

MgO 一般小于 2%，Mg/ (Mg+ Ca) 比值一般为 1.1% ~ 6.0%，Al/ (Al+ Si) 比值一般为 9.6% ~ 40%，Al/ (K+ Na) 比值为大于 1% ~ 14.59%。

坡残积物中红刚玉的含量最高可达 39.17g/t，平均为 0.58 ~ 5.88g/t。

该矿区红宝石颜色纯正、浓厚、艳丽、匀净，粒度较大，并多呈短柱状、中柱状和等轴状，加工性能良好，在水中或加工琢磨后呈现光彩夺目的珠光宝色。

根据红刚玉单矿物电子探针分析，红宝石中的成色元素主要是 Cr_2O_3 0.17% ~ 3.02%； TiO_2 0.04% ~ 0.16%， FeO 0.03% ~ 0.21%。由于 $\text{Ti}^{4+} + \text{Fe}^{2+} \rightarrow 2\text{Al}^{3+}$ 或 2Cr^{3+} ，该矿区红宝石具有特征的紫色色调，有人认为“略带蓝色色调者最为罕见的珍品”，主要颜色为玫瑰红色—深玫瑰红色。约占总量的 60%。

红宝石毛料的粒度组成情况是：主要为 0.2 ~ 1cm，占 70%，最大可达 5cm 以上（单粒重量达 121.6g），一般透明到微透明，少数呈透明，宝石原料的粒度大小取决于瑕疵的多少。宝石瑕疵，主要是裂纹呈片理纹、蚀痕、包裹体等，一般而言，粒度愈大则瑕疵愈多。

各种粒度、颜色和瑕疵的红宝石原料，物理性质差异不明显，硬度为 1892 ~ 2284 kg/cm^2 ，平均 2084.05 kg/cm^2 (Hm: 8.66 ~ 9.22，平均 8.94)，相对密度为 3.68 ~ 4.052，平均 3.91。

3 经济和地质意义

(1) 宝石矿产是一个国家和地区财富的象征，红宝石具有高档饰物和稳定硬通货的双重意义。目前国际上优质红宝石的需求很高。云南哀牢山红宝石矿的发现和开发利用，无疑具有重大的经济意义。

(2) 云南哀牢山红宝石矿床在形成环境、大理岩石特征、矿床特征、伴生矿物组合等诸多方面，与目前世界著名的红宝石矿床（点）几乎完全一致，但目前世界著名的变质红宝石矿床（点）集中分布在环绕印度次大陆北缘的阿尔卑斯—喜马拉雅造山带，而云南哀牢山的红宝石矿则赋存于扬子地块西缘的造山带内，因此该矿床的发现可能揭示了一条新的红宝石成矿带的存在。

(3) 红宝石大理岩是红宝石矿床的最重要的成因类型，是目前世界上优质饰用红宝石的主要来源，云南省中深变质带分布很广，因此，该红宝石矿的发现，揭示了云南红宝石矿产资源的潜在远景，有希望发现更多的红宝石矿床（点）。

新疆喀喇昆仑宝石级刚玉矿地质特征

曹亚文

(中国地质科学院矿床地质研究所，北京 100037)

李兵

(中国地质大学，北京 100083)

齐德义 刘增仁 廖文雄

(新疆地矿局区调队，乌鲁木齐 830000)

新疆喀喇昆仑山区的宝石级刚玉矿目前已知的有两处，即苏巴什矿点和木孜阔若矿点，均位于新疆阿克陶县与塔什库尔干县交界的苏巴什一带。矿体产出于未分元古界(Pt)的一套中—高级变质岩中。主要岩性有黑云母斜长片麻岩、黑云母石榴子石—二长片麻岩、黑云母石榴

子石夕线石二长片麻岩、方柱石透辉石大理岩等。大地构造位置上, 工作区属于昆仑褶皱带南昆仑地向斜褶皱带。

1 区域地层

赋矿的元古代地层依岩性组合及与矿化的关系划分为三个岩性段。自上而下依次为:

第三岩性段: 主要由黑云母斜长片麻岩、石榴子石斜长片麻岩与褐色泥质大理岩、大理岩等构成。厚度大于 100m。其上不整合于奥陶系。

第二岩性段: 主要由方柱石透辉石大理岩、黑云母石榴子石二长片麻岩、含刚玉黑云夕线二长片麻岩、含刚玉黑云母二长变粒岩等组成。为刚玉矿化层位或矿化带, 厚 100 m 左右。

第一岩性段: 主要由黑云母斜长片麻岩、灰色-灰绿色角闪斜长副变质岩、变粒岩等构成, 厚 600 m 左右。其下被含黑云母花岗岩侵入。

2 刚玉矿化带 (第二岩性段) 岩石层序及岩性特征

目前发现的刚玉矿化集中发生于第二岩性段。该层位十分稳定, 在已观测区内延伸数十公里, 故称其为矿化带。矿化带之层序及岩性如下述。

2.1 层序: 自上而下岩石层序为 (以苏巴什矿为例):

- (1) 灰色石榴夕线黑云斜长片麻岩 (第三岩性段), 与下层为整合接触。
- (2) 黄白色大理岩 (标志层), 厚 5 ~ 10 m。
- (3) 灰色透辉透闪方柱石大理岩, 厚 1 m。
- (4) 绿灰色透辉石钠长岩, 厚 1 m。
- (5) 灰色含刚玉 (电气石) 黑云母钠长变粒岩, 厚 0.9 m。
- (6) 灰色眼球状含刚玉黑云母二长变粒岩, 厚 2.0 m。
- (7) 灰色含蓝晶石黑云二长变粒岩, 厚 4 m。
- (8) 灰绿色条带状透辉石方柱石岩, 其中有绿帘石角闪石脉 (后期的), 厚 1.5 m。
- (9) 绿灰色方柱石钾长石透辉石大理岩, 厚 3 m。

(10) 灰白色含透辉石钠长石大理岩, 偶夹厚 0.5m 左右的灰色黑云母二长变粒岩 (其中含细小的刚玉) 透镜体。厚 30 m 左右。

其中 4~9 层相当于原喀什二大队所划之“第三矿化带”。

(11) 褐黑灰色含夕线石、蓝晶石石榴石黑云二长片麻岩, 厚约 500 m。以近矿处蓝晶石含量略高, 远矿处基本不含蓝晶石。

(12) 灰色含蓝晶石夕线石黑云二长片麻岩, 厚 0.5 m。

(13) 黄—红色含红色刚玉黑云夕线二长片麻岩 (矿化层), 厚 0.5 ~ 1.5 m。

(14) 灰色眼球状含紫红色刚玉夕线石黑云母二长片麻岩, 厚 0.5 m。

(15) 含蓝灰色刚玉夕线石黑云二长片麻岩, 厚 1.0 m。13~15 层向东合并为一层, 即第一矿化带。

(16) 白色透辉石方柱石大理岩 (标志层), 其中有时有 0.3 m × 1 m 左右的透辉石钠长岩脉。厚约 40 m。

(17) 黄色大理岩, 其中时有 3 m × 10 m 左右的伟晶状钠长岩脉, 厚约 50 m。下与第一岩性段花岗质片麻岩整合接触。

2.2 典型含矿岩石特征及刚玉的产出方式: 含矿岩石主要为灰色含刚玉夕线石黑云母二长片麻岩, 其特征为岩石呈灰色, 片麻状构造, 眼球状构造。所谓眼球状构造系指在本区的岩石

中,由于变质作用而形成一些条纹长石相对集中的部分,这些部分呈白色,与周围的黑云母、夕线石、钠长石等矿物集合体有一定的界线,大小由0.5~20 cm不等,其中心核部往往有刚玉晶体,横断面常呈椭圆形(纵向上呈柱形)而类眼球状,故名。在岩石中眼球含量为5%~20%左右;最高可达40%左右,其大小多为1 cm左右的椭圆形。眼球中的刚玉多为六方柱状晶形完好,透明,大小多为(3~5) mm×(10~15) mm。其中有时可见金红石包裹体,刚玉颜色蓝灰、紫红两种均有,但一般不在同一晶体上出现两种颜色。两种颜色的晶体在岩石中的分布尚未发现其规律性。在木孜沟若矿点的眼球为8×10 (cm)左右,这种大眼球中的刚玉晶体可达2.5×2.5×10 (cm),刚玉多为紫红色,半透明,可磨出具星光效应的戒面,缺陷是裂纹较多。

显微镜下见岩石具变晶结构。主要矿物:①更-钠长石。半自形等粒结构,级黄干涉色,具聚片双晶, d 为0.2 mm,成分为 $Ab_{85-95}An_{7-13}Or_{0-3}$,含量15%左右。②条纹长石半自形-他形,具条纹结构,基体为钾长石,条纹为钠长石,条纹多呈纺锤状,基体与条纹之比大致为6:4。条纹长石有两种存在形式:一为与钠长石、黑云母、夕线石等共生,构成片麻状构造;另一部分的集合体集中呈近椭圆形构成眼球构造,眼球内之条纹长石多以他形一半自形嵌生,而眼球核部则多存在刚玉自形晶体,其基体为钾长石,成分为 $Ab_{21}An_3Or_{76}$,占体积的80%左右。条纹为钠长石,成分为 $Ab_{96}An_3Or_1$ 。条纹长石含量为50%左右。③刚玉。有两种赋存状态:一为细小规则状者,多分布于有黑云母、夕线石的片麻理区,多与条纹长石共生,多个小晶体集中分布时常沿片麻理定向排列,有光性方位相同的现象,这类刚玉不具工业价值;二为六方桶状、柱状者,分布于由条纹长石构成的眼球体中。薄片无色,平行消光,负延性,一轴晶,负光性,高正突起,级干涉色,其中有时包裹有金红石晶体。可见一些略大的晶体似由小晶体逐渐聚合而成。刚玉总含量5%~7%左右。④黑云母。红棕-浅黄色,片状,片径为1~3 mm,含量30%左右,多与二种长石共生,构成片麻状构造。⑤夕线石。多为针状纤维状,亦有板状者,大小为0.01×2 (mm)左右,含量5%~10%。有的岩石可见夕线石与蓝晶石共生的现象,蓝晶石含量可达10%左右。副矿物:A、电气石:以其呈草绿色,多色性明显,中正突起,一轴晶,负光性而易于识别。粒径1×3 (mm)左右,含量小于1%;B、金红石:呈褐色,多为浑圆粒状,粒径为0.01~0.5 mm,星散分布于岩石中或刚玉晶体中,含量小于1%。

3 成矿温压条件及刚玉的形成

(1) 成矿温压条件:利用石榴子石、黑云母、二长石、蓝晶石-夕线石等地质温压计得到的结果,本区红蓝宝石矿的形成温度为625~685 或更高,成矿压力为6.5~8.2 GPa。根据岩石的矿物组合和岩石构造(片麻状构造、眼球状构造等),结合地质温压计研究结果,该区赋矿岩石的变质相为接近麻粒岩相的角闪岩相至麻粒岩相。变质级为接近高级的中级变质作用至高级变质作用。片麻岩的深熔作用已经开始。

(2) 刚玉的形成:显微镜下可以看到的是最初形成的刚玉细小他形者,分布于钠长石和条纹长石的粒间,并与它们细小颗粒共生。在木孜沟若矿点中含刚玉的眼球沿一定的方向排列,宝石级刚玉大多在条纹长石眼球中产出。这种眼球状构造是变质分异作用的产物,是混合岩化的初级阶段的表现。高温高压的区域变质环境为变质分异作用中物质的迁移提供了必要的外部条件,深熔作用的开始使分异作用更易发生。根据观察到的现象,笔者认为刚玉大晶体是在变质分异作用下由熔融岩石中分异出的细小 Al_2O_3 分子集团在岩石呈塑性状态迁移聚集

而成。在一些岩石薄片中我们清楚地看到在构造应力作用下岩石首先沿一种平行四边形网络破裂, 破裂之处有熔融现象并聚集了条纹长石和细小的粒状刚玉。随着变质作用的进程, 细小 Al_2O_3 分子集团 (冷却后即成为细小的粒状刚玉) 在岩石熔融 (或近乎熔融) 的条件下由细小粒状者逐步迁移聚集为粒径粗大者, 而其周围的熔体则形成条纹长石眼球。在此过程中, 原本在岩石中呈分散分布的金红石极易形成刚玉中的包体。而这种聚集作用形成的晶体由于细小刚玉粒间界面的存在以及包体存在而透明度不好, 但这种过程往往可以形成粗大的晶体。有时还可见聚集形成的刚玉晶体仍保留了原两组构造网络的特征。对眼球状构造未熔部分产生新的应力网络, 经此变动, 长石熔体作球状收缩形成眼球状构造, 由于应力场位置的迁移, 而使其处于应力较小的部位。由于长石熔体原本是沿特定的方向分布, 故其形成的长石眼球亦定向排列。在苏巴什 刚玉矿点, 刚玉有两种产出状态: 一为处于片麻理中的细小不规则状者, 当然无经济价值可言; 另一种产于眼球中的透明—半透明晶体, 好者有工艺用途。这些刚玉同样表现为由小聚大的特征。由于眼球内的刚玉大晶体与眼球外的刚玉小晶体仅是由于所处的微动热环境的不同而造成的。故笔者认为本区大、小刚玉是一期成矿。

4 岩石化学特征

矿化岩石的化学成分 (%) 为: Na_2O 3.69 ~ 4.52, MgO 1.04 ~ 3.18, Al_2O_3 22.69 ~ 29.67, SiO_2 52.73 ~ 56.08, K_2O 5.92 ~ 9.43, CaO 0.29 ~ 0.87, TiO_2 1.18 ~ 1.67, MnO 0.02 ~ 0.03, FeO 1.04 ~ 2.75, Fe_2O_3 0.63 ~ 3.87, P_2O_5 0.07 ~ 0.24, H_2O 0.36 ~ 0.86, CO_2 0 ~ 0.19。岩石属谢勉年科 (1960) 划分的七个等化学系列中铝硅酸岩类, 具富碱高铝的特点。原岩恢复工作表明变质原岩可能为正常沉积的粘土岩。

一般来说, 富铝贫硅的原岩有利于在变质作用过程中形成刚玉矿化, 但并非充分条件, 富铝贫硅的原岩在上述变质条件下并不一定能产生矿化。研究表明, 常用的尼格里值、ACF、AKF、ALF 值等岩石化学指数一般来说不能区分成矿岩石与非矿化岩石。为了找到制约红、蓝宝石矿形成的关键性岩石化学因素, 笔者进行了标准矿物计算, 结果表明 Al 、 Na 、 K 、 Si 是控制刚玉矿化的关键组分, 富 Al 、 Na 、 K 贫 Si 的变质原岩最有利于在变质过程中产生刚玉矿化。以一指数概之, 可称之为铝碱硅指数, 以 “ Δ ” 表示:

$$\Delta = (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{SiO}_2 \times 100\%$$

上式中各成分均以分子数计算。当 $\Delta < 40$ 时, 在相当于本区的变质条件下一般均能产生刚玉矿化, 而非矿化岩石一般 $\Delta < 31$ 。这一规律对其它地区也适用, 可作为一项找矿指标。