

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^①王国付¹⁾²⁾ 潘世刚¹⁾ 李俊¹⁾²⁾ 任鑫鑫³⁾⁴⁾⁵⁾ 尤海鲁³⁾⁴⁾⁵⁾

1) 云南省楚雄州古生物化石研究中心 云南楚雄 675000;

2) 楚雄彝族自治州博物馆 云南楚雄 675000;

3) 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100044;

4) 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心 北京 100044;

5) 中国科学院大学地球与行星科学学院 北京 100049

摘要: 云南楚雄盆地东南部侏罗纪地层中富含以基干蜥脚型类为代表的恐龙化石。基干蜥脚型类在全球范围内尚未在中侏罗世地层中被发现, 而 1:20 万地质图中该区域含上述化石的层位被划入中侏罗统。笔者在安龙堡一带恐化石调查中, 发现之前对该区域下侏罗统冯家河组划分有误。我们对冯家河组进行了重新厘定, 并确定了该区域恐化石所在层位。厘定后该区域冯家河组为上三叠统舍资组和中侏罗统张河组之间的一套紫红色粉砂质泥岩, 以及泥岩与紫红色-灰黄色粉砂岩、泥质粉砂岩韵律互层, 中部和顶部富含恐化石, 时代为早侏罗世。通过岩石地层学与生物地层学研究, 该区域下侏罗统冯家河组与上下地层间未发现明显的沉积间断, 笔者推测其为连续沉积。连续沉积的下侏罗统在滇中十分罕见, 尤其是该区域下侏罗统中部和顶部富含大量恐化石, 为研究恐龙早期演化提供了重要的地质时代依据。

关键词: 恐龙, 岩石地层, 生物地层, 冯家河组, 下侏罗统, 楚雄盆地, 云南

中图分类号: P534.52

文献标识码: A

文章编号: 0253-4959(2019)04-0432-10

早—中侏罗世是蜥脚型类恐龙演化过程中的一个重要时期, 伴随着基干蜥脚型类的发展到绝灭和蜥脚类早期类型的出现, 尤其是真蜥脚类恐龙的辐射(Young, 1941a, b; Lü *et al.*, 2006; Yates & Kitching, 2003; Upchurch *et al.*, 2004, 2007; Allain & Aquesbi, 2008; Yates *et al.*, 2010; Cúneo *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2018)。我国云南省早—中侏罗世地层中发现了大量蜥脚型类化石(Bonaparte, 1986; 张奕宏, 1988; 何信禄等, 1988; 欧阳辉和叶勇, 2002; Upchurch & Martin, 2003; Bandyopadhyay *et al.*, 2010), 尤以禄丰盆地早侏罗世基干蜥脚型类恐化石为代表。

本文研究区所在的安龙堡乡位于云南省中部楚雄盆地东南缘, 主要发育侏罗系(图 1)。在该区域地层中发现大量恐化石, 其中包括巨硕云南龙(*Yunnanosaurus robustus* Sekiya, 2013)和安龙堡双柏龙(*Shuangbaisaurus anlongbaoensis* Wang *et al.*,

2017)为代表的基干蜥脚型类和兽脚类早期类型, 以及大量基干蜥脚型类骨骼, 但其中大量的基干蜥脚型类化石产出层位属于原划定的中侏罗统张河组。众所周知, 基干蜥脚型类在早侏罗世末期绝灭(Galton & Upchurch, 2004; Barrett *et al.*, 2007), 而出现在原划定的中侏罗统张河组中实属罕见, 在全球范围内绝无仅有。通过区域地层调查与对比, 笔者认为该区早—中侏罗世地层划分存在明显问题, 故对该区域下侏罗统进行重新厘定, 并明确其含义。

1 研究区早—中侏罗世地层命名及沿革

冯家河组为云南区测队 1963 年命名(云南省地质矿产局, 1990), 标准地点为祥云县冯家河, 原指一套紫红色泥岩夹砂岩, 与下伏下三叠统舍资组整合接触, 岩性连续过渡, 与上覆中侏罗统张河组之间存在沉积间断面。该套地层曾被云南区测队(1958)称为侏罗纪禄丰红层第一层, 随后(1961)

^① 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDB26000000)、国家自然科学基金项目(41688103, 41872021)和楚雄州古生物化石研究中心研究经费共同资助。

文稿接受日期: 2019-07-22; 修改稿收到日期: 2019-08-30。

第一作者简介: 副研究员, 从事地层古生物研究; e-mail: 1047183518@qq.com

通信作者简介: 任鑫鑫, 博士研究生, 从事古生物学与地层学研究; e-mail: laotourenxin@126.com

被称为鱼坝村组, 归入中侏罗统; 云南地质厅石油地质队(1961)称其为禄丰统, 自下而上分禄丰层、雷布层, 归入中侏罗统; 盛莘夫等(1962)称其为下禄丰组, 归入下侏罗统; 常芝瑞等(1963)称其为禄丰群, 自下而上分为沙湾组和张家坳组, 归入中侏罗统; 1963年云南区测队创名冯家河组(云南省地质矿产局, 1996), 归入下侏罗统, 并被广泛使用(表 1)。冯家河组现在定义为紫红色-暗紫红色泥岩、砂质泥岩, 夹多层灰绿色、黄绿色石英砂岩、钙质细砾岩, 包括两个大的沉积旋回和小韵律; 下与上三叠统白土田组整合接触, 上与中侏罗统

张河组存在区域性沉积间断。区域上, 冯家河组以紫红色泥岩、泥质粉砂岩和灰绿、黄绿色石英砂岩、长石石英砂岩组成相间层为宏观特点, 含脊椎动物化石, 与下伏白土田组(盆地西部)或舍资组(盆地东部)整合接触, 岩性连续过渡。冯家河组为云南中部中生代凹陷的第一套红色层, 分布在凹陷区周围, 厚度变化较大, 尤以东-西向上表现明显: 西部一般大于 1500 m, 东部相对较薄, 一般小于 1000 m, 如大姚县龙街厚 954.9 m。该组在北部永仁县、西部祥云县下庄、东部元谋县雷布和南部新平县等地含恐龙化石(云南省地质矿产局, 1996)。

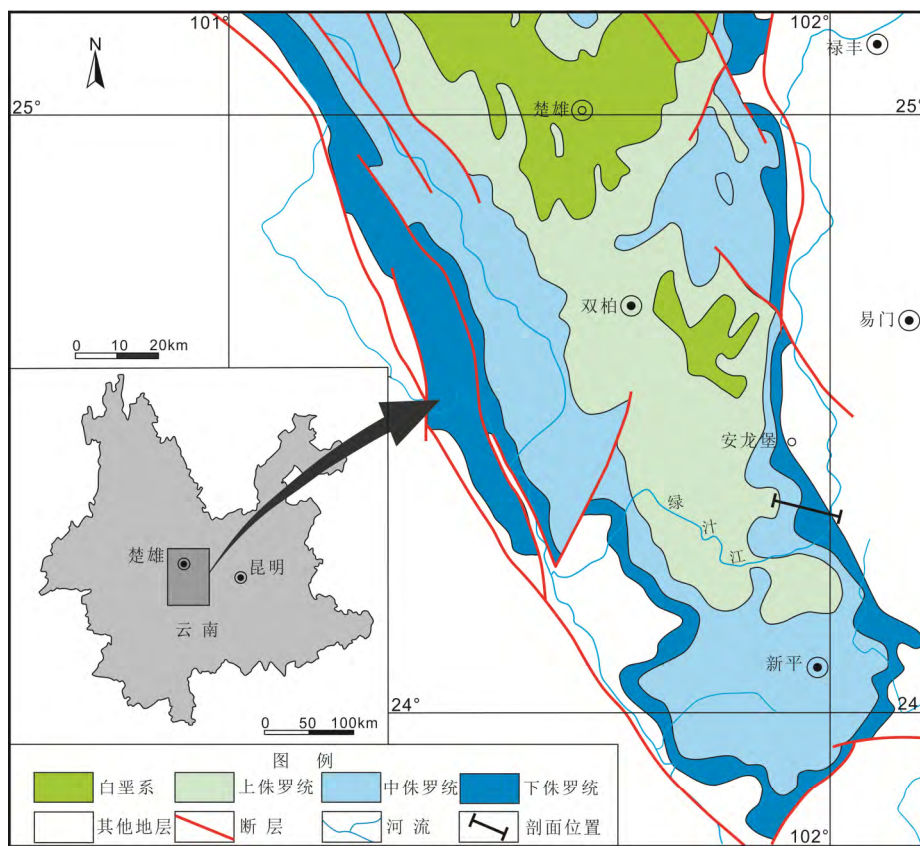


图 1 云南楚雄盆地东南缘地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the southeastern Chuxiong Basin, Yunnan Province, China

表 1 楚雄盆地下侏罗统、中侏罗统划分沿革和对比

Tab. 1 Stratigraphic division and correlation of the Lower and Middle Jurassic strata in Chuxiong Basin, Yunnan Province, China

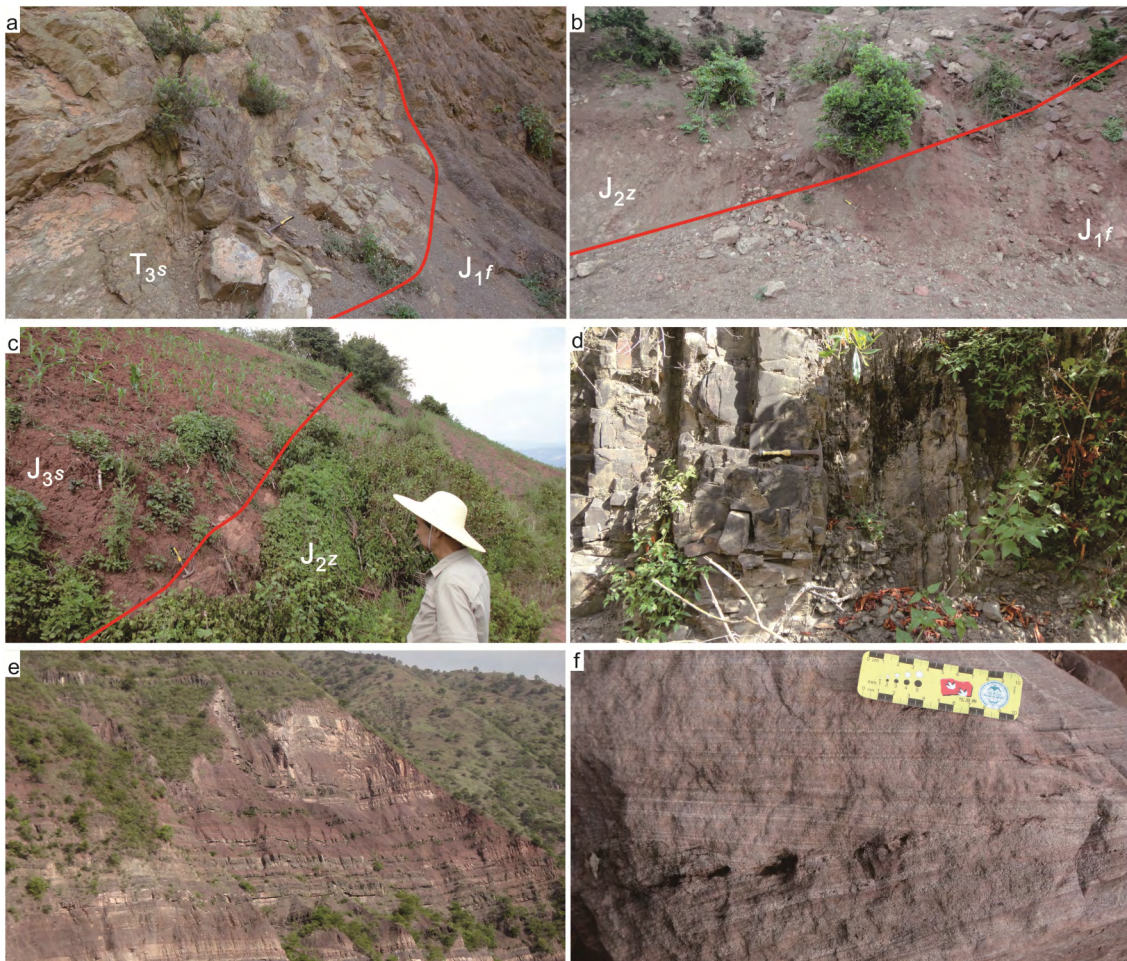
云南区测队 (1958)*		云南区测队 (1961)*		云南地质厅石油地质队 (1961)*		盛莘夫等 (1962)		常之瑞(1963)		云南区测队 (1963)		云南省地质矿产局(1996)		本文	
J ₂	禄丰红层第一层	J ₂	张河组	J ₃	江边组	J ₂	上禄丰组	J ₃	爱尼山组	J ₂	张河组	J ₂	张河组	J ₂	张河组
		J ₂	鱼村坝组	J ₂	禄丰统	J ₁	下禄丰组	J ₂	禄丰群	J ₁	冯家河组	J ₁	冯家河组	J ₁	冯家河组

注: *笔者未查到原文献, 为内部报告。

张河组由云南区测队(1961)创名于祥云县张家河(云南省地质矿产局, 1990), 原分为两段: 下段为砂岩夹泥岩, 上段为杂色泥岩夹细砂岩。该套地层曾被云南区测队(1958)称为侏罗纪禄丰红层第一层, 随后被云南地质厅石油地质队(1961)称为永仁统江边组, 归入上侏罗统; 盛莘夫等(1962)称其为禄丰组, 归入中侏罗统; 常芝瑞等(1963)称其为双柏群爱尼山组, 归入上侏罗统(表 1)。云南区测队创名时将张河组归入中侏罗统, 并被广泛使用。张河组现在定义为: 下部为紫红色砂质泥岩夹黄绿色细砂岩、泥岩, 偶夹碳质页岩; 上部为紫红色-鲜红色砂岩、钙质泥岩, 夹多层灰色-深灰色泥灰岩, 形成杂色层, 含叶肢介、介形类等化石, 向上变为紫红色泥岩夹多层细砂岩; 与下伏冯家河

组整合接触, 同时存在区域性沉积间断, 与上覆上侏罗统蛇店组整合接触, 岩性连续过渡(云南省地质矿产局, 1996)。

笔者经调查发现原张河组与冯家河组岩石地层界线位置偏低且无明显标志层, 与标准地点界线差异明显, 同时界线之上有大量、多层基干蜥脚型类化石产出, 故对研究区内下侏罗统冯家河组与中侏罗统张河组进行了重新厘定并对界线进行了重新划分。安龙堡一带冯家河组现指整合于上三叠统舍资组之上、中侏罗统张河组之下的一套紫红色粉砂质泥岩、泥岩与紫红色-灰黄色粉砂岩、泥质粉砂岩韵律互层, 中部和顶部富含恐龙化石, 厚 1913.41 m。安龙堡地区张河组现指整合或平行不整合于下侏罗统冯家河组之上、整合于上侏罗统



a. 余果村附近下侏罗统冯家河组与上三叠统舍资组界线; b. 清香树村至阿黑古村路边中侏罗统张河组与下侏罗统冯家河组界线; c. 六纳村至上岩脚村路边上侏罗统蛇店组与中侏罗统张河组界线; d. 剖面起点处舍资组石英砂岩; e. 剖面线路上冯家河组下部岩层; f. 清香树村附近冯家河组中部砂岩夹层中交错层和层间泥砾。J_{3s}. 上侏罗统蛇店组; J_{2z}. 中侏罗统张河组; J_{1f}. 下侏罗统冯家河组; T_{3s}. 上三叠统舍资组

图 2 部分地层界线与岩性特征

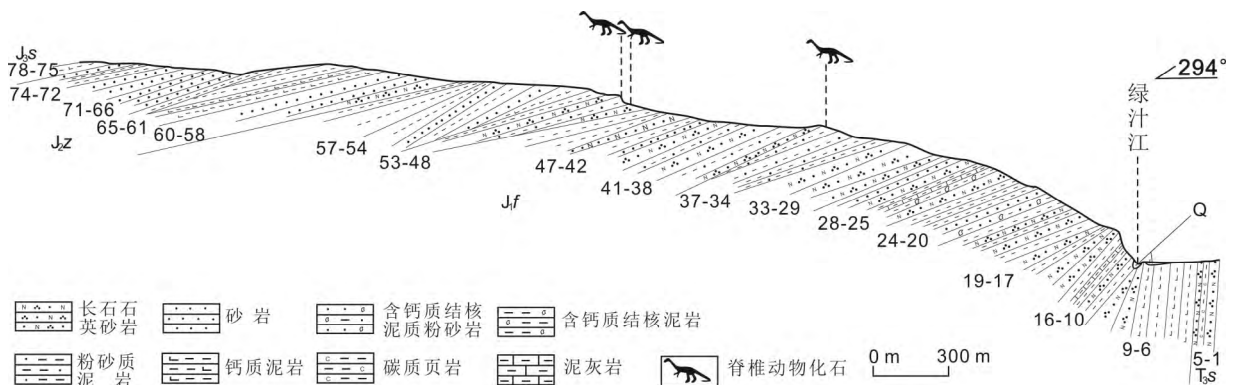
Fig. 2 Lithostratigraphic boundaries and lithology in some localities of the study area

蛇店组之下的一套紫红色-灰黄色-黄绿色砂岩与紫红色-红色-黄绿色粉砂质泥岩、泥岩, 呈韵律互层, 中下部含灰岩透镜体, 厚 401.91 m。

2 实测地层剖面描述与地层厘定

为了确定云南省楚雄彝族自治州双柏县安龙堡乡一带早侏罗世化石点所在层位, 笔者在安龙堡乡清香树村附近开展了下侏罗统冯家河组至中侏罗统张河组的地质剖面实测工作(图 3)。结合剖面路线地质调查和区域地质调查, 可以将下侏罗统冯家河组分为 3 个岩性段。第一岩性段主要岩石

组合为紫红色、红色中至厚层粉砂岩至粗砂岩与紫红色中至薄层粉砂质泥岩互层, 以砂岩占绝对优势, 为一套河流相至滨浅湖相沉积; 第二岩性段为紫红色中至厚层粉砂质泥岩与紫红色至黄白色中薄层细砂岩, 以泥岩占绝对优势, 泥岩中含钙质结核, 部分地点泥岩中夹厚层砂岩, 为一套滨岸至浅湖相沉积; 第三岩性段为紫红色中至厚层砂岩与紫红色至红色中至厚层粉砂质泥岩互层, 以砂岩占绝对优势, 顶部为一套厚层状泥岩, 在部分地点砂岩中可见波痕, 为一套浅湖相沉积。



J_{3s}, 上侏罗统蛇店组; J_{2z}, 中侏罗统张河组; J_{1f}, 下侏罗统冯家河组; T_{3s}, 上三叠统舍资组

图 3 双柏县安龙堡乡清香树村上三叠统舍资组至上侏罗统蛇店组实测剖面图

Fig. 3 Measured profile of the Upper Triassic Shezi Formation to Upper Jurassic Shedian Formation at Qingxiangshu Village, Anlongbao Township, Shuangbai County, Yunnan Province, China

实测剖面采用综合分层予以描述, 地层划分和分层描述如下。

上侏罗统: 蛇店组 总厚度 > 21.99 m

- | | |
|----------------------------------|--------|
| 79. 红色至紫红色厚层状钙质泥岩, 钙质含量很高。风化呈砂土状 | 5.33 m |
| 78. 暗紫红色厚层状粉砂质泥岩 | 5.96 m |
| 77. 紫红色厚层状粉砂质泥岩 | 5.17 m |
| 76. 紫红色厚层状、块状粗砂岩 | 5.53 m |

————— 整合 —————

中侏罗统: 张河组 总厚度 401.91 m

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| 75. 暗紫红色厚层、巨厚层状细砂岩 | 10.12 m |
| 74. 灰紫色厚层泥岩夹暗紫红色中厚层状、块状细砂岩 | 7.85 m |
| 73. 暗紫红色厚层状粉砂岩与暗紫红色粉砂质泥岩互层, 以泥岩为主 | 8.33 m |
| 72. 灰紫色厚层状泥岩夹暗紫红色中厚层状、块状细砂岩 | 38.44 m |
| 71. 紫红色巨厚层状、块状粗砂岩 | 13.90 m |
| 70. 黄绿色巨厚层状、块状钙质细砂岩 | 4.25 m |

- | | |
|---------------------------------------|---------|
| 69. 灰紫色厚层泥岩夹暗紫红色中厚层状、块状粗砂岩 | 62.74 m |
| 68. 暗紫色厚至巨厚层状长石粗砂岩夹暗紫红色中至厚层状泥岩, 以砂岩为主 | 8.20 m |
| 67. 灰紫色厚层状泥岩夹暗紫红色中厚层状、块状粗砂岩 | 47.10 m |
| 66. 暗紫红色厚层状泥岩夹黄绿色中厚层状钙质细粉砂岩 | 3.95 m |
| 65. 灰紫色厚层状泥岩夹暗紫红色中厚层状、块状粗砂岩 | 31.98 m |
| 64. 紫红色厚层状钙质泥岩, 含有大量钙质结核 | 26.24 m |
| 63. 紫红色厚层状钙质泥岩 | 15.57 m |
| 62. 紫红色厚层状泥岩夹灰绿色钙质粉砂岩, 含生物碎屑含砂泥晶灰岩 | 34.67 m |
| 61. 紫红色厚层状钙质泥岩 | 15.57 m |
| 60. 灰紫色泥岩夹灰紫色粉砂岩 | 13.72 m |
| 59. 紫红色岩屑石英杂砂岩与紫红色厚层状泥岩互层 | 49.94 m |
| 58. 灰紫色块状细粒长石石英砂岩, 底部见 | |

褐铁矿化细砾岩	9.33 m	大型交错层理	4.57 m
整合至平		32. 灰紫色粉-细粒长石石英砂岩夹泥岩	61.12 m
行不整合		31. 灰紫色厚层状细-中粒长石石英砂岩	5.63 m
下侏罗统: 冯家河组	总厚度 1913.41 m	30. 灰紫色、暗紫色、灰色细粒长石石英砂岩	52.40 m
57. 紫红色厚层状粉砂质泥岩夹粉砂岩, 中部夹大量灰绿色钙质团	55.38 m	29. 灰紫色块状中粒长石石英砂岩	15.81 m
56. 紫红色厚层状粉砂质泥岩夹灰绿色粉砂岩	42.18 m	28. 暗紫色泥岩夹暗紫色、紫红色粉砂岩	73.88 m
55. 暗红色厚层状粉砂质泥岩夹灰绿色粉砂岩	72.07 m	27. 灰色块状细粒长石岩屑石英砂岩	6.39 m
54. 紫红色厚层状钙质泥岩	22.37 m	26. 暗紫色泥岩夹灰绿色薄层状泥灰岩与含钙质结核泥岩, 底部为灰紫色、暗紫色长石石英粉砂岩	58.48 m
53. 紫红色-暗紫红色厚层状泥岩、钙质泥岩夹紫红色-灰绿色粉砂岩	26.83 m	25. 灰紫色、暗紫色长石石英粉砂岩与暗紫色泥岩互层	52.99 m
52. 灰紫-紫红色厚层状泥岩夹灰绿色薄层状粉砂岩	28.27 m	24. 灰紫色、暗紫色泥岩夹粉砂岩	25.86 m
51. 灰绿-灰紫色厚层状细粒长石石英砂岩	8.17 m	23. 暗紫色、灰紫色泥岩夹灰紫色、黄绿色粉砂岩	23.54 m
50. 暗红色、紫红色钙质泥岩夹灰绿色薄层状粉砂岩, 泥岩中含基干蜥脚型类化石	43.77 m	22. 紫红色、暗紫色泥岩夹粉砂岩	40.12 m
49. 暗红色、灰紫色粉砂质泥岩, 向上为灰紫色厚层状粉砂岩与紫色厚层状泥岩互层	19.99 m	21. 灰紫色泥岩夹中厚层状细粒长石石英砂岩	29.42 m
48. 灰紫色粉砂质泥岩与暗红色、暗紫色厚层状细粒长石石英砂岩互层, 泥岩中曾发现基干蜥脚型类化石	27.95 m	20. 灰紫色薄层状含钙质结核泥质粉砂岩	11.50 m
47. 暗紫红色、灰紫色泥岩夹一层灰绿色粉砂岩	23.89 m	19. 灰紫色厚层状泥岩夹中厚层状细粒长石石英砂岩	139.63 m
46. 暗红色粉砂质泥岩夹薄层状粉砂岩	9.55 m	18. 灰紫色细粒长石石英砂岩夹中厚层状泥岩	101.40 m
45. 黄绿色、灰紫色粉-细粒长石砂岩	4.22 m	17. 紫灰色细粒长石石英砂岩	5.17 m
44. 暗紫色薄层状粉砂岩与暗紫色粉砂质泥岩互层	22.54 m	16. 灰紫色、暗紫色泥岩夹细-中粒长石石英砂岩	86.84 m
43. 暗紫色厚层状泥岩夹薄-中厚层状粉砂岩	25.40 m	15. 灰紫色泥岩夹中厚层状细粒长石石英砂岩	12.10 m
42. 灰白色、灰黄色、灰紫色厚层状细粒长石石英砂岩, 夹一层暗紫色泥岩	21.41 m	14. 灰白色、青灰色泥灰岩夹灰紫色中厚层状泥岩、细粒长石石英砂岩	7.93 m
41. 暗紫色厚层状粉砂质泥岩夹灰紫色薄层状粉砂岩	5.10 m	13. 灰紫色、紫红色泥岩夹长石石英细砂岩	23.84 m
40. 灰绿色厚层状细粒长石石英砂岩	23.65 m	12. 灰紫色泥岩夹中厚层状细粒长石石英砂岩	37.93 m
39. 暗红色粉砂质泥岩夹薄层状黄绿色粉砂岩	35.77 m	11. 紫红色厚层状泥岩与紫红色中厚层状细粒长石石英砂岩互层	112.50 m
38. 灰紫色长石石英细砂岩夹粉砂质泥岩	15.51 m	10. 灰紫色厚层状泥岩	9.76 m
37. 暗红色粉砂质泥岩夹灰绿色薄层状粉砂岩, 含脊椎动物化石	9.26 m	9. 灰紫色中厚层状细粒长石石英砂岩	5.17 m
36. 暗红色、紫红色粉砂质泥岩	23.07 m	8. 灰紫色、紫灰色厚层状泥岩夹灰绿色薄层状砂岩	37.28 m
35. 灰紫色、暗紫色厚层状粉砂质泥岩	13.87 m	7. 紫色厚层状含钙质细粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹灰绿色细粒长石石英砂岩	215.09 m
34. 紫红色、灰紫色、暗紫色粉砂质泥岩夹灰绿色粉砂岩	23.94 m	6. 暗紫色厚层状粉砂质泥岩、泥质粉砂岩夹灰绿色细粒长石石英砂岩	12.90 m
33. 灰紫色块状中-细粒长石石英砂岩, 含			

----- 整 合 -----	
上三叠统: 舍资组	总厚度>119.85 m
5. 灰绿色中厚层状细粒长石石英砂岩	39.82 m
4. 灰色-灰绿色页岩夹黑色薄层状碳质页岩	14.48 m
3. 灰绿色-灰白色厚层状中粒长石石英砂岩	45.54 m
2. 灰色-灰绿色薄层页岩夹黑色薄层页岩	12.11 m
1. 灰色-灰绿色厚层状中粒长石石英砂岩, 夹含钙质砂岩	7.9 m

3 地质特征及区域变化

研究区内冯家河组以泥岩、岩屑砂岩、含钙质结核泥岩为主, 其底部以暗紫红色、紫红色厚层状粉砂质泥岩与暗紫红色、黄白色中-厚层状粉砂岩构成多个韵律层, 与下伏上三叠统舍资组黄绿色中-厚层状岩屑砂岩、石英砂岩与暗紫红色中-厚层状粉砂质泥岩整合接触, 反映连续过渡特征(图 2a)。其下部为暗紫红色、黄白色、黄灰色中-厚层状砂岩与暗紫红色、红色中-厚层状粉砂质泥岩互层, 砂岩层内发育平行层理。冯家河组自下而

上, 在其最底部泥岩之上为暗紫红色厚层状砂岩夹暗紫红色中薄层为主的泥岩, 该套沉积组合以砂为主; 向上为一套暗紫红色中-厚层状砂岩与暗紫红色中厚层状泥岩, 该套沉积组合以泥为主, 见大量交错层理, 推测主要沉积环境为河流、边滩。中部以暗紫红色厚层状粉砂质泥岩为主, 夹多层薄至中-厚层状砂岩, 泥岩占绝对优势, 层内钙质结核较多, 风化面为黄白色, 为该区域主要耕作层, 砂岩中发育平行层理和交错层理, 还见泥质砾石, 推测沉积环境以浅湖、滨岸、河流、边滩为主。该段发现大量脊椎动物化石点, 其中化石类型以基于蜥脚型类化石占绝对优势。从化石点所在岩层的上下关系判断, 该段至少有 3 个以上层位含恐龙化石。上部以一套暗紫红色厚层状粉砂岩与暗紫红色中薄至中厚层状粉砂质泥岩为主。下部含泥岩较多, 砂岩层普遍较薄且泥岩层较多, 向上砂岩层变厚, 泥岩层较薄。顶部为中-厚层状泥岩夹砂岩, 砂岩内发育平行层理, 于中间发现波痕(图 4c), 泥岩中钙质结核较多, 推测该段沉积环境以浅湖、边滩为主。研究区内, 冯家河组与上覆中侏罗统张河组界线处未发现明显的沉积间断, 推测这两套地层为整合至平行不整合接触。



a. 清香树村附近中部含钙质结核泥岩层; b. 清香树村附近冯家河中部化石层; c. 信茂朱村附近冯家河组上部波痕; d. 丫勒村附近冯家河组顶部化石层; e. 六纳村至上岩脚村路边中侏罗统张河组下部砂岩层; f. 剖面终点附近上侏罗统蛇店组底部泥岩层

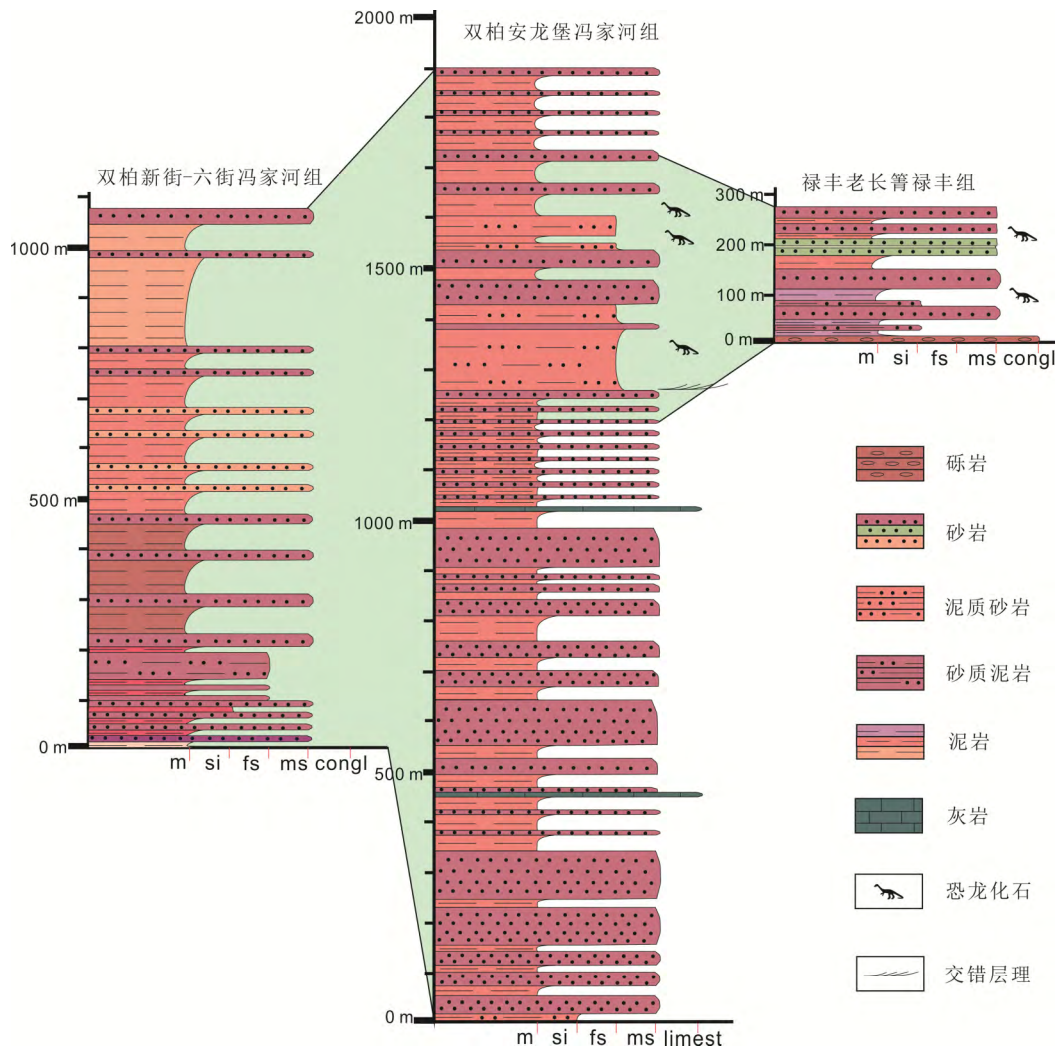
图 4 研究区内部分露头情况

Fig. 4 Outcrops in some localities of the study area.

研究区内张河组以砂岩、泥岩为主,其底部以黄白色厚层砂岩为主,夹多层紫红色中薄层状粉砂质泥岩,与下伏冯家河组紫红色厚层状粉砂质泥岩呈整合或平行不整合接触(图 2b)。张河组下部以黄色、白色厚层至中薄层状砂岩与暗紫红色、黄白色中至薄层状粉砂质泥岩为主,整体上砂岩占绝对优势;砂岩层整体较厚,向上逐渐变薄,砂岩中发育平行层理。在实测剖面上,张河组底部和下部含多层薄层泥灰岩夹层,而在研究区南西侧未发现该套泥灰岩层。张河组中部为暗紫红色粉砂质泥岩与暗紫红色、黄白色中至薄层状砂岩互层,以泥岩为主,总体上中部泥岩段较薄。上部为黄白色中-厚层状粉砂岩与暗紫红色泥岩互层,以砂岩为主,向上泥岩变厚且占比增加,砂岩中发育交错

层理,部分泥岩中发现钙质结核。顶部黄白色厚层状砂岩与上覆蛇店组紫红色厚层状粉砂质泥岩整合至平行不整合接触。推测张河组沉积环境主要为浅湖,后期以河流相为主。区域上张河组北东向沉积厚度明显较南西向沉积厚度薄,推测可能与该区域当时的沉积中心更偏向于北东侧有关,剖面上张河组中下部具多层泥灰岩透镜体而南西向绿汁江对岸张河组厚度明显大于剖面位置的张河组,且未发现该套泥灰岩可能与此有关。研究区内张河组也曾有可能为蜥脚类椎体化石的报道,但材料去向和具体层位不明,难以进一步确定归属。

经过厘定,冯家河组层序可与双柏县新街一六街剖面冯家河组层序进行较好的对比(图 5)。与禄丰县老长箐侏罗系剖面下禄丰组对比,研究区



双柏新街一六街冯家河组(据 1:20 万大姚幅地质报告书, 1965); 禄丰老长箐禄丰组(据程政武等, 2004)。m. 泥岩; si. 细粉砂岩; fs. 中砂岩; ms. 粗砂岩; congl. 砾岩; limest. 灰岩

图 5 研究区和邻区部分下侏罗统剖面对比图

Fig. 5 Correlation of some Lower Jurassic sections in the study area and its adjacent regions

内冯家河组中下部砂岩、泥岩层大致相当于下禄丰组沙湾段, 而研究区内冯家河组中部泥岩层岩性组合与新街一六街剖面的中上部泥岩层和禄丰县老长箐侏罗系剖面禄丰组张家洼段的上部泥岩即“红砂层”和“暗红色层”大致相当。

4 时代归属

研究区内多次有恐龙骨骼化石的报道(Sekiya *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2017)。Sekiya(2013)曾报道了研究区内基干蜥脚型类新类型(*Yunnanosaurus robustus*), 该材料形态学研究表明其较最早在非洲津巴布韦发现的火山齿龙(*Vulcanodon*)和南非的造雨龙(*Pulanesaura*)更为原始, 且分支系统学研究也证明其分类学位置处于这两类蜥脚型类之前(Cooper, 1984; McPhee *et al.*, 2015 & 2017; Sekiya, 2013; Zhang *et al.*, 2018)。最新研究显示火山齿龙的时代为早侏罗世辛涅缪尔期—普林斯巴期(Viglietti *et al.*, 2018), 造雨龙为早侏罗世赫塘期—辛涅缪尔期(McPhee *et al.*, 2015), 推测来自研究区内的巨硕云南龙(*Yunnanosaurus robustus*)所在时代应早于火山齿龙和造雨龙。由此间接说明巨硕云南龙所处的冯家河组中段(发现点距剖面较近, 层位大致相当于剖面的第 37 层)时代可能属于辛涅缪尔期前后, 与此同时在丫勒村附近, 冯家河组顶部发现基干蜥脚型类化石, 也进一步说明冯家河组很可能横跨整个早侏罗世。王国付(2017)曾报道了来自研究区内冯家河组中段的兽脚类安龙堡龙双柏龙(*Shuangbaisaurus anlongbaoensis*), 形态学研究表明其较之前在禄丰盆地下禄丰组上部发现的双嵴龙(*Dilophosaurus*)略进步。形态学和分支系统学的研究表明与双嵴龙(*Dilophosaurus*)亲缘关系较近的发现于南极洲下侏罗统的冰脊龙(*Cryolophosaurus*)层位大致为赫塘期—辛涅缪尔期(Barrett & Elliot, 1972; Faure & Hill, 1973; Smith *et al.*, 2007; Carrano *et al.*, 2012; Xing, 2012)。这也说明冯家河组中段很可能形成于辛涅缪尔期。综上所述, 根据目前的证据推测冯家河组时代应为早侏罗世, 且很可能横跨整个早侏罗世。

5 地质意义

由于陆相盆地的演化复杂性和特殊性, 长期以来楚雄盆地东南缘安龙堡一带早—中侏罗世地

层的划分存在的问题。随着该区域恐龙研究的深入, 众多早侏罗世恐龙化石被发现, 化石点所在地层归属长期与化石所在分类学位置相矛盾, 而其准确的地层归属和时代一直得不到有效解决。本研究通过对该区域地层的进一步研究与对比, 理清了该区域早侏罗世地层的层序, 厘定了下侏罗统与中侏罗统的界线。综合运用沉积学与古生物学研究方法, 确定了研究区内众多化石点的层位与归属, 并推测该区域冯家河组与其上、下地层为基本连续沉积, 沉积时代很可能横跨整个早侏罗世, 这在整个滇中盆地极为罕见。它的厘定对滇中地区侏罗系的深入研究, 进一步恢复其沉积环境及其所处大地构造背景, 以及对盆地演化历史和早期恐龙演化的研究均有重要的意义。

本项研究得到了楚雄州博物馆的大力支持, 在剖面测制和化石点调查过程中楚雄州博物馆苏醒、云南大学金雪萍、李晟萌参与大量工作, 在此一并感谢。

参 考 文 献

- 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.
- 黄宝春, 李永安, 方晓思, 孙东江, 庞其清, 程政武, 李佩贤. 2005. 滇中禄丰地区侏罗系磁性地层学研究. 地质通报, **24**(4): 322-328.
- 胡绍锦. 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.
- 何信禄, 李奎, 蔡开基. 1988. 蜥脚类(二)天府峨眉龙 四川自贡大山铺中侏罗世恐龙动物群(第四集). 成都: 四川科学技术出版社.
- 欧阳辉, 叶勇. 2002. 一具保存完整头骨的马门溪龙: 杨氏马门溪龙. 成都: 四川科学技术出版社.
- 盛幸夫, 常隆庆, 蔡绍英, 肖荣吾. 1962. 川滇中生代红层与煤系的时代与对比. 地质学报, **42**(1): 31-56.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社.
- 云南省地质矿产局. 1996. 云南省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 云南省地质局. 1963. 1: 20 万大姚幅地质报告书(上册).
- 张奕宏. 1988. 蜥脚类(一)蜀龙, 四川自贡大山铺中侏罗世恐龙动物群(第三集). 成都: 四川科学技术出版社.
- 张奕宏, 杨兆龙. 1995. 中国禄丰盆地一新的完整原蜥脚类恐龙化石: 金山龙. 昆明: 云南科技出版社.
- Allain R & Aquesbi N. 2008. Anatomy and phylogenetic relationships of *Tazoudasaurus naimi* (Dinosauria, Sauropoda) from the late Early Jurassic of Morocco. *Geodiversitas*, **30**(2): 345-424.
- Bandyopadhyay S, Gillette D D, Ray S & Sengupta D P. 2010. Osteology of *Barapasaurus tagorei* (Dinosauria: Sauropoda) from the Early Jurassic of India. *Palaeontology*, **53**(3): 533-569. DOI 10.1111/j.1475-4983.2010.00933.x.
- Barrett P J & Elliot B H. 1972. The early Mesozoic volcanoclastic Prebble Formation, Beardmore Glacier area // Adie R J. ed. Antarctic

- geology and geophysics. Oslo: Universitetsforlaget.
- Barrett P M, Upchurch P, Zhou Xiao-dan. & Wang Xiao-lin. 2007. The skull of *Yunnanosaurus huangi* Young, 1942 (Dinosauria: Prosauropoda) from the Lower Lufeng Formation (Lower Jurassic) of Yunnan, China. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **150**: 319-341.
- Bonaparte J F. 1986. The early radiation and phylogenetic relationships of the Jurassic sauropod dinosaurs, based on vertebral anatomy // Padian K. ed. *The Beginning of the Age of Dinosaurs*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Carrano M T, Benson R B J & Sampson S D. 2012. The phylogeny of Tetanurae (Dinosauria: Theropoda). *Journal of Systematic Palaeontology*, **10**: 211-300.
- Cooper M R. 1984. A reassessment of *Vulcanodon karibaensis* raath (Dinosauria: saurischia) and the origin of the Sauropoda. *Palaeontologia Africana*, **25**: 203-231.
- Cúneo R, Ramezani J, Scasso R, Pol D, Escapa I, Zavattieri A M & Bowring S A. 2013. High-precision U-Pb geochronology and a new chronostratigraphy for the Cañado'n Asfalto Basin, Chubut, central Patagonia: Implications for terrestrial faunal and floral evolution in Jurassic. *Gondwana Research*, **24**(3-4): 1267-1275. DOI 10.1016/j.gr.2013.01.010.
- Faure G & Hill R L. 1973. The age of the Falla Formation (Triassic), Queen Alexandra Range. *Antarctic Journal of the United States*, **8**: 264-266.
- Galton P M & Upchurch P. 2004. Prosauropoda // Weishampel D, Dodson P, Osmolska H. ed. *The Dinosauria*, 2nd ed, Berkeley, CA: University of California Press.
- Lü Jun-chang, Li Shao-xue, Ji Qiang, Wang Guo-fu, Zhang Jia-hua & Dong Zhi-ming. 2006. New eusauropod dinosaur from Yuanmou of Yunnan Province, China. *Acta Geologica Sinica*, **80**(1): 1-10.
- Lü Jun-chang, Xu Li, Pu Han-yong, Zhang Xing-liao, Zhang Yi-yang, Jia Song-hai, Chang Hua-li, Zhang Ji-ming & Wei Xue-fang. 2013. A new sauropoda dinosaur (Sinosauria, Sauropoda) from the late Early Cretaceous of the Ruyang Basin (central China). *Cretaceous Research*, 1-12.
- McPhee B W, Bonnan M F, Yates A M, Neveling J & Choiniere J N. 2015. A new basal sauropod from the pre-Toarcian Jurassic of South Africa: evidence of niche-partitioning at the sauropodomorph-sauropod boundary? *Scientific Reports*, DOI 10.1038/srep13224.
- McPhee B W & Choiniere J N. 2017. The osteology of *Pulanesaura eocollum*: implications for the inclusivity of Sauropoda (Dinosauria). *Zoological Journal of the Linnean Society*, DOI 10.1093/zoolinnean/zlx1074.
- Upchurch P, Barrett P M & Dodson P. 2004. Sauropoda // Weishampel D B, Dodson P, Osmolska H. editor. *The Dinosauria*. Berkeley: University of California Press.
- Upchurch P, Barrett P M, Zhao Xi-jin & Xu Xing. 2007. A re-evaluation of *Chinshakiangosaurus chunghoensis* Ye *vide* Dong 1992 (Dinosauria, Sauropodomorpha): implications for cranial evolution in basal sauropod dinosaurs. *Geological Magazine*, **144**: 247-262.
- Upchurch P & Martin J. 2003. The anatomy and taxonomy of *Cetiosaurus* (Saurischia, Sauropoda) from the Middle Jurassic of England. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **23**(1): 208-231.
- Sekiya T, Jin Xing-sheng, Zheng Wen-jie, Shibata M & Azuma Y. 2013. A new juvenile specimen of *Yunnanosaurus robustus* (Dinosauria: Sauropodomorpha) from Early to Middle Jurassic of Chuxiong Autonomous Prefecture, Yunnan Province, China, *Historical Biology*, DOI 10.1080/08912963.2013.821702.
- Smith N D, Makovicky P J, Hammer W R & Currie P J. 2007. Osteology of *Cryolophosaurus ellioti* (Dinosauria: Theropoda) from the Early Jurassic of Antarctica and implications for early theropod evolution. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **151**: 377-421.
- Viglietti P A, Barrett P M & Broderick T J. 2018. Stratigraphy of the *Vulcanodon* type locality and its implications for regional correlations within the Karoo Supergroup. *Journal of African Earth Sciences*, **137**: 149-156.
- Wang Guo-fu, You Hai-lu. & Pan Shi-gang. 2017. A new crested theropod dinosaur from the Early Jurassic of Yunnan Province, China. *Vertebrata Palasiatica*, **55**(2): 177-186.
- Wang Ya-ming, You Hai-lu & Wang Tao. 2017. A new basal sauropodiform dinosaur from the Lower Jurassic of Yunnan Province, China. *Scientific Reports*, **7**: 41881. DOI 10.1038/srep41881.
- Xing Li-da. 2012. *Sinosaurus* from southwestern China. Edmonton: University of Alberta.
- Yates A M, Bonnan M F, Neveling J, Chinsamy A & Blackbeard M G. 2010. A new transitional sauropodomorph dinosaur from the Early Jurassic of South Africa and the evolution of sauropod feeding and quadrupedalism. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **277**(1682): 787-794. DOI 10.1098/rspb.2009.1440.
- Yates A M & Kitching J W. 2003. The earliest known sauropod dinosaur and the first steps towards sauropod locomotion. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, **270**(1525): 1753-1758. DOI 10.1098/rspb.2003.2417.
- Young C C. 1941a. A complete osteology of *Lufengosaurus huenei* Young (gen. et sp. nov.) from Lufeng, Yunnan, China. *Palaeontologica Sinica, Series C*, **7**: 1-53.
- Young C C. 1941b. *Gyposaurus sinensis* Young. (sp. nov.), a new Prosauropoda from the Upper Triassic beds at Lufeng, Yunnan. *Bulletin of Geological Society of China*, **21**: 205-253.
- Welles S P. 1984. *Dilophosaurus wetherilli* (Dinosauria, Theropoda) osteology and comparisons. *Palaeontographica Abteilung A Palaeozoologie-Stratigraphie*, **185**: 85-180.
- Sertich J J W & Loewen M A. 2010. A new basal sauropodomorph dinosaur from the Lower Jurassic Navajo sandstone of southern Utah. *PLoS ONE*, **5**(3): e9789. DOI 10.1371/journal.pone.0009789.
- Zhang Qian-nan, You Hai-lu, 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. DOI 10.1038/s41598-018-31874-9.

REVISION OF THE LOWER JURASSIC DINOSAUR-BEARING HORIZONS IN ANLONGBAO OF SOUTHEASTERN CHUXIONG BASIN, YUNNAN PROVINCE, CHINA

WANG Guo-fu¹⁾²⁾, PAN Shi-gang¹⁾, LI Jun¹⁾²⁾, REN Xin-xin³⁾⁴⁾⁵⁾ and YOU Hai-lu³⁾⁴⁾⁵⁾

1) *Fossil Research Center of Chuxiong Prefecture, Chuxiong 675000;*

2) *Chuxiong Prefectural Museum, Chuxiong 675000;*

3) *Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;*

4) *CAS Center for Excellence in Life and Paleoenvironment, Beijing 100044;*

5) *College of Earth and Planetary Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*

Abstract Dinosaur fossils represented by basal sauropodomorphs are rich in the southeastern Chuxiong Basin, Yunnan Province, China, and these fossil-bearing horizons were assigned to the Middle Jurassic in the local 1 : 200000 geological map, contradicting with the fact that basal sauropodomorphs have never been found in the Middle Jurassic strata worldwide. During the investigation into dinosaurs in the Anlongbao area of the southeastern Chuxiong Basin, the authors found that the previous division and assignment of the Lower Jurassic Fengjiahe Formation were incorrect in this area. Here, we redefine the formation and determine the dinosaur-bearing horizons in this area. And subsequently the Fengjiahe Formation is considered herein to consist of cyclothem interbeds of purplish red silty mudstone, mudstone and purplish red, grayish yellow siltstone and muddy siltstone, overlying the Upper Triassic Shezi Formation and underlying the Middle Jurassic Zhanghe Formation. Its middle and upper parts yield rich dinosaur fossils, and its age is considered to be Early Jurassic. Lithostratigraphic and biostratigraphic studies show no obvious sedimentary discontinuity between the Fengjiahe Formation and the overlying strata as well as between this formation and the underlying strata in this area, indicating that the Lower Jurassic was very probably deposited continuously, a rare phenomenon in central Yunnan Province. Moreover, the middle and upper parts of the Lower Jurassic in this region are rich in dinosaur fossils, providing an important chronostratigraphic basis for studying the early evolution of dinosaurs.

Key words dinosaurs, lithostratigraphy, biostratigraphy, Fengjiahe Formation, Lower Jurassic, Chuxiong Basin, Yunnan