

香炉山隐伏白钨矿矿床地质特征及成因探讨

陈 耿 炎

(江西地矿局赣西北大队)

香炉山大型隐伏岩控角岩型白钨矿矿床,赋存在背斜构造倾伏部位的泥质灰岩与黑云母二长花岗岩的接触带上,白钨矿充填、交代钙硅角岩,定型于云英岩化阶段,矿床与燕山晚期的黑云母二长花岗岩有密切的成因关系。

关键词: 赣北香炉山;角岩型白钨矿矿床;地质特征;成因

地质背景

矿区位于近东西向的江南隆褶带(江南古陆)与下扬子拗褶带接壤处,瑞(昌)一通(山)褶断束香炉山背斜西南倾伏部位。矿区出露寒武系中、上统碳酸盐岩石和燕山晚期的黑云母二长花岗岩。

1. 地层

寒武系中统杨柳岗组(ϵ_2y),由含炭硅泥质灰岩和灰质泥岩组成,两者呈互层或互为夹层,结构致密,条带一层纹状构造极发育,多已变质为钙硅角岩。寒武系上统华严寺组(ϵ_3h),为条带状泥质灰岩,结构致密,亦具极发育的条带一层纹状构造,岩石普遍角岩化。变质的岩石在航片上呈深灰色调,具坚硬块状感,构成高山地貌,而区域上未受变质的岩石,在航片上则呈瓦灰色调,具柔软光滑感,构成丘包地貌,两者差异明显。

2. 矿区构造

北东走向的香炉山背斜构造横贯矿区,它控制着地层、岩体和矿床的形态、产状及展布方向(图1)。背斜长8km,宽3.5km,属宽缓型短轴背斜。背斜核部被黑云母二长花岗岩占据,两翼依次出露中寒武统杨柳岗

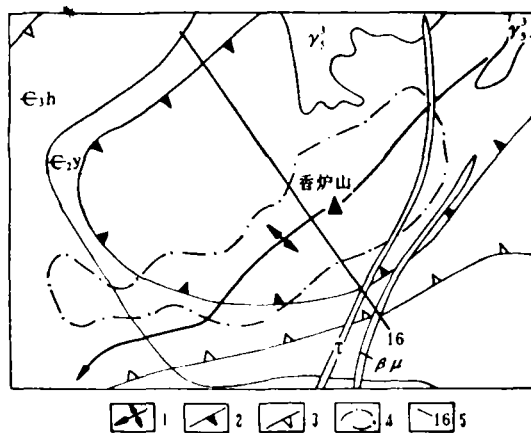


图1 矿区地质略图

ϵ_2y —中寒武统杨柳岗组; ϵ_3h —上寒武统华严寺组; γ_5^3 —燕山晚期黑云母二长花岗岩; τ —细晶岩; $\beta\mu$ —辉绿岩; 1—倾伏背斜轴; 2—角岩带; 3—角岩化带; 4—隐伏矿体边界投影线; 5—勘探线

组、上寒武统华严寺组。背斜构造的层间剥离较发育,对矿床起一定的控制作用。成矿后的北北东向断裂见于矿区东南面,多被后期脉岩充填,对矿体无位移性破坏。

3. 黑云母二长花岗岩

定位于背斜构造核部,并沿其轴向伸展,绝大部分隐伏于地下,为小型岩株。岩体切割地层,北西翼接触面倾角 $10\sim 35^\circ$,南东翼接触面倾角 $20\sim 80^\circ$,核部近于水平。

钾-氩法同位素年龄为131.1Ma。岩体可分为边缘相和内部相，二者呈过渡关系。

边缘相细粒黑云母花岗岩：呈面型展布，厚度47~70m，为接触带主矿体底板。白色，细粒块状，主要由石英、钾长石、斜长石（No16±）、微量黑云母组成。普遍遭受云英岩化和白钨矿矿化，局部构成矿体。顶部常见不规则似伟晶岩薄壳。

内部相中粒黑云母二长花岗岩：灰色，中粒二长结构，块状构造，由石英、钾长石、斜长石（No20±）、黑云母组成，富含钛铁矿（高达494.67g/t），次要的副矿物有锆石、磷灰石等。

岩石化学成分和主要成矿元素含量分别见表1、2。

黑云母二长花岗岩属富含钨铋、等成矿

花岗岩化学成分（%）

表 1

岩 石	样数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
细粒黑云母花岗岩 (边缘相)	5	74.21	0.20	13.00	0.79	1.48	0.04	0.62	0.83	3.08	5.22	0.06	0.72
中粒黑云母二长花岗岩 (内部相)	5	71.60	0.31	13.43	1.34	1.81	0.06	0.77	1.86	3.10	4.68	0.10	0.83
黑云母花岗岩 (黎形,1962)	52	71.99	0.21	13.81	1.37	1.72	0.12	0.81	1.55	3.42	3.81	0.20	0.64

花岗岩成矿元素含量（ppm）

表 2

岩 石	W	Cu	Pb	Zn	Bi	Sn	Mo	Ag	As	Co
细粒黑云母花岗岩 (边缘相)	93.5	58.90	31	42.6	30.7	7.6	1.8	0.57	18.6	6.1
中粒黑云母二长花岗岩 (内部相)	52.7	41.90	25.9	38.5	6.6	6.4	3.2	0.20	11.3	10.8
酸性岩 (维诺格拉多夫, 1962)	1.5	20	20	60	0.01	3	1	0.15	1.5	5

元素的酸性偏碱性岩石，相当于里特曼的太平洋型钙碱性岩石。

岩体里特曼指数较小， $\delta=1.2$ ， $Al/(K+Na+1/2Ca)=1.2$ ， $K_2O/Na_2O>1.5$ ，副矿物以钛铁矿为主，磁铁矿仅痕迹出现，次要的副矿物锆石和磷灰石具浑圆状和自形柱状多种形态，初步认为属S型重熔花岗岩。

4. 接触变质岩

花岗岩岩浆侵入，导致围岩重结晶，成生了厚度47~145m的钙硅角岩带和厚度300~1000m的角岩化岩石带，两者呈过渡关系。角岩带围绕岩体界面分布，岩体隆凸部位最厚。

钙硅角岩，由透辉石、长石、石英、方解石、石榴石、透闪石等矿物组成，呈细粒角岩结构，条带一层纹状构造，上述构造，由含长英透辉石角岩、透辉石长英角岩、长英角岩、透辉石石榴石化细晶大理岩、含炭硅质角岩等岩石条带、层纹相间排列而成。

角岩化岩石，基本保留原岩特征，增生了透闪石、阳起石、高岭石、绢云母等变质矿物，具变余结构。

5. 地质背景的成矿意义

背斜构造为花岗质岩浆侵入、定位提供了良好的场所；对矿液活动起了极好的屏蔽作用。花岗质岩浆侵入，提供了矿质；成生

了接触带构造,强化了背斜构造虚脱空间,为矿液的泌出、运移创造了有利环境。钙硅角岩层间和粒间空隙发育,促沉剂(钙质)丰裕,成为白钨矿载体。角岩化岩石及原岩结构致密,不利矿液扩散,起了屏蔽作用。矿床就是在这种地质背景下形成的。

矿床地质

矿床赋存在背斜核部接触带角岩中,总体呈北东向面形展布(见图1),埋深40~450m,分布在标高400m以上。矿床由接触带、内接触带和外接触带3类40多个矿体组成。

1. 矿体特征

接触带矿体:为矿床最主要的矿体。钨矿储量占矿区钨矿总储量的85%。产于以背斜核部为中心的接触带上(图2),为一似层状矿体,走向长1800余m,倾斜长400~1000多m,厚1~45m。矿体呈北东向展布,顺着接

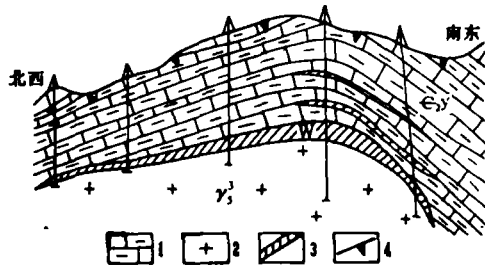


图2 16线地质剖面图

1—泥质灰岩; 2—花岗岩; 3—白钨矿矿体;
4—角岩带

触带缓慢尖灭。沿横向,以背斜核部为“分水岭”,分别倾向北西和南东,核部最厚,平均28.53m,翼部渐薄,平均7.8m。含矿系数0.99。

内接触带矿体:产于矿区西北面背斜翼部、接触带矿体之下,离接触界面70~150m的捕虏体中。主要有3个近似平行的似层状—扁豆状矿体,倾向北西,倾角11~65°。单个矿体走向长500~800m,倾斜长

65~295m,厚2~10.13m。含矿系数1。此类矿体钨矿储量占全矿区钨矿储量10%。

外接触带矿体:产于离接触界面40~100m的围岩中,主要受层间剥离控制,多分布在产状较陡的背斜南东翼。有30多个矿体,多为小透镜体,单个矿体钨矿储量几十至千余吨。个别较大的矿体呈扁豆状产出。此类钨矿体钨矿储量仅为全矿区钨矿储量5%。

2. 矿石特征

(1) 矿石类型 矿石类型单一,几乎全为原生的钙硅角岩型白钨矿石;花岗岩型白钨矿石极少,矿石量不足全矿区矿石量的1%。

(2) 矿石矿物组份及白钨矿特征 矿石矿物组份较复杂,达58种。金属矿物主要为白钨矿,次为磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等;少量黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿、铋方铅矿、泡铋矿、辉银矿等。主要脉石矿物有透辉石、石英、长石、方解石、透闪石等;次为石榴石、绢(白)云母、绿泥石、阳起石、白云石、萤石、硅灰石等。

白钨矿特征:灰白色,油脂光泽,无电磁性,他形粒状为主,半自形和自形次之,粒径0.04~3mm,一般0.1~0.6mm,单体填隙产出为主,部分与磁黄铁矿、黄铜矿等硫化矿物连生,紫外灯下发天蓝色荧光,维氏硬度271.1~314.8kg/mm²,相当于摩氏硬度4.5,比重5.959~6.077,白钨矿单矿物化学成分(%)如下:WO₃79.13、Cu 0.0116、Pb0.222、Zn0.0024、Bi0.0051、Mo0.034、Sn0.0007、S0.254、Au1.5g/t、Ag62.5g/t、TF_{Fe}0.12、Mn0.014、SiO₂ 0.024、Ca19.51、As0.0068、P0.005。

(3) 矿石结构构造 金属矿物主要呈粒状结构和交代溶蚀结构。前者以他形为主,次为半自形、自形,填隙产出,硫化矿物粒径0.02~1mm。交代溶蚀结构主要表

现为白钨矿等金属矿物普遍交代溶蚀透辉石等脉石矿物，早晶出的金属矿物又被晚晶出的金属矿物溶蚀交代，可见白钨矿被磁黄铁矿、黄铁矿等矿物交代，磁黄铁矿和黄铁矿被黄铜矿、方铅矿、闪锌矿交代。交代溶蚀程度不同，又表现为港湾状、残余状、筛状、环状等派生结构。此外硫化矿物间的共边结构也较常见，有时也见白钨矿与磁黄铁矿呈共边结构。

矿石构造单一，白钨矿和金属硫化矿物均呈浸染条带一层纹状构造。其由金属矿物选择性地充填、交代以透辉石为主要组份的角岩而成(图3)。其中常夹不规则的白钨矿团

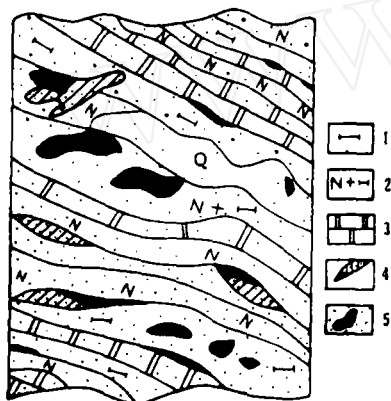


图 3 白钨矿矿石构造素描图

N—长英角岩；Q—含白钨矿石英；1—透辉石角岩；2—长英质透辉石角岩；3—细晶大理岩；4—磁黄铁矿；5—白钨矿

块、硫化矿物团块，但不能构成独立矿石类型。围岩切层裂隙不发育，角岩型矿石内，极难见到金属矿脉，而花岗岩型矿石中，则常见到白钨矿石英微脉充填于各方向的节理中，有意义的是可见到有的矿脉并入接触界面和矿体内的层理中，而且矿脉及其两侧伴随有较周围更强的云英岩化。

3. 矿物共生组合

金属矿物有3种组合：①白钨矿(石英、白云母)组合，②白钨矿—磁黄铁矿组合，③磁黄铁矿—黄铁矿—黄铜矿—方铅矿—闪

锌矿组合。白钨矿—磁黄铁矿组合较少见，它是过渡性组合。矿物组合间，表现为后一组矿物对前一组矿物的交代溶蚀，不存在间歇性截割或穿插关系。同一共生组合矿物，既有交代又有共结现象。上述情况，反映了含矿热液性质和成矿元素在温度、压力衰减过程中的阶段变化特征。

4. 有益组份及其变化

钨呈白钨矿产出，黑钨矿极少。3类钨矿体 WO_3 品位均在0.08~1.291%之间，矿化较均匀，品位变化系数，接触带矿体82%，内、外接带矿体56~117%。接触带主矿体品位与厚度基本呈正相关(图4)。

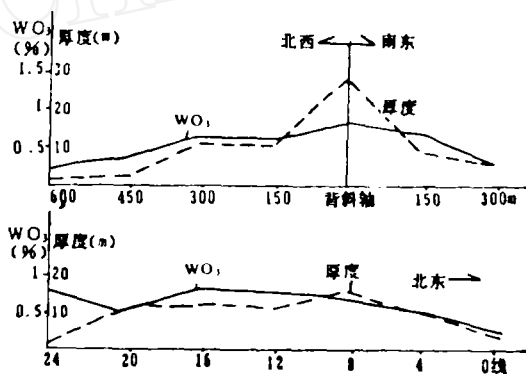


图 4 接触带矿体品位、厚度变化曲线图

各类钨矿体主要伴生组份含量如表3，各类矿体除铜、硫略高外，其他元素均较低，且内接触带矿体的含量略高于接触带及外接带矿体。

5. 矿体与围岩蚀变

围岩蚀变有云英岩化、硅化、绿泥石化、高岭土化等。前者蚀变强烈，与白钨矿关系密切。其余蚀变与硫化物矿化有关。云英岩化广泛发育于接触带上的细粒花岗岩中，其次在矿体中，以接触界面为中心，向内、向外由强变弱，成生了数至30余m厚的云英岩化带。云英岩化带在背斜核部岩体隆凸处最厚，翼部渐薄，面形展布。白钨矿与蚀变成生的白云母和石英紧密共生，矿体最厚、矿

各类矿体的主要伴生组份 (%)

表 3

矿 体	Cu	Bi	S	Pb	Zn	Au(g/t)	Ag(g/t)	Ga
外接触带矿体	0.12	0.021	3.14	0.06	0.34	0.045	5.30	0.0016
接触带矿体	0.11	0.033	3.31	0.05	0.11	0.063	5.30	0.0016
内接触带矿体	0.147	0.035	4.74	0.111	0.261	0.094	22.55	0.0013

石品位最高的地方,云英岩化最强烈、蚀变厚度最大。白钨矿伴随云英岩化晶出,是矿液与围岩反应的同阶段产物。

6. 矿体与岩体空间和时间关系

矿床的主矿体——接触带矿体,随岩体界面的起伏而起伏;内接触带矿体赋存在捕掳体中;外接触带矿体虽受层间剥离及岩性控制,但距接触界面不超过100m,表现了对岩体的依存性。

云英岩化参与了晚期成岩作用,使边缘相细粒花岗岩的斜长石牌号降低,故定型于云英岩化阶段的白钨矿矿床,是紧随花岗岩成岩作用的岩浆期后产物,成生时序略晚于花岗岩体,同属燕山运动晚期的产物。

矿床成因

1. 矿质来源

黑云母二长花岗岩含钨较高,边缘相93.5ppm,内部相52.7ppm;花岗岩人工重砂中均可见到白钨矿;岩体内近百米深处仍可见到白钨矿石英微脉。而矿区及区域上所有未变质的盖层围岩含钨均<5ppm;人工重砂未见到白钨矿。矿体中Bi、Cu、Ag、Pb等伴生组份与岩体中这些组份的较高含量具有较好的一致性。12件硫同位素(其中黄铁矿7件,磁黄铁矿3件,方铅矿和闪锌矿各1件) $\delta^{34}\text{S}$ 在1.22~4.60‰之间,平均值2.99‰,离散度较小,硫源具岩浆特点。白钨矿单矿物分析不含Co、Ni。上述资料表明矿质主要源自深部地壳重熔成生的黑云母二长花岗岩。

2. 成矿温度

爆裂法测温结果(表4)表明(石英样采自与白钨矿共生的石英团块)白钨矿的成矿温度主要在高温,部分在中温条件下形成。

爆裂法测温结果 表 4

矿 物	样品个数	温 度 °C
石 英	3	260~330° 平均305°
白 钨 矿	1	225°
磁黄铁矿	1	185°

3. 成矿作用

矿床是在花岗质岩浆侵入—围岩热变质重结晶基础上,通过热液作用机制成生的。主要成矿作用可分2个成矿期、4个成矿阶段。

(1) 成矿前期

①花岗岩成岩阶段,重熔作用成生的S型含矿花岗质岩浆,在燕山晚期沿着江南隆褶带与下扬子拗褶带间的深大断裂上侵,到一定部位时,沿着羽状断裂,以类底辟作用方式侵入到印支期基本定型的香炉山背斜核部,缓慢冷却固结成花岗岩。随着成岩作用进程,成生了接触带构造,矿液逐渐泌出、积聚于接触带,为矿床成生提供了物质基础。

②围岩热变质阶段,花岗质岩浆侵入,使围岩重结晶,成生了钙硅角岩和角岩化岩石。重结晶作用是一种等化学转化过程,物质的运移一般限于新成矿物粒径范围内,导致钙硅角岩完好地保留着原岩极发育的条带、层纹状层理构造,并且提高了岩石的粒间孔隙度。层理高度发育,粒间孔隙度增大

的钙硅角岩, 利于矿液渗透、充填和交代。致密的角岩化围岩, 不利矿液扩散, 起了屏蔽作用。因此, 热变质重结晶作用使沉积围岩转化为利于成矿的变质围岩, 是成矿的重要条件。

(2) 成矿期

①白钨矿成矿阶段, 岩浆期后成矿热液, 由于温度和压力差的原因, 源源不断聚集于背斜核部为中心的接触带及其内、外有利部位, 沿着层间和粒间空隙渗透、充填、交代以透辉石为主要组份的钙硅角岩。此阶段围岩蚀变以发育云英岩化为特征, 表明成矿热液呈碱性, 钨主要以碱络合物 K_2WO_4 形式存在。矿液与硅铝质矿物反应时, 成生白云母和石英; 与钙质矿物反应时, 成生钨酸钙矿(白钨矿)。因矿液丰盛、容矿空隙发育、促沉剂充裕、屏蔽环境良好, 故成矿作用充分, 成生了大型白钨矿矿床。

②硫化物成矿阶段, 随着白钨矿成矿阶段的大规模脱钾作用, 白钨矿的大量沉淀, 矿液相对富集硫化物而呈(弱)酸性。本阶段出现的硅化、绿泥石化、高岭土化等蚀变, 基本上反映了这一特点。矿液在温度、压力衰减过程中, 硫化矿物依其化学特性, 或先或后或同时结晶, 形成各种交代结构、共边结构, 最终成生了含硫化矿物角岩型白钨矿矿床。

综上所述, 矿床是在下有提供矿质的花

岗岩体, 上有利于矿液渗透、充填、交代的钙硅角岩, 更上有背斜构造和致密围岩双重屏蔽下成生的。白钨矿定型于云英岩化阶段, 载体由重结晶作用而成。属隐伏岩控角岩型高—中温热液矿床。

找矿标志及找矿方向

1. 找矿标志 良好的背斜构造, 富含钨、铋等成矿元素的燕山晚期黑云母二长花岗岩, 层纹构造发育并具变质晕圈的泥质灰岩, 云英岩化为特征的围岩蚀变, 以及差异明显的航片影像异常, 是寻找与评价该类矿床的标志。

2. 找矿方向 在矿区西部1~3km范围内, 仍属背斜倾没区, 矿区以东背斜延伸数公里, 上述背斜核部及其附近, 有多处找矿标志, 有些地段的深部已发现白钨矿矿体, 成矿条件很好。赣北及其邻区有燕山晚期花岗岩侵入的正向构造区(带), 亦是良好的找矿靶区。

本文初稿承蒙董仁薄副研究员、黄恩邦总工程师、罗钊生高级工程师审阅, 并提出建设性意见, 插图由王玉芳清绘, 在此一并致谢。

参考文献

- [1] 朱焱龄等, 《赣南钨矿地质》, 江西人民出版社, 1981年。
- [2] 温克勒, H. G. F., 《变质岩成因》, 科学出版社, 1980年。

Geology and Genesis of the Xianglushan Concealed Scheelite Deposit

Chen Gengyan

The Xianlushan scheelite deposit, large in size, confined in hornfels and controlled by concealed rock formation, is located at the contact zone between and pelitic limestone over the plunge position of an anticline and the biotite monzonitic granite. The scheelite has infilled and replaced the hornfels. The deposit was settled in greisenization stage and its genesis is closely related to the Late Yanshanian biotite monzonitic granite.