

延边中西部地区钼矿成矿地质特征

金艳峰, 张传乐, 寇秀峰

(吉林省第六地质调查所, 吉林 延吉 133001)

[摘要] 本文通过延边中西部地区已知钼矿床(点)时空分布规律及区域成矿地质条件以及对具有代表性矿床(点)的野外实际调研工作。从钼矿与断裂、岩体、围岩蚀变等方面的关系揭示了钼矿成矿的基本特征; 从钼矿的矿化类型、空间分布规律等方面论述了钼矿的矿化特征。对该区的钼矿勘查工作具有一定的指导意义。

[关键词] 钼矿; 分布规律; 控矿因素; 成矿特征; 延边中西部

[中图分类号] P618. 65 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-2427 (2004) 03-0053-07

延边中西部地区位于环太平洋钼成矿带、中朝准地台钼成矿省的东端北缘。区内已发现钼矿床(点)、矿化点、化探异常等多处, 其时空分布规律、成矿及矿化特征、与该区的区域构造环境、成矿地质作用有着密不可分的内在联系。作者从 2001 年开始至今一直从事钼矿的地质勘查工作, 系统收集, 综合整理分析了区内 20 个矿床(点)、的有关资料, 并对具有代表性矿床(点)进行了不同程度的野外调研工作, 整体上对该地区的钼矿分布规律及矿化特征有一点粗浅认识, 然而由于水平有限, 其中谬误之处请广大读者及同行们批评指正。

1 区域地质概况

本区横跨两大构造单元。以北西向富尔河—古洞河超岩石圈深大断裂带为分界线, 分为南西侧中朝准地台区与北东侧天山—兴安地槽区。两构造单元地质发展历史迥然不同, 前者古老的基底褶皱为太古宙、早中元古代的深变质岩系; 沉积盖层主要为稳定的浅海相地台型沉积建造组成。即浅海相新元古界、下古生界、海陆交互的中上石炭统及陆相二叠系。后者以海相火山—碎屑及陆源碎屑和碳酸盐岩为主的火山沉积岩。沿该断裂带从太古宙至新生代的碱性、酸性、中性、基性—超基性岩浆侵入和喷发活动频繁, 它们呈带状平行展布于断裂一侧或两侧。说明该深大断裂带具有多期次活动的特征, 特别是侏罗纪的大规模岩浆侵入活动, 形成的花岗岩类小侵入体与区内钼矿化关系密切(图 1)。

2 控矿因素特征

2.1 控矿构造

2.1.1 区域性控矿构造 富尔河—古洞河断裂带为东西向一级构造单元槽、台分界线东段的一部分, 是区域性控矿构造。该断裂带在区内长约 190km、影响宽约 20~30km。走向北西西横贯全区, 由多条冲断层, 逆断层组成。被北东向集安—松江断裂切割, 分为北西富尔河段与南西古洞河段两部分, 倾向多变, 富尔河段 30°~50°, 倾角 30°~70°, 而古

[收稿日期] 2004-01-08; **[修订日期]** 2004-06-28

[作者简介] 金艳峰(1963-), 男, 吉林磐石人, 吉林省第六地质调查所工程师。

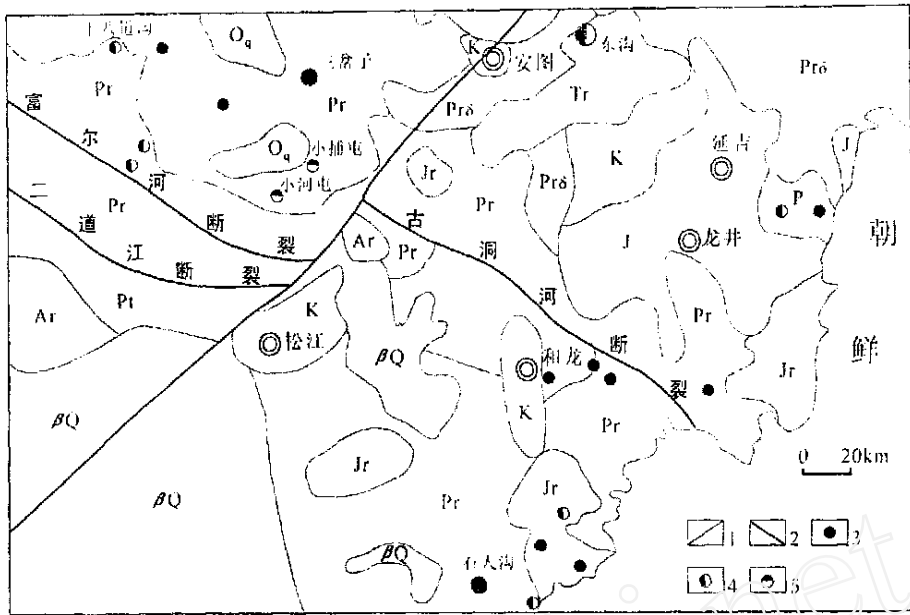


图1 吉林省延边中西部钼矿床(点)分布及地质简图

Fig. 1 The distribution of the Mo deposit (ore spot) of the central west part of Yanbian, Jilin Province, and schematic geological map

Q. 第四系; J. 侏罗系; K. 白垩系; P. 二叠系; O_q. 青龙村群; Pr. 元古宇; Ar. 太古宇; Jr. 侏罗纪花岗岩; Tr. 白垩纪花岗岩; Pr. 二叠纪花岗岩; Pr. 二叠纪花岗闪长岩

- 1. 北东向集安—松江断裂带; 2. 北西向富尔河—古洞河深大断裂带; 3. 单钼矿床(点); 4. 钼铜矿床(点); 5. 钼钨矿点

洞河段倾向 210°, 倾角 50°~70°。该断裂复杂多变, 并经历了长期的、多旋回、继承性的发展过程, 控制了该区地质历史的发展和演化, 也控制了钼矿的生成。

区内钼矿空间分布有明显的规律性。主要沿北西向构造呈带状产出, 分布于富尔河—古洞河深大断裂带中及两侧, 分布区范围长约 150km, 宽约 50~90km, 构成了北西向钼成矿带。

2.1.2 控制含矿侵入体的构造 上述富尔河—古洞河深大断裂带在漫长活动过程中, 形成了与之平行或近于平行的次一级断裂构造, 中生代早三叠世晚期华北板块与西伯利亚板块对接拼为欧亚大陆板块后, 开始受到太平洋板块俯冲的影响, 致使富尔河—古洞河深大断裂及次一级断裂构造复活, 并产生了新的北东向断裂构造, 这些不同方向、不同时期断裂的交会部位提供了含矿花岗岩类岩体的侵位通道和空间。岩体的展布多以北东向为主, 并多为同源岩浆先后多次脉动侵位而形成的复式岩体产出, 矿体一般赋存于岩浆演化晚期的具有斑状结构的浅成侵入体中或其附近的断裂蚀变带中。如三岔子斑岩型钼矿复式岩体由花岗闪长岩、二长花岗岩、二长花岗斑岩小岩株构成矿体产于二长花岗斑岩小岩株中。

2.1.3 控制矿体的构造 通过对区内具有代表性矿床(点)的勘查及综合研究工作, 矿体的控制构造主要由以下几种形式。

主要受控岩断裂的次一级一组构造控制, 呈北东或北西产出。主要表现为含石英英

脉、细脉带呈定向平行产出, 脉宽一般 0.5 ~ 20cm。沿走向及倾向上具有尖灭再现特征。如和龙市石人沟钼矿床 号矿带。

受控岩断裂次一级断裂构造两组或两组以上羽状裂隙控制, 形成细网脉状矿脉, 脉宽一般 0.5 ~ 5mm。如和龙市石人沟钼矿床 号矿体。

受区域性构造与岩体原生破裂构造迭加控制。主要表现矿脉大小、规模、相差悬殊, 矿脉形态各异, 相互交插分布排列没有规律性。如安图县三岔子钼矿床。

2.2 钼矿成矿与矿化浅成花岗岩类侵入体的关系

2.2.1 矿化花岗岩类侵入体的岩石类型及组构特征 区内钼矿与浅成花岗岩类小岩株密切相关。经统计 20 个矿床 (点)、矿化岩体有似斑状花岗闪长岩、斜长花岗岩、二长花岗斑岩、白岗质花岗岩、钾长花岗岩、闪长岩、花岗细晶岩、花岗闪长斑岩等。主要岩石类型为似斑状花岗闪长岩, 二长花岗斑岩, 钾长花岗岩。似斑状花岗闪长岩: 岩石为灰白色至浅肉红色, 似斑状结构, 块状构造。斑晶正长石 (30%), 呈半自形厚板状, 具卡氏双晶, 粒径一般 1 ~ 5mm, 局部见巨晶达 10mm, 石英 (5%), 呈他形状, 粒径 2 ~ 4mm。基质由石英 (20%)、斜长石 (30%)、黑云母 (5%)、角闪石 (1%) 等组成。如和龙市石人沟钼矿床矿化岩体。二长花岗斑岩: 岩石呈灰白—肉红色, 斑状结构, 块状构造。斑晶由正长石、斜长石、石英、黑云母组成。斜长石 (25%), 自形—半自形板柱状, 粒径 2 ~ 5mm。正长石 (5%), 自形—半自形厚板状, 粒径 2 ~ 7mm, 局部可见少量肉红色巨粒斑晶, 粒径可达 15 ~ 25mm, 是此岩石的突出特点。石英 (5%), 他形粒状, 粒径 0.5 ~ 2mm, 黑云母 (2%), 片状, 粒径 1 ~ 3mm。基质呈微细粒结构, 由正长石 (25%)、斜长石 (10%)、石英 (25%) 组成。如安图县三岔子钼矿床矿化岩体。钾长花岗岩: 岩石呈肉红—浅肉色, 矿物自形—半自形镶嵌, 具典型的花岗结构。钾长石 (50%), 自形—半自形厚板状, 内常见有斜长石包体, 粒度一般 2 ~ 3mm, 大者可达 10mm, 呈似斑晶。斜长石 (15% ~ 20%), 自形—半自形长条状, 有时可见环带构造, 粒度 1 ~ 3mm。石英 (25% ~ 30%), 他形粒状, 粒径 1 ~ 2mm, 暗色矿物黑云母、角闪石 (5%), 粒径 1 ~ 2mm。如敦化市十八道沟钼铜矿点矿化岩体。

基于上述岩石类型组构特征可看出, 岩石均具有斑状结构, 斑晶主要为钾长石, 且局部见有巨斑晶产出, 钾长石质量分数 30% ~ 50%, 石英质量分数 25% ~ 30%, 岩石属于浅成侵入岩二长花岗斑岩—碱长花岗岩斑岩间变化类型。

2.2.2 矿化花岗岩类侵入体的岩石化学特征 区内矿化花岗岩类侵入体主要岩石类型为似斑状花岗闪长岩, 二长花岗斑岩, 钾长花岗岩。其岩石化学特征及特征参数见表 1、2。

表 1 岩石化学分析结果表

Table 1 Results of petrochemical analysis

岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
似斑状花岗闪长岩	72.55	0.15	12.92	2.58	1.73	0.03	0.14	0.58	4.10	4.44
二长花岗斑岩	76.8	0.15	11.49	1.82	0.75	0.01	0.23	0.94	3.52	4.10
钾长花岗岩	74.82	0.14	14.06	1.51	0.68	0.05	0.41	0.77	3.12	4.10
中国花岗岩 (黎彤)	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03

表2 氧化物特征参数表

Table 2 Characteristic parameters of the oxide

岩石名称	里特曼指数 ()	戈蒂尼指数 ()	氧化系数 (OX)	碱质指数 (AIK)	碱质比 (N)
似斑状花岗闪长岩	2.47	58.8	0.57	8.54	1.08
二长花岗斑岩	1.72	53.13	0.69	7.62	1.16
钾长花岗岩	1.64	78.14	0.65	7.22	1.31

从表1中可以看出3种岩石的化学成分与中国此类岩石相比 SiO_2 明显偏高, 岩体的碱总量具起伏性变化, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$, 而 FeO 、 MgO 、 CaO 普遍偏低, 这与矿化岩体的气液作用阶段广泛发育的硅、碱质蚀变交代作用有关。

表2中里特曼指数()变化范围1.64~2.47, 岩体属于酸性岩钙碱性系列岩石。戈蒂尼指数()变化范围58.8~78.14, 氧化系数(OX)变化范围0.57~0.69, 说明岩浆来源于同一岩浆房的高侵位岩体。

2.3 围岩蚀变特征

围岩蚀变是含矿流体运移的明显标志, 围岩蚀变的形成过程是成矿作用的重要组成部分, 围岩蚀变的种类、强度、分布特征是矿体的成因具体反映。该区钼矿围岩蚀变依据蚀变矿物种类、成因、分布特征划分为面型、线型及矽卡岩型蚀变类型。其特征叙述如下。

2.3.1 面型蚀变特征 该类型蚀变主要是区内斑岩型矿床所具有的特征。以安图县三岔子钼矿床为代表。该矿床依据蚀变矿物种类、质量分数、组合特征及与金属矿化的分布规律平面上共划分了硅化—绢云母化带与泥化—青盘岩化带。硅化—绢云母化带: 位于矿化岩体的中部呈椭圆状产出。主要由硅化、绢云母化、碳酸盐化组成。蚀变作用的强弱与构造裂隙的发育程度密切相关。蚀变带中部裂隙发育, 蚀变增强形成石英核。石英核呈不规则状, 长80m, 宽15~40m, 延深大于40m。沿石英核周边、石英细(网)脉发育, 绢云母化、碳酸盐化也较强。再往外蚀变逐渐减弱过渡到泥化—青盘岩化带。该带赋存有工业矿体, 主要呈含矿石英脉、石英细(网)脉及局部浸染状产出, 尤以在石英核中辉钼矿化沿石英脉空洞、裂隙及与围岩团块接触带, 呈脉状、窝状、菊花状产出, 粒度粗大达3~5cm, 局部可见辉钼矿脉宽7~8cm, 长0.5~2m的大脉, 是本矿床类型的突出特点。泥化—青盘岩化带: 围绕硅化—绢云母化呈不规则带状分布, 蚀变强度较弱, 主要蚀变为绿泥石化、绿帘石化、高岭土化、绢云母化等, 在该带中见有金矿化。

2.3.2 线型蚀变特征 该类型蚀变是区内石英脉型矿床所具有的特征, 主要代表性矿床为和龙市石人沟钼矿。围岩蚀变主要有钠长石化、硅化、高岭石化、绿泥石化等。与矿化有关的蚀变主要为钠长石化、硅化。钠长石化产于矿脉的两侧呈条带状, 对称分布, 条带宽1~10cm, 最宽达20cm。硅化分布于钠长石化两侧, 呈带状或不规则团块状产出, 硅化局部强烈处形成石英岩。其它蚀变均沿裂隙、节理、破碎带产出, 分布于矿脉附近为成矿后期的产物。钼矿体由成矿细脉、细网脉纵横交织周边围岩构成, 矿体与近矿围岩接触边界不清, 为渐变关系。

2.3.3 矽卡岩型蚀变特征 该类型蚀变是区内矽卡岩型矿床所具有的特征, 主要以延吉市东沟钼铜矿床为代表。围岩蚀变主要有石榴石化、透辉石化、硅灰石化、绢云岩化、硅

化、绿泥石化、碳酸盐化等。分布于斜长花岗岩与庙岭组大理岩接触带，并沿接触带呈不规则的条带状产出。根据蚀变矿物类型大致划分两条蚀变带，即矽卡岩带与硅化—绢英岩化带。矽卡岩带主要由石榴石、透辉石、硅灰石构成，分布于斜长花岗岩体的外接触带。硅化—绢英岩化带主要由硅质、绿帘石、碳酸盐、绢英岩等构成，分布于内接触带。矿化呈脉状、细网脉状及局部浸染状，主要分布于外接触带的矽卡岩中。

2.4 钼矿形成时代

通过对区内矿化花岗岩类侵入体主要岩石类型二长花岗斑岩与钾长花岗岩同位素年龄测定，前者黑云母 $K-Ar$ 法年龄为 163.9Ma，后者岩体全岩 $Rb-Sr$ 法同位素等时年龄为 170Ma。因此确定该区矿化花岗岩类侵入体的形成时代为侏罗纪。

3 钼矿化特征

3.1 矿化类型

区内钼矿床均为汽化—热液矿床。除地表矿体由于氧化作用形成少量的氧化钼矿化外，其它均属于原生硫化钼矿化。根据钼矿体中有益组分的种类、质量分数及工业要求主要划分了单钼矿化、钼铜矿化和钼钨矿化。

3.2 矿化类型特征（见表3）

表3 矿化类型特征一览表
Table 3 The mineralized type characteristics

矿化类型	赋存岩体	矿石组构		矿石矿物组分		矿脉产出方式	代表矿床(点)
		矿石结构	矿石构造	矿石矿物	脉石矿物		
单钼矿化	似斑状花岗岩、二长花岗斑岩、钠闪白岗质花岗岩、钾长花岗岩、黑云母花岗岩	自形—半自形粒状结构、压碎结构、碎裂结构、乳滴状结构、片状、放射状结构。	致密块状构造、脉状构造、浸染细脉状构造、角砾状构造、稀疏浸染状构造。	辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉铋矿、辉铊矿。	正长石、石英、绢云母、绿泥石、方解石、高岭土、绿帘石。	1. 含石英脉、细(网)状充填蚀变围岩的裂隙中。 2. 辉钼矿呈脉状产于石英脉的两侧及裂隙。 3. 金属矿物呈浸染状分布石英脉及附近围岩中。 4. 辉钼矿沿石英脉晶洞呈粗粒晶体(菊花瓣状)产出。	石人沟钼矿床三岔子钼矿床
	钾长花岗岩、斜长花岗岩、白岗质花岗岩、花岗闪长斑岩	半自形粒状结构、碎裂结构、片状结构、包含结构、交代残余结构。	脉状构造、浸染细脉状构造、稀疏浸染状构造、角砾状构造。	辉钼矿、黄铜矿、黝铜矿、黄铁矿。	石英、绢云母、绿泥石、正长石、方解石、高岭土、石榴石、硅灰石、透闪石。	1. 含辉钼矿石英脉充填蚀变围岩裂隙中。 2. 含黄铁矿、黄铜矿、黝铜矿石英脉(网)脉充填蚀变围岩裂隙并切割早期矿脉。	十八道沟钼铜矿点、东沟钼铜矿床
	斜长花岗岩、白岗质花岗岩	半自形—它形粒状结构、压碎结构、片状结构。	脉状构造、浸染细脉状构造、角砾状构造。	辉钼矿、黑钨矿、黄铁矿、辉铋矿。	石英、绢云母、绿泥石、正长石。	1. 蚀变围岩裂含辉钼矿石英脉沿裂隙充填于蚀变围岩中。 2. 含黑钨矿、辉钼矿石英脉充填蚀变围岩中。 3. 含黑钨矿石英脉充填蚀变围岩裂隙中。	小捕屯钼矿点 小河屯钼矿点 钨矿点

3.3 矿化类型与成因类型的关系

矿化类型是在矿体形成过程中某一成矿期或某一成矿阶段有益组分富集而构成的类型。矿床成因类型是指从矿液的形成、迁移、富集沉积而形成矿床的整个形成作用。矿床成因类型包含矿化类型的整个形成过程。同一矿床成因类型可以包括一个或多个矿化类型。但同一种矿化类型在不同的矿床成因类型中也都有显示。本区中所见的单钼、钼铜、钼钨3种矿化类型,在斑岩型、石英脉型及矽卡岩型矿床中均有产出。说明控制矿化类型的因素不是单一的,除与区域地质背景有关外,还与岩体的岩石类型、岩石中的某种矿物成分以及围岩的性质、物质组分密切相关。

3.4 矿化类型的空间分布特征

在区域上,钼矿床(点)分布总体上具有北西成带,聚集成群的特点。以松江—安图为界,分为北西、南东两个矿群。北西矿群分布于富尔河段深大断裂与集安—松江断裂的交叉部位北端所构成三角形区域,由8个矿床(点)组成,其中钼铜、钼钨矿化类型沿其交叉部位的南缘断裂带的边部展布,单钼矿化分布于上述两种矿化类型的内侧。南东矿群位于和龙东部区域,沿古洞河段深大断裂带两侧大致对称分布,由11个矿床(点)组成,该区域内的单钼矿化与钼铜矿化混杂展布,没有明显的规律性。

在矿化岩体中,矿化主要分布于该岩体的顶部和围岩接触带附近。矿化最集中部位与该矿床所具有的蚀变特征相吻合。即斑岩型矿床产于绢云岩化带中,石英脉型矿床产于线型蚀变带中部,矽卡岩型矿床产在矽卡岩带内。

3.5 成矿机理浅析

受太平洋板块俯冲作用影响,侏罗纪以来中酸性花岗岩类岩浆侵入活动频繁。在岩浆演化、上升冷却过程中,从含水的岩浆中分馏出挥发组份的气体溶液,由超临界状态转变成热水溶液。钼、铜、钨等主要成矿组分也于一定阶段自岩浆分馏析离出来,或以结晶的岩浆中残留下来,转移并保留在热液中,随着岩浆演化的进行逐渐在热液中富集,在岩浆演化期后形成含矿热液。该含矿热液在花岗岩类围岩构造空间运移时,温度较高阶段使正长石、微斜长石和斜长石发生钠长石化,中低温阶段发生绢云母化、硅化、青盘岩化、泥化。这种蚀变作用的结果往往在矿化岩体的顶部形成具有明显分带的面状或线型蚀变。和龙市石人沟钼矿床的线型蚀变基本反映了这种围岩蚀变的全过程,安图县三岔子钼矿床的围岩蚀变主要是在热液的中低温阶段形成的。含矿热液在碳酸盐类岩石与花岗岩的接触带附近运移时,往往发生复杂的双交代作用和接触渗滤交代作用,形成矽卡岩化蚀变,如延吉市东沟钼铜矿体的围岩蚀变。围岩蚀变是成矿作用的产物,蚀变矿物的形成与矿石的沉淀在成因上有着非常密切的联系。该区钼矿体均属原生硫化物矿体,矿石矿物主要是辉钼矿、黄铜矿、黑钨矿、黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等。成矿物质在搬运过程中多呈络合物形式进行,特别是主要成矿元素以 Mo^{4+} 状态出现,在搬运过程中多呈 $\text{Mo}-\text{S}$ 、 $\text{Mo}-\text{Si}$ 、 $\text{Mo}-\text{F}$ 络合物形式存在。同时这些络合物的稳定性取决于含矿热液的pH值和温度。随着温度降低,溶液呈酸性—弱酸性条件下,络合物分解形成辉钼矿、石英沉淀,并与相伴生沉淀的黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黑钨矿等一起构成矿体。区内斑岩型、石英脉型、矽卡岩型矿床中经常见到辉钼矿与石英密切伴生的现象,也说明了成矿物质以络合物搬运过程中,随着物化条件变化沉积的事实。

4 结语

综上所述。对延边中西部地区钼矿床的时空分布、成矿特征有以下几点认识。

区内钼矿床主要分布于富尔河—古洞河深大断裂带的两侧，呈带状展布。

与成矿有关的浅成岩体均为高硅富钾的钙碱性系列花岗岩类岩石。

与钼矿化关系密切的围岩蚀变主要有硅化、绢云母化、钠长石化、矽卡岩化。

钼矿床形成的时代为中生代侏罗纪。

就目前而论，区内具有工业意义的矿化类型为单钼型。矿石组分简单，具有易选的特点。

参 考 文 献

- | | |
|---|---|
| [1] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1988. | [4] 吉林区域地质调查大队. 1:20万白头山幅 (K-52-XV) 区域地质报告 [R]. 1974. |
| [2] 中国矿床编委会. 中国矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1989. | [5] 吉林区域地质调查大队. 1:20万桦树林子幅 (K-52-V) 区域地质报告 [R]. 1972. |
| [3] 方文昌. 吉林省花岗岩类及成矿作用 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1992. | [6] 吉林区域地质调查大队. 1:20万明月幅 (K-52-X) 区域地质报告 [R]. 1973. |

The Mo ore - forming and geological features in the middle west, Yanbian area

JIN Yan-feng, ZHANG Zhuan-le, KOU Xiu-feng

(The Sixth Geologic Survey of Jilin Province, Yanji 133001, China)

[Abstract] Through the field geologic investigation for the space - time distributive regularities of the known Mo deposits (ore spots), regional metallogenic geologic conditions and the typical deposits (ore spots), this paper describes the basic ore - forming characteristics of the Mo deposits with fault, Mo deposit with rock body, and Mo deposit with wall - rock alteration; it also discusses the mineralized characteristics from the mineralized type of the Mo deposit in the last years which has a certainly realistic significance for guiding the search for Mo in the study area.

[Key words] Mo deposit; distributive regularities; ore - control factor; metallogenic characteristics; central western part of the Yanbian