河北省涞源县支家庄铁矿地质特征及成矿规律

Geological Characteristics and Ore-forming Process of Zhijiazhuang Iron Deposit, Laiyuan County, Hebei Province

马国玺

（河北省保定地质工程勘查院，河北 保定 071051）

Ma Guoxi

(Baoding Geological and Engineering Exploration Institute of Hebei Province, Baoding 071051, Hebei, China)

摘 要 支家庄铁矿是夕卡岩型矿床。本文在收集前人资料的基础上，通过实际观察研究，对矿床成矿地质条件、矿体特征、成矿作用等特征进行了分析总结，认为：矿床成矿母岩为黑云母花岗岩，主要赋矿围岩为高于庄组白云岩；黑云母花岗岩为同熔型花岗岩类，其成岩年龄为 147 Ma；成矿作用主要是接触交代作用，通过接触交代作用在内带形成一套钙夕卡岩，在外带形成一套镁夕卡岩，铁矿体主要赋存于外带蛇纹石夕卡岩中。母岩暗色矿物的钠长石化（即母岩的退色蚀变）是成矿物质的主要来源之一；矿石物质成分、围岩蚀变及矿物流体包裹体研究表明，矿床经历了简单夕卡岩期（高温阶段）、复杂夕卡岩期（中温阶段）和石英硫化物期（中低温）的演变过程，磁铁矿化主要发生于复杂夕卡岩阶段。

关键词 蚀变分带 富集规律 矿床成因 支家庄铁矿

支家庄铁矿是典型夕卡岩矿床。建国以来，矿床勘查开发工作不断深入，北京地院、北大地质系等科研院所先后到矿区进行实习、研究工作，积累了丰富的资料。本文以收集前人资料为主，结合自己长期在矿区工作中的观察，研究总结矿床地质特征，揭示其成矿规律，为加深对该类矿床的认识进而指导找矿提供借鉴依据。

1 地质背景

矿床地处太行山成矿带北段，阜平变质核杂岩北西倾伏端，乌龙沟－上黄旗深断裂旁侧，属山西断隆与燕山台褶带两个Ⅱ级大地构造单元的接合部。矿区东邻于城铁（铜）矿，西与著名的大湾锌钼矿相连，是太行山区最重要的有色及黑色金属矿床集中区之一。

2 成矿地质条件

2.1 赋矿围岩

矿区出露地层主要为中元古代高于庄组、雾迷山组白云岩及太古宙五台群片麻岩，呈顶垂体状分布。矿区南部有中生代火山岩，西部及东部有五台群、阜平群片麻岩分布。高于庄组白云岩是主要赋矿围岩。

2.2 成矿母岩

区内岩浆岩是涞源杂岩体的一部分，主要形成于燕山早期二、三阶段。第二阶段为石英闪长岩、黑

作者简介 马国玺，男，1954 年生，教授级高工，主要从事矿产地质工作。

云母花岗岩、二长斑岩等中深到浅成岩，第三阶段为花岗斑岩、流纹斑岩等次火山岩和粗粒斑状花岗岩、白岗岩等中深成岩。第二阶段的黑云母花岗岩是区内主要铁矿的成矿母岩。

黑云母花岗岩呈岩株状产出于 F_1 断裂两侧，局部相变为花岗闪长岩，与区域石英二长岩相当，地表及深部被白岗岩侵蚀。其成岩 Rb-Sr 等时线年龄为 147 Ma❶。岩石具中细粒－似斑状结构，主要矿物为钾长石、斜长石、石英及黑云母、角闪石等。副矿物组合为磷灰石－榍石－磁铁矿型，以磁铁矿含量高为特征。

黑云母花岗岩化学成分以富碱 w（K_2O）＋w（Na_2O）＝8.8%、K_2O＞Na_2O 为特征，其碱度指数 AR＝2.85～4.12，平均 3.27，在莱特的碱硅关系图上投影于碱性岩区，相当于皮科克的钙碱性岩；里特曼指数 δ＝2.46～3.65（＜4，亦属钙碱性岩），戈蒂尼指数 τ ＝21.20～41.17，在 lg σ-lg τ 图上投影于造山带火山岩区，与区域岩浆岩特征一致。

黑云母花岗岩 w_{Σ}（REE）＝242.4×10^{-6}，略低于花岗岩均值 250×10^{-6}，分布型式曲线为右倾型；其稀土元素地球化学特征符合同熔型花岗岩特点。其($^{87}Sr/^{86}Sr)_i$＝0.7061，＜0.708，具Ⅰ型花岗岩特征，与稀土元素特征相协调。

2.3　控矿构造

区内深大断裂（F_1、F_3）是区域性导（控）岩（矿）构造，黑云母花岗岩与中元古界白云岩的侵入接触构造是区内铁（铜）矿床的基本控矿构造，也是西邻大湾锌钼矿成矿母岩流纹斑岩的控岩（矿）构造之一。矿田伴随阜平隆起，经中度剥蚀形成现今顶垂体构造控矿格局。

（1）支家庄顶垂体：位于 F_1 断裂以西（下盘），由五台群片麻岩、高于庄组及雾迷山组白云岩组成，基底与盖层间为剥离断裂带，兜底岩浆岩为黑云母花岗岩及白岗岩。顶垂体内 NNE 向褶皱及纵断层、NNW 向横断层发育，西部愁尖向斜较宽缓，东部北叉、支家庄背斜较紧闭（局部倒转），总体构成滑动构造型式。其西部接触带赋存大湾锌钼矿，东部接触带赋存支家庄铁矿，经钻探验证，北部接触带亦有隐伏矿体产出。支家庄背斜对铁矿具一定的控制性。

（2）于城顶垂体：位于 F_1 断裂以东（上盘），由阜平群片麻岩、高于庄组白云岩组成，兜底岩浆岩为黑云母花岗岩（花岗闪长岩）。于城铁铜矿受该顶垂体构造控制。

2.4　围岩蚀变

黑云母花岗岩与顶垂体白云岩接触形成一套钙镁夕卡岩。钙夕卡岩主要形成于内带，镁夕卡岩发育于外带，受晚阶段热液影响而为变镁（钙）夕卡岩❷。自岩体向围岩，综合分带为：

（1）钙夕卡岩带（内带）：① 未（弱）蚀变黑云母花岗岩带，可见绿帘石化；② 钠长石化带，形成数米～百余米的钠长石岩或钠长石化黑云母花岗岩，稳定出现。岩石灰白－白色，粒状结构，块状构造，主要蚀变矿物为钠长石，含量可达 95%以上；③ 透辉石夕卡岩或绿帘石化透辉石夕卡岩带，稳定出现。岩石灰白－淡绿色，粒状结构，块状构造，主要由透辉石组成，局部绿帘石化较强；④ 透辉石石榴石夕卡岩或石榴石夕卡岩带，分布局限。岩石为褐－深褐色，粒状变晶结构，块状构造，主要矿物为石榴石、透辉石及少量绿帘石、符山石、方解石、鱼眼石、含钼白钨矿等。

（2）（变）镁夕卡岩带（外带）：① 透辉石夕卡岩或金云母透辉石夕卡岩带，1 m 至数 10 m，稳定出现。岩石灰白色，粒状－磷片状变晶结构，主要矿物为透辉石、金云母、蛇纹石及方解石、硅镁石、磁铁矿等；② 金云母蛇纹石透辉石夕卡岩或金云母透辉石蛇纹石夕卡岩带，0 至数米，局部发育。岩石灰褐色，具粒状、磷片状交代残余等结构，块状－团块状构造。主要矿物为透辉石、蛇纹石、金云母及硅镁石、磁铁矿等；③ 蛇纹石夕卡岩带 20 m 至百余米，稳定出现。岩石黑－深褐色，主要矿物为蛇纹石及少量镁橄榄石、磁铁矿、硅镁石等；④ 蛇纹石化斑花大理岩带，10 m 至十几米,较稳定出现。岩石白－灰白色,不等粒结构，块状－条带状构造，主要矿物为方解石、白云石、镁橄榄石、蛇纹石及少量磁铁矿、硼镁铁矿；⑤ 白云大理岩带（未发生交代蚀变）。

---

❶ 马国玺. 1992. 河北省涞源县南屯乡大湾锌钼矿地质特征及成矿规律.

❷ 石准立等. 1965. 涞源地区岩浆期后矿床成矿规律科研报告.

内带以钠长石化退色蚀变带最发育，伴有磁铁矿化；外带以金云母透辉石夕卡岩及蛇纹石夕卡岩最发育，伴有强烈磁铁矿化和硼镁铁矿化并形成工业矿体。各蚀变岩带之间为渐变过渡关系。

2.5 接触交代作用特点分析

各类蚀变岩化学成分及其变化曲线表明，主要化学成分的迁移富集有以下几个特点：① 硅、铝自内带向外带迁移，自岩体向围岩 SiO_2、Al_2O_3 呈逐渐降低趋势；② 钙、镁自外带向内带迁移，自围岩向岩体，CaO、MgO 呈降低趋势。钙自外带强烈迁出，尤其是蛇纹石夕卡岩带（主要赋矿岩带），钙几乎全部迁出，富集于内带钙夕卡岩带；镁自斑花大理岩带明显迁出，富集于外带镁夕卡岩带中，且以蛇纹石夕卡岩带最富集，镁与钙似呈消长关系；③ 铁明显富集于整个蚀变带中，且自内蚀变带向外蚀变带趋于降低，与硅、铝变化趋势相近，从而表明铁是从内蚀变带向外蚀变带迁移的。

综合上述，接触交代蚀变成矿作用具有如下特点：① 在接触交代过程中，以渗滤交代为主，硅、钙迁移富集最甚，镁、铝（铁）迁移富集明显；② 内蚀变带聚钙去硅、铝（铁）作用明显，外蚀变带则去钙和聚镁、硅、铝、铁作用显著；③ 铁矿体主要赋于外带蛇纹石夕卡岩带中，此带恰是钙迁移、镁富集最甚的部位。

3 矿床地质特征

支家庄铁矿是中型的典型夕卡岩型矿床，分布于支家庄顶垂体的东部接触带内，大致沿支家庄背斜展布，由支家庄和荞麦地北南两个矿段组成。

（1）矿体特征。矿体主要受接触带构造及与接触带近平行的支家庄背斜构造控制，呈透镜状、扁豆状及囊状、脉状产于外接触带镁夕卡岩中：①北矿段(支家庄矿段)。位于支家庄背斜的北段，主要产于其东翼接触带的蛇纹石夕卡岩带中，有大小矿体 56 个。矿体长 280～380m，厚 10～14m，品位 34.71%～38.05%。一般为 NNE 走向，向南东倾斜,倾角 5°～60°，与接触带产状一致；②南矿段（荞麦地矿段）。位于支家庄背斜南段倾没端，矿带主要由东西两个矿体组成，矿体长 500～700 m，厚数十至 200 m，品位 34.38%～34.67%，走向近东西，大部向南倾斜，矿体形态、产状受接触带制约。除铁矿外，尚有数厘米至数十厘米厚的硼镁铁矿体顺层理产出于蛇纹石化白云岩中，其工业意义不大。

（2）矿石特征。矿石一般为他形－自形粒状结构，条带状、致密块状及浸染状和角砾状构造。主要金属矿物为磁铁矿及硼镁铁矿和少量磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物。非金属矿物有蛇纹石、镁橄榄石、方解石、硅镁石、金云母、透辉石、绿泥石、石榴石等。① 磁铁矿：多呈八面体、五角十二面体。其形成可分为 3 个期次：简单夕卡岩（钙镁夕卡岩）期、复杂夕卡岩（变镁夕卡岩）期和热液期，复杂夕卡岩期为主要成矿期。不同期次的磁铁矿物理性质及化学成分差异不大，以较富镁（锰）而贫铬、钒（钛）为特征。② 硼镁铁矿：黑－暗绿色，长柱－针状晶体，集合体呈放射状、菊花状、束状，粒度 0.2～15 cm，选择交代镁橄榄石等，与磁铁矿、硅镁石等共生。硼镁铁矿受后期热液作用往往发生硼镁石化。

（3）矿床富集规律及矿化分带。矿床产于母岩与围岩的接触带，其富集规律及矿化分带受接触交代作用控制：① 矿床主要形成于支家庄背斜倾没端及轴部附近的接触带，尤其岩体凹入或“超覆”部位，接触带与围岩层理近直交者最为有利；② 磁铁矿主要富集于镁或变镁夕卡岩带，尤其镁橄榄石夕卡岩或蛇纹石变镁夕卡岩中。硼镁铁矿富集于镁橄榄石夕卡岩带外侧及蛇纹石化斑花大理岩带，在空间分布上与磁铁矿最富集的部位一致，其分带规律为：白云岩、大理岩｜硼镁铁矿－斑花大理岩｜硼镁铁矿－磁铁矿｜蛇纹石磁铁矿。

4 矿床成因

4.1 成矿时代

前已述及，支家庄铁矿属典型夕卡岩型矿床，与燕山早期第 2 阶段黑云母花岗岩有关。成矿年龄大

致与母岩年龄（147Ma）相当，约为中侏罗世。

4.2　流体包裹体特征

对不同产状的透辉石、石榴石、方解石等夕卡岩矿物的研究表明❶，包裹体一般为不规则多边形，长轴长 5～10μm，以气液包裹体为主，个别为气相或含子矿物的多相包裹体，各类包裹体共存。

（1）均一温度及盐度。① 钙夕卡岩矿物。A. 石榴石：均为气液包裹体，气液比一般 15%～30%。个别含子矿物，盐度 41.56%。均一温度 497～540℃以上。B. 透辉石：气液包裹体为主,气液比一般 15%～50%，均一温度 397～510℃，集中于 450～480℃之间。②（变）镁夕卡岩矿物。A. 透辉石：气液包裹体为主，个别为气相或含子矿物多相包裹体，各类包裹体共存。气液比一般 15%～60%，均一温度 383～447℃，集中于 400～420℃之间。含子矿物多相包裹体盐度 39.03%。B. 硅镁石：为气液包裹体，气液比 20%，均一温度 280℃。C. 方解石（与硼镁铁矿共生）：均为气液包裹体，气液比 10%～30%，均一温度 253～308℃，集中于 280～290℃。

（2）包裹体成分。内外带透辉石化阶段成矿流体均为富含钾、钠、钙、镁、氯和二氧化碳，略偏碱性的盐水体系。盐度由内带向外带降低，Na^+/K^+比值由内带向外带增高，F^-/Cl^-比值自内带向外带降低，表明成矿过程有地下水参与，随远离岩体地下水作用增强。

4.3　矿床成因分析

根据成矿作用特点及矿床地质特征，矿床成矿过程可划分３个成矿期（阶段）。

（1）简单夕卡岩期：此期成矿体系处于高温阶段（383～540℃），成矿流体近中性（pH＝7.58），在内带形成斜长石岩和石榴石、透辉石夕卡岩等钙夕卡岩；在外带形成镁橄榄石、透辉石等镁夕卡岩，伴随少量磁铁矿化（早期矿化阶段）

（2）复杂夕卡岩期：此期成矿体系处于中高温阶段（250℃以上），内带发生绿帘石化，外带发生变镁夕卡岩化，形成蛇纹石夕卡岩、金云母蛇纹石透辉石夕卡岩等变镁夕卡岩，伴随强烈磁铁矿化及硼镁铁矿化（中期矿化阶段）。

（3）石英硫化物期：此期成矿体系处于低温阶段。此期内带继续发生绿帘石化，局部可形成绿帘石岩；外带主要是晚期蛇纹石化，在远接触带的裂隙中可形成小的铅锌矿体（晚期矿化阶段）。

上述 3 个成矿阶段（期）中，早期阶段内带的退色蚀变是成矿的重要前提条件之一，暗色矿物的钠长石化过程（退色）是铁质及其他矿化剂元素不断析出加入到成矿体系的过程；中期阶段是成矿主期；晚期阶段矿化甚微，对矿床贡献不大。

综合前述，矿床为典型接触交代型夕卡岩矿床，成矿热液为岩浆热液与天水的混合体系，铁等成矿物质主要来源于岩浆热液及岩体本身。

参　考　文　献

牛树银，陈路，许传诗，等. 1994. 太行山地区地壳演化及成矿规律. 北京：地震出版社.

章百明，赵国良，马国玺，等. 1996. 河北省主要成矿区带矿床成矿系列及成矿模式. 北京：石油工业出版社.

赵一鸣，林文蔚，等. 1990. 中国夕卡岩矿床. 北京：地质出版社.

❶ 邱录军. 1992. 河北涞源支家庄铁矿夕卡岩研究. 北京大学毕业论文.