文章编号:1001—6996(2009)02—0012—09

小秦岭地区（陕西部分）钛矿找矿方向及工作方法

李六全

（陕西省地矿局综合地质大队，渭南 714000）

摘 要：小秦岭地区具有寻找变质岩型等钛矿的地质条件，并已发现有多处金红石、钛铁矿线索。研究认为，小秦岭地区中元古界熊耳群及高山河组地层为寻找变质岩型钛矿有利层位，洛南西沟是碱性岩型钛矿成矿有利区；洛南石门—瓦子坪地区、兰田坝塬—洛南洛源地区和洛南白楼—西沟地区等3个钛矿找矿远景区；石门盆地深部存在一个变质喷发岩型钛铁矿床。应运用重砂测量、高精度重力测量、高精度磁法和电法测量等工作方法开展普查，强化深部钻探找矿，将获得可喜的找矿成果。

关 键 词：小秦岭；钛矿；找矿远景区；工作方法

中图分类号：P618.470.8 **文献标识码**：A

1 已知与钛矿有关的地层特征

据以往资料分析，并与邻省资料类比，区内与钛成矿有关的地层为中元古界熊耳群、高山河组、太华群、宽坪群。与本文内容相关的为熊耳群和高山河组地层。

1.1 中元古界熊耳群（Pt_2xl）

熊耳群总体沿华北地台南缘呈东西向带状分布。小秦岭地区西起兰田县秦谷，东至洛南县文公岭，呈北东向出露长45 km，出露宽度2～25 km。在洛南洛源—洛南麻坪一带呈东西向出露，向东插于石门盆地之下；石门盆地以东仅在陕豫交界狐狸沟地段少量出露。

岩石组合以浅变质的中基性和酸性火山岩系为主（细碧岩、角斑岩、石英角斑岩、流纹岩），其中发育有少量的正常沉积夹层（黑云母大理岩、大理岩、石英岩、绢云石英片岩）。据岩石组合特征与喷发韵律，大致划分为上、中、下三个亚群。区内总厚度2500～4000 m。现以兰田半截洼—南沟剖面（据1∶50万陕西地质志）为例，对熊耳群岩石组合叙述如下：

上覆地层：高山河下亚组（Pt_2g1）粗粒石英砂岩。

——————————— 不整合 ———————————

熊耳群上亚群（Pt_2xl_3）：

32 暗绿色细碧岩，具微片理化 厚32.0 m

收稿日期：2009—09—16

作者简介：李六权，男，55岁，教授级高级工程师，曾发表论文25篇。

万方数据

31 浅灰—灰色角斑岩　　厚 84.6 m
30 暗绿色细碧岩、偶见杏仁、气孔构造　　厚 128.2 m
中亚群（Pt_2xl_2）：
29 浅灰—肉红色角斑岩，具微片理化。　　厚 85.6 m
28 灰绿色细碧岩，微具片理化，局部可见杏仁、气孔构造。　　厚 164.3 m
27 灰白色硅化黑云母大理岩，沿走向呈不稳定透镜状产出。　　厚 23.4 m
26 灰绿色细碧岩。　　厚 62.1 m
25 灰—灰绿岩细碧质凝灰岩，片理发育，中夹少量绿色细碧岩。　　厚 222.7 m
24 暗绿色细碧岩，局部具杏仁、气孔构造。　　厚 466.3 m
23 暗绿色含砾黑云钠长片岩（细碧含砾凝灰熔岩），片理发育。　　厚 84.4 m
22 下部为灰绿色细碧凝灰砾岩，上部绿色细碧岩。　　厚 11.4 m
21 底部为灰绿色含砾黑云纳长片岩（细碧质含砾凝灰熔岩），中上部为灰绿色细碧岩。局部具杏仁、气孔构造。　　厚 385.3 m
20 暗绿色细碧岩，局部具杏仁气孔构造。　　厚 493.7 m
19 暗绿色细碧岩，杏仁、气孔构造颇发育。　　厚 122.3 m
18 灰白色石英角斑岩。　　厚 3.8 m
下亚群（Pt_2xl_1）：
17 暗绿色细碧岩，微具片理化，杏仁、气孔构造发育。　　厚 93.7 m
16 灰绿色细碧岩。　　厚 86.1 m
15 暗绿色细碧岩，杏仁、气孔构造发育。　　厚 30.0 m
14 暗绿色细碧岩　　厚 5.6 m
13 暗绿色细碧岩，微片理化，杏仁、气孔构造颇发育。　　厚 106.3 m
12 暗绿色细碧岩，微片理化。　　厚 301.3 m
11 绿色绿泥钠长片岩　　厚 54.9 m
10 灰白、灰红色流纹岩　　厚 8.2 m
9 灰绿色绿泥钠长片岩夹少量灰白色流纹岩　　厚 37.1 m
8 灰—灰绿色绢云石英片岩　　厚 13.7 m
7 灰色流纹质凝灰岩夹流纹岩，二者构成由凝灰岩—熔岩交替出现的小型韵律。　　厚 15.9 m
6 灰白色流纹岩　　厚 103.1 m
5 灰—灰绿色黑云钠长片岩。　　厚 51.9 m
4 灰绿色细碧岩，具片理化，其中夹灰白色大理岩透镜体。　　厚 150.8 m
3 灰绿色斜长角闪岩　　厚 26.5 m
2 灰—灰绿色绢云母片岩　　厚 40.5 m
1 灰—灰褐色黑云母斜长片岩　　厚 17.9 m

——————————— 不整合 ———————————

下伏地层：中元古界铁洞沟组（Pt_2t）白云母石英片岩。

据已掌握资料显示，熊耳群上亚群、下亚群中的角斑岩、细碧岩等中基性熔岩（原资料称之为安山岩、玄武岩），为金红石赋存有利层位和岩性。是以后工作的主要对象之一。

1.2　中元古界高山河组（Pt_2g）

万方数据

高山河组与熊耳群在小秦岭地区形影相随，分布范围西起兰田冷水沟以南，东到洛南县陈耳街以东陕豫交界，东西长达 100 km，分布范围广。该组的顶部和下部为碎屑岩与泥质岩，中部以镁质碳酸盐岩为主夹碎屑岩和泥质岩。上部和下部岩性变化不显著，厚度变化大，区内厚 180～3920 m。据岩性组合及沉积韵律，分上、中、下三个亚组。以洛南黄龙铺宋沟—陈家涧剖面为例叙述如下：中元古界龙家园组（Pt_2lj）：以镁质碳酸盐岩为主。

——————————— 平行不整合 ———————————

高山河组上亚组（Pt_2g_3）及中亚组（Pt_2g_2）与钛矿关系不大，略述。

高山河组下亚组（Pt_2g_1）：

12 灰白色中厚层含长石细粒石英砂岩夹灰绿色粘土板岩。 厚 333.3 m

11 灰白色、深灰色、紫红色中厚层状细粒石英砂岩夹绿色—灰绿色粉砂质粘土板岩；砂岩中干裂、波痕发育。 厚 218.5 m

10 灰色、玫瑰色厚层细粒石英砂岩，顶部含少量砂屑白云岩。 厚 172.9 m

9 玫瑰色厚层状中—细粒长英砂岩，顶部夹粉砂质板岩。 厚 124.4 m

8 粉红—紫红色厚层状细粒石英砂岩，顶部夹粉砂岩板岩。 厚 231 m

7 灰色厚层状细粒石英砂岩，偶夹粘土板岩。 厚 454.1 m

6 灰色—紫红色厚层状细粒石英砂岩，夹灰绿色板岩，砂岩中斜层理、波痕发育。 厚 95.8 m

5 深灰色含粉砂质粘土板岩夹薄层状细粒石英砂岩。 厚 372.7 m

4 斑点状砂质绢云板岩夹变石英砂岩，局部夹中基性熔岩透镜体。 厚 282.1～738.85 m

3 灰白色变石英砂岩、局部夹绢云板岩。 厚 104.99 m

2 细碧岩，可见杏仁、气孔构造；或紫红色凝灰质绢云板岩。 厚 28～320 m

1 灰白色变石英砂岩局部夹绢云板岩，底部为 1～10 m 厚的砾岩和含砾砂岩。 厚 250.13 m

高山河组下亚为一套浅变质的浅海相陆源碎屑岩夹基性或中基性火山岩。火山岩在有的地方呈多层产出，陕西省洛南县黄龙铺—陈耳，河南省熊耳山、汝阳、确山等地均有分布。证明在熊耳群形成的晚期，高山河组形成的早期，从河南省的熊耳山地区到陕西省兰田地区，海底火山活动具有间歇性，火山岩与正常沉积岩交替出现。随之形成了与火山物质有关的多层性钛矿化。

2 找矿方向

依据已知与钛成矿有关的地层、侵入岩、重砂异常、矿点、矿化点及与邻省钛矿产出的赋矿地层类比，在区内圈定三个钛矿找矿远景区，即洛南石门—瓦子坪地区、兰田坝塬—洛南洛源地区、洛南县白楼—西沟地区。

2.1 兰田坝塬—洛南洛源熊耳群中基性火山岩中的金红石多金属找矿远景区

西起坝塬—秦谷，北东至洛源东侧的五龙沟；北部以老牛山花岗岩体为界，南部以中元古界龙家园组地层下线为界。面积约 264 km^2。

2.1.1 地质背景

万方数据

区内出露地层有少量的太华群片麻岩和中元古界铁洞沟组云母石英片岩，熊耳群火山岩在区内出露较齐全；高山河组在区内分布厚度小，以下部地层为主。

本远景区地处洛源—石门东西向复背斜轴部西端，区域东西向洛源—石门—扶庄断裂，铁炉子—三要断裂与北东向坝塬—金堆城—黄龙铺断裂束交汇区，北西向断裂亦较发育。

侵入岩极为发育。北部为老牛山花岗岩基，西部为张家坪花岗岩体，北东邻蒿坪川花岗斑岩体；中部除燕山期杨家坪花岗闪长岩体外，在龙凤山—松树沟地段花岗斑岩脉群聚分布，并有辉绿岩脉出现。

本远景区自熊耳期至燕山期一直是火山—侵入活动的中心，熊耳群基性火山岩发育，厚度大，集块岩（松树沟、安沟地段）、熔岩，凝灰岩均有分布；在龙凤山花岗斑岩脉集中产于放射状断裂带内；其周围分布有火山集块岩和铜、钛、铁、金、铅矿（化）点。表明本地段为火山—侵入活动的通道，对寻找变质基性岩型金红石矿极为有利。

2.1.2　矿（化）点特征

（1）金红石矿（化）点特征

区内已知有金红石矿（化）点四个，产出围岩均为熊耳群上、下亚群基性熔岩和夹于其中的片岩（原为凝灰岩）。矿体、矿化体具多层性，多者达 5～6 层，矿化带长度最大可达 2 km。金红石含量 1～4%，有的矿点金红石粒度较粗（0.032～0.8 mm）。总体工作程度多为点上预查，需开展系统普查工作。各矿（化）点特征见表 1。

表 1　钛矿（化）点特征一览表

Tab. 1　Characteristics of titanium ores (occurrences)

矿(化)点编号	赋矿围岩	矿(化)体特征	金红石含量	工作程度	备注
1	熊耳群上亚群细碧岩，蚀变辉绿岩、角斑岩	五个矿化带，长 500～2000 m，宽 20～80 m。15 个矿(化)体，长 17～142 m，厚 0.50～3.83 m。矿石类型为绿泥片岩型及绢云石英片岩型。	TiO_2 1.14～2.42%	仅做了地表工作	伴有磁铁矿点
2	熊耳群下亚群细碧岩、绿泥阳起片岩。	已发现一个矿体，长度＞300 m，厚 3.5～7 m。	含量 2%，粒度 0.032～0.8 mm。	小范围预查	东侧大沙沟有磁铁矿点
3	熊耳群中亚组(?)含磁铁矿凝熔岩，泥质砂(粉)岩。	有矿化层 6 个(层)，长度未详，单层厚 5～20 m。	含量 1～4%，粒度 0.07～0.2 mm。	预查	北侧在凤山有磁铁矿点
4	熊耳群上亚群角斑岩，细碧岩，绢云片岩。	露头采样，矿层(体)规模不详。	含量 1～3%，粒度 0.01～0.18 mm	露头了解	伴有磁铁矿点

（2）铁矿（化）点

从表 1 可以看见，在金红石矿（化）点产出部位或旁侧均有磁铁矿（化）点分布，从分布位置看，有的为同位同体，有的为同层位不同体，有的为上下层关系。产出层位与金红石一致，均为熊耳群上亚群和下亚群中基性熔岩夹片岩。矿化具多层性（3～7 层）及韵律性，剖面由下向上为：细碧岩→含尘状磁铁矿角斑岩→细碧岩→含尘状磁铁矿角斑岩。含矿层位及延伸稳定，长者达 3.7 km，厚 6～130 m。TFe 含量 8～15%。

过去均因 TFe 品位低而搁置。笔者认为，在找钛工作中应对这些磁铁矿点择其之一重新研究，综合评价。看其中除磁铁矿外，是否存在有钛磁铁矿、钛铁晶石、钛铁矿、锐钛矿。由于它们的存在导致铁品位低，而磁铁矿的存在又误导了人们步入了找铁丢钛的思路。

万方数据

赵一鸣研究员发现的内蒙古羊蹄子山一磨石山沉积变质型、大型锐钛矿矿床前人曾作为铁矿评价，值得借鉴。

2.1.3 建议及资源潜力预测

建议以兰田坝塬将军岔一秦谷沟脑一洛南洛源冀家沟一杨家沟脑这一圈闭区为工作重点，以表1中的已知金红石矿点为突破口。大致查明熊耳熊火山岩中钛矿化的产出层位、赋矿岩性及组合，矿体与矿石特征，金红石与铁矿化的关系，总结找矿标志。然后再向洛源一金堆城一黄龙铺地区扩展。

工作中应对区内的铜、铅锌、金等矿产进行综合评价。注重深部找矿，不可据地表结果而下结论。

依据表1中已知金红石矿点预测，区内金红石潜在资源量总≥11万吨，具有形成中型钛矿床的条件。

2.2 洛南石门一瓦子坪高山河组下亚碎屑夹中基性火山岩中的钛铁矿找矿远景区。

西起洛南瓦子坪，东到洛南石门盆地东缘狮子岭；南起洛南保安宋家岭一石门寺沟一线，北至铁炉沟一石门三岔一线，东西长28 km，南北宽4～10 km，面积约200 km^2。

2.2.1 地质背景

远景区西段麻坪一瓦子坪地区，出露地层主体为中元古界熊耳群中亚群基性火山熔岩及凝灰岩，中元古界高山河组下亚组及部分中亚组地层。熊耳群在麻坪以东倾伏于石门盆地之下。

东段麻坪一狮子岭间为石门盆地。盆地东西长13.2 km，南北宽2～4.7 km，面积约45 km^2。基底为中元古界熊耳群和高山河组地层。其上不整合有第三纪红色砂砾岩、砂岩及粘土（厚94.0 m），第四纪砂砾与粘土（厚15 m），盆地边缘局部有“天窗式”高山河下亚组地层出露。

地处洛源一石门东西向复背斜东段轴部。断裂构造有东西向和北东向两组，东西向以区域石门一扶庄断裂和石坡一山涧沟断裂为代表，具张性一压扭性多期活动，对石门盆地及区内侵入岩体（脉）具控制作用。北东向有三岔一宋村断裂及瓦子坪一殷家湾断裂束，以逆钟式扭动为特征，斜切东西向构造。

侵入岩以海西一印支期期正长斑岩体（脉）的密集产出为特色。在麻坪一瓦子坪间约117 km^2 范围内，五万图上可表示的有七个正长斑岩体，长6～15 km，宽0.2～1.7 km，分布面积和为37.6 km^2，占117 km^2 的32.1%。熊耳群火山岩在此处呈花斑状小穹窿出露，而正长斑岩脉则绕其外侧以向外凸出的似环形追踪式脉状产出，走向近东西；其北西侧有燕山期同向花岗斑岩体。显示出东西向张扭性断裂和穹窿边部的层间构造联合控制特征。

熊耳群、高山河组地层及正长斑均与钛矿化有关。

2.2.2 矿床（点）特征

（1）石门盆地深部钛铁矿床

六十年代航测及地面磁测，在石门盆地中圈出一东西长2～3 km，宽1240 m的磁异常，异常强度为100～150γ，最大450 γ。七十年代初，三个单位相继作了地面磁测，认为由异常磁性体引起，推断埋深400 m、580 m、760 m，各家推断埋深差距较大。此后又认为由下伏熊耳群火山岩所致。

a、矿体特征

笔者对该异常区所有钻孔资料作了初步研究，在CK1钻孔的157 m长孔段范围内发现

万方数据

钛铁矿（化）体四层（Ⅰ—Ⅳ），厚 3.25～15.21 m，累计厚度 28 m。据沿走向 200 m 间距的另一孔中不完全资料记载，在与 CK1 孔Ⅱ、Ⅲ层矿体相对应位置出现相同的红色铁染千枚岩，棕红色含铁玄武岩（目估褐铁矿 10%，但无岩矿资料），本人认为它就是 CK1 中钛铁矿层的延伸，证明矿体走向为东西向，长度＞200 m。现将 CK1 中四层矿（化）体自上而下简述如下：

Ⅰ：假厚度 4.56 m。岩性为紫红色孔雀石化绢云千枚岩，含黑色电气石 1～3%，含钛铁矿。个别化学样了解，Cu 0.03%，TiO_2 2%。

Ⅱ：假厚度 15.21 m。岩性为灰色、灰绿色及棕褐色变玄武岩（变细碧岩，下同），钛铁矿含量 15～20%。局部化学样了解，含 TiO_2 为 2.72～4.18%。

Ⅲ：假厚度 3.25 m。岩性为变玄武岩，含钛铁矿 15～20%，局部化学样了解，含 TiO_2 4.50%。因铁染而呈红色染手为特征。

Ⅳ：假厚度 4.98 m。岩性为含孔雀石绢云母绿泥千枚岩，含钛铁矿等，具杏仁构造，岩石破碎。个别化学样了解 Cu 0.1%，TiO_2 3%。

矿体产于中元古界高山河组下亚组地层中，与石英砂岩、砂质绢云千枚岩（板岩）呈互层产出。

b、矿石类型及矿石特征

矿石自然类型分两种，即变玄武岩型钛铁矿矿石和绢云绿泥千枚岩型钛铁矿矿石。工业类型为钛铁矿矿石。

变玄武岩型钛铁矿矿石：灰—灰绿色、棕褐色、红色。变余间隙结构，残余杏仁构造。矿物成份：绢云母 20～50%，绿泥石 20～25%，钛铁矿 15～20%，方解石 5～20%，石英 20～30%，磷灰石 1～5%，白钛矿、氧化铁等。杏仁充填物为方解石，石英和绢云母。钛铁矿呈板状、不规则粒状。矿石铁染后呈红色。

千枚岩型钛铁矿矿石：显微花岗鳞片变晶结构，残余交织结构；片状构造，残余杏仁构造。矿物成份：绿泥石、绢云母、钠长石、石英、方解石、钛铁矿、磷灰石、电气石、孔雀石、白钛矿。原岩为中酸性或中基性喷出岩。矿石中有孔雀石及石英—方解石细脉贯入。

c、资源潜力预测

以钛铁矿砂矿工业指标及少量岩矿鉴定资料衡量与估算，CK1 孔中所见变武玄岩含钛铁矿约为 414～552 kg/m³。依据石门盆地规模及周围高山河组下亚组地层分布特征预测，石门盆地深部存在一变质喷发岩型钛铁矿床，预测钛铁矿矿物量≥50 万吨，为陕西省境内一新类型钛铁矿床—变质喷发岩型钛铁矿床。

（2）高山河组下亚组中的赤铁矿（化）点

沿洛源—石门复背斜轴部及翼部的高山河组下亚地层中产出一系列的赤铁矿、镜铁矿或褐铁矿（化）点，由东向西有：钻岭、狮子岭、寺沟、付家沟、榆林沟、龙头沟、龙虎沟、桐花沟、五龙沟等。共同特点是受高山河组底部层位控制，下距熊耳群火山岩顶部 45～95 m（如瓦子坪—洛源地区），石门盆地及其以东侧距离增大。含矿岩石为紫红—灰色凝灰质砂（粉）岩和凝灰质板岩、紫色砂质板岩、变砂岩。局部具有杏仁构造。金属矿物：镜铁矿、赤铁矿、褐铁矿、少量磁铁矿。矿（化）体具多层性，长几十 m 至几千米，厚 0.40～12 m。一般含 TFe 10～24%，以红色铁染而引人注目。在熊耳群顶部亦有此类矿点产出（如洛源北川—瓦子坪干沟，矿化层长 18 km。）主体表现出火山喷发沉积之特征。

这些赤铁矿点与前述石门盆地内 CK1 中钛铁矿体层特征类比，各有相似之处。石门盆

万方数据

地东南边缘的高山河组底部地层中，在长 7 km 范围内就有三个赤铁矿点分布，它们是否为盆地深部钛铁矿层在地表的出露或残留部份，因过去均未作矿物学研究，无法查证。在内生条件下，10%的赤铁矿和 90%的钛铁矿组份常构成固溶体矿物，而在温度升高的物理条件下钛铁矿常出溶出赤铁矿，与此种作用相关的赤铁矿点全铁品位低，氧化后铁染特征显著，掩盖了钛矿的真实面目。应选择 1～2 个矿点进行矿石矿物学研究。

2.2.3 建议

本远景区面上工作应以瓦子坪—麻坪地段为重点，本处高山河下亚组地层及熊耳群地层出露较全，是石门盆地深部地层的上翅部份，又是正长斑岩体（脉）和石英脉群集区，为火山—侵入活动部位，如有突破，可为石门盆地深部找矿提供充分依据。点上以石门盆地航磁异常分布区为重点，以七十年代磁法和钻孔等资料为依据，多方法联合攻关，进行深部找矿。

2.3 洛南白楼—西沟与碱性侵入岩有关的金红石、锐钛矿找矿远景区

面积＞153 km^2，向北、向东的少部分延入河南省境内。

2.3.1 地质背景

区内出露地区为中元古界高山河组，龙家园组一套碎屑岩及具硅条带白云岩。局部有少量熊耳群火山岩分布。

区内主体为一穹隆式背斜构造。穹隆的核部（西沟地段）为高山河组地层，外侧为龙家园组和少量巡检司组地层。断裂构造发育，围绕穹隆西侧呈半环形分布（东侧出露不全），多具压扭性、张扭性。穹隆及断裂对区内侵入岩体及岩脉具控制作用。

加里东期西沟杂岩体为区内侵入岩主体，椭园形，东西长 6.2 km，宽 1.3～3.2 km，面积 14 km^2。主体为加里东期辉石闪长岩、闪长岩和石英闪长岩，后侵入有印支—燕山期正长岩、霓石正长岩、含霓石花岗岩、辉长辉绿岩、细晶岩、重晶石脉、方解石脉、石英脉等岩体与岩脉。内具混杂岩化，岩体外侧围岩具角岩化、大理岩化。硷性岩体、岩脉分布普遍为本区之特点，钾长石形成矿体，构成特大型钾长石床。

2.3.2 金红石、锐钛矿重砂异常及矿（化）点特征

区内分布有白楼和西沟两个金红石、锐钛矿重砂复合异常。

（1）西沟金红石、锐钛矿异常：异常以侵入于穹隆核部的西沟辉石闪长岩—正长岩杂岩体为中心，形成锐钛矿、板钛矿、金红石、独居石、钼铅矿—铅矿物复合异常。锐钛矿异常面积 6 km^2（东部未封闭），椭园形、轴向北西向，与杂岩体套合，共取样 22 个，见矿率 95%，含锐钛矿 200 至＞200 粒的样品 8 个。

金红石异常与锐钛矿等重砂异常相套合，面积 39 km^2，椭园形（东侧未封闭），共取样 124 个，见矿率 93%，其中含量 200 至＞200 粒的样品 71 个。

异常紧紧围绕西沟杂岩体及周围的透辉石化、透闪石化、角岩化、矽卡岩化带分布。

异常中南部岩体接触带有一铁铜铅矿点，内有两个矿体露头，一个为产于强硅化霓（辉）石正长岩中的铁铅矿化，一个为产于重晶石石英脉中的铜铅矿化。围岩为高山河组第二岩性段砂质绢云板岩。铁铅矿体长 30 m，宽 1～3 m；矿石矿物有方铅矿、褐铁矿、孔雀石、白铅矿、石英、霓石、霓辉石、长石、绢（黑）云母等；Pb 0.15～1.92%，TFe 10～31.85%。铜铅矿化重晶石石英脉群长 10～30 m，宽 1～5 m；单脉宽 n—数十厘米，SW∠30°，矿石矿物有黄铜矿、方铅矿、孔雀石、褐铁矿、石英、重晶石、方解石、玉髓，Pb 0.80%，Cu 0.26%。除此，在杂岩体西—北西侧的东沟—东庙沟仍有多金属类矿化脉体分

万方数据

布，少数样品分析：Cu 0.04%，Pb 0.16～3.3%，Zn 0.05%，Mo 0.006%。含钛性未了解。

（2）白楼、金红石、锐钛矿异常：位于西沟异常西南侧的宽坪沟正长岩体和石英脉群分布区，为一金红石、板钛矿、锐钛矿、独居石、铅矿物复合异常。形态为浑圆状，面积 5 km^2。共取样 30 件，其中金红石＞200 粒的样品 8 个，见矿率 93%；锐钛矿见矿率 70%。

上述金红石、锐钛矿异常与西沟中性—碱性杂岩体和碱性岩体（脉）相套合，金红石异常面积为岩体面积的 3 倍以上。据少量人工重砂样分析，金红石、锐钛石、板钛矿来源于碱性岩及西沟杂岩体。异常产生背景和重砂物组合特征，与美国阿肯色州 Magnet Core 地区碱性岩型板钛矿床特征类似，为寻找碱性侵入岩型钛矿床的有利区。对区内各种侵入岩体（脉）、蚀变岩带、接触带、石英脉、方解石脉、重晶石脉等进行工作，有望找到硷性岩型金红石锐钛矿矿床。

2.3.3 建议及资源潜力预测

本远景区工作重点应放在西沟中—碱性杂岩体、宽坪正长斑岩体及其它脉体群分布地段与接触带上。其次是大圣山—狐狸沟地段，本处出露有熊耳群变玄武岩凝灰岩，高山河下亚组地层中夹有紫灰色砂质凝灰岩，周围辉长辉绿岩脉及碱性岩脉发育。

区内碱性岩体人工重砂证实含金红石、锐钛矿和板钛矿，高山河组底部凝灰少量光谱分析证明含 $Ti \geqslant 10000 \times 10^{-6}$。经工作，区内将会发现 1～2 个新类型—碱性侵入岩型钛矿床，有可能填布我国碱性岩型钛矿床的空白。

3　找矿方法

3.1　运行重砂找矿法圈定靶区和缩小靶区

在熊耳群火山岩和高山河下亚组地区分布区和已知重砂异常区，开展 1∶2.5 万重砂测量。采用“最小水域法”将异常范围限制在较小范围内，有利于发现原生矿。配合地质测量，以已知矿点的矿体特征为标志，圈定找矿有利区段。对相关地质体采取人之重砂样验证。

3.2　重点地域开展 1∶10000 面积性与剖面相结合的高精度重力测量、高精度磁法测量及电法测量。

富钛矿石具有较高的密度、弱磁性、高极化率、较低电阻率的物性特征（严加永等，2008）。具备重力、磁法及电法工作条件。

金红石、钛铁矿、锐钛矿均属弱磁性矿物（刘光海等，2006），本区钛矿石围岩有中基性火山岩，凝灰岩等，它们与钛矿石间必然存在一定的磁性差异，中基性火山岩区磁性较强，钛矿石磁性较弱，据此可以圈定控矿构造和矿化带。

因钛矿石中的钛铁矿、金红石含量高于围岩，矿体的密度必定大于围岩，矿体中钛铁矿物越多，与围岩的密度差则越大，因此，运用高精度重力测量可以圈定矿体范围。

锐钛矿、钛铁矿和金红石均属电导体（李金铭，2005），钛矿石与围岩具有明显的电性差异，特别是具有较大的极化率差异（严加永，2008）。本区熊耳群及高山河组地层应具高电阻率、低极化率特点（硫化物矿化地段除外）。因此，激发极化法测量应是有效的，可取的。刘平生经验是：工作中先开展大功率直流电法面积性测量，发现高极化异常后，利用频

万方数据

谱激电（SIP）对重点异常区进行测深，对极化率、时间常数、相关系数等综合分析，进而区分矿与非矿异常，圈定富矿地段和矿体定位预测。

重力、磁法和电法三者配合，可发挥自身特长，取长补短。石门盆地地形平坦，地表被第四系覆盖，开展物探工作极为有利。石门盆地深部喷发岩型钛铁矿矿体与石英砂岩、千枚岩呈互层，原圈定的航磁异常至今仍是个未解之迷。应开展高精度重力、磁法、电法及钻探工艺的试验研究，总结出一套找钛矿的组合方法与可辩标志，指导面上工作。

3.3 加强钻探工艺研究，将深部找矿作为主要目标，普查孔在矿区深度一般不应小于800 m，只有这样才能发现和扩大国家资源基地

石门盆地磁异常内推断磁性体最大埋深760 m，异常内先后施工的四个钻孔都在370～490 m间因故而告终，主要原因是钻探工艺不过关。在该区开展工作时，应先组织一个钻探班子，对前人的资料作详细研究，制定出切实可行的钻孔施工工艺和事故处理预案。盆地中钻孔深度最小1000 m，直至进入熊耳群上部地层。

3.4 加强矿石矿物的物质成份研究

对熊耳群顶底和高山河组下亚组地层中的赤（磁）铁矿点及新发现矿点，选择代表性者进行矿物的物质成份研究，查明是否有含钛矿物的存在。

TITANIUM PROSPECTING IN THE AREA OF XIAOQINLING, SHAANXI PROVINCE

Li Liu-quan

(Geological Team of Shaanxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Weinan 714000)

Abstract: Prospecting titanium ore in metamorphic rocks is feasible in geology in Xiaoqinling area, in which several occurrences of rutile and ilmenite mineralization have been discovered. Researches in the Xiaoqinling area have indicated that the favorable horizons of titanium ore in metomophosed rocks occur in the Mesoproterozoic Xionger Group and the Gaoshanhe Formation, titanium mineralization in alkaline rocks in the Xigou area of Lounan county, including three potential areas for prospecting titanium ores in Shimen-Waziping area of Luonan county, Bayuan of Lantian county-Luoyuan of Luonan county and Bailou-Xigou of Luonan county, and a titanium deposit in metamorphosed-eruptive rocks at depth in the Shimen Basin. Application of heavy concentrate survey, high precision gravity measurement, and high precision magnetic and electrical survey would acquire satisfied prospecting results for regional reconnaissance and drilling exploration.

Key words: Xiaoqinling; titanium ore; potential area of prospecting ores; exploration method

万方数据