

文章编号:1009-0258(2001)01-0035-05

*

鲁西柳家电气石矿矿物学特征 及成矿机理探讨

王敏¹,张尚坤¹,张增奇¹,刘鹏瑞¹,王领法²

(1. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 2. 菏泽市东鱼河流域工程管理处, 山东 菏泽 274000)

摘要: 鲁西柳家电气石矿矿石呈黑色或绿黑色, 为柱状、纤维状集合体。电子探针和 X 衍射结果表明, 该电气石矿主要矿物成分为铁镁电气石, 属镁电气石和铁电气石的过渡类型。其成矿系统分为成矿热流体体系和控矿环境两部分, 其成因类型与脉石英相似。

关键词: 电气石; 矿物学特征; 成矿机理; 山东西部

中图分类号: P611.1⁺3; P578.953

文献标识码: A

1 成矿地质背景

鲁西柳家电气石矿区已发现工业矿体 21 个, 矿体最长 230m, 最短 15m, 平均 70m 左右, 其水平宽度平均为 1.5m, 最宽可达 3.6m。矿体呈脉状产于尼山断裂及其次级构造裂隙内。自中生代以来, 尼山断裂发生多次活动, 不仅造就了矿区的总体构造格局, 同时也控制着矿体的分布, 是电气石矿的主要控矿构造。前寒武纪东近台单元条带状英云闪长岩、普照寺单元细粒闪长岩、调军顶单元细粒二长花岗岩是电气石矿的主要含矿围岩, 其硼元素的含量远远高于地壳丰度和同类岩石的维氏值, 为电气石的矿源层。

2 电气石的矿物学特征

2.1 形态及物性特征

电气石主要与石英共生, 与之伴生的矿物有绿帘石、绿泥石、绢云母、阳起石、磷灰石、褐铁矿(黄铁矿)等。肉眼观察电气石呈黑色或绿黑色, 晶体大小不等, 从隐晶质到 1cm 左右的柱状晶体均能见到。晶体形态主要有两种, 一种为柱状, 具玻璃光泽, 柱面有纵纹; 另一种为纤维状, 晶体紧密平行排列, 呈灰色, 具明显的丝绸光泽。电气石集合体多呈致密的团块状, 有的与石英一起呈脉状, 或在围岩中呈斑杂状分布。

显微镜下电气石主要呈柱状集合体, 其次为纤维状集合体, 有的呈针状、毛发状包

*收稿日期: 2000-07-13; 修订日期: 2001-02-20; 编辑: 柴永昌

作者简介: 王敏(1968-), 女, 山东泰安人, 工程师, 主要从事地质矿产研究工作。

含于石英中;多色性显著,一般为 Ne—无色、淡粉色, No—绿色、蓝绿色,有的晶体显示颜色环带;硬度 $7.2 \pm$, 比重 3.1, 具压电性和热电性。

2.2 晶体结构特征

X 射线衍射结果显示,电气石矿物样品的成分介于镁电气石与铁电气石之间,属两者的过渡类型,且以前者略占优势。电气石和镁电气石的特征谱线(d 值)反映了不同样品中电气石所含的成分有一定的差别。因镁电气石和铁电气石可以构成完全类质同象系列,受局部环境影响,电气石中的 Fe 和 Mg 元素在 R 位置上的配位数并不完全相同。从电气石的化学成分也可以看出铁元素与镁元素之比并非为严格的 1:1,有的铁略高,偏向于铁电气石;有的镁略高,偏向于镁电气石。X 衍射的三个样品测试结果,更偏向于镁电气石。

表 1 电气石样品 X 射线衍射结果

Table 1 X-ray diffraction results of tourmalinite samples

样号	TC31 - H3			TC6 - H4			TC20 - H5		
	hkl	$d(A)$	相对强度	hkl	$d(A)$	相对强度	hkl	$d(A)$	相对强度
分析结果	101	6.04	66	101	6.40	12	101	6.41	28
	220	3.99	100	220	3.99	100	220	3.99	100
	012	3.49	82	501	2.58	49	122	2.97	27
	122	2.97	72	550	1.59	30	501	2.58	40
	501	2.58	60						
晶胞参数 (A)	$a_0 = b_0 = 15.96$ $c_0 = 7.22$			$a_0 = b_0 = 15.99$ $c_0 = 7.21$			$a_0 = b_0 = 15.99$ $c_0 = 7.22$		

一般电气石的晶胞参数 $a_0 = b_0 = 15.84 \sim 16.03A$, $c_0 = 7.09 \sim 7.22A$ 。样品的晶胞参数介于这个范围,属电气石无疑。晶体结构属三方晶系。

2.3 化学成分

电子探针分析结果(表 2)表明,除 B_2O_3 外,电气石的主要化学成分为 SiO_2 , 其次为 Al_2O_3 , TFe 和 MgO 。不同的样品其含量略有变化, SiO_2 最低为 31.90%, 最高为 36.64%, 平均 34.77%; Al_2O_3 最低为 26.67%, 最高为 33.85%, 平均 29.46%; TFe 最高 14.08%, 最低 9.81%, 平均 11.49%; MgO 最高 7.22%, 最低 5.51%, 平均 6.02%。此外, Na_2O , K_2O , TiO_2 , MnO , CaO , P_2O_5 等在不同的样品中,含量也各不相同。

TFe/ MgO 值介于 1.41~2.41 之间,一般呈纤维状形态或环带的边缘比值略低,这种电气石在镜下表现为颜色略浅,这也反映了电气石的颜色与电气石所含成分有关。从样品 QJ3 - H4 可以看出,具环带的电气石晶体,从环带边缘到环带中心 TFe, TiO_2 , MnO , CaO , K_2O , P_2O_5 的含量略有升高, SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Na_2O 的含量略有降低。分析结果还表明:电气石中铁离子与镁离子之比为 0.78~1.34, 平均为 0.99666, 接近 1:1。说明该矿区的电气石成分介于铁电气石和镁电气石之间,属两者的过渡类型。这一分析结果与 X 衍射的分析结果基本一致。其晶体化学式为 $Na(Mg, Fe)_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$, 与其他类型电气石相比仅是 R 位的元素不同。

表 2 电气石电子探针分析结果

Table 2 Electronic microprobe analysis results of tourmalinite

样品编号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	TFe/ MgO
TC6 - H ₃ - 1	35.66	0.08	30.64	10.04	0.08	6.38	0.42	2.23	0.04	0.00	12.23	1.57
TC6 - H ₄ - 1	35.30	0.49	29.86	10.81	0.00	6.95	0.99	2.38	0.00	0.00	12.23	1.80
TC20 - H ₅ - 1	34.25	0.54	28.16	11.02	0.01	6.48	0.82	2.35	0.07	0.00	12.20	1.70
TC21 - H ₁ - 1	34.43	0.53	27.96	12.02	0.00	6.31	1.41	1.84	0.00	0.00	12.16	1.90
TC31 - H ₃ - 1	35.10	0.23	30.28	11.76	0.04	5.84	0.52	2.23	0.07	0.00	12.17	2.01
TC27 - H ₂ - 1	34.97	0.47	29.03	11.64	0.09	6.77	0.80	1.92	0.08	0.00	12.20	1.72
TC40 - H ₃ - 1	35.13	0.91	29.81	12.08	0.06	5.83	0.92	2.28	0.05	0.00	12.14	2.07
QJ3 - H ₄ - 1	34.99	0.13	30.54	11.02	0.00	5.93	0.66	2.37	0.03	0.00	12.17	1.86
QJ3 - H ₄ - 2	35.03	0.10	30.89	11.01	0.00	6.21	0.69	2.36	0.05	0.00	12.19	1.77
QJ3 - H ₄ - 3	34.3	0.56	28.97	11.84	0.10	6.05	0.71	2.16	0.09	0.01	12.16	1.96
化学分子式	Na(Mg, Fe) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈][BO ₃] ₃ (OH) ₄											

注: QJ3 - H₄ - 2 为晶体环带边缘, QJ3 - H₄ - 3 为环带中心。

3 成矿机理

目前已发现的电气石矿床主要有三种类型,一种是产于花岗伟晶岩中的铁电气石—锂电气石系列,一种是产于石英脉中的气成热液矿床^[1];另外一种是在变质岩中的变质热液矿床。柳家电气石矿床产于张扭性构造裂隙中,与石英紧密共生,显然属第二种类型。据前人对该地区石英脉的研究资料,石英脉为中生代构造—热事件的产物,所以推测与之共生的电气石也形成于该世代且与中生代岩浆侵位及断裂活动密切相关。

与其他热液型矿床类似,电气石矿的成矿系统也分为成矿热流体体系和控矿环境两部分。矿床形成的过程就是成矿热流体体系与控矿环境之间进行物质、能量交换的过程。硼元素的局部富集不仅取决于体系与环境之间、体系内部各因素之间和外部各控矿条件之间的耦合程度,而且也与硼元素的大范围、长时间充分补给和小范围局部富集的时空条件有关。李兆霖先生将这一成矿机制归纳为“内外多元耦合,四维局部富集成矿”^[2]。

3.1 成矿热流体体系

电气石的成矿热流体由四个基本部分组成。一是不同氢氧同位素组成的水,包括岩浆水、混合岩浆水和加热的大气降水,其中真正的岩浆水数量有限,仅是沿断裂侵入的中生代靳家桥单元闪长玢岩和煌斑岩脉形成的期后热液;混合岩浆水是源岩部分熔融派生物或者是岩浆同化了被大气降水改造过的岩石派生物。二是那些能使热流体从围岩中萃取硼元素的阴离子,可能部分来自岩浆水或混合岩浆水,更可能是热流体与围岩相互作用过程中获得的。作为电气石矿物重要组成部分的 SiO₂,它的迁移富集对矿床的形成起到至关重要的作用。闪长岩类岩石在同等压力和时间条件下,因水的存在可使岩石熔点降低 150 ℃,这就意味着在水的参与下,石英矿物的熔点可由原来的 550

降至 400 ℃,甚至更低。选择与电气石共生的石英中的原生气液包体进行均一温度测定,包体大部分形态规则,大小为 3μm ×3μm ~ 10μm ×15μm,气液比一般为 15% ~ 20%,测定结果(未做压力校正)可以看出石英形成的最高温度为 400 ℃,一般为 200 ~ 300 ℃,这一温度也代表了电气石矿的成矿后期温度。据孙忠实等研究,在 200 ℃和 16 个大气压的条件下,每升流体可携带 67mg 的 SiO₂^[3]。这表明在浅处脆性控矿构造层次,当温度为 200 ~ 400 ℃时,原生节理和次生裂隙两侧围岩可产生一定量的 SiO₂ 流体。三是硼,作为主要成矿元素的硼,其成矿浓集系数约为 550,它以硼硅酸的形式活化、迁移、富集,与 SiO₂ 的活动密切相关。从电气石矿体的空间展布可以看出,其围岩主要为东近台单元条带状英云闪长岩、普照寺单元细粒闪长岩和调军顶单元二长花岗岩。其中东近台单元硼元素的含量为 181.71 ×10⁻⁶ ~ 386.57 ×10⁻⁶ [涂和费(1961)及维氏(1962)所列中性、酸性岩浆中 B 元素平均含量为 15 ×10⁻⁶],远远高于地壳丰度值(10 ×10⁻⁶),是其他地区(如肥城一带)同类岩石的 12 ~ 25 倍。普照寺单元硼元素的含量为 150.71 ×10⁻⁶ ~ 172.85 ×10⁻⁶,也远高于地壳丰度值,是其他地区同类岩石的十几倍。与电气石同时代的靳家桥单元硼元素含量为 66.0 ×10⁻⁶ ~ 198.0 ×10⁻⁶,远高于同类岩石的维氏值,它的侵位活动,不仅提供了硼元素活化的热源和流体,同时也提供了部分成矿元素。这些岩石中的硼元素在适宜的温压条件下,不断活化、迁移,为电气石矿的形成提供物质来源。四是铁、镁元素,矿体围岩中黑云母、角闪石等矿物的分解可产生大量铁、镁元素,另外中生代岩体侵位的期后热液也可提供部分铁、镁元素。

除上述之外,流体的温度条件、pH 值、离子活度等共同组成了成矿热流体体系。

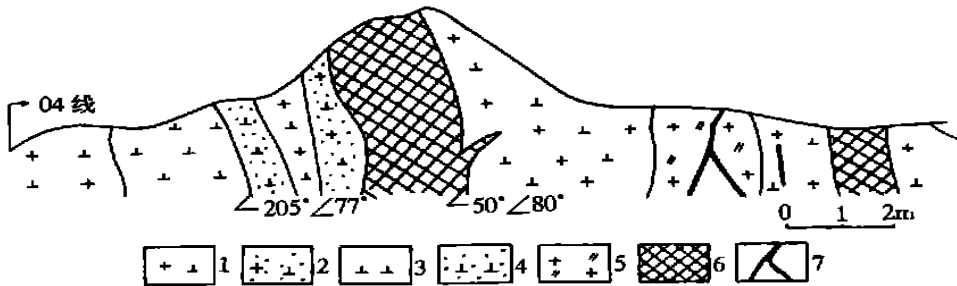


图 1 电气石矿体勘探线剖面图

Fig. 1 Exploration line profile of tourmalinite bodies

- 1—东近台单元条带状英云闪长岩;2—电气石化条带状英云闪长岩;3—普照寺单元细粒闪长岩;4—电气石化细粒闪长岩;5—调军顶单元细粒二长花岗岩;6—电气石矿体;7—电气石细脉

3.2 成矿环境分析

(1)地球化学背景场。电气石的成矿围岩东近台单元条带状英云闪长岩、普照寺单元细粒闪长岩和靳家桥单元闪长玢岩的硼元素含量不仅大大高于地壳丰度值,同时也大大高于同类岩石的维氏值。在与热流体发生物质交换时,为成矿作用提供了硼源。同时沿断裂侵入的各类脉岩及岩浆期后热液,也都可能成为硼源。

(2)能量场。中生代岩浆侵位、尼山断裂带多次活动及韧性剪切带走滑作用等可使岩石内成矿元素发生活化、迁移,并呈层次性富集。从孙忠实对斜长角闪岩等实验结果

看^[3],当斜长石发生脆性破裂时,首先沿这些破裂面或解理面交代形成绢云母、方解石和钠长石等新矿物。角闪石或黑云母经剪切粒度变细,蚀变形成绿泥石、磁铁矿、石英等,这表明,差应力可使岩石直接提供多种矿物质,如 Fe^{2+} , Mg^{2+} 等。矿体定位多在张性裂隙中,说明硼元素沉淀过程主要发生在应力释放阶段。

(3) 硼元素富集的三维空间。电气石矿主要沿张性或张扭性构造裂隙呈 NW 向近 SN 向展布, 尼山断裂活动过程中, 形成一系列与之配套的断裂、裂隙, 他们为矿物质的迁移、富集提供了导矿、容矿场所。

(4) 局部富集过程。热液成矿往往发生在地质作用的特定阶段。就本地区而言, 成矿作用主要发生在尼山断裂从压扭向张扭转化, 并伴随热液体活动, 成矿作用是物质运移和能量耗散过程特定阶段的产物。

总之, 本文所述电气石矿床的成因类型与脉石英相似, 属中温热液矿床。它的形成是各种地质因素多元耦合的结果。构造—岩浆岩为其主导控矿因素。

参考文献:

- [1] 武汉地质学院矿物教研室. 结晶学及矿物学[M]. 北京:地质出版社,1979.
- [2] 李兆霖. 火山岩和相关侵入岩地区金矿的形成机理[J]. 岩石学报,1997,13(1):55-66.
- [3] 曲延波,许洪泉,孙忠实. 试论大型、超大型金矿金质来源的途径[J]. 山东地质,1999,15(2):15-22.

Study on Mineralogical Characteristics and Ore - forming Mechanism of Tourmalinite in Liujia of West Shandong

WANG Min¹, ZHANG Shang - kun¹, ZHANG Zeng - qi¹,
LIU Peng - rui¹, WANG Ling - fa²

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong, Jinan 250013, China; 2. Engineering - management Department of Dongyuhe River in Heze City, Shandong, Heze 274000, China)

Abstract: Tourmalinite in Liujia of west Shandong has black or dark - green colour pillar - shaped of fiber - like aggregate. According to electronic microprobe and X - ray diffraction analysis results, it is iron - magnesium tourmalinite which belongs to transitional type between dravite and iron tourmalinite. Its mineralization system is composed of two parts as: hydrothermal system and mineralization - controll environment. The genesis is similiar to quartz - vein.

Key words: Tourmalinite; mineralogical characteristics; mineralization mechanism; west of Shandong province