

麻粒岩地区的某些基本特征及冀东变质 铁矿区岩石学工作的若干问题

长春地质学院 董申保

冀东地区十五年来在铁矿方面取得了很大进展，成为我国重要铁矿基地之一。我们这次来冀东工作了一个半月，学习了不少东西。在工作中得到省局申总、冀东指挥部杨主任和同志们的大力支持，得到北大、天津地矿所、武汉地院同志们的协作，对此表示感谢。

我们（董申保、张贻侠、阎鸿铨）在野外看了十个剖面（迁西群六个，单塔子群二个，朱杖子群二个）和几个矿点（司家营、石人沟、龙湾及柞兰杖子等），室内和赵文浩同志一起，观察了184片薄片。由于来不及综合整理，这里汇报只能谈一些原始资料和初步看法，请同志们批评。

在汇报之前，我想就区域普查和综合研究对于当前找矿的重要性，谈谈个人一些认识。申总方才也说了，上海和桂林铁矿工作会议都提出了“区域展开”和“点上突破”，这是一个方向性问题。六十年代以来，国内外找矿有很大进展，这是由于在指导找矿的矿床类型方面有几个突破：一是在火山岩地区，同火山作用有关的矿床的新发现；第二是斑岩铜矿和斑岩钼矿等方面，有很大的发展；第三是找寻变质岩区绿岩带所含的矿产（主要是金属矿产，也包括一些非金属矿产）发展很快。找矿的新方法、新技术的发展（包括物化探、遥感遥测及实验室技术方法等方面）促进了找矿勘探工作。国外经验说明，仅仅有矿点上的工作和新技术方法是不够的。如果不进行区域性综合研究，到了一定阶段，先进技术方法就无用武之地了。如不及时找出远景地区，找矿工作就会出现停滞的局面。在国外五十年代以前很长一段时间里，有些较大矿山，往往被认为是单个的，很难再找到第二个矿床。是不是没有新的矿山了呢？以后，他们才逐渐认识到造成这种状况的原因之一是区域性工作没有展开。过去的工作往往是总结某些点上的矿床的特点。这种总结仅反映了矿床形成的一个侧面，不能反映成矿过程的整体。在通过区域调查，把地质、物化探资料进行综合研究后，从总体上来了解成矿过程，局面就逐渐扭转了。国外这方面的经验值得我们借鉴。过去矿床有两个极端类型，一个是与层位无关的，如岩浆矿床和热液矿床；一个是与地层层位有关的，如沉积矿床。现在出现了不少中间类型的矿床。许多新矿床的发现，使我们认识到矿床的形成有个发生、发展过程，即所谓“多元多阶段”的成矿理论。由于这种认识上的变化找矿工作也相应地发生了变化。譬如火山的成矿作用，从浅成到喷发，到后期火山喷气、火山热液都可以成矿。斑岩型矿床的重要性日趋明显，找矿的注意力转向岩体内部，而不单是在接触部位了。沉积矿床也不单是沉积作用，经常有成矿的迭加作用，后期的迭加作用可能产生富集。甚至过去所谓标准的岩浆作用矿床，如与燕山期岩浆有关的稀有（铀钍、铌钽、稀土）矿

床，现在也有人提出可能前期花岗岩中就有某些元素，而后期的岩浆作用又起了富集作用。对于变质矿床来说，它本来就是一种中间类型(转化类型)的矿床，它既受矿源层控制，又受变质作用控制，是典型的迭加矿床。最近国外出版了一部七卷本的层控和层状矿床手册》(K.H.Wolf主编，1976年。)这些研究至少说明了一种趋势，矿床的出现是多样化的，不是一成不变的。这就要求我们从矿床的发生和发展、从区域地质背景上来研究成矿作用。过去仅了解一个矿床本身的标志是不够的，这些点上的标志不是没有意义的，但看不到矿床在形成时的变化和发展，依据这些点上的标志可能造成一些假象，找不着矿。譬如具有矽卡岩化标志的矿床，可能与岩浆接触变质作用有关，也可能与火山作用、甚至与区域变质作用有关。正是由于矿床形成的复杂性，所以我们要从区域地质背景出发，联系到点上的特点，来部署找矿工作。火山岩地区找矿，不进行火山岩系的变化、火山旋回、火山岩的构造、机构(火山口、火山通道)，次火山成矿的可能性等方面的工作是不可能对这类矿床进行全面评价的。对于像冀东这样的铁矿区，我们既要了解点上的特征，还要了解这些铁矿处在怎样的大地构造位置中，原岩和成矿的沉积环境如何，岩石组合特征及其受变质作用或混合岩作用后有些什么变化等等。这些工作当然是比较复杂和艰苦的，但是必需做的。

下面想就麻粒岩地区基本地质特征及其含矿性问题，沉积变质铁矿的某些评价问题，冀东变质岩地区岩石学工作的几个问题以及冀东地区变质岩系的一些初步观察结果等方面谈谈个人看法。

一、麻粒岩地区的某些基本特征及其含矿性

一般特征 麻粒岩区在变质岩方面具有特殊的意义。它在世界上分布很广，几个大洲都有(图1)。麻粒岩区内含有重要矿产资源，引起了广泛注意。麻粒岩的主要特征是：(1)它是在特定的P-T条件下(高温、较高压)形成的一套特殊岩石，有着特殊的变质矿物组合。(2)生成时代比较老，年代一般大于25亿年(个别有年轻的)，属太古代。(3)它的原始岩石通常被认为属于下部地壳。

麻粒岩是一套含有高温变质矿物组合的岩石，其矿物组合中含水矿物较少，主要矿物有：

辉石—主要是紫苏辉石。紫苏辉石在麻粒岩中是特征矿物。 Al_2O_3 含量较高，有时可达10%以上。 Al_2O_3 含量高低与变质时温度有关。

其次为透辉石，相当于透辉石—钙铁辉石系列。

角闪石—主要是高温的普通角闪石，多色性为棕—绿色。

石榴石—以Mg-Al者为主，并含有Ca-Al石榴石的分子。

长石—以酸性斜长石为主。常有“反条纹”长石。条纹长石、中条纹长石亦常见。

石英—呈板状，有时成似文象状。色调发暗。

其它—堇青石、砂线石、蓝晶石、刚玉、蓝宝石、红宝石等，黑云母(一般富Mg)较少见。

应该说明的是，文献中并没有把变质作用与混合岩化作用分开。有些矿物，如长石和石英，一部分可能是受混合岩化影响而再活动，形成了条纹和反条纹长石、似文象状

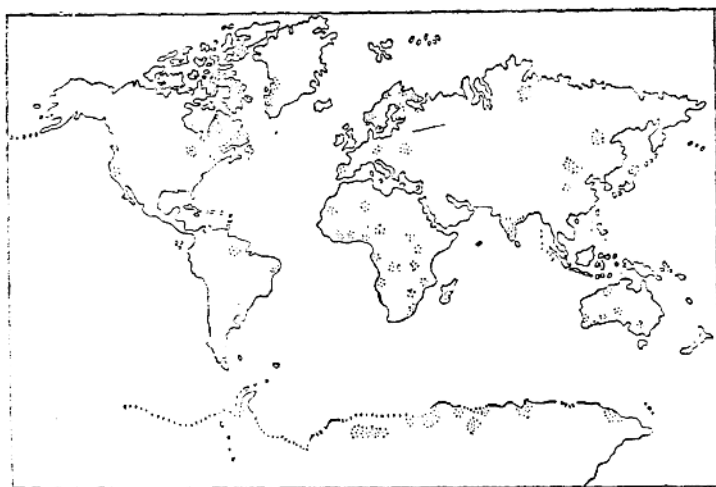


图1 麻粒岩相变质区在世界上的分布略图

(据R.L.Oliver, 1969, 黑点表示麻粒岩区, 中国部分作了补充)

石英及其它交代结构等。

麻粒岩典型地区于1880年在德国萨克逊 (Saxony) 地区的麻粒山 (Granulitegebirge) 发现。是一套混合岩化较深的细颗粒的岩石。由于当时对混合岩化作用研究不够, 所以没有把变质作用和混合作用的岩石分开, 统称为麻粒岩杂岩 (granulite complex)。当时主要的麻粒岩指的是两套岩石。一套称为“淡色麻粒岩”——由长石 (中条纹长石, 酸性斜长石以及部分新生的“反条纹长石”) + 石英 + 富Mg, Al的铁铝石榴石 + 蓝晶石 + 矽线石等组成的淡色岩石, 成层性明显。另一套是“暗色麻粒岩”——由斜长石 (An_{10-65}) + Mg-Al较多的石榴石 + 辉石 (紫苏辉石、透辉石) 组成的暗色岩石, 其中夹有超基性岩 (辉石岩—蛇纹石岩) 和榴辉岩的小透镜体。这两套岩石的混合岩化作用都较普遍, 形成各种片麻岩, 甚至可成为紫苏辉石花岗岩。

麻粒岩因地而得名, 开始命名时并没有结构构造上的含义。所谓的“麻粒结构”是后加的, 含义不很明确。由于麻粒岩一词开始时定义含混, 后来就用得比较乱了。除了上面所说的暗色和淡色麻粒岩外, granulite还用于长石石英多的细粒变质岩, 在法国用于白云母花岗岩等等。1968年, 国际上曾组织过讨论麻粒岩命名的小组, 由Mehnert负责。1972年总结了各家的意见, Mehnert提出了如下的定义:

麻粒岩是一种细—中粒变质岩, 主要由长石组成 (石英有时有或没有), 铁镁矿物主要是不含水的。结构经常是粒状, 构造为片麻状—块状。有些麻粒岩含有透镜状石英或石英集合体 (板状石英)。麻粒岩是麻粒岩相的典型岩石。矿物组分相当于麻粒岩相情况。下列岩石类型不应列入麻粒岩定义内。中—粗粒 (> 3 毫米) 组分相当于麻粒岩者称为granofels, 铁镁矿物 $> 30\%$ (体积) 者, 根据它们的组分多少应称为pyriclasites, pyricolites, 或pyrigarnites等。

Watznauer 和 Winkler 等人曾于 1973 年和 1974 年讨论了麻粒岩的定义后, 又提出了一个较广泛的分类。这里不再一一例举。

我们认为, 麻粒岩是一种专属的区域变质作用(麻粒岩相情况下)形成的岩石(迭加的混合岩化作用除外)。紫苏辉石是这一类型的特征矿物, 一般情况下, 它占暗色矿物含量的一半以上。除紫苏辉石外, 还有长石、石英、角闪石、辉石以及堇青石、石榴石、黑云母等。通常麻粒岩为粒状结构(0.3~0.5 毫米左右), 具层理或片理。有时亦可呈现中粒结构。它们常与其它高温变质矿物所组成的岩石共生(包括紫苏辉石花岗岩和斜长岩), 组成特殊的岩区, 称为麻粒岩区。习惯用的不含紫苏辉石的“淡色麻粒岩”, 其中有些矿物组合不完全是麻粒岩相条件下形成的, 故以不用麻粒岩这一名词为宜。

麻粒岩区一般都伴有普遍的混合岩化作用。但在混合岩化过程中, 活动组分的量不一定很多(与角闪岩相中的混合岩化作用相比)。混合岩化强时, 可出现紫苏辉石花岗岩。但有些麻粒岩地区, 有紫苏辉石花岗岩系列的岩体存在。所以有人在讨论紫苏辉石花岗岩系列的成因时, 把它们归入缺乏 H_2O 的干岩浆的深成岩系遭受变质作用的产物。

岩石组合 除德国麻粒山剖面外, 进一步工作发现麻粒岩系的岩石组合有不同类型。它们之中的大部分都具有层理, 相当于上(表层)地壳岩石(supracrustal rocks)。虽有后期构造的迭加, 但一般来说, 基本保留原始层理的产状。除了上述的上(表层)地壳岩石外, 还有一些特殊的岩石系列, 包括紫苏辉石花岗岩系列和斜长岩的岩体。

以非洲为例: (1)代表沉积原岩的有: 石英岩、高铝片岩和片麻岩、石墨片岩和片麻岩、磁铁石英岩和大理岩; (2)紫苏辉石片麻岩和麻粒岩, 原岩有争论, 一般认为是火山来源的, 是找火山岩型矿床的对象; (3)紫苏辉石花岗岩系列的岩石为“干岩浆”深成侵入体, 从酸性、基性到超基性, 与斜长岩体共生, 含钒钛磁铁矿, 有的岩体内含铜。

苏联将麻粒岩相岩石分为四个建造:

(1)紫苏辉石花岗岩-变质基性火山岩建造, 相当于下部地壳组成。

(2)孔达岩系(Khondalite Series): 见于印度。主要为一套含石榴石+砂线石+石英的岩石, 如石榴石砂线石石英岩、石墨片岩和石墨片麻岩以及斑花大理岩(calciphyre)等, 被认为是一套典型的沉积岩, 或太古代的风化壳。变质基性火山岩在这个地区基本上不出现。这套岩石在内蒙与晋北交界处有出露。冀东地区有没有, 有待工作。

(3)辉石橄辉岩(eulysite)-石英岩建造: 超基性岩石中含有磁铁石英岩条带, 由石榴石+含锰的的镁橄辉+磁铁矿组成, 是一套含铁岩石, 但没有一定层位, 规模较小。

(4)碳酸盐-混合岩建造: 类似于带状碳酸盐, 形成厚层大理岩, 在过渡地带出现, 出露比较零星。与司柳甸卡的大理岩类似。这种类型在苏联阿尔丹是过渡类型, 含有硼矿。

虽然麻粒岩变质程度高,时代老,但在个别地区还有一些特殊类型:如非洲马达加斯加发现由蒸发岩变成含石膏的辉石岩。澳大利亚的破山(Broken Hill)铅锌银是沉积成因的,有可能与古喀斯特(岩溶)有关。

变质条件 根据六十年代以来的实验室工作,包括经典热力学实验、矿物中某些元素的分配系数以及同位素(尤其氧同位素)的研究,大致可以认为麻粒岩的形成温度约为 $700^{\circ}\sim 800^{\circ}\text{C}$,压力约为4~17千巴(相当于15~60公里)。非洲变质程度高,有些地区麻粒岩形成温度可达 1000°C 。麻粒岩可区分为中高压和较低压部分。有些地区压力大小可根据石榴石中含铝多少来推测。顽火辉石(紫苏辉石)+堇青石的出现,说明其形成时为低压。二辉石+斜长石组合应属中高压。

过去认为麻粒岩是在 $P_f < P_s$ 时出现的, P_f 主要指的是 P_{H_2O} 。七十年代以来,有些人认为麻粒岩形成时, $P_f = P_s$,但 $P_{H_2O} < P_f = P_s$ 。根据麻粒岩中的包裹体成分测定,发现其中主要成分是 CO_2 。因此,相当多的人认为 P_f 和 P_s 是相等的, P_{H_2O} 减少是由于 CO_2 增多。这些 CO_2 是上地幔放气时直接进入麻粒岩的下部地壳的一个证据。

在麻粒岩区的岩石中,常见有角闪石和黑云母,这些含水矿物的存在是岩石学中争论的问题。有三种看法或三种可能性,一是认为这些矿物是递增变质在麻粒岩相中的残余,紫苏辉石是稳定矿物,角闪石、黑云母是不稳定矿物;二是认为这些含水矿物是退化变质的产物,第三种看法是变质没有完全达到麻粒岩相条件,因此高温矿物可与角闪石和黑云母一类矿物共生。这个问题在冀东也存在,看来需要进一步研究。

年龄 麻粒岩的形成时代一般认为大于25亿年,属太古代。经过进一步工作发现,麻粒岩并不都是一个时代的产物。非洲有两个时代的麻粒岩:属于20~30亿年的麻粒岩,分布广泛;还有12亿年的,只在局部出现。澳大利亚有太古代的麻粒岩,年龄大于25亿年;元古代的麻粒岩,年龄为6.5~13.7亿年。

大地构造位置 过去一般认为麻粒岩是太古代地盾或中间地块的一个组成部分。从目前情况看,麻粒岩还可能出现在两个地核(克拉通)之间的活动带中,如在非洲南部的林波波带(Limpopo Belt)。在这一活动带中往往具有特别高的热流和钾的交代作用。在澳大利亚还见有以活动带出现的元古代麻粒岩。此外在后期岩系的构造错动的断块中,也见有麻粒岩。如非洲的毛里塔尼亚的大逆掩断层带中(泥盆纪后)保留有麻粒岩,其年龄为30亿年左右。西班牙也有这类情况。

综上所述,可以认为麻粒岩相岩石是古老的深部地壳的一个组成部分。太古代地壳比较薄,接近于上地幔(图2),地热增温率比现在要大。六十年代以来的研究证明(包括地球物理和地球化学资料以及实验室研究),下部地壳应包括有麻粒岩和榴辉岩相的岩石。这套岩石的化学组分从酸性到超基性都有,但一般随着深度加大基性程度增高。麻粒岩相地区常有上地幔物质(包括上地幔的挥发成分)的加入。这些从上地幔带来的物质的含矿性是非常值得重视的。有些地盾内的麻粒岩区与重力异常相吻合;有人怀疑这是否可能在下部存在有上地幔的穹窿和脊柱,因此这些地区的成矿可能性大。因为从上地幔上来的挥发组分(如 CO_2 、 H_2O 、Cl、F、 CH_4 、 H_2S 等)伴随有成矿物质,通过热对流的方式带上来而造成矿床。图2是大陆地壳发展的一个模式(据 Белоусов, 1966; Heier, 1973; Mattaner, 1973; Touret, 1974;),供大家参

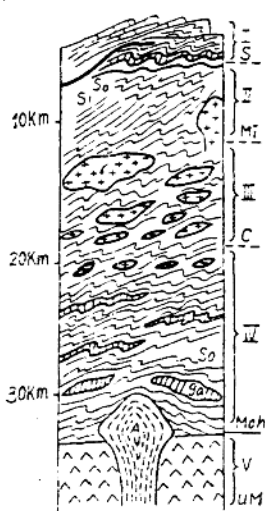


图2 大陆壳的一个构造模式

I—沉积岩；II—浅带（绿片岩相）；
III—中带和深带（角闪岩相）；
IV—深带（麻粒岩相）；V—上地幔。
S—片理化上限，S₀—原始层理，
S₁—构造片理；Mi—重熔上限，γ—花岗岩；
C—孔拉德（Conrad）面，ga—辉长岩和深部基
性侵入体；Moh—莫霍面（Mohorovicic），
A—软流层；UM—上地幔。

（据Touret, 1974）

上面所说的几个类型与绿岩带的矿床有相似之处。

澳大利亚破山类型Pb、Zn、Ag大型矿床，在砂线石片麻岩和暗色麻粒岩中，矿体呈透镜状。形成时压力不高，属于沉积类型矿床。有人认为，如果不变质，可能相当于美国密西西比型矿床。

3. 磁铁石英岩型铁矿床，在麻粒岩中一般为粗粒磁铁矿。有一定的分布范围，在印度占重要位置。此外，在斜长岩中还有钽钛磁铁矿矿床。

4. 镍铬矿床，对镍矿来说，大型或中型矿床还没有突破，但在麻粒岩的超基性岩体内存在有磁黄铁矿和镍黄铁矿组合。有些地区含方柱石的麻粒岩（由基性岩变质），其中含硫高的方柱石在变质过程中释放出硫，它们与镍结合可形成镍矿。

铬的远景比镍大。铬在太古代的斜长岩与含紫苏辉石斜长角闪岩、辉石岩、橄辉岩互层带中，成层分布，带长125公里，最厚达2公里。在格陵兰和非洲等地均有实例。但Cr/Fe较低，利用时受到限制。

5. 磷矿：磷灰石矿床有两种情况，一种是在层状辉长岩杂岩体中；另一种产于超

考。

含矿性 根据北美（加拿大、美国）、澳洲、亚洲和非洲等地的资料，将一些麻粒岩地区的成矿作用初步归纳如下：

1. 贵金属（Au、Ag和Pt），有人认为麻粒岩地区不含金，矿源层中的金，经高温变质作用就转移到变质作用较浅的相邻地区。这种看法是否合适，请大家研究。磁铁石英岩中可能含Au。找银矿的可能性较大。澳大利亚的破山是最大的铅锌银矿床之一，银的规模很可观。铂主要在变质基性岩和橄辉岩中，应特别注意含F、Cl的金云母和磷灰石的伟晶岩中，这一铂矿可能含有低熔的As、Bi、Sb和Te，说明铂的成矿与低熔点的组分有关。

2. Cu、Pb、Zn硫化物和黄铁矿矿床：可以划分几个不同类型：

与基性火山岩（变质的玄武岩）有关的铜矿。在加拿大为Keweenaw型。

与石墨片麻岩有关的铜矿，来源于酸性火山岩，后沉积在海边宁静环境，有机物多。在加拿大叫白松型。

与中酸性火山岩、凝灰岩有关和火山—沉积岩有关的铜矿床（喷气型）。

基性岩，特别是在金云母片岩带内，P和T的交代现象明显。但大型磷矿床还没有报导。

6. 金红石矿床：产在“淡色麻粒岩”中，这种岩石 Mg/Fe 比值较高。主要标志性岩石为砂线石石英岩-金云母片岩，在这些岩石中，如有含刚玉、蓝宝石的伟晶岩，其中可能有工业规模的金红石。

其它矿产还有硼矿、石墨、压电石英、宝石、建筑材料和稀有金属伟晶岩等。

总之，目前在麻粒岩区内找矿（特别是找与上地幔直接有关的矿床）逐渐受到重视。但关于它们的远景问题，目前还有争论，一种看法是认为麻粒岩和绿岩带是“双生子”，都接近于上地幔，在麻粒岩地区找矿是有远景的；另一种认为麻粒岩区变质深，对成矿不利，地质复杂，不容易搞清楚，找矿远景不大。现在看来，麻粒岩区中找矿规模逐渐扩大了。麻粒岩区矿床远景究竟如何，还需要通过我们的实践来证实，我们应该探索这个研究比较薄弱的地区。

关于麻粒岩和绿岩带问题 太古代的麻粒岩区和绿岩带分别代表了两种不同的变质作用，它们之间是个什么关系？成矿性有没有相同之处？这些问题在最近引起了相当多的讨论，特别是有些麻粒岩区发现了有绿岩带的存在，或者有些麻粒岩区有科马梯岩（Komatiite）的某些报导之后，讨论就更活跃一些。有些人认为二者在原岩上基本相同，地质演化上也相同，代表原始地壳的同一类型；有些人则保持了慎重态度。我们认为，从麻粒岩区和绿岩带的某些地质特征来看，是有着各自不同的特点，但从原始地壳的某些原岩组分看也有相近之处。为了研究它们之间的关系，不应过早地把二者简单地混淆起来，而是通过各自方面的仔细研究，比较它们的异同，然后再得出结论。我们既要认真总结我国麻粒岩区的特征，也要尽力找出有没有真正绿岩带。由于二者都代表了太古代下部地壳，这里简单地介绍一下绿岩带中的地层岩石特征和一般成矿情况，对于我们的工作可能会有些帮助。

三十年代在加拿大提出了绿岩带的某些岩性问题，六十年代后期对绿岩带引起重视。研究较多的地区是非洲、澳大利亚和加拿大，最近苏、印、芬兰等国家，也有一些报导。

非洲一般称为花岗岩-绿岩带。年龄比较老，处于35亿年以上的地核中，基底是更老的花岗片麻岩。在地核中，它们又受以后的花岗岩的影响，被花岗岩化了。现在看到的是残余，零星分布，小的仅有几十公里长，在图上好像是混合岩化中的不规则残余团块。在南非古老地核中花岗岩与绿岩带之比是 6 : 1，而在加拿大是 1 : 2。

绿岩本身是一套变质比较浅的岩石，相当于绿片岩相。有时含有红柱石和堇青石，属于低压变质相系。

南非司瓦西兰（Swaziland）巴勃顿（Barberton）绿岩带翁维尔伐契系（Onverwacht Group）是标准绿岩带剖面中的一个，可分为三个大的岩石系列：

1. 下部暗色岩系。厚7500米，主要由基性岩和超基性火山岩组成。这套岩石与一般的岩性分类中的超基性岩和玄武岩都不相当。1969年提出这种岩石称科马梯岩（Komatiite），厚3000米。化学组成见表1，此外，有些地区的岩系中，还有分异较好的斜长岩和超基性岩，为规模较小的岩体。

南非Barberton绿岩—花岗岩杂岩早前寒武纪

表1 Komatiite的化学分析(据S.Viswanathan,1974)

样 品	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	44.72	41.61	47.37	49.19	52.73	52.22
TiO ₂	0.52	0.31	0.16	0.43	0.85	0.56
Al ₂ O ₃	3.23	2.70	6.76	3.76	9.83	5.42
Fe ₂ O ₃	6.02	5.63	1.18	Σ11.00	1.23	0.98
FeO	5.52	4.35	8.09		9.70	8.88
MnO	0.19	0.17	0.19	0.17	0.22	0.22
MgO	25.35	30.35	20.39	20.03	10.10	15.25
CaO	6.97	4.29	8.31	9.51	9.99	12.83
Na ₂ O	0.49	0.15	0.39	0.10	2.65	1.21
K ₂ O	0.05	0.03	0.06	0.02	0.46	0.09
H ₂ O ⁺	5.58	8.81	5.26	—	1.87	2.05
Ca/Al	2.90	2.14	1.66	3.41	1.37	3.20

1. Sandspruite建造橄榄岩质的Komatiite

2. Komati 建造 " "

3. Geluk型 (高铝)玄武岩质的 "

4. " (低铝) " "

5. Barberton型 " "

6. Badplass型 " "

2. 中部为浅色—暗色相间的火山岩系,厚4800米,中部岩系有一层沉积岩作为标志层(中部标志层),由燧石层、灰岩和页岩组成。标志层以上为多旋回的火山岩、拉斑玄武岩、英安岩、流纹英安岩到流纹岩,以及火山角砾岩、碎屑岩还有燧石岩等化学沉积。这套岩系也有超基性岩透镜体,数量较少,它们主要在下部火山熔岩中。

3. 上部沉积岩系:厚1600米,可分为泥质组合(硬砂岩+页岩+磁铁石英岩,局部有粗面安山岩流和角砾岩),为一套地槽型沉积(浊流沉积)。向上为砂质组合(多旋回的砾岩+硬砂岩+砂岩+页岩,也有磁铁石英岩、碧玉和少量基性岩流),属磨拉石建造。

其它地区的绿岩带也有大体相似的三个岩系,但其中岩石的相对比例有变化。

绿岩带的含矿性引起人们很大重视,有些矿产占世界第一,像Au、Cr、石棉的储量都很大。各地区的绿岩带的矿种和类型大体相似。矿产互相之间有联系,找到这种矿产,也往往会找到另一些矿产。除花岗岩中矿产外,多数矿产都受地层及岩性控制。绿岩带中的矿产有20多种,主要有:

1. Ni(Cu)、Pt、石棉、滑石、铬铁矿、磁铁矿,主要在下部暗色岩系中。

2. 黄铁矿、块状硫化物(Cu、Pb、Nn、Au、Ag、Sb、Hg等),主要在分异

较好的淡色—暗色岩系中，属火山射气类型的矿床。

3. 含铁建造（磁铁石英岩），在分异良好的火山杂岩（中部淡色—暗色岩系）中，与沉积岩系共生或无沉积岩，铁来源与火山射气有关。此类矿床中常常含金。

4. 含铁建造（氧化物相和硅酸盐相），与上部岩系的泥岩、硬砂岩有关，不含金。金矿产在砾岩碎屑层中。

5. 在花岗岩内与伟晶岩有关的稀有金属Be、Li、Nb、Ta、W、Mo和刚玉、白云母、宝石等。

6. 石墨等其它非金属矿产。

以上六种类型，以前四种为主，后二种较次要。

二、磁铁石英岩的基本类型和沉积环境的某些特征

下面谈谈沉积变质矿床（磁铁石英岩）在区域评价时应注意的一些问题。

含铁建造的区域成矿背景 我们通常所说的磁铁石英岩，总的名称叫含铁建造（iron-formation）。矿石一般呈条带状，含铁15%以上。含石英的磁铁石英岩只是含铁建造中的一个重要类型。总的说，它们是由化学沉积形成的。但形成环境变化很大，可从典型的化学沉积到火山沉积型，甚至是典型的火山型（如瑞典基鲁纳铁磷建造，或大红山式铁矿）。同时，它们所处的大地构造位置、形成年代、围岩组合、沉积特征和矿床特点也往往各不相同，有些还不十分清楚，因此评价这一铁矿类型，显得比较困难。目前的趋势是在了解区域地质背景的基础上，进一步搞清区域成矿背景，主要研究以下几个问题：（1）含矿岩系的岩石组合特征及其空间分布；（2）含矿岩系所处的大地构造位置；（3）矿石本身相的变化；（4）沉积环境；（5）物质来源。有了这些材料，才有可能对该地区的铁矿远景作出基本评价。我们过去对这类铁矿习惯上均以“鞍山式”称之，实际上包括了许多不同的矿床类型，如不作进一步划分，不利于找矿和评价工作。

在评价这些矿床时，有两个问题，在这里介绍一下。

沉积相和沉积环境 基于对铁建造含铁矿物的分析，詹姆斯（James）1954年对上湖铁矿的沉积相作了总结，划出了含铁建造四个主要的相。虽然在自然界中含铁建造的相的分布情况比较复杂，还有成岩作用、碎屑作用等因素的影响，但是实践表明，沉积相的划分对于评价和找矿工作有着重要的作用，现在，在欧美等地把它看成是一个经典性的总结。下面简要地介绍以下各相的主要特点（表2和表3）。

硫化物相—含黄铁矿黑色板岩或页岩。原岩形成于海底富铁的腐植质淤泥中。硫化物的沉淀与 H_2S 来源于生物（有机硫）或硫酸盐的还原。强还原条件，与大海隔绝的孤立盆地。在阿尔果马类型中，硫化物相可过渡为凝灰岩。

碳酸盐相—石英条带与含铁碳酸盐（由 $FeCO_3$ 、 $MgCO_3$ 、 $MnCO_3$ 、 $CaCO_3$ 等分子组成）互层，厚为2毫米或发展成为块状碳酸盐，作为细泥在波浪作用下形成。处于还原条件下，有机物虽被分解，但铁仍以二价存在。铁的氧化物常与碳酸盐共生。如本溪红山岭有这种类型。

氧化物相—包括两个主要相：磁铁矿相和赤铁矿相。磁铁矿相形成于弱氧化—弱还

表 2 含铁建造的各相的主要特征 (据 James)

	硫化物相	碳酸盐相	硅 酸 盐 相		氧 化 物 相
			非 粒 状	粒 状	
岩 性	纹层状至细条带状的黑色含黄铁矿、碳质板岩。燧石罕见。	薄层至纹层状的岩石, 含灰色燧石和碳酸盐互层。	纹层状浅绿色至深绿色的岩石, 燧石罕见。	块状深绿色的岩石, 带有夹纹和块状薄层的不规则层理	条带状赤铁矿 薄层至不规则的结晶赤铁矿与灰色燧石或红色碧玉成互层的薄层
主要的铁矿物	黄铁矿	富铁碳酸盐	含铁硅酸盐 (水硅铁矿、黑硬绿泥石、绿泥石)	含铁硅酸盐 (土状硅铁矿、水硅铁矿、黑硬绿泥石、黑硬绿泥石)	结晶赤铁矿
次要铁矿物 (包括弧中为较稀少的矿物)	碳酸盐 (土状硅铁矿)	黄铁矿、黑硬绿泥石、水硅铁矿、磁铁矿 (赤铁矿)	碳酸盐、磁铁矿	磁铁矿、碳酸盐	磁铁矿 (碳酸盐)
金属铁含量百分比的标准范围	15~25	20~35	20~30	20~30	30~40
主要特征	“石墨”状	缝合线很普遍	纹层状构造	非粒状	普遍呈鲕状构造
生成环境	强烈的还原环境且缺少空气。	还原环境	各种环境都有, 但主要为轻微的还原环境	轻微的氧化至轻微的还原环境	强烈的氧化环境

表 3

上湖铁矿区的沉积相和变质相的相互关系 (据James)

沉 积 的		变 质 的		的
相	成 分 (推 测 的)	低级 (绿泥石—黑云母带)	中级 (石榴石—十字石带)	高级 (磁线石带)
硫 化 物	铁硫化物 有机碳质“粘土”	黄铁矿 磁质 (无定形) 石英、绢云母	黄铁矿 石英、绢云母 石榴石 (半熟的)	黄铁矿、磁黄铁矿(?) 石英 云母—石榴石
碳 酸 盐	碳酸盐 燧石 铁蛇纹石	碳酸盐 石英 黑硬绿泥石、铁滑石	铁闪石 石英 磁铁矿、碳酸盐	铁闪石 石英 磁铁矿、碳酸盐
硅 酸 盐	非 碎 屑 的	铁滑石、黑硬绿泥石 石英 碳酸盐 磁铁矿	铁闪石 石英 磁铁矿	铁闪石、辉石 石英 磁铁矿
	部 分 碎 屑 的	绿泥石、黑硬绿泥石 石英 碳酸盐 磁铁矿、黑云母	铁闪石、绿帘石、石榴石 石英 磁铁矿 碳酸盐、云母	铁闪石、石榴石 石英、角闪石 磁铁矿、辉石
氧 化 物	条带状磁铁矿	磁铁矿 黑硬绿泥石、铁滑石 碳酸盐 石英	磁铁矿 铁闪石 石英 石榴石	磁铁矿 铁闪石 石英 石榴石
	条带状赤铁矿	赤铁矿 石英 磁铁矿 方解石	镜铁矿化的赤铁矿 石英 磁铁矿 方解石	镜铁矿化的赤铁矿 石英 磁铁矿 方解石
石 英 颗 粒 大 小		小于0.10mm	0.1~0.2mm	大于0.2mm

原条件下,可能开始沉淀时为 $\text{Fe}(\text{OH})_3$,在底部缺氧下转变为原生的磁铁矿。在磁铁矿+石英的条带中,含铁硅酸盐和碳酸盐往往与磁铁矿在一起。赤铁矿相形成于浅海水流畅通的氧化还原条件下。碧玉-赤铁矿条带的形成受波浪的影响,多出现鲕状结构。

硅酸盐相一可分为粒状和细条带状,它们往往和较多的磁铁矿和碳酸盐在一起。含铁硅酸盐为铁蛇纹石、黑硬绿泥石、镁铁闪石、铁闪石、紫苏辉石等,其中铁蛇纹石可能是原生矿物,其余均是变质时形成。硅酸盐可与黄铁矿、菱铁矿共生,它们可以在氧化到还原的条件下形成,但最佳条件是弱氧化-弱还原条件。硅酸盐相一般不作为独立相考虑。

不同沉积相的形成主要决定于Eh和PH条件,Eh—pH图解(图3)与变质作用的P—T图解相似。图3画出了各种铁矿物在不同Eh—pH条件下的稳定区,可作为我们了解铁矿物形成条件的参考。图4标出了在一个近代的理想的封闭海盆地中主要铁矿物相的空间排布情况。这当然是个理想的模式。对于一个具体海盆来说,条件往往会有变化、形成各种相的互层。在沉积过程中,可能有火山碎屑作用和射气作用的参与,必然引起了一些复杂情况的出现。

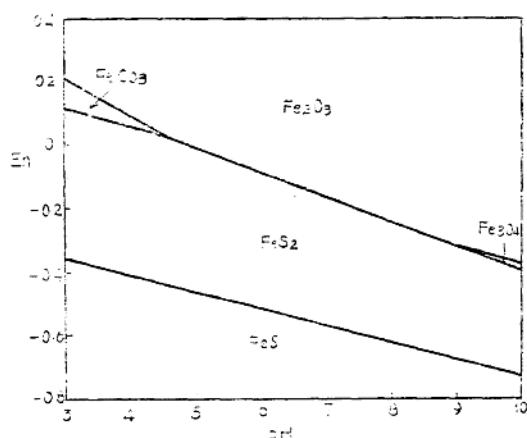


图3 在正常海水体系中,铁矿物的稳定场
(据N.King Huber, 1953)

基本类型 基本类型的划分要考虑:(1)矿层的分布及其规模,围岩的组合,(3)矿石本身相的变化,(4)沉积环境。前寒武纪含铁建造的基本类型各家有许多分类,同志们可以参阅有关文献。这里按格劳斯(Gross)对北美含铁建造划分的两个极端类型,即阿尔果马型(Algoma Type)和上湖型(Lake Superior Type)作简单介绍。

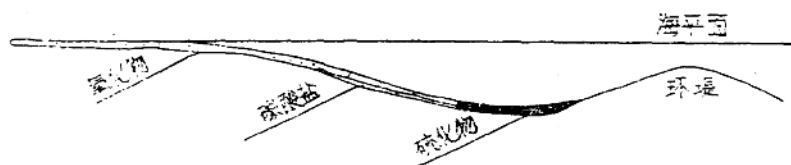


图4 理想的闭塞深海盆地中铁化合物的沉积示意图
(据H.James, 1954)

阿尔果马型—含铁建造形成于优地槽的火山岩和硬砂岩系中。时代属于前寒武（>25亿年，太古代）。在加拿大、澳大利亚、印度的太古代地层中均有比较广泛的分布。矿石为细条带，石英（或碧玉）+磁铁矿（赤铁矿）。磁铁矿是原始沉积的。矿石主要是氧化物相，其它相也有，但较少。有些地方出现块状菱铁矿，或与块状硫化物（黄铁矿—磁黄铁矿）共生。矿层呈透镜体群，规模较小，往往处于一个火山沉积岩带中呈雁行排列，厚由1到100米。有的围岩（矿体顶底板和夹层）为中性枕状安山岩、安山质碎屑岩，或酸性流纹岩、硬砂岩和碳质板岩。有时有火山活动中心。中心附近有厚层的英安岩熔岩，上面往往出现铁矿，铁矿上边为硬砂岩或安山岩。值得注意的是在英安岩内，常出现菱铁矿相和硫化物相。它们靠近火山中心，成带状分布，如加拿大的米契皮科坦（Michipicoten）（图5）。有些地区在碳质板岩和泥岩中出现Cu、Pb、Zn硫化物和FeS₂的聚集。

上湖型—常呈大型铁矿，时代属晚前寒武纪（<25亿年，元古代）。矿石由碧玉（石英）和不同矿物相的铁矿物组成。呈韵律性的条带，条带厚几毫米到1米。矿石中有粒状和鲕状结构。围岩层序稳定：石英岩、碳质板岩、角砾状白云岩、块状透闪石以及泥质岩石。在某些地层层序中也出现火山熔岩和凝灰岩，但与铁矿无直接关系。

上湖型铁矿的地层层序自上而下为：

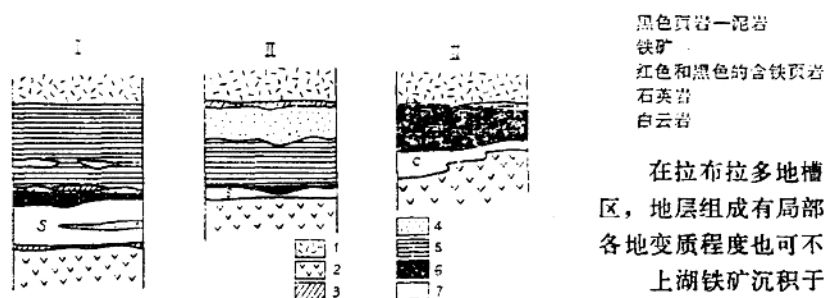


图5 Michipicoten区典型剖面（据Goodwin, 1962）

I—海化矿区；II—哥登矿区；III—古德鲁矿区。

1—安山岩岩流；2—流纹—英安岩；3—石墨燧石；4—透闪石，
5—条带状燧石；6—黄铁矿；7C—石灰岩；7S—菱铁矿。

（注：右图II应为III）

处出现。沉积环境属陆棚带、浅海或冒地槽。盆地中除陆源物质外，部分盆地内部有火山物质。铁矿来源是陆源还是火山，也还不能确定。

阿尔果马型和上湖型是两个极端类型，分别代表两种典型情况。在这两种类型之间有一系列中间类型。对这些中间类型进行总结十分重要，因为它可能提供全面认识含铁建造形成条件和物质来源的重要资料。

这些基本类型的总结有助于对铁矿的评价，也有助于指导发现新矿床。如在阿尔果马型铁矿区内，根据沉积相共生的判断，在有些地区找到了层状硫化物矿床。这一发现

证明了二者都是火山射气—沉积成因的。此外，有些磁铁矿石岩中含金。津巴布韦的绿岩带中，含金的磁铁矿石岩是该区金矿的重要类型。研究证明，铁、硫化物和金是同生的，都是海底火山活动期间水下喷气—沉积的产物。

物质来源 铁矿的物质来源问题迄今仍有争论。主要有三种看法：

1. 来源于陆源风化产物：认为铁是由大陆特殊的风化作用提供的，这种说法是以上湖型铁矿的围岩组合的分析为依据的。

2. 来源于海洋和盆地本身，即物质来源于远火山，属于邻近火山带的射气—沉积产物。

3. 直接来源于火山活动。从阿尔果马型铁矿与层状硫化物共生等事实，引起一些人将它们与近代红海海底与火山活动有关的沉积相比较的设想。他们认为一部分铁矿可能来源于类似非洲大裂谷附近的火山活动，这些火山活动沿大断裂附近形成一系列的火山喷气孔，在这些喷气孔中产生了大量的硅铁物质，以后再经过沉积作用，逐渐形成这一类含铁建造。

总之，铁矿物质的来源虽然是一个带有某些臆测性的问题，但是在评价铁矿中，必须在这方面进行工作，对它们可能和哪些岩性有关，对它们产生来源的规模大小，分布情况等要做综合归纳工作，并进行初步判断，这样才有可能达到整体评价的目的。

三、冀东变质岩地区岩石学方面的几个问题

冀东地区地质构造比较复杂，时代老，岩石变质比较深，又普遍遭受了混合岩化，是否存在多期变质作用也是大家注意的一个问题，原岩恢复也存在一定困难。没有化石，又缺乏明显的标志层，从而造成了地层划分上的混乱。不但组与组之间，甚至三大群之间也都存在一些问题。地层搞不清楚，必然影响到对本区构造的认识。由于基础地质方面存在这些困难，很大程度上影响了本区铁矿的全面评价工作，出现了区域地质研究落后于勘探的现象。如何评价本区铁矿的区域远景，现在好像是雾里看花。根据我们对本区的初步了解，想从岩石学方面提出一些问题，请大家共同讨论，看看能否作为今后的工作原则。

变质岩石的分类命名

变质岩的分类命名是研究变质岩区域地质的基础。没有对变质岩石的进一步区分，就不能认识各种岩石的生成环境和变质作用的特点，不能解决矿床形成的地质背景。过去这一地区简单地以片麻岩作为岩石分类命名的基础，以迁西群为例，大家通常把这些岩石叫做黑云斜长片麻岩，角闪斜长片麻岩，辉石斜长片麻岩。实际上这些片麻岩大部分是受混合岩化影响的岩石。把混合岩和变质岩混同起来显然是不合适的。近几年来，许多单位在本区做了大量岩石学工作，开始脱离以片麻岩简单命名的工作方法，但命名的原则仍不一致。为了便于工作上的交流，避免混乱，有必要提出关于分类命名的一些初步意见，作为大家讨论的基础。

分类命名的基本原则是大家所熟悉的。首先应从成因上分类。通过成因分类来反映变质作用特征，并有利于恢复原岩和形成条件。第二要考虑野外工作应用方便，使野外工作同志易于掌握。

变质岩是迭加作用的产物，具有双重性—反映原岩特征和变质作用特征。在变质岩石学的历史上存在一些缺陷，例如往往将混合岩和变质岩混同起来，叫成一个名字，这是不妥的。再如不适当地夸大了变质的结晶作用的影响，认为经过变质作用原岩结构都消失了，而忽视了原岩结构构造和矿物成分的继承性。有人认为矿物晶粒的大小是变质作用深浅的标志，粗粒变质深，细粒变质浅，甚至出现了以晶粒的粗细来作为划分时代的依据，这过于简单化了。实际上变质岩的结晶作用与原岩组分和结构有很大关系。如酸性熔岩，变质程度再高也不能变成粗粒的片麻岩，往往成为变粒岩或浅粒岩。而长石砂岩变质浅也形成片麻岩。

进行分类命名时，可以考虑下列一些原则：

(1) 最好尽量能把变质岩结构构造和某些主要矿物组合统一起来进行命名。例如我们说“千枚岩”，意义是指这种岩石既具有千枚状（结构）又有绢云母、绿泥石、石英的矿物组合，二者缺一就不能称为千枚岩。青龙地区棒罗台组的“千枚岩”，虽然有千枚状构造，但没有绢云母，也没有绿泥石。其主要矿物组合是白云母和黑云母，所以不能叫千枚岩，可以叫千枚状二云母片岩。又如片岩是片状构造+石英。片麻岩具片麻状构造+长石。一般长石似无必要参加片麻岩的命名。反过来，有些岩石是以矿物成分命名，但同时也应有结构上的涵义。如斜长角闪（辉石）岩的岩石是指：角闪石（辉石）、斜长石+均匀中粒状结构。有些单矿物岩，如石英岩、大理岩、角闪石岩、辉石岩等，指的是石英、碳酸盐、角闪石或辉石的含量占岩石中矿物量的90%以上具均匀中粗粒状结构。

(2) 以主要矿物为基本格架，结合结构构造来进行总体分类。

变质岩的主要矿物有：

- | | |
|------------|--------|
| 1. 长石 | } 浅色矿物 |
| 2. 石英 | |
| 3. 云母 | } 暗色矿物 |
| 4. 角闪石（辉石） | |
| 5. 方解石 | |

在大的岩石分类中，云母类与角闪石都做为主要共生矿物的情况较少见，因此通常用下面的三角图解来表示变质岩的分类：

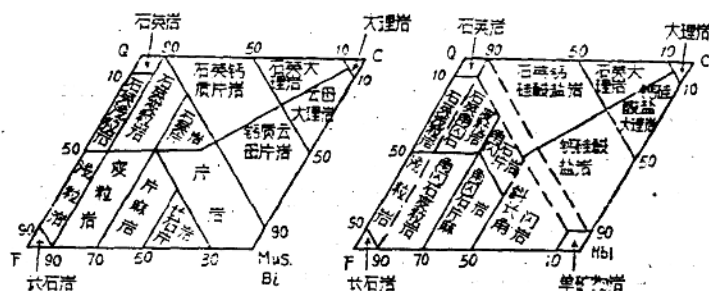
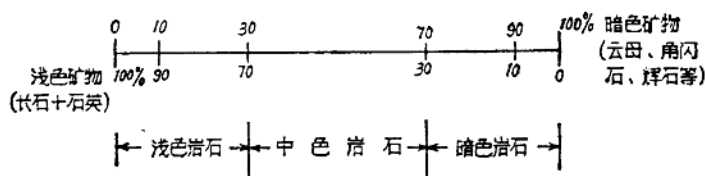


图6 角闪岩相岩石的概略分类图

Q—石英，C—方解石，F—长石，Mus—白云母，Hbl—角闪石，Bi—黑云母。

根据矿物的相对含量，在三角图中可划出具体岩石区，如图6所表示。但应注意不同岩石的界限不是人为的，需要根据大量矿物量的统计资料来确定。次要矿物如有特殊成因意义（如蓝晶石），虽然数量不多，应参加命名，以表示某一变质作用的特点。一般矿物（如石榴石），如果数量较多时（ $>5\%$ ），亦可参加命名。其它情况，为了避免繁琐，可以不参加命名。岩石如果受混合岩化作用影响，可采用双重命名法。

（3）应考虑浅色矿物和暗色矿物比例（颜色系数），按传统惯例以1、3、7、9作为界限：



根据以上原则和本区特点，提出了一个初步分类命名方案（如表4）。下面将本区主要岩石类型作一些说明：

表4 冀东地区某些变质岩分类命名的初步意见

浅色矿物(%)	100~90	90~70	70~30	30~10	10~0
颜色系数	浅色岩石		中色岩石	暗色岩石	
细粒 (0.5mm~0.25mm)	黑云母 (黑云母浅粒岩)	黑云母变粒岩	细粒黑云母片麻岩	暗色细粒黑云母片麻岩	(细粒黑云母岩)
角闪石	(角闪石浅粒岩)	角闪石变粒岩	细粒斜长角闪岩	(暗色细粒斜长角闪岩)	(细粒角闪岩)
辉石 (0.25mm~0.1mm)	(辉石浅粒岩)	辉石变粒岩	细粒斜长辉石岩	(暗色细粒斜长辉石岩)	(细粒辉石岩)
紫苏辉石	浅色麻粒岩		麻粒岩	暗色麻粒岩	(细粒紫苏辉石岩)
粗粒 (0.5mm~1mm~3mm)	浅色黑云母片麻岩	黑云母片麻岩	(暗色黑云母片麻岩)	黑云母岩	
角闪石	浅色角闪石片麻岩	斜长角闪岩或角闪石片麻岩	暗色斜长角闪岩	角闪石岩	
辉石	浅色辉石片麻岩	斜长辉石岩或辉石片麻岩	暗色斜长辉石岩	辉石岩	
紫苏辉石	中(粗粒)麻粒岩、紫苏辉石片麻岩				紫苏辉石岩

〔注〕加()号为不常见岩石；加一横线为重要岩石；有些特殊岩石类型不列表内。

1) 麻粒岩类：本区的麻粒岩有一些争论，有人用的宽，包含传统的“淡色麻粒岩”。也有用的窄些，把麻粒岩改为片麻岩。我们的意见是麻粒岩要用，但在目前情况下要加一些限制，太宽了不好，首先，麻粒岩必需含紫苏辉石；第二是紫苏辉石的含量占暗色矿物总量的50%以上。有紫苏辉石，但其数量少于暗色矿物的 $\frac{1}{2}$ 时，可以叫含紫苏辉石的某某岩石。麻粒岩可按暗色矿物数量多少作进一步划分。暗色矿物 $<30\%$ 称浅色麻粒岩（为避免与文献中的淡色麻粒岩相混，故不称为淡色麻粒岩）。暗色矿物在30~70%之间的叫麻粒岩，不另加说明词。暗色矿物 $>70\%$ 的叫暗色麻粒岩。如果暗色矿物在90%以上，叫紫苏辉石岩。如在野外无法判断紫苏辉石在暗色矿物中所占比例时，

野外定名可暂叫二辉岩、斜长二辉岩、二辉变粒岩等，以后根据镜下鉴定再作改正。麻粒岩的结构以细粒（0.3~0.5毫米）为主，也有中粒的，本区可能较少。粗粒的麻粒岩是受混合岩化影响的结果。可称为紫苏辉石混合片麻岩（如在太平寨附近取同位素年龄的岩石）。如果定名为紫苏辉石花岗岩时，要慎重，一定要有野外观察的根据，不能仅仅根据个别标本或薄片来定。

2) 变粒岩和浅粒岩：根据程裕祺同志提出的原则命名。变粒岩的长石和石英>70%，细粒（0.3~0.5毫米）镶嵌结构，常常具有层理或片理。辽西群和单塔子群的变粒岩粒度一般为0.3~0.5毫米，而朱杖子群变粒岩的粒度都在0.05毫米以下。。如果长石和石英总量达到90%以上，称为浅粒岩。值得注意的是本区有两种浅粒岩，一种以斜长石为主，粒度在0.5毫米左右，为斜长石浅粒岩或称斜长石岩，常与斜长角闪岩互层，很可能是基性岩分异的结果。另外一种是二长浅粒岩，由微斜长石和斜长石组成，常以夹层形式出现，很可能是酸性火山沉积物，如水厂地区；有的沉积特点明显，原岩也有可能是粉砂岩，如司家营。由于这类岩石以长英组分为主，稍经混合，在野外易误认为混合花岗岩。但仔细观察就可发现，其中保留大量原岩细粒结构，证明其混合程度很低。

3) 片麻岩：本区过去所定的许多片麻岩，实际上大部分是混合岩化重结晶所形成的岩石。作为变质岩的片麻岩可能要大为缩小。本区片麻岩可分为两种情形，①如果暗色矿物>30%，浅色矿物由长石和石英组成，结构上具不连续的片理，或呈不均匀的条痕、斑杂状（即片麻结构），就叫片麻岩。粒度可分为粗（1~3毫米）、中（0.5~1毫米）、细（0.3~0.5毫米）三级。具细粒结构的可称为细粒片麻岩；②如暗色矿物<30%，而颗粒为中—粗粒时，则这一类型不称为变粒岩，可称为片麻岩。

4) 斜长角闪岩和斜长辉石岩：由斜长石和角闪石或辉石组成。斜长石和暗色矿物数量一般大体相等。分布范围30%<暗色矿物<70%。一般呈细—中粒，镶嵌结构。岩石往往呈芝麻点状和条带状。如果岩石是粗粒的，出现不均匀片麻结构，则称为角闪（或辉石）片麻岩。斜长角闪（辉石）岩在本区分布较广。其原岩大都可能为基性熔岩或基性凝灰岩。

5) 辉石岩：在本区往往呈团块、小透镜体或夹层出现。这种岩石一般为中—粗粒。本区见有黑云母辉石岩、二辉岩、透辉岩和角闪石岩（阳起石岩、直闪石岩）。辉石岩和铁矿关系密切，有一定的成因联系，大部分辉石岩可能为超基性岩，特别是石榴石二辉岩可能是下部地壳或上地幔物质。部分地区的辉石岩也有可能是沉积碳酸盐变成的，但数量不会太多。

在命名时应该把变质岩和混合岩分开，只有这样才有利于恢复原岩、探讨原岩形成环境、了解变质作用特点，进而研究铁矿形成的地质条件。怎样才能做到把混合岩化作用与变质岩分开呢？在野外观察时，首先要注意那些粗粒大晶体和长英质活动组分的关系，同时要特别注意那些细粒结构部分的产状和数量，观察它们与粗粒部分的关系，这些细粒结构往往是原岩部分。经过仔细观察，不难对混合岩化作用作总的估计，切忌不经过野外观察就把长石、石英多的具有层理的浅粒岩，有时稍有混合岩化，看成是混合花岗岩。