

浅成低温热液 贵金属矿床

原著主编: V.F.Hollister

译者: 周明宝 刘莉萍

校者: 朱奉三



88410711

新疆有色金属工业公司

新疆维吾尔自治区黄金局 1988年4月

吉林有色矿产地质研究所

56.5712
7763

浅成低温热液贵金属矿床

原著主编: V.F. Hollister

译者: 周明宝 刘莉萍

校者: 朱奉三

吉林有色矿产地质研究所

11029

中 译 本 序

原著主编 Victor Hollister

1987年2月20日

《浅成低温热液贵金属矿床》一书论述了在西半球发现的14个贵金属矿床。其它的贵金属矿床，特别是在环太平洋构造区发现的贵金属矿床已有报道，而在本书中论述的则是在各地发现有代表性的浅成低温热液贵金属矿床的实例。

浅成低温贵金属矿床的主要特征是在温度和压力相对较低的环境下形成的。年青的火山岩也产在这样的地区内，有些浅成低温热液矿床的围岩系火山岩。

热液流体携带了金属，其热源也同样的系以较老的岩石为其围岩。当热液流体流经钙质岩石时，两者发生反应，使不同的矿物沉淀，其中包括了金和二氧化硅。卡林型浅成低温热液矿床则是产在较老的围岩中，属于含金硅质交代产物的代表。

这两类浅成低温热液型矿床，在中国都有。中国的构造区，变化范围很大，因而认为，中国可以有大型的浅成低温热液矿床产出。中国境内，有许多地质背景与本书中所述连续发现的金属矿床的产出背景是一致的。

中 译 本 代 序

由顾问地质学家 V.F.Hollister 主编的《浅成低温热液贵金属矿床》于1985年在北美出版后,在西方金矿地质界颇受欢迎,这是作者继其编著《西半球斑岩铜矿》(冶金出版社82年出版)之后又一专著,不少报刊杂志对本书作了介绍与推荐。本书搜集了东环太平洋带14个典型矿床实例,论述了矿床的地质背景、成因机制及其找矿勘探史。这些矿床实际上包括了在成因及地质特征上既有共性联系却又有各自特点的两大型。第一类矿床是产于美洲西岸科迪勒拉山系中生代与新生代火山岩、次火山岩及浅成岩分布区,相当于国内长春黄金研究所与吉林有色矿产地质研究所等科研单位提出的重熔、再生、同熔岩浆热液型金矿床;第二类矿床主要产于科迪勒拉山系东侧及以东的古生代优地槽及冒地槽海相沉积建造分布区,其热源常为时代相对新的火成活动,相当于国内上述单位划分的地下热(卤)水溶滤型金矿床,习惯上常称为卡林型金矿。这两类矿床的共性主要是:矿床均产于浅部,矿石多为微细粒浸染状,成矿作用与多种成因和来源的低温热液活动有关,成矿物质也是多源的,按Hollister等西方学者的观点,统称为“浅成低温热液矿床”。根据这样的观点,在本书的篇首提出了本类矿床的成矿模型,并认为在找矿勘探中可作为借鉴。

本书论述的贵金属矿床:以金矿为主,这些矿床虽然位于环太平洋带的东带,但正如Hollister先生为中译本所作的序言中所述,在位处环太平洋带的中国,也同样具备了相似的成矿条件与地质背景,并完全有可能发现大型的本类矿床。我深信,本书中译本的出版将有助于本类矿床特征的深入了解和有利于指导金、银矿的找矿与勘探。本书系Hollister先生访问新疆时赠送给新疆有色工业公司的珍本。受该公司的委托,由长期从事矿床教学与科研的周明宝副教授及优秀的青年地质翻译刘莉萍两人合作译成。其中前言及1~8章,由周明宝翻译,刘莉萍翻译了9~14章及图件整理;全书由金矿地质学家朱奉三教授校阅与润色。我有幸对本书先睹为快,认为中译本既忠实于原著的原意,又能以流畅的语言,准确的术语予以表达,还修正了原著中的个别差误。我愿郑重地推荐此佳作与国内同行共享,最后,应当感谢新疆有色金属工业公司为引进、组织翻译和出版本书所作的贡献。

浙江大学地质系教授、系主任 蓝玉琦

1987年3月

目 录

前言, V. F. Hollister	1
绪言,	2
浅成低温热液贵金属矿床的成矿模式	3
交代型矿床的实例分析	10
第一章 内华达州, 阿里盖脱山金矿	10
内华达州、白松县、阿里盖脱山金矿床的发现与勘探, H. W. Schull 和 S. M. Sutherland	10
附件: 内华达州、白松县、阿里盖脱山的金矿床, H. W. Schull; S. M. Sutherland 和 R. P. Ilchik	13
第二章 内华达州、坎德拉里亚银矿	18
内华达州、米纳勒尔县、坎德拉里亚银矿, R. L. Akright, P. J. Mineral	18
附件: 内华达州、米纳勒尔县、坎德拉里亚矿区地质, B. M. Page	22
第三章 内华达州、卡林金矿	
卡林金矿床的发现与勘探, R. F. Sheldon	35
附件: 卡林金矿床是岩石与水相互作用的产物, F. W. Dickson, R. O. Rye, A. S. Radtke	37
第四章 内华达州、科特斯金矿	52
内华达州、科特斯金矿, R. L. Erickson	52
附件: 内华达州科特斯金矿床的地质与地球化学, J. D. Wells, L. R. Stoiser 和 J. E. Elliott	55
内华达州科特斯区金的地球化学异常 R. Z. Erickson, G. H. Vanc Sickle, H. M. Nakagawa, J. H. McCarthy, K. W. Leong	68
第五章 内华达州、格彻尔矿	
内华达州、洪堡县格彻尔矿的发现与开采勘探, B. R. Berger, J. V. Tingley	76
附件: 内华达州洪堡县格彻尔矿及其附近地质与地球化学关系, B. R. Berger	80
第六章 内华达州、金亩金矿	
内华达州金亩金矿床的发现与开发, M. R. Cartwright	93
附件: 内华达州兰德县金亩露天矿, 金和其它元素的地质与地球化学 关系, O. T. Wrucke 和 T. J. Armbrustmacher	94

第七章	内华达州、杰瑞特峡谷金矿.....	132
	内华达州埃尔科县杰瑞特地区浸染型金矿床的发现史。D.R.Cook	132
	附件：内华达州埃尔科县杰瑞特峡谷地区一贝尔金矿床的发现。 R.B.Hawkins.....	133
第八章	内华达州诺森伯兰金矿 内华达州奈依县诺森伯兰金矿的发现。J.E.Worthington	143
	火山岩中的矿床实例分析	145
第九章	内华达州波里艾里斯金矿 内华达州米纳勒尔县奥罗拉地区瑞蒙那地段波里艾里斯金矿的发现。 S.W.Ivosevic.....	145
第十章	内华达州朗德山金矿 朗德山矿的形成与发展。W.S.Cavender和C.P.Purdy, Jr.	147
	附件：内华达州奈依县朗德山金矿床的地质概况。B.A.Mills.....	151
第十一章	厄瓜多尔，圣巴托洛梅银矿 厄瓜多尔圣巴托洛梅矿床。P.M.Fozzard	166
第十二章	内华达州麦克德米特矿 麦克德米特矿开发史。L.O.Storey	169
	附件：内华达州洪堡县科德罗汞矿床中，首次发现的天然 α - $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2$ 氯硫汞矿。E.E.Foord, P.Berendsen和L.O.Storey.....	170
	新麦克德米特矿合资经营项目是美国汞矿生产中的主力。 R.Sisselman.....	175
	汞、铀、锂矿床同内华达—俄勒冈麦克德米特破火山口杂岩体的 关系。J.J.Rytuba和R.K.Glanzman	184
第十三章	加拿大夏洛特皇后金矿床 夏洛特皇后金矿床的发现。V.F.Hollister.....	196
	附件：斯贝科那（贝比）金矿床地质进展报告。 N.Champigny和A.J.Sinclair	198
第十四章	不列颠哥伦比亚，图多岗地区的金银矿 不列颠哥伦比亚中北部，图多岗矿区的发现史。P.Tegart.....	209
	附件：不列颠哥伦比亚，劳耶斯金—银矿床。 M.R.Vulimiri, P.Tegart和M.A.Stammers	212

前 言

近些年来所发生的三件事，有力地促进了贵金属矿床的勘探，即：在卡林发现了微米粒级的金矿床；金和银的价格上升，以及露天堆浸提金技术的突破。这三件事，使得勘探贵金属矿床具有更大的吸引力。现在对小生产者来说，寻找金和银从经济上看也是可行的。因此，勘探工作的重心也从大型矿业公司的勘探部门转向了较小规模的勘探队伍。上述三个因素促进了贵金属矿床的勘探，同时，在勘探技术上也带来了新的突破。

由于分析金的技术达到了PPb级的水平，因而在土壤与河水沉积物的地球化学测量中可以广泛的利用（微量）金作指示元素。甚至在本世纪的六十年代，运用地球化学方法找金时，还是要通过间接的示踪元素来进行，例如用砷，因而对金和银的直接分析就成为地质勘探工作者非常有用的工具，因为在土壤和河水沉积物中的金异常测定，并辅以间接的地球化学方法和淘金盘法，就有可能找到过去勘探中曾经遗漏的矿床。

最有战略意义的重要事件，也许就是象卡林型那样的微米粒级金矿床，现在已为许多地质学家所认识，而以前依靠淘金盘法作为检测金的主要手段时，这样的矿床竟然被遗漏了。在发现卡林金矿以后的时代，地球化学方法就成为找矿的主要技术，并由此开展了对其它卡林型矿床的找矿。

在过去的十年中，金、银和汞的价格上涨，刺激了对这些金属矿床的找矿。它们赋存于浅成低温热液* 沉积的环境中。对这种类型的矿产地，最近又仔细地作过检查，从长远考虑这些金属的价格还有继续上涨的趋势，这就保证了人们对这些金属成矿模式的研究兴趣，将持续不断。

露天堆浸法技术的发展，使开采贵金属矿不受选矿综合企业投资高的影响。如果采用这种技术，将降低生产费用，从而处理含金量即便不到lg/t的矿石，在经济上看也是合算的（如在蒙大拿州的佐特曼—兰达斯基（Zortman—Landusky, Montana）。降低矿床的边界品位，将能增加潜在储量的数量。由于显著地降低了生产费用，对于比较小的竞争者来说，刺激性也就相应地增加了。

本书将介绍一些浅成低温热液贵金属矿床成功的开发范例。这些成就表明，勘探和开发技术的改进，必将导致在全世界范围内发现更多的矿床。

Victor.F.Hollister

编 者

* “epithermal”的原意具有浅成热液和低温热液的双重涵义。译注。

绪 言

浅成低温热液贵金属矿床、零散地分布在环太平洋的边缘。但是，这类矿床勘探工作的最大浪潮发生在美国西部；在近年来勘探工作获得成功之中，大部分也发生在美国的西部。本书将选择若干浅成低温热液矿床的发现实例，予以介绍，籍以说明地球化学找矿勘探技术的重要意义（如厄瓜多尔的巴托洛梅Bartolome），或者由于技术革新（如坎德拉里亚Candelaria的堆浸法），或者由于金属价格的上涨（如金亩Gold Acres），使老矿区获得新生。

勘探工作的成功，部分地反映了管理部门对冶金和其它技术问题的处理已经解决。功夫不负有心人。管理部门对浅成低温热液成矿作用中复杂地质问题的了解，在若干个成功的实例中，也已证实是十分必要的。

本书在阐述各矿床开发实例的同时，相应地附一篇已有的技术论文，对矿床地质背景予以描述。在某些实例中，由于矿床是最近才发现的，因而没有现成的技术论文可供附引。没有附引技术论文的实例，则该矿床的地质情况或者包括在发现史的阐述之中（如波里艾利斯(Borealis)，或者附一篇单独论文（如阿利盖脱(Alligator)山），作为发现史的附录。如果有不止一件的资料证明是正确的，则全部收进（如麦克德米特(McDermitt)汞矿）。

本书对现在为大家所接受的浅成低温热液贵金属矿的成矿模式，也予以总结，以便读者能够鉴别，所记载的每一个成功的勘探实例，都涉及了该模式的有关部分。北美西部各勘探部门所使用的分类，在模式中经常使用。对此模式曾作过贡献的地质学家很多，因此没有那一个地质学家可以独占其功。甚至在五十多年前所提出的浅成热液成矿体系的轮廓，在现今提出的模式中仍有它的痕迹。这种不断的改进，使这种模式更加现代化和完善，但是，并没有发生根本性的变化。

浅成低温热液贵金属矿床的成矿模式

浅成低温热液矿床是在近地表环境中的古热泉系统中形成的（见图1及2）。具有工业意义的贵金属矿床，一般系在古热泉表面以下100~1000米深度处形成的。出于评价和勘探矿床的目的，热泉系统可分为六个明显的部分，即：泉华、硅帽、交代矿（在碳酸盐岩中）（图2）、角砾状和网脉状富矿体、岩屑胶结的层状矿（图1）和贱金属矿。上述每一部分也都是古热泉的一部分。在热泉水中矿物的沉淀作用，取决于含水层的孔隙度、与热泉反应的岩石的化学成份及物理性质。

热泉流体的活动，随着离地表愈近愈趋于沸腾。矿物的沉淀，可堵塞甚至暂时封闭上升流体与气体的通道。在封闭破坏之前，通道中的温度和压力逐渐增加，在形成矿床过程中，发生了明显的化学不平衡的状态。在通道中发育的角砾岩和网状脉，在泉华内出现的角砾岩中，以及交代矿石中的结构及成分特点，都可以见到封闭状态被破坏的物理效应。在这个系统中，封闭的形成及其以后的破坏，是浅成低温热液矿床发育形成的必要前提。

泉 华

泉华是在深部的成矿作用和地表通道形成的过程中，于热泉的表部间歇沉淀而形成的。它是热泉沉淀的富硅残余物。在泉华中，偶可见有经济意义的金、银、锑、铀和汞的沉淀，如果在泉华中出现了金或银，则在硅帽以下的深处可能发现有开采价值的金或银矿。一般情况下，在矿床之上的泉华，常常有汞、铀、锑和铊的某些矿物组合。在通道附近，这些金属的数量最多，并可赋存于代表该体系中贵金属运移阶段的层状带内。某些泉华中可有碳氧化合物（沥青或碳），而在绝大多数的泉华中则含有硫、硫酸盐以及黄钾铁矾。赤铁矿和针铁矿具有彩色并呈层状产出。一旦热泉停止活动，泉华将很快地被侵蚀掉，除非它被埋藏起来。

硅 帽

泉华下面是围岩的强硅化带加酸性淋滤带，这在火山岩浅成低温热液矿床中，通常称为硅帽，其特征是具有多期的脉序和角砾岩化，每一期都继之以硅化作用。形成的角砾岩和网状脉是主要的热液通道。角砾岩的形成，是通过了反复的封闭、裂开和沸腾作用，其证据可在硅帽中的高温气液包体和高温矿物中找到（如朗德山）。在火山岩中发育的硅帽与碳酸盐交代矿石相伴生的硅帽有所区别。图1表示了火山岩中典型硅帽形成的过程。在沉积岩中的硅帽，不论其成因如何，通常都统称为碧玉，其形成方式可见图2。

在火山岩中形成的硅帽，其厚度一般不超过61米（200呎）。高岭石、明矾石、黄

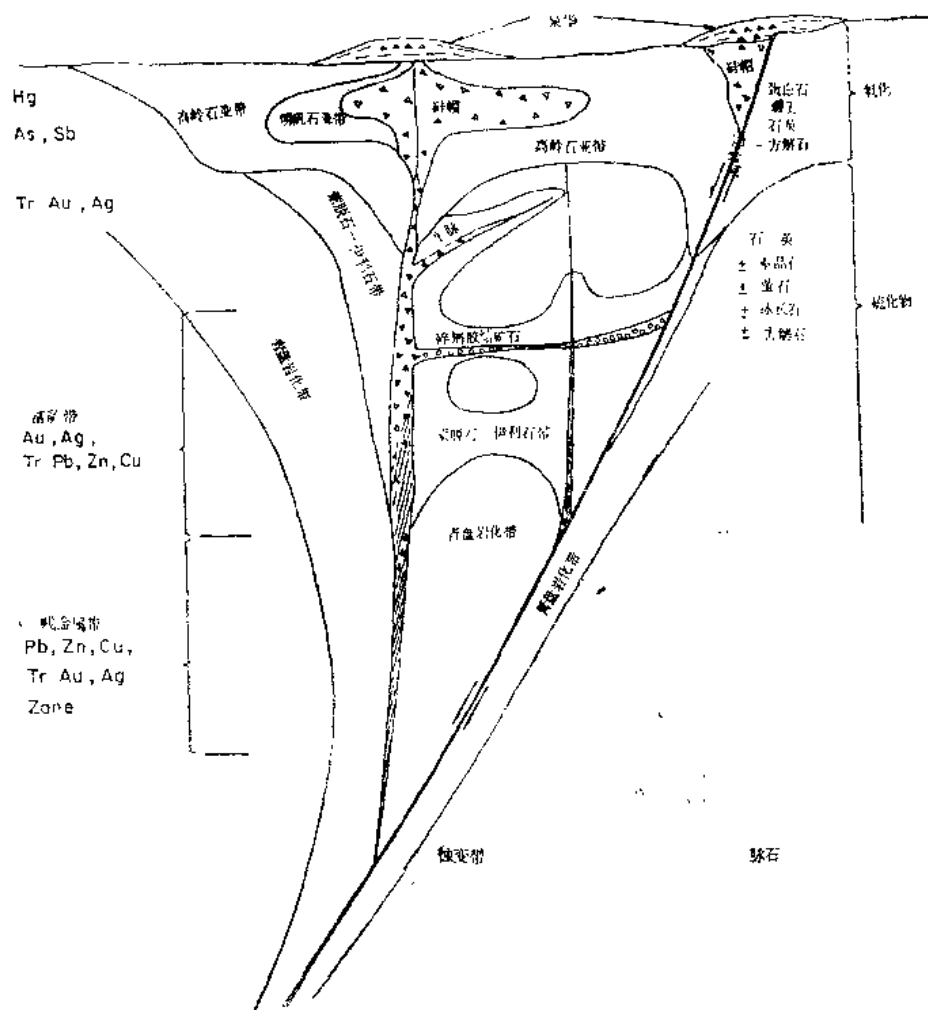


图1 火山岩中的浅成低温热液矿床模式图(剖面图解) 图1说明

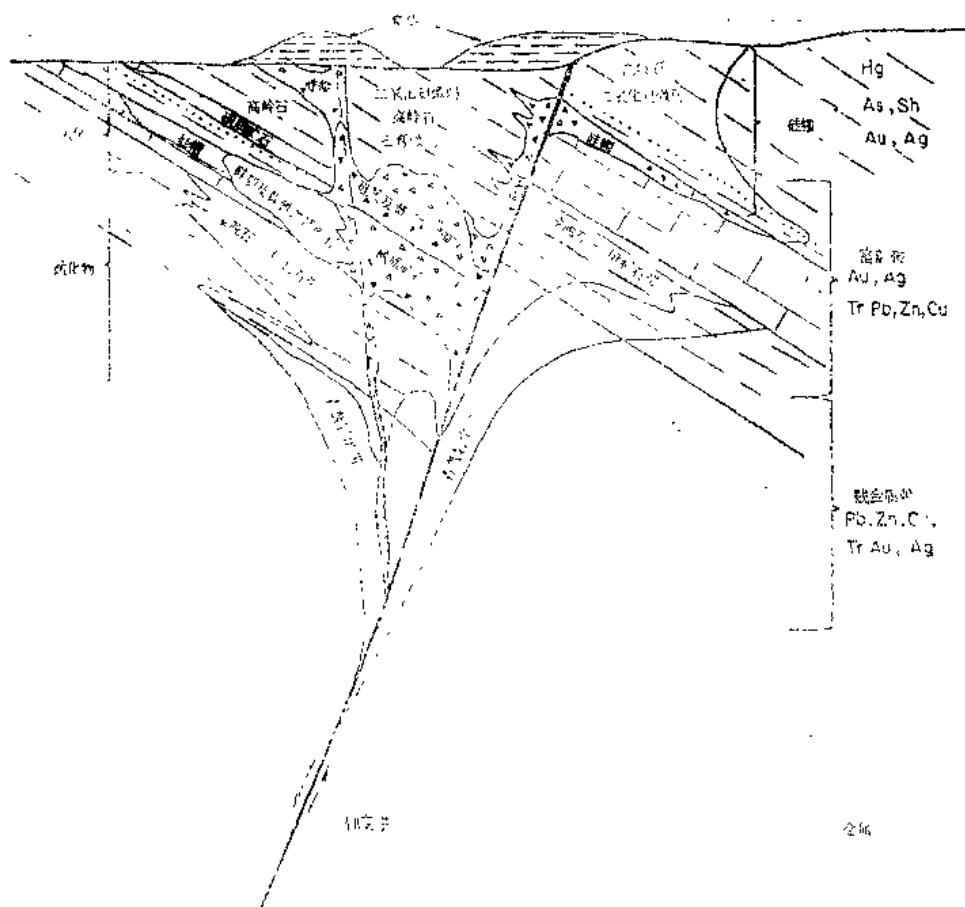


图2 沉积岩中的浅成低温热液矿床模式图（剖面图解。）

图2、沉积岩中的浅成低温热液矿床模式图（剖面图解）图2说明：

在沉积岩中，该模式包括下列几部分：泉华、硅帽、角砾岩、网脉富矿带、贱金属带和交代矿。沉积岩中的石灰岩最易于被交代，硅帽中最常见的是富碧玉的物质，通常称作“碧玉”。与碧玉和石英共生的还有高岭石，石膏和弱硅化物。相当于火山岩内浅成低温热液系统中的富矿带内，其硫化物矿石可在许多地区分为硅质富黄铁矿矿石和碳质矿石，例如内华达州的卡林矿和桑塔费(Santa Fe)。

钾铁矾、萤石、白铁矿、硬水铝石、铀矿物、重晶石、碳、铁的氧化物，石膏及硬石膏等均可出现，但没有什么规律。如果硅帽中出现了方解石，它代表了热泉活动期后的矿物（明矾石之后）。在火山岩中的硅帽内，常可见石英呈方解石假象出现。在典型的值得注意的硅帽中，硫化物也可以呈黄铁矿、白铁矿、雌黄、雄黄和辉铋矿产出。热液脉中如出现了白铁矿则表示其生成温度应在 170°C 以下。如果在硅帽中有萤石、白钨矿和重晶石存在，则可以认为浅成低温热液系统将具有较好的远景价值，同样，如有金、银存在或迭加了汞、铋、砷异常，也将提高其远景价值。另一方面，如果富含高岭石而缺少硅，即使砷值颇高，通常也没有什么经济意义。贱金属的存在与否，一般不值得重视。在火山岩的硅帽中，硅质矿物包括了乳石英和透明石英、玉髓（或碧玉）以及蛋白石。

多期的硅化、角砾岩化和再次硅化，形成了富硅矿物的混合物，硅帽中如富含蛋白石及玉髓(燧石)，在当地则称为不纯蛋白石帽。但是在火山岩的硅帽中，蛋白石很少在30米(100呎)以下形成。在这些火山岩中的泉华底部100米以下，玉髓和蛋白石大部分为石英所交代，角砾岩与矿石伴生，由各种高岭石化和硅化的岩石包括石英、碧玉和蛋白石的碎屑所组成。碎屑为棱角状。石英细脉还穿过了许多良好矿化的混合的角砾岩碎屑。虽然角砾岩常递变为网状脉，但是，网状脉矿床可以在没有角砾岩相伴生的情况下形成。

硅帽很少由单脉或许多交叉脉组成。脉和网状脉在火山岩中的硅帽内要比在交代矿石伴生的碧玉体中更为常见。已经发现在火山岩中的脉与网状脉里，其气液包体的温度区间为150~280℃。有些细脉，很明显是从超压流体中沉淀出来的。

在火山岩中，有些硅帽，可进一步划分为富明矾石亚带和富高岭石亚带(如马里斯维尔)。不论是否有明矾石存在，都可以有贵金属矿出现，但是有些大矿床(如戈尔德菲尔和科姆斯托克(Cornstock))则与明矾石的硅帽伴生。然而硅帽中如果富含高岭石与明矾石而贫于硅质矿物时，则一般不伴随显著的贵金属矿化。

热液流体及气体与地下水混合和氧化，是硅帽化学环境的特征。当硫氧化成硫酸盐时可提供必要的氢离子去淋滤溶蚀围岩。在热泉活动期间，硅帽底部与地下水位一致。

富 矿 带

在硅帽以下的裂隙或其附近发育的角砾状和网脉状矿石，常具有特高的品位或为富矿。它们形成于地下水位以下的硫化物带内，常呈特殊的脉状或角砾状构造。如在加利福尼亚州的莫哈韦，科罗拉多州的普拉托洛(Platoro)，或内华达州的戈尔德菲尔就是如此。贵金属矿也可呈浸染状产于富矿带的角砾状脉和网状脉中，如在内华达州的达拉布萨(Talapoosa)，蒙大拿州的佐特曼—兰达斯基(Zortman—Landusky)以及其它许多地区那样。不论其产状如何，在矿物学和交代作用方面的特点是相同的。

火山岩中的富矿带，其脉石矿物中有乳白色石英和透明的玻璃状石英。重晶石、萤石、冰长石、方解石、钠长石和碳则常与石英伴生。冰长石的出现，可提高某一矿脉的远景价值，这类矿石的特点是含有银、贱金属的硫化物与硫盐类以及金、银和银合金。在某些矿床中常见硒化物和碲化物。火山岩的硅帽以具有Hg—As—Sb异常为特征，而富矿带则以贵金属富集作用为特征(图I)。

在富矿带的矿脉中，硫化物的共生关系不太清晰。假如能够建立砷、锑矿物的顺序，则砷矿物要早些形成，而金则与砷、锑沉淀在一起。沸腾作用与迭生分带(固体矿物大量晶出)，妨碍了在许多矿床中矿物共生顺序的建立。

火山岩富矿带的矿脉，其脉壁界线清晰，可呈晶簇状；由脉壁向内，颗粒大小常有变化。矿脉一般倾斜较陡，但在所有的主要矿区内，也有呈平缓产出的矿脉(如亚利桑那州的波特兰)。平缓的矿脉向角砾岩岩筒倾斜的地方，这两者在成因上是有联系的。然而，不论角砾岩岩筒存在与否，在围岩中原已存在的低角度断裂、节理或层面，皆为有利于热液活动的裂隙。

火山岩中的富矿带，其近矿围岩蚀变被许多地质学家称之为泥化作用带。而确切的

名称应为高岭石—伊利石—蒙脱石蚀变带，以便与硅帽中的高岭石蚀变带相区别。高岭石—伊利石—蒙脱石蚀变带系列，主要为伊利石—蒙脱石—石英—黄铁矿和蒙脱石—方解石—石英—黄铁矿的组合。绢云母、方英石或钠长石很少在上述任一矿物组合中出现。如果出现了绢云母，则一般形成较早。黄铁矿普遍呈浸染状，分散于蚀变晕圈之中（图1）。有的富矿带矿脉周围，青盘岩化十分显著。

火山岩中富矿型的矿脉，可分为Ag与Au比值高的和Au与Ag比值高的两类。Au与Ag比值高的矿石中，很可能含萤石、白钨矿和碲化物。Ag与Au比值高的矿石，则比较富含贱金属硫化物及硫盐类，硒化物，其它硫化物及紫水晶。然而，许多矿区呈带状分布，其核心富银而具有金的边缘（如塔斯卡罗拉（Tuscarora））。

气液包体研究表明，在火山岩中的富矿带，其矿床中金和银的沉淀温度大部分在230°~280°C之间。

贱金属带

在富矿带以下，随着深度的增加，贵金属的经济价值逐渐降低，而贱金属的经济价值却越来越显著。在富矿带附近，贱金属带中的Pb与Zn比值较高，而Zn与Pb值则随深度的增加而增加。至于铜，如果它以黄铜矿而不是以硫盐类矿物（如黝铜矿、砷黝铜矿以及硫砷铜矿等）的形式存在时，同样随着深度的增加，铜与铅、锌的比值也趋向于增加。银主要赋存在方铅矿内而不是在辉银矿或螺状硫银矿内。在贱金属带中，金和金的碲化物较为稳定。大多数贱金属带，逐渐变为几乎没有贵金属矿的绿泥石和含氧化铁的石英脉。

在贱金属带中，围岩蚀变也由高岭石—伊利石—蒙脱石组合，变为青盘岩的矿物组合。青盘岩带包括绿泥石—蒙脱石—方解石—石英的渐进蚀变系列。青盘岩带以非碳酸盐岩石中的绿泥石—钠长石—石英—黄铁矿—方解石和绿帘石为特征。远离矿脉，黄铁矿一般不存在。

在贱金属带中，矿脉构造通常呈单脉状或网脉状，而不是呈角砾岩状（如科罗拉多州的爱达荷斯普林斯（Idaho Springs）和锡尔弗顿（Silverton），和墨西哥的帕丘卡）。从角砾状矿脉向网状矿脉的渐变，可发生在浅成低温热液矿床成矿模式中的任何部分。

碎屑胶结矿

在热泉系统中的第三纪岩石里，含有曾是古含水层的多孔地层。进入这种渗透性较好的有利岩层中的热泉流体，携带着二氧化硅、碳酸盐、硫化物并沉淀在岩层中的碎屑周围。图1表示了一典型岩层转化为含矿地层的情况。渗透性岩层可以是粗屑的，如在亚利桑那州特朗什（Trench）的砾岩；或是碎裂岩，如内华达州的塔斯卡罗拉（Tuscarora）和科罗拉多州的克里德（Creede）的碎裂岩。这种岩屑是现代热泉区典型的地热库。岩屑中胶结碎屑的矿物，可与之起反应。在岩层中的沉积成矿作用，可含充分的贵金属，使之成为矿床。岩层以含有各种硅质矿物为特征，因而岩石是坚硬的，这样的矿绝大多数系形成于地下水位以下。

沉淀在多孔地岩中的矿，其周围为典型的蚀变矿物所包围，而蚀变带则发育在有关的热液通道中。例如，如果在岩层与通道相交处，通道壁上具有伊利石—蒙脱石蚀变，那么，在矿层中也可能具有同样的蚀变边。这就是说，在岩层中的矿石矿物组合也与在通道中的矿物组合相似（如在塔斯卡罗拉）。

交 代 矿

许多地质学家认为，交代矿床应进一步划为碳酸盐岩型或卡林型，在浅成低温热液进出沉积岩中的不纯碳酸盐岩的许多矿区中，都常发现有氧化物和硫化物的交代矿物。典型的例子有内华达州的圣菲、科尔特斯、金亩(Gold Acres)、杰瑞特峡谷(Jerrett Canyon)，阿里盖脱山和格彻尔(Getchell)等，还有南达科他州的巴尔德山(Bald Mt)。

火山岩中浅成低温热液矿床的硅帽，交代矿床中习惯上称为“碧玉”。在图2中我们虽然使用了硅帽这一术语，而许多野外地质学家却更常用碧玉这个词来描述与交代矿石伴生的细粒二氧化硅，除了灰石岩和白云岩外，被二氧化硅所交代的岩石都可称为碧玉，即使在交代矿石中的硅帽已角砾岩化和被石英胶结，甚至已被石英细脉穿插，它仍常称为碧玉。现在，碧玉这个术语，并不仅仅用于描述碳酸盐的交代产物。

图2以图解的形式，表明了包括碳酸盐岩在内的岩石中，浅成低温热液交代矿床是如何形成的。在一般情况下，交代碧玉常被角砾岩化，并为新期的二氧化硅所胶结。在某些近地表的碧玉中，可发现铁的硫化物或氧化物、明矾石和简单的汞、砷、锑矿物。铁的硫化物可包括白铁矿（如果碧玉在170℃以下形成）和黄铁矿。铁的氧化物包括针铁矿和黄钾铁矾。如果角砾碎块为石英所胶结，而且还有硅化的围岩碎屑存在，则近地表的碧玉和典型的火山岩中的硅帽外表相同。

为近地表碧玉体所切割的岩石，常出现不同程度的高岭土化，不过通常也存在较弱的硅化。石膏或硬石膏很少，以层间裂开细脉产出，石膏（硬石膏）—黄铁矿—沸石细脉出现的情形则更为稀少。围岩中可具为一明显的明矾石—高岭石带，局部可见黄铁矿代替了较普遍的氧化铁类矿物。在近地表的碧玉中，方解石罕见，如果出现方解石，则它是热泉活动后期或末期阶段形成的。在某些岩石中，生成叶腊石，在少见的情形下，还生成有绢云母。

在近地表之下，常可在富矿带中发现碧玉，包括碳质矿石和硅质—富黄铁矿矿石，或与有利岩层交代产物相当的氧化物类。矿石矿物中以氧化物为主，或以硫化物占优势。在某些矿区中，已经发现了氧化物和硫化物类。高硅质黄铁矿矿石中，含黄铁矿30~50%，产于极细粒的石英和硫化物的混合物中。这些矿石在时代上和高碳质的矿石截然不同。在有的地区，两者呈相互交叉的关系。在许多地区，富黄铁矿的矿石中常见方解石、重晶石和少量的碳氢化合物及白铁矿。少数地区可见萤石，银的硫盐类也如此。贱金属硫盐类和毒砂有报导。气液包体研究表明，某些富黄铁矿碧玉矿石的形成温度为170℃~230℃，其总体峰值为200℃左右，这个温度与表明碧玉交代方解石的最佳温度条件为200℃以下的实验数据是一致的。

碳质矿石中的硫化物类矿物组成与富黄铁矿碧玉化矿石中的矿物成分相似，然而碳

质物的含量更多，同时，其硫化物的总量一般少于全岩的10%。

部分受有利层所控制的交代矿石，其边界可极不规则，在短距离内，矿石品位就可有急剧的变化。这是不同矿石（碧玉、高硅质—贫铁矿和碳质贫黄铁矿矿石等）类型边界渐变过渡的交代矿石所具有的特征。

在硫化物矿石附近的非碳酸盐围岩的蚀变作用通常为伊利石—蒙脱石作用，然而在矿床附近，也可能出现高岭石或绢云母。在伊利石—蒙脱石带中，黄铁矿十分普遍。

青盘岩带可在伊利石—蒙脱石带的外部或下部形成。如果在富矿带之下有成矿构造，则可能含有贱金属硫化物。

表 生 作 用

风化作用隐藏了蚀变矿物，这些蚀变矿物是硅帽下矿石的寄主，并可使浅成低温热液矿床中的金属发生不同程度的活化。表生的高岭石和明矾石，在宏观上与深成环境下形成的这些矿物很难区别。表生的螺状硫银矿易与辉银矿相混淆，甚至硫化汞也可在表生带中形成。在评价浅成低温热液矿床时，必须要注意区别深成作用和表生作用的影响。

致 谢

十分感谢M.L.Silberman在编辑本书中给予的帮助。

交代型矿床实例分析

第一章 内华达州阿利盖脱山金矿

内华达州白松县阿利盖脱山金矿床的发现与勘探

H.W.Schull (内华达州, 里诺)

S.M.Sutherland (Amelco勘探公司, 华盛顿州斯波坎)

阿利盖脱山的金矿床皆位于阿利盖脱山的西南端, 在白松县的西北部。阿利盖脱山在朗谷 (Long Valley) 的西侧, 它是分隔朗谷和纽瓦克谷的山系。伊利 (Ely) 是距离该矿最近的居民点, 大约在矿山东南113公里处。从伊利到阿利盖脱山金矿, 经由美国50号公路和朗谷—鲁比马什 (Ruby Marsh) 公路。位于北纬 $39^{\circ}45'$, 西经 $116^{\circ}30'$ 附近。

阿利盖脱山金矿床产于密西西比——泥盆系* 派勒特 (Pilot) 页岩建造下部61米处的含碳质与钙质层状粉砂岩中。金矿床中包含有碳质、氧化物和碧玉型金矿石。有关该矿床地质特征的详细资料可见Schull, Sutherland和Ilchik的著作 (印刷中)。

该金矿床的发现始于1976年春。当时对白松县1:25万的地质图 (Hose, Blake, 1976) 进行了检查和采样, 将该地区填为碧玉质岩石。他们在0.65平方公里左右的地区内, 采集了17个样品, 约23公斤重。在这17个样品中, 有10个样品经原子吸收光谱检测, 其金含量均少于0.1PPm, 7个样品的金含量在0.1~1PPm范围内。

1976年6月申请并得到了包括20条矿脉在内的地权, 作为岩石取样的区域。以地产的末端及边缘中点线作为土壤取样的坐标网。采样点间距为91米, 采样线间距为229米。样品筛到-180毫微米 (-80网目)。在99个土壤样品中, 7个样品含金量在0.1~1.0PPm范围内; 在7个含金的样品中, 5个样品位于原先采过样的碧玉质岩石露头中; 有1个样品在含金碧玉岩下坡几百米的非矿化派勒特页岩中, 另1个样品取自迄今为止不甚明显的矿化派勒特页岩15×15米的山麓堆积露头区中。以后的取样、填图和钻探表明, 这个15×15米的露头区是万蒂奇 (Vantage) 1号矿体的顶部, 其矿石量约为127万吨, 含金超过3.3g/t。

1976年夏末, 在地质草测中, 采集了30个岩屑样品, 每个样品重1.4—2.2公斤。这次草测与取样表明, 含金碧玉状岩石赋存在派勒特页岩与下伏鬼门关石灰岩交界处。岩石样品含金 $\geq 0.1\text{ppm}$, 均限于碧玉状岩石中和经土壤采样调查过的派勒特页岩矿化露头区中。从矿化的派勒特页岩露头区内采集的岩石样品, 其含金量在3—5ppm范围内。

* 密西西比为下石炭系 (C₁)

(图1 中剖面A B C 放大)

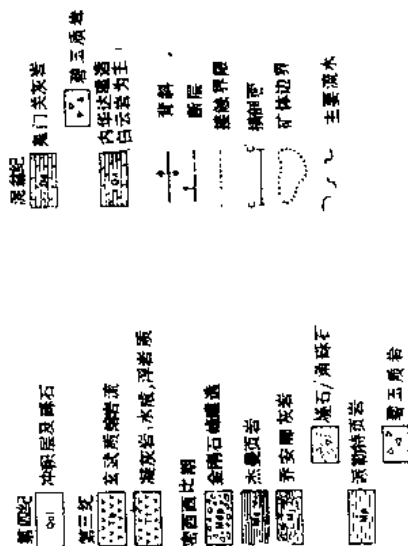
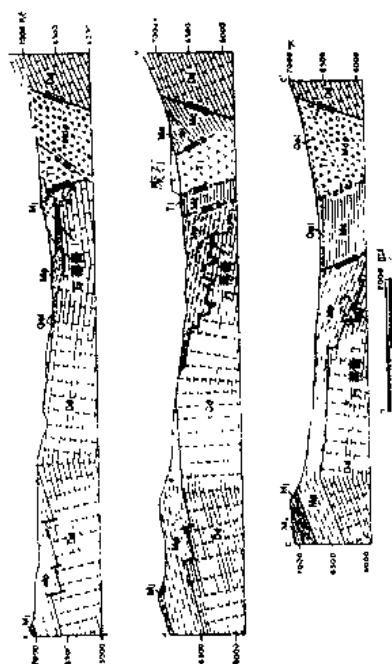


图2 阿利盖脱山矿床东西向剖面图

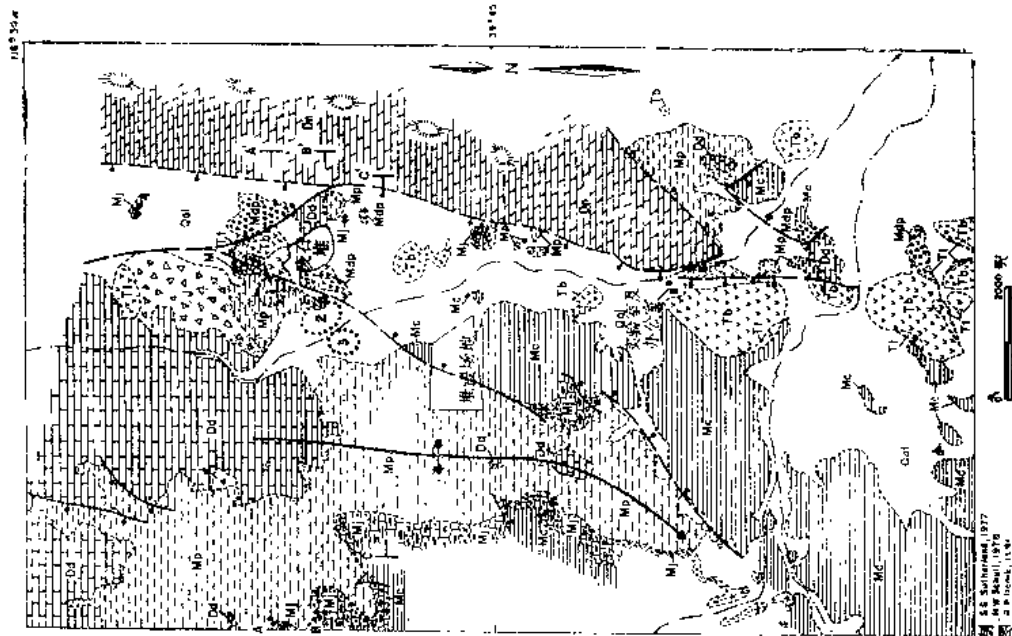


图1 阿利盖脱山地质图