

重庆云阳新津乡中侏罗统新田沟组恐龙的发现及沉积环境

周羽漩^{1,2}, 胡海虔^{1,3,4}, 代辉¹, 谭超^{1,2}, 杨文光², 张洪亮⁵

ZHOU Yuxuan^{1,2}, HU Haiqian^{1,3,4}, DAI Hui¹, TAN Chao^{1,2}, YANG Wenguang²,

ZHANG Hongliang⁵

1. 重庆市地质矿产开发局 208 水文地质工程地质队/重庆市地质遗迹保护与研究实验室, 重庆 400700;
2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059;
3. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所/中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 北京 100044;
4. 中国科学院大学, 北京 100049;
5. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059

1. Chongqing Geological Relic Protection and Research Laboratory /208 Hydrogeological Engineering Geological Party, Chongqing Geology and Mineral Development Bureau, Chongqing 400700, China;
2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China;
3. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences/Institute of Vertebrate, Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, China;
4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
5. School of Earth Science, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China

摘要:在重庆市云阳县新津乡中侏罗统新田沟组中发现了大量恐龙化石,且恐龙化石产出层位呈现出与双壳类、鱼类、龟鳖类和蛇颈龙类化石整体混杂埋藏的特征,这是新田沟组中首次发现。通过野外实测剖面、岩石特征、沉积构造、古生物特征、粒度特征,初步判定研究区新田沟组为滨-浅湖亚相沉积,局部为洪泛亚相。重庆地区新田沟组古生物化石组合的首次发现为四川盆地中生代古生物化石及其古环境的研究提供了更多依据。

关键词:重庆;中侏罗统;新田沟组;恐龙;沉积环境

中图分类号:P534.52;Q91 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2020)10-1527-11

Zhou Y X, Hu H Q, Dai H, Tan C, Yang W G, Zhang H L. The discovery of dinosaurs from the Middle Jurassic Xintiangou Formation in Xinjin Township, Yunyang, Chongqing, and its sedimentary environment. *Geological Bulletin of China*, 2020, 39 (10): 1527-1537

Abstract: Recently, a large number of dinosaur fossils were found in the Middle Jurassic Xintiangou Formation in Xinjin Township, Yunyang County, Chongqing, and the dinosaur fossils were intermixed with fishes, turtles, plesiosaurs and bivalves. This is the first discovery in the Xintiangou Formation. The Xintiangou Formation in the study area is preliminarily determined to be a littoral-shallow lake subfacies and partly a flood-pan subfacies, as shown by field measured section, rock features, sedimentary structure, paleontological features and grain size characteristics. The discovery of the fossil assemblage of Xintiangou Formation in Chongqing area provides more

收稿日期:2019-10-22; **修订日期:**2020-01-28

资助项目:重庆市规划和自然资源局项目《重庆市云阳县普安乡恐龙化石保护与研究》(编号:KJ-2018035)、重庆市自然科学基金项目《重庆市云阳中侏罗统新田沟组兽脚类恐龙材料形态学和埋藏学研究》(编号:cstc2018jcyjAX0435)和重庆市博士后科研项目《重庆市合川马门溪龙类新材料形态学和埋藏学研究》(编号:Xm2017069)

作者简介:周羽漩(1988-),女,博士,工程师,从事古生物化石保护与研究。E-mail:helenfeixuan@126.com

evidence for the study of Mesozoic fossil and paleoenvironment in the Sichuan basin.

Key words: Chongqing; Middle Jurassic; Xintiangou Formation; dinosaur; sedimentary environment

四川盆地侏罗纪地层中保存有丰富的恐龙化石,目前,已在四川省 18 个市州,重庆市 24 个区县发现恐龙化石^[1-2]。四川省侏罗纪各时期地层中发现的恐龙化石,大部分保存在侏罗系沙溪庙组,最主要的恐龙化石产地有自贡、珙县、广元、安岳等^[1,3-7]。重庆地区恐龙化石主要分布在侏罗系自流井组、沙溪庙组,较著名的有合川马门溪龙、果壳碛江龙、上游永川龙、江北重庆龙、长寿峨眉龙、云阳恐龙化石群等^[2,5,8-13]。整个四川盆地,新田沟组发现的恐龙化石较稀少,根据已有资料,四川自贡新田沟组发现零星恐龙骨骼化石^[3],重庆云阳普安乡新田沟组新发现 2 个新属种——磨刀溪三峡龙和普安云阳龙^[14-15]。笔者在重庆云阳中侏罗统新田沟组中发现大量恐龙骨骼化石,与之伴生的有淡水双壳类、鱼类、蛇颈龙类等化石,这种恐龙与水生动物化石混合埋藏仅在重庆同兴下侏罗统自流井组中有发现^[7]。本次通过对重庆云阳发现的恐龙等化石及其地层的详细研究,为后续古生物学、沉积学与埋藏学研究提供相关依据。

1 地质概况

恐龙化石埋藏地位于云阳县新津乡,地处重庆市东北部,地层分区属四川盆地分区的万州地层小区,构造位于羌塘-扬子-华南板块扬子陆块的川中前陆盆地万州坳褶带。研究区构造简单,断层不发育,主要出露地层为三叠系、侏罗系和第四系,其中侏罗系分布最广(图 1),主要为红色碎屑岩及泥质岩沉积,横向上厚度及砂泥比例变化较大。笔者沿用《四川省岩石地层》^[16]的地层划分方案,根据研究区岩性特征将侏罗系划分为下统自流井组,包括珍珠冲段、东岳庙段、马鞍山段、大安寨段,中统新田沟组、沙溪庙组,上统蓬莱镇组、遂宁组。

本文研究的古生物化石主要赋存在新田沟组上部。新田沟组最初由四川省航调队于 1977 年命名,命名剖面位于重庆北碚炭坝南部的的新田沟村,原指位于“小垭口砂岩”之下、自流井组大安寨段之上的一套厚度约为 200 m 的地层,与上覆、下伏地层均为整合接触。该套地层命名之前曾被当作自流井组(群)的一部分,称为“自流井群上组”或“自流

井组凉高山段”^[17],属于中—下侏罗统,后认为与“凉高山砂岩”存在差别,将其新命名为新田沟组^[18],并得到广泛认同和采用。现定义为:黄绿色、紫红色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩为主,夹细砂岩、粉砂岩、介壳灰岩、生物灰岩透镜体。可划分为 3 段:下杂色段、中黑色段和上杂色段。含双壳类、叶肢介、介形类、孢粉及脊椎动物化石^[16]。

本次对恐龙化石所在地层开展了剖面实测工作,实测地层剖面(以下简称“新津剖面”)分层描述如下。

- 33.黄褐色中粒长石岩屑砂岩 >7.7 m
- 整 合 ——
- 新田沟组
- 32.青灰色岩屑长石石英砂岩 5.1 m
- 31.土黄色薄层泥质粉砂岩,岩层表面偶见砂球,大小约 5×4 cm,粉砂岩呈块状构造 6.8 m
- 30.灰黄色石英砂岩夹土黄色泥质粉砂岩,二者比例约 3:1,从底部到顶部粒度逐渐变粗,见球形风化 5.7 m
- 29.土黄色长石岩屑砂岩与土黄色泥质粉砂岩与土黄色粉砂质泥岩,三者比例约 1:1:3,底部可见少量介壳化石,顶部见一砂岩透镜体,从底部到顶部粒度逐渐变细 10.2 m
- 28.以浅黄色粉砂质泥页岩为主,二者比例约 1:1,岩层底部可见双壳类化石,保存良好,一般为 4×3 cm,最大直径可见 6×3 cm,该层见恐龙化石及其他水生动物,化石出露不完整,散乱分布,泥页岩层理发育 12.6 m
- 27.青灰色细砂质中砂岩,层面可见 2 组干涉波痕 3.9 m
- 26.淡黄色岩屑石英中砂岩,共发育 2 组解理,见球形风化 0.8 m
- 25.黄褐色中—厚层状岩屑石英砂岩,局部可见平行层理,在上部可见一厚约 5 cm 的介壳化石层,化石保存良好,介壳形态完整 3.7 m
- 24.紫红色薄层泥质粉砂岩夹厚层状岩屑石英砂岩,二者比例约 4:1,中部见一厚约 5 cm 的浅灰色疑似凝灰岩,顶部可见少量介壳,含量约 8%,保存较破碎 11.5 m
- 23.灰褐色中—厚层块状白云母岩屑极细砂岩,平行层理发育,砂岩中可见球形风化,由底到顶层厚逐渐变薄,粒度逐渐变细 3.3 m
- 22.浅黄色中到薄层夹青灰色薄层中砂岩,三者之比约 7:4:1,岩层底部可见少量介壳,含量约 7%,最大直径可见 5 cm,一般约 2 cm,砂岩中可见砂纹层理,钙质结核位于泥质粉砂岩中 5.2 m
- 21.灰褐色细粒石英砂岩,见钙质结核 4.0 m

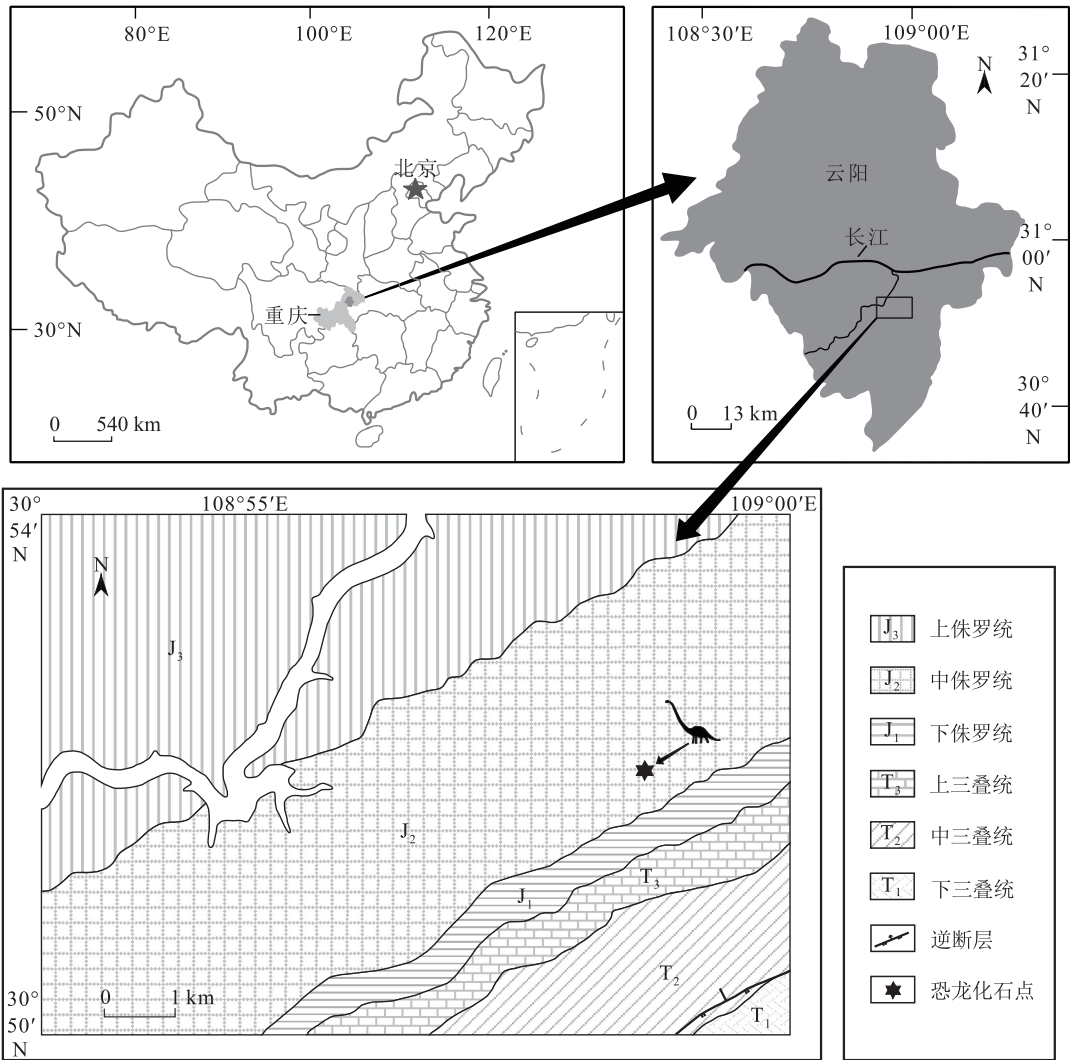


图 1 重庆云阳恐龙化石地理位置及地层简图

Fig. 1 Geographic location and stratigraphic sketch map of dinosaur fossils in Yunyang, Chongqing

- 20.青灰色岩屑石英砂岩与土黄色长石岩屑砂岩夹土黄色薄层粉砂质泥岩,三者比例约 5 : 4 : 1,粒度从底部到顶部逐渐变细,砂岩表面可见干涉波痕17.8 m

19.土黄色中粒石英砂岩偶夹土黄色薄层泥岩,呈块状构造,泥岩中层理发育,二者比例约 11 : 114.0 m

18.浅黄色中层状粉砂岩41.3 m

17.黄褐色细砂质极细砂岩与泥页岩互层,二者比例约 2 : 1,层间可见弱平行层理发育,表面较破碎,可见 2 个砂岩与泥页岩旋回,一个旋回厚约 16 cm32.3 m

16.青灰色岩屑石英中砂岩夹青灰色薄层粉砂质泥岩,二者比例约 5 : 1,冲刷面呈浅黄色,分布于本层顶部与底部4.0 m

15.青灰色薄-中层状含粗粉砂极细砂岩,发育有平行层理8.9 m
- 14.青灰色中-厚层状细粒岩屑石英砂岩偶夹黄褐色薄层粉砂岩,二者比例约 10 : 1,岩屑石英砂岩中发育平行层理,粉砂岩中见弱平行层理,砂球发育,该层顶部夹灰黑色页岩,厚约 1 cm7.5 m

13.青灰色薄-中层粗砂质中粒岩屑石英砂岩,夹紫红色粉砂质泥岩,二者比例约 5 : 1,泥岩中可见页理发育,砂岩表面见介壳,介壳化石较为破碎,含量约 5%35 m

12.青灰色中-厚层状粗粒岩屑石英砂岩,偶夹浅黄色粉砂岩,二者比例约 10 : 15.7 m

11.青灰色中到厚层岩屑石英砂岩与灰黑色薄层页岩,二者比例约 1 : 10,向顶部砂岩有增多的趋势,层间可见弱的平行层理、砂纹层理34.3 m

10.青灰色中-厚层块状岩屑石英极细砂岩与灰黑色薄层状页岩,二者比例约为 1 : 1,砂岩中可见平行层理,砂纹层

- 理,页岩见可见炭屑软弱层,推测为层间滑动,可见 4 个砂岩与页岩的韵律层 47.9 m
- 9.青灰色中粒岩屑石英砂岩,底部可见冲刷面 5.6 m
- 8.灰黑色薄层状泥质粉砂岩 7.2 m
- 7.青灰色薄到中层细砂岩,夹紫红色粉砂质泥岩,细砂岩中见弱的砂纹层理,顶部以深灰色介壳灰岩为界,厚约 7 cm,靠近顶部细砂岩中见钙质结核,大小约 8×15 cm,粉砂质泥岩与细砂岩二者比例约 1:5 15.6 m
- 6.青灰色块状厚层状粉砂岩夹薄层状紫红色粉砂质泥岩,二者比例约 11:1,细砂岩中可见较弱的变形层理 9.2 m
- 5.紫红色块状泥质粉砂岩夹黄绿色薄层粉砂岩,表面可见钙质结核,一般为 2 cm,最大直径约 5 cm 6.4 m
- 4.青灰色厚层块状细砂岩,层面可见波痕 2.8 m
- 3.紫红色块状泥质粉砂岩夹青灰色粉砂质泥岩,二者比例约 7:1,局部可见钙质结核,含量约 15%,一般大小 3×2 cm,最大直径可见 7 cm 20.2 m
- 2.青灰色薄层泥质粉砂岩。见钙质结核,直径 2~5 cm,含量约占 10% 0.8 m
- 1.灰黑色粉砂质泥岩夹深灰色泥质灰岩,泥岩中介壳发育,形态完整 7.0 m

整合

- 自流井组大安寨段
- 0.深灰色薄层含介壳粉砂质泥岩与灰黑色介壳灰岩,二者比例约 1:1,顶部为介壳灰岩,底部为粉砂质泥岩,介壳化石较破碎,多为碎片 >17.6 m

2 岩石矿物特征及沉积构造

根据室内薄片观察(图 2),研究区新田沟组镜下薄片特征显示为陆源碎屑岩类,岩性为长石岩屑砂岩、岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、粉砂岩、介壳粉砂岩,成分成熟度较低,磨圆度一般,呈次圆状-次棱角状,分选性一般,颗粒整体略呈定向排列,为孔隙式胶结。填隙物多为粘土质、绢云母、微粒石英。成分成熟度、磨圆度和分选性一般,表明研究区当时沉积环境不稳定,碎屑物质的搬运距离较短,水动力条件较弱。颗粒显示一定的定向性,说明水流的定向流动。

沉积构造为判别沉积环境的直接标志,整个剖面发育浪成砂纹层理、波状层理及平行层理(图版 I-a、b),研究区地层可见多层面层上发育不对称波痕,波长为 6~16 cm,波高为 0.3~2.5 cm,多为干涉波痕(图版 I-c、d),说明水体环境较浅^[19]。紫红色粉砂质泥岩中的钙质结核(图版 I-e)表明沉积物短期暴露地表,气候较干旱^[20-22]。剖面中还可

见多层介壳层(图版 I-f),介壳个体较小,略显定向排列,泥质含量多,壳体多为单瓣壳,是生物带大量繁殖、波浪反复淘洗迅速堆积的结果,一般处于滨湖环境^[19]。

3 古生物特征

迄今,在重庆云阳新津乡中侏罗统新田沟组中发现多类古生物化石,包括双壳类、鱼类、龟鳖类、蛇颈龙类、恐龙类、叶肢介、植物化石等,多类化石混杂埋藏,各化石保存完整程度不同。鱼类、蛇颈龙类及恐龙化石主要赋存在新津剖面第 28 层,为异地埋藏,破碎严重。恐龙类化石包括兽脚类、蜥脚类恐龙,主要为牙齿、椎骨、肋骨、肢骨等骨骼部位(图版 II-a~e)。蛇颈龙类化石主要见零散的上龙类牙齿、椎骨、肢骨化石(图版 II-g)。鱼类化石为弓鲛类的背鳍棘化石(图版 II-f)。双壳类化石(图版 I-f)在剖面多层出现,局部富集成层,原地埋藏或近源异地埋藏,大多数保存完好。叶肢介主要赋存在灰黑色页岩中,具体属种待定,保存较完好。植物化石(图版 II-h)主要赋存在剖面深灰色-灰黑色页岩、粉砂质泥岩中,化石较破碎,局部化石已碳化,无法鉴定属种。

经统计,重庆云阳新津乡中侏罗统新田沟组中古生物化石组合包括双壳类、鱼类、龟鳖类、蛇颈龙类、恐龙类、叶肢介、植物化石,代表了 4 种小生态系统(以下简称“小生境”),主要为陆地、沼泽、滨岸和浅水环境(表 1)。多类不同生活环境的古生物化石混合埋藏,显示研究区中侏罗世的突发性地质事件(如持续性降雨、泥石流、洪水等)频繁发生,导致部分相邻小生境相互转化,各小生境内生物混合,最终形成多类不同生活环境古生物化石混合埋藏的化石组合。

表 1 生物生存环境统计结果
Table 1 Statistic table of living environment of organisms

生物类别	陆地	沼泽	滨岸 (河滩、湖滨)	浅水 (河、湖)
鱼类 ^[23]				√
龟鳖类	√	√	√	
蛇颈龙类				√
恐龙类	√			
双壳类				√
叶肢介				√
植物化石类		√	√	

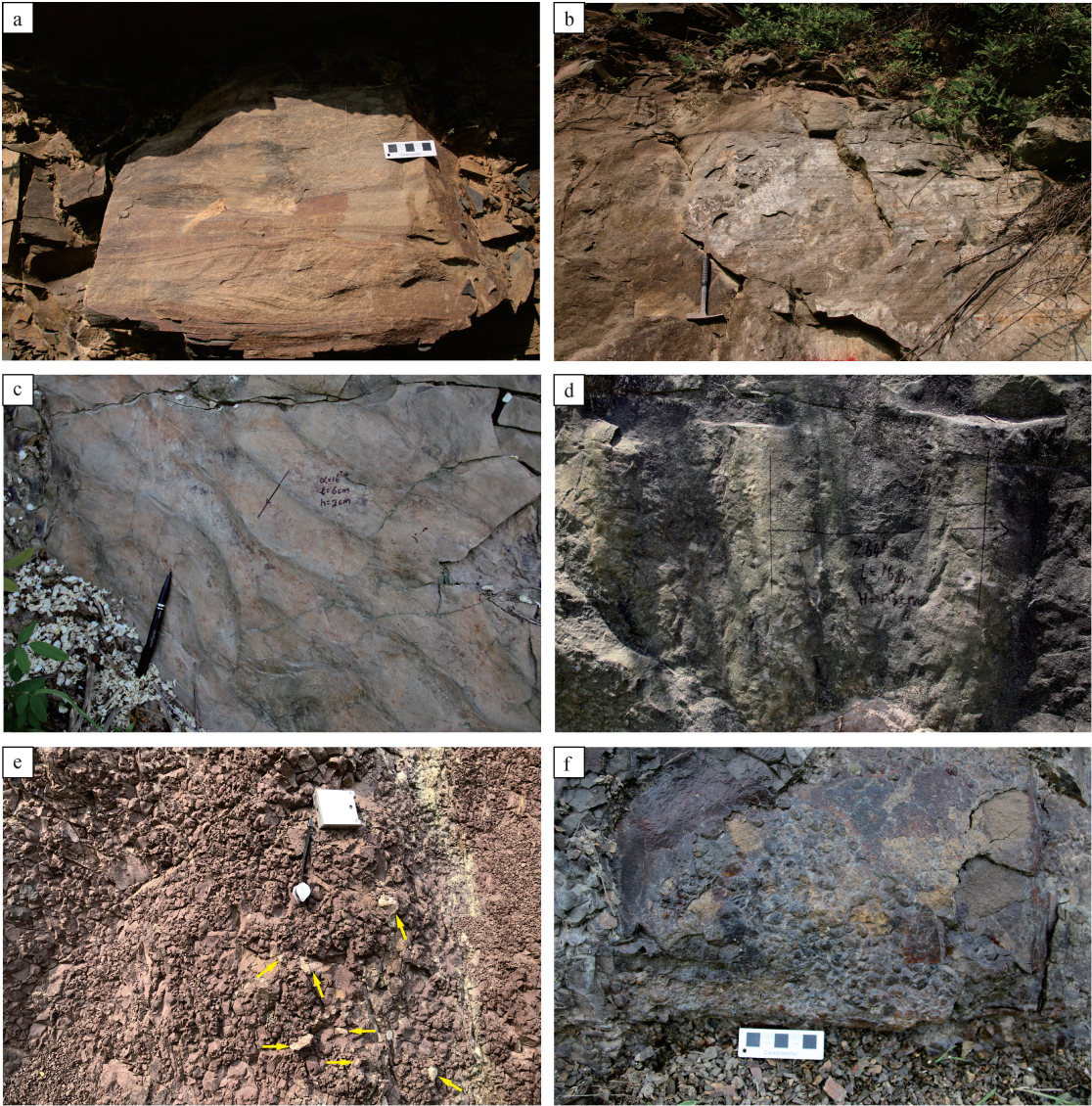


图 2 新田沟组碎屑岩镜下照片

Fig. 2 The microscopic photos of dasolite from Xintiangou Formation

a—粉砂岩;b—岩屑长石砂岩;c—介壳粉砂岩

图版 I Plate I



a~f. 云阳新津恐龙化石地新田沟组地层野外岩性及沉积构造;a. 砂纹层理;b. 平行层理;
c. 干涉波痕;d. 不对称波痕;e. 粉砂质泥岩中的钙质结核;f. 介壳层

图版 II Plate II



a~h. 重庆云阳新田沟组化石; a. 恐龙肢骨; b. 蜥脚类尾椎; c. 蜥脚类趾骨; d. 恐龙肋骨; e. 兽脚类牙齿; f. 弓鲛类背鳍棘; g. 上龙类牙齿; h. 植物化石碎片

4 粒度分析

云阳地区中侏罗统新田沟组 22 个沉积物样品 (编号 YP01-04-B1b1~YP01-32-B1b1) 粒度特征显示 (表 2), 其平均粒径为 0.42~5.09 Φ , 主要集中在 1~3 Φ , 平均值为 2.37 Φ , 属于中砂岩-细砂岩。整体看, 粒径呈锯齿状波动, 说明受到水动力条件

变化的影响^[24]。标准偏差 σ 介于 0.4~2.43 之间, 平均值为 0.94, 分选性差至好^[25], 多为差和较好; 变化无规律。偏度介于 -0.02~0.6 之间, 平均值为 0.25, 根据 Folk 等的研究^[25], 峰态对称-极正偏, 见少量正偏态, 未见负偏态, 说明沉积物主要为 2 种, 一种为分选性很好的纯砂, 另一种混有较多的粗颗粒^[26]; 峰度介于 1.02~4.86 之间, 平均值为 2.38, 多

为正态和极尖锐。结合偏态和标准偏差可知,研究区沉积物沉积类型主要为湖滩砂和河砂,湖滩砂峰态以中等为主,少量微尖,近对称、分选性较好—好,颗粒为细—中砂岩,峰态为尖锐—极尖锐、多为正偏态—极正偏态,分选性较差。根据萨胡粒度判别函数^[27]: $Y_{\text{海(湖)滩;浅海(湖)}}(\text{简称 } Y1) = 15.6543M_z + 65.7091\sigma^2 + 18.1071SK + 18.5043K_G$, $Y_{\text{浅海(湖);河流(三角洲)}}(\text{简称 } Y2) = 0.2852M_z - 8.7604\sigma^2 - 4.8932SK + 0.0482K_G$ 判别公式计算(表 2),研究区沉积环境多为浅湖、湖滩,局部有河流注入。

概率值累积曲线呈二段式和三段式,且以二段式为主(图 3-a)。二段式 S 截点对应 Φ 值为 1.1~4.8,以跳跃总体为主,跳跃组分占 90%~95%,斜率较低,为 40°~58°,悬浮组分占 5%~10%,(图 3-b、c),说明分选性一般;三段式 T 截点对应 Φ 值为

2.7,S 截点对应 Φ 值为 4.4(图 3-d),以跳跃总体为主,跳跃组分占约 90%,滚动组分和悬浮组分分别占 7%和 3%,所有沉积物整体以跳跃组分为主,细—中等粒组分含量较多,粗粒组分很少,跳跃段占了大部分,表明研究区在中侏罗世早—中期以牵引流为主,水动力条件强弱交替,水环境较动荡^[28]。

依据帕塞加^[29]提出的牵引流沉积 C-M 图,样品点总体沿 C-M 图中 QR、RS 两段分布(图 4),显示研究区以牵引流沉积为主。QR 段代表递变悬浮沉积,RS 段变现为均匀悬浮,颗粒较细小,显示波浪作用可能在水底形成涡流从而产生大量的递变悬浮沉积物。另一部分样品点 $C < 1000 \mu\text{m}$ 、 $M > 200 \mu\text{m}$ 区域,为弱水动力条件中相对强的水动力^[24]。少数点位于浊流沉积区域,通过粒度及岩性分析,结合野外现象,推测其为其他物源沉积物混合的

表 2 新田沟组样品粒度测量结果							
Table 2 Table of particle size measurement results of the Xintiangou Formation samples							
样品号	岩性	平均值 M_z	标准偏差 σ	偏度 SK	峰度 K	Y1	Y2
YP01-04-B1b1	细砂岩	2.62	0.53	0.08	1.02	79.79	-2.06
YP01-09-B1b1	中砂岩	1.31	0.44	-0.02	1.10	53.22	-1.17
YP01-10-B1b1	极细砂岩	3.34	1.23	0.39	3.34	220.56	-14.05
YP01-12-B1b1	粗砂岩	0.42	0.42	0.01	1.06	37.96	-1.42
YP01-13-B1b1	粗砂质中砂岩	1.25	0.49	0.01	1.08	55.51	-1.74
YP01-14-B1b1	极细砂细砂岩	3.01	1.29	0.36	3.54	228.49	-15.31
YP01-15-B1b1	极细砂岩	3.67	1.21	0.40	3.47	225.11	-13.57
YP01-16-B1b1	中砂岩	1.79	1.47	0.45	4.38	259.21	-20.41
YP01-17-B1b1	极细砂岩	3.22	0.60	0.14	1.09	96.77	-2.87
YP01-19-B1b1	粗砂质中砂岩	1.18	0.40	0.12	1.11	51.70	-1.60
YP01-20-B1b1	极细砂岩	3.61	1.30	0.37	4.06	249.39	-15.39
YP01-21-B1b1	细砂质中砂岩	1.97	1.34	0.43	4.86	246.54	-17.04
YP01-22-B1b1	粗砂质中砂岩	1.19	0.41	0.10	1.04	50.73	-1.57
YP01-23-B1b1	极细砂岩	3.49	1.22	0.44	3.64	227.76	-14.02
YP01-24-B1b1	不等粒砂岩	5.09	2.43	0.60	1.98	515.19	-53.12
YP01-26-B1b1	中砂岩	1.47	0.45	0.11	1.23	61.07	-1.83
YP01-27-B1b1	细砂质中砂岩	1.77	1.49	0.47	3.32	243.53	-21.08
YP01-28-B2b2(1)	中砂岩	1.58	0.51	0.06	1.15	64.19	-2.07
YP01-28-B2b2(2)	中砂岩	1.73	0.50	0.19	1.12	67.67	-2.57
YP01-29-B1b1	极细砂岩	3.41	0.56	0.09	1.17	97.27	-2.16
YP01-30-B1b1	细纱中砂岩	2.01	1.36	0.43	4.02	235.17	-17.54
YP01-32-B1b1	极细砂质细砂岩	3.02	1.11	0.44	3.47	200.41	-11.92
平均值		2.37	0.94	0.26	2.38	162.15	-10.66

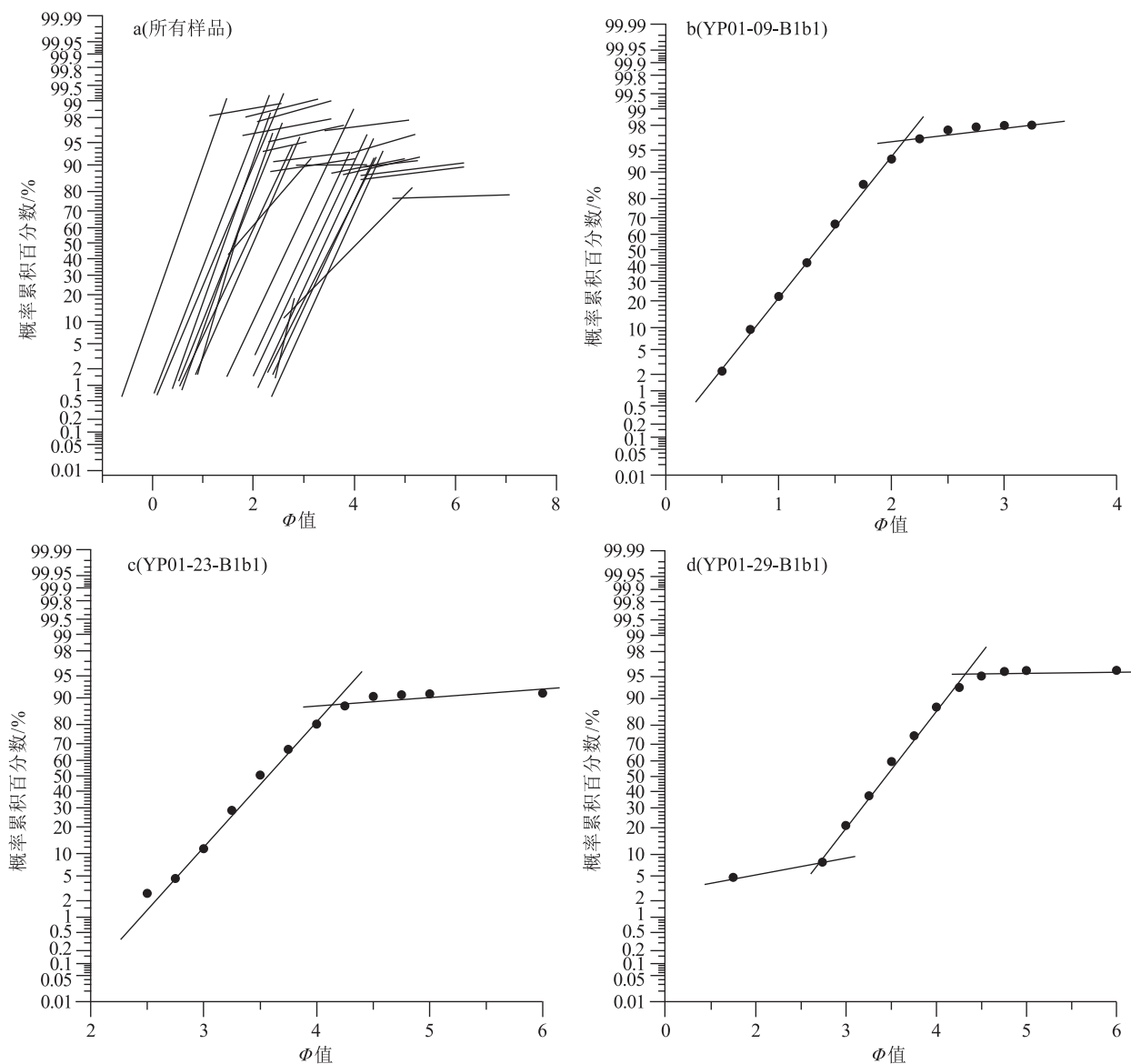


图3 重庆云阳新田沟组样品概率值累积曲线

Fig. 3 The cumulative probability curve from the Xintiangou Formation in Yunyang, Chongqing

结果,多为雨季产生的洪流携带砂泥质颗粒进入了已有沉积体系^[30]。

5 讨论

研究区新田沟组为一套湖泊沉积(图5),为滨湖、浅湖交替出现,局部发育古洪水形成的洪积层及大量介壳堆积形成的介壳滩。

滨湖亚相岩性为黄灰色-黄褐色粉砂-细中砂岩沉积物整体颗粒偏细,分选性一般-较好,概率累积曲线多呈二段式,以跳跃组分为主,多为牵引流,少量为浊流,见干涉波痕、浪成砂纹层理、波状层理

及平行层理,说明湖泊沉积物源供给较充足,且较频繁的遭受波浪及湖流扰动。

浅湖亚相沉积物岩性以紫红色、黄褐色-黄灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩为主,含介壳灰岩夹层,见水平层理和浪成砂纹层理,多处于弱还原环境,受湖流与风暴浪的影响较严重^[19]。介壳灰岩中介壳普遍呈碎片状产出,完整的介壳化石较少,介壳灰岩异常致密。

洪泛亚相即古洪水在地质历史上遗留下的痕迹,湖泊中的洪水沉积层一般来源于强水流携带的颗粒较粗的陆源碎屑物质^[31],可通过岩性、粒径识

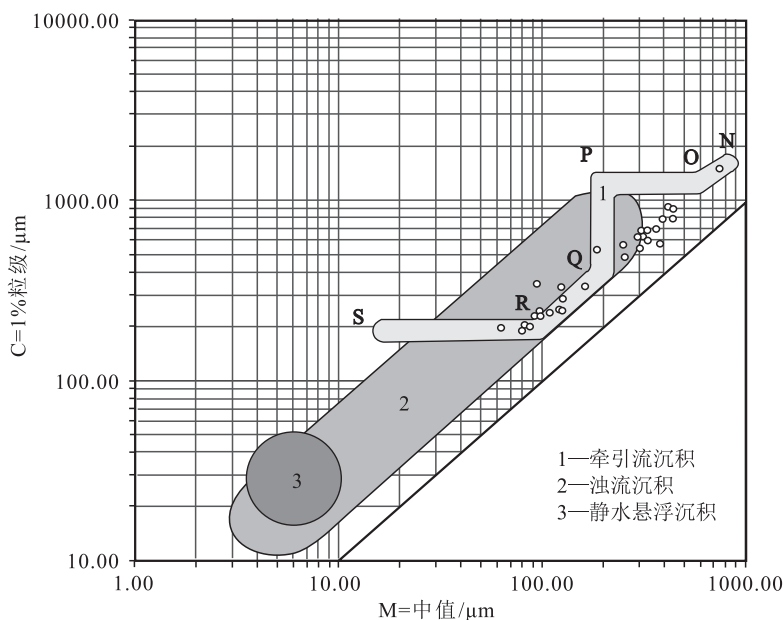


图 4 重庆云阳新田沟组样品 C-M 图

Fig. 4 C-M diagram of samples of the Xintiangou Formation in Yunchang, Chongqing

别^[32-33]。研究区新田沟组剖面上洪泛亚相岩性为中-粗粒砂岩,磨圆度为棱角-次棱角状,分选性较差,搬运方式属浊流,在垂直剖面上表现为平均粒径突然增大,岩性由细粒泥质粉砂岩突变为中砂岩,并发育冲刷面,推测为古洪水形成的洪积层^[34]。

6 结 论

(1)重庆云阳新津中侏罗统新田沟组首次发现大量古生物化石,主要包括双壳类、鱼类、龟鳖类、蛇颈龙类、恐龙(兽脚类和蜥脚类)和植物化石。

(2)根据沉积学分析,初步判定研究区在中侏罗世早-中期主要为受季节性洪流影响的湖泊环境,曾发生滨湖和浅湖的多次相互转换,期间遭受季节性降雨影响,发育洪流。

(3)重庆云阳新津中侏罗统新田沟组多种不同生存环境古生物化石混合埋藏,为研究该地区古地理、古环境、古地质事件提供了丰富的信息。

致谢:野外工作得到重庆市地勘局 208 地质队余海东高级工程师、肖明、林雨工程师等帮助,在此表达衷心的感谢。

参考文献

[1] 彭光照,秦钢,叶勇,等.四川恐龙化石的发现与研究[J].四川地质学报,2019,39(2): 215-223.

[2] 赵幸,甘夏,阳畅.重庆恐龙化石资源及科普基地概述[J].科技与创新,2019,(9): 85-86.

[3] 彭光照.四川自贡地区侏罗纪恐龙动物群组合特征[J].地质学报,2009,33(2): 113-123.

[4] 刘宗文.四川省安岳县恐龙埋藏特征及环境意义[J].岩相古地理,1990,(3): 34-41.

[5] 江山,叶勇,彭光照.四川盆地蜥脚类恐龙化石[J].西部资源,2018,(6): 45-51.

[6] 李奎,谢卫,张玉光.四川侏罗纪恐龙化石[J].大自然探索,1997,(1): 66-70.

[7] 王全伟,梁斌,阚泽忠,等.四川盆地中生代恐龙动物群古环境重建[M].北京:地质出版社,2008.

[8] 杨钟健,赵喜进.合川马门溪龙[M].北京:科学出版社,1972.

[9] Xing L, Miyashita T, Zhang J, et al. A New Sauropod Dinosaur from the Late Jurassic of China and the Diversity, Distribution, and Relationships of Mamenchisaurids [J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 2015, 35 (1): e889701.

[10] 董枝明,张奕宏,李宣民,等.四川永川发现的新肉食龙[J].科学通报,1978,23(5): 302-304.

[11] 佚名.中国古生物研究新进展[J].中国地质,2017,(4): 209-210.

[12] Tan C, Dai H, He J J, et al. Discovery of Omeisaurus (Dinosauria: Sauropoda) in the Middle Jurassic Shaximiao Formation of Yunchang, Chongqing, China [J]. 古脊椎动物学报, 2019, 57(2): 105-116.

[13] Hao Z, Fei H, Hao Q, et al. A Large Dinosaur Assemblage has been Discovered in Pu'an, Yunchang County, Chongqing, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2017, 91(4): 1487-1488.

[14] Li N, Dai H, Tan C, et al. A neornithischian dinosaur from the Middle Jurassic Xintiangou Formation of Yunchang, Chongqing, China: the

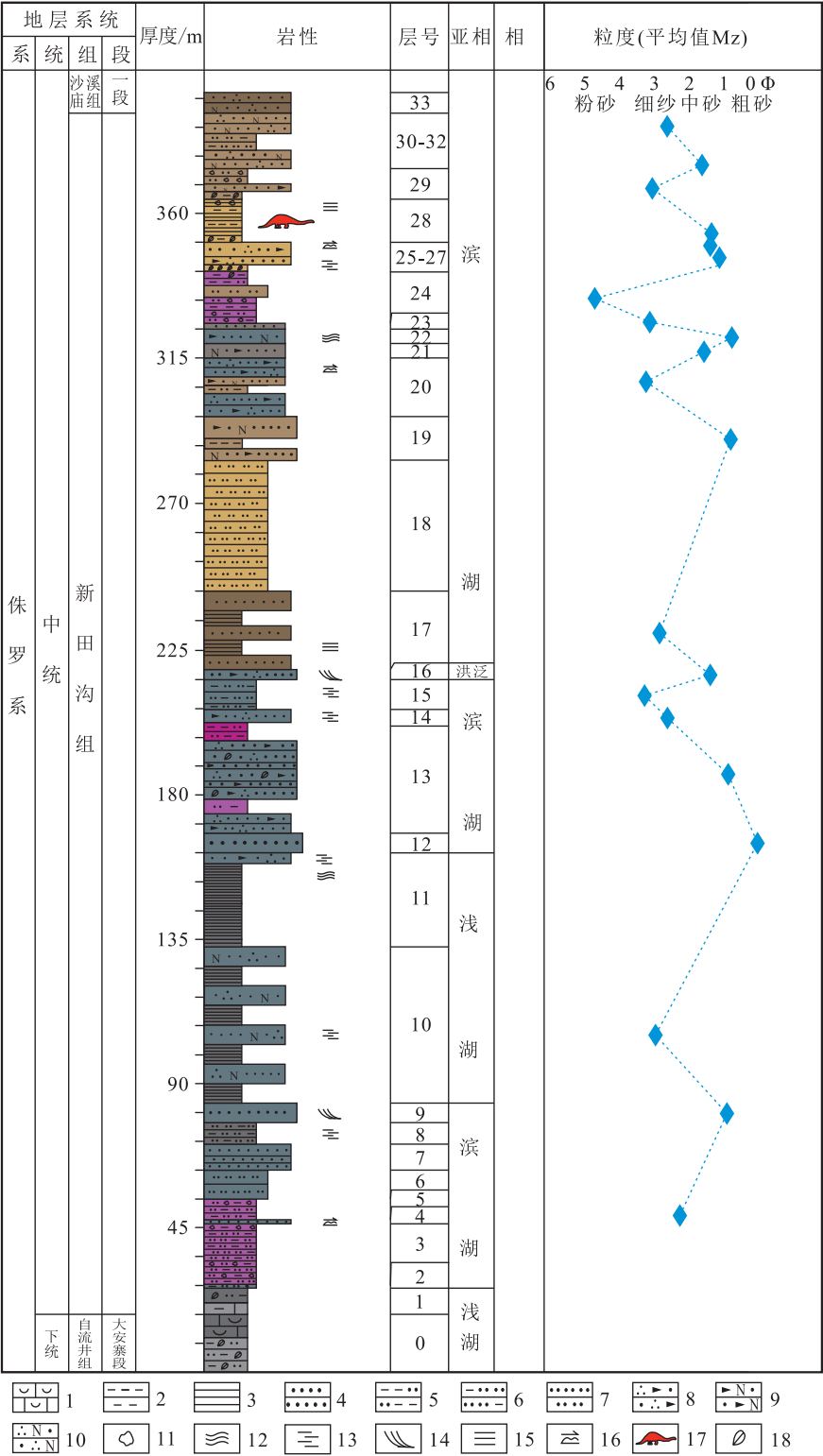


图5 研究区新田沟组综合柱状图

Fig. 5 Comprehensive histogram of the Xintiangu Formation in the study area

1—介壳灰岩;2—泥岩;3—页岩;4—砂岩;5—粉砂质泥岩;6—泥质粉砂岩;7—粉砂岩;8—岩屑石英砂岩;9—岩屑长石砂岩;
10—长石石英砂岩;11—钙质结核;12—砂纹层理;13—平行层理;14—冲刷面;15—水平层理;16—不对称波痕;17—恐龙;18—双壳

- earliest record in Asia. *Historical Biology*[J]. *Historical Biology*, 2019: 1–14. <https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1679129>.
- [15] Dai H, Benson R, Hu X, et al. A new possible megalosauroid theropod from the Middle Jurassic Xintiangou Formation of Chongqing, People's Republic of China and its implication for early tetanuran evolution[J]. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 139.
- [16] 刘啸虎, 辜学达. 全国地层多重划分对比研究——四川省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [17] 四川省区域地层表编写组. 西南地区区域地层表(四川省分册)[M]. 北京: 地质出版社, 1978.
- [18] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [19] 姜在兴. 沉积学(第二版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010.
- [20] 鲁宁. 四川盆地东部三叠—侏罗纪之交沉积环境与陆地古生态变化[D]. 中国科学技术大学博士学位论文, 2019.
- [21] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980.
- [22] 单连芳, 许东禹, 任于灿, 等. 江苏和山东海岸钙质结核及其地质意义[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1987, 7(1): 113–122.
- [23] 孙柏东, 王伟, 刘军平, 等. 滇中川街盆地中侏罗世弓鲛(软骨鱼类)化石新材料[J]. *地质通报*, 2018, 37(11): 1991–1996.
- [24] 陈建强, 周洪瑞, 王训练. 沉积学及古地理学教程[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [25] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: A study in the signification of grain size parameters[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1957, (27): 3–27.
- [26] 朱筱敏, 赵澄林. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [27] Sahu B K. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1964, (34): 73–83.
- [28] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [29] Passera R. Texture as characteristic of clastic deposition[D]. Doctoral Dissertation of University of Cambridge, 1957.
- [30] 李明龙, 郑德顺, 龚文磊, 等. 济源盆地中侏罗统马凹组砂岩粒度特征分析[J]. *沉积与特提斯地质*, 2013, 33(2): 25–31.
- [31] 张灿, 周爱锋, 张晓楠, 等. 湖泊沉积记录的古洪水事件识别及与气候关系[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(7): 898–908.
- [32] Sletten K, Blikra L H, Ballantyne C K, et al. Holocene debris flows recognized in a lacustrine sedimentary succession: sedimentology, chronostratigraphy and cause of triggering[J]. *Holocene*, 2003, 13(6): 907–920.
- [33] Bussmann F, Anselmetti F S. Rossberg landslide history and flood chronology as recorded in Lake Lauerz sediments (Central Switzerland)[J]. *Swiss Journal of Geosciences*, 2010, 103(1): 43–59.
- [34] Wilhelm B, Enters D, Allignol F, et al. Does global warming favour the occurrence of extreme floods in European Alps? First evidences from a NW Alps proglacial lake sediment record [J]. *Climatic Change*, 2012, 113(3/4): 563–581.