

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2021.047>



拉萨地块北缘中晚侏罗世周缘前陆盆地的厘定

李奋其, 张士贞, 李俊, 刘函, 秦雅东

中国地质调查局成都地质调查中心, 四川成都 610081

摘要: 研究拉萨地块北缘中晚侏罗世盆地类型、演化对重塑班公湖—怒江结合带及邻区构造—古地理和含油气盆地评价具有重要的意义。通过对那曲县城北部的中上侏罗统拉贡塘组进行了沉积特征分析和碎屑锆石U-Pb测年。结果表明, 该组一段为陡坡型三角洲沉积, 下部的碎屑流显示出向南东流动的特点; 二段主要为潮坪—混积陆棚沉积; 一段下部的石英杂砂岩、二段下部的石英细砂岩的碎屑锆石年龄范围分别为2611~216 Ma和2800~152 Ma。综合研究表明, 该区中晚侏罗世盆地为受班公湖—怒江结合带控制的周缘前陆盆地, 具有双源性的特征; 152 Ma时, 该区经历了由复理石盆地向磨拉石盆地的转换; 同时, 结合带内部逆冲推覆活动较强, 形成以莎木罗组为标志的新的前陆盆地。

关键词: 拉贡塘组; 班公湖—怒江结合带; 周缘前陆盆地; 物源区; 中晚侏罗世; 莎木罗组; 构造地质。

中图分类号: P548

文章编号: 1000-2383(2022)02-387-18

收稿日期: 2021-04-22

Definition of Mid-Late Jurassic Peripheral Foreland Basin in the Northern Margin of Lhasa Block

Li Fenqi, Zhang Shizhen, Li Jun, Liu Han, Qin Yadong

Chengdu Center of China Geological Survey, Chengdu 610081, China

Abstract: To identify its types and evolution features of the Mid-Late Jurassic basin located in northern margin of Lhasa block is of great significance for reconstructing its tectonic-paleogeography and assessing the petroliferous basins in Bangonghu-Nujiang junction zone and its adjacent area. In this paper, the sedimentary features and provenance area of Mid-Late Jurassic Lagongtang Fm which is exposed in north of Nagqu county, was studied. The results shows that the Member 1 of Lagongtang Fm belongs to steep-slope delta deposition, and debris flow deposits located in its lower part has the characteristics of southward flow, and Member 2 of the Fm was deposited in tidal flats and mixed shelf, and the detrital zircon ages of greywackes in the lower part of Member 1 and quartz fine sandstone in the lower part of Member 2 range from 2611 Ma to 216 Ma and from 2800 Ma to 152 Ma respectively. Comprehensive research results shows that the basin located in northern margin of Lhasa block is a peripheral foreland one controlled by Bangonghu-Nujiang junction zone, and had dual source supply, and experienced the conversion from flysch basin to molasses one at 152 Ma or so. Meanwhile, the overthrust which took place in Bangonghu-Nujiang junction zone become stronger than before since that time, and caused a new foreland basin marked by the Shamuluo Formation form in it.

Key words: Lagongtang Formation; Bangonghu-Nujiang junction zone; peripheral foreland basin; provenance area; Mid-Late Jurassic; Shamuluo Formation; tectonics.

基金项目:国家自然科学基金项目(Nos.41972113, 42002032)。

作者简介:李奋其(1966—),男,教授级高级工程师,主要从事青藏高原南部基础地质综合研究。ORCID: 0000-0002-5427-7748. E-mail: lifenqi2012@163.com

引用格式:李奋其,张士贞,李俊,刘函,秦雅东,2022.拉萨地块北缘中晚侏罗世周缘前陆盆地的厘定.地球科学,47(2):387—404.

Citation: Li Fenqi, Zhang Shizhen, Li Jun, Liu Han, Qin Yadong, 2022. Definition of Mid-Late Jurassic Peripheral Foreland Basin in the Northern Margin of Lhasa Block. *Earth Science*, 47(02):387—404.

盆地充填特征、碎屑锆石 U-Pb 年龄物源示踪在印度河—雅鲁藏布江缝合带、喜马拉雅造山带、天山造山带、金沙江缝合带等国内外造山带研究方面已得到广泛应用,更加深入地揭示了洋—陆转换、盆地类型和造山带的构造—隆升演化过程(Hu *et al.*, 2017; 郭春涛等, 2019; 王忠伟等, 2020)。

本文所谓的拉萨地块北缘是指夹于班公湖—怒江结合带、狮泉河—嘉黎断裂带之间的,西抵日土、东至八宿的狭长带状区域(图 1a),是研究班公湖—怒江洋形成演化的关键构造部位,也被认为是国家油气资源重要的战略选区(王剑等, 2009; Pan *et al.*, 2012)。20 世纪末以来,许多单位和个人相继开展了一系列的 1:(5~25) 万区域地质调查和相关科学研究工作,积累了较多的沉积学等方面的数据,但在盆地总体特征方面的认识依然不清,物源区研究也非常薄弱,尤其是有关班公湖—怒江洋闭合时限的问题仍存中侏罗世(李奋其等, 2014; Sun *et al.*, 2019)、晚侏罗世(Harris *et al.*, 1990) 和白垩纪闭合(Pan *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2020) 等观点。此种研究现状制约着拉萨地块北缘中晚侏罗世盆地

类型、构造演化的研究。

中上侏罗统是拉萨地块北缘中生界中最为发育的层位,为厚逾 3 000 m 的海相陆源碎屑岩建造,蕴含着丰富的地质信息。本文选择出露于那曲县城北部、保存相对较好的中上侏罗统拉贡塘组为重点研究对象,兼顾区域上该层位相关研究成果,通过沉积特征分析、碎屑锆石 U-Pb 年龄物源示踪等手段,研究盆地充填体物源、盆地类型、盆地发育的构造背景和不同演化阶段的构造—沉积特征,其成果对重塑拉萨地块北缘及邻区构造—古地理演变和含油气盆地评价具有重要的意义。

1 地质背景

拉萨地块北缘中晚侏罗世盆地是在古生代—中侏罗世大陆边缘基础上发育起来的一类沉积盆地,与班公湖—怒江洋的发生发展具有密切的成生联系(尼玛次仁等, 2013; 胡敬仁等, 2014; 陈玉禄等, 2015; 谢国刚等, 2015)。已有的相关研究表明,随着班公湖—怒江洋壳向北消减,不仅形成一条规模宏大的、由晚三叠—中侏罗世木嘎岗日岩群、蛇绿

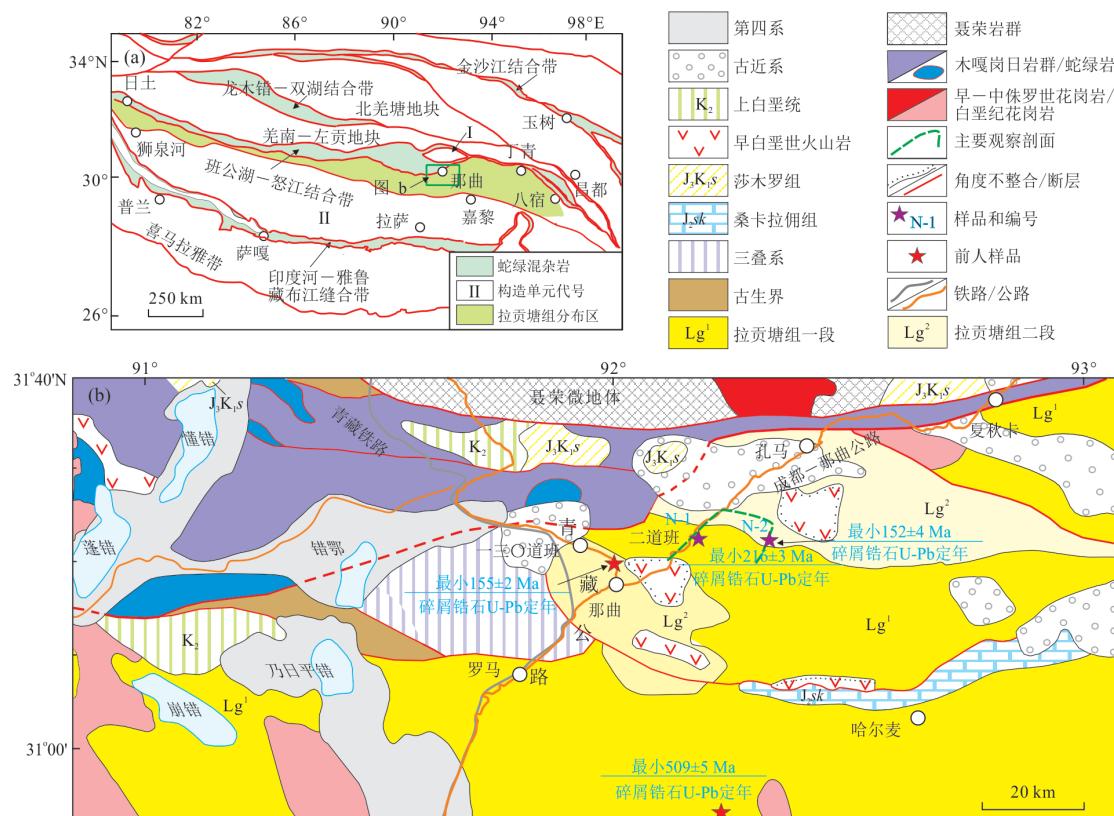


图 1 青藏高原南部大地构造单元划分图(a)和那曲地区地质简图(b)

Fig.1 Tectonic Sketch of the southern Qinghai-Tibet Plateau(a) and regional geological map of Nagqu area(b)

a. 修改自王立全等(2013)和 Hu *et al.*(2017); b. 修改自尼玛次仁等(2013)和陈玉禄等(2015); I. 聂荣微体; II. 拉萨地块

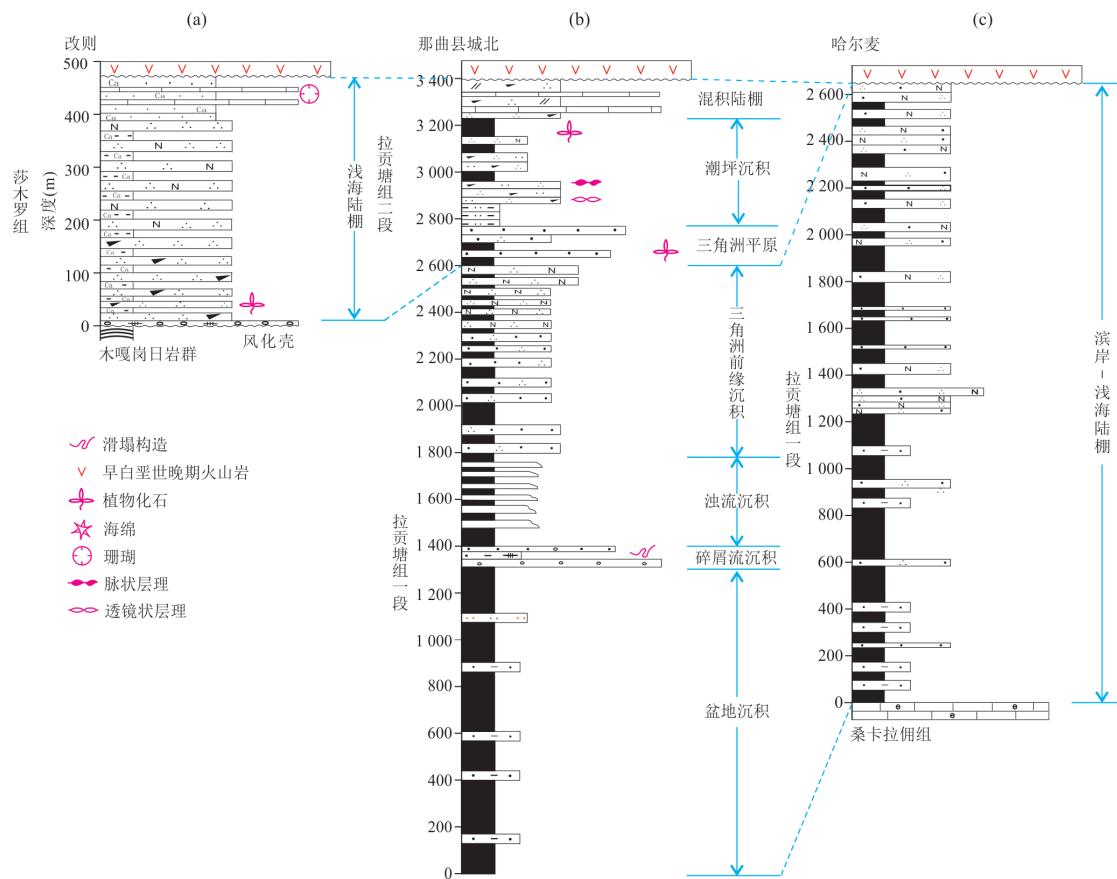


图2 区域中侏罗统一下白垩统对比图

Fig.2 The stratigraphic column of regional Mid-Jurassic to Lower Cretaceous

a. 据邓金火等(2017); b,c. 据本次资料

岩构成的俯冲增生杂岩带(Li *et al.*, 2017; Ma *et al.*, 2017; 曾庆高等, 2020),还在聂荣微地体以及羌南—左贡地块南缘发生强烈的岩浆活动(刘敏等, 2011; 李小波等, 2017);此后,该增生杂岩带在经历了短暂的构造—抬升剥蚀后,于晚侏罗世开始强烈沉降,接受了以莎木罗组(J_3k_1)为代表的、厚度逾800 m的磨拉石建造,局部地带还发生火山活动(许荣科等, 2007; Pan *et al.*, 2012)。相比之下,拉萨地块北缘自中三叠世以来一直处于构造沉降状态,形成了一套连续沉积的、厚逾7 000 m的陆源碎屑岩—碳酸盐岩建造(西藏地质矿产局, 1997; 王立全等, 2013),与班公湖—怒江结合带构成了鲜明的区别。大约110 Ma以来,班公湖—怒江结合带及相邻地区除了强烈的深成岩浆活动外,火山作用也很猛烈,形成了一套角度不整合于下伏古老岩系之上的、厚逾500 m的火山岩系(李奋其等, 2009; 邓世林等, 2020),标志着拉萨地块北缘沉积盆地大约于早白垩世中期隆起并遭受剥蚀,拉萨地块北缘及邻区开始进入了新的演化阶段(李奋其等, 2014)。新生代

以来,伴随着印度—亚洲陆陆碰撞作用,研究区冲断活动非常强烈,在班戈白拉、那曲孔马等地,可见蛇绿混杂岩逆冲推覆于拉贡塘组和古近纪牛堡组之上(尼玛次仁等, 2013; 陈玉禄等, 2015)。

2 拉贡塘组沉积特征、样品采集及岩相学分析

2.1 沉积特征

拉贡塘组正层型剖面位于洛隆县腊久区西卡至藏卡扎乌沟,为一套整合于中侏罗统桑卡拉佣组碳酸盐岩建造之上,被多尼组(K_1)灰色砾岩平行不整合覆盖的地层体,总体为以灰黑色页岩、粉砂质页岩为主,含铁质结核,向上灰、灰白色中厚层长石英砂岩增多并夹紫红色石英砂岩、薄层—透镜状灰岩的一套地层体,产菊石化石(西藏地质矿产局, 1997)。研究区内,拉贡塘组普遍被110 Ma的火山岩角度不整合覆盖,仅在南部的哈尔麦一带可见它整合于桑卡拉佣组之上。在东邻的比如县、丁青县

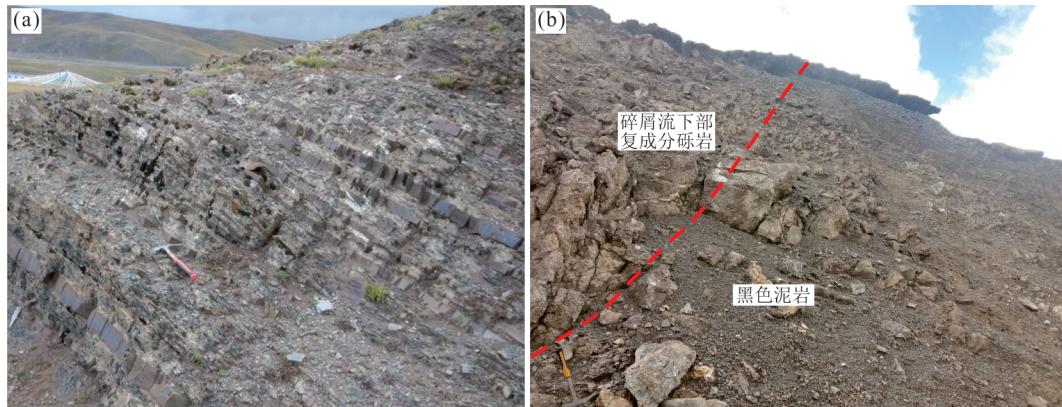


图 3 拉贡塘组浊流沉积(a)和砾质碎屑流沉积(b)的野外景观

Fig.3 Field view of turbidite(a) and gravelly debris flow deposits (b) of Lagongtang Formation

一带,该组整合于早一中侏罗世希湖群之上,其上又被多尼组(K_1)整合接触(王立全等,2013).研究发现,那曲地区的拉贡塘组具有明显的“二段式”结构特点,一段化石贫乏,为一套厚逾 2 000 m 的复理石建造,总体以薄层状灰黑色(硅质)板岩为主,可见纹层状硅质岩和菱铁矿结核;向上深灰色细粒长石石英砂岩居多,可见杂砂岩以及粒序层理、砂纹层理、包卷层理、槽模等沉积构造(尼玛次仁等,2013;陈玉禄等,2015),表明形成于次深海—深海环境。二段为一套磨拉石建造,残留厚度近 800 m,下部为厚近 170 m 的灰色复成分砾岩、粗砂岩和含砾砂岩的叠置体,砾石成份包括板岩、硅质岩、砂岩、石英岩和灰岩等,大小多为 3~5 cm,最大者 20 cm,次棱角状—圆状,平行层理、交错层理发育,为泥石流—河流相沉积;中部为以黄灰色中—厚层状粉砂质泥岩为主,上部由黄灰色薄层状含白云质细粒岩屑石英砂岩、灰色中薄层状粉晶灰岩组成;该段植物化石碎片极其发育,可见遗迹化石,产小领针海绵 *Perinidella* sp.、绵型螅 *Spongiomorphan* sp. 和锥叶蕨 *Coniopteris* sp. 等化石。由上可见,研究区拉贡塘组与洛隆地区的该层位可以对比。值得指出的是,在班公湖—怒江结合带内,上侏罗一下白垩统分布较为广泛,也为一套磨拉石建造,产绵形螅、珊瑚、海绵、菊石、层孔虫和植物化石,总体为浅海陆棚—碳酸盐岩台地沉积(尼玛次仁等,2013;陈玉禄等,2015),与拉贡塘组二段可以对比,此种特点可能暗示着班公湖—怒江结合带及邻区具有相似的地球动力背景。最近的 1:5 万区域地质调查成果(福建省地质调查研究院,2013. 那曲南部哈尔麦地区 1:5 万区域地质调查报告)和本文的研究表明,研究区南部哈尔麦一带的拉贡塘组下部以灰黑色板岩为主,

夹深灰色页岩、浅灰色中—厚层中细粒石英砂岩,上部以中细粒石英砂岩为主,夹有黑色板岩(图 2c),区域延伸稳定,未见重力流和相关沉积构造,可能为滨岸—浅海陆棚沉积,暗示着拉贡塘组一段沉积期盆地具有北深南浅的特点。

本文重点对那曲县城北、成都—那曲公路沿线的拉贡塘组进行了剖面观察(图 1b). 结果表明,一段下部以薄层状黑色板岩为主,其次为粉砂质泥岩,可见水平纹层构造,属于盆地相沉积;上部以灰色薄—中层状细粒长石石英砂岩与深灰色泥岩间互产出为主要特点,砂岩平面上延伸不远,可见条带状层理、砂纹层理,为三角洲前缘沉积;中部层位,浊流、碎屑流等重力流沉积发育(图 2b),反映为陡坡型三角洲。浊流沉积以薄层状细粒长石石英砂岩与黑色泥岩或者粉砂质泥岩的韵律交替为特点(图 3a),为鲍马层序 D 段和 E 段,属于远端浊流沉积。碎屑流沉积延伸不远,厚度约 26 m,是未固结沉积物崩落并沿斜坡向下固态塑性滑(流)动,最终在斜坡/盆地的转换部位沉积下来形成的(高红灿等,2012;李相博等,2013),自下而上表现为砾质碎屑流、砂质碎屑流和泥质碎屑流沉积的叠置。砾质碎屑流沉积整合于黑色泥岩之上(图 3b),单层厚度为 1.4~5.0 m,为深灰色复成分砾岩,砾石主要为灰白色白云岩、硅质岩,“漂浮”于深灰色泥砂质基质中(图 4a),表明基质刚性程度较高。砂质碎屑流岩性为含砾石英砂岩,单层厚度约 3~5 m,以发育平行排列的、剪切变形而成的深灰色泥质—粉砂质岩屑为典型特征;从撕裂屑的变形特征来看,碎屑流具有向南东方向流动的特点(图 4b)。泥质碎屑流沉积岩性为灰黑色含砂泥岩或杂砂岩,单层厚度为 0.8~1.4 m,内部滑动褶皱和泥质撕裂屑极为发育,反映



图4 那曲县城北部拉贡塘组沉积特征

Fig.4 Sedimentary characteristics of Lagongtang Formation in the north of Nagqu county

a. 砾质碎屑流; b. 砂质碎屑流; c. 泥质碎屑流; d. 脉状层理

滑动方向也为南东(图4c).二段下部为厚近159 m的厚层状灰色细粒石英砂岩夹深灰色板岩,发育平行层理,可见植物碎片,属于三角洲平原沉积;中上部岩石组合与前述基本一致,但中部可见脉状和透镜状层理(图4d),为潮坪沉积;上部为混积陆棚沉积.

2.2 样品采集和岩相学特征

本次研究于那曲县城北部采集了2件砂岩样品,用于碎屑锆石U-Pb定年(图1b).

样品N-1岩性为深灰色的石英杂砂岩(图4c),采自于成都—那曲公路二道班附近的拉贡塘一段碎屑流沉积体中(图2b),地理坐标:N31°33'40",E92°13'02".石英杂砂岩层顶、底均与含砾石英砂岩整合接触.部分杂砂岩中含泥岩撕裂屑.样品由碎屑(15%~20%)和杂基(80%~85%)组成,杂基支撑结构,块状构造.碎屑大小多变化于150~500 μm之间,棱角状—圆状,“漂浮”于基质中(图5a、5b),具有典型的碎屑流沉积特征.碎屑组分以石英为主,多为单晶石英,少量多晶石英,其次可见岩屑,具有一定的粘土化现象.杂基为泥质—粉砂质,一定程度的被绢云母化.

样品N-2岩性为灰白色石英细砂岩,采集于二道班东部约15 km、拉贡塘组二段底部的三角洲平原沉积体中(图2b).地理坐标:N31°33'03",E92°20'47".该区残坡积物较为发育,局部可见石英细砂岩与深灰色板岩呈间互产出.石英细砂岩由碎屑和填隙物组成,颗粒支撑.碎屑物含量约85%,粒径多在70~200 μm之间(图5c、5d).杂基含量约15%,主要为泥质—粉砂质沉积物,局部可见绢云母化等现象;此外,填隙物中可见少量碳质物.碎屑以石英为主,主要为单晶石英,少量为多晶石英,棱角状—圆状,反映岩石具有成分成熟度高和结构成熟度低的特点.

3 碎屑锆石LA-ICP-MS U-Pb年龄

3.1 LA-ICP-MS锆石测试方法

用于锆石年代学测试的样品首先经过破碎,通过浮选和电磁选等方法挑选出单颗粒锆石,然后在双目镜下挑选,选样工作在河北省廊坊市诚信地质服务有限公司完成.锆石制靶、显微照相(透射光和反射光)和阴极发光(CL)图像在北京锆年领航科技

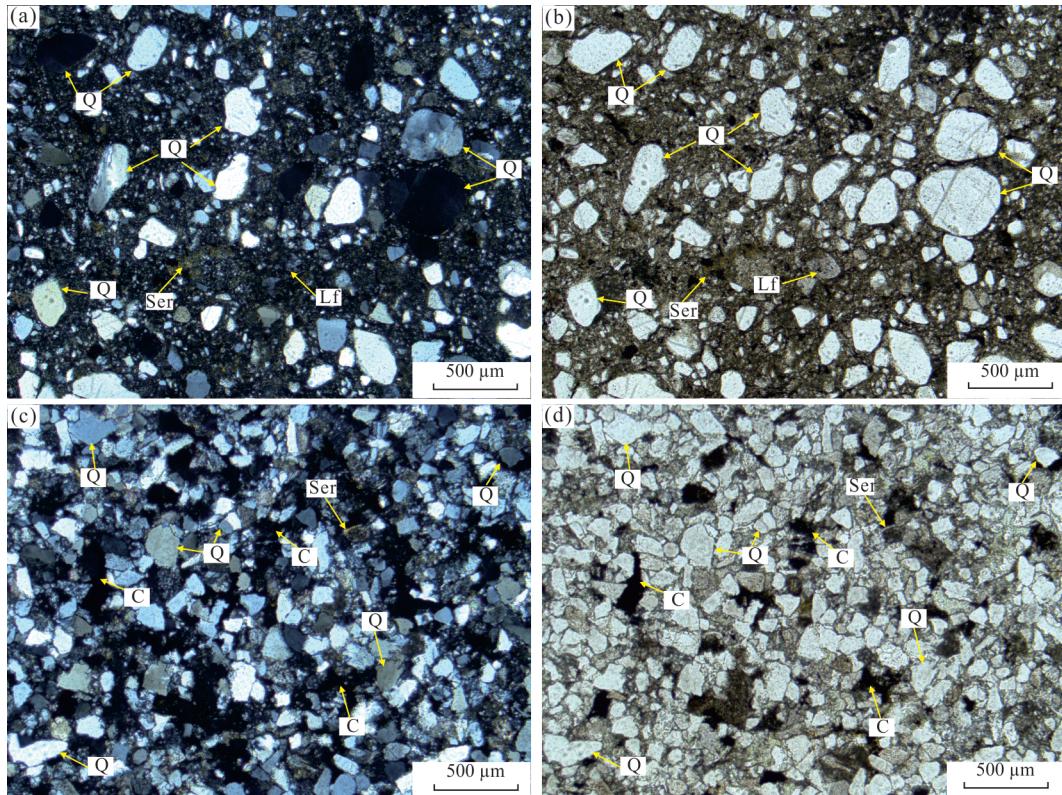


图 5 碎屑锆石 U-Pb 定年样品显微照片

Fig.5 Photomicrographs of the samples using debris zircons U-Pb dating

a. 石英杂砂岩(正交偏光);b. 石英杂砂岩(单偏光);c. 石英细砂岩(正交偏光);d. 石英细砂岩(单偏光). Q. 石英;Lf. 长石;C. 碳质物;Ser. 绢云母

有限公司完成。根据反射光、透射光及锆石 CL 图像选择代表性的锆石颗粒进行 U-Pb 定年。锆石 U-Pb 同位素定年在国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室高分辨电感耦合等离子体质谱仪 ELEMENT2 上完成, 激光剥蚀系统为 GeoLasPro 193n, 实验采用 He 作为剥蚀物质的载气, 激光斑束直径为 32 μm , 仪器调谐时采用 NIST610 标准物质。实验采用锆石标样 GJ-1 为外标进行 U-Pb 同位素分馏效应和质量歧视的校正计算, Plšovice 锆石标样作为监控盲样来监视测试过程的稳定性。详细的实验操作和数据处理同 Liu *et al.* (2010) 和 Hu *et al.* (2012)。

3.2 分析结果和谱值特征

从样品 N-1(石英杂砂岩)中挑选出的锆石粒径多在 80~150 μm 之间, 透明一半透明, 自形一半自形晶, 多为次圆状—圆状, 少数为棱角一次棱角状(图 6)。与石英杂砂岩样品相比, 从样品 N-2(细粒石英砂岩)中分选出的锆石较小, 粒径多在 50~100 μm 之间, 晶体中可见凹坑、沟槽及断口磨蚀痕迹, 大致可分为两类:一类长/宽比值较大, 较自形, 短

柱状;另一类长/宽比值较小, 半自形, 浑圆状(图 6);这些特点与张士贞等(2010)在那曲县城西部该层位获得的锆石极为相似。2 件样品的大多数锆石不同程度地保留有岩浆结晶成因特征的振荡环带, 部分锆石颗粒具有宽窄不等的浅色边, 但核部仍显示出典型的生长韵律环带及明暗相间的条带特征, 表明浅色边为变质的增生边。

样品 N-1 共测试了 100 个点, 挑选谐和度 > 90% 的 99 个测点绘制锆石 U-Pb 年龄谐和图, 并进行了年龄统计(图 7)。所有测点的锆石 Th 含量变化于 $9 \times 10^{-6} \sim 856 \times 10^{-6}$ 之间, U 含量为 $35 \times 10^{-6} \sim 2036 \times 10^{-6}$, 锆石 Th/U 比值介于 0.01~1.70 范围内, 其中的 41 颗锆石(占 41.41%)的 Th/U 比值小于 0.4, 58 颗(占 58.19%)大于 0.4(表 1), 说明多数锆石为岩浆结晶成因(Hu *et al.*, 2012)。该样品碎屑锆石的 U-Pb 年龄变化于 2 800~216 Ma 的范围内(图 7), 主要集中在 2 611~2 300 Ma、2 000~1 700 Ma、1 000~800 Ma、700~360 Ma 和 279~216 Ma 等 5 个年龄组内。2 800~2 300 Ma 年龄组的锆石共 15 颗, 占 15.15%, 峰值年龄为 2 500 Ma; 2 000~1 700 Ma

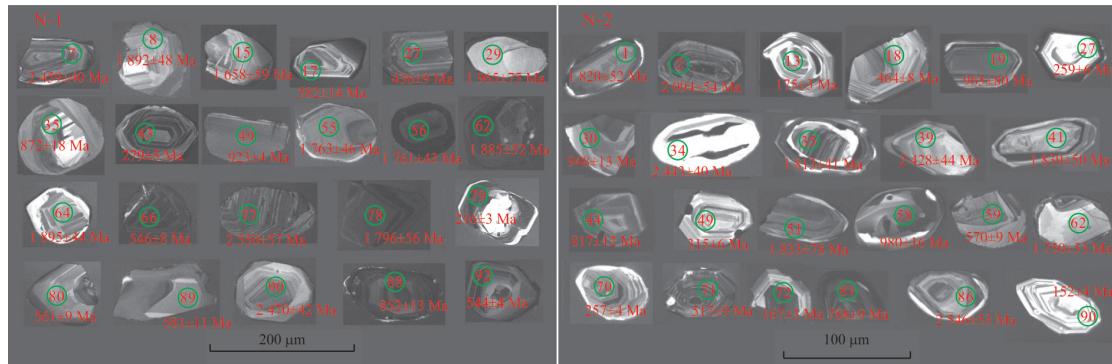


图6 样品N-1、样品N-2部分典型的锆石阴极发光图像

Fig.6 CL image of typical detrial zircons for Sample N-1 and Sample N-2

年龄组的锆石共41颗,占41.41%,峰值年龄为1 880 Ma;1 000~800 Ma年龄组共15颗,占15.15%,峰值年龄为830 Ma;700~360 Ma年龄组共20颗,占20.20%,峰值年龄为400 Ma;310~215 Ma年龄组共7颗锆石,占7.07%,出现230 Ma和280 Ma两个峰值年龄。

样品N-2共测试了100个点,挑选谐和度 $>90\%$ 的89个测点绘制锆石U-Pb年龄谐和图,并进行年龄统计(图7)。锆石Th含量变化于 4×10^{-6} ~ $1 443 \times 10^{-6}$ 范围内,U含量介于 61×10^{-6} ~ $2 200 \times 10^{-6}$ 之间,锆石Th/U比值为0.01~2.25,其中有23颗锆石(占41.41%)的Th/U比值小于0.4,66颗(占58.19%)大于0.4(表1),说明多数锆石为岩浆结晶成因。该样品碎屑锆石的U-Pb年龄变化于2 744~152 Ma的范围内,主要集中在2 800~2 428 Ma、2 094~1 237 Ma、1 080~702 Ma、575~372 Ma和315~238 Ma、183~152 Ma等5个年龄段内(图7);前4个年龄段与N-1样品较为相似(图6),后一个年龄段(183~152 Ma)共5颗锆石,峰值年龄为177 Ma。

4 讨论和结论

4.1 形成时代

本次研究在拉贡塘组一段样品N-1中未选中侏罗纪碎屑锆石进行测定,但在二段下部成功测出了最小年龄为 152 ± 4 Ma的碎屑锆石。结合前人在那曲县城西部二段底部的砂岩中测到 155 ± 2 Ma的最年轻碎屑锆石(张士贞等,2010),反映拉贡塘组一段形成于152 Ma之前。考虑到Chen *et al.*(2020)在丁青地区中一上侏罗统下部复理石建造中获得了174 Ma的最年轻碎屑锆石,以及在研究区南部该组整合于中侏罗世桑卡拉组碳酸盐岩建造之上,一

段形成时代应该介于174~152 Ma之间。拉贡塘组二段无疑形成于152 Ma之后。同时,结合该段内的锥叶蕨 *Conioperis* sp. 小领针海绵 *Pernidella* sp. 和绵型螅 *Spongiomorpha* sp. 等化石被鉴定为晚侏罗世—早白垩世(尼玛次仁等,2013),以及该段被底部年龄为 116.3 ± 1.4 Ma的中酸性火山岩角度不整合覆盖(李奋其等,2009),拉贡塘组二段很可能形成于晚侏罗世—早白垩世早期。

4.2 物源区分析

前人的研究表明,南羌塘地区在中晚侏罗世期间处于沉降状态,且自早而晚经历了次深海沉积向碳酸盐岩台地环境的转变(王剑等,2009),此种构造—古地理格局暗示着拉贡塘组一段的潜在物源区很可能位于南羌塘—左贡地块以南。

前已述及,拉贡塘组一段为陡坡型三角洲沉积,下部的碎屑流具有向南流动的特征,预示着班公湖—怒江结合带是拉萨地块北缘中晚侏罗世盆地的重要物源区。拉贡塘组一段与木嘎岗日岩群为沉积时代基本连续的复理石建造,据“西藏那曲依拉山地区1:5万区域地质调查报告”(西藏地质矿产局,2017),本文拉贡塘组一段碎屑流沉积中的白云岩、硅质岩高磨圆度砾石在那曲附近的木嘎岗日岩群班戈桥岩组中也较发育。区域上,八宿康玉等地的拉贡塘组碎屑流沉积体内可见硅质岩、超镁铁质岩砾石(喻安光,1997),反映拉贡塘组沉积物来自北部的混杂岩带。以上特征暗示着拉贡塘组一段可能是木嘎岗日岩群再循环的产物。本文拉贡塘组一段石英杂砂岩的U-Pb测年结果总体显示出2 611~2 300 Ma、2 000~1 700 Ma、1 000~800 Ma、700~360 Ma和279~216 Ma等5个年龄段的碎屑锆石,此种年龄结构与具有2 350~2 550 Ma、1 900~1 800 Ma、1 000~750 Ma、600~400 Ma和330~210

Ma 碎屑锆石年龄段的木嘎岗日岩群非常相似,而与具有 600~500 Ma、1 300~1 000 Ma 碎屑锆石年龄段的拉萨地块前侏罗系(图 7;Sun *et al.*, 2019)以及那曲南部(图 1)具有 1 186~509 Ma 年龄段的拉贡塘组一段明显不同(张士贞等,2010),再次反映木嘎岗日岩群很可能是拉贡塘组一段重要的物源区之一,也反映那曲中晚侏罗世盆地可能具有双物源的特征。

许多学者认为,木嘎岗日岩群是南羌塘地块碎屑物质再循环的产物(Zeng *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2017).但是,班公湖—怒江大洋中的聂荣微地体是否也为该岩群提供了碎屑物?那曲依拉山地区的地质调查工作还表明,木嘎岗日岩群班戈桥岩组砂岩组分除了包含石英岩、绿片岩和云母片岩岩屑外,电气石岩屑非常普遍,这些都是聂荣微地体的常见分子.可见,聂荣微地体很可能为本区木嘎岗日岩群的形成提供了沉积物.

值得指出的是,聂荣微地体经历了泛非—早古生代构造—岩浆作用,与南羌塘地块一样也产大量的该时期锆石.例如,解超明等(2013, 2014)、王明等(2012)在聂荣微地体花岗质片麻杂岩获得了 820~843 Ma、505~517 Ma 和 488.0±4.2 Ma 的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄,辜平阳等(2012)在该地体聂荣岩群斜长角闪岩中获得了 863±10 Ma 的锆石 U-Pb 谱和年龄,还获得了 2 539~1 006 Ma 之间的捕获锆石年龄值.那么,拉贡塘组一段的碎屑锆石是否直接来自聂荣微地体?考虑到聂荣微地体、南羌塘—左贡地块于早—中侏罗世期间碰撞拼合,早古生代岩体于 166.7 Ma±抬升至地壳浅层部位或近地表(解超明等,2013),考虑到本文该时期个别锆石形状极不规则,如 N-1 样品的 89 号锆石(581±11 Ma)(图 6),聂荣微地体有可能为拉贡塘组一段的形成提供了碎屑物质.

拉贡塘组二段为一套磨拉石建造.前已述及,那曲县城西部该段的泥石流沉积体内的砾石除了石英岩等聂荣岩群的重要岩性外,还有板岩、硅质岩、砂岩等木嘎岗日岩群的常见分子,以及灰岩等班公湖—怒江结合带古生界构造岩片的分子(王立全等,2013).这些特征暗示着该段不仅仅是木嘎岗日岩群再循环的产物,古生代构造岩片、聂荣微地体对它的形成也参与了贡献.该段石英细砂岩物源示踪结果主要显示出 2 800~2 428 Ma、2 094~1 237 Ma、1 080~702 Ma、575~372 Ma 和 315~

238 Ma 和 183~152 Ma 等 5 个年龄段的碎屑锆石,与张士贞等(2010)在那曲县城西部二段下部获得的、具有 2 600~2 400 Ma、1 900~1 700 Ma、1 200~1 000 Ma、850~600 Ma、500~370 Ma、350~155 Ma 年龄段的碎屑锆石年龄谱图相似,其中的前 4 个年龄段也与木嘎岗日岩群石类似,反映拉贡塘组二段主要是木嘎岗日岩群再循环的产物;另从该样品的 30 号锆石(948±13 Ma)具棱角状外貌这一特点来看(图 6),反映物源区较近,进一步说明聂荣微地体为二段的形成可能提供了部分碎屑物.最后一个年龄段包括 183±3 Ma、178±4 Ma、175±3 Ma、171±3 Ma 和 152±4 Ma 等数值,与前 4 个年龄时代相近的地质体主要表现为聂荣微地体的岛弧型花岗岩(刘敏等,2011)、羌南缘火山弧(李小波等,2017),与最后 1 个年龄时代相近的岩浆作用表现为聂荣微地体西部东巧一带陆相火山喷发(许荣科等,2007),表明拉贡塘组二段沉积物还有岛弧型岩浆岩和陆相火山喷发物的贡献.

上述认识得到了近年来相关研究成果的证实.Ma *et al.*(2017)主要通过对南羌塘地区中生界砂岩进行碎屑锆石 U-Pb 定年和 Hf 同位素研究,得出了南羌塘—左贡地块、拉萨地块于 166±1 Ma 碰撞的结论.Sun *et al.*(2019)依据晚三叠世—中侏罗世木嘎岗日岩群碎屑锆石 U-Pb 同位素示踪研究,认为拉萨地块与羌南—左贡地块很可能于 166 Ma 以前就已发生初始对接.由上看来,班公湖—怒江洋很可能在中侏罗世期间结束了大洋演化的历史,洋盆沉积物、洋壳残片和聂荣微地体逐渐被抬升至地表,并遭受剥蚀,为拉萨地块北缘中晚侏罗世盆地提供物质来源.

4.3 盆地性质和演化

周缘前陆盆地是发育于俯冲板块之上,靠近缝合线,造山带或者结合带向克拉通方向逆冲推覆导致下盘挠曲沉降而形成的箕状沉积单元,具有双物源的特点(魏国齐等,2002).此类盆地在时间序列上由早期欠补偿阶段的复理石建造和晚期过补偿阶段的磨拉石建造组成(张传恒等,2003).前已述及,那曲地区的中晚侏罗世盆地形成于班公湖—怒江洋闭合之后,盆地北缘充填沉积物来自班公湖—怒江结合带,南部地带的充填物来自以南的冈底斯陆块(张士贞等,2010),东部的丁青地区也显示出相同的特点(Chen *et al.*, 2020);盆地发育早期继承了先期的被动陆缘构造—古地理环境,具有北深南浅

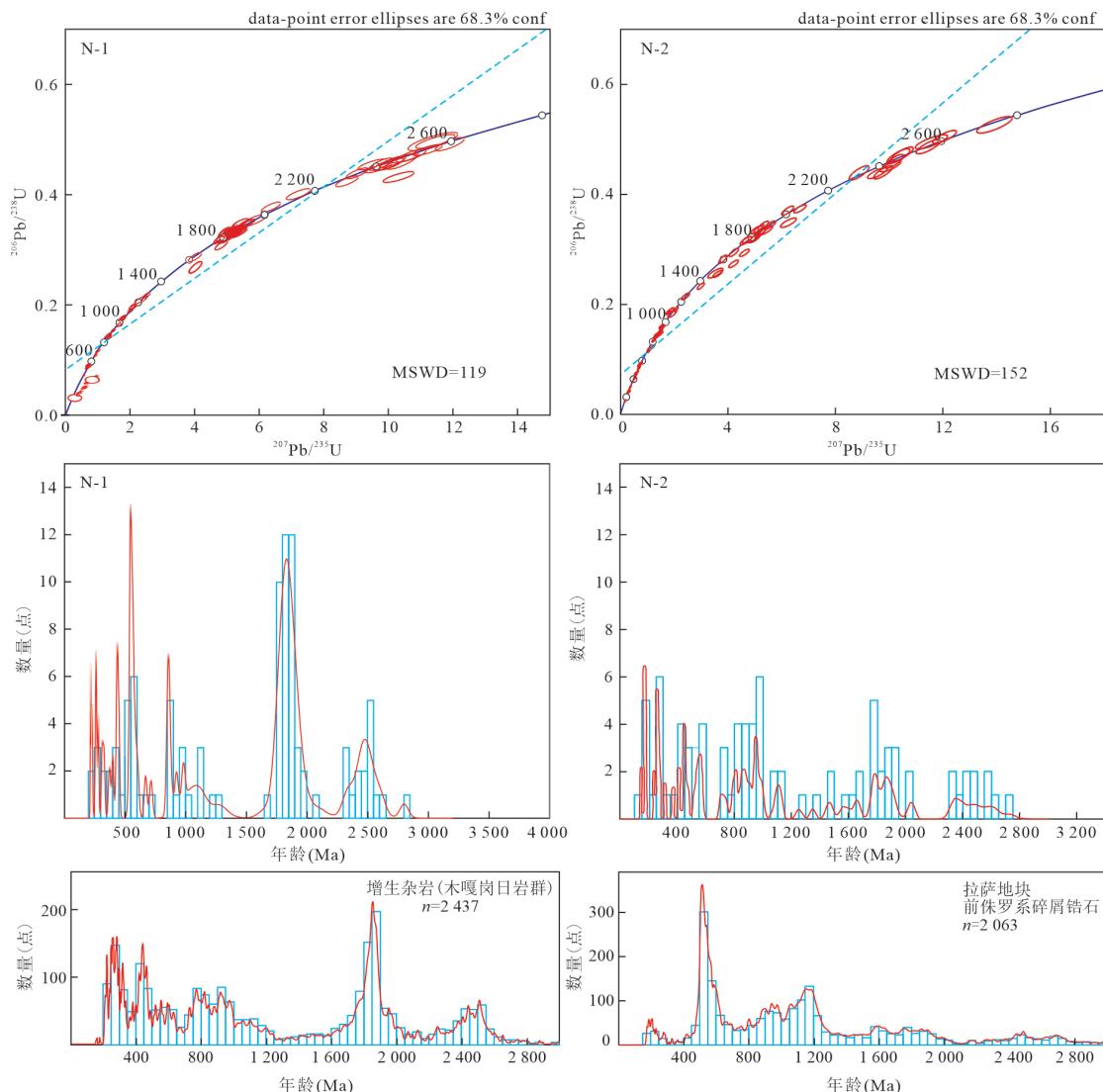


图7 锆石年龄谐和图和频率直方图

Fig.7 Concordia and frequency plots of Zircon data

拉萨地块前侏罗系、增生杂岩的频率直方图引自 Sun et al. (2019)

表1 那曲县城北部拉贡塘组 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb analyses for Lagongtang Formation in north of Nagqu county

点号	Pb	Th	U	Th/	同位素比值 $\pm 1\sigma$			同位素年龄(Ma) $\pm 1\sigma$			谐和度 (%)
	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
样品 N-1, 99个测点											
2	299	78	657	0.12	0.1177 ± 0.0033	5.3665 ± 0.1516	0.3316 ± 0.0063	1924 ± 50	1880 ± 24	1846 ± 30	98
3	380	247	628	0.39	0.1180 ± 0.0032	5.4114 ± 0.1516	0.3323 ± 0.0054	1926 ± 48	1887 ± 24	1850 ± 26	98
4	88	94	91	1.04	0.1160 ± 0.0040	5.3061 ± 0.1784	0.3344 ± 0.0068	1895 ± 67	1870 ± 29	1860 ± 33	99
5	106	47	269	0.17	0.1098 ± 0.0031	4.0271 ± 0.1315	0.2682 ± 0.0070	1795 ± 52	1640 ± 27	1532 ± 35	93
6	419	343	631	0.54	0.1152 ± 0.0029	5.2430 ± 0.1438	0.3307 ± 0.0064	1884 ± 45	1860 ± 23	1842 ± 31	99
7	363	289	283	1.02	0.1603 ± 0.0038	10.0954 ± 0.2628	0.4567 ± 0.0078	2459 ± 40	2444 ± 24	2425 ± 34	99
8	184	127	303	0.42	0.1157 ± 0.0031	5.2978 ± 0.1582	0.3320 ± 0.0066	1892 ± 48	1869 ± 26	1848 ± 32	98
9	87	238	765	0.31	0.0552 ± 0.0020	0.5326 ± 0.0206	0.0700 ± 0.0012	417 ± 77	434 ± 14	436 ± 7	99
10	143	397	739	0.54	0.0602 ± 0.0019	0.8129 ± 0.0272	0.0983 ± 0.0019	609 ± 69	604 ± 15	604 ± 11	99

续表1

点号	Pb	Th	U	Th/ U	同位素比值 $\pm 1\sigma$			同位素年龄(Ma) $\pm 1\sigma$			谐和 度 (%)
	10^{-6}				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
11	518	246	1 118	0.22	0.113 4 ± 0.002 5	4.821 2 ± 0.122 5	0.307 9 ± 0.005 2	1 855 ± 40	1 789 ± 21	1 730 ± 26	96
12	291	200	556	0.36	0.113 6 ± 0.002 8	4.829 5 ± 0.132 5	0.308 6 ± 0.005 7	1 858 ± 44	1 790 ± 23	1 734 ± 28	96
13	161	122	138	0.88	0.164 3 ± 0.004 5	10.401 0 ± 0.314 7	0.459 9 ± 0.009 1	2 502 ± 46	2 471 ± 28	2 439 ± 40	98
14	51	262	263	0.99	0.055 7 ± 0.003 1	0.526 3 ± 0.028 1	0.069 3 ± 0.001 6	443 ± 119	429 ± 19	432 ± 10	99
15	93	97	154	0.63	0.101 8 ± 0.003 2	4.014 7 ± 0.136 3	0.286 9 ± 0.005 5	1 658 ± 59	1 637 ± 28	1 626 ± 28	99
16	318	210	559	0.38	0.110 3 ± 0.002 7	5.044 0 ± 0.139 2	0.331 5 ± 0.005 5	1 806 ± 46	1 827 ± 23	1 846 ± 27	98
17	88	409	286	1.43	0.061 0 ± 0.003 0	0.782 9 ± 0.040 0	0.094 5 ± 0.002 5	639 ± 104	587 ± 23	582 ± 14	99
18	500	258	648	0.40	0.149 3 ± 0.003 7	9.030 6 ± 0.226 6	0.438 9 ± 0.006 5	2 339 ± 42	2 341 ± 23	2 346 ± 29	99
19	224	666	881	0.76	0.062 6 ± 0.002 0	0.943 7 ± 0.032 2	0.109 3 ± 0.001 9	694 ± 65	675 ± 17	669 ± 11	99
20	183	75	387	0.20	0.110 0 ± 0.003 0	5.026 4 ± 0.146 3	0.330 6 ± 0.005 1	1 799 ± 49	1 824 ± 25	1 842 ± 25	99
21	308	104	637	0.16	0.117 0 ± 0.003 0	5.590 4 ± 0.148 5	0.345 8 ± 0.005 0	1 922 ± 51	1 915 ± 23	1 915 ± 24	99
22	234	74	520	0.14	0.112 2 ± 0.003 0	5.139 1 ± 0.145 9	0.332 7 ± 0.006 0	1 835 ± 49	1 843 ± 24	1 852 ± 29	99
23	36	104	350	0.30	0.056 1 ± 0.002 8	0.492 7 ± 0.025 7	0.063 7 ± 0.001 2	457 ± 113	407 ± 17	398 ± 8	97
24	130	92	221	0.42	0.108 7 ± 0.003 0	4.996 0 ± 0.143 9	0.333 2 ± 0.005 0	1 789 ± 50	1 819 ± 24	1 854 ± 24	98
25	19	123	164	0.75	0.053 7 ± 0.004 0	0.377 3 ± 0.026 8	0.051 8 ± 0.001 2	367 ± 172	325 ± 20	326 ± 7	99
26	749	289	1 021	0.28	0.154 9 ± 0.003 2	9.763 2 ± 0.240 5	0.455 3 ± 0.007 5	2 800 ± 35	2 413 ± 23	2 419 ± 33	99
27	78	323	571	0.57	0.056 5 ± 0.002 2	0.543 0 ± 0.022 1	0.070 1 ± 0.001 5	472 ± 85	440 ± 15	436 ± 9	99
28	885	342	1 893	0.18	0.107 2 ± 0.002 1	4.914 8 ± 0.121 6	0.331 7 ± 0.006 2	1 754 ± 37	1 805 ± 21	1 847 ± 30	97
29	27	24	35	0.69	0.120 6 ± 0.005 0	5.841 6 ± 0.254 4	0.353 3 ± 0.007 2	1 965 ± 75	1 953 ± 38	1 950 ± 34	99
30	172	76	356	0.21	0.110 4 ± 0.002 5	5.067 3 ± 0.143 6	0.330 9 ± 0.006 0	1 806 ± 40	1 831 ± 24	1 843 ± 29	99
31	173	106	317	0.33	0.113 7 ± 0.002 8	5.166 3 ± 0.143 4	0.329 3 ± 0.006 2	1 861 ± 43	1 847 ± 24	1 835 ± 30	99
32	262	498	491	1.01	0.076 9 ± 0.002 0	2.014 9 ± 0.057 4	0.189 7 ± 0.002 9	1 118 ± 52	1 121 ± 19	1 120 ± 16	99
33	716	692	946	0.73	0.111 1 ± 0.002 3	5.097 8 ± 0.121 7	0.331 7 ± 0.005 1	1 818 ± 33	1 836 ± 20	1 847 ± 25	99
34	305	123	648	0.19	0.113 3 ± 0.002 8	5.145 8 ± 0.134 1	0.330 3 ± 0.006 2	1 854 ± 44	1 844 ± 22	1 840 ± 30	99
35	101	293	192	1.52	0.067 3 ± 0.002 9	1.338 9 ± 0.061 4	0.144 9 ± 0.003 2	856 ± 123	863 ± 27	872 ± 18	98
36	397	271	323	0.84	0.175 5 ± 0.004 2	11.903 1 ± 0.296 6	0.491 6 ± 0.007 9	2 611 ± 39	2 597 ± 23	2 578 ± 34	99
37	240	465	420	1.11	0.076 4 ± 0.002 3	2.079 3 ± 0.063 3	0.197 6 ± 0.003 2	1 106 ± 60	1 142 ± 21	1 162 ± 17	98
38	35	268	372	0.72	0.052 8 ± 0.003 5	0.297 3 ± 0.018 3	0.041 3 ± 0.000 8	320 ± 150	264 ± 14	261 ± 5	98
39	68	256	313	0.82	0.058 4 ± 0.002 5	0.693 3 ± 0.028 4	0.086 8 ± 0.001 4	546 ± 93	535 ± 17	537 ± 8	99
40	28	137	87	1.57	0.059 7 ± 0.005 0	0.697 6 ± 0.053 9	0.087 1 ± 0.002 3	594 ± 149	537 ± 32	539 ± 13	99
41	135	336	838	0.40	0.058 7 ± 0.001 8	0.733 2 ± 0.024 6	0.090 5 ± 0.001 7	554 ± 69	558 ± 14	558 ± 10	99
42	141	85	139	0.61	0.164 4 ± 0.004 4	10.712 2 ± 0.308 2	0.471 2 ± 0.007 8	2 502 ± 44	2 498 ± 27	2 489 ± 34	99
43	119	856	1 122	0.76	0.052 4 ± 0.002 2	0.320 1 ± 0.014 1	0.044 2 ± 0.000 8	302 ± 92	282 ± 11	279 ± 5	98
44	138	205	405	0.51	0.073 5 ± 0.002 1	1.785 6 ± 0.059 2	0.175 1 ± 0.003 3	1 028 ± 58	1 040 ± 22	1 040 ± 18	99
45	43	204	120	1.70	0.062 5 ± 0.003 8	0.770 6 ± 0.044 0	0.090 3 ± 0.001 7	700 ± 125	580 ± 25	557 ± 10	95
46	148	193	513	0.38	0.073 0 ± 0.002 1	1.659 7 ± 0.050 9	0.164 2 ± 0.002 5	1 015 ± 59	993 ± 19	980 ± 14	98
47	132	137	158	0.87	0.108 7 ± 0.003 0	4.895 6 ± 0.152 6	0.324 4 ± 0.005 3	1 777 ± 51	1 802 ± 26	1 811 ± 26	99
48	319	258	287	0.90	0.148 4 ± 0.003 7	8.723 4 ± 0.232 6	0.424 4 ± 0.006 5	2 327 ± 44	2 310 ± 24	2 280 ± 29	98
49	145	256	449	0.57	0.069 8 ± 0.002 2	1.486 2 ± 0.047 1	0.154 0 ± 0.002 4	922 ± 63	925 ± 19	923 ± 14	99
50	213	105	408	0.26	0.113 5 ± 0.003 0	5.057 2 ± 0.129 9	0.322 7 ± 0.005 0	1 857 ± 49	1 829 ± 22	1 803 ± 25	98
51	461	314	774	0.41	0.111 0 ± 0.002 5	4.957 3 ± 0.111 2	0.322 4 ± 0.004 7	1 817 ± 40	1 812 ± 19	1 801 ± 23	99
52	17	158	137	1.16	0.051 7 ± 0.005 0	0.289 4 ± 0.025 2	0.041 1 ± 0.001 0	333 ± 222	258 ± 20	259 ± 6	99
53	112	81	178	0.45	0.112 5 ± 0.003 3	4.993 8 ± 0.142 8	0.322 0 ± 0.005 4	1 840 ± 54	1 818 ± 24	1 800 ± 26	98
54	271	168	461	0.36	0.112 0 ± 0.002 8	4.937 3 ± 0.123 8	0.318 6 ± 0.004 7	1 832 ± 45	1 809 ± 21	1 783 ± 23	98
55	215	100	422	0.24	0.107 8 ± 0.002 7	4.791 7 ± 0.123 2	0.319 6 ± 0.004 3	1 763 ± 46	1 783 ± 22	1 788 ± 21	99
56	872	129	2 036	0.06	0.107 7 ± 0.002 5	4.762 2 ± 0.116 2	0.317 9 ± 0.004 7	1 761 ± 43	1 778 ± 21	1 780 ± 23	99

续表1

点号	Pb	Th	U	Th/ U	同位素比值 $\pm 1\sigma$			同位素年龄(Ma) $\pm 1\sigma$			谐和 度 (%)
	10^{-6}				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
57	43	366	467	0.78	0.055 0 \pm 0.003 2	0.270 2 \pm 0.014 8	0.035 9 \pm 0.000 7	413 \pm 160	243 \pm 12	228 \pm 4	93
58	188	334	650	0.51	0.064 4 \pm 0.002 0	1.274 0 \pm 0.038 5	0.142 6 \pm 0.002 2	754 \pm 65	834 \pm 17	859 \pm 12	97
59	80	81	374	0.22	0.070 0 \pm 0.002 5	1.376 4 \pm 0.050 4	0.141 7 \pm 0.002 1	928 \pm 79	879 \pm 22	854 \pm 12	97
60	310	103	404	0.26	0.154 8 \pm 0.004 4	9.689 0 \pm 0.273 3	0.449 5 \pm 0.006 4	2 399 \pm 48	2 406 \pm 26	2 393 \pm 29	99
61	277	81	596	0.14	0.111 3 \pm 0.003 2	5.178 7 \pm 0.151 9	0.334 7 \pm 0.004 7	1 821 \pm 52	1 849 \pm 25	1 861 \pm 23	99
62	517	359	805	0.45	0.115 3 \pm 0.003 3	5.389 9 \pm 0.152 1	0.336 8 \pm 0.004 6	1 885 \pm 52	1 883 \pm 24	1 871 \pm 22	99
63	23	31	183	0.17	0.058 2 \pm 0.003 5	0.736 0 \pm 0.044 2	0.091 6 \pm 0.001 7	539 \pm 99	560 \pm 26	565 \pm 10	99
64	220	145	366	0.40	0.116 0 \pm 0.003 2	5.333 2 \pm 0.148 0	0.330 3 \pm 0.004 1	1 895 \pm 44	1 874 \pm 24	1 840 \pm 20	98
65	318	522	527	0.99	0.083 5 \pm 0.002 5	2.520 8 \pm 0.075 2	0.217 7 \pm 0.003 4	1 281 \pm 58	1 278 \pm 22	1 270 \pm 18	99
66	125	134	1 053	0.13	0.056 9 \pm 0.001 8	0.699 7 \pm 0.023 6	0.088 4 \pm 0.001 3	487 \pm 75	539 \pm 14	546 \pm 8	98
67	188	108	339	0.32	0.114 5 \pm 0.003 4	5.347 6 \pm 0.164 4	0.336 5 \pm 0.005 5	1 872 \pm 54	1 877 \pm 26	1 870 \pm 27	99
68	63	74	701	0.11	0.057 4 \pm 0.002 4	0.573 6 \pm 0.023 5	0.072 3 \pm 0.001 1	506 \pm 91	460 \pm 15	450 \pm 7	97
69	19	115	112	1.03	0.053 8 \pm 0.005 4	0.418 9 \pm 0.037 4	0.059 3 \pm 0.001 5	361 \pm 228	355 \pm 27	371 \pm 9	95
70	150	105	136	0.78	0.150 3 \pm 0.004 6	9.498 8 \pm 0.289 0	0.454 8 \pm 0.006 5	2 350 \pm 251	2 387 \pm 28	2 417 \pm 29	98
71	578	230	730	0.32	0.158 7 \pm 0.004 0	10.142 7 \pm 0.263 1	0.459 9 \pm 0.006 9	2 442 \pm 43	2 448 \pm 24	2 439 \pm 30	99
72	133	239	332	0.72	0.072 1 \pm 0.002 7	1.744 6 \pm 0.064 2	0.174 9 \pm 0.002 6	989 \pm 78	1 025 \pm 24	1 039 \pm 14	98
73	83	214	295	0.72	0.062 9 \pm 0.002 9	1.012 7 \pm 0.045 8	0.117 0 \pm 0.002 2	706 \pm 96	710 \pm 23	713 \pm 13	99
74	901	562	1 562	0.36	0.111 0 \pm 0.003 4	5.197 6 \pm 0.146 7	0.332 4 \pm 0.005 6	1 817 \pm 54	1 852 \pm 24	1 850 \pm 27	99
75	322	186	309	0.60	0.167 9 \pm 0.004 8	11.214 8 \pm 0.306 1	0.481 1 \pm 0.006 6	2 537 \pm 48	2 541 \pm 26	2 532 \pm 29	99
76	150	418	293	1.43	0.066 0 \pm 0.002 8	1.303 4 \pm 0.052 0	0.143 1 \pm 0.002 5	806 \pm 92	847 \pm 23	862 \pm 14	98
77	278	180	296	0.61	0.169 2 \pm 0.005 7	10.318 5 \pm 0.316 6	0.432 0 \pm 0.006 4	2 550 \pm 57	2 464 \pm 28	2 315 \pm 29	93
78	353	9	939	0.01	0.109 8 \pm 0.003 4	5.148 9 \pm 0.155 9	0.337 0 \pm 0.005 0	1 796 \pm 56	1 844 \pm 26	1 872 \pm 24	98
79	63	51	1703	0.03	0.050 3 \pm 0.002 4	0.239 0 \pm 0.011 1	0.034 1 \pm 0.000 5	209 \pm 112	218 \pm 9	216 \pm 3	99
80	54	169	275	0.62	0.055 3 \pm 0.003 4	0.692 0 \pm 0.040 4	0.090 9 \pm 0.001 5	433 \pm 142	534 \pm 24	561 \pm 9	95
81	177	268	381	0.70	0.076 5 \pm 0.003 1	2.089 1 \pm 0.082 3	0.196 0 \pm 0.003 1	1 109 \pm 77	1 145 \pm 27	1 154 \pm 17	99
82	377	250	363	0.69	0.157 8 \pm 0.005 0	9.993 5 \pm 0.308 7	0.455 0 \pm 0.007 4	2 432 \pm 48	2 434 \pm 29	2 417 \pm 33	99
83	359	278	485	0.57	0.115 7 \pm 0.003 6	5.617 5 \pm 0.168 8	0.348 5 \pm 0.004 8	1 891 \pm 56	1 919 \pm 26	1 927 \pm 23	99
84	235	64	522	0.12	0.111 3 \pm 0.003 4	5.422 6 \pm 0.163 5	0.349 1 \pm 0.005 0	1 821 \pm 55	1 888 \pm 26	1 930 \pm 24	97
85	28	182	218	0.84	0.052 1 \pm 0.004 1	0.358 6 \pm 0.026 5	0.049 3 \pm 0.001 1	300 \pm 178	311 \pm 20	310 \pm 7	99
86	46	71	81	0.87	0.082 2 \pm 0.004 6	2.349 0 \pm 0.126 2	0.209 5 \pm 0.004 5	1 250 \pm 108	1 227 \pm 38	1 226 \pm 24	99
87	83	35	135	0.26	0.129 6 \pm 0.004 5	7.214 3 \pm 0.246 5	0.400 9 \pm 0.006 6	2 092 \pm 62	2 138 \pm 31	2 173 \pm 30	98
88	141	365	355	1.03	0.065 3 \pm 0.002 6	1.333 2 \pm 0.051 8	0.141 2 \pm 0.002 3	785 \pm 90	860 \pm 23	852 \pm 13	98
89	55	223	181	1.23	0.061 5 \pm 0.003 6	0.786 4 \pm 0.041 6	0.094 2 \pm 0.001 9	657 \pm 132	589 \pm 24	581 \pm 11	98
90	697	524	544	0.96	0.161 4 \pm 0.004 4	10.520 6 \pm 0.283 5	0.466 5 \pm 0.005 8	2 470 \pm 42	2 482 \pm 25	2 468 \pm 25	99
91	190	65	407	0.16	0.111 1 \pm 0.003 0	5.402 1 \pm 0.161 9	0.347 4 \pm 0.006 1	1 818 \pm 49	1 885 \pm 26	1 922 \pm 29	98
92	152	426	919	0.46	0.057 3 \pm 0.002 2	0.703 2 \pm 0.027 1	0.088 1 \pm 0.001 4	506 \pm 85	541 \pm 16	544 \pm 8	99
93	269	144	522	0.28	0.110 0 \pm 0.003 1	5.094 6 \pm 0.142 8	0.331 7 \pm 0.004 9	1 798 \pm 52	1 835 \pm 24	1 847 \pm 24	99
94	143	72	227	0.32	0.121 0 \pm 0.003 9	6.367 2 \pm 0.197 6	0.377 6 \pm 0.005 9	1 972 \pm 53	2 028 \pm 27	2 065 \pm 28	98
95	263	153	497	0.31	0.112 4 \pm 0.003 5	5.214 8 \pm 0.172 4	0.331 2 \pm 0.005 8	1 839 \pm 55	1 855 \pm 28	1 844 \pm 28	99
96	607	332	1 149	0.29	0.109 7 \pm 0.003 3	5.058 5 \pm 0.141 3	0.331 0 \pm 0.004 9	1 794 \pm 54	1 829 \pm 24	1 843 \pm 24	99
97	177	384	1 290	0.30	0.056 8 \pm 0.002 0	0.699 5 \pm 0.023 7	0.087 9 \pm 0.001 2	483 \pm 81	538 \pm 14	543 \pm 7	99
98	102	14	535	0.03	0.072 0 \pm 0.002 7	1.778 9 \pm 0.063 6	0.177 3 \pm 0.002 7	985 \pm 77	1 038 \pm 23	1 052 \pm 15	98
99	145	108	101	1.07	0.165 6 \pm 0.006 1	11.458 9 \pm 0.404 2	0.496 6 \pm 0.008 3	2 514 \pm 63	2 561 \pm 33	2 599 \pm 36	98
100	46	24	42	0.57	0.165 9 \pm 0.007 8	11.380 1 \pm 0.510 2	0.496 5 \pm 0.010 9	2 517 \pm 79	2 555 \pm 42	2 599 \pm 47	98
样品N-2,89个测点											
1	296	226	680	0.33	0.111 2 \pm 0.003 2	4.206 6 \pm 0.119 6	0.273 7 \pm 0.004 4	1 820 \pm 52	1 675 \pm 23	1 560 \pm 22	92

续表1

点号	Pb	Th	U	Th/ U 10^{-6}	同位素比值 $\pm 1\sigma$			同位素年龄(Ma) $\pm 1\sigma$			谐和 度 (%)
	206	207	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		
2	176	206	225	0.91	0.129 7 ± 0.004 0	6.250 9 ± 0.195 4	0.348 6 ± 0.005 7	2 094 ± 54	2 012 ± 27	1 928 ± 27	95
4	228	90	552	0.16	0.113 6 ± 0.003 0	4.611 9 ± 0.120 4	0.293 8 ± 0.004 4	1 857 ± 48	1 751 ± 22	1 661 ± 22	94
5	69	486	493	0.99	0.053 9 ± 0.002 6	0.440 8 ± 0.020 4	0.059 4 ± 0.001 1	369 ± 107	371 ± 14	372 ± 7	99
6	100	222	759	0.29	0.057 1 ± 0.002 2	0.687 4 ± 0.024 9	0.087 5 ± 0.001 3	494 ± 83	531 ± 15	541 ± 8	98
7	68	159	273	0.58	0.068 9 ± 0.002 6	1.357 9 ± 0.048 8	0.143 7 ± 0.002 3	894 ± 80	871 ± 21	866 ± 13	99
8	114	1 443	2 200	0.66	0.051 5 ± 0.002 3	0.189 4 ± 0.007 9	0.026 8 ± 0.000 4	265 ± 99	176 ± 7	171 ± 3	96
10	191	147	341	0.43	0.108 8 ± 0.003 0	5.064 3 ± 0.138 3	0.335 8 ± 0.004 6	1 789 ± 50	1 830 ± 23	1 867 ± 22	98
11	509	1 025	1 682	0.61	0.070 9 ± 0.001 8	1.650 7 ± 0.047 6	0.167 2 ± 0.002 6	954 ± 52	990 ± 18	997 ± 14	99
12	342	275	504	0.55	0.121 4 ± 0.003 0	6.219 2 ± 0.149 1	0.370 5 ± 0.005 5	1 977 ± 44	2 007 ± 21	2 032 ± 26	98
13	30	432	511	0.84	0.047 8 ± 0.003 4	0.182 0 ± 0.013 9	0.027 4 ± 0.000 5	87 ± 163	170 ± 12	175 ± 3	97
14	430	103	745	0.14	0.146 0 ± 0.003 6	8.882 6 ± 0.244 7	0.439 2 ± 0.008 6	2 299 ± 43	2 326 ± 25	2 347 ± 38	99
15	458	52	1 144	0.05	0.110 1 ± 0.002 7	5.155 3 ± 0.126 6	0.337 5 ± 0.005 0	1 802 ± 40	1 845 ± 21	1 875 ± 24	98
16	269	241	1 181	0.20	0.069 6 ± 0.002 3	1.490 8 ± 0.043 5	0.152 1 ± 0.002 2	917 ± 67	927 ± 18	913 ± 12	98
17	44	291	773	0.38	0.052 6 ± 0.002 7	0.271 2 ± 0.013 1	0.037 6 ± 0.000 7	322 ± 119	244 ± 10	238 ± 5	97
18	81	320	657	0.49	0.053 6 ± 0.002 3	0.556 2 ± 0.024 4	0.074 7 ± 0.001 3	354 ± 101	449 ± 16	464 ± 8	96
19	84	167	229	0.73	0.071 3 ± 0.002 8	1.874 4 ± 0.074 0	0.189 1 ± 0.003 2	965 ± 80	1 072 ± 26	1 117 ± 18	95
20	70	353	319	1.11	0.056 2 ± 0.002 9	0.694 6 ± 0.032 3	0.090 3 ± 0.001 6	461 ± 113	536 ± 19	557 ± 10	96
21	207	337	632	0.53	0.066 6 ± 0.002 3	1.772 6 ± 0.056 2	0.186 0 ± 0.002 8	828 ± 73	1 035 ± 21	1 099 ± 15	94
22	399	453	652	0.69	0.106 5 ± 0.002 9	4.726 3 ± 0.127 7	0.318 9 ± 0.004 8	1 740 ± 45	1 772 ± 23	1 784 ± 23	99
23	124	346	411	0.84	0.068 3 ± 0.002 5	1.521 9 ± 0.054 4	0.160 2 ± 0.002 1	880 ± 123	939 ± 22	958 ± 12	98
24	125	363	929	0.39	0.054 9 ± 0.001 9	0.687 1 ± 0.023 3	0.090 3 ± 0.001 5	409 ± 76	531 ± 14	557 ± 9	95
26	103	269	519	0.52	0.065 8 ± 0.002 3	1.045 5 ± 0.034 7	0.115 1 ± 0.001 8	798 ± 73	727 ± 17	702 ± 10	96
27	22	257	207	1.24	0.050 8 ± 0.004 8	0.280 5 ± 0.023 0	0.041 1 ± 0.000 9	232 ± 204	251 ± 18	259 ± 6	96
28	174	520	416	1.25	0.069 5 ± 0.002 3	1.528 8 ± 0.048 9	0.158 8 ± 0.002 1	922 ± 72	942 ± 20	950 ± 12	99
29	168	105	799	0.13	0.070 9 ± 0.002 0	1.677 0 ± 0.043 3	0.165 6 ± 0.002 7	955 ± 59	1 000 ± 16	988 ± 15	98
30	138	407	308	1.32	0.069 7 ± 0.002 5	1.527 5 ± 0.052 3	0.158 5 ± 0.002 4	920 ± 74	941 ± 21	948 ± 13	99
31	82	244	304	0.80	0.066 5 ± 0.002 1	1.295 4 ± 0.041 3	0.140 3 ± 0.001 8	820 ± 67	844 ± 18	846 ± 10	99
32	196	297	748	0.40	0.071 1 ± 0.002 0	1.551 9 ± 0.041 3	0.157 9 ± 0.002 3	961 ± 57	951 ± 16	945 ± 13	99
34	301	144	396	0.36	0.158 7 ± 0.003 7	10.343 6 ± 0.283 1	0.469 5 ± 0.009 0	2 443 ± 40	2 466 ± 25	2 481 ± 39	99
35	722	550	1 308	0.42	0.110 8 ± 0.002 5	4.922 6 ± 0.116 9	0.319 4 ± 0.004 5	1 813 ± 41	1 806 ± 20	1 787 ± 22	98
37	122	97	221	0.44	0.112 4 ± 0.003 1	4.989 3 ± 0.141 5	0.320 1 ± 0.005 2	1 839 ± 50	1 818 ± 24	1 790 ± 25	98
38	1159	653	2 104	0.31	0.116 7 ± 0.002 8	5.573 5 ± 0.133 6	0.344 4 ± 0.004 8	1 906 ± 44	1 912 ± 21	1 908 ± 23	99
39	356	189	462	0.41	0.157 2 ± 0.004 1	9.559 8 ± 0.241 5	0.438 6 ± 0.006 5	2 428 ± 44	2 393 ± 23	2 344 ± 29	97
40	246	130	477	0.27	0.113 6 ± 0.003 2	5.168 3 ± 0.143 3	0.328 9 ± 0.005 5	1 858 ± 52	1 847 ± 24	1 833 ± 27	99
41	65	536	644	0.83	0.053 4 ± 0.002 2	0.319 8 ± 0.013 2	0.043 4 ± 0.000 8	346 ± 93	282 ± 10	274 ± 5	97
42	121	511	880	0.58	0.058 2 ± 0.002 0	0.579 1 ± 0.019 4	0.071 9 ± 0.001 1	600 ± 74	464 ± 12	448 ± 7	96
43	72	95	358	0.26	0.065 9 ± 0.002 2	1.226 8 ± 0.041 5	0.134 4 ± 0.002 0	1 200 ± 70	813 ± 19	813 ± 11	99
44	83	238	246	0.97	0.062 6 ± 0.002 5	1.172 0 ± 0.045 6	0.135 2 ± 0.002 1	694 ± 83	788 ± 21	817 ± 12	96
45	144	201	277	0.72	0.102 3 ± 0.003 4	3.614 9 ± 0.115 9	0.255 5 ± 0.004 2	1 666 ± 63	1 553 ± 26	1 467 ± 21	94
47	65	931	864	1.08	0.049 9 ± 0.002 6	0.198 2 ± 0.009 8	0.028 8 ± 0.000 5	191 ± 120	184 ± 8	183 ± 3	99
48	418	191	425	0.45	0.190 2 ± 0.005 9	13.921 4 ± 0.433 9	0.526 5 ± 0.009 9	2 744 ± 51	2 744 ± 30	2 727 ± 42	99
49	33	148	281	0.53	0.052 8 ± 0.003 6	0.362 6 ± 0.023 6	0.050 1 ± 0.001 0	320 ± 156	314 ± 18	315 ± 6	99
50	21	155	354	0.44	0.050 5 ± 0.003 9	0.193 2 ± 0.014 0	0.028 0 ± 0.000 6	220 ± 178	179 ± 12	178 ± 4	99
51	228	165	320	0.52	0.111 4 ± 0.002 8	4.926 0 ± 0.126 4	0.319 3 ± 0.004 8	1 833 ± 78	1 807 ± 22	1 786 ± 23	98
52	179	401	484	0.83	0.063 8 ± 0.002 2	1.053 4 ± 0.038 3	0.118 8 ± 0.001 9	744 ± 74	731 ± 19	724 ± 11	99
53	243	120	919	0.13	0.077 8 ± 0.001 9	2.062 9 ± 0.054 2	0.191 2 ± 0.002 9	1 143 ± 45	1 137 ± 18	1 128 ± 16	99

续表1

点号	Pb	Th	U	Th/ U	同位素比值 $\pm 1\sigma$			同位素年龄(Ma) $\pm 1\sigma$			谐和 度 (%)
	10^{-6}				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
54	291	256	397	0.65	0.097 9 ± 0.002 6	3.807 9 ± 0.102 6	0.282 1 ± 0.005 0	1 584 ± 50	1 594 ± 22	1 602 ± 25	99
55	95	314	441	0.71	0.056 6 ± 0.002 7	0.562 2 ± 0.026 8	0.072 0 ± 0.001 3	476 ± 112	453 ± 17	448 ± 8	98
56	573	262	557	0.47	0.159 9 ± 0.003 6	10.486 3 ± 0.271 3	0.473 3 ± 0.008 5	2 455 ± 38	2 479 ± 24	2 498 ± 37	99
57	50	59	61	0.98	0.099 1 ± 0.004 5	3.529 5 ± 0.185 9	0.256 8 ± 0.005 9	1 609 ± 85	1 534 ± 42	1 474 ± 30	95
58	185	265	457	0.58	0.072 0 ± 0.002 0	1.647 9 ± 0.056 4	0.164 1 ± 0.003 0	987 ± 57	989 ± 22	980 ± 16	99
59	133	461	278	1.66	0.058 7 ± 0.002 6	0.749 3 ± 0.033 2	0.092 5 ± 0.001 6	567 ± 96	568 ± 19	570 ± 9	99
60	291	197	370	0.53	0.111 7 ± 0.002 5	5.313 1 ± 0.131 0	0.343 3 ± 0.005 3	1 828 ± 74	1 871 ± 21	1 902 ± 25	98
61	585	404	348	1.16	0.160 3 ± 0.003 5	10.189 9 ± 0.233 7	0.460 2 ± 0.008 3	2 459 ± 37	2 452 ± 21	2 440 ± 37	99
62	127	101	172	0.59	0.107 0 ± 0.003 4	4.670 6 ± 0.146 2	0.315 9 ± 0.004 9	1 750 ± 53	1 762 ± 26	1 770 ± 24	99
64	55	320	510	0.63	0.051 5 ± 0.002 8	0.298 3 ± 0.016 2	0.041 9 ± 0.000 7	265 ± 94	265 ± 13	265 ± 4	99
65	238	479	460	1.04	0.071 3 ± 0.002 3	1.561 8 ± 0.048 8	0.159 0 ± 0.002 6	965 ± 66	955 ± 19	951 ± 14	99
67	89	123	124	1.00	0.081 6 ± 0.003 4	2.416 1 ± 0.100 3	0.214 6 ± 0.004 0	1 237 ± 83	1 247 ± 30	1 253 ± 21	99
68	334	298	359	0.83	0.116 8 ± 0.003 2	5.421 3 ± 0.160 0	0.334 9 ± 0.005 3	1 907 ± 55	1 888 ± 25	1 862 ± 26	98
69	56	325	415	0.78	0.051 9 ± 0.002 9	0.319 0 ± 0.017 5	0.044 7 ± 0.000 8	283 ± 128	281 ± 13	282 ± 5	99
70	79	464	741	0.63	0.052 9 ± 0.002 7	0.296 8 ± 0.014 8	0.040 8 ± 0.000 7	324 ± 112	264 ± 12	257 ± 4	97
71	120	416	518	0.80	0.058 4 ± 0.002 5	0.675 7 ± 0.029 7	0.083 6 ± 0.001 4	546 ± 90	524 ± 18	517 ± 9	98
72	39	331	724	0.46	0.049 2 ± 0.003 0	0.178 1 ± 0.010 6	0.026 2 ± 0.000 4	167 ± 144	166 ± 9	167 ± 3	99
73	993	301	1 121	0.27	0.172 6 ± 0.004 0	12.065 5 ± 0.292 7	0.504 5 ± 0.007 7	2 584 ± 39	2 610 ± 23	2 633 ± 33	99
74	209	125	400	0.31	0.103 5 ± 0.002 7	4.218 8 ± 0.114 8	0.294 6 ± 0.005 0	1 689 ± 80	1 678 ± 22	1 665 ± 25	99
75	478	288	299	0.96	0.169 8 ± 0.003 9	11.455 8 ± 0.297 9	0.486 6 ± 0.008 5	2 567 ± 39	2 561 ± 24	2 556 ± 37	99
76	47	4	482	0.01	0.059 1 ± 0.002 1	0.765 9 ± 0.028 0	0.093 3 ± 0.001 6	572 ± 81	577 ± 16	575 ± 9	99
77	626	102	1 019	0.10	0.160 7 ± 0.003 4	9.778 3 ± 0.233 4	0.440 2 ± 0.007 9	2 463 ± 35	2 414 ± 22	2 352 ± 35	97
78	190	193	340	0.57	0.092 5 ± 0.002 5	2.987 2 ± 0.088 0	0.233 3 ± 0.004 0	1 477 ± 52	1 404 ± 22	1 352 ± 21	96
79	149	501	222	2.25	0.071 0 ± 0.003 1	1.195 6 ± 0.049 9	0.122 8 ± 0.002 3	967 ± 82	799 ± 23	746 ± 13	93
80	225	951	1 103	0.86	0.057 7 ± 0.001 9	0.578 9 ± 0.017 9	0.072 8 ± 0.000 9	520 ± 68	464 ± 11	453 ± 6	97
81	181	136	895	0.15	0.065 4 ± 0.002 0	1.173 6 ± 0.034 1	0.130 0 ± 0.001 6	787 ± 63	788 ± 16	788 ± 9	99
82	56	264	313	0.84	0.058 6 ± 0.003 0	0.525 9 ± 0.025 6	0.065 5 ± 0.001 1	550 ± 111	429 ± 17	409 ± 7	95
83	153	66	314	0.21	0.113 8 ± 0.002 9	5.219 3 ± 0.139 6	0.332 1 ± 0.005 1	1 861 ± 46	1 856 ± 23	1 849 ± 25	99
84	68	106	125	0.84	0.075 4 ± 0.003 8	1.926 2 ± 0.109 6	0.183 0 ± 0.004 4	1 080 ± 101	1 090 ± 38	1 084 ± 24	99
85	314	656	570	1.15	0.071 0 ± 0.002 3	1.482 8 ± 0.051 2	0.151 1 ± 0.002 5	967 ± 67	923 ± 21	907 ± 14	98
86	124	56	106	0.52	0.168 8 ± 0.005 4	11.574 3 ± 0.397 0	0.495 5 ± 0.008 5	2 546 ± 53	2 571 ± 32	2 594 ± 37	99
87	131	333	687	0.48	0.058 7 ± 0.002 2	0.700 1 ± 0.026 6	0.086 7 ± 0.001 5	567 ± 79	539 ± 16	536 ± 9	99
88	29	32	115	0.28	0.067 7 ± 0.003 4	1.343 7 ± 0.068 1	0.144 5 ± 0.003 0	861 ± 106	865 ± 30	870 ± 17	99
89	124	240	1 235	0.19	0.055 8 ± 0.001 9	0.515 6 ± 0.018 3	0.066 9 ± 0.001 2	443 ± 76	422 ± 12	417 ± 7	98
90	27	311	347	0.90	0.052 4 ± 0.005 2	0.158 5 ± 0.012 5	0.023 5 ± 0.000 7	306 ± 228	149 ± 11	152 ± 4	99
92	50	106	86	1.24	0.071 4 ± 0.004 4	1.366 1 ± 0.074 8	0.143 2 ± 0.003 3	969 ± 125	875 ± 32	863 ± 18	98
93	396	184	537	0.34	0.129 2 ± 0.002 8	6.684 0 ± 0.152 6	0.373 9 ± 0.004 8	2 087 ± 37	2 071 ± 20	2 048 ± 23	98
94	9	60	69	0.87	0.063 2 ± 0.012 8	0.298 8 ± 0.040 8	0.040 8 ± 0.001 4	722 ± 443	265 ± 32	258 ± 9	97
95	75	108	188	0.57	0.073 4 ± 0.002 9	1.485 8 ± 0.058 4	0.147 1 ± 0.002 4	1 026 ± 79	925 ± 24	884 ± 14	95
98	111	241	216	1.12	0.065 5 ± 0.002 7	1.195 4 ± 0.045 8	0.132 7 ± 0.002 2	791 ± 87	798 ± 21	803 ± 12	99
99	135	416	778	0.53	0.059 5 ± 0.002 1	0.635 8 ± 0.022 6	0.077 4 ± 0.001 2	587 ± 78	500 ± 14	481 ± 7	96
100	789	473	556	0.85	0.161 0 ± 0.003 9	10.042 3 ± 0.259 6	0.451 1 ± 0.006 7	2 466 ± 41	2 439 ± 24	2 400 ± 30	98

的剖面形态,接受了一套厚逾2 000 m的复理石建造(图2b、2c);晚期(152 Ma \pm ~)表现为以残余厚

度近800 m的潮坪—混积陆棚沉积为代表的磨拉石建造。区域上,此种特征也表现得较为明显,标志盆

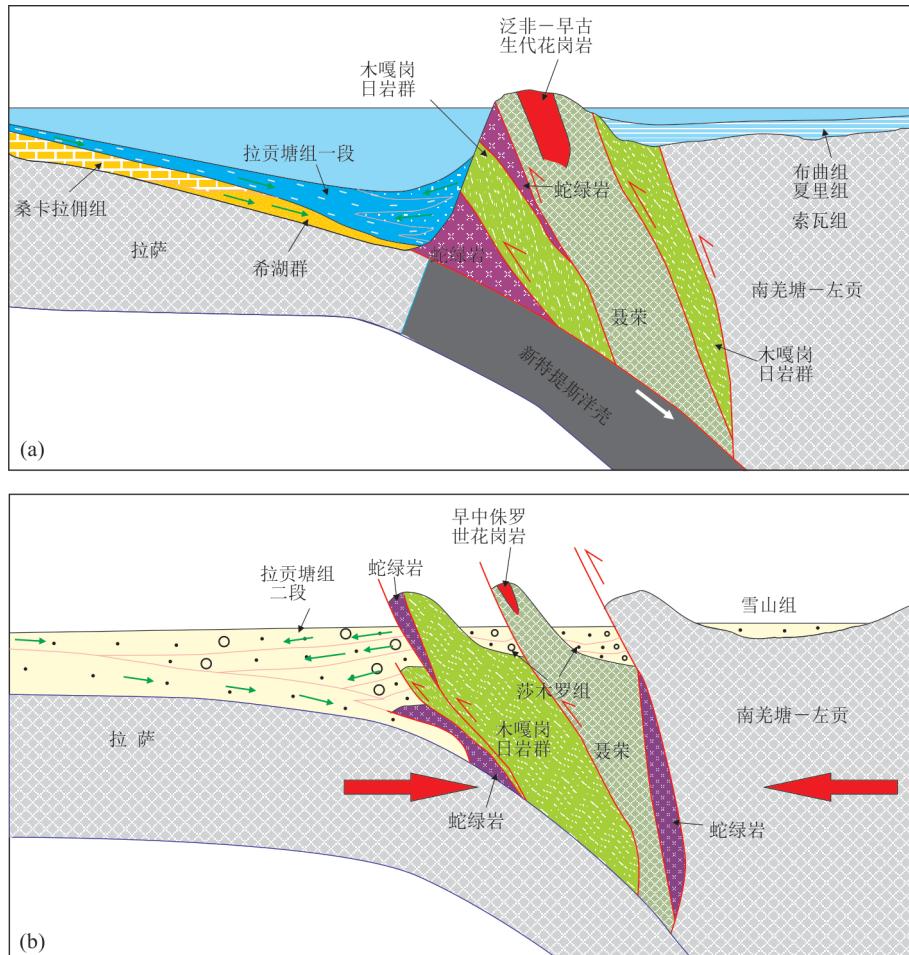


图8 拉萨地块北缘中晚侏罗世构造演化过程

Fig.8 Evolution of Mid-Late Jurassic basin of northern Lhasa block

地演化早期的深海复理石建造在西部的日土以及东部的丁青—八宿一带均较发育,以黑色泥板岩夹砂岩为基本特征,重力流沉积发育,岩石中普遍可见菱铁矿,厚度达1 300 m±(胡敬仁等,2014;谢国刚等,2015);标志盆地演化晚期的磨拉石建造在日土、物玛等地相当于前人所划分的上侏罗统(王立全等,2013),总体为滨浅海陆源碎屑岩建造,下部以微细粒石英砂岩夹少量粉砂质泥岩为标志,上部则由复成分砾岩、岩屑石英砂岩构成,夹粉砂岩和泥岩,富含腹足、双壳和珊瑚化石(谢国刚等,2015);在班戈一带,为陆棚—滨岸环境沉积,厚度逾1 500 m,由灰色、灰白色中—厚层状(岩屑)石英砂岩夹灰黑色绢云板岩、深灰色粉砂岩组成,局部夹灰岩,平行层理、波状层理发育(陈玉禄等,2015).由上看来,拉萨地块北缘中晚侏罗世盆地与北阿尔卑斯盆地、塔里木盆地南缘和大别造山带等国内外周缘前陆盆地极其相似(魏国齐等,2002;Murat *et al.*, 2012),暗示着拉萨地块北缘盆地是在

被动陆缘基础上发育起来的周缘前陆盆地,盆地的形成与拉萨地块、羌南—左贡地块拼贴和持续的陆陆碰撞有关。值得指出的是,有的学者认为拉萨地块北缘属于主动陆缘(Pan *et al.*, 2012)。但是,最新的研究表明,班公湖—怒江洋至少在晚三叠世—中侏罗世早期向北消减(Zeng *et al.*, 2016; Huang *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2019),已报道的蛇绿岩时代基本上集中在165~215 Ma之间(王立全等,2013; Li *et al.*, 2019),南羌塘—左贡地块发育早侏罗世岛弧型火山岩(李小波等,2017),而拉萨地块北缘晚三叠世—中侏罗世岩浆活动极其微弱。这些特点证明拉萨地块北缘在晚三叠世—中侏罗世早期很可能处于被动陆缘环境。

此种从欠充填复理石盆地向过充填磨拉石盆地的转变或被认为记录了碰撞造山作用的正式开始,构造隆升—剥蚀作用加强,沉积物供给超过盆地沉降所能容纳的数量,盆地迅速变浅的过程(张传恒等,2003; Murat *et al.*, 2012),与特定的地球动

力背景密切相关。据此,本文将拉萨地块北缘中晚侏罗世构造演化划分为2个阶段:

(1)陆陆拼贴阶段(~ 152 Ma):随着拉萨地块与羌南—左贡地块初始对接,陆壳向北俯冲,俯冲增生杂岩被动向南逆冲,导致下盘挠曲沉降。此种地球动力背景造成拉萨地块北缘构造—古地理格局与先期的被动陆缘一样,均具有北深南浅的特点,与周缘前陆盆地前渊带极其相似。随着此种地球动力状态的持续,木嘎岗日岩群、洋壳残片、聂荣微地体以及构造岩片向南逆冲直至暴露地表,泛非—早古生代花岗岩被剥露出来,遭受风化剥蚀,碎屑物搬运至周缘前陆盆地北缘沉积下来,形成了一系列沿班公湖—怒江结合带南缘展布的裙带状陡坡型三角洲;同时,由于构造活动性强,诱发先期未固结沉积物沙崩,在三角洲前缘与盆地的转换部位沉积下来,形成碎屑流、浊流等深水重力流沉积。相比之下,本阶段南羌塘地区构造环境较为稳定,表现为由布曲组(J_2)、夏里组(J_2)和索瓦组(J_3)构成的碳酸盐岩台地和混积陆棚沉积建造。

(2)陆陆碰撞阶段(152 Ma~ J_3/K_1 之交):本阶段陆陆碰撞作用占主导地位,强烈的南北向挤压应力造成班公湖—怒江结合带快速隆升,并强烈剥蚀,盆地沉降速率小于沉积物供给速率,水体迅速变浅,在盆地北缘形成泥石流沉积以及厚度巨大的河流相厚层状灰白色细粒石英砂岩夹深灰色泥板岩组合,标志着结束了复理石盆地的演化历史,拉萨地块北缘进入了磨拉石盆地演化阶段。与此同时,班公湖—怒江结合带内部冲断活动也很强烈,导致下盘挠曲沉降,开始形成以莎木罗组(J_3/K_1)为标志的新的前陆盆地(图8b)。另外,从拉贡塘组二段、莎木罗组上部均出现灰岩等特点来看,表明晚期地形起伏较小,暗示着陆陆碰撞作用逐步减弱。

5 结论

(1)那曲地区的拉贡塘组一段主体属于陡坡型三角洲沉积。下部的碎屑流具有向南东流动的特点。二段主要为潮坪—混积陆棚沉积,与班公湖—怒江结合带的莎木罗组可以对比。

(2)拉贡塘组沉积特征和碎屑锆石U-Pb定年结果表明,那曲县城北部的拉贡塘组沉积物主要来自班公湖—怒江结合带的木嘎岗日岩群和聂荣微地体。

(3)综合研究表明,那曲地区中晚侏罗世盆地

为受班公湖—怒江结合带控制的周缘前陆盆地,具有双物源的特征。从拉萨地块与南羌塘—左贡地块拼贴至152 Ma±,拉萨地块北缘处于欠补偿复理石盆地演化阶段;152 Ma±以来,拉萨地块北缘进入过补偿磨拉石盆地演化阶段;同时,班公湖—怒江结合带内部逆冲推覆活动较强,形成以莎木罗组为代表的磨拉石盆地。

References

- Chen, Y.F., Ding, L., Li, Z. Y., et al., 2020. Provenance Analysis of Cretaceous Peripheral Foreland Basin in Central Tibet: Implications to Precise Timing on the Initial Lhasa-Qiangtang Collision. *Tectonophysics*, 775(4): 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.228311>
- Chen, Y. L., Chen, G. R., Zhang, K. Z., 2015. Geological Survey Report of Bangor County Sheet at Scale 1:250 000. China University of Geosciences Press, Wuhan, 45–70(in Chinese).
- Deng, J.H., Yuan Z.G., Yu J., et al., 2017. New Discovery of the Basal Conglomerate in the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Shamuluo Formation in Western Part of Bangong Lake-Nujiang River Suture Zone and Its Geological Significance. *Geological Review*, 63(2): 302–310(in Chinese with English abstract).
- Deng, S.L., Lin, B., Zhang, H.C., et al., 2020. Geochronology and Ore Prospecting Potential of Qushenla Formation in Middle Segment of Bangong Co-Nujiang Suture Zone, Tibet. *Earth Science*, 45(3): 776–788(in Chinese with English abstract).
- Gao, H.C., Zheng, R.C., Wei, Q.L., et al., 2012. Reviews on Fluid Properties and Sedimentary Characteristics of Debris Flows and Turbidity Currents. *Advances in Earth Science*, 27(8): 815–827(in Chinese with English abstract).
- Guo, C.T., Dong S.L., Li, Z., 2019. Detrital Zircon U-Pb Geochronology of Upper Cambrian-Lower Silurian Sandstone in the Wushi Area, Northwestern Margin of Tarim Basin: Implications for Provenance System and Tectonic Evolution. *Acta Geologica Sinica*, 93(11): 2759–2769(in Chinese with English abstract).
- Gu, P.Y., Li, R.S., He S.P., et al., 2012. The Amphibolite from Nyainrong Rock Group in Northern Nagqu: Geological Records of Break-Up of the Supercontinent Rodinia. *Acta Petrologica Mineralogica*, 31(2): 145–154 (in Chinese with English abstract).
- Harris, N.B.W., Inger, S., Xu, R.H., 1990. Cretaceous Plutonism in Central Tibet: An Example of Post-Collision

- Magmatism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 44: 21–32.
- Huang, T.T., Xu, J.F., Chen, J.L., et al., 2017. Sedimentary Record of Jurassic Northward Subduction of the Bangong–Nujiang Ocean: Insights from Detrital Zircons. *Int. Geol. Rev.*, 59: 166–184. <http://doi.org/10.1080/00206814.2016.1218801>
- Hu, J.R., Gao, T.G., Chen, G.J., 2014. Geological Survey Report of Biru County Sheet at Scale 1:250 000. China University of Geosciences Press, Wuhan, 56–80(in Chinese).
- Hu, X.M., Wang, J.G., An, W., et al., 2017. Constraining the Timing of the India–Asia Continental Collision by the Sedimentary Record. *Science China: Earth Sciences*, 60(4):603–625, doi: 10.1007/s11430-016-9003-6
- Hu, Z.C., Liu, Y.S., Gao, S., et al., 2012. A “Wire” Signal Smoothing Device for Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Analysis. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 78: 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2012.09.007>
- Li, F.Q., Liu, W., Geng, Q.R., 2009. Zircon LA-ICP-MS U-Pb Ages of the Mesozoic Volcanic Rocks in Nagqu Area of Gangdise in Tibet and Their Geological Significance. *Acta Geoscientica Sinica*, 31(6): 781–790(in Chinese with English abstract).
- Li, F.Q., Liu, W., Zhang, S.Z., et al., 2014. The Evidence of Earth Dynamic Background Conversion in the North-Central Gangdese and Its Adjacent Regions during Middle Jurassic–Early Cretaceous. *Geological Review*, 60 (6): 1297–1308(in Chinese with English abstract).
- Li, S., Carl, G., Yin, C.Q., et al., 2019. Timing and Mechanism of Bangong–Nujiang Ophiolite Emplacement in the Gerze area of Central Tibet. *Gondwana Research*, 71:179 – 193. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.01.019>
- Li, S., Ding, L., Carl, G., et al., 2017. The Subduction-Accretion History of the Bangong–Nujiang Ocean: Constraints from Provenance and Geochronology of the Mesozoic Strata Near Gaize, Central Tibet. *Tectonophysics*, 702: 42–60. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2017.02.023>
- Liu, M., Zhao, Z.D., Guan, Q., et al., 2011. Tracing Magmatic Mixing Genesis of the Middle Early–Jurassic Host Granites and Enclaves in Nyainrong Microcontinent, Tibet from Zircon LA-ICP-MS U-Pb Dating and Hf Isotopes. *Acta Petrologica Sinica*, 27(7): 1931–1937(in Chinese with English abstract).
- Liu, Y.S., Gao, S., Hu, Z.C., et al., 2010. Continental and Oceanic Crust Recycling-Induced Melt-Peridotite Interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb Dating, Hf Isotopes and Trace Elements in Zircons from Mantle Xenoliths. *Journal of Petrology*, 51(1–2): 537–571. <https://doi.org/10.1093/petrology/egp082>
- Li, X.B., Wang, B.D., Liu, H., et al., 2017. Petrogenesis of Early Jurassic Volcanic Rocks in the Amdo Area, Tibet: Evidences for the Subduction of the Bangong–Nujiang Tethys Ocean. *Acta Petrologica Sinica*, 33(7): 2073–2084 (in Chinese with English abstract).
- Li, X.B., Wei, P.S., Liu, H.Q., et al., 2013. Discussion on the Classification of Sediment Gravity Flow and the Deep-Water Sedimentary Model. *Geological Review*, 59 (4): 607–614(in Chinese with English abstract).
- Ma, A.L., Hu, X.M., Garzanti, E., et al., 2017. Sedimentary and Tectonic Evolution of the Southern Qiangtang Basin: Implications for the Lhasa – Qiangtang Collision Timing. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 122:4790–4813. <https://doi.org/10.1002/2017JB014211>.
- Murat, G., Bryan, T.C., Kemal, G., 2012. Confined Deep Water System Development on the Accretionary Wedge (Miocene, Kahramanmaraş Foreland Basin, Sturkey). *Earth-Science Reviews*, 114: 195–217. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.06.002>.
- Nima, C.R., Xie, Y.W., Sha, Z.L., et al., 2013. Geological Survey Report of Nagqu County Sheet at Scale 1: 250 000. Wuhan: China University of Geosciences Press, 35–90(in Chinese).
- Pan, G.T., Wang, L.Q., Li, R.S., et al., 2012. Tectonic Evolution of the Qinghai - Tibet Plateau. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53: 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2011.12.018>
- Sun, G.Y., Hu, X.M., Xu, Y.W., et al., 2019. Discovery of Middle Jurassic Trench Deposits in the Bangong–Nujiang Suture Zone: Implications for the Timing of Lhasa–Qiangtang Initial Collision. *Tectonophysics*, 750: 344–358. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.001>
- Wang, J., Ding, J., Wang, C.S., et al., 2009. Investigation and Evaluation of Oil and Gas Resources Strategic Selection in the Tibetan Plateau. Geologica Publishing House, Beijing, 30–70(in Chinese).
- Wang, L.Q., Pan, G.T., Ding, J., et al., 2013. Geotectonic Map and Instrucitons in Qinghai-Tibet Plateau and Its Adjacent Regions(1: 1.5 Million). Geological Publishing Houses, Beijing, 18–84(in Chinese with English abstract).
- Wang, M., Li, C., Xie, C.M., et al., 2012. LA-ICP-MS U-Pb Dating of Zircon from Granitic Gneiss of the Nierong Microcontinent: The Discovery of the Neoproterozoic Basement Rock and Its Significance. *Acta Petrologica Sinica*,

- 28(12): 4101—4108(in Chinese with English abstract).
- Wang, Z.W., Zhan, W.Z., Gao, Y., et al., 2020. Provenance and Tectonic Setting Analysis of the Upper Triassic Zangxiahe Formation Sandstone in the Northern Qiangtang Basin. *Geological Review*, 66(5): 1199—1216(in Chinese with English abstract).
- Wei, G.Q., Jia, C.Z., Li, B.L., et al., 2002. Silurian-Devonian Peripheral Foreland Basin in the Southern Margin of Tarim Basin. *Chinese Science Bulletin*, 47(S1): 44—48(in Chinese).
- Xie, C.M., Li, C., Su, L., et al., 2013. Geochronology of High-Pressure Granulite in the Amdo, Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Petrologica Sinica*, 29(3): 912—922(in Chinese with English abstract).
- Xie, C.M., Li, C., Su, L., et al., 2014. Pan-African and Early Paleozoic Tectonothermal Events in the Nyainrong Microcontinent: Constraints from Geochronology and Geochemistry. *Science China(Earth Sciences)*, 56(12): 2066—2083(in Chinese with English abstract).
- Xie, G.G., Xiao, Z.J., Zou, A.J., et al., 2015. Geological Survey Report of Kala sheet and Ritu County Sheet at Scale 1: 250 000. China University of Geosciences Press, Wuhan, 45—54(in Chinese).
- Xu, R.K., Zheng, Y.Y., Zhao, P.J., et al., 2007. Definition and Geological Significance of the Gacangjian Volcanic Arc North of Dongqiao, Tibet. *Geology in China*, 34(5): 768—777(in Chinese with English abstract).
- Xizang Bureau of Geology and Mineral Resources, 1997. Tibet Lithostratigraphy. China University of Geosciences Press, Wuhan, 163—190(in Chinese).
- Yu, A.G., 1997. Gravity Flow Deposition in the Lagongtang Formation in the Kangyu Region, Xizang. *Palaeogeography*, 17(6): 39—44(in Chinese).
- Zeng, Q.G., Wang, B.D., Xiluo, L.J., et al., 2020. Suture Zones in Tibetan and Tethys Evolution. *Earth Science*, 45(8): 2735—2763(in Chinese with English abstract).
- Zeng, M., Zhang, X., Cao, H., et al., 2016. Late Triassic Initial Subduction of the Bangong-Nujiang Ocean Beneath Qiangtang Revealed: Stratigraphic and Geochronological Evidence from Gaize, Tibet. *Basin Research*, 28: 147—157. <http://doi:10.1111/bre.12105>
- Zhang, C.H., Sun, Y.J., Wang, J., et al., 2003. Stratigraphic Constraints on Collision Tectonics: Architecture and Filling Sequences of Underfilled Peripheral Foreland Basins. *Geological Science and Technology Information*, 22(1): 36—40(in Chinese with English abstract).
- Zhang, S.Z., Xiang, S.Y., Wang, J., et al., 2010. LA-ICP-MS U-Pb Geochronology of Detrital Zircons from Biru Basin of Tibet and Its tectonic Significance. *Geological Science and Technology Information*, 29(5): 15—22(in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 陈玉禄, 陈国荣, 张宽忠, 等, 2015. 1:250 000 班戈县幅区域地质调查报告. 武汉:中国地质大学出版社, 45—70.
- 邓金火, 袁振国, 余江, 等, 2017. 班公湖—怒江结合带西段沙木罗组底砾岩的新发现及地质意义. 地质论评, 63(2): 302—310.
- 邓世林, 林彬, 张海潮, 等, 2020. 西藏班公湖—怒江结合带中段去申拉组火山岩年代学及勘查找矿方向. 地球科学, 45(3): 776—788.
- 高红灿, 郑荣才, 魏钦廉, 等, 2012. 碎屑流与浊流的流体性质及沉积特征研究进展. 地球科学进展, 27(8): 815—827.
- 郭春涛, 董顺利, 李忠, 2019. 塔里木盆地西北缘乌什地区上寒武统一下志留统碎屑锆石U-Pb年代学及对物源体系和构造演化的指示. 地质学报, 93(11): 2759—2769.
- 辜平阳, 李荣社, 何世平, 等, 2012. 西藏那曲县北聂荣微地块聂荣岩群中斜长角闪岩——Rodinia超大陆裂解的地层纪录. 岩石矿物学杂志, 31(2): 145—154.
- 胡敬仁, 高体岗, 陈国结, 等, 2014. 1:250 000 比如县幅区域地质调查报告. 武汉:中国地质大学出版社, 56—80.
- 李奋其, 刘伟, 耿全如, 2009. 西藏冈底斯带那曲地区中生代火山岩的LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄和地质意义. 地球学报, 31(6): 781—790.
- 李奋其, 刘伟, 张士贞, 等, 2014. 冈底斯中北部及邻区中侏罗世—早白垩世地球动力背景转换的证据. 地质论评, 60(6): 1297—1308.
- 刘敏, 赵志丹, 管琪, 等, 2011. 西藏聂荣微陆块早侏罗世中期花岗岩及其包体的岩浆混合成因: 锆石LA-ICP-MS U-Pb定年和Hf同位素证据. 岩石学报, 27(7): 1931—1937.
- 李小波, 王保弟, 刘函, 等, 2017. 西藏安多早侏罗世火山岩岩石成因及对班公湖—怒江特提斯洋俯冲消减的制约. 岩石学报, 33(7): 2073—2084.
- 李相博, 卫平生, 刘化清, 等, 2013. 浅谈沉积物重力流分类与深水沉积模式. 地质论评, 59(4): 607—614.
- 尼玛次仁, 谢尧武, 沙昭礼, 等, 2013. 1:250 000 那曲县幅区域地质调查报告. 武汉:中国地质大学出版社, 35—90.
- 王剑, 丁俊, 王成善, 等, 2009. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价. 北京:地质出版社. 30—70.
- 王立全, 潘桂棠, 丁俊, 等, 2013. 青藏高原及邻区地质图及说明书(1:150万). 北京:地质出版社, 18—84.
- 王明, 李才, 解超明, 等, 2012. 聂荣微陆块花岗片麻岩LA-ICP-MS锆石U-Pb定年——新元古代基底岩石的发现及其意义. 岩石学报, 28(12): 4101—4108.

- 王忠伟, 占王忠, 高远, 等, 2020. 羌塘盆地北缘上三叠统藏夏河组沉积物源及构造背景分析. 地质论评, 66(5): 1199—1216.
- 魏国齐, 贾承造, 李本亮, 等, 2002. 塔里木盆地南缘志留一泥盆纪周缘前陆盆地. 科学通报, 47(增刊): 44—48.
- 解超明, 李才, 苏犁, 等, 2013. 青藏高原安多高压麻粒岩同位素年代学研究. 岩石学报, 29(3): 912—922.
- 解超明, 李才, 苏犁, 等, 2014. 藏北聂荣微陆块泛非—早古生代构造热事件: 年代学与地球化学制约. 中国科学(D辑), 44(3): 414—428.
- 谢国刚, 肖志坚, 邹爱建, 等, 2015. 1:25 万喀拉幅、日土县幅区域地质调查报告. 北京: 地质出版社, 45—54.
- 西藏地质矿产局, 1997. 西藏岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 163—190.
- 许荣科, 郑有业, 赵平甲, 等, 2007. 西藏东巧北尕苍见岛弧的厘定及地质意义. 中国地质, 34(5): 768—777.
- 喻安光, 1997. 西藏康玉地区拉贡塘组的重力流沉积. 岩相古地理, 17(6): 39—44.
- 曾庆高, 王保弟, 西洛郎杰, 等, 2020. 西藏的缝合带与特提斯演化. 地球科学, 45(8): 2735—2763.
- 张传恒, 孙玉建, 汪剑, 等, 2003. 标定碰撞构造的地层学线索——欠补偿周缘前陆盆地结构与充填序列. 地质科技情报, 22(1): 36—40.
- 张士贞, 向树元, 万俊, 等, 2010. 西藏比如盆地碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 测年及其地质意义. 地质科技情报, 29(5): 15—22.