

錫 矿 床 的 成 因 分 类

О.И. 列維茨基

一、总 論

从矿化性質上看，錫矿床的类型是多种多样的。有鈉偉晶岩和鈉鋰偉晶岩型的錫矿床，有含錫云英岩型的錫矿床，以及与含錫云英岩有紧密关系的黄玉石英脈型、石英脈型和長石石英脈型的錫矿床，此外还有丰富的錫石硫化物类型的錫矿床組。后一种类型的特点，是鉄硫化物和电气石、綠泥石的强鉄变种分佈极广，或者是在矿石成份中含有大量的鉛鋅硫化物，有时还含有各种硫鹽。

从形态特征上看，錫矿床也是多种多样的。除巨型岩脈，不規則管狀矿体和裂縫充填脈以外，網狀脈亦有着相当普遍的分佈，網狀脈矿体一般就是破碎带本身强烈矿化的結果，其境界線有时极不清晰。

各种不同类型矿床生成的溫度間隔范围很大。可以充分地指出，从偉晶岩矿化期起直到后来的热液矿化期为止，都有主要的含錫矿物——錫石的沉积，而甚至在中低温热液型的矿床中亦有有工业价值的錫石富集。同时，錫矿物常常密切地与其他金屬相共生，因此当我们研究錫矿床的时候，就不得不把許多錫、鉍、鉍矿床，許多鉛、鋅、銀矿床，以及某些銅、鉄矿床都一齐包了下来。

当然，把种类異常繁多的金屬矿床在成因上加以分类，是一項相当复杂的任务。目前，成因分类仅初步地有所确定，因为有许多决定这一或那一类型錫矿化发育的地質規律和地球化学規律至今还远沒有弄清。

儘管如此，但研究和制定錫矿床的新的分类不仅是及时的，而且亦是必要的，因为最近时期的研究結果弄清了錫矿床的某些成因类型具有着极重要的意义，而在从前对这些类型的作用却显然是估計不足的。这首先是对錫石硫化物矿床組而說的，这一矿床組包括有世界許多巨型錫矿床，其中亦包括苏联最大錫矿床在內。

同时还弄清了过去对各种类型錫矿床的形成条件和相互关系的看法是需要大大加以改变的。

大家知道，有关錫矿床成因的最初概念是在研究具有多世紀开采史的魯德納亞山錫矿区的基础上形成起来的。在这里，含矿云英岩、錫石黄玉矿脈和其他与气相期成矿有关的矿化現象都很发育。于是所得到的見解便是最有代表性的气成型錫矿床的了。这一在魯德納亞山錫矿区的文献中充分得到証实的观点，获得了广义的解釋，它在成因理論中是那样的根深蒂固，致使把錫石都被当作典型的「气成」矿物看待了。有时还把錫石在矿体中的存在認为是这一或那一矿床气成生因的可靠証据。

这样一来，就把根据一个錫矿区研究結果而获得的結論推广于整个錫矿床系了。但是，随着采錫业的发展，在新的矿产区逐渐地积累了更多的资料；这些资料証明，过去对偉晶岩型和典型气成型錫矿床的作用是过于夸大的。并且証明，值得更加重視的是由成份各不相同的石英脈構成的深成热液矿床。最后，在研究馬来亞（別阿特里斯馬茵矿床等）、中国和特别是南玻利維亞的某些矿床时，对在热液条件下形成，而又紧密与各种硫化物或硫鹽物共生的錫矿床最重要的实际意义已給予肯定。

如上所說，正是这些资料才使我們不得不在許多方面重新考虑旧的对錫矿成因的看法，并更加重視在工业上极为重要，但研究較差的錫石硫化物矿床組。

研究各种錫矿床的相互关系时，自然会出現这样的問題：这些矿床是否是屬於統一成因系列，而仅在成矿溫度上有所区别呢？抑或是成矿作用各不相同的独立「分系」呢？

从第一种意見看，就可以把錫矿床放入下列符合于溫度逐漸降低的系列之內：含錫偉晶岩——含錫云英岩和黄玉石英脈（气成类型）——电气石石英矿体和石英矿体（气成类型和大多数为深成热液类型）——含有多量硫化鉄的硫化矿体（深成热液类型）——鉛鋅硫化物居多和硫鹽广为发育的硫化矿体（中温热液类型和部份低温热液类型）。

类似这样的錫矿床分类——可以說是在金屬矿床总分类范围內的分类——不論从矿化特征上看，或是

从矿源附近錫矿床的带状分佈上看，都被証实是正确的（澳大利亞的昆士蘭錫矿区和新南烏埃爾斯錫矿区，西塔斯馬尼亞，康瓦尔某些矿区）。

因此，在有些地方实际上就可把各不同类型錫矿床的产出，看作是統一矿化作用发展的各个順序阶段的反映；从这一点出发，例如錫石石英矿体或錫石硫化物矿体的形成便可根据其距离矿源的远近加以鑑定了。

但是應該強調指出，这一根据某些錫矿区資料得出的規律性，决不是普遍的原則。事实上在許多錫矿区，虽然成矿与侵蝕切割程度极不相同的侵入体有关，但佔絕大多数的却是某一种类型的錫矿化作用。这种情况表现得极为明显的是硫化矿床組，尤其是硫化錫石矿床最重要的产区——南玻利維亞和雅納阿迪昌区。

全部有关南玻利維亞矿区的描述，非常清楚地說明在那里广泛分佈着的矿床，虽然矿化种类繁多，但总的看来仍屬統一的錫石硫化物矿系。据我們所知，从来还没有看到这类矿床在矿源附近被含錫偉晶岩規律地代替过。不但如此，就是含錫偉晶岩在这个区域範圍內亦几乎是看不到的。一般类型的石英錫石脈和云英矿体，其作用亦很小。

对雅納阿迪昌区來說，起主导作用的是成因上近似的硫化矿床組，这种情况看得特別明显。該区已知的一些为数不多的石英脈和云英岩矿体是与單独的侵入体有关系的，并且亦未被硫化矿体代替。

从为数最多的矿化类型来看，可以提出另外一些例子。其中应指出的是比利牛斯半島区，这里富有錫石石英矿脈，而硫化矿床分佈很少。在苏联的卡尔巴那雷姆和其他一些矿区亦見有同样情况。

总结起来可以說，在許多巨型錫矿区內并未看到在含錫侵入体受到各种侵蝕切割时预料必然会出現的那种各不同类型矿化均匀分佈的情况。相反，看到的不是錫石硫化物矿体产品居多，就是另一种类型矿化为数最多。显然，这些差别的原因是要在侵入岩母体的成份和形成条件的特征上去尋找。

在花岗岩長型半深成侵入岩分佈的区域，一般來說錫石硫化物矿床佔絕大多數。这样的矿区有雅庫吉亞的雅納阿迪昌区和苏联沿海地区。在北玻利維亞初看起来情况有些不同，这里的花崗閃長侵入岩体伴随有各种各样类型的矿床。但就是在这种情况下，含有大量硫化物的矿体仍然是佔多數的，并經常还伴随有綠泥石和电气石的强鉄变种（卡拉科列斯）。甚至

这个区域的含錫偉晶岩有时还含有显著数量的硫化物（法布洛扎），而且除錫石之外黃錫矿亦具有重要价值。

在錫矿区內，如活性侵入岩体为花岗岩，而有时为强酸性和深成花岗岩的話，則具有主要意义的是含錫偉晶岩、典型的云英矿体、石英矿体和黃玉石英矿体。有些地方錫石硫化物矿床的分佈仍十分广泛（康瓦尔，东澳大利亞），但它們的作用一般是显著下降的。

綜合上述情况証明，并非在任何时候都可以簡單地把錫石硫化物矿床看成是含錫偉晶岩——石英黃玉脈——石英矿体这一成因系的直接繼續。强烈的区域性的硫化錫矿床的产出，仅在特定的环境下才有。因此，就确定出了两个独立的在溫度方面局部相同的錫石矿化「分系」。

第一分系有偉晶岩、云英岩矿体和石英黃玉矿体、石英長石錫矿脈、石英电气石錫矿脈和石英錫矿脈，它們形成于偉晶岩期到气成期和深成热液期內。第二分系有上述的錫石硫化物組的矿床，这类矿床是在从气成期到后来的热液成矿期範圍內形成的。

第一分系矿床中又分有兩大組。第一組是含錫偉晶岩，第二組則是其他类型的錫矿床。兩組矿床在成因上毫无疑问是有非常密切关系的。但是，在这种情况下却很少能看到由典型偉晶岩向石英黃玉脈或石英脈的逐漸过渡关系。不但如此，而且它們之間的空開分界線經常是特別清晰的，甚至在大区域內这种分界線也极为明显。除在矿化作用上有明显区别外，同样这种情况亦証实了上述兩組矿床的划分是正确的。

因而，根据矿化性質和矿床分佈特征，可以确定出下列几个錫矿床主要矿系：

1. 含錫偉晶岩矿系；2. 錫石石英矿系；3. 錫石硫化物矿系。下面我們就分別簡述一下这些矿系，并对它們作比較詳細的划分。

二、錫矿床的分类

（一）含錫偉晶岩矿系

偉晶岩矿系的錫矿床根据其成因特征就可相当清楚地区分于其他矿系的錫矿床。这类矿床在絕大多數情况下与中深成酸性花岗岩侵入体有关，它們与花岗岩體及花岗岩型半深成侵入体无关。

从形态上看，所述矿系的矿体是多种多样的，而且在大体上还可以明显看出含錫偉晶岩的形态是紧密取决于导矿通道性質的。这样，在活性侵入体範圍內，

由于先期裂隙系——断裂裂隙常常就是导矿的通道，所以这里分布最多的有条带状伟晶岩枝体、扁平状和珠串状矿脉，以及形状不规则的管状矿体。在外接触带常见含锡伟晶岩赋存在延续的剪切裂隙内，在这种环境下常常也就形成了沿走向长数百公尺和厚度数十公尺的矿体。

虽然含矿物质的侵入活动是沿微张开的裂隙或沉积岩层理面发生的，但它在岩腔充填时所起的作用却要比其他矿系矿床大得多。这一点已被常出现的頁岩小褶皱的鞍状矿体、頁岩圍繞着透鏡状伟晶岩矿体的特殊構造以及其他等情况加以証实了。

矿体的形成过程极为复杂，按时间顺序之先后可分几个阶段。最初阶段——微斜长石石英伟晶岩的形成，局部出现較晚期的长英岩的侵入——从含矿程度的观点上看所起的作用是微小的；比較早的錳輝石沉积阶段，有时看得非常明显，但在成矿意义上亦同样佔次要地位；絕大多数錳石的沉积一般是在以后的阶段中——鈉長石化作用和云英岩化作用时期。

鈉長石化作用的广泛分布是含锡伟晶岩具有代表性的特征之一。經常可极清楚地看到錳石是产于鈉長石单独枝体中的；此外还有许多情况，如云英岩化較弱但鈉長石化強烈的伟晶岩含有工业錳石矿染。

在石英微斜长石伟晶岩上亦明显地呈现出云英岩化现象。証明这一点的是：各种云母、黄玉、螢石和其他云英岩典型組成矿物对鈉長石的交代和原生石英的溶蚀现象。一般受到云英岩化作用的只是伟晶岩体的一部份，有时多局限于頂部地带，有时则扩展到整个矿脉。这种类型的云英岩形态很复杂，很少看出它們在分布上的規律性，仅仅可以看到云英岩常呈沿走向延伸的透鏡体，而沿傾斜常迅速尖灭。云英岩化的整个过程經常被划分为两个在时间有显然界綫并具有不同矿物組合的阶段。早期云英岩化的特点是鉀云母含量佔絕大多数，有时还含有氟的成份；在这一时期內同时有黄玉生成，有时还特別富集；此外亦有很大部份的錳石沉积。第二阶段的特点是錳云母分布广，含氟矿物作用小，錳石的形成有时不太强烈。

鈉長石化作用和云英岩化作用的相互关系并非时常都是明显的，这两种作用經常紧密地交错在一起，要想在时间上加以划分却是件很难办到的事情。但是仍可看出某些早期的极强烈的云英岩化现象要比极强烈的鈉長石化现象在前。这种情况对富含含氟矿物——黄玉等的白云母云英岩来說是最明显的。鈉長石化作用在当时一般是发生在較晚期的錳云母云英岩形

成之前的。

最后应该指出，从矿物成份上看，各种含锡伟晶岩矿床共类型远还不是相同的。它們的特征是錳矿物（錳輝石、錳云母、磷錳石等）、氟矿物（黄玉、螢石）和硼矿物（电气石）的作用变化显著。因此，我們便可确定出以下含锡伟晶岩的分类，而各类型的特征这里就不加叙述了。

1. 石英微斜长石类型：
 - ① 白云母鈉長石型；
 - ② 黄玉白云母鈉長石型。
2. 錳輝石石英微斜长石类型：
 - ① 白云母鈉長石型；
 - ② 电气石鈉長石型。

（二）錳石石英矿系

这一矿系所屬的矿床，它們無論在矿化性質上或是在形态特征上都有許多不同之点。属于这一矿系的有含锡云英岩，黄玉石英錳矿体、长石石英錳矿体、电气石石英錳矿体和純石英錳矿体。

云英岩化是高温矿床具有代表性的特征。云英岩类型的矿床同含锡伟晶岩一样，在成因上亦是与酸性花崗岩侵入体有关，不同的仅是該类型含锡侵入体属于次一級的深成相而已。矿体一般賦存在活性侵入体内，很少見于外接触带和接触綫附近。导矿通道照例是那些为数很多但不稳定的断裂裂隙，这些裂隙总的說来，反映了比較早期的裂隙形成作用。从矿体的形状上自然是可以看出导矿通道所留下的特征痕跡。这些矿体一般不是呈迅速尖灭的云英岩带，就是呈形状不规则的網状脉产出。

成矿作用基本上是通过含矿溶液对圍岩的强烈替换有着紧密关系的交代作用而产生的。云英岩化作用在花崗类岩石中特別发育，有色矿物，长石和部份的原生石英都被各种新生矿物交代了。在新生矿物中起作用最大的是黄玉，錳云母和強鉄云母，螢石。同时还大規模的发生石英再生作用；經常見有电气石产出，除錳石外还有黑錳矿，毒砂，自然鉍和其他一些金屬矿物的分布。錳石一般与黄玉和含氟云母，特別与鉄叶云母型的亞种——（強鉄鉄叶云母）紧密共生在一起。其次，就是錳石亦与电气石共生。

云英岩矿体在成因上是气成类型的典型代表。它們的产生是由活动性很大的富含揮发組份溶液（很有可能完全是气态溶液）的出现所引起的。揮发組份中起作用最大的，除水以外，还有氟的化合物。而氟在

本質上亦正是該类型矿床的典型元素；而且还很有可能，錫亦和其他某些重金屬一样是呈比較容易揮发的氟化物而进行迁移的。

黃玉石英矿体从成因上看与含錫云英岩很近似。这类矿体亦与酸性和超酸性花崗岩侵入体有关，这些侵入体有时具有在半深成条件下形成的結構痕跡；此外这类矿体在空間上同样亦賦存在早期的裂縫系內。这样一来，就使得矿体沒有多大的稳定性，它們照例是一些迅速尖灭的珠串狀矿脈，其次則是些網狀矿脈。能最明显說明成因屬性的是矿化特征：不論在蝕变圍岩中，或者是在矿体的本身內，近矿蝕变現象都是很剧烈的并有大量含氟矿物的产生。

同时还見有与上述有一定区别的現象。特別是在張开岩腔中的成矿沉积作用有显著增長。較低溫的成矿阶段有較多的发展。这些情况証明成矿作用的溫度有了某些总的降低，并使我们能作出推断：在成矿沉积过程中，除气体相以外，水溶液亦有过一定的作用。

石英黃玉类型矿床和深成热液矿床之間完全是一种逐渐过渡的关系；大多数的石英电气石錫矿脈，特別是含錫石英脈就是屬於深成热液矿床的。

在这方面，長石石英矿体的情况要稍微特殊一点。从成矿溫度上看，它們是近似于黃玉石英矿脈和先生的錫石石英矿脈的。但它們在本質上区别于这类或那类矿床的是矿化特征，而首先就是鉀長石和鈉長石的分佈极为广泛。矿物成份上的这种特点經常就是把所述矿床解釋为过渡性的偉晶相矿床的根据。但是应该指出，类似的見解还有很多爭論。事实上，鉀長石在这种情况下經常与标准的热液矿物共生，而本身有时为冰長石型的低溫变种。其次，对含錫偉晶岩來說极为典型的云英岩化和鈉長石化的重疊作用在这里簡直是微不足道，甚至是完全沒有的。最后，近矿蝕变作用极为微弱，因此与关于矿化剂(包括水在內)在成矿沉积过程中具有最大作用的假說亦是相矛盾的。綜合所述情况，便可把長石石英矿体当作典型的深成热液矿床，而且这类矿床的形成与强碱性含矿水溶液的出現有关。

电气石石英矿床和石英矿床，与上述类型的矿床相同，在成因上亦与酸性花崗岩侵入体有关。不論在活性侵入体範圍以內，或是以外都有这类矿床产出，有时它們还产在距离接触線很远的地方。

在这种情况下，早期裂縫系的作用显明地降低了。矿脈經常賦存在較晚期的剪切裂縫內或表現明显的破碎帶內，規模大多是很巨大的。

充填脈常常是通过矿物在裂縫張开面的沉积作用而形成的，而只有在石英电气石矿脈形成中交代現象才会在某些地方具有非常重要的作用。

所述矿床与云英岩型和黃玉石英型矿床在矿化性質上有着本質的区别。最重要的一个区别就是氟矿物、尤其是黃玉的作用显著降低；因为經常就根本沒有黃玉产出。同时近脈帶蝕变强度亦有显著降低，而含硼矿物，首先是电气石的作用却明显加大。在某些錫矿区内电气石是所述类型矿床的标型矿物。

从成因上看，极大多数矿体属于深成热液类型，向气成矿床过渡的很少。这类矿床的形成主要与矽酸水溶液的出現有关；但是，气体相一般也起了一种次要作用，不过有时作用极为微小。

綜合上述情况来看，可以把錫石石英矿系的錫矿床作如下划分：1.含錫云英岩类型；2.黃玉石英类型；3.長石石英类型；4.石英类型。

(三) 錫石硫化物矿系

錫石硫化物矿系的矿床在成因上不仅与花崗岩有关，而且也与比較基性的花崗閃長型岩石有关。在第一种情况下，本矿系矿床經常只起次要作用，与其他类型錫矿床分佈在一起，并有时在矿田的外圍地帶还代替了其他类型錫矿床。如前所述，当矿源为半深成弱酸性的花崗閃長侵入体的时候，錫石硫化物矿床即具有显著增長的意义。正是在这些条件下硫化物組的錫矿床才十分完全地呈现出它自己所有的类型。

錫石硫化物矿床常常产于活性侵入体範圍以外，有时距接触線很远。这与其他錫矿床是有显著区别的。矿化与清晰而又巨大的構造断裂帶之間的空间关系，亦看得特別明显。因而許多矿体實質上就是强烈矿化的破碎帶，典型的裂縫充填脈在矿化帶範圍內被蝕变的矿化圍岩分部所代替。

交代作用在成矿过程中所起的作用一般是巨大的，它在成矿的初期阶段达到特別大的强度，而随着向后期阶段的过渡其作用力則有所削弱。

这类矿床虽然具有着某些重要的共同特点，但从矿化性質上看它們却有很大区别。

其中，大多数矿床的特征就是含鉄矿物分佈很广，而不只是硫化物，就是矽酸鹽(电气石和綠泥石的含鉄变种)或氧化物(磁鉄矿和赤鉄矿)亦是分佈較广的。同时，在几乎是全部的成矿阶段中，鉄是起作用极大的一种元素；如果根据化学分类，而不采用矿物分类的話，那末在實質上是应该把所描述的錫矿

系叫做含鉄硫化物矿系。

棚經常是成矿早期阶段最典型的东西，而成矿晚期阶段的特征是有大量的硫出現。在系統地研究硫化物矿床基本类型时，成矿过程发展的这些特征表現得很明显。

在事实上，成矿初期阶段的特点是經常有大量电气石出現，并强烈地交代了圍岩。由于电气石形成最早，因而强鉄电气石一般要先于矿化过程的发生；大量錫石的沉积略在以后，而与电气石的弱鉄变种和次要成份——石英共生。矿化作用的硫化阶段在这个时期表現得比較微弱，而在新的溶液成份还未加入的情况下，石英电气石錫矿体就形成了，矿体中有时含有毒砂，其他硫化物的含量是微小的。

以后，电气石的沉积作用迅速削弱，它讓位給鱗綠泥石类型的含鉄綠泥石和含鉄硫化物——磁黄鉄矿和黄鉄矿。綠泥石硫化物阶段初期的特点是錫大量加入，而且錫石的析出要比其他硫化物在先，并紧密与早生的綠泥石和毒砂共生。

在成矿过程后的一些阶段內，鉄的硫化物同样被鋅和鉛的硫化物所交代；鉛鋅硫化物的形成經常伴有碳酸鹽的出現，而錫石的沉积量却是非常微小的。同时，硫化錫酸鹽——黄鉄矿等的作用有时有所扩大，但是这完全不能掩盖錫加入物一般的甚至是极显著的减少。

应该強調指出，在所述类型的矿床內远还不是随时随地都能看到各阶段的矿化現象的。成矿沉积作用有时往往发生在早期阶段，而且如上所說形成了电气石矿体。在另外情况下早期阶段上述成矿作用却相反地减弱，而最发育的是綠泥石硫化物矿体。最后在有些地方亦有純硫化物矿体或純綠泥石矿体产出。

在半深成条件下形成的硫化物矿床，其所具有的情况就更加复杂；例如南玻利維亞就有許多这样的矿床。矿物形成的一般順序是保存了下来的，在初期阶段沉积的是电气石，而后便是綠泥石，磁黄鉄矿，最后在比較低的溫度下才形成了閃鋅矿，方鉛矿和各种硫鹽；但是，由于矿化作用的强烈复生性質，也即是說由于形成溫度各不相同的矿物的沉积在時間上很相近，故要把各个阶段加以划分却是极复杂的。

因此，所述矿床常具有着非常复杂的矿石成份，而硫化錫酸鹽的分佈亦极广；有时錫石的沉积极晚。此外錫石的膠狀变种也有着广泛的分佈（南玻利維亞，苏联沿海地带）。在类似于产于墨西哥流紋岩中的淺成矿床中，可看到結晶質錫石和纖維錫矿与大量赤

鉄矿有紧密的共生关系，几乎完全不存在有硫化物。綜合所說这些情况，就不得不把它们划入单独的淺成矿床分类之內。

最后，我們要概略叙述一下含錫矽岩，含錫矽岩一般是被作为一个特殊的成因类型而划分的。把它们列入錫石硫化物矿系初看起来令人感到有点突然，因为它们的矿化作用在本质上是有不同的，而首先是各种接触矽酸鹽分佈很广。但是，这种矛盾現象只是表面上的，因为主要的錫石物質的沉积在時間上常常与典型矽岩矿物的形成是分开的，而且还与較晚阶段的硫化物矿床有密切重叠关系。換句話說，从相同的純硫化物矿体的矿化作用上来看，矽岩在大多数情况下仅仅是錫矿床的圍岩而已。这样，在錫石硫化物矿系的矿床中划分有下列几种类型：

1. 含錫矽岩类型：
 - ① 磁鉄矿型；
 - ② 硫化物型。
2. 电气石硫化物类型。
3. 綠泥石硫化物类型。
4. 方鉛閃鋅矿类型。

錫矿床总的成因分类是由上述各单独分类組成的；現將总分类列于下面，不再加以說明。

含錫偉晶岩矿系：

1. 石英微斜長石类型：
 - ① 白云母鈉長石型；
 - ② 黄玉白云母鈉長石型。
2. 鐮輝石石英微斜長石类型：
 - ① 白云母鈉長石型；
 - ② 电气石鈉長石型。

錫石石英矿系：

1. 含錫云英岩类型。
2. 黄玉石英类型。
3. 長石石英类型。
4. 石英类型。

錫石硫化物矿系：

1. 含錫矽岩类型：
 - ① 磁鉄矿型；
 - ② 硫化物型。
2. 电气石硫化物类型。
3. 綠泥石硫化物类型。
4. 方鉛閃鋅矿类型。

廉介民譯自“錫礦地質”一書
刘蔭桐 校