

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

论 昆 阳 拗 拉 谷

华 仁 民

(南京大学地球科学系)



昆阳拗拉谷是中元古代的大陆裂谷作用产物,发育于西南地台西缘康滇地轴以康定杂岩为代表的刚性陆壳之上,以安宁河-绿汁江断裂和小江断裂为边界。其早期破裂阶段以碱性的基性岩浆活动为特征,以大红山群、河口群中的火山岩为代表。在拉张裂隙阶段,昆阳拗拉谷形成狭长的地堑式槽地,沉积了一套典型的裂谷型沉积建造组合,从陆相红色碎屑建造开始,演化为含蒸发岩的白云岩建造、海相黑色页岩及碳酸盐岩建造等,构成了下昆阳群,并赋存了著名的东川式铜矿。

关于昆阳群构造环境,迄今认识不一。前人多认为昆阳群属冒地槽型沉积建造,笔者近年来在研究东川式铜矿过程中,发现元古宙昆阳群,特别是下昆阳群及下伏的大红山群形成于距今约 2000—1900Ma 前开始的古大陆裂谷-拗拉谷环境,并建议把这一发生于元古代的裂谷运动及其产物命名为昆阳拗拉谷。

一、裂谷前基底的存在

裂谷作用可以按其形成的背景和结果分成大陆裂谷和海洋裂谷两大类。昆阳拗拉谷属大陆裂谷。它得以发生的基本条件之一,就是要有一个足够刚性的基底,即大陆型地壳。

我国南方是否存在太古宙陆核,至今尚无定论。但一般认为扬子地台的核心——西南地台,在早元古代末,已基本克拉通化^[1],昆阳拗拉谷正是在西南地台西缘的早元古代基底之上发育起来的。

构成昆阳拗拉谷基底的岩石,一般被称为康定杂岩;也有人称之为康定群或龙川群,与之相当的地层名称还有大田组、普登组等。现有资料表明:康定杂岩是一套包括斜长角闪岩、变粒岩类、麻粒岩和片岩的中-高级变质岩及混合岩、混合花岗岩等,其变质程度远高于昆阳群。陈琦等对康滇地轴各典型地段进行了实测剖面或草测,通过较系统的研究,确定康定杂岩是老于会理群、昆阳群的一套岩石,是本区最老的结晶基底^[1]。

综合袁海华等^[2]、冯本智等^[3]和陈琦等的研究以及部分区调资料,康定杂岩的下部主要由斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、角闪斜长混合片麻岩等组成;中部为黑云变粒岩、混合

1) 陈琦等, 1985, 攀西前震旦系的基本特征及其构造意义的研究。长春地质学院科研报告年鉴。

本文 1988 年 3 月收到, 1990 年 4 月改回, 王毅编辑。

岩化斜长角闪岩、石墨片岩等；上部主要由一套片岩、黑云变粒岩、混合岩及大理岩等组成。

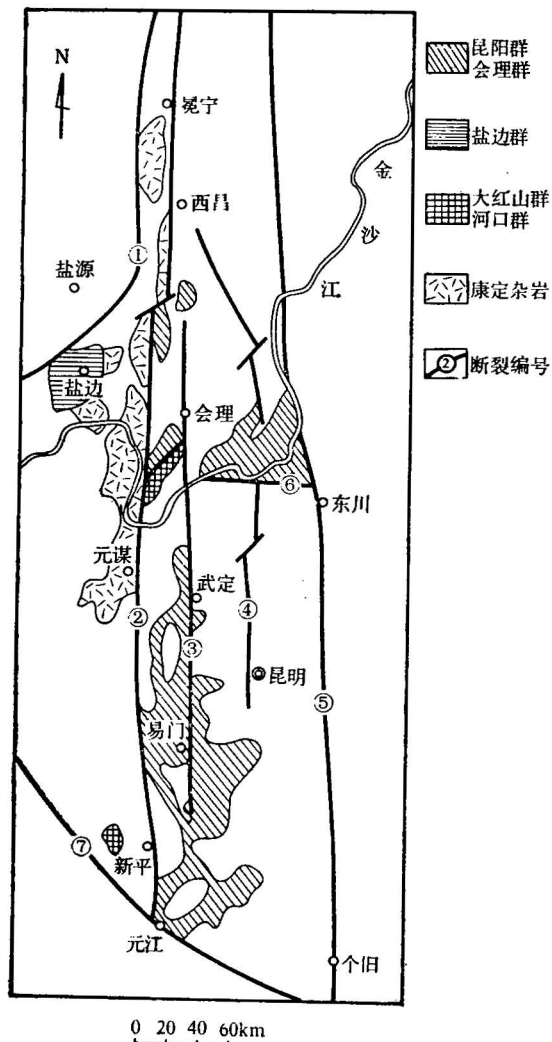


图1 康滇地轴中-南段区域构造及前寒武纪地层分布图

Fig. 1 Schematic map showing regional structure and distribution of Precambrian strata of the middle-south sector of Xikang-Yunnan axis.

断裂及编号: ① 金河-程海断裂; ② 安宁河-绿汁江断裂; ③ 会理-易门断裂; ④ 宁南-昆明断裂; ⑤ 小江断裂; ⑥ 宝台厂-九龙断裂; ⑦ 红河断裂。

康定杂岩目前沿康滇地轴中部自北向南断续出露, 主要分布于北起四川泸定, 南经石棉、冕宁、西昌、渡口, 直至云南元谋、新平一线。总的看来, 它们出露于大渡河-安宁河-绿汁江深断裂与金河-箐河-程海深断裂之间的狭长地带(图1)。

关于康定杂岩的时代归属, 目前也还没有定论。笔者收集到的同位素年龄数据, 主要有以下几个:

1. 渡口市同德角闪紫苏混合片麻岩微量铅全岩等时线年龄为 $2950\text{Ma}^{[2]}$, 这是目前最老的年龄数据。

2. 冕宁沙坝角闪紫苏混合片麻岩 Rb-Sr 全岩等时线年龄为 $2400\text{Ma}^{[2]}$ 。

3. 泸定-渔通剖面中混合片麻岩残留体锆石的 U-Pb 年龄为 2451Ma 和 $2061\text{Ma}^{[1]}$ 。

此外, 康定杂岩之上的大红山群底部眼球状混合岩的 Rb-Sr 等时线年龄为 $1701\text{Ma}^{[2]}$; 姜驿大红山群平滩组钠长浅粒岩锆石 U-Th-Pb 法年龄为 $1725\text{Ma}^{[3]}$; 罗茨-武定地区侵入于因民组中的碱性玄武质次火山岩年龄为 $1805\text{Ma}^{[3]}$; 因民组砂岩中锆石 U-Pb 年龄为 $1806\text{Ma}^{[4]}$ 等等。这些数据也可以说明, 位于因民组、大红山群之下的康定杂岩的年龄至少应大于 18 亿年, 亦即可以归入早元古代。

总之, 当距今约 19—20 亿年时, 康滇地轴上已经有了以康定杂岩为代表的结晶基底, 地壳已足够刚性并具备了形成大陆裂谷的条件, 昆阳拗拉谷就在此

1) 潘杏南、赵际湘, 1985, 康滇构造与裂谷作用(未刊稿)。

2) 薛啸峰, 1986, 千米科研孔中大红山群底巴都组年龄测定。第三届全国同位素地球化学学术讨论会摘要汇编。

3) 杨光炽, 1986, 云南地质, 第 1 期。

4) 武希彻、段锦荪, 1982, 云南地质, 第 2 期。

基础上开始发生了。

二、边界断层——深断裂的发育

按照板块构造观点,大陆裂谷是由陆壳向洋壳转化的第一步。它以陆壳的破裂为基本特征,亦即在刚性地块上形成一些延伸较长的破裂体系——深断裂。这些深断裂常常就是裂谷或拗拉谷的边界断层。与裂谷作用有关的沉积作用和火成活动,一般都发生在这些边界断层以内或附近。

在以康定杂岩这一早元古代结晶基底为代表的古陆壳逐渐刚性化的基础上,某些纵贯康滇地轴的南北向深大断裂开始形成。从图1可见,这类深大断裂在康滇地轴上相当发育,并成为地轴构造演化及各种地质作用的重要控制因素。其中最重要的是大渡河-安宁河-绿汁江深断裂和甘洛-小江断裂。在昆阳拗拉谷的始发阶段,它们常作为与地幔有关的岩浆活动的通道;随着拉张-裂陷作用的发展,它们又发育成为具有正断层性质的拗拉谷边界断层。

大渡河-安宁河-绿汁江深断裂纵贯整个康滇地轴,长达800km宽约10—20km,是我国西南地区一条规模较大、具长期发展历史、并且多次活动的深大断裂带。陈元坤等运用重力异常分析莫霍面构造特征,认为该断裂属于硅镁层断裂,北段可能具有超壳性质¹⁾。该断裂至今仍属活动断裂,是我国南北向地震带的主要构造控制因素。据测定,安宁河断裂现代的年活动变化率为0.06—0.6mm^[4]。

这条深大断裂对于康滇地轴前震旦纪地层和岩石的分布有明显的控制意义。目前已知的康定杂岩出露于该断裂带以西,大红山群和河口群则基本上分布于断裂带附近,而昆阳群和会理群均位于断裂带以东。因此,笔者认为把该深断裂带作为昆阳拗拉谷的西界是恰当的。

昆阳拗拉谷东界的情况较复杂。目前看来,具有比较明显控制作用的南北向断裂构造是甘洛-小江断裂。该断裂带南北延伸总长度也达800km,规模较大,并具有形成较早、长期活动的特点。在海西期曾有大量玄武岩沿小江断裂喷发。该断裂带新构造运动活跃,年度活动变化率达0.62mm^[4],是我国主要的现代地震活动带。

作为裂谷或拗拉谷的边界断裂,这些深大断裂带在形态上应具有正断层的性质,属张性断裂。但是,由于地质历史上多次构造运动的影响,使康滇地轴及邻区多次经受挤压和拉张,这些深断裂的面貌也曾多次发生变化。尤其是燕山运动和喜马拉雅运动以来,本区大部分地区主要表现为东西向的和近北西向的挤压作用^[9],从而呈现出以压性-压扭性构造为主的特征。但尽管如此,沿安宁河和小江断裂带发育的许多新生代断陷盆地仍然反映了它们作为裂谷边界断裂的张性特征。这些断陷盆地沿断裂带呈串珠状分布,一般长数十公里,宽数公里,盆地内部也表现为堑垒相间;并显示负重力异常²⁾,显然属于张性构造环境。

1) 陈元坤、吴上龙,1982,云南地壳深部构造初析。云南地质,第3期。

2) 国家地震局西南烈度队,1977,西南地区地震地质及烈度区域探讨。地震出版社。

三、碱性的基性火成活动

昆阳拗拉谷早期的陆壳破裂以及沿着破裂带所发生的强烈下陷, 伴随有深源岩浆的

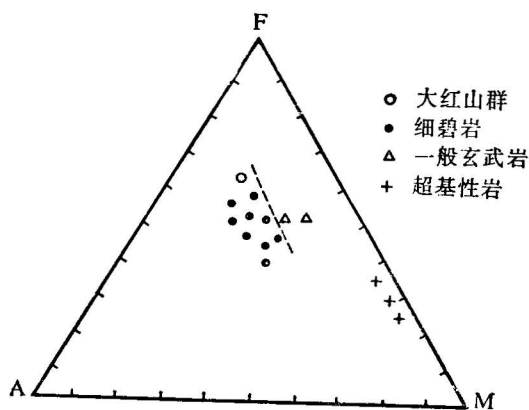


图2 大红山群中的基性火山岩在 AFM 图上的投影
Fig. 2 AFM diagram of mafic volcanic rocks in the Dahongshan Group.

大量喷发。现有资料表明, 这一火成活动主要发育于安宁河-绿汁江一线, 并以云南的大红山群和川西南的河口群中的碱基性火山岩为典型代表。

对于大红山群和河口群, 目前大部分研究者认为二者在时代、层位上基本相当, 都位于昆阳群或会理群之下。

大红山群主要是一套中等至中-浅变质的富钠质碱基性火山岩, 厚约 2000m。其中的火山岩系在一般资料中均以细碧-角斑岩称之, 笔者使用 J. Loeschke 关于判别细碧岩与一般玄武岩的 AFM 图解, 选用前人岩石化学数据¹⁾的平均 AFM 值投影于图中(图 2), 可见

大红山群中的基性岩较接近于其他细碧岩, 与一般玄武岩则相差较大。

河口群由一套钠质火山杂岩夹变质岩组成, 厚约 4000m。主要岩性有白云钠长片岩、石英钠长岩、石榴角闪二云片岩、白云石英片岩、炭质板岩及大理岩等。

据前人研究资料, 河口群中的变质火山岩的原岩为细碧-角斑岩组合, 并以角斑岩为主; 与其伴生的沉积岩则为较深的裂陷所形成的深水滞水槽盆沉积²⁾。据笔者收集的河口群中火山岩的岩石化学分析数据^{3), 4)}表明, 河口群与大红山群的火山岩类在成分上基本一致, 河口群火山群总体上稍偏酸性一些。

把大红山群、河口群的火山岩系作为昆阳拗拉谷早期陆壳破裂阶段的火成活动产物, 主要有以下两点理由:

1. 这套岩石的出露十分有限。目前看来它只是在安宁河-绿汁江深断裂一线零星出露。而且, 在主要的出露区, 它们都呈南北方向延长展布, 东西方向较窄。例如大红山群, 即使在云南新平大红山地区出露面积也不广。但是据 1:20 万航磁异常资料, 在大红山以南、以北及以东都还有同类型的火山岩分布于较新地层之下, 据此可推断大红山地区当时是喷发中心, 而火山岩主要沿断裂带呈南北向分布。由于断裂带主要表现为相对的西升东降(体现了拗拉谷西部边界断层的特征), 所以火山岩主要向东扩展, 而西部可能没有火山岩的分布。

又如河口群主要出露于昆阳拗拉谷的北部, 北起会理黎溪以北, 南至云南姜驿, 长约

1) 杨应选, 1973, 云南某地铜铁矿床成因特征。西南地质科技情报, 第 1 期。

2) 陈琦等, 1985, 长春地质学院科学研究报告年鉴。

3) 四川省 403 地质队, 1974, 铁铜矿产专辑(二), 地质出版社。

4) 仇定茂, 1982, 地质科学院研究报告 0047 号。

39km, 宽 6—10km, 呈南北向展布。在稍南不远处的阿拉盖-阿洒姑一带, 就有岩性类似的大红山群出露。二者都分布在安宁河断裂的东侧。

2. 它们的岩石学、岩石化学特征与大陆裂谷的火成岩组合较为一致。

大陆内裂谷带的火成活动以所谓双模式组分为典型; 但不同时代、不同地区的裂谷在火成活动的具体特征上也有很大差异。大量实际资料表明, 在许多情况下裂谷火成活动是以碱性或次碱性岩的发育为重要特征^{[6,7,8]1-5)}, 尤其是裂谷早期, 更以发育碱性的基性岩浆活动为主, 反映了构造上的拉张特征。

笔者将大红山群和河口群火山岩的岩石化学资料投影于全碱-SiO₂关系图上(图 3), 可见它们都落在碱性玄武岩的范围内。

根据岩石化学数据计算的两群岩石的里特曼指数 ($\sigma = \frac{(Na_2O + K_2O)^2}{SiO_2 - 43}$) 值见表 1 所示。为了使该指数真正代表基性岩(玄武岩类)的碱度, 笔者选用前人资料中 SiO₂ 含量为 44—53.5%^[9] 的岩石化学数据。

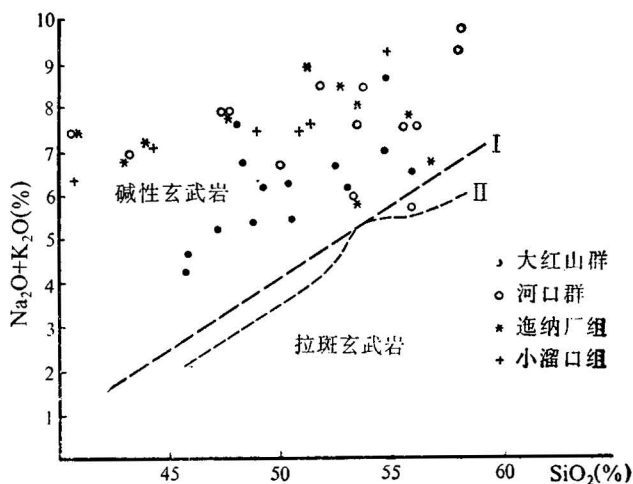


图 3 不同类型玄武岩的全碱-SiO₂ 图解
Fig. 3 Na₂O + K₂O versus SiO₂ diagram for different types of basalt.

虚线表示碱性玄武岩 (A) 和拉斑玄武岩 (B) 的分界线:
I. MacDonald 和 Katsura, 1964; II. Kuno, 1966.

表 1 大红山群、河口群基性火山岩的里特曼指数

Table 1 Rittmann indexes of mafic volcanic rocks from the Dahongshan Group and Hekou Group

岩石名称	产 地	样 品 数	里特曼指数 σ 值		岩石化学数据来源*
			变化范围	平 均 值	
大红山群	云南大红山	9	3.87—11.35	6.94	
	云南姜驿	4	5.90—9.47	7.71	
河 口 群	四川拉拉厂	4	6.50—13.83	10.47	

* 杨应选, 1973, 西南地质科技情报, 第 1 期; 武希彻等, 1982, 云南地质, 第 2 期; 四川 403 队, 1974, 铁铜矿产专辑, 第 2 集。

1) 高名修, 1974, 大陆裂谷. 国外地质, 第 9 期。

2) 金鹤生, 1981, 南京大学研究生论文。

3) 东非裂谷考察团, 1983, 东非裂谷地质矿产及地球物理考察报告。

4) 陈国达, 1985, 裂谷构造研究现状一斑. 国外地质, 第 4 期。

5) Г. А. Твалцрелидзе, 1986, 国外前寒武系地质, 第 3 期。

从表 1 可以看出,在大红山群及河口群中,基性火山岩的里特曼指数值变化较大,但总的看来碱质较高,属于弱碱质-碱质基性岩。实际上其碱质含量已经超过了一般的大陆裂谷碱性玄武岩^[8]。

因此,无论从地质分布来看,还是从岩石化学特征来看,大红山群和河口群中的火山岩都是受深断裂控制的、在时空分布上属于较局限的碱性的基性火成岩,因而它们是大陆裂谷作用早期火成活动的产物。

除了大红山群和河口群中的火山岩代表了昆阳拗拉谷早期火成活动外,还有某些零星分布的早期火成活动产物,尚未引起前人足够重视。笔者的初步研究认为,武定迤纳厂地区原迤纳厂组中大量碱基性火山岩、东川落雪地区因民组之下的“小溜口组”¹⁾,以及东川拖布卡汤家箐沟砾岩之下,类似枕状熔岩的岩石,都可能是与大红山群同时的裂谷火成活动产物。它们的岩石化学成分与大红山群、河口群的基本一致,在全碱-SiO₂图解上,它们都落在碱性玄武岩一侧(图 3)。

当拗拉谷进入中期拉张裂陷阶段时,火成活动便大为减弱。在因民组下部角砾岩中有火山碎屑物质存在²⁾;但真正具代表性的火成活动产物只见于黑山组中。陈琦等研究四川会东地区黑山组中的火山岩,认为它们属玄武岩-流纹岩组合,具有双模式火山岩组合特征³⁾。

昆阳拗拉谷晚期的火成活动以基性岩脉岩墙的发育为代表,预示着裂谷火成活动的尾声和裂谷的衰亡。从化学成分上看这些辉长辉绿岩脉含钛和碱质都高于一般辉长岩,而与戴里的碱性辉长岩成分比较一致。

综上所述,昆阳拗拉谷的火成活动自始至终都以碱性的基性火成岩为特征,尤以早期阶段最为发育,这一特征与典型的大陆裂谷火成活动是一致的。

四、昆阳拗拉谷的沉积建造特征

昆阳拗拉谷演化的第二个阶段可称为拉张裂陷阶段,它的特征是以深大断裂为边界,形成地堑式盆地,其中接受了下昆阳群因民组、落雪组、黑山组和青龙山组沉积,总厚度大于 6000m。这些地层的岩性组合特征与国内外典型大陆裂谷带沉积岩组合的特征较为一致,较好地反映了昆阳拗拉谷的存在。

(一) 因民组陆相-海陆交互相红色建造

据区调报告等前人资料以及笔者的野外观察,因民组的岩性虽因地而异,但总的来说,它是一套以紫色为主的碎屑岩、泥岩夹不纯白云岩,故前人常用“因民紫色层”称之。它通常包括底部的角砾岩,下部的砂岩夹板岩,中上部的板岩夹泥砂质白云岩和砂岩。它的最上部是中厚层泥砂质白云岩夹白云质砂岩,并逐步向落雪组白云岩过渡,故又称“过渡层”。

1) 武定幅 1:20 万区域地质调查报告书。

2) 王承尧,1987,东川地区元古界地层划分的探讨。云南地质,第 4 期。

3) 桂林地质研究所变质岩铜矿专题组,1975,东川铜矿的地层岩石特征及其与成矿关系。地质与勘探,第 4 期。

4) 陈琦等,1985,长春地质学院科学研究报告年鉴。

因民组碎屑岩的成熟度较低。在许多地区砂岩中,长石含量较高或发育长石砂岩,如四川通安地区因民组中,可含长石 5—30%,并常见火山晶屑¹⁾;武定西部德古老附近因民组角砾岩之上为厚 2—3m 的长石石英砂岩²⁾;在易门铜厂,因民组中含 19.5m 厚的不等粒长石石英砂岩³⁾;在易门狮子山铜矿,因民组砂板岩中夹数层含铜矿化的长石石英砂岩,厚达数十米,等等。笔者的室内研究表明,各地的长石砂岩特征不尽相同。易门狮子山长石砂岩颗粒较粗,呈浅肉红色-灰白微红色,基本上由石英和长石组成,长石含量可达 20—25%,主要为条纹长石;长石和石英颗粒大小基本一致,石英圆度稍好。东川落雪地区因民组角砾岩中的长石砂岩角砾,长石主要为斜长石,含量 10—15%,大小和圆度较不均匀。东川因民组具韵律层理的因民组砂岩,在其下部粗碎屑中,也含较多的微斜长石、条纹长石和斜长石,而上部细碎屑中长石含量极少。

因民组特征的紫色色调及其中长石砂岩的发育,都说明它属于红层沉积,形成于氧化环境下。中元古代正是红层在全球范围大规模出现的时期,因民组是我国境内最早的红层之一。而裂谷又是形成大陆红层的最主要环境^[10]。红层中粗碎屑岩的主要代表——长石砂岩典型地发育于以活动断裂为边界的地堑(裂谷)的边缘,代表一种冲积扇和河流沉积物,这种例子在世界各地不同时代均可发现。笔者在易门铜厂见到因民组中、下部发育的长石砂岩呈典型的肉红色,夹在正常的细粒砂质板岩、泥板岩中,二者之间的界线比较清晰。笔者认为这种长石砂岩代表了一种洪积相的产物,相当于盆地边缘粗碎屑楔状沉积。

前人根据某些地区因民组中具有浊流沉积的特征及发育韵律层理等,曾认为因民组属海相地层,并归入复理石或类复理石建造。笔者认为,因民组处于海进旋回的底部,主要是陆相红层建造,至上部过渡为海陆交互相。总体来说应归入类磨拉石建造。

这里需要指出的是,因民组中某些具浊流沉积特征的韵律层序主要是由于拗拉谷基底生长断层的发育而引起的滑塌浊积岩。它实质上是一种同生角砾岩。其角砾成份主要是紫色的泥质岩石,而胶结物主要为砂质-粉砂质。这种泥质岩石角砾被砂质岩石所包围、胶结的特征,说明它不属于后生的构造角砾岩。因为构造作用应使坚硬的砂质岩石形成角砾,柔软的泥质岩石被磨碎而成为胶结物,即与现在所见到的情况正好相反。因此,它应是一种同生的构造角砾岩,它的形成过程可见图 4 所示。

当因民组最初沉积时,砂质沉积物和泥质沉积物各自沉淀于盆地。在成岩作用之前,泥质部分尚处于塑性状态,而砂质部分为水分饱和的流沙(图 4-A)。当沉积物逐渐脱水变干并受到压实时,泥质沉积物干燥收缩可能导致断开成为碎块,而砂质沉积物可充填其间(图 4-B)。经过某种同生构造作用,便形成了目前所见到的同生角砾岩(图 4-C)。

笔者认为这里的同生构造作用主要是“生长断层”,即在沉积-成岩过程中,盆地基底所发生的断裂构造,而这恰是裂谷环境中比较典型发育的构造作用。在拉张裂陷条件下,不仅整个拗拉谷以边界断层发生拉开和沉陷,形成地堑式盆地;而且在盆地内部,还有许多类似的、但可能是规模较小的断层正在活动。这些生长断层的发育造成了拗拉谷底的

1) 川冶通安会战指挥部等,1977,西南冶金地质,第 2 期。

2) 武定幅 1:20 万区域地质调查报告书。

3) 昆明幅 1:20 万区域地质调查报告书。

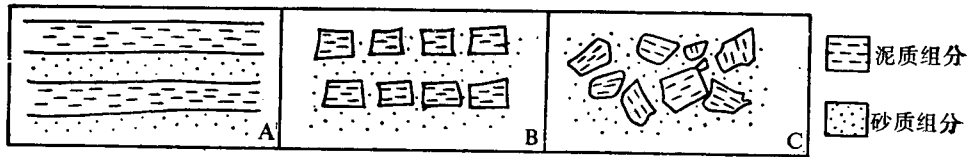


图 4 因民组同生角砾岩形成示意图

Fig. 4 Formation process of syngenetic breccia in the Yinmin Formation

次一级堑垒式构造;而且,当断层两侧相对升降幅度较大时,常在断层附近下降一侧形成滑塌堆积、同生角砾岩和阵发性浊流沉积,并显示出某些具浊流沉积特征的韵律层序。这类沉积物在裂谷环境下是经常发育的。

(二) 其他沉积建造的裂谷特征

随着拗拉谷盆地的进一步拉张下陷,海水开始进入。由于拗拉谷是一个由深断裂作为边界所限定的狭长地堑式盆地,所以其水域是局限性的。这样的盆地很容易造成封闭或半封闭的潟湖相或萨布哈沉积环境,形成含蒸发岩的海相碎屑岩-碳酸盐岩。

在因民组的上部,沉积相已属海陆交互相,出现白云质的细碎屑岩和泥砂质的白云岩。这些层位中石膏假晶及溶蚀空洞的发现,说明了当时沉积盆地的局限性(封闭或半封闭)及干燥炎热的古气候,后者也有利于红色建造即红层的形成。

因民组之上的落雪组已经是海相沉积物,说明海进的继续发展。但海盆地仍为封闭或半封闭性质,海水的补给受到限制,干燥气候造成了强烈蒸发,地下咸水大量地垂直向上补充¹⁾,这些都造成了白云岩形成的有利条件。笔者认为落雪组白云岩就是在这种条件下形成的。值得指出的是,落雪组白云岩中,产有丰富的叠层石,主要是由某些聚环藻类的生长而形成的。藻类的大量繁殖不仅指示了当时是一个温暖的浅海沉积环境,而且很容易在海水的补给地带形成藻礁,从而构成一种障壁,使得落雪组沉积时的盆地成为封闭-半封闭盆地。

落雪组之上,在东川地区为黑山组,易门地区则为鹅头厂组。黑山组下部为黑色炭质板岩夹粘土板岩,中部为泥灰岩、泥质白云岩,上部为黑色板岩,显示其为海相还原环境的产物。

总之,昆阳群下部因民组陆相红色建造、落雪组蒸发岩白云岩建造、黑山组海相还原环境黑色泥炭质建造的沉积建造组合,较好地反映了昆阳拗拉谷的演化特征,符合大陆裂谷沉积物演化的一般规律^[1],因而也是裂谷环境的重要证据。

五、裂谷作用的重现性和继承性

大量研究资料表明:在地球历史上,裂谷的活动期是反复出现的,许多情况下是部分地继承或彼此重叠的。例如在东非现代裂谷之下,就有一些规模较小的前寒武纪晚期裂谷存在;贝加尔现代裂谷所在的地区,曾先后出现过早元古代、里非-古生代和中生代的裂

1) 许靖华, 1987, 在南京大学的学术报告。

谷活动¹⁾;北美东部裂谷主要活动于三叠纪至白垩纪,但其断裂系统大多形成于晚前寒武纪^[6]。这些都说明:大陆裂谷带很早就是构造上的弱带,因而在地壳演化的某些历史阶段,那里可能多次重复出现裂谷作用。

对于太古宙的裂谷作用,目前还没有足够的研究。有些人把绿岩带当作最古老的裂谷型构造。E. E. 米兰诺夫斯基在古老地台的台坪基底中,划分出两种主要的巨型太古宙构造,一种是近似等轴状的片麻岩地块,另一种是环绕或分割该地块的线性褶皱粒变岩带,称为紫苏花岗岩-粒变岩带^[12]。片麻岩地块基本上于太古宙末期,丧失了构造-岩浆活动性,变得非常“刚性”。而紫苏花岗岩-粒变岩带,却往往在以后的地质时代中,多次成为构造-岩浆活化作用发生的地带,许多裂谷带就发育于其中,例如东欧地台上大多数里菲-古生代拗拉谷基本上继承了下伏层中紫苏花岗岩-粒变岩带的位置^[12]。类似地,东非裂谷在中部围绕非常刚性的坦噶尼喀地块而分为东西两支,发育在地块两侧的元古代褶皱基底上。

昆阳拗拉谷基底的构造和岩石学特征,目前研究得还很不够,所以它是否符合米兰诺夫斯基关于裂谷“定位”的观点,还难以作出判断。但是在康定杂岩中,确实有粒变岩和紫苏混合片麻岩、紫苏混合闪长岩发育。因此,笔者推测,康滇地轴最初可能是扬子古陆西缘的一个相对活动带,它与上述紫苏花岗岩-粒变岩带至少有极大的相似性,是热能和岩浆渗透的线性带。在这里拉张变形和挤压变形多次交替发生,造成了中元古代及显生宙的多次构造-热力活动。昆阳拗拉谷就是在这一背景下形成的。

昆阳拗拉谷最终发展成为一个夭折的裂谷,并充填了昆阳群(会理群)沉积物。拉张逐渐由挤压所代替,直到发生晋宁运动。

晋宁造山运动后,拉张作用又占优势。早震旦世,由澄江块断运动形成了后造山裂谷带。裂谷的发生和发展基本上仍受前述几条南北向基底断裂所控制,而澄江组陆相红色碎屑建造的出现,是裂谷沉积作用开始的典型标志。

到了早古生代晚期,新的裂谷活动,即攀枝花-西昌古裂谷带(攀西裂谷)又在孕育之中了。骆耀南称之为裂前台背斜穹起,系由来自上地幔物质的上涌所致^[13]。攀西裂谷带仍然受安宁河-绿汁江断裂、甘洛-小江断裂、普雄河-普渡河断裂等多次活动的南北向主干断裂所控制。裂谷早期破裂阶段,发生于晚二叠世至中三叠世,峨眉山玄武岩流大规模喷溢,并伴有环状碱性杂岩的深成作用;晚三叠世转为裂陷阶段,形成裂谷盆地,堆积巨厚陆相沉积。至古新世末,拉张作用又让位于东西向的挤压作用,发生褶皱、冲断和推覆,宣告攀西裂谷带的消亡^[13]。

攀西裂谷带位于康滇地轴中段,一部分与昆阳拗拉谷重叠。例如东川等地就有大面积的峨眉山玄武岩分布。

至此,康滇地轴上的裂谷作用仍未终止。新生代以来,基底断裂带再次复活。沿安宁河谷地和小江断裂带发育的一系列断陷盆地,具有现代裂谷作用的某些特征,说明该地区又处在一个以拉张为主的构造环境中了。

可见,从中元古代以来,康滇地轴上已经反复出现过多次裂谷作用,从昆阳拗拉谷,到

1) 国外地质科技, 1979, 第6期。

澄江块断运动形成的后造山裂谷带,到攀西裂谷带,直至新生代的河谷断陷盆地。这一特征与世界上那些主要的裂谷发育地带的情况也是类似的。

六、昆阳拗拉谷是全球地壳演化的产物

归纳以上的叙述,可以证实昆阳拗拉谷的存在,并得出它生成、发展、消亡的总轮廓如下:

康滇地轴在早元古代末期,已形成刚性陆壳,以发育康定杂岩为代表。距今约 2000—1900Ma 亦即相当于中元古宙开始时,地轴的刚性陆壳受拉张作用,出现近南北向的张性深大断裂,代表大陆裂谷作用的开始。昆阳拗拉谷演化的第一阶段,称为陆壳破裂阶段,其特征是沿深大断裂有高碱富钠的基性火成活动,形成大红山群、河口群及相当的岩石。接着发生的是拉张裂陷阶段,昆阳拗拉谷以安宁河-绿汁江断裂为西界,小江断裂为东界,形成狭长的地堑式槽形盆地,沉积了下昆阳群沉积物。这套地层以因民组陆相红色碎屑

表 2 国内外某些裂谷带演化过程对比表

Table 2 Comparison of evolutions of some rift zones in China and abroad

名称	东非裂谷*	奥斯陆地堑	基维诺裂谷系	渤海裂谷系	攀西裂谷	昆阳拗拉谷
主要演化阶段	1. 上隆	1. 地壳拱形上隆	1. 隆起造成地壳出现断裂	1. 上隆	1. 裂前台背斜隆起	1. 康定群结晶基底的形成.(上隆?)
	2. 主断裂形成,地壳下陷;流纹岩、黄长岩喷发,碱性岩、碳酸盐岩侵位	2. 地壳下陷和强烈的玄武岩火山活动	2. 主要裂隙喷发的地点形成局部沉积盆地	2. 初始张裂阶段:形成裂谷盆地,基性火山喷发,陆相红色碎屑沉积	2. 早期破裂阶段:玄武岩流喷溢,伴有碱性杂岩深成作用	2. 破裂阶段:产生深断裂,并有碱性基性岩浆活动
	3. 大规模响岩喷发	3. 主要断层形成,裂谷地形发育,裂隙喷发(菱长斑岩)继续	3. 火山喷发,地壳沿裂谷轴扩张	3. 早期裂陷阶段:海进。蒸发岩、碳酸盐岩(藻类生物礁)	3. 裂陷阶段,形成裂谷盆地堆积巨厚陆相地,沉积	3. 拉张裂陷阶段:陆相红色碎屑开始的海进沉积建造,包括蒸发岩、藻类生物礁。火成活动减弱
	4. 裂谷肩部上升,谷底下陷,玄武岩、粗面岩喷发	4. 火山喷发由裂隙式向中心式过渡,张力减弱	4. 火山作用减弱,沉积盆地中接受红色碎屑沉积	4. 强烈裂陷阶段:陆源碎屑快速堆积,三角洲-冲积岩相组合,含有机质暗色泥岩	4. 裂谷后的挤压、褶皱、逆掩及推覆	4. 衰亡阶段:基性岩墙岩脉侵入,向冒地槽转化
	5. 谷底格状断裂,形成断层台阶和中央地堑。响岩-粗面岩火山机构 6. 谷底男陷破碎,碱流岩颈和玄武岩锥。 * 以肯尼亚裂谷为代表	5. 主要复合岩基侵位 6. 断裂活动结尾,基性岩墙侵入	5. 挤压,中央地垒断块上升	5. 衰亡阶段		5. 裂谷后的褶皱-挤压和推覆构造
时代	晚第三纪—第四纪	主要为二叠纪	中元古代	第三纪	晚古生代~古新世	中元古代
资料来源	D. K. Bailey, 1974 ^[17]	Ramberg 和 Spjeldnoes, 1978 ^[14]	H. C. Halls 1978 ^[14]	陈昌明等, 1982 ^[15]	骆耀南等, 1986 ^[13]	本 文

建造开始,逐渐演化成落雪组潟湖-潮坪相含蒸发岩的白云岩建造,黑山组海相黑色页岩建造,青龙山组滨海-浅海相碳酸盐岩建造等,反映了拗拉谷不断拉张扩大、下陷而造成的海进特征。本阶段仍有一些碱性基性火成活动,但规模较小。下昆阳群沉积结束时,裂谷作用也基本停息。昆阳拗拉谷进入衰亡阶段,其特征与一般的冒地槽相似。基性岩墙岩脉群的侵入,标志着裂谷火成活动的尾声。

世界各地、各时期的大陆裂谷、拗拉谷虽各具特色,但它们具有颇为相似的孕育、开始、发展和衰亡过程。表2列出昆阳拗拉谷和国内外不同时代裂谷带的对比,可见昆阳拗拉谷的发育过程与世界上其他裂谷基本一致。

昆阳拗拉谷的产生不是孤立和偶然的地质事件,而是该时期全球地壳演化的典型反映。昆阳拗拉谷发生于距今约2000—1900Ma前,从全球范围来看,这是一个非常重要的时期,可以说是地球发展史上的一个里程碑。

在地球发展演化的初期阶段,地壳的热状态较高,活动性和塑性较强。到早元古代末期,原始地壳的部分地区热状态已大为降低,并发生冷凝和压实——克拉通化,形成了刚性的大陆地块,同时出现大陆边缘。从此,地球演化进入了一个新时期。板块的水平位移,也只有到了这个时期才由于岩石圈足够刚性而得以发生。L. J. Salop把1900Ma当作新原生代的开始,其标志是大陆地壳的全球性膨胀,并伴随有断裂系、地堑、沉降带的形成¹⁾;张文佑等曾提出“始生代”一词代替中晚元古代。并认为始生代标志着地壳演化进入一个新的发展阶段,在其初期表现为陆壳区发生剧烈拉张,形成边缘地槽和内部近南北向与北东向的拗拉谷^[6];马杏垣等指出中元古代起,大部分地区开始了刚性大陆地台的活动时期,拗拉谷、裂陷边缘、大陆边缘地槽和内陆盆地相继出现^[1];卢良兆等认为中元古代起,中国陆台内部地壳演化的主要方式,是陆壳一定程度的破裂、分离和闭合²⁾;E. E. 米兰诺夫斯基也认为当时开始了一次大陆地壳的拉张作用过程,这种拉张过程,造成了环绕古老地台的地槽带,并在地台内部产生了许多裂谷-拗拉谷和拗拉谷地槽凹陷^[12]。

文献资料中关于这一时期全球范围内发生重大地质事件的记录比比皆是,在我国境内也有显著表现。例如:在西南地台的东南缘出现了中元古代的优地槽环境,后来发展成为江南地背斜;华北地台南缘形成秦岭-祁连-昆仑中元古代地槽带、北部出现燕山-太行拗拉谷(或称燕山沉降带)及渣尔泰-白云鄂博海槽等;中元古代的裂陷作用,还使我国西北的原地台解体成塔里木、柴达木、阿拉善3个陆块等等。这些都说明:中国陆台与世界上其他陆台的情况一样,在距今2000Ma左右,刚性化以后,便在边缘或内部发生以拉张、拗陷、沉降、破裂为主要特征的一系列大规模构造-热事件。而昆阳拗拉谷也正是在这个时候,在这种全球构造活动背景下发生的,因此,昆阳拗拉谷是全球地壳演化的产物。

昆阳拗拉谷是东川式铜矿的赋存空间,也是它的成矿构造背景。东川式铜矿的形成,与昆阳拗拉谷这个大陆裂谷构造背景是有密切关系的。国外大量研究表明,始于2000—1800Ma的全球范围的地壳膨胀、拉张运动,不仅造成了大规模的裂谷-拗拉谷环境,也伴随着一系列重要的成矿作用发生,其中包括许多层控铜(铅锌)矿床^[17],东川式铜矿也属此列。因此,昆阳拗拉谷这一中元古代大陆裂谷构造的提出,不仅为该地区地质构造的研究

1) L. J. Salop 著,1985,前寒武纪地球的地质演化。地质地球化学,第6期。

2) 卢良兆等,1985,中国变质岩地质图的编制及研究。长春地质学院科学研究报告年鉴。

打开新的思路,而且必将导致对东川式铜矿成因和形成机制提出更全面更正确的认识。

本文得到徐克勤教授、阮惠础副教授的指导与帮助。在论文撰写期间曾得到西南有色地质勘探公司、东川矿务局、易门铜矿、四川省 403 地质队、成都地矿所等单位的大力支持。插图由郑意春同志清绘。在此一并致以谢意。

参 考 文 献

- [1] 马杏垣、谭应佳、吴正文、蔡学林,1980,中国大陆壳的早期构造演化。国际交流地质学术论文集(1),地质出版社,第 27—34 页。
- [2] 袁海华、张树发、张平,1986,康滇地轴结晶基底的时代归属。成都地质学院学报,第 13 卷,第 4 期,第 64—70 页。
- [3] 冯本智,1986,中国西南的早前寒武系及元古宙裂谷。国际前寒武纪地壳演化讨论会论文集(1),地质出版社,第 53—74 页。
- [4] 陈庆宣、孙叶、邵云惠,1980,中国构造体系的现今活动性。国际交流地质学术论文集(1),地质出版社,第 69—78 页。
- [5] 彭万里、周瑞琦,1978,依据三角测量资料分析云南小江断裂北段的应力场。地球物理学报,第 21 卷,第 4 期,第 320—324 页。
- [6] Neumann, E. R. & Ramberg I. B. (edited), 1978, Petrology and geochemistry of continental rifts, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- [7] Bailey, D. K., 1974, Continental rifting and alkaline magmatism. in: The alkaline rocks, H. Srensen edited, John Wiley & Sons, New York.
- [8] 从柏林,1979,岩浆活动与火成岩组合。地质出版社。
- [9] 王德滋、周新民,1982,火山岩岩石学。科学出版社。
- [10] Turner, P., 1980, Continental red beds. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- [11] 唐连江,1985,谈裂谷带内的矿产。地质论评,第 31 卷,第 3 期,第 271—275 页。
- [12] 林彻等译,(E.E. 米兰诺夫斯基著),1983,地球历史上的裂谷作用。地质出版社。
- [13] 张云湘主编,骆耀南,1985,中国攀枝花—西昌古裂谷带,中国攀西裂谷文集(1),地质出版社,第 1—25 页。
- [14] Ramberg, I. B. & Neumann E. R. (edited), 1978, Tectonics and geophysics of continental rifts. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- [15] 陈昌明、黄家宽、陈景山、田兴有,1982,中国东部第三纪裂谷盆地的沉积模式。中科院地质所地质科研成果选集(1),文物出版社,第 141—147 页。
- [16] 张文佑等,1982,对中国及邻区海陆大地构造特征的几点新认识。中国科学院地质所地质科研成果选集(1),文物出版社,第 1—9 页。
- [17] Sawkins, F. J., 1976, Metal deposits related to intra-continental hotspot and rifting environment. Jour. of Geol., Vol. 84, pp. 653—671.

ON THE KUNYANG AULACOGEN

Hua Renmin

(*Nanjing University*)

Abstract

The Kunyang aulacogen is a continental rift which initiated in the beginning of the Middle Proterozoic. It developed on the rigid continental crust represented by the crystalline Kangding complexes in the Xikang-Yunnan axis on the western margin of the Southwest platform, and was bounded by two N-S-trending deep faults—the Anninghe-Luzhijiang fault and the Xiaojiang fault. The early stage of crust rupture was characterized by alkaline mafic igneous activities in the Dahongshan Group and Hekou Group. During the extensional-taphrogenic stage the aulacogen evolved to form a graben where sedimentation of the Kunyang Group took place. The sedimentary sequence comprises terrestrial red beds, algal dolomite, marine black shale and carbonate rocks, which are typical of the rift sedimentary association, and contain well-known Dongchuan type stratabound copper deposits.

作 者 简 介

华仁民, 1946年生, 1967年毕业于南京大学地质系, 1981年、1988年分别获硕士和博士学位。主要从事矿床地质研究。现任南京大学地球科学系讲师。邮政编码: 210008