

地质 · 矿床

陕西省勉县后沟锰矿成矿特征、成矿模式及找矿标志

杨钟堂¹, 李智明¹, 乔耿彪¹, 宋忠宝¹, 刘小舟², 万 伟³

(1. 西安地质矿产研究所, 西安 710054; 2. 中国冶金地质工程勘察总局西北地勘院汉中分院, 汉中 723000;

3. 西北有色工程责任有限公司, 西安 710100)

[摘 要] 新发现的后沟锰矿床位于南秦岭磷锰成矿带的中段, 目前已发现 3 条磷锰矿(化)带并圈定出优质锰矿体 3 个, 均赋存于下寒武统塔南坡组泥质细碎屑岩-碳酸盐岩建造不同岩性段内。作者在对后沟矿床成矿地质背景和矿床特征研究基础上, 对该锰矿的成矿模式和优质锰矿找矿标志进行了分析探讨, 认为本区优质锰矿的形成经历了沉积、变质改造和次生氧化富集的成矿阶段, 提出含锰灰岩(白云质灰岩)和含黄铁炭质片岩为本区的锰矿找矿标志, 磷、锰分离成层成矿是找寻优质锰矿的找矿标志。

[关键词] 陕西勉县 后沟 锰矿成矿特征 成矿模式 找矿标志

[中图分类号] P618.32 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2008)02-0038-07

0 前言

后沟锰矿床地处陕南山地西部, 地理坐标位置为东经 106°32'30", 北纬 33°12'30", 行政区划隶属陕西省勉县武侯乡管辖。后沟地区属于地质和找矿程度低的地区, 上世纪 60 年代 1:20 万区调曾涉及该区, 并在该区东邻发现将台寺铁锰矿点, 以后仅在该区以西地区开展过 1:5 万区调。80 年代后期以来, 特别是地质大调查以来, 该区锰矿找矿工作进展较快, 冶金系统有关地质部门在后沟矿区以东和以西地区先后发现天台山大型磷锰矿床、胡家湾小型锰矿床和小碛河锰矿(点)等, 而后沟一带仅有当地民采磷矿。2006 年西安地质矿产研究所在国家矿产资源补偿费资助下, 对后沟一带进行预查, 通过地表调查和槽探揭露, 并配合少量钻探, 发现 3 条含磷、锰矿(化)带, 并初步圈出规模不等的 3 个优质锰矿体, 证实该地段具有找锰前景。优质锰矿是国家战略资源和紧缺矿种, 后沟锰矿床的发现为在南秦岭磷锰成矿带找寻优质锰矿提供了新的依据。为了拓宽找锰思路, 笔者在对后沟锰矿成矿特征的研究基础上, 总结了其成矿模式和找矿标志, 以飨同仁。

1 区域成矿地质背景

后沟锰矿区位于扬子地台北缘勉略构造地块(摩天岭地垒)东北端与南秦岭加里东褶皱带相毗邻地区。区域上, 扬子地台北缘经历了长期复杂的地质演化历史。中元古代时期经历了活动陆缘的地质演化以及原始古陆块的汇合拼接历史, 晋宁运动以来随着中国南北统一中国古大陆的裂解, 扬子准地台北缘又进入稳定的被动大陆边缘演化阶段, 裂隙作用使得地台边缘形成多个拉张盆地及陆内同生盆地, 而加里东初期裂隙构造持续作用, 又使晚震旦世扬子地台北缘形成的拉张盆地及陆内同生盆地继续裂解构成地堑和地垒相间的构造格局, 从而形成在扬子地台北缘西段与松潘—甘孜地块(摩天岭地垒)之间的陆缘盆地, 地台北缘东段与安康地块之间的裂隙盆地以及南秦岭褶皱带南缘东西向一线的裂隙盆地等。这些裂隙盆地对锰矿的空间分布具有重要的控制作用, 使得区域上具有多时代的沉积成锰特点, 构成巴山锰矿成矿带, 南秦岭锰矿成矿带, 摩天岭锰矿成矿带。该工作区即位于南秦岭锰矿成矿带内(图 1)。

南秦岭锰矿成矿带呈近东西向分布, 东起汉中

[收稿日期] 2007-01-15; [修订日期] 2007-04-23。

[基金项目] 国土资源部矿产资源补偿费矿产勘查项目“陕西省勉县后沟锰矿普查”(编号: 国土资发[2005]294号)和中央地质勘查基金项目(编号: 2007611007)资助。

[第一作者简介] 杨钟堂(1950年—), 男, 1975年毕业于西北大学, 副研究员, 现主要从事构造地质及区域成矿规律及找矿方向研究工作。

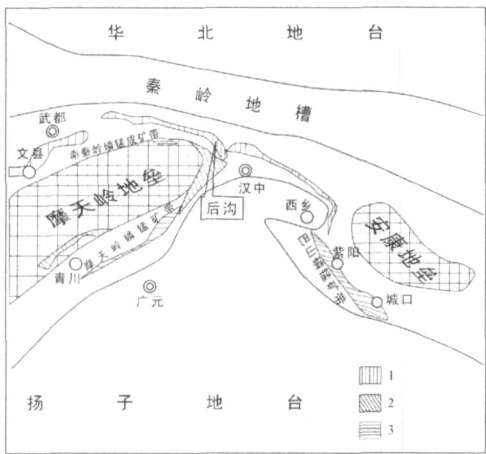


图 1 工作区大地构造位置图 (据李会民,李智明^[6]有修改)

1—寒武系;2—震旦系;3—碧口群

经勉县、略阳向西进入甘肃文县境内,延长约 235 公里,含锰层位稳定,锰资源蕴藏量大。

1 20 万水系沉积物测量成果显示,沿摩天岭地块边缘的南秦岭磷锰成矿带和摩天岭磷锰成矿带 Mn 元素明显富集,沿含锰岩系形成多个锰金属异常。后沟锰矿区位于区域规模最大的锰异常区内。该异常浓度高、分带明显,异常区已发现胡家湾、小碛河、将台寺等(铁)锰矿床(点)。而后沟矿区与位于异常中心的胡家湾锰矿床仅 1.5km,具有良好的成矿地球化学背景。

2 矿区地质特征

2.1 地层

后沟锰矿区位于南秦岭锰矿成矿带中东段,区内出露有前寒武系、寒武系以及第四系地层。除矿区南部分布有前寒武系变质岩系以外,区内主要为早寒武世地层。寒武系下统塔南坡组为矿区主要含锰岩系,层位相对稳定。其主要岩性为:绢云母石英片岩类、炭质板岩、中厚 - 薄层灰岩(白云质灰岩)、含锰灰岩及含磷含锰矿层,根据岩石组合及矿物成分判断,其原岩应为一套陆缘浅海相沉积的泥质细碎屑岩 - 碳酸盐岩建造。按岩性组合特征划分为 3 个岩性段,自下而上依次为:

1) $_{1}t_1$:绢云母石英片岩为主,夹绢云斜长石英片岩,绿泥绢云石英片岩以及磷质灰岩、含锰灰岩及炭质千枚岩等。该岩组下部局部可见到小的呈椭圆形薄饼状产出的含磷含锰泥质碳酸盐岩结核。该岩性段为 磷锰矿(化)带以及 - 1 号锰矿体的产出层位。

2) $_{1}t_2$:下部为薄 - 中厚状灰岩,泥灰岩、白云

质灰岩、炭质板岩、含锰灰岩以及绢云母石英片岩、钙质片岩、硅质岩等,为 磷锰矿(化)带及 - 1 和 - 2 锰矿体产出层位;上部为绢云石英片岩、绿泥石英片岩、绿泥绢云石英片岩以及硅质岩等。

3) $_{1}t_3$:中下部为中厚层 - 薄层状泥质灰岩、硅质灰岩、白云质灰岩、含锰灰岩及绢云母石英片岩和炭质板岩,见氧化锰矿石和胶磷矿石,为 磷锰矿化带产出层位。上部钙质绢云片岩、含磷锰钙质绢云片岩等。

对矿区各种不同岩性岩石近 200 件样品的锰、磷含量的测试数据分析表明,各片岩类和白云岩的锰磷含量均较低,绢云母石英片岩的 P 和 Mn 的平均含量为 0.03% 和 0.05%;白云岩的 P 和 Mn 平均含量分别为 0.01% 和 0.09%;炭质板岩的 P 和 Mn 平均含量则为 0.20% 和 0.09%, P 的增高幅度大于 Mn;而灰岩(白云质灰岩)中磷的含量在 0.02% ~ 0.13%,Mn 平均 0.08% ~ 0.54%,将灰岩与其他岩类相比较,P 含量相对变化不大,但 Mn 含量则有较明显的增高,而且增高幅度远大于磷元素的幅度。由此可知,灰岩和炭质板岩乃为该工作区主要的含矿岩类。各类岩性的磷锰元素含量相关性以及不同岩类之间含量变化幅度对比见图 2。

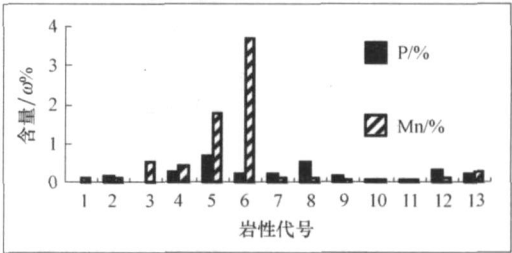


图 2 后沟锰矿区各岩类成矿元素含量对比图

1—白云岩;2—白云质灰岩;3—灰黑色不纯灰岩;4—碎裂块状不纯灰岩;5—含磷锰灰岩;6—含锰灰岩;7—炭质板岩;8—碎裂炭质板岩;9—炭质板岩夹薄层灰岩;10—含炭绢云母石英片岩;11—绿泥绢云母石英片岩;12—石英绢云母片岩;13—钙质绢云母石英片岩

2.2 构造

后沟锰矿工作区处于康县 - 略阳褶皱带与摩天岭褶皱带的交接部位,南西紧靠略 - 褒断裂。该矿区位于北西西 - 近东西走向的七里沟 - 亢家山倒转褶皱的北翼,构造相对简单。地层主要呈单斜产出,沿层间滑动伴生的小褶皱和小褶曲构造发育,褶曲枢纽及枢纽面等构造要素沿水平及垂直方向多呈不规则的波状弯曲。岩层总体走向北西西,倾向北东,倾角 55° ~ 70°。断裂构造主要为北西西 - 近东

西向的走向断层,其次为北东向断裂。主要的北西西-近东西向断层有 F_1 和 F_2 。 F_1 规模相对较大但 成 生 时 期 相 对 较 晚,地 表 宽 度 几 米 到 数 十 米 不 等,最 宽 处 达 40m,断 裂 带 内 糜 棱 岩、碎 裂 岩 发 育,具 有 挤 压 逆 冲 性 质。 F_2 为 走 向 断 层,与 矿 带 相 伴 产 出,矿 带 矿 化 岩 石 受 断 裂 影 响 而 呈 碎 裂 块 状,局 部 成 为 断 层 泥。北 东 向 断 裂 规 模 小,且 多 具 剪 切 性 质,属 于 走 向 断 层 的 低 序 次 配 套 成 分。从 目 前 掌 握 的 资 料 分 析,断 裂 构 造 对 锰 矿 成 矿 作 用 无 明 显 控 制,但 对 矿 化 带 的 空 间 展 布 和 锰 矿 体 的 定 位 有 明 显 的 影 响,北 东 向 断 裂 切 割 矿 带 并 发 生 一 定 位 移。

2.3 岩浆活动作用

矿区内岩浆岩体出露少,仅在工作区南部黑沟 门 一 带 出 露 有 二 长 花 岗 岩 体 (七 里 沟 二 长 花 岗 岩 体),工 作 区 中 部 有 闪 长 岩 脉 (变 形 变 质 程 度 较 高,

成为闪长质糜棱岩)和石英脉产出。据西安地质矿 产 研 究 所 对 七 里 沟 二 长 花 岗 岩 体 的 研 究,其 生 成 年 龄 为 467.1Ma (锆 石 $U \sim Pb$),为 加 里 东 期 岩 浆 活 动 产 物。张 二 朋 等 人^[1]对 该 岩 体 的 主 量、稀 土 及 微 量 岩 石 化 学 的 研 究 分 析,其 SiO_2 73.48%, AR 3.08, A/CNK 1.01, K_2O/Na_2O 1.28, Rb/Sr 1.02, Sr/Ba 0.05, K/Rb 571.68,稀 土 配 分 曲 线 具 有 明 显 的 负 铈 异 常 特 征,具 有 陆 壳 改 造 深 成 型 地 球 化 学 特 点。

3 矿床特征

3.1 矿(化)体产出特征

此次工作初步圈定出 3 条磷锰矿(化)带,按优 质 锰 的 工 业 标 准,圈 定 出 优 质 锰 矿 体 3 个,锰 矿 (化)带和锰矿体的展布状况见图 3。

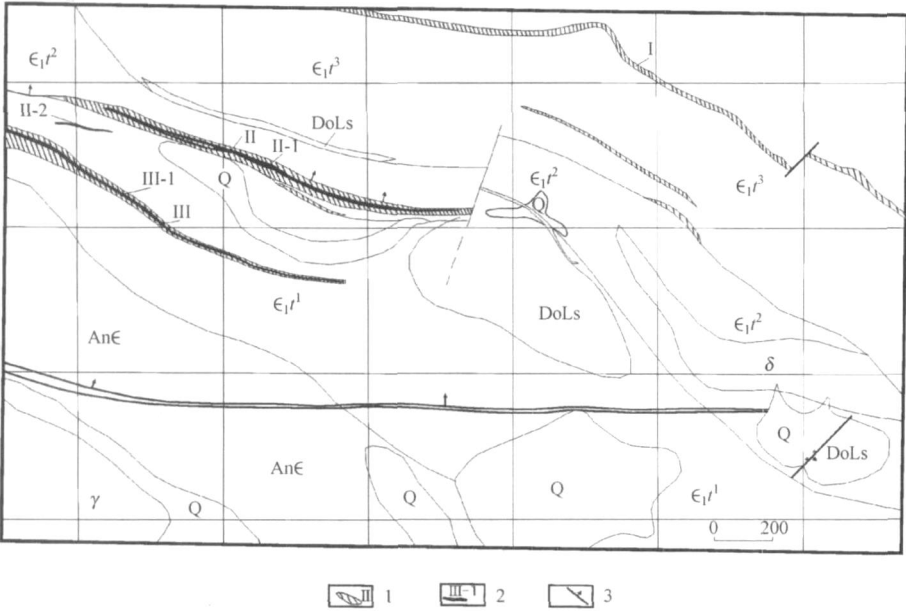


图 3 后沟锰矿区地质矿产分布略图

Q—第四系冲、洪积物、坡积物; $\epsilon_1 t^3$ —下寒武统塔南坡组上岩组; $\epsilon_1 t^2$ —下寒武统塔南坡组中岩组; $\epsilon_1 t^1$ —下寒武统塔南 坡 组 下 岩 组; An —前寒武系变质岩系; DoLs—白云质灰岩; γ —花岗岩; δ —闪长岩; 1—矿化带及其编号; 2—锰矿体及其 编 号; 3—断 裂 构 造

各矿(化)带地表展布与地层走向基本一致,总 体 呈 100°~120°方 向 延 伸,北 东 倾 向,倾 角 一 般 为 60°~65°,个 别 地 段 可 达 80°,地 表 出 露 长 度 900m 到 2100m 不 等,宽 度 1~8m,最 宽 部 位 可 达 20m。矿 化 带 主 要 由 含 炭 绢 云 母 片 岩、炭 质 板 岩 及 薄 层 含 磷、含 锰 灰 岩 和 含 磷、含 锰 白 云 质 灰 岩 等 组 成。对 矿 带 钻 探 结 果 显 示 出 该 矿 (化)带 沿 倾 向 方 向 延 伸 较 稳 定 (图 4),并 且 沿 走 向 具 有 自 西 而 东 的 倾 伏 延 深

趋势。

已圈定出的 1、2 和 3 等 3 个锰矿 体 多 呈 似 层 状、扁 豆 状 及 透 镜 状 产 出,呈 断 续 状 沿 100°~120°方 向 延 伸,矿 体 控 制 长 度 分 别 为 900m、 150m 和 950m,矿 体 厚 度 0.8~2.47m,其 中 1 矿 体 可 进 一 步 划 分 为 上 下 两 个 分 支 矿 体,平 均 矿 体 真 厚 度 分 别 为 0.82m 和 1.61m,支 矿 体 间 被 炭 质 片 岩 和 含 锰 灰 岩 所 隔。矿 体 沿 倾 向 矿 (化)体 底 板 多 为

西安地质矿产研究所. 陕西省勉略宁区中酸性岩与铁、铜、金成矿关系研究报告 (科研报告), 1990.

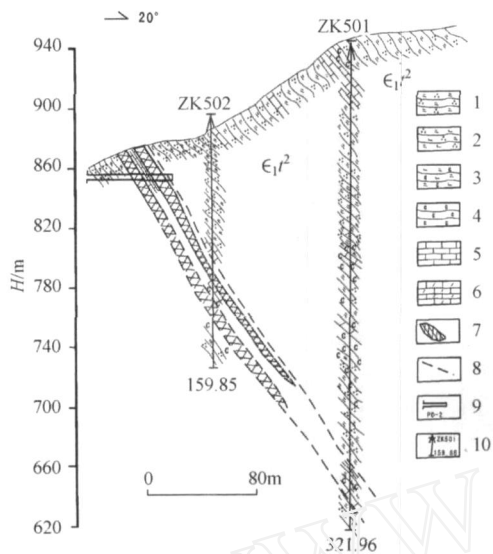


图 4 后沟锰矿区 5 线钻孔剖面图

1—绢云母石英片岩;2—钙质绢云母石英片岩;3—含炭钙质绢云母片岩;4—炭质板岩;5—灰岩;6—白云质灰岩;7—锰矿体;8—推测断层;9—探洞;10—钻孔及其编号; E_{1r}^2 —塔南坡组中岩性段

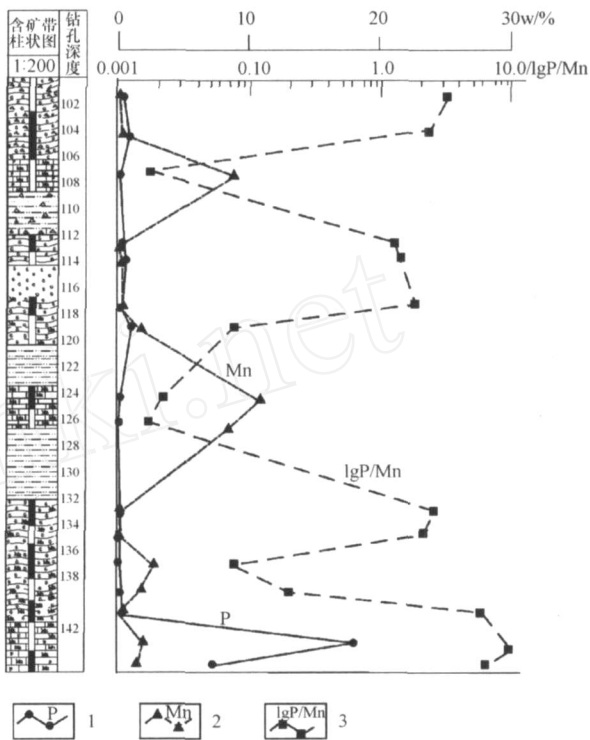


图 5 下磷上锰分离成层产出特征曲线图 (ZK502 孔)
1—磷含量;2—锰含量;3—磷锰比的对数值

含磷含锰灰岩 (白云质灰岩),顶板岩性主要为炭质板岩,局部为含炭石英绢云母片岩和钙质绢云母片岩等,顶底板岩石中黄铁矿等硫化金属矿物含量较高 (一般在大于 3%,局部含量达 10%以上),因此地表矿体围岩褐铁矿化现象普遍。

槽探和钻探揭露显示出,各磷锰矿化带的矿化体具有多层性,且往往表现为下磷上锰的分离成层富集特征,其间往往被绢云母石英片岩及炭质片岩 (或板岩)相隔。图 5 反映出 ZK502 孔所揭示的矿带内磷矿层和含锰矿层的分布及其磷锰含量间的消长关系。类似该磷锰分离单独成矿层的现象在槽探和其他钻孔柱状地化剖面中屡屡见及。

矿化带空间展布受成矿后构造的改造控制明显,矿化带被断层切割且位移,带内小褶曲及软硬岩层层间逆冲构造破碎带发育,受构造作用影响,锰矿 (化)体在空间上呈非连续性的似层状、扁豆状及透镜状形态,并且深部的矿体产状表现为与地表产状存在一定的不一致性 (图 5),矿化体边部常具有强烈的构造形变现象等。地表槽探揭露显示矿化透镜体 (扁豆体)的长短轴的长度比在 8 1~12 1。

3.2 矿石及其成分特征

矿石结构构造:次生氧化锰矿石结构主要有自形-半自形粒状结构、其次有交代残余结构、球粒结构;矿石构造主要有块状、土状、条带状、多孔状、浸染状构造,其次有脉状-网脉状构造等。原生矿石

结构主要有晶粒状和球粒状,其次有固溶体分解结构和交代结构。矿石构造主要有薄层状、块状、条带状构造等。

矿石自然类型为碳酸锰矿石和氧化锰矿石,以及氧化-半氧化的混合矿石。矿石矿物主要为软锰矿、硬锰矿、褐锰矿、水锰矿、羟锰矿、钙锰矿、塔锰矿 [也称钙硬锰矿,矿物分子式为 $(Mn, Ca)Mn_4O_9 \cdot 3H_2O$],菱锰矿等,脉石矿物主要为方解石、羟钙石、(铁)白云石、石英、云母、菱灰石、蒙脱石、硬水铝石等。地表氧化带的氧化矿石以软锰矿、水锰矿、羟锰矿、褐锰矿和钙锰矿等为主,矿物成分复杂;在距地表 30m 处的矿洞内所见矿石为氧化-半氧化矿,经对矿石的 X-射线衍射分析,其中以塔锰矿、羟锰矿 [矿物分子式为 $Mn(OH)_2$]和钙锰矿 [矿物分子式为 $(Mn^{2+}, Ca, Mg)Mn_3^{4+}O_7 \cdot H_2O$]为主,含量可达到 60%~77%。羟锰矿易氧化成锰的混合物,有时成为水锰矿;对钻孔采集的深部原生矿和含锰灰岩的物相分析表明,以菱锰矿为主,含量可达到 90%左右。此外不同矿带锰矿体的矿石和脉石矿物组合也存在一定的差异。不同矿带锰矿体矿石矿物组成的 X-射线衍射分析结果见表 1。

矿石品位: - 1 锰矿体锰含量 16.3%~34.2%,最高达 36.77%,P/Mn 比为 0.004~0.005,

Mn/Fe比 8.9 ~ 13.9; - 2矿体长 150m, 锰含量 13.95% ~ 14.58%, 平均 14.36%, P/Mn比为 0.003 ~ 0.013, 平均为 0.007; - 1号锰矿体长度 950m, 锰含量 15.05% ~ 23.99%, 平均 20.97%, P/Mn比为 0.003 ~ 0.006, 平均为 0.004, 按照锰矿石品级划分标准, - 1和 - 2锰矿体为低磷低铁锰矿石, 达到优质锰矿石标准, - 1锰矿体和 矿化带地表揭露的锰矿化体属于中磷中铁锰矿石。对 - 1锰矿体的深部钻探显示了矿体锰矿品位由地表向深部存在逐渐降低趋势。

表 1 后沟锰矿区不同矿体矿石 X - 射线衍射分析表

矿体编号		- 1				- 2	- 1
样品编号		PD2 - 11	PD2 - 1B	Mn - 001B	Mn - 002B	TC901 - 3	TC1101 - 1/B
分析编号		06X - 907	06X - 908	06X - 910	06X - 911	06X - 906	06X - 909
矿物含量 /%	方解石	9	13	12	18	7	40
	铁白云石	/	3	/	/	47	/
	石英	2	3	16	15	2	4
	塔锰矿	10	/	42	/	33	34
	羟锰矿	77	77	15	60	/	/
	钙锰矿					8	/
	羟钙石	/	2	7	3	/	/
	云母	/	/	/	/	/	7
	菱灰石	/	/	/	/	/	6
	白云石	/	/	5	/	/	3
	蒙脱石	/	/	/	/	/	3
	硬水铝石	/	/	/	2	/	/
	未检出	2	2	3	2	3	3

测试单位: 西安地质矿产研究所实验测试中心; 测试时间: 2006年。

对钻孔静止水位和矿石氧化矿及半氧化矿矿石的矿物组合及其产出深度, 推断矿区锰矿床氧化深度一般小于 30m。

对不同类型矿石的密度值测定显示出氧化矿石的密度一般在 2.4 ~ 2.65 之间, 原生矿石的密度为 2.79 ~ 3.08。矿石锰、磷、铁、硅含量分析表明, 地表氧化矿石的锰品位相对较原生矿石的锰品位高, 反映了成矿以后的次生氧化作用对锰的富集具有一定的影响。

对矿石及其围岩岩石进行的 Co、Ni、Cu、Pb、Zn、Ag、Au、B₂O₃ 和 S 等相关成矿元素分析表明, 其含量均较低。将本区分析结果平均值与地壳平均丰度值^[2]相比较, 除 Co 含量低于黎形地壳平均值以外, 其它元素含量都大于或接近黎形地壳平均值。其中 Co 元素丰度值低 (13.06×10^{-6}), 富集系数为 0.52, 其它元素丰度值相对较高, 富集系数均大于 1, 在 1.06 ~ 1.89 之间变化。并且各岩石的 Co/Ni 比值均小于 1, 在 0.06 ~ 0.42 之间, 其中绿泥绢云母石英片岩的 Co 含量为 3.36×10^{-6} , Ni 为 566×10^{-6} , 其 Co/Ni 比仅为 0.06, 因此本区成矿元素具有磷锰共存、低 Co、低 Co/Ni 比以及相对较高富集系数的 Ni、Cu、Pb、Zn 等特征。而含矿围岩极低的 Co/Ni 比反映锰元素物质来源除了与具有丰富基性

火山沉积物质的扬子地台前寒武纪古老地壳的风化物有关外, 还有部分与海底火山沉积有关^[3]。

4 成矿控制及找矿标志

4.1 成矿作用探讨

总结以上后沟锰矿床地质特征, 反映出该矿床具有沉积成因特点, 但又经历了较复杂的成矿期后的变质改造富集作用和后期次生氧化再改造。

4.1.1 沉积成矿阶段

为成矿元素初步聚集和矿源层 (矿胚) 形成阶段。该阶段成矿特征表现为:

1) 层控性: 后沟锰矿区位于南秦岭磷锰成矿带内。据区域地质资料分析, 该成矿带范围实为晚震旦世 - 早寒武世时期扬子地台北缘被动陆缘裂陷带中由略阳 - 文县地堑发展起来裂陷盆地, 它奠定于晋宁期陆缘弧的外带及弧前盆地, 基底属过渡壳^[4]。矿区的锰 (磷) 矿化带展布严格受下寒武统海相沉积地层特别是含炭的泥质细碎屑岩 - 碳酸盐岩建造控制。该建造的岩性特征及其岩石组合可与巴山等相邻地区的早寒武世黑色岩系相对比。矿区各不同岩性的磷锰元素含量情况证实炭质板岩及不纯灰岩类岩石的磷锰元素含量相对较高。也就是说, 区内早寒武世的黑色岩系是磷锰矿的矿源层, 矿

源层直接控制着磷锰矿化带的展布。从对矿石的微量元素含量的初步分析,大部分的磷锰成矿元素极有可能来源于具有丰富基性火山沉积地层的扬子古陆前震旦系结晶基底的风化沉积,同时也不排除局部地段来源于同时期的海底热水喷流沉积。

2) 岩性专属性:各矿化带内的磷锰矿体(层)产出则受到岩性控制,地表和钻孔地质剖面反映出磷锰矿体(层)主要产于含磷锰灰岩(白云质灰岩)和炭质板岩层位内及其上下附近,而其他层位少有矿体产出,这表明磷锰矿层的产出受碎屑岩沉积向欠补偿的碳酸盐类沉积的岩性过渡带控制。矿质沉积条件为含氧不足趋向还原的浅海环境。

3) 氧化还原条件控制磷锰分离沉积成层:P、Mn、B 元素地球化学性质特点决定了他们在缺氧环境条件下多呈分散的溶解态蕴集,而在程度不同的氧化条件下沉积形成矿层^[5],矿区普遍见到的下磷上锰的分离成矿现象便是归因于氧化还原沉积环境条件转变。矿区所见的磷质岩颜色呈黑色而锰质岩石呈深棕色现象反映了其沉积的氧化还原环境条件的差异,反映了锰是在相对弱氧化条件下沉积成层,而磷则是在相对弱还原条件下沉积成层。前人曾对邻区天台山磷锰矿区优质锰矿的磷锰分离成矿现象进行过探讨^[6,7]。而后沟矿区同样存在的这种特征对在本区找寻优质锰矿具有现实意义。

4.1.2 变质改造作用

主要发生于矿胚层形成以后的压实成岩及区域动热力变质作用阶段。由含矿层的岩石类型、岩石中形成的石榴石、绿泥石、绢云母等新生矿物以及矿石所显示的具有变质结构构造特征均表明含矿建造遭受了绿片岩相的低级区域动热力变质作用为主的改造富集成矿作用。区内出露的以七里沟中酸性侵入体为代表的中奥陶世(467.1Ma)构造岩浆活动可能是本区锰矿变质改造富集成矿作用的驱动力。因此可以将后沟锰矿归属于沉积变质矿床类型。南秦岭成矿带已发现沟岭子、天台山等中型锰矿床以及胡家湾、哑姑山、三岔子、横现河、辽洞沟、小扁河等小型矿床和矿点,将后沟锰矿和与其相邻近的天台山矿床和胡家湾小型矿床的成矿地质条件、矿体特征、矿石类型等成矿特征相对比,它们具有极大的相似性,均属同一成因类型。

4.1.3 次生氧化改造再富集

发生于变质改造成矿作用以后的各次构造活动。主要表现为矿区锰矿带的定位受到断裂构造破坏和影响较明显,如矿带受 F₂ 走向断裂的影响,使得含矿岩石和矿体极度破碎,同时也使得原生矿石的氧化程度加深。更值得注意的是钻探结果表明深部原生矿石的锰品位相对较地表氧化-半氧化矿石低,矿石品位变化特征反映了本区锰矿成矿后的开放(包括构造成因的和地貌成因的)环境的次生氧化作用对地壳浅部优质富锰矿的形成起到一定的积极影响。

根据以上所述,可以将后沟锰矿床的成矿模式归纳为沉积变质改造+次生氧化富集。

4.2 找矿标志

区域地质找矿勘查调查研究表明,南秦岭成矿带为沉积变质型锰矿床,以磷锰混合型锰矿为主。如何在南秦岭磷锰成矿带内找寻优质锰矿,是目前在该区锰矿找矿工作中值得探索的问题。通过工作,后沟优质锰矿的找矿标志可初步总结为:

- 1) 含锰灰岩(白云质灰岩)和含黄铁炭质片岩为本区的锰矿找矿标志。
- 2) 磷、锰分离成层成矿是找寻优质锰矿的找矿标志。

致谢:项目野外工作期间,曾得到冶金总局西北地勘院汉中分院和陕西有色地勘局 711 地质队的帮助,汪军谊、何增增、王全仓、张江等人参加本项目部分野外工作,再此一并表示感谢。

[参考文献]

- [1] 张二朋,牛道韞,霍有光,等.秦巴及邻区地质-构造特征概况[M].北京:地质出版社,2005,305-307.
- [2] 南京大学地质系编.地球化学[M].北京:科学出版社,1979,49-51.
- [3] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等.元素地球化学[M].北京:科学出版社,1986,109-111.
- [4] 谭其中,万平益.巴山锰矿带成矿地质条件与勘查开发思考[J].地质与勘探,2006,42(3):36-41.
- [5] 汤中立,钱壮志,任秉琛,等.中国古生代成矿作用[M].北京:地质出版社,2005,305-307.
- [6] 李会民,李智明.扬子地台北缘锰矿成矿地质特征及找矿方向研究[J].地质与勘探,2005,41(1),18-21.
- [7] 骆华宝.我国优质锰矿的勘查方向[J].地质与勘探,2002,38(4),8-11.

GEOLOGIC CHARACTERISTIC, MODEL AND PROSPECTING INDICATIONS
OF HOUGOU MANGANESE DEPOSIT IN THE MIANXIAN, SHAANXI PROVINCE

YANG Zhong - tang¹, LI Zhi - ming¹, QIAO Geng - biao¹, SONG Zhong - bao¹, LIU Xiao - zhou², WAN Wei³

(1 Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054;

2 Hanzhong Branch, Northwestem Institute of Geological Exploration, China Bureau of Exploration and Engineering, Hanzhong 723000;

3 Xi'an Non - ferrous Metal Exploration and Engineering Company Ltd , Xi'an 710100)

Abstract: Hougou manganese deposit has been found recently. It is situated in the middle - east segment of the south Qinling manganese metallogenic zone. Three high quality Mn orebodies have been found in the area. On the base of manganese metallogenic background and ore characters, metallogenic models and prospecting indications of high quality manganese ores in the Hougou area is discussed. It is shown that formation of high quality Mn ores underwent multiple stages like sedimentary, metamorphic transformation, and secondary oxidized - enrichment Mn - bearing limestone, including dolomite limestone, and pyritic carbon schist can be considered as prospecting indications. Phenomena of manganese ores apart from phosphorus can be considered as a sign to find high quality manganese ores.

Key words: manganese metallogenic characteristics, metallogenic models, prospecting indication, Hougou manganese deposit, Mianxian, Shanxi province

十六人获第十次李四光地质科学奖

根据《李四光地质科学奖章程》有关规定,经李四光地质科学奖委员会第五届四次会终评决定,傅家谟等 16 人分获李四光地质科学奖荣誉奖、野外地质工作者奖、地质科技研究者奖、教师奖。

中国科学院广州地球化学研究所傅家谟院士被授予李四光地质科学奖荣誉奖。

获李四光地质科学奖野外地质工作者奖的有 8 人:李惠,中国冶金地质总局地球物理勘查院高级工程师;刘敬党,辽宁省化工地质勘查院高级工程师;朱伟林,中海石油(中国)有限公司高级工程师;张金带,中国核工业地质局高级工程师;周海民,中国石油天然气股份有限公司冀东油田公司高级工程师;李干生,中国石油化工股份有限公司高级工程师;徐水师,中国煤炭地质总局高级工程师;刘玉书,四川省地质矿产勘查开发局 106 地质队高级工程师。

获李四光地质科学奖地质科技研究者奖的有 5 人:陈均远,中国科学院南京地质古生物研究所研究员;马永生,中国石油化工股份有限公司勘探分公司高级工程师;王弭力,中国地质科学院研究员;刘敦一,中国地质科学院地质研究所研究员;周新源,中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司高级工程师。获李四光地质科学奖教师奖的有 2 人,分别为北京大学地球与空间科学学院教授郝守刚,成都理工大学教授黄润秋。

李四光地质科学奖创建于 1989 年,是地质行业最高层次的地质科学技术奖,主要奖励长期从事地质工作并作出突出贡献的地质科技工作者。该奖涉及地质勘查、地质科研、地质教育等,又细分为李四光野外地质工作者奖等四个奖项,各类奖每两年评选一次。此前已评奖 9 次,共有 150 位在地质科学技术方面作出突出贡献的专家荣获该奖。