

# 黄铁矿热电系数值在不同活化温度下的变化规律

高海军 刘云龙  
(中国地质大学(北京)地球科学与资源学院 北京 10083)

摘要:黄铁矿热电性测试起步较早,在诸多领域都有应用。笔者阅读大量文献发现,研究者在黄铁矿热电性测试中对活化温度的选取上没有统一的标准,这也对测试数据的对比性造成很大影响。文章采用BHTE-06型热电性测试仪,采用多个活化温度对不同矿区黄铁矿样品进行热电性测试,旨在对黄铁矿热电性随活化温度变化规律进行探索研究,为后期热电性研究中活化温度的选取提供建议。  
关键词:黄铁矿 热电性 活化温度 热电系数  
中图分类号:TD61 文献标识码:A 文章编号:1672-3791(2011)01(a)-0060-02

热电性是指矿物晶体两端温度不同所产生电势差的性质<sup>[1]</sup>。黄铁矿的热电性能够反映出矿物成分和晶体结构的某些细微差异<sup>[2]</sup>。由于黄铁矿可以与较多的矿物共生,且是金矿床中普遍存在的矿物,也可以成为金的载体<sup>[3]</sup>,所以,在金矿床的研究中,黄铁矿的热电性的研究对成矿温度、剥蚀程度、矿床规模、找隐伏矿体等方面起到了重要作用<sup>[4]</sup>。热电性的变化常常通过热电系数值表现,其公式为  $\alpha = E / (T_H - T_L) = E / T$ ,由公式可知,一粒黄铁矿的热电性与其自身性质有关,而与活化温度在一定范围内变化无关。

然而,由于人为或其他因素,活化温度不同其热电系数往往在一定范围内变化,大多数研究者利用某一个温度下(表1)黄铁矿其热电系数的平均值作为标准对矿体进行评价预测。

笔者利用中国地质大学(北京)BHTE-6型热电仪对不同矿区不同矿脉大量具有代表性的黄铁矿样品进行热电系数值测定,在测试过程中发现,不同活化温度下,黄铁矿的热电系数值呈一定的规律变化,且得出了在较高温度下测试黄铁矿的热电性更可靠的结论,为以后的研究者提供一定的参考标准,且为数据的共享提供基础。

## 1 研究条件概述

### 1.1 样品来源

本次热电性测试,选择多个矿区(山东玲珑金矿175号、36号脉群、湖南李家冲金矿)具有代表性的黄铁矿样品为测试对象。山东玲珑金矿样品中有踏勘样30件,钻孔样32件。样品粒级为40~60目(0.25~0.35 mm)。湖南李家冲金矿中钻孔样20件,样品粒级为20~30目(0.5~0.7 mm)。样品采集分布范围较广,能较为全面的代表矿区黄铁矿分布的综合特征。

### 1.2 仪器介绍

本次测试采用中国地质大学(北京)成因矿物实验室的BHTE-06热电仪,BHTE-06热电仪具有数字化测量、数字化记录、测试高度自动化、活化温度变化范围大(5~100℃)、测试范围广(20℃时为0~5000 μV / °C)、读数分辨能力高等特点(最小0.1 μV / °C),是目前同类热电仪中较为先进的产品。测试温度冷端为室温,热端温度20~100℃,热端升温步长为1℃,计算机精确控温;数据采集由计算机自动成。

## 2 研究方法和结果

### 2.1 测试方法

在测试方法方面,本次研究采用多个活化温度对黄铁矿样品进行测试,温差依

次由10℃开始,依次升高,以10℃的变化区间升温,温差增至60℃为止,依次获得6组不同活化温度下黄铁矿热电系数的测试数据。在测试数量方面,每组样品测试黄铁矿颗粒数为随机的30粒,对每组样品进行6个不同温度测试,对每组样品中不同活化温度的热电系数值进行单独记录。总计测试数据量约14000个。

### 2.2 数据处理

#### (1)处理方法。

对数量进行汇总分析发现,在不同活化温度下,黄铁矿热电系数值分布区间范围会有较为显著的变化,针对这一变化,文章采用标准差的处理方法,对同一组样品中不同活化温度下测试的黄铁矿热电系数值进行标准差处理。标准差的处理方法能较好的反应一组数据的离散程度,能够较好的反应某个活化温度下黄铁矿热电性数值聚散程度,可以作为黄铁矿热电性测试稳定性的一个评估。

#### (2)处理结果。

对不同活化温度下黄铁矿样品热电系数进行标准差处理,对不同矿区处理结果进行累加处理(见表2)。

由表可以看出,随着活化温度的增加,黄铁矿热电系数明显具有收敛的性质,可以说明随着活化温度的升高其热电系数的

表1 活化温度选取统计表  
Chart 1 Statistics of selection in activation temperature

测试人	论文发表时间	样品采集地	活化温度	资料来源
魏村弟,周喜文等	2001.4	黑龙江老柞山金矿	140℃	文献【7】
要梅娟,申俊峰等	2008.5	河南嵩县前河金矿	49.5℃	文献【4】
曹 烨,李胜荣等	2008.8	冀西石湖金矿床	67±3℃	文献【2】
邓 磊,王建国等	2008.9	河北大西沟金矿	10℃	文献【6】
谢玉玲,许九华等	1999.2	山西太白金矿	100℃	文献【5】

表2 不同矿区矿脉热电系数标准差累加值数据表  
Chart 2 Datasheet of standard deviation's accumulation on thermoelectric coefficient of pyrite from several deposits

	湖南李家冲	玲珑东山	玲珑踏勘	玲珑钻孔
10℃	3201.97965	1883.16042	5893.876	3534.723
20℃	2265.14731	1938.2405	4021.538	3166.598
30℃	2156.2286	1598.79049	3857.969	2770.725
40℃	2025.13492	1393.7289	3691.691	2485.915
50℃	1977.02797	1359.1005	3363.826	2576.145
60℃	1605.7464	1110.23993	3037.259	2221.132

稳定性也随之增加。

从图1中可以看出,湖南李家冲金矿中黄铁矿热电系数标准差累加值在活化温度为10℃时为3201.98 $\mu$ V/k,随着活化温度的升高,热电系数累加值依次降低,当活化温度为60℃时,其热电系数标准差累加值1605.746 $\mu$ V/k,在数值上降低将近一半,可以说明其热电系数稳定性大大提高。在玲珑踏勘样中,在活化温度为10℃时其热电系数累加值为5893.876 $\mu$ V/k,随着活化温度的升高,在60℃时,其热电系数标准差的累加值为3037.259 $\mu$ V/k,较10℃时降低近一半。

### 2.3 影响因素及减小误差方法

#### (1) 影响因素。

晶型因素:在前人的研究成果中,已经提到,黄铁矿的晶型对其热电性有一定的影响。我们发现,虽然同一包样品由同一块标本筛选而出,但其晶型还是有所不同,五角十二面体、立方体及他型晶均有出现,晶型的影响结果前人已经得出结论,这里不再赘述。

测试仪器因素:本项目采用中国地质大学(北京)BHTE-6型热电仪进行测试,仪器室同类中较为先进的产品,然而,其冷端(室温)温度会随时间发生一定变化,导致活化温度发生变化,影响热电系数值。

人为因素:在测试过程中,控制热端温度的电笔在接触黄铁矿时,会对其产生一定的压力,而在观察显示屏中热电系数值时有可能会忽视热端与矿物颗粒的接触变化,同时,不同的测试者,对于控制电笔的

力度不同,且每一次测量其力度也会有所变化,导致对黄铁矿的压力不同,对热电系数值的测试产生一定的影响。

#### (2) 减小误差方法。

在测试温度方面,实验过程中测试者及时调整热端温度,从而保证活化温度的变化范围控制在1℃以内,将活化温度变化造成的误差减到最小。在测试方法上文章采用两人合作的方法,一名测试者专门负责用热端按压黄铁矿颗粒,另一名测试者专门观察热电系数值的读数,当热电系数值变化趋于稳定再进行确定取值,有效避免了由于操作过程中带来的这些随机误差。

### 3 结果与讨论

(1) 测试发现,黄铁矿热电系数变化与活化温度密切相关,具体表现在其标准差值随活化温度的升高而减小,表现出黄铁矿热电性的热稳定性。

(2) 对不同矿区黄铁矿进行不同活化温度下热电系数测定,运用标准差的处理方法发现,随着活化温度的升高,黄铁矿热电系数值具有明显的收敛性质,可以说明,在较高温度条件下对黄铁矿进行热电性测试具有较高的准确性。建议以后测试者进行黄铁矿热电性测试时采用较高的活化温度。

### 4 致谢

工作过程中对于问题的提出及研究方

法得到我校地球科学与资源学院申峻峰教授、张秀宝教授的指导。样品测试阶段得到我校成因矿物实验室的大力支持。戴蒙、杨政、虎志禄、同志参加了部分工作,谨此致以诚挚的谢意。

### 参考文献

- [1] 陈光远,孙岱生,殷辉安.成因矿物学与找矿矿物学[M].重庆出版社,1987:234~235.
- [2] 曹烨,李胜荣.黄铁矿热电性特征在冀西石湖金矿床中的应用[J].中国地质,2008,35(4):746~753.
- [3] 胡楚雁.黄铁矿的微量元素及热电性和晶体形态分析[J].现代地质,2001,15(2):238~241.
- [4] 要梅娟,申俊峰.河南嵩县前河金矿黄铁矿的热电性-热爆特征及其与金矿化的关系[J].地质通报,2008,27(5):649~656.
- [5] 谢玉玲,徐九华,等.太白金矿黄铁矿热电性及其在找矿中的应用[J].北京科技大学学报,1999,21(1):1~5.
- [6] 邓磊,王建国,等.河北大西沟金矿床中石英热释光和黄铁矿热电性标型特征研究[J].地质找矿论丛,2008,23(3):213~217.
- [7] 魏存弟,周喜文,等.黑龙江省老柞山金矿床毒砂热电性研究[J].长春科技大学学报,2001,31(2):132~135.

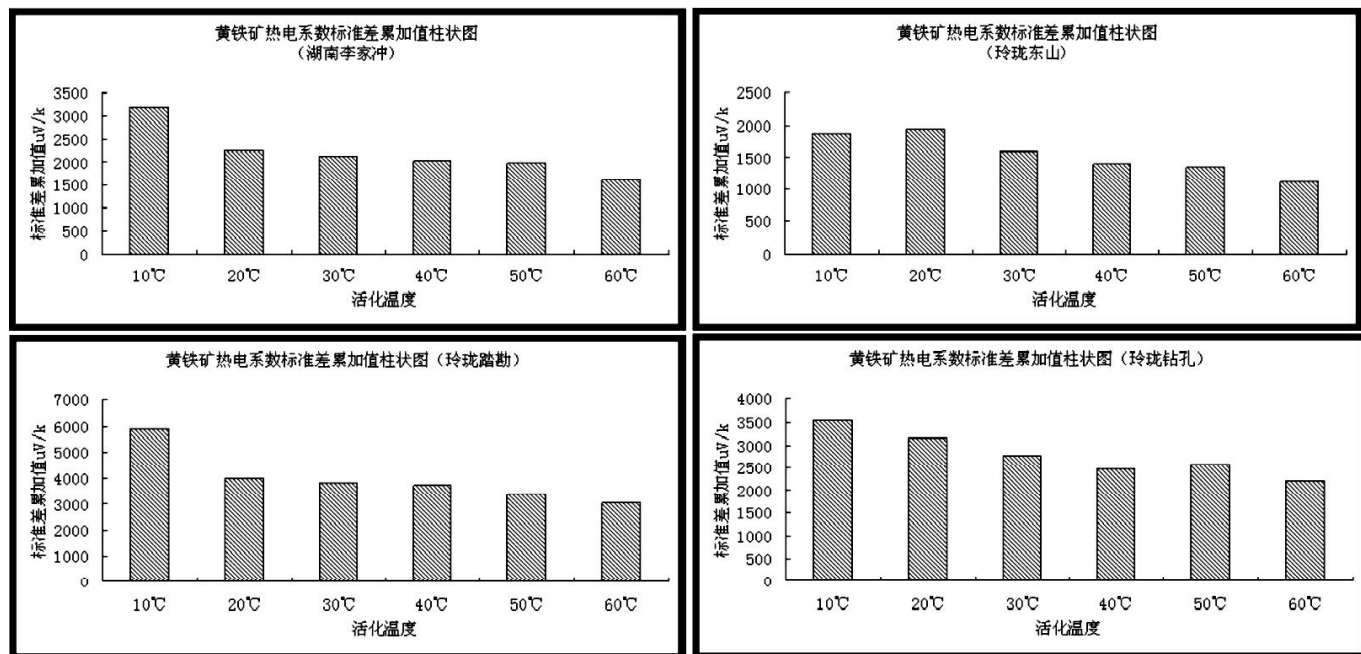


图1 不同矿区矿脉黄铁矿热电系数标准差累加值柱状图

Fig 1 Histogram of standard deviation's accumulation on thermoelectric coefficient of pyrite from several deposits