岷县－太白地区金、铅锌矿床类型及时空序列*

Types of Gold and Lead-Zinc Deposits in Minxian-Taibai District, and Their Spatial and Temporal Linkage

闫 臻[1,2] 王宗起[2] 李继亮[1] 秦克章[1] 闫全人[2] 王 涛[2]

（1 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈开放实验室，北京 100029；2 中国地质科学院地质研究所，北京 100037）

Yan Zhen[1,2], Wang Zongqi[2], Li Jiliang[1], Qin Kezhang[1], Yan Quanren[2], Wang Tao[2]

(1 Laboratory of Lithosphere Tectonic Evolution, Institute of Geology and Geophysics, CAS, Beijing 100029, China; 2 Institute of Geology, CAGS, Beijing 100037, China)

摘 要 西秦岭岷县—太白地区泥盆系蕴藏着秦岭最大的金及多金属矿床。成矿分带性明显，金矿床和铅锌矿床南北相间分布，铅锌产于泥盆纪弧前盆地构造背景中，金则主要与印支期增生岩浆弧有关，均受东西向断裂带控制，具有多期次成矿特征，时代上具有向西变新特点。

关键词 金矿床 铅锌矿床 成矿分带 西秦岭

西秦岭泥盆系中产 Pb、Zn、Hg、Sb、Au、Ag、Cu、W、Sn 等多种金属大型、超大型矿床，构成了一条引人注目的金属成矿带。该带成矿具水平分带性,从北向南依次为金铜铅锌银钨钼矿带、铅锌金铜矿带、锑汞金砷矿带、铁铜金矿带。现已查明规模不等的铅锌矿床共 33 处，金矿床约 20 余处。其中金矿床主要分布于该成矿带的北带，南带以铅锌矿床为主，但也有八卦庙、双王、二台子、小沟里等金矿床。这些矿床集中于漳县－武山－太白断裂和岷县—成县—凤县—山阳断裂之间。目前，该区各矿床的地质特征和成因研究较为深入，提出了热水沉积（祁思敬等，1993）、礁硅岩套（王集磊等，1996）、卡林型（张复新，1996）、多成因复成矿床（钟建华等，1997）和造山型（毛景文，2001）等成矿模式，但把金及铅锌矿床作为一个有机整体进行研究并探讨其成矿规律及其机制的工作（汪东波等，2001）相对较少。本文就是对此来总结西秦岭岷县—太白地区金及铅锌矿床类型特征并讨论其在西秦岭造山带中的时空序列。

1 区域地质概况

秦岭泥盆系横跨陕甘南部，自西向东分布一系列早古生代构造热隆起，如吴家山和佛坪隆起等，从而将西秦岭造山带泥盆系沿走向从西到东分割成呈线（带）状排列的岷礼、西成、凤太、板沙、榨山、镇旬盆地。武山—天水—唐藏一线大面积出露的丹凤群岛弧火山岩不仅是西秦岭泥盆纪沉积盆地的基底，同时也是这些盆地形成的主要物源（闫臻等，2002）。杨宗让（1999）认为这些盆地为弧前盆地；最近研究认为其为晚古生代弧前增生的背驮盆地体系（王宗起等，2002）。

区域岩浆活动频繁，主要以印支和燕山期为主。构造为以 EW 向、NE 向为主的逆冲推覆断层和强烈紧闭斜卧褶皱。分布于礼县—白云—镇安深断裂北侧的泥盆系变形强烈，主要受燕山-印支期构造运动和大规模岩浆侵位挤压作用控制，褶皱构造线和断裂走向常与岩体边缘近于平行，呈弧形产出，它是西秦岭金矿赋矿地层的典型构造特征。南侧泥盆系，主要表现为强变形浅变质和弱变形强变质两种特征类型。其中后者主要出露于吴家山和佛坪隆起之间，厂坝式铅锌矿主要分布于其中；而毕家山—铅硐山式铅锌矿主要集中于吴家山和佛坪隆起外侧的强变形弱变质地层中，同时也有部分金矿床分布于其中。

*本文得到到地调项目（DK2001002）的资助

第一作者简介 闫臻，男，1970 年生，在读博士生，构造地质学专业，从事造山带与成矿的研究。

2 金矿类型主要特征及其时空分布规律

2.1 金矿类型及其特征

目前，西秦岭已发现的李坝、马泉、金山、三人沟、锁龙、安家岔、小沟里、三华咀、三洋坝、庞家河、八卦庙、双王、马鞍桥、二台子等金矿床均分布于西秦岭铅锌矿田北部，主要赋矿地层为舒家坝群（D_2sh）、星红铺组（D_3x）或桐峪寺组（D_3t）。对于这些金矿的划分类型不同学者提供截然不同的划分方案，如卡林型或微细浸染型（李文亢，1994），热水沉积型（王相等，1996）或碳硅质泥岩型（王驹，1994）。但长期以来在认识上仍以微细浸染型或卡林型占主导思想的研究者居多，不仅认为西秦岭泥盆系中的金矿与美国卡林金矿具有较好的类比性，而且认为其及滇黔桂三角区是我国较典型的卡林型金矿成矿区，并有微细浸染型、热水沉积等成矿和找矿理论模型先后被提出来（祁思敬，1993；王相等，1996；王集磊等，1996；薛春纪，1997；张复新，1998）；并将八卦庙、李坝、双王、安家岔等金矿与滇黔桂板其、丫他、烂泥沟及四川东北寨等相提并论（赵会庆，1999），甚至认为八卦庙金矿是“迄今发现的产于秦岭地区泥盆纪浅变质细碎屑岩中规模最大的微细浸染型金矿”（韦龙明，1999）。邵世才（1999）据不同金矿围岩和矿石特征将西秦岭金矿细分为①浅变质细碎屑岩型、②卡林型、③钠长角砾岩型和④石英脉型四种类型，并将浅变质碎屑岩型分为八卦庙式、李坝式和拉尔玛式三个亚类。毛景文（2001）认为西秦岭岷县-太白地区古生代盆地中的金矿为造山型金矿，而卡林型金矿主要集中于南秦岭和松潘-甘孜地区。事实上，虽然不同学者对这些金矿床的类型划分各不相同，但这些分类都是从赋矿围岩、矿石建造、成矿流体和控矿构造等方面进行的，多未能将其和西秦岭造山带中泥盆纪盆地的形成机制相结合来讨论其成因类型及时空演化规律，并从西秦岭造山带演化方面来建立一个与其发展对应的并具有广义的矿床成因分类及其模型。

表 1 西秦岭典型金矿特征简表

矿床特征	李坝	小沟里	安家岔	双王	八卦庙
赋矿地层	中泥盆世舒家坝群	中泥盆世西汉水群	中泥盆世西汉水群	晚泥盆世星红铺组	晚泥盆世星红铺组
主要矿物组合	黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、自然金	石英、铁碳酸盐、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿	黄铁矿、毒砂、辉锑矿、微量闪锌矿、黄铜矿	钠长石、铁白云石、黄铁矿、自然金	黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、闪锌矿、自然金
成矿元素	Au-AS-(Ag、Sb)	Au-AS-Pb-Zn	Au-AS-Sb-Hg	Au-Te-Se-Ag	Au-Ag
金存在形式	细粒金为主	粗粒金为主	细粒金为主	粗粒金为主	粗粒(明金)为主
围岩蚀变	绢云母化、硅化、毒砂化、黄铁矿化	硅化、铁碳酸盐化、绢云母化及少量钠长石化	硅化、碳酸盐化、黄铁矿化	钠长石化、铁白云石化	硅化、绢云母化、碳酸盐化、电气石化
与岩浆活动的关系	距中川岩体 1~3 km	中酸性、酸性岩体发育	隐伏岩体（？）	距西坝岩体 1~3 km	矿区发育大量闪长岩脉
$\delta^{34}S_{py}$/‰	6.9~11.6	6.25~7.28		8~10	7.4~12.51
$\delta^{13}C$/‰	-5.93~-1.71			-0.03~7.89	-4.87~-1.85
$\delta^{18}O$(‰)	5.20 – 7.34	4.0~17. 0		18.32~19.28	2.1~7.0
成矿流体					
t/℃	145~360	134~218	233~370	205~330	105~429
$w(NaCl_{eq})$/%	9.10	6.0	0.26~1.52	2.2~10.0	10
性 质	岩浆水、变质水为主和大气降水混合流体	岩浆水与变质水混合热液	岩浆水、变质水与大气降水混合热液	变质水与岩浆水的多源混合热液	岩浆热液为主
成矿年龄/Ma	142~199	171.6	269±21	168~183	131.9±0.89
相似矿床	金山、马泉、郑沟里、三人沟	三洋坝		二台子	庞家河、马鞍桥

据西秦岭岷县—太白地区典型金矿床的地质特征（表 1）及前人对该区金矿床流体包裹体研究结果，可得出：①这些金矿床成矿流体均具有深源特征，而且可能有幔源特征；②包裹体类型多，气相包裹体居多，流体多具有富含 CO_2 的低盐度〔$w(NaCl_{eq})$<6%〕流体特征；③成矿温度高；④自然金主要为明金，粒度相对较粗，呈不规则粒状、树枝状、片状等，并非以显微-超显微金为主；④成矿时代多为印支-燕山期，接近于矿区侵入岩脉（体）的形成时代，而滞后于或同期于西秦岭造山带碰撞造山期。卡林型金矿的重要特征是其金粒度细，呈显微-超显微形态存在；成矿流体为非岩浆成因的建造水和大气降水，与同期岩浆作用无关；并非形成于挤压环境，而是和伸展作用有关（Robert, 1997）；⑤矿物组合以雄黄、雌黄、辰砂、辉锑矿等常见的偏低温矿物为主。显然,将上述这些金矿床全都归并于卡林型金矿床范围之中可能还需再更进一步的工作。

深源成矿流体是岷县-太白地区泥盆纪盆地金矿床的主要特点，如八卦庙稳定同位素、微量元素和稀土元素特征研究有力的证实了这一点（钟建华等，1997；黄杰等，2000；谭运金等，2000）。同时铅同位素演化研究（朱华平等，2000）显示金矿石铅分布于成熟岛弧区，受放射成因铅加入的影响，多数模式年龄为负值，显示出岩浆活动在金矿成矿中的叠加改造作

用。根据成矿温度和流体来源，这些金矿属于中温热液脉型金矿。Groves（1998）将所有形成于会聚板块边缘的增生和碰撞造山带挤压-转换过程中的矿床称作“造山带型矿床”。这类矿床的典型特征是具有富含 CO_2 的低盐度〔$w(NaCl_{eq})<6\%$〕成矿流体并分布于古造山带增生构造带中，尤其是增生楔，而卡林型金矿主要形成于弧后盆地中。由于增生和碰撞代表了造山带连续演化过程中的两个端元，因此增生构造带的造山是造山带演化晚期的最主要过程，与金有关的海相岩石都集中于此构造单元中。这些物质在增生的某个过程中，受到来自俯冲沉积物熔融形成的增生岩浆弧和变质流体作用，促使热液循环和金矿形成。从而形成的金矿时代可能同期或滞后于这些岩浆弧的形成时间。这就是西秦岭岷县-太白地区泥盆纪盆地中金矿床形成时代滞后于矿区相关岩浆侵入体或与其形成时代同期的合理解释。根据造山带型金矿床的特征和形成大地构造环境，这些金矿床是否全为造山带型金矿仍需一些深入研究。

2.2　时空演化规律

西秦岭岷县-太白地区泥盆系中金矿床在空间分布上具有一定的规律。空间上，以佛坪隆起和吴家山隆起为中心，隆起周围形成造山带型金矿床，如安家岔、小沟里等金矿床；隆起东西两端形成卡林型金矿，如西端拉尔玛金矿、东端金龙山金矿和丘陵金矿等。矿石类型自西向东由以蚀变岩型为主变为石英脉型为主；$\delta^{18}O_{水}$、包裹体中气相成分 H_2 含量及矿化度也具有此特征；钠长石含量在东西两端卡林型金矿中相对较少，而在该区造山带型金矿中含量相对高一些，造成这种现象的主要原因是由于俯冲-增生造山过程中，俯冲挤压作用导致增生楔前端增生物大量流体沿着其前端叠瓦状逆冲断层或双冲构造向外排出，并在这些断层周围沉淀形成一些列类似钠长石、重晶石等海底喷流作用的岩石矿物组合，而在弧后盆地中相对缺少这些组合。同时，增生楔形成过程中，由于增生弧前缘凸起位置构造应力相对集中，流体活动相对增强，或者俯冲板块中存在有洋隆起、海山等，从而导致增生过程中这些位置及其附近的构造变形和变质作用大大加强，韧性剪切带控矿也明显增强。佛坪隆起可能就相当于一个古洋隆起，马鞍桥金矿就恰好形成于其外侧。

另外，金矿床产在其它金属矿区（田）的延长和横向方向上，如与这一地区的铅锌矿区（田）相间排列，金矿化显然发生在铅锌矿化强度减弱、尖灭部位，及构造隆升剥蚀区。平面上，该区金矿床具有等间距分布特征，均位于北西向区域大断裂（漳县-天水-唐藏-太白-商县断裂）南侧岩体周围，且由西向东，矿床规模由小型、中型发展为大型、超大型。

3　铅锌矿床特征及其时空分布规律

秦岭泥盆纪地层中以盛产铅锌矿床而著称，目前已知的铅锌矿床矿点约百余处，其中超大型 1 处（厂坝）、大型 7 处（毕家山、洛坝、邓家山、尖崖沟、银硐梁、八方山和铅硐山）、中型 13 处（页水河、向阳山、手搬崖、银母寺等）、小型 12 处（焦沟、庙沟、长沟等）。它们主要集中于西成盆地和凤太盆地，中且因其独特的成矿地质特征而被称之为“秦岭型铅锌矿”（王集磊等，1996），并提出了“热水成矿模式”（祁思敬等，1993；王相等，1996；王集磊等，1996）。同时，一些研究者根据成矿作用方式、控矿因素、赋矿岩性将其分为厂坝式和毕家山-铅硐山式两种。

3.1　主要铅锌矿床类型特征

西秦岭铅锌矿床有热水沉积和热水沉积改造两种类型，其中后者又可分为强改造（如毕家山、邓家山等铅锌矿床）和弱改造（如铅硐山等铅锌矿床）型。厂坝铅锌矿床是热水沉积矿床的典型代表。表 2 总结了西秦岭这两类矿床中最具有代表性的 3 个铅锌矿床特征。西成盆地中的矿床主要位于中泥盆世西汉水群碳酸盐岩和生物礁灰岩中；凤太盆地中的矿床主要位于中泥盆世古道岭组和中-上泥盆世星红铺组的接触带中。其中毕家山-铅硐山式矿床与“礁硅岩套”密切相关，矿化的规模和“礁硅岩套”规模呈正比，矿体分布于“礁硅岩套”的硅质岩和生物礁中。硅、氧同位素研究表明该区赋矿围岩-硅质岩是在热水作用下形成的（李延河等，1997）。东西向构造带控制着各个矿床（点）的空间分布特征。

表 2　西秦岭典型铅锌矿床特征对比表

矿　床	厂　坝	邓　家　山	洛　坝
含矿地层	西汉水群（D_2x）黑云母石英片岩、大理岩、白云岩	西汉水群（D_2x）千枚岩、粉砂岩、白云质灰岩、礁灰岩	西汉水群（D_2x）生物礁灰岩、绿泥绢云千枚岩
控矿构造	NE 向生长断层和相变带	线状倒转、同斜褶皱及礁灰岩层间断裂	背斜褶皱、生物礁灰岩层间断裂
矿体形态	层状、似层状、透镜状	层状、似层状、鞍状为主	透镜状、不规则状、巢状
$\delta^{34}S$/‰	+11.4~+27.81	+7.2~+23	+3.4~+14.3
ΔD/‰	-78.3	-65.5~-87.9	-82.36~-52.58
组成特征	均匀的单阶段演化正常铅	较均一的正常铅，有放射成因铅加入	较均一的正常铅，有放射成因铅加入
模式年龄(平均)/Ma	343~599(448)	269~694(440)	343~624(439)
$\Delta^{18}O$/‰	-2.87~+3.55	+10.36~+13.27	+16.53~+21.37
$w(NaCl_{eq})$/%	17.55~22.0，4.5~7.2	7.99~15.83（石英），7.99（闪锌矿）	3.5~17.7（石英），9~13（闪锌矿）
流体性质	Ca^{2+}-Mg^{2+}-Na^{+}—SO_4^{2-}-Cl^{-}	Cl^{-}—SO_4^{2-}—(F^{-})—Na^{+}	Ca^{2+}-Na^{+}-Cl^{-}-SO_4^{2-}
成矿温度 t/℃	171~348	120~320	140~394

3.2 时空分布规律

空间上，铅锌矿床规模由西向东具有特大型-大型-中型-小型逐渐变化特征，其中特大型集中于吴家山周围；矿体形态逐渐由简单变复杂，规模由大变小；控矿地层由强变质岩向碳酸盐岩、碎屑岩和生物礁灰岩、硅质岩变化之特征，向东硅质岩成为矿体，且铅矿化增强，锌矿化减弱；平面上，各个矿床矿体规模向东减小，矿体数量增多，且矿区南部矿化强烈于北部。西成盆地西段铅锌矿床含矿岩性段为西汉水群下部层位，东段含矿岩岩性段为西汉水群上部层位，而凤太盆地中的含矿层位为中泥盆世古道岭组和中-上泥盆世星红铺组。

矿床中硫、氧同位素具有向东降低趋势；成矿模式年龄从西向东逐渐变年轻，意味着增生造山作用过程中构造作用力从西向东逐渐增强或者成矿热卤水的形成有从西向东增加之趋势。成矿流体盐度及成矿温度以铅硐山矿床最低。成矿流体中 K^+/Na^+、F^-/Cl^-比值从西向东逐渐降低，意味着来自深部的循环热水的组分具有一定差异性。矿石构造向东由层纹状、条带状发展为脉状、块状和浸染状。

4 金及多金属矿床成矿机理

西秦岭造山带早古生代俯冲增生造山作用形成岛北秦岭南缘弧岛弧隆起带。同时，吴家山-佛坪-迷魂阵-板板山水下古洋隆起，将弧前分割成多个既相连通又各自独立的增生型背驮盆地，如从西向东的礼岷、西成、凤太、板沙、榨山、镇旬盆地，沉积了一套富含成矿元素的复理石。这些盆地在俯冲－增生作用过程中，形成不同尺度的次级同生断裂。大量含矿热流体沿着这些基底同生断裂发生广泛喷流作用，伴随有大量的硅质岩、钠长石、重晶石等喷流岩，从而形成广泛分布于西成盆地和凤太盆地中心附近具同生成矿特点的 Sedex 型铅锌矿床。

泥盆系中的金矿床，尽管成矿时代稍晚于铅锌矿床，但它多集中于铅锌矿田中，且位于古热隆起周围岩浆活动强烈部位，成矿流体和物源均来自基底。这些岩体主要是海西-印支期二长花岗岩（245~211 Ma），如礼岷盆地的中川岩体、温泉岩体等，西成盆地的厂坝岩体、黄褚关岩体、糜署岭岩体、草关岩体和候家村岩体等，构成一个增生岩浆弧，为金矿床的形成提供热动力条件。铅锌矿床形成时的海底热水喷流作用实现了背驮盆地中同生断裂周围的浊积岩系中金的预富集。预富集的金元素在岩浆热动力条件下及变质变形作用下从原始沉积物中发生解体，并改变赋存状态，奠定了金嵌布状态基础。小规模石英脉体群大量出现。增生作用的时空变化使得金及铅锌成矿作用也发生了改造和局部富集成矿。这主要体现于金矿带赋存于强变形带和钙、炭、泥质物偏高的部位。例如，邓家山铅锌矿床外围分布有三洋坝、小沟里、安家岔等金矿床，八方山铅锌矿床西侧分布有八卦庙金矿。但目前在构造变形较弱的厂坝铅锌矿床外围还未发现金矿床，这可能是由于厂坝铅锌矿区的构造变形还不能满足形成金矿床所需的构造条件。同时，增生作用的时空变化引起 Sedex 型铅锌矿床矿体形态也发生改变，表现为鞍状、不规则状等特征。此外，大气降水的加入及岩浆热液的对流循环作用，形成弱还原、弱酸性的富含 CO_2 的 Na^+-Ca^{2+}-Cl^--SO_4^{2-}型低盐度热卤水于构造交汇部位沉淀形成造山带型金矿脉。

5 结 论

通过上述讨论，我们可以得出以下结论：

（1）西秦岭岷县—太白地区的泥盆系是金及多金属最重要的赋矿层位，成矿具有多期次特征，热液矿化期也有多次叠加特点。这一点对于大型金矿床尤为明显。金矿床主要分布于泥盆纪弧前盆地北带，且与印支期增生岩浆弧的形成有关，而铅锌矿床分布于盆地的南带。

（2）岷县—太白地区金矿床成矿流体来源复杂，为富含 CO_2 的 Na^+-Ca^{2+}-Cl^--SO_4^{2-}型低盐度热卤水，具有造山型金矿流体特征。

（3）岷县-太白地区的铅锌矿床可划分为厂坝式和毕家山式两类，其区域地质背景、赋矿地层岩性及其沉积环境、矿石类型、流体包裹体等均存在着差别。这些差别意味着两者的成矿动力条件和沉积改造程度不同。

（4）毕家山式铅锌矿床和八卦庙金矿在成因上存在某种联系，可能表明两者具有共同的成矿热动力条件。

（5）铅锌矿床和金矿床均具有由西向东成矿年龄变老之趋势，而且这两类矿床的规模变化恰好相反。意味着该区造山作用在东部强于西部。

（6）世界上许多（特）大型矿床集中于增生构造带弧前盆地中，如加拿大科迪勒拉造山带，这说明增生型造山带系形成大型矿床的有利构造环境。我国的昆仑、秦岭及俄罗斯乌拉尔等就是很好的佐证。

参　考　文　献

黄　杰, 王建业, 韦龙明. 2000. 甘肃李坝金矿床地质特征及成因研究. 矿床地质, 19(2): 105~114.

李键中. 1999. 西秦岭碎屑岩型金矿成矿地质特征. 甘肃地质学报, 8(增刊): 41~47.

李文亢. 1994. 秦岭西部微细金矿成矿条件. 北京: 地质出版社.

毛景文. 2001. 西秦岭地区造山型与卡林型金矿床. 矿物岩石地球化学通报, 20(1): 11~13

祁思敬, 李　英, 等. 1993. 秦岭泥盆系铅锌成矿带. 北京: 地质出版社. 187~210.

谭运金, 邵世才, 田民民. 2000. 西秦岭礼县-太白地区金、铅锌矿床的地质地球化学.矿床地质, 19(3): 201~210.

汪东波, 邵世才, 刘国平, 等. 2001. 金与铅锌矿化的时空关系及应用. 矿床地质, 20(1): 78~84.

王集磊, 何伯犀, 李健中, 等. 1996. 中国秦岭型铅锌矿床. 北京: 冶金工业出版社. 79~153.

王　驹. 1994. 碳硅泥岩型金（铀）矿床成矿富集地球化学. 北京: 原子能出版社.

王　相, 唐荣扬, 李　实. 1996. 秦岭造山与金属成矿. 北京: 冶金工业出版社. 187~229.

王宗起, 王　涛, 闫　臻, 等. 2002. 南秦岭晚古生代弧前增生的背驮型盆地体系. 地质通报(待刊).

韦龙明, 卢汉堤, 李晓斌, 等. 1998. 甘肃西成地区金矿石英脉与金矿化的关系研究. 有色金属矿产与勘查, 7(4): 216~221.

韦龙明. 1999. 八卦庙金矿研究新进展-热水沉积岩的确认. 地质论评, 45(2): 201.

薛春纪. 1997. 秦岭泥盆纪热水沉积. 西安: 西安地图出版社. 1~134.

闫　臻, 王宗起, 王　涛, 等. 2002. 西秦岭大草滩群的沉积环境及构造意义. 地质通报(待刊).

杨宗让. 1999. 中秦岭地区晚古生代增生的弧前构造带及演化初析.陕西地质, 17(2): 1~6.

张复新. 1996. 沉积岩型金矿床综述——兼论秦岭沉积岩区金矿类型及其分布. 西北地质, 17(4): 24~30.

张复新. 1998. 南秦岭热水沉积铅锌矿与浸染型金矿的共生关系及其成矿特点. 矿床地质, 17(增刊).

赵会庆. 1999. 中国卡林型金矿成矿构造环境及热液特征. 地质找矿论丛, 14(3): 34~41.

钟建华, 张国纬. 1997. 陕西凤县八卦庙特大型金矿的成因研究. 地质学报, 71(2): 150~160.

朱华平, 张　蓉, 郭　健, 等. 2000. 秦岭造山带成矿作用演化的铅同位素特征. 西北地质科学, 21(2): 21~26.

Groves D I, Goldfarb R J, Gebre-Maarian M, et al. 1998. Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types. Ore Geol. Rev., 13(1-5): 7~27.

Llchik R P. 1997. An magmatic origin of Carlin-type gold deposits. Econ. Geol., 92: 269~288.