

● 王来明 宋明春 王沛成 等著

苏鲁超高压变质带的 结构与演化

SULU CHAOGAOYA BIANZHIDAI DE JIEGOU YU YANHUA



地质出版社

中国地质调查局基础地质专题研究项目
山东省地质调查院 联合完成
山东省第四地质矿产勘查院

苏鲁超高压变质带的 结构与演化

王来明 宋明春 王沛成 王世进 著
宋志勇 刘建文 李远友 张希道

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是在总结苏鲁超高压变质带的1:5万区域地质调查,尤其是近年来完成的1:25万区域地质调查及有关专题研究成果的基础上,编制的一部超高压变质带地质科学研究专著。书中简要总结了超高压变质带的物质组成(地层、构造杂岩、侵入岩);分析了超高压变质带的构造格局、大地构造属性;描述了变质基底的构造特征;详细研究了高压、超高压变质岩的岩石学、矿物学、地球化学特征、变质作用演化、榴辉岩与不同围岩的接触关系;探讨了高压、超高压变质岩的成因及形成时代;论述了超高压变质带的地球物理特征及深部地壳结构;提出了超高压变质带的演化过程。

本书系统、全面地反映了苏鲁超高压变质带的最新研究成果,资料丰富,观点新颖。可供从事区域地质调查、地质科研人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

苏鲁超高压变质带的结构与演化/王来明等著. —北京:地质出版社, 2005. 3

ISBN 7-116-04354-3

I. 苏... II. 王... III. 高压低温变质带—地球化学演化—华东地区 IV. P588.392.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 011018 号

SULU CHAOGAOYA BIANZHIDAI DE JIEGOU YU EVOLUTION

责任编辑:祁向雷 白 峰

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm × 1092mm 1/16

印 张:8.25; 图版:2 页

字 数:200 千字

印 数:1—800 册

版 次:2005 年 3 月北京第一版·第一次印刷

定 价:25.00 元

ISBN 7-116-04354-3/P · 2551

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 构造位置	(1)
第二节 前人研究概况	(2)
第三节 课题设置及主要进展	(2)
第二章 超高压变质带的主要物质组成	(4)
第一节 地层及其岩石	(4)
一、变质地层及变质岩	(4)
二、沉积地层及沉积岩、火山岩	(8)
第二节 超高压变质带邻区地层	(8)
一、前寒武纪变质地层	(8)
二、古生代地层	(10)
三、中、新生代地层	(10)
第三节 构造杂岩	(12)
一、镁铁质、超镁铁质岩片	(12)
二、构造堆垛岩	(13)
三、动力变质岩	(13)
第四节 侵入岩	(14)
一、中-新元古代变质变形侵入岩	(14)
二、中生代块状侵入岩	(17)
第五节 岩浆作用及其构造背景	(20)
一、岩浆岩的组合规律	(20)
二、岩浆作用及其构造背景	(21)
第三章 造山带的结构构造	(25)
第一节 构造格局和构造单元划分	(25)
一、构造单元划分	(25)
二、韧性剪切带组合显示的构造格局	(25)
三、构造-岩石单位	(25)
第二节 造山带的大地构造属性	(27)
一、造山带北段的边界位置	(27)
二、造山带南、北带对比	(30)
三、北苏鲁造山带的大地构造属性	(34)
第三节 基底构造特征	(36)
一、基底构造总体特征	(36)
二、主要构造形迹特征	(39)
三、典型地区构造解剖	(46)
第四节 脆性断裂构造	(48)

一、断裂组成	(48)
二、分划性断裂	(48)
第四章 高压、超高压变质作用及其演化	(51)
第一节 超高压变质岩石及变质作用	(51)
一、超高压岩石类型及分布	(51)
二、榴辉岩的宏观地质特征	(52)
三、榴辉岩与不同围岩的接触关系	(56)
四、榴辉岩的岩石类型及岩相学特征	(58)
五、榴辉岩岩石化学及地球化学特征	(61)
六、榴辉岩的主要矿物特征及矿物化学特征	(73)
七、超高压变质作用及其演化	(82)
第二节 中高压变质岩石及变质作用	(84)
一、榴辉岩相变质岩及变质作用	(84)
二、麻粒岩相变质岩及变质作用	(86)
三、蓝片岩相变质岩及变质作用	(90)
四、中高压绿片岩相变质岩及变质作用	(91)
第三节 高压超高压变质岩带	(95)
第四节 高压超高压变质岩的形成时代及其折返机制讨论	(96)
一、高压、超高压变质岩形成时代讨论	(96)
二、榴辉岩的成因及折返机制讨论	(101)
第五章 结晶基底的变质特征	(103)
第一节 区域中高温变质作用	(103)
一、低角闪岩相	(103)
二、高角闪岩相	(103)
第二节 区域动力热流变质作用	(105)
第三节 低温动力变质作用	(105)
第四节 变质作用演化	(105)
第六章 苏鲁造山带地球物理特征及深部地壳结构	(107)
第一节 苏鲁造山带及邻区的地球物理特征	(107)
一、区域重力场特征	(107)
二、区域磁场特征	(109)
三、人工地震测深	(110)
四、大地电磁测深	(111)
第二节 苏鲁造山带深部地壳结构	(111)
一、造山带地壳流变学分层	(111)
二、造山带的地壳结构样式	(112)
第七章 苏鲁造山带的形成演化过程	(114)
第一节 早前寒武纪造山带核部结晶基底形成阶段	(114)
一、构造背景	(114)
二、顺层拆离滑脱构造	(115)
第二节 四堡期——陆块裂解阶段	(115)

一、构造背景	(115)
二、构造变形特征	(116)
第三节 晋宁-震旦期——陆壳对接与碰撞造山阶段	(116)
一、构造背景	(116)
二、碰撞构造	(118)
三、超高压变质作用	(118)
第四节 加里东-印支期陆内挤压收缩造山阶段	(118)
一、陆间裂谷	(118)
二、滑覆构造	(119)
三、高压变质作用	(119)
四、造山期后岩浆岩	(119)
五、主要深断裂带	(119)
第五节 燕山期断块构造阶段	(119)
一、构造背景	(119)
二、断裂格局	(120)
三、构造盆地	(120)
四、大陆边缘花岗岩带	(121)
第六节 苏鲁造山带形成演化过程小结	(121)
主要参考文献	(123)
图版说明及图版	(126)

本书使用的矿物缩写代号:

Ab 钠长石, Act 阳起石, Ae 霓石, Aeg 霓辉石, Ald 铁铝榴石, Alf 碱性长石, An 钙长石, Anr 钙铁榴石, Ap 磷灰石, Ara 文石, Au 普通辉石, Bi 黑云母, Btr 蓝透闪石, Cc 方解石, Chl 绿泥石, Cht 硬绿泥石, Cl 顽火辉石, Cli 铁辉石, Clm 暗硬玉, Coe 柯石英, Cor 堇青石, Cpx 单斜辉石, Di 透辉石, Dol 白云石, Ep 绿帘石, Fo 镁橄榄石, Gro 钙铝榴石, Grt 石榴子石, Ha 绿钠闪石, Hb 角闪石, Hd 钙铁辉石, Hy 紫苏辉石, Jd 硬玉, Kf 钾长石, Ky 蓝晶石, Mar 珍珠云母, Mi 微斜长石, Mr 镁钠闪石, Mt 磁铁矿, Mu 白云母, Ol 橄榄石, Om 绿辉石, Opx 斜方辉石, Par 钠云母, Per 方镁石, Phe 多硅白云母, Phl 金云母, Pi 易变辉石, Pl 斜长石, Pyp 镁铝榴石, Qz 石英, Rie 钠闪石, Rt 金红石, Ser 绢云母, Serp 蛇纹石, Sil 矽线石, Spe 锰铝榴石, Sph 榍石, Tl 透闪石, To 电气石, Uv 钙铬榴石, Wo 硅灰石, Zo 黝帘石, Zoi 斜黝帘石

第一章 绪 论

第一节 构造位置

苏鲁超高压变质带又称为苏鲁造山带，山东省及江苏省的地质工作者分别将其称为“胶南造山带”、“胶南-文威造山带”、“苏胶造山带”等。该带位于秦岭-大别-苏鲁超高压变质带（中国中央造山带）东部，是夹持于华北与扬子板块之间的碰撞造山带（马杏垣，1989）。

由于苏鲁超高压变质带经历了华北板块与扬子板块碰撞、拼贴的构造演化历史和复杂的地球动力学过程，且含有世界罕见的大规模超高压变质岩而备受世人关注。苏鲁造山带为一北东向延长的狭长隆起区，北起山东威海，向南西经荣成、乳山海阳所、青岛仰口、胶南、日照、莒南至江苏连云港、东海、沐阳、泗阳、洪泽湖，全长约 600km，出露宽 20~50km。其北西侧与胶北隆起和胶莱盆地毗邻，其内部大致沿连云港—嘉山一线分为南、北两部分（图 1-1）。

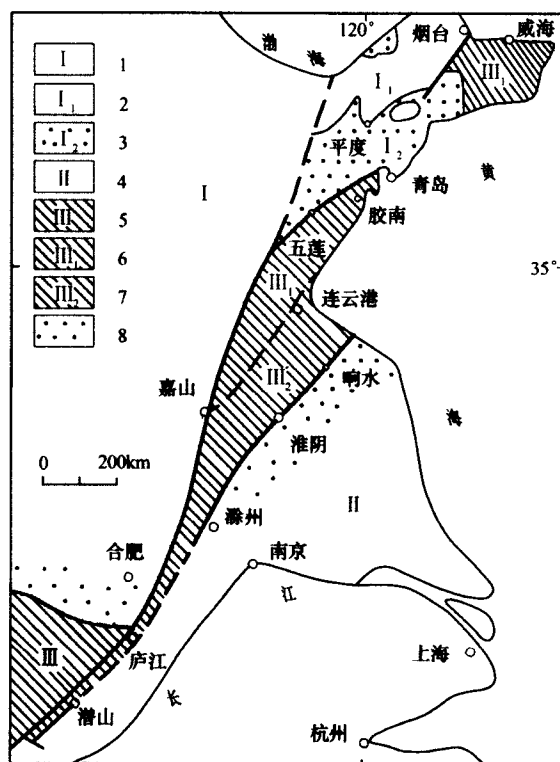


图 1-1 研究区大地构造位置图

- 1—华北板块；2—胶北隆起；3—胶莱盆地；4—扬子板块；5—大别-苏鲁造山带；6—苏鲁造山带北带；
7—苏鲁造山带南带；8—中生代盆地

第二节 前人研究概况

近二十年来,山东省地矿局所属区调队(地质调查研究院)、一院、三院、四院、六院、八院,江苏省地矿局所属区调队、六队及中国地质大学(北京)、长春地质学院等单位相继在该区开展了区域地质调查工作,已完成该造山带全部1:20万区调(第二轮)工作(山东部分)及基岩出露区的1:5万区调工作。与此同时山东省地矿局、江苏省地矿局在该区进行了专题研究工作,国家自然科学基金委员会、原地矿部及有关院、所在该区资助并组织了一批重大科研项目。地质工作者们对该造山带的区域地质特征、地层序列、岩浆岩组合、变质作用演化、构造格架、地球物理等进行了全面研究,尤其对超高压变质岩的矿物学、岩石学、同位素年代学、微量元素与同位素地球化学、变质作用的 PT 轨迹、超高压变质岩形成的构造环境与折返机制及其地球动力学等进行了深入研究。2001年,中国大陆科学钻探在江苏省东海县毛北村开钻,拉开了对造山带深部地质进行研究的帷幕。上述研究无疑大大提高了该区的研究水平,同时也提出了许多争议的问题。主要问题有:①与超高压变质岩有关的变质地质体的原岩性质及形成环境是什么?②是否存在浅变质岩及印支期地质体?③对超高压变质岩形成的大地构造背景尚存歧见,表现在对诸如是否存在“蛇绿岩”,超高压变质作用发生的时代等问题的争论;④对超高压变质岩的折返过程与机制仍无一致的认识;⑤对造山带的结构、大地构造属性、构造单元边界没有形成统一的意见。

第三节 课题设置及主要进展

为了全面提高我国基础地质研究水平,根据国际基本地形图系统数字化的新趋势,国土资源部从“九五”开始,对全国区调工作进行了全面改革和调整。围绕国家经济建设和社会发展,以1:25万区调为基本出发点,聚焦重大基础地质问题和重点经济区带部署新一代填图计划。秦岭-大别-苏鲁造山带地质走廊区,是1:25万区调的重点地区之一。2000年以来,中国地质调查局先后在苏鲁造山带地区部署了日照幅、烟台-威海幅及连云港幅1:25万区域地质调查工作。为了提高苏鲁造山带的综合研究水平,山东省地质调查院在实施1:25万日照幅、烟台-威海幅片区修测项目(项目编号20001300005131)过程中,分别进行了“胶南造山带构造格局与演化”及“苏鲁造山带北段——荣成-威海地区造山带形成与演化”专题研究。本书主要是在这两个专题研究成果的基础上,结合山东区调队早些时间完成的《鲁东榴辉岩地质》专题报告,并参考中国地质科学院承担的“1:25万连云港幅区域地质调查”野外工作阶段性成果总结编撰而成。取得的主要进展(与超高压变质带有关的)有:

(1)对造山带中残存的变质地层进行了新的划分。根据其经历了强烈的变质变形改造,并被大量的深成岩侵入包裹,形成了由岩片组成的“总体无序、局部有序”的岩片堆垛系统的特点,将其按构造地层单位进行了划分,称为“胶南表壳岩组合”。其下共划分为6个岩性段,认为除斜长角闪岩段形成于新太古代外,其它岩性段均形成于古元古代。对浅变质阴河石岩组的层序特点、形成环境、形成时代、与下伏岩系的接触关系及变

质作用特征进行了研究,提出了朋河石岩组为浊积岩、构造滑覆体和具有变质倒转现象的新认识。通过区域地层对比认为:苏鲁地区的胶北地层小区、胶南地层小区及连云港地层小区,可分别与大别地区的北淮阳地层小区、大别地层小区(大别造山带主体)及宿松地层小区相对应;胶南表壳岩中除斜长角闪岩系可与胶北的胶东岩群对比外,其它层位则均可与胶北荆山群及辽宁辽河群对比。

(2) 对造山带中的变质变形花岗质片麻岩体进行了重新划分、归并。首次发现了石英闪长质-英云闪长质片麻岩,新发现了一些含霓石碱性花岗质片麻岩。建立了完整的新元古代同造山岩浆演化序列。通过对中生代侵入岩的详细研究,确定了印支期岩浆热事件的存在。

(3) 提出了苏鲁造山带结构分带及造山带构造边界的新认识。通过对苏鲁造山带结构的分析,将其分为南北两部分,认为北部属华北板块南缘带,南部属扬子板块北缘带。将大别-苏鲁造山带划为与华北板块、扬子板块同级别的大地构造单元,并初步确定了其南北边界及华北板块与扬子板块的边界。提出了造山带北西边界位于牟即断裂附近的新认识。依据地球物理资料对苏鲁造山带深部地壳结构进行了分析。确认了苏鲁造山带是以韧性剪切带为格架,弧形构造、穹窿构造较发育的构造格局。研究了该区的多期多相韧性剪切带,编绘出该区“帚状”、网结状构造格局。将造山带碰撞构造分为:挤压流动构造、片麻岩穹窿构造、逆冲构造、走滑构造、正滑构造等类型。阐述了蓬莱群、朋河石岩组分别是苏鲁造山带造山隆起的弧后盆地、弧前盆地的新认识。

(4) 深入研究了苏鲁超高压变质带的变质作用特征,划分了5条高压、超高压变质带。将榴辉岩划分为4条次级榴辉岩带和若干个集中分布区。详细研究了榴辉岩与不同围岩的接触关系,发现了榴辉岩被三叠纪闪长玢岩($205 \pm 33\text{Ma}$)侵入的接触关系,为分析榴辉岩的形成时代提供了依据。提出苏鲁造山带可能存在多期高压、超高压变质作用:高压麻粒岩相变质作用,形成于古元古代末;超高压榴辉岩相变质作用,可能形成于晋宁期、加里东期;高压绿片岩相及蓝片岩相变质作用,可能形成于印支期。对榴辉岩的形成及折返机制提出了新认识。

第二章 超高压变质带的主要物质组成

第一节 地层及其岩石

一、变质地层及变质岩

苏鲁造山带前寒武纪变质地层发育较差,除连云港一带及乳山育黎一带有较连续的大片地层出露外,其它绝大部分地区的地层均呈小的残片(或变质深成岩中包体)出现,其分布面积不到变质基底岩系的10%。主要地层单位有:新太古代—古元古代胶南表壳岩组合,中—新元古代锦屏岩群、云台岩群及震旦纪朋河石岩组。

(一) 新太古代—古元古代胶南表壳岩组合

胶南表壳岩组合为经受了中高级变质作用的陆缘海相碎屑岩—碳酸盐岩沉积建造,以普遍含石墨及大理岩为主要特点。分布于造山带内江苏东海以北地区。前人曾分别将其划分为泰山群、胶东群、胶南群、荆山群和东海岩群。分布零散且规模较小,多呈透镜状—不规则状包体或残片赋存于新元古代花岗质片麻岩中,包体长轴平行于围岩片麻理或糜棱面理走向。根据主要岩性组成特性,可分为6个岩段。

1. 斜长角闪岩段

发育较差,面积不足 0.2km^2 ,仅见于日照市齐家沟及莒南双山子等地,呈不规则状包体或残片状赋存于新元古代花岗质片麻岩中。主要岩性为细粒斜长角闪岩、条带状细粒斜长角闪岩夹少量黑云变粒岩。原岩为基性火山岩。斜长角闪岩的锆石 U-Pb 同位素年龄值为 2618.8Ma (宋明春等,2003)。

2. 高铝片岩段

分布于威海泊于、乳山海阳所及日照焦家庄子等地,以包体形式残存于荣成片麻岩套中,面积约 4km^2 。岩性为含石榴矽线黑云片岩、黑云矽线片岩、黑云片岩、含石墨石榴黑云矽线片岩夹含石榴矽线黑云变粒岩、蛇纹石化橄榄大理岩、透辉岩等。原岩为一套粘土质、泥砂质岩。石榴黑云矽线片岩的锆石 Pb-Pb 年龄值为 $1820.2 \sim 1986\text{Ma}$ (宋明春等,2003)。

3. 大理岩段

在胶南表壳岩分布区的各地均可见及,但主要见于乳山诸往、威海—荣成一带及莒南坪上一可乐坡一带,呈宽窄不等的条带状和呈大小不一、形态各异的透镜状分布于新元古代花岗质片麻岩中。岩性以大理岩为主,岩石组合具二分性,下部为透辉变粒岩段,上部为大理岩段。透辉变粒岩段主要岩性为黑云变粒岩、黑云角闪变粒岩、透辉变粒岩夹浅粒岩、透辉大理岩、透闪大理岩及透辉岩等,地层最大厚度 199.4m 。大理岩段主要岩性以白云石大理岩、透辉白云石大理岩、大理岩为主,夹黑云变粒岩、中厚层石英岩、含硬玉石英岩、含蓝晶石石英岩等,地层最大厚度 299.5m 。原岩为一套富钙镁质成分的碎屑岩、

泥灰岩、灰岩及粘土岩沉积建造。

4. 变粒岩段

主要分布于威海市、荣成市、乳山市、胶南市、日照市和东海县境内，呈大小不一、形态各异的条带状、透镜状残片包于新元古代花岗质片麻岩中。主要岩石组合为黑云变粒岩、黑云角闪变粒岩、浅粒岩、透辉变粒岩、透辉大理岩、透闪大理岩、透辉石岩等。其原岩主要是一套富含钙镁质成分的碎屑岩、泥灰岩及含有较多杂质的灰岩夹层。黑云变粒岩和角闪变粒岩的锆石 U-Pb 同位素年龄值为 1801 ~ 2279.2Ma (宋明春等, 2003)。

5. 石英岩段

分布于文登泽库镇一带，出露面积约 10km²，被荣成片麻岩套侵入。岩性以白色中厚—厚层石英岩为主，夹少量白云石英片岩、金云大理岩、透辉大理岩。出露厚度 253.39m。原岩为石英砂岩、泥灰岩沉积建造。

6. 石墨岩系段

主要出露于文登市小观、泽库，威海市羊亭、孙家疃，日照市大山、齐家沟、黄山前及马家庄等地；主要岩石组合为含石墨黑云变粒岩、石墨透辉变粒岩、黑云变粒岩、浅粒岩、石墨透辉（透闪）大理岩夹透辉变粒岩、薄层状含石墨浅粒岩。其原岩为含炭钙泥质粉砂岩、泥灰岩及石英砂岩。

综上所述，胶南表壳岩组合的原岩以长石杂砂岩、粉砂岩为主夹凝灰岩、泥岩、泥灰岩和碳酸盐岩。主要是长英质细碎屑岩和粘土质风化产物及钙镁质碳酸盐沉积三者的混杂沉积建造，具有孔兹岩系的特点。属于半稳定—较稳定构造环境下的陆壳内拗陷—裂陷带的浅海相沉积。胶南表壳岩组合的斜长角闪岩段原岩特征与胶北地区的胶东岩群相似，具有绿岩带的特点。

(二) 中—新元古代地层

分布于造山带南侧连云港—沐阳一带，划分为锦屏岩群和云台岩群。

1. 锦屏岩群

主要分布于沐阳韩山—连云港市锦屏山、猴嘴、东山一带，划分为西山岩组、东山岩组及韩山岩组。西山岩组及东山岩组是海州式磷矿赋存的层位。

西山岩组：是锦屏磷矿下含矿层，岩性在西山矿区由底部锰土层，下部锰磷矿夹（含磷）大理岩和上部钙质云母片岩，顶部微含磷大理岩组成；东山矿区由底部大理岩，下部钙质绿泥云母片岩夹石墨片岩，上部大理岩夹钙质绿泥片岩组成；大浦由下部白云石英片岩夹炭质石英片岩和薄层大理岩，中上部大理岩、细粒磷灰岩组成；在濫洪—华冲一线矿区则以斜长绿泥云母片岩、斑点状斜长云母片岩为主，少量大理岩、磷灰岩、石英片岩等，以绿色片岩系为特征。总体上，西山岩组的岩性在空间上变化较大，为一套碳酸盐岩—泥砂质岩—磷块岩沉积变质组合。

东山岩组：是锦屏磷矿上含矿层，岩性在大浦及东山矿区以下部白云钠长变粒岩和绿泥云母片岩为特征。上部为白云质大理岩或含磷大理岩及磷灰石岩，少量白云钠长变粒岩、云母石英片岩、二云片岩、钙质云母片岩、黑云绿泥片岩等，为一套泥砂质岩—碳酸盐岩—磷块岩沉积变质组合；在濫洪—华冲矿区底部以巨厚的白云钠长变粒岩、白云片岩为主，中部以大理岩、含磷大理岩及细粒磷灰岩为主，含云母片岩、白云石英片岩等，上部

则以绿色片岩（绿泥云母片岩、云母片岩）为主，含大理岩、白云石英片岩等。总体上是一套经历高绿片岩相变质作用的以泥质岩、砂质岩为主，夹碳酸盐岩-磷块岩沉积岩石组合。

韩山岩组：零星出露于连云港的竹岛、猴嘴、当路、九龄山、团山及沭阳县的韩山、万山、孤山等地。其岩性在连云港地区以白云变粒岩为主，有较多的二云变粒岩、含白云钠长浅粒岩，夹含黄铁矿浅粒岩及白云片岩，近顶部为白云石英片岩及蓝晶石英片岩夹薄层石英岩，含蓝晶石、黄玉等特征变质矿物；在韩山、万山地区，主要为白云石英片岩与石英岩、蓝晶石石英岩组合。该组总体上为一套中酸性-酸性火山岩及碎屑沉积岩变质组合。

2. 云台岩群

主要分布于连云港市猴嘴—南城—灌云陡沟—沭阳韩山—一线以东与淮阴—响水断裂以北所限的楔形区域。主要岩性为白云钠长片麻岩、白云钠长浅粒岩、绿帘钠长角闪岩、绿帘钠长阳起片岩、含黄铁矿钠长浅粒岩、白云钠长石英片岩、二云变粒岩等。原岩是一套酸性火山岩-细碧岩-碎屑沉积岩组合，经历了早期的绿帘蓝片岩相变质作用和晚期的绿片岩相变质叠加。

锦屏岩群中获得的同位素年龄有： $>1900\text{Ma}$ （张秋生，1984）、 $1735 \sim 1710\text{ Ma}$ （磷灰石 U-Pb 法）、 $912 \pm 68\text{ Ma}$ （全岩 Sm-Nd 等时线，江苏地调院，2002）、 $908 \pm 14\text{ Ma}$ （全岩 Rb-Sr 等时线，江苏地调院，2002）。云台岩群中获得的同位素年龄为 929.6 Ma （全岩 Rb-Sr 等时线，山东省区调队，1982）。前述年龄值处于 $1701 \sim 1900\text{ Ma}$ 和 $908 \sim 929.6\text{ Ma}$ 年龄段中，结合区域地质特征认为，锦屏岩群、云台岩群形成于中-新元古代，前者形成时代早于后者。

（三）震旦纪朋河石岩组

朋河石岩组主要分布在山东莒南县王家道村峪、朋河石及江苏赣榆县石桥等地，所见露头多为人工采挖所致。出露总面积约 0.28 km^2 。分布于小丘陵顶部，呈残片状覆于遭受强烈韧性变形改造的赋存榴辉岩的花岗质片麻岩之上。在王家道村峪—朋河石一带，地层体呈长轴近东西向延长的透镜状或椭圆状展布，岩层产状总体向北西倾斜，倾角 $20^\circ \sim 50^\circ$ ，与下伏花岗质片麻岩片麻理产状一致，岩层内常见层间小褶皱，顶部层位常见层间小褶皱及矿物拉伸线理，拉伸线理向南南东倾伏。

朋河石岩组可分为两个岩性段：一段以变质含砾粗粒石英砂岩、石英细砾岩、石英细砂岩、粉砂岩及千枚岩为特征，千枚岩中普遍含有电气石；二段以含电气石二云片岩、含白云母石英岩及变质含白云母长石石英砂岩为特征。该岩组一段基本层序的组成及结构特点显示了重力流沉积特征，可与鲍马序列相比较，相当于鲍马序列的 A、B、E 组合，因此朋河石岩组一段实为浊积岩。

朋河石岩组与下伏花岗质片麻岩间为构造接触，滑覆于花岗质片麻岩之上，具飞来峰特点。朋河石岩组变质较浅，原岩结构、构造保留完好，普遍见有变余砂状结构、变余砾状结构、粒序层理构造及交错层理构造等原生沉积结构。

山东省区调队在朋河石村南朋河石岩组底部，获得千枚岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 620 Ma ，并采获微古植物化石：*Trematosphaeridium* sp.，*Lophosphaeridium* sp.，*Teophipolia lacelata*（宋明春等，2003）。董树文等（1996）在石桥浅变质岩中采获微古

植物化石：*Trematosphaeridium minor*, *Leiopsophosphaera densa* 等。因此将朋河石岩组划为震旦纪。

(四) 区域地层对比

苏鲁造山带由于遭受了强烈的变质变形改造与再造，变质地层均呈残片状出现，已失去了原始连续性，原岩组构、岩石组合面貌也发生了很大改变。因此，给原岩恢复与地层对比带来较大困难。现根据地层的主要特点将其与邻区对比如下：

1. 与大别山地区地层对比

苏鲁造山带及邻区变质地层可分为3个组成特点完全不同的地层分布区，即胶北地层小区、胶南地层小区及连云港地层小区，三者可分别与大别地区的北淮阳地层小区、大别地层小区（大别造山带主体）及宿松地层小区相对应。对应地层小区中的地层组成特点具有相似性。从岩石组合特点分析，胶北地层小区中的荆山群可与秦岭岩群对比，粉子山群可与庐镇关岩群对比，4个群均具孔兹岩系的组成特点；蓬莱群与佛子岭群较相似，坤山岩组（程裕淇等，2004）与龟山岩组特征接近，4个地层单位均为浅变质的复理石建造。胶南地层小区的胶南表壳岩、朋河石岩组分别可与大别地层小区的大别岩群、港河岩组相对比；胶南表壳岩与大别岩群均为遭受中高级变质的表壳岩系，朋河石岩组与港河岩组则以浅变质碎屑岩系为主。连云港地层小区的云台岩群、锦屏岩群则可分别与宿松地层小区的红安岩群、宿松岩群对比，四者以发育中酸性火山岩、含磷及遭受蓝片岩相变质为特征。

2. 与胶辽地块地层对比

苏鲁造山北带中胶南表壳岩组合以含石墨及高铝片岩为特点，其岩层特征与胶辽地块同时代岩层对比性良好。胶南表壳岩中除斜长角闪岩系可与胶北的胶东岩群对比外，其它层位则均可与胶北荆山群及辽宁辽河群对比（表2-1）。

表 2-1 胶南表壳岩与荆山群、辽河群对比表

苏鲁造山带	胶 辽 地 块		主要对比标志
	荆山群	辽河群	
高铝片岩系	陡崖组（水桃林段）	盖县组（上部）	石榴砂线黑云片岩
大理岩系	野头组（定国寺段）	大石桥组（三段）	白云石大理岩、透辉大理岩
变粒岩系	陡崖组（徐村段）	盖县组（中下部）	含石墨
	野头组（祥山段）	大石桥组（一、二段）	透辉变粒岩
石英岩系	陡崖组（徐村段）	盖县组（中下部）	石英岩、长石石英岩

胶南表壳岩具有接近胶北隆起地层分布面积大、地层序列完整、岩石组合与荆山群趋同，远离胶北隆起则地层分布面积减小、地层序列残缺、岩石组合与荆山群差别变大的特点。在威海断隆西缘与胶北隆起毗邻的乳山午极南，胶南表壳岩残片出露面积达100km²，出露了相当于荆山群野头组、陡崖组的较完整地层序列，地层结构与其西侧胶北隆起东缘海阳郭城南及莱阳荆山地区的荆山群层型剖面地层结构具有较好的连续性。威海中东部胶

南表壳岩残片面积迅速减小,且很少见连续的地层序列,多由数种简单岩性组成一小段不完整的地层剖面,但地层主要岩性组合仍可与乳山午极南及海阳郭城南等地对比,该地区地层出露面积一般不足 10km^2 。胶南隆起地区胶南表壳岩残片的出露面积就更小了,一般小于 1km^2 ;莒南坪上一可乐坡一带是表壳岩出露最集中的地区,最大表壳岩残片的面积仅 5km^2 。该区地层残片由单一岩性或数种岩性组成简单的地层结构,地层遭受了强烈的退变质作用改造,总体显示绿片岩相的岩性外貌,除少量出现含石墨岩系、高铝片岩系等特征岩性的地区尚可与胶北隆起荆山群对比外,多数地区地层对比困难。虽然在苏鲁造山带核部的胶南表壳岩与邻区对比困难,但从造山带核部至北缘地层连续变化的特点判断,胶南表壳岩整体与胶辽地块同时代地层特征一致,因此胶南表壳岩很可能是造山过程中卷入的华北克拉通南缘的地层体。

二、沉积地层及沉积岩、火山岩

在苏鲁造山带附近分布有若干个中生代盆地,这些盆地均明显受断裂控制,长轴近东西向—北东东向及北西西向。以胶莱盆地规模最大,其它盆地规模均较小,主要有俚岛盆地、中楼盆地、莒南盆地、临沭盆地等。盆地中的充填物质为白垩纪碎屑沉积物,分别为莱阳群、青山群及王氏群。除青山群以火山岩为主外,其余均以陆源碎屑岩为主。白垩纪地层与造山带变质基底多为断层接触关系,局部见有角度不整合。莱阳群底部见有晚古生代灰岩砾石(郭振一,1985),偶见退变榴辉岩砾石(图版 I-1)。中生代盆地中绝大部分是陆相沉积物,但在中楼盆地中有少量海相沉积物(刘占声等,1995)。青山群主要岩石组合为:玄武岩-安山岩-英安岩组合、玄武粗安岩-粗安岩-粗面岩组合及流纹岩-粗面岩组合,显示双峰式火山岩特点。

第二节 超高压变质带邻区地层

苏鲁超高压变质带邻区地层可划分为属于华北板块的鲁西-徐淮区、胶北区和属于扬子板块的建湖区3个地质子区。郯庐断裂带以西为鲁西-徐淮区;郯庐断裂带以东,五莲-青岛断裂以北,牟即断裂带以西为胶北区;响水-淮阴断裂南东为建湖区。

一、前寒武纪变质地层

(一) 鲁西-徐淮区

1. 中太古代沂水岩群

分布于沂沭断裂带内汞丹山地垒沂水城东,呈NE—NEE向延伸的岛状、透镜状及条带状等包体形式残存于变质花岗质侵入岩中。岩性主要为紫苏麻粒岩、二辉麻粒岩、含紫苏斜长角闪岩、细粒斜长角闪岩、黑云变粒岩及角闪黑云变粒岩等。地层总厚度1737.59m。麻粒岩及斜长角闪岩的Sm-Nd同位素模式年龄为2744~3020Ma,锆石U-Pb同位素年龄为2760Ma。

2. 新太古代泰山岩群

分布于沂沭断裂带内汞丹山地垒和鲁中隆起。主要呈NW向、NWW向和NE向带状分布。主要岩性为斜长角闪岩、变粒岩夹浅粒岩、片岩及磁铁石英岩等。地层总厚度

2327.94m。同位素年龄集中在 2364.02 ~ 2800Ma 之间。

3. 青白口系—震旦系

分布于睢宁—新沂—枣庄—莒县—沂水—安丘一线。江苏省和安徽省境内称为淮河群，山东省境内称为土门群。主要岩性为石英砂岩、含海绿石长石石英砂岩、灰岩、白云岩、粉砂岩、页岩等，属海相碎屑—碳酸盐岩沉积建造。含丰富的微古植物化石，地层厚度 500m 以上，Rb—Sr 全岩等时线年龄为 631.4 ~ 807Ma。

(二) 胶北区

1. 中太古代唐家庄岩群

分布于莱西市唐家庄等地，呈包体存在于新太古代花岗片麻岩中。主要岩性为磁铁石英岩、石英岩、黑云（角闪）变粒岩、斜长角闪岩、磁铁紫苏斜长麻粒岩、磁铁二辉麻粒岩、石榴二辉麻粒岩等。地层厚度为 23.5m。石英岩的 Sm—Nd 同位素模式年龄集中于 2763 ~ 2846Ma 之间，Sm—Nd 等时线年龄值为 $2520 \pm 70\text{Ma}$ 。

2. 新太古代胶东岩群

发育较差，呈包体存在于招远市、栖霞市等地的新太古代 TTG 岩系中。主要岩性为黑云变粒岩、角闪变粒岩、斜长角闪岩夹磁铁石英岩等。地层厚度为 274.5m。同位素年龄值为 2477 ~ 2497Ma。

3. 古元古代荆山群

分布在平度市、昌邑市、莱阳市、莱西市及安丘市等地，主要岩性为高铝片岩、大理岩、变粒岩，少量浅粒岩、石英岩、斜长角闪岩，以普遍含石墨、矽线石为特点。地层总厚度为 3336.95m。同位素年龄值为 1847 ~ 2484Ma。

4. 古元古代粉子山群

分布于蓬莱市、烟台市、莱州市等地，与新太古代花岗片麻岩为韧性剪切带接触，主要岩石类型为变粒岩、大理岩、石墨片岩、矽线黑云片岩、滑石片岩、石墨透闪岩、斜长角闪岩、浅粒岩及长石石英岩等。地层厚度 4356.99m。同位素年龄值为 1848 ~ 2075Ma。

5. 古元古代芝罘群

分布于烟台市芝罘岛及其附近的崆峒岛等地。岩性为白云母钾长片麻岩、含电气石钾长石英岩、钾长石英岩、镜铁矿钾长石英岩、石英岩、白云母石英片岩夹黑云片岩、透辉变粒岩及大理岩等。石英岩的锆石 U—Pb 同位素年龄上交点为 2171Ma，下交点为 167Ma。

6. 震旦系

(1) 蓬莱群：分布于蓬莱市、烟台市及栖霞市境内。角度不整合于早前寒武纪基底之上。主要岩性为板岩、千枚岩、石英大理岩、石英白云大理岩、灰岩及泥灰岩等。发现较多的巴甫林藻类微古植物化石。

(2) 坤山岩组：分布于五莲县境内，五莲—青岛断裂北侧。主要岩性为白云石大理岩、含硅质条带大理岩、含红柱石变粒岩夹炭质板岩、石英岩等。前人多将其划分为古元古代粉子山群，长春地质学院在五莲坤山大理岩组合中发现了管孔藻类微体古生物化石（赵达等，1995），并认为该地层可能形成于震旦纪。

(三) 建湖区

该区有隐伏的青白口—震旦系，埋深 296 ~ 400m。主要岩性为细粒变长石石英砂岩夹千枚岩、冰碛岩、灰岩及白云岩等。地层厚度大于 1000m。属陆相—浅海相碳酸盐台地沉

积。在灌河口以东的小岛屿上见有零星出露的变质砂岩、千枚岩夹变质砂砾岩、大理岩岩石组合，称为周岗组（震旦系）。

二、古生代地层

（一）鲁西-徐淮区

1. 寒武系

划分为长清群和九龙群。主要岩性为灰岩、白云岩、页岩，少量石英砂岩、细砂岩等。地层总厚度 1335.64m。为一套海相沉积建造。产丰富的三叶虫和角石等化石。

2. 奥陶系

广泛分布，称为马家沟组。主要岩性为灰岩、白云岩。地层最大厚度为 828.8m。属一套海相碳酸盐岩沉积建造。

3. 石炭-二叠系

分布于淄博市境内，发育较差。划分月门沟群和石盒子组。主要岩性：下部为砂岩、粉砂岩、钙质页岩、炭质页岩、粘土岩、铝土岩及煤层等；上部为石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩及粘土岩等。地层厚度为 384.61m。为一套海陆交互相—陆相含煤地层，含丰富的动植物化石。

（二）建湖区

该区古生界为隐伏地层。

1. 寒武系

钻孔揭示分布于响水以东地区，埋深 200m，总厚度 800m。为以介壳相碳酸盐岩为主的沉积建造。

2. 奥陶系

钻孔揭示分布于响水县以东地区，埋深 212 ~ 268m。普遍含丰富的古生物化石。岩性以介壳相碳酸盐岩为主，笔石页岩次之，总厚度大于 565m。

3. 志留系

钻孔揭示分布于淮安市南部，埋深 270m。岩性以笔石页岩及含介壳的泥质粉砂岩为主，总厚度 1200 ~ 1600m。

4. 泥盆系

钻孔揭示分布于滨海县城一带，埋深 500m 左右。下部岩性以细粒石英砂岩为主，上部以页岩为主夹石英砂岩。总厚度 127 ~ 1711m。含生物化石。

5. 石炭系

钻孔揭示分布于滨海县城一带，埋深 500m 左右。下部岩性为灰岩与砂页岩互层，中上部以灰岩为主，总厚度 104 ~ 250m。

6. 二叠系

钻孔揭示分布于滨海县东北部，埋深大于 200m。主要岩性为灰岩、硅质岩、砂岩、页岩、粘土岩及煤层等。属浅海相—海陆交互相的碳酸盐岩及煤系地层沉积建造。含有丰富的动植物化石。

三、中、新生代地层

苏鲁超高压变质带及其邻区中、新生界总体具有相似性，其分布受构造盆地制约。

1. 侏罗系

少量分布于鲁西—徐淮区坊子、临朐县及蒙阴县等境内，称为淄博群。主要岩性：下部为砂岩、炭质页岩、砂质页岩及煤层，上部为砾岩、含砾粗砂岩、砂岩、粉砂岩等。地层厚度 211.93m。为陆相碎屑—煤系地层。

2. 白垩纪莱阳群

广泛分布于胶北区胶莱盆地海阳市—莱阳市—莱西市—高密市—五莲以南。由以黄绿色为主的岩屑长石砂岩、粉砂岩、砾岩、泥岩组成，夹少量中酸性火山岩，产丰富的植物化石。K—Ar 同位素年龄为 121Ma。

3. 白垩纪青山群

分布于胶莱盆地、俚岛凹陷、莒南凹陷、临沭凹陷及沂沭断裂带内。主要岩性为中酸性火山岩、火山碎屑岩、基性火山岩夹凝灰质砂砾岩，具双峰式火山岩特点。火山岩沉积夹层中含有早白垩世（介形虫、双壳）化石。青山群及相当的潜火山岩 K—Ar 同位素年龄集中在 81~131.07Ma 之间。

4. 白垩纪大盛群

分布于沂沭断裂带内及附近地区，地层呈北东向展布。主要岩性为杂色砂岩、砾岩夹粉砂岩，少量安山岩夹层。为一套陆相碎屑岩系，地层厚度大于 2500m。

5. 白垩纪王氏群

分布于胶莱盆地、鲁西—徐淮区及沂沭断裂带内。岩性、岩相区域变化不大，为一套陆相红色碎屑沉积岩，局部夹玄武岩岩流，地层总厚度 4558.4m。

6. 隐伏白垩系

为建湖区隐伏地层，埋深：淮安市一带为 369m，建湖县为 398 m，张集一带为 345 m。岩性为泥岩、膏泥岩及粉砂岩等，为湖相沉积。

7. 古近系

分布于鲁西—徐淮区的临朐县、沂源县、沂南县、昌乐县等地，与青山群呈角度不整合接触，划分为官庄群和五图群。官庄群为黄褐色砾岩、泥灰岩、泥晶灰岩等。五图群为砾岩、砂砾岩、粉砂岩、粘土岩及泥岩等。地层总厚度大于 400 m。形成时代为古新世和中新世早期。

建湖区古近系为隐伏地层，埋深 299~503 m。属湖相沉积，岩性以泥岩为主，夹少量细砂岩和粉砂岩等。

8. 新近系

主要分布于鲁西—徐淮区的昌乐县、潍城区、临朐县、安丘市，胶北区的蓬莱市、栖霞市及建湖区的宿迁等地。山东境内称为临朐群，江苏境内称为宿迁组。临朐群主要岩性为玄武岩夹硅藻土页岩、油页岩等，地层厚度大于 268 m，属火山—湖相沉积建造，K—Ar 同位素年龄值为 9.90~20.24 Ma。宿迁组岩性为粘土、亚粘土及粉细砂层、含砾中粗砂等，属河湖沉积。

9. 第四系

广泛分布于现代平原及低山丘陵低凹地带。岩性为砾石层、砂土、粘土质粉砂土、砂质粘土等。