

山东沂水 杂岩的组成 与地质演化

沈其韩 等著



地质出版社

国家自然科学基金资助项目

山东沂水杂岩的组成 与地质演化

沈其韩 沈 昆 耿元生 徐惠芬 著

1次

地质出版社

· 北 京 ·

2451/06/14

内 容 提 要

该书详细论述了山东沂水地区早前寒武纪基底的组成特征和演化历史。主要包括:阐述了本区麻粒岩地体的组成、原岩性质和形成环境,表壳岩的岩相学、地球化学、变质作用的性质和特点,不同岩石中流体包裹体的特点和演化,表壳岩和花岗岩的同位素年代学,麻粒岩地体的抬升速率和冷却时间及主要地质事件的演化过程。

本书是对沂水地区早前寒武纪变质基底的最新研究成果,资料丰富,观点新颖。可供从事前寒武纪地质和岩石学研究、教学、区域地质调查人员及相关专业研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

山东沂水杂岩的组成与地质演化/沈其韩等著.-北京:地质出版社,2000.6

ISBN 7-116-03049-2

I. 山… II. 沈… III. 花岗岩-太古宙-研究-山东 IV. P588.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第14191号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:江晓庆 赵俊磊

责任校对:王素荣

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:11.875 图版:3页 字数:289000

2000年6月北京第一版·2000年6月北京第一次印刷

印数:1—500册 定价:35.00元

ISBN 7-116-03049-2

P·2108



(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

本专著是在国家自然科学基金面上项目“山东沂水汞丹山地块太古宙麻粒岩相带和地壳演化”研究的基础上,结合其它项目的部分观察结果编写而成的。面上项目(编号为49422137)于1995年1月立项,1995年4月正式启动,1997年12月底野外工作告一段落。总结研究是分阶段进行的。1998年底初步完成主要章节的初稿。1999年第一季度完成余留章节,且对主要章节进行了补充和修改,还增补了图版;第二季度末完成全书的统编和图件的清绘等工作。

该项目的研究内容主要包括:①本区麻粒岩相地体的组成、原岩性质和形成环境;②表壳岩和花岗质岩石的岩相学、地球化学、变质作用、生成热、氧同位素、 pTt 轨迹和变质动力学;③流体包裹体特征;④表壳岩和花岗质岩石的同位素年代学;⑤麻粒岩相地体的抬升速率和冷却时间;⑥太古宙随着时间演化的重大事件。研究工作总体上按计划进行,大部分已经取得了新的进展,有的获得了突破性进展;但限于经费和时间,仍有少部分尚需进一步深入。

该项目的研究成果包括以下10个方面的进展。

1. 在原有1:5万沂水幅和高桥幅地质报告的基础上,补做了大量研究工作,查明并系统描述了沂水1:5万图幅内和高桥1:5万图幅中南部太古宙表壳岩和变质深成花岗质岩石的单元、岩类及其岩石学、矿物学和地球化学特征,有些岩类前人未报道过;论证了它们的系列和演化、原岩性质和形成的地质构造环境,为总结我国太古宙麻粒岩相带特征提供了一个地区详细而较完整的实际资料,为各地区进一步对比打下了坚实的基础。

2. 将前人对本区表壳岩划分为上下两个岩组的方案修改为三个互不叠置的变质岩石组合(简称三个岩组),使之更符合野外实际。

3. 首次获得了沂水岩群中二辉斜长角闪岩的Sm-Nd全岩等时线年龄为 $2997\text{ Ma} \pm 78\text{ Ma}$,雪山岩体中残留表壳岩中的锆石年龄为 2910 Ma ;从而确定了本区主要表壳岩的形成时代属中太古代。这一新认识,不久前也得到了中国地质大学(北京)区调队的证实。他们在1:5万高桥幅南部胡家庄同类岩石中所测Sm-Nd全岩等时线年龄为 $2986\text{ Ma} \pm 36\text{ Ma}$ 。

4. 本区花岗质岩石类型多样,具多期侵入特征,总体上形成一个大的杂岩体。在沂水地区,以马山岩体和雪山岩体为中心,构成一个花岗岩热穹隆。在其中心部位,表壳岩的变质作用以麻粒岩相为主,往东和南,变质作用递减为高角闪岩相。

5. 通过详细的Sm-Nd全岩等时线、单颗粒锆石Pb-Pb年龄、全岩Rb-Sr等时线以及锆石U-Pb一致线等多种方法定年,获得了变质花岗质岩石许多新的数据,结合地质特征的分析,较确切地限定了这些花岗质岩石的形成序列和时代。本区主要的花岗质岩石的形成时代和变质时代均为新太古代,而大山岩体可能为新太古—古元古代。

6. 本区岩石曾遭受过两期区域麻粒岩相变质作用,早期主要是表壳岩经受的区域麻粒岩相变质作用,主变质期为 2800 Ma 左右;晚期麻粒岩相变质作用主要见于变质深成杂岩

体中,主变质期为 2530~2500 Ma。

7. 比较详细地研究了表壳岩和变质深成花岗质岩石中的造岩矿物,如石榴子石、辉石(单斜和斜方辉石)、斜长石、微斜长石、角闪石、黑云母、方柱石、铁堇青石、堇青石等的矿物化学特征;其中,铁堇青石、堇青石和方柱石在本区为首次发现。

8. 对本区的主要表壳岩(二辉)斜长片麻岩、铁英岩、二辉斜长角闪岩、夕线榴黑云钾长(二长)片麻岩、(石榴)黑云变粒岩和变花岗质岩石(马山紫苏花岗闪长岩、蔡峪石榴紫苏花岗闪长岩及其中的伟晶岩脉体、雪山紫苏花岗闪长岩、英灵山英云闪长岩、大山二长花岗岩等)进行了详细的流体包裹体研究。将包裹体的类型划分为五型(I~V型),对包裹体的期次、成分、组合特点以及有关参数、碳氧同位素都做了系统测定。这些工作前人都未做过,填补了空白。

在空间上,沂水幅中部的麻粒岩相岩石以富含 CO_2 流体为主,而边缘角闪岩相岩石(黑云变粒岩)以含富 H_2O 流体为主,它们分别代表了下地壳和中地壳不同的流体体制。总的说来,沂水麻粒岩-紫苏花岗闪长岩地体变质流体演化趋势有一定的规律:接近变质峰期存在着富 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 流体,变质峰期以高密度、接近纯 CO_2 流体为主;在深熔脉体中存在着 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2(-\text{MgCl}_2)$ 不混溶流体。在随后地体抬升的不同阶段,被捕获于岩石中的高密度、富 CO_2 流体受到不同程度的改造,流体密度降低,并因地壳浅部循环的富 H_2O 流体沿岩石裂隙大量流入而与其混合。

9. 通过马山紫苏花岗岩和大山二长花岗岩中单斜辉石形成的环边角闪石和黑云母的激光 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 定年研究,显示抬升退变的年龄为 2200 Ma, 1800 Ma 和 1600 Ma。结合矿物的封闭温度,计算了冷却温度和抬升速率及时间;并提出在 1600 Ma 时这些花岗质岩石尚未完全到达地表,而是在更晚的时候才抬升至地表的。

10. 在综合研究的基础上,提出了本区早前寒武纪主要地质事件的年代框架,从时间演化上探讨了本区早期的地壳演化。

研究工作尚存在一些问题和不足,主要有以下两点。

1. 以往对两幅 1:5 万地质图的花岗质岩石划分标准不统一,而笔者研究的时间和经费又都有限,难以做更详细的野外工作,使划分更合理,分界更清楚。

2. 蔡峪岩体未做同位素年龄测定,大山岩体只做了全岩 Rb-Sr 等时线年龄测定,未做其它方法的同位素定年,从而影响了序列的精确性。

总的来说,本书的出版,将丰富我国早前寒武纪地质的成果,有利于整个华北麻粒岩相带与世界的对比。

本书前言部分以及第一、第六、第九章和主要结论由沈其韩编写,第二、第三、第十章由沈其韩、耿元生编写,第四章由徐惠芬、沈其韩编写,第五章由沈昆编写,第七章由沈其韩、徐惠芬、耿元生编写,第八章由沈其韩、陈文编写。全书由沈其韩、耿元生统编。

本专著中共有插表 61 个,图版 6 面,插图 92 个,文字约 27 万字。

书中全部岩石化学以及大部分稀土元素和微量元素由中国地质科学院岩矿测试技术研究所宋尔良、谭元媛、李宇红、刘以建等分析,部分稀土元素和微量元素由中国科学院高能物理研究所韩松等分析;矿物的电子探针数据分别由北京市测试中心和中国地质科学院矿床地质研究所探针室陈克樵等测定;单颗粒锆石 U-Pb 同位素定年由原地质矿产部同位素开放研究实验室宋彪、杨淳测定;Rb-Sr 全岩等时线年龄由该室陈启桐测定,岩石全岩

Sm-Nd 同位素年龄由该室张宗清、唐索寒测定；岩石的氧同位素由该室的稳定同位素实验室的万德芳测定。书中所有插图均由中国地质科学院地质研究所董效静、宋迎年清绘。对以上单位和个人谨表示衷心的感谢。

目 录

前 言

第一章 区域地质概况	(1)
第一节 区域变质岩系的划分及时代.....	(1)
第二节 区域地质构造轮廓.....	(3)
第三节 岩浆活动.....	(4)
第二章 变质表壳岩的岩石类型、岩相学与地球化学	(5)
第一节 主要岩石类型与岩相学.....	(5)
第二节 主要岩石类型的地球化学特征	(16)
第三章 花岗质片麻岩与花岗质岩类的地质、岩石和地球化学特征	(33)
第一节 地质特征	(33)
第二节 岩体中的包体特征	(35)
第三节 花岗质岩石的类型与岩相学	(39)
第四节 花岗质岩石的地球化学特征	(48)
第五节 花岗质岩石的氧同位素特征	(68)
第六节 紫苏花岗闪长岩的成因讨论——以马山岩体为例	(73)
第四章 矿物和矿物化学	(78)
第一节 石榴子石	(78)
第二节 辉石	(82)
第三节 角闪石	(89)
第四节 黑云母	(94)
第五节 长石	(99)
第六节 其它矿物.....	(102)
第五章 变质流体包裹体特征与流体演化	(103)
第一节 流体包裹体岩相学研究.....	(103)
第二节 流体包裹体显微测量.....	(108)
第三节 测量结果的解释与讨论.....	(117)
第四节 变质流体的来源和演化.....	(124)
第六章 同位素年代学研究	(130)
第一节 表壳岩的同位素年代学.....	(130)
第二节 花岗质岩石的同位素年代学.....	(133)
第七章 变质作用与深熔作用	(143)
第一节 变质作用类型.....	(143)
第二节 变质作用期次.....	(143)

第三节	区域变质过程中的矿物组合与演化·····	(144)
第四节	区域变质作用的温压条件与 p - T 轨迹演化趋势 ·····	(147)
第五节	深熔作用的某些特征·····	(150)
第八章	区域变质岩石的抬升时间阶段和冷却史·····	(152)
第一节	样品的选择·····	(152)
第二节	样品的描述·····	(152)
第三节	^{39}Ar - ^{40}Ar (激光) 法测定方法·····	(153)
第四节	测定结果·····	(154)
第五节	抬升时间、阶段、速率和冷却速率·····	(157)
第九章	变质表壳岩与变质深成岩生成热的初步研究·····	(159)
第一节	样品类型的选择·····	(159)
第二节	K_2O 、Th 和 U 含量的测定与生成热的计算 ·····	(159)
第三节	计算结果与讨论·····	(160)
第十章	区域重大地质事件及其演化·····	(163)
第一节	区域重大地质事件的划分依据·····	(163)
第二节	重大地质事件及其演化·····	(163)
	主要结论·····	(164)
参考文献	·····	(169)
附录 矿物名称符号	·····	(176)
图版说明及图版	·····	(177)

CONTENTS

Introduction

Chapter 1 Regional Geology (1)

1. Division and age of regional metamorphic rock series (1)
2. Regional structure (3)
3. Magmatic activity (4)

Chapter 2 Rock types, Petrography and Geochemistry of metasupercrustal rocks

..... (5)

1. Main rock types and petrography (5)
2. Geochemical characteristics for main rock types (16)

Chapter 3 Geological, Petrographic and Geochemical Characters for Granitic

Gneisses and Granitic rocks (33)

1. Geological characteristics (33)
2. The characters of enclaves in the granitic bodies (35)
3. Rock type and petrography of the granitic rocks (39)
4. Geochemical characters of the granitic rocks (48)
5. O isotope characteristics of the granitic rocks (68)
6. Petrogenesis discussion (Mashan hypersthene granodiorite as an example) ... (73)

Chapter 4 Mineral Chemistry of rocks (78)

1. Garnets (78)
2. Pyroxene (82)
3. Hornblendes (89)
4. Biotites (94)
5. Feldspars (99)
6. Other minerals (102)

Chapter 5 Characteristics of the Fluid Inclusions and Fluid Evolution (103)

1. Petrography of the fluid inclusions (103)
2. Microthermometry of the fluid inclusions (108)
3. Interpretation and discussion for measured results (117)
4. Source and evolution of the fluid inclusions (124)

Chapter 6 Study on Evolution Isotopic Chronology (130)

1. Isotopic chronology of super crustal rocks (130)
2. Isotopic chronology of metagranitic rocks (133)

Chapter 7 Metamorphism and Anatexis (143)

1. The types of metamorphism (143)

2. The epoches of metamorphism	(143)
3. Mineral assemblages and evolution of each epoch of the regional metamorphism	(144)
4. p - T conditions and p - T - t evolution of regional metamorphism	(147)
5. Some characteristics of anatexis	(150)
Chapter 8 Cooling, Uplift Rate and Histories of Regional Metamorphic Rocks	(152)
1. Sampling	(152)
2. Sample description	(152)
3. Method of the laser microprobe ^{40}Ar - ^{39}Ar ages	(153)
4. The determined results	(154)
5. Uplift age, stage, rate and cooling rate	(157)
Chapter 9 Preliminary Study on Radio Heat Production of Metamorphic Rocks and Granitic Rocks	(159)
1. Sampling (Choosing samples)	(159)
2. Determination of K_2O , Th and U, and Calculation of heat production	(159)
3. Discussion on the determination results	(160)
Chapter 10 Regional Major Geological Events and Their Evolution	(163)
1. Division of regional major geological events	(163)
2. Major geological events and Their evolution	(163)
Main Conclusion	(164)
References	(169)
Plates and Explanations	(177)

第一章 区域地质概况

第一节 区域变质岩系的划分及时代

本区变质表壳岩是汞丹山地块的主要组成之一。1:5万沂水幅地质图资料将这些表壳岩统称为沂水群,笔者改称沂水岩群。沂水幅地质报告中按岩性将该岩群由下而上划分为石山官庄组和林家官庄组两个岩组,各岩组再细分出若干岩段。通过详细研究发现,这些表壳岩都呈不规则条带状、透镜体状、团块状等被包于各种花岗质岩体中,且界线清楚。其主体产状呈近NE走向,平均为NE60°左右,倾向SE,倾角40°~60°;至沂水图幅北部走向逐渐转为近EW向,局部见有褶皱,产状有一定变化。总的来说,岩层未因岩浆侵位而遭受到大的扰动,但各个条带和透镜体之间,未见有连续的地层叠置关系,因此难以按地层叠置律进行地层层序的划分,只能根据这些变质表壳岩的岩石类型、岩石组合和分布特征,划分为三个变质岩石组合,简称岩组;这样更符合客观实际,也便于对比和应用。

三个变质岩石组合(或岩组)如下。

1. 石山官庄麻粒岩-片麻岩组合

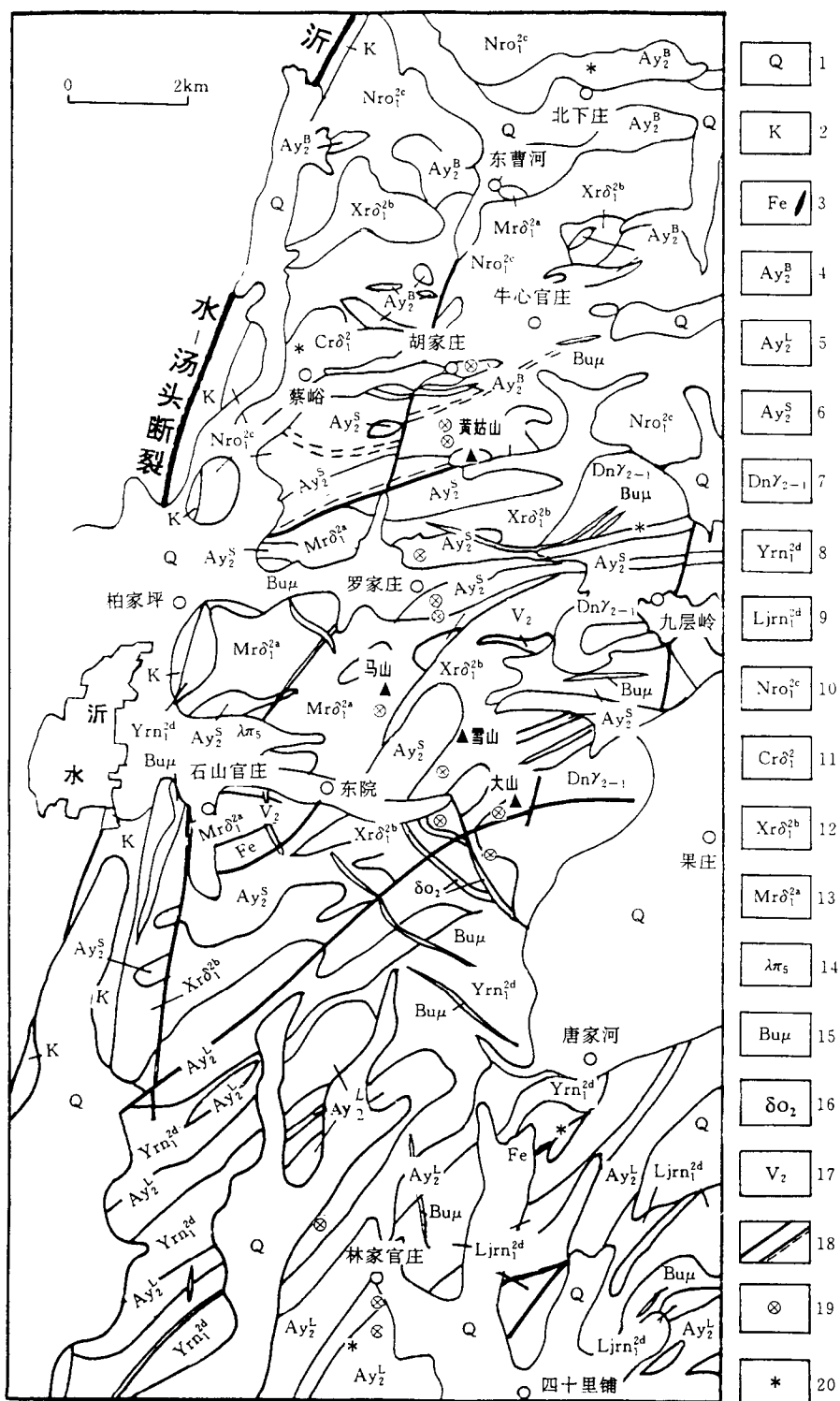
该组合主要分布于沂水图幅的中一北部和高桥幅的南部,多见于以石山官庄、羊圈、蔡峪、胡家庄为中心的范围,以黑云二辉斜长片麻岩、暗色和浅色斜长麻粒岩为主,夹有少量二辉石岩(超镁铁质岩)、透辉石岩和辉石铁英岩等。岩性组合相当于原称的石山官庄组。

2. 林家官庄二辉斜长角闪岩-(石榴)透辉斜长角闪岩-二辉斜长麻粒岩组合

在北部,该组合主要分布于九层岭一带;在南部,主要分布于林家官庄之南。九层岭一带的岩石组合与前一组合大致在同一走向线上,可能属于同一层位,但岩性组合有所不同;林家官庄以南的岩石组合大致相当于原称林家官庄岩组的下部岩段。本岩石组合中有时夹有少量黑云二辉斜长片麻岩岩层。

3. 北下庄(石榴)斜长角闪岩-(石榴)黑云变粒岩为主夹少量角闪变粒岩、黑云石榴夕线钾长片麻岩组合

在北部,该组合主要见于高桥幅的王家上庄、北下庄南北一线,地表露头不好,多在北下庄村北采坑中见到;除斜长角闪岩和石榴黑云变粒岩外,还有较多石榴夕线钾长片麻岩伴生。南部,主要见于连家湖一苍子坡一线(相当于原图幅中的林家官庄组的第二段),总体露头不好,出露的地层很不完整。在唐家河南的冲沟中以及北张家庄公路西的东西向水沟边均可见到风化的小块露头;在后者宽约100余米的露头中,由东向西见有斜长角闪岩、角闪变粒岩、黑云变粒岩夹2~3层斜长角闪岩,其中被许多花岗质脉体穿插,其西部则被黑云石榴花岗质岩石侵入。在吴家沟一刘家沟以及四十里铺东南,露头均不好,花岗质脉体更加发育,仅见到少量黑云斜长片麻岩等表壳岩,前人将其归入混合岩类。



上述各岩石组合的确切厚度, 由于褶皱和缺失已难以估计。

关于变质表壳岩的形成时代, 可由前两个岩石组合中的全岩 Sm-Nd 同位素年龄 (分别为 $2997 \text{ Ma} \pm 78 \text{ Ma}$ 和 $2986 \text{ Ma} \pm 36 \text{ Ma}$) 以及雪山岩体中一组单颗粒锆石蒸发年龄 (2910 Ma) (沈其韩等, 1997) 来确定, 即相当于中太古代 (详细论述见第六章)。

第二节 区域地质构造轮廓

本区汞丹山地块位于华北陆台的东南部, 也就是鲁西新太古代变质绿岩带东缘的沂水-沭水断裂带内; 出露面积仅几百平方公里, 主要由中太古代的变质岩和新太古代的变质深成岩和古元古代的花岗质岩石组成。变质表壳岩, 如前节所述, 可分为三个变质岩石组合, 变质程度达高角闪岩相至麻粒岩相, 其分布有一定的规律性。麻粒岩相岩石的分布区, 南部位于严家官庄—陈庄子一线以北, 北部大体上位于东槽河庄以南。从麻粒岩相岩石分布区的边部往北和往南, 渐变为角闪麻粒岩相至高角闪岩相。麻粒岩相岩石分布的中心大致位于石山官庄—马山—雪山和罗家庄—羊圈一带, 且被各种紫苏花岗岩-花岗闪长岩等变质深成岩侵入, 形成一个片麻岩-变质深成岩热穹隆; 由该穹隆向北、向南和向东, 热流逐渐降低。变质表壳岩大都在紫苏花岗质岩石中呈条状、透镜状包裹体产出, 另有少部分集中于穹隆的边缘地带, 形成复式背向斜。如在石山官庄以东, 以马山紫苏花岗岩为中心组成的小楔形穹隆, 其四周由麻粒岩-片麻岩等变质岩石组成不对称的倒转复式背斜, 褶皱枢纽走向近 EW, 东端岩层片麻理转为 SN 向, 倾向 E。南翼岩层走向为 NE, 倾向 SE 67° ; 北翼岩层倒转, 走向为 NW, 向南作 45° 倾斜。在毛家窑—东院—马山—罗家庄—荣福山范围内, 以马山岩体为主组成另一较大穹隆, 其周围的变质岩石组合的褶皱构造特征不明显。

据苏尚国等 (1997) 研究, 九层岭一带残留在花岗质岩石中的变质岩层, 组成一个复式向斜, 轴面产状为 $100^\circ \angle 65^\circ$; 林家官庄一带二辉斜长角闪岩组成另一向斜, 轴面产状为 $145^\circ \sim 155^\circ \angle 60^\circ$; 北下庄一带的变质岩组成的向斜, 其轴面产状为 $15^\circ \angle 65^\circ$ 。

小型褶皱构造的形态比较复杂, 按其先后关系可分出四期: F_1 为尖棱褶皱至紧密同斜褶皱, 见于在高桥幅胡家庄角闪二辉斜长麻粒岩 (图版 I 之 2) 和羊圈二辉斜长片麻岩中 (图版 I 之 3), 在大山岩体中包裹的二辉斜长麻粒岩中也有发现; F_2 以平卧褶皱为主; F_3 为宽缓褶皱; F_4 为剪切带型平卧推覆褶皱。

区内韧性剪切带十分发育, 例如大梨行村北东方向的呈 NE 走向延展的剪切带, 向西倾斜, 倾角大于 30° , 2300 Ma 时形成的二长花岗岩明显被改造成千糜-糜棱岩, 表明这些剪切带至少发生于古元古代, 甚至更晚。

晚期脆性断裂, 有 NW 向的, 有近 SN 向的和 NE 向的, 见图 1-1。

图 1-1 沂水地区地质略图

1—砂质黄土、含砾亚砂土粉砂粘土、砂砾等; 2—砾岩、砂砾岩、泥质粉砂岩、凝灰质砾岩、火山角砾岩等; 3—铁硅质建造; 4—北下庄变质岩石组合; 5—林家官庄变质岩石组合; 6—石山官庄变质岩石组合; 7—大山中粒二长花岗岩; 8—英灵山中粗粒奥长花岗岩; 9—林家官庄中粗粒奥长花岗岩; 10—牛心官庄中细粒奥长花岗岩—二长花岗岩; 11—蔡峪中粒紫苏花岗闪长岩; 12—雪山中粒紫苏花岗闪长岩; 13—马山中粒二辉花岗闪长岩-花岗岩; 14—霏细斑岩脉; 15—辉绿岩脉; 16—石英闪长岩脉; 17—辉长岩; 18—断层和韧性剪切带; 19—同位素年龄取样位置; 20—流体包裹体取样位置

第三节 岩 浆 活 动

在 1:5 万沂水幅和高桥幅的研究区内 (图 1-1), 太古宙的花岗质岩浆活动十分发育, 并有少部分的古元古代的岩浆活动。二者形成的花岗岩占研究区面积的 70%~80%, 且大多数经历了麻粒岩相到高角闪岩相的变质改造, 表明本区的花岗质岩浆侵位主要发生在区域变质作用之前。大部分变质深成岩体与变质表壳岩系共同组成汞丹山地块。这些花岗质岩石呈多期先后侵入特点, 但时间间隔不长, 总体上形成一个太古宙包括古元古代的大杂岩体, 形成片麻岩-花岗岩穹隆。

在沂水图幅内, 以石山官庄—东院—马山—罗家庄—荣福山为中心, 出露的以紫苏奥长花岗岩-紫苏花岗闪长岩为主的马山岩体, 其时代为 2706 Ma。向外依次见有以紫苏花岗闪长岩-紫苏花岗岩为主的雪山岩体 (时代为 2531 Ma) 和以二长花岗岩和钾质花岗岩为主的大山岩体 (侵入时代为 2490 Ma); 后者呈半环状分布于雪山岩体的外侧。马山岩体和雪山岩体已明显遭受到麻粒岩相变质, 而大山岩体则基本未遭受麻粒岩相变质, 仅遭受到角闪岩相变质。以英云闪长岩为主的英灵山岩体和林家官庄岩体, 主要呈 NE 向条状分布, 前者见于安子沟和大尧以南, 同位素年龄为 2493 Ma (锆石 U-Pb); 后者出露于胡家马庄—林家官庄—唐家河一线以南 (图 1-1)。

在高桥幅的南部, 马山岩体和雪山岩体多呈大小不一的不规则体, 零星分布于牛心官庄岩体之中。以石榴紫苏花岗闪长岩为主的蔡峪岩体呈 $3.5 \times 0.5 \sim 1 \text{ km}^2$ 大小的透镜体, 部分则侵入到变质表壳岩中。高桥幅中的二长花岗岩与沂水图幅中的大山岩体和雪山岩体, 因划分标准不一, 图 1-1 中的界线带有一定的推断性。

各岩体中均有相伴随的伟晶花岗岩或伟晶岩脉穿插; 另见有脉状的石英闪长岩和斜长花岗岩以及辉绿岩的侵入, 时代可能属中元古代。显生宙则有多期脉岩侵入, 不再详述。

第二章 变质表壳岩的岩石类型、岩相学与地球化学

第一节 主要岩石类型与岩相学

研究区内出露的变质表壳岩的岩石类型较多,计有:①黑云变粒岩类;②片麻岩类;③斜长角闪岩类;④角闪变粒岩类;⑤麻粒岩类;⑥二辉石岩类;⑦透辉石岩类;⑧铁英岩类;⑨石榴子石岩类等共九大类。其中,以②、③、④三类最多,①、⑤、⑦、⑧类次之,⑨类很少,分布局限。

一、黑云变粒岩类 (YS95-7, YS95-26, YS95-27)

该类岩石主要见于1:5万高桥幅中部北下庄村一带和沂水幅的唐家河以南地区,大都出露于冲沟和人工土坑中。由于大部分地表被第四系覆盖或被花岗质岩石所占据,岩石主要呈残留体状,层序关系不清。

在北下庄村北石坑中所见的黑云变粒岩包括黑云二长变粒岩、石榴黑云变粒岩和含黑云母变粒岩多种亚类,它们常与黑云石榴夕线钾长片麻岩伴生。岩石呈灰色,细粒,略具片状,有时见有团块状重熔花岗质脉体切穿,与围岩界线不清。黑云二长变粒岩的组成矿物以黑云母、斜长石和微斜长石为主,另有少量石英。黑云母呈不规则片状(长0.15~1.5 mm),顺片理排列,具多色性: N_p 呈黄绿色, N_g 呈棕色,少部分已绿泥石化。斜长石主要为奥长石,粒状,大部分具细而整齐清晰的钠长石双晶纹,少部分不清晰,部分已绢云母化;晶体中有时包有蚀变的小黑云母片。微斜长石呈粒状,粒度为0.2~0.8 mm,十字双晶纹发育,晶体中有石英小粒。副矿物主要为少量磁铁矿微粒和帘石。

在北张家庄路西东西向冲沟边见有40~50 m的黑云变粒岩,其下部有较厚的斜长角闪岩和角闪变粒岩,接触界线平直。在黑云变粒岩中还见有2~3层薄层的斜长角闪岩,上部与石榴子石花岗岩接触。黑云变粒岩中有较多顺层脉状以及紧密揉皱的花岗质脉体。岩石风化后呈黄褐色土状,不易采取标本。

在唐家河村南河边所见的黑云变粒岩,普遍含石榴子石,无钾长石,应属石榴黑云变粒岩(YS95-26);岩层中有许多白色平行的含石榴子石长英脉穿入。石榴子石呈玫瑰色,圆粒状,粒度为2~4.5 mm,脉的边部黑云母增多。

石榴黑云变粒岩在镜下呈粒状变晶结构,片状构造,组成矿物主要有斜长石、石英、石榴子石和黑云母;副矿物有少量锆石和磁铁矿。斜长石呈不规则粒状(粒度为0.6~1.2 mm)且新鲜,部分微显绢云母化,大都具有细的钠长石或(和)肖钠长石双晶,有的微绢云母化。石英呈不规则粒状,粒度大多介于0.1与0.5 mm之间,少部分可达0.6~0.8 mm。黑云母片长0.4~0.8 mm,大部分顺着片理排列, N_g 呈红棕色, N_p 呈浅棕黄色。石榴子石呈不规则粒状集合体,肉眼所见呈粉色,镜下全消光,晶体中包有粒状石英,薄片中间偶

见次生的方解石和白云母。

二、片麻岩类

该类岩石可分为斜长片麻岩和钾长片麻岩两个亚类。

(一) 斜长片麻岩亚类

由于组成岩石的矿物种类不同,该亚类又可分为:①黑云(角闪)二辉斜长(二长)片麻岩(YS97-10)和石榴黑云二辉斜长片麻岩(YS96-20 a);②黑云透辉斜长片麻岩(YS97-11);③(透辉)角闪斜长片麻岩(YS95103,YS95-25)。它们是沂水岩群中麻粒岩-片麻岩变质岩石组合的主要组成岩石,也是原称石山官庄组的主要组成岩石,主要分布于羊圈和石山官庄以及蔡峪一带,常与二辉斜长麻粒岩组成互层。

1. 黑云(角闪)二辉斜长片麻岩(YS97-10)(图版 I 之 6)

该岩石呈褐灰色,细粒一中粒,具片麻状构造,暗色矿物和浅色矿物沿片理分带明显。组成矿物以斜长石、辉石和石英为主,黑云母次之,角闪石、钾长石和磁铁矿少量。据四个薄片矿物体积百分含量统计,斜长石含量变化于 31.66%~53.52%之间,平均为 40.18%;紫苏辉石含量变化于 13.07%~21.06%之间,平均含量为 15.50%;透辉石含量变化于 7.10%~11.92%之间,平均含量为 10.14%;石英含量变化于 7.05%~23.20%之间,平均含量为 16.78%;黑云母含量变化于 7.49%~16.67%之间,平均含量为 11.36%;钾长石的含量变化于 0.59%~9.19%之间,平均含量为 3.99%(样品数 $n=2$);普通角闪石含量变化于 0.44%~1.15%之间,平均含量为 0.70%(样品数 $n=3$);磁(钛)铁含量变化于 0.98%~2.96%之间,平均含量为 2.19%($n=3$)。在石山官庄东部位于倒转背斜核部的同类岩石还含有方柱石;有的岩石中见有不均匀分布的石榴子石,成为石榴二辉斜长片麻岩。

岩石中斜长石呈粒状,粒度为 0.4~0.6 mm,以中、奥长石为主,较早期的 $An=48\sim 52$,稍晚的 $An=28$ 左右,最晚的钠长石(量少) $An<10$;沿片理方向呈定向排列,有的具钠长石双晶纹,有的斜长石中发育以钠长石为片晶的条纹长石。石英以它形粒状为主,显示强烈波状消光,发育两组近于垂直的变形纹,其方向分别平行和垂直片麻理。前者接近高温组构,后者趋向于低温组构,滑移方向近于平行 S 面。石英集合体常沿片麻理呈条带状分布。此外,尚有少量呈蠕状石英分布在斜长石边部。紫苏辉石呈粒状,常聚集为条带,条带方向平行片麻理;部分还有出溶条纹,垂直片麻理方向排列,强烈波状消光,发育膝折构造。透辉石呈粒状,粒度为 1~3 mm,可单独聚集成条带状, $c \wedge N_g = 41^\circ$,除含有角闪石出溶晶片外,尚见有被包裹的定向排列的不规则状角闪石,与透辉石同时消光。有的透辉石边部被蓝绿色的角闪石包围(环带宽 0.1~2 mm)。此种角闪石具多色性: N_p 呈浅绿色, N_g 呈浅蓝绿色, $c \wedge N_g = 18^\circ \sim 20^\circ$ 。黑云母呈片状,多色性明显, N_p 呈淡黄色, N_g 呈棕红色;从晶体生长关系判断具多期成因,多数穿切其它镁铁矿物。钾长石一般呈粒状,多数显示格子状双晶。

2. 黑云透辉斜长片麻岩(YS97-11)(图版 III 之 3)

该岩石主要见于羊圈北沟采石坑,颜色为黑灰绿色,细粒块状,镜下呈不等粒花岗变晶结构,片麻状构造;组成矿物以斜长石、透辉石和石英为主,黑云母次之。斜长石呈长条粒状,大小为 0.4~0.8 mm,部分粒度更细,为 0.2~0.4 mm。其长轴大致顺片麻理排列,已微绢云母化,一般不显示钠长石双晶纹。石英呈不规则小粒至小椭圆状,分布于斜

长石晶体之间。透辉石呈规则至不规则粒状，无色， $c \wedge N_g = 34^\circ$ 。黑云母呈细长片状，长者可达 0.8 mm，具多色性： N_p 呈橙黄色， N_g 呈红棕色。副矿物主要为磁铁矿。

3. (透辉)角闪斜长片麻岩 (YS95103, YS95-25)

该岩石主要见于果庄西和安庄等地。在果庄西所见，岩石主要呈团块状包于大山花岗岩质岩石中。岩石 (YS95103) 呈黑绿色并带杂色，块状并具片状构造。组成矿物以普通角闪石、斜长石和透辉石为主，黑云母次之。普通角闪石呈柱状至粒状，且以柱状为主，大小一般为 1~3 mm，大者可达 2 mm×3 mm；干涉色比一般普通角闪石低， $c \wedge N_g = 15^\circ \sim 20^\circ$ ；具多色性： N_p 呈浅黄绿色， N_g 呈蓝绿色。斜长石呈粒状，粒度为 1~2 mm，风化后呈肉红色；在镜下见有部分分布不均匀的钠长石双晶纹和两组互相垂直的复杂双晶；部分钠长石双晶已微显弯曲，晶体中常见有细针状磷灰石。透辉石呈浅绿色的粒状和粒状集合体，其形成似稍早于普通角闪石。透辉石和黑云母的光性与“黑云斜长片麻岩”部分所述相同。

产于安庄的岩石 (YS95-25) 呈灰色，中粒 (粒度 2~3 mm)，显片麻状；主要由黑绿色柱状角闪石和肉红色长条状斜长石组成。前者大的可达 3~5 mm，镜下呈柱粒状变晶结构，组成矿物如前述，副矿物主要有榍石、绿帘石、磷灰石和磁铁矿等。普通角闪石和斜长石的含量近乎相等。斜长石部分具钠长石双晶纹，个别具肖钠长石双晶，沿解理微绢云母化。普通角闪石具多色性： N_p 呈浅黄绿色， N_g 呈绿—蓝绿， N_m 呈棕绿， $c \wedge N_g = 16^\circ \sim 18^\circ$ ；个别显示与 010 解理斜交的双晶纹。角闪石晶体中常有磁铁矿伴生。黑云母呈片状，长 0.3~0.4 mm，片的长轴平行片麻理，形成稍晚；具多色性： N_p 呈浅黄色， N_g 呈火黄色。

(二) 钾长片麻岩亚类 (YS9508, YS9512, YS9513, YS9616a, YS97-24)

该亚类主要见于王家上庄、北下庄一带。据苏尚国等 (1993) 研究，在蔡峪石榴紫苏花岗闪长岩中此亚类有呈包裹体产出的。这种岩石常与石榴黑云变粒岩 (有的含石榴子石)、斜长角闪岩及少量铁英岩等组成沂水岩群的另一种变质岩石组合，层位可能偏上。由这种岩石组合构成的岩带，在 1:5 万高桥图幅中呈东西向分布，东西断续延长约 2 km 多，宽约 300 余米，大部分被第四系覆盖，露头很差，仅能在石坑中见到；四周已被大片牛心官庄岩体所包围。由于组成矿物含量的差别，可细分出石榴夕线钾长片麻岩、黑云夕线钾长 (或二长) 片麻岩和黑云钾长夕线片麻岩等 (图版 IV 之 1 和 2)；但总的岩性相近，故综合进行描述。

该亚类岩石呈灰—灰白色，细粒，片状至片麻状构造。组成岩石的主矿物为石榴子石 (0%~15%)、夕线石 (10%~15%)、微斜长石 (15%~30%)、斜长石 (一般很少，个别可达 30%) (苏尚国等, 1997; 顾德林等, 1997)、石英 (30%左右)，有的岩石中还有一定量的黑云母和少量尖晶石；副矿物以磁铁矿、磷灰石和锆石为代表。岩石中偶见顺层或斜切片麻理的小条肉红色长英质脉体，由微斜长石和石英组成，有时伴生石榴子石 (图版 IV 之 1 和 2)。

石榴子石呈红褐色—玫瑰色的不规则小粒状，镜下无色，全消光。夕线石为细小柱状晶体或聚合成条带或透镜状，顺片麻理稀疏或密集排列。条状体，长的可达 4~5 mm，最长的可达 3~4 cm，短的为 0.5~1.5 mm，有的显示弯曲和波状起伏。每个条带的间隔约为 1~3 mm。晶体具平行消光，干涉色为二级蓝紫，突起高，正延性。微斜长石呈新鲜的粒状，粒度为 0.4~1.4 mm，1 mm 以下的较多，大都具十字双晶纹，少部分具波状消光。斜长石含量少，不具双晶纹。石英常呈粒状，粒度为 0.1~0.5 mm，与微斜长石具有不同的分层