

## \* 山东省电气石矿地质特征及勘查方法探讨

史国萍<sup>1</sup>, 郭宝奎<sup>2</sup>, 刘东<sup>3</sup>

(1. 山东省矿业协会, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013; 3. 中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队, 山东 济南 250100)

**摘要:**论述了山东省电气石矿分布及赋存特征, 矿体的产状、规模、厚度及其质量变化; 研究了矿石类型、加工技术性能及开采技术条件; 论述了目前该矿产勘查现状, 结合矿床实例, 对该类矿产的勘查方法进行了探讨。**关键词:**电气石矿; 地质特征; 勘查现状; 勘查方法; 山东省**中图分类号:** P578.953**文献标识码:** A

电气石是电气石矿物的总称, 是以含硼的铝、钠、铁、镁、锂的环状结构硅酸盐矿物, 主要分黑电气石、镁电气石、锂电气石3种。三方晶系, 晶体呈柱状, 柱面具纵纹, 多呈放射状、纤维状及粒状集合体产出。摩氏硬度7~7.5, 比重2.9~3.2。具热电性和压电性, 可用作电磁屏蔽材料、无线电元件及涂料、水处理材料等, 色泽优美者可作为宝石。黑电气石、锂电气石多产于花岗伟晶岩、气化高温热液脉和云英岩中; 镁电气石多产于变质岩中<sup>[1]</sup>。

## 1 山东电气石矿地质特征与勘查现状

### 1.1 山东电气石矿地质特征

#### 1.1.1 矿床分布及特征

山东省电气石矿主要分布于鲁西地区, 按其赋存层位和矿石类型不同分为4种类型: ①赋存于新太古代—古元古代的变质变形英云闪长质—二长花岗质侵入岩中的含电气石石英脉型电气石矿, 主要分布于邹城下连家—大杜沟—魏家窝及新泰雁翎关一带; ②赋存于新太古代—古元古代变质变形英云闪长质—二长花岗质侵入岩及沉积变质地层中的含电气石花岗伟晶岩型电气石矿, 分布于新泰石棚、南涝坡、莱芜任家庄、泰安下港等地; ③赋存于古元古代粉子山群祝家乔组中的含电气石黑云变粒岩层, 分布于胶南隆起西北边缘五莲凸起内; ④赋存于古元古代芝罘群兵营组中的含电气石石英岩层, 分布

于胶北隆起北缘芝罘岛一带。其中前两类为主要矿化类型, 具备勘查及开发利用价值<sup>[2]</sup>。

石英脉型电气石矿多呈脉状, 少数呈透镜体状、豆荚状, 受NW向断裂构造控制。平均延长100 m左右, 平均厚度1 m, 沿走向厚度较稳定, 沿倾向延深变薄。矿石品位(电气石含量)最高为996.68 kg/t, 最低为247.17 kg/t, 平均553.04 kg/t。

伟晶岩型电气石矿多呈脉状、透镜体状, 亦受NW向断裂构造控制。平均延长110 m左右, 平均厚度1 m左右。矿石品位(电气石含量)最高为864.14 kg/t, 最低为565.71 kg/t, 平均677.99 kg/t。

#### 1.1.2 矿石质量特征

矿石平均化学成分: B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.21%~8.92%, 平均4.97%; SiO<sub>2</sub> 36.68%~69.86%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 5.57%~27.62%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3.27%~8.99%; CaO 0.57%~5.84%; MgO 3.76%~25.54%; K<sub>2</sub>O 0.31%~0.63%; Na<sub>2</sub>O 0.23%~2.50%; FeO 2.34%~3.76%; MnO 0.07%~0.13%; TiO<sub>2</sub> 0.22%~0.62%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.02%~0.29%; B<sub>2</sub>O 0.61%~9.08%; LO 10.82%~11.96%。

矿石矿物成分: 主要为电气石(26.25%~68.72%)、石英(36.68%~69.86%)。伴生绿帘石、绿泥石、绢云母、阳起石、磷灰石、褐铁矿等。电气石呈绿黑色及黑色, 晶粒以隐晶质到1 mm的柱

\* 收稿日期: 2010-10-21; 修订日期: 2010-11-03; 编辑: 孟舞平

作者简介: 史国萍(1976—), 女, 山东菏泽人, 助理工程师, 主要从事矿产资源管理工作; E-mail: gbk0718@163.com。

状,玻璃光泽,呈柱面有纵纹的晶体及紧密平行排列的具丝绸光泽的纤维状、束状集合体。集合体主要呈团块状,其次与石英一起呈脉状,或在围岩中成斑杂状。

矿石结构以柱状晶质结构为主,其次为纤维状晶质结构、包含结构等,构造主要为块状构造、细脉状构造。

矿石自然类型分电气石石英脉型、电气石闪长岩型、电气石英云闪长岩型、电气石二长花岗岩型、混杂型等5种类型。

### 1.1.3 矿石加工技术性能

浮选是该种矿石较为理想的选矿方法,可以有效地把电气石、石英及长石分离开来。采用油酸作为捕收剂,精矿产率为49.93%,电气石含量大于90%,回收率98.27%。精矿化学成分见表1。利用电气石精矿进一步超细加工,在水处理、人造纤维、电子、陶瓷以及制造环保、保健产品等领域得到推广利用,具有广阔的应用前景<sup>[3]</sup>。

表1 电气石精矿化学成分(%)

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
42.32	24.47	7.91	0.98	6.50	0.19	1.90
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	FeO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	LOI	总量
0.09	0.05	0.62	2.28	8.28	3.34	99.93

### 1.1.4 矿床开采技术条件

电气石矿多采用露天开采方式,一般矿床最低开采标高高于当地侵蚀基准面标高,大气降水易于排泄;矿体及围岩富水性较弱,节理裂隙均不发育,开采深度较小,一般开采边坡角50°~60°可满足稳定性要求。

## 1.2 矿床勘查现状

截至目前,山东省已大致查明的电气石矿床主要分布在邹城市东部,东西长约4 km,面积约14 km<sup>2</sup>。矿床规模为小型。

电气石矿勘查程度均为普查,探求资源量均为推断的内蕴经济资源量(333)及预测的资源量(334)。少部分用浅井及钻孔进行了深部控制,估算了控制的内蕴经济资源量(332)。

测试分析为基本分析、组合分析、多元素分析、光谱分析、稀土包体测温、电子探针、X衍射、岩矿鉴定、块体密度、及湿度测定及白度、粒度、热导率测定等。

## 2 矿床实例

邹城市下连家电气石矿床赋存于蒙山超单元东近台单元条带状中细粒黑云英云闪长岩及红门超单元普照寺单元细粒闪长岩的断裂及次级构造裂隙内,该岩体硼元素含量远远高于地壳丰度和同类岩石的维氏值,构成电气石的矿源层<sup>[4]</sup>,为中温热液裂隙充填型矿床。矿体主要受NW向断裂和SN向断裂及其相应的次级构造控制,多呈脉状展布,少数呈透镜体状和豆荚状展布。按其走向,分为北西向和南北向成矿带。北西向成矿带长4 km,宽1 km;南北向矿带长3.5 km,宽1 km。按空间展布分为4个成矿密集区。共圈定矿体38个,单矿脉最短15 m,最长210 m,平均100 m;厚度最小0.55 m,最大3.18 m,平均1 m左右。沿走向较稳定,厚度变化系数一般在40%;沿倾向变化较大,向深部变薄,一般延深8.5~24.9 m。主要矿脉倾向218°~267°,倾角80°~88°;次要矿体倾向305°~345°,倾角75°~77°,自地表向深部产状趋于变缓。

勘查工作地表采用间距7~47 m的探槽控制,深部用浅井及钻孔控制,一般深度小于20 m,估算控制的内蕴经济资源量(332),稀疏工程及(332)外推探求推断的内蕴经济资源量(333)。采用工业指标如下:

### (1) 矿石质量

边界品位(电气石)≥200 kg/t;最低工业品位(电气石)≥250 kg/t; I级品(电气石)≥500 kg/t; II级品(电气石)250~500 kg/t。

### (2) 开采技术条件

最低可采厚度:0.70 m;夹石剔除厚度0.5 m;采场最终边坡角:坚硬岩石70°,破碎带50°;爆破安全距离≥100 m。

## 3 矿床勘查方法探讨

目前尚无电气石矿勘查规范。根据山东省电气石矿床勘查情况和应用的工业指标,对电气石矿勘查工作方法提出如下初步认识:

### 3.1 勘查类型

#### 3.1.1 划分依据

划分依据为矿体的延展规模、形态复杂程度、构造和岩脉发育程度、有用组分的均匀程度等。

### (1) 矿体的延展规模

大型矿体:长度大于600 m,延深大于300 m;中型矿体:长度300~600 m,延深100~300 m;小型矿体:长度小于300 m,延深小于100 m。矿床规模(电气石,万t):大型 $\geq 10$ ,中型10~5,小型 $< 5$ 。

### (2) 矿体形态复杂程度

简单:矿体呈长脉状、似层状,厚度变化小,变化系数小于50%。

中等:矿体呈脉状、似层状、透镜状、扁豆状、厚度变化中等,变化系数为50%~80%。

复杂:矿体呈小透镜体状、小扁豆体、复脉状、串珠状,厚度变化大,变化系数大于80%。

### (3) 构造和岩脉发育程度

简单:矿体产状稳定,一般无或很少断层破坏矿体,岩脉不发育。

中等:产状较稳定,有少量较大的断层和岩脉分布,但对矿体破坏不大。

复杂:矿体产状不稳定,断层、岩脉发育,对矿体影响破坏较大。

### (4) 有用组分的均匀程度

均匀:品位变化系数 $\leq 30\%$ 。

较均匀:品位变化系数30%~60%。

不均匀:品位变化系数 $> 60\%$ 。

#### 3.1.2 勘查类型

根据矿体的延展规模、矿体形态复杂程度、构造和岩脉发育程度、有用组分均匀程度划分为3种勘查类型:

第Ⅰ勘查类型(简单型):矿体的延展规模为大型;矿体形态复杂程度简单;构造、岩脉发育程度简单;有用组分分布均匀或较均匀。

第Ⅱ勘查类型(中等型):矿体延展规模为中型;矿体形态复杂程度中等;构造或岩脉发育程度简单或中等;有用组分分布较均匀。

第Ⅲ勘查类型(复杂型):矿体延展规模小,矿体形态复杂程度为中等—复杂,构造、岩脉复杂程度为中等—复杂,有用组分分布较均匀或不均匀<sup>[5]</sup>。

## 3.2 工程间距

各勘查类型基本控制工程间距见表2。

表中所列勘查工程间距为钻探工程间距,地表勘查工程间距,一般按相应勘查类型工程间距加密1倍;在小型矿体详查阶段,控制矿体的勘查线不少于3条。

表2 基本控制工程间距参考(m)

参数	I	II	III
沿走向间距	100~200	50~100	50
沿倾向间距	50~100	25~50	25

## 3.3 工业指标

电气石用途较多,根据不同用途,详查阶段应与投资方商定工业指标。建议一般工业指标如下:

(1) 矿石质量:边界品位(电气石) $\geq 200$  kg/t;最低工业品位(电气石) $\geq 250$  kg/t;Ⅰ级品(电气石) $\geq 500$  kg/t;Ⅱ级品(电气石)250~500 kg/t。

(2) 开采技术条件:最低可采厚度0.70 m;夹石剔除厚度0.5 m。采场最终边坡角:坚硬岩石 $70^\circ$ ,破碎带 $50^\circ$ ;爆破安全距离 $\geq 100$  m,并视矿体的规模及未来开采条件进行论证确定。采场最终底盘最小宽度不作要求。

## 3.4 化学分析项目

根据电气石不同工业用途来确定化学分析项目,一般要求:基本分析 $B_2O_3$ ;组合分析 $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ 。

## 3.5 矿物量计算

如矿石中无其他含 $B_2O_3$ 矿物时,可根据电气石不同类型,利用矿石中 $B_2O_3$ 的含量来计算电气石的含量。例如:铁镁系列电气石标准分子式为 $Na(MgFe)_3Al_6[BO_3]_3(OH)_4$ ,其 $B_2O_3$ 含量为10.44%,可按下式计算矿石中电气石的含量(kg/t): $B_2O_3$ 含量/10.44% $\times 1000$ 。

## 3.6 其他测试分析方法

其他测试方法有:岩矿鉴定、扫描电镜、电子探针等。

岩矿鉴定用以确定矿石矿物成分、形态、粒度及其变化、矿石的结构构造等,研究矿石的成矿阶段;扫描电镜用以研究电气石晶体的纵横切面的微观形态及其变化;电子探针用以研究电气石单体的化学成分及其变化等。

另外应开展电气石的白度、粒度、红外光谱特征及电性特征等测试研究。

## 4 结语

(1) 山东省电气石矿主要分布在邹城以东地

区,赋存于东近台单元和普照寺单元闪长岩体的断裂和次生构造裂隙内的电气石石英脉中,属中温热液裂隙充填矿床<sup>[6]</sup>,矿床规模均为小型,矿石自然类型为电气石石英脉型、电气石闪长岩型等5种类型。

(2)山东电气石矿勘查程度低,均为普查。勘查工程多采用探槽、浅井,深部控制程度低,应采用钻探加强对主要矿体的深部控制,增加资源储量。

(3)建议加强对电气石矿的开发应用研究,提高产品的附加值。

(4)该文论述的工作方法和评价方法,仅供参考。在实际工作中,应根据矿床地质特征和经济条件加以论证和确定,完善和规范电气石矿勘查

工作方法和评价方法。

## 参考文献:

- [1] 黄宗理,张良弼. 地球科学大辞典[M]. 北京:地质出版社, 2006, 4.
- [2] 王敏,张尚坤,张增奇,等. 鲁西柳家电气石矿矿物学特征及成矿机理探讨[J]. 山东地质, 2001, 17(1): 36-39.
- [3] 王敏,张尚坤,赵鹏大. 国内外电气石研究进展[J]. 山东国土资源, 2007, 23(6-7): 16-20.
- [4] 刘玉强,张延庆. 资源储量报告编制文件及规范解读[M]. 北京:地质出版社, 2007.
- [5] 卢宗柳. 我国电气石矿床类型及其地质特征[J]. 矿产与地质, 2008, (2): 174-178.

## Study on Exploration Methods and Characteristics of Tourmaline in Shandong Province

SHI Guoping<sup>1</sup>, GUO Baokui<sup>2</sup>, LIU Dong<sup>3</sup>

(1. Shandong Provincial Mining Association, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 3. Shandong Brigade of Geological Survey Center of China Building Materials Industry Corporation, Shandong Jinan 250100, China)

**Abstract:** In this paper, distribution, occurrence characteristics of tourmaline, occurrence, size, thickness and quality change of ore bodies are introduced. Ore types, processing technologies and mining conditions are studied as well. According to present condition of mineral exploration, combining with deposits instance, exploration methods of this type minerals are discussed.

**Key words:** Tourmaline deposit; geological characteristics; present condition of exploration; prospecting method; Shandong province