

华北地台中部 中生代闪长质岩石 及深源岩石包体

许文良 迟效国 袁朝 黄一鸣 王微 著



地质出版社

华北地台中部中生代闪长质岩石 及深源岩石包体

(国家自然科学基金资助项目)

许文良 迟效国 袁 朝

黄一鸣 王 微

地 质 出 版 社

(京)新登字 085 字

内 容 提 要

本书全面系统论述了华北地台中部中生代闪长质岩石及深源岩石包体的地质学、岩石学、矿物学和地球化学特征。划分了三个侵入岩系列,确定了中生代闪长质岩石的成因。提出了不同系列岩石形成的多幕、多层位熔融成因模式的剪切旋转式的岩体侵位机制。依据不同侵入岩系列的成分和岩石包体,首次建立了华北地台中部中生代上地幔—深部地壳成分与结构的岩石学模型。确定了华北地台中部区莫霍面的岩石学属性——由基性—超基性岩组成的过渡带。进而讨论了岩浆下垫作用的性质及效应,提出了岩浆垫作用是大陆地壳垂向增生的一种重要机制的认识。

本书体现了运用不同系列火成岩成分的差异和所含深源岩石包体类型的不同,结合地球物理资料来解决深部岩石圈结构与成分及演化问题,体现了将火成岩成分和岩石包体作为了解深部岩石圈成分与结构探讨的研究思路。

本书可供有关教学、科研和生产单位的地质人员参考。

华北地台中部中生代闪长质岩石及深源岩石包体

许文良 迟效国 袁 朝 黄一鸣 王 微 著

责任编辑:毕立君

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京师范大学印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:10.2 铜版图:2页 字数:248000

1993年10月北京第一版·1993年10月北京第一次印刷

印数:1—410册 定价:9.80元

ISBN7-116-01574-4/P·1268

前 言

《华北地台中部中生代闪长质岩石和其中幔源包体的研究》课题是国家自然科学基金(青年基金)资助的项目。自1990年1月开始工作,1992年12月如期完成,并已向国家自然科学基金委员会提交了结题报告,现提交最终研究报告。

根据国家自然科学基金资助的批准意见和参加答辩过程中专家提出的建议,已将1989年申请时的原题目《中、新生代不同寄主岩和其中幔源包体的研究》改为《华北地台中部中生代闪长质岩石和其中幔源包体的研究》。但是,研究过程中,在中生代闪长质岩石中不仅发现了很多幔源包体,而且还发现了很多来自深部地壳和壳幔边界附近的岩石包体。因此,现将题目定为《华北地台中部中生代闪长质岩石和其中深源岩石包体研究》。

在整个研究过程中,项目组遵循原订的研究内容和目标进行了详细的野外和室内研究,同时,根据研究工作中所取得的进展以及一些新的发现和国内外研究的状况,随时调整和拓宽了原计划的工作内容和方案,努力与国内外的研究进展保持同步或超过国外的研究水平。这一时期,主要研究了位于华北地台中部区(太行山南段和鲁西区)中生代闪长质岩石和其中的深源包体岩石,研究中以岩石系列的划分作为基础,将不同岩石系列成分的差异和所含包体种类的不同作为探索岩石圈深部结构与成分的重要窗口,同时将岩石圈结构与成分的地球物理模型与岩石学模型相结合。通过不同系列闪长质岩石和其中岩石包体的地质学、岩石学、矿物学和地球化学的系统研究,结合地球物理场的特征,确定了中生代闪长质岩浆的起源、演化机制,岩体的侵位机制和相应的构造环境;首次建立了华北地台中部区中生代岩石圈深部结构与成分的岩石学模型;提出了该区莫霍面,在岩石学上是一个过渡带的认识,并且认为岩浆下垫作用是大陆地壳(尤其是显生宙)垂向增生的重要机制之一。

本研究报告共分两部分,第一部分为中生代闪长质岩石的成因,第二部分为深源岩石包体及其地质意义。研究工作及报告撰写的主要承担者为许文良、迟效国、袁朝、黄一鸣和王微。

研究工作始终得到了学院科研主管部门和地质系的指导与支持,尤其是得到了林景仟研究员、戚长谋教授和杨瑞英副研究员的关怀和帮助,文中各种数据的电算处理均由王玉芬同志完成。工作中也得到了兄弟单位的协助。在此一并致谢。

作者

1993年3月

目 录

前 言

第一篇 华北地台中部区中生代闪长质岩石的成因	(1)
第一章 中生代侵入岩岩石系列的划分及形成时代	(1)
第一节 中生代闪长质岩浆活动的地质背景	(1)
第二节 岩石系列术语的历史回顾	(2)
第三节 岩石系列划分的原则及其地质意义	(4)
第四节 中生代侵入岩岩石系列及形成时代	(5)
第五节 小结	(13)
第二章 中生代闪长质岩浆的演化机制	(14)
第一节 岩浆演化的岩相学标志	(14)
第二节 主要造岩矿物的成分变异	(18)
第三节 不同侵入岩系的化学成分变异及主要造岩矿物制约	(29)
第四节 岩浆演化的微量元素标志	(47)
第五节 岩浆结晶时的物理化学条件	(61)
第六节 小结	(67)
第三章 岩浆源区及其性质	(68)
第一节 岩石包体提供的信息	(68)
第二节 部分熔融程度的估算	(68)
第三节 岩浆源区及性质的稳定同位素标志	(70)
第四节 岩浆源区及性质的微量元素体系	(75)
第五节 小结	(83)
第四章 岩体的侵位机制与构造——剪切旋转式侵位机制解	(84)
第一节 岩体的形状与产状	(84)
第二节 岩体内部的构造特征	(87)
第三节 岩体的围岩构造	(89)
第四节 区域构造与岩体侵位	(92)
第五节 小结	(94)
第二篇 深源岩石包体及其地质意义	(95)
第五章 深源岩石包体的成因类型及特征	(95)
第一节 岩石包体的分布与产状	(95)
第二节 深源岩石包体的岩石学	(96)
第三节 岩石包体的化学组成	(100)
第四节 深源岩石包体的矿物学	(103)
第五节 深源岩石包体微量元素地球化学	(120)
第六节 深源岩石包体的锶同位素特征	(129)
第七节 小结	(130)
第六章 华北地台中部区中生代上地幔—深部地壳结构	

与成分的岩石学模型.....	(131)
第一节 岩石包体形成的温度和压力条件估算	(131)
第二节 华北地台中部区壳—幔结构的地球物理场特征	(133)
第三节 包体的成因探讨	(138)
第四节 上地幔—深部地壳的岩石学分带模型	(139)
第七章 华北地台中部中生代上地幔的特征.....	(146)
第一节 中生代上地幔的成分	(146)
第二节 地幔交代作用的形式与性质	(148)
第三节 上地幔的流变学特征	(148)
第四节 上地幔的热状态	(150)
第八章 陆壳增生的一种机制——岩浆下垫作用.....	(152)
第一节 岩浆下垫作用的深度	(152)
第二节 岩浆下垫作用的可能时间与环境	(153)
第三节 下垫物质的成分与体积	(154)
第四节 下垫物质的地震特点	(154)
第五节 岩浆下垫作用的效应	(155)
第九章 结论.....	(156)
主要参考文献.....	(158)
矿物代号.....	(163)
图版说明及图版.....	(164)

第一篇 华北地台中部区中生代 闪长质岩石的成因

第一章 中生代侵入岩岩石系列的 划分及形成时代

第一节 中生代闪长质岩浆活动的地质背景

研究区——华北地台中部区仅包括太行山南段区（包括邯邢、安阳和长治）和鲁西区（沂沭断裂以西）（图 1-1）。

太行山南段区出露的最老地层为太古代的赞皇群（下部相当于阜平群，上部相当于五台群），分布在本区的西北部，由一套中深程度的变质岩和混合岩组成，包括黑云斜长片麻岩（主体）、斜长角闪岩、角闪岩、片岩、变粒岩以及混合岩化变粒岩等。其上为角度不整合的元古代甘陶河群（与溇沱群相当）或震旦系，前者为一套浅变质岩系组成，后者为石英砂岩和砂质页岩组成。此外，区内还出露有寒武系、奥陶系和石炭系（中、上统）及二叠系。它们是岩体围岩的主体。

鲁西区出露最老的地层为太古代和早元古代的泰山群（上部主要为早元古代），主要由一套中深程度变质的岩石构成，包括黑云斜长片麻岩（主体）、角闪片麻岩、角闪岩、黑云母变粒岩，此外还有少量碳酸盐岩。鲁西区还发育有寒武—奥陶纪（早、中世）的碳酸盐岩地层，而石炭（中、晚世）—二叠纪的地层出露很少。中生界主要为一些晚侏罗世和早白垩世的断陷盆地沉积和火山沉积。

华北地台中部区的地质历史发展也经历了太古代—早元古代的基底形成阶段以及中元古代—古生代的盖层发展阶段（河北省地质矿产局，1989）。在华北地台区普遍缺失晚奥陶世至早石炭世的地层。

中生代之前，海西—印支期（大约为 250—208Ma 之间），华北与西伯利亚—蒙古板块拼合，华北与扬子板块拼合后仍有所活动（杨巍然，1987）。对于本区而言，此期基本以南北向挤压应力为主，从而形成了一些近东西向展布的构造带。

中生代——印支末期至燕山期，在中国大陆基本完成拼合后，对中国东部影响最大的构造岩浆热事件便是库拉——太平洋板块向中国大陆下的俯冲。刘国栋（1985）研究认为西太平洋最早的大洋板块为库拉板块，它可能开成于印支晚期（三叠纪末期），之后便向中国东部大陆下俯冲，最后直至消失。这时期，中国东部（包括华北地台区）所受的应力场发生了巨大的变化，由以前的主要的南北向挤压应力改变为近东西向的挤压应力场。巨大的动

力使之濒邻的华北地台区也发生了强烈的构造变形，形成了一系列北北东向或北东向的隆起与拗陷。其构造特征是隆起西翼缓、东翼陡，陡坡伴随断裂。侏罗纪时期（燕山运动早、中期），板块俯冲加剧，其主压应力方向为北西—南东向。在华北地台区，尤其是在太行山山前形成了一系列北北东向的断裂，野外观察表明，在该期形成的断裂明显具有压扭性质，并以左旋剪切走滑为主。而在燕山晚期，该区主要以引张走滑为主。从而造成了碱性和过碱性的岩浆活动。

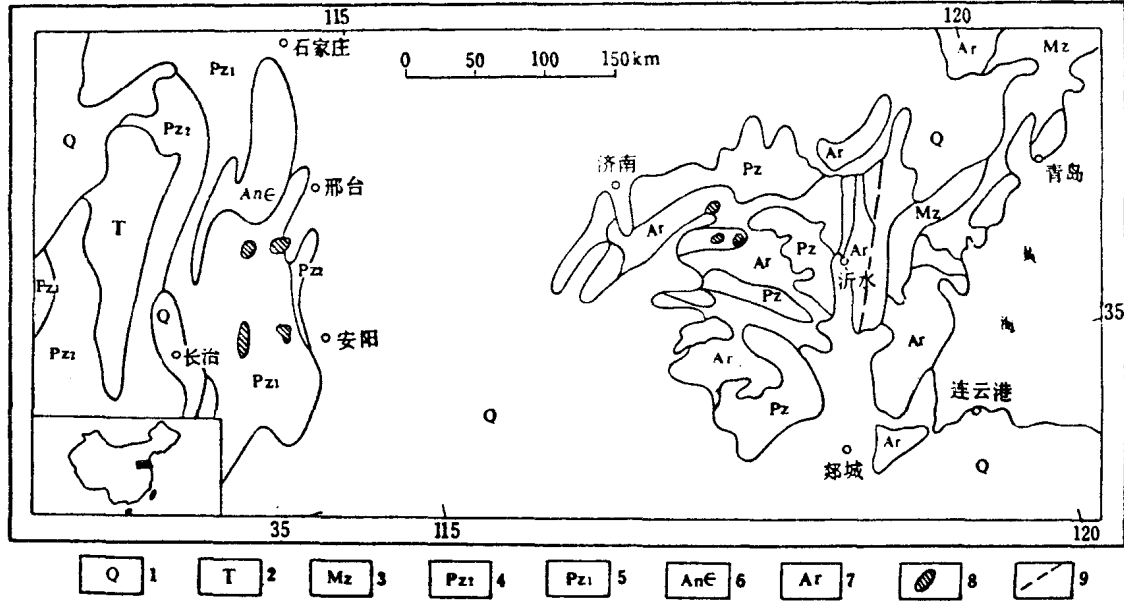


图 1-1 华北地台中部区地质略图

1—第四系；2—三叠系；3—中生界；4—上古生界；
5—下古生界；6—前寒武系；7—太古宇；8—中生代闪长质侵入体；9—断层

综上所述，华北地台中部区中生代闪长质岩浆的产生主要与库拉—太平洋板块向欧亚大陆下的俯冲作用有关，它不仅为岩浆产生提供了热源，也为岩浆侵位提供了空间和动力源，中生代闪长质岩浆就是在这种地质背景下产生的。

第二节 岩石系列术语的历史回顾

回顾火成岩的研究历史，不难看出，火成岩共生组合及其分布的研究一直是火成岩学的主题之一。岩石学家们所用的各种术语，象岩套 (suite)、组合 (association)、系列 (series) 等反映了其侧重点的不同，对火成岩系的认识与确定以及每个系列与全球构造关系的研究，实际上是现代岩石学领域讨论的重点课题之一。

在区分岩浆亲缘性方面，早期概念包括：(1) 伊丁思 (Iddings, 1894) 提出的“碱性”和“亚碱性”；(2) Rosenbusch (1907) 确定的“碱性系列”和“钙碱性系列”以及 (3) Harker (1909) 确定的“大西洋岩套”和“太平洋岩套”。；Wolff (1914) 根据大陆玄武岩的分布增加了“北极岩套”；Niggli (1921) 根据含钾岩流，又提出了“地中海岩套”的

概念。虽然这些术语主要是地理概念,但其鉴别标志是以矿物学和岩石化学作为基础。

随着火成岩石学研究的日益广泛和深入,发现由地理确定的岩套的概念是不恰当的,如“大西洋岩套”的岩石出现在中部太平洋岛屿和沿太平洋西南边的新西兰。而在北大西洋的洋岛岩省,第三纪以来的喷发熔岩在矿物学和化学上与“太平洋岩套”一致。所以,这些事实已清楚地表明,火成岩省不管其地理位置怎样,往往都从属于可识别的型式。Tyrrell(1926)将这种型式称为岩族(rock kinds),包括粗玄岩、石英辉长岩、花岗闪长岩—安山岩、斜长岩—紫苏花岗岩、粗面玄武岩、霞石正长岩等,所有这些岩石可归为两类,一类为碱质的,一类为钙质的。如他所划分出的一个岩族是以碱性橄榄玄武岩和共生的粗面岩及响岩为标志,惹人注目的环太平洋边缘的另一个岩族以安山岩、英安岩和流纹岩为特征。岩族概念的证实对资料的系统化和阐明火成岩省的想法以及充实现有的岩石成因模式极为有用(卡迈克尔等,1974)。

在20世纪30年代,Bowen和其他学者的重要的实验工作得到了广泛传播,岩石学家们主要集中在了解岩浆的侵位与结晶,岩浆的类型及其分异作用方面。但是,他们忽略了岩浆的多源性以及火成岩活动与构造环境的关系,因而无法说明岩石成因和岩石成分的区域性变化规律。至50年代,岩石学家们对火成岩的研究注意到了岩浆成因的多源性以及岩石成分的区域性变化与不同构造背景的关系。到60年代,板块学说建立以后,岩浆成因和岩石成分变化得到了新的解释,并且为区分不同的火成岩系列提供了基础。随之出现了“火成岩组合”、“岩浆建造和建造系列”的术语,前者是指发育在一定的地质构造条件中,在时间上和空间上紧密共生有共同成因联系的一组火成岩。火成岩有规律的共生从根本上讲是取决于共同的物质来源和相同的地质构造条件,而“岩浆建造”是指地质建造中的一部分,在很大程度上决定于大地构造的性质及其发展,是相互共生的岩石有规律的组合(库兹涅佐夫,1958)。从岩石组合和岩浆建造的定义可以看出,它们的出发点都是将火成岩的天然组合与大地构造性质及其发展阶段联系起来。

久野(1950,1960,1968)在研究日本及周围地区的火山岩以后,区分出了拉斑玄武岩系列、高铝玄武岩系列和碱性橄榄玄武岩系列。

近年来花岗质岩石的研究也注重了岩石系列的研究与划分,如White和Chappell(1974)从花岗岩源岩性质的角度提出了I型和S型的成因分类,这是以岩石化学和矿物学为基础的,忽视了花岗岩成因类型的构造属性研究。近年来越来越多的研究已经表明花岗质岩浆的源区并不仅仅涉及到火成岩或沉积岩,更多的是不同源岩物质的混合。Pitcher和Cobbing(1977,1978)在对秘鲁海岸岩基的研究过程中,使用了,“单元超单元和岩基段”的概念,他们始终坚持把岩石作为地质运动的物质表现这一宏观范畴进行研究,强调不能把花岗岩当成单纯的化学体系而忽略它的地质历史,在研究花岗质岩浆的化学特性的同时,还必须研究它的物理特性,每一种岩石形成作用和物质来源与特定的地质环境密切相关。

在本文中笔者使用了火成岩系列的术语,每一个火成岩系列代表一个岩浆系列,由同一母岩浆演化生成的不同类型岩石所构成。一个岩石系列或岩浆系列可以由一个杂岩体构成,也可以由几个杂岩体构成,而一个杂岩体也可出现二三个岩石系列。我们所使用的岩石系列的概念与Pitcher(1978)等人的超单元概念有某种对应关系。

第三节 岩石系列划分的原则及其地质意义

由同源岩浆演化所成的不同类型岩石的组合代表了一个岩石系列或岩浆系列。那么,由此形成的不同类型岩石在其岩石学、矿物学和地球化学上必然有其共性和密切的成因联系。它们在空间分布上也具一定的规律性。因此,我们在进行岩石系列划分过程中考虑了以下几个方面:

1. 每个岩石系列内部有其特定的岩石共生组合。它们既可以产于一个岩体,也可产于不同岩体中。但其矿物组合及含量往往表现出渐变过渡关系。同一系列内部不同类型岩石之间多为渐变关系,但也可有穿切关系(如深部岩浆房的脉动式侵位)。

2. 同一岩石系列内部不同类型岩石间往往表现出相似的结构、构造类型,进而反映了相似的生成环境。

3. 岩石化学是区分和鉴别岩石系列的最主要标志。同一岩石系列的岩石往往表现出化学成分变异的连续性,并具有良好的岩浆成分演变线。不同岩石系列的成分变异线的形式及斜率是不同的。 $\text{SiO}_2-(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 及 SiO_2-Cl 等变异图在区分岩石系列方面是相当有效的。

4. 同一岩石系列不同类型岩石间的稀土元素和其它微量元素的丰度及变异趋势表现出某种特定的变化型式,这种型式与某种岩浆作用过程相对应。在同位素组成上也表现出类似的或继承性的特征。

5. 每个岩石系列有其特定的岩石包体类型和组合。这不仅反映了岩浆源区及其性质,同时也表明了特定的构造环境及岩浆产生时的热动力学条件。

6. 在岩石系列命名时,考虑到岩石系列的主体岩石组成和尽可能地反映该岩系母岩浆的性质,将每个岩系中的主体岩石作为该岩系的名称。

岩石系列是岩石成因研究中的一个基本单元,通过对其中不同类型岩石和岩石包体的研究,可以查明岩浆产生、演化和侵位结晶的历史,进而可以判定母岩浆的性质及来源和岩浆作用过程的属性。另一方面,在一个地区相同时代或同一造山旋回可以出现几个有成因联系的岩石系列,不同的岩石系列产生于不同的构造环境和地壳演化过程中的不同阶段。因此,通过对一个地区不同岩石系列的研究可以帮助我们阐明该区的地质演化历史,进而可以建立地壳演化的动力学模型。

不同的岩石系列是由不同的多个母岩浆分别演化的产物,在同一造山旋回中,不同的母岩浆可能起源于上地幔或下地壳的不同层位,母岩浆的成分及所含岩石包体类型和组合是不同的。因此,通过对不同岩石系列本身成分的研究以及其中岩石包体成分的研究可以帮助我们建立起岩石圈结构和组成的岩石学模型,这就是利用火成岩作为岩石圈探针研究的一个重要途径,同时也是90年代岩石圈研究的重要课题之一。

不同岩石系列的含矿性是不同的,因此,划分岩石系列可以提高对矿产的预测能力,并且可将岩石系列作为矿产预测的标志。

第四节 华北地台中部区中生代侵入岩 岩石系列及形成时代

依据上述岩石系列划分原则,我们对鲁西和太行山地区中生代侵入岩进行了岩系划分。分述如下:

一、太行山南段区

1. 岩石系列的分布、组成及时代

该区中生代(可能部分为古生代末)侵入岩可划分成四个岩石系列。其空间分布如图 1-2 所示。同位素年龄值见表 1-1。

(1)角闪橄辉岩系:出露面积很小,分布在叩天井和安河一带,呈小的岩株或岩墙(脉)产出(图 1-2 中未标明)。主要岩石类型为角闪橄辉岩、角闪辉长岩、含辉角闪石岩。岩石蚀变较强,橄榄石假象残存,已蚀变成蛇纹石。叩天井角闪橄辉岩的 K-Ar 全岩同位素年龄为 259Ma。结合济南岩体的部分年龄,认为该岩系可能为华力西晚期的产物,又因该岩系蚀变很强,所以,该项研究不包括此岩系。

(2)角闪闪长岩系或称富闪侵入岩系:分布于太行山脉的主峰附近。呈岩株产出。代表性岩体有符山、西安里和东冶。主要组成岩石为角闪闪长岩、闪长岩、石英闪长岩和晚期的二长细晶岩脉,此外,同源岩浆堆积体有角闪二辉石岩、角闪石岩等。已有的同位素年龄表明,该岩系形成于 142-180Ma 之间,相当于中侏罗世到晚侏罗世即燕山早期。

(3)二长岩系列:分布于角闪闪长岩系的东侧,呈北北东向展布,以小岩株或岩盖产出。代表性岩体有矿山村、武安和李珍岩体。主要组成岩石有二长闪长岩、二长岩和晚期的正长岩脉。形成于 121-133Ma 之间。矿山村岩体中锆石的铀铅年龄为 110Ma,可能代表了其中正长岩系形成的年龄。

(4)正长岩系列:分布于本区的东侧,呈北北东向展布,代表性岩体有洪山和塔山。主要组成岩石有黑云辉石正长岩、粗粒正长岩、霓辉正长岩和霞石正长岩。已有的同位素年龄表明该岩系形成于 110Ma 左右。晚期脉岩的 K-Ar 同位素年龄介于 69-94Ma 之间。

2. 各岩石系列的变异成分

从图 1-2 和表 1-1 中可以看出,从角闪闪长岩系经二长岩系列到正长岩-霞石正长岩系,形成的时间逐渐变晚,空间分布也具有一定的规律性,自西向东岩石的碱性程度逐渐增高。这在一些岩石化学变异图解中表现得更为清楚。

$\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 变异图(图 1-3)表明,自角闪闪长岩系经二长岩系到正长岩-霞石正长岩系,岩石中的 $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 含量逐渐增高。但是,每个岩系内部 $\text{SiO}_2-(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 之间却表现出良好的线性关系,不同岩系各自具有独特的成分变异线。

$A(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-F(\sum \text{FeO})-M(\text{MgO})$ 图(图 1-4)表明,随着岩浆演化,岩系中 FeO、MgO 组分逐渐降低, $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ 含量逐渐增高,但每个岩系之间的成分变异线是不重合的。 $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}$ 变异图也清楚地表明了三条相互平行的成分变异线(图 1-5)。

表 1-1 太行山南段中生代侵入岩系的同位素年龄值

岩系	采样地点	岩石类型	测定对象	测定方法	年龄值 Ma	测定单位和日期
正长岩 — 霞石 正长岩 系列	洪山	黑云母辉石正长岩	全岩和单矿物	Rb—Sr	114	本文, 1986
	洪山	辉石正长岩	全岩	K—Ar	110	桂林所, 1972
	洪山	粗粒正长岩	全岩	K—Ar	109	同上
	洪山	凝灰质粗面岩	全岩	K—Ar	118	同上
	安阳上庄	霓辉正长斑岩	全岩	K—Ar	110	同上
	林县塔儿山	霓辉正长岩	全岩	K—Ar	110	同上
二长岩 系列	矿山村	闪长岩	全岩	K—Ar	129	同上
	矿山村	二长岩	全岩	K—Ar	126	同上
	矿山村	二长岩	全岩	K—Ar	124	同上
	矿山村	二长岩	全岩	Rb—Sr	133	同上
	矿山村	二长岩	锆石	U—Pb	110	华北所, 1976
	固镇	闪长岩	全岩	K—Ar	121	桂林所, 1972
	武安	闪长岩	全岩	K—Ar	126	同上
	武安玉泉岭	闪长岩	全岩	K—Ar	132	河北冶勘 518 队, 1972
角闪 闪长 岩 系列	符山	闪长岩	全岩	K—Ar	171	桂林所, 1972
	符山	角闪闪长岩	全岩	K—Ar	152	同上
	符山	闪长岩	全岩	K—Ar	150	华北所, 1975
	符山	含石英闪长岩	角闪石	K—Ar	148	同上
	固镇	角闪闪长岩	角闪石	K—Ar	147	同上
	石泊北	角闪二长岩	角闪石	K—Ar	161	天津所, 1980
	赵庄东	角闪正长岩	角闪石	K—Ar	154	同上
	蔡村	闪长岩	全岩	K—Ar	150	桂林所, 1973
	蔡村	闪长质析离体	全岩	K—Ar	145	同上
	吕天井	闪长岩	全岩	K—Ar	142	河北 1 队, 1980
	林县杨家庄	闪长岩	全岩	K—Ar	153	桂林所, 1972
	平顺北洛峡	角闪闪长岩	角闪石	K—Ar	162	华北所, 1975
	平顺甘亩	角闪闪长岩	角闪石	K—Ar	170	同上
	平顺沙沱	橄辉角闪辉长岩	角闪石	K—Ar	178	同上
	林县东冶	角闪闪长岩	全岩	K—Ar	163	桂林所, 1972
	林县西街	闪长岩	角闪石	K—Ar	180	桂林所, 1973

R_1-R_2 多阳离子参数图解 (图 1-6) 不仅反映了各岩系形成时的可能构造环境, 而且更清楚地表明了不同岩系之间的成分差异和岩系内部的成分变异。

从主要元素及其参数的变异中可以清楚地看出, 三个岩系表现相互平行的成分变异线, 这表明它们的形成并非同一母岩浆演化的产物, 而是由三种母岩浆分别演化的产物 (许文

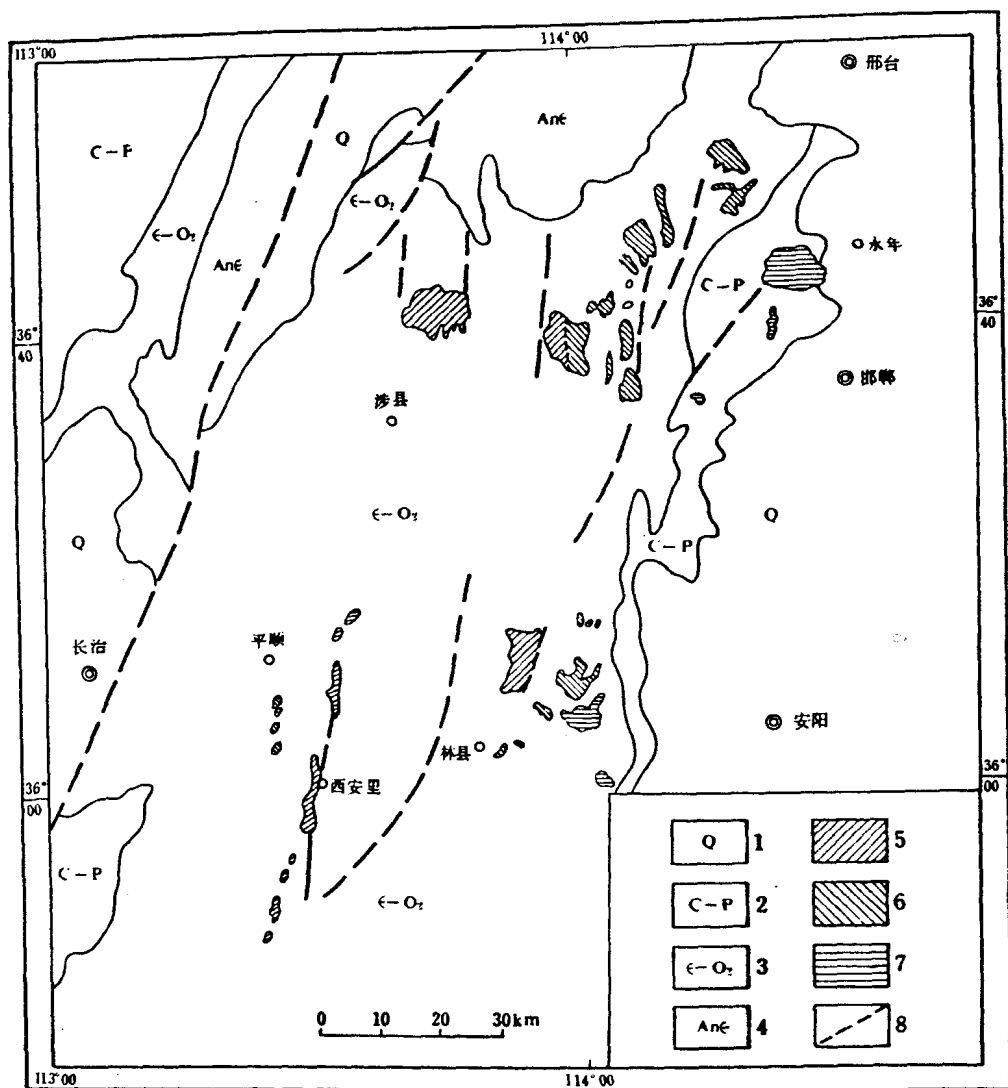


图 1-2 太行山南段地质略图

1—第四系；2—石炭—二叠系；3—寒武—奥陶系；4—前寒武系；
5—角闪闪长岩系列；6—二长岩系列；7—正长岩—霞石正长岩系列；8—断层

良，1989)。但是，图中也表明，单一岩体内部所构成的成分变异线具有良好的线性关系。而相同岩系不同岩体间成分点有些偏差，这主要是由于不同岩体间岩浆演化过程和同化混染程度不同所致。此外，不同岩系间成分的差异可归因于母岩浆成分的不同，后者则取决于源岩性质（主要表现为深度上的差异）和部分熔融程度的不同，由此可以将不同岩系的成分差异作为了解深部岩石圈成分及结构特点的探针。

需要说明的是，由于本研究只涉及到了闪长质岩石，所以，本文只讨论其中的角闪闪长岩系和二长岩系。

二、鲁西地区

鲁西岩区中生代岩浆侵入活动以闪长岩类为主，辉长岩类和正长岩类次之，局部地带

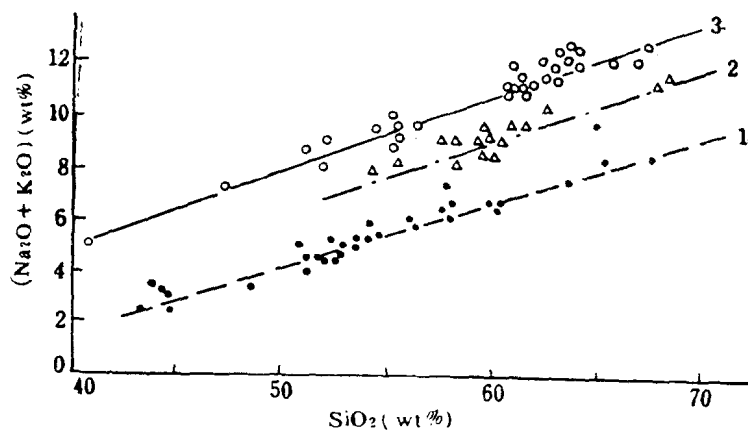


图 1-3 太行山南段中生代侵入岩系的 SiO_2 — $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 变异图
1—角闪闪长岩系；2—二长岩系；3—正长岩—霞石正长岩系

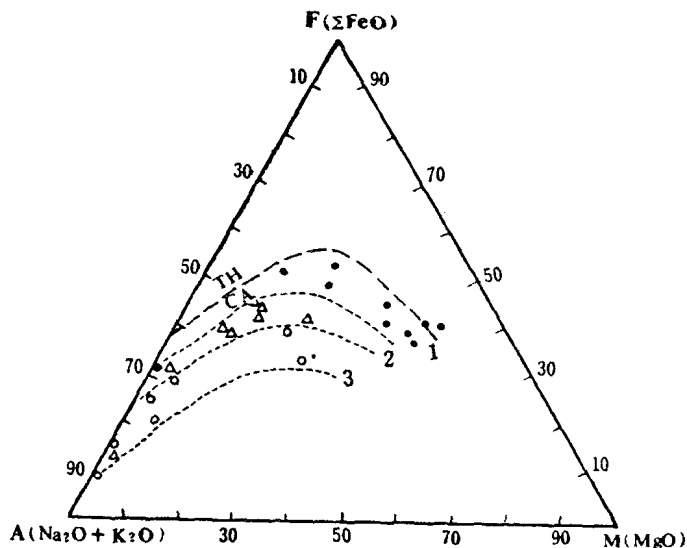


图 1-4 太行山南段中生代侵入岩系的 A—F—M 图解
1—角闪闪长岩系—（符山岩体）；2—二长岩系（矿山村岩体）；3—正长岩系（洪山岩体）

分布有少量花岗岩类。岩体规模一般不大，常呈多阶段侵入的杂岩体出现。其产状以岩盖、岩株和岩床为特征，部分以岩墙、岩脉产出。

岩体在空间分布上有较明显的分带性（图 1-7），并受 NW 和 NE 向断裂控制明显。从北向南，辉长岩类的比例减少，正长岩类的比例增加。

1. 岩石系列

穆克敏、林景仟等（1989）将鲁西中生代侵入岩划分成 6 个岩石系列：（1）辉长岩系列；（2）二辉闪长岩系列；（3）角闪闪长岩系列；（4）二长岩系列；（5）正长岩系列；

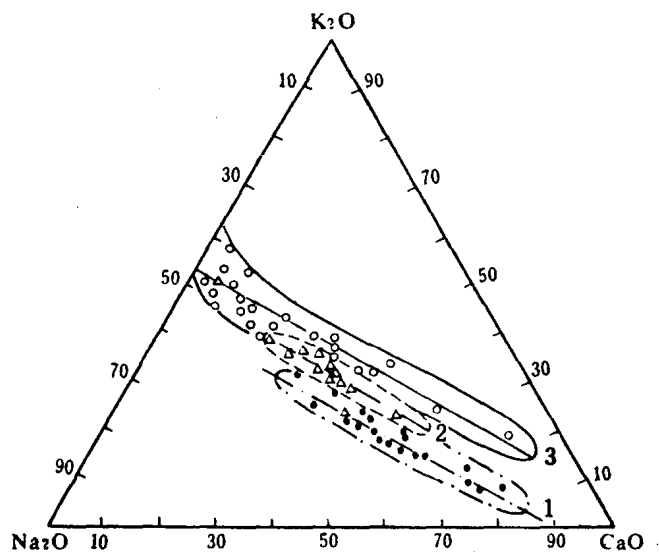


图 1-5 太行山南段中生代侵入岩系的 $\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 变异图
1—角闪闪长岩系；2—二长岩系；3—正长岩—霞石正长岩系

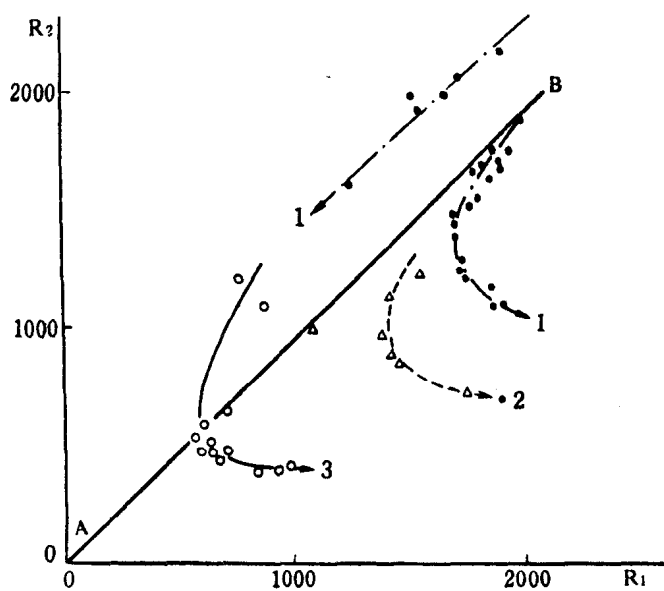


图 1-6 太行山南段中生代侵入岩系的 R_1-R_2 变异图

$$R_2 = 4\text{Si} - 11(\text{Na} + \text{K}) - 2(\text{Fe} + \text{Ti})$$

$$R_2 = 6\text{Ca} + 2\text{Mg} + \text{Al}$$

图例同图 1-3 (据 De La Roche 等, 1980)

(6) 碱性正长岩系列

辉长岩系列代表性岩体为济南辉长岩体。主要由橄榄苏长辉长岩、苏长辉长岩和少量斜长岩组成,斜长岩呈条带状和脉状产出。

二辉闪长岩系列分布广泛,代表性岩体有莱芜矿山岩体、泰安的角峪岩体、铁铜沟岩体、济南郭店岩体等。主要岩石组合为二辉闪长岩、黑云母辉石角闪闪长岩、黑云母闪长岩和正长闪长岩。个别岩体中出现少量堆积成因的苏长辉长岩(如铁铜沟岩体)。

角闪闪长岩系列在本区分布较少,以金岭镇岩体为特征,该岩系岩石组合为黑云角闪闪长岩、角闪闪长岩和正长闪长岩。角闪闪长岩中含有大小不等的暗色角闪闪长岩、角闪辉长岩析离体。

二长岩系列以邹平一带的二长岩体和淄博金鸡山二长岩体为代表。二长岩类主要岩石有辉石二长岩、角闪二长岩和黑云母二长岩。空间上多与高钾的二辉闪长岩(邹平岩体)、高钾辉长岩(月明泉岩体)相伴生。因此,该系列的岩石组合特征仍需要进一步工作。

二长岩系列以邹平一带的二长岩体和淄博金鸡山二长岩体为代表。二长岩类主要岩石有辉石二长岩、角闪二长岩和黑云母二长岩。空间上多与高钾的二辉闪长岩(邹平岩体)、高钾辉长岩(月明泉岩体)相伴生。因此,该系列的岩石组合特征仍需要进一步研究。

鲁西岩区的正长岩类岩石组合较为复杂,按岩石化学特征和岩石给合,我们将其划分成两个岩石系列,(1)正长岩—石英正长岩系列;(2)高钾正长岩系列。

正长岩—石英正长岩系列以枣庄龙宝山正长斑岩体和郯山石英正长岩体为特征。主要岩石组合为霓辉石英正长斑岩、霓辉正长斑岩、斑状正长岩(龙宝山岩体)和霓辉石英正长岩、石英正长岩、碱性花岗岩(郯山岩体)。

正长岩—石英正长岩系列以枣庄龙宝山正长斑岩体的岩石组合为正长斑岩、假白榴石正长斑岩;沙沟岩体岩石组合为黑云母辉石岩和黑云母辉石正长岩。

诸岩石系列典型岩体的化学成分表现出规律性变异,其中以 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ 变异图表现得最明显(图 1-8)。其主要特征如下:

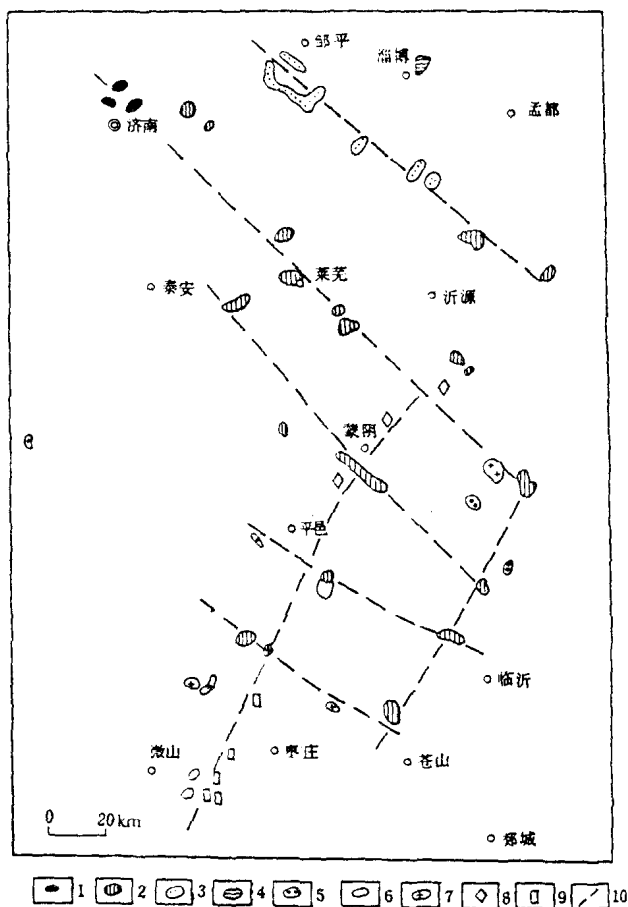


图 1-7 鲁西区中生代(?)侵入岩系分布图

1—济南辉长岩系列;2—二辉闪长岩系列;3—高钾辉长岩—二长岩系列;4—角闪闪长岩系列;5—正长岩系列;6—高钾辉长岩系列;7—花岗岩类;8—金伯利岩出露位置;9—钾镁煌斑岩出露位置;10—岩浆岩带的轴线

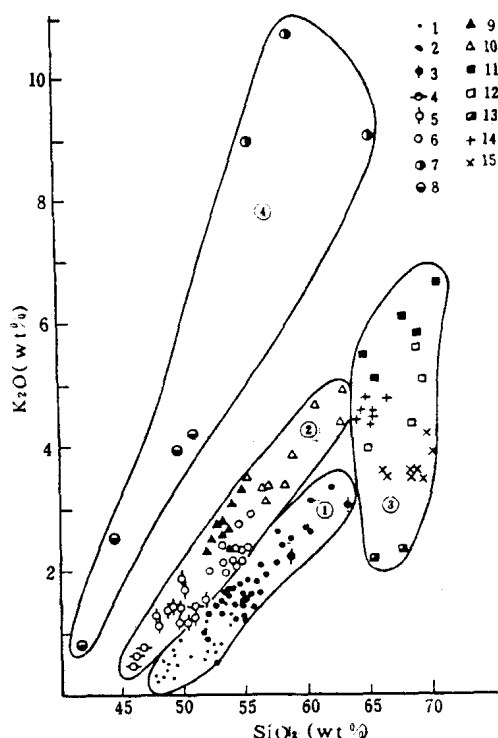


图 1-8 诸岩石系列 SiO_2 - K_2O 变异图

1—济南辉长岩系列；2—郭店、莱芜二辉闪长岩系列；3—铜石闪长岩系列；4—邹平辉长岩；5—月明泉、大昆仑辉长岩；6—邹平二辉闪长岩；7—邹平二长岩系；8—月明泉、金鸡山二长岩系；9—济南杂岩体系中的正长岩；10—鄱山正长岩系；11—龙宝山正长岩系；12—邹平地区正长岩；13—月明泉杂岩体中的正长岩；14—沙沟高钾正长岩；15—铜石高钾正长岩；①—辉长岩系列、二辉闪长岩系列；②—高钾辉长岩—二长岩系列；③—正长岩系列；④—高钾正长岩系列。

(1) 济南辉长岩系列是岩系中最贫硅、贫钾、富镁铁的。化学成分变化范围较窄。二辉闪长岩系列化学成分范围较宽，并与济南辉长岩系列在化学成分上有一定的重叠，但微量元素、稀土元素特征上差异显著(林景仟等, 1989)。

(2) 二长岩系钾的含量较典型二辉闪长岩系列显著增高，但空间上与同一杂岩体中的高钾二辉闪长岩和辉长岩呈连续变化。如邹平杂岩体、月明泉岩体、大昆仑岩体和金鸡山岩体等，并同它们一起构成区内中等钾含量的成分变异线。看来二长岩系列的岩石组合中可能包含部分高钾二辉闪长岩。高钾辉长岩与二长岩空间上紧密伴生，二者的成因关系值得今后进一步工作，目前尚无更多资料排除其同源特征的可能性。

(3) 高钾正长岩系列是区内诸岩系中钾含量最高的，变异线位于最上方。

(4) 正长岩系列比较复杂。区内不同岩浆活动带中都有正长岩分布，其中 K_2O 含量在不同杂岩体中变化较大。如济南杂岩体中最晚期侵入的少量辉石正长岩，钾的含量最低，高钾的月明泉杂岩体中正长岩的 K_2O 含量最高。表现出对早期侵入岩系的继承性特征。

(5) 同一杂岩体中出现的不同岩石系列表现出晚期系列对早期系列的继承性，而同一系列在不同杂岩体中常有一定的差异，尤其微量元素表现得更为明显(林景仟等, 1989)。这种特征表明同一

杂岩体中不同岩石系列之间有着某种内在的成因联系。

2. 诸岩石系列的空间分布规律

诸岩石系列具有明显的带状分布特征，不同岩带有着不同的岩石系列组合和不同的岩石化学特征。

区内济南辉长岩系列和典型二辉闪长岩系列 SiO_2 - K_2O 变异线位置最低，空间上它们构成统一的岩带(济南—莱芜侵入岩带)，该岩带呈 NW—SE 向展布，与基底构造线平行，该带以南二辉闪长岩系明显受 NW 和 NE 向两组断裂控制，侵入体空间上表现出网格状分布特点(图 1-7)。