河北省邯邢式铁矿找矿方法回顾与展望

郝俊杰[1],郭海全[2],李春章[1],孙富海[3]
(1. 河北省地勘局第十一地质大队 邢台 054000; 2. 河北省地质调查院 石家庄 050081;
3. 沙河市国土资源局 邢台 054000)

摘要:邯邢式铁矿是河北省重要的铁矿成因类型,已经探明资源储量达到8.7亿吨。以往在该地区经过了由高磁异常验证-复杂异常查证-低缓异常查证的过程,实践证明磁法找矿为邯邢式铁矿找矿的基本方法。随着找矿难度的逐步加大,对地质控矿条件的分析越来越重要。目前,该地区浅部铁矿资源基本探明,正在该地区开展邯邢式铁矿的深部找矿工作。回顾原来的找矿方法,对今后开展工作是十分有益的。本文以邯邢式铁矿的岩矿石物性(磁化率、密度、电阻率等)特点为主要依据,在前人实验的基础上,提出重磁电综合物探方法是今后邯邢式铁矿的找矿方法的发展方向,加强物探数据的综合处理和地质成矿条件相结合是该地区进行深部找矿的前提和基础。

关键词:邯邢式铁矿;找矿方法;回顾;展望;重磁综合
中图分类号:P622+.6 文献标识码:A 文章编号:1672-4135(2008)04-0315-06

1 前言

邯邢式铁矿是指矿床主要分布在稳定的华北地台范围内,与成矿有关的岩体为燕山期辉长-闪长岩和闪长-二长岩类杂岩体,一般呈现复杂的层状体侵入在以中奥陶统为主的碳酸盐岩地层中。主要矿化层位是中奥陶统马家沟组灰岩,部分为中石炭统和寒武系砂(页)岩中的灰岩夹层。由于岩体呈分枝状插入围岩中,形成复杂的接触带,因而往往有多层矿体产出。矿石金属矿物以磁铁矿为主,次有少量的黄铁矿、假象赤铁矿、镜铁矿和黄铜矿等。铁矿伴生的金属元素一般比较简单,主要是钴,少数有铜、金。部分与辉长岩类侵入有关的铁矿床,其矿化金属元素组合为Fe(Cu)-Co-Ni,个别矿区还有Pt、Pd。近矿岩体的钠质交代现象明显(钠长石化、局部有方柱石化)(程裕淇,1978)。

邯邢式铁矿主要分布在华北地台中南部地区,包括鄂尔多斯地台以东,郯庐断裂以西、五台阜平隆起以南、秦岭褶皱带以北。行政区划包括山西省、河北省南部、山东省西部、河南、江苏安徽省的北部,地理位置为东经110°~119°10′,北纬32°45′~38°40′,面积约为54万km²。但是无论从规模上,还是从数量上,河北省邯邢地区最具有代表性。讨论分析该地区的找矿方法对华北地台中南部地区具有典型的指导意义。

2 河北省邯邢地区找矿历史回顾

自上世纪五十年代以来的数十年间,冶金部所属517、518、519、520、521队、河北地质局所属第一、二、三、五、六、十一、十二、十四地质队及区调物探、航测队都先后在邯邢地区从事铁矿地质勘查工作、并组织过邯邢铁矿会战。这些单位经工作后均提交了相应的总结、报告及勘查成果,探明了一大批大、中、小型富铁矿床。截至1989年邯邢地区已经探明储量87 796.8万吨,已知产地109处。

同时,原华北地质研究所、地质力学研究所、桂林冶金地质研究所、河北地质局综合研究队等多家科研机构也对邯邢式铁矿进行过科学研究工作,取得了一系列重要的科研成果[1~7]。2000年以后该地区开始进行新一轮的铁矿找矿工作,而且重点是开始进行深部找矿工作,并且取得了初步进展[8]。

总之,邯邢地区地质勘查和地质研究程度是很高的,前人工作积累了丰富的资料,当然也包括找矿方法方面的资料。

收稿日期:2008-08-18 责任编辑:林晓辉
基金项目:河北省勘查资金项目(冀国土资勘[2006]098):河北省邯邢地区邯邢式铁矿深部找矿项目
作者简介:郝俊杰(1967-),男,河北邢台人,硕士,高级工程师,主要从事地质矿产工作 E-mail:111haojunjie@163.com。

万方数据

3 找矿方法回顾

详细分析该地区该矿种的找矿方法，可以看出具有明显的阶段性，而且找矿方法也具有显著的阶段性，大约经历了 如下几个阶段：

3.1 物探(磁法)找矿——针对高值异常直接钻探验证找矿

邯邢地区磁铁矿体均分布在中奥陶统灰岩与闪长岩的接触带中或者附近。该地区的磁异常主要是由磁铁矿和闪长岩引起。根据参数测定结果，磁铁矿的磁化强度在 0.05 ~ 1.0 CGSM，各类闪长岩的磁化强度在 0.000 3 ~ 0.003 CGSM。由公式 $Za=2\pi I$ 估算，闪长岩的磁异常不超过 2 000 nT，因此大于 2 000 nT 的磁异常就应该是矿致异常，对大于 2 000 nT 高值磁异常选择中心部位直接利用钻探手段进行找矿，效果比较理想。比如符山四、六、七号磁异常、矿山村磁异常、团城磁异常等。但是所找到的矿床多是浅部矿体，小于 200 米，规模较小。

3.2 物探(磁法)+ 地质找矿——针对形态复杂的矿体异常

主要是指一部分场强高于 2 000 nT，也有一部分低于 2 000 nT。比如玉泉岭矿体异常、西石门矿体异常等。在分析其地质产出条件的前提下，布置钻探找矿，结果在低于 2 000 nT 的异常区也找到了铁矿体，主要原因是岩体异常以及矿体的埋藏深度加大了的缘故。

3.3 地质 + 物探(磁法)找矿——针对低缓异常找矿阶段

对低缓磁异常，采用各种处理方法，比如加大测量精度，结合地质条件进行综合分析。随着计算机数据处理手段的出现，加上一些处理手段，比如延拓、磁源重力异常、垂向二次导数等，效果较理想。比如胡峪、赭山磁异常的见矿等。

总结前人 50 余年的找矿经验认为，地质与物探工作相配合，地质调查→物探（磁法）→地质解释→钻探验证的工作循环，是本地区邯邢式铁矿最合理、最有效的找矿方法。

4 今后找矿方法展望

由目前该地区的工作程度可以知道，邯邢地区今后的工作对象是与以往明显不同的综合复杂磁异常。因此需要与以往不同的新的找矿方法相配合。

综合分析前人的找矿方法可以看出：以前的物探工作具有一个非常明显的特点：单一的磁法，不论是简单的磁法验证找矿，还是后来的通过磁法数据处理和综合分析找矿，其对象仅仅是单一磁法的物探方法。

由于众所周知的原因，深部找矿各种信息反应较弱，而且相互混合，对仅仅利用磁法找矿带来了非常大的困难，这也就是近十几年来该地区找矿工作无大的进展的主要原因之一。

通过综合分析和调查研究，我们认为解决问题的主要对策应该放在物探方面，因为从成矿理论方面，还是钻探方面近年来都无明显的进展，而且也不会有大的进展。所以今后的主要工作方法应该是综合信息找矿。通过各种物性差异(磁性、电性、密度等)引起的地表的参数信息，综合找矿。而且这种方法从理论上和实践上来看基本上是可行的，主要依据如下：

(1) 前人工作成果表明，铁矿石与围岩之间存在明显的物性差异，比如磁化率、视电阻率、极化率、密度等(表 1、2、3)，同时在形态产状方面也存在巨大差异。如上差异为本区开展综合性物探工作奠定了基础。

(2) 近年来地球物理方法技术得到了飞跃发展，重力、磁力勘探仪器的精度提高，多种电法如 MT、TEM(瞬变电磁法)、CSAMT(可控源音频电磁法)、EH4(连续电导率成像系统)、IP(大功率激发极化法)等的应用，综合物探方法对解决定位问题提供了广泛的可能，为邯邢地区深部找矿的顺利开展和取得预期成果提供了强有力的手段保证。

4.1 综合性物探方法的可靠性

运用综合型物探方法可以充分运用磁铁矿的高磁性、低阻性、以及高极化性等物理特性，具有独特的实用性。

运用综合性物探方法可以缩小单种物探方法的多解性范围，各种物探资料的解释是相互补充相互说明的，综合解释能得出交可信的结论。

浅部运用已经有成功先例，比如河北煤炭建筑工程学院的有关同志曾经对武安某地一个磁异常进行了综合型(电测深、磁法)的评价工作，成果较明显[9]。但是仅仅是浅部的异常评价。

万方数据

表1 邯邢地区与邯邢式铁矿有关的物性参数表

Table 1 Physical paramters statistics of the rocks(ores) in Handan and Xingtai areas

岩石类型	磁化率 ($10^{-6}4\pi$SI)	密度 (g/cm^3)	电阻率 (Ω.m)	产状
第四系	0 ～ 3670	1.50 ～ 2.65 -2.03	30~300	似层状
石炭系-二叠系	0 ～ 835 （角岩例外）	2.10 ～ 3.01 -2.6	小于30	层状
灰岩	0 ～ 55	2.45 ～ 2.82 -2.7	670 ～ 1445 大于150	层状
岩体	900 ～ 14000	2.7	/	似层状为主
矽卡岩	略小于磁铁矿	略小于磁铁矿	/	似层状
磁铁矿	72000~213000	3.82 ～ 4.50 -4	/	似层状、透镜状、扁豆状、囊状等，与上述地层项比较，总体产状变化大

资料来源：1）河北省地矿局第十一地质大队. 1/25000 河北省邯邢地区邯邢式铁矿编图报告.1989. 2）桂林冶金地质研究所. 磁法寻找矽卡岩型磁铁矿经验汇编. 1972. 3）参考文献[9]

表2 白涧铁矿区岩矿石物性统计表

Table 2 Physical paramters statistics of the rocks(ores) in the Baijian iron mine

岩性	件数	密度 (g/cm^3)		磁化率 ($10^{-6}4\pi$SI)		剩磁 (10^{-3}A/m)		电阻率 (Ω.M)		极化率 (%)	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值	变化范围	平均值
岩体	4	2.65～2.67	2.66	121～197	161	68～878	361	799 ～ 875	837	3.5～4.3	3.9
夕卡岩	2	3.03～3.04	3.03	311～431	370	734～826	780	51～167	109	2.8～3.1	2.9
磁铁矿	4	4.17～4.44	4.29	104625～176056	1421948	355236～962396	3352811	4～150	54	35.6～91.8	62.4
围岩(大理岩、砂岩、白云质灰岩)	24	1.58～3.34	2.64	8.14～2484	146	1～179	38	68～1504	763	1.49～45.7	5.1

资料来源：中国地质科学院矿产资源所. 河北省沙河市白涧铁矿详查物探找矿研究报告.2008.

1972年桂林冶金地质研究所编写的《磁法寻找矽卡岩型磁铁矿经验汇编》中介绍了前人在该地区也进行了磁法外的其他方法工作试验，比如电测深和重力测量。但是详细的数据资料无从查找。结论是：

（1）高店地区，在本地区找矿大量采用航磁和地磁方法是正确的，但是在区分矿与非矿的异常时，应该配合电测深、磁测井、以及重力测量等综合方法。

（2）上郑地区，有可能用综合方法来评价磁异常。

另外，长江中下游地区宁芜式玢岩铁硫矿床的找矿经验[10]也采用了综合型物探方法。该地区的找矿物探手段包括重力、磁法和电法，找矿对象是重磁异常（表4）。

4.2 各种物探数据的室内处理是进一步开展工作选区的基础之一

通过广大物探科研工作者的辛勤努力，现在已经形成了依据不同的数学原理得出多种综合性物探数据处理方法[11~18]，比如，由中国地质大学（北京）安玉林教授提出的局部重磁场源全方位成像系统、中国地质大学（武汉）刘天佑教授提出的磁法勘探软件（MAGS2.0升级版）、中国地质调查局发展研究中心开发的多元地学空间管理与分析系统（GeoExpl）等，它们为进一步分析研究各类磁异常提供了很好的手段。

因此认为，在工作程度较高的河北省邯邢地区，采用在前人工作总结出找矿方法的基础上，在

万方数据

表3 白涧铁矿区ZK0622钻孔岩矿石物性表

Table 3 Physical paramters statistics of the rocks(ores) in the Baijian iron mine

序号	钻孔深度(m)	岩矿石名称	地层/岩体单元	密度(g/cm^3)	磁化率($10^{-6}4\pi SI$)	剩余磁化强度(Jr:A/m)	电阻率(Ω.m)	极化率(%)	备注
1	51	砂岩	P_1q	2.401	81.3	2.2			
2	66	砂质页岩	P_1s	2.640	34.0	88.2			
3	75	页岩（黑色）	C_3t	2.530	76.3	1.6			
4	88	页岩（黑色）	C_3t	2.570	131.3	3.1			
5	116	页岩（黑色）	C_3t	2.617	76.7	3.4			
6	165	炭质页岩	C_3t	3.338	2483.5	1.1	277.7	4.4	
7	199	灰岩	C_3t	2.712	120.9	15.1	993.1	1.8	
8	217	细砂岩	C_3t		78.6	3.2			
9	243	泥灰岩	C_2f	1.583	-4	2.2	68.4	45.7	含碳
10	266	大理岩	O_2f	2.693	-7	21.2	1 020.9	1.6	
11	300	泥质灰岩	O_2f	2.701	35.9	22.7			
12	335	泥灰岩	O_2f	2.601	19.3	113.7	137.8	2.1	
13	353	泥质条带灰岩	O_2f	2.668	0.1	24.1	1 170.8	1.5	
14	381	泥灰岩	O_2f	2.662	-0.2	0.8			
15	420	泥灰岩	O_2f	2.626	26.0	11.9	262.7	1.9	
16	460	白云质泥灰岩	O_2c	2.694	40.5	126	756.3	2.1	
17	502	白云质泥灰岩（大理岩化）	O_2c	2.713	-8.1	3.7	1 252.2	1.5	
18	563	白云质泥灰岩	02c	2.688	64.5	45.1	791.7	2.8	
19	607	磁铁矿	O_2c	4.332	1 337 970	962 396	5.7	70.5	
20	613	磁铁矿	O_2c	4.167	1 046 250	355 236	149.9	35.6	
21	633	大理岩	O_2c	2.683	87.8	110.1	1 326.2	1.7	
22	655	角砾岩	O_2c	2.736	75	178.8	349.9	5	
23	690	白云质灰岩	O_2c	2.701	6.6	0.9	1 051.8	2.4	
24	728	白云质灰岩	O_2c	2.657	7.3	0.6	480.6	1.5	
25	790	灰岩	O_2c	2.683	34.5	33.6	764.1	3.1	
26	812	灰岩	O_2c	2.866	47.6	100.0	1 504	2.4	
27	840	磁铁矿		4.439	1 543 010	8 443 500	3.6	91.8	
28	845	磁铁矿		4.226	1 760 560	3 650 110	56.6	51.6	
29	847	夕卡岩		3.031	430.1	826.2	51.2	2..8	磁铁矿化
30	848	夕卡岩		3.036	310.5	734.3	166.6	3.1	
31	853	闪长岩		2.653	196.7	67.7	875.2	3.5	
32	858	闪长岩		2.644	51 627.1	8 048.5			
33	860	闪长岩		2.649	166.1	137.4	799.3	4.3	
34	861	闪长岩		2.671	121.3	877.8			

资料来源：中国地质科学院矿产资源所. 河北省沙河市白涧铁矿详查物探找矿研究报告.2008.

对前人工作取得的大量第一手物探数据进行充分分析处理的前提下，加强进行以大比例尺的重磁综合性物探测量为主的找矿方法应该是今后该地区开展深部找矿的有效方法。当然，首先需要通过试验研究工作，找到比较有效的途径，总结出切实可行的方法和过程，然后推而广之。

参考文献：

[1] 华北地质研究所. 太行山等地区邯邢式铁矿成矿规律和找矿方向[R]. 1976.

万方数据

表 4 宁芜、庐枞地区部分铁矿发现经过简表

Table 4 Discovery of some iron deposits in Ningwu and Luzong areas

矿床名称	类型	规模	发现过程	做过的物探工作			
				航空磁测比例尺及异常强度	地面磁测比例尺及异常强度(nT)	重力测量比例尺及异常强度	其它辅助方法
梅山	磁铁矿	大	1：2.5万地面磁测发现异常，1：5千详查，钻探验证见矿，评价勘探中利用了重磁资料。	1：10 万	1:2.5 万	1:5 千	直流电法
				1：2.5 万	1:5 千	3.85(10^{-5}m/s^2)	
				2350(nT)	7200(nT)		
其林山	赤铁矿磁铁矿	中	1：2万重磁发现，1：5千重磁详查，钻探验证见矿。后在矿区外围验证磁异常，相继发现马村、东庄铁矿。	1:10 万	1:2 万	1:2 万	直流电法
				1:2.5 万	1:5 千	1:5 千	
				150	1300	0.8	
姑山	赤铁矿	大	地质调查发现，后做1：1万重磁测量均发现明显异常。	1:10 万	1:1 万	1:1 万	1：5 千扭秤
				1:2.5 万	1:2 千	> 2	
				900	-40000~		
					10000		
罗昌河	磁铁矿	大	1：10万航磁发现，后经1：5万、1：1万地磁均证实异常的存在，初步推断由深部火成岩引起。经重新解释及重力测量发现异常推断为铁矿引起，钻探验证发现了该大型铁矿床。	1:10 万	1:5 万	1:1 万	
				1000	1:1 万	4	
					2700		
白象山	磁铁矿	中	1：5千重磁发现，重力检查发现局部异常，钻探验证见矿。后做重力测量有明显异常。磁异常的定量解释和磁测井在评价勘探中发挥了重要作用。	1:10 万	1:5 千	1:5 千	
				1:2.5 万	2000	1.5	
				1300			

资料来源：刘光海，吴宜志.宁芜、庐江地区重磁方法找铁矿的经验(内部稿).安徽地矿局，1976.

[2] 河北地质局综合研究队, 河北省地质局第十一地质大队. 河北省邯邢地区邯邢式铁矿成矿地质特征及找矿方向[R]. 1986.

[3] 长春地质学院, 河北省地矿局. 河北省接触交代－热液型铁矿资源总量预测报告[R] .1987.

[4] 河北、山东、山西、江苏、安徽、河南等地质矿产局. 华北地台中南部邯邢式铁矿成矿区成矿远景区划[R]. 1983.

[5] 中科院地质研究所.矿产预测的自动化系统[R].1981.

[6] 中国地质科学院力学研究所, 河北省地质局第十一地质大队. 邯邢地区中奥陶统含膏盐岩系与邯邢式铁矿成矿关系研究[R].1981.

[7] 河北省地质局第十一地质大队. 河北省邯邢地区邯邢式铁矿远景区划说明书[R].1980.

[8] 李秋喜, 刘庆民,李胜利. 河北省武安市郭二庄"岩体异常"深部见矿及对邯邢地区深部找矿的意义 [J]. 河北地质, 2008,(3):8－11.

[9] 郝旭,王付良,李树文.综合物探方法在寻找磁铁矿中的应用[J]. 河北煤炭建筑工程学院学报, 1995, (3):35－40.

[10] 董英君. 应用重磁方法勘查铁矿的效果－以辽宁建昌县马道铁矿为例[J]. 矿床地质,2006,25(3):321－328.

[11] 刘光鼎,郝天珧. 应用地球物理方法寻找隐伏矿床[J]. 地球物理学报,1995, 36(6):850－854.

[12] 刘光海, 王原韵. 数据处理在重磁异常揭示中的应用及其地质效果 [J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, 1986, 第二号:222－231.

[13] 安玉林,谭宝华.局部重磁场源全方位成像[M].北京:地质出版社, 1987.

[14] 安玉林,黄金明. 局部重磁场源全方位成(续)[M].北京:地质出版社,2003.

[15] 安玉林,陈玉东,黄金明. 重磁勘探正反演理论方法研究的新进展[J].地学前缘,2003,10(1):25－32.

[16] 刘天佑,刘大为,詹应林,等.磁测资料处理新方法及在危机矿山挖潜中的应用 [J]. 物探与化探,2006,(5):377－381.

[17] 刘天佑,吴招才,詹应林,等.磁异常小波多尺度分解及危机矿山的深部找矿:以大冶铁矿为例[J]. 地球科学－中国地质大学学报,2007,38(1):135－140.

[18]朱文孝,屠万生,刘天佑. 重磁资料电算处理的方法[M] 武汉:中国地质大学出版社,1990.

万方数据

The Review and Prospects of Ore-hunting Methods for the Hanxing Iron Ore Formation, Hebei Province

HAO Jun-jie[1], GUO Hai-quan[2], LI Chun-zhang[1], SUN Fu-hai[3]

(1. No.11 Geological Party,Hebei Exploration Burau of Geology and Mineral Resources Xingtai 054000,China; 2.Hebei Province Geological Survey,Shijiazhuang 050081,China; 3. Shahe Bureau of Land and Resources, Shahe Xingtai 054000, China)

Abstract: The Hanxing Iron Formation is an important genetic type of iron ores. The auther reviews the prospecting methods in the past 40 years. And on basis of all the characters, it is suggested that the optimal combination of gravity magnetic methods is an effective method for hunting the iron deposits, differentiation of magnetic anomalies and prospecting for rich iron ore bodies.

Key words: the Hanxing Iron Formation; prospecting method; reviews; prospect; the optimal combination of gravity magnetic methods

学术论文摘要的要求

刘新秒

在知识爆炸的今天,全面迅速地收集知识信息是人们追求的目标。文章的摘要高度浓缩了全文的知识信息,在信息收集的过程中往往起着关键性的作用,许多收集单位就只收录文章的摘要。所以,写好摘要无疑对知识的传播有着非常重要的意义。

简单地说,摘要是一篇完整的短文,内容应包含与论文同等量的主要信息,可以独立使用,可以引用,也可以用于工艺推广,还可以供文摘等二次文献采用。读者可根据摘要内容确定有无必要阅读全文。

摘要一般分报导性和指示性两种,有时也把二者综合使用。发现型和论证型论文大都采用报导性的形式,要指明本文的主题范围和内容梗概,即把研究目的、研究对象,所用研究方法、新的发现和研究成果、推出的相关结论或最终结论等(重点是结果和结论)列入其中,一般以300字左右为宜。这种摘要经常采用的句型如下:采用(什么)方法,对(哪些项目)进行了(哪些)方面的研究,取得了(什么)结果或发现(什么)问题,得到了(什么)结论或提出了(什么)解决方案。综述性、资料性和评论性的文章可写成指示性文摘,指示本文陈述主题及取得的成果的性质和水平,篇幅可短些,200字左右即可。为了更加清楚地说明问题,有时用报导性文摘表述文章中信息价值较高的部分,以指示性文摘表述其余部分。

编写文摘时应注意:1)排除在本学科领域方面已经成为常识的内容。2)不得简单地重复文章篇名中已经表述过的信息。3)要求结构严谨,语义确切,表述简明,一气呵成,一般不分或少分段落,不加空洞评语,不做模棱两可的结论;没有得出结论的文章,可在摘要中作扼要的讨论。4)要用第三人称,不要使用"本文"、"我们"等作为文摘陈述的主语。5)要采用规范化的名词术语,如果新术语尚无合适的中文术语译名,可使用原文或译名后加括号注明原文。6)不要使用图、表或化学结构式,以及相邻专业的读者尚难于清楚理解的缩略语、简称、代号。如果确有必要,在首次出现时必须加以说明。

万方数据