

86 1-2

武汉地质学院

84/85届

硕士研究生论文 摘要汇编

第一辑 •1986•

前 言

我院院部八四和八五届研究生中已有四十名完成了课程学习和学位论文，取得优良成绩。通过学位论文答辩和学位委员会审议决定，分别授予他们以理学和工学硕士学位。

为了进行学术交流，促进研究生的研究成果推广和应用；为了广泛征求同行专家的评议和指导，以提高我院研究生的培养质量和论文水平，现将两届毕业研究生的硕士学位论文摘要汇编成册。

热诚欢迎大家批评指正，并对我们今后的工作提出宝贵意见。

武汉地质学院学位办公室

1986年

简讯

武汉地质学院地质技术经济及管理现代化研究会成立

在祖国大地上兴起的经济改革和教育改革浪潮的冲击下，教育观念也在相应地发生着深刻转变。为了使教育、科研更紧密地为地质工作现代化服务，使地质科学、技术、经济、管理密切结合，使人才教育向横向学科、边缘学科领域广泛渗透，为了面向社会，充分发挥高等院校的科研优势，使我院教育、科研更有生机和活力，迫切需要大力加强地质技术经济和管理现代化的研究，并在组织建设上采取相应的措施。在“中国地质技术经济及管理现代化研究会”的直接领导和我院领导的大力支持下，经过充分的酝酿和筹备，六月十三日，在探教楼201室，召开了“武汉地质学院地质技术经济及管理现代化研究会”成立大会。130余名首批会员参加了成立大会。地质矿产部教育司司长程业勋同志和湖北省地矿局付局长兼湖北省地质技术经济及管理现代化研究会理事长陈洲琪同志应邀出席，并作了重要讲话。

该会宗旨是：研究我国地质资源的合理勘查、开发、利用，探讨地质管理工作现代化的途径。主要任务是：组织、推动会员研究地质技术经济及管理现代化的理论和方法，开展地质勘查工作中有关决策和方法的技术经济论证，探讨地质管理工作的现实问题，采取多种方式进行学术交流和培训人才，提供有关方面的咨询服务，为地质工作现代化服务。

会上，选举产生了由15名理事组成的首届理事会，并就今后学会的工作进行了布置。

目 录

富钨铌钽氧化物矿物的晶体化学研究.....	八五届	汪 苏 (1)
富钛镁尼日利亚石的晶体化学.....	八五届	凌 红 (2)
广西大厂长坡锡石——硫化物矿床铁闪锌矿(及黄铁矿)矿物学研究...	八五届	杨琇明 (4)
广西大厂长坡锡矿锡石等矿物学研究.....	八五届	柴 钢 (5)
迁安紫苏花岗岩系的岩石学研究.....	八四届	戴凤岩 (8)
河北遵化英云闪长质(灰色)片麻岩的岩石学研究.....	八四届	李平凡 (11)
黑龙江省五大连池及邻区富钾火山岩及超镁岩包体的岩石学研究.....	八四届	廖群安 (14)
宜丰逆冲断裂带的结构特征和岩石变形.....	八五届	李德威 (18)
北京西山流变褶皱的研究.....	八五届	黄万夫 (22)
湘西南早——中泥盆世碎屑岩地层岩相及古地理.....	八四届	龚一鸣 (26)
藏东昌都地区侏罗纪双壳类及沉积环境.....	八五届	童金南 (29)
广东韶关地区区域地球化学研究.....	八四届	鲍征宇 (31)
广东凡口铅锌矿床成矿作用地球化学研究.....	八四届	陈跃庭 (33)
广东韶关地区地层地球化学研究.....	八四届	殷庆和 (36)
广东翁源红岭钨矿床成矿作用与花岗岩浆演化之间的地球化学关系探讨	八四届	高 山 (38)
云南个旧锡——多金属成矿区硫化物——碳酸盐阶段成矿作用的 地球化学研究.....	八五届	石平方 (40)
云南个旧锡——多金属成矿区花岗岩热液蚀变作用的地球化学研究.....	八五届	邓保林 (43)
云南个旧锡——多金属成矿区花岗岩及细脉带矿床的地球化学研究.....	八五届	张跃宁 (45)
湖南瑶岗仙黑钨矿矿床地质特征及其形成机制.....	八四届	张德会 (47)
广西栗木花岗岩型钽铌矿床中长石类矿物的特征及其在成岩成矿中的意义	八四届	徐启东 (50)
江西414花岗岩型稀有金属矿床地质及云母类矿物的研究.....	八四届	程小林 (53)
湖南柿竹园钨多金属矿床地质特征及岩浆构造控矿作用.....	八四届	赵彦明 (56)

桂东北新路锡矿田矿床时空演化及成矿系列成矿模式研究.....	八五届	秦长兴 (59)
浙江龙泉八宝山金银矿床矿石组构及矿床矿成因研究.....	八五届	刘 平 (62)
浙江遂昌治岭头金银矿床的矿石建造研究.....	八五届	袁心强 (66)
黄河花岗岩和脉钨矿床的地质特征及成因.....	八五届	干国梁 (70)
广西平桂地区区域地质构造及控矿构造的遥感研究.....	八五届	金守罕 (75)
山西省西山煤田—霍西煤田石炭二叠系主要含煤段沉积格架的研究...	八四届	肖华云 (79)
矿化有利度预测法——以广西、芒场锡多金属矿床预测研究为例.....	八四届	骆俊峰 (80)
初勘地区大比例尺矿床统计预测研究.....	八四届	袁 丁 (83)
某些模糊数学模型在矿产预测中应用初探——以铜陵狮子山铜矿为例	八五届	邹敬东 (85)
阳平关地区片岩斜坡变形破坏分析及其统计预测.....	八四届	伍法权 (89)
郑州市工程地质条件定量化研究及其制图.....	八五届	刘一新 (91)
二层非各向同性大地中三维体的激电与电磁模拟及频谱激电的模拟原则	八五届	熊宗厚 (95)
孕镶人造金刚石钻头回转钻进岩石可钻性的试验研究.....	八四届	石昆山 (99)
岩石物理机械性质与人造金刚石孕镶钻头合理选用的试验研究.....	八四届	单志刚 (109)
回转钻进试验数据采集、管理和控制系统的研制.....	八五届	方国球 (114)
独头巷道抽出式排烟通风过程的理论与模型试验研究.....	八五届	陆愈实 (125)
钨在水流体和硅酸盐熔体相间的分配及花岗岩浆熔离作用的实验研究	八五届	许永胜 (134)
铜绿山接触交代铜铁矿床成矿古水文地质特征.....	八五届	孙 勇 (135)

富钨铌钽氧化物矿物的晶体化学研究

八五届 汪 苏

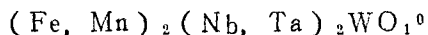
指导教师 潘兆橹 教授

自从1947年发现黑钨矿, 1805年发现铌铁矿以来, 人们对这两个族的矿物已进行了广泛的研究。但对黑钨矿—铌铁矿间是否存在一系列矿物, 一直持怀疑态度。1969年苏联学者发现了 WO_3 含量达37%的铌钽氧化物, 由于缺少单晶数据, 因此作为这个系列间的一个矿物种也没有得到普遍承认。本文对产于我国湖南省和江西省两地的富钨铌钽氧化物进行了系统的晶体化学研究。用X射线单晶照相法证实了铌黑钨矿确实存在, 并且找到了两种新的富钨铌钽氧化物, 根据产地分别命名为骑田岭矿和宜丰矿。

1、骑田岭矿晶体结构测定

在RASA—IS四圆单晶衍射仪上, 用 $\text{MoK}\alpha$ 射线收集了 $3^\circ < 2\theta < 65^\circ$ 范围的1559个衍射强度数据。视 $|FO| < 36|F|$ 的衍射点为不可观测点去掉后, 用于计算的独立衍射点数是539个。对衍射强度进行了LP因子修正, 无吸收修正。用直接法解出了重原子坐标, 再根据M—O键长的限制及付立叶逐步逼近法求得氧的坐标。最后经原子坐标、阳离子占有率及各向异性温度因子的修正, 结构的偏离因子 $R=0.11$ 。

在骑田岭矿结构中, 氧为六方最紧密堆积, 阳离子在平行氧最紧密堆积方向的八面体层中占据半数的八面体空隙, 每个八面体共两个棱与层内另两个八面体相连, 形成“之”字状链, 链间靠上、下层中的八面体“之”字状链共角顶相连。三类阳离子在八面体层间成CABACABBAC……方式有序排列, 为 $\alpha\text{-PbO}_2$ 结构的五倍超结构。骑田岭矿的晶体化学式为:

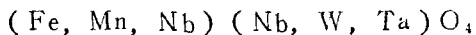


$$Z=4$$

2、铌黑钨矿的晶体结构测定

在RASA—IS四圆单晶衍射仪上用 $\text{MoK}\alpha$ 射线收集了 $3^\circ < 2\theta < 65^\circ$ 范围609个衍射点, 去掉 $|FO| < 3\sigma|F|$ 的衍射点后用于结构计算的独立衍射点数为340个。用Wilson统计法求得平均温度因子 $B=0.94$, 比例因子 $K=0.58$ 。归一化结构振幅的平均值证明晶体无中心对称。用重原子法解出了结构中重原子的位置, 再用模型法解出了氧的位置。经过对原子坐标、阳离子占有率及热振动参数的修正, 结构的偏离因子 $R=0.0933$ 。

铌黑钨矿与骑田岭矿的基本结构相同, 都为 $\alpha\text{-PbO}_2$ 型, 但结构中的三类阳离子却占据两个结晶学位置, 在八面体层间做ABAB……有序排列, 形成 $\alpha\text{-PbO}_2$ 结构的另一种超结构形式, 根据晶体化学分析, 铌黑钨矿的晶体化学式可写成:



(下转37页)

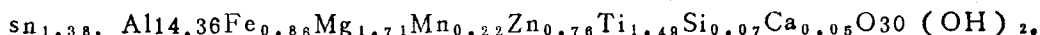
富钛镁尼日利亚石的晶体化学

八五届 凌红

指导教师 潘兆橹 教授

尼日利亚石是属于黑铝镁钛矿族的复杂氧化物矿物,已发现有6H和24R两种多型。其中6H多型在国内已发现过,并进行了详细的研究。本文对国内首次发现的、产于湖南柿竹园矿区的24R多型尼日利亚石进行了系统的晶体化学研究。

电子探针分析表明,本区的尼日利亚石存在有富钛富镁成分的亚种。其成分(%)为: SnO_2 , 16.28; Al_2O_3 , 57.03; FeO , 4.81; MgO , 5.36; MnO , 1.236; ZnO , 4.824; TiO_2 , 7.41; SiO_2 , 0.303; CaO , 0.223; 总计97.33。还有少量 H_2O 。计算出化学式为:



其中钛高达7.41% (过去发现的尼日利亚石的 TiO_2 含量 $\leq 0.51\%$), 化学式中Ti原子的个数为1.49, 是过去从未见过的。 Mg 原子在化学式中个数为1.71, 这与镁尼日利亚石亚种的镁原子个数2相近。故本文将此特殊成分的尼日利亚石定名为富钛镁尼日利亚石。

富钛镁尼日利亚石为黄褐色, 六方板状, $\{0001\}$ 解理完全, 半透明, 玻璃光泽。维氏硬度 $1280\text{kg}/\text{mm}^2$, 与尖晶石基本相同。比重 $D_x=4.1$ 。略低于其它产地的尼日利亚石, 这主要是由于富钛而锡、铁含量低造成的。一轴晶, 负光性, $1.78 < \text{NO} < 1.81$ 。

富钛镁尼日利亚石存在两种多型, 以24R多型为主。通过X射线单晶衍射、衍射, 观察到三种类型衍射图, 分别为6H多型单晶, 24R多型单晶和规则连生晶体衍射产生。单晶 $h0l$ 和 $h1l$ 华森堡图指标化得到两种多型的晶胞参数为:

$$\begin{array}{ll} 6\text{H}: a_0 = 5.73\text{\AA} & C_0 = 13.80\text{\AA} = 6 \times 2.3\text{\AA} \\ 24\text{R}: a_0 = 5.73\text{\AA} & C_0 = 55.70\text{\AA} = 24 \times 2.3\text{\AA} \end{array}$$

规则连生晶体的衍射现象比较复杂。在 $h0l$ 和 $h1l$ 的华森堡图中, $h-k=3n \pm i$ 的 h 值不变、 l 值变化的行列上出现明显的“双点”现象, 表明存在有24R双晶; 双点之外的附加弱点的加密现象, 则证明有6H多型晶体的存在。在 $h-k=3n$ 的 h 值相同 l 值不变的行列上, 无“双点”现象出现, 这是具R格子对称双晶衍射图的特征。表明此晶体中有24R双晶存在, 并同时具有6H多型连生。双晶及两种多晶的连生关系如下:

$$a_A // \overline{a_B} // a_H \qquad C_A // C_B // C_H$$

A—表示双晶A单体; B—表示双晶B单体; H—表示6H晶体。

双晶轴 $[0001]$

规则连生结合面 (0001)

在电子计算机上用“9241”粉晶计算程序指标了富钛镁尼日利亚石粉末数据, 指标的结

果也证实富钛镁尼日利亚石中两种多型,同时存在。

尼日利亚石及其相关矿物的结构中氧作最紧密堆积。中、小阳离子充填在四面体,八面体位置中,在堆积方向形成O层(全部为八面体)、T₂层(四面体与八面体数2:1)和T₁层(四面体与八面体数1:1)的交替堆垛。立方紧密堆积典型结构为尖晶石结构,结构模式为:

$\begin{matrix} C & C & C & C & \cdots \\ O & T_2 & O & T_2 & \cdots \end{matrix}$; 六方紧密堆积典型结构为金绿宝石结构,结构模式为

$\begin{matrix} h & h & h & h & \cdots \\ O & T_1 & O & T_1 & \cdots \end{matrix}$; 双六方紧密堆积为黑钨铁矿结构,结构模式为 $\begin{matrix} h & C \\ O & T_1 \end{matrix}$

$\begin{matrix} h & C \\ O & T_1 \end{matrix}$ 结构模式符号中上排为氧序、下排为金属离子层序。尼日利亚石及其同族矿物具有混层紧密堆积结构,根据已测定的结构得出的主要结构规律有:

1、氧堆积以立方堆积为主,六方堆积为辅,在氧堆积层序中,不能存在hh氧相邻的情况。

2、O、T(T₁或T₂)层沿堆积方向交替出现,构成本族矿物三维结构。其中T₁层必须在hc氧之间, T₂层必须在cc氧之间。

由上述结构规律详细推导了尼日利亚石及同族矿物多型的18种结构模式。尼日利亚石—24R多型存在三种可能的结构模式: 24R₁¹, 24R₂¹, 25R₂。其中:

24R₁¹结构模式为:

$\begin{matrix} h & C & C & h & C & C & C & C & \cdots \\ O & T_2 & O & T_1 & O & T_2 & O & T_1 & \cdots \end{matrix}$ S. G. R_{3m} 24R₂结构模式为:

$\begin{matrix} h & C & h & C & C & C & C & C & \cdots \\ T_1 & O & T_1 & O & T_2 & O & T_2 & O & \cdots \end{matrix}$ S. G. R_{3m}

根据紧密堆积原理和空间对称关系推算了上述两种模式结构中的原子坐标。提出尼日利亚石—24R多型两种试用结构,为后续结构测定工作奠定了基础。

根据本族矿物金属离子占位特点,导出富钛镁尼日利亚石的晶体化学式为:

(Mg_{1.71}Fe_{0.86}Zn_{0.76}Mn_{0.22}Si_{0.07}Al_{2.38})₂(Sn_{1.38}Ti_{0.62})₂(Al_{11.98}Ti_{0.87}1.15)₁₄O₃₀(OH)₂

讨论了尖晶石、金绿宝石、黑钨铁矿与本族矿物的结构关系。这一系列矿物具有基本的结构层O、T₂、T₁,由于氧堆积的方式不同,造成O、T(T₁或T₂)交替堆垛的方式不同。黑钨矿族矿物的结构是由尖晶石、金绿宝石和黑钨铁矿的结构衍生而来的。衍生关系如下:

尖晶石(立方堆积)

金绿宝石(六方堆积)

$\begin{matrix} C & C & C & C & \cdots & h & h & h & h & \cdots \\ O & T_2 & O & T_2 & \cdots & O & T_2 & O & T_2 & \cdots \end{matrix}$

黑钨铁矿(双六方堆积)

$\begin{matrix} h & C & h & C & h & C & \cdots \\ O & T_1 & O & T_1 & O & \cdots \end{matrix}$

黑钨矿族(混合堆积)

尼日利亚石(6H)

黑钨矿族(H8)

塔菲石(8H)

$\begin{matrix} h & C & C & h & C & C & \cdots & h & C & C & C & h & C & C & C & \cdots \\ O & T_2 & O & T_1 & O & T_1 & \cdots & O & T_2 & O & T_1 & O & T_2 & O & T_1 & \cdots \\ h & C & C & C & h & C & C & C & \cdots & & & & & & \\ O & T_2 & O & T_1 & O & T_2 & O & \cdots & & & & & & & \end{matrix}$

上述结构中, O层均具有相同的组成Al₂O₄, T₁、T₂层在各矿物中结构相同成分各异。

广西大厂长坡锡石—硫化物矿床 铁闪锌矿（及黄铁矿）矿物学研究

八五届

杨琇明

指导教师

王文魁 副教授

大厂锡多金属矿田位于（南）丹（河）池成矿带中部在江南古隆起西南缘的上古生代断陷带内。矿田主要构造为北西向紧密线型复式褶皱，具有明显的不对称性，一般东翼平缓，西翼较陡，局部地段有倒转。伴有压性逆断层和横张断裂。北西向褶皱——断裂与横向断裂交织组成矿田的基本构造格架。岩浆——成矿均以纵向断裂为依托呈带分布。

长坡锡石——硫化物矿床是大厂矿田内最主要的矿床。矿床主要地层为石炭系和泥盆系中、上统硅质岩、条带灰岩、扁豆灰岩及泥灰岩。矿体主要赋存于泥盆系中、上统岩层中。矿床内主要构造为长坡背斜和长坡逆断层。两者的走向大致平行，与区域构造方向也基本一致。呈北西向。次级构造为北东向，表现为小褶皱、横向裂隙及层间错动。

按构造条件及矿床特征将长坡矿床分为长坡矿段位于长坡背斜核部及附近。以北东、北西向裂隙交汇构成。北东向裂隙为控矿构造，沿走向普遍矿化。矿脉不受层位控制，主要矿体为裂隙大脉型和17*等切层矿体。铜坑矿段的矿体产于长坡背斜的北东平缓翼上，矿体受地层层位控制。呈似层状。铜坑矿段的矿体发育于“东岩墙”附近。岩墙由花岗斑岩充填于南北向张性裂隙中而成，其深部与黑云母花岗岩相连。花岗斑岩是黑云母花岗岩演化的晚期产物所含成矿元素比黑云母花岗岩高得多。

研究表明，大脉型矿体和似层状矿体中产出的铁闪锌矿。其微量元素（In、Cd、Ga）具有特征的变化趋势。大脉型矿体从上到下成矿温度是升高的；而朝北东方向（东岩墙方向），似层状的成矿温度是升高的。这与热力学计算结果一致，并且在共生矿物组合上也有所反映。

长坡矿段矿体的形成无疑与长坡逆断层有关。然而，从矿体特征，构造环境，岩浆岩，硫同位素及铁闪锌矿中微量元素的演化趋势来看，“东岩墙”有可能是形成铜坑段矿体的导矿通道。

应用反光显微镜、扫描电镜、透射电镜和相衬显微镜观察了铁闪锌矿及黄铁矿的微形貌及形态特征，旨在了解晶体的形态、形貌的形成机理及其与环境条件的关系。

大脉型矿体从下到上铁闪锌矿晶体形态的演化趋势是假八面体（ $(111) \approx (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ）→假八面体（ $(111) > (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ）→正八面体（111）。而92*矿体→91*矿体—细脉带矿体铁闪锌矿晶形呈下列关系：假八面体（ $(111) \approx (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ）→正四面体（ $(111) > (\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ ）→假八面

（下转25页）

广西大厂长坡锡矿等矿锡学研究

八五届

柴钢

指导教师 王文魁 副教授 邵浩连 副教授

广西大厂是我国著名的锡矿基地之一,长坡锡矿床是其典型的锡—多金属硫化物矿床。该矿床产于长坡背斜轴部转折端部位,泥盆系海相沉积地层(灰岩、硅质岩)中,矿床东部的笼箱盖黑云母花岗岩体是其主要成矿母岩体。

按矿床中锡石产状及共生矿物特征可将其分为五种矿物组合类型

- 1、锡石—石英组合
- 2、锡石—磁黄铁矿组合
- 3、锡石—黄铁矿组合
- 4、锡石—方解石组合
- 5、锡矿包

总体上,这些矿物组合代表了从早到晚,从高温到低温的不同成矿阶段。

锡石中微量元素, Nb 、 Ti 、 S 、 T 等含量极低,具有典型的锡石—硫化物矿床特征。在矿床中,对于不同矿物组合,从高温到低温,其微量元素含量有逐渐减小趋势。对锡石中主要微量元素进行波谱面扫描分析表明, F 、 Ti 、 Nb 、 T 等微量元素均以类质同象形式存在,取代方式为: $Ti^{4+} \rightarrow S_n^{4+}$, $F_2^{3+} + Nb_2^{5+} \rightarrow S_n^{4+}$, $F_2^{3+} + T_2^{5+} \rightarrow S_n^{4+}$ 。

在矿区锡石晶胞参数研究基础上,对比研究了不同类型矿床锡石晶胞参数,结果证实,锡石晶胞参数随不同矿床类型而变化,从岩浆岩型→伟晶岩型云英岩型→锡石硫化物型。锡石的晶胞参数逐渐减小。 CO/a_0 逐渐增大。作 V_0 与矿化类型(与矿化温度一致)的关系可看出二者关系呈线变化,但若以云英岩型为界,则沿高温及低温可看作两段线性变化曲线,表明在该条件下,一定有某种晶胞参数影响因素发生了突变,结合前人研究资料,锡石晶胞参数变化与其中所含微量元素特征有关,微量元素含量越高,晶胞参数越小,其变化曲线亦有上述分段线性变化。证实微量元素的存在是晶胞参数变化的主要原因。晶胞参数的突变原因是由于类质同象微量元素含量的饱和,而逐渐以包体矿物形式存在,后者不影响锡石晶胞参数。由此得出,锡石中以类质同象形式存在的微量元素极限值在 $400^\circ C$ 时约为 1.2%,随其形成温度的增高,此极限值略有提高。根据晶胞参数特征,可将锡石硫化物矿床与其他矿床类型区分开来,其界限值为 $V_0 = 71.53 - 71.55$,前者较大后者较小。

锡石中微量元素含量高,晶胞参数变小,其原因就是这些微量元素半径皆小于 S_n^{4+} 其 Co/a_0 值多小于锡石晶胞参数值。由于这些元素离子外电子层结构均为 8 电子型,而 S_n^{4+} 则为 18 电子型,二者具有不同的极化性质。这从金红石 $[TiO_6]$ 为拉长的八面体,而 $[S_nO_6]$ 为

压扁的八面体的特征可明显看出其性质的差异,因而限制了它们的类质同象代替。

从锡石反射率色散曲线可明显看出不同矿物组合中锡石反射率变化的差异,锡石—方解石组合中,色散曲线平缓,在低波长区,曲线斜率有所增长,但不明显,而对于锡石—硫化物组合,其色散曲线则可明显分为两部分,高波长区的平缓变化和低波长区的突然变陡,并且,对于锡石—磁黄铁矿组合,在高波长区,其 R_0 值往往变至10%以下。锡石反射率变化主要与其中微量元素含量有关,微量元素含量多,反射率往往变小。而由于这些元素多为色素离子,因而往往使反射色纯度增大。

通过锡石的一般矿物学特征研究表明:锡石微量元素含量在影响锡石各种性质上有着十分重要的作用。

笔者在晶体测量的基础上观察和统计了矿区锡石的形态特征。通过测量,作出了锡石晶体的形态图。并恢复了晶体的理想形态图。根据测量数据,计算了锡石晶体的轴率 $C/a=0.6281$,与晶体晶肥参数 $C_0/a_0=0.6725$ 的相对误差为0.8%,表明该晶体各晶面的发育还是比较理想的。特别是如果仅取大晶面 $\{111\}$ 、 $\{101\}$ 各面测量数据计算轴率 $C/a=0.6713$,相对误差为0.18%,因此笔者认为:晶体测量方法计算轴率,采用大晶面测量数据计算,其结果将会既简单又准确。

矿区锡石的主要晶面有 $S\{111\}$ 、 $m\{110\}$ 、 $e\{101\}$ 、 $a\{100\}$ 、 $h\{210\}$ 、 $t\{321\}$ 、 $n\{421\}$ 、 $i\{552\}$ 、 $q\{771\}$ 、 $C\{001\}$ 等,一般情况下,锡石往往为其中几种单形组成。如 $S\{111\}+m\{110\}$ 、 $S\{111\}+m\{110\}+a\{100\}$ 、 $S\{111\}+m\{110\}+a\{100\}$ 、三种形态就占55%以上,表明矿区锡石形态趋于简单化。

不同矿物组合锡石的形态特征不同,锡石—石英组合中,锡石除 $S\{111\}+m\{110\}$ 发育外,常见 $e\{101\}$,后者常比 $S\{111\}$ 更发育。锡石—磁黄铁矿组合中,锡石形态多不完整,可见 $C\{001\}$ 面 $t\{321\}$ 面。锡石—黄铁矿组合中的锡石,其形态特征往往为除 $S\{111\}$ 、 $m\{110\}$ 外,晶面 $a\{100\}$ 及 $h\{210\}$ 亦比较发育,而锡石—方解石组合中的锡石则为锥面 $e\{101\}$ 常见, $t\{321\}$ 为其特征晶面,发育不大,但总可见到。因此,锡石的形态与其形成条件密切相关。氧逸度较大时,有利于 $e\{101\}$ 面的发育,而硫逸度较大时,则对柱面的发育有促进作用。

根据锡石晶体结构特征:由布拉维定律作出了锡石基本晶面演化图。将矿区锡石形态分别投影可知。

1、锡石形态从矿体深部到浅部经历了两个系列的变化。

$$S\{111\} + m\{110\} \begin{cases} + e\{101\} \rightarrow + a\{100\} \\ + a\{100\} \rightarrow \text{消失} \end{cases}$$

反映了矿化过程经历了氧化→还原→弱氧化的过程。

2、形态演化系列仅有右方演化。而无左方 $\{100\}$ 为主的演化系列,表明 $\{100\}$ 面在晶体形态上意义并不十分重大,因此,布拉维定律的应用有一定局限性。其原因在于它是一般几何定律。

3、对苏联雅库特地区锡石形态投影,与笔者所得结论刚好一致,并且由此可以推断:矿区深部为一远景区,矿化类型为锡石—石英型,是矿区锡石—石英组合的延深部分,但规模不大。

矿区锡石双晶较少,但双晶各个体形态特征都相同,与其产出的矿物组合中锡石形态一致。进一步证实了晶体的形成背景,对锡石形态有着十分重要的影响。

矿区锡石环带结构十分发育,根据环带结构特征的不同,常可划分为对称与不对称环带,全环带与部分环带,简单环带与复杂环带,锡石环带结构往往从早到晚,其颜色由深到浅(黑、深棕→棕→浅棕,浅黄→无色)变化。并且在每一个大的环带色变化周期中,往往还有细小的韵律式变化,其变化频率由下到上逐渐减小。

根据锡石的环带结构特征,可将矿区锡石的个体生长发育史分为五个阶段:晶芽阶段→非平衡发育阶段(中央管状体的形成)→过渡阶段($\{111\}$ 环带的超覆)→平衡发育阶段→ $\{321\}$ 面发育阶段,反映了锡石结晶过程中,溶液过饱和度由大到小的变化过程,不同矿物组合,各阶段发育程度不同。对于锡石硫化物组合,前两个阶段较发育,而锡石方解石组合,前二阶段往往不发育,后三个阶段比较发育,表明锡石结晶时过饱和度前者大,后者较小,由此推断,溶液中 $[S_2^{2-}]$ 的存在促使含Sn络合物迅速分解,是Sn的沉淀剂,而 $[CO_3]^{2-}$ 的存在则起着缓冲作用。有利于锡石的结晶,这从前者结晶粒度较小,歪晶较多,后者结晶粒度较大,常呈较理想的晶体的现象可以证实。

用电子显微镜和Nu-2带位相装置的显微镜观察了锡石的晶体表面微形貌特征,表明 $\{111\}$ 、 $\{110\}$ 是层生长面, $\{100\}$ 面亦有生长层特征, $\{001\}$ 、 $\{321\}$ 均为粗糙面。晶面上的微斜面均为生长层边缘台阶的迭积形成的台阶面组成。因而晶面条纹并非丹纳系统的聚形纹。

笔者运用P.Hartman的PBC理论分析了锡石晶体的面网结构和性质,划分了三个F面, $\{111\}$ 、 $\{101\}$ 、 $\{110\}$ 并定性地对比了F面的强度,与P.Hartman划分的金红石晶面性质不同(金红石仅 $\{101\}$ 及 $\{110\}$ 为F面),说明即使是同一结构类型的晶体,由于其原子位置的差异,而面网性质也不相同,因而形态特征相异。由此给出了锡石晶体的理论形态图。与矿区锡石的理想晶体形态特征十分吻合,证明笔者的划分是正确的。也说明PBC理论对天然矿物理想形态的应用是可行的。矿区锡石形态的多样,表明结晶生长条件对晶体形态有着十分重大的影响作用。因此,形态研究方法对于研究矿区环境条件有着十分重要的意义。如果结合矿物晶体生长实验研究,即可定量确定晶体形态结晶条件的关系。就会为这门古老的学科赋予新的生命力,开拓更广阔的前景。

对矿区主要硫化物黄铁矿,铁闪锌矿的形貌特征也进行了观察,黄铁矿的形态随 f_{S_2} 的减小,从五角十二面体→五角十二面体+立方体→立方体(条纹面)→立方体(光滑体)逐渐变化,八面体仅为一个从属晶面,不独立存在,铁闪锌矿正负四面体面具有不同的形貌特征。 $\{111\}$ 面为规则的三角形条纹, $\{111\}$ 面则为圆滑或不规则纹,总体较光滑, $\{111\}$ 面三角纹是由 $\{111\}$ 面生长层边缘限制和影响作用形成。

通过上二矿物的表面微形貌观察表明:1、天然矿物即使在低过饱和度条件下,仍可以二维成核机制生长,而并不必要以螺旋机制生长。2、新的生产层往往为多核方式生长,由此可以推断,天然矿物二维生长层面上的成核作用,可能是通过表面的杂质元素吸附点进行的。这与天然含矿物多有各种各样的杂质元素现象相吻合。

迁安苏岗岩系的岩学研究

八四届 戴凤岩

指导教师 游振东 教授

河北省迁安地区大面积出露了太古代的高级变质岩并伴有紫苏花岗岩系的岩石出露,多年来许多学者在该地区做了工作,在变质作用变形历史,矿产,同位素年代学方面取得了不少科研成果,但在紫苏花岗岩的研究方面一直比较薄弱,至今尚未见有关迁安紫苏花岗岩的系统研究文章发表。

紫苏花岗岩是,暗色矿物以斜方辉石出现特征的长英质岩石,尤以其颗粒粗大,长石石英都具有特有的暗色为特征。紫苏花岗岩系在世界范围内都有分布,出露于前寒武纪,与麻粒岩相变质岩紧密共生,是古老结晶岩系的组成部分。研究紫苏花岗岩可以对地壳早期历史的研究提供信息。

研究迁安紫苏花岗岩成因,可以对迁安地区太古代地质环境的确定提供依据。研究迁安紫苏花岗岩,确定迁安紫苏花岗岩源岩,紫苏花岗岩多样性和岩石成因是本文重点。

一、迁安紫苏花岗岩地质及岩石学特征

迁安紫苏花岗岩系在野外出露比较分散,分布广而不均,呈孤零岩体,脉状或酸块状产出根据岩石的化学成分,矿物成分,结构构造结合野外产状,可以将迁安紫花岗岩系岩石分为四类。

1、贫硅贫钾紫苏花岗岩类:成分偏基性 $\text{SiO}_2=51.02-58.04\%$,长石矿物以斜长石为主。钾长石很少出现。主要岩石种类有黑云石英苏长岩,石英苏长岩,主要出露地点在裴家坟,印子峪河边,表现为原地型的产状特征。

2、二长紫苏花岗岩类:成分为中酸性, $\text{SiO}_2=61.06-74.58\%$,钾长石斜长石含量相近,有时为二种条纹长石。主要岩石种类有二长紫苏花岗岩,纹长二长岩等。主要出露地区在水厂印子峪,孟家沟、塔山,蟒山等地,主要表现为侵入型的产状特征。

3、含榴紫苏花岗岩类:在成分上属于二长紫苏花岗岩类,但因其明显出现石榴石矿物和成分偏基性而从二长紫苏花岗岩类中分出作为一个亚类。在迁安仅出现含榴纹长二长岩,其 $\text{SiO}_2=52.99-58.64\%$,出露点主要在印子峪河边,羊崖山等地,主要表现为原地型产状特征,其围岩主要是富铝的含榴片麻岩类。

4、富钾紫苏花岗岩类:该类岩石显著特点是 K_2O 含量高($>4.5\%$),属酸性岩, $\text{SiO}_2=63.48-75.29\%$ 。浅色矿物以钾长石为主,主要种类有钾长紫苏花岗岩,紫苏花岗岩和紫苏正长岩。主要出露点是印子峪河边和孟家沟,大多发育有交代作用的特征,产状上为原地型和侵入型特征。

与紫苏花岗岩共生的尚有紫苏花岗岩化的紫苏混合片麻岩。紫苏花岗岩与迁西群变质岩的关系比较多样,表现出不同的产状特征,紫苏花岗岩内也可见多种成份。形态多样的变质岩包体。

二、迁安紫苏花岗岩矿物学特征

紫苏花岗岩中主要矿物有斜长石,钾长石,紫苏辉石,黑云母,石英,含榴紫苏花岗岩中还有石榴石矿物。

1、斜长石,在不同类型的紫苏花岗岩中斜长石成分有所不同,富钾紫苏花岗岩类 $A_n=28$,二紫系岩类 $A_n=33$,含榴紫苏花岗岩类 $A_n=36$,贫硅贫钾紫苏花岗岩类 $A_n=39$ 。平均值为 $A_n=36$,斜长石在成分上贫钾, $K_2O<0.001\%$, $Or=0$,含Sr最高达 $SrO=3.79\%$,在二长紫苏花岗岩中出现反条纹长石,主晶仍是中长成分,反映了麻粒岩相的生成条件,斜长石在成分上还可表现出紫苏花岗岩形成过程的不同阶段和迁安地区太古代时期多次热事件所留下的痕迹。

斜长石表现出较高的有序度表现出前寒武纪斜长石的特征,很少出现无序的斜长石。贫硅贫钾类有序型(O)= 80% ,过渡型(T)= 20% ,无序型(D)= 0 。二长岩类, $O=70\%$, $T=30\%$, $D=0$,含榴岩类, $O=87\%$, $T=7\%$, $D=6\%$ 。富钾岩类, $O=52\%$, $T=43\%$, $D=0$ 。偏基性成分的岩石在斜长石结构方面继承了源岩的特征。

斜长石出现的双晶多为简单双晶(A),钠长石双晶,肖钠长石双晶和卡斯巴双晶(U),很少出现复杂双晶(C)。迁安紫苏花岗岩中 $A:C=82:2:17.8$,表现出太古代岩石的特征。

2、钾长石,成分范围, $Or=80.2-89.5\%$, $Ab=10.5-17.8\%$, $An=0$,微量元素方面 FeO 较高,可达 0.27% , Ba 含量高是本区钾长石的特征,最高 BaO 达 1.16% ,反映了结晶条件属麻粒岩相,碎屑油浸测定钾长石主折射率变化不大, $Ng=1.527-1.525$, $Nm=1.525-1.523$, $Np=1.521-1.520$ 。X-粉晶用“三峰法”确定结构名称是靠近正长石系列的中间微斜长石,三斜度 $\Delta=0.65-0.87$,有序度 $\delta=0.1-1$,一般在 0.5 以上,在二长紫苏花岗岩中以条纹长石为主,具格子双晶的微斜长石只在交代强烈的富钾岩类中出现。

3、斜方辉石:紫苏花岗岩中出现的斜方辉石都属紫苏辉石范围; $En=47.5-52\%$, $Fs=47-52.3\%$ 。 Al_2O_3 含量在 $1.57-6.54\%$ 之间,一般来说 $Al^{IV}>Al^{VI}$ 均属低压麻粒岩相成因,紫苏辉石中 Al_2O_3 含量与共存矿物和岩石成分关系密切,在含榴紫苏花岗岩中, Al_2O_3 含量相对较高,紫苏花岗岩中紫苏辉石成分不均匀,矿物中心具有较高的 En 值,与伴生的斜长二辉岩中的紫苏辉石比较具有较高的 Al_2O_3 和较低的 MgO , Fs 较高,单偏光下具明显的多色性。

4、黑云母:在单偏光下为褐色深棕色,在贫硅贫钾岩中具有较高的 $Al=1.97$,和较低的 $Fe^{2+}(=0.69)$, Mg 较高($=1.56$),在二长岩中 $Fe^{2+}=1.14$, $Mg=1.36$, TiO_2 含量普遍较高($>4\%$), $Al^{IV}>Al^{VI}$,属少铁黑云母,生成条件为麻粒岩相。

5、石榴石:仅出现在含榴紫苏花岗岩中,主要是铁铝榴石——镁铝榴石系列,其铁铝榴石分子= $61.21-66.9\%$,锰铝榴石= $1.62-2.0\%$,钙铝榴石= $4.3-7.55\%$,镁铝榴石= $27.0-30.78\%$,钙铁榴石= $5.48-6.39\%$ 。石榴石的 FeO/MgO 值与岩石化学成分有关,石榴石成分在同一颗粒内变化较大,尤其是 Mg , Al 在中心含量明显高于边缘。石榴石成分特征确定是麻粒岩相条件下的产物。

三、紫苏花岗岩矿物温度计、压力计

1、变质作用和熔融开始阶段的温度使用斜长二辉岩中的二辉石,利用伍德和板野二辉石温度计计算得 $810^{\circ}\text{C} \pm$, 与其他作者的 $850^{\circ}\text{C} \pm 60^{\circ}\text{C}$ 基本吻合, 压力为 8kb 左右, 地热梯度 $30^{\circ}\text{C}/\text{Km}$ 。这一条件代表了迁安地区迁西群变质条件, 在此条件下中性源岩发生熔融形成紫苏花岗质熔浆。

2、紫苏花岗岩结晶时的P—T计算, 利用紫苏花岗岩中的紫苏辉石, 黑云母, 石榴石及斜长石, 石英计算结晶温度为 $710-720^{\circ}\text{C}$, 压力为 6Kb 左右, 地热梯度为 $36^{\circ}\text{C}/\text{KM}$ 。紫苏花岗岩形成的P—T趋势是向着地热梯度增大的方向。

四、紫苏花岗岩系的岩石化学特征

1、主要元素之间的关系表现出火成岩的特征, 岩石成分从基性到酸性, 但以中性为主, 在 $\text{SiO}_2 = 65\%$ 处显示出最高的频数, 与印度南部的紫苏花岗岩所显示出的双峰式明显不同, 而表现出钙碱性岩的成分趋势。

紫苏花岗岩在主要元素方面与关系密切的变质岩具有某些继承性。

2、微量元素: 稀土元素方面除含榴紫苏花岗岩表现出较平稳的分配曲线外, 其余各类型均表现出轻稀土富集, 重稀土亏损的分布曲线, 各岩类具有明显地Eu负异常或无Eu异常, 表现出岩浆分异的特征。ΣREE与 SiO_2 之间无明显的相关关系, 富紫紫苏花岗岩具有最高的稀土总量。有关的变质岩则显示出类似于富集型太古代安山岩的稀土分布曲线。

迁安紫苏花岗岩K/Rb比值介于180—800之间, 集中于300—400与印度南部的低压型紫苏花岗岩近似。紫苏花岗岩中Rb较低, Ba, Sr含量大于400ppm, Ba/Sr比值变化(0.4—7.27)。有关的变质岩的Ba/Sr, K/Rb, Rb/Sr, 比值与紫苏花岗岩比较接近。

紫苏花岗岩变质岩的Cr, Ni, Ti, Zr等成分表现出火成岩性质, 钙碱性岩特征。

紫苏花岗岩有关的变质岩在化学成分上具有同源性, 其源(原)岩是中性的火山岩和火山岩和火山沉积岩。

五、紫安紫苏花岗岩成因探讨

1、按紫苏花岗岩的地质及岩石学标志, 可确定其地质类型有深熔原地型, 深熔侵入型和深熔交代型三类。紫苏花岗岩在成分上继承了源岩成分, 是由源岩部分熔融形成的, 源岩的成分不同, 以及熔融程度的差别导致了紫花岗岩成分类型的多样性。源岩成分是中性的火山岩和沉积岩。

2、紫苏花岗岩在成分上表现了原地型, 侵入型和过渡的成因特征。稀土元素也证实了迁安紫苏花岗岩是由部分熔融形成的。

3、紫苏花岗质熔浆的生成条件, 属于麻粒岩相区域变质作用其温度 $850^{\circ}\text{C} \pm 60^{\circ}\text{C}$ 压力为 $8-10\text{Kb}$ 。由于条件限制, 大多数的辉石和部分斜长石没有完全熔融, 所形成的是一种以长英质为主的液相和以辉石为主要固相的混合熔浆。

4、通过REE在紫苏花岗岩中的分配来估算源岩熔融形成熔浆的程度, 使用的公式是 $C = C' / (D(1-F) + F)$, 分配系数利用Arth (1976) 提出的数据。结果表明: 各紫苏花岗岩类具有不同的熔融程度, 从30%到70%不等, 普遍表现为熔融程度较高, 二长紫苏花岗岩平均达百分之七十, 黑云石英苏长岩平均达百分之九十, 这显然是熔浆中混有未熔的固相物质造成的, 说明这种固—液混合熔浆成分相当于源岩部分熔浆70—90%的成分。这些岩石表现出原地型的产状特征, 而偏酸的紫苏花岗岩表现出较显著的侵入型特征, 计算的熔融程度在30—50%之间。

(下转39页)

河北遵化英云闪长质(灰色) 片麻岩的岩石学研究

八四届 李平凡

指导教师 王仁民 副教授

遵化地区位于中朝地块北缘,发育有太古代迁西群变质岩系,从该岩系中我们识别出一套具英云闪长质——奥长花岗质片麻岩石,它们和世界其他地区同类石有类似的岩石学、岩石化学特征。

一、岩石特征

遵化地区以太古代绿岩带地区常见的双峰式(基——酸)岩套为特征,富含金矿和其相邻的迁安地区相区别。根据遵化岩石、构造特征认为该区可作为一个独立的构造(亚)区存在,并把该区岩石划分为三个岩性段,即下部基性(含榴)斜长角闪辉石岩为主的基性变质岩段(银丝沟段),该段中有较多的英云闪长质片麻岩;中部的英云闪长质——奥长花岗质片麻岩为主的汤泉段,该段中夹有少量含榴基性变质岩薄层和具安山质成分的黑云角闪斜长片麻岩的禅林院段(上部)。

遵化地区英云闪长质——奥长花岗质石野外以小侵入体、脉状贯入到基性变质岩和其他岩石中,和围岩(基性变质岩等)之间接触界线模糊,渐变过渡的根据英云闪长质岩石的构造及化学成分,把遵化英云闪长质(灰色)片麻岩分成(中性)斜长岩、斑点状英云闪长岩、中——细粒英云闪长质、奥长花岗质片麻岩、富钾花岗质片麻岩(深位侵入体)及含榴英云闪长质麻岩(混合岩)。在遵化地区中——细粒英云闪长质、奥长花岗质片麻岩最为多见。我们把这套岩石简称为英(云)闪(长)岩系列——灰色片麻岩。

遵化英云闪长质、奥长花岗质岩石的暗色矿物相通常小于25%,角闪石矿物为主,含有少量黑云母、单斜辉石(次透辉石)。部分岩石中可以见到石榴石;浅色矿物以斜长石、石英为主,钾长石较少见(<5%),这和世界大多数地区英云闪长质岩石中暗色矿物相以黑云母为的情况是有差异的。遵化英云闪长质和奥花岗质岩石暗色矿物含量上是连续变化的,以10%暗色矿物相来区分二者。

二、岩石化学特征

遵化灰色片麻岩的主要化学成分表明它们具有英云闪长岩、奥长花岗岩、(富钾)花岗岩成分;具有辉长岩——奥长花岗岩演化趋势(系列)。利用主要元素(11种)的模糊聚类分析表明:遵化灰色片麻岩有和世界大多数地区灰色片麻岩(英云闪长岩石)相类似的主要元素特征,尤其是和格陵兰地区Amitsoq片麻岩和Nuk片麻岩相似,稀土元素的聚类结果

同样支持着这一结论。中性斜长岩的主是元素和英云长质岩石有较大的差异。

遵化英云闪长岩——奥长花岗岩的主要元素成分： SiO_2 60—74%； $\text{MgO} < 4\%$ ，通常 $< 3\%$ ； $\text{Fe} < 6\%$ ；通常 $\text{FeO}^* + \text{MgO} < 6\%$ ； Al_2O_3 14—18%，集中在 15—17%， $\text{K}_2\text{O} < 2\%$ （集中在 $1.5\% \pm$ ）； Na_2O 3—6.5%， CaO 2—6%； $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 0.5$ ，属于 Barker 划分的高铝型英云闪长质岩石。富钾花岗岩相对富钾（ $\text{K}_2\text{O} > 2\%$ ， $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 0.5$ ），镁铁含量更低，斜长岩有较高的 Al_2O_3 （ $> 20\%$ ）和 Na_2O （ $> 5\%$ ）含量。遵化英云闪长质岩石随着 SiO_2 的增加， Al_2O_3 、 FeO^* 、 MgO 、 CaO 有降低的趋势； Al_2O_3 随着碱金属（ Na_2O 、 K_2O 、 CaO ）的增加而增加，尤其是随 Na_2O 的增加更为显著；随着 $\text{FeO} + \text{MgO}$ 增加， CaO 增加， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 减少，含榴英云闪长质片麻岩具有更高的镁铁含量。

遵化灰色片麻岩中不同岩类的稀土模式不同，斜长岩和斑点状英云闪长岩有分馏的稀土模式（ $\text{LaN}/\text{YbN} = 16-22$ ），微弱的 Eu 异常（ $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.86-1.13$ ），稀土总量较高（ $\Sigma\text{REE} = 125-144\text{ppm}$ ）；中——细粒英云闪长质——奥长花岗质，富钾花岗质片麻岩有较大幅度的分馏（ $\text{LaN}/\text{YbN} = 32-53$ ），与斜长岩不同的是它们有明显的正 Eu 异常（ $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 2.4-4.5$ ，最高达 6.5），稀土总量相对较低（ $\Sigma\text{REE} = 20-42\text{ppm}$ ），稀土模式尾端部分（Lu）上翘。

遵化灰色片麻岩之间的各种数值及它们之间的相互关系表明：从斜长岩、斑点状英云闪长岩→中细粒英云闪长质——奥长花岗质片麻岩→富钾花岗片麻岩（ SiO_2 增加），岩石稀土总量是逐渐低的、稀土分馏程度（ $\text{LaN}/\text{YbN} = 16-53$ ）和 Eu 异常（ $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.81-4.5$ ）则是增加的。Eu 异常除随着 SiO_2 增加而增加外，还随着 CaO 、 Na_2O 、 Al_2O_3 、 $\text{FeO}^* + \text{MgO}$ 的减少而增加。Eu 异常的变化规律表明贫硅、富铁镁矿物（角闪石）的分离是控制这一变化的主要因素。岩石成分表明遵化各类英云闪长质岩石（TTG）之间有着共同的成因演化机理，值得指出的是遵化灰色片麻岩中那种具极低稀土含量和极高正 Eu 异常的稀土模式（中细粒英云闪长质，奥长花岗质、富钾花岗质片麻岩）在世界各地灰色片麻岩中还不多见。遵化灰色片麻岩和现代大陆环境中同类岩石有类似的主要元素和稀土特征。含榴英云闪长质片麻岩稀土特征和这一岩石系列演化规律不助调，岩相学资料和成分模拟表明其应属于“混合岩”（残留体+熔体）。

与灰色片麻岩密切相关的基性变质岩从稀土特征上可分为富集型的 TH_2 和平坦型的 TH_1 两类，它们的稀土和主要元素模糊聚类分析表明它们分别类似于常见于太古代绿岩带中的拉斑玄武岩 TH_1 、 TH_1 类型岩石。它们有和出现在现代聚合板块边缘（大洋壳）的低钾拉斑玄武岩和大陆壳（岛弧地区）的钙碱性玄武岩相类似的主要元素和微量特征。

发现于遵化地区的具（变质）鬣刺结构科马提岩在化学成分上相当于橄榄科马提岩。主要和稀土元素的聚类分析表明其和阿比提比绿岩带中橄榄科马提岩（具鬣刺）相类似，但 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 值偏低（ < 1 ）。

三、英云闪长质（灰色）片麻岩的成因

原岩判别表明遵化灰色片麻岩来自火成岩，野外和基性岩石的相互关系及同位素证据表明它们可能来源于地幔榴辉岩或短期地壳拉斑玄武岩的部分熔融或基性岩浆的结晶分离。遵化岩石模拟计算表明一个直接地幔源是不合适的。而以遵化拉斑玄武岩（ TH_1 、 TH_2 ）为源岩对遵化灰色片麻岩稀土、主要元素和微量元素的模拟结果令人满意。根据这一模拟结果提出了遵化英云闪长质（灰色）片麻岩成因的一个可能模式，即在深变质作用（角闪麻岩岩亚