

DOI: 10.13745/j.esf.yx.2017-10-1

青海省东昆仑斑岩带新发现

袁万明¹, 莫宣学¹, 张爱奎², 田承盛³, 冯 星¹, 王 珂¹

1. 中国地质大学(北京) 科学研究院, 北京 100083

2. 青海省第三地质矿产勘查研究院, 青海 西宁 810029

3. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810012

YUAN Wanming¹, MO Xuanxue¹, ZHANG Aikui², TIAN Chengsheng³, FENG Xing¹, WANG Ke¹

1. *Institute of Earth Sciences, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China*

2. *No. 3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Qinghai Province, Xining 810029, China*

3. *Geological Survey of Qinghai Province, Xining 810012, China*

YUAN Wanming, MO Xuanxue, ZHANG Aikui, et al. Discovery of new porphyry belts in Eastern Kunlun Mountains, Qinghai-Tibet Plateau. *Earth Science Frontiers*, 2017, 24(6): 001-009

Abstract: In recent years, some porphyry bodies and ore deposits have been recognized and explored in Eastern Kunlun Mountains, indicating the importance of porphyry mineralization and ore prospecting potential of the regional porphyry deposits. This paper reports our recent discoveries of several new porphyry belts in the Eastern Kunlun Mountains. These porphyry belts of different scales occurred in parallel with the NE-trending. The belts not only distribute between but also cut across two main EW-trending regional faults. They occurred in the Southern, Middle and Northern Kunlun Blocks or across, cropping prominently in the Middle and Northern Blocks as well as in the Dulan and Qimantage areas of the east and west sections of the Eastern Kunlun Mountains, respectively. Granitic porphyry bodies mainly belong to the high potassium, calc-alkaline series, with occurrence of a few alkaline series; they formed in the Indo-Chinese epoch while mineralization concentrated in the late Indo-Chinese epoch. The mineralizing porphyries are adakitic, with oxygen fugacity δFMQ value ranges from 2 to 4, showing promising mineralization prospects. The occurrence of porphyry belts resulted in the formation of the NE-trending porphyry mineralization belts, which can also be called the tectonomagmatic controlled ore-forming belts as the NE-trending fault is part of the porphyry metallotectonics. It is a seminal achievement in porphyry geology and metallogenic study of the Eastern Kunlun Mountains that the NE porphyry belts were recognized and confirmed, which has profound significance in the exploration of magmatism, tectonic activity, geological evolution and metallogenic prognosis in the region.

Key words: porphyry belt; porphyry mineralization belt; NE-tectonomagmatic-mineralizing belt; new discovery; Eastern Kunlun Mountains; Qinghai-Tibet Plateau

摘 要: 东昆仑地块近年来陆续发现和勘探一些斑岩型矿床, 显示斑岩成矿作用的重要性和斑岩型矿床的找矿潜力。笔者在东昆仑新近发现多条斑岩带, 它们相互平行, 呈 NE 向产出, 规模不等, 既可产于两条近 EW 向主干断裂带之间, 又可穿越主干断裂带; 既可产于昆南区、昆中区或昆北区, 又可跨区产出; 主要出露于昆中带和昆北带, 又以东昆仑东段都兰地区和西段祁漫塔格地区为主。斑岩体于印支期集中产出, 其中印支晚期成矿能力较强。花岗斑岩主要为高钾钙碱性系列, 少量为碱性系列。斑岩型矿床氧逸度 δFMQ 值变化于 2~

收稿日期: 2017-07-25; 修回日期: 2017-10-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(41730427, 41172088); 青海省地质调查局地勘基金项目“青海省东昆仑斑岩成矿规律研究与找矿靶区预测”; 青海省地质调查局地勘基金项目“青海省铜矿主要成矿类型选区研究”

作者简介: 袁万明(1956—), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为岩浆-成矿及裂变径迹热年代学。E-mail: yuanwm@cugb.edu.cn

4 之间,并普遍属于埃达克质岩,体现较好的成矿远景。斑岩带的形成造就 NE 向斑岩型成矿带产出,而 NE 向断裂带即是斑岩成矿构造,故亦可称之为斑岩型构造-岩浆-成矿带。NE 向斑岩带的识别与确认,是东昆仑斑岩类地质与成矿研究的新发现,这对区内的构造活动、岩浆作用、地质演化与成矿预测等,均具有重要意义。

关键词:斑岩带;斑岩成矿带;NE 向构造-岩浆-成矿带;新发现;东昆仑;青藏高原

中图分类号:P612 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2321(2017)06-0001-09

0 引言

东昆仑是青藏高原北部的重要组成部分和构造地貌边界,也是中国中央造山带的组成部分,它被左行走滑的阿尔金断裂错断,分为东昆仑造山带和西昆仑造山带两段。东昆仑北侧为较低海拔的柴达木盆地,南侧为高海拔地块布青山蛇绿混杂岩带和可可西里-巴颜喀拉-松潘构造带。由于地处特殊的构造地貌部位,对认识青藏高原形成演化具有重要科学意义,所以备受国内外地质学家关注。随着近年来区内所投入工作量的增加,已取得大量研究成果,对构造-岩浆-成矿等地质问题有了较为深入的认识,总体研究程度明显提高。

根据东昆仑地区丰富的火成岩石记录——火成岩岩石构造组合,斑岩有关的岩石记录与深部动力信息,以及独特的岩石圈结构,可将其划分为两个阶段,即晚华力西—早印支期俯冲碰撞阶段及晚印支—燕山期后碰撞阶段。依据构造岩浆特点进一步识别出 9 个岩石构造组合:(1)晚石炭世—中二叠世俯冲组合;(2)晚二叠世始碰撞组合;(3)早—中三叠世俯冲组合;(4)早—中三叠世弧后裂陷组合;(5)中三叠世碰撞组合;(6)晚三叠世底侵深成组合;(7)晚三叠世底侵浅成—火山(超浅成)岩组合;(8)晚三叠世陆壳重熔组合;(9)晚三叠世末—侏罗纪拆沉组合。其中前 5 项属于晚华力西—早印支期俯冲碰撞阶段,后 4 项为晚印支—燕山期后碰撞阶段^[1-3]。东昆仑构造-岩浆活动主要受东西向深大断裂控制,构造-岩浆带展布与划分均呈东西向,斑岩与斑岩型矿床的成生亦纳入相应的构造带,譬如东昆仑构造带和东昆仑—祁漫塔格造山带^[2]。据青海省“三轮区划”成矿带区划方案,研究区涉及 3 个三级成矿带,即祁漫塔格—都兰华力西期—印支期成矿带、伯喀里克—香日德印支燕山期成矿带和雪峰—布尔汗布达华力西—印支期钴、金、铜、玉石(稀有、稀土)成矿带,研究区主体位于伯喀里克—香日德印支燕山期成矿带,主要产出矿床有五龙沟金矿床、驼路沟钴、铜矿床、开荒金矿床、瓦勒根金矿床、哈日扎铜矿

床、哈龙休玛钼矿床和热水钼矿床等。

东昆仑斑岩可分为加里东期、华力西期及印支—燕山期,印支—燕山期斑岩较发育,加里东期、华力西期分布较少。作为构造-岩浆带^[4-5],东昆仑无论是产出的斑岩体,还是现已发现的斑岩型矿床,其规模均较小,关于斑岩研究仅限于个别岩体及局部区段的概略性了解,资料零星,研究程度低。长期以来东昆仑的斑岩被认为是不发育,斑岩成矿作用亦未能引起重视,以往的构造-岩浆-成矿研究便主要集中于近东西向构造的作用。笔者通过东昆仑近年来工作,获得斑岩及其斑岩型矿床系列新认识,特别是新发现并已证实北东向斑岩带的存在。本文重点论述 NE 向斑岩带的发现及其依据,与之有关的其他内容,将另文予以报道。

1 区域地质背景

东昆仑是一个具有复杂演化历史的多旋回复合造山带,区内发育横贯全区的昆北、昆中、昆南三条区域性深大断裂及北巴颜喀拉断裂,并与北西、北北西向和北东向断裂一起,将不同时代地层和岩体切割成大小不等的断块,造成复杂的构造格局。它主要经历了前寒武纪古陆形成(造山带基底)、早古生代(加里东期)造山(包括早古生代(Pt_3-O_3)洋盆开合及加里东($S-D_3$)褶皱山链的形成)、晚古生代—早中生代(晚华力西期—印支期)造山(包括古特提斯洋盆($C-T_3$)开合和东昆仑—巴颜喀拉褶皱山链(T_3)的形成)和中—新生代叠复造山等 4 个构造旋回。不同构造-建造及其相关联的成矿作用产物,在多旋回构造作用过程中既有新生组分的产生,也有原有组分的拼贴、混杂以及变质、变形作用发生,构成了本区构造和成矿都极为复杂的景象。研究区被大量的不同时代侵入岩所占据。地层多被岩体所侵蚀残留于岩浆岩带中。其中印支期岩浆岩是本区最主要的中酸性侵入岩^[1,6-7],形成于俯冲、碰撞和碰撞后陆内造山的不同构造环境^[8-12]。

区内断裂构造十分发育,各构造单元特征类似,一般均密集成带分布。按其走向延伸大致可分为北

西向、北西西向、近南北向和北东向四组,其中以北西西向断裂构造最为发育。北西西向断裂构造按其切割深度和地质意义可分为深断裂和壳断裂两大类。北西西向深断裂系统为区域主断裂带,控制了地质构造和地层分区,而且对岩浆活动及矿产的分布也起着控制作用,多具有切割深、延伸长和多期次活动的特点,对区域地质发展起着控制作用,具有构造分区界线意义。近东西向断裂形成时间最早,断裂性质为北倾逆断层;北西向断裂形成时间次之,它截切了近东西向断裂,又被北东向断裂错断,断裂性质以断面北东倾的逆断层为主,断裂具多期活动特征;北东向断裂在火山岩中与北西向断裂共轭产生,基本是同时形成。

区内侵入岩出露面积约占基岩面积的45%,构成东昆仑隆起带醒目的岩浆岩带。自北向南将其分为昆北火山-侵入岩带、昆中花岗-变质杂岩带、昆南陆缘活动带、阿尼玛卿火山-侵入岩带和北巴颜喀拉5个构造带^[4,13-14]。岩浆活动自前寒武纪-燕山期都有活动,除少量的加里东岩体和侏罗纪岩体外,主要发育晚华力西-印支期中酸性侵入岩。晚华力西-印支期侵入岩分布非常广泛,规模宏大,构成东昆仑花岗变质杂岩带的主体。已有的同位素测年数据表明晚华力西-印支期是区域侵入岩浆作用的高峰期。岩体主要分布在昆中断裂以北地区,具有自南而北逐渐增强的趋势,总体上呈近东西向带状展布。该期花岗岩类侵入体与内生金属成矿的关系最为密切。侵入岩从超基性-中酸性均有出露,但以中酸性岩为主。岩石类型主要为中基-中酸性侵入的闪长岩-花岗岩系列,多数富钾。火山岩以安山岩、玄武岩为主,少量流纹岩、火山碎屑岩。

东昆仑造山带基底主要形成于古元古代晚期。其早古生代构造-岩浆事件序列与北祁连造山带可以对比,属祁连-东昆仑加里东造山系统的一部分。到晚古生代-早中生代时东昆仑卷入古特提斯构造体制,属于古特提斯造山系统的北缘。华力西-印支期是一个完整的造山旋回,与西南“三江”古特提斯的演化历史相似。昆南缝合带是当时中国南北大陆的主要构造分界线^[15]。新生代印度-欧亚大陆的碰撞,使东昆仑造山带又卷入了青藏高原碰撞造山系统,但对东昆仑的影响是一种远程效应。火山活动遍布包含元古宙在内的几乎所有前侏罗纪地层,其中以海相中基性火山喷溢活动为主并有少量中酸性喷溢活动,至印支期逐渐转入海陆交互和陆相喷

溢喷发活动。

强烈的构造-岩浆活动应该是区内斑岩与斑岩型矿床形成的有利条件。

2 东昆仑北东向斑岩带的发现

“斑岩”一词源于希腊语 porphyry,即紫红色之意,最早用于一种从埃及采到的紫色具有碱性长石斑晶的岩石。现在“斑岩”是指具有斑晶或具有斑状结构的火成岩。斑岩一般指以碱性长石或石英为斑晶的喷出岩和浅成岩,基质为细粒或隐晶-玻璃质。斑状结构指岩石中可明显分出粗粒的斑晶矿物和细粒或隐晶质的基质两部分,以石英和碱性长石为斑晶的中、酸性岩石为主,如石英斑岩、正长斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩等,它们是火山岩浆侵入地壳浅层(一般为1.5~3 km)冷凝后所形成。以暗色矿物,如黑云母、角闪石等为斑晶的基性或超基性脉岩称为煌斑岩。结合基质成分主要包括花岗斑岩、花岗闪长斑岩、正长斑岩及石英二长斑岩等。以斜长石为斑晶的中、基性浅成岩称为玢岩。斑岩和玢岩是岩浆分两个阶段结晶的产物;斑晶为岩浆早阶段在地下较深部位结晶形成,基质为晚阶段地壳浅部结晶的产物。斑岩与玢岩只在国内作区分,在国外则是未区分。

我们将“斑岩”或“玢岩”放在一起进行斑岩体研究,统称斑岩类。东昆仑造山带在区域地质构造上具南北分带东西分区的特征,从北向南以昆中、昆南断裂为界将其依次分为昆北区、昆中区、昆南区;从西向东以乌图美仁为界将其依次分为东昆仑西部(即祁漫塔格区)和东昆仑东部(即都兰地区)。本文工作主要关注斑岩体集中分布的区段,即东昆仑东段地区。

2.1 斑岩体产出的有利条件

(1)东昆仑中酸性岩体广布,相应的小岩体和斑岩体发育,岩浆成矿作用显著。与中酸性不同规模侵入体相伴有大量小规模(斑)岩体产出,空间上呈大岩体的“卫星”,成因上关系密切。这些小岩体往往具有浅成-超浅成特点,有的甚至形成隐爆角砾岩,与区内成矿作用及斑岩型矿产关系密切。

(2)作为青藏高原的重要构造单元,西藏冈底斯带近年来斑岩型成矿系列研究取得重大进展,亦成为找矿勘探的突破口。东昆仑带与西藏冈底斯带都是中酸性岩浆岩发育带,具有类似的斑岩成矿构造

背景,成矿斑岩多具埃达克岩性质,成矿作用皆处于氧化环境,而且东昆仑成矿斑岩的氧逸度参数 δFMQ 值比冈底斯带高。虽然东昆仑带无论斑岩体还是斑岩型矿床都远不及冈底斯,但陆续有新的发现,已确认的斑岩体和斑岩型矿床初具规模,表明确实具有形成斑岩及其斑岩矿床的潜力。

(3)最新研究成果证实,岛弧、陆缘弧和大陆碰撞造山带都是斑岩与斑岩型矿床产出的重要环境。东昆仑地区在晚古生代由于拉张出现阿尼玛卿二叠纪小洋盆,属于古特提斯洋的一部分;海西晚期—印支早期,洋盆依次向北俯冲、消减,成为古特提斯北部的活动陆缘。随着古特提斯陆缘的不断增生,巴颜喀拉—阿尼玛卿洋向北俯冲、闭合,促使陆内造山作用。因此,东昆仑具有产出斑岩和斑岩型矿床的环境和潜力。

(4)国内外大量事实表明,斑岩型矿床往往与其他相关类型的矿床同生或伴生,诸如热液型、夕卡岩型、脉型、隐爆角砾岩型等,形成斑岩型系列矿床或称作斑岩成矿体系。研究区业已普查、勘探和开采的众多这类矿床,理应至少有部分矿区同时有斑岩体共生,依照地质条件和相互间的成生联系开展工作,可以期待新的发现。

(5)之所以目前斑岩及其斑岩型矿床还“不成气候”,实际上不是没有形成与产出,而是尚未有效地鉴别认识。同时,还有几个影响因素:一是在于区内相关工作研究程度不高,只要加大工作量,认真细致地开展工作,便可以获得新进展;二是斑岩体体积较小,在地质图上难以标出,从而影响读图效果;三是

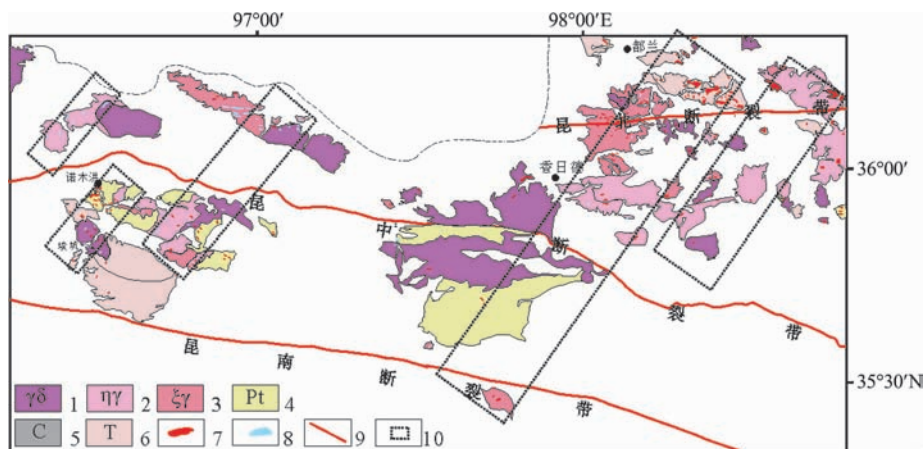
野外实地工作没能识别出来,以致没有记录。

2.2 斑岩带的发现

鉴于东昆仑较为有利的斑岩及其成矿作用地质背景,申请人在青海省国土资源厅的资助下,近年来承担了“青海省东昆仑斑岩成矿规律研究与找矿靶区预测”和“青海省铜矿主要成矿类型选区研究”项目,从而有机会专注斑岩问题研究。工作中亲临不同地区、多个不同斑岩与斑岩矿床,通过大量野外地质工作和各种地质图件的学习与验证,逐步认识到在东昆仑大区域存在多条NE向斑岩带及其斑岩成矿带(图1)。东昆仑NE向斑岩带及其斑岩成矿带存在的直接证据有两条,一是相关地质图件能够得以反映,二是野外实地验证。

青海省第三地质矿产勘察院于2014年组织专家,综合东昆仑所有相关地质资料和研究成果,包括各种不同比例尺的地质图与地质矿产图原始记录,编制了《青海省东昆仑东段地质矿产图(1:10万)》,笔者有幸能读到这份报告。这张地质矿产图虽然其比例尺并非很大,但涉及跨度和范围较大,所包含信息量较大,能够较为精细地反映各种地质现象,特别是比较清晰地展示出北东向斑岩带的存在与分布。当然,相信其他较大比例尺地质图亦能反映斑岩带的存在。

在地质图件上识别出东昆仑斑岩带的存在与分布之后,继之是需要考虑野外地质露头是否与之一致,显然应该予以验证。为此,项目组专门做出安排并得到主管部门的支持,在斑岩带发育较为典型的东昆仑东段,特别是都兰地区开展野外工作,先后对



1—花岗闪长岩;2—二长花岗岩;3—钾长花岗岩;4—元古宇地层;5—石炭系地层;6—三叠系地层;7—中—酸性斑岩体;8—中—基性斑岩体;9—断层;10—斑岩带。

图1 东昆仑东段斑岩带分布

Fig. 1 Distribution of the porphyry bodies in Eastern Kunlun Mountains

数条斑岩带不同部位不同斑岩体逐个进行实地研究,证实不仅《青海省东昆仑东段地质矿产图(1:10万)》所标出的斑岩体真实存在,而且还识别出一些在该图上尚未标示的斑岩体,说明斑岩体的实际产出数量与规模,比现有图件所反映的要多,从而也证实东昆仑北东向斑岩带产出的客观性和可信性。

3 东昆仑北东向斑岩带的特征

大量斑岩体(脉)分布在祁漫塔格—都兰及鄂拉山一带,岩石类型主要有花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英斑岩、二长花岗斑岩、正长花岗斑岩、闪长玢岩等,其产状以岩株、岩脉为主。斑岩体的分布主要受控于中型构造及其与之相伴产出的次级配套构造系统之交汇部位,而其成矿则发育在斑岩体内及其旁侧的相关接触部位和裂隙系统内。东昆仑地区斑岩型矿床分布很不均匀,在南北方向上,昆北构造带和昆中构造带的数量最多,尤以昆北断裂带两侧最多,昆南构造带较少;在东西方向上,东昆仑东段斑岩型矿床分布最多,其次为西段的祁漫塔格地区,东昆仑中段斑岩型矿床鲜有报道。不过,这些斑岩群在空间上明显存在北东向斑岩带,并且斑岩带之间具有近平行关系。

可见,重要的是东昆仑不仅有大量斑岩体产出,而且是有规律呈带分布。近东西向主体构造对斑岩体产出有控制影响,使得部分斑岩体呈近EW走向,但斑岩体整体分布明显是呈NE向带状(图1)。在都兰地区有两条并行的NE向斑岩带,在清水河—金水口和诺木洪—布尔汉达山有规模不等的3条NE向斑岩带;西昆仑地区的乌兰乌珠尔—鸭子沟—卡尔却卡一带,是另一条较为典型的斑岩带和斑岩成矿带。这些是本文能够明确的NE向斑岩带,而实际上还不止于这些,特别是较小规模与较小级别的NE向斑岩带势必会有更多。值得指出的是,NE向斑岩带跨越EW向构造带,或者说,NE向斑岩带可以切过昆北带、昆中带或昆南带,其产出空间不受昆北带、昆中带和昆南带的限制,体现了陆内演化的成生特征。

作为一条典型的斑岩带,都兰县城南东约25 km处NE向斑岩带内斑岩体规模小而数量多,密集分布区各种小型斑岩体可达数km²,整体分布规模较大。斑岩带宽度约15 km,延长大于120 km,跨越昆北带、昆中带和昆南带。在斑岩产地带具有较

好的蚀变与矿化,产出时代较为年轻。

斑岩体一般出露面积为1~3 km²,个别岩体面积较大,部分斑岩体仅以群居的岩脉显示或少部分被剥露出地表,有些岩体中还见有残留的围岩顶盖,显示出斑岩体群不同地段剥蚀深度不同。在一些斑岩群中蚀变矿化斑岩多见,甚至斑岩型矿床发育,例如哈日扎—哈陇休玛地区、埃坑地区、五龙沟、东山根和乌兰乌珠尔—鸭子沟—卡尔却卡地区,都是斑岩型矿床密集区,呈北东向断续集中展布的斑岩群,主体与北西向侵入—火山岩带及断裂构造空间关系密切。

东昆仑东段斑岩体走向有NE向、NW向和近EW向三种,以北东向为主,倾角52°~89°,整体较陡。无论NW向、NE向或近EW向断层,它们的倾角均较陡。NE向断层倾角60°~80°,多为张扭性断裂;NW向断层倾角70°~80°;近EW向断层倾角亦70°~80°。总结东昆仑东段斑岩体产状,明显可以看到斑岩体总体倾角较陡,也从侧面指示这些斑岩可能应该形成于挤压碰撞的局部拉伸环境和碰撞后环境。只有NE向断裂带具有张剪性或处于伸展阶段,才能形成倾角均较陡的斑岩体。

我们所获得东昆仑东段地区15件斑岩锆石U-Pb测年样品结果(另文详细报道),同时收集到已经公开发表的斑岩体锆石U-Pb年龄20件^[16-26],总计35件年龄介于215~432 Ma,其中明显由两个年龄组构成,即215~260 Ma和391~432 Ma。年龄数据统计直方图(图2)显示:斑岩体主要以印支早期斑岩体为主,年龄主要集中在230~251 Ma,少数属于印支晚期;较老的年龄组391~432 Ma分别属于华力西期的泥盆纪和加里东期志留纪,符合前曾报道的认识^[27-28]。

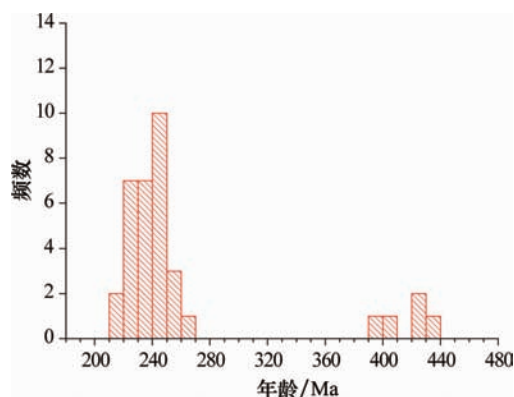


图2 东昆仑斑岩体锆石U-Pb年龄直方图
Fig.2 Zircon U-Pb age histogram of the porphyry bodies in Eastern Kunlun Mountains

我们统计区内斑岩型矿区内已报道年龄数据^[2,25,29-55],成矿斑岩体锆石 U-Pb 年龄及 Re-Os 年龄变化于 196.0~247.9 Ma,其中仅 1 个样品年龄为 196.0 Ma(燕山期),其他为 205.2~247.9 Ma,并且大多数小于 230 Ma(图 3),表明成矿花岗斑岩亦是主要形成于印支期,但是印支晚期强于早期,而非矿区花岗斑岩印支早期多于晚期,显示印支晚期具有较强的成矿能力。笔者曾经应用锆石裂变径迹定年亦获得本区主要成矿时代在印支期和燕山期的认识^[56]。

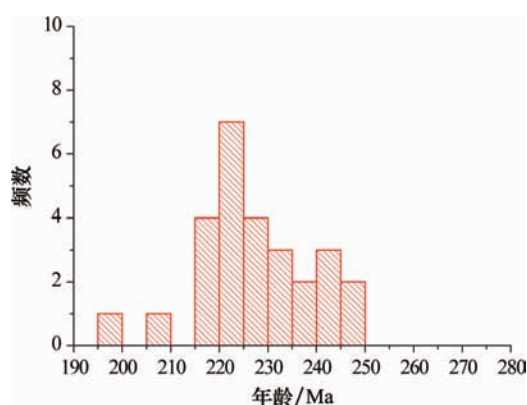


图 3 东昆仑成矿斑岩体锆石 U-Pb 年龄与 Re-Os 年龄直方图

Fig. 3 Zircon U-Pb and Re-Os age histogram of the mineralizing porphyry bodies in Eastern Kunlun Mountains

印支期斑岩体主要呈浅成-超浅成相分布于祁漫塔格-都兰构造岩浆带的尕日当、破屋、恶色、香日德等印支期火山构造洼地及主断裂带中,斑岩群主要呈北东向集中分布。祁漫塔格-都兰构造岩浆带中段,虽然被第四系覆盖特征并不明显,但从东西特征来看,具有贯通的特点。斑岩产于祁漫塔格-都兰构造岩浆背景中,时空关系密切。印支早期斑岩体主要形成在早中三叠世约 21 Ma 期间(230~251 Ma),出露于东昆北弧后裂陷带、东昆南复合拼接带的柯柯赛三岔沟、东山根、破屋、恶色、香日德、沟里乡、尕日当、浪麦滩哈日扎、埃坑德勒斯特、下得波利、哈陇休玛、下拉木苏和宗加地区,以及属于东昆北弧后裂陷带、东昆中基底隆起花岗岩带的香日德、沟里乡、尕日当及浪麦滩哈日扎地区。印支晚期斑岩体出露于浪麦滩哈日扎、加当根、香日德、赛什塘、黄龙沟和下拉木苏地区,亦属东昆中基底隆起花岗岩带。

该带花岗斑岩岩石系列主要为高钾钙碱性系列,少量碱性系列。从区域资料分析,少量碱性系

列岩石及大部分斑岩主要集中于岩带南部的深大断裂,其岩浆来源深,与主体岩带的壳源特征有所不同。

华力西期斑岩分布亦少,出露于东昆北构造岩浆带灶火河一带。在东昆北带西段灶火河中游一带,多个小岩体沿二叠纪大岩基北侧分布,构成华力西期南条状基岩-北小岩体群的空间分带,侵位于金水口岩群中,见于五龙沟地区,小岩体断续分布。加里东期斑岩从目前看来分布较少,仅零星分布于东昆北带西段及东昆南带东段,例如乌兰乌珠尔矿区,呈浅成相岩体成群分布。在东昆北带西段德拉托郭勒一带,多个小岩株沿东昆中断裂北侧分布,侵位于金水口岩群中,与沿东昆中断裂南侧分布的纳赤台群相伴产出。笔者在东昆东部浪麦滩哈日扎地区发现加里东晚期花岗斑岩体,其成岩时代为 $(422.3 \pm 9.8) \text{ Ma}$ ^[27],属晚志留世。

东昆东段斑岩体成群分布集中,与同时期的岩石构造组合时空紧密共生。孙王勇等^[57]根据东昆东段航磁异常等其他地质特征推断出东昆东段存在多条基底断裂,其中包括 3 条北东向深大断裂,而这 3 条断裂又近于平行。东昆东段形成的斑岩体很有可能与此有关。

在空间分布上,随着特提斯洋的俯冲、碰撞,陆壳的加厚、幔源岩浆的底侵以及岩石圈的拆沉,东昆地区造成了广泛而强烈的岩浆活动^[58],地表喷发大面积陆相火山岩,深部定位大规模花岗岩体。沟通火山喷发与深部侵位以及不同圈层源区,乃至幔源区,导致一些诸如都兰地区的斑岩集中发育区,这在东昆南和鄂拉山构造岩浆带亦有发育。东昆东段地区斑岩与火山喷发带(区)、深大断裂带、构造岩浆隆起区(带)以及火山构造洼地与边缘、复式岩基(岩体)边缘紧密相关,斑岩往往成群集中,呈带(区)展布,产于不同的构造岩浆带中,与碰撞造山过程的不同构造岩浆事件有关,构成各构造岩浆带的东山根、香日德、尕日当、破屋、恶色、三岔沟、沟里乡、浪麦滩、埃坑德勒斯特、巴隆-哈图及五龙沟等斑岩群。斑岩群在火山构造洼地中与火山构造相配置,在断裂带中呈断续带状展布与区域构造相关联,在侵入岩区且多与岩浆活动晚期次的岩体同定位,诸如集中发育的东昆东段东山根、香日德农场、恶色、下拉木苏、三岔沟、破屋、尕日当、诺木洪-埃坑德勒斯特地区等。

东昆成矿斑岩属于钙碱性系列、高钾钙碱

性系列和钾玄岩系列,以高钾钙碱性系列为主。笔者通过计算东昆仑和冈底斯带斑岩型矿床氧逸度 δFMQ 值,表明东昆仑矿区 δFMQ 值主要变化于 2~4,近半数在 3~4,与冈底斯带矿区相近或略高。鉴于 δFMQ 值高更有利于形成斑岩型矿床,东昆仑各矿区氧逸度 δFMQ 值整体较高,这可能反映具有较好的斑岩成矿潜力。东昆仑成矿斑岩普遍属于埃达克质,同样体现较好的成矿远景。张旗等^[59-60]所提出的 4 种埃达克岩在本区均有分布,反映东昆仑构造运动历史的多期性和复杂性。O 型和 C 型埃达克岩的存在,说明有板片俯冲和下地壳熔融两种来源的埃达克质岩石,也意味着东昆仑存在两种可能与埃达克岩有关的成矿模式。关于东昆仑斑岩带的地球化学特性,将另文详论。

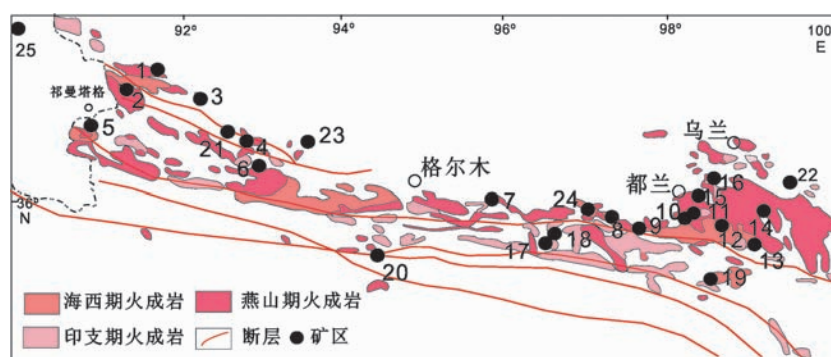
4 东昆仑斑岩带的研究意义

东昆仑最为醒目是近 EW 向构造带,并控制着区内的构造-岩浆-成矿作用与演化格局。通过多年的室内外工作,识别并证实研究区 NE 向斑岩带的客观存在,这对区内的构造活动、岩浆作用、地质演化与成矿预测等,均具有重要意义。斑岩带的识别确认,加深对斑岩体分布产出的认识,是东昆仑斑岩类地质与成矿研究的新进展,可为今后相关问题研究提供新思路。

斑岩带 NE 向产出,是 NE 向构造作用的结果,

体现 NE 向构造形迹的重要性。斑岩带可跨越昆北断裂带、昆中断裂带、甚至是昆南断裂带,既有同时跨越多条主干断裂的较大规模斑岩带,又有仅跨越一条主干断裂的较小规模斑岩带以及同一 EW 向构造带内小规模 NE 向斑岩带。加之斑岩体普遍钾质较高,表明斑岩带主要形成于东昆仑地块构造演化后期。

斑岩体与斑岩型矿床的产出均受构造控制。本区大量斑岩体的产出,便形成 NE 向斑岩带和相应伴生的多条斑岩型矿产带。野外工作确实发现诸多斑岩体具有较强的蚀变和矿化,有的是单个斑岩体的矿化,有的却是在较大范围成矿,以致形成斑岩型成矿带(图 4),诸如鄂拉山北段牦牛沟铜金矿-加当根铜钼矿-赛什塘铜多金属矿-达里吉格塘金矿,赛钦南铜钼矿-东山根多金属矿-哈日扎铜矿-热水钼矿,洪水河东地区铜钼矿-埃坑德勒斯特钼(铜)矿-下得波利铜钼矿;乌兰乌珠尔铜矿-鸭子沟钼铜矿-卡而却卡野拉赛铜矿。已经发现和勘探的系列斑岩型矿床(区),普遍受控于 NE 向断裂。整个东昆仑构造带亦发育有 NE 向断裂构造,规模通常几 km 至几十 km 不等,即可是全区岩浆与成矿流体的主要运移通道,亦可是斑岩矿区的导矿构造和/或容矿构造。东昆仑斑岩带的确认亦是区内斑岩成矿带的确认,进而势必引起对 NE 向成矿构造的重视,促进控矿成矿研究和找矿预测效果。因此,亦可称之为斑岩型构造-岩浆-成矿带,简称斑岩带。



1—乌兰乌珠尔铜矿;2—鸭子沟钼铜矿;3—莫河下拉银多金属矿;4—长山铜钼矿;5—卡而却卡野拉赛铜矿;6—拉陵灶火铜钼矿;7—五龙沟金矿;8—清水河东铜钼矿;9—托克妥铜金矿;10—热水钼矿;11—哈日扎铜矿;12—哈陇休玛钼矿;13—赛什塘铜多金属矿;14—加当根铜钼矿;15—东山根多金属矿;16—赛钦南铜钼矿;17—下得波利铜钼矿;18—埃坑德勒斯特钼(铜)矿;19—达里吉格塘金矿;20—小南川铜矿;21—克停哈尔铜钼多金属矿床;22—鄂拉山北段牦牛沟铜金矿;23—小圆山铁多金属矿;24—洪水河东地区铜钼矿;25—日吉普顶金铜矿。NE 向斑岩成矿带特征明显。

图 4 东昆仑斑岩型矿床分布图

Fig. 4 Distribution of the porphyry ore deposits in Eastern Kunlun Mountains

5 结论

通过长期工作累积,新发现多条呈 NE 向产出的斑岩带。斑岩带平行产出,规模不等,主体属于高钾钙碱性系列,具埃达克岩质,高氧逸度,成矿远景较好。时间上主要产于印支期,其中成矿斑岩又以印支晚期为主;空间上在东昆仑各个区带均有产出,但以昆中带和昆北带为主,特别是东段都兰地区和西段祁漫塔格地区尤为发育。

NE 向斑岩带的识别与确认,其意义在于表明:(1)东昆仑 NE 向岩浆作用的存在;(2)东昆仑存在大量斑岩体,并且整体上以 NE 向产出;(3)东昆仑存在 NE 向斑岩成矿带;(4)东昆仑普遍存在 NE 向构造-岩浆-成矿带;(5)开拓了本区诸多研究课题的新思路,NE 向斑岩带与 NE 向成矿带的发现是本区研究新进展,势必有力促进相关构造-岩浆-成矿作用的研究程度和找矿效果。

参加野外和室内工作的还有中国地质大学(北京)冯云磊和郝娜娜博士,张丽婷、王小龙、朱晓勇、时贞、刘青松硕士研究生 5 人及青海省第三地质矿产勘察研究院马忠元工程师,在此一并表示谢意。

参考文献

- [1] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑印支期区域构造背景的花岗岩记录[J]. 地质论评, 2000, 46(2): 203-211.
- [2] 詹发余,古风宝,李东生,等. 青海东昆仑埃达克岩的构造环境及成矿意义[J]. 地质学报, 2007, 81(10): 1352-1368.
- [3] 毛景文,周振华,丰成友,等. 初论中国三叠纪大规模成矿作用及其动力学背景[J]. 中国地质, 2012, 39(6): 1437-1478.
- [4] 莫宣学,罗照华,邓晋福,等. 东昆仑造山带花岗岩及地壳生长[J]. 高校地质学报, 2007, 13(3): 403-414.
- [5] DENG J, WANG Q F. Gold mineralization in China: metallogenic provinces, deposit types and tectonic framework[J]. Gondwana Research, 2016, 36: 219-274.
- [6] 郭正府,邓晋福,许志琴,等. 青藏东昆仑晚古生代末一中生代中酸性火成岩与陆内造山过程[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 344-352.
- [7] YUAN W M, WANG S C, WANG L F. Mineralization ages of gold-hydrothermal deposits in northern zone of eastern Kunlun Mountains based on fission track analysis[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7: 329-330.
- [8] 袁万明,莫宣学,喻学惠,等. 东昆仑热液金成矿带及其找矿方向[J]. 地质与勘探, 2000, 36(5): 20-23.
- [9] PAN G T, WANG L Q, LI R S, et al. Tectonic evolution of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 53: 3-14.
- [10] ZHANG A K, MO X X, YUAN W M, et al. Petrogenesis and tectonic setting of the Yemaquan granite from the iron-polymetallic ore area of Qimantag, Eastern Kunlun Mountains, Qinghai-Tibet Plateau[J]. Island Arc, 2017(1): e12190.
- [11] 莫宣学,潘桂棠. 从特提斯到青藏高原形成: 构造-岩浆事件的约束[J]. 地学前缘, 2006, 13(6): 43-51.
- [12] 张克信,何为红,徐亚东,等. 中国洋板地块分布及构造演化[J]. 地学前缘, 2016, 23(6): 24-30.
- [13] MENG F C, CUI M H, WU X K, et al. Heishan mafic-ultramafic rocks in the Qimantag area of Eastern Kunlun, NW China: remnants of an early Paleozoic incipient island arc[J]. Gondwana Research, 2015, 27: 745-759.
- [14] YANG Y F, WANG P. Geology, geochemistry and tectonic settings of molybdenum deposits in Southwest China: a review[J]. Ore Geology Reviews, 2017, 81: 965-995.
- [15] FANG J, CHEN H Y, ZHANG L, et al. Ore genesis of the Weibao lead-zinc district, Eastern Kunlun Orogen, China: constraints from ore geology, fluid inclusion and isotope geochemistry[J]. International Journal of Earth Sciences, 2015, 104(5): 1209-1233.
- [16] 刘成东,黄易勤,梁良. 热液矿床成矿深度研究方法及其在铀矿地质中的应用综述[J]. 铀矿地质, 2014, 30(5): 287-293.
- [17] 刘建楠,丰成友,元锋. 青海都兰县下得波利铜钼矿区锆石 U-Pb 测年及流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 679-690.
- [18] 刘建平,赖健清,谷湘平. 青海赛什塘铜矿区侵入岩体地球化学及锆石 LA-ICPMS U-Pb 年代学[J]. 中国有色金属学报, 2012, 22(3): 622-632.
- [19] 陆露,胡道功,张永清. 昆中断裂带同构造花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地质力学学报, 2010, 16(1): 36-43.
- [20] 罗明非,莫宣学,喻学惠. 东昆仑五龙沟晚二叠世花岗岩闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年、岩石成因及意义[J]. 地学前缘, 2015, 22(5): 183-195.
- [21] 时超,李荣社,何世平. 东昆仑东段杏树沟金矿(化)点的成矿特征及其围岩时代的确定[J]. 地质通报, 2012, 31(12): 1983-1990.
- [22] 向鹏,熊索菲. 青海省共和县加当根铜(钼)矿床类型探讨[J]. 矿床地质, 2010, 29: 303-304.
- [23] 向鹏,姚书振,周宗桂. 青海加当根斑岩型铜(钼)矿床岩石地球化学特征及其成因认识[J]. 西北地质, 2013, 46(1): 139-153.
- [24] 熊富浩. 东昆仑造山带东段古特提斯域花岗岩类时空分布、岩石成因及其地质意义[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2014, 39-55.
- [25] 许庆林,孙丰月,李碧乐. 东昆仑莫河下拉银多金属矿床花岗岩斑岩年代学、地球化学特征及其构造背景[J]. 大地构造与

- 成矿学, 2014, 38(2): 421-433.
- [26] 杨延乾, 李碧乐, 许庆林. 东昆仑埃坑德勒斯特二长花岗岩锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 西北地质, 2013, 46(1): 56-62.
- [27] HAO N N, YUAN W M, ZHANG A K, et al. Evolution process of the Late Silurian - Late Devonian tectonic environment in Qimantagh in the western portion of east Kunlun, China: evidence from the geochronology and geochemistry of granitoids[J]. Journal of Earth System Science, 2015, 124(1): 171-196.
- [28] WANG H, FENG C Y, LI D X, et al. Geology, geochronology and geochemistry of the Saishitang Cu deposit, East Kunlun Mountains, NW China: constraints on ore genesis and tectonic setting[J]. Ore Geology Reviews, 2016, 72: 43-59.
- [29] 陈永福, 张栋, 路英川, 等. 青海鄂拉山北段牦牛沟铜金矿辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 地球学报, 2015, 37(1): 69-78.
- [30] 丰成友, 李东生, 吴正寿, 等. 青海东昆仑成矿带斑岩型矿床的确认及找矿前景分析[J]. 矿物学报, 2009(增刊): 171-172.
- [31] 丰成友, 张大权, 李东生, 等. 青海祁漫塔格地区成矿规律研究[J]. 矿床地质, 2010, 29(增刊1): 3-4.
- [32] 丰成友, 王松, 李国臣, 等. 青海祁漫塔格中晚三叠世花岗岩: 年代学、地球化学及成矿意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 665-678.
- [33] 高永宝, 李侃, 钱兵, 等. 东昆仑卡而却卡铜矿区花岗闪长岩及其暗色微粒包体成因: 锆石 U-Pb 年龄、岩石地球化学及 Sr-Nd-Hf 同位素证据[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 646-662.
- [34] 国显正, 贾群子, 郑有业, 等. 东昆仑热水铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及地质意义[J]. 地质学报, 2016, 90(10): 2818-2829.
- [35] 姜寒冰, 李文渊, 谭文娟, 等. 东昆仑那陵格勒一带斑岩铜矿的初步研究[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 245-255.
- [36] 姜炜忠, 李宏茂, 郑鹤龄. 东昆仑日吉普顶石英斑岩体含金性及其与黑山地区砂金关系探讨[J]. 吉林地质, 2011, 30(4): 15-18.
- [37] 孔会磊, 李金超, 黄军, 等. 东昆仑小圆山铁多金属矿区斜长花岗斑岩锆石 U-Pb 测年、岩石地球化学及找矿意义[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 521-532.
- [38] 李东生, 奎明娟, 古风宝, 等. 青海赛什塘铜矿床的地质特征及成因探讨[J]. 地质学报, 2009, 83(5): 719-730.
- [39] 李东生. 托克妥环形构造与铜的成矿关系及今后找矿方向[J]. 青海地质, 2001(增刊): 41-43, 47.
- [40] 李世金, 孙丰月, 王力, 等. 青海东昆仑卡尔却卡多金属矿区斑岩型铜矿的流体包裹体研究[J]. 矿床地质, 2008, 27(3): 399-406.
- [41] 李世金, 孙丰月, 丰成友, 等. 青海东昆仑鸭子沟多金属矿的成矿年代学研究[J]. 地质学报, 2008, 82(7): 949-955.
- [42] 刘江峰, 赵双喜, 李彦强, 等. 青海省东昆仑洪水河地区斑岩铜钼矿找矿潜力分析[J]. 西北地质, 2012, 45(1): 211-221.
- [43] 马忠元. 青海东昆仑哈日扎多金属矿区构造活动的锆石裂变径迹定年分析[J]. 地质与勘探, 2014, 50(5): 833-839.
- [44] 乔旭亮. 浅析东昆仑西段南带斑岩型铜矿点的找矿意义[J]. 太原科技, 2010(2): 68-69.
- [45] 余宏全, 张德全, 景向阳, 等. 青海省乌兰乌珠尔斑岩铜矿床地质特征与成因[J]. 中国地质, 2007, 34(2): 306-314.
- [46] 舒树兰, 何书跃, 李彬, 等. 青海东昆仑鸭子沟多金属矿床地质地球化学特征及找矿前景分析[J]. 西北地质, 2014, 47(2): 62-72.
- [47] 田承盛, 张爱奎, 袁万明, 等. 青海赛什塘-日龙沟矿田岩浆岩与成矿的关系探讨[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 383-387.
- [48] 王富春, 陈静, 谢志勇, 等. 东昆仑拉陵灶火铜多金属矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os[J]. 中国地质, 2013, 40(4): 1209-1217.
- [49] 王松, 丰成友, 李世金, 等. 青海祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿区花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 2009, 36(1): 74-84.
- [50] 夏锐, 卿敏, 王长明, 等. 青海东昆仑托克妥 Cu-Au(Mo)矿床含矿斑岩成因: 锆石 U-Pb 年代学和地球化学约束[J]. 吉林大学学报, 2014, 44(5): 1502-1524.
- [51] 于森, 丰成友, 肖晔, 等. 青海共和县加当根斑岩铜矿床成矿流体特征及演化[J]. 矿床地质, 2013, 32(1): 133-147.
- [52] 杨平, 裴生菊, 陈丽娟, 等. 青海哈日扎含铜斑岩特征及其找矿潜力分析[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2010, 28(6): 62-628.
- [53] 张雨莲, 宋忠宝, 李志强, 等. 青海东昆仑下得波利铜钼矿花岗岩地球化学特征[J]. 西北地质, 2012, 45(增刊): 109-112.
- [54] 赵永亮, 张勇, 刘国燕, 等. 青海克停哈尔铜钼多金属矿床地质特征及找矿标志[J]. 矿产勘查, 2015, 6(6): 702-708.
- [55] 张洪涛, 张先福, 田燕, 等. 青海长山地区铜矿地质特征及潜力研究[J]. 西部探矿工程, 2016(1): 107-100.
- [56] YUAN W M, MO X X, ZHANG A K, et al. Fission track thermochronology evidence for multiple periods of mineralization in the Wulonggou gold deposits, Eastern Kunlun Mountains, Qinghai Province[J]. Journal of Earth Science, 2013, 24(4): 471-478.
- [57] 孙王勇, 孟军海, 王成栋, 等. 东昆仑东段深大断裂的新认识[J]. 物探与化探, 2007, 31(5): 408-413.
- [58] 湛宏伟, 罗照华, 莫宣学, 等. 东昆仑造山带三叠纪岩浆混成因花岗岩的岩浆底侵作用机制[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 386-395.
- [59] 张旗, 秦克章, 王元龙, 等. 加强埃达克岩研究, 开创中国 Cu、Au 等找矿工作的新局面[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 195-204.
- [60] 张旗, 李承东. 花岗岩: 地球动力学意义[M]. 北京: 海洋出版社, 2012.