

贵州下寒武统含多金属元素黑色页岩系 成因及应用矿物学研究

Studies on Genetic and Applied Mineralogy for Multi-metal of the
Lower Cambrian Black Shale Series in Guizhou

张 杰 等著

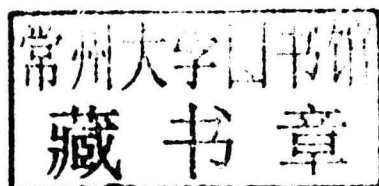


冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

贵州下寒武统含多金属元素 黑色页岩系成因及应用矿物学研究

Studies on Genetic and Applied Mineralogy for Multi-metal
of the Lower Cambrian Black Shale Series in Guizhou

张 杰 杨恩林 狄永宁 谢 飞 杨国锋 著



北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2012

内 容 简 介

本书针对贵州部分地区早寒武世黑色页岩系及其页岩层中所含多金属矿化带,开展了查明镍、钼、钒多金属层物质成分,镍、钼、钒等元素赋存状态,镍、钼矿石工艺矿物学,镍、钼提取方法及工艺等研究。通过黑色页岩粘土矿物学的研究探讨其成因。镍、钼、钒多金属矿层较薄,一般厚度为 0.05 ~ 0.20m,开采过程中即产生大量废渣,不仅堆放占地,还对环境产生严重污染。对黑色页岩及镍、钼、钒矿采选矿废渣开展应用矿物学及综合利用研究,保护生态环境,是镍、钼、钒多金属矿层开发利用过程中需要解决的重要问题。本书是贵阳市科技局两个工业攻关项目的研究成果及研究内容的系统总结。

本书可供从事地质、矿床、找矿、矿物材料的教学和研究人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

贵州下寒武统含多金属元素黑色页岩系成因及应用矿物学研究/
张杰等著. —北京:冶金工业出版社, 2012. 2

ISBN 978-7-5024-5844-7

I. ①贵… II. ①张… III. ①早寒武世—黑色页岩—成因—
研究—贵州省 ②早寒武世—黑色页岩—矿物学—研究—贵州省
IV. ①P588. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012) 第 009905 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 于昕蕾 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5844-7

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012 年 2 月第 1 版, 2012 年 2 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 11 印张; 4 彩页; 269 千字; 155 页

39.00 元

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

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是作者根据所承担的贵州省贵阳市科技局工业攻关项目《息烽地区黑色岩系钼多金属矿加工利用》、《息烽—开阳黑色页岩钾元素提取及综合利用技术》研究内容编撰而成。前一项目完成于2008年，并经贵阳市科技局组织专家组结题验收。

本书针对贵州下寒武统黑色页岩系及其页岩层中含多金属矿化带，开展了查明岩石及镍、钼、钒多金属层矿化层物质成分，镍、钼、铀等元素的赋存状态，镍、钼矿石工艺矿物学，镍、钼提取方法及工艺等研究。通过黑色页岩粘土矿物学研究并探讨其成因。镍、钼、钒多金属矿层较薄，一般厚为0.05~0.20m，开采过程中即产生大量废渣，不仅堆放占地，还对环境产生严重污染。对大量产生的黑色页岩，镍、钼、钒矿选矿废渣开展应用矿物学及综合利用研究，保护生态环境，是镍、钼、钒多金属矿层开发利用过程中需要解决的重要问题。

贵州息烽、开阳、遵义、铜仁等地区广泛分布下寒武统牛蹄塘组黑色岩系岩层，古地理位置属于扬子克拉通南缘区，黔中隆起北部、西北部至东北侧一带，一系列穹状背斜控制着黑色页岩系产出。主要岩性：下伏震旦系灯影组白云岩→寒武纪下统磷块岩→牛蹄塘组下伏硅质岩（含硫铁矿粘土泥岩）→多金属富集层→薄层-厚层黑色高碳质页岩、灰黑-深灰绿色炭质页岩、灰黑色砂泥质页岩等。整套岩层厚薄不均匀，厚可达200m以上，薄几十米不等。研究查明镍、钼、钒多金属层赋矿黑色高炭质页岩等主要类型为伊利石页岩。近年来相关研究资料表明该镍、钼、钒多金属矿化带长1800km，宽40km，近东北向经湘西一直延伸到湖北境内、浙江一带，西南进入贵州、云南，是我国华南地区沉积型镍、钼、钒、银、铀等多金属及贵金属矿化的潜在成矿区，具有重要的开发利用价值。

通过深入研究，本书主要介绍以下成果：

针对黑色页岩采用化学分析，镍、钼、钒专项化学分析、ICP-MS等离子体质谱分析、扫描电镜配合能谱分析和电子探针分析等，查明赋矿黑色页岩岩石

化学成分特征,多金属矿层镍、钼、钒含量特征及微量元素含量及分布特征;查明镍、钼、铀等主要元素的赋存状态,即:钼主要以胶状硫砷镍钼矿、胶状硫镍钼矿等存在,并以胶结物、团块状形式产出。镍主要以胶状硫镍矿微晶存在。扫描电镜、能谱测试分析图、表表明,胶状硫镍矿矿石由镁质粘土、胶状碳酸盐、含铁质硫镍矿和有机碳质组成。由于矿石的重结晶等作用显现鳞片状结构,部分显示结晶他形边形态特征。铀矿则以胶状磷铀矿以胶结胶态磷灰石(即胶磷矿)形式产出。

利用X衍射分析(XRD)结合扫描电镜分析,进行了赋矿围岩黑色页岩粘土矿物学研究,得到黑色页岩主要粘土矿物由伊利石、蒙脱石、伊/蒙混层矿物、高岭石及少量绿泥石组成,显示出指示沉积环境变化特征,并探讨了黑色页岩及多金属层形成成因。

开展了镍、钼矿石工艺矿物学研究、矿石加工利用评价及钼、钒加工提取,得到了钼、钒浸出提取产品工艺初步方案。

利用XRD分析、化学分析及相关浸取技术,开展黑色页岩钾元素的提取及相关含钾复合肥的制备探讨,得出了最佳的提钾工艺条件,钾的浸出率可达到93.81%。

首次开展了黑色页岩、黄磷渣制备多孔陶瓷技术的探索研究,与镍、钼、钒多金属层相关的黑色页岩作为主要添加材料制备黄磷渣多孔陶瓷,是开展其综合利用的可选方案。2011年8月获国家发明专利授权。

用黑色页岩进行了轻质建筑材料原料陶粒的制备技术实验研究。实验结果表明,与镍、钼、钒多金属层相关的黑色页岩是制备轻型建筑材料原料——陶粒的合适原料。

利用化学分析、结合物理化学配方及微晶玻璃制备技术,开展了黑色页岩混合镍钼矿渣制备微晶玻璃建筑装饰材料试验,结果证明利用镍钼矿渣制备出的微晶玻璃的力学性能优于大理石及花岗岩等天然石材。

本书研究成果丰富了我国海相沉积型镍、钼、钒、铀矿床相关研究内容,对黑色页岩和其中含镍、钼、钒、铀多金属层的开发利用,综合利用过程产生的大量固体废弃物循环利用等方面有理论和实际指导意义。

本书由贵州大学矿业学院张杰、杨恩林、狄永宁、谢飞、杨国锋完成。全

书的撰写由张杰主持和指导。具体分工如下:

本书第1~6章、第7.5节由张杰编写,第7.1节由狄永宁编写,第7.2节由杨恩林编写,第7.3节由杨国锋编写,第7.4节由谢飞编写。最后由张杰负责全书的总成。

本书的完成要衷心感谢曾经提供帮助和支持的专家、研究者和单位。首先衷心感谢成都理工大学孙传敏教授对本书进行了认真审阅,并从研究思路、研究方法上给予热诚指导。

本书在完成过程中得到贵阳市科技局的大力资助,在此对贵阳市科技局、贵阳市科技局工业处各位领导表示诚挚的感谢。

贵州省化工地质勘察院教授级高工陈代良、高工白朝益,贵州地质调查研究院教授级高工陶平,中科院贵阳地球化学研究所研究员黄智龙,贵州师范大学教授雷平等在本书完成过程中给予了热忱帮助,贵州大学相关单位也给予了大力支持,在此表示由衷的感谢。我们对文中所引用文献资料的作者和单位一并致以深深的谢意。

由于作者水平所限,书中不妥之处,敬请读者赐教,我们将不胜感谢。

张 杰

2011年10月于贵阳

Preface

It is widely distributed such as Lower Cambrian Tong group of neat's foot black rock series rocks belong to the ancient geography the southern margin of Yangtze craton areas in Xifeng, Kaiyang, Zunyi, Tongren, Guizhou. Guizhou uplift north, north-west to the northeastern part of the area, a series of dome-shaped anticline controlled the line of output black shales. The main lithology: the underlying Sinian Dengying Formation dolomite → Phosphorite → Neat's foot Tong Group siliceous rocks underlying (including pyrite clay shale) → many metal-rich rocks → thin layer-thick layer of high carbon black quality shale, black-dark gray carbonaceous green pages, black sand muddy gray rocks such as shale.

The whole rock distributed non-uniform thickness of the whole rock, up to 200m thick and thin for more than tens of meters range. It is researched to identify nickel, molybdenum and vanadium ore more metal layers of black carbonaceous shale, such as high mainly composed of illite shale.

In recent years, relevant research data shows that the nickel, molybdenum, vanadium polymetallic ore belt's length is 1800km, its width is 40km, near the northeast to the Xiangxi has been extended to the territory of Hubei, Zhejiang area, south-west into the Guizhou, Yunnan. They are our country's sedimentary type nickel, molybdenum, vanadium, silver, uranium and other metals and precious metals mineralization potential mining area in southern China, with the development and utilization of important economic value.

In this book, the multi-metal mineralization in Guizhou and black page with rocks, carried out the identification of nickel, molybdenum, vanadium multi-metal layer material composition, nickel, molybdenum, uranium occurrence status elements such as nickel, molybdenum ore Process Mineralogy, nickel, molybdenum extraction methods and technology research, and to explore the causes of its formation. Nickel, molybdenum, vanadium many metal seam is thin, generally 0.05 ~ 0.20m. The exploitation of the process that generated substantial waste, not only occupies an area of stacking, but also have serious pollution to the environment. Therefore, a large number of black shale and ore-dressing waste residue utilization and protection of ecological environment, are nickel, molybdenum, vanadium multi-metal seam exploitation

process urgent need to address important scientific questions.

This article through the thorough research, mainly yields following result:

Using the black shale chemical analysis, the nickel, the molybdenum, the vanadium special chemical analysis and the ICP-MS plasma mass spectrum analysis, scans the electron microscope coordination power spectrum analysis, the electron probe analysis, the fact-finding has bestowed on the ore black shale petrochemistry ingredient characteristic, polymetallic ore bedseam nickel, molybdenum, vanadium content characteristic and trace element content and distributed characteristic; the fact-finding nickel, the molybdenum, the uranium and so on the principal element tax saves the condition; namely the molybdenum mainly by the porodine sulfur arsenic nickel molybdenum ore, the porodine sulfur nickel molybdenum ore existence, and agglutinates, rolls the massive form existence. The nickel mainly by the porodine sulfur nickel ore micrite existence, scans the electron microscope, the power spectrum test analysis chart, the table indicated that, the porodine sulfur nickel ore by the magnesium nature clay, the porodine carbonate, is composed including the ferroguinous sulfur nickel ore and the organic carbon. As a result of the ore function appearance phosphorus sheet structures and so on heavy crystallization, the part demonstrated crystallizes nearby its shape the shape characteristic. The uranium mine delivers by the porodine phosphuranylite by the cemented collophanite and the collophane form.

Analyzing the (XRD) union scanning electron microscope analysis using X diffraction, carried on for the first time has bestowed on the ore adjacent formation black shale clay mineralogy research, obtained the black shale main clay mineral for the illite, the montmorillonite, illite/montmorillonite he mixed-level mineral, kaolinite and the few green mudstone composition, and demonstrated the instruction environment of deposition change characteristic. The formation of black shale and the polymetallic level is discussed.

Carried out of nickel, molybdenum ore mineralogy technology research and evaluation of ore processing and extraction processing of molybdenum, It obtain leaching extraction technology programs and products.

Using XRD analysis, chemical analysis and related leaching technology, black shale extraction of potassium and phase, preparation of customs with potash exploration arrive at the best conditions of potassium. The leaching rate of potassium could reach 93.81%.

It is carried out the first time that a black shale, yellow phosphorus slag preparation of porous ceramic technology exploration and research. Nickel, molybdenum, va-

nadium and multi-metal layers of black shale-related materials as a major yellow phosphorus slag add porous ceramics, is to carry out its comprehensive utilization of options. It applied for a patent.

Lightweight construction materials to the preparation of ceramic materials technology research; test results showed that nickel, molybdenum, vanadium multi-metal black shale layer is related to the preparation of raw materials for light construction materials-raw materials for the ceramic.

The use of chemical analysis, combined with physical and chemical formulations prepared glass-ceramic technology, to carry out the architectural features of the preparation of glass-ceramic materials researchers demonstrated that the use of nickel-molybdenum slag glass-ceramics prepared by the mechanical strength properties than natural marble and granite stone.

The result of research in this paper filled and enriched the content of our country marine deposit-type nickel, molybdenum, vanadium, uranium deposits study. Black shale of multi-metal layers in the process of development and utilization of solid waste generated substantial and comprehensive utilization of black shale have theoretical and practical guiding significance.

Zhang Jie
October 2011
Guiyang

目 录

1 绪论	1
1.1 研究依据及意义	1
1.2 国内外研究现状及存在问题	1
1.3 研究思路	2
1.4 本书研究内容及实物工作量	2
1.5 主要结论和成果	4
2 区域地质背景	6
2.1 区域地层	6
2.2 牛蹄塘组黑层中有用矿产形成的地质条件与富集规律	11
3 黑色页岩的化学成分及微量元素特征	13
3.1 黑色页岩化学成分的特征	13
3.2 微量元素地球化学特征	15
3.3 黑色页岩稀土元素特征	17
4 黑色页岩多金属层含矿特征及 Ni-Mo-V 元素赋存状态研究	20
4.1 黑色页岩中多金属层含矿特征	20
4.1.1 含 Mo-Ni-Ag-REE 类型	20
4.1.2 含 V-Mo 类型	21
4.1.3 开阳—息烽钒-钼-镍多金属层矿化特征	22
4.1.4 含 Mo-Ni-U-PGE 类型多金属层黑色页岩含矿性特征	24
4.2 含 Mo-Ni-V-U 金属层与有机质含量的关系	25
4.3 黑色页岩的多金属元素赋存状态研究	26
4.3.1 Mo、Ni、V 等元素的分布状态	26
4.3.2 黑色页岩的 Ni、Mo、V 多金属元素赋存状态研究	27
4.3.3 黑色页岩多金属层中铀的赋存状态	33
5 矿石加工性能及 Ni、Mo、V 元素富集提取探讨	34
5.1 矿石矿物工艺特征	34
5.2 黑色页岩多金属层钼、镍、钒金属元素提取工艺	41
5.2.1 钼金属元素的提取	41
5.2.2 钒金属元素的提取	42

6 黑色页岩的岩性组合及其粘土矿物学特征	45
6.1 黑色页岩岩性组合特征	45
6.2 黑色页岩样品及分析方法	46
6.2.1 样品来源	46
6.2.2 粘土矿物学研究技术路线和分析方法	49
6.3 黑色页岩粘土矿物学研究	51
6.3.1 黑色页岩中主要矿物成分特征	51
6.3.2 黑色页岩中粘土矿物的基本类型、含量变化、晶体结构和 物理化学特征	56
6.3.3 黑色页岩中粘土矿物定量分析结果对比分析	61
6.3.4 粘土矿物中伊利石结晶度及微形貌特征	63
6.3.5 黑色页岩中粘土矿物成因及物质来源分析	66
7 黑色页岩矿物材料制备与性能研究	68
7.1 黑色页岩制备陶粒	68
7.1.1 陶粒及其主要用途	68
7.1.2 黑色页岩制备陶粒的主要性能特征	68
7.1.3 黑色页岩制备陶粒试验和产品性能测试	69
7.1.4 陶粒的研制	71
7.1.5 页岩的烧胀性试验	71
7.1.6 烧制陶粒热工参数试验	72
7.1.7 产品性能测试与物质成分检测	74
7.1.8 吸水率测试	77
7.1.9 成分检测	78
7.1.10 成分、结构与性能的关系	86
7.1.11 黑色页岩陶粒膨胀机理探讨	87
7.2 黑色页岩制备多孔陶瓷	91
7.2.1 多孔陶瓷性能特征	91
7.2.2 多孔陶瓷制备实验与分析	91
7.2.3 分析与讨论	96
7.2.4 影响多孔陶瓷性能的因素	97
7.2.5 结论	105
7.3 黑色页岩提取钾元素有关试验和研究	106
7.3.1 试验内容及方法	106
7.3.2 不同焙烧条件下, 分析含钾页岩中钾浸出率的试验内容	108
7.3.3 钾含量的测试方法	109
7.3.4 实验结果与分析	110
7.3.5 氮钾肥制取工艺初探	124
7.3.6 含钾页岩提钾机理初探	128

7.4 黑色页岩制备微晶玻璃	131
7.4.1 黑色页岩制备微晶玻璃的主要性能特征	131
7.4.2 微晶玻璃的制备	132
7.4.3 基础玻璃的制备	134
7.4.4 热处理制度的确定	135
7.4.5 黑色页岩制备微晶玻璃	137
7.5 本书主要研究结论及展望	138
附录 图版	140
参考文献	151

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Basis and Significance of Research.	1
1.2 Present Research Situation and Existing Problems in Domestic and Foreign	1
1.3 Research Idea	2
1.4 Research Content and Workload	2
1.5 Main Conclusions and Innovation Points	4
Chapter 2 Regional Geological Background	6
2.1 Regional Strata	6
2.2 Geological Conditions and Enrichment Law of Useful Mineral Resources in Black Layer of Cattle's Hoof Tang	11
Chapter 3 Chemical Compositions and Trace Elements Characteristics of Black Shale	13
3.1 Chemical Compositions Characteristics of Black Shale	13
3.2 Geochemical Characteristics of Trace Elements	15
3.3 REE Characteristics of Black Shale	17
Chapter 4 Mineral-containing Characteristics and Ni-Mo-V Elements Occurrence Study of Black Shale Multi-metal Layer	20
4.1 Mineral-containing Characteristics in Black Shale Multi-metal Layer	20
4.1.1 Type of containing Mo-Ni-Ag-REE	20
4.1.2 Type of containing V-Mo	21
4.1.3 V-Mo-Ni mineralization characteristics in Kaiyang-Xifeng	22
4.1.4 Ore-contained characteristics of containing Mo-Ni-U-PGE multi-metal layer black shale	24
4.2 Relationship between Mo-Ni-U Metal Layer and Organic Matter Content	25
4.3 Multi-metal Element Occurrence Study in Black Shale	26
4.3.1 Distribution of Mo、Ni、V	26
4.3.2 Ni、Mo、V multi-metal element occurrence study of black shale	27
4.3.3 Occurrence of U in multi-metal layer of black shale	33

Chapter 5 Ore Processing Properties and Enrichment and Extraction

Discussing of Ni, Mo, V	34
5. 1 Ore Mineral Process Characteristics	34
5. 2 The Extraction Process of Mo, Ni, V in Black Shale Multi-metal Layer	41
5. 2. 1 The extraction of Mo	41
5. 2. 2 The extraction of V	42

Chapter 6 Rock Combination and Characteristics on Clay Mineralogy of

Black Shale	45
6. 1 Lithological Combination Features of Black shale	45
6. 2 Black Shale Samples and Analysis Method	46
6. 2. 1 Source of sample	46
6. 2. 2 Research techniques of clay mineralogy and analysis methods	49
6. 3 Clay Mineralogy Research of Black Shale	51
6. 3. 1 Main mineral composition characteristics of black shale	51
6. 3. 2 Basic types, content, crystal structure and physical and chemical characteristics of clay minerals in black shale	56
6. 3. 3 Comparative analysis of the results of quantitative analysis of clay minerals in black shale	61
6. 3. 4 Crystallinity and microstructure characteristics of illite in clay mineral	63
6. 3. 5 Clay mineral formation and analysis of source material in the black shale	66

Chapter 7 Materials Preparation and Performance Study of Black Shale

7. 1 Preparation of Black Shale Ceramsite	68
7. 1. 1 Ceramsite and its application	68
7. 1. 2 Main performance characteristics of black shale ceramsite's preparation	68
7. 1. 3 Testing on black shale ceramsite test preparation and product performance	69
7. 1. 4 Preparation of ceramisite	71
7. 1. 5 Expansion test on shale firing	71
7. 1. 6 Thermal Parameter Test on sintering ceramsite	72
7. 1. 7 Product performance testing and detection of material composition	74
7. 1. 8 Water absorption test	77
7. 1. 9 Detection of component	78
7. 1. 10 Relationship between composition, structure and properties	86
7. 1. 11 Expansion mechanism of black shale ceramsite	87
7. 2 Porous Ceramic Preparation of Black Shale	91
7. 2. 1 Performance characteristics of porous ceramic	91
7. 2. 2 Preparation experiment and analysis of porous ceramics	91
7. 2. 3 Analysis and discussion	96

7.2.4	Influence factors on properties of porous ceramics	97
7.2.5	Conclusion	105
7.3	Related Test and Study of Black Shale Extracting Potassium	106
7.3.1	Test content and method	106
7.3.2	Analysis of content in potassium leaching rate of shale containing kalium on different calcination conditions	108
7.3.3	Test method of potassium content	109
7.3.4	Results of experimental and analysis	110
7.3.5	Preparation technology of nitrogen and potassium fertilizer	124
7.3.6	Extraction mechanism of shale containing kalium potassium	128
7.4	Microcrystalline Glass Prepared from Black Shale	131
7.4.1	Main performance characteristics of glass ceramics prepared from black shale	131
7.4.2	Preparation of microcrystalline glass	132
7.4.3	Preparation of based glass	134
7.4.4	Identify of heat treatment system	135
7.4.5	Preparation of microcrystalline glass from black shale	137
7.5	Main Research Conclusion and Outlook	138
Appendix Chart		140
References		151

1 绪 论

1.1 研究依据及意义

本书研究内容来源于贵阳市科技局工业攻关类项目《息烽地区黑色岩系钼多金属矿加工利用》(项目编号:(2006)筑科工合同字第16-3号)、《息烽—开阳黑色页岩钾元素提取及综合利用技术》((2009)筑科工合同字第1-063号)、国家自然科学基金资助项目“贵州织金新华含稀土磷矿床稀土元素赋存状态分离富集研究”(批准号:50164001)。

贵州东部(铜仁)、中部(遵义、开阳—息烽及福泉等地)和西部地区(织金地区)广泛分布下寒武统牛蹄塘组黑色页岩系,厚度较大,资源量丰富,研究资料表明黑色页岩层等主要岩性为伊利石页岩。该套地层由含Mo、Ni、V、U、Ag、稀土等的多金属层、炭质页岩层及含磷矿层等组成,是附加能源、金属元素提取、矿物材料、化学工业原料的重要资源。

本书针对贵州中、西部黑色页岩成因、应用矿物学及综合利用展开相关研究,评价其成因与含矿性的关系,对黑色页岩岩石学、矿床成因学说及成因矿物学的研究进展具有一定的促进作用。

随着黑色页岩研究程度日愈加深,黑色页岩的开发利用也在进行;但围绕着黑色页岩作为陶瓷矿物原料、轻型建筑材料、化学工业原料和化肥产品原料等进行研究和开发利用现在还比较薄弱,因此本课题的另一研究重点为开展黑色页岩应用矿物学研究,重点解决矿物材料基本成分、矿物材料基本性能、矿物加工制备等实验研究方面的问题。

随着非金属材料研究及开发利用的发展,黑色页岩的成因、应用矿物学和开发利用研究,必将极大地丰富该方面基础研究理论,并对其资源综合利用具有重要的指导作用。

1.2 国内外研究现状及存在问题

“黑色页岩系(简称黑色页岩)”是海相富含有机质的细碎屑沉积岩的总称,包括颜色自深灰到黑色的一套各种页岩、硅质岩、粉砂岩及部分碳酸盐岩的组成的岩石。中国下寒武统底部黑色岩系中的镍、钼、钨多金属层广布于南方10余省内,其中钒(铀)矿床可达大型、超大型规模,如湖南临湘、江西上饶一带^[1]。

中国南方下寒武统黑色岩系中镍-钼多金属矿床及钒(铀)矿床长期以来受到相关研究人员的重视。多年来发表了一批有价值的研究论文和专著^[2~25],研究内容涉及镍-钼多金属元素富集层岩石学、矿物学、成矿地质环境、元素地球化学等方面的研究内容。对矿床成因也是众说纷纭,主要集中在:同生沉积、沉积-喷气、早期成岩-沉积-喷气联合作用等。

黑色岩系与黑色页岩之间,存在其定义上的差异性。黑色岩系是指含有机碳(有机碳含量接近或大于1%)及硫化物(铁硫化物为主)较多的深灰-黑色的硅岩、碳酸盐岩、

泥质岩（含层凝灰岩）及其变质岩石的组合体系^[3]。显然黑色页岩只是狭义的粒径小于0.062mm 碎屑颗粒占50%以上的、富含有机质的含泥质岩、细粉砂岩等岩石组合。

国外学者对黑色页岩岩性组合含义的理解也有不同，如 Vine 等认为黑色页岩组合含有灰岩、白云岩等^[26]，而 Pettijohn 认为黑色页岩单指是易剥裂的、含有机碳和硫化物的层纹状岩石^[27]。Potter 等将泥岩称为页岩^[28]。

20 世纪 80 年代以来，随着 1987 年成立“含金属黑色页岩”的国际地质对比计划（IGCP254）以来，国际、国内与“黑色页岩”相关的大型、超大型矿床报道迅速增多。例如，澳大利亚格鲁特岛超大型锰矿床（1.5 亿吨储量）的矿层赋存于沥青质富金属页岩之上^[29]；德国曼斯菲尔德铜矿含铜页岩中有铅、锌伴生，估计全区页岩和页片状泥灰岩中含铜量可达 $2.0 \times 10^7 \text{t}$ ^[26]。

贵州东部（铜仁）、中部（遵义、开阳—息烽）和西部地区（织金地区），广泛分布的镍-钼多元素富集层和钒（钽）矿床，具有以下主要特征：

（1）均发育于扬子古陆南缘早寒武世黑色页岩、黑色岩系范围内，为宽阔的浅海台地、近海斜坡相等沉积特征^[30]，表现为受序列隆起所控制。

（2）黑色页岩中多金属层均与有机质、 SiO_2 、P、Ba、Fe、S 等相关，构成多金属层特征的化学元素组合。黑色岩页岩相主要为含有机碳百分之几到 20% ~ 30% 的泥质、硅质沉积岩。其形成条件与浮游生物的繁盛有关，浮游生物等不断向海底提供丰富的有机质；并在有利于有机质保存聚积与转化的环境中沉积。故黑色页岩系是在广海静水或斜坡相缺氧还原条件下形成的。

（3）黑色页岩及多金属层物质来源具有多样性：陆源碎屑、海洋生物屑、深海热水流体和成矿元素等及可能的多种来源。

黑色页岩中含有大量有机质和 Mo、Ni、V、U、Ag、Au、Pt 族、稀土等金属元素，作为含有机质石煤层、多金属层及矿源层，是我国重要的待开发利用的、潜在的矿产资源，具有可供资源综合利用的巨大资源量。故对黑色页岩的研究具有重要的理论意义和经济价值。

鉴于对黑色页岩的应用矿物学研究目前处于初期阶段，在对黑色页岩的大量研究中，针对镍、钼、钒等多金属层开发利用将产生大量废渣，目前展开应用矿物学、粘土矿物学研究及资源综合利用更少，本研究丰富了以上领域的研究内容。

1.3 研究思路

本书的研究思路为：以黑色页岩地质特征对比-物质成分研究-金属元素赋存状态研究-粘土矿物学研究-应用矿物学研究为主要研究思路，针对贵州东部（铜仁敖寨）、中部（遵义、开阳—息烽及福泉等地）和西部地区（织金地区）广泛分布、厚度较大、资源量丰富的下寒武统牛蹄塘组黑色页岩，开展相关物质成分，镍、钼、钒、钽的赋存状态系统研究；通过粘土矿物学研究，探讨黑色页岩成因；在此基础上开展黑色页岩的应用矿物学研究，得出开发利用相关的基础研究资料。

1.4 本书研究内容及实物工作量

本书主要研究目的为系统开展贵州中西部-东部黑色页岩地质特征对比、成矿地球化