

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.01.006

四川省青川县马公锰矿地质特征及找矿预测

许骏,周科宇,熊宇轩,袁明强

(四川省冶金地质勘查局成都地质调查所,成都 610203)

摘要: 马公锰矿是川西北地区近年来新发现的具有找矿潜力的石坎式锰矿床,矿区共发现 2 个锰矿层,共圈出锰矿体 5 个,矿体倾向 NW,呈层状、似层状分布,厚度大、延深稳定,地表以氧化锰矿为主,深部为碳酸锰。在阐述马公锰矿矿床地质特征的基础上,总结了矿区的找矿标志,认为马公锰矿属于海相沉积型锰矿,严格受地层层位的控制,多形成于沉积环境转变之际,其含矿层位为下寒武统邱家河组,含矿岩性为含碳白云质硅质板岩;预测矿区附近同层位具有较好的锰矿找矿前景。

关键词: 马公锰矿;石坎式锰矿;地质特征;找矿预测;四川省

中图分类号: P613;P618.32 **文献标识码:** A

0 引言

锰矿是一种紧缺性的战略矿产资源,在工业领域具有广泛用途,不仅大量用于冶金行业,也是电解锰的原料,在国家大力推动新能源的背景下,锰的市场容量已显著扩大,需求量也日益增加。与此同时,由于锰的选冶技术不断改进^①,低品位锰矿石的开发利用价值逐渐显现出来^②。因此,扬子地台北缘的川西北地区的海相沉积型锰矿床(即石坎式锰矿)^[1-2]展现出良好的开发利用前景。

位于四川省青川县马公乡的马公锰矿是近年来在川西北地区发现的极具找矿潜力的石坎式锰矿。锰矿体具有厚度大、品位稳定、延深稳定等特征。2020 年以来,四川省冶金地质勘查局成都地质调查所在马公锰矿区开展勘查工作,基于勘查工作的部分新认识,笔者总结马公锰矿的地质特征和找矿标志,为下一步的勘查工作方向及找矿预测提供参考。

1 区域地质背景

马公锰矿位于扬子板块的西北缘,扬子板块与

秦岭—大别造山带、松潘—甘孜造山带的交界处,属于松潘—甘孜推覆造山带和扬子板块结合部的龙门山滑脱—逆冲推覆构造后山带^[3](图 1)。成矿区带属于广元—江油(仰天窝向斜两翼)Fe-Mn-Pb-Zn-S-Ag-铝土矿-砂金成矿带^[4],锰的成矿条件良好。

区域地层主要为震旦系—三叠系,以震旦系胡家寨组、元吉组,寒武系邱家河组、油房组为主^{③-⑤}。其中下寒武统邱家河组为石坎式锰矿的含矿地层^[5]。区内构造发育,主构造线呈 NE 向,与区内次级断裂组成了龙门山 NE 向“多”字型构造。区域岩浆岩不发育,仅在矿区西北 10 km 处有晋宁期轿子顶杂岩体。受区域动热变质作用的影响,区内岩石多为低绿片岩相。区内现已发现较多锰矿床(点)^[6-7],均位于北川—映秀大断裂和茂汶—青川大断裂之间(后龙门山滑脱—逆冲推覆构造带)的高庄复向斜与轿子顶复背斜的倾伏端,如杏子树锰矿、石坎—水观锰矿、箭竹垭锰矿和马鞍垭锰矿等。

2 矿区地质特征

2.1 地层特征

矿区出露地层为震旦系胡家寨组(Zh)、元吉组

收稿日期: 2021-11-30; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 许骏(1991—),男,工程师,硕士研究生,从事地质矿产勘查工作。通信地址:四川省成都市双流区彭镇交通路二段 18 号,四川省冶金地质勘查局成都地质调查所;邮政编码:610203;E-mail:jun_xu_cugb@163.com

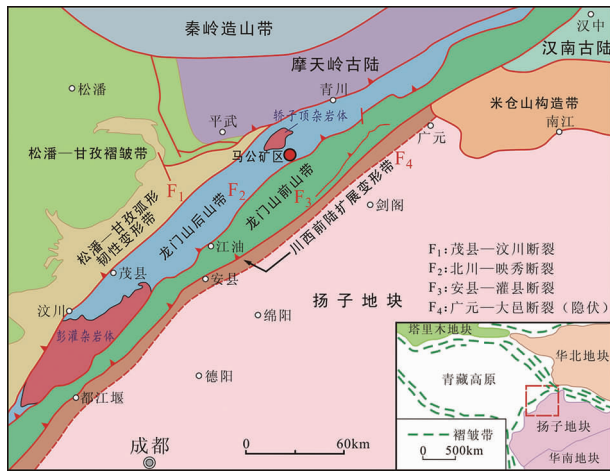


图 1 川西北区域构造图(据文献[8-10],修改)

Fig. 1 Regional tectonic map of the Northwest Sichuan province

(Zy), 寒武系下统邱家河组(ϵ_1q)、油房组(ϵ_1y), 沿缓坡地带和沟谷有第四系残坡积物及少量的冲洪积物分布(图 2)。

(1) 胡家寨组(Zh)。分布在酒家垭一小荆坝—石坎断裂(F_2)北西侧, 为一套含少量中酸性火山物质的变碎屑岩类, 如石英云母片岩、绿泥石绢云千枚岩、绢云石英板岩等。厚度约 212 m。与上覆的元吉组呈不整合接触。

(2) 元吉组(Zy)。主要分布在矿区的北西部, 下部为硅质白云岩、白云岩夹少量不稳定的硅质岩; 中部为灰色碳质绢云千枚岩、结晶灰岩互层夹白云岩透镜体; 上部为微晶白云岩、白云质灰岩。厚度 308~593 m。与上覆的邱家河组呈不整合接触。

(3) 邱家河组(ϵ_1q)。分布于北川—映秀断裂(F_1)与酒家垭一小荆坝—石坎断裂(F_2)之间, 为一套浅变质黑色碳质含锰岩系。矿区岩性简单, 但受北川—映秀大断裂影响, 邱家河组并未出露完全, 部分遭破坏。以北川—映秀大断裂及其次级断裂为界, 岩性自下而上可分为含碳白云质硅质板岩夹硅质条带(含锰矿层), 厚 34~243 m; 碳硅质板岩夹不连续的碳质板岩(泥质板岩), 厚 49~101 m; 含碳白云质硅质板岩夹灰岩透镜体(含锰矿层), 厚 27~70

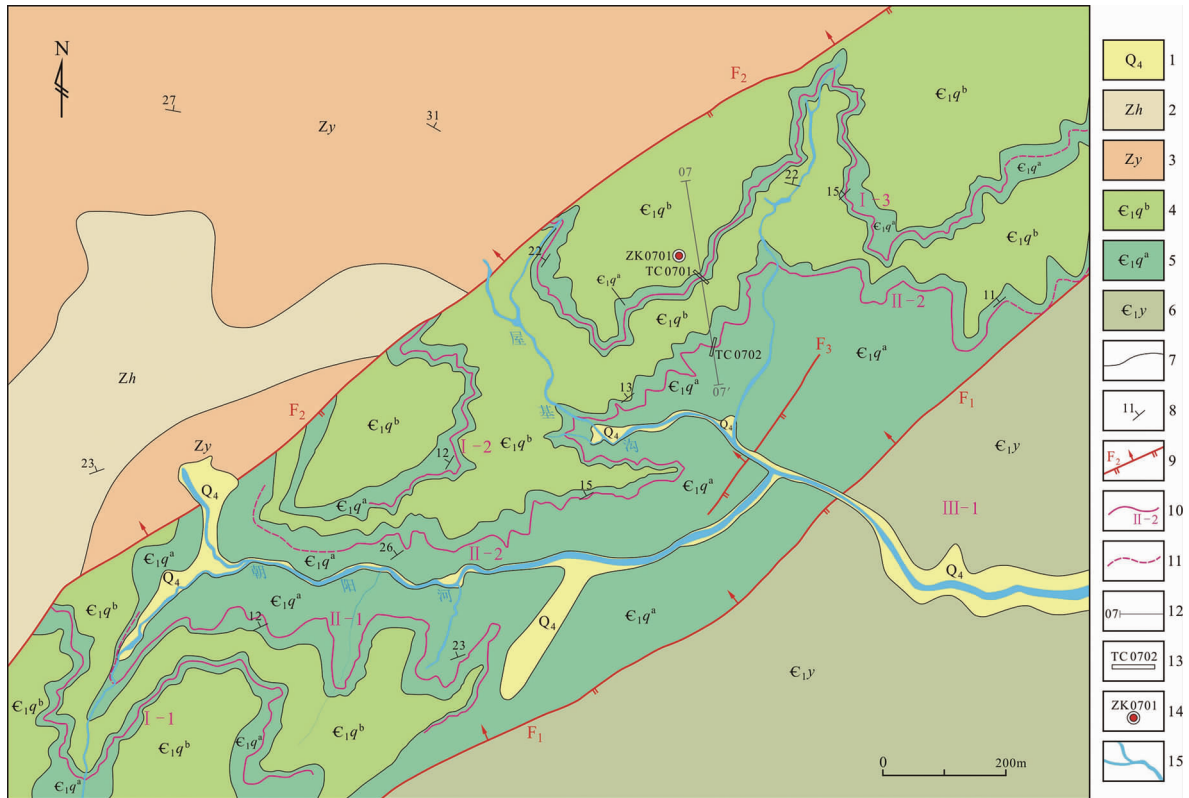


图 2 马公锰矿矿区地质简图

Fig. 2 Geological sketch of Magong Mn deposit

1. 第四系; 2. 震旦系胡家寨组: 火山碎屑岩; 3. 震旦系元吉组: 硅质白云岩、千枚岩、微晶白云岩; 4. 下寒武统邱家河组: 碳硅质板岩;
5. 下寒武统邱家河组: 含碳白云质硅质板岩; 6. 下寒武统油房组: 变质砂岩; 7. 地质界线; 8. 地层产状; 9. 逆冲断层及编号;
10. 矿体及编号; 11. 推测矿体; 12. 勘探线及编号; 13. 探槽及编号; 14. 钻孔及编号; 15. 水系

m;碳硅质板岩夹不连续的钙质、碳质板岩,厚度 65~89 m。地层产状倾向 NW 或 NE,倾角较平缓,一般为 $10^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 。受龙门山推覆构造影响,该矿区目前仅能识别出 2 个代表半还原环境的含锰沉积韵律层、2 个氧化环境的沉积韵律层。说明该区早寒武世存在至少 4 次海进海退事件。

(4)油房组($\in_1y$)。沿北川—映秀大断裂(F_1)的南东盘展布,岩性为深灰色变质粉砂质板岩夹灰色中—厚层状细—中粒变凝灰砂岩,厚度 >100 m,与下伏的邱家河组呈整合接触。

2.2 构造特征

马公锰矿区位于高庄向斜的南翼,夹持于北川—映秀断裂与酒家垭—小荆坝—石坎断裂之间,矿区内部褶皱、断裂不发育(图 2)。

北川—映秀大断裂(F_1):为逆冲断裂,于矿区南东侧穿过,断裂总体呈 NE 走向,倾向 NW,倾角 $>65^{\circ}$,矿区范围断裂的北西盘(上盘)出露地层为邱家河组,南东盘(下盘)出露地层为油房组。

酒家垭—小荆坝—石坎断裂(F_2):为逆冲断裂,于矿区北西侧穿过,断层总体呈 NE 走向,倾向 NW,倾角较陡,一般 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$,该断裂在平溪、石坎、南坝一带与北川—映秀大断裂汇合。在矿区内断裂的北西盘(上盘)出露地层为胡家寨组、元吉组,南东盘(下盘)为邱家河组。

马公断裂(F_3):为一逆断层,于矿区南侧通过,断层呈 NE 走向,倾向 NW,倾角较陡,一般 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,延伸约为 300 m,该断裂为 F_2 断裂的次级断裂,位于锰矿底板以下,对锰矿体的影响较小。

高庄复向斜:褶皱轴向为 NE 向,矿区位于该复向斜的南东翼,在其核部南侧,被酒家垭—小荆坝—石坎断裂破坏。

上述两条主干断裂将高庄复向斜南翼的邱家河组夹于其中,但对邱家河组中的锰矿层破坏作用甚微。

2.3 变质作用

自早寒武世以来,龙门山一带经过印支期、燕山—喜马拉雅期的构造活动影响,区内各类岩石均经历了低温中压区域变质作用,变质程度主要为绿片岩相,代表岩石以板岩、千枚岩、变质砂岩为主,部分造岩矿物变质重结晶。矿区的北侧和南侧有区域性大断裂通过,受动力变质作用影响,岩石具片理化特征,可见少量片岩、构造角砾岩等。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

矿区共有 2 个锰矿层,自上而下分别为 I、II 号,产于寒武系下统邱家河组($\in_1q$)的含碳白云质硅质板岩内,矿体延伸规模较大,产状总体稳定,呈层状、似层状产出,整体倾向 NW,倾角 $5^{\circ}\sim 31^{\circ}$ (图 3,表 1)。因地形切割,经长期风化剥蚀, I 号锰矿层北西端被 F_2 断裂错断,以朝阳河、屋基沟为界,将矿体分割成 3 部分,即 I-1、I-2、I-3 锰矿体; II 号锰矿层以朝阳河为界,将矿区分割成南北 2 部分,即 II-1、II-2 锰矿体。该锰矿体具有厚度较大且延伸稳定的特征。

3.2 矿石特征

马公锰矿的氧化锰矿石主要分布在近地表 8~14 m,氧化带与矿体露头线基本平行,氧化程度自地表向深部逐渐减弱(图 4a)。氧化锰矿石主要呈灰黑色、黑色,易污手,条痕为黑色。氧化锰矿石表面常有黑色之氧化锰水化物的薄膜,以显微粒状结构、显微粒状紧密嵌布结构、隐晶质结构为主,粒状结晶结构次之;以条带(纹)状构造为主,致密块状构造、团块状构造、蜂窝状构造次之,少量粉末状、土状构造,并见有葡萄状、肾状构造(图 4b,图 5a)。矿石矿物成分主要为硬锰矿和软锰矿(占 $8\%\sim 27\%$),褐锰矿次之,偶见残留的菱锰矿,少量黄铁矿和褐铁矿(图 5b);脉石矿物主要为石英(占 $18\%\sim 60\%$)、白云石(占 $17\%\sim 46\%$)、方解石(占 $1\%\sim 47\%$)、碳质(占 $3\%\sim 9\%$),少量绢云母、黏土矿物等。

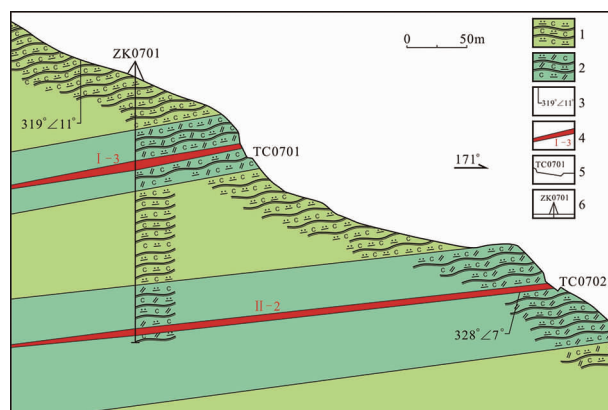


图 3 马公锰矿 7 号勘探线剖面图

Fig. 3 Section of line 7 in Magong Mn deposit

1. 碳硅质板岩;2. 含碳白云质硅质板岩;

3. 产状;4. 矿体;5. 探槽位置及编号;6. 钻孔位置及编号

表 1 马公锰矿矿体特征

Table 1 Characteristics of the Mn ore bodies

矿体编号	长度/m	控制斜深/m	平均倾向/°	平均倾角/°	厚度/m	平均厚度/m	锰平均品位/%	工程个数
I-1	1115	10~290	308	17	2.32~7.79	5.76	13.62	9
I-2	505	—	338	14	3.88~10.44	6.34	13.45	4
I-3	1885	10~457	332	17	3.16~11.17	6.16	14.08	15
II-1	1448	—	298	21	3.43~7.23	5.43	13.85	11
II-2	2693	10~397	319	13	1.54~9.66	4.85	12.21	27

原生矿石主要为碳酸锰矿石,位于矿体的中深部,呈灰色,或黑褐色、灰绿色,菱锰矿条痕呈白色,玻璃光泽(图 4c)。碳酸锰矿石以粒状结晶结构为主,显微粒状结构、显微粒状紧密嵌布结构、他形粒状结构次之,少量隐晶质结构;以条带(纹)状构造为主,致密块状构造、团块状构造次之。矿石矿物以菱锰矿为主(占 15%~20%),次要矿物有黄铁矿(占 4%~10%)、硫锰矿(占 1%~3%)、硬锰矿(<1%)、褐锰矿(<1%)等(图 5c),脉石矿物以白云石(占 16%~50%)、石英(占 20%~40%)、碳质物(占 5%~10%)、绢云母(约 1%)为主,偶见有方解石、黏土矿物。

4 找矿预测与找矿标志

4.1 找矿预测

表 2 中归纳了区内锰矿的成矿要素,表明马公锰矿区赋存于下寒武统邱家河组的锰矿层与区域石坎式锰矿床在沉积成矿作用和矿床学特征方面基本一致,二者为同一成锰层位的不同区段,为下一步的

找矿预测提供了重要思路。

在马公锰矿区的东部,含碳白云质硅质板岩层未见变薄、尖灭趋势,表明 I-3、II-2 锰矿体仍具有向东、向北延伸的可能(图 2 东部的虚线矿体)。I-3 号锰矿体平均品位 13.85%,平均厚度 5.43 m,II-2 锰矿体平均品位 12.21%,平均厚度 4.85 m(表 1),具有品位低、厚度大的特征。由图 3 可见,从地表到深部锰矿体的变化不甚明显,说明马公一带锰矿体深部品位厚度稳定,未见变贫、变薄趋势,因此,马公锰矿东部的未控制区段仍具较好的锰矿勘查前景。

4.2 找矿标志

(1)寒武系下统邱家河组大面积出露,其中的含碳白云质硅质板岩是区域锰矿的赋矿层位,可以作为直接找矿标志。

(2)由于沉积环境的变化,含锰岩性段的岩石由含碳白云质硅质板岩转变为碳质碳硅质泥质板岩。由于二者岩石物理性质和化学性质的区别,会导致宏观上的差异风化,可作为间接找矿标志。

(3)锰矿层在地表易氧化为灰褐色夹黄褐色的铁锰帽,这种含锰铁帽可作为直接找矿标志。

表 2 川西北地区下寒武统锰矿成矿要素

Table 2 Metallogenic factors of Mn deposits in the Northwest Sichuan province

成矿要素	描述内容	要素分类
特征描述	石坎式锰矿	产于下寒武统邱家河组的海相沉积型锰矿床
地质环境	构造背景	扬子陆块北缘,被动大陆边缘,龙门山基底逆推带北段的断陷盆地
	成矿区带	扬子成矿省龙门山—大巴山(台缘拗陷)成矿带(Ⅲ-73)
	成矿环境	浅海-半深海海相沉积(特定的 Eh 值、Ph 值范围)
	成矿时代	早寒武世
	含矿建造	含碳、含锰、铁白云质硅质板岩、碳质泥质板岩(千枚岩)与硅质岩接触带
矿床特征	控矿条件	含矿地层:下寒武统邱家河组(Є _{1q}) 沉积相:台地边缘浅海-半深海沉积岩相 容矿岩石:碳酸盐岩-硅质岩
	矿体特征	2~4 个含矿层位,呈层状、似层状产出,整体呈 NE 向延展
	矿物组合	菱锰矿(软锰矿、硬锰矿)、硫锰矿、黄铁矿、白云石、方解石、石英、褐铁矿等
	结构构造	矿石结构以粒状结晶结构为主,隐晶质结构次之;矿石构造以条(纹)带状为主,次为脉状、块状
	地表氧化	原生碳酸锰矿物在地表氧化成软锰矿、硬锰矿

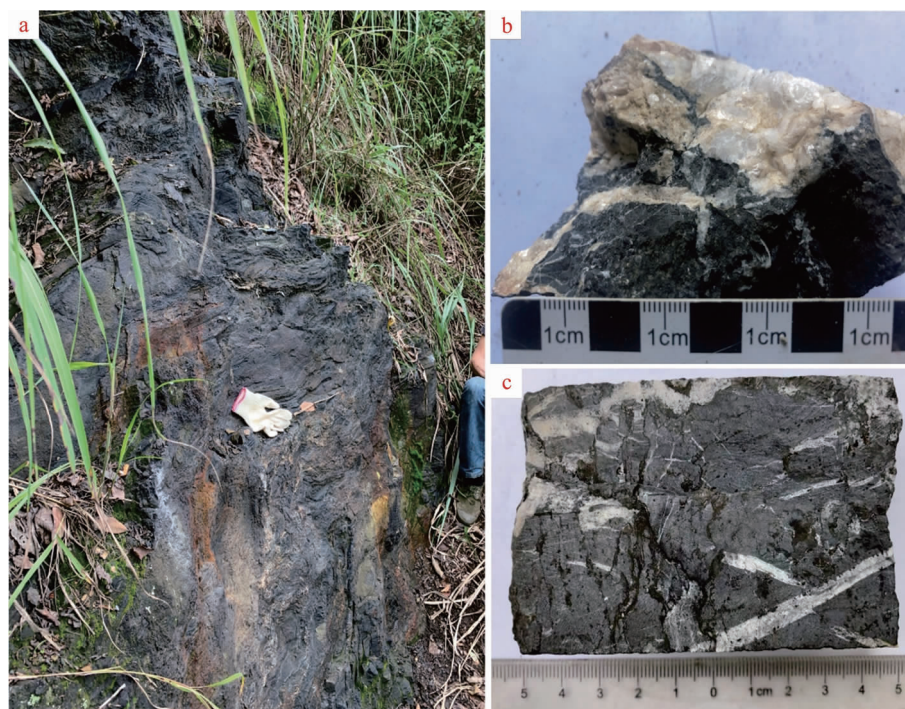


图 4 马公锰矿矿石特征照片

Fig. 4 Photo of the Mn ore of Magong Mn deposit

a. 地表氧化锰矿体; b. 浅表氧化锰矿石; c. 钻孔中碳酸锰矿石

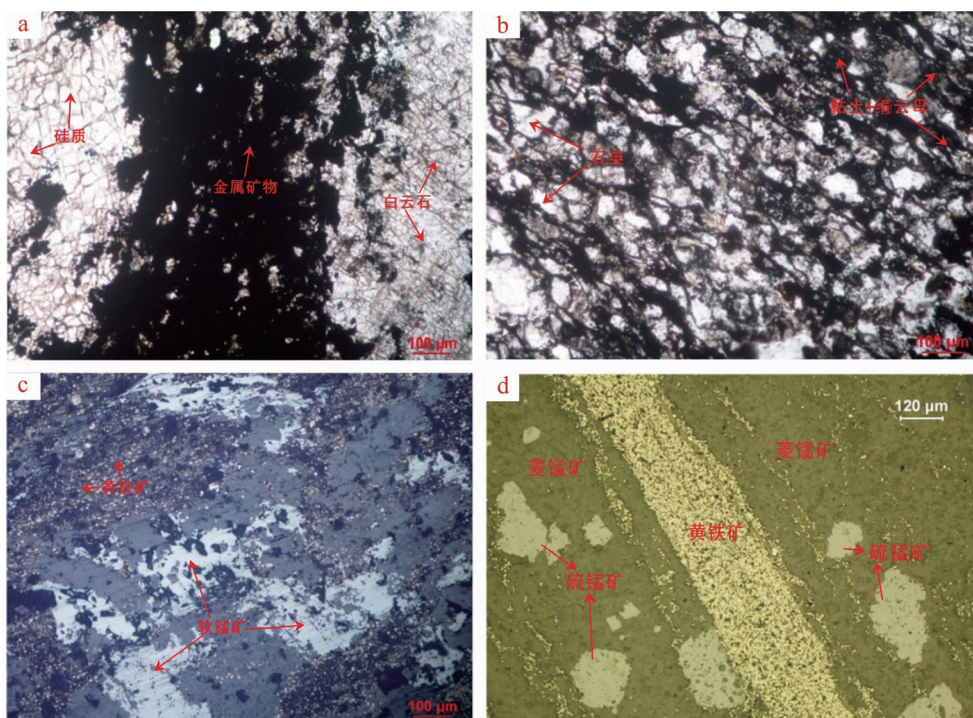


图 5 马公锰矿岩(矿)石显微特征

Fig. 5 Microscopic feature of the Mn ore

a. 含碳白云质硅质板岩(正交); b. 碳硅质板岩(偏光);
c. 氧化锰矿石(正交); d. 碳酸锰矿石(正交)

(4)部分锰矿体的底部可见厚约 30 cm 的黄褐色黄铁矿风化层,极为明显,可作为找矿标志。

5 结语

马公锰矿为海相沉积型锰矿,共有 2 个锰矿层,5 个锰矿体,具有层位稳定、厚度大、品位稳定、延深稳定的特征,受构造影响小。浅表部位的锰矿石以氧化锰为主,深部的锰矿石以碳酸锰为主。锰矿层赋存在含碳白云质硅质板岩中,与邱家河组其他陆源碎屑岩有明显区别,板岩中以富含碳质、碳硅质和泥质为特征,显示了特定的沉积环境。根据矿床地质特点推测,马公锰矿区的东部空白区具有较好的找矿前景。

注释:

- ① 朱昌洛,黄运阶,曾令熙,等. 复杂贫锰矿高效选冶技术研究. 成都:中国地质科学院矿产综合利用研究所,2013.
- ② 周韞,解振朝,李淮湘,等. 健坤矿业锰矿选矿工艺探索研究. 长沙:长沙矿冶研究院有限责任公司,2014.
- ③ 刘北尊,王全伟,唐明成,等. 1:5 万青溪、关庄坝幅联测区域地质矿产调查报告. 绵阳:四川省地质矿产局川西北地质大队,1993.
- ④ 王全伟,唐明成,郑尚均,等. 1:5 万南坝幅区域地质图及说明书. 绵阳:四川省地质矿产局川西北地质大队,1994.

- ⑤ 唐明成,周建辉,梁斌,等. 1:5 万雁门镇幅区域地质图及说明书. 绵阳:四川省地质矿产局川西北地质大队,1995.

参考文献:

- [1] 侯宗林,薛有智,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,李仕荣,杨永鹏,等. 四川省锰矿成矿规律及资源评价[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [3] 张建东,胡世华,秦宇龙,等. 四川省地质构造与成矿[M]. 北京:科学出版社,2015.
- [4] 曾云,贺金良,王秀京,等. 四川省成矿区带划分及区域成矿规律[M]. 北京:科学出版社,2015.
- [5] 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.
- [6] 周勇,刘玉红. 四川省平武县茶树岭锰矿地质特征及找矿标志[J]. 地质找矿论丛,2017,32(2):214-218.
- [7] 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.
- [8] 李智武,宋天慧,王自剑,等. 川西—龙门山盆地系统走向差异演化的变形、隆升和沉积记录及关键构造变革期讨论[J]. 成都理工大学学报:自然科学版,2021,48(3):258-264.
- [9] 刘和甫,梁慧社,蔡立国,等. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地质学报,1994,68(2):101-108.
- [10] 孙东. 米仓山构造带构造特征及中-新生代构造演化[D]. 成都:成都理工大学,2011:25-26.

Geological characteristics and ore prediction of Magong Mn deposit in Qingchuan county, Sichuan province

XU Jun, ZHOU Keyu, XIONG Yuxuan, YUAN Mingqiang

(Chengdu Geological Research Institute of Sichuan Metallurgical and Geological Exploration Bureau, Chengdu 610203, China)

Abstract: Magong Mn deposit is a newly discovered Shikan-style Mn deposit with prospecting potential in the Northwest Sichuan province. Two Mn ore layers occur in the property and 5 ore bodies have been located. The ore bodies are thick, layered or layeroid dipping NW and extending stably to depth along the dip. At surface the ore is dominated by Mn oxide and turns to Mn carbonate to depth. In this paper geological characteristics are described and the prospecting marks summarized. We consider that the Mn deposit is a marine sedimentary deposit controlled strictly by stratigraphy horizon and occurring at the place where take place rock facies change. Qiujiache formation of Lower Cambrian Series is the ore-bearing horizon and the carbonaceous dolomitic siliceous slate the ore-bearing lithology. The same horizon in surroundings is predicted potential for further prospecting.

Key Words: Magong Mn deposit; Shikan-style Mn deposit; geological characteristics; ore prediction; the Northwest Sichuan province