

缅甸陆龟（爬行纲：龟鳖目）头骨高精度 CT 扫描数据集

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

李烂^{1*}, 殷亚磊¹, 周长付²

1. 北京大学, 地球与空间科学学院, 北京 100871
2. 山东科技大学, 地球科学与工程学院, 山东青岛 266590



文献 DOI:

10.11922/csdata.2021.0007.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.j00001.00203

文献分类: 生物学

收稿日期: 2021-01-14

开放同评: 2021-01-31

录用日期: 2021-03-24

发表日期: 2021-03-30

摘要: 龟鳖类根据颈部收缩方式分为颈部在垂直平面内弯曲收缩的曲颈龟亚目和颈部在水平平面内收缩的侧颈龟亚目两大类。曲颈龟亚目和侧颈龟亚目的单系性多次得到了形态学和分子学分支系统学研究的支持, 且分子定年认为两个支系的分离发生在侏罗纪早期。但是目前关于龟鳖类内部的谱系关系, 特别是曲颈龟类内部谱系关系依然存在分歧, 其主要原因之一是龟鳖类的形态特征研究不够详细。所以, 对龟鳖类化石和现生类群进行详细的形态学研究对厘清龟鳖类的谱系关系和演化具有重要意义。本文提供一件现生缅甸陆龟 (*Indotestudo elongata*) 的头骨标本的高精度 CT 扫描数据集, 包括 CT 原始图片数据, 根据 CT 数据重建的三维模型导出的 stl 文件及视频。缅甸陆龟属于曲颈龟亚目陆龟科印度陆龟属, 其头骨 CT 数据在龟鳖类的形态学数据库中的补充可促进龟鳖类的形态学和系统发育学研究, 而基于此重建的三维模型的 3D 打印模型可应用于教学、科研和科普。

关键词: 龟鳖类; 形态学; 系统发育学; 高精度 CT 扫描; 数据

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	缅甸陆龟 (爬行纲: 龟鳖目) 头骨高精度 CT 扫描数据集
数据作者	李烂、殷亚磊、周长付
数据通信作者	李烂
样品地质年代	现代; CT扫描于2018年。
地理区域	缅甸陆龟主要分布于马来半岛地区、印度东北部至越南, 该扫描标本为北京大学地质博物馆收藏, 具体地理位置尚不清楚。
扫描精度	0.035 mm
数据量	1873.83 MB
数据格式	*.tiff, *.stl, *.avi
数据服务系统网址	http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00203
基金项目	山东省泰山学者项目 (201812070)
数据库 (集) 组成	数据集由3部分数据组成, 其中: (1) <i>Indotestudo1.zip</i> 为CT扫描图片数据, 包括1536张tiff格式图片和一个扫描参数文本文件 (.ini), 数据量为1.85GB; (2) <i>Indotestudo2.zip</i> 是导出的每块骨骼三维重建后的stl文件 (.stl), 总共38个stl文件, 数据量为842 MB; (3) <i>Indotestudo3.zip</i> 是三维重建后的头骨动画视频数据, 包括一个视频数据 (.avi), 数据量为7.83 MB。

* 论文通信作者

李烂: lilanpure@163.com

引言

龟鳖类是一类具有背甲和腹甲，且背甲包含肋骨和背椎、肩带位于胸腔内、现生唯一的头部无颞孔的爬行类。现生龟鳖类根据颈部的收缩方式，分为颈部在垂直平面内弯曲收缩的曲颈龟亚目和颈部在水平平面内收缩的侧颈龟亚目两大类。已知最早的龟鳖类化石出现于晚三叠世^[1-3]，尽管在地球上已经存在了两亿多年，但龟鳖类在特征演化上具有高度保守性，因此除龟鳖类的起源问题外，龟鳖类内部的分支演化研究也一直是难题，特别是曲颈龟类内部的谱系关系比较混乱。这些争议产生的主要原因是对龟鳖类的形态特征认知不足。所以，龟鳖类各类群的形态学研究对于揭示龟鳖类的特征演化及谱系关系具有重大意义。

近年来，高精度 X 光断层扫描（英文全称 High-resolution X-ray Computed Tomography，简称 CT）技术在化石和现生生物的形态学研究中得到广泛应用^[4-8]。采用 CT 数据重建的模型同时包含表面形态信息和内部形态信息，比较全面和精细地展示现生和化石生物的形态特征，并在生物的发育和系统学研究中具有极大的应用前景。因此，在龟鳖类形态学研究中应用高精度 X 光断层扫描技术将有利于充分揭示该类群的形态学信息，从而促进该类群的分支系统学研究。

本文描述的现生龟鳖类头骨为缅甸陆龟（*Indotestudo elongata*），属于曲颈龟亚目陆龟科、印度陆龟属，获取其头骨 CT 数据可促进对该属种形态学特征的了解，补充龟鳖类的形态学数据库，进而促进龟鳖类的形态学和系统发育学研究。

本数据集包括 CT 扫描图片数据，根据重构后的头骨三维数据导出的可用于 3D 打印的 stl 文件，根据三维模型制作的视频。所有数据均上传到 Science Data Bank，供科研人员 and 公众下载，本数据可用于龟鳖类的形态学及系统学研究，数据集中的三维模型还可以用于三维打印，打印出来的模型可以运用于关于龟鳖类的科研、教学和科普展览中。

1 数据采集和处理方法

1.1 标本收集与处理

该缅甸陆龟骨骼标本由北京大学地球与空间科学学院地质博物馆收藏，收藏前已经是骨骼标本。

1.2 CT 扫描与数据预处理

标本在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所完成扫描，扫描仪器为该单位和中国科学院高能物理研究所联合开发研制的 225 kV 高精度断层扫描装置。

扫描过程中，将样品以 X 光能垂直于样品的最长轴照射样品的方向固定在扫描仪的样品台上。设定的电压为 80 kV，通过调节显示屏上的参数来获取视框中最大的样品图像，调节旋转参数确保样品在 360° 旋转过程中都在扫描区域内，然后开始扫描。初始三维数据通过扫描仪自带软件生成 1536 张 tiff 格式图像堆栈。工业 CT 技术系统组成见图 1。

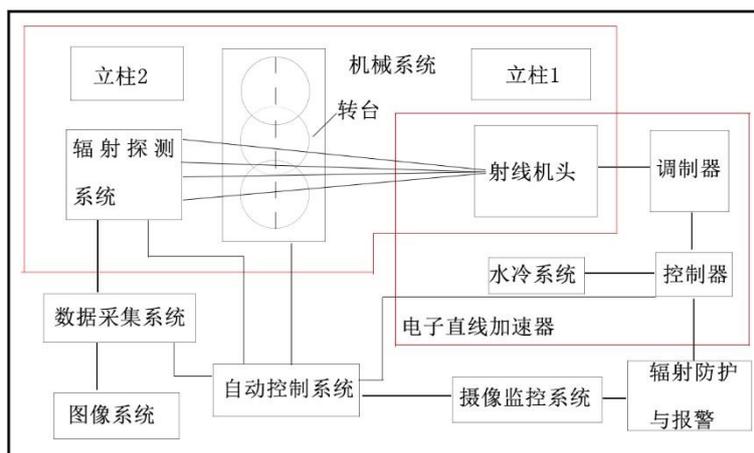


图 1 工业 CT 技术系统组成图

1.3 CT 数据三维重建

本文使用 VG Studio Max 3.0 软件对样品进行三维建模（图 2）。

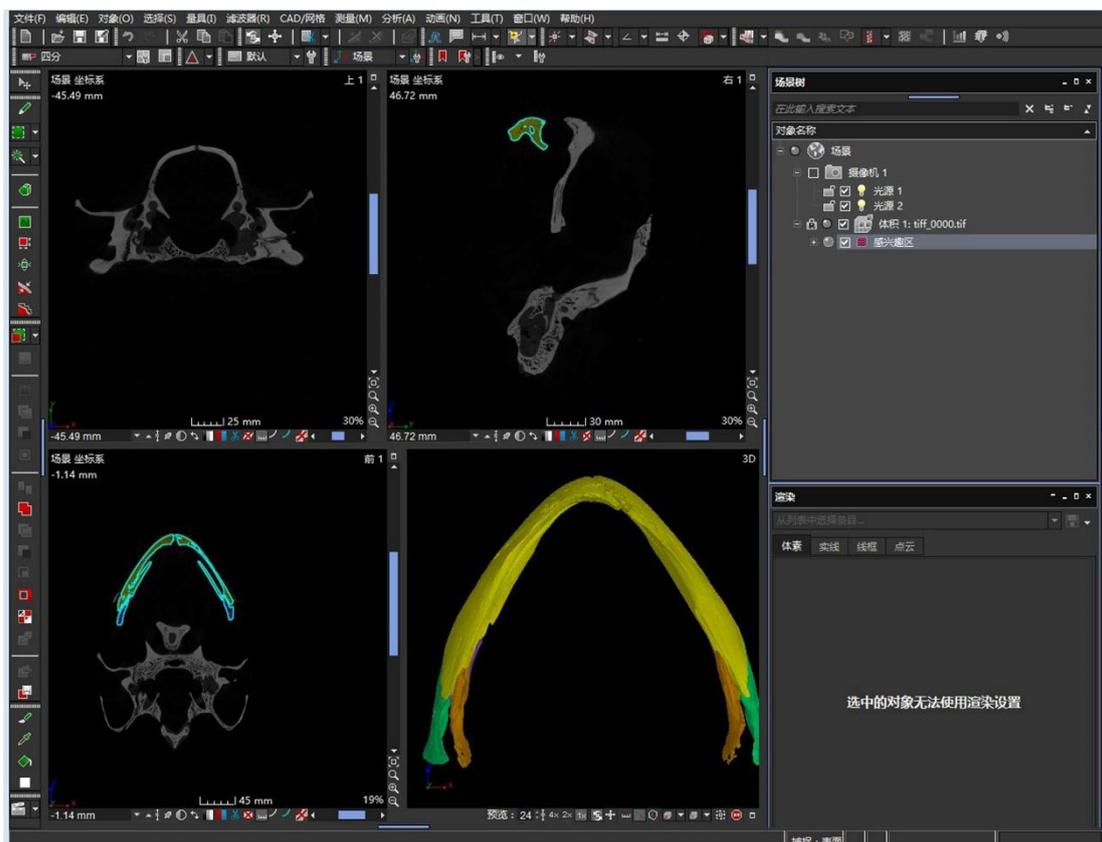


图 2 利用 VG Studio Max 3.0 进行样本三维重建的工作界面图

第一步：数据导入。将 1536 张 tiff 格式图像堆栈导入软件 VG Studio Max 3.0，通过弱化背景和强化骨骼灰度值来清晰显示骨骼，将工程文件保存为 vgl 格式。

第二步：骨骼分割和三维重建。在软件窗口的右侧导航栏中，针对每一块骨骼新建一个感兴趣区 (Region Of Interest, 缩写为 ROI)，将每一块骨骼在所有截面的骨骼区域画入建立的对应 ROI 中，

在感兴趣区绘制骨骼的方式采用画笔中的手动与自动（region growing）工具相结合的方式。

第三步：stl 文件和图像导出。选中要导出 stl 文件的每一块骨骼的 ROI，单击右键，选择下拉选项中的转化为网格选项，点击转化按钮，将每一块骨骼的 stl 文件导出。将三维窗口最大化，将显示的头骨三维模型旋转和移动至想要的位置，选择文件选项卡下的保存图像选项，自定义图像大小，保存 3D 模型的二维图片。

第四步：视频制作。移动、旋转三维窗口的模型使旋转轴在垂直方向，选择 VG Studio Max 3.0 软件菜单栏动画选项，点击其下拉框的默认曲线：圆（C）选项，单击该窗口中的圆，如所示选项，然后在弹出的动画对话框中设置播放时间等参数，点击渲染动画按钮保存视频文件，格式为 avi。

2 数据样本描述

该标本为现生缅甸陆龟骨骼标本，收藏于北京大学地球与空间科学学院地质博物馆，标本编号为 GMPKU-P-3801。本次 CT 扫描针对该标本的头骨部分。头骨最大长度约 39 毫米，宽约 27 毫米。该头骨丢失了两侧鳞骨和颧骨，下颌丢失了关节骨和隅骨，但不影响其整体的解剖结构认识。扫描后导入 VG studio 3.0 软件中直接显示的头骨背视（图 3）和重建后的头骨状态（图 4）。

龟鳖目 Testudines Linnaeus, 1758

曲颈龟亚目 Cryptodira Cope, 1868

陆龟科 Testudinidae Batsch, 1788

缅甸陆龟 *Indotestudo elongate* Blyth, 1853



图 3 缅甸陆龟标本 GMPKU-P-3801 扫描后未进行骨块分割的头骨背视图

对缅甸陆龟的头骨进行高精度 CT 扫描揭露了肉眼和显微镜下难以识别的头骨内部结构特征。在三维重建软件内，可以通过显示重建后的单个骨骼来详细观察每块骨骼的形态特征，数据下载者也可以将数据集中的 *Indotestudo2.zip* 文件的每一块骨骼的 stl 文件导入三维重建软件中来实现。图 5 示例通过扫描揭露的耳区结构特征：三维重建清晰展示了缅甸陆龟的耳柱骨呈棒状，且具有轻微的弧度（图 5 A），完全被方骨的耳柱骨切迹包裹；后耳骨窗间突与翼骨不接触（图 5 B）。

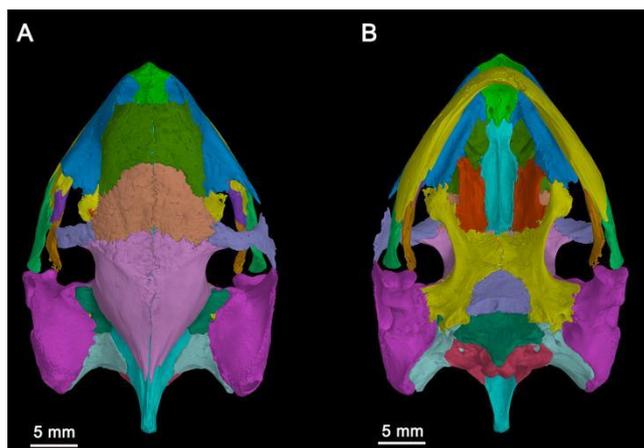


图 4 三维重建的缅甸陆龟标本 GMPKU-P-3801 头骨背视图 (A) 和腹视图 (B)

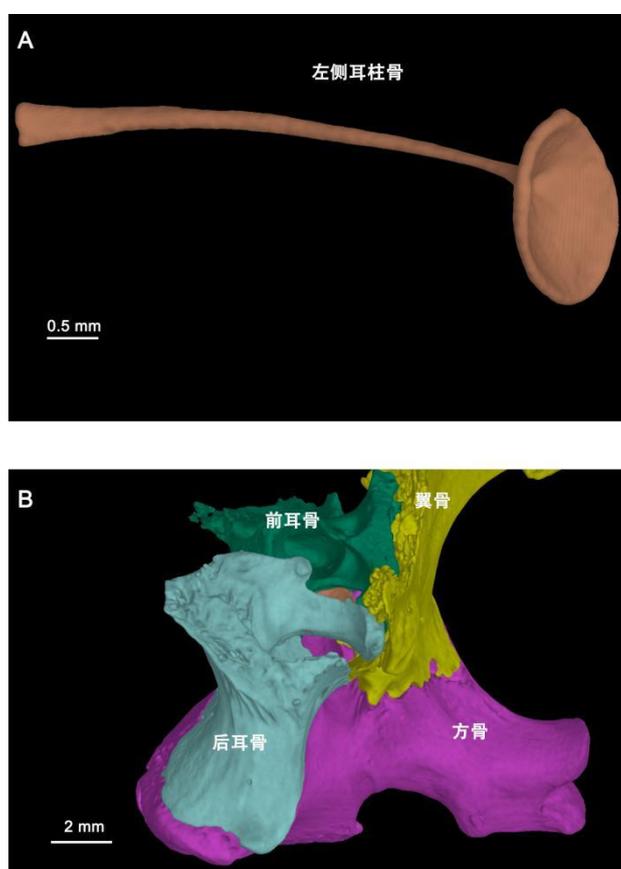


图 5 三维重建显示的缅甸陆龟耳柱骨 (A) 以及后耳骨窗间突与翼骨的接触关系 (B)

3 数据质量控制和评估

标本每次扫描前会通过分辨率校正卡，检测仪器分辨率精度是否达标。由于标本属于现生骨骼标本，各骨骼间的骨缝较易识别，三维重建工作完成度高。本样品扫描精度为 $35\ \mu\text{m}$ ，对标本头骨的单个骨骼均有较好的揭示。

4 数据价值

本数据集主要作用是科学研究，借助于高精度断层扫面技术，对现生缅甸陆龟头骨材料进行三维重建，能够更好揭示该类群的头骨内部特征，完善该类群的形态学信息，进一步丰富龟鳖类形态矩阵数据，促进对曲颈龟类谱系关系的厘定，从而有利于整个龟鳖类的演化研究。

建立的三维重建模型导出来的 stl 文件可以进行 3D 打印，打印出来的模型在科研、教学和科普领域都具有较大的应用价值，让数据使用者更直观观察缅甸陆龟的头骨特征，同时也减少了骨骼标本的展示次数，对于标本具有一定的保护意义。

致 谢

感谢中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室侯叶茂老师协助进行 CT 扫描实验。感谢北京大学地球与空间科学学院江大勇教授对该研究工作提供的宝贵建议。

数据作者分工职责

李烂（1991—），女，湖南省醴陵市人，在读博士，研究方向为中生代龟鳖类形态学及分支系统学。主要承担工作：实验规划和标本扫描，文本撰写，CT 数据的处理。

殷亚磊（1992—），男，河南省周口市人，在读博士，研究方向为中生代爬行动物的分类与演化。主要承担工作：本文 CT 数据的三维处理。

周长付（1979—），男，山东省枣庄市人，博士，教授，研究方向为中生代四足动物化石的分类与演化。主要承担工作：文本撰写指导。

参考文献

- [1] GAFFENEY E S. The comparative osteology of the Triassic turtle *Proganochelys*[J]. Bulletin of the American Museum of Natural History, 1990, 194: 1-263.
- [2] LI C, WU X C, RIEPPEL O, et al. An ancestral turtle from the Late Triassic of southwestern China[J]. Nature, 2008, 456(7221): 497-501.
- [3] LI C, FRASER N C, RIEPPEL O, WU X C. A Triassic stem turtle with an edentulous beak[J]. Nature, 2018, 560(7719): 476-479.
- [4] TATE J, CHAN C. High-resolution computed tomography for the comparative study fossil and extant bone[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1982, 58: 67-73.
- [5] NI X J, FLYNN J, WYSS A. Imaging the inner ear in fossil mammals: high-resolution CT scanning and 3-D Virtual reconstructions[J]. Palaeontologia Electronica, 2012, 15: 1-10.
- [6] JIANG J P, JIA J, ZHANG M H, GAO K Q. Osteology of *Batrachuperus londongensis* (Urodela, Hynobiidae): Study of bony anatomy of a facultatively neotenic salamander from Mount Emei, Sichuan Province, China. PeerJ, 2018, 6: e4517. DOI 10.7717/peerj. 4517.
- [7] 易鸿宇, 周长付, 高克勤. 中国侏罗纪原始辽翼龙（爬行纲：翼龙目）头骨CT三维形态数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2017, 2(4). (2017-12-22). DOI:10.11922/csdata.2017.22.zh.

[8] 周长付, 王超凡, 常美静. 辽西建昌早白垩世九佛堂组矢部龙新材料研究[J]. 山东科技大学学报 (自然科学版), 2021, 40(1). DOI:10.16452/j.cnki.sdkjzk.2021.01.001.

论文引用格式

李烂, 殷亚磊, 周长付. 缅甸陆龟（爬行纲：龟鳖目）头骨高精度 CT 扫描数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2021, 6(1). (2021-01-14). DOI: 10.11922/csdata.2021.0007.zh.

数据引用格式

李烂, 殷亚磊, 周长付. 缅甸陆龟（爬行纲：龟鳖目）头骨高精度 CT 扫描数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2021. (2021-01-14). DOI: 10.11922/sciencedb.j00001.00203.

A dataset of μ CT scan of the skull of *Indotestudo elongata* (Reptilia: Testudines)

LI Lan^{1*}, YIN Yalei¹, ZHOU Changfu²

1. School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, P. R. China

2. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, P. R. China

*Email: lilanpure@163.com

Abstract: Turtles are divided into two categories, Cryptodira and Pleurodira, according to the way that a turtle retracts its neck into their shells. Monophyly of Cryptodira and Pleurodira is orthodoxly supported by the phylogenetic analyses of turtles based on morphological and molecular data. The molecular dating suggests that the two categories separated from each other in Early Jurassic. However, the interrelationships of turtles remain ambiguous, especially for Cryptodira. One of the main reasons is the inadequate knowledge of their morphology. Therefore, the morphological research into both the fossil and extant turtles is important for understanding the genealogical relationships and evolution of turtles. This paper provides a dataset of the μ CT of *Indotestudo elongata*, including original CT slice images, stl-format files and videos derived from 3D models reconstructed from CT data. *Indotestudo elongata* is identified as a member of Testudinidae, which is a species of Cryptodira. Data for the skull of *Indotestudo elongata* based on μ CT scan will contribute to further studies on turtles regarding their morphology and phylogeny. The printable 3D virtual models of the skull of *Indotestudo elongata* can be applied to research, teaching, and public education.

Keywords: turtles; morphology; phylogenetic analysis; μ CT; data

Dataset Profile

Title	A dataset of μ CT scan of the skull of <i>Indotestudo elongata</i> (Reptilia: Testudines)
Data corresponding author	LI Lan (lilanpure@163.com)
Data authors	LI Lan, YIN Yalei, ZHOU Changfu
Time range	Modern; CT scan in 2018

Geographical scope	<i>Indotestudo elongata</i> is mainly found in Malay Peninsula and Northeastern India, Vietnam. This scanned specimen is housed in Geological Museum of Peking University, but its geographical scope is unclear.
Spatial resolution	0.035 mm
Data volume	1873.83 MB
Data format	*.tiff, *.stl, *.avi
Data service system	< http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00203 >
Source of funding	Taishan Scholar Program of Shandong Province (201812070)
Dataset composition	The dataset consists of 3 subsets. (1) <i>Indotestudo1.zip</i> is made up of 1536 images (.tiff) and a text data (.ini), with a data size of 1.85 GB; (2) <i>Indotestudo2.zip</i> is made up of 38 printable stl files of the three-dimensional model data of each skull bone, with a data size of 842 MB; (3) <i>Indotestudo3.zip</i> is made up of video data (.avi), with a data size of 7.83 MB.