

华北地台北部 非造山环斑花岗岩及有关岩石

著

郁建华 傅会芹

张凤兰 万方晓

I·哈巴拉

O·T·拉莫

M·发斯乔基

中国科学技术出版社

华北地台北部 非造山环斑花岗岩及有关岩石

中国国家自然科学基金项目
中国与芬兰国际合作对比项目
国际地质对比计划(IGCP)315 项中国研究项目

郁建华 傅会芹 张凤兰 万方晓
(中国北京地质矿产局地质研究所)
I·哈巴拉 O·T·拉莫
(芬兰赫尔辛基大学地质系)
M·发斯乔基
(芬兰地质调查所)

中国科学技术出版社
·北京·

图书在版编目(CIP)数据

华北地台北部非造山环斑花岗岩及有关岩石/郁建华等著.-北京:
中国科学技术出版社,1995
ISBN 7-5046-2059-9

I. 华…

Ⅱ. 郁…

Ⅲ. 大陆裂谷-环斑花岗岩-华北地区

Ⅳ. P588.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 15721 号

中国科学技术出版社出版
北京海淀区白石桥路 32 号 邮政编码:100081
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国科学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:12 字数:275 千字
1996 年 2 月第 1 版 1996 年 2 月第 1 次印刷
印数:1—600 册 定价:50.00 元

内 容 提 要

本书系统阐述我国唯一发育完整的古元古代晚期(1.85~1.60Ga)裂谷中四条深成至火山岩带(1.70~1.60Ga)的地质构造、岩石矿物、同位素及地球化学,并与全球该岩套对比。它是华北克拉通首次拉张破裂所诱发的典型非造山岩浆活动,也是全球该岩套早期的代表,是该岩套中唯一具纯粹太古代母岩来源的地区。其被动式裂谷模式导致深成与火山岩共生及双峰式钾质碱性岩浆作用。这是中国自然科学基金会项目、中芬合作项目、加拿大地调所协作及参加 IGCP 315 项的共同成果。

谨以此书献给第三十届国际地质大会

THIS BOOK IS DEDICATED TO THE 30TH
INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS



目 录

前言	(1)
第一章 非造山裂谷构造	(3)
第一节 全球环斑花岗岩-斜长岩岩套简介	(3)
第二节 北京附近裂谷槽的沉积作用	(8)
第三节 北京裂谷槽的构造骨架	(9)
第二章 双峰式深成至火山岩带	(14)
第一节 承德大庙斜长岩杂岩体	(14)
一、地质产状	(14)
二、岩石矿物特征	(16)
第二节 赤城-古北口斜长岩-富钾花岗岩带	(19)
一、地质产状	(19)
二、岩石矿物特征	(20)
三、岩石地球化学	(26)
第三节 密云沙厂环斑花岗岩杂岩体	(29)
一、地质产状	(29)
二、岩石矿物特征	(31)
第四节 平谷-蓟县钾质碱性火山岩带	(36)
一、地质产状	(36)
二、火山岩地质	(38)
三、火山岩岩石特征及喷发韵律	(40)
第三章 同位素地质及中芬对比	(44)
第一节 芬兰南部环斑花岗岩及有关岩石	(45)
一、构造单元	(45)
二、元古代岩浆活动顺序	(46)
三、岩体特征	(46)
四、岩浆演化及地球化学	(47)
第二节 U-Pb 年龄与构造位置	(47)
一、北京附近的 U-Pb 年龄测定	(47)

二、中国与芬兰岩浆活动的构造环境对比·····	(50)
第三节 Rb-Sr 同位素年龄及组成·····	(53)
第四节 Sm-Nd 及 Pb-Pb 同位素组成·····	(55)
一、沙厂杂岩体及围岩的 Nd 和 Pb 同位素组成·····	(56)
二、中、芬 Nd 和 Pb 同位素对比·····	(58)
第四章 深成-火山作用的岩石矿物学·····	(62)
第一节 高钾质岩浆的岩石学特征·····	(62)
一、高钾质岩浆中钾长石优先晶出·····	(62)
二、高钾质岩浆间的混合作用·····	(65)
三、斜长环斑结构成因讨论·····	(67)
第二节 富铁暗色矿物组合·····	(68)
一、橄榄石和辉石·····	(68)
二、角闪石和黑云母·····	(69)
第三节 含氟、磷的副矿物组合·····	(71)
一、副矿物含量及类型·····	(71)
二、副矿物组合特征·····	(72)
三、标型矿物锆石·····	(73)
第五章 板内裂谷型钾质碱性岩石的地球化学·····	(76)
第一节 钾质 A 型碱性岩石系列·····	(76)
一、对花岗岩类岩石的实际矿物含量测定·····	(76)
二、岩石化学特征·····	(77)
第二节 板内碱性岩的地球化学·····	(81)
第三节 分离结晶的稀土分布型式·····	(85)
第六章 元古代内生矿作用·····	(89)
一、含钒钛磁铁矿及磷铁矿床·····	(90)
二、含钨石英脉的成矿作用·····	(91)
三、元古代金矿化作用的探讨·····	(92)
四、火山活动与成矿作用·····	(93)
第七章 构造位置及岩浆成因讨论·····	(94)
参考文献·····	(98)
化学分析及探针分析结果(附表 1~6)·····	(102)
照相图版 1~12 说明·····	(119)
英文详细摘要·····	(135)

从三十年代高振西等(1934年)在蓟县建立了元古代地层系统后,对广泛出露在华北地台上的前寒武纪地层、构造及岩浆活动已经有详尽的研究。对太古代至元古代的综合研究,将华北地台的早前寒武纪划分为初始克拉通形成的太古代时期(大于2.50Ga);早元古代(2.50~1.85Ga)的原地台形成时期,并在经历了吕梁-中条泛造山运动(1.90~1.85Ga)后最终完成了原地台的克拉通化,形成华北地台的基本构造骨架;以及中-上元古代(1.85~0.80Ga)的克拉通上拉张裂陷时期(马杏垣等1990,程裕琪等1986,孙大中等1987)。燕山地区的元古代沉积构造,被不同学者称为燕辽沉降带,裂陷槽(Aulacogen,王鸿祯等1984)或裂谷带(陈晋镛1980),并对中元古代华北地台不同部位进行了构造岩浆活动的对比(孙大中等1987),包括燕山陆内地堑盆地中的大红峪组钾质碱性双峰式火山岩;地台南缘产于废弃裂谷中的熊耳群(Rb/Sr等时年龄1675Ma,王鸿祯等1984)富钾钙碱性-碱性橄榄粗玄岩及英安岩火山活动;以及地台北缘大陆边缘盆地中白云鄂博群(Pb/Pb年龄1.60Ga)玄武质及富钾流纹质火山岩组合。

北京附近中元古代的岩浆活动,在六十年代发现密云沙厂花岗岩体的同位素年龄及其岩石学特征可以和北欧、北美的Rapakivi花岗岩相类比(赵崇贺1964)。对平谷-蓟县的大红峪组火山岩岩石学及铜矿化进行了调查(陈欢良1974,李祖湘1981)。河北承德地区大庙斜长岩杂岩体被确定为中元古代产物(解广轰1988),并有中型钨钛磁铁矿及铁磷矿床赋存其中。在此基础上,我们的调查研究发现了赋存在赤城-古北口深断裂带中的斜长岩-石英正长岩-富钾花岗岩带。运用先进技术及理论对沙厂岩体及平谷火山岩的同位素及岩石地球化学进行了测试和研究。现在已经有可能将处于裂谷槽不同构造部位的四个岩带在时间和空间上联系在一起,探讨非造山裂谷作用的拉张性构造环境与岩浆活动关系;在不同侵位水平下岩石组合、岩浆侵位机制及演化规律的对比;火山作用与深成侵入间的内在联系;上地幔及下地壳物质低比例部分熔融形成的双峰式初始岩浆性质、岩浆混合作用及分离结晶作用过程,以及岩浆演化与内生成矿作用的关系。

本项目在工作过程中得到了国家自然科学基金会资助,确定“北京元古代非造山岩浆活动及球斑花岗岩与斜长岩研究”(1991~1993年)项目,同时还与芬兰赫尔辛基大学地质系确定合作项目“北京地区与芬兰球斑花岗岩的对比”(1991~1993年),并参加了IGCP315项“全球Rapakivi花岗岩及有关岩石的对比”(1991~1995年)的国际地质对比计划。1991年在IGCP315项赫尔辛基学术会议及1991年天津全国第二届火山岩会议上发表了有关火山

岩及与球斑花岗岩成因关系的论文,1993年在美国密苏里 IGCP315 项会议上发表有关北京北部岩带的论文,并与芬方联名在 1992 年京都第 29 届国际地质大会及 1993 年密苏里会议上发表有关同位素地质的论文。因此,本成果是国家自然科学基金项目、中芬合作研究项目的共同成果。

IGCP315 项在分析全球环斑花岗岩研究现状的基础上,提出了当前研究的八项主要课题。包括:时间与空间分布上出现在 1.75~1.00Ga 和位于早元古代造山带内的原因;构造位置及与地壳演化关系上环斑岩浆作用是直接与造山作用有关,还是纯粹非造山本质的;在双峰式岩浆作用中揭示两者组合的特点及它们相互混合、混染作用对岩套演化的贡献;岩石及化学特征中对纹长二长岩、过碱性正长岩及碱性火山/潜火山岩的研究及与现代大陆裂谷环境的对比;成矿作用中加强对晚阶段含钠长石花岗岩与矿化关系的对比研究;岩浆成因模式中要注重对可能包括太古代母岩地区的研究;结晶条件在实验研究基础上强调了共生矿物对的研究;以及期望对环斑结构成因得出普遍接受的成因解释等八个方面。对中国北京附近目前所知是国内唯一发育完全的环斑花岗岩-斜长岩岩套的深入研究及中芬合作项目、中加协作研究,将贡献给 IGCP315 项全球对比中一个独特的实例去探讨上述亟待解决的热点问题。从全球对比来看,中国该岩套的独特之处大致有下列几方面:在全球环斑花岗岩-斜长岩事件中是早阶段岩浆活动典型代表,与早先造山运动间 600~800M. Y. 的间断使其无疑具非造山本质;中元古代裂谷构造、地堑式沉积与深成-火山岩浆活动时空统一的发育过程显示了全球罕见的拉张性构造环境及演化进程;目前所知在全球该岩套中是第一个确定为纯粹太古代母岩来源的环斑花岗岩发育区;至今在全球尚无可对照岩石的钾质碱性双峰式火山岩,及其在时空上与环斑花岗岩杂岩体的共生关系;相对于其它地区更富含钾质和碱性岩系特征及其在不同深度水平侵位的双峰式岩石组合等方面,必将对该岩套的全球对比,在揭示其构造岩浆活动规律、岩浆源区特征、岩浆演化规律等提供基础资料和作出重要贡献。

作者

1995 年 8 月

第一章 非造山裂谷构造

第一节 全球环斑花岗岩-斜长岩岩套简介

“环斑花岗岩”和“环斑结构”(Rapakivi texture)是百余年前芬兰地质学者 J. J. Sederholm(1891)引进国际地质术语的,由于这种花岗岩经风化后经常成岩块剥落而成砾石状的习性,在芬兰语中 Rapakivi 有剥落岩块(crumbly rock)的含意而被命名。经百余年来各国地质学家的研究,一系列有关的花岗岩类因它们的时代、构造位置、岩石组合、环斑结构的出现及岩石地球化学的相似性而形成全球性的环斑花岗岩系,同时,时间及空间上经常共生的岩体型斜长岩-辉长岩及纹长二长岩与花岗岩类组成环斑花岗岩-斜长岩岩套。环斑花岗岩及斜长岩在北半球组成一个近东西向的巨型岩带,从东端的西伯利亚及华北地台(1.70Ga左右)向西延至俄罗斯地台与波罗的海地盾(1.65~1.54Ga),穿过格陵兰南部,直至北美大陆的拉布拉多地区及美国中西部(1.49~1.02Ga),显示了岩体侵位年龄呈逐渐年轻的趋势(图1)。除北半球巨型岩带中的各国外,现在已经在澳大利亚、印度、埃及、博茨瓦纳及南美巴西等地都发现了类似的岩体。虽然至今那些岩浆活动产物应归属该岩套还有所争论,但从全球范围绝大多数公认的岩体看,这个岩套具有明显不同于其它花岗岩套的共同特征。

1. 产出时代 虽然已知有太古代及古生代以后的具环斑结构花岗岩类,但环斑花岗岩及有关的非造山或造山后花岗岩,以及共生的岩体型斜长岩-辉长岩通常在 1.0 至 1.75Ga 的中上元古代时侵位。在地球发展历史的这个时期,正是全球从太古代至早元古代频繁叠加的造山运动强烈变质变形作用时期向克拉通固结后、盖层沉积发育的古生代及以后造山运动发育转变的时期。铁镁质及花岗质岩浆活动正代表了 this 相对宁静的非造山转变过程中地幔与下地壳物质源区的派生产物。

2. 构造位置 环斑花岗岩及斜长岩杂岩体均位于古老克拉通内及边部,与原地台的边缘深切地幔的巨型断裂有关,是准地台型侵入岩。该岩套深成岩体形成的地质构造环境是脆性较大,厚度较小的地台区及稳定的构造时期。大多数地区的构造背景研究都证实了一个拉张性构造背景的侵位特点及与其对应地壳深部相应的上地幔底辟隆起。这种时空一致的构造环境大概是“空前绝后”的,有利于深断裂的产生及发生熔融体充填,只能出现在元古宙时期。

3. 造山运动关系 大多数杂岩体均出现在古老克拉通上早元古代造山地壳省,部分位于早元古代与太古代地壳的过渡区内。根据同位素地质资料,花岗质岩浆来源于早元古代造山地壳再改造的部分熔融派生物。但花岗岩的侵位时间与侵位其中的早元古代中、高级变质地壳相比要年轻100至400M. Y.,并且深成岩体与围岩呈切穿接触,没有褶皱和区域变质

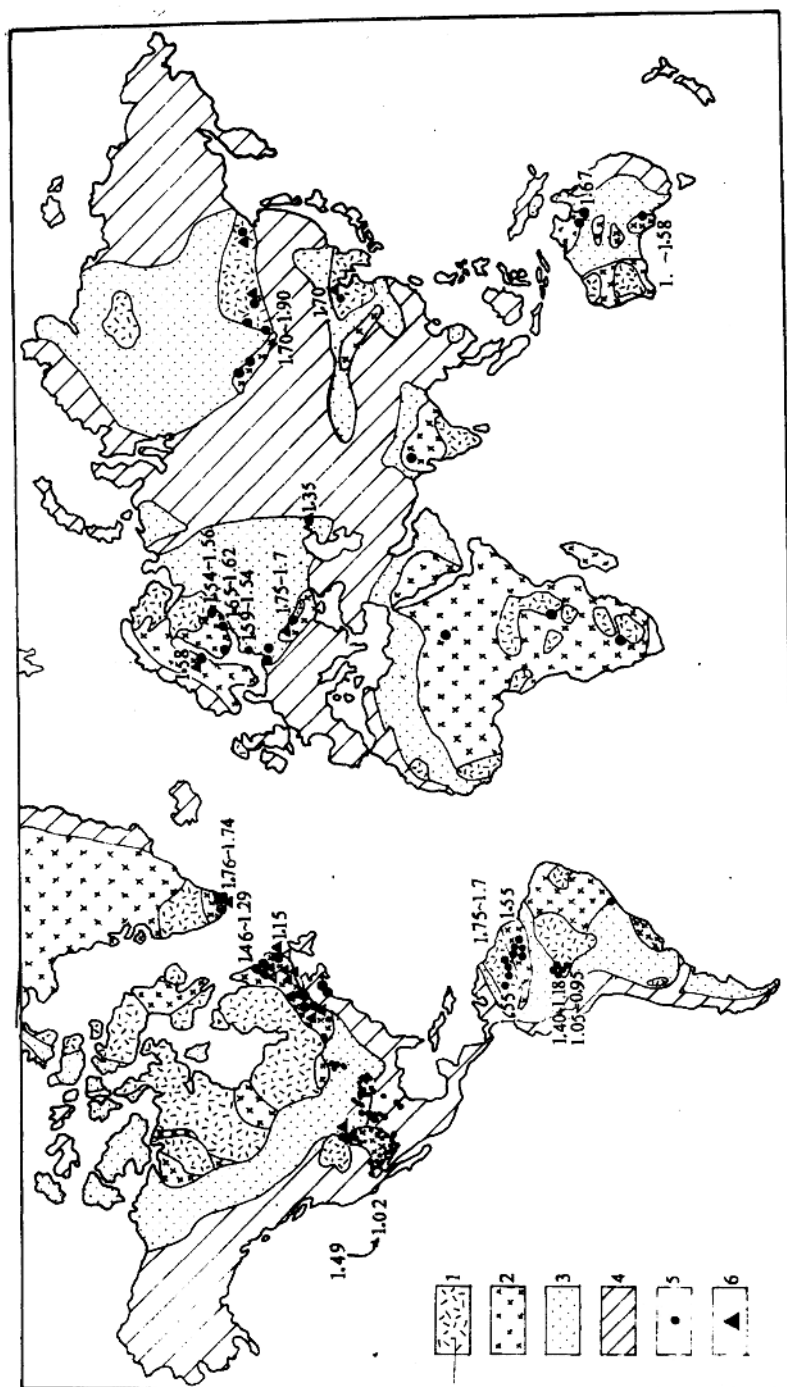


图 1 全球已知环斑花岗岩及斜长岩分布 (据 Ramo et al. 1993)

Fig. 1 Global map showing rapakivi granite and orthogneiss as presently known
 1. 太古代地壳省; 2. 元古代地壳省; 3. 前寒武纪地质构造的地壳; 4. 显生宙造山及火成岩带;
 5. 环斑花岗岩等硅铝质岩石; 6. 斜长岩等铁镁质岩石。

迹象。因此,在构造上环斑花岗岩-斜长岩岩浆活动不能与早先的造山期构造相联系,多被认为是非造山或造山期之后特征的岩浆活动。早先的同造山岩浆活动与非造山环斑花岗岩间不但有相当的时间间隔,并且显然包括由构造位置及物质来源的巨大改变所造成的差异明显的岩浆类型。非造山的构造环境通常与拉张性裂谷或地堑作用相联系,或称之为初生裂谷作用(Incipient Rifting)。

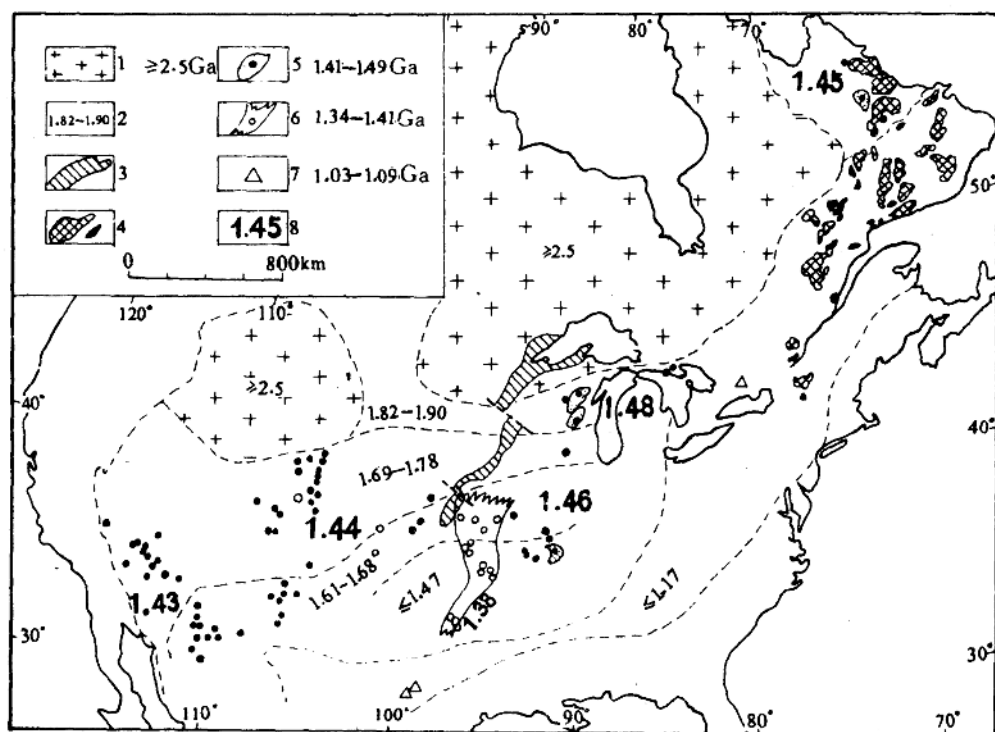
4. 双峰式岩浆作用 环斑花岗质岩石在时间和空间上经常与铁镁质岩浆的深成岩斜长岩-辉长岩紧密共生。有的由较早的斜长岩与纹长二长岩及稍晚的环斑花岗岩组成杂岩体(拉布拉多);有的与环斑花岗岩基同时有辉绿岩墙群(芬兰);还有与环斑花岗岩-流纹岩共生的玄武岩(美国)。因此,Anderson(1983)认为是世界范围出现的一个非造山“三位一体”岩石组合,包括具上地幔来源特征的辉长质至斜长质岩石,一个分离的初始中性成分二长岩系列,以及和 Rapakivi 有关的花岗岩。在非造山构造环境中,上地幔派生的铁镁质岩浆不但应包括在这个岩套中,实际上它提供了下地壳部分熔融派生花岗质岩浆所必须的热源和产生的最佳机制。

5. 岩石组合 具卵球状钾长石并被斜长石外环包围的环斑(Rapakivi)结构是该岩套花岗质岩石所特有的,但归属的很多花岗岩都可能有或没有环斑结构。环斑结构成因虽有各种从岩浆结晶至混合岩化的不同认识,但普遍认为是在高位浅成侵位的高钾质低硅酸干岩浆中,球状斑晶与基质钾长石是两个世代形成物。因此,环斑结构是花岗质岩系的代表性结构,但不是唯一的识别标志。在矿物组合及成分上区别于其它花岗岩套的特征是高钾质岩浆中钾长石的优先晶出,富含铁质的暗色矿物组合及含挥发份氟的萤石是主要的副矿物。在岩石组合上,硅铝质岩浆演化大致形成从可能代表初始岩浆组成的辉石纹长二长岩(mangerite)、含铁橄榄石条纹花岗闪长岩(tirilite)及紫苏花岗岩(?),演化为角闪黑云环斑花岗岩、黑云母花岗岩及二云母花岗岩系列。一些岩基状含堇青石、石榴石,二云母花岗岩还可能有多量上地壳物质的混入。最年轻的分异相花岗岩常与 W、Sn、Be 及多金属矿化有关。铁镁质端员的斜长-辉长岩为岩体型,与那些层状型基性-超基性杂岩中的斜长岩层不同。后者时代不限、呈韵律性层状产出,造岩矿物成分随层位有规律性变化,是基性-超基性岩浆重力结晶分异产物,暗色矿物含镁往往较高而斜长石($An=60\sim80$)较基性。元古代岩体型斜长岩杂岩体常具块状构造,有不明显的分层构造,更明显的是多次侵位的杂岩体,由斜长岩-浅色辉长苏长岩-含橄暗色辉长苏长岩等岩石系列构成,并可出现含钾长石的正长斜长岩或苏长岩,常有纹长二长岩共生。斜长-辉长岩的暗色矿物为含镁较低而含铁较高种属,斜长石主要为中长石($An=35\sim45$),并常有一定规模的含钒钛磁铁矿床出现。

6. 岩石地球化学 岩体型斜长岩与层状型相比,显著地富含 Fe、Mn、Ti、P 及碱金属而含 Mg 很低,地球化学上以 Cr、Ni、Cu 含量极低为特征。花岗质岩石在铝饱和度上为近铝过饱型及正常型,相当高的钾质及碱质总量明显高于钙碱性花岗岩类。岩石地球化学与 A 型花岗岩(非造山、缺水 and 碱性)及板块内部花岗岩(WPG)相近似。在硅-碱变异图中,一部份岩石(尤其纹长二长岩类)常投于碱性岩石区,但大多数花岗质岩石位于碱性与非碱性区的交界处,应为次碱性的而不是过碱性的,与含碱性矿物的钠质碱性花岗岩不同。岩石化学的高钾、铁和氟含量与其矿物组成一致,并以高 K、Fe、Rb、Ba、Zr、Ga、Zn、Nb、Y 及 REE(除 Eu 外)丰度,相应的高 K/Na、Fe/Mg 及 Ga/Al 比,和较低的 Ca、Mg、Al、Na 和 Sr 丰度,区别于其它花岗岩套。对北美及北欧地区环斑花岗岩-斜长岩的 Sm-Nd、Rb-Sr 及 Pb-Pb 同位素组

成的研究,已经证实铁镁质岩石是来源于上地幔源区的派生物,硅铝质岩石则是早元古代造山地带再改造的低程度部分熔融产物。同岩浆成因的两种岩浆构成一个从上地幔至下地壳的连续熔融事件。

全球环斑花岗岩-斜长岩岩套在北欧芬诺斯堪的亚古陆及北美大陆的研究工作中有详尽的报导。北欧的情况在有关中芬对比的章节中介绍,现以北美大陆从加拿大拉布拉多至横贯美国中部大陆直至美国西海岸发育的近百个斜长岩与环斑花岗岩杂岩体为例介绍地质构造发育特点 Anderson(1983)。北美大陆的北部为大于 2.50Ga 太古代的克拉通基底(图 2),这个太古代克拉通核的外部由 1.70~1.90Ga 早元古代造山期形成较年轻的大陆地壳。这个大陆地壳一部份由变沉积岩和铁镁质火山岩变质形成的绿岩带所组成,但其主体是同造山钙碱性深成岩,如英云闪长岩、石英闪长岩及花岗闪长岩所组成。这个大陆地壳大部分年龄在 1.70~1.90Ga,但沿克拉通边缘向南东增生逐渐变得更年轻,为 1.60~1.20Ga。在与上述早先造山期间隔 60~700M. Y. (大多数为 170~340M. Y.) 之后的中、晚元古代 1.03~1.40Ga 期间,是克拉通发育不均一的阶段。其特征是有大量非造山岩浆活动,可能的断陷槽和准克拉通沉积盆地及大陆内部重力高为标志的裂谷构造发育。非造山花岗岩除个别在



1.50Ga 前(威斯康星州)外,经大量同位素测年后直到 70 年代后期才确定均落在 1.40~1.49Ga、1.34~1.41Ga 和 1.03~1.08Ga 三个岩浆作用时期内,显然比北欧的岩浆侵位要晚。

(1)北美大陆 70%以上非造山深成岩出现在 1.4~1.5Ga 期间,形成从加拿大拉布拉多到美国西海岸加利福尼亚南部的宽 600~1000km 的 NE-SW 方向岩带斜贯整个北美大陆。这个大致为 74M. Y. 时限的岩带明显的切穿了由北向南不断增生和年龄不断变年轻(1.82~1.90Ga→1.69~1.78Ga→1.61~1.68Ga)的早先造山期钙碱性火成岩省,只有中部大陆南部的密苏里、堪萨斯一带缺少较老的岩石。它与早先造山期形成的大陆边缘不但构造骨架不同,并有 170~335M. Y. 的间融。该时期杂岩系在北部大陆最早侵位(平均 1.48 ± 0.1 Ga),其次为东北部拉布拉多(1.45 ± 0.01 Ga)及中部大陆(1.46 ± 0.01 Ga),而美国西南部(1.43 ± 0.02 Ga)出现较年轻的岩体。通常在杂岩体中最早侵位的斜长岩及辉长岩主要在较早侵位岩体中分布,尤以岩带东北部有广泛的斜长岩-纹长二长岩杂岩体发育,花岗岩中也常出现辉石。中部大陆以黑云角闪花岗岩为主,仅有 NE 及 NW 方向的辉绿岩脉群出现,同时有喷出的流纹岩及玄武岩与浅成岩体伴生。典型的如密苏里 St. Francois 山的浅成环斑花岗岩呈圆丘状散布于流纹质火山熔岩之中。该岩带西南部则有较年轻的大量二云母花岗岩出现。其过铝质的岩石及较低 K/Na、Fe/Mg 比和低 REE 总量都可能与变沉积岩物质的贡献有关,但仍具有与上述非造山花岗岩一致的矿物学及成分特征。

(2)1.34~1.41Ga 的非造山花岗岩数量虽较少,但却分布在美国中部大陆一个相当狭窄的近南北向岩带中(见图 2 中平均年龄为 1.38Ga)。虽然其岩浆活动是跟随 1.4~1.5Ga 时期的,但岩带展布却切穿了后者的 NE 向岩带,并且有 35M. Y. 的间隔。该岩带的岩石类型为角闪黑云、黑云母及二云母花岗岩,大多具浅带侵位特征。

(3)最年轻的 1.0~1.1Ga 时期侵位的花岗岩仅零星分布,除个别黑云母花岗岩出现在前述岩带中外,多位于 1.4~1.5Ga 岩带的东部及南部,侵位于一个相对年轻并大致在 1.13~1.17Ga 前“格林维尔”(Grenvillian)期受区域变质的地带。其北东部的美国与加拿大交界格林维尔区与北部的 1.4~1.5Ga 岩带间以深断裂为界,在格林维尔区发育有以阿迪朗达克(Adirondack)斜长岩杂岩体为代表的斜长岩-石英纹长二长岩及紫苏花岗岩为组合的岩体(1.0~1.06Ga),其中缺少主要的花岗岩侵入体。同时,这个时期一个重要标志是以重力高为特征的 1.10~1.09Ga 美国中部大陆裂谷系的发育,与 1.38Ga 岩带一致的 NNE 向裂谷切穿了从太古代以来的各个构造域,并且在大湖区(lake Superior)发育有 1.09~1.02Ga 的双峰式火山岩,其中玄武质岩石占主导,但与非造山花岗岩同成分的流纹质及流纹英安岩可占 10%~17%。

北美大陆非造山花岗岩中典型的 Rapakivi 结构仅在部份岩体中出现,远不如北欧各地发育完善,常见的是无外环的 Rapakivi 花岗岩(pyroclitic granite)及斑状或细粒花岗岩类。但它们产出的时代、构造位置、与早先造山地壳间关系所确定的非造山本质、与铁镁质岩石尤其岩基状斜长岩-纹长二长岩共生的双峰式岩浆组合及岩石演化系列,乃至一致的 A 型板内花岗岩的地球化学特征等,都显示相当典型的环斑花岗岩-斜长岩套特征。北美大陆元古代非造山岩浆活动规模宏大,分布区域广阔,形成近百个岩体组成的岩带。从其地质构造历史分析,这个非造山事件应该是从上地幔派生铁镁质岩浆活动开始,促使下地壳连续的部分熔融,并有相对较多地壳物质的混入,并在大规模岩浆活动驱动下促使大陆破裂而在晚期出

现规模较小的中部大陆裂谷系,因而具有“岩浆活动→地幔上隆→裂谷作用”的主动裂谷(Sengor 等 1918)活动顺序。

第二节 北京附近裂谷槽的沉积作用

裂谷作用在燕山地区沉积了近 1 万 m 厚的中、上元古代沉积物。其地质历史经历了大致两个阶段:第一阶段是从长城系常州沟组至大红峪组(1.85~1.60Ga)的拉张断陷阶段,在平谷至蓟县一带沉积了厚约 2000~5000m 的裂陷型从碎屑岩至页岩及碳酸盐岩沉积地层,上部出现钾质碱性火山岩喷发堆积。第二阶段是从高于庄组至青白口系(1.60~0.80Ga)的整体坳陷阶段,海侵扩大成半开阔至开阔海盆,大量海相白云岩的超覆沉积使裂谷槽夭折,青白口系再次出现少量碎屑岩,没有明显的褶皱或岩浆活动。对裂陷阶段沉积作用同位素及岩相分析,由下向上大致分为:

1. 克拉通基底变质岩系 太古代变质岩的中-高级变质变形作用形成在 2.5Ga 之前,在冀东已获得 3.43~3.67Ga 的 Rb/Sr 等时年龄,并有更老的年龄的报导。因此,华北地台是世界上最古老的克拉通之一,是元古代下地壳的主要组成,也是元古代硅铝质岩浆的主要源区物质。这一套岩层以中深变质的角闪岩相至麻粒岩相火山-沉积岩为主,有英云闪长岩和奥长花岗岩侵入及广泛的混合岩化作用,形成复杂变形的变质杂岩。裂谷槽内变质杂岩基底上缺失了早元古代(2.50~1.85Ga)沉积,这是一套以倒转褶皱、绿片岩相变质作用及花岗岩侵入为特征的原地台地层。基底杂岩上直接不整合覆盖了中元古代未变质的沉积地层。

2. 长城系常州沟组 平谷地区厚 526~1182m(蓟县 1389m),根据 U/Pb 等时年龄测定其下限为 1.85~1.95Ga,常州沟组 Pb-Pb 法年龄为 $1848 \pm 116\text{Ma}$ (李顺智等 1984)。底部在密、平地区有河床相急水流、快速堆积的砾岩(肖盈庆等 1983)^①,下部为三角洲相含细砾长石石英砂岩,向上渐变为滨海潮间相石英长石砂岩及石英砂岩,构成一个由陆相至浅滨海相地堑盆地中快速堆积的碎屑岩沉积旋回。它可能正代表了在拉张断陷初期海面升降变化过程中的堆积产物,也是地堑盆地第一次发生的海侵。

3. 串岭沟组 平谷地区厚 35~110m,蓟县达 889m。其中页岩层的全岩 Pb/Pb 等时年龄为 $1992 \pm 91\text{Ma}$ (钟富道 1977), 1848Ma (王鸿祯等 1984),及 1757Ma (李顺智等 1984)。在持续海侵下,一套浅海相潮间带沉积形成。其底部为含铁砂岩(在西部宣龙盆地形成沉积铁矿),向上为黑色碳质页岩、粉砂岩及灰绿色富钾页岩($\text{K}_2\text{O}=6\%\sim9\%$)。

4. 团山子组 平谷地区厚 63~296m,蓟县厚 518m。随着海水变浅,沉积了一套滨海咸化泻湖的泥质白云岩、粉砂质白云岩和少量粘土岩。

5. 大红峪组 平谷地区厚 282~801m,蓟县厚 408m,底部含磷白云岩全岩 U/Pb 等时年龄为 1776Ma ;海绿石砂岩中的海绿石 K/Ar 年龄为 1621Ma 、 1643Ma 、 1678Ma (钟富道 1977)。伴随着断陷作用再次加强,形成下部为滨海相长石石英砂岩、钾质碱性火山岩及火山碎屑岩;上部为燧石条带白云岩夹石英砂岩的沉积。沉积中心由蓟县移往平谷地区。

6. 高于庄组 厚达 1200~1600m 巨厚的白岩层在燕山和太行山区广泛的直接超覆在

^① 肖盈庆,姜守玉,吴梦源,张凤兰. 1983. 北京地区中元古界长城系常州沟组沉积特征及下界研究报告.

团山子组或更老地层之上,掩盖了东西向裂谷槽。高于庄组中部层状方铅矿的 Pb/Pb 模式年龄为 1348Ma、1438Ma、1485Ma(平均 $1434 \pm 50\text{Ma}$, 陈晋镛 1983)。由于太行山北段及华北平原区的强烈拗陷,第二阶段广泛的海侵形成一个北东向的开阔海盆地。并且蓟县系至青白口系的构造盆地具有更稳定的构造性质和更广阔的范围,巨厚的碳酸盐岩层主要为潮坪相,深水相罕见,并且在整个海盆中岩相变化不大,具有典型陆表海特征。青白口系末的抬升使本区升为陆地,缺失震旦纪,开始了古生代稳定陆台发展阶段。

裂谷作用第一阶段的沉积记录表明:

(1)裂谷作用是在长期变形变质作用使地壳加厚、固结为克拉通,并缺失早元古代后发生的,具有典型的克拉通内部拉张裂隙的沉积作用特征。

(2)总体上组成一个相当长期的巨大海侵旋回,其中有几个短期的海退。但沉积旋回的发育是不完全的,没有出现典型的磨拉石、细碧角斑岩或复理石的沉积建造,并且这个裂谷也没有象近代东非裂谷等由大陆地壳发展转变为大洋地壳,而被高于庄组及以后的大量海相白云岩沉积掩盖而夭折。

(3)虽然本区划分早、中元古代界线(1.85Ga)与世界推荐界线(1.60Ga)有所差异,但没有强烈造山运动及变质作用的裂谷作用(1.60~1.85Ga)是与欧亚大陆北部 1.70~1.50Ga 的非造山构造活动事件相当,并且大红峪组火山活动(1.60~1.70Ga)也与本区或北欧环斑花岗岩的侵入时代相当。

(4)火山作用显然出现在裂谷作用后期,具有被动裂谷的“裂谷作用-地幔上隆-火山作用”的活动模式,这与那些受地幔隆起及火山作用驱动而使陆壳拉张开裂的主动裂谷活动模式“地幔上隆-火山作用-裂谷作用”显然不同。因此火山喷发物体积较小,地壳延伸速率较低,火山作用不连续并伴随沉积作用,且持续时间较短(李昌年等 1992)。

第三节 北京裂谷槽的构造骨架

元古代北京裂谷槽是指在元古代裂谷作用第一阶段常州沟组至大红峪组时限内,发育在以北京为中心(张家口至承德一带),以赤城-平泉深断裂带为北界,青龙-蓟县隐伏断裂为南界的裂陷海槽。它与沙茨基提出的 Aulacogen“以断层为边界的克拉通内部的槽地或地堑,是一个尚未发育成熟的裂谷带,但具有活化趋势”有相似的构造环境。但从“裂谷”具有的频繁火山岩浆活动,与造山作用无关及由地壳拉张作用形成等特点来看,强调大量非造山岩浆活动的出现,使其更具有一个未发育成熟就被夭折的初生裂谷(Incipient rift)性质,故本文称为燕山西段北京裂谷槽。该裂谷槽的构造骨架是由东西向深断裂带为主导与北东向断裂或隆起的相互交会构成的。在区域地质图(图 3)上,中朝准地台北部的隆起区(即内蒙地轴)南缘的深断裂带总体呈东西向延长达 450km 以上,由三条深断裂组成,尚义至赤城为单一断裂,从赤城向东分叉为南(赤城-古北口断裂)、北(丰宁-隆化断裂)两枝,最大间距达 70km,其间还夹有一条大庙-娘娘庙断裂。元古代时该深断裂带呈阶梯状步步向南断陷沉降,形成一个东西向单斜台阶状海槽,平谷-蓟县中心接受了数千米沉积。南、北两分支断裂间虽有初期海浸,也仅具“陆棚”性质,常州沟组至大红峪组的四组沉积厚度在北侧隆化仅 86m,陡变为南侧承德 750m,无疑具古海岸边缘特征。该深断裂带虽经后期多次叠加活动的

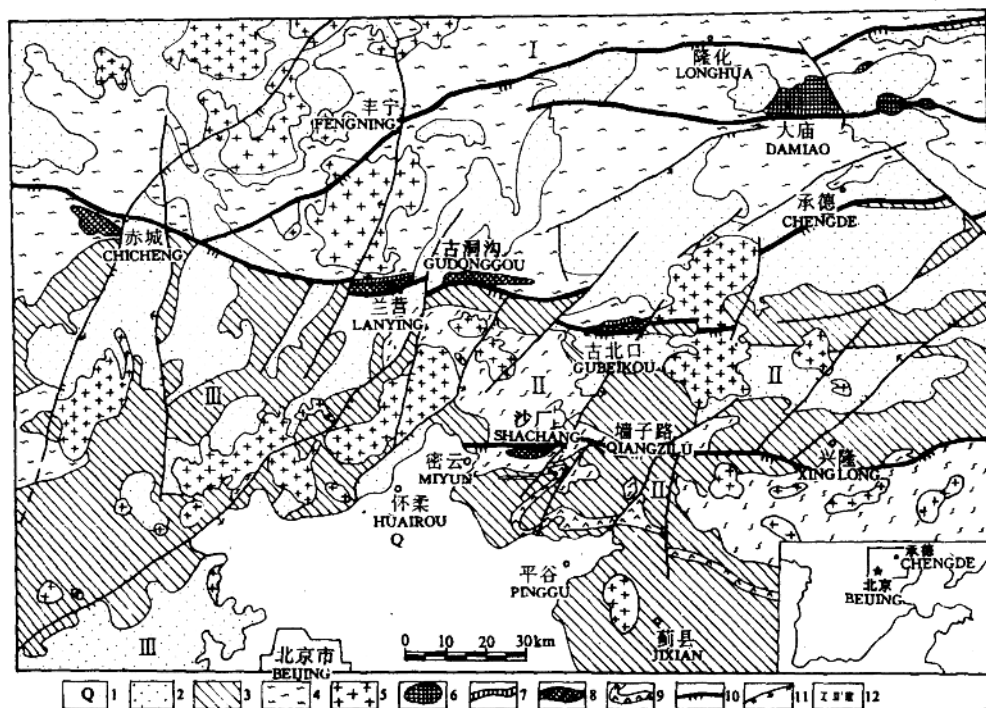


图 3 北京附近地质构造及元古代火成岩分布

Fig. 3 Schematic geology and distribution of Proterozoic igneous rocks near Beijing

1. 第四系; 2. 古生代至中生代; 3. 元古代沉积地层; 4. 太古代变质岩; 5. 中生代花岗岩; 6. 承德大庙斜长岩杂岩体;
7. 赤城-古北口岩带斜长岩; 8. 元古代花岗岩; 9. 长城系大红峪组火山岩; 10. 东西向深断裂; 11. 断裂;
12. 构造分区 (I. 内蒙地轴, II. 元古代裂谷, III. 中生代构造岩浆活动带)。

改造,但仍可肯定是元古代裂谷作用同生生长的拉张性断裂。它不但限制了元古代沉积地层局限于其南侧裂谷槽内,也控制了岩浆活动沿平行断裂发育成四个岩带。因此,东西向深断裂的断陷活动是北京裂谷槽的主导构造,对沉积和岩浆作用的时空分布起决定性作用。

从中朝准地台东部的广大区域看,燕山地区长城系的沉积中心或最大厚度分布区呈一近东西向条带状,与北侧深断裂带平行,向南至太行山及向东至冀东-辽西一带则明显受晋北(大同-尚义)、八达岭-密云,冀东(滦县-锦州)三条北东向断裂或海下隆起的限制(陈晋镛 1980)。北京裂谷槽中部的密云北东向水下隆起在穿过横向的沉积中心带时,将东西向海槽分为东部的平谷-蓟县海槽,西部的宣龙海湾。两者在长城系的岩性、厚度上有明显差异,而大红峪组火山岩也被限制了向西延伸。对于岩浆活动大致呈斜列式主要发育在北京至承德的北东向范围内,是否有元古代北东向构造的控制因素还有待进一步工作和证实。常州沟组岩相及等厚线图及剖面(图 4)确切地反映了裂谷作用早期以东西向构造为主导,与北东向构造交会发育的特点。裂谷槽两侧的东西向断裂限制了沉积物分布,槽中东西向及北东向断裂的交会构成了一个从平谷至蓟县的东西向延伸并向东倾斜的狭长裂陷式海槽。海槽北界的密云-墙子路断裂以北及北东向密云隆起以西的常州沟组仅 150~400m 厚,缺失一、二段而只出现三、四段滨海相砂岩;海槽中则堆积了千米以上巨厚的从河床相砾岩至沙滩-滨海