

## 再论矿床的成矿系列问题——兼论中生代某些矿床的成矿系列<sup>\*</sup>

程裕淇 陈毓川 赵一鸣 宋天锐

(中国地质科学院)

自从《初论矿床的成矿系列问题》<sup>[1]</sup> (以下简称“初论”)发表之后,地质界曾就有关问题写了不少论文<sup>[2]</sup>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,都提出了新的认识。

另外,近年来对于层控矿床、多成因矿床等讨论正在掀起一个高潮。针对这种情况,我们将在本文中对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,进行补充和讨论,从而对它们的分类和有关问题作第一次的补充和修改。

### 一、三大类矿床成矿系列组合的划分问题

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,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)和与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主要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。

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。

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也存在着过渡的类别,但在目前

<sup>\*</sup> 本文为详细摘要,全文(包括图表)约8万字,将刊登于1983年出版的第六期中国地质科学院院报。

1) 如杨敏之、姜春洲、李庆森、蔡松基、章崇真、袁宏远等、花衣仁、王润民、王锡昭、刘甲昆等、杨廷群和高秉璋等的论文,均载于1980年第二届全国矿床会议论文摘要汇编。

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,也可采用综合命名的办法。

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,而应对这些多种因素分别分析研究,分别说明问题的性质和情况,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、各种矿床成矿系列的划分依据及补充

岩浆成矿系列:在“初论”中已经提及和考虑到划分具体系列的各种地质条件和因素,如岩浆岩的酸碱性、产出的相深条件(火山、浅成、中—浅成)和地质环境(围岩条件、构造条件)。火山作用成矿的海相、陆相条件,成矿系列生成的大地构造背景等。在划分时应综合考虑有关因素。其中与岩石成矿专属性有密切关系的酸碱性应具有首要的意义。

对大地构造条件,我们拟基本上概括为四种基本构造单元(表1,2),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。

一定构造单元内、一定构造活动期的不同发育阶段的特征和岩浆演化情况、以及地区地球化学场和围岩条件<sup>1)</sup>的不同等等,也有可能为一定成矿系列中亚系列的划分提供了依据(参阅本文第五节)。

根据上述意见,我们将岩浆成矿系列、亚系列作一些补充、修改,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入)不同和围岩条件与混染特征的差别等影响,因而形成的矿床系列既各具特色,也有一定的共性。

具体分析时,还要充分考虑到不同构造-岩浆条件下成矿的某些复杂性,尤其是成矿物质来源不同的影响。例如不同构造带中花岗岩岩石成矿性的不同,很可能它们的不同成因及壳层不均匀(地球化学场)对花岗岩岩浆的混染的差异有关。而基性—超基性岩岩浆及有关的某些成矿系列由于物质来源于地幔,因此,在不同大地构造条件下,仍具有相似的成矿特性。

沉积(成岩)成矿系列:这一大类包括形成于地表不同水体内和陆地表面的许多矿床,分布广泛。以产出在不同性质沉积盆地中的为主,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,是划分不同成矿系列的主要依据。其他因素如古气候、古大地构造、古地球化学等条件以及成矿物质来源,甚至有机质的可能存在及其影响、或水动力条件等,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。根据以上论述,并考虑到地表风化、堆积作用的成矿影响,我们将沉积(成岩)成矿系列增为七个(表2)。

值得指出的是:沉积物或沉积岩的造岩组分,在风化、搬运、沉积和成岩的过程中,也是受到多种内、外因素的制约,因而在一定的范围内,常见的沉积岩组合,有一种大致的相互依存关系,同时,常见的沉积(成岩)成矿系列与沉积岩组合之间,也有一种大致相互依存关系。所以,在特定条件下,根据一套典型的沉积岩组合,就可作为探求相应的沉积(成岩)成矿系列的依据(图1)。

1) 包括侵入体及(成)矿化的围岩。

表 1 与岩浆作用有关的矿床成矿系列简表

Table 1 Magmato-Minero-genetic series association

| 系列类别<br>Minero-genetic series or sub-<br>minero-genetic series | 常见的(或可能的)<br>矿种(成元素)<br>Common (probable)<br>minerals or elements | 可能包含的矿床类型<br>Genetic types                                           | 区域构造背景<br>Geotectonic setting |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1                                                              | 2                                                                 | 3                                                                    | 4                             |
| 岩-1 (MA-1), 与酸性中、浅成侵入活动有关的成矿系列                                 |                                                                   |                                                                      |                               |
| a. 岩基晚期-气成、热液型钨、铀、钼、铍系列                                        | W, TR, Nb, Ta (Bi, Mo)                                            | 岩基晚期-石英交代型<br>高温热液充填(交代)型*                                           | 活化区内勾隆起区                      |
| b. 云英岩-砂岩复合型钨、锡、钼、铋、铀系列                                        | W, Sn, Pb, Zn (Bi, Mo, Be, Nb, Ta)                                | 接触交代型*<br>高温气液交代型(云英岩型)<br>高、中温热液交代型<br>中、低温热液充填(交代)型                | 活化区内的陆相带                      |
| c. 闪石-硫化物型铜、钼、铀、铋、钨、钽系列                                        | Sn, Cu, Pb, Zn, Sb (W, As, Hg...)                                 | 气成(伟晶或气-热液)型<br>接触交代型*<br>高、中温热液充填交代型*<br>中、低温热液充填(交代)型<br>中、低温热液充填型 | 活化区内的陆相带, 或边缘陆相带, 或地槽褶皱带      |
| d. 热液蚀变型系列                                                     | U                                                                 | 中、低温热液型(石英型、黄玉型、粘土型)                                                 | 活化区内的陆相带                      |
| e. 接触交代-热液型铁的、铜、钨、锡、铋系列                                        | Fe, W, Mo, Zn (Cu, Pb, Sn, Bi)                                    | 接触交代型*<br>高、中温热液浸染交代型<br>中、低温热液充填(交代)型                               | 活动带(或前带)                      |
| f. 与成岩结、铜、钨、铋、铂、钼系列                                            | Co, Ni, Bi, Ag, U (As, Sn)                                        | 高、中温热液型*(距花岗岩侵入体较近)<br>中、低温热液型*(距花岗岩侵入体较远)                           | 活动区(地槽)                       |
| 岩-2 (MA-2), 与酸性、中性(偏基性或酸性)中、浅成侵入活动有关的铜、锡、钨、钼、铋、铀系列             | Fe, Sn, Mo, Pb, Zn (Cu, S)                                        | 接触交代型*<br>铁砂卡岩型<br>磁黄铁矿砂卡岩型<br>铁砂卡岩型<br>高、中温气液交代型<br>高、中温热液充填型       | 活化区内陆相带                       |
| 岩-3 (MA-3), 与中、酸性浅成侵入活动有关的成矿系列                                 |                                                                   |                                                                      |                               |
| a. 斑岩铁铜型铜、钨、钼、铀系列                                              | Fe, Mo (Cu, Pb, Zn)                                               | 接触交代型*<br>高、中温热液交代(浸染)型<br>中、低温热液充填(交代)型                             | 稳定区内陆相带                       |

续表1

| 系 列 类 别<br>Minero-genetic series or sub-<br>minero-genetic series | 常见的(或可能的)<br>矿种(成元素)<br>Common (probable)<br>minerals or elements | 可能包含的矿床类型<br>Genetic types                                              | 区域构造背景<br>Geotectonic setting |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1                                                                 | 2                                                                 | 3                                                                       | 4                             |
| b. 斑岩型铜、铝、钨、钼、铋系列                                                 | Cu, Mo, S (Fe, W, Pb, Zn, Ag)                                     | 接触交代型*<br>(高)、中温热液细脉浸染型*(斑岩型)<br>中、低温热液脉型                               | 稳定区边缘地带                       |
| 岩-4 (MA-4), 与海相隐、中性火山、侵入活动有关的黄铁矿型多金属成矿系列                          | Cu, Pb, Zn, S (石膏)                                                | 中温热液充填(交代)型<br>火山沉积型*                                                   | 活化区及活动带内的岛弧区                  |
| 岩-5 (MA-5), 与海陆交替相中性火山、侵入活动有关的金、银、铜、多金属成矿系列                       | Au, Ag, Cu, Pb, Zn, S, Hg                                         | 中温热液型*<br>中、低温热液型*<br>低温热液型                                             | 活动(地槽)带内的岛弧区                  |
| 岩-6 (MA-6), 与中性(成偏酸性)、中-基性中、浅成侵入活动有关的成矿系列                         |                                                                   |                                                                         |                               |
| a. 接触交代-热液型铁矿业系列                                                  | Fe (Cu, Co)                                                       | 接触交代型*<br>高温热液交代浸染型(产于岩体中)<br>高温/液充填型<br>高、中温热液交代(充填)型                  | 稳定区边缘地带                       |
| b. 接触交代-热液型铁、钴(砷)亚系列                                              | Fe, Co (As)                                                       | 接触交代型*<br>高、中温热液交代型                                                     | 活动区(地槽褶皱带)                    |
| 岩-7 (MA-7), 与中、中基性火山、侵入活动有关的成矿系列                                  |                                                                   |                                                                         |                               |
| a. 与陆相或海陆交替相富玄武岩火山岩、侵入活动有关的成矿系列(层状铁型铁钴镍亚系列)                       | Fe (Cu, S, P, Au等)                                                | 高温气液交代(充填)型*、(浸染型)<br>矿床型*<br>接触交代型<br>高、中温热液交代充填型*<br>中、低温热液型<br>火山沉积型 | 活动区或活动带内火山岩断陷盆地               |
| b. 与海相中-基性火山、侵入活动有关的铁矿业系列                                         | Fe                                                                | 矿床型(?)<br>高温气液交代充填型<br>火山沉积型                                            | 活动区岛弧带                        |
| 岩-8 (MA-8), 与中-基性中、酸性火山、侵入活动有关的(浅成)铁、铜成矿系列                        | Fe (P)                                                            | 岩浆晚期矿床型<br>火山沉积型<br>沉积型                                                 | 前寒武纪活动区(地槽褶皱带)                |
| 岩-9 (MA-9), 与海相细粒角闪质火山、侵入活动有关的浅变质成矿系列                             |                                                                   |                                                                         |                               |

续表1

| 系列类别<br>Mineralogical series or sub-<br>mineralogical series | 常见的(或可能的)<br>矿种(或元素)<br>Common (probable)<br>minerals or elements | 可能包含的矿床类型<br>Genetic types               | 区域构造背景<br>Geotectonic setting                      |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1                                                            | 2                                                                 | 3                                        | 4                                                  |
| a. 铁、镍系列                                                     | Fe (Cu)                                                           | 矿浆型<br>火山气液交代(充填-热液富化)型*<br>火山沉积型        | 前寒武纪活动区(地槽<br>槽带)                                  |
| b. 铁、锰系列                                                     | Fe(Mn)                                                            | 火山气液交代型<br>火山沉积型                         | 活动区(地槽槽带)                                          |
| c. 铁、钴系列                                                     | Fe, S(Co)                                                         | 矿浆型*<br>火山气液交代型<br>火山沉积型                 | 过渡区(地块边缘地带)                                        |
| d. 含铜黄铁矿系列                                                   | Cu, S(Pb, Zn)                                                     | 火山气液交代(充填)型*<br>火山沉积型                    | 活动区(地槽槽带)                                          |
| 岩-10(MA-10), 与铁质基性、<br>超基性岩浆侵入活动有关的<br>铁、钛、钨成矿系列             | Fe, Ti, V(Co, Ni, Cu, Cr,<br>Nb)等                                 | 岩浆分异型*<br>岩浆质入型<br>气液交代型(碱性伟晶岩型)         | 稳定区断裂带及活动区<br>(地槽槽带)                               |
| 岩-11(MA-11), 与铁质基性、<br>超基性岩浆侵入活动有关的<br>铬、铂成矿系列               | Cr(Pt)                                                            | 岩浆分异型(或熔离型)*<br>岩浆质入型                    | 稳定区(古老隆起区)边缘<br>的断裂带、活动区(地槽<br>区)边缘深大断裂带的次<br>级断裂带 |
| 岩-12(MA-12), 与金铂矿岩有<br>关的金刚石成矿系列                             | 金刚石                                                               | 高压爆发岩筒型和岩脉型                              | 稳定区(地台区)深断<br>裂带                                   |
| 岩-13(MA-13), 与钙铁辉石基<br>性、超基性岩浆侵入活动有<br>关的铀、钨、铂成矿系列           | Cu, Ni(Pt)                                                        | 岩浆分异型(或熔离型)<br>岩浆质入型(热液型?)               | 稳定区(古老隆起区)<br>或活动区(地槽边缘带)                          |
| 岩-14(MA-14), 与碱性岩浆侵<br>入活动有关的成矿系列                            |                                                                   |                                          |                                                    |
| a. 与正长岩有关的铀、钍、钷、<br>稀土元素系列                                   | U, Th, Nb, FR                                                     | 岩浆末期流体-气成型*<br>接触交代型<br>低温热液充填型          | 稳定区                                                |
| b. 与富钠质岩浆活动有关的碳<br>酸盐岩型铀、钍、钷系列                               | TR, Th                                                            | 岩体接触交代型* (矿浆型?)<br>脉状碳酸岩型<br>高、中温热液脉状充填型 | 活动区(地槽槽带)                                          |
| c. 与富钠质超基性杂岩有关的<br>碳酸岩型铀、钍、钷系列                               | Fe, P, TR                                                         | 碳酸岩型(矿浆型?)<br>磁铁矿-菱铁矿-磁石岩型               | 稳定区(古老隆起区边<br>缘)                                   |
| 岩-15(MA-15), 与酸性(中酸性)<br>火山、侵入活动有关的金、<br>钨成矿系列               |                                                                   |                                          |                                                    |

续表1

| 系 列 类 别<br>Minerogenetic series or sub-minerogenetic series | 常见的(或可能的)矿种(或元素)<br>Common (probable) minerals or elements | 可能包含的矿床类型<br>Genetic types                     | 区域构造背景<br>Geotectonic setting |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1                                                           | 2                                                          | 3                                              | 4                             |
| a. 火山气液交代型阳起石、红柱石、叶腊石、明矾石亚系列                                | 红柱石、阳起石、叶腊石、明矾石、高岭石                                        | 高、中温气液交代                                       | 活动区及活化(中)的构造带                 |
|                                                             |                                                            | 中、低温气液交代                                       |                               |
| b. 火山气液交代型沸石、膨润土、珍珠岩亚系列                                     | 沸石、膨润土、珍珠岩                                                 | 低温气液交代型(沸石矿床)<br>低温气液交代型(膨润土矿床)<br>火山岩型(珍珠岩矿床) | 活化区内中温交代型构造带                  |

• 代表比较重要的矿床类型。

表 2 与沉积(成岩)作用有关的成矿系列组合(简化表)

Table 2 Sedimento-minerogenetic series association

| 系 列 类 型<br>Minerogenetic series or sub-minerogenetic series | 常见的(或可能的)矿种(或元素)<br>Common (probable) minerals or elements | 矿 床 类 型<br>Genetic types            | 区域构造背景<br>Geotectonic or geographic setting |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1                                                           | 2                                                          | 3                                   | 4                                           |
| 沉-1 (S-1), 陆相岩石风化带、堆积岩成矿系列                                  |                                                            |                                     | 陆上                                          |
| a. 酸性火成岩类生风化带亚系列                                            | 埃洛石、水云母等吸附稀土元素的粘土; 高岭石、埃洛石                                 | 吸附稀土元素的风化土型<br>受风化影响的岩类热液(或高岭土)型    |                                             |
| b. 中-基性、超基性岩类生风化带亚系列                                        | Fe、Ni、Al <sub>2</sub> 蒙脱石、氧化锰、山钦木                          | 红土型稀土矿; 或蒙脱石、山钦木矿<br>红土型铁矿<br>风化型铁矿 |                                             |
| c. 石灰岩淋滤带亚系列                                                | 铝土矿、磷块岩、重砂矿物; 石膏、芒硝、硝石等                                    | 重力堆积型<br>化学沉积型                      | 陆上                                          |
| 沉-2 (S-2), 冰碛、洪积、冲积带砂矿系列                                    |                                                            |                                     | 陆上                                          |
| a. 冰碛砂矿亚系列                                                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 金剛石矿                        | 现代第四纪不同冰碛层<br>现代或第四纪冰水沉积物           |                                             |

续表2

| 系列类型<br>Minerogenetic series or sub-<br>minerogenetic series | 常见的(或可能的)<br>矿种(或元素)<br>Common (probable)<br>minerals or elements | 矿床类型<br>Genetic types                                            | 区域构造背景<br>Geotectonic or geographic<br>setting |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1                                                            | 2                                                                 | 3                                                                | 4                                              |
| b. 山麓堆积-向斜砂矿亚系列                                              | Au, Pt族, Hg, 金刚石砂矿                                                | 砾岩表面及残积带(山麓堆积)砂矿床<br>沟沟、溪流、坡积带砂矿床                                | 稳定区                                            |
| c. 曲流河-河口带砂矿亚系列                                              | Au, Nb-Ta, Sn, W, U, Th, Zr, 金铂石等; Be, Zr, Ti, Sn等                | 近河河床、河川扇砂矿河床、河漫滩、边滩砂矿<br>河口、滨海(近海岸原生矿、近海古河砂矿等)砂矿                 |                                                |
| 沉-3 (S-3), 陆相碎屑岩、蒸发岩组合(建造)的成矿亚系列                             |                                                                   |                                                                  |                                                |
| a. 多成因蒸发岩亚系列                                                 | 石膏-石盐矿; 石盐-杂卤石矿-(钾芒硝矿); 石盐-杂卤石矿; (蒙脱石-沸石矿)                        | 具有狭长海水通道的混合盐湖, 海水短暂侵入形成的石膏和石盐型; 湖内盐池受间断海泛入侵形成的石膏、石盐、杂卤石或钾芒硝型     | 稳定区边缘陆陷带、内陆断陷盆地                                |
| b. 单纯结构蒸发岩(包括盐湖)亚系列                                          | 芒硝、天然碱矿、石膏、石盐矿、石盐-光卤石矿、硼砂矿                                        | 天然碱-石盐组合<br>石膏-芒硝-石盐组合<br>石盐-光卤石组合<br>芒硝-石盐-硼盐组合                 | 稳定区内陆断陷、断陷盆地                                   |
| c. 陆相碎屑岩含铜、铀矿亚系列                                             | 含铜砂岩、含铜砂岩矿(或含铀)                                                   | 氧化条件下的局部还原层段内, 含铜砂岩型<br>含铜、铀砂岩、砂岩型                               | 地台盆地或河流                                        |
| 沉-4 (S-4), 海相碳酸盐岩(碎屑岩)、蒸发岩组合(建造)的成矿系列                        | 石膏矿-(石盐)矿, 石盐矿-(钾石盐)矿, 石盐矿-(光卤石)矿                                 | 干旱蒸发气候条件下的萨布哈石盐-(钾盐)-(光卤石)型<br>泻湖带的石膏-(石盐)-(钾盐)型<br>潮上盐洼带的石膏-石盐型 | 稳定区内(地台)地陷带                                    |
| 沉-5 (S-5), 海陆过渡相或陆相碎屑岩(海相碳酸盐岩或碎屑岩)组合(建造)含铁、铝、煤、石油的成矿系列       |                                                                   |                                                                  |                                                |
| a. 铁、铝、煤亚系列                                                  | 褐铁矿、赤铁矿(或相变为菱铁矿)-铝土矿(或相变为耐火粘土矿)-煤岩(常包含Ge, Ga等元素)                  | 淡化泻湖、内陆沼泽铁矿型<br>海平线化陷-泥质面上海湾-泻湖-泥质土矿型<br>三角洲沼泽相、滨海沼泽相、内陆沼泽相煤型    | 稳定区、活化区(地台、准地台)                                |

续表2

| 系列类型<br>Minerogenetic series or sub-minerogenetic series | 常见的(或可能的)矿种(或元素)<br>Common (probable) minerals or elements                          | 矿床类型<br>Genetic types                                                        | 区域构造背景<br>Geotectonic or geographic setting |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1                                                        | 2                                                                                   | 3                                                                            | 4                                           |
| b. 石油-天然气-油页岩(自然硫)亚系列                                    | 石油-天然气矿藏(油田)<br>水常伴生 K, Li, B, D, 油页岩(常伴生 U, V, Cu),<br>自然硫(伴生石膏、硬石膏)               | 限制海、大陆架、海湾或内陆湖盆的<br>油、气型<br>封闭、半封闭海湾、泻湖的油页岩型<br>伴生石膏、硬石膏岩受油、气及细菌还原作用形成的自然硫矿型 | 稳定区内(地台)断陷带、边缘陷带(或裂谷带)                      |
| 沉-6 (S-6). 海相陆源碎屑岩、近岸陆质岩、磷酸盐岩组合(建造)的成矿系列                 |                                                                                     |                                                                              | 比较稳定地区(地台、准地台)                              |
| a. “正常”沉积的铁、锰成矿亚系列                                       | 铁、锰矿                                                                                | 浅海至浅滩带的氧化带中氧化铁矿、氧化锰矿型<br>浅海潮下带较深水弱还原带的菱铁矿、菱锰矿型                               |                                             |
| b. 受沉积期后作用叠加的铁、铜、铝、锌(或铋或银或金)亚系列                          | 菱铁矿(或含 Pb, Zn, Cu, Sb 或 Au, U, Mn 等); 菱铁矿-方铅矿、闪锌矿(或含 Sb, Hg, Ag 等); 黄铁矿(Au, Se, Te) | 浅海至滨海海连序列岩系过碳酸盐矿型<br>硫化物型(受区域变质)                                             | 相当活动地区(冒地槽、准地台)                             |
| c. 铜(铁)亚系列                                               | 黄铁矿-黄铜矿(赤铁矿)                                                                        | 硫化物型<br>氧化物型(受风化或变质)                                                         | 准地台                                         |
| d. 沉积磷块岩成矿亚系列                                            | 磷灰石矿或磷灰石-细晶磷灰岩矿(或含 F, Ce 等)                                                         | 浅海坪台内碎屑灰色厚层富磷矿型<br>浅海较深水富有机质还原带黑色薄层富磷矿型                                      | 地台与冒地槽过渡区(地台)                               |
| 沉-7 (S-7). 海相黑色页岩、石煤、陆质岩组合(建造)含磷、钨、铀、钼、钽、铜、铅、铋等元素的成矿系列   | 黑页岩(或含 U, V, Mo, Ni, Co, Cu)-磷结核-石煤(或含 V, Mo, Ni 等)-陆质岩(或含 U, V), 黄铁矿-黄铁矿           | 封闭、半封闭海湾-泻湖潮下水带富含有机黑页岩(吸附稀有分散元素)<br>半封闭海湾较深水陆质岩、磷结核型<br>浅海隔间至潮下富磷带石煤型        | 冒地槽与地台间的过渡区、地台                              |

变质成矿系列(表3): 主要包括在区域变质岩地区所见变质较强的矿床和变质过程中形成的矿床两部分。前者在数量上居多数, 在本文中主要根据原岩建造的不同提出受变质沉积矿床和受变质火山矿床两个系列, 又根据各自的原来成矿物质组成的不同而进一步划分为亚系列, 不同的亚系列, 再分别从原来矿石相或岩相或矿床类型的差别而作进一步的划分。后者暂列三个, 并各自建立一个或两个亚系列; 将来还需补充一些非金属矿床的和其他系列或亚系列。

由于具体地质背景和地质因素的差别, 以上三大类中的任一矿床成矿系列, 并非在各地区都能达到同等的发育程度。当然一定地区一定系列中一定矿床类型的缺失, 也可能是后期构造破坏和侵蚀作用所造成的。

表 3 与变质作用有关的矿床成矿系列组合(简化表)

Table 3 Metamorpho-minerogenetic series association

| 系列类别<br>Minerogenetic series or sub-minerogenetic series | 常见的(或可能的)<br>矿种(或元素)<br>Common (probable)<br>minerals or elements | 可能包含的矿床类型或矿物相<br>Generic types                          | 大地构造背景<br>Geotectonic setting |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1                                                        | 2                                                                 | 3                                                       | 4                             |
| 变-1 (MF-1), 受变质沉积**矿床成矿系列                                |                                                                   |                                                         | 古老稳定区*<br>(隆起区)               |
| a. 铁矿亚系列                                                 | Fe                                                                | 受变质沉积铁-氧化物相<br>受变质沉积铁-硅酸盐相                              |                               |
| b. 铁、硫(黄铁矿)亚系列                                           | Fe, S, (Cu)                                                       | 受变质沉积氧化物相<br>受变质沉积硫化物相                                  |                               |
| c. 铅、锌、铜、铁亚系列                                            | Pb, Zn, Cu, Fe                                                    | 受变质含铜不纯砂岩相<br>受变质含铅锌泥灰岩相<br>受变质含铁泥灰岩相<br>受变质含铅锌炭质黑色页岩相  |                               |
| 变-2 (MF-2), 受变质火山矿床成矿系列                                  |                                                                   |                                                         |                               |
| a. 铁矿亚系列                                                 | Fe, (Ti)                                                          | 受变质火山-熔岩型<br>受变质火山气液型<br>受变质火山-沉积型(近岸)<br>受变质火山-沉积型(远岸) |                               |
| 变-3 (MF-3), 受变质火山型-变质热液富集型成矿系列                           |                                                                   |                                                         | 早古生代活动区<br>(褶皱带)              |
| a. 铜、铁亚系列                                                | Cu, Fe                                                            | 受变质火山-沉积型<br>变质热液充填交代型<br>变质热液交代型                       |                               |
| b. 钨矿亚系列                                                 | W                                                                 | 受变质火山-沉积型<br>变质改造热液型                                    |                               |
| 变-4 (MF-4), 受变质沉积型-混合岩化热液富集型成矿系列                         |                                                                   |                                                         | 古老稳定区<br>(隆起区)                |
| a. 铁矿亚系列                                                 | Fe                                                                | 受变质沉积型贫铁矿<br>混合岩化热液富集型                                  |                               |
| 变-5 (MF-5), 混合岩化富集成矿系列                                   |                                                                   |                                                         |                               |
| a. 铜、铁(稀土)亚系列                                            | B, Fe, (TR, Cu)                                                   | 混合岩化气液交代型(绿帘角闪岩型)<br>混合岩化热液充填(交代)型                      |                               |

\* 中、晚元古代以前的活动区, 当时大都具优、异地槽性质。

\*\* 一部分变质以前的原始矿床的成矿物质, 在一定程度上直接或间接来源于中、基性火山活动, 但都以沉积方式形成矿层, 因而仍划入受变质沉积矿床(即通称的沉积变质矿床)范畴。

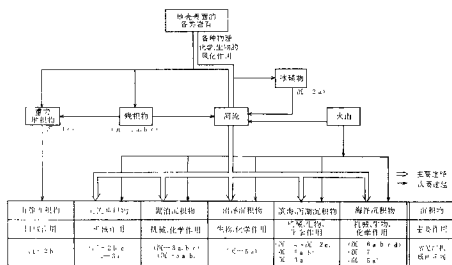


图 1 沉积物与沉积成矿系列关系图解

(宋天锐编, 1981年)

Fig. 1 Diagram showing the relation between various types of sediments and sedimento-minerogenetic series

(after Song Tianrui, 1981)

### 三、某些矿床成矿系列的时代特征

矿床成矿系列, 作为地球演化过程中受一定发展阶段、条件所制约的矿床成矿组合实体, 必然与其它地质体一样具有自己的发生、发展、演化、消亡的规律。因此, 一定的成矿系列必然会反映出地质时代的某些特色, 它们分别在一定的演化阶段先后出现, 并各有其全盛时代。例如前寒武纪受变质条带状铁硅质矿床, 主要与太古代、元古代的中、基性火山作用及有关的沉积作用有关, 在20亿年之前达到全盛时代。不少地质学者认为这与当时的火山活动强烈以及水圈、气圈中缺氧、富  $\text{CO}_2$  有关。又约在15亿年前到20亿年间早、中元古代时期, 在我国发育有含稀土元素的铁矿床, 如见于内蒙古白云鄂博群的白云岩、板岩中的 (15 亿年), 云南中部昆阳群浅变质片岩和白云岩互层中的, 甘肃白云质大理岩中的, 辽宁宽甸群钠长浅粒岩中的 (18.6 亿年) 等等。又如在前寒武世早期, 在我国秦岭及以南很多地区, 形成了海相黑色页岩、石煤、硅质页岩组合的磷、钒、铀、钼等元素的成矿系列。此外, 与花岗岩类有关的稀土、稀有、有色金属矿床的成矿系列, 是在地壳演化到一定阶段形成花岗岩后才出现的, 并有随时代的演变而矿化变强的趋势。例如, 斑岩铜矿、钨、锡、铋、汞矿床在中、新生代较在其它时代更为发育。

### 四、矿床成矿系列的后期改造

矿床形成之后, 又被以后成矿期地质作用改造的现象是普遍的, 在较老地质年代形成的矿床中更为常见。就其作用的性质而言, 有变质作用、岩浆活动或表生作用及有关的成矿活动等改造。有的仅为物理条件变化时的改变, 有的还有化学成分的改变。下面选述几种情况:

1. 受较强的区域变质作用改造 (包括热、动力变质和变质热液的改造等) 的成矿系列。其

原有面貌已变化较大或基本改变,矿床的矿物组合、围岩岩性等情况因重新结晶而呈很大变化,亦可伴生有围岩内某些组分的迁移和再沉淀等,但围岩及矿层的构造一般都能保留下来。这已属于受变质矿床的成矿系列,如前寒武纪受变质铁矿成矿系列、变质热液金属矿床成矿系列等。

2. 受弱区域变质作用改造的成矿系列。一般原始矿床和有关岩石的物质组成、结构、构造仍部分保留或基本保持,因此以原成矿系列命名为宜,但需注明其改造特点。如在云南元古代火山沉积型惠民铁矿区,即其一例。

3. 受后期作用部分改造的成矿系列。这种改造作用往往涉及成矿系列中的某些矿床或某些部位,甚至改造程度很深,而从整个成矿系列考虑,仍保持其主要面貌,因此,以原成矿系列命名为宜,但要说明改造的具体情况。如白云鄂博铁矿主要形成于元古代,后在海西时期又受到岩浆作用的一定改造。当然这种改造也可发生在同一构造期(也是同一成矿期)的较晚阶段。

## 五、某一中生代的矿床成矿系列及其演化

在华南地区与燕山期中、浅成花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列(表2岩-1成矿系列)分布广泛,有很大的经济意义,它是在华南加里东褶皱基底的构造范围内,主要受燕山期花岗岩的多次活动而逐渐形成。由于褶皱基底经受了后期断裂运动,又形成了不同的次一级隆起、拗陷等构造,而燕山期多幕活动的花岗岩也各具一定特色的矿化,因而使本成矿系列在经历燕山期各幕的形成过程中,表现出明显的演化规律。可分出四个阶段,相应地构成四个成矿亚系列(表2):

1. 第一阶段(第一亚系列),在闽西、赣南、粤北加里东褶皱基底的隆起区,有侵入于浅变质硅酸盐地层的含矿黑云母花岗岩(134—184百万年),主要为160—184百万年),矿化主要是钨、稀土、铌、钽、铍、铀、锡,尤以前四种为最。

2. 第二阶段(第二亚系列),在湘南、粤北、桂东晚古生代拗陷区,有侵入于晚古生代巨厚碳酸盐沉积地层(D—C)的含矿花岗岩(121—172百万年)。矿化以钨、锡、铅、锌为主,有铌、钽、铍、铀、锡。

3. 第三阶段(第三亚系列),在桂西北的江南古地块边缘海西时期拗陷带,有侵入于巨厚的类复理石碳酸盐建造(D—T<sub>2</sub>,厚8,000余米)的含矿的燕山晚期黑云母花岗岩(91—107百万年)。矿化主要为锡石硫化物铜、铅、锌、铋、汞、有少量钨。

4. 第四阶段(第四亚系列),形成铀矿床。本区花岗岩型铀矿,绝大多数产于复式花岗岩岩基中的硅化断裂破碎带<sup>1)</sup>,形成年代47.61—86.73百万年<sup>2)</sup>,属燕山晚期至喜山期。

可见,华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列的形成,是经历了一定过程的,这与区域构造活动、岩浆及矿质的演化有关。总的趋势是岩浆与成矿活动首先在隆起区开始,之后在拗陷地区,并有活动中心由闽西、赣南经湘南至桂西北向西迁移的规律。成矿元素按以下次序依次强烈活动:钨、稀土、铌、钽、铍、铀—钨、锡、铅、锌、铋、钽、铍、铀、钨、铜、锡、铀、汞—铀。总的形成了一个有规律的成矿系列整体,可归纳出一个综合性理想成矿模式,其表现为在含矿花岗岩体上部与钾长石化有关的花岗岩型稀土矿床;上部及顶部与钾长石化、钠长石化有关的花岗岩型稀有矿床;接触带附近与云英岩化、似伟晶岩化有关的稀有、钨、锡矿床;在岩体内外有热液型脉状、层状、钨、锡、多金属、铀矿床;外接触带

1) 广东省地质局705队,1979,广东花岗岩型钨矿床类型及成矿地质条件。

2) 李耀辉,1980,中国内生铀矿床的主要成矿时代,第二届全国矿床会议论文摘要汇编。

砂卡岩型钨、锡、铜锌等有色金属矿床（常产于灰岩为围岩时）；外围中、低温热液型脉状铅、锌、锑、汞矿床；外、围某些花岗岩中的热液型脉状钨矿床。

在讨论这个成矿系列的时候，我们认为成矿物质及其迁移富集主要直接与岩浆活动有关，但亦不排除其它来源的可能，这需要今后进行探讨。

我们对于矿床成矿系列的研究还是初步的。研究成矿系列不但对揭示矿床形成的时、空、成因规律，从而较全面地认识矿床及其有关的地质体的形成过程是十分有益的，而且随着研究的深入，对普查找矿工作亦将起到重要的指导作用。这个方面还有很多问题需要研究。

### 参 考 文 献

- (1) 程裕洪等，1979，初论矿床的成矿系列问题，中国地质科学院院报，第一卷，第一号。

## FURTHER DISCUSSION ON THE PROBLEMS OF MINEROGENETIC SERIES OF MINERAL DEPOSITS\*

Cheng Yuqi    Chen Yuchuan    Zhao Yiming    Song Tianrui

(Chinese Academy of Geological Sciences)

### Abstract

The classification of minerogenetic series is based on synthetic studies of the geological conditions under which various types or type-groups of mineral deposits are formed. Above all, such series may be divided into three major groups as according to the geological setting of mineralization concerned comparable to that of the formation of three major rock types.

The main factors to be considered in the dividing of the first major group, i. e., the magmato-minerogenetic series association or the minerogenetic series association of the magmatogenic mineral deposits, into fifteen series (Table 1) are the acidity (basicity) and/or alkalinity and also the mode of occurrence of the magmatic rocks concerned. The second, the sedimento-minerogenetic series association, or the minerogenetic series association genetically related to the process of sedimentation and also of diagenesis, is further subdivided into seven series (Table 2) on the basis of litho-palaeogeographic features of the sedimentational epoch concerned. As for the third group, i. e., mineral deposits of the metamorphic terrains, its subdividing into five metamorpho-minerogenetic series (table 3) is based upon the characters of relevant pre-metamorphic formations as well as nature and degree of metamorphism.

\* Previous papers on the subject of minerogenetic series are as follows:

1. Cheng Yuqi, Zhao Yiming and Lu Songlian, 1978, Main type-groups of iron deposits of China (in Chinese, with English abstract) with separate English reprint, 1976), Acta Geologica Sinica, No. 4
2. Cheng Yuqi, Chen Yuchuan and Zhao Yiming, 1979, Preliminary discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits (in Chinese, with English abstract), Bull. Chinese Acad. Geol., Sc., Vol. 1, No. 1.

Certain minerogenetic series were formed only at certain geological periods and thus reflect in a way some characteristics of such evolutionary epochs of the earth.

Minerogenetic series remoulded intensively by geological processes such as metamorphism, magmatism and exogenesis with accompanying mineralization of later minerogenetic epochs are often found in nature. But they should be classified and named as according to the mineralization and minerogenetic epoch which have played the leading role in their coming into being.

Having investigated the metallogeny of the rare earth-rare metal- "colored metal"-minerogenetic series (Table 1 MA-1) that related to the Yanshanian granites of medium-to shallow-depth emplacement of the Nanling Range of south China through an integrating analysis of the governing factors such as regional geology, geotectonica, magmatism and mineralization, etc., four mineralization stages of the Yanshanian metallogenetic epoch of the region in question have been recognized and hence four sub-minerogenetic series have been subdivided, viz., W-RE-Nb-Ta sub-series, W-Sn-Pb-Zn-Nb-Ta-Be sub-series, Sn-Pb-Zn-Cu-Sb-As- Hg sub-series and U-sub-series. This may be served as example to elucidate the leading factors to be considered for the further classification of certain minerogenetic series.

# 试论个旧式砂锡矿床地质特征

黄廷熾

(云南锡业公司矿山处)

个旧锡矿,位于云南省正南和云贵高原的南缘边部,矿区地表出露厚达3,000—5,000米中三叠统碳酸盐岩层,并处于区域性三条大构造线交汇处,即,北西向川藏滇缅E型歹字型构造带、南北向川滇深大断裂构造带及东西向南岭构造带。矿区大的构造骨架,元古代及以前即已形成,北西侧有康滇地轴,南东邻有越北古陆(图1)。印支及燕山运动波及全区,使早已形成的断裂构造进一步强化和加深,特别是燕山中晚期大规模酸性岩浆侵入,带来了巨量的锡等金属矿质,在有利的地层、构造部位形成了巨大的以锡为主的多金属矿床。由于大量原生含锡地质体(包括含锡矿脉、含锡火成岩等)直接出露地表,经漫长的氧化、扩散、搬运之地质作用,在有利的地貌条件下,在第四纪松散沉积物中形成了巨大的砂锡矿床。

区内既无冰川型砂矿迹象,也无河流型砂矿存在,却分布了大量的短距离搬运之近源残坡积型砂矿,且分布于海拔2,000米以上的山地,其地质特征与长距离搬运之远源河流、滨海等砂矿显著不同,因此,笔者将其起名为个旧式砂锡矿床。现将其主要地质特征介绍如下:

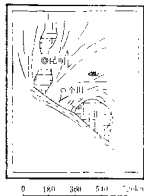


图1 个旧锡矿大地构造位置示意图

## 一、矿床平面及空间展布, 严格受地貌的制约

个旧地区地势高差悬殊,最高山峰海拔2,700米,最低盆地与沟谷海拔1,800米,相对差1,000余米,显示了还正处在强烈剥蚀阶段,而典型的岩溶景观,如岩溶洼地,岩溶漏斗等地貌,在第四纪前即已形成;尔后经漫长的地质营力作用,接受了大量的含有锡石等有用矿物的松散粘土一类物质堆积,形成今天可见的以锡为主的砂矿床。

个旧地区地表出露地层几乎100%为石灰岩及白云岩一类的碳酸盐地层,加之断裂构造繁多,岩溶十分发育,约100平方米内即有5个溶洞,矿区地形地貌为岩溶地貌。岩溶地貌分为裸露型和埋藏型两大类,前者为砂矿床主要停积场所,后者通过岩溶漏斗与之连通,则是地表水、砂矿及尾矿流失的通道。裸露型岩溶地貌类型主要有洼地地貌、构造阶地地貌、侵蚀山坡地貌、冲积扇(锥)地貌等四类。这些地貌,从宏观看,多数充满了有工业价值的砂矿床,而地貌底部基岩则起伏不平,有桂林式、路南式和个旧式石林,溶沟、溶槽、石芽、石沟极为发育;从微观看,这些沟槽中往往充填有锡品位极高的砂锡矿。