

牛蛙入侵新案例与管理对策分析*

李成 谢锋**

(中国科学院成都生物研究所 成都 610041)

摘要 牛蛙是 ISSG/SSC 公布的 100 种最危险的入侵种之一,也是进入我国最早、分布最广和危害最大的外来两栖动物. 1980 年以后,由于野外放养和人工驯养地区的迅速扩大,野化种群的数量增加很快,对土著蛙类和农田生态系统的稳定形成了严重威胁. 本文依据近年来发现的 3 个新案例,初步分析了牛蛙在我国的分布状况和牛蛙成功入侵我国的主要原因,以及牛蛙在生物链中的位置和危害,并提出了 3 条相应的管理对策. 图 1 表 2 参 18

关键词 牛蛙; 入侵种; 管理对策

CLC Q959.530.8

INVASION OF BULLFROG (*RANA CATESBEIANA* SHOW) IN CHINA AND ITS MANAGEMENT STRATEGIES*

LI Cheng & XIE Feng**

(Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

Abstract Bullfrog (*Rana catesbeiana* Show) is one of the 100 worst invasive species in the world listed by ISSG/SSC. Among seven alien species of amphibians found in China, the bullfrog is the earliest invader with the widest distributions, and its native successful breeding and reproduction have been conformed recently in the wild. The bullfrog has gradually become a major threat to native frogs on their habitats and agricultural ecosystem. So, it is very urgent and necessary to find out effective management strategies to control its further pervasion. Based on the analysis of three new successfully invasive cases of bullfrogs in southwest China, three management strategies are presented. Fig 1, Tab 2, Ref 18

Keywords bullfrog (*Rana catesbeiana* Show); invasive species; management strategies

CLC Q959.530.8

1 中国的外来两栖动物及其入侵

随着我国经济水平的不断提高,生态安全已日益成为一个重要问题,其中以发展经济为目的引入的外来物种对生态环境的潜在威胁也日益受到科学家们的重视,外来两栖动物也不例外.

据不完全统计,我国已引进 7 种外来两栖动物,即牛蛙 *Rana catesbeiana* Show (1959 年自古巴引入,在我国的北京、天津、山东、河南、江苏、上海、浙江、福建、台湾、广东、广西、安徽、湖南、甘肃、四川、云南和新疆等地有人工饲养的种群,也有部分野化种群),猪蛙 *Rana grylio* Stejneger 和河蛙 *Rana heckscheri* Wright (1987 年自美国引入广东^[1],湖南也有人工养殖的猪蛙种群^[2]),海蟾蜍 *Bufo marius* Linnaeus (引入国与分布地区尚不明确^[3]),爪蟾 *Xenopus laevis* (Daudin) (有少量在国内的实验室作为模式动物用于科学研究),灰绿树蟾 *Hyla cinerea* (Schneider) 和小黑蛙属 1 种 *Leptopelis* sp. (在上海做为宠物有小规模的饲养和出售).

外来物种丰富了我国的两栖动物多样性,并带来部分经济

收入和科学研究成果;然而外来种中的入侵种,如牛蛙对物种多样性、生态系统的危害,以及由此带来的经济损失也是十分巨大的. 作为 100 种最危险的入侵种之一^[4],近 10 年来,牛蛙随着人工养殖场的增加,种群和分布地区急剧扩大,部分野化的种群已在自然环境中成功繁衍并生存下来. 但它们在我国的生存和扩散原因,以及对我国土著蛙类和农田生态系统的影响却缺乏相关的研究. 本文对近年来发现的牛蛙入侵案例和原因进行了深入分析,并提出了相应的措施,希望对该物种的生态危害控制有所帮助.

2 牛蛙对我国的入侵历史

牛蛙原产于美国落基山脉气候温暖的温带地区,是北美最大的蛙类,体长 9~20 cm,体重可达 0.5~1 kg,是当地的广布种和常见种,栖息于水草繁茂的小型湖泊、永久性池塘和缓流中,每年 2~8 月产卵,每次产卵 1 000~25 000 粒;鸣声似“jug-o-rum, jug-o-rum”^[5]. 1959 年引入我国后,牛蛙主要在少数研究所试养和农场圈养,仅山东淡水水产研究所于 1964~1965 年在山东的部分地区进行了野放试养^[6]. 由于牛蛙的肉味鲜美、营养丰富^[7],逐渐成为人们餐桌上的一道美味,巨大的需求使人工养殖的牛蛙种群自 1980 年后不断扩大,从城市到乡村随处可见牛蛙的踪影. 一些牛蛙逃逸了或被弃养,它们在农田、水塘生存下来,逐步形成了可以自然繁衍的野化种群,已成为我国的两栖

收稿日期: 2003-01-20 接受日期: 2003-03-04

* 中国科学院知识创新课题 KSCX2-1-06A 和科技部生命科学特别支持经费(STZ-01-19)资助 Supported by the Knowledge Innovation Project of the Chinese Academy of Sciences and Special Fund of the Sci-Tech Department of China on Life Science

** 通讯作者 Corresponding author (E-mail: xiefeng@cib.ac.cn)

动物资源和区系研究中不可忽视的一部分^[8]。

2000 年 9 月 13 日,我们在四川省雷波县马湖乡〔 $\varphi(N)28^{\circ}22.49'$, $\lambda(E)103^{\circ}45.71'$, $h_{alt}1\ 000\ m$ 〕的水稻田边采到了 1 只次成体牛蛙(野外编号:2000132),进一步说明牛蛙已自然繁殖成功.历时近 20 a(1980~2000),牛蛙成功地在我国实现了种群入侵,与在英国的入侵时间(1980~1999)相近^[9]。

目前,多数地方的牛蛙野化种群仍很小,甚至受到疾病的袭击,各地也甚少发现牛蛙对土著种和农田生态系统的破坏,因此牛蛙对中国土著种和农田生态系统的影响尚处于初级阶段,范围小,力度弱.然而,考虑到牛蛙的引入历史短,而牛蛙的

大规模饲养是 1980 年以后的事情,野化个体和种群的出现也不过十几年时间,却几乎遍布大半个中国,其扩散和入侵的速度十分惊人.仅此一点足以对其对农田生物链和生态系统的潜在威胁引起重视。

3 牛蛙成功入侵新案例分析

入侵种在一个新地区能够成功地存活、繁衍和发展,必须具备两方面的条件:适宜的生态环境和自身的生物学特性^[10]。本文结合近期发现的牛蛙在四川双流和雷波以及云南的腾冲 3 个入侵新案例(表 1)进行如下分析。

表 1 发现牛蛙野外种群的 4 个地点
Table 1 Four sites of bullfrogs found recently in wild

时间 Date	地点 Sites	h_{alt}/m	相对密度 Relative abundances
May 13, 1998	云南省腾冲县界头乡,温泉边 By a spring, at Jietou Township, Tengchong Co., Yunnan Prov.	1630	1 群幼成体/300 h Many juveniles/300 h
July, 1998	四川省双流县中和乡应龙村,水稻田中 In rice field, Yinglongcun, Zhonghe Township, Shuangliu Co., Sichuan Prov.	500	1 只成体/150 m One adult/150m
Sept. 13, 2000	四川省雷波县马湖乡马湖村,水稻田中 In rice field, Mahucun, Mahu Township, Leibo Co., Sichuan Prov.	1000	1 只幼成体/3500 m One froglet/3500 m
Sept. 19, 2000	四川省雷波县城郊落水湖,湖边 By Luoshuihu Lake of Leibo County in Sichuan Prov.	1170	1 只成体/1000 m One adult/1000 m

3.1 案例 1:牛蛙在低海拔地区的入侵及栖息环境

双流县属成都平原, $h_{alt}500\ m$ 左右,年均温 $16\sim18\ ^{\circ}C$,1 月平均温度 $6\ ^{\circ}C$,年降水 $900\sim1\ 000\ mm$,昼夜温差小,日温较高;开发历史悠久,植被以竹类等灌丛为主,无原始森林;水稻、小麦、油菜和各种蔬菜为主要农作物.农田中常见的两栖动物为:中华蟾蜍(*Bufo gargarizans*)、泽蛙(*Rana limnocharis*)、黑斑蛙(*R. nigromaculata*)、饰纹姬蛙(*Microhyla ornata*)等,爬行动物为黑眉锦蛇(*Elaphe taeniura*)、赤链蛇(*Dinodon rufozonatum*)等。

牛蛙主要栖息在稻田中,沿稻田样线随机行走(randomized-walk),运用观察法(Visual Encounter Surveys)估测其种群相对密度约为:1 只/150 m,数量大,十分活跃。

3.2 案例 2:牛蛙在中海海拔地区的入侵及栖息环境

雷波县马湖乡,位于川南丘陵地带, $h_{alt}1\ 000\ m$ 左右,年均温 $12.9\sim16.1\ ^{\circ}C$,昼夜温差较大,但溪流和湖泊的温度较恒定;开发历史相对较短,植被以次生林为主,有少量原始森林;水稻、玉米、土豆、红薯为主要农作物.农田及周边地区常见的两栖动物为:华西蟾蜍(*B. andrewsi*)、黑眶蟾蜍(*B. melanostictus*)、泽蛙(*R. limnocharis*)、绿臭蛙(*R. margaretae*)、黑斑蛙(*R. nigromaculata*)、滇蛙(*R. pleuraden*)、棘腹蛙(*P. boulengeri*)、双团棘胸蛙(*P. yunnanensis*)等,爬行动物为乌梢蛇(*Zaocys dhumnades*)、虎斑颈槽蛇(*Rhabdophis tigrinus*)等。

牛蛙生活在缓流边的稻田附近(VES 法估测相对密度:1 只/3 500 m)及湖泊内(VES 法估测相对密度:1 只/1 000 m),当地气温较低,牛蛙数量少,不活跃。

3.3 案例 3:牛蛙在高海拔地区的入侵及栖息环境

腾冲县界头乡,位于高黎贡山西坡, $h_{alt}1\ 630\ m$,年均温 $15.3\ ^{\circ}C$,1 月平均气温 $7.4\ ^{\circ}C$,年降水 $1\ 800\ mm$ 左右,日温差大 $6.0\sim16.1\ ^{\circ}C$,夜晚寒冷,但温泉的水温高而恒定 $40\sim90$

$^{\circ}C$;开发历史短,原始森林保存较好;烟草、水稻、小麦、玉米、油菜为主要农作物.农田及周边地区常见的两栖动物为:红瘰疣螈(*Tylototriton shanjing*)、华西蟾蜍、华西树蟾(*Hyla annectans*)、云南臭蛙(*R. andersonii*)、昭觉林蛙(*R. chaochiaoensis*)、泽蛙、滇蛙、双团棘胸蛙、贡山树蛙(*Rhacophorus gongshanensis*)、斑腿树蛙(*R. megacephalus*)、饰纹姬蛙等,爬行动物为乌梢蛇、黑眉锦蛇、竹叶青蛇(*Trimeresurus stejnegeri*)等。

牛蛙生活在长有水葫芦的温泉内,患病,生存状况较差,1998 年 5 月 1 日至 6 月 6 日在云南省保山市、腾冲县和泸水县历时约 300 h(8 h/d)考察,仅发现 1 处。

从以上 3 个案例可见,我国的广大地区具备适合牛蛙生活的自然环境条件;同时温度和海拔对牛蛙的扩散具一定的阻限作用,牛蛙的主要栖息生境具有由低海拔的静水生境(案例 1)、中海海拔的湖泊和缓流生境(案例 2),向高海拔的特殊生境——温泉(案例 3)转移的趋势,显示了生态环境对物种分布的主导作用,同时也显示该物种对生态环境的广适性.3 个地区的人类活动较强,区系组成简单,物种多样性较丰富,但牛蛙的天敌与竞争者较少.例如中低海拔地区的两栖爬行动物中,少数蛇可以捕食牛蛙,但却受到人类大量捕捉,对牛蛙种群影响不大;部分大型蛙类,如华西蟾蜍、中华蟾蜍、黑眶蟾蜍、棘腹蛙和双团棘胸蛙等与牛蛙体长相近,稍具竞争力,可以与牛蛙竞争食物和栖息地;而其它重要的农田两栖动物群落组成物种,如华西树蟾、昭觉林蛙、泽蛙、黑斑蛙、滇蛙和饰纹姬蛙等个体太小,反而经常被牛蛙捕食(表 2);在这些地区牛蛙几乎毫无阻力地实现了对我国土著两栖动物群落和重要农田生态系统的入侵.从低海拔到高海拔地区,牛蛙的危害逐渐减小,中低海拔、温度较高的地区是牛蛙危害的重灾区;因此应主要控制中低海拔地区的牛蛙危害,将低海拔的平原、中海海拔的丘陵地区作为防治牛蛙的重点地域。

表 2 牛蛙和我国土著蛙类的生物学特征比较^[5,11]
Table 2 Comparison of biological characters between bullfrog and Chinese native frogs^[5,11]

生物学特征 Biological characteristics	个体大小 Snout - Vent Length (L/mm)	食性 Food	产卵量 Egg number	繁殖月份 Reproductive month	栖息环境 Habitat	h_{alt}/m
中华蟾蜍 <i>Bufo gargarizans</i>	♂ 95 ♀ 105	昆虫为主 Mainly insectivorous	2000 ~ 8000	1 ~ 4	陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial, eggs and tadpoles lentic	< 2500
棘腹蛙 <i>Paa boulengeri</i>	♂ 104 ♀ 96	昆虫为主 Mainly insectivorous	/	5 ~ 8	水陆栖, 流溪产卵 Adult terrestrial and lotic, eggs and tadpoles lotic	300 ~ 1900
华西树蟾 <i>Hyla annectans</i>	♂ 35 ♀ 40	昆虫 Insectivorous	1300	4 ~ 6	陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial, eggs and tadpoles lentic	750 ~ 2400
黑斑蛙 <i>Rana nigromaculata</i>	♂ 71 ♀ 79	昆虫为主 Mainly insectivorous	670 ~ 6305	4 ~ 8	陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial, eggs and tadpoles lentic	< 2000
泽蛙 <i>Rana limnocharis</i>	♂ 40 ♀ 46	昆虫为主 Mainly insectivorous	370 ~ 2085	4 ~ 9	陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial, eggs and tadpoles lentic	< 1700
饰纹姬蛙 <i>Microhyla ornata</i>	♂ 24 ♀ 24	昆虫为主 Mainly insectivorous	263 ~ 425	3 ~ 8	陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial, eggs and tadpoles lentic	< 1000
牛蛙(中国) <i>Rana catesbeiana</i> (China)	♂ 152 ♀ 160	多种动植物 Carnivorous	10000 ~ 50000	4 ~ 8	水陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial and lentic, eggs and tadpoles lentic	< 2000
牛蛙(美国) <i>Rana catesbeiana</i> (American)	♂ / ♀ 90 ~ 200	多种动植物 Carnivorous	1000 ~ 25000	2 ~ 8	水陆栖, 静水产卵 Adult terrestrial and lentic, eggs and tadpoles lentic	/

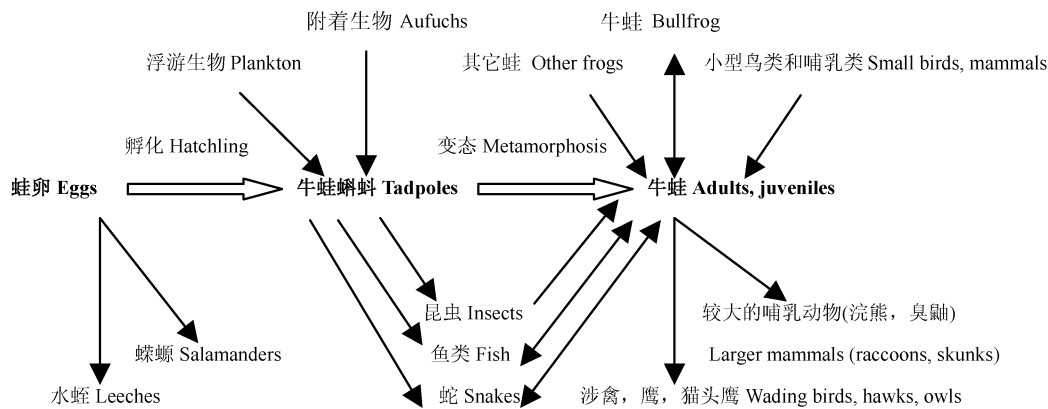


图 1 牛蛙在北美池塘中的食物链

Fig. 1 A generalized food web for an eastern North American pond showing the bullfrog (*Rana catesbeiana*) as the focal point
箭头所指为能流方向 Arrows denote direction of energy flow^[10]

另一方面,从 3 个案例和表 2 可见,牛蛙具有出色的适应能力,其生理耐受性高,栖息环境多样(如池塘、湖泊、缓流),在高黎贡山竟然可以生活在温泉中;食性广,从节肢动物到哺乳动物,甚至同种蛙类均可作为它们的食物^[10](图 1);而且该蛙具有较高的繁殖能力,在广东省的人工养殖场,牛蛙的繁殖期长(4~8 月),繁殖频率高,雌蛙每次产卵约 10 000 粒,孵化率约 90%,在 20 ℃ 条件下,蝌蚪约 76 d 完成变态上陆,卵到幼体的成活率约 10%,每只雌蛙可繁殖蛙苗 1 000 个以上,幼蛙 1~2 a 即可性成熟^[1,2]。与土著蛙类相比,牛蛙在个体大小、食性、繁殖能力和栖息环境等方面具有明显的竞争优势(表 2),因此其对当地两栖动物多样性必然具有重大影响。

4 牛蛙对土著蛙类和生态系统的危害

牛蛙进入我国的历史并不长,但近 20 年的人为引种使牛蛙的分布区扩展极快,在新分布点牛蛙的扩散速度可达 600 m/a^[12],显示了极强的入侵和扩散能力。

牛蛙是杂食性动物,捕食多种两栖动物,而且排挤和强占它们的栖息地,致使许多土著两栖动物种群减少甚至绝灭。在美国西部,牛蛙侵占了红腿蛙(*R. aurora*)的栖息地,导致该种绝灭^[10];在英国,牛蛙吞食当地的土著种欧洲林蛙(*R. temporaria*)^[12];在日本,牛蛙吞食红腹蝾螈(*Cynops pyrrhogaster*)和日本林蛙(*R. japonica*),而且对红腹蝾螈体内的河豚毒素(tetrodotoxin)具有抵抗力^[13];在我国,牛蛙是导致云南滇池内的滇螈(*Cynops wolterstorffi*)

于1980年初期绝灭^[14]和四川泸沽湖地区无声囊棘蛙(*Paa liui*)种群减少(胡健生,个人通讯)的主要原因之一。

从3个案例分析,牛蛙重点危害地区为中低海拔、温度较高的地区,而这些地区也是我国主要的粮食产区,栖息着多种土著两栖动物,如各种蟾蜍、树蟾、黑斑蛙、泽蛙、沼蛙(*R. guentheri*)和各种姬蛙等,土著种主要捕食危害农作物的害虫,是维持农田生态系统稳定,保护农作物的重要因子。但由于个体较小,多数土著蛙类的繁殖季节和产卵生境与牛蛙重叠,被牛蛙捕食的压力越来越大,一旦土著种消失过多,其保护农作物和维持生态平衡的作用将严重丧失,由此可见牛蛙已间接地威胁着我国的物种多样性和生态安全。从我们目前对野外新产地的调查来看,野化牛蛙的密度较低,控制相对容易。一旦牛蛙进入更适宜的生境,并形成高密度的种群,控制其蔓延将十分困难,而且代价高昂。

5 对牛蛙的管理措施

近10年来,多种原因造成了全球性的两栖动物种群衰减或绝灭,全球气候变化被认为是主要原因之一^[15,16],外来种同样是对物种多样性的极大威胁,在世界各地由于人为引入,入侵种已经对生态系统和农业生产造成了严重危害^[4,10,17]。在一些地区,人们引入外来种增加当地的物种多样性和发展地方经济,例如英国的13种两栖动物中,包含7个土著种和6个外来种^[9]。然而,在更多的地区,外来种不能与土著种共存,一些外来种如牛蛙甚至成为破坏当地两栖动物多样性的元凶^[10]。

目前,牛蛙在我国还处于低密度的小种群阶段,防范它的大规模爆发可以从3个方面进行:种群的、遗传的和环境的调控^[10]。通过种群和遗传方法控制牛蛙种群目前还不现实,其作用未见报道。而环境因素的调控中,牛蛙又非常适应我国的气候条件,仅疾病、寄生虫和灾害可以降低牛蛙种群数量;依靠牛蛙的天敌消灭牛蛙是个好办法,例如日本通过引入鲈形目的一种鱼(largemouth bass),降低了牛蛙数量;然而该方法可能造成更多物种多样性的丧失,风险可能更大。总之,通过自然方法减少牛蛙数量非常困难。

我国专家^[18]提出了一系列控制外来种的措施,但多来自国外经验。对牛蛙来讲,仅根据国外文献制订政策远远不够,必须结合牛蛙在我国的实际生存状况和生活史特征进行相关的研究,尤其是了解牛蛙的入侵过程及对生物多样性和生态系统的危害,监测牛蛙对我国农田食物链的影响,分析其食性和对本地种的危害,找出控制牛蛙种群大规模爆发的生物和环境因子等。

根据现有的文献资料和本文对新案例的分析,作者认为从种群水平来对牛蛙的危险性进行抑制在现阶段是可行的,当然预先采取措施防止牛蛙的进一步扩散是当前第一要务,包括3个方面的工作:第一,建立严格的饲养、运输和餐饮许可证制度,避免无意识的人类活动导致的扩散;第二,改变养殖方式,将圈养和放养两种方式改为仅用圈养一种方式饲喂;第三,鼓励野外的捕捉,由于牛蛙的鼓膜明显较大,十分易于鉴别,因此在捕捉时不会造成我国土著蛙类的损失;针对不同海拔的牛蛙栖息地选择和生活史特征差异,采取不同季节的不同的捕捉方法,人工控制牛蛙数量。低海拔地区的牛蛙分布广,捕捉成体困难,但通常牛蛙的蝌蚪要经过2~3 a才能完成变态,可在蝌蚪变态上岸之前捕捉它们,尤其对高密度的成体或蝌蚪用手或网

捕捉都是非常有效的方法^[12];中高海拔地区的牛蛙,由于气温较低,牛蛙习居于一些特殊生境,如温泉等,可集中在越冬季节捕捉它们。通过降低种群相对密度,减低其导致的扩散压力,同时这也是减低其种群爆发风险的好方法。

References

- Chen SZ(陈素芝), Fu JZ(傅金钟), Xiao MD(肖茂达). A preliminary investigation on introduced frogs of China. *Chin J Zool* (动物学杂志), 1993, **28**(2):12~14
- Li HM(李鹤鸣), Wang JF(王菊凤). *Ecology of Economic Anurans and Breeding Engineering*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995
- Xie Y(谢焱), Zhang JS(张劲硕), Li ZY(李振宇), Wang S(汪松). The invasion of alien species in China. *China Nat* (野生动物), 2001, **6**:3~4
- ISSG / SSC. 100 of the world's worst invasive species. *Species*, 2001, **35**: 5(<http://www.issg.org>)
- Discovery Channel. *Reptiles and Amphibians*. London: Discovery Books / Cassell & Co., 2000
- Shandong Institute of Freshwater Products(山东淡水水产所牛蛙养殖室). Preliminary observations on artificial breeding of *Rana catesbeiana*. *Chin J Zool* (动物学杂志), 1966, **8**(4):182~185
- Han DB(韩登保), Lu Y(陆源), Wang DR(王达瑞), Zhang ZB(张忠宾). Assay of the common nutritional compositions on the bullfrog (*Rana catesbeiana*). *Zool Res* (动物学研究), 1991, **12**(2):161~162
- Li C(李成), Jiang JP(江建平), Liu ZJ(刘志君), Wang YZ(王跃招). Prediction of effects of Xiluodu hydropower station on the diversity of amphibians and reptiles and their conservation countermeasures. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2001, **7**(5):452~456
- Beebe TJ, Griffiths RA. *Amphibians and Reptiles (A Natural History of the British Herpetofauna)*. London: HarperCollins Publishers, 2000
- Zug GR, Vitt LJ, Caldwell JP. *Herpetology, an Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. 2nd. Academic Press, 2001
- Ye CY(叶昌媛), Fei L(费梁), Hu SQ(胡淑琴). Rare and Economic Amphibians of China. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 1993
- Banks B, Beckett C, Foster J, Langton T, Morgan K. The control of North American bullfrogs *Rana catesbeiana* in English. Bentota, Sri Lanka: The Fourth World Congress of Herpetology, 2001
- Marunouchi J, Tsuruda K, Noguchi T. *Cynops pyrrhogaster* (Japanese newt): predation by introduced *Rana catesbeiana* (Bullfrog). *Herpetological Bulletin*, 2003, **83**: 31~32
- He XR(何晓瑞). *Cynops wolterstorffi*, an analysis of the factors caused its extinction. *Sichuan J Zool* (四川动物), 1998, **17**(2):58~60
- Kiesecker JM, Blaustein AR, Belden LK. Complex causes of amphibian population declines. *Nature*, 2001, **410**: 681~683
- Pound JA. Climate and amphibian declines. *Nature*, 2001, **410**: 639~640
- Knight J. Alien versus predator. *Nature*, 2001, **412**: 115~116
- Chen YY(陈宜瑜), Ma KP(马克平). Advances in and outlook on biodiversity research in mainland China. In: Zhou TX(周廷鑫), Xie FG(谢丰国), Wu SH(吴声华), Zhou WH(周文豪) eds. *Proceedings of the 2000' Cross-strait symposium on Bio-diversity and Conservation (2000年海峡两岸生物多样性与保育研讨会)*. Taichung: National Museum of National Science, 2000. 1~18