

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2022.02.015

红土型金矿地质特征、控矿因素及找矿标志

庄天明¹, 李小飞², 王新彦¹

(1. 烟台黄金职业学院, 山东 烟台 265401; 2. 中国黄金集团地质有限公司, 北京 100012)

摘要:红土型金矿作为一种重要的金矿床类型逐渐被地质勘查工作者重视。在前人研究成果的基础上,结合在老挝那乌东金矿的野外勘查工作,详细阐述了红土型金矿床地质特征、矿床类型划分及主要控矿因素,指出几种重要的找矿标志。研究表明,根据红土型金矿风化壳剖面结构特征及与原生矿的关系,主要分为残积型和迁积型;风化壳剖面具有明显的垂直分带,矿体主要以层状、似层状、透镜状产于硬(铁)壳层、杂色黏土层、网状纹黏土层及含砾亚黏土层中;红土型金矿通常受构造、古气候、水文地质和地貌等控制;化探异常、富 Au 地质体或金矿体范围及其附近的红土层、红土风化壳剖面中的铁质带为红土型金矿的重要找矿标志。

关键词:红土型金矿;地质特征;控矿因素;找矿标志

中图分类号:P618.51 文献标志码:A 文章编号:1009-6248(2022)02-0176-09

Geological Characteristics, Ore-controlling Factors and Prospecting Criteria of Lateritic Gold Deposits

ZHUANG Tianming¹, LI Xiaofei², WANG Xinyan¹

(1. Yantai Gold College, Yantai 265401, Shandong, China; 2. China Gold Group Geological Corporation, Beijing 100012, China)

Abstract: Lateritic gold deposits are gradually being taken seriously geological exploration workers as an important gold deposit type. Based on the results of previous studies, combined the field exploration work of Nawudong gold deposit in Laos and characteristics of typical lateritic gold at home and broad, this paper expound in detail the geological characteristics of lateritic gold deposit and ore-controlling factors, point out prospecting criteria. According to the structural characteristics of the weathered crust profile and the relationship with the primary deposits, lateritic gold deposits are mainly divided into two types: residual type and transfer type. The weathering crust profile has obvious vertical zoning, and the ore bodies are mainly produced in hard (iron) crust, variegated clay layer, reticulated clay layer and gravel-bearing sub-clay layer in the form of layer, layer-like, and lens. Laterite gold deposits are usually controlled by structure, paleoclimate, hydrogeology and landform. The geochemical anomaly, gold-rich geological body or gold ore body range and the nearby red earth layer, the iron belt in the red earth weathering crust profile are important prospecting indicators for lateritic gold deposits.

Keywords: lateritic gold deposits; geological characteristics; ore-controlling factors; prospecting criteria

收稿日期:2021-09-12;修回日期:2022-02-15;网络发表日期:2022-05-10;责任编辑:李辉

基金项目:国家自然科学基金项目“陆-陆碰撞褶皱逆冲带内 MVT 铅锌成矿作用:青藏高原与扎格罗斯造山带对比研究”(91855214)。

作者简介:庄天明(1988-),男,硕士,副教授,主要从事矿床学教学及研究工作。E-mail:zhuangtm@163.com。

红土型金矿床是指赋存于红土风化壳中的金矿床,其形成与红土化作用有关(翟裕生,2011)。红土型金矿最主要的特点是金矿分布于红土之中,而红土是含Al的硅酸盐矿物和含Fe的矿物经分解氧化形成的呈红色、赭色和褐色的土,广泛分布于热带、亚热带炎热且干湿交替的气候地区(刘国平,1999)。自20世纪80年代,在西澳大利亚博丁顿首次发现红土型金矿以来,在美国、巴西、泰国、印度、马里、几内亚、尼日利亚、加纳、新喀里多尼亚、斐济、越南和老挝等地陆续发现一系列红土型金矿床(曹新志,1998)。中国红土型金矿床发现始于20世纪90年代初,湖北嘉鱼蛇屋山金矿是利用化探方法发现的国内第一个大型红土型金矿床(李松生,1994)。目前,在湖南、广东、云南、贵州和广西等地也陆续报道了红土型金矿床(点)的发现,并进行了相应的勘查及研究工作(张学书,1997,1998;李志群,1998,1999;王砚耕,1998,2000;蒋年生,1999;何维基,1998;陈履安,1999;王瑞湖,2000;杨竹森等,2000,2001;陈履安,2000;陈大经等,2001;Zang, et al., 2002;邹依林等,2006;董光贵,2007;蔡鹏捷等,2016;童远刚等,2016)。红土型金矿床具有规模大、易露采、易选冶、回收率高、见效快及效益高等特点(胡胜雄,2005;胡金才等,2013),逐渐被国内外金矿地质勘查工作者所重视。

前人已对红土型金矿的矿床分类、成矿机理、成矿模式及与国外典型矿床对比等进行了研究,并取得了一系列成果(Mann, 1984; Santosh et al., 1991; Porto et al., 1995; 陈大经等,1996; 曹新志,1998; 孙承兴等,1998; 刘国平等,1999; 王燕等,1999; 王燕等,2002; 高振敏等,2002; 王晓曼等,2016; Lintern et al., 2017),但对于红土型金矿的地质特征、控矿因素及找矿标志未做全面而深入的总结。笔者在前人研究成果的基础上,结合在老挝那乌东红土型金矿的勘查工作,详细论述了红土型金矿地质特征,对红土型金矿控矿因素进行了阐释,最后指出了找矿标志。

1 红土型金矿地质特征

1.1 矿床类型

红土型金矿床类型根据不同的划分依据有不同的分类方法(刘幼平,1999)。根据成矿时代的不同

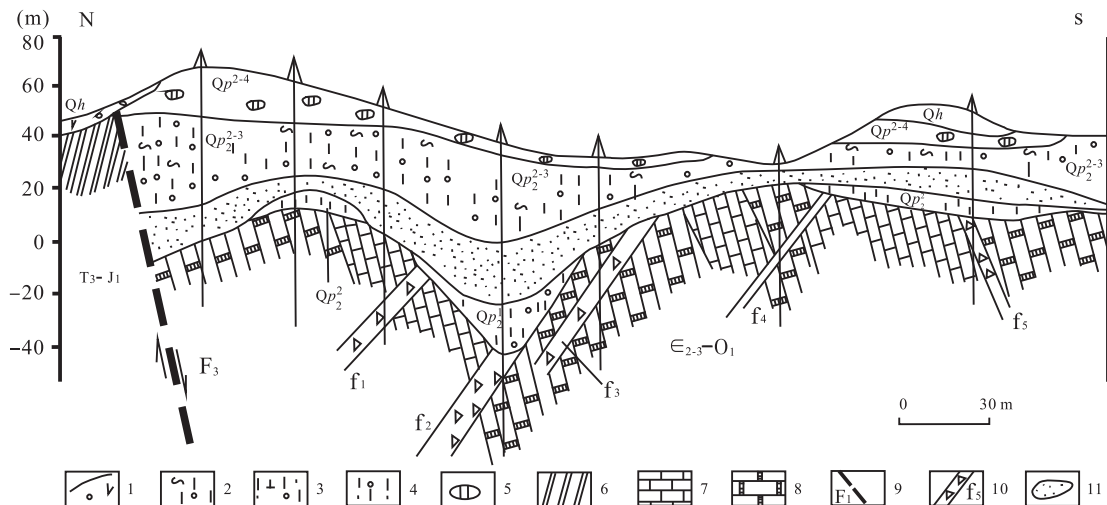
分为古风化壳红土型金矿和新生代红土型金矿2类。考虑到红土型金矿的变化保存,根据为成矿提供矿源的地质体特征及成矿作用的不同分成2种类型:初生红土型金矿和改造红土型金矿(陈大经等,1996)。后者是红土型金矿的主体,也是找矿的主要对象。例如,博丁顿金矿、巴依尔金矿、湖北蛇屋山金矿等都为改造红土型金矿。刘国平等(1999)根据红土型金矿剖面结构特征、控矿构造、与原生矿(矿化体)的关系将其分为2类,即残积型和迁积型。残积型金矿为原生金矿石或金矿化岩石原地或基本原地经红土化作用形成的金矿;迁积型金矿主要为金矿石或金矿化岩石经风化、迁移(主要是垮塌、重力滑移)在喀斯特溶岩洞中堆积,经红土化所形成的金矿床。此种分类方法与陈大经等(1996)的分类方法大同小异,一种由于红土化作用基本原地形成,另一种经历了风化、迁移,又遭受红土化作用而形成金矿床。刘国平(1999)的分类更加侧重从矿床特征及成因上考虑分类。因此,笔者更倾向于此分类方法,即分为残积型和迁积型。

1.2 风化壳剖面分带

大量研究表明,红土型金矿床在剖面上具明显的垂直分带特征(曹新志,1998),无论风化原岩是何种类型,一般都可划分出5~6个带(图1);按风化程度不同,剖面从上到下可分出强风化带、风化带、半风化带、弱风化带和新鲜原岩;按地球化学分带则分为氧化残余带、水解带、淋滤带和水合带。通过国内外部分红土型金矿剖面分带对比(表1),虽然可以发现地质背景及剖面分带命名等有所不同,但剖面特征仍具有较好的可比性及相似性。对比发现,矿体通常产于硬(铁)壳层、杂色黏土层、网纹状黏土层及含砾亚黏土层中。因此,研究红土型金矿床风化壳剖面分带,对于矿体定位预测具有重要意义。

1.3 矿体形态、产状与规模

红土型金矿床矿体形态多呈层状、似层状和透镜状(曾志方等,2003;段振元等,2010;王晓曼等,2016)。矿体埋藏较浅,产状一般较平缓,主要受红土风化壳形态控制(图1),底板产状有起伏变化,矿体规模均小于风化壳规模。矿床多数为中、小规模(曾志方等,2003),少数可达大型乃至特大型规模。例如,博丁顿金矿,矿体长大于2 000 m,厚度一般为4~8 m,最厚20 m,具3层矿(Wells et al., 2019);



Qh. 全新统(残坡积、洪冲积); QP₂⁴. 中更新统第四段; QP₂³. 中更新统第三段; QP₂². 中更新统第二段; QP₂¹. 中更新统第一段; T₃-J₁. 上三叠一下侏罗统(武昌群); Є₂₋₃-O₁. 寒武系上统一奥陶系下统(娄山关群—南津关组); 1. 腐殖土; 2. 网纹状含砾亚黏土; 3. 含高岭土含砾亚黏土; 4. 含砾亚黏土; 5. 硅化岩岩块; 6. 页岩; 7. 灰岩; 8. 泥灰岩; 9. 断层及编号; 10. 断裂破碎带及编号; 11. 红土型金矿体

图1 湖北蛇屋山金矿39号勘探线剖面图(据湖北省地矿局第四地质大队, 1994, 修改)

Fig. 1 The No. 39 prospecting line profile map of Shewushan gold deposit in Hubei province (Modify from The Fourth Geological Team of Hunan Geological and Mineral Resource Bureau, 1994)

表1 国内外部分红土型金矿床垂直分带对比表

Tab. 1 The correlation table of some laterite gold deposits vertical zoning at home and abroad

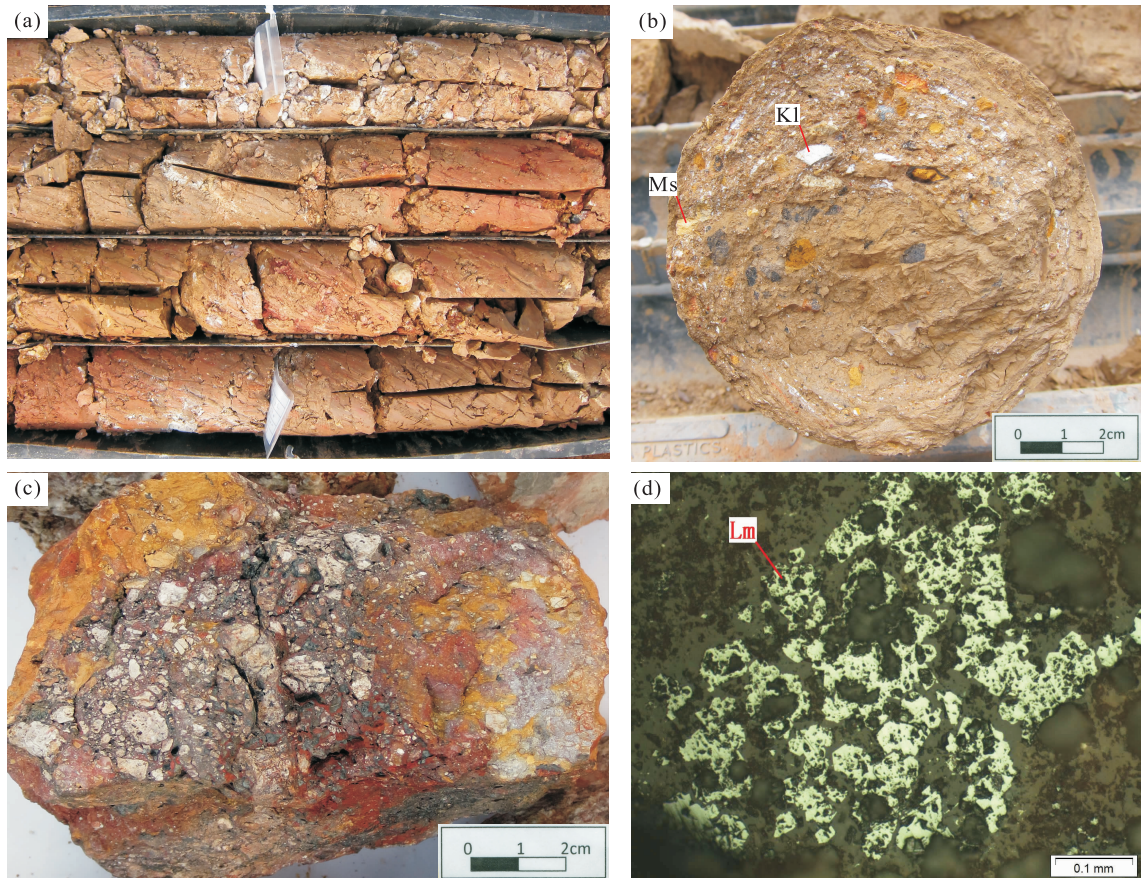
矿床名称	澳大利亚博丁顿	湖北蛇屋山	云南北衙	老挝那乌东
文献	Lintern et al., 2017	陈大经等, 1996	任治襍等, 2001	李小飞等, 2020
剖面分带特征	地表豆状红土层	地表腐殖土层	表土层	表土层
	铁铝质胶结的硬壳层	硬壳或硅帽层	钙结砾岩角砾岩层	含砾亚黏土
	铝土矿层	砖红色网纹状黏土层	上杂色黏土层	杂色黏土层
	杂色黏土层	黄色高岭土质黏土层	下杂色黏土层	高岭土质黏土层
	腐泥层	灰色亚黏土层	腐岩层	黄灰色亚黏土层
	太古界火山岩	碳酸盐岩	碳酸盐岩、碱性斑岩	碳酸盐岩、细碎屑岩

蛇屋山金矿矿体长约1300 m,宽350 m,厚1.20~41.20 m,达到大型矿床规模;老挝那乌东金矿主矿体呈近水平层状,长约360 m,宽120~320 m,厚3~62.05 m,有达到中-大型矿床的潜力。研究表明,低品位并不是红土型金矿的基本地质特征,红土型金矿的品位往往受母岩含Au背景控制(孙承兴等,1998)。在初具矿化地质体上发育的红土层矿石品位往往较低,但是在已有原生金矿基础上,完全有可能形成比原生金矿更富的红土型金矿。

1.4 矿石质量

红土型金矿床矿石通常较为松散(段振元等, 2010),组分简单,基本成分为黏土,夹有少量硅质岩

或其他围岩碎屑(图2a、图2b)。主要矿物为石英、高岭土(图2b)、玉髓、褐铁矿(图2d)和针铁矿;次要矿物为黄铁矿、硬锰矿、胶磷矿、绿泥石和重晶石等(刘腾飞,1996)。老挝那乌东金矿原生矿体附近富含重晶石,矿石结构主要为泥状、含粉砂泥状、粉砂状及残余结构(毛昌明等,2006;潘金权等,2012);矿石构造通常为土状、网纹状、皮壳状、角砾状(图2c)、条带状、斑点状、豆粒状、结核状和块状构造;矿石中的金主要呈次显微状或微粒状的游离自然金存在,产于针铁矿结核及豆粒中,或产于褐铁矿裂缝中,或吸附在红土中的铁、铝氢氧化物上,或吸附于黏土矿物晶体边缘,少数呈薄层板状甚至块金形式产出,与以黄铁矿



Ms. 泥质粉砂岩砾; Kl. 高岭土; Lm. 褐铁矿

图 2 那乌东矿床红土型金矿体矿石及矿物特征图

Fig. 2 Thelateritic ore bodies ore and mineral characteristics of the Nawudong gold deposit

为主要载金矿物的热液型金矿床明显不同(陈根文等,1999;胡金才等,2013;高永伟等,2019);部分红土型金矿床矿石中常伴生 Ag,而且品位较高(Larizzatti et al.,2008);金矿物的成色较高(Santosh et al.,1991),为红土型金矿的重要特征。

2 控矿因素讨论

2.1 矿源体

为红土型金矿提供金物质来源的地质体称之为矿源体(陈大经等,1996)。金矿的矿源体大致可分为 2 类:①含 Au 丰度较高的岩石。包括前寒武系绿岩带岩石、变质岩、中基性火山岩、花岗闪长岩及闪长岩等(胡胜雄,2005)。例如,博尔顿金矿就被认为是与含 Au 较高的太古界安山岩及花岗闪长岩有关;赣西大坊红土型金矿的矿源体为花岗闪长斑岩(何维基,1998)。②产于各类基岩中的金矿化体及

矿体。该类矿源体有产于古老地层中受构造破碎带控制的含 Au 硫化物石英脉矿化体及矿体(巴西巴依尔金矿床);产于寒武—奥陶系及其他古生界中的卡林型金矿化体(湖北蛇屋山金矿床);产于受构造控制的泥质粉砂岩、硅化沉凝灰岩矿化体及矿体(老挝那乌东金矿床)。

2.2 构造条件

国内外绝大多数红土型金矿床都与构造有关(澳大利亚博尔顿金矿床、湖北蛇屋山金矿床、云南北衙金矿床),包括区域构造、新构造运动及矿田构造。通常区域构造控制着区域构造演化、沉积建造、岩浆活动及成矿作用,也在一定程度上控制着区域上矿床的分布(翟裕生等,2010;李猛等,2020)。矿田构造则可为矿床提供运移通道和储矿空间,直接控制着红土型金矿下部含 Au 地质体或金矿体的分布。湖北蛇屋山、云南北衙及贵州安龙豹子洞等矿床的形成均与断裂构造有密切关系,在断裂带部位

风化壳显著增厚,金矿体厚度也大。因此,构造还间接控制着红土型金矿的空间分布及矿体厚度、规模(任治襜等,2001;Wang et al.,2014;岑安元,2016;童远刚等,2016)。新构造运动则决定了地壳的抬升、风化,影响着红土化作用的进行,同时也控制着矿床的变化和保存。

2.3 古气候条件

世界范围内,红土型金矿主要集中于南北纬 31° 以内的低纬度地区,古气候以热带-亚热带湿润气候为主。新构造运动时期,西澳大利亚、老挝、云南、湖南及中国的滇、黔、桂地区普遍为热带-亚热带湿润气候,雨量充沛,干湿交替,风化过程加速了物质的循环及元素交换;有机质分解产生 CO_2 多向大气逸放,而腐植酸被大量雨水稀释,地表水变为了弱酸性-中性-弱碱性。此环境下,可使原岩中的Si、Ca、Mg、K、Na等元素大量淋滤流失;特别是去Si作用强烈,形成三水铝石,铝、铁等氧化物残留下来形成红土风化壳(王燕等,2002;毛昌明等,2006)。因此,这种温热湿润的古气候环境促进红土化作用的进行(Anand et al.,2019),为红土型金矿的形成提供了有利的条件。

2.4 水文地质条件

红土型金矿作为一种典型的风化矿床与地表水和地下水的运动状况及化学类型密切相关,水文地质条件对红土化作用发育的强度及深度有重要影响,决定了红土化过程中Au元素被动活化能力、迁移形式及沉淀富集。地下水是风化壳中各种物质溶解和迁移的载体,是导致红土风化壳结构分带性的主要因素之一(王燕等,2002)。而差异性升降运动易使地下水侧向流动,对成矿不利;相对低洼的平坦地区,地下水呈垂向运动为主,利于Au元素的次生富集(李志群,1998);相对稳定的潜水面和地表水、地下水补给系统有利于红土化作用的进行及风化壳的保存。因此,良好的水文地质条件有利于红土型金矿的形成。

2.5 地貌条件

研究表明,相对稳定的区域构造环境有利于大中型红土型金矿床的形成。国内外已发现的大中红土型金矿主要产于构造背景相对稳定的低山丘陵地区,可使红土风化壳及富集沉淀的Au更易保存。例如,澳大利亚的布丁顿、巴西的巴伊尔等红土型金矿床。而构造活动强烈地区是不利于红土风化壳与

红土型金矿的形成与保存(王燕等,2002)。中国南方部分地区受强烈的构造活动影响,地形起伏大,切割深,对矿床的保存不利。在山间盆地、低山丘陵、喀斯特地貌区域多形成中小规模的红土型金矿床。黔西南地区发育大量红土型金矿,但贵州晴隆沙子锐钛矿矿床由于喀斯特地貌发育,使金矿源岩风化不彻底,不能形成红土型金矿床(张敏等,2016)。老挝那乌东地区和西非南撒哈拉地区多为低山丘陵地带(Chardon et al.,2018),红土型金矿广泛发育。因此,地貌条件也是红土型金矿形成的重要控矿因素之一。

3 找矿标志

寻找红土型金矿首先建立在一定区域内发育红土层的基础上,在低纬度热带-亚热带湿润地区,红土层下部有丰富矿源体相对稳定的构造环境或山间盆地、低山丘陵及喀斯特地貌区域。综合前人研究成果及笔者在老挝那乌东金矿的勘查工作,总结出以下几个找矿标志。

(1)区域性化探分散流及次生晕Au异常是红土型金矿的重要找矿标志。化探方法寻找金矿一直被地质勘查工作者所推崇,特别是全国区域化探数据库的建立,为金矿床资源预测提供了丰富的地球化学信息(向运川等,2018)。红土型金矿床与化探异常往往具有较好的吻合性,尤其是形态完整、元素分带明显,浓集中心清晰的Au、Ag、Hg、Sb、Bi、Mo及As元素组合异常,可能是红土型金矿的矿致异常(王燕,1999;潘金权等,2012;胡金才等,2013;Lintern et al.,2017)。例如,老挝那乌东金矿床,在预查第一阶段进行了1:5万水系沉积物测量,圈出了水系异常靶区,划定了下步工作重点区域;第二阶段完成了1:1万土壤地球化学测量,圈出了土壤异常靶区,后期经异常查证,发现了工业矿体,金矿体与Au、Ag、Cu、As、Sb元素组合异常吻合性较好。

(2)在富含Au元素的地质体或金矿体范围及其附近存在大面积的红土层,为寻找红土型金矿的重要标志。长江中下游及华南地区的红土形成时代多为第四纪更新世,并且主要是在中更新世形成。在这一地质时期网纹红土、杂色黏土较为发育(陈大经等,1996;毛昌明等,2006)。从湖北蛇屋山金矿红土风化壳剖面可以看出,剖面中发育网纹状红土。

因此,长江中下游红土型金矿的主体应是第四纪中更新世的产物。

(3)红土剖面的铁质带可作为一种重要寻找金矿体的标志(曹新志,1998)。红土化剖面中的豆(鲷)状褐铁矿结核及铁锰结核碎块层位是红土化作用成熟和成矿红土化剖面的特征,是直接的找矿标志(王燕,1999;毛昌明等,2006);褐铁矿(针铁矿)、次生锰矿物也是重要的找矿标志(李志群,1998)。在老挝那乌东金矿区红土剖面中上部含砾亚黏土层位中,富含大量豆状、球粒状褐铁矿结核构成了红土剖面铁质带;经化验分析,该带为富含 Au 的层位。

4 结论

(1)红土型金矿根据风化壳剖面结构特征、与原生矿的关系主要分为残积型和迁积型;红土型金矿的风化壳剖面有明显的垂直分带,矿体主要产在硬(铁)壳层及杂色黏土层、网纹状黏土层及含砾亚黏土层中;矿体一般呈层状、似层状、透镜状,矿体埋藏较浅,产状一般较平缓,受红土风化壳形态控制,矿体规模多为中、小型,少数可达大型-特大型;矿石品位有高有低,矿石松散,组分简单,主要为黏土,金矿物成色较高。

(2)红土型金矿的形成不仅需要良好的矿源层提供成矿物源,还需要构造为含金热液提供运移通道,同时构造活动还可使原生矿体发生破坏,为金矿的富集提供动力基础。而古气候及水文地质条件则控制着红土化作用的发育程度及风化壳的保存,合适的地形地貌为红土型金矿的保存提供空间。红土型金矿是由几种控矿因素相互作用、彼此影响而形成的,遵循“源-运-储-变-保”的核心成矿理论。

(3)化探在寻找红土型金矿中可发挥重要作用。区域性化探分散流及次生晕 Au 异常可作为红土型金矿的重要找矿标志;在富含 Au 的地质体或金矿体范围及其附近,广泛发育大面积的红土层,是寻找红土型金矿的重要标志;红土风化壳剖面在垂向上有数个分带,其中铁质带可作为一种重要的寻找金矿体的标志。

参考文献(References):

蔡鹏捷,许荣科,朱本杰,等.湖北嘉鱼蛇屋山红土型金矿

- 研究回顾与展望[J].地质论评,2016,62(02):135-143.
- CAI Pengjie, XU Rongke, ZHU Benjie, et al. Review and Prospect of Shewushan Lateritic Gold Deposit, Jiayu, Hubei Province[J]. Geological Review, 2016, 62(02): 135-143.
- 岑安元.安龙县豹子洞红土型金矿勘查区找矿潜力[J].资源信息与工程,2016,31(2):45-46.
- CEN Anyuan. Prospecting potential of Baozidong laterite type gold deposit exploration area in Anlong County[J]. Resource Information and Engineering, 2016, 31(2): 45-46.
- 曹新志.中国红土型金矿床研究综述[J].地质科技情报,1998,17(1):50-54.
- CAO Xinzhi. Overview of research on laterite gold deposit in China[J]. Geological Science & Technology Information, 1998, 17(1): 50-54.
- 陈大经,杨明寿.红土型金矿床的地质特征、成矿条件及找矿评价标志[J].矿产与地质,1996,10(2):73-80.
- CHEN Dajing, YANG Mingshou. Geological characters mineralizing setting and prospecting criteria of laterite gold deposit[J]. Mineral Resources and Geology, 1996, 10(2): 73-80.
- 陈大经,杨明寿,张永林.广西镇圩式红土型金矿地质特征及成矿模式[J].矿床地质,2001,20(3):251-258.
- CHEN Dajing, YANG Mingshou, ZHANG Yonglin. Geological Characteristics and Metallogenic Model of the Zhenxu-type Laterite Gold Deposits in Guangxi[J]. Mineral Deposits, 2001, 20(3): 251-258.
- 陈根文,任治襍,刘继顺.红土型金矿研究中的几个问题及在云南的找矿方向[J].有色金属矿产勘查,1999,8(3):26-32.
- CHEN Genwen, REN Zhiji, LIU Jishun. On lateritic gold deposits and their prospecting[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1999, 8(3): 26-32.
- 陈履安.晴隆老万场红土型金矿常量元素地球化学特征及其红土化作用[J].贵州地质,1999,16(4):307-314.
- CHEN Luan. Geochemistry of Macroelements and Lateritization of Laowanchang Lateritic Gold Deposits in Qinglong, Guizhou[J]. Guizhou Geology, 1999, 16(4): 307-314.
- 陈履安.老万场红土型金矿成矿过程的地球化学作用[J].贵州地质,2000,17(1):18-26.
- CHEN Luan. Geochemistry in the Mineralizing Process of Laowanchang Lateritic-Type Gold Deposits of South-

- west Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 2000, 17(1): 18-26.
- 董光贵. 黔西南炼山坡红土型金矿地质特征及找矿标志[J]. *矿产与地质*, 2007, 21(1): 44-46.
- DONG Guanggui. Geological characteristics of Lianshanpo laterite type gold deposit in southwest Guizhou and its prospecting indicators[J]. *Mineral Resources and Geology*, 2007, 21(1): 44-46.
- 段振元, 潘应铭. 江西港南红土型金矿地质特征及成因探讨[J]. *资源调查与环境*, 2010, 31(3): 202-202.
- DUAN Zhenyuan, PAN Yingming. Geological characteristics and genesis of Gangnan lateritic gold deposit in Jiangxi Province[J]. *Resources Survey & Environment*, 2010, 31(3): 202-202.
- 高永伟, 王志华, 黎卫亮, 等. 热液型金矿床中的黄铁矿矿物学研究综述[J]. *西北地质*, 2019, 52(3): 58-69.
- GAO Yongwei, WANG Zhihua, LI Weiliang, et al. A Review of Pyrite Mineralogy Research in Hydrothermal Gold Deposits[J]. *Northwestern Geology*, 2019, 52(3): 58-69.
- 高振敏, 杨竹森, 饶文波, 等. 中国红色粘土型金矿与国外红土型金矿的对比研究[J]. *矿床地质*, 2002(S1): 117-120.
- GAO Zhenmin, YANG Zhusen, RAO Wenbo, et al. A Comparative Research Between Red-Clay Gold Deposits in China and Lateritic Gold Deposits[J]. *Mineral Deposits*, 2002(S1): 117-120.
- 何维基. 赣西红土型金矿床地质特征、成矿地质条件和找矿前景分析[J]. *矿产与地质*, 1998, 12(5): 329-334.
- HE Weiji. Geological features metallogenic conditions and exploration perspective of laterite gold deposits in Western Jiangxi[J]. *Mineral Resources and Geology*, 1998, 12(5): 329-334.
- 湖北省地矿局第四地质大队. 湖北蛇屋山金矿勘探报告[R], 1994.
- 胡金才, 智铎强, 祝永平等. 老挝爬奔金矿床红土型金矿化地质特征及成因分析[J]. *地质找矿论丛*, 2013, 28(3): 462-467.
- HU Jincai, ZHI Duoqiang, ZHU Yongping, et al. The geological characteristics and ore genesis of laterite gold mineralization in Laos Phapon[J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 2013, 28(3): 462-467.
- 胡胜雄. 粤东地区红土型金矿成矿条件、特征及找矿方向[J]. *地学前缘*, 2005, 12(4): 479-480.
- HU Shengxiong. Metallogenic conditions, characteristics and prospecting direction of laterite-type gold deposits in eastern Guangdong[J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(4): 479-480.
- 蒋年生. 湘南红土型金矿地质特征及控矿因素[J]. *湖南地质*, 1999, 18(2, 3): 79-83.
- JIANG Niansheng. Geological characteristics and factors-controlled of laterite Au deposits in Souther Hunan[J]. *Hunan Geology*, 1999, 18(2, 3): 79-83.
- 李猛, 胡朝斌, 查显锋, 等. 东昆仑西段新疆阿确墩地区豹子沟金矿的发现及其找矿意义[J]. *西北地质*, 2020, 53(3): 169-174.
- LI Meng, HU Chaobing, ZHA Xianfeng, et al. On the Discovery and Prospecting Significance of the Baozigou Gold Deposit in the Western Part of East Kunlun, Xinjiang[J]. *Northwestern Geology*, 2020, 53(3): 169-174.
- 李松生. 我国第一个大型红土型金矿床[J]. *黄金*, 1994, 15(4): 1-3.
- LI Songsheng. The first large gold deposit of red clay type in China[J]. *Gold*, 1994, 15(4): 1-3.
- 李小飞, 刘国荣, 肖淳, 等. 老挝那乌东金矿床地质特征及找矿潜力分析[J]. *黄金*, 2020, 41(6): 27-31.
- LI Xiaofei, LIU Guorong, XIAO Chun, et al. Geological characteristics and prospecting potentials analysis of Nawudong Gold Deposit, Laos[J]. *Gold*, 2020, 41(6): 27-31.
- 李志群. 云南红土型金矿床地质特征及成矿条件研究[J]. *矿产与地质*, 1998, 12(3): 160-166.
- LI Zhiqun. Geological features and metallogenic conditions of laterite gold deposits in Yunnan[J]. *Mineral Resources and Geology*, 1998, 12(3): 160-166.
- 李志群. 云南红土型金矿浅析[J]. *黄金*, 1999, 20(3): 1-4.
- LI Zhiqun. Analysis of Yunnan Laterite Gold Deposit[J]. *Gold*, 1999, 20(3): 1-4.
- 刘国平, 汪东坡, 徐勇. 中国红土型金矿类型、成因和找矿[J]. *地质与勘探*, 1999, 35(3): 14-16.
- LIU Guoping, WANG Dongpo, XU Yong. The types, metallogeny, exploration of lateritic gold deposits in China[J]. *Geology and Prospecting*, 1999, 35(3): 14-16.
- 刘腾飞. 湖北蛇屋山红土型金矿床地质特征及勘查[J]. *黄金地质*, 1996, 2(3): 25-30.
- LIU Tengfei. Geological feature and exploration of lateritic gold deposit in Shewushan, Hubei[J]. *Gold Geology*,

- 1996, 2(3): 25-30.
- 刘幼平. 贵州红土型金矿的成矿与找矿[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 353-358.
- LIU Youping. A comparative research between red-clay gold deposits in China and lateritic gold deposit[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1999, 8(6): 353-358.
- 毛昌明, 伏庆是. 湖南省红土类型与红土型金矿找矿方向[J]. 国土资源导刊, 2006, 3(3): 86-89.
- MAO Changming, FU Qingshi. Red clay type and prospecting direction of red clay type gold deposits in Hunan Province[J]. Land & Resources Herald, 2006, 3(3): 86-89.
- 潘金权, 游桂芝, 刘勇. 许官堡红土型金矿地质特征及找矿标志[J]. 西部探矿工程, 2012, 24(4): 126-126.
- PAN Jinquan, YOU Guizhi, LIU Yong. Geological Characteristics and Prospecting Criteria of Xuguanpu lateritic gold deposit[J]. West-China Exploration Engineering, 2012, 24(4): 126-126.
- 任治襍, 罗荣生, 李连举, 等. 云南北衙红土型金矿地质特征及成矿规律[J]. 中国地质, 2001(8): 19-24.
- REN Zhiji, LUO Yongsheng, LI Lianju, et al. Beiya laterite gold deposit geological characteristics and metallogenic regularities in Yunnan[J]. Geology in China, 2001(8): 19-24.
- 孙承兴, 罗怡, 戴福盛. 红土型金矿某些地质特征、成矿条件再认识及其意义[J]. 云南地质, 1998, 18(4): 431-437.
- SUN Chengxing, LUO Yi, DAI Fusheng. A discussion about geology and metallogenesis of lateritic gold deposits and its significance[J]. Yunnan Geology, 1998, 18(4): 431-437.
- 童远刚, 刘浩, 陆建宝. 贵州安龙豹子洞红土型金矿成矿规律及找矿前景分析[J]. 西部探矿工程, 2016, 28(09): 165-167+171.
- TONG Yuangang, LIU Hao, LU Jianbao. Analysis of metallogenic regularity and prospecting prospect of Laterite gold deposit in Baozidong, Anlong, Guizhou[J]. West China Exploration Engineering, 2016, 28(09): 165-167+171.
- 王瑞湖. 广西红土型金矿基本类型及找矿前景分析[J]. 广西地质, 2000, 13(1): 29-36.
- WANG Ruihu. Basic type and exploration perspective of laterite gold deposits in Guangxi[J]. Guangxi Geology, 2000, 13(1): 29-36.
- 王晓曼, 施玉娇. 老挝班康姆铜金矿红土型金矿地质特征及找矿方向[J]. 矿产与地质, 2016, 30(2): 193-197.
- WANG Xiaoman, SHI Yujiao. Geological characteristics and prospecting directions of lateritic deposits in Pangkuam Cu-Au mining area of Laos[J]. Mineral Resources and Geology, 2016, 30(2): 193-197.
- 王燕. 红土型金矿床的勘查及研究现状[J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8(6): 546-550.
- WANG Yan. Current situation for exploration and study of lateritic gold deposits[J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals, 1999, 8(6): 546-550.
- 王燕, 谭凯旋, 刘顺生. 典型红土型金矿的构造控矿特征及其动力学机制[J]. 大地构造与成矿学, 2002, 26(3): 255-262.
- WANG Yan, TAN Kaixuan, LIU Shunsheng. Role and dynamic mechanism of structure in the formation of lateritic gold deposits[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2002, 26(3): 255-262.
- 王燕, 谭凯旋, 刘顺生, 等. 红土型金矿的成矿机理与成矿模式[J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 12-16+32.
- WANG Yan, TAN Kaixuan, LIU Shunsheng, et al. Metallogenic mechanism and model of laterite-type gold deposits[J]. Geology and Prospecting, 2002, 38(4): 12-16+32.
- 王砚耕. 贵州西南部红土型金矿成矿背景及其控制因素[J]. 贵州地质, 1998, 15(4): 299-304.
- WANG Yangeng. Geological Setting and Controls for Lateritic Gold Mineralization in Southwestern Guizhou[J]. Guizhou Geology, 1998, 15(4): 299-304.
- 王砚耕, 陈履安, 李兴中, 等. 贵州西南部红土型金矿特征及其分布规律[J]. 贵州地质, 2000, 17(1): 2-13.
- WANG Yangeng, CHEN Lüan, LI Xingzhong, et al. Feature and Distribution of Laterite Gold Deposits in Southwest Guizhou[J]. Guizhou Geology, 2000, 17(1): 2-13.
- 向运川, 牟绪赞, 任天祥, 等. 全国区域化探数据库[J]. 中国地质, 2018, 45(S1): 32-44.
- XIANG Yunchuan, MOU Xuzan, REN Tianxiang, et al. China regional geochemical exploration database[J]. Geology in China, 2018, 45(S1): 41-57.
- 杨竹森, 高振敏, 饶文波, 等. 滇西上芒岗红色粘土型金矿成因研究[J]. 矿床地质, 2000, 19(2): 97-104.
- YANG Zhusen, GAO Zhenmin, RAO Wenbo, et al. On the genesis of the Shangmang red clay type gold deposit, Western Yunnan[J]. Mineral Deposits, 2000, 19(2):

- 97-104.
- 杨竹森, 高振敏, 罗泰义, 等. 黔西南老万场红色粘土型金矿矿物特征及其意义[J]. 矿物学报, 2001, 21(2): 239-245.
- YANG Zhusen, GAO Zhenmin, LUO Taiyi, et al. Mineralogy and its significance in the Red-clay profile of the Laowanchang Gold Deposit, Southwestern Guizhou[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2001, 21(2): 239-245.
- 曾志方, 刘和生. 湘南红土型金矿浅析[J]. 地质与勘探, 2003(1): 14-17.
- ZENG Zhifang, LIU Hesheng. Preliminary studies on metallogenetic features of laterite gold deposit in Southern Hunan Province [J]. Geology and Prospecting, 2003 (1): 14-17.
- 翟裕生, 邓军, 彭润民, 等. 成矿系统论[M]. 北京: 地质出版社. 2010.
- ZHAI Yusheng, DENG Jun, PENG Runmin, et al. Essentials of Metallogeny[M]. Beijing: Geological Publishing House. 2010.
- 翟裕生, 姚书振, 蔡克勤. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社. 2011.
- ZHAI Yusheng, YAO Shuzhen, CAI Keqin. Ore deposits geology [M]. Beijing: Geological Publishing House. 2011.
- 张敏, 聂爱国, 张竹如. 贵州晴隆沙子锐钛矿床与黔西南红土型金矿床的成矿差异性[J]. 地质科技情报, 2016, 35(5): 126-130.
- ZHANG Min, NIE Aiguo, ZHANG Zhuru. Metallogenic difference between Qinglong Shazi Anatase deposits and lateritic gold deposits in Southwestern Guizhou province [J]. Geological Science and Technology Information, 2016, 35(5): 126-130.
- 张学书. 红土型金矿床成矿地质特征及其在云南的找矿前景分析[J]. 云南地质, 1997, 16(3): 264-271.
- ZHANG Xueshu. An analysis of the geological features and ore-prospecting potential of the metallogenesis of laterite type Au deposit[J]. Yunnan Geology, 1997, 16(3): 264-271.
- 张学书. 滇西碱性斑岩成矿带北衙红土型金矿特征及其找矿意义[J]. 云南地质, 1998, 17(2): 154-158.
- ZHANG Xueshu. The characteristics and prospecting significance of BeiYa laterite Au deposit of the alkalic porphyry metallogenetic zone in west Yunnan[J]. Yunnan Geology, 1998, 17(2): 154-158.
- 邹依林, 郭晓东, 袁仕松, 等. 哀牢山浅变质岩带红土型金矿的地质特征和成矿机理[J]. 地质与勘探, 2006, 42(1): 12-16.
- ZOU Yilin, GUO Xiaodong, YUAN Shisong, et al. Geological features and ore-forming mechanism of lateritic gold deposits in Ailaoshan epi-metamorphic rock belt, Yunnan Province [J]. Geology and Prospecting, 2006, 42 (1): 12-16.
- Anand R R, Hough R M, Salam W, et al. Gold and pathfinder elements in ferricrete gold deposits of the Yilgarn Craton of Western Australia: A review with new concepts[J]. Ore Geology Reviews, 2019, 104: 294-355.
- Chardon D, Grimaud J L, Beauvais A, et al. West African lateritic pediments: Landform-regolith evolution processes and mineral exploration pitfalls [J]. Earth-Science Reviews, 2018, 179: 124-146.
- Larizzatti J H, Oliveira S M, Butt C R. Morphology and composition of gold in a lateritic profile, Fazenda Pison "Garimpo", Amazon, Brazil [J]. Journal of South American Earth Sciences, 2008, 25(3): 359-376.
- Lintern M J, Anand R R. Dispersion of gold and other metals by trees, gravels and soils near Boddington Gold Deposit, Western Australia [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2017, 181: 10-21.
- Mann A W. Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles: Some observations from Western Australia [J]. Economic Geology, 1984, 79(1): 38-49.
- Porto C G and Hale M. Gold redistribution in the stone line lateritic profile of the Posse deposit, Central Brazil [J]. Economic Geology and the Bulletin of the Society of Economic Geologists, 1995, 90(2): 308-321.
- Santosh M, Omana P K. Very high purity gold from lateritic weathering profiles of Nilambur, southern India [J]. Geology, 1991, 19(7): 746-749.
- Wang M F, Zheng Y Y, Xu R K, et al. Fluid inclusion, siliceous rock geochemistry of Shewushan lateritic gold deposit, Hubei Province, eastern China: Implication for the genesis of primary orebody [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 2014, 33(1): 65-76.
- Wells M A, Dañiyik M, McInnes B I, et al. (U-Th)/He dating of ferruginous duricrust: Insight into laterite formation at Boddington, WA [J]. Chemical Geology, 2019, 522: 148-161.
- Zang W S, William S. Fyfe, Chen Y. Lateritic gold deposits: An overview [J]. Geoscience, 2002, 15(2): 143-150.