

黔北—滇东二叠纪锰矿主要成矿规律与成矿区带划分

刘志臣^{1,2,3}, 周琦^{1,3,4}, 杨瑞东¹, 杜远生⁵, 陈登^{2,3}, 肖林^{2,3}

(1. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003; 2. 贵州省地矿局—0 二地质大队, 贵州 遵义 563003; 3. 自然资源部基岩区矿产资源勘查工程技术创新中心, 贵州 贵阳 550003; 4. 贵州省战略矿床智慧勘查重点实验室, 贵州 贵阳 550003; 5. 中国地质大学地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 这是一篇地球科学领域的论文。锰矿为我国十分紧缺的战略矿产之一。黔北-滇东地区是我国二叠纪锰矿最典型的分布区, 在全球晚古生代也较为少见, 该区锰矿资源丰富, 找矿潜力巨大, 称为“遵义式锰矿”。研究表明, 该区锰矿产于二叠纪茅口晚期, 分布严格受黔北裂谷盆地控制, 锰矿在地堑盆地中心喷溢沉积成矿, 在地垒区则无锰矿分布, 矿体空间展布方向与盆地展布方向基本一致。其中, 黔北遵义-黔西地区锰矿在空间上分布于盆地相区, 并可分为中心相、过渡相、边缘相等三个锰矿相带, 进一步指示了锰矿具体成矿位置, 显示了锰矿受盆地中心控制非常明显的特点。在划分的遵义-宣威锰矿成矿带的基础上, 详细划分出遵义-黔西锰矿成矿亚带中深溪—八里、龙坪—兴隆、团溪—尚稽、黔西 4 个锰矿矿集区, 以及水城-宣威锰矿成矿亚带中水城—纳雍、格学 2 个锰矿矿集区。该研究成果对寻找黔北—滇东二叠纪隐伏锰矿床, 开展成矿预测, 具有重要的意义。

关键词: 地球科学; 二叠纪锰矿; 成矿规律; 成矿区带; 黔北—滇东

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.01.008

中图分类号: TD15 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 01-0062-11

引用格式: 刘志臣, 周琦, 杨瑞东, 等. 黔北—滇东二叠纪锰矿主要成矿规律与成矿区带划分[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(1): 62-72.

LIU Zhichen, ZHOU Qi, YANG Ruidong, et al. Main metallogenic regularity and metallogenic zone division of permian manganese deposits in Northern Guizhou-Eastern Yunnan Province[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(1): 62-72.

锰矿资源是我国国民经济建设的紧缺战略矿产资源之一^[1]。我国晚古生代是一个重要的锰矿成矿期, 尤其是中国南方^[2-7], 其中, 二叠纪时期, 在黔北-滇东地区形成了该期唯一一个具大型—超大型规模的锰矿床—贵州遵义锰矿, 并在贵州水城、纳雍、黔西和云南宣威等地区形成了多个中小型锰矿床。黔北—滇东地区锰矿成矿背景和成

矿条件十分有利, 锰矿资源丰富, 找矿潜力巨大, 成为了国内重要的锰矿生产基地^[8-9]。以往对该区锰矿的研究主要集中在点上的矿石矿物特征、矿床成因、成矿作用、成矿模式和成矿构造背景、古地理环境等方面的研究^[10-29], 而针对锰矿主要成矿规律和锰矿成矿区带划分方面的研究较少, 直接导致了在锰矿成矿预测方面不系统, 本

收稿日期: 2022-10-13

基金项目: 中国地质调查局《中国矿产地质与成矿规律综合集成和服务》(121201103000150020); 贵州省找矿突破战略行动重大协同创新项目(黔科合战略找矿[2022]ZD003)、[2022]ZD004); 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); 贵州省优秀青年科技人才(黔科合平台人才[2019]5654); 中央引导地方科技发展资金项目([2021]4027); 贵州省地质矿产勘查开发局重大科研项目(黔地矿科合[2021]3); 贵州省科技支撑计划(黔科合支撑[2017]2951)、黔科合支撑[2019]2868)

作者简介: 刘志臣(1982-), 男, 博士, 正高级工程师, 主要从事矿产地质勘查、研究工作。

通信作者: 周琦(1964-), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事矿产地质研究及评价工作。

文着眼于对黔北-滇东二叠纪锰矿的成矿规律和成矿区带划分展开研究,对丰富锰矿成矿理论和找矿预测具有重要意义。

1 区域地质背景

黔北-滇东二叠纪锰矿区位于上扬子东缘成矿带渝东南—黔中锰铝铅锌找矿远景区;按照中国成矿区带的划分^[30],属于滨太平洋成矿域扬子成矿省,III级成矿单元中属上扬子中东部(台褶皱)Pb Zn Cu Ag Fe Mn Hg Sb 磷铝土矿硫铁矿成矿带^[31];位于中国26个重要成矿区带中的上扬子东缘成矿带^[32]。区域大地构造位于华南板块的扬子板块的上扬子板块东南部的鄂渝湘黔前陆褶皱冲断带西部^[33],先后经历了燕山、喜山期等多次构造运动的叠加改造作用,形成了如今构造格局。区域内构造发育,以褶皱为主,呈北东、北北东向分布;断层走向与褶皱轴线基本一致,以高角度断层为主。区内寒武纪、奥陶纪、二叠纪、三叠纪等地层发育完全,志留系、石炭系缺失,锰矿体赋存于二叠系中统茅口组地层中,呈层状、似层状产出,严格受层位控制。

2 矿床地质特征

黔北—滇东二叠纪锰矿主要分布在贵州省遵义市红花岗区、播州区、新浦区,以及黔西县、水城县等地区,赋存于二叠系中统茅口组第三段灰黑色、灰色含锰岩系下部的菱锰矿矿床,锰矿在空间上分布在黔北裂谷盆地中,受控于裂谷盆地中系列的地堑盆地中心位置,受二叠纪同沉积断层和地堑盆地联合控制,简称为“遵义式锰矿”。

黔北-滇东二叠纪锰矿代表性的锰矿床有贵州省遵义市红花岗区铜锣井、和尚场、转龙庙、深溪,黔西县太来,以及水城县宏运等锰矿床。锰矿矿体呈层状、似层状产出,走向和倾向均延伸数公里,具大型-超大型矿床规模,矿体厚度平均为1.50 m,矿石品位平均为20%。矿石自然类型主要为碳酸锰矿石,工业类型为贫锰矿石、富锰矿石、含锰灰岩;矿石矿物主要有菱锰矿、钙菱锰矿、锰方解石等,脉石矿物及副矿物有粘土矿物、石英、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、锐钛矿、菱铁矿等;矿石常见斑杂状构造、纹层状构造、

角砾状和块状构造^[1-5]。截止2022年12月,黔北-滇东二叠纪锰矿已发现大型锰矿床3个,中型锰矿床8个,小型锰矿床20余个,属我国二叠纪最为典型的锰矿床,在全球晚古生代也较为少见;矿床成因类型为气液喷溢沉积型锰矿床,矿石工业类型主要为高硫、中铁、低磷冶金用锰矿石^[8-9, 18, 27-28]。

特别值得一提的是,水城地区已发现的徐家寨、坛罐窑、沙沟、麻窝等氧化锰矿床,为原生含锰灰岩型的“遵义式锰矿”次生氧化而成,即:碳酸锰矿风化、氧化形成,属次生氧化形成的锰帽型锰矿床^[9-13, 16]。针对次生的氧化锰矿床特征和规律,本文不作讨论。

3 锰矿主要成矿规律

3.1 成矿时代

从黔北—滇东二叠纪锰矿被发现以来,对该区锰矿成矿时代就一直存在较大的争议,限制了对锰矿成矿规律的研究,其中,对“遵义式锰矿”成矿时代研究较多,可以大致分为三种观点:有学者认为含锰岩系位于龙潭组底部和“白泥塘层”碳硅质灰岩之间,判定成矿期为晚二叠世龙潭期^[10];还有些学者认为碳硅质灰岩与含锰岩系之间为连续沉积,判定成矿期为中二叠世茅口中-晚期^[14, 25, 34];也有认为峨眉山玄武岩的大规模喷发可以被大致分为两个时代,一个是位于茅口组第二段,另一个是位于茅口组与上覆龙潭组之间,由于受到了玄武岩喷发作用,锰矿成矿期也有两个,分别为茅口组第二段和龙潭组底部,并认为茅口期是最为主要的成矿期^[23]。研究发现遵义包裹锰矿床的黏土岩可能与华南的水下枕状玄武岩和火山碎屑岩处于等时层位,从黏土岩层中获得的262.5 Ma年龄与阿尔图达生物地层牙形石带(~263 Ma, 中卡皮塔尼期)一致,对应于早期峨眉山枕状玄武岩的喷发,代表了与峨眉山大火成岩有关的火山活动的开始^[35]。研究区锆石年龄研究比较少,仅做了唯一一次研究,通过对研究区遵义团溪剖面中二叠统茅口组锰矿底部凝灰层样品进行LA-ICP-MS锆石U-Pb测年方法获取了一批高精度的年代学信息,实验所用的锆石来源于茅口组锰矿层底部及锰矿体之间的凝灰岩,为火山活动产生的沉积岩夹层,所用锆石能够准确代

表所在地层的实际年龄, 可以通过锆石来确定“遵义式锰矿”的成矿时间, 在该剖面的二叠统茅口组锰矿凝灰层样品 (A12085) 共获得 33 个锆石 U-Pb 年龄数据, 所有数据点谐和度均大于 90% (图 1-A), 最主要的年龄峰值 ($n=28$) 出现于 250~300 Ma 范围内, 加权年龄为 (266.4 ± 3.2) Ma (MSWD=2.8) (图 1-C) 所测锆石年龄为 (266.4 ± 3.2) Ma^[36] (MSWD=2.8), 而上二叠统

龙潭组底部黏土岩样品中所测得的锆石年龄为 (261.3 ± 1.3) Ma^[37] (图 2-B、D), 结合地层层序, 可将此年龄作为上限, 龙潭组年龄作为下限, 对比地层层序, 判断遵义式锰矿的含锰岩系形成时代应该不早于 266 Ma, 结束的时间应不晚于 260 Ma, 判断锰矿成矿时代可能在 266~260 Ma 之间, 时长相对较短的时限内, 锰矿成矿时代为茅口晚期。

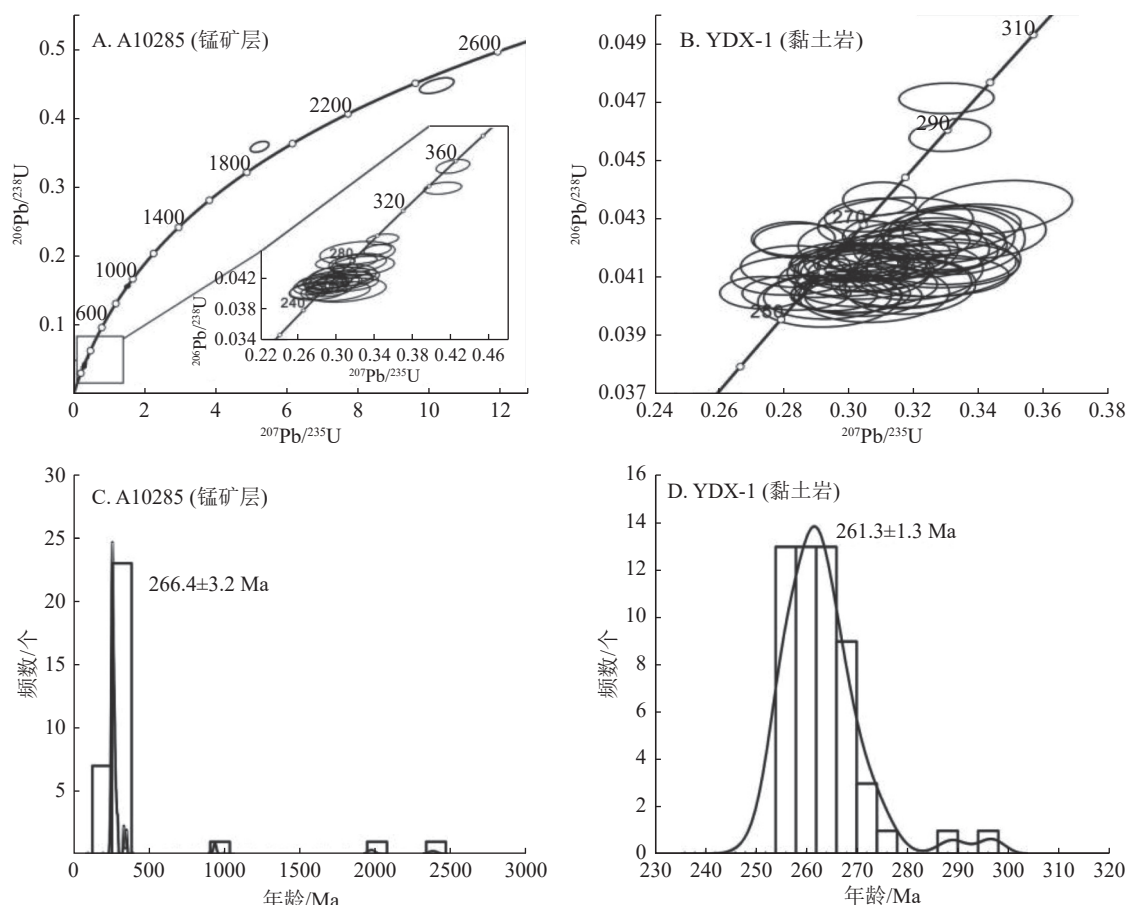


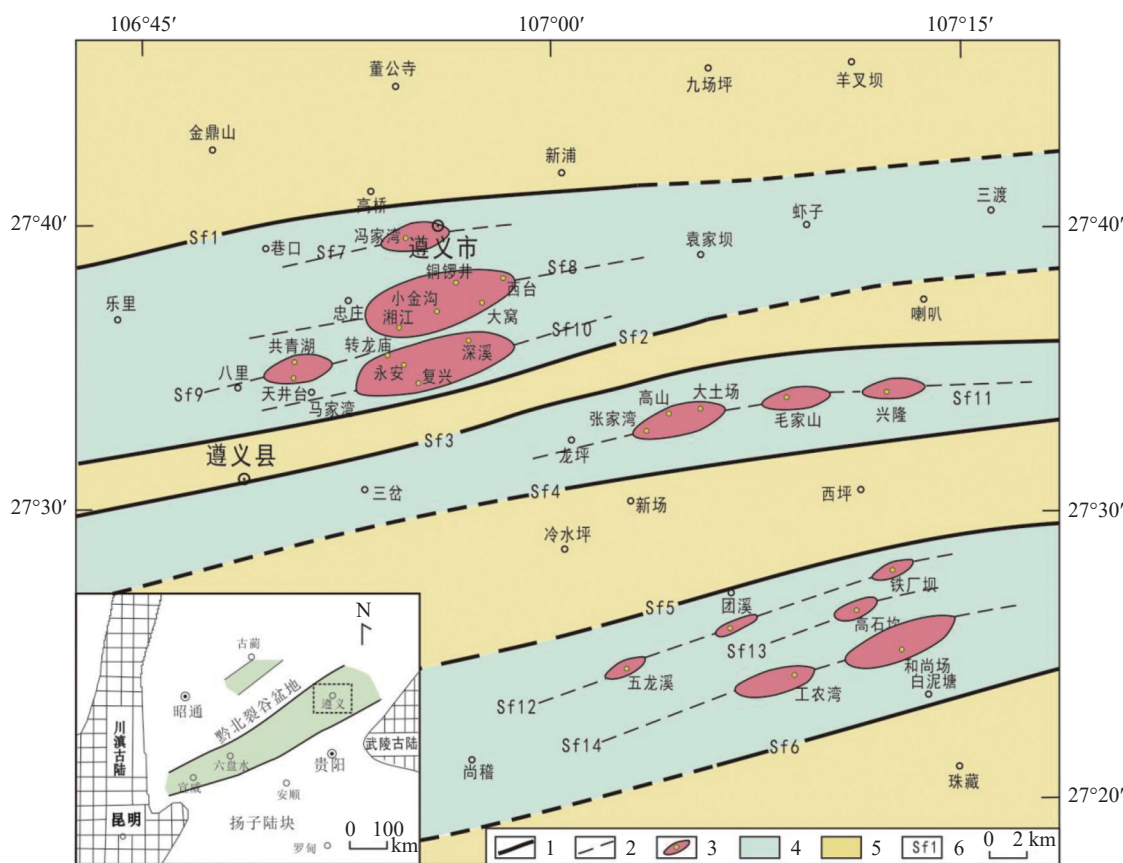
图 1 遵义团溪剖面中二叠统茅口组锰矿凝灰层样品 (A12085) 及上二叠统龙潭组底部黏土岩样品 (YDX-1) 锆石 U-Pb 定年谐和线图 (A, B), 与频率直方图 (C, D)^[36]

Fig.1 Zircon U-Pb Dating Harmony Line Diagram (A, B) of Manganese Tuff Layer Samples (A12085) of Maokou Formation in Middle Permian and Clay Rock Samples (YDX-1) at the Bottom of Longtan Formation in Tuanxi Section, and frequency histogram (C, D), Zunyi

3.2 锰矿分布受控于黔北裂谷盆地

前人将在遵义-水城地区二叠纪茅口组出现的一套深色硅质灰岩沉积相带命名为“黔中台沟”, 台沟外围为上扬子碳酸盐台地, 认为“黔中台沟”相是碳酸盐台地上的一种特殊沉积环境^[38]。近年来, 笔者从“黔中台沟”形成于拉张裂谷的背景下, 将“黔中台沟”称为“黔北裂谷盆地”, 并对遵义次级裂谷盆地结构和岩相古地理展开了研究^[9, 36]。

黔北裂谷盆地宽为 25~35 km, 延伸 300 km 左右, 呈勾状展布, 以贵州遵义、水城、云南宣威地区最为发育, 盆地中茅口组地层岩性和生物组合特征较稳定, 岩石类型主要为灰黑色硅质灰岩、硅质岩、泥晶灰岩、锰质岩等。黔北裂谷盆地的形成和演化改变了黔北—滇东地区中二叠世古地理格局, 沉积岩相在纵向和空间分布上发生明显的分异, 它与峨眉山地幔柱的隆升时间相耦



1—控制Ⅲ级地堑盆地和地垒的同沉积断层；2—控制Ⅳ级地堑盆地的同沉积断层；3—Ⅳ级地堑盆地及控制的矿床；4—Ⅲ级地堑盆地范围；5—Ⅲ级地堑范围；6—同沉积断层编号

图2 二叠纪茅口期遵义—黔西次级裂谷盆地原型^[9]

Fig.2 Prototype of the Permian Maokou Zunyi - Western Guizhou secondary rift basin

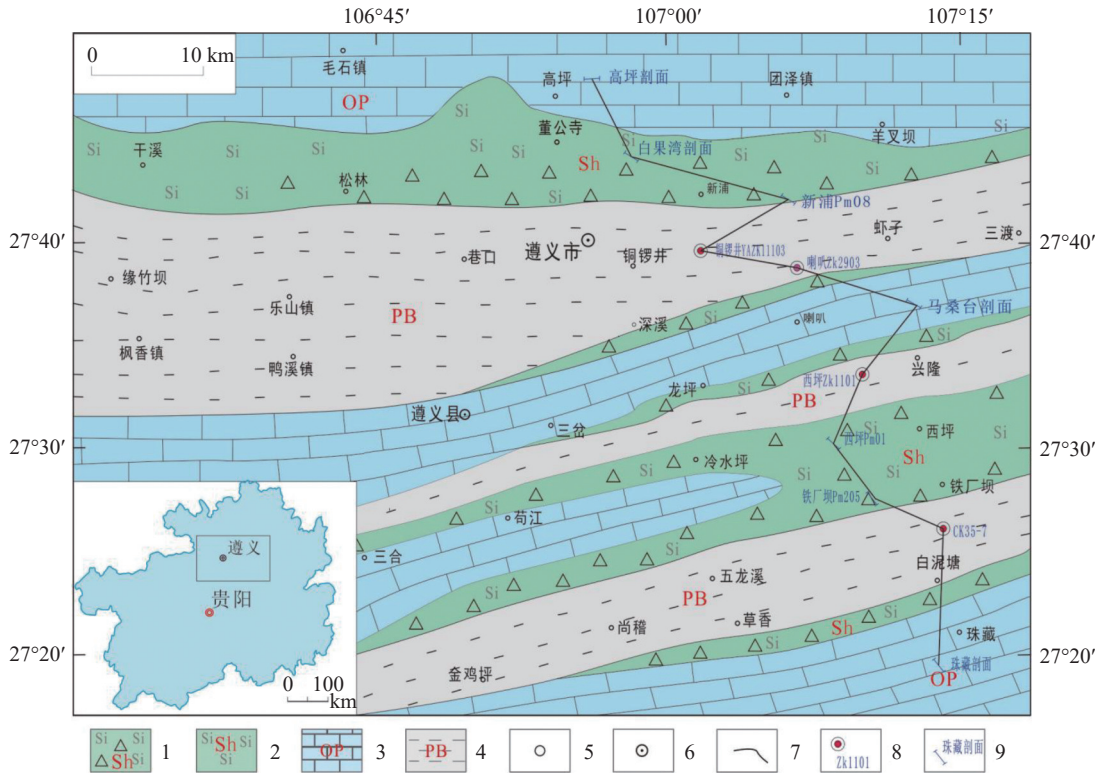
合。持续的构造活动导致裂谷盆地不断扩张，同时，同沉积断层活动，对其演化产生了重要影响。黔北—滇东地区的锰矿成矿就在这一特殊构造背景下形成，黔北裂谷盆地的形成发展是该区锰矿成矿的前提。裂谷作用从宣威-水城地区（茅口组中期）开始向东，逐渐延展到贵州遵义—黔西地区，其宣威-水城地区地堑盆地形成早于遵义—黔西地区。总体上，黔北—滇东锰矿与黔东及毗邻地区大塘坡锰矿裂谷盆地控矿背景十分相似，属“内生外成”气液喷溢沉积型锰矿床^[39-43]。这一认识，对黔北裂谷盆地结构划分和研究，为找寻二叠纪锰矿隐伏矿床具有重要的意义。

笔者对黔北裂谷盆地的原型进行了恢复，发现黔北裂谷盆地（Ⅰ级裂谷盆地）分别在云南宣威—贵州水城、贵州遵义一带沿同沉积断层带再次发生裂陷，其北东往南西方向，分别由2个Ⅱ级次级裂谷盆地构成，即遵义—黔西次级裂谷盆地、水城-宣威次级裂谷盆地构成（表1）。其

中，发现遵义—黔西次级裂谷盆地（Ⅱ级）是由深溪—八里、龙坪—兴隆、团溪—尚稽、黔西4个Ⅲ级地堑盆地和喇叭—南北、西坪—苟江2个Ⅲ级地垒组成；进一步发现深溪—八里、龙坪—兴隆、团溪—尚稽3个Ⅲ级地堑盆地（由一系列的Ⅳ级的地堑盆地、地垒）等单元组成（表1，图2）。另外，根据水城-宣威次级裂谷盆地（Ⅱ级）内部同沉积断层的分布，及其对沉积环境和锰矿控制的特征进行恢复，发现水城次级裂谷盆地（Ⅱ级）由格学—水城1个Ⅲ级地堑盆地和营盘、徐家寨、陈家寨、坛罐窑、格学、麻窝6个Ⅳ级的地堑盆地、地垒等单元组成（表1，图3）。

研究区锰矿的分布规律与原型盆地结构关系十分密切。在二叠纪茅口晚期遵义次级裂谷盆地（Ⅱ级）进一步裂解形成的深溪—八里、龙坪—兴隆和团溪—尚稽3个北西-南东向的Ⅲ级地堑盆地中，有规律地分布着菱锰矿带、铁锰矿带、含锰黏土岩带等，Ⅲ级地堑盆地可进一步识别和划

表 1 黔北裂谷盆地原型与结构				
Table 1 Prototype and structure of the Northern Guizhou Rift Basin				
I 级	II 级	III级地堑盆地与地垒	IV级地堑盆地	备注
黔北裂谷盆地	遵义—黔西次级裂谷盆地	深溪—八里地堑盆地	冯家湾—铜锣井、共青湖—转龙庙、深溪地堑盆地	黔北裂谷盆地原型恢复限于茅口晚期-龙潭
		龙坪—兴隆地堑盆地	张家湾—木杠台、兴隆地堑盆地	
		团溪—尚稽地堑盆地	长滩—柏杨坝、和尚场地堑盆地	
		喇叭—南北、西坪—苟江地垒	—	
		黔西地堑盆地	—	
	水城—宣威次级裂谷盆地	格学—水城地堑盆地	营盘、徐家寨、陈家寨、坛罐窑、格学、麻窝地堑盆地	



1-角砾状硅化岩陆棚相；2-层状硅化岩；3-台地相；4-盆地相；5-乡镇；6-城镇；7-相界线；8-钻孔；9-剖面

图 3 遵义-黔西二叠纪茅口晚期岩相古地理

Fig.3 Lithofacies palaeogeography of late Permian Maokou in Zunyi-Western Guizhou

分出 13 个 IV 级地堑盆地，该区的锰矿床均分布在 IV 级地堑盆地中（图 2），至少可形成 13 个锰矿床，即一个 IV 级地堑盆地控制形成一个锰矿床。另外，在遵义次级裂谷盆地中的 3 个 III 级地堑盆地之间为喇叭—南北、西坪—苟江 2 个 III 级地垒，均缺失含锰岩系，无锰矿分布，而出现白色、灰白色的硅化岩，边缘为角砾状硅质岩。在水城-宣威次级裂谷盆地（II 级）中进一步裂解形成了格学-水城地堑盆地（III 级），III 级地堑盆地可进一步识别和划分出 6 个 IV 级地堑盆地，该区的锰矿床也均分布在 IV 级地堑盆地中，至少可形成 6 个锰矿床，也即一个 IV 级地堑盆地控制形成

一个锰矿床。因此，裂谷盆地结构控制了锰矿成矿的分布，锰矿在地堑盆地中沉积成矿，在地垒区则无锰矿分布，以出现硅化岩为特征。

3.3 锰矿分布于盆地相中

研究区在中二叠世茅口早期（即茅口组第一段）为正常的开阔台地沉积，而在茅口中期开始出现沉积相分异，相继出现了陆棚相、盆地相沉积，且在茅口晚期（茅口组第三段）出现了非常明显的沉积相分异，盆地相沉积持续发展，控制了茅口晚期的沉积古地理面貌^[28]。本次选择了典型的遵义—黔西次级裂谷盆地，根据该区锰矿床分布、硅化岩及茅口组第三段的展布情况，对该

黔北—滇东二叠纪锰矿过去一直认为是传统的海相沉积型锰矿床,近年来,研究发现属气液喷

溢沉积型锰矿床,可能是内生外成的锰矿床^[9,27],并不是传统认为的外生外成的沉积型锰矿床。本次通过对遵义地区锰矿分布规律的研究,发现该区锰矿在空间上自喷溢口向外,从锰矿的结构构造、矿物特征和含锰量等方面,可分为三个锰矿相带,即:中心相、过渡相、边缘相,现详述如下:

(1) 中心相。该相带的锰矿石以厚度大、品位高为特点,均达富锰矿指标,厚一般 $>2\text{ m}$ (最厚达 8 m),品位一般 $>20\%$ (最高达 34%),另外, Mn/Fe 值 >4 。矿石以斑杂状构造、角砾状构造、块状构造为特点,矿石矿物主要为菱锰矿,可见黄铜矿、重晶石、方铅矿、草莓状黄铁矿等。其底板硅质灰岩也见角砾状构造、变形纹理构造。值得注意的是,该相带中,在锰矿体中下部夹有 $2\sim 20\text{ cm}$ 灰绿色凝灰岩,且该凝灰岩层下发育一层富锰矿。

(2) 过渡相。该相带锰矿体相比中心相,厚度较薄、品位较低,厚度 $1\sim 2\text{ m}$ 之间,品位 $15\%\sim 25\%$ 之间,为贫锰矿石,且 Mn/Fe 值为 $1\sim 4$ 之间。矿石具块状构造、碎屑状构造、条带状构造。其底板硅质灰岩具水平层理,锰矿层中一般有 $1\sim 2$ 层含锰黏土岩、黏土岩,底部含一层 $5\sim 25\text{ cm}$ 灰绿色凝灰岩层,之下直接与底板茅口组第二段硅质灰岩接触。

(3) 边缘相。该相带锰矿体不稳定,且相比最厚度最薄、品位最低,厚度 $0.2\sim 1.5\text{ m}$ 之间,品位 $8\%\sim 18\%$ 之间, Mn/Fe 值小于 1 ,主要为黏土质锰矿、铁锰矿、含锰黏土等,泥质含量较重,具块状构造、条带状构造等,含较多的黄铁矿颗粒和团块。另外,底部含 $1\sim 5\text{ cm}$ 凝灰岩层,有些地方甚至尖灭。

总之,该区锰矿形成于裂谷盆地深水环境中,其喷溢口发现的锰矿相带分布规律,可进一步指示了锰矿具体的成矿位置,显示了锰矿受盆地中心控制非常明显的特点,可有效的指导找矿预测和勘查工作。

4 锰矿成矿区带划分

4.1 划分依据与原则

锰矿成矿区带划分有别于全国及省域的综合成矿区带划分,是属单矿种的成矿区带划分。根据黔北-滇东地区二叠纪锰矿成矿地质背景和裂谷

盆地原型,结合研究区区域构造古地理特征和二叠纪锰矿床区域分布规律进行成矿区带的划分。对本区二叠纪锰矿成矿带采用四分法的原则,即成矿带(与I级对应)、成矿亚带(与II级对应)、成矿预测区(与III级对应)、矿集区(与IV级对应,相当于IV级地堑盆地,与矿田级相当),即按序次排列的成矿区带进行划分。即:黔北裂谷盆地(I级)控制锰矿成矿带、次级裂谷盆地(II级)控制锰矿成矿亚带、III级地堑盆地控制形成锰矿矿集区、IV级地堑盆地控制形成锰矿床。

4.2 成矿区带划分

根据前述划分依据与原则,开展研究区成矿区带的划分。在黔北-滇东地区,其二叠纪黔北裂谷盆地控制和形成了二叠纪遵义—宣威锰矿成矿带,黔北裂谷盆地进一步裂解、演化形成了遵义—黔西次级裂谷盆地和水城—宣威次级裂谷盆地,其中,遵义—黔西次级裂谷盆地控制和形成了遵义—黔西锰矿成矿亚带,包括贵州播州、红花岗、新浦、黔西等地,分布有一批著名的大中型锰矿床;水城—宣威次级裂谷盆地控制和形成了水城—宣威锰矿成矿亚带,包括贵州六盘水、纳雍和云南宣威等地,分布有一批中小型锰矿床。在对该地区二叠纪构造古地理背景恢复分析研究的基础上,对遵义—水城二叠纪锰矿带的内部结构进行了研究和划分(表2、图4)。在成矿带内部由同沉积断层控制形成了多个次级地堑盆地和地垒,分别控制和形成了锰矿成矿亚带、矿集区等。

(1) 遵义—黔西锰矿成矿亚带

遵义—黔西锰矿成矿亚带受黔北裂谷盆地中的遵义—黔西次级裂谷盆地控制,西起黔西市、东至湄潭县、北到遵义董公寺、南至团溪铁厂的范围内,延伸长约 260 km 。遵义—黔西次级裂谷盆地中地层的主要特征表现为茅口组第二段“白泥塘层”硅质灰岩和茅口组第三段含锰岩系普遍分布。同时在新蒲—鸭溪、喇叭—石板、西坪—三岔、团溪—西坪、珠藏—息烽发现了多条线状分布的、受锰矿成矿期同沉积断层控制的硅化岩体;含锰岩系和锰矿床沿遵义—黔西次级裂谷盆地呈北东东向断续分布,锰矿体呈层状、似层状、透镜状产出,并发现了多个锰矿喷溢沉积口(中心相),以具搅动构造、角砾状构造的富锰矿体为

表 2 贵州遵义-水城锰矿成矿带结构与划分
Table 2 Structure and division of Zunyi-Shuicheng manganese ore belt in Guizhou Province

成矿带	成矿亚带	矿集区	成矿预测区	已发现矿床（点）	成矿期
遵义—宣威锰矿成矿带	遵义—黔西锰矿成矿亚带	深溪—八里锰矿集区	铜锣井—深溪锰矿预测区	铜锣井大型锰矿床、深溪大型锰矿床、永安大型锰矿床、小金沟中型锰矿床、东高寨中型锰矿床、西台小型锰矿床	茅口晚期
			共青湖—转龙庙锰矿预测区	冯家湾中型锰矿床、共青湖中型锰矿床、转龙庙中型锰矿床	
			张家湾—木杠台锰矿预测区	龙坪中型锰矿床、木杠台枪村坝中型锰矿床、毛家山小型锰矿床、高山小型锰矿床	
		龙坪—兴隆锰矿集区	兴隆锰矿预测区	兴隆小型锰矿床、缘竹坪小型锰矿床、大土锰矿点、天井台锰矿点	
			长滩—白杨坝锰矿预测区	长滩锰矿点、白杨坝锰矿点	
	水城—宣威锰矿成矿亚带	团溪—尚稽锰矿集区	和尚场锰矿预测区	工农湾小型锰矿床、和尚场中型锰矿床、铁厂坝锰矿点、高石坎锰矿点、五龙溪锰矿点	茅口中期
			黔西锰矿集区	刀疤水锰矿点、太来钴锰矿点	
		水城—纳雍锰矿集区	刀疤水锰矿预测区	徐家寨小型锰矿床、立火小型锰矿床、营盘小型锰矿床	
			太来锰矿预测区	/	
			水城锰矿预测区	/	
		格学锰矿集区	纳雍锰矿预测区	宣威格学中型锰矿床	
			/		

特征。

根据遵义次级裂谷盆地特征，遵义—黔西锰矿成矿亚带可进一步划分为深溪—八里、龙坪—兴隆、团溪—尚稽、黔西 4 个锰矿矿集区和多个锰矿预测区（地堑盆地）。

（2）水城—宣威锰矿成矿亚带

水城—宣威锰矿成矿带位于黔北裂谷盆地西南部的的水城-宣威次级裂谷盆地内，分布于水城区观音山镇、阳长镇、坛罐窑镇及纳雍县大河镇一带，成矿带大致呈北东东向展布，延伸长约 220 km，在相邻的云南省分布有宣威格学中型氧化锰矿床。锰矿体产于二叠系上统茅口组第二段中部和上部。依据水城—宣威次级裂谷盆地特征，可划分为水城—纳雍、格学 2 个锰矿矿集区。

另外，前人研究认为水城地区原生碳酸锰矿（含锰灰岩）形成早于遵义地区的碳酸锰矿，且成矿规模较遵义地区要弱^[16]，本次结合遵义、水城地区的矿床特征和含锰地层层序对比，认为水城—宣威锰矿成矿亚带的地堑盆地形成早于遵义—黔西锰矿成矿亚带，含锰气液喷溢发生在茅口组中期，但喷溢规模比遵义—黔西锰矿成矿带小，尚未能形成“遵义式”的菱锰矿体，锰质充分与海水混合后，受海水沉积改造，形成了含锰灰岩、含锰硅质岩等海相沉积型岩石，该类海相沉积型含锰岩类，锰质含量较低，难形成工业锰矿床，仅个别地段达工业利用价值，后期经风化淋滤后，形成锰帽型氧化锰矿床^[9-13]。因此，黔北裂

谷盆地的遵义—黔西锰矿成矿亚带和水城-宣威锰矿成矿亚带，是二叠纪锰矿的重要找矿位置和方向。

5 结 论

（1）研究区锰矿成矿规律比较明显，分布严格受黔北裂谷盆地控制，产于盆地相中；裂谷盆地结构控制了锰矿成矿的分布，锰矿在地堑盆地中沉积成矿，在地垒区则无锰矿分布。

（2）研究区二叠纪茅口期的同生断裂及所控制的地堑盆地，沿北东东 75~80°方向展布，其隐伏锰矿体空间展布方向也是北东东 75~80°，这与表层燕山期北北东构造方向，存在 40~50°左右的夹角，即锰矿区具有独特的“双层立交桥式”构造特征。

（3）遵义地区锰矿在空间上自喷溢口向外，从锰矿的结构构造、矿石矿物特征等方面，可分为三个锰矿相带，即：中心相、过渡相、边缘相；进一步指示了锰矿具体的成矿位置，显示了锰矿受盆地中心控制非常明显的特点。

（4）黔北裂谷盆地控制形成了二叠纪遵义—宣威锰矿成矿带，并进一步划分为遵义—黔西锰矿成矿亚带、水城—宣威锰矿成矿亚带，其中，遵义—黔西锰矿成矿亚带进一步划分为深溪—八里、龙坪—兴隆、团溪—尚稽、黔西 4 个锰矿矿集区和多个锰矿预测区（地堑盆地）；水城—宣威锰矿成矿亚带进一步划分为水城—纳雍、格学 2 个锰矿矿集区。

参考文献:

- [1] 付勇, 徐志刚, 裴浩翔, 等. 中国锰矿成矿规律初探[J]. 地质学报, 2014, 88(12):2192-2207.
- FU Y, XU Z G, PEI H X, et al. Study on metallogenic regularity of manganese ore deposits in China[J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12):2192-2207.
- [2] MAYNARD J B. Manganiferous sediments, rocks, and ores. treatise on geochemistry. D. H. Editors-in-Chief: Heinrich and K. T. Karl[J]. Oxford, Pergamon, 2003, 289-308.
- [3] XIE J C, SUN W D, DU J G. Geochemical studies on Permian manganese deposits in Guichi, Eastern China: implications for their origin and formative environments[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 74(25):155-166.
- [4] 陈佳, 董树义, 张自贤, 等. 重庆高燕锰矿床含锰碳酸盐岩化学成分标型特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2022, 49(2): 239-248.
- CHEN J, DONG S Y, ZHANG Z X, et al. Characterization of chemical compositional patterns of manganese-bearing carbonate rocks in Gaoyan Mn deposit, Chongqing[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Natural Science Edition), 2022, 49(2):239-248.
- [5] 薛友智. 中国锰矿地质特征与勘查评价[J]. 四川地质学报, 2012, 32(s):14-19.
- XUE Y Z. Exploration evaluation of manganese deposits in China[J]. Journal of Sichuan Geology, 2012, 32(s):14-19.
- [6] 姚敬劬, 王六明, 苏长国, 等. 扬子地台南缘及其邻区锰矿研究[M]. 北京: 冶金工业出版社. 1995.
- YAO J Q, WANG L M, SU C G, et al. Study on manganese deposits in the southern margin of the Yangtze platform and its adjacent areas[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 1995.
- [7] 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.
- HOU Z L, XUE Y Z, HUANG J S, et al. Manganese ore around Yangtze Platform[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press. 1997.
- [8] 刘志臣, 颜佳新, 陈登, 等. 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, 2017, 34(2): 63-70.
- LIU Z C, YAN J X, CHEN D, et al. Main progress and potential prediction of geological prospecting of manganese ore in national fully equipped exploration area of Zunyi, Guizhou Province[J]. Guizhou Geology, 2017, 34(2): 63-70.
- [9] 刘志臣, 周琦, 颜佳新, 等. 二叠纪贵州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, 2019, 21(3): 517-526.
- LIU Z C, ZHOU Q, YAN J X, et al. Structure of Zunyi rift basin in Guizhou Province during the Permian and its controlling on manganese deposits[J]. Journal of Palaeogeography, 2019, 21(3): 517-526.
- [10] 刘巽锋, 王庆生, 高兴基. 贵州锰矿地质[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989.
- LIU X F, WANG Q S, GAO X J. Manganese ore geology of Guizhou, China[M]. Guiyang: Guizhou people's Publishing House. 1989.
- [11] 杨瑞东, 颜承锡. 贵州早二叠世茅口晚期成锰环境及锰矿远景预测[J]. 贵州科学, 1993, 11(2):67-71.
- YANG R D, YAN C X. Sedimentary environment of manganese deposits during maokou and prospect of manganese-bearing regions in Guizhou[J]. Guizhou Science, 1993, 11(2):67-71.
- [12] 杨瑞东, 高军波, 魏怀瑞, 等. 贵州二叠系锰矿沉积特征及成矿控制因素分析[J]. 矿床地质, 2014, 33(s):909-910.
- YANG R D, GAO J B, WEI H R, et al. Analysis of sedimentary characteristics and metallogenic controlling factors of Permian Manganese[J]. Mineral Deposits, 2014, 33(s):909-910.
- [13] 杨瑞东, 程玛莉, 高军波, 等. 贵州二叠系茅口组顶部锰矿沉积特征及矿床成因研究[J]. 地质学报, 2018, 92(4):804-816.
- YANG R D, CHEN M L, GAO J B, et al. The sedimentary characteristics and origin of manganese deposit in the middle Permian Maokou Formation in Guizhou, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2018, 92(4):804-816.
- [14] 陶平, 杜昌乾, 马荣, 等. 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, 2005, 22(2): 103-109.
- TAO P, DU C Q, MA R, et al. The research on geologic feature and metallogenesis of the Permian manganese ore deposits in Guizhou and the Vicinages[J]. Guizhou Geology, 2005, 22(2): 103-109.
- [15] 林贵生, 李赞. 遵义锰矿地质特征及找矿潜力分析[J]. 中国锰业, 2006, 24(3): 26-29.
- LIN G S, LI Y. Geological characteristics and prospectives of Zunyi Manganese Ores[J]. 2006, Zhongguo Menye, 24(3): 26-29.
- [16] 刘平, 廖友常, 韩忠华, 等. 茅口晚期黔中台沟相锰矿地质特征及控矿条件[J]. 贵州地质, 2005, 22(1): 31-38.
- LIU P, LIAO Y C, HAN Z H, et al. Geologic features and ore-dominating terms on the manganese ores of the upper Maokou Formation within platform and trench face in the central part of Guizhou[J]. Guizhou Geology, 2008, 22(1): 31-38.
- [17] 刘志臣, 陈登, 铁永洪, 等. 贵州遵义锰矿成矿物质来源探讨[J]. 地质论评, 2013, a,56(s):307-308.
- LIU Z C, CHEN D, TIE Y H, et al. Discussion on ore-forming material source of Zunyi manganese deposit in Guizhou Province[J]. Geological Review, 2013, a,56(s):307-308.
- [18] 刘志臣, 张远国, 陈登, 等. 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, 2013, b,33(4):665-670.
- LIU Z C, ZHANG Y G, CHEN D, et al. Geochemical characteristics and geological significance of "Bainitangceng" siliceous rocks in Zunyi manganese ore fields, Guizhou Province, China[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2013, b,33(4):665-670.
- [19] 刘志臣, 王聪, 张远国, 等. 贵州遵义锰矿床地球化学特征及成因分析[J]. 矿物学报, 2015, 35(4):481-488.
- LIU Z C, WANG C, ZHANG Y G, et al. 2015. Geochemistry

- and ore genesis of Zunyi Mn Deposit, Guizhou Province, China[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2015, 35(4):481-488.
- [20] 刘志臣, 吴发刚, 骆红星, 等. CSAMT法在贵州遵义锰矿整装勘查中的运用[J]. *物探与化探*, 2016a, 40(2): 342-348.
- LIU Z C, WU F G, LUO H X, et al. The application of CSAMT method to monoblock exploration in the Zunyi manganese deposit, Guizhou Province[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration* [J]. *Physical and Chemical Exploration*, 2016a, 40(2): 342-348.
- [21] 刘志臣, 周琦, 朱路艳, 等. 贵州二叠纪与南华纪锰矿主要矿床地质特征对比及意义[J]. *贵州地质*, 2018, 35(4):363-368.
- LIU Z C, ZHOU Q, ZHU L Y, et al. Geological characteristics comparison and its significance of main deposits in Permian and Nanhua Manganese Deposits of Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 2018, 35(4):363-368.
- [22] 铁永洪, 刘志臣, 张远国, 等. 遵义锰矿地质特征及富集规律[J]. *矿业工程研究*, 2013, 28(3):63-67.
- TIE Y H, LIU Z C, ZHANG Y G, et al. Geological characteristics and enrichment regularity of Zunyi manganese ore[J]. *Mineral Engineering Research*, 2013, 28(3):63-67.
- [23] 韩忠华, 潘家州. 浅析贵州二叠系锰矿与峨眉山玄武岩之关系[J]. *贵州地质*, 2007, 24(3):197-201.
- HAN Z H, PAN J Z. Relationship analysis on Permian manganese and Emeishan Basalt in Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 2007, 24(3):197-201.
- [24] 韩忠华, 何亚兰. 贵州水城-纳雍锰矿矿床地质特征及成矿作用初探[J]. *矿产与地质*, 2010, 24(2):162-165.
- HAN Z H, HE Y L. Discussion of geological feature and mineralization process of Shuicheng-Narong manganese deposit in Guizhou province[J]. *Minerals and Geology*, 2010, 24(2):162-165.
- [25] 程玛莉, 魏怀瑞, 刘坤, 等. 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)*, 2011, 28(1):53-58.
- CHEN M L, WEI H R, LIU K, et al. Discussion on the sedimentary characteristics and mineralization age of Permian manganese miner, Guizhou[J]. *Journal of Guizhou University*, 2011, 28(1):53-58.
- [26] 陈登, 刘志臣, 颜佳新, 等. 贵州遵义-水城地区二叠纪锰矿成矿区带划分及找矿潜力分析[J]. *贵州地质*, 2018, 35(4):297-303.
- CHEN D, LIU Z C, YAN J X, et al. Division of metallogenic zones and analysis of prospecting potential of Permian manganese deposit in Zunyi-Shuicheng area of Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 2018, 35(4):297-303.
- [27] 汪洋, 刘志臣, 陈登, 等. 贵州遵义二叠系茅口组锰矿成矿建造、盆地原型及锰矿相带特征[J]. *古地理学报*, 2020, 22(5): 989-1000.
- WANG Y, LIU Z C, CHEN D, et al. Characteristics of metallogenic formation, basin prototype and manganese facies belt of the Permian Maokou Formation in Zunyi Area, Guizhou Province[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2020, 22(5): 989-1000.
- [28] LIU Z C, ZHOU Q, LIU K, et al. Sedimentary features and paleogeographic evolution of the middle Permian trough basin in Zunyi, Guizhou, South China[J]. *Journal of Earth Science*. 2021,doi: <https://doi.org/10.1007/s12583-021-1406-2>.
- [29] XU H, GAO J B, YANG R D. Metallogenic mechanism of large manganese deposits from Permian manganese ore belt in western South China Block: New mineralogical and geochemical evidence[J]. *Ore Geology Reviews*, 2021, 132(5):103-193.
- [30] 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版, 86-110. 2008.
- XU Z G, CHEN Y C, WANG D H, et al. Zoning scheme of metallogenic belt in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008, 86-110.
- [31] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社. 1999.
- CHEN Y C. Evaluation on mineral resources prospect of main metallogenic belts in China[M]. Beijing: Geological Publishing House. 1999.
- [32] 肖克炎, 邢树文, 丁建华, 等. 全国重要固体矿产重点成矿区带划分与资源潜力特征[J]. *地质学报*, 2016, 90(7):1369-1280.
- XIAO K Y, XING S W, DING J H, et al. Division of major mineralization belts of China's key solid mineral resources and their mineral resource potential[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2016, 90(7):1369-1280.
- [33] 王砚耕, 陈建书, 陈启飞. 贵州构造-建造划分及其意义[J]. *贵州地质*, 2018, 35(3): 3-6.
- WANG Y G, CHEN J S, CHEN Q F. Structure-formation division and its significance of Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 2018, 35(3): 3-6.
- [34] 刘平, 廖友常, 殷科华, 等. 与火山活动有关的热液沉积锰矿-以贵州二叠纪锰矿为例[J]. *中国地质*, 2008, 35(5):992-1006.
- LIU P, LIAO Y C, YIN K H, et al. Hydrothermal sedimentary manganese deposits associated to volcanic activities-Permian manganese deposit in Guizhou[J]. *Geology in China*, 2008, 35(5):992-1006.
- [35] HAO Y, DAO H P, SHAO Y, et al. New constraints on the onset age of the Emeishan LIP volcanism and implications for the Guadalupian mass extinction[J]. *Lithos*, 2020: 360-361.
- [36] 刘志臣. 贵州遵义二叠纪裂谷盆地演化与锰矿成矿作用研究[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2021.
- LIU Z C. Evolution of Permian rift basin and manganese mineralization in Zunyi, Guizhou[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2021.
- [37] 侯莹玲, 何斌, 钟玉婷. 桂西二叠系喀斯特型铝土矿成矿物质来源的新认识: 来自合山组碎屑岩地球化学证据[J]. *大地构造与成矿学*, 2014, 38(1):181-196.
- HOU Y L, HE B, ZHONG Y T. Newperspective on provenance of the Permian Karstic bauxite in the Western

Guangxi: geochemical evidence of clastic rocks of the Heshan Formation[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2014, 38(1):181-196.

[38] 王立亭, 叶念曾, 秦大康, 等. 贵州省早二叠世岩相古地理概论[J]. *中国区域地质*, 1983, 3: 23-38.

WANG L T, YE N Z, QIN D K, et al. An introduction to early Permian lithofacies palaeogeography in Guizhou Province[J]. *Regional Geology of China*, 1983, 3: 23-28.

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

ZHOU Q, DU Y S, YAN J X, et al. Geological and geochemical characteristics of cold spring carbonate rocks in Nanhua period in Datangpo area, Songtao, Guizhou[J]. *Earth Science-Journal of China University of Geosciences*, 2007.

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

ZHOU Q, DU Y S. Ancient natural gas seepage and Manganese Mineralization-a case study of Nanhua Period "Datangpo Type" manganese deposit in Eastern Guizhou [M]. Beijing: Geological Publishing House. 2012.

[41] 周琦, 杜远生, 覃英. 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*, 2013, 32(3): 457-466.

ZHOU Q, DU Y S, QIN Y. Ancient natural gas seepage sedimentary-type manganese metallogenic system and ore-forming model: a case study of 'Datangpo Type' manganese deposits formed in rift basin of Nanhua Period along Guizhou-Hunan-Chongqing border area[J]. *Mineral Deposits*, 2013, 32(3): 457-466.

[42] 周琦, 杜远生, 袁良军, 等. 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*, 2016, 41(2):177-188.

ZHOU Q, DU Y S, YUAN L J, et al. The structure of the Wuling Rift Basin and its control on the manganese deposit during the Nanhua Period in Guizhou-Hunan-Chongqing Border Area, South China[J]. *Earth Science*, 2016, 41(2):177-188.

[43] ZHOU Q, WU C L, HU X Y, et al. A new metallogenic model for the giant manganese deposits in northeastern Guizhou, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 2022, 149:105070.

Main Metallogenic Regularity and Metallogenic Zone Division of Permian Manganese Deposits in Northern Guizhou-Eastern Yunnan Province

LIU Zhichen^{1,2,3}, ZHOU Qi^{1,3,4}, YANG Ruidong¹, DU Yuansheng⁵, CHEN Deng^{2,3}, XIAO Lin^{2,3}

(1.Faculty of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, Guizhou, China; 2.The 102 Geological Team, Guizhou Bureau of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources, Zunyi 563003, Guizhou, China; 3.Technical Innovation Center of Mineral Resources Exploration Engineering in Bedrock Area of the Ministry of Natural Resources, Guiyang 563003, Guizhou, China; 4.Guizhou Key Laboratory for Strategic Mineral Intelligent Exploration, Guiyang 563003, Guizhou, China; 5.Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: This is an article in the field of earth sciences. Manganese ore is one of the strategic minerals in short supply in China. The area of Northern Guizhou-Eastern Yunnan is the most typical distribution area of manganese ore in Permian, which is also rare in the Late Paleozoic in the world. It is rich in manganese ore resources and has great prospecting potential, so it is called "Zunyi type manganese ore". The results show that the manganese ore is produced in the late Permian Maokou, and its distribution is strictly controlled by the northern Guizhou rift basin. The manganese ore is formed in the center of graben basin by exhalation deposition, but no manganese ore is distributed in the barrier area, and the ore-body spatial distribution direction is basically consistent with the basin distribution direction. Among them, manganese ore in Zunyi - western Guizhou area is spatially distributed in the basin facies area, and can be divided into three manganese ore facies belts, namely, the central phase, the transition phase and the edge, which further indicates the specific metallogenic location of manganese ore and shows that the manganese ore is controlled by the center of the basin. Based on the Zunyi-Xuanwei manganese ore belt, it can be divided into four manganese ore concentration areas in the Zunyi-Qianxi manganese ore mineralization subzone: Shenxi-Bali, Longping-Xinglong, Tuanxi-Shangji and Qianxi, and two manganese ore concentration areas in shuicheng - Xuanwei manganese ore mineralization subzone: Shuicheng - Nayong and Gexue. The research results are of great significance to search for Permian concealed manganese deposits in northern Guizhou and eastern Yunnan and to carry out metallogenic prediction.

Keywords: Earth sciences; Permian manganese ore; Metallogenic regularity; Metallogenic zone; Northern Guizhou Province to eastern Yunnan Province