

经济地质

75 卷 第五期

美国

ECONOMIC GEOLOGY

and

the Bulletin of the Society of Economic Geologists

1980

(八 月)

地 质 出 版 社

12
5

美国《经济地质》

中译本、半季一期

1980年8月

75卷 第5期

编辑者：美国《经济地质》中译本编辑部

出版者：地质出版社
(北京西四)

印刷者：地质印刷厂
(北京安德路47号)

发行者：新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

统一书号：15038·新712 定价：1.00元 开本：787×1092¹/₁₆ 印张：7¹/₂ 字数：183,000

《经济地质》75卷第六期目录

预 告

斐济地台的矿床和区域成矿

阿利桑那州Globe-Miami区斑岩铜矿的侵入和沉积时代

东Bushveld杂岩体中段的下关键带的演化及其铬铁矿矿床

论正常分化趋向的逆转起因—对上文的补遗

阿利桑那州 Red Mountain 深埋斑岩铜型矿化之上的成矿前盖层中矿脉充填时的热液流体特性的
空间和时间变化

利用机载多波谱扫描填绘蚀变

格陵兰西南 Fiskenaeset 杂岩中的铂、钨和铌块状硫化物带: Sullivan 矿体

在矿区中深埋矿体勘探的计算机模拟

科学通讯

南极之煤

有关阿利桑那中部元古代火山地层的新资料及其在找寻块状硫化物中的重要意义—讨论和回答

目 录

内华达州Carlin金矿床的地质及稳定同位素的研究.....	A. S. Rachtke, R. Q. Rye和F. W. Dickson (1)
亚利桑那州Pima县Sierrita斑岩铜矿床Ruby Star花岗闪长岩内与裂隙有关的渗透率的演化	F. M. Haynes和S. R. Titley (27)
英格兰约克郡黑色页岩成岩过程中痕量元素进入黄铁矿内的结合作用.....	R. Raiswell和J. Plant (36)
不列颠哥伦比亚Britannia区变形的中生代火山成因的铜-锌硫化物矿床	J. G. Payne, J. A. Bratt和B. G. Stone (49)
堪萨斯中南部二叠统红层型铜矿化的矿物学特征及共生组合	F. M. Ripley, M. W. Lambert和P. Berendsen (68)
怀俄明州黄石地热区土壤汞的分布及土壤汞异常的发育情况.....	D. Phelps和P. R. Buseck (75)
Cu-Fe-Zn-S体系的研究: 闪锌矿的相关系.....	L. B. Wiggins和J. R. Craig (85)
康沃尔西南部早期和主要成矿期的年代测定.....	A. N. Halliday (94)
科学通讯	
加拿大安大略Timmins地区某一太古代“斑岩型”铜矿床的K-Rb模式.....	J. P. Davies (100)
Duluth杂岩中石墨的成因.....	V. F. Hollister (104)
自动射线照相在含铀样品结构分析中的若干应用.....	M. L. Duane和C. T. Williams (106)
讨论	
从板块构造来重新评价沉积磷酸盐矿床的时空分布——讨论.....	A. V. Ulyin (110)
从板块构造重新评价沉积磷酸盐矿床的时空分布——答复.....	P. J. Cook和M. W. McElhinny (112)
参考文献目录.....	(114)
第六期目录(预告).....	(封三)

内华达州Carlin金矿床的地质及稳定同位素的研究

A. S. Kadtko P. O. Rye P. W. Dickson

摘 要

Carlin 金矿床是迄今在美国所发现的最大浅成热液浸染交代型金矿床,它是由晚第三纪浅成岩浆活动有关的热液作用形成的。矿体由碳酸盐矿物,主要是方解石的交代作用形成的,赋存于 Roberts Mountains 建造上部245米范围内有利于矿化的薄层状泥砂质白云岩岩层中。早期热液流体溶解了方解石,并沉淀出石英。在主热液期,流体带入了Si、Al、K、Ba、Fe、S和有机物质,还有Au、As、Sb、Hg和Tl;沉淀出石英和赤铁矿,形成了含钾粘土,同时有更多的方解石被溶解。含As、Sb、Hg、Tl的硫化物和硫酸盐以及Pb、Zn、Cu的贱金属硫化物按其共生顺序可能是较晚形成的。

矿石沉积的主阶段随着重晶石细脉的沉积和沸腾的开始而结束。流体失去了H₂O、CO₂、H₂S及其它组分,使矿床上部产生了H₂SO₄,接着使地表附近的岩石和矿石受到强烈的酸性淋滤和氧化。在这个带内,方解石和大量的白云石被带走,硫化物和有机化合物被氧化,形成了高岭石和硬石膏,还有二氧化硅的加入。热液期以后,矿床上部遭受了较冷地下水的氧化作用。

流体包裹体的证据表明,主期的矿化温度为175°C到200°C。在晚期酸性淋滤和矿脉形成的过程中,当热液流体普遍发生沸腾时,温度可能高达275°到300°C。流体的盐度从主矿化期的大约相当于3±1%(重量)的NaCl明显地增加到后期沸腾时的17.4%。在晚期的浅成氧化作用中流体的盐度和温度则相当低。

氢和氧的同位素资料表明,热液流体是发生过强烈同位素交换的大气降水,其δD为-140——-160‰,δ¹⁸O值随着沸腾从3±3%增加到10%以上。热液流体沿着某些破碎带与未发生交换的地表水相混合。不同形式的二氧化硅(沉积燧石、碧玉和石英细脉),其δ¹⁸O值是不同的,和不同世代的方解石的情况一样,并可以用来帮助区分不明显的共生特征。在补给断层附近有有利于矿化的岩相中方解石发生了广泛的重结晶作用和同位素交换。在有利于矿化的岩相中的白云石和不利于矿化的岩相中的方解石和白云石则很少发生重结晶和同位素交换。

热液黄铁矿的δ³⁴S值为4.2到16.1‰,与Roberts Mountains建造的成岩黄铁矿的δ³⁴S值完全相当,说明热液硫化物中大部分硫属于沉积成因和来源于下古生代地层。脉石重晶石中的δ³⁴S值为27.9‰到31.7‰。硫酸盐中的硫,象硫化物中的硫一样,可能来自同一来源它们都是通过硫化物在热液流体中的平衡分配而来的,或者是来自浸染状的沉积重晶石。硫化物-硫酸盐中的硫同位素温度与晚期重晶石脉中流体包裹体的充填温度完全一致。

前 言

本文介绍了迄今在美国西部碳酸盐岩中所发现的最大浸染交代型金矿床——Carlin矿床的地质学,流体包裹体和稳定同位素地球化学的研究成果。矿床位于内华达州, Eureka县北部Tuscarora山(T. 35N., R. 50E.)第13和14段内(图1)。1965年以来, Carlin矿山所生产的金已超过4,000,000盎司。

Carlin矿床是一组具有共同地质学,矿物学和地球化学特征矿床中的一个主要例子(Kadtko和Dickson, 1974)。这些矿床是粉砂质碳酸盐岩被二氧化硅和少量黄铁矿交代而成的特别细粒的产物,而且它们含有金和一组伴生的重元素,包括汞、砷、铋和铊等。

这些元素分散在矿石和蚀变岩石中(后者的含量较低)。矿床都属于中第三纪或晚第三纪,而且每一处的矿床都处于浅的部位。每个矿床在空间上与强烈的正断层有关,其中有些断层被成矿前的岩脉所占据,有些正断层则成为热液流体的通道。显然,这些矿床是由于与第三纪火成活动和构造活动有关的热异常而引起循环的一种热液系统形成的,可能没有来自火成岩更深部位的补给。在美国西部, Carlin型矿床之间明显的相似性有力地说明,某一组总的作用在各个地方都反复地起了作用。

研究的目的是和方法

Carlin型矿床提出了一系列的问题,包括:(1)

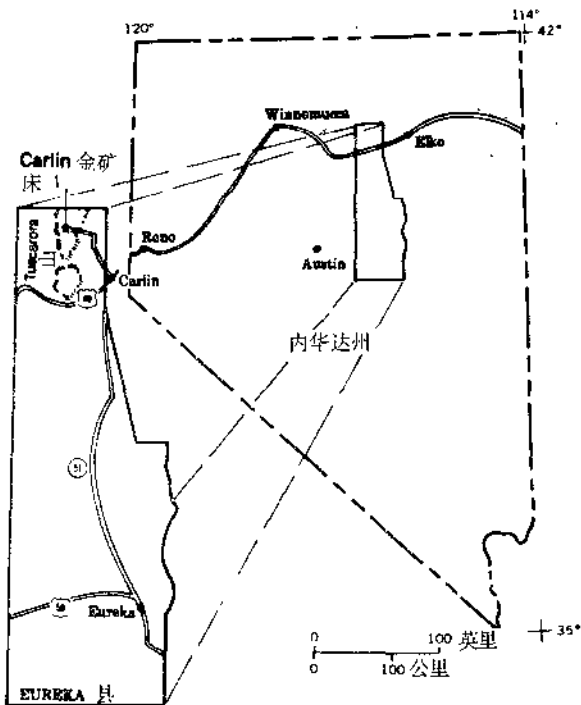


图 1 Carlin金矿床位置索引图

成矿作用前，成矿作用期间和成矿作用后地质事件发生的顺序；(2) 矿石沉积的物理-化学环境；(3) 矿石和脉石组分的最终来源。

为了提供资料来回答这些问题，我们于1967年开始对Carlin金矿床和附近的Lynn矿区的地质学和地球化学进行了研究。本文总结的成果是从各种综合研究中取得的。矿山在1968到1976年露天开采时由Radtke和Carlin黄金矿业公司的全体地质学家进行过填图；Radtke(1973)曾经提供过有关矿山地质的资料；区域地质的资料由Radtke(1974, 正在印刷中)和Evans(1974)所提供；矿石、脉石和脉石矿物的矿物学由Radtke作了详细描述(正在印刷中)；地表、矿坑露头 and 钻孔的样品均作了显微镜、X-射线、电子探针和扫描电子显微镜研究。对大约300个样品的常量元素进行了分析，并对600多个样品的次要元素进行了分析。次要元素在未氧化矿石中分布的统计研究结果由Harris和Radtke(1976)给出。用来作H、O、C和S同位素分析的样品是在已知地理和地质位置的地点上采集的；一共用单矿物和几个全岩样品作了138个同位素测定值。下面各节是有关资料的综合，同时还讨论Carlin矿床成因的意义。虽然我们的结论只直接应用于Carlin矿床，但是这些结论对于其他的

Carlin型矿床或许也适用。然而，我们准备在以后的一篇文章中就我们对Carlin矿床所作的结论与其他矿床的关系进行讨论。

前人的研究

导致Carlin矿床发现的勘探工作是由Roberts(1960)首先促成的。他提出，内华达州北-中部某些矿区的位置是受Roberts Mountains冲断层控制的，并指出了在冲断层下部板状碳酸盐岩之下某些地段可能有利于矿化。虽然大部分矿床(包括Carlin矿床)的位置并不受冲断层的控制，但是这个建议却促进了勘探。通过Newmont采矿公司的地表填图，地球化学取样和旋钻勘探终于发现了Carlin矿床。

第一幅完整的地质图和对Lynn构造窗的描述是由Roen(1961)完成的。Hardie(1966)对Carlin矿床首次作了总的描述。Hausen(1967)，以及Hausen和Kerr(1968)第一次描述了浅部氧化矿石的矿物学和岩石学。Roberts等人(1971)试图根据时代、容矿岩石类型、矿石形成的物理-化学条件和矿物学特征，对内华达州北-中部的热液金矿床进行了分类。Radtke和Dickson(1974)描述了Carlin型浸染状金矿床的地质、矿物和地球化学的共同特征。Radtke已经准备了一份关于Carlin矿床地质的详细报告(正在印刷中)。

Radtke和Scheiner(1970)，Radtke等人(1972 a和b)，以及Wells和Mullens(1973)提出了有关原生的未氧化Carlin矿石的矿物学和化学成分的资料。Nash(1972)根据普遍的流体包裹体的研究指出，浸染矿床，包括Carlin矿床，是由盐度很低的低温(175 ± 25°C)溶液的作用形成的。Harris和Radtke(1976)进行了关于微量元素相互关系及其分布的统计研究，以评价矿石成因的地球化学模式。

除了Dickson等人(1975 a)提供的有关重晶石和硫化物矿物中的硫同位素资料以外，对Carlin矿床中的稳定同位素前人未作过研究。Rye等人(1974)对与Carlin矿床具有许多相似之处的Cortez金矿床的稳定同位素和铅同位素的研究提出过资料。他们断定，成矿流体的主要组分是大气降水，大部分元素可能来源于容矿岩石，矿床时代属第三纪，并认为矿石的氧化作用是由正常的低温地下水引起的。

区域地质背景

Lynn矿区北部和Lynn构造窗(包括Carlin矿床)的区域地质情况是由Radtke(1974)提供的，并

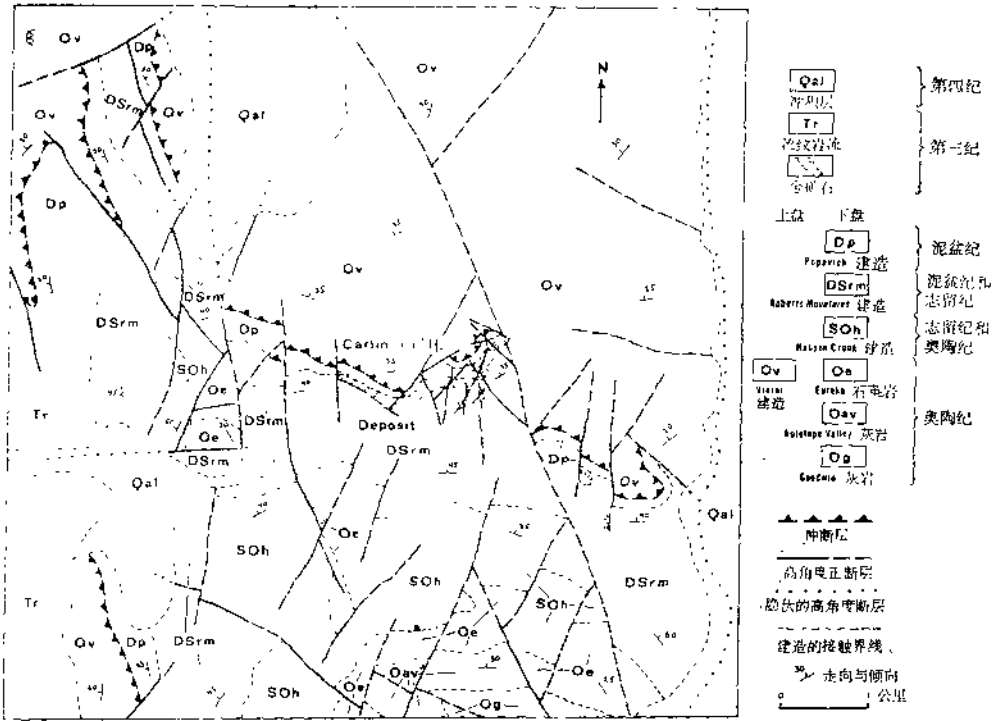


图 2 Lynn矿区Lynn构造窗北部地质图 (根据 Radtke 加以简化, 1974)

示于图 2 的简化地质图中。在构造窗这一部分所出露的沉积岩主要是石灰岩、白云岩和石英岩, 它们的时代从奥陶纪到泥盆纪不等, 这些岩石是在冒地槽的环境下沉积的, 并形成了东部组合或碳酸盐组合的一部分 (Roberts 等人, 1958)。这些岩石被西部组合或硅质组合, 即主要由燧石和页岩互层, 以及少量的奥陶纪与志留纪砂岩, 石英岩和石灰岩组成的巨厚地层所覆盖, 这些地层原来是在内华达州西部的优地槽环境中沉积的。在晚泥盆世或早密西西比期的Antler造山运动时期, 这种组合向东逆掩, 超覆在东部组合之上, 形成了Roberts Mountains冲断层的上盘 (Merriam 和 Anderson, 1942; Gilluly, 1954; Roberts, 1966)。

在晚侏罗世或早白垩世时期, 上升活动和火成活动以侵入岩株和侵入岩脉的形式进行。在第三纪和第四纪时期发生了另外的造山运动。这些运动包括了断块-山岭的断层作用, 在山脉内广泛发育的正断层作用和火山作用。

沉积岩

Carlin 矿床附近下盘岩石的古生代地层学已由以前的作者, 包括Roen (1961)、Roberts 等人 (1967), 以及 Hardie (1966) 作过详细的描述。Lynn 构造窗的

的北部, 出露最老的岩石为 550 多米的 Pogonip 群的奥陶纪灰岩。下部是厚 245 米多的薄层状灰岩和上覆的 305 多米的厚层状灰岩可能分别代表 Goodwin 灰岩和 Antelope Valley 灰岩 (C. Merriam, 文字通讯, 1971)。灰岩被 60 米到 75 米厚的砂质白云岩所覆盖, 接着是 185 到 215 米厚的奥陶纪 Hanson Creek 建造的深灰色厚层状白云岩。在 Hanson Creek 建造之上为 550 米到 600 米厚的志留纪和泥盆纪 Roberts Mountains 建造的深灰色薄层页岩状粉砂钙质白云岩和石灰岩。由深灰色厚层状灰岩与薄层状粉砂质白云质灰岩互层所组成的泥盆纪 Popovich 建造上覆于 Roberts Mountains 建造之上。Popovich 建造则被奥陶纪的 Vinini 建造所覆盖, 呈逆掩接触, Popovich 建造的厚度在 Lynn 构造窗的西北角仍然保持在 245 米到 275 米的范围内, 而在 Carlin 矿床则只有 60 米到 90 米。

Roberts Mountains 冲断层的上盘的 Vinini 建造可以分为两个地层单元。下部单元的厚度为 60 米到 180 米, 为黑色燧石和硅质页岩互层和少量灰岩、砂岩和石英岩。上部单元的厚度在 1520 米以上, 为页岩、燧石和石英岩互层, 并有少量的钙质砂岩和炭质页岩。Radtke 和 Scheiner (1970) 提出了 Vinini 建造中各种岩石类型的化学和矿物学资料。

该区的地质剖面有两个方面对矿床的成因和地球化学来说可能具有重要的意义,应该加以注意:(1)该区所有的古生代地层单元除 Eureka 石英岩外都含有成岩黄铁矿和有机质;(2) Eureka 石英岩被强烈地破坏,形成高山地形并向北倾斜延伸到矿床之下——这个地层单元可以作为地下水重新补充的蓄水池,而且可能把水补充给热液系统。

火成岩

Lynn 矿区北部的侵入火成岩呈晚侏罗世到早白垩世的小岩株和许多岩脉产出。对位于 Blue Star 矿床北东约 1.6 公里或 Carlin 矿床北北西约 4 公里的 Gold Strike 岩株中的黑云母进行了放射性 K-Ar 年龄测定,其年龄为 121 百万年 (Hausen 和 Kerr, 1968)

(Radtke, 1974)。Carlin 主矿坑西南角的一条花岗闪长岩脉的年龄为 128 百万年 (M. L. Silberman, 文字通讯, 1972)。

位于 Carlin 矿床以北约 4 公里的 Gold strike 和 North Big Six 岩株 (Radtke, 1974) 从花岗闪长岩过渡为石英闪长岩和闪长岩。两个岩体都发生过热液蚀变和矿化,在剪切带和裂隙中含有少量的金。Lynn 矿区中许多岩脉具有相同的岩性。它们侵位于走向为北 45° 西到北 45° 东的一组高角度断层中。

在 Carlin 的岩脉,其年龄属侏罗纪和(或)白垩纪,并沿北西走向的高角度断层侵位。它们后来被走向为北到北东的断层所错断(图 3; Radtke, 1973)。大多数岩脉已遭受强烈的蚀变,局部被含金溶液所矿化。

由流纹岩和流纹英安岩岩流组成的喷出火成岩沿 Tuscarora Mountains 的西侧充分出露(图 2; Radtke, 1974)。Roen (1961) 对这些岩石作过详细的岩类学描述,黑云母的 K-Ar 年龄测定值为 14 百万年,相当于中新世。这个年龄属于内华达州中部 13 到 17 百万年的火山活动中最年青的一次活动 (McKee 等人, 1971; Silberman 和 McKee, 1974),它可能是成矿体系的热源。

区域构造

Roberts Mountains 冲断层是本区最老的著名构造。这个断层和把这个断层错断的许多高角度断层构成了 Lynn 构造窗的北部边缘(图 2)。在 Carlin 矿床,这个断层在西部矿坑完全暴露,并沿 Popovich 山的东侧和南侧展布。

走向大致为北 20° 到 30° 西,向北倾伏 25° 到 30° 的 Tuscarora 背斜是由于山脉抬升造成块断层并向西偏斜的结果而形成的。最初的抬升可能是在晚泥盆世

或早密西西比期与 Antler 造山运动的同时发生的,而以后的抬升则是在晚侏罗世和早白垩世时期伴随着侵入活动进行的。

Lynn 构造窗乃由各种作用(包括 Tuscarora 背斜核部的隆起,随同第三纪块断层一起发生的抬升作用和后来的侵蚀作用)相结合而形成。沿着 Tuscarora Mountains 的西侧出现了断块山岭断层;在走向为北西和北东的这类断层中,有几条断层也穿过 Lynn 地区内的山脉 (Radtke, 1974)。尚未见到时代明显地早于 Roberts Mountains 冲断层的高角度断层。

Carlin 矿床的控矿构造

Carlin 金矿床位于 Tuscarora 背斜的脊部附近,在靠近 Roberts Mountains 冲断层的接触线,山脉被高角度断层错断成许多断块并使下盘碳酸盐岩产生强烈破碎的地区。矿床内及其附近的高角度正断层是热液溶液的通道。Roberts Mountains 建造上部 245 米内被破碎的薄层状碳酸盐地层单元在化学性质和位置上都有利于矿石的沉积。

垂直断距为几百米的、被称为 Mill、Hardie 和 Leeville 的高角度或断块山岭型的三条大断层强烈地影响了构造位置的发育,并把一个薄层状碳酸盐岩断块置于有利于矿化的构造位置(图 2 和 3)。除了 Hardie 断层以外,虽然大多数构造活动都早于矿化,但是这些大断层中显然没有一条是含矿溶液的通道。

Carlin 矿床中大多数已知的金矿体都位于 Roberts Mountains 建造顶部 245 米厚的地层剖面内。它们在走向北东,延伸约 2.8 公里的几个地层带中产出,并受高角度正断层所控制。有少量金矿石也产于 Leeville 断层以东,Popovich 建造底部薄层状碳酸盐岩和东矿体东北端 Vinini 建造的钙质页岩层内 (Radtke, 1973)。

地球化学和矿物学

成矿作用的年代

Carlin 矿床似乎是在晚第三纪时期作为火山幕的一部分形成的。虽然不能确定矿床形成所经历的确切的时间间隔,但是有几方面的证据证明它的时代是新的。

岩石的放射性年龄测定大致确定了其最大的年龄范围。例如,主矿坑中白云岩与蚀变岩脉之间接触带上的绢云母,根据 R. L. Akright 的资料(文字通讯, 1971)其 K-Ar 年龄为 57 百万年。由于样品中含有大量的杂质,显然也包括来自碳酸盐岩中的原生伊利

石, 所以这个值太大。

不久前提出的流体包裹体的证据结合沸点曲线的资料 (Hass, 1971) 说明, 成矿以后被移走的覆盖层大约只有 1,000 到 1,700 英尺厚。另外, 在断层以外的酸性淋滤带的下部界面与目前的地形相当一致。以后还将提出晚期热液流体沸腾时在矿体和围岩中大部分都发生了酸性淋滤和氧化作用的证据。东矿带的东北部穿过了 Leeville 断层 (一条具有明显的中第三纪或更新位错的典型的年青断块山岭断层), 这说明矿化作用发生在这个构造运动之后。矿物包裹体中流体 δD 很高的负值 (将在以后一节中讨论) 意味着成矿作用与晚第三纪而不是与早第三纪的大气降水有关, 因为作为一级近似, 这种负值反映了美国西部在晚第三纪时期出现了人所共知的较寒冷的气候。

矿体

目前在 Carlin 矿床发现的大部分矿体都产于三个地区, 即所谓西矿带、主矿带和东矿带内。虽然各个金矿化带在总的构造和地层特征方面有许多相似之处, 但是每个矿带内的矿体在控矿因素 (图 3; Radtke, 1973)、化学特点和矿物学方面是不同的 (Harris 和 Radtke, 1976)。

西矿带: 西矿带含有一个脉状矿体, 延伸达 340 米, 走向大致呈北 60° 西, 倾向 60° 到 70° 北; 在东南端矿带变宽形成一个卵圆形管状体, 倾伏大致为 70° 北。矿体的脉状部分位于一条高角度断层的上盘, 断层的下盘是被重晶石细脉穿切的一条强烈蚀变的火成岩脉。西矿带的这个矿体强烈地受高角度正断层所控制。它是所有矿体中钼含量最高和有机碳含量最低的一个矿体, 而且明显地缺乏可见的砷、锑或汞的硫化物 (Harris 和 Radtke, 1976)。

主矿带: 主矿带由金含量变化很大的几个大的矿体相连而成, 位于主矿坑西南端与 Popovich 山东南侧之间一条长约 915 米的地带内 (图 3, Radtke, 1973)。矿带东北部的大部分矿石是一种席状块体, 厚达 30 米, 走向近东西, 倾向 38° 到 40° 北, 其外貌与容矿岩石相似。这个矿体的位置及形状反映出它强烈地受到地层和构造的控制。特别重要的是一组走向北 45° 东到北 45° 西的高角度断层, 这组断层包括了一条走向北西并穿过主矿坑中部被岩脉充填的大断层。

主矿带的西南部含有一个板状矿体, 长约 395 米, 厚 20 到 30 米, 走向大致为北 45° 东, 倾向 50° 到 70° 北西; 矿体的倾角在主矿坑西南端附近变陡, 矿体逐渐变得更薄, 并在紧靠不透水的被脉石充填的断层和角砾带处尖灭 (图 3, Radtke, 1973)。许多向北延伸

的高角度断层和一条走向北 45° 东的强烈的高角度断层的交叉点控制着本地区矿石的沉积。

在矿床中含有已知金矿石 60% 左右的主矿带中, 未氧化和氧化的矿石的吨位都很大。未氧化矿石的特征是二氧化硅、黄铁矿和有机碳的含量变化大, 而在局部地方, 象东矿带那样, 由于热液流体带入了碳氢化合物, 其有机碳的含量达到 5% (Radtke 和 Dickson, 1974)。砷的硫化物和硫酸盐常见于矿化碳酸盐的裂隙中; 这些矿物和贱金属硫化物也在主矿带重晶石脉的深部产出。

东矿带: 东矿带从 Popovich 山以南开始, 向北东延伸约 730 米, 并在 Leeville 断层东面的 Vinini 建造内尖灭 (图 3, Radtke, 1973)。大部分矿石产在走向为北 20° 东、倾向 35° 到 45° 西的一个不规则的伸长的板状矿体中, 其外貌与容矿岩石相同; 在东北端附近, 矿体的走向转向东西, 反映出矿石沉积以前由于 Leeville 断层活动所造成的岩层的拖曳。第二个矿体在矿带的西南端产出, 那里的一个宽 60 米的巨厚连续筒状矿体在西南端狭缩到 15 米, 并向北东 30° 倾伏 (图 3, Radtke, 1973)。

在东矿带, 这两个矿体的形状和外貌反映出层面对金的沉积作用的全面控制和补给断层的影响。两组高角度正断层成为构造的控制因素。这就是: (1) 早期走向为北 40° 到 45° 西的一组 and (2) 晚期走向为南北到北 45° 东的一组。至少沿着五条北西走向的早期断层入侵的火成岩脉被后一组断层的活动所错断 (图 3, Radtke, 1973)。

在 Carlin 的任何矿石中, 东矿带内未氧化的矿石在矿物学和化学成分上的变化都最大, 并含有各种各样的稀有矿物, 包括 frankdicksonite, BaF_2 (Radtke 和 Brown, 1974); Carlinite, Tl_2S (Radtke 和 Dickson, 1975); Christite, $TlHgAsS_3$ (Radtke 等人 1977); Weissbergite, Tl_2Sb_2 (Dickson 和 Radtke 1978) 和 ellisite, Tl_3AsS_3 (Dickson 等人, 1979 a); 以及其他含砷-砷-锑-汞的硫化物和硫酸盐矿物。其他特征则包括富含大量碳氢化合物, 而与其他矿带比较只含有少量重晶石的矿带。

未蚀变的容矿岩石

在 Lynn 构造窗, Roberts Mountains 建造的剖面被 Mullens (1977) 描述为一种“由不同数量的棱角状石英和长石粉砂以及极细的砂、粉砂级不规则颗粒到自形菱面体白云石以及镶嵌在非常细粒的方解石基质中的粘土所组成的纹层状灰岩。新鲜的岩石含有黄铁矿和碳质斑点、薄膜、皮壳, 以及在方解石基质中

的碳质包体。”

建造上部245米由两种类型的碳酸盐岩互层组成，其自然外貌虽然相似，但成分、结构和组构有很大的差别，而且容易发生蚀变和矿化。

第一种类型。有利于浸染状金赋存的类型1是一种强烈页片化的泥质，砂质白云岩或钙质泥岩。岩石含有25—45%的白云石菱面体，大小为25—45毫米（显然是属于早期成岩成因）；20—30%的棱角状石英颗粒，其大小为50—100微米；15—20%的泥质物（主要是伊利石）；还有5—20%的细粒方解石。其他组分包括1—3%的燧石（可能属自生成因）；0.5—1%的黄铁矿；0.3—0.8%（重量）的有机碳；还有许多次要的副矿物，包括长石、锆石、角闪石、独居石、电气石、金红石、磁铁矿、赤铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿。这些硫化物的成因还不清楚，但是它们与热液活动无关，可能属于成岩成因。伊利石和含碳物质通常混合在一起，并集中在0.5到2毫米厚的细的波状纹理之内。除了常见的骨针外，这个相没有单独的Peloids，只含有少量的化石碎片。

第二种类型。类型2是不利于金赋存的容矿岩

表1 内华达州 Eureka 县 Lynn 构造窗未蚀变的 Roberts Mountains 建造的样品的化学分析结果

元 素	泥质砂质白云岩 类型1 ¹	砂质Peloid 泥岩 类型2 ²
SiO ₂	29.6	12.0
Al ₂ O ₃	3.1	0.72
Fe ₂ O ₃	0.63	0.48
FeO	0.28	0.12
MgO	10.9	0.61
CaO	23.0	47.8
BaO	0.02	0.01
MnO	0.00	0.00
Na ₂ O	0.00	0.00
K ₂ O	1.2	0.13
TiO ₂	0.11	0.09
P ₂ O ₅	0.32	0.06
H ₂ O ⁽⁻⁾	0.19	0.09
H ₂ O ⁽⁺⁾	1.0	0.61
CO ₂	29.0	38.4
S	0.24	0.05
C(有机的)	0.33	0.20
点数	99.9	101.4

注：1. 位于建造顶部以下150—200英尺三个层的六个样品混合。

2. 位于建造顶部以下150—175英尺三个层的三个样品混合。

表2 内华达州 Eureka 县 Lynn 构造窗未蚀变的 Roberts Mountains 建造的样品的光谱分析结果

元 素	泥质砂质白云岩 类型1 ¹	砂质Peloid 泥岩 类型2 ¹
% Si	10.0	5.0
Al	2.0	0.5
Fe	0.5	0.2
Mg	7.0	0.3
Ca	>10.0	>10.0
Na	0.1	0
K	1.5	0
ppm Au ³	0.06	≤0.03
As ²	10	<5
B	10	0
Ba	200	30
Cr	50	10
Cu	10	1.5
Ga	2	0
Hg ⁴	0.16	0.06
Mn	30	200
Ni	20	2
Sb ³	4	0.5
Sc	5	0
Sr	150	700
Ti	1,000	200
V	300	7
Y	10	20
Yb	1	1
Zn ⁵	50	<6
Zr	50	15

注：1 与表1中所表明的情况一致。

2 比色分析和中子活化分析。

3 中子活化和原子吸收分析。

4 Leico汞蒸气分析。

5 x-射线荧光分析。

石，它在矿床内是新鲜的或只发生过弱蚀变和（或）矿化。这个相是一种纹层不发育的薄层状砂质球粒状泥岩。大小为50—300毫米的Peloid占岩石的40—65%；这个相也含有10—20%的棱角状粉砂到砂级的石英颗粒，1—5%的泥质物（主要是伊利石），以及百分之几的白云石。占某些样品20%的生物碎屑包括有腕足类、棘皮动物、海百合和骨针的碎屑。除有机碳的含量较低（重量为0.2—0.4%）以外，次要组分与其他的岩相相似。这两个相的近地表样品中产出有少量蒙脱石。

容矿岩石中两个相的样品的化学分析和光谱分析结果列于表1和表2，同位素数据列于表7。虽然缺

乏最新的可靠的岩石孔隙度和渗透率的资料，但是第一类的薄层状岩石看来可能具有较高的孔隙度和渗透率，使它们有利于间隙中方解石的溶解和热液矿石组成的带人。Roberts Mountains 建造在岩性上、化学上和矿物学方面的特征以及两个相在其中的分布，最近尚在研究。正如Turekian 和 Wedepohl 所报道(1961)，在未蚀变的类型 1 的相中，大部分次要元素的平均值都大于地壳灰岩的平均值而小于地壳页岩的平均值。

矿石矿物学和化学

Carlin 地区的矿体可以分为上部氧化带和下部未氧化带。被氧化了的矿石可以进一步划分为淋滤矿石

和未淋滤矿石。根据矿物学、化学成分和金的伴生矿物，未氧化的矿石又可以分为五种类型，这些类型在矿床中都很容易识别。它们是：(1) 正常类型，(2) 硅质类型，(3) 黄铁矿类型，(4) 碳质类型和(5) 含砷类型。这些类型并不是固定的端元成员，它们之间有许多过渡类型。各种类型的标本示于图 4。未氧化的矿石和氧化及淋滤矿石的化学分析和光谱分析结果列于表 3 和 4。

占已知未氧化矿石 60% 以上的正常类型，其自然外貌与新鲜的容矿岩石十分相似。Wells 和 Millens (1973) 对 Carlin 地区的这种矿石类型作了详细的描述。在大部分样品中，25—50% 的原生方解石被热液

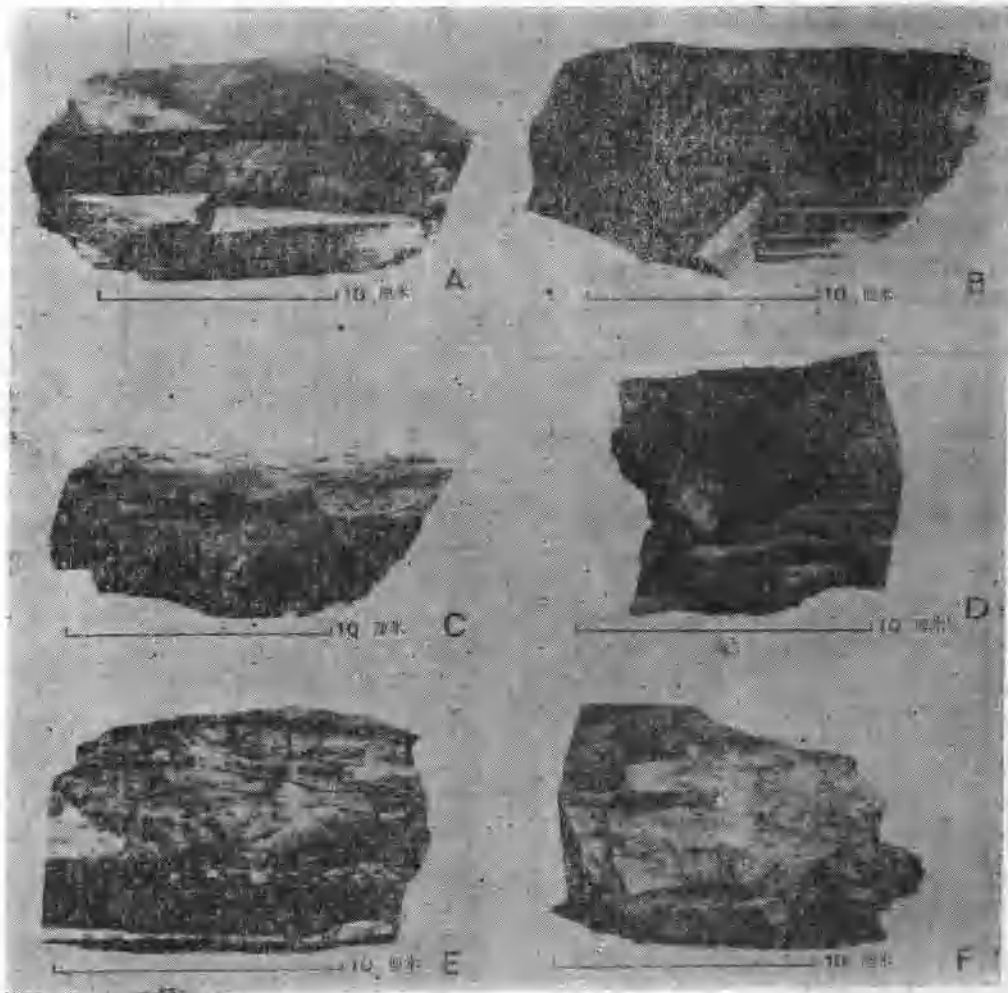


图 4 Carlin 的矿石和容矿岩石：(A) 页状泥砂质白云岩 (类型 1)，容矿岩石；(B) 正常类型的未氧化矿石；(C) 从弱硅化 (浅灰色) 过渡到强硅化 (深灰色) 的硅质矿石；(D) 黄铁矿集中在浅灰色带形成的黄铁矿矿石；(E) 部分氧化的 (浅色部分) 含砷碳质矿石 (深色部分)；黑色条带富含碳氢化合物，白色条带主要是雄黄和重晶石；(F) 淋滤的氧化矿石

表 3 内华达州 Eureka县, Lynn 构造窗 Carlin 金矿床未氧化矿石和
氧化及淋滤-氧化矿石中各种类型样品的化学分析结果

元 素	正常类型 ¹	正常类型 ²	硅质类型 ³	黄铁矿类型 ⁴	碳质类型 ⁵	含砷类型 ⁶	氧化类型 ⁷	淋滤-氧化类型 ⁸
SiO ₂	32.6	39.6	95.7	51.9	33.4	42.1	50.9	73.9
Al ₂ O ₃	5.2	6.7	1.6	4.2	3.3	6.0	5.5	12.0
Fe ₂ O ₃	0.69	1.9	0.66	3.3	1.2	1.9	2.0	3.1
FeO	1.0	0.84	0.10	1.1	0.14	0.68	0.12	0.16
MgO	8.0	9.3	0.06	7.3	11.2	9.1	4.9	1.3
CaO	22.1	14.4	0	10.3	18.0	13.1	15.6	0.45
BaO	0.02	0.02	0.05	0.01	0.09	0.08	0.02	0.03
MnO	0.04	0.03	0.21	0.04	0.05	0.04	0.03	0
Na ₂ O	0.12	0	0	0	0.53	0.03	0.20	0.04
K ₂ O	1.5	1.7	0.26	1.0	1.1	1.06	1.3	3.5
TiO ₂	0.26	0.36	0.03	0.26	0.18	0.30	0.23	0.63
P ₂ O ₅	0.07	0.12	0.07	0.12	1.1	0.25	0.12	0.09 ⁺
H ₂ O ⁽⁻⁾	0.17	0.42	0.10	0.41	0.23	0.39	0.24	1.1
H ₂ O ⁽⁺⁾	1.2	1.6	0.82	1.1	1.2	1.8	1.4	3.1
CO ₂	26.0	21.6	0.02	15.9	25.6	19.1	16.9	0.04
S (总量)	0.72	0.82	0.11	2.3	0.8	2.2	0.2	0.11
C (有机的)	0.20	0.31	0.17	0.51	1.9	0.50	0.20	0.05
As	0.02	0.09	0.04	0.02	0.06	1.11	0.15	0.08
总 数	100.0	99.8	100.0	100.3	100.1	100.3	100.0	99.7

注: 1. 主矿体, 标高6,300; Au = 9ppm. 5. 东矿体, 旋钻钻孔D8; Au = 5ppm.
2. 主矿体, 标高6,280; Au = 18ppm. 6. 东矿体, 标高6,380; Au = 69ppm.
3. 东矿体, 标高6,320; Au = 23ppm. 7. 主矿体, 标高6,330; Au = 10ppm.
4. 主矿体, 标高6,300; Au = 8ppm. 8. 主矿体, 标高6,320; Au = 50ppm.

流体所带走, 形成了少量的黄铁矿, 连同金、汞、铊、锑、砷一起还带入了细粒的石英。在这种矿石类型中, 这些元素的平均丰度是, 金8ppm、汞25ppm、锑100ppm和砷400ppm。有机碳含量大约为0.25—0.30% (重量), 与新鲜容矿岩石的有机碳含量相同或稍高一点。大部分的金与汞、锑和砷一起在黄铁矿颗粒的表面呈薄膜产出并充填于黄铁矿颗粒的裂隙中。较少量的金与有机碳伴生。极少量的金属金在石英中呈细小的颗粒产出。除黄铁矿外, 硫化矿物极为稀少。

硅质矿石含有大量被带入的二氧化硅和极少量残余白云石和方解石。在自然外貌和矿物学方面, 这种矿石类型从正常类型过渡到碧玉。被带入的热液元素的丰度 (包括金) 变化范围很大。大部分金都产出在石英包裹的细粒黄铁矿的表面上, 而少量的细粒金属金则分散在石英中。辉锑矿、雄黄和黄铁矿是目前在这种矿石类型中所发现的仅有的硫化物矿物。硅质矿石只占矿床中原生未氧化矿石的5%左右。

黄铁矿矿石占已知未氧化矿石的5—10%, 并含有3%到10%以上的被带入的黄铁矿。与正常矿石相比, 黄

铁矿矿石含有更多的热液二氧化硅和较少的方解石 (表3)。黄铁矿有两种产状: 自形到半自形颗粒, 长达200毫微米, 在岩石中散布, 而在穿切层理的细脉内富集; 以及显微球粒集合体, 直径小于10毫微米, 与有机碳和石英伴生。在许多论文中, 包括Berner (1969, 1970)、Love (1957, 1967)、以及Love和Amstutz (1966) 的论文中, 都已对沉积岩中自生显微球状黄铁矿的产状与成因作过叙述。Carlin地区新鲜的未受矿化容矿岩石中未发现显微球状黄铁矿。这种形态的黄铁矿只产出在矿化了的岩石中, 说明它属于热液成因。有些显微球状黄铁矿已被金和其他元素的薄膜所包裹, 这说明显微球状黄铁矿的形成比金稍早一点。

黄铁矿矿石中金、汞、锑和砷的含量变化很大。金和汞与含碳物质一道产出并与锑和砷一起在上述两种黄铁矿上形成薄膜 (Radtke等人, 1972b)。有机碳的含量从大约0.5% (重量变化到0.9% (重量), 说明有些碳氢化合物被带入。这些矿石的薄片显示出, 散布在岩石基质中的碳氢化合物有所增加。显然显微探针的研究已经证明有稀少的雄黄、辉锑矿、闪

表 4 内华达州, Eureka县, Lynn构造窗 Carlin 金矿床未氧化矿石和氧化及淋滤-氧化矿石中各种类型样品的光谱分析结果

元 素	正常类型 ¹	正常类型 ¹	硅质类型 ¹	黄铁矿 ⁴ 类型 ¹	碳质类型 ¹	含砷类型 ¹	氧化类型 ¹	淋滤-氧化类型 ¹
Si(%) ²	>10.0	>10.0	>10.0	>10.0	>10.0	>10.0	>10.0	>10.0
Al	5.0	7.0	0.5	2.0	3.0	5.0	5.0	5.0
Fe	2.0	2.0	0.5	3.0	1.5	2.0	2.0	2.0
Mg	5.0	10.0	0.15	5.0	10.0	7.0	5.0	0.5
Ca	7.0	>10.0	0.03	7.0	>10.0	10.0	10.0	0.2
Na	0.05	0.1	0.03	0.05	0.1	0.07	0.03	0.07
K	1.5	3.0	0	1.5	1.5	2.0	1.5	2.0
Ti	0.2	0.2	0.02	0.1	0.1	0.15	0.15	0.3
P	0	0	0	0	0	2.0	0	0
Mn(ppm) ³	100	150	7	150	500	150	150	10
Ag	0	0	1	0	2	0	0	0.7
As ⁴	154	800	385	180	480	11,000	1,450	790
Au ⁵	9	18	23	6	5	69	10	50
B	150	70	7	20	100	30	70	70
Ba	200	200	500	100	500	500	150	300
Co	7	5	0	7	3	3	3	1.5
Cr	70	70	10	30	70	70	50	100
Cu	50	20	70	30	70	50	20	30
Ga	15	15	0	7	7	10	10	20
Hg ⁶	25	40	55	25	20	200	35	100
La	50	0	0	50	0	50	70	30
Mo	15	7	5	15	50	10	5	5
Nb	0	7(?)	0	0	0	0	0	10
Ni	50	20	3	70	100	20	20	15
Pb	15	0	0	10	15	0	15	30
Sb ^{4,7}	<40	150	40	<40	60	115	129	360
Sc	10	15	0	7	7	10	15	15
Sr	150	0	10	100	200	150	100	100
Tl	70	200	0	0	0	150	50	0
V	200	0	70	100	700	70	50	200
W ⁷	<20	<20	<20	<20	30	20	<20	<20
Y	20	30	0	15	70	20	30	30
Yb	2	1.5	0	1	3	1.5	3	3
Zn ⁴	51	114	6	7	100	<5	163	65
Zr	100	150	20	100	70	150	200	300

注: 1. 与表3中所介绍的情况一致。

2. 从Si一直到P以重量百分比表示。

3. 从Mn一直到Zr以ppm表示。

4. x-射线荧光分析。

5. 原子吸收分析。

6. Leico汞蒸气分析。

7. 比色分析。

锌矿、方铅矿、辉钼矿和黄铜矿的小颗粒, 但黄铁矿则是主要的硫化物矿物。

“碳质矿石”这个术语通常用来统称Carlin和其他碳酸盐岩中的浸染状金矿床的全部未氧化的矿石。然而, 我们把这个术语只用来统称那些可以证明是带入了碳氢化合物的矿石。这些矿石的特点是含有1—

5% (重量) 的有机碳。Radtke和Scheiner(1970)所描述的碳质矿石为深灰到黑色, 除了非晶质碳、碳氢化合物和有机酸或腐植酸的分散颗粒外, 还含有碳氢化合物的细脉和薄层。碳质矿石占Carlin未氧化矿石的15—20%。

碳质矿石与正常矿石的差别在于它的有机碳含量

较高。碳质矿石中的金与含碳物质和作为黄铁矿颗粒的薄膜同时产出。碳质矿石中，汞、铋和砷的产状与这些元素在黄铁矿类型矿石中的产状相同。在这种矿石类型中还未发现金属金的颗粒。除黄铁矿外，碳质矿石通常含有其他的硫化物，包括有雄黄、雌黄、辉铋矿、红砷矿、辰砂、闪锌矿、方铅矿和Carlinite。

含砷矿石占已知未氧化矿石的5—10%。它含有高浓度的砷〔0.5—10.0%（重量）以上〕，其中大部分赋存在雄黄和雌黄的分散颗粒和细脉中。砷的硫化物在共生顺序中是晚期沉积。它们产在靠近氧化带底部的重晶石脉深部的通常富含碳氢化合物的碳酸盐中，以及未氧化矿石的方解石脉中（Radtke和Dickson, 1974; Dickson和Radtke, 1977; Harris和Radtke, 1976）。除砷以外，大部分含砷矿石的主要化学组分和矿物相都与正常类型和碳质类型矿石中的完全一致。

含砷矿石中的金和汞与含碳物质一起呈薄膜产出在碳酸盐岩中散布的和在雄黄细脉中嵌布的黄铁矿颗粒表面上。Carlin矿石的电子显微探针研究表明，雄黄中赋存有少量可检测的金。有人（Dickson等人，

1975b）曾经报道，某种形式的金不是呈固溶体就是以混合金属金产出在合成的雄黄和雌黄中。除金以外，富砷的矿石，通常含有很高的汞、铋和铊，以及含有这些元素的各种各样的硫化物和硫酸盐矿物。在其他的Carlin型矿床中，对含砷矿石的详细描述包括：犹他州Mercur矿床的含砷矿石（Gilluly, 1932）；内华达州Manhattan矿床的含砷矿石（Ferguson, 1924）和内华达州Getchell矿床的含砷矿石（Joralemon, 1951）。

矿化作用、酸性淋滤和氧化作用过程中的化学变化

Roberts Mountains建造和各种类型未氧化矿石中主要元素的含量，以及由于矿化作用引起这些元素在岩石中含量的变化情况示于图5。

未蚀变原岩中的最显著变化是CaO和CO₂的丢失和SiO₂的带入。Al₂O₃、K₂O和H₂O⁺的增加反映了有少量高岭石和绢云母形成。H₂O⁻（结合松弛的水或吸附水）随着Al₂O₃、K₂O和H₂O⁺的增加而增加，反映出细粒含K的水化铝质粘土的表面具有吸附水的倾

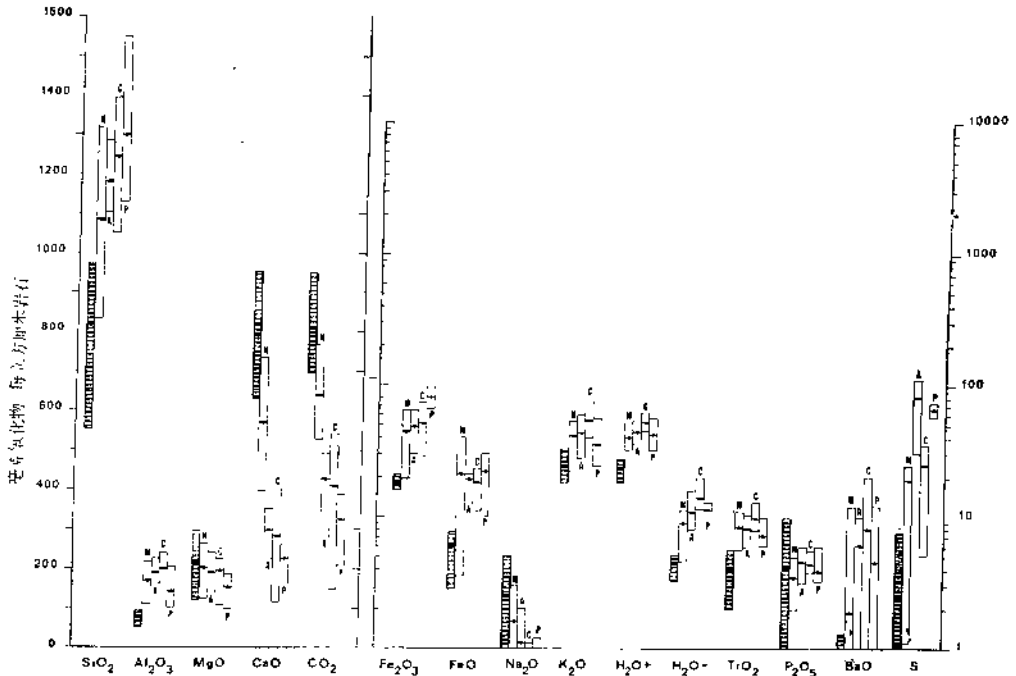


图5 矿石沉积期间Roberts Mountains建造中白云质碳酸盐岩的化学变化。直方柱表示每立方厘米岩石中所指氧化物的毫克范围和中值（黑的菱形）（这些数值等于氧化物的重量百分比乘总的比重乘10）。岩类学的证据证明，在蚀变过程中岩石体积没有发生明显的变化。带阴影的方柱表示未蚀变岩石的成分，空白的方柱表示各种未氧化矿石类型的成分；N = 正常矿石，A = 含砷的矿石，C = 碳质矿石，和P = 黄铁矿矿石。硅质矿石未示出

向。铁和硫的增加与黄铁矿的形成是吻合的。BaO含量的增加说明有钡加入，显然是因为有少量的细粒重晶石分散在岩石中所致。浸染状重晶石可能比矿脉中的重晶石形成得早。还有少量的TiO₂加入。电子显微探针分析结果表明，在各种矿石类型的基质中散布有TiO₂成分的细粒矿物。新鲜岩石和矿化岩石中MgO的含量相同，这与矿物学资料是一致的。这些资料说明，只有少量的白云石被热液流体所溶解，而方解石则首先被转变为白云石。只有在热液蚀变强烈和形成硅质类型矿石的地方，大部分白云石和全部方解石才被带走了。图5中删去了有机碳和砷含量的资料，它们的含量在矿化岩石中都有增加。

矿床上部大部分岩石都遭受到明显的蚀变。大部分蚀变是由于碳酸盐从岩石中被带走，黄铁矿和有机物的氧化和迁移所造成的。这些酸性淋滤的岩石产出在厚达76米的一个浅的不规则带内。酸性淋滤带位于

Roberts Mountains 建造上部的岩层内，并水平延伸到Popovich 建造和vinini建造之内。展布比较平缓的酸性淋滤带切割了所有三个矿带中倾斜的矿化岩石。在淋滤带的上部 and 侧面，淋滤和氧化作用受构造上的控制，并在沿裂隙和断层的岩石中发生了最强烈的蚀变。在 Roberts Mountains 建造中，特别是在酸性一淋滤带的砂质Peloid 泥岩（类型2的相）中还保留有未氧化和未淋滤的容矿岩石残留体。

野外的证据表明，矿床上部的方解石和白云石的酸性淋滤作用与大部分强烈的氧化作用是同时发生的。然而，后期的、淋滤作用以后的氧化作用（常常延伸在淋滤带之下，并在主矿带中达到92米的深度）已经影响了容矿岩石和矿石的较厚部分，而且目前可能还在继续影响着。

矿床中酸性一淋滤带的强蚀变岩石主要是由细粒石英和伊利石、少量的高岭石和绢云母、少量的蒙脱

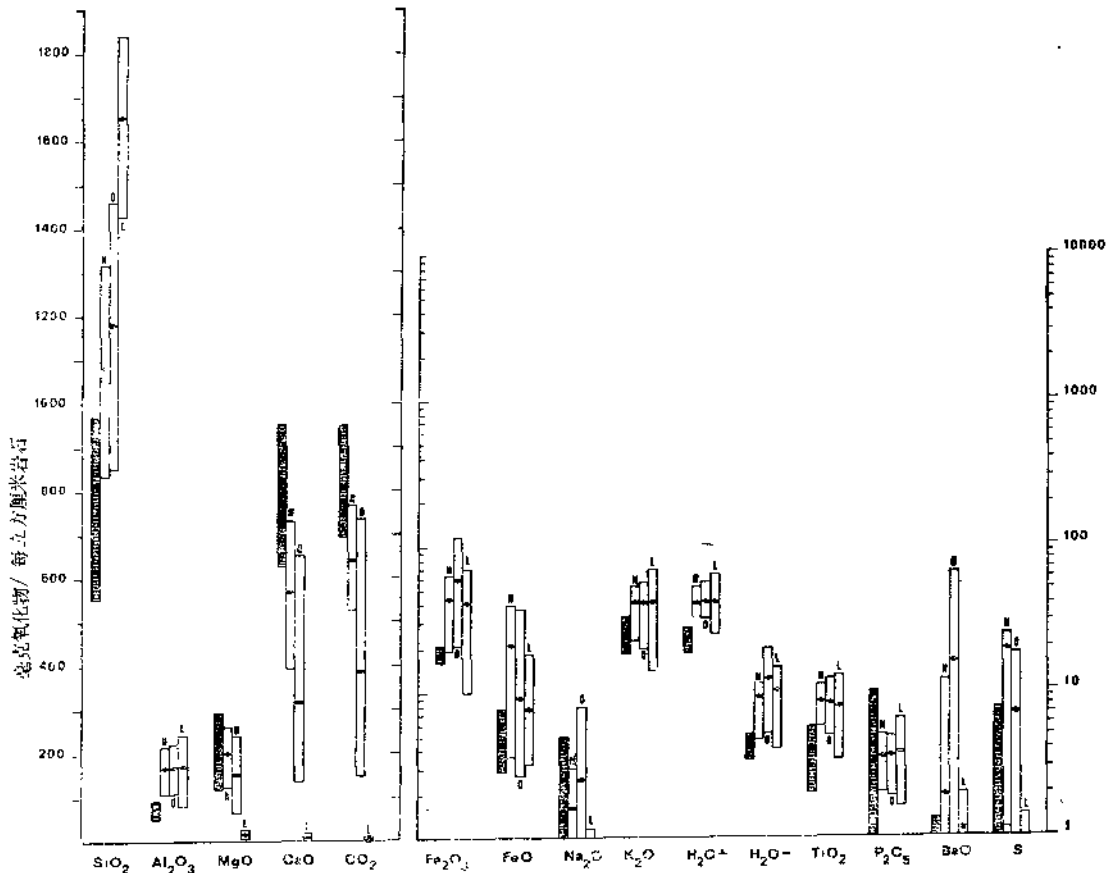


图6 矿床上部在热液矿化、酸性一淋滤和氧化作用以及晚期氧化作用期间 Roberts Mountains 建造中白云质碳酸盐岩石的化学变化。直方柱表示每立方厘米岩石中所指氧化物的毫克范围和中值（黑的菱形）（这些数值等于氧化物的重量百分比乘总的比重再乘10）。带阴影的方柱表示未蚀变岩石的成分，空白的方柱表示正常类型的未氧化矿石的成分（N），酸性一淋滤氧化矿石（L）和未受淋滤的氧化矿石（O）

石、一些残余的白云石、少量的方解石（取决于蚀变的强度和位置）以及分散的铁的残留氧化物组成。淋滤带中还出现由于酸性淋滤溶液与容矿岩石中方解石之间的反应所形成的少量残留的硬石膏。在上部岩石中形成的大部分硬石膏后来可能被地下水所溶解。

在晚期热液酸性淋滤和氧化作用过程中，矿床上部矿化岩石中所产生的重大化学变化在图6中通过第2和第4方柱内正常的未氧化矿石和酸性-淋滤氧化矿石的资料对比做了总结。CaO、MgO和CO₂的大量丢失说明，几乎全部方解石和大部分白云石都溶解了，而SiO₂的增加则反映了石英的加入。K₂O、Al₂O₃和H₂O⁺的含量没有变化，说明在矿床上部淋滤和氧化作用过程中没有发生进一步的钾质蚀变。Fe₂O₃含量的降低说明黄铁矿分解时铁和硫被带走。所有这些变化都与岩石学证据相吻合。碳呈有机物被带走的情况在图6中未示出。

淋滤带以下至少20米深处的矿化和未矿化岩石均遭受了热液后的浅成氧化作用，在这个过程中，岩石被退色而变成浅绿色到棕褐色，根据它们颜色的变化和变化不太大的矿物成分则可将它们与酸性-淋滤岩石相区别。在淋滤带上部的一些地方也产出有这样的岩石。在受到氧化而未被淋滤的矿石和被淋滤氧化的矿石中，直径达5毫米的金属微粒散布在岩石中并被包裹在细粒石英中，还有很少量的金属微粒与次生的铁的氧化物矿物和粘土伴生。Carlin地区的氧化物金矿石标本示于图4。Hausen和Kerr(1968)对氧化矿石作了详细描述，并提供了有关的照片和化学分析结果。

图6中第2和第3方柱的对比说明，热液活动结束以后由地表水引起了矿化岩石在化学成分上的变化。这些资料说明，晚期浅成氧化作用过程中的化学变化比晚期热液淋滤过程中的化学变化小得多。CaO和CO₂的丢失说明有少量方解石被带出；FeO和S的降低与黄铁矿及其他硫化物的氧化作用相吻合。较高的SiO₂值（意味着有些晚期石英的带入）与某些样品中出现石英显微细脉

的岩石学资料相一致，在这种石英中的流体包裹体表明，它们是由低温、低盐度的溶液形成的（在下节中讨论）。

时空关系

图7中的剖面表示矿床的重要特征在空间上的总体分布情况。矿体和蚀变岩石与构造的大致空间关系，在矿床的每一个地方都是相似的。很明显，矿体的变化反映了在矿物沉积带的上部由于流体流经途径的复杂性和沸腾时物理化学条件所造成的热液流体的差异。图7中数字说明的内容是：

1. 氧化的酸性淋滤岩带的底部与目前的地形平行，但沿裂隙向下延伸，这个带含有独立分散的未蚀变的容矿岩石和未氧化的矿化岩石的残留体。
2. 氧化而未受淋滤的岩石，在淋滤带之下延伸的范围约为20米，而且这种岩石也在淋滤带的上部出现；这个浅成氧化带实际上是从地表穿过并延伸到淋滤带以下的。
3. 浸染状金矿体向下伸入氧化带之下，深度不详，向上则延伸到酸性淋滤带和表生氧化带之内。
4. 从断层向外延伸达30米的碧玉块体发育在氧化酸性-淋滤带中，垂直延伸距离达130米左右；岩体

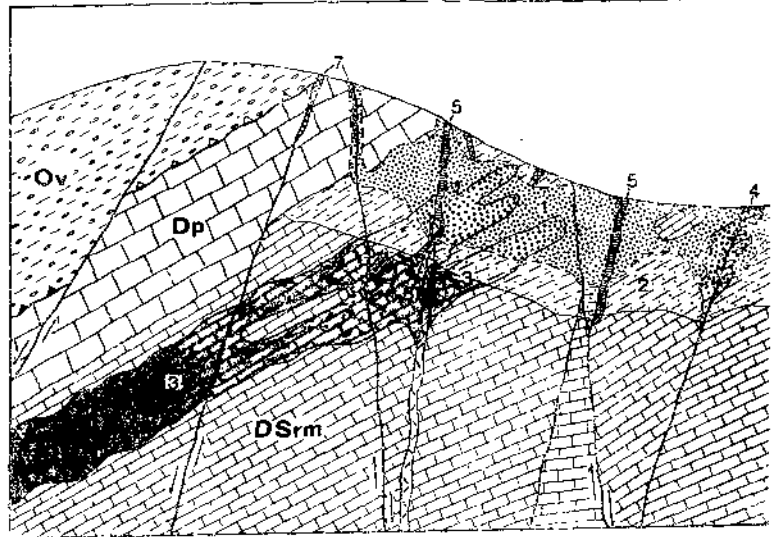


图7 通过主矿带和Popovich山的南北剖面示意图，图中所示为一些重要的地质特征。岩性单元包括Vinini建造(O_v)、Popovich建造(D_p)和Roberts Mountains建造(DS_{rm})

1—淋滤蚀变带(小圆圈)；2—从地表向下延伸通过酸性-淋滤带并位于该带下面的晚期浅成蚀变带(点和虚线)；3—主矿带，包括下部未氧化的矿石(深灰色)和上部氧化的矿石(浅灰色)；4—以黑点和直线花纹表示的碧玉块体——注意沿框图中心附近的断层侵入的火成岩脉；5—重晶石脉，以水平横线花纹表示；6—石英脉，以实心黑点表示；和7—方解石脉，以交叉十字花纹表示