

滇中楚雄盆地上侏罗统妥甸组生物化石的发现及古环境意义

李维科^{1,2)}, 杨新标³⁾, 胡绍斌¹⁾, 刘军平⁴⁾, 张虎¹⁾, 赵江泰¹⁾,
晏海宝⁵⁾, 卢晓萍¹⁾, 杨后斌¹⁾, 邹菲⁴⁾

- 1) 云南省地质调查院, 昆明, 650216;
- 2) 自然资源部三江成矿作用及资源勘查利用重点实验室, 昆明, 650051;
- 3) 中国石油辽河油田公司勘探开发研究院, 辽宁盘锦, 124010;
- 4) 赣南师范大学地理与环境工程学院, 江西赣州, 341000;
- 5) 中化地质矿山总局云南地质勘查院, 昆明, 650200

内容提要:滇中楚雄盆地在晚侏罗世时期属于典型的内陆湖泊环境, 沉积了巨厚的红色碎屑岩地层, 也就是俗称的“红层”。作者通过开展1:5万区域地质调查工作, 在楚雄盆地双柏地区上侏罗统妥甸组中首次发现了一个恐龙、龟类、鱼类、双壳类及植物化石共生的化石点。这些化石保存状态完好, 属于原地埋藏, 赋存层位岩性主要为紫红色细粒岩屑砂岩和粉砂质泥岩。经研究确认, 本文发现的恐龙属于兽脚类恐龙, 龟类为峨山新疆蛇颈龟, 鱼类为鳞齿鱼, 双壳类为对门蚌, 植物化石则属于穗花杉。同时, 还发现了其他分类不明脊椎动物的化石碎片。这一重要发现不仅丰富了我们对于楚雄盆地晚侏罗世生物多样性的认识, 也填补了该盆地上侏罗统脊椎动物化石记录的空白。根据化石组合特征以及岩层中发育的波痕等沉积构造分析, 埋藏地区在晚侏罗世为较为稳定的低能湖相水域环境。而化石的共生理藏状态表明, 晚侏罗世该区域的湖泊面积出现了严重萎缩, 水域面积急剧减少, 气候变得炎热干旱, 生态环境也随之恶化。

关键词:楚雄盆地; 晚侏罗世; 妥甸组; 生物化石; 共生理藏

滇中楚雄盆地发育着侏罗系—白垩系完整的红层沉积序列, 为一套典型的陆内湖泊相沉积, 属于楚雄地层小区, 绿汁江断裂带以东发育着诸多大小不等且分散的小盆地—武定盆地、禄丰盆地、甸中盆地等, 归属昆明地层小区。滇中地区在早侏罗世处于温暖湿润的热带—亚热带气候环境, 至中晚侏罗世逐渐变为炎热干旱的气候环境(申欢, 2021)。滇中地区下—中侏罗统陆续发现多处化石点, 但上侏罗统鲜见报道, 仅发现叶肢介、昆虫化石(张志军等, 2003; 程政武等, 2004)及轮藻类化石(刘俊英, 2002)。

自1938年卞美年先生在禄丰地区首次发现恐龙化石以来(杨钟健, 1939), 恐龙化石的发现和持续成为研究热点, 之后在滇中地区陆续发现了

一系列恐龙化石(白子麒, 1999; 董枝明, 1980; Zhang Qiannan et al., 2018; 王国付等, 2019; 胡绍斌, 2024;)、恐龙足迹化石(胡绍锦, 1983; 陈伟, 2000; 邢立达等, 2009; 王涛, 2015)及其它四足类脊椎动物化石(崔贵海, 1976), 主要赋存于下—中侏罗统。其中, 早侏罗世以禄丰龙动物群为代表, 化石赋存于下侏罗统禄丰组; 中侏罗世以川街龙动物群为代表; 晚侏罗世以“川街马门溪龙动物群”为代表(李奎, 1997; 方晓思, 2004), 因其化石鉴定及层位长期存在争议, 因此在云南尚未发现真正意义上的晚侏罗世恐龙化石。恐龙化石的核心地史时限为三叠纪晚期至白垩纪末期(鞠书彬等, 2022; 夏梦丽等, 2023; 于娟等, 2025), 在滇中主要集中于早—中侏罗世, 早白垩世仅发现恐龙足迹化石(莫雄等, 2025), 该地



注: 本文为云南省自然资源厅基金项目(编号: D202207)、云南省科学技术厅项目(编号: 202305AD160031、202401AT070012)及赣南师范大学博士科研启动基金(编号: BSJJ202534)的成果。

收稿日期: 2025-10-20; 改回日期: 2025-12-28; 网络首发: 2025-01-20; 责任编辑: 李明。Doi: 10. 16509/j. georeview. 2026. 01. 022

作者简介: 李维科, 男, 1982年生。硕士, 高级工程师。从事区域地质矿产调查及研究; Email: ynddylwk@163.com。通讯作者: 刘军平, 男, 1983年生。博士, 正高级工程师。主要从事区域地质及古生物调查综合研究; Email: 271090834@qq.com。

区恐龙以蜥脚型类为主,已命名的恐龙约有10余种(孙艾玲,1985;胡绍锦,1993;徐金蓉,2014;王娅明,2017),除了蜥脚型类,滇中地区还有兽脚类恐龙,如金时代龙是云南中侏罗世的首个兽脚类恐龙,禄丰盘古盗龙是亚洲首次发现的保存较好的腔骨龙类恐龙等。

鳞齿鱼(*Lepidotes*)在地史上最早见于南非的Lualaba层(Hussakof, 1917)和欧洲上西利西亚晚三叠世(Michael, 1893),侏罗纪—早白垩世较为繁盛,有很多种,遍布欧、美、亚、非各洲,晚白垩世仅残存少数种,地史时限主要分布于晚三叠世—早白垩世,我国最早发现于四川侏罗系(刘宪亭等,1961;王念忠,1974)。滇中楚雄地区最早由苏德造(1980)报道,认为其赋存于云南姚安县白垩系江底河组,定为姚安鳞齿鱼(*Lepidotes yaoanensis*)(苏德造,1980),其对比研究认为鱼化石产出层位为下白垩统,实际具体层位不清楚。中侏罗统老罗村组中发现较多鱼类化石碎片,赋存于一套灰色钙质泥岩层中,姚安鳞齿鱼之后在滇中侏罗系红层地区鲜有鱼类化石报道。

叶祥奎1973年报道了在云南峨山县甸中地区“上禄丰群”中发现的一些龟板碎片和一件部分完整的龟类化石,经对比研究将其定为峨山蛇颈龟(*Plesiochelys oshanensis*),之后被修订为峨山新疆龟(*Xinjiangchelys oshanensis*),认为其可与四川、新疆乃至欧洲地区同一时期龟类化石进行对比,时代属晚侏罗世(叶祥奎,1973,1982,1990;Tong Haiyan, 2015;Brinkman et al., 2013;张伟强,2024);我国有关该类动物的记录是从1953年开始的,叶祥奎于1982年报道了四川中侏罗世龟化石,1990年报道了四川自贡大山铺龟化石,认为其均可归入成渝龟属(*Chengyuchelys*),其特征与新疆龟不同,时代为中侏罗世;此后迭有发现,迄今已有多种,其时代都被认为是晚侏罗世,个别种还被认为有早白垩世的可能。峨山县“上禄丰群”属昆明地层小区,与楚雄盆地上侏罗统妥甸组对比为同一层位,晚侏罗世楚雄盆地与昆明盆地未完全连通(刘军平等,2023;刘文慧等,2024),但均属陆内淡水环境,迄今在楚雄盆地红层中尚未见龟类化石的报道。本文新发现的蛇颈龟类化石为蛇颈龟类区系组成及其生态问题研究提供了新的重要资料;同时,双壳类化石的发现为区域沉积环境的重建提供了可靠的古生物学证据。

滇中楚雄盆地发现大量的恐龙化石,但主要集中于早—中侏罗世,早侏罗世以禄丰龙动物群为代

表,主要为早期分化蜥脚型类恐龙,中侏罗世以川街龙动物群为代表,有蜥脚类和兽脚类两类恐龙;尚未发现真正意义上的晚侏罗世恐龙化石,且在楚雄盆地侏罗纪红层中尚未发现其它化石。本文通过1:5万区域地质填图,对双柏地区红层进行全面详细的野外地质调查,在双柏县木樟郎村附近上侏罗统妥甸组中首次发现了恐龙、龟类、鱼类、双壳类及植物化石共生的化石点,为滇中地区晚侏罗世生物组合及生态环境研究提供了重要资料。

1 地质背景

滇中地区红层沉积主要分布于楚雄地区,零星分布于昆明周边武定、禄丰、峨山等地,以元谋—绿汁江断裂为界,将滇中地区红色陆相沉积盆地分为“大盆地”和零星“小盆地”,以楚雄为中心的红色沉积区为楚雄盆地,归属楚雄地层小区,昆明周边零星的红色沉积为“小盆地”,归属昆明地层小区,两者之间分布为传统的滇中古陆。研究区位于滇中楚雄地区,大地构造位置属扬子陆块西缘楚雄盆地,位于元谋—绿汁江断裂与红河断裂之间夹持的区域(图1),在侏罗纪—白垩纪时期处于拉张、裂陷时期,表现为一系列陆相红色盆地的形成,晚侏罗世时期的沉积主要为一套紫红色、暗紫红色的泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹粉—细砂岩组合,该套沉积被命名为上侏罗统,为典型的陆相红层沉积,沿裂隙多发育一些钙质网纹,反映了炎热干旱的气候、且处于持续暴露氧化的浅水环境特征,主要出现在滨湖、浅湖沉积环境中(刘军平等,2024;高抒,2025;王爱军等,2025;杨劲松等,2025)。妥甸组可对比为昆明地层小区上禄丰群解体后的麻地山组(方晓思,2000;程琰勋等,2024)。

研究区地层由下至上依次由上三叠统普家村组(T_3p)、干海子组(T_3g)、舍资组(T_3s),下侏罗统冯家河组(J_1f),中侏罗统张河组(J_2z),上侏罗统蛇店组(J_3s)、妥甸组(J_3t)及下白垩统高峰寺组(K_1g)、普昌河组(K_1p)组成,三叠系以含煤岩系为主,岩性主要为一套灰—深灰色、灰黑色砾岩、岩屑石英砂岩、粉砂质泥岩、泥岩夹煤层,形成于三角洲河流—三角洲平原沼泽相,主要分布于楚雄盆地东侧边缘地带,角度不整合于滇中古陆前寒武系之上;侏罗系主要以一套红色碎屑沉积为主,岩性由紫红色岩屑长石砂岩、长石石英砂岩、紫红色泥质粉砂岩、泥岩组成,局部发育灰色钙质泥岩及泥灰岩层,或二者互层形成局部杂色层,为典型的内陆湖相沉积(Liu

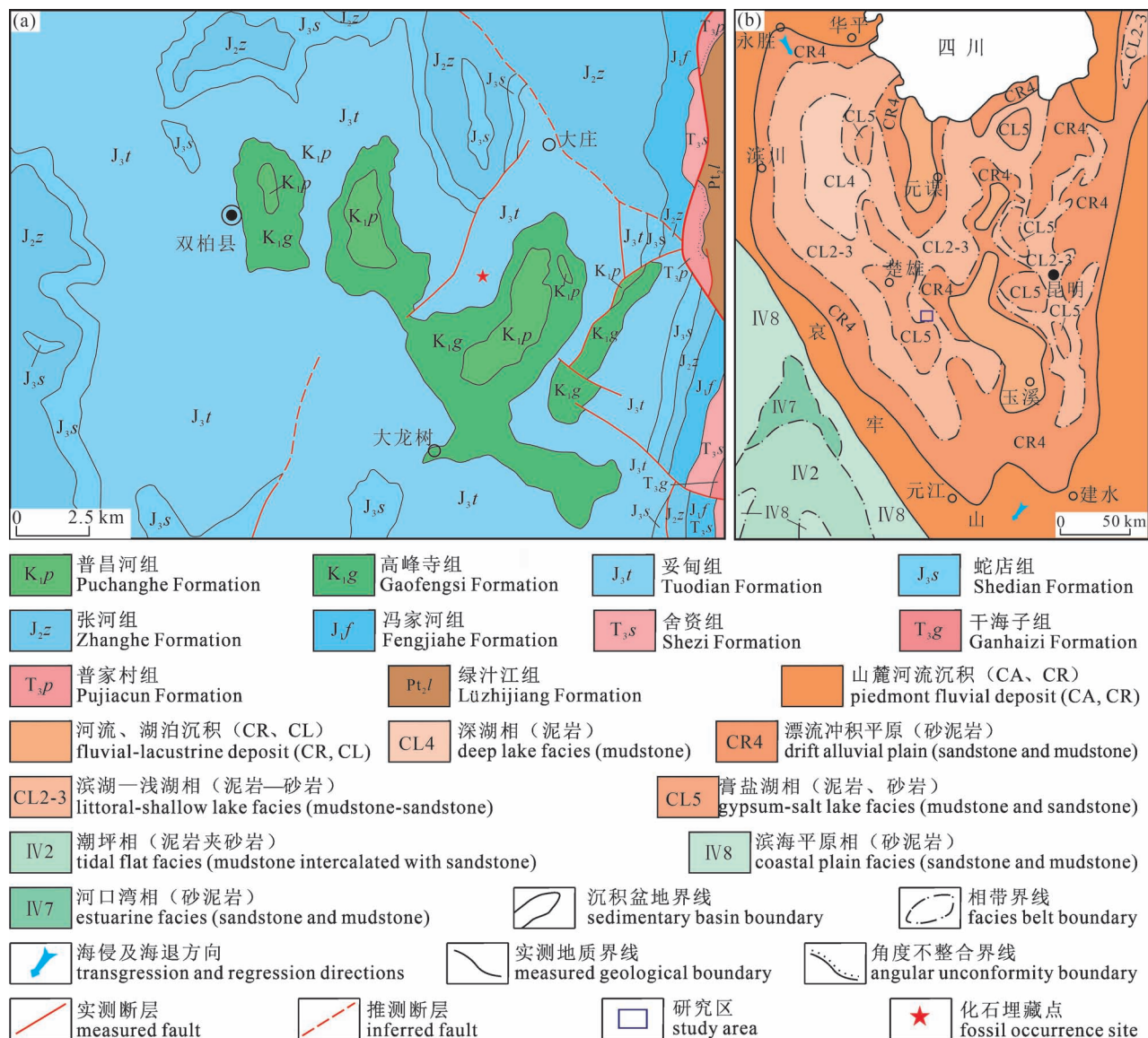


图1 滇中楚雄盆地地质简图(a)及晚侏罗世岩相古地理图(b)

Fig. 1 Geological diagram of the Chuxiong Basin, central Yunnan (a) and lithofacies palaeogeography of Late Jurassic (b)

Jumping et al., 2020, 2021, 2023; 张波等, 2025); 下白垩统高峰寺组呈现红色沉积为主, 岩性主要为灰紫色、紫红色夹浅灰色块状—厚层状长石石英砂岩、紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩, 下部以砂岩为主局部夹砾岩透镜体, 上部以砂岩减少泥岩增加, 为三角洲前缘—滨—浅湖相沉积; 下白垩统普昌河组为紫红色层, 岩性以紫红色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为主夹岩屑石英砂岩, 为滨—浅湖相沉积; 侏罗系与白垩系整体表现为炎热—干旱环境沉积。

本文的化石发现于滇中楚雄上侏罗统妥甸组(J_{3t}), 该组由下而上可以分为3个岩性段: 一段为紫红色泥岩与灰黄色、黄绿色钙质泥岩、泥灰岩互层形成杂色层, 整合覆于上侏罗统蛇店组(J_{3s})砂岩之

上; 二段以紫红色泥岩为主, 局部层间偶夹紫红色粉砂岩及透镜状细粒岩屑砂岩, 靠上部渐变为紫红色泥岩为主, 断续夹厚1~2 m的灰色钙质泥岩层; 三段岩性为灰色钙质泥岩、泥灰岩互层, 局部夹紫红色砂岩、泥岩, 被下白垩统高峰寺组(K_{1g})紫红色块状—厚层状长石石英砂岩夹砾岩平行不整合覆盖, 其年代地层被置于上侏罗统。此次发现的化石主要赋存于妥甸组二段紫红色细砂岩、泥质粉砂岩、泥岩层中, 地质时代为晚侏罗世。

2 埋藏背景及化石特征

2.1 埋藏背景

化石埋藏地点位于楚雄盆地东部, 为红层分布

区,赋存地层为上侏罗统妥甸组,岩性由紫红色细粒岩屑砂岩、泥质粉砂岩、泥岩组成,细砂岩层在走向上呈不稳定透镜状分布,细砂岩、泥质粉砂岩、泥岩呈厚一块状紫红色,泥岩中普遍发育钙质网纹构造,泥质粉砂岩中发育小型波痕构造及砂纹层理,显示位于滨湖环境,表现为一套炎热干旱陆相湖泊滨湖环境沉积。

本文发现的化石主要有恐龙、龟类、鱼类、双壳类及植物化石,其中恐龙化石分布于两个层位:①下部层位为恐龙、龟类、鱼类、双壳类及植物化石共同埋藏,同时还发现有种类不明脊椎动物化石碎片;②上部层位仅发现恐龙化石骨骼,与下部层位化石点直线距离相距约 100 m。龟类、鱼类、双壳类化石保存相对完整,植物化石有茎、叶,部分叶片靠顶端形态保存完整,部分鱼化石呈碎片状,化石整体面貌显示其未经长距离搬运或原地埋藏,少数受波浪冲刷造成部分化石破碎。附近岩层中发现波长约 1~2 cm 对称波痕,说明化石埋藏于滨湖环境,具体产出层位及产出特征见图 2。古生物化石的形成条件比较严苛,鱼类的尸体快速沉入水底,并被沉积物覆盖,尸体才能在缺氧环境下完整的保存成化石,指示原地埋藏(陈平富等,2000;何梅朋,2023;葛忠伟等,2025);生物群化石大部分保存完整,少部分搬运距离较短,可能是从湖泊边缘的浅水区域或水流注入附近的水域经过短距离的搬运而堆积在一起的,所以可以认为搬运距离未超出它们的生活区域,属于典型的准原地埋藏,此埋藏方式为进一步讨论分析埋藏环境和沉积环境奠定了基础。

综上,其埋藏环境为相对稳定的低能湖相水域。

2.2 化石特征

鱼化石:野外埋藏特征及发掘现场见图 3a~b。化石个体长 8~25 cm 为主,个体小者较完整,体呈纺锤形,略侧扁,背缘略隆起,头骨侧视略呈三角形,嘴略尖;背鳍、腹鳍均有保存,背鳍位于体长中点之后,背鳍前缘有发达的棘鳞;鳞片厚大,呈菱形,躯干前部的体侧鳞高略大于宽,鳞片前后覆压,外表似呈长方形,由背缘至尾柄鳞片逐渐变小,高与宽近似,呈斜方形。鳞片后缘均无锯齿,前上角显著向前突出,未见关节突和关节窝;属半椎鱼目(*Semionotiformes*)、半椎鱼科(*Semionotidae*)、鳞齿鱼属(*Lepidotes*),分布区域遍布全世界,生活于侏罗纪—白垩纪湖泊;化石标本经徐光辉教授鉴定为鳞齿鱼。

龟化石:野外埋藏特征见图 3c,背甲及腹甲保

存完整度为 90%,背甲长 13 cm,宽 8~10 cm,甲壳呈椭圆形,较厚且低平,前缘浅凹,盾沟较浅。椎板较宽,大多数呈六边形,短侧边在前。肋板内外缘长度交替变宽变狭,肋缘沟、缝一致。椎盾宽,肋盾不清晰。缘板、缘盾均较窄,顺肋板弧度向下倾斜,在腹部与舌腹甲、下腹甲延伸的两侧缝连。颈板有点凹缺,其背甲及椎板保存完整,椎板 9 块,肋板 8 对,其第 7 节与第 8 节椎板连接处不完整,狭长且与三块臂板的第一块相接(图 3d)。可与叶祥奎(1973)在云南峨山县“上禄丰群”中发现的峨山蛇颈龟 *Plesiochelys oshanensis* 进行对比,时代归属晚侏罗世,其赋存地层为麻地山组,为一套紫红色泥岩夹砂岩透镜体,与此次发现的龟类化石生存环境相似,时代一致,应属同一种类,暂将此次在双柏地区发现的龟类化石鉴定为峨山新疆龟 *Plesiochelys oshanensis*,属蛇颈龟科 *Plesiochelyidae*,新疆龟属,生存于淡水环境,经过详细对比之后不相同之处为脊椎形状存在差异,不排除此次发现的龟类化石属于新种,点附近发现多只(>5 只)龟类化石,是较好的龟类化石研究场所,该发现对于古动物区系和迁徙问题的探讨更有意义。

恐龙化石:野外埋藏特征见图 3e,恐龙化石可能遭小规模搬运冲刷,化石为准原地埋藏,骨骼长约 40 cm,对清理出的部分化石进行修复,其脚趾长约 18 cm,依据恐龙形态复原比例推测其体长约 9 m,从其脚趾形态(图 3f)判断为肉食类恐龙,按恐龙形态学分类属兽脚类恐龙,与鳞齿鱼共同埋藏或共生,可能生存于同一环境;恐龙的具体属种研究有待相关学者进一步深入研究。

双壳类化石:左右对称,壳横长椭圆形,长 3~10 cm,高 2~6 cm,壳长约为壳高的 2 倍。中等膨凸,壳体中部最凸。前端窄圆,后背边均匀弯斜向下与狭圆的后端相连,前、后端略等高,腹边宽曲。壳顶明显且不太宽,前转内曲,尖端指向后面的 V 字形褶皱显现于壳上,其余部分伴有生长线;背边直,腹边圆,后肌痕成卵形,前肌痕极深,对比为对丽蚌 *Lamprotula antiqua*(图 3g),生活于淡水环境。

植物化石:以直径宽 3~6 cm 植物杆、茎、叶为主,形态笔直,长约 10~30 cm 为主,断面保持了植物化石特征,保存下来的叶片顶端完整的形态呈楔形,羽片呈线形,以宽角着生于轴上,叶片以锐角自中轴伸出,并以锐角分出与裂片数目相等的侧脉,根据其形态将其对比穗花杉(图 3h),时代为早侏罗世至今,野外可见与植物化石共同埋藏的有鱼类化石,

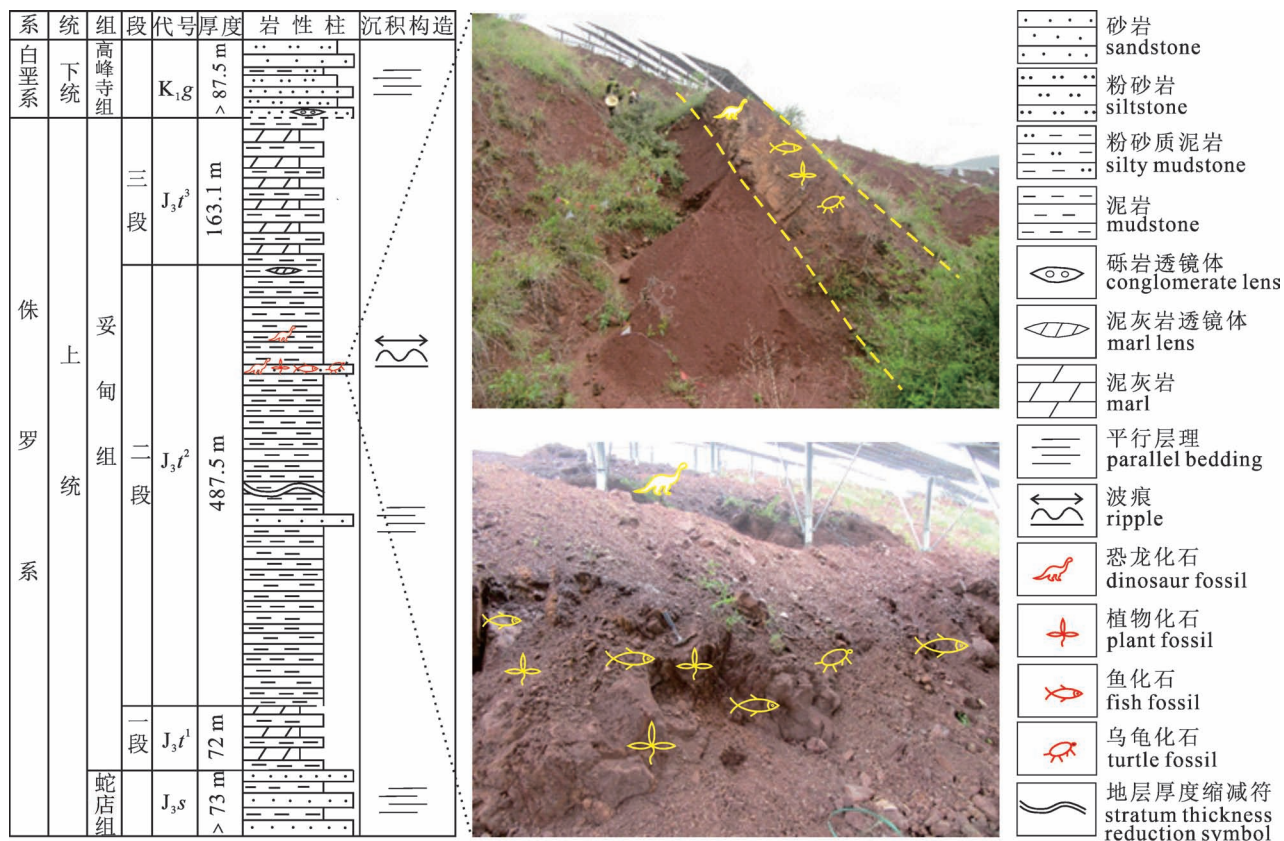


图2 滇中楚雄盆地妥甸组化石埋藏层位及野外照片

Fig. 2 Fossil burial levels and field photos of the Tuodian Formation in the Chuxiong Basin, central Yunnan

植物化石可能为搬运至湖泊与鱼类共埋藏。

除以上化石外,该化石点还发现有其它不明种类脊椎动物化石,有待进一步发掘研究,该点为楚雄盆地种类最多且化石最丰富的埋藏点,具有较好的研究价值。

3 地层学及古环境意义

化石是地球上过去生命存在的直接证据,在地质学的应用是它能指示当时地球上的地质及地理环境,地质历史上的气候及其演变,用来划分地层并对比地层的年代,提供可靠的生物演化特征。本文发现恐龙、龟类、鱼类、双壳类及植物化石共生的保存状态,显示该地区晚侏罗世时期具有较高的生物多样性和环境适宜性,淡水鱼类、龟类、双壳类局限于内陆水域,其化石通常埋葬在原地,其生态习性最能直接反应其生存环境,即可反演古沉积环境或水系特征(陈平富,2000;徐伟等,2025)。

鳞齿鱼生存于中生代,化石在全球多地均有发现,为淡水或半咸水鱼类。此次在双柏地区发现的鳞齿鱼生活在陆内淡水湖相环境,与其可对比的为

早白垩世姚安鳞齿鱼(*Lepidotes yaoansis*),由苏德造于1980定名并报道,标本由姚安中学一名老师提供,采集准确地点存疑,苏德造认为其赋存于云南姚安县白垩系江底河组,其赋存的地层可能存在疑问;刘宪亭等于1961年在重庆一带侏罗系中发现鳞齿鱼,定名为重庆鳞齿鱼(*Lepidotes chungkingensis*),认为其赋存于侏罗系上统自流井组,时代为晚侏罗世,此次笔者发现的鳞齿鱼可与其进行对比,时代上相近。王念忠于1974年报道了泸州鳞齿鱼(*Lepidotes luchowensis*),其赋存层位无记载,推测其生存时代为早一中侏罗世(王念忠,1974;付江等,2024);综合前人资料,我国西南地区鳞齿鱼生活的地史时限为晚三叠世—早白垩世,从海相—海陆过渡相—陆内湖泊相,代表了晚三叠世至早侏罗世具连续沉积且该鱼类逐步发展演化特征。此次在楚雄盆地晚侏罗世陆相红层中发现的鳞齿鱼显然生活于淡水湖泊,填补了该地区晚侏罗世鱼类演化资料。

本文发现的龟类化石可与叶祥奎(1973)在云南峨山县甸中地区“上禄丰群”中发现的新疆蛇颈龟(*Xinjiangchelyidae. Xinjiangchelys*)进行对比,叶祥

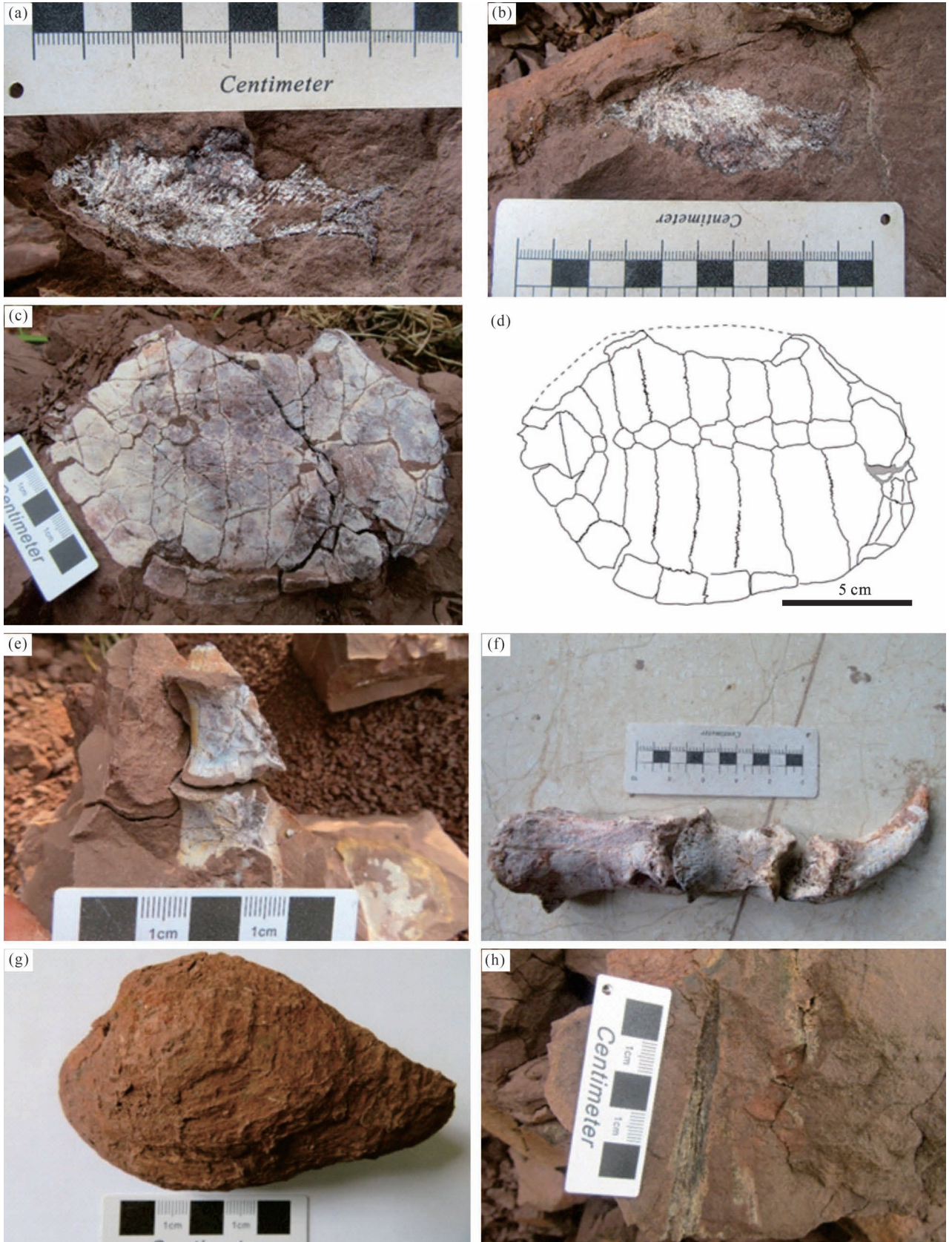


图3 滇中楚雄盆地妥甸组生物化石特征

Fig. 3 Fossil characteristics of the Tuodian Formation in the Chuxiong Basin, central Yunnan

- (a) (b) 鳞齿鱼化石;(c) 龟类化石埋藏特征;(d) 背甲结构图;(e) 恐龙化石;(f) 恐龙化石趾骨;(g) 对丽蚌化石;
(h) 植物化石穗花杉
(a) (b) fossils of *Lepidotes*; (c) burial characteristics of turtle fossils; (d) schematic diagram of carapace; (e) dinosaur fossil;
(f) dinosaur phalanx fossil; (g) fossils of *Lamprotula*; (h) fossil of *Amentotaxus*

奎经过调查研究,并与欧洲和四川广安的蛇颈龟完全可以进行对比,将其时代归属晚侏罗世。该龟类化石属陆相淡水生物,受水域限制,但在全球范围多处被发现且可进行对比,从生物角度来讲古陆块及古水域具相通性,为板块格局演化及提供了资料(卞吴达等,2024;叶翔等,2025;张进等,2025)。叶祥奎(1973)在峨山县甸中地区报道的蛇颈龟位于元谋—绿汁江断裂带以东的滇中古陆上的“小盆地—甸中盆地”,本文发现的龟类化石位于以楚雄为中心的“大盆地—楚雄盆地”,从龟类化石类比性推测晚侏罗世“大盆地”与“小盆地”之间水系及诸多小盆地之间水系在当时相互连通。

滇中地区恐龙化石划分为早侏罗世的禄丰龙动物群、中侏罗世川街龙动物群和晚侏罗世“川街马门溪龙动物群”3套序列(程政武等,2004;胡绍斌等,2024),目前,在滇中地区发现的晚侏罗世恐龙仅有马门溪龙(方晓思等,2004),但其鉴定及层位存在争议,埋藏地层缺乏年代学依据。本文在滇中地区新发现的恐龙,脚趾骨复原比例推测其体长约9 m左右,其脚趾骨形态和大小与前人发现的体形相对较大的植食性蜥脚类恐龙——马门溪龙差异明显,新发现的恐龙形态特征更接近于兽脚类食肉类恐龙;伴生化石鳞齿鱼、龟类的时代及保存地层的岩性特征,均显示新发现的恐龙化石产出层位为上侏罗统,本文的发现为楚雄盆地晚侏罗世恐龙添加了新的类群,为研究区生物多样性和系统演化提供了重要的基础资料。

任何生物群落都有特定的生存环境,而且在相对固定的生活环境下,彼此共生的不同种属构成特定的生物共生组合。此次发现的5种生物化石埋藏特征显示,鱼类化石数量多,大小不一,多数相对完整,部分保存完整,少数呈碎片状,以原地埋藏为特征;龟类化石发现4只,对产出层位分析认为可能更多(多至数十只),保存相对完整,背甲和腹甲完整度达75~90%,为原地埋藏;蚌类化石保存完整,形态清晰,大小存在差异,种属单一,符合生态演化自然特征,为原地埋藏;恐龙化石骨骼分布点附近化石分布零散,恐龙死亡后可能未被迅速埋藏,受滨湖环境间歇性高能水体冲刷及其它生物破坏造成,搬运

距离不太远;植物化石部分茎秆及叶片形态保存完好;龟类、鱼类及壳类大量发育说明水域中氧气和阳光充足,生物群有足够的食物,据生物特性生存于淡水环境,且在同一块标本上可见植物化石与鱼类化石共生理藏,可见良好生态环境;综合化石组合特征显示在较小水域范围内化石种类多,数量丰富,保存相对完整,显示其死亡后准原地埋藏于滨湖相低能水体环境。

生物死亡的一个重要的因素是外界环境的影响,气候的变化、温度、水深的改变、食物和阳光的减少都会引起生物大规模死亡,不同种类及个体的共同埋藏反映了上侏罗统妥甸组生物群落非正常死亡。众多物种短时间集体死亡共生理藏的特征显示其共同生活的生态环境突变特征,研究显示干旱气候包含恐龙化石高达80%(胡海虔,2016;金文正,2024;刘桃等,2025;朱峰等,2025;杨剑等,2025),晚侏罗世楚雄盆地处于炎热干旱环境,作者认为其水域逐渐缩小并干涸,生物因生存需要逐渐汇聚小水域后因炎热缺水死亡。全球侏罗纪恐龙化石点的分布规律存在强烈的差异,研究发现早、中和晚侏罗世均有80%左右的恐龙化石分布在干旱带,且以热带沙漠气候为主,说明干旱气候利于恐龙化石保存。申欢等(2021)通过对早侏罗世富含恐龙化石的禄丰盆地开展恐龙牙齿磷灰石的氧和碳同位素分析研究,认为禄丰盆地早侏罗世属于热带草原气候,可能有干湿两季的差别,这种干湿分明的气候特点不仅有利于恐龙的生存繁殖,也利于恐龙化石的保存,与滇中红层岩系早侏罗世恐龙化石繁盛相互印证,中侏罗世恐龙化石减少,晚侏罗世甚至未发现确切的恐龙化石,推测早侏罗世具干湿分明的气候特点,中侏罗世逐渐变干旱,晚侏罗世应以热带干旱气候为主,生态环境逐渐不利于生物生长繁殖。

4 结论

(1)在楚雄盆地首次发现晚侏罗世恐龙、龟类、鱼类、双壳类及植物化石共生原地埋藏化石点,赋存于上侏罗统妥甸组,该生物化石群落为楚雄盆地晚侏罗世地层确切的科学记录,表明该地区在晚侏罗世时期具有较高的生物多样性,填补了楚雄盆地上

侏罗统生物化石的空白,为地层对比及生物演化研究提供了新的资料。

(2)通过对化石埋藏环境研究,结果显示为相对稳定的低能湖相水域环境,为物源充足背景的快速充填的沉积环境,多种生物化石的共生埋藏反应其生存水域的严重萎缩,推测极端炎热干旱的生态环境导致生物体的集体死亡。

(3)通过对本文新发现的恐龙化石进行研究,认为其属兽脚类恐龙,可能为该地区新的种属,具体分类位置的确定还需进一步研究。

致谢:感谢审稿专家对文章细心地审阅并提出宝贵的意见。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

白子麒. 1999. 云南玉溪地区发现的恐龙动物群. 见: 王元青, 邓涛. 主编. 第七届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社: 109~116.

卞昊达, 刘仲兰, 冯书铭, 王元. 2024. 板块扩张中心的构造缩短. 华东地质, 45(4): 381~386.

陈平富. 2000. 古湖泊学研究中鱼化石埋藏学方法. 现代地质, 14(3): 379~384.

陈伟. 2000. 中国恐龙足迹类群. 重庆师范学院学报, 17(4): 56~62.

程琰勋, 赵萌生, 张亚, 徐磊, 徐杰, 黄加忠, 杨明龙, 涂春霖, 李怡颖. 2024. 滇中姚安地区土壤重(类)金属来源分析及生态风险评价. 沉积与特提斯地质, 44(1): 172~184.

程政武, 李佩贤, 庞其清, 张子雄, 张志军, 靳悦高, 卢立伍, 方晓思. 2004. 云南中部侏罗系研究新进展. 地质通报, 23(2): 154~159.

崔贵海. 1976. 云南禄丰兽孔类一新属. 古脊椎动物学报, 14(2): 85~90.

董枝明. 1980. 中国的恐龙动物群及其层位. 地层学杂志, 4(4): 256~263.

方晓思, 庞其清, 卢立伍, 张子雄, 潘世刚, 王育敏, 李锡康, 程政武. 2000. 云南禄丰地区下、中、上侏罗统的划分. 见: 第三届全国地层会议论文集编委会, 主编. 第三届全国地层会议论文集. 北京: 地质出版社: 208~214.

方晓思, 赵喜进, 卢立伍, 程政武. 2004. 云南首次发现晚侏罗世马门溪龙化石. 地质通报, 23(9~10): 1005~1009.

付江, 徐颖新, 张广, 王则, 魏亚琼, 陈海霞. 2024. 南堡凹陷火山岩喷发模式及火山碎屑岩分布. 非常规油气, 11(3): 19~26.

高抒. 2025. 论潮滩系统模型. 华东地质, 46(4): 431~439.

葛忠伟, 史洪亮, 周桦, 王鹏, 张全林. 2025. 川南寒武系筇竹寺组拉槽槽边缘型页岩气地质特征及富集高产地质因素研究. 非常规油气, 12(1): 1~29.

何梅朋. 2023. 武隆地区五峰组—龙马溪组优质浅层常压页岩储层发育特征及含气性影响因素. 非常规油气, 10(3): 64~73.

胡海虔. 2016. 云南禄丰下侏罗统禄丰组恐龙足迹与骨骼化石埋藏学研究. 导师: 张建平. 北京: 中国地质大学硕士论文: 1~58.

胡绍斌, 刘军平, 曾文涛, 王伟, 夏彩香, 莫雄, 关奇. 2024. 滇西祥云地区早侏罗世地层发现恐龙新墓地. 地质论评, 70(2): 769~768.

胡绍斌. 1983. 云南晋宁县的足印化石. 古脊椎动物与古人类, 21(3): 45.

胡绍斌. 1993. 记云南晋宁发现的双嵴龙 (*Dilophosaurus*) 化石. 古脊椎动物学报, 31(1): 65~69.

金文正. 2024. 基于野外地质调查的构造裂缝体积及丰度估算方法探讨——以云南省澜沧县 A 区块为例. 非常规油气, 11(4): 21~28.

鞠书彬, 王旭日, 董颖, 刘义川, 季燕南, 季强. 2022. 河北宣化土城子组恐龙足迹化石新发现. 地质学报, 96(7): 2295~2311.

李奎, 蔡开基. 1997. 马门溪龙属 (*Mamenchisaurus*) 的分类位置及演化. 成都理工学院学报, 24(2): 102~107.

刘军平, 刘卫东, 李维科, 李健, 何世军, 莫雄, 关奇. 2023. 扬子西缘中元古界黑山组 MISS 构造的发现及其古环境意义. 地质论评, 69(2): 461~468.

刘军平, 姚卫华, 宛胜, 李维科, 何世军, 赵江泰, 陈棵, 魏思礼. 2024. 滇中禄劝地区下寒武统筇竹寺组化石的发现及其意义. 沉积学报, 42(6): 2079~2087.

刘俊英, 方晓思, 卢立伍. 2002. 云南禄丰地区首次发现晚侏罗世轮藻化石组合, 地质通报, 21(2): 92~94.

刘桃, 廖圣兵, 邵威, 方朝刚, 章诚诚. 2025. 基于分形理论的下扬子地区孤峰组页岩孔隙结构研究. 华东地质, 46(2): 238~251.

刘文慧, 马啸, 户瑞宁, 吴胡日查, 谭静强, 骆若冰. 2024. 海陆相页岩孔隙结构对比研究——以龙马溪组和芦草沟组为例. 非常规油气, 11(3): 35~48.

刘宪亭, 王世麟. 1961. 四川重庆侏罗系中的一鳞齿鱼. 古脊椎动物与古人类, 12(4): 349~352.

莫雄, 关奇, 王伟, 刘军平, 孙载波, 卢晓萍, 董啟兴, 王涛, 许欢, 吕伟. 2025. 禄丰盆地早白垩世恐龙足迹的发现及其地质意义. 地质论评, 71(2): 361~371.

申欢. 2021. 侏罗纪全球气候古地理演化及其对恐龙化石分布的约束. 导师: 王成善. 北京: 中国地质大学博士论文: 1~162.

苏德造. 1980. 记滇中白垩纪鳞齿鱼属一新种. 古脊椎动物与古人类, 18(4): 281~286.

孙艾玲, 崔贵海, 李雨和, 吴肖春. 1985. 禄丰蜥龙动物群的组成及初步分析. 古脊椎动物学报, 23(1): 1~12.

王爱军, 叶翔, 张晓飞, 林镇坤, 陶舒琴. 2025. 中国华东地区潮滩侵蚀—淤积现状及机理研究. 华东地质, 46(4): 440~456.

王国付, 潘世刚, 李俊, 任鑫鑫, 尤海鲁. 2019. 云南楚雄盆地东南缘安龙堡下侏罗统含恐龙化石地层的时代厘定. 地层学杂志, 43(4): 432~441.

王念忠. 1974. 记鳞齿鱼一新种. 古脊椎动物与古人类, 12(1): 21~25.

王涛. 2015. 禄丰发现罕见的侏罗纪早期鸟臀类恐龙足迹. 化石, (4): 29~31.

王娅明. 2017. 云南禄丰盆地早侏罗世基干蜥脚型类恐龙研究. 导师: 王训练. 北京: 中国地质大学博士论文: 1~216.

邢立达, 杰瑞德, D 哈里斯, 关谷透, 藤田将人, 董枝明. 2009. 云南下侏罗统禄丰组恐龙足迹的发现和北足迹属新观察, 地质通报, 28(1): 16~29.

徐金蓉, 李奎, 刘建, 杨春燕. 2014. 中国恐龙化石资源及其评价. 国土资源科技管理, 31(2): 8~16.

夏梦丽, 朱旭峰, 徐莉, 常华丽, 贾松海, 李雨, 杨丽丽, 王强. 2023. 汝阳盆地早白垩世恐龙蛋壳的发现及其意义. 地质学报, 97(5): 1383~1389.

徐伟, 冯文凯, 霍柱北, 易小宇, 白慧林, 田凯. 2025. 川西南红层区浅层土质滑坡特征和失稳模式研究. 沉积与特提斯地质, 45(3): 659~670.

杨劲松, 陈彭, 杨柯, 陈阳阳, 李俊华, 陈洪云, 董秋瑶, 曹静. 2025. 第四纪地质学视角下地表基质调查进展与思考. 华东地

- 质, 46(3): 314~327.
- 杨钟健. 1939. 禄丰恐龙之初步观察. 地质论评, 4(2): 91~96.
- 杨剑, 王桥, 李富, 高慧, 夏时斌, 廖国忠, 梁生贤, 李华, 郭镜, 焦彦杰, 李德伟, 吕丙南, 陈浩, 唐永杰. 2025. 西南地区区域地球物理调查现状与展望. 沉积与特提斯地质, 45(4): 685~700.
- 叶祥奎. 1973. 蛇颈龟化石在上禄丰群的发现及其意义. 古脊椎动物与古人类, 11(2): 160~163.
- 叶祥奎. 1982. 四川中侏罗世的龟化石. 古脊椎动物与古人类, 20(4): 282~290.
- 叶祥奎. 1990. 四川自贡大山铺的龟化石. 古脊椎动物与古人类, 28(4): 304~311.
- 叶翔, 王爱军, 王芬芬, 陶舒琴. 2025. 人类活动胁迫下洛阳江河口潮滩沉积环境演变过程. 华东地质, 46(4): 517~528.
- 于娟, 曾翠敏, 杨玲, 裘锐, 朱旭峰, 方开永, 王强, 汪筱林. 2025. 赣州晚白垩世兽脚类恐龙牙齿新材料. 地质学报, 99(9): 2885~2892.
- 张波, 郭晓英, 孟涛, 姜超, 刘鹏, 陈勇. 2025. 湖南洼陷沙四下亚段微量元素地球化学特征及其对沉积环境的指示. 华东地质, 46(1): 55~67.
- 张进, 张北航, 赵磊, 赵衡, 曲军峰, 张义平, 王振义, 杨亚琦. 2025. 基底卷入型构造: 特征、样式、机制与形成环境. 华东地质, 46(3): 293~313.
- 张伟强. 2024. 湖南坳陷沙河街组页岩油藏水力裂缝穿层扩展规律研究. 非常规油气, 11(2): 140~146.
- 张志军, 卢立武, 靳悦高, 方晓思, 洪友崇. 2003. 滇中妥甸组中首次发现昆虫化石. 地质通报, 22(6): 452~555.
- 朱峰, 蒋启贵, 李志明, 申宝剑, 卢龙飞, 俞俊杰, 刘鹏, 钱门辉, 李楚雄, 刘旺威. 2025. 基于核磁共振技术测定岩石润湿性研究进展及在页岩储层评价中的应用现状和展望. 沉积与特提斯地质, 45(3): 523~533.
- Bai Ziqi. 1999&. Dinosaur fauna from Yuxi area, Yunnan Province. In: Wang Yuanqing, Deng Tao, eds. Proceedings of the seventh annual meeting of the Chinese society of Vertebrate Paleontology. Beijing: China Ocean Press; 109~116.
- Bian Hongda, Liu Zhonglan, Feng Shuming, Wang Yuan. 2024&. Tectonic shortening at plate spreading centers. East China Geology, 45(4): 381~386.
- Brinkman D B, Eberth D A, Xing Xu, James M C, Xiao Chunwu. 2013. Turtles from the Jurassic Shishugou Formation of the Junggar Basin, People's Republic of China, with Commentson the Basicranial Region of Basal Eucryptodires. Springer, 10:147~172.
- Chen Pingfu. 2000&. Fish taphonomy in the environmental inference of paleolimnology. Geoscience. 14(3): 379~384.
- Chen Wei. 2000&. The footprint groups of Chinese dinosaurs. Journal of Chongqing Normal University, 17(4): 56~62.
- Cheng Yanxun, Zhao Menghua, Zhang Ya, Xu Lei, Xu Jie, Huang Jiazhong, Yang Minglong, Tu Chunlin, Li Yiyang. 2024&. Sources analysis and ecological risk assessment of soil heavy metals and metalloids in Yao'an area of central Yunnan. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 44(1): 172~184.
- Cheng Zhengwu, Li Peixian, Pang Qiqing, Zhang Zixiong, Zhang Zhijun, Jin Yuegao, Lu Liwu, Fang Xiaosi. 2004&. New progress in the study of the Jurassic of central Yunnan. Geological Bulletin of China, 23(2): 154~159.
- Cui Guihai. 1976&. Yunnanian, a new tritylodont genus from Lufeng, Yunnan. Vertebrata PalAsiatica, 14(2): 85~90.
- Dong Zhiming. 1980#. Dinosaur fauna and its strata in China. Journal of Stratigraphy, 4(4): 256~263.
- Fang Xiaosi, Pang Qiqing, Lu Liwu, Zhang Zixiong, Pan Shigang, Wang Yumin, Li Xikang, Cheng Zhengwu. 2000&. Lower, Middle, and Upper Jurassic Subdivision in the Lufeng Region, Yunnan Province. In: Editorial Committee of the Proceedings of the 3rd National Stratigraphic Congress. Proceedings of the 3rd National Stratigraphic Congress. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 208~214.
- Fang Xiaosi, Zhao Xijin, Lu Liwu, Cheng Zhengwu. 2004&. Discovery of late Jurassic *Mamenchisaurus* in Yunnan, southwestern China. Geological bulletin of china, 23(9~10): 1005~1009.
- Fu Jiang, Xu Yingxin, Zhang Guang, Wang Ze, Wei Yaqiong, Chen Haixia. 2024&. Volcanic rocks eruption patterns and distribution of pyroclastic rocks in Nanpu Sag. Unconventional Oil & Gas, 11(3): 19~26
- Gao Shu. 2025&. On integrated modeling of tidal flat environments based on the systems theory. East China Geology, 46(4): 431~439.
- Ge Zhongwei, Shi Hongliang, Zhou Hua, Wang Peng, Zhang Quanlin. 2025&. Geological characteristics of shale gas and research on enrichment and high production geological factors at edge of tensional trough of Cambrian Qiongzhusi Formation in southern Sichuan. Unconventional Oil & Gas, 12(1): 19~29.
- He Meipeng. 2023&. Development characteristics and gas-bearing factors of high-quality shallow ordinary-pressure shale reservoirs in Wufeng—Longmaxi Formation in Wulong Area. Unconventional Oil & Gas, 10(3): 64~73.
- Hu Haiqian. 2016&. Taphonomic analysis of dinosaur footprints and fossils of lower Jurassic Lufeng Formation in Lufeng, Yunnan. Dissertation Supervisor: Zhang Jianping. Beijing: A Thesis Submitted to China University of Geosciences for Master Degree; 1~58.
- Hu Shaobin, Liu Junping, Zeng Wentao, Wang Wei, Mo Xiong, Xia Caixiang, Guan Qi. 2024&. Discovery of a new dinosaur cemetery in Early Jurassic strata in Xiangyun area of western Yunnan. Geological Review, 70(2): 769~768.
- Hu Shaojin. 1983#. Footprint fossils from Jinning County, Yunnan Province. Vertebrata PalAsiatica, 21(3): 45.
- Hu Shaojin. 1993&. A new theropoda (*Dilophosaurus sinensis* sp. nov) from Yunnan, China. Vertebrata PalAsiatica, 31(1): 65~69.
- Hussakof L. 1917. Fossil fishes collected by the American Museum Congo expedition. Bulletin of the American Museum of Natural History, 37(27): 761~767.
- Ju Shubin, Wang Xuri, Dong Ying, Liu Yichuan, Ji Yannan, Ji Qiang. 2022&. New discovery of dinosaur footprints in the Tuchengzi Formation at Xuanhua, Hebei Province. Acta Geologica Sinica, 96(7): 2295~2311.
- Jin Wenzheng. 2024&. Discussion on estimate method of structural fracture volume and abundance based on field geological survey: A case of Block A in Lancang County, Yunnan Province. Unconventional Oil & Gas, 11(4): 21~28.
- Li Kui, Cai Kaiji. 1997&. Classification and Evolution of *Mamenchisaurus*. Journal of Chengdu University of Technology, 24(2): 102~107.
- Liu Junping, Liu Weidong, Li Weike, Li Jian, He Shijun, Mo Xiong, Guan Qi. 2023&. Discovery and Paleoenvironment significance of the MISS from the Mesoproterozoic Heishan Formation in the western margin of the Yangtze. Geological Review, 69(2): 461~468.
- Liu Junping, Song Sicun, Wang Wei, Tang Feng, Li Jing, Duan Xiangdong, Wang Xiaohu, Sun Baidong, Yu Saiying, Hu Shaobin, Duan Wenting. 2020. Protoconodont fossils for refining the Cambrian bottom and the contribution to shale gas formation along

- the southwest margin of Yangtze Block, *China Geology*, 3: 558~566.
- Liu Junping, Tian Sumei, Zhu Xunzao, Ma Jinhua, Li Jing, HuShaobin, Yu Saiying, Zhang Hu, She Zhongming, Li Xugui. 2021. Discovery of rhyolitic tuffaceous slate in the southwestern margin of Yangtze Craton; Zircon U-Pb ages (2491 Ma) and tectonic—Thermal events. *China Geology*, 4: 616~629.
- Liu Junping, Yao Weihua, Wan Sheng, Li Wei, He Shijun, Zhao Jiangtai, Chen Ke, Wei Sili. 2024&. Discovery and Significance of Fossils from the Lower Cambrian Qiongzhusi Formation in the Luquan Area of Central Yunnan. *Acta Sedimentologica Sinica*, 42 (6): 2079~2087.
- Liu Junping, Yin Wei, Yang Shipan, Zhao Jiangtai, Zeng Wentao, TangFeng, He Shijun, Li Wei. 2023. Response to the Lomagundi—Jatuli Event at the southwestern margin of the Yangtze Block: Evidence from the carbon and oxygen isotopes of the Paleoproterozoic Yongjingshao Formation. *China Geology*, 6: 50~60.
- Liu Junying, Fang Xiaosi, Lu Liwu. 2002&. Discovery of an early Late Jurassic charophyte assemblage in Yunnan. *Geological Bulletin of China*, 21 (2): 92~94.
- Liu Tao, Liao Shenbing, Shao Wei, Fang Chaogang, Zhang Chengcheng. 2025&. Research on the pore structure of Gufeng Formation shale in the Lower Yangtze area based on fractal theory. *East China Geology*, 46(2): 238~251.
- Liu Wenhui, Ma Xiao, Hu Ruining, Wuhu Richa, Tan Jingqiang, Luo Ruobing. 2024&. Comparative study on pore structure of marine and terrestrial shales; A case study of Longmaxi Formation and Lucaogou Formation. *Unconventional Oil & Gas*, 11(3): 35~48.
- Liu Xianting, Wang Shilin. 1961&. Note on a new *Lepidotes* from Sichuan, China. *Vertebrata Palasiatica*, 12(4): 349~352.
- Michael R. 1893. Ueber eine neue Lepidosteiden—Gattung aus dem oberen Keuper oberschlesiens. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, 45: 729.
- Mo Xiong, Guan Qi, Wang Wei, Liu Junping, Sun Zaibo, Lu Xiaoping, Dong Qixing, Wang Tao, Xu Huan, Lv Wei. 2025&. Discovery and geological significance of Early Cretaceous dinosaur footprint in Lufeng Basin. *Geological Review*, 71(2): 361~371.
- Shen Huan. 2021&. Jurassic Global Climatic Paleogeographic Evolution and Its Implications for Dinosaur Fossil Distribution. Dissertation Supervisor: Wang Chengshan. Beijing: A Dissertation Submitted to China University of Geosciences for Doctoral Degree: 1~162.
- Su Dezao. 1980#. Notes on a New Species of the Cretaceous *Lepidotes* from Central Yunnan. *Vertebrata Palasiatica*, 18 (4): 281~286.
- Sun Ailing, Cui Guihai, Li Yuhe, Wu Xiaochun. 1985&. A Verified list of Lufeng saurischian fauna. *Vertebrata Palasiatica*, 23(1): 1~12.
- Tong Haiyan, Dong Zhiming, Wang Tao. 2015. A revision of Xinjiangchelys oshanensis (YE, 1973), and new material from the Middle Jurassic of Lufeng, Yunnan Province, China. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 186: 43~49.
- Wang Aijun, Ye Xiang, Zhang Xiaofei, Lin Zhenkun, Tao Shuqin. 2025&. Erosion—accretion patterns and driving mechanism of tidal flats along the East China coast. *East China Geology*, 46(4): 440~456.
- Wang Guofu, Pan Shigang, Li Jun, Ren Xinxin, You Hailu. 2019&. Revision of the Lower Jurassic dinosaur-bearing horizons in anlongbao of southeastern chuxiong basin, Yunnan province, China. *Journal of Stratigraphy*, 43(4): 432~441.
- Wang Nianzhong. 1974#. Notes on a new species of *Lepidotes*. *Vertebrata Palasiatica*, 12 (1): 21~25.
- Wang Tao. 2015#. Lufeng discovers rare footprints of early Jurassic bird hipped dinosaurs. *Fossil*, (4): 29~31.
- Wang Yaming. 2017&. Study on basal sauropodomorph dinosaurs from the early Jurassic Lufeng basin of Yunnan. Dissertation Supervisor: Wang Xunlian. Beijing: A Dissertation Submitted to China University of Geosciences for Doctoral Degree: 1~216.
- Xing Lida, Jerald D H, Fujita Masato, Dong Zhiming. 2009&. Discovery of dinosaur footprints from the Lower Jurassic Lufeng Formation of Yunnan Province, China and new observations on Changpeipus. *Geological Bulletin of China*, 28 (1): 16~29.
- Xu Jinrong, Li Kui, Liu Jian, Yang Chunyan. 2014&. Dinosaur fossil resources in China and their evaluation. *Science and Technology Management of Land and Resources*, 31(2): 8~16.
- Xia Mengli, Zhu Xufeng, Xu Li, Chang Huali, Jia Songhai, Li Yu, Yang Lili, Wang Qiang. 2023&. Discovery and significance of dinosaur eggshells from the Early Cretaceous Ruyang basin. *Acta Geologica Sinica*, 97(5): 1383~1389.
- Xu Wei, Feng Wenkai, Huo Zubei, Yi Xiaoyu, Bai Huilin, Tian Kai. 2025&. Study on disaster characteristics and instability mode of shallow soil landslide in red bed area of southwest Sichuan Province. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 45(3): 659~670.
- Yang Jinsong, Chen Peng, Yang Ke, Chen Yangyang, Li Junhua, Chen Hongyun, Dong Qiuyao, Cao Jing. 2025&. Progress and thought of ground substrate survey from the perspective of Quaternary geology. *East China Geology*, 46(3): 314~327.
- Yang Zhongjian. 1939#. Preliminary observation of Lufeng dinosaur. *Geological Review*, 4(2): 91~96.
- Ye Xiang, Wang Aijun, Wang Fenfen, Tao Shuqin. 2025&. Evolution of the tidal flat sedimentary environment under the stress of human activities in the Luoyangjiang Estuary. *East China Geology*, 46(4): 517~528.
- Ye Xiangkui. 1982&. Middle Jurassic turtles from Sichuan, sw. China, *Vertebrata Palasiatica*, 20(4): 282~290.
- Ye Xiangkui. 1990&. Fossils turtles from Dashanpu, zigong, Sichuan, *Vertebrata Palasiatica*, 28(4): 301~311.
- Ye Xiangkui. 1973&. Discovery and significance of plesiochelyid fossils from the upper Lufeng Group, *Vertebrata Palasiatica*, 11(2): 160~163.
- Yu Juan, Zeng Cuimin, Yang Ling, Qiu Rui, Zhu Xufeng, Fang Kaiyong, Wang Qiang, Wang Xiaolin. 2025&. The new theropod teeth from the Late Cretaceous of Ganzhou. *Acta Geologica Sinica*, 99(9): 2885~2892.
- Yang Jian, Wang Qiao, Li Fu, Gao Hui, Xia Shibin, Liao Guozhong, Liang Shengxian, Li Hua, Guo Jing, Jiao Yanjie, Li Dewei, Lü Bingnan, Chen Hao, Tang Yongjie. 2025&. Present situation and prospects of regional geophysical survey in Southwest China. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 45(4): 685~700.
- Zhang Bo, Guo Xiaoying, Meng Tao, Jiang Chao, Liu Peng, Chen Yong. 2025&. Geochemical characteristics of trace elements in the Es_{4x} Formation of the Bonan Sag and their implications for sedimentary environment. *East China Geology*, 46(1): 55~67.
- Zhang Jin, Zhang Beihang, Zhao Lei, Zhao Heng, Qu Junfeng, Zhang Yi Ping, Wang Zhenyi, Yang Yaqi. 2025&. Basement-involved structures: characteristics, styles, mechanism and tectonic settings. *East China Geology*, 46(3): 293~313.
- Zhang Qiannan, You Hailu, Wang Tao, Chatterjee S. 2018. A new sauropodiform dinosaur with a 'sauropodan' skull from the Lower Jurassic Lufeng Formation of Yunnan Province, China. *Scientific Reports*, 8: 13464.

Zhang Weiqiang. 2024&. Layer crossing propagation law of hydraulic fracture in Shahejie Formation shale reservoir in Bonan Depression. *Unconventional Oil & Gas*, 11(2): 140~146. ✓

Zhang Zhijun, Lu Liwu, Jin Yuegao, Fang Xiaosi, Hong Youchong. 2003&. Discovery of fossil insects in the Tuodian Formation, Central Yunnan. *Geological Bulletin of China*, 22(6): 452~555.

Zhu Feng, Jiang Qigui, Li Zhiming, Shen Baojian, Lu Longfei, Yu Lingjie, Liu Peng, Qian Menhui, Li Chuxiong, Liu Wangwei. 2025&. Research progress on rock wettability measurement using nuclear magnetic resonance technology and its application and prospect in shale reservoir evaluation. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 45(3): 523~533.

Discovery of biological fossils in the Upper Jurassic Tuodian Formation of the Chuxiong Basin in central Yunnan and their paleoenvironmental significance

LI Weike^{1,2)}, YANG Xinbiao³⁾, HU Shaobing¹⁾, LIU Junping⁴⁾, ZHANG Hu¹⁾, ZHAO Jiangtai¹⁾,
YAN Haibao⁵⁾, LU Xiaoping¹⁾, YANG Houbing¹⁾, ZOU Fei⁴⁾

1) *Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming, 650216;*

2) *Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, MNR, Kunming, 650051;*

3) *Exploration and Development Research Institute of Liaohe Oilfield Company of CNPC, Panjin, Liaoning, 124010;*

4) *College of Geography and Environmental Engineering, Gannan Normal University, Ganzhou, Jiangxi, 3410000;*

5) *Yunnan Geological Prospecting Institute of CCGMB, Kunming, 650200*

Objectives: During the Late Jurassic, the Chuxiong Basin in central Yunnan served as a typical inland lake, where a thick succession of red clastic sedimentary rocks—commonly known as “red beds”—was deposited. Based on a 1:50000-scale regional geological survey, a unique fossil assemblage comprising dinosaurs, turtles, fish, bivalves, and plants was discovered for the first time within the Upper Jurassic Tuodian Formation in the Shuangbai area of the Chuxiong Basin.

Results: The fossils are well-preserved and occur in situ. The host lithology consists of purplish-red fine-grained lithic sandstone and silty mudstone. Research has identified the dinosaur remains as theropods, the turtle fossils as *Xinjiangaspideretes oshansis*, the fish as *Lepidotes*, the bivalves as *Plicatounio*, and the plant fossils as *Amentotaxus*. Additionally, fossil fragments of other unidentified vertebrates were also recovered. This significant discovery not only enhances our understanding of Late Jurassic biodiversity in the Chuxiong Basin but also fills a critical gap in the vertebrate fossil record of the basin’s Late Jurassic strata. Considering the composition of the fossil assemblage and associated sedimentary structures such as ripple marks, the depositional environment is interpreted as a relatively stable low energy lacustrine water setting.

Conclusions: The synchronous preservation of diverse organisms suggests that during the Late Jurassic, the lake underwent severe contraction, a dramatic reduction in water extent, a hot and arid climate, and a general deterioration of the ecological conditions.

Keywords: Chuxiong Basin; Late Jurassic; Tuodian Formation; fossils; symbiotic burial

Acknowledgements: This paper is supported by Fund project of Department of Natural Resources of Yunnan Province (No. D202207), Yunnan Provincial Department of Science and Technology Project (Nos. 202305AD160031, 202401AT070012), and the Doctoral Research Start up Fund of Gannan Normal University (No. BSJJ202534)

First author: Li Weike, male, born in 1982, senior engineer, engaged in regional geological investigation and research; Email: ynddylwk@163.com

Corresponding author: Liu Junping, male, born in 1983, senior Engineer, doctoral graduate students, engaged in regional geological and structural geological investigation and research; Email: 271090834@qq.com

Manuscript received on: 2025-10-20; Accepted on: 2025-12-28; Published online on: 2026-01-20

Doi: 10.16509/j.georeview.2026.01.022

Edited by: LI Ming

