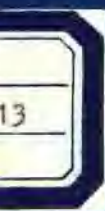
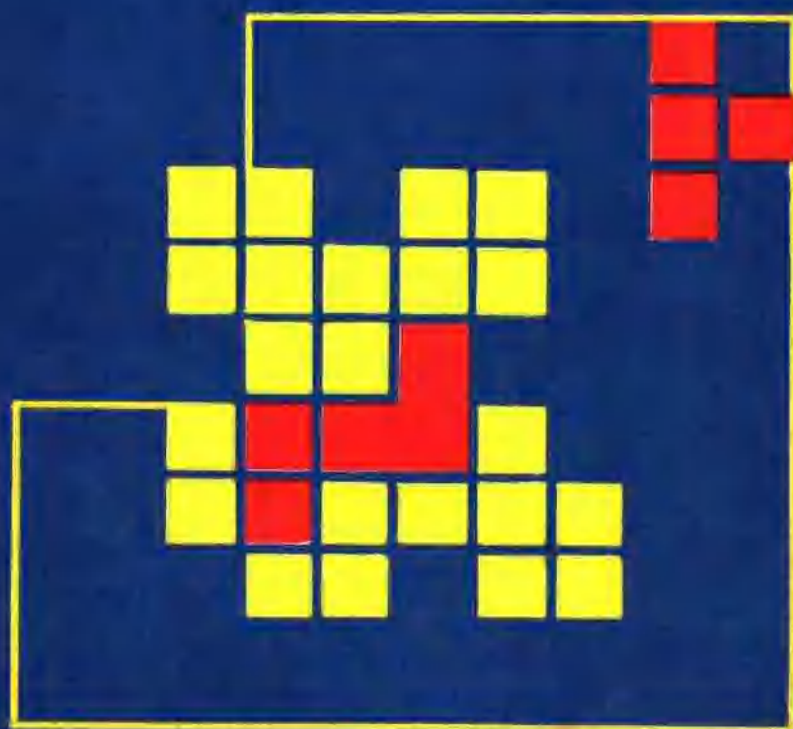


燕山地区构造运动及成岩成矿 同位素地质研究

孙家树 张淑坤 许书火 汪西海 著



地震出版社

• 本项研究接受以下单位资助

1. 地质矿产部
2. 国家自然科学基金委员会和地质行业科学技术发展基金会 (项目编号: 4870164)

燕山地区构造运动及成岩成矿 同位素地质研究

孙家树 张淑坤 著
许书火 汪西海

地震出版社

1994

(京)新登字 095 号

内 容 提 要

本书系统探讨了燕山地区构造运动及成岩成矿年代、构造体系及断裂活动年龄测定、燕山地区变质基底及构造岩浆演化阶段,以及某些岩石铅和矿石铅同位素组成及其意义。较成功地运用同位素综合研究阐明了燕山古老岩块变质事件的期次和演化、中生代构造岩浆及印支燕山运动年代划分、东西向及新华夏系构造体系年代学鉴定及成矿作用时间,同时还对晚近时期断裂活动进行了研究、对全区构造地质历史发展及构造体系成生发展提供重要年代学依据。

全书实际资料丰富,实验数据翔实,解释合理。本书在将构造地质学、地质力学与同位素地质学相结合和渗透方面作了开创性和成功的尝试。对于从事区域地质学、构造地质学、地球化学及同位素地质学的科技人员、大专院校的师生均有重要参考价值。

燕山地区构造运动及成岩成矿 同位素地质研究

孙家树 张淑坤 许书火 汪西海 著

责任编辑:宋炳忠

*

地震出版社出版

北京民族学院南路9号

中国地质大学印刷厂印刷

北京新华书店发行所发行

全国各地新华书店经销

*

787×1092 1/16 6.25 印张 160 千字

1993年7月第一版 1993年7月第一次印刷

印数 001—500

ISBN 7—5028—1154—0/P·696

(1547) 定价: 7.00 元

序 言

本课题为国家“七五”计划部控科研项目“燕山地区构造体系发展与地壳运动特征研究”中课题之一。工作范围大致为冀北、冀东、北京地区以及内蒙、辽西等地区。研究地区地质工作开展较早，基础地质研究较深入，区域地质资料积累丰富，自 60 年代以来，长春地质学院、北京大学地质系及天津地质矿产研究所等配合找矿工作对本区构造、地层及矿床地质做了系统研究，分别有专著问世。80 年代以来，河北省地矿局在前人工作基础上，编辑出版了河北省、北京市、天津市区域地质志。

本区也是我国同位素地质工作进行较早，测得资料较多地区之一。60 年代初我所在京东地区进行构造运动时期同位素年代研究时，在迁西及遵化县地区获得了首批 K—Ar 年龄数据，同时报道了本区 2500Ma 的变质岩年龄，并推测本区可能是我国残存的最古老地壳之一。自 70 年代末以来有关单位测得大量的数据，不断报道有关本区变质岩、岩浆岩年龄结果以和中生代火山岩界限年龄以及矿区 Pb 同位素及其它稳定同位素测试资料。经过国内外有关实验室反复测定，最近几年报道的古老年龄有大于 3500Ma 的 Sm—Nd 和单颗粒锆石 U—Pb 法测定结果。

本课题在综合分析以往大量实际资料前提下，把研究的地质时间范围限于以老（前长城纪），以新（中生代以来）两个断代内。野外地质工作以点线相结合，研究内容以构造运动为主导，从成岩成矿作用着眼，地质事件分析入手，根据本区变质事件，成岩成矿事件，断裂构造活动性及 Pb 同位素组成变化等方面同位素地质计时和示踪研究，探讨它们时空演化规律。除利用前人资料外，在一些地区采集了样品，充实了新资料，从而取得了新认识。应当提到的是，本报告引用部分 80 年代初期作者对变质岩年龄测定研究的某些结果。本区变质岩地区经历了复杂的历史变动，作者试图从揭示区域重大变质事件，特别是后期叠加地质事件出发，一改以往单一的测定方法，采用多种测定对象的综合测年方法。应用不同的测定对象，如全岩、造岩矿物及副矿物等所测得的时间，代表不同的地质意义。表面上看各种方法数据似乎杂乱无章，但只要地质解释正确和合理，大致可以给出本地区地质历史发展的时间表。另外，采用综合方法可以互相验证，提高测试结果的置信度。我们认为这部分资料迄今仍有一定意义。这些结果的获得和综合方法的应用，对复杂地区同位素地年代学研究有一定借鉴意义。

野外地质工作包括对本区区域地质构造格架调研及采样工作，从东到西、从南到北选择了几条地质路线，对重点构造带和矿区进行了较详细观测和采样。以各种同位素测年方法测得结果 40 余个（另外引用以前测得变质岩年龄资料 30 余个），获得了部分岩矿鉴定、差热分析、电镜等分析资料。孙家树、张淑坤、李宇峰、汪西海等参加野外地质及采样，报告编写由孙家树负责，孙家树、张淑坤负责同位素地质年龄图件编制；张淑坤、许书火完成部分同位素年龄测定。

在工作过程中得到项目技术顾问孙殿卿院士、项目负责人崔盛芹教授的关心指导；河北省地矿局编写的地质志是本区基础地质资料，从中得益匪浅；所内有关同志多方面给予支

持，使本课题得以顺利开展和完成，在此一并致以衷心感谢。

目 录

序 言

第一章 燕山地区构造运动及成岩成矿年代学	(1)
第一节 构造运动时期年代鉴定研究内容和方法.....	(1)
第二节 前长城纪重大变质事件同位素计时.....	(2)
一、重大变质事件同位素计时.....	(3)
二、年龄数据的地质解析.....	(6)
第三节 中生代成岩成矿事件年代学证据.....	(9)
一、火山喷发事件.....	(9)
二、岩浆侵入事件	(12)
三、成矿事件	(19)
第二章 构造体系及断裂构造活动年龄测定研究	(29)
第一节 测定研究的现状与展望	(29)
一、一般概况	(29)
二、测年对象的适宜性	(31)
三、挽近构造活动年龄测定方法	(33)
第二节 燕山地区构造体系形成年代测定研究	(35)
一、东西向断裂构造带	(35)
二、新华夏系断裂构造带	(36)
第三节 挽近断裂活动年龄测定研究	(43)
一、河北省张河湾水库电站地区南北向断裂带挽近活动年龄	(45)
二、四川省锦屏电站地区新华夏系断裂带挽近活动年龄	(46)
第三章 燕山地区变质基底及构造岩浆形成演化阶段年代总结	(51)
第一节 变质基底形成阶段	(51)
一、构造旋回及构造带展布	(51)
二、变质相及岩浆活动	(54)
三、构造变质事件年代划分	(55)
第二节 沉积盖层演变阶段	(56)
第三节 构造岩浆活动阶段	(56)
一、印支运动	(57)
二、燕山运动	(58)
三、喜山运动	(60)
第四章 燕山地区某些岩石Pb和矿石Pb同位素组成及其地质意义	(61)
第一节 Pb 同位素对地壳环境的指示作用.....	(62)
第二节 Pb 同位素对物质来源的指示作用.....	(66)

第三节 Pb 同位素演化和成矿年代.....	(69)
结 论.....	(72)
图 版	(75)
附 表	(78)
参考文献	(86)

CONTENTS

INTRODUCTION

CHAPTER 1 TECTONIC MOVEMENTS AND GEOCHRONOLOGY OF PETROGENESIS AND METALLOGENESIS IN YANSHAN REGION	(1)
1.1 Contents and methods of the study	(1)
1.2 Isotope dating of principal geological events during the Prechangcheng period	(2)
1.3 Chronological evidence of petrogenesis and metallogenesis in Mesozoic Era	(9)
CHAPTER 2 AGE DETERMINATION OF THE ACTIVITIES OF FAULT STRUCTURES IN YANSHAN REGION	(29)
2.1 Present status and tasks of the study	(29)
2.2 Dating study of tectonic system of Yanshen region	(35)
2.3 Dating study of late active faults	(43)
CHAPTER 3 METAMORPHIC BASEMENT AND GEOCHRONOLOGY OF MAJOR STAGES OF THE TECTONIC AND MAGMATIC EVALUTION	(51)
3.1 Stages of formation of the prechancheng metamorphic basement	(51)
3.2 Stages of evolution of the sedimentary cover after the Changcheng period	(56)
3.3 Stages of the tectonic and magmatic activities during Mesozoic Era	(56)
CHAPTER 4 Pb ISOTOPE COMPOSITIONS OF SOME ROCKS AND ORES IN YANSHAN REGION THEIR GEOLOGICAL SIGNIFICANCE	(61)
4.1 Tracing of tectonic environments by Pb isotopes	(62)
4.2 Tracing of source materials by Pb isotopes	(66)
4.3 Evolution of Pb isotope composition and geochronology of metallogenesis	(69)

第一章 燕山地区构造运动及成岩 成矿年代学

第一节 构造运动时期年代鉴定研究内容和方法

自本世纪 40 年代中期 B.B.博尔特伍德等人为同位素地质年代学奠定基础以来,目前已有十余种测定方法广为应用,使我们有可能追溯地壳活动的时间踪迹。如通过 Sm-Nd 和 Rb-Sr 演化体系,可对变质岩结晶作用及最后一次变质作用年龄加以区别;通过测定 K-Ar 和 Rb-Sr 衰变产物,通常可以获得变质沉积岩的沉积和变质时间;从确定铀衰变系列中 Pb 的丢失率,可反映后期变动时限。直接用于年轻沉积物及活断层研究的年轻年代学方法是近十余年兴起的测年方法,可测定几万年到几百万年以上的年龄。活断层年龄测定是直接影响人类生活的科技课题,是越来越广泛的应用于工程地质及区域稳定性评价研究的重要手段之一。

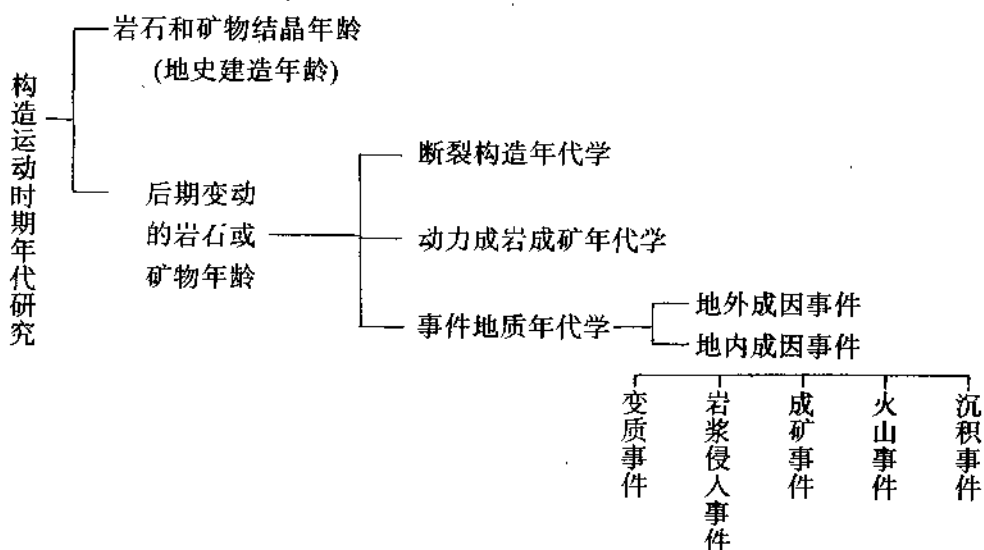
从研究领域来看,同位素地质学可以分为稳定同位素地质学和同位素地质年代学两个方面。在研究矿产地质方面,同位素地质学可为确定成矿时代、成矿物质来源、成矿温度、成矿物理化学条件以及划分矿床成因类型及查明成矿规律提供定量分析方法,从而成为确定找矿方向的手段。同位素地质年代学的发展对查明全球性古大陆壳分布、前寒武纪年表、地幔不均一性及地幔演化史、地壳运动史、成岩成矿作用及其在地史中演化过程和全球地质事件对比起了很大作用。同位素地质学的发展趋势是重视研究同位素体系演化,将同位素在地质上的计时作用和示踪作用相结合,从而揭示地球历史的演化过程。

构造运动问题是大地构造及构造地质学面临的重大课题,也是地质力学研究的中心任务,构造运动时期研究是其中一项重要内容。在地质历史发展中一般认为改造控制建造,建造反映改造,因而地壳上应力场和化学场在时间演化和空间分布有一定统一性。同位素年代学对解决上述课题任务可以发挥自己的独特作用,同时也赋予了同位素地质年代学这门学科新的内容和方法。我们认为,同位素地质年代学提供两组具有不同地质概念的年龄,其一是岩石年龄,其二是运动年龄,顾名思义,岩石或某些矿物的年龄代表它们结晶或沉积生成年龄,主要反映地史和地层界限的时间。运动年龄则代表构造变动时限,构造运动控制地球表层地质作用,同时也是影响岩石圈的根本因素。运动年龄不是抽象概念,它是由地壳构造演化或发展历史各个阶段所组成的时间系列。它的时间含意更深刻而广泛,它不仅着眼于成岩或原岩生成年龄,更重要的是后期演变,测试对象已非原来形成的,而遭受了地质事件影响或叠加破坏,所测得年龄记录了各种地质事件的发生时间。地壳运动史往往是综合地质事件表,地质事件是各种地质作用产物,包括构造活动、变质作用、岩浆活动、古地理变化及生物群更替等地壳发展过程的不同表现。某些重要地质事件年龄记录表明岩石均一化作用导致各年龄值分阶段集中,这种构造热事件就是构造活动高

峰期的一个表现，它是正确认识地壳运动时间分布的重要依据。事实上，在经历复杂变质地区往往经受多次地质事件叠加作用，采用不同测年方法或不同测试对象可以获得多组年龄值。在地层层序难以确定的情况下，借助地壳运动这一根本控制因素来恢复地质历程，找出地壳变动信息，为划分和对比地层提供良好等时标志。

当代事件地层学的某些新颖的论述同样给同位素地质年代学注入新的活力，促使这门学科从天文、地质及古生物相互关系和各种事件因果联系角度出发，阐明地球整体及其宏观环境中的全部发展历史，从两者相互密切关系考虑，在此我们提出事件地质年代学这一新的分支学科，其研究内容主要是地内和地外地质事件的鉴定和测年，尤其是地球上各大陆构造运动所引起的有成因联系的各种类型地质事件的发生发展，虽然它们在不同区域表现不同，但都属于统一地质发展过程，共同为改变本区地壳产生深远影响。

以表说明构造运动时期年代研究内容及其各部分的相互关系。



第二节 前长城纪重大变质事件同位素计时

冀东地区出露一套前长城系变质岩，以太古界和元古界发育最好，出露面积近万平方公里，主要分布于遵化、迁西、迁安、滦县、卢龙、抚宁、宽城及青龙一带，大致呈东西向分布，在迁西县喜峰口附近分成北东向和南东向两支，其间被长城系岩层分开，向东伸入辽宁建昌，向西伸入北京密云、平谷等地。

纵观全区，变质岩分布基本受构造制约，其分布具一定规律性。北部迁青遵隆起带主要分布中晚太古界变质岩，受古纬向构造控制，大致呈东西向长条状分布，其原岩为基性火山岩及基性—中酸性火山碎屑岩。南部滦县卢龙拗陷区主要地层为晚太古界变质岩系，分布地区组成巨大南北向构造带。早元古界岩层分布沿青龙河呈北东向延伸，受青龙河断

陷带制约, 早元古代褶皱以北东向最发育。

鉴于前长城纪岩石已遭受深或浅的不同程度变质, 为了确定它们的演变历史, 不得不借助变质岩, 目前已测得年龄数据较多, 采用测定方法较齐全, 其中包括在我国首次获得的 Sm-Nd 法年龄。目前已知最老 (早太古代) 岩石出露地区为曹庄黄柏峪, 在原认为是迁西群岩石中测得大于 3500Ma 年龄值, 因此有人把曹庄一带的变质岩从迁西群单独划分出来, 称为曹庄群。所谓曹庄群岩石是以透镜体或豆荚状残片形式出现的高钾花岗质片麻岩中的镁铁质基性岩, 其岩性由一套斜长角闪岩、少量超铁镁质岩、长英质变火山—沉积岩、钙质硅酸岩和条带状铁建造组成, 其年龄结果为 3515 ± 115 (江博明, Sm-Nd, 1983), $3500 \pm 80\text{Ma}$ (黄萱, Sm-Nd, 1986), $3508 \pm 99\text{Ma}$ (乔广生, Sm-Nd, 1987), 3600Ma (王松山, $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$, 1985), $3650\text{—}3720\text{Ma}$ (刘敦一, 锆石 U-Pb, 1990)。本区变质岩系主要由角闪岩相和麻粒岩相组成, 年龄结果表明最老岩石被认为是迁安斜长角闪岩 ($3500\text{—}3800\text{Ma}$), 而麻粒岩相则为 $2700\text{—}2800\text{Ma}$, 深度质岩石生成时间相对晚于浅变质岩石。

一、重大变质事件同位素计时

样品采自迁西地区迁西群麻粒岩相岩石, 可分为二辉斜长麻粒岩和紫苏斜长麻粒岩, 主要由斜长石、石英、透辉石和紫苏辉石以及少量钾长石、黑云母组成。为了确定麻粒岩相岩石中的变质作用, 我们从同一样品中选取不同矿物, 运用不同测试方法, 以期获得不同地质含义的年龄。样品编号、地点及岩性如下:

- 01——太平寨紫苏斜长麻粒岩
- 02——郭家沟云闪二辉斜长麻粒岩
- 03——达峪紫苏斜长麻粒岩
- 04——高家窝子斜长紫苏花岗岩
- 05——洪门店紫苏斜长麻粒岩
- 06——三屯营紫苏麻粒岩
- 07——刘皮庄辉石麻粒岩
- 08——白庙二辉橄榄岩

1. 麻粒岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄 (如表 1、图 1 所示。)

表 1

序号	样品号	Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
1	03—(1)	14.8	331.2	0.1258	0.7064
2	01	7.0	193.9	0.1022	0.7064
3	02	3.7	232.0	0.0448	0.7031
4	05	8.6	130.4	0.1858	0.7082
5	03—(2)	11.9	396.9	0.0844	0.7035

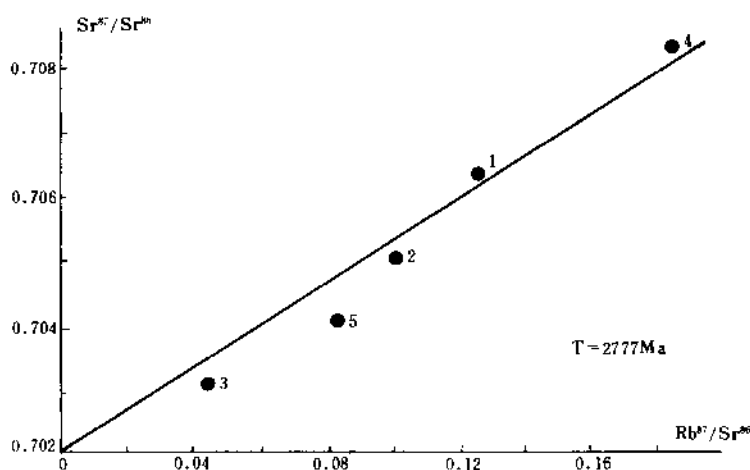


图 1 迁西麻粒岩 Rb—Sr 等时年龄图

2. 麻粒岩全岩 Pb—Pb 等时年龄如表 2、图 2 所示。

表 2

序号	样品号	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	03-①	16.537	15.440	36.516
2	01	14.273	14.931	35.235
3	02	14.224	14.903	34.142
4	05	17.322	15.627	36.473
5	03-②	15.595	15.037	38.543

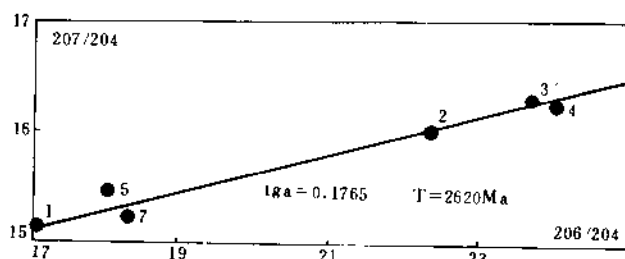


图 2 迁西麻粒岩 Pb—Pb 等时年龄图

3. 麻粒岩辉石 $^{40}\text{Kr}/^{40}\text{Ar}$ 等时年龄如表 3、图 3 所示。

表 3

序号	样品号	$^{40}\text{Kppm}$	$^{40}\text{Arppm}$
1	07	0.2440	0.1080
2	03	0.3050	0.1375
3	08	0.0980	0.0592
4	01-①	0.1586	0.0779
5	01-②	0.3060	0.1403
6	06	0.1952	0.1100

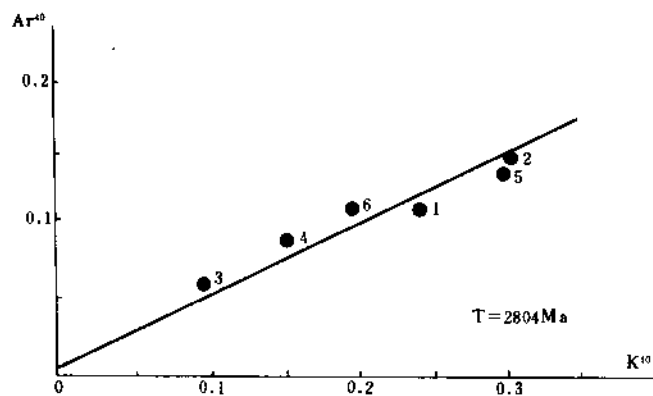


图3 迁西麻粒岩辉石 ^{40}K — ^{40}Ar 等时年龄图

4.麻粒岩锆石磷灰石 U—Pb 不一致曲线年龄如表 4、图 4 所示。

表 4

序 号	样品号	测 试 对 象	含 量 %			Pb 同位素组成			
			U	Th	Pb	204	206	207	208
1	01	锆石	0.0159	0.00171	0.218	1.433	24.465	21.733	52.369
2	02	锆石	0.0239	0.0721	0.0956	1.251	27.899	20.086	50.263
3	03	锆石	0.0233	0.0103	0.0704	1.266	30.009	20.806	47.919
4	04	锆石	0.0293	0.00917	0.0782	1.272	30.511	20.769	47.488
5	03	磷灰石	0.00220	0.00003	0.00825	1.433	24.465	21.733	52.369
6	04	磷灰石	0.000425	0.00009	0.00221	1.393	25.190	21.607	51.809

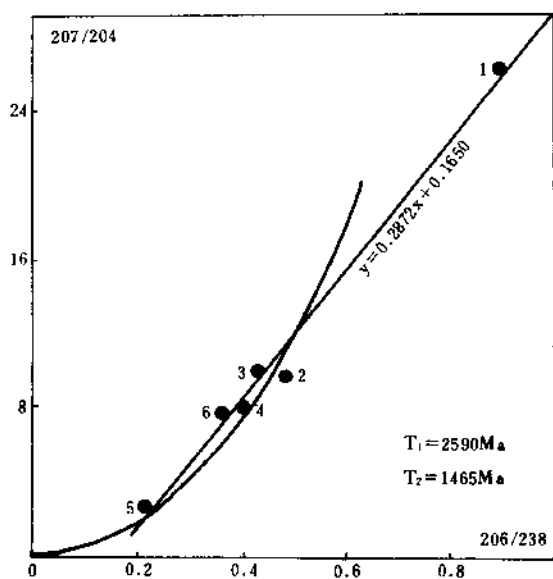


图4 迁西麻粒岩锆石磷灰岩一致曲线图

5. 麻粒岩中单矿物 K-Ar 年龄见表 5。

表 5

样品号	测试对象	K(%)	Ar(ppm)	大气 Ar(%)	年龄值(Ma)
01	角闪石	0.17	0.0880	18.55	2923
01	辉石	0.13	0.0488	10.00	2896
01	黑云母	3.49	1.0546	/	1836
01	斜长石	0.68	0.0976	16.70	1365
02	黑云母	4.86	1.6450	1.00	2384
02	长石	3.16	0.4990	14.00	1462
03	辉石	0.25	0.0386	44.50	2235
03	斜长石	0.84	0.1191	6.60	1280
04	斜长石	0.62	0.0534	9.50	864
05	斜长石	0.74	0.0900	18.90	1209
06	黑云母	3.27	0.6054	/	1841
07	辉石	0.20	0.1080	8.10	2432
08	辉石	0.08	0.2310	34.70	2830

6. 迁西上营一金厂峪角闪岩包体 Sm-Nd 模式年龄见表 6。

8909——紫苏花岗岩（韧性剪切变形）中的角闪岩包体

8911——奥长花岗岩（韧性剪切变形）中的角闪岩包体

8912——含柘榴石麻粒岩

8913——奥长花岗岩（韧性剪切变形）中的角闪岩包体

表 6

样品号	Sm (ppm)	Nd (ppm)	Sm ¹⁴⁷ / Nd ¹⁴⁴	Nd ¹⁴³ / Nd ¹⁴⁴	年龄值(Ma)
8909	11.44	66.99	0.1033	0.511157 ± 18	2406 ± 30
8911	21.97	123.00	0.1080	0.511219 ± 18	2427 ± 31
8912	0.76	5.13	0.0899	0.510915 ± 26	2447 ± 37
8913	31.87	171.68	0.1122	0.511302 ± 9	2399 ± 17

二、年龄数据的地质解析

1. 年龄结果表明本区角闪岩形成早于麻粒岩，其原因与变质和变形关系密切，高温和构造作用影响变质相带变化，如剪切构造和其它热事件影响下可以使原变质条件发生改变，产生退变质或进变质作用。韧性剪切变形带通过伴有升温过程使原有矿物发生相变，如普通角闪石和石英变为紫苏辉石、斜长石等，也可以使黑云母和石英为主的岩石变为正长石和紫苏辉石。本区角闪岩相晚期的深熔作用发生混合岩化，在不断升温条件下，角闪岩相岩石部分熔融和脱水作用，在高温和韧性变形影响下形成麻粒岩，并呈透镜体状或条带夹在紫苏花岗质麻粒岩中，如迁安麻粒岩相铁矿区内分布糜棱岩状含磁铁（黑云母）石英紫苏辉长岩，二辉磁石英岩等，产生两种不同变质条件的岩石在很小范围内共存。变

质温度不高时也可生成紫苏辉石，如角闪磁铁石英岩中紫苏辉石生成由于切割较深的韧性变形带导入 CO_2 ，降低水压，促使角闪石脱水作用所致，这种不同岩相相近共存，显然主要是构造原因造成的。

2. 变质岩地区同位素年代学中，等时线法是最重要方法，但是等时线法要具备三个基本条件，即样品需要同一起来源（相同同位素初始比值），同时形成和形成后保持封闭体系。实际上满足这三个基本条件的要求是很困难的。首先，同位素初始比值可能是变化的，如果变化的初始比值与同位素比值为线性相关，那么据等时线法所确定的年龄与初始比值的误差也是很大的，这种线性关系可能是假等时线和时间 t 以来放射成因同位素积累之间的组合，这种情况下所看到的等时线为一视等时线，虽然线性较好，但并非正确年龄，如何区别正确等时线和视等时线是一个值得重视的问题。另外，在变质岩区是难以保存封闭体系的，大量研究结果表明，在有流体参与下（如 CO_2 作用）的变质作用过程中几乎所有的测年元素都发生迁移，特别是岩石组构变化过程中，同位素体系发生重设，即元素重新调整。

我们所测得的 Rb—Sr 全岩、Pb—Pb 全岩及辉石 K—Ar 等时线法年龄基本相吻合，大致时限在 2800—3000Ma，反映本区第二次重大变质事件。从测试方法原理上讲，Rb—Sr 和 Pb—Pb 方法可测得没有变质的或热事件影响的原岩成岩年龄，在初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值完全均一化的情况下，Rb—Sr 体系重新调整记录变质事件年龄。Pb—Pb 全岩法不同于其它方法的是将两个衰变体系 ^{238}U — ^{206}Pb 和 ^{235}U — ^{207}Pb 结合在一起，这种结合正适合测定同位素年龄的需要，由于 ^{235}U 的半衰期比 ^{238}U 的半衰期短， ^{235}U 的百分数（以相应的速率产生 ^{207}Pb ）在地球历史进程中稳定地减少，因此 Pb—Pb 同位素的研究，特别适应于太古宙岩石。根据同位素均质化作用或地壳 Pb 同位素有规律变化，可以取得麻粒岩留下的最后一次变质作用的时间，如果在某些地区没有受到较晚期热事件扰动的话，辉石 K—Ar 等时年龄可反映紫苏辉石形成的年龄。

从麻粒岩相岩石中测得另一次重大变质事件年龄为 2500Ma，其中锆石磷灰岩 U—Pb 不一致曲线为 2590Ma，Sm—Nd 等时代为 2400—2450Ma，郭家沟—太平寨地区麻粒岩锆石 U—Pb 不一致曲线年龄为 2480Ma (R.T. pidgcon, 1983)，皮金认为迁西群两处岩石中的锆石是麻粒岩相变质作用和片麻岩形成过程中结晶或完全重新组合的产物，可以认为这组年龄标记本区第一次重大变质事件，在这个时期内普遍发生了同位素重新调整，掩盖了以前的实际的年龄。研究表明，变质级别不是任何一种全岩同位素体系重设的主要理由，在相同变质条件下，同位素体系重设只取决于那些经历过的有重要意义的变形作用，因为缺少广泛变形，变质重结晶的情况下也就减少了流体的迁移率，实际上遏制了同位素迁移。02 样品（二辉麻粒岩）可见明显后期叠加影响，斜长石具不等粒变晶结构，被钾长石交代形成布丁结构和糯英结构，强烈钠黝帘石化，双晶纹弯曲及波状消光，透辉石和紫苏辉石呈不规则状，被黑云母和角闪石交代，锆石普遍重熔或重结晶化。说明锆石在重结晶期间发生 Pb 丢失。

迁西上营—金厂峪地区样品经历了明显的韧性剪切变形，与锆石 U—Pb、Rb—Sr 全岩一样，Sm—Nd 年龄也显示对同位素体系重设是敏感的，重结晶作用将提供调动矿物晶格内稀土元素的有效途径。运移潜势的增加，主要是归因于变质和变形期间这些岩石中发生重结晶作用。次生的长石、云母等矿物的存在，可以设想这些次生矿物生长所需要的

流体是从本地损坏的原先含结晶水矿物给出的,这不仅造成锆石中 Pb 的全部丢失,在新的矿物组合形成期间流体的移动,对 Sm—Nd 体系有潜在的干扰作用,随着流体/矿物分配系数的改变,Sm/Nd 比值和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值等同位素成分也发生改变。

本区第三次变质事件为一次强烈的变质和变形作用,在麻粒岩相地区产生退变质作用,1465Ma 则代表本区一次混合岩化热事件,与本区普遍的长石 K—Ar 年龄相一致。

3. 在一个多期变质和变形的高级变质岩区,K—Ar 法应用应该十分慎重,因 Ar 丢失或积累造成 K—Ar 表面年龄使用上困难,但对一组受到同一地质作用的矿物来说,其 $\text{K}^{40}\text{—Ar}^{40}$ 等时线年龄较表面年龄更能反映地质事件时代。单个表面年龄有可能反映不同地质事件,Ar 在温压作用下发生丢失,如变质变形事件可将全部 Ar 从矿物中或岩石中驱使出来,后来未再发生逸失,在这种条件下测得的 K—Ar 表面年龄有一定地质意义,可以反映该地质事件的发生时间,我们认为 K—Ar 年龄对研究构造变动历史有着不可替代的作用。该方法可以成为构造热事件的指示计。

K—Ar 法可以做其它等时线法的补充和参考对比。从 K—Ar 表面年龄获得迁西太平寨和白庙地区出露的麻粒岩相岩石年代为 2800—2900Ma,且太平寨的辉石和角闪石年龄比较接近,大致在 2900Ma,后期地质事件的扰动发生在 1836Ma (黑云母)和 1365Ma (斜长石)。其它地区较老的年龄由辉石和黑云母矿物测得,测得普遍反映的 2400—2600Ma 这期强烈的变质变形事件。有关青龙县朱杖子地区底部砾岩问题,我们姑且不论是否具备底砾岩性质,但底砾岩的胶结构确实是火山成分(残斑状安山质及英安质熔岩)、张家沟砾岩的砾石主要石英片岩成分,利用砾岩胶结测定年龄为 1500—1600Ma,与附近的安山岩年龄结果大致相同,这与半壁山及小狮子沟变质砾岩胶结构不同,后者年龄范围为 1700—1800Ma,反映两期构造热事件。除此而外,1300—1500Ma 这期构造热事件影响较少,长石矿物代表这期活动生成的矿物。由此可见,本区麻粒岩分布极不均匀,以大小不等包体存在,年龄表明最老麻粒岩相岩石分布在太平寨—白庙地区,周围被后期变质和混合岩化岩石所环绕。由于矿物保存性不同,对 K—Ar 年龄来说,同一时期变质作用对不同矿物影响程度不同,反映矿物年龄从大到小,矿物保存性从强到弱顺序大致如下:角闪石(辉石) > 黑云母 > 长石。

本区 K—Ar 年龄资料主要反映后期地质事件,因地质事件对岩石或矿物的叠加扰动强弱和矿物本身保存性不同,各地区 K—Ar 年龄有可能出现不一致或相互矛盾,目前所采用的年龄峰值频率统计方法有可能解决这一矛盾。对某一个具体 K—Ar 年龄值可能误差很大,但大量数据所反映的趋势(峰值)有可能真实记录地壳后期变动历史。我们从 80 年代以来,从深或浅变质岩相不同类型岩石测得 K—Ar 年龄 69 个,其中 16 个数据为 K—Ar 稀释法,其余为体积法,样品采自迁西和青龙地区,测量对象有全岩、黑云母、斜长石及角闪石、辉石等,年龄值分布频率图如图 5。

另外,据本区迁西群、滦县群及朱杖子群中全岩、角闪石、辉石、黑云母、白云母、斜长石及钾长石等 101 个 K—Ar 年龄值作了分布频率图(图 6)。

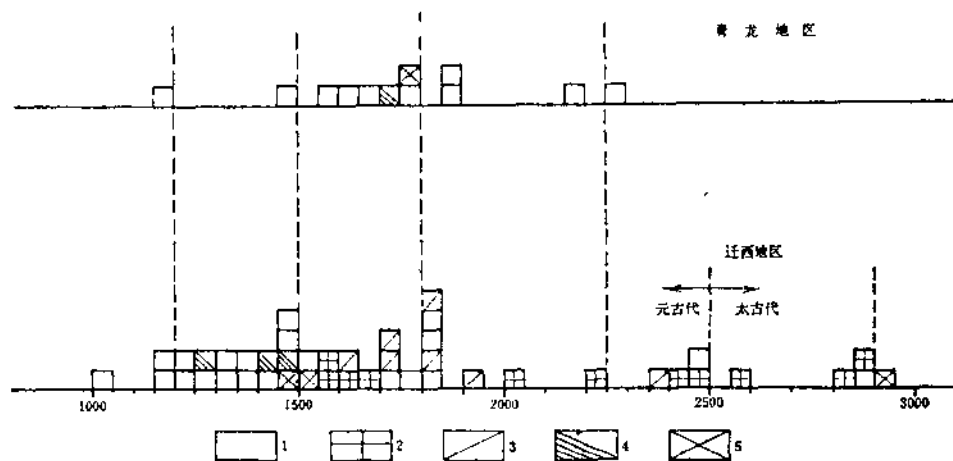


图5 迁西—青龙地区变质岩 K—Ar 年龄值分布频率图

1—全岩；2—辉石；3—黑云母；4—斜长石；5—角闪石

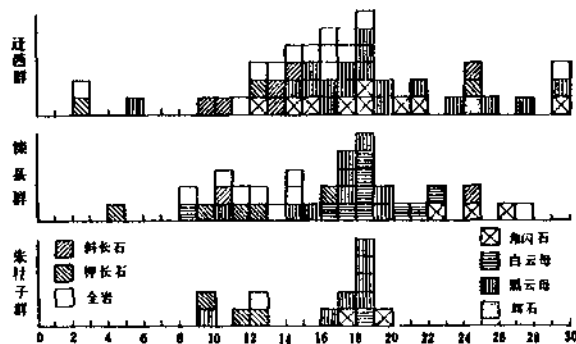


图6 冀东前震旦变质岩系 K—Ar 表面年龄值分布频率图
(据钱祥麟)

花岗岩韧性变形事件，2900Ma 分布范围限于局部地区，目前看来主要在太平寨—白庙地区几处露头，主要由辉石、角闪石及全岩样品测得，反映这期活动的辉石及角闪石年龄大致相同，2200Ma 的峰值较弱，仅在青龙地区获得少量几个数据，说明此期活动不强烈，范围也不广。

上述两个统计图不约而同地相互吻合。统计结果表明，本区前长城纪变质岩分布区出现几次活动高峰值，结合其它方法所获得的结果，可以确定有四期：2900Ma、2500Ma、2200Ma 和 800Ma，其中最强烈活动期为 1800Ma，相当吕梁期的这期活动几乎遍及全区，反映变质基底最后形成阶段的时间。此期变质作用以青龙地区绿片岩相为主。2500Ma 表现较强烈，代表麻粒岩相岩石重结晶或紫苏花

第三节 中生代成岩成矿事件年代学证据

一、火山喷发事件

本区为我国中生代火山岩发育最好地区之一，多期多次喷发形成大量的玄武岩、安山岩、粗面岩、流纹岩和石英粗面岩及其相应成分的火山碎屑岩，时代主要为侏罗—白垩