# 热液金矿床的分布、地质成因类型和成矿体系的含矿性

对世界和独联体国家热液金矿床分布的分析表明，晚太古代、元古代、古生代、中生代和新生代成矿时代金矿化的强度有可比性。主要以大型矿床(>100t)金的总储量(已开采的量加储量)的资料作为评价金矿化显示强度的根据。本文把金的富集划分为4个级别：1——>1 000t，2——>100t，3——>10t，4——>1t。

划分了16种地质成因类型的热液金矿床。对于一般达到4 000tAu不同种类成矿体系的极限含矿性作出评价。探讨了岩浆成因和变质成因的成矿体系的概念，得出大型矿床的形成是由于地幔与地壳复杂的相互作用而形成的结论。

**关键词** 热液金矿床 地质成因类型 含矿性 成矿体系

## 1 热液金矿床的分布

把金储量小于3t的矿床考虑在内，则世界上热液金矿床的总数为2 117个。

如果把前苏联领土上新查明的矿床(金储量>1t)和金矿点补充到以上数字上，那么金矿床的总数就超过3 000个。

鉴于矿床和矿田受空间限制的不确定性，可以推断，世界上规模大于1t的原生热液金矿床的数量大约达1 500个

已经准确地查明，储量和金的已开采量≥100t的世界级的金矿床数有100个左右。由于一系列矿床金储量确定的不准确并带有假定性，所以矿床数量的评价为近似值。

大(世界级)、中和小型矿床的划分没有统一的标准。Laznicka(1983)推荐的那种用金属元素总含量与其克拉克值的比值来确定矿床规模界线的方法最为流行。该比值大于1 011的矿床被认为是巨型矿床。这样，金储量大于300t的矿床属于巨型金矿。

作者对金矿床采用以下划分方案：矿点(Au达1t)，小型矿床(Au——1～10t)，中型矿床(Au——10～100t)，大型矿床(Au——100～500t)，超大型矿床(Au——500～1 000t)，巨型矿床(Au>1 000t)。波尔克尤帕英、卡尔古尔利、侯姆斯特克、干宽谷、穆龙套、金石场、来多来姆矿区和矿床均属于后一类矿床。超大型矿床的数量不小于20个，大型矿床大约70个。

作者在把矿床按规模划分成一定的级别时采用十进位制法把地壳中矿石金的富集划分为4级(1级>1 000t，2级>100t，3级>10t，4级>1t)。在有意义的热液矿床总数为1 500的情况下，不同级别矿床数之比约为1∶10∶40∶60。其中包括大约100 000tAu(不考虑维特瓦特斯兰德矿床储量70 000tAu)。

以1～2级为主的热液矿床的分布如图1所示。图上只反映那些能看见热液金矿化显示

收稿日期：1997年8月13日

的主要地史规律的最大的地球动力学单位。本着这个目的，把矿床划分成3个年代类型和地质成因类型：(1)太古代～早元古代高中温热液型；(2)晚元古代～中生代中温热液型；(3)古生代～中-新生代低温热液型。

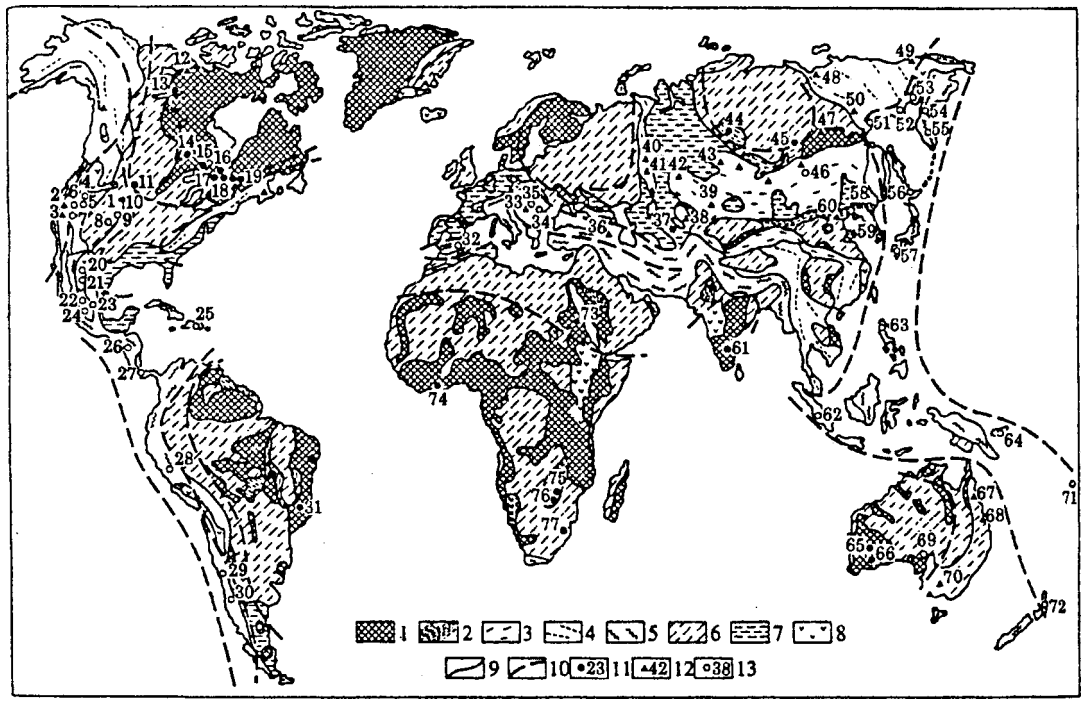


图1 热液金矿床分布图

1——地盾；2——元古代褶皱区；3——古生代褶皱区；4——中生代褶皱区；5——新生代火山带、褶皱带；6——古老地台的沉积盖层；7——后古生代地台的沉积盖层；8——巨大的喷出岩田；9——中间地块的古老地台的界线；10——一种成因类型的矿床主要分布省的范围；11——高中温热液矿床；12——中温热液矿床；13——低温热液矿床

矿床名称：1——朱诺，2——草地谷，3——公主，4——卡林(波斯特贝特采)，5——环形山，6——科姆斯托克，7——金土地，8——特卢里德赛尔弗顿，9——跛子湾，10——中央城市-艾达荷斯普林斯，11——侯姆斯特克，12——鲁平，13——大黄刀，14——红湖，15——霍姆洛，16——波尔克尤帕因，17——克尔克兰德湖，18——克尔艾迪生(拉德湖)，19——罗扬诺朗达、西格马、马拉尔提克，20——奥卡姆波，21——帕拉尔，22——艾尔奥罗，23——瓜纳华塔，24——帕丘卡，25——普艾布拉州维也霍，26——罗扎利亚，27——别拉维斯塔，28——奥尔科帕纳，29——科奇帕，30——艾尔因迪奥，31——莫鲁维留，32——拉达克维拉尔，33——高都市，34——罗什伊亚蒙塔拿，35——班斯卡什季亚夫尼查，36——卓德，37——穆龙赛，38——科奇布拉克，39——巴克尔奇克，40——别列佐夫，41——科奇卡尔，42——瓦西利科夫，43——萨拉林，44——苏维埃、奥林匹阿特，45——干宽谷，46——巴雷-达拉松，47——天鹅、库拉纳赫，48——库拉尔，49——五月，50——涅日达宁，51——哈坎扎，52——杜卡特，53——库巴卡，54——阿梅季斯特，55——阿根，56——科诺玛伊，57——希什基里，58——夹皮沟，59——玲珑，60——中心山，61——科拉尔，62——列朋多诺格，63——列朋托，64——来多来姆，65——卡尔古尔利，66——北方人，67——查特斯堡，68——金皮，69——奥林匹克坝，70——本迪戈巴拉腊特，71——塔瓦，72——侯拉基，73——盖贝特，74——阿山蒂(奥巴西)，75——金马达，76——凤凰球，77——维特瓦特斯兰德

作者认为成矿周期是较大的时间区间(太古代～中元古代、元古代～古生代、中生代～新生代)，而成矿期就是代及其范围内的具体时间区间。早、中元古代的界线是金的成矿作用中极其重要的标志。作者根据原生热液矿床中金的总储量，同时考虑到与这些矿床剥蚀有重要

联系的砂金矿的储量,对金矿化显示的规模作出评价。

金矿矿床形成作用在早期的成矿周期中显示最强。在2.7~2.6Ga区间,在加拿大结晶地盾和西澳大利亚结晶地盾上形成许多矿床。

世界上已知的金储量约1/2(约100 000t)的形成与早期成矿周期有关,大部分储量蕴藏在巨型和大型金矿床中。

晚元古代~古生代金的成矿作用主要表现在欧亚大陆和澳洲大陆上。

古生代的金矿床位于包括乌拉尔山、天山和西西伯利亚南部褶皱区的全球褶皱带上。已知的该时期形成的最大矿床——穆龙套矿床(>1 500t)。恰尔米坦矿床(约400t)和奥明扎套矿床(100t)等也分布于此。在澳大利亚,主要的古生代金矿床分布在塔斯曼褶皱带上。本迪戈巴拉腊特地区金也有同样规模的原生富集。这里除了本迪戈矿床上已采出的600t金以外,维多利亚州1 600t砂金的大部分也分布在这里。古生代总的含矿性估计可大于10 000tAu。

中生代成矿时代在其含矿性上与古生代接近。北美大陆两岸从阿拉斯加到加利福尼亚的延长带上的矿床的形成与其有关。著名的公主矿区(400t)位于该带的南部,以含金量高为特点。

新生代在成矿时间上更短,但是集中在北美、中美和南美、中欧、高加索和太平洋带的矿床上金的总储量大于10 000t。新生代含金省在超大型矿床数量上与太古代的相似。

超过1 000t的金矿富集既可以以单个的矿田出现,也可以出现在整个含矿区。其分布面积常常没有明显的线性轮廓。太古代~早元古代的金矿化富集带(阿比季比和维鲁纳-卡姆巴尔达绿岩带)则常具有线状轮廓。但是在这两条绿岩带中热液金的主要聚集(波尔克尤帕因矿床和卡尔古尔利矿床)不呈线性带分布,而呈含矿矿结。显然阿比季比绿岩带是包括总储量大于4 000t的4个1级金矿结的唯一的带。加利福尼亚-内华达含金区的构造很有意义,公主带最富的部分,"卡林"含金矿结以及科罗拉多州和邻区的大型低温热液金矿床在这里紧邻。这里每一个矿结都有2 000t以上的金。特兰西瓦尼亚、中乌拉尔、克孜尔库姆、穆龙套、北哈萨克斯坦、叶尼塞、博代博、科雷马、南印度、南澳大利亚(划分为奥林匹克坝和本迪戈两个矿结)、几内亚等矿结应属于1级金矿富集的另外的矿结。根据许多作者的资料,比利牛斯半岛金储量巨大。看来,已经列出的目录里可能还需加上新西兰矿结,可能还有其他的补充。

## 2　独联体国家领土的含金量

在独联体领土金矿图上标出最大的原生矿床和砂金矿的主要地区(图2)。

在北卡累利阿-科拉含金省①和中乌克兰含金省②已知有最古老的热液金矿富集。

奥林匹阿特、苏维埃、维杜卡和南西伯利亚的贝加尔褶皱造山带⑧的叶尼塞地区的其他矿床可能具有晚元古代年龄。

干宽谷矿床和其他较小的矿区的矿床分布在帕托姆维季姆含金区⑪的晚元古代变质岩中。干宽谷矿田位于砂金矿广泛分布的地区,该区已采出的金不小于700t。

在独联体领土上最古老的古生代的金发现于阿尔泰-萨彦含金区⑨。北哈萨克斯坦地区⑦ⓐ和北天山⑦ⓒ。东哈萨克斯坦⑦ⓑ的大型矿床(巴克尔奇克矿床约280t)和北天山的库姆托尔矿床分布在片岩组合中,与侵入体无关。

中古生代和晚古生代的金矿床发育于乌拉尔含矿省⑤和南天山含矿省⑥。

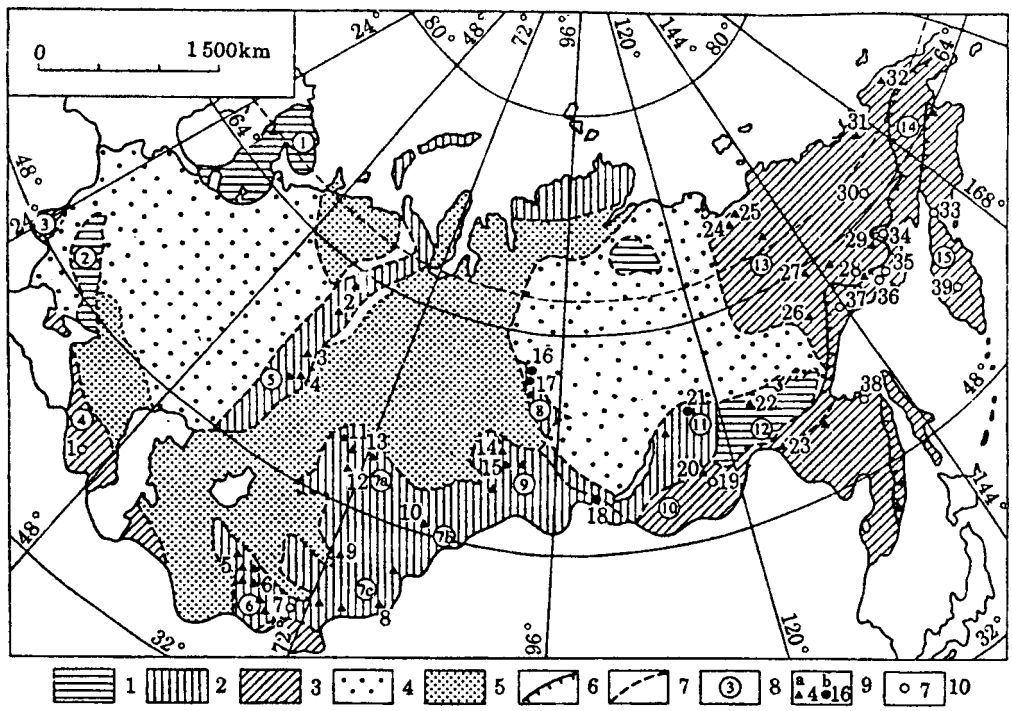


图 2 独联体领土上主要金矿床分布

1~6——大地构造省：1——前寒武纪地盾，2——里菲期-古生代活动带，3——中生代~新生代活动区，4——古老地台的地台盖层，5——年轻地台的地台盖层，6——鄂霍茨克-楚科奇火山带；7——地质构造界线；8——含金省和含金区（名称已列文中）；9——中温热液金矿床(a)和中低温热液金矿床(b)；10——低温热液金矿床

矿床名称：1——卓德，2——沃龙佐夫，3——别列佐夫，4——科奇卡尔和斯维特林，5——穆龙套、阿门台套、道格兹套（东）、科克帕塔斯（北），6——查尔米坦，7——科奇布拉克，8——库姆托尔，9——阿克巴开，10——巴克尔奇克，11——瓦西利科夫，12——若雷姆别特，13——别斯丘别，14——萨拉拉，15——公社社员，16——苏维埃，17——奥林匹阿特，18——宗霍尔巴，19——巴雷，20——达拉松，21——干宽谷，22——库拉纳赫-天鹅，23——波克罗夫，24——丘丘斯，25——库拉尔，26——涅日达宁，27——萨累拉赫，28——纳塔尔金，29——维尔林，30——库巴卡，31——卡拉尔维也姆，32——五月，33——阿梅季斯特，34——杜卡特，35——卡拉姆肯，36——学校，37——哈勘扎，38——多峰，39——阿金

在外贝加尔构造岩浆活化区⑩、活化的阿尔丹地盾⑫、维尔霍扬-楚科奇冒地槽褶皱带⑬和滨阿穆尔地区有许多侏罗纪和白垩纪的金矿床。

赋存在鄂霍茨克-楚科奇火山带⑭和具有叠加大陆火山带的年轻的堪察加褶皱区⑮中的低温热液金矿床的矿化时代从晚白垩世到中新世（可能到上新世）。这些成矿省中分布的矿床常常接近于大型规模（阿梅季斯特矿床——90t，阿金矿床——70t）。

在东喀尔巴特山含金省③和高加索含金省④也查明了低温热液金矿化。

从分析热液金矿床分布得出最有意义的结论是在全球大地构造省范围内大型金矿结点型富集展布的规律性。

## 3 金矿床的地质成因类型

目前尚无一个金矿床公认的分类。作者把指示性地质特征作为推荐的分类基础（附表）。由下述可见，矿石成分、矿体的结构形态类型和围岩是矿床主要的指示性地质特征。在分类中未考虑到时代标志，虽然一部分古老的矿床在显生宇没有其相似物。

附表　热液金矿床的地质成因类型①

| 编　号 | 类　　型 | 矿　　床 |
|---|---|---|
| 1 | 变质含铁建造中的金-硅酸盐-硫化物层状类型 | /鲁平(加拿大)、莫鲁维留(巴西)、霍姆斯特克(美国)、武巴奇克维(津巴布韦) |
| 2 | 绿岩组合中的金-石英型、金-碳酸盐脉型-细脉型 | /科拉尔(印度)、穹隆、霍灵杰尔、拉德湖、多伊昂、黄刀(加拿大)、卡尔古尔利、北方人(澳大利亚)、金马达(津巴布韦) |
| 3 | 绿岩组合中的金-硫化物-石英含重晶石的细脉浸染型 | /霍姆洛(加拿大) |
| 4 | 黑色页岩组合中的金-硫化物浸染-细脉型 | 干宽谷、奥林匹阿特、丘丘克、五一、库姆托尔、巴克尔奇克/朱诺(美国) |
| 5 | 片岩组合中的金-石英脉-网脉型 | 穆龙套、苏维埃、涅日达宁、纳塔尔金/公主(美国)、本迪戈、金皮(澳大利亚)、阿山季(加纳) |
| 6 | 侵入体和外接触带中的金-碳酸盐-石英脉-网脉型 | 科奇卡尔、别列佐夫、达拉松、杰特加拉、中央、萨拉拉、公社社员、查尔米坦、瓦西利科夫、草原人、别斯丘别/西格马-拉马克维、克尔克兰德湖(加拿大)、草地谷,中央城(美国)、晨星、查特斯堡(澳大利亚)、凤凰球(津巴布韦) |
| 7 | 金-矽卡岩型 | 塔尔顿、西牛欣、塔罗尔/镍板(加拿大) |
| 8 | 碳质的碳酸盐-片岩组合中的金-硫化物-石英似层状型 | 沃龙佐夫/卡林、金石场、波斯特贝特采(美国) |
| 9 | 碳酸盐层中的金-碳酸盐-硫化物似层状-脉型 | 天鹅、库拉纳赫/列德维尔(美国)、萨尔新(法国) |
| 10 | 金-石英型、金-硫化物-石英脉-网脉型 | 巴雷、库巴卡、阿梅季斯特、阿根、白山、卓德、克孜勒尔马/赛开来姆勃、姆萨柳、巴亚斯普里也(罗马尼亚)、克列姆尼查(斯洛伐克)、科姆斯托克、环形山、金土地(美国)、艾尔印迪奥(智利)、库西基塔、希什卡里(日本)、阿库潘(菲律宾)、来多来姆、波尔盖拉、米西马(巴布亚新几内亚) |
| 11 | 侵入火山杂岩中的喷发爆破角砾岩的金-硫化物-石英型、金-硫化物-赤铁矿矿体型 | 科奇布拉克/跛子湾(美国)、罗什/亚蒙大拿、巴亚德阿里也什(罗马尼亚)、普艾布洛维也霍(海地)、朋古耐(巴布亚新几内亚)、奥林匹克坝(澳大利亚) |
| 12 | 脉状金-银-多金属低温热液型 | 杜卡特/班斯卡什季亚夫尼查(斯洛伐克)、信条(美国) |
| 13 | 斑岩金矿型 | 里亚宾诺夫/金岩墙、卓尔坚(美国) |
| 14 | 含金斑岩铜矿型 | 阿尔马累克/OK台迪、朋古耐(巴布亚新几内亚) |
| 15 | 碳酸盐-片岩组合中的脉型、交代金-石英-硫化物型 | 萨累拉赫、石英岩山/维鲁纳、兰斑(澳大利亚) |
| 16 | 火山沉积杂岩中的含金硫化物矿层型 | 加伊、波多尔斯克、马克也夫/霍尔恩、诺兰达(加拿大)、布罗肯山、芒特艾萨(澳大利亚)、切洛彼奇(斯洛伐克) |

注:①独联体国家矿床/世界其他国家矿床。

前寒武纪变质的含铁建造和绿岩组合的特殊性反映在赋存于其中的矿床的一系列特点不再现性。

金硅酸盐-硫化物矿床的突出特点,是其矿体的成层性更多地受地球化学作用控制(强烈的选择性交代),而不受地层-岩性控制;其矿石成分为硅酸盐质(镁铁闪石和黑云母),硫化物(黄铁矿、毒砂)的含量高,直至形成块状硫化物。

太古代绿岩带中的脉状矿床与显生宇矿床的主要差别首先在于控矿带的特殊性，反映在矿体形态为特殊的透镜体以及矿体垂向延伸幅度大。

第2类矿床的地质位置(赋存在变火山岩的绿岩带中)具有头等重要的意义。可以把与侵入体共生的脉状矿床归入本类矿床。

所谓的大体积浸染状和细脉浸染状金-硫化物矿石的矿床划入第4类。这些矿床上可见到脉体。根据取样资料圈定的含矿交代岩矿体具有主要意义。该类型矿床通常被控制在富有机物岩石(达百分之几)中间的黑色页岩组合中。这些矿床以似层状性为特点——其矿体赋存在特定的容矿岩组内，虽然金矿矿体一般都切割层理。在这一方面干宽谷矿床的例子相当有代表性(图3)。矿床位于倒转背斜的倾没端。主矿体沿着背斜褶皱轴分布，随着深度增加褶皱变宽，但矿体厚度(约200m)不变。干宽谷矿床的矿石属于金-黄铁矿矿石。黄铁矿的数量约占5%。薄片状自然金，在罕见情况下金的碲化物与黄铁矿有关。

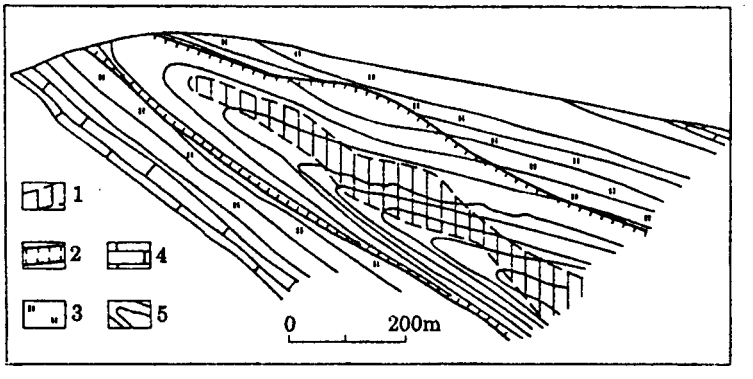


图3 干宽谷矿床地质剖面示意图

1——矿体轮廓;2——贫矿化带界线;3——蚀变岩石;4——灰岩;5——千枚岩、片岩

第5类矿床是以脉状矿石和网脉状矿石为主的矿床。应当强调指出的是它们赋存在性质不同的片岩组合中——遭受褶皱断裂变形的冒地槽、优地槽组合中。同褶皱切层断裂(穆龙套矿床、金皮矿床、苏维埃矿床)、层间断裂(本迪戈矿床)和叠加在褶皱上的大型断裂(涅日达宁矿床)是容矿的断裂。本类型最大一个矿床上脉、网脉和交代矿化的相互关系示于图4。网脉状矿化同样受劈理裂隙和叠加裂隙控制。矿石为贫硫化物(1% ~2%)的。硫化物通常是毒砂和黄铁矿，在有些矿床上是含金的硫化物。

大多数其他类型的金矿床已作过多次描述。这里只指出不同类型矿床之间的相互关系。例如，第8类矿床与第9类矿床具有一定的相似性。然而卡林型矿床分布广泛，其特殊性以及研究者指出的属于低温热液矿床类型都证实了划分出本类型矿床的合理性。

低温热液矿化得到特别广泛的研究。这里应当指出，把奥林匹克坝矿床划归为含矿的爆破-喷发机构类型的假定性。对于那些从矿石中提取伴生金的矿床应值得特别研究。它们在世界金矿的明显作用如同成矿作用的特殊性一样，决定着划分这些类型矿床的必要性。在把含金的锑-汞矿床和含金的砷-锑矿床(类型15)联合在一起的碳酸盐-片岩组合中的金-石英-硫化物矿床的位置不是毫无疑问的。它们与第4类和第5类矿床相似，但是其地球化学专属性相当确定。

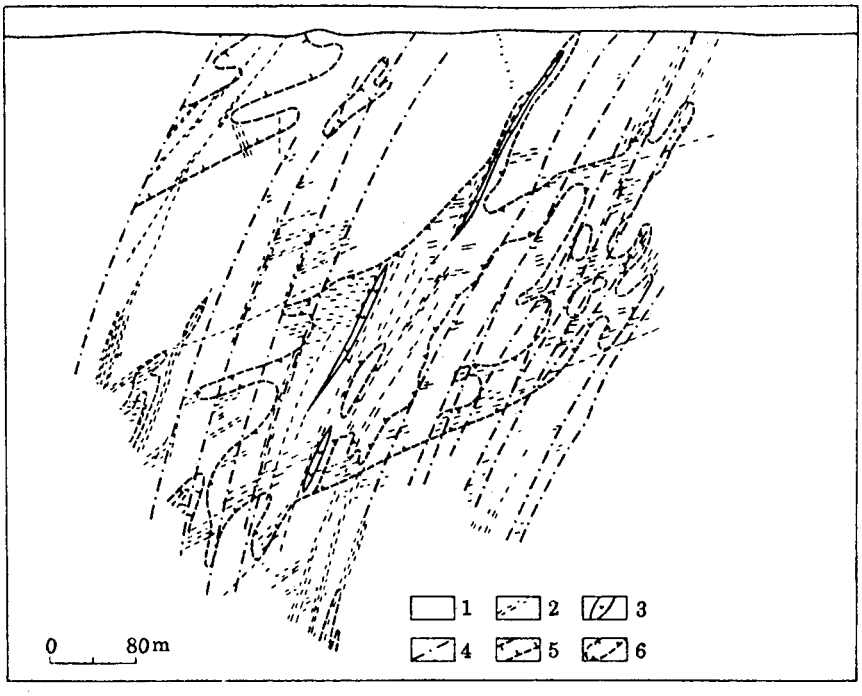


图4　穆龙套矿床具细脉浸染状矿化的代表性矿体的构造图

1——粉砂岩、砂岩;2——片理化带:倾斜虚线表示与层理一致的和近于一致的,陡倾的虚线表示切割层理;3——岩墙;4——断裂;5——表外矿体界线;6——工业矿体界线

## 4　成矿体系的含矿性

成矿体系的含矿性应理解为原始具备或(和)发育过程中这些体系在矿石沉积圈内形成一定规模矿质的能力。

热液成矿体系的含矿性取决于体系中矿石组分的聚积作用、分散作用和沉积作用的相互关系。显然这些相互关系在不同成因的成矿体系中应当是不同的。但是在任何情况下,体系最初富集成矿元素和它们使矿石迁移和沉积的有利条件对于大型矿石聚集的形成都具有头等重要的意义。

在运用不同类型矿床金储量的已知资料和矿床剥蚀可能达10% ~20%的情况下,可以在相当于一定地质成因类型的矿床的不同成矿体系中划分出金最富集的大致程度(图5)。

1500~2000t的最大的金富集出现在5种类型矿床上:3个在古老的绿岩组合中的矿床,2个在元古代和古生代片岩组合中的矿床。不同类型的矿床在金矿地区和含矿区中的共存使划分巨成矿体系变得合理。在巨成矿体系中,可以发育被生成条件和生成因素联合在一起的不同种类的普通成矿体系。

把以上介绍的有关最大型金矿聚集分布的矿结性的资料与这样的巨成矿体系联系起来是合理的。这些体系的性质可能属于幔-壳相互作用和地幔热缕的成矿作用。

地壳流体岩浆体系和幔-壳流体岩浆体系的含矿性所表现出的差别特别明显。Мейхерт Д关于矽卡岩矿床中金储量的综合资料表明,在形成矽卡岩矿床的典型岩浆成因的地壳体系

中，不形成大于100t的金富集。碱性岩中形成斑岩金矿床的体系也只有较小的含矿性(约50t)。但是斑岩铜矿床如同与花岗岩类侵入体和辉长岩-闪长岩侵入体有关的金-石英脉型矿床一样，是在富金的体系中形成的。其最大含矿性估计为1000t。值得注意的是克尔克兰德湖矿床的资料可以作为形成脉状矿床的体系的最大含矿性的基础。在显生宇的本类型矿床中，金的最大富集为500t。

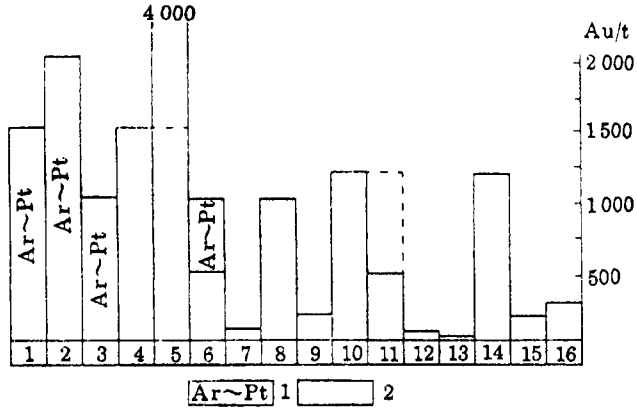


图5 不同地质成因类型的金矿矿区和矿床的成矿体系中金最大富集的直方图

1——太古代~中元古代成矿体系；2——晚古生代~显生宇成矿体系；1~16——矿床类型(附表)

所研究的体系属于深成体系和火山-深成体系的范畴。许多低温热液矿床的形成与火山体系有关。显然，其中形成卡林型矿床的体系应当具有最大的含矿性——1 200~1 500t，因为普通的体系在此可以形成一些矿床组。脉状低温热液矿床通常是单独出现。与其相当的成矿体系中金的最大富集显然不超过800t。如果像奥林匹克坝矿床一样，来多来姆矿床预测的1 200t储量如果被证实的话，则低温热液成矿体系的极限含矿性指数可能会变成1 500t。变质成矿作用的模式常常适用于划分的前5类矿床。有人提出，金矿床的金和其他组分来自围岩，而流体是在区域变质作用期间岩石的脱水和脱碳酸盐过程中形成的。

因此便产生一个问题：金从实际的岩体中活化时形成矿床，那么变质岩中富集的金够用吗？已知的资料表明，只有在含铁石英岩中金的含量高得足以在它重新活化时有必需量的金进入流体形成巨型矿体聚集。但是在大多数绿岩带的变火山岩层中，石英岩的体积对于形成大型后生金的聚集明显不够。

含矿溶液流形成的机理——变质作用中产生的分散溶液汇集到含矿流中的机理是变质成矿模式的另一个重要的方面。已知的溶液被断层构造和褶皱构造水文动力集结的模式能正确地解释变质成矿作用过程中的这个问题。大量的信息可以说明大型金矿床构造控制的普遍性，即赋存在大的断裂破碎带中和直接控制在较低序次的断裂带和小褶皱中。而这些构造在无矿地区也是常见的。

控矿构造的特殊性可以由深部生成的、看来是岩浆的初始溶液流或高温气体流决定。体系发育的最初阶段很重要。某些研究者对“黑色页岩建造”的矿床提出类似的模式。在其模式中，溶液在最初富金介质中的循环过程中成为含矿的溶液具有深成性质。对这种深成分凝的成矿体系模式如同所述的其他模式一样，没有进行过详细的研究。金赋存的形式，其转入流体及随后沉淀的机理等是所有这些模式研究的专题。有人认为，岩石中只有数量不多的金处于自然金态，占据着造岩矿物颗粒中间的粒间空隙。“硫化物的”金进入溶液被认为是最可能的

(下转第257页)

(上接第 252 页)

途径。在静态环境的任何情况下,赋存在其他载金矿物中的金析出的现实性很小。

由构造力所产生的岩石应力状态——产生对于溶液活动迁移及其与造岩组分相互作用并伴生析出矿石组分(包括金)有利环境的最可能条件之一。

总之,评价形成金矿矿床的热液作用显示的规模和这些作用与地质条件的关系时,应当承认查明形成金矿床的各种各样模式的概率很小。显然,金矿床与其他许多金属矿床一样,是由于地幔作用和地壳作用相互复杂作用的结果而形成的。首先这是属于大型矿石聚集形成的问题。在太古代~元古代大型矿床形成过程中,地壳的再生作用显然起着重要的作用,这一时期成矿体系的高含矿性可与此相联系。

在显生宇,不同性质的地壳岩浆作用在成矿作用中的作用依次增强。在中新生代火山作用和地表水的水动力活化和化学活化的作用具有最重要的意义。成矿的热量传递过程的局限性颇为典型,它反映在取决于成矿体系的性质的体系巨大差异的极限含矿性上。

**李有柱摘译自**《Геология Рудных Месторождений》,39(1),25~40(1997)

(西安工程学院,710054)

**牛　林　校**