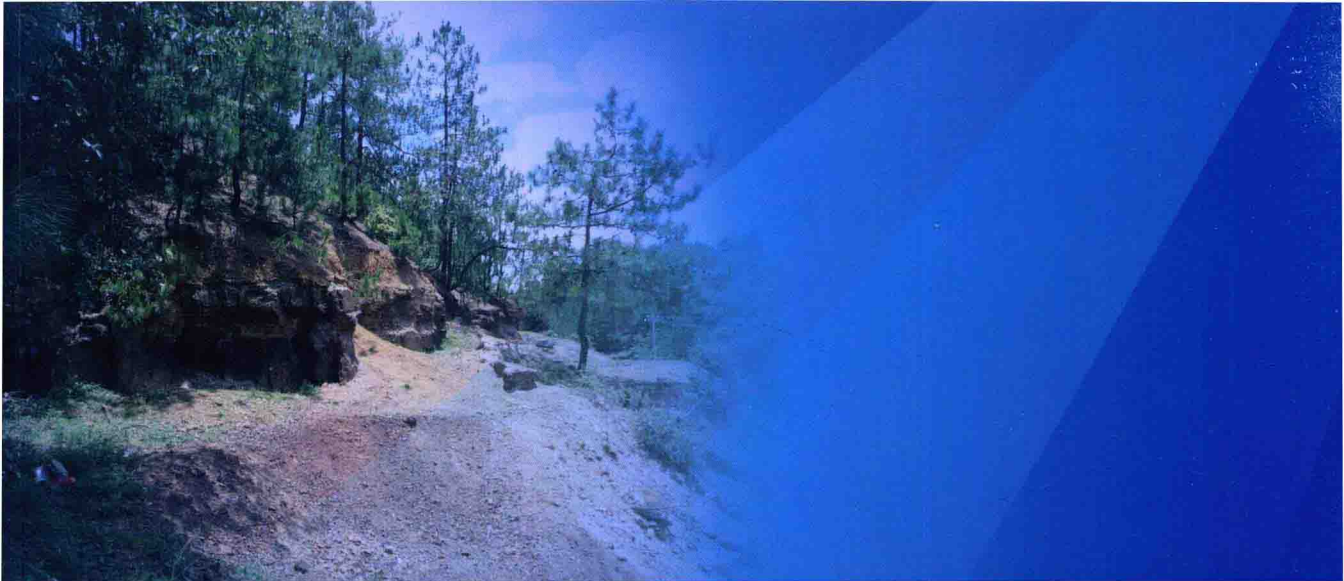




贵州西部香炉山式铁矿 控矿因素与成矿规律

■ 刘幼平 等著



冶金工业出版社
www.cnmip.com.cn

贵州西部香炉山式铁矿 控矿因素与成矿规律

刘幼平 程国繁 龙汉生 于 宁
崔 滔 孟昌忠 白朝益 刘 坤 著
毛凯楠 张双菊 张 海

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书从大地构造位置、峨眉山大火成岩省及玄武岩高原、地层岩石、岩浆岩、地质构造与地壳演化、地球物理、地球化学背景方面研究了“香炉山铁矿”的成矿背景条件；从“香炉山式铁矿”的基本地质特征、矿体特征、矿石质量特征、地球化学特征等方面系统阐述了两个典型铁矿床；从成矿物质来源、岩相古地理地貌、古气候与古纬度、古环境与古生态、古风化作用等方面研究了“香炉山式铁矿”的控矿因素；从铁矿的时间分布、空间分布、成矿古地理环境、含矿岩系特征、矿石矿物学特征、铁矿床共伴生矿产、铁矿的风化壳形成-次生富集等方面研究了铁矿的成矿规律；探讨了“香炉山式铁矿”成矿机制，建立了“香炉山式铁矿”的成矿模式与找矿模型。研究成果对于指导后续找矿实践具有重大现实意义。

本书资料丰富、综合全面、分析透彻、观点明确、结论有据，可供从事地质矿产勘查、矿床学研究、矿产资源开发及高等院校地质专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

贵州西部香炉山式铁矿控矿因素与成矿规律/刘幼平等著. —北京:冶金工业出版社, 2016. 12

ISBN 978-7-5024-7460-7

I. ①贵… II. ①刘… III. ①铁矿床—控矿因素—研究—贵州 ②铁矿床—控矿因素—成矿规律—研究—贵州
IV. ①P618.310.673

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 028946 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjchs@cnmp. com. cn

责任编辑 常国平 杨秋奎 美术编辑 杨 帆 版式设计 杨 帆 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7460-7

冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销；固安华明印业有限公司印刷

2016 年 12 月第 1 版，2016 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16；10.25 印张；8 彩页；268 千字；151 页

50.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题，本社营销中心负责退换)

前言

矿产资源是人类社会发展必要的物质基础。矿产资源的开发利用则是人类社会物质文明和精神文明的重要标志,正如伟大的革命导师恩格斯所说:“从铁矿石的冶炼开始,人类由野蛮时代过渡到文明时代”。贵州省矿产资源丰富,分布广泛,矿种众多,是我国重要的矿产资源大省之一。在目前查明资源储量的87种矿产中名列全国前3位的有23种,其中铁矿资源储量居全国第13位。

贵州省铁矿目前已查明矿产地128处。其中大型1处,中型18处,小型109处。贵州省铁矿床按成因可划分为层控铁矿床、海相沉积铁矿床、陆相沉积铁矿床(“綦江式”铁矿)、海陆交互相沉积铁矿床、热液铁矿床、风化残余铁矿床等六大类。已探明的铁矿资源表明:贵州省铁矿床存在小矿多大矿少、贫矿多富矿少、坑采储量多露采储量少、难采选矿石所占比重大等不足,全省除水城观音山、赫章铁矿山、菜园子铁矿,以及清镇与修文地区与铝土矿共生的铁矿等少数产地探明资源储量较多,规模可达中大型,矿石较富,具较大开采利用价值外,其余产出大多分散零星,规模小,开发利用价值有限。相比之下,“缺铜少铁”仍是贵州矿产资源优势的美中不足。

贵州省铁矿勘查已有百余年历史,是贵州省内最早勘查的矿种之一。1895年法国人杜克劳斯就到水城观音山等地进行过调查。此后,先后有瑞典人顶格兰、我国地质学家丁文江、乐森瑋、王曰伦等对贵州省铁矿做过勘查工作。1961年,已大致查明全省铁矿分布状况,探明了绝大多数产地的储量。探明储量主要集中在贵州省西部地区,铁矿石以贫矿为主(约占总储量的70%以上)。富矿主要分布在水城观音山、赫章铁矿山、菜园子矿区。

可以看出,贵州省铁矿勘查前人已经做了大量地质调查研究及勘查工作,取得了很大的成绩,但对于缓解贵州省铁矿资源紧缺的状况没有根本性改变。

进入21世纪以来,在加强国家矿产资源战略储备方针政策指引下,贵州省铁矿整装勘查工作取得了较大进展,尤其是《贵州省威宁~水城地区铁多金属矿整装勘查》勘查成果显著。2007~2009年,贵州省地质矿产资源开发总公司在威宁县哲觉镇居乐一带开展铜矿普查工作时在峨眉山玄武岩组第三段顶部与宣威组底部发现一层铁多金属矿层。紧接着,2000~2013年贵州省地矿局113地质大队在威宁~水城地区开展相关地质工作时也重新认识到这层含铁岩系,

并开展了相关勘查工作,如贵州省威宁县香炉山铁矿详查,探明铁矿石 332 + 333 总资源储量 2200 万吨。随后 113 地质大队又于 2012 ~ 2014 年在区内开展了《贵州省威宁 ~ 水城地区铁多金属矿整装勘查》工作,新增铁矿石量资源量 (332 + 333 + 334?) 近 5 亿吨,并对“香炉山式铁矿”地质特征、含矿岩系特征、矿石质量、伴生矿产等进行了初步评价。

矿床是地壳长期发展过程中形成的具有一定经济价值的特殊地质体。在矿床成因分类中,沉积矿床和风化矿床都属于外生矿床的重要类型,而新发现的“香炉山式铁矿”既非典型的沉积矿床,也非典型的风化矿床,而综合体现了沉积矿床和风化矿兼有的典型特征,属于玄武岩-古风化壳沉积(堆积)型矿床,是峨眉山大火成岩省内生-外生成矿作用结合的产物。因此,无论在矿床成因分类上,还是在矿产资源勘查类型上,“香炉山式铁矿”都有其自身的定位和特殊性。鉴于“香炉山式铁矿”为贵州省近年地质找矿工作中新发现的铁矿类型,虽然有关单位和部分学者曾对该矿床的地质特征、成矿条件、共(伴)生矿产等方面作过研究,但研究工作毕竟还是较为零星的,其研究成果未能系统反映该矿床的形成背景、控制因素;未能全面揭示矿床的成矿规律和形成机制,且科学的成矿模式和找矿模式也有待建立和完善。前人对该铁矿的研究工作总体较为薄弱,其研究成果对于有效指导该区及其邻域“香炉山式铁矿”的找矿勘探实践还有一定的差距。为此,我们在贵州省 2015 年度省级地勘基金公益性、基础性项目《贵州省西部地区铁矿成矿规律、控矿因素与成矿预测研究》(黔国土资地勘函[2015]406 号)的资助下,以贵州理工学院资源与环境工程学院为主持单位、贵州省地矿局 113 地质大队合作参与共同完成了本项目的研究。

本书既是项目研究成果集成的综合体现,也是吸收并深化前人地质勘查和研究成果精华的综合体现。本书以贵州省西部威宁 ~ 赫章地区新发现的产于峨眉山玄武岩组第三段顶部与宣威组第一段底部两个不整合面之间的“玄武岩-古风化壳沉积(堆积)型”铁矿床为研究对象,以香炉山和哲觉两个矿田内的典型矿床为主要解剖对象,在前人勘查工作基础上,通过详实的野外地质工作,对区内铁矿床区域成矿背景、“香炉山式铁矿”地质地球化学特征进行了系统研究并对典型矿床进行了精细解剖,总结了“香炉山式铁矿”控矿因素、探讨了“香炉山式铁矿”成矿规律与成矿机制,并初步建立其成矿模式和找矿模式,同时对“香炉山式铁矿”开展了成矿预测研究。项目研究成果不仅对丰富我国铁矿的成因类型在矿床上具有重要的理论意义,而且对于指导贵州省西部及其邻域“香炉山式铁矿”的后续找矿实践具有重大现实意义。

全书共分 10 章,由项目组主要成员分工合作完成。刘幼平负责统筹思路及

提纲、全稿修改完善与全面统稿。全书各章节的完成情况如下：第1章刘幼平、龙汉生、孟昌忠，第2章程国繁、于宁，第3章龙汉生、毛凯楠，第4章龙汉生、于宁、张双菊、张海，第5章程国繁、崔滔、白朝益，第6章刘幼平、于宁、程国繁、张双菊，第7章崔滔、程国繁，第8章刘幼平、刘坤，第9章龙汉生、孟昌忠，第10章刘幼平。全书的插图及附录整理编制由于宁、何英和张双菊共同完成。

本书出版得到了贵州省2015年度省级地勘基金公益性、基础性项目《贵州省西部地区铁矿成矿规律、控矿因素与成矿预测研究》（黔国土资地勘函[2015]406号）和贵州省普通高等学校创新人才团队项目《贵州省普通高等学校“隐伏矿床勘测”创新团队》（黔教合人才团队字[2015]56号）的联合资助。

研究过程中得到贵州省资深地质专家王砚耕研究员在方法和理论上的悉心指导与帮助。项目实施过程中参与野外工作和研究的人员有刘幼平、聂爱国、崔滔、龙汉生、程国繁、于宁、白朝益、刘坤、毛凯楠、张双菊、程玛莉、孟昌忠、张海、李再勇、王彪、郭云胜。野外工作中得到贵州省地矿局113地质大队孟昌忠总工程师，李再勇、张海高级工程师，王彪、郭云胜工程师的大力协助。

本书成稿付梓之际，谨向贵州理工学院资源与环境工程学院、贵州省地矿局113地质大队和参与研究工作的专家、学者和为项目研究提供资料的单位表示最诚挚的感谢。

期望本书的出版能为贵州乃至我国“香炉山式铁矿”的找矿勘查工作有所补益，贡献一份微薄力量。由于风化壳矿床的成矿作用和成矿过程较为复杂，加之研究时间紧迫，著者水平有限，书中尚有疏漏和不足，敬请各位专家、同行批评指正。

著者

2016年10月

目 录

1	“香炉山式铁矿”分布概况及研究现状	1
1.1	“香炉山式铁矿”分布概况	1
1.2	“香炉山式铁矿”资源概况	2
1.3	研究现状与趋势	2
1.3.1	铁矿勘查与研究现状	2
1.3.2	铁矿整装勘查研究程度	3
1.3.3	贵州及邻省铁矿床研究进展	3
1.4	研究工作的主要内容及技术方法	6
1.4.1	研究的主要内容	6
1.4.2	采用的主要技术方法	7
1.4.3	关键技术与创新点	8
2	成矿背景及区域地质	9
2.1	成矿地质背景	9
2.1.1	大地构造位置	9
2.1.2	峨眉山大火成岩省及玄武岩高原	9
2.1.3	地球物理背景	18
2.1.4	地球化学背景	21
2.2	区域地质特征	25
2.2.1	地层岩石	25
2.2.2	岩浆岩	27
2.2.3	地质构造与地壳演化	29
3	矿床地球化学特征	36
3.1	样品描述	36
3.2	主量元素特征	36
3.2.1	玄武岩主量元素特征	36
3.2.2	黏土岩主量元素特征	36
3.2.3	铁质黏土岩主量元素特征	38
3.2.4	铁矿石主量元素特征	38
3.3	微量元素特征	38
3.3.1	玄武岩微量元素特征	38

3.3.2	黏土岩微量元素特征	43
3.3.3	铁质黏土岩微量元素特征	43
3.3.4	铁矿石微量元素特征	44
3.4	稀土元素特征	46
3.4.1	玄武岩稀土元素特征	46
3.4.2	黏土岩稀土元素特征	47
3.4.3	铁质黏土岩稀土元素特征	47
3.4.4	铁矿石稀土元素特征	47
4	矿床地质特征及典型实例	51
4.1	地质特征及矿田划分	51
4.1.1	地质特征	51
4.1.2	矿田划分依据及划分研究	55
4.2	香炉山矿田地质特征	56
4.2.1	香炉山矿田概况	56
4.2.2	香炉山典型矿床特征	57
4.2.3	香炉山矿床地球化学特征	73
4.3	哲觉矿田地质特征	79
4.3.1	哲觉矿田概况	79
4.3.2	哲觉矿床典型特征	79
4.3.3	哲觉矿床地球化学特征	92
5	控矿因素	99
5.1	成矿物质来源	99
5.1.1	含铁岩系岩性和岩石结构特征对物源的指示	99
5.1.2	地球化学元素物源示踪	100
5.1.3	重矿物物源示踪	102
5.2	岩相古地理地貌控矿因素	102
5.2.1	玄武岩喷溢前的岩相古地理地貌	102
5.2.2	玄武岩喷溢阶段的岩相古地理地貌	104
5.2.3	玄武岩组形成后的岩相古地理地貌	105
5.3	古气候与古纬度控矿因素	106
5.4	古环境与古生态控矿因素	107
5.4.1	古环境地球化学标志	107
5.4.2	古植物群落与古生态特征	109
5.5	古风化作用控矿因素	114
6	成矿规律	117
6.1	铁矿床成矿时间分布规律	117

6.1.1	地层控制的时间分布规律	117
6.1.2	同位素年龄对成矿时间的约束	117
6.1.3	成矿时间的长期性和多次性	120
6.2	铁矿床成矿空间分布规律	120
6.2.1	成矿前古构造确定了成矿区地理范围	120
6.2.2	古风化壳界面确定了含铁岩系的空间就位	120
6.2.3	成矿后构造确定了矿田的地理划分	121
6.2.4	褶皱构造确定了矿床的保存与分布空间	121
6.3	沉积古地理与有利成矿空间	121
6.4	含铁岩系与成矿的分布规律	123
6.4.1	含铁岩系特征	123
6.4.2	含铁岩系成矿富集规律	125
6.5	矿物岩石学赋矿规律	126
6.5.1	矿物岩石学特征	126
6.5.2	矿物岩石学成矿规律	129
6.6	铁矿床共伴生矿产规律	129
6.6.1	共伴生矿产（铝、钛、稀土）特征	129
6.6.2	共伴生矿产的富集规律	130
6.7	铁矿的风化壳形成~次生富集规律	130
6.7.1	风化壳特征	130
6.7.2	风化壳与成矿规律	130
7	成矿机制	132
7.1	成矿作用过程与成矿机制	132
7.1.1	矿床类型	132
7.1.2	成岩（成矿）作用	132
7.1.3	矿物转化序列	133
7.1.4	成矿作用过程	134
7.2	矿床成因	135
8	成矿模式	136
8.1	矿源层形成期	138
8.2	含铁岩系形成期	140
8.2.1	风化蚀顶—玄武岩古风化壳形成阶段	140
8.2.2	古风化壳积物堆积—迁移—沉积—含矿层形成阶段	140
8.3	淋滤富集成矿期	141
8.3.1	地壳振荡性升降—暴露—含矿层风化淋滤阶段	141
8.3.2	含矿层次生富集成矿阶段	141
8.3.3	含矿层被覆盖保存阶段	141

8.4 成矿模式	141
9 找矿模式与找矿预测	142
9.1 找矿标志	142
9.1.1 地层岩性标志	142
9.1.2 古风化壳标志	142
9.1.3 地表老硐标志	142
9.1.4 区域地球化学标志	142
9.1.5 地球物理标志	143
9.1.6 遥感异常标志	143
9.2 找矿模式	143
9.2.1 找矿方法	143
9.2.2 找矿模式(模型)	143
9.3 找矿方向预测分析	145
10 结语	147
10.1 项目研究工作主要进展	147
10.2 项目研究成果主要特色	148
10.3 存在问题和建议	149
参考文献	150

附录(彩图)

1 “香炉山式铁矿” 分布概况及研究现状

1.1 “香炉山式铁矿” 分布概况

“香炉山式铁矿” 主要分布在贵州西北地区的威宁~赫章与六盘水市的部分地域。研究区范围地理坐标：东经 $103^{\circ}42' \sim 104^{\circ}45'$ ，北纬 $26^{\circ}31' \sim 26^{\circ}57'$ ，面积 3000 余平方千米。研究区内有高速公路及县、乡村公路相通，交通条件较便利（图 1-1）。

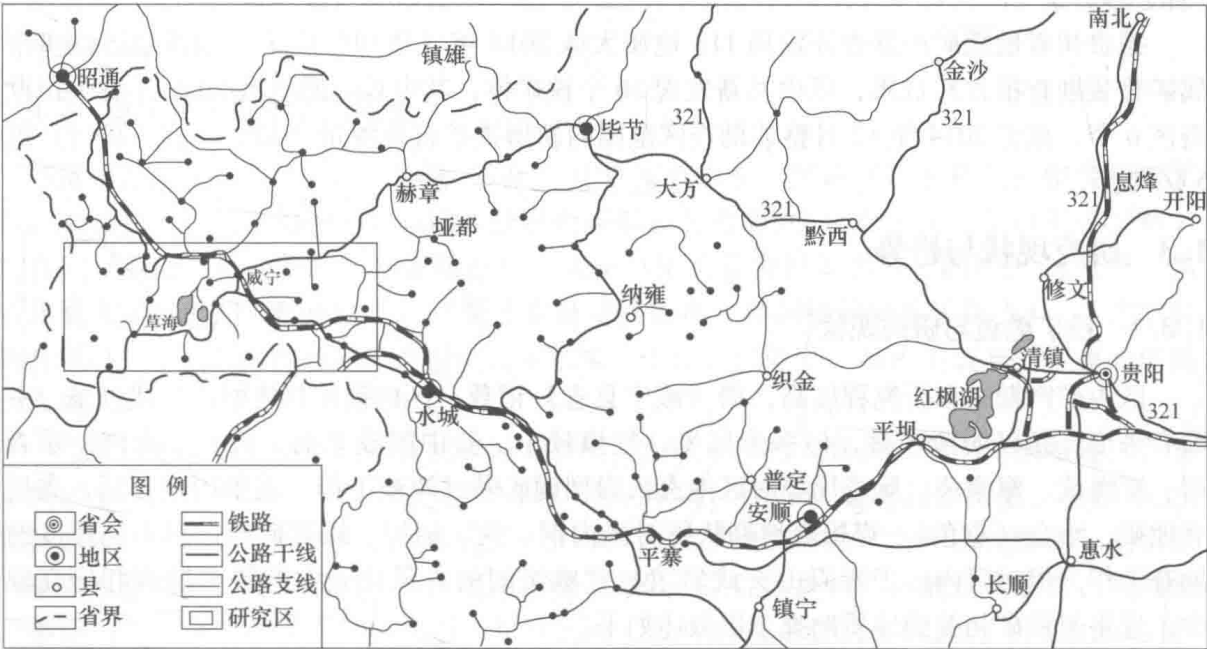


图 1-1 研究区交通位置略图

研究区属典型的山区地形，自然地理环境较差，海拔一般 1500~2600m。全省最高峰韭菜坪（海拔 2900.6m）也位于研究区内。研究区内地形切割强烈，崎岖不平。碳酸盐岩广泛分布，岩溶地貌发育，峰丛、漏斗、悬崖峭壁多见。地表水系不发育，河流多为季节性河流。

研究区内属亚热带湿润季风气候，夏无酷暑，冬季气候较寒冷，特别是威宁、赫章地区素有“西部高寒山区”之称，年平均气温不到 12°C ，年降雨量较多，日照少，多雨雾天气，7~9 月为雨季，霜冻期较长。植被较发育，但多为灌木、荆棘和杂草。

研究区内经济相对落后，发展极不平衡，以农业经济为主，工业经济次之。农作物主要为玉米、洋芋、小麦。工业主要集中于六盘水市，仅煤炭、冶金等工业具有一定基础。改革开放以来，区内乡镇企业的发展，民采铅锌矿、铁矿盛行，已成为当地经济发展的支柱。

研究区内杂居汉、回、苗、彝等民族，劳动力资源丰富。

1.2 “香炉山式铁矿”资源概况

“香炉山式铁矿”形成于峨眉山大火成岩省外带的东部边缘,赋存于峨眉山玄武岩组与上二叠统宣威组间古风化壳不整合面上,该含矿层在区内俗称“含铁岩系”,其与上下地层均为假整合接触。“含铁岩系”主要分布在由峨眉山玄武岩与宣威组组成的向斜构造中,褶皱构造决定了矿床的保存与分布空间,区内发现的铁矿层一般呈似层状或透镜状平行于向斜内地层产出。铁矿石矿物浅部(垂深0~40.5m)以褐铁矿为主,随着深度的不断加深,褐铁矿含量逐渐减少,深部主要为赤铁矿。铁岩石矿物主要为分布于“含铁岩系”其中下部的结构为火山角砾结构、凝灰角砾结构,条带状构造、层状构造,上部的凝灰结构矿物含矿性次之。该类铁矿多与铝(Al)、钛(Ti)、钪(Sc)、稀土等矿产共生(伴)生。

据贵州省地质矿产勘查开发局113地质大队2014年《贵州省威宁~水城地区铁多金属矿整装勘查报告》成果,区内共新发现26个铁矿体,其中哲觉勘查区20个、香炉山勘查区6个。截至2014年12月整装勘查区范围内新增铁矿石资源量(332+333+334?)近5亿吨。

1.3 研究现状与趋势

1.3.1 铁矿勘查与研究现状

区内矿产勘查和研究程度高,据《威宁县志》记载,区内铜矿自唐朝或五代以来,不断有采冶,尤以明清较盛,但多为民采,规模较小。新中国成立前,曾有丁文江、乐森璁、罗绳武、谢家荣、阮维周等对区内玄武岩型铜矿做过调查工作。新中国成立后,先后有地矿、冶金(有色)、煤田等地勘队伍对区内铜、铁、铅锌、煤等矿产做过不同程度的勘查工作。但对区内产于峨眉山玄武岩组与宣威组间的古风化壳中的铁矿勘查和研究较少,现将与铁矿相关的地质勘查工作叙述如下。

自1938年起,罗绳武、燕树檀等先后对水城观音山、赫章铁矿山等铁矿床作了零星调查。

1958~1959年,赫威水队在二塘一带,进行了以煤矿为对象的普查工作,在对煤矿进行勘查工作的同时,发现了龙潭组底部的铁矿,并进行了勘查工作,1959年10月提交了《威宁二塘上二叠系榕峰煤系底部铁矿勘探工作简报》,提交审查的铁矿资源储量为近2000万吨,其中铁品位30%以上的80余万吨,20%~30%的1700万吨。该报告于1962年经贵州省地质局审查并批准,后经贵州省地矿局113地质大队于2008~2010年开展资源储量核查,编制有《贵州省水城县二塘铁矿区资源储量核查报告》。

1966年以后,铁矿的普查勘探工作主要集中在水城观音山、赫章菜园子及普安罐子窑等地,继续扩大产于下石炭统和中泥盆统中的工业价值较大的层控菱铁矿床的找矿远景。通过这一时期的普查勘探工作,在贵州西部发现了一大批大中型铁矿床。

1979年,贵州省地质局物探队开展了贵州西部及其附近玄武岩型铁矿初步调研工作,并提交了相应初步调查报告。

2007年10月~2009年1月,贵州省地质矿产资源开发总公司在哲觉镇居乐一带开展

铜矿普查工作,在区内三棵树~段家梁子、对面坡~长梁子一带的宣威组底部发现一层铁多金属矿层,初步估算铁矿石 334 资源量达近 900 万吨。

2000~2013 年,贵州省地矿局 113 地质大队在开展《贵州省威宁县炉山一带铜矿普查》、《贵州省威宁县炉山一带铜矿详查》矿权的地质勘查中,发现和重新认识了赋存于峨眉山玄武岩顶部~上二叠统宣威组底部的铁含矿岩系,认为含矿岩系中除赋存有“二塘式铁矿”外,尚赋存有铜、钛、稀土、钨等高价值的伴生元素,因此开展了“贵州省威宁县炉山铁多金属矿详查”并编制完成了《贵州省威宁县炉山铁多金属矿详查报告》,提交探明铁矿总资源储量 2000 余万吨:其中达到工业品位(25%)以上铁矿石总资源量(332+333)为 1000 余万吨。

2012~2013 年,贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院在赫章县雄雄戛铁矿勘探中探明贫铁矿石资源量达 1.8 亿吨,对其矿床地质特征、矿石特征、选冶利用等方面进行了系统研究。

1.3.2 铁矿整装勘查研究程度

贵州省地质找矿突破战略行动“246”计划实施以来,区内开展了相关的整装勘查工作,主要有《贵州省威宁~水城地区铁多金属矿整装勘查》、《威宁县龙街向斜煤炭整装勘查》、《赫章可乐向斜煤炭整装勘查》、《威宁县阳关寨背斜煤炭整装勘查》、《贵州省黔西北威水背斜铅锌矿整装勘查》、《贵州省赫章县垭都~蟒洞铅锌矿整装勘查》。上述整装勘查项目对于提高区内地质矿产程度,实现煤、铅锌、铁等矿产找矿突破起到了重要的推动作用。

与铁矿相关的主要为贵州省地矿局 113 地质大队承担的《贵州省威宁~水城地区铁多金属矿整装勘查》项目,他们通过 1:10000 地质填图、1:2000 地质剖面测量、探槽施工、物探测量、工程测量、钻探及取样等工作,基本查明了研究区内“香炉山式铁矿”的含铁岩系的地质特征、分布范围及变化规律;初步评价了研究区内铁矿体的稳定程度,大致圈定整装勘查区内铁矿体的分布范围,并对区内已发现的铁多金属矿体进行了大致的控制,大致查明了部分矿体的形状、产状及规模、品位等,并对伴生稀土、钨作出了初步评价。本次工作新圈定铁多金属矿体 26 个,经过资源量估算,区内新增铁矿石量(332+333+334?)近 5 亿吨。同时初步总结了研究区内铁多金属矿成矿规律,指出了进一步找矿的方向,圈出了 4 个找矿靶区,并在找矿靶区内优选出 7 个成矿有利区段,并进行了找矿潜力分析。

上述工作成果的取得,为本次研究工作的深入开展奠定了坚实基础。

1.3.3 贵州及邻省铁矿床研究进展

峨眉山玄武岩一直是地学界研究的焦点之一,对贵州省西部产出的峨眉山玄武岩与成矿关系的研究由来已久。从梅厚均(1962)提出峨眉山大火成岩省开始,宋谢炎(1998, 2002)、王砚耕(2003)、何斌等(2003, 2004, 2005)对峨眉山玄武岩喷发和性质作出了充分说明,聂爱国(2007, 2012)对区内峨眉山玄武岩浆喷发对贵州西部区域成矿贡献,锐钛矿成因机制等进行了系统研究。贵州省在 2001 年、2003 年、2005 年召开的地质矿产战略研讨会上峨眉山玄武岩作为会议主题,可见峨眉山玄武岩对成矿的重要性。研究区内铜、铅

锌、煤等矿种研究程度较高。对于这些矿床,不同研究人员已经在成矿机制、找矿潜力、成矿预测等领域取得了显著的成绩。特别是对铅锌、金、银、铜矿成矿作用,物质来源,成矿背景等进行了深入研究,并取得了丰硕成果,极大地推进了区内找矿突破。

贵州省铁矿现已查明矿产地 128 处。其中大型 1 处,中型 18 处,小型 109 处。据已获资料,可将贵州省铁矿划分为 6 种成因类型:分别为层控矿床、海相沉积矿床、陆相沉积矿床、海陆交互相沉积矿床、热液矿床、风化残余矿床。随着“宁乡式”铁矿选冶技术的突破,贵州省铁矿的开发利用或将迎来一个新的勘查开发机遇期。

云南省有色地质局地质研究所(杨平等,2011)在滇东峨眉山玄武岩分布区开展并完成了《云南省宣威~罗平铁矿勘查选区综合研究报告》,同时编制了《云南省曲靖地区稀土多金属矿整装勘查实施方案》(杨平等,2012)并开展了该地区的稀土多金属矿整装勘查。

杨平等(2013)报道了在云南东部宣威~罗平一带在二叠纪玄武岩两大喷发旋回顶部的古风化壳中发现的两层稀土、铁、钛多金属矿化层,其矿化特征为 ΣREO 0.016%~0.52%、 TFe 10.09%~49.44%、 TiO_2 1.08%~10.94%;含矿层厚度 8.0~35.0m;矿化体分布广,呈层状、似层状。他们对矿床形成机理进行了初步研究,认为矿化层的形成是“源(富稀土、铁、钛的玄武岩)~转(古风化淋积作用)~储(地形起伏不大、离古陆不远的陆相氧化淋积环境为主的有利古地理环境)”的多因素耦合的结果,指出区内稀土、铁、钛多金属矿极具成矿和找矿潜力。

涉及铁矿单矿种的成矿规律等综合研究成果也较多,但对于此次研究的“香炉山式铁矿”矿床则很少,主要成果有:

(1)《贵州省主要构造体系与汞矿及西部热液菱铁矿分布规律图(1:50 万)及说明书》(1980),综合分析了贵州西部菱铁矿的特征,论述了北西向构造带中复合构造和低级别、低序次构造控矿问题,圈出 7 个 V 级成矿远景区。

(2)《贵州省主要构造体系与西部热液菱铁矿分布规律图(1:50 万)及说明书》(1979),对贵州省主要构造体系与西部热液菱铁矿分布规律等进行了较为详细的论述。

(3)《贵州省赫章菜园子铁矿床地质特征及成矿地质条件研究》(1983),总结了成矿地质背景和矿床地质特征,用地下热水溶液成矿的观点,探讨了矿床成因,分析了成矿和控矿条件,提出了区域找矿方向。对成矿物质的来源、成矿溶液的特征、成矿温度进行了推断,建立了菜园子典型菱铁矿床的成矿模式。

(4)《贵州西部菱铁矿床成矿规律及成矿预测的研究》(1983)依据大量的铁矿勘查及测试资料,探讨了贵州西部菱铁矿床的矿床成因,认为贵州西部菱铁矿床是海相碳酸盐岩中的沉积改造矿床,是层控矿床的范畴,分析了成矿和控矿条件,并对贵州西部菱铁矿进行了成矿预测。

(5)《贵州省主要铁矿类型成矿预测及找矿方向研究报告》(1983),对贵州省铁矿类型划分进行了研究,分为海相沉铁矿床、湖相沉铁矿床、沉积变质型铁矿床、风化淋滤或坡积铁矿床、沉积改造菱铁矿五大类型,同时指出了每种类型铁矿的找矿方向并进行了成矿预测。

此外,尚有:廖世范等(1980)对赫章铁矿山菱铁矿床的成矿方式和沉积改造机理进行了讨论,认为铁矿山为一碳酸盐岩中沉积改造菱铁矿床,矿床形成经历了原生沉积和后期地下水溶液(或热液)改造两个阶段;刘文建等(1985)对菜园子菱铁矿床所具有的

各种交代特征进行了较详细研究,结果表明似层状矿体与脉状矿、灰矿与黄矿都不是原生沉积形成的,其生成时期应为成岩期后,矿体形成的主要方式是:含铁热水溶液,沿构造、岩性有利地段,与围岩发生交代作用形成;林立青等(1986)对菜园子菱铁矿床氢、氧、碳同位素特征及其地质意义进行了研究,指出铁矿石与围岩的氢、氧、碳同位素组成有明显的差别,前者系由含铁热液(主要由渗流地下水与高盐度的沉积水掺和并溶滤矿体围岩及沉积铁矿含矿系中的铁质而形成)交代成矿原岩(白云岩)并充填其裂隙空间而形成,后者系正常海相沉积的产物,并认为矿床系地下水热液成矿;聂筑陵(1986)也对菜园子菱铁矿床进行了菱铁矿矿物学研究,认为矿床是地下水热液交代~充填(白云岩)成矿;宴勇等(2012)对贵州赫章菜园子铁矿稀土元素地球化学研究结果表明矿体顶底板 $U/Th > 1$, 推测矿床为热水沉积;高军波等(2015)对贵州赫章水塘、雄飞和铁矿山矿段泥盆系镁菱铁矿床开展了岩石学、矿物学及矿床地球化学研究,认为区内镁菱铁矿床属于沉积~改造成因;陶平等(2015)在对贵州西部晚古生代裂陷作用及其成矿系列进行研究时,对区内裂陷槽北段的铁矿床进行了总结,认为主要有两种矿床类型,一种为产于中泥盆统大河口组含泥质碎屑岩中海相沉积型铁矿床、独山组中沉积型铁矿床等,可能为热水沉积和沉积改造成因;另一种为产于大河口组及其上覆地层独山组鸡泡段和下伏地层龙洞水组、舒家坪组局限台地碳酸盐岩地层间裂隙及切穿地层断裂中的热液菱铁矿床。

贵州省产于峨眉山玄武岩组与上覆上二叠统间不整合面中的鲕状赤铁矿床最早研究为1979年贵州省地质局物探队开展的贵州西部及其附近玄武岩型铁矿初步调研工作。由于类似矿床选冶一直没有突破,多认为其没有工业价值而弃之不理,其研究程度较低。

邓克勇等(2007)在总结前人的研究成果基础上对区内玄武岩型铜矿成矿规律进行了系统的分析研究,指出在威宁岔河向斜南东翼存在一个产于峨眉山玄武岩组($P_{2-3}em$)与宣威组(P_{3x})含煤碎屑岩的接触带上新的含铜层位——“铜铁稀土矿化层”,赤铁矿层产于矿化层中亚层中,厚0.8~5m,含铁25%~48%。何立贤(2008)又对此撰文进行了专门报道,强调“铜铁稀土矿化层”发现的信息值得重视,指出岔河向斜中可能会有丰富的铁矿资源存在,并强调要进一步进行工作,以矿化层中的铁矿为主要勘查对象,沿岔河向斜 P_{3x} 煤系底部追索,确定铁矿层的连续性,估算铁矿石资源量。

据贵州地质调查院承担的《贵州省铁矿资源潜力评价》(2013)相关成果,威宁~赫章地区“宁乡式”沉积型铁矿主要是针对产于下石炭统和中泥盆统中的工业价值较大的层控菱铁矿床进行成矿规律总结和成矿预测,对产于峨眉山玄武岩组($P_{2-3}em$)与宣威组(P_{3x})间不整合接触面上的铁矿没有提及。

区内关于该类型铁矿成矿规律与找矿预测研究较深入者为贵州省地矿局113地质大队,其在实施《贵州省威宁~水城地区铁多金属矿整装勘查》期间进行了相关综合研究工作,他们对区内二叠系玄武岩顶铁多金属矿床进行了锆石U-Pb测年、研究了矿石矿物组构、铁赋存形式特征及含矿岩系、围岩稀土元素特征等,认为区内铁多金属矿床属于沉积型矿床,物质来源于峨眉山玄武岩及火山碎屑岩(凝灰岩),是内生和外生作用共同作用的产物,内生作用提供物质来源,外生作用使得有用元素分解、迁移、分异、富集成矿。

张海等(2013)在对贵州西部二叠系玄武岩古风化壳型铁多金属矿床演化特征研究

时,认为玄武岩中的辉石为铁矿的形成提供了物源。铁矿床的形成过程为在二叠系玄武岩火山喷发间歇期间,大气中的强酸性气体随大气降水降落变为酸性地表水体,在温暖至湿热的气候条件下酸性地表水体造成玄武岩中的富铝矿物分解首先形成高岭石、埃洛石等黏土矿物,而Fe、Ti、V等元素也因辉石等矿物的分解而迁移出来,并在高岭石等黏土矿物形成的吸附障中富集;与此同时,含铁矿物氧化分解形成针铁矿及赤铁矿。在缺氧、还原的条件下风化壳下部铁被还原成易溶的二价状态或在有机质的作用下迁出风化壳,并在合适的地质条件(向斜构造)下富集成矿。

孟昌忠等(2015)在区内对铁-多金属矿床开展了锆石U-Pb年代学和微区元素地球化学研究,认为该新类型矿床的成因与峨眉山大火成岩省的去顶作用有关,通过分析和总结峨眉山大火成岩省边缘地区不同类型表生矿床的空间分布特征,提出该类型矿床成因是特殊的古地理环境(形成富铁红土化剖面)与晚二叠世时期反复的海进和海退作用相耦合的产物。

综上,区内“香炉山式铁矿”总体研究较薄弱,虽然在成矿机制方面进行了初步探讨,但由于113地质队在进行综合研究时还是以地质勘查找矿为主,其样品采集等方面不够系统,矿化剖面观测也还不够详细,未能全面反映矿床的地质特征,微量、稀土元素特征未能全面反映矿床形成机制,矿床成矿规律、找矿标志等需要进一步深入凝练和总结。

1.4 研究工作的主要内容及技术方法

1.4.1 研究的主要内容

(1)对研究区内“香炉山式铁矿”的成矿地质背景从大地构造位置、峨眉山地幔柱作用、大火成岩省及玄武岩高原、地球物理背景、地球化学背景方面开展了系统的研究;同时,对其区域地质概况从地层岩石、岩浆岩、地质构造与地壳演化方面开展了系统的研究。

(2)对研究区内哲觉、香炉山两个典型矿床重点开展了含矿岩系及其顶底板剖面精细测量、槽(钻)探工程的精细编录、岩矿取样及测试分析;综合已有资料,系统研究了哲觉、香炉山两个典型矿床地质特征、矿体、矿石特征及相关矿床地球化学特征,以及矿床的控矿因素与找矿标志等。

(3)对研究区内“香炉山式铁矿”开展了控矿因素研究,较系统地分析了成矿物质来源、古风化作用、岩相古地理地貌、古气候与古纬度、古环境与古生态等因素与成矿的关系。

(4)对区内“香炉山式铁矿”成矿规律进行了研究,从区内铁矿床成矿时间分布规律、铁矿床成矿空间分布规律、沉积古地理确定了矿区的有利成矿空间、含矿岩系与成矿的分布规律、矿物岩石学赋矿规律、共伴生矿产规律、风化壳形成-次生富集规律进行了详细研究。

(5)探讨了区内“香炉山式铁矿”的成矿机制、建立了“香炉山式铁矿”的成矿模式和找矿模式,并就今后“香炉山式铁矿”在区域上的找矿方向作了初步预测与探讨。

1.4.2 采用的主要技术方法

1.4.2.1 资料收集汇总

重点收集了贵州西北地区相关铁矿勘查、勘探成果及研究进展资料,如:贵州省地质矿产勘查开发局 113 地质大队完成的《贵州省威宁~水城地区铁多金属矿整装勘查报告》,贵州省地质调查院完成的《全国矿产资源利用现状调查、贵州省铁矿资源储量核查报告全国矿产资源潜力评价报告》、《贵州省铁矿资源潜力评价成果报告》等。

重点收集了贵州西北地区基础地质资料,如:贵州省地质调查院完成的《贵州省区域地质志》、贵州省地质矿产局区域地质调查大队完成的《贵州岩相古地理图集》等。

老资料复查,系统收集研究区范围内的地表剖面资料及相关分析测试数据,钻探、老硐、探槽及物化探等地质资料。

跟踪研究区内铁矿勘查动态,系统收集正在开展铁矿勘查勘探的相关资料,便于掌握研究区最新的勘查情况,为本次研究服务,如《贵州省威宁县香炉山铁矿详查报告》等。

有针对性地选择与“香炉山式铁矿”研究有关的地质科学问题、难题开展联合攻关,为开展该区“香炉山式铁矿”成矿规律、成矿机制研究提供基础资料支撑;跟踪国内外相似矿床的最新工作方法、分析测试手段及研究成果。收集相关论文、著作近 50 篇(册),如:毛德明等著《贵州西部峨眉山玄武岩及其有关矿产》,陈文一等发表《贵州峨眉山玄武岩喷发期的岩相古地理研究》,孟昌忠等发表的《黔西北威宁地区含铁铜地层及其矿物岩石学特征》等。

1.4.2.2 野外地质调查

野外地质调查内容包括:

(1) 专项地质路线调查。主要针对含矿岩系地表露头展开调查,立足于含矿岩系顶底板、岩石组合、建造特征、沉积环境及其纵横向变化规律等地质资料的收集。

(2) 精细剖面测制、研究重点矿体。对研究区含矿岩系剖面、古风化壳剖面进行精细剖面测量,地层剖面进行复核认识测量,与研究重点矿体相结合的手段。重点收集区内地层沉积相序,岩性、沉积构造,含矿岩系厚度,含矿岩系顶底板等相关地质资料,并采集相关测试样品。

(3) 钻探、老硐、探槽复查。钻探复查、老硐复查、探槽复查,按照 1:50 比例尺完成原始复核编录工作。收集岩性、沉积结构构造、层序特征及古生物地质特征信息,开展沉积环境研究,并进行对比分析,总结铁矿横向变化规律。

1.4.2.3 样品分析测试

依据研究区已有的分析测试资料及工作研究程度,结合本次研究需要,设置了以下测试分析样:

(1) 主量元素分析(SiO_2 、 Al_2O_3 、 TFe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 、 Cr_2O_3 、 TiO_2 、 MnO 、 P_2O_5 、 SrO 、 BaO 等)。

(2) 微量元素分析样(Rb 、 Ba 、 Th 、 U 、 Nb 、 Ta 、 Pb 、 Sr 、 Zr 、 Hf 、 Y 、 La 、 Ce 、 Pr 、 Nd 、 Sm 、 Eu 、 Gd 、 Tb 、 Dy 、 Ho 、 Er 、 Tm 、 Yb 、 Lu 等)。