# 应用稀土型式和硫同位素探讨邯邢、莱芜地区岩石成因

周作侠　赵　瑞

（中国科学院地质研究所）

1983年，我们在冶金地质518队和山东冶勘2队工作的基础上，对邯邢、莱芜地区进行了初步调查，调查的地区包括邯邢地区的符山矿、矿山村的五家子采场、玉石窪矿等；莱芜地区的马庄和铁铜沟矿区。对按剖面和钻孔采集的某些样品，进行了稀土、微量元素、岩石化学、单矿物和硫同位素分析研究。为便于对比，还对洪山偏碱性杂岩和煤系地层进行了系统采样。本文以稀土分配标准型式和硫同位素组成为重点，探讨闪长岩类的成因。

## 地质简况

邯邢地区的闪长岩类侵入体多侵入于中奥陶统。岩体规模不等（平方公里），如符山岩体为58；固镇岩体60；武安岩体50；矿山岩体45；綦村岩体23；新城岩体3.5等。岩体分异特征明显，均为燕山期产物。

莱芜地区的岩体以闪长岩类为主，分异作用明显。较大的岩体有矿山村岩体、铁铜沟岩体、峪峪岩体。岩体规模比邯邢地区岩体小，最大的峪峪岩体约30平方公里，其余岩体为7～8平方公里，也属燕山期产物（山东冶勘2队）。

因此，邯邢地区和莱芜地区的侵入体，在产生时期、岩体成分和矿化特征上均有共性。

## 岩石在AQP图中的分布

为了进行对比，除了对邯邢地区和莱芜地区岩体的主要岩相岩石进行全分析外（表1），还收集了武涉沙地区和安林地区的岩石化学资料，并选择部分与成矿关系密切的宁芜地区岩石化学资

岩石化学成分表　　表1

| 地区 | 岩石名称 | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | FeO | MnO | MgO | CaO | $Na_2O$ | $K_2O$ | $P_2O_5$ | $H_2O^-$ | Loss | 总量 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 邯邢地区 | 闪长岩 | 59.35 | 0.67 | 17.16 | 1.12 | 2.06 | 0.06 | 2.78 | 6.39 | 8.37 | 0.54 | 0.29 | 0.84 | 0.63 | 100.26 |
| | 〃 | 61.13 | 0.19 | 17.02 | 0 | 1.59 | 0.02 | 0 | 5.55 | 10.95 | 0.15 | 0.03 | 3.67 | 0.22 | 100.52 |
| | 〃 | 57.44 | 0.68 | 17.3 | 4.2 | 3.32 | 0.09 | 2.73 | 5.73 | 4.7 | 2.64 | 0.33 | 0.8 | 0.17 | 100.13 |
| | 〃 | 59.95 | 0.55 | 16.8 | 1.76 | 2.51 | 0.08 | 1.58 | 4.94 | 6.08 | 4.71 | 0.3 | 0.32 | 0.57 | 100.15 |
| | 〃 | 56.8 | 0.76 | 15.79 | 3.6 | 5.62 | 0.11 | 3.6 | 6.1 | 4.04 | 2.36 | 0.29 | 0.02 | 0.07 | 99.16 |
| | 〃 | 52.75 | 0.91 | 15.42 | 3.86 | 5.53 | 0.06 | 3.67 | 7.15 | 5.85 | 2.11 | 0.53 | 1.24 | 0.88 | 99.96 |
| 洪山岩体 | 凝灰岩 | 61.09 | 0.34 | 17.22 | 6.98 | 1.44 | 0.06 | 0.19 | 0.55 | 6.52 | 5.11 | 0.08 | 0.23 | 0.17 | 99.98 |
| | 粗安岩 | 56.78 | 0.7 | 15.2 | 6.9 | 1.49 | 0.07 | 3.74 | 3.77 | 4.3 | 5.32 | 0.57 | 0.55 | 0.31 | 99.7 |
| | 中粒正长岩 | 64.45 | 0.29 | 18.82 | 1.97 | 0.51 | 0.03 | 0.04 | 0.32 | 6.49 | 6.3 | 0.01 | 0.69 | 0.34 | 100.26 |
| | 碱性辉长岩 | 51.7 | 0.25 | 12.62 | 2.1 | 4.12 | 0.13 | 5.3 | 13.68 | 2.42 | 3.72 | 0.51 | 0.13 | 2.88 | 99.56 |
| 莱芜地区 | 闪长岩 | 61.81 | 0.57 | 15.88 | 1.99 | 2.09 | 0.05 | 3.58 | 4.58 | 4.41 | 2.96 | 0.19 | 0.88 | 0.45 | 99.44 |
| | 钾长花岗岩 | 68.15 | 0.29 | 13.91 | 1.27 | 1.04 | 0.04 | 1.57 | 2.24 | 3.55 | 5.32 | 0.08 | 1.09 | 1.58 | 100.13 |
| | 〃 | 68.52 | 0.38 | 15.43 | 0.75 | 0.72 | 0.05 | 0.6 | 2.06 | 2.82 | 8.2 | 0.1 | 0.37 | 0 | 100.0 |
| | 闪长岩 | 64.51 | 0.54 | 15.96 | 1.34 | 1.94 | 0.08 | 2.67 | 3.46 | 5.11 | 3.76 | 0.17 | 0.32 | 0.29 | 100.15 |
| | 〃 | 54.9 | 0.54 | 14.63 | 2.98 | 5.29 | 0.14 | 7.62 | 7.33 | 2.69 | 1.83 | 0.21 | 1.2 | 0.96 | 100.32 |

中国科学院地质研究所九室分析。



© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

料，统一进行了计算，投在AQP图上（图1）。

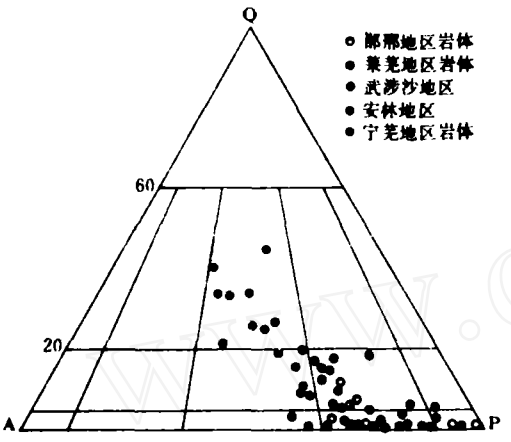


图1　不同地区岩石在AQP图上的投影

（1972年国际地质学会体系小组委员会分类）

AQP图中皆为含铁的闪长岩类分异系列岩石，其化学成分有明显的相似性。根据翟裕生等1983年资料，长江中下游地区含铜岩体$K_2O$增高，而含铁岩体$Na_2O$有显著增高趋势，这两种岩浆是不同的。本文虽未论及宁芜地区的岩体，但从AQP图上可以看出，宁芜地区、邯郸地区、莱芜地区的岩体是有关系的。

AQP图上的岩石化学资料，还显示邯郸地区（包括武涉沙）和安林地区岩石极为相似，而莱芜地区的岩石，除分异的钾长花岗岩外，其岩石化学成分与上述地区也较为相近。因此，含铁的邯郸地区和莱芜地区岩体化学成分的相似性，显示出物质来源可能是相同的，为岩体的成因提供了重要依据。

邯郸地区永年县境内洪山偏碱性杂岩体中的斑岩型铜钼矿化点，伴有少量的金和银(温振宗，1982)。岩体产生时期为109～130百万年(桂林冶金地质研究所，1972)，与邯郸侵入体晚期岩石相当。

## 各地区岩体的稀土型式

稀土元素分配标准化型式对比研究在成因岩石学中占有一定地位，这是由于稀土元素组合在地质环境变化过程中，仍能保存其原始形态。本文引用的稀土分析结果是伊丽莹等1984年的研究成果（获科学院院级二等奖）。各地区岩体的稀土标准化型式见图2、3，某些元素比值分析见表2和图4、5。通过对图的型式对比及表的分析，有以下几点认识：

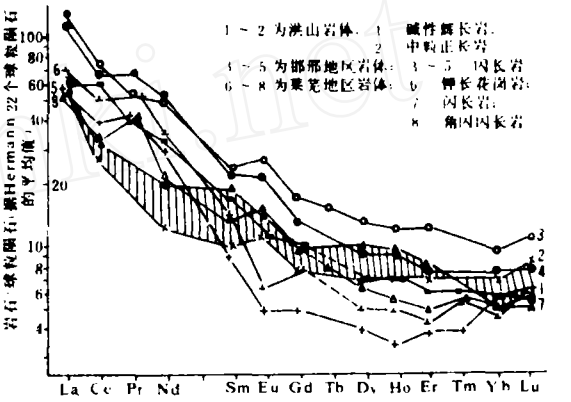


图2　邯郸、莱芜地区岩体及洪山岩体稀土标准化型式图

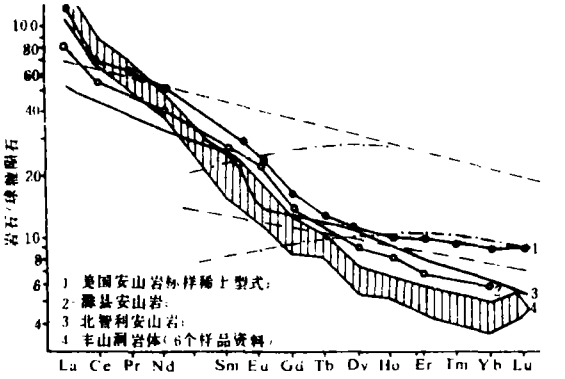


图3　某些岩体和安山岩的稀土标准化型式图

某些稀土元素比值分析表　　表2

| 地区 | 岩石名称 | δEu | Σ(La+Eu)/Σ(Gd+Yb)+Y | LaN/YbN | CeN/YbN |
|---|---|---|---|---|---|
| 邯郸地区 | 闪长岩 | 1.19 | 5 | 15.4 | 8.9 |
| | 〃 | 1.26 | 3.4 | 13.7 | 8.1 |
| | 〃 | 0.71 | 4.3 | 10 | 6.9 |
| 莱芜地区 | 钾长花岗岩 | 0.59 | 6.5 | 15.2 | 11.1 |
| | 闪长岩 | 0.82 | 5.2 | 10.2 | 10.4 |
| | 角闪闪长岩 | 1.27 | 3.4 | 11 | 6.4 |
| | 闪长岩 | 0.81 | 3.2 | 8.6 | 5.1 |
| | 含辉闪长岩 | 1.0 | 3.7 | 10.8 | 5.5 |
| 洪山 | 中粒正长岩 | 1.25 | 2.2 | 9.2 | 3.8 |
| | 碱性辉长岩 | 0.97 | 2.7 | 11.5 | 6.3 |



© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1.由图2可见，除个别样品有弱负铕异常外，大部分样品为平滑或弱正铕异常。表2中仅莱芜钾长花岗岩显示较明显的负铕特征，表明岩体分异不强烈，这是它们共同的特征。

2.不同地区和岩石类型中的轻稀土与重稀土组合之比，差别不明显（图2），仅洪山岩体差别较显著（表2）。

3.图2与图3稀土型式对比表明，邯邢、莱芜地区岩体及洪山杂岩体的稀土型式与长江中下游丰山洞岩体和安山岩的稀土型式较相似，表明它们可能为同源产物。长江中下游地区安山岩与侵入岩，可能是同源而不同阶段的产物。

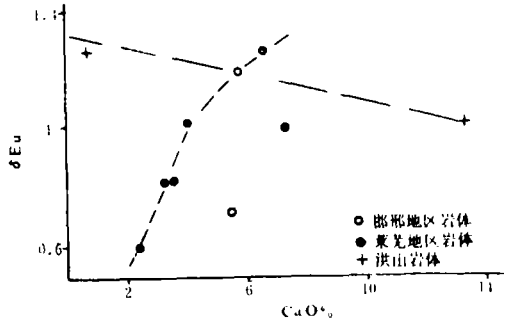


图4　δEu对CaO%图解

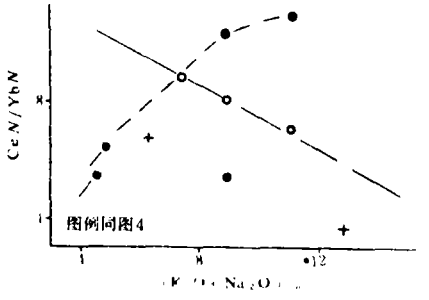


图5　CeN/YbN对(K₂O+Na₂O)%图解

4.图4表明，δEu与CaO%为正相关，当含CaO的矿物增加时，δEu也相应增高，但个别点并未落在同一直线上，表明CaO%有所增加，这可能是同化围岩的结果。从图5可以看出，邯邢地区岩体为负相关，而莱芜地区岩体则为正相关。轻稀土富集程度通常以CeN/YbN表示，它与$K_2O+Na_2O$的增长应是一致的，因为它们皆属于不相容元素，在部分融熔产生岩浆或岩浆分异过程中都会同时富集。因此可以认为，洪山岩浆并不是从邯邢地区岩体有关的岩浆分异的，而可能是从深部产生或分异的两种不同岩浆，或者同源分异的两种岩浆的产物，因此，它们的矿化性质和岩石化学性质都不相同。莱芜岩浆可能是正常分异系列产物；而邯邢岩浆可能是非正常分异系列，后者可能同化了含$K_2O+Na_2O$较高而含轻稀土Ce较低的围岩所致。

## 硫同位素及其模式

邯邢地区的符山、矿山村、玉石洼和三王村铁矿床，闪长岩类侵入体与中奥陶纪灰岩接触。莱芜地区的马庄和铁铜沟矿床围岩较复杂，除铁铜沟接触泰山杂岩外，多半与奥陶纪或下古生代地层接触。矿体多产于内夕卡岩，少数在外夕卡岩。铁铜沟矿体因晚期热液叠加而发生强烈的黄铁矿化。邯邢地区洪山碱性火山杂岩体不与奥陶纪地层接触，而与石炭二叠纪煤系地层接触。这些矿床或矿化体的硫同位素分布特征，如图6所示。从图6可以看出：第一，所有夕卡岩及铁矿石中黄铁矿的硫同位素组成变化范围不大，但比陨石硫重得多。

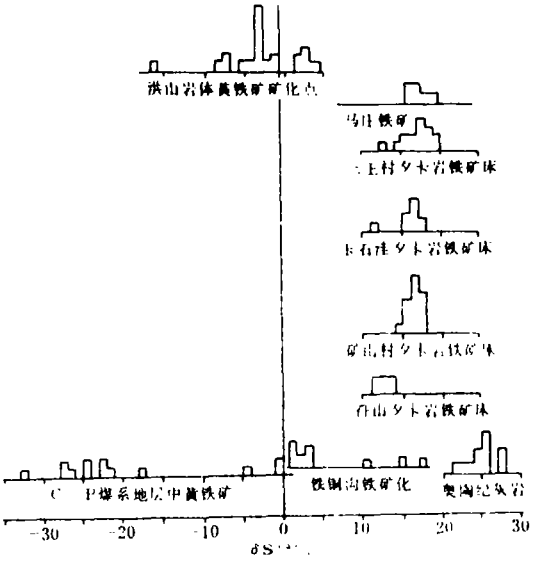


图6　各岩体矿化部位$\delta S^{34}$分配频数直方图

第二，铁铜沟铁矿床中的晚期热液矿化黄铁矿，其硫同位素组成变化范围狭小，且与陨石硫接近，为+1.8～+3.9‰。第三，洪山岩体矿化黄铁矿的$\delta S^{34}$值，多数为-8.6～-1.2‰，少数为+1.2～+3.3‰。研究区内硫同位素的这些特征，显然难以用单一的岩浆硫源解释。由此推测，



© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

除了岩浆硫源以外，还可能存在其他硫源。研究区不少地方，在中奥陶统灰岩中找到了沉积石膏层和石膏矿，在石炭二叠纪煤系中发现黄铁矿结核，这两种硫被岩浆同化吸取后有可能干扰岩浆自深部带来的硫的同位素组成。对这两种硫进行了硫同位素分析，奥陶纪沉积石膏硫的$\delta S^{34}$‰值为+21.3～+27.7‰，石炭二叠纪沉积黄铁矿硫的$\delta S^{34}$值为-28～0‰，对比这两种沉积硫的同位素组成与前述夕卡岩铁矿及黄铁矿化的硫同位素组成，不难总结出下述规律：

1.由于奥陶纪沉积石膏层的硫同位素组成比陨石硫重得多，所以这种灰岩与上侵岩浆相互作用产生的夕卡岩铁矿的硫同位素组成也很重。

2.石炭二叠系中所含沉积黄铁矿的硫同位素组成比陨石硫轻得多，侵入到这种地层的岩浆因受其影响，所产生的黄铁矿的硫同位素组成也很轻。

3.由于沿已固结岩体或夕卡岩裂隙运移，因而未与这种含硫沉积地层接触的热液形成的黄铁矿，其硫同位素组成与陨石硫接近。这说明研究区内沉积硫被上侵岩浆同化汲取以后构成了成矿岩浆的另外一种原始硫源。如果把铁铜沟铁矿床晚期热液矿化黄铁矿硫的平均同位素组成（+2.8‰）看作形成岩浆的第一种原始硫源的同位素组成，把奥陶纪灰岩所含沉积石膏硫的平均同位素组成（+25.1‰）及夕卡岩铁矿中黄铁矿硫的平均同位素组成（+16.3‰），分别看作成矿岩浆的第二种原始硫源的同位素组成及成矿岩浆的混合硫源的同位素组成，那么根据有关模式可以认为，形成夕卡岩铁矿的岩浆硫约有60%是从奥陶纪灰岩中的石膏汲取来的。同理，若把石炭二叠纪煤系地层所含沉积黄铁矿硫的平均同位素组成（-19.4‰）及洪山岩体黄铁矿硫的平均同位素组成（-2.9‰）分别看作岩浆的第二种原始硫源的同位素组成及岩浆混合硫源的同位素组成，那么可以算出，形成洪山黄铁矿化岩体的岩浆硫约有25%汲取煤系地层中的沉积黄铁矿硫。

## 结　论

1.邯邢和安林地区中生代侵入岩与宁芜和莱芜地区中生代侵入岩的原始岩浆成分可能是类似的，只因其同化和分异程度有所不同，因而化学成分略有差异。邯邢地区同化围岩可能对岩浆成分变化有更明显的影响。

2.含铁侵入岩浆与含铜侵入岩浆有明显差别，不仅在硫同位素上差别极大，而且原始岩浆及分异演化也明显不同。铁铜沟含铁（铜）的某些岩体，还有洪山偏碱性杂岩体可能代表原始岩浆特征。而洪山岩浆也曾大量同化围岩并汲取煤系结核，因而也程度不同地影响了原始岩浆成分。

3.稀土元素标准型式表明，邯邢、莱芜和宁芜（缺少型式资料）地区，岩浆基本特征与安山岩浆类似。可能是同源不同阶段产物。

4.硫同位素组成表明，邯邢、莱芜等含铁侵入体中重硫同位素增长与沉积层内石膏层有关系。而洪山偏碱性杂岩体，则重硫同位素大量减少，可能与煤系地层结核被同化有关系。铁铜沟某些含铁（铜）岩体，硫同位素接近陨石硫，可能显示其原始岩浆特征。

### 主要参考文献


[1] 吴利仁等：岩石学研究（第1辑），1982，第11～27页

[2] 伊丽莹等：中国科学（B辑），1984，第2期，第175～184页

[3] 翟裕生等：地球科学，1983，第4期，第95～106页

[4] Thorpe, R. S. et al.: Contrib. Mineral. Petrol., 1976, V. 54, p. 65～78

[5] Weaver, B. L. et al.: Andesites Edited by Thorpe, R. S., John Wiley and Sons, 1982

[6] Nichalls, I. A. et al.: Geochemical et Cosmochemial Acta, 1980, V. 44, p. 287～308




© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net