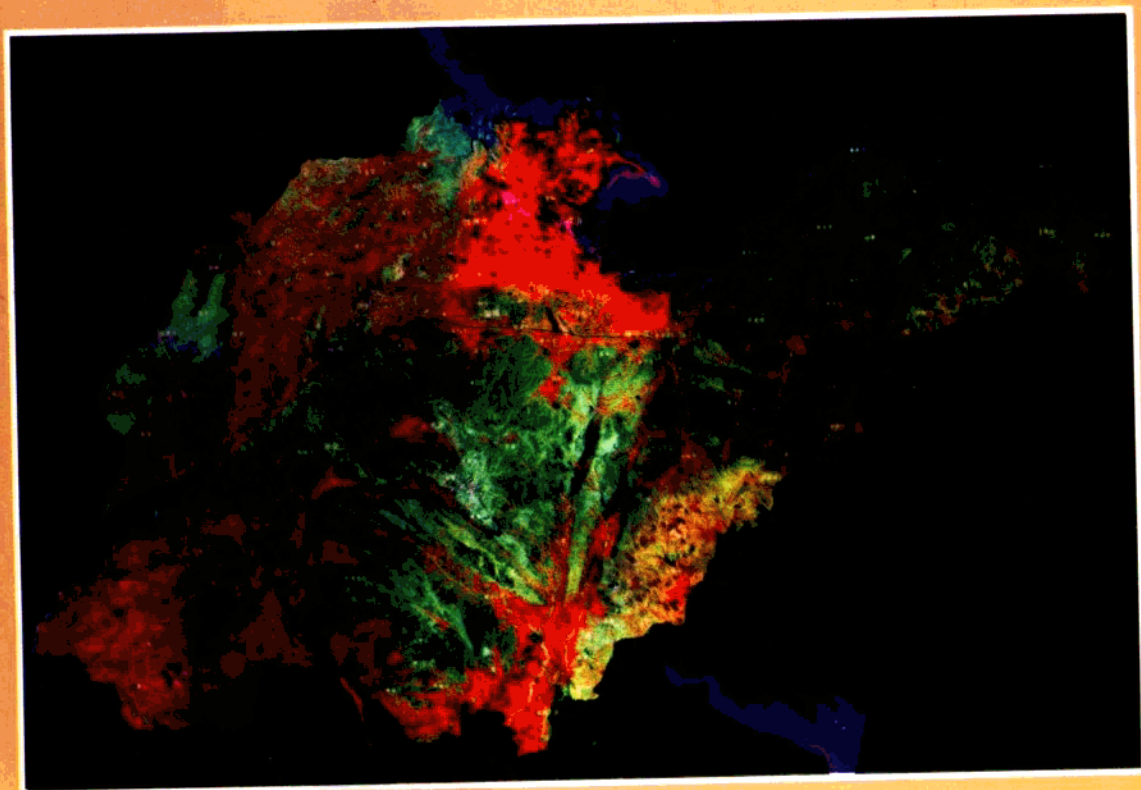




庆祝第30届国际地质大会召开

山东地质矿产研究文集

山东省地质矿产局 主编



山东科学技术出版社

前 言

山东省域居于华北陆块的东南缘与扬子陆块相接地带,地质构造独具特色,矿产资源丰富,学术研究价值与经济价值兼备,历来为世人瞩目。

随着科学技术进步和学科间相互交叉、渗透,促进了山东地质矿产研究工作的进展。在山东省地质矿产局广大地质工作者的反复实践和不断总结的基础上,多年来积累了大量的地质矿产研究成果,这里仅从其中选取部分成果汇集成《山东地质矿产研究文集》,献给读者。

《文集》编入了反映山东基础地质、经济地质和环境地质等方面的文章,其中有关于山东早前寒武纪稳定区的地层学、岩石学和地壳演化方面的论述;有对将山东地质结构分割为东西两部分的沂沭断裂带(郯庐断裂带中段)、中生代活动区火山-沉积建造以及对处于华北和扬子两大陆地之间的胶南-文威造山带(秦岭-大别造山带的东延部分)等的基础地质研究成果。有对产生巨大经济效益的焦家式金矿和归来庄金矿及运用地质-地球物理-地球化学综合手段建立的焦家式金矿找矿模型等的系统研究总结以及非金属矿产开发利用方面的文章。在环境地质方面,选编了山东有关地区地下水运移规律、地下水增源增采及调控、地下水开发的资源环境效益分析及济南保泉供水等成果,同时还有地学新的研究和服务领域——地学与农学、医学交叉的边缘学科方面的地质-地球化学环境对农作物及人体健康影响的探索性文章。

《文集》的选编,贯彻了“百花齐放、百家争鸣”的方针。在客观地反映地质事实的基础上,提倡各抒己见,著文成说,故《文集》中选录了不同学术观点的论文,以期引起争鸣,促进山东地学研究的进展。此外,注重了选取对新领域、跨学科的探索性的及综合找矿方法和矿产资源合理开发利用等方面的文章,旨在推动学科发展,扩展研究领域,引导山东地学工作者,在注重学习和掌握新的地质学理论和地质科研实践的同时,也要注重地质科研工作的社会效益和经济效益,在工作实践和科研实践中紧密与经济相结合,使地学工作在改革大潮中跟上时代的步伐。

山东地质矿产研究成果的取得和研究水平的提高,是通过广大地学科技工作者的实践——认识——再实践——再认识无数次循环反复的过程才得以实现的。广大地学工作者在长期的工作中逐步积累实践经验和不断充实完善理论认识,为此付出了艰辛的劳动。山东省地质矿产局广大地质工作者会在今后的工作实践中付出更大的努力,取得更大的成绩,做出更大的贡献!

《山东地质矿产研究文集》出版恰逢第30届国际地质大会召开,仅以此书表示庆贺!

PREFACE

Situated in the contact between the north China and the Yangtze blocks continental Shandong province is characterized by its unique geological structures that has attracted much attention from the people all over the world for a long time.

With the rapid development of science and technology and its mutual infiltration, and on the basis of repeated practice and detailed investigations by the geologists in Shandong Bureau of Geology and Mineral Resources(SBGMR)in many years, a great deal of achievements have been accumulated; some of them are compiled in this collection of papers to dedicate to our readers.

The papers in this collection cover basic geology, such as economic geology and environmental geology, the discussion on the old basement of Shandong and the related crustal evolution; the research achievements of basic geological researches, such as those on the Yishu fault zone, (the middle segment of the Tancheng-Lujiang fault zone)which divides Shandong province into the east and west parts, and on the Jiaonan-Wenwei orogenic belt(the east extension of the Qinling Dabie orogenic belt)between the North China and the Yangtze blocks; the systematic studies and summaries of the gold deposits of the Jiaojia type and the Guilaizhuang type which have brought about great economic benefits and the prospecting models established by means of comprehensive geological geophysical geochemical technique; the development and exploitation of nonmetal minerals; the expounding of the environmental geology, especially of movement, resource augmenting, extended exploitation and adjustment of groundwater;and finally the exploration of the effects and of the geological new field of research and service in the combination of earth, agricultural and medical sciences.

The collection follows the policy of "let a hundred flowers blossom and a hundred schools of thoughts content", that is, everyone can express his own opinions and write papers on the basis of reflecting objectively the geological phenomena. Therefore, a number of papers with different academic viewpoints are selected deliberately, which, as is anticipated will probably arouse more discussions and contentions. An attention is also paid to selecting the articles of probing into the new fields or involving different branches of learning and those which introduce the prospecting and exploration methods with advanced technology and describe the proper use of mineral resources. The aim is to promote the development of earth sciences, to extend the research areas, to guide the researchers of earth sciences to raise the level of theories while to take into account of social economic benefits and to link closely their working practice and scientific research with the economy so that the work in

earth sciences can keep path with times in the tide of reformation.

The attainment of achievements in geology and mineral resources and the rise of research level are realized through the course of practice—summary—repractice—resummary by vast numbers of scientists and technicians. The mass of earth science workers continuously enrich their practical experience and improve their theoretical knowledge during their long time of hard work. It is hoped ardently that the mass of earth science workers in SBGMR will make more progress and contributions to the socialist course in the future.

The collection of papers which is published just before the convening of the 30th International Geological Congress is dedicated to it.

目 录

基础地质

鲁西山区早前寒武纪地壳演化再探讨·····	曹国权 (1)
鲁西中太古代表壳岩系——沂水岩群·····	崔炳富 程志忠 (14)
鲁西太古宙绿岩带地质特征·····	马云顺 (22)
山东中生代沉积建造与沂沭断裂带活动的关系·····	刘明渭 (33)
鲁东榴辉岩的形成与演化·····	王来明 宋明春 刘贵章 房德庆 张希道 刘瑞国 (39)
胶南-文威碰撞造山带及其演化过程·····	宋明春 王来明 张京信 李远友 宋家军 (51)
胶南地体超高压变质带榴辉岩及围岩中变质流体特征和地质意义·····	沈 昆 徐惠芬 杨天南 许志琴 (62)
山东花岗岩类中的岩石包体·····	徐金芳 (81)
莒南深层次构造岩中同构造矿物变形特征·····	张希道 宋明春 (91)
郯庐断裂带中南段地球物理特征及地质解释·····	王兴昌 黄太岭 (99)

经济地质

胶东地区内生金矿的矿床类型及其构造控制与分布规律·····	李宏骥 (110)
焦家式金矿地质特征·····	常乃焕 (117)
山东金矿新类型——归来庄金矿床·····	于学峰 (129)
胶东金矿的氢氧同位素地球化学特征·····	王炳成 徐金芳 郑文深 张理刚 陈振胜 刘敬秀 (141)
山东含金刚石金伯利岩标型矿物特征·····	任喜荣 (153)
山东膨润土矿物特征及应用专属性·····	赵云杰 魏 健 (162)
山东矿物饲料应用研究·····	王 虹 石玉臣 (171)
胶东破碎带蚀变岩型金矿床的地质-地球物理-地球化学模型及评价指标研究·····	顾留成 万国普 段林祥 (178)
高精度磁测在焦家式金矿勘查中的应用效果·····	肖靠岳 万国普 杨茂森 黄太岭 (194)

环境地质

山东地质环境与人体和农作物相关性讨论·····	张天祯 苗 喜 曹洪松 王 虹 程洪钊 唐孟武 杨 刚 游文澄 (206)
山东双村岩溶水系统地下水地表水联合调度研究·····	吴爱民 陆书南 (217)

山东羊庄岩溶水系统水资源及增源增采最佳开发研究	李传谟	康凤新 (224)
鲁西北平原浅层地下水开发的资源环境效应分析	徐军祥	(234)
济南保泉供水研究	李铁锡	邢立亭 (242)
青岛大沽河地下水库及其调蓄调控研究	凌伯继	李 壮 (254)

CONTENTS

Basic Geology

- A Re—discussion on the Early Precambrian Crustal Evolution in Western Shandong
..... *Cao Guoquan* (13)
- Middle Archean Supercrystal Rocks in Western Shandong—The Yishui Group
..... *Cui Bingfu and Cheng Zhizhong* (21)
- Geological Characteristics of the Archean Greenstone Belt in Western Shandong
..... *Ma Yunshun* (32)
- The Relationship between the Mesozoic Sedimentary Formation and the Yishu
Fault Activity in Shandong Province *Liu Mingwei* (37)
- Formation and Evolution of the Eclogites in Eastern Shandong *Wang Laiming*,
Song Mingchun, *Liu Guizhang*, *Fang Deqing*, *Zhang Xidao and Liu Ruigao* (50)
- The Collisional Orogen in Jiaonan-Wenwei Region in Shandong Province
Song Mingchun, *Wang Laiming*, *Zhan Jingxin*, *Li Yuanyou and Song Jiajun* (61)
- Characteristics of Metamorphic Fluids in the Eclogites and Its Countryrocks from the
Ultrahigh—Pressure Metamorphic Belt in Jiaonan Terrain, Shandong
..... *Shen Kun*, *Xu hui fen*, *Yang Tianman and Xu Zhiqing* (80)
- On the Enclaves in Granitoids of Shandong Province *Xu Jinfang* (90)
- A Study on the Deep—level Tectonites on Junan Area of Southeastern Shandong
..... *Zhang Xidao and Song Mingchun* (97)
- A Discussion on the Geological-structural Features of the Middle-Southern Segment
of Tancheng-Lujiang Fracture Zone According to the Geophysical Fields
..... *Wang Xingchang and Huang Tailing* (109)

Economic Geology

- Types of Endogenetic Gold deposits, Its Structural Control and Distribution in
the Jiaodong (eastern Shandong) Region *Li Hongji* (116)
- The Geological Characteristics of Jiaojia—type Gold Ore Deposit
..... *Chang Naihuan* (128)
- Geological Characteristics and Genesis of the Guilaizhuang Gold Deposit
..... *Yu Xuefeng* (140)

- Hydrogen, Oxygen Isotope Geochemistry and Exploration Guides of the Gold
Deposits in Jiaodong *Wang Bingcheng, Xu Jinfang,
Zheng Wenshen, Zhang Ligang, Chen Zhensheng and Liu Jingxiu* (152)
- Study of Typomorphic Minerals of Diamondiferous Kimberlites in Shandong
..... *Ren Xirong* (160)
- The Mineralogic Characteristics and Its Application Specialization of Bentonites
in Shandong Province *Zhao Yunjie and Wei Jian* (170)
- Application Study of Mineral Feeds in Shandong
..... *Wang Hong and Shi Yuchen* (177)
- The Geological—Geophysical—Geochemical Prospecting and Evolution Criteria
Model for the Altered Rock—typed Gold Deposits in Fracture Zones in Jiaodong
(Eastern Shandong) *Gu Liucheng, Wan Guopu and Duan Linxiang* (193)
- The Applications of Magnetic Survey with High—accuracy in the Prospecting
of the Jiaojia—type Gold Deposits
..... *Xiao Feiyue, Wan Guopu, Yang Maosen and Huang Tailing* (205)

Environment Geology

- A Discussion of the Geological Environments in Shandong in Relation to Human
Body and Crops
..... *Zhang Tianzhen, Miao Xi, Cao Hongsong, Wang Hong,
Cheng Hongzhao, Tang Mengwu, Yang Gang and You Wencheng* (216)
- Research on Combined Management of Groundwater and Surface Water in the Karst
Water System of Shuangcun, Shandong Province
..... *Wu Aimin and Lu Shunan* (223)
- Research on Karst Water Resources and Augmenting Recharge Sources and
Augmenting Permissible Yield for the Yangzhuang Basin in Shandong Province
..... *Li Chuanmo and Kang Fengxin* (233)
- Analysis of the Resources—Environment Effects for the Shallow Groundwater
Exploitation in the Northwestern Shandong Plain *Xu Junxiang* (241)
- Research on Springs Protection and Water Supply in Jinan Spring Region
..... *Li Tieshi, Xing Liting* (253)
- Research on Dagu River Groundwater Reservoir in Qingdao and Its Storage
Regulation and Adjustment *Ling Boji, Lizhuang* (262)

鲁西山区早前寒武纪地壳演化再探讨

曹 国 权

(山东省地质矿产局)

山东在地质构造位置上,隶属于华北克拉通。华北克拉通与塔里木克拉通,共同组成我国横亘东西巨大的稳定区,它在中国构造格架中,起着骨干作用。这个稳定区出露大量刚性不同的前寒武纪结晶基底。鲁西就是众多古老结晶基底裸露区之一。它的北部为阴山燕山变质区⁽¹⁾,西侧为五台山-太行山变质区⁽²⁾,南侧为嵩山霍丘变质区,东侧为胶东变质区。鲁西早前寒武纪地质与四周各区存在较大差别,自有特点。

本文对早前寒武纪(含早元古代及太古宙)太古宙的划分,暂从 1:5 000 000 中国地质图(1990)划分方案,中太古代与晚太古代之间,晚太古代与早元古代之间,早元古代与中元古代之间的界限,分别定为 2 900Ma, 2 500Ma, 1 800Ma。1 800Ma 这条界限,与 1988 年 7 月国际地层委员会通过的元古宙时代划分方案不一致,他们的决议是 1 600Ma,并且将早元古代改名为古元古代,晚元古代改为新元古代。古元古代的时限与我国通用的早元古代的时限是不相同的,二者的时间涵义有差异,因此,是不能将早、中、晚元古代,改为古、中、新元古代的。

山东省地矿局在大力普查找矿的同时,80 年代初即组织专题队在鲁西山区进行结晶基底研究,随后,展开各种比例尺区域地质调查,90 年代初,又立项进行专题研究。近十年来对鲁西变质杂岩有了新的认识。

(1)变质岩系方面,在沂水县,识别了麻粒岩相沂水岩群及紧密相关的紫苏花岗岩。将沿用 20 年的“泰山群”,改为泰山岩群,区别于有明显叠置规律的显生宇,从泰山岩群中剔除了实际上为岩浆岩的“太平顶组”,增加了柳杭组,原来命名的万山庄组,可能是构造变质杂岩的一部分。近年,又发现了泥质石英碎屑岩(孟家屯岩组)。这些变质岩系占鲁西山区结晶基底的 5% 左右。

(2)在岩浆岩研究方面取得了重要成果,划分出各种花岗质-花岗闪长质岩类,基本上查清了它们的时代及其分布范围。

(3)变质作用方面,初步认为沂水岩群分布区存在两期变质作用,并伴随两次紫苏花岗岩化。认为泰山岩群分布区有三期三种不同变质类型。

(4)在地质构造方面,对韧性剪切作用、构造发展史及深部地质构造取得了重要进展。对条带状铁矿层及金矿化成矿作用有了新认识。

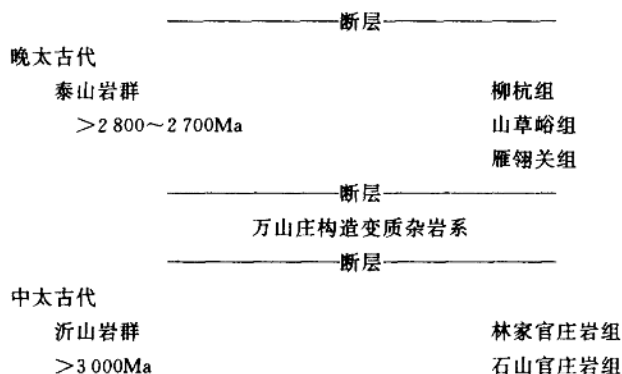
(5)随着国内外同位素元素测试技术的改进,鲁西山区早前寒武纪各种地质体在地质

年代学方面,近十余年获得了大量数据。据王致本统计,变质岩系累计有 80 个以上各种不同测试方法的数据。Sm-Nd 法, U-Pb 法代替了过去以 K-Ar 法为主的方法,数据精度日益准确,结合野外观察,在理解各种地质事件的先后顺序及相互制约关系方面,有了较为可靠的依据。

因为有了上述进展,有可能重新制定一个地质事件表,并藉此进一步探讨该区地壳演化。现将各种重要地质事件,简述如下。

1 火山-沉积变质岩系

近年国内外出现了表壳岩(Supercrustal Rocks)概念,泛指层序较难确定,不能运用叠置规律的变质火山-沉积岩系。这些出露不全受到多次变形变质及岩浆侵入破坏的变质岩系可称为“岩群”(Group Complex)。鲁西太古宙变质岩系由上而下为:



上述这些变质岩系的岩石组合特征及原岩成分,除沂水岩群鲜为人知外(见后),已散见各种文献,为了节省篇幅,就不再逐一介绍了。这里只着重讨论鲁西地区太古宙绿岩带问题。

原始地壳在由塑性转向刚性地壳的硬化过程中,岩浆活动除了正常的侵入交代之外,必然要冲破在此以前硬化了的薄壳,以喷发溢流方式,形成火山碎屑岩及熔岩。在剥蚀期,当时如有水体存在,也可有少量泥质-泥砂质-砂质沉积及化学沉积掺杂在火山岩之内。沂水岩群的形成,可能是这一类发育尚不完整的早期地质环境产物。随着时间推移,进入晚太古代,水体发达,水面扩大,就产生了一种特殊的岩石组合,这就是绿岩带。这种绿岩带,具有全球普遍性,尽管各地千差万别,还是显示一些共同特点。在时间上又有明显的局限性,绝大多数绿岩带仅存在早前寒武纪这个时期范围内。绿岩带代表了地壳发展过程中的一种特有的火山-沉积岩系。

迄今为止,鲁西泰山岩群为中国保存较好发育完整的典型晚太古代绿岩带地区之一。最早提出鲁西泰山岩群为绿岩带的,是程裕淇、沈其韩等人,他们在 60 年代初期,即作了深入研究。在他们指导下,80 年代中期贾跃明、万渝生、朱振华等又作了重点调查,以后历

经数次区域地质调查以及以找金为主的地质找矿工作。80年代晚期徐惠芬等^[3]、沈保丰等^[4]，对这个绿岩带又作了较全面深入的研究。

鲁西绿岩带泛指在郯庐断裂带以西的泰山岩群，它发育在鲁西花岗-绿岩区内，遭到中低压变质相系角闪岩相-绿片岩相变质，基性火山岩（雁翎关组）未受到明显的混合岩化。它是片麻状花岗岩区中残留物，以单斜形式呈NW走向，主要分布于四个带内。这四个带自东向西为温泉—汞丹山、韩旺—崔家峪、西麦腰—雁翎关—盘车沟及界首—冯家峪。此外，在尼山地区也有大量出露。其中出露最好地段，在新泰雁翎关—山草峪—柳杭一带，以上四个带的绿岩带只能作粗略对比。绿岩带成长以后，虽然遭受各种变形作用，但从野外观察，雁翎关地区的绿岩带，内部并未经历大型逆冲、推覆，原来层序大体保留，构造置换不发达，原生结构良好，线理仍然反映早期 S_0 。这个绿岩带保留令人注目的良好的科马提岩，它是目前我国研究绿岩带较理想地区。

新泰地区绿岩带的主要特征，符合国际地质界绿岩带（Greenstone Belt）的基本概念，与美国怀俄明州绿岩（据程裕淇口头介绍）有极大相似性。

（1）新泰地区泰山岩群底部有近400m厚的超镁铁质透闪岩及科马提岩，向上逐渐减少，这是绿岩带重要标志层。程裕淇、徐惠芬在80年代早期多次去雁翎关地区反复观察，对科马提岩的岩石矿物又作了更深入研究^[5]，镜下的鬃刺结构假像及标本尺度的同样结构，均清晰可见。

（2）世界各地基性火山岩、碎屑沉积岩组成的地层柱，在鲁西也毫无例外的存在。雁翎关组基性火山岩与山草峪组硬砂岩就是明显的例子，这是绿岩带另一个特征。

（3）三位一体组合（或者说旋回）——下部超基性火山岩、中部钙碱性火山岩、上部沉积岩这种规律，也同样出现在鲁西绿岩带中。以新泰石河庄剖面为例，雁翎关组火山岩可区分为超基性火山岩（第1、2 大层）及基性（含少量中性）火山岩（第3~10 大层），它们分别代表三位一体的下部超基性火山岩及中部“钙碱性”火山岩，山草峪组则代表其上部沉积岩系，合并构成三位一体的岩石组合，这是世界各地绿岩带的另一主要特征。

（4）旋回性在绿岩带中普遍存在，也是一种特殊标志。鲁西绿岩带各种规模的旋回性，从大尺度（上千米）火山岩与碎屑岩旋回，到数米及厘米尺度的旋回，也比比皆是。如：基性熔岩与基性喷发岩互层、超基性熔岩与基性熔岩交替出现、基性火山岩与中性凝灰质岩石、喷溢与间歇的冷凝结构重叠出现、沉积岩系中粒级层、韵律层等等，均显示其旋回性。这些旋回往往是重复出现的。

按照三位一体岩石组合，可将新泰绿岩带归并为三个旋回。每一个旋回的地层次序由下而上是：下部超基性火山岩系（U），中部基性火山岩系（B），上部沉积岩系（S）（图1）。

第一组（旋回）的超基性火山岩（U）（参照徐惠芬等1992划分的层序）为雁翎关组1、2 分层，由科马提岩、超基性熔岩组成；中部基性火山岩系（B）为3~10 分层，由低钾拉斑玄武岩及中基性火山碎屑岩组成；上部正常沉积岩系（S），为浅水震荡不稳的快速沉积硬砂岩组成。下部、中部划为雁翎关组，上部划为山草峪组。

第二组合（旋回）的超基性火山岩系（U）为柳杭组1 分层（徐惠芬，1992），由透闪阳起片岩、滑石片岩、阳起片岩及斜长角闪岩组成。中部基性火山岩系（B）分为2 层，以低钾拉斑玄武岩为主。上部钙碱性火山沉积岩系（S）为中酸性火山沉积岩，以沉积岩为主，有密

集成层的含砾石层两层。

第三组合(旋回)为柳杭组 7~10 分层,由基性熔岩及火山岩组成,中夹绿泥阳起片岩数层,似可划为基性火山岩系(B),三位一体组合发育不全,残缺 U 及 S 两种岩系,这在大自然地质发展过程中,是正常的现象。

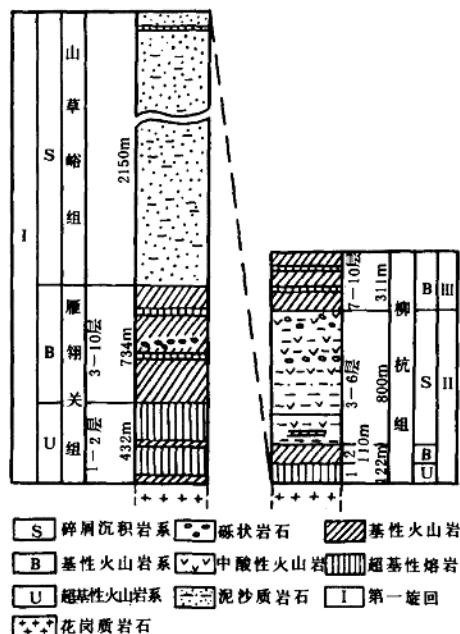


图 1 示绿岩带岩石组合旋回

(据徐惠芬等,1992,简化)

从沉积物看,绿岩带基本上是水下产物,早期处于深水状态,但以后大多是浅海沉积,并且在某个时期,可能出露水面,接受砾石沉积物。此外,超镁铁质岩、科马提岩由密集巨厚的单层,往上逐渐变为与拉斑玄武岩互层或夹层。火山熔岩相对减少,火山碎屑岩如凝灰岩、角砾岩、集块岩向上增多。在中部基性火山岩(B)的顶部出现条带状铁矿(BIF)这种化学沉积物,在沉积岩系(S)中,局部形成巨厚条带状铁矿。

火山沉积岩系经过低角闪岩相变质后,仍保留浅海或者滨海的地质信息。例如:

(1)雁翎关组第 6 层(或者称为大层)含有变质砾状岩石,表明地面短暂上升,遭受了剥蚀,认为它们形成于陆地边缘的浅海环境,是可信的。

(2)该组第 9 层中,有石墨、磁黄铁矿及石墨云母片岩夹层,磁黄铁矿层断

续延伸 30km,足以推知第 9 层沉积时处于还原状态,属于泻湖相沉积。

(3)雁翎关组第 10 层有薄层条带状铁矿层,同样,山草峪组如枣庄苍峰、东平彭集也广泛聚集这类浅海沉积矿床。

(4)山草峪组中黑云变粒岩,大多可以看到交错层、斜层理、粒级层,这些构造是浅海陆源碎屑物中常见的现象。

(5)山草峪组中黑云变粒岩中,一般从镜下可见到变余砂状结构。

(6)柳杭组第 2,3 层有大多呈夹层产出的少量安山岩、流纹岩,第 4 层中有中酸性英安岩变质的残斑变质岩、白云变粒岩、绢云石英片岩,这些层凝灰岩、凝灰质粘土岩与砂泥质岩互生,可以说明陆相火山岩,是沉积在距陆地不远的浅海水域的岩石。

上述这些地质现象所提供的地质信息,大部分显示泰山岩群的三个旋回的沉积地质背景为浅海。

绿岩带的时代可以从两方面推断:第一,泰安西南峪柳杭组黑云变粒岩锆石 U-Pb 法

年龄为 $2788 \pm 35 \text{ Ma}$ ^①，变质岩系同位素年龄值说明它的生成年龄在 2788Ma 以前。第二，侵入于泰山岩群的新甫山期如邹城牙山片麻状花岗闪长岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 2790Ma (王世进)，泰山望府山英云闪长质片麻岩及斜长角闪岩 Sm-Nd 等时线年龄为 $2700 \pm 35 \text{ Ma}$ ⁽⁷⁾，也同样证明泰山岩群早于 2790Ma 生成。

根据上面两方面同位素年龄值数据，如果排除各种干扰因素，认为它的生成年龄略早于 2800Ma，可能更合理些。

鲁西绿岩带是 2800Ma 前不久产物，从时代上更近于北美加拿大。它比南非绿岩带 (34~36 亿年) 年轻，比俄罗斯卡累利阿地块 24 亿年为老。大体上与北欧芬兰—斯堪的纳维亚地盾的萨姆岩系 (Saam)、苏格兰的斯考里岩系 (Scourian) 相当。它与世界各地绿岩带有许多共性⁽⁸⁾，但也有自己的特点：

(1) 超基性熔岩、科马提岩分布不稳定，横向变化大。

(2) 钙碱性火山岩系列如安山岩、英安岩不发育。

(3) 基性火山岩系中，酸性火山岩极少，基性与酸性火山岩匹配形成的双模式火山岩，表现不明显。

(4) 拉斑玄武岩系列，在鲁西绿岩带中是大量存在的。似乎可以取代“钙碱性火山岩”，用基性火山岩代表中部。

(5) 化学沉积中如灰岩尚未发现，但条带状“磁铁矿石岩”颇为发育。

(6) 残存的厚度比国外绿岩带为小，总厚不超过 4350m。

除了绿岩带问题外，上述火山沉积变质岩系表有几点需稍作说明。沂水岩群是近几年发现的麻粒岩相表壳岩，原岩为超基性、基性火山岩，安山质、英安质凝灰岩及泥质砂岩，含有少量条带状铁矿层。林家官庄岩组中含辉石斜长角闪岩，1991 年在此组岩石中取样，经中国地质科学院用 Sm-Nd 法测定，获得等时线年龄 $2997 \pm 78 \text{ Ma}$ ，1988 年山东省地矿局第八地质队采取石山官庄岩组中斜长角闪二辉麻粒岩，经宜昌地质矿产研究所用 Sm-Nd 法测定，获得模式年龄 $3030 \pm 40 \text{ Ma}$ 数据。侵入该岩群的角闪石岩 Sm-Nd 法模式年龄为 3133 Ma ，可以推想，该岩群形成年龄应早于 3000Ma，属中太古代。

万山庄构造变质杂岩是一个有争议的岩系。它可能是若干构造岩片组成，有些构造岩片是侵入岩体，有些构造岩片是残存的有层无序早期表壳岩，如万山庄所见的火山-沉积变质岩系。由于这个岩系处于一个构造挤压带内，沿走向又不连续，这些不同成分的构造岩片交错排列，相互组合在一起，在目前研究尚欠深度以前，认为它是构造变质杂岩，暂不作变质地层处理，是符合客观情况的。张连峰等 (第九地质队) 1992 年在放城幅等 1:50000 填图时，找到各种石英岩，厚达 200m，称之为“孟家屯岩组”。它的存在提供了一个信息，那就是在泰山岩群形成之前(?)，尚有石英碎屑正常沉积作用存在，它不同于硬砂岩类的浅粒岩，也不同于化马湾所见到构造变质杂岩。万山庄构造变质杂岩、化马庄岩组、孟家屯岩组三者关系尚无法确定。

① 王世进等，1992 年 11 月，鲁西太古宙科马提岩及基性火山岩现场研讨会野外考察路线地质内容介绍。

2 岩浆活动

岩浆岩及花岗质片麻状岩石,包括混合岩在内几乎占有鲁西前寒武结晶基底 95%,鲁西山区是一个岩浆活动非常发育的地区。为了简明起见,将这些不同时代、不同岩性、不同成岩方式的有代表性岩浆岩,作了归并,见表 1。由此表可以获得如下认识:

表 1

鲁西早前寒武纪岩浆岩

泰山岩群分布区	沂水岩群分布区
早元古代(微来山期)2 450~2 400Ma	
钾质花岗岩(四海山)	
二长花岗岩(微来山、雌山)	
晚太古代晚期(中天门期)2 600~2 500Ma 石英闪长岩(中天门、水泉) 变辉长岩(桃科) 角闪石岩(麻塔)	晚太古代 英云闪长岩(英灵山) 含紫苏花岗岩(雪山) 英云闪长岩(林家官庄)
晚太古代早期(新甫山期)2 700~2 600Ma 斑状花岗闪长岩(峰山) 片麻状花岗闪长岩(新甫山) 片麻状奥长花岗岩(黑虎山、富山) 片麻状英云闪长岩(太平顶、望府山)	片麻状紫苏花岗岩(马山)
	中太古代(沂水期)>2 900Ma 角闪石岩(严家官庄)

(1)鲁西晚太古代(新甫山期、中天门期)岩浆岩均侵入泰山岩群,标志着它们侵入时限晚于 2 800Ma,也就是说都是 2 800Ma 以后的侵入体。

(2)晚太古代、早元古代具有世界规模的岩浆岩侵入活动的时间跨度在 >2 700~2 400Ma 之间,历时近三亿年,在这三亿年中似乎集中在 >2 700~2 600Ma(新甫山期),2 600~2 500Ma(中天门期),2 450~2 400Ma(微来山期)。

(3)新甫山期片麻岩为亏损地幔经过部分熔蚀,产生的灰色片麻岩系列,大多具片麻状构造,可命名为片麻岩,峰山斑状花岗闪长岩受构造影响,四周为片麻状,中心为块状。此期岩石钠大于钾,为高铝型 TTG 岩石,稀土元素高度分馏,表明它们系结晶分异而成,属 I 型, $I_{\text{Sr}}0.700 \pm 4$ 。在侵入过程中与上覆岩石发生交代,有混合交代的残留体、残影体,这期不同类型岩浆岩相互之间侵入接触关系不太明显。它们是当时绿岩带火山作用晚期、同构造岩浆侵入的产物。

(4)中天门期以闪长岩为主,多呈狭长带状产出,与 NW 构造线一致,在泰山为不整

合底辟产出,岩浆性强烈。部分地区为辉长岩,如桃科,少数为角闪石岩,如麻塔。推测是亏损地幔部分熔融后成长的玄武岩浆,再通过结晶分异形成角闪石岩—辉长岩—闪长岩,为超镁铁质—镁铁质—闪长质演化系, $I_{Sr} 0.7068 \pm 8$ ^①。

(5) 傲来山期花岗岩类与周围岩石侵入接触明显,可见侵入角砾岩,钾大于钠, FeO^{*} 、 MgO 低, $A/CNK \geq 1.0$, 出现负铈亏损。源岩为片麻状花岗质岩石及表壳岩组成的地壳,此期岩浆岩属 S 型,铈初始值 I_{Sr} 为 0.7028 ± 11 , 为含钾略高的花岗岩类,可能属于与造山运动无关的稳定情况下岩浆岩产物。

(6) 这三期岩浆活动岩石类型在时间上的变化,反映由老而新岩浆成分的演化趋势。新甫山期(晚太古代早期)以钠质的 TTG 岩套为主,源岩为幔源物质,大多呈片麻状。至中天门期(晚太古代晚期),以镁铁质辉长岩—闪长岩为主,结晶分异现象明显。进入早元古代傲来山期,岩浆岩以钾质二长花岗岩为主。

(7) 侵入岩浆岩在空间上的带状分布,体现了它们在地质历史演化中的定向迁移规律。自东向西鲁西大致可划为四个区(图 2)⁽²⁾。

I 区为沂沭断裂区,以郯郯—葛沟断裂与 II 区分界,本区特点是拥有山东最老的沂水岩群,有变质等级最高的麻粒岩及罕见的紫苏花岗岩。区内泰山岩群的构造方向为 NNE 向,与鲁西区域性 NW 向构造线不同,此区还有颇为发育的上元古界土门群。

II 区为沂山—鲁山区,以西麦腰—雁翎关—孟良崮一线与 III 区分界,这区主要分布早元古代傲来山期二长花岗岩,在韩旺、崔家峪,有残留的泰山岩群存在,区内断裂或者剪切带相对较少,推测为一稳定地带。

III 区为泰山—徂徕山—蒙山区,以界首—蒙山断裂与 IV 区分界。这区各期侵入岩浆岩均有存在,发育齐全,大体上构成 NW 向带状分布。变质地层保留完整,泰山岩群标准剖面即在本区。走滑韧性剪切带最多,可能还存在较老的推覆构造,蒙山是这个构造带集中点,显示一个弧形构造,向 SE 凸出,北端分支,南端为傲来山型岩浆岩侵占。这区构造极为复杂,是鲁西被构造破坏最严重的部位。正因为如此,这里是了解鲁西早前寒武纪地质的重要窗口。

IV 区为马山—凤仙山—峰山区。该区的特点是新甫山期侵入岩最为发育,泰山岩群山草峪组广泛分布,凤仙山显示残存的古老东西构造线,并且有早元古代济宁岩群存在,断裂较少。

这三期岩浆岩空间上呈 NW 向,由 SW 至 NE 呈带状分布,在时间上由 IV 至 II 区,按一定方向由老而新顺序展布,似乎存在一个定向的迁移规律。

(8) 鲁西早前寒武纪各地质体,区域混合岩化作用普遍发育,碱金属交代在较大范围内出现,眼球状、条带状、条痕状混合岩为主要表现形式,区域混合岩化与区域变质作用几乎是同时或稍后出现的。新泰雌山岩体属傲来山型,边部含有大量山草峪组黑云变粒岩残留体,并出现间层状部分混合岩边缘混合岩带⁽⁹⁾,这种情况表明,雌山岩体侵入于先存的山草峪组^(2,3),导致部分混合岩化及尚未混合的黑云变粒岩残留体。

① I_{Sr} 为 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 的初始值,下同。

② $FeO^{*} = FeO + 0.899Fe_2O_3$, 下同。

(9) 雁翎关组镁铁质, 超镁铁质火山岩实际上是一次潜伏于较深的浅海规模宏大的岩浆活动, 它的主要活动方式属于裂隙喷溢(发)类型及伴生的侵入岩浆, 从稀土分配模式图可以看出, 它们来自地幔。喷溢的结构构造仍然保留, 如气孔构造、熔渣状构造、枕状构造等清晰可见, 这些熔岩及火山碎屑岩无疑代表 2800Ma 前的一次岩浆活动。

(10) 在沂水地区, 太古代岩浆岩为超镁铁质角闪石岩, 呈小型岩株(50m×50m), 侵入于沂水岩群。侵位时代晚于沂水岩群, 大致在 2997Ma 之后。沂水地区在晚太古代有紫苏花岗岩浆侵入, U-Pb 等时年龄 2706Ma、2479Ma, 与泰山岩群分布区晚太古代侵入岩大不一样。在 2500Ma 以前, 曾经受了地幔热柱影响, 发生热隆起, 使沂水岩群上升至地表。

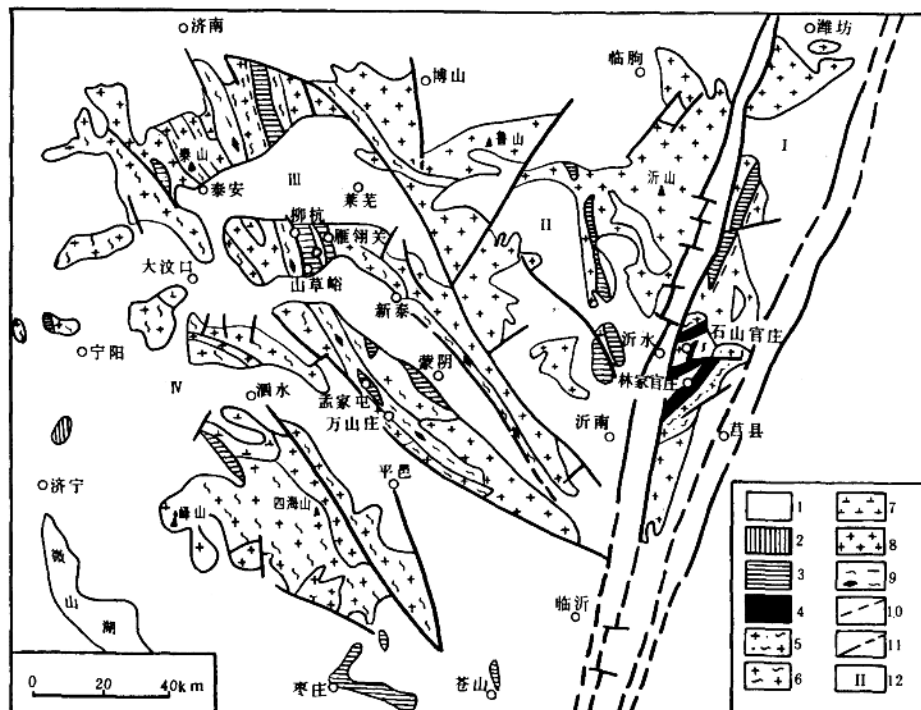


图 2 鲁西早前寒武纪地(岩)层及侵入岩分布略图

- 1—新生界-上元古界; 2—济宁岩群; 3—泰山岩群; 4—沂水岩群; 5—沂水期紫苏花岗岩;
6—新甫山期 TTG 岩类; 7—中天门期闪长岩类; 8—微莱山期二长花岗岩类;
9—构造糜棱岩; 10—韧性剪切带; 11—断层; 12—构造分区

3 变质作用

变质作用研究近年取得了可喜进展(徐惠芬, 1990), 研究证明:

(1) 鲁西有两个不同变质区, 各有不同变质作用类型、变质相、发生时间及其演变历

程。构造分区Ⅰ郯庐断裂内沂水地区,沂水岩群变质等级达到麻粒岩相。自中太古代30亿年,一直延续到晚太古代末期,早元古代又叠加了绿片岩相。构造分区Ⅱ~Ⅲ内泰山岩群变质等级属较为均一的角闪岩相,发生在整个晚太古代;晚太古代末或早元古代早期叠加有绿帘角闪岩相。构造分区Ⅳ内济宁岩群变质等级为绿片岩相,变质作用可能直到中元古代。总之,鲁西全区变质作用开始于中太古代晚期,延续到早—中元古代。

(2)鲁西麻粒岩相的顶峰温度约在 $800\pm 50^{\circ}\text{C}$,峰压力为 $P=0.78\text{GPa}$,紫苏花岗岩形成时压力 $P=0.65\sim 0.45\text{GPa}$ 。角闪岩相顶峰温度压力 $T=600^{\circ}\text{C}$, $P=0.5\sim 0.6\text{GPa}$,绿帘角闪岩相 $T=450^{\circ}\text{C}$, $P=0.2\sim 0.4\text{GPa}$,绿片岩相变质作用温度 $T<400^{\circ}\text{C}$ 。

(3)麻粒岩相的流体包裹体研究表明,麻粒岩相形成的流体成分以 CO_2 为主,角闪岩相形成的流体以 H_2O 为主。

(4)角闪岩相变质是同构造期的,属于区域热动力变质类型。专题研究发现了递进变质的证据,钙质闪石、斜长石发育成分环带,斜长石的反环带,从核部到边部,温度由低到高,压力未变;肯定了因花岗岩浆侵位,引起的局部低压高温型接触变质,野外可见到十字石,夕线石,红柱石等。

(5)沂水地区早期发生麻粒岩相变质,稍晚发生紫苏花岗岩化,约25亿年又有一次紫苏花岗岩化(据U-Pb等时年龄)。

(6)构造分区Ⅱ~Ⅳ内, PTt 轨迹早期为逆时针,晚期表现为顺时针,早期逆时针轨迹只有局部残存,顺时针的 PTt 演化基本反映了地壳抬升过程中的轨迹。

变质分期的划分是一个重要问题。区域变质作用及有关的变质相系,只是地幔热流值大小、压力状态的一种反映。不同时期有不同的变质作用、变质相(相系),由于变质作用终止的时期往往是与构造运动主峰期末是一致的^[10],通常将构造运动终止期,作为变质分期划分的原则,也就是利用不整合为界面划分变质期。

在鲁西变质岩系中,尚未发现不整合接触。在这种情况下,变质作用分期可借助区域变质作用类型的差异,或者利用某一变质期内,一些特定的岩浆活动及构造形变为依据,来划分变质期。一些局部变质如剪切带的退化变质、接触变质,因为不是变质作用主要类型,可不考虑。

根据目前掌握的同位素年代数据,鲁西早前寒武纪变质时期,可以认为,晚太古代早期的角闪岩相变质是阜平变质期产物,大致发生在2600Ma前后;晚太古代晚期—早元古代早期的绿帘角闪岩相变质,是五台变质期产物,大致发生在2500Ma前后,早元古代末期的低绿片岩相变质,是吕梁运动变质期产物,大致发生在2000~1800Ma左右。

4 地质事件表

上述这些地质事件是地球内部地幔对流,通过地壳介质,引起地球外部各式各样的变换形式。地幔对流分期进行,由张到合,周而复始。每一次闭合,反映为一个造山运动。一个张—合系列也就是一个构造旋回,它所经历的时间过程为一个构造阶段。一般以造山运动的结尾作为构造阶段的界面,并以此命名。

鲁西早前寒武纪变质火山岩系发育不全,它们之间尚未发现不整合面。雁翎关组中第