

文章编号: 1009-3850(2005)01-0100-11

# 1:25 万门巴区幅地质调查成果与进展

吉林大学地质调查研究院

(吉林 长春 130061)

**摘要:** 地层方面, 将原上二叠统蒙拉组重新厘定为前奥陶系松多岩群; 将旁多群解体; 将原桑巴群细分为马里组和桑卡拉侖组; 在嘉黎断裂带内发现了多尼组。岩石方面, 确定了发育于嘉黎断裂带中的超镁铁质—镁铁质岩为嘉黎缝合带内的蛇绿岩, 形成于晚三叠世; 发现冈底斯岩浆弧带上存在晚三叠世花岗岩; 沿色日绒—巴嘎一带发现了晚侏罗世二云母花岗岩; 在扎雪地区发现了钾玄质的浅成侵入岩; 证实了区内始新世火山岩的存在; 将区内的变质期划分为加里东期和燕山期两期, 并查明了其温压条件。构造方面, 发现了扎雪—门巴韧性变形带和色日绒—巴嘎脆韧性变形带; 确定测区构造至少经历 4 次不同层次的构造变形。

**关键词:** 1:25 万; 地质调查; 门巴区幅; 成果与进展; 西藏

中图分类号: P623.1<sup>+</sup>2

文献标识码: A

测区位置为  $E91^{\circ}30' - 93^{\circ}00'$ 、 $N30^{\circ}00' - 31^{\circ}00'$ , 面积为  $15967\text{km}^2$ , 游涉及西藏林周县、墨竹工卡县、那曲县、嘉黎县、工布江达县。测区北部西起那曲县谷露的北侧, 向东至嘉黎县的夏马以北一线, 向南越过冈底斯—念青唐古拉山主脊至墨竹工卡县的扎雪、门巴、工布江达县的金达一带; 西起林周县的塘古区一带, 向东到嘉黎县与工布江达县之间的乌嘎拉山峰。

## 1 地 层

1. 对测区内原上二叠统蒙拉组进行重点研究, 根据实测资料和区域对比, 将其重新厘定为前奥陶系松多岩群, 划分为 3 个岩组

原称蒙拉组的一套地层主要分布在测区南部扎雪—门巴—金达一带, 东西横贯全区, 为一套厚度巨大的碎屑岩, 局部夹有少量碳酸盐岩。岩石经绿帘角闪岩相—角闪岩相变质作用。详细的野外路线调查和剖面测制表明, 这套厚度巨大的变质碎屑岩层与其下部的中二叠统洛巴堆组的碳酸盐岩成明显的

断层接触, 而非沉积不整合接触。经野外详细调查和区域资料对比分析, 将其重新厘定为前奥陶系松多岩群, 自下而上划分为岔萨岗岩组、马布库岩组和雷龙库岩组。3 个岩组在该区成构造岩片叠置产出。

岔萨岗岩组( $AnOc$ )为片麻岩、片岩段, 岩层变质程度相对较深, 主要有夕线黑云斜长片麻岩、夕线石黑云石英片岩、绿帘角闪石英片岩和白云母斜长浅粒岩等, 厚度大于  $1503.9\text{m}$ 。

马布库岩组( $AnOm$ )岩层变质程度较深, 主要有黑云母片岩、石榴二云母片岩、石英岩和夕线黑云斜长片麻岩等, 在断裂带附近或两侧常有长英质糜棱岩、碎斑糜棱岩、糜棱片岩或构造角砾岩带出现。其下与岔萨岗岩组为断层接触。出露厚度大于  $1141.6\text{m}$ 。

雷龙库岩组( $AnOl$ )为石英岩、片岩段, 主要有浅色厚层的石英岩、白云母片岩、二云母片岩和石英片岩等。顶部以断层关系和二云花岗岩岩体接触, 其下与马布库岩组呈断层接触。该岩组多出露于向

斜核部,或以岩片断块局部出露。构造控制厚度 1059.36m。

2. 将旁多群解体,划分出诺错组、来姑组和洛巴堆组,并依据化石进一步厘定了来姑组和洛巴堆组的时代

(1)诺错组( $C_{1nc}$ )。该组受断层改造和岩体侵入影响而发育不好,仅出露于唐古-多其木近东西向断裂带之南。在门巴乡德宗温泉和择弄沟附近,受近东西向断裂影响均成东西走向的断片产出。实测资料表明,该区出露的岩层仅相当于正层型剖面诺错组下部的粉砂质板岩夹灰岩层。

(2)来姑组( $C_2-P_1l$ )。下段(亦称含砾砂质板岩夹砂质条带状大理岩段,图1)在层型剖面上

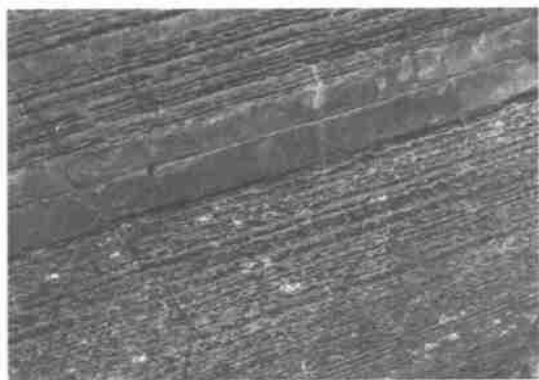


图1 来姑组下段砂质条带状大理岩

Fig. 1 Sandy banded marble in the lower part of the Laigu Formation

相当于该组的下部,主要由含砾砂质板岩夹长石英砂岩、中基性火山岩、火山碎屑岩;在上部含砾板岩中常夹有含砂质的碳酸盐岩透镜体层。在图幅内仅出露该岩段的上部或顶部层位,相当于含砾砂质板岩夹透镜状碳酸盐岩层段。中段主要分布于色日绒-巴嘎复式背斜的南北两翼,呈近东西向条带状展布,主要岩性为千枚状板岩、板状千枚岩,中间夹石英岩、变质长石英砂岩、变粒岩、石英片岩、云母片岩,有的层段离岩体较近处则变质程度很深,为各种片岩和斜长片麻岩。上段广泛分布于复式背斜两翼的次级向斜上,是该组分布最为广泛的岩段,该岩段是以含砾的细碎岩为主,如含砾的黑色板岩、砂质板岩等,中间夹有石英岩和碳酸盐岩透镜体。

来姑组虽然沉积厚度巨大,空间分布也最为广泛,但所含生物化石数量却很稀少,且多集中产出于上岩性段内。珊瑚: *Lophacarinophyllum* cf. *abnorme* Shi, ? *Amplexocarinia* sp., ? *Plerophyllum*

sp., ? *Allotropiaphyllum* sp.; 苔藓虫: *Strelelasøpara angustimarginalis* Hsia, *Meekopara prosseri* Ulrich, *Fenestella pulcherrima* Sch. -Nest., *F. microretiformis* Sch. -Nest., *Goniocladia* cf. *crassa* Morozova; 腕足: *Neospirifer crassotriatus* (sp. nov.), *Spiriferella rajah* (Salter), *Lomnimargus himalayensis* (Diener), *Kochiproductus yongzhuenensis* Wang, *Stenosisma purdoni* (Davidson)。该岩段的时代应为早二叠世。

(3)洛巴堆组( $P_2l$ )。该组在区内为一套沉积厚度较大,主要由碳酸盐岩组成,反映陆缘障壁岛型和浅海陆棚台地型碳酸盐岩的沉积环境,局部夹有活动岛弧型火山岩和火山碎屑,沉积厚度各处变化较大。采集到的苔藓虫: *Maychella* sp., *Fistuliramus bifidus* Yang et Hsia, *Ogbinopara planistipula* Hsia, *Reteporidra* cf. *grandis* Morozova, *Dybowskiella hupehensis* Yang, *Meekopora delicata* Sakagami, *Nikifervella explicata* (Gorjunova), *Strebolatrypa marmionensis* Etheridge, *Dyscritella vulgaformis* Hsia, *Dybowskiella lamellaris* Lu 等珊瑚: *Tachylasma* cf. *xiukangense* Liu, *T. magnum* Grabau, *T. magnum crassoseptatum* (subsp. nov.), *T. sp.*, ? *Svalbardphyllum* sp., ? *Plesaphyllum* sp., *Naoticophyllum typicum* Shi, *N. sp.*, *Soshki-neophyllum* aff. *xizangense* Lin; 腕足: *Costiferina spiralis* Waagen, *Reticularia indica* Waagen, *Athyris* sp., *Cleiothyrida roissyi* (Eeville)等。该组的时代应为中二叠世的茅口期。

3. 根据岩性变化将原桑巴群细分为马里组和桑卡拉侖组

马里组在层型剖面上厚度仅为 170m 左右,本次在凯蒙沟测得 3000 余米,并依据岩性的不同分为上下两段。上段也称砂岩、含砾砂岩夹粉砂岩段,主要由灰色、浅灰和灰白色中薄层状细—粗粒石英砂岩、长石英砂岩,含砾砂岩夹砾岩、粉砂岩和少量泥岩组成;下段也称砂岩和灰岩互层夹泥岩段,主要由灰色—青灰色中细粒石英砂岩夹粗粒长石英砂岩组成,夹青灰色微晶灰岩、泥晶灰岩和角砾状微晶灰岩,下部夹数层灰黑色粉砂质泥岩、碳质泥岩。

桑卡拉侖组在图幅内呈近东西向狭长条带状断块展布,出露面积为 32.4km<sup>2</sup>。岩性由浅灰、灰色、青灰至深灰色泥晶灰岩、泥晶生物碎屑灰岩、砾屑灰岩、砂屑亮晶灰岩夹钙质粉砂岩组成,为一套滨、浅海碳酸盐台地和斜坡相等浅水环境下的沉积,中间

夹有属滨岸环境下沉积的粗—细粒碎屑沉积层, 沉积厚度达598.90m。

4. 在查给附近的嘉黎断裂带内发现了多尼组

多尼组( $K_1d$ )在测区内分布局限, 只出露于嘉黎县巴嘎乡查给村后, 分布面积只有 $0.9\text{km}^2$ 的两条断层带之间呈透镜状的残片上, 上下均为断层所截, 出露地层只相当于多尼组中间一段含煤的碎屑岩层(图2), 为一套灰色、灰绿、深灰至黑色岩屑石英砂



图2 多尼组含煤碎屑岩

Fig. 2 Coal-bearing clastic rocks in the Duoni Formation

岩、长石砂岩、碳质粉砂岩和页岩, 局部夹含砾砂岩和砾岩透镜体, 下部为黑色薄层状碳质粉砂岩夹中厚层细砂岩, 其间夹有4层薄煤层和煤线。出露厚度为482.10m。在碳质粉砂岩中见有蕨类植物孢子: *Cyathidites*, *Lygodiumsporites*, *Steireisporites*, *Osmundacidites*, *Cingulatisporites* 和裸子植物花粉: *Taxodiaceapollenites*, *Inaperturopollenite*, *Pinaceae*, *Ginkgo*, *Classopollis*。推测其指示的地质时代为晚侏罗世—早白垩世。结合该组地层在图幅内出露的层位和岩性、岩相等特征, 该组的时代应为早白垩世早期的贝利阿斯—凡兰吟期可能性最大。

## 2 岩浆岩

对测区岩浆岩分布、类型、成因和时空关系等进行详细研究, 取得重要的进展。

1. 查清了发育于嘉黎断裂带中的超镁铁质—镁铁质岩的分布特征及性质, 确定了该套岩石为嘉黎缝合带内的蛇绿岩, 形成于晚三叠世

区内的蛇绿岩主要分布于嘉黎断裂内的凯蒙沟山脊和查给一带的山脊上(图3), 沿嘉黎断裂带呈线状断续分布。蛇绿岩岩石均发生强烈的蛇纹石化



图3 嘉黎断裂带中蛇绿岩

Fig. 3 Ophiolites in the Lhari fault

化、滑石化等, 各类岩石经断裂构造作用, 原生层理已不保存, 呈数平方米至数十平方米的小型岩块混杂堆积。岩块表面多呈碎裂状, 各种擦痕、镜面等错动构造十分发育。主要的岩石类型有蛇纹石化纯橄岩、方辉橄榄岩、单辉橄榄岩、橄辉岩、橄长岩和辉长岩等, 与标准蛇绿岩剖面相比缺少上部的枕状熔岩和硅质岩。蛇绿岩逆冲于拉贡塘组( $J_2-3l$ )粉砂岩、页岩之上。

区内蛇绿岩岩石化学分析结果及 CIPW 值计算结果表明, 该类岩石贫硅、贫碱, 而富铁、镁、钙,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量不稳定, 岩石多为  $\text{SiO}_2$  不饱和, 主要出现的是不饱和矿物橄榄石和饱和矿物辉石、长石类矿物。

方辉橄榄岩和单辉橄榄岩均遭受强烈的蛇纹石化和滑石化。  $\text{SiO}_2$  含量低, 平均为 39.35%; 全碱 ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 含量较低, 平均为 0.055%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  含量低, 分别平均为 2.24%、1.62%;  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  较高, 平均为 8.1%;  $\text{MgO}$  含量高, 在 30.18%~41.77% 之间;  $\text{Mg}^+$  为 0.91;  $\text{MgO}/\text{FeO}$  平均为 10.88。橄长岩  $\text{SiO}_2$  含量为 39.24%~39.46%, 平均为 39.35%; 全碱 ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 含量较低, 平均为 0.37%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  含量较高, 分别平均为 20.8%、14.01%;  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  较低, 平均为 3.79%;  $\text{MgO}$  含量高, 平均为 13.63%;  $\text{Mg}^+$  为 0.86;  $\text{MgO}/\text{FeO}$  平均为 5.46。辉长岩  $\text{SiO}_2$  含量为 39.98%~46.68%, 平均为 43.08%; 全碱 ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 含量平均为 0.38%, 低于世界和中国辉长岩的平均值 (4.15%);  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$  含量较高, 分别为 14.21%~18.25% (平均 16.2%) 和 18.10% (平均);  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  较低, 平均为 3.07%;  $\text{MgO}$  含量高, 平均为

11.49%;  $Mg'$  为 0.86 ~ 0.89;  $MgO/FeO$  平均为 5.72。从上述特点可以看出, 该区蛇绿岩的岩石组合从残余地幔岩的方辉橄榄岩、单辉橄榄岩到堆积的橄长岩、辉长岩, 它们的化学成分发生有规律的变化, 即  $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $K_2O + Na_2O$  的含量逐渐增加, 而  $FeO + Fe_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $Mg$ 、 $MgO/FeO$  的含量逐渐增加, 具有明显的岩浆结晶分异演化趋势。

蛇绿岩的稀土元素分析结果表明, 稀土总量和所有稀土元素含量均很低,  $\Sigma REE$  为  $(0.415 \sim 3.273) \times 10^{-6}$ 。从稀土元素配分图上可以看出, 区内的橄榄岩的稀土配分曲线呈平坦型, 轻稀土略有亏损, 轻稀土曲线稍有右倾, 这种现象可能与混有少量地壳物质有关; 重稀土相对富集, 具有明显的正铈异常, 曲线上凸明显。橄长岩与橄榄岩的稀土配分型式基本一致, 只有其铈的正异常更明显些, 这可能是由于岩石中含有斜长石而造成。辉长岩则都表现为左倾式的曲线型式, 轻稀土亏损, 重稀土相对富集, 具有较明显的正铈异常。蛇绿岩稀土元素含量及配分型式图与 Trodos 蛇绿岩基本一致, 区内的蛇绿岩原岩可能来源于亏损地幔岩。

蛇绿岩微量元素特征明显, 与地壳平均含量相比较, Ba、Rb、Sr、Ga、Ta、Zr、Th、U 等均处于亏损状态; 而 Cr、Ni、Co 有不同程度的富集, 其中 Cr 最大的富集达地壳平均值的 22 倍, Ni 可高出地壳平均值的 56 倍, Co 则与地壳平均值相当, 最高高出地壳平均值的 7 倍。微量元素蛛网图中, 除 Rb、Ba、Sr 外, 其余的微量元素与与原始地幔相比均呈亏损状态, 也说明本区的蛇绿岩的原岩可能来自亏损的地幔岩。

凯蒙沟蛇绿岩的发现验证了嘉黎断裂带的确为一条重要的板块缝合带, 尽管该蛇绿岩套由于后期断层的破坏出露并不完整。凯蒙蛇绿岩系由蛇纹石化纯橄岩、方辉橄榄岩、单辉橄榄岩、橄辉岩、橄长岩和辉长岩等组成。在  $Al_2O_3$ - $CaO$ - $MgO$  图解中, 橄榄岩投影点落于不同的位置, 其中的方辉橄榄岩投影点落入变质橄榄岩区内, 单辉橄榄岩的投影点落于超镁铁质堆积岩区内, 而蚀变橄榄岩投影点则落入镁铁质堆积岩区附近。说明区内的橄榄岩是以堆晶橄榄岩为主。3 个辉长岩样品及橄长岩样品投影点无一例外的落入镁铁堆积岩区内, 表明了该类岩石的堆积成因。因此, 该区的蛇绿岩可能主要为堆积成因。

利用不相容元素成岩构造环境判别图可以看出该区的蛇绿岩为处于岛弧-弧后盆地构造环境下的地幔岩。在构造环境玄武岩的 Hf-Th-Nb 判别图解

上, 所有点均落入岛弧拉斑玄武岩区。大离子亲石元素 Rb、Ba、Sr 等的富集说明岩浆在上升过程中受到俯冲洋壳析出的熔体和上地壳物质的同化混染。

14 个样的加权平均值测年结果 (218.2 ± 4.6 Ma, MSWD = 4.61) 表明, 凯蒙沟蛇绿岩形成于晚三叠世。该时代蛇绿岩的出现表明嘉黎弧后洋盆的洋壳在晚三叠世就已产生, 而不是以前普遍认为的早侏罗世。

## 2. 发现冈底斯岩浆弧带上存在晚三叠世花岗岩

门巴地区晚三叠世花岗岩分布于冈底斯-念青唐古拉火山岩浆弧弧背断隆上, 为一近东西向展布的复式岩带, 侵位于前奥陶系松多岩群中。接触带岩石侵入变形特别明显, 发育较弱的叶理构造, 叶理面平行接触带, 向岩石内部逐渐减弱。岩性主要为黑云角闪花岗闪长岩和黑云母二长花岗岩。前者分布面积较大, 角闪石<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 测年获得 215 Ma 的年龄; 后者限于门巴以南, 面积较小, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 207 Ma<sup>[1]</sup>。这些测年数据表明在冈底斯带上存在晚印支期岩浆活动。

$SiO_2$  含量变化于 62.76% ~ 74.1%,  $K_2O + Na_2O$  变化于 5.02% ~ 7.18%, 且有增加之趋势。在  $SiO_2$ - $K_2O + Na_2O$  图解中投影点均落入钙性岩区, 为钙碱性岩石。 $K_2O/Na_2O$  为 0.83 ~ 1.46, 平均 1.13, 相对富钾。 $Al_2O_3$  为 13.27% ~ 15.53%;  $A/CNK$  为 0.86 ~ 1.14, 平均为 1.0。按照 Manal. 的分类, 花岗岩位于准铝和过铝质界线的周围, 落入岛弧型 (IAG) 和陆弧型 (CAG) 范围。在  $R_1$ - $R_2$  图上, 样品大部分投入 2 区, 为板块碰撞前构造环境, 1 个点投入 1 区, 具地幔分异特征。 $\Sigma REE$  为  $(99.5 \sim 294.72) \times 10^{-6}$ , 平均为  $173.72 \times 10^{-6}$ , 普遍低于上地壳总量平均值 ( $210 \times 10^{-6}$ )。LREE/HREE 为 6.0 ~ 18.0, 轻稀土富集, 但轻重稀土分异程度较低。 $\delta Eu$  为 0.46 ~ 0.89, 平均为 0.76, 具弱至中等的负异常。稀土元素的配分曲线显示非常一致右倾, 反映两种岩石形成环境的同源性和构造环境相似性。以洋脊花岗岩作标准化, 微量元素在配分曲线上显示 Rb、Th 的峰和 Nb、Ta 的谷, 以富 K、Rb、Ba、Th 等大离子亲石元素及亏损 Nb、Ta、Y、Yb 等高场强元素为特征, 显示出与俯冲作用有关火成岩的地球化学特点。对微量元素作 Nb-Y 和 Rb-Y+Nb 图解投影, 样品投影点均落在岛弧花岗岩 (VAG) 区内。在 Rb-Hf-Ta 图解中, 样品同样落入火山弧花岗岩范围。因此可以肯定, 在冈底斯火山岩岩浆弧带上存在晚印支期岛弧花岗岩。考虑到洋壳的形成与洋壳俯

冲作用以及俯冲作用和具岛弧特征岩浆形成之间时间差,可以推测新特提斯洋在晚三叠纪之前就已打开。这一发现揭示新特提斯洋在晚三叠世或者更早就已俯冲。

冈底斯岩浆弧带被认为是新特提斯洋向冈底斯板块俯冲消减陆陆碰撞的产物,但对新特提斯洋何时由扩张转为俯冲消减的研究比较薄弱。一般认为出露在拉萨地块南部的晚侏罗世桑日期是新特提斯洋俯冲的开始,但近年来已有证据表明,冈底斯岩浆弧带存在更老的岩浆活动。因此,这一成果是对冈底斯地区构造岩浆演化研究的一项重要进展。

3. 沿色日绒—巴嘎一带发现了晚侏罗世二云母花岗岩

二云母花岗岩出露于嘉黎断裂带南侧的冈底斯弧背断隆带上,沿色日绒—巴嘎东西向断层呈串珠状分布,侵入到来姑组( $C_2-P_1I$ )的板岩、大理岩、片岩之中。从西向东由3个小岩体组成,其中巴嘎岩体最大,基岩出露良好,但破碎强烈,风化严重。镜下观察表明,岩石受后期韧性剪切作用已出现弱糜棱岩化。色日绒—巴嘎二云母花岗岩的 $SiO_2$ 含量为72.79%~73.66%, $Al_2O_3$ 为13.6%~14.36%, $CaO$ 为0.88%~1.25%, $Na_2O$ 为2.17%~2.79%, $K_2O$ 为5.02%~6.04%; $ACNK$ 为1.14~1.17,均大于1.1。标准矿物计算中均出现刚玉分子,为2.1%~2.7%,不含暗色包体,为典型过铝质岩石(SP)。 $K_2O/Na_2O$ 平均为2.15,相对富钾,为低钙、高钾、过铝质钙碱性花岗岩,具地壳重熔型花岗岩特点。岩石稀土总量在 $(96.12 \sim 188.89) \times 10^{-6}$ 之间,稀土配分曲线右倾,具轻稀土富集,重稀土亏损的特点。 $\Sigma u$ 为0.50~0.64,具中等的负铕异常。样品在Pearce微量元素蛛网图上呈锯齿状,具碰撞型花岗岩的特征。在 $Rb-(Y+Nb)$ 图解上样品均落入同碰撞花岗岩环境。

对样品进行了15粒锆石16个点的分析,大致可分为3组。第一组所测点为2个继承锆石的核,它们具有较低的 $U$ 值(分别为 $135 \times 10^{-6}$ 和 $154 \times 10^{-6}$ )和较高的 $Th/U$ 比值(分别为0.4和0.67)。 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄值分别为2809Ma和 $2416 \pm 26$ Ma,分别代表继承锆石的最小年龄,这是目前冈底斯带上所显示的最老年龄信息,暗示花岗岩熔融的母岩有太古宙的地壳物质。第二组所测点亦为锆石的核,同样它们也具有较低的 $U$ 值和较高的 $Th/U$ 比值, $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄值在1120Ma~1489Ma之间,加权平均年龄为 $1244 \pm 14$ Ma<sup>[3]</sup>,与区域上念青唐古拉群变

质原岩的年龄相当,表明二云母花岗岩与念青唐古拉群之间存在一定的亲缘性,后者可能是二云母花岗岩的主要源区。第三组数据的所测点为锆石核的边,8个测年点所获年龄数据在 $139.2 \pm 6$ Ma~ $245 \pm 10.7$ Ma之间,较为分散,但多位于 $U-Pb$ 谐和线上,说明没有或仅有较少的 $Pb$ 丢失。根据锆石的特点和年龄值又可分为两个亚组:一亚组具较高的 $U$ 值和变化较大的 $Th/U$ 比值,年龄值在245~170Ma之间,较为分散,它们多横跨于老核和岩浆锆石的生长层上,可能为混合年龄;另一亚组年龄数据的测年点也位于锆石边,其BSE影像更亮, $U$ 值更高,且有相似的 $Th/U$ 比值,所获年龄为 $139.4 \pm 6.0$ Ma和 $139.2 \pm 6.0$ Ma,加权平均为 $139.3 \pm 8.3$ Ma。这一数据与以前在冈底斯带上获得的浅色花岗岩的年龄一致,应是该区二云母花岗岩的结晶年龄。

冈底斯北侧的班公湖—怒江弧后洋盆裂离于晚三叠世,早中侏罗世由北往南发生俯冲消减,于晚侏罗世—早白垩世之间闭合碰撞。冈底斯南侧的雅鲁藏布江新特提斯洋从石炭纪开始裂解,俯冲作用从晚三叠世就已开始,在古近纪开始闭合碰撞。因此,笔者认为导致晚侏罗世地壳局部熔融和岩浆侵位的驱动力是雅鲁藏布新特提斯洋向冈底斯微陆块俯冲,同时羌塘地块向冈底斯微陆块俯冲消减导致班公湖—怒江弧后洋盆闭合,两者的共同作用使冈底斯带地壳挤压增厚,在加厚过程中中下地壳的变质岩部分熔融。冈底斯带上普遍缺失晚三叠—早侏罗世的沉积记录,说明冈底斯带此时已有相当规模的隆升。二云母花岗岩呈东西向串珠状分布,明显受断层控制,说明挤压作用形成的逆冲断层和褶皱可能是增厚的主要原因。

4. 在冈底斯弧背断隆带扎雪地区发现了钾玄质的浅成侵入岩

冈底斯弧背断隆带扎雪地区发现了钾玄质浅成侵入岩<sup>[3]</sup>,岩性主要为石英二长斑岩。该岩体侵入于松多岩群( $A_{nO}$ )和来姑组( $C_2-P_1I$ )中,后又被同时代的火山岩呈火山沉积不整合覆盖。在扎雪北部的长木杠岗地区采集了石英二长斑岩的同位素年龄样品,获得54.42Ma的 $K-Ar$ 年龄值,时代为始新世。

始新世钾玄质的浅成侵入岩主要岩石类型为石英二长斑岩。较富 $SiO_2$ ,含量均在67.04%以上;富铝和碱质, $Al_2O_3$ 含量在14.12%以上,而 $Na_2O+K_2O$ 含量为9.64%~10.28%, $\delta$ 为3.52~4.4,为碱性岩。铁镁钛和钙相对较贫, $MgO$ 为0.5%~0.62%,

CaO为1.1%~2.12%, TiO<sub>2</sub>为0.45%~0.53%。标准矿物计算结果显示,岩石中出现过饱和矿物石英,饱和矿物长石和辉石类矿物,属正常类型岩石。分异指数(DI)较高,均在85.70以上,说明始新世侵入岩的分异程度较好。在全碱-SiO<sub>2</sub>分类图上,样品均落入石英二长岩区和花岗岩与石英二长岩的分间线上,表明石英二长斑岩和二长花岗斑岩存在过渡关系。石英二长斑岩的K<sub>2</sub>O含量高,在6.25%以上, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O比值在1.8~2.0之间,为钾质岩石,在K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图上,投影点均落入钾玄质系列范围,为典型的钾玄质系列岩石。

石英二长斑岩的稀土总量较高,均在 $268.00 \times 10^{-6}$ 以上,在稀土配分曲线上显示轻稀土富集;重稀土亏损,  $(La/Yb)_N = 13.4 \sim 17.29$ , 稀土分馏程度中等。 $\Sigma u = 0.61 \sim 0.85$ , 存在弱至中等的负铈异常,反映该钾玄质侵入岩在演化过程中分异程度较高,存在斜长石的分异结晶作用。岩石的微量元素含量与地壳各元素平均值比较, Ba、Sr、Ga等基本与地壳平均值相当,而 Rb、Zr、Y、Th、U 均显示富集,只有 Y 和 Ta 显示亏损状态。从石英二长斑岩微量元素的原始地幔归一化图解可以看出, Rb、Th、Hf 在图解上呈明显的峰,而 Ba、Sr 呈明显的谷,另外还存在 Nb-Ta 槽,具清楚的锯齿状,明显的 Nb-Ta 类似于“岛弧”环境的岩石特征。而大离子亲石元素 Ba、K 和高场强元素 Hf、Zr 的相对富集则反映了板内钾玄岩的特点,具有岛弧和板内火成岩的双重地球化学特点。蛛网图特点与青藏高原上广泛发育的碰撞后火成岩极其相似。

大量的研究表明,钾玄质系列岩石主要起源于俯冲作用有关的富钾和 LILE 的交代地幔,一般发育于大洋岛弧,也可形成于大陆弧和后碰撞环境,只有少数产于板内环境。石英二长斑岩体在 Zr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>图解上全部落入大陆弧和后碰撞弧环境;在 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 中酸性侵入岩构造环境判别图解上,全部落入造山晚期环境,与欧洲海西期一些晚造山的次碱性深成岩体相当。

冈底斯火山岩浆弧带是新特提斯洋俯冲消减碰撞的产物,其上广泛发育的林子宗群火山岩被认为是大洋俯冲体制向大陆碰撞体制转换的岩石记录。根据岩性变化、不整合关系和年代学证据,林子宗群由下而上分为典中组(64.47~60Ma)、年波组(56.51Ma)和帕那组(53.32~43.93Ma),其中年波组的下部和中部为流纹质-英安质火山碎屑岩,上部为钾玄岩及玄武安山岩。从时间上看,扎雪石英二

长斑岩(54.42Ma)和年波组(56.51Ma)相当,其地球化学特征和年波组上部的钾玄岩及玄武安山岩极其相似,因此应为同时异相的产物,是印度板块和欧亚板块后碰撞阶段引起地壳加厚的结果。

5. 查明了区内始新世火山岩的层序、岩石类型、接触关系及岩石地球化学特征,初步划分了喷发韵律,获得了45.6~38.18Ma(K-Ar法)年龄,证实了该套火山岩为始新世火山作用的产物

林子宗群帕那组火山岩分布于林周县扎雪地区,东西长约75km、南北宽约42km,面积约3150km<sup>2</sup>,呈一椭圆状的火山岩盆地。帕那组火山岩呈角度不整合覆于前奥陶系松多群、石炭一二叠系来姑组和石英二长斑岩岩体之上。火山岩中除含有变质岩的岩屑外,其底部还见有少量石英二长斑岩碎块,不整合面特征十分明显。帕那组火山岩的岩石类型比较复杂,主要由流纹岩、粗安岩、安粗岩夹安山岩、安山玄武岩及其相应的熔结凝灰岩组成,局部含有少量的角砾凝灰岩和凝灰质粉砂岩。总体上以流纹岩、安粗岩及相应的熔结凝灰岩为主,约占整个火山岩的80%以上。晶屑(斑晶)由斜长石、钾长石、石英和黑云母组成,熔岩的基质为霏细质的长英质矿物组成,而火山碎屑岩除晶屑外还含有大量的塑性玻屑、岩屑和火山灰。火山喷发的韵律均由爆发相开始,喷溢相结束。

在TAS图中,帕那组火山岩的成分点大部分落入流纹岩和粗面英安岩区内,一个安山岩样品的成分点落入英安岩区边部,玄武安山岩的成分点落入玄武粗安岩区内。暗示帕那组火山岩不论何种岩性都相对富碱。帕那组火山岩SiO<sub>2</sub>含量为53.88%~76.40%,平均为69.59%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为12.13%~17.34%,平均为14.55%; K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O为6.0%~10.99%,平均为8.78%; K<sub>2</sub>O为2.9%~9.2%,平均为55.775; K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O为0.94~5.14,平均为2.07。在K<sub>2</sub>O-SiO<sub>2</sub>图中,帕那组火山岩成分点有5个样品落入高钾钙碱性岩(HK-CA)区内,而9个样品投影点落入钾玄质岩(SHO)区内。在K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O图中,帕那组火山岩成分点则全部落入钾玄岩质和超钾质岩区内。A/CNK值均大于0.81,有3个样品的A/CNK值大于1.1,属于强过铝质和过铝质岩石。综合上述可以看出,帕那组火山岩岩石化学特征显示出地壳已经加厚的构造环境。

帕那组火山岩的稀土元素含量较高,REE为(163.31~400.43)×10<sup>-6</sup>,平均为260.47×10<sup>-6</sup>; Eu值为0.3~0.85; (La/Yb)<sub>N</sub>值为7.79~26.76,平

均值为14.47。稀土配分曲线呈轻稀土富集的右倾形式,斜率较大,并具有中等—强烈的负铕异常。根据帕那组火山岩中大面积的流纹质岩的喷发特征,其产生负铕异常的原因可能是陆壳大规模熔融过程中,斜长石作为难熔相残留下来所致。从帕那组火山岩微量元素蛛网图可以看出,Rb、Th强烈富集,Ta、Ba、U相对富集,而Y、Yb、Sr等相对亏损,这种特征可能暗示该火山岩的形成与俯冲作用有关。

发育于扎雪地区的帕那组火山岩以流纹质—粗安质火山岩为主,与下覆地层(岩体)均呈不整合接触关系。火山岩中全岩K-Ar年龄值为38.18~45.14Ma。由于帕那组火山岩均呈角度不整合关系覆于老岩层(体)之上,受后期的热扰动极弱,因此认为,该年龄的可信度较高,并且与西部该组火山岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄相近,证实了扎雪地区帕那组火山岩形成于40Ma前后。全岩K-Ar年龄在40Ma左右。

### 3 变质岩

区内的变质期划分为加里东期和燕山期两期。

(1)加里东期变质作用主要为3期,并与变晶作用符合。第一期变形作用较弱,主要见于松多群中。其表现为石榴石变斑晶中的包体定向构造—残缕结构。该期变形的片理已经改变方向,它们与第二期变形呈一定的交角,其交角约为 $42^\circ$ 左右。第二期变形作用为该区的主变形期,区域变质岩的片理均为该期变形作用所形成。区域性的片理、片麻理产状均为东西向或近东西向。该期变形的特点是,大部分片理面与原岩的变余层理面平行或有较小的交角,但较大程度上改变了第一期变形作用形成的片理,两者之间形成了较大的交角。第一期变形作用形成的片理受到了第二期变形作用的改造,但程度较低,残留的第一期变形形成的片理仍有部分残留,可以识别。其中的第一期与第二期片理的夹角为 $60^\circ \sim 90^\circ$ ,与前述的有较大的差别,说明该区不同地带的变质变形作用有所差别。区内石榴云母片岩中的石榴子石变斑晶是与第二期变形同时形成的,但由于石榴子石生长较快,所以可见石榴子石推开片理生长或发生旋转。该期在不同的岩石中有不同的变质矿物组合。变泥砂质岩石的矿的共生组合为石榴子石+黑(白)云母+石英+斜长石;变质的粘土—白云岩的混合物形成的角闪斜长片麻岩的矿物组合为(普通辉石)+角闪石+斜长石+石英+石榴子石;变碳酸盐岩的矿物组合为方解石(白云石)+

石英+透辉石+绿帘石+绿泥石;变质砂岩和变泥质粉砂岩的矿物组合为绢云母+石英+黑云母+白云母+斜长石等。第三期变形作用主要发生在片岩中,它们的特点是在区域主片理面上又叠加了折劈理,折劈理的褶皱纹理的倾伏向为北东向,倾伏角约 $25^\circ \sim 45^\circ$ 之间。

根据现有的地质温压计研究成果,结合该区变质岩的矿物组合特点,选用了石榴子石—黑云母地质温压计、角闪石—斜长石地质温度计、石榴子石—角闪石地质温压计、单斜辉石—角闪石地质温度计和Thompson(1996)的共生的石榴子石—黑云母地温计的计算公式,对区内的松多群变质岩做了投影和计算。区内的区域变质作用的温度在 $450 \sim 605^\circ\text{C}$ 之间,平均为 $536.4^\circ\text{C}$ ;压力在 $0.93 \sim 1.15\text{GPa}$ 之间,其平均为 $1.06\text{GPa}$ 。从上述估算的温压条件可以看出,主期变质作用的温度较低,相当于绿帘角闪岩相—低角闪岩相的变质作用温度;但其变质作用压力较高,属中高压变质作用。因此,该区的变质作用应属于低温动力变质—低中温动力热流变质作用类型。

(2)燕山期变质作用的受变质地层为石炭—二叠系、侏罗系,主要为一套陆源碎屑岩、灰岩夹少量的火山岩,它们经受了燕山期区域变质作用的改造,变成了变质砂岩、石英岩、千枚岩、板状千枚岩和板岩。其矿物组合为:变砂岩和石英岩的石英+绢云母+少量长石,千枚岩及板状千枚岩的绢云母+石英+绿泥石(局部含黑云母雏晶),结晶灰岩或大理岩的方解石+少量石英+生物碎屑,变质火山岩的晶屑+绢云母+火山灰,板岩的石英+绢云母+绿泥石+泥砂质物资。因此,该区燕山期变质作用程度为绿片岩相。

### 4 构造

1.发现了扎雪—门巴韧性变形带和色日绒—巴嘎脆韧性变形带

(1)扎雪—门巴韧性变形带主要发育在松多岩群及扎雪—门巴晚三叠世黑云角闪花岗闪长岩、黑云二长花岗岩之中。西部被古近系帕那组角度不整合覆盖,中部门巴一带被古近纪巨斑状黑云母花岗岩侵入。沿韧性剪切带存在着明显的强弱变形域间隔产出的频率变化,强变形域一般形成糜棱岩、糜棱片岩,而弱应变域则形成糜棱岩化岩石及未变形岩石。该韧性剪切带由3条这样的强带和弱带组成,其中在门巴北部表现最为典型。根据岩石野外变质变形

特点及室内镜下鉴定结果, 韧性变形带内所形成的构造岩主要有构造片麻岩、糜棱岩、长英质糜棱岩、长英质糜棱片岩(构造片岩)(图 4)。

韧性剪切带中的糜棱叶理构造十分发育, 由于受后期构造活动及侵入岩的影响, 糜棱叶理产状变化较大, 但总体北倾, S-C 组构和不对称眼球状构造显示出该剪切带具有左行斜向逆冲运动性质。剖面上具由北而南逆冲推覆性质, 说明该韧性剪切带是一条由北而南的逆冲推覆兼具左行走滑的斜冲韧性剪切带。

经 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素测年, 获得年龄  $209 \pm 6.9 \text{ Ma}$ , 说明岩体是在晚三叠世结晶形成, 变质变形应发生在晚三叠世之后。同一样品的黑云母 Ar-Ar 年龄为  $105 \text{ Ma}$ 。结合区域资料, 区内白垩纪之前的地层普遍发生了低绿片岩相到高绿片岩相的变质变形作用。可以推断, 在侏罗纪末青藏高原存在一次重要的构造热事件, 扎雪-门巴韧性变形带是这一次构造热事件的反映, 这次构造活动可能与班公湖-怒江弧后洋盆的闭合碰撞有关。

(2) 色日绒-巴嘎脆韧性变形带近东西向延伸, 西起拉屋, 东至那补共卓, 全长 100 余公里。推测近东西向的色荣藏布应是该断层带的南界。由于南北向断层和北西向断层破坏, 断层沿走向并不连续。变形带内的岩石组合主要为石榴黑云斜长片麻岩、

黑云斜长片麻岩, 黑云母片岩、二云石英片岩, 条带状绿帘石英大理岩等。晚侏罗世的二云母花岗岩侵入其中, 但同时也被卷入变形, 出现碎裂化花岗岩和糜棱岩化花岗岩。

该剪切带的面理为透入性流劈理, 由于受后期构造变形作用的影响已褶皱变形, 但总体显示东西走向, 面理总体倾向北, 倾角  $25^\circ \sim 75^\circ$ 。劈理面上普遍发育拉伸线理, 拉伸线理由长英质布丁、石英岩布丁构造组成(图 5), 产状随劈理面变化。在韧性剪切带中主要发育“A”型褶皱, 由此可以判断该剪切带为由北向南的逆冲型韧形剪切带。

沿韧性剪切带呈由西向东串珠状分布了落龙花岗岩、空仓屋二云母花岗岩、帕绒二云母花岗岩、切苦二长花岗岩、胡糖二云母花岗岩、巴嘎二云母花岗岩, 再向东呈大面积的复式岩基出露, 主要为二云母花岗岩、黑云母花岗岩和二长花岗岩。这些花岗岩体侵位于色日绒-巴嘎复式背斜核部, 并且普遍发生碎裂化和糜棱岩化, 显然受色日绒-巴嘎韧性变形带控制。该变形带的变形程度并不太强, 而是一条脆韧性变形带, 其形成环境与扎雪-门巴韧性变形带基本一致, 为中绿片岩相到高绿片岩相的变质变形环境。该韧性变形带中糜棱岩化二云母花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年和 K-Ar 测年, 分别为  $139.2 \text{ Ma}$  和  $136.8 \text{ Ma}$ , 表明花岗岩形成于晚侏罗世,

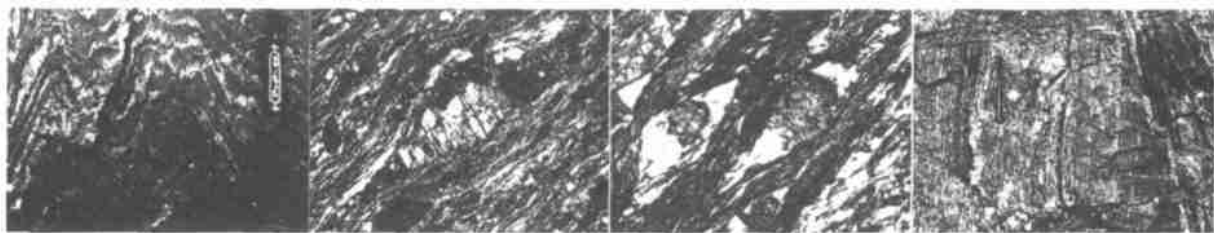


图 4 扎雪-门巴韧性变形带中构造片麻岩、糜棱岩及变形

Fig. 4 Structural gneiss and mylonite and their deformation in the Zaxoi-Mainba ductile deformational zone

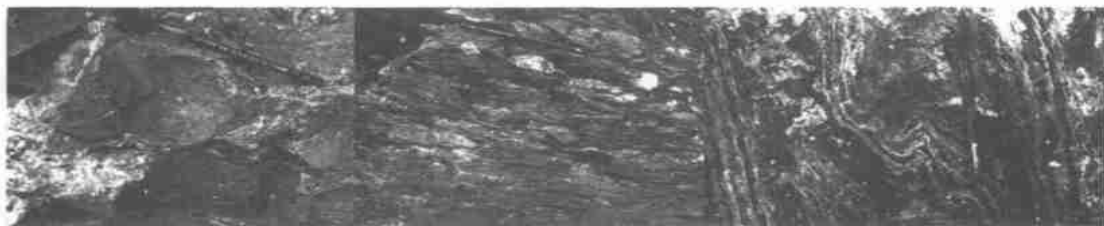


图 5 色日绒-巴嘎脆韧性变形带中(自左至右)布丁构造、挤压片理化、S 型褶皱

Fig. 5 Pudding structures (left), compressional schistosity (middle) and S-type folds (right) in the Sebrong-Bagar brittle-ductile deformational zone

基本代表该韧性变形带的形成年代。它与扎雪-门巴韧性变形带应为同期构造热事件所致。

2. 嘉黎断裂带早期可能控制了桑巴盆地的演化, 早白垩世晚期经历了由南而北的挤压逆冲兼右行走滑, 晚近时期发生张裂而形成地堑式地貌景观

嘉黎断裂在地质图上和遥感图像上非常清晰, 在地球物理方面, 该断裂表现为两侧重磁场的显著界线, 断裂以北磁场相当平静, 断裂以南由岩体引起的磁异常极为发育, 明显高于北侧(500~1000Ω<sub>m</sub>)。亚东-格尔木地学大断面大地电磁测深研究成果显示, 该断裂为一条直抵莫霍面的岩石圈断裂, 其南北两侧的岩石圈壳内上下低阻层有错断, 存在着贯穿两个低阻层的垂直电性差异, 而且其南侧上地幔低阻层上隆, 岩石圈厚度显著减薄, 仅110km。这清楚地表明, 该断裂南北应分属不同的岩石圈块体。嘉黎断裂一般被认为是与青藏高原隆升过程中由块体挤出形成的大型走滑带, 事实上该断裂是一条多期活动并有着长期发展历史的深大断裂。

嘉黎断裂是测区二级构造单元的分界断裂, 它的南侧是冈底斯火山岩浆弧带弧背断隆的一部分, 发育浅变质的较稳定的浅海沉积的古生界和中新生代火成岩; 北侧为中生代的桑巴(比如)盆地, 其内发育中上侏罗统陆屑建造和碳酸盐建造及白垩系碎屑

岩建造, 并被中新生代中酸性花岗岩破坏。由此可以确定嘉黎断裂早期曾控制了桑巴盆地的形成和充填。对断层带内断层泥采用热释光技术测年, 所获年龄为86.02±7.31ka, 表明断层在很晚仍有活动。

嘉黎断裂带在剖面上表现为一系列由南而北的叠瓦状逆冲断层, 同时, 部分地段还表现为脆韧性变形的特点, 但变形程度沿走向并不一致, 在断层带西段一般表现为愈合性的挤压透镜体和密集的劈理化和片理化带。根据S-C组构特征可知该韧性剪切带在平面上具右行剪切特点, 是在由南南东-北北西逆冲过程中形的逆冲型兼具右行走滑的脆韧性变形带。

3. 确定测区构造至少经历4次不同层次的构造变形(表1)

4. 分析了测区的地质演化历史, 建立了该区及邻近地区的构造演化模式

(1) 石炭-二叠纪, 测区处于冈瓦纳大陆北部边缘海, 以含砾板岩和冷水型生物组合为特征, 形成厚达数千米的沉积记录。来姑组沉积板岩、含砾板岩夹有两层基性玄武岩、安山岩和凝灰岩, 表明当时新特提洋处于裂谷伸展环境, 这与区域上沿喜马拉雅山分布的西喜马拉雅旁遮暗色岩、中喜马拉雅吉隆沟玄武岩及东喜马拉雅阿波尔火山岩一样, 被认为

表 1 构造变形特征表

Table 1 Four phases of structural deformations throughout the surveyed area

| 期次  | 时 间                  | 宏观构造特征                                                                        | 显微构造特征                                               | 变质作用        | 变形环境    | 应力方向      |
|-----|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------|---------|-----------|
| 第一期 | 海西期<br>(二叠纪末)        |                                                                               | 变质残斑矿物中存在有该期变形残留的包体, 成分为拉长的石英、黑云母, 定向明显              | 绿片岩相变质作用    | 韧性变形    | 近南北?      |
| 第二期 | 燕山运动<br>(侏罗纪末)       | 同斜平卧褶皱、A型褶皱、褶皱层为主; 交面线理、拉伸线理、石香肠构造等; 高角度逆冲断层和近东西向逆冲推覆韧性剪切带为主                  | 云母、石英、长石定向排列形成的片理、糜棱岩、残斑拖尾、山羊顶、压力影、云母鱼、及波状消光、变形纹、亚颗粒 | 低绿片岩相—高绿片岩相 | 韧性变形    | 近南北向挤压    |
| 第三期 | 燕山运动<br>(早白垩世末)      | 同斜平缓褶皱、牵引褶皱、膝折构造; 矿物拉伸线理、石香肠、构造透镜体; 南东向北西的逆冲推覆断层、北东向逆冲兼右行韧性剪切带                | 石英细粒化、波状消光、斜长石透镜状、碎粒化、网格状构造、方解石细脉沿糜棱叶理和剪切叶理充填        | 低绿片岩相变质作用   | 脆—脆韧性变形 | 北东—南西向挤压  |
| 第四期 | 喜马拉雅运动<br>(古近纪末—新近纪) | 宽缓直立水平褶皱、斜歪褶皱; 构造透镜体、挤压劈理化带、张性角砾岩, 近东西向高角度逆断层及相伴的北北东向、南北向的张性、张扭性断层和北东、北西向走滑断层 | 脆性破裂、构造角砾岩、显微张裂隙、方解石细脉、石英细脉                          | 硅化、碳酸盐化     | 脆性变形    | 北北东—南北向挤压 |

是这一时期裂谷活动的产物。洛巴堆组为一套细碎屑岩—碳酸岩沉积,反映开阔碳酸盐岩台地沉积环境。

石炭—二叠纪地层在晚二叠世末可能发生一次重要构造热事件,形成低绿片岩相变质岩,在主期变质变形的残斑矿物中存有该期变质变形的痕迹,区域上普遍缺失早中三叠纪的地质记录,可能自晚二叠世以后处于整体隆升和剥蚀阶段。

(2)三叠纪—早侏罗世,冈底斯活动大陆边缘开始。早、中三叠世,新特提斯由裂谷发展到大洋化阶段,雅鲁藏布江缝合带南有发育良好的浅变质的复理石沉积,说明新特提斯洋当时已有一定的规模。测区由于新特提斯洋的快速扩张而处于侧向挤压状态,当时处于隆升环境而没有沉积记录。晚三叠世—早侏罗世,测区没有沉积记录,但有强烈岩浆活动。晚三叠世是青藏高原重要地质演化阶段,新特提斯洋此时已经形成,并开始向冈底斯陆块俯冲,沿扎雪—门巴—金达一带分布有晚三叠纪的黑云角闪花岗闪长岩、黑云二长花岗岩,其 SHRIMP 锆石年龄和角闪石  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄分别为 207Ma 和 215Ma。地球化学特征和岩石学特征表明,该期花岗岩为“I”型花岗岩,形成于岛弧构造环境。显示在晚三叠纪—早侏罗世时期冈底斯活动大陆边缘已开始形成。同时,在新特提斯洋向北俯冲作用下,北侧的班公湖—怒江弧后洋盆于晚三叠世开始打开。

(3)中晚侏罗纪是新特提斯洋俯冲消减的高峰时期,在嘉黎断裂之北和班公湖—怒江缝合带之间发育弧后盆地,盆地的沉积系统包括马里组( $J_2m$ )、桑卡拉侖组( $J_2s$ )和拉贡塘组( $J_{2-3}l$ )、多尼组( $K_1d$ )及竟柱山组( $K_2j$ )。考虑到区内缺失下侏罗统,推测中侏罗统与下伏地层应为不整合接触;桑卡拉侖组反映其形成于浅海环境;拉贡塘组反映其浅海环境特点,区域上与多尼组平行不整合—角度不整合接触,区内两者为断层接触。

由于新特提斯洋和班公湖—怒江弧后洋盆向冈底斯的共同俯冲消减,晚侏罗世测区岩浆活动强烈,在色日绒—巴嘎一线南北发育有黑云母二长花岗岩、花岗闪长岩、二云母花岗岩等。晚侏罗纪末期,区内发生一次重要的南北向挤压作用,形成由北而南的逆冲断层、逆冲推覆型韧性剪切带及区域上的低绿片岩到高绿岩相的变质作用,使白垩纪以前的地层和岩浆岩,普遍发生不同程度的变质作用,并导致区域上多尼组和下伏地层的不整合接触。

(4)白垩纪时期,班公湖—怒江弧后洋盆闭合碰

撞,同时雅鲁藏布江洋俯冲加剧,岩浆活动频繁。嘉黎断裂北侧的桑巴盆地受班公湖—怒江弧后洋盆闭合碰撞的影响,由弧后伸展盆地向挤压性质的前陆盆地转换,盆地内发育多尼组和竟柱山组。多尼组在测区局限于嘉黎断裂北缘,夹持于两断裂之间,反映海陆交互环境;竟柱山组是盆地内沉积的最新地层,主要分布于盆地南缘的嘉黎断裂北侧,东西向延伸,建造主体形成于河湖环境,盆地沉积序列纵向上具有由细到粗的变化,反映前陆盆地的沉积充填特点。沿桑巴、洁松康嘎布等地发育斑状黑云母花岗岩体,它们具 S 型,是与班公湖—怒江洋盆闭合碰撞有关的滞后型花岗岩。嘉黎断裂南侧处于岛弧环境,受雅鲁藏布江新特提斯洋俯冲加剧的影响,岩浆活动频繁,发育有都朗拉斑状黑云母花岗岩、二长花岗岩、门巴南黑云母斑状花岗岩,这些岩体均具 S 型花岗岩特征,是与俯冲碰撞有关地壳重融的结果。

早、晚白垩世之间区内发生一次重要的热事件,形成由南东向北西的逆冲推覆断层,导致侵入到前奥陶纪地层中的花岗岩在 105Ma 年左右发生热扰动。竟柱山组区域上全方位地不整合在下伏不同时代的地层之上,也说明了该期构造活动的区域性。竟柱山组为一套磨拉石建造,也是这期构造活动的重要表现,暗示班公湖—怒江弧后洋盆已闭合,并强烈隆升。

(5)古近纪时期,随着印度板块继续向北运移,洋壳俯冲继而转入陆壳碰撞阶段,受俯冲消减和重熔作用的影响发育大规模的火山喷发,测区西部出露大面积岛弧—陆缘型火山岩,其 K-Ar 年龄为 54.42~38.18Ma,时代为始新世,同时还有同时期的石英二长斑岩、斜长花岗岩侵入。渐新世时期是构造岩浆活动相对稳定期,测区内没有发现这一时期岩浆活动,同时也缺乏同时期沉积记录,这一时期可能为高原上最早夷平面产生时期。

新近纪时期青藏高原仍处于区域性强烈碰撞挤压造山和地壳缩短增厚阶段,导致测区大量与构造隆升有关的热事件发生。测区西北部念青唐古拉斑状花岗闪长岩(11.0Ma, K-Ar 法)、二长花岗岩、石榴黑云花岗岩(10.5Ma, K-Ar 法)、斑状黑云母花岗岩、斜长花岗岩(18.2Ma, K-Ar 法)是这一时期地壳缩短增深部熔融的产物。在近南北向挤压作用下还形成了近东西向的逆断层和区域上的东西向宽缓的直立水平褶皱,以及北东、北西向走滑断层,同时规模较大的北北东向谷露断陷盆地此时已成雏形。

(6)上新世以后及第四纪,青藏高原处于挤压作

用之后的松弛阶段,高原达到最大隆升高度后发生垮塌,北北东向谷露断裂盆地进一步发育,同时东西向、南北向、北西向等断层继承性活动,形成高角度正断层和张扭性断层,控制测区的温泉、地震等空间展布,地块发生脉动性差异性升降,形成夷平面、河流阶地等现代构造地貌。

## 5 资源环境

1. 矿产
- 对区内矿床、矿(化)点统计,有工业价值的矿床(点)近 20 处,包括铜、铅、锌、银等有色金属和贵金属矿产,以及石膏、重晶石、白云母、水晶等非金属矿产。成矿地质条件好,矿产资源丰富,矿种多,成因类型复杂,具有良好的成矿潜力和找矿远景。
2. 旅游
- 初步调查结果,对区内各种旅游资源按其类型

划分为:地质景观旅游资源、自然风光旅游资源和人文风情旅游资源三大类;初步统计已发现或可开发利用的旅游资源有 34 处,分布于 7 条旅游路线上。

### 参考文献:

[ 1 ] 杨德明 和钟铎,郑常春,等. 西藏门巴地区德宗花岗质片麻岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及地质意义[ J ]. 吉林大学学报(地球科学版), 2004, 34(增刊): 12—14.

[ 2 ] 杨德明 黄映聪,戴琳娜,等. 西藏嘉黎措麦地区含石榴石二云花岗锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其意义[ J ]. 地质通报, 2005, 24(3): 235—238.

[ 3 ] 和钟铎,杨德明 王天武,等. 冈底斯带扎雪石英二长斑岩体的地质特征及构造环境[ J ]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(4): 35—40.

## 1 :250 000 Mainba Sheet in Xizang

Institute of Geological Survey, Jilin University  
(Institute of Geological Survey, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China)

**Abstract:** Stratigraphically, the previously Late Permian Mengla Formation is redefined as the pre-Ordovician Songduo Group Complex. The Pangduo Group is redivided into Nuoco, Laigu and Luobadui Formations, and the previously Sangba Group into the Mali and Sangkalayong Formations. The Duoni Formation is recognized within the Lhari fault. Petrologically, the ultramafic-mafic rocks within the Lhari fault are redefined as the ophiolites dated back to the Late Triassic in age. There occur the Late Triassic granites along the Gangdise magmatic arc, Late Jurassic two-mica granites in the Sebrong-Bagar zone, shonshonitic hypabyssal intrusive rocks in the Zaxoi region, and Eocene volcanic rocks in the Zaxoi region, Lhunzhub. The metamorphism may be discriminated into two phases: the Caledonian and Yanshanian, with the temperatures of metamorphism ranging between 450 °C and 605 °C and pressures between 0.93 GPa and 1.15 Gpa. Tectonically, the investigation of the structural features permits the identification of the Zaxoi-Mainba ductile deformational zone and Sebrong-Bagar brittle-ductile deformational zone. There exist at least four phases of structural deformations throughout the surveyed area.

**Key words:** 1 :250 000; geological survey; Mainba Sheet; development; Xizang