东昆仑地质构造及地球动力学演化特征

范丽琨，蔡岩萍，梁海川，李宏录
（青海省有色地质矿产勘查局地质矿产勘查院，西宁 810007）

摘　要：东昆仑是我国重要的成矿带。该地区地质构造复杂，地质构造成生环境独特，矿产资源丰富。前人曾进行了一系列的区域地质矿产调查及科学研究工作，并取得了大量的地质数据和资料。作者通过认真分析研究东昆仑地区地层、构造、岩浆岩及其分布特征，运用现代板块构造及地质构造理论，对东昆仑地区地质构造及地球动力学演化特征进行了深入探讨，将东昆仑构造带进一步划分为东昆仑北加里东弧后裂陷带、东昆仑中花岗－变质杂岩带、东昆仑南复合拼贴带，认为东昆仑地区地质构造演化经历了新太古－元古代、早古生代、晚古生代－早中生代和中－新生代四个主要阶段或旋回，并对其演化特征提出了新的见解，为东昆仑地区开展地质矿产勘查提供了一定的理论基础。

关健词：东昆仑；地质构造；地球动力学；演化
中图分类号：P541　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672－4135(2009)03－0181－06

1 地质构造特征

东昆仑地区作为我国重要的多金属成矿带，已进行了一系列的区域地质矿产调查及科学研究工作，并取得了一大批地质数据和资料，尤其在上世纪90年代以后，东昆仑地区的地学研究工作推进较快，其研究成果基本厘定了东昆仑地区的地质构造框架。作者通过认真分析研究东昆仑地区地层、构造、岩浆岩及其分布特征，运用现代板块构造及地质构造理论，对东昆仑地区地质构造格局进行了进一步划分，并对其演化特征提出了新的认识。

1.1 构造格局

东昆仑构造带位于青海省中部、中国大陆中央造山带西段，横跨古亚洲、特提斯两大构造域华南、华北两个板块，基本地质构造格架是由一些近东西向的深大断裂带分割而成的条块组成的，各条块之间既有联系又有区别，对其构造单元的划分众说纷纭，地球动力学演化亦各有其说。

《青海省区域地质志》[1]将东昆仑主体划归柴达木准地台，并以东昆仑中央断裂带（昆中断裂）为界将其划分为东昆仑北坡断隆和柴达木南缘台褶带，东昆仑南坡断裂（昆南断裂）以南划归松潘甘孜印支褶皱带。姜春发[2]根据东昆仑地层、构造和岩浆活动特征，把东昆仑构造带划分为东昆仑北带（祁漫塔格地槽褶皱带）、东昆仑中带（东昆仑花岗岩带）、东昆仑南带（东昆仑主地槽褶皱带）。刘增铁等[3]依据东昆仑在特提斯构造域所处的具体位置及大地构造相特征，将东昆仑构造带由北而南划分为祁漫塔格－都兰早古生代弧后盆地（昆北带）、昆仑前峰弧（昆中花岗变质杂岩带）、昆仑前峰弧南侧古生代消减杂岩带（昆南带）、阿尼玛卿山晚古生代－中生代消减杂岩带（阿尼玛卿构造杂岩带）。张德全[4]认为东昆仑地区在古生代时期属于华北地台的南缘，与华北地台有共同的演化历史，在早古生代时期东昆仑与柴北缘（柴达木盆地北缘）、祁连地区一起从华北地台裂解出来，共同经历了不断反复的拉张－闭合演化过程，构成中生代造山带。

作者以昆北、昆中、昆南三条深大断裂为界，将东昆仑构造带划分为东昆仑北加里东弧后裂陷带，东昆仑中花岗－变质杂岩带及东昆仑南复合拼贴带（图1）。

1.2 东昆仑北加里东弧后裂陷带

东昆仑北加里东弧后裂陷带（弧后盆地）处在柴达木盆地之南并与之毗邻。该带西端的祁漫塔格

收稿日期：2009-03-30　　责任编辑：林晓辉
基金项目：青海省东昆仑成矿带矿产资源综合调查
作者简介：范丽琨（1965－），女，工程师，主要从事金、铜、铁多金属矿产勘查技术工作，Email: chtjwj2005@sohu.com。

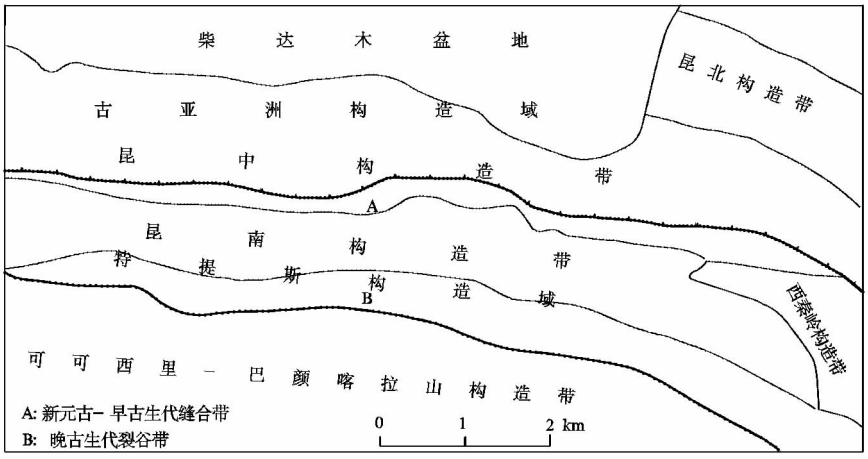


图1 东昆仑东段构造示意图

Fig.1 Tectonic sketchers of the Eastern Kunlun

地区主体为一套早古生代沉积的碎屑岩、火山岩和碳酸盐岩组成的地层,且以晚奥陶世沉积地层最发育,在祁漫塔格地区西北部零星产出有与火山岩关系密切的超基性岩和基性岩侵入体,带内还包含有新太古代－古元古代古陆块体,它们共同组成了裂陷带的构造基底层。带内沉积盖层开始于晚泥盆世,为一套下部碎屑岩、上部中酸性火山岩的岩石组合和山麓河湖相与大陆火山岩相间的建造类型,在其北部下部夹有海相夹层,表明与之邻近的西昆仑海域的海水一度漫入区内。石炭纪地层为滨浅海相碎屑岩和碳酸盐岩组合,区内缺失二叠纪早－中世、三叠纪、侏罗纪和白垩纪地层,晚三叠世出现陆内中心式火山喷发活动,沉积了中酸性－酸性的熔岩和火山碎屑岩。祁漫塔格地区中酸性侵入岩比较发育,以华力西中、晚期二长花岗岩和花岗闪长岩为主,次为加里东晚期的二长花岗岩、花岗闪长岩和闪长岩以及晚三叠世喷发活动后期的次火山岩相－浅成相的花岗闪长岩、二长花岗岩和钾长花岗岩等岩体。

东段的都兰地区出露地层以裂隙期早古生代的碎屑岩和火山岩为主,东南部则有元古宙岩块或块体包容在岩体中,盖层始于晚泥盆世,为陆相碎屑岩和中酸性火山岩岩石组合。之上为分布较广的滨浅海相石炭纪沉积的碎屑岩和碳酸盐岩及零星分布的新生代沉积。岩浆岩非常发育,以呈岩基产出的印支期中－酸性侵入岩和三叠纪的大陆型中酸性－酸性火山岩占据了大部分空间,其中亦有较多的呈岩株状产出的印支期和燕山期的钾长花岗岩体。由于受早中生代强烈岩浆活动影响与柴北缘火山－侵入岩带没有截然的界限。

1.3 东昆仑中花岗－变质杂岩带

东昆仑中花岗－变质杂岩带亦称昆中结晶岩带,处于昆北断裂带和昆中断裂带之间,为一基本连续展布的古陆块体,是华北板块西南缘的早古生代前锋弧。其主体由新太古代－古元古代和中－新元古代构造层构成,其中新太古代－元古宙构造层为一套原岩为泥砂质碎屑岩－基性火山岩－碳酸盐岩建造的变质岩系,厚度大于1 000 m,变质程度以角闪岩相为主,局部为麻粒岩相,大量同位素测年资料的积累基本可以肯定基底构造层主要形成于古元古代,但近年来有学者通过工作在其基底构造层中获得了一些新太古代的年龄信息,揭示了陆块中存在太古代地层的可能性,构造层中包含有二长花岗岩、花岗闪长岩和闪长岩变质侵入体,同时也包含有稀散的以辉长岩为主的基性岩侵入体,部分基性岩体亦获得了较高的年龄值,如乌图美仁之南的拉陵高里中游岩体K–Ar年龄 (1 085 ± 54) Ma,大格勒之南白日其利岩体Sm–Nd年龄3 280 ~ 3 522 Ma。中－新元古代构造层为绿片岩相变质的稳定型滨海相碎屑岩建造、低绿片岩相变质的硅镁质碳酸盐岩－碎屑岩建造、碎屑岩－镁质碳酸盐岩建造,中－新元古代构造层是陆块基地构造层之上的第一套盖层沉积, 其沉积环境为克拉通盆地,地层普遍遭受了绿片岩相的变质作用,构造带内早古生代沉积基本上是缺失的,晚古生代主要为板内裂陷盆地沉积,有晚泥盆世陆相火山岩－碎屑岩建造及石炭纪滨浅海相碎屑岩与碳酸盐岩建造,块体的西端和东端间有晚三叠世大陆型中酸性－酸性

火山岩分布。多期次不同类型岩浆岩的广泛发育是昆中带的一个主要特征,带内除包容于基底构造层中元古宙变质侵入体外,主要的侵入体形成于加里东期、华力西期 – 印支期。其岩石组合特征加里东期以二长花岗岩和花岗闪长岩为主,华里西期 – 印支期主要是二长花岗岩、斜长花岗岩、花岗闪长岩和闪长岩及钾长花岗岩等。

1.4 东昆仑南复合拼贴带

东昆仑南复合拼贴带位于华南板块之北缘,北以昆中断裂带(华北板块与华南板块缝合带)为界,南以昆南活动性深大断裂为界,向西延入新疆境内,在温泉 – 苦海以东被新生代地层覆盖。

该带为昆仑洋板块与柴达木板块俯冲碰撞的结合带,多旋回造山运动显著,其表现为中新元古代洋盆(起始于中元古代);早古生代加里东造山旋回;晚古生代 – 早中生代活动陆缘。

构造带中分布最广的是中新元古代洋盆环境下以火山岩喷流(发)沉积为主形成的火山 – 沉积建造,次为早古生代晚期裂陷环境下沉积形成的火山 – 沉积建造。它们沿昆中断裂南侧由西向东形成了一个长达 800 km 的火山 – 沉积岩带,其岩性组合为活动型海相碎屑岩 – 基性火山岩 – 镁质碳酸盐岩组合,岩石普遍遭受绿片岩相变质,地层中发育拉斑玄武岩。其岩相学及岩石地球化学特性显示为洋脊或岛弧火山岩[4]。构造带东段出露的中新太古 – 古元古代(前人称苦海群)结晶片岩系其岩石组合与昆中带一致,为变质达角闪岩相的活动型海相泥砂质 – 中基性火山岩 – 富镁碳酸盐岩建造,它们多呈断块和残片存在。同时在该构造带东段中北部分布有“昆中蛇绿岩带”;在构造带的南部沿昆南断裂带的北侧分布有一系列石炭 – 早二叠世的海相碎屑岩及碳酸盐岩及酸性火山岩、火山碎屑岩组合。晚二叠世至早中三叠世前陆盆地沉积岩系零星地沿昆南断裂北侧分布,还有广泛分布的华力西 – 印支期花岗岩,显示了这个时期该构造带处于活动大陆边缘,带内自东向西零星分布的晚三叠世陆相磨拉石和火山岩建造,预示了该构造带自晚三叠世以后进入了陆内造山阶段。

构造带中酸性侵入岩主要有加里东期和华力西 – 印支两个时期,带内晚加里东花岗岩的出现,说明昆南昆仑洋盆在晚加里东时期已经完全闭合。

2 地质构造演化阶段

东昆仑地区的地质构造主要经历了新太古代 – 元古宙、早古生代、晚古生代 – 早中生代和中 – 新生代四个主要阶段或旋回。

2.1 新太古代 – 中元古代早期结晶基底形成阶段

新太古代 – 中元古代早期柴达木地块南缘(昆北、昆中带的位置)尚未分化成现今的构造格局,两者同属柴达木地块南缘的陆缘活动带,而现今的昆南构造带位于柴达木陆块南侧广阔的昆南洋盆(昆仑洋),大约在 1 600 ~ 1 800 Ma 左右柴达木陆块及其陆缘首次出现并伴随混合岩化的区域热动力变质作用使其古老地块及其陆缘沉积物变质结晶形成统一的变质结晶基底构造层,这个阶段可称为古陆的形成阶段(克拉通化阶段)。中新元古代,在结晶基底变质岩系古大陆边缘沉积了次活动型浅变质的碎屑岩建造作为第一盖层。分布在东昆仑南构造带的万保沟群下部玄武岩具枕状构造特征,厚度达 1 000 ~ 4 000 m,测得年龄数据有(1 087 ± 200)Ma、1 057 Ma(K–Ar 法)[5],万保沟群玄武岩形成于中元古代末期和新元古代初期。在空间上玄武岩与辉长岩(1 058 Ma)紧密相关。万保沟群玄武岩之上的碳酸盐岩中,有属于蓟县纪和青白口纪的叠层石[2],郑健康[5]亦在万保沟群上部采到了属于震旦纪的微古植物化石 30 个种属,由此可见万保沟群的形成经历了从中元古代末到新元古代震旦纪的漫长历史。

姜春发[2]认为万保沟群玄武岩来源于深部,为生成于板内环境的拉斑玄武岩,化学成分略偏碱性,且具有洋岛玄武岩的一些特征。张德全[4]认为万保沟群玄武岩主要显示洋脊玄武岩地球化学特性,主要来自于富集型地幔,亦可能有部分岩石属岛弧岩浆成因。作者认为万保沟群玄武岩显示了大洋板块内部大洋玄武岩高原的特点,且与中元古代末的地幔柱构造活动有关。这些均说明了中新元古代昆仑大洋(洋盆)的存在。此时柴达木地块南缘(昆北、昆中带)处于被动大陆边缘,故形成有大陆边缘沉积物(相对稳定环境的产物)。

大约在中元古代,东昆仑东段的清水泉一带,柴达木古陆曾一度裂开,形成规模不大的小洋盆至新元古代,该小洋盆关闭,苦海一带出露的前人称谓“苦海杂岩”的地质体则为柴达木古老地块裂解

而成的微陆地或推覆体。小洋盆至新元古代关闭，苦海微陆块与柴达木古陆拼贴在一起，并在关闭的过程中形成了新元古代花岗质杂岩。

2.2 早古生代沟－弧－盆体系演化阶段

加里东期（早古生代）柴达木外围大洋整个构造演化进入重要的转折期，柴达木陆缘由稳定陆缘演化成活动陆缘，形成了相应的构造和岩浆活动。

新元古代末期，随着罗迪尼亚超大陆的裂解（600 ~ 800 Ma），柴达木古陆的南缘也进入非常活跃的时期，在早古生代后期，昆仑洋壳开始由南向北沿现今的昆中断裂附近向柴达木地块俯冲，柴达木地块南缘由被动陆缘转成活动陆缘，陆缘亦开始从统一的构造带发生南北分化，形成了昆中（岛弧带）、昆北（弧后盆地）的构造格局，同时形成了加里东早期与洋壳俯冲有关的花岗质杂岩。现今的昆北随着俯冲过程中地幔上涌，形成弧后环境的祁漫塔格－都兰一带接受了O–S期间的火山喷发（流）沉积建造，主要由基性火山岩、酸性火山岩、碳酸盐岩、碳质板岩和硅质岩组成，其中硅质岩属于热水喷流沉积产物，火山岩具有双峰式活动特征，反映了弧后拉张裂陷盆地（裂谷）的特点。

昆中断裂以南的昆南带，在万保沟群之上发育一套形成时间为O–S期间的火山喷发（流）沉积建造，其下部为砂、板岩互层夹结晶灰岩、大理岩，中部以基性、中基性火山熔岩、火山碎屑岩为主，上部以千枚岩为主，其中的玄武岩呈灰绿的，普遍遭受强烈蚀变，在AFM图解上（图2），呈现拉斑玄武岩系列的变异特征，具有明显的富化趋势[2]，在TiO_2–MnO–P_2O_5图解中（图3），玄武岩主体分布在洋脊玄武岩和岛弧拉斑玄武岩区，其次为洋岛型玄武岩。结合其他资料，作者认为该套火山岩可能形成于万保沟玄武岩高原的弧－盆体系中，从而在有关图解上既显示洋脊玄武岩的特点又显示岛弧拉斑玄武岩和洋岛玄武岩的特点，结合国际上新的研究进展，作者推测万保沟大洋高原玄武岩在形成以后和柴达木地块拼贴之前的早古生代（O–S）期间，存在不同与柴南缘的弧－沟体系，并在该玄武岩高原的岩浆弧上形成了O–S期间的火山岩、碎屑岩和碳酸盐岩建造。

从以上分析，在加里东期柴达木地块和万保沟大洋玄武岩高原之间的洋壳同时向北向南两个方向俯冲消减，在志留世万保沟大洋玄武岩高原已经离柴达木地块较近，这已被在骆路沟早中志留世地层中最老碎屑锆石（年龄2 443 ± 6.6 ~ 2 125 ± 21 Ma）发现所证实。

另一方面在昆中断裂两侧均发育有加里东晚

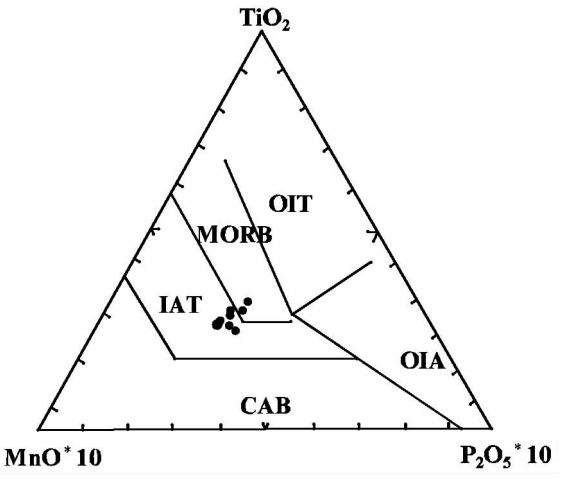


图2 AFM图解（据张德全[4]）

Fig. 2 AFM diagram

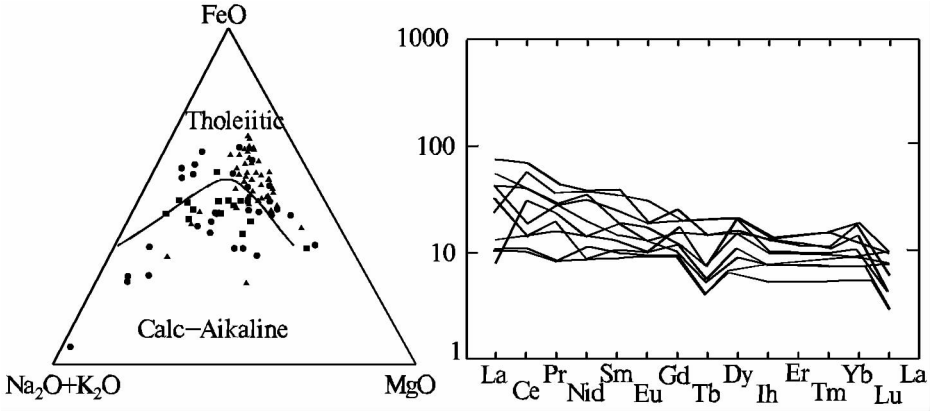


图3 TiO_2–MnO–P_2O_5图解（据张德全[4]）

Fig.3 TiO_2–MnO–P_2O_5 diagram

期的花岗质岩石,这些岩石在 R1–R2 图解中多表现为同碰撞型花岗岩,另万保沟群与其上的 O–S 地层一起发生褶皱,二者片理一致,这些都说明万保沟群大洋玄武岩高原在晚加里东期拼贴、增生到柴达木地块之上,也说明拼贴增生发生在中志留世以后。

加里东晚期随着万保沟大洋玄武岩高原向柴达木陆块的俯冲,进而发生的拼贴、增生的结果,在陆块的南侧形成:1)东昆仑南复合拼贴带;2)东昆仑早古生代弧后裂陷槽闭合,成为一夭折裂陷槽;3)万保沟群成为大洋玄武岩高原的残留,仅沿昆中断裂附近形成一系列残留碎片;4)洋壳俯冲带南移,从而揭开了华力西 – 印支期的演化序幕。

加里东期运动以后,东昆仑南北三分的构造格局已经形成。

2.3 晚古生代 – 早中生代沟 – 弧 – 盆体系演化阶段

东昆仑地区在华力西期 – 印支早期进入特斯海(洋)演化阶段,二者没有明显的间断。该期是区内最主要的发展时期之一,它奠定了区内晚古生代以来的基本构造格架,也是区内贵金属、有色金属形成的重要时期。

东昆仑华力西期花岗质杂岩侵入活动明显,尤其在华力西晚期岩浆活动强烈,构成了昆中花岗质杂岩带的主体,产出形式以岩基为主。早印支期花岗岩主要分布于东昆仑南带,除少量岩体呈岩基产出外,绝大多数岩体呈岩株状产出,华力西和印支期花岗岩均表现为洋壳俯冲和同碰撞花岗岩特征。在研究了东昆仑地区晚古生代火山岩的常量、微量元素后得出,晚古生代火山岩主要表现为陆缘岩浆弧特征与古巴颜喀拉洋向北俯冲有关,晚古生代末 – 早中生代早期火山岩形成于俯冲造山环境。通过火山和侵入岩浆活动分析,结合布青山 – 阿尼玛卿蛇绿岩(晚古生代)特征。可以推断从晚古生代的石炭纪开始,随着洋壳俯冲形成了与之有关的火山喷发和岩浆侵入活动,直到早印支期后期巴颜喀拉 – 阿尼玛卿洋盆闭合,整个东昆仑地区岩石圈加厚,上升成陆,进入陆内活动阶段。

东昆仑地区晚古生代 – 早中生代弧火山岩岩石系列的分布与安第斯十分相似,这表明东昆仑地区在晚华力西 – 印支期为安第斯型造岩带,这与加里东期东昆仑地区的沟 – 弧 – 盆体系形成鲜明的对照。徐志琴[16]认为华力西 – 印支构造活动期间,巴颜喀拉洋壳由南西向北东向昆南断裂以北的东昆仑地区斜向俯冲,使区内的几条东西向巨型断裂发生左旋压扭性活动,尤其是昆中和昆南断裂带,并在其两侧形成了大量的 NW 向线性构造,这些构造多以压性为主,具有韧性变形作用,并具有切割深和多期活动的特点,控制了深源镁铁质 – 超镁铁质岩的分布,此次运动使东昆仑地区的线性构造格架表现为东西向巨型断裂为主导,并伴有大量 NW、NWW 向断裂。

2.4 中 – 新生代陆内演化阶段

中 – 新生代时期,随着东昆仑西侧阿尔金断裂带的大规模左行平移活动的发生,使靠近该断裂带的东昆仑西段发生了强烈的改造,尤其是新生代以来,因阿尔金断裂大规模的左行走滑活动及与之有关的拉分作用而形成了盆岭相间的构造格局,与东昆仑东段形成显著的差异。

3 地球动力学演化特征

综上所述,东昆仑地区经历了复杂的地质演化历史,其动力学特征在不同地质时期复杂多变,其演化特征可归纳为:

(1)东昆仑地区经历了多期次的陆缘造山过程,从加里东开始到华力西 – 印支期,随着俯冲带从昆中俯冲带向南迁移到昆南俯冲带,直到印支早期巴颜喀拉洋闭合,东昆仑地区地壳从北向南不断增长,具有较典型的边缘造山过程,昆仑大洋的演化经历了从前寒武纪玄武岩高原向特提斯洋的演化,是一个大洋的演化史,而非存在多个大洋。

(2)昆中断裂以南的万保沟群,是中新元古代在昆仑大洋中由地幔柱活动形成的大洋玄武岩高原,在加里东晚期与柴达木地块拼贴前,具有独立的演化历史,并形成了自身的沟 – 弧 – 盆体系,尤其是万保沟大洋玄武岩高原沿昆中俯冲带向柴达木地块增生拼贴具有重要的意义。

(3)加里东期和印支期是东昆仑地区地质构造演化的两个最重要时期。加里东期柴达木地块南缘从被动陆缘转化成活动陆缘,并且随着洋壳由南向北俯冲,形成了东昆仑北弧后裂陷带(弧后盆地),加里东末期万保沟大洋玄武岩高原拼贴到柴达木地块后,东昆仑弧后裂陷带封闭,洋壳俯冲带南移至昆南俯冲带。加里东期构造活动基本奠定了东昆仑地区由北向南三分的构造格局。印支期东昆仑南侧的巴颜喀拉洋封闭,整个东昆仑及其以南地区转

入陆内演化阶段,边缘造山作用结束。印支晚期,巴颜喀拉洋封闭后,该地区发生了强烈的壳－幔相互作用,岩石圈拆沉,地幔岩浆底侵作用明显,构造体制从挤压体制向延伸体制转化,这些特点,均奠定了印支期是东昆仑地区另一期重要的构造活动期,大量的幔源物质能量参与构造岩浆活动和成矿作用。

(4)东昆仑地区加里东期、华力西－印支期的洋壳俯冲作用具有不同的模式,加里东期洋壳沿昆中俯冲带的俯冲为岛弧型,存在完整的沟－弧－盆体系,而华力西－印支期洋壳沿昆南俯冲带俯冲,为安第斯型,洋壳直接俯冲到陆壳之下,没有岛弧及弧后盆地形成。

(5)东昆仑地区的构造演化与不同时期全球构造演化具有一定的对应性,Rodinia (罗迪尼亚)和Pangaea(盘古)超大陆的聚合、裂解作用,在该区有一定程度的体现。

致 谢:在成文过程中,得到了高级工程师孙崇仁、樊双虎、王旭春先生的精心指导和帮助,在此表示衷心的感谢!

参考文献:

[1] 青海省地质矿产厅.青海省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.
[2] 姜春发.昆仑开合构造[M].北京:地质出版社,1992.
[3] 刘增铁,任家琪,杨永征.青海金矿[M].北京:地质出版社,2003.
[4] 张德全.东昆仑地区综合找矿预测与突破[R].西宁:2002:61－120.
[5] 郑健康.东昆仑区域构造的发展演化[J].青海地质,1992.(01):15－25.
[6] 许志琴,李海兵.东昆仑山南缘大型转换挤压构造带和斜向俯冲作用[J].地质学报,2001.75(02):156－164.

Characters and Evolution of the Geodynamics in the Eastern Kunlun

FAN Li-kun, CAI Yan-ping, LIANG Hai-chuan, LI Hong-lu
(Mineral Exploration Institute of Qinghai, Xining 810007, China)

Abstract: The Eastern Kunlun is the important metallogenic belt in China. The geological structure is complicated, geological structure environment formed uniquely, and the mineral resources are rich in the region. We gained many geological data and information by previous regional geological and mineral survey and scientific research. With the theories of modern plate tectonics and geological structure, on analysis of stratum, structure, magma rock of the Eastern Kunlun and their distribution characteristics, this article further discusses the evolution characters of geological structure and geodynamics in Eastern Kunlun, also presents the division of the tectonic belt into the following three parts: caledonian back-arc split belt of Eastern Kunlun North, granitci-metamorphism complex belt of in Eastern Kunlun Middle, composite belt of Eastern Kunlun South. And also this article considers the evolution process of geological structure in the Eastern Kunlun including four stages or cycles: neoarchean-proterozoic, early paleozoic, late paleozoci-early mesozoic, mesozoic-cenozoic, which provides theoretical foundation for the geological exploration in Eastern Kunlun.

Key words: Eastern Kunlun; geological structure; geodynamics; evolution