应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2016, 53(4): 864−873. DOI: 10.7679/j.issn.2095−1353.2016.108

合欢吉丁 *Agrilus subrobustus* Saunders 的学名厘定及危害特性*

张 红** 任利利*** 潘 龙 骆有庆

（北京林业大学林木有害生物防治北京市重点实验室， 北京 100083）

摘 要 **【目的】** 本文对危害合欢 *Albizia julibrissin* Durazz 的钻蛀性害虫合欢吉丁 *Agrilus subrobustus* Saunders 各虫态形态特征及危害特性进行了研究与描述，深入探索其虫道三维结构，以期为合欢吉丁的发生监测及防治提供依据。**【方法】** 查阅相关文献，记述整理了合欢吉丁学名的变化过程，详细地观察并描述了剖腹卵、幼虫、蛹、成虫的形态特征；首次研究总结其坑道系统的各指标特点：虫口密度、坑道长宽、侵入孔特征、蛹室特征、羽化孔特征等，明确了完整虫道的发生发展规律；基于坑道拍照、各向量指标测量，对坑道进行科学手绘，使用 Autodesk Maya 软件完成合欢吉丁完整虫道的三维重建。**【结果】** 合欢吉丁幼虫细长、乳白色，蛹为裸蛹。成虫铜绿色具金属光泽，观察对比其前胸背板长宽比、盘区和肩前隆脊形态，前胸腹板突形状，鞘翅柔毛分布位置，阳茎形态等特征，结合文献，明确其学名为 *Agrilus subrobustus* Saunders。合欢吉丁主要危害树干韧皮部及木质部，具向阳性；在树皮下钻蛀坑道，侵入孔圆形，不超过 1 mm；蛹室米粒状，多位于木质部，少数位于韧皮部；羽化孔“D”型；坑道形状具有规律性，可分为 3 种：“Z”字型及其变型，密集上下迂回型，椭圆或近半圆型坑道。**【结论】** 基于形态特征的详细描述、学名厘定，有利于合欢吉丁的鉴定及学名的正确使用；完整虫道的复原便于在非成虫期结合寄主种类鉴定害虫种类、评估虫口密度和危害程度，为合欢吉丁的监测提供了具体的判别方法，为化学防治、生物防治等提供参考与技术支持。

关键词 合欢吉丁，形态特征，危害特性，学名厘定，钻蛀性昆虫，坑道重建

Clarification of the species name of *Agrilus subrobustus* Saunders, a description of its morphological characteristics and a three-dimensional reconstruction of the larval galleries of this pest

ZHANG Hong** REN Li-Li*** PAN Long LUO You-Qing

(Beijing Key Laboratory for Forest Pest Control, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract **[Objectives]** To review the nomenclature, and describe the morphological characteristics and larval galleries of *Agrilus subrobustus* Saunders, a buprestid beetle that frequently causes severe damage to silk trees (*Albizia julibrissin* Durazz) in order to provide guidance and suggestions for monitoring and preventing damage by this pest. **[Methods]** We reviewed the literature to describe the process through which the scientific name of the species was changed, and observed and described the morphological characteristics of adults, pupae, larvae, and eggs inside oviducts. We performed the first geometric index analysis of *A. subrobustus*'s galleries, including population density, gallery length and width, as well as characteristics of the entrance hole, pupal chamber, and emergence hole. The morphology, and frequency of occurrence and development of complete galleries were analyzed. Based on photographs of galleries and geometric vector indices, proportionally accurate drawings of galleries were made and three dimensional reconstructions completed using Autodesk Maya. **[Results]** The

*资助项目 Supported projects：公益性行业科研专项：重大森林虫灾监测预警的关键技术研究（201404401）；国家自然科学基金青年科学基金项目：新入侵的松树蜂对我国主要松树种类的选择性与机制（31500529）

**第一作者 First author，E-mail：zhong5471 @126.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：lily _ ren @bjfu.edu.cn

收稿日期 Received：2015-12-30，接受日期 Accepted：2016-03-15

larvae of *A. subrobustus* are ivory colored and slender. Pupae are of the exarate type and adults are shiny and greenish. Features of adult morphology, including the shape (length versus width) of the pronotum, pronotum disk, prehumerus, metasternal projection, elytra pubescence distribution, and aedeagus, are described. The scientific name was clarified through detailed morphological comparisons and consultation of the literature. *A. subrobustus* damages both the phloem and xylem of *A. julibrissin*, and is active on the sunny side of host trees. *A. subrobustus* bores galleries under the bark of its host, with round shaped entrance holes measuring less than 1mm. Pupal chambers were oval shaped and mostly distributed in the xylem of the host with a minority in the phloem. Emergence holes were "D" shaped. Generally galleries could be divided into three types on the basis of morphological characters; i.e. a "Z" shaped, or extended, type, a vertically rounded type, and an ellipse or semicircular, type. **[Conclusion]** Clarification of the morphological characteristics and scientific name of *A. subrobustus* should aid future identification of this beetle. The three dimensional reconstruction of its larval gallery structure will also aid identification and assessment of damage to host trees, and provide technical guidance for the monitoring and control of this pest.

Key words *Agrilus subrobustus* Saunders, morphological characteristics, damage features, scientific name clarifying revision, boring insect, gallery reconstruction

合欢 *Albizia julibrissin* Durazz，豆科 Leguminosae 合欢属 *Albizia* Durazz 落叶乔木，是行道树、景观树的优选树种，被广泛应用于园林绿化建设中（李艳春，2013；王少卿等，2014）。

Agrilus subrobustus Saunders 属鞘翅目 Coleoptera 吉丁虫科 Buprestidae，是合欢的一种重要蛀干害虫，Saunders 于 1873 年记录并为该种命名，模式标本采集于日本的长崎市（Saunders，1873；Jendek，1995）。其主要异名包括：*Agrilus sorocinus* Kerremans，1914；*Agrilus kumamotoensis* Obenberger，1935；*Agrilus sorocinus albizziae* Kurosawa，1963；*Agrilus boisreymondi* Alexeev and Bilý，1980；*Agrilus kumamotoi* Tôyama，1987；*Agrilus sorocinus kurosawus* Bellamy，1998 等（Jendek，2005；Hoebeke and Wheeler Jr，2011）。

我国研究文献于 1995 年记载合欢吉丁（*Agrilus* sp.）在山东省泰安地区危害合欢（曲爱军等，1995），并于 1997 年探讨其学名为 *Agrilus sorocinus albizziae* Kurosawa（原种名为 *Agrilus sorocinus* Keremans）（曲爱军等，1997）。之后，北京（张霞，2003）、邢台（王德泉，2015）、驻马店（李艳春，2013）、郑州（刘志亮等，2007）等地区相继以中文名"合欢吉丁"报道发生于合欢树上吉丁类虫害。我国已有研究报道使用的拉丁学名不尽相同，主要有：*Agrilus* sp.（曲爱军，1995），*Chrysochroa fulminans* Fabricius（徐公天和杨志华，2007），*Agrilus chrgsoderes* Obenberger（刘静鹤，2009），*Agrilus sorocinus albizziae* Y. Kurosawa（杨燕燕，2014）等。结合形态学特征，对比 *A.subrobustus* Saunders 候选模式标本形态特征的描述及相关研究图片，本文订正其学名为 *Agrilus subrobustus* Saunders。

合欢吉丁成虫裸露生活，在树干及枝梢爬行活动，其它虫态均隐蔽生活，主要以其幼虫蛀食韧皮部及木质部边材为害（李艳春，2013），破坏合欢输导组织，无法供给正常的养分、水分，导致树木枝叶发黄，影响正常长势，严重时树木干枯死亡（周敏等，2007；王德泉，2015）。

本文报道了合欢吉丁各虫态的形态特征，研究其虫道系统规律性，便于运用树干解析观察虫道特点来判定合欢吉丁的危害，为其监测及防治提供依据与建议。

1　材料与方法

1.1　野外调查

选择对外经贸大学校园及天津宝坻京津新城两处的合欢作为实验材料，于 2015 年 5 月初及 6 月初，分别从两样地选择虫害木截段（每段长 0.5~1.0 m，直径 8.0~20.0 cm）带回实验室饲养、解析。另外，在 6、7 月份，选择天津宝坻京津新城的合欢用于野外活立木的观察研究，包括危害症状、虫口密度及虫道各指标的观察记录。

1.2 虫源采集及观察

虫害木段放置在纱网中饲养，每天上午9:00、下午5:00收集羽化的成虫；随机选雌成虫在显微镜下解剖，取得剖腹卵；随机挑选木段解析，收集合欢吉丁的幼虫及蛹；收集到的各虫态样本存储于75%的酒精中。使用Nikon D90单反数码相机、UV-C光学共聚焦显微成像系统（北京合众视野）以及Leica M205FA体式显微镜拍照记录不同虫态的形态特征；借助Leica M205FA体式显微镜测量成虫的体长、头宽及前胸背板长度，剖腹卵、幼虫及蛹的长度。

1.3 虫害木解析

在饲养的虫害木中，挑选虫口密度相对较多的9节木段对其进行细致解析，测定虫道系统的各向量指标。

1.3.1 虫口密度统计 用白色卡纸制作10 cm×10 cm的矩形框架用于虫口密度的测量。室内木段根据长短及粗细，每木段随机选6个样方，统计每样方内的羽化孔数；野外活立木在距地面0.5~1.5 m之间，每株随机选取6个样方计数统计。

1.3.2 虫道危害研究 将野外活立木上羽化孔周围的树干进行剥皮处理，随机选择30个完整虫道，测量水平及垂直方向上的危害长度。室内虫害木解析中，随机选择20个完整虫道，观察统计侵入孔形状特点，并用电子游标卡尺测量其孔径大小。

蛹室特征研究中，随机选取虫害木段及野外活立木上的蛹室共400个，记录蛹室的长度、宽度、分布位置和方向特点，使用GraphPad Prism 6（GraphPad Software）统计各特征的频次分布。

羽化孔特征研究中，根据单位面积内虫口密度，将待测木段分为虫口密度大（15个/100 cm^2）、较大（515个/100 cm^2）、小（5个/100 cm^2）3等级，相应地设定每等级木段需要随机测量的羽化孔数量50个、40个、25个。实验中总共随机选取了400个羽化孔，观察其形状，并测量孔径。

1.4 虫道系统复原、重建

通过对完整虫道的拍照，各向量指标的测量及规律性研究，借助SAI（SYSTEMAX Software），科学手绘，运用Photoshop（Adobe Systems Software）及Autodesk Maya（Adobe Systems Software）完成合欢吉丁虫道系统的复原、重建。

在SAI及Photoshop软件中，通过图片与实物的比例保证虫道长、宽的精确度；在Autodesk Maya软件中，通过录入圆心角α、半径R、高度比D保证复原木段的精确度。其中相关测量指标如下：虫道的实际竖直长度 L_1，虫道的实际水平长度 L_2，虫道木段的周长c，照片的宽度a及长度 b_1（在Photoshop中测量），照片中虫道的竖直长度 L_3（在Photoshop中测量）；相关计算指标如下：照片中虫道的水平长度 L_4，照片范围内木段的实际长度 b_2，木段的实际半径R，拍照范围对应的圆心角α，高度比D。运用“弓形计算器”可以获得木段的实际半径R及拍照范围对应的圆心角α。换算得：$L_4=L_2\cdot L_3/L_1$，$b_2=b_1\cdot L_1/L_3$，$D=a\cdot L_1/(L_3\cdot R)$。

2 结果与分析

2.1 形态特征

卵：雌虫剖腹卵长椭圆形，乳白色，长约0.26 mm（图1：A）。

幼虫：初为乳白色，后渐变为淡黄色，老熟幼虫体长8~12 mm（*n*=5），头小，深褐色，缩入前胸背板；前胸膨大，背部隆起，背中线褐色，中后胸较窄；腹部细长，共10节，分节明显，前8节侧部着生8对气门，近圆形，黄褐色；尾部一节具两个内侧锯齿状的尾铗，深褐色（图1：B）。

蛹：裸蛹，长约4~7 mm，宽约1~2 mm（*n*=5），初为乳白色，渐变为黄色，后为紫铜绿色，且略有金属光泽（图1：C）。

成虫：体小型，长5~7 mm（*n*=28）；体较细长、呈楔形；体色单一，为铜绿色或橄榄色，并具金属光泽（图2：A~C）。头部宽1~2 mm；触角11节，从第2鞭亚节起呈锯状；复眼肾形，下缘相对稍尖，深褐色；头部密生白色细绒毛，额区及唇基绒毛相对长且密集；头顶颅中沟两侧具明显的螺旋状云纹；额略低凹至平截。前胸背

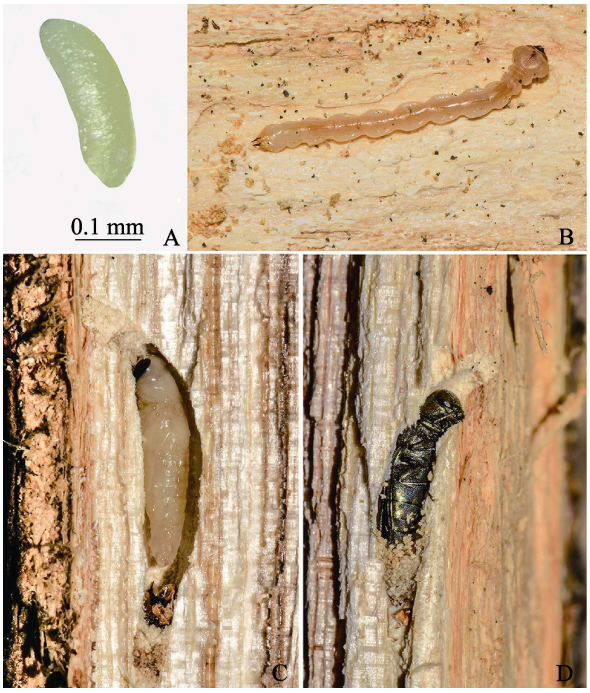


图 1　合欢吉丁剖腹卵图片及幼虫、蛹、成虫的生态照片

Fig. 1　Morphology of egg inside oviducts, and ecological photos of larva, pupa, adult of *Albizia subrobustus*

A：剖腹卵；B：幼虫；C：蛹；D：成虫。

A: Egg inside oviducts; B: Larva; C: Pupa; D: Adult.

板宽 1~2 mm，背面观方形或宽略大于长，无明显最宽处；侧缘边弧形弯曲，后方形成后角；后缘双曲，中叶后突，形成 3 个深波状凹陷；前胸背板盘区隆起，具有刻点和横向皱纹（图 2：E）；肩前隆脊无或发育不完全，若有其形弓状，略向前胸背板后角弯曲，长度为前胸背板盘区的 1/3，其前顶端距侧缘脊较远（图 2：D）；前胸腹板在前足基节之间向后突出，形成近楔形的前胸腹板突（图 2：B，D）。中胸小盾片较发达，呈倒三角形，具横向隆脊。鞘翅无色斑；肩部具隆脊，翅缝两侧疏生白色柔毛，后缘圆钝。跗节 4 节，爪双裂。腹部最后一节腹板微弱向内侧弯曲，最后一可见腹节（第 4 腹节）上有弓状或波状纹，其末端浅凹；臀板上无隆脊。雄性外生殖器形态见图 2（F，G），基侧突上部外缘薄片，具若干刚毛，明显长于基板；基板略向右侧弯曲，端部圆弧形；阳茎细长，端部尖锐。

2.2　生物学特性

合欢吉丁 1 年 1 代，以幼虫在树干内部越冬，翌年 3、4 月份越冬幼虫开始活动，蛀食树干，在树皮下钻蛀隧道，5 月至 6 月，幼虫在蛹室内化蛹并羽化，羽化后的成虫会向外钻蛀，头部可向腹面弯曲近 90°（图 1：D），之后待鞘翅硬化，成虫从羽化孔钻出，立即活动，在树干爬行迅速，飞行能力强，具假死性。经观察发现合欢吉丁喜在阳光下活动，树干向阳面危害严重，虫口密度大。

2.3　危害症状

受合欢吉丁危害后，树木长势衰弱，树冠枝叶短小且稀疏变黄。一般被蛀食处，颜色变为黄褐色，树皮干瘪、塌陷、爆裂，部分被害处有轻微流胶。虫道分布于韧皮部与木质部，且该区域木质变得松软、呈水渍状。当合欢受害严重时，树皮脱落，韧皮部外露，颜色黑褐色，畸形生长，有些部位干枯腐朽；当虫口密度大时，影响其水分、养分的正常运输，最终会导致树木干枯死亡（图 3：A~C）。

2.4　虫道系统各指标特征

2.4.1　虫口密度　结果显示，合欢吉丁的虫口密度在树干向阳面极显著（$P<0.01$）大于树干背阴面（t-检验），虫口密度最大可达 45 个/100 cm^2。虫口密度大时，叶片脱落，枝条干枯（图 4）。

2.4.2　侵入孔特征　合欢吉丁在韧皮部蛀食一段时间后，在韧皮部或钻蛀进木质部作侵入孔。侵入孔圆形，直径一般不超过 1 mm，多分布于 0.40~0.80 mm 内，平均值为（0.57±0.16）mm（图 7：A）。

2.4.3　蛹室特征　结果显示，合欢吉丁一般会侵入木质部 1.00 mm 左右，直接或蛀食一段距离后作蛹室，少数在韧皮部直接作蛹室。蛹室位于羽化孔“ D ”型直线边方向，统计 400 个羽化孔“ D ”型直线边位置，其中向上的为 208 个，向下的为 192 个，合欢吉丁随机向上或向下蛀食作蛹室。蛹室椭圆形、稍细长，呈米粒状。韧皮部的蛹室长度 4.00~6.00 mm，宽度 1.00~2.00 mm；木

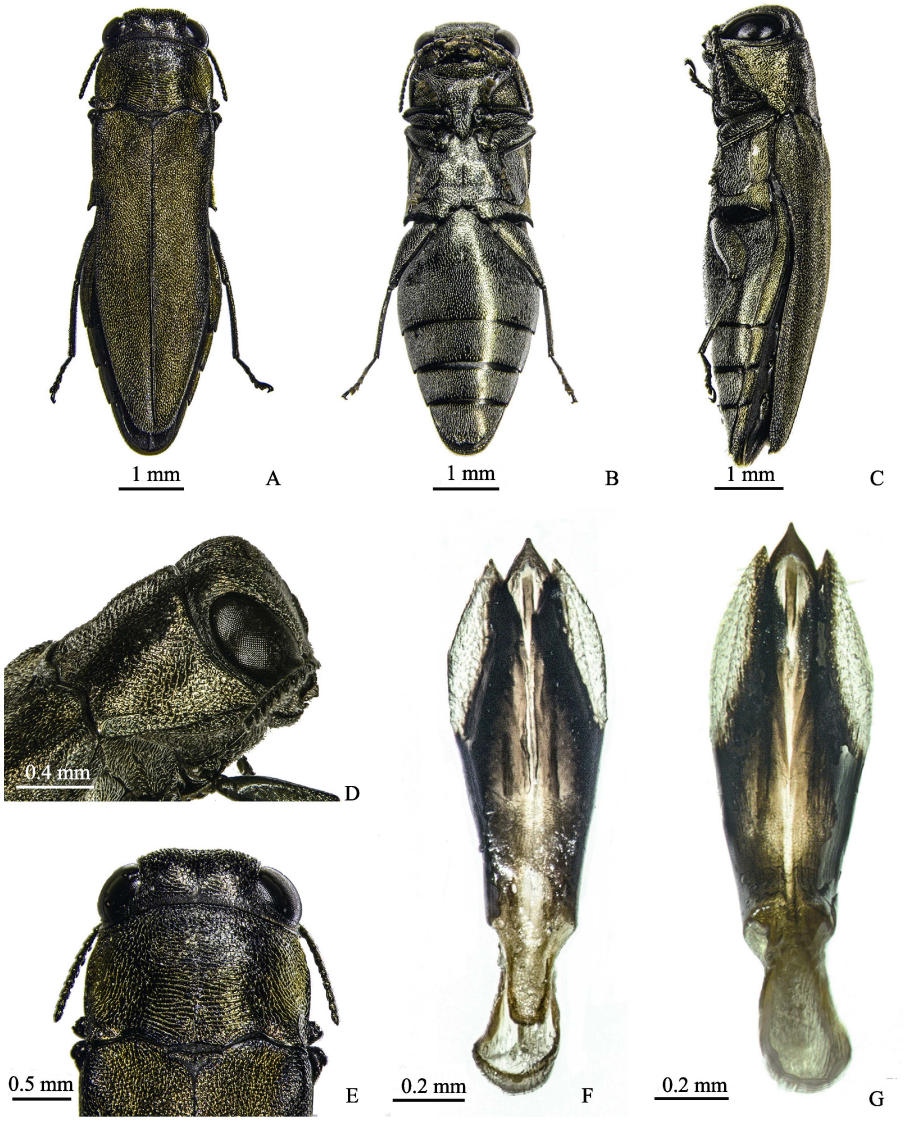


图 2　合欢吉丁成虫及雄性外生殖器阳茎

Fig. 2　Adults and the aedeagus of male *Albizia subrobustus*

A：成虫背面；B：成虫腹面；C：成虫侧面；D：成虫肩前隆脊；E：成虫前胸背板；F: 阳茎腹面；G：阳茎背面。

A: Dorsal view of the adult; B: Venter view of the adult; C: Lateral view of the adult; D: Prehumeral carina of the adult; E: Pronotum view of the adult; F: Ventral view of the aedeagus; G: Dorsal view of the aedeagus.



图 3　危害症状图片

Fig. 3　The damage features of *Albizia subrobustus*

A：树皮干瘪；B：被害处颜色发黄、树皮脱落；C：木质部外露、树干枯死。

A: Dry bark; B: Damaged parts are turning yellow, the bark is falling off; C: The revealing xylem and died trunk.

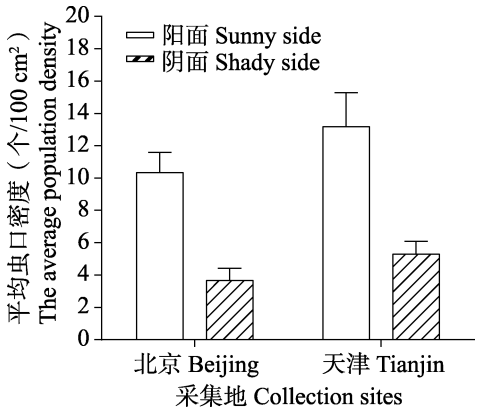


图 4　不同地区样本树干阳面和阴面的虫口密度

Fig. 4　The population densities between sunny and shady sides of the trunks from different collected sites

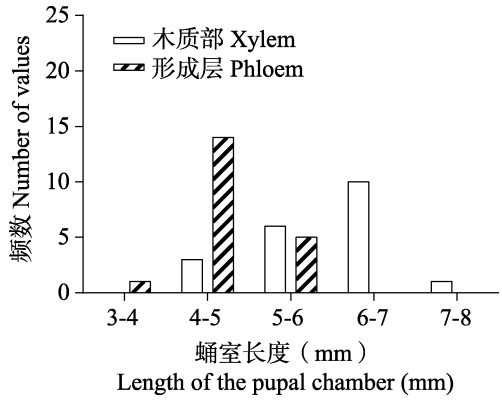


图 5　位于木质部和韧皮部蛹室长度的频次分布图

Fig. 5　Number of values on length of the pupal chamber locating at the xylem and the phloem

质部中的蛹室长度 5.00~7.00 mm，宽度 1.50~2.50 mm，经比较，分布在韧皮部的蛹室显著（$P<0.05$）小于木质部的蛹室（*t*-检验）（图 5，图 6，图 7：B）。

2.4.4　羽化孔特征　合欢吉丁的羽化孔呈逆时针或顺时针旋转 90°的“D”型，周围树皮干枯或脱落。羽化孔“D”型直边长度为 0.90~2.70 mm，主要集中在 1.20~2.40 mm，平均值为（1.82±0.31）mm；垂直于“D”型直边长度为 0.70~2.50 mm，主要集中在 1.00~2.20 mm，平均值为（1.51±0.25）mm（图 7：C）。

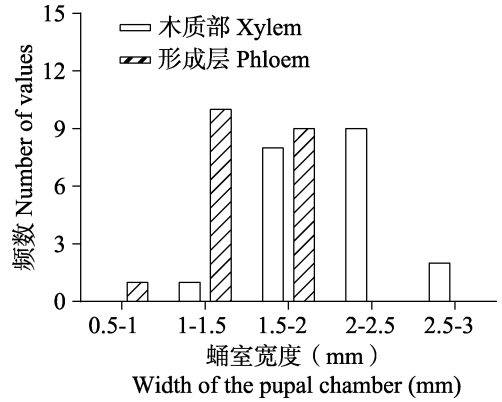


图 6　位于木质部和韧皮部蛹室宽度的频次分布图

Fig. 6　Number of values on width of the pupal chamber locating at the xylem and the phloem

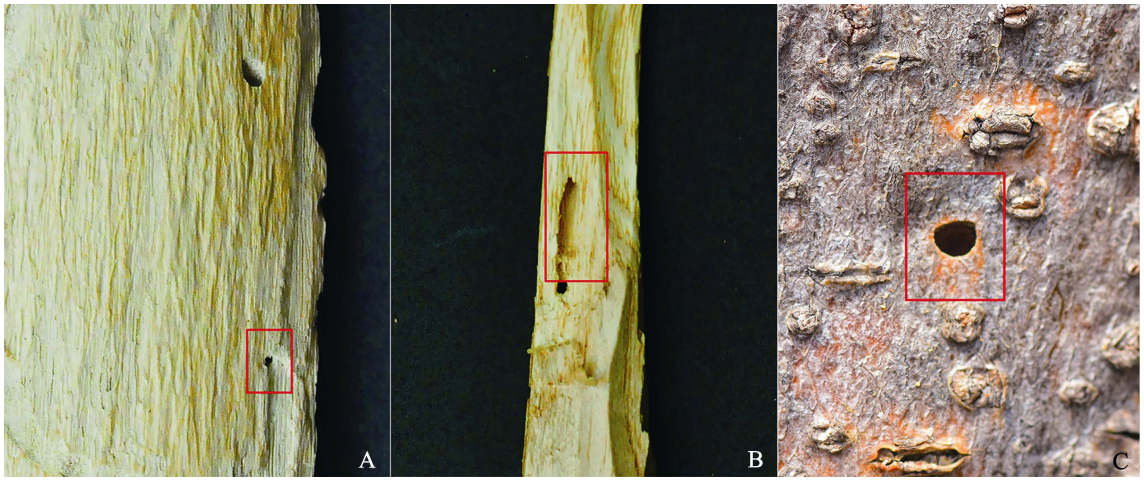


图 7　示合欢吉丁的侵入孔、蛹室和羽化孔

Fig. 7　The entrance hole, the pupal chamber and the emergence hole of *Albizia subrobustus*

A：侵入孔；B：蛹室；C：羽化孔。

A: Entrance hole of larva; B: Pupal chamber; C: Emergence hole.

2.4.5 虫道特征 合欢吉丁危害韧皮部及木质部，完整虫道在水平方向上距离 1.0~4.0 cm，最长约 10.0 cm；垂直方向上距离 2.0~6.0 cm，最长约 12.0 cm，其危害的垂直距离大于水平距离。虫道起初较窄，随着虫龄增加，虫道宽度会逐渐增加，最宽处不超过 5.00 mm，多为 1.00~4.00 mm，平均为（2.30±1.09）mm。

2.5 完整虫道系统

合欢吉丁虫道分布具有一定规律性，根据其发生发展趋势，将完整虫道系统总结为三种类型：1. 一般情况下，虫道分布呈“Z”字型或“Z”字型的变形及延展，且蛹室分布在木质部；2. 当虫口密度较大（观察样本中，虫口密度 15 个/100 cm^2）时，虫道多竖直上下迂回型，且虫道之间会出现密集交叉危害症状，此时部分蛹室则分布在韧皮部；3. 部分虫道呈椭圆或近半圆形，分布紧凑密集但无交叉现象，蛹室一般分布在椭圆或近半圆形的外廓（图 8：A~C）。

2.6 虫道系统的复原及重建

多角度对典型的完整虫道拍照，在各向量指标精确测量（表 1）的基础上，科学手绘，经软件处理，完成虫道系统的完整构象，形象、具体地再现虫道立体图，以便更直观的观察识别（图 9：A~F）。

3 讨论

拉丁语因其结构严谨、词汇丰富、表意确切而在现今科学领域仍被广泛采用。每种被认知的昆虫都有唯一的拉丁学名，正确鉴定研究对象，规范表达其拉丁学名，是昆虫学及其它分支

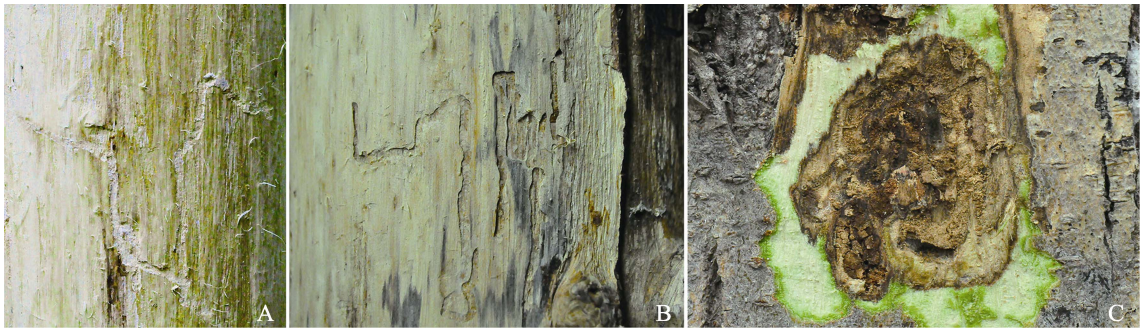


图 8 不同虫道系统生态照片

Fig. 8 The characters of different types of boring galleries

A：“Z”字型或其变形及延展型虫道；B：竖直上下迂回型虫道；C：椭圆或近半圆型虫道。

A: Gallery in “Z” shaped or its extended type; B: Gallery of vertically roundabout type; C: Gallery of ellipse or semicircle type.

表 1 虫道各测量指标

Table 1 The shape indexes of *Albizia subrobustus*'s gallery

	a(cm) cm	b_1(cm) 0(cm)	L_2(cm)	L_3(cm)	L_1(cm)	C(cm)	b_2(cm)	R(cm)	L_4(cm)	α(°)	D
A	11.53	13.67	2.3	5.26	2.20	28.20	5.72	4.49	5.50	79.13	1.07
B	17.51	17.64	4.7	12.23	4.12	21.11	5.94	3.36	14.02	124.14	2.26
C	25.35	13.56	1.3	15.65	6.10	28.50	5.29	4.54	3.34	71.27	2.18

A、B、C：虫道；a：照片宽度；b_1：照片长度；L_2：虫道的实际水平长度；L_3：照片中虫道的竖直长度；L_1：虫道的实际竖直长度；c：虫道木段的周长；b_2：照片范围内木段的实际长度；R：木段的实际半径；L_4：照片中虫道的水平长度；α：拍照范围对应的圆心角；D：高度比。

A, B, C: The galleries; a: Width of the photograph; b_1: Length of the photograph; L_2: Actual horizontal length of the gallery; L_3: Vertical length of the gallery in the photograph; L_1: Actual vertical length of the gallery; c: Perimeter of the wood; b_2: Vertical length of the range of the photograph; R: Radius of the wood; L_4: Horizontal length of the gallery in the photograph; α: Central angle of the range of the photograph; D: Height ratio.

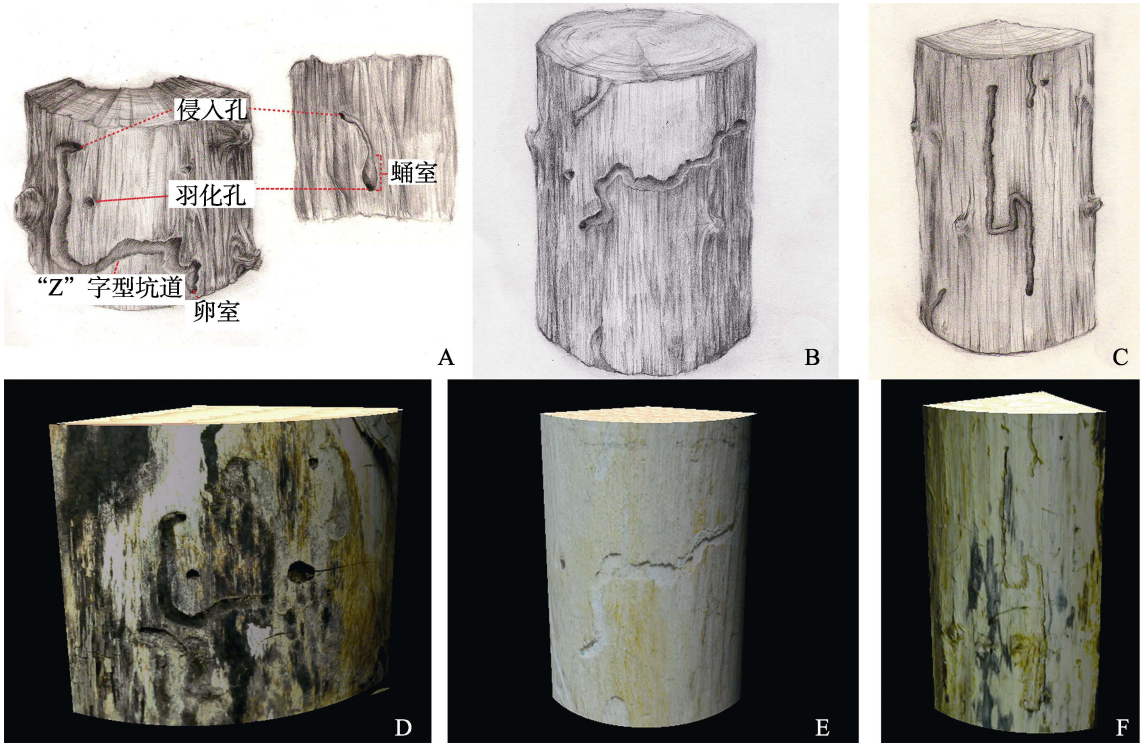


图 9　合欢吉丁虫道复原（“Z”字型或其变形型）

Fig. 9　The reconstructions of the galleries (“Z” shaped or its extended type)

A、B、C：虫道科学手绘图；D、E、F：虫道三维重建图。

A, B, C: The scientific drawings of the galleries; D, E, F: The three dimension reconstructions of the galleries.

学科研究的前提与基础；同时学名的正确使用有利于物种信息的准确表达，避免异物同名或同物异名现象，对于开展学术交流和资源共享有重要意义（吴伟根等，2008）。根据《国际动物命名法规》，在选用具有异名的某种分类群的名称或两个或两个以上分类群的学名相同时，一般遵循优先规律，选用最早发表的合格又合法的名称（文俊等，2007）。

我国已有研究报道对合欢吉丁的拉丁学名不尽相同（曲爱军等，1995；徐公天和杨志华，2007；刘静鹤，2009；杨燕燕，2014），本文在收集标本及文献资料的基础上，对比模式标本或候选模式标本形态特征，对危害合欢的吉丁虫进行了学名的厘定，为 *Agrilus subrobustus* Saunders，并沿用其中文名称——合欢吉丁。

合欢吉丁为广布性害虫，在我国安徽、福建、贵州、湖北、湖南、陕西、四川、云南，以及日本、韩国、朝鲜、缅甸等国家都记载有该虫分布（Jendek，2005；Hoebeke and Wheeler Jr，2011）。2006 年，该虫传至美国乔治亚州西北地区，作为外来入侵种鉴定并记录（Westcott，2007），之后在美国东南部的其他州也陆续发现分布（Hoebeke and Wheeler Jr，2011）。目前，报道其发生世代在我国均一年一代，且羽化期相近（张霞，2003；李艳春，2013；王德泉，2015），国外未见相关报道。Hoebeke 等记录了美国不同地区的 121 份成虫标本的采集时间和地点，其中大部分采集于 5、6 月份，随着纬度由低到高，采集时间由 4 月到 7 月不等（Hoebeke and Wheeler Jr，2011）。合欢吉丁分布广，区域跨度大，其生物生态学特性，如羽化高峰期、发生世代、雌雄性比、交配习性等方面受纬度、海拔高度、气温等自然因素影响大，这些方面的系统研究有待深入。

复原是指通过物体内外部多角度拍照，科学手绘，使其结构完整化；重建是指通过解析、测

量真实物体的数据，经处理获得三维物体的形状信息，使用软件完成立体视觉重建。3D 复原、重建技术广泛应用在不同领域，成为医学及计算机领域非常重要的组成部分，尤其在医学领域得到了广泛应用（Adamic and Adar，2005）。此外，在动物学、古生物学、林业研究领域也发挥作用（陶思宇和张喜光，2010；高士增，2013）。昆虫学上，有东亚飞蝗消化道、脑，角蝉第一胸节及其上的附属物的三维建模的相关报道（李德智等，2011；连国云等，2013；Mikó *et al.*，2012）。本文基于生物学特性，在深入剖析危害特点的基础上，首次对钻蛀性害虫虫道系统进行三维重建，有利于运用寄主树种和树干解析观察虫道特点的方法来判定危害树木的钻蛀性害虫类群、危害程度，探究并明确钻蛀性害虫分类阶元（如科、属）和相应的生物生态学特性与虫道系统之间的关系，为其监测提供了具体的判别方法，并可指导钻蛀性害虫的特殊除害技术，如熏蒸、插毒签等。

参考文献 (References)

Adamic L, Adar E, 2005. How to search a social network. *Social Networks*, 27(3): 187–203.

Gao SZ, 2013. Branches modeling and morphological parameters extraction technology based on 3D laser scanning technology. Chinese academy of forestry. Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Forestry. [高士增, 2013. 基于地面三维激光扫描的树木枝干建模与参数提取技术. 硕士学位论文. 北京: 中国林业科学研究院.]

Hoebeke ER, Wheeler Jr AG, 2011. *Agrilus subrobustus* Saunders (Coleoptera: Buprestidae): new southeastern U.S. records of an Asian immigrant on Mimosa, *Albizia julibrissin* (Fabaceae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 113(3): 315–324.

Jendek E, 1995. Studies in the east palaearctic species of the genus *Agrilus* (Coleoptera: Buprestidae). Part II. *Entomological Problems*, 26(2): 137–150.

Jendek E, 2005. Taxonomic and nomenclatural notes on the genus *Agrilus* Curtis (Coleoptera: Buprestidae: Agrilini). *Zootaxa*, (1073): 1–29.

Li DZ, Liu ZG, Meng RX, Tu XB, YaSen·SL, Zhang ZH, 2011. Study on three-dimensional reconstruction of the digestive tract of the oriental migratory locust *Locusta migratoria manilansis* (Meyen). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(4): 884–890. [李德智, 刘志刚, 孟瑞霞, 涂雄兵, 牙森·沙力, 张泽华, 2011. 东亚飞蝗消化道的三维重建方法研究. 应用昆虫学报, 48(4): 884–890.]

Li YC, 2013. The occurrence and control methods *of* acacia tree borer. *Agriculture and Technology*, (2): 35. [李艳春, 2013. 合欢吉丁虫的发生及防治措施. 农业与技术, (2): 35.]

Lian GY, Li DZ, Chen YK, Lou YX, Liu ZG, 2013. Morphological observation and 3D reconstruction of the brain of *Locusta migratoria manilansis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(2): 513–517. [连国云, 李德智, 陈义昆, 娄延霞, 刘志刚, 2013. 东亚飞蝗脑的形态学观察及三维重建. 应用昆虫学报, 50(2): 513–517.]

Liu JH, 2009. The occurring reasons and comprehensive control technology of *Albizzia julibrissin* gummosis. *Central South Forest Inventory and Planning*, 28(1): 58–60. [刘静鹤, 2009. 合欢流胶发生的原因及综合治理技术. 中南林业调查规划, 28(1): 58–60.]

Liu ZL, Yang H, Hu XJ, Zhang GY, Yuan HB, 2007. The control methods of acacia tree borer. *Gardening Science and Technology*, (2): 13–15. [刘志亮, 杨华, 胡秀菊, 张歌扬, 原宏宾, 2007. 合欢吉丁虫防治技术研究. 园林科技, (2): 13–15.]

Mikó I, Friedrich F, Yoder MJ, Hines HM, Deitz LL, Bertone MA, Seltmann KC, Wallace MS, Deans AR, 2012. On dorsal prothoracic appendages in treehoppers (Hemiptera: Membracidae) and the nature of morphological evidence. *PloS ONE*, 7(1): e30137.

Qu AJ, Zhu CM, Wang WL, 1995. The morphological traits and bionomics of *Agrilus* sp.. *Plant Protection*, 21(3): 22–23. [曲爱军, 朱承美, 王文莉, 1995. 合欢吉丁虫形态和生物学特性观察. 植物保护, 21(3) 22–23.]

Qu AJ, Zhu CM, Liu Y, 1997. The discussion of the specific name on *Agrilus sorocinus albizziae* Kurosawa. *Plant Protection*, 23(3): 36–37. [曲爱军, 朱承美, 刘玉, 1997. 合欢吉丁虫种名探讨. 植物保护, 23(3): 36–37.]

Saunders E, 1873. Descriptions of Buprestidæ collected in Japan by George Lewis, Esq. *Journal of the Linnean Society of London, Zoology*, 11(56): 509–523.

Tao SY, Zhang XG, 2010. Three-dimensional reconstruction used in paleontology. *Acta Palaeontologica Sinica*, 49(3): 413–424. [陶思宇,张喜光, 2010. 3D 复原应用于古生物学的初探. 古生物学报. 49(3): 413–424.]

Wang DQ, 2015. The occurrence and control of acacia tree borer. *Modern Rural Science and Technology*, (3): 22. [王德泉, 2015. 合欢吉丁虫的发生与防治. 现代农村科技, (3): 22.]

Wang SQ, Su LY, Zhang KJ, Tian YJ, 2014. The cultivation and landscape application on silk tree. *Modern Rural Science and Technology*, (19): 46–47. [王少卿, 苏凌燕, 张坤敬, 田艺军, 2014. 合欢树的栽培管理与园林应用. 现代农村科技, (19): 46–47.]

Wen J, Zheng LY, Song DX, 2007. International Code of Zoological Nomenclature. Beijing: Science Press. 35. [文俊, 郑乐怡, 宋大祥, 2007. 国际动物命名法规. 北京: 科学出版社. 35.]

Westcott RL, 2007. The exotic *Agrilus subrobustus* (Coleoptera: Buprestidae) is found in northern Georgia. *The Coleopterists Bulletin*, 61(1): 111–112.

Wu WG, Zhou LH, Zhang XG, 2008.The symbols and usage of the biological scientific name. *Acta Editologica*, 20(5): 395–397. [吴伟根, 周莉花, 章晓光, 2008. 生物拉丁学名中的符号及用法. 编辑学报, 20(5): 395–397.]

Xu GT, Yang ZH, 2007. Pests of Ornamental Plants in China. Beijing: China Forestry Publishing House Press. 314. [徐公天, 杨志华, 2007. 中国园林害虫. 北京: 中国林业出版社. 314.]

Yang YY, 2014. The occurrence rules and control methods of main plant diseases and insect pests on slik tree. *Shanxi Journal of Agricultural Sciences*, 60(7): 47–48. [杨燕燕, 2014. 合欢树主要病虫害的发生规律及防治方法. 陕西农业科学, 60(7): 47–48.]

Zhang X, 2003. The occurrence and control of acacia tree borer. *Newspaper of the China Floriculture*, 06-19, 003. [张霞, 2003. 合欢吉丁虫的发生与防治. 中国花卉报, 06-19, 003.]

Zhou M, Qian WH, 2007. The main plant diseases and insect pests and control methods on slik tree. *Anhui Forestry Science and Technology*, (3): 26–27. [周敏, 钱文宏, 2007. 合欢主要病虫害及防治技术. 安徽林业科技, (3): 26–27.]