

· 地质与测量 ·

基于趋势面分析的大冶铁矿控矿构造及 深部矿体定位研究

杨 振¹ 闵厚禄^{1,2} 季 翱^{1,2} 胡明安¹ 张旺生¹

(1. 中国地质大学(武汉); 2. 武汉钢铁集团矿业有限责任公司)

摘 要 以趋势面法为主要研究方法, 对大冶铁矿控矿构造及深部矿体定位规律进行了研究。结果表明: ①岩体与大理岩的接触带是控制工业矿体产出的最主要因素, 尤其是接触面上向岩体一侧凹进的“凹兜”直接控制了矿体产出; ②接触带附近的其他构造, 如 2 组追踪张裂面、“X”共轭裂隙、2 组断裂的复合叠加、翻卷背斜转折虚脱部位等, 对矿体的产出也有重要的控制作用; ③矿区尖林山 12-21 勘探线深部为找矿最有利位置, 以此为依据, 在尖林山深部新发现铁矿体 1 500 万 t。

关键词 趋势面分析 控矿构造 矿体定位 大冶铁矿

Study of Ore-controlling Structure and Ore-body Location in Daye Fe Deposit based on Trend Surface Analysis

Yang Zhen¹ Min Houlu^{1,2} Ji Ao^{1,2} Hu Ming'an¹ Zhang Wangsheng¹

(1. China University of Geosciences (Wuhan), 2. Wuhan Iron & Steel Mining Co., Ltd.)

Abstract Based on trend surface analysis, the ore-body controlling structure and ore-body location of Daye Fe deposit is studied. The results show that: ① the main ore-body controlling structure is the contact zone of ore-bodies and rocks, especially the concaves which located in the intrusion controlled ore-bodies directly; ② the other structure around the contact zone, such as two groups of trace extension fracture, “X” type conjugate fracture, two groups of overprinting fracture and collapse locations of the hinge end of anticlines are also important ore-body controlling structure; ③ K12-K21 in Jianlinshan is the best location of mineralization prospecting, and according to this result, 1.5×10^7 t iron mine were found in deep Jianlinshan.

Keywords Trend surface analysis, Ore-controlling structure, Ore-body location, Daye Fe deposit

大冶铁矿是我国重要的铁矿生产基地, 自上世纪 90 年代初以来, 由于找矿难度的增大和地勘投入的不足, 大冶铁矿大规模的地质找矿工作和有关的地质研究工作基本上处于停滞不前的局面, 特别是针对矿区深部矿体定位规律的研究一直比较薄弱, 这些严重制约了矿区成矿预测和深部找矿工作, 现在矿区已面临资源枯竭的问题, 寻找接替资源迫在眉睫。本研究以矿区构造控矿特征及深部矿体定位规律为研究目标, 旨在总结矿体空间定位规律, 发现深部矿体, 解决矿山资源危机问题。

1 矿区构造基本格架特征

根据笔者对矿区构造的研究, 结合前人的研究成果以及矿区构造形迹的空间展布特征及其时间关系, 将矿区构造分为 3 期, 即印支期北西西向构造(定型期)、燕山早期岩体侵入接触断裂带及热接触

动力变形带构造、燕山晚期岩体侵入动力变形构造, 其特征简述如下。

印支期形成的北西西向构造形迹奠定了矿区基础构造格架, 属高级别构造, 发生于古生代、定型于印支期末。在铁山矿区内, 印支期的北西西向构造控制了岩体接触带以及工业矿体的空间展布特征, 使其总体上也呈北西西向产出。具有区域性控岩、控(矿)带的作用。

出现于矿区铁山岩体南部接触带附近, 为燕山早期岩体侵入过程中, 使接触带、围岩原来的印支期构造形迹被岩体破坏, 接触带(面)空间被铁铜矿体充填。它不是一个简单的构造带, 而是一种岩体侵

杨 振(1979—), 男, 中国地质大学(武汉)资源学院, 讲师, 430074 湖北省武汉市洪山区鲁磨路 485 号。

人接触动力变形构造带和区域北西西断裂复合的独特类型,其主体构造方向仍然为北西西向。

在铁山矿区,燕山晚期发生石英闪长岩和斑状花岗闪长岩体的再次侵入,侵入方向主要来自矿区东南和北西及南西方向。由于岩浆本身热力场以及岩体侵位侧向挤压作用,使铁山岩体接触带(面)及热接触动力变形带再次被改造,形成矿区范围内第三世代褶皱、断裂构造,也是矿区主要叠加构造形迹之一。主要表现在沿岩体接触断裂带、铁铜矿体再次发生近南北向重褶皱,形成一系列向岩体中心收敛,向南撒开的近南北向花边状短轴鼻状背、向斜、断裂构造。

2 不同类型构造对成矿的控制

铁山矿区的构造因素比较复杂,除岩浆岩和大理岩接触带构造带对成矿具有明显的控制作用外,其他的构造形迹,如接触热动力变质构造,成矿前和成矿期的断裂构造,岩体侵入位后冷凝收缩所形成的裂隙构造,以及岩体与围岩中不同的构造形迹的复合等,都对铁矿体的定位有着重要的控制作用。

2.1 接触带(面)构造对矿化的控制

铁山矿区从东到西发育有 6 个矿段,铁铜矿体

基本上都是沿中酸性侵入体与大理岩的接触带分布,在三度空间上这些矿体基本上是分布在岩体与围岩的接触面上。从野外实际观察,在矿区内该岩体的南缘接触带的产状,除在龙洞一带为向南陡倾外,在其余地段,在浅部 +50 m,0 m 或 -50 m 标高以上,接触带均向北倾,使岩体超覆在大理岩之上,在深部,接触带即逐渐拐向南倾变成为正常接触。表明岩体接触面总体向南倾斜,具有起伏不平的特点。正是接触面这种凹凸不平的产状、形态特点与矿体的分布以及矿体形态、产状有着密切的关系。

为了更好地掌握岩体接触面的产状、形态及其变化特点,有必要作出能反映接触面深部凹凸不平特点的接触面等值线图。采用 Y 坐标代表岩体接触面走向(295°),X 坐标代表岩体接触面从地表向深部变化,Z 坐标代表岩体接触面到纵投影面之间的距离,并根据勘探线剖面分别读取数据作等值线图 and 立体图。其岩体接触带(面)与纵投影图剖面位置关系见图 1。从图中可以看出,主要的工业矿体均产在接触带附近,且其形态与接触带形态有一定的关系,说明接触带确实控制了矿体的定位。

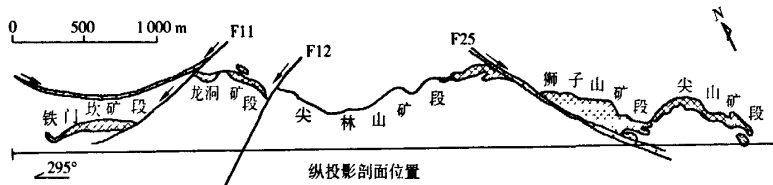


图 1 岩体接触带(面)与纵投影图剖面位置关系

为了研究接触面形态对矿体空间定位的影响,采用矿区的勘探线剖面资料,用 Sufer 软件作出矿区尖山-狮子山、尖林山-龙洞 2 个矿段的岩体接触面等值线图及立体图,如图 2 和图 3 所示。2 图基本反映了矿区接触面总体走向为北西西向,0 m 海拔标高以上,向北东倾向,往下深部转变为总体向南西倾斜,倾角约 75°的一个复杂的倾斜面,并反映出接触面从地表到深部凹凸不平的全貌和上部岩体超覆于围岩之上的特点。

由图 2 可见,东部尖山-狮子山矿段,接触面的产状自东而西、自上而下有很大的变化。在 26 线~32 线之间,0 m 标高以上,接触面向北东倾向,往下转变为向南西倾斜,总体在 50 m~-50 m 标高构成一条向岩体内部凹进的槽形大洼兜,往深部接触面倾角变缓;32 线~34 线(尖山矿段),接触面的产

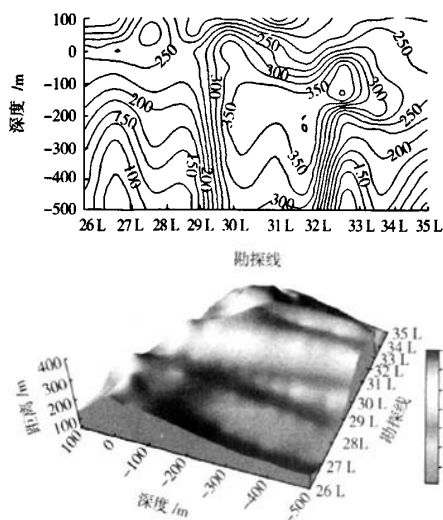


图 2 尖山-狮子山矿段岩体接触面等值线图和立体图

状自东而西、自上而下变化较小,接触面平直,总体向南西倾斜,倾角陡,大于 80° ,反映接触面延深较大。

尖林山-龙洞矿段(图 3),接触面的产状自东而西、自上而下变化比东部尖山-狮子山矿段要大。在 38 线~13 线(龙洞矿段),0 m 标高以上,接触面向北东倾斜,往下转变为向南西倾斜,分别在 0 m 标高、-300 m 标高构成一条向岩体内部凹进的槽形大注兜和弧形凹兜;32 线~34 线位置(尖山矿段),接触面起伏变化较大,接触面分别在 50 m 标高、-500 m 标高构成一条向岩体内部凹进的槽形注兜。

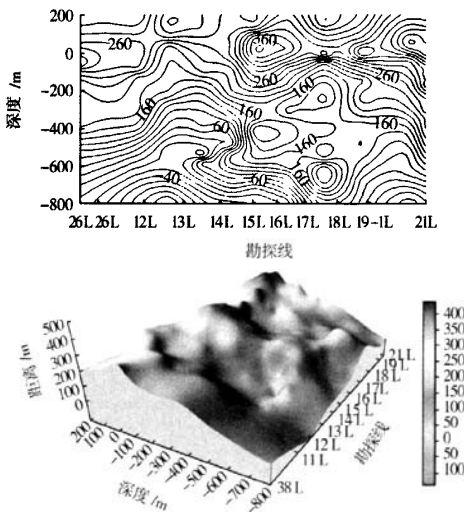


图 3 尖林山-龙洞矿段岩体接触面等值线图 and 立体图

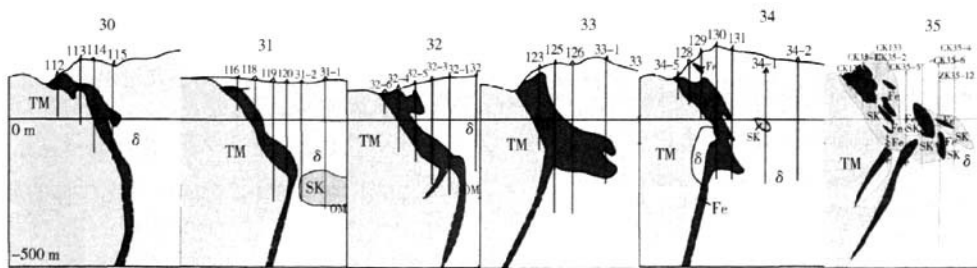


图 4 尖山-狮子山矿段 30 线-35 线联合剖面(图中深色为铁矿体)

另外,接触面的产状对矿体的产状也有一定影响,主要矿体产状的变化常与接触面产状相一致,随接触面产状的变化而变化,各矿体的走向与接触带走向一致的现象在矿区也是十分明确的。因此,笔者认为接触面的构造对矿体的分布、矿体产状和矿化强度都起了重要的控制作用。

2.2 热动力变质构造对矿化的控制作用

接触热动力变质构造是矿区一种较特殊的构造

纵观矿区岩体接触面变化特征,从东向西沿走向总体分布有 6 个规模较大并向岩体内部凹进的注兜。即①尖山矿段 34 线以东以 50 ~ -50 m 标高为中心向岩体凹进的注兜,形态近等轴状;②30 线至 34 线之间在 -50 ~ -300 m 标高存在一向岩体凹进的宽缓注兜,接触面较陡,向深部延伸较大;③26 线至 30 线之间 0 m 标高附近为中心的向岩体凹进的槽形注兜;④14 线至 21 线之间(尖林山矿段)分别在 100 m 标高、-300 至 -600 m 标高存在 2 个向岩体凹进的注兜,形近长轴状;⑤38 线至 13 线之间(龙洞矿段)分别在 0 m 标高、-300 m 标高存在 2 个向岩体凹进的注兜,0 m 标高注兜形近长轴槽状,-300 m 标高注兜形近长轴宽缓状;⑥铁门坎矿段 0 线至 7 线-100 m 标高附近为中心的向岩体凹进的槽形注兜,形态复杂,为一向北东倒转凹进的褶皱转折端控制的注兜状。

从矿区各个矿段联合勘探剖面图中可以看出,铁山矿床中的矿体主要是分布在这些向岩体一侧凹进的凹兜部位上,且多数矿体其厚度最大的地段和凹兜的中心部位也基本相吻合,如尖山、狮子山、象鼻山、尖林山的矿体以及龙洞矿体、铁门坎西段的矿体都清楚地表现出这一关系。如图 4,34 线以东,矿体产在以 50 ~ -50 m 标高为中心向岩体凹进的注兜位置,而 30 线至 34 线之间,矿体主要产在 -50 ~ -300 m 标高向岩体凹进的宽缓注兜位置,这与趋势面分析的结果相同。

变形样式。当铁山岩体岩浆沿北西西向断裂构造侵入过程中,由于其接触热动力作用,不仅使近接触带的碳酸盐地层产生固态塑性流变,形成各种各样的小褶皱、石香肠构造、面理和线理构造,而且使紧靠接触带部位的早期印支期形成的褶皱轴面再次发生倒转、共轴叠加形成翻卷背斜以及翼部地层不同程度的倒转。也正是这些地层倒转弯曲形成的翻卷背斜曲面又反过来影响接触面的形态、产状特征。如

狮子山、象鼻山、尖林山、龙洞等矿段的接触带走向几乎与龙洞狮子山倒转背斜轴向平行,因而在-100 m 标高以上接触面也相应地深深凹入岩体一侧而形成狭长的凹兜,也清楚地反映出富厚矿体基本上是沿该共轴叠加形成的翻卷背斜转折端分布,如尖林山富厚矿体主要产在翻卷背斜转折端部位。

由图 3 可以看出,在尖林山矿段(12 线至 21 线),接触带(面)除-100 m 标高以上接触面深深凹入岩体外,在-300 m 至-600 m 还存在一狭长的凹兜,这一部位应该尖林山深部成矿的有利部位。在 2006—2007 年的勘探工作中,据此结论,在尖林山深部新发现铁矿体 1 500 万 t。

2.3 成矿前、成矿期构造对矿化的控制作用

铁山矿区各矿段的形态、产状及某些矿化特点差异性较大,除与前述各构造因素的影响有关外,成矿前和成矿时的断裂、裂隙构造也起了重要的作用。铁山岩体南缘接触带本身受北西西向断裂带控制。

沿接触带自东而西矿体形态变化较大而产状也不相同,这种变化表明成矿作用在接触面和已有断裂和断裂张开的作用下发生的,这种张开作用与岩体的凝缩收缩、岩体侵入本身热场以及岩体侵位侧向挤压作用产生的北西-南东向构造压应力的双重作用有关。这种张开作用为矿浆或矿液的上升和充填-交代开辟了通道和空间。

在铁门坎、象鼻山等矿段均可见大理岩与闪长岩体的接触面常成凹凸状曲面,或沿两组呈追踪张裂面,或 X 组裂隙,成矿物质即充填于其中。如铁门坎矿段,沿接触带北东向倾斜的断裂与南西向倾斜断裂复合控制了该矿段矿体的形态和产状,在剖面上呈“V”字形(图 5a)。龙洞矿段,沿接触带两组剪切断裂面呈追踪张裂控制了该矿段矿体的形态和产状,在剖面上呈“之”字形(图 5b)。尖山 33 线一带出现的“马鞍状”矿体也可能是沿接触带二组断裂面叠加复合控制了该矿段矿体的形态和产状(图 5c)。尖林山矿段,矿体的形态和产出位置主要受翻卷背斜转折端控制(图 5d)。象鼻山矿段,闪长岩与矿体的相接触的地方,矿体沿接触带发育的裂隙面而贯入到矽卡岩地层中,控制了该矿段矿体的形态和产状龙洞矿段东端,矿体成矿物质沿片理化带而贯入闪长岩体中,片理化带走向北西西向,倾向北东、倾角 30°~50°。说明成矿前的北西西向压扭性破碎带就早已存在,对铁铜矿床成矿起了重要的控矿作用。

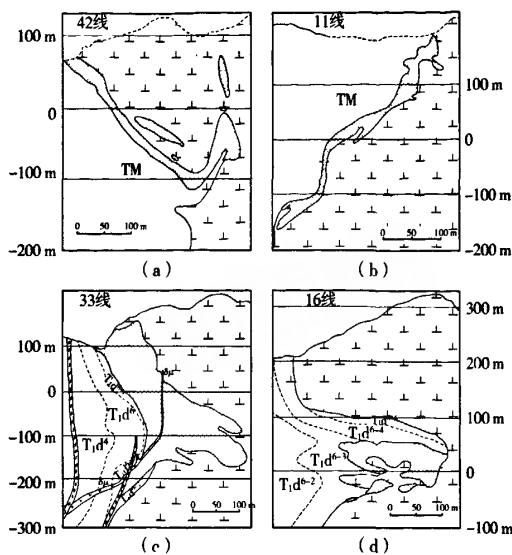


图 5 矿区控矿构造类型组合

(a)铁门坎矿段 46 线北东向倾斜断裂与南西向倾斜断裂复合控矿呈“V”;(b)龙洞矿段 11 线沿两组剪切断裂面呈追踪张裂控矿;(c)尖山矿段 33 线接触带断裂与褶皱叠加复合控矿;(d)尖林山矿段 16 线翻卷背斜转折端控矿。

此外,由于构造应力作用于大理岩而形成的层间断裂破碎和层间虚脱部位也都成为成矿物质充填-交代的有利空间。如狮子山矿段,成矿物质沿大理岩层间裂开面而充填-交代形成“铁墙”和沿背斜层间虚脱部位贯入充填-交代,形成的贝壳状矿体等。

值得提出的是狮子山 28 线一带接触面陡而略向南倾,矿体延伸很大,该地段多期矿化叠加的现象明显,似为成矿物质上升的主要通道之一,说明成矿前断裂在此部位早已存在。

综合上述现象可以说明,沿接触带各种断裂破碎构造交汇、叠加部位,对矿区铁铜矿体的形态、产状、矿化特点起了重要的控制作用。

3 结 论

(1)在大冶铁矿,岩体与大理岩的接触带是控制铁矿体的最主要的因素,尤其是接触面上向岩体一侧凹进的“凹兜”直接控制了工业矿体的产出。

(2)岩体接触带(面)上的两组呈追踪张裂面,或“X”共轭裂隙、或沿接触带(面)二组断裂面叠加复合、翻卷背斜转折端虚脱等部位,也是控制矿体产出的重要因素。

(3)尖林山 12-21 线附近深部为找矿有利部位,据此结论,在此矿段深部发现 1 500 万 t 铁矿石。

参 考 文 献

- [1] 石准立,金振民,熊鹏飞,等.湖北铁山“大冶式”铁矿床矿浆成矿问题的初探[J].地球科学,1981(2):145-154.
- [2] 翟裕生,石准立,林新多,等.鄂东大冶式铁矿成因的若干问题[J].地球科学,1982(3):239-251.
- [3] 石准立,熊鹏飞,王定域,等.湖北铁山“大冶式”铁矿床的某些成因问题[J].地质科技情报,1983(1):10-29.

- [4] 石准立,熊鹏飞,王定域,等.湖北大冶铁矿矿床控矿地质条件的分析[J].地质科技情报,1983(1):30-39.
- [5] 熊鹏飞,石准立,张尊光,等.湖北大冶铁矿矿床控矿地质条件的分析[J].中国地质大学学报:地球科学,1984(4):81-88.
- [6] 袁见齐,朱上庆,翟裕生.矿床学[M].北京,地质出版社,1985.
- [7] 赵一鸣.中国矽卡岩矿床[M].北京:地质出版社,1990.

(收稿日期 2009-09-17)

(上接第39页)

中。表面仍有少量未反应的粉煤灰。水化7 d后,已经看不到独立存在的矿渣和粉煤灰颗粒,颗粒的残余部分几乎全部被水化产物覆盖或者掩埋。胶凝材料更加密实,针状的钙矾石大量形成,并相互交叉。在水化28 d的样品中,试块的空隙变少了,主要生成了絮凝状的水化产物。使胶凝材料的力学性能得到提高。

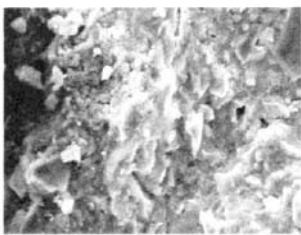


图9 水化1 d的SEM图像



图10 水化3 d的SEM图像

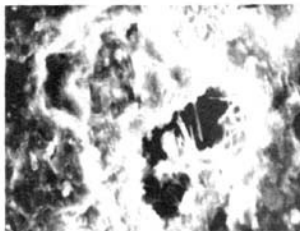


图11 水化7 d的SEM图像

3 结 论

(1) 矿渣的比表面积对强度影响明显,随着矿

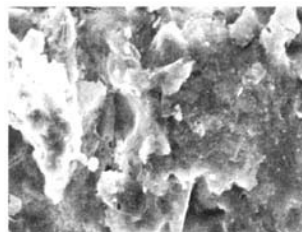


图12 水化28 d的SEM图

渣比表面积的增加,矿渣粉煤灰胶凝材料的强度呈上升趋势,当矿渣的比表面积超过 $500 \text{ m}^2/\text{kg}$ 时,强度增加的趋势较为平缓;

(2) 随着水胶比的增大,矿渣粉煤灰胶凝材料的3 d,28 d抗压强度和抗折强度均呈现出先增大后减小的趋势,当水胶比为0.44时,抗压强度和抗折强度达到最高。

参 考 文 献

- [1] 潘群雄,张长森.影响碱-粉煤灰-矿渣基胶凝材料性能因素的探讨[J].水泥工程,1999,68(2):1-3.
- [2] PALOMO A, GRUTZECK M W, BLANCO M T. Alkali-activated fly ashes a cement for the future[J]. Cem Concr Res, 1999, 29(8):1323-1329.
- [3] 张同生,刘福田,李义凯,等.激发剂对钢渣胶凝材料性能的影响[J].建筑材料学报,2008,11(4):469-474.
- [4] 周惠群,熊家国,张育才.工业废渣制备复合胶凝材料特性研究[J].武汉理工大学学报,2008,30(3):53-56.
- [5] 林灼杰,尹 健,李益进.水泥-粉煤灰复合胶凝材料水化特性研究[J].铁道科学与工程学报,2008,2(6):76-82.
- [6] 李东旭,王玉江,吴学权.复合外加剂对高掺量矿渣水泥强度和孔结构性能影响[J].南京化工大学学报,2000,22(1):37-41.
- [7] 张长森,薛建平,房利梅.碱激发烧煤矸石胶凝材料的力学性能和微观结构[J].硅酸盐学报,2004,32(10):1276-1280.
- [8] Wen Ni, En Wang, Jianping Li, et al. Cementing properties of steel slag activated by sodium silicates and sodium hydroxide[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2005, 22(5): 464-468.

(收稿日期 2009-09-04)