

56.5
03843
03843

中国地质科学院院报

第六号



地质出版社

1983年

中国地质科学院院报

第六号

地质出版社

中国地质科学院院报

第6号

中国地质科学院院报编辑部编辑

(北京百万庄)

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $8^{1/2}$ 字数: 198,000

1983年3月北京第一版·1983年3月北京第一次印刷

印数: 1—5,000册·定价: 1.50元

统一书号: 15038·新894

目 录

再论矿床的成矿系列问题

.....程裕淇 陈毓川 赵一鸣 宋天锐 (1)

滇池湖盆第四系沉积相、古地磁和孢粉的初步研究

.....罗建宁 肖永林 庄忠海 陈乐尧 苏俊周 邹培馨 (65)

亚洲东部陆缘及岛弧区中—新生代的岩浆活动与板块构造

.....刘雪亚 王 荃 (79)

西藏当雄一带地震形变带发生年代确定的新方法——树木年轮计算法

.....韩同林 (95)

四川嘉定群介形类及其时代

.....李玉文 王小红 高雅容 (107)

研究简讯

中国晚前寒武纪 *Pseudogymnosolenidae*

.....梁玉左 曹瑞骥 张录易 邱树玉 肖宗正
杜汝霖 曹仁关 卜德安 朱士兴 高振家 (125)

三江地区成矿总结取得初步成果

.....周伟勤 (131)

BULLETIN OF THE CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES, NO.6

CONTENTS

Further Discussion on the Problems of Minerogenetic Series of Mineral Deposits	
..... <i>Cheng Yuqi, Chen Yuchuan, Zhao Yiming and Song Tianrui</i>	(50)
The Study on the Sedimentary Facies, Paleomagnetism and Palynology of Quaternary Sediments in Dianchi Lake Basin, Yunnan	
..... <i>Luo Jianning, Xiao Yonglin, Zhuang Zhonghai, Chen Leyao, Su Junzhou and Zou Peixin</i>	(75)
Mesozoic and Cenozoic Magmatic Activities of Continental Margin and Island Arcs in East Asia and Plate Tectonics.....	
..... <i>Liu Xueya and Wang Quan</i>	(92)
The Dendrochronological Method—A New Method for Determining the Ages of Seismic Deformational Belts in Damxung of Xizang (Tibet)	
..... <i>Han Tonglin</i>	(105)
Ostracod Fauna from Jiading Group in Sichuan and its Geological Age.....	
..... <i>Li Yuwen, Wang Xiaohong and Gao Yarong</i>	(121)
Research Notes	
On Pseudogymnosolenidae of Late Precambrian in China	
<i>Liang Yuzuo, Cao Ruiji, Zhang Luyi, Qin Shuyu, Xiao Zongzheng, Du Rulin, Cao Renguan, Bu De'an, Zhu Shixing and Gao Zhenjia</i>	(128)
Plentiful Results in Summing up Research Work on Metallogeny in Sanjiang Area	
..... <i>Zhou Weiqin</i>	(132)

Edited by the Bulletin Editorial Department
Chinese Academy of Geological Sciences
(Bai Wan Zhuang, Beijing)

再论矿床的成矿系列问题

FURTHER DISCUSSION ON THE PROBLEMS
OF MINEROGENETIC SERIES OF
MINERAL DEPOSITS

程 裕 洪

(中国地质科学院)

陈毓川 赵一鸣

宋天锐

(中国地质科学院矿床地质研究所) (中国地质科学院地质研究所)

在“初论矿床的成矿系列”^[16]一文中,作者等曾就矿床成矿系列这个概念形成的过程、提出的依据、包含的内容、在矿床学和成矿规律研究中的地位、它的可能的理论和实际意义等等,作了一定的论述,给它下了一个初步的定义,并以较多的篇幅,对在一定时期内,那些成矿物质(元素)富集成为矿床的作用直接同岩浆活动有关的十二个成矿系列的实例,分别进行了不同程度的叙述和分析,或就有关问题作了一些讨论。因限于资料搜集或研究程度的局限性,对于与沉积(成岩)作用有关的、以及(受)变质和变成矿床中建立的成矿系列有关问题,只分别提出了简略的意见,并分析了个别系列的实例。

自从《初论矿床的成矿系列问题》发表之后,我们注意到矿床地质界不少同志对这个问题感到关切、他们在这一、二年中曾就有关问题写了不少论文^{①-⑫},其中对于华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属等的矿床成矿系列方面的文章更多^{④-⑫},都提出了新的认识。另外,在矿床地质工作中,近年来对于层控矿床、多成因矿床等问题的讨论,正在掀起一个高潮。

- ① 杨敏之 晋北前寒武纪铁矿床组合系列及其演化的地球化学特征
- ② 姜春潮、刘光启 论宽甸群中的层控矿床
- ③ 李庆森 辽东-吉南地区沉积变质硼矿成矿地质条件及其远景(硼、铁、稀土等)
- ④ 莫柱荪、叶伯楫 南岭花岗岩的成矿模式
- ⑤ 章崇真 试论华南中生代花岗岩演化规律及其成矿系列
- ⑥ 夏宏远、谢为鑫、梁惠艺 试论华南钨、铍、锡、钼、铌、钽矿床成因系列
- ⑦ 花友仁 中国南岭及其邻区钨矿成矿规律
- ⑧ 王润民 赣南-粤北及其邻近地区内生钨矿成因系列及矿化模式
- ⑨ 王笃昭 广东省花岗岩型矿床成矿规律及找矿方向的初步研究
- ⑩ 刘甲昆等 广东省花岗岩型矿床成矿规律及找矿方向的初步研究
- ⑪ 杨超群 华南燕山期花岗岩类的成因、期次划分及其与成矿的关系
- ⑫ 高秉璋等 江西省有色、稀有、稀土金属矿产的成矿地质条件和成矿规律探讨

以上论文均载第二届全国矿床会议论文摘要汇编 1980.4

针对这种情况,作者等将在本文对不同类别和级别的矿床成矿系列的划分原则或依据、一部分系列的具体内容、以及成矿系列的某些特征、分类进行补充、修改和讨论。本文还对华南南岭地区一个与中生代岩浆活动有关的成矿系列进一步划分为四个亚系列,并作了一定的剖析,为今后较系统和深入研究起个抛砖引玉的作用,供同行参考。

一、三大类矿床成矿系列组合(或系列组) 的划分问题

矿床成矿系列是根据综合的地质条件来划分的,但区分不同级别的成矿系列,其着重点有所不同,主要决定于各自的共同特征。

矿床是一类“特殊”的地质体,是由根据当前技术经济条件可供开采利用的一类“特殊”的矿物、岩石所组成,大多数主要分别形成于(一定成矿期的)生成三大岩类之一的地质环境中。三大地质环境各自具有一定的地质特征、物理和物理化学条件,使一定时间、空间内一定的物质(元素)得以富集成一定的矿床。并具有一定的基本共同特性。这个富集过程是形成矿床的关键环节,我们就是以其特征所反映的地质背景的不同,作为划分最高级别的矿床成矿系列即矿床成矿系列组合的依据,因而与三大岩类相对应,把成矿系列分为三大类,即:与岩浆作用有关的成矿系列组合(简称岩浆成矿系列组合),与沉积(成岩)作用有关的成矿系列组合(沉积成矿系列组合)和变质作用有关的成矿系列组合(变质成矿系列组合),而矿床类型的名称也是以富集作用的性质而命名的。

就层控矿床而言,虽然在一定的地质历史阶段,就存在着一定富含某些有用物质的层位,但其中大多数或绝大多数都未达到可供开采利用的程度,只有在一定地质条件的控制下、经过不同性质介质或作用的迁移富集,才会形成矿床。如果这些介质的来源与岩浆活动有关,生成的矿床就划入岩浆成矿系列组合;同沉积、成岩作用或不同温度与深度的地下水活动有关的,就列入沉积(成岩)成矿系列组合;而经变质作用富集且使原岩面貌发生基本改造的、则归属变质成矿系列组合。它们的成矿物质虽可能大部分或绝大部分来自富集前的层位,显然不宜根据生成原岩的地质环境来命名和分类。

对于形成于某一主要成矿期的成矿系列或矿床,又受到较晚的成矿作用的叠加和改造的,以根据起主导作用的成矿期的成矿特征来分类和命名为宜。也可采用综合命名的办法,以说明前后两个时期中成矿物质富集的不同方式,如“受变质沉积矿床成矿系列”等。

正象三大岩类之间有过渡类型的岩石、三大类矿床成矿系列组合之间也存在着过渡的类别,但在目前没有必要加列一大类,也以起主导作用的地质环境来划归相应的大类为宜。如“与细碧角斑质火山-侵入活动有关的浅变质成矿系列”(表3 岩-9 成矿系列)的一些矿床类型,它们形成于活动性较大的地槽褶皱带或稳定地区边缘的拗陷带,在同一成矿期的较晚阶段,又受到不同程度的轻变质作用,因而在实质上是岩浆成矿系列组合同变质成矿系列组合之间的过渡系列,考虑到它还没有经过较强烈的变质而发生基本的变化,为此仍划归前一系列(参阅本文第六节)。在另一方面,这一系列的近源的火山-沉积矿床,也在一定的地质条件下可相变为正常的沉积矿床,在实质上是沉积成矿系列和岩浆成矿系列之间一种过渡矿床类型,但考虑到它的主要和较直接成矿物质来源的性质和一定火山活

动地区的岩浆成矿系列的完整性, 并从有利于区域成矿分析和矿产预测工作出发, 因而没有划入相应的沉积成矿系列。此外, 在自然界也存在着沉积成矿系列(或其类型)同变质成矿系列(或其类型)之间的过渡情况等等。当然, 对于一些过渡系列或类型的归属问题, 在解答时可能具有相当程度的主观性, 不免出现一些观点上的分歧, 要力求做到实事求是, 尊重科学。

在进行成矿系列的探讨和进行有关的区域成矿分析中, 都可能遇到成矿的多源(物质多源)、多期、多种富集作用等问题, 不宜笼统地称为多成因, 而应对这些问题分别作分析研究、说明问题的性质和情况, 对每一问题的多种因素中, 更要分清主次, 根据起主导作用的因素来划分成矿系列的组合或具体的成矿系列(亚系列)或其包含的类型。

二、岩浆成矿系列组合划分的依据和补充

与岩浆作用有关的矿床成矿系列组合的进一步划分, 主要依据岩浆的酸度和碱度、产出的相深条件(火山、浅成、中浅成、中深成)、火山作用成矿的海相、陆相条件和金属矿化组合特征以及所处的大地构造位置等。在划分时应综合考虑有关因素, 其中与岩浆岩成矿专属性有密切关系的酸碱度常具有首要的意义: 如与酸性岩浆活动有关的金属矿化组合, 一般以W、Sn、Mo、Bi、Pb、Zn、U、稀有元素为主; 与中、酸性岩浆活动有关的矿化组合, 主要是Cu、Pb、Zn、Fe、Mo、S等; 与中性岩浆活动有关的矿化, 主要为Fe、Cu、Co、P、S等; 与基性、超基性岩浆活动有关的, 则为Cr、Ni、V、Ti、Pt、Fe、Cu、金刚石等; 与碱性岩浆活动有关的有U、TR、Fe、P等。具体分析时, 还要充分考虑到不同构造-地层-岩浆条件下成矿的某些复杂性。例如在不同地质单元中花岗质岩石的成矿性是有差别的, 在华南中生代活化区为TR、稀有、Nb、Ta、W、Sn、Bi、Pb、Zn、Sb、As(Cu、Mo、Hg)矿化; 在天山海西时期活动带为Fe、Cu、Pb、Zn、Au、(W、Sn)矿化; 在我国阿尔泰地区海西时期活动带为稀有、Nb、Ta、云母、Fe矿化; 在长江中下游中生代活化区内为Fe、Cu矿化等。这些差异, 很可能同花岗质岩石的不同成因(地幔源岩浆分异产物或地壳重熔等等)及壳层不均匀(地球化学场的不同)性对花岗质岩浆形成、演化的影响, 以及与岩体侵位过程中同化和混杂作用的差别有关。近年来国际间I型与S型乃至A型花岗岩间矿化的差别, 或磁铁矿型同钛铁矿型花岗岩型矿化的不同, 大致属于这个范畴。在这方面还有许多问题有待于进一步研究去阐明。而与基性—超基性岩浆有关的某些成矿系列, 则由于物质来源于地幔, 因此, 在不同的大地构造条件下, 仍具有相似的成矿特征。

成矿的相深和介质条件的差别, 同样在很大程度上影响构成成矿系列的矿床组分和各种矿床的地质及矿物组成特征。如与酸性侵入有关的, 中、深侵位的与浅成的相比, 伟晶岩、云英岩等稀有金属矿床组合往往发育得更完善些; 同浅成和超浅成(潜火山)侵位有关的, 除具有典型的斑岩型、乃至爆发型热液(气液)矿床外, 矿床组分一般更为复杂。而同火山活动有关的, 海相和陆相的差别也是明显的。如同富钠中、基性海相火山活动有关的, 不仅火山气液交代的黄铁矿型铜矿比较典型, 且其规模可能达到大型, 与其有关的火山-沉积型铁矿, 也往往远较陆相的为大, 等等。

对大地构造条件,我们拟基本上概括为四种基本构造单元^①:稳定区(相当于地台、地块或古老隆起区);活动区(相当于地槽褶皱区);过渡区(或稳定区边缘的拗陷带);活化区(即稳定区内重新活动的地区)。有时还作了进一步的划分,如这些单元中的次一级拗陷和隆起。由于板块构造对成矿的控制还正在探讨中,我们暂时没有在成矿构造背景中加以反映。

在不同大地构造单元(或较小地质单元)的不同发展阶段,往往分别有不同特征性的岩浆活动及与之有关的成矿作用,这方面已经积累了大量实际材料。例如,在活动区(地槽区)发展早期,地壳强烈拗陷,断裂切割深,火山活动剧烈,形成与基性及偏碱性的火山-侵入岩有关的气液交代(充填)和喷发(一沉积)黄铁矿型等Cu、Pb、Zn矿床、与基性-超基性岩有关的不同类型的铬、铂、钨钛磁铁矿矿床;中期与偏基性的花岗岩类有关的接触交代矽卡岩型Fe、Cu、Pb、Zn、Mo等矿床、热液型Cu、Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Sb、Hg矿床;晚期有与花岗岩类有关有不同热液型的W、Sn、Pb、Zn、Sb、Hg、U等矿床。在稳定地区(地台区),沿深断裂与基性-超基性岩有关的,有就地分异或贯入型岩浆型铬铁矿矿床、钨钛磁铁矿矿床、铜镍矿床等;与碱性岩有关的不同类型的岩浆型磁铁矿-磷灰石矿床和U、Nb、Th、TR矿床;与花岗岩类岩体有关的有各类伟晶岩型、矽卡岩型、热液型有色、稀有矿床。这些实际材料亦是我们建立岩浆成矿系列或亚系列的重要基础。

不同地区的相似大地构造单元以及同一构造单元中较小不同地质单元的岩浆活动(演化)和有关矿化情况,也因其他地质条件或特征(包括地区地球化学场和围岩条件^②等等)等的差异而有不同程度的差别,也有可能为一定成矿系列中亚系列的划分提供了依据,例如有的地质单元(尤其在活化区内)内,由于构造-岩浆活动在各部位的表现不同,形成了次一级的地质构造单元,如隆起区、拗陷区等,使这些地区经受了各有差异的地质发展过程,并表现出围岩及其区域地球化学、地球物理等等特点上的差别,因此出现了矿化特征、矿床组合上的某些特色,从而得以区分出一些亚系列(见本文第七节)。在另一些地质单元内,构造-岩浆活动比较单一,这在一些稳定地区较为常见,往往形成矿床组合比较简单的成矿系列,例如与金伯利岩有关的金刚石矿床成矿系列等。

根据上述意见,我们建议将岩浆成矿系列组合的成矿系列增为十五个,并增列了一些亚系列(见表3),它们同构造、岩浆条件的关系见表1。其中长江中、下游的岩-6和岩-7系列的形成,可能与共同的安山质岩浆源有关,只是由于岩浆的活动方式(喷出和不同深度的侵位)不同和围岩条件与混染特征的差别等影响,因而形成的成矿系列既各具特色,中、也有一定的共性。岩-8、岩-9系列都属海相(或海陆交替相)火山条件并同偏碱性或碱性中、基性岩浆有关的矿床组合,但考虑到瑞典基鲁纳地区与成矿有关的岩浆活动是碱性的中酸性岩,因此,单独列出岩-8系列。岩-8成矿系列及岩-9a,d亚系列在不同程度上经受了变质作用,但其变质程度尚未达到完全改变原矿床的面貌,因此,仍放在岩浆成矿系列中。

这次增补的岩浆成矿系列有岩-2、岩-12和岩-15等三个。现依次分别进行适当的叙述。

① 基本上也适用于其他两个矿床成矿系列组合。

② 包括侵入体及/或矿化的围岩。

表1

Table 1

不同岩浆成矿系列的构造—岩浆条件
Tectono-magmatic conditions of the magmato-mineragenetic series association

成矿系列 构造位置	钙铁镁 质基性 超基性岩	铁质暗色 岩-基性 超基性岩	镁质基 性-超 基性岩	金伯 利岩	细碧-角 斑岩	碱性玄武 岩-安山 岩(火山- 侵入岩)	安山岩	安山一流纹岩	闪长 岩类	偏基性花 岗岩类 (中、酸 性岩)	酸性 花岗岩	碱性岩
活动区 (地槽)	岩-13* Cu, Ni (Pt)	岩-10 Fe, Ti, V	岩-11, Cr (Pt)		岩-8 Fe(P) 岩-9 Fe, Cu, Pb, Zn	岩-7 Fe (P, S)	岩-5 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg, S	岩-4 Cu, Pb, Zn, S, 石膏岩-15 红 柱石, 刚玉等			岩-1 Sn, W, Pb, Zn, Cu, Sb, U, Ni, Bi, Co, Ag, TR, Ta, Nb	
过渡区 (边缘拗陷带)						岩-8 Fe, Co, (Cu, S) 岩-7 Fe, (P, S, Cu, Au,)			岩-6 Fe, (Cu, Co, As)	岩-3 Fe, Cu, S, Mo, Pb, Zn, (Ag, W)	岩-1 Fe, Cu, Sn, Pb, Zn, Sb, As, Hg, (W)	
稳定区 (地台)	岩-13, Cu, Ni, (Pt)	岩-10 Fe, Ti, V, (Co, Ni, Cu, Cr, Nb)	岩-11 Cr, Pt	岩-12 金刚石								岩-14 U, TR, Th, Nb, Fe, P
活化区 (准地台或地洼)								岩-15 红柱石, 刚 玉, 沸石, 膨润土 珍珠岩, 岩-14 Cu, Pb, Zn, Ag, S		岩-2 Fe, Sn, Mo, Zn, Pb, (Cu, S)	岩-1 TR, Ta, Nb, Be, W, Sn, Bi, Mo, Pb, Zn, Hg, U	

* 格内数字为本文成矿系列表中的系列序号

岩-2是与酸性、中(偏基或偏酸)性中浅成侵入活动有关的铁、锡、钨、钼、铅、锌成矿系列,以闽西南—粤东地区为代表^[1,3,9,10]。

在该区永(安)—梅(县)上古生代拗陷带内,广泛分布有接触交代型及其它类型铁、锡、(钨)、多金属矿床。^①它们大多产于花岗岩类(有时伴有辉绿闪长岩类)侵入体外接触带的两个碳酸盐岩层中,尤其是在中石炭统一二叠统灰岩或白云岩层中较多,其次是在下三叠统钙质岩层内。矿床类型的多样性和被交代围岩的岩性、构造条件以及成矿物理化学条件的差异有密切关系。例如,在福建马坑、阳山等矿区,其围岩主要是灰岩和砂岩、凝灰质粉砂岩等。在靠近花岗岩侵入体接触带或在矿化的中心部位,矿床类型一般为钙矽卡岩型磁铁矿床,有时还伴有辉钼矿化,矿体通常产于侵入体外接触带灰岩和碎屑岩层之间的层间构造面中,也有直接产于接触带的(阳山西矿区)和岩体中的灰岩捕虏体内的(洛阳南矿)。在铁矿体上部和边部以及距侵入体稍远的部位,由于成矿溶液温度的递减及其成分和酸度的变化,出现了一套富锰的钙矽卡岩,如含锰钙铁辉石矽卡岩、锰黑柱石-钙蔷薇辉石矽卡岩和锰三斜辉石矽卡岩等,在有的矿区还发育多量锰钙辉石矽卡岩(大挂)。它们常伴有闪锌矿和方铅矿化,属于锰质钙矽卡岩型多金属矿床。有时,磁铁矿还可以直接交代石英砂岩、硅质岩或辉绿岩,形成高温气液交代型铁矿床,如马坑矿区底部的石英-磁铁矿和石英-含氟透闪石-磁铁矿组合的矿体,马坑和挂山矿区的含氟角闪石-磁铁矿体,都属于此种类型。前者的围岩蚀变是硅化和萤石化,后者的蚀变主要是含氟角闪石化。

在粤东北地区,矿化围岩一般为白云岩,因而大多形成镁矽卡岩型锡铁矿床(如广东大顶和尖山等),矿体一般直接产于花岗岩类岩体和镁质碳酸盐围岩的接触带。该区的铁矿往往伴生锡的主要原因之一,可能是与该区正处在南岭东西向构造带的锡矿成矿带的东端有关。

在许多近矿的花岗岩内接触带或碎屑岩围岩中,蚀变交代现象除了矽卡岩化外,还常见钾长石化,有时伴有少量辉钼矿化。所有上述各种矿床类型在闽西南—粤东北地区构成了一个比较特殊的以接触交代型矿床为主的铁、锡、钨、钼、铅、锌或矿系列(图1,表3)。

岩-12为与金伯利岩有关的成矿系列,产出于稳定区的深断裂带,形成爆发角砾岩筒和爆发角砾岩脉两类矿床。在金伯利岩中金刚石与含铬镁铝榴石、镁铬铁矿、 α -碳硅石、铬透辉石等矿物共生,我国旅大地区为其实例。

辉-15与酸性(中性)火山-侵入活动有关的非金属成矿系列,产于活动区或活化区,形成岩浆及高、中、低温热液矿床组合。可以分出两个亚系列:第一亚系列(岩-15a)是由酸性火山岩被火山期后气液交代所组成的红柱石、刚玉、叶腊石、明矾石、高岭石等矿床组合。比较典型的实例是苏联中亚哈萨克斯坦西米兹—浦古地区^[19],该区分布有石炭系的酸性熔岩及其凝灰岩,并有石英斑岩、细粒花岗岩及花岗斑岩侵入,由于火山期后气液的作用,使这些岩浆岩强烈次生石英岩化,形成了著名的大西米兹—浦古的刚玉-红柱石矿床和小西米兹—浦古的明矾石矿床组合。前者由刚玉、红柱石构成矿体,在蚀变的酸性火山岩中呈漏斗状,自中心向外为:核心的刚玉岩,过渡带的红柱石-刚玉岩,边部的

① 也有一些地质工作者认为本区铁矿主要属沉积或火山沉积铁矿又经历了热液改造的类型。

红柱石岩外壳, 外围依次为红柱石-云母岩、红柱石-石英岩、绢云母-石英岩。随深度的变化上层为粒状兰色富刚玉岩, 30米以下为浅兰色含黄铁矿-云母-刚玉岩, 更深处为细粒块状黄铁矿-刚玉岩, 其下见到红柱石次生石英岩。小西米兹-浦占明矾石矿床则具有以下蚀变岩石分带(自上至下): 纯石英岩带、绢云母及叶腊石次生石英岩带、明矾石次生石英岩带、高岭石(地开石)次生石英岩带。这个成矿亚系列中有时还有黄铁矿矿床、自然硫矿床, 金、银、汞矿化亦有所见。

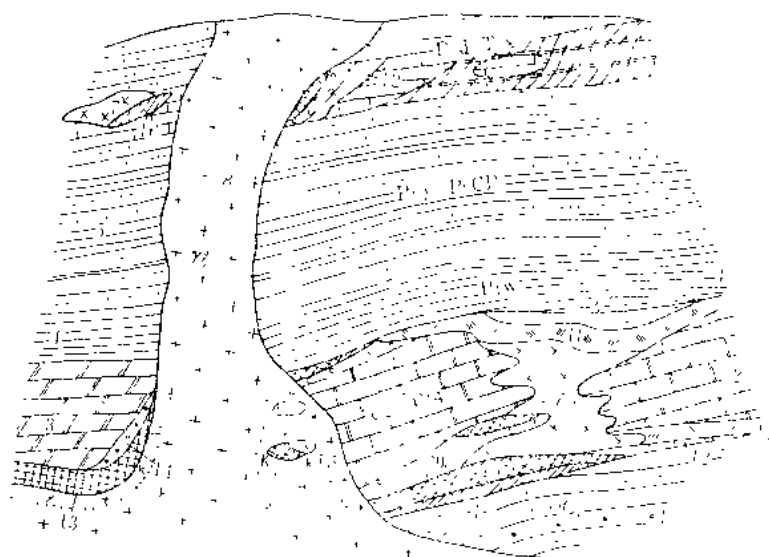


图1 闽西南—粤东北地区与酸性、中性(偏碱性或偏酸性)中浅成侵入活动有关的铁、锡、钨、铅、锌成矿系列(岩-2)综合示意剖面图

Fig. 1 Idealized sketch section showing the occurrence of the Fe-Sn-Mo-Pb-Zn-bearing minorogmatic series related to acid to intermediate (slightly basic or slightly acid) intrusive activity (MA-2) of intermediate to shallow depth of Fujian and Guangdong. 1-林垌组变质石英砂岩、砂页岩、凝灰质粉砂岩等, 厚度为180—570米; 2-黄龙—栖霞组结晶灰岩、大理石, 数十米—600米; 3-黄龙—栖霞组页岩、白云岩、白云石大理岩, 厚度同上, 2和3为相交过渡关系; 4-文笔山组泥质灰岩, 厚200—250米; 5-加福组—翠屏山组粉砂岩、细砂岩、泥岩夹炭层, 厚700—1000余米; 6-大隆组—溪口组粉砂岩、钙质粉砂岩、灰岩等, >380—500米; 7-辉绿闪长岩类; 8-花岗岩类; 9-钙闪卡岩; 10-钙闪卡岩型磁铁矿床; 11-磁铁矿砂卡岩; 12-磁铁矿砂卡岩系铅锌矿床(化); 13-铁闪卡岩型磁铁矿床; 14-铁闪卡岩; 15-细晶石化带; 16-高温热液交代型磁铁矿床。

另一亚系列(岩-15b)是火山-岩浆型及中、低温热液交代型珍珠岩、沸石、膨润土亚系列。在我国主要发育于晚太平洋中生代中、酸性火山岩分布区, 这类矿床组合大多产在酸性火山岩中。例如在吉林省长春地区分布有上侏罗统营城组中、酸性火山岩, 在上段酸性熔岩及火山碎屑岩层中形成具有工业意义的珍珠岩、膨润土、沸石矿床。含矿火山岩多属裂隙中心式喷发, 喷发中心部位厚度较大。珍珠岩矿体成层状、透镜状, 属火山岩浆矿床。沸石矿体是由珍珠岩、玻基火山熔岩和火山碎屑岩脱玻化作用形成。工业矿物以斜发沸石为主, 少量辉沸石。矿体呈多层状, 顶底板有时为珍珠岩、膨润土或球珠流纹岩。膨

润土矿体受断裂控制,由酸性火山岩蚀变而成,矿物成分以蒙脱石为主^①。

本文在有的岩浆成矿系列中,还增加了一些亚系列。除岩-1中的亚系列将在本文第七节中具体说明外,有必要加以简述的是与海相、海陆交替相细碧角斑质火山-侵入活动有关的成矿系列(岩-9)中的岩-9b、岩-9c亚系列和岩-7中的岩-7b。岩-9b可以新疆式布可台地区的矿床组合为例,此区属活动区海西褶皱带,从早石炭世到早二叠世有强烈的火山活动,可分出四个火山活动期^②,其中成矿的中、晚石炭世式布可台火山活动期,生成海相细碧岩-石英角斑岩及玄武岩-流纹岩建造,属偏碱性系列,它可分出三个火山旋回。第一旋回由流纹岩、火山角砾岩、凝灰岩所组成;第二旋回由石英细碧岩、细碧岩夹火山角砾岩、凝灰岩组成;第三旋回为含矿火山-沉积旋回,由沉凝灰岩、凝灰质石灰岩、玻屑凝灰岩及含矿层所组成,最后有角斑岩、石英角斑岩喷发。铁矿是在岩浆从酸性向偏碱性中、基性岩转变为酸性岩(偏碱性)的过程中形成,也是在火山活动期向宁静期过渡条件下形成。本亚系列主要由两种成因的矿床所组成:一为火山-沉积矿床,主要由夹碧玉条带的赤铁矿矿石所组成的层状矿体,亦见条带状碳酸盐型含锰赤铁矿矿石、条带状碳酸盐型赤铁矿矿石;另一种为火山期后气液充填交代矿床,为脉状(或似层状)矿,有的有可能是矿浆充填矿床,矿石都具块状构造,以磁铁矿为主,共生矿物有透辉石、石榴石、阳起石等。广东石碌铁矿亦可能属于此亚系列的一个类型,但主要为远火山-沉积矿床。

岩-9c亚系列可以云南大勐龙地区的铁矿床组合为例。此区属地块边缘的海西-印支褶皱带,在大勐龙地区有印支时期的火山活动(T_3),形成细碧角斑岩系,不整合于元古代变质岩系之上,分为三个火山旋回,^③自早到晚为:曼养旋回,由玻屑凝灰岩、角斑岩、细碧岩及火山角砾岩组成;曼南坎旋回,由砂岩、板岩及少量火山熔岩组成;红哨旋回,由粗面质火山角砾岩、玄武安山岩及酸性晶屑凝灰岩组成。曼养旋回为主要成矿旋回,形成多种成因类型的矿床及矿化:1、热液改造的火山沉积型层状碧玉-赤铁矿矿层,形成最早,分布于火山活动中心的边部,目前尚未找到工业矿床。2、火山矿浆矿床,由细碧角斑岩岩层中磁铁矿岩(图版I, 4、5)、细碧-磁铁矿岩(图版I, 1)及细碧岩(图版I, 2、3)组成矿层,矿石主要由磁铁矿、钠长石、铁叶绿泥石组成,具杏仁状构造、次辉绿结构或叶斑结构(图版I, 1、2、4)。矿层是细碧角斑质岩浆熔离的产物,在细碧岩中可见到熔离出的具次辉绿结构的细碧-磁铁矿岩乳滴(图版I, 2、3)。这是一种喷发在火山口附近的火山岩浆矿床。3、与次火山岩(辉绿岩、闪长玢岩)有关的气液充填-交代矿床:有侵入于细碧角斑岩层内的闪长玢岩次火山岩体接触带充填交代铁矿床,主要矿物成分为磁铁矿、阳起石、钠长石,后期有含钴的黄铁矿化叠加;亦有侵入于基底变质岩地层中的辉绿岩接触带气液充填交代铁矿床,由方柱石-磁铁矿、透辉石-磁铁矿、阳起石-磁铁矿组合的矿石组成矿体。4、火山岩系内的不同形态角砾岩体中高、中温热液充填-交代铁矿床,角砾大多为细碧-角斑岩,有时有矿浆矿床的矿石,由磁铁矿、钠长石、铁叶绿泥石等胶结和交代角砾,形成矿体;亦有由磁铁矿-磷灰石胶结角砾形成的矿体。角砾岩体具有多种成因,有震碎角砾岩、隐爆角砾岩和少量火山爆发角砾岩。

① 吉林省地质局第一地质大队, 1980。

② 赵光讚、张水哲, 1980。

③ 云南省地质局八〇五队, 1979, 全国铁矿科学讨论会论文摘要汇编。

岩-7b是与海相中基性火山-侵入活动有关的铁矿亚系列,产出于活动区的拗陷带中,与中性-基性岩浆的火山-侵入活动有关,形成火山岩浆型(?)、高温气液交代充填型及火山-沉积型铁矿组合。可以新疆的磁海、内蒙的谢尔塔拉为例,云南的火山沉积型惠民铁矿亦可属此亚系列。

磁海铁矿^①位于天山褶皱系与北山褶皱系交汇处,属海西褶皱带,在石炭一二叠纪时期有强烈的中、基性岩浆的火山-侵入活动,喷发岩以玄武岩为主,侵入岩以辉绿-辉长岩为主,由辉长岩、辉绿岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、花岗岩组成。基性岩浆活动阶段的成矿作用,与次火山辉绿岩岩体有关,辉绿岩体呈蘑菇状,矿体沿岩体中的裂隙带充填-交代和它同围岩的接触带交代产出。有两种成因类型:1、沿岩体中裂隙带充填为主产出的矿浆型(?)矿体;2、沿岩体与围岩接触带或裂隙带边部交代产出的高温气液交代型矿床。前者主要由致密块状含辉石的磁铁矿矿石组成,辉石属普通辉石-次透辉石系列,后者的矿石主要由磁铁矿、次透辉石、钙铝榴石、含氯角闪石及磁黄铁矿等组成,具块状及浸染状构造。在磁黄铁矿等硫化物中含钴较高。

内蒙谢尔塔拉铁矿^②所处的大地构造位置与磁海铁矿相似,属海西褶皱带,在石炭纪时期有强烈的海相中、基性火山活动,火山岩系属玄武岩-流纹岩系,局部见细碧岩。早阶段火山活动属裂隙喷发的酸性熔岩及凝灰岩,晚阶段火山活动属中心式中基性火山岩,以安山岩为主,有玄武安山岩、英安岩等,细碧岩少见,并有相似成分的次火山岩。在晚阶段火山活动的末期、与次火山活动有关的铁、锌矿化,形成两种矿床类型:1、充填产出为主的矿浆型(?)矿床,由于受后期改造的影响,目前见到的矿物组成是磁铁矿为主,有方解石、石榴石,矿石具致密块状、指纹状等构造;2、高温气液交代矿床,是由含硫、锌等组分的高温气液交代早期形成的矿浆型(?)铁矿体(尤其是它的上部),形成铁、锌矿体,由磁铁矿、钙铁榴石、闪锌矿组成矿石。在此过程中见到钙铁榴石强烈交代磁铁矿,略晚重新结晶出自形磁铁矿。此外,火山岩沿地层走向过渡为灰岩,在灰岩中局部并夹有含黄铁矿、闪锌矿的菱铁矿层,属火山-沉积成因。

云南惠民铁矿则主要产出于元古代褶皱带内,属浅变质基性火山-沉积岩系中的火山-沉积菱铁矿类型的矿床,还未发现其他类型。

三、沉积(成岩)成矿系列组合的划分和有关问题

这一大类包括形成于地壳表面不同水体中和陆地表面的许多矿床,分布广泛。以产出在不同性质盆地的为主,其中包括主要形成于沉积阶段、成岩阶段或成岩以后的非岩浆活动或非变质阶段所生成的。总的来讲,沉积(堆积)时的岩相古地理(地理)特征,包括海、陆和海陆交替相的区分,是划分不同沉积成矿系列的主要依据。其他因素如古构造、古气候、古地球化学条件等以及成矿物质来源、水动力条件等,甚至有机质的可能存在及其影响和成岩作用等,除在一些成矿系列及所含类型的特征中有所反映外,也可作为划分某些成矿系列的亚系列,乃至部分矿床类型的依据。根据上述各点,并考虑到地表风化、

① 根据原甘肃二队有关报告和盛继福、秦淑英,1981,研究报告(手稿)。

② 根据原黑龙江省八队、黑龙江省地质局科研所焦世濂及中国地质科学院矿床所陈毓川、艾永德、李详明的资料。

堆积作用对成矿的影响,我们建议将沉积(成岩)成矿系列增为七个,其中部分系列还划分了亚系列(表4)。在各个亚系列之内,又根据一定古地理(地理)环境的具体部位或沉积相或主要的成矿作用、矿物组合的差别等等分为若干矿床类型。由于各种沉积成矿系列都具有其本身的特点,所以,亚系列和矿床类型的划分标准是有差别的。需要指出的是沉积或成矿系列的范围、大小不等,虽然一个沉积成矿系列基本上是属于一个总的成矿时期,但是,不同系列类别之间,“时”、“空”分布也有所差异。大致第一、二系列(沉-1及沉-2)分布范围较有限;第三、四、五系列(沉-3、沉-4和沉-5)相对分布较宽;第六、七系列(沉-6、沉-7)则是分布最广泛的。这反映了由陆地到海洋的成矿环境中,所形成的沉积成矿系列之分布范围有逐渐扩大的特点。当然,也要根据大地构造区的特点,按具体情况作具体分析。

(一) 七个沉积成矿系列

1. 沉-1——陆相表生风化沉积带成矿系列(表4)

这一地区的矿产,主要是原地或其附近地区风化作用形成的,因此,主要根据提供成矿物质母岩的差别,又划分了三个亚系列。比如:酸性火成岩的表生风化带形成的成矿亚系列(沉-1.a),主要是由于长石风化形成的一系列粘土矿物及有关矿床。值得注意的是许多含稀土元素的花岗岩分解和风化以后,局部可以形成富含稀有元素的埃洛石和水云母吸附型稀土矿床,如华南的赣南一带。这一系列矿床易于水冶提取,经济效果明显。我国南方有大面积的酸性火山岩分布,有可能形成一系列粘土矿床。但是,那些质量较好的粘土矿床往往是在火山热气流影响的基础上风化形成的,这也是亚系列划分时需要考虑的一个方面。

中性、基性岩的表生风化带(沉-1.b)中,由于原岩含暗色矿物较多,就硅、铝的相对成分而言,更富含铝。同时,原岩中所含的某些相对不活动的元素往往以氧化物形式富集为残积矿床,常见的是红土型铝土矿、氧化铁矿和镍矿,有时也形成氧化锰矿、蒙脱石矿或山软木矿。

近年来,我国对属于石灰岩岩溶淋滤带成矿带亚系列(沉-1.c)的矿床进行了工作和研究,并且找到了象广西的大型岩溶堆积铝土矿。我国南方岩溶作用十分发育。从广西、贵州二省对岩溶矿床的研究表明,至少可以分为二种矿床类型:一是重力堆积型,包括堆积在岩第-洞穴中的铝土矿和重砂矿物(如锡石、磷块岩、辰砂等);另一类是化学沉积型,已发现了氧化铁、氧化锰、石膏、芒硝和吸附锗、铅、锌等元素的粘土矿物堆积矿体^①。二者有可能在一定的地区内同时存在。

2. 沉-2——冰碛、洪积、冲积带砂矿系列(表4)

在这一系列中,首先是考虑到沉积物的成熟度或距离含矿岩石的远近来划分亚系列的。

冰碛砂矿亚系列(沉-2.a)是一种“结构成熟度”很低的沉积物,重砂成矿作用是在机械破碎和分选程度很差的情况下进行的。一般说来,还未发现其中具有工业规模的重砂

① 周德忠等,岩溶型矿床分类初议,1980年。

矿床。但是由于冰川(包括浮冰)作用产物有时可分布很广,因此,在冰川席卷之处,各种含矿原岩或其风化碎屑物均可被带走,所以,古代冰川沉积物也可作为一种第二次富集砂矿的母岩。在现代冰碛物和古代冰碛岩分布区,都找到了某些有意义的重砂矿物。如在祁连山地区,第四系冰川沉积物分布很广,受到现代水系——洪水或溪流——的冲刷改造以后,已经发现金、铂、辰砂等富集为重砂矿床。近来对南方震旦系南沱冰碛层作了人工重砂研究,不止一处发现了金刚石或对金刚石砂矿之寻找有指导意义的重矿物——镁铝榴石和铬透辉石等。冰碛层也可划分为不同的岩相,这将为在冰碛物发育的地区探寻沉积成矿系列提供依据^①。

其次是山麓带-瓣状河砂矿业系列(沉-2.b)。由山麓堆积物和沿溪流的坡积物两个类型组成。一般代表强水动力冲刷下的砂矿沉积作用,但是基本上是由不成熟的碎屑组合而成,常常成为含铂、金或金刚石的砂矿亚系列。

再次就是曲流河-河口带亚系列(沉-2.c),包括三种类型的矿床:一种是近矿河沟、沟口冲积扇砂矿,为不成熟碎屑型砂矿;另一种是河床、河漫滩、边滩砂矿,为中等成熟度碎屑砂矿;还有一种是河口、滨海砂矿(近海岸原生矿、近海岸古砂矿等),是成熟度较高的碎屑砂矿类型。例如,在内蒙古有一种铂砂矿,在含铂原生岩体之上的剥蚀沟渠及沟口扇中,都可找到铂砂矿的富集地段;又如山东沂、沭河流域的金刚石砂矿在河床、河漫滩和边滩沉积中均有发现;广东、广西、福建沿海的铌钽稀有砂矿,钛、铁砂矿,锆石砂矿等,都是和成熟度较高的滨海沉积物在一起。

冲积物中的重矿物是找寻原生矿体的重要依据。同时,在原生矿体附近的含矿火成岩、变质岩或古沉积砂矿附近,甚至包括矿化带岩石的分布地区,往往也能形成各种冲积砂矿亚系列的矿床。我国云南个旧一带,原生锡矿附近冲积带中有锡、钛、钨、铀砂矿;广西富、贺、钟地区也有以锡为主的砂矿;著名的马来西亚滨海砂矿也可能是离原生矿不远的沉-2.c亚系列中的矿床;而辽宁沿海出现的砂金矿,则是离古砂金矿不远的同一系列的矿床。

3. 沉-3——陆相碎屑岩-蒸发岩组合的成矿系列(表4)

这基本上是一个陆相化学分异型沉积矿床系列。但是,按照是否遭受海侵影响一般又可进一步分为:多成因蒸发岩亚系列(沉-3.a), (图版II, 1—2) 和单独陆相成因(沉-3.b)二个亚系列。从现代地理分布看,陆相蒸发岩多产于中、高纬度的干旱地区,主要砂质来源是陆地溶滤水。近来的详细研究表明,陆相蒸发岩系中含有海相夹层的,代表一种暂时海侵的影响。因此,这些蒸发矿产具有“混合盐湖”的特点。此外,陆相碎屑岩含铜、铀矿亚系列(沉-3.c)虽然也是一种陆相干旱环境的成矿亚系列,但往往是在淡水或半咸水环境中成矿的,有别于前二者。

4. 沉-4——海相碳酸盐岩(碎屑岩)-蒸发岩组合的成矿系列(表4)

这一系列包括了大型蒸发岩矿床的主要类型。十九世纪意大利地球化学家乌塞里奥(J. Usiglio, 1849)曾将天然海水进行了蒸发试验,证明了由于海水逐渐干涸,一系列蒸发矿物会依次沉积下来,包括:石膏…石盐…钾盐等。这一过程称为“阳光图解。”长期以来,

① 郝用威:中国金刚石古砂矿, 1980年。

认为石膏矿-盐岩矿-钾盐矿的形成是由于海水不断补充、不断蒸发的结果。能够保证这种“阳光蒸发”成矿序列不间断地发展的古地理条件一般认为有三种类型：萨布哈带、古泻湖带和潮上盐洼带（间断性由海泛型海水补充），因此，相应划分为三种矿床类型。

5. 沉-5——海陆过渡或陆相碎屑岩（海相碳酸盐岩或碎屑岩）组合含铁、铝、煤、石油的成矿系列（表4）

这一系列的矿床，实际上是由有机岩为主的矿床所构成也包括同一建造的上、下层位有关的其它矿床，如铁矿、黄铁矿、铝土矿或自然硫等，还可划分为两个亚系列。一个是铁、铝、煤亚系列（沉-5a），如我国石炭-二叠纪是主要的成煤时期，大多数煤田是在较稳定地区（地槽、准地台）基础上发展起来的，与煤层伴生的常有铁矿和铝土矿，于是形成了铁、铝、煤亚系列。铁矿多是所谓“山西式铁矿”，属氧化铁矿类型；在相当于“山西式铁矿”的层位，一些钻探资料揭示，也存在一些黄铁矿层，因而，至少有一部分氧化铁矿，有可能是硫化铁的次生淋滤作用产物。在这一亚系列中，以一水铝石为主的铝土矿常位于铁矿层之上，而在主要的煤层之下，这反映了与沉-1b中的风化带红土型铝土矿的沉积条件迥然不同，红土型铝土矿一般由三水铝石组成，

我国其它时代的一些煤系，以及国外的含煤地层中，虽然未发现重要的铝土矿或铁矿相伴生，但是，其中普遍存在菱铁矿、黄铁矿、耐火粘土矿夹层等，实际上仍然保持了铁、铝、煤这一亚系列的基本特征。

铁、铝、煤亚系列可包括三个矿床类型：（1）淡化泻湖、内陆沼泽褐铁矿（山西式铁矿）型；（2）准平原化陆壳侵蚀面上海湾-泻湖相铝土矿型；（3）三角洲相、滨海沼泽相和内陆沼泽相煤层型。以上三种矿床类型相继出现在一套地层中时，就可形成典型的铁、铝、煤亚系列。

另一个亚系列是石油-天然气-油页岩-自然硫亚系列（沉-5b）。它实质上包含了所有的石油-天然气矿床，主要由微生物或低等植物分解提供原料^①。在海相碳酸盐岩、碎屑岩为主的地层中，确有许多大型油、气田，但在我国和其他一些国家，在陆相为主的地层中也发现了大小不等的油、气田。其实从成矿系列角度来考虑，形成石油、天然气的环境，特别是古地球化学环境基本上是一致的，因此，无论是海相为主的或陆相为主的油、气藏，归入同一个亚系列是合理的。

石油天然气-油页岩-（自然硫）亚系列中的矿床类型是很多的，但是从沉积成矿系列的角度考虑，可划分为三种类型：（1）限制海、海湾或内陆湖盆沉降带（或浊积带）油、气型；（2）封闭、半封闭海湾、泻湖的油页岩型；（3）伴生石膏、硬石膏受油、气及细菌还原作用形成的自然硫矿型。这样划分比单纯按海相、陆相进行分类更符合成矿系列的要求。

6. 沉-6——海相陆源碎屑岩、近岸硅质岩、碳酸盐岩组合的成矿系列（表4）

这个系列一般都统称为浅海沉积矿床，按照形成时岩相古地理和沉积条件的差异又可进一步划分为四个亚系列：

正常沉积的铁、锰成矿亚系列（沉-6a）沉积在较稳定海区的最浅部位，包括潮间带

① 即使有有机成因的油、气层，它的规模也是有限的。