

编号: 0258-7106(2011)03-0477-11

澜沧江铁矿带惠民式-疆峰式铁矿床特征与含铁建造*

许东, 任治机, 余海军, 尹光侯, 段建中

(云南省地质调查局, 云南昆明 650051)

摘要 通过对惠民式和疆峰式铁矿的研究, 认为它们都是受变质中基性火山岩建造控制的海相火山-沉积型铁矿床, 前者兼有条带状含铁建造(BIF)和粒状含铁建造(GIF)的特征, 而后者则为条带状含铁建造。它们均具备元古代条带状铁硅建造铁矿的特征, 满足形成前寒武纪大型条带状含铁建造的“大型海洋热液供应系统、作为沉积仓储的大陆架地貌及有能力联系这两者的海洋层体”三要素, 以及形成大型火山-喷流-沉积型铁矿的条件。赋存惠民式和疆峰式铁矿的元古代澜沧岩群及大勐龙岩群构成了澜沧江铁矿成矿带, 其共生喷流沉积-内生蚀变改造-外生淋滤富集的演化特点清楚。澜沧岩群中的惠民式铁矿属火山-沉积苏必利尔湖型铁矿, 与锰共生; 大勐龙岩群中的疆峰式铁矿为火山-喷流阿尔果马型铁矿, 以含少量硫为特征。这两类铁矿床从火山喷流沉积到变质改造等, 均可在矿床成因模式中找到相应的位置。研究结果表明, 在该区寻找条带状含铁建造铁矿的潜力巨大。

关键词 地质学, 条带状含铁建造, 澜沧江铁矿带, 惠民式铁矿, 疆峰式铁矿, BIF, 三要素

中图分类号: P618.31

文献标志码: A

Mineralization features and iron formation of Huimin- and Jiangfeng-style ore deposits in Lancangjiang iron ore belt

XU Dong, REN ZhiJi, YU HaiJun, YIN GuangHou and DUAN JianZhong
(Yunnan Bureau of Geological Survey, Kunming 650051, Yunnan, China)

Abstract

A study of the Huimin- and Jiangfeng-style iron deposits has revealed that the marine volcanogene sedimentary type Huimin and Jiangfeng ore deposits are controlled by metamorphosed intermediate-basic volcanic formation. The former (Huimin-style) consists of both banded iron formation (BIF) and granular iron formation (GIF) whereas the latter (Jiangfeng-style), consists only of banded iron formations (BIF). The possess of the formation of Proterozoic banded siliceous iron formation possesses the features of “a large-scale supply of aqueous iron from the oceanic hydrothermal system; the existence of large continental shelves to serve as deposition repositories and a stratified ocean capable of connecting the two”, thus satisfying the three essential factors for forming large-size volcanogene-exhalative-sedimentary type iron deposits. The Lancangjiang iron ore belt is composed of Huimin- and Jiangfeng-style ore deposits hosted by strata of Proterozoic Huimin Group and Damenglong Group, and the evolutionary characteristics of syngenetic exhalative sedimentary-hypogene alteration-supergene leaching and enrichment are obvious. The Huimin-style iron ore deposits of Huimin Formation in the Lancang Group belong to the volcano-sedimentary Superior Lake type, in association with manganese, whereas the Jiangfeng-style iron ore deposits of Damenglong Group may be regarded as the volcano-exhalative Algoma type characterized by the existence of minor sulfur. On the whole, for the mineralization from volcano-exhalative

* 本文得到“云南省矿产资源潜力评价(编号:1212010813024)”项目资助

第一作者简介 许东,男,1968年生,硕士,高级工程师,长期从事区域成矿研究与地质矿产勘查。Email: ddy-xd@163.com

收稿日期 2010-04-28; 改回日期 2011-01-07。许德焕编辑。

sedimentation to metamorphism and transformation we can find the relevant parts from the ore deposit metallogenic model, and hence the model offers a great potential in search for banded iron formation in this region.

Key words: geology, banded iron formation, Lancangjiang iron ore belt, Huimin-style iron deposits, Jiangfeng-style iron deposits, three essential factors for BIF formation

“三江”地区是中国重要的海相火山岩型铁多金属成矿带。在“三江”地区南段的澜沧花岗岩基南端两侧,澜沧县的惠民铁矿及勐海县的疆峰铁矿均赋存于元古界变质岩系中,属前寒武系受变质中性火山岩建造控制的海相火山-沉积型铁矿床,是澜沧江铁矿成矿带的组成部分^①。两者分别产于元古界澜沧岩群及大勐龙岩群的2个含铁火山岩建造内。惠民-西定地区的澜沧岩群中有惠民、西定等铁矿床,景洪-大勐龙地区的大勐龙岩群中有大勐龙、国防、疆峰、曼老等铁矿床,据此将该带划分为:双江-澜沧古-中元古代火山-沉积型铁矿成矿(西)亚带(惠民)以及云县-景洪古元古代(含晚三叠世)火山-喷流型铁矿成矿(东)亚带(大勐龙)^②(图1)。

惠民和疆峰两个铁矿区的工作程度为详查和普查,已查明前者的规模达超大型,后者达中型。其找矿前景及资源潜力引起了地学界众多学者的关注。前人对矿床的基本特征和成因、成矿时代与控矿因素等,作了较多的研究与报道(冯本智等,1982;曾群望,1984;范承均,1982;赵准,1993;罗君烈,1995;等等)。但以往研究的侧重点各异,尚不够深入和系统,尤其是关于矿床的含矿建造及其古构造环境、时代依据等较为模糊,控岩控矿因素、成矿系列与特征不明,有关惠民式和疆峰式(原国防式)(杨荆舟等,1998)两类铁矿床的确切内涵与资料较少,对矿床深部及外围找矿潜力的研究较缺乏等,成为该区域找矿勘查的瓶颈。

在前人研究成果的基础上,通过对“云南省铁矿单矿种资源潜力评价(2009)”项目的系统梳理与研究,进一步明确了惠民铁矿和疆峰铁矿含矿建造的构造属性、矿床特征与成因机理,将其分别厘定为东、西成矿亚带^③的典型矿床和矿产预测类型——惠民式火山-沉积型铁矿床、疆峰式火山-喷流型铁矿床(图1)。经潜力评价,整个澜沧江铁矿带的铁资源量达百亿吨,规模巨大,其中西(惠民)亚带占86%,东

(大勐龙)亚带占14%。论证了该成矿带内的矿床为条带状含铁建造矿床,并与典型的条带状含铁建造矿床进行了对比,认为西亚带的惠民式铁矿床属苏必利尔湖型铁矿床,东亚带的疆峰式铁矿床为火山-喷流阿尔果马型铁矿床。这对区域成矿模式和成矿系列(陈毓川等,1993)的建立,对指导找铁潜力很大的“三江”地区的找矿突破具有重要意义。

1 地质背景及主要矿床

澜沧惠民-大勐龙铁矿成矿带位于西南“三江”成矿带的南段,临沧-双江陆缘弧带的西南缘,与印支期-燕山期临沧花岗岩基为邻,西接澜沧俯冲增生杂岩带,是一条环扬子陆块西缘的NS向岛弧带(图1)。该带呈近NS向展布,主体沿临沧花岗岩基西侧分布,在云南绵延约370 km,宽约10 km,北起凤庆、云县,经双江、澜沧、勐海,向南延入缅甸境内,成为该地区广泛分布和出露的主要地质体。

该区域出露的地层有古-中元古界澜沧岩群及大勐龙岩群、古生界、中生界侏罗系-白垩系红层和新生界新近系,缺失中生界下部,总厚度近万米;岩性主要为碎屑岩、火山岩、化学沉积岩等。该区历经了加里东期、海西期、印支期等多期次构造运动,褶皱和断裂都很发育;与构造运动相伴的海相火山喷发活动强烈,火山喷发-沉积硅铁建造控制了惠民特大型铁矿床等的形成与产出。

该成矿带内有元古界澜沧岩群、大勐龙岩群及上三叠统等3个含铁火山岩建造。其中,惠民-西定地区的铁矿床及含铁建造赋存于澜沧岩群;景洪大勐龙地区有2个铁矿含矿层位:①大勐龙岩群,如大勐龙、国防、疆峰、曼老铁矿床等;②上三叠统,如曼养、曼南坎、曼允等铁矿床。因此,该成矿带可进一步划分为东、西2个亚带:双江-澜沧古-中元古代惠民式火山-沉积型铁矿成矿(西)亚带,以惠民铁矿为

① 高相平,徐德才,1977.西双版纳铁矿特征.云南省地质局第十七地质队.内部资料.

② 云南省地质矿产局第五地质大队,1982.云南省澜沧县惠民矿区铁矿详查地质报告.内部资料.

③ 云南省地质调查局,2010.云南省铁矿资源潜力评价报告.内部资料.

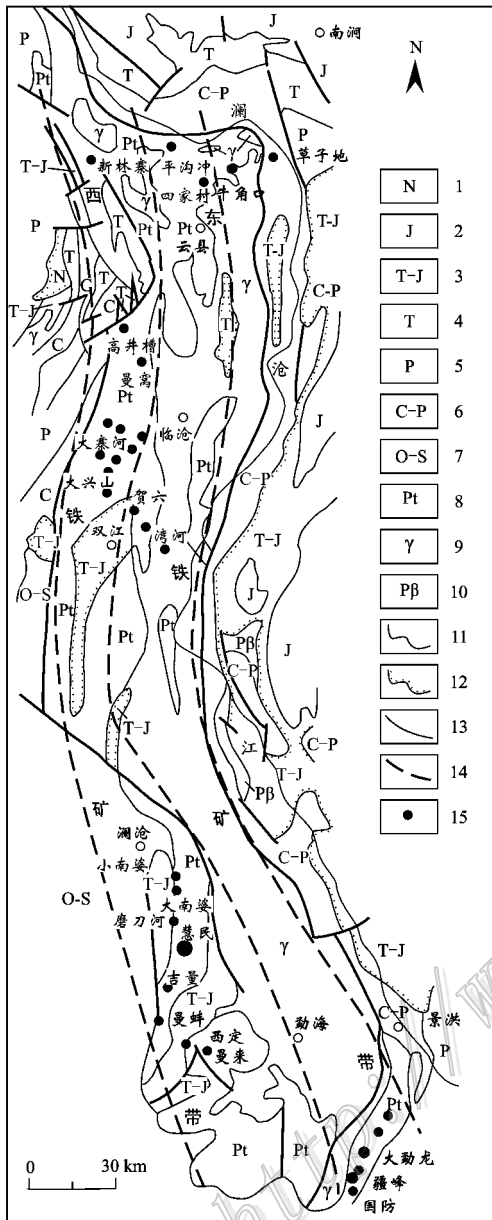


图1 南澜沧江地区地质矿产简图

1—新近系砂泥岩；2—侏罗系红层；3—三叠系-侏罗系砂页岩；4—三叠系砂岩；5—二叠系砂岩、砂页岩；6—石炭系-二叠系火山杂岩；7—奥陶系-志留系砂页岩；8—元古界变质岩；9—花岗岩；10—二叠纪基性杂岩；11—地质界线；12—不整合界线；13—断层；14—铁矿带界线；15—铁矿床(点)

Fig. 1 Geological sketch map of South Lancangjiang area
 1—Neogene shale; 2—Jurassic red bed; 3—Triassic-Jurassic sandstone-shale; 4—Triassic sandstone; 5—Permian sandstone, sandstone-shale; 6—Carboniferous-Permian volcanic complex; 7—Ordovician-Silurian sandstone-shale; 8—Proterozoic metamorphic rock; 9—Granite; 10—Permian basic complex; 11—Geological boundary; 12—Unconformity boundary; 13—Fault; 14—Iron ore belt boundary; 15—Iron ore deposit (spot)

典型矿床,云县-景洪古元古代疆峰式火山-喷流型铁矿成矿(东)亚带,以疆峰铁矿为典型矿床。

1.1 惠民式铁矿

惠民铁矿床赋存于西成矿亚带的古-中元古界澜沧岩群中,下部为硅质、泥质建造,中部以火山-沉积建造为主,上部为泥砂质类复理石建造,是活动性较强的构造环境下的产物,其中的变质基性火山岩与成矿关系密切,形成了典型的火山-沉积型菱铁磁铁矿矿床;惠民式铁矿是该区最有远景的铁矿床类型。岩石化学和地球化学研究表明,该亚带内与成矿有关的火山岩为大洋型火山岩,或接近大洋一侧的岛弧型火山岩,属海底火山喷发-沉积成因,其成岩成矿时代为古-中元古代^{①②}(刘增池,1985;罗君烈,1995)。

惠民铁矿床产于由澜沧岩群组成的相邻的2个次级NW向宽缓背、向斜内,发育有NE向、NW向、EW向、近EW向4组断裂,以NE向和NW向2组最为发育,均对矿体有破坏作用。

区内岩浆活动频繁,有古-中元古代的橄榄岩、辉绿岩、基性火山岩,以及海西期-喜马拉雅期花岗岩。其中,古-中元古代基性火山岩与矿床的关系最为密切。

区内经受了强烈的低压区域动力热流变质作用,出现了绿片岩相的绢云母-绿泥石、黑云母、铁铝榴石3个变质带。

澜沧岩群自上而下分为西定岩组(Pt_{1-2x})、惠民岩组(Pt_{1-2h})、勐满岩组(Pt_{1-2m}),铁矿主要产于惠民岩组中。惠民岩组由3个火山喷发-沉积旋回组成。其下段(Pt_{1-2h}¹)为变中性喷发-沉积旋回,主要岩性有变钠长斑岩、细碧岩、变凝灰岩、变沉凝灰岩,底部夹一层不稳定铁矿(0矿层)。中段(Pt_{1-2h}²)为变基性喷发-沉积旋回,由变基性熔岩-凝灰岩-鳞绿泥石千枚岩-铁矿层组成9个完整的喷发旋回,自下而上形成了I₁、I₂、I₃、I₄、II₁、II₂、III(III₁、III₂)、IV、V等9层铁矿(图2),其中,I₃、II₁、II₂、IV为主要矿层;该旋回内的变基性熔岩与铁矿的关系最为密切,岩石以富铁、铝、镁、贫钛为特征,岩石化学成分接近大洋中脊玄武岩,表明其为活动带早期岩浆活动的产物。上段(Pt_{1-2h}³)为变中性喷发-沉积旋回(冯本智等,1982),由中性火山凝灰岩-方解石片岩-

① 高相平,徐德才. 1977. 西双版纳铁矿特征. 云南省地质局第十七地质队. 内部资料.

② 云南省地质矿产局第五地质大队. 1982. 云南省澜沧县惠民矿区铁矿详查地质报告. 内部资料.

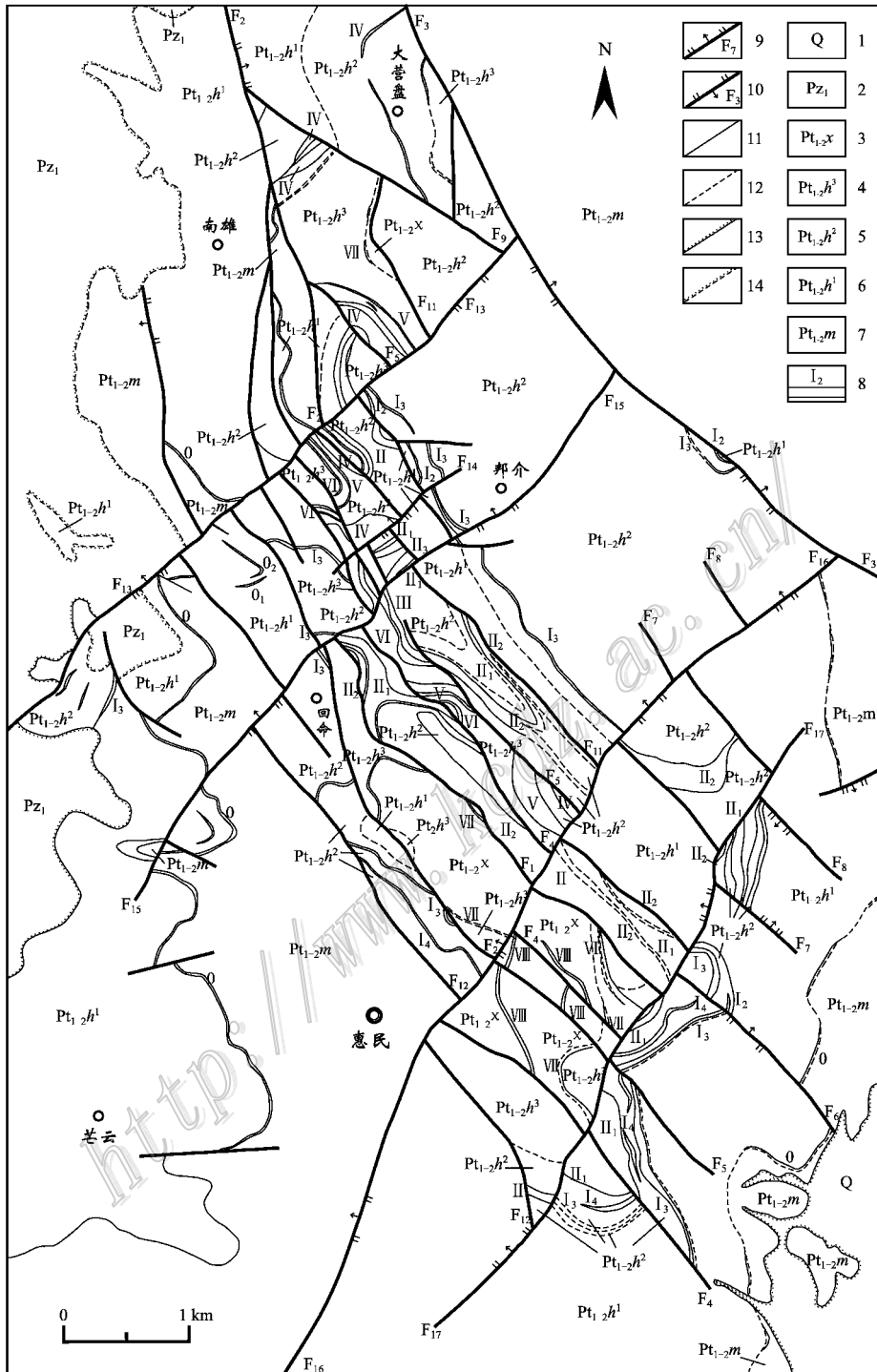


图 2 惠民矿区地质图

1—第四系；2—下古生界变质石英砂岩；3—西定岩组石英片岩；4—惠民岩组上段变质中性火山岩；5—惠民岩组中段变质基性火山岩；6—惠民岩组下段变质中性火山岩；7—勐满岩组石英云母片岩；8—矿体及编号；9—正断层及编号；10—逆断层及编号；11—实测地质界线；12—推测地质界线；13—实测角度不整合界线；14—推测角度不整合界线

Fig. 2 Geological map of the Huimin ore district

1—Quaternary ; 2—Lower Palaeozoic quartz sandstone ; 3—Quartz-schist of Xiding Formation ; 4—Metamorphic intermediate volcanic rock of Upper member of Huimin Formation ; 5—Metamorphic basic volcanic rock of Middle member of Huimin Formation ; 6—Metamorphic intermediate volcanic rock of Lower member of Huimin Formation ; 7—Quartz-mica-schist of Mengman Formation ; 8—Orebody and its serial number ; 9—Normal fault and its serial number ; 10—Thrust fault and its serial number ; 11—Measured geological boundary ; 12—Inferred geological boundary ; 13—Measured angular unconformity ; 14—Inferred angular unconformity

鳞绿泥石千枚岩及铁矿层组成了2个亚旋回,分别形成Ⅵ、Ⅶ矿层。顶部有含碱石英片岩。

综上所述,惠民铁矿的形成和分布明显受层位、岩性建造、火山-沉积旋回等综合因素的控制。

① 地层层位控矿 惠民铁矿主矿层产于惠民岩组的中段($Pt_{1-2}h^2$),具有特定的层位,是区域控矿的重要因素之一。

② 岩性建造控矿 惠民岩组上、中、下段内的火山岩,在岩石特征及化学成分上有明显的差别。上、下段内的火山岩为中性富钠质的安山岩类;中段内的火山岩属基性火山岩,熔岩往往与凝灰岩、沉凝灰岩相伴出现,呈过渡关系。上段含少量铁矿,规模小,呈透镜状,不稳定,矿石类型以菱铁矿为主;下段基本不含矿,只在底部有一层不稳定的透镜状硅质菱铁矿、绿泥菱铁矿矿层;中段含有Ⅱ₁、Ⅱ₂、Ⅳ等主要矿层,规模较大,呈层状、似层状稳定产出,主要矿石类型为菱铁磁铁矿。

③ 火山-沉积旋回控矿 惠民岩组可分为3个火山-沉积旋回,铁矿体主要赋存于第2火山-沉积旋回内。第2旋回可细分为9个由变基性熔岩-凝灰岩-鳞绿泥石千枚岩-铁矿层组成的次级旋回,在每个次级旋回的顶部或直接在火山岩之上,分别形成了9层铁矿。

目前,在惠民岩组含矿建造内,已发现铁矿产地40余处,除澜沧惠民特大型铁矿和勐海西定小型铁矿外,尚有38个铁矿(化)点,如:云县高井槽、曼窝,耿马县大寨河、大兴山,澜沧县仓房、湖广寨,勐海县吉量、曼蚌等。由于基础地质和矿石质量等条件的制约,其地质找矿勘查及研究的程度均极低。据现有资料分析,有一部分铁矿(化)点的矿化蚀变线索和信息较好,矿化露头分布范围的长度可达1~3 km,厚可达20~30 m, $w(TFe)$ 一般在30%左右,其成矿地质条件及矿化特征等多可与惠民矿区相类比,因此,在该区,惠民式铁矿的找矿勘查前景和资源潜力巨大。

1.2 疆峰式铁矿

疆峰铁矿床属火山-喷流型,其含铁建造为古元古界大勐龙岩群(Pt_1d)。该岩群是一套中-深变质岩系,以各类变粒岩、片麻岩、片岩、角闪岩、浅粒岩、大理岩及磁铁矿层的组合为主,厚度大于1 000 m。

铁矿体产于大勐龙岩群下部变粒岩与大理岩的过渡带,其斜长角闪岩、绿泥钠长片岩中可见原始熔岩结构和变余凝灰结构,是基性火山熔岩、火山凝灰岩的变质产物。据岩石化学及同位素资料,该火山岩形成于洋岛火山区,具有拉斑玄武岩系的特征^①(刘增池,1985;罗君烈,1995)。

铁矿体多呈隐伏状产出,埋深40~600 m,600 m以下尚未控制,主要分布在疆峰复式背斜的核部,也是火山熔岩厚度最大、火山角砾岩较多的火山喷发中心部位。矿体呈似层状、透镜状、豆荚状,产状与围岩一致,由浅部到深部,厚度渐次增大,再向深部,出现分枝变薄,且有尖灭之势。

疆峰铁矿床可分出2个主成矿阶段,即火山喷溢沉积阶段及火山变质气液叠加阶段。

① 早期喷溢沉积阶段 矿石的主要组成矿物有磁铁矿、透辉石、绿泥石、阳起石等,具杏仁状、流状构造。细长条钠长石在磁铁矿石基质中呈斑状、交织状分布,晶体中还含有磁铁矿小包体。成岩阶段钠长石的结晶温度为800~1 000 ℃^②。

② 变质气液叠加阶段 此阶段所形成的钠长石的结晶温度为295~390 ℃^②,与磁铁矿的结晶温度一致,代表中-高温气液-热液成矿阶段的产物。但磁铁矿主要形成于火山矿浆和高温气液阶段。

矿化蚀变有钠长石化、绿泥石化、碳酸盐化、黄铁矿化等。矿体与围岩为渐变过渡关系,矿石中也含有钠长石、绿泥石等,并具有与细碧角斑岩相同的结构(熔岩结构、角砾状结构),以及近似的Ti、V、Cr、Ni、Co等微量元素特征。蚀变带的分布与磁铁矿体一致。

疆峰铁矿床具有如下特征:① 似层状、透镜状矿体的产状与围岩一致,且多夹于角闪变粒岩类与大理岩的过渡带,具有一定层位;② 所有的矿体与黑云变粒岩、斜长角闪岩和斜长变粒岩(包括透辉石、透闪石、阳起石等角闪岩和变粒岩)密切共生,前者由凝灰岩变质而成,后者则由基性火山岩变质而成,说明由原来的基性火山活动形成了矿源层(贫铁矿),后经变质作用进一步富化而形成了富铁矿体;③ 矿石内矿物的粒度细小,通常为1~3 mm,多为半自形,矿石保留有条带状、条纹状等沉积岩的组构特征(后期又叠加了角砾状等构造),硫、磷含量偏

① 高相平,徐德才,1977.西双版纳铁矿特征.云南省地质局第十七地质队.内部资料.

② 云南省地质矿产局,1993.云南省区域矿产总结.内部资料.

高,是火山-沉积成因常有的现象;④在后来的区域变质过程中,原有的矿源层发生了广泛而强烈的钠质交代作用,交代过程中带出了钙、镁、铁等元素,使原已存在的贫铁矿变富。这些都说明该矿床为火山-沉积变质型矿床。

因此,古元古界大勐龙岩群中-深变质岩系内的中-基性火山岩是该类铁矿的含矿层,尤其是由大勐龙岩群所组成的复式背斜的核部是寻找厚大矿体的重要地段,铁矿与火山喷发中心有密切的成生联系,后期的钠质交代(钠长石化)是寻找富矿体的直接标志。

2 澜沧江铁矿带含铁建造

2.1 含铁建造特征

曾群望(1984)最先将惠民式铁矿划归前寒武纪条带状铁硅建造类型,并认为是苏必利尔湖型和阿尔果马型铁矿之间的过渡类型。据前所述,惠民式铁矿形成于火山-沉积作用,并以沉积作用为主。因此,虽然其成矿物质来自于火山,但总体上可将其划归苏必利尔湖型铁矿床(Gross et al., 1993)。

条带状含铁建造(Banded iron formation,简称BIF)和粒状含铁建造(Granular iron formation,简称GIF)是近年来国际上对前寒武纪含铁建造的新划分(Hagemann et al., 2008)。BIF是具燧石条带的含铁建造,GIF是由分选良好的砂、细粒铁氧化物及硅酸盐填充和胶结的含铁建造,代表高能条件下的浅海-滨海环境。一般而言,火山成因的阿尔果马型铁矿只与BIF有关,而沉积(常伴有火山)成因的苏必利尔湖型铁矿则与BIF和GIF均有关。惠民式铁矿的容矿岩石具有细条带状的BIF结构和粗条带状的GIF结构(图3),而疆峰式铁矿则以条纹状、条带状BIF结构和火山岩结构为主。按BIF和GIF的新分类依据,说明惠民式铁矿属苏必利尔湖型,其规模相对较大,而疆峰式铁矿则属阿尔果马型,其规模相对较小(Gross et al., 1993)。

2.2 与世界新太古代—古元古代含铁建造对比

2.2.1 时代的对比

西成矿亚带澜沧岩群惠民岩组的绿片岩,其Sm-Nd等时线与TDM模式年龄一致,为1700~2000 Ma,大致代表了原岩的时代,为古-中元古代。此外,应用Rb-Sr、K-Ar、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等方法,从绿片岩还得到1064 Ma、533 Ma、200~300 Ma以及小于180 Ma和

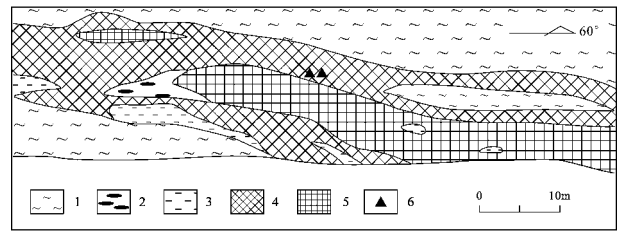


图3 西定公路边铁矿露头素描图

1—条带状绿泥绢云片岩;2—细条带状磁铁矿;3—粗条带状绿泥片岩;4—磁铁矿绿泥片岩;5—致密块状磁铁矿;6—结晶磁铁矿产出点

Fig. 3 Iron ore outcrop along the Xiding Highway

1—Banded chlorite sericite schist; 2—Fine-banded magnetite; 3—Coarse-banded chlorite schist; 4—Magnetite chlorite schist; 5—Dense massive magnetite; 6—Output point of magnetite crystals

小于50 Ma的5组年龄,这显然代表后来的重要构造-变质事件。惠民岩组之上为蓝片岩,其5件样品的Sm-Nd等时线年龄值为 (1287.4 ± 90.4) Ma,模式年龄为1300 Ma左右,属中元古代(翟明国等,1990;罗君烈,1995),因此,澜沧岩群的时代总体上为古-中元古代。

东成矿亚带大勐龙岩群内斜长角闪岩的Sm-Nd等时线年龄及TDM模式年龄为1750~2050 Ma,同时测得1027 Ma、555 Ma、218 Ma、小于180 Ma以及小于50 Ma等5组年龄值,与澜沧岩群惠民岩组绿片岩的年龄相对应(翟明国等,1990)。

上述两者同属岛弧火山-沉积岩和岛弧火山岩-浅海复理石建造,经后期构造-变质事件,特别是190~250 Ma的海西晚期-印支期构造-变质事件,形成了低变质相的澜沧岩群惠民岩组高压变质带,以及中-中高变质相的大勐龙岩群高温变质带(翟明国等,1990;罗君烈,1995)。就这两个岩群的时代而言,与苏必利尔湖区和拉布拉多区世界大型含铁建造的形成时代相当(图4),可与世界新太古代—古元古代形成的含铁建造相对比。

2.2.2 古构造环境及形成模式的对比

在2005年的《Economic Geology》100周年纪念文集中,Clout等(2005)提出了形成大型含铁建造的三要素:大型海洋热液供应系统,作为沉积仓储的大陆架地貌,以及有能力联系这两者的海洋层体。

澜沧江地区的元古代岩相古地理图(图5,王祖关等,1995)表明:①惠民式及疆峰式铁矿矿区处于长期活动的澜沧江(无量山)海域中部扩张带上,

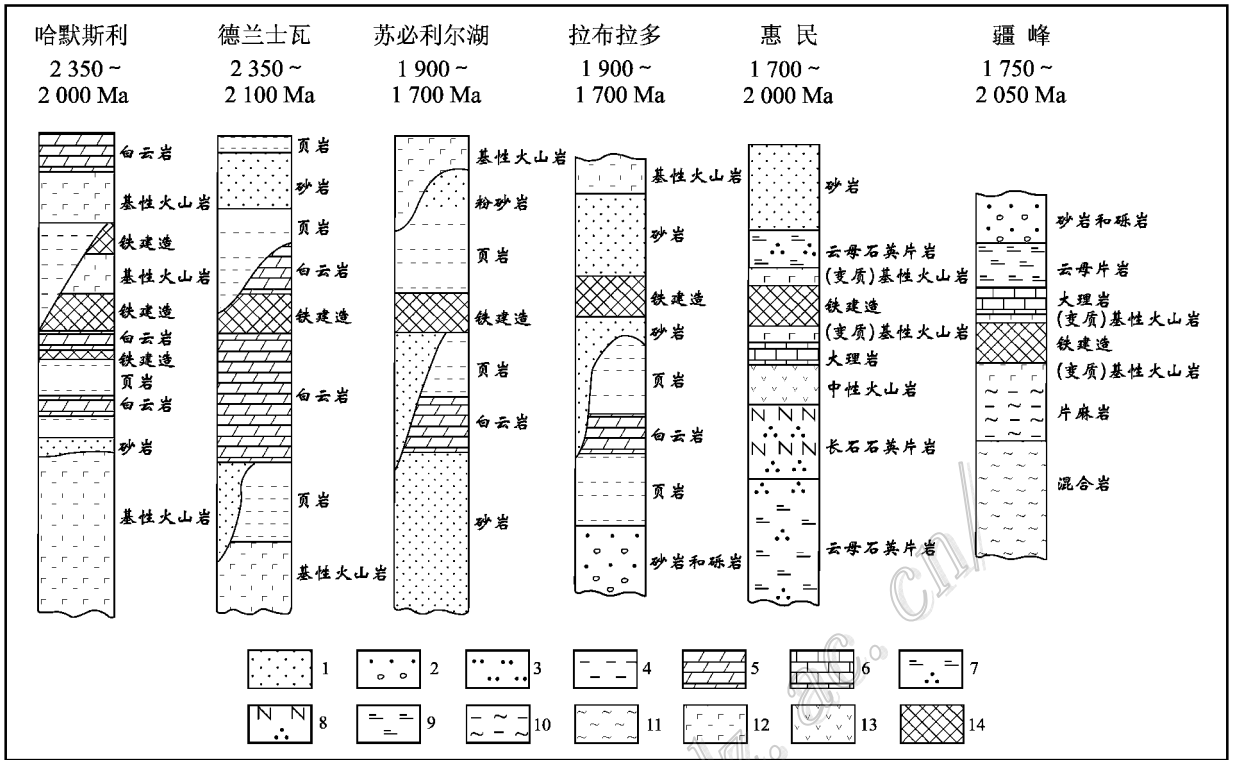


图4 主要含铁建造矿床的概略地质柱状图

(据 Bution, 1976; Bewkes, 1973; Trendall, 1968; Bayley et al., 1973; Rivers et al., 1979; Gross, 1968 修编)
 1—砂岩; 2—砂砾岩; 3—粉砂岩; 4—页岩; 5—白云岩; 6—大理岩; 7—云母石英片岩; 8—长石石英片岩; 9—云母片岩;
 10—片麻岩; 11—混合岩; 12—基性火山岩; 13—中性火山岩; 14—铁建造

Fig. 4 Generalized geological columns for major iron formation deposits

(modified after Bution, 1976; Bewkes, 1973; Trendall, 1968; Bayley et al., 1973; Rivers et al., 1979; Gross, 1968)
 1—Sandstone; 2—Sandstone and conglomerate; 3—Siltstone; 4—Shale; 5—Dolomite; 6—Marble; 7—Mica-quartz-schist; 8—Feldspar-quartz-schist; 9—Mica-schist; 10—Gneiss; 11—Migmatite; 12—Basic volcanic rock; 13—Intermediate volcanic rock; 14—Iron formation

再者, 临沧古陆西侧的拼接边界为之提供了大型海洋热液供应系统; ② 临沧古陆所构成的大陆架地貌是铁乃至锰矿的沉积仓储场所; ③ 处于古元古代晚期到中元古代早期(2 000~1 700 Ma)层状充氧层的截交部位, 热液喷流的二价铁离子得以氧化, 并沉积在由临沧古陆大陆架构成的如图5所示的矿集区内, 再经过内生和次生改造, 从而富集形成了规模巨大的铁矿成矿带, 该带在宏观上与古临沧古陆大陆架平行, 呈带状分布, 反映了充氧层与大陆架联系的交截线。因此, 云南“三江”南部地区的澜沧江铁矿带具备了构成大型含铁建造三要素的条件。

特定的新太古代—古元古代时期, 是大气由缺氧到含氧的过渡时期, 称之为氧大气变态期(Kirkham et al., 1993)。普遍认为, 在26~18亿年前的8亿年间, 由于深海边缘陆架地段蓝绿藻及原核细胞的光合作用, 形成了充氧层(oxygenated

layer), 从而氧化了海水中大量的二价铁乃至锰离子, 遂生成条带状含铁建造(Cloud et al., 1973; Kirkham et al., 1993)(图6), 并沿大陆边缘成带分布。世界上有90%的铁矿石即产于此类含铁建造中。

澜沧岩群中所发现的藻类、叠层石及微古植物化石(雷作淇, 1982)既为古元古代充氧层的形成创造了条件和提供了依据, 也为原铁矿“同生沉积成矿说”奠定了理论基础。

近年来, 多数学者认为, 条带状含铁建造铁矿的形成, 经历了同生喷流沉积-内生蚀变改造-外生淋滤富集等阶段, 尤其是富铁矿(Clout et al., 2005)。其成矿模式见图7(Gross, 1993)。苏必利尔湖型惠民式铁矿和阿尔果马型疆峰式铁矿从火山喷流沉积到变质改造等, 均可在该形成模式中找到相应的位置。

2.2.3 铁锰建造的对比

苏必利尔湖型前寒武纪含铁建造往往为多铁锰

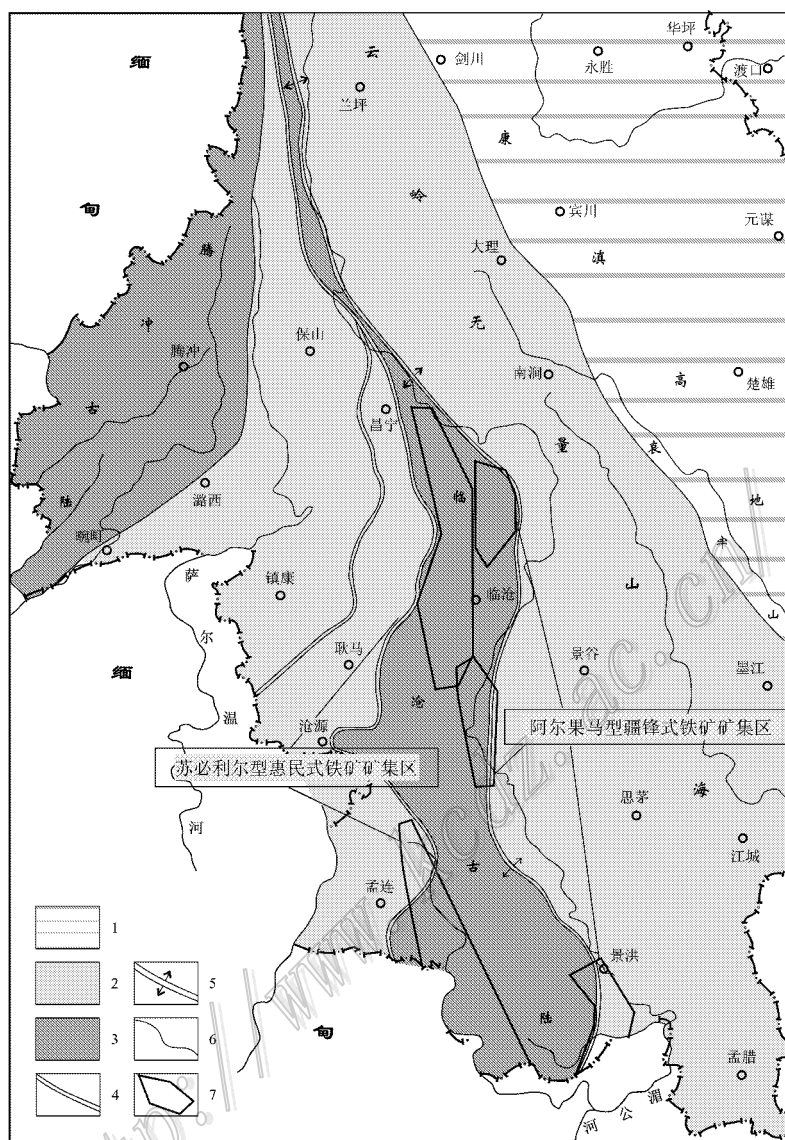


图5 澜沧江地区元古代岩相古地理图(据王祖关等,1995修编)

1—高地;2—海盆;3—古陆;4—后期拼贴边界;5—海底扩张带;6—古地理分区界线;7—矿集区

Fig. 5 Sedimentary faces and palaeogeographic map of the Proterozoic period in the Lancangjiang area (modified after Wang et al., 1995)

1—Highland; 2—Sea basin; 3—Oldland; 4—Subsequent matching-accretional boundary; 5—Sea floor spreading zone; 6—Palaeogeographic subarea boundary; 7—Ore concentration area

建造,在澜沧岩群分布区,有云县的丫口和邦撒,以及勐海的勐宋和巴夜等锰矿床和铁锰矿床,而且,在整个澜沧岩群惠民岩组分布区内,铁矿、铁锰矿、锰矿围绕阿克、西定、惠民和栗义4个火山口或火山机构呈Si、Ca、Fe→Si、Fe、Mn→Si、Mn的环带状规律分布(图8,柏万灵,1994)。惠民式铁矿床(点)矿石

中的 $w(\text{Mn})$ 可达1%~10%,邦撒的 $w(\text{Mn} + \text{Fe})$ 为39.40%,勐宋原生矿的 $w(\text{Mn})$ 为27.72%,氧化矿的 $w(\text{Mn})$ 为38.74%;巴夜原生矿的 $w(\text{Mn})$ 为16.62%,氧化矿的 $w(\text{Mn})$ 为31.28%。该矿带南延至缅甸境内,有万达崩小型锰矿床^①。

大勐龙岩群内的疆峰式铁矿床为阿尔果马型火

① 李方夏,主编. 1995. 东南亚地质矿产与矿业经济. 云南省地质矿产局、云南省计划委员会. 内部资料.

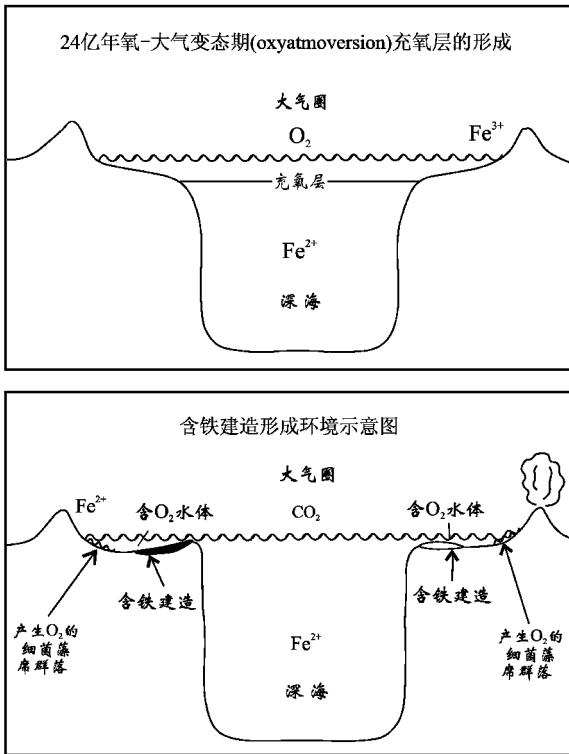


图6 太古代-古元古代时期大陆架环境含铁建造形成示意图(Kirkham et al., 1993)

Fig. 6 Generalized depositional environments of iron formation in shelves during the Archean-Proterozoic period (Kirkham et al., 1993)

山喷流成因,其含铁建造以不具有火山-沉积成因的铁锰共生为特征,而与钴、铬、镍为伴,且常含硫和磷。其形成特点可与印度辛格勃姆(Singhbhum)地区条带状含铁建造中铁锰和单铁2种矿石的矿物分布特征相对比(Grant et al., 1978)。

3 结论

(1)惠民式铁矿和疆峰式铁矿的容矿岩系为前寒武系条带状铁硅建造,前者兼有条带状含铁建造和粒状含铁建造的特征,而后者仅具条带状含铁建造的特征。

(2)云南“三江”地区澜沧江铁矿成矿带内的澜沧岩群和大勐龙岩群含矿岩系,满足了形成前寒武系大型含铁建造的三要素,即大型海洋热液供应系统、作为沉积仓储的大陆架地貌及有能力联系这两者的海洋层体,具有形成大型火山-喷流-沉积型铁矿的条件。

(3)形成于古元古代晚期到中元古代早期的澜沧江铁矿成矿带,处于云南“三江”多岛弧盆系的南段,具有同生喷流沉积-内生蚀变改造-外生淋滤富集的演化特点,铁矿资源潜力巨大。

(4)惠民式铁矿为火山-沉积苏必利尔湖型,而

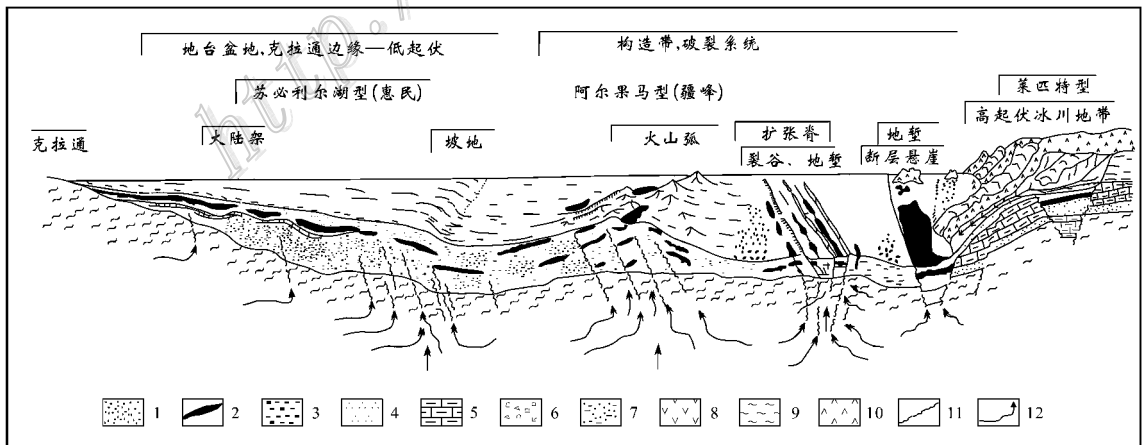


图7 含铁建造沉积的大地构造环境(成矿模式)(据Gross, 1993)

1—锰结核; 2—含铁建造; 3—页岩、泥岩; 4—石英岩; 5—白云岩; 6—砾岩; 7—灰瓦克与浊积岩; 8—火山岩; 9—基底岩石; 10—冰川冰; 11—断层; 12—热流

Fig. 7 Tectonic environments for the deposition of iron formation (genetic model) (after Gross, 1993)

1—Manganese nodules; 2—Iron formation; 3—Shale and mudstone; 4—Quartzite; 5—Dolomite; 6—Conglomerate; 7—Gray wacke and turbidite; 8—Volcanic rock; 9—Crystalline basement; 10—Glacier ice; 11—Fault; 12—Heat flow

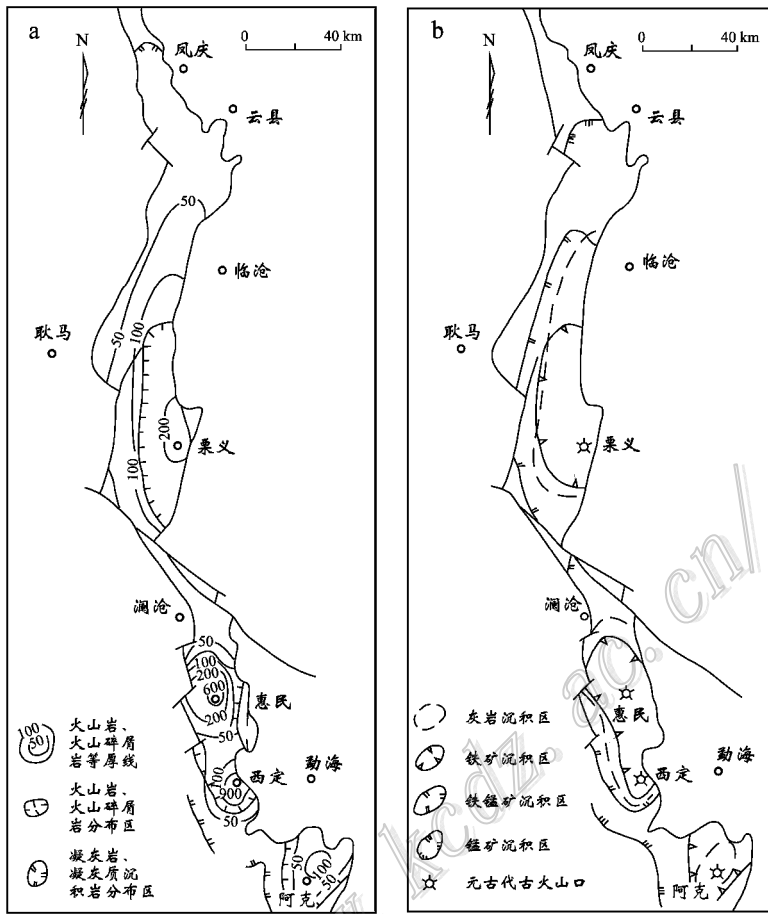


图 8 澜沧岩群地质矿产和火山机构分布图(据柏万灵,1994 修编)

a. 澜沧岩群火山岩分布图; b. 澜沧岩群火山-化学沉积岩分布图

Fig. 8 Distribution of geological bodies and mineral resources and volcanic rocks in the Lancang Group(modified after Bai,1994)

a. Volcanic rocks distribution of the Lancang Group; b. Volcanic- and chemical sedimentary rocks distribution of the Lancang Group

疆峰式铁矿则为火山-喷流阿尔果马型,从火山喷流沉积到变质改造等均可在矿床成因模式中找到相应的位置,后者规模相对较小。

References

- Bai W L. 1994. Metallogenic regularity and prospecting potential of oxidized Mn deposits in Lancang Group, SW Yunnan[J]. Yunnan Geology, 13(4): 333-340 (in Chinese with English abstract).
- Bayley R W and James H L. 1973. Precambrian iron-formations of the United States[J]. Econ. Geol., 68: 934-959.
- Beukes N J. 1973. Precambrian iron-formations of southern Africa[J]. Econ. Geol., 68: 960-1004.
- Button A. 1976. Iron-formation as an end member in carbonate sedimentary cycles in the Transvaal Supergroup, South Africa[J]. Econ. Geol., 71: 193-201.
- Chen Y C and Zhu Y S. 1993. China deposits model[M]. Beijing:

Geol. Pub. House. 1-32 (in Chinese).

- Cloud P. 1973. Palaeoecological significance of the banded iron-formation[J]. Econ. Geol., 68: 1135-1143.
- Clout J M F and Simonson B M. 2005. Precambrian iron formations and iron formation-hosted iron ore deposit[J]. Econ. Geol., 100th anniversary Vol. : 643-679.
- Fan C J. 1982. The regional geology in western Yunnan[J]. Yunnan Geology, 1(4): 323-336 (in Chinese).
- Feng B Z and Lu M J. 1982. Original condition in forming the Huimin Precambrian iron deposits in the Lancang river metamorphic zone in western Yunnan[J]. Journal of Changchun College of Geology, (2): 11-30 (in Chinese).
- Grant P and Murty V N. 1978. On the Precambrian banded iron-formations and the manganese ores of the Singhbhum region, Eastern India: A discussion[J]. Econ. Geol., 73: 288-289.
- Gross G A. 1993. Industrial and genetic models for iron ore in iron-formation[A]. In: Kirkham R V, et al. eds. Mineral deposit modeling[M]. GAC Special Paper, 40: 151-170.

- Gross W H. 1968. Evidence for a modified placer origin for auriferous conglomerates, Canaveiras miner, Jacobina, Brazil [J]. *Econ. Geol.*, 63: 281-292.
- Hagemann S, Rosiere C, Gutzmer J and Beukes N J. 2008. Glossary of terms banded iron formation-related high-grade iron ore [J]. *SEG Reviews*, 15: 411-414.
- Kirkham R V and Roscoe S M. 1993. Atmospheric evolution and ore deposit formation [J]. *Resource Geology (Special Issue)*, (15): 1-17.
- Lei Z Q. 1982. Discovery of ancient micro-flora and its significance in the Lancang group of Yunnan [J]. *Journal of Stratigraphy*, (4): 281-285 (in Chinese).
- Liu Z C. 1985. Diagnosis of the characteristics of the volcanic rocks of Lancang group and their tectonic setting [J]. *Yunnan Geology*, 4 (4): 373-387 (in Chinese).
- Luo J L. 1995. The Proterozoic volcanic activity related to iron and copper deposit model in Yunnan [J]. *Yunnan Geology*, 14(4): 281-290 (in Chinese with English abstract).
- Rivers T and Wardle R. 1979. Labrador trough: 2.3 billion years of history: New-foundland [J]. *Jour. Geol. Education*, 4: 19-44.
- Trendall A F. 1968. Three great basins of Precambrian banded iron formation deposition: A systematic comparison [J]. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 79: 1527-1533.
- Wang Z G, Kong L, Yin J Y, eds. 1995. Atlas of the sedimentary facies and palaeogeography of Yunnan [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press. 19-30 (in Chinese).
- Yang J Z, Luo J L and Zhao Z. 1998. Regional metallogenic model of Yunnan [J]. *Yunnan Geology*, (Supp): 8-31 (in Chinese).
- Zeng Q W. 1984. Precambrian banded iron-siliceous formation of the Huimin type in the Lancang area [J]. *Yunnan Geology*, 3(3): 205-218 (in Chinese).
- Zhai M G, Cong B L, Qiao G S and Zhang R Y. 1990. Sm-Nd and Rb-Sr geochronology of metamorphic rocks from SW Yunnan orogenic zone, China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 6(4): 1-11 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Z. 1993. Minerogenetic series in the area of Nu River-Lancang River-Jinsha River [J]. *Yunnan Geology*, 12(3): 248-266 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 柏万灵. 1994. 滇西南澜沧群中氧化锰矿成矿规律及找矿前景 [J]. *云南地质*, 13(4): 333-340.
- 陈毓川, 朱裕生. 1993. 中国矿床成矿模式 [M]. 北京: 地质出版社. 1-32.
- 范承均. 1982. 滇西区域地质特征 [J]. *云南地质*, 1(4): 323-336.
- 冯本智, 卢本杰. 1982. 滇西惠民前寒武纪铁矿床的形成条件 [J]. *长春地质学院学报* (2): 11-30.
- 雷作淇. 1982. 云南澜沧群微古植物群的发现及其意义 [J]. *地层学杂志* (4): 281-285.
- 刘增池. 1985. 澜沧群火山岩特征及其构造背景的判别 [J]. *云南地质*, 4(4): 373-387.
- 罗君烈. 1995. 云南元古代与火山活动有关铁铜矿床成矿模式 [J]. *云南地质*, 14(4): 281-290.
- 王祖关, 孔磊, 尹济云, 等. 1995. 云南岩相古地理图集 [M]. 昆明: 云南科技出版社. 19-30.
- 杨荆舟, 罗君烈, 赵准. 1998. 云南矿床区域成矿模式 [J]. *云南地质 (增刊)*: 8-31.
- 曾群望. 1984. 澜沧惠民式前寒武纪条带状铁硅建造的类型 [J]. *云南地质*, 3(3): 205-218.
- 翟明国, 从柏林, 乔广生, 张儒瑗. 1990. 中国滇西南造山带变质岩的 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素年代学 [J]. *岩石学报*, 6(4): 1-11.
- 赵准. 1993. 怒江-澜沧江-金沙江区域矿床成矿系列 [J]. *云南地质*, 12(3): 248-266.