

中国贵州省中三叠世胡氏贵州龙（爬行纲：鳍龙超目）头骨 μ CT 扫描数据集

ISSN 2096-2223

CN 11-6035/N



文献 DOI:

10.11922/csdata.2021.0032.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.j00001.00271

文献分类: 生物学

收稿日期: 2021-06-01

开放同评: 2021-08-17

录用日期: 2021-11-12

发表日期: 2021-12-28

殷亚磊¹, 周敏¹, 鲁昊^{2*}

1. 北京大学, 地球与空间科学学院, 北京 100871

2. 北京大学, 考古文博学院, 北京 100871

摘要: 胡氏贵州龙 (*Keichousaurus hui*) 是一种产自贵州省兴义市及其邻区的中三叠世拉丁期法郎组竹竿坡段的小型鳍龙类。它是我国最早发现、研究与命名的三叠纪海生爬行动物, 也是始鳍龙类在亚洲的首次报道, 对于理解鳍龙类的地理分布和演化具有重要意义。本文提供一件胡氏贵州龙归入标本 (GMPKU-P-3406) 头骨的高精度 X 射线 CT 扫描数据集, 包括 CT 原始图片数据, 拼合的完整头骨图像堆栈, 3D pdf, 视频和可用于 3D 打印的 stl 格式文件。CT 原始图片数据和拼合的完整头骨图像堆栈有助于鳍龙类形态学和系统学的进一步研究。3D pdf, 视频和基于 stl 文件打印的 3D 模型可用于中国三叠纪海生爬行动物的科研、教学、科普和文创。

关键词: 鳍龙类; 胡氏贵州龙; 三叠纪; 头骨; CT

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	中国贵州省中三叠世胡氏贵州龙(爬行纲: 鳍龙超目)头骨 μ CT 扫描数据集
数据作者	殷亚磊、周敏、鲁昊
数据通信作者	鲁昊 (luchengze@pku.edu.cn)
样品地质年代	中三叠世拉丁期法郎组竹竿坡段, 240.8 $\pm$ 1.8百万年前。
地理区域	化石产自贵州省兴义市
扫描精度	7.1 μ m
数据量	75.6 GB
数据格式	*.tiff, *.xteckt, *.stl, *.pdf, *.avi
数据服务系统网址	http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00271
基金项目	国家自然科学基金 (41920104001、41572008、40920124002、41372016)
数据库(集)组成	数据集由7部分数据组成: (1) <i>Keichousaurus1.zip</i> 为头骨第一段 CT 扫描投影图 (.tiff) 和一个扫描参数文本文件 (.xteckt), 数据量 21 GB; (2) <i>Keichousaurus2.zip</i> 为头骨第二段 CT 扫描投影图 (.tiff) 和一个扫描参数文本文件 (.xteckt), 数据量 21.5 GB;

* 论文通信作者

鲁昊: luchengze@pku.edu.cn

数据库（集）组成	(3) <i>Keichousaurus</i> 3.zip为头骨第三段CT扫描投影图(.tiff)和一个扫描参数文本文件(.xteckt)，数据量21.8 GB；(4) <i>Keichousaurus</i> 4.zip为完整头骨图像堆栈(.tiff)，数据量11 GB；(5) <i>Keichousaurus</i> 5.zip为头骨动画视频(.avi)，数据量12.9 MB；(6) <i>Keichousaurus</i> 6.zip为三维模型(.stl)，数据量222.4 MB；(7) <i>Keichousaurus</i> 7.zip为头骨的3D pdf，数据量171.6 MB。
----------	--

引言

鳍龙类是中生代海生爬行动物中物种多样性最为丰富的类群之一，由楯齿龙类和始鳍龙类组成。胡氏贵州龙是一种产自贵州省兴义市及其邻区的中三叠世拉丁期法郎组竹竿坡段的小型鳍龙类^[1]，平均吻臀距在15 cm左右^[2]。该物种的发现为始鳍龙类在亚洲的首次报道^[3]，也标志着我国三叠纪海生爬行动物研究的开始^[4]。胡氏贵州龙处于鳍龙超目较基干位置，对于理解该类群的早期演化及古地理迁移极其重要。60多年来，大量标本的发现为胡氏贵州龙个体发育中的异速发育现象^[5]，胎生的生殖方式^[6-7]，性双形现象^[6-9]等研究提供了充足的化石证据。

尽管数量丰富的胡氏贵州龙化石被发现，但其中大部分的头骨却未被良好的修复^[9]。目前的研究良好揭示了胡氏贵州龙头骨外部的形态学信息^[2-3,5]。然而，由于受到围岩和膜质骨骼的隐埋，其头骨的内部形态学研究依然有待进一步深入^[2]。由于形态学信息的不足，胡氏贵州龙在鳍龙超目中的系统分类位置也存有一定争议。传统及最新观点认为胡氏贵州龙属于肿肋龙科^[10]，但一些研究显示其属于幻龙次亚目^[2]。

近几十年来，显微CT扫描技术由于其高效性且对化石无损，以及能够展现出传统体视镜下观察不到的化石内部的形态学信息，被越来越多地应用于古生物化石研究当中^[11]。本文提供了一件产自贵州省兴义市中三叠世拉丁期法郎组竹竿坡段，完整且近三维立体保存的胡氏贵州龙头骨化石显微CT数据集。本数据集包括胡氏贵州龙CT原始图片数据，拼合的完整头骨图像堆栈，3D pdf，视频和可用于3D打印的stl 格式文件。所有数据均上传到Science Data Bank (<http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00271>)，供科研人员和公众下载，可用于胡氏贵州龙形态学和系统学的进一步研究。此外，视频，3D pdf和3D打印后的模型可用于华南三叠纪海生爬行动物的科研、教学、科普和文创。

1 数据采集和处理方法

1.1 化石样品机械修理

标本头骨首先通过机械修理与其他骨骼分离开来，以方便进行CT扫描。之后，在实体显微镜下对头骨周围的围岩进行剥离，以提高扫描效果。最后，在化石表面涂抹一层B72（甲基丙烯酸乙酯共聚物），以加固化石和防止化石被腐蚀。该步骤在北京大学地质博物馆完成。

1.2 μ CT 扫描与数据预处理

胡氏贵州龙归入标本的扫描工作在中国地质科学院地质研究所古生物重点实验室，使用高精度X 射线扫描仪（Nikon XTH 225 ST）完成。扫描过程中，X 光以垂直于样品的最长轴方向照射样品。为了提高扫描的空间分辨率，本研究采用分段扫描的方式进行（图1）。一段扫描完成后，将标本沿

其长轴进行上下移动。移动过程中，确保相邻两段扫描存在一定重叠区域，并确保是在相同扫描参数下进行扫描，以便后续图像拼接。本次头骨的扫描被分成 3 段进行。扫描参数设置如下：电压为 180 kV，电流为 89 μ A，空间分辨率为 7.1 μ m，曝光时间为 1 秒。扫描结束后，将 CT 机产生的投影图用其自带的三维重构软件（CT-pro 3D）进行相位恢复和重构后，将生成的 3 个体积文件分别导入 VG Studio Max 3.0，导出 Tiff 格式的图像堆栈。然后将 3 个图像堆栈导入 Figi 软件进行拼合，得到一个完整的胡氏贵州龙头骨的图像堆栈。此完整的胡氏贵州龙头骨图像堆栈用于下一步三维建模。

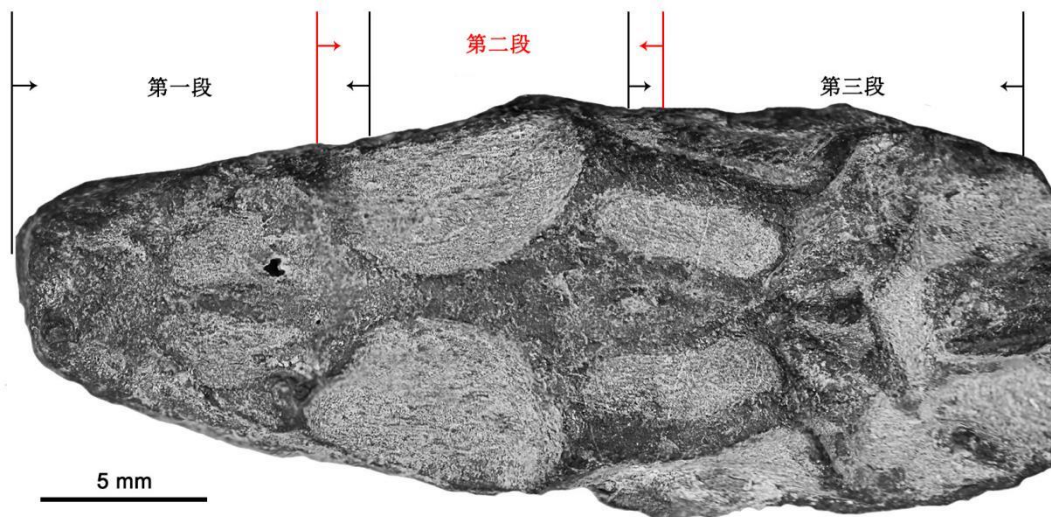


图 1 胡氏贵州龙归入标本 GMPKU-P-3406 照片以及 μ CT 扫描方案

1.3 μ CT 数据的三维重建

本研究使用 VG Studio Max 3.0 对胡氏贵州龙的头骨进行三维重建。三维重建于中国地质科学院地质研究所完成。此外，还可用 Mimics, Drishiti 和 Avizo 等软件完成三维重建。重建过程如下：第一步，数据导入。将 4755 张 tiff 格式图像沿头骨的长轴方向导入软件 VG Studio Max 3.0 进行叠覆。并将工程文件保存为 vgl 格式。第二步，三维重建。针对头骨、下颌、外翼骨和舌骨分别建立感兴趣区。在本文中采用手动的方式进行三维建模。手动重建后，使用平滑和修正的功能对感兴趣区进行处理以使其形态以更加自然的方式呈现。第三步，视频制作。在三维窗口中，将标本移动至屏幕中央。通过软件自带默认曲线：圆（C）选项功能，将头骨保存为沿长轴方向旋转的视频文件，格式为 avi。第四步，stl 文件存储。将每一个重建的感兴趣区进行表面测定，然后导出 stl 文件。上述步骤完成后，将导出的 stl 格式的文件，依次导入 Adobe 3D Reviewer，调整颜色后，保存为 3D pdf。

2 数据样本描述

本次研究标本是胡氏贵州龙的归入标本，收藏于北京大学地质博物馆，编号为 GMPKU-P-3406。CT 扫描仪针对该标本的头骨部分。其头骨长约 30 毫米，最大宽约 11 毫米。胡氏贵州龙系统分类位置如下：

双孔亚纲 Diapsida Osborn, 1903

鳍龙超目 Sauropterygia Owen, 1860

始鳍龙目 Eosauropterygia Rieppel, 1994

胡氏贵州龙 *Keichousaurus hui* Young, 1958

对胡氏贵州龙头骨的CT扫描与三维重建，不仅可以清楚地展示实体显微镜下难以观察到的特征，而且可以更清楚地展示已观察到的特征。如顶孔，外翼骨出现，舌骨呈棒状，方骨窝（quadrate fossa）出现，前部边缘齿不仅呈匍匐状而且上颌齿向腹侧弯曲、下颌齿向背侧弯曲（图2）。

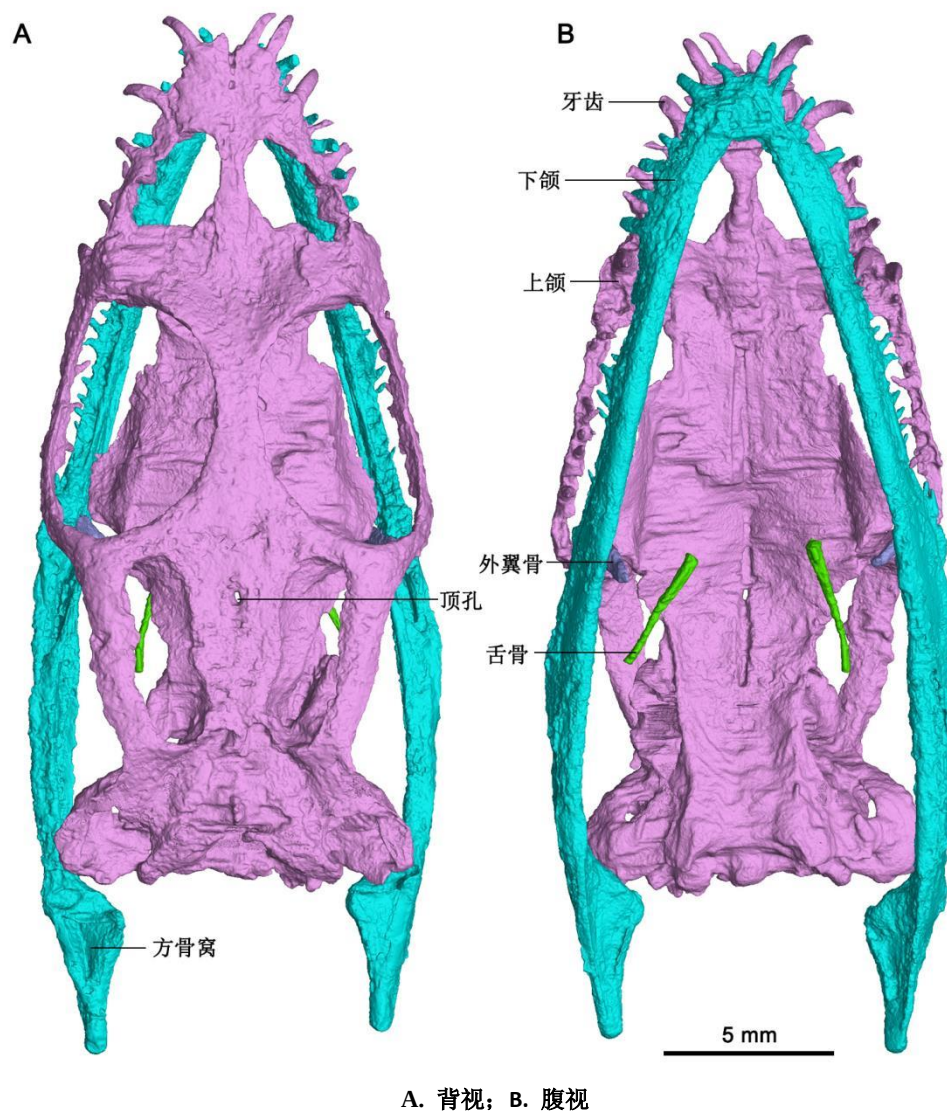


图2 胡氏贵州龙归入标本 GMPKU-P-3406 头骨三维重建图

3 数据质量控制和评估

本样品扫描精度为 $7.1\ \mu\text{m}$ 。扫描结果对头骨上的孔、跟周围骨骼分离的骨块和牙齿有较好的展现，但对其他骨骼展现较差。造成此种情况的原因是标本本身保存的状况。其一，该头骨化石内部存在部分黄铁矿化的现象。其二，该标本为海生爬行动物的化石标本，其骨骼（主要由磷酸钙组成）和围岩（主要由碳酸钙组成）的密度差较小。这两种情况导致 CT 扫描图片中骨骼和围岩的区分度较低。尽管如此，上述客观情况并不影响整个头骨的形态学重建与观察。

4 数据价值

本数据集提供了中国贵州省中三叠世胡氏贵州龙（爬行纲：鳍龙超目）头骨 μ CT 扫描数据。其

中, CT 原始图片数据和拼合的完整头骨图像堆栈可作为鳍龙类形态学和系统学进一步研究的基础。3D pdf 可以 360° 人机交互式呈现胡氏贵州龙的头骨形态, 有助于科研人员理解该物种的头骨信息。视频经下载后, 可让普通大众和学生来了解和认识中国最早发现的三叠纪海生爬行动物胡氏贵州龙。使用 stl 文件进行 3D 打印的胡氏贵州龙模型不仅可用于科研、教学和科普, 还可作为文创产品来丰富我们的物质生活。

致 谢

感谢北京大学化石修理技师胡田芬对标本的修复。感谢中国地质科学院地质研究所王寿铭博士和中国地质大学(北京)方勤方老师在 CT 扫描方面所提供的帮助。

数据作者分工职责

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: 标本扫描, CT 数据处理, 3D pdf 及视频制作, 文本撰写和修改。

周敏(1988—), 女, 山东省聊城市人, 博士, 工程师, 研究方向为早三叠世鱼龙类的分类学和谱系分析。主要承担工作: 文本修改。

鲁昊(1985—), 男, 河南省开封市人, 博士, 博士后, 研究方向为古玉石器、石窟寺考古与保护, 中生代海生爬行动物的分类与演化。主要承担工作: CT 数据处理, 文本修改。

参考文献

- [1] 秦燕娇, 喻美艺, 罗永明. 胡氏贵州龙的个体发育研究[J]. 贵州地质, 2014, 31(3): 210–214, 205. DOI:10.3969/j.issn.1000-5943.2014.03.009.
- [2] HOLMES R, CHENG Y N, WU X C. New information on the skull of *Keichousaurus hui* (Reptilia: Sauropterygia) with comments on sauropterygian interrelationships[J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 2008, 28(1): 76–84. DOI:10.1671/0272-4634(2008)28[76: NIOTSO]2.0.CO;2.
- [3] 杨钟健. 贵州新发现的肿肋龙化石[J]. 古脊椎动物学报, 1958, 2 (2–3): 69–81.
- [4] 赵丽君, 王立亭, 李淳. 中国三叠纪海生爬行动物化石研究的回顾与进展[J]. 古生物学报, 2008, 47: 232–239.
- [5] LIN K, RIEPPEL O. Functional morphology and ontogeny of *Keichousaurus hui* (Reptilia, Sauropterygia)[J]. Fieldiana (Geology), 1998, 39: 1–35.
- [6] CHENG Y N, WU X C, JI Q. Triassic marine reptiles gave birth to live young[J]. Nature, 2004, 432(7015): 383–386. DOI:10.1038/nature03050.
- [7] 付宛璐, 张璇, 季承, 等. 贵州兴义中三叠世胡氏贵州龙形态特征及生殖方式初探[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2013, 49(5): 839–846. DOI:10.13209/j.0479-8023.2013.112.
- [8] XUE Y, JIANG D, MOTANI R, et al. New information on sexual dimorphism and allometric growth in *Keichousaurus hui*, a pachypleurosaur from the Middle Triassic of Guizhou, South China[J]. Acta Palaeontologica Polonica, 2015, 60 (3): 681–687.
- [9] MOTANI R, JIANG D Y, RIEPPEL O, et al. Adult sex ratio, sexual dimorphism and sexual selection in

a Mesozoic reptile[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2015, 282(1815): 20151658. DOI:10.1098/rspb.2015.1658.

[10] LIN W B, JIANG D Y, RIEPPEL O, et al. *Panzhousaurus rotundirostris* Jiang et al., 2019 (Diapsida: Sauropterygia) and the recovery of the monophyly of Pachypleurosauridae[J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 2021: e1901730. DOI:10.1080/02724634.2021.1901730.

[11] 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.

论文引用格式

殷亚磊, 周敏, 鲁昊. 中国贵州省中三叠世胡氏贵州龙（爬行纲：鳍龙超目）头骨 μ CT扫描数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2021, 6(4). (2021-11-07). DOI: 10.11922/csdata.2021.0032.zh.

数据引用格式

殷亚磊, 周敏, 鲁昊. 中国贵州省中三叠世胡氏贵州龙（爬行纲：鳍龙超目）头骨 μ CT 扫描数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2021. (2021-08-17). DOI: 10.11922/sciencedb.j00001.00271.

A dataset of the skull μ CT scanning of *Keichousaurus hui* (Reptilia: Sauropterygia) from the Middle Triassic of Guizhou Province, China

YIN Yalei¹, ZHOU Min¹, LU Hao^{2*}

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

2. School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing 100871, P. R. China

*Email: luchengze@pku.edu.cn

Abstract: *Keichousaurus hui* is a small sauropterygian from the Zhuganpo Member of the Middle Triassic Ladinian Falang Formation in Xingyi City, Guizhou Province and its vicinity. It is the first Triassic marine reptile that has been discovered, studied and named in China, and is also the first eosauropterygian reported in Asia, playing an important role in the study of sauropterygian paleogeographical distribution and evolution. This study provides a dataset of μ CT scanning of the skull of *Keichousaurus hui* based on its referred specimen (GMPKU-P-3406), including original CT projected images, a merged complete skull image stack, a 3D pdf, an animated video and 3D printable stl files. Original CT projected images and a merged complete skull image stack will contribute to further studies of sauropterygians regarding their morphology and systematics. A 3D pdf, an animated video and 3D printable stl files can be applied in research, teaching, public education, and cultural and creative industries of Chinese Triassic marine reptiles.

Keywords: Sauropterygia; *Keichousaurus hui*; Triassic; skull; CT

Dataset Profile

Title	A dataset of the skull μ CT scanning of <i>Keichousaurus hui</i> (Reptilia: Sauropterygia) from the Middle Triassic of Guizhou Province, China
Data corresponding author	LU Hao (luchengze@pku.edu.cn)
Data authors	YIN Yalei, ZHOU Min, LU Hao
Time range	The Zhuganpo Member of the Middle Triassic Ladian Falang Formation, 240.8 $\pm$ 1.8 Ma.
Geographical scope	The fossil was found in Xingyi City, Guizhou Province.
Spatial resolution	7.1 μ m
Data volume	75.6 GB
Data format	*.tiff, *.xteckt, *.stl, *.pdf, *.avi
Data service system	< http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00271 >
Source of funding	National Natural Science Foundation of China (41920104001, 41572008, 40920124002, 41372016).
Dataset composition	The dataset consists of 7 subsets. (1) <i>Keichousaurus1.zip</i> is made up of the scanning images (.tiff) of the first part of the skull and a text data (.xteckt), with a data volume of 21 GB; (2) <i>Keichousaurus2.zip</i> is made up of the scanning images (.tiff) of the second part of the skull and a text data (.xteckt), with a data volume of 21.5 GB; (3) <i>Keichousaurus3.zip</i> is made up of the scanning images (.tiff) of the third part of the skull and a text data (.xteckt), with a data volume of 21.8 GB; (4) <i>Keichousaurus4.zip</i> is made up of the complete slices (.tiff) of the skull, with a data volume of 11 GB; (5) <i>Keichousaurus5.zip</i> is a video (.avi), with a data volume of 12.9 MB; (6) <i>Keichousaurus6.zip</i> is a three-dimensional model (.stl), with a data volume of 222.4 MB; (7) <i>Keichousaurus7.zip</i> is a 3D pdf file, with a data volume of 171.6 MB.