

用的发生,当原岩中含矿化剂的矿物超出其稳定极限时而被破坏,其中的矿化剂析出加入热液。一旦形成了富矿化剂的热液并有合适的铀源存在,它们相互作用的结果将可能导致含铀热液的形成。毫无疑问,在有利的反迁移条件下,这种热液亦能形成热液铀矿床。实例,连山关铀矿床(?)。

最后,本文指出以下三点:

1.矿化剂是一综合性概念。对于不同的矿种,矿化剂的种类有所不同。本文成因分类中所指的矿化剂,是那些能够与铀形成稳定络合物的络阴离子。研究表明,其中最主要的是 $\Sigma\text{CO}_2$ 。

2.本分类考虑的是端元情况。在自然界,各成因类型之间有可能相互渗透。如排气型热液铀矿床,它们形成于地壳拉张作用时期,这一时期常有幔源基性岩浆活动。实际资料表明,这类基性岩浆(特别是起源于富集地幔的富 $\Sigma\text{CO}_2$ 煌斑岩浆)在成岩过程中有可能分异出富矿化剂的流体,这种环境条件下的分异型矿化剂可能参与了排气型矿床的形成作用。

3.热液铀矿床的形成是一个相当复杂的过程,影响因素甚多。本文提出的成因分类只是初步的、探索性的,有待于进一步完善。在此分类之下,如果再结合矿质聚沉条件分成若干亚类,将有可能把以前的分类关系进一步理顺。

## 电英岩的多成因论

沈致富

(成都地质矿产研究所)

长期以来,人们对电英岩作了深入的研究,对其成因提出了不同的认识。笔者于1987年会同云南地科所吕伯亚等同志,在滇南边陲阿莫山发现了具典型岩浆作用标志的电英岩。通过室内外工作研究,就电英岩的成因问题提出如下看法。

1.岩浆成因电英岩 与下伏电气石钠长石花岗岩呈渐变过渡,和顶板围岩呈截然侵入接触关系。其中有工业价值的锡矿化。根据岩石的产状、结构构造、化学成分、矿物共生组合、锡石的嵌布特征、温压和地球化学等特征,借鉴有关实验岩石学的成果,我们认为电英岩和赋存其中的锡矿,都是岩浆作用的产物。电英岩的主要特征是:(1)岩石与顶板围岩呈侵入接触。其内发育冷凝边、流动构造;其外发育电气石化。(2)从边部向内,矿物粒度渐增趋势明显。(3)岩石与电气石钠长花岗岩为渐变过渡,少数为细脉切入主岩。(4)岩石中条带-条带构造特别发育,外观与苏州花岗岩顶部的条带-条带黑鳞云母岩非常类似。(5)岩石为细一中粒自形一半自形粒状结构,钠长石、电气石多自形,石英为半自形-他形,锡石自形-半自形。(6)晶洞构造发育,常见电气石、石英和锡石晶簇。(7)造岩矿物具熔融包裹体,其始熔温度为505℃,终熔温度610℃。矿物气液包裹体均一化温度较高,达430—450℃。

(8)岩石富B、F、P、 $\text{H}_2\text{O}^+$ 和稀有硷性元素;岩石中未见交代蚀变,尤其是与电气石化有

关的结构。用传统的电气石化观点解释上述特征就不能自圆其说。而用富B等挥发分的残余熔体-溶液冷凝固晶予以解释,则诸矛盾迎刃而解。

已知的非蚀变火成岩中尚无与电英岩相对应的岩石。考虑到电英岩代表了一种特殊的富B等挥发分花岗岩残浆-流体冷凝固晶的端元产物,基于这种岩浆成因的电英岩所具有的经济和理论意义,按照火成岩命名的传统习惯,有充分的理由认为该电英岩就是一种新的岩浆岩,依产地命名为佷山岩。

**2. 岩石学实验证实** 像F、Li一样, B能够大大降低酸性岩浆的熔点,增加水在岩浆中的溶解度,改变矿物结晶顺序及其组合,促成酸性岩浆向热水溶液渐变过渡,促使酸性岩浆发生液态分异作用,熔离出本质上富硼的硅酸盐熔体,使之从中直接晶出电气石、硷性长石、白云母和黄玉等所谓气成热液蚀变矿物。Pichanant关于硼对水过饱和人造花岗岩熔融影响的实验表明,在1kbar蒸汽压力、温度500—800℃、试料总成分与981bar时Q-Ab-Qr体系低共熔点相当情况下,随着硼含量的增加,固相线温度不断下降。实验产物中有石英、透长石、钠长石、过剩水、硅酸盐熔体(玻璃)、水蒸汽和铝硅酸盐类固相物质。最终相含硼盐、低折光率的均质体和硼酸。最终玻璃的标准成分朝Q-Ab-Qr体系的Q-Qr边移动。

锡的成矿实验揭示,与极富锡熔体平衡的溶液,锡含量很低,溶液难于生成大的富锡矿体。锡具有明显的亲熔体性,熔离富硼玻璃的锡含量,是硅酸盐玻璃的13—33倍。

**3. 岩浆电英岩的成岩模式** 花岗岩浆分异演化至晚期,成为富硼(氟)、锂和水的低熔岩浆-流体,聚集在花岗岩浆侵入前锋(顶部),产生就地熔离作用。随着温度降低,富挥发分的熔体不混溶区逐渐扩大。此时,岩浆内部同顶部相比,相当贫B(F)、Li和水,而富Ca、Mg、Fe等,其固结温度高,先结晶固化。而上部的熔离作用继续进行,结果顶部愈来愈成为本质上的硼化物熔体,结晶温度很低,可以结晶出电气石花岗岩、电英岩,甚至单矿物岩、电气石岩、英石岩等。

不难想象,先期固化的中部,如同一道屏障,导致下部岩浆出现类似上部的液态分异,生成本质上的硼化物低熔岩浆房。此时,如有构造裂隙相通,富硼的低熔岩浆-流体,便会上侵。如果条件合适,在异地结晶出电气石-石英组合的岩石。在浅成-超浅成条件下,生成具斑状结构的佷山斑岩,侵位在封闭良好的介质中,形成具伟晶结构的佷山伟晶岩;若侵入亚深环境,可晶出佷山岩;若喷出地表,可生成火山电英岩(或称佷山流纹岩)。

**4. 电英岩化电英岩** 有关电英岩化成因的电英岩,前人著述甚丰。但是,电英岩化作用常被滥用和过分夸大。所以,有必要对过去确认为电英岩化产物的电英岩,进行再认识,以便恢复其本来面目。

**5. 热液充填成因的电英岩** 普遍认为,石英脉是热水溶液充填裂隙并沉淀结晶所成。在某些高温热液的脉状W-Be-Sn矿床内,常见到部分细脉,基本上由电气石和石英组成,伴有W、Sn矿化。

近年来,国内外有学者对W-Be-Sn石英脉的热液成因提出质疑,笔者亦有同感,相当部分高温含矿石英脉,可能是岩浆成因。如前所述,从低熔的岩浆-流体中还可晶出单矿物岩、电气石岩、英石岩等。

**6. 喷气沉积成因的电英岩** 通过对阿巴拉契亚-喀里多尼亚造山带层控硫化物矿床的深入研究,提出了层状电英岩是热液喷气沉积成因的新观点。这种电英岩,在相当多地方都与层

状硫化物矿床密切相关。多数整合赋存在元古代或早古生代变泥质岩、变砂岩、角闪岩和变火山岩中。其典型的矿物组合为电英+石英±云母±钠长石±石墨，局部电气石含量高达60—90%。已知层控贱金属硫化物矿床、层控金矿和层控铀矿中，都发育有这类层状电英岩。我国山西中条山、广西大厂等地，也有热液沉积电英岩报道。

**7. 综合成因的电英岩** 综合成因电英岩系为在岩浆作用、电英岩化作用、热液充填作用和热液沉积作用等地质作用下形成。例如沉积变质电英岩、岩浆分异-交代电英岩，等等。

综上所述，近一个世纪以来，占绝对统治地位的云英岩单一云英化成因学说，严重妨碍了对云英岩成岩、成矿本质的认识。电英石成因论的提出，为电英岩的研究开拓了新的视域。

## 伯弗特海—麦肯基三角洲驯鹿组 砂岩的成岩作用

张哨楠

(成都地质学院)

V. Schmidt

(卡尔加里石油地质顾问)

加拿大伯弗特-麦肯基盆地是加拿大北部的一个主要含油气盆地。盆地内下第三系驯鹿组砂岩是主要含油层位之一。驯鹿组为一套由泥岩、粉砂岩、硅岩和少量砾岩及煤层组成的向上变粗的三角洲沉积。根据该组岩石的沉积特征及组合特征，可以划分出前三三角洲沉积、三角洲前缘和三角洲平原沉积三种沉积相类型。在研究区，驯鹿组砂岩最厚可达1850m，从盆地边缘向盆地中的心砂岩含量逐渐减少。盆地边缘三角洲平原上，砂岩含量约占60—70%，三角洲前缘，砂岩含量为30—40%，而在前三三角洲和陆棚上则为15%或更少。

**1. 驯鹿组砂岩的成岩作用：**驯鹿组砂岩为岩屑砂岩，砂岩的结构颗粒类型主要有石英、燧石、浅变质岩岩屑、火山岩岩屑、沉积岩岩屑以及同沉积被改造的碎屑，还有钾长石、斜长石、白云母和蚀变的黑云母。塑性颗粒在驯鹿组砂岩中含量最高可达60%。岩石的组分主要受颗粒大小、沉积环境以及成岩作用的控制。由于驯鹿组砂岩的岩屑含量高，矿物成分复杂，加之淡水的注入和海水的共同影响，因而成岩作用复杂。主要成岩作用有压实作用、原生矿物的沉淀作用、溶解作用与交代作用以及次生孔隙的形成和被改造。

压实作用在岩屑砂岩的早期成岩阶段表现非常明显而且极易识别。基本上随着深度的增加和塑性颗粒的增加而增强。常由颗粒的变位排列、颗粒的变形和压溶以及原生孔隙的减少而表现出来。压实作用还导致粒间溶液排出、孔隙体积和岩石体积的减小，甚至导致原始沉积结构的改变。压实作用在驯鹿组岩屑砂岩中最初表现为颗粒的点接触呈线接触，进而为凹凸接触和缝合接触。在塑性颗粒含量较高的地方，随着压实作用的增强，塑性颗粒被挤压变形充填于原生孔隙之中呈假杂基的形式产出。而以内碎屑产出的菱铁矿集合体则被挤碎散布于