

与火山活动有关的热水沉积锰矿 ——以贵州二叠纪锰矿为例

刘 平 廖友常 殷科华 叶德书 朱 华 韩忠华 杨光龙

(贵州省地矿局 106 地质大队, 贵州 遵义 563000)

摘要: 贵州产于中二叠统茅口组第二段的锰矿、铁锰矿、含锰菱铁矿, 均分布在茅口晚期黔中台沟内。东部遵义一带为碳酸盐锰矿床, 西部宣威—水城一带主要为锰帽型次生氧化锰矿床。笔者目的在于探讨黔中台沟锰矿成矿条件, 以期扩大找矿远景。研究表明, 区内各类锰矿石和矿胚层岩石都是在热水中生成的, 证据是: ①有大量热水沉积的标志性矿物; ②常量、微量元素及稀土元素均具有热水沉积的特征; ③流体包裹体均一温度达 90~275℃等。锰矿的形成可能与峨眉地幔柱演化的中晚期阶段密切相关。茅口期玄武岩的喷出活动, 有利于黔中台沟内硅灰泥锰质组合的形成。东部遵义一带的锰矿, 被严格限制在热水喷发形成的硅质角砾岩分布区内, 结合其他特征等, 说明该区锰矿形成可能与强烈的热水活动有关。

关键词: 二叠纪; 锰矿; 热水沉积; 峨眉地幔柱; 贵州

中图分类号: P618.32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)05-0992-15

贵州二叠纪锰矿均分布于茅口晚期 NE 向的黔中台沟相带内, 其中以遵义一带锰矿规模大, 勘查历史较长。遵义东南的和尚场锰矿在浙江大学刘之远发现后, 不久即行开采^[1]。遵义铜锣井锰矿是 1944 年由湘黔锰矿公司发现并开采的^[1]。1953—1958 年, 由西南地质局 503 队进行地质勘查, 1960—1984 年, 贵州省地质局 102 地质大队、贵州冶金地质三队等又对遵义锰矿进行了更大范围的地质勘查工作, 提交了包括《遵义铜锣井锰矿储量报告》在内的多个普查、详查和勘探报告^[1]。

云南宣威格学锰矿在 1966 年以前, 由云南省地质局第七地质队进行过详查工作。贵州水城—纳雍地区锰矿, 是贵州省地质局 106 地质大队于 2001 年发现的, 2003 年 3 月至 2006 年 5 月, 由贵州省地质调查院对其进行了资源评价工作。

通过工作, 发现该区锰矿与峨眉山玄武岩有密切成因联系, 并有多种热水成因标志。笔者主要阐述

茅口晚期黔中台沟相带内锰矿的地质、地球化学特征, 并探讨锰矿的成矿地质条件。

1 区域地质背景

笔者探讨的锰矿区(带)西起云南格学, 向东经水城—纳雍到遵义附近。在区域构造上, 处于扬子地台西部黔北台隆的六盘水断陷和遵义断拱内^[2]。在志留纪末和泥盆纪初的广西运动时, NW 向的垭都—紫云—南丹断裂使 SW 盘的六盘水地区下降, 形成一个 NW 向的六盘水断陷(具拗拉槽性质的裂谷带), 泥盆系、石炭系沉积厚度较大; 该断裂 NE 盘持续隆升, 形成遵义断拱, 导致大部地区缺失或很少接受泥盆纪、石炭纪沉积。中二叠世栖霞早期, 地壳逐渐沉降, 海水由 S 向 N 大面积扩展, 至茅口中—晚期, 由于地壳不均衡裂陷(拉张作用和同沉积断裂)的影响, 在碳酸盐台地的基础上发生了分异, 形成了一条自滇东北宣威, 经贵州纳雍、黔西到遵义横

跨六盘水断陷和遵义断拱的较深水的 NE 向台沟,称黔中台沟。碳酸盐台地相以较纯的浅水泥晶灰岩、生物屑泥晶灰岩为主,生物化石以粗枝藻组合和筴-有孔虫组合等为主;黔中台沟相为较深水环境,沉积了含硅质条带泥晶灰岩、硅质灰岩、硅质岩、泥灰岩及锰质岩等,生物化石以放射虫-菊石组合为主^[3]。

中、晚二叠世之间的东吴运动,沿深大断裂发生了大规模的基性火山喷溢活动,形成了大面积的拉斑玄武岩,这是峨眉地幔柱演化过程晚阶段的喷发产物。这套大陆溢流拉斑玄武岩统称为峨眉山玄武岩,据研究,这套玄武岩至少可分为两个大的喷溢时代^[2]。

第 1 喷溢时代:玄武岩主要存在于中二叠统茅口组,尤其是其第 2 段内。就目前所见,其最西部在纳雍营盘附近,向东经黔西、息峰至瓮安一带,呈近 EW 向零星分布于黔中台沟相内部及外缘,断续长约 190 km,每个玄武岩的分布面积较小,仅 0.2~2.8 km²。喷溢环境以海相为主,喷溢时代为中二叠世茅口晚期,以中二叠世玄武岩(P₂β)表示(图 1)。

第 2 喷溢时代:此期玄武岩呈岩被状假整合于下伏的茅口组(P_{2m})和上覆的二叠龙潭组(P_{3l})或宣威组(P_{3x})之间。这套拉斑玄武岩是峨眉山玄武岩在贵州境内的主体部分,向西延伸至云南、四川境内,呈楔状向东突出,至黔西与贵阳之间尖灭,西厚东薄。喷溢环境以陆相为主。喷溢时代属中二叠世茅口晚期至晚二叠世龙潭早期,本文以中-晚二叠世(P₂₋₃β)表示,以与前者相区别。

第 1 喷溢时代玄武岩(P₂β)与 NEE 向断裂有关,第 2 喷溢时代玄武岩(P₂₋₃β)与 NW 向断裂有关,皆主要属裂隙式喷发^[2,4]。

东吴运动不仅造成了大面积的玄武岩浆喷溢,以及少量辉绿岩的侵位活动,还造成地壳不断抬升,使茅口晚期已上升至最高点的海平面,在茅口末期突然下降,海水自西向东退却,导致大范围露出水面而遭受剥蚀,形成了茅口组上部灰岩的古岩溶侵蚀面,峨眉山玄武岩或二叠龙潭组(P_{3l})、宣威组(P_{3x})分别假整合于茅口组不同岩性段之上(图 2)。

该区锰矿正是在茅口晚期峨眉地幔柱演化晚阶

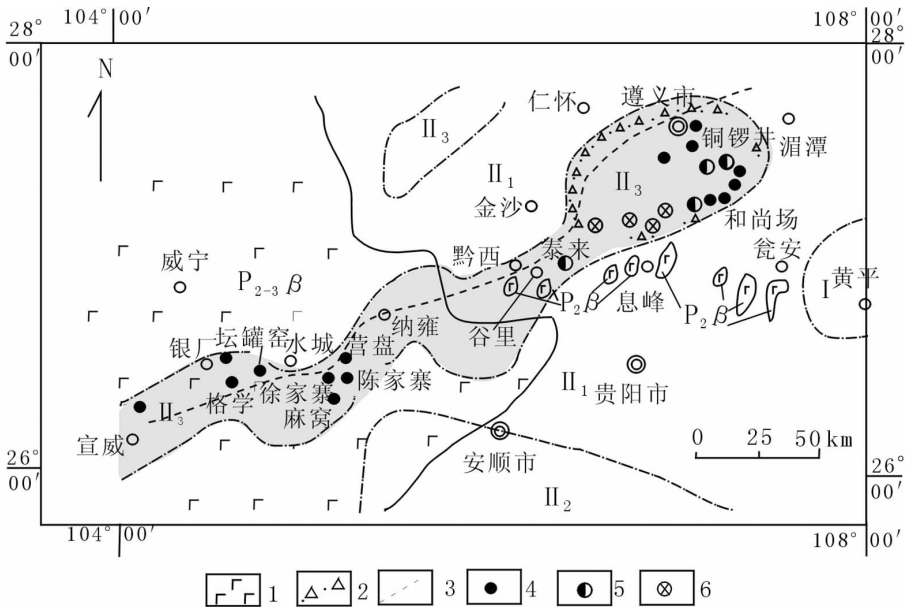


图 1 贵州中西部中二叠世茅口晚期岩相古地理及玄武岩分布

图中相带划分据参考文献^[3]略加修改;玄武岩据参考文献^[2]

I—武陵古陆; II₁—半局限海台地相; II₂—开阔海台地相; II₃—较深水台沟相;

P₂β—中二叠世玄武岩; P₂₋₃β—中-晚二叠世玄武岩; 1—峨眉山玄武岩; 2—硅质角砾岩;

3—推测同生沉积断裂; 4—锰矿床; 5—铁锰矿床; 6—含锰菱铁矿矿床(点)

Fig.1 Middle Permian late Maokouan lithofacies-paleogeography and basalt distribution in west-central Guizhou
 I—Wuling old land; II₁—Semi-restricted sea platform facies; II₂—Open sea platform facies; II₃—Deeper sea platform gully facies;
 P₂β—Middle Permian basalt; P₂₋₃β—Mid-Late Permian; 1—Emeishan basalt; 2—Siliceous breccia; 3—Synsedimentary fault, inferred;
 4—Manganese deposit; 5—Iron-manganese deposit (occurrence); 6—Manganese-bearing siderite deposit (occurrence)

段,在黔中台沟相带内发生、发展,并于大规模基性岩浆喷溢、侵位过程中形成的。

综合上述,该区锰矿与二叠系巨旋回(Ⅱ级层序)中海平面升降周期的高水位周期相联系,而且,其沉积构造背景与盆地的强烈拉张活动及其伴随的火山喷出阶段相对应,这与扬子地台周边已知的若干工业锰矿的产出特征基本相同^⑥。在中国南方,茅口阶

的含锰地层分布广泛,达8省、自治区之多,说明是一个重要成锰时期^{⑥①}。

2 锰矿床基本特征

该区内出露地层自下而上主要有中二叠统栖霞组、茅口组、峨眉山玄武岩组、上二叠统龙潭组或宣威组等。

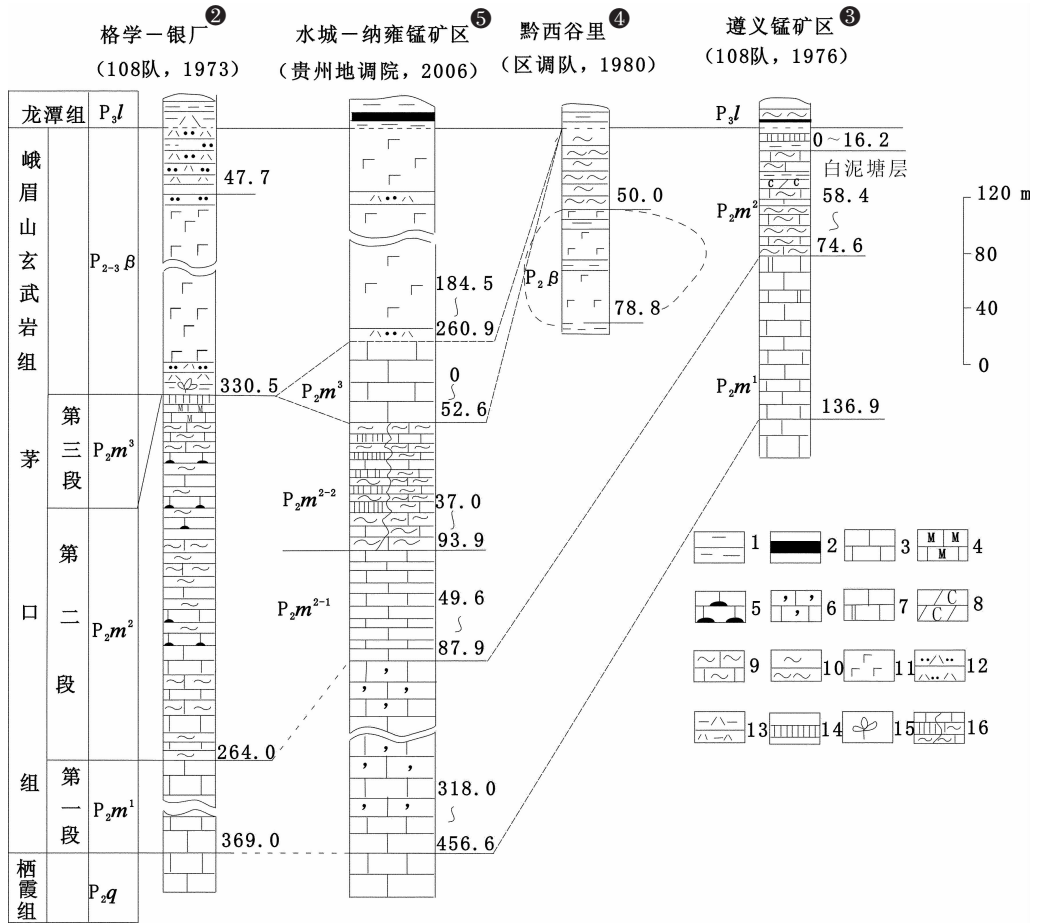


图2 黔中台沟中二叠统茅口组含锰矿地层柱状对比图

- 1—粘土岩;2—煤层;3—石灰岩;4—含锰灰岩;5—含燧石结核、条带灰岩;6—生物碎屑灰岩;7—白云质灰岩;
- 8—炭质泥灰岩;9—硅质灰岩、含硅质灰岩;10—硅质岩;11—玄武岩;12—凝灰岩;13—凝灰质页岩;
- 14—锰矿层;15—植物化石;16—分界线左侧为地表岩性,右侧为地下岩性

Fig.2 Columns of manganese-bearing strata of the Middle Permian Maokou Formation in the platform gullies, Guizhou

- 1—Claystone;2—Coal bed;3—Limestone;4—Manganese-bearing limestone;5—Cherty nodular and banded limestone;
- 6—Bioclastic limestone;7—Dolomitic limestone;8—Carbonaceous marlstone;9—Siliceous limestone and silica-bearing limestone;
- 10—Siliceous rock;11—Basalt;12—Tuff;13—Tuffaceous shale;14—Manganese rock;16—The left side of the boundary is surface lithology and the right side is underground lithology

① 陈文一, 叶念曾, 马忠魏. 贵州早二叠世岩相古地理研究报告(内部资料), 1981.
 ② 贵州省地矿局 108 地质大队. 1:20 万水城幅区域地质调查报告(内部资料), 1973.
 ③ 贵州省地矿局 108 地质大队. 1:20 万遵义幅区域地质调查报告(内部资料), 1976.
 ④ 贵州省地矿局区域地质调查大队. 1:20 万息峰幅区域地质调查报告(内部资料), 1980.
 ⑤ 贵州省地质调查院. 贵州水城—纳雍地区锰矿评价报告(内部资料), 2006.

茅口组分为 3 个岩性段,该区诸矿床(点)中的锰矿皆产于黔中台沟相带内茅口组第 2 段中—上部(图 2),在第 1、3 段内未见有锰矿产出。

茅口组第 2 段厚 90.8~264.0 m,西厚东薄,是一套较深水的深灰、灰黑色含有机质、锰质的含硅质条带灰岩、硅质灰岩、硅质岩、泥灰岩、生物屑灰岩等的硅灰泥锰质组合;多为薄层状夹中厚层状,少数厚层—块状;具水平层理和微细纹层;泥晶结构为主;在岩石的硅质条带中有大量放射虫和海绵骨针,生物化石以放射虫—菊石组合为主,也有筴、有孔虫等。

茅口组第 1 段为灰、深灰色中—厚层状生物屑灰岩,浅灰色厚层、块状白云质灰岩(西部较多),含泥质条带灰岩(东部较多),厚 107.3~456.6 m。第 3 段多为灰、浅灰色厚层、块状生物屑灰岩,残留厚度 0~52.6 m。均为碳酸盐台地相沉积,主要生物有筴、腕足、珊瑚、苔藓、棘皮等。

从茅口组第 1 段到第 3 段,反映了海水由浅到深再到浅的变化。茅口组第 2 段含硅质岩层及其上(或其中)的锰质层为一连续沉积的整体,是中二叠世栖霞期—茅口期Ⅲ级旋回层序凝缩层的典型标志。

在黔中台沟东部的遵义一带,有较多具工业价值的锰矿床,主要是原生碳酸盐锰矿、铁锰矿和含锰菱铁矿;在西部格学—水城—纳雍一带,主要为锰的原始矿胚层岩石,仅在地表及其附近,见有锰帽型次生氧化锰矿床。

现分别就格学、水城—纳雍及遵义锰矿床的基本特征概述于后。

2.1 格学锰矿床

格学锰矿床位于云南宣威境内的格宜向斜东翼。1958—1965 年,云南地质局第七地质队对该区进行过详查,探明 C_1+C_2 级矿石储量 442 万 t^①。矿床地质构造和剖面特征见图 3 及图 4-A。

格学锰矿层产于茅口组第二段上部^①,在 10 m 的厚度范围内,有矿 4 层,自上而下为:

a 层矿:咖啡色,烟灰状、土状,以软锰矿为主,Mn 含量 15%左右,厚 0~0.2 m。其直接顶板为峨眉山玄武岩组底部凝灰质岩石。

b 层矿:钢灰色,致密状,以硬锰矿为主,Mn 含量 40%以上,厚 0~0.7 m。

c 层矿和 d 层矿:均由方解石和硬锰矿组成,厚度分别为 0~0.5 m 和 0~0.6 m。向矿区南部,这两层矿合并为一层,Mn 含量 20%~37%,平均厚 0.9 m。

a、b 两层矿之间的岩层厚度变化较大(0~3.0 m),且顺层分布的角砾状灰岩、角砾状泥灰岩内,含少量硬锰矿碎块,可能与海底“热喷流”有关;b、c 两层矿之间为厚 0~0.5 m 的含锰生物碎屑灰岩;c、d 两层矿之间为厚 0~1.5 m 的含锰硅质灰岩,内含斑点状硬锰矿。在 d 层矿之下为厚 3 m 的结晶灰岩,内含斑点状硬锰矿;再向下为深灰、灰黑色薄层、板状,含有机质、锰质燧石条带灰岩,内夹厚度小于 0.1 m 的菱锰矿扁豆体。

格学锰矿体主要有 2 层(即前述 b 和 c+d 层),呈层状、似层状、透镜状,矿区范围内常尖灭再现,矿体平均厚 0.5~1.3 m。地表所见矿石矿物主要是硬锰矿,次为软锰矿和偏锰酸盐。矿石含:Mn 15%~40%,TFe 0.8%~7.3%, SiO_2 1.4%~3.2%,P 0.08%~0.13%, Al_2O_3 0.8%~1.8%, CaO_2 0.1%~37.1%,MgO 0.7%~1.4%,属中铁低磷碱性氧化锰矿石。

2.2 水城—纳雍锰矿床

水城—纳雍锰矿由贵州地质矿产局 106 地质大队在 2001 年新发现的。自西向东分布有坛罐窑、滥坝(徐家寨、麻窝矿段)和沙沟(陈家寨、营盘矿段)3 个矿区 5 个矿段,除营盘属纳雍县外,均属水城县管辖。经地质勘查,除陈家寨矿段具中型规模(413 万 t)外,其余 3 处为小型矿床,1 处为矿点^②。该区地质构造及陈家寨矿段剖面特征见图 3 及图 4-B。锰矿主要产于茅口组第 2 段 2 亚段(P_2m^{2-2})中、上部,各矿段有 1~5 层较为连续稳定的锰矿体;1 亚段(P_2m^{2-1})内有 1~3 层不甚连续稳定的锰矿体零星分布。锰矿体呈层状、似层状、透镜状顺层产于地表及近地表处。矿体厚 0.7~5.2 m,一般厚 1~2 m。矿体内有不稳定夹石(主要是薄层、极薄层及少数中厚层硅质岩),有膨胀、收缩、分叉和复合现象。

矿床类型均为锰矿胚层岩石在地表经氧化形成的锰帽型矿床。按矿石自然形态、结构、构造等,可将其分为以下 3 个亚类:

(1)“土状”矿石:具茶、咖啡、棕黑等色,疏松呈土状,微—隐晶结构,纹层状、多孔状等构造,主要矿

① 贵州地矿局 108 地质大队,1:20 万水城幅区域地质调查报告(内部资料),1973。

② 贵州省地质调查院,贵州水城—纳雍地区锰矿评价报告(内部资料),2006。

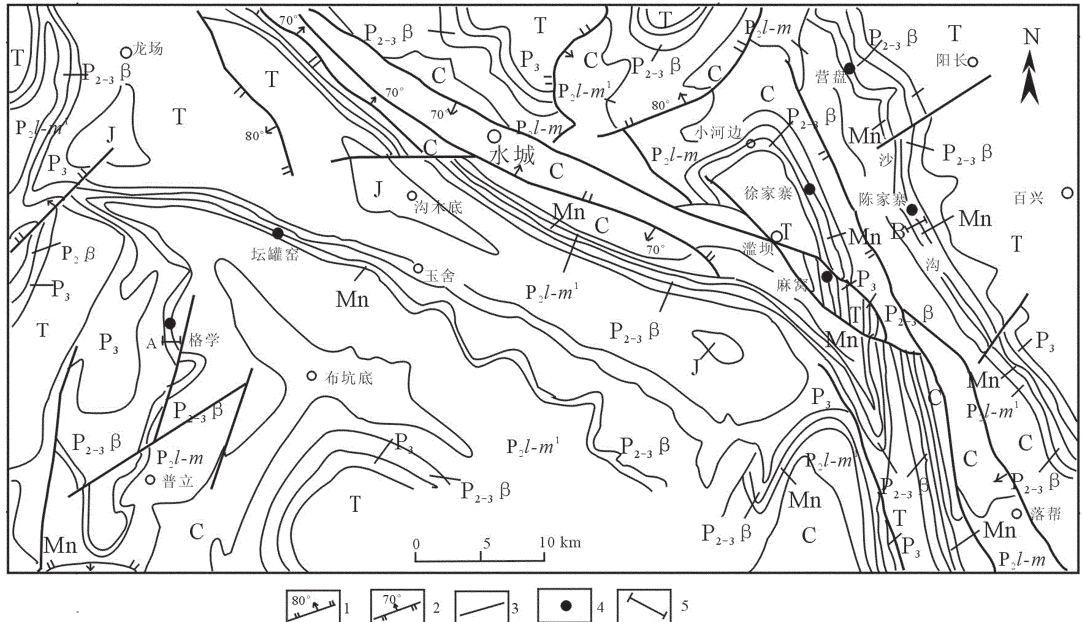


图3 贵州水城—纳雍锰矿地质略图^①

J—侏罗系;T—三叠系;P₃—上二叠统;P_{2-3β}—峨眉山玄武岩;Mn—中二叠统茅口组第二、三段;P_{2l-m}—中二叠统梁山组—茅口组一段;C—石炭系;1—正断层及倾角;2—逆断层及倾角;3—性质不明断层;4—锰矿床;5—剖面位置及编号

Fig.3 Geological sketch map of the Shuicheng-Nayong manganese deposit in Guizhou

J—Jurassic;T—Triassic;P₃—Upper Permian;P_{2-3β}—Emeishan basalt;Mn—2nd and 3rd members of the Mid Permian Maokou Formation;P_{2l-m}—Mid Permian Liangshan Formation and 1st Member of the Maokou Formation;C—Carboniferous;1—Normal fault and dip angle;2—Thrust fault and dip angle;3—Fault of uncertain nature;4—Manganese deposit;5—Location of section and its number

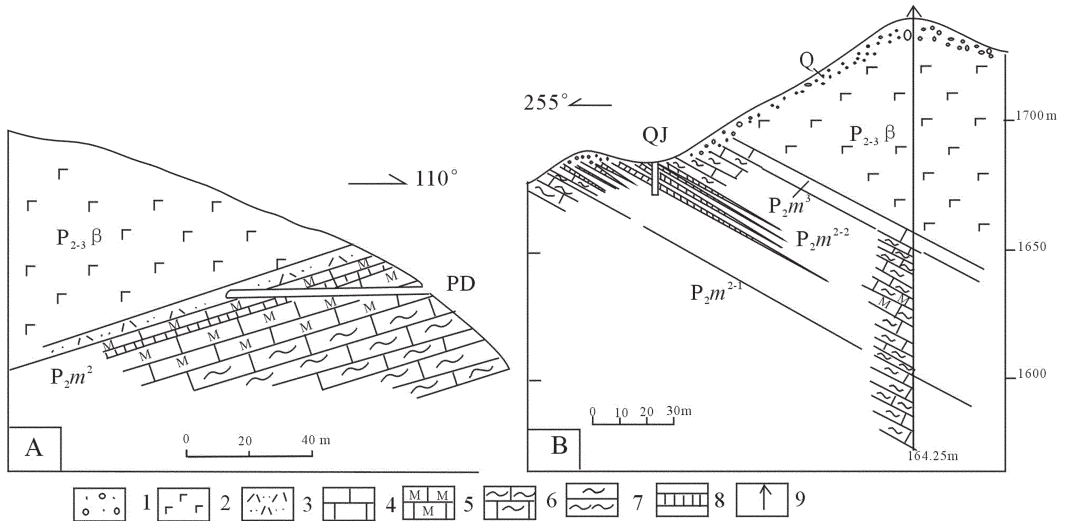


图4 宣威格学锰矿区剖面

Q—第四系;P_{2-3β}—峨眉山玄武岩组;P_{2m3}—茅口组三段;P_{2m2-2}—茅口组第二段二亚段;P_{2m2-1}—茅口组第二段一亚段;1—残坡积物;2—玄武岩;3—凝灰岩;4—石灰岩;5—含锰灰岩;6—硅质灰岩;7—硅质岩;8—锰矿体;9—钻孔;PD—平硐;QJ—浅井(剖面位置见图3)

Fig.4 Section (A) of the Gexue manganese district in Xuanwei, Yunnan, and section (B) of the 7th ore block of Chenjiazhai, Shuicheng, Guizhou Province

Q—Quaternary;P_{2-3β}—Emeishan basalt Formation;P_{2m3}—third member of the Maokou Formation;P_{2m2-2}—second submember of the 2nd member of the Maokou Formation;P_{2m2-1}—first submember of the second member of the Maokou Formation;1—Residual slope wash;2—Basalt;3—Tuff;4—Limestone;5—Manganese-bearing limestone;6—Siliceous limestone;7—Siliceous rock;8—Manganese orebody;9—Drill hole;PD—adit;QJ—pit

①刘平,等.2004年在格学锰矿区考察时,于矿区南部所作信手剖面.

物为偏锰酸矿、软锰矿、粘土矿物(伊利石、蒙脱石和高岭石)。根据矿石内岩石残留体,以及地表、地下对比研究,这类锰矿石的原始矿胚层岩石为含硅质较少的含锰含硅质灰岩、生物碎屑泥晶灰岩。在灰岩中见少量天青石晶体。

(2)“渣状”矿石:棕黑、黑色,残留有较多的薄层(厘米级)、极薄层(毫米级)硅质岩条带,稍经移动,硅质岩即碎成玻璃渣状。矿石主要由细-粉-微-隐晶硬锰矿和微-隐晶软锰矿、硅质-石英及粘土矿物(伊利石和蒙脱石)组成,伴有 2%左右的沉积石膏。其原始矿胚层岩石主要是含硅质较多的含锰硅质灰岩、含锰含钙质硅质岩。

(3)条带状矿石:由具铁、钢灰、褐灰等色的锰矿石(主要为硬锰矿,次为软锰矿及少量褐铁矿)与淡棕色含锰方解石相间构成条带状构造,顺层分布。此类矿石极少见。

上述 3 类矿石中,以前 2 类最为普遍。据 5 个矿段 11 个矿体资料计算,前两类矿石的平均含量为:Mn 23.88%,TFe 10.04%,P 0.15%,SiO₂ 31.56%,Al₂O₃ 1.99%,CaO 3.98%,MgO 0.49,Mn/Fe 2.38,P/Mn 0.006,(CaO+MgO)/(Al₂O₃+SiO₂)为 0.13。属中铁、高磷、酸性氧化锰矿石。

区内各矿段地表及近地表处的氧化锰矿体内及矿体之间,常有大量较纯的纹层状硅质岩(据 30 件硅质岩分析,SiO₂ 为 65.00%~94.18%,平均 81.29%),但据钻孔资料,与地表锰矿层对应的地下深处,所见皆为硅质灰岩、含硅质灰岩夹含钙质硅质岩及生物屑灰岩,从未见有纯硅质岩,表明地表所见纯硅质岩,是锰矿胚层岩石经强烈风化作用,在锰矿富集的同时,也残留了较纯的硅质岩。

2.3 遵义锰矿床

该区是中国著名锰矿区之一,包括铜锣井(大型)、冯家湾、共青湖、和尚场和五龙(小型)等 1 个大型、3 个中型和 1 个小型矿床。在锰矿床之间及两侧,还有一系列中、小型的铁锰矿和含锰菱铁矿,总共 15 个矿床(点)。大型的铜锣井矿区(含 6 个矿段),在 1984 年前已完成详查和勘探工作,共探明矿石储量 3636 万 t,其中,铜锣井矿段 1396 万 t,沙坝

矿段 2137 万 t,其他矿段规模较小^①;矿区地质及构造见图 5,相应剖面特征见图 6。

锰、铁等矿床、矿点皆产于茅口组第 2 段顶部 0~16.2 m 内,通常称之为含锰岩系或锰矿层。锰矿体的直接顶板常为含黄铁矿伊利石粘土岩或含黄铁矿炭质粘土岩;锰矿体下伏岩石为深灰、灰黑色灰岩、硅质灰岩、钙质硅质岩等,这套岩石组合在遵义一带以往称为“白泥塘层”。有时,锰矿体直接覆于“白泥塘层”之上;有时在锰矿体与“白泥塘层”之间,有一层含锰黄铁矿伊利石粘土岩,内有菱锰矿扁豆状、结核,厚 0~1.65 m,一般小于 0.2 m。锰矿层与“白泥塘层”之间,除局部外,大多看不到明显的沉积间断,而为连续沉积^②。

所谓“白泥塘层”即是茅口组第 2 段顶部锰矿层之下的岩层,厚 58.4~74.6 m。在遵义一带,该层岩性主要是一套深灰、灰黑色,薄层夹中厚层的含炭质硅质灰岩、硅质岩、含锰灰岩、泥灰岩为主的复杂岩层,其中—上部夹有粉砂岩、泥岩、页岩、劣质煤等,中下部有 5~6 层钙菱锰矿层及薄层含锰灰岩层(均厚 3~7 cm)与硅质岩、硅质灰岩、泥岩互层^③。

遵义一带有具工业价值的锰矿体一层,厚 0~6.69 m,平均厚 1.9 m,矿体延长数十至数千米。锰矿体主要为灰、深灰色夹棕红、褐色的碳酸盐锰矿,内含黄铁矿、菱铁矿、粘土矿物、绿泥石及有机质等。按矿石结构、构造等,锰矿层自下而上可分为:下部微细纹层状、致密状矿石,锰矿物以钙菱锰矿为主,内有较多海绵骨针,均已被钙菱锰矿所交代;中部为锰矿与黑色粘土岩(各厚数毫米至数厘米)相间的条带状矿石,部分层理具搅动构造;上部为砾状、角砾状矿石,顶部角砾尤为杂乱,与上覆岩层界线不清。中、上部矿石的锰矿物皆以菱锰矿为主。矿层中、上部,见有玄武岩、凝灰岩碎屑^④。

在锰矿层尖灭的边缘地带,锰矿石呈结核状、团块状产于伊利石粘土岩中,并向外逐渐过渡为含锰粘土岩、含菱铁矿绿泥石粘土岩^⑤。锰矿层的分布,严格控制在“白泥塘层”分布区内,二者紧密相伴。特别值得一提的是,在遵义锰矿区四周,在“白泥塘层”的边缘,分布着一圈硅质角砾岩(以往有人称之为同生

①贺师冠. 遵义锰矿地质特征及其成因探讨, 贵州地质科技情报, 第 2 期(内部刊物), 1979.

②陈文一, 叶念曾, 马忠魏. 贵州早二叠世岩相古地理研究报告(内部资料), 1981.

③据贵州省地质矿产局区域地质调查大队. 贵州省区域矿产志(内部资料), 1986.

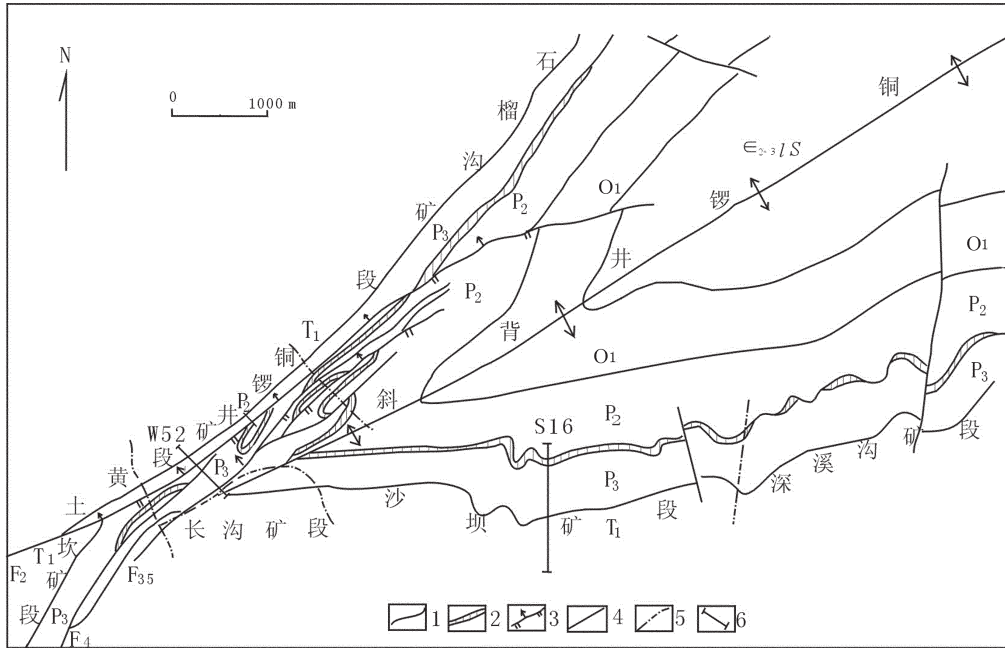


图5 遵义铜罗井锰矿地质图

T₁—下三叠统;P₃—上二叠统;P₂—中二叠统;O₁—下奥陶统;ε_{2-3/s}—中上寒武统娄山关群;1—地层界线;2—锰矿露头;3—逆断层;4—性质不明断层;5—矿段分界线;6—勘探线

Fig.5 Geological map of the Tongluojing manganese deposit in Zunyi

T₁—Lower Triassic;P₃—Upper Permian;P₂—Middle Permian;O₁—Lower Ordovician;ε_{2-3/s}—Middle-Upper Cambrian Loushanguan Group;1—Stratigraphic boundary;2—Outcrop of manganese orebody;3—Thrust fault;4—Fault of uncertain nature;5—Boundary of ore block;6—Prospecting line

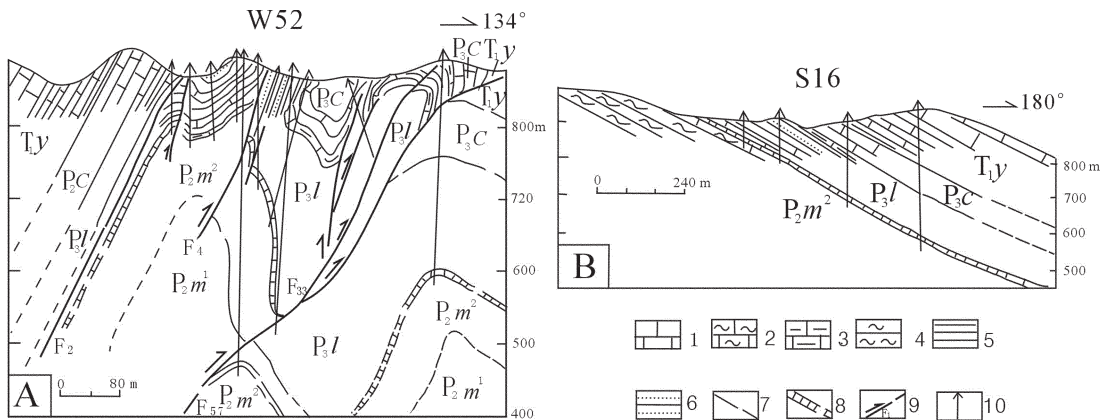


图6 遵义铜罗井矿区铜罗井矿段 W52(A)①及沙坝矿段 S16(B)②勘探线剖面图

T_{1y}—下三叠统夜郎组;P_{3c}—上二叠统长兴组;P_{3l}—上二叠统龙潭组;P_{2m2}—中二叠统茅口组第二段;P_{2m1}—茅口组第一段;1—石灰岩;2—硅质灰岩;3—泥灰岩;4—硅质岩;5—页岩;6—砂岩、粉砂岩;7—地质界线;8—锰矿岩;9—逆断层及编号;10—钻孔

Fig.6 Prospecting profiles of the Tongluojing manganese ore block W52 (A) and Shaba manganese ore block S16 (B)

of the Tongluojing manganese district in Zunyi, Guizhou

T_{1y}—Lower Triassic Yelang Formation;P_{3c}—Upper Permian Changxing Formation;P_{3l}—Upper Permian Longtan Formation;P_{2m2}—2nd Member of the Middle Permian Maokou Formation;P_{2m1}—1st Member of the Maokou Formation;1—Limestone;2—Siliceous limestone;3—Marl;4—Siliceous rock;5—shale;6—sandstone and siltstone;7—Stratigraphic boundary;8—Manganese orebody;9—Thrust fault and its number;10—Drill hole

①贵州省地质矿产局 102 地质大队.遵义铜罗井锰矿区铜罗井矿段详细勘探地质报告(内部资料),1984.

②贵州省地质局遵义队.遵义铜罗井锰矿储量报告(内部资料),1958.

构造角砾岩)(图 1), 其露头长 0.5~20 km, 一般 1 km 左右, 厚 2~100 余米。角砾石呈尖棱状, 排列杂乱, 大小不等, 砾石直径多为 0.2~20 cm, 个别可达数米, 胶结物主要是硅质, 也有铁质和锰质^①。区内锰矿、铁锰矿、含锰菱铁矿几乎都分布在硅质角砾岩的分布范围内^①(图 1)。结合前述锰矿层中具搅动构造和角砾构造, 说明存在有海底热水的向上喷发或喷流现象。

遵义锰矿床以碳酸盐锰矿为主, 在潜水面之上也有少量碳酸锰矿石经氧化而成的氧化锰矿石, 以及由含锰灰岩、含锰硅质灰岩形成的锰帽型氧化锰矿石。

碳酸锰矿石的原生结构有泥晶结构、生物碎屑结构、球粒结构(由泥-微晶钙菱锰矿组成卵圆形球粒, 残留于矿层下部)、火山碎屑结构(在矿层上部胶结物中见有玄武岩屑及微量晶屑和玻屑, 均已为碳酸锰矿物所交代)、鲕粒结构等; 后生结构有晶粒结构、团粒结构(钙菱锰矿组成纤维放射状不规则的卵形团粒)、交代溶蚀结构等。矿石构造有微层状、网脉状、角砾状等。矿石主要锰矿物有菱锰矿、钙菱锰矿、锰方解石、含锰方解石、铁菱锰矿、锰菱铁矿及少量硫锰矿、黑锰矿、褐锰矿、水锰矿等, 非锰矿物主要有粘土矿物(伊利石、蒙脱石、高岭石)、绿泥石(鲕绿泥石、叶绿泥石)、硫铁矿及少量重晶石、萤石、石膏等^②。

遵义各矿区原生碳酸盐锰矿主要化学成分平均含量为 Mn 15.80~19.65%, TFe 8.50~10.94%, TS 4.43~6.96%, P<0.05%, SiO₂ 11.63~17.36%, CaO 6.35~9.13%, MgO 2.01~2.51%, Al₂O₃ 4.48~9.86%。30 件矿石的有机碳含量平均为 0.45%, 最高达 1.74%; 矿石 Mn/Fe 小于 2.5, (CaO+ MgO)/(Al₂O₃+ SiO₂)多小于 0.5, 主要属高铁、高硫、低磷酸性碳酸锰矿石^③。其中, 铜锣井矿区各矿段碳酸锰矿石平均品位: Mn 18.22%~19.65%, TFe 8.31%~10.96%, P 0.064%~0.51%, TS 4.43%~6.69%, SiO₂ 10.0%~13.30%, Al₂O₃ 3.98%~7.78%; 氧化锰矿石平均品位: Mn 26.0%~28.29%, TFe 12.0%~12.79%, P 0.072%~0.076%, SiO₂ 13.0%~18.44%。由于硫铁矿普遍存在, 该区锰矿属高硫、高铁、低磷、低硅的酸性矿石^④。

3 稳定同位素和流体包裹体特征

3.1 稳定同位素

3.1.1 碳氧同位素

笔者在区内各地的 P₂m² 层内采集 6 件矿石和

矿胚层岩石样品, 做全岩碳、氧同位素测定(表 1)。从表 1 可以看出, 岩石的 δ¹³C_{PDB} 大多高于锰矿石、矿物的平均值。纳雍营盘矿段的 YB4-2 为含硅质灰岩, 是锰矿石中残留的矿胚层岩石, 含 Mn 较高(6.70%), 在图 7 中落在了矿石、矿物的平均范围之内。但总体上看, 锰矿石、矿物的 δ¹³C_{PDB} 平均为 -6.35‰, δ¹⁸O_{PDB} 平均为 -5.16‰; 各类岩石的 δ¹³C_{PDB} 平均为 -1.03‰, δ¹⁸O_{PDB} 平均为 -6.51‰。表明各类岩石的碳、氧同位素组成多各类岩石的 δ¹³C_{PDB} 平均为 -1.03‰, δ¹⁸O_{PDB} 平均为 -6.51‰。表明各类岩石的碳、氧同位素组成多数较正常海相碳酸岩为低, 特别是锰矿石、矿物的 δ¹³C_{PDB} 更是明显偏低, 这些正是热水沉积的特点^⑦。

3.1.2 氧同位素:

营盘矿段硅质岩、硅质灰岩(各 1 件)的全岩测试结果为 δ¹⁸O_{SMOW}(平均)=+20.26‰, 与贵州泥堡金矿床 P₃l 底部含金次生石英岩的 δ¹⁸O_{SMOW}(+20.18‰)极为相近; 此外, 还与铜仁万山、大硐喇汞矿区的硅化石英+20.68‰(7 件平均), 丹寨水银厂汞矿的硅化石英+20.84‰(2 件平均)的几乎完全一致, 后两者汞矿区硅化石英的包裹体均一温度为 101~163℃^⑧, 说明黔中台沟内的硅质岩、硅质灰岩也

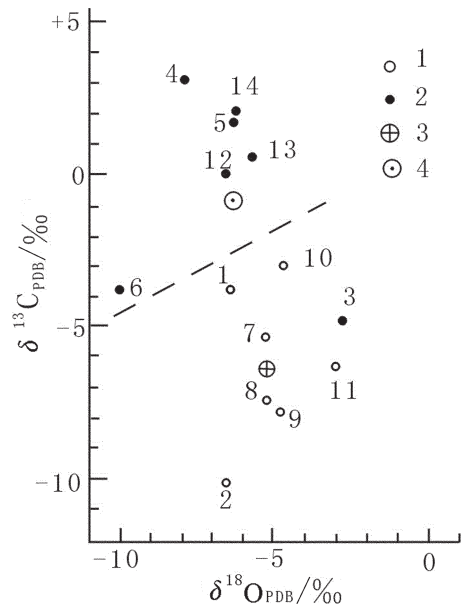


图 7 碳-氧同位素组成图

1—锰矿石; 2—岩石; 3—矿石、矿物平均; 4—岩石平均(样品序号与表 1 相同)

Fig.7 Carbon and oxygen isotopic compositions 1—Manganese ore; 2—Rock; 3—Average value of ores and minerals; 4—Average value of rocks (The serial numbers of samples same as in Table 1)

表 1 黔中台沟锰矿床碳、氧同位素组成
Table 1 Carbon and oxygen isotopic compositions of manganese deposits in platform gullies of central Guizhou

序号	产地及样号	岩矿名称	测试结果		资料来源
			$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}/\text{‰}$	
1	遵义铜锣井 长沟矿段 ZB1	含氧化锰的碳酸锰矿石	-3.96 (2 次平均)	-6.36 (2 次平均)	
2	遵义铜锣井 长沟矿段 ZB3	含氧化锰的碳酸锰矿石	-10.19	-6.50	
3	纳雍营盘 YB4-2	含锰含硅质灰岩	-4.78 (2 次平均)	-2.79 (2 次平均)	1~6 本文
4	纳雍营盘 YB6	粒屑泥晶灰岩	+3.03	-8.08	
5	纳雍营盘 YB14	粒屑泥晶灰岩	+1.91	-6.36	
6	宣威格学 GB2	粒屑泥晶灰岩	-3.88	-9.78	
7	遵义铜锣井 沙坝矿段	钙菱锰矿	-5.290	-5.345	
8	遵义铜锣井 沙坝矿段	锰方解石	-7.769	-5.188	
9	遵义铜锣井 黄土坎矿段	钙菱锰矿	-8.086	-4.940	
10	遵义和尚场	菱锰矿	-2.965	-4.857	7~14
11	遵义和尚场	菱锰矿	-6.161	-2.954	刘巽锋等 ^[5]
12	遵义铜锣井 沙坝矿段	含炭质硅质灰岩	+0.005	-6.580	
13	遵义铜锣井 沙坝矿段	含炭质硅质灰岩	+0.743	-5.722	
14	遵义和尚场	硅质灰岩	+1.974	-6.268	

是形成于热水环境。

3.2 流体包裹体

采自区内各地 5 件锰矿石和矿胚层岩石样品的流体包裹体测试结果(表 2)表明,包裹体类型简单,多为 NaCl-H₂O 型,见有少量~5%的有机质包裹体。包裹体较小,多为 2~25 μm,有机质包裹体稍大,为 3~60 μm。其他特征见表 2。

3.2.1 均一温度(h)

遵义铜锣井矿区长沟矿段同一坑道内 2 件锰矿石样品(ZB1、ZB3)中重结晶方解石的均一温度范围为 90~275℃,在均一温度直方图(图 8)上呈三峰式。按峰值划分:第 1 阶段最佳温度为 90~105℃,平均 97.9℃;第 2 阶段为 132~175℃,平均 153.6℃;第 3 阶段为 245~275℃,平均 259.4℃;两件样品的平均 h 为 163.6℃。

宣威格学锰矿床矿体直接顶板含锰石灰岩样品(GB2)中重结晶方解石的均一温度范围为 102~152℃,在直方图上呈双峰式(图 8)。第 1 阶段最佳温度为 102~115℃,平均 108.5℃;第 2 阶段为 130~

152℃,平均 140.7℃。全样平均为 128.6℃。

水城徐家寨矿床条带状矿石中的含锰方解石样品(XB2)的均一温度范围为 125~178℃,在直方图上呈双峰式(图 8),第 1 阶段为 130~150℃,平均 138.9℃;第 2 阶段为 170~178℃,平均 174.5℃。全样平均为 149.4℃。

营盘矿床矿胚层石灰岩(“土状”锰矿石中的残留体)样品(YB14)的温度范围为 105~145℃,在直方图为单峰式(图 8),全样平均 122.3℃。

从全区 5 件样品在图 8 上的总体分布来看,成矿均一温度大致可分为 3 个阶段,其最佳温度分别为 100~110℃、130~150℃、250~260℃。遵义锰矿石的成矿温度最高,成矿阶段最多;营盘矿胚层石灰岩成矿温度最低,成矿阶段最少。

3.2.2 盐度(NaCl_{eq})

区内 5 件岩、矿石样品测定结果(表 3)表明,流体包裹体盐度总体较低,但以矿石为高。遵义 2 件矿石样品的平均盐度(NaCl_{eq})为 2.4%,徐家寨平均为 2.9%,矿胚层岩石为 1.9%~2.3%。其他特征见表 3。

表 2 黔中台沟锰矿床岩、矿石矿物包裹体特征
Table 2 Features of mineral inclusions in rocks and ores of manganese deposits in platform gullies of central Guizhou

产地	样号	单相盐水溶液包裹体	单相有机包裹体	两相盐水溶液包裹体	两相盐水溶液包裹体的相态及对比/%	包裹体大小/ μm	包裹体形态	包裹体分布特点
遵	ZB1	70%±	少量	30%±	$\text{L}_{\text{H}_2\text{O}}$ 88~90 $\text{V}_{\text{Cu}_2\text{S}}$ 10~12	2~15 $\text{V}_{\text{Cu}_2\text{S}}$ 3~50	以菱形、多边形为主, 次为长方形、椭圆形, 不规则形	
义	ZB3	70%±	5%±	25%±	$\text{L}_{\text{H}_2\text{O}}$ 85~92 $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ 8~15	2~25 $\text{V}_{\text{Cu}_2\text{S}}$ 3~60	以米粒状、多边形为主, 次为长方形、椭圆形、不规则形	多呈自由状、小群状分布, 部分沿方解石微裂隙分布。
营	YB14	80%±	未见	20%±	$\text{L}_{\text{H}_2\text{O}}$ 90~92 $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ 8~10	2~10		单相有机包裹体(透光中呈棕黑色、具灰黄色荧光)均沿方解石微裂隙呈线状分布
徐	XB2	80%±	少量	20%±	$\text{L}_{\text{H}_2\text{O}}$ 85~90 $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ 10~15	2~25 $\text{V}_{\text{Cu}_2\text{S}}$ 3~60	以米粒状、多边形为主, 次为长方形、椭圆形、不规则形	
家								
寨								
格	GB2	75%±	5%±	20%±	$\text{L}_{\text{H}_2\text{O}}$ 90~92 $\text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ 8~10	2~25 $\text{V}_{\text{Cu}_2\text{S}}$ 3~60		

注:由宜昌地质矿产研究所包裹体室分析。

表 3 黔中台沟锰矿床岩、矿石矿物包裹体参数
Table 3 Parameters of mineral inclusions of rocks and ores of manganese deposits of platform gullies in central Guizhou

产地	样号	测定矿物	包裹体数	均一温度/ $^{\circ}\text{C}$		盐度/ cm^3		密度		压力/Pa		深度/km	
				范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
遵义	ZB1	锰矿石中的重结晶方解石	26	155~275	204.8	0.7~1.7	1.2	0.771~0.925	0.855	340~603	465	1.13~2.01	1.55
	ZB3	晶方解石	29	90~160	126.7	0.5~5.2	3.6	0.942~0.965	0.951	165~429	293	0.55~1.43	0.98
营盘	YB14	粒屑泥晶灰岩中的重结晶方解石	19	105~145	122.3	1.5~2.5	2.9	0.929~0.955	0.942	255~367	311	0.83~1.22	1.03
徐家寨	XB2	条带状锰矿石中含锰方解石	27	125~178	149.4	2.0~3.7	2.3	0.923~0.965	0.940	326~463	407	1.08~1.53	1.35
格学	GB2	粒屑泥晶灰岩中的重结晶方解石	32	102~152	128.6	1.7~3.0		0.928~0.968	0.950	246~392	312	0.82~1.31	1.04

注:由贵州省地质矿产中心实验室分析;主检依据:GB/T14506-93;仪器及型号:AA800 原子吸收分光光度计,全谱直读等离子光谱仪,型号:IRIS INTREPID II XSP,等。

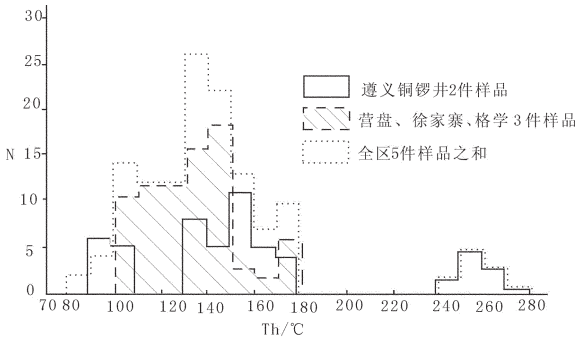


图8 黔中台沟锰矿流体包裹体均一温度直方图
Fig.8 Histogram of homogenization temperatures of fluid inclusions of manganese deposits of the platform gullies in central Guizhou

4 岩矿石地球化学特征

4.1 常量元素及微量元素地球化学特征

从诸区(段)内各类岩、矿石样品测定结果的平均值(表4)可以看出,该区锰矿石、顶底板围岩及矿

胚层岩石的 Fe/Ti 比值为 21.6~592.5, (Fe+Mn)/Ti 比值为 68.8~1181.1, Al/(Al+Fe+Mn) 为 0.013~0.28。Boström^[7]指出,当海相沉积物中 Fe/Ti、(Fe+Mn)/Ti 及 Al/(Al+Fe+Mn) 的比值依次为 >20、>20±5、<0.35 时,一般认为属热水沉积物。Boström^[7]还指出,热水沉积物的元素组成,在 Fe-Mn-(Cu+Co+Ni)×10 的三角图解(图9)中有明显的集中区^[7]。表4中列出的锰矿石、矿体顶底板围岩及矿胚层岩石,其 Fe、Mn、(Cu+Co+Ni)×10 等元素全部聚集在热水沉积区内(图9)。

4.2 稀土元素地球化学特征

(1) 各类岩石的 ΣREE(表5)甚低,为 11.49×10⁻⁶~66.69×10⁻⁶,平均 42.51×10⁻⁶;锰矿石的 ΣREE 则高达 234.51×10⁻⁶~1175.11×10⁻⁶,平均为 379.63×10⁻⁶,其中,黔西泰来氧化的铁锰矿石最高,遵义与格学的氧化矿石次之,水城纳雍一带锰帽型氧化锰矿石最低,平均仅 312.08×10⁻⁶。

(2) 虽然矿石与岩石的 ΣREE(表5)相差较大,

表4 黔中台沟锰矿岩、矿石化学成分及元素比值
Table 4 Chemical composition and element ratios of rocks and ores of manganese deposits of platform gullies in central Guizhou

矿床(点)名称	遵义 铜锣井	黔西 泰来	纳雍 营盘	水城 徐家寨	水城 坛罐窑	宣威 格学	遵义 铜锣	纳雍 营盘	水城 徐家寨	水城 坛罐窑	宣威 格学
岩矿石名称	锰矿石	铁锰 矿石	锰矿石	锰矿石	锰矿石	锰矿石	钙质 硅质岩	含硅质 灰岩	钙质 硅质岩	含锰 硅质岩	含锰 灰岩
样品数	2	2	11	14	20	1	1	6	1	4	1
Mn/10 ⁻²	29.24	16.76	25.64	21.24	26.40	21.76	0.68	3.69	2.46	6.94	9.13
Fe	7.89	30.66	8.05	6.53	3.24	7.30	0.31	0.75	4.74	4.98	0.65
P	0.044	0.146	0.165	0.088	0.099	0.082	0.038	0.049	0.091	0.093	0.068
SiO ₂	5.30	9.05	31.10	47.40	39.81	3.14	49.72	19.51	46.79	73.33	2.39
Al ₂ O ₃	3.16	7.90	1.53	2.75	3.08	1.76	0.74	0.51	0.39	3.08	0.25
CaO	5.46	0.80	4.00	4.71	2.47	25.74	24.46	35.82	23.39	0.67	44.81
MgO	1.54	0.62	0.78	2.94	0.43	0.68	0.80	3.58	0.22	0.08	0.66
LOSS	29.28	14.34	12.82	9.63	10.67	24.10	22.30	20.07	19.82	4.96	36.08
Cu/10 ⁻⁶	58	585	155	55	67	109	22	20	24	86	15
Zn/10 ⁻⁶	42	627	195	186	183	95	15	25	76	166	9
Co	32	330	48	28	23	35	10	9	13	67	11
Ni	108	405	301	174	150	194	26	59	69	438	30
V	2.24	1664	388	531	223	915	241	107	337	415	158
Ti	1469	3598	995	1023	1493	552	144	210	80	925	54
Cr	142	977	332	247	77	179	191	114	220	165	41
Mo	39	3	12	22	2	28	11	2	22	62	16
Ni/Co	3.38	1.23	6.27	6.21	6.52	5.54	2.60	6.56	5.31	6.54	2.73
Fe/Ti	53.7	85.2	80.9	63.8	21.7	132.2	21.6	35.7	592.5	53.8	120.4
Fe+Mn/Ti	252.8	131.8	338.6	271.5	198.5	526.4	68.8	211.4	900.0	128.9	1811.1
Al/Al+Fe+Mn	0.043	0.081	0.023	0.050	0.052	0.031	0.28	0.057	0.028	0.12	0.013

注:由宜昌地质矿产研究所岩矿测试室分析,仪器型号:PGS-2型。

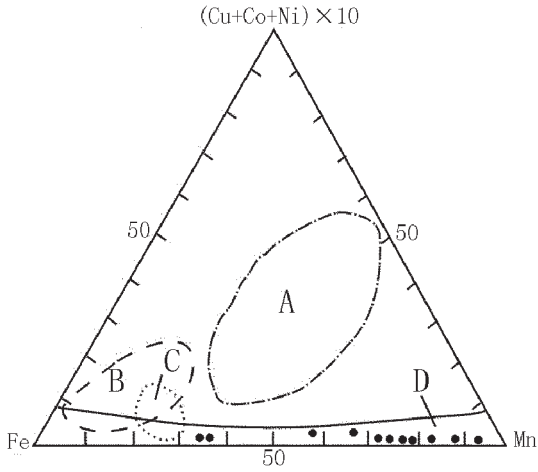


图 9 Fe-Mn-(Cu+Co+Ni) × 10 三角图解 (据熊永柱等^[7])

A—水成沉积区; B—红海热水沉积区;
C—东太平洋中脊沉积区; D—热水沉积区

Fig.9 Triangular diagram of Fe-Mn-(Cu+Co+Ni) × 10 (after Bostrom, 1983; Xiong et al.)

A—Aqueous sedimentary province; B—Hydrothermal sedimentary province in the Red Sea; C—Sedimentary province in the mid-ridge of the East Pacific; D—Hydrothermal sedimentary province

但均以轻稀土为主, $\Sigma Ce / \Sigma y$ 为 1.11~3.51, 平均为 2.06。Ce、Eu 皆亏损, 尤以 Ce 亏损最为明显, δCe 为 0.35~0.89, 平均 0.49。

(3) 无论矿石或岩石, 其稀土元素配分模式极为相似 (图 10), 且均呈右倾型, 表明两者之间有着密切的成因联系。

Shimizu 等及 Marchin 等认为, 岩石中 REE 含量甚低, Ce 亏损明显, REE 配分模式为右倾型等, 说明具有热水沉积的特点^[7]。

5 成矿地质条件探讨

(1) 在茅口晚期黔中台沟相带长约 350 km 的范围内, 分布着 23 个矿床 (点), 其中, 锰矿 15 个、铁锰矿 4 个, 含锰菱铁矿 4 个, 它们分别聚集在黔中台沟的东西两端。在东部遵义一带, 主要是碳酸锰矿床; 西部云南格学至贵州水城—纳雍一带, 主要是矿胚层岩石 (多为含锰的硅质灰岩、含硅质灰岩、粒屑泥晶灰岩及含钙质硅质岩) 次生氧化形成的锰帽型

表 5 黔中台沟锰矿岩、矿石 REE 含量及特征参数

Table 5 REE content and characteristic parameters of rocks and ores of manganese deposits of platform gullies in central Guizhou

矿床(点)	遵义	黔西	纳雍	水城	水城	宣威	遵义	纳雍	水城	水城	宣威
名称	铜锣井	泰来	营盘	徐家寨	坛罐窑	格学	铜锣井	营盘	徐家寨	坛罐窑	格学
岩矿石名称	锰矿石	铁锰矿石	锰矿石	锰矿石	锰矿石	锰矿石	钙质硅质岩	含硅质灰岩	钙质硅质岩	石灰岩	含锰灰岩
样品件数	2	1	6	4	2	1	1	6	1	1	2
Mn/10 ⁻²	29.24	15.58	31.26	25.37	23.70	21.76	0.68	3.69	2.46	2.74	5.91
SiO ₂ /10 ⁻²	5.30	7.29	28.23	32.43	40.94	3.14	49.72	19.51	46.79	3.65	3.25
CaO	5.46	0.30	2.59	3.44	6.35	25.74	24.46	35.82	23.39	48.57	46.11
La/10 ⁻⁶	100.40	243.00	66.33	82.90	80.40	73.00	9.24	10.26	18.80	2.75	15.55
Ce	103.65	403.00	48.21	54.30	65.50	74.50	5.47	6.45	16.90	1.63	18.30
Pr	17.75	39.6	6.83	10.75	18.86	16.70	1.00	0.93	2.91	0.34	1.87
Nd	68.75	165.00	29.61	40.83	92.12	75.00	4.52	4.25	7.36	1.08	7.53
Sm	14.40	424.00	5.67	7.12	27.97	15.90	0.90	0.74	1.30	0.23	1.31
Eu	3.59	7.95	1.33	1.65	6.12	3.95	0.17	0.20	0.31	0.04	0.45
Gd	16.90	33.40	6.77	9.52	12.80	20.10	0.97	1.11	1.66	0.29	1.66
Tb	5.47	5.75	1.14	1.64	2.16	2.77	0.17	0.18	0.28	0.06	0.27
Dy	18.05	38.00	7.55	10.98	11.06	18.70	0.94	1.21	1.59	0.36	1.72
Ho	3.56	7.26	1.47	2.21	1.77	4.04	0.19	0.26	0.32	0.09	0.36
Er	8.93	19.70	4.32	6.50	4.46	9.91	0.65	0.74	1.04	0.23	1.00
Tm	1.21	2.82	0.54	0.84	0.60	1.33	0.08	0.10	0.13	0.04	0.13
Yb	7.07	17.20	3.08	4.93	3.73	7.27	0.48	0.55	0.71	0.18	0.74
Lu	0.82	2.03	0.37	0.59	0.40	0.86	0.07	0.073	0.14	0.02	0.095
Y	99.25	148.00	57.29	93.13	45.85	169.00	6.98	9.64	12.40	3.95	15.70
ΣCe	308.54	900.95	151.98	197.55	291.00	259.05	21.30	22.83	47.58	6.07	45.01
ΣY	161.26	274.16	82.53	130.34	82.83	233.98	10.53	13.86	18.27	5.42	21.68
ΣREE	469.80	1175.11	234.51	327.89	373.83	493.03	31.83	36.69	65.85	11.49	66.69
$\Sigma Ce / \Sigma y$	1.91	3.29	1.84	1.52	3.51	1.11	2.02	1.65	2.60	1.12	2.08
δCe	0.49	0.89	0.47	0.37	0.38	0.49	0.35	0.39	0.49	0.35	0.69
δEu	0.68	0.63	0.66	0.62	0.87	0.68	0.56	0.68	0.65	0.51	0.94

注: 由宜昌地质矿产研究所岩矿测试室分析, 仪器型号: PGS-2 型。

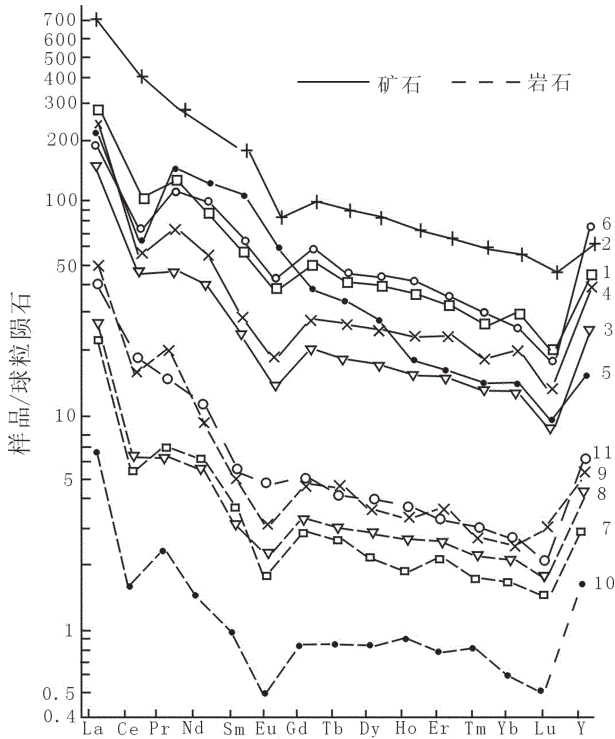


图 10 锰矿石与岩石 REE 分布模式
(岩、矿石样品序号与表 5 相同)

Fig.10 REE distribution patterns for manganese ores and rocks
(the serial numbers of rock and ore samples same as in Table 5)

矿床。这些矿床及矿胚层岩石,全都产于茅口组第 2 段中上部。表明锰矿的形成与茅口中晚期的强烈拉张及同生沉积断裂等构造活动有关。这些构造控制着黔中台沟的发生与发展,并控制着其中特有的沉积相及锰矿的分布。

(2)在该区锰矿形成过程中,先后发生了茅口期和龙潭期大规模的基性火山喷溢活动,形成了分布广泛的峨眉山玄武岩。在遵义锰矿层上部,见有火山碎屑结构,残留有玄武岩屑、凝灰岩屑、玻屑和晶屑又被菱锰矿交代^[5]。在水城—纳雍一带的营盘,在锰矿层之间的硅质岩中见有长石斑晶被硅质交代的现象等。可见在锰矿形成之前、形成过程中和形成之后,均有玄武岩在喷溢,表明基性火山活动与锰矿的形成有着密切的联系。

分布在茅口组第 2 段内的茅口期玄武岩($P_2\beta$),Mn 的平均含量为 0.197%(9 件平均)^[2],高于

贵州西部中—晚二叠世玄武岩($P_{2-3}\beta$)Mn 的平均含量 0.139%(39 件样品,其中 24 件据参考文献[2])。表明锰质可能来自茅口期火山喷溢。火山喷溢活动有利于海水的热循环和海水与岩石发生化学成分的交流,以及形成富含成矿物质的热水溶液,因而,茅口期基性火山喷溢活动,可能是黔中台沟内锰、硅等成矿物质的主要来源。

(3)在黔中台沟东部遵义一带锰矿石中,见有菱锰矿、钙菱锰矿、锰方解石、铁菱锰矿、菱铁矿、硫锰矿、黑锰矿、褐锰矿、水锰矿以及少量重晶石、萤石、石膏等;在台沟西部水城—纳雍一带的锰矿石及矿胚层岩石中,见到少量沉积的石膏、天青石;在格学的锰矿中,见有菱锰矿等,这些都是热水沉积的标志性矿物^[6,7]。在遵义一带锰矿层中,见有海底热水向上喷发和喷流的现象,结合区内矿石、岩石的常量、微量元素及稀土元素地球化学特征等,都说明该区锰矿石、顶底板围岩及矿胚层岩石,均具有热水沉积的特点,并为岩、矿石流体包裹体均一温度为 90~275℃所证实。

(4)在遵义一带的锰矿石中,常见有海绵骨针及少量蓝藻、有孔虫、介形虫等,均为菱锰矿、钙菱锰矿替代,自生石英为后期碳酸锰矿物所溶蚀,早期的泥—微晶碳酸锰矿被溶蚀成孔洞,其内又为后期较纯净碳酸锰矿物所充填,等等,说明原生碳酸锰矿主要是在成岩期形成的^[5]。

在格学—水城—纳雍一带锰矿胚层岩石中,见有次生氧化锰矿物和含锰方解石交代有孔虫、鲕、棘屑等化石的现象;岩石的阴极发光测定结果^①表明,早期方解石富 Fe^{2+} 贫 Mn^{2+} , 发暗红—橙红色光、发光很暗或不发光;晚期充填间隙和溶孔、以及替代生物屑的富 Mn^{2+} 方解石则发黄色、桔黄色和亮黄色光,可见原始矿胚层岩石中的锰质主要也是在成岩期富集的。

(5)根据区内锰矿石的分布状况推测,黔中台沟内可能有两个热流中心。一个在东部遵义一带,该区有众多碳酸盐锰矿、铁锰矿及含锰菱铁矿矿床(点),除矿石中有大量标志性热水矿物,以及常量、微量元素及稀土元素地球化学具热水特征外,在锰矿主矿层下部,矿石具微细纹层构造,中部见有搅动构造,

① 阴极发光样品由笔者采集,成都地质矿产研究所分析测试中心测试。

上部具明显角砾状构造,暗示在锰矿形成过程中,具有热流体上涌(或上喷)的特征;特别是,分布在锰矿区四周边缘的硅质角砾岩,更表明在茅口晚期,在东吴运动基性岩浆的喷发和侵位过程中,曾经发生过热流体的强烈喷发事件。当该区热能突然增大时,可形成过压的热流体,当热流体的压力超过了静岩载荷与岩石抗张强度之和时,就会产生水力压裂,进而发生热液喷发,并形成热液硅质角砾岩^[9]。

成矿过程所需热能,除来源于火山活动外,可能还与该区处于古地热异常高值区有关。金晓华^①根据贵州各地煤层镜质体反射率,计算并绘制了晚二叠世至侏罗纪的古地温梯度等值线图,遵义一带锰矿均分布在古地温梯度为 4.0~4.5°C/100m 的高值范围内(图 11)。

另外一个热流中心,大致在西部宣威格学至纳雍营盘之间,强度远不如前者。此区内除格学矿区发现有厚度小于 0.1m 的菱锰矿扁豆体外,其余皆为含锰的矿胚层岩石及由其次生的氧化锰矿石,只有少量沉积石膏、天青石等热水成因矿物,流体包裹体均一温度也较低(平均 134.3°C)。此区内总体温度较低的原因,可能与茅口期玄武岩($P_2\beta$)较东部为少,以及古地温梯度较低(锰矿床、点分布在 2.0~3.5°C/100 m 范围内)有关。

黔中台沟西部与东部遵义锰矿石的矿物成分显著不同,说明二者之间的构造和环境背景不同,如台沟东部已全封闭,成矿物质较多且易于集中;台沟西端可能未封闭,锰质过于分散,难以浓缩富集,故大多形成一些含锰矿胚层岩石。

综合前述,锰矿形成的全过程,可能与峨眉山地幔柱演化后期的幔壳相互作用阶段和喷发—消退阶段关系密切。在幔壳相互作用阶段,地幔柱可以向地壳不断输送物质和辐射能量,并引起地壳范围发生了一系列变化^[10],如中二叠世栖霞期—茅口期,地壳发生连续的沉降和隆起,导致海平面不断变化,以及由于地壳受热—拉伸—变薄而形成的黔中台沟等。峨眉山地幔柱演化晚期的喷发—消退阶段,发生了大规模基性岩浆的喷发和侵位活动,其中的茅口期玄武岩,更有利于黔中台沟内硅灰泥锰质组合的形成,与锰矿有着更为直接的关系。形成锰矿的热水成矿流体,可能主要是海水下渗循环至热液扩散中心,

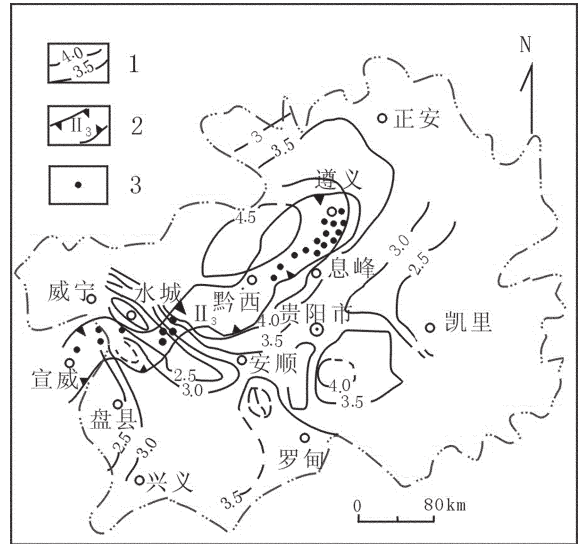


图 11 贵州茅口晚期锰矿古地温梯度关系

1—晚二叠世—侏罗纪古地温梯度(P_3 -J)(虚线为推测);

2—茅口晚期黔中台沟相带;3—锰矿、铁锰矿及含锰菱铁矿矿床

Fig.11 Diagram showing the relation between late Maokouan paleotemperature gradients and manganese deposits in Guizhou 1—Late Permian-Jurassic paleotemperature gradients(P_3 -J)(dotted line is inferred); 2—Late Maokouan facies belt around platform gullies in central Guizhou; 3—Manganese deposit (occurrence), ferromanganese deposit (occurrence) and manganese-bearing siderite deposit (occurrence)

然后沿同沉积断裂再上升并向外喷流。在其循环过程中,海水可与茅口期火山岩、次火山岩发生水岩作用,并从中获取大量成矿物质和热量,而成为富含锰、硅等的成矿热流体。在沉积阶段,只有少量锰质沉淀,成岩阶段才是锰矿大量生成和富集的时期。燕山和喜马拉雅运动之后,原生碳酸锰矿石和锰矿胚层岩石暴露地表,形成了氧化锰矿石和锰帽型矿石。

参考文献(References):

- [1] 《中国矿床发现史·贵州卷》编委会. 中国矿床发现史·贵州卷[M]. 北京:地质出版社, 1996.
Editorial committee of Discovery History of Deposits of China, The Discovery History of Deposits of China (Guizhou Volumes) [M]. Beijing: Geological Publishing House 1996(in Chinese).
- [2] 贵州省地质矿产局, 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1987.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Guizhou province. Regional Geology of Guizhou Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987(in Chinese with English abstract).

①金晓华. 贵州煤的变质规律与古生界油气远景. 贵州石油地质, 第 1 期(内部刊物), 1982.

- [3] 陈文一, 王立亭, 叶念曾, 等. 贵州早二叠世岩相古地理研究[J]. 贵州地质, 1984, (1):9-64.
Chen Wenyi, Wang Liting, Ye Nianzeng, et al. A study on the Early permian lithofacies and paleogeographical map of Guizhou[J]. Guizhou Geology, 1984, 1 (1):9-64 (in Chinese with English abstract).
- [4] 朱炳泉. 关于峨眉山溢流玄武岩省资源勘查的几个问题 [J]. 中国地质, 2003, 30(4):406-412.
Zhu Bingquan. On mineral exploration in the Emeishan flood basalt province [J]. Geology in China, 2003, 30 (4):406-412 (in Chinese with English abstract).
- [5] 刘巽锋, 王庆生, 高兴基, 等. 贵州锰矿地质[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989.
Liu Xunfeng, Wang Qingsheng, Gao Xingji, et al. Manganese Deposits of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 1989(in Chinese with English abstract).
- [6] 候宗林, 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.
Hou Zonglin, Xue Youzhi, Huang Jinshui, et al. The Manganese Deposits Round the Yangtze Platform [M]. Beijing: Metallurgy Industry Press, 1997(in Chinese with English abstract).
- [7] 熊永柱, 夏斌, 林丽, 等. 热水沉积成矿研究现状与展望 [J]. 矿产与地质, 2005, 19(3):233-238.
Xiong Yongzhu, Xia Bin, Linli, et al. Advances in the research on hydrothermal sedimentary mineralization[J]. Mineral Resources and Geology, 2005, 19(3):233-238(in Chinese with English abstract).
- [8] 严钧平, 刘平. 贵州汞矿地质特征及成因[C]//. 贵州汞矿地质. 北京: 地质出版社, 1989.
Yan Junping, Liu Ping. Geological Features and Genesis of the Mercury Deposits of Guizhou Province [C]//. Geology of Mercury Deposits of Guizhou Province China. Beijing: Geological Publishing House, 1989 (in Chinese with English abstract).
- [9] 黄伟林, 译, 祈锐光校. 热液喷发机制与热泉金矿床[J]. 地质地球化学 (金矿专辑), 1987, (12). 译自 C·E·Nelson et al. Economic Geology, 1985, 80:1633-1639.
- [10] 王登红. 地幔柱的概念、分类、演化与大规模成矿—对中国西南部的探讨 [J]. 地学前缘, 2001, 8(3):67-72.
Wang Denghong. Basic concept, classification, evolution of mantle plume and large scale mineralization—Probe into Southwestern China [J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8(3):67-72 (in Chinese with English abstract).

Hydrothermal sedimentary manganese deposits associated to volcanic activities—Permian manganese deposit in Guizhou

LIU Ping, LIAO You-chang, YIN Ke-hua, YE De-shu,
ZHU Hua, HAN Zhong-hua, YANG Guang-long

(106 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Zunyi 563000, Guizhou, China)

Abstract: Manganese deposits, ferromanganese deposits and manganiferous siderite deposits occurring in the Second Member of the Middle Permian Maokou Formation in Guizhou are all distributed in platform gullies in central Guizhou. There are carbonate manganese deposits in the Zunyi area in the east and mainly manganese gossan-type secondary manganese oxidized deposits in the Xuanwei-Shuicheng area in the west. The purpose of this paper is to discuss the mineralization conditions of manganese deposits in order to extend ore prospects. Study shows that various manganese ore types and rocks of ore embryo layers formed by hydrothermal processes. The evidence is as follows: (1) there are many diagnostic minerals of hydrothermal deposition; (2) major and trace element and REE data all show characteristics of hydrothermal deposition; and (3) the homogenization temperatures of fluid inclusions range from 90 to 275°C. The formation of the manganese deposits is probably closely related to the middle and late stages of the evolution of the Emeishan mantle plume. The outpouring of Maokou basalt was favorable to the formation of the silica-lime-mud-manganese association in the platform gullies of central Guizhou. Manganese deposits in the Zunyi area in the east are strictly confined in the area of siliceous breccia formed by hydrothermal eruption. Based on these, combined with other characteristics, it is thought that the formation of manganese deposits in the study area is related to strong hydrothermal eruption.

Key words: Permian; manganese deposit; hydrothermal sedimentation; Emeishan mantle plume; Guizhou

About the first author: LIU Ping, male, born in 1935, senior engineer, has long worked on geological and mineral resources survey; E-mail: yds106@163.com.