

海南脆蛇蜥的分类地位研究

李茂金^① 王英永^② 王力军^③ 汪继超^{③*} 蔡波^{④*}

① 海南省林业集团有限公司 海口 570203; ② 中山大学 广州 510275;

③ 海南师范大学 海口 571158; ④ 中国科学院成都生物研究所 成都 610041

摘要: 海南脆蛇蜥 (*Dopasia hainanensis* Yang, 1983) 为杨戎生根据 1 号来自海南吊罗山的标本命名, 其形态和分子系统发育关系少有人研究。2018 年至 2019 年间, 作者获赠 2 号来自海南脆蛇蜥模式产地的标本和 1 号来自脆蛇蜥 (*D. harti*) 模式产地的组织样。经过形态特征比较和线粒体 Cyt *b* 基因序列分析, 发现两地样本 Cyt *b* 基因序列的遗传距离很近 (仅有 4.96%), 且形态差异不明显, 难以找到典型鉴别特征。本文研究成果支持海南脆蛇蜥和台湾脆蛇蜥 (*Ophisaurus formosensis*) 为脆蛇蜥的同物异名, 同时认为越南的“海南脆蛇蜥”可能为一未描述的新种或新亚种。鉴于脆蛇蜥种下遗传差异较大, 其种下关系亟待进一步研究。

关键词: 蛇蜥科; 脆蛇蜥; 海南脆蛇蜥; 同物异名; 遗传多样性

中图分类号: Q959 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 02-233-12

Taxonomic Status of *Dopasia hainanensis*

LI Mao-Jin^① WANG Ying-Yong^② WANG Li-Jun^③ WANG Ji-Chao^{③*} CAI Bo^{④*}

① Hainan Forestry Group Co., Ltd, Haikou 570203; ② Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275;

③ Hainan Normal University, Haikou 571158; ④ Chengdu Institute of Biology,

Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract: [Objectives] *Dopasia hainanensis* Yang, 1983 was first described based on one specimen from Mt. Diaoluo, Hainan, China by YANG Rong-Sheng. *D. hainanensis* is the least studied species in the Asiatic genus in China. The relationship between morphology and molecular phylogeny is still largely unknown. **[Methods]** Between 2018 and 2019, two *Dopasia* specimens were presented from the type locality of *D. hainanensis* and one *Dopasia* sample from the type locality of *D. harti*. After the comparison of the preliminary morphological characteristics, it was found that the two *Dopasia* specimens from Mt. Diaoluo may be the *D. hainanensis* and the *D. harti* respectively. In this paper, by adding morphological data of other specimens from Mt. Diaoluo and Mt. Wuyi, combined with mitochondrial cytochrome *b* (Cyt *b*) DNA

基金项目 海南热带雨林国家公园资源综合调查与监测项目 (2023), 质兰基金项目 (No. 2022100541A), 阿拉善 SEE 青年学者资助项目 (No. SEE-B-3709);

* 通讯作者, E-mail: wjc@hainnu.edu.cn, caibo@cib.ac.cn;

第一作者介绍 李茂金, 男, 林业工程师; 研究方向: 生态资源调查与利用; E-mail: 379205684@qq.com.

收稿日期: 2023-04-06, 修回日期: 2023-10-13 DOI: 10.13859/j.cjz.202423062

sequence analysis, we further verified the taxonomic status of the *D. hainanensis*. [Results] Based on comparison of morphological characteristics (Appendix 2) and mitochondrial cytochrome *b* (Cyt *b*) DNA sequence (Appendix 1), the two *Dopasia* specimens from Mt. Diaoluo are the same species. The phylogenetic positions of these specimens (p -distance $\geq 4.96\%$) from the two places are very close (Fig. 2), and the morphological differences are not obvious, which indicating the difficulty to find the typical distinguishing characteristics. [Conclusion] Therefore, it is supported that *D. hainanensis* is a synonym of *D. harti*, and *D. formosensis* is a synonym of *D. harti*, and *D. cf. hainanensis* in Vietnam may be a new species or subspecies that has not been described. In view of the complex intraspecific phylogeny under *D. harti*, more detailed samples and markers are needed.

Key words: Anguidae; *Dopasia harti*; *D. hainanensis*; Synonym; Genetic diversity

亚洲脆蛇蜥属 (*Dopasia*) 物种是一类没有四肢且能自动断尾的蜥蜴 (赵尔宓等 1999)。Conrad 等 (2008, 2011)、Nguyen 等 (2011) 和 Lavin 等 (2019) 的研究, 将原广义脆蛇属 (*Ophisaurus sensu lato*) 拆分为 4 个不同的属, *Pseudopus*、*Hyalosaurus*、亚洲脆蛇蜥属和狭义脆蛇属 (*Ophisaurus sensu stricto*)。狭义脆蛇属仅限于北美和中美洲, 而亚洲脆蛇蜥属分布于东亚和东南亚, 且在中国共有 3 种, 分别为细脆蛇蜥 (*D. gracilis*)、脆蛇蜥 (*D. harti*) 和海南脆蛇蜥 (*D. hainanensis*) (Cai et al. 2022)。

海南脆蛇蜥由杨戎生在 1983 年仅依据 1 号标本首次描述, 其模式产地为海南岛吊罗山新安林场 (杨戎生 1983)。赵尔宓等 (1999) 在杨戎生 (1983) 对海南脆蛇蜥描述的基础上增加了“背鳞 20 行”为其鉴别特征, 并将其作为检索内容。汪继超等 (2007) 在吊罗山度假村采集到 2 号标本 (HNU-1011 和 HNU-1012), 发现其耳孔大小及背鳞和尾下鳞光滑程度与脆蛇蜥无明显差异, 后又通过对比采自不同地区的 11 号脆蛇蜥标本的背部色斑, 发现脆蛇蜥个体间体表色斑差异较大, 体表色斑应为个体间变异特征, 故认为海南脆蛇蜥和脆蛇蜥应为同物异名。但汪继超等 (2007) 尚未对其进行分子生物学研究, 也未比较海南脆蛇蜥的侧沟间背鳞特征。Nguyen 等 (2011) 对亚洲脆蛇蜥属物种进行了厘订, 认可海南脆蛇蜥与脆蛇蜥的

形态检索鉴别特征为侧沟间背鳞是否达到 20 行, 并发现越南种群形态鉴别特征与杨戎生 (1983) 描述基本一致, 因此认为海南脆蛇蜥在越南有分布。但该文中越南种群的形态描述对比仅依据 1 号海南脆蛇蜥的正模标本, 缺乏海南脆蛇蜥地模标本的分子数据支持和更多地模标本的形态比较。Lavin 等 (2019) 对蛇蜥亚科 (Anguinae) 的系统发育和分歧时间进行了研究, 结果显示亚洲脆蛇蜥属与狭义脆蛇属是姊妹群, 其中, 来自中国台湾的脆蛇蜥种群与安徽的脆蛇蜥种群为姐妹支系, 然后再与越南的“海南脆蛇蜥”相聚。不过, 该文章也未使用脆蛇蜥和海南脆蛇蜥地模标本的 DNA 序列信息。

2018 年和 2019 年, 作者先后获得 2 号来自海南吊罗山新安林场的亚洲脆蛇蜥属物种标本和 1 号来自武夷山 (模式标本产地) 的脆蛇蜥组织样。依据赵尔宓等 (1999) 和 Nguyen 等 (2011) 的形态检索表鉴定, 海南标本 1 号为海南脆蛇蜥, 另 1 号则疑似为脆蛇蜥。基于上述标本, 本文对脆蛇蜥和海南脆蛇蜥地模标本以及海南疑似脆蛇蜥的样品进行了系统研究, 并结合形态数据对海南脆蛇蜥分类地位重新进行了探讨。

1 材料与方法

1.1 形态特征与测量

形态特征及测量方法参考杨戎生 (1983)

和赵尔宓等 (1999)。研究中, 使用世达 (SATA91512) 数显游标卡尺 (量程 0 ~ 100 mm, 精确到 0.01 mm) 测量标本的长度特征, 包括头体长、尾长、头长、下颌长、头宽、头高、眼宽和眼径。计数形态特征包括吻鳞宽、额鳞、眶上鳞、额鼻鳞、颊鳞、上唇鳞、侧沟间背鳞行数、沿侧沟背鳞数、腹鳞纵列、额鼻鳞与吻鳞间鳞片数、鼻鳞额鼻鳞间鳞片、下睫鳞与上唇鳞间鳞片行数、下唇鳞与颌片间行数。其他特征比较, 如: 额鼻鳞与额鳞是否接触, 顶间鳞与顶鳞宽度关系、耳孔与鼻孔大小关系、尾上鳞起棱状态以及尾下鳞起棱状态。

形态检视标本来自海南师范大学 (Hainan Normal University, HNU)、中山大学生物博物馆 (The Museum of Biology, Sun Yat-sen University, SYS)、福建师范大学 (Fujian Normal University, FNU) 和中国科学院成都生物研究所 (Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, CIB)。

1.2 DNA 提取、扩增与测序

DNA 研究样品编号为 SYSr001869 和 CIB-GD04, 其中, SYSr001869 为来自海南省吊罗山的亚洲脆蛇蜥属物种幼体组织样, 其整体标本保存在中山大学; CIB-GD04 为福建省武夷山挂墩的脆蛇蜥孵化后留下的羊膜, 幼体原产地放生。组织样品均固定于 95%乙醇中, 置放于 -20 °C 低温保存。采用生工生物工程 (上海) 有限公司试剂盒提取样本的总 DNA。用 Primer Premier 5 设计引物, PL2 5'-CCM TCM AAC MTY TCM DYW TKR TGA AA-3' 和 PH2 5'-GGC RAA KAR RAA RTA YCA TTC-3' (M 为 A、C, Y 为 C、T, W 为 A、T, R 为 A、G, K 为 G、T) 扩增线粒体细胞色素 *b* (cytochrome *b*, *Cyt b*) 基因片段。PCR 反应采用成都擎科梓熙生物技术有限公司 TSINGKE Master Mix (blue), 其反应体系为 20 μ l, 包括 2 \times TSINGKE Master Mix 10 μ l, ddH₂O 8 μ l, 引物各 0.5 g/L, DNA 模板 1 g/L。PCR 反应条件: 94 °C 预变性 3 min; 94 °C 变性

40 s, 48.5 °C 退火 30 s, 72 °C 延伸 60 s, 35 个循环; 循环结束后 72 °C 终末延伸 8 min。扩增产物纯化后由生工生物工程 (上海) 有限公司双向测序和组装。所得序列上传到 GenBank, 序列号见附录 1。

1.3 序列比对与分子系统关系重建

首先使用 DNASTar 软件包 (DNASTar Inc., Madison, WI) 中的 SeqMan 对所获取的序列进行正反链校对和编辑, 手工去除序列两端的引物, 最终获得有效长度为 1 136 bp 的 *Cyt b* 片段。将获得的序列在 NCBI 使用 BLAST 进行序列同源性搜索, 确认所得的序列为目的片段。使用 Clustal X 2.0 (Larkin et al. 2007), 采用默认配置进行序列多重比对。在 Mega X (Kumar et al. 2018) 中进行序列组成和特征分析。

从 GenBank 下载亚洲脆蛇蜥属、脆蛇属和蛇蜥属 (*Anguis*) 等蛇蜥科 (Anguillidae) 物种的同源区序列, 结合本研究扩增的 2 条序列, 并使用鳄蜥 (*Shinisaurus crocodilurus*) 同源区序列作为外群为系统发育树赋根。上述同源区序列共 47 条, 利用 Mega X 中的 Clustal W 算法对所获得的序列进行比对, 并人工校正比对结果。用 Mega X 中的未校正距离模型 (uncorrected genetic distance, *p*-distance) 计算不同个体间的遗传距离和种群间遗传距离。

通过 Mega X 计算模型, 基于贝叶斯信息准则 (Bayesian information criterion, BIC) 选择最优核苷酸替代模型, 计算得到的最优模型为 GTR + I + G, 使用 Mega X 构建最大似然树 (maximum-likelihood)。进行最大似然分析时, 各支系的支持率由 1 000 次 bootstrap 运算提供, 各支系支持率大于 75% 被认为是显著支持。文中还利用上述数据进行贝叶斯分析。运行 10⁷ 代, 每 1 000 代执行抽样, 最初的 25% 作为老化样本舍弃, 后 75% 代被用于计算一个一致树, 将贝叶斯后验概率 (Bayesian posterior probability, BPP) 等于或大于 95% 列作显著支持率。

2 结果

2.1 形态描述

来自海南的亚洲脆蛇蜥属标本极少，经多个标本馆寻找，我们一共检视 4 号标本（附录 2，部分见图 1），CIB-CB2018037、SYSr001869、HNU-1011 和 HNU-1012。CIB-CB2018037 为雌性，耳孔针尖状，背鳞无深色横斑，背鳞在头体长后 1/2 处起棱，腹鳞和尾下鳞光滑；腹鳞纵列 10；生活时粉红色，背鳞中央 11 行有稀疏点斑，尾两侧有深色纵纹。这些特征符合杨戎生（1983）海南脆蛇蜥的描述，但该标本侧沟间背鳞行数为 15，在赵尔宓等（1999）和 Nguyen 等（2011）的形态检索表中为脆蛇蜥。SYSr001869 为亚成体，背鳞无深色横斑，背鳞在头体长后 1/2 处起棱，腹鳞和尾下鳞光滑；侧沟间背鳞行数为 20，腹鳞纵列 10；背鳞中央 8 行有稀疏点斑，尾两侧有深色纵纹。这些特征符合杨戎生（1997）海南脆蛇蜥的描述，但耳孔比鼻孔小，较为明显。HNU-1011 耳孔针尖状，背鳞无深色横斑，背鳞在头体长后 3/5 处起棱，腹鳞和尾下鳞光滑；侧沟间背鳞行数为 15，腹鳞纵列 10。HNU-1012 为亚成体，耳孔比鼻孔小，较为明显，背鳞无深色横斑，背鳞在头体长后 1/2 处起棱，腹鳞和尾下鳞光滑；侧沟间背鳞行数为 15，腹鳞纵列 10；体侧波浪

纹，尾两侧有深色纵纹。

检视脆蛇蜥地模标本 4 号雄性（FNU3292001、FNU3292003、FNU3292005 和 FNU3292015）、4 号雌性（FNU3292002、FNU3292008、FNU3292014 和 FNU3292018）和 1 号亚成体（FNU3292006）（附录 2）。雄性体背有短横斑，雌性体背为深色斑点；耳孔均比鼻孔小，绝大部分标本耳孔明显，但 FNU3292003 耳孔针尖状；绝大部分标本侧沟间背鳞行数 14，FNU3292003 为 15，FNU3292015 更是达到了 19；背鳞均在后段起棱，腹鳞和尾下鳞均光滑；尾两侧均有深色纵纹。

2.2 系统发育关系与地理种群间遗传距离

PCR 扩增测序获得亚洲脆蛇蜥属 *Cyt b* 序列 2 条（1 136 bp），从 GenBank 下载已发表蛇蜥科亚洲脆蛇蜥属、脆蛇属和蛇蜥属等蛇蜥科 *Cyt b* 序列和外群鳄蜥同源序列，共计 47 条序列，基于最适模型（GTR + G + I）构建了最大似然系统进化树（图 2）。亚洲脆蛇蜥属与脆蛇属互为姊妹支系，细脆蛇蜥和 *D. sokolovi* 互为姊妹种。而脆蛇蜥和海南脆蛇蜥则在同一支系中，其下形成 4 个单系：来自脆蛇蜥模式产地的标本（CIB-GD04）序列和安徽的序列聚成一个单系，即脆蛇蜥（中国福建和安徽）支系；来自海南脆蛇蜥模式产地的 SYSr001869 序列



图 1 “海南脆蛇蜥”

Fig. 1 “*Dopasia hainanensis*”

a. 雌性成体（CIB-CB2018037，朱弼成摄）；b. 亚成体（HNU-1012，王立军摄）。

a. Adult female (CIB-CB2018037, photo by ZHU Bi-Cheng); b. Subadult (HNU-1012, photo by WANG Li-Jun).

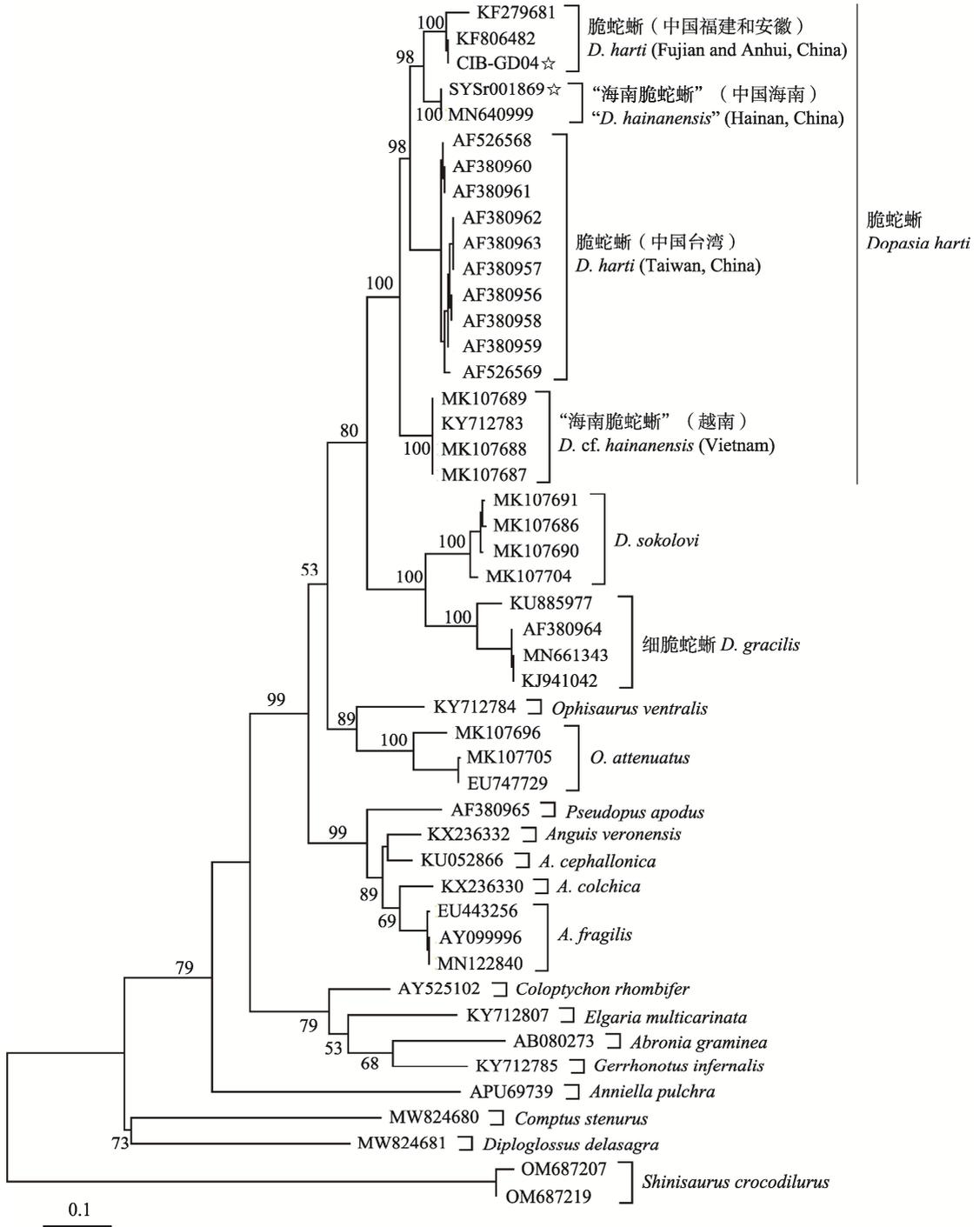


图 2 基于 Cyt b 基因序列的最大似然系统发育树

Fig. 2 The maximum likelihood phylogenetic tree based on Cyt b gene fragments

节点附近数字表示最大似然支持率, 标尺表示序列间差异数值的单位长度, 图中☆序列为地模标本基因序列(CIB-GD04 和 SYSr001869)。Numbers above node indicate the maximum likelihood bootstrap support. Scale represents the number of differences between sequences. ☆ are topotypes in this study.

和同域疑似脆蛇蜥标本 CIB-CB2018037 的序列 MN640999 在同一个单系,即“海南脆蛇蜥”(海南)支系;脆蛇蜥(中国福建和安徽)支系与“海南脆蛇蜥”(中国海南)支系构成姊妹支系,再与来自中国台湾的脆蛇蜥(中国台湾)支系聚在一起,最后才与来自越南的“海南脆蛇蜥”(越南)支系聚在一起。这 4 个支系各自形成一个高支持率的单系,最大似然法的自展值(bootstrap support, BS)为 100。上述序列在系统发生树中,共同构成一个单系群(BS 为 100)。

基于 *p*-distance 模型估算亚洲脆蛇蜥属个体、种群之间的遗传距离(附录 3,表 1),来自“海南脆蛇蜥”(中国海南)支系的个体 SYSr001869 与 CIB-CB2018037 遗传距离仅为 0.28%,它们与脆蛇蜥地模标本(CIB-GD04)的遗传距离只有 4.96%,而与脆蛇蜥(中国福建和安徽)支系遗传距离为 4.96%~6.52%,与脆蛇蜥(中国台湾)支系的遗传距离为 6.38%~7.80%,与“海南脆蛇蜥”(越南)支系(*D. cf. hainanensis*)遗传距离为 8.09%~8.23%。在所有已知的亚洲脆蛇蜥属及其姊妹类群脆蛇属 *Cyt b* 基因序列中,脆蛇蜥(中国福建和安徽)支系、脆蛇蜥(中国台湾)支系、“海南脆蛇蜥”(中国海南)支系和“海南脆蛇蜥”(越南)支系之间的遗传距离小于细脆蛇蜥和 *D. sokolovi* 之间的遗传距离(13.13%)。

3 讨论

亚洲脆蛇蜥属物种的额鳞前方有 3 枚鳞片,其中 2 枚左右对称相接或不相接,另 1 枚位居中央,呈单一的较大鳞片(与额鳞相接或被左右 2 枚鳞片分隔),有的文章或著作认为这枚位居中央的单一鳞片是前额鳞(prefrontal)(Kishida 1930,四川省生物研究所两栖爬行动物研究室 1977, Lin et al. 2003, 赵尔宓 2003, 史海涛等 2011),有的文章认为是额鼻鳞(frontonasals),而额鳞前方左右 2 枚鳞片才是前额鳞(Nguyen et al. 2011)。杨戎生(1983)和赵尔宓等(1999)均认为,海南脆蛇蜥的这 3 枚鳞片都是前额鳞。赵尔宓等(1999)还认为,这 2 枚左右对称的鳞片在台湾脆蛇蜥(*Ophisaurus formosensis*)中是前额鳞,居中央的单一鳞片在脆蛇蜥、细脆蛇蜥中是前额鳞。近年来,在蛇蜥科其他属中,这 2 枚左右对称的鳞片在大部分文献被称为前额鳞,位居中央的单一鳞片是额鼻鳞(Gvoždik et al. 2010, 2013, Papenfuss et al. 2013, Klembara et al. 2015, Thanou et al. 2021)。考虑到额鼻鳞和前额鳞的定义、国际上近几年的通行用法和我们实际测量,以及便于蛇蜥科其他属形态之间比较,我们建议亚洲脆蛇蜥属物种的额鳞前方 2 枚左右对称的鳞片为前额鳞,位居中央的单一鳞片为额鼻鳞。因此,海南脆蛇蜥的模式标本

表 1 基于 *Cyt b* 基因的脆蛇蜥不同种群的平均遗传距离(%)

Table 1 Mean values of pairwise uncorrected genetic distance (*p*-distance) for *Cyt b* gene fragments among different populations of *Dopasia harti*

	1	2	3	4	5	6
1 “海南脆蛇蜥”(中国海南)“ <i>D. hainanensis</i> ”(Hainan, China)	0.28					
2 脆蛇蜥(中国福建和安徽) <i>D. harti</i> (Fujian and Anhui, China)	5.48	1.61				
3 脆蛇蜥(中国台湾) <i>D. harti</i> (Taiwan, China)	7.09	8.15	1.33			
4 “海南脆蛇蜥”(越南) <i>D. cf. hainanensis</i> (Vietnam)	8.12	9.16	8.65	0.07		
5 <i>D. sokolovi</i>	15.07	16.54	15.32	14.96	2.03	
6 <i>D. gracilis</i>	15.99	15.95	16.12	15.85	13.13	3.64

中，前额鳞有 2 枚，额鼻鳞有 1 枚，额鼻鳞和鼻鳞之间的鳞片数量为 2 枚。

按照赵尔宓等（1999）和 Nguyen（2011）的分类检索，来自海南吊罗山的亚洲脆蛇蜥属 2 号标本应分别属于两个物种：脆蛇蜥和海南脆蛇蜥。但本研究中的系统发育研究结果证明，这 2 号标本间的遗传距离仅有 0.28%，应为同一物种，为“海南脆蛇蜥”，同在“海南脆蛇蜥”（中国海南）支系中。“海南脆蛇蜥”（中国海南）种群与脆蛇蜥模式产地序列的遗传距离 4.96%，与脆蛇蜥（中国福建和安徽）支系间的遗传距离（5.48%），小于其与脆蛇蜥（中国台湾）种群（7.09%）及与“海南脆蛇蜥”（越南）种群（8.12%）之间的遗传距离。

形态方面，杨戎生（1983）、赵尔宓等（1999）和 Nguyen 等（2011）认为，海南脆蛇蜥的典型特征，针尖状的耳孔、体背无深色横斑以及侧沟间背鳞 20 行，是海南脆蛇蜥区别于同属其他物种的重要鉴别特征。但汪继超等（2007）在吊罗山度假村采集到 2 号海南脆蛇蜥标本（HNU-1011 和 HNU-1012），其研究认为，杨戎生（1983）描述的耳孔大小及背鳞和尾下鳞的光滑程度与脆蛇蜥并无明显差异，不能作为该新种的鉴别特征，但该研究没有比较侧沟间背鳞。本研究补充了这两号标本的形态数据，并增加了中山大学和中国科学院成都生物研究所的海南标本，以及来自福建师范大学的脆蛇蜥地模标本形态数据，发现海南脆蛇蜥也有耳孔明显（SYSr001869 和 HAINNU-1012）、侧沟间背鳞只有 15 行（CIB-CB2018037、HAINNU-1011 和 HAINNU-1012）的地模标本，与脆蛇蜥相似；而脆蛇蜥中也有耳孔针尖状（FNU3292003）和侧沟间背鳞 19 行（FNU3292015）的地模标本，与海南脆蛇蜥相似。体色方面，本研究同赵尔宓等（1999）和 Lin 等（2003）一样，支持脆蛇蜥具有性二态特征：大多数雄性背部有不规则的蓝色斑纹；雌性多无深色斑，有时背侧有深色不规则斑纹或点斑。目前已知的脆蛇蜥海南种群标本的体

背色斑均为点斑，其他种群脆蛇蜥有深色斑纹也有点斑，少数无明显斑点。幼体方面，海南和福建的脆蛇蜥幼体与台湾种群的幼体相似（Lin et al. 2003）。因此，本文支持汪继超等（2007）关于体表色斑系个体间变异特征，不宜作为海南脆蛇蜥种的鉴别特征。其他特征，如长度和体表光滑等在海南脆蛇蜥和脆蛇蜥地模标本形态数据中均有重叠。

综上，从分子和形态学角度，本研究支持汪继超等（2007）关于海南脆蛇蜥是脆蛇蜥同物异名的观点。

关于脆蛇蜥台湾种群，Lin 等（2003）通过形态和分子研究认为，台湾脆蛇蜥是脆蛇蜥的同物异名，但文章缺乏脆蛇蜥模式产地序列。本文研究显示，中国台湾的脆蛇蜥种群与脆蛇蜥地模序列的遗传距离为 6.38%~7.80%，小于同属其他物种间的遗传距离。鉴于台湾种群与脆蛇蜥地模标本的遗传距离较近、形态难以区分，因此，本文支持脆蛇蜥台湾种群（台湾脆蛇蜥）仍然为脆蛇蜥的同物异名。

而对海南脆蛇蜥越南种群的研究中，Nguyen 等（2011）研究中的形态特征，如耳孔大小和侧沟间背鳞也较难与海南种群和脆蛇蜥地模标本区分。基于 *Cyt b* 序列的分析，海南脆蛇蜥越南种群为单系（种群内部遗传距离为 0.07%），与海南脆蛇蜥地模标本的遗传距离为 8.09%~8.23%，与脆蛇蜥地模标本（CIB-GD04）的遗传距离为 8.79%~8.94%。这些表明越南种群可能并不是海南脆蛇蜥，与脆蛇蜥地模相比虽有一定的遗传距离，但均小于与亚洲脆蛇蜥属和脆蛇属已有 *Cyt b* 序列种间的遗传距离。因此，海南脆蛇蜥越南种群可能为未描述新种或亚种。未来，需要增加包括核基因在内更多基因的综合研究，以确定该种群分类地位。

致谢 野外考察和标本检视中，得到了福建师范大学耿宝荣教授、中国科学院成都生物研究所朱弼成博士，以及中国科学院成都生物研究所两栖爬行动物标本馆、海南热带雨林国家公

园管理局和武夷山国家级自然保护区管理局等人员和单位的支持, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- Cai B, Ji X, Wang Y Y, et al. 2022. An annotated list of lizards (*Sauria*: Squamata) recorded from the People's Republic of China. *Asian Herpetological Research*, 13(1): 64–74.
- Conrad J L, Ast J C, Montanari S, et al. 2011. A combined evidence phylogenetic analysis of Anguimorpha (Reptilia: Squamata). *Cladistics*, 27(3): 230–277.
- Conrad J L, Norell M A. 2008. The braincases of two glyptosaurines (Anguinae, Squamata) and anguid phylogeny. *American Museum Novitates*, 2008(3613): 1–24.
- Gvoždík V, Benkovský N, Crottini A, et al. 2013. An ancient lineage of slow worms, genus *Anguis* (Squamata: Anguinae), survived in the Italian Peninsula. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 69(3): 1077–1092.
- Gvoždík V, Jandzik D, Lymberakis P, et al. 2010. Slow worm, *Anguis fragilis* (Reptilia: Anguinae) as a species complex: genetic structure reveals deep divergences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55(2): 460–472.
- Kishida K. 1930. Notes on a Formosan lizard of the family Anguinae. *Lansania*, 2(18): 124–128.
- Klembara J, Böhme M, Rummel M. 2010. Revision of the anguine lizard *Pseudopus laurillardi* (Squamata, Anguinae) from the Miocene of Europe, with comments on paleoecology. *Journal of Paleontology*, 84(2): 159–196.
- Kumar S, Stecher G, Li M, et al. 2018. MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6): 1547–1549.
- Larkin M A, Blackshields G, Brown N P, et al. 2007. Clustal W and Clustal X version 2.0. *Bioinformatics*, 23(21): 2947–2948.
- Lavin B R, Girman D J. 2019. Phylogenetic relationships and divergence dating in the Glass Lizards (Anguinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 133: 128–140.
- Lin S M, Chang W S, Chen S L, et al. 2003. Taxonomic status of the legless lizard *Ophisaurus* (Squamata: Anguinae) in Taiwan: molecular data, morphology, and literature review. *Zoological Studies*, 42(3): 411–419.
- Nguyen T Q, Böhme W, Nguyen T T, et al. 2011. Review of the genus *Dopasia* Gray, 1853 (Squamata: Anguinae) in the Indochina subregion. *Zootaxa*, 2894(1): 58–68.
- Papenfuss T J, Parham J F. 2013. Four new species of California Legless Lizards (*Anniella*). *Breviora*, 536: 1–17.
- Thanou E, Kypraios-Skrekas V, Kornilios P, et al. 2021. Ecomorphological divergence and lack of gene flow in two sympatric Balkan slow worms (Squamata: Anguinae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 134(2): 443–460.
- 史海涛, 赵尔宓, 王力军, 等. 2011. 海南两栖爬行动物志. 北京: 科学出版社.
- 四川省生物研究所两栖爬行动物研究室. 1977. 中国爬行动物系统检索. 北京: 科学出版社.
- 汪继超, 史海涛, 王力军, 等. 2007. 海南吊罗山 3 种稀有两栖爬行动物. *四川动物*, 26(2): 354–355, 233.
- 杨戎生. 1983. 我国蛇蜥属一新种——海南蛇蜥 *Ophisaurus hainanensis*. *两栖爬行动物学报*, 2(4): 67–69.
- 赵尔宓. 2003. 四川爬行类原色图鉴. 北京: 中国林业出版社.
- 赵尔宓, 赵肯堂, 周开亚, 等. 1999. 中国动物志: 爬行纲 (第二卷) 有鳞目 蜥蜴亚目. 北京: 科学出版社.

附录 1 本研究样本 *Cyt b* 基因序列信息Appendix 1 Information for *Cyt b* sequences used in this study

物种 Species	标本号 Voucher No.	采集地 Locality	序列号 Sequence ID
1 脆蛇蜥 <i>Dopasia harti</i>	CIB-GD04	中国福建挂墩 Guadun, Fujian, China	OR567434
2 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	—	中国安徽南部山区 South Anhui, China	KF279681
3 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	—	中国安徽黄山市汤口镇 Tangkou, Anhui, China	KF806482
4 “海南脆蛇蜥” “ <i>D. hainanensis</i> ”	SYSr001869	中国海南吊罗山 Mt. Diaoluo, Hainan, China	OR567433
5 “海南脆蛇蜥” “ <i>D. hainanensis</i> ”	CIB-CB2018037	中国海南吊罗山 Mt. Diaoluo, Hainan, China	MN640999
6 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	F04	中国台湾扇平 Shanping, Taiwan, China	AF526568
7 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	H13	中国台湾阿里山 Mt. Ali, Taiwan, China	AF380960
8 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	H14	中国台湾阿里山 Mt. Ali, Taiwan, China	AF380961
9 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	F01	中国台湾阳明山 Mt. Yangming, Taiwan, China	AF380962
10 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	F02	中国台湾三峡 Sanhsia, Taiwan, China	AF380963
11 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	H01	中国台湾阳明山 Mt. Yangming, Taiwan, China	AF380957
12 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	H02	中国台湾富山 Fushan, Taiwan, China	AF380956
13 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	F03	中国台湾阳明山 Mt. Yangming, Taiwan, China	AF380958
14 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	H12	中国台湾南澳 Nanao, Taiwan, China	AF380959
15 脆蛇蜥 <i>D. harti</i>	F05	中国台湾扇平 Shanping, Taiwan, China	AF526569
16 “海南脆蛇蜥” “ <i>D. cf. hainanensis</i> ”	ROM30852	越南宣光 Tuyan Quang, Vietnam	MK107689
17 “海南脆蛇蜥” “ <i>D. cf. hainanensis</i> ”	MVZ224111	亚洲 Asia	KY712783
18 “海南脆蛇蜥” “ <i>D. cf. hainanensis</i> ”	MVZ230055	越南永福 Vinh Phuc, Vietnam	MK107688
19 “海南脆蛇蜥” “ <i>D. cf. hainanensis</i> ”	MVZ224111	越南永福 Vinh Phuc, Vietnam	MK107687
20 <i>D. sokolovi</i>	NCSM79751	越南崑崙 Kom Tum, Vietnam	MK107691
21 <i>D. sokolovi</i>	FMNH258689	老挝占巴塞 Champasak, Laos	MK107686
22 <i>D. sokolovi</i>	NCSM77336	越南林同 Lam Dong, Vietnam	MK107690
23 <i>D. sokolovi</i>	AMNH14722	越南广南 Quang Nam, Vietnam	MK107704
24 细脆蛇蜥 <i>D. gracilis</i>	—	—	KU885977
25 细脆蛇蜥 <i>D. gracilis</i>	H17	中国云南 Yunnan, China	AF380964
26 细脆蛇蜥 <i>D. gracilis</i>	ML01	中国云南 Yunnan, China	MN661343
27 细脆蛇蜥 <i>D. gracilis</i>	RE13001	中国云南 Yunnan, China	KJ941042
28 <i>Ophisaurus ventralis</i>	MVZ 137540	—	KY712784
29 <i>O. attenuatus</i>	NCSM79286	美国 South Carolina, USA	MK107696
30 <i>O. attenuatus</i>	INHS23264	美国 Illinois, USA	MK107705
31 <i>O. attenuatus</i>	—	美国 USA	EU747729
32 <i>Pseudopus apodus</i>	—	—	AF380965
33 <i>Anguis veronensis</i>	—	意大利 Italy	KX236332
34 <i>A. cephalonica</i>	NHMC80.3.3.2	希腊 Near Oitylo village, Greece	KU052866
35 <i>A. colchica</i>	—	—	KX236330
36 <i>A. fragilis</i>	ADN 7215	—	EU443256
37 <i>A. fragilis</i>	CAS 173016	—	AY099996
38 <i>A. fragilis</i>	DM108	—	MN122840
39 <i>Coloptychon rhombifer</i>	—	—	AY525102
40 <i>Elgaria multicarinata</i>	DHL596	—	KY712807
41 <i>Abronja graminea</i>	—	—	AB080273
42 <i>Gerrhonotus infernalis</i>	Travis 2	—	KY712785
43 <i>Anniella pulchra</i>	GRFL_3015	—	APU69739
44 <i>Comptus stenurus weinlandi</i>	USNM328808	—	MW824680
45 <i>Diploglossus delasagra</i>	USNM12238	—	MW824681
46 <i>Shinisaurus crocodilurus</i>	Si1	越南 Vietnam	OM687207
47 <i>S. crocodilurus</i>	Si89	中国 China	OM687219

加粗字体表示本研究样本，“—”代表“未知”。Bold font indicates samples of this study, “—” stands for “unknown”.

附录 2 脆蛇蜥和“海南脆蛇蜥”地模标本形态特征比较
Appendix 2 Morphological comparisons among the topotypes of *Dopasia harti* and “*D. hainanensis*”

杨戎生 1983		本文 This study												
BMNH- P820203		标本号 Voucher No.												
性别 Sex	雄性 Male	雌性 Female	亚成体 Subadult	HNU- 1011	HNU- 1012	FNU 3292001	FNU 3292003	FNU 3292006	FNU 3292015	FNU 3292002	FNU 3292005	FNU 3292008	FNU 3292014	FNU 3292018
采集地 Locality	海南吊罗山 新安林场 Xin'an Tree Farm, Mt. Diaoluo, Hainan	海南吊罗山 Mt. Diaoluo, Hainan	亚成体 Subadult	雌性 Female	亚成体 Subadult	雄性 Male	雄性 Male	雄性 Male	雄性 Male	雌性 Female	雌性 Female	雌性 Female	雌性 Female	雌性 Female
头体长	28.5	26.3	17.9	22.1	17.3	22.7	27.2	18.2	25.1	20.8	23.2	20.3	22.1	25.1
Snout vent length (mm)														
尾长	37.5	38.1	10.5	32.4	25.6	34.7	11.3	35.0	23.2	12.6	13.2	32.3	30.1	14.1
Tail length (mm)														
头长	—	30.86	10.11	21.08	20.11	26.60	23.28	28.20	29.22	22.25	24.18	22.28	21.56	23.40
Head length (mm)														
下颌长	—	29.02	9.71	20.49	17.66	25.00	22.60	27.36	27.66	21.48	22.48	21.44	19.96	21.86
Mandibular length (mm)														
头宽	—	22.58	6.21	13.80	11.14	15.30	13.26	17.50	17.90	13.68	12.40	16.14	11.68	14.88
Head width (mm)														
头高	—	18.54	5.34	12.54	8.99	12.36	10.70	13.10	12.90	10.70	10.20	10.20	8.92	11.54
Head depth (mm)														
眼宽	—	10.20	4.63	3.45	3.32	7.04	7.84	8.92	8.88	7.70	7.20	7.38	6.74	8.24
Eye width (mm)														
眼径	—	—	—	—	—	3.54	3.40	4.10	4.00	3.74	3.02	3.38	3.22	3.44
Eye diameter (mm)														
吻鳞宽	—	—	—	—	—	3.40	2.96	3.34	3.24	2.96	2.96	2.90	2.40	3.20
Rostral width (mm)														
额鳞 Frontal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
前后彻底分裂成 2 片										前后分裂不彻底, 中间相连				前后彻底分裂成 2 片
Number of scales between frontonasal and rostral	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
额鼻鳞 Frontonasal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
额鼻鳞 Frontonasal										彻底, 但 connected in the middle				彻底, 但 connected in the middle

续附录 2

杨戎生 1983		标本号 Voucher No.											
		本文 This study											
BMNH- P820203	SYSr 001869	CIB- CB2018037	HNU- 1011	HNU- 1012	FNU 3292001	FNU 3292003	FNU 3292006	FNU 3292015	FNU 3292002	FNU 3292005	FNU 3292008	FNU 3292014	FNU 3292018
否 No	否 No	否 No	否 No	否 No	否 No	是 Yes	是 Yes	是 Yes	否 No	否 No	是 Yes	是 Yes	否 No
额鼻鳞与额鳞是否接触 Frontonasal contact with frontal	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
鼻鳞额鼻鳞间鳞片 Number of scales between frontonasal and nasal	>	>	>	≈	>	>	>	>	>	>	>	>	>
顶间鳞与顶鳞宽度关系 Width of the interparietals compared to the parietals	4	4/3	4	4	4	4/3	4	4	4	4	4	4/3	3/4
颊鳞 (含眶前鳞) Loricals (including preocular)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
眶上鳞 Supraoculars	11	11/10	11/12	10/11	12/12	10/10	11/12	11/11	11/11	11/9	11/10	10/10	10/10
下眶鳞与上唇鳞间鳞片行数 Number of rows of scales between inferiolaris and supralabials	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
下唇鳞与颌片间行数 Number of rows of scales between infralabials and chin-shield	2	1 or 2	1 or 2	2	1 or 2	1 or 2	1 or 2	2	2	2	2	2	2
耳孔与鼻孔大小关系 Size of the ear opening compared to the nostril	<	<	<	<	<	<	≈	<	<	<	≈	<	≈
沿侧沟背鳞数 Scales along lateral fold	94	94	94	92	93	96	97	94	93	95	96	92	95
侧沟间背鳞行数 Longitudinal scale rows between lateral folds	20	20	15	15	14	15	14	19	14	14	14	14	14
腹鳞纵列 of ventral scales	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
尾上鳞起棱状态 Supracaudal keel state	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel	起棱 Keel
尾下鳞起棱状态 Subcaudal keel state	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth	平滑 Smooth

“—”代表“未知”；“/”代表“左/右”。“?” stands for “unknown”; “/” stands for “left/right”.

附录 3 基于 Cyt b 基因的 19 个脆蛇蜥和“海南脆蛇蜥”个体间的遗传距离 (%)
Appendix 3 Pairwise uncorrected genetic distance (*p*-distance) for Cyt b gene fragments among *Dopasia harti* and “*D. hainanensis*”

编号 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
“海南脆蛇蜥” (中国海南)	1																		
“ <i>D. hainanensis</i> ” (Hainan, China)	2	0.28																	
脆蛇蜥 (中国福建)	3	4.96	4.96																
<i>D. harti</i> (Fujian, China)	4	4.96	4.96	0.00															
脆蛇蜥 (中国安徽)	5	6.52	6.52	2.41	2.41														
<i>D. harti</i> (Anhui, China)	6	7.38	7.38	7.94	7.94	9.36													
脆蛇蜥 (中国台湾)	7	7.52	7.52	7.94	7.94	9.36	0.99												
<i>D. harti</i> (Taiwan, China)	8	7.23	7.23	7.80	7.80	9.22	0.14	0.85											
	9	6.95	6.95	7.52	7.52	8.94	0.57	0.99	0.43										
	10	6.38	6.38	7.09	7.09	8.65	1.84	2.27	1.70	1.56									
	11	6.52	6.52	7.23	7.23	8.79	1.84	2.27	1.70	1.56	0.28								
	12	7.80	7.80	8.23	8.23	9.65	0.99	0.28	0.85	0.99	2.27	2.27							
	13	7.66	7.66	8.09	8.09	9.50	0.85	0.14	0.71	0.85	2.13	0.14	0.14						
	14	6.52	6.52	7.23	7.23	8.79	1.56	1.99	1.42	1.28	0.28	0.28	1.84	1.84					
	15	6.95	6.95	7.52	7.52	9.08	1.70	1.84	1.56	1.42	1.70	1.70	1.99	1.42	1.42				
“海南脆蛇蜥” (越南)	16	8.23	8.23	8.94	8.94	9.93	8.94	8.94	8.79	9.08	8.23	8.09	9.22	9.08	8.37	8.79			
“ <i>D. cf. hainanensis</i> ” (Vietnam)	17	8.09	8.09	8.79	8.79	9.79	8.79	8.79	8.65	8.94	8.09	7.94	9.08	8.94	8.23	8.65	0.14		
	18	8.09	8.09	8.79	8.79	9.79	8.79	8.79	8.65	8.94	8.09	7.94	9.08	8.94	8.23	8.65	0.14	0.00	
	19	8.09	8.09	8.79	8.79	9.79	8.79	8.79	8.65	8.94	8.09	7.94	9.08	8.94	8.23	8.65	0.14	0.00	0.00