

栖霞组和茅口组等厚图:对峨眉山幔柱成因模式的指示意义*

李宏博^{1,2} 张招崇^{1**} 吕林素^{1,2} 汪云峰¹ 寇彩化¹ 李永生¹ 廖宝丽¹

LI HongBo^{1,2}, ZHANG ZhaoChong^{1**}, LÜ LinSu^{1,2}, WANG YunFeng¹, KOU CaiHua¹, LI YongSheng¹ and LIAO BaoLi¹

1. 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室,北京 100083

2. 中国地质博物馆,北京 100034

1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

2. Geological Museum of China, Beijing 100034, China

2011-05-01 收稿, 2011-07-04 改回.

Li HB, Zhang ZC, Lü LS, Wang YF, Kou CH, Li YS and Liao BL. 2011. Isopach maps of the Qixia and Maokou formations; Implication for mantle plume model of the Emeishan large igneous province. *Acta Petrologica Sinica*, 27(10): 2963–2974

Abstract The thicknesses of Qixia and Maokou formations in the Emeishan Large Igneous Province (ELIP) and peripheral areas were collected and isopach maps were made by Surfer respectively. The isopach maps indicate that uplift caused by Emeishan mantle plume has started in Qixianian. Disconformities were distributed broadly on the top of Maokou Formation, which demonstrate that Maokou Formation has been uplifted over the sea level and denudated differentially. This has been predicated in Campbell and Griffiths' classic mantle plume model. There is a blank area of Permian stratum in Yongren-Dayao-Chuxiong-Shiping and Yiliang-Qujing, which probably was the maximum uplift area. The maximum uplift of ELIP was 1500m induced through laboratory model, which was basically in agreement with the result of sedimentary records. The center of mantle plume implied by differential erosion was consistent with the focus of radiating basic dyke swarms. Hydromagmatic deposits and submarine basaltic extrusions were the result of the rapid subsidence followed the uplift and weren't an important evidence to deny the mantle plume dynamic model of ELIP.

Key words Qixia Formation; Maokou Formation; Isopach map; Emeishan large igneous province; Mantle plume

摘要 对峨眉山大火成岩省(ELIP)及周边地区的栖霞组和茅口组地层进行厚度统计,并利用 Surfer 软件分别绘制等厚图。栖霞组和茅口组等厚图表明,峨眉山幔柱导致的隆升可能在栖霞期已开始。茅口组顶部普遍存在平行不整合界面,说明广大区域内的茅口组地层均曾抬升为陆并遭受剥蚀,与 Campbell 和 Griffiths 提出的经典幔柱模型相吻合。永仁-大姚-楚雄-石屏以及宜良-曲靖一带存在二叠系地层缺失区域,可能是地壳隆升幅度最大地区。利用实验模型推导出 ELIP 的最大隆升幅度为 1500m,与前人利用沉积学推算的结果基本一致。茅口组差异剥蚀指示的幔柱中心地区与放射状基性岩墙群收敛中心吻合。隆起幅度最大的中心区域存在海相玄武岩喷发现象则可能是隆升之后快速沉降造成的,并不能作为否定曾经发生隆起的证据。

关键词 栖霞组;茅口组;等厚图;峨眉山大火成岩省;地幔柱

中图法分类号 P535

大火成岩省沉积记录的研究是研究地幔柱活动的一种可靠和独立的手段(Rainbird, 1993)。对于古老大陆溢流玄

* 本文受 973 项目(2009CB421002)、国家自然科学基金(40925006)、教育部博士点基金(20090022110006)和 111 计划(B07011)联合资助。

第一作者简介:李宏博,1978 年生,博士,助理研究员,岩石学专业,E-mail: li_h_b@sina.com.cn

** 通讯作者:张招崇,男,1965 年生,教授,岩石学专业,E-mail: zczhang@cugb.edu.cn

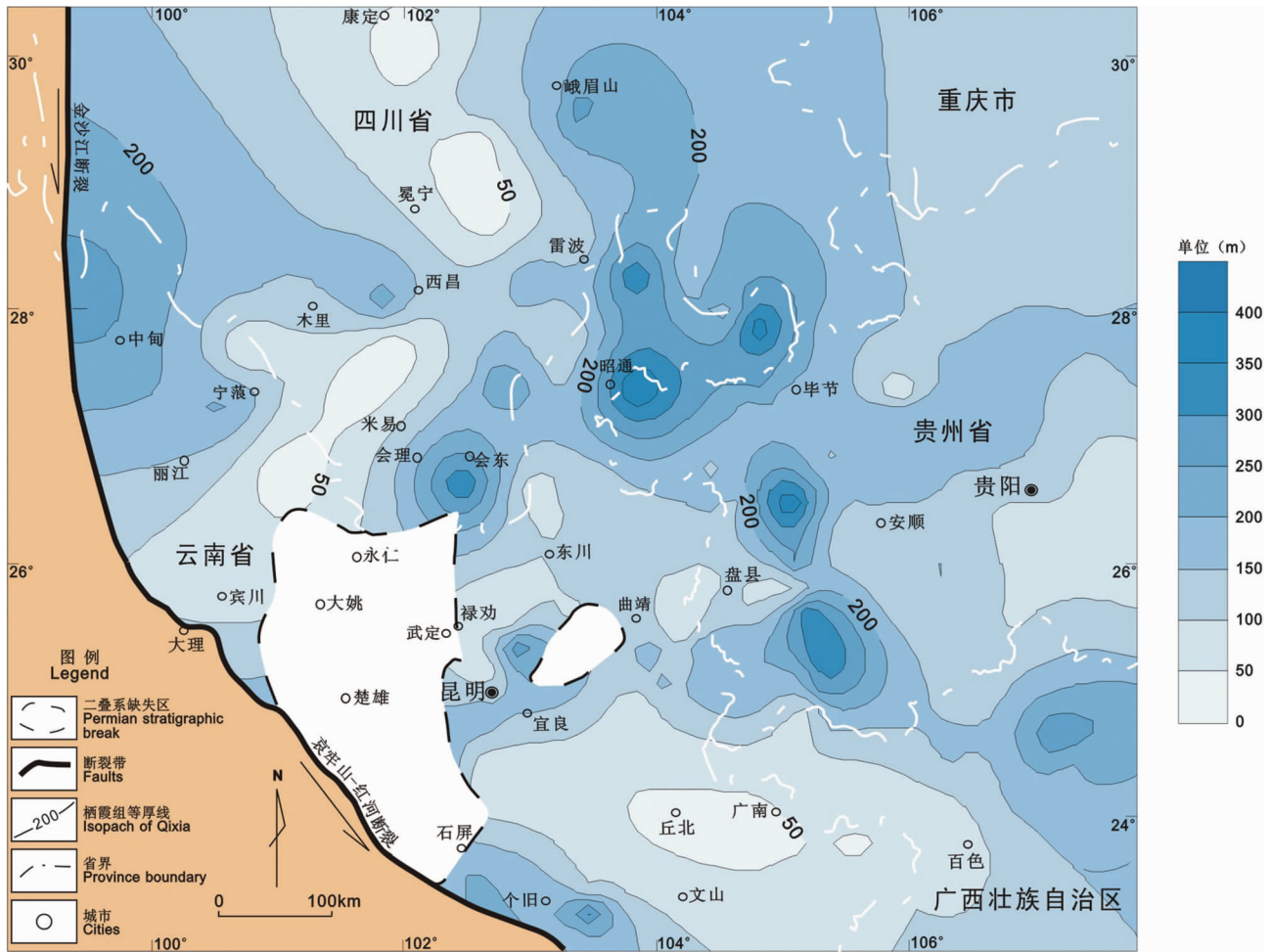


图1 ELIP地区栖霞组灰岩等厚图

Surfer软件绘制,后文同;位置图见图3

Fig. 1 Isopach map of the Qixia Formation in ELIP

Isopach map was made by Surfer software and same as others; Location was in Fig. 3

武岩(CFB),寻找区域剥蚀记录较为困难,最为理想的情况是在发生地幔柱岩浆作用之前的上覆地层为一个浅海相的沉积盆地(Campbell, 2007),而峨眉山大火成岩省(ELIP)地区为证实这一理论提供了良好的研究实例。何斌等(2003)利用差异剥蚀的方法对ELIP下伏茅口组灰岩生物地层的对比及其二者之间的界面特征进行了大量研究,他们根据差异剥蚀内带的分布范围推测ELIP地幔柱作用的中心在云南大理至四川米易一带,并根据Campbell and Griffiths(1990)地幔柱模型,推算峨眉山地幔柱尾的直径为400km,ELIP的面积为 $5 \times 10^5 \text{ km}^2$,体积为 $0.35 \times 10^6 \text{ km}^3$ 。但是这一论点在最近遭到了一些质疑。Peate and Bryan(2008)在隆升幅度最大的内带地区发现峨眉山玄武岩为海相喷发,从而认为ELIP喷发前并未出现大规模的地壳隆升。He *et al.* (2010)通过ELIP地区油气钻井资料发现在茅口组顶部存在古喀斯特地貌,进一步支持了ELIP的地幔柱模型。

Campbell and Griffiths(1990)的地幔柱模型认为流溢玄

武岩喷发之前存在大范围的地壳隆升,而这个推论的一个重要前提是喷发前存在一个理想的水平沉积地层。如果地层存在起伏,那么势必对隆升效应的准确估计产生重要影响。在ELIP喷发之前,该区域是浅海相碳酸盐台地相,即ELIP下伏的茅口组灰岩以及其茅口组下伏的栖霞组灰岩为连续沉积地层(冯增昭等,1994)。那么该地层是否是水平的?是否存在地形的起伏?其幅度有多大?为解决这个问题,笔者通过查阅大量1:20万幅和1:5万幅区域地质资料(见附录)以及相关文献,对ELIP分布地区及周边地区的栖霞组和茅口组地层进行了厚度统计,试图为峨眉山大火成岩省喷发前是否存在大规模的隆起提供更加准确的估计,并为峨眉山地幔柱以及模型提供重要依据。由于金沙江-哀牢山-红河断裂带是一条大型走滑断裂带(Tapponnier *et al.*, 1990),强烈的构造活动致使断裂带以西的地层记录发生很大变化,因此本次研究未包括这些地区。

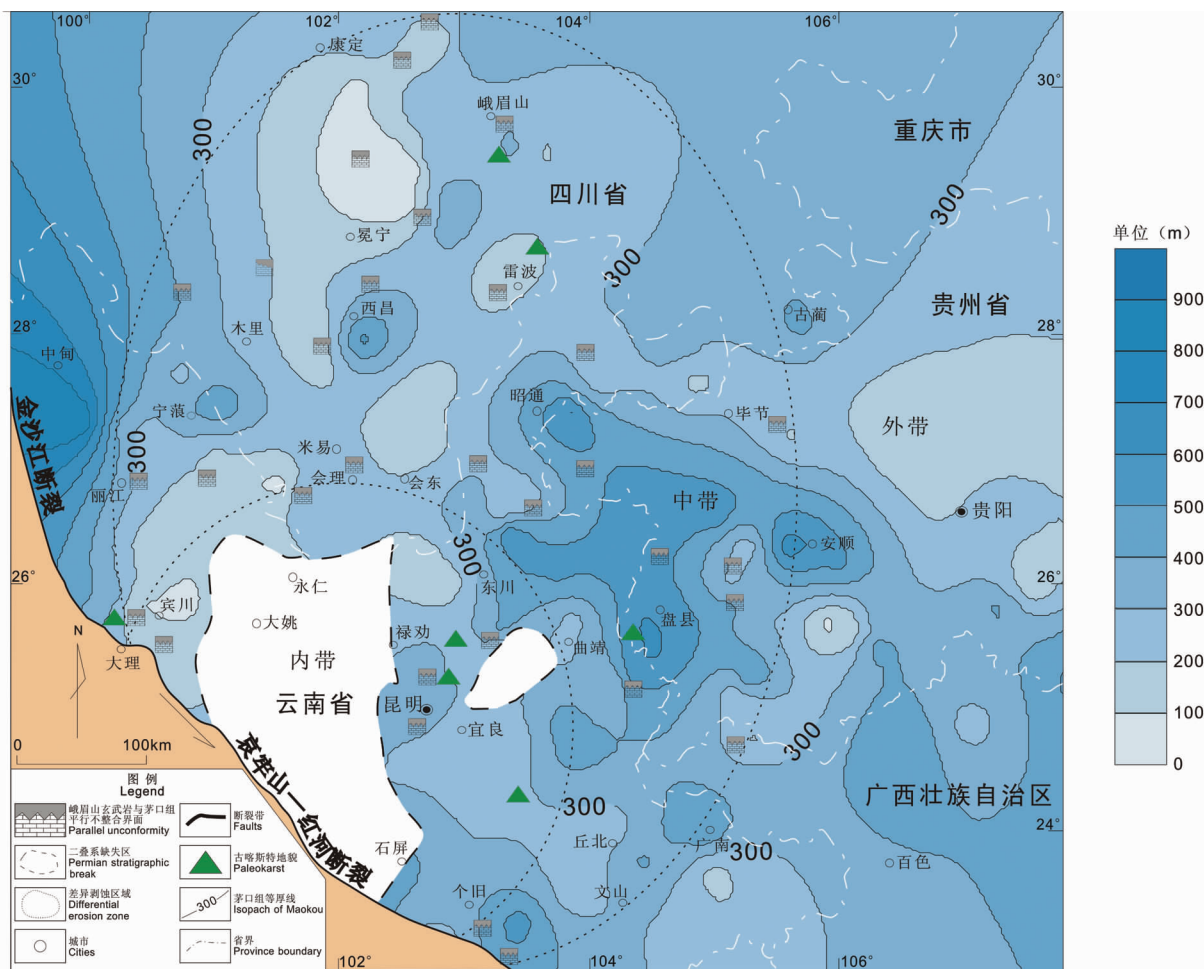


图2 ELIP地区茅口组灰岩等厚图

位置图见图3

Fig.2 Isopach map of the Maokou Formation in ELIP

Location in Fig.3

1 栖霞组灰岩等厚图

栖霞组灰岩(P_1q)由李希霍芬于1882年命名。典型的栖霞组为深色含燧石灰岩为主的局限台地碳酸盐岩层(中国地层典编委会,2000)。在滇黔桂大部分地区,栖霞组岩性比较稳定,总体上为一套深灰色、灰色、浅灰色及灰白色厚层到块状的灰泥生屑石灰岩及生屑质灰泥石灰岩,局部含燧石结核,厚度一般为几十米到100多米,局部地区可达500~700m(冯增昭等,1994)。此外,ELIP分布区域内存在几个与栖霞组相当的地层单元,如分布于碧江-泸水一带的下二叠统大凹子组,云南中甸牛石布-塔城一带的下二叠统喀大崩组(P_1k)以及四川巴塘中咱牛场一带的下二叠统再浪组(P_1r)等(中国地层典编委会,2000)。因此,本文统计时也将这些地层单元和栖霞组一起进行统计。栖霞组等厚图共统计剖面181个(图1;详见附表),范围基本覆盖了ELIP。统计结

果表明,栖霞组地层的厚度存在明显差异,变化范围为0~420m。栖霞组与上覆的茅口组为整合接触,通常以Neoschwagmina Simplex的出现作为茅口灰岩的底界(中国地层典编委会,2000)。

栖霞组等厚图自西向东可分为4个厚度区,即丽江-大理-个旧相对凹陷区,木里-永仁-丘北相对隆起区,昭通-毕节-盘县相对凹陷区和贵阳-百色相对隆起区。其中木里-永仁-丘北相对隆起区,位于ELIP中心地带,呈中间宽,南北窄的分布格局,厚度等值线在楚雄以北呈南北向,楚雄以南呈北西向。栖霞组灰岩厚度一般小于50m。在永仁-大姚-楚雄-石屏以及宜良-曲靖一带存在二叠系地层缺失区域(云南省地质矿产局,1990),范围达380×350km,该区基本与何斌等(2003)推测出的茅口组灰岩差异剥蚀的内带相吻合。

2 茅口组灰岩等厚图

茅口组灰岩(P_1m),1929年乐森珩命名于贵州郎岱西南

茅口河西岸。茅口组为峨眉山玄武岩的下覆地层,形成时代为早二叠世末期。茅口组在滇黔桂地区分布广泛,主要由浅灰色生屑灰岩组成,厚度 300 ~ 600m,在云南东部局部达 1354m(中国地层典编委会,2000)。茅口期台地的水体较浅,且沉积环境稳定,是典型的碳酸盐开阔台地(冯增昭等,1994;王立亭等,1994)。与茅口组相当的孤峰组在西南地区分布有限,仅见于桂林-来宾一线以东,即桂东和桂南地区,岩性为黄色、灰色、灰黑色、紫红色薄层硅岩、含锰硅岩、硅质页岩夹泥灰岩。盛金章(1962)认为孤峰组是茅口组灰岩相变的产物。在 ELIP 地区,与茅口组相当的还有下二叠统冰峰组(P_1b)。冰峰组由浅灰色-深灰色中厚层状灰岩、鲕状灰岩、玄武岩和少量扁豆状赤铁矿层组成,属于浅海碳酸盐台地沉积。该组分布于四川巴塘、云南中甸一带(中国地层典编委会,2000)。何斌等(2003,2004)选取了代表性茅口组剖面进行地幔柱引起的地表响应研究,如:大理海印-宾川草果坛-弥渡蔡家地-昆明西山-宜良路南;盐边红旗老碾房-米易五马菁-米易雷打石-鲁甸-贵州郎岱酒志。但由于选取剖面较少,只能反映茅口组差异剥蚀的一个局部特征。此外,Peate and Bryan(2008)的研究工作并未对茅口组存在差异剥蚀的现象提出质疑。笔者在广泛搜集 1:20 万幅和 1:5 万幅区域地质资料(见附录)和前人研究成果的基础上,共统计茅口组(包括孤峰组和冰峰组)剖面 203 个(图 2;详见附表)。选取的茅口组剖面与下伏栖霞组为连续沉积,顶部多以平行不整合为峨眉山玄武岩等所上覆,保留了自形成以来的原始状态。剖面基本覆盖了 ELIP 地区,且分布较为分散,具有统计学意义,能够反映茅口组厚度差异以及峨眉山地幔柱产生的地表响应的宏观特征。

统计结果表明,茅口组地层厚度变化与栖霞组基本一致,也呈现出 4 个厚度区自西向东相间排列的格局,即木里-丽江-大理相对凹陷区、西昌-楚雄-文山相对隆起区、古蔺-昭通-盘县相对凹陷区和贵阳-百色相对隆起区。其中位于 ELIP 中央地带的西昌-楚雄-文山相对隆起区基本继承了栖霞期的木里-永仁-丘北相对隆起区,但隆起范围明显有所扩大,扩展到西昌、文山一线(冯增昭等,1994;图 2)。

从茅口组等厚图来看,区域茅口组厚度差异明显,云南东部局部可达 1354m,而有些地区厚度仅有几十米(中国地层典编委会,2000)。由于茅口组厚度差异较大,地壳遭受均匀抬升时,没有形成理想的差异剥蚀环带分布,这与等厚图呈现的结果吻合。茅口组顶部普遍存在剥蚀现象,即峨眉山玄武岩与下伏茅口组为平行不整合接触关系。剥蚀区北至四川芦山县中林,南达云南金平县勐拉,东界为贵州毕节市大方一带,西界为云南洱源县长育村,呈椭圆形分布,区域范围达 740 × 530km(图 2;附表)。这个区域与何斌等(2003)推测的差异剥蚀带(内带、中带和外带)是基本吻合的,而且,靠近内带二叠系缺失区平行不整合剖面分布有渐多的趋势。在剥蚀区域的中心是二叠系缺失区域,以此为中心向四周来看,茅口组厚度有逐渐变厚的趋势(图 2)。

对比栖霞组和茅口组等厚图可以发现,剥蚀区以东的地区,即西昌-楚雄-文山相对隆起带以东至贵阳-百色一线,虽然地层厚度分布上有些变化,但基本继承了“两凹夹一隆”的分布格局(冯增昭等,1994),说明这一地区遭受地壳隆起的影响较小,且保持了浅海相碳酸盐台地的古地理环境,沉积连续,未遭受强烈剥蚀。

3 等厚图对 ELIP 地幔柱的指示意义

3.1 隆升开始的时限

对比栖霞组和茅口组等厚图可发现,栖霞期的木里-永仁-丘北相对隆起带和茅口期的西昌-楚雄-文山相对隆起带都处于 ELIP 的中心地带。两者呈继承关系,但后者的范围明显较前者有所扩大(冯增昭等,1994),表明地幔柱引起的地壳隆升很可能从栖霞期就开始了,并一直持续到茅口期,直至大范围的地幔柱岩浆作用开始。在这一地区分布的西昌布托-普格-会东-巧家-盐源-盐边-金矿碎屑岩带,以及平川低位扇、底砾岩的存在正是穹状隆升的地表响应(何斌等,2006)。

Campbell and Griffiths(1990)认为当地幔柱上升到大陆岩石圈下部时,它将引起上覆地幔和地壳的隆升。隆升的开始发生在大规模岩浆作用之前的 10 ~ 20Myr。从目前对 ELIP 时限的研究来看,ELIP 开始的时间一般认为始于 263 ~ 266Ma 之间(Guo *et al.*, 2004;Liu and Zhu, 2009)。由此推论,峨眉山地幔柱岩浆作用之前的地层抬升的开始时间大约是在 275 ~ 285Ma。地层学研究认为,栖霞组和茅口组地层相当于美国地层划分中的教堂山统(Cathedralian Series,299 ~ 271Ma)和瓜德鲁普统(Guadalupean Series,271 ~ 260Ma),其跨越时限较长,从 299Ma 持续到 206Ma(中国地层典编委会,2000;Walker and Geissman, 2009)。由此推测,研究区隆升开始的时限应在栖霞期的亚丁斯克阶(Artinskian,284 ~ 276Ma)期间(Walker and Geissman, 2009)。

3.2 地幔柱引起的隆升及隆升量的估算

从等厚图来看,ELIP 大规模岩浆活动之前地幔柱引起的隆升是明显的。永仁-大姚-楚雄-石屏以及宜良-曲靖一带存在的二叠系地层缺失区域正是前人推测的 ELIP 地幔柱中心地区(图 3;何斌等,2003;李宏博等,2010)。由于该区域位于地幔柱中心,地壳隆升幅度最大,茅口组遭受剥蚀也最为强烈,以致二叠系地层均已剥蚀殆尽。茅口组厚度自这个区域向四周有增厚的趋势,这可能是大范围地壳隆升后遭受差异剥蚀的结果。茅口组顶部普遍存在的平行不整合界面(侵蚀面),这是地幔柱引起的地壳隆升最为显著的地表响应。除了普遍发育侵蚀面,峨眉山玄武岩与茅口组灰岩之间还有角砾状灰岩、底砾岩(盐边把关河、蒙自老寨、云南宾川、会东坝口、西昌普格)、红土(古土壤)层(宾川上仓南)、黏土砂砾层、黏土岩(会泽三家村、贵州花贡、水城花口寨)、海陆交互

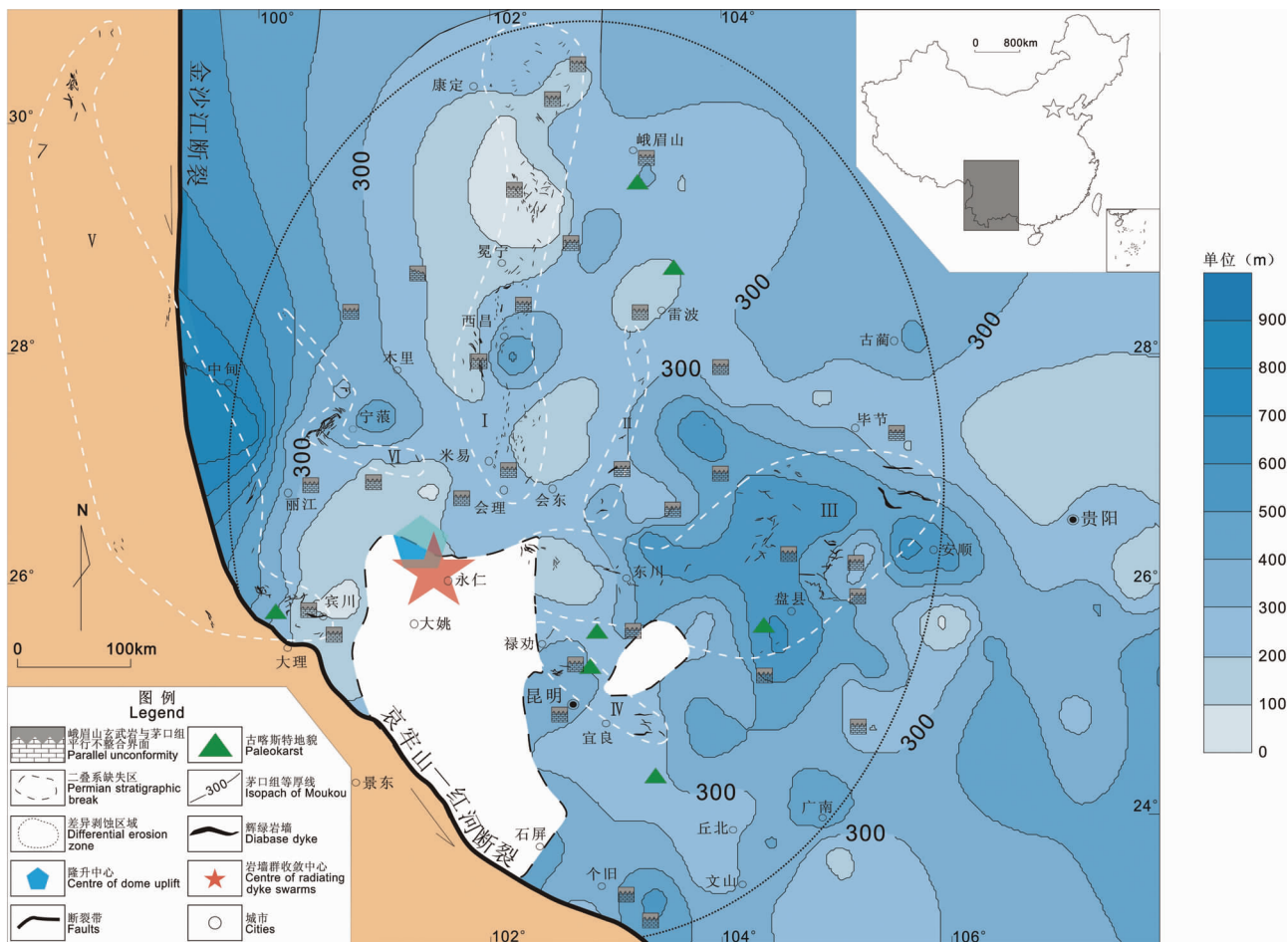


图3 茅口组差异剥蚀及放射状基性岩墙群对 ELIP 地幔柱中心的指示

金沙江-哀牢山-红河断裂带以西的 V 号岩墙群是经复原后的结果(据李宏博等, 2010)

Fig.3 Implication of differential erosion of the Moukou Formation and radiating basic dyke swarms for the centre of ELIP mantle plume

V dyke swarms in the west of Jinshajiang-Ailaoshan-Honghe faults is the result of tectonic recovery (after Li *et al.*, 2010)

相沉积层(峨眉挖断山)等发育,这些都说明了茅口组曾被抬升成陆,普遍遭受了剥蚀作用(何斌等, 2004, 2006;附表)。此外,我们注意到茅口组与上覆峨眉山玄武岩之间也存在整合接触的记录,但多出现在 ELIP 外围地区(四川九龙地区、云南金平伊黎河、四川康定莲花山、广西宜山德胜、贵州平定等)。这可能是外围地区抬升幅度较小,地层未出露成陆,没有遭受剥蚀和发生沉降间断的结果。

据 Campbell and Griffiths(1990)的地幔柱模型推测,距离地幔柱轴部 ~300km 处其隆升幅度应 >300m, 距离轴部 ~500km 的隆升幅度也应 >100m。而前人提出的 ELIP 茅口组灰岩差异剥蚀的范围较小,其直径约 100km (Ali *et al.*, 2010)。显然,这个隆升范围远远小于模型预测。栖霞组和茅口组等厚图显示(图 1、图 2), ELIP 茅口组顶部存在不整合面的范围达 740 × 530km, 如果平行不整合面的分布范围基本代表了 ELIP 地幔柱引起的地壳隆升范围的话,那么这个区域是很广大的,与地幔柱模型是吻合的。

Griffiths *et al.* (1989) 根据实验模拟结果推导出了地幔柱引起的最大隆升幅度 (H_{\max}) 的理论公式:

$$H_{\max}/D_0 = C_2 \Delta\rho/\rho_m \vartheta (T/\rho_m g D_0^2)$$

该公式适用于由密度差产生的浮力驱动的动力学模型,而地幔柱的密度差往往是由于地幔柱的温度异常导致的。ELIP 苦橄岩原始岩浆的形成温度估算结果为 1600°C 以上,与正常软流圈地幔温度至少存在 ~300°C 的温度异常 (Zhang *et al.*, 2006)。因此 ELIP 的最大隆升幅度可以利用此公式来计算。其中, D_0 为地幔柱的直径(地幔柱位于深部时的直径); ρ_m 为地幔密度; $\Delta\rho = \rho_m - \rho_D$, ρ_D 为地幔柱密度; $C_2 = 0.27$ 为实验常数; $T/\rho_m g D_0^2$ 是在实验条件下的表面张力 T 在液-气界面产生的影响,在此 $T/\rho_m g D_0^2 \ll 1$, $\vartheta(0) = 1$ 。考虑到上覆海水的影响,公式可推导为:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_m} = \frac{(\rho_m - \rho_w) H_{\max}}{C_2 \rho_m D_0}$$

其中 $\rho_m = 3.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $\rho_w = 1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $\Delta\rho = 8.5 \times 10^{-3}$

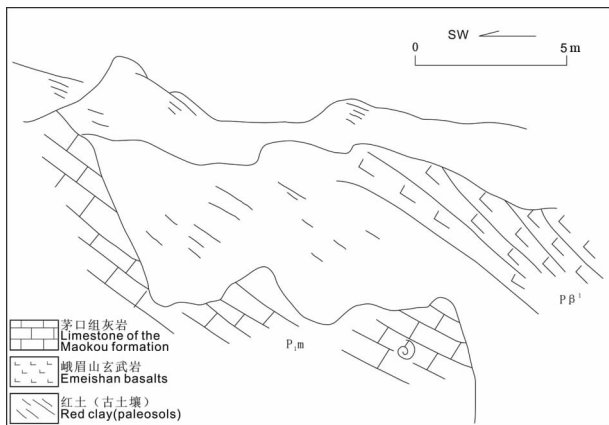


图4 宾川上仓剖面峨眉山玄武岩与茅口组平行不整合接触关系简图(据云南省地质矿产局,1973,见附录)

Fig. 4 Disconformity between Emeishan basalts and the Maokou Formation in Shanglun, Binchuan

$g \cdot \text{cm}^{-3}$, $D_0 \approx W/1.4$ (W 为隆升区域的宽度), $W_{\text{ELIP}} = 635\text{km}$, $D_0 \approx 450\text{km}$ 。

由此可得出 ELIP 的 $H_{\text{max}} = 1500\text{m}$ 。何斌等(2005)利用冲积扇的高度和茅口组顶部的剥蚀特征对 ELIP 大规模喷发前隆起轴部或内带的地壳抬升高度进行了约束。根据沉积学原理,冲积扇的最大高度应是地形高差的最小值,地壳抬升的高度应是冲积扇的高度加上冲积扇底部抬升高度和内带的剥蚀厚度,由此推算出 ELIP 喷发前的隆升高度应大于 1300m。这与实验模拟公式推导出的结果是基本一致的。

3.3 等厚图和岩墙群对地幔柱的指示意义

放射状岩墙群被认为是识别地幔柱作用的重要标识之一,其汇聚中心应是地幔柱头部的位置(Ernst and Buchan, 2001)。对 ELIP 巨型放射状基性岩墙群的几何形态研究表明,其收敛中心位于云南永仁一带(李宏博等,2010)。这与本文推测的最大隆升区域(茅口组缺失区域)吻合(图3)。最大隆升区域(茅口组缺失区域)至哀牢山-红河走滑断裂带一带没有岩墙群出露,这可能与地层隆升之后的剥蚀作用以及后期构造运动使得岩墙群被破坏殆尽有关。

3.4 峨眉山大火成岩省海相喷发野外观察的解释

Peate and Bryan(2008)对大桥和宾川地区的峨眉山玄武岩进行了野外考察,发现了一些海相喷发的证据,如具沉积层序构造的增生火山砾、灰岩碎屑中的海相生物化石(海百合)以及枕状熔岩等,认为在 ELIP 大规模岩浆作用之前并未发生千米级的地壳隆升,从而对 ELIP 的地幔柱动力学模型提出了质疑。我们的野外观察也表明,峨眉山大火成岩省很多地区确实为海相火山岩,但这并不能否认该地区曾经发生过大幅度的地壳隆起。区域地质调查资料显示,在云南宾川上仓一带的峨眉山玄武岩与下伏的茅口组灰岩之间为假整

合接触关系,且两者之间发育古土壤层(图4),这表明该地区确实曾被隆升成陆,并遭受了剥蚀。因此宾川一带分布的枕状熔岩只能解释为隆升之后再次沉降,从而发生海相火山喷发的结果。

根据 Campbell and Griffiths(1990)模型推测,当地幔柱到达 100~200km 深度时,隆升幅度达到最大值,随后会发生快速的沉降。Zhang *et al.* (2006)的研究表明,丽江苦橄岩代表了峨眉山大火成岩省喷发的早期阶段,即地幔柱上升到岩石圈底部开始熔融的产物,并且其熔融深度大约为 140km。这样,如果按照 Campbell and Griffiths(1990)模型中地幔柱到达的最大深度为 200km 推测,峨眉山大火成岩省尚未喷发时地壳就有可能已经发生快速下沉了。因此,云南宾川一带海相火山喷发很可能是在地壳隆升幅度达到最大值后快速沉降之后发生的。总之,我们认为,Peate and Bryan(2008)的野外观察是符合地质实际的,即大桥和宾川地区的峨眉山玄武岩确实为海相喷发,但不能因此而否认曾经发生过大规模的隆升,当然也无法否认峨眉山地幔柱的存在。

4 结论

栖霞组和茅口组等厚图表明,峨眉山地幔柱导致的隆升可能在栖霞期已开始。茅口组顶部普遍存在平行不整合界面,表明广大区域内的茅口组地层均曾抬升为陆并遭受剥蚀,与 Campbell and Griffiths(1990)提出的地幔柱模型相吻合。永仁-大姚-楚雄-石屏以及宜良-曲靖一带存在二叠系地层缺失的区域,可能是地壳隆升幅度最大地区。利用实验模型推导出 ELIP 的最大隆升幅度为 1500m,与前人利用沉积学推算的结果基本一致。茅口组差异剥蚀指示的地幔柱中心地区与放射状基性岩墙群收敛中心吻合。隆起幅度最大的中心区域存在海相玄武岩喷发现象则可能是隆升之后快速沉降的结果,并不能作为否定曾经发生地幔柱引起的大规模地壳隆升的证据。

致谢 本文的图件处理得到了南京大学地球科学与工程学院周新民教授和孙涛博士的帮助,在此深致谢忱!同时对审稿人提出的宝贵建议也表示衷心感谢!

References

- Ali J, Fitton JG and Herzberg C. 2010. Eeishan large igneous province (SW China) and the mantle-plume up-doming hypothesis. *Journal of the Geological Society*, 167(10): 953–959
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1990. *Regional Geology of Yunnan Province*. Beijing: Geological Publishing House, 160–161 (in Chinese)
- Campbell IH and Griffiths RW. 1990. Implications of mantle plume structure for the evolution of flood Basalts. *Earth and Planetary Science Letters*, 99(1–2): 79–93
- Campbell IH. 2007. Testing the plume theory. *Chemical Geology*, 241(3–4): 153–176

- Editing Committee of Stratigraphy. 2000. Permian in China. Beijing: Geological Publishing House, 45, 58 - 59, 65, 80 - 81, 85 - 86, 88 (in Chinese)
- Ernst RE and Buchan KL. 2001. The use of mafic dike swarms in identifying and locating mantle plumes. In: Ernst RE and Buchan KL (eds.). *Mantle Plumes: Their Identification through Time*. Boulder, Colorado: Geological Society of America Special Paper, 352: 247 - 265
- Feng ZZ, Jin ZK, Yang YQ *et al.* 1994. Lithofacies paleogeography of Permian of Yunnan-Guizhou-Guangxi Region. Beijing: Geological Publishing House, 4, 38 - 46, Attached Map 1, 6 (in Chinese)
- Griffiths RW, Gurnis M and Eitelberg G. 1989. Holographic measurements of surface-topography in laboratory models of mantle hotspots. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 96 (3): 477 - 495
- Guo F, Fan WM, Wang YJ *et al.* 2004. When did the Emeishan mantle plume activity start? Geochronological and geochemical evidence from ultramafic-mafic dikes in southwestern China. *International Geology Review*, 46(3): 226 - 234
- He B, Xu YG, Xiao L *et al.* 2003. Generation and spatial distribution of the Emeishan large igneous province: New evidence from stratigraphic records. *Acta Geologica Sinica*, 77(2): 194 - 202 (in Chinese with English abstract)
- He B, Wang YM and Jiang XW. 2004. Paleo-karst landforms on top of limestone of the Maokou Formation in the west of the Upper Yangze platform and its geological significance. *Geology in China*, 31(1): 46 - 50 (in Chinese with English abstract)
- He B, Xu YG, Wang YM *et al.* 2005. The magnitude of crustal uplift prior to the eruption of the Emeishan basalt: Inferred from sedimentary records. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(3): 316 - 320 (in Chinese with English abstract)
- He B, Xu YG, Xiao L *et al.* 2006. Sedimentary responses to uplift of Emeishan mantle plume and its implications. *Geological Review*, 52(1): 30 - 37 (in Chinese with English abstract)
- He B, Xu YG, Guan JP *et al.* 2010. Paleokarst on the top of the Maokou Formation: Further evidence for domal crustal uplift prior to the Emeishan flood volcanism. *Lithos*, 119(8): 1 - 9
- Li HB, Zhang ZC and Lü LS. 2010. Geometry of the mafic dyke swarms in the Emeishan large igneous province: Implications for mantle plume. *Acta Petrologica Sinica*, 26(10): 3143 - 3152 (in Chinese with English abstract)
- Liu CY and Zhu RX. 2009. Geodynamic significances of the Emeishan basalts. *Earth Science Frontiers*, 16(2): 52 - 69
- Long JR. 1985. The Maokou Formation in the Maokou river area of Guizhou and its lower boundary. *Geological Review*, 31(5): 381 - 389 (in Chinese with English abstract)
- Mei MX, Li H, Deng J *et al.* 2004. Preliminary observation and study on the old oil pool of dolomitic-type for the Permian Maokou Formation in Wudang of Guiyang. *Geoscience*, 18(3): 353 - 359 (in Chinese with English abstract)
- Peate IU and Bryan SE. 2008. Re-evaluating plume-induced uplift in the Emeishan large igneous province. *Nature Geoscience*, 1(9): 625 - 629
- Rainbird RH. 1993. The sedimentary record of mantle plume uplift preceding eruption of the Neoproterozoic Natkusiak flood basalt. *Journal of Geology*, 101(3): 305 - 318
- Sheng JZ. 1962. Permian of China. Beijing: Science Press, 1 - 95
- Tapponnier P, Lacassin R, Leloup PH *et al.* 1990. The Ailao Shan-Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and south China. *Nature*, 343(2): 431 - 437
- Walker JD and Geissman JW. 2009. *Geologic Time Scale*. USA: The Geological Society of America
- Wang LT, Lu YB, Zhao SJ *et al.* 1994. Permian Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China. Beijing: Geological Publishing House, 78 - 84 (in Chinese)
- Yang XN, Shi GJ, Liu JR *et al.* 1999. Study on the Maokou Formation (Middle Permian) and its fusulinacean fossils of Panxian, Guizhou Province. *Journal of Stratigraphy*, 23(3): 170 - 181 (in Chinese with English abstract)
- Zhang ZC, Mahoney JJ, Mao JW *et al.* 2006. Geochemistry of picritic and associated basalt flows of the western Emeishan flood basalt province, China. *Journal of Petrology*, 47(10): 1997 - 2019

附中文参考文献

- 冯增昭, 金振奎, 杨玉卿等. 1994. 滇黔桂地区二叠纪岩相古地理. 北京: 地质出版社, 4, 38 - 46, 附图 1, 6
- 何斌, 徐义刚, 肖龙等. 2003. 峨眉山大火成岩省的形成机制及空间展布: 来自沉积地层学的新证据. *地质学报*, 77(2): 194 - 202
- 何斌, 王雅玫, 姜晓玮. 2004. 上扬子西茅口组顶部古喀斯特地貌的厘定及地质意义. *中国地质*, 31(1): 46 - 50
- 何斌, 徐义刚, 王雅玫等. 2005. 用沉积记录来估计峨眉山玄武岩喷发前的地壳抬升幅度. *大地构造与成矿学*, 29(3): 316 - 320
- 何斌, 徐义刚, 肖龙等. 2006. 峨眉山山地幔柱上升的沉积响应及其地质意义. *地质论评*, 52(1): 30 - 37
- 李宏博, 张招崇, 吕林素. 2010. 峨眉山大火成岩省基性岩墙群几何学研究及对地幔柱中心的指示意义. *岩石学报*, 26(10): 3143 - 3152
- 龙家荣. 1985. 贵州茅口河地区的茅口组及其底界. *地质论评*, 31(5): 381 - 389
- 梅冥相, 李浩, 邓军等. 2004. 贵阳乌当二叠系茅口组白云岩型古油藏的初步观察与研究. *现代地质*, 18(3): 353 - 359
- 盛金章. 1962. 中国的二叠系. 北京: 科学出版社, 1 - 95
- 王立亭, 陆彦邦, 赵时久等. 1994. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 78 - 84
- 杨湘宁, 施贵军, 刘家润等. 1999. 贵州盘县火铺镇茅口组剖面及其类动物群. *地层学杂志*, 23(3): 170 - 181
- 中国地层典编委会. 2000. 中国地层典·二叠系. 北京: 地质出版社, 45, 58 - 59, 65, 80 - 81, 85 - 86, 88
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社, 160 - 161

附表 栖霞组和茅口组厚度统计表

Attached Table Thickness of the Qixia and Maokou formations

编号	剖面位置	经纬度	茅口组 及相当 地层厚 度(m)	峨眉山玄武岩与 茅口组接触关系	编号	剖面位置	经纬度	茅口组 及相当 地层厚 度(m)	峨眉山玄武岩与 茅口组接触关系
1	四川康定阿东梁子	E102.152;N30.055	81.5		48	四川雷波	E103.571;N28.257	250	
2	四川中甸牛场	E99.954;N27.308	901.8	冰峰组	49	四川雷波柳洪	E103.213;N28.137	210	
3	四川峨眉山东坡	E103.384;N29.591	346		50	四川布拖日库脚	E103.260;N27.760	255	茅口组灰岩顶部均 普遍遭受剥蚀
4	四川峨眉山东沙湾	E103.485;N29.600	202	平行不整合接触, 如挖断山剖面,峨眉山 玄武岩与下伏的茅口 组灰岩接触面凹凸不 平,为剥蚀面	51	云南永善晚罗	E103.350;N27.580	330	
5	四川洪雅龙虎函	E103.193;N29.622	211		52	四川珙县大水沟	E104.266;N28.326	328	
6	四川峨眉山荷花坪	E103.205;N29.608	230		53	四川筠连小寨坝	E104.510;N28.162	294	
7	四川峨眉山新开寺	E103.427;N29.550	346		54	四川古蔺德跃关	E105.702;N28.044	427	
8	四川乐山沙湾	E103.553;N29.416	202		55	四川古蔺观文	E105.922;N27.847	283	
9	四川天全马桑沟	E102.479;N30.191	145		56	四川筠连武德	E104.567;N27.993	379.7	
10	四川宝兴鱼洞子	E102.813;N30.386	103		57	四川宁南银场沟	E102.740;N27.120	155	
11	四川芦山中林	E103.008;N30.378	374	茅口组顶部都有侵蚀 面,平行不整合于龙潭 组或峨眉山玄武岩之 下,如芦山中林林盘、 石喇嘛剖面	58	四川会东新木	E102.749;N26.327	194	
12	四川大邑飞水	E103.186;N30.612	376		59	云南保山落水洞	E99.868;N24.955	25	
13	四川康定石喇嘛	E102.281;N30.384	303.4		60	云南绿春江城	E102.381;N23.004	52	
14	四川康定桥棚子沟	E101.548;N28.883	450		61	云南金平老勐	E102.831;N22.878	58	
15	四川天全野牛沟	E102.759;N30.667	242.3		62	云南德钦牛石布	E99.391;N27.903	418.8	
16	四川天全大石包	E103.090;N30.134	50		63	云南蒙自老寨	E103.791;N23.394	291.4	不整合接触,如老 寨、沙坝剖面,茅口 组顶部发育灰色角 砾状灰岩
17	四川石棉田坪	E102.830;N29.141	330		64	云南蒙自砂坝	E103.463;N23.263	563.2	
18	四川石棉马鞍山	E102.938;N28.955	346	峨眉山玄武岩与下伏 茅口组呈假整合接触 (平行不整合接触)	65	云南罗平吉古	E104.201;N25.240	304.8	
19	四川汉源万里	E102.711;N29.410	270		66	云南罗平戈维	E104.024;N25.012	322.4	喷发不整合接触,说 西村剖面茅口组顶 部发育黏土层
20	四川甘洛波波	E102.841;N28.826	346		67	云南罗平纳娃	E104.312;N25.308	543.9	
21	四川甘洛海棠	E102.555;N29.036	55		68	云南罗平雄武	E104.687;N24.926	200	
22	四川毕节大桥	E105.278;N27.326	266	假整合接触,龙潭组底 部含黄铁矿黏土岩中 常见硅质岩砾石,或形 成底砾岩	69	云南永德安排田	E99.269;N24.027	743.8	
23	四川毕节大方	E105.613;N27.141	195		70	云南金平老乌寨	E103.188;N22.934	439.3	喷发不整合接触
24	四川蒙经干河	E102.660;N29.872	305	峨眉山玄武岩与下伏 的茅口组为假整合接 触(平行不整合接 触),如干河剖面	71	云南墨江下密地	E101.980;N23.026	550.5	
25	四川蒙经轿顶山	E102.868;N29.394	243		72	云南宣威热水	E103.775;N26.069	532.1	峨眉山玄武岩与茅 口组灰岩为喷发不 整合接触。会泽县 三家村剖面,两者之 间存在一层黏土沙 砾层
26	四川汉源杨庄坪	E102.603;N29.530	144		73	云南会泽矿山	E103.683;N26.618	332.7	
27	四川米易卧马箐	E102.027;N26.769	73	清水河剖面,茅口组与 峨眉山玄武岩之间为 一套含硅质结核灰岩	74	云南东川白泥井	E103.299;N25.904	418.1	
28	四川会理铜厂	E102.210;N26.721	91		75	云南华坪华荣	E101.343;N26.855	135.9	
29	四川宁南银厂沟	E102.685;N27.295	256		76	云南玉溪竹园	E102.401;N24.403	294.1	
30	四川会东大崇	E102.928;N26.862	128		77	云南鹤庆朵美	E100.383;N26.326	172	
31	四川木里邛依	E100.725;N28.227	401.1	冈达概组(相当于峨 眉山玄武岩)与下伏 的茅口组为假整合 接触	78	云南宁蒗永宁坪	E100.981;N26.749	191.4	峨眉山玄武岩与下 覆的茅口组为假整 合接触,如丽江油 木、白山、永胜油果 木、鹤庆大迪里等 剖面
32	四川盐边红果	E101.495;N26.788	29.6		79	云南宁蒗新营盘	E100.991;N27.077	183.8	
33	四川盐边老碾房	E101.664;N26.790	16		80	云南玉龙公空都	E100.531;N27.224	246.2	
34	四川盐源红坭	E101.712;N26.737	290		81	云南宁蒗尖山营	E100.725;N27.325	383.5	
35	四川普格西洛河	E102.597;N27.457	97.8		82	云南玉龙长海子	E100.234;N27.255	361	
36	四川普格日果树	E102.638;N27.428	109	茅口组与峨眉山玄武 岩为假整合接触(平 行不整合接触)	83	云南永胜油果木	E101.000;N26.740	142	
37	四川普格英哥村	E102.866;N27.375	217.8		84	云南中甸滑石板	E100.182;N27.339	500	冰峰组
38	四川布拖日则村	E102.870;N27.120	200		85	云南维西坪子	E99.007;N27.521	326	
39	四川普格洛乌沟	E102.695;N27.530	76.8		86	云南兰坪拉竹河	E99.128;N26.739	357.8	
40	四川越西碧鸡山	E102.686;N28.703	364	峨眉山玄武岩与下伏 的茅口组为假整合 接触	87	云南洱源长育村	E100.217;N25.894	355.4	洱源长育村剖面,茅 口组与上覆峨眉山 玄武岩为假整合接 触;宾川县上仓南剖 面,峨眉山玄武岩与 茅口组之间发育红 土(古土壤层)
41	四川越西普雄	E102.663;N28.478	340		88	云南宾川杂石棚	E100.338;N25.833	110	
42	四川美姑苏洛	E102.949;N28.521	250		89	云南弥渡朱坊	E100.542;N25.332	160	
43	四川西昌银厂	E101.847;N28.043	115		90	云南弥渡蔡家地	E100.543;N25.288	82	
44	四川得荣毛屋村	E99.366;N28.449	707.7	峨眉山玄武岩与下伏 的茅口组为假整合 接触	91	云南大理海印	E100.227;N25.809	21	何斌等,2003
45	四川西昌玻璃村	E101.033;N27.419	500		92	云南昆明西山	E102.652;N24.901	315.2	茅口组与上覆的峨 眉山玄武岩接触关 系为假整合,如昆明 西山剖面
46	四川盐源庄子尚	E101.860;N27.588	146.8	峨眉山玄武岩与下伏 的茅口组为假整合 接触	93	云南嵩明阿子营	E102.777;N25.341	392	
47	四川雷波大风顶	E103.309;N28.512	90		94	云南禄劝三哨	E102.708;N25.678	239	
					95	云南禄劝法者	E102.921;N26.012	143	

续附表

Continued Attached Table

编号	剖面位置	经纬度	茅口组 及相当 地层厚 度(m)	峨眉山玄武岩与 茅口组接触关系	编号	剖面位置	经纬度	茅口组 及相当 地层厚 度(m)	峨眉山玄武岩与 茅口组接触关系
96	云南永胜黑吾街	E100.669;N26.629	172	整合接触	152	广西隆林马海	E105.302;N24.686	160	
97	云南沾益十里铺	E103.889;N25.723	260.1		153	贵州镇宁芭仙	E105.911;N25.686	67	假整合接触(平行不整合接触)
98	云南会泽小水井	E103.431;N26.638	204	喷发不整合接触	154	贵州紫云晒瓦	E106.157;N25.609	125	
99	云南寻甸初奈	E103.308;N25.583	425.5						
100	云南云县忙亚	E100.489;N24.094	210		155	贵州贵阳乌当	E106.751;N26.628	170	假整合接触(平行不整合接触), 梅冥相等, 2004
101	云南宁蒗老龙洞	E100.735;N27.341	1350.4						
102	云南宜良路南	E103.326;N24.816	385		156	贵州紫云松山	E106.100;N25.711	150	
103	云南昭通鲁甸	E101.561;N27.178	330		157	贵州紫云羊场	E106.150;N25.672	282	
104	云南昭通巧家	E102.921;N26.896	403		158	贵州东兰兰木	E107.275;N24.426	294	
105	云南巧家蒙姑	E103.046;N26.568	425	峨眉山玄武岩与下伏的茅口组灰岩存在明显的火山不整合接触, 如陈家坪、海改地剖面	159	贵州盘县火铺镇	E104.409;N25.660	612.7	杨湘宁等, 1999
106	贵州威宁海改地	E104.245;N26.864	294.1		160	贵州册亨岩架	E105.835;N24.985	284	
107	贵州锦屏满天星	E109.032;N26.585	220		161	贵州郎岱洒志	E105.374;N26.034	590	龙家荣, 1985
108	云南崇溪陈家坪	E103.099;N26.768	326.3		162	贵州盘县张凤田	E104.473;N25.708	496	
109	云南嵩明四营	E103.133;N25.272	303	假整合接触(平行不整合)	163	贵州威信庙坝	E105.057;N27.794	253	
110	云南石林长湖	E103.416;N24.713	227	与上覆龙潭组之间发育黏土岩	164	贵州毕节燕子口	E105.422;N27.591	237.5	
111	云南曲靖红土墙	E103.998;N25.323	310.7		165	贵州金沙大木树	E106.391;N27.407	150	
112	云南沾益晒宁	E103.821;N25.596	337		166	贵州毕节大桥	E105.278;N27.325	280	
113	云南墨江布陇箐	E101.597;N23.395	823.6		167	贵州毕节青场	E105.027;N27.343	312.5	
114	云南丽江马头山	E100.224;N26.884	225		168	贵州大方冒砂井	E105.820;N27.210	235	
115	云南建水新城	E102.542;N23.743	432.2		169	贵州纳雍匀佐	E105.320;N26.800	460	
116	云南宁蒗泸沽湖	E100.720;N27.675	262.5		170	贵州威宁金钟	E104.427;N26.763	547.5	
117	云南永胜东岩脚	E100.383;N26.326	182		171	贵州六盘水白泥濞坝	E105.040;N26.515	572.5	
118	云南昭通占沟	E103.830;N27.380	630		172	贵州普定大窑	E105.579;N26.285	675	
119	云南盐源庄子上	E101.898;N27.731	146.8		173	贵州宣威乐树	E104.277;N26.313	532.5	
120	云南盐源城门洞	E101.672;N27.332	270.3		174	贵州宣威板桥	E104.073;N26.084	512.5	
121	云南西昌樟木箐	E102.169;N27.956	550		175	贵州盘县新塘	E104.574;N25.682	595	
122	云南会泽五星厂	E103.240;N26.473	482		176	贵州兴仁兴参井	E105.310;N25.250	500	
123	云南嵩明麦地冲	E102.870;N25.350	245		177	贵州册亨过央	E105.150;N25.140	260	
124	云南昆明四营	E103.133;N25.273	316		178	贵州遵义仁江	E106.930;N27.953	220	
125	云南师宗鸭子塘	E103.858;N24.900	490		179	贵州遵义龙坪	E107.034;N27.558	108	
126	云南泸西杨一井	E103.840;N24.586	437.5		180	贵州翁安木引槽	E107.277;N27.285	157.5	
127	云南弥勒在结	E102.773;N23.643	367.5		181	贵州息烽朵朵顶	E106.460;N27.010	132.5	
128	云南建水鸡街	E102.940;N23.730	307.5		182	贵州黔西雷打岩	E105.279;N26.307	228	
129	云南蒙自乐寺冲	E103.890;N23.580	220		183	贵州贵定闻江寺	E107.221;N26.606	245	
130	云南屏边斯塔白	E103.525;N23.225	500		184	贵州福泉甘把哨	E107.625;N26.620	207	
131	云南广南阿江	E104.994;N23.684	158		185	贵州都匀贤昌	E107.534;N26.423	208	
132	云南镇雄两江口	E104.520;N27.809	305		186	贵州安顺看牛坡	E106.040;N26.128	517.5	
133	云南丘北	E104.198;N24.037	238		187	贵州惠水砂子哨	E106.640;N26.154	280	
134	云南广南板茂	E104.937;N23.994	500		188	贵州惠水摆金	E106.820;N26.098	254	
135	云南富源石坎子	E104.514;N25.422	612.5		189	贵州都匀黄良	E107.545;N25.968	96	
136	云南罗平法本	E104.318;N25.279	560		190	贵州平塘甘寨	E107.236;N25.834	412	
137	云南砚山二道箐	E104.390;N23.728	425		191	贵州平塘马坡	E107.357;N25.816	376	
138	贵州水城蚂蝗箐	E103.374;N26.412	583	茅口组灰岩顶部有古侵蚀面, 部分地段见黏土岩发育, 如花口寨剖面	192	贵州荔波尧排	E107.908;N25.482	500	
139	云南宣威银厂	E104.453;N26.486	552		193	贵州荔波韦寨	E108.117;N25.281	617	
140	贵州水城加开堂	E105.058;N26.463	467		194	贵州罗甸沐阳	E106.857;N25.495	320	
141	云南昭通彝良	E104.047;N27.629	213.9		195	贵州紫云猴场	E106.255;N25.503	423	
142	四川昭通两江口	E104.520;N27.809	315.6	假整合接触, 如羊场、彝良城北洛泽河沿岸、正湾村、冲子口等剖面	196	广西天峨老鹏	E107.046;N24.841	243	
143	云南昭通柿子坝	E104.794;N27.855	316.9		197	广西乐业石寨	E106.546;N24.741	510	
144	云南昭通芒部	E104.861;N27.615	157		198	广西田林浪平	E106.363;N24.483	480	
145	贵州晴隆大厂	E105.170;N25.678	224		199	广西西阳思渠	E108.341;N28.669	252.5	
146	贵州晴隆碧痕	E105.151;N25.731	470	假整合接触(平行不整合接触), 茅口组灰岩顶部有一起伏较大的古侵蚀面, 花贡剖面	200	广西秀山溶溪	E108.885;N28.521	207	(孤峰组)
147	贵州晴隆戈塘	E105.169;N25.668	383		201	广西隆林播存	E105.180;N24.856	280	
148	贵州安龙者王	E105.307;N25.030	244		202	广西隆林常么	E105.250;N24.696	212.5	
149	广西隆林下龙后	E105.319;N24.653	269						
150	广西东兰隆干	E107.165;N24.794	160						
151	贵州晴隆花贡	E105.097;N25.998	288		203	广西宜山德胜	E108.340;N24.692	628	(孤峰组)

续附表

Continued Attached Table

编号	剖面位置	经纬度	栖霞组及相当 地层厚度(m)	编号	剖面位置	经纬度	栖霞组及相当 地层厚度(m)
1	四川茶经杨昌坪	E102.571;N29.615	144	59	云南巧家双河	E103.045;N26.568	49
2	四川茶经帽壳山	E102.868;N29.394	124	60	云南屏边曼耗	E103.351;N23.020	139
3	四川茶经火厂坝	E102.607;N29.346	21	61	云南宁蒗油果木	E101.000;N26.740	20
4	四川盐源庄子尚	E101.860;N27.588	4	62	云南宁蒗泸沽湖	E100.720;N27.675	47
5	四川盐源三合	E102.173;N27.946	100	63	云南宁蒗老龙洞	E100.735;N27.341	169.1
6	四川盐边干海子	E101.931;N26.462	145	64	云南墨江布龙	E101.597;N23.395	170
7	四川叙永烂泥沟	E105.639;N27.683	146	65	云南弥渡朱坊	E100.542;N25.332	115
8	四川西昌玻璃村	E101.032;N27.419	104	66	云南弥渡蔡家地	E100.543;N25.288	100
9	四川松潘阿翁沟	E102.743;N34.097	85	67	云南蒙自磺厂	E103.459;N23.384	111
10	四川邛依纳嘎	E100.725;N28.227	169	68	云南蒙自砂坝	E103.463;N23.263	333.1
11	四川普格英格乡	E102.866;N27.375	242.6	69	云南蒙自老寨	E103.790;N23.396	91
12	四川普格西罗	E102.597;N27.457	151.9	70	云南芒部郑家院子	E104.861;N27.615	282
13	四川普格日则村	E102.870;N27.120	200.3	71	云南罗平纳娃	E104.312;N25.307	202.5
14	四川普格洛乌河	E102.650;N27.435	210	72	云南罗平吉吉	E104.201;N25.240	86.6
15	四川宁南银场沟	E102.740;N27.120	170	73	云南罗平戈维	E104.024;N25.012	161.7
16	四川冕宁碧鸡山	E102.686;N28.703	15	74	云南禄劝三哨	E102.708;N25.678	60
17	四川雷波麦子坪	E103.388;N28.511	100	75	云南禄劝麦地冲	E102.870;N25.350	297
18	四川雷波大风顶	E103.309;N28.512	133.5	76	云南泸西杨一井	E103.840;N24.586	63.5
19	四川乐山六井沟	E103.485;N29.600	201	77	云南丽江昔腊坪	E100.981;N26.750	20.3
20	四川康定莲花山	E101.920;N30.126	105.6	78	云南丽江尖山营	E100.725;N27.325	188.8
21	四川康定阿东梁子	E102.152;N30.055	23.1	79	云南丽江公空都	E100.531;N27.224	208.9
22	四川筠连小寨坝	E104.567;N27.993	168.2	80	云南丽江大槽子	E100.991;N27.077	79.4
23	四川筠连武德	E104.567;N27.993	252.5	81	云南昆明西山	E102.652;N24.901	148
24	四川珙县大水沟	E104.266;N28.326	148	82	云南昆明沙朗	E102.663;N25.160	54.3
25	四川峨眉山新开寺	E103.427;N29.550	282	83	云南昆明雷打石	E102.607;N24.785	197
26	四川峨眉山龙虎函	E103.193;N29.622	162	84	云南昆明甸尾	E102.840;N25.510	75
27	四川峨眉山苟大坪	E103.205;N29.608	188	85	云南晋宁竹园	E102.401;N24.403	170
28	四川峨眉山东坡	E103.384;N29.591	282	86	云南金平老鸟寨	E103.188;N22.934	193.2
29	四川峨眉山	E103.484;N29.602	254	87	云南建水鸡街	E102.940;N23.730	145
30	四川布拖日库脚	E103.260;N27.760	88	88	云南会泽小水井	E103.431;N26.638	104.7
31	四川毕节大桥	E105.278;N27.326	184	89	云南会泽五星厂	E103.261;N26.548	123.2
32	四川宝兴鱼洞子	E102.813;N30.386	123.6	90	云南会泽矿山厂	E103.683;N26.618	117.5
33	四川普格洛乌村	E102.695;N27.530	240.4	91	云南华坪龙洞河	E101.158;N26.747	30
34	云南镇雄郑家园子	E104.804;N27.406	262.5	92	云南华宁所基沟	E102.991;N24.262	50
35	云南昭通占沟	E103.830;N27.380	420	93	云南红河牛街	E102.443;N23.445	180
36	云南昭通双河场	E103.244;N27.451	132.5	94	云南鹤庆朵美	E100.383;N26.326	80
37	云南昭觉牛牛坝	E102.980;N28.268	181	95	云南鹤庆东崖脚	E100.383;N26.326	88
38	云南永善三道水	E103.533;N27.818	172.5	96	云南广南珠琳	E104.662;N23.991	34
39	云南彝良两江口	E104.520;N27.809	236	97	云南广南陆家坝	E105.164;N24.068	59
40	云南砚山二道箐	E104.390;N23.728	44	98	云南广南阿科	E104.994;N23.684	49
41	云南盐源城门洞	E101.672;N27.332	46	99	云南个旧老寨	E103.791;N23.394	91
42	云南盐津	E104.235;N28.107	196	100	云南富源三台坡	E104.194;N25.485	37
43	云南寻甸初奈	E103.308;N25.583	90	101	云南富源黑泥塘	E104.271;N24.874	147
44	云南宣威银厂	E104.453;N26.486	172	102	云南富源洞坡	E105.623;N23.754	46
45	云南宣威赖子洞	E104.158;N26.001	112	103	云南洱源长育村	E100.217;N25.894	81
46	云南宣威格学	E104.592;N26.441	122	104	云南东川白泥井	E103.299;N25.904	108.7
47	云南宣威大营	E103.775;N26.069	125.3	105	云南崇溪陈家坪	E103.099;N26.768	114.4
48	云南威信柿子坝	E104.794;N27.855	400.7	106	云南保山金鸡	E99.255;N25.154	128.2(大凹子组)
49	云南威信庙坝	E105.057;N27.794	257.5	107	云南保山河湾街	E98.931;N25.268	44.8(大凹子组)
50	云南通海大寨	E102.675;N24.206	50	108	云南保山高筒槽	E98.932;N25.352	44(大凹子组)
51	云南嵩明四营	E103.133;N25.272	231.2	109	云南保山敢顶	E98.861;N25.354	47(大凹子组)
52	云南石林长湖	E103.416;N24.713	98	110	贵州遵义石字铺	E107.059;N27.785	167
53	云南师宗鸭子塘	E103.858;N24.900	66.3	111	贵州遵义毛栗溪	E106.507;N27.440	177.5
54	云南师宗盘参井	E104.351;N24.509	78.5	112	贵州遵义麻沟	E106.932;N27.922	156
55	云南曲靖天生坝	E103.811;N25.628	120	113	贵州紫云羊场	E106.150;N25.672	132
56	云南曲靖驾车	E103.366;N25.985	124.5	114	贵州紫云晒瓦	E106.157;N25.609	106
57	云南曲靖红土墙	E103.998;N25.323	172.8	115	贵州紫云克凹	E106.210;N25.953	160
58	云南曲靖初奈	E103.572;N25.967	124.5	116	贵州织金熊家场	E105.703;N26.465	155

续附表

Continued Attached Table

编号	剖面位置	经纬度	栖霞组及相当 地层厚度(m)	编号	剖面位置	经纬度	栖霞组及相当 地层厚度(m)
117	贵州织金猫场	E106.041;N26.543	161	150	贵州郎岱酒志	E105.374;N26.034	138.9
118	贵州正安安场	E107.425;N28.635	110	151	贵州金沙大木树	E105.984;N27.579	146
119	贵州镇宁芭仙	E105.911;N25.686	105	152	贵州赫章六曲	E104.709;N27.223	185
120	贵州贞丰者王	E105.307;N25.030	210	153	贵州贵阳乌当	E106.751;N26.628	134
121	贵州宣威谢且	E103.958;N25.923	107.3	154	贵州贵定闻江寺	E107.221;N26.606	107.5
122	贵州兴仁石坝子	E104.699;N24.950	195	155	贵州福泉甘把哨	E107.625;N26.620	45
123	贵州兴仁兴参井	E105.310;N25.250	350	156	贵州独山马尾	E107.880;N25.410	111
124	贵州习水太平山	E106.168;N28.848	131.5	157	贵州都匀贤昌	E107.534;N26.423	76
125	贵州息烽上厂	E106.781;N27.095	191	158	贵州东兰兰木	E107.275;N24.426	190
126	贵州翁安木引槽	E107.277;N27.285	122	159	贵州大方冒砂井	E105.820;N27.210	175
127	贵州威信白岩	E105.235;N27.848	197.5	160	贵州大厂戈塘	E105.169;N25.668	338
128	贵州威宁金钟	E104.427;N26.763	140	161	贵州册亨过央	E105.150;N25.140	212.5
129	贵州桐梓松坎	E106.861;N28.538	121	162	贵州毕节青场	E105.027;N27.343	184
130	贵州水城加开	E105.058;N26.463	415	163	贵州毕节大桥	E105.278;N27.325	184
131	贵州水城德坞	E104.878;N26.575	290	164	贵州安顺看牛坡	E106.024;N26.114	104
132	贵州仁怀石灰窑	E106.406;N27.849	102.6	165	贵州安然	E105.307;N25.030	293
133	贵州晴隆花贡	E105.097;N25.998	258	166	广西田林什良	E106.392;N24.448	132.5
134	贵州晴隆碧痕营	E105.151;N25.731	100	167	广西田林浪平	E106.363;N24.483	176
135	贵州清镇流长	E106.220;N26.668	160	168	广西田林八渡	E105.876;N24.246	81.5
136	贵州清镇林歹	E106.378;N26.659	142.5	169	广西天峨林洞	E107.188;N24.983	210
137	贵州黔西雷打岩	E105.279;N26.307	194	170	广西南丹侧岭	E107.784;N24.823	250
138	贵州黔西嘎木	E106.012;N27.230	180	171	广西那坡龙合	E106.003;N23.376	100
139	贵州普定大窑	E105.579;N26.285	98	172	广西隆林下龙后	E105.319;N24.653	96
140	贵州普安窑上	E104.699;N25.671	90	173	广西隆林马海	E105.302;N24.686	153
141	贵州普安白泥塘	E104.965;N25.832	65	174	广西隆林隆或	E105.577;N24.585	120
142	贵州盘县新塘	E104.574;N25.682	133.8	175	广西隆林常么	E105.250;N24.696	96
143	贵州盘县上平川	E104.443;N25.698	127	176	广西隆林播存	E105.180;N24.856	95.8
144	贵州盘县上岗寨	E104.401;N25.723	61	177	广西凌云龙川	E106.808;N24.112	157
145	贵州纳雍匀佐	E105.320;N26.800	146	178	广西凌云	E106.636;N24.344	142.5
146	贵州纳雍螺狮沟	E105.562;N26.696	156	179	广西乐业幼平	E106.542;N24.928	115
147	贵州纳雍包谷山	E105.920;N27.343	20	180	广西东兰三石	E107.390;N24.346	208
148	贵州罗甸沫阳	E106.857;N25.495	98	181	广西百色大木楞	E106.287;N23.755	49
149	贵州龙里水场	E106.777;N26.389	84				

附录: 区调资料目录(仅列出茅口组平行不整合剖面资料)

段彦学等. 1977. 1/20 万丽江幅 G-47-11 区域地质调查报告

贵州 108 地质队. 1973. 1/20 万水城幅 G-48-15 区域地质测量报告

贵州 108 地质队. 1976. 1/20 万毕节幅 G-48-10 区域地质测量报告

胡炎基等. 1965. 1/20 万西昌幅 G-48-01 区域地质测量报告

史清琴等. 1976. 1/20 万镇雄幅 G-48-03 地质图说明书

四川省地质局第 1 区域地质测量队. 1971. 1/20 万盐源幅 G-47-06 区域地质测量报告

四川省地质局第 1 区域地质测量队. 1967. 1/20 万冕宁幅 H-48-31 区域地质测量报告

四川省地质局第 1 区域地质测量队. 1/20 万石棉幅 H-48-25 区域地质测量报告

四川省地质局第 1 区域地质测量队. 1972. 1/20 万雷波幅 H-48-32 区域地质测量报告

四川省地质局第 2 区域地质测量队. 1971. 1/20 万峨眉幅 H-48-20 区域地质测量报告

覃胜荣等. 1978. 1/20 万曲靖幅 G-48-20 区域地质测量报告

吴世良等. 1976. 1/20 万宝兴幅 H-48-13 区域地质测量报告

熊家镛等. 1980. 1/20 万东川幅 G-48-14 区域地质测量报告

云南省地质矿产局. 1973. 1/20 万大理幅 G-47-23 区域地质测量报告

云南省地质矿产局. 1978. 1/20 万鲁甸幅 G-48-08 区域地质测量报告

- 云南省地质局第2区测队. 1970. 1/20万个旧幅 F-48-2 区域地质调查报告
- 云南省地质局第2区测队. 1971. 1/20万昆明幅 G-48-25 地质图说明书
- 云南省地质局第2区测队. 1972. 1/20万金平幅 F-48-8 河口幅 F-48-14 区域地质调查报告
- 张盛师. 1974. 1/20万茛经幅 H-48-19 区域地质测量报告
- 郑启铃等. 1980. 1/20万兴仁幅 G-48-22 安龙幅 G-48-28 区域地质测量报告
- 郑裕民等. 1984. 1/20万理塘幅 H-47-23 稻城幅 H-47-29 贡岭幅 H-47-35 区域地质调查报告
- 朱佑夹等. 1977. 1/20万罗平幅 G-48-27 区域地质测量报告