

西藏九子拉地区上石炭-下二叠统来姑组 冰海相混积环境特征浅析

白培荣, 马德胜, 曾禹人, 符宏斌, 郭海

(贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550018)

[摘要] 研究区处于冈底斯带中北部, 于晚古生代石炭-二叠纪冈瓦纳大陆北缘发生冰川作用并向北侧漂移。笔者通过剖面测量和面上地质填图调查, 晚石炭-早二叠世来姑组为一套碎屑岩夹碳酸盐岩建造与冰川作用砾石沉积混积物, 表现为冰融滑塌杂砾浅海沉积为主。通过对来姑组一段-三段地层中混积物的分析由底向顶建立冰海相沉积序列, 重塑冰川事件的历史过程, 恢复研究区来姑组沉积环境特征及古地理格局。

[关键词] 冈底斯带; 九子拉地区; 冰川作用; 来姑组; 沉积环境

[中图分类号] P534.45; P534.46 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2016)01-0064-07

1 引言

关于来姑组地层中砾石成因前人已经作大量研究工作, 证实来姑组地层中砾石物为晚古生代冈瓦纳大陆北缘冰川作用沉积物, 冰碛物主要为漂浮于浅海的砾石物, 成分复杂。生物组合中以厚壳类腕足动物 *Neospirifer*, *Fusispirifer* 及小型长身贝类如 *Stepanoviella*, *Canocrinella* 等为特征, 伴生产出于冰碛砾岩中, 属寒冷气候条件, 为喜马拉雅型(南型)腕足动物组合。位于当雄县九子拉地区来姑组地层受冰期影响沉积了厚度不等的特殊海相沉积岩-冰海相混积岩。笔者通过剖面测量和面上地质填图调查分析九子拉地区来姑组地层为一套冰海相混积的沉积序列, 依据冰碛砾石在地层中纵横向的展布空间和范围, 初步划分和分析了研究区晚石炭-早二叠世来姑组地层中发生冰融碛期期次及其地层沉积时的古地貌特征, 重塑了冰川事件的历史过程, 恢复了研究区来姑组沉积环境特征及古地理格局。

2 地质背景

2.1 大地构造位置及构造单元

据《1:150万青藏高原及邻区大地构造图及说明书》(潘桂棠、王立全, 2013年)划分方案, 九子拉地区位于一级构造单元的冈底斯-喜马拉雅造山系(VII), 其内可细分为拉达克-冈底斯-察隅弧盆系(VII₁)、保山地块(VII₂)、印度河-雅鲁藏布江结合带(VII₃)、喜马拉雅地块(VII₄)、缅甸弧盆系(VII₅)五个二级构造单元; 研究区位于昂龙岗日-班戈-腾冲岩浆弧带(VII₁₋₂)以及狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂岩带(VII₁₋₃)、隆格尔-工布江达复合岛弧带(VII₁₋₅)三个三级构造单元。(图1A)。

2.2 区内地层单元基本特征

按青藏高原及邻区地质图说明书(2013, 王立全、潘桂棠等)划分意见, 区内属滇藏地层大区的冈底斯-腾冲地层区, 区内出露地层有古生代泥盆系、石炭系、二叠系, 中生代侏罗系、白垩系, 新生代古近系、第四系。区内来姑组一段底部未发现古风化壳和底砾岩, 与下伏地层诺错组接触

[收稿日期] 2015-11-07

[基金项目] 西藏1:5万九子拉地区四幅区域地质调查(项目编号:1212011121230); 西藏1:5万塔惹增地区四幅区域地质调查(项目编号:1212011086035); 西藏1:5万恐弄拉拉地区四幅区域地质调查(项目编号:12120114062301)。

[作者简介] 白培荣(1979—), 贵州平坝县人, 高级工程师, 从事区域地质调查工作。

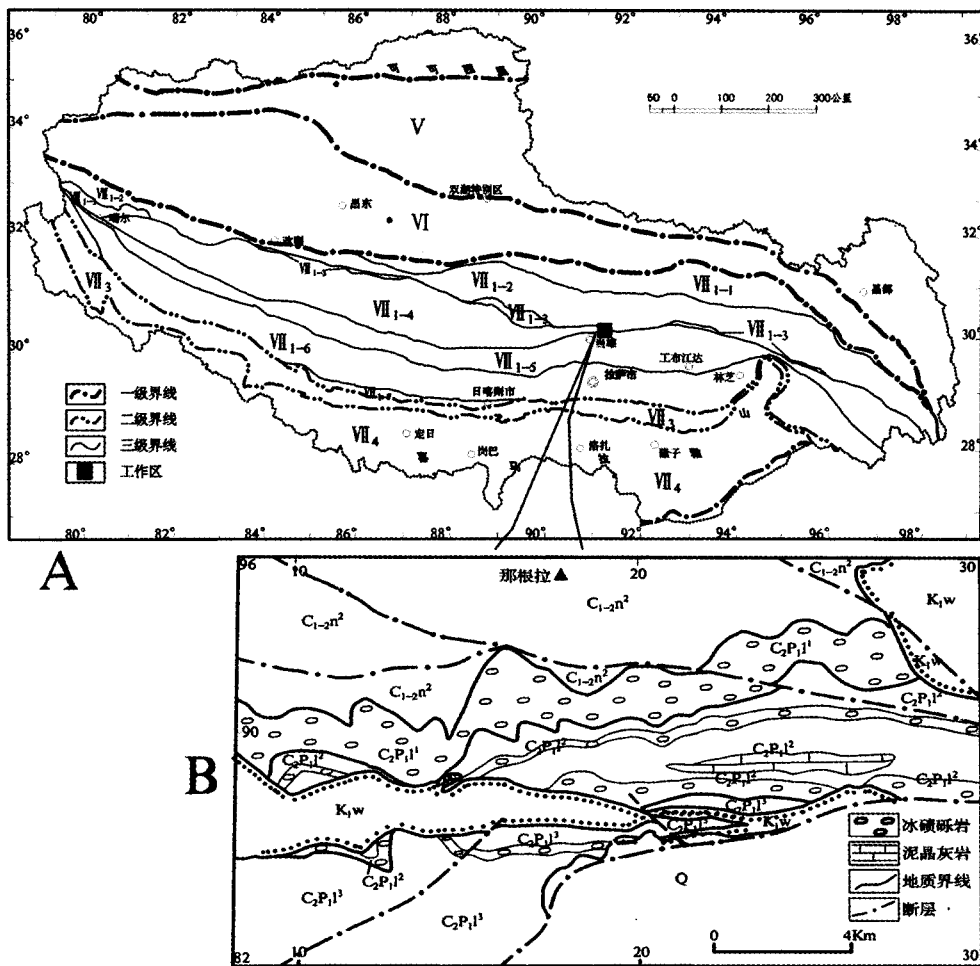


图 1 大地构造位置(王立全、潘桂棠,2011年,略有修改)及来姑组地质简图

Fig. 1 Structural location and geologic sketch of Laigu formation

I—华北陆块区; II—塔里木陆块区; III—秦祁昆造山系; IV—康西瓦-南昆仑-玛多-玛沁对接带; V—羌塘-三江构造带; VI—班公湖-怒江-晶宁-孟连对接带; VII—冈底斯-喜马拉雅造山系; VIII—扬子陆块区; IX—印度陆块区

冈底斯-喜马拉雅造山系(VII): 拉达克-冈底斯-察隅弧盆系(VII1): 那曲-洛隆隆前盆地(VII1-1)、昂龙岗日-班戈-腾冲岩浆弧带(VII1-2)、狮泉河-申扎-嘉黎蛇绿混杂岩带(VII1-3)、措勤-申扎岩浆弧带(VII1-4)、隆格尔-工布江达复合岛弧带(VII1-5)、拉达克-冈底斯-下察隅岩浆弧带(VII1-6)、日喀则弧前盆地(VII1-7)

部位产状稳定,为整合接触关系;来姑组三段地层未见顶,多被白垩系卧荣沟组及第四系角度不整合覆盖。

3 地层冰海混积特征

研究区上石炭-下二叠统出露地层为来姑组(C₂P₁l),总体为一套碎屑岩夹碳酸盐岩沉积,于晚石炭-早二叠世时期与漂冰作用有关的冰水浅海混积的沉积环境。产化石:拟栗蛤? 比较种 *Nuculopsis?* sp.; 狭体贝(未定种) *Stenosisma* sp.; 背孔贝(未定种) *Notothyris* sp.; 两板贝(未定种) *Dielasma* sp.; 轮刺贝(未定种) *Echinoconchus* sp.; 棘形亚翁贝(比较种) *Avonia* cf. *echidniformis*

Grabau。研究区石炭-二叠系由于晚期构造-热事件影响,普遍遭受绿片岩相区域变质作用,局部变质程度达角闪岩相,形成以板岩+含砾板岩为特色的浅变质地层。来姑组地层据冰海混积物特征分为一段、二段及三段,各段的混积特征为:

3.1 来姑组一段(C₂P₁l¹)的冰海混积特征

来姑组一段主要沉积了一套近岸砂砾及冰川杂砾岩混积物,为紫、紫红色中层-块状变砾岩、变砂质砾岩、含砾变岩屑砂岩为主夹石英砂岩、(长石)岩屑砂岩、变砂质粉砂岩或其间韵律互层之,岩层中局部发育交错层理、平行层理。该套地层中大部分砾岩砾石成分为灰岩、花岗岩、硅质

岩、变质岩、砂岩等,砾石大小不等,砾径 0.5~6 cm,以 1~3 cm 居多,大者达 15 cm(图版 I),多呈次圆-次棱角状,少量呈棱角状(图版 II),无分选性,砾石与基质不能融为一体(图版 I、II),杂乱无序地分布于泥砂质基质中,总体表现为冰川杂砾岩沉积特征,杂砾岩中砾石稀疏分布于泥质或粉砂质岩石中,普遍见有“落石”刺穿水平层理(图版 I、II)以及一些砾石表面具有冰川擦痕(图版 III)和压坑现象。少部分砾岩砾石磨圆较好,成份为石英砂岩、砂岩、灰岩等,砾石砾径 0.3~0.8 cm,基质为粉砂质-砂质,砾石与基质融为一体,由下往上显递变层理,为滨浅海沉积物,可与冰川作用混积,具与冰碛物特征的杂砾岩区分。

来姑组一段冰海混积具有 2 个基本层序(图 2),A 为变质岩屑长石砂岩→变质含冰海混积砾岩屑长石砂岩韵律互层,表现水体变浅特征;B 为变冰海混积砾岩→变含冰海混积砾岩屑砂岩韵律互层;呈现了水流强度逐渐减弱及因气候变化,使冰川消融减弱,冰川融碛物减少而混合沉积而成。

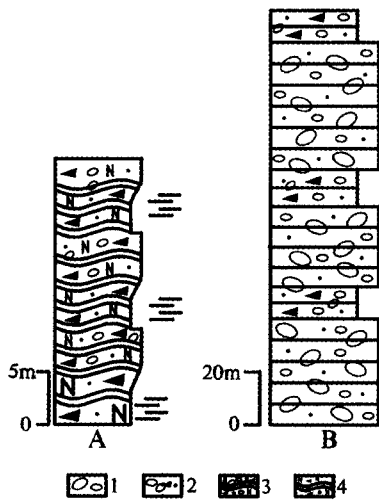


图 2 来姑组一段混积沉积序列

Fig. 2 Mixed sedimentary sequence of section 1 of Laigu formation

1—变冰海混积砾岩;2—含冰海混积砾岩屑砂岩;

3—变质含冰海混积砾岩屑长石砂岩;4—变质岩屑长石砂岩

来姑组一段为晚石炭-早二叠世时期的第一次冰融碛期,规模大,持续时间较长。地层中含冰碛砾岩纵横向的展布特征反映了晚石炭-早二叠世时期来姑组沉积初期古地形地貌为波状起伏相间平行排列的特征,这一差异性的特征导致纵向上含冰碛砾岩厚度不同,横向上延伸呈波浪状或锯齿状的古地理格局(图 1B)。宏观上该套地层总体呈现一套紫红色(少量为浅灰-灰色、褐黄

色)地貌特征。

3.2 来姑组二段(C₂P₁^{l2})的冰海混积特征

来姑组二段沉积时期因气候变化或环境差异,各阶段的冰川作用不一,总体为一套碎屑岩夹碳酸盐岩和冰川作用的杂砾岩混积物。各时期冰海混积为:早期冰川作用微弱或停止,底部为浅灰-灰色中厚层变质粉砂质细粒长石岩屑砂岩、变质砂质粉砂岩,未见有冰川作用的杂砾岩;早-中期冰川作用开始,发生了第二次冰融碛期,为浅紫灰、灰色中-薄层状变质细粒含冰碛砾岩屑石英砂岩、变质含冰碛砾砂质粉砂岩,该时期的冰川杂砾岩沉积特征表现为:冰碛砾岩沉积时间较短,厚度较薄,冰碛砾石含量较低,成分为灰岩、花岗岩、硅质岩、石英砂岩、砂岩等,砾石砾径 0.3~1 cm 为主,多呈次圆-次棱角状,少量呈棱角状,无分选性,砾石与基质不能融为一体(图版 IV),并稀疏杂乱无序地分布于泥砂质基质中,局部见有“落石”刺穿水平层理现象;中期为褐黄、灰色中层状变细粒(长石)石英砂岩、变细粒粉砂质石英砂岩、变质砂质粉砂岩或呈韵律互层之,夹呈透镜体的灰色中层状变泥晶灰岩、含燧石泥晶灰岩、变质含生物屑泥晶灰岩、粘土岩及其间韵律互层,岩层中局部发育平行层理,未见有冰川作用的杂砾岩;晚期第三次冰融碛期开始,混积了一套浅紫灰、灰色中-薄层状变质细粒含冰碛砾岩屑石英砂岩、变质含冰碛砾砂质粉砂岩、变质含冰碛砾含粉砂细粒岩屑石英砂岩夹砂质板岩、砂质粉砂质板岩、变质岩屑石英砂岩、变岩屑细砂岩及变钙质粉砂岩,冰碛砾岩特征表现为成份复杂,粒度相对一段的砾径较小,砾石与基质不能融为一体,含量较低,少数砾石仍然可以识别出具有坠石结构的特点。

来姑组二段冰海混积具有 5 个基本层序(图 3),A 为含生物屑灰岩→粘土岩韵律互层,表现了水体变深,水动力条件减弱,体现了(海侵)退积型层序,自下而上出现碳酸盐岩夹细碎屑岩沉积,具混积沉积特征。B 为长石石英砂岩→含冰碛砾细砂岩韵律互层,具有滨岸冲洗沉积特征;C 层序为含冰碛砾岩屑砂岩→钙质粉砂岩韵律互层,表现了水体变深,体现了(海侵)退积型层序;D 为含燧石灰岩→泥晶灰岩韵律互层,为碳酸盐岩稳定沉积环境;E 为粉砂岩→含冰海混积砾石石英砂岩韵律互层,表现了水体变浅,体现了(海

退)进积型层序,呈现出下细上粗的反旋回特征。

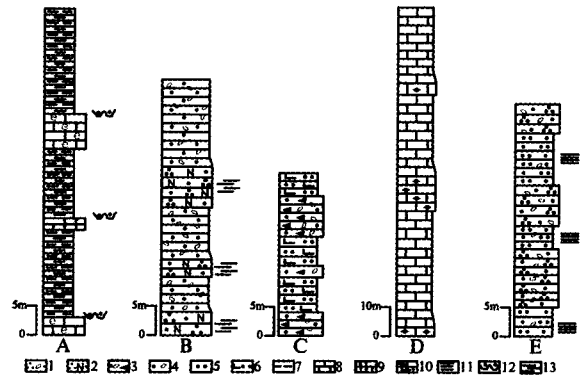


图 3 来姑组二段混积沉积序列

Fig. 3 Mixed sedimentary sequence of section 2 of Laigu formation
 1—含冰海混积砾石英砂岩;2—长石英砂岩;3—含冰碛砾屑层砂岩;4—含冰碛砾细砂岩;5—粉砂岩;6—钙质粉砂岩;7—粘土岩;8—泥晶灰岩;9—含生物屑灰岩;10—含燧石灰岩;11—水平层理;12—冲刷面;13—平行层理

3.3 来姑组三段(C₂P₁l³)的冰海混积特征

来姑组三段因气候或环境因素,冰川作用持续时间较短,仅于早中期见有冰海混积,为第四次冰融碛期,之后中-晚期冰川作用微弱或停止,仅沉积了一套较厚的浅海相碎屑岩。各时期的冰海混积为:早期为灰白、灰绿色薄-中层状绢云变粉砂质细粒长石石英砂岩、灰绿色中-层状绿泥绿帘岩、灰绿色薄层状片岩、灰色中厚层状粉砂质绿泥绢云千枚岩夹灰色中层状黑云绿泥绢云变砂质粉砂岩或二者呈韵律互层之;早中期混积了灰色中厚层黑云绢云变含冰碛砾含粉砂质不等粒长石石英砂岩,冰碛砾岩特征表现为砾石与基质不能融为一体(图版VII),并稀疏杂乱无序地分布于砂质基质中,含量为3%~5%,成分为灰岩、火成岩、硅质岩、石英砂岩、砂岩等,砾石砾径总体比前期混积的粒度细,以0.3~0.8 cm为主,多呈次圆-次棱角状,少量呈棱角状,无分选性;中-晚期为褐黄、灰色薄-中-厚层状变粉砂质中-细粒长石石英砂岩、变砂质粉砂岩、粉砂质板岩、变砂质细砂岩、变石英砂岩及其间呈不等厚韵律互层;岩石中局部发育有水平层理。

来姑组三段冰海混积具有4个基本层序(图4),A(变粉砂岩→绢云千枚岩韵律互层)、B(变质细砂岩→变质粉砂岩韵律互层)、C(变质细砂岩→粉砂质板岩韵律互层),体现了海侵过程,为陆棚相沉积环境;D为变粉砂岩→变石英砂岩韵律互层,

单个韵律向上表现了水体变浅,体现了(海退)进积型层序,呈现出下细上粗的反旋回特征。

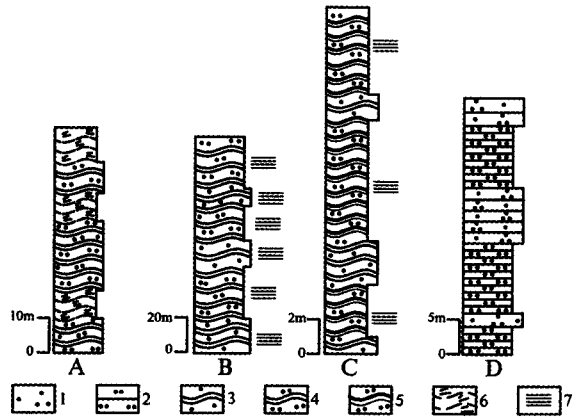


图 4 来姑组三段沉积序列

Fig. 4 Mixed sedimentary sequence of section 3 of Laigu formation
 1—变石英砂岩;2—变粉砂岩;3—变质细砂岩;4—变质粉砂岩;5—粉砂质板岩;6—绢云千枚岩;7—水平层理

4 冰水浅海混积环境

研究区于晚古生代石炭-二叠纪受冈瓦纳大陆北缘冰川作用影响,来姑组混积了一套碎屑岩夹碳酸盐岩建造与冰川作用砾石沉积物。

来姑组一段沉积物类型为以混杂沉积砾岩夹含砾砂岩及较厚的纯净中-粗粒石英砂岩为主。发育交错层理、平行层理,偶见不对称波痕,其中以波浪冲洗作用(图版VIII)为特征。该套地层有丰富的陆源碎屑物质补给,沉积环境为近岸沉积的前滨带。该段中砾石成分为灰岩、花岗岩、硅质岩、变质岩、砂岩等,成分较复杂,磨圆度不均匀,砾石无定向性,且一些砾石表面见有冰川作用时拖拽擦痕,局部偶见具有冰压剪裂隙的冰水砾石。故砾石沉积物主要来源于冰川作用沉积冰碛砾石,少量砾石为滨岸沉积物,且滨岸沉积砾石往往磨圆度较好,有别于冰川作用杂砾石沉积。

来姑组二段主体以砂质、粉砂质沉积物为主,含少量的冰川作用砾石沉积物,砾石成分较复杂,磨圆度较差且不均匀,无定向性。底部或中部偶见夹有灰岩透镜体,发育水平层理和交错层理。常见粉砂岩与细砂岩韵律互层,说明由于海水进退频繁,横向上有的地方距离远滨较近的过渡带演化,但由于该时期碎屑物质大量补给,碎屑岩沉积占主导,于低洼之处,形成少量碳酸盐岩沉积。该套地层由北往南沉积物粒度变细,以粉砂

沉积为主,灰岩透镜体变厚,横向展布面积增大,沉积环境由临滨向过渡带演化。

二段冰川作用沉积物有别于一段,砾石物明显减少,且主要体现为“坠石”特征(图版V、VI),为冰架或冰山通过筏运冰川碎屑。由于冰川消融,粗粒碎屑坠落于基质之中,可见基质以泥质物为主,有的坠石切穿泥质纹层。同时,还可见压坑、擦痕等构造。从二段砾石物减少,体现冰川作用明显减弱,表现为由来姑组一段-二段为退积型冰川作用过程。

来姑组三段以粉砂岩、粉砂质板岩沉积为主体,少量见冰川作用砾石沉积物,砾石成分较复杂,磨圆度较差且不均匀。该段底部见有细-中粒砂岩,属海进初始时期的残留沉积,由潮汐流或风暴回流从临滨处带来,之后,残留沉积之上被厚度较大的泥质、粉砂质沉积物所代替,沉积环境转变为陆棚相。

综上所述,处于冰海沉积环境时期的来姑组地层,地层由一段前滨带含砾砂岩、砂岩→二段临滨-过渡带的砂质、粉砂质沉积物→三段陆棚相的粉砂质、泥质沉积物沉积环境演化。地层中均含有冰川沉积砾石物,砾石成分复杂,有花岗岩、硅质岩、变质岩、灰岩、砂岩等,砾石磨圆度差,砾石大小混杂,排列无序。砾径变化极大,各粒级含量不均一。砾径多集中在2~4 cm范围,偶见大于15 cm的砾径。这是由于固体的冰川沿途冻结和搬运大小不等的砾石,未经分选堆积的结果,局部偶见具有冰压剪裂隙的冰水砾石。来姑组表现为冰融滑塌杂砾浅海沉积为主。以一段砾石沉积物含量最高,且从一段往三段冰川作用砾石沉积物含量呈减少,厚度减薄,具向上变细的退积型正旋回沉积序列,沉积环境由滨岸相-过渡相-陆棚相演化,反映了冰碛砾岩来源、搬运靠近陆地。

5 结论

(1)来姑组早期体现前滨带砂砾岩与冰川作用杂砾岩混积,并以波浪冲洗作用为特征;中期表现为临滨-过渡带的砂质、粉砂质沉积物夹冰海混积物;晚期表现为陆棚环境的沉积物粒度较细,结构成熟度和物质成熟度较高的粉砂岩、粉砂质板岩夹冰海混积夹层。体现了来姑组时期研究区古地理格局具北浅南深特点,盆地持续下降,并向

南部迁移。

(2)来姑组中冰海混积砾石物特征表现为:砾石具有磨圆度及分选较好,砾径较细,为滨岸相沉积物;而冰川作用沉积的砾石特征为砾石成分较复杂,砾径大小不一,磨圆度不均匀,砾石无定向性,多数砾石长轴垂直或斜交刺穿层理,局部见“坠石”特征,与基质不能融为一体,且一些砾石表面见有擦痕,局部偶见具有冰压剪裂隙的冰水砾石。通过对来姑组冰海混积的冰碛砾石物的沉积展布范围的研究,初步划分了晚石炭-早二叠世时期来姑组地层发生了四次冰融碛期,反应了冰川堆积作用特点及冰川事件的历史过程。

(3)来姑组地层中的冰川作用砾石沉积物由一段-三段含量逐渐减少,厚度减薄,且向上砾石砾径变细,体现了具有退积型正旋回沉积序列;沉积环境由滨岸相-过渡相-陆棚相演化,反映了冰碛砾岩来源、搬运靠近陆地。

致谢:本文是参与《西藏1:5万九子拉地区四幅区域地质调查》项目人员的集体成果,在此感谢。

[参考文献]

- [1] 王立全,潘桂棠,等. 青藏高原及邻区地质图及说明书[M]. 北京:地质出版社,2013. 5,30-42.
- [2] 潘桂棠,王立全,等. 青藏高原及邻区大地构造图及说明书[M]. 北京:地质出版社,2013. 5,125-128.
- [3] 夏代祥,刘世坤. 西藏自治区岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社. 1997.
- [4] 李才,谢尧武,等. 藏东吉塘地区冈瓦纳相冰海杂砾岩的特征及其意义[J]. 地质通报,2008,(27)10,1 654-1 658.
- [5] 潘桂棠,朱弟成,等. 班公湖-怒江缝合带作为冈瓦纳大陆北界的地质地球物理证据[J]. 地学前缘,2004,(11)4.
- [6] 潘桂棠,王立全,等. 青藏高原区域构造格局及多岛弧盆系的空间配置[J]. 沉积与特提斯地质,2001,(21)3.
- [7] 陈建强,周红润,等. 沉积学及古地理学教程[M]. 北京:地质出版社,2014,12,133-138,145-194.
- [8] 王立全,朱弟成,等. 青藏高原1:25万区域地质调查主要成果和进展综述[J]. 地质通报,2004,(23)5-6.
- [9] 李光明,冯孝良,等. 西藏冈底斯构造带构造带中段多岛弧-盆系及其演化[J]. 沉积与特提斯地质,2000,(20)4.
- [10] 冯兆东,秦大河. 冰川沉积相研究的国际动态及主要成果[J]. 冰川冻土. 1985,(3)7,1,89-96.
- [11] 梁定益,聂泽同,等. 早二叠世冈瓦纳北缘构造古地理环境与杂砾岩成因剖析[J]. 特提斯地质,1994,18.
- [12] 斗守初,黄道全. 皖西震旦纪冰川沉积相初析[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),1989,6,(12)2.



图版 I: 与基岩不能融为一体及刺穿层理的冰碛砾石



图版 II: 与基岩不能融为一体及刺穿层理的棱角状冰碛砾石



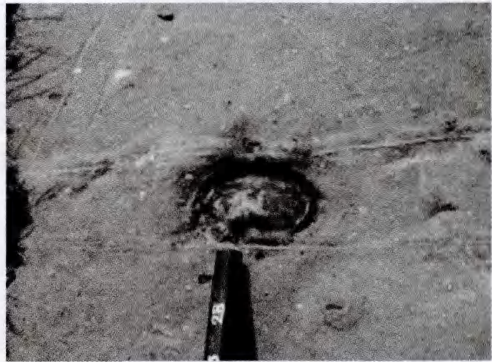
图版 III: 冰川擦痕



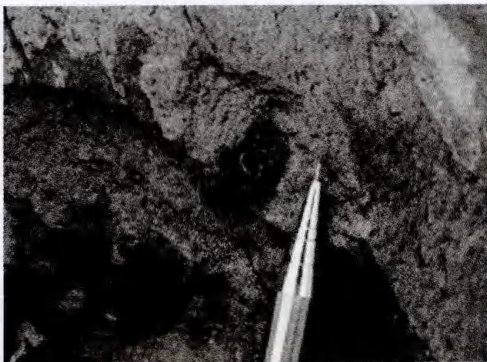
图版 IV: 与基岩不能融为一体的冰碛砾石



图版 V: 具有“坠石”特征的冰碛砾石



图版 VI: 具有“坠石”特征的冰碛砾石



图版 VII: 与基岩不能融为一体的冰碛砾石



图版 VIII: 冲洗交错层理

The Characteristics of Sedimentary Environment of Upper Carboniferous-lower Permian Laigu Formation in Jiuzila Area of Tibet

BAI Pei-rong, MA De-sheng, ZENG Yu-ren, FU Hong-bin, GUO Hai

(Guizhou Geological Survey, Guiyang 550018, Guizhou, China)

[Abstract] The study area located at the north-central Gangdise belt. It drifts toward north when the glaciations occurred at the northern margin of Gondwanaland in Carboniferous and Permian of Late Paleozoic. According to the profile measurement and route survey, the lithology of Laigu formation are mixed deposits include caustic rock clip carbonate rock and glacial erratic boulder. Through the analysis of the gravel in the sediments at the first-third section of Laigu formation, the authors established a glacial sedimentary sequence and reshaping the glacial event, and restore the ancient landform at the study area.

[Key words] Gangdise belt; Jiuzila area; Gaciation; Laigu formation; Sedimentary environment

(上接第 57 页)

[参考文献]

[1] 贵州省地矿局区调院, 1:20 万毕节幅区调报告[R]. 1976.
 [2] 贵州省地质调查院, 1:25 万毕节幅地质报告[R]. 2004.

[3] 贵州省地矿局. 贵州省岩石地层[M]. 第 1 版. 中国地质大学出版社, 1997, 12:249-253.
 [4] 高玉辉. 四川威远恐龙足迹一新属[J]. 古脊椎动物学报, 2007, 45(4):342-345.

Stratigraphic Characteristics of Ziliujing Formation, Jurassic Series and Discovery of Dinosaur Footprints in Dafang, Guizhou

ZHANG Xiao-shi, ZHAO Bing, TAN Mei, ZHOU Bing-yang, SUN Jian

(Sedimentary Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

[Abstract] In this paper, Ziliujing formation in Lijiawan is described, the lithology association, stratigraphic contact relation and transverse variation are also discussed. According to Bivalia and Estheris fossil assemblage zones, Ziliujing formation belongs to be low Jurassic system and Xintiangou formation belongs to middle Jurassic system. Dinosaur footprints were discovered in Ma' anshan section for the first time. According to lithology association and sedimentary structure, it's determined ziliujing formation is costal lake and shallow lake subfacies of lake facies composed of sand flat, mud flat, sand, mud mixed flat and shell bank microfacies. Ziliujing formation has been divided into 2 long period base level cycle sequences and 5 middle period base level cycle sequences.

[Key words] Guizhou; Jurassic series; Ziliujing formation; Lithostratigraphy; Classification and Correlation; Sedimentary facies; Dinosaur footprint