

层控金矿床概论

郑明华等著

成都科技大学出版社

PDF

层控金矿床概论

郑明华 等著

成都科技大学出版社

内 容 简 介

《层控金矿床概论》是以我国南方层控金矿床的研究成果为基础写成的，全书分三篇。第一篇为层控金矿地质及地球化学，介绍世界层控金矿床的主要类型；形成层控金矿床的热液体系中金的迁移和沉淀机制；以及金的伴生矿物和金在其它矿物中的贮存状态。第二篇论述华南层控金矿床的产出地质背景；华南层控金矿床的基本类型及各类特征；华南层控金矿床的矿石结构特征、稳定同位素组成特征和流体包裹体特征。第三篇为典型矿例分析，系统剖析了我国近年发现的东北寨雄黄—金建造矿床和木里耳泽菱铁矿—金建造矿床。

本专著内容丰富，观点鲜明，系统性和逻辑性强。它对从事金矿地质和金属矿床研究人员，找矿勘探人员以及高等院校有关专业的师生，均具有重要的参考价值。

层 控 金 矿 床 概 论

郑明华等 著

成都科技大学出版社出版、发行
成都科技大学印刷厂印刷
开本：787×1092毫米1/16 印张：16.875
1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷
印数：0001~1500册 字数：394千

ISBN 7-5616-0375-4/TD·7

定价：6.50元

前 言

我国幅员辽阔，金矿资源丰富，其潜在远景，普遍看好。

据不完全统计，全国已发现的金矿床（矿点）已逾四千处，其中金矿床占五分之一左右。在金矿床中，岩金矿床约占半数，砂金约占三分之一，余为伴生金。

我国金矿床和金矿点不仅数量多而且分布广泛。除上海市和天津市外，全国各省、市、自治区均有金矿床（点）的发现。全国已知有近千个县产金，并有日益扩展之势。

但是，我们也应该看到，虽然我国金矿床和金矿点数量众多，类型繁杂，但矿床的规模一般均属中、小型，单个矿床的储量和产量尚难与世界一些著名的世界级矿床相匹敌。这样，就决定了我国必须加强金矿床的研究趋向。大型矿床虽然数目有限，但在整个金储量中占有很大的比例。以原生岩金矿床为例，中小型矿床约占我国金矿床总数的88%，但其储量仅占31%；大型矿床约占12%，其储量则占69%。显而易见，大型矿床的发现，对改变我国金矿资源面貌，具有更为重要的意义。

在世界级金矿床中，如兰德型、霍姆斯塔克型、卡林型等均属层控矿床，号称世界三大金矿类型。它们无论在储量或产量方面均居于绝对的优势地位。我国欲在储量和产量上居世界前列，必须在层控矿床方面取得较大的突破。

有鉴于此，我们自七十年代初就开始对我国层控金矿床的研究。八十年代初又相继开展了《中国南方层控金矿床成矿规律》的研究，“秦巴”攻关项目中典型层控金矿床（东北寨微细浸染型金矿床等）和“三江”攻关项目中典型层控金矿床（木里耳泽菱铁矿—金矿床等）的研究。

在对中国南方层控金矿床的研究过程中，由于国内许多科研和生产单位以及个人给予我们无私的支持，因而使我们有可能收集到有关层控金矿化点达数千处，制成资料卡片2000余份。经过详细分析和筛选后，保留了近千处矿床和矿点的基础资料。我们根据这些资料，分析了层控金矿产出的地质环境和矿石建造，对华南地区（包括秦岭在内的以南地区）的层控金矿床进行了类型划分。鉴于成因问题常常难于确定，而层控矿床则具多成因特征，因而以成因分类的传统作法会遇到甚至是不可克服的困难。因此，著者以地质环境作为划分层控金矿床类型的第一标志，把层控金矿床划分出五大类；再根据矿石中矿石（元素）建造的不同，作为二级标志，划分出亚类（二十个亚类）。此外，在确定华南地区最主要的含金层位及其含金性，分析了某些含金建造与层控金矿床（点）形成的依存关系，并从区域构造和地质环境的演化来观察金矿化程度。然后又以矿化的集中与区域构造的关系，进行了成金构造分区，把中国南方地区划分出八个层控金矿成矿区和十五个亚区。

在层控矿床分类和成矿分区的基础上，编制了《中国南方层控金矿分布规律和区划图》（1:2500000）。

按点面结合的原则，为掌握华南地区层控金矿床的成矿机制，着重地研究和系统地剖析了一些典型矿床，其中包括河南银洞坡矿床和破山矿床，浙江遂昌冶岭头矿床，湖南沃溪矿床，四川康定偏岩子矿床，云南墨江矿床，四川东北寨矿床，湖南黄金洞矿床，四川木里耳泽矿床等，并对贵州板其、丫他，广西的叫曼，安徽的马山和铜官山，陕西李家沟、东沟坝等矿床进行了物质组成的研究。系统地总结了华南地区主要层控金矿床的同位素地质特征，分析了华南地区不同类型层控金矿床的同位素组成，包括了硫、氧、氢、碳、铅和铷—锶等稳定同位素的变化特征。

对典型矿床的研究结果表明，华南层控金矿床的生成，无一不受矿源层的控制。金源层中矿质的活化与迁移，则受大气补给的地下热(卤)水或变质水活动的控制。在特定成金区中，某些矿床尚不同程度的受岩浆水的迭加。研究表明，传统认为产于变质岩系中的金矿床的形成，均由变质作用和变质热液活动成矿的观点是片面的。事实证明，许多产于深变质岩系中的矿床，则是由地下热水活动形成的，或者曾参与重要的成矿作用。此外，还对华南地区层控金矿床的矿物中流体包裹体和矿石的组构进行了研究。通过上述系统研究使我们有可能写成本专著。先后参加收集资料和综合研究的人员有郑明华、张斌、帅德权、蔡建明、刘建明、杨燮、周渝峰、曹淑英、席言、吴香尧、毛玉元、陆彦、黄方方、刘援朝、张志兰、张占鳌、何大伦、杨正熙、李葆华、孙燕、庠成荣、邱士琪、王启华等

本书由郑明华主持撰写。全书共分三篇二十章，参加各章编写执笔人员为：前言(郑明华)；第一章(郑明华)；第二章(郑明华)；第三章(顾雪祥、郑明华)；第四章(顾雪祥)；第五章(郑明华)；第六章(吴香尧、陆彦)；第七章(郑明华)；第八章(帅德权)；第九章(张斌)；第十章(蔡建明)；第十一章(陆彦、郑明华)；第十二章(顾雪祥)；第十三章(顾雪祥、周渝峰)；第十四章(周渝峰)；第十五章(郑明华、顾雪祥、周渝峰)；第十六章(陆彦)；第十七章(陆彦)；第十八章(郑明华)；第十九章(帅德权)；第二十章(郑明华)。全书最后由郑明华统一修改和定稿。

必须指出的是，在研究期间和本书编写过程中，参阅了地质矿产部、冶金部、有色金属工业总公司、核工业部系统所属有关所、队、矿山及个人的地质资料及内部书刊，并参考了他们多年来的大量研究成果，特别是在“三江”地区和“秦巴”地区进行研究时，得到四川地质矿产局108地质队和川西北地质队的富有成效的合作和大力支持。

在此谨向上述支持和帮助过我们的单位及个人表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。

还须指出的是，近数年来，我国金矿地质工作发展迅速，陆续发现了一批新的矿点，评价出一些新的矿床。对此，尽我们所知，将获得的信息尽可能地反映在文字和图表中。但无可讳言，鉴于近年来有关金矿地质资料的敏感程度急剧提高，并加强对有关信息的封锁，致使许多新成果未能反映出来，倘若有朝一日现存的态势得到改善，我们将乐于及时地予以补充和修正。衷心欢迎广大读者不吝批评与指正！！

著者

1989年1月于成都地质学院

目 录

前言

第一篇 层控金矿地质及地球化学	(1)
第一章 层控矿床的概念	(1)
第二章 层控金矿床的主要类型	(5)
一、兰德型金矿床	(5)
二、霍姆斯塔克型金矿床	(6)
三、卡林型金矿床	(8)
四、穆龙套型金矿床	(10)
五、火山岩型金矿床	(11)
第三章 热液体系中金的迁移	(14)
一、历史的回顾	(14)
二、热水体系中金的迁移形式	(17)
三、决定金发生迁移的因素	(31)
第四章 热液体系中金的沉淀机制	(33)
第五章 金的伴生矿物及金在其他矿物中的赋存状态	(38)
第二篇 华南层控金矿基本特征	(43)
第六章 华南层控金矿产出的地质背景	(43)
一、秦巴金矿成矿区	(44)
二、江南金矿成矿区	(46)
三、华东金矿成矿区	(49)
四、南岭金矿成矿区	(50)
五、右江金矿成矿区	(51)
六、川滇金矿成矿区	(52)
七、三江金矿成矿区	(53)
八、台湾金矿成矿区	(53)
第七章 华南层控金矿的基本类型及各类特征	(55)
一、产于碎屑岩系地层中的地下水热液金矿床	(56)
二、产于板岩和千枚岩系中的变质水或(和)地下水热液金矿床	(61)
三、产于碳酸盐岩系中的地下水热液或(和)变质水热液(部分岩浆水迭加)金矿床	(68)
四、产于片岩和片麻岩系中的变质热液或(和)地下水热液金矿床	(79)

五、产于火山岩系中的地下水热液或(和)火山热液金矿床	(84)
第八章 华南层控金矿组构特征	(90)
一、矿石矿物成分	(90)
二、矿石中的矿物自然连生组合及意义	(94)
三、矿石的结构	(95)
四、矿石的构造	(97)
五、物质组成的若干基本特征	(98)
第九章 华南层控金矿床的稳定同位素地质	(101)
一、各类层控金矿床的稳定同位素组成	(101)
二、若干问题的讨论	(118)
三、结论	(126)
第十章 华南层控金矿床的流体包裹体性质	(127)
一、各类层控矿床流体包裹体的基本特征	(127)
二、成矿的温度与压力	(132)
三、含矿溶液的性质	(135)
第十一章 华南层控金矿的分布规律	(143)
一、华南层控型金矿床在地域上的分布	(143)
二、基本规律及找矿方向	(153)
第三篇 典型矿例分析	(160)
例一：东北寨金矿床	
第十二章 区域地质背景	(160)
第十三章 矿床地质特征	(163)
一、矿床产状及规模	(163)
二、含矿沉积岩系的岩石地球化学特征	(163)
三、垮石崖断裂的性质及其对矿化的制约	(166)
四、热液蚀变	(167)
五、矿石物质组分	(168)
六、矿石组构和矿化阶段	(179)
第十四章 同位素地球化学	(181)
一、硫同位素	(181)
二、氢氧同位素	(183)
三、碳同位素	(187)
四、铅同位素	(188)
五、铷—锶同位素	(192)
第十五章 成矿机制和成矿模式	(194)
一、关于成矿物质的来源问题	(194)
二、成矿的物理—化学条件	(199)
三、金的活化与迁移	(204)

四、矿质的聚集与沉淀	(205)
五、成矿过程分析	(210)
例二：木里耳泽金矿床	
第十六章 区域地质背景	(213)
一、地层	(213)
二、构造和岩浆活动	(215)
三、区域金矿化及岩石含金性特征	(216)
第十七章 矿床地质特征	(218)
一、赋矿地层及岩性	(218)
二、控矿构造特征	(219)
第十八章 矿化特征	(223)
一、矿体形态及其特征	(223)
二、矿物的生成顺序及成矿阶段	(224)
三、矿石类型	(227)
第十九章 矿石的矿物组分	(229)
一、矿物组分特征	(229)
二、矿石中矿物自然连生组合	(230)
三、主要矿物的标型特征	(231)
四、金的赋存状态	(234)
第二十章 成矿机制	(236)
一、成矿物质的来源	(236)
二、成矿的物理化学条件	(245)
三、金的迁移形式和沉淀机制	(250)
四、成矿过程分析	(253)
参考文献	(256)

第一篇 层控金矿地质及地球化学

第一章 层控矿床的概念

近二十年来,层控矿床问题已成为国际矿床理论研究中的最热门和最重大的问题之一。业经证明,层控成矿理论不仅具有深刻的理论意义,而且具有重大的实际价值。因此,层控理论及层控矿床能在国内外引起高度重视,绝非出于时髦。

层控(Stratabound)一词,自本世纪三十年代由德国Albert Maucher提出后,已逐渐地为人们所熟悉,现已广布于各类地质文献中。不过至今尚无一个能为众所公认的定义。

所谓层控矿床,一般认为是指矿床赋存范围限于某一单一地层单位内,矿体呈层状或排列成不规则状但仍受地层单位控制者。其中矿体呈层状者,亦称为层状矿床。

由上可见,层控的概念还不能说是严格和准确的。虽然强调层控矿床与地层的密切关系,但矿床受地层制约的原因,矿床受地层限制的机理,主要的控制因素以及金属物质的来源等,人们对其了解是相当有限的。此外,“单一地层单位”的含义是广泛的,可以指单一的微层(数毫米厚)、层、岩性段、组、系、建造直至包括构造层的任一内容以及包括它们的全部内容,显而易见,“层控”的范围实际上差别极大。

因此,到目前为止,关于层控矿床的含义,还缺乏统一的认识,对层控矿床的成因、定位机制和分类尚存在很大的争论,某些概念甚至是相当紊乱的。当前,国内对层控矿床的概念的理解,大体上可以归纳为以下四种。

第一种理解:层控矿床不受成因限制,它可以是内生矿床,也可以是后生矿床,也可以是两者的过度和迭加。换言之,不问矿床的形成方式和物质来源,只要它们局限于一定的地层或建造中,便可称为层控矿床。

第二种理解:层控矿床属于同生的范畴,即通过沉积作用和成岩作用形成的,矿体与围岩成整合关系。实际上,此种认识是把沉积矿床与层控矿床等同起来。

第三种理解:层控矿床不宜仅仅强调一定地层和建造的控制,而应附加上两个限制:不应包括典型的沉积矿床或沉积-成岩矿床;成矿物质来源与岩浆活动无直接联系。这样,层控矿床应指那些沉积之后受到不同程度改造过的矿床,即受到表生氧化的矿床,地下水热作用的矿床,受变质和变成矿床以及受后期岩浆气液叠加的矿床等。上述各种地质作用的结果并未改变矿床受一定地层层位控制的基本特征,则这类矿床便是层控矿床了。

第四种理解，也即本书作者的概念。层控矿床应指那些成矿物质在同生的基础上，经后期的地质作用（主要是热水溶液的作用）的改造，受特定的地层层位、岩性和层内构造控制的一类特殊的矿床。从矿床产出的宏观来看，矿体受地层层位的控制是清楚的。但若从矿化特征来看，则明显地受层内构造的控制，具有热液活动的明显痕迹。矿石构造多呈浸染状、细脉状和网脉状、角砾状等。作者认为，层控矿床不仅应排除同生沉积矿床和岩浆-热液矿床，而且还应排除地表氧化矿床和狭义的沉积-变质矿床。层控概念应限制于一定的范围内，而不应任意扩大，以致与传统的矿床成因类型相混淆或无法区别。

由上可见，层控矿床的概念至今远未取得一致看法，对其含义的理解颇多差异。据我们看来，把层控矿床仅仅理解为同生沉积矿床显然是没有意义的。尽管沉积学在讨论沉积作用阶段时划分的更为详细，但仍属于同一地质过程，倘若为迎合时髦术语而指鹿为马，应该视为是对层控概念的歪曲，只能给人们以层控矿床不过是沉积矿床的改头换面而已的认识，这显然是可悲的。另一方面，倘若把层控概念无限制地扩大到整个矿床学领域，势必导致无法与经典矿床学中的矿床加以区别，甚至造成矿床分类的混乱。

正确认识层控矿床，注意其最基本的若干特点是十分重要的。

(一) 层位和岩性的控制

地层控制是最重要的层控矿床特征之一，而矿源层的控制尤其重要。由于许多矿床定位于矿源层中，也由于在成矿作用中矿源层内有用组分的活化、转移和再沉淀，因而其控制作用异常明显。例如豫南元古界歪头山红火山沉积岩系对Au-Ag-Pb-Zn矿带的控制，便是典型的矿例。

岩性控制矿化作用也是明显的。在特定的地层层位中，不同的岩性对聚矿的能力差别甚大。那些氧化-还原电位低，能使亲硫元素形成硫化物或起还原作用的岩性层（如灰色或黑色层），在促进Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Co、V、U等的聚集，其能力是无庸置疑的。作者在对河南银洞坡矿床和破山矿床的研究中发现，岩性对矿化作用的控制十分特征，如上述两个矿床中，95%以上的Au-Ag矿体赋存于含矿岩系（岩性包括变粒岩，云母石英片岩、角闪片岩、炭质云母石英片岩等）中的炭质云母石英片岩中，其成矿选择性十分明显。虽然含矿层（也是矿源层）中不同岩性层内的Ag、An、Pb、Zn等均不同程度地被活化和迁移，但矿质聚集则最终选择在炭质云母石英片岩，这清楚不过地显示岩性对成矿的控制（图1-1.1）。

(二) 岩相控制

由于层控矿床是在沉积作用的基础上经演化与后期的改造而

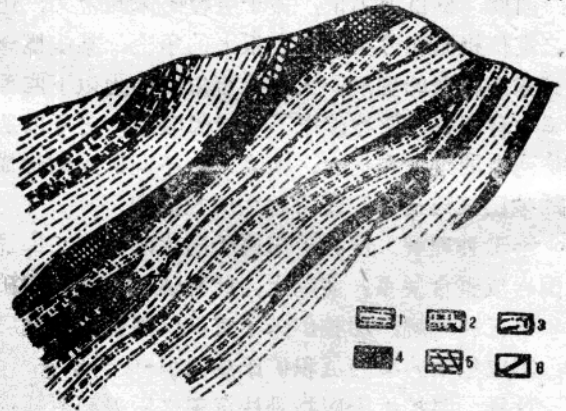


图1-1.1 金银矿体的产出与岩性的控制关系

1-黑云母变粒岩； 2-炭质云母石英片岩； 3-云母石英片岩；
4-富矿体； 5-贫矿体； 6-断层

形成的，因而矿床内不同程度地保留有某些同生或准同生的特点。

例如，碳酸盐岩地层通常是层控矿床最重要的赋矿层位，而矿质的富集部位则与碳酸盐岩层中的一些岩相、特别是与生物礁相有关。矿化主要发生在近堤礁和礁后的泻湖相或生物礁内。

诚然，有些矿床由于受到后期溶液的强烈改造而丧失了沉积-成岩结构和构造特征，或由于矿质发生过迁移、再沉淀而使岩相控制特征淡化，但层控矿床受原始沉积环境的控制则是异常明显的。

近年来，人们还发现许多矿床的产出与蒸发岩相有关。蒸发岩不仅易于浓集金属元素，而且易受热形成热卤水。业经证明，膏盐层中的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 F^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 等在成矿作用中起了重要作用。

(三) 含矿地层中成矿元素的活化与转移

成矿元素在地层岩系中的某一特定层位初步聚集后，除少数可以达到工业品位（即沉积矿床）外，若不施以后期的地质作用使之活化、转移和再次聚集，一般是不具工业意义的。

初步有矿质聚集的地层，如果受到各种水溶液的溶滤，并随着介质的活动，那么矿质就会被迁移到有利的层位内（有利的岩性和构造）聚集成矿。

研究表明，直接从岩浆和由岩浆分泌出来的溶液中带出的成矿组分的数量是有限的，而从地层中转移出来的成矿组分，往往是矿床得以形成的矿质主要供应者。因此，层控矿床的形成主要依赖于地层中成矿物质的活化和转移。

地层中成矿物质的活化与转移，不仅限于层控矿床，甚至对于那些相当典型的岩浆热液矿床，其作用也是不能忽视的。

形成层控矿床的成矿元素，多以变价元素为主。这些变价元素的特点是：低价稳定，高价活泼。即在氧化条件下易活化、溶解和迁移，而在还原条件下则较稳定而易于沉淀。

在成矿过程中，成矿元素进入矿源层后，在温度和压力的作用下，矿源层常发生脆性形变和破裂。在此种环境中，氧逸度可能有所提高，成矿元素便向高价易溶方向转化，且向低压方向运移。在此过程中，矿液的稀释、不同溶液的混合、地层中还原剂和吸附剂等的存在，均可引起成矿物质的重新沉淀。一般来说，背景值高的成矿元素，更易于发生活化、迁移和富集。

(四) 层内构造控制

虽然层控矿床的产出严格受层位控制，实际上矿体赋存仅仅在那些特殊的地段或部位，主要取决于层内的有利的构造条件。大多数情况下，地层在受到构造变动时会有层间剥离，层间破碎、褶皱弯曲和切层与顺层断裂等。当被活化出来的有用组分随活动溶液进入该地层层位中的此类减压空间时，即迅速将成矿物质卸下和聚沉成为矿体。如河南银洞坡矿床，虽然受炭质云母石英片岩层的控制，但矿质最富集的部位，则是炭质云母石英片岩层中的褶皱轴部及破碎带中。

显而易见，赋矿层中的有利构造往往构成一个减压空间，矿液一旦进入此空间，由于温度、压力、pH和Eh值等物理化学条件的变化，使矿质的聚沉成为可能。

不同构造的性质和特征，还可能对不同的成矿元素产生不同的影响。据涂光炽的意见，凡地球化学性质较迟钝的元素，易于在向斜轴汇聚，地球化学性质较活泼的元素，则更易于迁移到背斜轴和穹窿中。据认为，其迁移成矿原理与油气田的形成原理类似。

(五) 热液活动特征

明显的热液活动标志，是层控矿床的一大特征，它也是有别于沉积矿床的主要标志。热液活动的标志表现为，切层细脉、网脉和规模不等的不规则状脉体的产生，围岩具有不同程度的蚀变。

由于层控矿床形成的温度变化很大，因此围岩蚀变的种类众多。但多数表现为中等温度和低等温度的蚀变。最常见的为硅化、绢云母化、碳酸盐化等。

热液活动特征及其对围岩的蚀变作用，其意义还在于它表明，层控矿床乃一类地地道道的后生矿床。

(六) 成矿作用的多阶段性

从矿床的同位素组成来看，层控矿床往往反映出多成因、多阶段和成矿物质多来源的特点。对矿石年龄的测定表明，其年龄可以新于赋矿层，也可以老于赋矿层，也可以与赋矿层年龄相当。这是层控矿床的另一重要特征。它表明可以通过溶液不同时代地层中的矿质，然后迁移到有利的层位中富集成矿。

通过矿物气液包裹体的研究表明，形成层控矿床的热液性质也是多种多样的。如果包裹体较小、类型较简单，形成温度较低，则成分多以 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Cl^- 为主， $\text{K}^+ > \text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ ，盐度较高（一般为25wt%NaCl），这种性质的溶液多属古地下热水溶液（具热卤水性质）；如果是变质热液或岩浆气液叠加者，流体包裹体个体较大也复杂多样，成矿温度也较高。

综上所述可见，层控矿床的特点是明显的。层控矿床按其形成过程，具有多阶段的特点。层控矿床的成因不是单一的，它是在原生沉积作用的基础上，经过后期的成矿作用改造和叠加而成的，因而又具有多成因的特点。层控矿床的成矿物质不是单一来源的，除来自沉积地层中之外，在后期改造过程中有新的物质的加入，因而具有多源性的特点。

层控矿床概念的提出，实际上是对传统矿床学的一种批判。传统矿床学长期以来一直强调内生与外生的对立，浅成与深成的对立，岩浆作用与非岩浆作用的对立，单一成因与多成因的对立、单阶段与多阶段的对立。今天，把上述那些既有区别又有相互关联的概念加以统一，就构成了层控概念的全部。

第二章 层控金矿床的主要类型

就当今世界金矿而言，无论其产量抑或其储量，层控型金矿床均占居绝对优势。换言之，层控型金矿床左右着世界黄金的储量和产量。

因此，认识层控金矿床的主要类型，无论从任一角度来看均至关重要。

(一) 兰德型金矿床

兰德型金矿床，亦称砾岩型金矿床，是世界上出量和产量均居首位的金矿床。因南非维特瓦特斯兰德 (Witwatersrand) 矿床而得名。

兰德矿床发现于1885年，自1886年起至本世纪八十年代，共已生产四万余吨黄金。此类矿床近年在加拿大地盾、巴西地盾、非洲—阿拉伯地盾、印度地盾、芬兰地盾和俄罗斯地台等均有发现。

此类矿床提供的产量占世界黄金总产量的60%左右。产量最大者当首推兰德矿床。

兰德矿区，含金砾岩层多达200余层，其中主矿层即有十余层，厚0.15—3.4m，构成数个矿带，矿带宽达110公里，主矿带沿走向延伸190公里。

兰德金矿分布在南非地盾南部的卡普瓦尔稳定地块上。地块年龄为17.5—35.0亿年。由片麻岩和片岩组成，构成该区的结晶基底。在卡普瓦尔地块的太古代基底之上，不整合地覆以元古界的维特瓦特斯兰德系地层，该系厚8000m，分上下两部，下部以页岩和板岩为主，夹多层石英岩并含若干铁矿建造及火山岩，砾岩夹层少，含金者不过3—4层，均较次要。兰德上部主要为石英岩和砾岩，夹少量页岩，含金的砾岩层次多，形成主要的含金岩系。

兰德型金矿床主要特征表现为：

(1) 含金砾岩产在不整合于太古代、早元古代中或元古代之上的厚达数公里的岩系底部，矿层沿走向延伸很远。含金砾岩层之上，多半为火山—沉积岩，两者之间呈角度不整合接触。

(2) 含金砾岩层常见韵律性旋回。砾岩层中的砾石为脉石英，砾石平均直径为3.5cm。胶结物中也以细粒石英为主(占70—80%)，余为绢云母，白云母、叶腊石及少量金红石、锆石、独居石，电气石等。还有各种硫化物，其中以黄铁矿为主，余为磁黄铁矿、镍黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、硫钴矿、毒砂以及铂族矿物。

(3) 砾岩层中的金均以微细浸染体产出。原生金成细小椭圆状和浑圆状，常被磁黄铁矿或石英所包裹；次生金形状不规则，可见其交代绿泥石、绢云母等。亦见充填于砾石的裂隙中。硫化物矿物均含金，尤以磁黄铁矿中居多。

砾岩层中除金外，还常含铀矿物，主要为晶质铀矿、沥青铀矿、铀钍碳氢矿等。

(4) 在重要的工业矿层中，Au和U等主要集中在富含有机物的夹层中。Au和U虽无直接的相关关系，但多数情况下当Au达到工业品位时，一般也含有可观的U可供

提取。

(5) 元古代金矿化的地质时代,是地质时期中藻类强烈活动的阶段。在兰德矿区,金矿化在时间上的强度变化与藻的视丰度关系,虽并非表现为1:1的比例关系(因为Au最大量赋存于兰德系,而藻的活动则在特兰斯瓦系最繁盛),但在藻发育高峰的位置也出现一个金的矿化峰。有利于发展藻环境的物理—化学—生物条件,一般也有利于把悬浮的金沉淀下来,或把溶液中的金沉淀下来。

关于砾岩型金矿床的成因,多数人认为首先是地壳发展藻期特定条件下沉积的含金—铀砾岩建造。如兰德金矿的矿体多位于风化侵蚀面上,有时沿弯曲或网状的古河床洼地分布。维特瓦特斯兰德沉积物的特征表明,大部分金和铀都是在冲积扇或扇形三角洲中沉积下来的(Pretorius, 1976),其证据得自等厚线的面性趋势、古水流型式、沉积物的粒度分布、相的变化、重矿物的分布以及沉积构造等。许多含Au砾岩都是在较浅的网状河流中沉积的,并为区域性的证据所证实。

研究者们注意到,砾岩层中的金和铀的含量一般均高于砂岩层。这就是说,当搬运和沉积之际,两者均作为重颗粒而被水力分选作用所富集。人们观察到,那些最高的富集均产于卵石支撑分选良好并富含 FeS_2 的砾岩中,且都具有为水流改造过的充分标记。除了那些具有黄铁矿纹层的砂岩层也出现过中等品位值之外,一般在砂岩层中Au的含量值都非常低。

当沉积成矿之后,矿层经过了后期变质过程的改造和重结晶,一部分矿质在作用中被活化并发生富集性的迁移。业已证明,凡厚度最大,分选最好的砾岩层的底部,金的品位最高。区域变质过程中的改造是十分明显的,特别是热源活动的特征及热液活动导致的交代蚀变现象的存在,充分证明了变生热液的活动对矿层中Au和U等的迁移和再聚集起了十分重要的作用。举例来说,金的鳞片状晶体以及交代其他矿物或沿矿物裂隙充填的现象极为普遍,即可能与此有关。

兰德型这一世界上“第一金矿类型”,在我国至今尚未发现,但某些类似的矿化线索很值得研究。太古界与元古界及元古界内的不整合面广泛存在于中朝准地台上及其他地区,这可能是寻找此类矿床的重要界面。在一些地区已发现含金层位,如山西五台地区发育在滹沱群底部豆村亚群四集庄变质砾岩层中含金,矿化点数十处,其中灵邱古潭沟、五台太古沟、代县中小咀等处较好,少数样品含Au大于1克/吨。又如内蒙二道洼、红山沟一带的太古界二道太群底部有含金砾岩层,品位较高;河北青龙、宽城、渠县和蓟县一带的五台群底部和震旦系底部砾岩层中也发现含金点多处。显然,在这些地区加强此类矿床的普查和评价工作是重要的。

(二) 霍姆斯塔克型金矿床

此类金矿床产于前寒武纪老变质岩系地层中。此类矿床的金产量约占世界金产量的13%左右。矿床规模一般较大,仅次于兰德型金矿床,因美国南达科州霍姆斯塔克矿床最为典型而得名。

世界上有名的除霍姆斯塔克矿床(>1000t)外,著名的还有加拿大的波丘潘矿床(>1600t)、西澳的卡尔吉利矿床(>1200t),印度的科拉尔矿床(>800t)等。

霍姆斯塔克型金矿床的主要特点表现为:

(1) 此类矿床成矿的有利构造部位是地台隆起边缘拗陷区, 已知有多层矿化层位, 其中以元古界为最好。

(2) 金矿床分布在各种成分的变质绿岩系中, 该岩系中有结晶片岩、片麻岩、基性和酸性变火山岩、含铁碳酸岩和沉积岩。例如, 霍姆斯塔克矿床赋存于前寒武纪霍姆斯塔克建造的镁铁闪石或镁菱铁片岩的绿泥石化部分; 加拿大波丘潘矿床产于太古代含铁的碳酸盐岩层中; 澳大利亚的卡尔古利矿床则产于前寒武纪的含铁绿岩中; 印度科拉尔矿床赋存于前寒武纪深变质的燧石含铁碳酸盐岩层中。

(3) 大部分矿床与含铁硅质岩存在成因联系, 特别是在磁异常变弱而As含量增高的地段。因此, 前寒武纪含铁石英岩及其他富铁变质岩可视为此类矿床最佳赋存层位。业经查明, 在许多地区的含铁硅质岩中, Au异常往往有增高的趋势。但构成工业矿体的层位, 多数则是在含铁的碳酸盐地层中。

(4) 矿体产出与褶皱断裂关系密切。一般褶皱的轴部及其附近均有利于控矿。霍姆斯塔克矿床的富矿体即主要产于交错褶皱交切早期等斜褶皱的轴部。矿体产状普遍陡立, 且垂深大。如印度科拉尔金矿床, 采深已达3000m以上; 霍姆斯塔克矿床采深2700m以上。

(5) 矿体多呈透镜状、扁豆状、似层状和层状, 热液活动成矿的特征显著, 除顺层矿化外常见切层的矿化网脉体。

(6) 组成矿石的金属矿物以致密的磁铁矿、磁黄铁矿、毒砂、黄铁矿、辉钴矿、红砷镍矿、自然金为主体, 还见少量的黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等。非金属矿物有铁闪石、石榴石、绿泥石、钠长石、石英和黑云母等。金与硫化物密切共生。矿石中的Co、As、S、Ni等在有些矿床中甚至可以达到工业品位。

霍姆斯塔克型金矿床的成因, 一般认为乃原始的含金的镁铁建造, 通过区域变质作用, 并由其诱导出来的变质热水的活动而形成的。成矿是多期完成的。例如霍矿的矿化作用可分为四期。第一期主要矿物为石英、绿泥石、毒砂; 第二期主要矿物为石英、铁白云石、磁黄铁矿; 第三期为磁黄铁矿及少量毒砂; 第四期为黄铁矿、方解石、石英、绢云母、氟石、天青石、石膏、磁铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。当第一期矿化时, 在石英—绿泥石—毒砂组合中含有大量的金, 金多分布在石英脉的边部, 并伴有毒砂。从总体上看, 凡含毒砂少的岩层或含矿地段, 一般含金量亦低, 而在高品位矿石中, 金通常“浸染”了毒砂晶体。在第三期(磁黄铁矿—毒砂)亦普遍含金, 有些地段尚可见到明金。而到第四期矿化时, 含金量就明显地降低了。

此类矿床常有显著的围岩蚀变现象; 最强烈的蚀变当推绿泥石化。一般绿泥石化最强的部位, 含金量最高。

在差不多所有的有关霍姆斯塔克金矿的论著中, 都否定矿质与侵入体的关系, 而认为成矿物质乃来自地层本身, 并认为成矿时代与区域变质时代相当或稍晚。

近年来, F·Sawkins提出一个论点, 认为最初金是在海底火山喷气过程中进入海水, 与富铁化学沉积物一起沉积下来, 然后经区域变质和褶皱作用而富集成矿。此人对矿床的形成拟定出一个综合模式: 第一阶段为含Au的富铁容矿岩石的形成。沉积时其中的Au、As、S、Fe和SiO₂等可能被海底局部地方的温泉带到沉积环境中; 第二阶段, 上覆碎屑物质和火山物质一起沉积, 包含着含Au的富铁沉积物, 岩系一般很厚;

第三阶段，伴随变质作用发生强烈褶皱，褶皱脊部变厚，翼部变薄。在此过程中矿质向脊部的膨胀地区迁移，形成富而厚的矿体。

霍姆斯塔克型金矿床，在我国尚未找到规模可观者。但近年来也发现了一些好的苗头和线索。如黑龙江东风山，矿床产于上元古界含铁—镁的硅质岩中，矿体中含 Au 4.13—15.79g/t，最高达21.65g/t；山西岚县袁家村前寒武纪含铁硅质岩建造中，已探明六个金矿体；陕西宁强县庄房里，产于碧口群地层中的大小不等的含铁石英岩扁豆体中也见金的矿化，含 Au 0.1—2.48g/t，最高达11.25g/t。

此外，甘肃甘谷，山西太行山、中条山、吕梁山，河北围场克勒沟区，遵化塔头寺，内蒙乌拉特中后联合旗等地的含铁硅质岩建造中均有不同程度的金矿化，显然可以列为寻找霍姆斯塔克型金矿床的远景区。

(三) 卡林型金矿床

卡林型金矿床，亦称微细浸染型金矿床，指的是由热液作用形成的，在成分不同的容矿岩石中的细分散金具有经济价值，矿化很少或不受构造控制（至少在手标本上如此）。金一般呈超显微或显微颗粒。此类矿床产在各时代的岩层中，但矿化作用通常与较新的地质事件有关。自六十年代早期在美国内华达州东北部发现了卡林矿床以来，微细浸染型金矿床一直是引人注目的勘查目标，卡林型矿床因此得名。

此类矿床研究起来较为困难，但有若干特征是共有的。

(1) 容矿地层的岩性是各种各样的，可以是火山—沉积岩，也可以是沉积岩。岩性包括基性和酸性的火山岩，碳酸盐岩、页岩、砂岩和粘土岩等，以及它们的变质产物。容矿地层的时代，从太古代、元古代、古生代直到第三纪的沉积岩和火山—沉积岩中。

(2) 浸染金矿床受构造的影响有：区域构造决定岩浆活动的位置，而岩浆活动又能控制驱动热液系统的能量，以及形成机械裂隙和破裂所需要的应力。局部构造（裂隙和破裂）不仅产生溶液迁移时所需的渗透性，而且产生矿物沉淀所需要的开放孔隙。

虽然大多数金矿床为容矿岩石，主要为沉积岩，少数为火山岩，但所有的金矿化，都显示出与断裂有密切的空间关系。大多数断裂系统显示出正常位移，而且均是在较新时期发育的，或者经过了复活运动。

(3) 在原生矿石中，铁的硫化物同金紧密伴生，是这类矿床的最重要特征。黄铁矿是最常见的硫化物。

在以碳酸盐岩为容矿岩石的矿床中，原生矿石根据各种组分的相对含量，可分成若干过渡类型。(a)正常型矿石：Au与Hg、Sb、As伴生，作为薄膜覆在黄铁矿颗粒上或作为裂隙充填物赋存于黄铁矿中；(b)硅质型矿石：含有大量带入SiO₂，大部分金覆在石英所包裹的细粒黄铁矿的表面，少量分散在石英粒中，矿石中主要硫化物矿物为辉锑矿、雄黄、黄铁矿等。(c)黄铁矿型矿石：黄铁矿含量可达5—10%，SiO₂含量高于正常型矿石，Au、Hg、Sb、As等含量变化很大。矿石中硫化物除黄铁矿外，还有雄黄、辉锑矿、闪锌矿、方铅矿、辉铜矿和黄铜矿等。(d)炭质型矿石：此类矿石中含有有机炭大大高于其他类型矿石（1—5%），矿石呈深灰色至黑色，除分散的非晶质碳、碳氢化合物颗粒和有机酸外，含小的碳氢化合物细脉和薄层。Au现与炭质伴生，也呈薄膜

覆在黄铁矿的颗粒之上。除黄铁矿外，还有雄黄、雌黄、辉锑矿、红铊矿、辰砂、闪锌矿，方铅矿、卡林矿等；(e) 富砷型矿石：矿石中含可观的As (0.5—10%)，多以雄黄和雌黄的散粒或细脉产出。除As的含量高之外，此种矿石的成分与正常矿石和炭质矿石非常相似。

就化学成分上来看，微细浸染金矿床中Au与As、Sb、Hg、Te等构成紧密共生关系。而矿床中的贱金属(Cu、Pb、Zn...)元素含量则相对很低。

(4) 微细浸染型矿床最重要的围岩蚀变类型为硅化。除少数矿床外，硅化导致碳酸盐被SiO₂广泛交代，并形成似碧玉岩体。这些似碧玉岩受构造控制，有时在深处变成为石英脉带。此种脉带的存在是有Au矿化存在的兆头。似碧玉岩抗风化，常形成山脊，因而可以作为良好的找矿标志。

有些容矿岩石，如安山岩，完全变成由石英和高岭土组成的岩石。

浸染型金矿床的其他蚀变还有脱钙、泥化和氧化。

方解石的早期迁移，被认为是容矿岩石得以在晚期发生金矿化的一个重要过程。脱钙作用，表明早期的热水溶液是酸性的，不过它们是矿化前的溶液，其成分可能与实际的成矿溶液不同。方解石脉则是在与深部酸淋滤作用有关的成矿系统的浅部形成的。

泥化蚀变，在许多矿床中可分出两期。第一期泥化与主矿化期密切相关，形成数量不多的高岭石和绢云母；第二期泥化，是在热液系统浅部发生酸淋滤作用期间发生的，包括硫化物和有机质被破坏，容矿岩石中的方解石的迁出、高岭石和各种硫酸盐的形成。在发生此种蚀变的同时，可能有大量石英沉淀。因为碳酸盐有缓冲能力，所以这种泥化蚀变只局部发育在灰岩和白云岩中。在火山岩环境中，泥化蚀变可能使容矿岩石完全破坏，并使之被一套含少量明矾石和其他硫酸盐矿物的高岭石和石英所交代。

在浸染型金矿床中，广泛发育氧化作用，在表生氧化过程中迁出硫化物和有机炭，形成各种Fe、As、Sb的氧化物。较常见的是Au发生再结晶形成明金。由于有些矿床的围岩裂隙发育和渗透性大，所以表生氧化作用可以达到深处，以致使表生氧化和深成氧化作用混淆不清，引起有关这两种氧化在成金中谁更重要的争论。从空间分布和地球化学资料来看，矿床可能是深成氧化溶液形成的，此种溶液是否真正可以搬运金，或者是否叠加在早期沉积事件之上尚有争议。

关于卡林型矿床的成因，前提是共同的，即认为成矿由非岩浆水溶滤围岩的矿质，然后迁移到有利的地层和构造条件中完成的。许多研究者为此建立了成矿模式。A. S. 拉德克(1980)为卡林矿床建立的模式是众所周知的。L. J. 布坎南(1981)和B. R. 伯杰(1982)建立的模式，假定矿化是在热水溶液即发生了化学演化的受热地下水的古老地热区产生的。R. W. 亨利和A. J. 埃利斯(1983)，探讨了现代的地热系统和浅成热液金矿床之间的相似之处，并指出地下水在浅成热液金矿床形成中的重要性。

L. J. 布坎南(1981)和E. 罗德(1984)根据流体包裹体和矿物组合特征资料，总结了成矿溶液的成分，形成温度为200—300℃，并且许多矿床在形成过程中或在某一矿化阶段中曾经发生过沸腾。沸腾作用是矿床形成中的一个重要作用，是金发生沉淀的一种有效机制。只有热液系统向地表开放时才能发生沸腾。

溶液不光向上流动，而更可能是朝四面八方迁移，主要取决于水文势能的分布。影