

哀牢山浅变质岩带红土型金矿的 地质特征和成矿机理

邹依林¹, 郭晓东¹, 袁仕松¹, 张 栋¹, 杨拴海²

(1 武警黄金地质研究所, 廊坊 065000; 2 武警黄金第二总队, 廊坊 065000)

[摘要]哀牢山浅变质岩带分布于哀牢山深大断裂与九甲—安定深大断裂之间的古生界与中生界地层中, 哀牢山金矿带目前已发现的主要金矿床(点)均产于其中, 金矿类型以蚀变岩型和石英脉型为主, 但近年来, 相继发现了一批红土型金矿。哀牢山浅变质岩带基岩的含金丰度值高, 新生代以来构造活动异常强烈, 而地壳抬升保持相对平稳, 亚热带气候温暖潮湿, 在地形平缓的山间盆地、低山、丘陵、准平原、喀斯特地貌单元中红色粘土富集, 是红土型金矿成矿的有利地区。岩带南段相对于北段红土型金矿成矿条件更加有利, 找矿更有远景。

[关键词]哀牢山浅变质岩带 红土型金矿 地质特征 找矿远景

[中图分类号]P618.51 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2006)01-0012-05

红土型金矿是20世纪80年代新发现的矿类型, 是指含金较高的地质体经高度的红土化作用, 使所含的金活化迁移, 并沉淀富集于风化壳的某一部位而形成的表生金矿床, 具有规模大、易采、易选冶、回收率高等特点^[1]。1980年在西澳大利亚首先发现了博尔顿大型红土型金矿床, 尔后在低纬度地区, 如巴西、美国、斐济、巴布亚新几内亚、印度、越南、马里、几内亚、尼日利亚、加纳、加蓬和塞拉利昂等国发现了大批红土型金矿^[2]。我国于1989年在湖北嘉鱼蛇屋山发现了第一个大型红土型金矿^[3], 随后在湖南、云南、贵州、广西等省区先后发现了一批红土型金矿。近年来, 在哀牢山浅变质岩带的镇源烂泥塘、墨江金厂、元阳哈播、马鹿塘和金平铜厂等地相继发现了红土型金矿床。

1 成矿地质背景

一般认为红土型金矿的形成受基岩、构造、地形地貌、气候、成矿时代和水文地质等多种因素的共同作用^[4]。

1.1 基岩

基岩中含金较高的岩石和金矿(化)体是红土型金矿成矿的物质基础, 充当了红土型金矿的矿源体。哀牢山浅变质岩带分布于哀牢山深大断裂与九

甲—安定深大断裂之间的古生代与中生代的地层中, 从北至南变质程度逐渐减弱。北段主要为片岩、千枚岩和板岩, 其原岩都为玄武质熔岩及火山碎屑岩, 中部为变质砂岩、板岩, 而南部主要为轻变质的砂岩、页岩和灰岩(图1)。带内岩浆活动比较强烈, 以超基性岩为主, 基性岩次之, 也见有中酸性和碱性岩类, 具有明显的多期多阶段性特点。主要有常林寨、火烧寨、金厂、哈播和马鹿塘等岩体, 组成宽5~13km, 北窄南宽的哀牢山蛇绿岩套。此外, 浅变质岩带中火山喷发活动也有表现, 芭蕉阱一带有蚀变安山岩、次安山岩和安山凝灰岩, 元江因远、元阳黄草岭、俄扎一带有流纹斑岩, 在墨江金厂有基性—火山熔岩和凝灰质碎屑沉积。脉岩主要有辉长岩脉、辉绿岩脉、煌斑岩脉、花岗斑岩脉、石英斑岩脉及伟晶岩脉等。

哀牢山成矿带目前发现的主要金矿床均产于浅变质岩带中, 这些浅变质岩和不同性质的岩浆岩均有较高的金丰度值。墨江金厂红土型金矿体下部的蚀变灰岩金丰度值为 $0.2 \times 10^{-6} \sim 0.4 \times 10^{-6}$, 元阳阿树蚀变泥质粉砂岩的金丰度值在 $0.11 \times 10^{-6} \sim 0.20 \times 10^{-6}$, 哈埂硅质粉砂岩金丰度值为 $0.12 \times 10^{-6} \sim 0.34 \times 10^{-6}$, 哈播蚀变角闪石英正长岩金丰度值为 $0.10 \times 10^{-6} \sim 0.23 \times 10^{-6}$ ^①; 金平铜厂下奥

[收稿日期]2004-12-06; [修订日期]2005-01-24; [责任编辑]曲丽莉。

[基金项目]国土资源调查项目(编号:资[2004]004-03)资助。

① 郭晓东, 邹依林, 等, 《云南哀牢山成矿带南段以金为主的矿产资源综合评价》项目阶段性成果。

[第一作者简介]邹依林(1971年-), 男, 1995年毕业于中国地质大学, 获学士学位, 工程师, 现主要从事黄金地质研究工作。

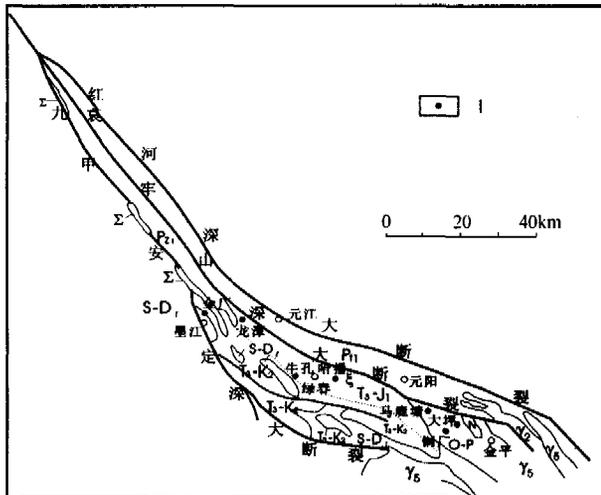


图 1 哀牢山浅变质岩带地质简图

T₃ - K₂—粉砂岩、流纹斑岩夹灰岩; T₃ - J₁—粉砂岩、细砂岩夹板岩; S - D₁—白云质、细晶质灰岩夹砂岩; O - P—灰岩、页岩夹玄武质凝灰岩; P₁—片岩、千枚岩、板岩; P₁₁—糜棱岩、大理岩; Σ/N—超基性岩/基性岩; ξ—石英正长岩; γ₂/γ₃—元古代花岗岩/中生代花岗岩; 1—红土型金矿床(点)

陶统—中志留统白云质灰岩金丰度值为 $0.045 \times 10^{-6} \sim 1.025 \times 10^{-6}$ ^[5]。这些具有较高含金丰度值的岩石能够为红土型金矿的形成提供丰富的成矿物质,是红土型金矿的矿源体。哀牢山浅变质岩带红土型金矿的主要含金建造可以分为 5 种类型(表 1)。

表 1 哀牢山浅变质岩带红土型金矿的主要含金建造

含金建造类型	矿床类型	典型矿床
侵入岩	闪长岩热液型	元阳大坪
	花岗岩热液型	元江龙潭
	超基性—基性岩体分异型	金平白马寨、元阳马鹿塘
次火山斑岩	碱性斑岩热液型	元阳哈播、绿春牛孔
	花岗斑岩热液型	金平铜厂、亚拉坡
基性火山岩	超基性—基性岩蚀变型	镇源老王寨、墨江金厂
变质岩	变质热液型	永平功果桥、金平路坎脚
构造破碎带	构造控矿型	元阳哈埂、金平老厂

1.2 构造

哀牢山浅变质岩带经历了复杂的构造演变过程,从奥陶纪到三叠纪板块碰撞、俯冲、拼合后,大量浅变质的板岩、砂岩、页岩沉积,在板块边缘有较多的燕山期—喜山期岩浆作用,并伴随有大量的热液活动及成矿作用。NW 向的哀牢山深大断裂和九甲—李仙江深大断裂北敛南散,它们与其次级的 NW、NE、EW、NNW 向断裂构成了浅变质岩带的基本构造格局,在浅变质岩中裂隙和节理异常发育,硅化、

金属矿化普遍。哀牢山浅变质岩带的金矿受构造控制作用非常明显,金矿体可直接产于构造的破碎蚀变带中或构造破碎带中充填的石英脉中。如墨江金厂的红土型金矿严格受 NW 向四十八两山—白石崖断裂的控制,矿体走向 $310^\circ \sim 330^\circ$,长大于 4000m,宽大于 500m;元阳马鹿塘 1 号、2 号脉红土型金矿受 NW 向马鹿塘断裂控制,矿体走向 NW,并在白云质灰岩 NW 向的裂隙中金含量显著增加,可达到 11×10^{-6} ;金平铜厂红土型金矿受 NNW、NW 及 NE 向断裂共同控制,在断裂交汇部位和裂隙发育密集带金矿体膨大变富。

1.3 地貌

在地貌上哀牢山浅变质岩带北部以哀牢山山脉为主的深切山区为特征,地势起伏较大,雨水冲刷作用强,难于形成分布广、成熟度高的风化壳,不利于成矿;在地形坡度较小、原生金矿体规模较大的低山地区,如镇源烂泥塘和墨江可以形成红土型金矿。南部则以低山、丘陵、准平原和山间盆地其特征,地势相对平缓,雨水的冲刷速度小于风化壳沉积速度,红色粘土容易富集,利于形成厚大的风化壳,元阳马鹿塘—金平铜厂一带已发现多处红土型金矿床(点)。

1.4 古气候和成矿时代

老第三纪该区气候以炎热干旱—半干旱为主,是中生代以来周期性干旱气候的继续与发展,从大气候看,对红土型金矿的成矿并不有利。新第三纪该区处于低纬度的亚热带高原湿润气候区,适宜的气候为红土型金矿的形成提供了有利条件。第四纪气候总体较温暖,但北部地势较高,气候偏冷,红土型金矿的成矿条件稍差;而南部则气候温暖,有利于红土型金矿的形成。哀牢山浅变质岩带的红土型金矿主要形成于新生代以来的构造运动,陈大经^[6]在研究中国南方红土型金矿时发现云贵高原的红土是早更新世晚期至中一晚更新世的产物,由此可以推测哀牢山浅变质岩带红土型金矿的成矿时代主要是中晚更新世。

1.5 水文地质

哀牢山浅变质岩带处于低纬度的热带—亚热带地区,气候湿热同季、干湿交替、旱雨分明、植被发育,大小河流密布,形成网状水系,雨季长,降水量大。地下水中含有丰富的 Cl^- 、 S^{2-} 等阴配位体,地表水的 pH 值变化较大,含金建造的基岩经历长时间的化学风化作用, Si、Ca、Mg、K、Na 等淋滤流失, Al、Fe 等残留富集,为红土风化壳的形成创造了基

本条件。

2 矿床地质特征

2.1 矿床类型

不同地区红土型金矿成矿的主导因素不尽相同,以不同的标准可以划分出不同的矿床类型。对于云南红土型金矿,杨玉华^[6]以矿源体建造的地质特征不同,划分为岩控型、层控型和构控型3类;刘国平^[7]根据风化壳剖面结构特征、控矿构造、与原生矿(化)体的关系分为残积型和迁积型2类;高振敏^[2]按赋矿地形地貌单元不同划分出深切山区型、低山-丘陵型和喀斯特型3类。哀牢山浅变质岩带红土型金矿主要产于地形坡度较小的低山、丘陵、山间盆地的地貌单元中,具有相近的古气候和水文地质环境,但为其提供成矿物质的含金建造类型则多种多样,成为红土型金矿形成的决定性因素,断裂构造对某些红土型金矿的控制作用较为突出,因此本区影响红土型金矿形成的各主要因素中在基岩类型和构造控制作用上差异性表现更为明显,笔者据此将本区的红土型金矿分为岩控型、构控型2类。岩控型是指产于侵入岩和次火山岩含金建造风化壳中的红土型金矿(元阳马鹿塘、元阳哈播、绿春牛孔、金平铜厂);构控型指受断裂控制的呈线性展布的红土型金矿(元阳哈埂、金平老厂)。产于火山岩和变质岩含金建造中的红土型金矿矿体事实上主要还是受断裂控制(镇源老王寨、墨江金厂、永平功果桥、金平路坎脚)。

2.2 矿体形态、产状与规模

矿体一般呈层状、似层状、透镜状。矿体的产状与原生矿(或矿化体)产状一致,较平缓。矿床规模多较原生矿大,但小于风化壳的规模。岩控型矿体多呈“毡”状覆于含金建造之上,并受风化壳不整合面形态控制,其底板产状有起伏变化,地形坡度一般小于10°,在0°~3°坡度范围内有利于形成较大规模的矿体;构控型矿体常以透镜状赋存于断裂构造的破碎蚀变带中,在裂隙密集发育地段矿体膨大。

2.3 矿石特征

2.3.1 矿石矿物成分

矿石中金属矿物以褐铁矿、针铁矿、赤铁矿、软锰矿为主,次有孔雀石、黄铜矿、蓝铜矿、白铅矿、磁铁矿、镜铁矿等,非金属矿物为碳酸盐、石英、蛋白石、高岭石、蒙脱石等。金矿物多为自然金和银金矿,多呈显微-次显微状,在局部表层红土和硅质角砾中偶见有少量粒状、片状明金。自然金赋存在

硫化物和粘土矿物中,呈“绒毛状”或“烟灰状”等形态,在墨江金厂局部地方呈薄膜状和树枝状,元阳哈播金矿中见有少量片状和板状。

2.3.2 矿石组构

矿石结构主要有胶状、格状结构、残余结构等。矿石构造有土状、蜂窝状、团块状、结核状、角砾状、皮壳状。

3 成矿机理

3.1 风化壳剖面结构

红土型金矿的规模与产状严格受红土风化壳的控制,风化壳剖面在垂向上具有明显的分带特征,表现为由上到下风化壳岩石的矿物组合、结构构造、化学成分及元素组合、氧化还原环境、金的富集程度等都具有明显的分带性^[4]。据此,哀牢山浅变质岩带红土型金矿的风化壳剖面结构从上到下可以划分为6个带(图2)。

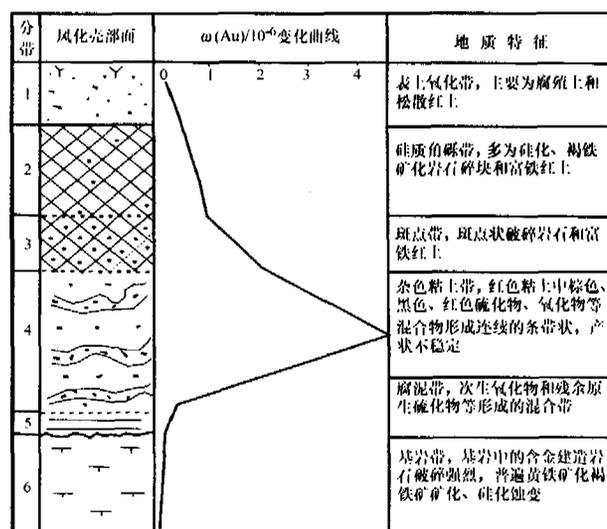


图2 哀牢山浅变质岩带红土风化壳剖面图

1) 表土氧化带, 多为地表红色铁质土壤和腐殖土层, 几乎没有金的成矿标志。个别情况下具糖粒状结构的石英残余和致密团块状褐铁矿, 是硫化物被次生交代的“原地”产物。有时见少量孔雀石、白铅矿、蓝铜矿等矿物。

2) 硅质角砾带, 由破碎岩石、多孔石英壳、多孔状或致密状褐铁矿及富铁红土组成。褐铁矿多属原地硫化物风化残留物, 少数为上部带中地下水带来的再沉积物。该带中常见网脉状、角砾状和蜂窝状构造。金含量一般小于 1×10^{-6} 。

3) 斑点带, 由进一步风化的上部岩石和松散状的褐铁矿及富铁红土组成, 以浅色粘土矿物、铁和锰

等元素的氢氧化物的沉淀为特征,褐铁矿多为水针铁矿。该带中常见斑点状、网脉状、蜂窝状构造。金含量为 $0.1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ 。

4) 杂色粘土带,由保存有含金建造岩石残余结构的土状岩石或粘土化岩石组成,以红色、棕色、黑色风化型粘土矿物、铁和锰等元素的氢氧化物的沉淀为特征,褐铁矿多为水针铁矿与针铁矿的混合物。金赋存于粘土和氢氧化物中,多为分散状细粒金、显微金。典型含金构造为土状、皮壳状、蜂窝状构造。该层中金最为富集,平均金含量 $1.1 \times 10^{-6} \sim 1.3 \times 10^{-6}$,最高可达 12×10^{-6} 。

5) 腐泥带,残余原生硫化物和次生氧化物及碳酸盐等形成的混合带,原生硫化物黄铁矿、黄铜矿等多已氧化为褐铁矿、赤铁矿,只有少量残余在致密块状岩石中,局部见少量孔雀石。该层与基岩接近,硫化物的含量较少,以次生氧化物为主,在构控型金矿中基本不发育。该层金含量与基岩相近,不具有工业意义。

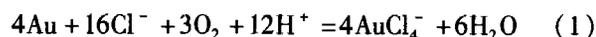
6) 基岩带。红土型金矿的矿源体,在基岩局部地段金可以富集形成原生矿体或矿化体,金平铜厂、元阳大坪等地基岩中均有宽大的金矿脉,元阳马鹿塘、哈播的基岩中也见有原生金矿脉产出。

3.2 成矿机理

3.2.1 金的溶解和迁移

在形成风化壳和红土型金矿的表生氧化环境下,金可以与 Cl^- 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 OH^- 、 CN^- 、 HS^- 、有机酸等形成配位物进行溶解和迁移^[8]。哀牢山浅变质岩带的含金建造类型多种多样,地表水 pH 值变化

较大,可以从酸性、弱酸性到弱碱性,地下水中阴配位体以 Cl^- 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 为主。元阳大坪、元江龙潭等地,酸性、偏酸性的岩体和岩脉比较发育,水溶液中阴配位键以 Cl^- 为主,少量 HS^- ,吸附游离态金,主要形成金的氯配位物:



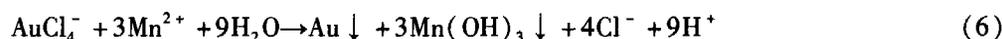
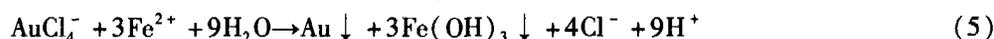
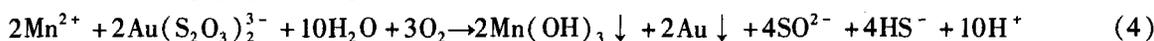
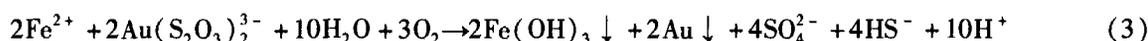
元阳哈播、金平铜厂、绿春牛孔等地的含金建造以白云质灰岩、板岩和碱性岩浆岩为主,岩石中普遍含有黄铁矿,地下水中有较多的 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 阴配位体,在大量 Fe^{3+} 的参与下,可吸附游离态金,主要形成金的硫代硫酸盐配位物:



除此之外,浅变质岩带植被非常发育,在植物的根须及其腐殖土壤里有含有 OH^- 、 CN^- 等有机酸,也可以吸附游离态的金,形成各种有机酸的配位物进行溶解与迁移。

3.2.2 金的沉淀和富集

以氯配位物、硫代硫酸盐配位物及各种有机酸的配位物为载体溶解和迁移的金在还原、氧化条件,随着配位体的氧化、还原、酸化和稀释作用,金可以从配位物中置换出来,主要形成胶体态的金,被吸附到很细的呈悬浮状态的 Fe 和 Mn 的硫化物和粘土矿物颗粒上,在适宜的地方沉淀和富集^[9]。哀牢山浅变质岩带红土风化壳的杂色粘土化带、斑点带及硅质角砾带中,以还原-弱氧化条件为主, Fe^{2+} 和 Mn^{2+} 是主要的还原剂,可以置换出各种配位物中溶解和迁移的金,有如下反应式:



从上面(3)-(6)式中可看出, Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} , Mn^{2+} 被氧化成 Mn^{3+} , 并与 $(\text{OH})^-$ 根结合形成胶状体 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和 $\text{Mn}(\text{OH})_3$, 可吸附离子 Au, 失水后变成褐铁矿和锰结核, 其干裂纹常被自然金等充填, 有利于金的沉淀与富集。

哀牢山浅变质岩带红土型金矿是基岩中的含金建造和原生矿(化)体在长时间的断裂作用和雨水的化学风化作用下, 在红土风化壳的杂色粘土带富集成矿。

4 找矿方向

1) 哀牢山浅变质岩带是三江地区重要的岩浆构造带, 也是西南重要蚀变岩型和石英脉金矿产地。高背景值的浅变质岩和岩浆岩为金成矿提供了丰富的成矿物质, 新生代以来构造活动强烈, 地壳处于缓慢抬升阶段, 亚热带气候炎热潮湿, 为红土型金矿的形成提供了得天独厚的条件, 这种新类型的金矿具有很大的找矿远景。

2) 金主要富集于风化壳的杂色粘土带中,金属硫化物、氧化物和富铁粘土矿物是金的主要载体,褐铁矿、锰结核和杂色粘土带是重要的找矿标志。

3) 哀牢山浅变岩带的红土型金矿受基岩和构造的控制作用非常明显。岩控型金矿的矿床规模完全受控于深部含金建造的基岩,一般小于基岩风化壳的范围,基岩中宽大的原生矿(化)脉可以为红土型金矿提供大量的成矿物质。元阳大坪、绿春牛孔、金平亚拉坡等地有中小型金矿的找矿前景,元阳哈播、绿春牛孔等金矿有望达到大型。构控型金矿的规模受构造活动强度和范围控制,产状与构造线一致,在裂隙发育密集的部位矿体膨大,金含量明显增加。元阳哈埂、金平老厂受构造裂隙控制,规模有限;墨江金厂、金平铜厂受断裂构造控制,在构造交汇部位矿体富集,矿床规模均已突破大型,其外围仍有较大的找矿远景。

4) 红土型金矿的规模还受地形、地貌单元及冲刷程度等因素的制约。地形陡、坡度大的深切地区,冲刷作用强,风化壳薄,不利于大规模成矿,因而元阳马鹿塘、金平芭蕉坪等地红土型金矿规模有限。地形平坦坡缓的山间盆地、低山丘陵地区,雨水的冲

刷作用小于风化壳沉积速度,可以形成厚大的风化壳,元阳阿树、金平路坎脚、箐脚等地有较大规模红土型金矿的找矿远景。

[参考文献]

- [1] 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,1999,18(4):431~437.
- [2] 高振敏,杨竹森,罗泰义,等. 中国红色粘土型金矿[J]. 矿物岩石地球化学通报,2001,21(1):48~53.
- [3] 虞人育. 湖北蛇屋山金矿区风化型金矿床地质特征及成因浅析[J]. 矿床地质,1994,13(1):28~37.
- [4] 李志群. 云南红土型金矿的成矿条件及地质特征[J]. 黄金地质,1997,4(2):27~32.
- [5] 杨玉华. 金平铜厂红土型金矿主要控矿因素的正交分析[J]. 有色金属矿产与勘查,1999,8(3):171~175.
- [6] 陈大经,杨明寿. 中国南方红土型金矿成矿特征及成矿模式[J]. 有色金属矿产与勘查,1992,8(6):651~654.
- [7] 刘国平,汪东波,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.
- [8] 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,2000,38(4):12~16.
- [9] 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.

GEOLOGICAL FEATURES AND ORE - FORMING MECHANISM OF LATERITIC GOLD DEPOSITS IN AILAOSHAN EPI - METAMORPHIC ROCK BELT, YUNAN PROVINCE

ZOU Yi - lin¹, GUO Xiao - dong¹, YUAN Shi - song¹, ZHANG Dong¹, YANG Shuan - hai²
(1. Gold Geology Institute of CAPF, Langfang 065000; 2. No. 2 Team of CAPF, Langfang 065000)

Abstract: Ailaoshan epi - metamorphic rock belt is distributed in Paleozoic and Mesozoic strata between Ailaoshan and Jiujia - Anding deep faults. Discovered gold deposits in the Ailaoshan gold belt are mainly located in the rock belt. Gold types mainly include altered rock and quartz vein styles. Recently, a batch of lateritic gold deposits had been also found in the belt. Gold contents in basement rocks of Ailaoshan epimetamorphic rock belt are higher. As intensive tectonic activities since Cenozoic, relative stability of crustal elevation, and subtropical warm and moisture climate, red clays are enriched in intermountain basins with smooth relief, low mountains, hills, peneplane and karst morphologic units, forming favourable ore - forming zones for lateritic type gold deposits. Ore - forming conditions and ore prospecting in the south part of the Ailaoshan epi - metamorphic rock belt are better than that in the north part.

Key words: Ailaoshan epi - metamorphic rock belt, lateritic gold deposit, geological feature, ore prospecting