

锡铁山铅锌矿床岩石化学成分的数字地质研究

陆 瑶

(地矿部西安地质矿产研究所)

内容提要 产于海相火山岩地层中的青海锡铁山铅锌矿床与围岩有着密切的成因联系。作者运用多元统计分析方法研究了该区大量的岩石化学成分数据,将它们定量分类,对比各类特点,并探讨其潜在的成因信息及与成矿的关系。认为该区岩石可以分为富镁、富硅、富钙、富铁4大类,其中富硅岩石包括海底火山喷发形成的高钠的中基性火山岩、火山间歇期沉积的高钾的泥质岩,而主矿层则是在富铁贫氧还原的宁静的浅海相沉积环境中形成的。

青海锡铁山铅锌矿床是我国西部的大型块状硫化物矿床。该矿床赋存于晚奥陶世一套复杂的变质海相火山岩系中,成矿与围岩有密切关系。我们利用矿区大量岩石化学成分数据对岩石进行定量分类,研究各类岩石间的相互关系、捕捉其成因信息、探讨它们与成矿的关系。

一、用聚类分析进行岩石的定量分类、 研究各类岩石的化学成分特征

我们用矿区各类有代表性的岩石化学样品共111个,进行岩石的定量分类研究。这些样品的分析项目(变量)为: SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 FeO 、 MnO 、 MgO 、 CaO 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 、 H_2O^+ 、 CO_2 等13项,计算方法用Q型聚类分析、Q型因子分析等,计算结果很好地反映了该矿区岩石的分类及其特征。

由用样品相似系数作度量的Q型聚类分析谱系图可知,当相似系数为0.55时,本区岩石可以分为A(富镁)、B(富硅)、C(富钙)、D(富铁)4大类。A类岩石样品是菱镁蛇纹岩, MgO 平均值为35.30%, SiO_2 为41.56%;C类岩石是矿体的主要围岩之一的大理岩,从样品分析结果看,锡铁山矿区大理岩是纯碳酸钙岩石变质而成, CaO 约54%, CO_2 约41%,其余组分均很少。在条带状大理岩中 CaO 含量(%)稍低(47.44), SiO_2 可达11.13、 Al_2O_3 为2.02,可见其“条带”是由硅质较高含少量泥质的碳酸盐变质而成;D类样品都是含锌菱铁石膏岩,主要分布在大理岩与层状矿体之间,个别呈脉状产于矿体顶、底板的含炭片岩中。该类岩石 FeO 含量(%)为15—24, CaO 10—19, SO_3 约26, ZnO 含量为5.4—11.4,部分样品由于氧化强烈, Fe_2O_3 高达17.43, FeO 减至2.12;B类样品是矿区最主要、出露最广的岩石类型,包括各种火山岩、火山沉积岩以及紫色砂岩、硅质岩等。

B类岩石的化学成分特点是 SiO_2 较高,平均值可达57.88%, K_2O 、 Na_2O 也相对较高。若相似系数为0.90,该类岩石又可进一步划分为若干组(B_1 、 B_2 等),其中 B_1 组样品属酸性火山岩、含火山物质的沉积岩、泥质、砂质沉积岩等。 SiO_2 含量(%)都在60—70之间,

平均 65.41, Al_2O_3 平均 12.98, FeO 4.41, MgO 2.33, CaO 2.52。计算对比表明, 酸性火山岩的化学成分相当于世界英安岩平均值 (诺科尔斯, 1954)。B₂ 组主要是中基性火山岩, 辉长闪长岩、中基性凝灰岩、斜长角闪片岩、斜长绿泥片岩等。 SiO_2 含量 (%) 为 45—54, Al_2O_3 平均为 14.90, FeO 平均 6.74, MgO 5.86, CaO 7.98。本组的基性火山岩化学成分与中国、世界玄武岩平均值相比 CaO 、 MgO 、 K_2O 稍少, 而 Na_2O 则高得多, 相当于宋叔和 (1974) 的细碧岩平均值。B 组的其他岩石成分比较复杂, 它们多数是近矿岩石。

二、用R型因子分析探讨岩石的成因信息

本区岩石的形成是长期复杂地质作用的结果, 它既反映了早期成岩阶段的物质来源、形成条件, 也或多或少显示出成岩后多次地质作用的叠加影响。为了进一步研究本区岩石的分类与化学组分间的关系, 从中分解出潜在的成因信息, 我们用上述 111 个样品的岩石化学成分数据作 R 型因子分析。计算结果包括变量的相关矩阵、主因子载荷矩阵及得分矩阵、方差极大旋转因子载荷矩阵及得分矩阵等项内容。现仅对方差极大旋转因子载荷矩阵及得分矩阵进行讨论。表 1 为方差极大旋载因子载荷矩阵, 共取 6 个主因子, 方差贡献累计百分比达 89.148%, 反映了原始数据的极大部分信息。下面结合矿区地质特征, 讨论每个因子所代表的地质意义。

表 1 锡铁山矿区岩石化学成分数据R型因子分析方差极大旋转因子载荷矩阵

因子 因子载荷 变量	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	公共因子方差
SiO ₂	0.057	-0.541	-0.786	-0.166	-0.055	0.043	0.946
TiO ₂	0.839	-0.054	-0.126	0.026	0.097	0.334	0.844
Al ₂ O ₃	0.607	-0.132	-0.562	-0.149	-0.167	0.168	0.781
Fe ₂ O ₃	0.177	0.062	-0.072	-0.038	0.957	0.033	0.960
FeO	0.039	0.972	0.050	0.023	-0.057	-0.001	0.953
MnO	-0.225	0.879	0.152	-0.150	0.097	0.020	0.879
MgO	-0.030	-0.055	-0.084	0.934	-0.071	0.044	0.890
CaO	-0.112	-0.085	0.970	-0.089	-0.056	0.038	0.973
K ₂ O	0.012	-0.262	-0.493	-0.392	-0.273	-0.596	0.896
Na ₂ O	0.503	-0.228	-0.241	-0.106	-0.052	0.694	0.859
P ₂ O ₅	0.888	-0.070	-0.124	-0.028	0.203	-0.095	0.860
H ₂ O ⁺	-0.117	0.625	0.121	0.488	0.216	-0.329	0.812
CO ₂	-0.272	0.158	0.895	-0.121	-0.129	-0.071	0.936
方差贡献	2.304	2.586	3.062	1.373	1.159	1.105	
方差贡献累 计百分比(%)	17.723	37.615	61.167	71.730	80.647	89.148	

因子 F₁ 方差贡献为 2.304, 因子载荷最大的变量是 P₂O₅, 其次有 TiO₂、Al₂O₃、Na₂O。可以说这个因子代表了 P₂O₅、TiO₂、Al₂O₃、Na₂O 的关联, 它表明了本区中基性火山质岩石的化学组分特征: 高磷、高钛、富钠长石, 故 F₂ 因子可认为是中基性火山因子。绝大多数

中基性火山岩、基性凝灰岩、斜长角闪片岩、斜长绿泥片岩和绿泥斜长石英片岩的 F_1 得分值都大于零,最高达3.184;含斜长绢云石英片岩、英安岩等的 F_1 得分值为-1.0—0.2。 F_1 因子得分值最小的样品是硅质岩(小于-2.4),其次是蛇纹岩(小于-1.3)、菱铁石膏岩(小于-0.68)、大理岩(小于-0.57),可见这些岩石中均无火山物质加入。

因子 F_2 方差贡献为2.586,是仅次于 F_3 的次重要因子,它代表了 FeO 、 MnO 、 H_2O^+ 、 $-SiO_2$ 的关联,显然是反映了本区岩石中含水的铁锰矿物(鲕绿泥石)及菱铁矿等的形成作用,而这些矿物代表的是富铁、贫氧、还原的海洋沉积环境。野外观察表明,富含这些矿物的岩石(菱铁绿泥片岩、菱铁石膏岩、鲕绿泥石菱铁绢云石英片岩等)都是矿体的直接围岩(或矿体中的夹层),与成矿有密切的关系。因此,可以说 F_2 因子是与成矿有关的因子,这个因子的负方向是 SiO_2 ,说明富硅岩石的形成与矿体的沉积相斥。

因子 F_3 是方差贡献(3.062)最大的因子。这个因子上载荷最大的变量有:正值 CaO 、 CO_2 ,负值有: SiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O ,它们恰好分别是方解石和富钾的绢云母这两种矿物的主要化学成分。是本区最主要的成矿围岩——碳酸盐岩石和泥质、粘土质碎屑岩石中的主要组分,是在浅海沉积作用中不同条件下的两种端元产物。 F_3 因子得分值最大的样品是大理岩(3.2—4.1),其次是菱铁石膏岩(0.83—1.2);负值绝对值最大的(-0.6—-0.8)是绢云石英片岩(含炭或含鲕绿泥石);其余岩石样品得分值介于两者之间,以负值居多。可见,本区含矿岩层除无机作用沉积的碳酸盐岩外,泥质、碎屑物质沉积岩居多,其中由于粘土沉积物的吸附作用和阳离子交换作用形成的富钾的沉积岩变质为绢云石英片岩。

因子 F_4 是 MgO 与 H_2O 的关联,它代表了含水镁硅酸盐矿物的形成,亦就是本区广泛的区域变质作用形成的大量含水硅酸盐矿物。因子 F_5 的高载荷变量是 Fe_2O_3 ,它是氧化环境的代表性组分。该因子反映了本区岩石形成后的氧化作用。

因子 F_6 的方差贡献是1.105,占8.501%,是6个主因子中方差贡献最小的,但它所表征的地质意义却很有价值。这个因子代表的关联是 Na_2O 、 TiO_2 、 $-K_2O$ 、 $-H_2O^+$ 。由Q型聚类分析结果及前述因子 F_1 可知,本区火山质岩石以高钠为特征,而正常泥质沉积岩则以富钾为标志,可见这个因子的正方向代表了火山作用,负方向则是沉积作用。这样,各类岩石样品在这个因子轴上得分的正负、大小,可反映该类岩石受火山作用因素的强弱。统计结果表明,在中基性、酸性熔岩、凝灰岩、斜长角闪片岩、斜长绿泥片岩、绿泥斜长石英片岩、含斜长绢云石英片岩、含炭绿泥绢云石英片岩、绢云石英片岩这一系列岩石类型中, F_6 因子得分平均值有两个突变处:一是在斜长角闪片岩、斜长绿泥片岩与绿泥斜长石英片岩之间,可以认为前者是火山沉积岩,后者是只有少量火山物质加入的正常沉积岩;二是在含斜长绢云石英片岩与(含炭)绿泥绢云石英片岩之间,可以说前者有火山物质,后者是比较典型的正常沉积岩,是主矿层的围岩。

综上所述,可以认为:

1. 锡铁山地区岩石主要是由海底火山喷发沉积和火山活动间歇期的浅海沉积作用形成,成岩后有广泛的区域变质及地表氧化作用。

2. 该区晚奥陶世火山活动有三个旋回,主矿层是在第一旋回结束后,富铁、贫氧、还原的宁静的浅海沉积环境中形成的。

3. 该区火山质岩石以高钠为特征, 而正常的泥质沉积岩富钾, 这是划分本区硅酸盐类岩石的重要岩石化学标志。

三、用对应分析研究绿岩系岩石之间的相互关系

锡铁山地区绿岩系岩石分布广泛, 成分变化比较复杂, 因此有必要对它从成因角度进一步分类, 研究各类间的相互关系。为此, 我们选取了上述 Q 型聚类分析结果中 B 组的 79 个样品岩石化学数据作了对应分析。对应分析计算结果包括 R 型载荷矩阵、Q 型载荷矩阵, 其中 F_1 、 F_2 两因子方差贡献百分比达 59.16%。图 1 是以 F_1 、 F_2 两因子为座标的平面图解, 该图表明样品与变量构成了几个明显的点群。

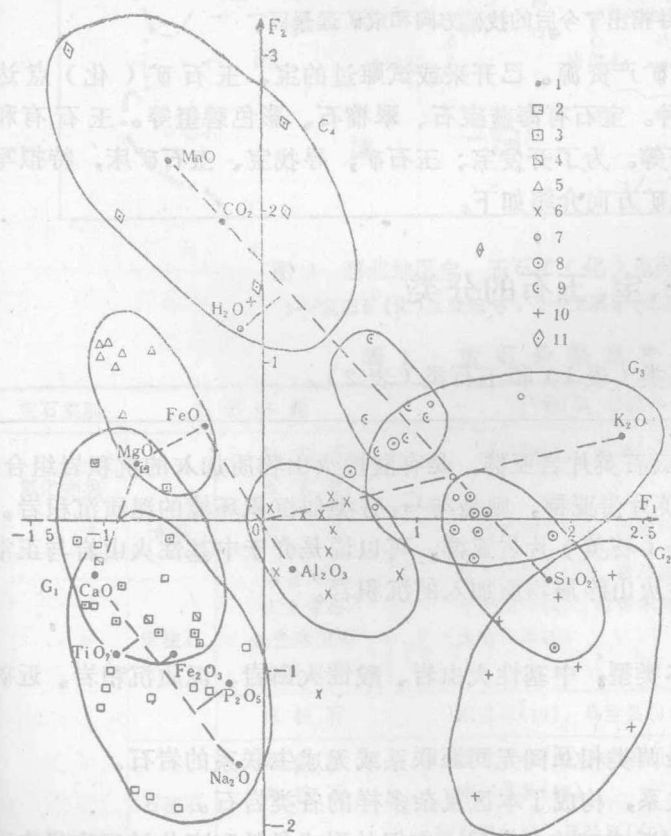


图 2 锡铁山矿区硅酸盐类岩石化学成分数据

对应分析 F_1 、 F_2 因子座标平面图

1—变量点; 2—玄武岩、安山岩; 3—基性凝灰岩; 4—斜长角闪片岩; 5—斜长绿泥片岩; 6—绿泥斜长石英片岩; 7—石英绢云片岩; 8—含斜长绢云石英片岩;

9—含炭绿泥绢云石英片岩; 10—英安岩、流纹斑岩; 11—菱铁绿泥片岩

点。 G_4 位于座标平面图最上方, F_2 因子载荷最大。典型变量组合是 $MnO—CO_2—H_2O^+$, 与菱铁绿泥片岩、菱铁绢云石英片岩等样品构成了一个近矿“蚀变围岩”的点群。

G_1 位于第 II、III 象限, 代表性的顺序变量是 $Na_2O—TiO_2$ 、 $CaO—MgO—FeO$ 。随着成分的变化, G_1 点群可划分为 3 个亚群, 分别为富钠、钛、磷的玄武岩、安山岩亚群; 富钙的基性凝灰岩、蚀变安山岩、斜长角闪片岩亚群; 以及富铁、镁的斜长绿泥片岩亚群。它们组成了一个完整的中基性火山岩成分系列。显示了本区各类中基性火山岩之间, 岩石化学组分的联系和区别, 进一步佐证了本区中基性火山岩是钙碱性高铝玄武岩浆分异之产物。 G_2 位于第 IV 象限, 代表性变量是 SiO_2 , 这是一个富硅的酸性火山岩—花岗质片麻岩点群, 它与中基性火山岩点群 (G_1) 之间无过渡关系, 可见本区酸性火山岩是一个独立的系列, 两者无成因联系。 G_3 位于第 I 象限, 典型变量为 K_2O 。这是一个富钾的绢云石英片岩、含炭绿泥绢云石英片岩点群, 它反映了本区粘土质、泥质沉积岩的特点。

西北地区宝玉石矿床类型及成矿远景

赵西泽

(国家建材局西北地质公司)

内容提要 本文论述了西北地区宝、玉石的分布产地及分类情况,重点探讨了宝、玉石的矿床类型及其特征。将宝、玉石矿床分为岩浆岩型、伟晶岩型、热液—交代型、热液型、区域变质型、风化淋滤型以及残—坡积型 7 大类。并指出了今后的找矿方向和成矿远景区。

西北地区蕴藏着丰富的宝、玉石矿产资源。已开采或试雕过的宝、玉石矿(化)点达 60 余处(图1),其品种约有 40 余种。宝石有海蓝宝石、石榴石、彩色碧玺等。玉石有和田玉、玛纳斯碧玉、蛇绿玉和绿松石等。为了开发宝、玉石矿,寻找宝、玉石矿床,特拟写此文,将宝、玉石矿床的类型及其找矿方向介绍如下。

一、宝、玉石的分类

根据梁永铭分类将本区分为宝石类(表 1)和玉石类(表 2)。

处于 G_2 、 G_3 之间的是含斜长绢云石英片岩亚群,是有酸性火山物质加入的沉积岩组合;而 G_3 与 G_4 之间的含炭绿泥绢云石英片岩亚群,则是与 G_4 有类似沉积环境的泥质沉积岩。位于座标图中央的 Al_2O_3 —绿泥斜长(石英)片岩亚群,可以说是介于中基性火山岩与正常泥质沉积岩之间的富铝的、有中基性火山碎屑物质加入的沉积岩。

从以上事实,可得出如下结论:

1. 本区的绿岩系岩石有 4 种基本类型:中基性火山岩、酸性火山岩、泥质沉积岩、近矿的“蚀变岩石”。
2. 中基性火山岩和酸性火山岩是两类相互间无同源联系或无成生联系的岩石。
3. 火山岩与泥质岩之间的过渡关系,构成了本区复杂多样的各类岩石。
4. G_4 群中的样品都位于主矿体附近或矿体内夹层,它们的形成条件和变化过程也代表了本区主要矿体类型的形成条件和变化。

本文是地矿部西安地质矿产研究所与青海地质五队合作完成的“锡铁山铅锌矿床地质特征研究报告”中的一部分。不妥之处敬请指正。