

# 辽东镁质碳酸盐岩建造沉积变质镁质 非金属矿床及成矿作用研究

陈从喜\* 蔡克勤

(中国地质大学地球科学学院, 北京)

**提 要:** 本文论述了辽东地区古元古界辽河群中镁质碳酸盐岩建造及所产滑石、菱镁矿、块状水镁石、硼镁石、蛇纹石等多种镁质非金属矿床特征, 并从沉积和变质两个方面讨论它们的成矿作用。

**关键词:** 镁质碳酸盐岩 非金属矿床 辽东

辽东地区古元古界辽河群里尔峪组、大石桥组镁质碳酸盐岩建造, 前人曾称碳酸盐岩建造<sup>[1,2]</sup>或镁质大理岩建造<sup>[3]</sup>, 是一套以海相镁质碳酸盐岩为特征并夹粘土岩、碎屑岩的沉积岩石组合, 它们后期经历了区域变质作用而相应最终形成了以白云石大理岩、菱镁岩、滑石岩、绿泥石片岩、云母石英片岩、变粒岩为主的岩石组合。该地因产滑石、菱镁矿、块状水镁石、硼镁石等大型或超大型矿床而闻名, 其储量占全国该类矿床储量的 90% 以上, 其中滑石、菱镁矿在世界上占有重要地位。此外还产有绿泥石、透辉石、透闪石、蛇纹石和纤维状海泡石等矿床。

## 1 成矿地质背景

辽东地区下元古界辽河群镁质碳酸盐岩建造, 位于华北板块北缘东段胶辽台隆内的营口一宽甸台拱内。下元古界辽河群, 主要包括以下岩组: ① 盖县组千枚岩、十字石片岩、夕线石片岩; ② 大石桥组镁质大理岩、片岩, 夹菱镁矿; ③ 高家峪组含石墨夕线石石榴石片麻岩夹大理岩、斜长角闪岩, 赋存有铅锌矿床; ④ 里尔峪组下部由黑云角闪变粒岩、富电气石变粒岩、二云片岩组成, 夹镁质大理岩、斜长角闪岩; 上部以浅粒岩为主, 夹斜长角闪岩。该组底部, 发育有一层状花岗质岩石, 为浅粒岩原地交代成为混合花岗岩。古元古代早期该区在新太古代克拉通基础上发展为一裂谷海槽, 近 EW—NE 向深断裂将其分割成两种稳定性不同的构造环境, 靠近北部为大陆架环境, 靠近南部为海相火山活动环境。海相沉积同时伴有相应的火山喷流活动, 富集了大量硼和镁质。古元古代中晚期随着构造活动的进展, 裂谷海槽中形成了 EW 向展布的楔形盆地, 沉积了一套泥砂质岩-镁质碳酸盐岩建造, 并伴有菱镁矿沉积。古元古代末期及以后发生了区域变质作用与混合岩化, 经历多期构造变形与岩浆侵入有关的改造作用。

\* 陈从喜, 男, 35 岁, 高级工程师, 博士生, 矿床学专业。邮政编码: 100083

## 2 含矿建造特征

辽东地区镁质碳酸盐岩建造发育在二个层位,即辽河群里尔峪组和大石桥组。大石桥组含矿建造位于大石桥组上部,主要岩石组合为白云石大理岩、菱镁矿大理岩、十字石榴黑云片岩、变粒岩、透辉透闪岩、千枚岩等,平均厚 1670 m。上覆岩系为古元古宙辽河群盖县组片岩、变粒岩,下伏岩系为高家峪组的碳质板岩、石墨透闪变粒岩。含矿建造赋存有菱镁矿、滑石、水镁石、绿泥石、透闪石等矿床类型。

里尔峪组含矿建造由辽河群里尔峪组白云石大理岩、变粒岩、浅粒岩和斜长角闪岩组成,厚 1800 m。原岩建造属海底喷发岩-镁质碳酸盐岩沉积建造。上覆岩系为古元古宙高家峪组的碳质板岩、石墨透闪变粒岩;下伏岩系为古元古宙混合岩。除菱镁矿、滑石、水镁石矿床外,含矿建造内还具有规模很大的硼镁石矿床以及与之伴生的蛇纹石矿床等。

## 3 主要非金属矿床地质特征

### 3.1 菱镁矿矿床

镁质碳酸盐岩建造区域变质-热液交代菱镁矿矿床是中国菱镁矿的主要类型。著名的辽东大石桥超大型菱镁矿矿床即产于其中。辽东菱镁矿矿床严格受大石桥组上段控制,一般可分上、中、下三个含矿层位。中部菱镁矿矿体质纯,品位高,厚度大,是主要的工业矿体。矿体总厚度在 100~400 m,延伸可达 -300 m 以下。矿石类型一般以纯菱镁矿型为主,滑石-菱镁矿型次之。纯菱镁矿矿石呈粒状结构,块状构造。矿物成分主要为菱镁矿及少量的水镁石,脉石矿物有白云岩、滑石、石英、绿泥石、黄铁矿、白云母、蛇纹石等。矿石平均化学成分为  $\text{SiO}_2$  0.67%,  $\text{MgO}$  46.76%,  $\text{CaO}$  0.74%。

### 3.2 滑石矿床

辽东地区滑石矿主要产于古元古宙辽河群大石桥组上段。矿体围岩主要是菱镁矿大理岩、白云石大理岩。矿体产状与地层产状基本一致,矿体呈扁豆状、透镜状产于菱镁矿大理岩或白云石大理岩的挤压破碎带中,矿体一般长 200~600 m,厚 0.5~80 m,最大延伸达 500~700 m。矿石类型分为纯滑石型、滑石-菱镁矿型、滑石-白云石型。矿石化学成分以高  $\text{MgO}$ 、 $\text{SiO}_2$ ,低  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  为特征。矿体围岩普遍发生硅化、滑石化和绿泥石化,代表性矿床如辽东海城范家堡子矿床。

### 3.3 块状水镁石矿床

产于镁质碳酸盐岩建造中的块状水镁石矿床集中分布于辽东半岛,以辽东风城水镁石矿床为典型。凤城块状水镁石矿床产于辽河群大石桥组中,矿体呈透镜状和似层状沿层产出,厚几米至几十米,长几十米至几百米。矿体顶、底板为白云石大理岩。断裂构造及燕山期岩脉对矿体控制,断层及岩脉上盘白云石大理岩和菱镁矿大理岩蚀变为水镁石。矿石呈块状或片状构造,淡绿色及白色,水镁石含量可达 90%,并含少量方解石、蛇纹石、白云石、菱镁矿和滑石。矿石化学成分为  $\text{SiO}_2$  2.02%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.34%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.28%,  $\text{CaO}$  0.79%,  $\text{MgO}$  65.95%,  $\text{H}_2\text{O}^+$  27.73%。矿体围岩普遍发生蛇纹石化、裂隙及风化带中常见有水菱

镁矿化。

### 3.4 硼镁石矿床

辽东硼镁石矿床位于辽河群里尔峪组白云石大理岩、蛇纹石大理岩、富电气石变粒岩、电英岩、浅粒岩、斜长角闪岩等组成的含矿建造中。含矿建造底部分布有富 B 的火山岩, 上部为硼镁石矿沉积, 具有含 B 地层的二元结构模式<sup>[7]</sup>。矿体形态和分布受原岩控制, 呈大小不等的层状、扁豆状产出。矿体最大延长达数公里, 最大延伸超过 400 m。矿体厚度变化大。根据矿石中主要硼酸盐矿物的不同, 可分为 3 种基本的矿床类型: 硼镁铁矿矿床、硼镁石矿床、硼镁石-硼镁铁矿矿床, 其中以硼镁石矿床质量最好, 工业价值最大。围岩蚀变主要有蛇纹石化、碳酸盐化和绿泥石化等。

### 3.5 其他矿床

镁质碳酸盐岩建造还产有绿泥石、透辉石、透闪石、蛇纹石和海泡石等矿床。绿泥石矿床一般规模较小, 主要分布在辽东、胶东、桂北等地的镁质碳酸盐岩建造中, 常与滑石矿床紧密伴生。如辽宁本溪连山关绿泥石矿床。透辉石、透闪石矿床常单独产出于含矿建造顶部, 如辽东西榆透辉石矿床、辽阳吉洞峪透闪石矿床。蛇纹石是常见的共生矿物, 成色较好的蛇纹石即为岫岩玉。海泡石矿床产于镁质碳酸盐岩的破碎带和韧性剪切带中。

## 4 成矿作用讨论

### 4.1 沉积成矿作用

沉积成矿作用受岩相古地理控制。早元古代早期, 辽东裂谷盆地东西长 300 km, 南北宽 100 km<sup>[4]</sup>。盆地沉降中心分布于主断裂北侧的虎皮峪—红石砬子一带。其北侧为斜坡带, 向南逐渐加深。大石桥组沉积相从北向南依次为滨岸碎屑岩相—封闭台地相—半封闭台地相—开阔台地相。其中, 半封闭台地相可能代表了古陆边缘的泻湖沉积环境, 海水不断蒸发并不断补给。古地磁研究<sup>[1]</sup>也表明大石桥组处于古纬度较低(北纬 17°~28°)的干旱的热带或亚热带环境。元古代全球海水富 Mg 和大气缺氧并富集 CO<sub>2</sub>, 对形成镁质碳酸盐岩建造是有利的。早元古代早期的里尔峪期还发生 3 次较大的富含 B 的火山活动, 并伴随富 B、Fe、Mg 的喷流, 使海盆富 B, 有利于硼酸岩沉积<sup>[9]</sup>。

菱镁矿与白云石大理岩碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  值已说明岩石中无机碳的海水来源。另外, 菱镁矿与白云石大理岩所含微量元素 Cr/Ga 比值 1.6, 与海水的 1.67 接近。一些难迁移元素 Ti、Zr、Nb、V 等的含量均小于或接近于海相碳酸盐岩的含量, 说明菱镁矿和白云石大理岩是海相成因的<sup>[5]</sup>。与菱镁矿和白云石大理岩伴生的硼镁石表明是海水蒸发成因, 由硼同位素和稀土元素对比也可知, 还与火山喷发(喷气)带来的 B、Mg、Fe 等物质有关<sup>[4,7,8]</sup>。

目前所知, 沉积成矿作用至少存在以下 3 种形式: ① 化学沉积成矿作用。泻湖中白云石首先沉淀, 当泻湖中  $\text{Mg}^{2+}$  富集并有足够的  $\text{CO}_3^{2-}$  时, 发生水菱镁矿沉淀。在干旱蒸发条件下, 形成石膏。而当 B 富集到一定程度, 水硼镁石等含 B 矿物沉淀; ② 化学沉积成矿作用。菱镁矿岩层中大量叠层石说明菱镁矿沉积有生物的参与。古元古代时, 全球海水中  $\text{Mg}^{2+}$  普遍较高, 起初叠层石吸收  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  形成白云石, 海水中  $\text{Ca}^{2+}$  减少, 而  $\text{Mg}^{2+}$  相对增高, 叠层石也可吸收  $\text{Mg}^{2+}$  形成菱镁矿; ③ 海底火山喷发(气)沉积成矿作用。海底火

山喷发(喷气)沉积形成硼镁石等含 B 矿物。

#### 4.2 变质成矿作用

最初的白云岩、硼镁石矿、菱镁矿层形成后,随着上覆沉积物的加厚和地热梯度的增加,一些矿物重结晶和含水矿物脱水,这时并未引起矿质的迁移富集。吕梁运动使辽东裂谷闭合,辽河群宽甸群褶皱变质,沉积的硼镁石矿层、菱镁矿在区域变质—混合岩化过程中进行了第二次富集。由于含矿建造发生的绿片岩相—角闪岩相区域变质作用,白云岩、菱镁矿改造为白云石大理岩和粗粒状菱镁岩。

海城滑石矿石中 Sr/Ba 比值为 35.7,与含石英脉菱镁矿大理岩( $Pt_1d^3$ )中 Sr/Ba 比值 38 接近,而与混合岩( $M_2$ )中 0.5 和二长花岗岩( $\eta\gamma_3^1$ )中 0.4 相差甚远。与滑石共生的石英、菱镁矿矿物中流体包裹体普遍含有 NaCl 子晶,盐度为 29%~39% NaCl,具有卤水性质,推测成矿流体可能为来自深层封存的海水,并有变质流体的加入,而与岩浆活动和混合岩化关系不大。滑石成矿多发生在含硅质的白云石大理岩或菱镁矿大理岩中,由菱镁矿大理岩中存在的石英脉可知,成矿流体中是富 Si 的。富 Si 的变质流体沿断裂构造导入盆底在镁质碳酸盐岩岩系中形成热水沉积角砾岩,富 Si 的变质流体与白云岩、菱镁岩交代形成滑石和镁橄榄石以及透辉石、透闪石类矿物,镁橄榄石进一步蚀变为蛇纹石。从矿物包裹体爆裂温度和包裹体均一法温度,估计滑石形成温度为 200~300℃;从构造-流体-成矿系统的角度看,构造的扩容,满足形成滑石过程中体积增加(一般情况下增加 63%)的需要,同时降低了流体与镁质碳酸盐岩反应生成的  $CO_2$  的分压,有利于形成厚大的滑石矿体。

水镁石矿床的形成与后期岩浆活动有关。由于岩浆活动热能的影响,在温度较高且开放的地质环境下,菱镁矿分解形成方镁石和  $CO_2$ ,在大气降水和深循环热水受岩浆热能的驱动下,水镁石的成矿流体使方镁石水化成块状水镁石,同时白云石和蛇纹石水化成水镁石。水镁石包体爆裂法测温成矿温度有两个区间,即 310~380℃ 和 205~260℃,表明早期成矿温度较高,形成块状水镁石;后期成矿温度较低,形成脉状水镁石充填于块状水镁石之中。在区域变质作用后期,变质成因和岩浆成因的偏碱性( $pH=7.6\sim 8.0$ )富 Si、 $Mg^{2+}$  混合流体在构造裂隙中缓慢沉淀结晶形成纤维状海泡石。

#### 参 考 文 献

- 1 姜春潮等. 辽吉东部前寒武纪地质. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1987, 1~321.
- 2 张秋生等. 辽东半岛早期地壳与矿床. 北京: 地质出版社, 1988, 218~450.
- 3 章少华等. 豫西南镁质大理岩建造非金属矿床成矿系列研究. 北京: 地质出版社, 1996, 1~93.
- 4 陈荣度. 一个早元古代裂古盆地——辽东裂谷. 辽宁地质, 1984, 2: 125~133.
- 5 冯本智等. 辽东海城一大石桥超大型菱镁矿矿床的地质特点及成因. 长春地质学院学报, 1995, 25 (2): 121~124.
- 6 罗耀星. 大石桥菱镁矿矿化时稀土元素活动和物质来源. 地质论评, 1990, 36 (1): 31~39.
- 7 王培君. 硼镁石矿床含硼地层的二元结构模式. 化工矿产地质, 1996, 18 (3): 201~206.
- 8 刘敬党. 辽东—吉南地区早元古代硼镁石型硼镁石矿床地质特征及矿床成因. 化工矿产地质, 1996, 18 (3): 207~212.
- 9 Q. M. Peng and M. R. Palmer. The Palaeoproterozoic boron deposits in eastern Liaoning, China: a metamorphosed e-vaporite. Precambrian Research, 1995, 72: 185~197.