# 西藏冈底斯带昂仁县差绒—丁欧复式花岗岩的成因: 锆石 U-Pb 年代学及地球化学制约

秦臻<sup>1,4)</sup>, 佘朋涛<sup>2,4)</sup>, 易鹏飞<sup>1,4)</sup>, 张继军<sup>2,4)</sup>, 张若愚<sup>2,4)</sup>, 于恒彬<sup>2,4)</sup>, 姚肖博<sup>1,4)</sup>, 康琴琴<sup>3,4)</sup> 1) 陕西省矿产地质调查中心, 西安, 710068; 2) 陕西省水工环地质调查中心, 西安, 710068; 3) 陕西省地质调查实验中心, 西安, 710068; 4) 陕西省地质调查院, 西安, 710054

内容提要:西藏冈底斯带昂仁县措迈乡差绒—丁欧复式花岗岩岩石类型为石英闪长岩、黑云二长花岗岩和二长花岗岩,各侵入体之间为突变接触关系,闪长岩 U-Pb 同位素年龄为 155.4±2.7 Ma;黑云二长花岗岩 U-Pb 同位素年龄为 152.0±1.3 Ma,时代均为晚侏罗世。岩石地球化学显示三者均为高钾钙碱性系列岩石,石英闪长岩为弱铝质— 准铝质;黑云二长花岗岩和二长花岗岩则为准铝质—过铝质。黑云二长花岗岩和二长花岗岩相比石英闪长岩表现 为富硅、富碱、贫 Ca、Ti、Mg,轻稀土元素更富集,轻稀土分馏程度更高,分异更加明显的特点,微量元素二长花岗岩 Ba、Sr、P、Ti 亏损最为明显,黑云二长花岗岩的 Rb、Th、K 富集最为明显,石英闪长岩相比黑云二长花岗岩和二长花岗 岩的 Rb/Sr(0.18~0.46)、Rb/Ba 值(0.13~0.26)最低,指示其分异演化程度较低。差绒—丁欧花岗岩应是同时代不 同期次侵入的复式岩体,早期为 I 型的石英闪长岩和黑云二长花岗岩,晚期为 S 型二长花岗岩,该复式岩体并非产出 于单一的俯冲环境,二长花岗岩可能为弧陆碰撞时的产物。

关键词:冈底斯带;复式花岗岩;石英闪长岩;二长花岗岩;弧背断隆带;壳幔混合;弧陆碰撞

冈底斯带一般指南侧的印度河—雅鲁藏布缝合 带与北部的班公湖——怒江缝合带之间的近东西向的 狭长地域,长约2500 km,南北宽150~300 km,面积 达 450000 km<sup>2</sup> 的巨型构造—岩浆带 (Searle et al., 1987)。冈底斯花岗岩带岩浆活动具有极为复杂的 历史,可分为中生代(晚三叠世到白垩纪末)、古新 世—始新世(65~41 Ma)、渐新世—中新世(33~13 Ma)3个时期,其中中生代岩浆活动比较连续,存在 晚侏罗世和早白垩世两个峰期(纪伟强等,2009)。 前人对该带中生代岩浆活动分布特点、性质及其地 球动力学环境已做了大量研究并形成以下三种认 识:其一认为是新特提斯洋壳向北俯冲的结果 (Coulon et al., 1986; Kapp et al., 2003, 2005, 2007; Ding Lin et al., 2003; Scharer et al., 1984; Wen Daren et al., 2008);其二认为主要是新特提斯洋壳 北向俯冲,还存在班公--怒江洋壳向南俯冲的可能 性(Hsu et al., 1995;潘桂棠等, 1997, 2004;朱弟成 等,2006);其三认为是班公湖—怒江特提斯洋洋壳 向南俯冲作用的产物(Guynn et al., 2006;李小波等, 2015; 康志强等, 2008; 潘桂棠等, 2006)。1:25万

措麦幅(江西省地质调查院<sup>•</sup>,2002)发现了该复式 花岗岩体,到目前为止,前人(黄俊平等,2006;闫晶 晶等,2017)对该复式岩体的研究多集中其主体岩 性斑状黑云二长花岗岩和二长花岗岩的年代学报 道,并未明确其为复式岩体,也并未划分花岗岩的岩 石类型,而对镁铁质成分的闪长岩则从未涉及,普遍 认为其形成于俯冲背景,该复式岩体仍然缺乏系统 的岩石地球化学、岩石成因和构造环境的研究。本 文在对差绒—丁欧复式花岗岩详细野外地质调查基 础上,对其主要岩石类型进行了岩石学、岩石地球化 学和锆石 U-Pb 同位素年代学的研究,结合岩石学、 岩石地球化学以及区域大地构造背景对该复式岩体 的形成时代、岩石成因、构造环境、地球动力学背景 进行了探讨,以期为该地区侏罗纪的构造—岩浆演 化过程提供约束。

# 1 地质背景

#### 1.1 地质特征

冈底斯带由北向南被划分为北冈底斯、中冈底 斯、冈底斯弧背断隆带及其南冈底斯(朱弟成等,

注:本文为西藏1:5万许如错东地区(H45E009012、H45E010012、H45E011012、H45E011011)区域地质矿产调查项目(编号: 1212011221063)的成果。

收稿日期:2018-01-09;改回日期:2018-08-08;责任编辑:章雨旭。Doi: 10.16509/j.georeview.2018.06.018

作者简介:秦臻,男,1988年生;工程师,毕业于中国地质大学(北京);主要从事区域地质矿产调查工作;Email:qz05105135@163.com。

2008),差绒—丁欧复式花岗岩位于西藏昂仁县措 迈乡南部3km处,大地构造位置处于冈底斯弧背断 隆带,近东西向断裂对该岩体有较明显的控制作用。 岩体位于断隆带南部边界莫勒—麦拉—洛巴堆—米 拉山断裂以北,在措迈乡境内呈不规则的椭圆状东 西向产出,中部呈串珠状出露(图1),出露面积 80.3km<sup>2</sup>,由规模较大的黑云二长花岗岩、闪长岩岩 基及较小的二长花岗岩岩株组成。其中黑云二长花 岗岩依据结构差异变化进一步划分为中粒似斑状黑 云二长花岗岩、细粒(少斑)黑云二长花岗岩、中 (粗)粒似斑状黑云二长花岗岩,根据岩石类型相互 穿插关系及同位素年龄,将岩体划分出3个阶段:第 一期次为石英闪长岩体(图2c)侵位;第二期次主要 为黑云二长花岗岩体,大多具有斑状、似斑状结构,



Fig. 1 Simplified geological map and tectonic location map of the Charong-Ding' ou composite granites

in Angren County, Gandise belt, Xizang (Tibet) (Compiled from the Jiayasi 1: 50000 Geological Maps )

**I**<sub>4-2</sub>—北喜马拉雅大陆边缘褶冲带北带;**I**<sub>1</sub>—雅鲁藏布江缝合带,**I**<sub>3</sub>—拉孜—曲松增生逆推带;**II**<sub>1</sub>—日喀则弧前盆地;南冈底斯:**II**<sub>2</sub>— 冈底斯下察隅火山岩浆弧;中冈底斯:**II**<sub>3</sub>—隆格尔—念青唐古拉火山岩浆弧,**II**<sub>4</sub>—措勤—申扎火山岩浆弧,**II**<sub>5</sub>—狮泉河蛇绿混杂岩带; 北冈底斯:**II**<sub>6</sub>—班戈—八宿岩浆弧;**N**<sub>1</sub>—班公—怒江结合带;**N**<sub>2</sub>—东恰错增生楔逆推带;**V**<sub>1</sub>—差南陆块

I  $_{4-2}$ —Northern Himalayan border ruffles belt north; II 1—Yarlung Zangbo River suture belt; II 3—Ruz—Cranson hyperplasia inverse thrust belt; III 1—fore-arc basin of Shigatse; southern of Gangdese belt: III 2—volcanic—magma arc of Gangdese in Xiazay; middle of Gangdese belt: III 3—volcanic—magma arc of Coqen—Shenzha, III 5—ophiolitic mélange belt of Shiquan River; northern of Gangdese belt: III 6—magmatic arc of Bange—Baxiu; N1—Bangong Lake—Nujiang River junction zone; N2— accretionary wedge thrust belt of Dungchak; V1—landmass of southern Qiangtang



图 2 差绒—丁欧复式花岗岩的黑云二长花岗岩、石英闪长岩及二长花岗岩野外及镜下照片 Fig. 2 Field and petrographical photos of biotite-adamellite,quartz diorite and monzonitic granite from the composite granites in Charong—Ding'ou Am—角闪石;Bt—黑云母;Gr—石榴子石;Kf—钾长石;Mu—自云母;Pl—斜长石;Qz—石英 Am—Amphibole;Bt—biotite;Gr—garnet;Kf—K-fieldspar;Mu—muscovite;Pl—plagioclase;Qz—quartz

并发育较多的暗色闪长质包体,大小为 3×5 cm<sup>2</sup>,个 别为 12×15 cm<sup>2</sup> 左右,包体中可见斜长石和石英的 小斑晶(图 2a);第三期次为二长花岗岩(图 2e)。 石英闪长岩侵入体与黑云二长花岗岩侵入体之间为 突变接触,而不同的黑云二长花岗岩侵入体之间为 渐变接触。复式岩体侵位于石炭系—二叠系拉嘎 组、昂杰组和下拉组中,后被古近系林子宗群火山岩 不整合覆盖,围岩普遍发生热接触变质形成变质砂 岩和石英片岩、变粒岩等,见硅化、角岩化、绢云母 化、绿泥石化等蚀变。

#### 1.2 岩石学特征

差绒—丁欧复式花岗岩主要包括的岩石类型有 石英闪长岩、黑云二长花岗岩、二长花岗岩,并具有 从石英闪长岩向二长花岗岩演化过渡的特征,岩石 色率从暗灰—浅灰—灰白。斜长石、暗色矿物含量 逐渐减少,角闪石从多至少,从有到无。石英、钾长 石含量总体呈增加趋势,反映出向富硅、富钾的酸性 方向演化,总体显示从中性到酸性的演化趋势。岩 石学特征描述如下:

#### 1.2.1 细粒石英闪长岩

细粒半自形粒状结构,块状构造。岩石主要由 斜长石和角闪石组成(图 2d),次为石英和黑云母, 另见绿帘石、副矿物磷灰石、榍石以及金属矿物等, 其中斜长石 45%,角闪石 40%,石英 10%,黑云母 5%。斜长石多数为斑状板柱状,一般粒径 0.14 mm ×0.34 mm~0.37 mm×0.86 mm, 薄片中无色, 低正 突起,聚片双晶常见,少数略显环带状特征,内环多 已绢云母化,为中长石:角闪石多为柱粒状,粒径与 斜长石相当,薄片中淡棕绿色,多色性明显,中高突 起,干涉色二级,消光角 20°左右,部分切面可见两 组交角为56°的解理:石英为不规则他形粒状,充填 分布于斜长石、角闪石粒间:黑云母为片状,一般片 径小于 0.40 mm×1.00 mm, 个别可见弱的绿泥石 化,多数分布于角闪石集合体中:绿帘石为微粒状, 大部分与黑云母伴生:副矿物磷灰石为柱粒状,薄片 中所见最大粒径 0.06 mm×0.43 mm, 榍石多为不规 则粒状,最大粒径 0.28 mm;金属矿物为较规则粒 状,粒径一般小于 0.30 mm,星散状分布。

#### 1.2.2 中粗粒斑状黑云二长花岗岩

似斑状结构,基质中粗粒半自形柱状结构,块状构造。岩石中斑晶大小为 15~30 mm,基质>2~4 mm 及5~6 mm。斑晶成分:钾长石 12%;基质成分:斜长石 36%、石英 23%、钾长石 17%、黑云母>7%, 微量矿物磁铁矿<1%、磷灰石<1%,次生矿物绢云母、高岭石。斑晶成分为自形原板状钾长石,较洁净,具格子双晶和显示条纹结构,系微斜条纹长石, 粒径大小 15~30 mm。主要矿物中粒级长石粒径大小>2~4 mm,粗粒级 5~6 mm,相互紧密嵌接,杂乱

分布;斜长石:半径形粒状,较混浊,钠长石双晶似清楚;石英:它形填隙粒状;黑云母:半自形片状,为褐色(图 2b)。蚀变特征:斜长石高岭土化和绢云母化,黑云母个别绿泥石化。岩体内部发育较多的暗 色镁铁质微粒包体、中性岩脉及伟晶—细晶岩脉。

## 1.2.3 中粒斑状黑云二长花岗岩

似斑状结构,基质中粒半自形柱状结构,块状构造,岩石中斑晶大小为10~15 mm,基质>2~4 mm。 斑晶成分:钾长石15%;基质成分:斜长石38%、石 英23%、钾长石17%、黑云母>6%,微量矿物磁铁矿 <1%、锆石<0.5%、次生矿物绢云母、绿泥石、高岭 土;斑晶成分为半自形厚板状钾长石,较洁净,具格 子双晶和显示条纹结构,系微斜条纹长石,粒径大小 10~15 mm,;长石粒径大小>2~4 mm;斜长石呈半 自形柱状,混浊,隐纹显示双晶,石英呈它形填隙粒 状;钾长石呈它形粒状,黑云母呈自形片状,全蚀变; 蚀变特征:斜长石明显绢云母化及黑云母全部绿泥 石化被绿泥石代替。岩体内部发育暗色镁铁质微粒 包体,可见细晶岩脉。

#### 1.2.4 细粒黑云二长花岗岩

细粒半自形柱状结构,块状构造,主要矿物颗粒 大小0.8~1 mm 为主,个别1.5 mm,相互紧密嵌接, 杂乱分布。成分为斜长石40%,钾长石30%,石英 25%,黑云母3%~>3%,褐帘石<1%,锆石<0.5%, 磁铁矿<1%,次生绢云母,高岭石。矿物特征:斜长 石:呈半自形柱状,较混浊,隐纹显示钠长石双晶,钾 长石:呈它形粒状,较洁净,显示条纹结构,为条纹长 石,石英:呈它形填隙粒状;黑云母:半自形片状,褐 色,蚀变特征:斜长石较绢云母化。局部还可见少量 的钾长石斑晶,大小为6~8 mm,偶见暗色微粒包 体。

### 1.2.5 细粒二长花岗岩

细粒半自形柱粒状结构,块状构造,岩石主要矿 物成分为钾长石 36%,斜长石 35%,石英 25%,白云 母 4%。主要矿物长石,粒径大小 0.8~1 mm,相互 紧密嵌接,杂乱分布。钾长石:呈半自形它形粒状, 洁净,格子双晶清晰,系微斜长石。斜长石,半自形 柱状,洁净,钠长石双晶清晰。白云母,半自形片状, 无色。出现半自形粒状石榴子石(图 2f),大小 0.3 ~0.6 mm。

2 样品采集及分析测试方法

# 2.1 岩石地球化学

主量元素、稀土元素、微量元素均在国土资源部

西安矿产资源监督检测中心完成,选择新鲜的岩块 作为测试对象,样品加工前先切掉氧化或蚀变膜。 主量元素用 XRF 光谱测定,分析精度(相对标准差) 一般小于 1%。微量元素用 XRF 玻璃饼熔样,以保 证样品中的副矿物全部溶解,然后在 ICP-MS 上测 定,分析精度一般优于 5%。

#### 2.2 LA-ICP-MS 定年

黑云二长花岗岩和闪长岩年龄样品代表了差 绒—丁欧复式花岗岩的主岩性,采样位置见图 1,分 析结果见表 1,锆石单矿物分离在河北廊坊区域地 质调查研究所完成,将大约 5 kg 重的样品破碎到 60 ~80 目,经浮选和磁选后,在双目显微镜下挑选出 晶形和透明度较好的锆石颗粒作为测定对象。将挑 选后的锆石颗粒粘在双面胶上,然后用无色透明的 环氧树脂固定,待环氧树脂充分固化后抛磨至粒径 的二分之一左右,使锆石内部充分暴露,然后进行显 微照相(反射光,透射光和 CL 图像)和锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素组成分析。

LA-ICP-MS测试分析是在西北大学大陆动力学 重点实验室完成。完成透射光和反射光照相后进行 阴极发光(CL)照相,锆石定年分析所用的 ICP-MS 为 Agilient 公司生产的 Agilient7500a。锆石 U-Pb 定 年及微量元素分析在同一个系统内同时完成,分析 仪器 为配备 193nmArF-excimer 激光器的 Geo-Las200M型激光剥蚀系统和 Elan6100DRC 型四极 杆质谱仪,激光束斑直径为44 µm。LA-ICP-MS 激 光剥蚀采样采用单点剥蚀的方式,数据分析前用 NIST610 进行仪器调试,使之达到最优状态。在测 试过程中每测定 5 个样品点后,重复测定一个锆石 91500 和一个 NIST610 进行校正,观察仪器的状态



Fig. 3 Zircon cathodoluminescence images (a), U-Pb concordia diagram (b) and weighted average  $^{206}$ Pb/ $^{238}$ U age (c) of medium and coarse-grained biotite monzogranite (sample RZ011/2) from the composite granites in Charong—Ding'ou

表1西藏冈底斯带昂仁县差绒一丁欧复式花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating data of the Charong-Ding' ou composite granites in Angren County, Gangdese belt, Xizang (Tibet)

3 <sup>11</sup> <sup>110</sup> (i <sup>110</sup> Ph), /i <sup>11</sup> ( <sup>110</sup> Ph)         i <sub>1</sub> ( <sup>210</sup> Ph), /i <sub>1</sub> ( <sup>210</sup> U)         (i <sup>110</sup> Ph), /i <sub>1</sub> ( <sup>210</sup> Ph), /i <sub>1</sub> ( <sup>210</sup> U)         (i <sup>110</sup> Ph), /i <sub>1</sub> ( <sup>210</sup> Ph),	元素	含量(×10	)6 )				同位素	<b>ぎ比値</b>					同位素年	龄(Ma)			
10         31	5	32 rm	238 1 1	Th/U	$n(^{207}{ m Pb})/$	(n <sup>(206</sup> Pb)	$n(^{207}{ m Pb})_{,}$	/n( <sup>235</sup> U)	$n(^{206}{\rm Pb})_{,}$	$n(^{238}U)$	$n(^{207}\mathrm{Pb})/n$	$n(^{206}\mathrm{Pb})$	$n(^{207}{\rm Pb})/$	$n(^{235}U)$	$n(^{206}{\rm Pb})/3$	$n(^{238}U)$	谐和度
(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	i	u I			测值	$1\sigma$	测值	$1\sigma$	测值	lσ	测值	lσ	测值	lσ	测值	lσ	(%)
(1)         (2)         (2)         (1)         (2)         (1)         (2)         (1)         (2)         (1)         (2)         (1)         (2)         (2)         (1)         (2)         (2)         (1)         (2) <td></td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>中</td> <td>粒斑状黑云</td> <td>二长花岗岩</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>		1					中	粒斑状黑云	二长花岗岩								
4201         7303         0.03803         0.0001         0.16002         0.00333         0.003		361.8	522.5	0.692442	0.04926	0.00227	0.16450	0.00607	0.02422	0.00037	160	105	155	5	154	2	100.2
3331         97.9         0.5.3083         0.0021         0.17735         0.00323         0.00034         360         87         165         4         152         2         108.3           381.5         31.2         0.534915         0.00379         0.00371         0.02386         0.00331         0.00333         300         77         166         4         152         2         108.3           763.6         291         0.465345         0.00132         0.10737         0.02346         0.00333         300         77         166         4         152         2         106.3           463.7         1534         0.465345         0.00132         0.10737         0.02346         0.00333         0.0033         157         167         101         177         160         2         1001           372.3         0.4673         0.00174         0.16746         0.00336         0.02343         0.00033         197         179         173         4         153         1001           372.3         0.4674         0.00174         0.16746         0.00336         0.02343         0.00033         197         179         14         153         123         1001           373.4<		429.1	730.3	0.587552	0.04890	0.00201	0.16002	0.00490	0.02373	0.00035	143	94	151	4	151	2	99.7
666.3         1030         0.6464.7         0.0337         0.0023         0.00236         0.00234         0.00236         0.00236         0.00336         0.00336         0.0033         0.00336         0.00336         0.0033         0.0014         0.0033         0.0014         0.0033         0.0033         0.0033         0.0014         0.0014         0.0014         0.0033         0.0013         0.0014         0.0033         0.0013         0.0014         0.0033         0.0013         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014         0.0013         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014         0.0014 <th0< td=""><td></td><td>283.0</td><td>927.9</td><td>0.304983</td><td>0.05349</td><td>0.00211</td><td>0.17626</td><td>0.00502</td><td>0.02389</td><td>0.00035</td><td>350</td><td>87</td><td>165</td><td>4</td><td>152</td><td>2</td><td>108.3</td></th0<>		283.0	927.9	0.304983	0.05349	0.00211	0.17626	0.00502	0.02389	0.00035	350	87	165	4	152	2	108.3
381.751.1.20.53041.60.009790.000120.105410.003310.000351.054331.5121.016468.70.333360.001820.101820.103380.000370.102360.000330.003341.3531.5121.016468.70.4463950.001870.101260.001870.102360.003380.00331.351.351.351.3121.010468.70.4463950.001870.102460.001870.102460.00380.00331.351.311.31.31.31.31.31.31.31.31.011372.3647.30.575250.004910.001870.102460.003380.000351.351.31.31.31.31.31.31.011373.30.875060.001870.102560.000360.00331.350.000351.351.31.31.31.31.31.011981.13913913720.00180.102560.000350.00331.351.31.31.31.31.31.31.31.31.31.31.31.31.011981.1391.10.237610.00180.101760.102390.000350.00331.3		666.3	1030	0.646847	0.05376	0.00194	0.17735	0.00425	0.02392	0.00034	361	79	166	4	152	2	108.8
7616         291         0.33336         0.00333         0.00337         0.00337         0.00337         0.00337         0.00337         0.00337         0.00337         0.00337         0.011		281.7	531.2	0.530415	0.04979	0.00212	0.16341	0.00531	0.02380	0.00036	185	96	154	5	152	2	101.4
468.2         100         0.46534         0.04860         0.00134         0.02384         0.00034         129         85         151         4         152         2         901           655.7         1534         0.04630         0.00134         0.0033         1534         8         153         14,1         15752         0.00137         167.44         0.00346         0.00134         0.00134         0.00134         0.00134         0.00134         157         15         149         15         15         1001           539.1         875.7         0.561614         0.00137         0.16234         0.00038         153         87         14         157         101           814.3         934         0.56164         0.00137         0.00336         0.0033         197         79         144         137         2         1001           1036         0.33471         0.00137         0.00336         0.0033         94         77         148         7         141         153         2         1001           1036         0.0137         0.00339         0.0033         94         77         148         153         161         102         101           1118 <td></td> <td>763.6</td> <td>2291</td> <td>0.33336</td> <td>0.05233</td> <td>0.00182</td> <td>0.17050</td> <td>0.00377</td> <td>0.02363</td> <td>0.00033</td> <td>300</td> <td>LT TT</td> <td>160</td> <td>3</td> <td>151</td> <td>2</td> <td>106.2</td>		763.6	2291	0.33336	0.05233	0.00182	0.17050	0.00377	0.02363	0.00033	300	LT TT	160	3	151	2	106.2
68.7         15.44         0.44602         0.00817         0.16/34         0.0038         0.0033         0.00038         0.00036         0.00033         0.00         0.0033         0.00033         0.00033         0.00033         0.00033         0.00033         0.0033         0		468.2	1006	0.465345	0.04860	0.00181	0.15978	0.00408	0.02384	0.00034	129	85	151	4	152	2	99.1
372.3         647.3         0.572.55         0.00491         0.00220         0.16714         0.00588         0.02545         0.00048         0.16724         0.00018         0.16724         0.00018         0.16724         0.00018         0.15725         0.00044         0.00035         155         155         155         155         156         2         100.1           378.1         877.2         0.83636         0.04972         0.00188         0.15576         0.00444         0.02392         0.00034         187         153         14         153         142         161           913.1         314         0.23976         0.00198         0.15576         0.001447         0.02392         0.00033         197         79         153         142         161           913.1         314         0.23976         0.00198         0.15576         0.00136         0.12570         0.00133         197         71         148         13         141           15345         45847         0.33471         0.07249         0.00337         144         185         153         17         144         152         161.4           1134         54847         0.33471         0.01257         0.00336         144		685.7	1534	0.446929	0.04912	0.00187	0.16246	0.00436	0.02398	0.00035	154	87	153	4	153	2	100.1
39.1         867.2         0.621614         0.00188         0.16292         0.00444         0.0236         155         87         153         4         153         2         101.4           814.3         918.6         0.04972         0.00347         0.15875         0.001040         0.12330         0.00345         155         104.1         3         101.4           903.1         3914         0.230762         0.05011         0.00354         0.0174         0.12573         0.00174         0.12576         0.00174         1.1553         0.00033         397         79         153         3         101.4           10346         1035471         0.07014         0.0157         0.02307         0.02334         387         79         153         3         151         2         101.9           11345         15544         0.07014         0.0157         0.02307         0.02347         0.00333         347         77         148         3         152         2         101.9           1036         155432         0.00174         0.15302         0.00137         0.02347         0.00333         244         77         148         152         142         123         142         153		372.3	647.3	0.575225	0.04941	0.00220	0.16714	0.00588	0.02453	0.00038	167	101	157	5	156	2	100.4
814.3         918.6         0.886386         0.0497         0.03347         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.01447         0.15876         0.00333         197         79         153         311         2         101.9           15345         1964         0.50734         0.00733         0.00333         987         74         188         3         151         2         101.3           15345         1964         0.5733         0.00132         0.00333         141         88         3         151         2         103.3           1118         2649         1.55436         0.04932         0.00132         0.00333         141         88         153         152         2         102.3           1118         8844         0.55345         0.0493         0.00153         0.0033 </td <td></td> <td>539.1</td> <td>867.2</td> <td>0.621614</td> <td>0.04915</td> <td>0.00188</td> <td>0.16292</td> <td>0.00444</td> <td>0.02404</td> <td>0.00035</td> <td>155</td> <td>87</td> <td>153</td> <td>4</td> <td>153</td> <td>2</td> <td>100.1</td>		539.1	867.2	0.621614	0.04915	0.00188	0.16292	0.00444	0.02404	0.00035	155	87	153	4	153	2	100.1
43.6         94.2         0.45672         0.05101         0.00500         0.15676         0.01447         0.02238         0.00033         197         79         133         142         4         101.9           1036         1053         0.85004         0.00174         0.15708         0.00336         0.933         197         79         153         3         151         2         101.9           11305         1053         0.80948         0.0174         0.15709         0.00376         0.0033         987         74         186         4         129         2         101.9           11304         1964         0.57573         0.00174         0.15709         0.00337         0.0033         987         74         188         3         157         2         101.3           11335         1954         0.555438         0.00191         0.15770         0.00337         0.0033         284         77         148         3         155         2         101.3           1133         25414         0.4731         0.00191         0.15377         0.00337         0.0033         284         153         3         155         2         95.5           147.1         1		814.3	918.6	0.886386	0.04972	0.00347	0.15835	0.01000	0.02309	0.00046	182	155	149	6	147	3	101.4
903.1         3914         0.23076         0.00174         0.16298         0.00366         0.00336         197         79         153         3         151         2         1010           1036         1053         0.983806         0.05433         0.00198         0.17923         0.00346         385         79         167         4         152         2         103.6           1036         1954         0.33471         0.0017         0.10570         0.0307         0.0337         0.0033         94         77         148         3         152         2         144.0           1036         1954         0.55438         0.00174         0.16377         0.00337         0.00337         208         78         153         3         152         2         142.0           517.1         884.0         0.55438         0.0018         0.16277         0.00337         0.00337         144         85         153         3         150         2         142.0           517.2         884.0         0.556436         0.0018         0.16277         0.00536         0.00337         118         85         154         155         2         105.3           547.3         147		438.6	942.0	0.465672	0.05101	0.00500	0.15676	0.01447	0.02228	0.00056	241	211	148	13	142	4	104.1
		903.1	3914	0.230762	0.05004	0.00174	0.16298	0.00366	0.02362	0.00033	197	79	153	3	151	2	101.9
15345         45847         0.33471         0.07204         0.00271         0.00279         0.00030         987         74         186         4         129         2         1440           1036         1964         5.57572         0.04791         0.00157         0.15770         0.00377         0.0033         94         77         148         3         152         2         97.8           1118         2649         1.554328         0.00174         0.16377         0.00366         0.02347         0.00033         208         78         153         3         150         2         97.2           397.2         703.7         0.564356         0.04892         0.01637         0.02439         0.00337         144         85         153         4         155         2         98.5           397.2         703.7         0.564356         0.04919         0.01637         0.02347         0.00337         144         85         153         4         155         2         98.5           397.2         703.7         0.564356         0.04915         0.00191         0.15377         0.02347         0.0034         101         85         144         85         153         155		1036	1053	0.983806	0.05433	0.00198	0.17923	0.00446	0.02392	0.00034	385	79	167	4	152	7	109.8
		15345	45847	0.33471	0.07204	0.00271	0.20057	0.00529	0.02019	0.00030	987	74	186	4	129	7	144.0
4118 $2649$ $1.554328$ $0.05029$ $0.00174$ $0.16277$ $0.00366$ $0.02347$ $0.00033$ $128$ $78$ $153$ $3$ $150$ $2$ $1023$ $371.5$ $884.0$ $0.58438$ $0.04839$ $0.00182$ $0.00429$ $0.00429$ $0.00357$ $144$ $85$ $154$ $4$ $155$ $2$ $98.5$ $397.2$ $703.7$ $0.564356$ $0.04839$ $0.00182$ $0.00439$ $0.00437$ $0.00357$ $0.00337$ $118$ $98$ $153$ $4$ $155$ $2$ $98.5$ $349.7$ $659.2$ $0.535056$ $0.04731$ $0.00191$ $0.15935$ $0.00437$ $0.00347$ $0.0034$ $101$ $80$ $150$ $4$ $155$ $2$ $98.5$ $541.4$ $747.6$ $0.24433$ $0.00191$ $0.00347$ $0.02437$ $0.0034$ $10036$ $65$ $94$ $150$ $4$ $156$ $2$ $98.5$ $541.4$ $747.6$ $0.24433$ $0.00191$ $0.00347$ $0.00347$ $0.00346$ $150$ $80$ $150$ $4$ $156$ $2$ $96.5$ $541.4$ $747.6$ $0.24433$ $0.00347$ $0.00346$ $150$ $0.00347$ $100347$		1036	1964	0.527572	0.04791	0.00157	0.15709	0.00307	0.02378	0.00033	94	LT	148	б	152	5	97.8
517.5884.00.5854380.0048920.001820.163920.004290.004290.00035144851544155299.5397.2703.70.5643560.048390.002080.162770.003570.004370.118981535155298.5349.7659.20.5305060.047310.001910.159350.004870.0024430.0003665941504156296.5541.4747.60.7242030.049150.010180.162770.003570.023970.00036155921534156298.0541.4747.60.7242030.049150.010180.162770.003570.00336155921534153210011242.1687.70.7324030.049150.001980.162770.00336155921534153210013242.1687.70.7324030.049150.001380.162770.0033617592153210013242.1687.70.7324030.001210.163770.002540.0033617592153210013242.1687.70.5334030.001210.163770.0023460.0003417597153210043242.1687.70.5334030.001210.163720.002540.00234175951532104.3		4118	2649	1.554328	0.05029	0.00174	0.16277	0.00366	0.02347	0.00033	208	78	153	б	150	5	102.3
397.2 $703.7$ $0.564356$ $0.04839$ $0.00208$ $0.16277$ $0.00550$ $0.002439$ $0.00037$ $118$ $98$ $153$ $5$ $155$ $2$ $98.5$ $349.7$ $659.2$ $0.530506$ $0.04731$ $0.00191$ $0.15935$ $0.00487$ $0.02433$ $0.00036$ $65$ $94$ $150$ $4$ $156$ $2$ $96.5$ $677.3$ $1473$ $0.459833$ $0.04803$ $0.00165$ $0.15877$ $0.00337$ $0.00036$ $155$ $94$ $150$ $3$ $153$ $22$ $100.1$ $541.4$ $747.6$ $0.724203$ $0.04915$ $0.00198$ $0.16277$ $0.00337$ $0.00036$ $155$ $92$ $153$ $4$ $153$ $2$ $100.1$ $242.1$ $687.7$ $0.532101$ $0.05137$ $0.00222$ $0.16927$ $0.00236$ $0.00336$ $175$ $92$ $153$ $4$ $153$ $2$ $100.1$ $242.1$ $687.7$ $0.532443$ $0.00212$ $0.16927$ $0.00736$ $0.00236$ $175$ $92$ $153$ $4$ $153$ $2$ $100.1$ $242.4$ $814.5$ $0.523443$ $0.00211$ $0.16527$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $175$ $92$ $153$ $12$ $2$ $100.1$ $242.4$ $814.5$ $0.523443$ $0.00214$ $0.00212$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00236$ $0.00036$		517.5	884.0	0.585438	0.04892	0.00182	0.16392	0.00429	0.02430	0.00035	144	85	154	4	155	2	99.5
349.7         659.2         0.530506         0.04731         0.00197         0.15935         0.00487         0.002443         0.00036         65         94         150         4         156         2         96.5           677.3         1473         0.458833         0.04015         0.15877         0.00357         0.00357         0.00034         101         80         150         3         153         2         96.0           541.4         747.6         0.724203         0.04915         0.00168         0.16277         0.00354         155         92         153         4         153         2         98.0           241.4         747.6         0.724203         0.00198         0.16277         0.00354         0.557         92         153         4         153         2         100.1           242.4         814.5         0.523443         0.00244         0.00544         0.00354         175         97         153         4         153         2         100.1           245.4         814.5         0.523443         0.00544         0.00354         175         97         153         2         100.1           227.3         428.2         0.538642         0.002445		397.2	703.7	0.564356	0.04839	0.00208	0.16277	0.00550	0.02439	0.00037	118	98	153	5	155	2	98.5
677.3         1473         0.459833         0.04803         0.0165         0.15877         0.00357         0.0034         101         80         150         3         153         2         98.0           541.4         747.6         0.724203         0.04915         0.0198         0.16277         0.00493         0.02402         0.00036         155         92         153         4         153         2         100.1           242.1         687.7         0.352101         0.05137         0.00493         0.00354         0.0036         175         92         153         4         153         2         104.3           242.1         687.7         0.352101         0.05137         0.00542         0.00356         175         97         153         5         152         2         104.3           242.1         687.7         0.05230         0.00544         0.00356         175         97         153         5         152         2         100.3           324.5         958.2         0.538642         0.05230         0.00458         0.02445         0.00364         173         112         157         6         156         3         106.5           227.3		349.7	659.2	0.530506	0.04731	0.00191	0.15935	0.00487	0.02443	0.00036	65	94	150	4	156	2	96.5
541.4747.60.7242030.049150.001980.162770.004930.024020.003661559215341532100.1242.1687.70.3521010.051370.002220.169270.003750.003750.000372579615951522104.3426.4814.50.5234430.049580.002110.163100.005440.022380.000361759715351522100.9324.5958.20.3386420.052300.004120.1663100.005440.022230.000361759715351522100.9324.5958.20.3386420.052300.004720.166920.013560.0224450.0003617311215761563106.5227.3428.20.5308030.049530.002410.166920.003450.022460.0003917311215761563106.5205014711.3931480.050670.002710.166920.004310.022460.0033922611915061423106.5494.8735.60.672680.049560.003750.024520.00039173111861514154298.3494.8735.60.643550.049560.001970.024580.0024580.000391731118615761452<		677.3	1473	0.459833	0.04803	0.00165	0.15877	0.00357	0.02397	0.00034	101	80	150	б	153	2	98.0
242.1         687.7         0.352101         0.05137         0.00222         0.16927         0.00575         0.00337         257         96         159         5         152         2         104.3           426.4         814.5         0.523443         0.04958         0.00211         0.16310         0.00544         0.02386         175         97         153         5         152         2         100.9           324.5         958.2         0.338642         0.05230         0.00472         0.16692         0.01356         0.0054         298         193         151         12         142         3         106.5           227.3         428.2         0.530803         0.004953         0.16692         0.01356         0.02276         0.00034         173         112         157         6         156         3         106.5           227.3         428.4         0.00453         0.00732         0.02276         0.00034         173         112         157         6         156         3         106.5           2050         1471         1.393148         0.50067         0.00732         0.02276         0.00033         111         86         157         6         163.5		541.4	747.6	0.724203	0.04915	0.00198	0.16277	0.00493	0.02402	0.00036	155	92	153	4	153	7	100.1
426.4         814.5         0.523443         0.04958         0.00211         0.16310         0.00544         0.02386         175         97         153         5         152         2         100.9           324.5         958.2         0.338642         0.00246         0.166025         0.01356         0.02233         0.00054         298         193         151         12         142         3         106.5           227.3         428.2         0.530803         0.04953         0.00698         0.02445         0.00040         173         112         157         6         156         3         100.6           2050         1471         1.393148         0.50077         0.16692         0.00732         0.02276         0.00039         226         119         150         6         156         3         100.6           2050         1471         1.393148         0.500771         0.15897         0.00732         0.02276         0.00039         226         119         150         6         145         2         93.3           494.8         735.6         0.67286         0.00431         0.02412         0.00433         111         86         151         4         154 <t< td=""><td></td><td>242.1</td><td>687.7</td><td>0.352101</td><td>0.05137</td><td>0.00222</td><td>0.16927</td><td>0.00575</td><td>0.02390</td><td>0.00037</td><td>257</td><td>96</td><td>159</td><td>5</td><td>152</td><td>2</td><td>104.3</td></t<>		242.1	687.7	0.352101	0.05137	0.00222	0.16927	0.00575	0.02390	0.00037	257	96	159	5	152	2	104.3
324.5         958.2         0.338642         0.05230         0.00472         0.16025         0.01356         0.02223         0.00648         0.00244         298         193         151         12         142         3         106.5           2277.3         428.2         0.530803         0.04953         0.00648         0.02445         0.00648         0.02445         0.00648         0.02445         0.00648         0.02465         1169         157         6         156         3         100.6           2050         1471         1.393148         0.05067         0.00732         0.02745         0.00732         0.02276         0.00039         226         119         150         6         145         2         103.2           494.8         735.6         0.67268         0.00431         0.02412         0.00431         0.02412         0.00431         103.5         111         86         151         4         154         2         98.3           494.8         735.6         0.64355         0.00197         0.16642         0.00431         0.02458         0.00035         111         86         151         4         154         2         98.3           738.5         1112         0		426.4	814.5	0.523443	0.04958	0.00211	0.16310	0.00544	0.02386	0.00036	175	97	153	5	152	2	100.9
227.3       428.2       0.530803       0.04953       0.00246       0.16692       0.00698       0.02445       0.00040       173       112       157       6       156       3       100.6         2050       1471       1.393148       0.05067       0.00271       0.15897       0.00732       0.02776       0.00039       226       119       150       6       145       2       103.2         494.8       735.6       0.67268       0.04824       0.00130       0.16042       0.00431       0.02412       0.00039       226       119       150       6       145       2       98.3         494.8       735.6       0.67268       0.04824       0.00431       0.02412       0.00035       111       86       151       4       154       2       98.3         738.5       1112       0.664355       0.04966       0.0197       0.16829       0.00505       0.02458       0.00037       179       90       158       4       157       2       100.8		324.5	958.2	0.338642	0.05230	0.00472	0.16025	0.01356	0.02223	0.00054	298	193	151	12	142	ю	106.5
2050         1471         1.393148         0.05067         0.00271         0.15877         0.00732         0.02276         0.00039         226         119         150         6         145         2         103.2           494.8         735.6         0.67268         0.04824         0.00180         0.16042         0.00431         0.02412         0.00035         111         86         151         4         154         2         98.3           738.5         1112         0.664355         0.04966         0.01687         0.0255         0.02458         0.00037         179         90         158         4         157         2         100.8		227.3	428.2	0.530803	0.04953	0.00246	0.16692	0.00698	0.02445	0.00040	173	112	157	9	156	б	100.6
494.8         735.6         0.67268         0.04824         0.00180         0.16042         0.00431         0.02412         0.00035         111         86         151         4         154         2         98.3           738.5         1112         0.664355         0.04966         0.016829         0.00505         0.02458         0.00037         179         90         158         4         157         2         100.8		2050	1471	1.393148	0.05067	0.00271	0.15897	0.00732	0.02276	0.00039	226	119	150	9	145	2	103.2
738.5         1112         0.664355         0.04966         0.00197         0.16829         0.00505         0.02458         0.00037         179         90         158         4         157         2         100.8		494.8	735.6	0.67268	0.04824	0.00180	0.16042	0.00431	0.02412	0.00035	111	86	151	4	154	2	98.3
		738.5	1112	0.664355	0.04966	0.00197	0.16829	0.00505	0.02458	0.00037	179	90	158	4	157	2	100.8

	「「「「」」	₹含量(×11	0_9)				同位素	素比値					同位素年	龄(Ma)			
测点号	į	232 ml	23811	Th/U	$n(^{207}\mathrm{Pb})$	'n( <sup>206</sup> Pb)	$n(^{207}{ m Pb}),$	$/n(^{235}U)$	n( <sup>206</sup> Pb),	$/n(^{238}U)$	$n(^{207}\mathrm{Pb})/\eta$	$n(^{206}{\rm Pb})$	$n(^{207}{ m Pb})/5$	$n(^{235}U)$	$n(^{206}\mathrm{Pb})/n$	$i(^{238}U)$	谐和度
	ЧD	II			测值	1σ	测值	$1\sigma$	测值	$1\sigma$	测值	lσ	测值	$1\sigma$	测值	lσ	( % )
								细粒石英D	习长岩								
RZ1411-01	9.28	254.11	218.11	1.17	0.05120	0.00407	0.16808	0.01271	0.02383	0.00046	249.9	173.0	157.8	11.1	151.8	2.9	104.0
RZ1411-02	6.92	358.31	187.71	1.91	0.04928	0.00401	0.16247	0.01264	0.02393	0.00044	161.2	180.0	152.9	11.0	152.4	2.8	100.3
RZ1411-03	50.49	919.03	1686.02	0.55	0.05302	0.00482	0.17334	0.01508	0.02373	0.00053	329.4	193.8	162.3	13.1	151.2	3.3	107.3
RZ1411-04	24.15	401.76	882.36	0.46	0.05084	0.00188	0.16860	0.00530	0.02407	0.00026	233.4	83.3	158.2	4.6	153.3	1.7	103.2
RZ1411-05	25.86	1351.72	735.15	1.84	0.05030	0.00214	0.16641	0.00625	0.02401	0.00029	208.6	95.8	156.3	5.4	153.0	1.8	102.2
RZ1411-06	35.15	1565.85	983.25	1.59	0.04983	0.00250	0.16227	0.00740	0.02363	0.00032	187.1	112.7	152.7	6.5	150.6	2.0	101.4
RZ1411-07	27.89	1030.71	816.55	1.26	0.05381	0.00245	0.17477	0.00711	0.02357	0.00030	362.9	98.9	163.6	6.2	150.2	1.9	108.9
RZ1411-08	24.68	1348.68	657.93	2.05	0.05036	0.00232	0.16343	0.00675	0.02354	0.00029	211.9	103.3	153.7	5.9	150.0	1.9	102.5
RZ1411-09	23.87	1026.92	719.10	1.43	0.05107	0.00204	0.16796	0.00583	0.02386	0.00027	244.1	89.5	157.7	5.1	152.0	1.7	103.8
RZ1411-10	8.52	198.60	184.43	1.08	0.06094	0.00432	0.16527	0.01104	0.01968	0.00037	637.0	145.7	155.3	9.6	125.6	2.3	123.6
RZ1411-11	11.05	456.93	300.19	1.52	0.04948	0.00287	0.16885	0.00912	0.02476	0.00036	170.4	130.0	158.4	7.9	157.7	2.3	100.4
RZ1411-12	16.45	685.32	474.61	1.44	0.04903	0.00323	0.16224	0.01005	0.02400	0.00039	149.2	147.4	152.7	8.8	152.9	2.5	6.66
RZ1411-13	18.84	909.00	522.14	1.74	0.05016	0.00241	0.16583	0.00723	0.02398	0.00031	202.2	107.9	155.8	6.3	152.7	2.0	102.0
RZ1411-14	13.05	509.82	368.74	1.38	0.05198	0.00283	0.17411	0.00877	0.02429	0.00034	284.7	120.1	163.0	7.6	154.7	2.2	105.4
RZ1411-15	19.34	860.98	524.12	1.64	0.05243	0.00268	0.17540	0.00820	0.02426	0.00033	304.4	112.4	164.1	7.1	154.5	2.1	106.2
RZ1411-16	17.10	619.29	498.49	1.24	0.04805	0.00214	0.16295	0.00651	0.02459	0.00030	101.7	102.2	153.3	5.7	156.6	1.9	97.9
RZ1411-17	85.64	921.48	3244.58	0.28	0.07132	0.00305	0.23938	0.00900	0.02434	0.00033	966.5	84.9	217.9	7.4	155.0	2.1	140.6
RZ1411-18	32.95	1755.46	807.66	2.17	0.05492	0.00236	0.18075	0.00689	0.02386	0.00030	409.1	93.0	168.7	5.9	152.0	1.9	111.0
RZ1411-19	11.66	444.67	325.43	1.37	0.04923	0.00368	0.16886	0.01201	0.02487	0.00044	158.7	166.1	158.4	10.4	158.3	2.8	100.1
RZ1411-20	31.80	1637.74	791.57	2.07	0.05028	0.00178	0.17176	0.00510	0.02477	0.00027	207.9	79.9	160.9	4.4	157.7	1.7	102.0
RZ1411-21	26.42	1140.32	723.40	1.58	0.05166	0.00410	0.16580	0.01253	0.02326	0.00046	270.4	172.0	155.8	10.9	148.3	2.9	105.1
RZ1411-22	32.23	1233.45	897.68	1.37	0.04950	0.00260	0.16479	0.00795	0.02413	0.00034	171.5	118.1	154.9	6.9	153.7	2.1	100.8
RZ1411-23	173.48	6626.31	3815.37	1.74	0.15826	0.00348	0.52381	0.00635	0.02399	0.00023	2437.2	36.8	427.7	4.2	152.8	1.4	279.9
RZ1411-24	85.81	5294.96	1955.75	2.71	0.04892	0.00134	0.16010	0.00322	0.02372	0.00023	143.9	62.9	150.8	2.8	151.1	1.5	90.8

数据处理采用 GLITTER (ver4.0) 程 序,普通铅校正采用 Anderson (2005)的方 法, 锆石谐和图用 Isoplot 程序(ver3.0) 获得。样品分析过程 中,91500标样的分析 结果为 1060.1±10.2 Ma ( $n = 4, 1\sigma$ ), GJ-1 标样的分析结果为 610.  $1 \pm 6.2$  Ma (n = 2, 1σ),对应的年龄推荐 值(1062.4±0.6 Ma  $(1\sigma)$ , 608. 53 ± 0. 37 Ma(1σ)), 两者在误 差范围内一致。本文 所测定的岩石形成时 代其结果以<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄计算,年龄误差 为1σ。

以保证测试的精度。

3 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄

本次工作共获得 锆石 U-Pb 同位素年 龄2个,分别为细粒石 英闪长岩同位素年龄 为 155.4±2.7 Ma;中 粗粒斑状黑云二长花 岗岩同位素年龄为 152.0±1.3 Ma,测试 样品均采集于岩体中 部。其中 RZ011-2 号 样品中粗粒斑状黑云 二长花岗岩所选锆石 的 CL 图像显示: 锆石 颗粒较大,多呈椭圆 状和长柱状,晶形较 好,长宽比为1:2~1 :3,发育明显的振荡

环带,Th/U平均值为0.60,为典型的岩浆成因锆石(Hoskin and Black,2000)。样品的28粒锆石的LA-ICP-MSU-Pb年龄在128.9~156.6 Ma范围内,剔除11、12、25、26四个离群年龄后,剩余24个点的锆石加权平均年龄为152.0±1.3 Ma(图3)。

RZ1411-1 号样品细粒石英闪长岩所选锆石的 CL图像显示:锆石颗粒较大,多呈长柱状,晶形较 好,长宽比为1:3~1:4,振荡环带不明显,Th/U平 均值为1.41,表现出岩浆锆石的特征。24粒锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 年龄在125.6~158.3 Ma范围内, 剔除三个离群年龄后,剩余 21 个点的锆石加权平均 年龄为 155.4±2.7 Ma(MSWD=1.6)(图 4)。

# 4 分析结果

#### 4.1 岩石化学

岩石化学分析结果见表 2,石英闪长岩 SiO<sub>2</sub>含量分别为 55.61%~60.71%(平均为 57.87%),为中性侵入岩类; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量分别为 15.13%~17.04%, CaO 含量在 4.44%~8.87%, TiO<sub>2</sub>含量分别为 0.77%~1.27%, MgO 含量分别为 3.17%~5.51%;



of fine-grained quartz diorite (sample RZ1411/1) from the composite granites in Charong—Ding'ou

)地球化学数据
$\times 10^{-6}$
%) 和微量元素(
-丁欧复式花岗岩主量(
表 2 西藏冈底斯带昂仁县差绒-

_
Pt-
Ā
ř.
-
~
ŭ
5
5
×
1
P
-
9
ě
20
ž
, G
5
P
ī
Ē
2
-
E
re
6
Ę
<
F
-=
5
Ť
Ē
5
10
Ť
2
ž
Ē
5
č
Ξ
C
je.
00
Ding
-Ding
-Ding
o-Dino
ono-Ding
rong-Ding
Ding-Ding
Charone-Ding
Charone-Ding
he Charone—Ding
the Charono-Dino
f the Charone-Dine
of the Charone-Ding
ts of the Charono-Dino
nts of the Charono-Dino
nents of the Charone-Dine
ments of the Charone-Ding
lements of the Charono-Dino
elements of the Charone-Dine
) elements of the Charone–Ding
<sup>-6</sup> ) elements of the Charono–Dino
<sup>10<sup>-6</sup>) elements of the Charono–Dino</sup>
×10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charono—Dino
$(\times 10^{-6})$ elements of the Charone-Ding
2 (×10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charong—Ding
ce $(\times 10^{-6})$ elements of the Charong–Ding
ace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charono–Dino
trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charono–Dino
d trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charone–Ding
nd trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charone-Ding
and trace $( \times 10^{-6} )$ elements of the Charono-Dino
) and trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charone-Dine
(5) and trace (x10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charono–Ding
%) and trace (x10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charono–Ding
$(\%)$ and trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charone-Ding
r ( $\%$ ) and trace (×10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charono–Dino
ior $(\%)$ and trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charono–Dino
alor $(\%)$ and trace $(\times 10^{-6})$ elements of the Charono–Dino
Major ( $\%$ ) and trace (×10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charone—Ding
Maior ( $\%$ ) and trace (×10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charone-Ding
2 Maior ( $\%$ ) and trace (×10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charone-Ding
le 2 Maior ( $\%$ ) and trace ( $\times 10^{-6}$ ) elements of the Charono–Dino
the 2 Maior ( $\%$ ) and trace ( $\times 10^{-6}$ ) elements of the Charono-Dino
Table 2 Maior ( $\%$ ) and trace (x10 <sup>-6</sup> ) elements of the Charono-Dino

样品号	D019/1	D016/2	D011/2	D4189/1	D1410/1	D1152/1	D1408/1	D012/1	D552/1	D4188/1	D552/2	D1411/1	D4187/1	D554/1	D1407/1	D4185/2
岩石名称	二长	花岗岩					云二长花岗	中						百英闪长岩		
$SiO_2$	75.18	76.38	66.83	69.12	71.19	73.56	73.16	73.98	71.21	69.36	73.15	57.22	60.71	55.61	58.44	57.39
$Al_2O_3$	13.10	12.32	15.25	15.51	13.85	13.91	14.24	13.87	14.37	14.92	13.91	15.63	16.00	16.37	15.13	17.04
${\rm Fe}_2{\rm O}_3{}^{\rm t}$	1.82	1.53	4.45	3.66	3.44	2.17	2.36	2.00	3.32	2.95	2.24	8.20	6.25	7.53	6.71	7.21
MgO	0.34	0.04	1.53	1.29	0.91	0.38	0.39	0.25	0.64	0.80	0.28	4.65	3.17	5.20	5.51	3.47
CaO	0.27	0.55	2.83	2.47	0.80	0.30	1.18	0.95	1.83	2.05	1.01	6.54	4.44	6.52	5.82	5.09
$Na_2O$	4.15	3.85	3.19	2.98	3.41	3.06	3.03	3.11	3.14	3.22	2.92	2.64	2.66	2.76	2.87	2.92
$K_2O$	3.75	4.01	3.02	2.99	4.39	5.03	4.61	4.68	4.09	4.59	5.31	2.05	3.25	2.37	2.41	2.58
$P_2O_5$	0.05	0.02	0.19	0.17	0.11	0.06	0.09	0.05	0.12	0.17	0.06	0.17	0.30	0.22	0.17	0.48
MnO	0.06	0.09	0.09	0.08	0.06	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.04	0.13	0.12	0.16	0.13	0.12
$TiO_2$	0.17	0.08	0.67	0.57	0.46	0.27	0.21	0.19	0.36	0.39	0.18	0.97	0.99	0.95	0.77	1.27
烧失	0.95	0.99	1.64	1.22	1.03	1.09	0.66	0.75	0.85	1.28	0.73	1.49	1.84	2.18	1.71	1.98
高量	99.84	98.66	69.66	100.06	99.65	06.66	100.00	99.89	66.66	99.79	99.83	69.66	99.73	99.87	99.67	99.55
DI	93.19	94.19	73.46	76.59	87.08	91.77	87.34	89.59	82.95	82.91	89.05	47.84	60.82	46.72	50.86	55.53
SI	3.43	0.43	12.92	12.07	7.62	3.61	3.83	2.53	5.85	7.03	2.65	27.40	21.27	30.01	32.42	22.1
σ43	1.93	1.85	1.59	1.35	2.14	2.13	1.93	1.95	1.84	2.29	2.24	1.48	1.91	1.96	1.73	1.99
A/NK	1.203	1.154	1.791	1.91	1.34	1.33	1.43	1.36	1.50	1.45	1.32	2.38	2.03	2.30	2.06	2.24
A/CNK	1.151	1.055	1.116	1.23	1.17	1.26	1.18	1.17	1.11	1.07	1.12	0.85	1.00	0.86	0.85	1.01
La	36.6	17.9	58.6	48.80	30.30	33.00	29.10	52.30	46.00	50.80	38.80	37.40	38.80	29.60	38.00	34.70
Ce	65.1	33.8	122	100.00	83.60	62.40	62.10	107.00	89.80	102.00	79.80	79.40	76.10	63.50	76.70	67.80
Pr	5.67	2.95	11.5	10.30	5.20	5.86	6.21	8.78	9.04	10.30	7.87	9.35	8.09	7.84	8.43	6.93
Nd	17.3	9.27	41.6	36.70	16.90	19.70	21.70	29.20	29.90	36.50	26.30	33.70	29.90	30.60	30.50	26.00
$\mathrm{Sm}$	2.31	1.45	7.49	6.29	2.82	3.31	4.09	4.76	4.84	6.54	4.81	6.41	5.25	5.99	5.75	4.75
Eu	0.44	0.22	1.53	1.31	0.58	0.77	09.0	0.77	0.75	1.06	0.50	1.52	0.99	1.42	1.20	1.29
Gd	2.61	1.60	7.51	5.82	3.35	3.29	4.68	4.77	5.14	6.04	4.99	7.18	5.07	6.80	6.31	4.53
dT	0.24	0.20	0.88	0.97	0.39	0.36	0.57	0.54	0.51	1.08	0.52	0.92	06.0	0.84	0.84	0.79
Dy	1.34	1.43	5.82	5.82	2.45	2.39	3.69	3.48	2.71	6.49	2.69	5.68	5.25	5.49	4.94	4.87
Ho	0.24	0.29	1.03	1.07	0.39	0.42	0.61	0.59	0.48	1.12	0.49	1.05	1.04	0.94	0.95	0.96
Er	0.84	1.22	3.22	3.17	1.26	1.40	1.79	1.98	1.54	2.94	1.33	3.45	3.06	2.86	2.66	2.68
Tm	0.12	0.21	0.42	0.51	0.16	0.20	0.24	0.26	0.22	0.37	0.18	0.43	0.51	0.39	0.35	0.45
Yb	0.98	1.90	2.85	3.11	1.34	1.51	1.63	1.98	1.43	2.15	1.36	2.99	3.32	2.71	2.42	3.07
Lu	0.14	0.35	0.34	0.38	0.17	0.18	0.25	0.27	0.22	0.28	0.21	0.35	0.44	0.37	0.35	0.44
Υ	8.79	13.7	33.4	29.70	12.90	14.20	20.30	19.90	15.70	29.10	15.50	32.50	29.20	30.30	27.00	25.50
ZREE	133.93	72.79	264.89	224.25	148.91	134.79	137.26	216.68	192.58	227.67	169.85	189.83	178.72	159.35	179.40	159.26

1565

样品号	D019/1	D016/2	D011/2	D4189/1	D1410/1	D1152/1	D1408/1	D012/1	D552/1	D4188/1	D552/2	D1411/1	D4187/1	D554/1	D1407/1	D4185/2
岩石名称	二次]	花岗岩				The second secon	云二长花岗:	臣						石英闪长岩		
LREE	127.42	65.59	242.82	203.40	139.40	125.04	123.80	202.81	180.33	207.20	158.08	167.78	159.13	138.95	160.58	141.47
HREE	6.51	7.20	22.07	20.85	9.51	9.75	13.46	13.87	12.25	20.47	11.77	22.05	19.59	20.40	18.82	17.79
LREE/HREE	19.57	9.11	11.00	9.76	14.66	12.82	9.20	14.62	14.72	10.12	13.43	7.61	8.12	6.81	8.53	7.95
$La_N / Yb_N$	26.79	6.76	14.75	11.26	16.22	15.68	12.81	18.95	23.07	16.95	20.46	8.97	8.38	7.83	11.26	8.11
δEu	0.55	0.44	0.62	0.65	0.58	0.71	0.42	0.49	0.46	0.51	0.31	0.68	0.58	0.68	0.61	0.84
Rb	167	231	143	122	175.00	250.50	349.80	323.20	247.60	309.10	221	73.00	143	125.20	125.20	108
Ba	278	170	841	868	379.50	477.30	355.60	672.20	509.00	629	338.40	555.00	731	568.00	425.30	413
Th	37.9	30.5	28.9	19.95	61.00	33.40	22.90	56.40	37.70	28.41	35.40	21.80	23.27	14.50	20.20	17.45
Ŋ	3.86	3.83	3.48	2.59	4.12	1.99	5.75	4.10	5.29	4.49	3.92	3.66	3.62	3.56	2.92	4.57
Ta	3.18	3.88	2.38	1.29	1.20	5.01	3.22	3.08	0.92	1.64	5.67	1.36	1.19	1.26	1.29	0.55
Nb	17.7	25.7	21.0	13.2	12.60	20.30	25.30	20.90	14.50	16.4	27.10	12.40	15.5	19.00	15.60	10.8
Ь	209	100	955	887	449.80	353.10	379.40	229.60	637.90	910	293.00	914.70	1540	1141.40	907.60	2528
Sr	113	75.7	293	278	164.30	115.10	117.10	119.80	179.10	199	114.10	396.20	308	439.60	297.00	412
Zr	80.4	55.5	247	212	248.20	104.40	131.50	133.90	184.90	171	121.80	180.20	168	165.90	167.30	108
□ 注量微量	量元素均由	国土资源部	西安矿产资	德监督检测	中心完成。											

全碱(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)分别为4.69%~5.91%,K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O值分别为0.78~1.22(平均为0.92),具明显富钠的特征;A/CNK值分别变化在0.85~1.01,显示弱铝质到准铝质特征,里特曼指数σ为1.48~1.99,均小于3.3,为钙碱性岩石;分异指数DI分别为46.72~60.82(平均为52.35),固结指数SI分别为21.27~32.42,低的分异指数和高的固结指数说明其分异演化程度较低。

黑云二长花岗岩和二长花岗岩 SiO,含量分别 为66.83%~73.98%(平均为71.28%)和75.18%~ 76.38%(平均为75.78%),为酸性侵入岩类;Al,O, 含量分别为 13.87%~15.51% 和 12.32%~13.1%, CaO含量分别为 0.3%~2.83%和 0.27%~0.55%. TiO,含量分别为 0.18%~0.67% 和 0.08%~0.17%, MgO 含量分别为 0.25%~1.53% 和 0.04%~0.34%, 全碱(K,0+Na,0)分别为 5.97%~8.23% 和 7.86% ~7.90%, K, O/Na, O 值分别为 0.95~1.82(平均为 1.38)和0.90~1.04(平均为0.97),具明显富钾的 特征; A/CNK 值分别变化在 1.07~1.26 和 1.06~ 1.15,显示准铝质到过铝质特征,两者的里特曼指数 σ(1.35~2.29 和 1.85~1.93)均小于 3.3,为钙碱性 岩石:分异指数 DI 分别为 73.46~91.77(平均为 84.53)和93.19~94.19(平均为93.69),固结指数 SI分别为 2.53~12.92 和 0.43~3.43,高的分异指 数和低的固结指数说明二长花岗岩相比黑云二长花 岗岩具有更高程度的分异演化。

黑云二长花岗岩和二长花岗岩相比石英闪长岩 表现为富硅、富碱、贫 Ca、Ti、Mg, Al 含量石英闪长 岩最高,二长花岗岩最低的特点,在 SiO<sub>2</sub>—K<sub>2</sub>O 岩石 系列判别图解显示差绒—丁欧岩体为高钾钙碱性系 列岩石(图 5a),铝饱和指数判别图解显示黑云二长 花岗岩和二长花岗岩为弱过铝质花岗岩,石英闪长 岩为弱铝质—准铝质花岗岩(图 5b)。

#### 4.2 稀土元素和微量元素

稀土元素分析结果见表 2,稀土元素总量变化 较大, SREE 介于 72.79×10<sup>-6</sup>~264.89×10<sup>-6</sup>,轻稀土 含量在 65.59×10<sup>-6</sup>~242.82×10<sup>-6</sup>,重稀土含量在 6.51×10<sup>-6</sup>~22.07×10<sup>-6</sup>, LREE/HREE 值二长花岗 岩和黑云二长花岗岩为 9.11~19.57(平均为 12.64),石英闪长岩为 6.81~8.53(平均为 7.81), (La/Yb)<sub>N</sub>值二长花岗岩和黑云二长花岗岩为 6.76 ~26.79(平均为 16.7),石英闪长岩为 7.83~11.26 (平均为 8.91),表明二长花岗岩和黑云二长花岗岩 相比石英闪长岩的轻稀土元素更富集,轻稀土分馏



图 5 差绒—丁欧复式花岗岩 SiO<sub>2</sub>—K<sub>2</sub>O 图(a)(据 Pecerillo, 1976 和 Middlemost, 1985)和 A/CNK—A/NK 图(b)(据 Maniar et al., 1989)

Fig. 5 SiO<sub>2</sub> versus Na<sub>2</sub>O +K<sub>2</sub>O (a) (normalization values after Pecerillo, 1975 and Middlemost, 1985) and A/CNK versus A/NK diagram (b) (normalization values after Maniar et al., 1989) for the composite granites in Charong—Ding'ou

程度更高,分异更加明显;二长花岗岩和黑云二长花 岗岩的δEu为0.31~0.71(平均为0.52),石英闪长 岩的为δEu为0.58~0.84(平均为0.68)。其中二 长花岗岩与其他岩石相比稀土总量、(La/Yb)<sub>N</sub>值相 对较低。稀土元素经球粒陨石标准化后配分曲线呈 右倾(图6a)。从稀土配分曲线可以看出:各岩性单 元曲线形态具有相似性,反映其具有相同或相似的 岩浆来源和不同期次侵位等差异化的演化历程。

花岗岩微量元素分析结果见表 2,差统—丁欧 复式岩体各单元样品具有相似的微量元素分布型 式,原始地幔标准化的微量元素蛛网图(图 6b)呈 "W"型,均不同程度富集大离子亲石元素 Rb、K 和 高场强元素 Th、Zr、Sm,亏损大离子亲石元素 Ba、Sr 和高场强元素 Ti、Nb。但各单元岩石微量元素组成 仍有一定区别:二长花岗岩的 Ba、Sr、P、Ti 亏损最为 明显,指示其经历了显著的斜长石、磷灰石和钛铁矿 等的结晶分离作用;黑云二长花岗岩的 Rb、Th、K 富 集最为明显,石英闪长岩中的 P 元素 2 个样品富集, 三个样品亏损说明来源于地幔的岩浆已经受到了地 壳物质的混染, Nb 的亏损可能暗示岩浆来源于地

1567



图 6 差统—丁欧复式花岗岩稀土元素球粒陨石标准化配分模式图(a)(标准化值据 Taylor et al., 1986)和 微量元素原始地幔标准化蛛网图(标准化值据 Sun et al, 1989)

Fig. 6 Chondrite-normalized REE patterns (a) (normalization values after Taylor et al., 1986) and trace element spider diagram (b) (normalization values after Sun et al., 1989) for the Charong—Ding'ou composite granites

壳。二长花岗岩和黑云二长花岗岩的 Rb/Sr、Rb/Ba 值最高(分别为 0.44~3.05 和 0.14~1.36),指示其 分异演化程度较高。石英闪长岩的 Rb/Sr、Rb/Ba 值最低(分别为 0.18~0.46 和 0.13~0.26),指示其 分异演化程度较低。

5 讨论

#### 5.1 岩体形成时代

冈底斯弧背断隆带上的侏罗世花岗岩自西向东 分布较多,其中弧背断隆带东段:嘉黎地区布久岩体 的细粒黑云二长花岗岩为 187±10 Ma(西藏自治区 地质调查院<sup>2</sup>,2005)、门巴地区金达岩体的角闪石 花岗闪长岩年龄为198±0.3 Ma(吉林大学地质调查 院<sup>●</sup>,2005)、宁中岩体的白云母二长花岗岩年龄为 193±7 Ma(刘琦胜等,2006);科波熊岩体的黑云母 二长花岗岩的年龄为 161.16 Ma(吉林大学地质调 查院<sup>●</sup>.2005):西段:夏定勒岩体的中粒黑云二长花 岗岩年龄为 153.1±0.6 Ma(成都理工大学<sup>●</sup>. 2005),西部雄巴岩体的花岗闪长岩年龄为149±3 Ma(姜昕等,2010);中段:文部复式岩体的黑云母二 长花岗岩年龄为154.5±8.4 Ma(江西省地质调查 院●,2002),许如错岩体粗中粒似斑状黑云二长花 岗岩年龄为154.2 Ma(黄俊平等,2006),央雄勒复 式岩体的斑状白云母黑云二长花岗岩年龄为142 Ma(卢书炜,2006),松木果花岗岩体的斑状中粒黑 云二长花岗岩年龄为163 Ma(卢书炜,2006)。

可见冈底斯弧背断隆带中段—西段花岗岩年龄 多集中在晚侏罗世,东段年龄集中在早一中侏罗世。 差绒—丁欧复式花岗岩位于冈底斯中段,与区域上 较为一致。闫晶晶等(2017)已测得粗粒二长花岗 岩和闪长质暗色包体年龄分别为 155.1±0.7 Ma 和 155.7±0.7 Ma(距测区北西方向 38 km,为差绒--丁 欧复式花岗岩的西部延伸段),并认为暗色包体代 表了加入酸性源区并与之发生混合的基性成分本 身。所以该复式岩体中石英闪长岩和暗色包体的侵 位结晶时代较早;黑云二长花岗岩侵位结晶时代稍 晚,结合岩石学、地球化学特征、岩浆演化顺序,测年 结果的人为和仪器误差等因素,二长花岗岩侵位结 晶时代应该最晚。差绒—丁欧花岗岩应是一个同时 代不同期次侵入的复式岩体,为晚侏罗世侵位的大 型岩基,测年成果对冈底斯侏罗纪岩浆的构造—岩 浆演化具有重要意义。

#### 5.2 岩石成因、构造环境

在 I 型花岗岩中,其 P2O5随 SiO2增加而降低,

而在 S 型花岗岩中,其 P2O,随 SiO,增加而升高或基 本不变(Chappell, 1999)。在 SiO<sub>2</sub>—P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>图解中(图 7),绝大部分样品的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量主体显示出随 SiO<sub>5</sub>含 量的增加而降低的趋势,与I型花岗岩的演化趋势 较一致。且石英闪长岩的 Na, O 含量全部大于 2.2%, A/CNK 为 0.77~1.01, 平均为 0.89(小于 1.0),含少量或不含刚玉分子,已发现角闪石作为 判别 I 型花岗岩的特征矿物(邓晋福等, 2015b), 与 I型花岗岩的特征较一致(Chappell, 1974)。但岩相 学上二长花岗岩样品中已经发现有白云母和石榴子 石作为判别 S 型花岗岩标志的富铝矿物(邓晋福 等,2004), Na, O 含量都大于 3.2%, A/CNK 为 1.06 ~1.15,平均为1.1,刚玉分子含量为0.67%~ 1.87%,平均为1.24%(大于1%),明显的负 Eu 异 常(0.44~0.55,小于0.6),显示出S型花岗岩的特 征(Chappell, 1974)。



Fig. 7 Discrimination diagrams of petrogenetic types for the composite granites in Charong—Ding' ou (normalization values after Chappell, 1989)

区域上冈底斯弧背断隆带上的金达岩体(吉林 大学地质调查院<sup>●</sup>,2005)和夏定勒岩体(成都理工 大学<sup>●</sup>,2005)形成于俯冲背景,岩石类型分别为花 岗闪长岩和黑云二长花岗岩;而布久岩体(西藏自 治区地质调查院<sup>●</sup>,2005)、宁中岩体(刘琦胜等, 2006)、科波熊岩体(吉林大学地质调查院<sup>●</sup>,2005)、 松木果岩体和央雄勒岩体(卢书炜等,2006),巴嘎 岩体(和钟铧等,2005)均形成于碰撞环境,岩石类 型主要为黑云母二长花岗岩、白云母二长花岗岩、二 云母花岗岩等,时代集中在早侏罗世和晚侏罗世。 可见冈底斯弧背断隆带除了受到俯冲作用的影响 外,还受到了碰撞作用的影响,并且该带在中生代时 期主要处于碰撞构造背景(朱弟成等,2008)。所以 在晚侏罗世差绒—丁欧复式岩体早期以弱铝质—过 铝质的"I型"石英闪长岩和黑云二长花岗岩为特 征,形成于俯冲环境;晚期出现了过铝质的"S"型二 长花岗岩,形成于碰撞环境,该复式岩体并非产出于 单一的俯冲环境。

李永军等(2003)研究表明:微量元素是岩浆混 合作用和成岩这一过程的最好记录,壳幔两类岩浆 混合及成岩过程中,有显著的元素迁移和成分交换, 并形成独特的扩散作用。赵振华(1997)根据微量 元素的地球化学性质, Rb 为强不相容元素, 而 Ti 为 高场强元素,来自不同岩浆房成岩后,Rb/Ti的值变 化较大。差绒—丁欧复式花岗岩 Rb/Ti 的值为 0.01~0.48之间,比值变化较大,说明幔源基性岩浆 和壳源酸性岩浆已经发生混合岩浆作用。花岗岩中 出露的闪长质暗色包体还含有斜长石和石英,说明 岩浆流动性比较好,代表着幔源岩浆与壳源岩浆混 合的产物。在哈克图解上,随着 SiO,含量增加,TiO, (图 8a)、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(图 8b)、MgO(图 8d)、CaO(图 8e)含 量降低,而A/CNK(图8c)和Na,O+K,O(图8f)的含 量增加,总体都表现出线性的成分变化趋势,进一步 表明闪长质包体与石英闪长岩,黑云二长花岗岩和 二长花岗岩都具有同源岩浆演化的趋势。

冈底斯中带、北带及南带西段是经过多次再循 环形成的成熟的古元古代—中元古代地壳,且在花 岗岩成因中,地壳组分具有主要贡献(莫宣学等, 2005),中部拉萨地块很可能为具有古元古代—中 元古代古老基底的微陆块(Zhu Dicheng et al.,2009, 2011,2013;纪伟强,2009;姜昕等,2010)。闫晶晶等 (2017)通过锆石 Hf 同位素分析认为许如错岩体可 能来源于中部拉萨地块古老下地壳物质的重熔,并 可能有幔源物质的加入。而白云母花岗岩岩浆是由 再循环的表壳泥质沉积物的熔融作用产生的,没有 幔源物质的贡献(邓晋福等,1994,1996)。

结合岩石学、岩石化学特征,石英闪长岩和黑云 二长花岗岩应为幔源岩浆侵入到地壳基底岩石中, 洋壳俯冲产生热量使这种既有新生地壳又有古老基 底地壳构成的混合地壳发生重熔形成的壳幔混合产 物,而二长花岗岩应为壳源物质的部分熔融。

#### 5.3 地球动力学背景

班公湖—怒江洋准确的打开时间,尚无定论,但 打开时间应不晚于晚三叠世,其闭合时间,可能自晚 侏罗世开始:而雅鲁藏布洋的打开时间至少不晚于 晚三叠世,雅鲁藏布洋板块自中侏罗世开始向北俯 冲于拉萨地块之下(莫宣学等,2005),所以冈底斯 南北两侧在晚侏罗世受控于新特提斯洋壳向北和班 公湖—怒江洋壳向南双向俯冲的观点是可信的,岩 体中部呈串珠状分布明显是受东西向的逆冲断裂影 响以及二叠系围岩形成的复式背斜均是冈底斯微陆 块受到南北向挤压应力的证据。另外在晚侏罗世冈 底斯地区已经呈现出复杂的多岛弧盆系格局(朱弟 成等,2006),南北洋壳的双向剪刀式共同作用,才 可能引起冈底斯微陆块内部即缺乏火山作用的弧背 断隆带(陆块)与下察隅岩浆弧带(岛弧)发生陆— 弧碰撞(朱弟成等,2008)。在弧陆碰撞之前的洋壳 俯冲不仅引起了高压---超高压榴辉岩相变质作用. 而且引起了俯冲带之上的大洋弧或大陆弧岩浆作 用,伴有新生地壳生长(郑永飞等,2015)。洋陆转 换时岩浆弧的地壳即为新生地壳(邓晋福等, 2015a),它可能为双层结构,下地壳为镁铁质,上地 壳为长英质(邓晋福等,1996)。通常情况下过铝质 花岗岩是同碰撞早期的地壳缩短(Har ris et al., 1986; Eng land et al., 1992) 或后碰撞阶段地壳快速 隆升和伸展拆离的背景下因减压增温引起的部分熔 融的结果(Bellieni et al., 1996; Guillo t et al., 1995), 发育高钾钙碱性系列火成岩的造山带具正常—加厚 的陆壳(邓晋福等,2004)。

所以差绒—丁欧复式花岗岩可能的形成过程 为:南北洋壳俯冲时幔源岩浆提供热量诱发新生地 壳(岩浆弧地壳)的下地壳镁铁质成分发生重熔形 成"I"型石英闪长岩和黑云二长花岗岩,而弧陆碰 撞时,持续的碰撞作用使上地壳(岩浆弧)不断加厚 并导致区域重力均衡隆升,被板块俯冲卷入新生地 壳的泥砂质沉积岩(拉嘎组、昂杰组、下拉组组成的 长英质成分)在加热后抬升减压过程中发生部分熔 融,形成"S"型二长花岗岩。综上所述,推测冈底斯 带可能在152 Ma之间发生了一次构造背景体制的 转换,差绒—丁欧复式花岗岩完成了从俯冲—碰撞 过渡的演化历程。

# 6 结论

(1)获得中粗粒似斑状黑云二长花岗岩、石英 闪长岩中岩浆结晶锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 年龄分



Fig. 8 Harker diagrams of the Charong-Ding' ou composite granites (normalization values after Bhatia, 1983)

别为:152.0±1.3 Ma 和 155.4±2.7 Ma,时代为晚侏 罗世。差统—丁欧复式花岗岩为同时代不同期次的 岩浆活动产物,为晚侏罗世侵位的大型岩基。

(2)差绒—丁欧复式花岗岩为高钾钙碱性系列 岩石,早期为弱铝质—过铝质的"I型"石英闪长岩 和黑云二长花岗岩,为壳幔混合的产物,晚期为过铝 质的"S型"二长花岗岩;该复式岩体并非产出于单 一的俯冲环境。

(3)新特提斯洋壳向北和班公湖—怒江洋壳的 双向剪刀式共同作用,可能引起冈底斯地块内部发 生陆—弧碰撞,差绒—丁欧复式花岗岩在晚侏罗世 完成了从俯冲到碰撞的构造背景体制转换。

#### 注释 / Notes

- 江西省地质调查院. 2003.中华人民共和国 1:25 万区域地质调查 报告措麦区幅.
- 2 西藏自治区地质调查院.2005,中华人民共和国1:25 万区域地质 调查报告嘉黎县幅.
- 3 吉林大学地质调查院.2005,中华人民共和国1:25 万区域地质调查报告门巴区幅.
- 成都理工大学.2005,中华人民共和国1:25万区域地质调查报告 措勤县幅.
- ⑤ 成都理工大学.2005,中华人民共和国 1:25 万区域地质调查报告 赛利普幅.

#### 参考文献 / References

(The literature whose publishing year followed by a "&" is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a "#" is in Chinese without English abstract)

- 邓晋福,赵海玲,赖绍聪,刘厚祥,罗照华.1994.白云母/二云母花岗 岩形成与陆内俯冲作用.地球科学,19(2):139~147.
- 邓晋福,赵海玲,莫宣学,吴宗絮,罗照华.1996.中国大陆根—柱构造. 北京:地质出版社:1~110.
- 邓晋福,罗照华,苏尚国,莫宣学,于炳松,赖兴运,谌宏伟.2004.岩石 成因,构造环境与成矿作用.北京:地质出版社.
- 邓晋福,冯艳芳,狄永军,刘翠,肖庆辉,苏尚国,赵国春,孟斐,马帅, 姚图.2015a.岩浆弧火成岩构造组合与洋陆转换.地质论评,61 (3):473~484.
- 邓晋福,刘翠,冯艳芳,肖庆辉,狄永军,苏尚国,赵国春,段培新,戴 蒙.2015b.关于火成岩常用图解的正确使用:讨论与建议.地质论 评,61(4):717~734.
- 和钟铧,杨德明,王天武,郑常青.2005.冈底斯带巴嘎区二云母花岗 岩 SHRIMP 锆石 U Pb 定年.吉林大学学报(地球科学版),35 (3):302~307.
- 黄俊平,曹圣华,陈振华,廖六根.2006.西藏冈底斯中段晚侏罗—早 白垩世花岗岩特征.资源调查和环境,27(4):277~285.
- 纪伟强,吴福元,锺孙霖,刘传周.2009.西藏南部冈底斯岩基花岗岩时代与岩石成因,中国科学(D辑:地球科学),39(7):849~871.
- 姜昕,赵志丹,朱弟成,张凤琴,董国臣,莫宣学,郭铁鹰.2010.西藏冈 底斯西部江巴、邦巴和雄巴岩体的锆石 U-Pb 年代学与 Hf 同位 素地球化学.岩石学报,26(7):2155~2164.

- 康志强,许继峰,董彦辉,王保弟.2008.拉萨地块中北部白垩纪则弄 群火山岩:Slainajap洋南向俯冲的产物?岩石学报,24(2):303 ~314.
- 李小波,王保弟,刘函,王立全,陈莉.2015.西藏达如错地区晚侏罗世 高镁安山岩—班公湖—怒江洋壳俯冲消减的证据.地质通报,34 (2~3):251~261.
- 李永军,赵仁夫,李注苍,刘志武,李英.2003.岩浆混合花岗岩微量元 素成因图解尝试——以西秦岭温泉岩体为例.长安大学学报,25 (3):8~15.
- 刘琦胜,江万,简平,叶培盛,吴珍汉,胡道功.2006.宁中白云母二长 花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及岩石地球化学特征.岩石学 报,22(3):643~652.
- 卢书炜,任建德,白国典,杨俊峰,吕际根.2006.西藏尼玛县南部中晚 侏罗世松木果强过铝花岗岩带的发现及其意义.中国地质,33 (2):332~339.
- 莫宣学,董国臣,赵志丹,周肃,王亮亮,邱瑞照,张风琴.2005.西藏冈 底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息.高校地质 学报,11(3):281~290.
- 潘桂棠,陈智梁,李兴振,颜仰基,许效松,徐强,江新胜,吴应林,罗建 宁,朱同兴,彭勇民. 1997. 东特提斯地质构造形成演化.北京:地 质出版社:1~218.
- 潘桂棠,王立全,朱弟成.2004.青藏高原区域地质调查中几个重大科 学问题的思考.地质通报,23:12~19.
- 潘桂棠,莫宣学,侯增谦,朱弟成,王立全,李光明,赵志丹,耿全如,廖 忠礼. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化. 岩石学报, 22 (3):521~533.
- 闫晶晶,赵志丹,刘栋,王珍珍,唐演.2017.西藏中拉萨地块晚侏罗世 许如错花岗岩地球化学与岩石成因.岩石学报,33(8):2437~ 2453.
- 张旗,王焰,潘国强,李承东,金惟俊.2007.花岗岩混合问题及玄武岩 对比的启示—关于花岗岩研究的思考之一.岩石学报,23(5): 1141~1152.
- 赵振华. 1997. 微量元素地球化学原理. 北京:科学出版社.
- 郑永飞,陈伊翔,戴立群,赵子福.2015.发展板块构造理论:从洋壳俯 冲带到碰撞造山带.中国科学:地球科学,45:711~735.
- 朱弟成,潘桂棠,莫宣学,王立全,廖忠礼,赵志丹,董国臣,周长勇. 2006.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.岩石学报,22(3):534~546.
- 朱弟成,潘桂棠,王立全,莫宣学,赵志丹,周长勇,廖忠礼,董国臣,袁四化.2008.西藏冈底斯带侏罗纪岩浆作用的时空分布和构造环境.地质通报,27(4):458~468.
- Bellieni G, Cavazzini G, Fioretti A M, Peccerillo A, and Zantedeschi P. 1996. The Cima di Vila (Zinsnock) Intrusion, Eastern Alps: evidence for crustal melting, acid —mafic magma mingling and wallrock fluid effects. Mineralogy and Petrology, 56(1~2): 125~146.
- Bhatia M R. 1985. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones: a reply. The Journal of Geology, 93(1):85~87.
- Chappell B W, White A J R.1974. Two contrasting granite types. Pacific Geology, 8: 173~174.
- Chappell B W.1999. Aluminium saturation in I- and S-type granites and the characterization of fractionated haplogranites. Lithos, 46(3): 535~551.
- Coulon C, Maluski H, Bollinger C.1986. Mesozoic and Cenozoic volcanic rocks from central and southern Tibet: <sup>39</sup> Ar/<sup>40</sup> Ar dating, petrological characteristics and geodynamical significance. Earth and Planetary Science Letters, 79(3): 281~302.
- Deng Jinfu, Feng Yanfang, Di Yongjun, Liu Cui, Xiao Qinghui, Su Shangguo, Meng Fei, Ma Shuai, Yao Tu. 2015a&. Magmatic arc

and ocean—continent transition: Discussion. Geological Review, 61 (3):473~484.

- Deng Jinfu, Liu Cui, Feng Yanfang, Xiao Qinghui, Di Yongjun, Su Shangguo, Zhao Guochun, Duan Peixin, Dai Meng. 2015b&. On the correct application in the common igneous petrological diagrams: discussion and suggestion.Geological Review, 61(4):717~734.
- Deng Jinfu, Luo Zhaohua, Su Shangguo, Mo Xuanxun, Yu Bingsong, Lai Xingyun, Shen Hongwei. 2004&. Rock Formation, Tectonic Environment and Mineralization. Beijing: Geological Publishing House: 1~381.
- Deng Jinfu, Zhao Hailing, Lai Shaocong, Liu Houxiang, Luo Zhaohua. 1977& Generation of Muscovite/ Two-Mica granite and intracontinental subduction. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 19(2): 139~147.
- Deng Jinfu, Zhao Hailing, Mo Xuanxun, Wu Zongxu, Luo Zhaohua. 1996&. The Roots Plum Tectonics, Geotectonic Units of China Continent. Beijing: Geological Publishong House: 1~110.
- Ding Lin, Kapp P, Zhong Dalai, Deng Wanming. 2003. Cenozoic volcanism in Tibet: evidence for a transition from oceanic to continental subduction. Journal of Petrology, 44(10):1833~1865.
- Ding Lin, Lai Qingzhou. 2003&. New geological evidence of crustal thickening in the Gangdese block prior to the Indo—Asian collision. Chinese Science Bulletin,48(15):1604~1610.
- England P, Le Fort P, Molnar P, Pecher A. 1992. Heat sources for the Tertiary metamorphism and anatexis in the Annapurna – Manaslu region central Nepal. Journal of Geophysical Research, 97 (2): 2107~2128.
- Guillot S, Le Fort P. 1995. Geochemical constrains on the bimodal origin of High Himalayan leuco granites. Lithos, 35(3):221~234.
- Guynn J H, Kapp P, Pullen A, Heizler M, Gehrels G, Ding L. 2006. Tibetan basement rocks near Amdo reveal "missing" Mesozoic tectonism along the Bangong Suture, central Tibet. Geology, 34 (6): 505~508.
- Harris N B W, Pearce J A, Tindle A G. 1986. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. Geological Society, 19 (1):67~81.
- He Zhonghua, Yang Deming, Wang Tianwu, Zheng Changqing. 2005&. SHRIMP U-Pb Dating of Zircons from two mica granite in Baga Area in Gangdise Belt. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 35(3):302~307.
- Hoskin P W O, Black L P. 2000. Metamorphic zircon formation by solidstate recrystallization of protolith igneous zircon. Journal of Metamorphic Geology, 18(4):423~439.
- Hsu K J, Pan Guitang, Sengor A M C. 1995. Tectonic evolution of the Tibetan Platean: A working hypothesis based on the archipelago model of orogenesis. International Geology Review, 37(6):473 ~ 508.
- Huang Junping, Cao Sheng hua, Chen Zhenhua, Liao Liugen. 2006&. Geological characteristics and tectonic significance for late Jurassie early Cretaceous granite in middle Gangdise, Tibet. Resources Survey and Environment, 27(4): 277~285.
- Ji Weiqiang, Wu Fuyuan, Zhong Sunlin, Liu Chuanzhou. 2009 #. Geochronology and petrogenesis of granitic rocks in Gangdese batholith, southern Tibet. Sci China Ser. D——Earth Sci., 39(7): 849~871.
- Jiang Xin, Zhao Zhidan, Zhu Dicheng, Zhang Fengqin, Dong Guochen, Mo Xuanxue, Guo Tieying. 2010. Zircon U-Pb geochronology and Hf isotopic geochemistry of Jiangba, Bangba, and Xiongba granitoids in

western Gangdese, Tibet. Acta Petrologica Sinica, 26(7):  $2155 \sim 2164$ .

- Kapp P, DeCelles P G, Gehrels G E, Heizler M, Ding Lin. 2007. Geological records of the Lhasa—Qiangtang and Indo—Asian collisions in the Nima area of central Tibet. Geological Society of America Bulletin, 119(7~8):917~932.
- Kapp P, Yin A, Harrison T M, Ding Lin, Guo Jinghui, Murphy M A. 2003. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet. Tectonics, 22(4): 1029~1053.
- Kapp P, Yin A, Harrison T M, Ding Lin. 2005. Cretaceous—Tertiary shortening, basin development, and volcanism in central Tibet. Geological Society of America Bulletin, 117(7~8): 865~878.
- Li Yongjun, Zhao Renfu, Li Zhucang, Liu Zhiwu, Li Ying. 2003&. Origin discrimination of granitoids formed by mingled magma: Using a trace element diagram and examplified by Wenquan granites, Western Qinling. Journal of Changan University, 25(3):8~15.
- Liu Qisheng, Jiang Wan, Jian Ping, Ye Pengsheng, Wu Zhenghan, Hu Daogong. 2006&. Zircon SHRIMP U-Pb age and petrochemical and geochemical features of Mesozoic muscovite monzonitic granite at Ningzhong, Tibet. Acta Petrologica Sinica, 22(3): 643~652.
- Lu Shuwei, Ren Jiande, Bai Guodian, Yang Junfeng, Lu Jigen. 2006&. Discovery of the Mid—Late Jurassic Songmuguo strongly peraluminous granite belt in the southern part of Nyima County, Tibet, and its significance. Geology in China, 33(2):332~339.
- Maniar P D, Piccoli P M. 1989.Tectionic discrimination in of granitoids. Geological Society of America Bulletin, 01(635~643).
- Middlemost E A K. 1985. Magmas and Magmatic Rock. London: Longman; 1~266.
- Mo Xuanxue, Dong Guochen, Zhao Zhidan, Zhou Su, Wang Liangliang, Qiu Ruizhao, Zhang Fengqin. 2005 &. Spatial and temporal distribution and characteristics of granitoids in the Gangdese, Tibet and implication for crustal growth and evolution. Geological Journal of China Universities, 111(3): 281~290.
- Pan Guitang, Chen Zhiliang, Li Xingzhen, Yan Yangji, Xu Xiaosong, Xu Qiang, Jiang Xinsheng, Wu Yinglin, Luo Jianning, Zhu Tongxing, Peng Yongmin. 1997&. The Geologic Structure and Formation Evolution of the Eastern Tethys Region. Beijing: Geological Publishing House: 1~218.
- Pan Guitang, Wang Liquan, Zhu Dicheng. 2004&. Thoughts on some important scientific problems in regional geological survey of the Qinghai—Tibet Plateau. Geological Bulletin of China, 23(1): 12~ 19.
- Pan Guitang, Mo Xuanxue, Hou Zengqian, Zhu Dicheng, Wang Liquan, Li Guangming, Zhao Zhidan, Geng Quanru, Liao Zhongli. 2005&. Spatial—temporal framework of the Gangdese orogenic belt and its evolution. Acta Petrologica Sinica, 22(3):521~533.
- Peccerillo A, Taylor S R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contributions to Mineralogy & Petrology, 58(1):63~81.
- Scharer U, Xu Ronghua, Allegre C J. 1984. U-Pb geochronology of Gangdese (Transhimalaya) plutonism in the Lhasa—Xigaxe region, Tibet. Earth Planetary Science Letters, 69(2): 311~320.
- Searle M P, Windley B F, Coward M P, Cooper D J W, Rex A J, Li Tingdong, Xiao Xuchang, Jan M Q, Thakur V C, Kumar S. 1987. The closing of Tethys and the tectonics of the Himalaya. Geological Society of America Bulletin, 98(6):678~701.
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts; Implications for mantle composition and processes.

Geological Society Special Publication, 42(1):313~345.

- Taylor S R, Mclenann S M. 1986. The continental crust: its composition and evolution. The Journal of Geology,  $94(4):632\sim633$ .
- Wen Daren, Liu Dunyi, Chung Sunlin, Chu Meifei, Ji Jianqing, Zhang Qi, Song Biao, Lee Tungyi, Yeh Mengwan, Lo Chinghua. 2008. Zircon SHRIMP U-Pb ages of the Gangdese batholith and implications for Neotethyan subduction in southern Tibet. Chemical Geology, 252(3): 191~201.
- Whalen J B, Currie K L and Chappell B W. 1987. A-type granite: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. Contrib. Mineral. Petrol., 95(4):407~419.
- Yan Jingjing, Zhao Zhidan, Liu Dong, Wang Zhenzhen, Tang Yan. 2017 &. Geochemistry and petrogenesis of the Late Jurassic Xuru Tsobatholith in central Lhasa Terrane, Tibet. Acta Petrologica Sinica, 33(8):2437~2453.
- Zhang Qi, Pan Guoqiang, Li Chengdong, Jin Weijun, Jia Xiuqin. 2007&. Granitic magma mixing versus basaltic magma mixing: New viewpoints on granitic magma mixing process:some crucial questions on granite study. Acta Petrologica Sinica, 23(5): 1141~1152.
- Zhao Zhenhua. 1997&. Geochemical Principle of Trace Elements. Beijing: Science Press.
- Zheng Yongfei, Chen Yixiang, Dai Liqun, Zhao Zifu. 2015&. Developing plate tectonics theory from oceanic subduction zones to collisional orogens. Science China, Earth Sciences, 58(7): 1045~1069.

- Zhu Dicheng, Pan Guitang, Mo Xuanxue, Wang Liquan, Liao Zhongli, Zhao Zhidan, Dong Guochen, Zhou Changyong. 2006&. Late Jurassic—Early Cretaceous geodynamic setting in middle—northern Gangdese: New insights from volcanic rocks. Acta Petrologica Sinica, 22(3):534~546.
- Zhu Dicheng, Pan Guitang, Wang Liquan, Mo Xuanxue, Zhao Zhidan, Zhou Changyong, Liao Zhongli, Dong Guochen, Yuan Sihua. 2008&. Spatial—temporal distribution and tectonic setting of Jurassic magmatism in the Gangdise belt, Tibet, China. Geological Bulletin of China, 27(3):458~468.
- Zhu Dicheng, Pan Guitang, Zhao Zhidan, Lee Haoyang, Kang Zhiqiang, Liao Zhongli, Wang Liquan, Li Guangming, Dong Guocheng and Liu Bo. 2009. Early Cretaceous subduction-related adakite-like rocks in the Gangdese belt, South Tibet: Products of slab melting and subsequent melt—peridotite interaction? Journal of Asian Earth Sciences, 34(3): 298~309.
- Zhu Dicheng, Zhao Zhidan, Niu Yaoling, Mo Xuanxue, Chung Sunlin, Hou Zengqian, Wang Liquan and Wu Fuyuan. 2011. The Lhasa Terrane: Record of a microcontinent and its histories of drift and growth. Earth and Planetary Science Letters, 301(1~2): 241~ 255.
- Zhu Dicheng, Zhao Zhidan, Niu Yaoling, Dilek Y, Hou Zengqian and Mo Xuanxue. 2013. The origin and pre-Cenozoic evolution of the Tibetan Plateau. Gondwana Research, 23(4): 1429~1454.

# Petrogenesis of Charong—Ding' ou Composite Granites in Angren County, Gangdese Belt, Xizang (Tibet): Constraints from Geochemical Features and Zircon U-Pb Ages

QIN Zhen<sup>1,4)</sup>, SHE Pengtao<sup>2,4)</sup>, YI Pengfei<sup>1,4)</sup>, ZHANG Jijun<sup>2,4)</sup>, ZHANG Ruoyu<sup>2,4)</sup>,

YU Hengbin<sup>2,4)</sup>, YAO Xiaobo<sup>1,4)</sup>, KANG Qinqin<sup>3,4)</sup>

1) Shaanxi Mineral Resources and Geological Survey, Xi'an, 710068;

2) Shaanxi Hydrogeology Environmental Geology and Engineering Gelogy Survery Center, Xi'an, 710068;

3) Shaanxi Experiment and Geological Survey, Xi'an, 710068;

4) Shaanxi Institute of Geological Survey, Xi'an, 710054

**Objectives**: The magmatic activity of the Gangdese granite belt has a very complicated history. This research studies the petrology, petrogeochemistry and zircon U-Pb isotopic chronology of the composite granites in Charong—Ding'ou, in order to provide constraints for the Jurassic tectonic magmatic evolution process in this area.

**Methods**: On the basis of detailed field geological survey, the petrology, petrogeochemistry and zircon U-Pb dating , geochemistry and tectonic environment of the composite granites in Charong—Ding'ou were systematically studied.

**Results**: The type of rock mass of the composite granites in Charong—Ding' ou is quartz diorite, bioadamellite and monzonitic granite, and there is a abrupt contact relationship between the intrusions. The U-Pb isotope age of diorite was  $155.4\pm2.7$ Ma. The U-Pb isotopic age of the bio-adamellite was  $152.0\pm1.3$ Ma, all of which were late Jurassic. The rock geochemistry shows that all three are high-k and calc-alkaline series of rocks, the quartz diorite is weakly aluminum — quasi-aluminum, The bio-adamellite and monzonitic granite are aluminum — peraluminous. The bio-adamellite and monzonitic granite characterized by silicon—alkali enrichment and poor Ca, Mg, and Ti. The light rare earth elements more enrichment, light rare earth fractionating degree is higher, compared to quartz diorite<sub>o</sub> The differentiation characteristics of trace elements: the Ba, Sr, P Ti loss of monzonitic granite is obvious and The Rb, Th, K accumulation of bio-adamellite is most obvious. The Rb/Sr (0.18~0.46) and Rb/Ba (0.13~0.26) of quartz diorite indicate their evolution differentiation degree is low, compared to bioadamellite and monzonitic granite.

**Conclusions**: Charong—Ding' ou composite granites should be the same age with different stages complex rock mass, and early state is Type I quartz diorite and bio-adamellite with Type S monzonitic granite in late state. The compound rock mass is not from a single subduction environment and monzonitic granite may be from arc continental collision.

Keywords: Gangdese belt; composite granites; quartz diorite; monzonitic granite; back-arc fault uplift area; Crust—mantle mixing; arc—continent collision

First Author: QIN Zhen, male, born in 1988, engineer, mainly engaged in regional survey and mineral exploration.Email:qz05105135@163.com

Manuscript received on: 2018-01-09; Accepted on: 2018-08-08; Edited by: ZHANG Yuxu

Doi: 10.16509/j.georeview.2018.06.018

# 《地质论评》2018年第64卷总目次

#### 第1期

塔里木盆地西南部的三维密度扰动成像 杨文采,邱隆君,于常青,侯遵泽(1)
川东南构造应力场地质分析及构造变形成因机制讨论 唐永,周立夫,陈孔全,董晓霞,唐文军(15)
川东地区二叠纪—三叠纪界线地层地质与地球化学特征
印支期龙门山断裂带的逆冲—推覆构造和沉积响应
碳酸盐台地的类型、特征和沉积模式——兼论华北地台寒武纪陆表海—淹没台地的沉积样式
准噶尔盆地陆西地区石炭纪火山岩岩石学特征及其地质意义 张关龙,林会喜,张奎华,许文国(77)
新疆中天山古生代侵入岩浆序列及构造演化 李平,赵同阳,穆利修,王哲,黄剑,屈涛,凤骏(91)
赣南兴国东固高分异花岗岩成因及地质意义
北秦岭早古生代宽坪岩体两期花岗质岩浆锆石 U-Pb 年代学、地球化学及其地质意义
王江波,秦江锋,胡鹏,张良,赵友东,张泽中(127)
r-IPT <sub>a</sub> 与r-IPT <sub>v</sub> 在淡水沉积物脱氮速率研究中的对比分析 曾洪玉,阮晓红,李荣富,万宇,张亚平(141)
伊犁盆地蒙其古尔铀矿床含矿砂岩成岩蚀变特征及其有机—无机流体成岩成矿效应
丁波,刘红旭,李平,张虎军,张宾,潘澄雨,张晓(149)
坦桑尼亚乌本迪造山带的演化、金成矿作用研究进展及中国—坦桑尼亚造山型金矿床的异同
地质微生物响应地质环境变化的若干问题——兼论环境代用指标的应用 谢树成,杨欢,党心悦,王灿发(183)
渝北巫溪鱼鳞剖面灯影组鲕粒沉积特征及其地质意义 赵东方,胡广,张文济,王利超,李飞,谭秀成,连承波(191)
阴山东部卓资地区白垩系白女羊盘组火山岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄及其地质意义
常泽光,李明泽,周瑞,刘燕海,聂鑫(203)
粤东鸿沟山金矿区流纹斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年、Lu-Hf 同位素组成及其地质意义
范飞鹏,肖惠良,陈乐柱,李海立,蔡逸涛,康丛轩,朱意萍,刘建雄,邓中林,李少斌,林耿伟,周霞,肖凡(213)
过盖层断裂的垂向封闭性预测方法及其在冀中坳陷中的应用 胡春明,付广,展铭望(227)
长江三角洲北岸土体工程地质层组划分及其应用 苟富刚,龚绪龙,梅芹芹(237)
中国阿尔泰契巴罗依北奥陶纪基性岩锆石 U-Pb 年龄、成因及其地质意义 赵同阳,朱志新,韩琼,郑加行(247)
中国地质学会第十二次全国会员代表大会
中国地质学会第十二次全国会员代表大会在京召开
做好传统地质、建好绿水青山
中国地质学会第一届优秀女地质科技工作者奖揭晓
中国地质学会第一届优秀科普产品奖评选揭晓
中国地质学会先进集体、先进工作者
中国地质学会第40届理事会组织机构设置及人员组成