0.357	−0.195	−0.029	−0.218	−0.124
头连复眼宽 HCEW	0.650	0.393	0.156	−0.396	−0.009	−0.156	−0.135	0.028
头宽 HW	0.618	0.395	0.159	−0.351	0.077	−0.238	−0.030	−0.142
单复眼间距 OCD	−0.048	0.659	−0.138	0.255	0.172	0.094	−0.131	−0.134
复眼距头下缘 CHD	0.225	0.164	−0.033	−0.102	0.439	0.084	0.578	0.159
前胸背板长 PL	0.249	0.305	0.354	0.280	0.231	0.325	−0.457	0.135
前胸背板宽 PW	0.494	0.086	−0.105	0.329	−0.502	−0.061	0.292	0.056
后胫长 TL	0.274	−0.508	0.329	0.016	0.045	0.028	0.013	−0.347
前翅长 FL	0.610	0.361	0.049	0.394	0.070	0.125	0.023	0.127
前翅宽 FW	0.823	−0.159	−0.155	0.177	0.004	0.175	0.063	−0.103
前 Cu 脉分支数 FCB	0.183	−0.319	0.025	−0.116	0.509	0.152	0.155	0.493
后翅长 UL	0.634	−0.266	−0.215	0.203	0.378	−0.189	0.020	−0.225
后翅宽 FW	0.729	−0.219	−0.277	0.102	0.234	−0.063	0.017	−0.360
后 Cu 脉分支数 UCB	0.249	−0.325	−0.341	−0.249	0.139	−0.158	−0.445	0.350
左触角节数 LAQ	0.158	0.095	0.481	−0.356	0.042	0.234	0.255	−0.188
右触角节数 RAQ	0.141	−0.333	0.560	−0.074	−0.154	0.533	−0.030	0.047
左触角最短节数 SLA	0.168	−0.152	0.608	0.316	0.104	−0.463	−0.153	0.121
右触角最短节数 SRA	0.236	−0.065	0.481	0.249	−0.145	−0.465	0.211	0.255

前翅宽、单复眼间距、复眼距头下缘、左触角最短节数、右触角节数、头长至上颚端、前 Cu 脉分支数 7 个指标在 6 个不同群体间变异较小，具有相对稳定性。黑胸散白蚁的近似种成虫在《等翅目》一书的记录甚少且不全，故黑胸散白蚁成虫量度值暂不与近似种成虫作对比分析。

3　结论与讨论

运用 SPSS19.0 软件对黑胸散白蚁兵蚁和成虫进行主成分分析，主成分分析结果表明：兵蚁头长至上颚端、头阔指数、前胸背板中区毛、前胸背板长、后颏狭、后颏宽、右触角最短节数、左触角节数和右触角节数 9 个指标在 6 个不同群体间变异较小，具有相对稳定性；成虫前翅宽、单复眼间距、复眼距头下缘、左触角最短节数、右触角节数、头长至上颚端、前 Cu 脉分支数 7 个指标在 6 个不同群体间变异较小，具有相对稳定性。这些特征可用于黑胸散白蚁形态分类鉴定。

但差异性显著性分析结果表明主成分分析得出的兵蚁的 9 个指标和成虫的 7 个指标在 6 个群体中均存在不同程度的显著性差异（$P<0.05$）。种内形态特征存在差异性，容易将黑胸散白蚁鉴定为其他种类的白蚁，再加上黑胸散白蚁形态与其他种类的白蚁存在重叠，导致形态分类准确性

表 19 黑胸散白蚁成虫特征向量矩阵

Table 19 The feature vector matrix of *Reticulitermes chinensis* alates

特征变量 Variable quantities	*Y*1	*Y*2	*Y*3	*Y*4	*Y*5	*Y*6	*Y*7	*Y*8
体长连翅 BIWL	0.155	0.021	−0.028	0.138	−0.118	0.228	−0.081	0.107
体长 BL	0.097	−0.117	−0.184	0.007	−0.291	0.095	0.048	0.253
头长至上唇端 HILL	0.110	0.149	−0.032	−0.270	−0.120	−0.059	0.080	0.190
头长至上唇基 HL	0.126	−0.093	0.048	−0.241	−0.150	−0.024	−0.200	−0.120
头连复眼宽 HCEW	0.131	0.204	0.084	−0.267	−0.007	−0.130	−0.123	0.027
头宽 HW	0.125	0.205	0.085	−0.237	0.059	−0.198	−0.028	−0.138
单复眼间距 OCD	−0.010	0.342	−0.074	0.172	0.132	0.078	−0.120	−0.130
复眼距头下缘 CHD	0.045	0.085	−0.018	−0.069	0.336	0.070	0.530	0.154
前胸背板长 PL	0.050	0.158	0.190	0.189	0.177	0.269	−0.418	0.131
前胸背板宽 PW	0.100	0.045	−0.056	0.222	−0.385	−0.051	0.268	0.054
后胫长 TL	0.055	−0.263	0.177	0.011	0.035	0.023	0.012	−0.337
前翅长 FL	0.123	0.187	0.026	0.266	0.054	0.103	0.021	0.124
前翅宽 FW	0.166	−0.083	−0.083	0.120	0.003	0.145	0.057	−0.100
前 Cu 脉分支数 FCB	0.037	−0.166	0.013	−0.079	0.390	0.126	0.142	0.479
后翅长 UL	0.128	−0.138	−0.115	0.137	0.290	−0.157	0.018	−0.219
后翅宽 FW	0.147	−0.114	−0.149	0.069	0.180	−0.052	0.016	−0.350
后 Cu 脉分支数 UCB	0.050	−0.169	−0.184	−0.169	0.107	−0.131	−0.408	0.340
左触角节数 LAQ	0.032	0.049	0.259	−0.240	0.032	0.194	0.234	−0.183
右触角节数 RAQ	0.028	−0.173	0.301	−0.050	−0.118	0.442	−0.028	0.045
左触角最短节数 SLA	0.034	−0.079	0.328	0.214	0.080	−0.384	−0.140	0.117
右触角最短节数 SRA	0.048	−0.034	0.259	0.169	−0.112	−0.386	0.193	0.247

降低，容易产生同物异名。从主客观分析产生白蚁同物异名主要有如下几个因素：

一是由于营养、环境、地理位置、巢龄等因素导致同种白蚁个体形态特征本身即存在显著性差异。本文测量分析所用白蚁全为成都城区范围内采集，在显著性分析时即表现出明显的差异。如果把标本采集来源扩大到更大的地理范围，更容易导致标本本身即存在显著性差异。散白蚁形态特征会随生存的地理环境和取食习惯的不同而发生变化，可能会导致同一种散白蚁的兵蚁在不同地区出现体色、大小不一致的现象（张红兵等，2005）。

二是白蚁形态分类缺少确切的量化指标，更容易导致白蚁同物异名。中国的白蚁形态分类鉴定主要参考《等翅目》一书，常用的一些主要鉴定特征有：头壳的形状大小；上唇的形状；上颚的形状、长短及齿的形状、目数和排列方式；上唇和唇的式样；唇基的隆起程度；囟的形状和位置；触角的节数、颜色和最初几节之间的大小比例；后颏的形状；前胸背板的形状、宽度及中区毛根数。但书中并没对这些鉴定特征做一些明确的描述，这也致使了在白蚁的实际鉴定中，对于一些界定模糊的特征无从判断。譬如鉴定中常用到的前胸背板中区毛根数，对于前胸背板中区的划分并无确切的界定，同时也未对毛的长短作明确的规定；在散白蚁鉴定中，触角节数也经常作为形态分类鉴定的一个指标，但是触角极易折断、损伤，在判断触角的节数时往往得出不可靠

的结果，这也使得最终形态鉴定结果不准确。因白蚁形态分类鉴定缺少确切的量化指标，加之鉴定人员形态分类鉴定经验积累的差异，同种白蚁不同鉴定人员可能鉴定成不同的白蚁种类。

三是用于形态分类的白蚁有效标本数量往往较少，增大了白蚁种类形态分类鉴定难度。白蚁是社会性昆虫，品级分化较复杂，对鉴定要求和标本收集要求都较高，但是在实际的标本鉴定过程中发现，可供鉴定的兵蚁数量较少，虽然能够获得相应的量度，但无法排除不同个体之间的差异（权永兵等，2012），白蚁成虫往往又只能在分飞期采集到，这就导致白蚁标本的鉴定很难得出一个可靠的结论，这也增加了白蚁种类形态分类鉴定难度。

四是白蚁标本本身和形态分类鉴定仪器对白蚁形态分类鉴定的影响。白蚁标本的形态测量需要借助专业的测量仪器，通过人为对兵蚁测量部位的判定，可能会导致测量的结果出现偏差（卓奕，2004）。且由于白蚁标本是用 75%酒精保存，大部分标本在保存时已经定型，很多白蚁标本身体都是呈弯曲状，未完全舒展开，加之白蚁身体较柔软，且长时间用酒精保存，轻微的触碰就会对白蚁标本造成损伤，加上测量仪器的精确度不同，这些都有可能对测量结果的准确性造成一定影响。同时通过与《等翅目》一书散白蚁属不同种白蚁的对比发现，在不同种白蚁特征值测量指标之间存在很大程度的重叠区（戴华国，2004）。不同种之间的差别都是相对而言的，很难通过体部上的差异进行精准的鉴别，并且大部分体部的量度之间存在相互重叠的现象（蔡邦华等，1963）。因此，通过兵蚁或成虫的形态特征与量度上很难对散白蚁进行准确的区分（王新国等，2015）。

五是白蚁形态分类往往缺乏对模式标本的比对。由于目前国内白蚁模式标本保存较为分散，一些模式标本甚至还保存在国外，白蚁模式标本的资源共享较为困难，导致白蚁分类工作在进行白蚁种类鉴定时，往往只能通过与文献描述特征比对判断，缺乏与模式标本必要的实物比对。

所以有必要加强对白蚁形态分类鉴定特征的重新梳理，量化和细化白蚁形态特征，同时加强白蚁形态分类鉴定的系统培训，建立一个统一的形态分类鉴定标准。在今后的白蚁分类工作中我们可从以下几方面入手开展散白蚁属白蚁标本的鉴定工作：(1) 白蚁形态分类鉴定时最好结合兵蚁和成虫多个形态特征进行判断；(2) 将传统形态分类鉴定和 DNA 分子技术等多个分类手段及白蚁生物学特性相结合，开展白蚁分类鉴定工作；(3) 重新梳理中国的散白蚁种类的鉴定特征，明确可用于形态分类鉴定的性状特征；(4) 建立一个白蚁形态分类鉴定的网络大数据平台；(5) 加强国内外学术交流和标本共享，以实现资源的充分共享。

参考文献 (References)

Cheng DB, Yang ZF, 2014. Termitology. Being: Science Press. 81–82. [程冬保, 杨兆芬, 2014. 白蚁学. 北京: 科学出版社. 81–82.]

Cai BH, Chen NS, 1963. New species of termites in southern China. *Acta Entomologica Sinica*, 12(5): 167–198. [蔡邦华, 陈宁生, 1963. 中国南部的白蚁新种. 昆虫学报, 12(5): 167–198.]

Cameron SL, Whiting MF, 2007. Mitochondrial genomic comparisons of the subterranean termites from the genus *Reticulitermes* (Insecta: Isoptera: Rhinotermitidae). *Genome*, 50(2): 188–202.

Ding JJ, 2013. Revision of the genus *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae) in China. Doctor dissertation. Nanchang: Jiangxi Agricultural University. [丁俊杰, 2013. 中国乳白蚁属分类修订研究. 博士学位论文. 南昌: 江西农业大学.]

Dai HG, Li XY, Zhang HB, 2004. A review of the classification on termites. *Chinese Bulletin of Entomology*, 41(1): 20–23. [戴华国, 李小鹰, 张红兵, 2004. 白蚁分类方法述评. 昆虫知识, 41(1): 20–23.]

Huang FS, Zhu SM, Ping ZM, He XS, Li GX, Gao DR, 2000. Fauna Sinica, Insecta, Vol. 17. Isoptera. Bejing: Science Press. 1–961. [黄复生, 朱世模, 平正明, 何秀松, 李桂祥, 高道蓉, 2000. 中国动物志, 昆虫纲, 第十七卷 等翅目. 北京: 科学出版社. 1–961.]

Krishna K, Grimaldi DA, Krishna V, Engel MS, 2013. Treatise on the Isoptera of the world. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 377(7): 1–200.

Kirton LG, Brown VK, 2003. The taxonomic status of pest species

of *Coptotermes* in southeast Asia: resolving the paradox in the pest status of the termites, *Coptotermes genstroi, C. havilandi* and *C. travians* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*, 84(1): 43–63.

Kambhampati S, Eggleton P, 2000. Taxonomy and phylogeny of termites//Abe T, Bingell DE, Higashi M (eds.). Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology. Berlin: Academic Press. 1–23.

Liu BR, Zhong JH, Guo MF, Li ZQ, Zeng WH, Xiao C, 2014. The study of measurement variability of *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae) and its taxonomic significance. *Journal of Environmental Entomology*, 36(5): 724–729. [刘炳荣, 钟俊鸿, 郭明昉, 李志强, 曾文慧, 肖婵, 2014. 台湾乳白蚁种群兵蚁量度长度范围及其分类学意义分析. 环境昆虫学报, 36(5): 724–729.]

Li GX, 2002. Termites in China and Their Control. Bejing: Science Press. 117. [李桂祥, 2002. 中国白蚁及其防治. 北京: 科学出版社. 117.]

Quan YB, Liao L, Zhang WD, Ding JJ, Ping ZM, Wang JG, 2012. Advance of quarantine molecular diagnosis of subterranean termite genus *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Environmental Entomology*, 34(3): 354–362. [权永兵, 廖力, 张卫东, 丁俊杰, 平正明, 王建国, 2012. 乳白蚁属 *Coptotermes* (Isoptera: Rhinotermitidae）检疫分子鉴定研究进展. 环境昆虫学报, 34(3): 354–362.]

Szalanski AL, Austin JW, Owens CB, 2003. Identification of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism. *Journal of Economic Entomology*, 96(5): 1514–1519.

Vargo EL, Husseneder C, Grace JK, 2003. Colony and population genetic structure of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*, in Japan. *Molecular Ecology*, 12(10): 2599–2608.

Wang JG, 2004. Application of molecular systematics in classification of termites. Doctor dissertation. Guangzhou: Huanan Agricultural University [王建国, 2004. 分子系统学方法在白蚁分类中的应用. 博士学位论文. 广州: 华南农业大学.]

Wang XG, Wang DG, Liang F, Yang HX, Zhao JP, Lin HJ, Jiang X, Jiang ZH, Wang XL, 2015. Morphological comparisons of eight species of *Coptotermes* termite(Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology*, 28(1): 1–7. [王新国, 王定国, 梁帆, 杨红霞, 赵菊鹏, 林惠娇, 蒋湘, 江志海, 王显龙, 2015. 八种乳白蚁兵蚁的形态学研究. 仲恺农业工程学院学报, 28(1): 1–7.]

Xu P, Chen SH, Zeng XH, 2015. Molting and emergence behavior of the last instar nymph of *Reticulitermes chinensis* Snyder. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(1): 200–208. [徐鹏, 陈尚海, 曾小虎. 黑胸散白蚁末龄若虫蜕皮羽化行为观察. 应用昆虫学报, 52(1): 200–208.]

Zhuo Y, 2004. Study on morphological characteristic of five kinds of termites and *Macrotermes barneyi* Light biological characteristic in Hunan. Doctor dissertation. Changsha: Hunan Agricultural University. [卓奕, 2004. 湖南五种白蚁形态学特征及黄翅大白蚁生物学特性研究. 博士学位论文. 长沙: 湖南农业大学.]

Zhang HB, Li XY, Dai HG, Zhou QJ, 2005. Analysis of cuticular hydrocarbons of termites and its application in taxonomy. *Acta Entomologica Sinica*, 48(4): 582–587. [张红兵, 李小鹰, 戴华国, 周秋君, 2005. 白蚁表皮碳氢化合物组分鉴定及分类学意义. 昆虫学报, 48(4) : 582–587.]

Zeng XH, Xu P, Zhang L, Chen SH, 2016. The research on intraspecific and interspecific struggle relation of five species of termites damaging the landscaping in Sichuan. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 37(5): 36–40. [曾小虎, 徐鹏, 张亮, 陈尚海. 四川地区危害园林绿化的 5 种白蚁种内和种间争斗性关系研究. 四川林业科技, 37(5): 36–40.]