贵州二叠纪与南华纪锰矿主要矿床地质特征对比及意义

刘志臣[1,2],周　琦[4],朱璐艳[5],陈　登[1,2],汪　洋[2],颜佳新[1],
杜远生[1],袁良军[3],张　遂[3]

(1. 中国地质大学　地球科学学院,湖北　武汉　430074;2. 贵州省地矿局 102 地质大队,贵州　遵义　563003;
3. 贵州省地矿局 103 地质大队,贵州　铜仁　554300;4. 贵州省地质矿产勘查开发局,贵州　贵阳　550003;
5. 贵州省地质矿产中心实验室,贵州　贵阳　550003)

[摘　要]贵州南华纪古天然气渗漏沉积型锰矿通过成矿理论和找矿预测方法的创新,近年来不断取得巨大的找矿成果,在国内外产生重要影响,已成为国内最重要的锰矿床类型。本文通过对贵州二叠纪锰矿与南华纪锰矿矿床地质特征的对比研究发现:二者在成矿构造背景、同沉积断层(控矿构造)、成矿物质来源、矿石与地球化学特征、锰矿成矿系统特征等方面十分相似,在结构构造特征、沥青球特征、盖帽白云岩和冷泉碳酸盐岩等方面也存在一些差别。在此基础上,贵州二叠纪锰矿通过借鉴和运用贵州南华纪古天然气渗漏沉积成矿理论和找矿预测方法,已在遵义锰矿国家整装勘查区取得重大进展。说明"内生外成"的古天然气渗漏沉积型锰矿成矿理论和找矿预测方法,在相似的成矿地质背景条件下,具有普适性和推广意义。

[关键词]二叠纪;南华纪;锰矿;矿床特征;对比和意义;贵州
[中图分类号]P618.32;P534.46　[文献标识码]A　[文章编号]1000-5943(2018)-04-0363-06

1　引言

锰矿是国家紧缺的战略性矿产,贵州遵义二叠纪锰矿是我国重要的锰矿资源基地之一。自 1941 年发现遵义锰矿以来,开展了不同程度的地质找矿和研究工作,刘巽锋等(1989)在总结贵州自上世纪 50 年代以来的遵义锰矿地质成果基础上,通过对区域地质背景、古地理环境、地球化学、古生物等方面特征的系统研究,提出了"玄武岩风化剥蚀-泻湖潮坪沉积-成岩初早期改造富集成矿"的成矿模式。关于锰质来源问题,一是认为来自玄武岩和底板硅质岩"白泥塘层"的风化产物(刘巽锋等,1989;魏泽权等,2011)。二是认为锰质来自海底火山喷发产物(陶平等,2005;韩忠华等,2007;刘平等,2008)。三是认为来自海底热液喷流(杨瑞东等,2009,2018;程玛莉等,2011;刘志臣等,2013a)。由于遵义锰矿的成因存在争议,缺乏建立符合遵义二叠纪锰矿客观实际、具有可操作性的综合找矿预测模型的理论支撑,故一直影响了该地区深部锰矿的找矿信心和找矿方向,制约了该地区锰矿找矿取得突破性进展。

近年来,依托贵州遵义锰矿国家整装勘查区找矿预测项目,刘志臣等(2013b,2014,2015,2016a,2016b,2017,2018a)通过借鉴和应用贵州南华纪古天然气渗漏沉积成锰的原创理论和找矿预测方法(周琦等,2007,2012,2013a,2013b,2016a,2016b,2017;杜远生等,2015;张遂等,2015;刘雨等,2015),对遵义二叠纪锰矿与黔东地区南华纪锰矿矿床地质特征进行了较为系统的对比研究,发现二个锰矿的成矿时代尽管相差约 4 亿年,但锰矿的成矿背景、成矿物质来源、矿床

[收稿日期]2018-09-05　[修回日期]2018-11-12
[基金项目]中国地质调查局《贵州省矿产资源调查成果综合集成与服务产品开发》(DD20160346-28)和《贵州锰矿成因与成矿规律》(DD20160346-54),贵州省锰矿资源预测评价科技创新人才团队(黔科合平台人才[2018]5618),贵州省遵义锰矿整装勘查找矿预测及与技术运用示范项目(121201004000160901-32),贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目(黔地矿科合[2016]3 号)联合资助。
[作者简介]刘志臣(1982—),男,高级工程师,博士研究生,长期从事矿产地质勘查工作。
通讯作者简介:周琦(1964—),男,研究员,博士,从事矿产地质研究及评价工作。E-mail:103zq@163.com

地球化学特征、成矿期构造、成矿模式和找矿预测模型等方面特征具有相似性，进而完全突破了贵州二叠纪锰矿成矿的传统认识，不但使二叠纪锰矿成矿研究取得了重要进展，而且通过借鉴黔东南华纪隐伏锰矿找矿预测模型，明确遵义-水城地区二叠纪锰矿找矿方向，圈定深部锰矿找矿靶区，通过中国地质调查局整装勘查区专项填图和找矿预测项目、西南能矿集团商业性勘查等项目的实践检验，使遵义地区二叠纪锰矿找矿取得找矿突破，巩固了该地区作为我国重要的锰矿资源基地和深加工基地的地位，特别是证实了遵义-水城地区巨大的锰矿找矿潜力，明确了找矿方向，意义重大。

2　贵州二叠纪锰矿主要特征

贵州二叠纪锰矿主要分布在遵义地区。位于上扬子东缘国家重要成矿区带中的渝东南-黔中锰铝铅锌找矿远景区，主要分布有寒武系、奥陶系、二叠系、三叠系、侏罗系和第四系地层(图 1)，其中，二叠纪是区内唯一产锰矿的时期(贵州省区域地质志，1987)，该时期是地质演化历史的重要时期(Golonka et al，2000)，古特提斯洋海域随着全面而强烈的断陷，早二叠晚期至晚二叠早期是裂陷最强烈的时期(Sheng and Jin，1994；Liu Hongjun，1999；刘红军，2001；He et al.，2010)，研究区伴随着峨眉山地幔柱的强烈活动，形成了黔北裂谷盆地，在裂谷盆地中形成大小不一的地堑盆地，为锰矿成矿造就了独特的构造古地理格局(刘志臣等，2017，2018a，2018b)。贵州二叠纪锰矿严格受黔北裂谷盆地形成演化过程控制，多条同沉积断裂控制了一系列的地堑盆地和地垒(隆起)，同沉积断层的存在是锰矿床形成的重要前提，同沉积断层控制和形成了不同序次的断陷盆地。其中：Ⅰ级为黔北裂谷盆地，Ⅱ级为遵义次级裂谷盆地，Ⅲ级为断陷盆地、Ⅳ级为含锰地堑盆地，遵义次级裂谷盆地(Ⅱ级)内部由 3 个Ⅲ级断陷盆地(地堑)和 2 个Ⅲ级隆起(地垒)和若干个Ⅳ级断陷盆地组成(刘志臣等，2018a)。

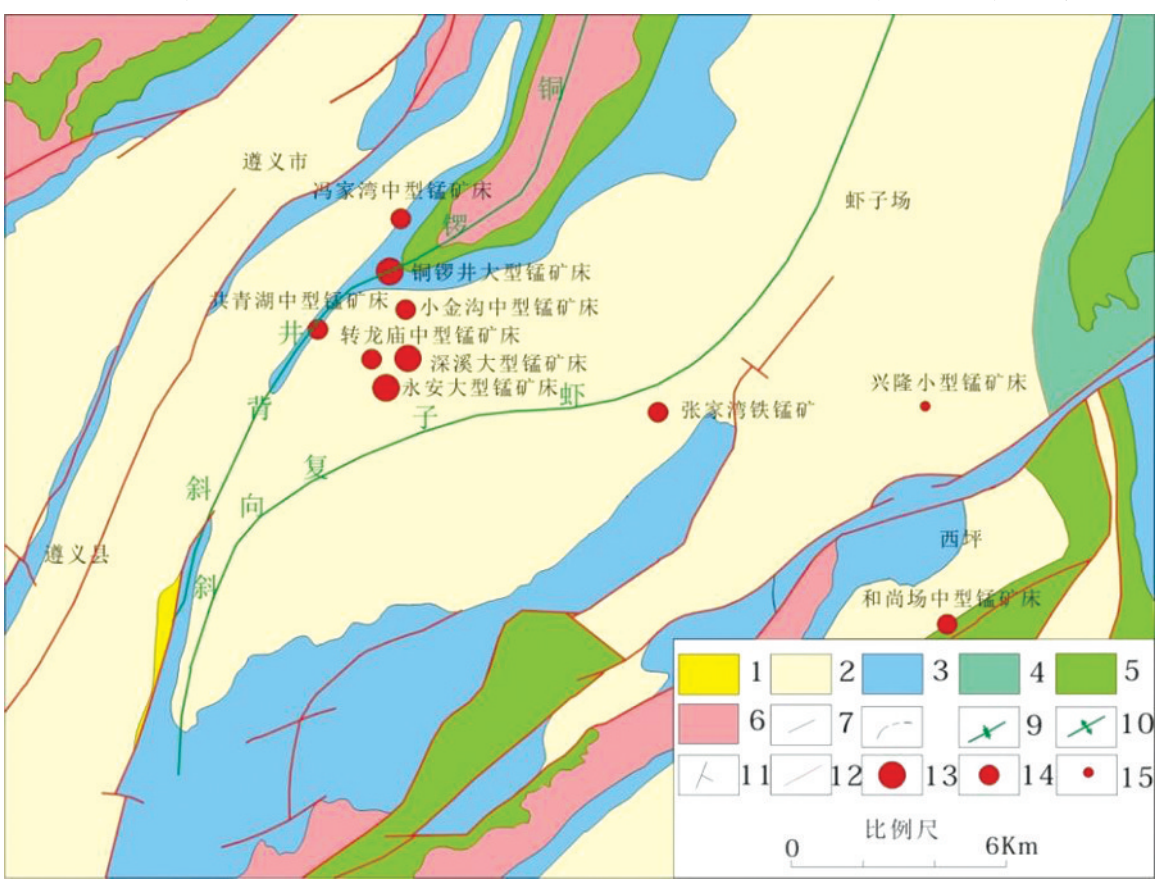


图 1　贵州二叠纪遵义锰矿区域地质简图(据刘志臣等，2015，修编)

Fig. 1　Regional geological map of zunyi manganese deposit in the Permian of Guizhou province

1—侏罗系；2—三叠系；3—二叠系；4—志留系；5—奥陶系；6—寒武系；7—地层界线；8—不整合地层界线；9—背斜；10—向斜；11—地层产状；12—断层；13—大型锰矿床；14—中型锰矿床；15—小型锰矿床

菱锰矿矿体赋存于二叠系中统茅口组第三段(P_2m^3)中,下伏为茅口组第二段(P_2m^2)的碳硅质灰岩建造,上覆为龙潭组(P_3l)含煤岩系,含矿层在时空上与峨眉山玄武岩存在耦合关系,成矿略早于峨眉山玄武岩大规模的喷发时间。研究区茅口组(P_2m)在断陷盆地中的地垒和地堑中,岩性组合存在明显差异。根据岩性组合特征,茅口组可划分为三段:

第一段(P_2m^1)在全区岩性无变化,均为碳酸盐台地的生物灰岩建造类型。第二段(P_2m^2)又进一步分为两种类型:一是炭硅质岩建造类型,习称"白泥塘层",广泛分布于Ⅰ级裂谷盆地中;二是含燧石结核灰岩建造类型,分布于碳酸盐台地中。第三段(P_2m^3)又进一步分为三种类型:一是生物碎屑灰岩建造类型,分布于地垒区,二是含锰建造类型,分布于地堑区;三是硅化岩、硅质岩建造类型,分布于地垒区(刘志臣等,2018a)。

锰矿体严格受层位控制,呈层状、似层状产出,产状基本与围岩一致,矿体一般厚 2m 左右,Mn 平均含量为 20%。矿石矿物为菱锰矿、水褐锰矿为主,见少量黄铜矿、闪锌矿、重晶石、毒砂等热液矿物(刘志臣等,2016a,2018b),矿石结构主要为碎屑结构、球粒结构、泥晶结构、碎裂结构等,矿石构造主要有块状构造、软沉积变形纹理构造、斑杂状构造、角砾状构造等。矿石自然类型主要为碳酸锰矿石,局部为富锰矿石,为超大型矿床(刘志臣等,2016a,2018a)。

研究区锰矿石主量元素、微量元素和稀土元素均显示出深源热液沉积的特点,其 Fe/Ti 为 12.35～140.5,平均 59.35(大于 20),(Fe+Mn)/Ti 为 153.88～520.5,平均 271.05(大于 25),Al/(Al+Fe+Mn)为 0.05～0.20,平均 0.12,(远低于 0.3);U/Th 均值为 2.52(大于 1),Ni/Co 均值为 2.16(小于 3.6),∑REE 变化为(123.54～424.08 ppm),总量较低,配分型式表现为右倾型,LREE/HREE 比值变化为(2.23～119.22),明显大于 1,(La/Yb)N 比值 4.58～18.83),负 Ce 异常(刘志臣等,2014)。菱锰矿 $\delta^{13}C$ 值 $\delta^{13}C_{PDB}$ 含量为-4.92～-16.3‰,平均为-11.2‰,集中在-3.35‰～-9.77‰,明显偏低,与深部(幔源)碳同位素组成相似(-3‰～-9‰),$\delta^{18}O_{SMOW}$ 变化范围为 21.8‰～24.5‰,$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.70734-0.707 49,低于 0.707 5,证明锰质应来自深源热液(刘志臣等,2014,2016a,2018b)。

在Ⅳ级含锰地堑盆地中,从盆地中心向外,依次可划分为中心相、过渡相和边缘相。中心相以品位最集中-富集的致密状矿石为主;过渡相以品位一般的块状矿石为主;边缘相则以泥质锰矿石、铁锰矿石为主(刘志臣等,2017,2018a)。在遵义地区锰矿的Ⅳ级含锰地堑盆地中,已先后发现 5 个锰矿成矿的气液喷溢口,每个喷溢口有各自的中心相、过渡相和边缘相组成,构成锰矿喷溢沉积成矿系统(汪洋等,2018)。在早二叠晚期至晚二叠早期,研究区位于古特提斯洋周缘的陆块。因峨眉山地幔柱的形成、上涌,在碳酸盐台地上形成黔北裂谷(裂陷槽)盆地,深部富含 Si、Mn、CH_4 等的气水热液沿同沉积断层上升进入裂谷盆地,发生喷溢沉积成锰作用而形成热液沉积锰矿,遵义锰矿的锰质主体来自地幔,与南华纪锰矿成因类似,应属"古天然气渗漏沉积型锰矿床"。

3　与南华纪锰矿特征对比

对贵州二叠纪锰矿与南华纪锰矿两个时代锰矿的成矿构造背景、同沉积断层(控矿构造)、成矿物质来源、地球化学特征、成矿与玄武岩喷出时间的先后、凝灰岩、中心相过渡相与边缘相特征、结构构造特征、沥青球特征、盖帽白云岩和冷泉碳酸盐岩等方面特征对比(详见表 1),其主要地质特征较为相似,也存在一些区别,其主要区别为:南华纪中心相锰矿有沥青球,而二叠纪锰矿仅有碳质,无沥青球,可能与成矿水深和喷溢规模、温度不一致有关;二叠纪锰矿 5 件样品 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.707 34-0.707 49,低于 0.7075,南华纪锰矿 15 件样品 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.705 727-0.708 69,比值也较低,但范围要广一些;矿石结构和构造存在一定差别,但均具有古天然气渗漏喷溢沉积的软沉积变形纹理、角砾状构造等特征;南华纪锰矿下覆地层有盖帽白云岩,其冷泉碳酸盐岩主要为碳酸锰和白云岩,而二叠纪锰矿下覆地层岩性为碳硅质灰岩,地垒区分布硅化岩。

表 1 贵州二叠纪锰矿与南华纪锰矿主要特征对比表

Table 1 Comparison of the characteristics of the Permian manganese deposit and the Nanhua manganese deposit in Guizhou

特征类型	贵州(遵义)二叠纪锰矿	贵州(黔东)南华纪锰矿
成矿构造背景	成矿位于黔北裂谷盆地内	成矿位于南华裂谷盆地内
同沉积断层	同沉积断层主要有三种判别标志:(1)上下地层厚度的突变带,含锰岩系、茅口组第二段以及龙潭组的地层厚度均出现了突变带;(2)带状展布的角砾状硅质岩、硅化岩边界线的沉积岩相突变带,指示了同沉积断裂的存在;(3)锰矿石特殊的喷流沉积构造(如:斑杂状构造、变形纹理构造等)分布区指示了同沉积断裂的位置。	同沉积断层主要有三种判别标志:(1)南华系地层厚度的突变带,两侧地层厚度相差一倍以上;(2)线状展布的两界河组快速堆积低成熟度的含砾杂砂岩边界线指示同沉积断裂的存在;(3)古天然气渗漏喷溢沉积构造(如被沥青充填的气泡状构造、底劈构造、软沉积变形纹理构造等)分布区的连线。
物质来源	C、O、Sr 等同位素指示深源属性,锰质、碳质主体来源于地幔。5 件样品$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.707 34-0.707 49,低于 0.707 5;矿石 $\delta^{13}C$ 含量为-4.92~-16.3‰,平均为-11.2‰,明显负偏;	C、O、Sr 等同位素指示深源属性,锰质、碳质主体来源于地幔。15 件样品$^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值为 0.705 727-0.708 69,比值也较低,但范围要广一些;矿石 $\delta^{13}C$ 含量为-8.14~-10.38‰,明显负偏。
矿石及地球化学特征	矿物组分主要由菱锰矿、钙菱锰矿、锰方解石、硫锰矿等组成,矿石类型贫锰、富锰矿;共伴生元素 Ba、Co、Cr、La、Li、Nb 等较高。	矿物组分主要由菱锰矿、钙菱锰矿、镁钙菱锰矿、硫锰矿等组成,矿石类型贫锰、富锰矿;Mn/Cr 比值 40 左右。
锰矿喷溢成矿与玄武岩喷出时间	锰矿形成早于峨眉山玄武岩	锰矿形成晚于新元古代玄武岩
凝灰岩	位于锰矿体底部及锰矿体之间	位于锰矿体底部及锰矿体之间
中心相过渡相与边缘相特征	中心相(即古天然气渗漏口分布区),主要为富锰矿,厚度最大,具软沉积变形纹理、角砾状、斑杂状构造;过渡相-边缘相矿石品位逐渐降低、厚度变小,过渡相主要为贫锰矿、含锰粘土岩,边缘相主要为粘土岩。	中心相(即古天然气渗漏口分布区),主要为富锰矿,厚度最大,为气泡状矿石,具渗漏沉积构造、软沉积变形纹理;过渡相-边缘相矿石品位逐渐降低、厚度变小,过渡相主要为贫锰矿、含锰粘土岩,边缘相主要为粘土岩。
矿石结构构造特征	矿石结构主要为碎屑结构、球粒结构、泥晶结构、碎裂结构等; 矿石构造主要有块状构造、软沉积变形纹理构造、斑杂状构造、角砾状构造等。	矿石结构主要为显微隐晶结构、泥晶结构,粉晶结构等; 矿石构造主要有块状构造、条带状构造和被沥青充填的气泡状构造、底辟构造、渗漏管构造、泥火山构造和软沉积变形纹理等。
沥青球特征	中心相锰矿无沥青球	中心相锰矿有沥青球
盖帽白云岩和冷泉碳酸盐岩	下覆地层岩性为碳硅质灰岩,无盖帽白云岩,地垒区分布硅化岩。	下覆地层岩性有盖帽白云岩;冷泉碳酸盐岩主要为碳酸锰和白云岩

4 结论与意义

(1)古天然气渗漏沉积型锰矿床是一种新的锰矿床类型,通过建立“内生外成”锰矿古天然气渗漏沉积成矿系统,并依托该成矿系统研发了深部隐伏锰矿找矿预测关键技术组合(找矿模型),通过贵州铜仁松桃锰矿国家整装勘查区实践检验,已先后发现 4 个世界级隐伏超大型锰矿床和多个大中型锰矿床(周琦等,2016,2017),使贵州锰矿资源量跃居亚洲第一位,改变了国家锰矿勘查开发格局。古天然气渗漏沉积型锰矿床已成为我国最重要的锰矿床类型,查明的资源储量最多。

(2)笔者运用南华纪“内生外成”锰矿古天然气渗漏沉积成矿系统理论,研究遵义锰矿成矿地质背景、矿床特征、矿石特征和地球化学特征,成功划分了二叠纪茅口期裂谷盆地结构,总结了二叠纪同沉积断层识别特征和锰矿成矿系统中心相、过渡相和边缘相判别标志,发现了多个二叠纪锰矿成矿的气液喷溢口,有效地指导遵义二叠纪锰矿实现找矿突破。

(3)贵州二叠纪锰矿床主要地质特征与贵州南华纪古天然气渗漏沉积型锰矿床特征大同小异,我们认为二者成因应是相似的,即“内生外成”,锰质主体来自地幔,与峨眉地幔柱形成演化密切相关。来自上地幔的富含 Mn、烃类的含硫流

体沿深断裂上涌进入在地壳浅部,形成温度较高、压力较大的含硫富锰富烃流体藏。由于峨眉地幔柱的发育演化,导致系列同沉积断层垂向发育,刺破含硫富锰富烃流体藏,导致大规模渗漏喷溢,在盆地中心形成菱锰矿床;因此,贵州二叠纪锰矿床的成因类型与贵州南华纪锰矿一致,均属"古天然气渗漏沉积型锰矿床"。锰矿成矿背景有利、找矿潜力大。

(4)贵州二叠纪锰矿推广应用南华纪"内生外成"锰矿裂谷盆地古天然气渗漏沉积成矿理论与找矿模型取得找矿突破,新增锰矿资源量 4 000 多万吨,证明该锰矿成矿理论在相似的成矿背景下,"内生外成"锰矿裂谷盆地古天然气渗漏沉积成矿理论具有普适性和重要推广意义。

[参考文献]

Bernhard S, Olaf D. 2012. Dissolved reactive manganese at pelagic redoxclines(part I): A method for determination based on field experiments[J]. Journal of Marine Systems, 1(90): 23-30.

程玛莉,魏怀瑞,刘坤,等. 2011. 贵州二叠系锰矿沉积特征及成矿时代探讨[J]. 贵州大学学报,自然科学版,28(1):53-58.

杜远生,周琦,余文超,等. 2015. Rodinia 超大陆裂解、Sturtian 冰期事件和扬子地块东南缘大规模锰成矿作用[J]. 地质科技情报,34(6):1-7.

Golonka J. Ford D. 2000. Pangean (Late Carboniferous - Middle Jurassic) paleoenvironmengtan dlithofacies[J]. Palacogeography, Palacoelimatology, Palacoccology, 16(1): 1-34.

贵州省地质矿产局. 1987. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,210-256.

He B, Xu Y G, Guan J P, Zhong Y T. 2010. Paleokarst on the top of the Maokou Formation: Further evidence for domal crustal uplift prior to the Emeishan flood volcanism[J]. Lithos, 119(1-2): 1-9.

韩忠华,潘家州. 2007. 浅析贵州二叠系锰矿与峨眉山玄武岩之关系[J]. 贵州地质,24(3):197-201.

Liu Hongjun. 1999. Sedimentology of Triassic Dounan type manganese deposits, western margin, Yangtze Platform, China [J]. lore Geology Reviews, 15(2): 165-176.

刘巽锋,王庆生,高兴基. 1989. 贵州锰矿地质[M]. 贵阳:贵州人民出版社.

刘平,廖友常,殷科华,等. 2008. 与火山活动有关的热水沉积锰矿——以贵州二叠纪锰矿为例[J]. 中国地质,35(5):992-1006.

刘雨,周琦,袁良军,等. 2015. 黔东大塘坡锰矿区古天然气渗漏喷溢口群发现及地质意义. 贵州地质,32(4):250-255.

刘志臣,陈登,铁永洪,等. 2013a. 贵州遵义锰矿成矿物质来源探讨[J]. 地质论评,56(s):307-308.

刘志臣,张远国,陈登,等. 2013b. 贵州遵义锰矿区"白泥塘层"硅质岩地球化学特征及其地质意义[J]. 矿物学报,33(4):665-670.

刘志臣,颜佳新. 2014. 贵州遵义锰矿研究现状及存在的科学问题探讨[J]. 贵州省地质学会 2014 年学术年会,135-139.

刘志臣,王聪,张远国,等. 2015. 贵州遵义锰矿床地球化学特征及成因分析[J]. 矿物学报,35(4):481-488.

刘志臣,吴发刚,骆红星,等. 2016a. CSAMT 法在贵州遵义锰矿整装勘查中的运用[J]. 物探与化探,40(2):342-348.

刘志臣,颜佳新,陈登,等. 2016b. 贵州遵义深溪大型隐伏锰矿床的发现及成因探讨[J]. 地质论评,62(s):217-218.

刘志臣,颜佳新,陈登等. 2017. 贵州遵义锰矿国家整装勘查区地质找矿主要进展及潜力预测[J]. 贵州地质,34(2):63-70.

刘志臣,周琦,颜佳新,等. 2018a. 二叠纪黔中裂陷槽遵义次级裂谷盆地结构及其对锰矿的控制作用[J]. 古地理学报,(已录用).

刘志臣,颜佳新,周琦,等. 2018b. 贵州遵义二叠纪成矿时代及锰矿成因探讨[J]. 第十四届全国矿床学会会议论文,943-944.

Maynard, J. B. 2010. The Chemistry of Manganese Ores through Time: A Signal of Increasing Diversity of Earth-Surface Environments [J]. Economic Geology, 105(3): 535-552.

Roy, S. 2006. Sedimentary manganese metallogenesis in response to the evolution of the Earth system [J]. Earth-Science Reviews, 77(4): 273-305.

Sheng J Z, Jin Y G. 1994. Correlation of Permian deposits in China [J]. Palaeoworld, 4(1): 14-113.

陶平,杜昌乾,马荣,等. 2005. 贵州及邻区二叠系锰矿地质特征及成矿作用探讨[J]. 贵州地质,22(2):103-108.

魏泽权,熊敏. 2011. 遵义地区锰矿成矿模式及找矿前景分析[J]. 贵州地质,28(2):104-107.

汪洋,刘志臣,陈登,等. 2018. 贵州遵义二叠纪锰矿气液喷口群的发现及地质意义[J]. 贵州地质,35(2):81-87. 81-87.

杨瑞东,王伟,鲍森,等. 2007. 贵州水城-纳雍一带中二叠世茅口组顶部锰矿沉积及矿床成因分析[J]. 矿物岩石地球化学通报,26(s1):409-410.

杨瑞东,程玛莉,魏怀瑞. 2009. 贵州水城二叠系茅口组含锰岩系地质地球化学特征与锰矿成因分析. 大地构造与成矿学,32(4):613-619.

杨瑞东,程玛莉,高军波,等. 2018. 贵州二叠系茅口组顶部锰矿沉积特征及矿床成因研究. 地质学报,92(4):804-816.

Zeng J W, Xu R, Gong X M. 2011. Hydrothermal activities and seawater acidification in the Late Devonian F-F transition: Evidence from geochemistry of rare earth elements[J]. Sci China Earth Sci, 54(2): 540-549.

周琦,杜远生,王家生,等. 2007a. 黔东北地区南华系大塘坡组冷泉碳酸盐岩及其意义[J]. 地球科学——中国地质大学学报,32(3):339-346.

周琦,杜远生,颜佳新,等. 2007b. 贵州松桃大塘坡地区南华纪早期冷泉碳酸盐岩地球化学特征[J]. 地球科学——中国地质大学学报,32(6):845-852.

周琦,杜远生,覃英,等. 2007c. 贵州省松桃县大塘坡南华纪早期古天然气渗漏构造的发现及其地质意义[J]. 地球科学,32(增刊:):33-40.

周琦,杜远生 . 2012. 古天然气渗漏与锰矿成矿——以黔东地区南华纪“大塘坡式”锰矿为例[M]. 北京:地质出版社,1-120.

周琦,杜远生,覃英 . 2013. 古天然气渗漏沉积型锰矿床成矿系统与成矿模式——以黔湘渝毗邻区南华纪“大塘坡式”锰矿为例[J]. 矿床地质,32(3):457-466.

周琦,杜远生,袁良军,等 . 2016a. 黔湘渝毗邻区南华纪武陵裂谷盆地结构及其对锰矿的控制作用[J]. 地球科学,41(2):177-188.

周琦,杜远生,袁良军,等 . 2016b. 贵州铜仁松桃锰矿国家整装勘查区地质找矿主要进展及潜力预测[J]. 贵州地质,33(4):237-244.

周琦,杜远生,袁良军,等 . 2017. 古天然气渗漏沉积型锰矿床找矿模型——以黔湘渝毗邻区南华纪“大塘坡式”锰矿为例[J]. 地质学报,91(10):2285-2298.

张遂,周琦,张平壹,等 . 2015. 黔东松桃西溪堡南华系大塘坡组超大型锰矿床地质特征与找矿预测[J]. 地质科技情报,34(6):8-16.

Geological Characteristics Comparison and Its Significance of Main Deposits in Permian and Nanhua Manganese Deposits of Guizhou

Liu Zhi-chen[1,2], Zhou Qi[4], Zhu Lu-yan[5], Chen Deng[1,2], Wang yang[2], Yan Jia-xing[1], Du Yuan-sheng[1], Yuan Liang-jun[3], Zhang Sui[3]

(1. *Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan* 430074, *Hubei, China*; 2. 102 *Geological Party, Guizhou Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources, Zunyi* 563003, *Guizhou, China*; 3. 103 *Geological Party, Guizhou Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources, Tongren* 554300, *Guizhou, China*; 4. *Guizhou Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources, Guiyang* 550003, *Guizhou, China*; 5. *Guizhou Central Laboratory of Geology and Mineral Resources, Guiyang* 550018, *Guizhou, China*)

[**Abstract**] Through the innovation of metallogenic theory and prospecting prediction method, the Nanhua paleo-gas seepage sedimentary manganese deposit in Guizhou had been made great achievements in prospecting in recent years, which has an important impact at home and abroad, and has become the most important type of manganese deposit in China. In this paper, it compared the geological characteristics of Permian and Nanhua Manganese Deposits manganese deposits in Guizhou, it had found that: They are very similar in metallogenic tectonic setting, synsedimentary faults (ore-controlling structures), source of metallogenic materials, ore and geochemical characteristics, and characteristics of manganese ore-forming system. On this basis, Guizhou Permian manganese deposit had been made great progress in Zunyi Manganese Mine National Ore Exploration Area by drawing on and applying Guizhou Nanhua Paleonatural gas seepage sedimentary metallogenic theory and prospecting prediction method. It showed that the metallogenic theory and prospecting prediction method of “endogenous and exogenous” paleo-gas seepage sedimentary manganese deposit has universality and popularization significance under similar metallogenic geological background conditions.

[**Key words**] Permian; Nanhua period; Manganese deposit; Characteristics of deposit; Contrast and significance; Guizhou