河南嵩县南岭超贫磁铁矿的地质特征与找矿模式

周红春, 刘传权, 李中明, 王柳林, 孙 丹, 崔川生

(河南省地质调查院, 河南 郑州 450001)

摘要: 随着国民经济的快速发展, 传统的铁矿资源越来越紧缺, 迫切需要寻找和开发非传统的铁矿资源。河南嵩县南岭超贫磁铁矿(mFe, 其含量为 10. 20%)品位低, 易采易选, 性质上可归属于非传统矿产资源。通过对南岭超贫磁铁矿的磁铁矿石、斜长角闪(片)岩化学成分的对比分析, 结合矿区地质特征和矿体特征, 对矿体进行 $n(Fe+Al+Ti)-n(Ca+Mg)$和 $w(FeO+Fe_2O_3+TiO_2)-w(Al_2O_3)-w(MgO)$ 图解分析, 结果显示南岭矿区的含磁铁斜长角闪(片)岩和斜长角闪(片)岩是大洋富铁拉斑玄武岩经变质作用而形成的, 矿床的成因类型为风化残积型超贫铁矿床。进一步厘定了找矿标志, 建立了找矿模式, 对寻找南岭型铁矿有一定的借鉴意义。

关键词: 超贫磁铁矿; 地质特征; 成因; 找矿模式; 河南嵩县

中图分类号: P618. 31 文献标志码: A 文章编号: 1000- 8527(2010)01- 0089- 09

Geological Characteristics and Prospecting Pattern of Nanling Ultra Poor Magnetite in Songxian, Henan

ZHOU Hong-chun, LIU Chuan-quan, LI Zhong-ming, WANG Liu-lin, SUN Dan, CUI Chuan-sheng

(Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou, Henan 450001, China)

Abstract: Along with the fast development of national economy, the traditional iron resources are more and more scarce, it is urgent to seek and to develop non-traditional iron resources. The Nanling ultra poor magnetite can be imputed non-traditional mineral resource with mFe content of 10. 20%. Through the contrast analysis on the chemical constitution of the magnetic iron ore and the plagioclase-amphibolite in Nanling ultra poor magnetite, and the analysis of graphs of $(Fe+Al+Ti)-(Ca+Mg)$ and $(FeO+Fe_2O_3+TiO_2)-Al_2O_3-MgO$, combining the geological features of mining area and the ore body characteristics, the conclusion can be drawn as follows: the plagioclase-amphibolites including magnetite and the plagioclase-amphibolite in Nanling mining area are formed from the oceanic tholeiite with rich iron after the deteriorating, and their genesis types should be the ultra-poor iron deposit of weathered residual origin. The prospecting indicators have been cleared initially, and the prospecting pattern has also been established, it's significant for exploration of mineral deposits such as Nanling.

Key words: ultra poor magnetite; geological characteristic; genesis; prospecting pattern; Songxian, Henan

0 引 言

随着国民经济的快速发展, 到 2020年我国主要矿产矿山将要丧失近 40%的生产能力, 大批现有大、中型矿山保有储量枯竭并相继成为资源危机型矿山, 特别是铁、石油、锰、铬、铜等大宗矿产将长期短缺, 其供给及相关产业受国际市场制约越来越明显, 这将直接影响到国家的经济安全与社会稳定, 并对我国经济社会的可持续发展影响重大[1]。超低品位铁矿是指低于现行铁矿地质勘查规范中规定的工业品位(TFe< 25%)的要求, 但在现行的经济技术条件下开发利用存在盈利的铁矿石的统称[2-4], 研究超低品位铁矿可以拓展传统铁矿资源的外延, 对认识、勘查开发非传统矿产资源, 保证国民经济发展, 无论在理论还是在实践上都有重要的意义。

收稿日期: 2009-03-01; 改回日期: 2009-12-22; 责任编辑: 潘令枝。

作者简介: 周红春, 男, 工程师, 1969年出生, 矿床地质专业, 主要从事地质矿产勘查工作。Email: hongchunzhou@ 163. com。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 区域地质背景

南岭超贫磁铁矿位于河南省洛阳市嵩县南岭村，矿区大地构造位置处于华北陆块南缘，属华熊台缘坳陷中部，崤山—鲁山拱褶断束中段，区域上马超营大断裂从工作区南部通过。区域出露地层主要为太古宇太华岩群、中元古界长城系熊耳群、蓟县系官道口群以及新生界古近系、新近系和第四系。太古宇太华岩群(Arth)为一套深变质岩系，岩性主要由混合质黑云斜长片麻岩、混合花岗岩、条纹条带状混合岩、角闪斜长片岩、斜长角闪片(麻)岩组成[5-8]。中元古界长城系熊耳群(Pt_2xn)为一套中基-中酸性火山熔岩，夹有火山碎屑岩和火山碎屑沉积岩。新生界为一套河湖相沉积，主要为一套陆源碎屑岩。

区域上不同方向、不同期次、不同层次的断裂构造广泛发育，按走向可分为北西向、北东向和北北西向3个断裂组。一般情况下，北西向断裂具有规模大、切割深、韧性剪切和多期活动的特点，是热液活动的主要通道，也是主要的控矿断裂。

区域上岩浆活动强烈，主要为中元古代长城纪熊耳期大规模的火山喷发作用和燕山晚期花岗岩浆侵入作用，不同期次、不同规模、不同特征的花岗岩大规模侵入，区域上广泛分布。

区域上主要以区域变质岩为主，接触变质岩及动力变质岩少量。区域变质岩主要分布在太华岩群中，变质程度达到角闪岩相，变质重结晶强烈。

2 矿区地质特征

矿区地层仅出露太古宇太华岩群，区内燕山晚期岩浆活动强烈，断裂构造不发育，成矿地质条件较为有利。

2.1 地层

矿区出露地层主要为太古宇太华岩群水底沟组，位于矿区西南部和东北部，面积约0.3 km^2，为一套深变质岩系，主要为斜长角闪片麻岩、花岗片麻岩、斜长角闪片岩、变粒岩等(图1)。

根据岩性组合及接触关系特征，水底沟组可分为3个岩性段。

第1岩性段：分布于矿区东北部，主要由花岗片麻岩、斜长角闪片岩和角闪斜长片岩组成，北侧被燕山期斑状中粗粒黑云角闪二长花岗岩侵入。片理产状100°∠20°，岩层中细粒花岗岩脉发育，脉宽15 cm，大部分截切片理，产状250°

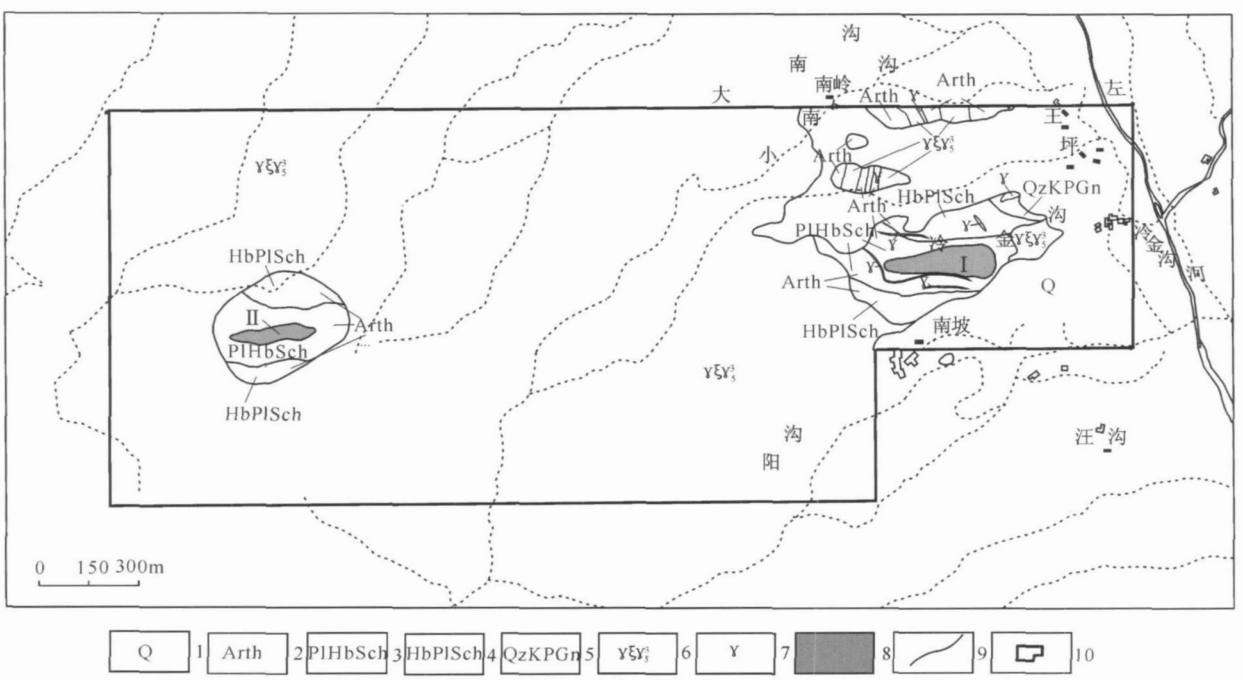


图1 嵩县南岭铁矿区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Nanling Fe deposit in Songxian

1. 第四系；2. 太古宇太华岩群；3. 斜长角闪片岩；4. 角闪斜长片岩；5. 花岗质片麻岩；6. 燕山期粗粒斑状二长花岗岩；7. 酸性花岗岩脉；8 铁矿体及编号；9. 地质界线；10. 矿区范围

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

∠ 60°，部分沿片理贯入。

第 2岩性段：分布于矿区东北部，主要由含磁铁斜长角闪片岩夹斜长角闪片岩组成，是矿区的主要赋矿层位。片理产状 95°~ 110°∠ 18°~ 25°，岩层中发育细粒闪长岩岩株，闪长岩与片麻岩接触处多发生硅化，局部发生黄铁矿化。此外，岩层中发育细粒花岗岩脉，脉宽 30~ 50 cm，大部分沿片理贯入。

第 3岩性段：分布于矿区西南部，南侧被燕山期中粗粒黑云角闪二长花岗岩侵入，接触带发生硅化现象。主要由花岗片麻岩、斜长角闪片岩和角闪斜长片岩组成，该段中基本不含磁铁矿。片理产状 80°~ 110°∠ 19°~ 25°，岩层中细粒花岗岩脉极为发育，脉宽 15~ 45 cm，大部分沿片理贯入。

矿区含矿岩系为太华岩群水底沟组第 2岩性段，主要岩性为含磁铁斜长角闪片岩夹斜长角闪片岩等。含矿岩系矿化蚀变较弱，主要为硅化、钾化。

含磁铁斜长角闪片岩为灰色、深灰色，鳞片粒状变晶结构，片状、片麻状构造。主要矿物成分为长石 (50% ~ 60%)、角闪石 (30% ~ 40%)、磁铁矿 (5% ~ 10%)，长石呈不规则粒状，粒径小于 1.0 mm。角闪石呈针柱状，粒径 0.5~ 1.0 mm。磁铁矿呈自形 – 半自形粒状，粒径 0.5 mm 左右。次要矿物有绿泥石、褐铁矿等。

此外，第四系多分布于沟谷两侧及半山坡低凹地带，主要为粘土、亚砂土及砂砾石等，厚度 0.7~ 13.5 m 不等。

2.2 构造

矿区断裂构造不甚发育，地表未见褶皱，断裂构造规模多较小；长度一般数米至数十米，宽数厘米至十几厘米；倾向多为南至南东，个别倾向北西，倾角中等至略陡；构造带内多充填斜长角闪片岩角砾，高岭土化、方解石化和硅化等蚀变极为普遍，有少数石英脉，局部可见明显的黄铁矿化。

2.3 岩浆岩

矿区花岗岩广泛分布，约占矿区总面积的 70%以上，均为燕山期花岗岩，岩性为斑状黑云角闪二长花岗岩。

此外，区内岩脉发育，主要为细粒钾长花岗岩脉。岩脉主要沿后期节理贯入，宽一般为 30~ 50 cm，主要有两组，一组南西—北东向，产状 158°∠ 65°，横截片理；另一组沿片麻理方向贯入，近南北向，产状 174°∠ 60°。

2.4 磁异常特征

矿区内大部分区域为正磁异常，负磁异常零星分布，反映深部有磁性较弱的变质岩存在。整体来看，正、负磁异常跳跃性不大，但异常形态不规则，反映出异常由含磁铁斜长角闪片岩引起 (图 2)。

化极后正磁异常的形态、大小和相对位置没有太大的变化，但是负磁异常的面积明显变大，反映出下部磁性体的倾角不大。根据正、负磁异常的形态和空间分布特征，推测下部磁性体的走向大致呈 W—E 向，向南倾斜。向上延拓 100 m 和 200 m 后，磁异常的形态明显发生变化，并且

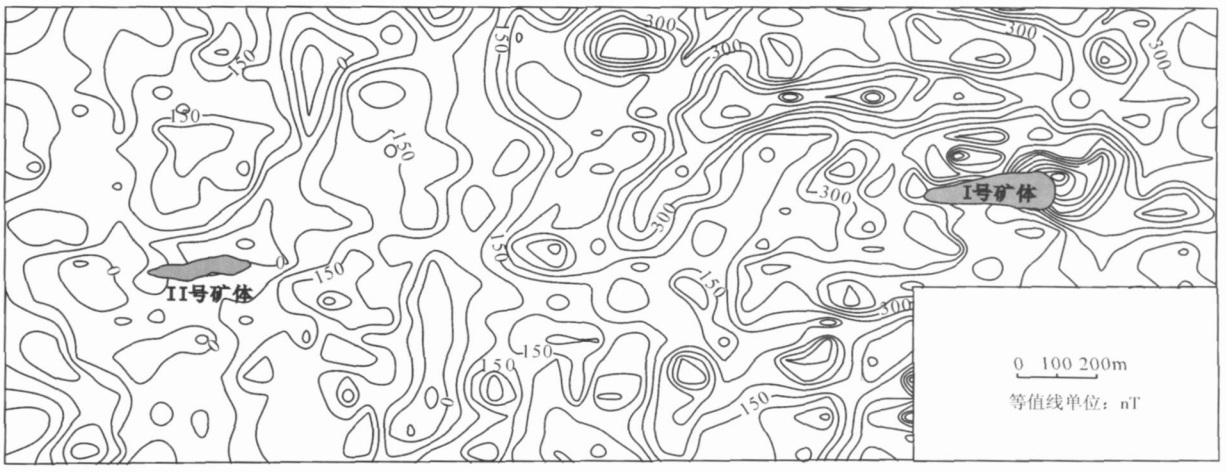


图 2　嵩县南岭铁矿区磁测 ΔT 等值线

Fig. 2　Isogram chart of magnetic ΔT of Nanling Fe deposit in Songxian

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

负磁异常消失，越向上延拓正磁异常越规则，极小值越高，并与极大值的差值越小，反映出下部的强磁性体远大于弱磁性体。

3 矿体特征

南岭铁矿均位于太华岩群水底沟岩组第 2岩性段，在矿区共发现磁铁矿体 2个，相距约 2 km，分别位于矿区东部的冷金沟和西部的王坪沟，矿体围岩为斜长角闪片岩 (图 1)。

3.1 矿体规模和产状

南岭超贫磁铁矿区目前发现的 2个矿体中，Ⅰ号矿体规模较大，Ⅱ号矿体规模略小。

Ⅰ号矿体位于冷金沟南侧，呈层状产出。矿体地表出露长约 320 m，宽 50～110 m，平均 74 m，向下延伸 9.7～15.6 m，平均 13.7 m，矿体真厚度一般为 9.25～14.38 m，平均 12.4 m，地表出露面积 0.023 km^2，总体走向 86°，倾向 358°左右，倾角 17°～28°，平均倾角 22.3°，矿体厚度和产状稳定 (图 3，图 4(a))。

Ⅱ号矿体位于王坪沟南侧，呈层状产出，地表出露长约 260 m，宽 35～48 m，平均 43 m，向下延伸 13.8～16.2 m，平均 15.0 m，矿体真厚度为 13.46～15.52 m，平均 13.8 m，地表出露面积 0.01 km^2，总体走向 86°，倾向 356°左右，倾角为 18°～21°，平均倾角 19.5°，矿体厚度和产状基本稳定。

3.2 矿石质量

3.2.1 矿石品位

Ⅰ号矿体单工程 mFe(磁铁矿)含量为 8.70%～14.08%，平均 10.30%，TFe含量为 10.89%～15.89%，平均 14.08%，mFe矿化较均匀，矿石品位变化 (23%)不大，总体上Ⅰ号矿体为贫矿体。

Ⅱ号矿体单工程 mFe含量为 8.34%～9.46%，平均 8.75%，TFe含量为 14.31%～17.21%，平均 15.88%，mFe矿化较均匀，矿体品位变化系数为 12%，总体上Ⅱ号矿体也为贫矿体。

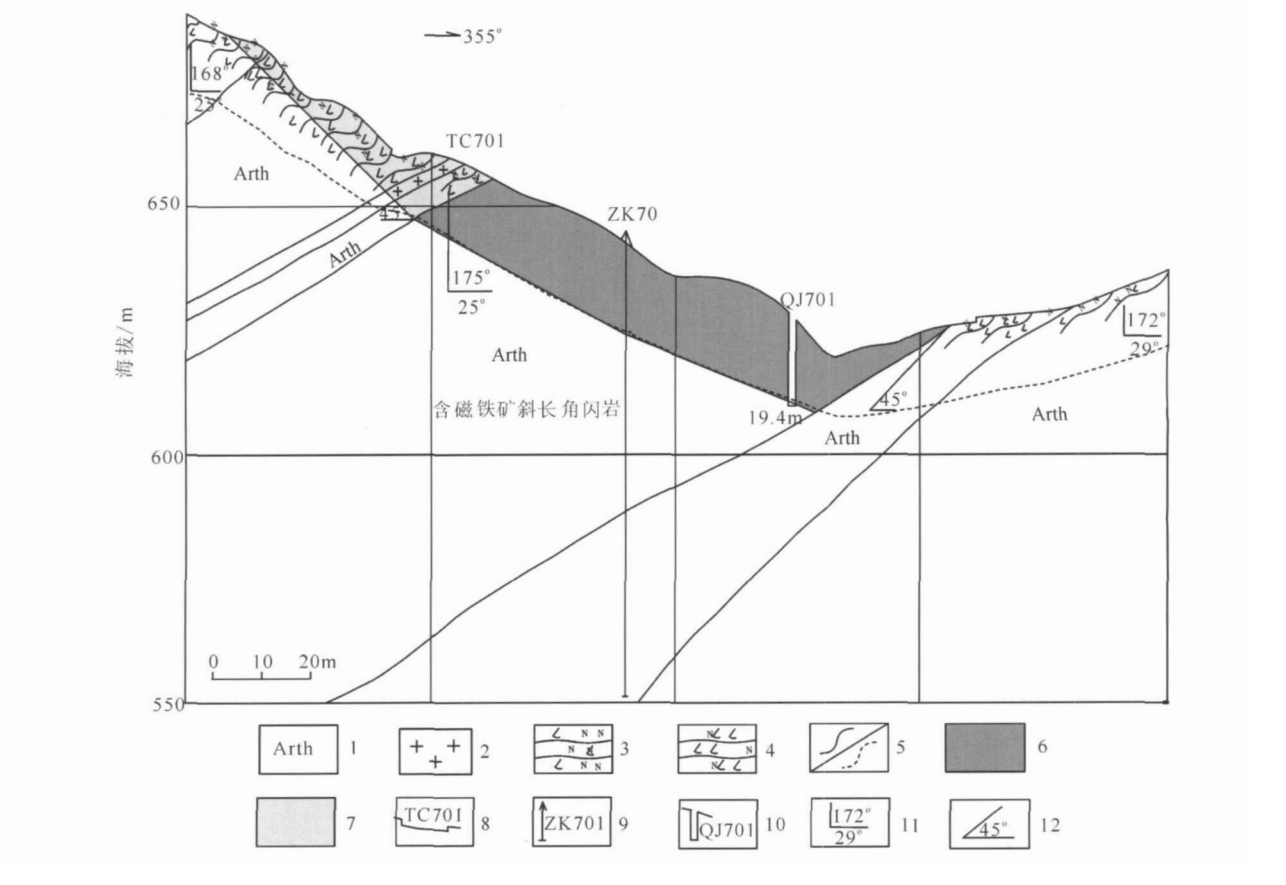


图 3 南岭铁矿Ⅰ号矿体 7勘探线剖面图

Fig. 3 Cross section of No. Ⅰ orebody along No. 7 exploration line of Nanling Fe deposit

1. 太古宇太华岩群；2. 酸性花岗岩脉；3. 角闪斜长片岩；4. 斜长角闪片岩；5. 地质界线/风化层界线；6. 铁矿体及编号；7. 露天开采剥离区；8. 探槽位置及编号；9. 钻孔位置及编号；10. 浅井位置及编号；11. 产状；12. 剥离边坡角

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

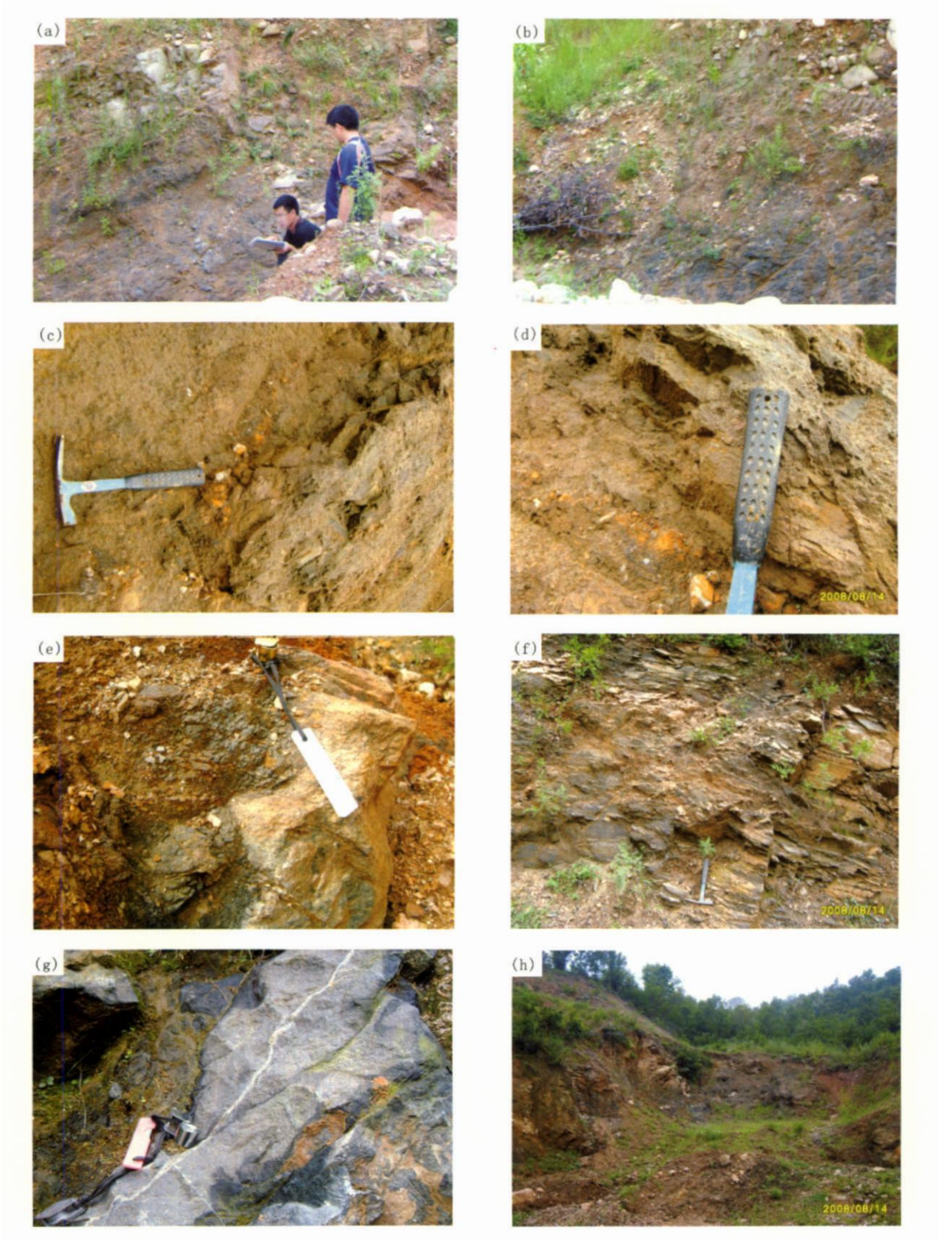


图 4　南岭磁铁矿的宏观和微观特征

Fig. 4　Macroscopic and microscopic characteristics of Nanling magnetite

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.2.2 矿物成分

据野外观察和岩矿鉴定，区内铁矿石的矿物成分达十数种，其中金属矿物主要为磁铁矿(图 4(a)至(c))，次为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、辉钼矿等，脉石矿物主要为角闪石、斜长石、黑云母、石英(图 4(d))等。按相对含量计，金属矿物占 15% ~ 30%，脉石矿物占 70% ~ 85%。

3.2.3 化学组分

光谱分析、组合分析、化学全分析和物相分析结果显示，矿石中主要有用组分为铁，且以磁铁矿占绝对优势。据物相分析结果统计(表 1)，矿石中的磁铁矿占 TFe的 64.88%，菱铁矿、硫化铁、硅酸铁、硫酸铁、赤(褐)铁矿分别占 TFe的 0.22%、16.83%、12.87%、0.52%和 4.68%。

根据单样统计，矿区 mFe和 TFe平均含量分别为 9.26%、13.96%，为超贫磁铁矿石(mFe含量为 6.08% ~ 20.11%)，矿石品位与矿体厚度关系不明显。

根据不同矿体中样品组合分析的统计结果(表 2)，矿石中有害组分 S含量变化于 2.24% ~ 3.11%之间，平均 2.76%，分布不均匀；P_2O_5含量变化于 0.04% ~ 0.08%之间，平均 0.06%，分布较均匀。

矿石中主要造渣组分 SiO_2与铁的含量略成反比例关系。据化学全分析和光薄片鉴定结果，矿石中的 SiO_2多以石英脉(图 4(f))或石英团块(图 4(d))的形式存在，含量一般为 41.66% ~ 47.58%，平均 44.14%，反映了本区铁矿石以硅酸盐为主体。

表 1 研究区铁矿石物相分析结果(w_B/%)

Table 1 Results of the phase analyse of Fe ore in the study area(%)

样号	分析编号	磁性铁	赤褐铁矿	硫化铁	硅酸铁	硫酸铁	菱铁矿
SXNL-WX1	B307-0627	8.97	0.74	2.01	1.32	0.06	0.02
SXNL-WX2	B307-0628	8.56	0.22	2.65	2.07	0.08	0.03
SXNL-WX3	B307-0629	8.69	0.93	2.14	1.81	0.07	0.04
占 TFe		64.88	4.68	16.83	12.87	0.52	0.22

注：SXNL-WX1和 SXNL-WX3为探槽样，SXNL-WX2为钻孔样。

表 2 研究区铁矿石组分含量统计(w_B/%)

Table 2 Statistic table of the components of Fe ore in the study area(%)

统计值	TFe	mFe	SiO_2	P_2O_5	S
最小值	12.89	8.95	40.66	0.04	2.24
最大值	15.14	12.16	47.58	0.08	3.11
平均	14.38	10.11	44.14	0.06	2.76

注：统计样品为 10个。

3.2.4 结构和构造

矿石结构较简单，为粒状变晶结构，金属矿物磁铁矿、黄铁矿等多呈自形-半自形粒状不均匀分布于矿石中。

矿石构造主要为块状构造和条带状构造，磁铁矿石多呈块状(图 4(e))，局部细小密集的磁铁矿颗粒与浅色石英相间分布，构成条带状构造(图 4(f))。

3.3 矿体围岩

矿体呈层状，严格受地层控制，矿体顶、底板围岩为斜长角闪片岩，矿体边界与围岩呈渐变过渡关系，顶、底板围岩一般含磁铁(mFe) 4% ~ 5%，与矿体不易区分。据组合分析结果，有害组分 P_2O_5含量极低，多在 0.04% ~ 0.06%之间，S含量普遍较高，一般为 2.10% ~ 3.12%，平均 2.58%。矿体顶、底板岩石疏松，矿石氧化程度较高。

3.4 矿体的覆盖层和风化特征

矿体位于地表，覆盖层为第四系残坡积物，厚 0.2~1.0m，主要为粘土、亚砂土及少量的砾石等。风化层位于覆盖层下面，均为斜长角闪片岩，厚 7~15 m，局部可达 20m以上。岩石疏松，节理裂隙发育，氧化程度较高，多呈砂粒状，斜长角闪片岩风化层中磁铁矿含量大于 6%，即构成风化壳型超贫磁铁矿体(图 4(c))[3]。

4 矿床成因

矿区地层为太华岩群水底沟组，主要岩性为斜长角闪片岩、角闪斜长片岩，矿体的分布与地层、岩性有着密切联系。磁铁矿具鲜明的层控性，对赋矿岩石具有明显的选择性，区内矿体均赋存于太华岩群水底沟组第 2岩性段的斜长角闪片岩中，覆盖在含磁铁斜长角闪(片)岩之上，矿体呈层状、似层状分布，产状与地形基本一致(图 3)。关于太华岩群时代的讨论已有很多文献[7-9]，本区的含磁铁斜长角闪(片)岩(图 4(g))可以与邻区洛宁太华岩群的斜长角闪岩类比，斜长角闪岩中的锆石 $^{207}Pb/^{206}Pb$年龄为(2 675±2) Ma[10]，可以代表本区含磁铁斜长角闪(片)岩原岩的形成时代，厘定为新太古代。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　太华岩群斜长角闪岩岩石化学成分 (w_B/%)

Table 3　Chemical constitution of the plagioclase-amphibolite in Taihua Group(%)

岩石及编号		SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Fe_2O_3	FeO	P_2O_5	MnO	K_2O	Na_2O	烧失量	样品数
太华岩群斜长角闪岩	Rs-5	47.82	13.22	1.50	10.04	6.13	6.62	8.68	0.15	0.20	1.04	2.06	1.57	1
	Rs-6	47.98	12.43	1.93	9.36	5.49	4.37	12.53	0.20	0.25	0.81	2.18	0.81	1
	Rs-9	48.38	14.59	0.85	8.31	8.39	4.85	7.06	0.13	0.23	1.78	3.19	1.24	1
	Rs-14	49.76	15.07	0.70	5.98	8.55	5.77	5.42	0.20	0.30	2.39	3.50	2.70	1
	Rs-16	49.04	12.38	1.98	8.44	5.18	5.89	10.25	0.18	0.25	1.14	2.31	1.66	1
	Rs-17	43.78	11.70	1.95	6.94	4.49	9.20	7.10	0.40	0.18	4.34	1.50	2.98	1
	Rs-18	48.48	12.69	1.90	8.37	4.76	9.15	5.40	0.25	0.20	1.97	2.44	2.01	1
	Rs-25	48.22	12.24	1.95	9.21	5.20	5.10	11.90	0.56	0.24	1.20	2.60	1.02	1
	平均值	47.93	13.04	1.60	8.33	6.02	6.38	8.54	0.26	0.23	1.83	2.47		8
南岭铁矿石	HQ1	46.42	14.08	1.47	7.15	4.76	7.81	11.27	0.06	0.51	0.47	2.62	2.73	1
	HQ2	47.38	15.17	1.58	5.83	5.24	6.72	12.72	0.08	0.42	0.51	2.16	2.07	1
雁翎关组斜长角闪岩[11]		48.91	14.41	0.68	10.45	7.58	2.86	10.15	0.08	0.21	0.77	2.72		14
加拿大变质玄武岩[12]		48.90	14.50	1.06	8.74	6.27	2.14	9.03		0.18	0.45	2.51		162
中国基性岩平均成分[23]		48.25	14.90	2.08	8.27	6.93	4.17	7.61	0.56	0.21	1.72	3.30		225

本次工作期间在矿体中采集了 2个铁矿石岩石化学样品，其分析结果见表 3。表中还列入了蒋敬业 (1986)的 8个斜长角闪岩[11]、晚太古界泰山群雁翎关组变质基性岩的斜长角闪岩和加拿大 162个变质玄武岩的平均成分[12]，以及中国基性岩平均成分[23]。

对比表 3数据可以发现，太华岩群中的铁矿石和斜长角闪岩与中国基性岩平均成分很近似，仅硅、钛、铝、镁的含量稍偏低，而铁的含量明显偏高；与雁翎关组斜长角闪岩和加拿大苏必利尔省 162个变质玄武岩平均成分相比，除富铁、贫硅外，其他成分也基本近似。矿区矿石的岩石化学成分反映出基性岩的基本特征。

根据样品的分析数据计算其 Al、Fe、Ca、Mg、Ti等元素的原子数，然后乘以 1 000后投入修改后的莫依纳图解 (图 5)[13-14]中，2个铁矿石和 8个斜长角闪岩全部落在基性岩区；将样品投在 $w(FeO+Fe_2O_3+TiO_2)-w(Al_2O_3)-w(MgO)$ 的三元图解 (图 6)[12]中，样品全部落在富铁拉斑玄武岩中，表明本区含磁铁斜长角闪 (片)岩和斜长角闪 (片)岩是正角闪岩，是大洋富铁拉斑玄武岩经变质作用形成的，其形成的构造环境很可能类似于现代一种“异常”的大洋中脊。斜长角闪岩中的角闪石 $^{40}Ar/^{39}Ar$坪年龄和等时线年龄分别为 (2 372.98±47.46) Ma和 (2 349.10±46.98) Ma，表明太华岩群在古元古代遭受过一次角闪岩相变质作用[10]，磁铁矿就是在这一时期由古老的变质基底重结晶而形成。

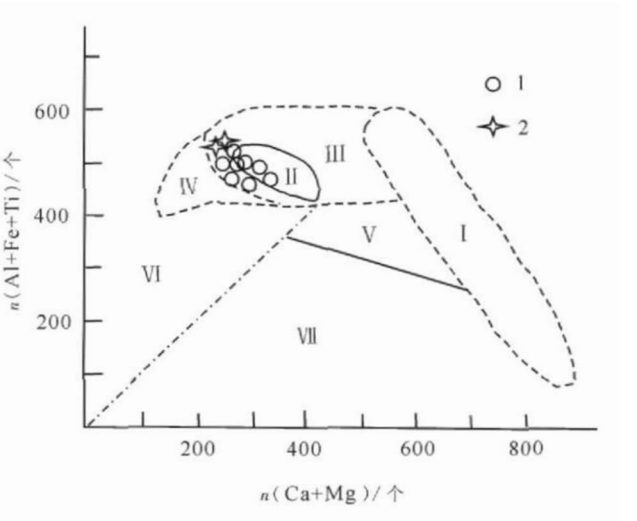


图 5　$n(Fe+Al+Ti)-n(Ca+Mg)$图解

Fig. 5　Graph of (Fe+Al+Ti) vs (Ca+Mg)

1. 斜长角闪岩；2. 南岭铁矿石；Ⅰ. 超基性岩区；Ⅱ、Ⅲ. 基性岩区；Ⅳ. 中性火成岩区；Ⅴ. 凝灰质砂岩、基性碎屑砂岩、凝灰岩区；Ⅵ. 粘土、薄层泥岩、粉砂岩、长石砂岩、泥灰质砂岩；Ⅶ. 粘土质、白云质和钙质泥灰岩

此后，该地区经过多次构造运动后抬升至地表，经过长期的风化作用，含磁铁斜长角闪 (片)岩的强度变低，随着开采、选矿成本的下降该矿区成为有经济意义的铁矿，不同于河南舞阳赋存于太华岩群的赵案庄式铁矿和铁山庙式铁矿[15]。通过与其他磁铁矿床的赋矿层位、形成时代、矿石成分和结构构造的对比[16-22]，笔者认为南岭矿床的成因类型应为风化残积型超贫铁矿床。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

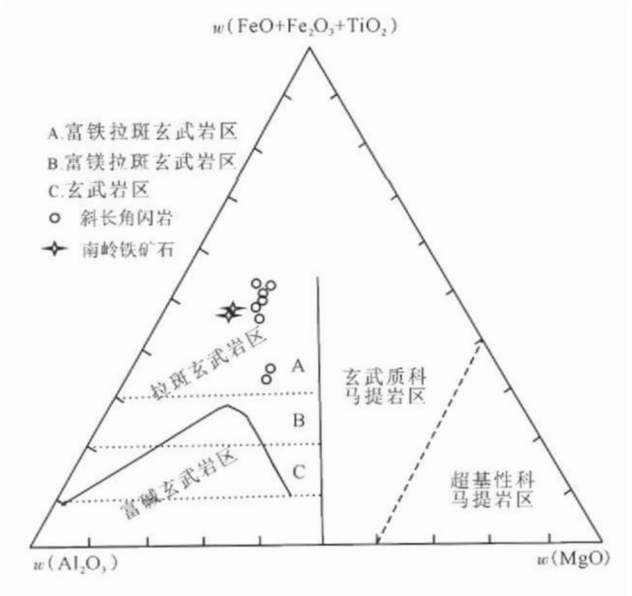


图 6 $w(FeO+Fe_2O_3+TiO_2)-w(Al_2O_3)-w(MgO)$ 图解

Fig. 6 Graph of $(FeO+Fe_2O_3+TiO_2)-Al_2O_3-MgO$

5 找矿模式

5.1 找矿标志

5.1.1 地层标志

南岭铁矿体的含矿岩系是太华岩群水底沟组，赋矿层位较稳定，找矿标志明显。太华岩群包含了不同性质、不同时代、不同变质程度的岩石，下部属新太古代拉斑玄武岩及 TTG 岩系，已变质为斜长角闪(片)岩和花岗质片麻岩，上部为古元古代具孔达岩系特征的一套沉积变质岩[24]。运用地质填图、岩石矿物学方法准确判定太华岩群水底沟组是寻找南岭型超贫磁铁矿的关键。

5.1.2 岩石标志

太华岩群水底沟组的斜长角闪(片)岩宏观特征较明显，为较好的标志。常量元素、微量元素、稀土元素特征与南岭斜长角闪(片)岩相似的岩石分布区，应注意找矿。

5.1.3 物探标志

磁铁矿具极强的磁性，各种航磁异常和地面磁测圈定的异常是良好的找矿标志。含磁铁斜长角闪(片)岩也具有弱磁性，不但要注意强磁性异常的评价，而且应注意弱磁性异常的综合分析，不漏掉可能形成磁铁矿体的弱磁性异常地段。

5.1.4 地貌标志

在花岗岩发育的地区，太华岩群岩石没有花岗岩耐风化，常形成负地形(图 4(h))；在第四系地层发育的地区，太华岩群岩石风化不彻底，常形成正地形。在不同地区要有意识地运用地貌特征寻找磁铁矿体。

5.2 找矿模式

矿床是地质历史的产物，矿床形成后要经受构造变形、流体溶蚀、变质作用和地表风化剥蚀、搬运和掩埋作用等地质作用。作为一个矿床，其经受的后来变化有变形、变质、变位、变品位、变规模等，其结局有几种可能：(1)保存完好；(2)部分保存，即矿床规模缩小；(3)转变为其他类型；(4)消亡。南岭铁矿即属于第 2 种“幸存者”[25]。本文结合南岭超贫磁铁矿控矿地质因素和矿化类型[26]进行详细研究后，建立了如图 7 所示的找矿模式。

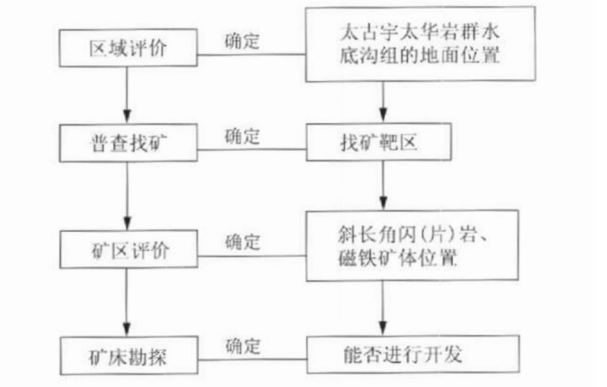


图 7 南岭型超贫磁铁矿找矿模式

Fig. 7 Prospecting pattern of Nanling ultra poor magnetite

区域评价的室内工作为地质研究和编图，包括收集研究和编撰所有有用的文献。利用航磁、遥感资料圈定异常区，南岭地区属于高植被覆盖区(图 4(h))，利用掩膜技术和抑制植被信息方法对遥感数据进行综合处理，再利用比值－主成分分析方法提取部分矿化蚀变信息[27]。区域评价的室外工作为 1∶5 万地质填图。通过以上工作可以确定太古宇太华岩群水底沟组的地面位置。

普查找矿的室内工作是在已确定地面位置中选择最有利地段。室外工作是对有利地段的野外调查，包括物探(高精度磁测)、化探(1∶1 万土壤测量)、地面检查(1∶1 万地质填图)和稀疏探槽控制，以此来确定找矿靶区。

矿区评价的工作为靶区的详细地质填图(1∶2 000)，包括露头的填图、取样和系统的探槽控制，以便确定斜长角闪(片)岩和磁铁矿体的分布。因矿体风化层一般较浅，宜采用浅井和浅钻控制矿体，进行经济技术论证后，确定能否转入

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

勘探。

矿床勘探的工作为系统控制矿体四周和露天采场底部矿体的界限，进行矿石质量、选冶加工技术条件、开采技术条件研究和可行性评价，确定能否进行开采开发。

6 结　论

(1) 南岭超贫磁铁矿位于太华岩群水底沟岩组第 2岩性段的斜长角闪(片)岩中，矿体厚度大，产状稳定，品位低，易采易选，属于非传统矿产资源，成因类型为风化残积型超贫铁矿床。

(2)南岭矿区的含磁铁斜长角闪(片)岩和斜长角闪(片)岩是大洋富铁拉斑玄武岩经变质作用形成的。

(3)寻找南岭型超贫磁铁矿的地层标志是太华岩群水底沟岩组，岩性标志是斜长角闪(片)岩，物探标志是航磁异常和地面磁异常。

(4)矿区北东方向有大面积的太古宇太华岩群出露，运用简单的找矿模式有望取得寻找超贫磁铁矿的重大突破。

参考文献:

[1] 吴淦国. 资源型矿业城市战略规划的基础研究——矿山资源危机程度与资源潜力的调查和评价 [J]. 资源·产业, 2004, 6(4): 1-2.

[2] 高世成, 薛全君. 超低品位铁矿资源的勘查与开发 [J]. 西部资源, 2008(6): 17.

[3] 李中念, 张振芳, 严国栋. 河北省超贫磁铁矿资源与开发利用分析 [J]. 河北冶金, 2006(3): 1.

[4] 李厚民, 王瑞江, 肖克炎, 等. 中国超贫磁铁矿资源的特征、利用现状及勘查开发建议 [J]. 地质通报, 2009, 28(1): 87.

[5] 燕长海. 东秦岭铅锌银成矿系统内部结构 [M]. 北京: 地质出版社, 2004: 2-3.

[6] 孙枢, 丛柏林, 李继亮. 豫陕中—晚元古代沉积盆地 [J]. 地质科学, 1981, 26(4): 315-320.

[7] Faure G, Powell J L. Strontium Isotope Geology [M]. New York: Springer-Verlag, 1972: 1-188.

[8] 胡受奚, 林潜龙. 华北与华南古板块拼合地质和成矿 [M]. 南京: 南京大学出版社, 1988: 489-511.

[9] 杨长秀. 河南鲁山地区早前寒武纪变质岩系的锆石 SHRIMP U-Pb年龄、地球化学特征及环境演化 [J]. 地质通报, 2008, 27(4): 517-530.

[10] 王仁民, 童英, 杨淳, 等. 河南洛宁太华岩群斜长角闪岩的锆石 $^{207}Pb/^{206}Pb$和角闪石 $^{40}Ar/^{39}Ar$年龄 [J]. 地质论评, 2003, 49(7): 363-364.

[11] 蒋敬业. 小秦岭地区太华群斜长角闪岩原岩类型的地球化学研究 [J]. 地球科学——武汉地质学院学报, 1986, 11(4): 397-402.

[12] 程裕琪. 山东太古代雁翎关组变质火山-沉积岩 [M]. 北京: 地质出版社, 1982: 55-60.

[13] 贺同兴. 变质岩岩石学 [M]. 北京: 地质出版社, 1980: 165-176.

[14] 解广轰. 鞍山地区变质岩系沉积建造的恢复及变质相系的划分: 地球化学专刊 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 100-105.

[15] 王贵成, 曹平, 张钦礼. 河南省舞阳铁矿田太古代古地史及铁矿的形成过程研究 [J]. 湖南有色金属, 2006, 22(3): 6-7.

[16] 袁家铮, 张峰, 殷纯嘏, 等. 梅山铁矿矿浆成因的系统探讨 [J]. 现代地质, 1997, 11(2): 170-176.

[17] 杨光, 郭桂林, 戚林坤, 等. 云龙分水岭铁矿成因 [J]. 云南地质, 2007, 26(4): 411-415.

[18] 黄德全, 岳建芳. 四川会理黑箐磁铁矿矿床地质特征及成因 [J]. 四川地质学报, 2008, 28(4): 283-286.

[19] 杨银成, 周金玺, 彭勇, 等. 青海省祁连县热水沟铁矿地质特征及成因探讨 [J]. 黄金科学技术, 2007, 15(6): 30-34.

[20] 王保国. 东姚矿区磁铁矿床地质特征及成因 [J]. 安阳师范学院学报, 2006(2): 116-118.

[21] 张世生. 和睦山铁矿床成因初探 [J]. 矿业快报, 2006(8): 69-71.

[22] 张秀林. 蒙库铁矿地质特征及成因探讨 [J]. 新疆有色金属, 2007(增刊): 3-6.

[23] 黎彤, 饶继龙. 中国岩浆岩的平均化学成分 [J]. 地质学报, 1963, 43(3): 271-280.

[24] 李厚民, 陈毓川, 王登红, 等. 小秦岭变质岩及脉体锆石 SHRIMP U-Pb年龄及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2007, 23(10): 2504-2512.

[25] 翟裕生, 彭润民, 邓军, 等. 区域成矿学与找矿新思路 [J]. 现代地质, 2001, 15(2): 151-156.

[26] 翟裕生, 邓军, 崔彬, 等. 成矿系统及综合地质异常 [J]. 现代地质, 1999, 13(1): 99-104.

[27] 沈利霞, 刘丽萍, 苏新旭, 等. 不同植被覆盖率地区遥感矿化蚀变提取研究 [J]. 现代地质, 2008, 22(2): 293-298.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net