

山西省代县羊延寺—张山沟 直闪岩矿床特征及其成因浅析

董月田¹, 温春贵², 郭梅凤²

(1. 忻州市地质矿产局, 山西 忻州 034000;

2. 中国冶金地质勘查工程总局 第三地质勘查院, 山西 忻州 034000)

摘 要: 山西省代县羊延寺—张山沟直闪岩矿床产于五台系石咀群金刚库组变质岩中。直闪岩矿体呈带状延长, 由十几个矿体组成, 可分为含硅灰石直闪岩和含石榴子石直闪岩两种岩材类型。由于其独特的矿物组合特征和结构构造特征, 以及良好的岩石物理性质, 使之成为品种独特、技术加工性能较好的饰面材料。通过区域地质及岩石化学研究认为, 直闪岩系古老夕卡岩经后期变质作用而成。

关键词: 直闪岩; 矿体特征; 矿床成因; 山西省

中图分类号: P611; P619. 22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2002) 04-0257-05

随着近年来建材市场的繁荣, 山西省代县羊延寺—张山沟一带的直闪岩受到了人们的重视, 近三年来不少中外石材开采商云集矿区, 投资开发直闪岩。由于该石材品种独特, 花纹美观, 受到商家和用户的青睐。笔者多次对该矿区进行了实地调查和研究, 拟从矿区岩石化学、矿物成分、矿床特征及其成因进行探讨。

1. 矿区地质概况

矿区位于山西省代县分水岭乡羊延寺—张山沟一带, 经纬度为: 东经 113°04′; 北纬 39°16′。直闪岩矿产于五台系石咀群金刚库组中。

1.1 地层

(1) 五台系石咀群金刚库组(Wj): 金刚库组地层为矿区内最古老的地层之一, 为一套泥砂沉积和中基性火山沉积变质的铁铝建造。下部为斜长角闪岩、黑云变粒岩、角闪变粒岩、黑云角闪变粒岩, 局部夹磁铁石英岩; 上部为石英片岩、变粒岩、二云片岩等。局部发育蓝晶石、十字石、矽线石等矿物。直闪岩矿床就分布在该组地层中, 与它有成因上的关系。

(2) 五台系石咀群庄旺组(Wz): 该组分布于矿

区的南部, 岩性较单一, 由较厚的黑云变粒岩、黑云角闪变粒岩及少量斜长角闪岩组成。

(3) 寒武系(): 寒武系出露于矿区西北部, 下部为紫红色泥岩夹泥灰岩, 中部为厚层状石灰岩、鲕状灰岩, 上部为薄—中厚层石灰岩、白云质灰岩夹竹叶状灰岩等。

1.2 构造

矿区位于山西台背斜滹沱河向斜北西翼恒山隆起带。区内经过长期的地壳运动, 整个恒山地段构造线为 60°~70°, 而矿区一带地层走向近 EW 向, 倾向 S, 倾角 30°~50°, 为一套单斜岩层。构造主要表现为褶皱和断裂, 褶皱构造十分发育, 褶皱轴线与总体构造线一致, 断裂构造也较发育, 主要为 NE、NW 向两组断裂。NE 向断裂有: 车道沟—大寨—西红土—红塘逆断层、张山沟—西红土—后沟圪梁逆断层, 该断层规模大, 长 10~15 km。NW 向断裂为正断层, 断层倾角 60°~70°, 此组断层形成晚于 NE 向断层。

1.3 岩浆岩

恒山地区岩浆活动频繁, 分布十分广泛, 多呈岩墙、岩脉产出。五台期岩浆活动在本区主要为甘泉运动侵入的花岗岩体, 其规模较大, 分布于矿区的北部酸刺沟一带。经区域变质后为黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩。晚期有伟晶岩脉和基性岩脉侵入

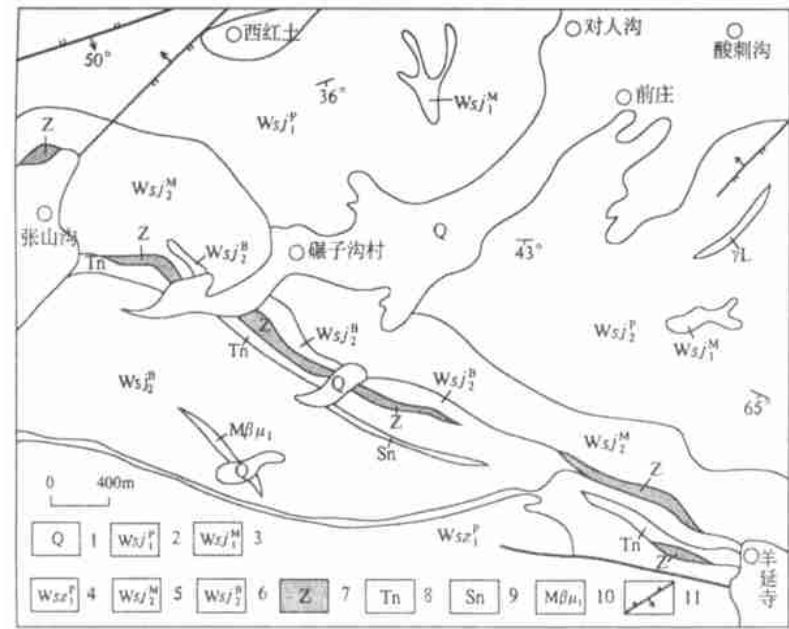


图 1 区域地质简图

Fig. 1 Simplified regional geological map

1. 第四系 2. 斜长片麻岩 3. 斜长角闪岩 4. 黑云斜长片麻岩
5. 斜长角闪岩 6. 黑云角闪变粒岩 7. 直闪岩 8. 阳起透闪岩
9. 石英滑石片岩 10. 变辉绿岩 11. 逆断层

形成分布较广、形态各异的斜长角闪岩体。吕梁期形成的基性、超基性岩浆岩主要为辉长岩、变辉绿岩、透闪岩、阳起透闪岩、绿泥透闪岩等。喜山期岩浆岩规模较小, 主要为岩脉状的橄榄玄武岩和少量煌斑岩, 在区内零星分布。

1. 4 变质作用

矿区一带经历了大规模花岗岩体侵入的接触变质作用和多期次的区域变质作用。区内变质程度较深, 已达角闪岩相。据 1 20 万断带总结资料用矿物对计算得出平均压力为 $4 \times 10^5 \sim 8 \times 10^5$ kPa, 温度为 $500 \sim 690$, 变质深度为 15.4 ~ 30.8 km, 地热梯度为 18.84 ~ 32.5 /km, 蓝晶石、十字石、矽线石等变质矿物发育。多期的变质作用使早期花岗岩发生片麻岩化, 局部有混合岩化, 橄榄岩、辉石岩发生阳起石化、绿泥石化、透闪石化, 夕卡岩发生直闪石化等。同时变质作用对金红石矿起到了加富作用。

2 矿床特征

2. 1 矿体特征

直闪岩饰面材料矿床分布于代县分水岭乡的羊延寺—碾子沟—张山沟一带, 呈带状分布。矿带长 > 10 km, 宽 100 ~ 200 m, 由十几个矿体组成, 与含金

红石的阳起透闪岩、绿泥透闪岩矿带平行分布, 产于金红石矿带的下盘(北部), 倾向 S 或 SSW, 倾角 $30 \sim 50^\circ$; 单矿体长 100 ~ 500 m, 宽 5 ~ 70 m, 多数厚度在 10 ~ 20 m, 据钻孔资料倾向延深达 300 多米(图 2)。

2. 2 直闪岩成分特征

2. 2. 1 矿物成分

直闪岩的矿物成分主要为直闪石、透闪石, 约占 50% ~ 70%; 次为石英 20%, 斜长石 5%; 另有少量阳起石、角闪石、钙铁石榴子石、钙铝石榴子石、硅灰石、绿泥石、蓝晶石、蓝闪石、黑云母、滑石等; 局部地段还见有金红石、磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿。金红石一般呈浸染状, 少量呈团块状、脉状; 黄铁矿呈不规则细脉状。其主要矿物直闪石单晶体长 10 cm, 宽 3 cm, 成为巨晶直闪石, 在直闪岩中呈纤状、块状分布。

2. 2. 2 化学成分

直闪岩化学成分和岩石化学计算结果见表 1 和表 2。

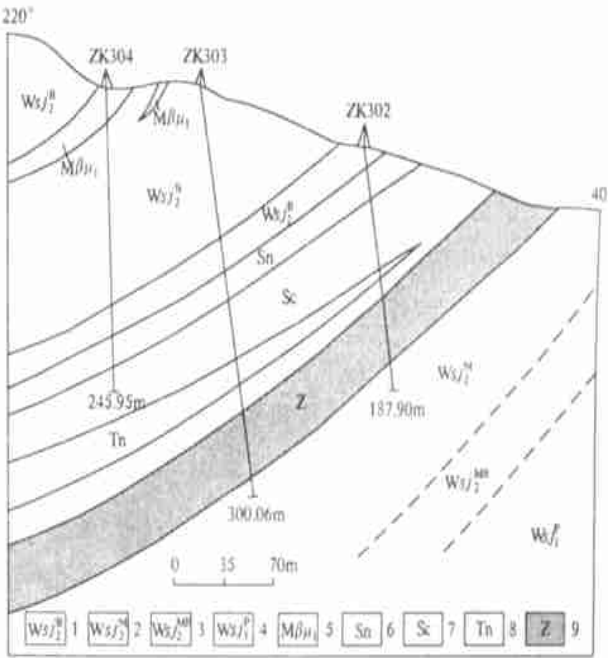


图 2 3 号勘探线剖面图

Fig. 2 Profile of No. 3 exploration line

1. 黑云角闪变粒岩 2. 斜长角闪岩 3. 斜长角闪岩夹变粒岩
4. 斜长片麻岩 5. 变辉绿岩 6. 石英滑石片岩
7. 绿泥透闪岩 8. 阳起透闪岩 9. 直闪岩

表 1 直闪岩化学成分分析结果

Table 1 The analytical data of chemical composition of ant hophyllite											<i>w</i> B/ %	
样 号	采样位置	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
761803	703 孔	52. 86	1. 05	12. 74	2. 50	11. 22	0. 10	11. 79	0. 63	0. 30	0. 05	0. 16
761806	106 孔	51. 06	0. 93	15. 93	3. 07	10. 53	0. 08	14. 66	0. 20	0. 30	0. 05	0. 12
742010	2701 孔	70. 58	0. 40	10. 52	0. 97	5. 53	0. 04	9. 45	0. 18	0. 60	0. 15	0. 11
平均值		58. 17	0. 79	13. 07	2. 18	9. 09	0. 07	11. 97	0. 34	0. 40	0. 08	0. 13

表 2 直闪岩岩石化学计算结果

Table 2 The calculating data of chemical composition of anthophyllite													
样 号	采样位置	a	c	b	s	f ′	m ′	c ′	a ′	n	Q	a/c	岩石系列
761803	703 孔	0. 69	0. 75	43. 39	55. 17	27. 25	41. 94	/	30. 90	90. 90	8. 33	0. 92	铝过饱和
761806	106 孔	0. 65	0. 24	48. 70	50. 39	20. 80	43. 78	/	35. 55	90. 91	- 0. 74	2. 75	铝过饱和
742010	2701 孔	1. 40	2. 00	29. 20	69. 20	18. 00	47. 00	/	35. 00	42. 00	35. 40	0. 70	铝过饱和

2. 3 直闪岩结构构造

直闪岩结构主要为纤维状、针状变晶结构, 次为粗粒变晶结构、残余交代结构。束状、放射状、块状构造, 在绿泥透闪岩底部的直闪岩具晶状构造。

2. 4 直闪岩物理性质

直闪岩石材矿石一般呈灰绿色—蓝绿色, 直闪石、阳起石、透闪石矿物呈纤维状、针状, 集合体呈放射状、束状、菊花状, 一般 1~5 cm, 嵌布有少量石榴子石, 直径 0. 3~1. 5 cm。白色硅灰石呈板柱状, 晶体长 1~2. 5 cm, 宽 0. 3~0. 7 cm, 局部见有蓝色的蓝晶石、蓝闪石等矿物。

岩石硬度适中, 韧性大, 自然块度大, 裂隙不甚发育。岩石力学性质经送北京建材局测试结果为: 抗折强度 13. 2 MPa, 抗压强度最大 201. 2 MPa, 平均 162. 3 MPa, 抗剪强度 22. 2 MPa, 容量 2. 98 g/cm³, 摩氏硬度 6. 9, 吸水率 0. 2%, 光泽度 94. 9。

2. 5 直闪岩石材类型

直闪岩的主要石材类型有两类。一类是西部张山沟一带含硅灰石直闪岩, 板材特征呈灰绿色、蓝绿色, 直闪石及少量阳起石、透闪石呈束状、菊花状, 一般集合体直径 1. 5~3. 5 cm, 普遍含白色板状硅灰石晶体及少量蓝晶石等; 另一类分布在东部的羊延寺、五脊梁一带, 为含石榴子石直闪岩, 板材特征呈蓝绿色、绿色, 直闪石及少量阳起石、透闪石集合体呈直径为 2. 5~5. 0 cm 的束状、菊花状分布。普遍含石榴子石, 呈褐红色, 直径一般为 1. 5~2. 0 cm, 含少量蓝晶石、蓝闪石、硅灰石、石英等矿物。

2. 6 直闪岩的材质评价和开发利用评价

该石材品种独特, 花纹美观大方, 裂纹较少, 蓝绿色直闪石呈墨菊状, 红色石榴子石点缀, 蓝晶石闪

闪发光, 根据石材常用的“地名+ 颜色”的命名方法, 矿石工艺类型为“夜玫瑰”、“金钻”等。经试采加工, 矿石硬度适中, 易开采, 块度一般大于 0. 6 m³, 1~2 m³ 者常见, 成荒率为 22%~35%, 成材率为 20~26 m²/m³。具有较好的加工技术性能。

石材开采部位位于当地侵蚀基准面以上, 属水文地质、工程地质条件较简单地段。围岩为斜长角闪岩、黑云变粒岩、绿泥透闪岩、阳起透闪岩等。阳起透闪岩抗压强度 34. 20~99. 08 MPa, 抗拉强度 0. 78~1. 67 MPa, 抗剪强度 4. 02~12. 35 MPa; 黑云变粒岩抗压强度 113. 48~174. 48 MPa, 抗剪强度 21. 56 MPa; 斜长角闪岩抗压强度 117. 89~168. 66 MPa, 抗剪强度 17. 64 MPa。由于直闪岩埋深较浅, 一般适合于露天开采。据勘查资料, 可供露天开采的矿石荒料储量为 39. 15 万 m³。

该矿区距代县县城 50 km, 代县至枣林有京原铁路和 108 线国道通过, 矿区至枣林火车站 15 km, 有简易公路相通, 交通十分方便。

3 矿床成因浅析

该区地质工作开展较早, 较系统的地质工作是 1964~1966 年山西省地矿局区测队进行的 1/20 万区域地质调查, 建立了较系统的地层层序, 将恒山地区的太古界地层划为上五台群, 由下至上划分为台子底组、碾子沟组、冰林沟组、东湾组、胡峪组。60 年代后期至 70 年代初, 211 地质队、217 地质队在五台山区和恒山地区进行了超基性岩普查找矿。211 地质队在代县付家窑、碾子沟等地评价了数十个超基性

岩(阳起透闪岩)体及岩脉。1973年在矿区一带开展1:1万地质填图找矿,并发现了产于阳起透闪岩中长达10余公里的金红石矿带。1974~1976年,在碾子沟矿区进行了详查勘探,提交了一个大型金红石矿床。认为该区地层与五台山区对比,台子底组应属龙泉关群,碾子沟上部及以上地层分属五台系石咀群金刚库组和庄旺组。同位素年龄为20.67 Ga。本区阳起透闪岩、绿泥透闪岩为金红石矿体的围岩,经鉴定透闪岩中矿物大部分已蚀变,局部保留辉石残晶,

如张山沟的阳起透闪岩中见橄榄石、辉石等,岩石化学计算结果Q值出现负值(表3),恢复原岩为辉石岩或橄榄辉石岩。金红石呈自形、半自形和他形,一般结晶程度较好,分布均匀,个别地段金红石呈脉状、团块状,表明由于自变质作用和后期热液作用而使超基性岩中的金红石富集,故而认为该区金红石矿床属岩浆矿床。直闪岩和阳起透闪岩、绿泥透闪岩等均为超基性岩经后期变质作用形成的产物。

表 3 岩石化学成分计算结果
Table 3 The calculating data of rock chemical composition

顺序号	样品编号	岩石名称	a	c	b	s	f'	m'	c'	a'	n	Q	a/c	岩石系列
1	761801	阳起透闪岩	1.56	0.84	47.63	49.97	19.35	77.26		3.39	85.19	-1.60	1.09	铝过饱和
2	02	阳起透闪岩	1.30	5.09	47.76	45.91	20.00	61.10	19.00		90.00	-15.0	0.12	正常
3	03	直闪岩	0.69	0.75	43.39	55.17	27.25	41.94		30.90	90.90	8.33	0.92	铝过饱和
4	04	阳起透闪岩	1.62	3.43	42.80	52.15	21.50	74.86	3.61		85.90	-4.46	0.49	正常
5	05	阳起透闪岩	1.23	2.88	44.53	51.35	18.92	72.79		8.47	90.00	2.62	0.43	铝过饱和
6	06	直闪岩	0.65	0.24	48.70	50.39	20.80	43.78		35.55	90.91	-0.74	2.75	铝过饱和
7	742001	绿泥透闪岩	0.20	1.30	52.80	45.70	19.00	74.00		7.00	100.00	-28.3	0.15	铝过饱和
8	02	绿泥透闪岩	0.70	1.30	44.00	54.00	15.00	80.00		5.00	100.00	5.30	0.54	铝过饱和
9	03	阳起透闪岩	2.00	5.00	43.00	50.00	18.00	80.00	2.00		100.00	-9.00	0.40	正常
10	04	斜长角闪岩	6.00	8.00	29.00	57.00	35.00	47.00	18.00		86.00	-6.00	0.75	正常
11	05	阳起透闪岩	1.00	3.50	45.00	50.50	18.00	80.00	2.00		89.00	-4.50	0.29	正常
12	09	阳起透闪岩	1.00	4.00	42.00	53.00	20.00	79.00		1.00	67.00	0.00	0.25	铝过饱和
13	10	直闪岩	1.40	2.00	29.20	69.10	18.00	47.00		35.00	42.00	35.40	0.70	铝过饱和
14	741881	石英滑石片岩	1.00	0.00	65.00	34.00	5.00	64.00		31.00	38.00	-34.00	1.00	铝过饱和
15	82	石英滑石片岩	1.00	0.00	42.00	57.00	4.00	62.00		34.00	83.00	12.00	1.00	铝过饱和
16	83	阳起透闪岩	1.00	3.00	45.00	51.00	21.00	78.00		1.00	83.00	-3.00	0.33	铝过饱和
17	75001	斜长角闪岩	6.00	8.08	27.00	59.00	54.00	35.00	11.00		89.00	-2.00	0.75	正常
18	02	绿泥透闪岩	1.00	1.00	52.00	46.00	9.00	75.00		16.00	83.00	-11.00	1.00	铝过饱和
19	04	阳起透闪岩	1.00	3.00	43.00	53.00	22.00	77.00	1.00		89.00	1.00	0.33	正常
20	05	阳起透闪岩	1.00	4.00	46.00	48.00	19.00	58.00		23.00	89.00	-8.00	0.25	铝过饱和
21	06	变辉绿岩	2.00	11.00	32.00	55.00	39.00	31.00		30.00	73.00	-5.00	0.18	铝过饱和
22	07	变辉绿岩	2.00	11.00	31.00	56.00	41.00	33.00		26.00	62.00	-3.00	0.18	铝过饱和

近年来,随着该区地质研究程度的提高和认识的不断深入,矿区北部大面积分布的黑云斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩被认为原岩是五台期侵入形成的花岗岩体,此观点得到1:5万区域地质调查和多数地质学者的认可。笔者经实地观察研究初步认为:该区直闪岩是由五台期甘泉运动侵入的酸刺沟花岗岩体与五台系石咀群金刚库组中基性火山沉积岩(变质后为斜长角闪岩、黑云角闪变粒岩)接触交代形成的古老夕卡岩,经多次变质作用而形成直闪岩。具有以下几个主要特点:

(1) 直闪岩呈透镜状、脉状分布于古老花岗岩体

的外接触带距花岗岩体100~200 m的范围内,矿带长10余公里,宽50~200 m,由十几个脉状体组成。直闪岩单矿体长100~300 m不等,多为10~25 m。

(2) 直闪岩的矿物组合主要为直闪石、透闪石、阳起石、石榴子石、硅灰石、石英,次为蓝晶石、蓝闪石、斜长石、绿泥石、金红石、磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿等。具夕卡岩矿物组合的特征。

(3) 从岩石化学成分上看,直闪石中 $w(\text{SiO}_2) = 51.06\% \sim 70.58\%$,变化范围较大,已超出了正常的超基性岩中 SiO_2 质量分数范围。

(4) 经化学成分计算,直闪岩数据投于四面体平

面展开图中,多数数据落在沉积区,而阳起透闪岩数据均落于火成岩区。

(5)直闪岩为次要的金红石矿赋矿岩石,一般呈脉状分布,金红石、钛铁矿、磁铁矿亦见脉状、团块状分布,具有热液交代成矿的特点。硫化物集合体一般呈脉状、团块状产出,地表局部见不规则状黄铁矿细脉。从钻孔资料看,深部局部硫化物富集,102孔、501孔、303孔、703孔均见有1~2 m厚的硫化物,主要为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿。303孔267.11~269.59 m处硫化物较富集。

综上所述,直闪岩矿体的产出位置、形态和矿物组合,以及岩石化学成分的多变特征,均表现出热液交代的种种迹象,显然不应属于超基性岩,而应归于夕卡岩成因。

4 结论

以上是笔者通过实地观察和对前人资料分析研

究的一些初步认识,由于该类型夕卡岩的资料较少,不足之处尚需进一步研究讨论。

目前直闪岩荒料市场价格为3 000~5 000元/m³,加工成板材的价格倍增。因而研究和找寻该类型石材矿床具有重要的经济意义和地质意义,同时还应注意寻找与之有关的磁铁矿和硫化物矿床。

参考文献:

[1] 赵必光. 山西省代县碾子沟矿区金红石矿初步勘探地质报告[R]. 太原: 山西省国土资源厅, 1997.
[2] 袁见齐. 矿床学[M]. 地质出版社, 1985.
[3] 徐朝雷. 山西五台系[R]. 太原: 山西省国土资源厅, 1983.

YANGYANSHI-ZHANGSHANGOU ANTHOPHYLLITE DEPOSIT
CHARACTREISTICS AND THE PRELIMINARY GENETIC ANALYSIS

DONG Yue-tian¹, WEN Chun-gui², GUO Mei-feng²

(1. *Xinzhou Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Xinzhou 034000, China;*
2. *The Third Geological Exploration Institute, China Metallurgical geoeploration and
Engineering Bureau, Xinzhou 034000, China*)

Abstract: The deposit occurs in the metamorphic rocks of Jingangku Formation of shizui Group in Wutai area, Shanxi province including more than 10 anthophyllite bodies in a belt. There are 2 types of anthophyllite in the deposit, ie wollastonite anthophyllite and actinolite anthophyllite. The anthophyllite is unique in mineral composition, structural and textural characteristics and physical propevty and procession property suitable for surface decorative rock material. Study on the geology and petrochemistry show that the anthophyllite is the product of late metamorphism of plaeo skarn.

Key words: anthophyllite ore body characteristics; genesis of ore deposit Shanxi Province