

# 北山大地构造深部成因与浅部成矿特征 遥感综合分析

王永江<sup>1</sup> 耿树方<sup>2</sup> 李长江<sup>3</sup>

(1. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;  
3. 浙江省国土资源厅信息中心, 浙江 杭州 310007)

**摘要:**大地构造受地球深部动力活动控制这个观点早已为人们所接受。本文通过对地处新疆、甘肃、内蒙三省(区)交汇部位的北山及附近地区大地构造的综合分析,认为北山地区在构造上形成于塔里木、中朝与蒙古三大板块构造汇聚挤压环境,但对其影响最为主要的是塔里木板块的向北移动造成的北山地区的古洋闭合。同时,进一步的深部构造运动使塔里木板块向北俯冲北山造山带,造成北山造山带的断裂构造具有多向北倾的特点。这种区域性的由南向北挤压俯冲构造对于浅部成矿具有重要影响。已知的许多矿床均分布于规模较大的中酸性岩基北侧,并与北倾逆冲断裂带及小岩株(群)关系密切,由于与断裂构造具有多向北倾,使得与成矿作用有关的岩基总体上也具有向北倾的特征,并导致后来的成矿岩浆能够侵入就位就在岩基北缘,这为人们在类似地区寻找与岩浆活动有关的矿床提供了一种重要找矿方法和线索。

**关键词:**板块深部俯冲;浅部反向逆冲断裂带;岩基倾斜侵入;小岩株与火山碎屑岩成矿

**中图分类号:**P544,P612,P627 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)03-0714-14

北山地区地处中国新疆、甘肃、内蒙三省(区)交汇部位,地理上以干旱气候的中低山和丘陵戈壁地貌景观为主,植被覆盖稀少,环境恶劣,但它是中国重要成矿区带之一。长期以来,许多单位在此开展了大量的调查研究工作,取得了一系列的成果,但是由于这一地区地处不同构造单元交汇部位,大地构造关系极其复杂,具体大地构造单元划分与演化等一系列重要基础地质问题还没有很好的解决。目前虽然发现了众多的 Cu、Au、Pb、Zn、Fe、W、Mo 等矿床或矿点,但规模均较小,形成了只见星星不见月亮的尴尬格局。在该地区究竟是否有潜在的规模较大的矿床?如果有,应当如何寻找?今天看来,进一步加强这一地区的基础地质研究仍然具有重要意义。笔者认为,需从更大范围入手,进一步研究这一地区基础地质构造问题,发现控制成矿活动的大地构造成因

信息。为此,笔者以区域地貌、遥感为切入点,从局部到宏观分析地貌遥感地质特征、结合这一地区及邻近地区的地震层析成像反映的深部地质构造信息,始终站在宏观与微观、深部与浅部相结合的角度来认识这一地区的地质构造现象,取得了一些初步认识,以祈抛砖引玉之目的,实现地质找矿的新突破。

## 1 北山及其附近地区大地构造特征

### 1.1 前人大地构造研究成果

前人在北山地区做了大量研究工作,对北山的大地构造提出了很多新的认识,李春昱<sup>[1]</sup>、左国朝等<sup>[2,3]</sup>认为,北山地区大地构造位置处于西伯利亚、哈萨克斯坦和塔里木古板块的结合部位。李春昱等(1982)进一步认为北山北部地区是早古生代未固结的一个板块。甘肃省地质调查院<sup>①</sup>将北山地区由北向南划分了

收稿日期:2009-05-11;改回日期:2009-05-21

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(基[2003004-21])资助。

作者简介:王永江,男,1960年生,博士,教授级高级工程师,从事地质遥感找矿与大地构造研究;E-mail:yjwang@agrs.cn。

①甘肃省地质调查院编.北山地区 1:50 万地质矿产图,2002.

两个一级构造单元(哈萨克斯坦板块与塔里木板块)。何世平等<sup>[4]</sup>认为这一地区也是哈萨克斯坦板块,南以红石山—百合山—蓬勃山晚古生代缝合带为界,向北延入蒙古人民共和国南部,向东被巴丹吉林沙漠覆盖。该板块在北山地区未见到前震旦纪结晶基底出露,其时代最老的地层为奥陶纪火山—沉积岩系,晚古生代中期红石山—百合山—蓬勃山大洋的形成和演化使区内哈萨克斯坦板块成为一个以早古生代褶皱基底为核心的独立板块。施央申等<sup>[5]</sup>基于地体拼接理论,将中亚地区划分为西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块、塔里木板块及其它之间的早古生代增生楔、晚古生代岩浆弧、蓝片岩带等。认为哈萨克斯坦板块向东一直延伸到东经 100°左右,北山北部应在它的范围之内。

陈哲夫等<sup>[6]</sup>认为北山地区处于塔里木板块东北缘内部,并存在古生代多旋回陆内裂陷槽。李景春等<sup>[7]</sup>认为北山地区处于塔里木板块北缘活动大陆边缘,并将北山地区划分为北、中、南 3 个带,北带为明水南—石板井一线以北,主体为早古生代岛弧带;南带指方山口—月牙山一线以南地区,发育古生代裂陷槽;南、北两带之间为中带,为早古生代弧后盆地。王东方<sup>[8]</sup>以中亚大量新元古代后期—泥盆纪残余洋壳和高压变质带的存在来说明古亚洲洋的消失,其中发育有大量 800~550 Ma 蛇绿岩和高压变质带说明兴凯运动是其主要造山期,加里东和华力西造山运动是其后续运动。Traynor et al<sup>[9]</sup>通过对石油地震勘探等资料综合分析,认为蒙古板块是在古生代早期和晚期作为大陆碎块形成的小地体逐渐紧贴并熔接在巨大的西伯利亚古老板块上的。张德润<sup>[10]</sup>通过航磁与重力场研究认为北山基底性质更接近于中国的古生代造山带特征。大地构造演化史,即大陆裂解→多岛洋→沟—弧—盆体系→碰撞增生→构造迁移→多旋回造山的演化历程。

## 1.2 北山及邻区大地构造分区

从亚洲地貌影像图上及亚洲地质图<sup>[11]</sup>可清楚看出(图 1 及图 2),塔里木板块、哈萨克斯坦板块、华北板块由明显的低洼盆地间杂一些低缓山体所构成。在这些板块前寒武基底地层普遍发育,结晶变质强烈,但中蒙板块(早古生代固结)在地貌上表现出高原特征,即总体海拔高度较大,局部地貌起伏较强烈。其上最古老地层为元古界(Pt)、新元古界—寒武系(Pt-ε)。因此,它们都是形成时代早于元古宙的古

板块。对于中蒙板块,从其分布形态分析,其构造线走向是围绕其北部的西伯利亚板块分布,并且时代由西伯利亚地台边缘向南逐渐变新。显然,中蒙板块是元古宙以来逐渐增生到西伯利亚板大陆缘上的。其中大面积侵入晚古生代中酸性岩浆岩,说明中蒙板块形成的时代新,固结程度稍差,但对于中晚古生代的北山地区来讲,中蒙板块已经是一个新的古陆构造。

另外,天山陆缘增生带、阿尔泰陆缘增生带及内蒙大兴安岭陆缘增生带增生到古老板块上的地层时代相近,增生褶皱都以古生代地层为主。尽管很难分出它们增生到古陆板块边缘的先后顺序,但从区域角度分析三大陆缘增生带地层接触与切割关系,可以发现内蒙—大兴安岭陆缘增生带在戈壁阿尔泰山脉一带被阿尔泰陆缘增生带截切隔断;而在哈密—居延海一线,天山陆缘增生带又将阿尔泰陆缘增生带推挤切割(图 1~2)。由此判断 3 个局部海盆俯冲关闭顺序依次为:内蒙古—大兴安岭褶皱增生带、阿尔泰陆缘褶皱增生带及天山褶皱增生带。即上述古海盆的关闭以哈萨克斯坦古板块、塔里木古板块和中朝古板块整体向北运动导致它们的先后关闭。在这些古海盆关闭过程中,后期褶皱回返的地层紧贴已增生到西伯利亚古老板块之上的蒙古板块的南部边缘。

综合上述,笔者认为哈萨克斯坦板块向东延伸不超过东经 95°,哈萨克斯坦板块基本位于塔里木板块正北位置,天山山脉是这两个板块的缝合线,北山地区仅处于这两个前寒武纪板块的东缘,尤其是哈萨克斯坦板块没有对其北部形成阻挡作用。因此,北山构造带实际上处于塔里木板块、华北板块和中蒙板块的构造交汇部位(图 2)。这样,它受到的构造挤压应力相对天山造山带要小许多,使得韧性剪切与走滑断裂相对发育,总体构造挤压变形要小于天山造山带,但其成因与天山构造带具有较大形态可比性,刘雪亚等<sup>[12]</sup>通过岩石圈板块研究,也将天山与北山划归同一古板块类型。

## 2 大地构造特征深部成因分析

任何一个地质构造单元在成因上都往往有其独特的动力学机制,尤其是规模较大的地质构造单元其形成可能都有其深部的动力学背景,而深部动力学作用也会在浅部地质和在地貌上留下其印记。下面,笔者从地震层析成像信息探索北山及附近地区

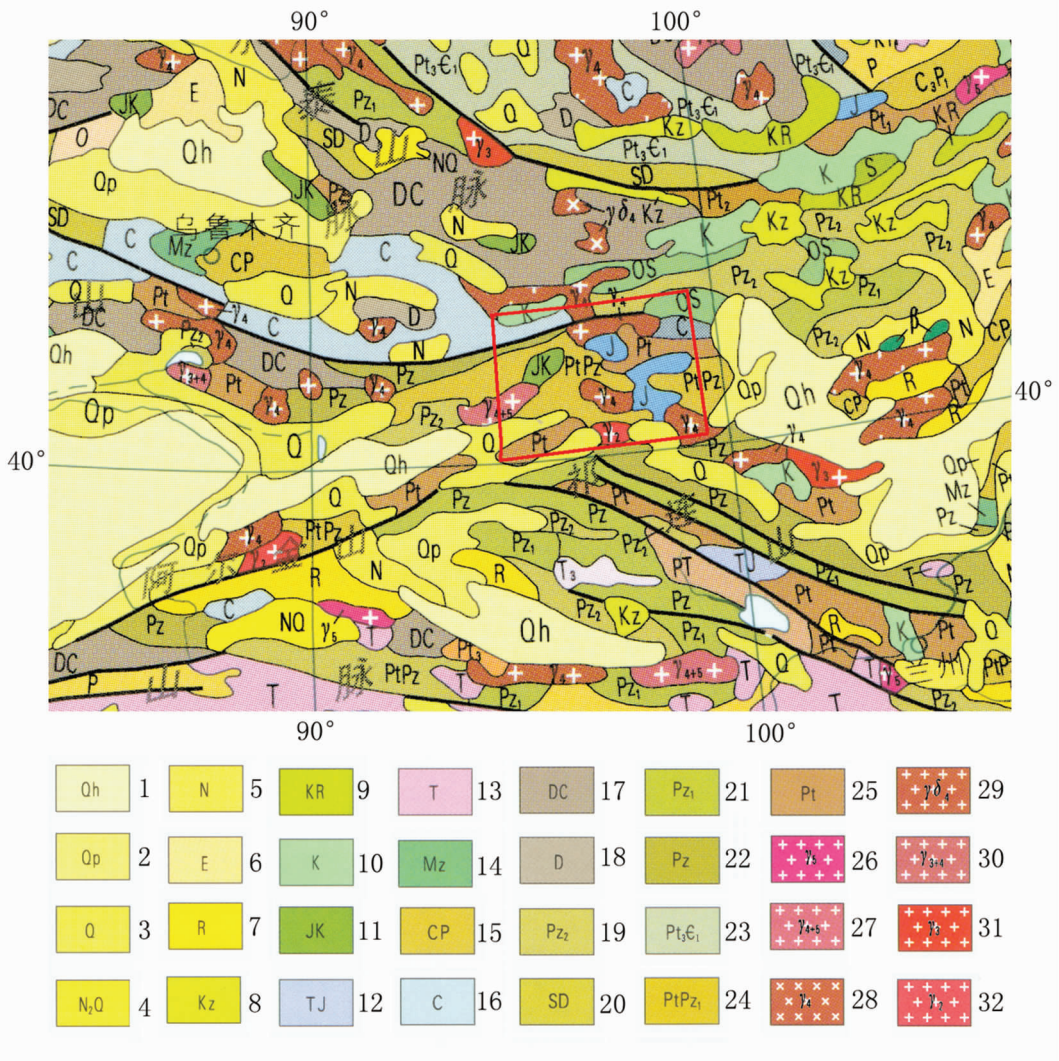


图1 北山及其附近地区地质图<sup>[1]</sup>

1—全新统; 2—更新统; 3—第四系; 4—上新统—第四系; 5—新近系; 6—古近系; 7—古近—新近系; 8—新生界; 9—白垩系—新近系; 10—白垩系; 11—侏罗系—白垩系; 12—三叠系—侏罗系; 13—三叠系; 14—中生界; 15—石炭系—二叠系; 16—石炭系; 17—泥盆系—石炭系; 18—泥盆系; 19—上古生界; 20—志留系—泥盆系; 21—下古生界; 22—古生界; 23—上元古界—下寒武统; 24—元古宇—下古生界; 25—中元古界; 26—燕山期花岗岩类; 27—华力西期—燕山期花岗岩类; 28—华力西期花岗岩类; 29—华力西期花岗闪长岩类; 30—加里东期—华力西期花岗岩类; 31—加里东期花岗岩类; 32—元古期花岗岩类; 红框范围为北山研究区

Fig.1 Geological map of the Beishan Mountain and its adjacent areas<sup>[1]</sup>

1—Holocene; 2—Pleistocene; 3—Quaternary; 4—Upper Pleistocene; 5—Upper Tertiary; 6—Lower Tertiary; 7—Tertiary; 8—Cenozoic; 9—Cretaceous—Tertiary; 10—Cretaceous; 11—Jurassic—Cretaceous; 12—Triassic—Jurassic; 13—Triassic; 14—Mesozoic; 15—Carboniferous—Permian; 16—Carboniferous; 17—Devonian—Carboniferous; 18—Devonian; 19—Upper Paleozoic; 20—Silurian—Devonian; 21—Lower Paleozoic; 22—Paleozoic; 23—Upper Proterozoic—Lower Cambrian; 24—Proterozoic—Lower Paleozoic; 25—Middle Proterozoic; 26—Yanshanian granitoids; 27—Variscan—Yanshanian granitoids; 28—Variscan granitoids; 29—Variscan granodiorite; 30—Caledonian—Variscan granitoids; 31—Caledonian granitoids; 32—Proterozoic granitoids. Red line frame is the study area

大地构造深层次成因。

### 2.1 地震层析成像特征

晋颐等<sup>[13]</sup>利用天然地震数据在研究区附近开展了大地构造地震层析成像分析, 分别计算了地下 5

km、27 km、50 km、120 km、171 km 的 p 波速度图像, 发现-50 km 的速度图像上准噶尔盆地中部和东部、吐鲁番—哈密盆地、甘肃北山、敦煌、哈萨克斯坦东南的阿拉湖盆地和整个塔里木盆地北部和西南边

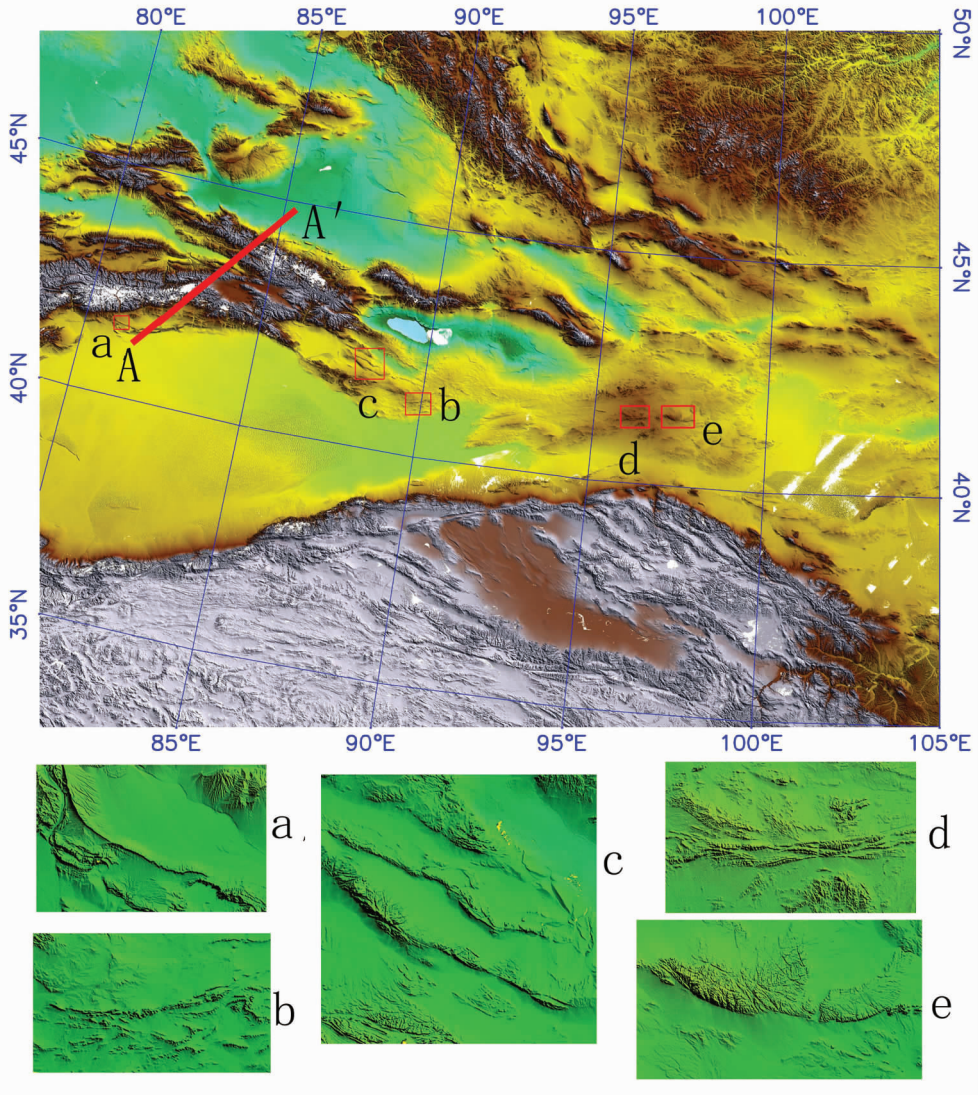


图 2 北山及其附近地区地貌影像特征(据美国宇航局 SRTM 资料)  
 (A-A'为图 3 库车—奎屯地震剖面层析成像位置)  
 Fig.2 Topographic image of the Beishan Mountain and its adjacent areas  
 (A-A' indicates topographic location of the Kuche-Kuitun seismic profile)

缘为高速区;在-71 km 深度的速度图像上西昆仑的克什米尔、塔里木盆地、北天山、准噶尔盆地等新疆大部分地区以及北山为高速区。这一特征与天山地区库车—奎屯地震层析成像特征<sup>[14]</sup>相似(图 3 对应图 2 的 A-A'位置)。这些地震层析成像资料分析表明,塔里木地块对天山地壳具有强烈的侧向挤压作用。并造成塔里木地块的向北俯冲可能涉及整个岩石圈深度,但其前缘仅限于南天山的北缘。前人通过其他资料方法对天山造山带进行了大量的研究,也证

明塔里木地壳存在向天山下方俯冲的重要特征<sup>[15-17]</sup>。从地貌角度分析,虽然天山造山带与北山地区具有较大差异,但反映地质构造应力来源的微地貌构造形态具有明显的相似性,即天山地区(图 2-a,b,c)微地貌形态与北山地区的微地貌形态(图 2-d,e)都具有北坡缓、南坡陡的共同特征。前人调查结果显示<sup>①</sup>,图 2-e 山体南缘地貌陡坎是马鬃山—三道明水继承性逆冲大断裂带的表现,逆冲方向总体向北,并将此断裂带命名为马鬃山弧形构造,1:20 万地质测量报

①地质部甘肃省地质局第二区域地质测量队. 公婆泉幅(K-47-XX)1:20 万区域地质测量报告(上册). 1969.

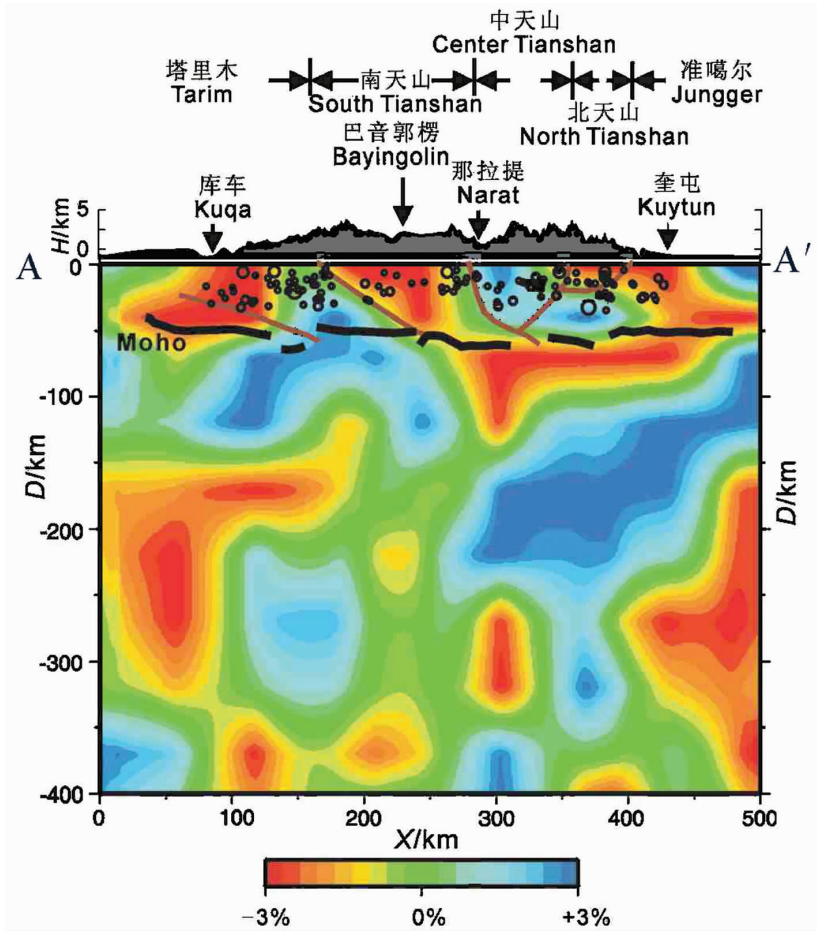


图3 A-A'库车-奎屯地震剖面层析成像结果(据郭 飏等,2006)

黑色实线表示壳幔边界;圆圈表示地震; 红色实线表示构造边界

Fig.3 Topographic results of the Kuche—Kuitun seismic profile (after Guo Biao, 2006)

Black solid line indicates the crust—mantle boundary; circle signifies earthquake, and red line represents tectonic border

告具体描述如下：“其分布东起尖山,经三道明水、大口子、孔雀泉南,直至同昌口,为一向南凸出的新月形,弧长约 100 km,基本上与马鬃山复背斜相吻合,弧顶位于大口子附近。地层分布与褶皱轴向与前缘弧的方向基本一致。其南侧为一深大断裂,断层面北倾,倾角大于 60°,为逆冲式压性断裂,具有明显的继承性活动。分布在马鬃山弧形构造前缘弧西翼的热液型 Cu、Fe 矿化及三道明水的含铍花岗伟晶岩脉均受此组断裂控制”。同样相似情况在图 2-d 范围内,线性延伸总体北缓南陡的地貌影像对应的地质图上<sup>①</sup>,也表现为与此相对应的多条北倾逆冲大断裂带构造。这种形状的山脉其形成力源应来源于地

下深部由南向北的挤压应力长期作用的结果。上述的地震层析成像资料反映在大断裂活动方面就是向北倾逆掩断裂发育的特征(图 3),这样地质构造运动结果对于与其相伴的岩浆岩侵入活动也具有明显影响。

### 2.2 区域范围地貌特征

北山地区地貌特征以中低山及戈壁为主,由于这里的地层岩石绝大多数都形成于中生代以前,因此,大多地表岩石缓起伏、破碎严重,虽然岩石几乎都裸露地表,多数地质现象都很难观察,但是通过卫星遥感信息仍然能够识别一些独特构造形迹。图 4 是由美国航天飞机 SRTM 地貌数据得到的结果,它

① 甘肃省地质调查院编.北山地区 1:50 万地质矿产图, 2002.

很好地反映了北山地区由于区域地壳活动在地表留下的诸多特殊构造痕迹。如强烈挤压形成的韧性剪切断裂带、逆冲断裂带等在这样的影像图上都具有较好反映。从图 4 可见,北山地区有很多中低山具有南坡陡险、北坡平缓的特征,除了上述图 2-d、e 处相关资料明确说明外,2004 年 7 月 2 日对黑鹰山南 30 km 处公路剖面地质考查发现,结晶灰岩层中挤压逆冲断层发育,产状为  $355^{\circ} \angle 60^{\circ}$  (坐标位置: 17451910E, 4655149N), 断层活动强烈(图 5)。

再综合对比图 2 新疆天山与北山相对塔里木盆地的位置,不难发现,北山地区大地构造环境也处于塔里木板块向北俯冲挤压的应力场状态下。这种应力状态对于后期的一系列构造岩浆侵入活动及其成矿作用可能具有决定性的影响。

### 3 地层及岩浆岩特征

北山地区地处塔里木板块与中朝两大板块的对接部位,各时代地层出露齐全,地质构造复杂,岩浆

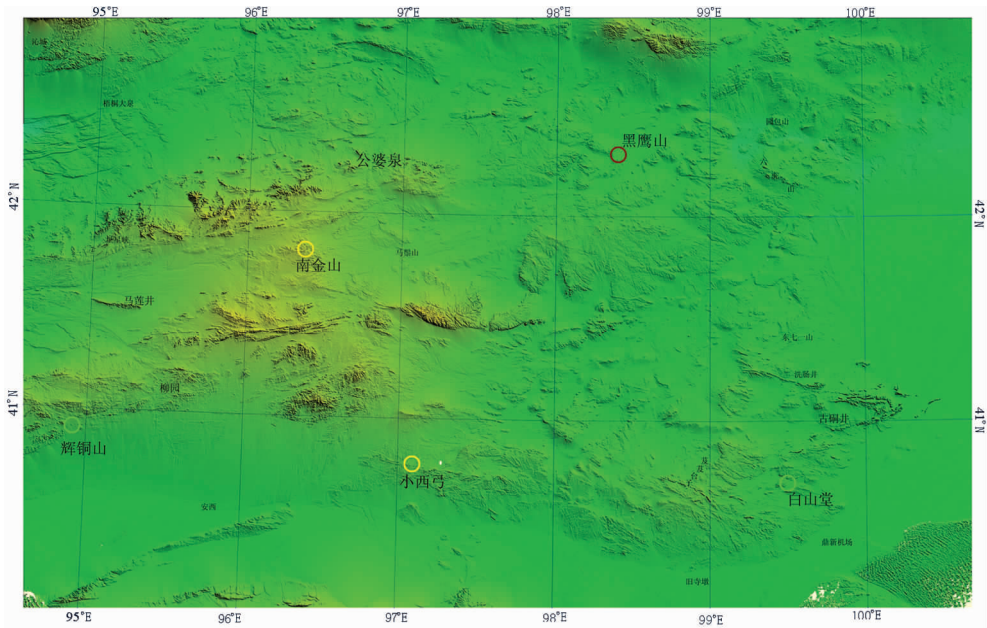


图 4 北山地区地貌影像图  
Fig.4 Topography image of Beishan area



图 5 黑鹰山南 30 km 逆冲断裂实地照片  
Fig.5 Field photos of thrust faults 30km south of Heiyingshan

活动繁多,矿产资源丰富,是重要的铜、金等矿产富集区之一。地层及岩浆岩分布特征如下:

### 3.1 地层

由于侵入岩体穿插和断裂构造破坏,地层略显破碎。各时代地层均有分布,以元古宇分布最广,下古生界十分发育。前长城系、长城系及志留系均见海相火山岩,奥陶系及石炭—二叠系为裂陷海槽碎屑岩与中、基性熔岩、火山碎屑岩;泥盆系及上二叠统为山间火山—磨拉石沉积建造。中、新生界为陆相沉积。现由老到新分述于后。

#### 3.1.1 前寒武纪地层

目前发现的最古老地层主要由敦煌岩群 (Ar-Pt<sub>1</sub>DH)和北山群(Pt<sub>1</sub>B)组成。其下部以海相陆源碎屑岩建造为主夹火山岩,中部为富镁碳酸盐岩建造夹粘土岩,上部复理石建造及顶部火山岩—陆源碎屑岩建造组成两个巨旋回,经区域变质及其他变质变形作用形成低角闪岩相—高绿片岩相变质变形带,局部混合岩化明显;其上长城纪地层分布在北山西南部的古铜井等地,呈东西向带状展布,由古铜井群(Chg)和铅炉子沟群(ChQ)组成,为碳酸盐—类复理石建造,属单相区域低温动力变质低绿片岩相为主的地层,厚 1140~4638 m;蓟县系以薄—中厚层白云岩、灰岩及大理岩为主,中部夹泥质板岩、细砂岩、粉砂岩、石英岩等序列,属于稳定型沉积的陆源碎屑岩—富镁硅碳酸盐建造经区域低温动力变质作用形成低绿片岩相的变质地层;青白口系由富燧石条带的镁质碳酸盐及少量碎屑岩组成,整体厚度大于 5000 m;震旦系岩性为一套冰碛砾岩、泥砾岩、板岩及白云质灰岩,属稳定类型的沉积建造。

#### 3.1.2 古生代地层

北山地区古生代地层十分发育,主要由下古生界裂陷海槽碎屑沉积与中、基性熔岩、火山碎屑沉积及山间火山—磨拉石沉积建造等组成,是北山地区最主要的矿源层。

下古生界十分发育。寒武系主要由破城山组、双鹰山组、西双鹰山组构成。岩性为中薄层状粉砂岩、长石石英砂岩为主,夹硅质岩及灰岩、黑色泥硅质板岩、千枚岩、含磷结核硅质岩及生物灰岩、黑色硅质岩和薄层灰岩组合。奥陶系属活动型沉积,主要由罗雅楚山组、咸水湖组、锡林柯博组、花牛山群及白云山组组成。岩性主要由砂岩、石英岩、硅质板岩、灰岩和浅变质碎屑岩及基性—酸性火山岩,出露厚度一

般介于 260~3100 m,与下伏寒武系呈平行不整合接触,属海相火山岩—沉积建造。志留系分布范围有限,下、中、上统分别为黑尖山组、公婆泉群和碎石山组,岩性主要由碎屑岩、中基性—中酸性火山岩、火山碎屑岩组成,岩相变化较大,侧向延伸很不稳定,厚度一般在 760~2075 m,属海相沉积—火山岩建造。泥盆系在北山西部命名为雀儿山组,岩性由中酸性火山岩和滨浅海陆源碎屑岩组成,其他地区为下泥盆统三个井组,岩性为灰色、灰绿色细砂岩、粉砂岩夹透镜状灰岩,产腕足类化石,厚度 3297~5731m;上泥盆统墩山组由红色流纹英安岩、英安质角砾岩、英安质凝灰岩、火山角砾岩等组成,厚度大于 1496 m。

石炭系分布较广泛,为活动型沉积,不同地区下统分别称为绿条山组、白山组和红柳园组,为一套中酸性火山岩为主及少量正常碎屑岩夹碳酸盐岩的岩石组合地层建造。中统石板山组分布于红柳园地区,由结晶灰岩、长石石英砂岩、板岩、砾岩和含砾粗砂岩组成,厚度 317~1100 m;上统干泉组下部为流纹岩、酸性凝灰熔岩,夹粉砂岩、灰岩透镜体,产植物化石。下部为砂岩、鲕状灰岩,厚度变化大。往往不整合于三个井组之上。及石炭—二叠系为裂陷海槽碎屑岩与中、基性熔岩、火山碎屑岩;泥盆系及上二叠统为山间火山—磨拉石沉积建造。

二叠系分布广泛,但出露零星,下统称为双堡塘组、金塔组,为活动型海相沉积,以碎屑岩为主,碳酸盐岩次之,并有大量的基性火山岩,属海相火山岩—沉积建造。厚 720~2848 m,与下伏干泉组呈不整合接触。上统为红岩井组、方山口组为活动型陆相沉积,北带红岩井组为陆相碎屑岩建造,厚度 1110~4396 m,与下伏地层呈不整合接触,属海陆交互环境下形成。南带方山口组则为陆相中酸性火山岩建造,岩性为一套巨厚的以中酸性为主的火山熔岩和火山碎屑岩组成,局部可见少量的基性火山岩,下部火山碎屑岩中常夹有正常沉积碎屑岩和粉砂质灰岩,底部有一层砾石成分复杂的砾岩。厚度大于 5000 m,与下伏石板山组呈不整合接触。三叠系主要分布于大小不等的山麓盆地中。中下统称为二断井组,由一套含砾粗砂岩、粗砂岩为主的山麓相及山麓—浅湖相的碎屑岩组成。厚度一般介于 264~1677 m,上统为珊瑚井组,由含砾粗砂岩、长石砂岩、细砾岩、砾岩及粉砂岩与炭质页岩互层组成,并以具有黑色炭质页岩和无红色岩层为特征,分布零星,厚度介

于 694~2050 m。属河床相-河漫滩相-沼泽相沉积碎屑岩建造。

3.1.3 中-新生代地层

中-新生界为陆相沉积。其中侏罗系分布广,以马鬃山煤矿等地为代表,由河流湖沼相含煤碎屑岩组成,局部含煤层,岩性稳定,各盆地皆可对比,但厚度变化较大,为 29~237 m,与下伏地层呈角度不整合接触。白垩系为广大山间盆地、河湖环境下形成的粗碎屑岩建造,基本为弱固结的紫红色砾岩、粉砂及粉砂质泥岩等组成,可见厚度逾千米。古近-新近系仅发育新近系苦泉组(Nk),分布比较广,由粉砂岩、泥岩和砾岩组成松散堆积物,分布于山前平坦地带。第四系由更新统和全新统组成,为松散堆积物,仅分布于山前平坦地带,为砾石、砂土、粘土等。

3.2 岩浆岩分布特征

北山地区古生代以来多次强烈地壳运动,使本区有过多次岩浆活动,以石炭纪末期的岩浆侵入活动最为激烈。侵入岩主要分布于北山北部和南部两

大地区,地貌上表现为横亘东西的低缓山岭。以石炭纪酸性侵入岩分布广、规模大,多以岩基产出;而石炭纪中酸性-超基性侵入岩及二叠纪酸性侵入岩,规模均较小,多以岩株和岩枝产出。主要岩石类型有:红色细粒花岗岩、黑云母二长花岗岩、黑云母花岗闪长岩、黑云母英云闪长岩、黑云母角闪石石英闪长岩、辉长岩、超基性岩等。其中酸性岩最发育,约占侵入岩总面积的 90%。

根据岩浆岩分布的特点,按照大地构造位置将北山地区总体分为 3 个构造岩浆岩带:北部为骆驼峰-黑条山-六驼山华力西期弧后盆地岩浆岩带;中部为白玉山-公婆泉-七一山岛弧岩浆岩带;南部为北山裂谷岩浆岩带(图 6)。

3.2.1 骆驼峰-黑条山-六驼山华力西期弧后盆地岩浆岩带

该弧后盆地岩浆岩带出露于骆驼峰-黑条山-六驼山一带,主要为古生代中酸性火山岩和大量华力西中期花岗岩,其岩体的长轴方向与火山岩带的走向相

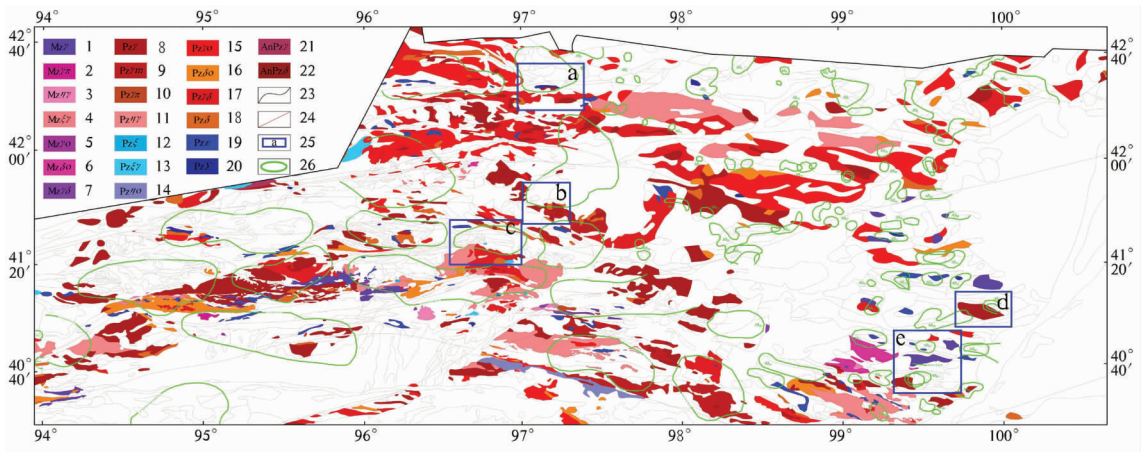


图 6 北山地区岩浆岩分布特征图(据甘肃地调院 2000 修改)

中生代侵入体类型:1—花岗岩;2—花岗岩斑岩;3—黑云母二长花岗岩;4—钾长花岗岩 5—斜长花岗岩;6—石英闪长岩;7—花岗闪长岩;古生代侵入体类型:8—花岗岩;9—混合花岗岩;10—花岗岩斑岩;11—黑云二长花岗岩;12—碱性岩;13—钾长花岗岩;14—石英二长花岗岩;15—斜长花岗岩;16—石英闪长岩;17—花岗闪长岩;18—闪长岩;19—基性岩;20—超基性岩;前寒武纪侵入岩类型:21—花岗岩;22—花岗闪长岩;典型矿床区位置:a—红石山 Au、Fe、Pb 矿床与岩浆岩关系位置;b—公婆泉 Cu 矿床与岩浆岩关系位置;c—牛圈子 Mn 矿床与岩浆岩关系位置;d—老洞沟 W、Au 矿床与岩浆岩关系位置;e—月牙山-白山堂铁及多金属矿床与岩浆岩关系位置。23—地层界线;24—断裂;25—典型矿床与岩浆岩位置;26—地化异常

Fig.6 Distribution of magmatic rocks in Beishan area (modified from Gansu Institute of Geological Survey, 2000) Mesozoic intrusion type: 1-Granite; 2-Granite porphyry; 3-Biotite monzogranite; 4-Moyite; 5- Plagiogranite; 6-Quartz diorite; 7-Granodiorite. Paleozoic intrusion type: 8-Granite; 9-Migmatic granite; 10-Granite porphyry; 11-Biotite monzogranite; 12-Alkaline rocks; 13-Moyite; 14-Quartz-feldspar granite; 15-Plagiogranite; 16-Quartz diorite; 17-Granodiorite; 18-Diorite; 19-Mafic rocks; 20-Ultramafic rock. Type of Precambrian intrusive rocks: 21-Granite; 22-Granodiorite. Location of typical deposit: a-Hongshishan Au, Fe, Pb deposit related to the location of magmatic rocks; b-Gongpoquan Cu deposit related to the location of magmatic rocks; c-Niuqua-zi Mn deposit related to the location of magmatic rocks; d-Laodonggou W, Au deposit related to the location of magmatic rocks; e-Yueyashan-Baishantang iron and polymetallic deposit related to the location of magmatic rocks; 23- Stratigraphic boundary; 24-Fault; 25-Location of typical ore deposit and magmatic rock; 26-Geochemical anomaly



同,即近东西向走向。该岩浆岩带火山岩为古生代岛弧火山岩,成矿条件有利。已发现的四顶黑山铜镍矿、黑鹰山铁矿、甜水井铜矿点、额勒根乌兰乌拉铜矿点、乌珠尔嘎顺铜矿点等与该区的岩浆活动关系密切,该构造岩浆岩带向西延入新疆东天山,发现土屋—延东超大型铜矿床。1:20 万化探异常和 1:5 万化探异常也显示了该区铜金多金属异常呈带状密集分布,种种迹象表明该带具有较大的铜金找矿潜力。

### 3.2.2 白玉山—公婆泉—七一山华力西期岛弧岩浆岩带

该岩浆岩带位于白玉山—公婆泉—七一山一带,近东西向带状展布,其中马鬃山岩浆岩区以西呈北东向展布,马鬃山岩浆岩区以东呈北西向展布。该岩浆岩带长 800 km 以上,宽 80~150 km。带内主要岩浆岩有早古生代岛弧火山岩、古生代侵入岩。其中分布于马鬃山岩浆岩区的马鬃山杂岩体,以石炭纪花岗闪长岩、花岗岩为主;分布于白石头山—微波山华力西岩浆岩带出露长度约 100 km,宽度约 15 km。主要由石炭纪斜长花岗岩和似斑状黑云母花岗岩组成,岩体长轴方向为北西西向;分布于星星峡—明水华力西岩浆岩带出露长度约 50 km,宽度约 20 km,岩带总体为北东向展布;主要为石炭纪中酸性侵入岩,多呈岩基产出,亦有岩株、岩墙状产出的侵入岩。

### 3.2.3 北山古生代裂谷型岩浆岩带

该裂谷带位于黑山—大豁落斗—月牙山断裂带以南,方头山—柳园—白山堂一带,呈北西西向展布。该裂谷带是在寒武纪陆壳上发展起来的古生代裂谷。奥陶纪开始急剧拉张,形成裂谷,志留纪进一步扩大,泥盆纪—石炭纪裂谷扩张减弱,早二叠世北山裂谷重新剧烈拉张,形成火山裂谷,堆积了巨厚海相双峰式火山岩,晚二叠世裂谷转入汇聚,沉积陆相火山岩及火山碎屑岩。

从已发现的矿床(点)分布情况可见,上述三大岩浆岩带与晚古生代火山碎屑岩系地层分布区具有密切关系,岩浆岩成矿热液为矿床形成带来了基本成矿物质,各种断裂构造等则为成矿物质分异储存就位提供了空间场所。但具体成矿位置与岩浆岩类型、位置及火山碎屑岩的关系具有以下对应关系。

## 4 成矿规律分析

北山地区矿床分布众多,各种矿床与岩浆岩、地层、构造及地球物理、地球化学异常的关系方面,前人做了大量研究,总结出北山地区众多金属矿床形成于重、磁梯度带附近<sup>[18]</sup>、韧性、韧—脆性断裂,火山岩—碎屑岩地层,华力西、加里东期中酸性、中基性岩浆岩,断裂带、断裂破碎带、前震旦纪变质火山—碎屑岩绿岩建造、石炭系火山—次火山岩、火山碎屑岩建造。胡霭琴等<sup>[19-24]</sup>从地球化学角度对公婆泉类型铜矿总结出“一盖一帽一空心”的成矿特征,彭德启<sup>[25]</sup>提出中酸性侵入岩体内外接触带的石英脉是金矿床的重要形成区等。

除上述成矿规律外,在北山地区还可见到诸多矿床具有的空间分布特征,如:

(1)骆驼峰—黑条山—六驼山华力西期弧后盆地岩浆岩带上的红石山多金属矿床(点)分布区,区内矿床(点)分布在石炭纪花岗岩基北缘的小岩株边缘及下石炭统白山组火山碎屑岩地层中,同时有 Ag、Cu、Zn、Mo、Ni、Sb 等地化异常与其相伴(图 6、图 7-a);

(2)白玉山—公婆泉—七一山华力西期岛弧岩浆岩带上的公婆泉铜矿床分布区,区内侵入作用主要发生在华力西中晚期,以中酸性侵入岩为主,由中期至晚期,岩石由钙性向钙碱性系列演化,分异程度较好,属造山带或岛弧型岩类。由老到新有:华力西中期辉长岩、辉绿玢岩、石英闪长岩、花岗闪长岩和华力西晚期斜长花岗岩、花岗岩等。以华力西晚期中酸性为主,它们常形成“复合岩体”,而且显示高钾的特征,其中测定花岗闪长斑岩同位素年龄为 336 Ma。中酸性侵入体大面积分布于矿田南部,如三矿区、沙泉沟等地。矿田断裂发育、褶皱残缺不全,断裂从老到新为近 EW 向逆断层、NW 向逆断层和 NNW、NE 向平移断层。其中 NW 向逆断层规模最大,贯通全区;NNW 和 NE 向断层延伸不长,但断距较大<sup>①</sup>。且 W、Sn、Mo、Ag、Au 地化异常也处于这个混合岩体群北缘一带(图 7-b)。

(3)北山古生代裂谷型岩浆岩带北缘的牛圈子—野马街锰等多金属成矿区(图 7-c)矿床也形成于石炭纪花岗闪长岩基的北缘,并有一个 Mo、Co、Ni、

①甘肃省地质调查院.北山地区矿产资源调查评价实施项目成果报告,2002.

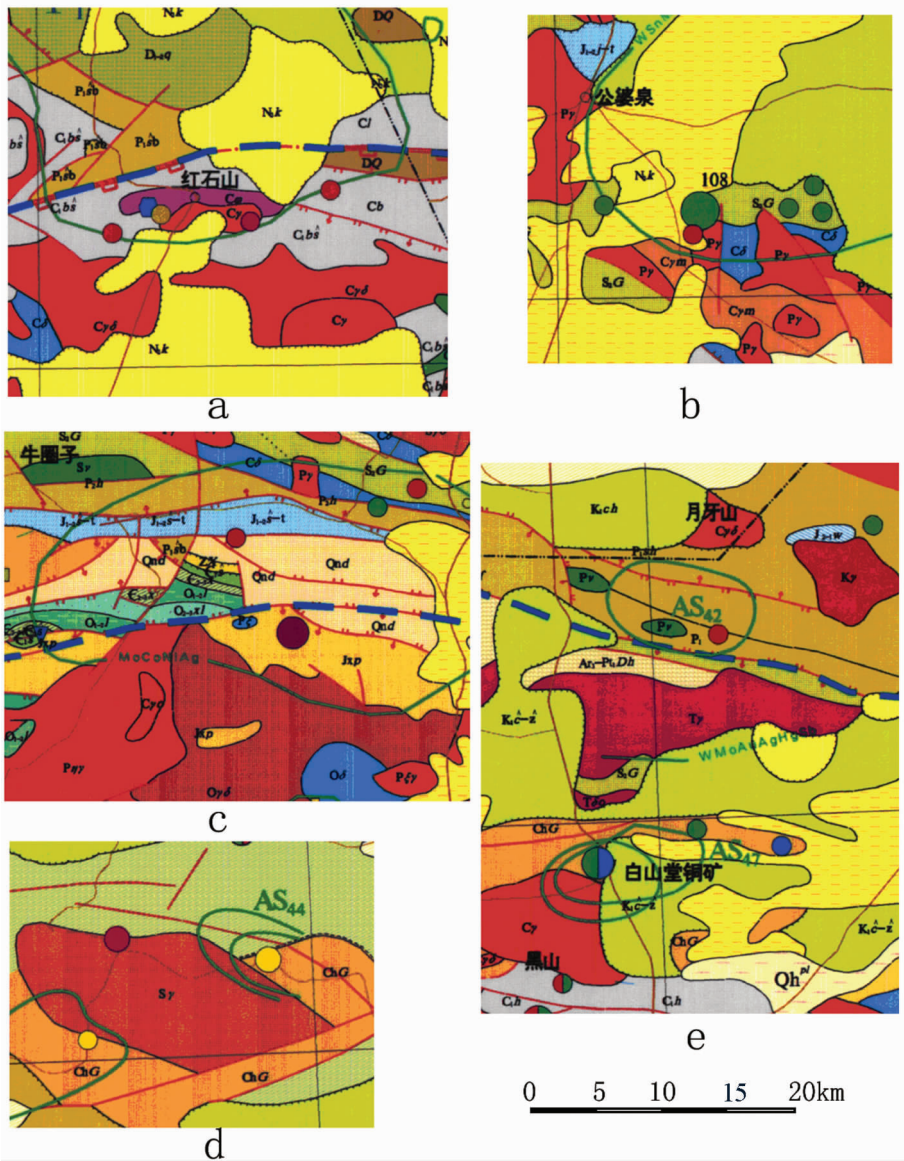


图 7 北山地区典型矿床(点)与岩浆岩位置关系分布图

a—红石山 Au、Fe、Pb 矿床与岩浆岩关系位置;b—公婆泉 Cu 矿床与岩浆岩关系位置;c—牛圈子 Mn 矿床与岩浆岩关系位置;d—老硐沟 W、Au 矿床与岩浆岩关系位置;e—月牙山—白山堂铁及多金属矿床与岩浆岩关系位置

Fig.7 Spatial relationship between typical deposits (ore spots) and magmatic rocks in Beishan area  
a—Hongshishan Au, Fe, Pb deposit related to the location of magmatic rocks; b—Gongpoquan Cu deposit related to the location of magmatic rocks; c—Niuquanzi Mn deposit related to the location of magmatic rocks; d—Laodonggou W, Au deposit related to the location of magmatic rocks; e—Yueyeshan—Baishantang iron and polymetallic deposit related to the location of magmatic rocks

Ag 地化异常也分布在岩基北缘区。从图 7-c 进一步分析,此 Mn 矿与岩基北缘的南倾逆冲断裂带具有密切关系,到此可见北山地区大岩基北缘成矿区逆冲断裂多数北倾,但也有南倾逆冲断裂带与矿床关系密切。

(4)白玉山—公婆泉—七一山华力西期岛弧岩浆岩带东部的鹰嘴红山 W 矿和老硐沟 Au 矿区(图

7-d),分布于分异演化较彻底的志留纪花岗岩基北缘区,围绕老硐沟 Au 矿有范围集中的 As 地化异常存在,表明 Au 的形成同时产生了明显的 As 异常作用。根据地貌图影像特征分析,鹰嘴红山 W 矿和老硐沟 Au 矿北部的 NWW 向断裂表现出典型的北缓南陡的地貌特征,且其线性影像长直连续,也应是倾向北的逆冲断裂(图 4)。

(5)北山古生代裂谷型岩浆岩带北缘东部的白山堂 Cu 矿分布区, 这里既有规模较大的石炭纪花岗岩基与白山堂 Cu 矿相伴, 在规模较小的岩株北缘也有 Fe 或 Cu 矿床(点)生成(图 7-e)。围绕这些矿床有分布集中的 As 地化异常存在, 表明矿床、地化异常的形成与岩体具有重要关系。据甘肃地质调查院资料<sup>①</sup>, 矿区处于石板泉背斜北翼, 该背斜轴走向 NW。断裂以 NE 向平移断层为主, 矿区岩浆岩为造山期的产物, 特点是: ①由喷溢到侵入构成中酸—酸性演化系列, 有凝灰熔岩、英安质角砾熔岩和石英粗面岩质角砾熔岩, 岩镰状、岩墙状流纹斑岩, 花岗岩基(石板泉岩体); ②以上岩类具有趋同性, 表现在: 均属钙碱系列岩石, 具高硅、高碱特征, 固结指数均较低; ③具逆变性, 从喷溢相、浅成侵入相到中深成相, 暗色组分递减, b 值、SI 值递减, DI 值递增, 显示“酸性化”演化特点; ④地球化学概况: 垂直分带: 头晕为 As、Ag、Pb、Zn、Mn; 中晕为 Cu、Pb、Zn; 尾晕为 Ni、Co。异常与矿体、矿化蚀变完全吻合。与成矿关系密切的流纹斑岩, 铜的丰度值为  $110 \times 10^{-6}$ , 近矿者为  $150 \times 10^{-6}$ 。甘肃地质调查院资料表明, 白山堂 Cu 矿成矿岩浆分异演化作用明显, 伴随的地球化学异常也具有明显的垂直分带现象。由地貌图分析白山堂 Cu 矿也处于北缓南陡近 EW 走向的逆冲断裂带附近(图 4)。

综上所述, 不难看出, 北山地区从北到南重要典型金属矿床空间分布具有明显特征, 即多数矿床均分布于分异演化较好的(中)酸性岩基北缘。这些岩基是否从地下深处是垂直向上侵入形成的吗? 如果是垂直侵入形成的, 为什么不在大岩基的南缘形成这些典型矿床? 联想到这些大岩基附近都存在由南向北逆冲大断裂(带)存在, 笔者推测这些岩基如果沿着向北倾的逆冲断裂带上侵, 则与成矿关系密切的后期岩浆将侵入就位于岩基北缘地区。

黑鹰山铁矿是北山地区最大的金属矿床, 矿床品位高, 是酒泉钢铁公司富铁矿石的重要来源地。对于黑鹰山铁矿的成因前人进行了详细的研究工作, 通过黑鹰山地区 1:20 万地质图和 1:5 万地质矿产图

详细分析(图 8), 可见矿区位于 NWW 向展布的黑云母二长花岗岩基( $bi \eta \gamma^{2-3}$ )的北缘, 沿这个岩基北侧向西还分布有碧玉山铁矿等, 其大地构造位置与黑鹰山铁矿相似。表明这些铁矿床的形成与黑云母二长花岗岩基( $bi \eta \gamma^{2-3}$ )有密切的成因关系。

据 1:5 万地质矿产调查资料<sup>②</sup>, 矿区地层主要为石炭系下统白山组第三( $C_1b^3$ )、四( $C_1b^4$ )岩段。

三岩段( $C_1b^3$ )占据矿区主要位置, 按照喷发性质可将该岩段分为上、下两个岩带。下岩带( $C_1b^{3-1}$ )为熔岩带, 主要为喷溢相, 分布于矿区南西侧, 包括的岩石类型有: 英安岩、英安质角砾熔岩、局部夹有凝灰岩, 个别地段可过渡为安山英安岩, 流面产状一般为北倾或北东, 倾角  $55 \sim 60^\circ$ 。上岩带( $C_1b^{3-2}$ )为火山碎屑岩带, 为喷发—沉积相, 分布于矿区中部及北部, 包括的岩石类型有英安质及英安流纹质凝灰岩及角砾凝灰岩, 少量火山角砾岩及集块岩, 其中上部见有沉凝灰岩及赤铁碧玉岩, 岩带中还夹有少量流纹岩。这些碎屑岩受含硅气液交代可形成次生石英岩化的岩石或次生石英岩。该岩带地层因受火山机构或断层影响使局部产状与区域总体构造线之间不协调, 但总体产状仍然是向北或北东倾, 倾角为  $50 \sim 70^\circ$ , 此岩带在矿区西部为  $600 \sim 800$  m, 向东南有的地段近  $30 \sim 60$  m, 与下岩带为整合接触关系, 本岩段是铁矿产出的岩段, 上下岩带内均有铁矿体产出。

四岩段( $C_1b^4$ )分布于矿区北东侧, 主要岩石类型有流纹岩, 局部夹霏细岩、英安流纹质角砾熔岩。产状一般北倾, 倾角为  $50 \sim 80^\circ$ 。与下伏的三岩段为断层接触或喷发不整合接触。

非常重要是在黑鹰山幅 1:5 万地质图的 A—B 剖面图上, 可见黑鹰山铁矿南缘的黑云母二长花岗岩基具有总体向北倾的侵入特征, 上述下石炭统三( $C_1b^3$ )、四( $C_1b^4$ )岩段也向北倾, 岩基北缘断裂性质也是北倾向南逆冲, 这与从天山到北山区域大地构造特征完全吻合。这种吻合不是一种巧合而是整个大地构造环境所决定的, 正是由于这样的大地构造环境控制了北山地区已发现的重要典型矿床均赋存于(中)酸性岩基北缘的特点。这个特征对于指导

① 甘肃省地质调查院编, 北山地区 1:50 万地质矿产图, 2002。

② 赵恩厚, 彭德启, 黑鹰山幅(K-47-65-B)1:5 万区域地质矿产调查报告, 甘肃省地质矿产局第四地质队三分队, 1983。

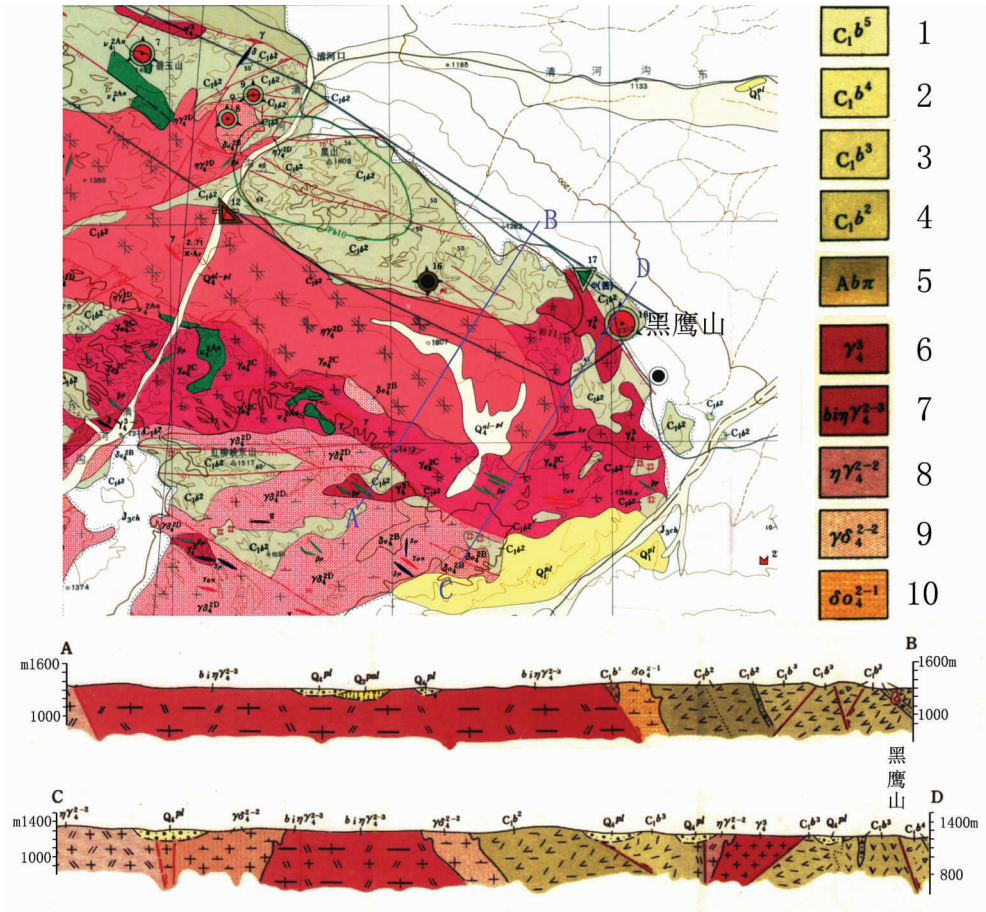


图 8 黑鹰山地区 1:20 万地质图及 1:5 万地质构造剖面图

- 1—流纹岩、霏细岩、球粒-石泡流纹岩夹火山熔结角砾岩;2—流纹岩夹火山角砾流纹岩、火山角砾岩及沉凝灰岩;
- 3—英安岩、安山质英安岩、流纹岩、沉火山角砾岩、集块岩、沉凝灰岩;4—英安岩、英安流纹岩、沉凝灰岩;
- 5—钠长斑岩;6—花岗岩;7—黑云母二长花岗岩;8—二长花岗岩;9—花岗闪长岩;10—石英闪长岩

Fig.8 1:200,000 geological map and 1:50,000 geological cross-section in Heiyingshan Mine

- 1-Rhyolite, eurite, spherical- stone bubble rhyolite intercalated with volcanic ignimbrite breccia; 2-Rhyolite intercalated with breccia rhyolite, volcanic breccia and tuff; 3-Dacite, andesitic dacite, rhyolite, sedimentary volcanic breccia, agglomerate, tuff; 4-Dacite, rhyolite dacite, tuff; 5-Albite porphyry; 6-Granite; 7-Biotite monzogranite; 8-Adamellite; 9-Granodiorite; 10-Quartz diorite

进一步找矿将有重要意义。

### 5 结论

通过对北山地区诸多已发现的金属矿床空间位置分析,笔者得出以下认识:这些重要典型金属矿床均赋存于中酸性岩基北缘,并且多与北倾的逆冲断裂相伴,北山地区总体大地构造也具有由南向北俯冲的特征。这种赋矿特征对引导北山地区找矿具有重要意义。为使这一研究成果更加接近客观实际,今后将对与典型矿床相伴的岩基产状作进一步调查总

结,分析矿体与岩基及其逆冲断裂的相互关系。同时,前人研究天山造山带是塔里木板块向天山造山带俯冲碰撞形成的,如果这种俯冲对造山岩浆活动演化具有重要影响,也应有与北山成矿带相似的成矿特征,因此也应对天山地区的典型矿床开展相应成矿特征研究,以使此研究成果具有更广泛的应用意义。

### 参考文献(References):

[1] 李春昱. 我国北部边陲及邻区古板块构造与欧亚大陆的形成[C]

①赵恩厚,彭德启.黑鹰山幅(K-47-65-B)1:5万区域地质矿产调查报告.甘肃省地质矿产局第四地质队三分队,1983.

- //中国北方板块构造文集. 1987.
- Li Cunyu. China and its adjacent northern areas of the ancient border of plate tectonics and the formation of the Eurasian continent [C]//Collected Works of Plate Tectonics in North China. 1987(in Chinese with English abstract).
- [2] 左国朝, 张淑玲, 何国琦. 北山地区早古生代板块构造特征[J]. 地质科学, 1990, (4):305-314.
- Zuo Guochao Zhang Shuling, He Guoqi, et al. Early paleozoic plate tectonics in Beishan area [J]. Scientia Geologica Sinic, 1990, (4):305-314(in Chinese with English abstract).
- [3] 左国朝, 刘义科, 刘春燕. 甘新蒙北山地区构造格局及演化[J]. 甘肃地质, 2003, 12(1):1-15.
- Zuo Guochao, Liu Yike, Liu Chunyan. Frame work and evolution of the tectonic structure in Beishan Area across Gansu Province, Xinjiang Autonomous Region and Inner Mongolia Autonomous Region [J], Acta Geologica Gansu, 2003, 12 (1):1-15 (in Chinese with English abstract).
- [4] 何世平, 任秉琛, 姚文光, 等. 甘肃内蒙古北山地区构造单元划分[J]. 西北地质, 2002, 35(4):31-40.
- He Shiping, Ren Bingchen, Yao Wenguang, et al. The division of tectonic units of Beishan area, Gansu-Inner Mongolia, Northwest Geology[J]. 2002, 35(4): 31-40(in Chinese with English abstract).
- [5] 施央申, 卢华复, 贾东陈, 等. 中亚大陆古生代构造形成及演化[J]. 高校地质学报, 1996, 2(2):134-145.
- Shi Yangshen, Lu Huafu, Jia Dongchen, et al. Origin and evolution of tectonic Sincentral Asia [J]. Geological Journal of Universities, 1996.2(2):134-145(in Chinese with English abstract).
- [6] 陈哲夫. 新疆主要矿床区域成矿条件的初步探讨 [J]. 矿床地质, 1983, 3(3):32-38.
- Chen Zhefu. The basic characteristics of minerogenetic conditions of major ore deposits in Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 1983, 3(3): 32-38(in Chinese with English abstract).
- [7] 李景春, 赵安生, 崔惠文. 北山北带地质构造特征[J]. 贵金属地质, 1996, 5(1):59-68.
- Li Jingcun, Zhao Ansheng, Cui Huiwen. The characteristics of geological tectonic in north belt of Beishan [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1996, 5 (1): 59-68 (in Chinese with English abstract).
- [8] 王东方. 中国东部中亚构造带及向环太平洋构造带的转化 [J]. 华北地质矿产杂志, 1995, 1(2):135-142.
- Wang Dongfang. A Discussion on the tectonic zone of Middle Asia and its transformation to tectonic zone of Circum Pacific Ocean in eastern China [J]. Journal of Geology and Mineral Resources of North China, 1995, 1 (2):135-142 (in Chinese with English abstract).
- [9] Traynor J J, Sladen Chris. Tectonic and stratigraphic evolution of the Mongolian People's Republic and its influence on hydrocarbon geology and potential [J]. Marine and Petroleum Geology, 1995, 12 (1): 35-52(in Chinese with English abstract).
- [10] 张德润. 北山地区地球物理场特征及基底性质 [J]. 物探与化探, 2000, 24(2):87-91.
- Zhang Derun. Characteristics of geophysical field and properties of basement in Beishan area [J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2000, 24(2):87-91(in Chinese with English abstract).
- [11] 中国地质科学院. 亚洲地质图 [M]. 北京:地质出版社, 1975.
- Chinese Academy of Geological Sciences. Geological Map of Asia [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1975, (in Chinese).
- [12] 刘雪亚, 王荃. 中国岩石圈板块构造[M]//中国地质图集. 北京:地质出版社, 2002.
- Liu Xueya, Wang Quan. Lithospheric plate tectonics of China[M] //Geological atlas of China, Beijing:Geological Publishing House. 2002.
- [13] 晋颐, 刘福田, 刘建华, 等. 中国大陆西北造山带及其毗邻盆地的地震层析成像[J]. 中国科学(D辑), 2000, 30(2):113-122.
- Jin Yi, Liu Futian, Liu Jianhua, et al. Seismic tomography of orogenic belt and its adjacent basins in Northwest China[J]. Science in China(Series D), 2000, 30(2):113-122(in Chinese with English abstract).
- [14] 郭懿, 刘启元, 陈九辉, 等. 中国境内天山地壳上地幔结构的地震层析成像[J]. 地球物理学报, 2006, 49(6):1693-1700.
- Guo Biao, Liu qiuyan, Chen Jiuhui, et al. Seismic tomography of the crust and upper mantle structure underneath the Chinese Tianshan[J]. Chinese J. Geophys. 2006,49(6):1693-1700(in Chinese).
- [15] 卢德源, 李秋生, 高锐, 等. 横跨天山的人工爆炸地震剖面 [J]. 科学通报, 2000, 45(9):982-988.
- Lu Deyuan, Li Qiusheng, Gao Rui, et al. A deep seismic sounding profile across the Tianshan Mountains.Chinese [J]. Science Bulletin, 2000, 45(22): 2100-2106.
- [16] 高锐, 肖序常, 高弘, 等. 西昆仑-塔里木-天山岩石圈深地震探测综述[J]. 地质通报, 2002, 21(1):11-18.
- Gao Rui, Xiao Xuchang, Gao Hong, et al. Summary of deep seismic probing of the lithospheric structure across the west Kunlun-Tarim-Tianshan [J]. Geological Bulletin of China (in Chinese), 2002, 21(1):11-18(in Chinese with English abstract).
- [17] Zhao J M, Liu G, Lu X, et al. Lithospheric structure and dynamic processes of the Tianshan orogenic belt and the Junggar basin [J]. Tectonophysics, 2003, 376:199-239 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王忠, 李百祥. 甘新蒙北山地区地球物理场特征与区域成矿的关系[J]. 甘肃地质, 2008, 17(4):51-63.
- Wang Zhong, Li Baixiang. Features of geophysical field and regional mineralization in Beishan area [J]. Acta Geologica Gansu, 2008, 17(4):51-63(in Chinese with English abstract).
- [19] 胡霭琴, 张国新, 李启新, 等. 新疆北部同位素地球化学与地壳演化[M]. 北京:科学出版社, 1993:27-37.
- Hu Ai qin, Zhang Guoxin, Li Qixin, et al. Isotope Geochemistry and Crustal Evolution in north of Xinjiang [M]. Beijing:Science Press, 1993:27-37(in Chinese).
- [20] 周济元. 地质力学引论[M]. 成都:科学技术出版社, 1989:60-70.
- Zhou Jiyuan. Introduction of Geomechanics [M]. Chengdou:

Science and Technology Press, 1989:60–70(in Chinese).

- [21] 曾长华, 吴大江, 夏文彬, 等. 北山成矿带金矿成矿规律与远景[J]. 新疆地质, 2002, 20(3):219–223.
- Zeng Changhua, Wu Dajiang, Xia Wenbin, et al. Metallogenic regularity and prospect of gold deposits of Beishan mineralization belt[J]. Xinjiang Geology, 2002, 20(3):219–223(in Chinese with English abstract).
- [22] 郭晓东, 金宝义, 徐燕夫, 等. 甘肃小西弓金矿地质特征及成因探讨[J]. 黄金地质, 2002, 8(3):33–37.
- Guo Xiaodong, Jin Baoyi, Xu Yanfu, et al. Geological features and genesis of the Xiaoxigong gold deposit, Gansu [J]. Gold Geology, 2002, 8(3):33–37(in Chinese with English abstract).
- [23] 李奋其, 王成善. 甘肃小西弓金矿地质地球化学特征及成因探讨[J]. 矿物岩石, 2003, 23(1):65–69,

Li Fenqi, Wang Chengshan. Geological–geochemical features and genesis of Xiaoxigong Gold deposit in Gansu [J]. J Mineral petrol. 2003, 23(1):65–69(in Chinese with English abstract).

- [24] 何养珍, 陈进平, 周继强. 甘肃公婆泉斑岩型铜矿床地球化学特征及找矿模式[J]. 桂林工学院学报, 2000, 20(3):232–237.
- He Yangzhen, Chen Jinping, Zhou Jiqiang. Geochemical features and prospecting model of Gongpoquan porphyry–type copper deposit in Gansu [J]. Journal of Guilin Institute of Technology, 2000, 20(3):232–237(in Chinese with English abstract).
- [25] 彭德启. 甘肃省金矿成矿区带的划分及分布规律[J]. 甘肃地质学报, 1999, 8(Supp):21–24.
- Peng Deqi. Division and distribution of gold metallogenic belts of Gansu Province [J]. Acta Geologica Gansu, 1999, 8(Supp):21–24 (in Chinese).

## A remote sensing analysis of deep genesis of geotectonics and shallow ore-forming characteristics in the Beishan Mountain

WANG Yong–jiang<sup>1</sup>, GENG Shu–fang<sup>2</sup>, LI Chang–jiang<sup>3</sup>

(1. China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China;

2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

3. Information Center of Zhejiang Bureau of Land and Resources, Hangzhou 310007, Zhejiang, China)

**Abstract:** The view that geotectonics was controlled by deep dynamic action of the earth has long been accepted, because the compression between Tarim Plate, Sino–Korea Plate and Mongolia Plate resulted in the formation of the Beishan orogenic belt, which has been evidenced by a comprehensive analysis of regional tectonics in Beishan Mountain and its adjacent areas. The closure of Beishan paleo–ocean resulting from the northward migration of the Tarim Plate seems to have been the main reason. Furthermore, the subduction of the Tarim Plate into the Beishan orogenic belt caused the northward dipping of thrust faults in this area. These activities had much to do with the mineralization in shallow places. The authors analyzed the distribution of ore deposits in Beishan area and found that many large ore deposits occur on the northern side of the acid batholith and are closely associated with northward dipping thrust faults and stocks. The acid batholith related to mineralization also has northward dipping characteristics, and hence the ore–forming magma could be emplaced on the northern side of the batholith. These ore–forming features provide important means and clues to the prospecting work in similar areas.

**Key words:** deep subduction of the plate; shallow reversed thrust faults; oblique intrusion of the batholith; mineralization of small stocks and pyroclastic rock

**About the first author:** WANG Yong–jiang, male, born in 1960, doctor and senior engineer, mainly engages in the study of remote sensing exploration; E–mail: yjwang@agrs.cn.