

文县疣螈繁殖初探

龚大洁¹ 牟迈¹ 李晓鸿⁰ 滕继荣[»] 张可荣[»]

(¹ 西北师范大学生命科学院 兰州 730070; ⁰ 甘肃林业职业技术学院 天水 741020;

» 甘肃白水江国家级自然保护区管理局 陇南 746400)

摘要: 2006年4~9月、2007年4~9月,在四川青川初步观察了文县疣螈(*Tylototriton wenxianensis*)的繁殖习性,并研究了其主要特点,包括繁殖期雌雄差异、繁殖迁徙、交配与产卵、幼体发育等,同时在甘肃文县观察了其幼体的生长发育过程。结果表明,文县疣螈的繁殖期一般为4月上旬至9月上旬,繁殖期成体性比不断变化。该螈具有繁殖迁徙现象,迁徙及求偶行为由雄性占主动。求偶、交配及产卵均在水塘周围岸边的陆地上进行,产卵集中在5月初至7月末,雌螈平均产卵数为421.8枚($n=6$),卵的平均孵化期为261.8d($n=119$),卵群的平均孵化率为461.3%($n=6$)。随着气温的升高、相对湿度和降水量的增加,雌螈产卵量和孵化率升高,卵的平均孵化期缩短。

关键词: 文县疣螈; 繁殖; 产卵; 孵化; 幼体发育

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)04-48-08

Reproductive Behavior of *Tylototriton wenxianensis*

GONG DaJie¹ MOU Mai¹ LI XiaoHong⁰ TENG JiRong[»] ZHANG KeRong[»]

(¹ College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070;

⁰ Gansu Forestry College of Career Technology, Tianshui 741020;

» Administration of Gansu Baihuijiang State-level Nature Reserve, Longnan 746400, China)

Abstract: The breeding behaviors of Wenxian Knobby Newt (*Tylototriton wenxianensis*) were observed in Qingchuan of Sichuan Province and Wenxian of Gansu Province, during April to September 2006 and April to September 2007. The breeding features were primarily studied including sexual differences during the breeding season, breeding migration, mating and spawning, and development of embryos. It shows that the breeding period lasted from early April to early September and the sex ratio kept changing during the period. Breeding behaviors began with the migration and males kept active during the whole course. Courtship, mating and spawning all happened overland around the pools. Females spawned mainly during early May to late July. A female laid 421.8 eggs on average ($n=6$) and hatching period averaged 261.8 d ($n=119$) with mean hatchability of 461.3% ($n=6$). With air temperature rising, relative humidity and rainfall increasing, laid eggs and mean hatching rate increased, while mean hatching period shortened.

Key words: *Tylototriton wenxianensis*; Reproduction; Spawning; Hatching; Juvenile development

文县疣螈(*Tylototriton wenxianensis*) 隶蝾螈科疣螈属,是我国特有的珍稀有尾两栖动物,因发现于甘肃文县而得名,还零星分布在四川(青川、剑阁、平武)、重庆(云阳、奉节)、湖南(桑植、浏阳)、贵州(雷山)和安徽(岳西)等地^[1, 2]。文县疣螈是目前世界上最稀少的两栖动物之一,2006年 IUCN 将其濒危等级定为易危(VU),理

由是/ 出现范围不足 20 000 km²,分布面积不足 2 000 km²,分布区严重分裂,栖息地的面积和质

基金项目 甘肃省/5550人才工程资助项目;

第一作者介绍 龚大洁,男,博士,教授;研究方向:两栖爬行动物多样性及其保护;E-mail: gongdj@nwnu.edu.cn。

收稿日期:2007.12.18, 修回日期:2008.04.21

量以及成熟个体的数目持续下降^[3]。目前, 针对文县疣螈的研究还仅仅局限在分类、分布、生境和种群状况等方面, 系统的繁殖行为研究的报道寥寥无几, 而许多有尾类的濒危和灭绝都与其正常的繁殖活动受到干扰或生境受到破坏有关^[4]。因此, 研究该螈的繁殖习性不仅可为其深入研究积累基础资料, 更能为保护工作提供参考依据。

1 观察地点与方法

111 时间与地点 2006 年 4~9 月、2007 年 4~9 月, 在四川省青川县大坝乡的两处繁殖水塘及周围, 观察了文县疣螈的繁殖迁徙、求偶与交配、产卵及孵化、幼体下水和发育等繁殖行为习性; 2006 年 4~8 月在甘肃文县碧峰沟和李子坝两处水塘, 观察了幼体下水和生长发育过程。

112 方法 栖息地和产卵场主要指标测定方法: ¹ 地理坐标及海拔分别以 GPS 和海拔表测量; [°] 气温和水温以水银温度计测定, 精确至 0.1 e; [»] 大气相对湿度以干湿温度计测量, 精确至 1%; ^¼ pH 以精密试纸测定, 精确至 0.13; ^½ 水体深度以卷尺测定, 精确至 0.001 m; ^¾ 卵、幼体和成体的形态学量度以游标卡尺测定, 精确至 0.02 mm。

产卵时间及卵的孵化观察均在野外进行。在无外界干扰条件下, 雌螈一般不改变产卵位点, 因此产下一个卵群所需时间即为雌螈的产卵时间, 具体为产下第一枚卵到产卵停止所用时间。鉴于观察势必会对雌螈产卵造成影响, 使其转移产卵位点, 我们采用封闭观察法: 以直径 1 m 圆形铁丝网罩, 将待产卵的雌螈封闭于罩内, 使其无法转移产卵位点, 因此罩内产下的卵群所需时间即约等于雌螈的产卵时间。将产下的卵加以不同的标记, 卵的孵化时间为卵至孵出所用时间。

另外, 卵的结构通过解剖学方法观察, 伴生动植物通过照片及采集的标本鉴定, 气象数据由当地气象和林业部门提供。雌雄成体量度的标准差用 Excel 软件统计, 并以 F 检验法检

验, 繁殖期性比图以 Excel 2003 软件绘制。

2 栖息地基本特征

青川栖息地位于 104°8'58"~104°8'50"E, 32°36'10"~32°37'22"N, 平均海拔 1 060 m, 年平均气温 13.17 e, 平均最高气温(7 月)为(31.12? 11.1) e, 最低气温(1 月)为(6.15? 0.17) e, 年平均降雨量 1 027.12 mm, 降水最集中在 5~8 月, 无霜期为 227~243 d。文县疣螈繁殖期(4~8 月)平均气温 23.16 e, 降水量约 700 mm, 气候特征为春迟、夏短、秋凉、冬长, 立体气候明显。栖息地为典型的山区林地, 繁殖场多位于坡间台地的静水塘周围。繁殖场周围的植被以草本为主, 有芭蕉 (*Musa basjoo*)、紫苑 (*Aster tataricus*)、繁缕 (*Stellaria media*)、画眉草 (*Eragrostis pilosa*)、水蓼 (*Polygonum hydropiper*)、鸢尾 (*Rhizomaliridis tectori*)、淫阳藿 (*Epimedium brevicornum*)、野葛 (*Pueraria lobata*)、紫苏 (*Perilla frutescens*)、老鹤草 (*Geranium wilfordii*)、鸭跖草 (*Commelina communis*)、扁化冷水花 (*Pilea fasciata*) 等; 灌木以鼠李科 (*Rhamnaceae*)、杨柳科 (*Salicaceae*) 植物为主; 乔木主要是杜仲 (*Eucommia ulmoides*) 和杨树 (*Populus tomentosa*)。水生植物有水葱 (*Scirpus tabernaemontani*)、水莎草 (*Juncus serotinus*)、李氏禾 (*Leersia hexandra*)、以及黑藻属 (*Hydrilla*)、茨藻属 (*Najas*)、金鱼藻属 (*Ceratophyllum*) 和轮藻属 (*Chara*) 藻类等。伴生动物中, 昆虫主要有细痣灰蝶 (*Orthetrum lineostigma*)、黄面蛭 (*Aeschna ornithocephala*)、黑色 (*Agriocera atratum*)、中华大刀螳 (*Tenodera sinensis*)、绿树蝽 (*Togona unicolor*)、巨意草蛉 (*Italochrysa megista*)、月天蛾 (*Parum porphyria*)、达摩翠凤蝶 (*Papilio demolaus*)、绿带翠凤蝶 (*P. maacki*)、陆马蜂 (*Polistes rothneyi grahmi*)、刺蚁 (*Polyrhachis lamellidens*)、大蚊 (*Tipula aino*)、卵圆蝎蝽 (*Nepa chinensis*) 和寄蝇科 (*Tachinidae*) 物种等, 其中以大蚊和卵圆蝎蝽占优势; 两栖爬行类主要有中华蟾蜍 (*Bufo gargarizans*)、花背蟾蜍 (*B. raddei*)、中国林蛙 (*Rana chensinensis*)、蝮蛇

(*Gloydus*)、蝰蛇(*Vipera*)、烙铁头蛇(*Ovophis*)、竹叶青蛇(*Trimeresurus*)、脊蛇(*Achalinus*)、锦蛇(*Elaphe*)等; 哺乳类有野猪(*Sus scrofa*)、刺猬(*Erinaceus amurensis*)、猪獾(*Arctonyx collaris*)以及野兔(*Lepus*)和鼬类(*Mustela*)等。另外, 水蛛科(*Argyronetidae*)种类也有很大数量。

3 繁殖期雌雄疣螈特征

311 形态学量度 繁殖期 11 尾雌螈和 35 尾

雄螈的 15 项形态学量度测定数据见表 1。

由表 1 可知, 雌雄成体除在头长、头宽和尾高等三方面差异极显著或显著外, 其他指标差异均不显著。因此可以判定, 成体雄螈和雌螈的形态总体上无明显差异, 利用数量性形态学特征鉴定该螈的性别不可行。

312 第二性征 雄螈腹部瘦小, 尾部表面较为平滑, 几无疣粒, 上缘线较平直。肛部略隆起, 肛孔长裂形, 开裂不明显, 其内壁有小乳突, 有

表 1 文县疣螈成体的形态学量度(四川青川)

Table 1 Morphological measurements of adult Wenxian Knobby Newt (Qingchuan, Sichuan)

	量度 Measurements (mm)		F 检验 A= 0.110 F test
	35 ♀♀	11 ♂♂	
全长 Total length	111.67? 31.44	139.42? 51.14	不显著 Insignificant
头体长 Snout-vent length	70.48? 11.72	80.53? 21.56	不显著 Insignificant
头长 Head length	18.89? 0.69	19.11? 0.17	极显著 Extremely significant
头宽 Head width	14.66? 0.49	15.85? 0.28	显著 Significant
吻长 Snout length	6.04? 0.17	6.22? 0.14	不显著 Insignificant
躯干长 Trunk length	58.38? 3.02	61.13? 3.16	不显著 Insignificant
眼间距 Interorbital space	7.90? 0.05	8.15? 0.17	不显著 Insignificant
眼径 Eye diameter	4.22? 0.12	4.36? 0.09	不显著 Insignificant
尾长 Tail length	56.33? 2.56	58.72? 3.94	不显著 Insignificant
尾高 Tail height	8.56? 1.23	9.56? 0.64	显著 Significant
尾基宽 Tail width	5.01? 0.05	5.14? 0.04	不显著 Insignificant
前肢长 Fore leg length	22.53? 1.19	24.00? 1.26	不显著 Insignificant
后肢长 Hind leg length	21.33? 1.62	23.41? 1.81	不显著 Insignificant
腋间距 Space between axilla and groin	42.41? 1.38	44.25? 1.51	不显著 Insignificant
泄殖腔长 Cloacae length	7.85? 1.22	8.16? 1.47	不显著 Insignificant

的乳突为黑色。雌性体长略大于雄性, 尾部与头体长比例大于雄性。尾部上缘线不平直, 有突起和凹陷, 且有波形褶皱和少量疣粒。繁殖期有些雌性尾上缘染橘红色, 个别个体的背脊、头脊亦染红色。肛裂较平坦, 无突起, 且周缘颜色为橘红色。

313 繁殖期性比 文县疣螈繁殖期性比明显偏雄性。在统计的时间范围内, 雌螈个体数所占百分比变化见图 1、2。

4 繁殖行为

411 繁殖迁徙 文县疣螈于 3 月底出蛰, 随着气温的升高和降雨量的增加, 开始从蛰伏点向

繁殖场迁徙。采用标记跟踪的方法, 对疣螈的迁徙路线进行监测。观察发现, 通常是雄性先迁入繁殖水塘周围的陆地上占区后, 雌性才迁入, 但雌性产卵后即迁出, 而雄性迁出通常在繁殖季节的末期。

412 求偶与交配 在 2007 年 5~ 7 月的观察中发现, 该螈多配对藏匿于水塘边的乱石堆下, 而且一般选择较大的石块, 每个石块下 2~ 4 只。求偶时雄螈主动, 且雄螈间有竞争现象。求偶与交配均在繁殖水塘周围的陆地上进行, 分为以下几个阶段: 1 雄螈发现雌性后, 身体成反/S 形, 尾成/O 形卷曲。头与雌螈身体成垂直方向; 2 雄螈径直向前, 以吻部接触雌螈泄

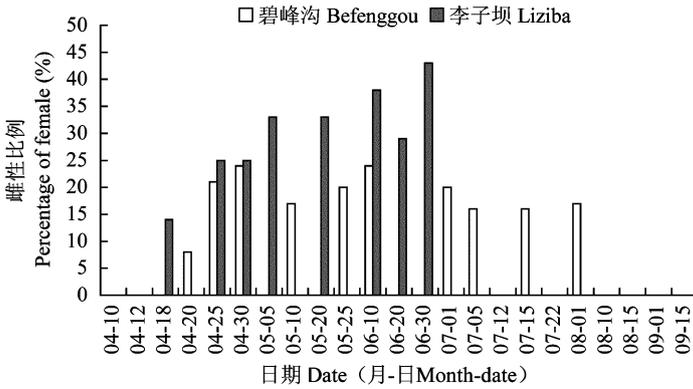


图 1 2006 年文县碧峰沟和李子坝文县疣螈繁殖期性别变化

Fig. 1 Sex ratio in breeding season of 2006 (Bifenggou and Liziba, Wenxian, China)

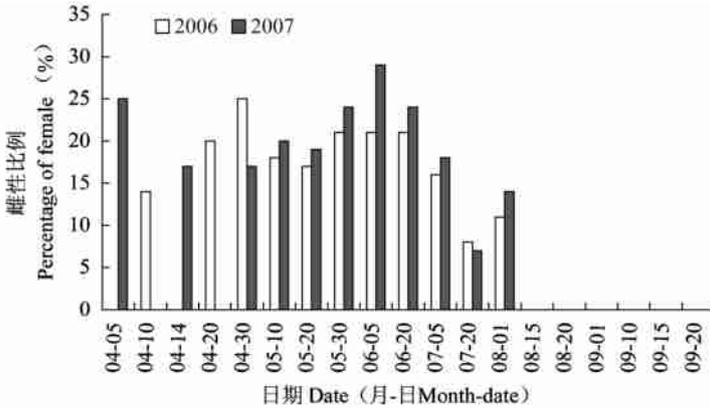


图 2 2006、2007 年青川大坝文县疣螈繁殖期性别变化

Fig. 2 Sex ratio in breeding season of 2006 and 2007 (Daba, Qingchuan, China)

殖腔, 雌螈身体成/S0形; » 雌螈接受求偶, 调头向雄螈泄殖腔方向; ¼ 雄螈沿弧形轨迹, 向顺时针方向移动, 雌螈跟随; ½ 雄螈泄殖腔部水平摆动, 产出胶质带及精子囊, 精子囊散布于胶质带中, 由胶状物质包裹; ¾ 雌螈继续跟随, 泄殖腔与胶状物质接触, 并作水平摆动, 纳入精子囊。

4.1.3 产卵

4.1.3.1 产卵场环境 文县疣螈产卵在陆地上进行, 未发现其水中产卵现象。在该螈分布区域内的 2 处水塘岸边, 发现正在产卵的雌螈和卵群, 其产卵场的生境特征包括 4 个方面(表 2、3): ¹ 选择植物丰富的阴湿生境, 植被可分为 3 层, 上层为较稀疏的高大常绿阔叶树种, 中层为灌丛, 底层为杂草。° 所有产卵水域均为半

永久性静水塘, 弱酸性(pH 为 6.19 和 6.15), 水面小, 水源是雨后浸出水。» 产卵场地势以坡地为主, 间有台地; 地面泥土疏松, 土表覆盖多层落叶。¼ 静水塘周围的大石块下是该螈最佳的筑巢和产卵场所, 因为由石块覆盖的位点环境相对落叶更加稳定, 不易受外界干扰。

4.1.3.2 产卵行为 文县疣螈行体内受精, 雌螈纳精后即开始选择产卵位点, 然后筑巢, 其泄殖腔分泌物增多, 产卵多在筑巢后 24 h 开始。从纳精到产下第一枚卵的时间约为 48 h。产卵时间多在傍晚日落之后和日出之前, 集中在 20:00 时至次日凌晨 4:00 时的 8 h 左右, 白天很少见到产卵。每次产 1 枚卵, 产卵期长达(261.8 ? 113)d (n = 6), 雌螈产卵量为(421.8 ? 111.9)枚 (n = 6)。雌螈产卵前泄殖腔充血外翻, 且伴随

表 2 产卵场陆地生境特征

Table 2 The habitat at spawning sites

地点 Location	海拔 Altitude (m)	地理坐标 Coordinates	相对湿度 Humidity (%)	坡位 Slope location	坡形 Slope shape	坡向 Slope aspect	坡度 Gradient (b)	植被 Vegetation	产卵位点 Sites
青川 Qingchuan	1 160	32°36'46"N 104°8'10"E	40~ 60	中部 平地	复合坡	北	31~ 40	灌木、草本, 间有乔木	静水塘边 的乱石堆
文县 Wenxian	940	32°37'02"N 104°8'33"E	50~ 65	坡间 台地	复合坡	东	21~ 30	草本植物为 主, 乔木很少	静水塘边 的土洞中 和腐叶下

表 3 产卵场水塘特征

Table 3 The pools at spawning sites

地点 Location	季节性 Seasonal or not	水源 Water source	面积(m ²) Area	最深处(cm) Innmost depth	水温(°C) Temperature	pH	透明度 Transparency
青川 Qingchuan	是	雨水	约 7	25	12~ 14	6.19	浑浊
文县 Wenxian	否	人工引入	约 20	40	14~ 17	6.12	较清

分泌出大量黏液。产卵时泄殖腔伸出 3~ 4 mm, 待产出卵时, 突然慢慢缩回, 持续时间约 4~ 5 s。雌蛙为避免对卵的挤压常卷曲成 S 型, 使身体位于卵群的外侧。一般情况下, 产卵大多在同一巢穴内完成, 但在产卵场内经常发现不足 20 枚的卵群, 这可能由于雌蛙在产卵过程中受到天敌等的干扰而转移了产卵位点^[5]。雌蛙似乎没有护卵行为, 因为在产卵场附近随处可以发现无雌蛙看护的数量巨多的卵群, 即使在雌蛙身体近旁也经常散落着单个卵, 并且

可以见到蚂蚁等昆虫搬运和盗食卵的现象。4.1.3.1 卵及其孵化 刚产出的卵近球形, 周围有一层条带状分泌物, 展开则为薄膜状, 即卵外胶次膜。卵外胶次膜在(51.1 ? 113) d (n= 50) 后消失。卵由内层的胚盘和外层的卵胶囊构成。初生卵单枚重 0.1203 (0.1098~ 0.1233) g (n = 52), 卵径为(4.12 ? 11.8) mm (n= 52)。卵的动物极浅棕色, 植物极乳白色, 卵中央具有胚盘, 由于地心引力作用胚盘总是向上。卵的孵化情况见表 4。

表 4 卵的孵化与气温、湿度的关系

Table 4 Relation of hatching to temperature and humidity

卵群 编号 No.	产卵时间 Hatching date (年2月2日)	平均气温 Temperature (°C)	相对湿度 Humidity (%)	产卵量 Eggs laid (枚)	孵出数 Hatched eggs (枚)	平均孵化期 Mean hatching period (d)	降雨天数 Rainy days (d)	孵化率 Hatching rate (%)
1	200205210~ 06203	16.3	30.0 ? 11.2	33	9	3.11	12	27.3
2	20020521~ 0618	18.2	41.0 ? 11.9	46	20	2.54	17	43.5
3	20020426~ 0520	19.6	22.0 ? 0.17	20	6	2.64	9	30.0
4	20020504~ 0601	19.8	32.0 ? 11.0	44	15	2.91	14	34.1
5	20020524~ 0605	20.1	40.0 ? 0.16	52	30	2.62	20	57.7
6	20020602~ 0624	22.9	46.0 ? 2.13	62	39	2.27	26	62.9

由表 4 可知, 总体上, 随着气温和相对湿度的升高以及降水的增加, 雌螈的产卵量和卵群的孵化率升高, 卵的平均孵化期缩短。

5 幼体的生长发育

初出膜幼体全长(10168 ? 2104) mm (n = 119), 体尾肥实, 体背面及两侧呈深褐色并伴有棕色斑块, 尾部具大小不一黑色斑点, 体腹面淡黄色。眼后下方两侧各有一条(1132 ? 0126) mm (n = 119) 的平衡枝, 具有 3 对羽状外鳃, 鳃丝红棕色。背鳍褶起于体背前部, 向后与尾鳍相连至尾末端。前肢末端分两叉, 有两指, 无后肢。尾较粗壮, 发出强大弹力, 支持整个身体跳跃, 跳跃高度可达 3~ 4 cm, 幼体孵出后便有下水趋势。

5 日龄时, 多数幼体已下水, 未下水的幼体会因缺少水环境和食物而死亡。幼体下水后营水栖生活, 直至变态后才登陆生活。

10 日龄时, 前肢末端呈三叉状。16 日龄时前肢末端呈四叉状, 此时后肢突破皮肤, 其末端呈二叉状。

20 日龄幼体全长(17140 ? 1122) mm (n = 83), 可见前后肢均具四个指(趾), 前肢长(2136 ? 0112) mm (n = 83), 指长序为 3 > 2 > 1 > 4, 后肢长(2146 ? 0112) mm (n = 83); 体侧有助沟 11 ~ 12 条; 羽状外鳃逐渐发达, 其长(3102 ? 0117) mm (n = 83); 出现唇褶。

30 日龄期: 全长(28184 ? 1139) mm (n = 67), 前肢长(3194 ? 0112) mm (n = 67), 后肢长(2188 ? 0161) mm (n = 67), 后肢分化为五趾, 趾长序为 3 > 4 > 2 > 5 > 1, 趾部有蹼相连, 前肢长于后肢。

50 日龄幼体全长(40102 ? 2155) mm (n = 51), 前后肢几乎等长, 分别为(5126 ? 1171) mm (n = 51) 和 (5142 ? 1198) mm (n = 51), 后肢生长快于前肢, 指、趾均为橘红色, 外鳃甚发达。尾长与头体长比增加, 达到 0156 ? 0117, 运动能力增强, 游动速度加快。

55~ 70 日龄间, 幼体全长由(43192 ? 2173) mm (n = 50) 增长到(68114 ? 3105) mm (n =

38), 前后肢几乎等速生长, 后肢趾间蹼退化消失。皮肤光滑, 体尾肥粗, 尾鳍较高, 并前达躯干中部; 外鳃逐渐退化; 除指、趾端及尾下沿为橘红色外, 其余部位黑色; 咽喉部色较浅。

100 日龄幼体全长(81162 ? 4151) mm (n = 28), 已具成体特征, 头部扁平, 可见疣粒, 尚有残留的外鳃; 指、趾末端及尾下沿橘红色与体黑色对比明显, 体侧有两纵行小红点。

125 日龄期(变态期): 约 110 日龄时, 外鳃分枝开始消失, 到变态时, 全长达(92178 ? 4185) mm (n = 20)。多数个体外鳃消失, 少数个体还留遗迹; 尾、背鳍褶向后退缩到躯干后段的背中线; 唇褶消失; 头顶/V0 形棱嵴开始出现, 体侧疣粒隆起连续成纵行, 分界不清; 背、腹面疣粒大小较为一致, 腹面不呈横缢纹状, 肛裂周缘颜色与体色相同。

6 分析与讨论

6.1 求偶与交配 文县疣螈成体以陆栖为主, 仅繁殖季节聚集在水塘周围。经笔者观察, 该螈的求偶与交配均在水塘岸边的陆地上进行, 这与细痣疣螈(*T. asperimus*)、海南疣螈(*T. hainanensis*) 和镇海棘螈(*Echinotriton chinhaiensi*) 等类似^[1, 5], 而贵州疣螈(*T. kweichowensis*)、红瘰疣螈(*T. shanjing*)、大凉疣螈(*T. taliangensis*)、棕黑疣螈(*T. verrucosus*) 的求偶与交配则发生在水中^[1, 6, 7], 此特征也可作为划分细痣疣螈和棕黑疣螈种组的依据之一^[1]。

求偶为雄性主动, 其交配模式与 *Spareboom* 等^[5] 描述的镇海棘螈交配行为模式相似(图 3), 而与贵州疣螈、大凉疣螈等^[1, 8] 的水中交配模式有差异: 文县疣螈和细痣疣螈的求偶与交配多在石块下或土洞内进行^[1], 活动范围较狭窄, 持续时间较短, 而未见有关细痣疣螈求偶与交配行为细节的报道。文县疣螈经过一系列求偶行为后, 雄螈即产出椭圆形精子囊, 一次排出一枚, 而后雌螈尾部作水平摆动, 并纳入精子囊, 雌、雄间仅发生相互移动和吻触(雄螈以吻部接触雌螈泄殖腔), 而未见抱对行为。贵州疣螈雌螈入水后, 即出现求偶、配对行为。雄螈先

以吻部触碰雌螈吻部,如此重复 3~5 次,雄螈以前肢拥抱雌螈腋部或胯部,雌上雄下,雌螈借尾的摆动在水中游动或以前肢与雄螈的后肢在水底交替爬行,而后雄螈尾部后段弯向后肢,并迅速颤动,随即泄殖孔张开排出一个圆锥状有透明胶膜的精包,其一端黏附在水底基质上,另一端游离于水中。此后,雌、雄螈身体分开,雄螈前行或伏于水底不动,雌螈缓慢爬向精包处,当其泄殖腔部位接触精包时即反复挪动,将精

包纳入泄殖腔内。雄螈一次可排出多个精包,最多达 8 个,而雌螈亦可纳入多个精包^[9]。对于大凉疣螈,交配时雄螈伏于雌螈上方,雄螈以其前肢向前再向后翻转,将雌螈的前肢挽住,借助尾的摆动在水中游动;也有在陆地上爬行的,爬行时以雌雄螈的前后肢在地面上交替走动。据 Sparreboom 报道,棕黑疣螈交配时无拥抱行为,有摆动尾部的行为,卵可产在水中,也可产在陆地上^[10]。

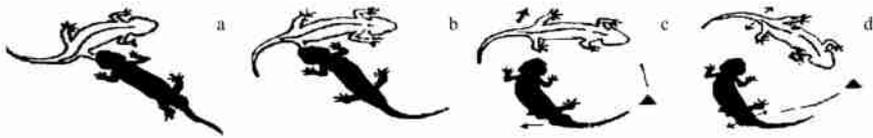


图 3 镇海棘螈的求偶行为模式^[5]

Fig. 3 The courtship model of *Echinotriton chinhaiensis*

- a. 雄螈发现雌螈后的吻触行为; b. 雌螈接受求偶的应答行为; c. 雌螈掉头向雄螈泄殖腔方向;
d. 雄螈沿弧形轨迹退却,雌螈跟随。
- a. Caressing touch of male towards female; b. Female's response of accept ion to male's courtship behavior;
c. Female turning around to the cloaca of male; d. Male falling back in a curve, followed by female.

612 产卵场的雌雄性比 利用标记方法,分别在两年间统计到成螈 29 条和 40 条,总性比(a B)分别为 1B613 和 1B4,其性比略低于贵州疣螈的 1B316^[6],更明显低于蓝尾蝶螈(*Cynops cyanurus*) (112B1)^[11]和东方蝶螈(*C. orientalis*) (1B2)^[12]。笔者分析其原因可能是文县疣螈为典型的陆栖型有尾类,常年隐匿于土洞中、石块下和腐叶下,不易被发现。在 2007 年的观察中发现,雄螈在交配过后便下水生活 1~2 月,而雌螈则在岸上产卵和护卵,未见有下水现象,说明雌螈的陆栖性较雄螈更强,统计时更难发现,使调查的雌螈数量与实际数量有一定偏差。另外,在繁殖早期和后期,雄螈所占比例明显高于雌螈,可能由雌螈较晚进入产卵场,且较早离开所致。同时,雌螈所占比例在 5 月末至 6 月初达到最高,而繁殖高峰期与降雨量和气温的关系还有待进一步研究,这对指导该物种的保护工作至关重要。

613 产卵 与贵州疣螈和镇海棘螈的连续性集中产卵不同^[5, 6],文县疣螈的产卵期较长(2618 d, n = 6),时间较分散,这使得其产卵过

程和卵的孵化容易受到温度、湿度、降水、伴生动物及人类活动等的影响。文县疣螈的产卵位点颇为一致,通常将卵产于塘边岸上阴湿、避光的石块下的松土上,如果人为地将这些石块移走,换以潮湿、避光的腐叶覆盖,雌螈将转移产卵位点,选择在其他石块下产卵,这与细痣疣螈和海南疣螈仅在落叶中或落叶下产卵相似,而与贵州疣螈、红瘰疣螈、大凉疣螈、棕黑疣螈的易位产卵不同^[1, 6, 13](表 5)。

614 幼体下水 对于疣螈属中的陆上产卵物种来说,其幼体孵化后须尽快下水,否则会因缺少水环境和食物而死亡。因此,幼体能否顺利和及时下水对其成活率具有直接影响。对于水中产卵物种,其幼体在水中孵化,而后在水中发育,这大大降低了因幼体未能及时下水而夭折的可能^[16]。谢锋^[17]等报道了镇海棘螈产卵位点对繁殖成功率的影响,说明产卵位点与胚胎孵化率和幼体下水率之间存在密切关系,且后两者是导致其濒危的重要原因。鉴于对保护工作具有重要的指导意义,文县疣螈幼体的下水过程和成活率的影响因素还有待深入研究。

表 5 文县疣螈与近缘物种产卵习性的比较

Table 5 The comparison of spawning behavior of *Tylotriton wenxianensi* with sibling species

物种 Species	产卵位置 Location	产配子 次序 Order of generating gamete	一次排精包 (精子囊) 数 Spermato 2phore generated a time (枚)	纳精与 产卵间隔 Time between recepting and spawning (h)	产卵间 隔时间 Time interval between eggs (min)	一次 产卵数 Eggs laid a time (枚)	产卵量 (枚/年) Eggs laid (枚/年)	产卵期 Egg laying period	是否易 位产卵 Shift to spawn or not	孵化期 Hatching period (d)	文献 来源 Literature cited
文县疣螈 <i>Tylotriton wenxianensi</i>	塘边岸上的 石块下, 卵黏 附在泥土或 腐叶上	雄性先	1	48	160	1	4218 (n=6)	2516 (n=6)	否	2618 (n=6)	本文
细痣疣螈 <i>T. asperimus</i>	塘边坡地上 的腐叶中	雄性先	1	不详	240	不详	30~50	20	否	不详	[1]
贵州疣螈 <i>T. kwachewensis</i>	静水域较浅 处, 卵沉入 水底淤泥上	雄性先	最多 8	3~4	3~20	2~3	78(n=6), 1411 3 (n=9), 1211 5 (n=17)	1~5 (n=5), 15(n=5)	是	2116 (n=9)	[6, 8, 9]
红瘰疣螈 <i>T. shanjing</i>	常年水塘, 卵 黏在水草或 石壁上	雄性先	不详	不详	4143	1~15	122	014	是	约 40	[7, 13]
镇海棘螈 <i>Echinotriton chinhaiensis</i>	距水塘较近 的岸上, 卵黏 附在泥土或 腐叶上, 被 草叶遮盖	雄性先	不详	不详	120	1	72~94, 44~182	1~2	否	20~29	[14, 15]

参 考 文 献

- [1] 费梁, 胡淑琴, 叶昌媛等. 中国动物志 两栖纲 (上卷))) 总论. 蚓螈目、有尾目. 北京: 科学出版社, 2006, 309~310.
- [2] 龚大洁, 牟迈. 甘肃有尾两栖动物资源现状与保护策略. 四川动物, 2006, 25(2): 332~335.
- [3] IUCN. 2006 IUCN Red List of Threatened Species. Cambridge: IUCN, 2006.
- [4] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004, 299~306.
- [5] Sparreboom M, Xie F, Fei L. Reproductive behaviour of the Chinhai Salamander (*Echinotriton chinhaiensis*) (Caudata: Salamandridae). *Amphibia-Reptilia*, 2001, 22: 309~320.
- [6] 田应洲, 孙爱群, 李松. 贵州疣螈繁殖习性的观察. 动物学杂志, 1997, 32(1): 20~23.
- [7] Nussbaum R A, Brodie E D, Yang D T. A taxonomic review of *Tylotriton verrucosus* Anderson (Amphibia: Caudata: Salamandridae). *Herpetologica*, 1995, 51(3): 257~268.
- [8] 田应洲, 孙爱群, 李松. 贵州疣螈繁殖生态的研究. 四川动物, 1998, 17(2): 60~64.
- [9] 王延斌, 陈永祥, 胡思玉. 贵州疣螈繁殖习性的观察. 四川动物, 1995, 14(3): 126~128.
- [10] Sparreboom M. Haltung und Nachzucht *Tylotriton verrucosus*. *Elaphe*, 1999, 7(2): 20~24.
- [11] 费梁, 叶昌媛. 蓝尾蝾螈繁殖生态的研究. 生态学报, 1999, 8(3): 233~241.
- [12] 杨道德, 沈猷慧. 东方蝾螈繁殖生态的研究. 动物学研究, 1993, 14(3): 215~220.
- [13] 李成, 李胜全. 红瘰疣螈产卵过程的初步观察. 两栖爬行动物学研究, 2000, 8: 242~244.
- [14] 蔡春抹, 费梁. 镇海棘螈 *Echinotriton chinhaiensis* (Chang) 新模式描述及其生态习性. 两栖爬行动物学报, 1984, 4(2): 109~114.
- [15] 谢锋, 费梁, 李成等. 镇海棘螈早期胚胎发育研究. 动物学杂志, 2001, 36(14): 21~25.
- [16] Gong D J, Mu M. Behavioural observation and description of the endangered knobby newt *Tylotriton wenxianensis* and its application in conservation. *Asiatic Herpetological Research*, 2008, 11: 31~38.
- [17] 谢锋, 费梁, 叶昌媛等. 镇海棘螈产卵位点及其对繁殖成功率的影响. 动物学报, 2002, 48(4): 554~557.