

# 藏北尼玛县阿索乡上白垩统马莫勒组的建立及其意义

罗安波, 王明, 曾孝文, 高忠维

LUO Anbo, WANG Ming, ZENG Xiaowen, GAO Zhongwei

吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061

College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China

**摘要:**在青藏高原中部尼玛县阿索乡马莫勒地区识别出一套紫红色辫状河三角洲平原亚相地层,岩性主要为紫红色砂岩中砾岩、紫红色复成分中砾岩、紫红色砂岩细砾岩,局部夹含砾粗砂岩或岩屑杂砂岩。在剖面测制和区域对比的基础上建立了上白垩统马莫勒组。对马莫勒组岩屑杂砂岩层进行碎屑锆石采样和U-Pb定年,得到最年轻的碎屑锆石年龄为99Ma。碎屑锆石主要存在3个年龄峰值,其中主峰值在125Ma左右,代表了班公湖-怒江中特提斯洋演化的岩浆活动,其他2个弱峰值分别为550Ma和980Ma,且分别代表了泛非期和格林威尔期-晋宁期的岩浆活动热事件。研究认为,马莫勒组的沉积时代应介于99~90Ma之间,马莫勒组的出现标志着尼玛地区在晚白垩世初期完成了由洋到陆的转换,进入陆内环境。

**关键词:**青藏高原;辫状河三角洲平原亚相;马莫勒组;洋陆转换;碎屑锆石

**中图分类号:**P534.53;P535 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2018)08-1529-12

**Luo A B, Wang M, Zeng X W, Gao Z W. The establishment of Upper Cretaceous Mamole Formation in Asuo Town of Nima County, northern Tibet, and its significance. Geological Bulletin of China, 2018, 37(8):1529-1540**

**Abstract:** In this study, a set of purple red braided river delta plain subfacies sediments were firstly discovered in Asuo Town of Nima County, northern Tibet. Rock association is mainly composed of medium conglomerate in sandstone, medium conglomerate in complex composition and fine conglomerate in sandstone, intercalated with gravel and lithic sandstones. We establish the Mamole Formation based on the section measurement and regional correlation. The authors collected zircon samples from lithic sandstones in Mamole Formation, and the analytical results show that the youngest detrital zircon age is 99Ma and there exist three peak ages for the samples, i.e., 125Ma, 550Ma and 980Ma. The ages 550Ma and 980Ma represent respectively the Pan-African and Green Weir-Jinning period magma thermal events. The principal peak of 125Ma represents the magmatic activity related to the evolution of Bangong Co-Nujiang Tethyan Ocean in Cretaceous. The deposition time of Mamole Formation was 99~90Ma, and the appearance of Mamole Formation indicates that in the Nima area the ocean-continent transition ended and evolved into intracontinental environment in the early Late Cretaceous.

**Key words:** Tibetan Plateau; braided river delta plain subfacies; Mamole Formation; ocean-continent transition; detrital zircon

班公湖-怒江板块缝合带位于阿尔卑斯-喜马拉雅特提斯构造域的东段,呈东西向横贯于青藏高原中北部,夹持于羌南-保山板块和拉萨地体之间,是学术界长期关注的中特提斯演化的重要地段。自20世纪80年代以来,中外学者对于班公湖-怒江

洋盆的性质、演化模式、俯冲极性、闭合机制等关键的大地构造问题都有较深入的研究<sup>[1-8]</sup>。由于该缝合带复杂的构造演化历史和藏北高原的恶劣条件,许多地质问题尚存在争议。班公湖-怒江洋盆的闭合时限就是分歧较大的问题之一。传统观点认为,

收稿日期:2018-01-05;修订日期:2018-03-14

资助项目:中国地质调查局项目《冈底斯-喜马拉雅铜矿资源基地调查》(编号:DD20160015)、《班公湖-怒江成矿带铜多金属矿资源基地调查》(编号:DD20160026)和国家自然科学基金项目《藏北聂荣微陆块新元古代-寒武纪构造演化》(批准号:41402190)、《青藏高原羌塘南部埃迪卡拉纪地层研究》(批准号:41602230)

作者简介:罗安波(1994-),男,在读硕士生,构造地质学专业。E-mail:2279687817@qq.com

通讯作者:王明(1984-),男,博士,讲师,从事青藏高原晚古生代基性岩浆事件研究。E-mail:wm609@163.com

班公湖-怒江洋在晚侏罗世一早白垩世早期已经闭合,主要依据晚侏罗世一早白垩世早期滨浅海相的沙木罗组等地层与蛇绿岩等洋壳物质之间的沉积不整合<sup>[9-12]</sup>。随着研究的深入,有学者指出,沙木罗组实际上仅局限于班公湖-怒江板块缝合带的北缘,而班公湖-怒江板块缝合带广泛分布的早白垩世末期(100~107Ma)陆相河湖相去申拉组<sup>[13-16]</sup>与下伏洋壳物质的沉积不整合代表了班公湖-怒江洋主洋盆的最终消亡<sup>[8]</sup>。沉积记录能够很好地反映大陆碰撞的时间<sup>[17]</sup>,也是探讨区域洋陆转换的关键信息。因此,对于班公湖-怒江板块缝合带及两侧地区白垩系的研究是探讨青藏高原中部晚中生代构造演化的重要窗口。

在西藏尼玛县尼则1:5万四幅区域地质调查中,笔者等在马莫勒地区发现了一套紫红色的辫状河三角洲平原亚相地层,其在西藏1:25万邦多区幅中被划归为早白垩世的碎屑岩岩片<sup>①</sup>。从其中的岩屑杂砂岩层内采取了碎屑锆石样品,其测年结果与野外接触关系皆表明该套地层应归属于上白垩统。经过野外路线地质调查和剖面实测,笔者发现,此套地层的岩性和内部结构较一致,地层主体的岩性组合和岩相明显不同于上白垩统竟柱山组。这套地层的发现丰富了区域内的白垩系地层系统,也为青藏高原中部的构造演化提供了新的地层资料。

## 1 区域地质概况

研究区地处藏北尼玛县阿索乡南部,大地构造位置为北拉萨板块南缘,位于阿索蛇绿混杂岩东北,北距班公湖-怒江板块缝合带25km(图1)。受早期白垩纪班公湖-怒江洋南向俯冲及后期拉萨-羌塘板块碰撞造山作用影响,区内岩浆岩出露广泛,断裂构造发育,主体构造线为近东西向,地层受构造破坏严重,多呈断块、残片产出。区域上基底出露不详,地层由老到新均有不同程度的出露,主要有:下二叠统拉嘎组含杂砾碎屑岩( $P_1l$ )、昂杰组灰岩及含杂砾碎屑岩组合( $P_1a$ )、中二叠统下拉组生物碎屑灰岩( $P_2x$ )、中上侏罗统接奴群碎屑岩组合( $J_{2-3j}$ )、上侏罗统一下白垩统复理石岩片( $J_3K_1f\omega$ )、下白垩统多尼组火山岩( $K_1d$ )、下白垩统郎山组生物碎屑灰岩( $K_1l$ )及上白垩统竟柱山组复成分砾岩( $K_2j$ )。

马莫勒组( $K_2m$ )发现于马莫勒地区,其南部被全新统沉积物覆盖,延伸情况不明。马莫勒组主体为紫红色砂岩中砾岩(砾石成分以砂岩为主,约占砾石含量的80%~95%)、紫红色复成分中砾岩、紫红色砂岩细砾岩,局部夹含砾粗砂岩和岩屑杂砂岩。马莫勒组整体成层性好,砾石普遍定向排列。受后期构造强烈影响,马莫勒组整体为背斜构造,地貌上呈背斜成谷的特征(图2、图版I-a)。马莫勒组的岩性组合、岩相特征及形成时代均不同于区内上白垩统竟柱山组,为将其与竟柱山组区别开来,依据《中国地层指南及中国地层指南说明书》关于划分岩石地层单位的规定,新建岩石地层单位马莫勒组。该组的建立对丰富区域地层系统及探讨区域构造演化有着重要意义。

## 2 实测剖面描述

马莫勒组实测剖面位于藏北尼玛县阿索乡南部马莫勒地区,剖面起点的地理坐标为北纬 $31^{\circ}44'12''$ 、东经 $86^{\circ}06'13''$ (图1),马莫勒组实测剖面如图2所示。由于后期构造运动的改造、风化作用的剥蚀及全新统沉积物的覆盖,本次剖面未能发现地层顶和底。马莫勒组剖面的详细描述如下。

- 未见顶—————
- 马莫勒组( $K_2m$ ) >391m
- 12.紫红色中薄层复成分细砾岩:紫红色,细砾结构,中薄层状构造。砾石约占75%,其余为填隙物。砾径2~4mm,成分以石英砂岩岩屑为主,次为硅质岩,少量玄武岩和灰岩岩屑。砾石磨圆度为次棱角状,分选性中等。砾石定向排列
- 51m
- 11.紫红色中厚层砂岩中砾岩:中砾结构,中厚层状构造。由砾石(75%)和填隙物(25%)组成。砾径为4~15mm,成分以石英砂岩岩屑为主,磨圆度为次棱角状,分选性中等。砾石呈叠瓦式排列(图版I-h)
- 20m
- 10.浅紫红色中厚层砂岩中砾岩夹紫红色中薄层含砾粗砂岩:砾石约70%,砾径4~10mm,成分主要为石英砂岩岩屑,呈定向排列,板状交错层理发育(图版I-c)。含砾粗砂岩为粗粒碎屑结构,中薄层状构造
- 35m
- 9.浅紫红色厚层复成分中砾岩:中砾结构,厚层状构造。砾石约80%,砾径6~15mm,成分主要为石英砂岩岩屑,次为硅质岩岩屑和玄武岩岩屑,少量灰岩岩屑。磨圆度为次棱角状,分选性中等
- 13m
- 8.紫红色厚层砂岩中砾岩夹紫红色薄层砂岩细砾岩:砾石约80%,成分以石英砂岩岩屑为主,呈叠瓦式排列,磨圆度和分选性中等,呈透镜状(图版I-a)。细砾岩单层厚约10cm,薄

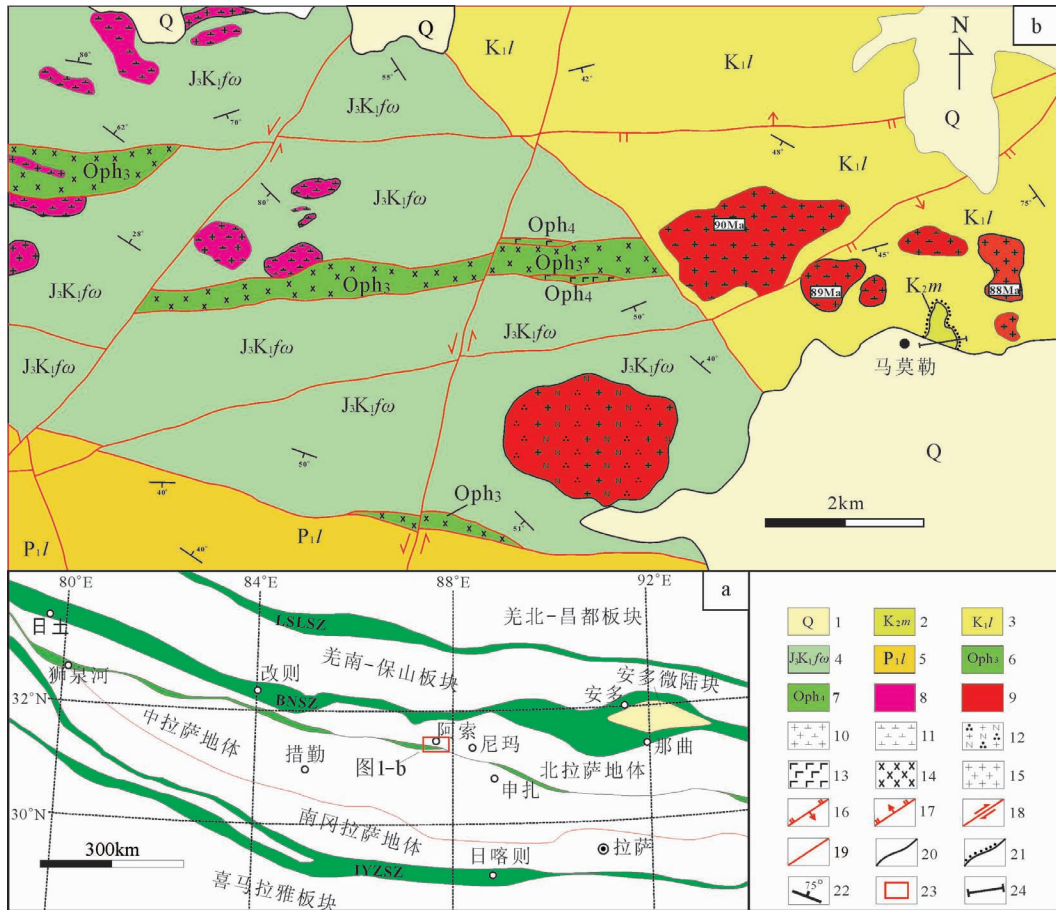


图 1 藏北尼玛县阿索乡马莫勒地区地质简图

Fig. 1 Geological map of the Mamole area in Asuo Town of Nima County, northern Tibet

- 1—全新统冲洪积物; 2—上白垩统马莫勒组; 3—下白垩统郎山组生物碎屑灰岩;
- 4—晚侏罗世—早白垩世复理石岩片; 5—下二叠统拉嘎组含砾碎屑岩; 6—辉长岩墙;
- 7—枕状玄武岩; 8—早白垩世侵入岩; 9—晚白垩世侵入岩; 10—花岗闪长岩; 11—闪长岩;
- 12—石英钠长斑岩; 13—玄武岩; 14—辉长岩; 15—花岗岩; 16—逆冲断层; 17—正断层;
- 18—走滑断层; 19—性质不明断层; 20—整合界线; 21—不整合界线; 22—产状;
- 23—研究区位置; 24—实测剖面位置

层构造, 细砾结构。砾石成分以石英砂岩岩屑为主, 直径约 3mm

32m

7. 浅紫红色厚层复成分中砾岩: 单层厚 50~80cm, 砾石约占 70%, 砾径集中在 1~2.5cm, 可达 6cm, 砾石成分复杂, 磨圆度和分选性一般, 呈定向排列。发育正粒序层理和交错层理 (图版 I-g)

17m

6. 浅紫红色中厚层砂岩中砾岩夹紫红色中薄层含砾粗砂岩: 砾岩由砾石 (75%) 和填隙物 (25%) 组成。砾径为 6~15mm, 以石英砂岩岩屑为主, 定向排列。含砾粗砂岩为粗粒碎屑结构, 中薄层状构造。碎屑颗粒以岩屑为主, 分选性和磨圆度中等

33m

5. 紫红色中厚层砂岩细砾岩夹紫红色薄层岩屑杂砂岩: 砾岩

为细砾结构, 中厚层状构造。中砾石含量约 80%, 以石英砂岩岩屑为主, 2~4mm, 呈定向排列。岩屑杂砂岩呈中粗粒碎屑结构, 薄层构造。岩屑杂砂岩内平行层理发育 (图版 I-e)

46m

4. 浅紫红色厚层砂岩中砾岩: 中砾结构, 厚层状构造。砾石主要为石英砂岩岩屑, 磨圆度为次棱角状, 分选性中等, 呈叠瓦式排列。可见正粒序层理和槽状交错层理

28m

3. 浅紫红色中厚层砂岩中砾岩夹紫红色薄层含砾粗砂岩: 砾石含量约 80%, 砾径为 5~15mm, 以石英砂岩岩屑为主, 明显定向排列, 岩层内常见正粒序层理和交错层理构造。含砾粗砂岩单层厚 5~10cm, 交错层理发育 (图版 I-d)

38m

2. 浅紫红色中厚层砂岩中砾岩夹紫红色薄层岩屑杂砂岩: 砾



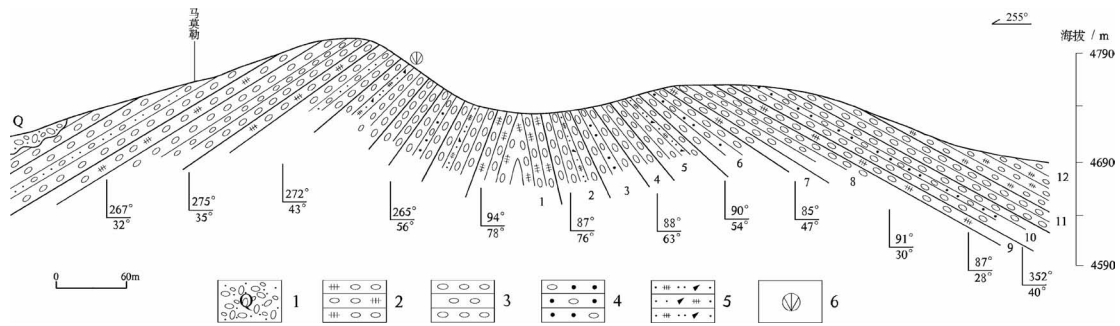


图2 藏北尼玛县阿索乡上白垩统马莫勒组实测剖面

Fig. 2 Geological section of Upper Cretaceous Mamole Formation in Asuo Town of Nima County, northern Tibet

1—全新统沉积物;2—复成分中砾岩;3—砂岩中砾岩;4—含砾粗砂岩;5—岩屑杂砂岩;6—同位素定年样品采样位置

石含量约75%,砾径为6~15mm,砾石成分为石英砂岩岩屑,呈次棱角状,定向排列。岩屑杂砂岩呈夹层产出,发育平行层理

49m

1.浅紫红色厚层复成分中砾岩:砾石含量约80%,砾径集中在6~15mm,砾石成分主要是砂岩岩屑,次为硅质岩岩屑和玄武岩岩屑,少量灰岩岩屑。砾石沿长轴方向定向排列。正粒序层理发育

29m

未见底

### 3 马莫勒组特征与时代

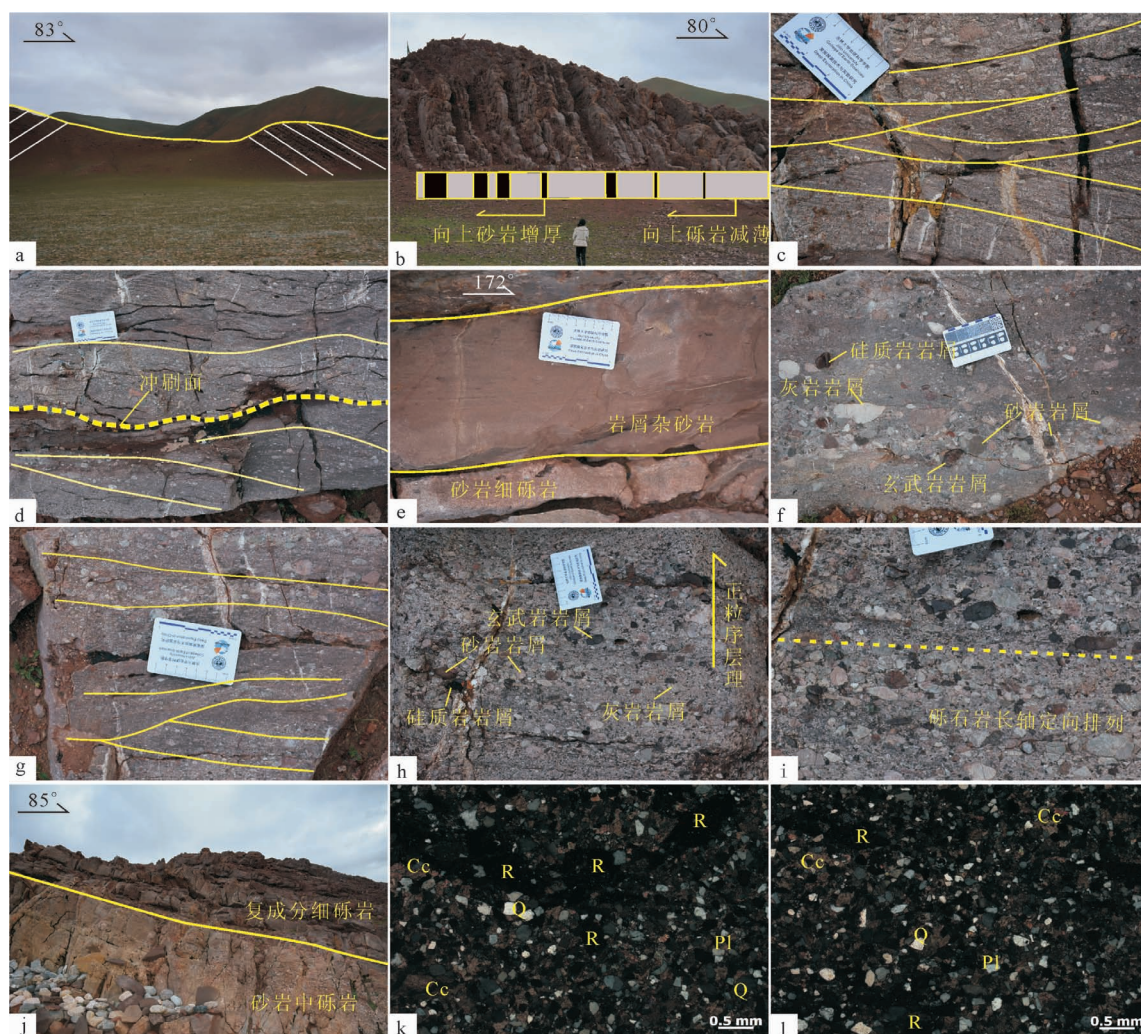
#### 3.1 马莫勒组特征

野外地质调查表明,马莫勒组岩性主要为紫红色砂岩中砾岩、紫红色复成分中砾岩、紫红色砂岩细砾岩,局部夹含砾粗砂岩和岩屑杂砂岩,地层整体成层性较好。单层厚度集中在40~100cm之间,为中厚层状构造。地层呈紫红色或浅紫红色,碎屑物以砾级为主。砾岩主要为单成分砾岩,部分为复成分砾岩。砾岩中砾石含量在80%以上,砾径主要为中砾级,少部分是细砾级,砾石普遍定向排列,可见明显的叠瓦式排列。砾石磨圆度一般,多呈次棱角状,分选性一般。单成分砾岩的砾石成分基本为石英砂岩岩屑,复成分砾岩以石英砂岩岩屑为主,次为硅质岩岩屑,可见少量玄武岩岩屑和灰岩岩屑。砾岩多为碎屑颗粒支撑,砾石间混合杂基充填,碳酸盐胶结。砾岩层内发育粒序层理、槽状交错层理、楔状构造、透镜状构造、块状构造、冲刷面构造等,反映牵引流的沉积特征<sup>[18-19]</sup>。此外,岩屑杂砂岩呈夹层产出(图版 I -e),为中粗粒碎屑结构,薄层构造,岩石由直径0.2~1mm的碎屑颗粒(75%)和填隙物(25%)组成。碎屑颗粒成分复杂,以石英

为主,次为岩屑,少量长石。碎屑颗粒的分选性和磨圆度中等,基质支撑,方解石胶结(图版 I -k,l),成分和结构成熟度较差。岩屑杂砂岩层内平行层理构造发育。马莫勒组的基本层序为中砾岩→细砾岩夹砂岩,向上砂岩增厚,砾岩减薄(图版 I -a),基本层序的厚度一般在20~45m之间。马莫勒组的垂向沉积序列即为该基本层序的多个不等旋回层叠置而成。马莫勒组特征概括为以下5点:①马莫勒组呈紫红色;②地层的成层性和侧向连续性较好;③碎屑颗粒以中、细砾为主,成分主要为石英砂岩岩屑,次为硅质岩岩屑,少量的玄武岩岩屑和灰岩岩屑。磨圆度以次棱角状为主,分选性中等。砾石可见叠瓦式排列;④基本层序为中砾岩→细砾岩夹砂岩,向上砂岩增厚、砾岩减薄;⑤层内发育粒序层理、槽状交错层理、平行层理、楔状构造、透镜状构造、块状构造等。

马莫勒组整体为一套紫红色的碎屑岩沉积,反映形成于炎热、干燥的古盆地和湖泊环境<sup>[20-21]</sup>。研究表明,在干旱条件下,植被发育差,河岸抗冲性差,河道不稳定,有利于形成辫状河沉积<sup>[22]</sup>。该组碎屑颗粒以砾级为主,砾石呈叠瓦式排列,层内粒序层理、槽状交错层理、平行层理、楔状构造、透镜状构造、块状构造、冲刷面构造等发育,说明沉积时水动力强,沉积物供给丰富,符合辫状河的水动力特征<sup>[23-26]</sup>。然而,该组整体具有较好的成层性和侧向连续性,具平原相的典型特征<sup>[27]</sup>。综上,笔者认为,马莫勒组是辫状河三角洲平原亚相的沉积物<sup>[27-30]</sup>。辫状河三角洲是由单条或多条辫状河入湖(海)形成的沉积体系,一般远离断裂带的古隆起、古构造高地

图版 I Plate I



a. 地层背斜成谷现象; b. 砂岩和砾岩的厚度变化; c, g. 楔状交错层理; d. 槽状交错层理; e. 岩屑杂砂岩夹层;  
f. 复成分砾岩砾石形态和成分照片; h. 粒序层理; i. 砾石定向排列; j. 砾岩野外露头; k, l. 岩屑杂砂岩镜下照片。  
Q—石英; Pl—斜长石; R—岩屑; Cc—方解石

的斜坡带发育, 沉积地形和坡度较扇三角洲更缓, 比正常三角洲更陡, 马莫勒组沉积物以砾石为主, 与陡坡型辫状河三角洲的沉积物碎屑特征一致<sup>[27]</sup>。

### 3.2 碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年

#### 3.2.1 锆石形态

沉积岩的碎屑锆石年龄谱研究目前普遍被用于示踪沉积物源区、了解古老基底时代组成、确定沉积岩形成时代、探讨区域构造演化等<sup>[31-34]</sup>。本文碎屑锆石样品采自马莫勒组岩屑杂砂岩夹层(图 2), 采样坐标为北纬 31°44'2"、东经 86°6'4"。锆石的挑选过程、方法及条件见参考文献<sup>[35-36]</sup>。马莫勒

组岩屑杂砂岩中代表性的碎屑锆石阴极发光图像显示, 绝大多数锆石能观察到岩浆振荡环带, 锆石大小集中在 100~200 $\mu\text{m}$  之间(图 3-a)。其中年轻的碎屑锆石呈长柱状和次棱角状, 形态较完整, 反映了近源搬运的成因。古老碎屑锆石呈等轴状、不规则状及次圆状-圆状, 多见有断口, 可能是多次搬运-沉积-剥蚀作用的结果。部分年龄较老的锆石具有核幔边结构, 幔部已经重结晶, 最外层代表后期的变质增生边, 仅在核部仍记录微弱的环带信息。部分锆石未见振荡环带, 应该是原生的锆石生长环带被后期强烈的重结晶作用置换掉了。由此



判断,这些碎屑锆石主要是岩浆成因,少部分为变质成因。

### 3.2.2 测试结果及数据讨论

马莫勒组岩屑杂砂岩碎屑锆石U-Pb年龄测试点共100个,有效点94个,碎屑锆石U-Pb年龄分析结果见表1,图3-b显示锆石年龄具有较好的谐和性。研究表明,不同成因的锆石具有不同的Th、U含量及Th/U值,通常认为岩浆成因的锆石具有较高的Th/U值(大于0.4),但变质结晶过程中由于Th比U先丢失,且在高级变质作用过程中有富Th矿物形成,因此Th/U值降低,一般小于0.1;由于岩浆成因和变质成因的锆石在某些情况下会出现异常,因此在无明确指标指示Th/U值(0.1~0.4)所表示的地球化学意义时,暂且认为该区间为各种成因锆石的异常聚集段<sup>[37]</sup>。如图4所示,本文碎屑锆石Th/U值分布范围为0.01~2.5,其中2个测点值小于0.1,10个测点值在0.1~0.4之间,它们的时代均大于500Ma。其余测点值均大于0.4。结合锆石的形态,笔者认为,马莫勒组杂砂岩碎屑锆石的来源少部分为变质锆石,主要为岩浆锆石<sup>[38-39]</sup>。

测年数据结果表明,碎屑锆石年龄从太古宙到中生代均有分布,年龄范围在2904~99Ma之间,说明马莫勒组的沉积时代晚于99Ma。另外,马莫勒地区(图1,未刊数据)乃至区域上青藏高原中部广泛存在一期约90Ma的岩浆活动<sup>[40-47]</sup>,但是在马莫勒组岩屑杂砂岩碎屑锆石中并无该期岩浆活动的记录,故初步限定马莫勒组的沉积时代在99~90Ma之间,

为晚白垩世早期Cenomanian—Turonian期。

马莫勒组岩屑杂砂岩碎屑锆石年龄的分布模式整体上与羌南-保山板块和拉萨地体的碎屑锆石相似(图5)<sup>[34,37,48-55]</sup>。Pullen等<sup>[49]</sup>与董春艳等<sup>[55]</sup>的研究表明,羌南-保山板块上代表性的碎屑锆石年龄峰值主要为2485Ma、980Ma和615Ma,分别代表变质基底、格林威尔期-晋宁期和泛非期的岩浆活动热事件;拉萨地体则主要以年龄峰值1160Ma和550Ma为特征<sup>[51-52,54]</sup>。从锆石谐和年龄谱系图(图5)可以看出,马莫勒组杂砂岩碎屑锆石主要存在3个年龄峰值,其中主峰值在125Ma左右,其他2个弱峰值分别是550Ma和980Ma(图5),体现马莫勒组的物源区可能既有拉萨地体也有羌南-保山板块。550Ma和980Ma代表了泛非期和格林威尔期-晋宁期的岩浆活动热事件;而主峰值125Ma代表班公湖-怒江中特提斯洋在早白垩世演化的岩浆活动<sup>[34,56-58]</sup>。

## 4 地质意义

由于大陆碰撞作用,不整合面上、下地层的沉积速率、沉积相及岩石学特征都发生了变化<sup>[59]</sup>。前人普遍认为,广泛分布于班公湖-怒江板块缝合带北侧羌塘盆地内的早白垩世末期-晚白垩世阿布山组,与主要分布于班公湖-怒江板块缝合带及其南侧拉萨地体之上的晚白垩世竟柱山组山间磨拉石建造,是拉萨地体和羌南-保山板块陆陆碰撞和隆升事件的沉积记录<sup>[60-64]</sup>。尽管不同地域上竟柱山组的特征及时代有所差别<sup>[37,62-65]</sup>,但整体上竟柱山组

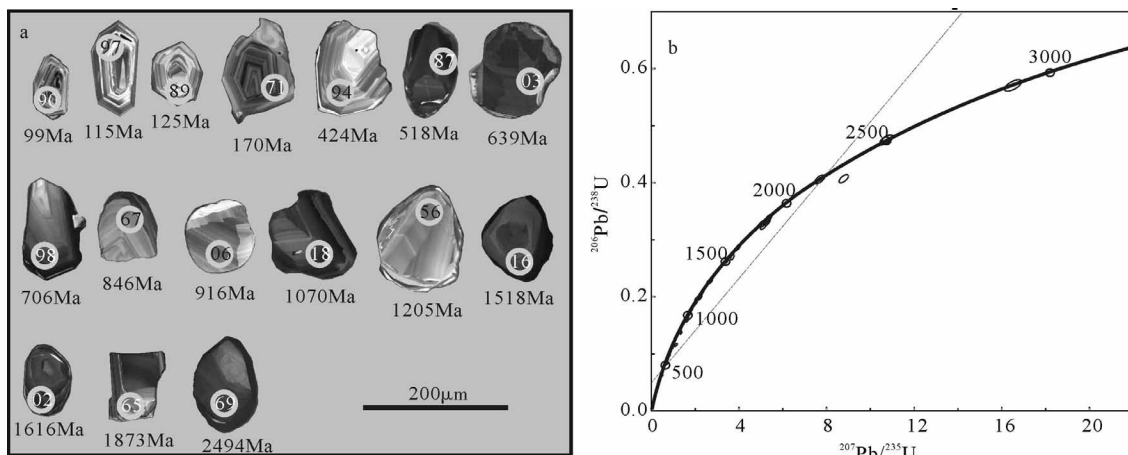


图3 马莫勒组岩屑杂砂岩典型碎屑锆石阴极发光图像(a)与碎屑锆石U-Pb谐和图(b)

Fig. 3 Cathodoluminescence images of representative zircon grains (a) and concordia plots (b) of lithic graywacke from Mamole Formation

表 1 西藏尼玛县阿索乡尼则地区上白垩统马莫勒组碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析数据  
 Table 1 LA-ICP-MS U-Th-Pb data of the detrital zircon from Mamole Formation  
 in Asuo Town of Nima County, northern Tibet

点号	同位素含量/ $10^{-6}$			Th/U	同位素比值( $\pm 1\sigma$ )						同位素年龄/Ma					
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/$ $^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/$ $^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/$ $^{238}\text{U}$	$1\sigma$
NT2-1	19.9444	204.72	198.81	1.03	0.05858	0.00124	0.65182	0.01396	0.01379	0.00018	552	27	510	9	500	6
NT2-2	153.68239	41.1	570.92	0.07	0.09954	0.00138	3.70172	0.05357	0.01378	0.00021	1616	12	1572	12	1539	16
NT2-3	62.65256	717.46	425.31	1.69	0.06168	0.00102	0.88643	0.01507	0.01384	0.00017	663	18	644	8	639	7
NT2-4	31.36114	111.55	136.54	0.82	0.07642	0.00269	1.99229	0.06538	0.01368	0.00018	1106	72	1113	22	1116	13
NT2-5	37.62017	35.46	103.27	0.34	0.11484	0.00175	5.30512	0.08349	0.01387	0.00018	1877	13	1870	13	1862	19
NT2-6	30.90161	113.61	178.71	0.64	0.06949	0.00117	1.46332	0.02515	0.01384	0.0002	913	18	915	10	916	10
NT2-7	13.19793	132.04	118.29	1.12	0.05907	0.0015	0.72025	0.01828	0.01387	0.00023	570	34	551	11	546	6
NT2-8	11.78972	532	552.2	0.96	0.04884	0.00131	0.11766	0.00315	0.01385	0.00027	140	40	113	3	112	1
NT2-9	48.40563	71.4	272.98	0.26	0.07534	0.00118	1.78148	0.02881	0.01444	0.00027	1078	16	1039	11	1020	11
NT2-10	9.90532	25.12	21.5	1.17	0.11184	0.00249	5.05224	0.1123	0.01386	0.00017	1830	22	1828	19	1826	20
NT2-11	32.84554	65.26	98.32	0.66	0.10002	0.00163	3.9591	0.06601	0.01389	0.00017	1624	15	1626	14	1627	17
NT2-12	29.72956	397.1	207.63	1.91	0.06045	0.00112	0.79147	0.01487	0.01387	0.00017	620	21	592	8	585	7
NT2-13	28.851006	4.61	315.99	0.01	0.06019	0.00107	0.79796	0.01449	0.01377	0.00017	610	20	596	8	592	7
NT2-14	67.56826	31.84	387.36	0.08	0.12434	0.00255	2.72618	0.04638	0.0139	0.00017	2019	37	1336	13	951	10
NT2-15	84.30053	296.31	290.8	1.02	0.08499	0.00294	2.66137	0.08566	0.01399	0.00021	1315	69	1318	24	1319	15
NT2-16	33.28353	80.41	106.79	0.75	0.09449	0.0015	3.43517	0.05623	0.01399	0.00021	1518	15	1512	13	1508	16
NT2-17	1.477609	46.17	71.05	0.65	0.04814	0.00608	0.1226	0.0154	0.0141	0.00018	106	237	117	14	118	2
NT2-18	37.48453	123.58	181.54	0.68	0.07506	0.00122	1.85296	0.03103	0.01411	0.0002	1070	17	1064	11	1061	11
NT2-19	3.954736	97.54	197.4	0.49	0.04863	0.00269	0.12419	0.00683	0.01388	0.00019	130	98	119	6	118	2
NT2-20	94.62094	34.08	272.87	0.12	0.11429	0.00165	5.30293	0.07982	0.01413	0.00023	1869	13	1869	13	1870	19
NT2-21	7.65482	278.67	230.16	1.21	0.04695	0.00475	0.11449	0.01145	0.01399	0.00017	47	217	110	10	113	2
NT2-22	16.93679	64.53	70.65	0.91	0.07852	0.00161	2.13192	0.04404	0.019687	0.00238	1160	23	1159	14	1158	13
NT2-23	29.4258	133.4	152.4	0.88	0.07145	0.00127	1.59497	0.02894	0.016187	0.00191	970	19	968	11	967	11
NT2-24	9.132121	304.2	391.28	0.78	0.04809	0.00172	0.13177	0.00468	0.01987	0.00025	104	59	126	4	127	2
NT2-25	40.0889	111.6	191.83	0.58	0.07636	0.00127	1.96489	0.0336	0.018658	0.00218	1105	17	1104	12	1103	1
NT2-26	51.71626	35.07	114.19	0.31	0.15646	0.00241	8.78334	0.13932	0.040706	0.00477	2418	13	2316	14	2201	22
NT2-27	34.54282	98.2	233.94	0.42	0.06794	0.00122	1.28769	0.02346	0.013743	0.00162	867	19	840	10	830	9
NT2-28	14.26744	27.1	40.18	0.67	0.12692	0.00252	5.21392	0.1044	0.29787	0.00373	2056	19	1855	17	1681	19
NT2-29	3.031445	24.08	43.95	0.55	0.05668	0.00356	0.48531	0.03016	0.06208	0.00095	479	111	402	21	388	6
NT2-30	16.30039	82.04	83.08	0.99	0.07109	0.00151	1.55668	0.0333	0.015879	0.00194	960	24	953	13	950	11
NT2-31	32.80374	142.57	166.99	0.85	0.07275	0.00138	1.64059	0.03147	0.016353	0.00195	1007	21	986	12	976	11
NT2-32	3.324772	86.64	162.11	0.53	0.04788	0.00268	0.12265	0.0068	0.01857	0.00027	93	96	117	6	119	2
NT2-33	53.58571	78.41	138.02	0.57	0.11496	0.00183	5.36614	0.08786	0.033848	0.00396	1879	14	1879	14	1879	19
NT2-34	182.51026	204.41	496.56	0.41	0.11349	0.0017	5.20387	0.08099	0.033247	0.00384	1856	13	1853	13	1850	19
NT2-35	4.27234	33.79	28.43	1.19	0.06982	0.00304	1.11448	0.04794	0.011574	0.00166	923	65	760	23	706	10
NT2-36	3.306992	137.26	132.75	1.03	0.04849	0.00308	0.13303	0.00838	0.01989	0.0003	123	113	127	8	127	2
NT2-37	107.04236	29.95	166.64	0.18	0.20982	0.00316	16.51141	0.25782	0.57061	0.00662	2904	12	2907	15	2910	27
NT2-38	23.57878	66.39	99.54	0.67	0.08035	0.00152	2.28986	0.04385	0.020665	0.00247	1206	20	1209	14	1211	13
NT2-39	3.593074	103.41	171.09	0.60	0.04845	0.00277	0.12608	0.00714	0.01887	0.00027	121	100	121	6	121	2
NT2-40	50.69098	117.07	121.54	0.96	0.11585	0.0019	5.28754	0.08881	0.033095	0.00389	1893	15	1867	14	1843	19

续表1-1

点号	同位素含量/ $10^{-6}$			Th/U	同位素比值( $\pm 1\sigma$ )						同位素年龄/Ma					
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$
NT2-41	36.72232	180.09	361.84	0.50	0.05991	0.00199	0.76036	0.0234	0.09205	0.00113	600	73	574	13	568	7
NT2-42	46.11444	234.62	165.32	1.42	0.08	0.00139	2.25289	0.03993	0.2042	0.00241	1197	18	1198	12	1198	13
NT2-43	22.1324	80.12	86.61	0.93	0.081	0.00161	2.33231	0.04691	0.20878	0.00252	1221	21	1222	14	1222	13
NT2-44	10.795	79.38	57.53	1.38	0.07487	0.00188	1.64314	0.04106	0.15915	0.00202	1065	30	987	16	952	11
NT2-45	2.295185	147.83	73.32	2.02	0.04892	0.0044	0.13815	0.01232	0.02048	0.00036	144	167	131	11	131	2
NT2-46	34.64283	126.97	189.04	0.67	0.07096	0.00136	1.56745	0.03041	0.16017	0.00192	956	21	957	12	958	11
NT2-47	5.041161	169.5	212.58	0.80	0.0484	0.00239	0.13368	0.00655	0.02003	0.00028	119	86	127	6	128	2
NT2-48	17.33057	536.97	815.43	0.66	0.04852	0.00118	0.12616	0.00307	0.01886	0.00023	125	35	121	3	120	1
NT2-49	12.69524	321.35	541.61	0.59	0.04862	0.00134	0.14135	0.00388	0.02108	0.00026	130	41	134	3	134	2
NT2-50	8.015719	437.78	298.85	1.46	0.04868	0.00193	0.13178	0.00519	0.01963	0.00026	132	67	126	5	125	2
NT2-51	10.47899	348.07	470.2	0.74	0.05613	0.00172	0.14607	0.00445	0.01887	0.00024	458	45	438	4	421	2
NT2-52	81.44881	250.19	540.79	0.46	0.06704	0.00129	1.27833	0.02488	0.13827	0.00165	839	22	836	11	835	9
NT2-53	14.35108	96.07	105.41	0.91	0.06281	0.00174	0.95165	0.02624	0.10986	0.00139	702	37	679	14	672	8
NT2-54	20.40128	200.52	190.79	1.05	0.05772	0.00126	0.67874	0.01495	0.08527	0.00104	519	28	526	9	528	6
NT2-55	48.2858	132.9	327.56	0.41	0.07184	0.00136	1.35827	0.02605	0.1371	0.00164	981	21	871	11	828	9
NT2-56	20.99969	114.89	86.08	1.33	0.08034	0.00175	2.253	0.0493	0.20334	0.0025	1205	24	1198	15	1193	13
NT2-57	14.0931	109.42	148.18	0.74	0.05799	0.00152	0.6573	0.01719	0.08219	0.00104	529	35	513	11	509	6
NT2-58	6.229613	235.05	332.72	0.71	0.04757	0.00199	0.1057	0.00437	0.01611	0.00022	78	67	102	4	103	1
NT2-59	5.612553	249.55	225.46	1.11	0.04959	0.00244	0.13201	0.00642	0.0193	0.00028	176	86	126	6	123	2
NT2-60	52.2633	154.16	517.53	0.30	0.06225	0.00116	0.84007	0.01595	0.09786	0.00116	683	21	619	9	602	7
NT2-61	40.03606	87.88	213.42	0.41	0.07195	0.00241	1.64481	0.05105	0.1658	0.00208	985	70	988	20	989	11
NT2-62	3.802606	127.24	158.5	0.80	0.04974	0.00301	0.14081	0.00843	0.02053	0.00031	183	109	134	8	131	2
NT2-63	15.98084	345.65	690.61	0.50	0.04875	0.00128	0.14306	0.00376	0.02128	0.00026	136	39	136	3	136	2
NT2-64	44.95945	119.72	191.66	0.62	0.08013	0.00158	2.26203	0.04513	0.2047	0.00247	1200	21	1201	14	1201	13
NT2-65	175.6498	179.56	493.89	0.36	0.11454	0.00206	5.11845	0.09392	0.32403	0.00385	1873	17	1839	16	1809	19
NT2-66	44.92116	26.72	232.84	0.11	0.08568	0.00213	2.22039	0.04828	0.18794	0.00226	1331	49	1187	15	1110	12
NT2-67	15.96541	97.11	90.39	1.07	0.06735	0.00169	1.30292	0.03273	0.14028	0.00176	849	32	847	14	846	10
NT2-68	27.81678	41.81	58.4	0.72	0.13727	0.00272	7.68626	0.15401	0.40602	0.00501	2193	19	2195	18	2197	23
NT2-69	212.57749	483.15	311.33	1.55	0.16371	0.003	10.72943	0.20025	0.47524	0.00568	2494	16	2500	17	2506	25
NT2-70	3.39064	147.69	142.46	1.04	0.04789	0.00346	0.12679	0.00908	0.0192	0.0003	94	129	121	8	123	2
NT2-71	6.834586	172.8	228.09	0.76	0.05273	0.00192	0.19456	0.007	0.02675	0.00037	317	57	181	6	170	2
NT2-72	3.474754	8.27	15.97	0.52	0.07867	0.00382	2.14537	0.10216	0.19773	0.00332	1164	68	1164	33	1163	18
NT2-73	9.78138	31.43	42.35	0.74	0.0786	0.00217	2.14061	0.05872	0.19748	0.00259	1162	34	1162	19	1162	14
NT2-74	15.60396	54.7	162.85	0.34	0.05947	0.00156	0.75156	0.01962	0.09163	0.00116	584	35	569	11	565	7
NT2-75	13.17732	405.24	657.94	0.62	0.04836	0.00144	0.11938	0.00354	0.0179	0.00023	117	46	115	3	114	1
NT2-76	24.52773	94.11	255.29	0.37	0.0589	0.00134	0.74045	0.01686	0.09115	0.00112	563	29	563	10	562	7
NT2-77	7.312954	129.7	53.27	2.43	0.05633	0.00262	0.64831	0.02984	0.08346	0.00119	465	77	507	18	517	7
NT2-78	27.31365	275.5	257.82	1.07	0.05716	0.00137	0.64466	0.01547	0.08179	0.00102	498	31	505	10	507	6
NT2-79	6.821929	205.67	299.52	0.69	0.04807	0.00184	0.13162	0.00499	0.01986	0.00027	103	62	126	4	127	2
NT2-80	5.22741	39.46	54.16	0.73	0.05816	0.00285	0.71984	0.03495	0.08974	0.00132	536	80	551	21	554	8
NT2-81	15.53633	492.28	655.46	0.75	0.04859	0.00158	0.13196	0.00423	0.01969	0.00022	128	54	126	4	126	1



续表 1-2

点号	同位素含量/ $10^{-6}$			Th/U	同位素比值( $\pm 1\sigma$ )						同位素年龄/Ma					
	Pb	Th	U		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$1\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$1\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$1\sigma$
NT2-82	9.088853	373.03	395.76	0.94	0.04879	0.00158	0.12666	0.00403	0.01882	0.0002	138	55	121	4	120	1
NT2-83	9.48028	124.69	197.87	0.63	0.06704	0.00387	0.34829	0.01962	0.03768	0.00047	839	124	303	15	238	3
NT2-84	3.059747	151.68	114.05	1.33	0.04925	0.00722	0.1364	0.01991	0.02008	0.00033	160	270	130	18	128	2
NT2-85	9.070104	376.17	423.85	0.89	0.04833	0.00214	0.12055	0.00528	0.01809	0.00021	115	78	116	5	116	1
NT2-86	7.925551	287.32	263.46	1.09	0.04945	0.00189	0.17298	0.0065	0.02537	0.00029	169	66	162	6	162	2
NT2-87	65.85235	361.61	726.61	0.50	0.06499	0.00105	0.75027	0.01172	0.08372	0.00085	774	17	568	7	518	5
NT2-88	4.609687	84.34	166.11	0.51	0.04947	0.00364	0.17253	0.01262	0.02529	0.00033	170	141	162	11	161	2
NT2-89	3.763938	118.67	172.2	0.69	0.04855	0.00402	0.13135	0.01081	0.01962	0.00026	126	159	125	10	125	2
NT2-90	7.204427	313.73	392.52	0.80	0.04804	0.00265	0.10253	0.0056	0.01548	0.00019	101	99	99	5	99	1
NT2-91	16.44419	133.85	237.87	0.56	0.1197	0.00338	0.92862	0.02396	0.05627	0.00064	1952	52	667	13	353	4
NT2-92	4.82122	191.25	225.6	0.85	0.04822	0.00419	0.11761	0.01016	0.01769	0.00023	110	168	113	9	113	1
NT2-93	8.091083	354.85	343.59	1.03	0.05068	0.00213	0.13657	0.00566	0.01954	0.00022	226	75	130	5	125	1
NT2-94	16.64455	96.67	230.73	0.42	0.0557	0.00129	0.52286	0.01188	0.06806	0.00072	440	32	427	8	424	4
NT2-95	6.298633	182.79	272.8	0.67	0.04864	0.00292	0.13882	0.00824	0.0207	0.00026	131	110	132	7	132	2
NT2-96	4.71812	166.71	191.54	0.87	0.04868	0.00412	0.1325	0.01114	0.01974	0.00026	132	163	126	10	126	2
NT2-97	7.184087	332.8	316.81	1.05	0.04831	0.00304	0.11968	0.00748	0.01797	0.00022	114	117	115	7	115	1
NT2-98	29.49966	147.26	220.71	0.67	0.06299	0.00129	1.00487	0.02006	0.11568	0.00122	708	25	706	10	706	7
NT2-99	4.00604	88.06	182.46	0.48	0.04863	0.00459	0.13537	0.01268	0.02019	0.00029	130	183	129	11	129	2
NT2-100	5.766955	206.31	275.54	0.75	0.04831	0.00436	0.12104	0.01086	0.01817	0.00024	114	176	116	10	116	2

注:测试单位为中国地质大学(北京)科学研究院实验中心;带删除线的数值未参与讨论

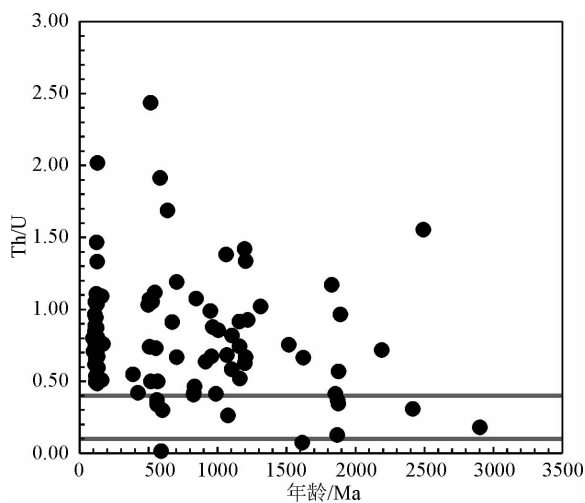


图 4 马莫勒组杂砂岩碎屑锆石 Th/U 值与年龄关系  
Fig. 4 Th/U ratio of detrital zircon with age of lithic graywacke from Mamole Formation

以红色、紫红色碎屑岩为主,夹少量灰岩和火山岩,其中砾岩与羌塘盆地早白垩世末期—晚白垩世阿

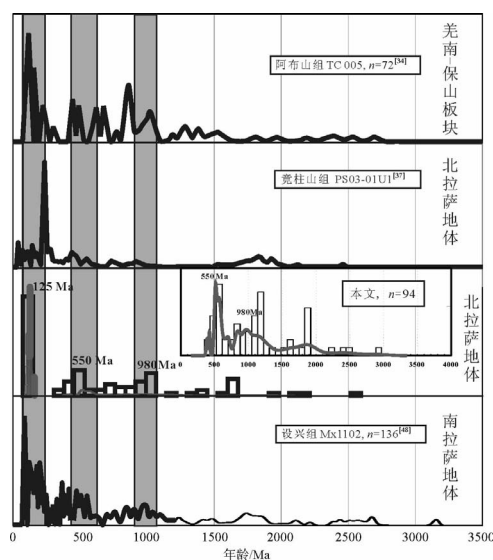


图 5 马莫勒组与上白垩统阿布山组、竞柱山组及设兴组碎屑锆石年龄谱系图

Fig. 5 Age spectra diagrams of detrital zircons in Mamole Formation, Abushan Formation, Jingzhusan Formation and Shexing Formation

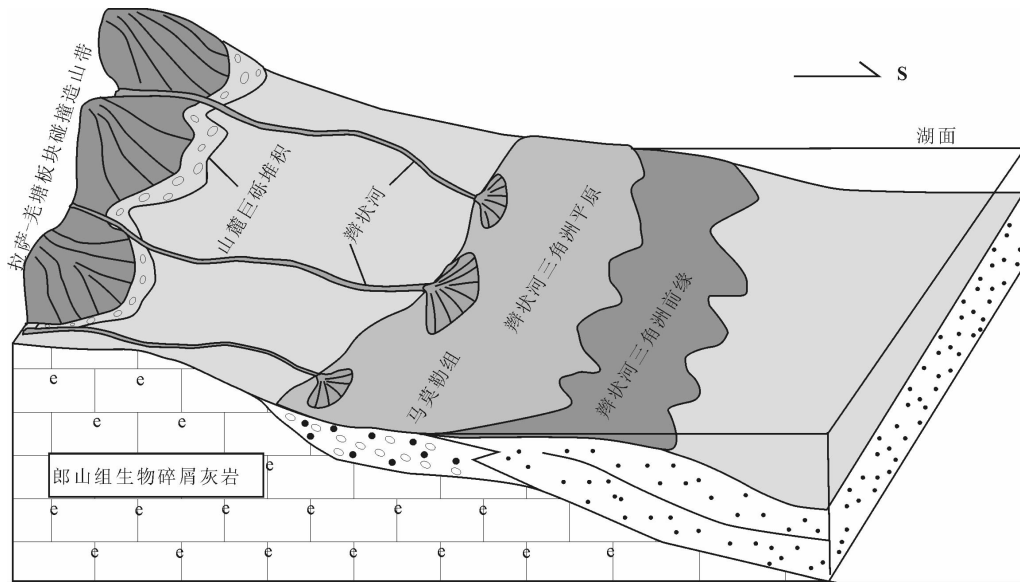


图6 马莫勒组沉积环境模式

Fig. 6 Pattern of genesis of Mamole Formation

布山组一样,砾石砾度极粗,磨圆度和分选性极差,分布杂乱,大部分由棱角状大小混杂的石块组成,岩石层理不明显,由下至上具有角砾大小变细的特征,为典型的山麓堆积特征<sup>[60]</sup>。最近研究认为,班公湖地区竟柱山组的形成时代约为96Ma,意味着班公湖-怒江缝合带西段的班公湖地区在96Ma左右全面完成了由洋到陆的转换,进入陆内环境<sup>[65]</sup>。

在马莫勒组西北约15km处就有竟柱山组出露,其角度不整合覆盖在郎山组三段含生物碎屑泥晶灰岩之上,成层性差。其中砾石多为巨砾,磨圆度和分选性极差,以基质支撑为主,由棱角状大小混杂的灰质砾石堆积而成,砾石成分主要为下伏郎山组生物碎屑灰岩。马莫勒组同样角度不整合覆盖于下白垩统郎山组生物碎屑灰岩之上,与竟柱山组砾度极粗的山麓堆积不同,马莫勒组是一套辫状河三角洲平原亚相地层(图6),其砾石成分以砂岩岩屑为主,次为硅质岩岩屑和玄武岩岩屑,灰岩岩屑较少;除少量灰岩岩屑砾径较大外,其他砾石砾径较小,磨圆度多呈棱角状-次棱角状,代表快速抬升、剥蚀和快速堆积的作用过程。马莫勒组作为一套紫红色的辫状河三角洲平原亚相地层,反映了区内山前盆地发育的古地理环境和干燥炎热的古气候条件。另外,辫状河三角洲沉积物分选性较好,杂基含量少,孔渗性较好,砂体呈席状展布,面积较

大,因而具有较好的储集油气潜力<sup>[27-28]</sup>。

研究区属于班戈-八宿地层分区,区内白垩纪地层分布广泛,发育较完整,自下而上为多尼组、郎山组和竟柱山组。其中郎山组是一套稳定型浅海碳酸盐岩台地相沉积,代表分区内白垩系海相的最高层位<sup>②</sup>。随着班公湖-怒江洋的闭合及随后拉萨地体和羌南-保山板块的碰撞,班公湖-怒江缝合带及两侧地区快速隆升和剥蚀,开始了陆相沉积阶段;马莫勒组(99~90Ma)角度不整合覆盖于下白垩统郎山组之上,代表班公湖-怒江洋闭合后的陆相山前盆地沉积,属于拉萨地体和羌南-保山板块碰撞造山作用在地表的沉积响应,标志着班公湖-怒江缝合带中段尼玛地区在晚白垩世初期完成了由洋到陆的转换,进入陆内环境。

## 5 结论

(1)马莫勒组是一套山前盆地沉积的紫红色辫状河三角洲平原亚相地层,其形成时代为晚白垩世早期99~90Ma。

(2)马莫勒组的岩性主要为紫红色砂岩中砾岩、紫红色复成分中砾岩、紫红色砂岩细砾岩,局部含砾粗砂岩和岩屑杂砂岩,整体成层性较好。

(3)马莫勒组岩屑杂砂岩碎屑锆石主要是岩浆成因,少部分为变质成因。碎屑锆石主要存在3个

年龄峰值,其中主峰值在 125Ma 左右,其他 2 个弱峰值分别是 550Ma 和 980Ma。550Ma 和 980Ma 分别代表泛非期和格林威尔期—晋宁期的岩浆活动热事件;主峰值 125Ma 则代表了班公湖—怒江中特提斯洋在早白垩世演化的岩浆活动。

(4)马莫勒组作为拉萨地体和羌南—保山板块碰撞造山作用在地表的沉积响应,其沉积时代介于 99~90Ma 之间,代表了班公湖—怒江洋闭合后的陆相山前盆地沉积,标志着班公湖—怒江缝合带中段尼玛地区在晚白垩世初期已经完成了由洋到陆的转换,进入陆内环境。

**致谢:**野外工作时吉林大学西藏科研队的队员们和后勤师傅们给予诸多帮助,文章撰写期间吉林大学张天羽博士和王伟硕士提供了宝贵的意见,碎屑锆石测试分析由中国地质大学(北京)科学研究院实验中心苏犁老师等帮助完成,在此一并致谢。

## 参考文献

- [1]Allégre C J, Courtillot V, Tapponnier P, et al. Structure and evolution of the Himalaya—Tibet orogenic belt[J]. *Nature*, 1984, 307 (5946):17–22.
- [2]Kapp P, Murphy M A, Yin A, et al. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet[J]. *Tectonics*, 2003, 22(4):1–24.
- [3]Guynn J H, Kapp P, Pullen A, et al. Tibetan basement rocks near Amdo reveal “missing” Mesozoic tectonism along the Bangong suture, central Tibet[J]. *Geology*, 2006, 34(6):505–508.
- [4]潘桂棠,莫宜学,侯增谦,等.冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. *岩石学报*, 2006, 22(3):521–533.
- [5]张玉修.班公湖—怒江缝合带中西段构造演化[D].中国科学院广州地球化学研究所博士学位论文, 2007.
- [6]Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y, et al. The origin and pre—Cenozoic evolution of the Tibetan Plateau[J]. *Gondwana Research*, 2013, 23 (4):1429–1454.
- [7]Fan J J, Li C, Xie C M, et al. Petrology geochemistry and geochronology of the Zhonggang ocean island northern Tiber: implications for the evolution of the Bangongco—Nujiang oceanic arm of Neo—Tethys[J]. *International Geology Review*, 2014, 56(12):1504–1520.
- [8]Fan J J, Li C, Wang M, et al. Reconstructing in space and time the closure of the middle and western segments of the Bangong—Nujiang Tethyan Ocean in the Tibetan Plateau[J]. *International Journal of Earth Sciences*, 2017:1–19.
- [9]文世宣.西藏北部地层新资料[J]. *地层学杂志*, 1979, 3(2):150–156.
- [10]余光明,王成善.西藏特提斯沉积地质[M].北京:地质出版社, 1990.
- [11]王建平,刘彦明,李秋生,等.西藏班公湖—丁青蛇绿岩带东段侏罗纪盖层沉积的地层划分[J]. *地质通报*, 2002, 21(7):405–410.
- [12]陈国荣,刘鸿飞,蒋光武,等.西藏班公湖—怒江结合带中段沙木罗组的发现[J]. *地质通报*, 2004, 23(2):193–194.
- [13]王忠恒,王永胜,谢元和,等.西藏班公湖—怒江缝合带中段塔仁本洋岛型玄武岩的发现及地质意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 2005, 25(1/2):155–162.
- [14]曾庆高,毛国政,王保弟,等.1:25 万改则县幅等 4 幅区域地质调查报告[M].北京:地质出版社, 2010.
- [15]陈玉禄,张宽忠,杨志民,等.青藏高原班公湖—怒江结合带中段那曲县觉翁地区发现完整的蛇绿岩剖面[J]. *地质通报*, 2006, 25 (6):694–699.
- [16]吴浩,李才,胡培远,等.西藏尼玛县塔色普勒地区去申拉组火山岩的发现及其地质意义[J]. *地质通报*, 2013, 32(7):1014–1026.
- [17]Barberà X, Cabrera L, Marzo M, et al. A complete terrestrial Oligocene magnetobiostratigraphy from the Ebro Basin, Spain[J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 2001, 187(1):1–16.
- [18]邹姐姐,史基安,张大权,等.准噶尔盆地西北缘玛北地区百口泉组扇三角洲沉积模式[J]. *沉积学报*, 2015, 33(3):607–615.
- [19]张宗林,田景春,罗香建,等.鄂尔多斯盆地北部二叠系下石盒子组洪水泥石流与牵引流沉积特征[J]. *地球科学与环境学报*, 2014, 36(3):21–30.
- [20]彭华,吴志才.关于红层特点及分布规律的初步探讨[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2003, 42(5):109–113.
- [21]程强,寇小兵,黄绍槟,等.中国红层的分布及地质环境特征[J]. *工程地质学报*, 2004, 12(1):34–40.
- [22]房煦.非近海河流相层序地层学探讨——以济阳拗陷新近系为例[J]. *油气地质与采收率*, 2014, 21(6):10–14.
- [23]Miall A D. Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers: A summary[C]//Miall A D. *Fluvial Sedimentology*. Calgary: Canadian Society of Petroleum Geology Memoirs 5, 1978:597–604.
- [24]Miall A D. The geology of fluvial deposits—sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology[M]. New York: Springer, 1996: 1–565.
- [25]裘亦楠.碎屑岩储层沉积基础[M].北京:石油工业出版社, 1987: 1–10.
- [26]张天文.粒度资料在沉积环境判别模式中的应用——以临夏盆地王家山剖面为例[D].西南大学硕士学位论文, 2011.
- [27]卜淘,陆正元.湖泊辫状河三角洲特征、储集性及分类[J]. *沉积与特提斯地质*, 2000, 20(1):78–84.
- [28]张希明,刘青芳.塔北地区辫状三角洲沉积特征及油气勘探意义[J]. *石油勘探与开发*, 1999, (1):21–24.
- [29]朱筱敏.层序地层学[M].山东:石油大学出版社, 2000.
- [30]于兴河.碎屑岩系油气储层沉积学[M].北京:石油工业出版社, 2002.
- [31]徐亚军,杜远生,杨江海.沉积物物源分析研究进展[J]. *地质科技情报*, 2007, 26(3):26–32.
- [32]马收先,孟庆任,曲永强.华北地块北缘上石炭统一中三叠统碎屑锆石研究及其地质意义[J]. *地质通报*, 2011, 30(10):1485–1500.



- [33]范建军,李才,王明,等.青藏高原羌塘南部冈玛错地区展金组的沉积环境分析及碎屑锆石U-Pb定年[J].地质学报,2014,88(10):1820-1831.
- [34]王志龙,胡西冲,石晓龙,等.西藏穹若巴勒—白龙地区阿布山组沉积岩石、地球化学特征及碎屑锆石对物源信息的指示意义[J].地质通报,2017,36(7):1188-1203.
- [35]胡培远,李才,苏犁,等.青藏高原羌塘中部蜈蚣山花岗岩片麻岩锆石U-Pb定年——泛非与印支事件的年代学记录[J].中国地质,2010,37(4):1050-1061.
- [36]陈莉,徐军,苏犁.场发射环境扫描电子显微镜上阴极荧光谱仪特点及其在锆石研究中的应用[J].自然科学进展,2005,15(11):1403-1408.
- [37]韩维峰.措勤盆地晚白垩世沉积特征及其构造意义[D].中国地质大学(北京)硕士学位论文,2013.
- [38]Hoskin P W O, Black L P. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon[J]. Journal of Metamorphic Geology, 2000, 18(4):423-439.
- [39]吴元保,郑永飞.锆石成因矿物学研究及其对U-Pb年龄解释的制约[J].科学通报,2004,49(16):1589-1604.
- [40]余红霞,陈建林,许继峰,等.拉萨地块中北部晚白垩世(约90Ma)拔拉扎含矿斑岩地球化学特征及其成因[J].岩石学报,2011,27(7):2011-2022.
- [41]Wang Q, Zhu D C, Zhao Z D, et al. Origin of the ca. 90 Ma magnesia-rich volcanic rocks in SE Nyima, central Tibet: Products of lithospheric delamination beneath the Lhasa-Qiangtang collision zone[J]. Lithos, 2014, 119(1/2):31-48.
- [42]王保弟,许继峰,刘保民,等.拉萨地块北部~90Ma斑岩型矿床年代学及成矿地质背景[J].地质学报,2013,87(1):71-80.
- [43]马国林,岳雅慧.西藏拉萨地块北部白垩纪火山岩及其对冈底斯岛弧构造演化的制约[J].岩石矿物学杂志,2010,29(5):525-538.
- [44]高顺宝,郑有业,王进寿,等.西藏班戈地区侵入岩年代学和地球化学:对班公湖-怒江洋盆演化时限的制约[J].岩石学报,2011,27(7):1973-1982.
- [45]雷鸣,陈建林,许继峰,等.拉萨地体中北部尕尔穷晚白垩世早期高镁闪长玢岩地球化学特征指示:加厚下地壳的拆沉?[J].地质通报,2015,34(2/3):337-346.
- [46]辛洪波,曲晓明.藏西措勤县日阿与斑(玢)岩有关的铜矿床的矿床地质特征与成矿时代[J].矿床地质,2006,25(4):477-482.
- [47]张硕,史洪峰,郝海健,等.青藏高原班公湖地区晚白垩世埃达克岩年代学、地球化学及构造意义[J].地球科学-中国地质大学学报,2014,39(5):509-524.
- [48]井天景.西藏马乡设兴组砂岩锆石U-Pb年代学、岩石地球化学及其意义[D].中国地质大学(北京)硕士学位论文,2014.
- [49]Pullen A, Kapp P, Gehrels G E, et al. Triassic continental subduction in central Tibet and Mediterranean-style closure of the Paleotethys Ocean[J]. Geology, 2008, 36(5):351-354.
- [50]Dong C Y, Cai L, Wan Y S, et al. Detrital zircon age model of Ordovician Wenquan quartzite south of Lungmuco-Shuanghu Suture in the Qiangtang area, Tibet: Constraint on tectonic affinity and source regions[J]. Science China Earth Sciences, 2011, 54(7):1034-1042.
- [51]Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y, et al. Lhasa terrane in southern Tibet came from Australia[J]. Geology, 2011, 39(8):727-730.
- [52]朱弟成,赵志丹,牛耀龄,等.西藏拉萨地块过铝质花岗岩中继承锆石的物源区示踪及其古地理意义[J].岩石学报,2011,27(7):1917-1930.
- [53]Leier A L, Decelles P G, Kapp P, et al. The Takena Formation of the Lhasa terrane, southern Tibet: The record of a Late Cretaceous retroarc foreland basin[J]. Geological Society of America Bulletin, 2007, 119(1/2):31-48.
- [54]朱弟成,赵志丹,牛耀龄,等.拉萨地体的起源和古生代构造演化[J].高校地质学报,2012,18(1):1-15.
- [55]董春艳,李才,万渝生,等.西藏羌塘龙木错—双湖缝合带南侧奥陶纪温泉石英岩碎屑锆石年龄分布模式:构造归属及物源区制约[J].中国科学:地球科学,2011,(3):299-308.
- [56]朱弟成,潘桂棠,莫宣学,等.冈底斯中北部晚侏罗世—早白垩世地球动力学环境:火山岩约束[J].岩石学报,2006,22(3):534-546.
- [57]朱弟成,莫宣学,赵志丹,等.西藏冈底斯带措勤地区则弄群火山岩锆石U-Pb年代学格架及构造意义[J].岩石学报,2008,24(3):401-412.
- [58]康志强,许继峰,王保弟,等.拉萨地块北部去申拉组火山岩:班公湖-怒江特提斯洋南向俯冲的产物?[J].岩石学报,2010,26(10):3106-3116.
- [59]夏邦栋,张开均,孔庆友.青藏高原内部三条磨拉石带的确定及其构造意义[J].地学前缘,1999,(3):173-180.
- [60]范建军.班公湖-怒江洋中西段晚中生代汇聚消亡时空重建[D].吉林大学博士学位论文,2016.
- [61]王立全,潘桂棠,丁俊,等.青藏高原及邻区地质图及说明书[M].北京:地质出版社,2013.
- [62]李华亮.班公湖-怒江缝合带西段洋陆转换的标志及时间[D].中国地质大学博士学位论文,2014.
- [63]唐熊,陶晓风.措勤地区竟柱山组沉积特征及构造意义[J].沉积与特提斯地质,2009,29(1):53-57.
- [64]贾共祥,杜凤军,刘伟.西藏尼玛一带上白垩统竟柱山组的厘定及其意义[J].地质调查与研究,2007,30(3):172-177.
- [65]李华亮,高成,李正汉,等.西藏班公湖地区竟柱山组时代及其构造意义[J].大地构造与成矿学,2016,40(4):663-673.
- ①江西省地质调查院.西藏1:25万邦多区幅区域地质调查报告.2002.
- ②成都地质矿产研究所.青藏高原南部空白区基础地质综合研究(喜马拉雅-冈底斯造山带地层与古生物).2006.