维普资讯 http://www.cqvip.com

杨金沟白钨矿床地质特征及找矿前景分析

张汉成[1,2]，王京彬[1,2]，艾 霞[2]

（1. 中国科学院广州地球化学研究所，广州 510640；2. 北京矿产地质研究院，北京 100012）

[摘 要]杨金沟白钨矿床是目前我国东北地区发现最大的钨矿资源地，其资源量已超过大型规模。文章通过大量野外地质调查和室内观察，总结了杨金沟白钨矿床基本地质特征，并对主要控矿因素及矿床成因类型进行了深入研究；另外，在该矿床现有勘查成果基础上，结合矿体空间产出特征和断裂构造等主要控矿因素，剖析了该矿床钨矿化富集规律，进一步明确了杨金沟地区白钨矿床的找矿远景和方向。

[关键词]白钨矿床 控矿因素 矿化富集规律 杨金沟

[中图分类号]P318.67 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2005)06-0042-07

我国是世界上钨矿资源大国，但目前所探明的大中型钨矿床主要集中在华南地区。2002年，吉林省有色地质勘查局603队在珲春市发现了杨金沟白钨矿床，经过两年的勘查，发现矿体89条，对其中53条矿体进行资源量(333+334)估算，获得矿石量1937.46万t，金属量8.57t，WO_3平均品位0.44%，其资源量已超过大型钨矿床规模；该矿床的发现显示了我国东北地区巨大的钨矿找矿潜力。

1 地质背景

杨金沟钨矿床位于吉黑地槽褶皱系、延边优地槽褶皱带东部(图1)[1]。区域上，下古生界五道沟群碎屑—火山沉积建造构成区内盖层岩系，残存于基岩之上，整套地层南北延长约30km，东西宽约2.93km，总体走向0°，主体倾向东，倾角72°，自下而上分为3个岩性段(表1)。

表1 五道沟群碎屑—火山沉积建造组成

五道沟群	建造类型	岩性组成	厚度/m
第三岩性段	地槽回返后相对稳定环境下形成的细碎屑—泥钙质沉积建造	红柱石黑云母板岩、绿泥石绢云母石英片岩、粉砂质板岩夹碳质板岩	740
第二岩性段	地槽演化中期海相中基性火山夹细碎屑—泥钙质沉积建造	以绢云母石英片岩、黑云母石英片岩、黑云母斜长角闪片岩、黑云母石英角闪片岩为主，局部见少量变质安山岩、绿泥片岩夹红柱石黑云母片岩及少量泥灰岩、硅质大理岩、透灰石夕卡岩夹层	1140
第一岩性段	地槽下降阶段粗碎屑沉积夹火山沉积建造	上部为变质长石石英砂岩、变质流纹岩、绢云母石英片岩和黑云母石英片岩，下部以变质长石石英砂岩为主	1050

海西晚期—印支早期斜长花岗岩(178~212Ma，全岩K-Ar法，大六道沟斜长花岗岩[2])、闪长岩大规模侵位构成区内结晶基底，并使五道沟群地层发生变形，形成杨金沟向斜，局部地段地层被岩体吞噬冲乱，剩余部分受到东西向强烈挤压；印支晚期—燕山早期小规模岩浆活动(178Ma，全岩K-Ar法，杨金沟花岗闪长岩；152Ma，全岩K-Ar法，闪长玢岩[3])，岩体呈岩枝(脉)状沿构造薄弱部位上侵，使五道沟群地层再次遭受改造。

区域上规模最大的构造为东沟南北向褶皱断裂隆起带，属区域Ⅳ级构造单元大北城—四道沟南北向褶皱断裂隆起带的一部分。矿区范围内断裂构造按走向可分为SN向及NW向两组，其中SN向东沟压扭性断裂为区域性四道沟—春化—大北城断裂带的一部分，NW向F1、F2、F3张性断裂为区域性新合—马滴达断裂带的次级断裂。

2 矿床(体)地质特征

2.1 矿体形态和产状

杨金沟钨矿床由一系列相互平行的脉状、复脉

[收稿日期]2005-07-15；[修订日期]2005-08-02；[责任编辑]曲丽莉。

[基金项目]国家973项目(编号：2001CB409806)资助。

[第一作者简介]张汉成(1969年-)，男，1991年毕业于原桂林冶金地质学院，获博士学位，现主要从事矿产勘查及研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

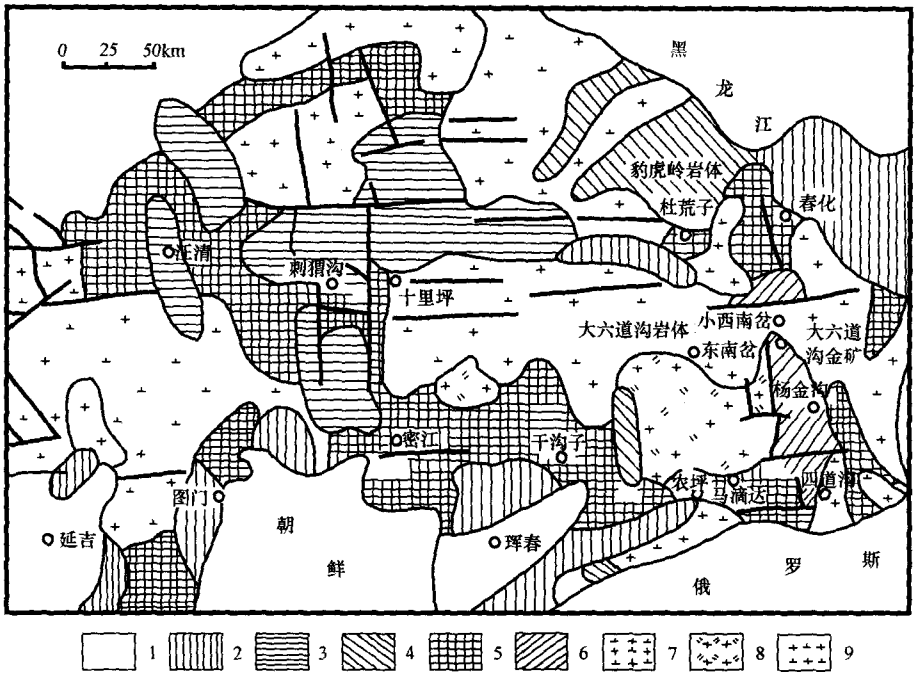

图1　杨金沟区域地质简图

1—第四系;2—老第三系砾岩、玄武岩;3—侏罗系火山岩;4—三叠系火山岩;5—二叠系变质碎屑岩、变质火山岩;6—下古生界五道沟群变质碎屑岩、变质火山岩;7—海西期闪长岩、斜长花岗岩;8—印支期二长花岗岩;9—燕山期花岗岩、闪长岩

状石英－白钨矿脉带群组成,根据矿体空间展布规律及控矿断裂系统差异,以F2断裂为界,将其划分为南、北两个矿段。

南部矿段(图2):为矿床主体部分,由1、2、3号3个矿体群组成,其中1号矿带由西部18条矿体组成,2号矿带由中部17条矿体组成,3号矿带由东部20条矿体组成,1～3号矿带白钨矿体累计水平厚度107.62m,其中金属量大于1000t的矿体共计12条,各矿体详细地质特征及资源量见表2。南部矿段矿体走向大多在330°～350°,个别10°～20°,总体倾向NE或SE,倾角65°～75°,个别>85°。白钨矿体主要产在密集石英微细脉—石英大脉两侧及地层层理裂隙面内,矿脉一般厚几毫米到几厘米,个别达0.5m以上。白钨矿体单体除相互平行外,沿走向和倾向均呈尖灭再现、侧现及分支复合。

北部矿段(图3):矿体走向290°～310°,多数倾向SW,倾角大多在65°～75°。白钨矿体亦产在密集石英细脉—石英大脉两侧及地层层理裂隙中,矿脉一般厚几毫米到几厘米,个别在35cm以上。白钨矿体单体除相互平行外,还具膨缩、弯曲、尖灭再现、侧现、分枝复合、共轭等特点。

2.2　成矿期次、矿石类型及矿物成分

根据白钨矿脉空间产出、相互穿插关系以及矿石矿物组分特征,可将杨金沟钨矿床白钨矿脉划分为4个成矿期。第Ⅰ、Ⅱ期矿脉容矿围岩为五道沟群地层,分别构成北部及南部矿段主体矿脉群;第Ⅲ成矿期容矿围岩为蚀变闪长玢岩或闪长岩,在北部及南部矿段均可见到;第Ⅳ成矿期矿脉矿物组成与前三期明显不同,以富含碳酸盐类低温矿物为特征,在北部及南部矿段也均可见到。

依据各成矿期矿石矿物组成和结构构造差异,杨金沟钨矿床钨矿石可划分为石英脉型和细脉浸染型,其中石英脉型由石英大脉(脉宽>10cm)和细脉(脉宽1～10cm)组成,粗粒白钨矿呈团块状、菊花状(粒径介于0.5～5cm,个别>10cm)不均匀散布于石英脉中;细脉浸染型由细粒白钨矿(粒径介于0.5～10mm)呈细脉状或星点状分布于蚀变围岩中。

各成矿期矿石矿物以白钨矿为主,伴有少量金属硫化物(含量<3%),主要有磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、白铁矿、黄铜矿、铁闪锌矿、硫铜锑矿等;脉石矿物有石英、黑云母、钠长石、磷灰石、绿泥石、方解石等。矿石具结晶、包裹、交代及填隙结构,脉状、细脉浸染状及填隙状构造。

2.3　矿石化学组分

杨金沟白钨矿床矿石化学组成见表3,可以看出第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期矿石SiO_2含量极高,K_2O/Na_2O介

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 2 杨金沟白钨矿床南部矿段主要矿体特征表

序号	矿体号	矿体产状		矿体规模			资源量(333+334)			备注
		走向	倾向与倾角	长度/m	垂深/m	水平厚度/m	矿石量/t	金属量/t	品位 $\omega(WO_3)$/%	
1	7-1	352°	NE76°	420	150	4.50	479364	2109	0.44	1 号矿带
2	13	350°	NE67°	800	90	3.94	463885	1577	0.34	1 号矿带
3	15	0°	E70°	320	340	2.89	653371	3006	0.46	1 号矿带
4	16	0°	E70°	200	200	2.37	190386	1352	0.71	1 号矿带
5	19-2	350°	NE67°	380	240	3.41	477428	2578	0.54	2 号矿带
6	21	350°	NE73°	250	200	1.65	285491	1170	0.41	2 号矿带
7	24-2	348°	NE76°	500	210	1.13	148262	1260	0.85	2 号矿带
8	27	354°	NE67°	100	230	2.16	105057	1198	1.14	2 号矿带
9	29	350°	NE67°	1000	250	2.76	1299581	7408	0.57	2 号矿带
10	31-1	345°	NE50°	600	220	2.34	457740	3342	0.73	2 号矿带
11	46	355°	SW63°	230	150	2.71	224661	1384	0.60	3 号矿带
12	47	355°	SW63°	480	250	1.87	335437	1342	0.40	3 号矿带
合计							5120663	27690	0.54	

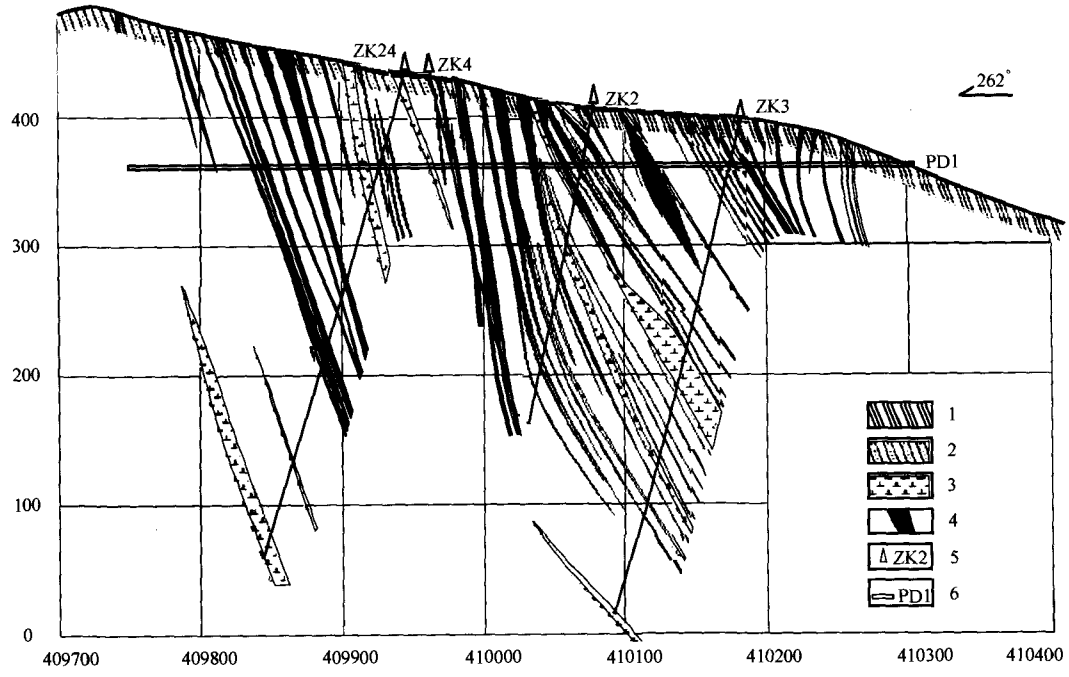

图 2 杨金沟白钨矿床南部矿段 45 线剖面图

1—五道沟群第三岩性段;2—五道沟群第二岩性段;3—闪长玢岩;4—白钨矿体;5—钻孔及编号;6—坑道及编号

于 0.2~0.3。第Ⅳ期矿石 SiO_2 含量较低,CaO、CO_2 含量较高,表明成矿流体中富含 Ca^{2+} 及 CO_3^{2-},这与野外观察所见该期矿石矿物中富含碳酸盐类低温矿物相的特征一致;K_2O/Na_2O 为 3.14,表明该期矿石矿物中含有较多钾长石类矿物。

微量元素含量方面,第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期矿石除以富集亲铁元素 Mn、Co、Ni 等为特征外,还富含 Sn、Bi、Mo、Cu、Pb、Zn 等高→中温矿化元素及矿化剂元素 F;第Ⅳ期矿石 W、Sn、Bi、Mo 含量较低,中→低温矿化元素 Pb、Zn、As、Sb、Hg 及矿化剂元素 F、Sr、Ba 含量较高。上述特征表明:①第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期与第Ⅳ期成矿流体组分及物理化学性质存在一定差异,具体表现为前三期矿石中存在磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、铁闪锌矿等高→中温矿物,而第Ⅳ期矿石以富含碳酸盐类低温矿物为特征;②矿化作用按硅酸盐→氧化物(钨酸盐)→硫化物→碳酸盐的沉淀序列演化,表明成矿流体从高温到低温,从酸性向碱性的演化趋势。

稀土元素地球化学特征方面,白钨矿稀土元素含量显著影响了矿石稀土元素配分型式(图 4),表现为第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期与第Ⅳ期矿石 REE 配分模式存在一定差异,尽管各期矿石轻重稀土元素分馏并不

维普资讯 http://www.cqvip.com

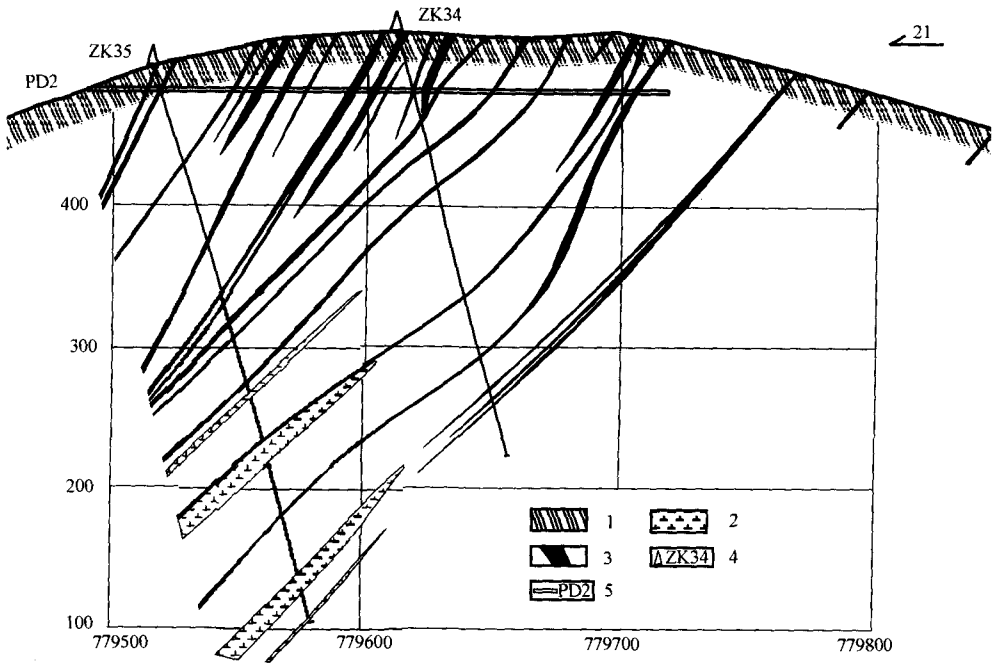

图3　杨金沟白钨矿床北部矿段B0线剖面图

1—五道沟群第三岩性段;2—闪长玢岩;3—白钨矿体;4—钻孔及编号;5—坑道及编号

表3　杨金沟白钨矿床矿石化学组成

编号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O5	MnO	CO_2	H_2O^+	Total
Q3	75.19	0.61	7.66	3.67	1.09	3.31	0.56	0.60	2.95	0.19	0.04	1.73	1.77	99.37
Q6	96.17	0.05	0.57	0.16	0.23	0.70	0.19	0.04	0.20	0.01	0.02	1.00	0.23	99.58
Q16	92.28	0.04	1.38	0.08	0.47	1.90	0.37	0.25	0.84	0.02	0.02	1.57	0.37	99.60
Q15	14.82	0.19	2.25	1.88	6.66	28.59	9.38	0.12	0.04	0.03	0.36	34.90	0.81	100.01

编号	Co	Ni	W	Sn	Bi	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Hg	Au	Ag	B	F	Sr	Ba	Rb	Mn
Q3	19.1	6.8	2924	22.86	2.28	7.05	131.0	30	72	1141	1.48	22	0.6	1151	18	248	130	86	21	358
Q6	1.5	1.8	466	0.98	0.84	2.18	6.5	4	4.1	16	0.30	6	0.9	77	5	69	19	2	3	135
Q16	3.0	1.3	401	0.50	6.29	4.32	12.3	30	221	194	3.10	27	1.2	807	10	91	46	6	8	191
Q15	5.2	5.3	73.8	0.62	0.77	0.18	5.2	3	21	199	1.24	14	2.2	30	4	217	142	12	7	2958

编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
Q3	9.0	21	3.16	13.8	3.11	1.63	3.44	0.62	3.67	0.75	2.24	0.35	2.02	0.28	16.9
Q6	0.5	1.3	0.17	0.9	0.24	0.09	0.28	0.05	0.32	0.07	0.18	0.03	0.17	0.03	1.8
Q16	2.6	5	0.62	2.5	0.58	0.39	0.61	0.12	0.64	0.14	0.40	0.07	0.42	0.06	6.1
Q15	4.7	11	1.42	6.4	2.01	0.69	2.45	0.43	2.31	0.50	1.37	0.20	1.14	0.15	10.7

注:其中Q3为第Ⅰ成矿期样品,Q6为第Ⅱ成矿期样品,Q16为第Ⅲ成矿期样品,Q15为第Ⅳ成矿期样品;分析单位:地质科学院廊坊物化探研究所;分析方法:XRF1500/1700及ICP-MS;元素单位:主要元素:%,微量元素:10^{-6},ω(Au、Ag):10^{-9}。

明显,但是第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期矿石具有较为显著的正Eu异常(δEu值分别为1.52、1.03和1.98),而第Ⅳ期矿石却具有负Eu异常(δEu值为0.95)。

研究显示[4],引起白钨矿具有正Eu异常的主要原因有:①与成矿流体中Eu^{2+}的浓度有关。稀土元素中,Eu能以三价或二价状态存在,而且在白钨矿中,不仅Eu^{3+}可以置换Ca^{2+},Eu^{2+}也可以置换Ca^{2+}离子,加之Eu^{2+}的离子半径比较大(1.25×10^{-8}cm或1.33×10^{-8}cm),而Ca^{2+}的离子半径相对

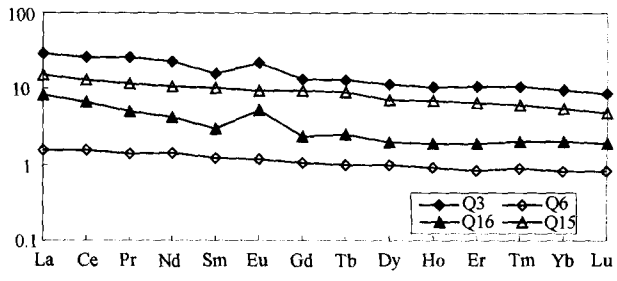

图4　杨金沟白钨矿床矿石稀土配分曲线

维普资讯 http://www.cqvip.com

较小(1.08×10^{-8}cm ~ 1.26×10^{-8}cm)。因此,只有当溶液中 Eu^{2+} 浓度较高时,才能使白钨矿具正 Eu 异常;②白钨矿形成时,成矿流体的酸度对于 Eu^{2+} 进入矿物晶格有一定影响,由于白钨矿一般是在中性偏碱性环境中结晶生成的,而 Eu^{2+} 显示强碱性,因此,对白钨矿形成过程中 Eu^{2+} 置换 Ca^{2+} 有利。第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期矿石具正 Eu 异常而第Ⅳ期矿石具有负 Eu 异常,表明在成矿作用后期成矿流体中 Eu^{2+} 浓度有降低趋势。

2.4 围岩蚀变特征

野外观察及室内鉴定显示,近矿围岩蚀变主要有硅化、碳酸盐化、黑云母化、白云母化、阳起石化和绿帘石化等,其中与白钨矿化有关的蚀变主要有硅化和碳酸盐化。研究显示[5],当成矿流体中富含 CO_2 时,W 被溶解迁移,相反则 W 发生沉淀。因此,当碳酸盐化发生时,CO_2 与 Ca^{2+} 结合形成大量碳酸盐类矿物,在这一过程中成矿流体内部的 CO_2 被消耗,溶解的 W^{6+} 则开始晶出形成白钨矿。

2.5 矿床类型

依据矿体空间产出地质特征及矿石组分和结构构造,杨金沟钨矿床可归类为热液石英脉带型白钨矿床,典型地段含脉密度、含脉率统计见表4。

表4 杨金沟白钨矿床 PD1 坑道含脉率统计

编号	坑道进尺/m	脉宽/cm	含脉量(条/m)	含脉率/%
1	263.80 ~ 264.80	6.5 ~ 33	2	39.5
2	257.90 ~ 258.90	0.2 ~ 9	9	24.00
3	241.00 ~ 242.00	0.3 ~ 30.5	12	57.10
4	234.50 ~ 235.50	0.2 ~ 2.5	16	17.90
5	213.50 ~ 214.50	0.2 ~ 10	9	25.90
平均			9.6	32.88

3 主要控矿因素分析

杨金沟钨矿床空间产出主要受杨金沟向斜西翼五道沟群地层及南北向压扭性、北西向张性两组断裂构造共同控制。

3.1 矿体对围岩的选择

一些学者在讨论华南钨矿产出特征时,认为含矿围岩的岩性特点是控制钨矿物成分特征的决定性因素,提出产于钙质围岩内的钨矿床,其钨矿物呈白钨矿产出,而产于硅铝质围岩内的钨矿床,其钨矿物呈黑钨矿产出。但是钨矿物合成实验研究[6,7]表明,在具体矿床中,钨以何种矿物沉淀,很大程度上取决于成矿流体中 Fe、Mn、Ca、Na、F、S、CO_2 等组分的浓度,在成矿流体演化和发展过程中这些组分浓度的变化决定了成矿流体物理化学条件的变化,从而影响了钨矿物成分和产出特征,可见含矿围岩的岩性特征并不是决定钨矿床内钨矿物产出特征的决定性因素,更不是惟一因素。

通过对矿区范围内坑探及钻孔资料统计分析(总计见矿 189 条),赋矿围岩依次为:斜长角闪片岩(见矿 108 条)、红柱石黑云母片岩(见矿 36 条)、蚀变闪长玢岩或闪长岩(见矿 21 条)、黑云母石英片岩(见矿 20 条)、绢云绿泥片岩(见矿 4 条)。可以看出杨金沟钨矿床赋矿围岩主要为五道沟群第二、三岩性段以及蚀变印支晚期—燕山早期侵入岩脉。

3.2 断裂构造对矿床(体)空间产出的控制

矿区范围内的断裂是区域性断裂构造所派生的次级断裂,按走向可分为 SN 向及 NW 向两组,分别控制南、北部矿段白钨矿脉带的空间产出,在一些地段可见到 SN 向矿脉切割 NW 向矿脉现象,表明 SN 向断裂构造叠加于 NW 向断裂构造之上。

南部矿段矿体群主要受 SN 向层间压扭性断裂构造控制,总体走向 340 ~ 350°,主体倾向 NE—SE,局部 SW—NW,倾角 72° ±。其特征在走向上表现为成群平行排列的断裂破碎带沿 SN 方向展布,延伸稳定且连续性较好;在倾向上表现为随地层产状的变化而呈舒缓波状起伏且具有较大延深(例如在 21 ~ 61 线间,地表连续出露近 1200m,已控制延深 300 ~ 400m)。

北部矿段矿体群主要受 NW 向张性断裂构造控制,总体走向 280 ~ 310°,主体倾向 SW,倾角 60 ~ 80° ±,个别 40 ~ 60°。其特征表现为在走向和倾向上均与地层斜切,延伸稳定且连续性较好。

4 矿化富集规律及找矿方向讨论

杨金沟地区最高海拔 948.90m,最低海拔 290m,总体来看呈西高东低,北高南低之势。其中南部矿段最高海拔 470m,最低海拔 300m;北部矿段最高海拔 510m,最低海拔 350m,相对高差变化范围 160 ~ 170m。通过分析矿区探矿工程资料统计结果(表5、表6),可以看出:

1) 整个矿区自西向东、自北向南矿化均有向深部延伸趋势,但都限于 0m 标高以上;

2) 整个矿区地表已发现矿体均集中出现在 300 ~ 510m 标高,400 ~ 500m 标高为矿化最为富集部位;

3) 南部矿段自地表向下,矿体具有条数减少,厚度减小,WO_3 品位略有降低趋势;

维普资讯 http://www.cqvip.com

4)北部部矿段自地表向下,矿体具有条数增加,厚度增大,WO_3 品位升高,矿体延续较好趋势。

表5　杨金沟白钨矿床 PD1、PD2 坑道见矿统计

	南部矿段45线 PD1 坑道	北部矿段 B0 线 PD2 坑道
地表	标高:370~400m,共见14条矿体,总厚度35.2m(平均2.5m/条),WO_3(%)0.1~1.30,平均0.38%	标高:500~550m,共见10条矿体,总厚度22.3m(平均2.23m/条),WO_3(%)最低0.11%,最高0.82%
坑道	标高:358m,共见9条矿体,总厚度17.1m(平均1.9m/条),WO_3(%)0.15~0.43,平均0.32%	标高:480m,共见18条矿体,总厚度25.25m(平均1.4m/条),WO_3(%)最低0.14%,最高2.0%

注:PD1 坑道长度587.70m,仅统计自坑口向西150m范围;PD2坑道长度300.50m。

研究显示[2,7,8],钨在地球历史演化中,逐渐向地壳分异富集,钨矿化与地壳演化及岩浆侵位活动密切相关,钨在地幔含量仅为 0.13×10^{-6},在地壳达 1.1×10^{-6},吉林东部汪清地区地幔岩中包体和寄主玄武岩中的钨含量分别达到 0.5×10^{-6} 和 1.0×10^{-6},可是同处吉林东部地区的五道沟群中段地层钨丰度高达 10.31×10^{-6},据此可以认为五道沟群地层是区内钨主要的矿源层之一,钨成矿作用经历了漫长的演化和发展,伴随着海西晚期—印支—燕山早期岩浆不同规模的侵位活动,一方面,部分钨可以随岩浆热液流体直接沉淀下来,形成浸染状钨矿化;另一方面,中酸性岩浆活动亦可造成区域地热梯度不断增高,进而构成热液流体与容矿围岩的对流循环。热液流体可通过上述循环体系不断从围岩中萃取钨及挥发性组分,形成含矿热液流体,受上覆围岩承压作用的影响,含矿热液流体沿着构造的有利部位(如断裂破碎带)形成石英脉带型白钨矿。华南地区含钨石英脉的产出与侵入花岗岩顶面隆起部位密切相关,表现为在内接触带,含钨石英脉一般限于花岗岩顶面50~100m范围内;在外接触带,含钨石英脉一般可达花岗岩顶面400~600m范围。

表6　杨金沟白钨矿床钻孔见矿统计

勘探线	孔号	高程/m	总见矿数(条)	累计穿矿/m	见矿标高分析/m											
					>300			300~200			200~100			100~0		
					见矿条数	累计穿矿/m	平均(ωO_3)/%	见矿条数	累计穿矿/m	平均(ωO_3)/%	见矿条数	累计穿矿/m	平均(ωO_3)/%	见矿条数	累计穿矿/m	平均(ωO_3)/%
4	ZK18	548.312	4	4.80	4	4.80	1.01									
21	ZK37	414.926	4	5.30	1	2.40	0.18	3	2.90	0.31						
21	ZK28	381.154	5	3.50				1	0.90	0.70	3	2.3	0.54	1	1.20	1.27
25	ZK15	441.32	2	7.90	2	7.90	0.42									
27	ZK13	424.919	1	2.00	1	2.00	0.38									
29	ZK5	478.52	2	4.00	2	4.00	0.22									
29	ZK7	444.551	5	5.30	5	5.3	0.54									
29	ZK20	416.231	6	8.90	3	3.50	0.47	2	4.40	0.39	1	1.00	0.55			
29	ZK19	386.425	1	0.60	1	0.60	0.56									
37	ZK22	414.896	5	9.30	3	4.3	0.43	1	1.00	0.44	1	4.00	0.50			
37	ZK11	377.573	15	20.00	2	3.20	0.49	5	7.00	0.39	8	9.8	0.49			
37	ZK9	377.645	9	15.7	1	5.10	0.47	5	9.2	0.29	3	3.3	0.84			
43	ZK6	435.023	8	8.60	7	6.6	0.63	1	2.00	0.50						
43	ZK3	387.186	15	26.74	7	13.35	1.50	7	11.99	0.47	1	1.40	0.90			
45	ZK24	435.806	7	8.25	1	1.00	0.28	6	7.25	0.54						
45	ZK4	434.587	6	8.60	2	5.2	2.44	3	2.5	1.4	1	0.9	1.28			
45	ZK2	409.778	10	22.70	4	10.00	0.89	5	8.5	1.20	1	1.00	1.10			
45	ZK8	398.10	9	14.65	6	11.85	0.31	1	0.80	0.35	1	1.00	1.00	1	1.00	1.05
47	ZK10	410.812	3	3.49	3	3.49	1.35									
49	ZK1	441.712	11	12.50	11	12.5	0.65									
49	ZK12	409.041	13	22.60	6	10.9	0.73	7	10.7	0.75						
49	ZK14	407.235	13	17.28	6	7.12	0.85	6	9.26	0.53	1	0.90	0.80			
53	ZK16	441.947	6	9.35	6	9.35	0.64									
53	ZK25	404.761	10	7.34	8	6.2	0.46	2	1.14	0.58						
53	ZK26	356.166	3	1.80	1	0.50	0.45	2	1.3	0.61						
53	ZK27	337.572	9	8.50				5	5.2	0.54	3	2.8	0.85	1	0.50	1.17
55	ZK17	380.590	7	7.50	2	3.00	0.38	5	4.5	0.87						
总计			189	265.9	95	144.16	0.67	67	90.54	0.60	24	28.4	0.80	3	3.70	1.16

注:统计2003~2004年度矿区范围内已完成28个钻孔资料,近7000m。

维普资讯 http://www.cqvip.com

根据杨金沟白钨矿床矿化富集规律并结合矿体空间产出特征可以认为：

1）杨金沟矿区下部存在隐伏侵入花岗岩体，其顶面隆起部位在 0 米标高附近（证据为在 ZK37#、ZK25#、ZK5#、ZK16#、ZK1#等钻孔底部见到混染岩），已知白钨矿化仅限于0m 标高以上，表明该地区白钨矿化主要发生在隐伏侵入花岗岩体外接触带，今后的钻探工程设计应重点考虑此外接触带。

2）杨金沟矿区矿体空间产出受到区域性断裂构造所派生的次级 SN 向及 NW 向断裂破碎带控制，在南部及北部矿段均应重点考虑追索地表已控制矿体群两端延长方向断裂破碎带的延伸。

3）杨金沟区周边的五道沟、六道沟、苇子沟—四道沟等地区，均已发现存在有规模较大、形态较好的钨地球化学异常及白钨矿（化）点，应重点考虑布置地表工程查证。

4）大六道沟岩体西部一些地区具有与杨金沟区相似的地球化学及地质、构造背景，特别是汪清北部一些地区已发现存在有白钨矿（化）点，应考虑布置化探扫面工作，圈出钨地球化学异常并开展相关查证工作。

致谢：野外工作得到吉林有色地勘局地质工作者的大力协助，室内测试得到地质科学院廊坊物化探研究所徐善法同志的热情帮助，并承蒙中国地质大学（北京）肖荣阁、李胜荣教授提出宝贵修改意见，在此一并表示衷心感谢。

［参考文献］

[1] 吉林省地质矿产局，1:100 万吉林省区域地质志［M］. 北京:地质出版社，1989，505～606.

[2] 时俊峰. 小西南岔金铜矿床地质特征及成因机制[J]. 贵金属地质. 1998，7(4)：274～280.

[3] 吴尚全. 通过砂金找原生金新途径的研究[R]. 吉林有色地质勘查局. 1990，38～40.

[4] P Henderson . 稀土元素的某些晶体化学和地球化学性质[J]. 地质地球化学. 1985，增刊：1～4.

[5] N C Higgins. Fluid inclusion evidence for the transport of tungsten by carbonate complexes in hydrothermal solutions [J]. Can. J. Earth Science，1980，17：823～830.

[6] 李兆麟. 实验地球化学［M］. 北京:地质出版社，1988，144～153.

[7] 刘英俊. 钨的地球化学［M］. 北京:科学出版社，1994，7～221.

[8] 赫 英，岳可芬，董振信，等. 中国东部地幔岩中的钨含量及其意义[J]. 地球化学. 2003，32(6)：561～565.

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND PROSPECTING IN YANGJINGOU SCHEELITE DEPOSIT

ZHANG Hang－cheng[1,2]，WANG Jing－bin[1,2]，AI Xia[2]

（1. *Guangzhou Institute of Geochemistry，Chinese Academy of Sciences，Guangzhou* 510640；

2. *Beijing institute of Geology for Mineral Resources，Beijing* 100012）

Abstract：Yangjingou scheelite deposit is the biggest known wolfram deposit in the northeast China by now，which wolfram ore reserves surpass large－scale. After a lot of field geological survey and indoor observation，the geological characteristics，major ore－control factors and genetic type of Yangjingou scheelite deposit are summarized. Based on prospecting results，ore body occurrence and major ore－controlling factors such as fault structure，mineralizing concentration rules are analyzed，and scheelite deposit prospecting direction in the district is pointed out.

Key words：scheelite deposit，geological characteristics，ore－controlling factor，mineralizing concentration rule，Yangjingou