腾冲热海热田碱长花岗岩的时代与地球化学特征*

Age and Geochemical Characteristics of Alkali-Feldspar Granite of Hot-Sea Geothermal Field in Tengchong, Yunnan Province, China

胡云中 郭唯明 陈淑卿

(中国地质科学院矿产资源研究所， 北京 100037)

Hu Yunzhong, Guo Weiming and Chen Shuqing

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037,China)

摘 要 热海碱长花岗岩现多呈现角砾状构造及强烈的高岭石化、硅化，系水热爆炸和水热蚀变所致。其锆石 U-Pb 谐和线年龄，反映了岩体的形成包容了高黎贡山群的物质和燕山期构造岩浆活动的轨迹，最终定位时限为（51.4±0.1） Ma（属喜马拉雅期）。喜马拉雅期碱长花岗岩较区内燕山期花岗岩，较多富集 Co、Cr、Pb、Th，由于受后期水热流体作用的影响，更有 As、Sb、Au 元素的叠加浓集。

关键词 碱长花岗岩 U-Pb 谐和线年龄 地球化学特征 热海热田

我国著名的热海热田，位于云南省腾冲县城西南约 12 km 处，地理座标 E98°26.5′ N24°57.5′；热异常范围 30 km^2，含括硫磺塘—黄瓜箐—松木箐区和热水塘区。热田处于火山-岩浆环形构造环内，基底岩石由高黎贡山群和喜马拉雅期花岗岩体组成，上覆第三系、第四系沉积岩系和中基性火山岩层。水热流体的分布受控于 SN 向和近 EW 向断裂构造，区内水热蚀变强烈，Au、U 矿化明显。

本文论述的热海花岗岩，系指分布于热海热田区内硫磺塘至朗蒲寨地段内的原第三系南林组一、二、三段的花岗质砂砾岩。作者多年野外地质调查及室内综合分析鉴定，认为该类岩石应定名为碱长花岗岩，其之所以呈现角砾状构造及强烈的高岭石化、硅化等现象，乃是水热爆炸和水热蚀变所致。

热海碱长花岗岩，野外宏观常见有 X 型节理，局部可见球状风化、韵律构造及流纹构造。在梁河县南林村见其以微角度贯入在南林组第四段地层之内；于热水塘香柏见厚 3～10 cm 之花岗岩细脉，顺南林组四段泥质岩层面贯入。花岗岩普遍具有中细至中粗粒花岗结构，局部具文象结构。矿物组成：正长石、微斜长石 (具卡氏、格状双晶) 含量 40%～50%，钠长石 (No28) 约 22%～30%，石英 (具拉长现象、波状消光，以致压扁碎裂成他形) 约 20%～35%，黑云母 (常见晶面弯曲现象) 5%～8%，副矿物为锆石、锡石、磁铁矿、磷灰石等。碱性长石多已高岭石化、水云母化，黑云母多已绿泥石化，磁铁矿多已褐铁矿化。在斑状结构的岩石中，基质为绢云母、水白云母、石英、长石等细小颗粒。碱长花岗岩体内并常见析离体、捕虏体以及石英脉体。

于黄瓜箐采取的高岭石化碱长花岗岩样品，石英硅同位素 $\delta^{30}Si$ 为-0.2‰，于区内碱长花岗岩体中采取的 5 件石英脉样品。其 $\delta^{30}Si$ 在-0.4‰～0.8‰之间，与国内几百件花岗岩、热液石英脉所测数据相吻合，也间接论证了本区原定名的沉积砂砾岩应为花岗岩类。

* 本文受中国地质调查局定向项目、国土资源部攻关项目 (编号：9501103) 和国家攀登预选项目专题 (95-预-39-5-3) 的资助。参与此项研究的还有贾希义、邓坚、王海平、张天乐等同志。

第一作者简介 胡云中，男，1939 年生，研究员，长期从事从事矿床地质与地球化学研究。

对热海碱长花岗岩分布区内的大滚锅、松木箐、左索营、仙人澡塘等地段，采取的岩石样品进行了锆石 U-Pb 年龄测定。为保证测定的精确度，对测定的 7 件样品，都分别精选挑出 5～20 粒形态特征相同的锆石一起进行测定。

在 $^{206}Pb/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$、$^{206}Pb/^{238}U$ 三组表面年龄(表 1)中，由于 ^{206}Pb、^{238}U 是两个丰度最大的同位素，其比值容易测准，对扣除非放射性成因铅所造成的误差不敏感，其年龄精度最好、较为合理、准确、可靠、误差也小，故以 $^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄做为岩体中锆石的生成年龄。

腾冲热海花岗岩不同地段样品锆石 $^{206}Pb/^{238}U$ 同位素测年结果如下：TD2 (仙人澡塘)，碱长花岗岩，浅红色透明柱状自形晶锆石，$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄值（56.2±0.5）Ma。TC152 (大滚锅)，高岭石化碱长花岗岩，无色透明柱状自形晶锆石，$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄值（52.8±0.4）Ma。TC43 (松木箐)，高岭石化粗粒状碱长花岗岩，无色透明柱状自形晶锆石，$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄值（50.5±0.4）Ma。TD24 (左索营)，高岭石化粗粒状碱长花岗岩，无色透明柱状自形晶锆石，$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄值 （49.8±0.4）Ma；TC149 (大滚锅)，硅化高岭石化碱长花岗岩，无色半透明短柱状晶体锆石，$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄值（43.2±0.4）Ma，本件样品中多数锆石具裂纹和蚀变痕迹，有放射性成因铅的丢失，导致年龄偏新。TD2、TC152、TC43、TC24 四件样品锆石谐和线年龄值为（51.4±0.1）Ma（图 1）。

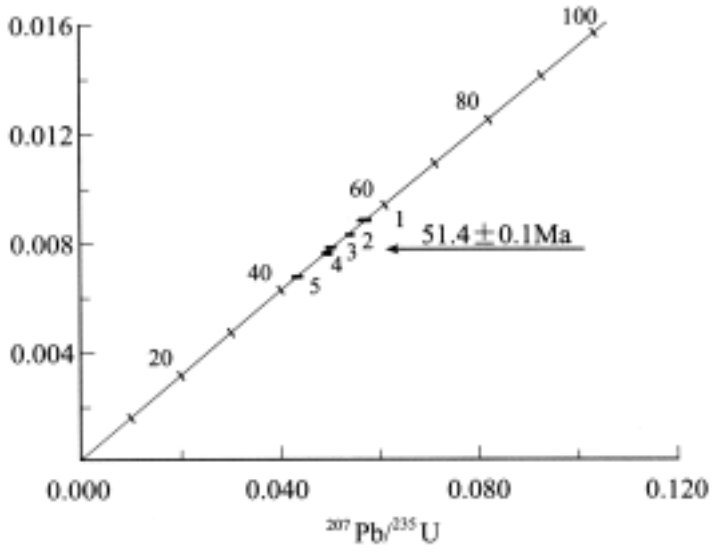


图 1　腾冲热海碱长花岗岩锆石 U-Pb 同位素年龄谐和图

需要指出的是，在热海花岗岩体中还发现有磨园度甚好的锆石。

TD25 (左索营) 高岭石长碱长花岗岩样品，具类伟晶状结构，采样点附近岩体中多有析离体、捕虏体的存在。本件样品的锆石，依据其晶形可分为 4 组（表 2），$^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄值分别为：1 号点红色园柱状晶体，有一定磨园度，194.5 Ma；2 号点无色透明柱状晶体，198.7 Ma；3 号点无色透明短园柱状晶体，205.4 Ma；4 号无色透明短柱状自形小晶体，69.7 Ma。

上述 1、2 号数据点 $^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄统计权重平均值为（196.6±2.1）Ma；3 号数据点具有很高的 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 表面年龄 (1147±17) Ma；4 号数据点 $^{206}Pb/^{238}U$ 表面年龄为（69.7±0.4）Ma。TD25 样品中的锆石多数 (1、2、3 号数据点) 具一定的磨园度，可能为残留的继承性锆石，其生成年龄的多样繁杂性，反映了碱长花岗岩由不同年龄的岩石重熔而成，或者是在岩体侵入过程中混染了不同年龄岩石所致。4 号数据点的锆石晶体自形程度很高，所测年龄稍老，可能是因为锆石颗粒中有极少数继承性锆石混入的缘故。

热海花岗岩中锆石的形成历经中元古代、燕山期 (J-K)、喜马拉雅期、第三纪 (E) 的古新世、始新世，反映了岩体在重熔过程中，包容了区内最老地层高黎贡山群的物质，和燕山期、喜马拉雅期的强烈构造-岩浆活动的轨迹。热海花岗岩体的最终形成与定位时限应为（51.4±0.1）Ma。

热海碱长花岗岩化学元素的丰度较世界贫钙型花岗岩 (据 Turkian 和 Wedepohl, 1961) 富集元素为 Rb、Cs、Nb、Ta、Th、Pb，特别富集元素为 Cd。贫化元素为 Fe、Mg、Ti、Mn、P、Ca、Na、Sr、Ba、V 和稀土元素 (以浓集系数>5 为特别富集元素，>1.5 为富集元素，<0.5 为贫化元素)。

与腾冲地区燕山期花岗岩 (以邦浪、高田、雷公顶等岩体为代表) 相比，喜马拉雅期花岗岩富集元素的个数相对增多，以浓集系数>2 的元素 Co、Cr、Pb、Th 为特征，且铈族元素的丰度相对偏高。热海碱长花岗岩体，由于遭受区内后期水热流体作用的强烈影响，更有 As、Sb、Au 元素的叠加浓集。

腾冲地区区域地球化学研究表明，区内花岗岩、火山岩以及高黎贡山群和石炭系勐洪群地层岩石中的 Au 元素丰度值较高，多期次的水热流体活动，当然能在相应的物化条件下萃取其中的 Au 元素，并在中温及较大压力环境下以络合物的形式存在。在模拟哀牢山金矿成矿地质背景条件时，作者等人所做的成矿实验表明，在设定压力为 60 MPa，温度在 200～450℃区间时，Au 在一些络合剂存在下能够从岩石中活化出来，并与其络合物构成络合阴离子团，在酸性介质中呈 Au^{3+}态离子团；在碱性介质中主要呈 Au^{+}离子团。以硫代硫酸钠溶液对 Au 进行浸滤，Au 主要以$[Au(S_2O_3)]^{3-}$形式存在于热液中；以碳酸氢钠和氯化钠为热液时，$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ 为溶液萃取 Au，使其迁移量最高；当温度在 300℃时，以 0.5 M $NaHCO_3$ 和 0.5 M NaCl 为溶液时对 Au 的萃取率也比较大。当温度在 200～250℃时，3 种溶液的萃取率都比较小。腾冲地区热泉，尤其是以热沸泉形式出露的水热流体中，含有大量 CO_2、H_2S、CH_4 气体和 Na^{+}、K^{+}、Si^{4+}、Li^{+}、Rb^{+}、Cs^{+}等阳离子，以及 Cl^{-}、SO_4^{2-}阴离子，其在地下 200～300 m 深处运移时，具有较大的压力环境与较高的温度，应存在类似于实验的络合物团的方式，对围岩中的 Au 进行萃取和迁移。

参 考 文 献

白登海, 廖志杰, 等. 1994. 从 MT 探测结果推论腾冲热海热田岩浆热源[J]. 科学通报, 39(4).

上官志冠. 2000. 腾冲热海地热田热储结构与岩浆热源的温度[J]. 岩石学报, 16(1).

云南省地质矿产局. 1985. 腾冲幅、朗蒲寨幅 1/5 万区域地质调查报告.

张 生. 1997. 二氧化硅水溶物种与热力学性质[J]. 世界地质, 16(2).

张天乐, 等. 1997. 腾冲现代热泉系统硅华的矿物学特征及其地质意义[J]. 岩石矿物学杂志, 16(2).

周真恒, 等. 1995. 滇西地热场特征[J]. 地震研究, 18(1).

周真恒, 等. 1997. 云南岩石圈地温分布[J]. 地震地质, 19(3).