

工业金云母矿床的成矿地质特征及其找矿标志

文 石

随着电气工业的迅速发展,对云母矿物绝缘材料的需要也日益迫切。近年来,一些国家的金云母开采量有了显著的增长。金云母开采和需要的增长速度在很大程度上超出白云母。

金云母和白云母一样,有着良好的绝缘性、耐热性、高强度的机械性和化学稳定性。虽然金云母的绝缘强度比白云母稍差,但是高质量的金云母完全可以代替白云母使用。金云母的耐热性高于白云母,所以以往利用它生产高温绝缘材料。由于金云母的硬度和整流子中铜的硬度相似,因此用作整流子云母时也显著优越于白云母。

有些国家,根据金云母的工艺性质,采用了热机械化方法剥分,加工成本显著下降。根据矿山开采和矿石加工技术资料,用于金云母矿床的投资比白云母的节省得多。因此在国民经济中扩大金云母的使用范围是极为必要的。有鉴于此,笔者根据国外大型金云母矿床文献并参照我国一些金云母矿床情况写成本文,以供普查和勘探金云母矿床参考。

到目前为至,在世界范围内见到两种不同地质建造的金云母矿床:1) 镁碳酸盐杂岩金云母矿床;2) 超基性—碱性岩杂岩金云母矿床。第一种类型的矿床有苏联的阿尔丹、斯留甸卡和加拿大、马达加斯加的矿床。这些矿床很早就已开采,并且已建成较大的云母矿山基地。在多年的勘探和开采工作中积累了大量的地质资料,并做了不少研究工作。第二种类型的矿床不久前发现于苏联某些地区。估计将来可与镁碳酸盐杂岩建造的金云母矿床具同等意义。

以上这两种类型矿床在我国都有所发现。镁碳酸盐杂岩金云母矿床和超基性—碱性岩杂岩金云母

矿床的地质建造迥然不同,因之其找矿标志也各有所异,现分别叙述如下:

一、镁碳酸盐杂岩建造金云母矿床

在本类型矿床区域内广泛分布太古代的各种片麻岩和结晶片岩。一般为角闪石辉石片麻岩、黑云母角闪石片麻岩、硅线石堇青石石榴石片麻岩和紫苏辉石片麻岩以及角闪石辉石结晶片岩等。此外还有大理岩、斑花大理岩和透辉岩。区域中主要构造被次一级的褶曲和断裂所复杂化,并有酸性火成岩(花岗岩、花岗岩伟晶岩)侵入,而使片麻岩和片岩受强烈的花岗岩化和混合岩化。

由于岩浆期后溶液作用于大理岩和铝硅酸盐岩(片麻岩、结晶片岩),产生了一系列的交代杂岩:方柱石—透辉石岩、尖晶石—透辉石岩、透辉石—金云母岩和斑花大理岩。金云母矿化于以这些杂岩为必定组成的地段中或铝硅酸盐岩与白云质大理岩的接触带,和穿切接触带的断裂破碎带中。根据金云母的交代成矿作用特点和赋存状态,可分为四种矿化类型。

1. 金云母矿化于大理岩与铝硅酸盐岩接触的矽卡岩带中。矽卡岩带厚20—100米,矿物在其中呈明显的带状分布。在各带发育都完整时,由大理岩向铝硅酸盐岩依次分为斑花大理岩带、透辉岩带、透辉石—金云母岩带、方柱石—透辉石岩带,方柱石—透辉石化片麻岩或结晶片岩带。这种矿物分带良好的矽卡岩是岩浆期后溶液在两种岩性不同岩石之间的双交代作用而成。金云母富集于透辉石—金云母岩带中,呈团块状分布。有时金云母呈单一矿物集合体位于整个矽卡岩带的中央。其晶体完好,多为菱形

或四边形，具有一定工业意义。矿化带随砂卡岩带延伸，厚度可由几十公分到几十米。

2. 金云母呈脉状产于片麻岩或结晶片岩（多为辉石片麻岩、角闪石辉石片麻岩和黑云母斜长片麻岩）中。脉体一般长2—10米，最长达30米，宽0.5—8米。各脉体产状相似，受围岩的横节理控制。脉体中矿物有方解石、磷灰石、透辉石、透闪石和角闪石等。这些矿物也作带状分布，脉体中央为方解石或磷灰石带，其次为金云母—透辉石—透闪石带、透辉石—方柱石带、方柱石—角闪石带和方柱石化片麻岩（或结晶片岩），到未蚀变的围岩。根据矿物共生组合及其生成条件的研究，这种矿脉是岩浆期后成矿溶液沿围岩裂隙侵入所发生的扩散交代作用而生成。在交代和结晶过程中，原来矿物的溶解和新矿物的生成是同时的。由于每一矿物结晶于本身特定的物理化学条件下，其共生组合具有选择性，从而组成了不同的矿物共生带。在同一脉体里各矿物共生组合带很少完全具备，有时可被一种矿物充填。金云母晶体多和透辉石、磷灰石及方柱石等嵌晶，其晶体大小不等，但晶形完好，是金云母主要工业类型之一。这种脉状矿体对勘探和开采工作极为有利。

3. 金云母和透辉石、方柱石有时和磷灰石、方解石、石榴石在一起呈巢状矿化于大理岩、片麻岩和结晶片岩中，特别在岩层构造破碎和褶曲部位常较为富集。矿巢大小不一，一般直径2—7米。金云母经常为四边形，晶体中有时包含方解石、透辉石等矿物包体，剥分性能较差。但大部分晶体的质量符合工业要求。

4. 金云母和尖晶石、镁橄榄石星散分布于大理岩中，形成所谓斑花大理岩。由于云母片度很小，不具有工业意义。但当斑花大理岩中有构造破碎时，经常于其中形成大片金云母，在富集规模较大的情况下具有一定工业意义。

此外，在某些金云母矿床（如阿尔丹矿床）中见有岩浆阶段生成的镁砂卡岩。这些砂卡岩位于花岗岩或混合片麻岩与大理岩直接接触处的板状尖晶石—辉石岩中。金云母矿体呈透镜状。在矿体中除金云母外，还有方柱石、透辉石、磷灰石等共生矿物。云母晶体较小，但容易剥分，可与其它矿化类型金云母一起开采。

关于本类型金云母矿床的成因在文献中发表有不同观点。现将其最通行的两种作一简单介绍：

Н.Г. 苏多维柯夫 (Судви́ков) 认为^[5]金云母矿床是在古老变质岩中花岗岩化而引起的铁、镁、钙交代作用结果中形成。他设想上述元素在花岗岩化时由变质岩中析出，并沿裂隙上升和交代周围的岩石，从而形成含金云母的镁砂卡岩；Л.С. 柯尔任斯基 (Коржинский) 则认为^[6]金云母矿床是岩浆期后溶液在碳酸盐岩石与铝硅酸盐岩石之间引起的双交代作用而形成的镁砂卡岩型接触反应产物。从事金云母矿床地质研究的 М.А. 里查列夫 (Лича́рев) 发展了这种观点^[2, 3]。他首先否定了第一种看法的可能性，认为金云母矿床是在连续降温条件下的所谓退化过程中形成，而与通常为进化过程的花岗岩化基性前锋地质作用相矛盾。并且指出，某些研究者在查明其它地质问题时，顺便研究金云母矿床的成因，或只依个别矿床的研究结果而同义的解决金云母矿床的成因是不够的。他通过金云母矿物共生组合的研究，确定了金云母矿床和岩浆期后溶液交代碳酸盐岩石有成因关系。

基于对国内外某些金云母矿床的观察，作者认为后一种看法可能较为合适。首先，含金云母镁砂卡岩在碳酸盐岩与铝硅酸盐岩接触带和铝硅酸盐岩中的带状分布事实反映了接触交代作用的特征。同时大多数金云母矿床内都有不同数量的镁碳酸盐岩石，说明形成金云母和其它镁砂卡岩矿物所需的化学成分 (Mg、Ca) 不是来源于深部（变质岩受花岗岩化析出），而是来自就地围岩。但是这个问题还有待于在今后大量资料积累的基础上，逐渐加深认识 and 解决。

根据目前对本类型矿床地质条件和成矿规律的研究，可以认为矿床的形成取决于地层—岩石、岩浆活动、变质作用和构造特征等地质因素，在普查金云母矿床时可以它们为找矿地质前提。

1. 地层—岩石地质因素：大多数金云母矿床形成于太古代变质杂岩中，并且和镁碳酸盐岩有成因关系。这种关系在于它提供了形成金云母和其它镁砂卡岩矿物所必需的化学成分（镁和钙）。苏联斯留甸卡、阿尔丹、西南帕米尔以及加拿大、马达加斯加和印度以及我国一些金云母矿床都与这种镁砂卡岩有关。因此含有镁碳酸盐岩的太古代变质杂岩

是金云母矿床形成的特定地层—岩石因素。

2. 岩浆活动因素：在所有金云母成矿地区广泛分布花岗岩、花岗—伟晶岩。这些酸性火成岩在某些金云母矿床经常占有所有出露岩石的面积一半以上。因而使一些沉积变质地层为花岗岩物质浸染，混染岩和混合岩在矿区到处发育。在个别矿床（如阿尔丹）花岗岩化遍及整个矿区地层。花岗岩不仅其本身与碳酸盐岩作用产生岩浆阶段鎂矽卡岩（金云母矿化类型之一），而且由其产生的岩浆期后溶液也剧烈的活动，除交代碳酸盐岩外，进而交代了铝硅酸盐岩，形成了其它矿化类型的金云母。可见，只有良好的地层—岩石因素，没有花岗岩浆的剧烈活动，金云母矿床的形成也是不可能的。

3. 变质作用因素：如上所述，在金云母矿床分布范围内主要为变质杂岩。И.С. 柯尔任斯基认为，这些变质岩石的特征是变质作用均匀和没有温度分带现象。它们与花岗岩化和混合岩化同时，形成于超深相或所谓“紫苏辉石片麻岩相”的深度。因此这种超深变质作用形成了产有金云母矿床的变质杂岩，从而为以后的金云母矿床形成提供了地层—岩石因素。

4. 构造地质因素：岩浆期后溶液多沿断裂裂隙活动，并对围岩发生交代作用，从而产生了鎂矽卡岩。许多国内外实例证明，在横节理中多生成脉状和串珠状矿体，在断裂破碎带中形成连续或断续的含金云母矽卡岩带。小型褶皱的枢纽也由于火成岩的侵入而生成矽卡岩。因之在小型构造（4—5级）发育地区金云母矿化最为有利。

根据金云母的矿化特征和其特有的矿物共生组合，可以提出以下金云母矿床的找矿标志：

1) 在区域内铝硅酸盐岩（片麻岩、结晶片岩等）直接与大理岩接触。在接触带上出现交代生成矿物，如透辉石、透闪石、方柱石、堇角闪石、尖晶石和鎂橄欖石等，表示金云母的矿化极有可能。如果有断裂构造穿过接触带，在这种断裂破碎带中也可能形成含有金云母的鎂矽卡岩。

2) 变质杂岩中的大理岩受交代作用，在其中生成金云母、透辉石、尖晶石等矿物，形成斑花大理岩。如果在斑花大理岩中有鎂矽卡岩透镜体存在，金云母可能形成单独的矿体；在区域内出现斑花大理岩时，要注意这种岩石是否与花岗岩直接接

触。因为在接触带中通常形成作为金云母矿化类型之一的岩浆阶段鎂矽卡岩。

3) 在片麻岩和结晶片岩中有脉状和巢状鎂矽卡岩出现，并且其矿物共生组合具有明显的带状分布。在这种情况下，可能有两种类型矿物共生组合的脉体，一种含金云母，一种含尖晶石。在前一类型的脉体中，金云母经常具有很大工业意义。

4) 金云母在水化作用下经常变为水化云母和蛭石。在苏联克弗多尔矿床，矿脉接近地表部份产有蛭石，中间为水化云母，深部存在大量尚未转变的金云母。因此在古老风化壳地区中，如地表有水化云母和蛭石出现，深部很可能产有金云母。

二、超基性—碱性岩杂岩金云母矿床

此类型矿床不久前在苏联和我国均有发现。苏联克弗多尔和古林矿床正在勘探。这一类型的发现给金云母矿物资源的寻找开辟了新的途径。根据文献资料，本类型矿床产于其中的超基性—碱性岩杂岩体的面积可由几十到一千多平方公里，多为地台型并具环带状构造。岩体的中心为超基性岩：纯橄岩、橄欖岩和辉石橄欖岩。而边缘部份为碱性岩：霓霞—钠辉岩和霓霞—钠辉岩等系列。由于边缘带碱性岩的侵入并与超基性岩作用，生成了“自反应矽卡岩”。所谓“自反应矽卡岩”是指超基性岩与其同一岩浆源的碱性溶液作用而产生的矽卡岩。在这种矽卡岩形成以后由于溶液成分和温度的变化，相继形成了碳酸盐类岩石。Е.М. 爱普什金 (Эпштейн) 根据成矿溶液中化学元素的转变关系和矿物共生组合，将矽卡岩和碳酸岩的形成分为如下各阶段^[7]：

1. 矽卡岩的形成阶段

(1) 钠—钙交代阶段：生成透辉石、钙鎂橄欖石、霞石、蜜蜡石、磷灰石、磁铁矿；

(2) 钾—钙交代阶段：生成透辉石、金云母、钙钛矿、磷灰石、磁铁矿、方解石；

(3) 后期交代阶段：先期交代生成的蜜蜡石被水鎂铝石和纤维石交代，辉石和金云母被透闪石及阳起石交代。

相应于上述三个交代阶段的矿物生成，组成了一系列的蚀变岩石和交代杂岩体。如，霞石化辉岩、蜜蜡石化和钙鎂橄欖石化超基性岩、霞石—辉

石岩、黑榴石—輝石岩、輝石—蜜蜡石岩、水黃長石和方解石—透輝石岩。

2. 碳酸盐类岩石的形成阶段

(1) 早期鈣—碳活动阶段: 形成粗粒鈣质碳酸盐岩。岩石中主要矿物为方解石、磷灰石、磁鉄矿、磁硫鉄矿和金云母。

(2) 晚期鈣—碳活动阶段: 形成細粒鈣质碳酸盐岩。岩石中主要矿物与前一阶段的相同。

(3) 鎂—鈣—碳活动阶段: 形成中粗粒白云质碳酸盐岩。岩石中主要矿物为白云石、磷灰石、磁鉄矿。

(4) 鉄—鎂—鈣—碳活动阶段: 形成不等粒假斑状白云质碳酸盐岩。主要矿物为白云石、赤鉄矿、褐鉄矿和磷鋁鈾矿。

从上述两类岩石的形成阶段可以看出, 金云母主要矿化于砂卡岩形成的第二阶段和碳酸盐类岩石形成的第一和第二阶段。因此, 根据金云母形成的时期和在不同岩石中赋存的状态, 以及它們的矿物共生組合, 可分为四种矿化类型:

1. 在砂卡岩生成的第一阶段, 矿化于蚀变超基性岩里的金云母。多呈星散状分布, 和霞石、蜜蜡石、黃長石、透輝石、鈣鉄矿共生。云母晶体較小, 目前, 有工业意义的尚未見到。

2. 矿化和砂卡岩生成第二阶段有关的金云母。它們多位于超基性岩与碱性岩的接触带中。金云母与透輝石、石榴石、鈣鉄矿等共生, 并形成带状砂卡岩。金云母在其中呈集团状分布, 其富集程度和晶体大小往往达到一定工业要求。

3. 在渗透交代过程中, 在超基性岩的构造裂隙里, 金云母和透輝石、霞石、方柱石、方解石、磷灰石呈脉状矿化。矿脉厚一般2—8米, 长10—120米。金云母在脉体各矿物共生带中都有分布, 有时也呈单一矿物集合体出现。云母晶体很大, 质量良好, 为主要开采对象之一。

4. 金云母在碳酸盐岩形成阶段的晚期矿化于其节理裂隙中。共生矿物有透輝石、磷灰石、磁硫鉄矿和蛭石等。矿体多为脉状和巢状。云母晶体較大, 有时具有很大工业意义。

由于本类型矿床发现的不久, 对其形成地质条件研究的还不够。但是这种矿床經常产于超基性—碱性岩杂岩体中, 可以設想对矿床进行預測时, 必

須首先了解超基性—碱性岩岩体形成的区域地质因素。根据Ю. М. 謝恩曼 (Шейнман) 指出^[8]这种地质因素为:

1. 超基性—碱性岩产于所謂“穿构造断裂”中。这种断裂不取决于区域的其它构造, 它們由地台区通过褶皱区。在国外, 穿构造断裂見于东非、苏联的叶尼賽和貝加尔等地。

2. 超基性—碱性岩形成于古老地台边缘地区的断裂中。如苏联的阿尔丹地区和加拿大地台等。

3. 超基性—碱性岩产于地台和定形褶皱直接接触处的断裂中。如苏联的东薩彦岭和西伯利亚地台等。

4. 在固結晚于褶皱其它部位的背斜中的超基性—碱性岩。

在找到超基性—碱性岩岩体后, 查明金云母矿化情况时, 应注意研究岩体的环带构造。一般环带构造发育良好的对后期交代作用有利。此外对超基性岩和碱性岩的接触带以及岩体的断裂破碎带, 进行詳細观察和施以必要的坑探工程。如果在超基性岩岩体中有霞石化、透輝石化和蜜蜡石化等現象, 和在接触带中有透輝石、黃長石、透閃石等砂卡岩矿物存在, 金云母的矿化和富集极有可能。地表有水化云母和蛭石存在同样是良好的找矿标志。

参考文献

1. Дубовик М. М., Загубалов П. Н. Флогопит как изоляционный материал и перспективы расширения его сырьевой базы. Разведка и охрана недр, вып. 11, 1961 г.

2. Лицарев М. А. Генезис флогопитовых месторождений Алдана. Труды Ин-та рудных месторождений, петрогр. мин и геохимии АН СССР, вып. 67, 1961 г.

3. Лицарев М. А. Закономерности образования и размещения флогопитовых месторождений СССР. Закономерности размещения полезных ископаемых, Том VI, 1962 г.

4. Барабнов В. Ф. К вопросу о генезисе Слюдянского флогопитовых месторождений. Записки ВМО, час 83, №2, 1954 г.

5. Судовников Н. Г. Железо-магнезиально-кальциевый метасоматоз в архее Алданского щита и некоторые вопросы «основного фронта». Изв. АН СССР, Серия геол., №1, 1956 г.

(下轉第26頁)

而赤铁矿—水赤铁矿斑点(占测量面积50%)相对降低7%左右,新疆有些白云母当片厚0.01—0.03mm,磁铁矿成片状分布(占测量面积25%以上),其击穿强度与无斑点白云母相比约降低36%;成星点状的(占测量面积5—10%)相对降低12%左右。

(2)对介质损失角正切($\tan\alpha$)和介质常数(ϵ)的影响:内蒙有些白云母片厚0.045mm,磁铁矿斑点占测量面积5—10%时,与无斑点白云母的介质损失角正切相比增大0.1%左右,介质常数升高27%。当磁铁矿斑点占测量面积20—70%时,介质损失角正切相对升高0.32%,介质常数相对升高32%左右。

由上所述得知,白云母的上列自然缺陷和矿物包体、斑点,在不同程度上对云母剥分出成率、牌号、品级和电气性能都有一定的影响。严重的可使云母失去工业价值。铁矿物斑点影响白云母电气性能,不仅与其种类有关,而且与其所占面积大小和形态也有很大的关系。其中片状磁铁矿斑点对白云母的击穿强度影响最大,星点状的影响次之;而赤铁矿—水赤铁矿的影响较小。

参考文献

1. Белянкина Е. Д., Гурьева Э. Я., Игнатова М. Д., Петров В. П. и Толстопкина, К. И. 1958, Генезис и типизация промышленного мусковита. Тр. Инст. геолог. рудн. месторожд. АН СССР, вып. 12.
2. Гурьева Э. Я. 1960, О включениях минералов железа в мусковите. Тр. минер. музея, вып. 10.
3. Никаноров А. С. 1961, О некоторых дефектах кристаллов мусковита. Зап. Всесоюз. минер. общ. ч. 90, вып. 4.
4. Никитин В. Д. 1953, Особенности образования кристаллов мусковита в пегматитовых жилах. Зап. Ленингр. горн. инст. т. XXIX, вып. 2.
5. Петровская Н. В. 1937, Гиганто-мigmatитовый тип пегматитов Мамско-Витимского слюдоносного района. ОНТИ-НКТП.
6. Лашев Е. К. 1948, Слюда. т. 1. Промышлен. изд.
7. Shaub B. M. and Dorothy Wrinch. 1956, Notes on a six-rayed diffraction star produced by magnetite enclosed in muscovite. Am. Mineral. Vol. 41. №11—12.
8. Sterret D. B. 1923, Mica deposits of the United States. Geol. Surv. prof. pap., bull. 740. Washington.
9. Jhans R. H. and Lancaster. F. W. 1950, Physical characteristics of commercial sheets muscovite in the southestern United States. Geol. Surv. prof. pap., bull. 225. Washington.

(上接第30页)

6. Коржинский Д. С. Биметасоматические флогопитовые и лазуритовые месторождения архея Прибайкалья. Труды Ин-та геол. наук АН СССР. Вып. 29. петрогр. Серия (№10). 1947г.

7. Эпштейн Е. М. Флогопитоносные авто-реакционные скарпиновые формации Закономер-

ности размещения полезных ископаемых. Топ В. 1962 г.

8. Шейнман Ю. М. Некоторые геологические особенности ультраосновных и ультращелочных магматических образований на платформах. Записки Всес. мин. об-ва ч.84. вып. 2. 1955г.