

A

范永香 编著

金矿床地质与勘查评价系列丛书

# 金矿床主要类型及其地质特征

中国地质大学出版社

# 金矿床主要类型 及其地质特征

范永香 编著

中国地质大学出版社

## 内 容 提 要

本书以金矿床的成因类型及其地质特征为主要内容，侧重于国内资料并兼及国外最新成果，较系统地总结了金矿床的形成特点和规律。

本书是在作者《金矿床地质及预测评价》讲稿基础上修改、充实编撰而成的。此讲稿曾在地矿、冶金和核工业部举办的金矿勘查短训班上做过多次讲授，对指导金矿床的勘查评价起了积极的作用。

本书系作者多年从事金矿床教学和科学研究的结果总结，反映了金矿床研究的进展。本书可供地质类大专院校本科生、研究生、教师及科研、生产人员参考使用。

### 金矿床地质与勘查评价系列丛书

#### 金矿床主要类型及其地质特征

范永香 编著

责任编辑 蒋良朴

责任校对 刘晓娟

\*

中国地质大学出版社

709 印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

\*

开本 787×1092 1/32 印张5.875 插页12 字数 132千字

1989年6月第1版 1989年6月第1次印刷

印数1—2000册

ISBN 7-5625-0200-5/P·59

定价：1.50元

## 前 言

黄金作为贵金属，自古以来一直保持昂贵的价格，引起世界各国的重视，竞相进行黄金勘查和开发，不断提高黄金的储量和产量。黄金在工业上的用途日趋重要，但更独特的用途是世界所公认的——作为货币信用的基础，进入国际贸易流通领域。各国竭力增长各自的黄金储备，金已成为国际政治经济斗争的重要工具。

我国是世界最早生产黄金国之一。我国金矿地质条件优越而复杂，已发现的金矿类型繁多，找矿潜力很大，尽管系统地勘查工作起步较晚，但近十年来的金矿勘查工作，已取得了令人鼓舞的成果。这与我国经济建设的发展形势，仍很不相适应。不少金矿山资源短缺，一些国外重要金矿床类型，在我国尚无突破性进展。亟待加快勘查步伐，为新的黄金生产基地建设提供足够的资源保证。同时要总结符合我国实际的金矿床成矿理论和勘查技术方法。

每一个金矿床类型，实质上就是一个金矿的成矿模型，是勘查评价中比较评价的基础。矿床类型及其地质特征研究，是成矿规律研究重要课题之一。本书以我国金矿成因类型划分为基础，尽量配合国内外典型矿床实例，以便使读者加深对各类金矿床成矿特征的理解。

本书是“金矿床地质和勘查评价”系列丛书的一个分册，配有电视录像教学片。编写过程中，笔者参考了大量科研、生产、教学部门的有关资料，同时结合作者和所在金矿

科研组多年从事金矿科研教学的体会，在“金矿床地质和预测评价”讲稿基础上整编而成。

在编写过程中，成都地质学院阳正熙同志为第三、四章提供了部分资料；研究生郭迪江、余洪全、高兰同志帮助抄写了清稿；我校电教中心苏敦伦高级工程师等同志，都对本书的出版给予大力支持。对上述诸同志的支持与帮助表示衷心感谢。同时在编写过程中引用了大量科研、生产、教学等部门单位和个人大量资料，谨向这些单位和个人表示衷心谢意。

由于编写的时间仓促，作者水平有限，错漏之处，在所难免，敬请广大读者批评指正。

范永香

1988.6.于武汉

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>金矿床形成的一般特点</b> .....	( 1 )
§1	成矿地球化学特点.....	( 1 )
§2	金成矿作用的后生性和叠加性.....	( 11 )
§3	矿化不均匀性和局部富集的特点.....	( 15 )
§4	金矿床的层控特点.....	( 18 )
<b>第二章</b>	<b>金矿床的成因分类</b> .....	( 20 )
§1	金矿床成因分类的历史回顾.....	( 20 )
§2	金矿床成因分类的主要依据.....	( 30 )
§3	本书采用的分类方案.....	( 34 )
<b>第三章</b>	<b>中国主要金矿床成因类型及其地质特征</b> .....	( 38 )
§1	岩浆-热液金矿床.....	( 38 )
§2	火山及次火山-热液金矿床.....	( 54 )
§3	沉积-变质金矿床.....	( 65 )
§4	变质-热液金矿床.....	( 69 )
§5	地下热(卤)水溶滤金矿床.....	( 81 )
§6	风化壳型金矿床.....	( 87 )
§7	沉积金矿床—砂金矿床.....	( 88 )
§8	伴生金矿床.....	( 95 )
<b>第四章</b>	<b>国外一些重要金矿床类型及其地质特征</b> .....	( 96 )
§1	南非威特沃特斯兰德 ( Witwatersrand ) 金-铀砾岩金矿床 ( 兰德型金矿 ).....	( 96 )
§2	加拿大赫姆洛 ( Hemlo ) 层状浸染型	

金矿床.....	( 107 )
§3 苏联穆龙套(Muruntan)金矿床.....	( 113 )
§4 其他值得重视的一些重要金矿床类型.....	( 120 )
<b>第五章 金矿床形成的若干规律.....</b>	<b>( 134 )</b>
§1 主要的含金地质建造及其矿质来源.....	( 135 )
§2 金的成矿时代及成矿演化.....	( 150 )
§3 金矿床的空间展布和局部富集规律.....	( 158 )
§4 金矿床主要预测准则和标志.....	( 172 )
§5 关于金矿床成矿模型(式)的建立.....	( 178 )
<b>主要参考文献.....</b>	<b>( 181 )</b>

(1) ..... 类长石类阳离子金 ..... 章二第

(2) ..... 响成矿作用 ..... 18

(3) ..... 成矿作用 ..... 18

(4) ..... 成矿作用 ..... 18

(5) ..... 成矿作用 ..... 18

(6) ..... 成矿作用 ..... 18

(7) ..... 成矿作用 ..... 18

(8) ..... 成矿作用 ..... 18

(9) ..... 成矿作用 ..... 18

(10) ..... 成矿作用 ..... 18

(11) ..... 成矿作用 ..... 18

(12) ..... 成矿作用 ..... 18

(13) ..... 成矿作用 ..... 18

(14) ..... 成矿作用 ..... 18

(15) ..... 成矿作用 ..... 18

(16) ..... 成矿作用 ..... 18

(17) ..... 成矿作用 ..... 18

(18) ..... 成矿作用 ..... 18

(19) ..... 成矿作用 ..... 18

(20) ..... 成矿作用 ..... 18

(21) ..... 成矿作用 ..... 18

(22) ..... 成矿作用 ..... 18

(23) ..... 成矿作用 ..... 18

(24) ..... 成矿作用 ..... 18

(25) ..... 成矿作用 ..... 18

(26) ..... 成矿作用 ..... 18

(27) ..... 成矿作用 ..... 18

(28) ..... 成矿作用 ..... 18

(29) ..... 成矿作用 ..... 18

(30) ..... 成矿作用 ..... 18

(31) ..... 成矿作用 ..... 18

(32) ..... 成矿作用 ..... 18

(33) ..... 成矿作用 ..... 18

(34) ..... 成矿作用 ..... 18

(35) ..... 成矿作用 ..... 18

(36) ..... 成矿作用 ..... 18

(37) ..... 成矿作用 ..... 18

(38) ..... 成矿作用 ..... 18

(39) ..... 成矿作用 ..... 18

(40) ..... 成矿作用 ..... 18

(41) ..... 成矿作用 ..... 18

(42) ..... 成矿作用 ..... 18

(43) ..... 成矿作用 ..... 18

(44) ..... 成矿作用 ..... 18

(45) ..... 成矿作用 ..... 18

(46) ..... 成矿作用 ..... 18

(47) ..... 成矿作用 ..... 18

(48) ..... 成矿作用 ..... 18

(49) ..... 成矿作用 ..... 18

(50) ..... 成矿作用 ..... 18

(51) ..... 成矿作用 ..... 18

(52) ..... 成矿作用 ..... 18

(53) ..... 成矿作用 ..... 18

(54) ..... 成矿作用 ..... 18

(55) ..... 成矿作用 ..... 18

(56) ..... 成矿作用 ..... 18

(57) ..... 成矿作用 ..... 18

(58) ..... 成矿作用 ..... 18

(59) ..... 成矿作用 ..... 18

(60) ..... 成矿作用 ..... 18

(61) ..... 成矿作用 ..... 18

(62) ..... 成矿作用 ..... 18

(63) ..... 成矿作用 ..... 18

(64) ..... 成矿作用 ..... 18

(65) ..... 成矿作用 ..... 18

(66) ..... 成矿作用 ..... 18

(67) ..... 成矿作用 ..... 18

(68) ..... 成矿作用 ..... 18

(69) ..... 成矿作用 ..... 18

(70) ..... 成矿作用 ..... 18

(71) ..... 成矿作用 ..... 18

(72) ..... 成矿作用 ..... 18

(73) ..... 成矿作用 ..... 18

(74) ..... 成矿作用 ..... 18

(75) ..... 成矿作用 ..... 18

(76) ..... 成矿作用 ..... 18

(77) ..... 成矿作用 ..... 18

(78) ..... 成矿作用 ..... 18

(79) ..... 成矿作用 ..... 18

(80) ..... 成矿作用 ..... 18

(81) ..... 成矿作用 ..... 18

(82) ..... 成矿作用 ..... 18

(83) ..... 成矿作用 ..... 18

(84) ..... 成矿作用 ..... 18

(85) ..... 成矿作用 ..... 18

(86) ..... 成矿作用 ..... 18

(87) ..... 成矿作用 ..... 18

(88) ..... 成矿作用 ..... 18

(89) ..... 成矿作用 ..... 18

(90) ..... 成矿作用 ..... 18

(91) ..... 成矿作用 ..... 18

(92) ..... 成矿作用 ..... 18

(93) ..... 成矿作用 ..... 18

(94) ..... 成矿作用 ..... 18

(95) ..... 成矿作用 ..... 18

(96) ..... 成矿作用 ..... 18

(97) ..... 成矿作用 ..... 18

(98) ..... 成矿作用 ..... 18

(99) ..... 成矿作用 ..... 18

(100) ..... 成矿作用 ..... 18

# 第一章 金矿床形成的一般特点

长期以来，国内外地质学家竞相对金矿床从不同角度进行了卓有成效的研究，积累了大量的资料，对金矿床的形成规律和成矿特征的认识不断深化。金矿床以其矿床类型多、成矿作用复杂而著称。金的成矿机制有一定的特殊性，金矿床类型划分仍处在不定型阶段，新的矿床类型相继被发现，是世界上80年代以来有重大突破的矿种之一。结合我们的工作实践，据现有资料分析，金矿床的成矿具有一些重要特点，这些特点对探讨金的成矿规律、指导金矿勘查评价具有重要意义。

## §1 成矿地球化学特点

金的成矿作用与金的地球化学性质密切相关。金的原子量为197，原子序数为79，原子半径 $1.44\text{\AA}$ ，离子半径为 $1.37\text{\AA}$ ，在周期表中与Cu、Ag同属于IB族，自然界常见的氧化态为一价和三价。在自然界常为自然金，同时可与Te、Se、Ag、Bi、Pt、Pd等形成少量化合物出现。有关金的物理化学性质及地球化学参数，见诸于各种文献和手册。就其成矿过程中重要地球化学特点，可以总结为以下几个方面。

### 一、低丰度，高度分散的特点

我国学者黎彤教授的计算，说明金在地壳中丰度较低，



按A.Π.维诺格拉多夫(1962)计算为4.3ppb, S.R.泰勒(1962)计算为4.0ppb。金在地球各圈层中的分布很不均匀,地壳平均丰度为3.5ppb,上下地幔为5.0ppb,地核为2600ppb,整个地球平均为800ppb。海洋地壳占地球表面71%,分区进行金的丰度计算结果为:

深洋区	4ppb	浅洋区	2.9ppb
洋壳	3.5ppb	陆壳	3.5ppb
地壳	3.5ppb	地盾区	3.4ppb
褶皱带	3.8ppb		

在地壳分异过程中,金向地核集中,地壳含金较贫。从金在各类岩石中的分布特点看,在各类火成岩中,从酸性、中性到基性超基性岩,金的丰度有升高的趋势,但有区域性变化。在矿物中金的含量,含Mg、Fe组分高的矿物较长英质矿物含量略高。

沉积岩中金的含量,根据R.博伊尔等资料,金的总平均含量较火成岩略高,各种碎屑岩含金较高,各种泥质岩石、碳酸盐岩及蒸发岩含金较低,区域性变化更大。有火山活动的沉积岩高于正常沉积岩。当岩石中含有有机质和硫化物时含金量增高。

变质岩类中金的含量变化很复杂,取决于原岩的含金性,平均质变化在0.1~8.5ppb。随着变质程度的增高,含金量有下降的趋势。

总体来看,金在地壳中丰度偏低,且极度分散,成矿的富集系数要求很高。以最低工业品位3.5ppm计,从地壳平均丰度0.0035ppm,在成矿过程中要富集1000倍,才可能形成金的工业矿体,较同族的Cu低四个数量级,较Ag低一个数量级。由于金的低丰度而分散的特点,简单的地质作用不

易造成大规模的局部工业富集，多种地质作用叠加改造、长期复杂的成矿作用方可形成一定规模的工业矿床。金的丰度低，在地壳中较为分散，不易富集成矿为其显著特点。同时因一般金矿床品位较低，标志不明显，难于识别，常常要经过分析测试方可确定其精确含量。从而给勘查评价带来一些困难。

60年代以来，人们重视了金矿质来源研究，流行的方法是用围岩含金丰度高低大致判定金矿可能矿源(岩)层，含金丰度高岩层的存在值得重视，但决不能用岩层丰度判定是否作为金成矿的矿源(岩)层，还要考虑金的赋存状态，在成矿过程中是否易于被活化，有利成矿作用发生的条件等综合考虑而定。

## 二、金兼具亲铁、亲硫性质

金的亲铁性质与铂族元素有些类似，主要表现在富镁铁质超镁铁质岩石金有较高的丰度，而长英质岩石相对含金丰度较低。同样在富Mg、Fe质的矿物中较长英质矿物有较高的含金量。在地壳发展演化的早期一些富铁建造地层中，成为重要赋矿围岩或成为金的矿源(岩)层。如太古宙的绿岩带，硅铁建造(IBF)等，在世界范围内是重要的矿源(岩)层。另外从地壳分异过程中金的活动考察，地球上90%以上的金进入富铁镍的地核，铁陨石中金丰度远远超过石陨石中金的丰度。所有这些特点都可能与金的亲铁地球化学性质有关。在变质岩区一系列金矿床中，Fe、Co、Ni、Cr、V、Pt、Pd等常常是稳定的一组伴生元素。

由于金的离子类型属于铜型离子，金、铜电子构型相同，决定了金的亲硫特点。

1. 金在自然界与各种含硫化物矿物的广泛共生，常见

的共生矿物包括黄铁矿、黄铜矿、毒砂、辉锑矿、辉铋矿、辰砂、方铅矿、闪锌矿、黝铜矿等；

2. 通过流体包裹体研究表明，在金的内生成矿过程中部分金呈硫和硫氢络合物被迁移活动；

3. 在岩浆分异过程中，随着熔体中硫含量增加直至过饱和，金和其它贵金属呈不混熔的硫化物被析出，可以在纯橄榄岩透镜体中形成局部富集金等贵金属元素的浸染状金矿化。在绿岩带下部超镁铁质岩石中可以见及。亦可形成富含硫和金的层流化学沉积层；

4. R.凯易斯等(1976, 1982)研究海底玄武岩含金性时指出，在枕状玄武岩的未蚀变的玻璃质边缘Au、Ag、S等含量高出品质玄武岩7.5和2.5倍，金含量与S呈正相关联系。同时指出金的赋存状态对含金性评价至关重要，在硫化物中或其矿物边缘的金易于活化导致局部富集成矿，而赋存在氧化物或硅酸盐相中的金则不易被活化进入成矿流体，即金的活化迁移与S的存在有关；

5. 在变质作用或热液蚀变过程中金的含量随S、H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>的增加而增加；

6. 从炼铜的冶金炉中取样检测，上部的硅酸盐相和下部金属相熔体中所含金很低，金主要集中在中部的硫化物相熔体中。

综上所述，金的迁移富集具有较强亲硫亲铁的地球化学性质，从而决定了金的一系列成矿特点。

### 三、对容矿的岩石无明显的专属性

金矿床赋存于各种岩石中，无明显的专属性。各种岩浆岩，包括各种侵入岩、脉岩、火山岩均有金矿产出，超基性岩和花岗岩中都有重要金矿床。喷出岩从基性玄武岩到酸性

流纹岩、英安岩也都有金矿产出，但以偏基性火山岩对找金更为有利。有时看来是彼此矛盾的，如金的丰度在各类基性超基性岩浆岩中较高，而成矿往往又离不开中酸性岩浆的活动，说明金矿化与岩浆活动的关系是极为复杂的。

在各类沉积岩中从砾岩、砂岩、页岩到各种碳酸盐岩均有不同类型的金矿发现，其中各种碎屑岩更有利于金的富集。

前寒武纪变质岩区是世界金较集中分布区。其中尤以各类超镁铁质火山岩建造、浅变质岩系和退变质作用区是极其重要的含金建造，其中含硅铁、有机质、炭和硫高的层位对金的富集尤为有利。

总之，金矿富集对围岩无明显的选择性，在勘查评价中要注意多种岩石地层含金性的评价。

#### 四、内生成矿过程中，主要形成中低温热液矿床

从金矿床的矿物包体测温 and 近矿围岩蚀变，都说明金矿形成于中—低温条件，常见的硅化、黄铁矿化、绢云母化、铁白云石化、绿泥石化、碳酸盐化等都是中—低温热液蚀变，反映了金成矿时的物理化学条件。

上述特点是金的地球化学性质所决定的，金常见有三种价态，即 $Au^0$ 、 $Au^{1+}$ 、 $Au^{3+}$ 。零价态是最稳定的价态，为自然界最主要的存在形态。当零价金被氧化后，可以形成 $Au^{1+}$ 、 $Au^{3+}$ 。 $Au^{2+}$ 、 $Au^{4+}$ 在表生络合物中可以见到，但很不稳定。金的迁移形式见图1-1。

金在成矿过程中，表现为稳定和不稳定的双重性。稳定性表现在不易被氧化，不易被水和单酸（ $HCl$ 、 $H_2SO_4$ 、 $HNO_3$ ）溶解；含金溶液中的金离子能为各种金属及金属离子还原而析出；在表生状态下，可呈自然金碎屑状态，迁移



富集成砂金矿床等。这是由于金有很高的电离势、电负性及高熔点所决定的。

金的不稳定性表现在，在热水溶体中有氧化剂存在时，可以形成Au-Cl、Au-S、Au-Te、Au-As、Au-Sb、Au-Te-S、Au-As-S、Au-Sb-S等络合物进行迁移。高温缺水时，金可以从硫化物（黄铁矿、毒砂等）的晶格中移出，形成自然金颗粒，分布在载金硫化物粒间或裂隙中。将含金黄铁矿加热至600°C，可以析出可见金的金粒，黄铁矿变为磁黄铁矿（硫被驱出）。在常温水中金主要呈胶体或被有机质吸附，部分呈可溶络合物形式存在；海水中可溶金主要呈[AuCl]<sup>-</sup>状态，当pH=4~9时，金可形成[Au(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3-</sup>，当有碱性硫化物存在时，金呈[AuS]<sup>-</sup>；当pH=5~8时，且有有机质分出的(CN)<sup>-</sup>、(NS)<sup>-</sup>时，金在溶体中可呈[Au(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>、[Au(CN)<sub>4</sub>]<sup>-</sup>、[Au(CN)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>]<sup>-</sup>、[Au(CNS)<sub>4</sub>]<sup>-</sup>等络合物。当有氧化剂存在时，金可溶于H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>，形成[Au(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>、[Au(As<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3-</sup>等。当有H<sub>2</sub>S存在时，金可溶于K、Na碳酸盐溶液内。

金的稳定性一面可以形成砂金矿床。不稳定性，则可形成各种后生热液金矿床和化学沉积金矿床，金的不稳定性，对金的成矿更有重要意义。

金的活化迁移和沉淀，受一系列物理化学条件的控制，这些因素包括溶液的成分、温度、压力、pH、Eh、fO<sub>2</sub>、fS<sub>2</sub>等。从大量的矿物包裹体的研究证明，组成金的含矿溶体，主要成分除H<sub>2</sub>O外，还含大量的HCO<sub>3</sub>（代表各种C-H-O的化合物）、SO<sub>4</sub>（代表各种S-O化合物）Cl、K、Na、Ca、Mg、Si等。

当有强氧化剂和络合剂存在，氧化剂使金转变成离子，

络合剂将离子变成稳定的络离子，可以导致金的活化迁移。从大量的包裹体成分分析，主要的氧化剂为 $O_2$ 、 $C^{4+}$ 、 $S_2^{2-}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Cl_2$ 等；主要的络合剂为 $Cl^{1-}$ 、 $S^{2-}$ 、 $Te^{1+}$ 、 $Te^{2+}$ 、 $[HS]^{1-}$ 、 $Te-S$ 、 $As-S$ 、 $Sb-S$ 等。在酸性溶体中金的络合物主要为 $[AuCl_2]^-$ 、 $[AuCl_4]^-$ ；在中、碱性溶体中，金主要呈 $Au-S$ 络合物，如 $[Au_2(HS)_2S]^{2-}$ 、 $[Au(HS)_2]^-$ 、 $[AuS]^-$ ，在一部分金矿床中， $Au-Te$ 、 $Au-Te-S$ 、 $Au-Sb-S$ 、 $Au-As-S$ 可能起重要作用。有人认为 $[AuO_2]^-$ 及胶体，可能在金迁移活化中起一定作用。

引起可溶金沉淀的主要因素是温度、压力、 $pH$ 、 $Eh$ 、 $fO_2$ 、 $fS_2$ 等变化综合作用的结果，使离子金被还原成元素金而沉淀。

金矿床形成的温度一般在 $300\sim 150^\circ C$ ；压力一般在1000大气压到不足100大气压，变化范围较大。 $pH$ 变化的影响，要视含矿溶体性质而定，一般在弱酸—中性—弱碱环境形成金的沉淀。如 $Au-Cl$ 络合物多溶于酸性溶体，而 $Au-S$ 络合物溶于碱性溶体。因此对不同的溶体 $pH$ 值升高或降低，都可以引起金的析出。矿液由深处向近地表浅处运移，由于氧化和酸性水的进入，可以提高 $Eh$ 值， $Fe$ 、 $S$ 等变价元素被氧化，可导致金还原成零价自然金析出。

金的络合物、络离子及其形成环境列于表1-1。

总之，金的活化迁移受多种因素的制约，主要形式是不同酸碱度的热水溶液，以多种金的络合物进入溶体。溶体温度、 $pH$ 、 $Eh$ 是控制金的溶解沉淀的重要因素，总体上看高温强氧化条件金被溶解迁移，而在低温近中性（弱酸到弱碱）还原条件下金从溶体中沉淀析出，热水溶液是金活化迁移的主要介质，至今尚未发现岩浆型和伟晶岩型大规模独

表1-1 各种类型金的络合物或络离子及其形成环境

(据林文通)

络合物类型	实 例	形成环境
硫化物、硫盐及 硫氢化物的络合 物	$Au_2S$ 、 $Na[Au^+S]^-$ 、 $Na_3[Au^{3+}S_3]^{3-}$ 、 $Na_3[Au^+S_2]^{3-}$ 、 $Au^+(HS)^-$	硫逸度高的碱性 变质热液 $O_2$ 与 $NaHS$ 的浓度很 高的碱性岩浆热 液
砷化物、铋化物、 硫砷化物、硫铋 化物络合物	$Na_2[Au^+As]^{2-}$ 、 $Na_2[Au^+(AsS_3)]^{2-}$ 、 $Na_2[Au^+Sb]^{2-}$ 、 $Na_2[Au^+(SbS_3)]^{2-}$ 、 $Au^+[AsS_2]^-$ 、 $Au^+[SbS_2]^-$	含砷、铋和硫 砷、硫铋的碱性 热液
氧化物、氢氧化 物络合物	$Na[Au^{3+}O_2]^-$ 、 $Na_3[Au^{3+}O_3]^{3-}$ 、 $Na_4[Au_2^{3+}O_5]^{4-}$ 、 $Na[H_2Au^{3+}O_3]^-$ 、 $Na[HAu^{3+}O_3]^{2-}$ 、 $Na[Au^{3+}(OH)_4]^-$ 、 $Na[Au^+(OH)_2]^-$	氧逸度很高的碱 性热液
卤化物络合物	$Na[Au^+Cl_2]^-$ 、 $Na[Au^{3+}Cl_4]^-$ 、 $Na_3[Au^+Cl_4]^{3-}$ 、 $Na[Au^+F_2]^-$ 、 $Na[Au^{3+}F_4]^-$ 、 $Na[Au^{3+}Br_4]^-$ 、 $Au^{3+}Cl_3$ 、 $Au^+Cl$ 、 $Na[Au^+(Cl_3(OH))]^-$	酸性富碱质的热 液



续表1-1

络合物类型	实 例	形成环境
碳酸氢络合物	$Au^+[HCO_3]^-$	缺少 $Cl^-$ , [ $SO_4$ ] $^{2-}$ 含有 [ $HCO_3$ ] $^-$ 的偏 中性热液
硫酸盐及硫代硫酸盐络合物	$Na[Au^{3+}(SO_4)_2]^-$ , $Na[Au^+(S_2O_3)]^-$ , $Na[Au^{3+}(S_2O_3)_2]^-$ , $Na_3[Au^+(S_2O_3)_2]^{3-}$	硫化矿床氧化带的 酸性碱性溶液 或碱性溶液
氰化物、硫氰酸盐络合物及有机螯合物	$Na[Au^{3+}(CN)_4]^-$ , $Na[Au^+(CN)_2]^-$ , $Na[Au^+(CNS)_2]^-$ , $Na[Au^{3+}(CNS)_4]^-$ , $P \cdot AuSi(C_6H_5)_3$	含有机酸的碱性 液溶

立金矿的存在,说明金在硅酸盐熔体结晶成岩及伟晶岩形成中难以大规模富集成矿,主要的内生金矿床均属不同成因的中低温热液矿床为主,这是金有别于其他金属重要特点之一。

不难看出,在特定条件下金可以活化进入热水溶溶液介质中,形成不同的可溶性络合物,被溶解迁移,当其温度、压力、pH、Eh发生变化时,导致金的局部工业富集。在变质岩区发育的金矿化,在深变质带环境被迁移活化,而低变质带条件下沉淀析出,从高能位进入断裂构造等低能位有利部位富集成矿。

各种类型的内生金矿都经历了明显的热液作用过程。整个成矿过程遵循固定的演化趋势,即从氧化物、硫化物到碳酸盐阶段而结束。金主要析出期是硫化物形成期,它成为金