

國外礦床地質

第 26 期

地質礦產部礦床地質研究所

一九八三年十月

目 录

锡矿建造与地壳结构.....	(1)
锡矿床的成因.....	(7)
锡矿床类型.....	(14)
锡矿建造的工业类型.....	(26)
锡矿床中主要矿物的温压地球化学.....	(35)
含锡的钽-铌酸盐类矿物及其标型特征.....	(41)
滨海区侵入体围岩带锡矿化的新类型.....	(50)
玻利维亚主要锡矿床地质.....	(58)
全球23个锡成矿省简介.....	(70)
格陵兰太古代斜长岩和伴生的辉长岩类.....	(86)
[会议报导]	
全苏风化壳和铝土矿会议.....	(93)
1982年苏联成矿作用学术委员会及其各组的活动.....	(98)

锡矿建造与地壳结构

B. B. 奥尼希莫夫斯基 B. H. 加弗里洛夫

在简述成矿带的基础上,就锡的成矿作用做某些一般的结论。

1. 最显著的特点是多数锡矿区产于大陆的边缘部分。仅仅欧亚带是例外,那里的锡矿区通常位于中间地块边缘。而整个欧亚带则位于非洲—阿拉伯和印度支那地台以及处于北部的欧洲和西伯利亚地台之间。在地台和地盾内部地区,如果这些地区未被凹拉槽和裂谷复杂化的话,正如华北和非洲地台一样,很少有锡矿化。但是,地台和地盾的边缘,与中间地块边缘一样,有一系列锡矿区。

2. 大陆、地台、地盾和中间地块边缘,发育有纵向和横向的地壳大断裂,这些断裂控制了喷出岩的喷发、火山和侵入体的排列以及伴随的脉岩系(这些脉岩系成分具有由酸性到较基性的演化过程)、和锡矿区的位置。

3. 一般地说,靠近海岸区以及一些地壳厚度降低的地区,广泛出现基性度增高的含锡花岗岩类,而在岛上还有含锡的辉长岩类、闪长岩和二长岩。在远离海岸地壳增厚的地区,往往是酸碱性较高的花岗岩占优势。

4. 对应于花岗岩类成分的变化(从花岗岩到石英二长岩、花岗闪长岩和二长岩类)以及出现较基性的侵入岩,锡矿床的建造类型也变化。在岛区和近岸区广泛出现锡石-硫化物建造;这里不论建造属性如何,所有的矿石都以硫化物含量偏高、成矿作用具阶段性和复生现象为特点,并出现水平和垂直分带性。离岸越远,越发育锡石-石英建造的矿床和伟晶岩型矿床,硫化物减少,矿物成分渐臻单纯,也显不出矿化的阶段性和分带性。C. Ф. 卢戈夫和B. B. 马克耶夫(1975)也得出在地台、地盾和中间地块中广泛发育含锡伟晶岩、云英岩和石英脉的结论。但上述作者认为这些矿化与构造—岩浆活化作用有关。

5. 沿岸一带的矿床矿石中,镁铁质元素(Fe、Mn、Ti、V、Co、Au、Cu等)起显著的作用,而离岸越远,则硅铝族元素(Ta、Nb、Li等)意义越来越大。

正是为了要回答关于准确预测侵入岩和锡矿建造的主要因素问题,有必要研究许多地区的地壳结构。

最近十年的地震和重力测量工作对判断行星性大陆边缘成矿带的地壳结构具有很大的意义。这些工作提供了大陆、岛屿和大洋地区的地壳结构的资料。已查明,大陆边缘的地壳厚度为15公里(麦肯齐,1972)。海洋地区缺失“花岗岩层”。在前寒武纪地台和地盾下面的莫氏界面在60公里深处或更深些。大陆地壳的正常厚度为40公里(《非洲地质和矿产》,1973)或36.6公里(别利亚耶夫斯基,1974)。大陆和大洋的构造活化区的地壳厚度比相对稳定的构造区的要小些。构造活化区张力占优势,表现为正断层和裂谷。经受压应力的地区,地壳厚度增大并常常有逆掩断层。

我们注意到了赫林的结论,可以肯定地说,在大陆(如北美西部、苏联东部和东北部)

地壳、壳层和最重要的锡矿建造的关系

表

地 区 或 构 造	厚 度 (公里)					最重要的锡矿建造
	地 壳	“花岗岩层”	“玄武岩层”			
1	2	3	4	5		
西伯利亚地台	30—55	10—25	15—25		锡石—长石	
西伯利亚地台东褶皱边缘	20—38	—	占优势		锡石—硫化物	
苏联东部, 大陆边缘	15	—	占优势		同上	
科累马地块	40—50	15	25—35		同上	
西维尔霍扬	35—40	20	15—20		同上	
阿纽伊斯克—楚科奇带	30—35	0—5	30		同上	
鄂木斯克和巴拉格纳克 (马加丹地区)	30	12	18		锡石硫化物, 锡石—石英	
堪察加半岛	22—35	12—18	10—17		锡石—硫化物	
苏联择捉岛, 日本本州岛	20—32	—	占优势		同上	
滨阿穆尔、上阿穆尔复向斜	36—40	14—17	20—23		同上	
海阿穆尔、上阿穆尔复向斜	38—40	19	19—21		锡石—石英, 锡石—长石	
巴西布列列亚地块	40—42	18	22—24		锡石—石英	
巴贾尔古生代褶皱系	32—34	14	18—20		锡石—硫化物	
共青城地区	37—41	19—21	16—20		锡石—石英	
海西期兴凯地块	32—36	15	17—21		锡石—硫化物	
锡霍特山脉带	45—55	—	—		锡石—石英	
华北地台	15—45	—	—		锡石—石英, 锡石—硫化物	
中国, 地台东边缘	13	5	8		锡石—石英, 锡石—长石	
中国, 大陆边缘	35—45	—	—		锡石—硫化物, 锡石—石英	
澳大利亚地台	34	—	—		锡石—长石	
澳大利亚东部边缘	25—35	—	—		锡石—石英, 锡石—硫化物	
澳大利亚西部边缘	25—35	—	—		锡石—石英, 锡石—长石	
塔斯马尼亚	30—60	—	—		锡石硫化物	
加拿大地盾	30—32	10	占优势		锡石—长石	
北美, 太平洋沿岸	15—22	—	20—22		锡石—硫化物	
北美, 大陆西部边缘	—	—	占优势		同上	

墨西哥, 西海岸	30	—	—	锡石—石英
北美, 大西洋沿岸	28—30	—	—	锡石—硫化物
北美, 大陆东部边缘	15	—	—	—
南美, 地台	35—55	—	—	锡石—长石
南美西部边缘	20—65	—	—	锡石—硫化物
玻利维亚, 锡带	30—55	10—15	20—35	同上
秘鲁, 西海岸	12—30	—	—	同上
南美, 东部边缘	30—45	—	—	锡石—长石
南美, 东部山区	58	28	25	锡石—长石
非洲地台, 坦噶尼喀裂谷地区	36—39	5	31—34	锡石—石英, 锡石—长石,
非洲地台, 约翰内斯堡区	37—42	—	—	锡石—硫化物
非洲, 大陆边缘	30—40	—	—	锡石—石英, 锡石—长石
欧洲地台	40—55	12—16	17—35	锡石—石英
比利牛斯半岛西部	25—40	—	—	同上
大不列颠, 南部	25—30	—	—	锡石—石英, 锡石—硫化物
法国中央地块	20—30	15—20	5—10	同上
德国莱因地块	30	10—13	20—17	同上
捷克, 捷克地块, 厄尔士山脉	35—40	5—15	30—25	锡石—石英, 锡石—硫化物
乌克兰地盾	40—60	12—15	28—45	—
高加索	20—45	25—30	10—15	锡石—硫化物, 锡石—长石
中亚, 天山区	35—60	22—28	13—32	锡石—石英
阿尔泰, 额尔齐斯带	23—35	3—10	13—32	锡石—硫化物
后贝加尔	41—46	11—14	30—32	锡石—长石, 锡石—石英
蒙古	40—48	18—21	19—26	锡石—石英
南极洲	40—42	16—21	19—26	锡石—硫化物
	37—42	4—10	30—32	锡石—石英
	25—40	—	—	—

边缘许多地区的上地幔上部地震波速非常低，很可能，这是由于地幔物质的减密作用和较高的热流值引起的。热流值的增高意味着，这里地幔最上层的温度比那些地幔性质不同地区的温度高出几百度（如美国东海岸，那里有很高的地震波速和较低的热流值）。

德雷克和别洛乌索夫(1972)确定了太平洋和大西洋大陆边缘之间的区别。我们考虑了最新的地球物理资料（别利亚耶夫斯基，1974），可列入第一类型的有北冰洋边缘，而属于第二类型的是印度洋边缘。大西洋型边缘未遭受中生代这样强烈的变形。这里的地壳比较急剧地从洋壳过渡到陆壳。太平洋型边缘的特征是几乎连续发育了年青的构造活动带以及逐渐地从陆壳过渡到洋壳并往往有过渡的亚型壳，如亚陆壳和亚洋壳。在陆壳和洋壳的结合带中，洋壳几乎有同样的由相近的地震波速和重力资料证实的物理特征。洋壳下部（第三层）纵波速度为6.5—7.1公里/秒与具有6.6—7.0公里/秒纵波速度的陆壳“玄武岩层”相当。

尽管从总体来看，我们掌握的关于地壳结构和厚度的资料不很充分，还是可以引用某些数据用以说明我们关心的行星和大陆边缘成矿带的上述一般规律。

滨太平洋的远东边区，划分出厚度38—20公里的陆壳，向东它减为12—15公里，并且“花岗岩层”消失了（鄂霍次克海洋壳），然后在千岛群岛之下增至32公里（亚陆壳型）。更东面地壳厚度又变薄，最后过渡到典型的洋壳。中国太平洋沿岸地壳厚度为13公里，其中“花岗岩层”厚5公里。

东勘察加地壳厚度为30公里或小些，这里的“花岗岩层”尖灭了。就中生界区地壳整体来说，其特征是苏联东部比西部较薄。

据B. K. 乌特纳辛等人的资料，在勘察加西岸、Срединный山脊和Начин横向位移带等地的地壳厚度在30—40公里之间；再向东，在阿瓦恰火山群地区，减至22公里。勘察加河谷西部的“花岗岩层”厚度为12—18公里。因此“玄武岩层”厚度为18—22公里，在克柳切和阿瓦恰火山群地区“玄武岩层”厚度约7—8公里。在火山地区之下的上地幔上部出现地震波速降低的层，其厚度由3—4至7—8公里，证明了有物质地的减密作用。沿中勘察加洼地轴部的北和北东方向，所有的构造界线都发生了隆起。这个事实可以推测科里亚克地峡地区的地壳厚度变厚，在那里有锡石—硫化物建造的锡矿化作用。

在美国太平洋沿岸，自圣弗兰西斯科（旧金山）往两边各500公里，经查明，地壳厚度从西到东由大洋的13公里增至大陆架和内华达山脉山前地带的23公里，在更远处的盆地和山脉省急剧增厚到32公里。介于海岸山脉和落基山脉之间，在山间高原地区，当地壳厚度在西部从15—22到30公里和在南东部到50公里时，“花岗岩层”对“玄武岩层”占优势。但在大西洋沿岸地壳厚度减至28—30公里而“玄武岩层”重又占优势。大体上美国的太平洋沿岸以具有不厚的“花岗岩层”（小于10公里）的较薄地壳为特征。例如，从中亚利桑那北东到科罗拉多高原一带，当“花岗岩层”厚度为5公里左右时，地壳厚度在20—30公里之间。

在秘鲁（利马）沿岸，地壳厚度约为12公里。

从大西洋沿美洲大陆东岸的方向上，莫霍界面逐渐下降，先到17—18公里深处，到达大陆架带下降到30—35公里深处。深入大陆内部地壳厚度增加，在苏必利尔湖东部达50—57公里。

地壳厚度的增加对非洲和澳洲来说是很典型的。然而，根据A. 马拉霍夫（1972）的资料，在坦噶尼喀湖区的非洲裂谷之下，当“花岗岩层”约5公里时，地壳厚度测定约为23公里。对

处于约翰内斯堡断裂以东的南非隆起，在其北东查明地壳厚度降低到5公里。而从这条断裂线向西，则为正常的地壳厚度，达42公里。在大陆东岸的地壳变薄区还有西和北德拉肯斯堡山脉。应当指出，非洲的上述地区集中了锡、多金属、铜、金等的大矿床。

关于世界各地地壳结构和厚度的资料示于表2。在表的纵行指出，伊夫雷亚地块范围内，即在西地中海下面和从西南阿尔卑斯往东，测得地壳的厚度只有10公里。在丹麦境内，当“花岗岩层”为4—8公里时，地壳厚度达29公里。在日德兰半岛（丹麦）北部，缺失“花岗岩层”。与西欧其它地区相比，大不列颠的地壳厚度相当薄。

H. A. 别利亚耶夫斯基（1974）总结了苏联领土地壳结构和厚度的资料，指出，全苏大部分地区的孔拉德面深度，在古地台区为14—15公里，而显生宙褶皱区达20—25公里深处。但是，在远东的滨海和近洋地区，“花岗岩层”通常减薄至10公里或更少，“玄武岩层”的平均厚度为20—22公里。在古地台区“玄武岩层”增至24—30公里。地壳的平均统计厚度为 40.5 ± 1.6 公里。苏联东部中生界地区地壳厚度较薄，平均测定值达35公里。在欧亚与太平洋、北冰洋结合地区，地壳厚度变化无常，而在滨海地区不超过20—25公里。海洋地区的地壳薄（10—12公里）。

所引用的壳地结构资料表明，大多数锡矿区的地壳厚度比地台、地盾和中间地块区的薄。但是，在上述地台等地区也有锡矿区。不过，那些锡矿区往往产于地壳较薄的某些地区，或是在大陆边缘或是在拗陷区，如中国地台的情况。当波罗的地盾、科拉半岛、和南卡累利阿等处地壳变薄时，也有锡矿化的显示。

自然，地壳厚度状况只反映了它现在的特点，和在某些程度上区别于以前的厚度。不过，如果地台的增长与地槽的变迁是一个不可逆的过程，那末，稳定和活动构造区的地壳厚度就会保持一定的比例关系。发展着的概念与地台（诺里尔斯克、萨德伯里、Дулит、布什维尔德岩体）上产出铜镍矿床并不矛盾，因为“含镍区发育的特点是，盆地的形成是长期的，是在几个地质纪中发育的结果，并以基性或超基性岩浆活动和矿化作用作为结束”

（Годлевский, Генкин, 1974, ）。图尔盖拗陷的磁铁矿矿床产于下石炭世槽形拗陷火山沉积岩中沿断裂侵入的辉长岩—闪长岩—花岗闪长岩系侵入体接触带上。举出的实例和中国许多锡矿产于地台拗陷的事实表明，矿区分布在莫霍面隆起的稳定构造的拗陷区中是普遍的规律。

锡矿床建造类型的产出在很大程度上取决于地壳厚度。在壳厚20—40公里（平均32公里）区间，最主要的是锡石—硫化物矿床，而在壳厚35—50公里（平均40公里）区间，主要发育伟晶岩和锡石—石英建造的矿床。但这也有例外，如中亚。在天山褶皱区测定为相当厚的地壳（35—60公里）。在构造隆起区产出锡石—石英建造的矿床，“花岗岩层”厚达25公里，“玄武岩层”厚度测定为12—22公里。在具锡石—硫化物建造矿床的构造拗陷区之下的“花岗岩层”厚度缩减了，孔拉德面急剧升高到对隆起区的高差达15—22公里。

在其它地区，锡矿床的建造类型还取决于地壳厚度横向变化的局部条件。比如，在厄尔士山地壳增厚处发育云英岩型和石英脉型矿床，而当地壳厚度在卡罗维发利地区降至30公里时则形成锡石—硫化物型矿床。在后贝加尔，含锡伟晶岩和石英脉主要发育于地壳厚度增高（44—48公里）处，锡石—硫化物型矿床在地壳厚度较低（40—42公里）处。这特别明显地表现在滨阿穆尔区。

必须强调指出, 滨阿穆尔、滨海区等地区的很多锡石—硫化物建造矿床产于相对窄的“重力阶”和地壳厚度急剧落差带。应当考虑到这种情况, 即为了确定最有远景的含矿构造而进行的详细重力工作, 因为含矿构造经常分布在孔拉德面起伏隆起的线性带之上。

阿尔泰其中包括卡尔宾山脉是地壳厚度较大(40—50公里)广泛发育含锡伟晶岩、云英岩和石英脉的典型地区。当地壳厚度降低较多时, 如在西卡尔宾带、大陆边缘和岛区(夏洛特群岛、九州岛、勿里洞岛、塔斯马尼亚岛)产出很多具工业意义的锡石—硫化物矿床。

所以, 地球物理已经证明大陆边缘和岛弧区地壳变薄并且其“玄武岩层”占优势。通常, 大陆内部地壳厚度的增长是和“花岗岩层”和“玄武岩层”增长同步的。这种公认的普遍规律说明, 锡矿床的产出不取决于“花岗岩层”的厚度, 因为最有工业意义的锡石—硫化物矿床常常和早于它的锡石—石英矿床一起出现并产于岛区和大陆岸区一带, 而那里“花岗岩层”的厚度最小。显然, 在锡矿床的形成上, “玄武岩层”也不起直接的作用, 因为随着“玄武岩层”的增厚矿石也不变富, 也不增加硫化物和镁铁质元素的量。根据列举的理由, 对不同成分侵入体及与其有关的锡矿床建造类型产出环境的唯一解释应该以地壳总厚度为出发点。

当地壳(尤其是大陆边缘的)不止一次地向海底沉没时, 使地壳厚度变薄, 可见, 在张力条件下, 为产生正断层和裂谷型断裂创造了有利的先决条件。看来, 这些断裂促进了岩浆活动以火山作用和侵入作用的形式出现。可以推断, 对地壳厚度较大的地区来说, 在地壳较薄处, 岩浆熔融体和相伴的含矿流体在很大程度上应受到地幔物质的影响。

据西利托(Sillitoe, 1974)的意见, 地幔是锡的可能来源, 其证据是本来就没有陆壳的地方(亚速尔群岛、冰岛)有锡矿化。

B. A. 巴斯基娜和B. A. 鲍罗尼欣(1975)引用了锡霍特山脉火山岩的岩浆熔融体来自壳下的生动的资料。他们研究了玄武岩、安山岩、二长岩和流纹岩中的铁铝榴石—镁铝榴石系列。运用总压力和地球深度的相关关系, 得出这些岩石的熔融体的结晶作用在35—40公里深处的结论, 即在地壳的下界面处。甚至连含锡省的酸性岩浆也被证明是壳下来源的。

行星性成矿带的一般标志如下: 存在热流值升高区($2 \text{ 微卡/秒} \cdot \text{厘米}^2$ 或更高), 在浅带和过渡带的火山和地震的活动性, 局部出现正的重力异常。太平洋和欧亚矿带很象靶形矿带, 其中现在还分布着靶形泥火山, 证明深部流体是沿区域构造断裂带进入的。

热流值异常高的原因是因为受上慢地的影响。太平洋沿岸区所测定的热流值特别高。

据Дэн.П. Вуллард的意见, 太平洋带和阿尔卑斯—喜马拉雅带地震的特点是浅的许多地震是在与上地幔交界的层中发生的, 即产在多元相变带上。

沿大陆边缘特别是太平洋周边, 往往记出了地幔的不均匀性, 指明该处地幔有减密作用。堪察加、日本等地区的地幔减密作用与活火山的岩浆源有关。这些事实不仅为推测地幔减密作用区与喷出作用而且与侵入活动有关奠定了基础。

上面列举的行星性成矿带的普遍标志, 自然, 这是它们的现代特征。但一系列事实表明, 在历史上也有同样特征的活动性。这首先是根据位于苏联东部和东北部、日本、中国、澳洲、美洲、非洲、欧洲和亚洲大量锡矿区的新生代玄武岩层查明的。这种玄武岩的存在直接指示有达到地幔源的再生深断裂。

在成矿带范围内有强烈的岩浆活动, 出现了古生代和中新生代的各种喷出岩和花岗岩类

侵入体。非洲地台等处的前寒武系则以很强烈的岩浆活动为特征。

前已指出,从前寒武系到新生界都有含锡性。不同时代的但成分相近的喷出岩和侵入岩和锡矿床建造类型的出现清楚地表明,成矿带是在条件相似的历史阶段形成的。在它们的长期演化过程中,花岗岩类的基性度和锡矿化的浓度越来越高。晚古生代和中新生代的成矿占锡的总储量的84%。成矿作用总的演化趋势是,前寒武纪的含锡伟晶岩和石英脉为古生代的锡石—石英和锡石—硫化物建造的矿床代替,而中生代则锡石—硫化物建造矿床起很重要作用。从前寒武纪到新生代矿石成分越来越复杂。

刘浩龙译自《Оловорудные пояса земли》一书的第四章
余澄宇校

锡矿床的成因

В. В. 奥尼希莫夫斯基 В. И. 加弗里洛夫

锡矿区位于大断裂、有喷发和(或)侵入活动的地区。含锡花岗岩类侵入体主要出现在地槽带的造山后阶段。

含锡伟晶岩、云英岩和石英脉与花岗岩体有成因上的亲缘关系是没有什么问题的。上述各类型矿床往往位于侵入体的内接触带或直接位于岩钟的顶部。含锡云英岩常常象斗蓬一样套在岩钟上,它在较深处和沿接触带的倾向方向上很快尖灭(如滨阿穆尔和阿拉伯撒哈拉的矿床等)。

在含锡花岗岩类岩体和碳酸盐岩的接触带上形成了矽卡岩,在矽卡岩中叠加了较晚的锡石—石英建造的,但更多的是锡石—硫化物建造的锡矿化(中亚、中国等地)。

含锡石英脉往往切穿了云英岩和矽卡岩,并继续延伸到上述岩石的顶板,但沿倾向便很快尖灭。上面曾经提到,在一些地区(滨阿穆尔、后贝加尔、缅甸、阿巴拉契亚、非洲)伟晶岩沿走向过渡到石英—长石脉,而后者又变成石英脉。上述诸种脉的脉壁带往往具有不同强度的云英岩化。含锡石英脉离花岗岩类侵入体越远,其中硫化物矿物成分越多并成为石英—锡石—硫化物脉。靠近侵入体的脉中,电气石占优势,远离侵入体,电气石为绿泥石代替。根据硫化物尤其是黄铜矿、方铅矿和闪锌矿的量,锡矿体过渡为锡石—硫化物型,其中包括锡—多金属型(英国的康沃尔、玻利维亚、苏联滨海区、日本、塔斯马尼亚)。可见,在锡矿的全部建造类型之间有着密切的空间上的和成因上的联系,往往形成围绕侵入体的带状分布。在许多地区有多期多次阶段热液矿化形成的锡矿床(苏联东北部、滨阿穆尔、中国、日本、澳大利亚、玻利维亚、英国的康沃尔)。

锡矿床建造类型的划分在很大程度上反映了成矿的三个阶段:伟晶岩阶段、锡石—石英阶段和锡石—硫化物阶段。成矿阶段的区别不仅在矿物成分上,还表现在矿化与岩脉群的

关系上。矿化的脉状花岗岩和伟晶岩乃是最早的岩脉，随后是越来越基性的岩脉。岩脉群成分逐渐从酸性到基性是与花岗岩类岩体顶部及外接触带基性度的增高同时发生的。酸性成分的岩脉常有云英化并被石英脉切穿（滨海区、越南北部、马来西亚、非洲、厄尔士山脉）。较基性的岩脉（煌斑岩、玢岩、闪长岩、辉绿岩、粒玄岩等）则被锡石—硫化物建造的矿体切穿（滨阿穆尔、滨海区、后贝加尔、中亚等地区的矿床）。

存在着以不同成分岩脉划分的不同类型锡矿化阶段，肯定地说明了由压、张交替所制约的岩浆熔融体和含矿流体是断续地贯入的。仅仅是在拉伸期和断裂构造被掩盖的情况下岩浆熔融体和流体才得以运移到地壳上部。在压缩期原先形成的岩石和矿石产生裂缝和破碎，这就为下一个活动期或阶段的物质强烈渗透准备了条件（滨阿穆尔、玻利维亚、康沃尔等地）。这种情况形成了矿石的角砾构造、脉和细脉的穿插现象以及热液物质呈薄的对称带状沉淀。最后一种矿石构造类型说明在溶液循环期连续的微脉动构造应力现象。

脉岩成分从酸性到基性的更替说明裂隙构造的发育深度越来越深。

显然，深成岩体的冷却和硬化界面是同时逐渐下降的。大概，这些界面具有复杂的波状性质，因为与深成岩体的下陷地段相比，岩钟冷却快因而硬化界面也较低。这种情况必然导致在熔融体的坚实的硬化盖壳之下物质不断重新分配和流体聚集中心下降，因而，岩浆源和流体中的热动力条件也随之变化。

看来，与上层围岩裂隙构造加深的同时，下层逐渐发育向上的不那么大的裂隙网。大概，这种情况决定了热液作用的阶段性和分带性，即早阶段的矿物质沉淀在矿体的下部，而晚阶段则在矿体的上部。

较晚期的矿石（其中包括锡石—硫化物建造的）是在成矿期之间有长期间断时以及有新生裂隙的条件下形成的。锡石—硫化物建造的矿床离花岗岩类侵入体的距离有时超过5公里。

应当考虑，根据В. К. Денисенко (1974) 的资料，多期矿化的大锡矿床的矿化期间隔达5—15百万年或更长时间。康沃尔全部矿石的形成时间确定为230百万年。前已谈到，吉尔吉斯很多锡矿床中锡石—石英建造和锡石—硫化物建造的矿化时间间隔达15—17百万年。

形成各类锡矿石的连续矿化期之间的时间如此之长，显然与物质在岩浆源中演化的持续时间是一致的，这在火山区的岩浆成分演化中得到某种程度的证实。

既然锡床矿与花岗岩类有密切的关系，下面比较详细地分析一下（它们的）成因方面的最一般的概念。

众所周知，在地球的许多地方从前寒武纪到新生代确定了各种酸性成分的喷出岩与侵入岩之间密切的空间和成因关系。许多事实特别是最近20年来所获得的资料迫使人们断定火山岩和花岗岩侵入体的大多数是地幔成因的。看来，交代的、再生的和深熔的花岗岩类处于从属地位。

关于这方面，А. П. 维诺格拉多夫 (1967) 的资料对于理解地球的历史和酸性成分岩石的形成本质具有很重要的意义。我们星球上的物质分异作用大约始于45亿年前。在地球地幔的出熔作用和去气作用中，析出的易熔分馏物含有气体。 H_2O 是它们的基本组成部分。非常明显，海洋中的海平面不是永远固定的。它随时间的增长而提高，首先是，水量在地表的增加由于玄武质的出熔作用和地幔的去气作用，也即地壳的形成作用引起的。

如果在地壳形成历史的初始时水量很少的话,则沉积岩不可能广泛地分布也没有象元古代和显生宙那样的沉积分异作用。同时也要考虑到不能通过超基性、基性成分的碎屑物质产生再生或深熔的花岗岩。可是在太古代地台的古老地盾上,主要在这些地方的边缘广泛发育着花岗岩类。它们在大陆上最古老的年龄超过 35 亿年。据 Л. П. Карсаков (1975) 的资料,西伯利亚地台的阿尔丹地盾上以及斯塔诺夫褶皱区的远太古代超基性和基性岩石中确定有紫苏辉石和黑云母—普通角闪石花岗岩(紫苏花岗岩)、斜长花岗岩(紫苏花岗岩)以及侵入其中的淡色花岗岩和白岗岩。岩石年龄确定为 31—45.5 亿年。

远古形成酸性成分岩石的另一实例是斯威士兰系(南非)。据 R. Saager (1973) 研究结果,其年龄不少于 33.60 亿年。该岩系下部堆积有厚达 7530 米橄榄岩到玄武质同源岩浆岩。其上产出厚达 7680 米的拉斑玄武岩和流纹英安岩。

Дж. Уиллемз (1973) 研究和论述了大布什维德镁铁质深成岩,其年龄约 20 亿年。岩体是由纯橄岩、橄榄岩和辉石岩至苏长岩、辉长石、斜长岩、铁闪长岩和花岗岩等多种类型岩石组成的。

加拿大地盾的格林威尔系,其年龄为 17—23 亿年,А. Баддингтон (1950) 指出,阿迪龙达克高原西北部 85% 的花岗岩类岩石是岩浆分异形成的。

这样的实例还可以举出很多,说明在古老的原始镁铁质成分地壳中有酸性岩浆岩,这也是对壳下深处能形成酸性熔融体的有利证明。

准陆壳或准洋壳型地壳中花岗岩类的形成,这主要是新生代的产物,在大、小安的列斯群岛、冰岛、阿留申群岛和千岛群岛、新不列颠岛、斐济等大洋岛弧和群岛上有这类花岗岩体。

现在证实的是,安山岩浆不是通过玄武岩浆混染硅铝层形成的,而是直接在火山源处就形成了。钙碱系列岩石发育在小笠原—马里亚纳群岛、阿留申群岛、所罗门群岛、汤加—克马德克群岛等,这些地方是缺乏硅铝层的

П. Метсон (1970) 关于波多黎各岛结构的资料是非常有趣的。这里前新生代地壳的厚度为 22 公里,由类似于洋壳型的蛇纹岩组成。但其上发育有安山岩和花岗岩岩基。Метсон 认为:“岩浆不可能由花岗岩壳层熔融而成,因为在岛下没有花岗岩层……。看起来可能是,引起火山喷发的原始熔融体是由于橄榄岩岩浆部分熔融而成的,而随后这些喷出的火山物质及其根部的重熔并导致形成更晚期的安山岩成分的熔体和深成岩浆”。

众所周知,冰岛是直接位于大西洋中脊通过处,该岛几乎全是玄武岩,并有花岗岩的侵入和厚大的石英斑岩和流纹岩脉的穿插。其它很多岛屿和岛弧也有类似的现象。

显然,与从前所想象的相比,花岗岩是比较广泛地发育在海洋地壳中的。很多资料指出,这是因为不久以前才开始系统的海底采掘工作的缘故。例如,在日本海花岗岩隆升的山门高地,从它的北面山脊采掘到花岗岩。后者(北面山脊)绵延 205 公里、宽 105 公里并高出毗连的盆地群的底界 2700 米。这里有变质的基性火山岩和侵入岩,以及接触变质砾岩、砂岩、硅质—粘土质和硅质沉积物。沉积岩和火山岩属较年青的新生代产物。花岗岩类岩石中确定有淡色花岗岩、伟晶岩类和黑云母花岗岩、辉石花岗岩、斜长花岗岩和花岗岩斑岩。花岗岩类岩石中有微斜长石,而相应类型的花岗岩含 K_2O 1.02—4.8%、 Na_2O 3.0—4.43%。往往 Na_2O 占优势。

据A. B. 裴伟1976年12月在伯力的全苏专题讨论会上提供的消息称,《季米特里·门捷也夫》科学研究船第十七次航行在包括深达8公里的马里亚纳海沟区域时,除采掘到超基性和基性岩外,还采有斜长花岗岩。

鲍文(Bowen, 1937)提出玄武岩浆是花岗岩浆的原始来源,即以分异作用和分馏结晶作用形成酸性岩浆。鲍文的这种思想为很多岩盘的野外研究和硅酸盐的实验工作进一步证实。

近来关于玄武岩作用的根本结论由以H. И. 希塔罗夫为首的苏联科学院地球化学和分析化学研究所的同事所肯定。他们在压力为42千巴和温度近2000℃时对玄武岩熔体作了实验。在这种实验条件下玄武岩好象落在榴辉岩的区间,这相当于134公里的深度。在实验基础上得出结论,即当玄武岩熔体自地幔上升到地壳上部时为熔体分异创造了有利的条件并可能产生酸性岩浆。

相近的结论见于1966年太平洋科学会议上T. X. Грин和A. Э. Рингвуд的工作报告。他们的著作在苏联已译成俄文于1968年出版。根据地质观察和实验,作者们指出,当压力为25—40千巴(相应深度为100—150公里)、足够高的温度(达1600℃)时,拉斑玄武岩可在干的条件下部分熔融,并有成分主要是向安山岩演化的熔体出熔物。在有水时形成有英安岩、流纹英安岩或花岗闪长岩和石英二长岩的低熔分馏物。

火山—深成建造的野外研究证实了上述实验和结论。

根据苏联科学院远东科研中心堪察加火山学研究所同事,其中包括A. И. Фарберов(1974)的资料,这些资料查明了地球上许多火山底下的地球物理异常。地壳和上地幔的直接地震测量发现,有横向规模从几公里—几十公里、有时形状上是等轴的但大多数是有相当大垂深(100—150公里)的不均匀层。火山根延伸到熔体发生区。这在普洛斯基·托尔巴契克(Плоский Толбачик)火山区1975年的喷发表现得很清楚。岩浆管道的长度判定为30—40公里,同时熔体是脉动地上升到地表的,这由地震的观察得到证明。众所周知,当火山喷发时出现玄武岩、安山玄武岩、安山岩、英安岩、流纹英安岩和流纹岩成分的熔岩。几乎所有的海底火山开始喷发玄武岩,随后,随着地壳局部地段的增长程度,喷发越来越具还原性。

根据苏联科学院远东科研中心火山学研究所人员И. В. Мелкесчев及其同事的著作(堪察加、千岛群岛和科曼多尔群岛,1974),在火山区,后破火山口相火山岩的成分随熔体分异的深度而变化,这可能与酸性安山岩到流纹岩系列或与整个玄武岩—流纹岩系列相符。

很多研究人员认为,花岗岩是玄武岩浆结晶分异的典型产物。“上地幔的作用引起原生的花岗岩成分岩浆的形成……”(Самарин, 1972, 第426页)。这些认识被闪长岩及辉长岩类和花岗岩类共同发育的事实所肯定(滨阿穆尔、日本、勿里洞岛、塔斯马尼亚和其它地区)。含锡花岗岩往往穿过由安山岩组成的喷出岩。安山岩是分布最广泛的火山岩类,尤其是在太平洋带。大陆边缘地区和岛弧区安山岩多于玄武岩、英安岩和流纹岩。据A. Мак-Берни(1972)的资料,某些火山喷出物包括所有过渡类型连续系列的岩石。特别是发育在苏联东部的有广泛代表性的安山岩—玄武岩和安山岩—英安岩系列。对某些火山,证实最初的喷出物是安山岩,随后是玄武岩和英安岩或流纹岩。有时安山岩—英安岩、英安岩和流纹岩(黑曜岩)系列变成为安山岩—玄武岩系列的喷出岩(堪察加、千岛群岛、日本)。在某些

火山区的基底确定有花岗岩或花岗闪长岩深成岩体（冰岛的雷尼尔火山、堪察加的Вилучинский等处）。

在地幔岩中花岗岩类捕虏体与基性岩和超基性岩一起出现（日本的玄武岩、波罗的地盾等地的金伯利岩）。所举出不多的实例说明，不仅玄武岩的而且中酸性成分的岩浆与地幔源的联系是无疑的。在封闭条件下来自这种岩浆源地的中间型岩浆源或岩浆房形成为侵入体。

我们注意到，堪察加托尔巴契克火山喷发时在玄武质熔岩的气体冷凝物中查明有一定含量的锌、铜、铅、锡、银和砷（1976年5月20日苏联科学院主席团会议上С. А. Федотов提供的消息）。К. Н. Рудин（1972）在产于Индирикка河右支流的Мома河流域 Балаган-тас火山的玄武质熔岩中，查明其锡含量为3—4.2克/吨。

无疑，在任何情况下在火山通道或中间型岩浆房中岩浆熔体的冷凝作用总是从上到下从边缘往中心发展的。显然，往玄武岩—安山岩和玄武岩—流纹岩方向的岩浆分异也是与上述作用平行进行的。

火山区岩浆柱和岩浆房中岩浆分异及其冷却方向的传统上最初的论点能得出关于侵入体形成条件的结论。据火山学者的意见，破火山口形成期乃是反映任何一个火山区过渡到火山—深成作用的发展阶段，而破火山口的数量和规模则成为侵入作用强度和规模的标志（堪察加、千岛群岛和科曼多尔群岛，1974）。

在岩浆结晶和侵入体冷却过程中，挥发组分往往总是趋向于富集在上部的岩钟型侵入体中，然后才富集在深成岩体的中心部分。因而那些地方能长期保有液态岩浆并产生与之分开的另一成分的岩浆。如果是那样的话，那末在侵入体中就应该有不同成分岩石之间逐渐过渡的现象。但是这种相互过渡由于在局部地方受断裂构造的影响以及液态岩浆对先期硬结岩石渗透的干扰所破坏。因此，有时还造成有侵入相的错误印象。引用法国Э. Раген教授（1972）的资料，可以获得很多具环状或半环状构造的侵入体的实例。下面我们叙述其中的某些侵入体。

加利福尼亚 Вулд-Рок 岩基从边缘到中心由英云闪长岩（石英闪长岩）、花岗闪长岩、奥长花岗岩（斜长花岗岩）和淡色奥长花岗岩组成。

驰名的加拿大萨德伯里岩盆，呈碗状，它下部是基性暗色岩，暗色岩之上为辉长岩，更上是花斑岩和盖层。类似的成分和构造有南非德兰斯瓦的布什维尔德岩盆。但那里下部有超基性岩（辉石岩、橄榄岩、纯橄榄岩）。

西南非洲的 Мессут 杂岩。该处是直径约20公里的破火山口。其边部由辉长岩和粒玄岩、其次是二长岩，再其次是花岗岩组成；中心为流霞正长岩和正长岩。

法国上比利牛斯省的 Бордер 花岗岩体，分出下列诸带（由边部至中心）：辉长岩、石英辉长岩、花岗辉长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和中心的二云母花岗岩。

西苏格兰的 Малл 杂岩体，分出由辉长石和粒玄岩互层以及花斑岩和霏细岩组成的环状构造。

芬兰亚兰群岛的 Ов 环状列岛是由斑状花岗岩和二长岩互层组成。

从上面的概述可知，酸性（其中包括花岗岩）岩浆与地幔物质有这样或那样的联系。酸性岩浆或者形成于地幔本身，比如，安山岩紧接着玄武岩喷发就证明这点（在这种情况下安山岩在上地幔比玄武岩更深处），或者酸性岩浆形成于柱状通道，似乎是火山的或中间型岩

浆房的玄武岩浆经过充分分异形成的。在这种情况下岩浆应有饱和的挥发组分，因它进一步发展成流体形式。

这种推测部分地被锡矿石及其矿物组合所证实，这包括锡矿石的 Mg、B、Fe、Mn、Ti、Co、V、P、Au、Cu 等的矿物和锡石中的元素-混入物及赋存于锡石中的 Fe、Ni、Co、Cr、Pt、V、Mn、Hg 等元素和锡的专有矿物，如锡砷硫铋铜矿、硼钙锡矿、黑硼锡铁矿、锡刚玉、多水硼锡铁矿。

对于锡矿石中的钽、铌、稀土和其它“亲石”元素矿物，显然，不能把它们归为来自于地壳“花岗岩层”的根据，因为 Ta、Nb、Zr、Ti 矿床有时铜、钼矿床及其混入物 Cr、Ni、Co、Sc、Ba、V 与超基性—碱性岩和碳酸岩体有关。世界 21 个碳酸岩体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位素比值为 $0.7035 (\pm 0.0018)$ ，说明是地幔物质的性状。这从碳、氧和硫的同位素组成中也得到证实。与花岗岩、伟晶岩、碱性花岗岩和霞石正长岩有关的矿石（其中包括锡矿石）有一组很相近的元素。而几乎是同样的元素组合有多种来源则是值得怀疑的。至于有关的一组混入物，它们应该由于对莫氏面的距离或地幔岩浆分异的成分不同而发生变化。

众所周知，金和锡在地球化学上是对手。但是金在锡矿石中并不少见，而在金矿石中，也还是有锡石的。近年来许多研究者（Аншин等，1971；Saager, 1973 等）确定了金和地幔岩浆派生物的成因联系。苏联东北部、滨阿穆尔和滨海区，日本的足尾（Асио）矿床，马来西亚的 Бланда-Мабок，加拿大的 Сьюфлейк，墨西哥 Сан-Антонио 以及尼日尔的锡矿石中金以为数不多的混入物的形式出现。印度支那、尼日尔 Ти-Инен-Тилисдак 地区的 Аир 岩体和卢旺达-布隆迪地区的金矿床中有锡石。应该指出，由于金的出现，在锡石—硫化物矿石中有相当多的银。显然，金、银和锡一起产出，说明这些金属是同一深处来源的。

某些研究者在太平洋矿带中划分出在空间上和金—银建造矿床共生的锡—银矿床，从而把金—银建造与锡石—硫化物建造联系在一起。

分析锡石—硫化物建造锡矿床与花岗岩类侵入体关系的资料，不能同意矿化与淡色的酸性相或白岗岩有某种亲缘关系的结论。通常白岗岩等淡色相只占深成岩体的极小部分，并以不大的脉体赋存于深成岩体中，而且不总是伴有矿化。矿化明显地与主要花岗岩类深成岩体有关，矿化产于接触带砂卡岩中、岩体顶部——云英岩和一些矿脉或矿化破碎带，这种破碎带始于花岗岩类岩体并延续到围岩中。

显然，某些地质学家关于花岗岩类岩石中含锡性和钾含量的直接相关关系的论点应当做重大的修正。决不要忘掉 С. С. 斯米尔诺夫关于锡矿床和基性度高的花岗岩类密切共生的概念。在这方面应当提到 Кирхбергский 花岗岩体的地球化学研究，工作表明，斜长岩中钙长石的增长也使锡和铀的含量提高（Mahfouz, 1971）。上面曾提到，阿尔及利亚撒哈拉的含锡花岗岩属钙—钠系列。

我们的研究表明，岩浆岩中锡既以硅酸盐结晶格架中的混入物形式出现，又以锡石形式出现，锡石的位置或者在粒间空间，或者它的粉粒在各种造岩矿物中，尤其是在黑云母和角闪石中。锡石颗粒大小则从超微粒至晶洞花岗岩类中的大晶体。

大概，在巨厚地壳相对稳定的地区（地台、地盾和中间地块），地幔物质经过了最平稳最充分的分异作用。所以地幔源的岩浆有分层作用，看来，随后在中间型地壳岩浆房中开始分出最酸性和最碱性的熔体。显然，这些熔体富含水、硼、氟、氯、二氧化碳和其它挥发组分

的气体并因此容易上升到地壳的最高层位，也就在那些地方形成侵入体、伟晶岩和锡石—石英建造的矿床。相对宁静的大地构造条件决定着矿床在侵入体附近发育并且较少表现出矿化的阶段性。

在地壳厚度较薄的活动地区中，地幔物质的分异作用，看来，是较不充分较不彻底的，因而多半形成花岗闪长岩类和二长岩类及相伴的锡石—硫化物建造的矿床。在较薄地壳处较强烈地出现裂隙作用，促成了广泛发育的岩脉群，尤其是在侵入体的岩钟顶部。往往在花岗岩类岩体外有矿化带，矿石分布有较大的深度。可能，不稳定的构造环境引起频繁的拉伸和压缩交替作用和形成破碎带，并表现出清楚的阶段性和矿物质沉淀的分带性。

这些挥发组分，如水蒸气、氧、氢、硼、氟、二氧化碳、氯、钠、硫和磷的气体，积极地参与了锡矿床的形成。其中的许多元素及化合物是在锡石和其它矿物的气—液包裹体中测出的。

大家知道，当玄武质火山喷发时，气体中富含 H_2O 及氟、氯、钠、碳酸气、硫化氢、沼气和不少重碳氢化物等混合物。

应当指出，超基性岩类和铬铁矿矿石与地幔有关是没有争论的，而在上述岩石和矿石中确定有下列挥发组分，如水、氢、氮、氟、氯、磷、硫、甲烷和磷酸，也即与花岗岩类岩石和锡矿石有几乎同样的挥发组分。

氟和硼在锡矿床形成时有头等重要意义。在岩浆分异过程中它们主要富集在侵入体顶部。云英岩和常见的黄玉、萤石和锡、铍、钽、铌的矿物共生组合以及成矿前的电气石等的出现，便可证明这点。但是，较晚些，在锡石和硫化物的主要析出期，不仅氟，而且氯、硫和碳酸气也占重要地位。

显然，在流体的运动及其过渡到热液的过程中，能从花岗岩类和其它岩浆岩中萃取分散的金属，随后，当在有利的热力学条件时沉淀下矿石。И. Д. Рябчиков (1974) 根据实验得来的资料，铁、铅、锌、铜、金和其它亲铜元素，以及锡在氯的溶液中具有很高的浸出性能。

当构造断裂穿透流体（溶化在熔体中的）富集处时，这就引起了热力学条件（主要是压力）的突然破坏，造成了流体的沸腾和运动，并随后过渡到水溶液，显然，就在这时出现锡的矿化作用。

根据最初广泛分布的氟、硼矿物——黄玉、萤石、电气石和稍晚析出的锡石，更晚的硫化物，可以推测出岩浆源中流体的带状分布：较富挥发性的氟和硼的化合物富集在上部，而稍低挥发物的氯、硫和碳酸化合物以及亲铜的和某些其它元素在下部。

依据矿化初始阶段广泛出现的云英岩和次生石英岩型石英交代岩判断，锡石—硫化物矿床（玻利维亚、苏联东北部、滨阿穆尔、滨海区等）形成的第一阶段热液开始呈酸性。随后演化到具电气石和绿泥石交代岩的中性和弱碱性溶液，再后是青盘岩，在热液作用的末期沉积硫化物和碳酸盐。

根据多数研究者的锡矿石矿物中气—液包裹体的资料，锡矿化初期的温度范围为 $500-360^{\circ}C$ ，成矿作用的中间阶段降低到 $280-230^{\circ}C$ ，然后是 $200-135^{\circ}C$ 和结束期的 $100-50^{\circ}C$ 。

锡石—石英建造矿床成矿作用最特征的温度区间为 $400-250^{\circ}C$ 。

锡石—硫化物矿床中大部分锡石沉淀的温度区间为 $360-270^{\circ}C$ 。

锡石—硫化物建造矿石沉淀期的最大压力范围为 $0.25-0.8$ 千巴，而锡石—石英建造

的为0.62—1.7千巴、伟晶岩的为1.7—4.25千巴。

上述数据可以使我們粗略地推算出各类型矿石形成的深度。例如，锡石—硫化物建造矿石成矿深度为0.9—3公里、锡石—石英建造——2.3—5.2公里、伟晶岩——2.6—15.7公里。

热液可能从岩浆岩及其矿物中浸析出锡，并使锡以碱—锡酸盐和碱—硫—锡酸盐溶液和以碱—氟和氟—锡酸盐溶液的形式进行搬运。共青城（滨阿穆尔）地区锡矿石矿物中气—液包裹体的研究表明，锡可能在氯化物—碳酸盐、钠—钾的和氯化物—钠的溶液中以氟—锡酸盐络合物形式进行搬运。

显然，最后应该强调，所有各种建造的锡矿床都与地幔物质作用下形成的花岗岩类侵入体有成因联系。不管花岗岩类在地壳中的形成机制如何，它们物质的壳下来源是可能的。

在锡矿床成因概念发展上，很多理论带有假定性，又由于在一些主要问题上答案不明确，所以还具有讨论的性质。如果根据含锡花岗岩类在很多小海岛上很适中的分布以及含锡花岗岩在大陆上无比广泛地分布并且常以岩基的形式产出的事实，那末，这种现象的原因是很不清楚的。是否存在着某种有利的地壳厚度大的能借以形成花岗岩类的区间呢？在大陆和大洋之下地幔物质成分及其作用产物之间的关系完全没弄清楚。在厚地壳条件下简单的含矿流体成分是根据什么确定的？为什么在这种条件下主要形成锡石—长石和锡石—石英建造的矿床呢？既然查明花岗岩类岩浆熔体成分及其派生流体成分随着向地壳上升愈高愈益简单，那末与镁铁质结合究竟会发生什么呢？镁铁质元素在深部的什么地方分散和集中呢？看来，对后面这些问题，应从地盾和地台资料的详细分析中找答案。然而，所有提出的问题都期待其速速解决。

刘浩龙译自《Оловорудные пояса земли》一书的第五章
余澄宇校

锡 矿 床 类 型

Ф. И. 沃利弗松 А. В. 德鲁日宁

锡是人类最早认识的金属之一，在人类物质文明发展的历史上锡铜合金的广泛应用形成一个持续时间很长的重要时代，即“青铜时代”。人类社会发展的早期阶段就开始了开采锡矿床。腓尼基人（大不列颠）在康沃尔半岛的矿床中大量开采锡矿石，古代开采锡矿石的遗迹还见于华南、玻利维亚、苏联的卡耳宾-纳雷姆和其它地方。

锡的化学性质稳定，锡盐无毒，锡与白铁一样广泛应用于罐头工业（占开采量的40%）。以前普遍用锡制造青铜、巴比脱合金、焊条、印刷字模合金，还应用于其它许多部门。锡的开采量增长很慢（见表1）。1940年达到最高产量（240000吨）。

一些国家锡的储量和产量

表 1

国 家	储量 (千吨)		年产量 (千吨)			
	总储量	探明储量	1913	1938	1957	1978
总 计	7271	3124	—	150.0	166.4	190.78
计有:						
马来西亚	830	600	52.2	43.2	60.2	62.65
印度尼西亚	1640	740	29.9	21.0	28.2	27.41
玻利维亚	1000	500	26.8	25.4	28.2	30.86
扎伊尔	200	70	—	8.6	14.5	3.45
尼日利亚	280	140	—	7.3	9.8	2.75
澳大利亚	350	190	—	—	—	11.72
其它国家	2971	884	—	44.5	25.5	51.92

从青铜时代开始到1978年,锡的储量总共有七百万吨左右(不算苏联),其中有三分之一在东南亚。中等规模的原生矿床矿石中锡的工业品位为0.2%,大型矿床为0.1%。大量的锡(75%)是从砂矿中开采的,品位为0.01—0.02%或者100—200克/吨。

1973年,美国锡的消费量为55000吨,到2000年,估计要消费65000吨。

十月革命前,俄国没有开采锡,只是在后贝加尔有一鄂嫩矿床(彼尔沃纳恰利砂矿床)。在二次世界大战前的几个五年计划期间才广泛开展锡矿床的普查工作。结果在苏联东部找到许多新矿床(维尔霍扬、科累马、远东、后贝加尔、哈萨克斯坦、吉尔吉斯)。

锡的地球化学和矿物学简要特征

地壳中锡的平均含量为 $2.5 \times 10^{-4}\%$ 。锡最富集的地方与花岗岩有关,特别是与称之为含锡的(锡含量达20—30克/吨)酸性程度偏高的碱(钾)含量比较高的花岗岩有关。锡的主要富集体是副矿物锡石和含锡量达100—400克/吨的黑云母。锡在成因上与酸性侵入岩有关。锡的化学性质有双重性,它是亲石元素,又具有亲铜性质。因此,锡有很高的化学亲合性,一方面与氧和部分地与硅,另一方面与硫亲合。锡容易形成挥发性高的卤化合物,锡可能就是以卤化合物的形式从岩浆源中分离出来。

SnO_2 是典型的两性氧化物。因此,它在溶液中的行为和化合物中的作用取决于介质的酸度。在酸性介质中 Sn^{4+} 阳离子稳定,当它加入络阴离子时,形成锡酸盐和硫锡酸盐。 Sn^{4+} 盐(弱盐基)在pH为2时甚至溶于酸性介质中并发生 $\text{Sn}(\text{OH})_4$ 的分解,最终形成胶状 SnO_2 。