

# 中国东、南部的 3 个腔蚓属蚯蚓新物种

董彦<sup>①</sup> 蒋际宝<sup>②</sup> 张金源<sup>①</sup> 申智锋<sup>③</sup> 孙静<sup>①\*</sup>

① 成都工业学院材料与工程工程学院 成都 611730; ② 上海交通大学农业与生物学院 上海 200240;

③ 河南大学地理与环境学院 开封 475004

**摘要:** 本文报道了寡毛纲 (Oligochaeta) 巨蚓科 (Megascolecidae) 腔蚓属 (*Metaphire*) 3 个新发现物种, 分别是象头山腔蚓 (*M. xiangtountontis* Dong & Jiang sp. nov.), 韩摆渡腔蚓 (*M. hanbaiduensis* Dong & Sun sp. nov.) 和长白山腔蚓 (*M. changbaimontis* Dong & Shen sp. nov.)。象头山腔蚓受精囊孔 2 对, 位于 7/8 ~ 8/9 节间, 属于 *M. insulana* 物种群。韩摆渡腔蚓受精囊孔 3 对, 位于 6/7 ~ 8/9 节间, 属于 *M. houletti* 物种群。长白山腔蚓受精囊孔 2 对, 位于 6/7 ~ 7/8 节间, 属于 *M. glandularis* 物种群。所有新物种均附有形态学描述、图片、与相似物种的形态学比较及与 GenBank 上亲缘关系相近物种的遗传距离计算分析。以上结果丰富了我国腔蚓属蚯蚓的物种多样性, 并首次记录了采集于长白山国家级自然保护区的巨蚓科蚯蚓新物种。

**关键词:** 蚯蚓; 巨蚓科; 腔蚓属; 新物种

**中图分类号:** Q959 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2024) 03-397-11

## Three New Earthworm Species of the Genus *Metaphire* (Oligochaeta: Megascolecidae) From Eastern and Southern China

DONG Yan<sup>①</sup> JIANG Ji-Bao<sup>②</sup> ZHANG Jin-Yuan<sup>①</sup> SHEN Zhi-Feng<sup>③</sup> SUN Jing<sup>①\*</sup>

① School of Materials and Environmental Engineering, Chengdu Technological University, Chengdu 611730;

② School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240;

③ College of Geography and Environmental Science, Henan University, Kaifeng 475004, China

**Abstract: [Objectives]** *Metaphire* is one of the dominant genera of earthworm family Megascolecidae and is widely distributed in eastern and southern China. However, there are relatively few new species reports of this genus in recent years. **[Methods]** Morphological taxonomy methods and DNA barcode technology were used to identify the new species. Genetic distance between species were calculated using the Bootstrap and *p*-distance methods. **[Results]** Herein, three new species of earthworms belonging to the genus *Metaphire* (Oligochaeta: Megascolecidae) from China were described. They are named *M. xiangtountontis* Dong & Jiang sp. nov., *M. hanbaiduensis* Dong & Sun sp. nov. and *M. changbaimontis* Dong & Shen sp. nov. (Fig. 1 - 3). *M.*

**基金项目** 国家自然科学基金项目 (No. 41877054, 42077028), 国家科技基础资源调查专项课题 (No. 2018FY100306, 2018FY100301);

\* 通讯作者, E-mail: sun\_jing.2005@aliyun.com;

**第一作者简介** 董彦, 女, 讲师; 研究方向: 蚯蚓分类、种群遗传结构和谱系生物地理学; E-mail: dyan2@cdu.edu.cn.

收稿日期: 2023-04-25, 修回日期: 2024-01-25 DOI: 10.13859/j.cjz.202423079

*xiangtoutomontis* belongs to the *M. insulana*-group, it has two pairs of spermathecae in 7/8 - 8/9. *M. hanbaiduensis* belongs to the *M. houletti*-group, it has three pairs of spermathecae in 6/7 - 8/9. *M. changbaimontis* belongs to the *M. glandularis*-group, and it has two pairs of spermathecae in 6/7 - 7/8. Morphological descriptions, pictures, morphological comparisons with similar species, and COI barcode data for all the new species were provided. Additionally, sequences of the other species that are closely related to the new species were retrieved from GenBank (Table 1). The pairwise distances between each new species and the other related species are greater than the interspecies genetic distance (usually less than 1 %) and meets the range of intraspecies genetic distance (8.3% - 13.0%, and above), so they have at least species level genetic difference (Table 2). **[Conclusion]** In summary, based on different morphological characters combined with the genetic evidence, we could conclude that the three new species are different from the previously described species and from each other. In addition, *M. changbaimontis* was the first new species record of the earthworm genus *Metaphire* that collected in Changbai Mountain National Nature Reserve.

**Key words:** Earthworm; Megascolecidae; *Metaphire*; New species

蚯蚓作为“生态系统的工程师”，在土壤生物多样性中扮演着重要角色，其生态功能对于维持土壤生态系统的平衡与稳定至关重要（邱江平 2000）。因此，了解我国蚯蚓的物种多样性对于评估土壤生态系统的健康状况、推动生物资源的可持续利用及促进科学研究等方面具有重要的环境保护和科学价值。

腔蚓属 (*Metaphire*) 蚯蚓在分类学上隶属于寡毛纲 (Oligochaeta) 单向蚓目 (Haplotaxida) 巨蚓科 (Megascolecidae)，是东洋界的典型蚯蚓 (徐芹等 2011)。我国已报道有陆栖蚯蚓 610 种，其中，腔蚓属物种数量仅次于远盲蚓属 (*Amyntas*)，共记录有 129 种，是我国陆栖蚯蚓的重要类群 (蒋际宝 2016, Sun et al. 2018, Yuan et al. 2019, 董彦 2021, 孙静等 2021a, b, 2022)。

自 2006 年开始，研究团队在国内各地针对陆栖蚯蚓多样性展开了系统性的调查。于 2006 至 2022 年间，先后报道了蚯蚓新物种 80 余种，采集地主要集中在海南、广西、广东及云南等省、自治区 (Sun et al. 2009, 2012, 2013, Jiang et al. 2015, Dong et al. 2018, Jiang et al. 2018, Zhao et al. 2018, Dong et al. 2019)。本文对在广东、广西、湖南、江西、安徽和吉林 6 省、自治区采集到的腔蚓属 3 个新物种进行报道。

其中，吉林省的新物种采集于延边朝鲜族自治州长白山国家级自然保护区，是继吴纪华等 (1996) 报道产于长白山的链胃蚓科 (Moniligastridae) 杜拉蚓属 (*Drawida*) 蚯蚓新物种长白山杜拉蚓 (*D. changbaishansis* Wu & Sun, 1996) 后对长白山地区新物种的首次报道。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

研究使用挖掘法在广东省象头山国家级自然保护区、广西壮族自治区十万大山国家级自然保护区和九万山国家级自然保护区、湖南省南岳衡山国家级自然保护区、江西省分宜县、安徽省六安市以及吉林省长白山国家级自然保护区采集蚯蚓标本。所有活体样本于采样当天使用 10% 酒精溶液麻醉后，于 95% 以上无水乙醇中固定，保存于 4 °C 的样品柜中。采集于广东省象头山国家级自然保护区、广西壮族自治区十万大山国家级自然保护区和九万山国家级自然保护区及湖南省南岳衡山国家级自然保护区的样本保存于上海交通大学环境生态工程实验室蚯蚓标本库，采集于江西省分宜县、安徽省六安市和吉林省长白山国家级自然保护区的蚯蚓样本保存于成都工业学院土壤生态监测实

实验室蚯蚓标本库。

## 1.2 物种形态学鉴定

本研究使用体视显微镜 Nikon SMZ800 及 Motic SMZ171 观察标本, 参照陈义 (1956) 和 Sims 等 (1972) 对腔蚓属蚯蚓特征的表述, 详细记录标本外部和内部特征, 绘制蚯蚓的重要形态特征图。对比中国及周边国家腔蚓属蚯蚓的物种特征, 进行样本鉴定。

## 1.3 DNA 提取、扩增及测序

以蚯蚓尾部组织为材料, 采用 OMEGA 公司和生工生物工程 (上海) 股份有限公司的

DNA 提取试剂盒提取样本 DNA。扩增线粒体 COI 基因, PCR 扩增条件及反应程序参考文献 Dong 等 (2019)。引物 5'-GGT CAA CAA ATC ATA AAG ATA TTG G-3'和 5'-TAA ACT TCA GGG TGA CCA AAA AAT CA-3' (Folmer et al. 1994)。PCR 产物测序由华大基因公司完成。

## 1.4 遗传距离计算和分子系统发育分析

在 GenBank 中进行同源性搜索, 分别找到与 3 个新发现物种样本相似度最高的各 10 个已知物种 COI 条形码 (表 1), 以其序列作为计算遗传距离的原始数据集。

表 1 GenBank 中与新物种 COI 基因序列最相似的物种

Table 1 Species with the most similar COI gene sequences to the new species in GenBank

新物种及登录号 New species and its accession number	相似物种 Similar species	登录号 Accession number	相似度 Percent similarity (%)
象头山腔蚓 <i>Metaphire xiangtoumontis</i> KT252953	齿状远盲蚓 <i>Amyntas dentiformis</i> sp. nov.	KT252969	90.81
	壮伟远盲蚓 <i>A. robustus</i>	MW450978	89.83
	慈竹远盲蚓 <i>A. benignus</i>	EF077563	89.82
	华美远盲蚓 <i>A. lautus</i>	EF077539	89.42
	云龙远盲蚓 <i>A. yunlongensis</i>	MH887410	87.25
	皮质远盲蚓 <i>A. corticis</i>	LC722916	86.52
	湖北远盲蚓 <i>A. hupeiensis</i>	MH843435	86.51
	加州腔蚓 <i>M. californica</i>	EF032609	86.47
	<i>A. tamaensis</i>	LC722880	86.36
	无色远盲蚓 <i>A. stricosus</i>	JX315345	86.06
韩摆渡腔蚓 <i>M. hanbaiduensis</i> OQ800934	保宁腔蚓小型亚种 <i>M. magna minuscula</i>	JX315347	85.48
	长体多囊蚓 <i>Polypheretima elongata</i>	MN125036	85.02
	<i>M. surinensis</i>	KU565316	84.27
	<i>A. purpuratus</i>	AB542523	84.25
	腋芽远盲蚓 <i>A. axillis</i>	EF077528	84.19
	三明腔蚓 <i>M. sanmingensis</i>	KY774382	84.13
	<i>A. thakhantho</i>	KU565242	83.82
	湖北远盲蚓 <i>A. hupeiensis</i>	KF205454	83.80
	<i>M. riukiuensis</i>	LC722884	83.70
	<i>A. daeari</i>	KF383293	83.66
长白山腔蚓 <i>M. changbaimontis</i> PP715630	<i>M. communissima</i>	LC319200	89.00
	<i>A. jiriensis</i>	LC319361	87.84
	<i>A. vittatus</i>	LC319160	87.84
	<i>M. hilgendorfi</i>	LC319472	87.84
	<i>A. tokioensis</i>	LC722912	86.78
	<i>Pheretima okutamaensis</i>	LC722864	86.03
	<i>A. bimaculatus</i>	LC722870	85.88
	<i>M. agrestis</i>	LC721145	85.88

GenBank 中与长白山腔蚓相似的已知物种仅有 8 个。

There are only 8 named species that are most genetically similar to *M. changbaimontis* in GenBank.

使用 Clustal X2 (Thompson et al. 1997) 进行序列比对。使用 BioEdit (Hall 1999) 进行序列调整。使用 MEGA 5 (Tamura et al. 2011) 计算遗传距离(执行的参数为: Kimura 2-parameter 模型; Bootstrap method 方法评估; Pairwise deletion 处理 Gaps)。使用 jModelTest 2.1.5 (Darriba et al. 2012) 计算最优参数, 以获得碱基比例、替代频率等相关数据。

## 2 结果与讨论

### 2.1 形态描述

#### 2.1.1 象头山腔蚓 (*Metaphire xiangtoumontis* Dong & Jiang sp. nov.) (图 1)

正模: GD201104-01A, 1 条标本, 成体, 2011 年 10 月 10 日采集于广东象头山国家级自然保护区保护站上行 4 km 路边褐壤中, 海拔 409 m, 23°15'51" N, 114°22'38" E, 属亚热带湿润季风气候区, 年均降水量 2 318 mm。标本采集人: 蒋际宝、孙静、李健雄、雷先德。

副模: GD201104-01B, 1 条标本, 成体, 采集时间和地点及采集人同正模; GD201107-01, 2 条标本, 成体, 2011 年 10 月

11 日采集于广东象头山国家级自然保护区保护站下行 4 km 路边黄褐壤中, 采样点周边主要植物类型为灌木, 海拔 324 m, 23°15'41" N, 114°22'23" E, 采集人同正模; GX201307-11, 3 条标本, 成体, 2013 年 5 月 13 日采集于广西十万大山国家级自然保护区担水沟路旁红壤中, 海拔 559 m, 21°50'50" N, 107°53'20" E, 属亚热带海洋性季风气候区, 年均降水量 1 119 mm, 标本采集人: 邱江平、Hong Yong、蒋际宝、张亮亮、董彦; GX201321-12, 3 条标本, 成体, 2013 年 5 月 18 日采集于广西九万山国家级自然保护区清水塘保护站路边瀑布旁砂质黄壤中, 海拔 404 m, 25°11'58" N, 108°47'44" E, 属中亚热带季风气候区, 年均降水量 1 600 ~ 2 100 mm, 标本采集人: 邱江平、Hong Yong、蒋际宝、张亮亮、董彦; HU201309-01, 2 条标本, 成体, 2013 年 6 月 24 日采集于湖南南岳衡山国家级自然保护区华严湖边黑壤中, 海拔 172 m, 27°15'24" N, 112°43'28" E, 属亚热带季风湿润气候区, 年均降水量 1 400 ~ 2 045 mm, 标本采集人: 蒋际宝、张亮亮、董彦、雷圣; PICJXNN210609889Q04-01,

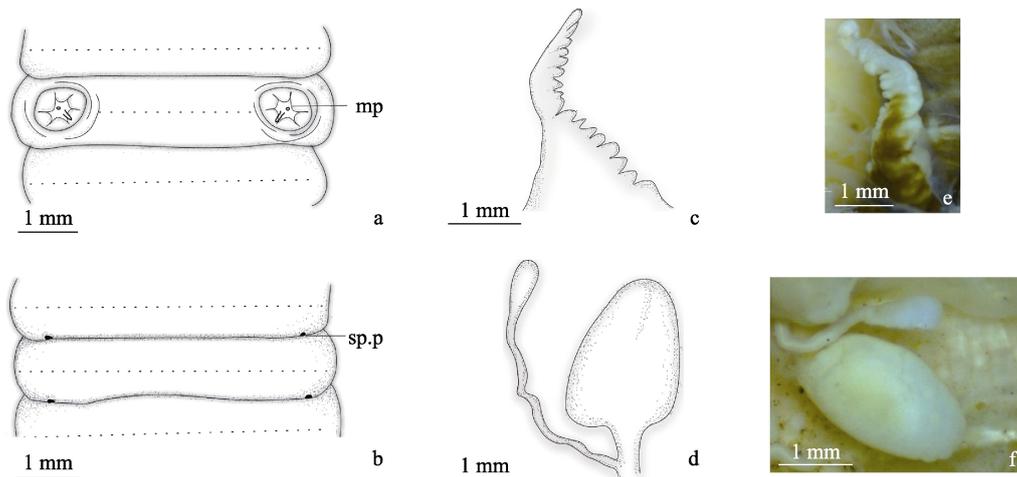


图 1 象头山腔蚓 (正模)

Fig. 1 *Metaphire xiangtoumontis* Dong & Jiang sp. nov. (holotype)

a. 雄孔区; b. 受精囊孔区; c. 盲肠; d. 受精囊; e. 盲肠; f. 受精囊。mp. 雄孔; sp.p. 受精囊孔

a. Male pore region; b. Spermathecal pore region; c. Intestinal caecum; d. Spermathecae; e. Intestinal caecum; f. Spermathecae. mp. Male pores; sp.p. Spermathecal pores

4 条标本, 成体, 2021 年 6 月 9 日采集于江西分宜县果园红壤中, 采样点主要植物为杨梅 (*Myrica rubra*), 海拔 68 m, 27°47'06" N, 114°36'17" E, 属亚热带季风气候区, 年均降水量 1 600 mm, 标本采集人: 龚鑫、吴迪、张玉、胥毛刚、焦魁虎、祁小旭。

词源: 正模采集于象头山国家级自然保护区。

外部特征: 体长 90 mm, 环带宽 5.5 mm, 体节数 62 节。背侧深灰色, 腹侧浅黄褐色, VIII ~ XIII 节和环带后每节均有 2 圈体环, 背中线模糊可见。口前叶 1/3 上叶式。背孔起于 11/12。环带灰色, 位于 XIV ~ XVI 节, 指环状, 不光滑, 有较深的纹路, 环带上无刚毛, 无背孔。刚毛环生, aa = (1.0 ~ 1.1) ab (刚毛自腹中线向两侧依次记述为 a、b、c、d), zz = (2.0 ~ 2.1) zy (刚毛自背中线向两侧依次记述为 z、y、x、w)。刚毛数: 34/III, 44/V, 58/VIII, 62/XX, 64/XXV, 受精囊孔间 24 (VIII), 雄孔间 14 (XVIII)。雄性生殖孔 1 对, 位于 XVIII 节腹侧两边, 各在一垫状突起顶部的椭圆形交配腔内, 交配腔边缘呈辐射状裂纹, 被 2 ~ 3 圈皮褶包围, 交配腔底有一腺状突起, 突起顶部有两个外凸状小尖锥, 雄孔间距 1/3 节周长 (图 1a)。雌性生殖孔 1 个, 位于 XIV 节腹侧中央, 圆形, 乳白色。受精囊孔 2 对, 位于 7/8 ~ 8/9 节间, 腹侧两边, 眼状, 孔间距约为 2/5 节周长 (图 1b)。

内部解剖: 隔膜 5/6 ~ 7/8 和 10/11 ~ 14/15 厚, 肌肉质, 8/9 和 9/10 缺失。砂囊球状, 位于 IX ~ X 节。肠自 XVI 节开始逐渐膨大。盲肠介于单式与复式之间, 起于 XXVII 节, 向前伸至 1/2 XXIV 节, 背缘光滑, 腹缘为一排指状小囊 (图 1c, e)。心 4 对, 位于 X ~ XIII 节, 第 1 对细长, 后 3 对发达。精巢囊 2 对, 位于 X、XI 节, 小, 卵圆形, 左右叶在腹侧分离。储精囊 2 对, 位于 XI、XII 节, 中度发达, 左右叶在腹侧分离, 但有一管相连。前列腺 1 对, 位于 XVII ~ XX 节, 较发达, 厚, 块状分

叶。前列腺管“U”形, 末端略微膨大连于体壁。受精囊 2 对, 位于 VIII、IX 节内, 主体长约 2.6 mm, 坛囊心形, 饱满, 长约 1.85 mm, 坛管短粗, 盲管约与主体等长, 略弯曲, 前端 1/3 膨大为较长的卵圆形纳精囊 (图 1d, f), 第 IX 节右侧纳精囊根部有 1 个较大的梨形具柄副性腺。

DNA 条形码: GenBank 登录号 KT252953 (GD201104-01A, 正模)。

讨论: 在 Sims 等 (1972) 建立的分类系统中, 依据受精囊孔位置和对数等重要特征划分的物种群目前被广泛应用于巨蚓科蚯蚓分类鉴定中。象头山腔蚓在 Sims 等 (1972) 的物种群中属于 *M. insulana*-group, 该物种群主要特征是受精囊孔 2 对, 位于 7/8 ~ 8/9 节间, 雄孔位于交配腔内, 目前仅记录 3 个物种, 包括分布于缅甸卡拉岛的 *M. insulana* (Gates, 1930)、分布于中国四川省 (徐芹等 2011) 和越南 (Reynolds 2009) 的狮口腔蚓 [*M. leonoris* (Chen, 1946)] 和分布于中国云南省大理市的大理腔蚓 [*M. daliensis* (Yuan & Dong, 2019)] (Yuan et al. 2019)。新种象头山腔蚓与大理腔蚓相似, 受精囊孔 2 对, 位于 7/8 ~ 8/9 节间, 第一背孔位于 11/12, 雄孔间距 1/3 节周长, 盲肠介于单式与复式之间, 前列腺区无副性腺, 坛囊心形, 坛管短粗。但在个体大小、体环、受精囊孔间距、雄孔区乳突特征、前列腺发达程度上二者具有差异。新种个体更小, 在 VIII ~ XIII 节和环带后每节均有体环, 受精囊孔间距约 2/5 节周长, 雄孔区交配腔底有 1 个腺状突起, 前列腺发达位于 XVII ~ XX 节。而大理腔蚓个体更大, 周身无体环, 受精囊孔间距约 1/3 节周长, 雄孔区交配腔内有 1 或 2 个乳突, 前列腺不发达, 位于 XVII ~ XIX 节。此外, 新种在右侧第 IX 节纳精囊根部有 1 个较大的具柄副性腺, 而大理腔蚓无副性腺 (Yuan et al. 2019)。

### 2.1.2 韩摆渡腔蚓 (*Metaphire hanbaiduensis* Dong & Sun sp. nov.) (图 2)

正模: PICJAHNN220618143R03-01, 1 条

标本，成体，2022年6月18日采集于安徽省六安市林地棕壤中，采样点主要植物为桑树 (*Morus alba*) 和杨树 (*Populus*)，海拔 40.7 m，31°41'45" N，116°21'19" E，属北亚热带季风气候区，年均降水量 312 mm。标本采集人：祁小旭、吴迪、杜彦、靳楠、胥毛刚、王定一、赵芳、朱梦一、杨佳妮、毛鑫瑞。

词源：正模采集于安徽省六安市裕安区韩摆渡镇。

外部特征：体长 58 mm，环带宽 6 mm，体节数 80 节。背侧灰褐色，腹侧浅黄褐色，周身体环，背中线清晰。口前叶 1/2 上叶式。背孔起于 12/13。环带棕色，位于 XIV ~ XVI 节，指环状，光滑，环带上无刚毛，有背孔。刚毛环生， $aa = (1.2 \sim 1.4) ab$ ， $zz = (1.8 \sim 2.0) zy$ 。刚毛数：48/III，56/V，70/VIII，78/XX，84/XXV，受精囊孔间 27 (VII)，36 (VIII)，雄孔间 12 (XVIII)。雄性生殖孔 1 对，位于 XVIII 节腹侧两边，雄孔下方有 1 个小的圆形平顶乳突，内侧有 1 个较大的椭圆形平顶乳突，雄孔与雄孔区乳突共同位于雄孔突顶部，其外侧明显突起，雄孔间距 1/3 节周长 (图 2a)。

雌性生殖孔 1 个，位于 XIV 节腹侧中央，圆形，乳白色。受精囊孔 3 对，位于 6/7 ~ 8/9 节间，腹侧两边，孔间距约为 1/2 节周长，第 VII 节刚毛环上方有一对乳突，间距 1/3 节周长，第 VIII 节腹侧刚毛环下方有一对乳突，间距 2/5 节周长 (图 2b)。

内部解剖：隔膜 5/6 ~ 7/8 厚，肌肉质，10/11 ~ 13/14 较厚，8/9 和 9/10 缺失。砂囊桶状，位于 IX 节。肠自 XV 节开始逐渐膨大。盲肠复式，起于 XXVII 节，向前伸至 XXIV 节，3 个指状分叶 (图 2c, e)。心 4 对，位于 X ~ XIII 节，第 1 对细长，后 3 对发达。精巢囊 2 对，位于 X、XI 节，卵圆形，左右叶在腹部分离。储精囊 2 对，位于 XI、XII 节，发达，左右叶在腹侧分离。前列腺 1 对，位于 XV ~ XX 节，发达，块状分叶。前列腺管小，“U”形，位于 XXVII ~ XXIV 节。受精囊 3 对，位于 VII ~ IX 节内，从前往后逐渐变小。第一对主体长 3.0 mm，坛囊长 2.5 mm，坛管约为主体的 3/4 长，末端 1/3 逐渐膨大为纳精囊，第二对主体 2.2 mm，第三对主体 1.5 mm (图 2d, f)。第 VIII 节腹中线左右体壁上各有一个副性腺，间距约为 1/3 节周长。

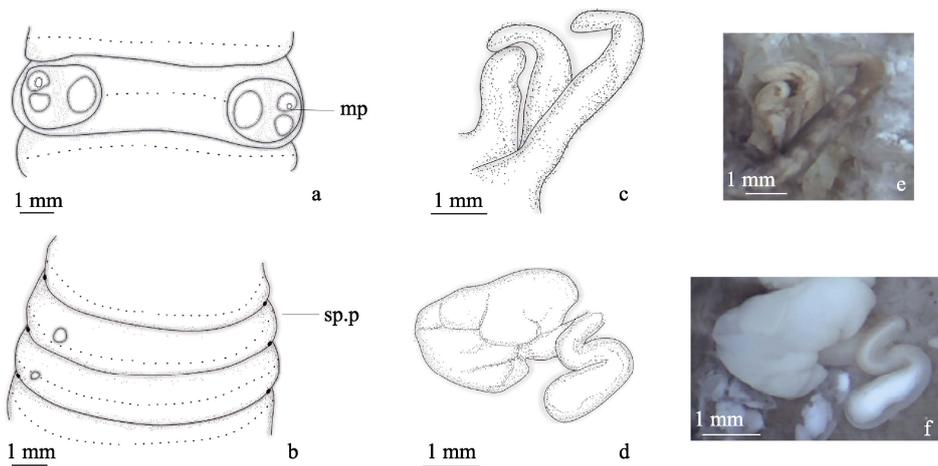


图 2 韩摆渡腔蚓 (正模)

Fig. 2 *Metaphire hanbaiduensis* Dong & Sun sp. nov. (holotype)

a. 雄孔区; b. 受精囊孔区; c. 盲肠; d. 受精囊; e. 盲肠; f. 受精囊。mp. 雄孔; sp.p. 受精囊孔

a. Male pore region; b. Spermathecal pore region; c. Intestinal caecum; d. Spermathecae; e. Intestinal caecum; f. Spermathecae. mp. Male pores; sp.p. Spermathecal pores

DNA 条形码: GenBank 登录号 OQ800934 (P1CJAHNN220618143R03-01A, 正模)。

讨论: 新物种在 Sims 等 (1972) 的物种群中属于 *M. houletti*-group, 该物种群的主要特征是受精囊孔位于 6/7~8/9 节间, 是腔蚓属中最大的类群, 包含 50 个物种 (Bantaowong et al. 2016, Sun et al. 2018)。新种与在我国华东、华南及华北广泛分布的威廉腔蚓 [*M. guillelmi* (Michaelsen, 1895)] 相似, 均有 3 对受精囊孔, 位于 6/7~8/9, 第一背孔位于 12/13, 雄孔间距约为 1/3 节周长, 雄孔突顶部均有乳突 (陈义 1959)。但新种体型更小, 刚毛更密集, 受精囊孔眼状, 且间距约 1/2 节周长, 受精囊孔区

有 2 对乳突, 雄孔区突起内侧和下方均有 1 对乳突, 纳精囊棒状, 盲肠复式; 而威廉腔蚓体型较新种大, 刚毛较新种稀疏, 受精囊孔位于横裂小突上, 且间距更窄, 约为 1/3 节周长, 受精囊孔区无乳突, 雄孔区突起前有 1 对乳突, 纳精囊呈“Z”型扭曲, 盲肠单式 (Michaelsen 1895, 徐芹等 2011)。

### 2.1.3 长白山腔蚓 (*Metaphire changbaimontis* Dong & Shen sp. nov.) (图 3)

正模: JL2019091901-01A, 1 条标本, 成体, 2019 年 9 月 19 日采集于吉林延边朝鲜族自治州长白山国家级自然保护区林地暗棕壤中, 采样点主要植物为阔叶红松 (*Pinus koraiensis*)、

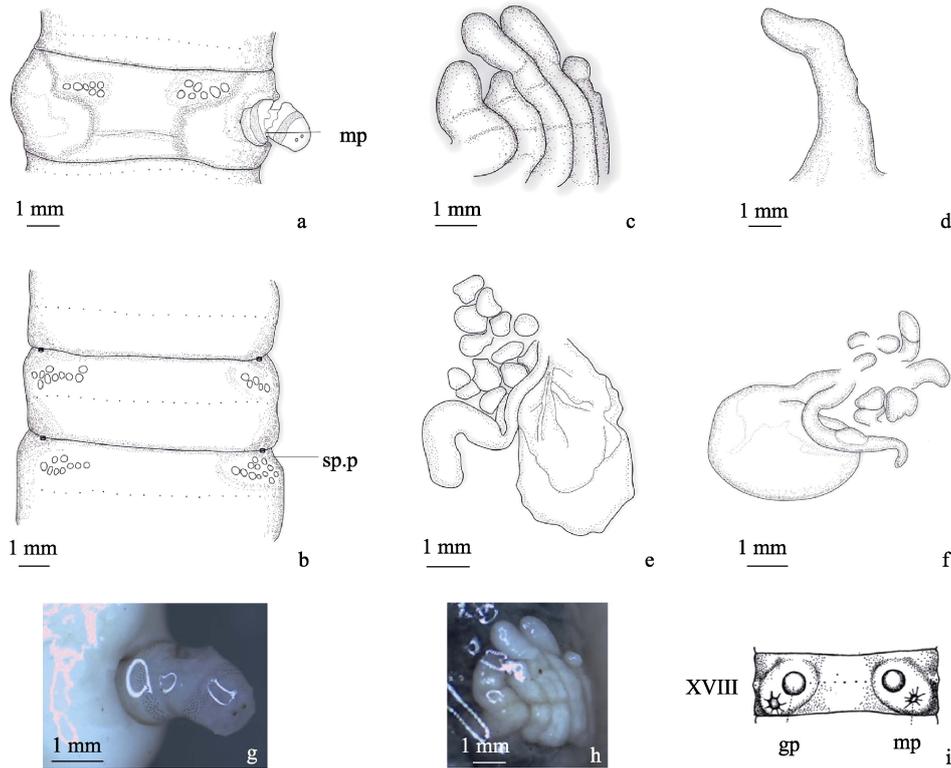


图 3 长白山腔蚓 (正模和孤雌生殖副模)

Fig. 3 *Metaphire changbaimontis* Dong & Shen sp. nov. (holotype and parthenogenetic paratype)

a. 雄孔区 (正模); b. 受精囊孔区 (正模); c. 盲肠 (正模); d. 盲肠 (孤雌生殖副模); e. 受精囊 (正模); f. 受精囊 (孤雌生殖副模); g. 雄孔区 (正模); h. 盲肠 (正模); i. *M. servina* 的雄孔。gp. 乳突; mp. 雄孔; sp.p. 受精囊孔

a. Male pore region (holotype); b. Spermathecal pore region (holotype); c. Intestinal caecum (holotype); d. Intestinal caecum (parthenogenetic paratype); e. Spermathecae (holotype); f. Spermathecae (parthenogenetic paratype); g. Male pore region (holotype); h. Intestinal caecum (holotype); i. Male pore region of *M. servina*. gp. Genital papilla; mp. Male pores; sp.p. Spermathecal pores

蒙古栎 (*Quercus mongolica*)、紫椴 (*Tilia amurensis*) 和水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)，海拔 749 m，42°23'42" N，128°6'36" E，属温带大陆性山地气候区，年均降水量 750 mm。标本采集人：申智锋。

副模：JL2019091901-01B，10 条标本，成体，采集时间和地点及采集人同正模。

词源：正模采集于长白山国家级自然保护区。

外部特征：体长 84~91 mm，环带宽 6.5 mm，体节数 83 节。环带前背侧浅黄褐色，后紫红色，腹侧无色素，XVII~XXIII 节背侧每节有 4~5 层体环，环带后背中线清晰。口前叶 1/2 上叶式。背孔起于 11/12。环带白色，位于 XIV~XVI 节，指环状，光滑，隆起，环带上无刚毛，无背孔。刚毛环生， $aa = (1.1 \sim 1.2) ab$ ， $zz = 1.2 zy$ 。刚毛数：36/III，36/V，44/VIII，44/XX，46/XXV，受精囊孔间 20 (VII)，雄孔间 0 (XVIII)。雄性生殖孔 1 对，位于 XVIII 节腹侧两边较大的鸭掌状腺区上，雄孔突位于腺区内侧下方的小圆形腔内，呈内陷状（肉眼不可见）或外翻状，腺区内侧上方有一片密集的小乳突，间距约 1/3 节周长（图 3a, g）。孤雌生殖副模均无雄孔，无乳突。雌性生殖孔 1 个，位于 XIV 节腹侧中央，卵圆形，微下凹，乳白色。受精囊孔 2 对，位于 6/7~7/8 节间，腹侧两边，眼状，孔间距约为 1/2 节周长，受精囊孔内侧有凹陷状色素沉着区，区域下方为一片密集的小乳突（图 3b）。

内部解剖：隔膜 5/6 厚，肌肉质，6/7、7/8 和 11/12 较厚，8/9 和 9/10 缺失。砂囊桶状，位于 IX~X 节。肠自 XIV 节开始逐渐膨大。盲肠复式，起于 XXVII 节，向前伸至 XXIII 节，5 个指状囊分叶（图 3c, h）。孤雌生殖副模盲肠单式，起于 XXVII 节，向前伸至 XXI 节，指状，背腹缘均光滑（图 3d）。心 4 对，位于 X~XIII 节，第 1 对细长，后 3 对发达。精巢囊 2 对，位于 X、XI 节，较发达，卵圆形，左右叶在腹侧分离。储精囊 2 对，位于 XI、XII 节，第一对较第二对发达，左右叶在腹侧分离。

孤雌生殖副模无精巢囊，无储精囊。前列腺 1 对，位于 XVI~XXI 节，发达，厚，块状分叶。前列腺管“U”形，末端略微膨大连于体壁。前列腺管根部内侧体壁有大量的具柄副性腺。孤雌生殖副模前列腺完全退化。受精囊 2 对，位于 VII、VIII 节内，主体长约 4.7 mm，坛囊桃心形，坛管短粗，约为坛囊的 1/3 长，盲管长约 5 mm，前端 2/5 膨大为长袋状纳精囊，每个受精囊根部内侧体壁均有大量的具柄副性腺（图 3e）。孤雌生殖副模受精囊 2 对，位于 VII、VIII 节内，主体长约 3.4 mm，坛囊卵圆形，坛管长约 1.3 mm，盲管比主体长，前端 2/5 膨大为纳精囊，每个受精囊根部内侧体壁均有大量的具柄副性腺（图 3f）。

DNA 条形码：GenBank 登录号 PP715630 (JL2019091901-01A，正模)。

讨论：长白山腔蚓在 Sims 等 (1972) 的物种群中属于 *M. glandularis*-group，该物种群的主要特征是受精囊孔两对，位于 6/7~7/8 节间，盲肠复式。该物种群在 Sims 等 (1972) 中有 5 个物种记载，但因同物异名，其中 4 个物种被移出该物种群，目前仅有 1 个分布于日本的物种 *M. servina* (Hatai & Ohfuchi, 1937) (Blakemore 2012)。新种与该物种均有 2 对受精囊孔，位于 6/7~7/8，环带占据完整的 3 节，且光滑无刚毛，前列腺发达，盲肠复式指状囊分叶 (Goto et al. 1899)。但新种刚毛更稀疏，第一背孔位于 11/12，雄孔位于鸭掌形腺状突起上，或内陷，或外翻，受精囊孔区和雄孔区内侧均有密集的小乳突，体腔内壁对应密集的具柄副性腺，坛管短粗，坛囊桃心型，前列腺发达占 6 节。而 *M. servina* 刚毛较新种密集，第一背孔位于 12/13，雄孔位于椭圆形腺状突起上内陷呈星形，仅雄孔区有一个大的圆形乳突（图 3i），体内对应为大块胞状副性腺，坛管细长，坛囊梨形，前列腺发达占 8~9 节。此外，新种有雌雄同体（7 条）和孤雌生殖（4 条）两种形态，孤雌生殖受精囊孔区特征同正模，但均无雄孔，前列腺退化，盲肠单式。

## 2.2 遗传距离

线粒体 COI 基因作为“条形码”, 其遗传距离差异通常被作为判定物种差异的佐证。遗传距离结果显示, 象头山腔蚓与 10 个近缘物种的  $p$  距离为 0.105 ~ 0.176, 韩摆渡腔蚓与 10 个近缘物种的  $p$  距离为 0.153 ~ 0.218, 长白山腔蚓与 8 个近缘物种的  $p$  距离为 0.124 ~ 0.168(表 2)。本文中 3 个新物种间的  $p$  距离为 0.208 ~

0.247。以上遗传距离均大于种内遗传距离(通常小于 1%), 满足物种间遗传距离的差异范围(通常大于 8.3%) (Huang et al. 2007, Chang et al. 2011)。结果表明, 新物种间及新物种与已知物种间存在至少为物种水平的遗传差异。

**致谢** 感谢上海交通大学邱江平教授研究团队及南京农业大学刘满强教授研究团队在野外采集工作中做出的贡献。

表 2 腔蚓属新物种与近缘物种间的遗传距离

Table 2 Estimates of evolutionary divergence of  $p$ -distance between new *Metaphire* species and related species

新物种 New species	近缘物种 Related species 物种名 Species name	$p$ -距离 $p$ -distance
象头山腔蚓 <i>Metaphire xiangtounontis</i> sp. nov.	齿状远盲蚓 <i>Amyntas dentiformis</i>	0.105
	壮伟远盲蚓 <i>A. robustus</i>	0.115
	慈竹远盲蚓 <i>A. benignus</i>	0.115
	华美远盲蚓 <i>A. lautus</i>	0.113
	云龙远盲蚓 <i>A. yunlongensis</i>	1.176
	皮质远盲蚓 <i>A. corticis</i>	0.153
	湖北远盲蚓 <i>A. hupeiensis</i>	1.148
	加州腔蚓 <i>M. californica</i>	0.161
	<i>A. tamaensis</i>	0.155
	无色远盲蚓 <i>A. stricosus</i>	0.148
韩摆渡腔蚓 <i>M. hanbaiduensis</i> sp. nov.	保宁腔蚓小型亚种 <i>M. magna minuscula</i>	0.218
	长体多囊蚓 <i>Polypheretima elongata</i>	0.179
	<i>M. surinensis</i>	0.186
	<i>A. purpuratus</i>	0.211
	腋芽远盲蚓 <i>A. axillis</i>	0.181
	三明腔蚓 <i>M. sanmingensis</i>	0.188
	<i>A. thakhantho</i>	0.166
	湖北远盲蚓 <i>A. hupeiensis</i>	0.153
	<i>M. riukiensis</i>	0.186
	<i>A. daeeri</i>	0.188
长白山腔蚓 <i>M. changbaimontis</i> sp. nov.	<i>M. communissima</i>	0.124
	<i>A. jiriensis</i>	0.134
	<i>A. vittatus</i>	0.134
	<i>M. hilgendorfi</i>	0.134
	<i>A. tokiensis</i>	0.161
	<i>Pheretima okutamaensis</i>	0.164
	<i>A. bimaculatus</i>	0.168
<i>M. agrestis</i>	0.159	

## 参 考 文 献

- Bantaowong U, Chanabun R, James S W, et al. 2016. Seven new species of the earthworm genus *Metaphire* Sims & Easton, 1972 from Thailand (Clitellata: Megascolecidae). *Zootaxa*, 4117(1): 63–84.
- Blakemore R J. 2012. Japanese earthworms revisited a decade on. *Zoology in the Middle East*, 58(suppl 4): 15–22.
- Chang J A, Qiu N S, Zuo Y H, et al. 2011. The new evidence on tectonic uplift in kepingtage area, Tarim, China: constraints from (U-Th)/He ages. *Chinese Journal of Geophysics*, 54(1): 35–44.
- Darriba D, Taboada G L, Doallo R, et al. 2012. jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing. *Nature Methods*, 9: 772.
- Dong Y, Law M M S, Jiang J B, et al. 2019. Three new species and one subspecies of the *Amyntas corticis*-group from Guangxi Zhuang Autonomous Region, China (*Oligochaeta*, Megascolecidae). *ZooKeys*, 884: 23–42.
- Dong Y, Yuan Z, Jiang J B, et al. 2018. Two new species of earthworms belonging to the genus *Amyntas* (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from Guangxi Province, China. *Zootaxa*, 4496(1): 259–268.
- Folmer O, Black M, Hoeh W, et al. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3(5): 294–299.
- Goto S, Hatai S. 1899. New or imperfectly known species of earthworms. No. 2. *The Zoological Society of Japan*, 11(1): 13–24.
- Hall T. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41(41): 95–98.
- Huang J, Xu Q, Sun Z J, et al. 2007. Identifying earthworms through DNA barcodes. *Pedobiologia*, 51(4): 301–309.
- Jiang J B, Dong Y, Yuan Z, et al. 2018. Three new earthworm species of the tokioensis-group in the genus *Amyntas* (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from Guangxi Province, China. *Zootaxa*, 4496(1): 269–278.
- Jiang J B, Sun J, Zhao Q, et al. 2015. Four new earthworm species of the genus *Amyntas* Kinberg (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from the island of Hainan and Guangdong Province, China. *Journal of Natural History*, 49(1/2): 1–17.
- Michaelsen W. 1895. Zur kenntnis der Oligochate. *Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, Herausgegeben von dem naturwissenschaftlichen Verein in Hamburg*, 13(2): 1–37.
- Reynolds J. 2009. Species distribution maps for Gates' Burmese earthworms and current nomenclatural usage. *Megadrilogica*, 13(6): 53–83.
- Sims R W, Easton E G. 1972. A numerical revision of the earthworm genus *Pheretima* auct. (Megascolecidae: Oligochaeta) with the recognition of new genera and an appendix on the earthworms collected by the Royal Society North Borneo Expedition. *Biological Journal of the Linnean Society*, 4(3): 169–268.
- Sun J, Jiang J B, Bartlam S, et al. 2018. Four new *Amyntas* and *Metaphire* earthworm species from nine provinces in southern China. *Zootaxa*, 4496(1): 287–301.
- Sun J, Jiang J B, Qiu J P. 2012. Four new species of the *Amyntas corticis*-group (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from Hainan Island, China. *zootaxa*, 3458(1): 149–158.
- Sun J, Zhao Q, Jiang J B, et al. 2013. New *Amyntas* species (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from south and central Hainan Island, China and estimates of evolutionary divergence among some *corticis*-group species. *Journal of Natural History*, 47(17/18): 1143–1160.
- Sun J, Zhao Q, Qiu J P. 2009. Four new species of earthworms belonging to the genus *Amyntas* (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from Diaoluo Mountain, Hainan Island, China. *Revue Suisse De Zoologie*, 116(2): 289–301.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, et al. 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution*, 28(10): 2731–2739.
- Thompson J D, Gibson T J, Plewniak F, et al. 1997. The CLUSTAL\_X windows interface: flexible strategies for multiple sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research*, 25(24): 4876–4882.
- Yuan Z, Dong Y, Jiang J B, et al. 2019. Three new species of earthworms belonging to the genera *Amyntas* and *Metaphire* (*Oligochaeta*: Megascolecidae) from Yunnan, China. *Journal of Natural History*, 53(31/32): 1961–1974.
- Zhao Q, Yao X Z, Lan Y Q, et al. 2018. New earthworm species of

- the genus *Amyntas* from Hainan Island, China (Megascolecidae, Clitellata). *Zootaxa*, 4496(1): 279–286.
- 陈义. 1956. 中国蚯蚓. 北京: 科学出版社, 3–7.
- 陈义. 1959. 中国动物图谱. 北京: 科学出版社, 9–33.
- 董彦. 2021. 22 种(亚种)巨蚓科蚯蚓系统发生地理学研究. 上海: 上海交通大学博士学位论文, 1–5.
- 蒋际宝. 2016. 中国巨蚓科蚯蚓分类与分子系统发育研究. 上海: 上海交通大学博士学位论文, 300–328.
- 邱江平. 2000. 蚯蚓及其在环境保护上的应用 III. 蚯蚓在处理有机废弃物和生活污水上的应用. 上海交通大学学报: 农业科学版, 18(1): 53–58.
- 孙静, 蒋际宝, 贺晓清, 等. 2021a. 西南地区远盲蚓属蚯蚓 2 新种记述. *自然科学*, 9(5): 800–806.
- 孙静, 蒋际宝, 冉雨晴, 等. 2022. 福建省武夷山和梅花山远盲蚓属蚯蚓四新种及其与近缘物种的遗传关系. *动物学杂志*, 57(1): 69–80.
- 孙静, 蒋际宝, 张林, 等. 2021b. 3 个采集于中国云南的远盲蚓属新物种(单向蚓目: 巨蚓科). *四川动物*, 40(5): 550–557.
- 吴纪华, 孙希达. 1996. 长白山杜拉属蚯蚓一新种(寡毛纲: 链胃蚓科). *四川动物*, 15(3): 98–99, 117.
- 徐芹, 肖能文. 2011. 中国陆栖蚯蚓. 北京: 中国农业出版社, 23–31.

(上接第 396 页)



图 1 棕尾褐鹟个体及其生境

Fig. 1 An individual and its habitat of *Musciap ferruginea*

棕尾褐鹟隶属于雀形目(Passeriformes)鹟科(Muscicapidae)鹟属(郑光美 2017)。棕尾褐鹟在中国分布于陕西南部、宁夏、甘肃南部、西藏东南部、云南、四川南部、贵州、江西、浙江、福建、广东、香港、广西、海南和台湾(郑光美 2017), 繁殖于台湾、甘肃南部、陕西南部、四川、云南西部及西藏东南部, 冬季南迁, 部分鸟留在台湾及海南岛越冬(约翰·马敬能 2000)。在国外越冬于菲律宾至马来半岛, 婆罗洲、苏门答腊岛及爪哇岛(马克·布拉齐尔 2020); 在日本南部几乎每年春季都有记录, 最北的记录在北海道的天卖岛(Kitazawa 2016), 偶见于朝鲜半岛(马克·布拉齐尔 2020)。

本次发现正值鸟类秋季迁徙期, 推测该鸟在湖南为迁徙鸟或迷鸟。同时, 本发现填补了棕尾褐鹟在中国华中区地理分布的空缺, 对研究该物种的迁徙路线和地理分布具有一定参考价值。棕尾褐鹟在中国观鸟记录中心(<http://www.Birdrecord.cn>)上的记录点与本次的发现地相距甚远, 最近距离大约为 430 km, 地点在福建省三明市峨嵋峰国家级自然保护区内, 关于该鸟种在中国的迁徙路线有待进一步研究。

胡珂<sup>①</sup> 卓于清<sup>②</sup> 李成<sup>③</sup> 曹越<sup>①</sup> 唐佳敏<sup>①</sup> 杨道德<sup>①\*</sup>

① 中南林业科技大学野生动植物保护研究所 长沙 410004; ② 湖南大学 长沙 410082; ③ 长沙心近自然工作室 长沙 410004