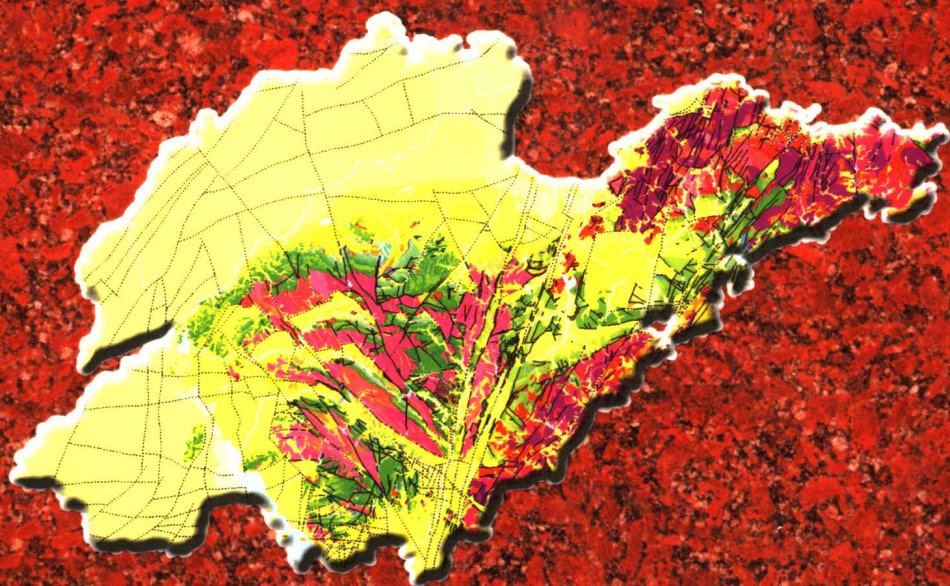


山东省区域地质

山东省第四地质矿产勘查院编



山东省地图出版社

山东省区域地质

主 编 宋明春 王沛成

副 主 编 梁邦启 刘明渭 黄 武 刘 峰 杨恩秀 刘建文
宋志勇

编 者 (按章节顺序)

宋明春 王沛成 胡树庭 万 峰 刘明渭 徐军强
杨恩秀 范跃春 杜 明 梁邦启 王立法 刘建文
李洪奎 田京祥 宋志勇(编图) 战金成(编图)

技术指导 艾宪森 张成基

编写单位 山东省第四地质矿产勘查院

单位负责 宋书爱(院长) 宋明春(总工程师)

山东省地图出版社

内 容 简 介

本书是作者在对山东省 20 世纪 80 年代以来完成的区域地质调查及科研成果进行系统总结的基础上,编制的一部综合性的区域地质专著。主要内容包括:对全省多重地层划分进行了系统总结、整理和厘定,研究了岩石地层的横向变化特点;总结了全省侵入岩 36 个超单元的典型特征,研究了各超单元演化的纵向规律性、横向变异性特点及其成因、形成时代;系统研究了不同变质岩群的原岩建造、变质作用演化;对全省构造单元进行了新的划分,对构造变形特征、地质构造背景、构造与建造的关系进行了研究;在对全省主要矿产资源分布特征、成矿条件、成因类型分析总结的基础上,研究了成矿规律。

本书全面、系统、客观地反映了山东省区域地质的最新研究成果,资料丰富,观点新颖。将在未来较长时间内对山东省的地质矿产勘查规划、国土资源大调查、普查找矿、地质环境评价、地质灾害预测、重大工程选址和地质科研等工作具有基础奠基和指导作用。可供各地质勘查单位、工程勘察单位、矿山企业、地质科研单位、大专院校及国土资源管理部门、工程管理部门、环境管理部门、工业部门等有关人员参考利用。

图书在版编目(CIP)数据

山东省区域地质/山东省第四地质矿产勘查院编.
济南:山东省地图出版社,2003.5
ISBN 7-80532-624-X

I. 山... II. 山... III. 区域地质—研究—山东省 IV. P562.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 041025 号

ISBN 7-80532-624-X



山东省地图出版社出版发行

(济南市二环东路 6090 号)

(邮编:250014)

山东地质印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 开本 印张:62.5 1520 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—600 册 定价:300.00 元

目 录

绪言	1
第一节 山东自然地理与经济	1
第二节 山东地质调查工作程度和基础地质科学研究现状	3
第三节 山东省区域地质研究近年取得的主要进展	5
第四节 本项工作的技术路线、技术方法	14
第一篇 地层	17
第一章 概述	17
第一节 地层研究简况	17
第二节 综合地层区划	18
第三节 区域地层发育概况	22
第二章 太古宙地层	25
第一节 中太古代地层	25
第二节 新太古代地层	28
第三章 元古宙地层	36
第一节 古 - 中元古代地层	36
第二节 新元古代地层	54
第四章 寒武纪 - 奥陶纪地层	68
第一节 岩石地层	70
第二节 层序地层	84
第三节 地层多重划分对比	91
第四节 岩相古地理分析	97
第五章 石炭纪 - 三叠纪地层	111
第一节 岩石地层	111
第二节 地层多重划分对比	120
第三节 岩相古地理分析	127
第六章 侏罗纪 - 白垩纪地层	133
第一节 岩石地层	133
第二节 地层多重划分对比	159
第三节 盆地演化及古地理、古气候特征	175
第七章 古近纪 - 第四纪地层	188
第一节 岩石地层	190
第二节 地层多重划分对比	210
第三节 岩相古地理分析	227

第二篇 岩浆岩与岩浆作用	233
第一章 概 述	233
第一节 侵入岩类区域地质调查与研究概况	233
第二节 岩浆岩的时空分布概况	234
第二章 鲁西区侵入岩	248
第一节 迁西期侵入岩	248
第二节 阜平期侵入岩	254
第三节 五台期侵入岩	272
第四节 吕梁期侵入岩	295
第五节 四堡期侵入岩	326
第六节 加里东期侵入岩	328
第七节 印支期侵入岩	330
第八节 燕山期侵入岩	334
第九节 喜马拉雅期侵入岩	370
第三章 鲁东区侵入岩	372
第一节 迁西期侵入岩	372
第二节 五台期 - 阜平期侵入岩	375
第三节 吕梁期侵入岩	385
第四节 四堡期侵入岩	394
第五节 晋宁期侵入岩	403
第六节 震旦期侵入岩	425
第七节 印支期侵入岩	450
第八节 燕山早期侵入岩	477
第九节 燕山晚期侵入岩	490
第十节 喜马拉雅期侵入岩	559
第四章 中、新代火山岩与火山作用	561
第一节 火山岩	562
第二节 火山岩相	589
第三节 火山旋回	692
第四节 火山构造	601
第五节 火山作用	613
 第三篇 变质地质	618
第一章 区域变质	618
第一节 概述	618
第二节 胶北隆起区域变质	620
第三节 胶南 - 威海造山带区域变质	658
第四节 鲁西地区区域变质	790

第二章 动力变质	710
第一节 韧性动力变质	710
第二节 脆性动力变质	715
第三章 接触(交代)变质	717
第一节 接触变质(以招虎山岩体周围为例)	717
第二节 接触交代变质	720
 第四篇 地质构造	722
第一章 概述	722
第一节 大地构造单元和构造演化阶段	722
第二节 构造格局和深部构造概况	725
第二章 鲁西地区构造演化	731
第一节 陆核形成阶段	731
第二节 陆块发生形成阶段	737
第三节 陆块发展阶段	743
第四节 滨太平洋构造发展阶段	750
第三章 胶北地块构造演化	770
第一节 太古宙陆核形成阶段	770
第二节 元古宙陆壳增生阶段	777
第三节 显生宙构造演化	793
第四章 胶南 - 威海造山带构造演化	807
第一节 早前寒武纪造山带核部结晶基底形成阶段	808
第二节 四堡期裂谷发展阶段	810
第三节 晋宁 - 震旦期碰撞造山阶段	811
第四节 加里东 - 印支期陆内挤压收缩造山阶段	820
第五节 燕山期断块构造阶段	822
第六节 胶南造山带的地壳组成及结构样式	831
第七节 胶南造山带的形成演化小结	835
第五章 区域分划性断裂构造带	839
第一节 沂沭断裂带	839
第二节 兰考 - 聊城断裂带	854
第三节 齐河 - 广饶断裂带	856
第四节 五莲 - 青岛断裂及即墨 - 牟平断裂带	857
第六章 新构造运动与地质灾害	862
第一节 新构造运动的标志及其表现	862
第二节 区域地壳稳定性评述	866
第三节 地质灾害	869

第五篇 矿产	875
第一章 矿产资源概述	875
第一节 能源矿产	875
第二节 金属矿产	878
第三节 非金属矿产	890
第四节 水汽矿产	900
第二章 区域成矿区划和成矿时代	902
第一节 成矿区划分	902
第二节 成矿时代	903
第三章 重要矿产成矿规律及找矿方向	908
第一节 金矿成矿规律及找矿方向	908
第二节 铁矿成矿规律及找矿方向	914
第三节 金刚石成矿规律及找矿方向	917
第四节 石油、天然气成矿规律及找矿方向	919
第五节 石膏、钾盐、岩盐、自然硫成矿规律及找矿方向	919
第六节 滑石、石墨、菱镁矿、大理岩、莱州玉、透辉岩、石英岩成矿规律及 找矿方向	921
第七节 石灰岩、白云岩成矿规律及找矿方向	921
第八节 沸石、珍珠岩、膨润土、明矾石成矿规律及找矿方向	922
第九节 重晶石成矿规律及找矿方向	925
第十节 石英砂岩成矿规律及找矿方向	925
第十一节 蓝宝石成矿规律及找矿方向	926
第十二节 地热资源分布规律及找矿方向	926
第六篇 区域地质发展史	928
一、陆核形成阶段	928
二、陆块发生形成阶段	928
三、秦昆海洋形成演化阶段	932
四、陆块发展阶段	932
五、滨太平洋发展阶段	936
结语	942
参考文献	965
附：山东省地质图(1:50 万)	

绪 言

山东省位于中国东部沿海、黄河下游,地理坐标:东经 $114^{\circ}36'$ ~ $122^{\circ}43'$,北纬 $34^{\circ}25'$ ~ $38^{\circ}23'$ 。境域包括半岛和内陆二部分,胶东半岛突出于渤海与黄海之中,与辽东半岛遥相对峙;内陆部分自北向南与河北、河南、安徽、江苏四省接壤,全境南北最长约 400 多公里,东西最宽约 700 多公里,总面积约 153300km^2

第一节 山东自然地理与经济

自然地理是地质构造格局的基本反映,地质构造格局控制自然地理的发展。现代山东自然地理的特征,是自然界长期发展中经受了多种内、外力地质作用综合结果的集中反映。

一、地貌基本特征

山东境内中部山地突起,西南、西北低洼平坦,东部缓丘起伏,形成以山地丘陵为骨架、平原盆地交错环列其间的地形大势,泰山雄距中部,主峰海拔 1545 米,为全省最高点,黄河三角洲一般海拔 $2\text{m} \sim 10\text{m}$,为全省陆地最低处。按地形的空间分布特征,可将山东分为鲁中南山地丘陵区、胶莱平原区、胶东丘陵区、鲁西南—鲁西北平原区及现代黄河三角洲等地貌分区。

鲁中南山地丘陵区,其西部和北部分别以运河湖泊带和胶济铁路沿线为界,北部自青州,经安丘至胶州湾西岸,东南部沿黄海之滨抵海州湾畔。该区中间高、边缘低,泰山、鲁山、沂山、蒙山的主峰均在海拔千米以上,构成该区脊部。脊部两侧海拔 $500\text{m} \sim 600\text{m}$,属古生代和中生代地层构成的丘陵。丘陵外缘是山麓堆积平原,主要分布在胶济铁路沿线和运河湖泊湖东一带,海拔 $40\text{m} \sim 70\text{m}$ 。区内石灰岩分布广泛,喀斯特地貌发育,地下裂隙溶洞水受阻后一部分涌出地表,形成诸多泉群。

胶东丘陵区,主要包括烟台市、青岛市、威海市所辖地区,为山东半岛的主体。该区山丘基本由火成岩组成,除少数山峰海拔 700 米以上外,大部为海拔 $200\text{m} \sim 300\text{m}$ 的波状丘陵。丘陵之间被断陷盆地分隔,主要有莱阳盆地、桃村盆地等。丘陵外缘,散布着沿海平原,宽度自数公里至十余公里不等,该区中北部自西向东分布有大泽山、艾山、牙山、昆嵛山、伟德山等较大山丘,它们构成半岛南北水系的分水岭。

胶莱平原区,介于鲁中南山地丘陵区与胶东丘陵区之间。包括潍坊市辖区大部与青岛市辖区北部。系潍河、大沽河、胶莱河冲积而成,海拔多在 50 米左右。

鲁西南—鲁西北平原区,由黄河泛滥冲积而成,是华北平原的组成部分,位于运河湖带以西,胶济铁路以北,形成一个半圆形环抱着鲁中南山地丘陵。海拔大多在 50 米以下,自西南向东北微倾,由于黄河多次决口改道和沉积,地表形成一系列高差不大的河道高地和河间

洼地,彼此重迭,纵横交错。

现代黄河三角洲呈扇状,以利津以下的宁海为顶端,东南至小清河河口,西北到徒骇河入海口,前缘部分突出伸入渤海湾与莱州湾之中。黄河口堆积作用很强,三角洲每年向海延伸约 2km~3km。

二、山川展布

山东主要山脉,集中分布于鲁中南山地丘陵区 and 胶东丘陵区。鲁中南山丘区山脉主要由片麻状花岗岩(花岗质片麻岩)组成,胶东丘陵区山脉则主要由花岗岩组成。绝对高度在 700 米以上,面积 150 平方公里以上的山有泰山、蒙山、崂山、鲁山、沂山、徂徕山、昆嵛山、艾山、牙山、大泽山等。鲁中南山地丘陵区山脉多呈 NW 向和近东西向展布,胶东丘陵区山脉则多呈近南北向和近东西向展布。

山东水系比较发育,自然河流的平均密度每平方公里 0.7 公里以上。干流长 10 公里以上的河流有 1500 多条。这些河流分属于淮河流域、黄河流域、海河流域、小清河流域和胶东水系。湖泊集中分布在鲁中南山地丘陵区与鲁西南平原之间的鲁西湖带,以济宁为中心分为两大湖群,以南为南四湖,以北为北五湖。前者以微山湖为首,后者以东平湖最大。

胶东半岛三面环海,海岸线北自无棣县的伏河口,南至日照市的绣针河口,全长 3024 公里,沿岸有众多的天然港湾,分别构成青岛、烟台、威海、龙口、石岛、石臼所、岚山头海港码头。近海海域中散布着许多岛屿,其中最大的是庙岛群岛中的南长山岛,面积约 12 平方公里。

三、气候

山东气候属暖温带季风气候类型。具有降水集中、雨热同季、春秋短暂,冬夏较长的特点,且春夏秋冬四季分明。全省年平均气温 11.5℃~14℃,由南而北自西向东递减。鲁西、鲁西南平均气温多在 13.5℃以上,胶东半岛区则多在 12.5℃以下。本省气温的总特点是:季节变化显著,冬冷夏热,春季回暖迅速,秋季降温快,一月份气温最低,平均 -1℃~-4℃,七月份气温最高,平均 24℃~27℃;无霜期与生长期较长:无霜期一般 180~220 天,全省日平均气温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的生长期一般比无霜期长 10~20 天。全省热量条件可满足农业一年两作的需要。

全省年平均降水量 550mm~950mm,降水量分布特点是南部大于北部,山区大于平原,沿海大于内陆,由东南向西北递减。降水量多集中于每年的 6~9 月份。降水量年际变率较大,大约每 30~40 年即出现一次平、枯、丰周期性循环过程。

全省多年平均水面蒸发度在 1000mm~1400mm,全年分配不均,冬季小,春末夏初强烈。

四、经济概况

山东的矿产资源分布广泛,矿种齐全,截至 2000 年底,全省共发现各类矿产 150 种,其中已探明资源储量的有 78 种,探明矿区(床)1346 处,保有资源储量潜在总值 4.35 万亿元。金属矿产以铁、铜、铝、锌、金为主,其中金矿资源(储)量及开采量在国内处于前列位置,集中产于招远、莱州和沂南等地。铁矿的特点是产地集中,莱芜、济南、淄博是富集区。非金属矿产主要是:煤、石油、天然气、金刚石、重晶石、石墨、菱铁矿、石膏、膨润土、沸石等。我省保有

资源储量列全国前 10 位的矿产有 58 种,其中石油、金、金刚石、石墨、石膏、菱镁矿等 24 种矿产居前 3 位。另外,鲁北沿海有面积约 1500 平方公里的地下卤水矿,胶东和鲁西北等地蕴藏有丰富的地热资源。

建国以来,山东省农业生产一直稳步发展,特别是 1978 年以来农、林、牧、副、渔五业发展迅速,且林、牧、副、渔业所占比率逐年提高。在种植业中,粮食作物以小麦、玉米、甘薯为主,经济作物以棉花、烟叶、花生、蔬菜为主。林果资源十分丰富,烟台苹果、莱阳茌梨、肥城桃、乐陵金丝小枣、枣庄石榴、菏泽耿饼等驰名中外。

工业是山东国民经济的主导产业。由建国初期的纺织、食品、轻工、采煤、电力等少数几个门类,发展成为具有煤炭、石油、冶金、化工、机械、建材、电力、轻工、纺织、电子等门类比较齐全,结构和布局日趋合理的工业体系。初步形成了济南、青岛、烟台、潍坊、淄博、枣庄、济宁、东营等各具特色的工业基地。

第二节 山东地质调查工作程度和基础地质科学研究现状

山东地质调查工作程度和基础地质科学研究现状,可从二个方面概述如下。

一、地质调查工作程度

早在中华人民共和国成立以前,山东的地质调查工作就已经开始。不过当时的调查工作多集中在铁路沿线和某些矿区及名胜古迹等地。其工作范围较小,所获资料也较零星,但有些专题研究成果具有较高的参考价值。当时的主要调查者有谭锡畴、杨仲健、卞美年、孙云铸、周赞衡、赵亚曾、叶良辅、喻德渊、杨杰、冯景兰、李捷等。这期间,一些外国地质学者也在山东做过短期调查,如:马克希姆 J. Markhem)、李希霍芬(E. Richthofen)、威里士(B. Willis)、白维德(E. Blackwelder)、葛利普(A. W. Grabau)、富田达等人。

中华人民共和国成立以来,由于国民经济建设的需要,地质工作得以迅速发展。地质、石油、煤炭、冶金、建材等系统开展了大量的地质普查找矿和勘探工作。全面系统的地质调查工作始于 1958 年,当时山东省地质局分别与北京地质学院、长春地质学院合组山东区测队,开始进行 1:20 万区域地质调查工作,至 1962 年全面完成了山东基岩出露区的 1:20 万区调工作(计 23 幅)。1960 年还曾开展过沂蒙山区的 46 幅 1:5 万区调工作。之后山东局又自组区调队(805 队),于 1963~1968 年修测了胶东地区的 1:20 万区调图幅,这一期间的区调工作被称为山东省的第一轮区调。这一轮区调工作获得了大量实际资料,分别对地层、岩浆岩、构造、矿产进行了详细的调查,勾绘了山东省的基本地质格架,为今后的地质工作打下了良好的基础,其取得的部分成果直至今天仍然被许多地质工作者所沿用。文化大革命期间原区调队(805 队)被解散,我省的区调工作也随之停止,但矿产普查工作仍然继续进行。

1976 年山东地质局重组区调队,并首先进行了 1:20 万日照、赣榆幅的第二轮 1:20 万区调工作,这次区调工作仍然沿用旧的方法理论体系。自 1:20 万莱阳、潍坊幅区调及 1:5 万栖霞幅、沂南县幅区调,开始试用构造岩性填图法。八十年代末至九十年代初区调工作开始运用新的方法理论体系:火山岩区采用岩性(相)和火山地层双重填图法,沉积地层区采用多重地层划分法,侵入岩以同源岩浆演化理论为指导进行单元—超单元岩石谱系单位划分归并,对构造的研究则充分运用板块构造理论及活动论思想。工作过程中普遍采用了遥感信

息技术(RS)及计算机制图技术(GIS)。因此严格说来,现代意义上的第二轮区调工作应该始于八十年代末,新理论新方法体系开始应用之时。这段时间是山东区调工作的辉煌时期:在工作方法方面,广泛应用了新理论、新技术、新方法;在填图尺度上及完成的工作量方面,除全面开展1:20万区调外,同时又全面开展了1:5万区调工作,至“九五”末共完成1:20万图幅22幅,控制面积11.23万平方公里,已覆盖全省基岩裸露区的绝大部分地区,占全省陆地面积的71.68%;完成1:5万区调图幅173幅,控制面积6.31万平方公里,占全省基岩面积的63.14%,占全省陆地面积的40.29%。工作单位除区调队外,一队、二队、三队、四队、六队、七队、八队、九队、地科实验院、地校等全省地矿系统各地勘单位均参与了该项工作。此外,中国地质科学院、中国地质大学(北京)、长春地质学院、地矿部水文地质工程地质研究所等科研院、校也参加了山东的区调工作;在研究内容方面,除传统的基础地质外,对农业地质、灾害地质、旅游地质、工程地质、城市地质等内容进行了试点性填图。在区调成果的质量方面,山东地矿局对区调工作的质量极为重视,除局地矿处设有专职管理人员及成立了专门的区调管理科外,还拨专款聘请各单位有丰富野外工作经验及较高理论水平的区调专家为质量监控员,建立了一支相对稳定的区调质量监控员队伍,对全省区调项目进行动态质量监控。担任过区调质量监控员并对我省这一轮区调工作作出重要贡献的专家主要有:张成基、吕发堂、赵运仑、宋莫南、林润生、安郁宏、王世进、王来明、杨智溥、秦乃迺、宋明春等同志。由于质量监控工作到位,措施得当,已完成的区调成果优良率100%,优秀率>90%。有5个1:20万区调项目和23个1:5万区调项目获得地矿部地质勘查成果奖,有24个1:5万图幅区调成果分别被评为特优、部优和荣誉图幅。有2个图幅在1994年北京国际科学讨论会上被指定为展览交流成果。

二、基础地质科学研究现状

在全省第二轮区域地质调查工作的基础上,基础地质科学研究取得了重大进展,大大提高了我省地质研究程度和基础地质科学的理论水平。地层学方面已从岩石地层学、生物地层学发展到包括同位素年代学、层序地层学、地震地层学、磁性地层学、事件地层学等多方面领域;沉积岩石学方面:已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多方面领域;岩浆岩石学方面:已从一般描述发展到包括区域岩石学、岩理学、侵入岩等级体制等多方面研究,成因矿物学、同位素年代学、放射性同位素、稳定同位素、稀土元素地球化学等技术和方法在岩浆岩研究中得到广泛应用;在变质岩方面:已从单纯变质地层学和个别地区变质岩石学的研究,发展到应用变质地质学新观点、新技术和新方法,研究大面积区域性变质岩系的岩石组合、原岩建造、变质相系、变质作用的 PT 轨迹及其所反映的大地构造环境和地壳演化特征,电子探针技术在变质岩研究中得到广泛的应用;在地质构造方面:板块构造的观点和活动论的思想已广泛应用于构造研究中,建立了不同地区的较完善的地质事件演化序列,构造解件方法、韧性剪切变形的理论和方法等新方法、新理论在基底构造的研究中广泛应用。

目前,在第二轮区域地质调查基础上,通过少量专题研究或经过进一步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》(本书)等;完成的总结性图件有:鲁东地质图(1:50

万)及山东省地质图(1:50 万数字地质图)。另外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》、《地质学报》、《地层学杂志》、《科学通报》、《长春地质学院院报》等学术刊物上发表。

第三节 山东省区域地质研究近年取得的主要进展

通过区域地质调查及其它各项科研工作,近年来山东省基础地质研究取得了一系列重大进展,地质研究水平全面提高,简要说明如下:

一、地层方面

主要是建立了一些新的地层单位,发现了一些新的地层出露区,重新厘定了一些地层划分,进行了多重地层划分对比,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,组级岩石地层单位 109 个。

1. 太古宙地层

将原划泰山群、胶东群解体,取消了胶南群。将这些群的大部分划为变质变形侵入岩,重新厘定了残存的变质地层层序。

分别在沂水地区、莱西唐家庄地区的麻粒岩相变质地层中取得 3020Ma 和 2945Ma 的同位素年龄值,建立了中太古宙沂水岩群和唐家庄岩群,二者均呈包体状残存于中新太古代侵入岩中,构成太古宙高级区,其原岩以中基性、中酸性火山岩为主夹硅铁建造,可能形成于古岛弧环境。沂水岩群划分为 2 个岩组 5 个岩段。二群在岩石组合、地质产状及同位素年龄方面具有明显的可比性,所以二者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、柳杭组,孟家屯岩组和柳杭组为新建组级单位,在新泰、蒙阴等地的雁翎关组下部发现具变余鬣刺结构的科马提岩,因此确认泰山岩群属太古宙绿岩带,其形成时代在 2800Ma 前后。

胶东岩群划分为苗家岩组和郭格庄岩组,形成时代和特征与泰山岩群相似,苗家岩组与雁翎关组可以对比,郭格庄岩组与山草峪组可以对比。

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。

荆山群分布于莱阳南部、平度北部、文登、威海及胶南断隆区,其岩性组合相似于孔兹岩系,共划分为 3 个组、6 个段,其变质程度达高角闪岩相—角闪麻粒岩相,同位素年龄 1800 ~ 2484Ma。

粉子山群主要分布于莱州至福山地区,包括原五莲群。除原划组外,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,为高绿片岩相—低角闪岩相,其同位素年龄 1848 ~ 2478Ma。

关于荆山群与粉子山群的关系目前尚有争议,二者的岩性组合及原岩的形成时代是相似的。二者的主要差异表现在底部岩性组合明显不同,构造形态、变质作用、含矿性也不相同。多数人认为,二者横向上可以对比,为同时异相关系。

芝罘群分布于芝罘岛,以经历了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,据此自上而下划分为老爷山组、兵营组、东口组 3 个组和 5 个段,同位素年龄为 2171Ma。

3. 新元古代地层

对新元古代地层进行了多重地层划分,新发现地震事件层。

对土门群进行了层序地层、生物地层、化学地层研究,对土门群(石旺庄组一段)及蓬莱群(新发现香乔组二段)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。对地层时代有争议的蓬莱群,通过对其化石(确定前人所称的软体动物“化石”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该两组中的微古植物组合。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。

4. 古生代地层

对古生代地层进行了多重地层划分、对比。通过华北地区地层清理,对寒武—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),并进行了详细的多重地层划分对比。尤其对其层序地层进行了系统划分,共划分为 21 个三级层序,研究了长清群(新发现馒头组石店段和下页岩段)中的地震事件及九龙群中的风暴事件,将风暴沉积序列分为原地型及异地型。通过对岩石地层单位横向变化的研究,确定了张夏组下灰岩段和三山子组的穿时现象、马家沟组与三山子组间的平行不整合及某些组段空间展布上的楔状分布特点。三山子组底界最低大致相当于凤山阶底部,最高可达下奥陶统两河口阶下部。呈楔状体分布的地层单位有:朱砂洞组丁家庄白云岩段、余粮村页岩段、上灰岩段,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,仅馒头组鲕粒灰岩、上页岩段由西向东尖灭,其尖灭点位置多集中处于地形起伏较大的陆架坡折附近。发现了寒武纪地层底部不整合面的上超现象。利用牙形石微古资料确切的确定了 O/Є 的界面。对寒武—奥陶纪地层进行了生物地层划分,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。

石炭—二叠纪地层按岩石地层划分原则划分为月门沟群和石河子组(相当群级),并划分了 5 个筴生物带。层序地层大致划分了 8 个三级层序。

5. 中生代地层

建立和完善了中生代岩石地层层序及地层格架。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铼异常,为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),该火山事件层为莱阳群时空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可能有海相沉积,在胶莱盆地南缘的莱阳群底部依据微古化石资料确定了古生代灰岩砾石,从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,总体由北东向南西逐渐上超(如盆地西南缘止风庄组、杨家庄组、杜村组对基底不整合面的超覆),在盆地边缘存在下超现象(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,通过区域填图进行了地层—岩性(相)双重表示,清晰的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邱—莒县地堑的大部分)在组成岩石特征(含有中、酸性火山岩夹层及安山凝灰质砂岩)上与真正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时代为早白垩世,故而新建大盛群,划分了6个组。产出层位在青山群八亩地组(局部石前庄组)之上,王氏群红土崖组超覆不整合于其上。大盛群可能为青山群火山喷发间歇期同时异相沉积产物。

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。通过新取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)已跨入早白垩世,而顶部(胶州组)则跨入古近纪古新世。

通过上述各群地层格架的建立,对我省中生代陆相盆地的岩相古地理特征和演化发展历史提出了新的认识。

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,将古近纪含膏盐的沉积地层称官庄群,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,新建临朐群。

从生物组合特征、岩石地层及构造演化等方面的对比,证明平邑、蒙阴、大汶口等新生代盆地是在第三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,它们既非同期相变,又非完全后一个新于前一个,而是底部沉积时间由早一晚的依次上升关系,是上超型盆地沉积。

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,共划分了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7764.82~1430.00a.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79.30~10.88万年,大站组为11.29~1.10万年,黑土湖组为11785~3210年,三者形成时代分别为中更新世、晚更新世和全新世早期。

对形成时代有争议的蓬莱地区一套基性—超基性火山岩系,通过测定其内所夹黄土的热释光年龄(114.8~68.5万年),结合古地磁资料确定其形成时代为中更新世早期,故将7个火山喷发韵律的火山岩系均归入第四纪史家沟组。

上述第四纪岩石地层的划分,不仅大大提高了第四纪地质的研究程度,而且为农业生态地质调查和研究奠定了基础。

二、岩浆岩方面的进展

最重要的进展是初步完成全省侵入岩岩石谱系单位统一划分对比工作,共划分了325个单元归并为36个超单元,尤其是从前寒武纪变质基底中识别出大量变质变形侵入岩,并

创造性的对其进行了岩石谱系单位划分。

1. 岩浆岩分区

按照我省岩浆岩的时空分布特点,将其分为鲁西构造岩浆区及鲁东构造岩浆区。前者又分为6条岩浆岩带,分别是:沂水岩浆岩带、鲁山—沂山岩浆岩带、泰山—徂徕山—蒙山岩浆岩带、马山—灵山—四海山岩浆岩带、鲁西中生代火山岩带及潍坊—郯城中生代火山岩带;后者也分为6条岩浆岩带:栖霞岩浆岩带、玲珑—平度及鹊山—昆嵛山岩浆岩带、临沭—胶南及海阳所—威海岩浆岩带、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。各岩浆岩带又分为若干个次级岩带或复式岩体,如东部沿海侵入岩带主要可分为8个复式岩体,分别是:艾山复式岩体、伟德山复式岩体、石岛复式岩体、海阳复式岩体、崂山—大珠山复式岩体、大场复式岩体、河山复式岩体及大山—大店复式岩体。我省岩浆岩出露总面积约30976km²,约占全省陆地面积的20%,以燕山期岩浆岩分布面积最大,其次是吕梁期及晋宁—震旦期岩浆岩。

2. 前寒武纪侵入岩

发现和确认了一批古老变质变形侵入岩,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2900Ma~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);发现了大量新太古代TTG花岗岩类(如蒙山超单元、栖霞超单元、崂山超单元)及基性—超基性侵入岩(万山庄超单元、马连庄超单元和南涝坡超单元);在鲁西地区发现了指示古元古代造山旋回的二长花岗岩(徂徕山超单元)—钾质花岗岩(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(荣成超单元、月季山超单元)及造山期后钾质花岗岩—浅色花岗岩(铁山超单元、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. 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、宁津所等超单元);查明了燕山期侵入岩的空间关系及形成序次,将其划分为铜石、埠村、郭家岭、沂南、伟德山、苍山、雨山、大店、槎山、崂山、卧福山等超单元,在鲁西地区发现了一些燕山晚期火成碳酸盐岩(雪野超单元);确定了不同期次的中生代脉岩带、脉岩群。

4. 侵入岩的实验测试工作

取得了一大批高精度的同位素年龄、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,确定了许多过去有争议或时代归属错误的侵入岩的准确形成时代,如:将过去划为燕山早期的昆嵛山岩体、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期;将过去划为燕山晚期的济南岩体、文登岩体、甲子山岩体改划为印支期等。

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,分别研究了各个超单元的纵向演化的连续性特点、阶段性特点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,每个旋回一般从超基性、基性岩开始,至酸性、碱性岩结束,可分为7个岩浆演化旋回。

迁西旋回:自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,晚期为紫苏花岗岩。

阜平—五台旋回:自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:自微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是钠质花岗岩—钾质花岗岩,第二亚旋回演化方向是基性岩—中性岩—浅色花岗岩;鲁东区岩浆演化方向是基性岩—浅色花岗岩。

四堡—震旦旋回:自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;鲁东区岩浆演化方向为超基性岩—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:自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,鲁东区岩浆演化方向为中性岩—浅色花岗岩—钾质花岗岩。

燕山旋回:自铜石超单元和郭家岭超单元开始,至雪野和崂山超单元结束。岩浆演化方向为基性岩、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时代由老到新岩浆渐向偏酸、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及元古宙旋回有较多的钠质花岗岩,而显生宙则以浅色花岗岩和钾质(碱性)花岗岩为主。

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,各种类型又分为深成型、浅成型二个亚类。

7. 侵入岩的形成环境及定位机制

将侵入岩的形成与板块构造环境及造山作用联系起来。山东岩浆演化的7个旋回中主要有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碰撞;吕梁旋回段、晋宁—震旦旋回段及燕山旋回段均具有造山带岩浆岩的特点,这三个旋回段岩浆序列完整,后期均出现代表刚性地壳张裂环境的钾质花岗岩,因此他们均代表了板块碰撞造山作用的岩浆活动。从岩浆活动特点分析我省的板块运动可能自阜平期即已开始。鲁西地区自古生代开始即转入稳定的大陆环境,出现稳定大陆环境的金伯利岩、碳酸盐岩等。岩浆作用研究表明我省最老的造山作用发生于吕梁期,在鲁西地区形成造山带;晋宁期—震旦期临沭—威海地区强烈造山;燕山期的造山作用主要发生于鲁东沿海地区,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:

(1)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,典型的如昆嵛山岩体、伟德山岩体和宁津所岩体。

(2)断裂扩张机制,岩体分布受断裂带控制,典型的如崂山岩体。

(3)岩墙(或裂隙)扩张机制,往往形成平行展布的岩墙群,或形成岩体的齿状边缘或岩体长轴的强烈定向展布。典型的如: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),指示了裂隙扩张充填机制。

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

(5)穹起机制,往往形成穹窿构造,典型的如荣成超单元。

(6)岩管贯入机制,如常马庄单元。

(7)破火山口沉陷机制,往往形成边缘不规则的环状岩体组构,如铜石岩体、济南岩体。

(8)顶蚀机制,岩体中往往含较多围岩残留顶盖,如沙沟岩体。

(9)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。

8. 火山岩

中生代火山岩方面的主要进展是在莱阳群顶部发现了中性火山碎屑岩,在大盛群中发现了较多的中酸性火山碎屑岩及凝灰质砂岩;确定了第四纪基性—超基性火山岩,新建史家沟组。对火山作用演化、火山旋回、火山构造等研究均有较大进展。

根据火山岩性岩相、横向变化、区域对比,结合同位素年龄可将我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、偏碱方向演化,火山旋回的间隔渐趋变短。

中生代火山岩的化学成分表现出一定的区域性变异,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。稳定同位素研究表明除石前庄旋回具壳源成因外,其它旋回多与上地幔衍生岩浆接近。

我省 I、II 级火山构造属环太平洋中生代火山活动带(I 级),辽鲁中生代火山带(II 级),进一步可划分为 4 个 III 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 IV 级火山构造(火山盆地、火山群、火山台地)。

三、变质地质方面

1. 原岩恢复及成岩环境

原岩恢复有较大进展,主要通过野外地质特征和接触关系的观察研究,已将变质侵入岩与变质地层基本完全识别出来。通过化学成分研究对变质岩的原岩建造、形成环境等形成新的认识。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,胶东岩群为浅海相碎屑岩—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—浅海泥质岩—碳酸盐岩夹碎屑岩建造;朋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;泰山岩群为太古宙绿岩建造,下部为一套镁铁质—超镁质熔岩夹火山碎屑岩、硅