

版纳鱼螈的骨骼系统

蒙绍权 李桂芬 黄鸿宣 谢文海

(玉林师范学院化学与生物学系 玉林 537000)

摘要:以我国特有的珍稀濒危两栖动物版纳鱼螈(*Ichthyophis bannanica*)为材料,采用传统的脊椎动物骨骼标本制作技术与透明骨骼标本制作技术相结合的方法,对其骨骼系统进行了形态学研究,并与其他无足目和两栖动物相比较,探讨版纳鱼螈的亲缘关系和进化地位。结果表明,版纳鱼螈成体具头骨41枚,椎骨108~115枚,肋骨101~108枚,无四肢骨。头骨、椎骨和肋骨均具有适应于穴居、掘穴和夜行性习性的特征。版纳鱼螈与双带鱼螈(*I. glutinosus*)的头骨极为相似,却具有比*Dermophis mexicanus*的头骨更原始的特征。

关键词:版纳鱼螈;骨骼

中图分类号:Q954 文献标识码:A 文章编号:0250-3263(2006)04-100-07

A Study on Skeletal System of *Ichthyophis bannanica*

MENG Shao-Quan LI Gui-Fen HUANG Hong-Xuan XIE Wen-Hai

(Department of Chemistry and Biology, Yulin Teachers' College, Yulin 537000, China)

Abstract: The traditional and transparent technique for making skeleton specimen is applied to study the morphology of the skeleton of *Ichthyophis bannanica*, an endangered amphibian species in mainland China. The evolution of *I. bannanica* is also investigated by comparing its skeletons with other Caecilians and amphibians. The results show that adult *I. bannanica* possesses 41 separate skull bones, 108 - 115 vertebrae and 101 - 108 pairs of ribs, without any limb bones. The traits of the *I. bannanica*, which are adapt to their fossorial, troglitic and nocturnal habits, are discovered. The skull of *I. bannanica* is similar to that of *I. glutinosus*, however, the former is more primitive.

Key words: *Ichthyophis bannanica*; Skeleton

版纳鱼螈(*Ichthyophis bannanica*)是我国特有的珍稀濒危两栖动物,无足目(Apoda)的仅有代表。自杨大同1984年命名以来^[1],国内外关注的学者甚少。早期仅有温业棠对版纳鱼螈的消化系统、呼吸系统^[2]、循环系统^[3]、染色体^[4]和生存状况^[5]进行了研究,最近Zhang等测获了版纳鱼螈的线粒体DNA的全序列^[6],到目前为止国内外尚无人对版纳鱼螈的骨骼系统进行全面系统的研究,但国外学者对其他无足目动物的骨骼研究早已开始^[7-10]。骨骼系统是研究脊椎动物分类和进化的有力证据,版纳鱼螈作为一种低等的两栖动物,对其骨骼系统的研究具有更为深远的意义。因此,我们以在广西北

流市六麻镇采到的版纳鱼螈为标本,应用脊椎动物骨骼标本制作技术和直接测量的方法,对其骨骼系统进行分析,并与无足目的其他动物进行比较,为确定我国版纳鱼螈的分类与进化地位提供骨骼方面的依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料 采用版纳鱼螈4条,3♀1♂。2005年采自广西壮族自治区北流市六麻镇,具

基金项目 广西教育厅科研项目(No.200504219);

第一作者简介 蒙绍权,男,学士,讲师,研究方向:动物学;

E-mail: msq2008@126.com

收稿日期:2006-02-21 修回日期:2006-04-30

体数据见表 1。

1.2 实验方法 根据版纳鱼螈的个体和骨骼细小,而皮肤和肌肉又较坚韧的特点,采用了传统的脊椎动物骨骼标本制作技术与透明骨骼标本制作技术^[1]相结合的方法,具体操作如下:将动物处死,取出内脏,清水煮沸约 1 min,剥去皮肤,放入 1% KOH 溶液中浸泡 3~5 h,用小镊子拨去大块肌肉,清水洗掉肌肉,1% KOH 溶液再浸泡 1~2 h,用小刷子刷去腐蚀的小肌肉,清洗 0.5% H₂O₂ 漂白 30~40 min,清洗晾干,即得完整的骨骼标本。数码相机实体或解剖镜拍照记录骨骼图像。

2 结果

版纳鱼螈形似蚯蚓,没有四肢,其骨骼系统分为头和躯干两大部分(图版 I:1)。按各骨块的功能,分组描述如下。

2.1 头骨(skull) 版纳鱼螈的头骨与头部皮肤紧密连接,头骨表面不光滑,有较多的纹路和凹陷。头骨呈前窄后宽形,骨化程度较高。成体头骨总数 41 块(包括下颌骨和舌器),骨块连接紧密。外鼻孔明显,眼眶较小(图版 I:2~4)。脑颅属平颅型。头骨各部的形态见图 1,测量见表 1。

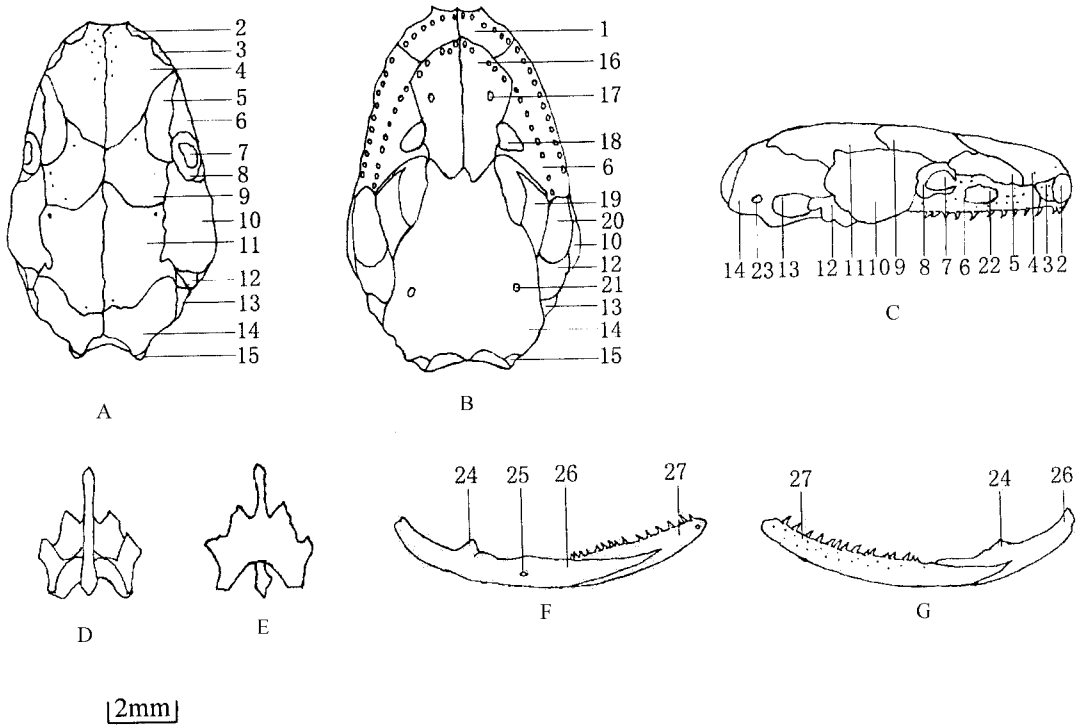


图 1 版纳鱼螈的头骨

Fig.1 The skull of *Ichthyophis bannanica*

A. 头骨背面观; B. 头骨腹面观; C. 头骨侧面观; D. 蝶筛骨背面观; E. 蝶筛骨腹面观; F. 下颌骨内面观; G. 下颌骨外面观。

1. 前颌骨; 2. 外鼻孔; 3. 隔颌骨; 4. 鼻骨; 5. 前额骨; 6. 颌腭骨; 7. 眼窝; 8. 后额骨; 9. 额骨; 10. 鳞骨;
11. 顶骨; 12. 方骨; 13. 镫骨; 14. 基板骨; 15. 枕髁; 16. 犁骨; 17. 内鼻孔; 18. 中腭腔; 19. 翼骨; 20. 颞孔;
21. 颈动脉孔; 22. 触须孔; 23. 颈静脉孔; 24. 后骨突; 25. 牙槽孔; 26. 隅骨; 27. 齿骨。

A. dorsal view of the skull; B. ventral view of the skull; C. lateral view of the skull; D. dorsal view of the spherethmoid;

E. ventral view of the spherethmoid; F. internal view of the lower jaw; G. external view of the lower jaw.

1. premaxilla; 2. external naris; 3. septomaxilla; 4. neasal; 5. prefrontal; 6. maxillopalatine; 7. orbit; 8. post frontal; 9. frontal; 10. squamosal;
11. parietal; 12. quadrate; 13. stapes; 14. os basale; 15. occipital condyle; 16. vomer; 17. internal naris; 18. mediopalatal cavity;
19. pterygoids; 20. temporal fossa; 21. carotid foramen; 22. tentacular foramen; 23. jugular foramen; 24. posterior condyle;
25. alveolar foramen; 26. angular; 27. dentary.

表 1 版纳鱼螭头骨的测量

Table 1 Measurement of skull of *Ichthyophis bannanica*

标本号 Specimen number	性别 Sex	体长 Length (mm)	体重 Body weight (g)	头骨长 Skull length (mm)	鼻囊长 nasal capsule length (mm)	鼻囊比 Relative nasal capsule length(%)	眼眶长 Eye length (mm)	眼眶比 Relative eye length (%)	耳囊长 Otic capsule length (mm)	耳囊比 Relative otic capsule length (%)
1	♀	30	20.5	12.1	3.9	32.2	0.9	7.4	2.1	17.3
2	♂	25.3	14.25	11	3.5	31.8	0.9	8.1	1.9	17.2
3	♂	26.7	13.6	11.1	3.5	31.5	0.9	8.1	2.0	18.2
4	♂	23.1	11.8	9.9	3.1	31.3	0.9	7.6	1.7	17.1
平均数 Average		26.3	15.0	11.0	3.5	31.7	0.9	7.8	3.8	17.5

2.1.1 脑颅

鼻骨(neasal):一对,大致呈三角形,较大。前面与前颌骨的骨突相连接,后面与额骨相连接,外侧与前额骨相连,构成鼻腔的上壁。

隔颌骨(septomaxilla):一对,为稍正方形的小骨片,形成鼻孔的后侧壁。后与颌腭骨相邻,背面是鼻骨,腹面是前颌骨。

额骨(frontal):一对,略呈梯形。紧接于鼻骨之后,后端与顶骨相连,外侧与其相连接的是前额骨。

前额骨(prefrontal):一对,为略呈长方形的小骨片。前面与鼻骨相连,外侧与颌腭骨、后额骨相连,后面与鳞骨相连。

后额骨(post frontal):一对,呈弯月状的小骨片,位于眼眶内,构成眼眶的大部分。

顶骨(parietal):一对,为头骨背面最大的骨片,前面与额骨相连,外侧与鳞骨相连,后面与基板骨相连构成颅腔前端上壁。

基板骨(os basale):一枚,由头骨最后端的一对枕骨和颅腔腹壁中央的一枚副蝶骨愈合而成,构成颅腔的后壁和腹壁。枕骨外侧各有一卵圆孔,外接镫骨。左右枕骨中间不愈合,后方环绕构成枕骨大孔,枕骨大孔腹外侧有2个卵圆形突起的关节面,为枕髁。

蝶筛骨(spherethmoid):一枚,位于鼻骨和额骨之间,呈“米”字状,是由眶蝶骨、基蝶骨、上筛骨、中筛骨愈合而成的复合体。构成脑颅的前壁,并向前伸展构成鼻腔的后壁、侧壁。此骨块在脑颅腹面和背面均不可见,需拆散头骨骨

块后方可见(图1:D,E)。

2.1.2 咽颅

前颌骨(premaxilla):一对,位于头骨腹面最前方,略呈长方形,前端有一突起与鼻骨相连,后面与犁骨相连接,外侧与颌腭骨相连接,在前颌骨上长有细齿一列,每侧约6~7枚。

颌腭骨(maxillopalatine):一对,位于头骨前端外侧,是由上颌骨、腭骨、泪骨愈合而成的,较大且不规则的骨块。前方与前颌骨相连接,后端与鳞骨、翼骨相连,外侧中部的触须孔明显。腹内侧与犁骨相连接,构成内鼻孔的外侧缘,腹侧外沿表面凹陷成一条小沟,在沟的两边着生两列细齿,每侧约19~20枚。

犁骨(vomer):一对,略呈草鞋状。位于颅腔的腹面,构成鼻腔的腹壁和内鼻孔的内侧缘。前端与前颌骨相连接,外侧与颌腭骨相连,后面与基板骨相连接。在犁骨的前端外缘形成的突起上生有一列犁骨齿,每侧约5~6枚。

翼骨(ptyergoids):一对,呈拉伸的“S”形,前端与颌腭骨相连,后端与方骨的突起相连。此骨块在头骨腹面只能看到一部分。

鳞骨(squamosal):一对,位于头骨后端的两侧,呈鳞片状。其前方连接的是后额骨和颌腭骨,背面内侧与额骨和顶骨相连,腹面与方骨相连,外侧部构成头骨的最宽处。

方骨(quadrate):一对,在鳞骨与翼骨之间,后方是镫骨。外端膨大成一关节面,与下颌骨的隅骨相关节。

镫骨(stapes):一对,呈盾状,紧贴于基板骨

外侧的卵圆孔上,且在盾的外侧形成一个小突起,突起前端与方骨相连接。

齿骨(dentary):一对,弧形。前端粗大,后端尖细,与隅骨相连接。齿骨前端向后凹陷形成一条纵沟,在沟的两边生有两排细齿,每侧有齿 18~26 枚。

隅骨(angular):一对,前端尖细,与齿骨后端紧密相连接。隅骨后端钝圆且有膨大突起,凹凸面与上颌的方骨相关节。

舌器(apparatus hyoid):位于口腔底部,为支持舌的一组尚未骨化的软骨片。包括扁平的近长方形的舌骨体,一对前角,一对后角,第一鳃弓,第二鳃弓。第二鳃弓末端各有一小突起。

(图版 I 5)

2.2 脊柱和肋骨 脊柱由 108~115 块椎骨构成。椎骨由前至后分为:颈椎、躯椎和尾椎。各椎体形态见图 2,数目见表 2。

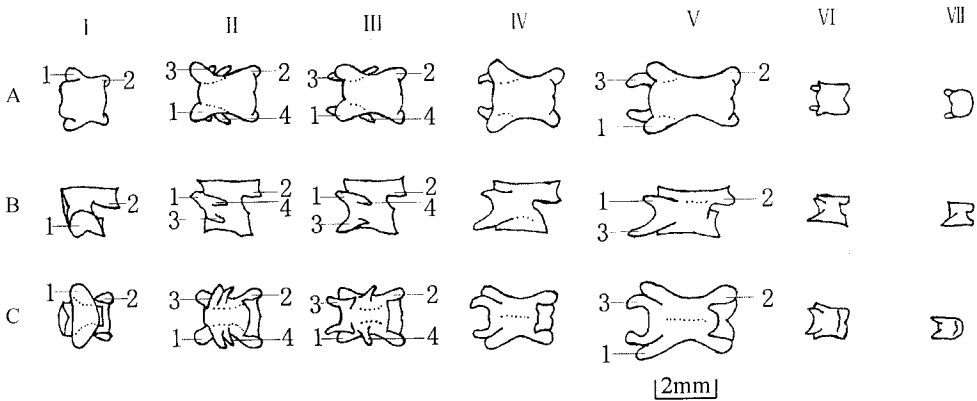


图 2 版纳鱼螈的椎骨

Fig. 2 The vertebrae of *Ichthyophis bannanica*

A. 背面观; B. 侧面观; C. 腹面观。

I. 寰椎; II. 第一躯椎; III. 第二躯椎; IV. 第十躯椎; V. 第五十躯椎; VI. 最后的躯椎; VII. 第一尾椎。

1. 前关节突; 2. 后关节突; 3. 椎体横突; 4. 椎弓横突。

A. dorsal views; B. lateral views; C. ventral views.

I. atlas; II. first trunk vertebrae; III. second trunk vertebrae; IV. tenth trunk vertebrae; V. fiftieth trunk vertebrae;

VI. last trunk vertebrae; VII. first caudal vertebrae.

1. anterior articular process; 2. posterior articular process; 3. parapophysis; 4. diapophysis.

表 2 版纳鱼螈的椎骨数

Table 2 Count of the vertebrae of *Ichthyophis bannanica*

标本号 Specimen number	性别 Sex	体长 Length (mm)	体重 Body weight (g)	脊椎 Vertebrae (枚)	颈椎 Cervical vertebra (枚)	躯椎 Trunk vertebra (枚)	尾椎 Caudal vertebra (枚)	椎骨融合 Vertebral fusion (处)	肋骨 Rib (枚)
1	♀	30	20.5	108	1	101	6	8	101
2	♂	25.3	14.25	112	1	105	6	0	105
3	♂	26.7	13.6	111	1	104	6	0	104
4	♂	23.1	11.8	115	1	108	6	0	108
平均数 Average		26.3	15.0	111	1	105	6		105

颈椎(atlas):一枚,又称寰椎。椎体和椎弓

都比其他椎骨稍大,没有横突和肋骨,椎体前腹

面有两个卵圆形的凹面,与头骨枕髁相关节。椎弓背面的后关节突与后面躯椎的前关节突相关节。

躯椎(trunk vertebrae):101~108枚。椎骨为原始的双凹型,由椎体、椎孔、椎弓、关节突、横突构成。每椎弓前端基部有一对关节面朝上的前关节突,后端基部有一对关节面朝下的后关节突,前后躯椎彼此关联。在椎体的前端腹侧向前伸出一对椎体横突,与前面的椎体相关联。第一枚躯椎的椎体横突特别短,且伸向两侧;第二至第四躯椎的椎体横突向两侧还有一小突起。第一至第四躯椎的椎弓前端两侧具椎弓横突,并从一至四逐渐变小,第五躯椎以后的椎弓横突与前关节突愈合。前部和后部的躯椎较短,中部的较长。1号标本的椎骨有8处两两愈合的现象。

肋骨(rib):101~108枚。肋骨基部有两个突起,后部尖细,呈“卜”形,头部突起为肋骨头,“卜”状突起为肋骨结节。前部和后部的肋骨较短,中部的较长。第一至第四躯椎的肋骨头和肋骨结节分别与椎体横突的小突起和椎弓横突相连,第五肋骨的肋骨头和肋骨结节分别与椎体横突和前关节突相连。

尾椎(caudal vertebrae) 6枚,无肋骨。自第一枚尾椎向后椎体逐渐缩短、缩小,其上有椎体横突、椎弓。前部第一、二尾椎椎体横突明显,向后逐渐变短,最后在第六、七枚尾椎处消失。最后一枚尾椎最小,呈三角形,为尾杆骨。

3 讨论

3.1 适应掘穴运动和夜行性生活的特征 版纳鱼螈的头骨粗壮,骨化程度高,表面不光滑,骨块连接紧密,并有许多骨块间的融合现象:上颌骨和腭骨、泪骨融合成颌腭骨;外枕骨、副蝶骨融合成基板骨;眶蝶骨、基蝶骨、上筛骨和中筛骨融合成蝶筛骨。其他的无足目动物如 *Hypogeophis*^[7,12]、*Dermophis mexicanus*^[10] 亦有头骨融合的现象。这种头骨间的融合无疑是对掘穴运动的适应。

我们所观察的版纳鱼螈4条标本中,其中

1条有8处椎骨融合的现象。1980年Wake也发现了 *D. mexicanus* 有椎骨融合的特点,但并没有提及椎骨融合的意义^[9]。版纳鱼螈前4块躯椎与后面的躯椎形态不同,椎体较短,同时具有椎体横突和椎弓横突,便于颈部肌肉的附着,使头部可以当成“铁铲”做各个方向的掘穴运动。这与 *D. mexicanus* 的前部椎骨的椎体横突短而外伸、前后关节更大更厚等特点的功能是相似的。版纳鱼螈的肋骨“卜”形,与椎骨横突有2处牢固连接,能抵挡来自泥土,尤其是上方泥土的压力,使它们更能适应在泥土里运动。Gans也认为具有良好的肋骨连接有利于适应在地下的随意运动^[13]。

Wake亦认为无足目动物的眼睛就像一台光感受器,与它们的夜间捕食猎物的关系不大^[10]。de Jager认为 *D. mexicanus* 的镫骨没有传递声音的功能^[14]。版纳鱼螈的鼻囊比为31.7%,眼眶比仅为7.8%,耳囊比为17.5%,外鼻孔和触须沟明显,而眼被皮肤所覆盖。从其夜间的觅食行为观察,版纳鱼螈对猎物(如蚯蚓)的捕食更多的是依靠嗅觉而不是视觉信息。可见版纳鱼螈的视觉退化、嗅觉发达,明显是对其穴居和夜行性生活的适应。

3.2 与其他无足目动物头骨的比较 版纳鱼螈曾被认为是双带鱼螈(*Ichthyophis glutinosus*),因为它们从外型上看仅存在微小的差别^[1],核型仅有3、11号染色体存在差异^[4],线粒体DNA全序列仅相差3bp^[6,45]。对版纳鱼螈和双带鱼螈^[6]的头骨进行比较,未发现有明显的不同之处。而与 *D. mexicanus* 比较^[10],版纳鱼螈明显缺少了许多骨块的融合:版纳鱼螈的鼻骨、前颌骨和隔颌骨是独立的,而 *D. mexicanus* 的这3块骨块融合成鼻前颌骨;版纳鱼螈有独立的方骨和翼骨,*D. mexicanus* 则融合成翼方骨;版纳鱼螈有独立的前额骨和后额骨,而 *D. mexicanus* 则分别与额骨和鳞骨相融合。据此,可以说 *D. mexicanus* 比版纳鱼螈更适宜掘穴运动,版纳鱼螈在骨骼方面具有比 *D. mexicanus* 更原始的特征。

参 考 文 献

- [1] 杨大同. 新种版纳鱼螈的发现及描述. 两栖爬行动物学报, 1984, 3(2): 73 ~ 75.
- [2] 温业棠. 版纳鱼螈的消化系统和呼吸系统. 见: 赵尔宓主编. 从水到陆——蛇蛙研究丛书之一. 北京: 中国林业出版社, 1990, 43 ~ 45.
- [3] 温业棠. 版纳鱼螈的循环系统. 见: 赵尔宓主编. 动物科学研究——蛇蛙研究丛书之三. 北京: 中国林业出版社, 1991, 98 ~ 100.
- [4] 温业棠, 庞启平. 版纳鱼螈和双带鱼螈核型的比较研究. 动物学研究, 1990, 11(2): 121 ~ 125.
- [5] 温业棠. 版纳鱼螈的境遇. 四川动物, 1998, 17(2): 54.
- [6] Zhang P, Zhou H, Chen Y Q, et al. Mitogenomic perspectives on the origin and phylogeny of living amphibians. *Syst Biol*, 2005, 54(3): 391 ~ 400.
- [7] DeBeer G R. The Development of the vertebrate skull. London: Oxford Univ Press, 1937.
- [8] Taylor E H. The Caecilians of the World: A Taxonomic Review. Lawrence: Univ Kansas Press, 1968, 136.
- [9] Wake M H. Morphometrics of the skeleton of *Dermophis mexicanus* (Amphibia: Gymnophiona). Part I. The vertebrae, with comparisons to other species. *J Morphol*, 1980, 165(2): 117 ~ 130.
- [10] Wake M H, Hanken J. Development of the skull of *Dermophis mexicanus* (Amphibia: Gymnophiona), with comments on skull kinesis and amphibian relationships. *J Morphol*, 1982, 173: 203 ~ 223.
- [11] 陈彬, 王跃招. 介绍一种透明骨骼标本染色法. 生物学通报, 2002, 37(4): 57.
- [12] Marcus H, Stimmelmayer E, Porsch G. Beiträge zur Kenntnis der Gymnophionen. XXV. Die Ossifikation des Hypogeophisschädels. *Morphol Jahrb*, 1935, 76: 375 ~ 420.
- [13] Gans C. Locomotion and burrowing in limbless vertebrates. *Nature*, 1973, 242: 414 ~ 415.
- [14] de Jager E F J. Contributions to cranial anatomy of the Gymnophiona. Further points regarding the cranial anatomy of the genus *Dermophis*. *Anat Anz*, 1939, 88: 193 ~ 222.
- [15] San M D, Gower D J, Oommen O V, et al. Phylogeny of caecilian amphibians (Gymnophiona) based on complete mitochondrial genomes and nuclear RAG1. *Mol Phylogenet Evol*, 2004, 33(2): 413 ~ 427.
- [16] 费梁, 叶昌媛, 江建平等著. 中国两栖动物检索及图解. 成都: 四川出版集团、四川科学技术出版社, 2005, 20.

图 版 说 明

1. 版纳鱼螈骨骼背面观 (比例尺 = 1.0 cm); 2. 版纳鱼螈头骨背面观 (比例尺 = 1.0 mm); 3. 版纳鱼螈头骨腹面观 (比例尺 = 1.0 mm); 4. 版纳鱼螈头骨侧面观 (比例尺 = 1.0 mm); 5. 版纳鱼螈舌器 (比例尺 = 1.0 mm) (3号标本)

Explanation of Plate

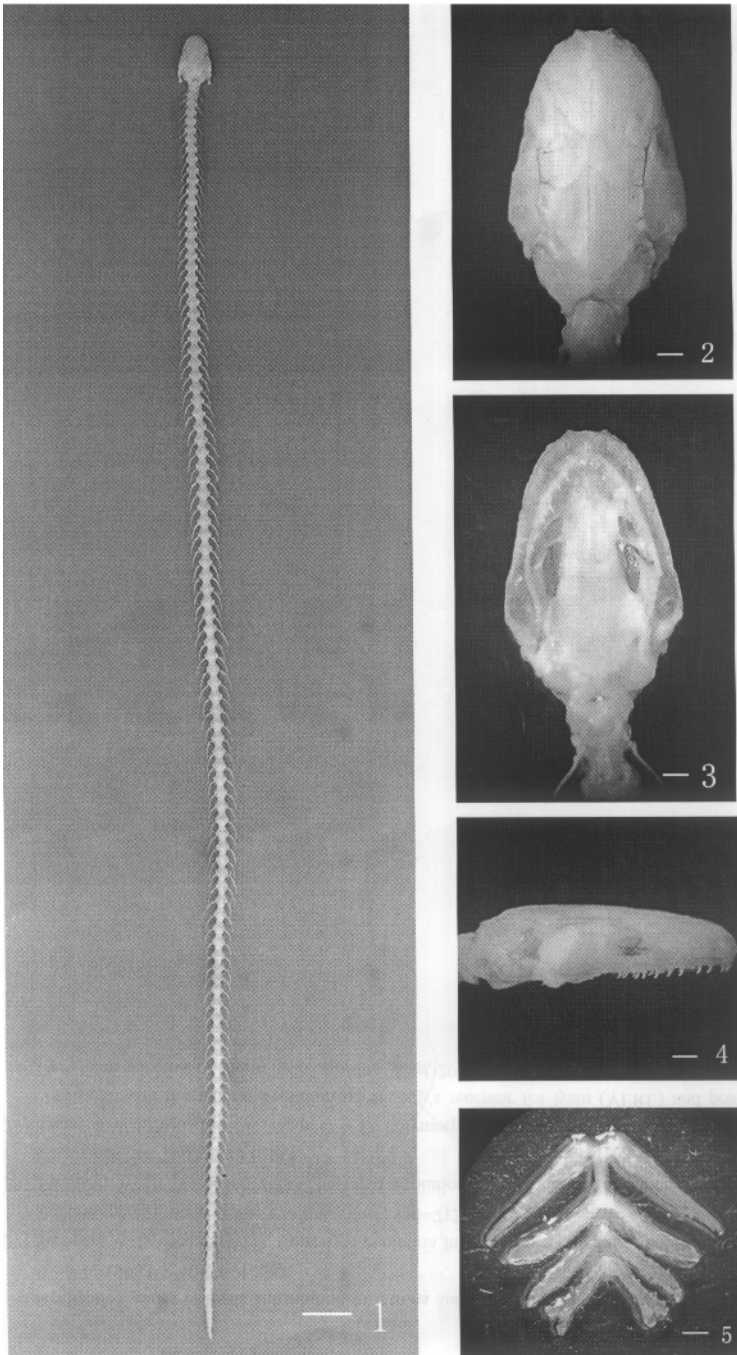
1. The skeleton of *Ichthyophis bannanica* (dorsal view) (bar = 1.0 cm); 2. The skull of *I. bannanica* (dorsal view) (bar = 1.0 mm); 3. The skull of *I. bannanica* (ventral view) (bar = 1.0 mm); 4. The skull of *I. bannanica* (lateral view) (bar = 1.0 mm); 5. The apparatus hyoid of *I. bannanica* (bar = 1.0 mm). (Specimen number 3)

蒙绍权等 : 版纳鱼螈的骨骼系统

MENG Shao-Quan *et al.* : A Study on Skeletal System of *Ichthyophis bannanica*

图版 I

Plate I



图版说明见文后