

滇西北衙金矿矿床成因类型*

Genetic types of Beiya gold deposit in western Yunnan

徐兴旺, 蔡新平, 张宝林, 梁光河, 杜世俊, 王 杰

(中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 北京 100029)

XU XingWang, CAI XinPing, ZHANG BaoLin, LIANG GuangHe, DU ShiJun and WANG Jie

(Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology & Geophysics, CAS, Beijing 100029, China)

摘 要 滇西北衙金矿是一个曾被认为无工业价值的金矿, 后在中科院地质与地球物理研究所蔡新平等(1989—2006 年)科研成果的推动与促进下已成为一个具超大型远景规模的金矿床。文章简要介绍了北衙金矿的来历与研究概况, 系统总结了北衙金矿的矿床类型及其结构模型。北衙金矿有 3 种成因不同的矿床, 即与碱性斑岩有关的斑岩型和矽卡岩型 Cu-Au 矿床、与铁质热液或铁矿浆有关的 Fe-Au 矿床、及表生成因的 Fe-Au 矿床。北衙矿区复杂多样、多期叠加活动的岩浆与成矿作用, 造就了矿区大规模的成矿作用。

关键词 矿床类型; 结构模型; 北衙金矿; 滇西

滇西北衙金矿原名为北衙铅矿, 明代万历至清朝嘉庆年间就有采铅炼银, 建国后历经 50~60 年代勘探铁矿和铅锌矿, 在红泥塘和笔架山矿段获得铅锌矿石近 393 万吨(云南省地质厅第十四地质队, 1959 年)。80 年代早期武警黄金十三支队(1982~1985 年)最先在北衙地区开展金矿地质普查, 获金远景储量 1880 kg, 并认为矿体小而分散, 无工业价值。80 年代后期蔡新平等(1988 年)在开展“国家紧缺矿种”攻关项目“三江金矿成矿规律及靶区优选”课题过程进入北衙矿区, 追踪粗铅含金信息, 查明了该区的主要金矿石类型——铁金矿, 建立了金的成矿模型; 在此基础上, 蔡新平等 1989 年首次向云南省黄金局和大理州政府提交该区成矿远景的初步评价报告和开展勘探工作的建议, 1990 年再次提交成果报告, 提交科研预测储量 Au 68.83 t、Ag 839.28 t 和相关的选矿试验报告, 并认为北衙金矿为一喜山期斑岩型复合式金矿床(蔡新平等, 1991; 蔡新平等, 1991)。在蔡新平等研究成果推动下, 1992 年在北衙铅矿的基础上增建了北衙金矿。1993 年北衙铅矿投产金矿, 并更名为大理金矿(简称北衙金矿)。

鉴于北衙金矿良好的找矿潜力, 云南省政府 1998 年在实施“科技兴滇”发展战略规划过程设立了省院省校合作攻关项目“云南黄金找矿战略规划和矿山增储研究”, 并将北衙金矿作为重点攻关研究矿区。蔡新平等(1998~2002 年)在执行“北衙金矿成矿预测和找矿研究”课题攻关研究过程, 对矿区成矿地质背景、矿床地质特征和控矿条件等开展了系统调查与研究, 在矿区系统开展了地震勘探等综合地球物理勘察, 厘定了金矿床的工业类型, 提交各种类型不同级别的金矿找矿靶区共 17 个, 预测金矿资源量超过 120 t^①。20 世纪云南地质三大队开始兼并北衙金矿, 并开始较大规模的金矿勘查与开采。

鉴于北衙金矿区丰富的地质与成矿现象, 90 年代以来大量科研人员到北衙金矿考察, 对北衙金矿斑岩的岩石类型与年龄、矿床类型、成矿特征及成矿预测等进行了讨论与研究(蔡新平等, 1991; 梁光河等, 2000; 蔡新平等, 2002); 2003 年开始实施的国家 973 项目“印度与亚洲大陆主碰撞带成矿作用”子专题“滇西喜山期碱性斑岩 Cu-Au 成矿作用”将北衙金矿区作为重点矿区, 对矿区喜山期斑岩类型与成因、矿区热水角砾岩特征及其对矿床的保护作用、和矿床类型等方面开展深入系统的研究(肖骑彬等, 2003; 徐兴旺等, 2003; 2006)。

本文基于蔡新平等多年的成果积累和徐兴旺等近年所获得的新资料与分析数据, 并结合北衙矿区万洞山矿段和红泥塘矿段露采过程所揭露的新现象, 对北衙金矿的矿床类型进行系统总结, 建立北衙金矿的结构模型。

1 矿区地质概况

北衙金矿区位于滇西大理古城之北约 90 公里, 位于藏东—川滇西—滇东南喜山期富碱斑岩带中段滇西地区、位于金沙

*国家 973 项目二级课题“冈底斯—藏东斑岩铜钼金成矿作用”(编号: 2002CB412605)与国家自然科学基金项目“滇西斑岩岩浆停歇、再运移与成矿”(编号: 40572131)和“滇西北衙地区岩溶洞穴中岩浆的流动变形与破碎”(编号: 40272090)资助

第一作者简介 徐兴旺, 男, 1966 年生, 副研究员, 主要从事构造地质、矿床地质学和流体构造动力学研究。E-mail: xuxw@mail.igcas.ac.cn

①此资源量未包括隐伏斑岩型 Cu-Au 矿的资源量。另外, 云南地矿资源股份有限公司北衙分公司对万洞山—小米地一带的勘探结果在埋深 500 m 以上已获金储量 60 t, 这与“北衙金矿成矿预测和找矿研究”课题的预测结果吻合。

江古缝合带东侧及扬子板块西缘。金沙江缝合带是古特提斯金沙江大洋俯冲消减带、也是三叠纪扬子板块与羌塘—兰坪—思茅地块间的碰撞对接带,该缝合带在喜山期印度大陆与欧亚大陆俯冲碰撞过程活化、并叠加形成一系列逆冲推覆构造与走滑断裂。

滇西地区喜山期富碱斑岩岩石类型多样,有花岗斑岩(如马厂箐斑岩体)、二长斑岩(如巍山和小桥头斑岩体)、正长斑岩(如六合斑岩体)、霞石正长岩和碱性辉石岩(见于永平杂岩体中)和霞石辉长岩(大荒田岩体),岩体的形成年龄为23~62 Ma(王登红等,2001;曾普胜等,2002)。其中部分斑岩伴生有Cu-Au多金属成矿作用,典型矿床除北衙金矿外有马厂箐Cu-Mo-Au矿床(葛良胜等,2002)、马头湾Cu矿床、姚安老衙子Pb-Zn矿床和明珠Au矿床(毕献武等,2001)、宝丰寺Pb-Zn矿床、巍山扎村Au矿床(王勇等,2003)、中甸甬哥Au矿床(杨岳清等,2002)、宁蒗罗卜地Cu-Au矿床(胡受权等,1998)、盐源西饭坪Cu-Au矿床(徐士进等,1997)、金丝厂Cu-Au多金属矿和弥渡黄厂Pb-Zn-Fe-Mn矿等。

北衙金矿区位于南无山复式背斜东翼北衙NNE向次级向斜构造,在向斜核部叠加发育了新生代盆地构造。矿区地表出露的沉积建造除第四系外,有二叠系峨嵋山玄武岩、三叠系下统宋桂组砂岩和三叠系中统北衙组灰岩、及第三系河湖相沉积岩和热水角砾岩。其中北衙组灰岩可分五段,底部为浅褐色角砾状碎屑灰岩夹网纹状厚层,下部为浅灰色蠕虫状灰岩夹薄层泥质条带及泥灰岩,中部为浅灰色厚层状生物碎屑微晶灰岩,上部为灰黑色中厚层重结晶铁化灰岩,顶部为角砾状白云质灰岩和含砂屑白云质灰岩,地层厚320~550 m。第三系河湖相沉积岩由下部的砾岩和上部的泥岩与含铁角砾泥岩组成,沉积层理构造清楚,岩石呈半固结状态;锅厂河一带的砾岩中含有大量石英正长斑岩的砾石。热水角砾岩是一套以北衙组灰岩为母岩的热水角砾岩系,类型多样;万洞山—五里排一带叠覆于北衙组灰岩和第三系河湖相沉积之上的席状热水角砾岩为原于陈家庄热水隐爆角砾岩筒的热水角砾岩滑体(徐兴旺等,2003)。矿区内断裂构造除角砾岩滑覆构造外,还发育大量挤压走滑与逆冲断裂。万洞山大采坑新揭露了一组NS向低角度从西往东逆冲推覆的断裂系,断层面上盘北衙组糖粒状灰岩与含金铁矿体逆冲叠覆于第三系河湖相含矿沉积与古风化壳之上。红泥塘岩体东接触带也发育强烈的挤压滑动与剪切构造。

矿区喜山期富碱斑岩发育。从岩石成分与矿物组成分有钠长斑岩、石英正长斑岩、黑云正长斑岩和云煌岩;从形成时间上看,矿区的斑岩有3期:早期的钠长斑岩和云煌岩、中期的石英正长斑岩和晚期的黑云正长斑岩。其中钠长斑岩钠长石的年龄为65.56 Ma,石英正长斑岩的年龄介于25~33 Ma之间,黑云正长斑岩的形成和侵位时间非常新,两个岩体黑云母的年龄分别为3.66 Ma和3.78 Ma;矿区煌斑岩也是多期的,早期2条煌斑岩脉的年龄分别为59.44 Ma和60.85 Ma,与石英正长斑岩共生是煌斑岩的年龄介于27~33 Ma之间(徐兴旺等,2006)。黑云正长斑岩侵位于河湖相砂砾岩和粘土岩中,并形成丰富多样的变形成因混积岩(Xu et al., 2006b)。

2 北衙金矿的成因类型

北衙金矿矿床类型多样,从成因上看,可分为3大类,即与碱性斑岩有关的金矿、与铁质热液或铁矿浆有关的金矿及表生成因的金矿。

2.1 与碱性斑岩有关的金矿床

北衙金矿与碱性斑岩有关的金矿,从金矿体的产出部位与矿体的结构构造分,有产于接触带的矽卡岩型矿体、产于内接触带和岩体中的浸染状和细脉浸染状矿体、和产于外接触带灰岩中硫化物细脉状矿体。成矿岩体为石英钠长斑岩和石英正长斑岩。

其中石英钠长斑岩及其伴生的斑岩型Cu-Au矿是徐兴旺等1999年在观察和研究过去有色310队在万洞山矿段施工的几个较深钻孔岩芯的过程中发现的(徐兴旺等,2006)。该含矿岩体已被强烈钾化,钠长石斑晶与石英多金属硫化物细脉被交代成因的钾长石所交代(徐兴旺等,2006)。矿石类型有细脉状、细脉浸染状和单一浸染状矿石。细脉厚0.5至5 cm,主要由石英、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿和辉铜矿构成。一般含铜0.1~0.5,最高可达4%,含金0.03~3.3 g/t, Pb、Zn含量不高,一般低于1%。矿体厚几米到几十米。浸染状矿石石英中流体包裹体为富石盐的多相流体,流体包裹体中NaCl结晶的立方晶体粒度大,总盐度高, $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 一般34.5%~44.0%;其中石盐体积分数含量可达45%;与多金属硫化物矿细脉有关的流体包裹体出现不同类型包裹体共生的现象,意味着流体的沸腾作用;从下往上流体包裹体中含盐度具减低的特征,这表明表明成矿过程有浅层地下水的加入。成矿温度为320~430℃; $^{34}\text{S}\%$ 值为-2.4~+4.5%,均值0.22。

根据矿石矿物组合,北衙矿区矽卡岩型金矿有红泥塘和万洞山两种不同的类型。在红泥塘西矿段,斑岩与灰岩接触带发育的矽卡岩为透辉石矽卡岩,伴生的金属矿物为磁铁矿,矿体产状受接触带产状和围岩中次级褶皱构造控制,主要是背斜或向斜构造的层间滑脱空间和边缘张性断裂联合控制(蔡新平等,1991;1993)。在万洞山小米地隐伏斑岩的西接触带,钻探结果显示矽卡岩类型为石榴石矽卡岩、累计似厚度达80 m,伴生的金属矿物为黄铜矿和黄铁矿等硫化物。矽卡岩型磁铁矿体含金较低,一般0.21~2.16 g/t,平均0.67 g/t;而石榴石硫化物矿体为Cu-Au矿体,Cu品位0.2%~1.1%,Au品位0.5~3.6 g/t。

含褐铁矿脉的糖粒状蚀变灰岩是北衙金矿区重要的金矿类型,其以发育褐铁矿细脉和呈黄色糖粒状为特征,此类矿体规

模大但品位相对较低,含金一般 0.3~0.5 g/t,地表局部采样含金可达 3~6 g/t,主要发育于万洞山斑岩的上部。新近对万洞山大采坑的考察发现,这些褐铁矿的原生矿物为黄铁矿,即万洞山隐伏斑岩外接触带灰岩中发育黄铁矿细脉;黄色糖粒状灰岩与原生的含黄铁矿细脉的青灰色灰岩间界线截然并呈不规则港湾状,青灰色灰岩中黄铁矿细脉进入黄色糖粒状灰岩即为褐铁矿细脉,这表明黄色糖粒状灰岩及其中褐铁矿细脉的成因可能与热水蚀变有关、而不是氧化的结果。含黄铁矿细脉青灰色灰岩出露的标高为 1 815 m,其埋深约 50 m;因此若以硫化物的保存作为氧化带底界的话,可以推断北衙矿区的氧化深度可能小于 50 m,而不是矿山地质工程师认为的 200 m,万洞山矿段深部部分矿体的褐铁矿化可能与后期强烈的热水蚀变有关。

2.2 与铁质热液或铁矿浆有关的金矿床

北衙矿区有大量铁矿产出。有的发育于斑岩体的接触带并与矽卡岩伴生,为矽卡岩型铁矿;而有相当一部分铁矿远离岩体分布,沿构造裂隙或岩溶洞穴充填,过去多认为是热液型铁矿(蔡新平,1993),但热液的性质与成因一直不清楚。

新的研究结果发现一些热液型铁矿具熔浆型铁矿的结构构造和接触关系,主要包括:

(1) 呈不规则脉状穿插分布于不同岩性地层中,并含有围岩的捕虏体(Xu等,2006)。如万洞山矿段厚达 10 余米致密块状的 50[#]矿体(赤铁矿体)呈“岩墙状”近直立侵入位于石英正长斑岩和灰岩中,矿体边部含有灰岩和石英正长斑岩的角砾与残留体。

(2) 由富铁纹层显示的褶曲状流动构造发育,在万洞山还发现块状赤铁矿体中的黄铁矿定向排列并构成旋卷和流动构造,这说明成矿流体是曾发生流动的且较稠密的流体。

(3) 有的铁矿体与灰岩之间发育厚数厘米~50 cm 的带状隐爆角砾岩或烘烤边。这种角砾岩的形成通常与岩浆体边部逸出小气泡的爆破有关(Llambias et al., 1969; Norton and Cathles, 1973; Norman et al., 1985; Sillitoe, 1985; Mader et al., 1994; Xu et al., 2000; 2001),这意味着形成这些铁矿的流体可能也是岩浆流体(铁矿浆)。在铅矿厂附近一铁矿边部的隐爆角砾岩中还发现铁矿角砾的去气现象和方解石的重结晶作用,这说明该铁矿流体是富气的、热的铁矿浆。万洞山采坑 48[#]铁矿体上部发育隐爆角砾岩其胶结物为粉末状铁锰质氧化物,并含星点状微细粒黄铁矿,这可能意味着 48[#]铁矿体的原生矿为含黄铁矿的赤铁矿体。红泥塘一铁矿体接触带灰岩中还发育有铁矿熔浆侵入和烘烤有关的热破裂。

(4) 鸡鸣寺和铅矿厂一带一些充填于洞穴中的铁矿,其与洞壁间发育有擦面和擦沟构造,一些分布于铁矿与洞壁间的粘土(洞穴沉积物)已强烈的片理化并伴生有密集的擦线构造。这意味着铁矿体与洞壁间曾有差异性剪切运动,铁矿浆当时可能呈半固结的塑性流动状态。

上述特征说明这些铁矿是岩浆成因,为熔浆型铁矿。一些熔浆型铁矿体常有煌斑岩脉和超基性岩脉伴生,这说明熔浆型铁矿的成矿与基性-超基性岩有关。此类铁矿含金较好,品位 0.05~208 g/t,是目前北衙金矿主要采矿对象之一。

另外,笔者在北衙矿区还发现一些与铁矿浆或铁质流体有关、形成于洞穴中、具喷流沉积特征的铁矿。其矿石类型有 3 种:层状块状鲕状矿石、纹层状矿石和海绵骨架状矿石。

层状块状铁矿体与围岩间界线截然,没有熔浆型铁矿周边所发育的结构构造。矿体从成分上看,有赤铁矿矿体和黄铁矿矿体。矿石内部鲕状结构发育,鲕粒粒间有较多的孔隙。磁黄铁矿细脉沿孔隙或鲕粒裂隙充填的特征说明铁质流体沉淀和结晶时流体的温度较高。

海绵骨架状铁矿体主要由褐铁矿构成,其下部通常有脉状铁矿与其相连,可能为流体通道。

纹层状矿石由薄层褐色褐铁矿与红色粘土构成,互层状产出。通道相附近薄层褐铁矿体呈不规则流动状、陡立的“γ”字形分布;而离开通道相不远后,薄层褐铁矿体和红色粘土层近水平状产出,褐铁矿体层局部有穿切和插入红色粘土中的现象。

这 3 种类型不同的矿石的沉积环境可能有所不同。形成鲕状矿体的洞穴较深、并处于相对封闭的还原环境,形成海绵骨架状矿体的洞穴相对较浅,而纹层状矿体则形成于浅部含沉积物的洞穴中。北衙矿区以洞穴为主要成矿空间的喷流沉积成矿的形成,与研究区北衙组灰岩中岩溶发育的背景有关。

与矿区斑岩有关的 Cu-Au 矿相比,熔浆型铁矿和喷流沉积铁矿具有一个共同的、特异性地球化学特征,即其具较低的 Co/Ni 比值和 La/Yb 比值,其在 Co/Ni-La/Yb 图解中独立分布于低 Co/Ni 值与 La/Yb 值的区域,这也显示矿区熔浆型铁矿和喷流沉积铁矿的成因与斑岩不同、并可能与基性-超基性岩有关。

2.3 表生金矿床

北衙地区的表生成矿作用很发育,从形成时间和沉积环境分,有 4 种亚类型:古风化壳型砂矿、古掩埋喀斯特洞穴堆积型砂矿、河湖相沉积成因古砂矿和现代残坡积砂矿。

古风化壳型砂矿指沿古风化壳发育、由富含褐铁矿角砾残坡积构成的矿体,其厚 20 cm 到 2 m 不等,因分布于热水角砾岩滑体之下和河湖相沉积之下而得到保存。风化壳的成分主要为坡积、原地或半原地堆积形成的砾岩,砾石成分有灰岩角砾、褐铁矿角砾,以褐铁矿角砾居多;胶结物为含铁质的泥和粘土;金主要赋存在褐铁矿角砾中。矿石含 Au 0.76~3.0 g/t,平均 1.32 g/t。

古掩埋喀斯特洞穴堆积型砂矿指充填于古喀斯特或掩埋喀斯特中的砂矿。矿体的形态取决于洞穴的形态,矿体内可发育产状稳定的沉积层理构造。浅部的掩埋喀斯特充填金矿体已被大量开采,矿体形态十分复杂,常常富含矿囊。喀斯特洞穴堆积古砂矿的规模可以很大。如笔架山深部开采的一个矿体,为典型的掩埋喀斯特洞穴堆积的古砂矿,矿体(洞穴)直径大于40 m、高大于50 m;其含矿砂泥呈黄褐色。据采矿的民工介绍,矿体金品位介于2.0~5.0 g/t之间。

河湖相沉积成因古砂矿指发育于北衙盆地第三系河湖相沉积中的砂矿。我们较早的时候(1998年)根据锅厂河剖面热水角砾岩之下发育河湖相砾岩和泥质岩的现象就推断北衙盆地存在河湖相沉积并发育河湖相古砂矿(肖骑彬等,2003)。从万洞山大采坑所揭示的剖面看,古砂矿发育于河湖相沉积的中上部,至少有两个含矿层位:下部层厚0.8~1 m、上部层厚5~15 cm;含矿层以富含大量褐铁矿为特征。当铁角砾细小小时矿层总体呈黑色,但当铁角砾颗粒较大、胶结物仍为红色粘土。矿体的含金程度与铁角砾的含量密切相关,铁角砾多者含矿性较好。对五里排、锅厂河等地古砂矿的分析结果表明,古砂矿的Au在0.1~17.7 g/t之间,平均1.68 g/t。矿石中伴生有银铜铅锌多金属,它们的含量分别为:银4.9~38.2 g/t、铜0.04%~1.82%、铅0.77%~2.77%、锌0.7%~2.86%,明显保留了原生矿的成分特征。

需要指出的是,北衙金矿区河湖相沉积成因古砂矿的成矿物质来源可能不单是原生矿的风化与搬运沉积,而有喷流沉积叠加成矿作用,其中的部分铁矿可能来源于铁质流体的凝聚而非风化角砾。提出这种认识的依据是:①部分含矿层的砾石成分非常单一,仅为铁矿而未见灰岩角砾;②我们在锅厂河河湖相沉积岩中还见到尺度大于1 m的铁矿体,而该铁矿体周边没有灰岩或斑岩的角砾或砾石;③古砂矿具稳定的层位;④矿区洞穴中发育有喷流沉积成因的铁矿。从北衙地区现今的风化特征看,灰岩中的铁矿体因其较灰岩易风化而呈负地形,故从理论上讲要形成并搬运1 m尺度的铁矿岩块到湖中沉积而没有围岩灰岩角砾伴生是难以想象的。

现代残坡积砂矿指现今地表风化与残坡积形成的砂矿,其因分布零散而不具工业价值。

由此看来,虽然北衙金矿区的部分表生矿含有较多的红色粘土,但其与红土型金矿的特征与成因是明显不同的,将这些不同类型含红色粘土的砂矿称为红土型金矿是不妥的。

3 北衙金矿成矿的时空结构

综上所述,北衙地区的矿床可划分为3个不同成矿系列:①与碱性斑岩(钾质+钠质)有关的铜金多金属成矿系列,包括与石英正长斑岩和石英钠长斑岩有关的斑岩型铜金矿床和矽卡岩型多金属矿床;②与基性-超基性岩有关的大陆喷流型铁金成矿系列,包括熔浆型铁金矿床和喷流沉积型多金属矿床,后者又有洞穴和湖相沉积环境之分;及③表生成矿系列,有古风化壳型砂矿、河湖相古砂矿和洞穴沉积古砂矿。

与斑岩有关有关的铜金多金属矿床的形成时间可能与岩体的形成时间相当。对于熔浆型铁矿,从其侵位于万洞山石英正长斑岩中、而被红泥塘石英正长斑岩所俘虏的特征推断其形成于万洞山石英正长斑岩侵位之后和红泥塘石英正长斑岩侵位之前,即形成于32~26 Ma。而红泥塘石英正长斑岩体东接触带沿接触带断裂产出的脉状磁铁矿体的发育,又意味着在红泥塘石英正长斑岩侵位之后(即26 Ma之后)北衙金矿区还有铁质热液的活动,即矿浆型铁矿和铁质热液的活动在北衙矿区可能是多期和多阶段的。

4 结 论

滇西北衙金矿矿床类型多样,有3种成因不同的矿床,即与碱性斑岩有关的斑岩型和矽卡岩型Cu-Au矿床、与铁质热液或铁矿浆有关的Fe-Au矿床、及表生成因的Fe-Au矿床。正是由于北衙金矿区复杂多样、多期叠加活动的岩浆与成矿作用,造就了矿区大规模的成矿作用,成就了北衙金矿区金矿的超大规模及更大远景。

致 谢 笔者在野外地质调查过程得到云南地矿资源股份有限公司及其下属滇西与北衙分公司杨伟光、和忠华、刘宝林、苏钢生、和群道、李万华、杨夕辉、和李志军等、云南地调院及其下属大理矿床所范玉华、薛顺荣和赵畅华等、及云南有色310地质队晏建国和崔银亮等的帮助,在研究和成文过程曾得到裴荣富、侯增谦、杨开辉、曾普胜、秦克章、刘秉光、谭克仁、George Cargill 和 Stephen Peters 等有益启示与建议,在此向他们致以衷心地感谢。

参 考 文 献

- 蔡新平,刘秉光,季成云. 1991. 滇西北衙金矿床特征及成因初探. 黄金科技动态, 7: 15~20.
蔡新平,徐兴旺,梁光河,张宝林,王 杰,肖骑彬. 2002. 北衙矿产资源开发和特异地质现象保护. 矿床地质, 21(增刊): 11~12.
梁光河,蔡新平,王 杰,等. 2000. 浅层地震勘探在云南北衙地区隐伏金矿预测中的应用. 黄金科学技术, 8(6): 1~9.
肖骑彬,蔡新平,徐兴旺. 2003. 云南北衙表生金矿形成与保存探讨. 矿床地质, 22(4): 401~407.
徐兴旺,蔡新平,肖骑彬,等. 2003. 滇西北衙地区热水岩溶作用及其伴生的地质灾害. 地球科学进展, 18(6): 912~920.
徐兴旺,蔡新平,宋保昌,等. 2006. 滇西北衙金矿区碱性斑岩岩石学、年代学和地球化学特征及其成因机制. 岩石学报, 22(3): 631~642.