

濒危动物唐鱼生物学 及其资源保护

Biology and Protection of
Endangered Fish *Tanichthys albonubes*

主 编 林小涛
副主编 陈国柱 刘汉生



科学出版社

濒危动物唐鱼生物学及其资源保护

主 编 林小涛

副主编 陈国柱 刘汉生

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

唐鱼是主要栖息于华南丘陵地区森林溪流的小型濒危鱼类,为国家Ⅱ级重点保护水生野生动物。作者长期从事唐鱼生态学及保护生物学研究,本书总结了作者多年的研究成果。全书分为4篇共计13章,从基础生物学、基础生态学、保护生物学和资源开发与利用等方面对唐鱼进行了系统全面的介绍。具体内容包括唐鱼的形态结构、生长和繁殖特性,种群生态学、摄食生态学和生物能量学特征,自然分布格局和遗传多样性,保护生物学和保护区建设实践,以及在观赏鱼类和实验动物等领域的应用。

本书可供鱼类资源学、鱼类生态学、濒危动物保护相关领域的科研人员参考,也可供政府相关职能部门工作人员和观赏鱼爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

濒危动物唐鱼生物学及其资源保护/林小涛主编. —北京:科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-057399-5

I. ①濒 II. ①林 III. ①鲤科-濒危动物-生物学-研究 ②鲤科-濒危动物-鱼类资源-资源保护-研究 IV. ①Q959.46 ②S96

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第095805号

责任编辑:王海光 郝晨扬 / 责任校对:郑金红

责任印制:张 伟 / 封面设计:刘新新

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京虎彩文化传播有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年6月第 一 版 开本:720×1000 B5

2018年6月第一次印刷 印张:15 3/4

字数:311 000

定价:128.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《濒危动物唐鱼生物学及其资源保护》

编著者名单

主 编：林小涛

副主编：陈国柱 刘汉生

参 编：易祖盛 孙 军 曾祥玲 史 方
程炜轩 赵 天 徐 采 刘明中
王正鯤 李江涛 周晨辉 陈 佩
姚达章

编写分工

第一章	陈国柱	林小涛			
第二章	刘汉生	陈国柱	李江涛	陈佩	林小涛
第三章	陈国柱	赵天	史方	徐采	林小涛
第四章	陈国柱	程炜轩	刘明中	王正鯤	李江涛
	林小涛				
第五章	曾祥玲	李江涛	林小涛		
第六章	李江涛	王正鯤	刘明中	徐采	林小涛
第七章	陈国柱	王正鯤	赵天	史方	姚达章
	林小涛				
第八章	陈国柱	林小涛			
第九章	刘汉生	林小涛			
第十章	易祖盛	陈国柱	李江涛	程炜轩	林小涛
第十一章	刘汉生	易祖盛	林小涛		
第十二章	陈国柱	林小涛			
第十三章	孙军	周晨辉	林小涛		

前 言

唐鱼 (*Tanichthys albonubes* Lin, 1932) 的英文名为 White Cloud Mountain minnow, 又名白云山鱼、金丝鱼和红尾鱼等, 隶属鲤形目鲤科鲴亚科唐鱼属, 是国家 II 级重点保护水生野生动物, 也是华南地区鱼类区系的代表性鱼类之一。1932 年, 鱼类学家林书颜首次在广州白云山发现唐鱼并定名。由于其活泼灵巧、娇小艳丽, 具独特的观赏价值, 很快便流传至世界各地, 成为人们喜爱的观赏鱼品种之一。另外, 由于易于饲养, 唐鱼常被用于各种实验研究, 涉及水生生态毒理学、行为学、生理学、实验生态学、形态发育等研究领域。

唐鱼野生种群主要分布于珠江三角洲, 多栖息于森林 I 级溪流。该区域地处亚热带季风气候区, 其溪流生境水面狭窄、水质清澈, 底质多为沙砾, 水流缓急相间, 具有周期性急流泛滥现象, 雨季山水冲击作用显著, 旱季部分溪段形成潜流而在地表出现断流。

过去人们曾认为由于生境的破坏, 唐鱼在我国国内原产地已经野外灭绝, 1998 年出版的《中国濒危动物红皮书》将唐鱼的濒危等级列为野生绝迹。但后来相继在越南北部, 中国广东、海南、广西等多个地方发现它的自然种群。同时, 越南中部地区还发现有同属的 *T. micagemmae* 分布, 因此唐鱼属并不是过去所认为的单型属。

1932 年以来, 由于观赏鱼贸易的发展, 唐鱼在世界范围内被广泛传播, 并在若干远离原产地的地区, 如哥伦比亚、马达加斯加、澳大利亚东海岸等建立野化的自然种群。在中国的深圳梧桐山国家森林公园也出现了疑似养殖群体逃逸而形成的自然种群。在当今发现的野外种群中, 唐鱼往往是所在生境鱼类群落中的优势物种, 而在实验室中的研究也表明它比生物性状相近的其他物种更具有竞争力。这些例子表明, 唐鱼实际上具有很强的生存能力或扩散潜力, 这与唐鱼的濒危现状存在极大的矛盾。是什么原因造成其在原产地濒危, 而在原产地以外的生境数量相当丰富这一令人费解的现象呢? 要回答这一问题, 必须对它的生物学及生态学作详细的研究。然而, 过去这方面的相关研究资料十分缺乏。从 2003 年本研究团队在广东从化地区重新发现唐鱼野生种群开始, 作者所在课题组便对唐鱼进行了一系列生物学、生态学及遗传学等多方面的研究, 其间曾获得国家自然科学基金的资助 (No.30970555)。通过十几年的调查研究获得大量的数据, 在此基础上, 我们参阅大量的文献, 编写了《濒危动物唐鱼生物学及其资源保护》一书。本书

将着重在唐鱼基础生物学、基础生态学、保护生物学、资源开发与利用等方面系统总结国内外对唐鱼的研究成果，为阐明唐鱼的濒危机制、促进唐鱼的保护实践提供科学理论指导，并为进一步丰富我国濒危鱼类保护研究提供基础资料。

本书由暨南大学水生生物研究所林小涛教授负责策划、组织和统稿，由西南林业大学国家高原湿地研究中心陈国柱博士、广州市海洋与渔业自然保护区管理站刘汉生博士主笔（各章节作者详见编写分工）。编写过程中参考和引用了有关专家、学者的大量文献，已尽可能在文中注明并在文末列出，若有遗漏，敬请原作者谅解。

暨南大学硕士研究生廖志洪、梁海含、杨健一、刘毅、张鹏飞、蒲根毅、崔奕等参与了部分调查和采样工作，硕士研究生涂倩等协助统稿。特向上述同学和在此未提及的对本书出版做出贡献的所有人士表示衷心感谢。

作 者

2017年12月

目 录

第一篇 唐鱼基础生物学

第一章 唐鱼分类学特征及系统解剖	3
第一节 唐鱼形态与分类学特征	3
第二节 唐鱼系统解剖	7
第二章 唐鱼繁殖生物学	12
第一节 唐鱼两性异形	12
第二节 唐鱼繁殖行为	17
第三节 唐鱼产卵习性及其繁殖力	20
第三章 唐鱼早期生活史	29
第一节 唐鱼胚胎及胚后发育	29
第二节 唐鱼仔鱼耳石发育与日龄	40
第三节 唐鱼仔鱼耐饥饿能力	44
第四节 唐鱼早期死亡率	53

第二篇 唐鱼基础生态学

第四章 唐鱼摄食生态学	61
第一节 唐鱼个体发育与食物转换	61
第二节 唐鱼饵料基础与食物组成	73
第三节 水流和饵料条件对唐鱼摄食的影响	82
第五章 唐鱼生物能量学	85
第一节 唐鱼个体发育生物能量学	85
第二节 不同摄食条件下唐鱼的能量分配	88
第三节 唐鱼应对饥饿的能量学策略	97
第六章 唐鱼游泳能力与迁移行为	105
第一节 唐鱼游泳能力	105
第二节 唐鱼迁移行为	112
第七章 唐鱼种群生态学	124
第一节 唐鱼种群死亡率	124

第二节 唐鱼种群结构	127
第三节 唐鱼种群数量动态	131

第三篇 唐鱼保护生物学

第八章 唐鱼种群分布	139
第一节 唐鱼的历史分布	139
第二节 唐鱼在广东、广西、海南的自然分布	140
第三节 唐鱼在世界其他区域的分布	142
第九章 唐鱼种群遗传多样性	145
第一节 唐鱼自然种群的遗传多样性特征	145
第二节 唐鱼种群生物地理学与遗传分化格局	156
第十章 唐鱼栖息生境理化及生物群落特征	160
第一节 唐鱼生境理化特性	160
第二节 唐鱼栖息地的生物群落特征	163
第三节 外来入侵物种食蚊鱼与唐鱼的种间关系	168
第四节 食蚊鱼与唐鱼生理生态特征比较	180
第十一章 唐鱼自然保护区建设	192
第一节 唐鱼自然保护区的环境特征	192
第二节 唐鱼自然保护区的种群特征	202
第三节 唐鱼自然保护区的建设成效	203

第四篇 唐鱼资源的开发和利用

第十二章 唐鱼在生态毒理学方面的应用	207
第一节 唐鱼在水体重金属及化学品污染研究中的应用	207
第二节 唐鱼在环境激素污染研究中的应用	217
第十三章 唐鱼的人工养殖与观赏	221
第一节 唐鱼的人工繁殖和养殖	221
第二节 唐鱼的美学价值与观赏鱼文化	223
参考文献	225

第一篇 唐鱼基础生物学

第一章 唐鱼分类学特征及系统解剖

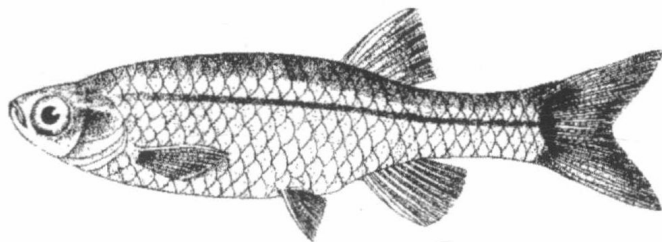
唐鱼 (*Tanichthys albonubes*) 为鲤形目鲤科鲃亚科唐鱼属的一种小型鱼类，在我国华南地区及越南北部地区呈离散的点状分布。在越南中部地区，发现了本属的另一种 *T. micagemmae* (Freyhof & Herder, 2001)。有关唐鱼分类地位及分类学性状、种群间的形态差异等，国内外学者已经进行了深入研究。本章对其分类学特征进行系统总结，并对其解剖学特征进行系统论述。

第一节 唐鱼形态与分类学特征

唐鱼最早由林书颜先生在广州白云山溪流发现并进行分类描述和定名。因其发表文献久远（1932 年发表于广州岭南大学校刊《岭南科学杂志》），历经近代战火磨难，原始文献已难以寻获。其后被一些鱼类学文献引用并重新描述，但因所得标本有所差异，描述出入颇多。21 世纪以来，广州数家研究单位对唐鱼的形态进行了再次研究，系统地厘清了唐鱼的形态分类学特征。

一、不同地理种群的形态特征

唐鱼色彩艳丽，体背棕色或青棕色，呈金属光泽；体侧有三道彩色条纹带，从上至下分别为金黄或红黄、青铜绿、靛蓝，以金黄或红黄带为主，故其被称为“白云金丝鱼”。尾鳍基部有一黑斑点，稍后的尾鳍中心有一艳丽的红斑，故又俗称“红尾鱼”。背鳍和尾鳍基部有许多带红色的小斑点；背鳍和臀鳍呈黄绿色，在不同的生活环境中鳍缘还会出现黑色。身上各鳞片有许多小黑点。雄性个体比雌性个体色彩更丰富。腹部呈亮白色（图 1-1）。



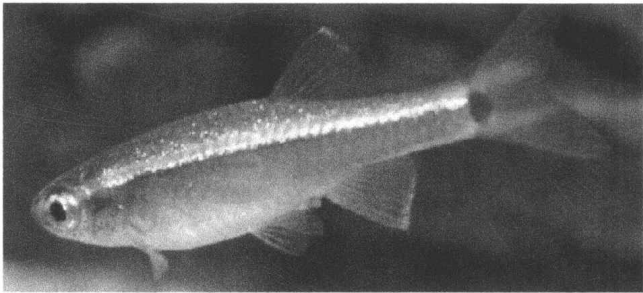


图 1-1 唐鱼雌鱼外部形态 (叶富良和宋蓓玲, 1991; Chan & Chen, 2009)

作者对实验室人工培养的唐鱼种群进行过系统的细致观察。在室内培养条件下的性状描述如下：体长而侧扁，无腹棱。吻较钝，眼大；眼间隔隆起。前、后鼻孔无鼻孔瓣分开。口亚上位，口裂倾斜。下颌突出于上颌之前，上、下颌前端无相吻合的凹陷颌突起。无触须。鳞较小，无侧线。背鳍 ii-6；臀鳍 iii-8；胸鳍 i-10；腹鳍 i-6。纵列鳞 30~32。雄鱼体长为体高的 3.26~3.38 倍，为头长的 3.35~4.00 倍，为尾柄长的 4.00~4.65 倍，为尾柄高的 5.70~6.32 倍。头长为眼前长的 2.86~3.78 倍，为眼径的 2.86~3.24 倍。雌鱼体长为体高的 2.80~3.19 倍，为头长的 3.83~4.16 倍，为尾柄长的 4.82~5.15 倍，为尾柄高的 6.32~8.30 倍。头长为眼前长的 2.62~3.83 倍，为眼径的 2.95~3.45 倍 (陈国柱, 2005)。

在自然种群中，已经描述的有广东白云山、从化、清远、深圳，香港，广西桂平，海南某地 (表 1-1)。在不同区域种群中，可数及可量性状存在一定差异，但这些差异被认为没有超出种内变异范围。但后来有研究认为，栖息于香港的种群与广州白云山种群存在遗传学上的差异，应该列为两个物种。2008 年在广东陆河发现的唐鱼的另一个种群，在外部形态及色彩方面与广东白云山种群存在显著差异，但目前尚未有研究报道两者是否有种级的区别。

表 1-1 唐鱼不同种群可数及可量性状的比较

性状	广东						香港	广西桂平	海南
	从化	观赏鱼市场	白云山 (1)	清远	深圳	白云山 (2)			
背鳍	iii-6	ii-6	iii-6	iii-6	iii-6	ii-5~6	ii-6	ii-6	ii-6
臀鳍	iii-7~8	iii-8	iii-7~8	iii-8	iii-8	iii-7~8	iii-8	iii-10	iii-8~9
胸鳍	i-9~11	i-10	i-9~11	i-10	i-17~18	i-9~11	i-9	ii-9	
腹鳍	i-6~7	i-6	i-6	i-6	i-6	i-5~6	i-6	i-6	
体侧正中纵列鳞	30~32	30	30~32	30~32	30~32	29~33	30~31	32~34	32
全长/mm	23.9~33.2	32.0~33.1		29.0~30.0					
体长/mm	19.5~26.3	27.1~28.3	18.0~22.0	22.0~23.5	26.0~30.0	8.5~25.2	18.0~23.2	16.5~30.6	18.6~19.7

续表

性状	广东						香港	广西 桂平	海南
	从化	观赏鱼市场	白云山 (1)	清远	深圳	白云山 (2)			
体长/体高	3.4~4.4	3.9~4.5	4.2~4.5	3.7~4.0	3.7~3.9			4.1~4.8	3.9~4.1
体长/头长	4.0~5.1	3.9~4.5	4.2~4.8	4.1~4.7	4.3~4.5	3.6~4.3	4.0~4.2	3.6~4.5	3.4~3.6
体长/ 尾柄长	3.4~4.3	3.5~3.9	3.9~4.2	3.8~4.4		3.1~3.8	3.7~4.0	3.0~3.9	
体长/ 尾柄高	7.6~9.5	9.0~9.3	8.2~8.7	7.6~7.8		7.1~9.1	7.7~8.3	6.3~8.5	
头长/眼径	2.4~3.6	3.0~3.5	2.6~3.0	2.6~3.0	3.0	2.6~3.3	2.5~2.9	2.1~3.1	
头长/ 眼间距	1.6~2.9	3.0~3.5	2.1~2.5	2.1~2.5	2.0~2.3			2.1~3.3	
尾柄长/尾 柄高	1.8~2.9	2.3~2.7	1.9~2.2		2.0			1.6~2.8	
测量标 本数/尾	40	5	5	2	3	60	3	15	3
资料来源	易祖盛等, 2004	易祖盛等, 2004	陈宜瑜, 1989; 陈宜 瑜和褚新 洛, 1998	杨干荣和 黄宏金, 1982	叶富良和 宋蓓玲, 1991	Weitzman & Chan, 1966	Weitzman & Chan, 1966	李捷和李新 辉, 2011	Chan & Chen, 2009

更为深入的研究显示，栖息于广东的不同种群的性状存在一定差异。野生种群与养殖群体之间在整体外部形态上有明显差异，而从化地区现存的 5 个野生唐鱼种群间则无显著性差异（刘汉生等，2008a）。

二、雌、雄唐鱼的形态特征差异

作者对实验室培养的种群观察显示，同批次的唐鱼雌、雄鱼间在形态上存在一定的差别，在所测量的全长、体长、体长/尾柄高等参数上雌鱼均极显著高于同龄的雄鱼（表 1-2）。在刘汉生等（2008a）进行的研究中并未将雌、雄标本区分研究，可能给研究结果带来一定的误差。

表 1-2 雌、雄成熟唐鱼的可量性状

性状	平均值		标准差		变异系数		数值变动范围	
	雌鱼	雄鱼	雌鱼	雄鱼	雌鱼	雄鱼	雌鱼	雄鱼
体长/mm	25.44	23.32**	0.983	0.392	0.039	0.017	24.00~26.50	23.00~24.00
全长/mm	31.34	29.40**	0.278	0.675	0.009	0.023	30.80~32.20	28.50~30.50
体长/全长	0.81	0.79	0.01	0.001	0.01	0.001	0.77~0.83	0.79~0.80
体长/体高	3.07	3.36**	0.028	0.007	0.009	0.002	2.80~3.19	3.26~3.38
体长/头长	3.90	3.72	0.072	0.082	0.018	0.022	3.83~4.16	3.35~4.00

续表

性状	平均值		标准差		变异系数		数值变动范围	
	雌鱼	雄鱼	雌鱼	雄鱼	雌鱼	雄鱼	雌鱼	雄鱼
体长/尾柄长	4.53	4.29	0.119	0.073	0.026	0.017	4.15~4.82	4.00~4.56
体长/尾柄高	7.16	6.01**	0.563	0.048	0.079	0.008	6.32~8.30	5.70~6.32
头长/眼前长	3.18	3.32	0.207	0.124	0.065	0.038	2.62~3.83	2.86~3.78
头长/眼径	3.28	3.03	0.066	0.053	0.020	0.017	2.95~3.45	2.86~3.24
眼径/眼前长	0.97	1.07	0.017	0.008	0.018	0.008	0.83~1.11	1.00~1.17

注：**表示雄鱼与雌鱼比较差异极显著， $P<0.01$ (t 检验)，雌鱼、雄鱼各测量 30 尾

在区别雌、雄个体上，初次接触唐鱼者较难分辨。然而，唐鱼雄鱼与雌鱼在
外形、色彩及行为等方面确存在可鉴别的差异（表 1-3），经过详细观察，两者
间差异能够很好地区分出来。在外形上，繁殖期的雌鱼腹部膨大，雄鱼腹部收紧；
在色彩上，雄鱼比雌鱼鲜艳（图 1-2）；在行为上，雄鱼间具有频繁的争斗表现。

表 1-3 雌、雄唐鱼区分特征

指标	雄鱼	雌鱼
外形	头部较尖细，身体紧凑，呈梭状；腹部收紧，腹白；背面观呈前钝后尖的长楔形；尾柄较粗大。腹侧血管不可见	身体丰满，常因怀卵而腹部膨大，呈鲫鱼形，背面观可见腹侧膨大突出；尾柄较瘦小；腹白，腹外侧常可见到细小的浅红色血管
色彩	体侧三带艳丽，背鳍、臀鳍外缘有一黄色带，上面有大量的红色小斑点，体背常呈透亮的青铜色，尾鳍红斑显著	体侧三带不如雄鱼艳丽，且条带范围也较窄，背鳍、臀鳍外缘黄色带不明显，尾鳍红斑较淡
行为	同性个体常会出现争斗追逐，争斗时背鳍、腹鳍、臀鳍常怒张，状如扇形，并行，尾部摆动，进行身体碰撞；在群体内常数尾雄鱼一起追逐雌性个体，并发生争斗；繁殖时尾随雌性个体，伺机交配	较为温顺、被动，同性之间很少出现争斗；繁殖时常逃避雄鱼追逐，产卵时头钻进巢质，身体朝外，等待雄鱼交尾

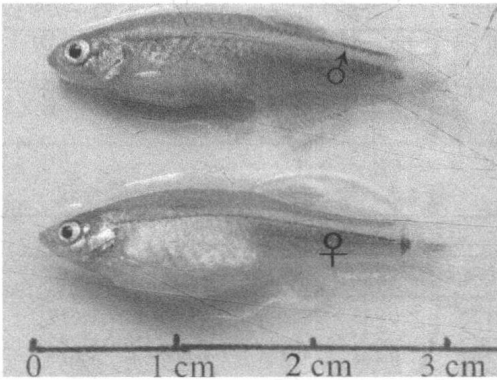


图 1-2 唐鱼雌、雄鱼外形差异（彩图请扫封底二维码获取）

第二节 唐鱼系统解剖

一、唐鱼骨骼解剖

在鲤科鱼类分类系统中,鲮亚科缺乏作为一个单源类群所必须具有的共同特征,分类学者以其具有发达的围眶骨系、上眶骨与第五下眶骨相接、表现出鲤科鱼类中较原始的特征为标准,将它与鲤科的其他亚科相区分(李红敬等, 2002)。唐鱼的分类地位在其研究史上存在过争论,对其骨骼的解剖研究,促进了研究的深入。Weitzman 和 Lai (1966) 在对潘氏细鲫 (*Aphyocypris pooni*) 的分类研究过程中将其与唐鱼的头骨进行过对比研究,其唐鱼研究样品分别收集自广东的白云山及香港的粉岭。在该文中较为详细地描述了唐鱼面侧部骨骼及颌骨的构成(图 1-3)。

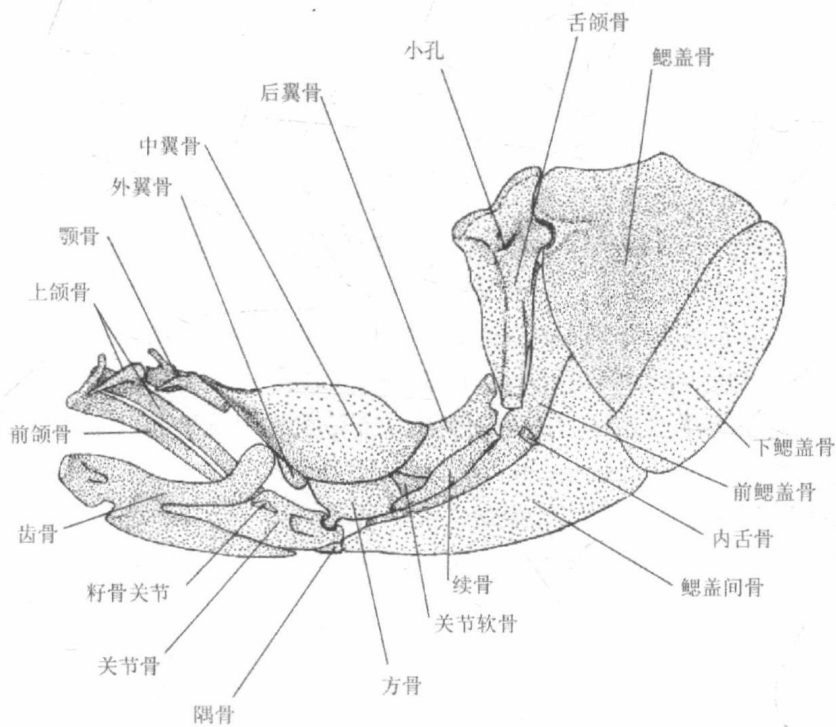


图 1-3 唐鱼面侧部骨骼及颌骨解剖图(右侧)(Weitzman & Lai, 1966)

二、唐鱼脑部解剖

作者与其他单位合作者对唐鱼脑部结构进行了系统观察(方展强等, 2006a)。

与其他硬骨鱼类相似，唐鱼脑可分为五部分，包括端脑、间脑、中脑、小脑和延脑，各部分的划分、命名和描述根据唐鱼脑本身的构造特征并参照秉志（1960）的研究结果。

1. 端脑

端脑（telencephalon）由嗅囊、嗅叶和大脑所组成。

嗅囊（rhinencephalon）呈长椭球形，极微小，不易观察到，为唐鱼的嗅觉器官。

嗅叶（olfactory lobe）呈长三角形，但经固定后呈长椭圆形，紧接在大脑前端，左右各一，约与大脑及中脑的长径相近，前端有细小的嗅神经与嗅囊相连。嗅叶的横切面显示，嗅叶外包一层很薄的大脑皮，前部神经元集中在中间部分，后部神经元则位于嗅叶后部，神经元排列较杂乱，但均集中在嗅叶后部的中央部位，染色较深。

大脑（cerebrum）中央有纵沟将其分隔成两个半球，大脑半球呈长椭圆形，前端稍尖，中部较宽，后端稍钝圆，大小为 $1.2\text{ mm} \times 0.6\text{ mm}$ 。大脑由背面的大脑皮及腹面的纹状体（基叶）所组成。大脑皮为一薄层膜状物，又称脑表或外套膜（pallium），薄而透明，为上皮组织，无神经组织，主要由嗅神经细胞组成，因此又称古脑皮（paleopallium）；腹部为两个较厚实的原始纹状体（primordial striatum），为许多神经细胞集中形成的脑组织所在处，从大脑切片可见，神经元多集中分布于背侧或内、外侧。原始纹状体与大脑皮相连形成公共脑室。大脑是鱼类的嗅觉和运动调节中枢。

2. 间脑

间脑（diencephalon）背面观由于中脑视叶极其发达而被完全遮盖，从腹面和侧面才能观察清楚。间脑可以分为上丘脑（epithalamus）、丘脑（thalamus）和下丘脑（hypothalamus）三部分。间脑腹面的下丘脑前部是视交叉（optic chiasma），后方中央是突出的漏斗（infundibulum，即中叶），其前端被一鸡心形的脑垂体（hypophysis）所覆盖，中后部有缢痕，其后为乳头体，活体解剖时可见漏斗后方有一小的红色血管，为血管囊（vascular sac）结构，经甲醛溶液固定后则区分不明显。其后两侧为一对下叶（inferior lobe），下叶内腔为下叶腔（侧隐窝）。间脑背面突出一脑上腺（epiphysis），又称松果腺（pineal gland），其中央有一斜纹，周围为大脑两半球和两视叶所围绕，内腔为第三脑室，第三脑室经后连合与第四脑室相通。

3. 中脑

中脑（mesencephalon）背面观可见两个膨大的视叶（optic lobe），或称中脑半球，每一半球从背面观其面积约为 $1.2\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$ ，占据脑背面观总面积的约 $1/3$ 。中脑半球呈椭圆形至近圆形，前接大脑，后接小脑，下接间脑。膨大的视叶