

四川观音梁子锰矿床地质特征及找矿意义

郑 辉

(四川省冶金地质勘查局六〇六大队,成都 611730)

摘要: 观音梁子锰矿赋存于寒武系邱家河组中,是龙门山中段在邱家河组中新发现的工业锰矿床。通过矿区勘探工作及室内观察、测试等手段,对矿区成矿地质背景、含锰岩系、矿体及矿石矿物特征、矿床成因、找矿前景等方面进行了初步总结分析。研究发现,观音梁子锰矿为典型的沉积型锰矿床,矿体呈层状产于邱家河组三段硅质白云岩中,延伸较稳定,严格受层位的控制;矿石类型为菱锰矿型,主要由菱锰矿、硫锰矿、水锰矿等组成。早寒武世,龙门山地区由于地壳拉张裂陷形成深海盆地,在还原环境下,锰元素与碳酸根直接结合形成碳酸锰矿物,稳定的物源、深海还原环境为锰矿富集提供了有利的成矿环境。观音梁子锰矿的发现,证实了龙门山北段邱家河组含锰层位的存在,为龙门山中段的锰矿找矿提供了契机,同时显示了寒武系邱家河组具有良好的找锰远景。

关键词: 观音梁子锰矿;寒武系邱家河组;沉积型碳酸锰矿;找矿潜力;四川省

中图分类号: P613;P618.32 **文献标识码:** A

0 引言

四川省的锰矿资源比较丰富,已知锰矿床(点)35处,截止目前共查明资源储量 $5\,082.67\times 10^4\text{ t}^{[1]}$,具有分布相对集中(主要分布于扬子地台边缘)、成矿时代众多(从震旦纪到三叠纪)、矿床类型简单(以海相沉积型和海相沉积(变质)型为主)等特点。从矿床成因类型来看,四川省锰矿的分布严格受海相沉积地层(震旦系、寒武系、奥陶系和三叠系)的控制^[1-3],其中寒武系是四川省锰矿产出的主要层位之一^[2-3]。与锰矿有关的含矿地层、岩相古地理、构造等成为沉积型锰矿床研究的重点。20世纪90年代以来,众多研究者对扬子地台周边的寒武系做了广泛而深入的研究,建立了比较完善的寒武系格架^[1,4-6],对区域层序及成矿演化等方面也进行了大量研究,总结了四川省寒武系岩相古地理及成矿演化特征^[7-10]。在川西北龙门山茂县—平武—青川一带,先后在寒武系邱家河组中发现了规模巨大的工

业锰矿,查明锰矿石资源量超过 $500\times 10^4\text{ t}$,目前已被开发利用,具有重要的经济价值。近几年来,在茂县观音梁子锰矿区勘探工作发现,邱家河组中的锰矿体具有品位较高、成层性好、延伸稳定的特点,资源潜力巨大。本文在野外地质工作及相关实验分析的基础上,对观音梁子锰矿床含锰地层、构造、沉积演化、矿体的地质特征进行总结,并对邱家河组含锰地层进行分析探讨,以期今后在该层位中寻找同类锰矿床提供资料和依据。

1 区域地质背景

观音梁子锰矿位于上扬子古陆块与松潘褶皱造山带两个构造单元结合部位的后龙门山推覆造山带中段^[11](图1),NE向北川—映秀断裂之北的复地铺倒转复背斜南东部、大屋基复式倒转背斜北西翼。区内先后经历了中元古代—新元古代基底形成阶段、新元古代—古生代盖层发展阶段,以及中—新生代推覆造山及前陆盆地沉积演化阶段^[12-13],褶皱、

收稿日期: 2016-07-13; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 郑辉(1969—),男,高级工程师,1989年毕业于桂林冶金地质学院地质矿产勘查专业,主要从事地质矿产勘查工作。通信地址:四川省成都市郫县一里东街249号;邮政编码:611730;E-mail:314371747@qq.com

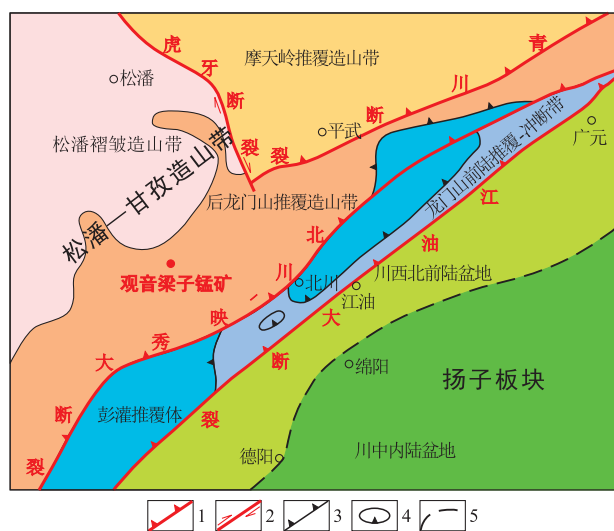


图1 观音梁子锰矿床大地构造位置图

Fig. 1 Geotectonic map of Guanyinliangzi manganese deposit

1. 逆冲断层; 2. 平移断层; 3. 滑脱带;
4. 推覆体及飞来峰; 5. 推测单元边界

断裂构造发育, 总体呈 NE 向的展布格局。

区域出露地层主要为震旦系观音崖组、水晶组, 寒武系邱家河组、油房组, 奥陶系陈家坝组以及志留系龙马溪群、茂县群(图 2)。区内构造复杂, 构造线总体呈 NEE 向展布, 主要有北川—映秀断裂带北部的次级构造九顶山—千佛山逆冲断层和大屋基复式倒转背斜。背斜轴向近 EW, 轴面倾向 N, 倾角约 60°, 东段倾没于千佛山逆冲断层, 其次级褶皱发育, 多为同斜褶皱, 呈雁列式排列。千佛山断层走向 NEE 向, 倾向 N, 倾角约 70°, 上盘为志留系茂县群, 下盘为寒武系油房组和奥陶系陈家坝组, 断距在 500 m 以上。后期的辉绿岩、辉长岩体(脉)等沿着大屋基复式倒转背斜核部侵入, 对邱家河组具有一定的破坏作用。

2 邱家河组岩石组合及沉积演化

在龙门山地区, 邱家河组主要沿北川—映秀断裂北侧呈 NE-SW 向狭长带状展布; 在茂县土门黄水沟一带, 该地层沿着彭灌古陆北侧展布, 层位稳定, 出露厚度较大(图 2)。邱家河组为整合于油房组变质砂岩之下, 整合或假整合于灯影组白云岩之上的一套海相沉积岩, 岩性组合为灰色—灰黑色硅质岩、碳硅质板岩、碳质千枚岩、硅质白云岩、白云岩夹

硅质页岩、碳质页岩等, 底部常见角砾岩, 未发现有效的古生物化石^[10]。在茂县地区, 邱家河组根据岩性组合自下而上分为 3 段:

下段: 下部为黑灰色薄板状粉砂质泥质微晶灰岩夹硅质页岩、黑色碳质页岩, 页岩中夹泥灰岩结核; 上部紫色页岩与灰白色灰岩互层, 灰岩单层厚约 1~15 mm, 页岩夹层厚度为 1~10 mm。本段厚度为 200~300 m。

中段: 由白云岩组成。下部为灰色中厚层微晶白云岩, 上部为假鲕状、内碎屑状白云岩, 顶部为砂砾状构造的白云岩。出露厚度为 100~200 m。

上段: 由硅质岩组成。下部为黑色薄板状硅质岩为主夹硅质页岩及黏土页岩, 底部侵入有黄铁矿化、次闪石化的辉绿岩脉; 上部为灰黑色含磷含锰碳质、硅质页岩夹硅质岩, 近顶部夹几层含磷泥质灰岩或含磷硅质灰岩, 也有辉绿岩脉穿插。本段厚 100~200 m。部分地层出露在一些山顶部位, 岩石风化淋滤作用强烈, 含锰地层风化后多孔隙, 呈浅褐色, 遇双氧水强烈起泡。

晚震旦世晚期以后, 原特提斯洋盆拉张—消减^[15], 整个南方处于地壳拉张裂陷阶段, 产生广泛海侵, 沉积岩相随之发生变化。早寒武世早期, 后龙门山造山带处于次深海或深海还原环境—滨岸或浅海环境^[11,16], 海水来自北西方向^[10]; 到早寒武世晚期, 上扬子地区开始抬升, 后龙门山及其邻区也逐渐隆起, 海水变浅。对应这 2 个时期, 在龙门山地区呈 NE-SW 向延伸的狭长地带, 沉积形成邱家河组和油房组。

深海相邱家河组为硅质岩、含碳硅质岩类沉积, 根据其岩性组合特征可以看出, 在灯影期末的浅水环境发生了快速沉降, 地层中一般缺乏生物及层理构造, 含碳量普遍较高, 推测其沉积环境在平均浪基面之下^[7]。早期沉降幅度较大, 形成邱家河组下部的深海斜坡亚相沉积, 至邱家河中期稳定后形成深水盆地亚相沉积, 邱家河晚期至油房早期盆地持续抬升, 油房晚期变为斜坡环境的浅水沉积^[10], 沉积了油房组含碳硅质粉砂岩、粉砂岩和粉砂质页岩。在平武平溪、茂县土门一带, 沉积物中碳酸盐岩类含量增多, 由硅质灰岩与碳酸盐锰矿层组成不等厚韵律互层。

3 矿体地质特征

3.1 矿区含锰岩系特征

观音梁子锰矿区的含锰层位为寒武系邱家河组

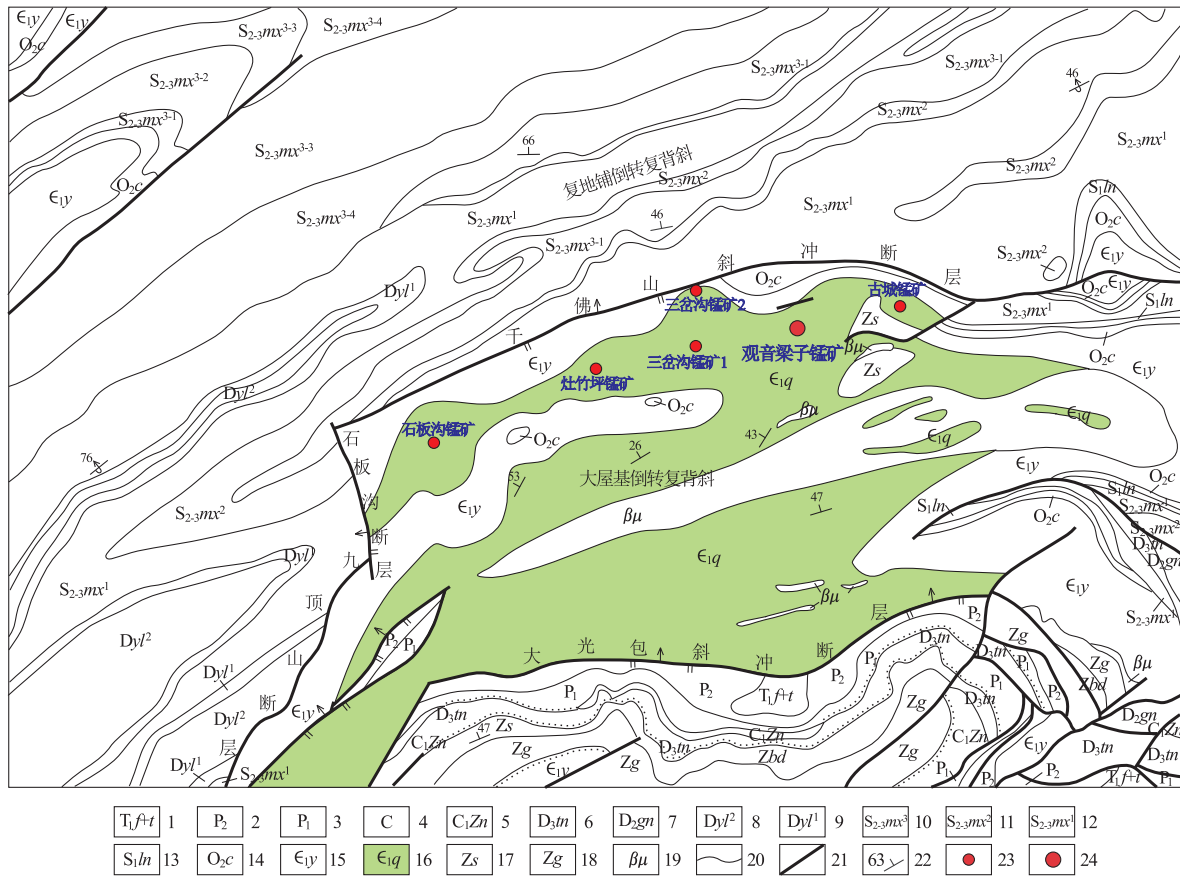


图 2 观音梁子锰矿区域地质简图

Fig. 2 Regional geological sketch of the Guanyinliangzi manganese deposit

1. 飞仙关组+铜街子组; 2. 二叠系上统; 3. 二叠系下统; 4. 石炭系; 5. 总长沟群; 6. 唐王寨组; 7. 观雾山组; 8. 月里寨群上组; 9. 月里寨群下组; 10. 茂县群第三组; 11. 茂县群第二组; 12. 茂县群第一组; 13. 龙马溪组; 14. 陈家坝组; 15. 邱家河组; 17. 水晶组; 18. 观音崖组; 19. 辉绿岩脉; 20. 地质界线; 21. 断层; 22. 产状; 23. 矿点; 24. 锰矿床

上段(图 3a),根据地表及钻孔岩石组合特征,可将邱家河组上段分为 2 个亚段:

(1)邱家河组上段第一亚段(E_1q^{3-1})。由多个沉积旋回组成,自下而上依次为:

①硅质白云岩、砂质白云岩夹少量碳质硅质板岩,蚀变为硅化、强方解石化、黄铁矿化,局部可见石英脉、方解石脉和黄铁矿,底部为碳质板岩夹条带状黄铁矿。该层厚 128~233 m。Ⅳ号矿层赋存于碳酸盐向碎屑岩过渡带,底板为碳硅质板岩,含矿岩石为含锰硅质白云岩(图 3b)。

②上部为含锰碳质硅质板岩,局部夹绢云母千枚岩和白云岩透镜体;中部为含锰硅质白云岩、硅质白云岩、含砾白云岩、砂状白云岩;下部为硅质白云岩、砂质白云岩夹硅质岩、硅质板岩、碳质板岩。蚀变主要有硅化、强方解石化,局部可见方解石细脉顺层分布。该层以底部的硅质岩与下伏灰色中厚层状白云岩层相区分。该层厚约 151 m。Ⅲ号矿层赋存

于该层中,含矿岩石为含锰硅质白云岩(图 3c)。

③由硅质板岩、硅质岩和白云岩组成,方解石细脉发育,呈细脉状、树枝状,局部可见孔雀石化。厚约 253 m。Ⅰ和Ⅱ号矿层赋存于该层中,含矿岩石为含锰硅质白云岩,地表风化后多空腔,呈灰黑色(图 3d),呈板状、薄片状,遇双氧水强烈起泡。

(2)邱家河组上段第二亚段(E_1q^{3-2})。由绢云千枚岩和碳质千枚岩组成,局部夹少量粉砂岩。厚约 61 m。

3.2 矿体分布特征

矿区现已发现 5 个锰矿体(图 4),均以原生菱锰矿为主,地表氧化深度 3~5 m,矿体埋深 0~332 m。矿体产状与围岩产状基本一致,呈层状、似层状或透镜状,总体走向 NE,倾向 $315^\circ\sim 336^\circ$,倾角 $39^\circ\sim 59^\circ$ (图 5)。矿体由北向南划分出Ⅰ号—Ⅳ号共 4 个矿层,其中Ⅲ号和Ⅳ号为主矿层,矿体基本特征如下。

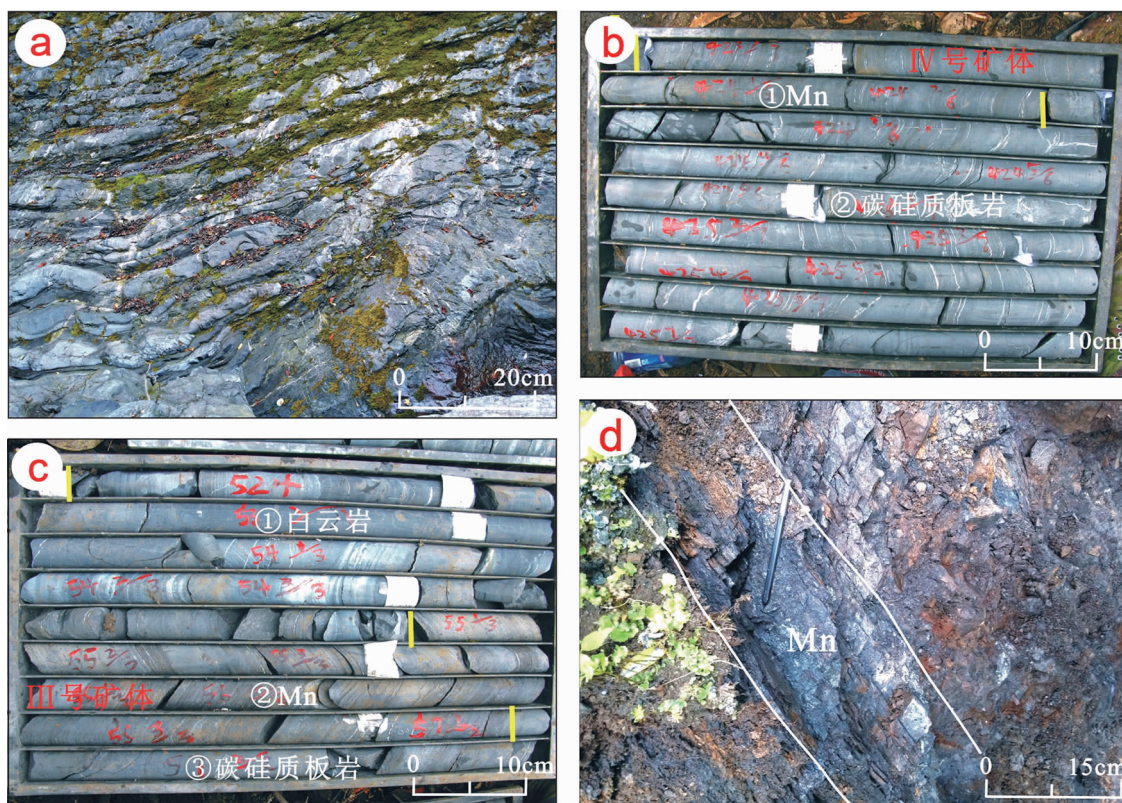


图3 观音梁子邱家河组及钻孔 ZK2408 岩心特征照片

Fig. 3 Photographs showing column of Qiujiaye Formation and characteristics of core from drill hole ZK2408

① I 号矿层: 出露于矿区北部, 延伸不稳定, 总长约 350 m, 钻探工程控制最大斜深 182 m; 矿层厚 1.21~2.3 m, 锰的品位为 8.26%~13.64%, 平均 10.36%; ② II 号矿层: 地表出露总长约 2 185 m, 北端止于 F_1 断层, 矿层走向 NE, 钻探控制最大斜深 515 m; 矿层厚 0.71~2.12 m, 锰的品位为 8.06%~27.64%, 平均 13.07%; ③ III 号矿层: 出露于矿区中部龙潭溪沟, 控制长度 2 977 m, 走向 NE, 钻孔控制最大斜深 496 m; 矿层厚 0.88~2.63 m, 锰的品位为 8.41%~14.94%, 平均品位 12.31%; ④ IV 号矿层: 出露于矿区南东部, 长度 2 409 m, 走向 NE, 钻孔控制倾向延深 830~1 031 m; 矿层厚 0.63~2.96 m, 锰的品位为 8.61%~15.68%, 平均品位 12.30%。整体而言, 矿区锰矿层的出露均顺层分布于邱家河组上段中, 延伸稳定, 为典型的层状矿体。

3.3 矿石矿物特征

3.3.1 矿石特征

由于矿区次生氧化带不发育, 矿石类型基本为原生碳酸锰矿石, 含少量硫锰矿、水锰矿。矿石主要呈黑色、灰黑色, 氧化后为深棕色、褐色, 为中粒结构, 往往集成球粒、团粒沿纹层、条带分布。碳酸

锰矿石主要呈纹层状、条带状分布在硅质白云岩中 (图 3b, 图 3c), 地表可见少量蜂窝状、土状、块状氧化锰矿石 (图 3d)。从 III 号、IV 号矿层中选出代表性锰矿石样品进行分析, 结果显示, III 号矿层的 $w(\text{Mn}) = 12.28\% \sim 15.36\%$, 平均 13.79%, $w(\text{Fe}) = 3.32\% \sim 5.92\%$, $w(\text{P}) = 0.08\% \sim 0.31\%$, $w(\text{SiO}_2) = 20.08\% \sim 33.85\%$, P/Mn 比值为 0.006~0.021, Mn/Fe 为 2.437~4.027; IV 号矿层的 $w(\text{Mn}) = 10.29\% \sim 14.17\%$, 平均 12.53%, $w(\text{Fe}) = 5.76\% \sim 8.18\%$, $w(\text{P}) = 0.05\% \sim 0.30\%$, $w(\text{SiO}_2) = 17.06\% \sim 30.98\%$, P/Mn 比值为 0.007~0.023, Mn/Fe 为 1.619~2.347。数据表明, 矿区内锰矿石主要为高磷中高铁锰矿石。

3.3.2 矿物学特征

通过显微镜下鉴定, 矿区主要矿石矿物为菱锰矿、硫锰矿、水锰矿, 占 70%~90%, 其次可见黄铁矿、褐铁矿等。菱锰矿粒径 0.001~0.01 mm, 微细粒集合体, 形成球粒、团粒、条带, 沿纹层分布; 水锰矿粒径 0.03~1 mm, 呈不规则粒状、条纹状沿纹层分布; 光片中可见水锰矿交代菱锰矿, 形成筛状结构; 硫锰矿粒径 0.03~1 mm, 呈不规则粒状、条纹

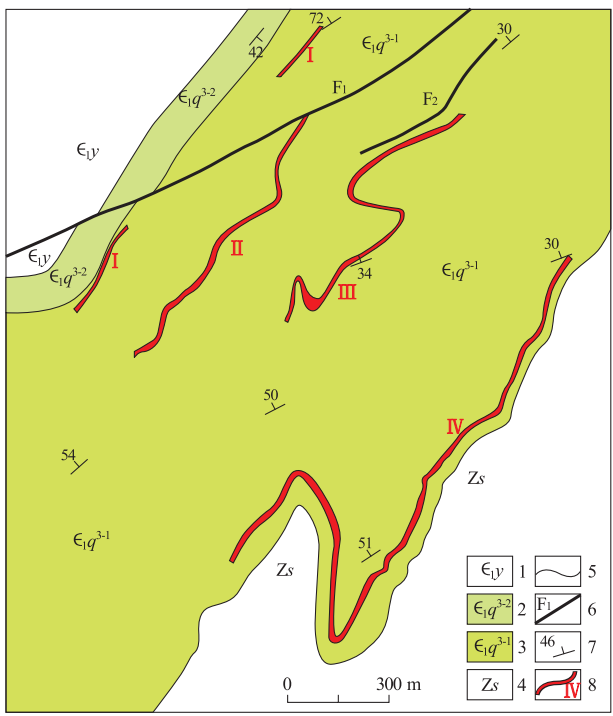


图 4 观音梁子锰矿区矿体分布图

Fig. 4 Map showing of ore body distribution in the Guanyinliangzi manganese deposit

1. 寒武系油房组;2. 寒武系邱家河组上段第二亚段;
3. 寒武系邱家河组上段第一亚段;4. 震旦系水晶组;
5. 地质界线;6. 断层;7. 产状;8. 矿层编号

状沿纹层分布。脉石矿物以碳酸盐矿物白云石和方解石为主,其次为石英和碳质。

4 矿床成因探讨

矿区锰矿呈层状、似层状赋存于寒武系邱家河

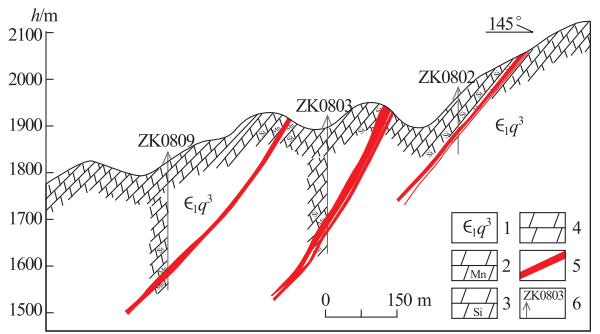


图 5 观音梁子锰矿区 8 号勘探线剖面图

Fig. 5 Geological profile along No. 8 exploration line of the Guanyinliangzi manganese deposit

1. 寒武系邱家河组;2. 含锰白云岩;3. 硅质白云岩;
4. 白云岩;5. 锰矿体;6. 钻孔及编号

组上段岩层中,严格受层位的控制,为典型的海相沉积锰矿床。早古生代,后龙门山地区由于地壳拉张裂陷形成断陷盆地^[11],而盆地的演化与沉积型锰矿则在成矿物质来源、成矿机制和矿体分布规律等方面都有着密切的关系^[1]。早寒武世,上扬子台地边缘自北而南由摩天岭、彭灌古岛等互不相连的古陆、岛屿呈串珠状排列,在龙门山地区形成一个 NE 向展布的深海槽,沉积盆地多处于浪基面及碳酸盐补偿面之下较还原的环境,沉积物中含碳质、硅质,沉积西厚东薄;至油房早期,盆地开始抬升,油房晚期变为浅海斜坡环境;早寒武世晚期持续海退,直至抬升至地表,区内未再接受沉积(图 6)。从成矿环境分析,邱家河组沉积时期盆地高水位的硅泥质沉积、滞流还原环境以及时有出现的海底火山喷气为锰矿富集提供了有利的古地理环境^[7]。

锰碳酸盐在不同的沉积环境其形成机制不同,

表 1 观音梁子锰矿氧化锰矿石化学分析结果

Table 1 Chemical analyses of Mn-oxides samples from Guanyinliangzi manganese deposit

矿层编号	样品编号	Mn	Fe	P	SiO ₂	P/Mn	Mn/Fe
III	ZK0809H52	15.36	5.53	0.090	23.96	0.006	2.778
	ZK0809H53	14.50	5.92	0.306	20.08	0.021	2.449
	ZK2408H37	14.94	4.06	0.100	24.79	0.007	3.680
	ZK2408H38	13.37	3.32	0.077	33.85	0.006	4.027
	ZK2408H39	12.28	4.45	0.092	29.11	0.007	2.760
	ZK2408H40	12.28	5.04	0.091	31.55	0.007	2.437
IV	ZK4007H160	14.17	6.63	0.190	17.06	0.013	2.137
	ZK4007H161	12.73	7.79	0.130	24.35	0.010	1.634
	ZK4007H162	12.65	7.67	0.140	24.32	0.011	1.649
	ZK4007H163	11.06	8.18	0.075	30.75	0.007	1.352
	ZK4007H164	13.15	7.00	0.300	24.58	0.023	1.879
	ZK4007H165	12.63	7.80	0.049	30.34	0.004	1.619
	ZK1201H60	13.52	5.76	0.101	19.21	0.007	2.347
	ZK1201H61	10.29	6.15	0.203	30.98	0.020	1.673

量的单位:ω_B/ %。

一种是在还原性水体中,由 Mn^{2+} 与 CO_3^{2-} 直接结合沉淀形成锰碳酸盐矿物;另一种则是在氧化-还原分层的水体中, Mn^{2+} 先以氧化物或氢氧化物形态沉淀,在成岩过程中锰的氧化物或氢氧化物与有机质相互作用,被还原释放的 Mn^{2+} 与有机质氧化释放的 CO_3^{2-} 重新结合,形成锰碳酸盐^[17-19]。从龙门山地区演化特征和成矿古地理环境分析可知,观音梁子锰矿的形成机制为还原环境下 Mn^{2+} 与 CO_3^{2-} 直接结合而沉淀形成锰碳酸盐矿物。矿区锰矿物质主要来自富含锰质的彭灌古陆及摩天岭古陆(碧口群)母岩风化物,在表生条件下,由于锰的地球化学活动性较强,经风化淋滤后常以真溶液或胶体及黏土矿物吸附组分的形式被搬运^[7],随经水系进入海洋;当含锰溶液从近岸浅水区被搬运到深海-半深海区时,由于海水深度增加,水的物理化学性质发生了一系列变化,使沉积物中 Mn^{2+} 与 CO_3^{2-} 直接结合而沉淀形成锰碳酸盐矿物。从邱家河组沉积旋回及锰矿层可以看出,锰质富集层主要位于碎屑岩相和硅质岩相过渡部位,说明随着陆源碎屑物质的不断注入及钙质、硅质等沉积覆盖,较为稳定的沉积环境和较厚的沉积层使得初始沉积的锰质得以较好的保存,同时带来了更多的锰质。此外,海底火山喷气也可能带来初始锰^[1,20],但有待同位素地球化学证据予以

证实。

中生代侏罗纪以来,尽管区域构造活动较强烈,岩石裂隙发育,但表生风化淋滤作用及区域变质作用微弱,对矿物重结晶、氧化有限,未能在地表形成一定厚度的氧化锰矿层。

5 邱家河组的找锰潜力

5.1 区域锰矿床分布特征

前人根据省内锰矿含矿层位、产出时代、分布特点及已知的典型矿床,将四川省锰矿划分为 5 种矿床模式,即虎牙式、轿顶山式、石坎式、高燕式及大白云式^[3]。其中,石坎式锰矿主要分布于龙门山北段,目前查明锰资源储量 $500 \times 10^4 \text{ t}$,具有一定的找矿潜力;在龙门山北段有石坎式锰矿点 10 处(表 2),以马家山锰矿床为代表,其赋矿层位为寒武系下统邱家河组,为浅海到半深海相碳硅质板岩建造,赋矿岩性为碳酸盐岩、含锰粉砂岩、碳硅质板岩、千枚岩建造等。矿体呈层状或似层状,与顶底板围岩产状一致,矿石矿物主要有菱锰矿、锰白云石、软锰矿、硬锰矿等,锰矿品位 $w(\text{Mn}) = 12.62\% \sim 34.49\%$,平均 21.49% ;地表风化次生富集、品位较高,深部为碳酸锰矿石,品位 $w(\text{Mn}) = 15\% \sim 20\%$ 。从地层分布来看,在龙门山中段邱家河组出露亦较广(图 7),而此前未见相关工业锰矿体报道,此次观音梁子锰矿床的勘查工作为在龙门山中段寻找锰矿提供了新的契机。

5.2 邱家河组找矿潜力

区域成矿古地理环境为深海-半深海环境,成矿时代为寒武纪,是四川锰矿的重要成矿期^[1,21]。从邱家河组的分布来看,在龙门山北段地层出露较厚、延伸稳定,前人对锰矿的勘查投入也主要集中在北段,此前由于区调资料的不完善以及地形条件等限制,在龙门山中段对该套地层未进行较大比例尺填图等基础工作,导致该区锰矿勘查力度不足,找矿效果不佳。从近几年对观音梁子锰矿勘查的结果来看,发现邱家河组在龙门山中段出露亦较厚,与北段该套地层一起构成沿龙门山构造带展布的 NE 向锰矿带(图 7),较厚的地层说明具有稳定的沉积环境,有利于锰的富集。区域化探资料显示,以锰为特征的组合化探异常分布与邱家河组相吻合,锰异常浓集中心明显,异常高值区往往与已知的矿床(点)(如观音梁子、马家山等)吻合较好。从矿区地表和钻探

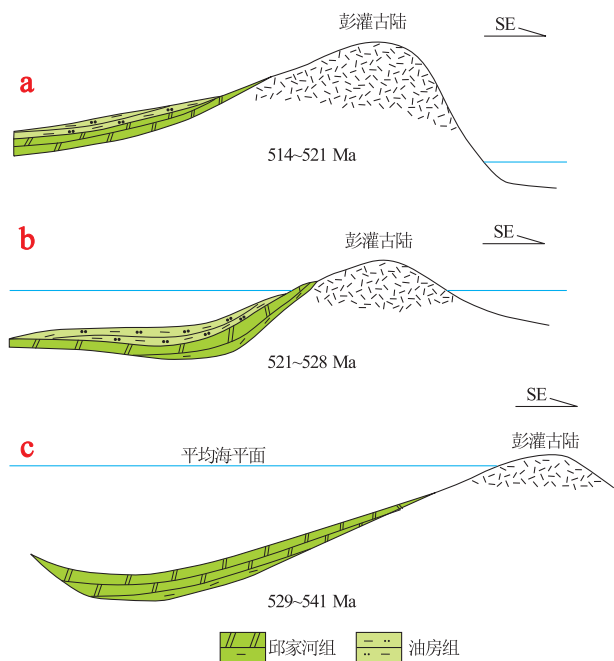


图 6 龙门山中段地区早寒武世地质演化图
(据文献^[10],略有修改)

Fig. 6 Map showing geological evolution of the Early Cambrian Epoch in middle Longmenshan area

表 2 龙门山北段锰矿床(点)特征^①

Table 2 Schedule of characteristics of manganese deposit (occurrences) in northern Longmenshan area

序号	矿区	矿床规模	平均品位/%	资源储量/10 ⁴ t	勘查程度	序号	矿区	矿床规模	平均品位/%	资源储量/10 ⁴ t	勘查程度
1	董家沟	小型	24.42	22.30	普查	6	平溪	小型	18.11	181.80	普查
2	东河口	矿点	20.19	/	踏勘	7	马家山	小型	20.11	137.80	普查
3	石坝	矿点	22.54	2.50	预查	8	石坎	小型	28.81	97.00	普查
4	马公	矿点	29.29	6.97	预查	9	高庄坝	小型	16.22	23.19	普查
5	简竹垭	小型	22.15	76.80	普查	10	花竹园	矿点	17.89	6~7	普查

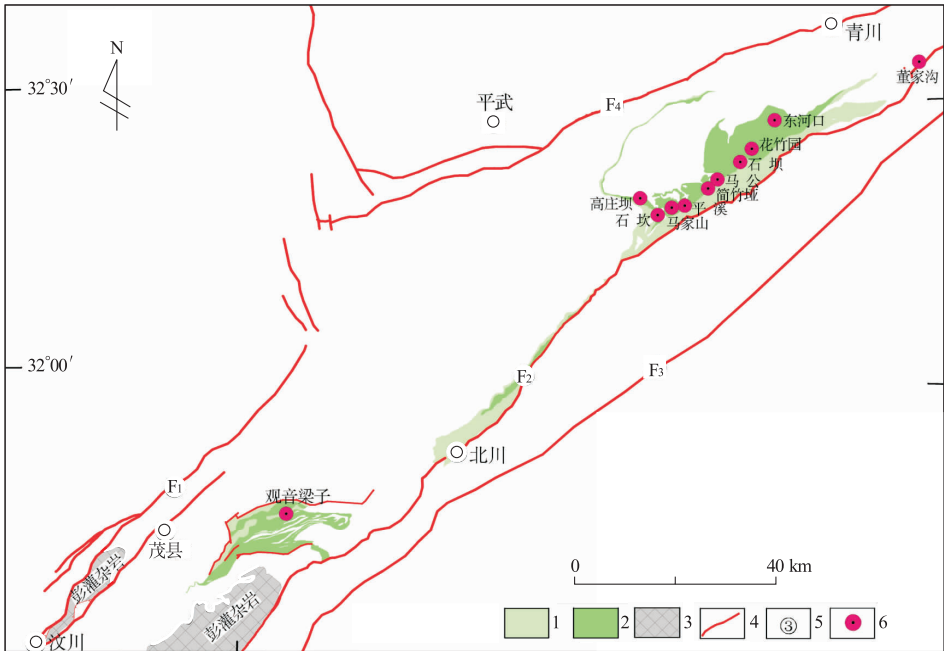


图 7 龙门山地区邱家河组及锰矿分布图

Fig. 7 Distribution map showing column of the Qiujiaye Formation and distribution of manganese deposits in Longmenshan area

F₁. 汶川—茂县断裂;F₂. 映秀—北川断裂;F₃. 灌县—安县断裂;F₄. 青川—平武断裂
1. 寒武系油房组;2. 寒武系邱家河组;3. 新元古界变质杂岩;4. 断裂及编号;5. 锰矿床(点)

工程揭露结果看,含锰岩系具有硅质岩、硅质白云岩→含锰硅质白云岩→碳质、硅质板岩的沉积旋回,沉积厚度大、延伸稳定,形成多层含锰矿层,因此,从成矿地质条件及矿化特征来看,深部具有找矿的潜力。沿该成矿带有大量锰矿床(点)存在,通过进一步的地质工作,仍有不断扩大资源储量和发现新产地的潜力。

6 结论

(1)观音梁子锰矿赋存于寒武系邱家河组上段硅质白云岩中,为典型的沉积型碳酸锰矿;矿体严格受地层控制,主要由菱锰矿、硫锰矿、水锰矿等组成,

地表可见少量氧化锰矿;矿石品位偏低,但矿体在厚度和延伸方面较稳定。

(2)观音梁子锰矿区的菱锰矿是在深海-半深海还原环境下,Mn²⁺与CO₃²⁻直接结合沉淀形成菱锰矿;稳定的物源、深海还原环境以及时而出现的海底火山喷气为锰矿富集提供了有利的成矿古地理环境。

(3)在龙门山地区邱家河组出露较厚、延伸稳定,从成矿地质条件及锰矿化特征来看,该套地层具有深部找矿和发现新矿产地的潜力。

注释:

① 杨先光,李仕荣,郭萍,等.四川省锰矿成矿规律研究成果报告.成都:四川省冶金地质勘查局,2012.

参考文献:

[1] 侯宗林,薛友智,黄金水,等.扬子地台周边锰矿[M].北京:

- 冶金工业出版社, 1997.
- [2] 杨先光, 高武烨. 四川锰矿主要类型及找矿方向[J]. 四川地质学报, 2015, 35(S1): 112-115.
- [3] 杨先光, 郭萍, 陈东国. 四川省锰矿成矿规律与找矿前景[J]. 四川地质学报, 2012(S2): 33-37.
- [4] 陈志明. 扬子地台寒武纪沉积建造[J]. 沉积学报, 1989(3): 11-19.
- [5] 刘家铎. 扬子地台西南缘成矿规律及找矿方向[M]. 北京: 地质出版社, 2004.
- [6] 杨杰东, 薛耀松, 陶仙聪. 震旦纪到早寒武世中国海 Nd 同位素特征及变化[J]. 地质论评, 1995(2): 188-196.
- [7] 曾良铨, 吴荣森, 罗代锡, 等. 四川省寒武纪岩相古地理及沉积层控矿床[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1992.
- [8] 张满郎, 谢增业, 李熙喆, 等. 四川盆地寒武纪岩相古地理特征[J]. 沉积学报, 2010, 28(1): 128-139.
- [9] 李皎, 何登发. 四川盆地及邻区寒武纪古地理与构造-沉积环境演化[J]. 古地理学报, 2014, 15(4): 231-246.
- [10] 莫雄. 川北广元地区寒武纪地层及沉积体系差异性研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2012: 35-50.
- [11] 李佐臣. 扬子地块西北缘后龙门山造山带(北段)物质组成、构造特征及其形成演化[D]. 西安: 长安大学, 2009: 72-157.
- [12] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [13] Jin W, Tang L, Yang K, et al. Tectonic Evolution of the Middle Frontal Area of the Longmen Mountain Thrust Belt, Western Sichuan Basin, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(1): 92-102.
- [14] 刘训, 李廷栋, 耿树方, 等. 中国大地构造区划及若干问题[J]. 地质通报, 2012, 31(7): 1024-1034.
- [15] 雷永良. 上扬子板块西部边界地区构造演化[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 43-47.
- [16] 李佐臣, 裴先治, 刘战庆, 等. 扬子地块西北缘后龙门山南华纪一早古生代沉积地层特征及其形成环境[J]. 地球科学与环境学报, 2011, 33(2): 117-124.
- [17] Calvert S E, Pedersen T F. Sedimentary geochemistry of manganese: Implications for the environment of formation of manganese-rich black shales[J]. Economic Geology, 1996, 91(1): 36-47.
- [18] Roy S. Sedimentary manganese metallogenesis in response to the evolution of the Earth system[J]. Earth-Science Reviews, 2006, 77(4): 273-305.
- [19] 张飞飞, 闫斌, 郭跃玲, 等. 湖北古城锰矿的沉淀形式及其古环境意义[J]. 地质学报, 2013, 87(2): 245-258.
- [20] 黄世坤. 我国原生锰矿床的沉积建造及形成环境[J]. 地质与勘探, 1990(9): 6-11.
- [21] 宋叔和. 中国矿床: 中册[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 480-548.

Geological characteristics of Guanyinliangzi manganese deposit in Sichuan and significance of its prospecting

ZHENG Hui

(Exploration Team 606 of Sichuan Metallurgical & Geological Exploration Bureau, Chengdu 611730, China)

Abstract: The Guanyinliangzi manganese deposit located in the Cambrian Qiujiahe Formation is a newly discovered industrial deposit in the middle Longmenshan area. Based on geological exploration, laboratory analysis and tests the authors studied the geological background, ore-bearing horizon, ore body and ore mineral characteristics, genesis and prospecting potential of the deposit and summarized that the deposit is a typical sedimentary manganese deposit with ore bodies occurring in layers of siliceous dolomite of Qiujiahe Formation and they are stable in extension, controlled strictly by horizon and is dominated by rhodochrosite ore consisting of rhodochrosite, alabandite and manganite. In the Early Cambrian, a deep sea basin was formed in the Longmenshan area due to the tension of the crust with reducing environment under which manganese compounded directly with carbonic acid root into carbonate manganese ore. The stable source supply and deep-sea reducing environment is a locus of manganese ores. The discovery of Guanyinliangzi deposit proves that a manganese ore horizon occur in the north Longmenshan area and provides a new opportunity for manganese ore prospecting in the middle Longmenshan area and shows good ore prospects in the Cambrian Qiujiahe Formation.

Key Words: Guanyinliangzi manganese deposit; the Cambrian Qiujiahe Formation; sedimentary manganese carbonate deposit; prospecting potential; Sichuan