

西北大学二十五届校庆

學術論文集

(地質分冊)

西北大学編印

前 言

我校建立于一九三七年抗日战争发生的初期。在解放前，学校一直处在国民党反动派統治之下；一九四九年五月西安解放之后，学校获得了新生，特别是从一九五八年以来，贯彻了党的教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合的方针，使学校进入了一个新的发展时期。一九六二年十一月十五日，是我校建校二十五周年紀念日，学校曾举行了以学术討論为中心内容的庆祝活动。

在二十五届校庆学术討論中，全校共提出論文二四六篇。这些論文经过作者一再修改和各系、各直屬教研室的审查选择及学校校庆学术领导小组的研究，現編成《西北大学二十五届校庆学术論文集》。論文集原定于一九六二年年底出版，但由于論文的修改和审查选择費了不少時間，特别是編輯工作未能抓紧进行，致使出版時間一再拖延。

論文集按內容分为：語言文学、历史、经济、数学、物理、化学、生物、地理、地質等分冊，分別出版。

編印这个論文集的目的，在于汇集我校学术研究的成果，并与兄弟院校和有关单位相互交流，以促进我校的学术研究工作。論文集中对論文的选择和編輯方面，欠妥之处难免，敬希同志們指正。

編者 一九六三年十月

目 录

地 质

1. 对岩浆矿物結晶順序的討論.....	(1)
2. 額尔古納河中游右岸地区前中生代沉积岩及变質岩.....	(6)
3. 再談鑲嵌的地壳——从鑲嵌构造的观点說明地壳 构造的通性与中国地壳构造的特性.....	(18)
4. 西北含煤建造的沉积史及其地質意义.....	(40)
5. 渭河谷地的构造.....	(45)
6. 陕北地質构造.....	(53)
7. 陕西銅川灰堆坡哺乳动物化石(节要).....	(64)
8. 記陕西洛川——化石 <i>Megaceros pachyosteus</i> 化石(节要).....	(65)
9. 苏联第四系分层現状.....	(66)
10. 陕北黃土区第四紀地层(节要).....	(79)
11. 太白山地貌輪廓与古冰川遺跡的初步观察.....	(85)
12. 渭河北岸宝鷄一郿县間黃土塬边滑坡問題.....	(96)
13. 临潼驪山第四紀地質及地貌.....	(105)
14. 黃土的成因.....	(119)
15. 石油旋光性的研究.....	(126)
16. 瀝青、分散瀝青及其成因分类.....	(132)
17. 影响油汽差异聚集的若干因素.....	(138)
18. 某些城市和郊区潛水位不断升高对工农业的影 响及今后防护措施的研究.....	(144)

对岩浆矿物結晶順序的討論

西北大学地质系岩石教研組 安三元

岩浆岩中矿物的結晶順序的正确断定，对岩石的分类与命名、对解釋岩石的結晶过程与形成条件、对探討与該岩石有成因联系的矿床成因都有很重要的关系。但是这个问题还没有引起应有的注意，在实践中常常被忽視了。当我们閱讀大量地质报告（主要是找矿勘探工作的总结与区域地质测量的地质图说明书）及相当一部分研究論文时，经常遇到的情况是没有提到这个问题，或者提到了却多半对其作了公式化的解决。国内岩石学教学中虽然已开始注意到訓練学生（未来的地质工作者）在研究岩石薄片时的独立工作能力，不仅要求他們正确地鑑定矿物，而且要求正确辨認矿物或其集合体的組构关系，其中包括对所观察到的现象作恰当的成因解釋。不过，只要是经常接触岩石薄片研究的地质人員，都承认解决这个棘手问题的困难。尽管大家都怀疑「罗森布什法則」的绝对正确性，却苦于不得不在教学中和研究工作中一般地讲解它和应用它。在这篇文章中也不得不先从这个「法則」談起。需要預先說明的是：本文不准备仔細評述有关岩浆矿物結晶順序的所有文献与观点，只是概括地討論几个問題。同时，为了縮小問題的范围，这里只限于討論从硅酸盐熔体中結晶出来的岩浆矿物的結晶順序，而不涉及岩浆期后阶段、变質阶段所生成的矿物。后者的生成往往使我們所討論的問題复杂化了，并且要把岩浆期后作用及其他变質作用在岩浆岩上的重迭分清也并不是总能办到的，所以这种重迭需要另文專門討論。

一、罗森布什法則

从岩石学发展的显微鏡阶段（1867年以后）开始，学者們都逐渐接触到岩浆岩造岩矿物的結晶順序問題。这一时代的岩石学泰斗罗森布什（H. Rosenbusch）对这个問題作了总结，优秀的岩石学家鮑文（N. L. Bowen）又提出了他的有名的反应原理，从成因上对岩浆矿物的結晶順序作了解釋。他們的影响是如此之大，至今每一本岩石学教科书都不得不提到他們的工作，几乎每一本岩石学的研究專著也不得不对「罗森布什法則」表明态度。

根据罗森布什与鮑文等人的观点，岩浆矿物的結晶順序如下：

- 1) 最先結晶的是付矿物，如磷灰石、鋯石、榍石、鈣鈦矿、尖晶石等；
- 2) 其次析出的是简单硅酸盐，即鉄鎂矿物。其中正硅酸盐早于偏硅酸盐，斜方輝石早于单斜輝石，輝石又早于角閃石和云母；
- 3) 然后析出的是鋁硅酸盐与鈉鉄硅酸盐。在前者中鈣鋁硅酸盐早于硷鋁硅酸盐，霞石早于白榴石。在鈣鋁硅酸盐中，基性斜长石早于酸性斜长石；

4) 石英和玻璃最后生成。

以后的学者，在把上述规律用于解决具体问题时，都不断发现了很多矛盾的地方。例如并非在任何情况下铁镁矿物都早于硅铝矿物，付矿物也不是永远最早生成。起初，人们只是对“罗森布什法则”作出个别的修改与补充。更晚，则设法限制这个法则的应用范围，例如有人认为，它适用于中酸性岩石，而不适用于基性岩和硷性岩。甚至在酸性岩中也发现了违反“法则”的情况，查瓦里茨基 (А. Н. Заварицкий) 提出：“在最好的情况下，这种法则也只能决定各种矿物结晶结束的顺序，而不能决定它们开始结晶的顺序。”有一些人甚至根本怀疑这个法则还有没有存在的价值。

罗森布什法则是岩石学发展前期的成就的概括，它培养了几代岩石学家，不能一笔抹杀。其中有一些规律，在今天看来仍然是正确的。不仅在实际工作中加以肯定，而且也能从理论上得到证实。例如在铁镁矿物中正硅酸盐早于偏硅酸盐结晶的规律就是如此。但是现代岩石学的发展使得继续按罗森布什法则去公式化地解决结晶顺序问题变得不能令人容忍了。无论如何，应该充分估计到和这个问题有关的各个方面，更加慎重地对待岩浆岩中矿物的结晶顺序问题。

二、岩浆矿物结晶顺序的一般规律

根据现代岩石学的成就，试将关于岩浆矿物结晶早晚的主要见解归纳如下。

1) 付矿物的结晶时间问题近年来得到可喜的进展。多数人认为：付矿物可以是最早结晶的，也可以是很晚才结晶的。但就整个岩浆岩来说，多半是结晶较晚的。

众所周知，超基性岩中的铬尖晶石类矿物，可以在铁镁矿物之前、与之同时、或在其后晶出。基性岩中的磷灰石也是如此。在很多情况下，这些矿物如果是以微量分散于岩石的主要矿物中时，多半生成得早一些，而如果是以大量在岩石的某一地段成斑杂状聚集起来，则常常是较晚才生成的。在酸性岩与硷性岩中，那些富含稀有元素的付矿物绝大多数是生成很晚的，是在主要造岩矿物生成之后当岩浆中富集了挥发份时才结晶出来的。不少人指出花岗岩中与黑云母紧密共生的付矿物是在长石（甚至还有石英）之后才生成的。

2) 简单硅酸盐与铝硅酸盐（尤其是斜长石的类质同像系列）在一定成分的岩石中常常有共结关系，正如鲍文反应原理所表示的那样。当岩浆中某一组分的含量超过共结比时，该组分可以先开始结晶，而随后就与另一组分按共结关系同时结晶出来。但是在酸性岩和硷性岩中，简单硅酸盐与铝硅酸盐在不同情况下可以互为先后。在花岗岩中，角闪石与黑云母可以生成于长石之前，更多是同时或在其后。硷性岩中，铁镁矿物晚于长石和霞石的情况更为常见。

3) 就简单硅酸盐而论，正硅酸盐早于偏硅酸盐、辉石早于角闪石和云母几乎可以认为是普遍规律。但是这里仍然有若干反常的顺序，例如富铁、钛和硷的铁镁矿物常常生成较晚，只要举出几个例子就可以明白：铁橄榄石晚于单斜辉石；紫苏辉石不仅晚于透辉石而且可能晚于普通角闪石；在某些硷基性岩中，钛辉石包围在棕闪石之外形成反应边等。

4) 在铝硅酸盐中，如果不考虑花岗岩类岩石中因同化——混染作用而出现的反环带现象，基性斜长石早于酸性斜长石是无疑的。斜长石与钾长石的先后关系在不同的岩

石中可能是不同的，鉀長石多半晚于斜長石。在鹼性岩中，鉀長石一般早于鈉長石及霞石，但是霞石早于鉀長石的情況並不罕見。在响岩中白榴石多早于鉀長石生成。

5) 石英晚于長石的情況是普遍的，但是也不要忘了在噴出岩中高溫石英變體早于長石、尤其是石英斑晶早于基質中的長石的情況。玻璃是最晚凝固的，不過要把脫玻璃化能生成礦物晶體（長石和石英最多）的情況估計到。

三、影响矿物結晶早晚的因素及矿物結晶順序的相对性

以上列举了主要岩漿礦物結晶的一般情况，并指出了一些常見的反常情况。对于熔體中礦物沉淀的順序來說，決定性的因素是很多的。例如岩漿中各種組分的濃度及揮發份的含量與存在狀態、結晶過程中溫度與壓力變化的穩定性、物理化學平衡是否能夠達到和保持、不同礦物的結晶能力等等。很難去一一評述這些多種多樣的狀況，顯然在不同條件下，各個因素的相對意義是很不相同的，不能加以明確規定。這裡只來討論幾種常常被忽視了的情況，在決定礦物的結晶順序時，應該對這些情況予以充分估計。

首先，還不能對礦物結晶的時間作出定量。在薄片中很容易發現每一礦物的結晶都延續了一段時間，實驗資料也確定了許多礦物穩定於一段溫度與壓力間隔內。然而在目前還不能據此排列礦物的結晶順序，因為實驗室條件與天然過程之間還有現代科學所不能逾越的障礙。所以當前我們還只能承認岩漿礦物的結晶有一個相對的先后順序，但是無論如何不能將這一點絕對化。任何礦物在岩漿中結晶的時間都有一個間隔，不同礦物結晶的時間間隔在不同條件下可長可短，但彼此常常是重迭的。甲礦物結晶的結束便是乙礦物結晶的開始（如橄欖石與岩漿反應變為頑火輝石）這種情況是少見的，大概只有在實驗中純爐料的情況下才有可能。不同礦物在結晶時間上的重迭現象是普遍的，因而不能把它們的結晶早晚絕對化起來。根據現在常用的顯微鏡方法，可以大致確定兩種礦物結晶結束時間相對早晚，但要確定它們的結晶作用重迭了多麼長的一段時間是十分困難的，甚至是不可能的。儘管如此，承認礦物在結晶時有時間上的重迭，並在實踐中加以運用仍然是重要的工作，千萬不要忘了這一點。

從這一點出發，可以接受岩漿中某兩種礦物有可能大致同時晶出的觀點。這既可以從實踐中確定——兩種礦物的自形程度大致相等，而又彼此包含，也可以從理論上證明——有共結關係的兩種礦物以相當於共結比的数量組成岩石時，可以用物理化學上的共結體系相圖來解釋。

其次，岩漿結晶過程中因某種原因（主要是岩漿的分裂及同化—混染作用）使岩漿成分發生了突然改變，或者由於構造活動及岩漿本身的壓力變化使岩漿的結晶條件發生了突然的改變，或者兩種情況同時發生（例如一部分岩漿離開正在結晶的侵入體而貫入到圍岩中），都可以使結晶作用中斷或重新開始。這樣，同種礦物便可能有突變前與突變後的兩個以上的世代，其和其他礦物的先后關係應該是不同的，在工作中不能不充分估計到這種情況。現在已經能夠從各方面確定礦物的世代問題，尤其是在付礦物研究方面已經積累了很多經驗，但是在薄片研究中還很少進行過。岩漿在地下深處的結晶大都經過了幾萬或幾十萬年的時間，其結晶過程發生過突變是自然的，因而恐怕有不少造岩礦物也有幾個世代。我們應該加強這一方面的研究。

最後，岩漿中各組分的濃度及其相互比例很不相同，礦物的結晶順序也不會千篇一

律。最明显的例子就是霞石与钾长石及辉石与斜长石的关系。从共结混合物的图解中可以对这作出合理的解释。这样的情况恐怕也不在少数。这本来是人所共知的，可惜在实际工作中也常常被遗忘了。

总之，组分的浓度及温度与压力值，以及在岩浆结晶过程中这些数值的变化情况是影响矿物结晶的重要条件，由于这些条件的不同配合，同样的矿物可以有不同的结晶时间。已经知道，透辉石与镁橄榄石可以是同时共结关系，也可以是先后的反应关系。尽管原因还不清楚，却再一次提醒我们，绝不能在决定矿物的结晶顺序时拘泥于成规，而应该就具体的材料作出正确的结论。

四、确定岩浆岩造岩矿物结晶顺序的准则

究竟如何才能正确排列矿物的结晶顺序呢？在岩石学发展的过程中，早已形成了利用自形程度、包裹关系、相对大小等准则来排列矿物结晶顺序的思想。但是在这里也有公式化的偏向，不能不引起岩石学家、尤其是初学者的注意。这里准备简要地谈谈确定岩浆阶段矿物结晶顺序的若干准则，并对其应用价值作出适当的估计。

1) 共生关系。矿物的共生关系是确定其结晶顺序的最重要和最可靠的标志，在查明结晶顺序上起决定性的作用，尤其是对付矿物和暗色矿物。例如在多数花岗岩中，磷灰石既可以生在暗色矿物中，也可以生在淡色矿物中，这表明它是最早生成的。相反，在另一些花岗岩中，榍石只和角闪石共生，锆石只和黑云母共生，而从不见于长石、石英及其他矿物中，我们可以从此得出结论：第一、榍石大致与角闪石同时结晶，锆石大致与黑云母同时结晶；第二、榍石和其他矿物的先后关系与角闪石和其他矿物的先后关系一样，锆石和其他矿物的先后关系与黑云母和其他矿物的先后关系一样。又如，在一种霞石正长岩中，如果见到黑榴石、榍石、霓石和铁锂云母紧密共生，同时，黑榴石与榍石互相交生，霓石中包有前两者的嵌晶，而铁锂云母交代了霓石。这时，我们可以得出结论：第一，这四种矿物大致同时结晶；第二、黑榴石与榍石略早于霓石，而铁锂云母比它们都晚。如果在薄片中已经确定了黑榴石等晚于钾长石和霞石，则岩石中所有含量较多的矿物的结晶顺序都可以排出。需要注意的是：一定要首先区分共生与成分上有某种联系而发生的伴生，才不会出现错误。在上述的例子中，铁锂云母就值得仔细地加以分析。

2) 自形程度。这也是确定结晶顺序的良好标志。用查瓦里茨基的话说：自形好的矿物，其结晶体结束得早，但不能说明其结晶开始也早。但是，任何时候也不能单纯从自形程度这一个标志作出结晶先后的结论，这里有许多例外情况。同时结晶的两种矿物，其自形程度可以相差很远，或者互为自形。这不仅与矿物的结晶能力有关，而且也薄片中的切片方位的偶然性有关。在研究辉长岩与玄武岩类时，尤其应该注意到这种情况，对其他主要由具有共结关系的两种矿物组成的矿石来说，情况也是一样。我们也知道，硷性岩中的霓石有较强的结晶能力，所以当它生成晚于长石时，却仍然可能比长石有更好的自形性。基性岩中的磷灰石也是如此。至于交代作用所形成的变斑晶也常有良好的自形，就更不用说了。相反，有一些结晶早的矿物，本来自形较好，但因易与岩浆反应而被熔融，或者受到后期溶液的溶解，自形被破坏了，也不能因此而认为它们生成得晚。这里尤其要强调的是：付矿物的自形性永远也不是其结晶早晚的可靠标志。

3) 包裹关系。这也是一个重要的准则。在不可能有其他解释的情况下,被包含的嵌晶要比包含它的大晶体生成得早。或者更确切地说,嵌晶比大晶体的外缘生成得早。应用这个准则时,一定要注意,在大晶体中的小嵌晶可能有以下五种成因: a) 大晶体生长时所捕获的小嵌晶,以及由于聚合结晶作用造成的包含关系; b) 大晶体置换周围矿物的交代残余物; c) 大晶体生长迅速而封存起来的熔体,后者随后凝固成玻璃或矿物; d) 成分复杂的原生岩浆矿物后来产生的分解物; e) 后期矿物选择性地或者顺裂隙交代晶体内部。在前两种情况下,被包含的嵌晶是先生成的,而在后三种情况下则正好相反,包裹体是后来才生成的,而且不一定是岩浆阶段生成的。总之,在应用这个准则决定矿物的先后顺序时也要小心。

4) 反应关系。这是一个很可靠的标志。鲍文反应原理所确定的关系一般是正确的,不过上文已经提到铁橄榄石和紫苏辉石的例外情况。遗憾的是,在岩浆岩中,很多矿物之间并没有反应关系,或者不能肯定它们之间有反应关系。因而这个标志的应用受到了一定的限制。

5) 相对大小。这个标志的局限性更大。只有在斑状结构岩石中,有把握认为斑晶矿物比基质中的同一矿物生成早。因为基质中某些很小的矿物可能在斑晶形成之前或与其同时已经生成,不过后来因浓度不足或条件关系未能长大而已。在大多数情况下,矿物的相对大小可以由极其多种多样的原因所造成,与结晶早晚无关。像似斑状结构中的大晶体甚至可能是晚于小晶体才生成的。

从上述可知,在应用任何一个准则时,几乎都要遇到矿物的交代置换问题。如果在薄片不能肯定或否定矿物的交代关系时,根据任何一个准则所作结论都是难以令人信服的。上边已经提到过,岩浆期后矿物及变质矿物在岩浆岩中常有不同程度的发育,首先剔除这些矿物是研究岩浆矿物结晶顺序的前提。自然,这已经超出本文的范围了。

末了,应该强调指出:任何时候,都应该根据全部现象的综合,并透过其本质去得出符合于客观实际的结论,而不应该仅仅根据某一个准则或者现象的一面去作结论。如果最终的结论与岩石的化学——矿物成分、生成条件及物理化学资料是一致的,那么结果会是较为可靠的。关于物理化学实验资料与图解在确定矿物结晶顺序中的应用,这里不再多说了。

(1963年10月)

額爾古納河中游右岸地区 前中生代沉积岩及变質岩

陈 景 維

1958—1959年笔者随中国科学院黑龙江綜合考察队大兴安岭地質队在額爾古納河中游右岸地区作过調查，工作中对本区广泛分布的前中生代沉积岩和变質岩进行过一些研究，本文即根据这次調查的部分資料撰写而成。

作者在野外工作期間曾得到大兴安岭地質队领导及有关同志的热誠帮助与指导，愿借此机会表示謝忱。

一、区域地质概况

本区位于北部大兴安岭的西坡，在大地构造方面屬“蒙古——鄂霍次克折皺帶”的一部分。区内出露有不同时代的沉积岩、变質岩和岩浆岩，其中尤以华力西期花岗岩分布最广，占据的面积最大。

区内可划分出两个較大的构造单元，即：額爾古納隆起和根河拗陷。前者位于本区西北部，主由前中生代的变質岩和花岗岩組成，后者是海拉尔拗陷的东北延伸部分，其中填充的主要是中生代的火山岩、火山沉积岩及正常沉积岩。

区内出露的地层以暫屬元古代的結晶片岩群为最老，其次有属于下古代的各种浅变質的片岩和碳酸盐岩石（雅拉斯維尔群）。上古生界有泥盆系（烏启洛夫組）和下石炭統（紅水泉組）。中生界包括上侏罗統（根河組）和下白堊統（图里河組），前者主由中、基性火山岩組成，后者多为火山沉积岩及正常沉积岩，中夹煤层，局部有鉄矿。新生界主为玄武岩及松散的砂、礫和粘土等。

本文中不拟对所有地层作全面介紹，仅对前中生代地层作些概括性的說明，以便于叙述不同时代岩石的主要特征。

元古界出露于本区西南端的白索苦兰山、布拉河与額爾古納河之間，以及北二次河中游南岸地区。根据对一系列剖面的观察，本区元古界基本上可分成两部分，下部主为各种片麻岩，中夹結晶片岩，上部則以結晶片岩为主，局部地方見有石英岩及浅粒岩。元古界在各地出露的厚度不一，从450—1000公尺以上。

下古生界在本区称雅拉斯維尔群，出露于北二次河下游、佳格达附近，以及本区西南哈烏尔河下游与額爾古納河之間地段，其中以在后一地区出露最全，剖面最完整。根据在雅拉斯維尔沟等地的观察，下古生界按岩性分成四組，从下而上是：（1）下片岩組，（2）下碳酸盐岩組，（3）上片岩組和（4）上碳酸盐岩組。各組的基本岩性特征如下：

下片岩組以各种浅变質的片岩为主，其中較常見的有絹云石英片岩、細粒二云石英片岩、綠泥絹云千枚岩、綠泥片岩等，中夹薄层大理岩及石墨片岩。此外，有极少量的石英岩。与元古界之間可能为角度不整合接触。下碳酸盐岩組主为白色块状白云質大理岩，灰白色、灰色及暗灰色大理岩，中夹少量片岩。上片岩組以石墨片岩、絹云千枚岩、綠泥片岩为主，其次有細粒二云石英片岩、滑石片岩等。片岩中常夹有薄层及透鏡状大理岩，特别是在本組的上部。上碳酸盐岩組主为各种顏色的大理岩，其中以深灰色的为最多，有时大理岩呈黑色，含很多隐晶石墨，岩石具薄板状构造。与下碳酸盐岩組相較，本組中很少有白云質大理岩，但常夹較多的絹云千枚岩等。

以上四組地层之間均呈整合接触，它們的总厚度达4000公尺以上。由于变質关系，其中較难找到生物化石。以前 118 队根据在佳格达附近的类似地层中找到的少量孢子化石，把这套地层的时代定为寒武—奥陶紀。但考虑到本区的下古生界与苏联东外貝加尔区的下古生界的岩性完全相似，而在額尔古納河左岸的涅尔琴斯克查沃得組中（相当于本区的上碳酸盐岩組）找到过志留紀的化石⁽¹⁴⁾，因而可以推断，本区的下古生界可能包括寒武系、奥陶系，以至部分志留系在內。

本区泥盆系称烏盾洛夫組，主要分布于两个地段：其一为阿巴河下游，另一为哈烏尔河与額尔古納河之間地帶。在前一地区泥盆系主为块状結晶灰岩、輕微变質的碎屑岩及千枚岩等；在后一地区則以杂色千枚岩为主，中夹少量变質粉砂岩及砂岩。上部有結晶灰岩，由于与花岗岩接触关系，常变为大理岩。大兴安岭队在千枚岩中曾找到有属于泥盆紀的化石⁽⁷⁾。在台吉沟附近泥盆系的出露厚度約 950 公尺，与下古生界呈断层接触。在阿巴河下游該系的出露厚度远超过上述数字，約在1500—2000公尺之間，与下古生界也可能是断层接触。

下石炭統称紅水泉組，主要見于本区西南部，常以显著角度不整合超复在下古生代岩层之上，有基底礫岩或粗砂岩。紅水泉組主由礫岩、石英砂岩、长石石英砂岩及頁岩等組成，局部地方有很厚的石灰岩，偶而还有少量火成碎屑岩，地层出露厚度变化很大，有些地方（烏兰沟）約400公尺，有的地方（大伊諾盖沟北側）可达600—700公尺。如果考虑到长期侵蝕作用，則原来厚度可能远超过这些数字。在本組的灰岩和頁岩中含很多生物化石，除以前发现的而外，作者与蔣国源同志曾找到一些苔蘚动物化石，經 B. II. 涅霍罗舍夫鉴定有：*Fenestella* cf. *seratula* Ulr. 和 *Fenestella* cf. *multispinosa* Ulr. 根据鉴定者的意見，地层时代不会老于杜內期。

二、前中生代沉积岩和变質岩

本区前中生帶岩石多已变質，只有少部分还可称之为正常沉积岩。变質岩中有区域变質的，也有接触变質和碎裂变質的，但以前者为主，其他成因的常見于局部地段。这里着重对区域变質岩和正常沉积岩的特征作些描述，至于其他成因岩石因篇幅限制，所以从略。

I 区域变質岩石

如上所述，本区元古代以至泥盆紀岩石都可归之于变質岩类，而且时代愈老的在变質程度上也愈深，这說明它們的生成与区域变質作用有密切关系。为了便于观察不同

代變質岩的基本特征，这里以岩层时代新老为序叙述岩石。在次序上先时代較老的，而後时代較新的。在岩石类型的划分和命名方面主要是依据程裕淇先生提出的区域變質岩的分类和命名意見。

1 元古代岩石

本区的元古代岩石种类虽很多，但基本上均属于程先生分类中的常見类型，而且其中絕大多数按其矿物組成、原岩特点及部分化学分析資料应列入云母片岩及云母片麻岩类和含云母变粒岩及云英片岩类，仅有少数可属于斜长角閃岩及角閃片岩类，石英岩类及碱长片麻岩类。

(1) 云母片岩及云母片麻岩类：本类包括二云片岩、黑云片岩、十字云母片岩、藍晶片岩及一些特別富含黑云母的片麻岩。

二云片岩在吉拉林以南的大英吉干沟及北二次河中游一帶均有出露。一般具銀灰色，片理特別发育，小褶曲亦很多，常风化很烈。岩石主由黑、白两种云母及石英組成，而且云母含量常超过50%。鏡下云母矿物呈严格定向排列，形成鱗片变晶結構。这类岩石常随着石英含量的增多而过渡为二云石英片岩。

黑云片岩常夹于黑云片麻岩中，一般厚度不大，主由黑云母及少量石英組成，有时含很少量的发状細晶硅綫石（常在接触帶）。副矿物有鉍英石，有时見个别柘榴石。結構亦为鱗片变晶結構。以上二种片岩的原岩均为粘土岩。

十字云母片岩出露于大英吉干沟等地，具銀灰色，片理面上有十字石变斑晶，有时見个别柘榴石結晶。鏡下可見，十字石变斑晶常为白云母所包围，岩石呈斑状变晶結構（照片1）。十字石的形状多不規則，多色性很明显： N_g —鮮黃色， N_p —淺黃色，二軸晶，正光性。白云母含量較多，常捲曲成团。石英含量有限，形状不規則，但多順片理伸长。根据十字石的出現，可以認為原岩屬富含鋁質的粘土岩。

藍晶片岩比較少見，仅发现于布拉河西側一帶，为結晶較小的暗灰色岩石，鏡下观察表明，岩石主由細小的藍晶石板状晶組成，其次含一定量的石英和不多的黑云母（照片2）。藍晶石无色，具兩組很好的解理，二軸晶，負光性， $N_g - N_p = 0.012$ 左右。石英多为不規則粒状，大部分散布在藍晶石之間，有时包于藍晶石与黑云母之中。副矿物有磁鉄矿、电气石等。有时可看到少量的发状細晶硅綫石。这种岩石的形成可能与在区域變質之后重叠的接触變質作用有关。原岩无疑也是粘土岩。

黑云片麻岩分布較广，一般为暗灰色，含相当多的黑云母，片麻構造也很显著。鏡下可見，岩石基本上由石英、斜长石（多为中长石）、黑云母及部分微斜长石組成，黑云母常为棕紅色，多色性很强，有时含有細晶硅綫石。矿物均呈定向排列，岩石呈鱗片花岗变晶結構（照片3）。根据对一个标本（N0.1798）的分析，其主要化学組成如下（百分比）： SiO_2 —64.70， Al_2O_3 —14.27， Fe_2O_3 —4.66， Na_2O —2.12， K_2O —3.04， CaO —3.75， MgO —5.71， MnO —0.08， TiO_2 —0.42。

(2) 含云母变粒岩及云英片岩类：属于本类的主要有黑云石英片岩和二云石英片岩。前者比較少見，主由石英及黑云母組成，有时含少量白云母，常見鉍英石、电气石等副矿物。二云石英片岩出露很广，一般呈銀灰色，中粒結構。主要矿物为：石英（50—60%），黑云母（15—20%），白云母（20%左右），有时含少量柘榴石和中长石。石

英順片理分布，具明显波状消光，有时构成独立条帶。云母多呈細长鱗片，呈定向排列，岩石具鱗片变晶結構（照片4）。

（3）斜长角閃岩及角閃片岩类：本类岩石較為少見，仅有少量綠帘石英角閃片岩可归入此类。它們見于大英吉干沟南側，为黃綠色細粒岩石，常具条帶构造。鏡下可見，岩石基本上是由普通角閃石、石英及少量綠帘石組成的，有时含有中长石。普通角閃石呈黃綠色至暗綠色，多色性明显，兩組解理夾角 124° ，常为自形及半自形晶，順片理方向分布，含量在50%以上。石英亦有拉长現象，波状消光显著，含量占30%左右，有时构成独立条帶。岩石具紆状花岗变晶結構。原岩很可能是富含鉄鎂質的泥灰岩。

（4）石英岩类：包括一些純的石英岩和含少量云母的石英岩，数量不多，成分也很簡單，几全由等軸状石英組成，有时石英显示拉长現象，波状消光显著。在有些石英岩中含有較多的磁鉄矿和鈦磁鉄矿。在含云母的变种中，云母常呈一些小鱗片稀疏地散布在石英顆粒之間，有时包于石英之中。岩石具花岗变晶結構（照片5）。原岩为石英砂岩。

除上而外，本区还見有一些花岗片麻岩及淺粒岩，前者主由石英、斜长石及微斜长石組成，含有一定量的黑云母和白云母，具片麻构造。后者主由石英及长石組成（95%），此外含少量白云母，长石多为微斜长石，石英有时呈斑晶出現，原岩可能为酸性火山岩。这两种岩石可暫归于碱长片麻岩类。

綜上所述，可知本区元古代变質岩在变質程度上一般是較深的，原岩結構和构造多已消失。原始岩石有两类：一是正常沉积岩，其中多数为粘土岩、砂質頁岩，少数为石英砂岩及泥灰岩等，另一类可能为酸性侵入岩及酸性火山岩。

2 下古生代岩石

下古生代岩石大部分可列入以下类型：（1）云母片岩及云母片麻岩类，（2）含云母变粒岩及云英片岩类，（3）斜长角閃岩及角閃片岩类，（4）大理岩及白云石大理岩类。少数可归之于滑石片岩及蛇紋片岩和石英岩类。此外尚有部分石墨片岩，应另列一类。

（1）云母片岩及云母片麻岩类：属于本类的有絹云千枚岩、綠泥絹云千枚岩及部分綠泥片岩。它們既見于下片岩組，也出現于上片岩組中。

絹云千枚岩为灰白色或淡黃灰色岩石，在上片岩組中最为常見。表面显絲絹光泽，可見絹云母鱗片。鏡下岩石主由細小絹云母鱗片組成，常含一定量的石英，有时石英較多（30%以上），形成一些薄的条帶，岩石具条紋构造。有时可見个别方解石、綠泥石及鈉长石。副矿物有电气石、鋯英石等。岩石呈显微鱗片变晶結構。

在有些千枚岩中，除絹云母、石英外，还含有相当多的綠泥石（20—30%），可称綠泥絹云千枚岩，矿物呈严格定向排列，岩石具鱗片花岗变晶結構（照片6）。

綠泥片岩中以淡綠色綠泥石細片为主，其次有絹云母、石英、鈉长石等，片状矿物亦呈定向分布，結構同上。

（2）含云母变粒岩及云英片岩类：主要包括一些絹云石英片岩和二云石英片岩，分布很广。絹云石英片岩中含有較多量的石英，其次有絹云母、綠泥石，有时見残余的微斜长石。結構为鱗片变晶結構。

二云石英片岩多为暗灰色、灰色、褐灰色片状岩石，細粒結構，在上、下片岩組中均有。鏡下可見，岩石主由細小石英顆粒及云母鱗片組成，矿物均呈一定排列方向。此外，有时見有微斜長石、鈉長石。副矿物中以新生电气石为最多，呈柱状，有时呈三角形橫断面，多色性明显，常具环帶构造。其次有鋯英石及鉄矿物。岩石具鱗片变晶或花岗鱗片变晶結構（照片7）。原岩可能为粉砂質頁岩。根据一个标本（№1644）的化学分析，其主要化学組成如下： SiO_2 —74.82， Al_2O_3 —14.92， Fe_2O_3 —0.56， Na_2O —1.43， K_2O —3.51， CaO —1.15， MgO —1.17， MnO —0.02， TiO_2 —0.52。

（3）斜長角閃岩及角閃片岩类：包括一些阳起片岩和部分綠泥片岩。前者見于北二次河中游及雅拉斯維尔沟等地，多为暗綠色片状岩石，細粒結構。鏡下观察表明，这种片岩主由細長的阳起石柱状晶組成，矿物分布很規律，其次有少量石英，有时見有鈉長石及綠帘石，也呈定向排列。副矿物中以磁鉄矿为主，常成細薄条帶。原岩可能为火山岩或富鉄鎂質的泥灰岩。

除上而外，在北二次河下游常見一种几全由綠泥石組成的片岩，綠泥石鱗片呈定向排列，其間散布有极少量的鈉長石和磁鉄矿，有时綠泥石被方解石交代。在有些綠泥片岩中，綠泥石結晶較大，具光性异常現象，为叶綠泥石，与之共生的有柘榴石，这种岩石常出現在与花岗岩的接触帶。

（4）大理岩及白云石大理岩类：碳酸盐岩石在下古生界中占有很大比重，几占整个剖面的一半，其中大部为大理岩，少数为白云質大理岩，同时后者主要是分布于下碳酸盐岩組中。大理岩按成分可分为純的、含石英的和含石墨質的。一般純的大理岩結晶程度較高，具花岗变晶結構，多为板状构造，有时呈条帶构造，灰、白相間，各帶結晶程度不同。含石墨質的大理岩显暗灰色以至黑色，多呈薄板状，岩石結晶程度較差，方解石为它形晶，常为隱晶石墨所污染。这种岩石在上碳酸盐岩組分布特別广。

白云質大理岩主要見于下碳酸盐岩組的下部，多为白色厚层块状岩石，有时帶粉色或淡黃色，表面风化后有白云石粉。鏡下可見，岩石几全由白云石晶体組成，白云石具完全解理，但无双晶构造（照片9）。差热分析也証明它們是白云石无疑（图）。在个别薄片除白云石外，还有少量石英，常为圓形无色透明矿物。

除上述几类岩石而外，下古生界中还有石墨片岩、石英岩及滑石片岩等，其矿物成分均較簡單。石墨片岩为黑色片状岩石，汚手，鏡下几全为不透明的隱晶石墨，有时含絹云母、石英及电气石等。滑石片岩的主要矿物为滑石，有时含方解石。

由上可見，本区下古代岩石都是些浅变質的岩石，其中絕大部分是由粘土岩、粉砂質頁岩、礫質頁岩、石灰岩及白云岩經变質而来的，少数可能是由砂岩、火山岩或泥灰岩变質而成的。

3 泥盆紀岩石

泥盆紀岩石种类較少，大部分为結晶灰岩和千枚岩，部分为輕微变質的礫岩、砂岩和粉砂岩。按矿物成分、結構构造等可分出三类岩石：（1）变余碎屑岩，（2）千枚岩和（3）碳酸盐岩石。

变余碎屑岩中有礫岩、砂岩及粉砂岩，其中变余礫岩較少見，常呈透鏡状，主由石英礫石組成，礫石呈橢圓形，順片理分布。胶結物原为粘土質，以后变为綠泥石、絹云

母等。变余砂岩及粉砂岩主由石英粒組成，有时見有斜长石，矿物亦呈定向分布。原来胶結物已全变成絹云母及石英等。岩石具变余碎屑結構（照片10）。

千枚岩分布很广，顏色多种多样，但以灰綠色、黃綠色的为主，按矿物成分有絹云千枚岩和綠泥絹云千枚岩，前者主由絹云母及石英組成，后者中含相当多的綠泥石，岩石具显微鱗片变晶結構。

結晶灰岩多为白色、灰白色、灰色块状岩石，有时具条帶构造，主要矿物为方解石，一般結晶較小，呈細粒—中粒結構，有时含少量石英。在与花岗岩接触处出現硅化大理岩及硅卡岩等（布拉河中游）。

II 沉 积 岩

沉积岩主要見于石炭系中，按成分及成因可分出碎屑岩、粘土岩和化学岩及生物化学岩三类。其中以碎屑岩为最多，其他类型的岩石較少。

碎屑岩中有正常沉积碎屑岩和火成碎屑岩，但以前者为主，后者仅有次要意义。正常沉积碎屑岩中以礫岩和砂岩为主，粉砂岩較为少見。礫岩主要見于剖面下部，有复矿質的和石英質的，前一种由石英礫石及各种变質岩（片岩、大理岩）的礫石組成，礫石大小不一，多由絹云母和石英胶結，有时为鉄質胶結。后一种礫岩的礫石几全为脉石英，分选較好，礫石滾圓度很高，說明经过較长期的搬运。

砂岩中有石英砂岩、长石石英砂岩及长石砂岩，一般均具石英岩状結構，胶結很坚实。石英砂岩中的部分石英碎屑有次生加大現象（照片11），新生部分很易与原来碎屑部分区别开来。长石石英砂岩呈淡紅色，具交錯层，碎屑物除石英而外，含有一定量的长石（15%左右），后者大部分已分解，发生絹云母化。胶結物原为粘土質，但多已轉变为絹云母和石英（照片12），說明岩石经过了較强烈的进后生作用。

除正常沉积碎屑岩外，石炭系中还有极少量的晶屑凝灰岩，呈暗綠或灰綠色，主由破碎的具尖銳稜角的斜长石和石英晶屑組成，胶結物原来可能是火山灰，現已轉变成綠泥石。

属于粘土岩类的有由水云母組成的頁岩，一般呈黃色或褐色，含少量針鉄矿。鏡下可見，水云母为細小鱗片，呈明显的定向排列，大部分具有几乎完全一致的光性方位，同时消光。除水云母外，常見有少量石英及紅色的針鉄矿。

属于化学岩及生物化学岩类的有石灰岩，其中絕大部分是生物灰岩，部分为化学灰岩。灰岩有时经过了重結晶作用，但一般結晶程度甚差，生物化石保存良好，常見有腕足类及苔藓动物化石，說明这些灰岩是在浅海环境下生成的。

由上可見，本区早石炭世岩石一般未受到明显的区域变質作用，因而沉积岩的原始結構和构造一般保存較好。但从胶結物及碎屑矿物的次生变化方面看来，該时代的岩石显然是受到了較强烈的进后生作用。

三、区域变质作用和进后生作用

从以上的叙述中可以看出，本区前中生代岩石在变質程度上有所不同，时代愈老的变質愈深，时代新的变質浅或未变質。尽管在有些地区由于花岗岩（主要为华西力期的）侵入影响而使得岩石变質程度复杂化，但这仅对局部地段岩石有明显的影響。如在

哈烏爾河下游与額爾古納河之間地区，华力西期花岗岩同时侵入到下古生界和下石炭統中，但除了接触帶而外，其他地方的石炭紀岩石并未变質。这說明花岗岩的影响范围很有限，絕大部分岩石的变質是由区域变質作用所决定的。

根据对本区前中生代岩石的研究，可以按岩石結構、构造的改造程度和新生矿物特征等划分出两个不同的帶，其一为区域变質作用帶，包括前石炭紀岩石在內，另一为进后生作用帶，相当于下石炭統。

在区域变質作用帶內，元古代岩石的变質程度最深，原来岩石的結構和构造已发生根本变化，而代之以典型变質岩的結構和构造。岩石中的变質矿物有：石英、中长石、黑云母、白云母、微斜长石、普通角閃石、綠帘石、鉄鋁榴石、十字石，部分岩石中見有藍晶石、細晶硅綫石。在矿物共生組合方面常見的有：（1）石英—斜长石（多为中长石）—黑云母（一白云母—微斜长石）；（2）十字石—鉄鋁榴石—白云母—石英；（3）石英—黑云母—白云母（一鉄鋁榴石—中长石）；（4）普通角閃石—中长石—綠帘石—石英等。根据普通角閃石、中长石和十字石等矿物的普遍出現，可以認為元古代岩石是在鉄鋁榴石角閃岩相的条件下形成的。

下古生代岩石变質程度較低，絕大部分岩石的原始結構和构造虽已改变，但有些岩石有时还保存着一些残余沉积构造。新生变質矿物有：石英、鈉长石、絹云母、綠泥石、黑云母、白云母、綠帘石、阳起石、滑石、方解石、白云石、石墨等。常見的矿物組合为：（1）黑云母—白云母—石英（一鈉长石）；（2）絹云母—綠泥石—石英（一鈉长石）；（3）阳起石—鈉长石—綠帘石（一石英）；（4）方解石—石英；（5）白云石—石英等。根据黑云母的出現而又无普通角閃石和鉄鋁榴石，因之可列入綠色片岩相的石英—鈉长石—綠帘石—黑云母亞相。

泥盆紀岩石变質极浅，原始沉积岩，特别是碎屑岩的結構和构造尚保存得較多，但頁岩已完全轉变为千枚岩，具典型的变質岩結構。在新生矿物方面，絹云母、綠泥石、鈉长石和石英的分布都很广。从这些矿物的普遍出現及其共生組合方面看来，本区泥盆紀岩石應該是在綠色片岩相的石英—鈉长石—白云母—綠泥石亞相条件下产生的。

本区石炭紀岩石一般沒有变質，沉积岩的原始結構和构造都保存得較好。但無論碎屑岩或粘土岩都受到了較强烈的进后生作用，这表現在：（1）砂岩一般具石英岩狀結構，粘土胶結物大部分已重結晶成絹云母和石英；（2）砂岩中的部分石英粒有再生現象，次生加大的石英外形往往很完整；（3）粘土岩已轉变为頁岩，其中水云母矿物結晶較显著，并呈严格定向排列。所有这些都說明沉积岩在其形成以后，由于溫度、压力和水溶液的影响，又在经历着新的变化。

結 束 語

額爾古納河中游右岸地区的前中生代沉积岩和变質岩以往很少有人研究，最近几年来在区測工作过程中，对于一些岩石，主要是各种变質岩的成因有着不同的解釋。如有的人認為本区出露的絕大部分变質岩是接触变質成因的，另外一些人則認為是区域变質作用的产物，但一般都未对岩石进行过系統研究。笔者根据对一系列剖面的觀察，并結合室內对岩石的鑑定結果，認為本区絕大部分变質岩主要是由于区域变質作用而生成的；接触变質岩石虽很多，但一般仅分布于局部地段，常是在紧隣花岗岩体的地方，范

围比較有限。只有这样，才能說明为什么在面积不太大的一些地段內，不同时代岩层均为华力西期花岗岩所侵入，但它們总的变質程度却有所不同，而且有时是距侵入体較近的上古生代岩石反而比远离侵入体的元古代或下古生代岩石变質为浅。同时，也才好理解，为什么在有些地区，如北二次河下游一帶的下古生代岩层，虽为花岗岩所包围，但大多数岩石的变質程度并不深，仍属于綠色片岩相。

参 考 文 献

1. 宁奇生等 大兴安岭区域地层。大兴安岭及其隣区区域地質与成矿規律，黑龙江省地質局編。地質出版社，1959。
2. 宁奇生 大兴安岭构造特征及地質发展史。同上，1959。
3. 李廷栋 大兴安岭北部大地构造特征及其多旋迴发展过程。地質学报，第43卷第四期，1963。
4. 陈景維 哈烏尔河与額尔古納河間地質及岩石（未刊稿），1961。
5. 俞建章等 大兴安岭西坡北二次河及根河間地質报告（未刊稿），1958。
6. 俞建章等 大兴安岭西坡北二次河至黑龙江上游一帶地質报告（未刊稿），1958。
7. 俞建章等 中国科学院黑龙江流域綜合考察大队大兴安岭地質队1959年野外报告（未刊稿），1960。
8. 梁惠甫 大兴安岭区域地質測量队一分队野外地質报告（未刊稿），1959。
9. 中国科学院黑龙江流域綜合考察队 黑龙江流域及其毗鄰地区地質，第二卷，大兴安岭北部地質。科学出版社，1963。
10. 程裕淇等 变質岩的一些基本問題和工作方法。中国工业出版社，1963。
11. Е. А. 庫茲涅佐夫 变質岩。地質出版社，1958。
12. В. К. 柴可夫斯基 大兴安岭西坡地質构造基本特征。苏联專家报告論文汇编，大兴安岭地質队編輯，1959。
13. Б. Н. Козеренко Геологическое строение юго-восточной части восточного Забайкалья. издат. лвовск. ун-та, 1956。
14. В. Н. Козеренко и А. А. Локерман Об ордовических отложениях юго-восточного Забайкалья. Доклады АН СССР, Т. 123, № 6。
15. F. J. Turner and J. Verhoogen Igneous and metamorphic petrology, 1960。

照片及附图說明

1. 十字云母片岩 十字石变斑晶被云母包围，岩石呈斑状变晶結構。正交偏光， $\times 30$ 。
2. 藍晶片岩 可見板状藍晶石，不規則石英及黑云母鱗片。单偏光， $\times 30$ 。
3. 黑云片麻岩 矿物呈定向排列，岩石具鱗片花岗岩变晶結構。正交偏光， $\times 30$ 。
4. 二云石英片岩 云母、石英定向分布，交互产出，岩石具花岗岩鱗片变晶結構。正交偏光， $\times 37$ 。
5. 石英岩 正交偏光 $\times 46$ 。
6. 綠泥絹云千枚岩 鱗片变晶結構。正交偏光， $\times 37$ 。

7. 細粒二云石英片岩 正交偏光, $\times 37$ 。
8. 阳起片岩 阳起石定向分布, 岩石呈纤状变晶结构。正交偏光 $\times 37$ 。
9. 白云質大理岩 具花岗变晶结构, 白云石結晶較完整。正交偏光, $\times 37$ 。
10. 变余粉砂岩残余碎屑结构, 正交偏光 $\times 46$ 。
11. 石英砂岩中的再生石英。正交偏光, $\times 46$ 。
12. 长石石英砂岩 胶結物多已轉变为絹云母及石英。正交偏光, $\times 46$ 。

图 下古生代碳酸盐岩石差热曲线图。



图 1

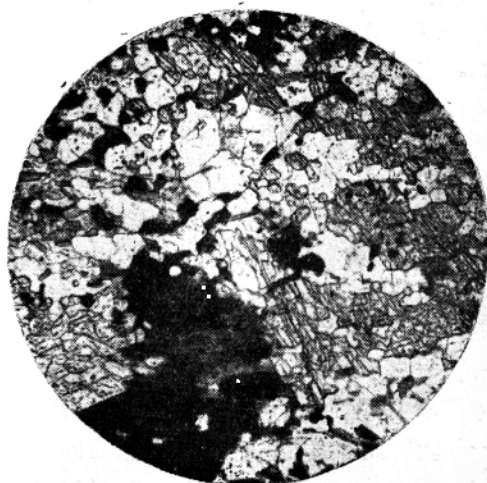


图 2

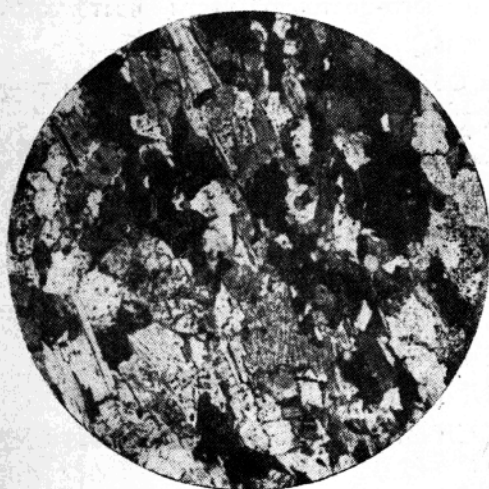


图 3



图 4