



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.csd.2024.0065.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.csd.2024.0065.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.j00001.01148

文献分类: 生物学

收稿日期: 2024-04-02

开放同评: 2024-05-24

录用日期: 2024-10-29

发表日期: 2024-11-12

* 论文通信作者

殷亚磊: yinyalei@synu.edu.cn

周长付: zhoucf528@sdust.edu.cn

中国内蒙古早白垩世泰坦巨龙形类恐龙牙齿的

μCT 三维数据集

殷亚磊^{1,2*}, 张洪钢^{1,2}, 裴睿³, 周长付^{4*}

1. 沈阳师范大学, 古生物学院, 沈阳 110034
2. 自然资源部东北亚古生物演化重点实验室, 沈阳 110034
3. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044
4. 山东科技大学, 地球科学与工程学院, 青岛 266590

摘要: 恐龙牙齿含有很多在比较解剖学、系统学、生理学及生态学等研究方面具有重要意义特征。然而, 传统的恐龙牙齿研究, 主要关注于其外部形态, 而对其内部结构关注较少。本文提供的数据集为一枚产自内蒙古下白垩统义县组的泰坦巨龙形类恐龙牙齿的μCT 三维数据。本数据集由 2843 张断层图组成, 数据量为 2.2 GB。三维 CT 数据的空间分辨率为 18 μm, 可清晰显示牙齿的内部结构, 如牙釉质、牙本质和牙髓腔。借助 VG Studio Max 等三维重建软件对本数据集进行三维重建, 可为蜥脚类恐龙牙齿的形态和演化研究提供新的数据源。

关键词: 泰坦巨龙形类; 牙齿; 早白垩世; CT

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	中国内蒙古早白垩世泰坦巨龙形类恐龙牙齿的μCT 三维数据集
数据作者	殷亚磊、张洪钢、裴睿、周长付
数据通信作者	殷亚磊(yinyalei@synu.edu.cn); 周长付(zhoucf528@sdust.edu.cn)
样品地质年代	下白垩统巴雷姆阶义县组, 125.7±1.5百万年前
地理区域	化石产自内蒙古赤峰市宁城县必斯营子镇段家沟
扫描精度	18 μm
数据量	2.2 GB
数据格式	*.tiff
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.01148
基金项目	沈阳师范大学博士科研启动基金(BS202207), 山东省高等学校优秀青年创新团队支持计划项目(2019KJH004), 山东省泰山学者青年专家计划项目(tsqn201812070), 辽宁省教育厅基本科研项目青年项目(JYTQN2023422), 山东省自然科学基金项目(ZR2017MD031), 国家自然科学基金项目(42372031、42288201、42161134003), 国家岩矿化石标本资源共享平台项目(NCSTI-RMF20240208), 辽宁省属本科高校基本科研业务费专项资金(LJ202410166031)。
数据库(集)组成	本数据集由2843张断层图(CT机探测器采集到的投影数据通过图像重建算法转化而成的图像)组成。

引言

CT 扫描技术由于高效和对化石无损,已被广泛地应用到古生物研究中,在微体古生物、古植物、古无脊椎动物和古脊椎动物等方面已取得一批高水平的科研论文^[1-4]。利用这一新技术,对牙齿化石展开研究,揭示其形态特征、附着方式、着生方式和替换模式等信息具有重要的科学意义。然而,以往对蜥脚类恐龙牙齿的 CT 扫描都是和头骨一起,导致牙齿的图像分辨率较低,结果只能大致显示牙齿的形态信息^[5-7],其内部形态特征不详。

本文提供一颗产自内蒙古下白垩统义县组的泰坦巨龙形类恐龙牙齿的 μ CT 三维数据集,代表了中国蜥脚类恐龙单个牙齿的第一个 CT 扫描数据集。泰坦巨龙形类是一类已经灭绝的蜥脚类恐龙,也是白垩纪陆地生态系统中的重要组成部分^[8]。本文所描述的恐龙牙齿属于泰坦巨龙形类的早期分异类群,对于理解泰坦巨龙形类的演化极为关键^[9]。并且,该枚牙齿是内蒙古赤峰市宁城县热河生物群蜥脚类恐龙化石的首次记录之一^[9-10]。本数据集图像对比度良好,反映出 CT 扫描时取得了良好的图像衬度,扫描精度为 18 μm ,可清晰展示牙齿的内部结构信息,如牙釉质、牙本质和牙髓腔。该牙齿标本的 CT 数据集显示了早期分异泰坦巨龙形类的牙齿新信息,如牙髓腔朝舌侧弯曲,唇侧牙釉质厚于舌侧牙釉质,齿冠远中磨蚀面基部的牙釉质牙本质比率为 0.26 和齿冠牙本质舌侧面发育一球状突起。本数据集的价值在于为蜥脚类恐龙牙齿的深入研究提供了原始信息。

1 数据采集和处理方法

1.1 标本采集和机械修理

该牙齿标本(SDUST-V1064)由辽宁古生物博物馆馆员杨强等人于2014年采集。化石采集地点位于内蒙古赤峰市宁城县必斯营子镇段家沟附近(41°24'40"N, 119°6'19"E)。野外采集回到实验室后,利用碳钢针在实体显微镜下将该标本周围的围岩剥离掉。该步骤在辽宁古生物博物馆完成。

1.2 数据采集与处理

SDUST-V1064 的扫描工作于 2021 年 9 月 28 日在浙江大学使用高精度 X 射线扫描仪(Nikon XT H 320)完成。扫描参数为电压 120 kV, 电流 180 μA , 扫描精度为 18 μm 。扫描结束后,得到 CT 机产生的投影图。然后用三维重构软件(CT-pro 3D)对投影图进行相位恢复和重构,生成 VG Studio Max 3.0 可识别的体积文件。最后,将生成的体积文件导入 VG Studio Max 3.0,导出 Tiff 格式的图像堆栈。本数据集仅共享 Tiff 格式的图像堆栈而非体积文件,目的在于减少文件的存储空间。

2 数据样本描述

SDUST-V1064 是 1 枚粗壮的牙齿化石,标本收藏于山东科技大学地球科学与工程学院古脊椎动物实验室。SDUST-V1064 保存精美,保存了完整的齿冠和部分齿根(图 1)。其齿冠高 36.3 mm,齿冠近远中方向最大长度为 15.7 mm,齿冠唇舌方向最大长度为 12.2 mm。SDUST-V1064 的生物学系统分类位置如下:

恐龙总目 Dinosauria Owen, 1842

蜥脚类 Sauropoda Marsh, 1881

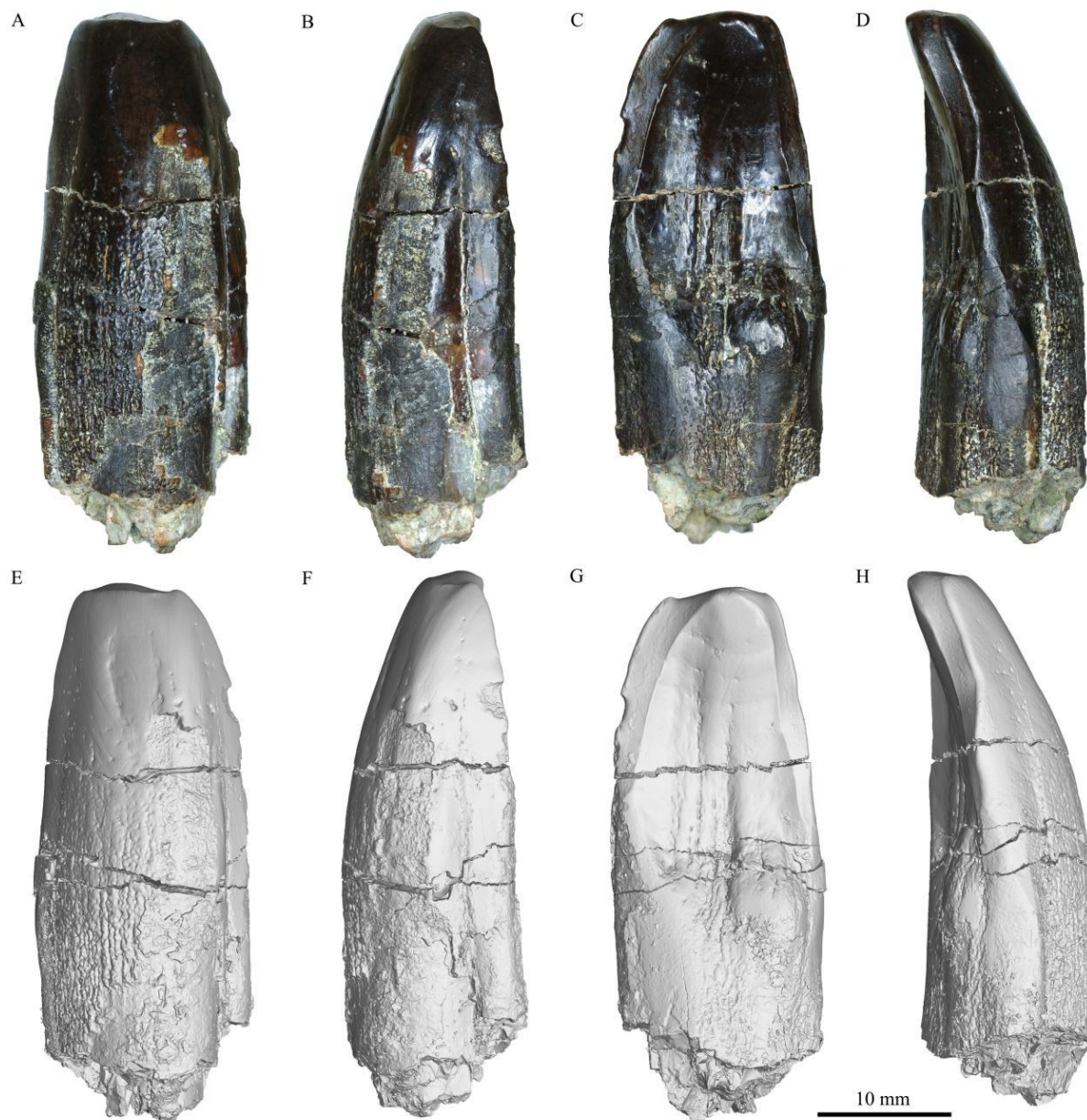
泰坦巨龙形类 *Titanosauriformes* Salgado, Coria, and Calvo, 1997泰坦巨龙形类科属种不定 *Titanosauriformes* indet.

图1 SDUST-V1064 照片 (A, B, C, D) 和 CT 渲染图 (E, F, G, H)。唇侧面 (A, E)；近中面 (B, F)；舌侧面 (C, G)；远中面 (D, H)。

Figure 1 Photographs (A, B, C, D) and CT-rendered images (E, F, G, H) of SDUST-V1064. In labial (A, E), lingual (B, F), mesial (C, G) and distal (D, H) views.

3 数据质量控制和评估

本样品的扫描精度高达 $18\ \mu\text{m}$ 。由于本样品牙釉质、牙本质和内部填充的围岩密度差较大，因此图像对比度很高，可清晰识别出牙釉质、牙本质和围岩的边界（图2）。并且，本数据集在采集过程中没有产生明显的环状伪影和噪声。综上，本数据集质量较高，也因此可清晰展示出该枚牙齿的内部结构特征，如唇侧牙釉质厚于舌侧牙釉质，舌侧牙本质发育一球状突起，牙髓腔朝舌侧面弯

曲，牙髓腔横截面呈圆形。

本数据集质量很高，但也有其不足之处。该枚化石在化石化过程中，中部的牙本质在内部发生断裂，进而影响了牙髓腔的整体重建。尽管如此，牙髓腔的顶部和底部依然可以被识别和重建。因此，该缺点不影响整个数据的质量。

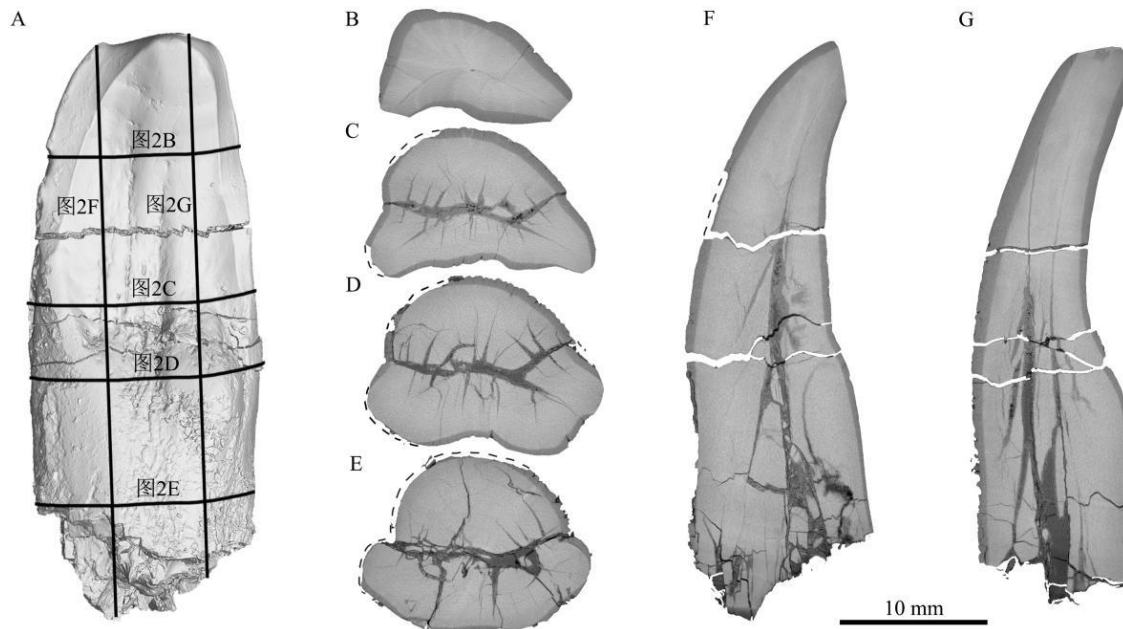


图2 SDUST-V1064 CT 渲染图。带有横截面示意（B–E）和纵截面示意（F–G）的舌侧视（A）。

Figure 2 CT-rendered images of SDUST-V1064. In lingual view (A) with selected cross-sections (B–E) and longitudinal section (F–G).

4 数据价值

本数据集共享了中国内蒙古早白垩世泰坦巨龙形类恐龙一颗牙齿（SDUST-V1064 CT）的高精度 μ CT 图像数据集，这是 μ CT 扫描技术在我国蜥脚类恐龙单个牙齿研究中的首次使用。本数据集图像质量高，牙釉质和牙本质界限清晰，为揭示蜥脚类恐龙牙齿的内部结构提供了原始数据。并且，本数据集揭示了一些蜥脚类恐龙牙齿内部结构中具有演化意义的新特征，如唇侧面牙釉质厚于舌侧面牙釉质等。因此，本数据集对于理解蜥脚类恐龙牙齿的演化具有重要价值。与此同时，在以往对蜥脚类恐龙牙齿的研究中，几乎没有展开对单个牙齿的高精度 CT 扫描工作。本数据集的研究工作 2024 年 4 月已在 SCI 刊物 *Acta Geologica Sinica-English Edition* 上正式发表^[9]。这也彰显了 CT 扫描技术在蜥脚类恐龙牙齿内部结构研究方面所具有的优势，为未来深入研究蜥脚类恐龙牙齿提供了一个很好的案例。

致 谢

感谢辽宁古生物博物馆杨强先生对化石标本的修复。感谢浙江大学建筑工程学院材料微结构试验平台彭宇老师在 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，博士，研究方向为中生代恐龙的分类与演化。主要承担工作：CT 数据处理，文本撰写和修改。

张洪钢（1978—），男，辽宁省抚顺市人，博士，研究方向为古生物学和地层学。主要承担工作：文本修改。

裴睿（1983—），男，山西省太原市人，博士，副研究员，研究方向为中生代恐龙的分类与演化。主要承担工作：文本修改。

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：标本扫描，文本修改。

参考文献

- [1] XIANG K, YIN Z J, LIU W, et al. Early Cambrian *Cambroclavus* is a scleritinous eumetazoan unrelated to bryozoan or dasyclad algae[J]. *Geology*, 2024, 52(2): 130–134. DOI: 10.1130/g51663.1.
- [2] SHI G L, HERRERA F, HERENDEEN P S, et al. Mesozoic cupules and the origin of the angiosperm second integument[J]. *Nature*, 2021, 594(7862): 223–226. DOI: 10.1038/s41586-021-03598-w.
- [3] LIU Y, EDGECOMBE G D, SCHMIDT M, et al. Exites in Cambrian arthropods and homology of arthropod limb branches[J]. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 4619. DOI: 10.1038/s41467-021-24918-8.
- [4] YU C Y, WATANABE A, QIN Z C, et al. Avialan-like brain morphology in *Sinovenator* (Troodontidae, Theropoda)[J]. *Communications Biology*, 2024, 7(1): 168. DOI: 10.1038/s42003-024-05832-3.
- [5] CHANG H L, YOU H L, XU L, et al. Relatively low tooth replacement rate in a sauropod dinosaur from the Early Cretaceous Ruyang Basin of Central China[J]. *PeerJ*, 2021, 9: e12361. DOI: 10.7717/peerj.12361.
- [6] D'EMIC M D, WHITLOCK J A, SMITH K M, et al. Evolution of high tooth replacement rates in sauropod dinosaurs[J]. *PLoS One*, 2013, 8(7): e69235. DOI: 10.1371/journal.pone.0069235.
- [7] POROPAT S F, KEAR B P. Photographic atlas and three-dimensional reconstruction of the holotype skull of *Euhelopus zdanskyi* with description of additional cranial elements[J]. *PLoS One*, 2013, 8(11): e79932. DOI: 10.1371/journal.pone.0079932.
- [8] MANNION P D, UPCHURCH P, BARNES R N, et al. Osteology of the Late Jurassic Portuguese sauropod dinosaur *Lusotitan atalaiensis* (Macronaria) and the evolutionary history of basal titanosauriforms[J]. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2013, 168(1): 98–206. DOI: 10.1111/zoj.12029.
- [9] ZHANG H G, YIN Y L, PEI R, et al. Early-diverging titanosauriform (Dinosauria, Sauropoda) teeth from the Lower Cretaceous Yixian formation of southeastern Inner Mongolia, Northeast China[J]. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, 2024, 98(2): 303–310. DOI: 10.1111/1755-6724.15169.
- [10] ZHANG H G, YU D X, FENG Y H, et al. A Lujiatun-like dinosaurian assemblage from the Jehol biota of Ningcheng, Inner Mongolia, Northeast China[J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2022, 67. DOI: 10.4202/app.00975.2022.

论文引用格式

殷亚磊, 张洪钢, 裴睿, 等. 中国内蒙古早白垩世泰坦巨龙形类恐龙牙齿的 μ CT 三维数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2024, 9(4). (2024-11-12). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2024.0065.zh.

数据引用格式

殷亚磊, 张洪钢, 裴睿, 等. 中国内蒙古早白垩世泰坦巨龙形类恐龙牙齿的 μ CT 三维数据集[DS/OL]. V1. Science Data Bank, 2024. (2024-05-24). DOI: 10.57760/sciencedb.j00001.01148.

A dataset of 3D μ CT tooth images from an Early Cretaceous titanosauriform dinosaur in Inner Mongolia, China

YIN Yalei^{1,2*}, ZHANG Honggang^{1,2}, PEI Rui³, ZHOU Changfu^{4*}

1.College of Paleontology, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, P. R China

2.Key Laboratory of Evolution of Past Life in NE Asia, Ministry of Natural Resources, Shenyang 110034, P. R China

3.Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, P. R China

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

*Email: yinyalei@synu.edu.cn; zhoucf528@sdust.edu.cn

Abstract: Dinosaurian teeth features hold significant insights in studying comparative anatomy, systematics, physiology and ecology. However, traditional study primarily focuses on their external morphology and pays little attention to their internal morphology. This study provides a dataset of 3D μ CT tooth images from an Early Cretaceous titanosauriform dinosaur in Inner Mongolia. The dataset consists of 2,843 slices with a data volume of 2.2 GB. The 3D data, with a voxel size of 18 μ m, can clearly reveal the internal structures of the tooth, including the enamel, dentine and pulp cavity. This dataset can be used for 3D reconstruction with software, such as VG Studio Max, and provides basic data for studying the morphology and evolution of sauropod teeth.

Keywords: titanosauriform; tooth; Early Cretaceous; CT

Dataset Profile

Title	A dataset of 3D μ CT tooth images from an Early Cretaceous titanosauriform dinosaur in Inner Mongolia, China
Data corresponding author	YIN Yalei (yinyalei@synu.edu.cn), ZHOU Changfu (zhoucf528@sdust.edu.cn)
Data authors	YIN Yalei, ZHANG Honggang, PEI Rui, ZHOU Changfu
Time range	The Lower Cretaceous Barremian Yixian Formation, 125.7 $\pm$ 1.5 Ma
Geographical scope	Duanjiagou, Bisiyingzi Town, Ningcheng County, Chifeng City, Inner Mongolia

Scanning accuracy	18 μ m
Data volume	2.2 GB
Data format	*.tiff
Data service system	< https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.01148 >
Source of funding	Scientific Research Foundation of Shenyang Normal University (Grant No. BS202207); Program for Innovative Research Team of Excellent Talents in University of Shandong Province (Grant No. 2019KJH004); Taishan Scholar Program of Shandong Province (Grant No. tsqn201812070); Educational Department of Liaoning Province (Grant No. JYTQN2023422); Shandong Provincial Natural Science Foundation (Grant No. ZR2017MD031), National Natural Science Foundation of China (Grant Nos. 42372031, 42288201, 42161134003) and National Infrastructure of Mineral Rock, Fossil Resources for Science and Technology (Grant No. NCSTI-RMF20240208) and Fundamental Research Funds for the Liaoning Universities (LJ202410166031).
Dataset composition	The dataset consists of 2,843 micro-CT sequence images of a titanosauriform tooth, which are the projections gathered from the CT detector and processed through the algorithms of 3D reconstruction.