

成矿概念的变化和发展

(美) J.D.瑞 奇 著

地 质 出 版 社

成矿概念的变化和发展

(美) J. D. 瑞 奇 著

张 炳 熹 译

地 质 出 版 社

出版前言

本书的内容是美国地质学家J.D.Ridge于1968年和1976年先后发表的两篇论文。论文以编年的体裁比较系统地摘引和评述了近四十年来,以北美地质界为主的提出的有关成矿理论思想的演变和发展。两文内容衔接,体裁一致,可以视为一本专著的上下两编。虽然原文发表至今已有七年至十五年,但因两篇论文涉及的问题很重要,对我国矿床地质工作者至今仍不失为有价值的参考资料,故将两文收为一书出版。译文是译者于七十年代后期完成的;其中第二篇曾发表在本社出版的《层控矿床和层状矿床》一书中译本的第一卷内,第一篇则因编辑力量的原因,迟至今日始问世。两篇译文曾分别由余鸿彰和杨珊珊同志审核过。

Changes and Developments in Concepts of Ore Genesis——1933·to 1967

And

Origin, Development, and Changes in Concepts of Syngenetic Ore Deposits as Seen by North American Geologists

by

J. D. Ridge

成矿概念的变化和发展

(美) J. D. 瑞奇 著

张炳燊 译

责任编辑: 余鸿章

地质出版社出版

(北京西四)

张家口地区印刷厂印刷

(张家口市建国大街15号)

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 117/8 字数: 314,000

1985年5月北京第一版·1985年5月张家口第一次印刷

印数: 1—3,000册 定价: 3.30元

统一书号: 13038·新96

译 序

本册所载的两个主要部分的原作者为美国宾夕法尼亚州大学教授 John D. Ridge。他是美国采矿、冶金和石油工程师协会 1968 年出版的《美国矿床，1933—1967》一书的主编。该书系以《格拉顿—赛尔斯纪念文集 (Graton—Sales Volume)》的名义出版，并具有作为 1933 年出版的林格仑纪念文集 (Lindgren Volume)《美国西部矿床》一书的续篇的性质。Ridge 在该书之末，编入了他所选辑的自 1933 至 1967 年间发表的 162 篇有关矿床成因问题的文章摘要（侧重于贱金属硫化物矿床方面），按编年的形式排刊，意图介绍自林格仑纪念文集发表以后，矿床学理论研究方面的进展情况。最后，也刊入了他对林格仑矿床分类法的修改和他对矿床成因问题的一些看法。

原书在这一部分之前，还编入了格拉顿的《五十年以后的林格仑矿石分类法》。虽然格拉顿的文章和 Ridge 的文献编年摘要主旨都在维护林格仑的矿床分类法及岩浆-水热成矿思想，但通过这些材料也可以帮助我们了解当时在北美居主导地位的这一学派发展到 1967 年的情况及所要解决的问题。

1977 年出版的《层控矿床及层状矿床》一书的第一卷中，又由 John D. Ridge 编写了第六章，《北美地质家所见的同生矿床概念的起源、发展和改变》。其体裁仍和前者一样，系将自 30 年代开始至 1974 年间一些有关“同生矿床”的较重要的论文（北美的为主）予以摘录并加评述。由于矿床同生论的提出及以后对层状及其他类型矿床研究的进展，使正统的岩浆-水热理论受到相当的冲击，并因此也使之从其原有的观点上提出反击和质询。虽然原编者有明显的倾向性，而且对反对派的评议颇多苛责之

处，但在客观上这两部分材料对我们了解近五十年来西方矿床学理论研究发展中的某些重要方面是有帮助的。

由于这两部分内容在时间和取材上大致可以互相衔接和补充，地质出版社决定将这两部分合编为一册以便读者参考和查阅有关文献。

原作者的摘录与评议相夹的写法以及喜好使用讥讽的语气，加上原来两书的校印都不够仔细，以致给译校工作增加了一定的困难。译文中错误和难解之处在所难免，还希读者多予指正。

译 者

一九七九年四月一日

目 录

第一编 矿石成因概念的变化及发展…………… (1)

——1933至1967

摘要…………… (1)

前言…………… (1)

有关矿石成因论文的概要…………… (3)

矿床分类…………… (180)

结论…………… (191)

一般评论…………… (191)

推测…………… (193)

附表…………… (188)

表 I 修改的林格仑矿床分类法…………… (188)

表 II 可能的水热反应…………… (216)

第二编 北美地质学家所见的同生矿床概念的起源、发 展和改变…………… (219)

前言…………… (219)

同生矿石概念发展的编年纲要…………… (222)

结论…………… (346)

参考文献目录…………… (351)

第 一 编

矿石成因概念的变化及发展—1933至1967

摘 要

这里概要介绍的162篇文章，是1933到1967年发表的，讨论了矿石成因的各个方面，重点放在对成矿理论的增补或修正上，而不管其讨论的是何种型式的矿床。对贱金属硫化物形成的文章给予较多的篇幅，只是因为对这个主题所写的文章较多。得出的最后结论是：对于矿床成因来说，在化学上和地质学上正确的理论可以围绕着岩浆产生的成矿源体中成矿元素富集的概念以及围绕着从出露地表的（不管甚么成因的）岩石把有经济价值的物质富集起来的那些地表作用而建立起来。

前 言

几乎肯定地，任何人想从林格仑纪念文集出现以后的几十年去追索有关矿床成因的思想的经过，将从包括在该书中的Bowen (1) 和Fenner (2) 的文章开始。在这两篇文章之后，由研究这个问题的学者们准备的文献目录将有很大的分歧，但无疑地都将以1967年H. L. Barnes 编辑的《水热矿床的地球化学》一书中所选的文章而告终。在我所引用的参考文献目录中，我包括了162篇，这是一个可能更大得多，也可能少得多的数目，因为在任何一篇文章中发表的意见常常在许多别的文章中从不同的观点上或从不同的重点上予以重复过。几个月以前，我小心地把我原来约100篇参考文献的目录提交本书的编辑委员会和地区作者

们，感谢他们的建议，增添了现在所包括的另一些文章。下面的内容不全是一个加注解的文献目录，在许多实例中我曾试图把作者必需说的提出一个客观的摘要，但是在另外一些中，我所做的只是去概括作者所提的一个论点或少数几个论点而不是其全部。开始时我想把每篇概要限于 300 字内，这证明是不可能的，虽然我的同事——Arthur W. Rose——的评论曾使我能够不仅大大地改进了我所说的，并且也同样地缩短了我的评论。可是，我应当赶快补充说明，所存在的缺点不能归咎于他，而主要是我没有遵循他的劝告或者未能理解他的批评的结果。

我必须向我曾讨论了他们的观点的作者们致歉，因为我用了他们的字句而有那末多的部分没有加引号（因为我感到如果我使用他们表达他们思想的方式，就不大可能错误地代表他们所讲的）。

在我对不同作者的观点加以评论之处，我曾试图弄清楚我的意见是加了括号的；括号内的任何东西不能作为对原作者的指责而必须理解为我个人对他们所提出的东西的反应。

如果我从概括这三十五年里矿石成因思想的趋势的努力中曾学到过什么的话，那就是没有一个人具有理解、知识和经验的适当资格以恰当地去评价这个主题的全部，或者其中的一部分。

读这一章的人不应当认为自己在研究过去三十五年的矿石成因的文献中已经不只走出了第一步。任何人只有在阅读、注意和内在消化本文中所概括的文章后，才能希望跟得上在过去三十五年中有关矿石成因理论的变化。我这个概括只有在它鼓励了它的读者去进行额外的阅读和研究，以达到对我所摘录的文献和各作者所参考的文章所必需的了解后，才算有点价值。

我在参考文献目录中所列的文章不全都是直接与矿床成因问题有关的——其中一些讨论的问题可能看来是远离了矿床研究的，但我认为它们全部都对一种成矿流体（广义的）的形成和运动以及从中沉积矿石的各种因素具有现实的意义。文章之中有一

些是有关矿石成因问题的十分一般的和初步的陈述；我把这些文章也包括进来是因为考虑到没有一个学者能够掌握所有矿床是如何形成的部分的或全部的理论 and 实际方面。

最后，对那些我可能把他们的观点作了错误解释的作者们致歉；我只希望他们将因此受到激励而进一步写出有关的问题以便这种误解不再发生。

我曾试图把矿石成因的所有方面的文章包括进来。如果看来在数量上有对讨论贱金属硫化物矿床的形成的文章有所偏爱的话，那是因为有关这个题目的文章多于其他类型矿床发展的文章。再者，我所做出的出现于本章之末的结论，对于水热流体的发育和其中的矿石矿物的搬运和沉淀花费的时间多于对成矿的其他各种方法。这又是因为这正是过去三十五年中工作重点的所在，而我所说的正反应了这个事实。

我把我对林格仑分类法的修正放在本文中概要部分之后，这个修正本我认为是包括了经济地质学领域内的工作者们曾经提出的所有有关矿石沉积方法的合适的分类法。

在分类一节之后，我把我自己对于整个这项工作对矿石成因的意义是什么的观点列出一个大纲，并且试图建立一个矿石成因的连贯的方案。我并不期望任何人同意我说的全部内容，但它至少将表明过去三十五年中所有这些观点对一个经济地质学家的影响。

有关矿石成因论文的概要

1933—BOWEN (1)

Bowen 说，当硅铝质岩浆在重负荷下结晶时，极易溶的组分（如 H_2O ，S，Cl，B）主要富集在残余溶液里，但由于围限压力过大不能使它们逸去，终于结合到结晶的化合物中去了。在相

似的岩浆中，就位于更接近于地表的残余液体常常沸腾，而在火成岩和它周围的地层的粒间孔隙和裂隙中就形成一个分馏柱。在这个柱里，形成了一种酸性水质蒸馏物，并且当它从沸腾的源地向向上向外驱动时，通过它与所经过的岩石发生反应而将其矿物质负荷沉积下来。这些反应逐渐地使溶液的pH增高直至变为中性然后成为碱性。这些碱性的溶液间偶而可能达到近地表处，并与大气降水混合生成温泉。罕有的情况下，蒸馏物可以以酸性气体或酸性水达到地表。Bowen认识到成矿溶液的特征性效应不能由气体来完成，但他也想到种类繁多的水热矿石不能够由碱性溶液沉积出来。〔看来他的概念的大部分是根据他对阿拉斯加的Katmai地区万烟谷所作的研究，而没有意识到Katmai气体的来源极近地表，以至围限压力很低不足以把它们压缩成具有与液体水大致相同密度的气体，并且反而使它们作为稀薄的蒸气而逸出，其习性与在几千英尺的固结岩石之下结晶的岩浆所放出的浓厚气体大不相同。潜在的气态化合物的相对挥发性虽然对万烟谷地区放出的气体的特征具有非常实际的影响，但在从深处的岩浆沸腾出来的流体相中则是一个不具重要性的因素。〕

1933—FENNER (2)

Fenner相信岩浆分异作用有两种派生产物，即放出的气体和残余的液体，它们可能形成水热矿石。他追随着Schneiderhohn，认为在一个正在结晶的岩浆内发生了突然的沸腾和蒸馏作用而且将易于挥发的组分排去。再者，他的想法是，这些放散物质不是由伟晶质熔融物直接派生来的，因为在伟晶岩中硫化物很少以可以看到的量存在。反之，Fenner认为气态的放散物含有后来转变为水热矿床的典型硫化物的大部分物质，并且是在达到伟晶期以前相当长的时间以前就从岩浆中沸腾出去了。但是，他也承认挥发物的一些富集也必然发生在伟晶质熔融体之内，而后者可能是挥发物的次要来源。他相信当放散物向外移动进入岩浆房的围岩时

随带有大量的热并且它们在长距离中必然保持气体状态。可是，当气体混合物中所达到的平衡条件发生变化时就从气体状态中发生了沉积作用。但是他不认为这些固体产物就是现在的矿床中所见到的物质。在距离岩浆房外的某一点，一定体积的气体会失去足够的热量，因为含在放散物中的大量水蒸气凝集成水溶液，他承认其温度可以高于沸点。这样发育出来的多水的溶液柱将被它下面的气体放散物所支撑；但是，随着岩浆的逐渐冷却，下面的气体和上面的水之间的界面将向下朝着岩浆房移动。于是，当界面下降时，那些Fenner认为是从气相中沉积出来具气成特征的矿物质就会与向下移动的水热流体发生反应而转变为一般称为水热脉中所见的典型矿物。〔对Fenner的理论有两个反对之点。首先是，假定现在具有水热特征的所有矿床都是由下降的水热溶液和早些时候从初始的气相形成的矿物起反应而产生的，那就应当在一些水热矿床的一些部位上有至少是少量的，直接从气相沉积出来而未受后来出现的水热流体完全改变的物质——这样一些残余物（例如银和铅的氯化物）却从来未曾发现。其次，直到Kennedy对在高温高压下水的压力-温度-体积关系的工作做出(29)以前，Fenner既没有意识到，也不可能去做到，压力对他（Fenner）的气相的影响竟是把放出的气体压缩成流体相，其中主要的组分将是水，而密度大约不小于25℃时液体水的一半。有了一个从岩浆中可能“沸腾”而出的条件下水的P—V—T关系的了解，在细节上加以必要的修正，则Fenner的理论就会和后面要讨论的Graton（8）的相像了。〕

1933—ROSS（3）

Ross，在他对阿帕拉契山南部的Dauktown式矿床的详细研究中（美国地质调查所专报17号），对成矿作用得出某些结论，而概括在林格伦纪念文集中他撰写的文章里。这些结论是：（1）矿脉物质的分结和沉积必须与母岩浆的晚期分异作用相关联；

(2)脉的形成是岩浆结晶分异作用的更大的过程的一部分；(3)分异作用发生在足够大的深度，其围限压力迫使挥发物保留在岩浆中直到结晶作用周期的晚期；(4)矿化过程以液相为主，虽然气相可能曾经存在过，并且在脉体最易渗透之处居主导地位。因之，看来Ross认识到对岩浆的压力是足够大的，致使在岩浆结晶晚期放出的气体是如此高度压缩的，以致对所有的实际目的来说，都是液态的。

1933—SCHALLER (4)

Schaller 认为，复杂的伟晶岩是由简单的伟晶岩经过从距伟晶岩体有些距离的岩浆体中衍生的水热流体所形成的交代反应产生的，并且随着母岩浆的分界作用格式而连续改变其成分。虽然Schaller的基本论点可能是不正确的，像Cameron和他的同事们(23)所指出的那样，但他却很正确地注意到气成过程，即气相条件，很可能有能力携带相当多的物质，但是在与已经就位的伟晶岩物质反应之后，就难以把被交代的物质从气相移去。〔这个意见曾长期地被那些要使稀薄的气体完成大规模的交代作用的人们所忽视，或者未曾引起他们的注意。〕

1936—GRATON 和 BOWDITCH (5)

Graton和Bowditch从Cerro de Pasco 矿山脉体内和其附近明矾石和迪开石的晚期发育及其含量向深部的减少而得出结论说，成矿流体原来是，并且在一个长时期内是碱性的，在较晚的阶段，溶液经局部产生 H_2SO_4 而变为酸性。然后这样的硫酸通过与自然硫和水的反应而形成硫化氢与硫酸（按照E. T. Allen 的建议）而不是经过像Bunsen(1847)久已提出又经Butler修改的反应，即硫或硫的化合物对围岩中的高铁化合物起作用而形成。Graton和Bowditch赞同前一个理论，因为在Cerro的围岩中没有含高铁离子的化合物。〔可是，看来他们没有考虑水热流体本身含有足够的高

铁离子，足以发生 Bunsen—Butler 反应的可能性——这个反应已经过修正，认为氧来自水热流体的水而不是来自高铁化合物）。不管形成硫酸是通过怎样的机制，Graton 和 Bowditch 清楚地论证说，水热流体随着时间从碱性变为酸性，而不是像 Fenner 和 Bowen 的概念所要求的相反的过程。他们又指出 pH 的改变很可能对从成矿流体沉淀出来的矿物种类和在成矿周期的哪个阶段有极为实际的影响。

1937—林格仑（6）

在1937年，林格仑虽然转向Bowen和Fenner的看法，因为他说，在岩浆房中硅酸盐的主要结晶作用之后，残余岩浆主要由水和挥发物，再加上不少的硅氧和为量不等的重金属所组成。他假定一个多水的流体经过沸腾分出来并且它在反应中呈酸性〔假定它经过充分地凝聚，在紧密相伴的水分子的影响下能够发生电离作用。〕他进一步说，这个酸性流体很快被中和或者与周围的岩石发生反应而变为碱性，但在下面的气体压力推动下继续向地表移动。与围岩的进一步反应促使金属和脉石矿物沉积下来。当成矿流体达到大气降水带内时，发生了进一步的反应。〔看来林格仑相信成矿流体一旦成为碱性之后即保持着它的碱性特征，而且以后没有变回酸性状态。〕林格仑认为矿石和脉石矿物是作为胶体颗粒搬运的，而且一般是由 H_2S 、 Na_2S 、 H_2Te 和 H_2Se 的还原性影响产生的。他认为凝聚的矿物凝胶在高温下结晶迅速而在低温时较慢，所有的硫化物，包括黄铁矿，最初以凝胶沉淀下来。于是林格仑自己满意地解决了硫化物在水热溶液中的搬运问题，〔虽以我看来他在接受成矿流体最初为酸性而后来为碱性特征方面肯定是后退了一步〕。当然，他承认他的理论还遗留着许多未解决的问题。

1938—GORANSON (7)

Goranson 在 1937 年发表了第一批实验数据证明水在花岗岩成分的岩浆中的溶解度。水在花岗岩玻璃中的溶解度压力由 0.5 千巴升高到 4.0 千巴时介于 3.75 到 9.35 重量百分比的范围内。在 980 巴时, 温度在 600° 到 1200°C 之间, 每升高 100°C 在这种熔浆中水的溶解度降低 0.3%。对一个黑曜岩所作的实验得到相同的结果。Goranson 论证说, 根据六个天然熔浆的水含量在 10.05% 至 4.98% 范围内来判断, 许多花岗岩浆的水含量必然十分高。在他的文章开头的一段里, 他指出这样的挥发性组分可能在矿石沉积作用中起重要作用。〔虽然他没有解释这么多的水如何能够包括在花岗岩浆中, 他却证明了在这种岩浆中也没有什么固有的东西阻止着它们在足够的围限压力下保持这么多的水。〕1938 年, 他把他的研究扩展到证明在硅酸盐-水系冷却和结晶时可能积累出巨大的压力。例如, 他证明一个钠长石-水溶液在 1100°C 的温度下含水 4.2% 时将产生 606 巴的压力。在 960°C 时, 压力将会降到 500 巴。在此处无水钠长石开始结晶, 而水含量(以及因此这个系统的压力)升高, 从而在 819°C 时, 压力增加到 3000 巴, 为 1100°C 时的六倍。在 819°C 时, 此系统将含有 56% 的晶体和含有 9.5% 水的熔浆。他提出这样巨大的压力很可能引起某些火山现象。可以推论这样的压力足可以把任何熔浆中的水从岩浆房中向外和向上逐出, 简言之, Goranson 对矿石成因的贡献是提供一个从物理上将岩浆中发育的多水相分离出来并把它驱入围岩的机制。

1940—GRATON (8)

Graton 的这篇文章大概是 1933 至 1967 年间发表的关于矿床成因的或者至少是关于水热矿床成因的所有文章中最重要的一篇。Graton 把他的文章大部分放在反驳 Fenner—Bowen 关于成矿

元素的气态离开岩浆的概念上。他提出以下的主要之点：（1）水热流体在硅酸盐-水系统结晶周期的晚期之前几乎肯定没有离开岩浆房，但是主要的水热矿床不是伟晶岩相的直系后代；（2）成矿流体从岩浆（硅酸盐）物质主体中分凝出作为一个分开的独立相，并且这种流体相不会和类似成分的液体有大的差别，因为在岩浆房上的大压力将保证这个相具有0.5和1.0之间的密度—Graton提出这个流体可生成：（a）由所有其他岩浆成分的结晶作用而产生的残余流体或（b）通过在富含硅酸盐相中的不溶性而产生的不混溶相；（3）足以使重而粘滞的熔融岩柱上升到地表的上覆岩石的单纯压力应该足以把轻得多的成矿流体排挤到同一目的地；（4）从一个沸腾的岩浆中排出的稀薄气体应更可能以那种状态继续向上达到地表，而不像是在通道上面的某一地点凝结成一种酸性液体，该液体以后通过与围岩的反应会变成碱性；（5）一种酸性液体经过与含碱的岩石反应最初可能变为碱性，但在通道附近可能有相当厚的淋去了碱质的岩石以致酸性液体很快将沿着一个惰性的通道向前运移而从该处得到的碱质就太少，而不能使之改变其酸性特征；（6）一种由酸性变为碱性的液体不可能与使它获得碱性的同样岩石起作用而使之变为火成岩或沉积岩中大多数水热矿床周围的典型的含碱质的成套蚀变；（7）Bowen和Fenner所设想的矿床的碱性改造完成得如此之好，以至于在酸性气相中沉积的原来物质竟再也没有被发现过是不可能的——再者，如果这样的改造可以发生，则碱性成矿流体能够同样容易地从岩浆房出来的一路上都带着成矿元素；（8）矿石和脉石矿物元素的挥发性卤化物继续存在所需的温度，假设它存在，要在远离岩浆房很远之处都保持，将是不可能的，因为这类的卤素气体在其向上的途中冷却得很迅速；（9）没有证据说明早期的成矿流体有足够的酸度来引起围岩的，特别是会受到这种酸性作用的碳酸盐岩石的剧烈溶解；（10）矿物沉积的原因比失去热量的原因要复杂而难以理解得多；（11）在挥发性溶剂如气态的水中

的低挥发性溶质的溶解度，基本上等于零，除非其温度和压力可使液相能与气相共存，以及临界现象大概发生于地质上合理的温度下，尽管在多组分的溶液中临界点的数值有所提高；（12）成矿流体的沸腾，如果围限压力应当快速地减低，虽然总是一个可能性，但正常情况下并不发生。〔缺少Kennedy的数据（29），Graton没有理会到高度压缩的成矿流体能够有多大的密度并提出它所溶解的物质给予它如此高的临界温度以致除非是在高温时达到近地表条件的地方，临界现象从未影响到它。考虑到成矿流体的高含盐度（如流体包裹物研究所显示的），成矿流体的临界温度的上限大概远高于纯水。近来的工作（Sourirajan和Kennedy 1962，美国科学杂志卷260，115—141页）表明一个4%的NaCl溶液所具有的临界温度约为410℃，而临界压力约为320巴。于是，就有一个可观的范围超过它，甚至含盐最高的成矿流体也必须呈气态，而且必须依赖于加于其上的围限压力才能使之有足够的密度来在真溶液中搬运NaCl（和其他物质）〕。Graton的主要贡献看来是曾反驳过成矿物质以稀薄的气体状态从岩浆中搬运到矿床中的概念而且证明了液态的成矿流体在反应中必曾是碱性的，除了在靠近其向上的旅程的终点的不寻常的情况下。他还指出在衰竭的成矿流体中的大部分酸性是由于有 H_2SO_4 派生的氢离子的存在（虽然有些氢离子无疑地来自HCl和HF），而且硫酸几乎肯定是由成矿流体和它的环境之间的反应产生的。

1941—LOCKE（9）

Locke再提出了与花岗岩相伴的矿石，像许多花岗岩一样，是沉积岩变质的结果。从花岗岩中失掉的、见于矿体内的和在围绕着花岗岩的变质不深的沉积岩晕圈中的暗色组分大概是向外移动了，而浅色组分则向内移。完成这种转移的机理则未加详细说明，但是Locke认为岩浆库不过是一个在地壳深部未知的东西，而像花岗岩一样的岩石、变质沉积物晕圈和矿体在空间上和大概在形

成过程中是如此紧密伴随，以致在三者之间必然有一个成因上的联系。在讨论Locke的文章中，McKinstry指出，花岗岩不是成分没有改变的重结晶的泥巴，例如花岗岩含有比泥巴或比任何其他沉积物的组合高得多的Na。他（McKinstry）赞成这种概念，即变质的花岗岩的形成是经过水热溶液的作用，这种作用是在比产生通常的中温绢云母、绿泥石和碳酸盐溶液更宽广的前缘和在更高的温度和压力下进行的，因而能够发育像正长石、斜长石、白云母、黑云母和角闪石一类矿物。因之，液态的碱性成矿流体也就仅仅是较冷的更为受限制的花岗岩化溶液的翻版，并且也是来自深部花岗岩浆的，后者，如果不能看到的话，也必须予以推定。Anderson提出，岩基式的岩石向周围的岩石提供的硫化物质不多；反之，较大的矿体来自主要岩基侵入活动发生之后活动的深部来源。

1941—LOVERING (10)

在此文中，Lovering回到这一概念，即成矿流体至少在这一实例中，在早期阶段是酸性的，然后是中性的，而最后为碱性的。他又认为钨铁矿（存在的钨矿物）是在稍具酸性的溶液中形成的。不管成矿流体的化学特征如何，Lovering这篇文章的主要贡献是认识到脉体中存在一个分带的蚀变格式，靠近脉体的岩石由石英二长岩变为绢云母和少量石英与碳酸盐（虽然在手标本上看来是新鲜的）。在绢云母化花岗岩之外是一个含有很多种粘土矿物和少量绢云母的高度褪色岩石。他把褪色带分为三部分：（1）含有水铝英石，蒙脱石（？），水云母，和绢云母而过渡到新鲜岩石的外亚带；（2）有大量贝得石的过渡亚带；和（3）富含迪开石的强烈蚀变的内亚带。由迪开石亚带到绢云母带的过渡是突变的，但在绢云母中可以见到有迪开石和贝得石的残余。Lovering解释这些带和亚带是pH值在变化的溶液作用的结果，最早进入的是pH值最低的溶液。〔看来至少同样合理的是如