

北京地区 岩浆深成 作用

郁建华 付会芹
张凤兰 管梅生 著



地质出版社

北京地区岩浆深成作用

北京市地质研究所

郁建华 付会芹 著
张凤兰 管梅生

献给第三十届国际地质大会

地质出版社

(京)新登字085号

北京地区岩浆深成作用

郁建华 付会芹 著
张凤兰 管梅生

责任编辑：王 曙

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：12.75 铜版图：6 页 字数：298000

1994年3月北京第一版·1994年3月北京第一次印刷

印数：1—450 册 定价：11.60 元

ISBN 7-116-01413-6/P·1155

序

北京地区是我国地质工作者的摇篮，也是国内外地质交流、旅游的重要窗口。由于北京在地理位置及构造环境上的特殊性，从而以地质工作开展最早，地质现象丰富闻名。北京地区构造—岩浆活动，尤以侵入活动及成因演化等问题，历来受到国内外地质学者的瞩目与关注。

郁建华高级工程师等系统总结了十年来北京地区侵入岩的研究成果，认真观察了北京地区80多个侵入体及近400km的岩体地质剖面，运用了现代地球科学理论，进行了大量测试鉴定工作，对北京地区侵入作用与成因机理进行了多学科、多方法的综合研究。

尤其突出的是，作者第一次把北京地区岩浆岩划分为岩系、岩套、岩组、岩体体系，分析了岩系的时空分布、岩石类型、共生组合及成因机理。阐述了本区元古代裂隙槽岩系的碱度、组成、特征及其与世界其它典型地区同类岩石的异同，论证了中生代侵入活动的侵位机制、定位方式、侵位深度的构造岩浆组合，讨论了不同时代侵入与火山活动的联系及其演化方向，探索了岩浆来源、成分特征及其与板块活动的关系。这种把岩浆活动与构造活动结合起来，把侵入岩与火山岩结合起来，把岩类学与岩理学结合起来的研究方法，方向是正确的。它把北京地区侵入作用与成因机理的研究，提到了一个新的理论高度，是一份区域侵入岩研究的优秀成果，也为国内外岩浆岩成果交流及地质参观路线，提供了重要的内容与依据。

本书的出版，对于北京地区的岩浆活动及成因机理的研究，将会起到促进作用，有利于争鸣与深入；我也真诚希望，对北京地区岩浆活动及成因机理的进一步研究，必将能作出更为完善的理论概括与成因模式。

邱家骧

1992年10月18日

目 录

前言	1
第一章 北京地区地质构造背景	2
第一节 北京附近的深部地壳结构	2
第二节 板块活动与地质构造	5
一、洋壳向陆壳转化形成克拉通阶段	5
二、克拉通内部裂陷作用阶段	5
三、克拉通稳定发展阶段	6
四、滨太平洋大陆边缘活动阶段	7
第二章 元古代非造山岩浆作用及双峰式富钾碱性岩石系列	15
第一节 元古宙非造山裂陷作用与岩浆活动	15
一、裂陷构造对岩浆活动的制约	15
二、裂陷环境的岩浆活动方式	16
三、岩体侵位特点	18
四、岩石组合规律	18
第二节 富钾碱性岩系的双峰式岩石组合	20
一、北部隆起区的深成相岩带	20
二、中部裂陷槽内隆起区的浅成相岩带	24
三、南部裂陷槽内喷出相火山岩带	27
第三章 中生代燕山旋回岩浆作用及钙碱性岩石系列	29
第一节 燕山运动的构造岩浆活动	29
一、构造与岩浆演化一致性	29
二、构造与岩浆岩分布协调性	30
三、构造对岩浆侵位制约性	32
第二节 燕山旋回深成岩体定位方式	33
一、构造岩浆上隆顶蚀作用定位	34
二、底辟作用膨胀强力定位	38
三、构造交汇处脉动膨胀定位	44
四、破火山口式塌陷充填定位	51
第三节 钙碱性岩系的岩套和岩组	55
一、岩套及岩组划分依据	55
二、基中性岩岩套(第Ⅰ岩套)	57
三、中酸性岩岩套(第Ⅱ岩套)	58
四、酸性岩岩套(第Ⅲ岩套)	59
第四节 钙碱性岩系深成岩岩石特征	63
一、基中性岩套岩石特征	63
二、中酸性岩套岩石特征	65

三、酸性岩套岩石特征	67
第四章 其它时代的岩浆作用及深成岩	70
第一节 太古代镁铁质岩岩套	70
一、超镁铁岩岩组	70
二、辉长岩—闪长岩岩组	73
第二节 海西印支旋回富铝质花岗岩岩套	76
第三节 喜马拉雅旋回玄武岩岩套	78
第五章 深成岩的岩石和矿物	80
第一节 深成岩共生组合	80
第二节 深成岩的造岩矿物	83
一、斜长石	83
二、钾长石	88
三、橄榄石和辉石	93
四、角闪石	95
五、黑云母	99
第三节 深成岩的副矿物	106
一、副矿物组合类型	106
二、主要副矿物标型特征	113
第六章 深成岩的地球化学	128
第一节 岩石化学	128
一、化学成分及特征指数	128
二、岩石系列及演化规律	138
第二节 微量元素地球化学	148
一、微量元素丰度	148
二、微量元素多元统计分析	154
三、微量元素分布型式	157
第三节 稀土元素地球化学	162
第七章 岩浆成因类型及演化	169
一、太古代绿岩带的幔源岩石	169
二、元古代钾质 A 型花岗岩类	170
三、中生代 I 型钙碱系列花岗岩类	174
四、海西印支期过渡型富铝质花岗岩类	178
参考文献	179
英文摘要	181
图版说明及图版	192

CONTENTS

INTRODUCTION	1
I. GEOLOGICAL AND TECTONIC ENVIRONMENT OF BEIJING	
AREA.....	2
1. Crustal deep texture of Beijing and its surroundings.....	2
2. Geotectonic setting and plate activities.....	5
1) Craton forming stage from oceanic to continental crust.....	5
2) Intracratonic rifting stage.....	5
3) Stable development stage of craton.....	6
4) Active continental margin stage bordered on the Pacific Ocean	7
II. PROTEROZOIC ANOROGENIC MAGMATISM AND BIMODAL K-RICH ALKALI ROCK SERIES	15
1. Proterozoic anorogenic magmatism and rifting.....	15
1) Magmatic activity restricted by rifting.....	15
2) Magmatic active pattern in a rift environment.....	16
3) Emplacement characteristics of plutonic massif.....	18
4) Regularities of rock association.....	18
2. Bimodal rock association of K-rich alkali rock series.....	20
1) Abyssal rock belt in the north uplift region.....	20
2) Hypabyssal rock belt in the middle relative uplift region of rift valley.....	24
3) Eruptive volcanic rock belt in the south rifting region of rift valley.....	27
III. MESOZOIC YANSHANIAN MAGMATISM AND CALC-ALKALINE ROCK SERIES.....	29
1. Tectonomagmatism of Yanshanian movement.....	29
1) Consistency of tectonic and magmatic evolution.....	29
2) Coordination of tectonic and magmatites distribution.....	30
3) magmatic emplacement Restricted by tectonics	32
2. Emplacement patterns of Yanshanian plutonic massif.....	33
1) Stopping emplacement pattern by tectonomagmatic uplift.....	34
2) Magmatic diapiric expansion emplacement pattern.....	38
3) Pulsational expansion emplacement pattern at the intersection of faults.....	44

4) Filled emplacement pattern in a collapse calderalike structure.....	51
3. Rock suite and rock association of calc-alkaline rock series.....	55
1) Foundation of division.....	55
2) Basic-intermediate rock suite (the First rock suite)	57
3) Intermediate-acidic rock suite (the Second rock suite).....	58
4) Acidic rock suite (the Third rock suite).....	59
4. Characteristics of plutonic rocks.....	63
1) Basic-intermediate rock suite.....	63
2) Intermediate-acidic rock suite.....	65
3) Acidic rock suite.....	67
IV. MAGMATISM AND PLUTONIC MASSIF OF OTHER TIMES.....	70
1. Archean mafic rock suite.....	70
1) Ultra-mafic rock association.....	70
2) Gabbro-diorite rock association.....	73
2. Hercynian-Indosinian Al-rich granitic rock suite.....	76
3. Himalayaian basaltic rock suite.....	78
V. PETROGRAPHY AND MINERALOGY OF PLUTONIC ROCKS.....	80
1. Rock association	80
2. Rock-forming minerals	83
1) Plagioclase.....	83
2) K-feldspar.....	88
3) Olivin and pyroxene.....	93
4) Amphibole	95
5) Biotite	99
3. Accessory minerals	106
1) Association pattern of accessory minerals.....	106
2) Characteristics of typomorphic minerals.....	113
VI. GEOCHEMISTRY OF MAJOR AND TRACE ELEMENTS.....	128
1. Petrochemistry	128
1) Chemical composition and character indices.....	128
2) Petrochemical series and evolution.....	138
2. Geochemistry of trace elements.....	148
1) Abundance of trace elements.....	148
2) Statistical analysis of mathematical geology.....	154
3) Distribution pattern of trace elements.....	157
3. Geochemistry of rare earth elements.....	162
VII. MAGMATIC PETROGENESIS AND EVOLUTION.....	169
1. Mantle-derived mafic rocks of Archean green stone belt.....	169

2. Potassic A-type granites of Proterozoic rifting.....	170
3. I -type calc-alkaline granitoids of Mesozoic active continental margin	174
4. Hercynian-Indosinian transitional Al-rich granite.....	178
REFERENCES.....	179
THE BRIEF TEXT IN ENGLISH.....	181
PLATES AND EXPLANATION OF PLATES.....	192

前 言

北京地区复杂而典型的地质构造及岩浆活动在华北地台乃至我国的地质研究工作中历来都占有重要地位。岩浆活动不但从太古代到新生代的各时代都有典型的岩浆作用,并且侵入岩和火山岩相互配套,构成各时代独特的岩浆旋回,反映了板块构造活动在不同时代的机理。其中尤以元古宙裂谷断陷槽中富钾碱性岩系及中生代燕山旋回活动大陆边缘的钙碱性岩系的岩浆作用不但在我国,甚至在世界上都具有典型性和代表性。

《北京地区岩浆深成作用》一书,是北京市地质研究所岩浆岩项目组自1979年来十余年研究成果。全书由郁建华主编,付会芹、张凤兰及管梅生参加编写,曾参加工作的还有张德仁,张孝本,郭宏莉,李兆聪,殷俊及夏希凡等人。本书在广泛收集前人工作成果,对80余个主要侵入体进行野外地质调查的基础上,对每个岩体进行了岩体侵位机制,岩石矿物组成,副矿物组合,同位素、岩石化学及微量及稀土元素的研究,进行了各时代典型岩体的对比。

在工作和编写过程中,得到北京市地质矿产局,北京市地质研究所及北京市地质调查所各级领导及技术人员的大力支持和提供资料。中国地质大学池际尚教授曾提供了很多宝贵意见。有关元古代岩浆活动的认识及论文曾得到芬兰赫尔辛基大学I. 哈巴拉(Haapala)教授及美国新墨西哥州矿冶学院K. C. 康迪(Condie)教授的很多帮助。中国地质大学邱家骥教授,孙善平教授,北京大学黄福生副教授,中国地质科学院洪大卫副研究员及北京地矿局郑怡教授级高级工程师都对全文进行了审阅,并提出了宝贵的修改意见。北京地矿局实验室承担了Rb/Sr同位素年龄,大量岩石化学、单矿物及微量元素的分析。北京铀矿地质研究所测定了锆石U/Pb年龄。中国地质科学院测定了钾氩年龄,锆石X光荧光分析,稀土元素等离子光谱分析。中国地质大学测定了长石X光衍射,电子探针分析。此外,本单位选矿室承担人工重砂、单矿物分离,计算室进行微机多元统计分析,绘图室清绘了全部插图。笔者在此对该书顺利完成,提供资料、宝贵意见及帮助的单位和个人深表谢意。

作 者

1992年9月

第一章 北京地区地质构造背景

北京附近的山川地貌独具一格，其东南部为华北平原一部分的北京平原，北京城东北部密怀平（密云—怀柔—平谷）地区为东西走向燕山山脉的西段，城西部西山地区为北北东走向太行山山脉的北端，而城西北部八达岭一带正处于燕山与太行山两条山脉的交汇处，形成以北东走向为主的军都山脉。上述地貌分布真实地反映了太古代以后各时期地质构造运动的遗迹，也和地壳深部各界面的起伏及走向密切相关。

第一节 北京附近的深部地壳结构

地壳岩石圈内部的层块状构造，是根据地震波传播速度的变化推定的。北京及邻区大陆壳的圈层状结构特征，经过多年来重力测量、航空磁测、人工地震等手段已基本确定。根据地震波速度分布，区域内地壳自上而下可划为三层次结构。第一层平均厚5.31—5.38 km，为地面至太古代结晶基底顶面的沉积盖层。第二层平均厚度14.42—14.62 km，为结晶基底顶面至康腊德界面（第Ⅱ界面，C面）的“花岗岩”层。第三层平均厚度为15.54—16.67 km，为康腊德界面至莫霍洛维奇界面（M面）的“玄武岩”层。再往下为上地幔（即所谓超硅镁层），其内部的M₁界面约在深达45—50 km处。全区域平均地壳厚度为35.27—36.67 km。因此，北京及邻区为较典型的大陆地壳结构，三个层块状分层结构较清晰，各界面正是地震波速的突变处。

近年来大地电磁测深工作表明，在本区地壳中6 km左右的沉积盖层与结晶基底之间，在十几至二十几km的地壳下部，及在50—70 km（山区可达100 km）的上地幔之中km转换界面均存在高导层，而其间为高阻层。高导层一般厚约0.5—1 km，分别与各低速层基本对应。此外，根据航空磁测资料计算的磁性体底界埋深，以及直接进行频谱分析确定的本区居里等温面，平原区为10—20 km以上，山区可达30 km以上。一般认为居里面的温度可达550℃—600℃左右，在地壳下部的30 km左右深度，相应的地壳物质可以产生部分熔融，或存在聚集岩浆的岩浆房。

上述地壳的层状构造应该主要是中、新生代以来地壳运动及均衡作用的结果，必定和古生代前，尤其元古代和太古代的地壳结构有很大差别。通过地壳基性度（“玄武岩”层与地壳总厚度比值）计算，一般均小于0.5，地壳应属于玄武岩—花岗岩型。从中新生代岩浆活动以中性—中酸性岩为主来看，可能与这种地壳结构及类型有关，特别是地壳内和壳下存在呈部分熔融的高导层及其分布有密切关系。

从北京附近莫霍面等深线图（图1—1，1—2）来看：

1. 各等深线具有相似的走向，在北京东及北部主要呈近东西走向，而西部为北北东走向，在昌平一带正是转折处。这一特点不但与北京附近山川地势的摆布一致，也与地质构造的特点相一致。从地质构造发育历史可知，北京东北部的东西向构造裂谷断陷槽至少在太古代基底形成后就开始发育，并为以后各时期构造活动所继承而具有多期活动特点。

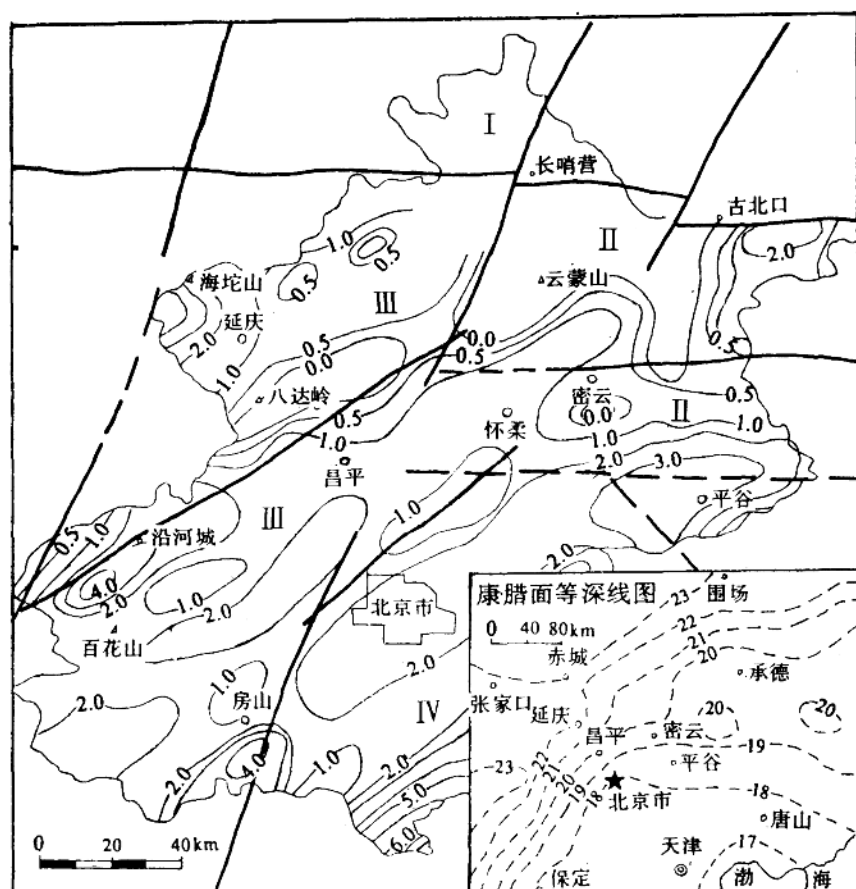


图 1—1 北京地区结晶基底埋深及构造分区图

Fig.1—1 Isobath of crystal basement and tectonic division map of Beijing area

因此本区地壳的层状构造及其分布虽主要反映中、新生代地壳运动的结果，但由于这种继承性构造运动，也在一定程度上反映了古地壳活动的踪迹。

2. 从各界面在空间的变化，不难看出本区地壳结构具有纵、横向上的不均匀性和多层次的结构特征。它们不但在横向上具有明显的波状起伏，而且在纵向上将它们互相对比就可知莫霍面与康腊面在总体上的倾斜和隆坳是基本一致的，但与基底埋深却成大致镜像对应关系。基底埋深以北京城东南平原区最大，而密怀地区基底出露，因而除西山沿河城一带埋深较大外，总体均呈向东南部埋深逐渐加大下倾至近10 km左右。在康腊面及莫霍面等深线图与此相反，北京城东南为全区最高隆起处，埋深由东南向北西方向逐渐加大，形成北部东西向梯度变异带，西部北北向变异带及北西部的北东向扭曲变异带。这种新生代拗陷沉积区与地壳深部上地幔隆起区的对应，是地壳与地幔均衡作用的结果。

3. 将控制本区地质构造及岩浆活动的主要断裂带投在各等深线图上，不但显示断裂带与等深线走向是一致的，并且断裂所在位置正是各界面梯度带急剧加厚和变化的位置，

表明其间的确存在穿切地壳的深大断裂,因而地壳在结构上并非完整和连续,而是为一些断裂错开,其深部构造是极其复杂的(李安然,1984)。

综合上述,可将北京附近的地壳结构划分为四个区:

平谷县以南的通县、大兴至河北三河一带的北京东南上地幔隆起区。基底埋深在6 km以下,康腊面埋深17—18 km,莫霍面埋深32—33 km。该隆起区与北京平原新生代拗陷区相对应,边界为平原与山区间的山前断裂带。

平谷县向北的密云、怀柔,直至河北滦县、围场一带的东西走向北倾梯度变异带。结晶基底大面积出露,盖层较薄以元古代沉积岩为主。康腊面从18 km北倾至23 km,莫霍面自34 km北倾至43 km,形成东西走向梯度带。在布格重力异常图上还显示莫霍面受三条东西向深断裂带所切割,形成三个台阶状下倾的重力梯度带,这种区域重力异常不是垂直梯度异常所引起的,而是地壳深部构造和各种地质因素所直接产生的(刘昌钰等,1984)。其中尤以赤城—长哨营—古北口深断裂一线的梯度带最为明显,该带以南各界面平缓、等深线稀疏,形成一个幔阶平台,南北两侧各有一个东西向的陡坎,可能正反映了元古代裂陷作用相应的地幔底辟隆起及两侧深切地幔的拉张性深断裂遗迹(河北地质志,1988)。该东西向断裂带是划分本区两个Ⅱ级构造单元内蒙地轴和燕山台褶带(即燕山裂陷槽)的分界线,在裂陷槽内造成的上地幔底辟隆起是元古代岩浆活动的主要热源。东西向梯度带向西延时,渐扭转为北东向梯度带,但在更西部的延庆至河北怀来一带还可追寻到某些东西向梯度带的踪迹。

北京西部的西山地区为北北东走向西倾的梯度变异带。它是太行山梯度带的北延部分。结晶基底埋深在1—4 km间,远比密怀地区及八达岭一带要深。康腊面(由18 km西倾至23 km)及莫霍面(由34 km倾至43 km)急剧下倾,太行山山前地壳厚度由东侧38 km向西急剧加厚到43 km。在布格异常图上,该梯度带呈一组稠密而略显弯曲的异常等值线,布格异常值由东部平原变化较小的正异常至-10毫伽向西急剧下降到-100毫伽,变化速率最大达1.5毫伽/公里(李安然等,1984)。离开此梯度带向西跨入山西和鄂尔多斯高原区时,布格异常变化又趋平缓。本市正处在这个我国东部大兴安岭—太行山—武陵山地壳厚度陡变带的中段北部。地壳厚度在短距离内这种巨大突变,足以表明其间存在穿切地壳的深大断裂。这一构造断裂系将中国东部分成发育历史和壳幔结构特点都有很大不同的两大部分(黄汲清,1981)。

北京城西北部的八达岭一带为北东走向扭转的弧形梯度带。各界面等深线下倾深度大致与前两个梯度带相似,但具有从北北东向逐渐转为东西向的弧形分布特点。在重力布格异常图上显示太行山梯度带在北纬40°—42°处与巨大的东西向阴山重力梯度带几乎近直角交汇,东西向梯度带由于受其交叠、干扰而出现明显转折(李安然,1984)。八达岭一带正位于这个交叠而转折的部位,也是中生代太行山深断裂带交切老东西向断裂的部位,这里正是燕山旋回岩浆活动最集中发育的地段。

总之,北京附近地壳深部结构为具三层状大陆型地壳,各界面在纵、横向的变化不但反映了中生代以来地壳运动及岩浆活动的规律,也在一定程度上显示了元古代地壳运动的遗迹。布格重力异常及梯度带所反映的深切上地幔的东西向及北北东向深断裂,是本区岩浆活动的主要控制因素。岩浆物质来源、岩浆成因类型及性质可能都与各时代深断裂的发育有关。

第二节 板块活动与地质构造

北京地区的大陆型地壳结构是太古代以来区域地质构造发展演化的结果,主要反映了中新生代的新生性和继承性地壳活动特点。位于中朝准地台这个克拉通北部的北京地区,和岩浆活动密切相关的大地构造演化阶段主要有以下几个过程:

一、洋壳向陆壳转化形成克拉通阶段

近年来前寒武纪地质研究将本区克拉通基底遭受不同程度区域变质及混合岩化的岩系划分为密云群和四合堂群两大部分,前者相当于太古代早中期迁西旋回,后者属太古代晚期阜平旋回,它们都经历了2.3Ga前的阜平运动构造变动。其上部的五台旋回及吕梁旋回(早元古代)地层尚待进一步研究和确定。因此,直到1.85Ga前的吕梁运动,才使克拉通基底经过变质和变形作用而最后固结。

太古代的地质构造演化是知之甚少的时代,但仍大致分为由洋壳向陆壳转化的两个过程,即陆核形成初期的迁西旋回,和地槽强烈褶皱陆核增生发展的阜平旋回。在密怀平等县出露的密云群原岩为一套钙碱系列的基性、中基性至中酸性火山岩、火山碎屑岩及含铁硅质岩。不同层位中有高铁贫镁的橄榄岩、辉石岩及角闪岩的岩盆、岩床或岩脉裹挟其中,同时还有侵入的受变质辉长岩、闪长岩岩体出现,构成一个镁铁质岩的组合并伴有英云闪长岩和花岗闪长岩类的侵入。由于多期强烈变质变形作用,已难以恢复其原始面貌,但这些岩石组合大致标志着当时洋壳的发育和上地幔物质上升所形成。在邻区冀东相应层位已测得全岩铷锶等时年龄 $3.43\sim 3.67\text{Ga}$,在大约2.8Ga前的构造—热事件中被深变质和混合岩化作用,形成麻粒岩相和高级角闪岩相变质岩。至此,开始了陆壳和洋壳的分异,马杏垣(1979)等认为在密云至延庆一线形成大致东西向岛链式的古陆核,是形成萌地台时期。太古代晚期的四合堂群原岩为中基性至中酸性火山岩、火山碎屑岩夹含铁硅质岩,但火山岩成分较密云群大为减少,而陆源碎屑沉积岩大为增多。在空间分布上集中在早中太古代形成的密云—延庆东西向古陆核之中段和北部。其发育趋势显示此时期沉积有环绕古陆核边缘拗陷发育之势,以岛链式古陆核为蚀源区向两侧横向增生,表现出离陆向洋迁移性。期末的阜平运动(2.3Ga前)使其褶皱和变质,形成以角闪岩相为主的变质岩,并有轻微的混合岩化。强烈的挤压及北东向褶皱和断裂的发育,使拗陷带全面褶皱回返,并与前期形成的陆核拼合为一体,致使陆核进一步增长,范围扩大、地壳垂向增厚,使陆壳初步固结(马杏垣, 1979, 黄汲清, 1981)。

由于地层缺失,因此阜平运动与五台运动及吕梁运动的界面形成互相重叠。可能从阜平运动后,初步固结的克拉通褶皱回返,接受了后期多次的褶皱和变质作用,使克拉通进一步固结,并将大小的稳定地块逐渐联接在一起,与华北其它地区的各个稳定地块一起促成了中朝准地台这个克拉通在吕梁运动(1.85Ga前)时完全固结成中国境内形成最早的一块较大的稳定地区(黄汲清, 1981)。

二、克拉通内部裂陷作用阶段

在克拉通基底固结为稳定地块并经历了早元古代沉积缺失之后,本区从中元古代开始了地台盖层沉积。中上元古代(1.85—0.85Ga)沉积了约1万米未受变质的以浅海陆源碎屑和镁质碳酸盐岩为主,富含叠层石的沉积建造,充分反映它是地台盖层沉积(黄汲清,

1981)。它可以划分为中元古代长城系(1.85~1.40Ga),上元古代蓟县系(1.40—1.00Ga)和青白口系(1.00—0.85Ga),形成一个巨大的沉积旋回及五个次级旋回(程裕琪,1982,陈晋镛,1981)。本区元古代地质发展历史大致可划分为两个阶段:第一阶段从长城系常州沟组到大红峪组的拉张裂陷沉降阶段,沉积作用由初始的河床滞留相碎屑岩建造,到滨海浅海相碎屑岩、碳酸盐岩建造夹富钾页岩,总厚度在5000m以上。平谷一带大红峪组有碱性玄武岩和粗面岩的韵律式喷溢。第二阶段从高于庄组至青白口系末的整体拗陷阶段,伴随区域性差异运动,海槽进一步不均匀下沉,海浸范围不断扩大,形成浅海—高能浅滩—泻湖锥状藻白云岩相碳酸盐沉积,并向外形成大规模地层超覆。在蓟县纪末的芹峪上升(约1.00Ga)时,海浸面积逐渐缩小,并整体抬升出水面,没有明显的褶皱和岩浆活动平静地结束了裂陷槽历史。上覆的青白口系以假整合超覆在裂陷槽各单元之上(王鸿祯,1984),转变为开阔一半开阔海盆,发育了滨海—三角洲相的砂泥质页岩,滨海相潮下带泥灰岩及含角砾泥质白云岩沉积(乔秀夫,1982)。青白口纪末的蓟县上升(0.8Ga)又一次使本区整体隆起成陆,致使缺失了震旦纪沉积。

上述北京地区乃至燕山一带的沉积作用特点是由其构造环境所决定的。陈晋镛(1981)称其为中朝准地台东部裂谷带(rift belt)的一部分,王鸿祯(1984)则认为属断陷槽(或拗拉槽、堑沟、Aulacogen)。从北京地区元古代地质构造特点看,这个在非造山作用时期,由南北向拉张裂陷作用形成的东西向海槽中,越来越多的火山及侵入岩浆活动被不断发现,但又以两侧断裂为边界处于克拉通内部,规模相对较小等方面特征,显示它是一个裂谷作用所形成的断陷槽,可以称为裂谷断陷槽(简称裂陷槽)。

燕山裂陷槽北部为内蒙地轴,这是中朝准地台北缘的一个近东西向的轴状隆起带,从早元古代基底形成以来长期处于裸露的正性状态,阻隔了元古代海浸向北延伸,裂陷槽与其交界的北边界为沿建平、平泉至北京北部,并向西延至赤城、尚义的深断裂带;其南部边界大致沿青龙、迁西至蓟县以南一线,而隐没在第四纪之下(王鸿祯,1984)。由于南北向拉张引力作用,深断裂两侧产生明显的差异运动,北侧内蒙地轴持续隆起的同时南侧裂陷槽不断下沉,初期的陆屑建造反映的沉积格局显示沉积中心区和最大厚度分布区呈一近东西向的条带状,与北侧的深断裂基本平行。但在裂陷槽南部,由于北北东向断裂的发育形成带状隆起,将裂陷槽分为东部的燕山海槽和西部的宣龙海湾,并具有向南西延伸的特点。据王鸿祯(1984)等人工作,所形成的一个三叉型裂陷槽,非常类似于三叉型裂谷系(triple rift system)。北中国大陆域克拉通内部裂谷断陷槽的发育在元古代,特别在中元古代是一个典型现象,也是当时地壳固结程度的一个指示。本区中元古代富钾碱性岩系就是在这个构造背景下产生的。

三、克拉通稳定发展阶段

整个古生代是本区克拉通上地台盖层的稳定发展过程。下古生代是在一个近东西向宽阔的陆表浅海环境下,地势较平坦,地壳运动和缓稳定,形成典型的地台沉积。上古生代开始由开阔滨、浅海环境逐渐收缩,向内陆盆地发展,构造环境更趋稳定,并具不断抬升隆起的特点,至中生代初期沉积盆地仍继承原有特点并继续收缩,发育了杂色碎屑岩建造。

本区在地台盖层发展过程中,主要受到来自中朝准地台北侧的中亚—蒙古海槽向南俯冲的巨大影响。黄汲清(1981)等人认为古生代中国大地构造发展主要受古亚洲巨型地槽

带发展的控制,这是一个自元古代至古生代末长期发育的地槽区,以加里东为前期旋回,海西为主旋回,最后结束于早二叠世末。地槽活动总体上表现为由北向南离陆向洋迁移为主,在内蒙索伦山一带东西向延长线上,古生代晚期曾有一条向南俯冲的消减带,发育了可能是蛇绿岩套、混杂岩堆集等,同时有平行的几条超基性岩带。这个海槽以超岩石圈的近东西向深断裂为界与克拉通的中朝准地台呈突变式接触。地台北部边缘的内蒙地轴就成了当时一个太平洋型接触关系的安第斯式大陆边缘活动带。因此当北侧海槽强烈活动向南俯冲时,内蒙地轴也显示了高度活动性,形成三条与消减带平行的花岗岩分布带,并且在最北部岩带中还有岛弧安山岩出现。这些花岗岩中不仅有加里东期,还有大量海西期花岗岩,其中一部分还可能属于中生代印支期的产物(河北地质志,1988)。

中生代印支旋回(235—205Ma)的地质构造研究,是近年来北京地质工作的重大成果。发生在中、晚三叠世间的印支运动在地层接触关系、构造分析等方面已经被确定,并发现了一些火山活动的踪迹。但黄汲清(1954)早就指出“由于这个运动被较晚的、压倒一切的燕山运动所隐蔽,要研究出它的性质和分布范围,需要多年的努力”。因此目前还只能将印支运动作为海西旋回的延续和近结束时的一幕而与燕山旋回相区别,因此在本文中统称海西印支旋回。

四、滨太平洋大陆边缘活动阶段

从中生代晚三叠世以后,本区与整个华北一起卷入了滨太平洋大陆边缘活动时期,一系列新生的北东~北北东向滨太平洋断裂系在本区乃至华北、东北等地与古亚洲断裂复合、交错,但由于它们具有完全不同的格局,因而相互间呈明显的交切关系(黄汲清等,1981)。随着地壳的持续隆起和拗褶,在新生的断陷盆地中,形成陆相碎屑岩、火山岩及火山碎屑岩等喷发—沉积建造,相应的中—中酸性岩浆侵入活动异常强烈。本阶段可进一步划为中生代燕山旋回和新生代喜马拉雅旋回,前者是本区构造岩浆活动最剧烈的时期。

亚洲东部大陆与太平洋间在古生代时期基本上为大西洋型接触关系,中国大陆东缘为一稳定边缘。但从印支运动以后,随着西太平洋毕乌夫带的形成和发展,接触关系转变为突变式太平洋型,中国大陆东缘也转化为太平洋型活动大陆边缘,并经历了从中生代安第斯式向新生代岛弧—边缘海式的演化过程。这个过程大致分为以下几个时期:

(一)燕山早期(205—160Ma):从印支运动结束、燕山运动序幕(晚三叠世)开始到中、晚侏罗世间的燕山第一幕(九龙山组与髫髻山组间角度不整合接触关系为代表)的45My中,随着太平洋板块开始增生和促使库拉板块向西俯冲,西太平洋毕乌夫带的强烈挤压使日本等地的印支地槽封闭,形成双变质带,同时使亚洲东部大陆转变为活动大陆边缘并呈突变式接触。可以认为这时海沟—岛弧—弧后盆地型构造体系并不存在(翁世勃,1982)。

这时一些平行毕乌夫带的巨型超岩石圈深断裂在中朝准地台上形成,这些挤压断裂带延长上千公里,宽数十公里,深切上地幔层。其中对北京地区影响最大的首推大兴安岭—太行山—武陵山断裂系,它可能是继承了太古代时古断裂而强烈活动的结果。该断裂系在重力等值线,莫霍面等深线,中生代构造线上都是一条特别清楚的构造线。黄汲清(1981)等人认为正是该断裂系将中国东部分成发育历史和壳幔结构特点都有很大不同的两部分,这个深层构造带的重要意义绝不亚于著名的郯庐断裂系。北京地区正位于其中段太行山断裂带的北端与古亚洲东西向断裂系的交汇处。在改造老东西向构造基础上形成一系列呈北

东东向分布的断陷盆地，形成了河湖相碎屑岩，基性玄武岩喷发，陆相含煤碎屑岩，凝灰质砂岩等。同时，强烈的褶皱、断裂作用、动力变质作用、下地壳来源的基—中性钙碱性岩浆活动相继发生，具有一定规模。

(二) 燕山中期 (160—135Ma)，在燕山运动第一幕与第二幕 (髻髻山组与下白垩世东岭台组间角度不整合为代表) 间的晚侏罗世25My中，随着在165 Ma 前后库拉—太平洋扩张脊的活动改变了库拉板块运动方向，并驱动它们俯冲于大陆之下，导致了大陆的早期抬升。这时俯冲板块比重小，下沉和拖曳作用弱，岛弧和海沟亦不发育，岩浆活动可深入大陆内部500km以上，找不到与之相应的火山弧 (D. Hilde, 1977; 翁世劼, 1982)。由于洋壳沿毕乌夫带的强烈俯冲，促使平行的太行山断裂带深层构造的进一步强烈活动。在北京地区随着对古亚洲断裂系的进一步交切和扩展，火山构造盆地及控制岩浆活动的断裂构造即表现了某种程度的继承性，同时更明显的表现出新生性，显示了向北东方向的迁移而斜切或跨越在燕山早期的断陷或隆起上。这种现象在北京西山髻髻山、百花山盆地表现最清楚。这是燕山地槽的主要褶皱时期 (黄汲清, 1981)。

在这个挤压性大陆活动边缘带中，由于强烈的俯冲及大陆的早期抬升，岩浆热源不断扩大，在深层断裂诱发下，燕山中期成为中国东部主要的岩浆活动时期。北京地区和整个地台上一样，在晚侏罗世形成一套中性—中酸性火山岩及火山碎屑岩及碎屑岩 (髻髻山组及后城组) 及相应的中性—中酸性侵入岩。它们具有下地壳部分熔融物的特点，形成与环太平洋安第斯型钙碱性岩浆作用相似的强烈岩浆活动，在构造交汇的八达岭—西山地区形成本区规模最宏伟的杂岩带。

(三) 燕山晚期 (135~80Ma)：在燕山运动第二幕与第三幕 (以夏庄组与下第三系长辛店组间角度不整合为代表) 的早白垩世55My中，随着135Ma前后库拉板块受相邻扩张脊的双重驱动下加速俯冲，约120Ma前库拉—太平洋扩张脊已被动俯冲至亚洲大陆之下，在高速运动的年青而热的洋壳俯冲促进下，板块上浮导致大陆隆起，形成强烈的热对流和热上升。这种加速俯冲及大陆隆起，造成构造性质由挤压为主向以引张为主的逐渐转化。太行山断裂系在北京地区表现了强烈的新生性，最终确立了北北东向构造方向。东岭台组的酸性火山岩喷发沉积盆地清楚地呈北北东向斜切在老构造层上，大型岩基状花岗岩体亦呈确定的北北东向分布。这个时期的岩浆活动已达到燕山旋回的鼎盛时期。

在约100Ma前后，太平洋板块俯冲减速，隆起上升作用减弱，出现拉张地堑。至80 Ma 前后，随着琉球岛弧系等的出现，中国大陆已不再直接受太平洋板块的作用，燕山运动接近尾声。

(四) 新生代喜马拉雅旋回 (67Ma前至现在)：随着太平洋板块俯冲的减速，中国东部活动大陆边缘从一个类似安第斯式的大陆边缘逐步转化为岛弧—边缘海式大陆边缘 (黄汲清, 1981)。这个转化过程大致分为两个阶段，早阶段时处于岛弧形成的前奏，部分与亚洲大陆分离开始形成岛弧带，但大部分尚未完全分离。因此，在大陆内侧的华北等地形成大陆裂谷式断陷盆地，其中沉积了以陆相为主的碎屑岩，并伴有频繁的玄武岩流的喷溢。北京平原及早第三纪的玄武岩喷发就是这个阶段的产物。转化的晚阶段时，已与亚洲大陆完全分离，并最终形成今日的岛弧—边缘海式大陆边缘。将中国东部滨太平洋地区分成大陆部分的中生代活动大陆边缘外带，及黄海、东海、台湾及日本等地的新生代活动大陆边缘内带这样两部分。