

# 镁质碳酸盐岩建造区域变质 及其非金属矿成矿系列

章少华

(国家建筑材料工业局地质研究所, 北京)

**提 要:** 根据岩石组合和矿床组合的不同,我国镁质碳酸盐岩含矿建造可细分出四个亚建造。其中分别以七种组合形式, 产出12种由区域变质成矿作用形成的非金属矿床, 构成一个共生、伴生规律明显、重现性强、经济意义大的成矿系列。

**主题词:** 非金属矿床 含矿建造 成矿系列 区域变质成矿作用

镁质碳酸盐岩含矿建造是指以镁质碳酸盐岩为主夹粘土岩、碎屑岩和火山岩的原岩经历了绿片岩相-角闪岩相变质的白云石大理岩、滑石岩、菱镁岩、绿泥石片岩、云母石英片岩、变粒岩、细碧角斑岩的岩石共生组合<sup>[1]</sup>, 其中以辽东地区下元古界辽河群大石桥组、里尔峪组的镁质碳酸盐岩岩系, 胶东地区下元古界粉子山群明山组、张格庄组的镁质碳酸盐岩岩系、东秦岭地区秦岭群雁岭沟组、栾川群的镁质碳酸盐岩岩系及桂北地区元古界板溪群合桐组的镁质碳酸盐岩岩系最为典型。

## 1 四个含矿亚建造

### 1.1 白云石大理岩-片岩-变粒岩-菱镁矿大理岩亚建造 (简称 I 型亚建造)

由白云石大理岩、菱镁矿大理岩、绿泥绢云千枚岩、二云片岩、云英片岩、二云变粒岩等岩石类型组成。包含滑石、菱镁矿、绿泥石、水镁石、蛇纹石、纤维海泡石、透闪石、透辉石等矿床, 以产出大型、超大型滑石矿床, 菱镁矿矿床为主要特征。I 型亚建造在辽东地区发育最好, 其主体是下元古界辽河群大石桥组的白云石大理岩、菱镁矿大理岩、片岩和变粒岩等, 厚 480~3720m, 上覆岩系为盖县组片岩、变粒岩; 下伏岩系为高家峪组的碳质板岩、石墨透闪变粒岩。

### 1.2 白云石大理岩-片岩-变粒岩亚建造 (简称 II 型亚建造)

由白云石大理岩、云英片岩、透闪透辉岩、变粒岩、滑石岩等岩石类型组成。包含滑石、水镁石、纤维状海泡石、透闪石、透辉石等矿床, 以含矿建造中不含菱镁矿为主要特征。II 型亚建造在胶东栖霞一带和东秦岭地区十分发育。如胶东栖霞含矿亚建造主体为粉子

章少华, 男, 1957年生, 工程师, 从事非金属矿床地质研究。邮政编码: 100010  
1993-7-14收稿, 1993-12-11修改回。徐川编辑

山群张格庄组的白云石大理岩、透闪岩等,厚1300m;上覆岩系为粉子山群巨屯组大理岩、黑云片岩、变粒岩;下伏岩系为粉子山群祝家砬组的黑云变粒岩、透闪岩、长石石英砂岩。与辽东的I型亚建造相比,II型亚建造的显著特点是缺乏菱镁矿大理岩,片岩厚度也相对减少,但变质碎屑岩成分增多。

### 1.3 白云石大理岩-细碧角斑岩-千枚岩亚建造(简称III型亚建造)

由白云石大理岩、细碧角斑岩、石英绢云母千枚岩等岩石类型组成,包含白云石、滑石、绿泥石等矿床,以含矿建造中出现细碧角斑岩为其特征。这种亚建造目前仅见于桂北龙胜滑石成矿带。上覆岩系为板溪群拱洞组绢云板岩、变质砂岩、粉砂岩;下伏岩系为板溪群合桐组第三段变质砂岩、千枚岩;含矿建造主体为合桐组第四、五段。第四段为一套海底喷发岩系,由细碧岩、变辉绿岩、中基性熔岩、角斑岩、凝灰熔岩及沉积岩夹层组成。可划分出10个喷发韵律。岩石化学特征是富钠、钙、其 $a/c$ 值大于1,属 $\text{SiO}_2$ 弱饱和的弱碱性中性岩石。第五段为薄层状白云石大理岩,产滑石矿和绿泥石矿。总厚850m。

### 1.4 白云石大理岩-橄榄蛇纹石大理岩-变粒岩-斜长角闪岩亚建造(简称IV型亚建造)

由白云石大理岩、橄榄石大理岩、蛇纹石大理岩、变粒岩、浅粒岩和斜长角闪岩组成。包含硼矿、滑石、菱镁矿、水镁石等矿床,以含矿亚建造中出现大量蛇纹石大理岩、浅粒岩、变粒岩和产出大型硼矿为特征。这种亚建造主要分布于辽东和吉南地区。其上覆岩系为下元古界辽河群高家峪组的碳质板岩、石墨透闪变粒岩,下伏岩系为混合岩。含矿亚建造的主体是辽河群里尔峪组镁质大理岩、变粒岩、浅粒岩和斜长角闪岩,厚545~1800m。

## 2 七种矿床组合形式

从广义上,成矿系列可以认为是与同一含矿建造有成因联系的各种成因类型矿床构成的四维整体<sup>[2]</sup>。成矿系列由一种或几种矿床组合形式构成,当成矿系列由几种矿床组合形式构成时,可以认为每种矿床组合形式是该成矿系列的一个亚系列。

到目前为止,尚未发现在同一地区该建造所含的矿种全部出现的那种非常完全的矿床组合,往往只是其中几个矿种以不同形式相伴出现。根据已掌握的资料,可分为以下七种矿床组合形式。

### 2.1 白云石-滑石-菱镁矿矿床组合

这类矿床组合是常见的。在辽东、胶东地区广泛发育,仅产于I型亚建造中。矿床组合赋存于由厚度巨大,达几百米甚至上千米的镁质碳酸盐岩组成,其顶、底岩石为片岩类,断裂构造发育的复式向斜中。岩层和矿层产状一般比较陡,岩石破碎带发育,且常为滑石矿的赋矿地段,而菱镁矿一般结晶粗大,矿层比较完整。白云石大理岩则一般呈滑石矿、菱镁矿的顶底板或夹层产出。这类矿床组合中包括了我国绝大部分的大中型菱镁矿矿床和大部分的大中型滑石矿床,矿石质量好,开采容易。

这类矿床组合的例子在辽东、胶东地区极易找到。辽宁的海城范家堡子、海城水泉、海城麻尔峪、营口大岭、山东的莱州优游山、海阳徐家店等都是这种矿床组合的实例。海城水泉白云石-滑石-菱镁矿矿床赋存于辽河群大石桥组上段中上部(图1)。滑石矿体与菱镁矿矿体相间出现,滑石矿体多呈似层状、扁豆状、透镜状产于厚层菱镁矿矿体的破碎带中,产状

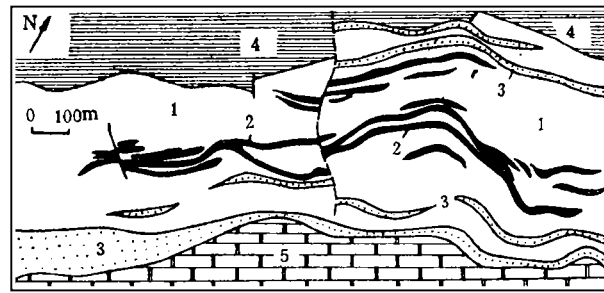


图 1 辽宁海城水泉白云石-滑石-菱镁矿矿床地质略图

(据张万魁)

1—菱镁矿矿体；2—滑石矿体；3—千枚岩；4—片岩；5—白云石大理岩

Fig. 1. Geological sketch map of the Shuiquan dolomite-talc-magnesite deposit in Haicheng County, Liaoning province.

1—Magnesite orebody; 2—Talc orebody; 3—Phyllite; 4—Schist; 5—Dolomite marble.

基本一致，单个矿体长100~600m，延深400余米，滑石矿体与菱镁矿体间渐变过渡。滑石矿化好，则菱镁矿化差，反之亦然规律很明显<sup>[3]</sup>。

## 2.2 菱镁矿-滑石-绿泥石矿床组合

这类矿床组合目前发现不多。矿床规模多以中小型为主，也产在I型亚建造中。胶东莱州菱镁矿-滑石-绿冻石矿床组合十分典型。该矿床组合产于粉子山群张格庄组中。各矿体均顺层产出，菱镁矿矿体呈层状、似层状，厚几米至数十米。滑石矿体呈透镜状、似层状断续地沿层间构造薄弱带分布，连续性差，在走向和倾向上多个矿体呈舒缓波状延伸。绿冻石是隐晶质的斜绿泥石，因致密细腻形似玉，故而得名。绿冻石矿体产于滑石矿体内或独立产于绿片岩中。

## 2.3 滑石-菱镁矿-透闪石矿床组合

产于I型亚建造中。在辽东、胶东均有发现，矿床规模多以中小型为主。本类矿床组合的主要特点是透闪石矿层常作为滑石矿层的顶底板产出，如辽宁辽阳吉洞峪、山东文登黑龙洼和莱阳西北岩；也可呈脉状和透镜状产于滑石矿附近，如山东蓬莱李家和栖霞李博士亦。

## 2.4 白云石-滑石-纤维状海泡石矿床组合

产于II型亚建造中。其主要特点是滑石矿床和纤维状海泡石矿床均赋存于连续厚度达几百米的巨厚白云石大理岩中，白云石大理岩因色白，常作建筑石料，在东秦岭地区开采甚盛。滑石一般为中小型矿床，厚1~5m，透镜状。呈脉状产出的纤维状海泡石储量也不大。

河南南召云阳白云石-滑石-纤维状海泡石矿床组合产于栾川群中(图2)。底板为碳质二云片岩、云英片岩、顶板为透闪石化白云石大理岩。白云石矿层厚几十至百余米，主要作建筑石料。滑石矿体则夹在白云石大理岩矿层的上部层位中，厚3~5m，呈透镜状产出。纤维状海泡石矿化带长数百米，厚20余米。

## 2.5 滑石-菱镁矿-水镁石-蛇纹石矿床组合

产于I型亚建造和IV型亚建造中。主要赋存在辽东大石桥组上段，有时也产于里尔峪组的下部，其直接顶底板为白云石大理岩或菱镁矿大理岩。滑石矿体与断裂有关，有时就产在断裂带上，一般厚度较小。菱镁矿矿层厚度较大，延伸也较稳定，但质量较差。水镁石与蛇

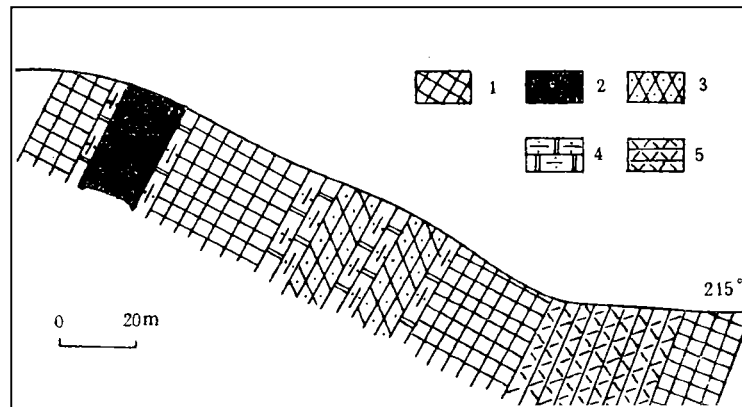


图 2 河南南召云阳白云石-滑石-纤维状海泡石矿床剖面图

1—白云石矿体; 2—滑石矿体; 3—纤维状海泡石矿体; 4—透闪石化白云石大理岩; 5—云英片岩  
Fig. 2. Geological section of the Yunyang dolomite-fibrous sepiolite deposit in Nanzhao County, Henan province.

1—Dolomite orebody; 2—Talc orebody; 3—Fibrous sepiolite orebody; 4—Tremolitized dolomite marble; 5—Mica-quartz schist.

纹石伴生产出, 构成水镁石蛇纹石矿体。水镁石呈团块状、结核状、扁豆状或透镜状产于蛇纹岩中, 矿石质量好。

辽宁凤城鸡冠山一带产于大石桥组上段的滑石-菱镁矿-水镁石-蛇纹石矿床组合比较典型(图3)。滑石矿体厚度小, 产在断层面上, 矿石类型为滑石-绿泥石型, 质量较差。菱镁矿矿层受滑石化影响, 矿石质量降低, 厚度也不大。水镁石蛇纹石矿体产于白云石大理岩中, 长300~500m, 平均厚7~8m。矿石类型有两种。一种是水镁石-蛇纹石型, 蛇纹石占50%, 水镁石占40%, 方解石、白云石占10%。另一种是球状、结核状水镁石型, 由大小不等的水镁石团块组成, 水镁石含量达60%~95%, 质量较好。

## 2.6 滑石-绿泥石矿床组合

产于Ⅲ型或Ⅱ型亚建造中。在桂北龙胜一带含矿建造由白云石大理岩和细碧角斑岩组成, 其中的滑石常形成大中型矿床。在滑石矿床中的某些矿体里, 绿泥石与滑石伴生, 矿石作为Ⅱ、Ⅲ级品的滑石出售。广西龙胜下鸡爪、桐子山、湖南城步都有这种矿床组合产出<sup>[4,5]</sup>龙胜下鸡爪滑石-绿泥石矿床组合(图4)顶板为千枚岩, 底板为细碧角斑岩。滑石矿体呈巨大的似层状或透镜状产于薄层状白云石大理岩中。矿体中滑石与绿泥石伴生, 绿泥石含量可高达60%左右。矿体形态、大小及延伸情况均受断裂控制。

## 2.7 硼矿-蛇纹石-菱镁矿-水镁石-滑石-金云母-透辉石矿床组合

产于Ⅳ型亚建造中。组成亚建造的有关岩石类型在空间上呈有规律分布。在水平方向上表现为三种类型: ①蛇纹岩→白云石大理岩; ②透闪石岩, 金云母岩、透闪透辉岩→蛇纹岩; ③菱镁矿大理岩→白云石大理岩。因此, 水平方向上总的演化趋势为: 透闪石岩→金云母岩→透辉石岩→蛇纹岩→菱镁矿大理岩→白云石大理岩。在垂直方向上, 表现为两种类型: ①角闪岩→透闪透辉岩→透闪岩→金云母岩→蛇纹岩→金云母岩→透闪岩→透闪透辉岩→角闪岩; ②白云石大理岩→蛇纹岩→白云石大理岩。这两种类型均具有以蛇纹岩为中心, 上下对称以及反复交替出现, 形成“韵律构造”的特点。岩石类型的这种分布规律决定了成

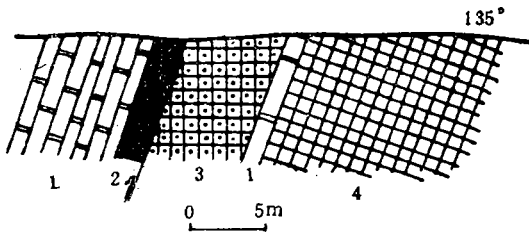


图3 辽宁凤城鸡冠山滑石-菱镁矿-水镁石-蛇纹石矿床组合示意剖面

1—白云石大理岩；2—滑石矿体；3—水镁石和蛇纹石矿体；4—菱镁矿矿体

Fig. 3. Schematic geological section showing the association of the talc-magnesite-brucite-serpentine deposits in Fengcheng County, Liaoning province.

1—Dolomitic marble; 2—Talc orebody; 3—Brucite and serpentine orebody; 4—Magnesite orebody.

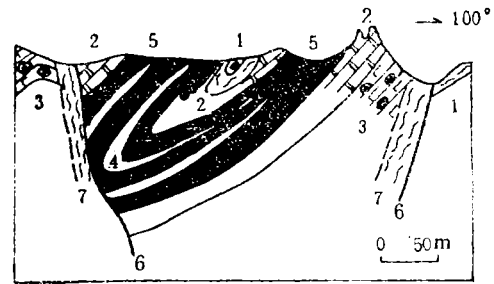


图4 广西龙胜下鸡爪滑石-绿泥石矿床剖面  
(据李馥亚)

1—千枚岩；2—白云大理岩；3—细碧角斑岩；4—白云石大理岩残留体；5—滑石矿体；6—断层；7—斜绿泥石片岩

Fig. 4. Geological section of the Xiajizhua talc-chlorite deposit in Longsheng County, Guangxi.

1—Phyllite; 2—Dolomitic marble; 3—Spilite-keratophyre; 4—Relict of dolomitic marble; 5—Talc orebody; 6—Fault; 7—Clinoclone schist.

矿系列的各个矿种的排列形式，也说明各种矿体的形成，其物质来源具有同源演化的特征。

这类组合以产出大中型硼矿床为特征。辽东-吉南地区是我国硼矿资源的最重要的矿产地。矿体一般长数十米至数百米，厚数米至数十米，其他非金属矿床如菱镁矿矿床，经常与硼矿体共生，一般质量差。蛇纹石在某些硼矿石类型如硼镁石矿石中，含量可达80%。当蛇纹石结晶细小，质地细腻时，还可作为玉石类开采。在成矿条件具备的地段，蛇纹石可分解或被蚀变成滑石。金云母矿体规模小，厚1~2m，形态也很不规则，目前在辽宁凤城翁泉沟等地已有开采，开采地段主要位于硼矿体的顶底板内。

### 3 构造环境和分布规律

镁质碳酸盐岩建造成矿系列产出的构造环境主要为板块边缘的变质地体<sup>[1,6-8]</sup>，如阴山一带、秦岭-大别山一带、龙门山-锦屏山一带的地缝合线附近以镁质碳酸盐岩为主的古老变质地体。胶东变质地体在位移到现在的位置之前，实际上是秦岭-大别山变质地体的东延部分，这已由许多地质学家讨论过，并由铅同位素年龄等资料所证实<sup>①</sup>。因此，其前寒武系中的非金属矿床成矿系列特征与秦岭-大别山地区有许多相似之处。辽东地区的整个地层发育情况与胶东地区有较大差别，但辽东的下元古界辽河群与胶东的粉子山群大体相似，而且在燕山期后，它们同处东亚环太平洋陆缘，受太平洋板块的影响强烈，这种影响部分地改造了古老的变质地层并进一步引发非金属矿化，所以，辽东和胶东的下元古界镁质碳酸盐岩建造区域变质成矿系列也有许多相似之处<sup>[9]</sup>。

含矿建造原岩的形成与前寒武纪及部分早古生代的海相沉积作用有关。不仅在中国，而

① 张理刚等，1991，全国“七五”重要地质科技成果学术交流会论文摘要汇编

且在全世界, 在前寒武纪时均沉积了大面积的巨厚富镁碳酸盐岩, 这些巨厚的镁质碳酸盐岩为成矿系列的形成奠定了物质基础。在漫长的地壳演化过程中, 这些古老的镁质碳酸盐岩经历了多次强烈的构造运动(如板块的聚合和俯冲作用), 并由此引发了广泛的区域变质作用。正是由于板块的聚合和俯冲作用, 绝大部分古老镁质碳酸盐岩在俯冲带消失, 仅在缝合地带留下一部分残留体, 形成古老镁质碳酸盐岩的变质地体, 历经演变保存迄今。可见, 这一含矿建造与成矿系列均分布于板块边缘的现象不是偶然的, 而是沉积-构造-变质-成矿共同控制的结果。

成矿系列的分布除了受大地构造环境控制外, 还明显地受小的构造环境如区域断裂、褶皱的控制。如辽东成矿带, 成矿系列产于英落-草河口-太平哨复向斜中, 一般滑石矿体居于向斜的核部, 菱镁矿矿体居于向斜两翼。又如桂北龙胜成矿带, 成矿系列产于NNE向三门复式倒转背斜的东翼次一级倒转向斜核部, 区域性断层纵切向斜, 其上盘发育一组近SN向剪切断裂, 绿泥石-滑石矿床均产于剪切断裂与主干大断裂的交叉部位。由于剪切断裂呈等距离出现(间距约为1.8km), 因而成矿带上的矿床组合也就有等距离出现的规律。

#### 4 成矿作用及演化过程

滑石矿床的形成方式主要有三种: 一是富硅质白云岩经受区域变质作用形成滑石矿床, 这种滑石矿床一般规模较小。但如遭受后期热液改造, 则可形成大型矿床。如龙胜下鸡爪滑石矿床, 自雪峰期后开始发生区域变质作用, 加里东期达到最强。区域变质使细碧角斑岩产生强烈的去硅去镁作用, 生成巨厚的绿泥石片岩, 释放出大量的 $\text{SiO}_2$ 。绿泥石交代透闪石释放出大量的 $\text{Mg}^{2+}$ 。这些富含硅镁质的变质热液直接为滑石成矿提供了一部分来源。二是菱镁矿大理岩在富硅热液交代下形成规模较大的滑石矿床, 如海城范家堡子, 山东莱州滑石矿等。三是由透闪石退变质作用形成, 这种滑石矿床的规模不大, 如南召云阳等。值得注意的是, 滑石矿床不管由哪种方式形成, 均受断裂或构造破碎带的控制。究其原因, 主要是滑石易在 $\text{CO}_2$ 化学位较低条件下形成。如果滑石形成过程中反应生成的 $\text{CO}_2$ 不及时排出, 周围 $\text{CO}_2$ 的化学位就会随着反应的进行而增高, 从而阻碍形成滑石的化学反应的进行。此外, 滑石的形成还需要热液的参与, 因此, 断层和构造破碎带正好适应排出 $\text{CO}_2$ 和导通热液的需要。

菱镁矿矿床主要是沉积形成的富镁白云岩在区域变质过程中受富镁变质热液交代作用形成的。菱镁矿形成后, 在富硅热液作用下可转变成滑石。这是辽东、胶东地区滑石矿床和菱镁矿矿床经常共生伴生在一起的主要原因。

在温度较高且较开放的地质环境下, 菱镁矿易分解成方镁石, 方镁石在 $\text{CO}_2$ 化学位极低的条件下水化成水镁石, 如辽宁凤城、宽甸地区的大部分水镁石矿床就是这样形成的。在河南西峡发现另一种成因的水镁石矿床, 即由富镁白云岩在较高的温度下( $>600\text{ }^\circ\text{C}$ )先分解成方解石和方镁石, 然后方镁石再水化成水镁石。因此, 在野外就可见到水镁石既与菱镁矿床组合, 也与白云石大理岩矿床组合的现象。在野外还常见水镁石与滑石、水镁石与蛇纹石共生, 而蛇纹石的存在可作为 $\text{CO}_2$ 化学位极低的标志<sup>[10]</sup>。可见, 蛇纹石、滑石、水镁石等矿床经常共生的重要原因之一, 就是它们彼此都需要很低的 $\text{CO}_2$ 化学位和很高的 $\text{H}_2\text{O}$ 化学位的

### 成矿环境。

纤维状海泡石矿床是在含矿建造经受大规模区域变质作用后,受韧性剪切变质成矿作用影响,偏碱性(pH 7.6~8.0)的富硅镁质热液在层间裂隙或剪切裂隙中缓慢沉淀晶出的结果。如豫西南纤维状海泡石成矿带在加里东期,受扬子板块第二次俯冲的影响,已成为岛弧基底的秦岭群,因岩浆上侵、地壳密度降低而上浮,受到韧性再造,形成构造裂隙并为成矿热液所充填而形成纤维状海泡石矿床。西峡桑坪纤维状海泡石矿床氢氧同位素研究表明,成矿热液与岩浆水有关, SiO<sub>2</sub>、MgO等成矿物质来源则与围岩关系密切。形成温度70~264℃(均一法)。包裹体成分: K<sup>+</sup> 3.70 g/t, Na<sup>+</sup> 1.66 g/t, Ca<sup>2+</sup> 15.99 g/t, Mg<sup>2+</sup> 1.88 g/t, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 125.72 g/t, H<sub>2</sub>O 851.6g/t。

绿泥石矿床、金云母矿床的形成主要与原岩成分有关。在原岩富镁、铝、铁,而热液富硅的条件下易形成绿泥石矿床。如果在上述成矿环境中富含钾离子,则形成金云母而不形成绿泥石矿床。绿泥石矿床与滑石矿床紧密共生的原因,除原岩外,其他因素尚有待研究。

根据温克勒尔<sup>[10]</sup>的实验结果,随着温度上升,先形成的滑石与方解石和石英反应会形成透闪石。另外,当CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O值非常高的流体存在时,硅质白云岩可直接反应形成透闪石。随着温度进一步上升,透辉石在角闪岩相的开端时,由透闪石与方解石、石英反应生成。野外透辉石矿石中常见透闪石或其假象存在,就是这种作用的结果。可见,透闪石、透辉石矿床的形成主要与成矿的物化条件有关。

根据硼矿床:①被严格地限制在固定的地层层位中;②矿体产出形态具有与围岩同生沉积的特点;③矿石物质成分具有区域稳定性;④矿石中除了保留有清晰的变质岩结构及继承沉积岩组构而变质的特点外,也保留有热液交代结构;⑤含矿建造、含矿层及矿体在平面和剖面上具有沉积相变和韵律变化;⑥各种新老岩浆岩体以及混合岩化阶段形成的混合岩脉体均切割破坏矿体,即主要的成矿作用与已知岩浆活动及混合岩化作用无关。据上述可以说明硼矿床的成矿作用依次经过硼组分在沉积岩中的原始富集、区域变质及热液交代改造三个过程。

综合上述含矿建造、矿床组合、构造环境和成矿作用的分析,可以看出该成矿系列的形成具有以下规律:

(1) 成矿物质来源是形成该成矿系列的主要组带。组成成矿系列的矿种几乎都与SiO<sub>2</sub>、MgO、CaO、CO<sub>2</sub>等组分有关。显然,含矿建造中特有的岩石类型——硅质白云石大理岩、白云石大理岩是成矿系列发育的物质基础。

(2) 成矿物化条件的有序变化。在前进变质作用中,矿床的生成顺序是受温度和CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O比值控制的。白云石、大理石、滑石是区域变质成矿作用中最早出现的矿种,即在较低的温度和较低CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O比值下就可形成上述矿种,随着温度不断上升,按序形成透闪石、透辉石等。在退变质地区,透闪石可退变质成滑石,滑石退变质成绿泥石等,因而这些矿种在剖面上相依出现而形成成矿系列。

(3) 形成该成矿系列的成矿作用主要有两种:一是区域变质成矿作用,变质程度为绿片岩相和角闪岩相;二是热液交代成矿作用,而成矿热液是多种多样的。晚期成矿作用对早期形成的矿床起叠加改造作用,有时可形成新矿床,而与原有的矿床构成成矿系列,如平度滑石矿床,区域变质成矿作用后又叠加上岩浆热液交代改造的印记。又如海城水泉滑石矿

床系交代菱镁矿形成，而与原有的菱镁矿矿床形成成矿系列。

可见，这一成矿系列的出现是上述三种机理将有关矿床串联在一起的结果。成矿系列形成的概念模式如图5。

本文是在陶维屏教授的热情指导下完成的。承蒙金玲同志清绘图件，在此深表谢意。

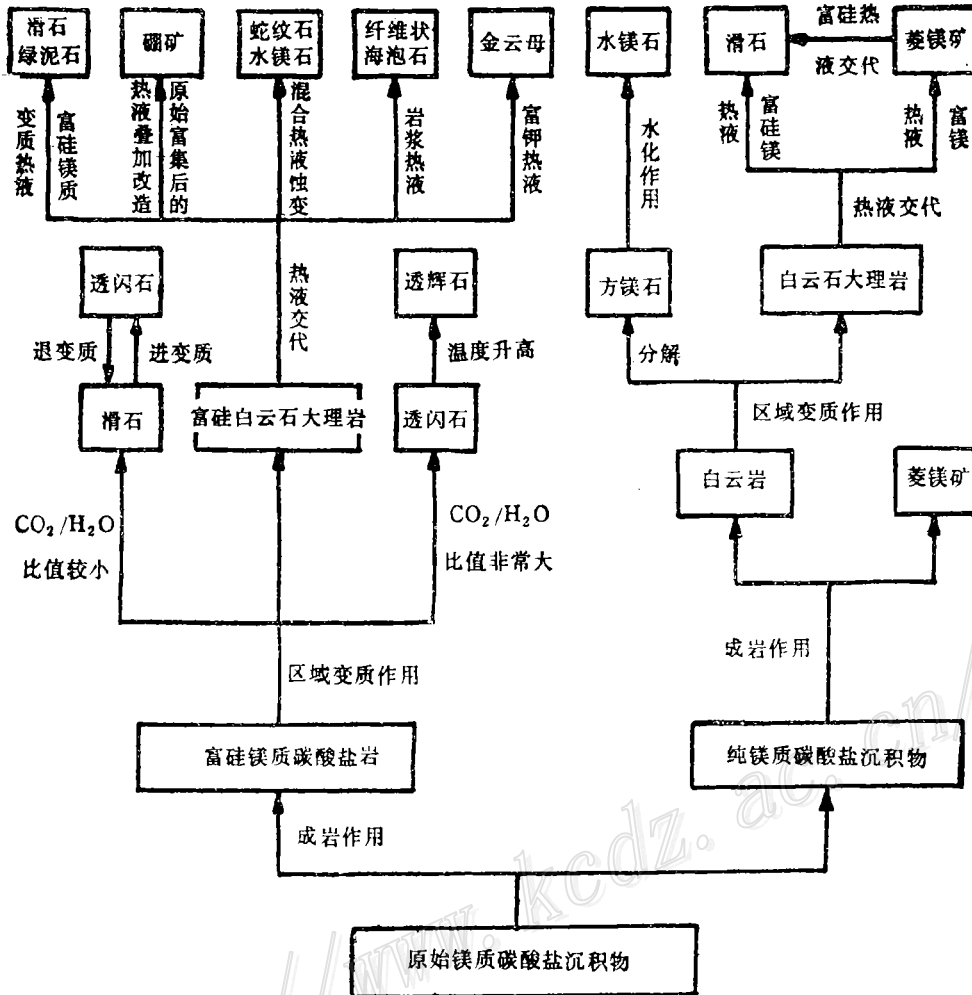


图 5 成矿作用演化过程

Fig. 5. Evolution of the ore-forming process.

参 考 文 献

- 1 陶维屏. 中国非金属矿床的成矿系列. 地质学报, 1989, 63(4): 324~337
- 2 程裕生, 秦长兴. 关于成矿系列与成矿模式. 见: 矿床学参考书 (下册). 北京: 地质出版社, 1987
- 3 张万魁, 王振玉. 水泉滑石矿地质特征及成因讨论. 辽宁地质, 1984, (3): 212~253
- 4 李驭亚. 中国的碳酸盐型滑石矿床. 建材地质, 1987, (2): 1~9
- 5 龚登清. 湖南城步绿泥石滑石片岩矿床地质特征及其利用. 建材地质, 1991, (1): 16~18
- 6 陶维屏. 中国非金属矿形成和分布的若干规律——中国的非金属矿床和板块构造. 地质学报, 1988, 62(2): 142~



- 7 陶维屏.中国东部环太平洋带某些非金属矿的分布规律.矿床地质, 1985, 4(3): 61~70
- 8 章少华.中国滑石矿床的含矿建造类型, 矿床地质, 1992, 11(1): 85~92
- 9 陶维屏.胶东变质地体上非金属成矿的双重特性.建材地质, 1988, (4): 3~8
- 10 温克勒尔.变质岩成因.北京: 科学出版社, 1980

## REGIONAL METAMORPHISM OF MAGNESIAN CARBONATE FORMATION OF CHINA AND ITS NONMETALLIC MINEROGENIC SERIES

Zhang Shaohua

(*Institute of Geology, State Administration of Building Materials Industry, Beijing 100010*)

**Key words:** nonmetallic deposit, ore-bearing formation, minerogenic series, mineralization

### Abstract

Studies show that this minerogenic series has seven major characteristics, (1) the ore-bearing formation is closely related to the Precambrian magnesian carbonate rock and might be further divided into four subformations according to the differences in rock association and nonmetallic deposit association; (2) the minerogenic series includes twelve sorts of mineral deposits, such as dolomite, magnesite, talc, fibrous sepiolite, brucite, diopside, tremolite, serpentine, chlorite, phlogopite and ascharite, and due to the difference in the ore-forming microenvironment, the minerogenic series finds expression in seven types of mineral deposit associations; (3) the degree of metamorphism of the ore-bearing formation is assigned to greenschist facies and amphibolite facies, to which the minerogenic series is confined; (4) the minerogenic epoch shows polyphase and multi-stage character; (5) the ore-forming materials are characterized by multiple sources, with the magnesian carbonate rock being the most important source; repeated hydrothermal activities were superimposed upon the ore deposits formed by regional metamorphism; as shown by stable isotope studies, the hydrothermal solutions might be metamorphic, magmatic and groundwater hydrothermal solutions or their mixed solutions; (6) regional metamorphism and hydrothermal replacement constitute the main ore-forming processes, and the dynamic force that caused regional metamorphism resulted from the convergence and subduction of plates; (7) the minerogenic series is distributed in the metamorphic terranes near the suture such as eastern Liaoning, eastern Shandong, Qilian-Qinling Mountains and northern Guangxi. Finally, the evolution of the ore-forming process is discussed.