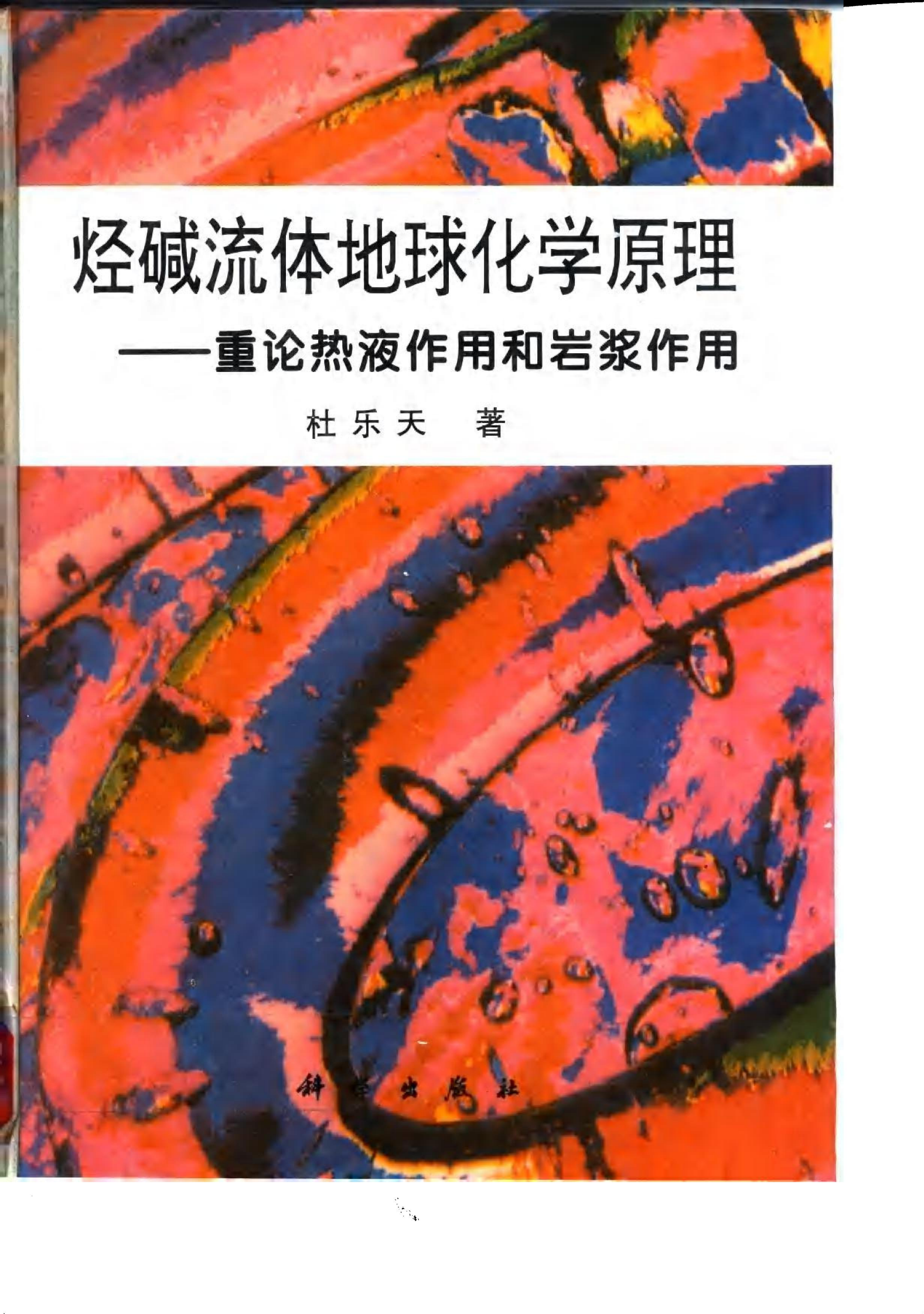




烃碱流体地球化学原理

——重论热液作用和岩浆作用

杜乐天 著

科学出版社

烃碱流体地球化学原理

——重论热液作用和岩浆作用

杜乐天 著

科学出版社

1996

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书是作者从事矿床地球化学研究的专著。共分为两大部分:第一部分为烃碱流体和碱交代作用地球化学,重点是热液碱交代和幔汁碱交代;第二部分为热液和岩浆成矿作用中的成矿机理。共计六章:第一章,概论;第二章,国内外热液铀矿床烃碱流体与碱交代作用;第三章,烃碱流体和碱交代作用地球化学原理;第四章,地壳中烃碱流体与碱交代作用;第五章,地幔烃碱流体与地幔碱交代作用;第六章,本书的基本论点。全书总结和发展了全球热液和岩浆成矿学理论,并提出了作者较系统的新见解,是一本具有新颖学术思想的碱交代地球化学与成矿方面的专著,对推动整个热液和岩浆成矿学和深部地质学的发展具有重要意义。可供矿床学、地球化学、地质学等有关科研、教学和找矿人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

烃碱流体地球化学原理——重论热液作用和岩浆作用/
杜乐天著·—北京:科学出版社,1996.7

ISBN 7-03-005454-7

I. 烃… II. 杜… III. 烃-液碱-混合物-有机生油-地球
化学 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 10863 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

北京洛神公司 照排

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

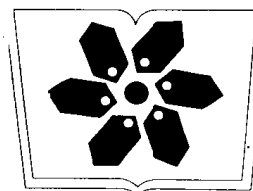
*

1996 年 7 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1996 年 7 月第一次印刷 印张:36 插页:1

印数:1—600 字数:818 000

定价:55.00 元



中国科学院科学出版基金资助出版



序

这本书如果说有一些特点的话,那就是离经叛道。一系列见解是不从众而异端的,最后很可能是一个奇怪的组装。

笔者是先搞了几年化学工作然后学地质的。在地质科学上,大学基本是煤田专业,1955年毕业后,于1956年去莫斯科大学当研究生,论文是花岗岩中铀、钍地球化学。1961年归国后至今一直从事热液铀矿研究。众所周知,铀矿是一个新矿种,全世界研究也不过半个世纪的历史。它是矿床学中一个分支。笔者从这一分支学科中找到了一个成矿奥秘的宝盒。后来又从这个宝盒中找到一把钥匙,打开了一个宝柜,再从宝柜中找到钥匙打开了一个宝殿,……。

铀矿床和烃(碳氢化合物)碱(钠、钾等)流体以及由此流体造成的碱交代作用有紧密的成因联系。在本书中所说的流体一概不包括岩浆。铀矿床很怪,它偏偏产出在什么矿床也没有的地方,和W、Sn、Fe、Cu、Pb、Zn等矿床总不在一起,热液铀矿和岩浆作用无关,尽管它产于花岗岩、火山岩之中。和岩浆岩有关与和岩浆作用有关完全是两回事。这使得笔者对传统的“岩浆分异热液成矿”理论一开始就产生了怀疑。1961—1962年间在广东下庄矿田研究时,根据矿岩时差、热液活动及成分特点等提出成矿铀并非是当时盛行的理论观点——由花岗岩岩浆分异而来,而是来自花岗岩体岩石铀的深部浸出(不是侧分泌)^①。自那以后,三十多年来中外这方面的大量精细工作都在证实这个结论。这不是一个简单的偏题陈述,笔者认为,实际上举凡存在于花岗岩体内部和外部的许多其它热液矿床都和岩浆作用无关,只和岩石有关。这也被几十年来的无数中外研究结果所证明。本书将详细地来论证它。

在铀矿研究的同时,笔者先后也到过各地对比考察和研究了钨、锡、铋、钼、钨、铼、铁、铜、铅、锌、稀土、锂、铷、铯、锰、萤石、高岭土等矿床。后来又承担了黄金地质课题以及碳硅泥岩型金、铀成矿项目,现在又进入地幔流体研究领域。通过上述工作逐渐悟出了一些道理,这就是本书中所要阐述的内容。

在这几十年漫长的道路跋涉中,笔者看到了前人所走过的艰辛足迹和立下的座座里程碑。我怀着深深敬仰和感激的心情,不断地从他们那里得到可贵的营养和启迪。因此可以说,如果没有上述的好基础,本书是根本写不出来的。

与此同时,笔者在不断的探索中也在不断地产生疑问,而且疑问竟然如此之多,几乎涉及许多有关热液作用和岩浆作用的基本理论问题,并认为有必要重新加以考察。应当说,这些领域在国内和国际上的研究工作已经做得相当深入、细致了。但笔者发现,在各个

^① 杜乐天等,1962,331(大帽峰)热液铀矿床成因,三所内部科研报告。

杜乐天等,1963,331 矿床成因中一些地球化学问题及找矿依据,矿床会议资料汇编(三局香山会议,1963)。

问题之间的相互关系上却颇觉阐发上的欠缺和不足。往往是搞此矿者不研究彼矿,搞彼矿者不研究此矿;在每一矿种内部又细分构造、矿床、岩石、矿物等专题剖析,专业之间很少交叉;至于考察视野再放大,例如关于热液作用、岩浆作用的整体规律,此两种作用的相互关系,它们和地幔深部作用倒底有何联系等等问题也很少加以讨论。尽管个体解剖资料极为丰硕,然而理论探讨的空白还相当不少。形象地讲,例如一个大建筑,立柱工程林立,而上层的架梁作业远不相称。故笔者遂产生了补充这一横向阙如的尝试。在本书中将对下列一些问题提出质疑:

1. 热液作用是否都是从岩浆作用开始的?为什么在提到热液作用时总要加上个前缀“岩浆期后”称之为岩浆期后热液?有没有和岩浆根本无关的热液作用?从本世纪初由西方权威提出来的岩浆分异热液成矿学说一直到90年代的今天仍然被大批中外研究者所信奉。可是事实究竟是怎样的呢?如果有人对此学说有所怀疑的话,那么最不相信它们的首先是铀矿地质研究者,笔者就认为这个理论不符合实际(木土,1963)。

2. 多年来,文献中对所谓的成矿热液令人奇怪地只提 H_2O 、 CO_2 (或 $C-H-O$)、 F 、 Cl 、 S 等。然而大量研究结果表明,这个概念不完全符合实际情况。如果没有碱金属(钠、钾等)的参加,这种流体是不可能成岩和成矿的。碱金属是矿化剂和深部流体第一位的重要成员,不应加以忽视。

3. 只研究矿床本身,尽管工作做得很细,但能解决好成因问题吗?事实表明恐怕不一定。矿床只是浸出场—迁移场—沉淀场这一漫长的成矿过程链的最后一个环节,所给出的信息只限于沉淀场范畴,缺的东西太多了。

另外,热液的温度、压力、 pH 、 Eh 、含盐度再加上稀土模式、同位素组成和一些微量示踪元素测定结果,多年来被公认为是矿床研究绝对不可少的课目,可是世界各地的矿床中这些参数却几乎一个样。即使有差别也不能说明多大问题,这种文章现在很为流行,成了八股。与此形成明显反差的是对矿床的诸多重要地质特征,例如矿体产状、形态、结构、构造、垂向变化(矿物、矿石、蚀变、岩性、结构、形态、产状等变化)、矿石的光相学、蚀变的岩石学、矿物学相互关系等等都不管了,认为这些内容写得多了,上不了水平。一篇论文中要是缺个同位素数据是无论如何不行的。在许多论文中充斥了很多微区、微粒、微量测定、实验数据,然而连一张光片、薄片镜下照片都不附,使人根本无法判断此微区的位置,就像不贴标签的标本一样失去了价值。还有,不少稳定同位素组成总套那个图式,早期有初生水,晚期有大气降水参加;要么是大气降水先下降然后莫名其妙地加热又上升,连一条断裂也不画,不知道这水是怎么下去然后又上来的?诸如此类的矿床学研究方式老是这样搞下去,矿床学能健康、高水平发展吗?

4. 另外还有种奇怪的观点,地质科学要想发展必须走定量化的道路。有些论文书籍在这方面进行了开拓,和地质规律充分结合,边界条件、前提假设合理,取得了重要结论,具有高水平。但也有不少物理化学、热力学参数的计算所得结果实在没有多少新启示,太过于简化。连“质”和“性”都没搞清楚,只靠一些数据、公式来代替地质规律的综合复杂关系,是难以令人相信的。

5. 按元素对矿床进行分类,这对找矿有重要意义,但在成矿理论研究上就有问题。自然界是否存在专门形成某个元素的成矿作用?显然这是不存在的。研究某元素矿床,花很

多测试量用到这个元素上,但它在整个成矿物质流里却仅仅是微量、从属、被动和次要的组分。为什么对矿床的非矿主成分不去研究其成因问题? 对于一个矿床来说,撇开主成分不管,只研究那连1%甚至0.01%都不到的物质,观测量、信息量分配得如此不均匀,这类研究方式合理否?

6. 与上述问题不无关联的是,如果只注意微量微观物质研究而置主成分于不顾,那么就会认为野外详细的宏观观察以及室内薄片、光片的镜下鉴定没多大必要,直接就求诸于 $\times 10^{-6}$ 、 $\times 10^{-9}$ 微区微量数据。明察秋毫,然而不见舆薪;见了舆薪,又不见森林。这样在观察层次上的畸态发展,能带来重大的理论突破吗? 如果有人说有,那为什么搞了这么多年却没有看到真正的实际情况呢? 在科研上“粗”难道都是贬意? 本人对这类“粗”(宏观、总体)却认为非有不可。本书正是追求这一点。

7. 为什么多年来总是把非金属矿床和金属矿床分开研究? 为什么油气研究另外单独进行? 大量新进展证明油气也是热液矿床,上述三者的许多成矿作用是共同的。

8. 沉积岩中有没有热液作用? 层状锰、磷、盐等矿床是否也有热液成因的?

9. 对盐类、碱类矿床中外多年不加区别地一律称之为蒸发岩。这很令人奇怪。许多证据表明它们和蒸发作用几乎完全无关。

10. 一有碳,就说是生物成因,是否属实? 烃的不完全氧化内生成碳乃是更加广泛的碳的深部来源。有机金属化合物的研究一直薄弱,自然界中存在“碳谜”。

11. 黑色页岩系的命名也值得商榷。大量相变或与其互层的硅岩、碳酸盐岩都没有在命名上反映。为什么在这类岩系中总是发育二三十种杂乱的微量元素惊人的富集? 这些元素群恰好表明是热液成因所特有的。本书将用很多资料证明富含金属的黑色页岩是沉积成层的热液岩。

12. 海底成矿曾一度被认为是海水和玄武岩之间的水-岩反应。于是我们国内也群起响应,认为水-岩反应好象是挺尖端的问题。实际上笔者多年对此不解,这么一个简单的名词为何能引起这么大的注意。成矿作用究竟是水起作用还是更准确地说是水溶液中的溶质起作用? 没有 Na^+ 或 K^+ 离子的存在是不可能成矿的。

另外,在矿床模式图上经常看到大气水下降然后又拐个弯返上来,陆上、海底都是这样,连个断裂也没画,不知这水为何下降又能上升?

13. 矿床产于什么岩系中就说是热液成矿,例如在变质岩系中是变质热液,混合岩系中是混合岩化热液,火山岩系中是火山热液。可是事实表明如果没有“矿岩时差”的研究,这种联系也只能是表面的。如果围岩是元古宙而成矿在燕山期,二者怎能扯在一起? 再说,变质热液、混合岩化热液能证明其在成矿中确实存在吗?

14. 在中外文献中笔者做了许多核查,发现不少岩浆岩、变质岩、沉积岩的定名不实。实际上它们全都是热液交代岩。在地质学中长期来总是说只有三大岩类,看来有问题。还得增加一类热液岩,甚至还得再加上一类——构造岩。

15. 在中外矿床学中多年有两个领域可能是搞得最混乱的:一个是成因,一个是蚀变。一个矿床可以有长期争论不休的八九个成因论点,这本身就是混乱。在自然界一个矿床只有一个成因。在蚀变研究中往往这化那化罗列七八种,使人看不出它们之间是个什么关系,更看不出和成矿的联系。有的研究者热衷于研究水平分带。但仔细看其描述,却发现

现它们并不是同一期。蚀变的外带是前期的,蚀变的中带是叠加在前期之上的,而蚀变的中心带则是最晚的后期脉充填。这三期叠加的所谓分带是无意义的。

另外,对于矿床下部矿根相的交代蚀变照理应该详加研究,因为这里正是矿源所在,可是恰恰在这方面很少做系统工作。

16. 把岩浆隐爆和热液隐爆都解释为水蒸气膨胀或岩浆的二次(逆向)沸腾,实际上完全忽视了更为重要的许多气体间强大的化学反应能。

17. 把矿物中包裹体中气液成分当成热液的代表,这是难以相信的。它们顶多只能代表热液过程最后阶段或更确切地说是该矿物晶体形成时的瞬时热液情况,用它来代表热液全过程行吗?

18. 世界上有一些超大型矿床如加拿大不整合脉型铀矿,澳大利亚的奥林匹克坝矿床,穆龙套金矿等现有的成因研究结果还有很多疑问。在本书中我们将有另外不同的分析论证。由此也可以大体上看出一些西方矿床学的认识水平究竟多高。迷信盲从实在是毫无根据的。

19. 在自然界难道真有岩浆型矿床吗?所谓典型的岩浆矿床如超基性及基性岩中的Cr、Ti、V、Fe、P、Cu、Co、Ni、ΣPt等矿床是否是硅酸盐岩浆矿床?这一点在40年代就有人怀疑。后来改用液态熔离来解释。这是一个重要的进步。但是熔离是个结果,还得找出原因,于是有人提出了前提应当是有挥发分参与。既然如此,那为什么还视为岩浆矿床成因?现已有大量资料证明深部上升的烃碱流体才是熔离的控制因素。上述岩浆矿床实质上是岩浆体内的碱交代作用成矿。

20. 太古宙、早元古代的斜长岩、奥长环斑花岗岩、云英闪长岩和灰色片麻岩多年均视为岩浆成因。这也要重新考虑。我们认为不是这种情况。

21. “岩浆分异”、“结晶分异”现在看来都是过时概念。岩浆演化到后期, Si、Al、K、Na、挥发分、微量元素及其副矿物种类越来越增多并不是岩浆分异、结晶分异所致,而是还有更深刻的另外原因。

22. 大量事实表明,岩浆是气成的。这种气体是地幔上升的烃碱流体,它和地壳浅部气体完全不同。岩浆的产生只能靠岩浆或者只要加热就能形成岩浆的说法至今还广为流传,然而这不符合事实。硅酸盐岩石热传导又低又慢,微不足道,而且还随温度、加大显著下降。很多成岩实验是加入H₂O、CO₂做的。如果一旦发现致熔流体并不是H₂O、CO₂,而是H₂、CH₄、CnHmA(A为碱金属)、CO、NH₃等,那么昔日的成岩理论基础是不是成了问题?更何况过去的实验是封闭体系静态平衡。同样,变质作用也有类似问题,只考虑PTt轨迹而忽视流体的作用也遇到了新问题。

23. 岩浆作用又是从什么地质作用开始的?岩浆的产生难道一定要来自别的岩浆分异或加热吗?实际上岩浆的产生不一定来自其它岩浆。长期以来认为只要有热流就可以使岩石熔化产生岩浆,但自然界并不存在脱离开物质像实验室热压釜那种金属热传导的所谓热流,热流肯定是热的物质流,光热不够。

笔者有许多理由认为,忽视深部流体的作用使岩浆岩石学以及岩浆岩矿床学多年陷入一个误区。岩浆及其矿床并不是从岩浆本身作为开始,而是还要再向前跨一步,它们是从地幔流体HACONS或烃碱流体开始的。由于后者是一种高温高压超临界态更接近气

体,所以通俗地说岩浆是气成的。

24. 把 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{C}-\text{H}-\text{O}$ 当成地幔流体符合事实吗? 新进展表明不是如此。深部流体不是 H_2O 、 CO_2 , 而主要是 H_2 、碱(A)、 CH_4 、 $\text{C}_n\text{H}_m\text{A}$ 等。用 H_2 、 CH_4 等可以很好地解释 H_2O 、 CO_2 的存在, 但反过来用 H_2O 、 CO_2 则解释不了 H_2 和 CH_4 。况且 H_2O 、 CO_2 都是强氧化剂, 在深部强还原介质中怎么能大量稳定存在? H_2O 和 CO_2 是 H_2 、 CH_4 及 $\text{C}_n\text{H}_m\text{A}$ 上升到地壳浅处经受氧化变成的次生形式。 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 不能代表地幔流体。

25. 夕卡岩的双交代理论及酸性波前锋的理论也都遇到了新的疑问。夕卡岩的形成是单向交代而非双向交代; 交代柱的前锋也不是酸锋而是碱锋, 酸质是酸尾而不是酸锋。大量事实表明热液作用不是从酸性阶段开始的, 而是从碱交代阶段开始。笔者认为这是当代热液作用和岩浆作用成矿学中的一个核心概念转变, 本书将用很多事实来论证这一问题。

26. 矿源问题好像很神秘莫测, 其实很具体。大部分矿源就在矿根相。岩石中元素本底含量一高就说是矿源岩或矿源层是欠斟酌的。事实表明矿源恰恰是在该元素的亏损(被交代而带出)岩所在处。矿源不是现在还存在的, 而是已经消失或改造了的。

27. 关于变质岩的恢复工作也须加以改进。除对沉积岩、岩浆岩的恢复(正副变质)外, 古老的热液岩、蚀变岩和构造岩均有广泛的存在, 而且有的可能是变质岩的主体原岩。前已述及, 经过反复核实我们发现过去恢复的岩浆岩、沉积岩很多是交代岩; 交代岩同时往往又是构造岩。注入片麻岩实际上是碱交代岩。

28. “退化变质”的概念尚须再加斟酌, 以往常造成概念混乱。其实它们大多就是热液蚀变作用。

29. 对构造岩的研究, 例如拆离系统和韧性剪切带, 往往只注意研究其形变、力学性质等, 这只是问题的一个方面。另一方面是其中总同时有烃碱流体的参与, 同时有大规模硅碱热液交代作用。韧性剪切带金矿研究有很多这方面的新信息。

30. 为什么在岩浆岩中从超基性岩、基性岩经中性岩到酸性岩都有自己的一套碱性及过碱性变种? 看来, 再用低比例局部熔融解释已经过时。减压致熔也不是主要的。用地幔交代和富化作用解释是一个大进步。

31. 金伯利岩是岩浆岩吗? 大量资料表明有问题了。金伯利岩中几乎不存在岩浆, 即使有, 份量也很少。此问题在本书中也将加以探讨。

32. 金刚石是否只有在金伯利岩、钾镁煌斑岩以及榴辉岩中才有? 新进展表明一些玄武岩、麦美奇岩、苦橄岩、粗安岩甚至花岗岩中都有发现。同此理, ΣPt 族矿床今后也将会在过去认为不可能产出的地方产出。

33. 为什么几乎所有的岩浆岩体不论是基性、酸性, 还是碱性, 其中至今都还含有异乎寻常的大量 H_2 、 CH_4 、 CO 、烃等气体? 这意味着什么? 很值得深思。

34. 为什么几乎所有的岩浆岩中甚至热液岩中广泛发现很多自然金属、自然非金属或微粒合金, 例如自然 Cu° 、 Fe° 、 Ni° 、 Co° 、 Ti° 、 Cr° 、 Pb° 、 Sn° 、 Si° 、甚至 Al° 以及它们的互化物? 笔者认为, 把它们和上述极强的还原气体联合起来加以研究, 将会成为岩浆岩石学、热液岩石学的新生长点之一。

35. 所谓的“堆晶岩”越来越不符合事实, 它们多是交代岩。

36. 地幔岩石的“部分熔融”(partial melting)概念也须再加商榷。橄榄石一般是不会熔融的,其它造岩矿物如斜方辉石、单斜辉石的熔融比例也相差很大,并非都按同一比例进行熔融。实际是选择熔融。

37. 玄武岩特别是近火山口的碱性玄武岩中经常富含大量地幔包体(或称捕虏体)的碎块、岩粉。另外玄武岩中还发现浸染有大量的自然 Fe^0 和 Si^0 ,有的 Fe^0 能有20t重。笼统的岩石化学分析结果特别是 Mg 、 Fe 、 Si 、 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ 含量和比值以及由此计算出来的 f_{O_2} 是会受到歪曲的。

38. Surge tectonics 理论中提到的液态-半液态岩浆全球性连通网络,令人怀疑。在地壳和地幔中,岩浆体都很局部。花岗岩体出露面积有时好像很大,但地球物理探测证明没根。地幔中岩浆体也是孤立的局部不连续体。初步资料表明,深度 $>150\text{km}$ 可能就不存在岩浆了。金伯利岩中就很少有岩浆。

39. 既然大家早已认识到了类似 He 、 Ne 、 Ar 、 H_2 、 CH_4 、 CO 、 Hg 、 As 、 S 、 Se 、 Te 、 N_2 、 NH_3 、 COS 、 B 、 P 等等都是气体,从地球深部可以直接上升(沿深断裂)而不通过岩浆,为什么还老是把它们和岩浆作用、热液作用挂钩?究竟它们是被岩浆、热液分异出来的,还是恰好相反,即岩浆、热液都是由它们引发而派生的?这都是新的大问题。

40. 地幔矿物学和地壳矿物学相比有很大的不同,前者在结构上及组分上均有异乎寻常的特征:发育很多稀奇的不相容元素组成的矿物而且分子很大(例如尽管元素多为低价态但却可含19个结合氧或更多);其成分极端繁杂,而且很难有严格的化学式;晶体异常缺位。这些都为地壳矿物所罕见。它们既非从岩浆中晶出,更不是热液产物,而是地幔气成。一个崭新的地质材料科学也许将在这里诞生。

41. 多年来认为阿尔卑斯型岩体是冷侵入。实际上蛇纹岩可以流动,它乃是橄榄岩的硅化、水化产物,是沿韧性剪切带发育的柔性热液蚀变岩石,而这个硅化和水化又和深部烃碱流体有着密切的关系。

42. 岩浆是否都是热的?和谁比算热?实际上不少岩浆相对原岩是凉的,如碳酸钠岩浆、碱性岩浆。

43. 现在广泛使用的岩石化学表示法已用了—个多世纪了。但是为什么造岩化学成分却非得用氧化物来表示?为什么非得加在一起要等于100%才行?现在看此中问题不少。许多元素在岩石中尤其是在地球深部并不呈氧化物形式存在。另外,它们也不一定是岩浆结晶产物。在讨论交代作用中往往也是用 SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 、 Na_2O 等来代表硅、铝、钾、钠等成分的带出带人形式。这是令人奇怪的。试问: O^{2-} 怎么能去交代同一个 O^{2-} ?另外,上述氧化物中性分子如此之大,能进入晶格吗? OH^- 和 H_2O 也不能混同,前者只表明 H^+ 的存在, OH^- 和 H_2O 完全是两回事。

44. 岩石越到深部由于围限压力越大,越不可能发生空洞、孔隙和裂缝,这个概念是不符合事实的。

45. 很多火成岩的岩浆成因和交代成因争论已有多,它们很有意思地出现在花岗岩、伟晶岩、混合岩、钠长石花岗岩(变花岗岩)、火成碳酸盐、金伯利岩以及细碧角斑岩等成因争论之中。为什么不同岩种都有这个争论?难道交代作用只能发生在固体之上而不能产生于岩浆之中吗?交代的最重要的内涵是成分的带出带人。至于相态和等体积并

不重要。本书中将讨论在交代作用和岩浆作用之间并没有截然对立非此即彼的界线。交代作用虽然是老名词,但完全可以赋予新内容。

46. 倒底什么是 Mantle plume? Hot spot? Flum(wet hot spot)? 关于 plume 一词到处在用,然而它们究竟是些什么物质成分? 至今是个悬案。只要此谜一日不破解,它们就一直只能停留在空泛的概念上,也就不可能和物质问题(岩浆、热液、成矿)相联系。我们现在的任务不是拿它当成成熟的理论依据用它去解释事实,它们目前还不具备这个理论功能。恰恰相反,现在首先是要用事实去检查它,修正它,充实它。

47. 板块学说登陆已有若干年,然而并未推进大陆动力学的发展,反而制造出来不少牵强附会的东西。可以说,它们在大陆动力学中基本上是不适用的,情况要复杂得多,遇到一系列矛盾。

48. 在我国地质学界,存在着一个虽然不占主流但却值得一提的矛盾现象:既轻视理论又同时迷信理论。在自己的工作中往往只做出实际结果、摆出数据,认为只有这些才是可靠的。至于上升到“理论认识”使之成为论点,认为都是玄虚的,皆不可信。一提推理就是贬讥之意。有时还讥讽理论是飞机不着实地。然而同时对于国际上流行的种种理论,甚至到不了理论,而只不过是一些提法,却那么容易接受,拿来就套,从不怀疑,也不认为是玄虚了。

以上是笔者提出的问题。我想读者至此一定会有个感觉,提出这么多疑问说这不对那不对,然而怎么才对? 笔者的回答是不知道怎样才对。现在能够说的只有一条,那就是上述几十个问题肯定有问题。笔者深知,这样来提出问题是会引起波浪的。在科研中,从众心理没有必要。在古希腊,当时大家都公认一天 24 小时太阳升落各一次是千真万确的真理。可是却有一个叫 Pytheas 的人出来说“不对”! 因为他去过北极,那里是半年出太阳,半年黑夜。有必要指出,铀矿研究者去的多是其它矿种研究者不去的地方,所观察到的地质产物和现象也可能是别人平时不大注意或未曾看到的产物和现象。所以,笔者恳请读者原谅我如此冒失地对这么多问题提出怀疑,我不是在说胡话,而是有根据的,尽管没有到过北极。

另外,也许有读者认为把问题扯到整个热液作用和岩浆作用是否太宽了? 是的,这样的扩大确实不自量力。但是我的确认为这两个表面上可以截然分开的作用在地幔流体的背景中却能得到合谐的统一,这正是本书所要探讨的内容。

本书一共六章。第一章是概论;第二章是铀矿床烃碱流体和碱交代作用,这一章是其下一章第三章理论部分立论的出发点和根据地;第三章是烃碱流体和碱交代作用地球化学原理,是从第二章铀矿床研究中抽象出来的一般性规律,这一部分是全书的重点章和中心章。它以后的第四、五章也是从这一章演绎出来而扩大到各类热液矿床和岩浆岩问题的。第四章探讨的是地壳的烃碱流体和地壳中碱交代作用,又分两部分:热液碱交代作用和透岩浆流体碱交代作用,这一章份量较大,是原理各条的具体运用和演绎。第五章是地幔烃碱流体与地幔碱交代作用。这是对原理的进一步讨论和根源探寻。第六章是本书中主要论点的归纳。

记得国际沉积学家学会理事长 H. G. Reading 在他 1987 年一篇文章最后结论中有这样一段话:“一个成功的模式是由什么构成的呢? 首先需要有思想。……从别人那里,即从

酒吧间、专题讨论会和演讲中听到的。讲话人本身往往并未意识到他的讲话重要性,但听者在他的讲话中加进新内容,就会意识到他的讲话的重要性。”笔者对此有完全的同感,多年来从周围同志那里得到营养就是言者可能无意,然而听者有心。

科学研究上的前沿问题何在?一般的惯例是到最新出版的期刊或书籍中去寻找科学发展的前沿问题。实际上,研究成果一旦发表出来也就不算最前沿的问题了。最前沿的问题应当是刚出现在每个人的脑子里,或至少是刚刚听到的而不是读到的,或者是还记在实验室记录本上的那些东西。本书在一两年后如果出版问世,笔者那时的认识肯定与现在书中所说所论又有不少变化,到那时还可以和读者一起来批判此书。犹如湖中划船,虽指点波澜,然而船已远去。现在科学发展之快不是以年计而是以月计的。今后的认识和结论的半衰期将越来越短,一个论点有十年的寿命就可以了。

创造学家戈登说过:“创造的机制主要有两条,把陌生的东西变成熟悉的;把熟悉的東西变成陌生的。”笔者在本书中则力求把复杂的东西变成简单的(即所谓的“粗”)和把简单的东西变成复杂的(即提出疑问)。看来复杂的都是现象而实质都是简单的。在这里提一提美国著名矿床学者 B. J. Skinner 在 1987 年讲过的一段话可能是有启发意义的。他说“在矿床中和矿床之间我们发现的差异越多,以及观察的资料越丰富,我们就越能发现成矿作用的一致性。我猜测,一些表面上看来相互无关、在今天的分类中隶属于不同类型的若干组矿床,有朝一日将被证明是不同地质环境中发生的一种基本作用的产物。”请注意,他这里强调的是在自然界存在着一种跨元素、超类型的“基本作用”。这种见解反映了他高人一筹的学术洞察力。这话他是在 1987 年讲的。当时他还只是一种朦胧的预见。然而笔者早在 1983 年的《碱交代成矿作用的地球化学共性和归类》一文中就已经不揣冒昧地提出了“尽管上述各类矿床(当初在该文中提出了世界上十三大类各种热液矿床)的地质特征和成矿条件相差如此悬殊,表面上似乎完全不相干,但实质上乃是同一类成矿作用在不同的岩石、不同的构造、不同的地质环境、不同的地质部位的不同外在表现方式和结果。……这就是碱交代作用”(此类认识实际上在 1982 年就有了)^①。到了 1986 年在《碱交代作用地球化学原理》一文中笔者又提出“近几十年的中外大量研究成果表明,碱交代作用在自然界发育的范围和在成矿、成岩中的重大意义远比现在一般认识为大。它包含几十种亲氧、亲硫元素的数以百计的矿化类型成矿的基本规律;它是整个热液作用成矿的主体。不仅如此,它还是一系列内生成岩作用诸如花岗岩、混合岩、碱性岩、内生碳酸岩、细碧角斑岩等成岩作用以及和地幔脱气、脱水、脱碱热流体有关的地壳深部交代作用的重要机制”。

值得指出,检查一个新的理论见解究竟是缺乏依据的凭空推理还是有真凭实据,应当说是不难的。在地质科学之类的学科中所谓的规律实际上就是现象、产物、关系等在结构中的再现性。希望读者注意本书中所有资料、结论发表的文献年代。笔者关于碱交代作用成岩、成矿规律性的认识(包括吸收前人宝贵的成果)基本上都是在 1982—1986 年间早就提出的。自那以后世界上所出现的这方面的新资料、新结果都是对这些认识的证实,尽管许多作者并未意识到这一点。在这十几年中,笔者有上百个实际例子(部分见本书内容)表明,这些后来涌现的众多论文、书籍的确都在支持、证实本人当初的论点,几乎没有例外。

^① 杜乐天、于玉明,1982,华南亲碱元素矿床成矿的地球化学实质,北京三所,参加会议资料。

结构性发现比具体性发现能更好地加以检验。

多年来,对矿床学、岩石学研究的许多概念好像只停留在岩石、矿物这两个层次上,没有再往深一个层次——化学层次考察问题。与此形成鲜明对照的是生物学一旦深入到分子生物学就发生了根本性的概念变革和快速发展,我们应从此得到启发。众所周知,大自然界岩石、矿物都有上千种,矿床则更多,有百万个以上。这么极为错综复杂的客观世界摆在我们面前,的确令人眼花缭乱。然而如果我们采用化学的知识、理论和方法,把它们看作只不过是几十种元素的组合和反应,那么这种繁乱的图象立即就会得到澄清。有了它,那表面上五花八门彼此不存在什么联系的石英脉型、斑岩型、夕卡岩型、玢岩型、岩浆型、BIF(条带硅铁建造)、黑矿、盐、油、气、黑色页岩系之间就会发现内在实质上都是完全互通的。手指为五而掌实为一。只要弄清一个矿化类型,其它类型的成因问题即可迎刃而解;只要掌握一种元素的成矿机制,就有可能了解几乎其它各种元素的成矿机制。这好比打“地道战”,地面上不通,一到地下就都通了。

有位西方学者最近把学术观点和现象解释上的众说纷纭、莫衷一是的混乱比喻为打开了阿拉伯神话中的“潘多拉盒子”放出了妖怪那样,那么笔者现在却打算再造一个盒子,看看能否把这个混乱之怪再装进去。到该做些世纪性结论的时候了!

前已述及,在本书里同时探讨几十个问题,势必挂一漏万,捉襟见肘。请读者原谅笔者个人的能力、精力都实在有限,本书很多地方肯定有许多破绽和疏漏。书的内容也参差不齐,有的谈得多一些,有的是稍有涉及一带而过,这是因为笔者对这些问题也是一知半解,没有弄懂。

本书不是文献总结,这不是本书的目的。须加强调,本书中所有引用他人的资料都是用于建立自己的理论框架而为,只是根据需要进行选择性的引用,这和文献总结系统引录有明显的区别。它属于上层建筑性的二次开发和再加工、再认识、再组装。有许多认识是笔者自己的重新思考(当然,也吸收了他人的看法,在章节中将加以注明),有的可能违背或不合被引用资料作者们的原意,这是要事先请加谅解的。

本书没有过高的奢望,只是想学科间和问题间搭起桥梁,使之形成一个粗略框架,如能在“换些思路,重新认识”这个原则下开个头,就算达到目的。

至此有的读者或许要问:抽象的理论认识对科研有何具体的价值?我对此问题是这样理解的,任何科学研究都是具体问题的具体解决,不能用一般性的理论概念去代替。可是理论的重要性至少在以下五个问题上起着无形的但是决定性的作用:

(1)没有理论指导的科学研究很容易去抓那些皮毛、枝节性、过时性的边角问题。一念之差,或多劳而寡功,或愈钻愈出不了天地。积几十年的科研经验,深知选题是成功与否的关键。只有理论的高度才能保证选好主攻方向,抓住要害击点。劳动还是那些劳动,然而结果却大相径庭,少做大量虚功。既非满足于大空,要做自己的实际工作去同时钻深,又不自慰于孔斑之得而忘却整体之洞察。这一点太重要了,有必要为之大声疾呼!

(2)没有理论的高度和深度,就不会采用巧妙的方法、技术去导致发现。那些测试实验方法、技术都是好的,都要用的,得看怎么用,用在什么地方。不同研究者使用的结果差别相当之大!

(3)没有理论,那宝贵的各种数据、测试实验结果尽管做出来了,但却解释不好。科研

成果的成败优劣一半是数据、资料本身质量,一半在解释提炼和加以繁衍扩大。怎么去用好,实在是个大问题。知识得来不易,运用好就更难。没有理论,谈不上科学预见,这里正是一个科研成果的灵魂所在,它是解释基础上更高一级的升华。

(4)有了理性思维,就可驾驭数据,否则就被数据所驾驭。另外,理论思维具有防疫力,能免除谬误观点的感染,提高鉴别力,对于中外那些经不起推敲的众多时兴论说不会如此轻以盲从。

(5)理论可以把零金碎玉变为凤冠、王冕;把砖瓦砂石筑成大厦殿宇。

现在西方矿床学、岩石学家们的研究成果之多,真是浩如烟海而且富有开拓性,总体说人家的确是先进的。他们对近代地质学的发展做出了卓越贡献。我们向他们学习到很多东西,今后一段时期仍然如此。不过,也需要指出以下几点。首先是在他们的论文和著作中很少引用中国人的研究资料。在国际会议的论文集中有时还看到有意地把中国人的论文往后排。这是不正常的。另外在他们的著作里也很少有原苏联的文献。这里就出现了一个问题:如果撇开占地球上这么大面积的研究成果不顾,却侈谈全球成矿、成岩规律,是否使人有点担心?是不是可以这样认为,只有掌握中文、俄文和英文文献的地质学家才能较全面地讨论全球地质与成矿问题,这话可能不算夸张吧。笔者敢断言,迟早有一天西方(包括原苏联)同行必须学中文,就像我们必须学英文、俄文一样。

最后,应该向核工业总公司北京地质研究院与我多年共事的许多同行们对自己的支持、帮助、协作表示最衷心的感谢。这本书表面上是我写的,但也包含了他们许多人的心血。在我们单位有一个在铀矿床、花岗岩、火山岩、同位素地质及区域成矿研究上素质高而富有创造性的科研集体,他们在几十年中做出了上百个专题科研成果。在我的这本书中所引用的只是很少的一部分。

在此还有两点声明:在交代作用研究中应严格地按原子数而不是重量百分比来判别成分的带出带入,还应同时考虑体重。但这样的换算要花很多时间。有的原始资料就没有此等资料。好在用一般的重量百分比的增减也能看出规律。本书中大多数都没有换算。

另外,在研究交代作用中还应附上薄片镜下照片,由于制版费工及效果问题,只好割爱,有的改用素描图。

借此机会,深切感谢国家自然科学基金委员会的关怀与大力支持。由我负责的前后两个项目“碱交代作用中金铀地球化学”(4857006,1986—1989)及“地幔流体与软流层(体)地球化学”(4913390,1992—1995)都是由基金委领导和资助的。同时还要深深感谢核工业总公司行业基金对“铀金矿床中碱交代作用地球化学”(1992—1996)研究项目的热情支持和资助。另外,还要深切感谢中国科学院科学出版基金的大力支持和部分资助,以及科学出版社的热情协助,责任编辑谢洪源、吴三保二位同志付出了辛勤的劳动。本书出版还得到本院院长出版基金的大力资助,在此也表示深深的感谢。

目 录

序	ix
第一章 概 论	1
第二章 国内外热液铀矿床烃碱流体与碱交代作用	12
第一节 中国碱交代铀矿床	12
一、吉岭地区钠交代铀矿床	13
二、冰沟钠交代铀矿床	35
三、扁口钠交代铀矿床	37
四、洪山钠交代铀矿床	40
五、广兴钠交代型铀矿	43
六、连山关钠交代型铀矿床	45
七、相山铀矿田钠交代铀矿床	54
八、巴泉钠交代型铀矿床	58
九、赛马碱性岩铀矿床	61
十、老渡钾交代铀矿床	67
十一、华南花岗岩体中的钾钠混合交代岩	70
十二、对华南酸性热液铀矿床成因的再认识	91
第二节 国外碱交代铀矿床	100
一、乌克兰克里沃依罗格(Кривойрог)等钠交代铀矿床	100
二、原苏联某钠交代铀矿床	106
三、原苏联—火山岩型铀矿床中钠交代作用	106
四、俄罗斯远东斯特列措夫斯基(Стрецовский)铀矿床	109
五、原苏联—砂岩中钠交代铀矿床	110
六、原苏联—钠交代铀矿床	111
七、加拿大比弗洛支钠交代铀矿田	113
八、加拿大奥提什(Otish)钠交代铀矿床	116
九、喀麦隆钠交代铀矿床	117
十、法国碱交代岩中的铀矿床	121
十一、巴西拉果阿利尔(Lagoa Real)钠交代铀矿床	126
十二、巴西伊塔太亚铀磷矿床	128
第三章 烃碱流体和碱交代作用地球化学原理	140
第一节 钾-钠不相容性	147
第二节 钾交代、钠交代波峰更替	153
第三节 去石英作用和硅迁移	157
第四节 铝调节和钛涨落	162
第五节 碱土析出(Ca、Mg、Fe、Sr、Ba 等交代)	165
第六节 垃圾理论和矿源形成	165
一、原岩破坏与重组	166
二、矿质新的再分配、晶体自纯与容纳差	167
三、清洗效应——固相清洗和浆相清洗	174
四、酸质络合和挥发分化	176

五、夹载律	181
六、体积效应(或压力效应)	182
第七节 酸脱和早碱晚酸与下碱上酸	183
第八节 交代蚀变叠加律	189
一、下缩式叠加	189
二、上叠式叠加	195
第九节 交代序列	196
第十节 相变化学爆炸和气膨胀	197
第十一节 曲率效应	202
第十二节 价歧化与平均原子价守恒	205
第十三节 交代中氧总体积不变	212
第十四节 碱交代氧化和酸化还原	214
第十五节 锂、铷、铯交代作用	215
第十六节 矿物蚀变的地球化学归类	217
第十七节 碱交代作用的大地构造分类	223
第十八节 低势、高势、等势碱交代作用	224
第十九节 岩浆岩的碱制及重新分类	225
第二十节 软流体和低速带是烃碱流体发源地	226
第二十一节 烃碱流体或 HACONS 在地球内部的分带性	227
第二十二节 矿床的多样性与成矿机制的共同性	229
第四章 地壳中的烃碱流体与碱交代作用	231
第一节 钨矿	231
第二节 铁矿	234
第三节 金矿	256
第四节 其它矿床	272
一、铀-磷(U-P)矿床	272
二、白云岩中铅矿床	275
三、金堆城钼矿床	276
四、冷水坑斑岩型 Ag、Pb、Zn、Au 矿床	279
五、杨家杖子斑岩钼矿床	280
六、延庆大庄科爆破角砾岩钼矿床	280
七、会昌岩背斑岩锡矿床	280
八、斑岩铜矿(王龙、德兴)	281
九、石英矿床	284
十、高岭土矿床	285
十一、Tsumeb 岩筒 Pb、Zn、Cu 矿床	285
十二、拉拉厂铜矿	286
十三、东川式铜矿	288
十四、外贝加尔萤石矿床	289
十五、日本的黑矿	290
十六、扎伊尔基普希碳酸盐岩 Pb、Zn、Cu、Cd、Ge 矿	290
第五节 拆离构造及韧性剪切带碱交代作用	290
一、桃林 Pb、Zn 矿韧性剪切带	291

二、玲珑金矿韧性剪切带	292
三、新洲推覆构造	293
四、金山韧性剪切带	294
五、秦岭、北祁连蓝闪片岩	294
六、昆阳群底辟构造	296
七、滑脱断层中流体	299
八、挪威西部剪切带	299
第六节 区域性深大断裂(地台周边)碱交代作用	301
一、俄罗斯地台周边	301
二、西伯利亚地台南缘成矿带	302
三、萨彦-贝加尔-斯坦诺夫成矿带	302
四、特提斯欧亚成矿带	303
五、塔里木-中朝地台北缘碱交代带	304
第七节 “退变质”作用	305
第八节 世界著名的几个巨型矿床成因的再认识	308
一、穆龙套金矿床	308
二、奥林匹克坝矿床	312
三、不整合脉型铀矿	317
四、含 Au、U 古砾岩(南非、加拿大)	324
五、布罗肯希尔(Broken Hill)矿床	325
六、白云鄂博矿床	327
七、香花岭矿床	331
八、柿竹园矿床	339
第九节 沉积热液岩	342
一、红海	342
二、秦岭泥盆系 PbZn 矿层	344
三、大厂锡矿层	348
四、沉积锰矿	350
五、重晶石矿层	352
六、Ramelsberg 矿层和 Megan 矿层	354
七、鄂拉山铜多金属矿层	354
第十节、碳硅泥岩系	356
一、碳硅泥岩系基本特征	357
二、对实为碳硅泥岩系地层的辨析	361
第十一节 油、气、盐、卤水、金属热液矿床共生	383
第十二节 绿岩系和蛇绿岩套(MAS 过程)	399
第十三节 岩浆岩型矿床的再考察	402
一、超镁铁岩蛇绿岩系铬铁矿矿床及硫化物矿床	403
二、岩浆型 Fe-P 矿床	411
三、斜长岩、奥长环斑花岗岩、灰色片麻岩	413
第十四节 花岗岩幔汁高势碱交代作用成因	420
第十五节 混合岩成因	430
第五章 地幔烃碱流体与地幔碱交代作用	434
第一节 研究历史的简要评述	434