

腾冲拟髭蟾繁殖期鸣声特征

黄湘元^① 张兴超^① 杨申品^① 杨剑焕^{②*}

① 云南腾冲高黎贡山国家级自然保护区保山管护局腾冲分局 腾冲 679100; ② 嘉道理农场暨植物园 香港

摘要: 为了研究腾冲拟髭蟾 (*Leptobrachium tengchongense*) 的繁殖期鸣声特征, 2018年2月27日, 利用 TASCAM DR-40 专业录音机, 在野外录制了6只个体总共78个有效鸣声, 随后利用 Raven Pro © v.1.5 声音分析软件对鸣声进行分析。结果表明, 繁殖期的雄性腾冲拟髭蟾发出求偶鸣声及竞争鸣声两种不同类型鸣声, 均为单音节鸣叫, 且鸣声主频均为 1.31 ~ 1.50 kHz。求偶鸣声的时长为 (147 ± 30.1) ms, 所含脉冲数为 (15 ± 2.4) pulses/s; 竞争鸣声为雌蟾听到附近其他个体鸣叫后所发出的较拖长的鸣声, 其鸣声时长为 (610 ± 187.0) ms, 所含脉冲数为 (28 ± 10.7) pulses/s。不同个体之间的鸣叫时长和鸣叫间隔存在差异, 这可能与个体的体型大小有关, 但需要更多的数据去证实。我们根据调查结果, 分析讨论当前腾冲拟髭蟾所面临的主要威胁及其保育策略。

关键词: 腾冲拟髭蟾; 鸣声分析; 高黎贡山; 两栖动物; 繁殖生态

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2019) 02-189-07

Acoustic Characteristics of Male Calls of *Leptobrachium tengchongense* in Breeding Season

HUANG Xiang-Yuan^① ZHANG Xing-Chao^① YANG Shen-Pin^① YANG Jian-Huan^{②*}

① Gaoligongshan National Nature Reserve (Tengchong Bureau), Tengchong 679100;

② Kadoorie Farm and Botanic Garden, Hong Kong, China

Abstract: In order to understand the male calls characteristics of the poorly known *Leptobrachium tengchongense*, field survey was conducted on 27th February 2018 in Dahetou Ranger Station of Gaoligongshan National Nature Reserve, Tengchong City of Yunnan, China, aiming to obtain the records of male calls during its breeding season. A total of 78 male calls, belonging to six adult male individuals, were recorded using a digital recorder (TASCAM DR-40); the calls were analyzed using the Raven Pro © v.1.5 software. The results show that, adult males of *Leptobrachium tengchongense* could make two different types of calls during the breeding season, namely advertisement call and combat call (Fig. 1). Both are single-note calls, and all have a dominant frequency of 1.31 - 1.50 kHz (Table 1). The combat calls are normally emitted when there are other males calling nearby, and its call duration is comparatively longer than those of advertisement calls (610 ± 187.0 ms vs. 147 ± 30.1 ms), and contains more pulses (28 ± 10.7 pulses/s vs. 15 ±

* 通讯作者, E-mail: jhyang@kfbg.org;

第一作者介绍 黄湘元, 男, 林业高级工程师; 研究方向: 生物多样性保护; E-mail: baohuqu_hxy@163.com.

收稿日期: 2018-11-05, 修回日期: 2019-01-16 DOI: 10.13859/j.cjz.201902006

2.4 pulses/s). There are variations on the call duration and intercall-interval among six individuals, and these variations may correlate with body size; however, due to the limited sample size, more records are needed in order to clarify the relationship between the body size and its call characteristics. Based on the survey result, we also discuss the current two major threats, habitat degradation and human consumption on tadpoles, to the species and propose relevant conservation actions.

Key words: *Leptobrachium tengchongense*; Acoustic analysis; Gaoligongshan; Amphibian; Breeding ecology

声音通信是无尾两栖类（蛙和蟾蜍）非常重要的通讯方式，且绝大多数无尾两栖类都是依据声音信号进行配偶的识别和选择（Ryan 2001, Narins et al. 2006）。雄性的求偶鸣叫特质甚至可以直接影响其配对成功率（Cui et al. 2012）。每种蛙类都有其独特的鸣声特质，以避免种间杂交，形成交配前生殖隔离（Kelley 2004）。近年来，雄性鸣声特征分析已经成为两栖动物分类研究上一个非常重要的研究手段，为物种的界定提供重要参考数据（Abrunhosa et al. 2005, Yu et al. 2009）。在亚洲地区，鸣声分析在角蟾科（Megophriidae）物种的分类研究上应用十分广泛（Jiang et al. 2002, Rowley et al. 2015, Poyarkov et al. 2017, Yang et al. 2018a, b）。

拟髭蟾属（*Leptobrachium*）隶属于无尾目（Anura）角蟾科，是一类仅栖息在保存完好常绿阔叶林的无尾两栖类，主要分布于印度东北、缅甸、中国南部、中南半岛、婆罗洲、苏门答腊、爪哇及菲律宾（费梁等 2012, Yang et al. 2016, Frost 2018, Pawangkhanant et al. 2018）。目前，我国已知分布 12 种拟髭蟾属物种（费梁等 2012, Yang et al. 2016, Liang et al. 2017），当中仅有峨眉髭蟾（*Leptobrachium boringii*）（Zheng et al. 2011）、雷山髭蟾（*L. leishanense*）（Zheng et al. 2011）和藏南拟髭蟾（*L. bompu*）（Liang et al. 2017）3 个物种的繁殖鸣声研究报道。腾冲拟髭蟾（*L. tengchongense*）为 2016 年才在云南腾冲高黎贡山被发现和描述的两栖动物新种（Yang et al. 2016），有关其鸣声特征及其他生态学资料仍为空白。为此，本研究期

望初步研究腾冲拟髭蟾的繁殖期鸣声特点，为将来有关该种的生态学研究，以及拟髭蟾属的系统分类研究提供重要的基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究地点

腾冲拟髭蟾的繁殖期雄性鸣叫录制于云南腾冲高黎贡山国家级自然保护区大塘片区大河头护林点（25°44'22.08"N, 98°41'44.65"E, 海拔 2 040 m, 为本种的模式产地）。调查地点为中山湿性常绿阔叶林。于 2018 年 2 月 27 日 19:00 至 23:00 时完成录音，期间气温 12.5 ~ 7.3 °C。

1.2 声音录制

本研究采用便携式 TASCAM DR-40 录音机（美国 TEAC Corporation 公司，频率范围 10 Hz ~ 44.1 kHz）录制繁殖期雄蟾的鸣声。手持录音机慢慢靠近鸣叫个体，距离目标 0.5 m 处进行录音。每个鸣叫个体录制一段 2 min 长的鸣叫音。同时，利用 PEAKMETER MS6508 数字温湿度计（深圳市华谊智测科技股份有限公司）记录环境温度。随后寻找捕捉鸣叫雄蟾，拍照记录，用艾瑞泽 IP54 电子游标卡尺（青岛易购五金工具有限公司，量程 0 ~ 200 mm, 精度 0.01 mm）测量体长（snout-vent length），用双杰 LS200 电子天平（常熟市双杰测试仪器厂，量程 200 g, 精度 0.01 g）称量体重，测量后原处释放。

1.3 鸣声分析

使用 Raven Pro © v.1.5 软件（The Cornell Lab of Ornithology, <http://ravensoundsoftware.com/>）进行声音的图像化及数字化分析，并生

成相应的声谱图及波形图。主要分析指标包括鸣声时长 (call duration)、鸣声间隔 (intercall-interval)、鸣叫率 (call repetition rate, calls/s)、脉冲数 (numbers of pulses) 及鸣声主频 (dominant frequency)。

2 结果

2.1 鸣声数量及场所

调查当晚, 在约 800 m 的样线内共听到 11 只雄蟾的鸣叫声, 且全部发生在溪流边, 雄蟾将身体埋伏在岸边的土壤表层, 其上有泥土或者枯叶覆盖, 未发现在水中或将身体完全曝露出来鸣叫的个体。

未受惊扰的腾冲拟髭蟾鸣叫是连续一声一声的低沉叫声, 类似“uh—uh—uh—uh...”。雄蟾对周围环境的震动及光线的变化十分敏感, 当考察人员靠近其鸣叫位置时, 雄蟾随即停止鸣叫。唯有考察人员关闭光源且静待许久, 才有机会录制到其发出的连续叫声。调查当晚录到 6 只个体合计 78 个有效鸣叫 (表 1), 用于鸣声特征分析。仅录制到其中 3 个个体的连续鸣叫, 另外 3 只个体仅录制到等候过程中偶尔发出的单个叫声, 这些鸣声无法用于分析鸣声间隔及鸣叫率。

2.2 鸣声特征分析

本次考察记录到两种不同类型的腾冲拟髭蟾繁殖鸣叫: 未受惊扰的雄蟾鸣叫, 为连续一声一声的低沉的求偶鸣声 (advertisement call, 听起来类似“uh”), 类似“uh—uh—uh—uh...”。当雄蟾听到附近其他个体开始鸣叫后, 会发出另一种较拖长的鸣声; 我们尝试在雄蟾停止鸣叫后, 用录音机回放鸣声, 雄蟾亦随即发出这种拖长的鸣声。因此这种拖长的鸣声被归类为竞争鸣声 (combat call, 听起来类似“uhhhh”) (图 1)。

求偶鸣声和竞争鸣声均为单音节鸣叫 (single-note call)。所录制的 78 个有效鸣声中, 18 个为竞争鸣声, 60 个为求偶鸣声。竞争鸣声多为当雄性个体听到附近的雄蟾发出鸣叫后,

随即发出连续鸣叫声中的第一声, 但偶而也有在连续的求偶鸣声中发出。连续鸣叫事件中的鸣声间隔为 $(1\,435 \pm 582.8)\text{ms}$ (711 ~ 3 896 ms, $n = 63$)。求偶鸣声的时长为 $(147 \pm 30.1)\text{ms}$ (109 ~ 201 ms, $n = 60$), 所含脉冲数为 $(15 \pm 2.4)\text{pulses/s}$ (12 ~ 21 pulses/s, $n = 60$)。与求偶鸣声相比, 竞争鸣声的时长明显较长, 为 $(610 \pm 187.0)\text{ms}$ (302 ~ 977 ms, $n = 18$), 所含脉冲数也较多, 为 $(28 \pm 10.7)\text{pulses/s}$ (14 ~ 45 pulses/s, $n = 18$)。

不同个体之间, 求偶和竞争鸣声的时长以及鸣声间隔均存在差异 (表 1), 体型较小的个体鸣叫时长明显较体型大个体的短, 所含脉冲数也较少, 鸣叫间隔较大, 即鸣叫率较小。即腾冲拟髭蟾鸣叫的鸣声时长与鸣声间隔存在明显的个体差异。

鸣声主频在求偶鸣声及竞争鸣声之间不存在差异。78 个鸣声中绝大多数的鸣声主频为 1 500 Hz ($n = 55$), 其他均为 1 312.5 Hz ($n = 23$)。本次录音距离目标个体约 0.5 m, 在声谱图中可看到目标个体的鸣声有明显的谐波 (harmonics), 当中第一谐波为主频 (图 1 下)。而录音背景中距离较远的鸣声 (不是录音目标个体), 除了第一谐波 (主频) 之外, 在声谱图中看不到其他谐波。

3 讨论

调查发现, 繁殖期的雄性腾冲拟髭蟾在溪边土表层将自己身体埋起来鸣叫。因此, 我们推测其具有较强的领域性, 当其听到附近其他雄蟾鸣叫时, 会发出竞争鸣声以“宣示”自己的领域。另外, 结果显示不同个体之间的鸣声时长与鸣声间隔存在明显差异, 而这种差异是与雄蟾体型大小还是与环境因子 (如气温) 有关, 需要进一步深入调查才能进行统计分析。

由于其隐秘的生活习性, 拟髭蟾属物种在野外不容易被发现。有关我国分布的拟髭蟾属物种的生态学研究亦十分稀少, 尤其是有关髭蟾繁殖期鸣声特点的研究, 此前仅有峨眉髭蟾、

表 1 腾冲拟髭蟾雄蟾繁殖期鸣声特征分析
Table 1 Analyses on breeding male calls of *Leptobrachium tengchongense*

录音个体编号 Catalogue No. of calling individuals						
	No. 01	No. 02	No. 03	No. 04	No. 05	No. 06
气温 Air temperature (°C)	12.5	11.8	8.4	8.5	8.3	7.3
表层土温 Topsoil temperature (°C)	11.4	10.7	10.6	8.8	9.6	10.8
体重 Body weight (g)	6.9	10.1	5.8	8.9	9.4	9.9
头体长 Snout-vent length (mm)	44.9	46.7	41.3	51.1	49.1	49.4
求偶鸣声 Advertisement call	109 ~ 125 (115 ± 4.1) n = 24	143 ~ 170 (151 ± 7.7) n = 18	155 n = 1	189 ~ 201 (196 ± 5.1) n = 4	179 ~ 195 (187 ± 5.5) n = 10	161 ~ 164 (162 ± 1.5) n = 3
鸣声时长 Call duration (ms)						
脉冲数 Numbers of pulses (pulses/call)	12 ~ 15 (13.6 ± 1.0) n = 24	13 ~ 16 (14.9 ± 0.8) n = 18	15 n = 1	14 ~ 15 (14.8 ± 0.5) n = 4	17 ~ 21 (19.8 ± 1.3) n = 10	13 n = 3
竞争鸣声 Combat call	302 ~ 363 (333 ± 43.1) n = 2	408 ~ 762 (573 ± 108.3) n = 12	N/A	N/A	710 ~ 977 (863 ± 111.8) n = 4	N/A
鸣声时长 Call duration (ms)						
脉冲数 Numbers of pulses (pulses/call)	14 ~ 17 (15.5 ± 2.1) n = 2	15 ~ 37 (25.1 ± 7.1) n = 12	N/A	N/A	42 ~ 45 (43.5 ± 1.3) n = 4	N/A
鸣声间隔 Intercall-interval (ms)	848 ~ 3 896 (1 821 ± 711.2) n = 23	711 ~ 2 776 (1 171 ± 369.3) n = 29	N/A	N/A	1 089 ~ 1 914 (1 328 ± 230.4) n = 11	N/A
鸣叫率 Call repetition rate (calls/s)	0.47 ~ 0.74 (0.60 ± 0.135) n = 3	0.69 n = 1	N/A	N/A	0.65 ~ 0.66 (0.66 ± 0.007) n = 2	N/A
鸣声主频 Dominant frequency (kHz)	1.50 (n = 26)	1.31 ~ 1.50 (1.38 ± 0.09) (n = 30)	1.50 (n = 1)	1.31 ~ 1.50 (1.36 ± 0.09) (n = 4)	1.31 ~ 1.50 (1.49 ± 0.05) (n = 14)	1.5 (n = 3)

N/A 代表不适用。N/A represents not applicable.

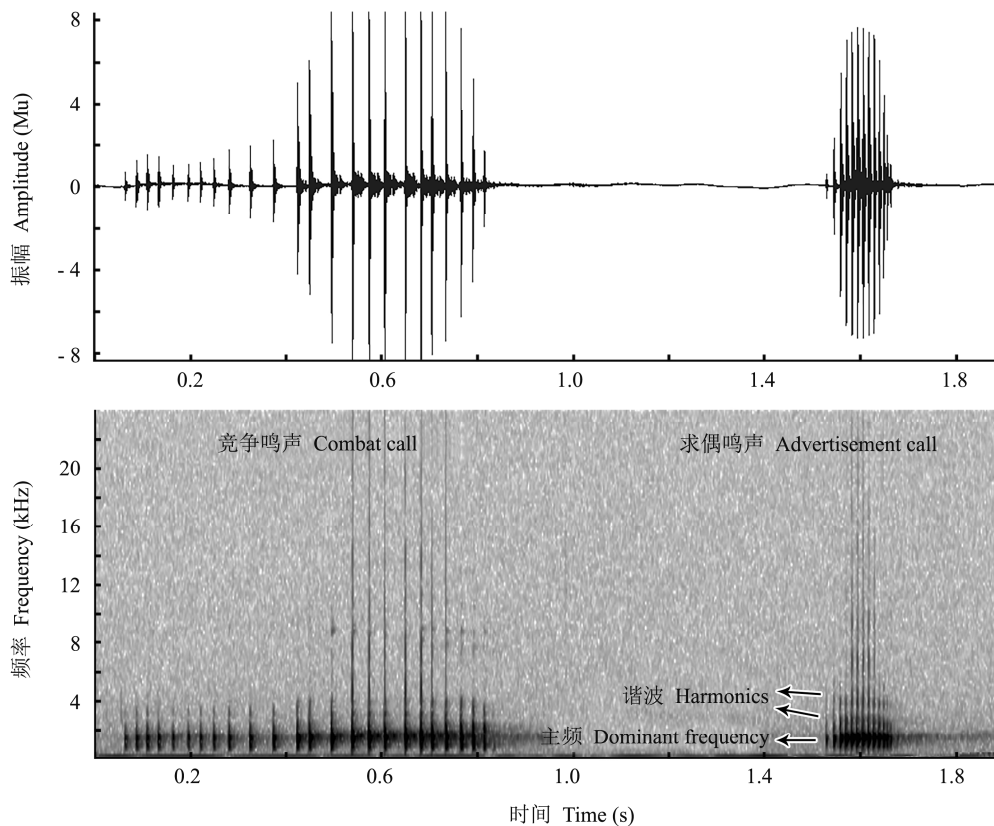


图 1 腾冲拟髭蟾鸣叫的波形图（上）及声谱图（下）

Fig. 1 Breeding male call of *Leptobrachium tengchongense*: waveform (upper) and spectrogram (lower)

雷山髭蟾、藏南拟髭蟾这 3 种的报道 (Zheng et al. 2011, Liang et al. 2017)。与同处于同一个进化分支的峨眉髭蟾以及雷山髭蟾相比 (Yang et al. 2016), 腾冲拟髭蟾的鸣声主频 (1.31 ~ 1.50 kHz) 较此二者高 (峨眉髭蟾及雷山髭蟾鸣声主频分别为 0.7 ~ 1.1 kHz 和 0.8 ~ 0.9 kHz); 其鸣叫率 (0.47 ~ 0.74 声/s) 也明显较二者快 (峨眉髭蟾及雷山髭蟾鸣叫率分别为 0.035 ~ 0.099 声/s 和 0.088 声/s)。腾冲拟髭蟾只发出单音节的鸣声, 而峨眉髭蟾和雷山髭蟾通常均发出单音节和双音节的鸣声, 峨眉髭蟾甚至还能发出 3 ~ 5 个音节的多音节鸣声 (Zheng et al. 2011)。处于单独一个演化分支的藏南拟髭蟾 (Liang et al. 2017), 其多音节 (7.50 ± 0.53 个音节) 的求偶鸣声与上述 3 种区别甚大, 且鸣声时长 [$(3\ 169.6 \pm 1\ 526.5)\text{ms}$] 更长, 其鸣声主频为 1.076 ~ 1.466 kHz, 与同在岸上鸣叫的腾冲拟髭蟾较为接近。

由此可见, 这 4 种拟髭蟾属物种繁殖期鸣声特征存在明显的种间差异, 证明鸣声特征分析可以用作该属的有效物种分类依据。

根据我们的野外观察, 腾冲拟髭蟾在当地主要面临两方面的威胁。一个是自然保护区周边的草果 (*Amomum tsaoko*) 种植, 草果主要种植在溪流边上, 对溪边的天然植被和生境影响较大, 这难免会对依靠溪边天然生境进行繁殖求偶的腾冲拟髭蟾造成直接影响。另一方面的威胁是当地民众捕抓腾冲拟髭蟾的蝌蚪来食用, 腾冲拟髭蟾的蝌蚪体型肥壮, 是当地溪流中体型最大的蝌蚪 (Yang et al. 2016), 因而也成为进山捕鱼村民的目标之一。故此, 我们建议保护区管理局需继续加强对周边草果种植的监管, 以防止草果种植入侵到保护区范围之内; 同时需加强对周边社区进行宣传教育, 科普有关过度捕食溪流水生动物的对周边环境所

造成的危害。

中国是两栖动物多样性非常丰富的地区之一，目前已知两栖动物有超过 400 种，每年还不断有新种被描述（费梁等 2012，蒋志刚等 2016，Frost 2018）。当中绝大多数蛙类的鸣声特点还从未被描述过，而这个空白，近年开始慢慢地被填补（Zhou et al. 2014，张方等 2015，汪继超等 2016，孙志新等 2017）。我们建议两栖动物科研人员今后野外考察时，应尽量录制蛙类的繁殖期鸣声，并适时发表相关的鸣声分析研究结果，为两栖动物的分类研究和生态学研究提供更多的基础数据。

致谢 云南腾冲高黎贡山国家级自然保护区腾冲分局大塘管理站护林员杨国亮、蔡雄春及刘家发协助野外工作，两位审稿专家及编辑部给予宝贵的修改意见，特此致以真诚的感谢。

封面动物 腾冲拟髭蟾，2015 年 3 月 13 日杨剑焕摄于云南腾冲高黎贡山国家级自然保护区。

参 考 文 献

- Abrunhosa P A, Pimenta B V S, Cruz C A G, et al. 2005. Advertisement calls of species of the *Hyla albosignata* group (Amphibia, Anura, Hylidae). *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, 63(2): 275–282.
- Cui J G, Tang Y Z, Narins P M. 2012. Real estate ads in Emei music frog vocalizations: female preference for calls emanating from burrows. *Biology Letters*, 8(3): 337–340.
- Frost D R. 2018. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.0. New York, USA: American Museum of Natural History. [BD/OL]. [2018-10-22]. <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.
- Jiang J P, Xie F, Fei L, et al. 2002. Mating calls of six forms of Pelobatid in Wawu Mountain Natural Forest Park, Sichuan, China (Anura: Pelobatidae). *Zoological Research*, 23(1): 89–94.
- Kelley D B. 2004. Vocal communication in frogs. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(6): 751–757.
- Liang X, Liu W L, Wang B, et al. 2017. *Leptobranchium bompui* (Amphibia, Anura, Megophryidae) discovered in Upper Medog, Tibet, China with descriptions of its tadpoles, advertisement calls and systematic position. *Asian Herpetological Research*, 8(2): 137–146.
- Narins P M, Feng A S, Fay R R. 2006. *Hearing and Sound Communication in Amphibians*. New York: Springer Verlag.
- Pawangkhanant P, Poyarkov N A, Duong T V, et al. 2018. A new species of *Leptobranchium* (Anura, Megophryidae) from western Thailand. *PeerJ*, 6: e5584. [J/OL]. [2018-10-22]. <https://doi.org/10.7717/peerj.5584>.
- Poyarkov Jr N A, Duong T V, Orlov N L, et al. 2017. Molecular, morphological and acoustic assessment of the genus *Ophryophryne* (Anura, Megophryidae) from Langbian Plateau, southern Vietnam, with description of a new species. *ZooKeys*, 672: 49–120.
- Rowley J J L, Tran D T A, Frankham G J, et al. 2015. Undiagnosed cryptic diversity in small, microendemic frogs (*Leptolalax*) from the Central Highlands of Vietnam. *PLoS One*, 10(5): e0128382.
- Ryan M J. 2001. *Anuran Communication*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Yang J H, Wang J, Wang Y Y. 2018a. A new species of the genus *Megophrys* (Anura: Megophryidae) from Yunnan Province, China. *Zootaxa*, 4413(2): 325–338.
- Yang J H, Wang Y Y, Chan B P L. 2016. A new species of the genus *Leptobranchium* (Anura: Megophryidae) from the Gaoligongshan Mountain Range, China. *Zootaxa*, 4150(2): 133–148.
- Yang J H, Zeng Z C, Wang Y Y. 2018b. Description of two new sympatric species of the genus *Leptolalax* (Anura: Megophryidae) from western Yunnan of China. *PeerJ*, 6: e4586. [J/OL]. [2018-10-22]. <https://doi.org/10.7717/peerj.4586>.
- Yu B G, Zheng R Q. 2009. The advertisement call of the giant spiny frog *Paa spinosa*. *Current Zoology*, 55(6): 411–415.
- Zheng Y, Rao D, Murphy R W, et al. 2011. Reproductive behavior and underwater calls in the Emei Mustache Toad, *Leptobranchium boringii*. *Asian Herpetological Research*, 2(4): 199–215.
- Zhou Y L, Qiu X, Fang X B, et al. 2014. Acoustic characteristics of eight common Chinese anurans during the breeding season. *Zoological Research*, 5(1): 42–50.
- 费梁, 叶昌媛, 江建平. 2012. 中国两栖动物及其分布彩色图鉴.

- 成都：四川科学技术出版社，1-619.
- 汪继超，王同亮，王培培，等. 2016. 圆蟾舌蛙鸣声特征分析. 动物学杂志, 51(2): 214-220.
- 蒋志刚，江建平，王跃招，等. 2016. 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 24(5): 500-551.
- 张方，陈焯青，赵娟，等. 2015. 噪音环境下花臭蛙求偶鸣声特征分析. 动物学杂志, 50(1): 52-58.
- 孙志新，王同亮，朱弼成，等. 2017. 红蹼树蛙繁殖期鸣声特征及鸣叫节律. 生态学杂志, 36(6): 1672-1677.

新疆发现外来入侵物种牛蛙

徐峰 杨维康*

中国科学院新疆生态与地理研究所，中国科学院干旱区生物地理与生物资源重点实验室 乌鲁木齐 830011

The Alien Invasive American Bullfrogs (*Lithobates catesbeianus* = *Rana catesbeiana*) in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

牛蛙 (*Lithobates catesbeianus* = *Rana catesbeiana*) 被 IUCN 列为全球 100 种最具危害的外来入侵种 (Lowe et al. 2000)，同时也是我国公布的第一批外来入侵物种名单中唯一的陆栖脊椎动物 (王彦平等 2006)，可通过竞争、捕食和疾病传播等多种方式危害我国两栖类 (Wu et al. 2005, Wang et al. 2007, Liu et al. 2013, Liu et al. 2015)。牛蛙目前已成功入侵我国中、东、西南部的广大区域如浙江、安徽、湖南、四川、贵州、云南等地 (武正军等 2004, Liu et al. 2009)，并已导致一些地区如浙江舟山群岛当地无尾两栖类的种群数量下降 (Li et al. 2011, Liu et al. 2018)。然而，除了西藏拉鲁湿地外 (米玛旺堆等 2014)，我国西北部地区是否有牛蛙入侵尚未见报道。

在 2014 年 6 月牛蛙繁殖季，对新疆石河子市蘑菇湖和千泉湖进行野生动物调查时首次发现了牛蛙成体和蝌蚪 (图 1)。2015 至 2017 年每年 6 月进行重复调查，在这两个地点再次记录到牛蛙成体和蝌蚪，表明牛蛙已成功在这两个地区建立野生繁殖种群。通过走访调查，没有在上述两个地点及其附近地区发现牛蛙养殖场，因而人工养殖牛蛙逃逸的可能性比较低，但无法排除人为释放如佛教放生等导致牛蛙入侵的可能 (Liu et al. 2012)。

新疆虽然早在 20 世纪 60 年代就引入并开始人工饲养牛蛙 (于桂芬 1985, 戴昆 1989)，但是牛蛙在新疆地区是否已建立野生自然种群一直并不清楚，本次调查首次发现牛蛙在新疆已建立野生繁殖种群，未来亟需对该繁殖种群及周边永久性静水水体进行密切关注，以防止其向更多适宜栖息地扩散。

(下转第 206 页)

基金项目 新疆维吾尔自治区自然科学基金项目 (No. 2014211B048)；

* 通讯作者，E-mail: yangwk@ms.xjb.ac.cn;

第一作者介绍 徐峰，男，副研究员；研究方向：动物生态与保护生物学；E-mail: xufeng@ms.xjb.ac.cn。

收稿日期：2018-11-09，修回日期：2018-12-31 DOI: 10.13859/j.ejz.201902019