

文章编号: 1009 - 0258(2001)02 - 0010 - 13

*

山东省第二轮区域地质调查主要进展

宋明春¹, 张成基², 王来明³, 王世进³, 王沛成¹, 梁帮启¹刘明渭¹, 杜本明¹, 杨恩秀¹, 胡树庭¹, 刘建文¹, 宋志勇¹

(1. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021; 2. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013; 3. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

摘要: 山东省第二轮区调工作始于 70 年代末, 完成了 1:20 万填图面积 112326km² 和 1:5 万填图面积 63137km², 基础地质研究取得巨大进展: 地层方面, 建立了一些新的岩石地层单位, 重新厘定了地层层序, 进行了以岩石地层为主的地层多重划分对比, 对各时代地层的沉积作用进行了探讨; 侵入岩方面, 初步完成了我省侵入岩岩石谱系单位的统一划分工作, 研究了侵入岩的演化、成因、侵位机制和形成时代, 尤其是从前寒武纪基底中识别出大量变形变质或未变形变质侵入岩, 并对其进行了岩石谱系单位划分; 变质岩方面, 分析了原岩建造及形成环境, 划分了变质岩系的变质相、变质相系和叠加变质作用, 测定了大量 pT 数据, 确定了一些变质岩的 pT 轨迹, 对变质作用类型进行了研究, 发现了高压、超高压变质带并对其进行了探讨; 构造方面, 发现和研究了大量韧性变形带, 对胶南-威海造山带 7 和郯庐断裂带进行了深入研究; 矿产方面, 主要是对各种矿产的成因和形成规律进行了探讨。

关键词: 第二轮区域地质调查; 基础地质研究; 进展与成果; 山东省

中图分类号: P623.1

文献标识码: A

2000 年 7 月 5~8 日, 由山东省第四地勘院承担的 1:5 万五井、悦庄两幅和 1:5 万胶州、黄岛、灵山卫、南庄四幅区调项目, 通过了山东省地勘局的最终成果验收, 标志着山东省第二轮区调工作已基本结束, 从此将转入新一轮国土资源大调查工作。7 月 9 日, 山东省地勘局主持召开了由原地矿局区调质量监控员、有关专业管理人员及原山东省地质调查研究院区调项目负责人参加的“山东省区调工作座谈会”, 与会同志对山东省近 25 年来区调工作取得的成绩与存在问题进行了回顾, 并展望了我省未来的区调工作。局副总工程师徐金芳及局原总工程师兼副局长艾宪森同志参加会议并作了重要讲话。根据此次会议内容, 本文对山东省第二轮区调工作取得的主要进展作一简要总结。

1 区调工作概况

*收稿日期: 2001 - 03 - 28; 修订日期: 2001 - 04 - 15; 编辑: 游文澄

作者简介: 宋明春(1963 -) 男, 山东莱阳人, 高级工程师, 从事区域地质调查及地质矿产管理工作。

本文为山东省矿产资源补偿费项目和中国地质调查局国土资源大调查项目(编号 20001300005131)资助的成果。

1.1 地质调查工作程度

山东省面积性正规化区调工作始于 1958 年,当时由原山东地质局分别与北京地质学院、长春地质学院联合组建山东区测队,进行 1:20 万区调工作,至 1962 年全面完成了基岩出露区的 1:20 万区调工作(共 23 幅)。1960 年还开展过沂蒙山地区 1:5 万地质填图工作(共 46 幅)。此后,山东地质局组建区调队(805 队),于 1963~1968 年修测和编制了鲁东地区的 1:20 万区调图幅,并填制了全国第一幅 1:5 万地质图(泰安幅)。这就是山东省第一轮区调工作。“文革”期间区调队(805 队)被撤消,我省的区调工作曾一度停止。

1976 年原山东地质局重组区调队,开始了第二轮区域地质调查。这一阶段的工作特点是 1:20 万区调与 1:5 万区调同时展开,专业队和综合地质队以及院、校、所(包括中国地质科学院地质研究所、水文地质工程地质研究所,中国地质大学和原长春地质学院)共同承担项目。共完成 1:20 万区调图幅 25 幅,面积 112326km²,占全省陆地面积的 71.68%;完成 1:5 万区调图幅 173 幅,面积 63137km²,占全省基岩面积的 63.14%及陆地面积的 40.29%。

自 2000 年国土资源大调查项目启动以来,山东省进入了以 1:25 万区调为主的新一轮区域地质调查阶段。

1.2 基础地质科学研究现状

第二轮区调工作大大提高了我省基础地质工作的研究程度和成果水平。地层学方面,从岩石地层学、生物地层学发展到包括同位素年代学、层序地层学、化学地层学、地震地层学、磁性地层学、事件地层学等现代地层学诸多领域;沉积岩石学方面,从岩性描述发展到包括现代沉积学、岩相学、古地理学、古气候学及沉积格架研究等研究领域;岩浆岩石学方面,从一般描述发展到包括区域岩石学、岩理学、侵入岩等级体制、侵位机制和成因等多方面研究,成因矿物学、同位素年代学、稳定同位素、稀土元素地球化学等技术和方法也在岩浆岩研究中得到广泛应用;变质岩方面,从单纯变质地层学和个别地区变质岩石学研究,发展到应用变质地质学新理论、新技术、新方法研究大面积区域变质岩系的岩石组合、原岩建造、变质相、变质相系、变质作用的 *p-T-t* 轨迹及其所反映的大地构造环境和地壳演化特征,同时对不同变质作用类型和变质与变形作用的关系进行了深入研究,电子探针技术在变质岩研究中也得到广泛应用;地质构造方面,板块构造的观点、活动论的思想和地球动力学理论已广泛应用于构造研究中,并于不同地区建立了较完善的地质事件演化序列,造山带和韧性剪切变形的理论、方法在基底构造研究中也得到广泛应用。

在第二轮区调工作基础上,通过专题研究或总结完成的成果报告主要有《山东省岩石地层》、《鲁西早前寒武纪地质》、《鲁东榴辉岩地质》、《胶南隆起北部地质构造特征及演化》、《郯庐断裂中段地质》、《遥感地质模型 资源与环境》、《山东省侵入岩岩石谱系单位》及《山东省区域地质》(待出版)等;完成的总结性图件有鲁东地质图(1:50 万)、山东省地质图(1:50 万数字地质图)和 1:50 万山东省系列图件(岩浆岩分布图、地质构造图、基岩地质图、变质地质图、矿产图和区域重砂异常分布图等)。另外,还有许多基础地质研究成果在《山东地质》、《中国区域地质》、《岩石学报》、《地学前缘》、《地球科学》、《矿物岩石》、《地质论评》、《地层学杂志》、《科学通报》、《长春地质学院学报》等学术刊物上发表。

2 地层方面的进展

地层方面的进展主要是建立了一些新的岩石地层单位,发现了一些新的地层出露区,重新厘定了一些岩石地层单位,进行了地层多重划分对比,建立了不同期的岩相古地理分区。目前共建立和厘定群级岩石地层单位 24 个^[1],组级岩石地层单位 109 个。

2.1 太古宙地层

将原划泰山群、胶东群解体,取消胶南群,把它们的大部分划为变形变质或未变形变质侵入岩,重新厘定了残存的变质地层层序。

在沂水和莱西唐家庄地区的麻粒岩相变质地层中分别取得 3020Ma 和 2945Ma 的同位素年龄值,建立了中太古代沂水岩群(分为两个岩组和五个岩段)和唐家庄岩群(未分组),二者均呈包体状残存于中新太古代侵入岩中,构成中太古代高级变质区,其原岩为中基性、中酸性火山岩夹硅铁建造,可能形成于古岛弧环境。两群在岩石组合、地质产状及同位素年龄方面具有明显的可比性,故可能形成于统一的中太古代华北陆核生成期。

泰山岩群划分为孟家屯岩组、雁翎关组、山草峪组及柳杭组,孟家屯岩组和柳杭组为新建组级单位。在新泰、蒙阴等地,雁翎关组下部发现有具变余鬃刺结构的科马提岩^[2],因此确认泰山岩群属太古宙绿岩带,其形成时代在 2800Ma ±。

胶东岩群划分为苗家岩组和郭格庄岩组,其岩性特征和形成时代可分别与泰山岩群雁翎关组和山草峪组对比。

2.2 古元古代地层

从原划胶东群、胶南群和粉子山群中分解出高级变质的荆山群,完善了粉子山群的组级划分,新建芝罘群。

荆山群分布于莱阳、平度、文登、威海及胶南隆起区,其岩性组合相似于孔兹岩系,划分为三个组、六个段,其变质程度达角闪麻粒岩相—高角闪岩相,同位素年龄 1800 ~ 2484Ma。

粉子山群主要分布于莱州至福山地区,包括胶南隆起的原五莲群。除原划组级单位外,还在祝家乔组之下新建小宋组。该群中、上部岩性组合与荆山群相似,但变质程度偏低,为低角闪岩相,其同位素年龄 1848 ~ 2478Ma。

荆山群与粉子山群的岩性组合及原岩形成时代相似,但二者底部岩性组合明显不同,构造形态、变质作用、含矿性也不一致。故目前多数意见认为属同时异地异相关系。

芝罘群分布于芝罘岛、崆峒岛等岛屿,以经历低角闪岩相变质的石英质碎屑岩系为主。新发现两个变粒岩、云母片岩夹大理岩层位,据此自下而上划分为老爷山组(一、二、三段)、兵营组(一、二段)和东口组。同位素年龄 2171Ma。

2.3 新元古代地层

对新元古代地层进行了地层多重划分,新发现地震事件层。

对土门群进行了层序地层、生物地层及化学地层研究,对土门群石旺庄组一段及蓬莱群香乔组二段新发现的地震事件进行了详细研究,测制了蓬莱群的古地震构造形迹剖面,认为两者为同一地震事件的产物。蓬莱群的时代目前尚有争议,通过对其化石(前人所称

“腕足类化石”实为黄铁矿结核构成的假化石)、同位素年龄的反复研究以及古地震事件的区域对比,最终确定其形成于震旦纪。发现了土门群二青山组与黑山官组之间的角度不整合接触关系及其中的微古植物组合。在莒南地区新建朋河石岩组(江苏称石桥群),在其内发现了鲍玛层序,确认其为重力流沉积^[3]。

2.4 古生代地层

对古生代地层重新进行了地层多重划分对比。通过地层清理,将华北地区寒武—奥陶纪岩石地层划分为长清群、九龙群和马家沟组(相当群级地层单位),尤其是对其层序地层进行了系统划分,共划分 21 个三级层序。对长清群馒头组石店段和下页岩段中新发现的地震事件及九龙群中的风暴事件进行了研究,将风暴沉积序列分为原地型及异地型。确定了张夏组下灰岩段和三山子组的穿时现象,后者底界最低层位大致相当于凤山阶底部,最高可达下奥陶统红花园阶底部。研究了马家沟组与三山子组间的平行不整合,以及某些组段呈楔状体分布的特点,如朱砂洞组丁家庄白云岩段、余粮村页岩段、下灰岩段、馒头组洪河砂岩段、鲕粒灰岩层及上页岩段,张夏组盘车沟页岩段及三山子组 c 段等。大多数楔状体由东向西尖灭,仅鲕粒灰岩、上页岩段由西向东尖灭,其尖灭点位置多集中于陆架坡折附近。发现了寒武纪地层底部不整合面的上超现象。对寒武—奥陶纪地层进行了生物地层划分,其中寒武纪划分了 21 个三叶虫生物带,奥陶纪划分了 7 个角石生物带,同时利用牙形石微古资料确定了奥陶系与寒武系的界面。

石炭—二叠纪地层划分为月门沟群和石盒子组(相当群级地层单位),划分出 8 个三级层序,并划分了 5 个籼生物带。

2.5 中生代地层

建立和完善了中生代岩石地层及地层格架。中生代岩石地层升组为群,划分为三叠纪石千峰群和二马营组,侏罗纪淄博群和白垩纪莱阳群、青山群、大盛群、王氏群,各群分别建立了组级单位。发现石千峰群与二叠纪石盒子组间为角度不整合接触关系,并在该界面上发现了铽异常,为证实外来天体撞击事件和将该群形成时代确定为三叠纪提供了重要依据。发现了莱阳群中的安山质火山岩地层(城山后组),该火山事件层对莱阳群地层格架的建立起到了极为重要的标志作用。通过对中楼盆地马莲坡组灰岩的研究,认为该盆地中生代时局部可能存在海相沉积^[4]。胶莱盆地南缘莱阳群底部砾岩依据微古化石资料确定其含有古生代灰岩砾石,因而认为胶南造山带上可能有过古生代沉积盖层。发现了胶莱盆地莱阳群的侧向沉积和相变现象,总体由 NE—SW 逐渐上超(如盆地西南缘止凤庄组、杨家庄组、杜村组、城山后组对基底不整合面的超覆),在盆地边缘则存在下超现象(如盆地东北缘瓦屋介组、林寺山组对基底不整合面的下超)。在莱阳群中采集到 8 个门类的化石,发现了一些新科、新属和新种,为将该群形成时代由原定侏罗纪重新确定为早白垩世提供了重要依据。

对于陆相火山岩系——青山群,依据其火山岩酸性(部分为中酸性)和中基性岩石特征的差别分别建组,通过区域填图给以地层—岩性(相)双重表示,清晰地反映了火山岩的空间分布特征,建立了火山岩地层格架。

发现郯庐断裂带内原划王氏群(马站—苏村地堑的全部和安丘—莒县地堑的大部分)在岩石组成上(含有中、酸性火山岩夹层及安山凝灰质砂岩)与层型剖面上的王氏群有明显

差别,所含古生物化石和孢粉资料确定其形成于早白垩世,故而新建大盛群,划分为6个组。其产出层位在青山群八亩地组(局部石前庄组)之上,被王氏群红土崖组超覆不整合。大盛群可能为青山群火山喷发间歇期同时异相(以陆源碎屑为主)沉积产物。

王氏群升组为群后,依据岩石组合特征划分了5个组和史家屯玄武岩段。通过新获得的古生物化石和孢粉资料,确定该群主体形成于晚白垩世,但下部(林家庄组和辛格庄组)仍属早白垩世晚期,而顶部(胶州组)则跨入早第三纪(古近纪)古新世。

上述各群地层格架对我省中生代陆相盆地的沉积和演化特征提出了新的认识。

2.6 新生代地层

建立和完善了新生代地层序列。依据地层含矿特征的差异,将山东早第三纪(古近纪)含膏盐的沉积地层称官庄群,而把含煤、油页岩的沉积地层称五图群,并相应恢复了各自的组级岩石地层单位。对华北平原区含石油、天然气和膏盐的沉积地层(包括晚第三纪,即新近纪地层)仍沿用石油系统建立的群、组、段等岩石地层单位。将晚第三纪(新近纪)一套局部夹硅藻土沉积的基性—超基性火山岩组合并组为群,新建临胸群。

根据生物组合特征、岩石地层及构造演化等方面的对比,认为平邑、蒙阴、大汶口等新生代盆地是在古近纪—新近纪不同时期盆地沉降中心自东(南)向西(北)迁移发展形成的,其中平邑盆地最老,蒙阴盆地次之,大汶口盆地最新,但它们既非同期相变,又非完全新老更迭,而是各盆地底部沉积时间由早—晚呈依次上升关系,属上超型盆地沉积。

对全省第四纪地层,依据其物质组成,结合微地貌、成因和形成时代,进行了统一的组级岩石地层单位划分,共划分20个组。其中将全新世沉积的滨海潮坪相生物贝壳碎屑沉积新建小坨子组,其 ^{14}C 年龄为7765~1430a, B. P.。通过 ^{14}C 、热释光测年资料和古生物、孢粉、古地磁等确定了各组的形成时代。有的组确定了其形成时限,如羊栏河组为 $79.3 \times 10^4 \sim 10.9 \times 10^4$ a, B. P., 大站组为 $11.3 \times 10^4 \sim 1.1 \times 10^4$ a, B. P., 黑土湖组为11785~3210a, B. P., 三者形成时代分别为中更新世、晚更新世和全新世早期^[5]。

分布于蓬莱地区的一套基性—超基性火山岩系,其形成时代尚有争议。通过测定其所夹黄土的热释光年龄($114.8 \times 10^4 \sim 68.5 \times 10^4$ a, B. P.),结合古地磁资料,确定其形成时代为中更新世早期。故将7个火山喷发韵律划分为3个阶段,均归入第四纪史家沟组。

3 岩浆岩方面的进展

最重要的进展是初步完成我省侵入岩岩石谱系单位统一划分对比工作,共划分了325个单元并将其归并为36个超单元,尤其是从前寒武纪基底中识别出大量变形变质或未变形变质侵入岩,并创造性的对其进行了岩石谱系单位划分。

3.1 岩浆岩分区

我省岩浆岩出露总面积29126km²,约占全省陆地面积的19%,其中新太古代和古元古代岩浆岩分布最广,其次是中生代岩浆岩。据其时空分布特点,可分为鲁西构造—岩浆区及鲁东构造—岩浆区。前者包括沂水、鲁山—沂山、泰山—傲徕山—蒙山、马山—灵山—四海山岩浆岩带及鲁西、潍坊—郯城中生代火山岩带共6条岩浆岩带;后者也包括6条岩浆岩带,即栖霞、玲珑—平度、鹤山—昆嵛山、临沭—胶南、海阳所—威海岩浆岩带及东部沿海侵入

岩带、鲁东中生代火山岩带、临朐-蓬莱新生代火山岩带。各岩浆岩带又进一步分为若干个次级岩带或复式岩体,如东部沿海侵入岩带可分为艾山、伟德山、石岛、海阳、崂山-大珠山、大场、河山及大山-大店 8 个复式岩体。

3.2 前寒武纪侵入岩

发现和确认了一批前寒武纪变形变质或未变形变质侵入岩,在国内创造性的使用单元-超单元和构造-事件相结合的双重填图法对这些侵入岩进行了填图,使前寒武纪地质研究取得了突破性进展。

发现了同位素年龄为 2900~3133Ma 的中太古代基性-超基性侵入岩(严家官庄单元和官地洼超单元)及紫苏花岗岩类侵入岩(沂水超单元和西朱崔单元);发现了大量新太古代 TTG 花岗岩类(如蒙山、栖霞、峰山超单元)及基性-超基性侵入岩(万山庄、马连庄和南涝坡超单元);在鲁西地区发现了指示古元古代造山旋回的二长花岗岩(傲徕山超单元)-正长花岗岩(四海山超单元)-浅色花岗岩(摩天岭超单元)系列,而同期的鲁东地区则由超基性岩-基性岩(莱州超单元)和酸性岩(双顶超单元)组成的侵入岩组合;在鲁西地区发现了中元古代基性岩墙群(牛岚单元),同期的胶南造山带则存在由超基性岩-斜长花岗岩组成的裂谷系列侵入岩组合(海阳所超单元);在胶南造山带发现了大量晋宁-震旦期同造山花岗岩(荣成、月季山超单元)及造山期后钾质花岗岩-浅色花岗岩(铁山、玲珑超单元)系列。按照各超单元岩浆岩的分布特点对其进行了岩带或岩体(简单深成岩体、复杂深成岩体、复式岩体)划分。

3.3 显生宙侵入岩

显生宙侵入岩的研究有新的进展:确定了古生代加里东中期常马庄单元(含金刚石金伯利岩);发现了较多印支期侵入岩(济南、柳林庄、文登等超单元);查明了燕山期侵入岩的空间关系及形成序次,将其划分为燕山早期埠村、铜石、郭家岭超单元和燕山晚期沂南、伟德山、苍山、雨山、大店、槎山、崂山、卧福山等超单元^[6],在鲁西地区还发现了一些燕山晚期火成云母岩-碳酸岩(雪野超单元);确定了不同期次的中生代脉岩带、脉岩群。

3.4 侵入岩的实验测试工作

获得了一大批较高精度的同位素年龄及稀土元素地球化学、微量元素地球化学、岩石化学等分析数据。较精确的确定了岩浆岩的形成时代、成因及演化,许多时代有争议或归属有误的侵入岩形成时代得以准确确定,如:将过去划为燕山早期的昆崙山、玲珑岩体改划为震旦期,将过去划为燕山晚期的常马庄金伯利岩改划为加里东中期;将过去划为燕山晚期的济南、文登、甲子山岩体改划为印支期等。

3.5 侵入岩的演化

对不同期次侵入岩的同源岩浆演化进行了系统研究,分别探讨了各个超单元纵向演化的连续性、阶段性及横向变化的不均匀性。

山东岩浆岩的总体演化具有明显的旋回性特点,可分为 7 个岩浆演化旋回,每个旋回一般从超基性、基性岩开始,至酸性、碱性岩结束。

迁西旋回:由严家官庄和官地洼单元开始,至沂水超单元西朱崔单元结束,早期为超基性岩-基性岩,晚期为紫苏花岗岩。

阜平-五台旋回:由万山庄和马连庄超单元开始,至峰山和栖霞超单元结束。岩浆演

化由超基性岩 基性岩 钠质花岗岩。

吕梁旋回:由傲徕山超单元和莱州超单元开始,至摩天岭超单元和双顶超单元结束。鲁西区岩浆演化可分为二个亚旋回:第一亚旋回演化方向由二长花岗岩 正长花岗岩,第二亚旋回演化方向由基性岩 中性岩 英云闪长岩 浅色花岗岩;鲁东区岩浆演化方向由超基性岩 基性岩 中性岩 浅色花岗岩。

四堡—震旦旋回:由牛岚单元和海阳所超单元开始,至玲珑超单元结束。鲁西区仅有基性岩脉群;鲁东区岩浆演化方向由超基性岩 基性岩 中性岩 二长花岗岩 碱性花岗岩 浅色花岗岩。

印支旋回:由济南超单元和柳林庄超单元开始,至宁津所超单元结束。鲁西区仅有基性岩脉群;鲁东区岩浆演化方向由超基性岩 基性岩 中性岩 浅色花岗岩 正长岩。

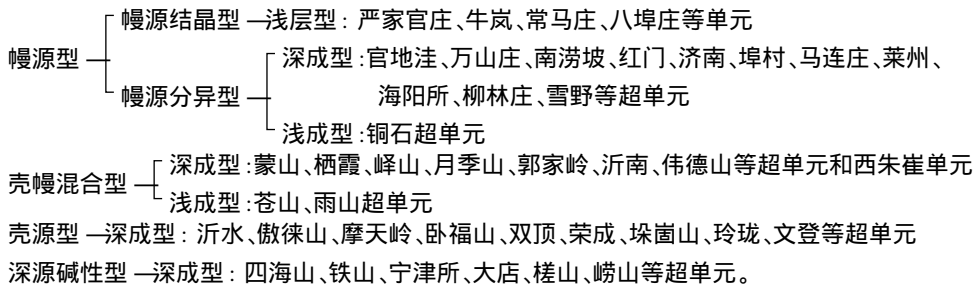
燕山旋回:由铜石和郭家岭超单元开始,至雪野和崂山超单元结束。岩浆演化由超基性岩 基性岩 中性岩 花岗岩 碱性花岗岩、碱性岩。

喜马拉雅旋回:仅发现少量超基性岩和基性岩,为一不完整岩浆演化旋回。

纵观整个地质历史,岩浆演化总的特点是随着时代由老到新逐渐向偏酸、偏碱方向演化。早期的岩浆演化旋回中常出现较多超基性岩、基性岩;至晚期旋回超基性单元消失,基性单元减少。就花岗岩类而言,太古宙旋回有较多的钠质花岗岩,而元古宙和显生宙则以浅色花岗岩和钾质(碱性)花岗岩为主。

3.6 侵入岩的成因

对侵入岩的成因及成岩条件进行了系统研究,依据岩浆来源将侵入岩主要划分为幔源型(包括分异型、结晶型)、壳源型、壳幔混合型及深源碱性型,进一步分为深成岩型、浅成型二个亚类,省内各超单元所属成因类型分别是:



3.7 侵入岩的形成环境及侵位机制

将侵入岩的形成与板块构造环境及造山作用有机地联系起来,山东岩浆演化的7个旋回中可分出4个岩浆活动密集旋回段:阜平—五台旋回段是一种地壳泛活动时期的岩浆作用,可能导源于太古宙古岛弧的弧间俯冲;吕梁、晋宁—震旦及燕山旋回段均具有碰撞造山带岩浆岩的特点,这三个旋回段岩浆序列完整,后期均出现刚性地壳张裂环境形成的钾质花岗岩,因此它们均代表板块碰撞造山作用的岩浆活动。从岩浆活动特点分析,山东境内的板块运动可能自阜平期即已开始,鲁西地区自中元古代开始即转入稳定的大陆环境,之后出现了稳定大陆环境的金伯利岩、碳酸岩等。岩浆作用研究表明,山东境内最老的造山作用发生于吕梁期,鲁西地区形成造山带;晋宁期—震旦期临沭—威海地区造山作用强烈;印支期,沿临沭—威海地区曾有小规模造山作用;燕山期,造山作用主要发生于

鲁东沿海地区,形成盆岭构造,导源于太平洋板块对欧亚板块的俯冲。

山东侵入岩的主要就位机制有:

热气球膨胀机制,往往形成岩体的同心环带组构及边缘流动组构,如昆嵛山、伟德山和宁津所复式岩体;

断裂扩张机制,岩体分布受断裂带控制,如崂山岩体;

岩墙(或裂隙)扩张机制,往往形成平行展布的岩墙群,或边缘呈齿状、长轴明显定向展布的岩体,如:牛岚单元为岩墙扩张充填机制,文登超单元则具明显的长轴定向(文登岩体)和边缘齿状组构(栾家河岩体),指示其为裂隙扩张充填机制;

剪切嵌入机制,岩体受剪切带控制,具平行带状组构,其边缘具强烈剪切变形组构,如蒙山、月季山超单元等;

穹起机制,往往形成穹窿构造,如荣成超单元;

岩管爆发贯入机制,如常马庄单元;

破火山口沉陷机制,往往形成边缘不规则的环状组构,如铜石岩体和济南岩体;

顶蚀机制,岩体中往往含较多围岩残留顶盖,如沙沟岩体;

主、被动复合机制,如埠村岩体及夏河城岩体显示了热气球膨胀与破火山口沉陷复合定位的特点。

3.8 火山岩

中生代火山岩研究取得的进展主要为:在石千峰群孙家沟组中发现有中、酸性凝灰岩和凝灰质砂岩夹层;在莱阳群中下部发现含有酸性火山碎屑和酸性凝灰岩透镜体和夹层,顶部发现中性火山碎屑岩;在大盛群中发现中、酸性火山碎屑岩及凝灰质砂岩;在安丘城北王氏群胶州组中发现夹有玄武岩;将鲁东第四纪基性—超基性火山岩命名为史家沟组。

根据火山岩岩性岩相变化及区域对比,结合同位素年龄,可将山东省中生代火山岩划分为 10 个旋回,每个旋回内火山岩化学成分连续演变,旋回之间化学成分变化较大。火山作用总体向偏基性、偏碱性方向演化,火山旋回的时间间隔渐趋变短。

中生代火山岩的化学成分表现出一定的区域性差异,如自鲁东至鲁西火山岩基性程度增加,碱性程度以潍坊—郯城区最高。稳定同位素资料表明,除石前庄旋回具壳源成因外,其他旋回多与上地幔衍生岩浆接近。

我省火山构造属环太平洋中生代火山活动带(Ⅱ级)的辽鲁中生代火山带(Ⅲ级),进一步可划分为 4 个Ⅳ级火山构造(鲁东中生代火山喷发区,潍坊—郯城中生代火山喷发带、鲁西中生代火山喷发区、临朐—蓬莱新生代火山喷发带)及 24 个Ⅴ级火山构造(火山盆地、火山群、火山台地)。

4 变质地质方面的进展

4.1 原岩恢复及成岩环境

变质岩的原岩恢复有较大进展,通过地质特征、接触关系和化学成分的研究,已将露头区变质侵入岩与变质地层基本识别出来,并对变质岩的原岩建造、形成环境等有了新的

认识。认为唐家庄岩群是初始洋盆环境中形成的一套火山—沉积建造,胶东岩群为浅海环境碎屑岩—火山岩夹硅铁建造(绿岩建造);荆山群、粉子山群为滨、浅海相泥质岩—碳酸盐岩夹碎屑岩建造;芝罘群为陆缘滨海碎屑岩建造;蓬莱群为滨、浅海相泥质岩—碳酸盐岩夹碎屑岩建造;册河石岩组为重力流沉积。沂水岩群为初始洋盆环境中形成的火山—沉积岩夹硅铁建造;泰山岩群为太古代绿岩建造,由三套火山—沉积岩系组成,下部为镁铁质—超镁铁质熔岩夹火山碎屑岩、硅铁建造,中部为硬砂岩—泥岩夹中酸性火山岩及硅铁建造,上部为拉斑玄武岩及中酸性火山岩、碎屑沉积岩夹硅铁建造;济宁群为浅海相的含硅、钙、铁质泥岩—中酸性火山岩—硅铁质沉积建造。

4.2 变质作用

对不同时期、不同岩群变质作用的 pT 条件进行了详细研究,通过大量矿物微区的电子探针分析,确定了一些变质岩的 $pTtD$ 轨迹。

胶北隆起太古宙—元古宙变质作用具明显的旋回性:太古宙自中太古代迁西期麻粒岩相至新太古代阜平—五台期角闪岩相;元古宙自古元古代吕梁期麻粒岩相经四堡期角闪岩相至晋宁期、震旦期的低角闪岩相—绿片岩相。变质作用类型:前者呈单相热流变质,后者显示多相带状动力变质。唐家庄岩群的 pTt 轨迹显示逆时针演化特点,变质过程中温度的变化高于压力的变化。

胶南—威海造山带的变质作用可能经历四个变质阶段:第一、二阶段分别发生于阜平—五台期及吕梁—四堡期,这两个阶段的变质特征与胶北太古宙、元古宙变质特征相似;第三阶段发生于晋宁—震旦期,这是一期由复杂的碰撞造山作用引起的高压、超高压变质作用;第四阶段发生于加里东—印支期,主要经历了绿片岩相低温动力变质作用。胶南—威海造山带的多期次变质作用在时间上、空间上相互叠置,且分布范围和方向相互交错,在平面上划不出有规律的变质带^[7]。在莒南县城以北王氏群砂岩中发现浊沸石,因此认为可能有极低级埋深变质作用存在。

鲁西地区变质作用特征:在时间上从老至新,变质程度从麻粒岩相—角闪岩相—绿片岩相,显示不可逆的单向演化规律;在空间上变质等级分布既有均一性(如阜平期变质事件均表现为角闪岩相),又有不均一性(如迁西期变质事件,沂水岩群下部位于变质体中心为麻粒岩相,沂水岩群上部位于变质体南北两侧则为高角闪岩相)。沂水岩群麻粒岩的 pTt 轨迹为一逆时针轨迹^[8]。

4.3 高压—超高压变质

对胶南造山带高压、超高压变质岩及其变质作用的研究取得了突破性进展。

发现了超高压榴辉岩带及高压麻粒岩带^[9],二者成对平行展布;发现了部分经历榴辉岩相变质的酸性岩石,如石榴镁钠闪石暗硬玉片麻岩、石榴白云钠长片麻岩、蓝晶(硬玉)石英岩等;发现了高压绿片岩相变质作用,证实了胶南造山带 3T 型多硅白云母的普遍存在,其 $b_0 = 0.903 \sim 0.905 \text{ nm}$, $\text{Si} = 3.12 \sim 3.51$ 。

建立了榴辉岩变质变形作用的 $pTtD$ 轨迹,为顺时针型,压力的变化大于温度的变化。依据地质资料和部分同位素地质年龄信息认为榴辉岩应形成于前震旦纪^[10],建立了榴辉岩折返的岩浆携带及剪切回流二阶段模式。

发现了榴辉岩及其围岩中的高压、超高压变质矿物^[11]:绿辉石、镁铝榴石、柯石英、金

刚石、金红石、高硬玉组分的透辉石、霓石、暗硬玉、钠闪石、镁钠闪石、3T型多硅白云母、钠长石、绿帘石、文石等。

4.4 动力变质

对不同构造层次的构造岩进行了详细研究,尤其是对韧性动力变质过程中矿物成分的“动态重结晶矿物粒度变化”、“韧性剪切变形作用新生矿物组合”及“韧性变形过程中长石的转化”等变化规律进行了研究。详细表述如下:

动态重结晶(或其后的静态重结晶)的数种矿物共生时,其所形成的单矿物多晶条带中的新生颗粒的粒度与矿物的脆韧性转化点温度有关,转化点温度高(即最接近于韧性变形产生的温度)的矿物粒度细。

韧性剪切变形过程中往往引起矿物组合和化学成分的变化,这是一个由高温矿物组合变成低温矿物组合(常含较多的水)的过程,是一个退变质作用过程。

钾长石和斜长石在韧性变形过程中均向钠长石转化,应力越大转化越彻底,斜长石在转化过程中常形成 Ab(钠长石) + Ep(绿帘石) + Mu(白云母)复晶条带,而钾长石则形成较干净的钠长石多晶条带。

5 构造方面的进展

在区域地质调查中特别重视对构造形迹和构造事件的调查和研究,从而使我省构造格架和构造事件序列更加清晰。较为突出的进展有:一是发现了大量的规模较大的多相韧性剪切带并进行了研究;二是明确了胶南-威海造山带是扬子地块和华北地块的接合带,使其成为我国地球科学当前研究的重点地区之一,并为我国第一口科学钻探选址提供了依据;三是确定了安丘-莒县断裂是鲁东和鲁西的分划性断裂;四是确定了徐宿弧形构造带的北缘边界。

5.1 大地构造单元的划分及构造格局研究

划分了大地构造单元,对表层构造轮廓及深部构造特征进行了研究。基本形成了一套以板块构造为基础的构造单元划分方案及构造单元术语,将我省大地构造划分为 2 个一级构造单元(华北板块、秦岭-大别板块结合带),4 个二级构造单元(华北拗陷、鲁西地块、胶北地块、胶南-威海造山带),5 个三级构造单元(济阳断拗、渤海断拗、濮阳断拗、鲁中隆起、沂沭断裂带),21 个四级构造单元及 79 个五级构造单元。

我省表层构造反映了由鲁中和胶东半岛低山丘陵及其周边堆积平原、陆架海域构成的现代地貌格局,具有一拗(华北拗陷)、一域(黄、渤海陆架海域)、两块(鲁西地块、胶北地块)、三带(沂沭断裂带、胶南-威海造山带和隐伏的聊城-兰考断裂带)、七大地质块体构造格局的特点。构造格局总体显示了以沂沭断裂带为主干,两侧构造线向其收敛的“扇形”构造格局或称为“业”字形辐射状格局。

地球物理研究表明山东莫霍面的埋深一般为 33~35km,其中沂沭断裂带 33~34km,鲁东地区 32~34km,鲁西地块 34~40km,华北拗陷 30~36km。

5.2 基底褶皱

初步查明基底褶皱,其特点是多为露头规模的小褶皱,很少有大规模基底褶皱发育。

鲁西基底褶皱发育在中—新太古代地层中,其中沂水岩群分布区形成 NEE 向倒转背斜,泰山岩群以单斜岩片为主,仅在泰安西南峪和沂水东虎崖一带发育有规模不大的 NWW 向小型复式褶皱。鲁东太古宙 TTG 花岗岩在莱州—栖霞一带构成背形构造,并有多形态小褶皱发育;古元古代地层发育有至少 4 期的较大规模且较复杂的褶皱;新元古代褶皱主要为轴向近 NE 向的背、向形构造,出现在胶南断隆晋宁期侵入岩中。另外还发现有与侵位有关的片麻岩穹窿构造。

5.3 韧性变形带

查明了韧性变形带的分布特征。鲁西地区韧性变形带可分为 4~5 期,规模较大的有蒙山、崔家峪、盘车沟—东牛家庄—段家村、界首—南留、丰阳—梁丘、白彦—田黄韧性变形带等。这些变形带部分发育在泰山岩群与早前寒武纪侵入岩的接触带,部分发育在前青白口纪侵入岩内,呈 NW 走向,右行走滑为主,形成于古元古代末,具多期活动性质。汞丹山地垒中则发育 NNE 走向的变形带,左行平移为主,亦具多期活动性质。

胶北地块太古宙变质岩中韧性变形带以挤压或拉伸变形为主;古元古代地层以其层面和层间的顺层滑覆韧性变形带为主,在粉子山群和荆山群之间局部发育推覆韧性变形带,如栖霞塔顶推覆构造;新元古代地层中则可见顺层拆离滑脱性质的韧性变形带,如蓬莱群豹山口组和南庄组中段的韧性变形带。

胶南—威海造山带中发育的韧性变形带规模一般较大,大致可分为 5~6 期,具多相的特点,按运动性质可分为逆冲构造(如沙龙王家—西字城、荣成—黄山、芙蓉村—河北韧性变形带)、走滑构造(如三庄—南湖、武阳街—张家沟韧性变形带)、正滑构造(如构成造山带边界的石门—薛家庄、冯家坪—船坊韧性变形带)及滑脱构造(位于朋河石岩组与其下伏的荣成超单元之间)。

5.4 造山带研究

重视和加强了对世界著名的超高压变质带——胶南—威海造山带的研究,将其范围扩大至威海地区。认为该造山带主体由晋宁—震旦期变质花岗岩组成^[12]。从造山前基底变质地层系统来看,山东部分主体属华北板块南缘带。其与扬子板块北缘的边界在连云港—嘉山—线,造山带的北界大致在五莲—王台—荆山—莱山—线,造山带主体形成于新元古代。地震反射结果显示造山带具明显的垂向物质组成及流变学分层。深部地壳结构反映了地壳壳层之间的穿切关系,显示了深部的鳄鱼式构造及上部的科伯构造特点。

5.5 盖层构造

由于在枣庄以南的新元古代土门群和古生代寒武—奥陶系盖层中发现大量 NE 向褶皱构造,因而认为该区是徐宿弧的北部边缘,形成于燕山早期。另外,在峰城西南尚发现一些古老重力滑移体。鲁东和鲁西地区的盖层褶皱大部分是断裂引起的拖曳褶皱。

5.6 断裂和分划性断裂构造研究

加强了对分划性断裂构造的研究,尤其是对沂沭断裂的分划断裂与平移距离取得了新认识:据变质基底的不同,认为安丘—莒县断裂为鲁东与鲁西的分划性断裂;以沂水岩群与唐家庄岩群及胶东岩群与泰山岩群为标志,推测沂沭断裂带东侧两条断裂的左行平移距离为 100km ±;以土门群佟家庄组底部与基底不整合界面上的叠层石灰岩透镜体为标志,其西侧二条断裂的左行平移距离 50km ±。该断裂带总计左行平移距离 150km ±。否

定了莱芜、肥城、黄山馆、招平等断裂为旋扭成因弧形断裂的结论,证实其由不同方向、不同力学性质断裂交错复合形成。

6 矿产方面的进展

6.1 地层控矿

随着岩石地层单位的完善,改变了过去对某些矿产成因的认识,一些层控矿床的找矿方向更加具体。

过去人们普遍认为胶东岩群是胶东金矿的矿源层,近年来因其主体已解体为 TTG 岩系,真正的胶东岩群分布范围很小,因此现在多数人认为胶东岩群难以构成原始矿源层。

由于变质地层范围大大缩小,因此寻找变质沉积型铁矿的目标更加集中。这类矿床集中分布在泰山岩群山草峪组、雁翎关组,胶东岩群郭格庄岩组,济宁群及粉子山群小宋组,荆山群野头组和芝罘群老爷山组中。

荆山群和粉子山群的详细划分对比,使得寻找石墨矿(工业矿体仅赋存在荆山群陡崖组徐村石墨岩系段内)、菱镁矿、滑石矿、透辉岩、石英岩、红柱石等矿产的方向更加明确。

由于青山群建立了以酸性火山岩为特征的后乔组和石前庄组,因而使得与该酸性火山岩有成因联系的珍珠岩、沸石岩和膨润土矿床的找矿方向和找矿部位更加明确。

6.2 岩浆岩控矿

岩石谱系单位的建立和完善,使岩浆岩的成矿专属性或岩浆岩与矿产的关系更明显。

胶东金矿一般与燕山期侵入岩特别是燕山早期郭家岭超单元关系密切,鲁西金矿则与燕山早期铜石超单元关系密切。钼矿则与伟德山、雨山超单元密切相关。花岗石饰材也严格受岩浆岩控制,如济南超单元的“济南青”,榭山超单元的“石岛红”,四海山超单元的“将军红”等。鲁西大型接触交代式铁矿均与燕山晚期沂南超单元密切相关。

6.3 构造控矿

构造格架的建立,构造形迹的研究,使构造与矿产的关系更为密切,如与燕山期岩浆侵入有成因联系的胶东金矿和鲁西金矿,它们都严格受断裂构造控岩、控矿的制约。鲁西绿岩带型化马湾式金矿明显受控于绿岩中的浅构相韧性变形带。近年来在胶南造山带榴辉岩中发现的微粒金刚石也进一步启迪了人们的找矿思路。

本文是在山东省地勘局徐金芳副总工程师的建议下完成的。文中引用了艾宪森教授高级工程师及赵运伦、林润生、宋奠南、安郁宏、唐孟武等先生在“山东省区调工作座谈会”上的部分发言,成文过程中还参考了大量的前人资料和研究成果,在此谨表谢意。

参考文献:

- [1] 张增奇,刘明渭,宋志勇,等.山东省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [2] 张荣隋,司荣军,宋炳忠,等.蒙阴苏家沟科马提岩[J].山东地质,1998,14(1):26-33.
- [3] 宋明春,宋志勇.对朋河石岩组的几点新认识[J].山东地质,1998,14(1):62.
- [4] 刘占声,等.郯庐断裂带中段地质[M].长春:吉林科学技术出版社,1995.

- [5] 王世进,张成基,刘海坤,等.山东省第四纪地质研究新进展[J].山东地质,1999,15(2):1-8.
- [6] 艾宪森,张成基,王世进.山东省十年区域地质调查新进展[J].中国区域地质,1998,17(3):228-234.
- [7] 宋明春,王来明.胶南造山带变质作用及其演化[J].山东地质,1997,13(1):40-49.
- [8] 曹国权,等.鲁西早前寒武纪地质[M].北京:地质出版社,1996.
- [9] 张希道,王来明.胶南威海-乳山麻粒岩相岩石的发现及初步研究[J].中国区域地质,1996,15(3):213-221.
- [10] 宋明春,崔书学,张希道.鲁东榴辉岩的构造年代学研究进展[J].地质科技情报,2000,19(4):10-14.
- [11] 王来明,宋明春,刘建文.胶南造山带中高压-超高压变质矿物[J].山东地质,1998,14(1):19-25.
- [12] 宋明春,王来明.对胶南造山带基础地质问题的新认识[J].中国区域地质,2000,19(1):1-6.

Review of Regional Geological Survey in Shandong Province

SONG Ming - chun¹, ZHANG Cheng - ji², WANG Lai - ming³, WANG Shi - jin³,
WANG Pei - cheng¹, LIANG Bang - qi¹, LIU Ming - wei¹, DU Ben - ming¹, YANG En -
xiu¹, HU Shu - ting¹, LIU Jian - wen¹, SONG Zhi - yong¹

(1. No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong, Weifang 261021, China; 2. Shandong Geological Exploration Bureau, Shandong, Jinan 250013, China; 3. Shandong Geological Survey Institute, Shandong, Jinan 250013, China)

Abstract: Second circle regional geological survey began in the end of 70 s and up to 2000 in Shandong province. The total completed areas with the scale of 1:200,000 is 112326km², and 63137km² with 1:50,000. Enormous achievements have been gained in basic geological study: in strata field, new rock stratigraphic units have been established, stratigraphic sequences re - divided, division and contrast of multi - strata (mainly as rock strata) carried out, and stratum sedimentary in all periods discussed; in intrusives, family classification of intrusives has primarily completed, and their evolution, origin, intrusive mechanism and forming period studied. Amounts of metamorphosed and deformed old intrusives have been recognized from Pre - Cambrian basement, their division also carried out in terms of family classification; in metamorphic rocks, original formations have been analysed, the rocks metamorphic facies, metamorphic facies series and multi - metamorphism divided, lots of pT datas measured, pTt locus determined, metamorphism types studied, and high and super - high pressure metamorphic belts found and discussed; In tectonic, a lot ductile shear belts have been found and discussed, and Jiaonan - Weihai tectonic belts and Tanlu fault studied deeply; in minerals, a new recognition to the genesis and forming rules of kinds of minerals achieved.

Key words: Second circle regional geological survey; basic geological study; developments and achievements; Shandong province