

DOI: 10.16452/j.cnki.sdkjzk.2022.03.003

文章编号:1672-3767(2022)03-0017-10

# 山东青岛地区下白垩统辛格庄组鸚鵡嘴龙新材料研究

任天龙<sup>1</sup>,王旭日<sup>2,3</sup>,黄永波<sup>1</sup>,王来明<sup>1</sup>,王金光<sup>1</sup>,张贵丽<sup>1</sup>,清格勒<sup>4</sup>

(1. 山东省地质调查院 地质所, 山东 济南 250013; 2. 自然资源部 地层与古生物重点实验室, 北京 100037;  
3. 中国地质科学院 地质研究所, 北京 100037; 4. 内蒙古自然博物馆 研究保护部, 内蒙古 呼和浩特 010020)

**摘要:**鸚鵡嘴龙是一类特征明显, 仅分布于东亚地区早白垩世的原始角龙类。通过对青岛地区发现的鸚鵡嘴龙化石进行骨骼形态特征描述、CT 扫描及三维重建, 发现其具有中国鸚鵡嘴龙的鉴定特征, 如吻骨腹缘低于上颌齿列; 前颌骨与颧骨直接接触, 且侧面扁平; 上颌骨外侧面没有凹槽和瘤突; 齿骨边缘突不发育; 上隅骨大于隅骨。这一发现不仅进一步扩大了中国鸚鵡嘴龙的地理分布范围和地层分布延限, 而且为辛格庄组地层时代的确定提供了关键的化石证据。

**关键词:**胶莱盆地; 早白垩世; 辛格庄组; 角龙类; 鸚鵡嘴龙属

中图分类号: P641

文献标志码: A

## New materials of *Psittacosaurus* from the Lower Cretaceous Xingezhuang Formation in Qingdao, Shandong Province

REN Tianlong<sup>1</sup>, WANG Xuri<sup>2,3</sup>, HUANG Yongbo<sup>1</sup>, WANG Laiming<sup>1</sup>,  
WANG Jinguang<sup>1</sup>, ZHANG Guili<sup>1</sup>, QING Gele<sup>4</sup>

(1. Department of Geology, Shandong Institute of Geological Survey, Jinan, Shandong 250013, China;  
2. Key Laboratory of Stratigraphy and Paleontology, Ministry of Natural Resources, Beijing 100037, China;  
3. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;  
4. Department of Research and Protection, Inner Mongolia Museum of Natural History, Hohhot, Inner Mongolia 010020, China)

**Abstract:** The *Psittacosaurus* are primitive ceratopsian dinosaurs with unique characteristics and confined distribution during the Early Cretaceous in East Asia. By morphological description, CT scan and 3D reconstruction of the fossils of *Psittacosaurus* uncovered in Qingdao, it is found that the new materials can be referred to *Psittacosaurus sinensis*, possessing the following diagnostic characteristics: the ventral margin of the rostral is lower than the maxillary dentation; the premaxilla connects with the jugal directly and has a flat lateral surface; the lateral surface of the maxilla has no sulcus or node; the dentary flange is not developed; the surangular is larger than the angular. This discovery not only expands the geographic distribution and stratigraphic range of *Psittacosaurus sinensis*, but also provides key fossil evidence for ascertaining the geological time of Xingezhuang Formation.

**Key words:** Jiaolai basin; Early Cretaceous; Xingezhuang Formation; Ceratopsia; *Psittacosaurus*

鸚鵡嘴龙是一类两足行走的小型角龙类恐龙, 也是东亚地区早白垩世特有的恐龙类群, 目前被广泛认可的有效属种仅有 1 属 9 种<sup>[1-4]</sup>。我国鸚鵡嘴龙化石发现较早(1930 年), 地理分布范围较广, 在山东、内蒙古、新疆、甘肃和辽宁的下白垩统中均有发现<sup>[1]</sup>。山东省内恐龙化石资源非常丰富, 尤其以莱阳和诸城地区最为集中, 既有数量庞大的恐龙骨骼化石, 也有保存完整的大量恐龙蛋和恐龙足迹化石<sup>[5]</sup>。我国第一具保存完整

收稿日期: 2021-08-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(41872018); 中国地质调查局项目(DD20221649); 山东省地质勘查项目(鲁勘字(2019)54 号)

作者简介: 任天龙(1980—), 男, 山西交城人, 正高级工程师, 从事沉积岩石学及古生物研究。E-mail: 673028639@qq.com

王旭日(1979—), 男, 山东乳山人, 副研究员, 博士, 主要从事晚中生代古生物与地层学研究。E-mail: 147966459@qq.com

的鸚鵡嘴龙骨架化石就发现于山东莱阳下白垩统青山群,并由杨钟健先生<sup>[6]</sup>命名为中国鸚鵡嘴龙(*Psittacosaurus sinensis*)。近期,山东省地质调查院在胶莱盆地中部开展地质调查过程中,在青岛即墨地区下白垩统辛格庄组发现了一具保存部分头骨和头后骨骼的鸚鵡嘴龙化石材料。这是辛格庄组首次发现恐龙化石,也是青岛地区发现的第二具恐龙化石,为鸚鵡嘴龙的地理分布和辛格庄组的时代确定提供了重要的化石证据。

### 1 地质背景

胶莱盆地为晚中生代陆相沉积-火山岩盆地,位于沂沭断裂带以东,北部为胶北地块,东南侧为苏鲁造山带<sup>[7]</sup>。盆地内断裂构造以北东向最为发育,北西向次之,少量近东西向及北北东向;地层单元由早白垩世莱阳群、青山群以及早白垩世—晚白垩世王氏群组成,其中莱阳群以河湖碎屑岩沉积为主,夹有页岩及少量火山碎屑岩;青山群为一套复杂的火山岩、火山碎屑岩夹正常沉积岩系;王氏群为河湖相红色碎屑岩沉积,夹有火山岩和火山碎屑岩<sup>[8]</sup>。新发现的鸚鵡嘴龙化石点位于青岛市即墨区灵山镇泊东村南(图1)。

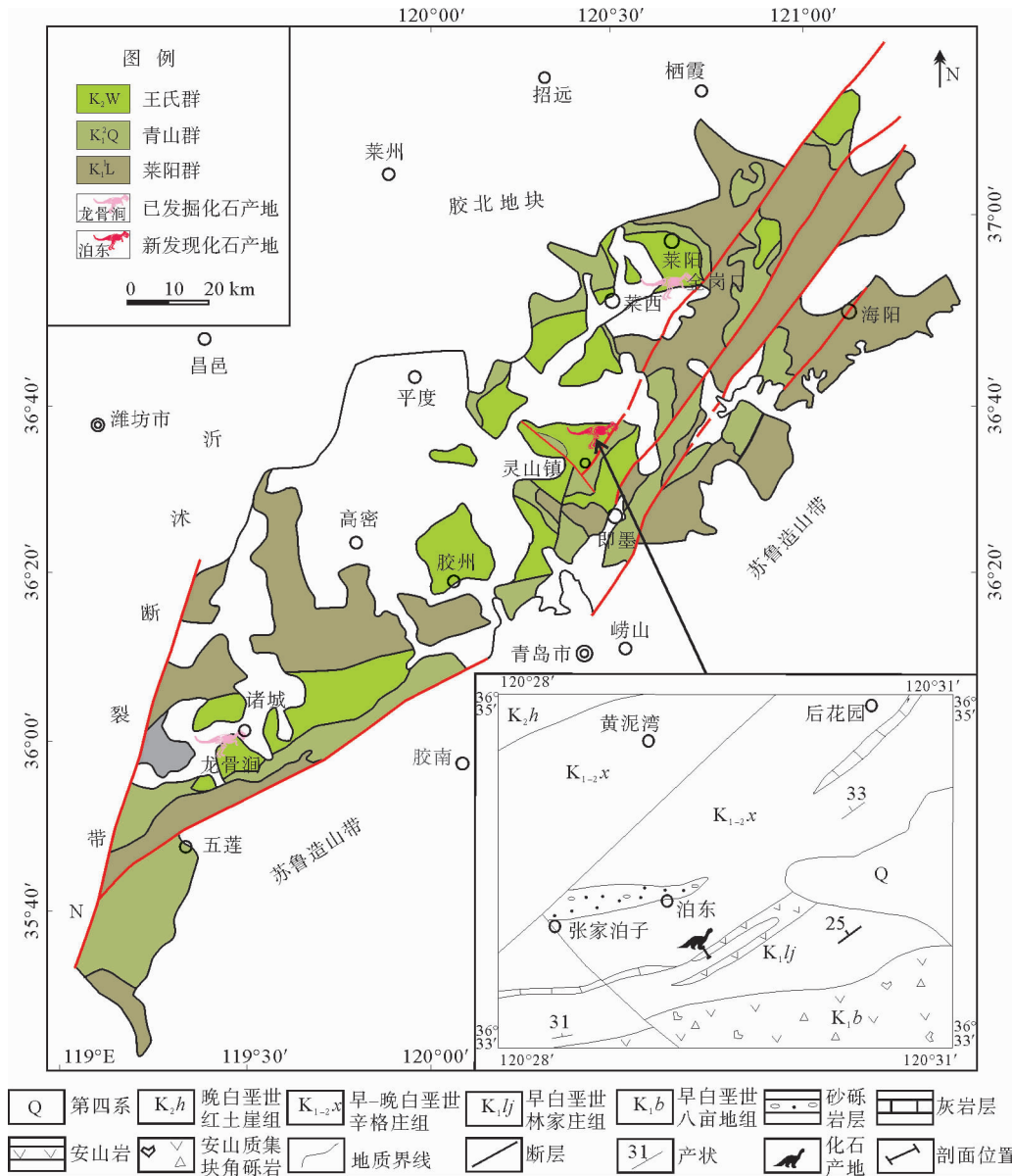
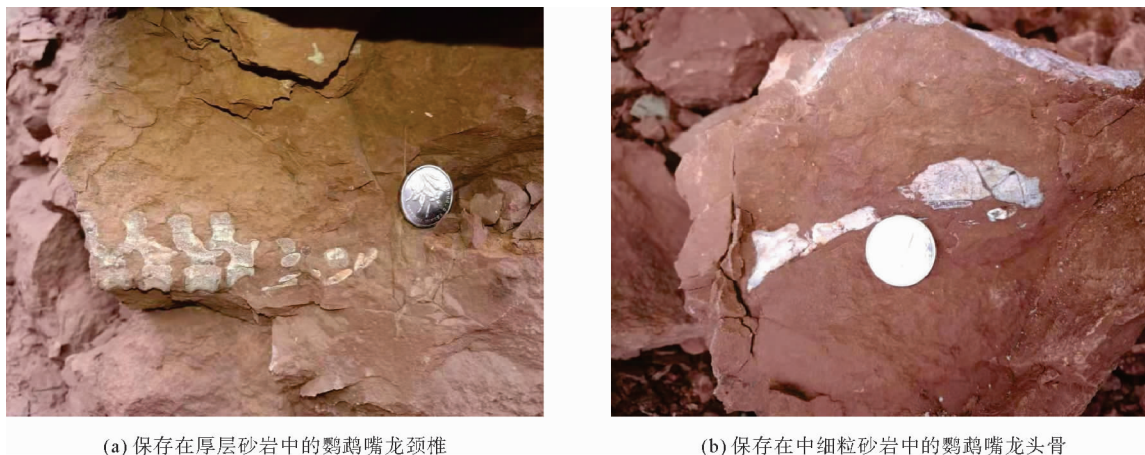


图1 研究区大地构造位置及地质简图

Fig. 1 Schematic map and tectonics map of the study area

鸚鵡嘴龙化石点位于胶莱盆地中部, 出露地层主要为青山群八亩地组, 王氏群林家庄组、辛格庄组及红土崖组。鸚鵡嘴龙化石赋存于王氏群辛格庄组底部, 化石层主要有两层, 岩性为灰紫色厚层细砂岩和中细粒砂岩(图 2)。



(a) 保存在厚层砂岩中的鸚鵡嘴龙颈椎

(b) 保存在中细粒砂岩中的鸚鵡嘴龙头骨

图 2 保存在围岩中的鸚鵡嘴龙化石

Fig. 2 *Psittacosaurus* preserved in the rocks

鸚鵡嘴龙化石赋存层位实测剖面如图 3 所示, 具体剖面描述如下:

未见顶

王氏群辛格庄组(K<sub>1-2</sub>x)

- |                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| 18. 灰紫色泥质粉砂岩(层厚 1~1.2 m)与灰紫色中厚层细粒长石砂岩(0.3~0.5 m)组成的韵律 | 6.5 m |
| 17. 灰色、灰紫色凝灰质砂岩, 含少量砾岩透镜体                             | 0.4 m |
| 16. 灰紫色中厚层中细粒长石砂岩, 见骨骼化石                              | 1.2 m |
| 15. 灰紫色细砂岩、粉-细砂岩夹少量的钙质细砂岩                             | 3.6 m |
| 14. 灰紫色厚层细砂岩, 见相对密集的骨骼化石和少量的虫迹构造                      | 1.8 m |
| 13. 紫色薄层细砂岩夹凝灰质砂砾岩, 局部见砾岩透镜体                          | 0.7 m |

—————整合—————

下伏地层为林家庄组火山岩夹层( $\alpha \mu K_1 l_j$ )

- |                                                             |        |
|-------------------------------------------------------------|--------|
| 12. 灰黑色块状含少量杏仁辉石安山岩                                         | 10.0 m |
| 11. 灰黑色气孔状安山岩, 顶部发育不规则灰紫色砂岩脉                                | 8.2 m  |
| 10. 灰绿色伊丁石化辉石安山岩                                            | 33.8 m |
| 9. 灰紫色安山质集块角砾岩, 集块大者 15 cm, 含量 10%~15%, 角砾含量 40%~50%        | 4.9 m  |
| 8. 灰绿色杏仁状安山岩, 杏仁体呈扁长状、椭圆状, 长轴具明显定向, 大者可达 3 cm               | 6.5 m  |
| 7. 灰紫色安山质角砾集块岩, 集块大者可达 1 m, 含量 25%~35%, 角砾 15%~20%          | 2.4 m  |
| 6. 灰紫色、灰色杏仁状安山岩, 杏仁体呈不规则状, 大者达 1 cm, 含量 15%~20%             | 8.6 m  |
| 5. 灰绿、灰黑色安山质集块角砾岩, 集块大者可达 15 cm, 角砾含量 30%~40%, 集块含量 10%~20% | 2.5 m  |
| 4. 灰绿色气孔、杏仁状辉石安山岩, 杏仁体较小, 气孔大者可达 3 mm, 含量 10%~15%           | 1.8 m  |
| 3. 灰绿色伊丁石化辉石安山岩, 发育球形风化                                     | 11.6 m |

—————整合—————

下伏地层为王氏群林家庄组(K<sub>1</sub>l<sub>j</sub>)

- |                                                |       |
|------------------------------------------------|-------|
| 2. 灰紫色中厚层块状细砂岩, 上部偶见气孔状安山岩砾石, 顶部见 10 cm 的接触烘烤边 | 1.2 m |
| 1. 浅灰红色中层(单层厚 20~30 cm)钙质细砂岩, 虫迹发育             | 7.5 m |

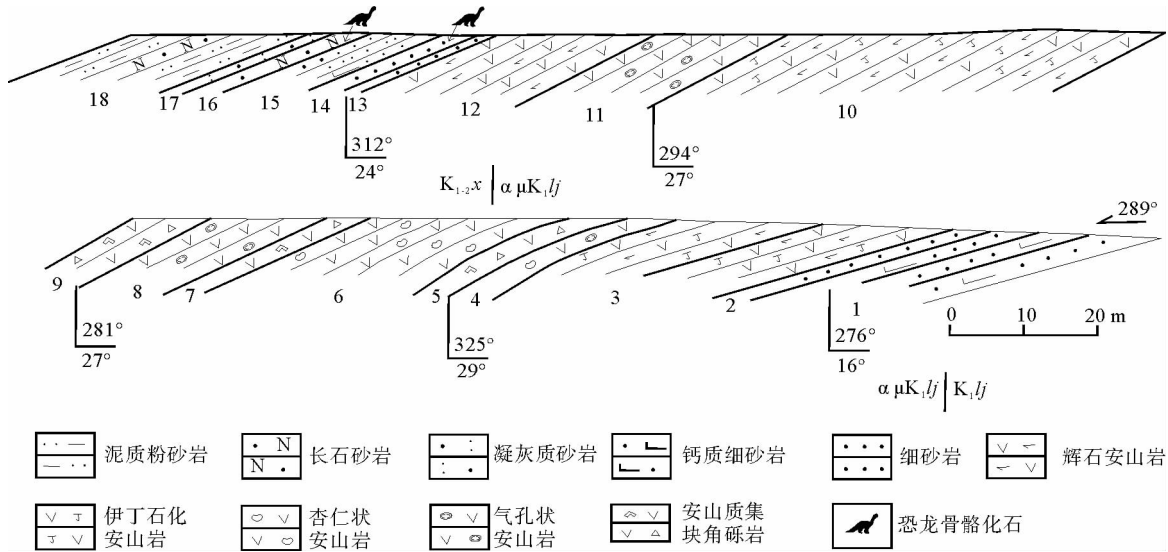


图3 山东青岛灵山镇鸚鵡嘴龙化石层位实测地层剖面图

Fig. 3 Stratigraphic profile of the *Psittacosaurus* occurrence layer in Lingshan Town of Qingdao, Shandong Province

### 2 技术方法

1) 化石修复和图片处理。在 Olympus SZX10 双目实体显微镜下,使用碳钢针进行手工修复,移除围岩,使得化石形态充分暴露。化石修复后,使用 Sony ILCE-6400M 数码相机进行化石拍照,借助 Photoshop 软件进行照片处理和排版、Coreldraw 软件绘制地质图和剖面图。

2) CT 扫描和三维重建。在中国地质科学院地质研究所 CT 扫描实验室,对标本进行了 CT 扫描和三维重建工作。扫描仪型号为尼康 XTH 225ST。头骨扫描电压 140 kV,电流 115 μA,扫描精度 78.2 μm;后肢扫描电压 155 kV,电流 120 μA,扫描精度 56.8 μm;颈椎扫描电压 155 kV,电流 120 μA,扫描精度 47.6 μm;肩胛骨扫描电压 140 kV,电流 115 μA,扫描精度 81.4 μm。每件样品均生成 3 141 张二维切面图。三维重建软件为 VGStudio Max 3.0。

### 3 系统古生物学

恐龙 Dinosauria Owen, 1842

鸟臀类 Ornithischia Seeley, 1888

角龙类 Ceratopsia Marsh, 1890

鸚鵡嘴龙科 Psittacosauridae Osborn, 1923

鸚鵡嘴龙属 *Psittacosaurus* Osborn, 1923

中国鸚鵡嘴龙 *Psittacosaurus sinensis* Young, 1958

化石材料 关联保存的部分头骨、7 节颈椎、15 节背椎、14 条肋骨以及肱骨近端,缺失远端的肩胛骨、肠骨前部和远端的坐骨,完整的股骨、胫骨、腓骨、跗跖骨近端和 6 个趾节。标本保存于山东省地质调查院,标本号:SDIGS-V10。

产地和层位 山东省青岛市即墨区灵山镇泊东村,下白垩统辛格庄组。

鉴定特征 吻骨前视呈倒三角形向吻端扩展,腹缘低于上颌齿列;前颌骨不具牙齿,与颧骨直接接触,且侧面扁平;上颌骨外侧面没有凹槽和瘤突;齿骨边棱突不发育;颧骨具有明显的颧骨突;上隅骨大于隅骨;上颌骨和齿骨牙齿的数量和尺寸近似;下颌牙齿舌侧齿冠中部具有明显的中脊和釉质层。

特征描述 头骨多数骨骼原位保存,顶部和后部缺失。尽管化石修复过程中已把头骨围岩完全清除,头

骨各部分特征均可直接观察识别,但由于化石照片不能充分清晰地表现不同角度的形态特征,故通过 CT 扫描和三维重建补充说明。头骨最宽处约 115 mm,从吻骨到颧骨突长约 95 mm(图 4)。吻骨前视整体呈三角形,向吻侧突出,背部逐渐收缩变尖,腹缘较薄呈弧形扩展,后缘与前颌骨未愈合。

前颌骨背侧和前侧边缘缺失,整体呈片状,无牙齿;侧视背缘向后侧逐渐膨大并增厚,向吻部强烈收缩;侧面比较平坦;腹缘平直。左侧前颌骨中部有一开孔,而保存完好的右侧没有,由此判断该孔为后期损坏形成。内侧视前颌骨与上颌骨完全愈合,而外侧视能见到明显的缝合线。

上颌骨外侧视呈三角形,向背侧逐渐收缩变窄,顶部被前颌骨后腹缘和颧骨前腹缘覆盖;神经窝纵向排列,最后的神经窝最大,呈椭圆形。

颧骨整体呈带状前后延伸,外侧视腹缘较平直;背缘近吻端有 1 凹陷,近中部向内侧稍微翻转,向背腹侧倾斜收缩;前缘向前背侧倾斜延伸;后视可见近后端向内侧延伸的棒状突,此棒状突从近中部向背腹侧明显分叉;颧骨突发育明显,位于颧骨后端,并向后侧稍微倾斜。

方骨呈弯曲的长方形,上宽下窄,上部骨片向内侧延伸较长,方骨窝光滑近椭圆形;方骨的下部呈短的矩形。

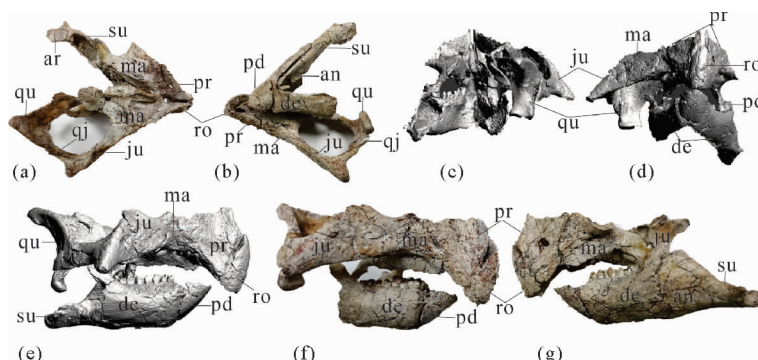
前齿骨前视呈盾状,上缘较宽,向下逐渐收缩变窄;侧视呈三角形,与齿骨接触边缘较直;前后宽度明显小于上下高度;外表面上部布满大小不等的浅窝和沟痕;前齿骨与齿骨未愈合,接触面粗糙,骨缝明显。

齿骨保存完整,侧视整体呈长方形,前后方向延伸;侧面靠近背部向内倾斜扩展,可见成排的小圆形营养孔;靠近下部骨体比较平坦,腹缘平直;后缘整体较直,仅在顶部向后背方向延伸至隅骨背前方。

隅骨保存完整,前缘较直,与齿骨紧密相连;后缘向后腹侧延伸变窄,与上隅骨呈锯齿状连接。

上隅骨保存完整,侧视整体呈长条状与隅骨紧密相连;前部较直,呈粗棒状;靠近后部发育小的外侧突,稍微向后侧延伸;最后部分侧缘紧邻外侧突发育明显凹陷,内侧强烈扩展呈半圆形,半圆形骨片上部覆盖梯形的关节骨。内侧视,1 长椭圆形的下颌收肌窝从上隅骨后突前缘一直穿过隅骨,延伸至齿骨近中部。

牙齿仅出现于上颌骨和齿骨。上颌骨明显具有上下排列的两排牙齿,每排密集排列 8 颗牙齿。上颌骨外侧功能齿均未保存,仅保留齿槽。左右上颌骨内侧在功能齿下方均发育 1 排替换齿。左上颌骨内侧仅第 3 颗替换齿保存,其余替换齿未保存。右上颌骨内侧仅第 6 和第 8 颗替换齿保存。根据保留的 3 颗替换齿和其余替换齿印痕判断替换齿仍未完全出露,牙齿尺寸明显小于上排出露的功能齿,替换齿舌侧面棱脊发育不明显。齿骨牙齿保存较好,外侧视左齿骨保留 9 颗牙齿(图 5(a)),右齿骨保留 8 颗牙齿(图 5(b))。内侧视虽无法准确判断是否具有像上颌骨一样的替换齿,但根据右齿骨第 6 颗



an—隅骨;ar—关节骨;de—齿骨;ju—颧骨;ma—上颌骨;pd—前齿骨;pr—前颌骨;  
qj—方颧骨;qu—方骨;ro—吻骨;su—上隅骨;比例尺均为 50 mm  
(a)头骨化石顶视图;(b)头骨化石腹视图;(c)头骨三维重建后视图;(d)头骨三维重建前视图;  
(e)头骨三维重建右侧视图;(f)头骨化石右侧视图;(g)头骨化石左侧视图

图 4 头骨不同角度照片和三维重建图

Fig. 4 Photographs and 3D reconstructions of the skull in different views



(a) 左侧齿骨牙齿唇侧视图 (b) 右侧齿骨牙齿唇侧视图 (c) 右侧齿骨牙齿舌侧视图

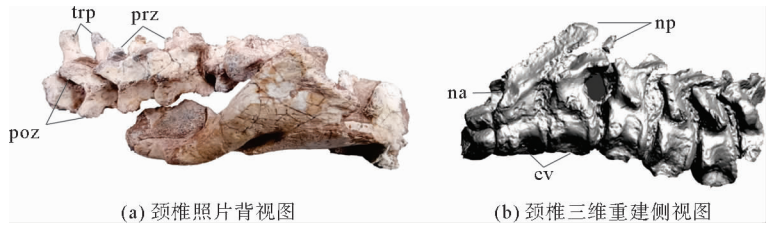
ft—功能齿;rt—替换齿;比例尺均为 10 mm

图 5 左右两侧齿骨牙齿照片

Fig. 5 Photographs of teeth on the left and right dentary

牙齿位置明显保存 1 颗与上排外侧牙齿呈上下叠置、内外并列的替换齿(图 5(c)),因此推测下颌骨同样具有替换齿。下颌牙齿均有明显的磨蚀,前后几颗牙齿尺寸稍小于中间几颗,唇侧齿根比较光滑,齿冠明显向舌侧倾斜,不具釉质层;舌侧齿根也比较光滑,齿冠稍微向唇侧倾斜,具有明显的釉质层,齿冠中间均发育一条明显的中脊,两侧各发育一条次级脊。

7 节几乎关联保存的颈椎(图 6)。由于前部颈椎被围岩和分散保存的部分头骨覆盖,无法确定椎体侧面和神经棘特征,故通过 CT 扫描和三维重建揭示补充。颈椎其中第 1 节为寰椎,椎体明显小于其它颈椎,并且结构简单,椎体腹侧不发育棱脊,背侧无椎弓和神经棘。第 2 节为枢椎,椎体长高接近,均约 5 mm。枢椎的椎体前缘环棱强烈发育,几乎达到椎体中部;椎体侧面光滑,靠近腹缘凹陷;椎体后缘环棱稍微发育;椎体腹缘收缩成 1 棱脊;椎管近圆形,高度接近椎体高度;神经棘发育明显并强烈后倾,末端延伸超过后 1 节椎体的后关节面,神经棘顶端横截面为三角形。第 3 节椎体前后边缘环棱明显;椎体侧面光滑,靠近腹缘凹陷;腹缘收缩成一条棱脊;前关节突不如后关节突发育,向背前方延伸,未超过椎体前关节面;后关节突强烈向背后方延伸,几乎延伸至后 1 节椎体的前关节面,神经棘发育不明显,仅见细小棒状凸起。后 3 节椎体高度超过长度,前后缘环棱强烈发育;椎体侧缘光滑内凹;腹缘棱脊逐渐由细变粗;前关节突大小和形状近似,向后逐渐前倾;后关节突大小和形状近似,均延伸至紧邻椎体的中部;神经棘均未保存,根据印痕判断发育不明显。前部颈椎的椎弓横突位于椎弓与椎体连接处。第 7 节颈椎椎体保存较差,但椎弓横突保存完整,位于椎弓中部,并且明显大于前部的椎弓横突。

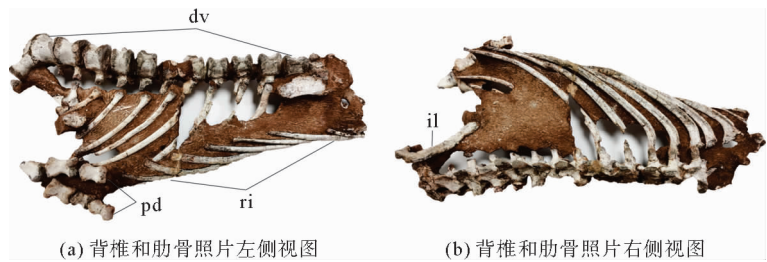


cv—颈椎;na—神经弓;np—神经棘;poz—后关节突;  
prz—前关节突;trp—横突;比例尺均为 20 mm

图 6 颈椎照片和三维重建图

Fig. 6 Photograph and 3D reconstruction of the cervical vertebrae

15 节关联保存的背椎中,最前边 2 节和最后 1 节背椎保存不完整。其余 3~14 节保存较好的背椎椎体的长度为 9~13 mm,椎体高度也在 9~13 mm 之间,从前到后逐渐变大(图 7)。前部 3~8 节背椎椎体长稍大于高,后部 9~14 节背椎椎体高稍大于长,第 14 节背椎椎体最为强壮。每个椎体前后关节面均稍微内凹;椎体两侧比较光滑,并稍微内凹;椎体前后缘均有发达的环棱,表面比较粗糙。保存较好的前 10 节椎体腹面强烈收缩成 1 条粗脊,因此其椎体横切面呈椭圆形,后 2 节椎体腹面收缩变弱,导致椎体横切面呈近圆形。背椎的神经棘发育,与椎体近等高,均稍微向后倾斜至后 1 节椎体的中部。神经棘整体呈板状,顶端明显膨大。第 8~10 节背椎保存完整的神经棘顶端膨大尤为显著。保存较好的前 8 节背椎两侧的椎弓横突比较发达并稍微向后侧延伸,但未延伸至后关节突的关节面,后 4 节背椎的椎弓横突发育相对较弱,并且侧向延伸。每节背椎的前后关节突大小相同,前 1 节背椎的后关节突叠压在紧邻的后 1 节背椎的前关节突之上。背椎的椎体横突均发育较弱,其横切面呈椭圆形。



dv—背椎;il—肋骨;pd—脚趾;ri—肋骨;比例尺均为 20 mm

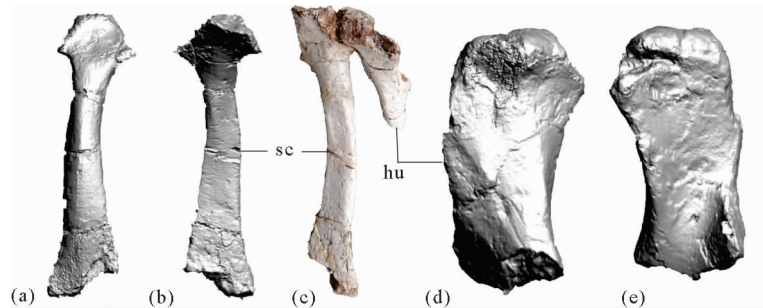
图 7 背椎、肋骨和趾骨照片

Fig. 7 Photographs of the dorsals, ribs and pedal digits

保存 14 条肋骨(图 7)。第 1 条肋骨保存长度约 25 mm,宽度约 2.5 mm,推测为颈肋。第 2 条肋骨保存长度约 56 mm,宽度约 4 mm。第 3 条肋骨保存长度约 71 mm。第 4~11 条肋骨均与椎体关联并完整保存,长度在 70~110 mm 之间,近端粗壮并向下弯曲,向远端变直并逐渐收缩成棒状。后 3 条肋骨近端弯曲不明

显,长度明显缩短。最后1条肋骨长约25 mm,中间细,两端宽,推测为荐肋。所有肋骨背面光滑,第4~8条肋骨后侧面发育明显的边缘小棱和浅沟。根据保存较好的第6条肋骨判断,肋骨为双头型。肋骨头和肋骨结节发育,前者明显小于后者。

肩胛骨几乎完整保存,近端和远端稍微缺失,保存长度约72 mm,骨柄厚实,远端扩展(图8(a)~8(c))。肱骨仅保留近端,三角肌脊强烈扩展,因此肱骨近端呈长方形(图8(c)~8(e))。



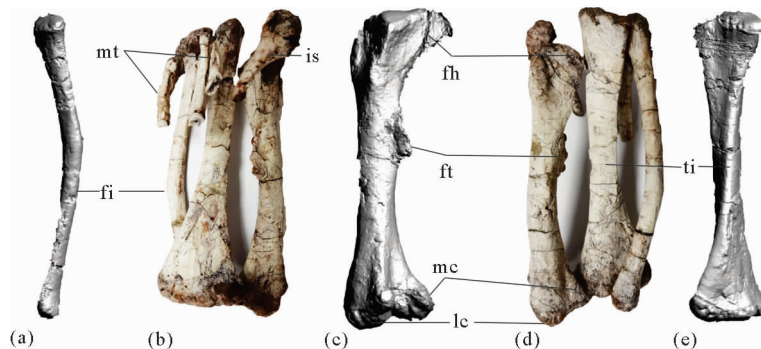
hu—肱骨;sc—肩胛骨;比例尺均为20 mm

(a)肩胛骨三维重建外侧视图;(b)肩胛骨三维重建内侧视图;(c)肩胛骨和肱骨照片;  
(d)肱骨近端三维重建外侧视图;(e)肱骨近端三维重建内侧视图

图8 肩胛骨、肱骨照片和三维重建图

Fig. 8 Photographs and 3D reconstructions of the scapula and humerus

图9为后肢骨骼照片和三维重建图,腰带仅保留左侧肠骨前部和坐骨近端(图7(b)、9(b))。肠骨前部保留长度约41 mm,呈梯形向前端逐渐收缩。肠骨外表面明显内凹,背缘向中部逐渐隆起,腹缘平直。耻骨突稍微向前腹侧延伸。坐骨近端保存长度约38 mm。近端骨体厚实,明显膨大,但未见分叉。近端内侧具有纵向发育的卵圆形开孔,孔以下部分骨干明显收缩变窄。



fh—股骨头;fi—腓骨 ft—第四转子;is—坐骨;lc—外髌;mc—内髌;mt—跗跖骨;比例尺均为20 mm

(a)腓骨三维重建侧视图;(b)后肢骨骼照片后视图;(c)股骨三维重建侧视图;(d)后肢骨骼照片前视图;(e)胫骨三维重建前视图

图9 后肢骨骼照片和三维重建图

Fig. 9 Photographs and 3D reconstructions of the hindlimb

后肢股骨、胫骨、腓骨、距骨、跟骨与跗跖骨的近端关联保存(图9(b))。由于后肢骨骼关联保存,化石照片不便于展示具体特征,故通过CT扫描和三维重建分别展示。股骨几乎完整保存,长度约为93 mm,骨干较直。股骨头强壮,侧向延伸与股骨长轴形成大的钝角。第4转子发育,长度约为17 mm,靠近股骨内侧,并稍微向内侧弯曲,远端延伸至接近股骨中间部位。第4转子中间部分与股骨骨干形成一个椭圆形凹陷。股骨远端内髌比外髌更为发育,髌间沟较宽,约与外髌关节面等宽(图9(b)~9(d))。

胫骨保存完整,长度约 100 mm,骨干较直。近端关节面膨大呈半圆形,关节面长约 26 mm,中部宽约 11 mm。远端关节面膨大更为明显,关节面长约 33 mm,中部宽约 18 mm(图 9(b)、9(d)、9(e))。

腓骨保存完整,长度约 99 mm,骨干呈弧形弯曲,宽度约为胫骨宽度的一半。近端稍微膨大呈半圆形关节面,远端膨大呈半球形关节面(图 9(a)、9(b)、9(d))。

距骨和跟骨游离保存于跗跖骨与胫腓骨之间,两者大小和形状近似,表面粗糙,边缘不规则,大致呈半球形。

保存 4 枚跗跖骨近端。第 1 跗跖骨近端稍微扩展,骨体较薄。第 2 跗跖骨最为粗壮,第 3 跗跖骨与第 2 跗跖骨宽度近似,近端扩展不明显,第 4 跗跖骨近端稍微扩展,骨干稍微弯曲(图 9(b))。

后肢保留 2 个趾骨,共 6 个趾节(含 1 爪节)。趾节表面光滑,中间收缩,前后关节面光滑,屈肌结节和外侧关节窝发育明显。爪节呈楔形向末端逐渐收缩(图 7(a))。

## 4 讨论

山东省内恐龙化石资源丰富,但主要分布在胶莱盆地北部的莱阳和南部的诸城地区,中部的青岛地区仅在下白垩统青山群八亩地组发现过小型鸟脚类恐龙化石<sup>[9]</sup>。山东省地质调查院在青岛市即墨区灵山镇下白垩统辛格庄组发现的恐龙化石具有鹦鹉嘴龙的典型特征,如吻骨前视呈倒三角形向吻端扩展,腹缘延伸超过下颌吻端;前颌骨不具牙齿;上颌骨和齿骨牙齿数量和尺寸近似;下颌牙齿舌侧齿冠中部具有明显的中脊和釉质层;颧骨具有明显的颧骨突。鹦鹉嘴龙是角龙类比较原始的单系类群,目前广泛认可的仅有 1 属 9 种。青岛即墨地区发现的鹦鹉嘴龙化石新材料保存的头骨部分骨骼愈合较好,牙齿磨蚀面明显,个别替换齿已完全出露并替换对应的功能齿,说明其已达到或接近成年个体。新材料的前颌骨与颧骨直接接触,不同于蒙古鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus mongoliensis*)、内蒙古鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus neimongoliensis*)、梅勒营鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus meileyingsensis*)和阿弥陀佛鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus amitabha*)的前颌骨与颧骨被上颌骨-泪骨分开。新材料颧骨突发育明显,不同于鄂尔多斯鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus ordosensis*)的颧骨突发育不明显。新材料的前齿骨前后向长度明显小于背腹向高度,不同于西伯利亚鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus sibiricus*)的前齿骨前后向长度大于背腹向高度。新材料缺少新疆鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus xinjiangensis*)上颌牙齿齿冠近圆形并且具有侧向弯曲齿脊的特征;缺少马鬃山鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus mazongshanensis*)和陆家屯鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus lujiatunensis*)上颌牙齿明显的三叶式齿冠特征。新材料与莱阳地区发现的中国鹦鹉嘴龙(*Psittacosaurus sinensis*)特征最为相似,如吻骨腹缘低于上颌齿列;前颌骨与颧骨直接接触,且侧面扁平;上颌骨外侧面没有凹槽和瘤突;齿骨边棱突不发育;上隅骨大于隅骨。因此可以作为中国鹦鹉嘴龙新材料。

中国鹦鹉嘴龙的发现时间较早,化石材料较多,但是此前仅发现于山东莱阳早白垩世青山群<sup>[10]</sup>。目前其它鹦鹉嘴龙的分布范围都非常局限,如梅勒营鹦鹉嘴龙仅发现于辽宁朝阳的九佛堂组<sup>[11]</sup>,马鬃山鹦鹉嘴龙仅发现于甘肃马鬃山新民堡群<sup>[12]</sup>,鄂尔多斯鹦鹉嘴龙仅发现于内蒙古鄂尔多斯的伊金霍洛组<sup>[13]</sup>,西伯利亚鹦鹉嘴龙仅发现于俄罗斯西伯利亚的 Shestakovo 地区的 Ilek 组<sup>[14]</sup>,陆家屯鹦鹉嘴龙仅发现于辽宁北票的义县组<sup>[15]</sup>,阿弥陀佛鹦鹉嘴龙仅发现于蒙古 Tsagan Nor 盆地的 Andakhudunk 组<sup>[16]</sup>。而蒙古鹦鹉嘴龙作为鹦鹉嘴龙属的模式种,自 1931 年首次被发现于蒙古 Artsa Bogdo 盆地的 Oshih 组和 Tsagan Nor 盆地的 Andakhudunk 组<sup>[17]</sup>,此后在俄罗斯西伯利亚 Mariinsk 市 Shestakovo 地区的 Ilek 组、中国内蒙古鄂尔多斯的伊金霍洛组和固阳的李三沟组陆续发现大量包括不同发育阶段的骨骼化石。鹦鹉嘴龙是典型的群居型恐龙,而且此前发现的不同属种化石材料均较丰富,尤其是中国辽西地区已经发现大量保存完整,甚至成窝保存的鹦鹉嘴龙化石<sup>[18]</sup>。胶莱盆地北部莱阳和南部诸城地区均发现种类丰富、数量庞大的恐龙化石,中部青岛地区近期也发现新的鸟脚类恐龙化石。本次发现的中国鹦鹉嘴龙新材料为在胶莱盆地中部发现更多的恐龙化石提供了重要线索和依据。随着不同地点、不同层位和不同种类恐龙化石的发现,有助于更好地了解胶莱盆地及中国东部地区恐龙动物群的演化与古地理、古气候变迁之间的耦合关系。

青岛即墨地区新发现的中国鹦鹉嘴龙新材料包括关联保存的部分头骨、下颌骨及关联保存的头后骨骼,



说明为原地埋藏。通过对化石产地详细地层剖面测量及区域地层对比研究,确定化石赋存层位为下白垩统王氏群辛格庄组底部。辛格庄组的地层时代目前仍存在争议,有观点认为其属于晚白垩世早期<sup>[19]</sup>,也有观点认为其属于早白垩世晚期<sup>[20]</sup>。此前辛格庄组发现的化石以腹足类、双壳类和介形虫为主,但上述化石延续时限较长,对论证时代意义不大。在诸城前曹发现的延吉叶肢介动物群虽然可以反映辛格庄组可能属于早白垩世,但是少数延吉叶肢介也可能延续至晚白垩世早期<sup>[21]</sup>。而鹦鹉嘴龙是东亚地区早白垩世特有的角龙类群,生存时代仅限于早白垩世的欧特里夫到阿尔必期<sup>[1]</sup>。因此,中国鹦鹉嘴龙新材料的发现为辛格庄组属于早白垩世提供了确切的古生物化石证据。

## 5 结论

通过对青岛地区发现的鹦鹉嘴龙化石特征描述、CT扫描和三维重建,确定其属于中国鹦鹉嘴龙。该发现把中国鹦鹉嘴龙的地理分布范围从胶莱盆地北部莱阳地区扩展到盆地中部青岛地区,生存时代从早白垩世青山期扩展到早白垩世王氏期,并为辛格庄组地层时代确定为早白垩世提供了关键的化石证据。

### 参考文献:

- [1]周长付,高克勤,杜湘珂,等.鹦鹉嘴龙的研究进展及CT应用[J].北京大学学报(自然科学版),2006,42(2):146-152.  
ZHOU Changfu,GAO Keqin,DU Xiangke,et al.Advances in the study of Psittacosaurids and the application of CT scan[J].Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis,2006,42(2):146-152.
- [2]BULLARC M,ZHAO Q,BENTON M J,et al.Ontogenetic braincase development in *Psittacosaurus lujiatunensis* (Dinosauria:Ceratopsia) using micro-computed tomography[J/OL].PeerJ,2019,7.DOI 10.7717/peerj.7217.
- [3]WEISHAMPEL D B,OSMÓLSKA H,DONSON P.The dinosauria[M].Berkeley:University of California Press,1990:579-592.
- [4]TUMANOVA T A.The age of dinosaurs in Russia and Mongolia[M].New York:Colombia University Press,2000:480-516.
- [5]柳永清,旷红伟,彭楠,等.山东胶莱盆地白垩纪恐龙足迹与骨骼化石埋藏沉积相与古地理环境[J].地学前缘,2011,18(4):9-24.  
LIU Yongqing,KUANG Hongwei,PENG Nan,et al.Sedimentary facies of dinosaur trackways and bonebeds in the Cretaceous Jiaolai basin, eastern Shandong, China, and their paleogeographical implications[J].Earth Science Frontiers,2011,18(4):9-24.
- [6]杨钟健.山东莱阳恐龙化石[J].中国古生物志,新丙种第16号,1958,16:39-52.  
YOUNG C C.The dinosaurian remains of Laiyang, Shantung[J].Palaeontologia Sinica, New Series C,1958,16:39-52.
- [7]施炜,张岳桥,董树文,等.山东胶莱盆地构造变形及形成演化:以王氏群和大盛群变形分析为例[J].地质通报,2003,22(5):325-334.  
SHI Wei,ZHANG Yueqiao,DONG Shuwen,et al.Tectonic deformation and formation and evolution of the Jiao-Lai basin, Shandong: A case study of a deformation analysis of the Wangshi and Dasheng Groups[J].Geological Bulletin of China,2003,22(5):325-334.
- [8]姜在兴,熊继辉,王留奇,等.胶莱盆地下白垩统莱阳组沉积作用和沉积演化[J].石油大学学报(自然科学版),1993(2):8-16.  
JIANG Zaixing,XIONG Jihui,WANG Liuqi,et al.Sedimentology and sedimentary evolution of lower Cretaceous Laiyang Formation in Jiaolai basin[J].Journal of the University of Petroleum,China,1993(2):8-16.
- [9]任天龙,王金光,宁振国,等.山东青岛地区首次发现恐龙化石[J].地质通报,2017,36(11):2054-2060.  
REN Tianlong,WANG Jinguang,NING Zhenguo,et al.First discovery of dinosaur in Qingdao area of Shandong Province[J].Geological Bulletin of China,2017,36(11):2054-2060.
- [10]赵喜进.山东莱阳鹦鹉嘴龙一新种[J].古脊椎动物与古人类,1962(6):349-360.  
ZHAO Xijin.A new species of *Psittacosaurus* from Laiyang, Shantung Province[J].Vertebrata Palasiatica,1962(6):349-360.
- [11]SERENO P C,SHICHIN C.*Psittacosaurus xinjiangensis* (Ornithischia:Ceratopsia), a new Psittacosaur from the Lower Cretaceous of Northwestern China[J].Journal of Vertebrate Paleontology,1988,8:353-365.
- [12]XU X.A new Psittacosaur (*Psittacosaurus mazongshanensis* sp.nov.) from Mazongshan Area, Gansu Province, China[M].

- Beijing:China Ocean Press,1997:48-67.
- [13]RUSSEL D A,ZHAO X J.New Psittacosaur occurrences in Inner Mongolia[J].Canadian Journal of Earth Sciences,1996,33:637-648.
- [14]AVERIANOV A O,VORONKEVICH V,LESHCHINSKIY SV,et al.A ceratopsian dinosaur *Psittacosaurus sibiricus* from the Early Cretaceous of west Siberia,Russia and its phylogenetic relationships[J].Journal of Systematic Palaeontology,2006,4(4):359-395.
- [15]ZHOU C F,GAO K Q,FOX R C,et al.A new species of *Psittacosaurus* (Dinosauria,Ceratopsia) from the Early Cretaceous Yixian Formation,Liaoning,China[J].Palaeoworld,2006,15(1):100-114.
- [16]NAPOLI J G,HUNT T,ERICKSON G M,et al.*Psittacosaurus amitabha*, a new species of ceratopsian dinosaur from the Ondai Sayr locality,Central Mongolia[J].American Museum Novitates,2019,3932:1-36.
- [17]YOUNG C C.On some new dinosaurs from western Suiyuan Inner Mongolia[J].Bulletin of the Geological Society of China,1932,11:259-266.
- [18]MENG Q J,LIU J Y,VARRICCHIO D J,et al.Parental care in an ornithischian dinosaur[J].Nature,2004,431:145-146.
- [19]余继峰,曹慧涛,付文钊,等.胶莱盆地止凤庄组、红土崖组微量元素地球化学特征及古环境分析[J].山东科技大学学报(自然科学版),2021,40(2):1-11.
- YU Jifeng,CAO Huitao,FU Wenzhao,et al.Geochemical characteristics and paleoenvironmental analysis of trace elements of Zhifengzhuang and Hongtuya formations in Jiaolai basin[J].Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science),2021,40(2):1-11.
- [20]徐伟祥.胶莱盆地万家至蓝村一带白垩纪陆相“红层”火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义[J].地质学报,2019,93(增 1):29-36.
- XU Weixiang.LA-ICP-MS U-Pb zircon U-Pb ages of Cretaceous continental “red layer” volcanic rocks in Wanjia-Lancun area of Jiaolai basin and their geological significance[J].Acta Geologica Sinica,2019,93(S1):29-36.
- [21]沈炎彬.胶东白垩纪叶肢介[J].古生物学报,1981,20(6):518-526.
- SHEN Yanbin.Cretaceous conchostracan fossils from eastern Shandong[J].Acta Palaeontologica Sinica,1981,20(6):518-526.

(责任编辑:高丽华)