

楚雄盆地 铜、盐、有机矿床 组合地球化学

冉崇英 庄汉平 著

科学出版社

楚雄盆地

铜、盐、有机矿床

组合地球化学

— — — — —



国家自然科学基金委员会资助出版

楚雄盆地铜、盐、有机矿床 组合地球化学

冉崇英 庄汉平 著

国家自然科学基金委员会

中国科学院矿床地球化学开放研究实验室

昆明理工大学

联合资助

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书为国家自然科学基金委员会优秀研究成果专著出版基金资助项目。书中系统、深入地研究了楚雄盆地铜、盐、有机矿床组合地球化学,特别是有机地球化学。内容包括裂谷背景与矿床时空分布,微量元素、同位素、流体包裹体等特征与矿质来源,有机质类型、分布、有机包裹体、干酪根、可溶有机质等与矿化,有机-盐-铜浸出实验及铜-有机络合物实验,铜-盐-有机质相互作用与成矿机制。

本书可供从事矿床地质、地球化学、有机地球化学和同位素地质的研究人员,矿产勘查人员及大专院校师生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

楚雄盆地铜、盐、有机矿床组合地球化学/冉崇英,庄汉平著,-北京:科学出版社,1998.8

ISBN 7-03-006691-X

I. 楚… II. ①冉… ②庄… III. 矿床-地球化学-云南楚雄

N. P617.274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 09105 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 8 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1998 年 8 月第一次印刷 印张: 6 1/4 插页: 2

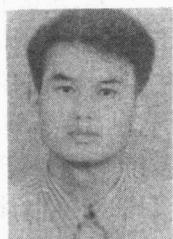
印数: 1—1 000 字数: 157 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)



冉崇英,四川省平昌县人。1955年毕业于重庆大学地质系。现为昆明理工大学教授,在该大学从事高等教育40余年。开设《层控矿床学》等5门课程。指导硕士研究生10余名。研究方向为矿床地球化学。兼任中国科学院矿床地球化学开放研究实验室学术委员会副主任、《矿物学报》编委,并曾任全国高等学校找矿勘探教材编审委员会委员、中国有色金属工业总公司学位审定委员会委员等职。主持国家自然科学基金项目3项及部级项目4项,研究成果获部颁科技进步奖6项。出版专著有《康滇地轴层控铜矿床的成矿机理》、《康滇地轴层控铜矿床同位素地球化学》与《康滇地轴铜矿床地球化学与矿床层楼结构机理》。发表论文40余篇,其中刊于《中国科学》(B辑,1983,1989,1995)、英国ASS(1990)和加拿大GAC(1989)等英文版10余篇。学术成就被载入英国剑桥IBC《国际传记词典》(DIB,23ED,1995)。为国务院突出贡献特殊津贴获得者。



庄汉平,湖北省监利县人。1991年毕业于昆明理工大学国土开发与城乡建设系,获工学学士学位。1993年于该校硕士研究生班毕业,获工学硕士学位。1996年于中国科学院地球化学研究所获理学博士学位,研究方向为有机地球化学。现在中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室和广东省环境资源利用与保护重点实验室作博士后研究工作。研究方向为环境有机地球化学。在《中国科学》、《科学通报》、《自然科学进展》、《地质学报》等学术刊物上发表学术论文40余篇。

序

自然界各种矿产的形成,若一言以蔽之,是成矿物质高度富集和保存的结果。无论金属、非金属还是煤、油气等的成矿作用都涉及到这一最根本的原理,且它们的生成与分布都不是孤立的。因而,在各种成矿作用之间存在某种有机联系便是理所当然的了。你中有我,我中有你,或相互促进、相互制约等关系在研究各矿种的成矿因素中都应予以考虑。遗憾的是,主要由于一些人为原因,如专业分工过细、体制分割、信息不通、缺少必要研究手段等,这种成矿综合的有机联系便被忽视了。

滇中楚雄盆地赋存砂岩铜矿、盐矿和煤,它们都具工业价值并建矿开发。一个面积不大的中生代陆相盆地却发育着金属、非金属与煤的矿床组合,这种不寻常的矿床组合吸引了勤于综合思考的矿床学家的注意。本专著作者冉崇英教授和庄汉平博士便进行了盆地的各种成矿作用之间可能存在的某些联系的探索。应当说,这种探索特别是其地球化学专著目前在国内外尚属少见,它无疑是有益的、有独特意义的。

《楚雄盆地铜、盐、有机矿床组合地球化学》这一专著立足于对盆地宏观地质背景,包括沉积地层岩性岩相、构造运动等的系统观察之后,又在室内作了大量光、薄片研究。以上述工作为基础,作者设计和进行了岩石化学、微量元素(包括稀土)地球化学、稳定同位素地球化学与同位素年代学、有机地球化学及气液包裹体等方面的细致研究。他们还开展了有机溶液与卤水对金属活化迁移等实验。可以说,这是一部宏观与微观结合,观察、测试与实验结合,单学科深入研究与多学科综合分析结合的著作。这样的研究思路、技术路线和总结方法在今天是有着重要的现实意义而值得提倡的。概而言之,专著的突出贡献在于它对不同门类的矿床组合作了跨学科的、深入、系统的地球化学研究,并提出了若干新见解:诸如,康滇古大陆裂谷造就了楚雄盆地,裂谷的发展控制了盆地演化,沉积了煤、铜、盐建造与矿床组合;成矿间发生了金属-盐-有机质相互作用,矿床组合经历了沉积-成岩-改造成矿作用过程等。这一矿床组合地球化学研究成果对丰富金属成矿理论、发展区域成矿学作出了贡献,也为该区综合找矿评价提供了地质地球化学理论依据。愿本书的出版能引起人们对矿床组合成矿作用研究的更大兴趣。

涂克如

1998. 1. 10.

前 言

涂光炽院士(1987)提出:所谓矿床组合,指在空间上、时间上和成因上密切相联系的一组矿床。研究矿床组合对解决矿床成因、矿床形成条件、分布规律与矿床演化等问题十分必要,对找矿勘探也有重要的实践意义。涂光炽院士(1988)指出:油气矿床、改造矿床、膏盐层三位一体的空间及成因联系不仅对找矿评价十分重要,而且也是研究成岩成矿过程中关键的一环。1993年他把金属矿床、非金属矿床、煤、石油、天然气等矿产资源之间的有机联系列为矿床地球化学研究的若干生长点之一。由此可见,研究矿床组合,特别是金属、膏盐、有机质矿床组合的地球化学是具有重大的理论意义和应用价值的。此三类矿床中两两间联系的研究论文已有不少,但三者间生成关系的论著,尤其是地球化学专著在国内外尚属罕见。我国中生代楚雄盆地沉积了煤、铜、盐含矿建造与矿床组合,是跨学科研究三类矿床组合的最佳地区。作者以此区为对象,以20余年的地质研究积累,加上近年来的数项研究项目,特别是铜、盐、有机质生成关系的地球化学研究项目(国家自然科学基金委员会资助项目,批准号:49173168,负责人:冉崇英,起止年月:1992年1月到1994年12月),在一流实验室所作的数百件样品的地球化学和有机地球化学研究资料为依据写成本书,首次对矿床组合进行系统的地球化学研究,以期在学科重要新生长点研究上尽微薄之力。本专著着重研究了楚雄盆地铜、盐、有机质矿床组合生成关系的地球化学,特别是其有机地球化学。内容包括裂谷背景与矿床时空分布规律,微量元素、稀土、铅、硫、锶、氢、氧、碳同位素及流体包裹体与金属和硫的来源及成矿流体性状与来源,有机质类型、分布与矿化,有机包裹体、干酪根与矿化,可溶有机质、生物标志化合物与矿化,有机质与盐水溶液对铜的活化迁移,低温热液体系中的铜-有机络合物以及铜-盐-有机质相互作用与成矿机制。本书的结构体系是①裂谷背景;②地球化学;③有机地球化学;④成矿机制。其特色在于采用沉积-改造成矿论、裂谷成矿论等新的学术思想,系统地应用地球化学特别是有机地球化学理论与方法,阐明矿床组合形成的地质背景与主要控制因素和铜、盐、有机质相互作用地球化学过程与成矿机制,提出了康滇古大陆裂谷的演化带来煤、铜、膏盐矿床组合,矿床组合遵循“金属-盐-有机沉积-成岩-改造”成矿机制。

全书共十章,各章撰写分工如下:第一章,冉崇英、庄汉平;第二、三、四章,冉崇英;第五、六章,庄汉平、冉崇英;第七、八、九章,庄汉平;第十章,冉崇英、庄汉平;前言与结论,冉崇英。

参加矿床考察研究的还有何明勤博士、刘卫华副教授和庄凤良副研究员。

本书系国家自然科学基金资助项目(No. 49173168)的研究成果。同时是国家自然科学基金委员会优秀研究成果专著出版基金资助项目(97出版基金办字049号)。实验研究亦得到中国科学院矿床地球化学开放研究实验室、有机地球化学国家重点实验室和昆明理工大学的资助。在有机地球化学和流体包裹体实验研究期间,何明勤博士参与策划,并

提供他在前期的一些研究资料和图片,卢家烂研究员、施继锡研究员、刘金钟副研究员和李院生副研究员分别进行了悉心指导。研究工作中昆明理工大学、中国科学院地球化学研究所和中国科学院广州地球化学研究所、滇黔桂石油地质研究所以及云南大姚铜矿、牟定铜矿、一平浪煤矿、一平浪盐矿等单位及其有关负责人与科技人员给予了大力支持与帮助。在此,谨向对本书给予资助、支持和帮助的单位和个人表示衷心的感谢。

作者要特别感谢中国科学院院士、原地学部主任、地球化学研究所名誉所长涂光炽教授为拙著作序和他的学术思想的指导以及他对我科研工作的关切。

矿床组合的系统地球化学研究是一项新的工作,许多问题尚待深入研讨,限于作者水平,书中漏误在所难免,恳请读者指正。

昆明理工大学 冉崇英

1997年12月30日

目 录

序

前言

第一章 康滇裂谷与矿床组合	1
第一节 铜、盐、有机质的性状	1
第二节 康滇古大陆裂谷与沉积建造	1
第三节 铜、盐、有机质矿床组合	4
第二章 微量元素地球化学	10
第一节 地层微量元素	10
第二节 矿床微量元素	10
第三节 稀土元素	16
第三章 同位素地球化学	19
第一节 铅同位素	19
第二节 硫同位素	24
第三节 锶同位素	26
第四章 包裹体地球化学	27
第一节 矿物包裹体特征	27
第二节 氢、氧、碳同位素与水源	28
第三节 热卤水成矿流体	29
第五章 有机质分布与矿化	32
第一节 有机质存在形式与演化	32
第二节 地层有机质	32
第三节 矿床有机质	33
第六章 有机包裹体、干酪根与矿化	37
第一节 矿石中有机包裹体与矿化	37
第二节 干酪根及其热演化与矿化	38
第七章 可溶有机质与矿化	41
第一节 氯仿沥青 A 族组成	41
第二节 生物标志化合物特征	41
第三节 生物标志化合物热演化	51
第四节 生物标志化合物与矿化	51
第八章 有机质和盐卤水对铜的活化迁移实验	55
第一节 问题的提出	55
第二节 样品与实验方法	55

第三节	介质类型与铜的活化	56
第四节	有机质和盐共存体系中铜的活化	58
第五节	天然河水中铜的活化	59
第六节	岩石、矿石类型与铜的活化	60
第七节	讨论	61
第八节	结论:有机质和盐对铜的活化	63
第九章	低温热液中铜-有机络合物实验研究	64
第一节	淋滤实验	64
第二节	有机质-铜络合物热稳定性实验及热分解产物鉴定	65
第三节	有机-金属络合物热稳定性的成矿意义	68
第四节	紫色砂岩改造成浅色砂岩的实验研究	69
第十章	铜、盐、有机质相互作用与成矿机制	71
第一节	地质背景	71
第二节	矿质来源	71
第三节	铜、盐、有机质相互作用	73
第四节	矿床组合形成机制	78
结论		83
主要参考文献		85
英文摘要		89
图版说明		94

Contents

Foreword

Preface

Chapter 1	Kangdian Rift and Associated Ore Deposits	1
1.	Nature of copper, salt and organic matter	1
2.	Kangdian paleo-continental rift and sedimentary formations	1
3.	Copper, salt and associated organic ore deposits	4
Chapter 2	Trace Element Geochemistry	10
1.	Trace elements in strata	10
2.	Trace elements in ore deposits	10
3.	Rare-earth elements	16
Chapter 3	Isotope Geochemistry	19
1.	Lead isotope	19
2.	Sulphur isotope	24
3.	Strontium isotope	26
Chapter 4	Fluid Inclusion Geochemistry	27
1.	Characteristics of Inclusions in mineral	27
2.	Isotopes of carbon, hydrogen and oxygen and water source	28
3.	Hot brine——ore-forming fluid	29
Chapter 5	Distribution of Organic Matter and Mineralization	32
1.	Occurrence and evolution of organic matter	32
2.	Organic matter in strata	32
3.	Organic matter in ore deposits	33
Chapter 6	Organic Inclusions, Kerogen and Mineralization	37
1.	Organic inclusions in ores and mineralization	37
2.	Kerogen; thermal evolution and mineralization	38
Chapter 7	Soluble Organic Matter and Mineralization	41
1.	Composition of chloroform bitumen “A”	41
2.	Characteristics of biomarkers	41
3.	Thermal evolution of biomarkers	51
4.	Relationship between biomarkers and mineralization	51
Chapter 8	Experimental Study on Mobilization and Transportation of Copper in the Coexisting System of Metallic Copper, Salt and Organic Matter ...	55

1. Introduction	55
2. Samples and experimental procedure	55
3. The ability of various organic ligands in solution to mobilize copper	56
4. Mobilization of copper in the coexisting system of metallic copper, salt and organic matter	58
5. Mobilization of copper by natural river water	59
6. Mobilization of copper in various ores and rocks	60
7. Discussion	61
8. Conclusion; Mobilization of copper by organic matter and salts	63
Chapter 9 Experimental Study on Organic-Copper Complexes in Hydrothermal System at Low Temperature	64
1. Leaching experiment of copper	64
2. Thermal stability of organic-copper complexes and determination of the thermal decomposition products of the complexes	65
3. Significance of thermal stability of organic-copper complexes for mineralization	68
4. Experiment of purple sandstone into light sandstone	69
Chapter 10 Interactions of Copper, Salt and Organic Matter and Metallogenic Mechanism	71
1. Geological Setting	71
2. Ore source	71
3. Interactions of copper, salt and organic matter	73
4. Metallogenic mechanism	78
Conclusion	83
Principal References	85
Abstract in English	89
Photo plates and explanations	94

第一章 康滇裂谷与矿床组合

第一节 铜、盐、有机质的性状

铜位于元素周期表第四周期第一族中。自然界中铜有三种价态： $\text{Cu}^{2+}(3d^9)$ 、 $\text{Cu}^+(3d^{10})$ 及 $\text{Cu}^0(3d^{10}4s^1)$ 。 Cu^{2+} 的 $3d$ 轨道未满，属过渡元素，而 Cu^+ 与 Cu^0 的 $3d$ 轨道已充满，不算过渡元素。自然界分布最广的是 Cu^{2+} 。水溶液中 Cu^+ 只有低的平衡浓度($<10^{-2} M$)^①能存在，它在自然界是不稳定的。 Cu^0 只有在还原条件下稳定。

Cu具最强的亲硫性，与S形成共价化合物。由于铜离子的 $(n-1)d, ns, np$ 轨道能量相差不大，配位体孤对电子易进入杂化轨道成键，因此形成配合物的倾向明显。 Cu^{2+} 在水溶液中形成水合离子 $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ，如果其中的水分子进一步被取代便形成配合物。 Cu^{2+} 可以与 S 、 H_2S^- 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 等及含 R-COOH 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{HS}$ 等有机分子形成配合物，广泛存在于各种水体、土壤和大气中。铜也可以呈自由离子 Cu^{2+} 存在于水体中。铜还可以与O、S、As、C、Cl等形成无机矿物，如 CuS 、 Cu_2S 、 CuO 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 等或呈有机化合物存在于动植物体内，成为其生命物质的一部分。

自然界中有机物质比无机物质分布广泛得多。有机质主要是由C、H、O、N、S、P等元素组成，其存在形式有：①有机分子化合物，低分子量的如 CH_4 、乙醇、正构烷烃、甾、萜类化合物；高分子量的如腐殖酸；②自由络阴离子，如 R-COO^- ，广泛分布于地层水中；③与金属形成有机-金属配合物或有机酸盐，如FA(富里酸)易与Cu、Fe、Pb、Zn、Au形成FA-金属配合物。有机质的产出状态极其复杂，主要有：①煤、石油、天然气等有机矿床；②地沥青；③分散浸染状有机质，它是有机质中最大的一部分，广泛分布于沉积岩中；④分散气态有机质，如大气中的有机质，水体中的溶解气态烃和包裹体中的轻烃物质。

与铜、有机质相比，盐的分布更为广泛，但存在形式却比较简单：①离子，大多数盐是水溶性的，在水体中常有 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 等离子存在；②化合物，如食盐、钾盐、明矾石、草酸钙等。盐的产出状态有：①从水中结晶出来形成的 NaCl 、 KCl 、 Na_2SO_4 等膏盐矿床；②分散于沉积物和地层中呈盐类矿物产出；③更广泛的形式是溶解于江、河、湖、海、地下水、包裹体等各种水体中。

第二节 康滇古大陆裂谷与沉积建造

楚雄盆地位于中生代康滇古大陆裂谷带南段，西以祥云-程海断裂(图1.1, IV)与红河断裂(图1.1, I)为界，东以元谋-绿汁江断裂(图1.1, III)为界，属活化地台上之一断陷盆地。康滇古大陆裂谷带已被公认，且有众多著作述及从裂谷形成的地质背景、发展阶段、

① $1M \triangleq 1\text{mol/L} = 10^3\text{mol/m}^3$ 。

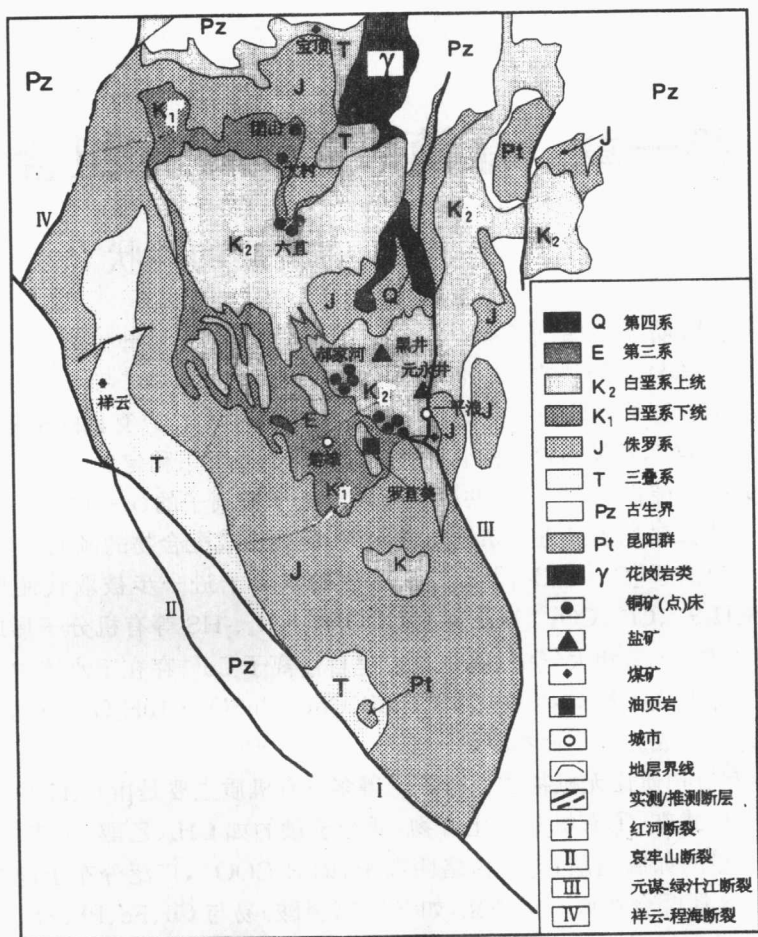


图 1.1 楚雄盆地区域地质及铜、盐有机质矿产分布略图

(据云南省冶金地质勘探公司(1977)资料修改)

沉积作用、岩浆活动、地壳结构和地球物理场、地球化学等诸方面提出过论据,在此勿庸赘述。对裂谷演化阶段划分详略不一,成穹期起始时限颇有分歧(表 1.1),但多数人认为:P₂ 峨眉山玄武岩是成穹阶段的显著标志,断陷期始于 T₃,经 J—K₁ 沉降-拗陷,至 K₂—E 而萎缩消亡(封闭)。肖荣吾(1988)论述了该裂谷演化的基本特征:①早期穹起阶段(C—P),在康滇台背斜隆起基础上,地壳进一步上拱,产生拉张断裂,深部地幔物质上涌,沿拉张断裂有广泛的玄武岩浆喷溢。层状基性岩侵入和碱(酸)性正长岩类伴生;②中期成谷阶段(T₃—K₁),断裂作用加强,产生内陆断陷盆地,沉积断陷型红色磨拉石建造与断陷型含煤磨拉石建造、红色含铜砂岩建造,沿断裂伴有碱性杂岩体侵入和喷出;③晚期回返阶段(K₂—E₁),盆地明显缩小,从含铜建造转入膏盐红色建造沉积,有部分碱性杂岩和碱性花岗岩的浅成侵入和喷出。晚白垩世末—早第三纪古新世的四川运动使康滇古裂谷完全回返夭亡。潘杏南等(1987)厘定康滇古大陆裂谷带由一系列的地堑和地垒组成,其间被一系列的近南北向的深大断裂所分割。他们划分该裂谷演化分为四阶段七期(表 1.1):①前裂谷期(P₁):康滇台背斜沉降,形成碳酸盐台坪,晚期有玄武岩喷溢;②成穹期

表 1.1 康滇裂谷带演化阶段划分方案

时代	潘杏南等,1987		“攀西裂谷”项目总报告		骆耀南(1985)	肖荣吾(1988)
E ₂	萎缩	消亡期	裂隙型裂谷阶段	挤压封闭期	封闭期	回返封闭阶段
E ₁	消亡				萎缩期	
K ₂	阶段			萎缩期		
K ₁				拗陷期	拗陷期	
J	沉降-拗陷阶段		断陷期	断陷期		
T ₃	裂谷阶段					
T _{1—2}	成穹	初始裂谷期	穹隆火山型裂谷阶段	隆升期	隆升期	穹起阶段
P ₂	阶段	成穹期		破裂期	破裂期	
P ₁				均衡沉降期	成穹期	
S—C				成穹期		
O						

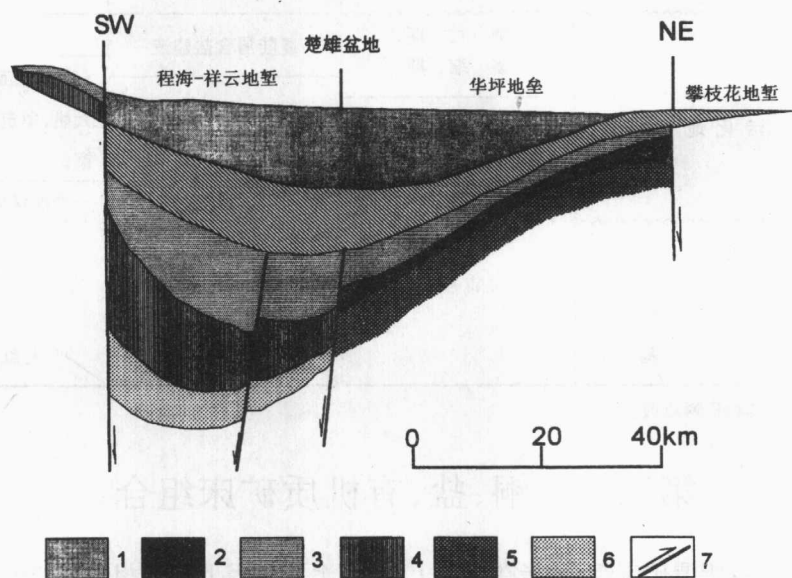


图 1.2 楚雄裂谷盆地剖面图

[据潘杏南等(1987)资料简化]

1. 萎缩期沉积(K—E);
2. 沉降-拗陷期晚期沉积(J₂₋₃);
3. 沉降-拗陷期早期沉积(T₃—J₁);
4. 裂谷期沉积(T₃²);
5. 中、下三叠统;
6. 上二叠统玄武岩;
7. 正断层

(P₂):形成康滇穹隆,大规模暗色岩浆活动,晚期出现碱性岩浆活动;③初始裂谷期(T₁₋₂):地壳急剧上穹,玄武岩被大量剥蚀,穹隆轴部拉张,形成初始地垒,强烈的碱性岩浆活动;④裂谷期(T₃¹⁻²):裂谷形成,地堑中央快速沉积巨厚,早期伴有碱性岩浆活动;⑤沉降-拗陷期(T₃³—J):地壳沉降,形成大型内陆盆地,早期具垂直差异运动;⑥萎缩期(K—E₁):盆地缩小成两个小盆地(即楚雄盆地与江舟盆地),钾长花岗岩侵入;⑦消亡期

(E₁末):盆地封闭,发生褶皱和冲断。楚雄裂谷盆地演化剖面见图1.2。裂谷盆地由程海-祥云地垒与华坪地堑组成,东以攀枝花地堑为界。由图看出:上二叠统玄武岩和T₃¹⁻²沉积仅见于地堑中,地堑上缺失;T₃³—J₁沉积遍及整个盆地,受断陷和拗陷联合控制,地堑中的厚度明显大于地垒中的厚度,J₂₋₃沉积受拗陷控制,开始出现东西两个沉积中心;萎缩期沉积(K—E)分布在两个孤立的小盆地中。楚雄盆地即为康滇大陆裂谷演化的小盆地之一,是大陆裂谷带的组成部分而已。可见,含煤(T₃)、含铜(J—K₂)与含盐(K₂—E₁)三大建造是裂谷演化的沉积产物与表征(表1.2)。实际上,该中生代裂谷也是该区元古宇基底和地台盖层中古大陆裂谷之继承与发展(冉崇英等,1993)。盆地基底由两套变质岩系组成,即元谋-绿汁江断裂以西由Ptd-Ara的中深变质岩组成结晶基底和断裂以东由Ptk的浅变质岩组成褶皱基底。其上地台盖层(Z—T₂)在楚雄盆地缺失,盆地内沉积的是中生代活化地台的红层。

表 1.2 楚雄盆地构造演化、沉积建造与矿产

时 代	构 造 层	裂 谷 演 化 阶 段	沉 积 建 造	矿 产
E ₂				
E ₁	活化地台盖层	消 亡 期 萎 缩 期	复陆屑含盐建造	一平浪盐矿
K ₂			复陆屑含铜建造	
K ₁		拗 陷 期		
J				
T ₃		断陷期	含煤建造	一平浪煤矿
Pt—Ar	褶 皱 基 底 结 晶 基 底	古大陆裂谷	陆屑含铁-碳酸 盐含铜 建造 细碧 角斑岩含 铜-铁建造等	东川铜矿 大红山铜铁矿

据冉崇英等(1994)资料修改。

第三节 铜、盐、有机质矿床组合

涂光炽提出:所谓矿床组合,指在空间上、时间上和成因上密切相联系的一组矿床(涂光炽等,1987)。油气矿床、改造矿床、膏盐层三位一体的空间及成因联系不仅对找矿评价十分重要,而且也是研究成岩成矿过程中关键的一环(涂光炽等,1988)。1993年他把金属矿床、非金属矿床、盐类矿床、煤、石油、天然气等矿产资源之间的有机联系列为矿床地球化学研究的若干重要生长点之一(涂光炽,1993)。由此可见,研究矿床组合,特别是金属、膏盐、有机质矿床组合的地球化学是具有重大的理论意义与应用价值的。此三类矿床中两两间联系的研究论文已有不少,但三者间生成关系的论著尤其是地球化学专著在国内尚属罕见。我国中生代楚雄盆地发育着煤、盐、铜矿床,是跨学科研究此三类矿床组合的最佳地区。

康滇古大陆裂谷造就了楚雄盆地,沉积了煤、铜、盐建造,形成了铜、盐、有机质矿床组合。煤、铜、膏盐遵循时间序列(T₃、J—K、K₂)次递产出(表1.2及表1.3),这与中生代古气

候和岩相古地理环境之演变密切相关。晚三叠世一平浪期湿热气候河湖沼泽相沉积了煤系(一平浪煤矿)并有油气显示;侏罗纪—白垩纪气候转换期河湖交替三角洲相生成了多层铜矿(表 1.3),但具工业矿床规模的主要是三个层位(K_1g^w , $K_2m_1^l$ 和 K_2m^d)中的矿床,其中以大姚六苴、凹地苴和牟定郝家河铜矿著称。晚白垩世江底河期炎热干燥气候浅湖相发育了膏盐层(一平浪盐矿)和局部还原性湖沼出现了油页岩(罗苴美油页岩)。它们在空间上分布于各自特定的地层中,而在地理上于大姚、牟定和禄丰县境内集中产出(图 1.1)。铜、盐、有机质三种组分互相渗透,成因上有机联系(详后)。

表 1.3 滇中地区中生代含铜层位表

系	统	组	段与亚段	厚度(m)	铜矿层位	含矿建造	岩性简述
E	E ₁	E _{1z}		393.5		含盐建造	紫红色长石石英砂岩夹泥岩及粉砂岩
K	K ₂	K _{2j}		1 091.3~2 698.2	矿化及零星矿体层位		紫色、杂色粉砂岩,上部含石膏芒硝
			K _{2m^d}	30.0	工业矿床主要层位		灰、灰黑至灰绿色碳质泥岩及粉砂岩,底部复矿砾岩
		K _{2m}	K _{2m₃} 上亚段	20.0~30.0	工业矿床次要层位		紫红色厚层状泥岩,顶部常变为浅灰及灰绿色砂质泥岩
			K _{2m₂} 中亚段	45.0~60.0	工业矿床次要层位	含铜建造	紫红色泥岩与细粒长石石英砂岩互层,局部夹灰色长石石英砂岩
			K _{2m₁} 下亚段	25.0~60.0	工业矿床主要层位		紫红色、浅灰色细粒长石石英砂岩夹粗砂岩及含砾-砾石质砂岩
	K ₁	K _{1p}		212.3~1 157.0	矿化及零星矿体层位	含煤建造	紫红色泥岩、粉砂岩夹灰绿色紫色泥岩及砂岩
			K _{1g^w}	30.0~60.0	工业矿床主要层位		紫色、浅灰色细-粗粒及含砾、砾石质砂岩夹泥岩,分选差
		K _{1g}	K _{1g^e}	300	矿化及零星矿体层位	含煤建造	紫红色砂质泥岩,上部夹细砂岩,顶部渐变为浅灰色
			K _{1g^m}	20~100	矿化及零星矿体层位		紫红色浅灰色细-粗粒砂岩,部分地段含砾石
							紫色砂岩泥岩为主
J				2 615.1~4 615.6	矿化及零星矿体层位		
T ₃	一平浪煤系						灰色石英砂岩夹绿色、黑色页岩及泥灰岩

据冉崇英等,1993。

大姚与牟定铜矿位于楚雄盆地中东部的“牟定斜坡带”内。大姚六苴铜矿床分布于斜坡带北部 NNW 向大雪山复式背斜西翼的次级背斜中(图 1.3)。主矿体呈层状产于 $K_2m_2^l$ 中部浅色层中(图 1.4),受地层层位、中细粒砂岩和冲积相控制(冉崇英,1990a)。牟定郝