

昆仑山早古生代地质特征与演化*

潘裕生 周伟明 许荣华 王东安

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

张玉泉 谢应雯

陈挺恩 罗 辉

(中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640)

(中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

摘要 西昆仑山存在一条加里东构造带. 加里东运动导致原特提斯洋闭合, 形成青藏高原的第 5 缝合带. 东昆仑格尔木一带震旦-寒武系万宝沟群、原哈拉郭勒群中奥陶-志留系地层的发现与确证, 万宝沟、胡晓钦等古生代岩体的发现, 以及泥盆系磨拉石与下伏地层的不整合, 证明亦存在加里东构造带. 东、西昆仑既有相似之处, 又有明显的差别.

关键词 青藏高原 东昆仑山 加里东构造带 大陆裂谷

昆仑山位于青藏高原北部, 大致呈东西向横贯新疆南部和青海中部, 东与秦岭相接, 西联北帕米尔, 全长 2 000 km 以上. 昆仑山以阿尔金断裂为界可分成东、西昆仑. 昆仑山地质工作虽然开展较早, 但是以往一直被认为是海西造山带的典型, 近年来有人又提出了属印支造山带. “七五”期间我们在西昆仑发现了一条早古生代的缝合带(即为库地-苏巴什缝合带)^[1], 从而提出了昆仑山加里东期的造山作用. “八五”期间我们继续对东昆仑早古生代的地质历史作了较深入的研究, 本文着重论述东昆仑早古生代的地质特征和构造演化.

1 区域地质研究的一些新进展

昆仑山经历了漫长的地质演化过程和多次构造运动, 加里东、海西、印支、燕山、喜马拉雅等运动都有不同程度的表现. 昆仑山由于经历的历史长、构造运动次数多、改造作用强烈, 同时由于一些地层缺乏化石、缺乏同位素年代学等工作, 早古生代的地质历史以往知道甚少, 东昆仑除万宝沟群与纳赤台群外过去几乎无其他任何记录, 近年来在浅变质地层中发现了一些化石, 年代学的工作亦已逐步跟上, 由此而知昆仑山早古生代地层发育相当齐全(图 1).

1.1 格尔木地区

在格尔木至昆仑山口剖面上的纳赤台地区有一套浅变质地层(万宝沟群、纳赤台群等), 早在 50 年代末, 青海地质局石油普查队命名为“纳赤台岩系”, 并根据区域对比将其定为早古生代. 以后区测队又命名为“纳赤台群”. 随着工作的深入, 陆续发现了古生物化石, 原纳赤台群被分解为不同时代的地层, 如万宝沟群、纳赤台群、小南川群等^[2,3]. 根据最近中国地质科学

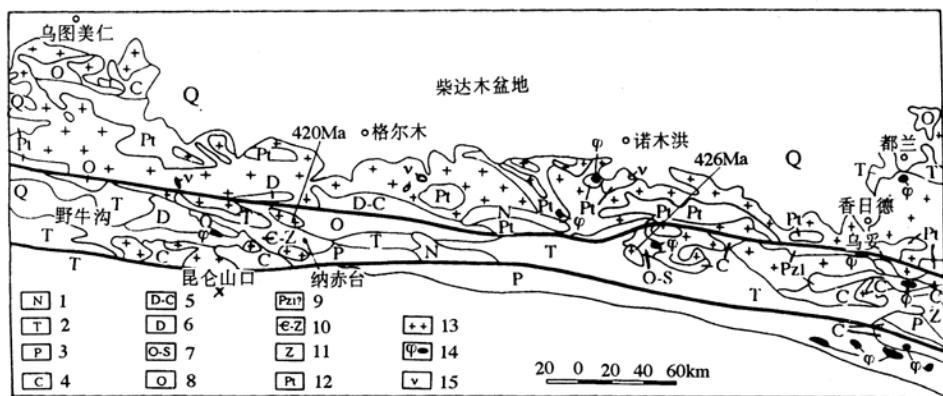


图1 东昆仑地质简图

1——晚第三系, 2——三叠系, 3——二叠系, 4——石炭系, 5——泥盆-石炭系, 6——泥盆系, 7——奥陶-志留系, 8——奥陶系, 9——推测早古生界, 10——寒武-震旦系, 11——震旦系, 12——元古界, 13——花岗岩, 14——超基性岩, 15——辉长岩

院中法队和我们的一些工作, 万宝沟群和纳赤台群的时代已基本可以确定。

(1) 万宝沟群: 分布于格尔木地区的纳赤台、万宝沟、小南川、温泉沟、野牛沟等一带(图2(a)), 自下而上可分为5个组: 1) 下碎屑岩组: 主要岩性为千枚质板岩, 夹大理岩及杂砂岩; 2) 火山岩组: 主要为基性火山岩; 3) 绿色片岩组: 大理岩及绿片岩; 4) 碳酸盐岩组: 大理岩和白云岩; 5) 上碎屑岩组: 砂质板岩夹杂砂岩。

朱志直等^[3]和青海省区调一队^[4]在碳酸盐岩组中发现了叠层石 *Conophyton? metula* Kir, *C. cylindricum* Maslov, *C. cf. miloradovici* Raahen 等(朱士兴、梁玉左鉴定), 属晚前寒武。我们在万宝沟碳酸盐岩组大理岩中发现了叠层石, 经中国科学院南京地质古生物研究所曹瑞骥鉴定为辽南系裸枝叠层石(未定形) *Gymnosolen* f., 时代约为 850 ~ 700 Ma, 属于震旦纪。

中国地质科学院中法队在万宝沟万宝沟群上部炭质板岩中发现小壳类化石, 时代为早寒武纪, 从而确证了万宝沟群上部地层时代应属寒武纪。地质年代学工作也支持上述结论。万宝沟块状玄武岩(火山岩组)的 Rb-Sr 等时线年龄为 (667 ± 21) Ma。侵入于上述玄武岩的花岗

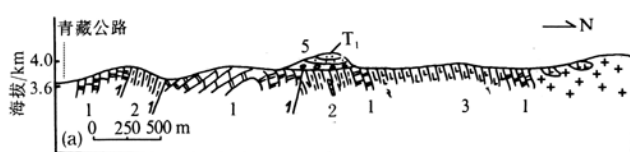


图2(a) 万宝沟万宝沟群地质剖面图

1——大理岩、白云岩, 2——板岩、千枚岩, 3——火山岩, 4——花岗岩, 5——砾岩、砂岩

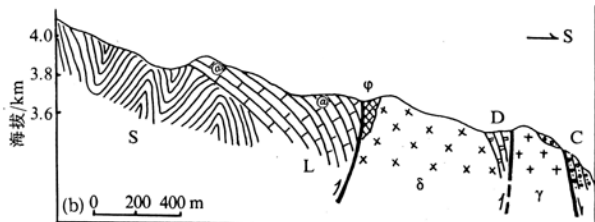


图2(b) 三岔口东阿德可肯德地质剖面图

S——绿片岩, L——灰岩, D——大理岩, C——红色砾岩, γ ——花岗岩, δ ——闪长岩, ϕ ——超基性岩, @——化石点, //——断层及运动方向

岩体(万宝沟岩体)的 U-Pb 年龄为 $(412.6 \pm 4.8) \text{Ma}^{[5]}$, K-Ar 黑云母年龄为 $(430.9 \pm 6.9) \text{Ma}$ 。

综上所述,万宝沟群的时代应为震旦-寒武纪。

(2)纳赤台群:分 4 组,自下而上为:

1)哈拉巴依沟组(O1):主要岩性为砂板岩;2)水泥厂组(O2):为千枚岩、杂砂岩夹大理岩、灰岩;3)石灰厂组(O2):为大理岩、结晶灰岩;4)滑塌浊积岩组(O2):为砂质浊积岩、滑塌浊积岩夹灰岩、页岩等。

纳赤台群产化石较多,因而其时代

较易确定。相继发现的三叶虫、珊瑚、腕足类等化石均证明其时代为奥陶纪。我们这次工作的结果与前人的结果一致。

1.2 诺木洪一带

诺木洪以南诺木洪郭勒(河)、哈拉郭勒及可鲁波等地发育一套火山岩和碎屑岩及碳酸盐岩组合。这套地层的时代一直也有很多分歧。文献[4]将其定为下石炭统哈拉郭勒群,分为两个组,下部为火山岩组,上部为碎屑岩组。对于碎屑岩组时代的归属意见较为一致,因为在其中采到大量的早石炭世珊瑚、腕足类化石。但对于火山岩组的时代,则众说不一。文献[6]和 1980 年青海省地层表定为上泥盆统;青海省地质研究所 1981 年编的 1:100 万青海省地质图定为奥陶系。以上划分多为建立在区域对比等基础上的,缺少化石证据。

我们在诺木洪南三岔口一带观察了多条剖面,阿德可青德剖面如图 2(b),毫珊瑚、腕足等化石的石炭系灰岩不整合在绿片岩之上,绿片岩是由火山岩变质而来,在阿德可肯德附近的绿片岩上部板岩夹层中发现有:*Nodospora* sp., *Lophosphaeridium* sp., *Micrhystridium* sp. 等化石(尹磊明鉴定),时代为奥陶-志留纪,而石炭系灰岩基本未变质。

可可晒尔郭勒剖面如图 2(c),下部为枕状与块状玄武岩,中部为灰岩、硅质岩、凝灰质岩和枕状熔岩的多次互层,上部为灰岩、炭质板岩夹火山碎屑岩,在炭质板岩中发现有微体化石(疑源类和微体古植物):*Nodospora* sp., *Lophosphaeridium* sp. (中国科学院南京地质古生物研究所尹磊明鉴定),时代为志留纪。

1.3 岩浆活动

三岔口北的胡晓钦岩体侵入于厚层块状火山岩中。两者的接触关系我们作了详细观察,证实了岩体与围岩为侵入接触。Rb 和 Sr 等时线年龄的样品采自诺木洪河西岸,用 4 个黑云母单矿物、1 个斜长石单矿物和 1 个全岩样品进行同位素年龄的测定,结果其年龄值为 $(426.5 \pm 2.9) \text{Ma}$,相当于早志留纪,火山岩应早于该年龄。纳赤台万宝沟花岗岩体是几年前发现的一个早古生代岩体。由此早古生代岩浆活动可以从格尔木向东延到诺木洪。而西段祁漫塔格大量早古生代岩体几年前已被确证^[7],这暗示着东昆仑亦可能存在一条早古生代岩浆带。

综上所述,原哈拉郭勒群地层可以解体为两部分。其上部碎屑岩组及含石炭纪化石的灰岩仍属下石炭统;而绿片岩、火山岩及其与灰岩、硅质岩、凝灰岩、板岩等互层的时代为奥陶-志留系,可以从原哈拉郭勒群中分解出来。哈拉郭勒群分布的范围非常广,从诺木洪向东一直延

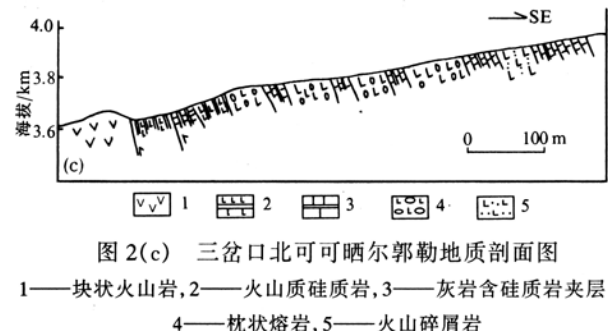


图 2(c) 三岔口北可可晒尔郭勒地质剖面图

1——块状火山岩, 2——火山质硅质岩, 3——灰岩含硅质岩夹层,
4——枕状熔岩, 5——火山碎屑岩

伸到香日德等地,沿昆中断裂南侧分布,目前所定时代非常混乱。在这套地层中早古生代地层的存在是无疑的。

本区总体变形特征是在南北向挤压作用下的压扁变形、区域变形、石英组构、磁组构和有限应变分析都支持这一结论。根据各种方法估算的变形温、压都不高,变形温度在 300°C 以内,压力不大于 150 MPa ,这与本区只达绿片岩相的变质作用相一致。

2 构造古环境分析

2.1 万宝沟群火山岩

万宝沟群火山岩呈东西向延伸,分布于格尔木纳赤台、万宝沟、小南川、野牛沟一带,其时代为震旦纪。火山岩化学成分较为一致, SiO_2 大多在 $47\% \sim 51\%$ 之间;具高 Ti 特征,大多 $3\% \sim 4\%$,少数 $1.6\% \sim 3\%$; Al_2O_3 多在 $13\% \sim 16\%$ 之间(去 H_2O 和 CO_2 换算后含量,下同)。用各种岩石化学方法作图(图略),表明本区火山岩为普通系列的亚碱性-碱性过渡系列的拉斑玄武岩。在 Ti-Zr-Y 环境投影图上表明板内特点,与不相容元素特征反映的环境较为一致。

本区火山岩与大理岩、千枚岩、砂岩等陆源沉积物共生,在碳酸盐岩中产叠层石。表明本区当时属陆缘浅水环境,因而地质上的证据支持大陆裂谷之说。

2.2 诺木洪奥陶-志留系火山岩

本次考察剖面位于诺木洪郭勒、哈拉郭勒等一带。一些原定为下石炭统哈拉郭勒群(Cihl)下部火山岩组,据我们研究属于奥陶-志留系。本区火山岩有两套:(1)类型 A。以枕状熔岩为主,拉斑质玄武岩,岩石为斑状结构,主要矿物为细长条状钠长石和绿泥石等;上部过渡为含硅质岩团块的枕状熔岩与中、薄层灰岩及薄层硅质岩互层(图 2(c))。岩石化学成分 TiO_2 为 $1.4\% \sim 1.5\%$, FeO 和 MgO 含量均较高, K_2O 含量低,为 $0.6\% \sim 0.3\%$ 。各种岩石化学投影表明属亚碱性拉斑玄武岩(图略),消减-同化成分略富集。指示叠加有消减带上部(SSZ)的成分,具介于岛弧与平缓 N 型洋脊玄武岩之间的过渡类型的特征。Ti-Zr-Y 判别图中,投影点落入 B 区,在 Ti-Zr-Hf 判别图中落入 C 区,并靠近火山弧区,表明洋中脊玄武岩叠加一些岛弧和板内的成分;(2)类型 B。块状火山岩,钙碱性,岩石为块状构造,斑状结构,斑晶主要为柱状斜长石,由基性矿物蚀变的绿泥石等,胡晓钦岩体侵入这套火山岩中。各种岩石化学判别表明属亚碱性的钙碱性系列,落入安山岩区(图略),显示较强的板内成分;消减-同化成分 Th, La 和 Ce 则强烈富集。类似于智利火山岩(活动大陆边缘火山弧)和碰撞后火山岩。这些地球化学特征类似于拉萨地体北部和羌塘地体南部中白垩世火山岩。

从上述各种判别图看,整个区内缺乏典型的发育成熟的大洋岩石圈物质组合,说明当时不存在发育成熟的广阔的大洋。枕状熔岩形成于大陆裂谷到初始小洋盆的扩张脊;块状熔岩及安山岩形成于俯冲消减作用的火山弧或活动大陆边缘环境。深成岩都属钙碱性花岗岩,在 $\text{R1} - \text{R2}$ 阳离子图上,投点多落入同碰撞花岗岩区或火山弧花岗岩和碰撞后花岗岩区。

3 昆中断裂的性质

地球物理资料显示昆中断裂为一条切割岩石圈的大断裂。沿该带是一条明显的重力梯度带,北为重力高,南为重力低,南北相差 80 mGal 以上。地貌上,航空卫星照片显示一条宽约 $500 \sim 1\,000\text{ m}$ 的直线形凹地,沿断裂带构造糜棱岩和挤压破碎带发育。

亚东-格尔木地学断面以昆中断裂为界,将昆仑分为南昆仑地体和北昆仑地体^[8]。也有人认为昆中断裂为一条晚加里东缝合带,是分割“柴达木地块与华南地块的界线”。姜春发等^[9]认为昆中断裂在早元古代末就有显示,并形成于早古生代之前。于早石炭世又重新拉张成洋,因而昆中断裂是石炭纪的一条“离合带”。

沿昆中断裂分布一些超基性岩体,如纳赤台西野牛沟、诺木洪南、乌妥、清水泉等,我们考察了其中的诺木洪南三岔口东沟、香日德清水泉和乌妥等岩体。岩体总体特征是规模都非常小。主要为纯橄岩和方辉橄榄岩、蛇纹石化。岩石富镁,伴生的镁铁质岩少或无,冷侵入,侵入于绿片岩中。这些特征类似于 Hess 归纳的阿尔卑斯型^[10]。阿尔卑斯型岩体代表上地幔物质,包括两类:(1)来自洋壳下的上地幔,为蛇绿岩的底部组分;(2)来自陆壳下的上地幔。研究地区未见与超基性岩体伴生的深海远洋沉积物及形成于大洋中脊的玄武岩等,而与陆源碎屑岩、碳酸盐岩共生,很可能代表变薄了的陆壳下底辟侵位的上地幔物质,形成于初始大陆裂谷,类似于国内学者所称的义敦型岩体^[10]。

关于清水泉一带超基性岩体的时代及代表的构造背景,有人认为是晚元古代或早古生代早期祁昆古大洋扩张初期形成的洋壳,并于加里东晚期构造侵位;也有人认为是早石炭扩张的产物^[9],他们也将这套岩石组合作为蛇绿岩的组成部分。并由此将昆中断裂作为一条缝合带,认为沿昆中断裂分布的超基性岩是缝合带中的蛇绿岩组分。研究地区超基性岩形成的时代目前尚没有令人信服的证据,主要是根据超基性岩体围岩的时代而定的。

由于围岩地层的时代一直难以确证,因而不同研究者对超基性岩侵位时代有不同看法。但据我们最近的研究及区域对比,其围岩多为早古生代,因此侵位时代可能为早古生代加里东期。根据上述资料,笔者认为昆中断裂是初始裂谷于加里东期闭合的产物。

4 区域构造演化

昆仑山经历了漫长而复杂的地质历史,早古生代的演化历程如下:

(1)前震旦纪时期 基底形成,以一套中-深变质的角闪岩相变质岩为代表,岩性为混合岩化片麻岩、片岩和大理岩、石英岩等(以金水口群为代表),时代为早中元古代。这可以和西昆仑对比。

(2)震旦纪时期 在已形成的大陆基底上破裂拉张。万宝沟群基性火山岩指示这次拉张作用。火山岩岩石地球化学构造环境判别结果为板内拉斑玄武岩,是大陆裂开阶段的产物。万宝沟群其他岩石组合为碎屑岩、大理岩、结晶灰岩和白云岩等,大理岩含叠层石,这些表明当时大陆边缘以及水体相对较浅的沉积环境。

(3)寒武-奥陶纪时期 寒武系地层发现还很局部,且为含化石的灰岩,反映了大陆边缘相对较稳定的碳酸盐台地沉积,可能反映了大陆基底破裂后的一个相对稳定阶段。奥陶纪时,部分地区裂谷继续缓慢扩张逐渐形成初始小洋盆。但未扩张成成熟的大洋,这是与西昆仑不同之处。格尔木纳赤台群的碎屑岩、碳酸盐岩和浊积岩组合,代表活动陆缘沉积。诺木洪南 O-S 枕状熔岩,产于过渡型地壳的初始小洋盆环境(可能为弧后局部扩张的小盆地),枕状熔岩上部的沉积岩组合也支持这个结论。

(4)晚奥陶-志留纪 初始裂谷或初始洋盆闭合,受加里东运动的影响,区域抬升剥蚀,缺少志留纪沉积。与造山作用相伴生,在一些地段中酸性岩浆侵入,这些岩体的年龄可代表这

次运动的年代.

与西昆仑类似,东昆仑上泥盆统磨拉石不整合于下伏地层之上^[4],代表造山后的磨拉石建造,并标志着进入了另一构造旋回.

通过上述分析,可见东、西昆仑山早古生代的地质历史有许多相似之处,也有较大区别.东、西昆仑都是元古界的结晶基底,都是震旦纪时期在大陆边缘上开始破裂,且于加里东期闭合造山.但东昆仑从震旦到奥陶纪为大陆裂谷或局部达初始洋盆的构造环境,裂谷并未扩张发展成成熟的大洋,而西昆仑则由大陆裂谷发展成为成熟的大洋盆地.因此,东昆仑早古生代并非是原特提斯的主洋盆,而仅仅是它的边缘盆地,或许由早期(震旦-寒武纪)的被动大陆边缘转化为晚期(奥陶-志留纪)的活动陆缘.

经以上研究,可初步得出如下结论:

(1)万宝沟群的时代为震旦-寒武纪;原下石炭统哈拉郭勒群可以解体出部分奥陶-志留系地层;(2)万宝沟群基性火山岩为板内玄武岩,代表大陆裂开阶段的产物;(3)诺木洪一带奥陶-志留系火山岩分为两套,一套为形成于过渡性地壳的拉斑玄武岩,代表初始小洋盆环境;另一套为钙碱性火山岩,形成于岛弧或碰撞后环境;(4)万宝沟花岗岩体与岛弧或碰撞作用有关;(5)沿昆中断裂分布的超基性岩体代表大陆裂谷的上地幔物质,或弧后张裂的初始小洋盆的产物,而非形成于大洋盆地的岩石圈残留——蛇绿岩.昆中断裂不是一条缝合带,而是一条未成洋(指具洋壳)的初始裂谷闭合产物;(6)肯定了东昆仑存在加里东运动,但与其伴生的岩浆活动规模小于西昆仑,且受后期改造强烈;(7)东昆仑从震旦到早古生代为大陆裂谷到局部初始洋盆的构造环境,不存在成熟的大洋盆地,不代表原特提斯的主洋盆.西昆仑的第5缝合带未直接延入东昆仑.

参 考 文 献

- 1 潘裕生. 青藏高原第五缝合带的发现与论证. 地球物理学报, 1994, 37(2):184~192
- 2 尹集祥, 徐均滔, 刘成杰等. 拉萨至格尔木地层. 见:青藏高原地质演化. 北京:科学出版社, 1990. 1~48
- 3 朱志直, 赵 民, 郑健康. 东昆仑中段“纳赤台群”的解体与万宝沟群的建立. 见:青藏高原地质文集(16). 北京:地质出版社, 1985. 1~14
- 4 青海省地矿局第一区调队. 埃坑德勒斯特幅区域地质调查报告(1:20万). 北京:地质出版社, 1982
- 5 许荣华, Harris N, Lewis C 等. 拉萨至格尔木的同位素地球化学. 见:青藏高原地质演化. 北京:科学出版社, 1990. 282~302
- 6 青海省地矿局第一区调队. 阿拉克湖幅区域地质调查报告(1:20万). 北京:地质出版社, 1976.
- 7 许荣华, 张玉泉, 谢应雯等. 西昆仑山北部早古生代构造-岩浆带的发现. 地质科学, 1994, 29(4):313~328
- 8 吴功建, 肖序常, 李廷栋. 青藏高原亚东-格尔木地学断面. 地质学报, 1989, 63(4):285~296
- 9 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵等. 昆仑台合构造. 北京:地质出版社, 1992. 1~224
- 10 张 旗, 张魁武, 李达周. 横断山区镁铁-超镁铁岩. 北京:科学出版社, 1992. 1~216