

1:1 000 000

上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗 地学断面

(说明书)

国家地震局地学断面编委会



地震出版社

内容简介

全球地学断面 (GGT) 是 80 年代国际岩石圈计划的一项地球科学的前沿研究项目, 主要是编制地学断面图以展示科学成果。按国际岩石圈委员会全球地学断面协调委员会 (CC-7) 的编图指南, 采集 100km 宽的走廊内现有的地质、地球物理和地球化学等资料, 编制一系列相应的平面图和剖面图, 并经综合分析编出反映地壳或岩石圈的组成、结构和构造的解释性剖面。

上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面全长 1700 余公里, 它西起中朝地台的阿拉善台隆东缘, 往南东东方向横穿此地台的鄂尔多斯西缘台褶带、鄂尔多斯台坳、山西断隆、南华北断坳和徐淮断隆后, 过苏北-胶南地体及扬子地台的苏北断坳至苏南台褶带。本断面刻画了各级构造单元岩石圈组成、结构和构造的基本特征, 研究了地台各自克拉通化和克拉通盆地发育以及印支运动中它们最终拼合成统一大陆的过程, 揭示了遭受中、新生代裂陷作用强烈改造而产生的伸展构造和挤压构造的特点及其动力学条件, 同时反映了强震区的地震地质背景。因此, 它对全球构造的对比研究, 对断面沿线寻找矿产资源及其远景评价和减轻地震等地质灾害均有其重要意义。

本说明书说明编图的由来、信息采集、资料整理、异常解释、特征分析、综合研究及断面图展示未尽的内容。

本地学断面图及说明书国际岩石圈委员会全球地学断面协调委员会地区协调员马杏垣教授主持评审通过并报国际岩石圈委员会全球地学断面协调委员会审核, 获得了全球地学断面统一编号。

本地学断面及说明书可供从事地质、地震、地球物理、地球化学、大地测量等学科的科研、教学、生产和有关科技管理等人员参考使用。

序

全球地学断面 (Global Geoscience Transect, 简称 GGT) 计划, 是 80 年代后半期国际岩石圈委员会开展的一项全球性地球科学研究项目, 目的是在统一的原则指导下, 通过对现有的各种地质和地球物理资料的编图、综合分析和对比研究, 编制在全球各关键部位的 100 多条地学大断面, 提供地壳和岩石圈的结构、组成、发展和演化的垂直构造剖面, 并进行全球性的直接对比, 以服务于矿产资源预测和减轻自然灾害。

面对这一国际岩石圈计划中的前沿课题, 世界各国都十分关注, 并积极参与该项计划的有关工作。1987 年, 中国岩石圈委员会决定编制 11 条中国地学断面 (CGT), 并成立了中国地学大断面协调组, 由地质矿产部、国家地震局、中国科学院和石油工业部 (现为石油天然气总公司) 代表组成。国家地震局负责编制其中 6 条断面, 它们是:

- (I) 内蒙古东乌珠穆沁旗至辽宁东沟地学断面;
- (II) 江苏响水至内蒙古满都拉地学断面;
- (III) 上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面;
- (IV) 青海门源至福建宁德地学断面;
- (V) 湖北随州至内蒙古喀喇沁旗地学断面;
- (VI) 云南遮放至马龙地学断面。

为了高水平、高质量地完成这项工作, 国家地震局将其列为重点项目, 并成立了由 22 人组成的国家地震局中国地学大断面编辑委员会 (以下简称编委会), 由马杏垣教授任主编, 孙武城、刘国栋、邓起东、刘昌铨、宋仲和、李裕澈任副主编, 刘国栋任常务副主编。编委会主要负责提出与确定总体工作方案及实施计划, 并指导各条断面的编制工作。编委会下设编辑部, 主要协助主编、副主编负责本项目的协调和组织工作。编辑部挂靠在国家地震局地质研究所, 其中之日常工作由杨主恩承担。制图组由孙彤负责。

各断面组在编委会的统一指导下独立完成各断面的具体任务。

本项目于 1987 年开始准备和试编, 1988 年进入全面编辑和研究。参加该项目工作的包括国家地震局地质研究所、地球物理勘探大队、地球物理研究所、地壳应力研究所、兰州地震研究所、辽宁省地震局、云南省地震局、江苏省地震局和国家地震局分析预报中心 9 个单位的 100 余人。3 年多来, 各断面工作组在编委会的统一指导下, 共同努力 辛勤劳动, 独立取得了各自的研究成果。通过 6 条断面的制作及相应的地质、地球物理、地球化学等专题研究, 取得了中国大陆壳-幔构造方面的大量信息, 提出了许多重要的新见解。

在 3 年多的编制过程中, 得到了国内外许多单位和科技工作者的大力支持, 特别是国家地震局震害防御司、国家自然科学基金委员会、中国岩石圈委员会和国际岩石圈委员会地学断面协调委员会 (CC-7) 主席 J. W. H. Monger 博士和 H. J. Goetze 教授给予了多方指导和帮助, 在此深表谢意。

国家地震局地学断面编委会

1991 年 7 月

目 录

一、概述	孙武城 (1)
二、断面展示图的布局与编图基础	孙武城 (1)
三、地形概貌	徐 杰 (2)
四、区域地质构造发育概况	徐 杰 (3)
五、各主要构造单元概述	徐 杰 (5)
六、岩浆活动特征	张彦波 (12)
七、重力异常特征	殷秀华 冯 锐 (18)
八、航磁异常 (ΔTa) 特征	任熙宪 (20)
九、大地热流分布特征	吴乾蕃 (21)
十、地壳上地幔速度结构特征 (据深地震测深)	
..... 张先康 祝治平 张四维 (23)	
十一、壳幔 S 波速度结构特征 (据天然地震面波) ...	陈国英 宋仲和 (32)
十二、地壳上地幔电性结构特征 (据大地电磁测深)	
..... 孙 洁 朱佐全 (34)	
十三、幔源包体典型特征	林传勇 (40)
十四、古地磁资料的解释	白云虹 (47)
十五、地震活动性特征的资料	冯 锐 (50)
十六、深部地球物理变异带	孙武城 (52)
十七、岩石圈的组成、结构和构造及其演化的综合解释	
..... 杨主恩 孙武城 徐 杰 (54)	
参加本地学断面研究和编制人员及其所属单位名录	(62)
参考文献	(63)

一、概述

全球地学断面 (Global Geoscience Transect, 简称 GGT) 项目, 是 80 年代国际岩石圈计划后半期的重要前沿课题。在国际岩石圈委员会下设的全球地学断面协调委员会 (CC-7) 的统一规划和指导下, 全球共拟完成 100 余条穿过世界各主要构造带的地学断面。中国承担编制 11 条。上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面 (奉贤—阿拉善左旗地学断面, 下同), 是国家地震局负责编制的 6 条断面之一。

地学断面的涵义按 CC-7 的编图指南可概括为: 采集和综合宽 100km、穿越若干主要地壳构造单元长百余公里的走廊带的各种地质、地球化学和地球物理等资料, 编制反映地壳和岩石圈的结构、组成和构造特征的大断面。这样的断面较理想地描述走廊带的岩石圈演化。便于在全球范围内的直接对比, 深入开展全球构造研究。

奉贤—阿拉善左旗地学断面, 东起上海奉贤 (东经 $121^{\circ}47'$, 北纬 $30^{\circ}51'$) 往北西方向延经镇江、开封、临汾、银川直至内蒙古阿拉善左旗 (东经 $103^{\circ}21'$, 北纬 $39^{\circ}05'$), 断面全长逾 1700 余 km。编图中, 充分利用了国家地震局、地质矿产部、石油天然气总公司和中国科学院等部门的有关资料和最新研究成果。其中的深地震测深剖面并非连续的一条, 而是由奉贤—灵壁、灵壁—郑州、郑州—临汾和运城—阿拉善左旗四段组成的。

本断面经中朝地台中南部、苏北—胶南地体西南角和扬子地台东南部。两地台可进一步分为徐淮断隆、南华北断坳、山西断隆、鄂尔多斯台坳、鄂尔多斯台坳西缘台褶带和阿拉善台隆, 以及苏南台褶带、苏北断坳共 8 个次一级构造单元。同时, 穿过南北地震构造带北段、山西地震构造带和郯城—庐江地震构造带的南延部分。

编制和研究本断面, 是为了综合对比不同构造单元岩石圈的组成、结构、构造及其演化的基本特征, 揭示地震的构造条件, 从而为找矿及减轻地震等各种地质灾害服务。

本说明书和地学断面展示系列图构成本地学断面的全部成果, 它不仅阐明了地学断面编图的由来、基本思路和资料基础, 而且对断面所涉及的地壳构造、构造地层单元和构造演化等作出说明, 以帮助读者理解和应用断面图。

二、断面展示图的布局与编图基础

1. 展示图布局和编图思路

本断面展示图是按国际岩石圈委员会 GGT 协调委员会制定的编图指南编制的。其主要组成部分是断面走廊带的地质图、布格重力异常图 (含热流值和震中分布)、航磁异常图、地质剖面图、地震和大地电磁等测深剖面、构造地层时—空图、深达软流圈 (上地幔高导层) 顶面的综合解释性剖面图和有关图例。此外, 还附一些有意义的辅助性和说明性图件。

为便于阅读和分析, 整个图幅自上而下依次展示地质、布格重力异常、航磁异常等断面走廊带的平面图、以及地质、深地震测深、大地电磁测深和综合解释性的剖面图, 构成组合图。在组合图左侧, 展示了索引图、地层柱状图、构造地层时—空图、构造亲缘关系

图和有关图例。图幅的其它部位,合理地配置了有意义的说明性与辅助性图件。本断面展示图中,地质系统图采用两种色标系统:一种是地质图色标,表示走廊带地质平面图及地质剖面图的地质单元的年代;另一种是构造亲缘色标,表示由岩石单位推测的形成构造环境,它用于构造地层时一空图解和综合解释性剖面图,从相关形象上展现地层、构造、岩浆和变质作用的时一空关系,起到说明作用。断面系列图及说明书插图还展示出各类型构造单元的异常数据、结构、解释的构造要素与组成标志和反映板块运移的古地磁数据与图象,以及地球化学方面的岩石学与岩浆岩及新生代玄武岩中幔源包体的研究成果。

地球物理等图件采用全球统一的色标区分地球物理异常、结构和数据,便于全球对比研究。

本断面图中根据其版面特点列入的说明性及辅助性图件采用的色标,一是按专业传统,二是能醒目地区别其变化的特征。

综合解释性剖面,即综合上述地质、地球物理及地球化学等方面的信息按XYZ(方向)与T(时间)四维坐标系进行综合研究,参照了走廊带平面图范围以外区域构造资料,展示断面内全地壳及其深部的构造、组成,从而论证断面及其沿线地带的地壳及其深部演化。

2. 选线原则

国际岩石圈委员GGT协调委员会确定地学断面编制原则上是在现有资料基础上进行。国家地震局地学断面编委会在主编马杏垣主持下,在国家地震局系统现有资料的基础上,根据国家地震局承担6条地学断面的任务,同时考虑到其中5条断面要联片控制广阔范围的统一部署,选定了上海奉贤至内蒙古阿拉善左旗地学断面。本断面的具体位置是沿四条深地震地壳测深探测线,即上海奉贤至安徽符离集测线,灵璧至郑州测线,郑州至临汾测线和运城至阿拉善左旗测线确定的。

3. 编图基础

本断面的编制,具有资料丰富、信息量大、精度较高、分布均匀、综合性强和反映较深的坚实资料基础。在走廊带及其延经地区具有研究程度高的区域性地质、重力和磁力资料,沿全断面深地震地壳测深齐全并进行了二维速度结构研究;做了重力二维密度结构研究;运用41个大地电磁测深点做了地壳上地幔电性结构研究;运用33个点的大地热流值研究了大地热流分布特征;运用地震面波方法以 $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ 的网格研究了地壳上地幔的横波速度结构特征;在断面沿线做了地球化学和岩浆岩及新生代玄武岩幔源包体的专题研究;分析了与断面相关的反映中朝地台运移速度和转动角速度以及扬子地台之间差异的古地磁数据;另外在断面走廊带共收集5级以上(最高为8.0级)地震共41个。

三、地形概貌

现代地形反映了地质构造及其最近地质时期活动的基本特征。奉贤—阿拉善左旗断面走廊带沿线发育的地形多样。它西起阿拉善高原东缘,东至东海之滨,包括10个地形区,即阿拉善高原,海拔为1300—1500m左右;贺兰山地,北北东向展布,长逾200km,宽15—50km,一般海拔2000m以上,最高峰达3556m;银川平原,近南北向分布,海拔1100—1200m;鄂尔多斯高原(黄土高原组成部分),海拔1000—1700m;吕梁山地,北东走向,海

拔 2000m 以上；晋中平原，北北东向分布，海拔 400m；太行山地，走向北北东—北东，海拔 1500m 以上；黄淮平原（华北平原南部），海拔 20—50m；苏北平原，海拔 10—20m；长江三角洲，地势中间低而周缘较高，有“碟形洼地”之称，其中零散着许多由基岩组成的岛状蚀余残山，三角洲海拔多在 10m 以下。这些地形及其分区界线的方向呈北北东至近东西向，分别与所在区的区域地质构造走向相符。

四、区域地质构造发育概况

奉贤—阿拉善左旗地学断面从西向东经过中朝地台中南部、苏北—胶南地体西南角和扬子地台东北部。苏北—胶南地体被夹持于两个地台之间，两个地台在断面走廊带内基本以郯城—庐江断裂带（或称郯庐断裂带）分界。

中朝地台、扬子地台和苏北—胶南地体都具有漫长而复杂的构造演化历史，前两者经历了基底形成、盖层发育及裂隙伸展改造（大陆边缘活动构造带）三个主要演化阶段。苏北—胶南地体是一个变质地体，位于两个地台的拼接地带，构造演化有其特殊性。印支运动之前，两个地台的基底和盖层构造的演化情况不同，只是印支运动使它们和苏北—胶南地体拼合成统一的中国东部大陆之后，一起进入中—新生代构造演化时期，才具有同步演化的特点。

1. 基底构造形成阶段

中朝地台是我国最古老的陆台之一，其结晶基底最终形成于早元古代末的吕梁—中岳运动（1800—1700Ma 前）。在太古宙和早元古代这一漫长的地质历史时期中，经历了迁西（3000Ma 前）、阜平（2500Ma 前）、五台（2300Ma 前）和吕梁—中岳四次主要的构造运动及相应的构造演化期，但不同地区经受的构造运动的期次有异。总的说来，太古宙以微陆块的形成和聚合为特征，在本断面走廊带内，规模较大者有鄂尔多斯（郭忠铭等，1989；孙肇才，1991；耿树芳等，1991）和霍丘或称隐伏集（安徽省地质矿产局，1987；耿树芳等，1991）等陆块。早元古代发育分隔和围绕陆块的活动带，末期的吕梁—中岳运动使之褶皱回返，形成由复式褶皱组成的紧密褶皱带，并轻微变质，最终固结拼合成统一的地台结晶基底。同时，经多次构造运动，在地台基底的南部和北部形成一些近东西向的构造带，而中部则出现一些北北东至北东向的构造带，从而奠定了基底构造的基本轮廓。

扬子地台的基底由较深变质和浅变质的两套岩系组成，变质较深的岩系可能至少属于早元古代（杨森楠等，1982）。地台东北部出露有变质较浅的中元古界张八岭群；上海附近的钻孔资料揭示出下一中元古界金山群和上元古界惠南群（许保桐，1987）；人工地震地壳测深研究结果亦表明，断面沿线地台基底由深、浅两种变质岩系组成（陈沪生等，1989）。由此可推测，早元古代和中—晚元古代，本区均属于地槽活动带的构造环境，在晚元古代中期，由于晋宁运动（800Ma 前）最终形成地台的结晶基底。

苏北—胶南地体是由下元古界胶南群和中—上元古界海州群组成的变质地体。据前人研究，它应为大别地体的组成部分，而大别地体是由北秦岭宽坪群和陶湾群所代表的中元古代坳拉槽的发育，将其从中朝地台基底南缘解离出去，而后经过复杂的过程又增生到扬子地台（马杏垣等，1985、1987、1989），从而使其演化具有两个地台的属性。

2. 盖层构造发育阶段

中朝地台的结晶基底形成之后,便进入相对稳定的地台盖层发育时期。此阶段中,具有早期差异性比较明显,继而逐渐表现为差异性减小直至整体相对稳定的特点。据盖层岩相、构造运动性质、构造变形特征和岩浆活动等诸种因素,可把盖层构造演化历史分成中一晚元古代和古生代(包括中生代三叠纪)两个主要演化时期。

中一晚元古代,在地台基底块体边缘及其内部,由于裂陷作用而形成几个大型的长条状深陷的拗拉槽,堆积了数千至近万米厚似盖层型以沉积岩为主的岩系,成为独特的拗拉槽构造演化期。地台北部有北东向的燕山—太行拗拉槽和近东西向的狼山—白云鄂博拗拉槽。本断面延经的地台西部和南部,发育有北北东向的贺兰山拗拉槽(为秦—祁—贺三叉裂谷系的北支)、总体近东西走向的熊耳—汉高拗拉槽及近南北向的徐淮拗拉槽。除徐淮拗拉槽为晚元古代发育的之外,其余形成时期均较早。熊耳—汉高拗拉槽呈三叉裂谷形态,插入陆内的北支而后衰亡,东西两支后来继续发育成为秦岭地槽,它将大别地体从中朝地台南缘解裂出来(马杏垣,1985)。

古生代至三叠纪是典型的地台盖层构造发育时期。寒武纪初中朝地台整体为高出海面的古陆遭受剥蚀,而后开始沉降,海侵范围不断扩大,到早寒武世晚期除胶东、内蒙、鄂尔多斯中部和北部等地区仍为古陆外,大部分地区为广阔的海覆盖,直至中奥陶世,沉积了一套以碳酸盐和碎屑岩为主的地层。但西部的贺兰山、平凉一带由于受秦岭地槽的影响,仍具拗拉槽性质。中奥陶世末至早石炭世,地台整体稳定抬升,长期遭受剥蚀而准平原化,以至全区缺失上奥陶统至下石炭统的全部地层。到中石炭世地台大部分地区又重新下沉,遭受海侵,堆积了以碎屑岩和碳酸盐为主的海陆交互相地层,其中夹有煤层。二叠纪初地台整体上升成陆,但此时总的点仍然是处于普遍地势低平的潮湿的气候环境。晚二叠世地台内部的差异运动增强,逐渐显示出沉积盆地彼此分隔的轮廓,地台东部为一些小型的内陆盆地,而西部鄂尔多斯地区是一大型的内陆盆地,盆地中沉积了一整套紫红色碎屑岩。三叠纪时,沉积盆地收缩到地台南部和西部,仍以陆相沉积为主。此时中朝地台的東西差异趋于明显。

扬子地台的基底形成后,从震旦纪到三叠纪为盖层构造演化阶段。震旦纪起扬子地台的基底下沉,沉积了陆—海相细碎屑岩和冰碛层,晚期发生一次广泛海侵形成“扬子海”,接受了以碳酸盐为主的沉积。此后,除早、中泥盆世因受华南加里东褶皱带影响上隆外,这种构造环境基本保持到三叠纪。因此,盖层发育十分好,可分两大套:下层由震旦纪到志留纪的地层组成,属海相沉积,岩相在纵横方向上变化大,厚度相差悬殊,表明此时构造活动差异性明显;上层为晚泥盆世至三叠纪的地层,是典型的稳定地台盖层型沉积,整体上是一个完整的海进—海退序列(江苏省地质矿产局,1984)。

三叠纪后期是中国东部地壳构造发展过程中的一个重要转折时期。由于印支运动,不仅使扬子地台与中朝地台之间的秦岭残留海封闭,两地台对接并与苏北—胶南地体拼合成统一的大陆,本断面范围内两地台交接处主要表现为郯—庐断裂带左旋平移,而且使地台盖层以至结晶基底发生不同程度的挤压变形,形成褶皱和断裂,在有些地带造就了变形颇为强烈的台褶带。

3. 裂陷伸展改造阶段

两个地台拼合成统一的大陆之后,一起进入裂陷伸展改造阶段,即大陆边缘活动构造

带发育阶段。在此阶段中,经历了中、新生代两个既有联系又有区别的裂陷时期,地壳拉张,大陆破裂解体,相应形成一系列断陷盆地及由其组成的断陷带和大型的裂陷和拗陷盆地,不整合叠置于地台盖层和基底之上。构造活动主要表现为断块差异升降,岩浆活动相当强,拉张、挤压交替出现,伴以不同程度剪切,一幕幕地向前发展。其中,中生代拉张断陷和挤压褶皱都很强烈,而新生代以拉张为主,挤压比较微弱。

早一中侏罗世,大致以太行山为界西拗东隆,西部为大型内陆拗陷盆地,东部在隆起背景上初步裂陷,形成一些断陷盆地,同时伴有中基性火山喷发。晚侏罗世一早白垩世,西部鄂尔多斯地区仍为大型陆相沉积盆地,而东部裂陷作用加剧,郯庐断裂带从早白垩世开始也转为裂谷性质,其中以山东段最为典型,一直持续到晚白垩世。早白垩世末期的燕山运动,使大多数断陷盆地封闭,地层褶皱并形成一系列逆断层和平移—逆断层性质的断裂。同时,有些地方形成变形强烈的褶皱带。

早白垩世末期的燕山运动之后,除苏北地区重新开始断陷成盆地外,其它地区经晚白垩世至古新世的长期隆起剥蚀均夷,基本准平原化,形成北台期准平原。始新世起,全面进入新生代裂陷时期。华北平原、渤海等地区强烈断陷,苏北的断陷盆地继续发育,造成由一系列半地堑和半地垒组成的盆—岭构造。相反,鄂尔多斯地区则整体抬升,但在其边缘开始发育一些断陷盆地。晚第三纪至第四纪,早第三纪的盆—岭构造区整体下沉转为大型拗陷盆地,但其内部次级拗陷和隆起仍保持某些继承性活动的特征。山西地区在隆起的轴部发育了北北东向的地堑系。正是这一阶段的构造演化,最后塑造了现代构造地貌的总体轮廓。

五、各主要构造单元概述

奉贤—阿拉善左旗地质断面涉及到的中朝地台部分,可分七个次一级构造单元,而扬子地台的有关部分分成二个次一级的构造单元,它们彼此间均以断裂为界(表5-1)。

表5-1 奉贤至阿拉善左旗断面涉及的构造单元

构造单元		构造分界线
中朝地台	I 阿拉善台隆	
	II 鄂尔多斯西缘台褶带	——小松山断裂——
	III 鄂尔多斯台坳	——桌子山东麓—平凉断裂——
	IV 山西断隆	——离石断裂——
	V 南华北断坳	——太行山麓断裂——
	VI 徐淮断隆	——阜阳断裂——
	VII 苏北—胶南地体	——郯庐断裂带——
扬子地台	VIII 苏北断坳	——嘉山—响水断裂——
	IX 苏南台褶带	——甘泉山—小纪镇待断裂——

1. 阿拉善台隆 (I)

该台隆位于地台的西端,东以小松山断裂与鄂尔多斯西缘台褶带相连。阿拉善台隆是一个长期相对隆起、构造性质相当稳定的构造单位。基底为太古宙和早元古代的阿拉善群,属中、深度变质的超镁铁质岩、基性火山岩和沉积碎屑岩,强烈混合岩化,紧密褶皱发育,与褶皱平行的冲断层密集。在台隆边缘和内部的部分地区,存在中—晚元古代长城系—青白口系地层,为海相碳酸盐和碎屑岩。整个古生代和三叠纪以隆起为主,仅部分地区有中奥陶统和中石炭统以及二叠纪陆相酸性火山碎屑岩分布。中生代时期形成一些断陷盆地,堆积了早、中侏罗世的河湖相含煤地层,白垩纪湖盆扩大,原来的断陷盆地发展为坳陷盆地。到新生代,此台隆稳定抬升。

2. 鄂尔多斯西缘台褶带 (II)

它北自内蒙古的桌子山,向南经宁夏的贺兰山、横山堡、马家滩及甘肃的平凉、华亭,直至陕西陇县一带;西起小松山和青铜峡—固原断裂,东到桌子山东麓—平凉断裂,总体近南北向展布,长约600km,宽50—100km(图5-1)。

台褶带基底出露的最老地层是太古宙和早元古代的深变质岩。中元古代时地壳拉张裂陷,形成贺兰山坳拉槽,成为秦(岭)—祁(连山)—贺(兰山)三叉裂谷的北支,沉积了一套由海相碳酸盐和碎屑岩组成的长城系和蓟县系,厚度由南向北减薄以至尖灭,最厚达3000m。中元古代末期坳拉槽衰亡。古生代早期大致沿中元古代坳拉槽的位置又重新裂陷,中奥陶世末坳拉槽随中朝地台整体抬升而消亡。中、晚石炭世下沉,沉积一套海陆交互相和陆相的碎屑岩。二叠纪海水退出,出现广复型内陆湖盆沉积环境,地层岩相和厚度与鄂尔多斯台地已无大差别。三叠纪晚期发生的印支运动,使本区褶皱隆起,同时形成一系列的逆断裂。中侏罗世开始的燕山运动,在本区表现为大规模的推覆冲断,台褶带基本定型(图5-1)。此带的主要逆冲断裂在横向上多呈叠瓦状平行排列,纵向上斜列分布,每条主要逆冲断裂相应形成一个推覆体。利用平衡剖面的面积守恒准则,求得逆冲断裂卷入深度多在14km之内,地壳缩短率约10%(刘和甫等,1990)。据不同地段的结构和逆冲断距的差异,台褶带大致可分五段(图5-1)。总的说来,北部的三段逆冲推覆强烈,推覆距离大,前缘带和前缘外带较发育;南部二段逆冲推覆作用较弱,断裂较陡,前缘带和前缘外带不够发育。断面走廊主要通过横山堡—贺兰山南段,此段由于新生代发育了银川地堑而改造了逆冲推覆构造的面貌,其实,整个剖面基本上是由西倾的小松山和古黄河逆冲断裂形成的两个推覆体及东边由几条反倾逆断裂形成的后冲带组成的。

银川地堑是自始新世起沿黄河断裂、贺兰山东麓断裂等拉张断陷而成的,是鄂尔多斯西缘吉兰泰—银川断陷带的组成部分。断陷带具有右旋剪切—拉张活动性质。它北起石咀山,南至青铜峡,长160km,最宽55km,堆积的新生代地层厚达7000m左右。据历史记载和近代仪器记录,自公元876年以来地堑内发生5级和5级以上地震16次,其中大于和等于6级地震4次,最大的是1739年8级地震(国家地震局鄂尔多斯周缘活动断裂系课题组,1988)。

3. 鄂尔多斯台坳 (III)

这是一个比较完整的构造单位,四周被断裂所围限,东以离石断裂和山西断隆相接。台坳具有太古宙和早元古代的结晶基底。中—晚元古代,邻近的坳拉槽的沉积向台坳的部分地区超覆。古生代是个相对较稳定的构造单位,古地形北高南低。寒武纪至中奥陶世,台

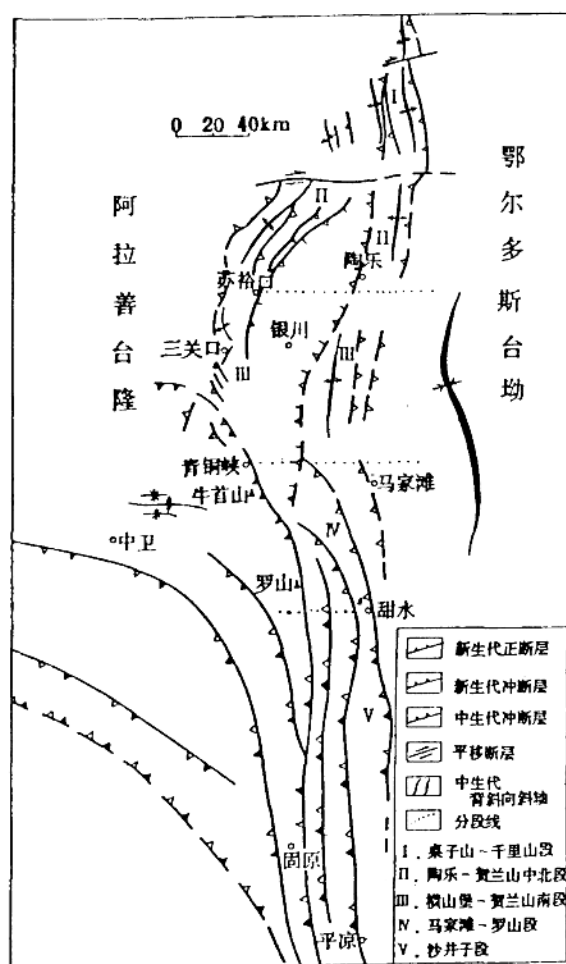


图 5-1 鄂尔多斯西缘台褶带构造简图

(据刘和甫等 1990 年资料略修改)

坳中南部沉积了海相碎屑岩和碳酸盐岩，岩性稳定，厚度不大。晚奥陶世到早石炭世整体抬升为陆，缺失沉积。中石炭世到二叠纪又下沉，形成一套以海陆交互相最后以陆相为特征的碎屑岩。三叠纪开始成为西深东浅的大型内陆坳陷盆地，广泛堆积了三叠纪至早白垩世的陆相地层。早白垩世末期的燕山运动使盖层产生宽缓褶皱，台坳开始整体抬升，遭受剥蚀。新生代时期，它以缓慢隆升运动为主。

4. 山西断隆 (IV)

此断隆位于中朝地台中部，以山西高原为主体，其东南部通过太行山南麓断裂和南华北断坳相接，构造走向以北北东为主，南部和北部均转为北东向。由于它是一个相对抬升

的构造单位，因而基底和盖层都有出露。基底由三套变质岩组成，最老的一套为晚太古代的阜平群，主要是斜长片麻岩、斜长角闪岩、角闪岩、变粒岩和大理岩等，混合岩化明显而普遍；中间一套是早元古代早期的五台群，由角闪片岩、片麻岩、石英岩、磁铁石英岩、变质中基性火山岩和少量大理岩等组成，混合岩化不甚强烈；上面一套以早元古代晚期的滹沱群为代表，岩性复杂，变质较轻，主要为变质砾岩、变质砂岩、石英岩、千枚岩结晶灰岩或大理岩，有时夹有基性火山岩。中—晚元古代，断隆仅在其东和东南部边缘因受邻近坳拉槽的影响，而有较薄的沉积。在古生代和三叠纪（除晚奥陶世至早石炭世随中朝地台一起抬升外），基本属于它东、西两侧沉积区的过渡地带，地层虽全但较薄。侏罗—白垩纪以整体块断隆升为特征，仅局部地方发育断陷盆地。燕山运动使盖层变形，形成褶皱和断裂。新生代全区仍以隆升为主，但晚第三纪和第四纪时，于断隆的轴部地带发生断陷，形成大同、太原、临汾等一系列的地堑，总体左阶斜列呈S型展布，构成北北东向的山西断陷带（图5-2）。地堑中堆积的新地层一般厚2000—3500m左右。

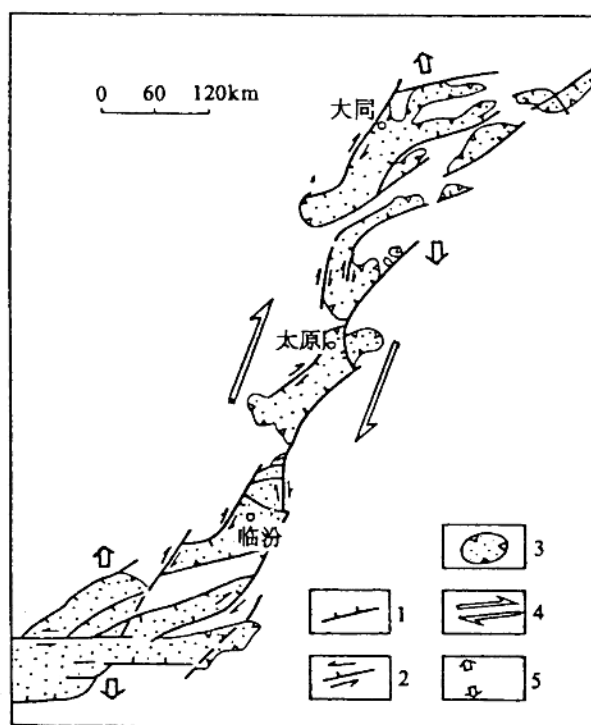


图5-2 山西断隆构造概略图

1. 正断裂；2. 正—平移断裂；3. 盆地；4. 剪切方向；5. 局部拉张方向

山西断陷带是一条右旋拉张—剪切活动构造带，也是我国东部一条重要的地震带。据此带盆地和断裂的空间展布、活动性质、形成和演化特点及地震活动性等，可将其分为三段：中段是剪切段，主要由北北东—北东向的右旋正—平移断裂及其控制的断陷盆地组成；

南北两段为拉张段，基本由北东东向正断裂及其控制的盆地所组成（图 5-2）。临汾地堑位于剪切段的南部，东西两侧分别被霍山—大阳断裂和罗云山断裂所限。它上新世开始发育，堆积的新生代地层厚 2200m，其中第四系厚 800m。1303 年 8 级和 1695 年 7.5 级地震发生于此地堑中。

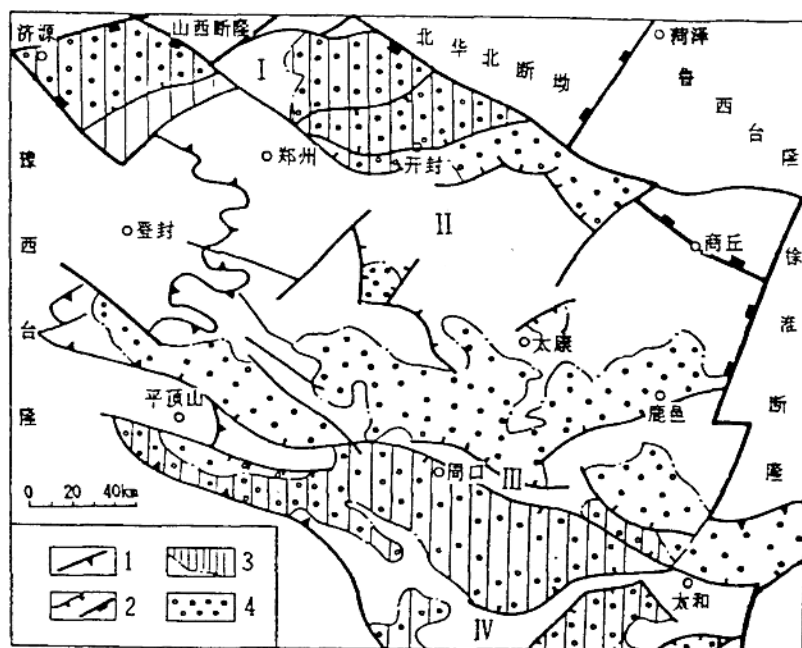


图 5-3 南华北断坳地质结构略图

（据周兴熙 1989 年资料简化）

1. 盆地边界；2. 正断裂（上为断陷主断裂、下为盆地边界断裂）；

3. 侏罗—白垩系分布区；4. 下第三系分布区。

I—济源—开封断陷；II—太康隆起；III—周口断陷；IV—太和隆起

5. 南华北断坳（V）

它位于中朝地台的南部，东以阜阳断裂同徐淮断隆相邻，北以济源—黄口断裂与北华北断坳和鲁西断隆相接，构造走向为北西西向。断坳基底为深变质的上太古界登封群、太华群以及浅变质的下元古界嵩山群。中—晚元古代发育的熊耳—汉高坳拉槽，波及到本区的西部和南部。古生代它与中朝地台其它地区一起稳定下沉，但晚二叠世和三叠纪沉降幅度加大，沉降中心在济源—郑州一线。印支运动扬子地台向北推挤，使秦岭海槽最后封闭，本区受其影响形成一系列北西西向的褶皱和断裂。侏罗—白垩纪时，断坳中部拱升，而南部和北部形成近东西走向的坳陷式沉降带（图 5-3），并产生了北西—北西和北东—北东向两组断裂，堆积的地层一般厚 2000—4000m（周兴熙，1989）。早第三纪，沿先成的断裂网格形成一系列地堑和地垒，显示盆—岭构造特征。它们集中组成两条近东西向的断陷

带,北带称开封拗陷,堆积的下第三系一般厚 3000—5000m;南带称周口拗陷,其中下第三系厚 2000—7000m(周兴熙,1989),两拗陷之间为太康隆起(图 5-3),从而构成统一的南华北新生代裂陷盆地。晚第三纪以来,裂陷盆地整体下沉而成拗陷盆地,上第三系和第四系通常厚 1000—2000m,开封拗陷中最厚达 3000 余米。南华北裂陷盆地早第三纪基性火山活动甚弱,仅极少数钻井遇到玄武岩(周兴熙,1989)。控制地堑发育的断陷主断裂,多为倾角较缓的铲状正断裂,具有数公里的水平拉张位移量和垂直落差。裂陷盆地区地壳伸展方向为近南北向,伸展量有 8—30km,伸展率约为 10—30% (周兴熙,1989)。

6. 徐淮断隆 (VI)

该断隆东以郯庐断裂带与扬子地台分界。基底岩系为上太古界五河群及下元古界风阳群构成。中元古代本区处于隆起剥蚀状态,晚元古代青白口纪它开始裂陷,于郯庐断裂带西侧形成近南北向的徐淮拗拉槽,直至震旦纪,堆积了浅海相碎屑岩和碳酸盐岩,沉积中心在宿州、睢宁一带,地层厚达 4000m。寒武纪至中奥陶世,沉积了以碳酸盐岩和蒸发岩为主的地层。晚石炭世到早三叠世有海陆交互相—陆相碎屑沉积。印支运动使盖层褶皱。侏罗—白垩纪时,在隆起背景上发育了几个断陷盆地,堆积有河湖相地层,其中上侏罗统夹有中性火山岩和火山碎屑岩。燕山运动对本区影响甚为强烈,不仅使盖层褶皱进一步复杂化,而且在有些地段产生推覆构造,同时伴有中酸性岩浆侵入。新生代全区大部分以隆起为主,仅少数地区发育有早第三纪断陷盆地。

7. 苏北—胶南地体 (VII)

本断面走廊带仅涉及此地体西南角极小部分。该地体位于郯庐断裂带东侧,呈透镜状北东东向展布,其北界是五连—荣城断裂,南界为嘉山—响水断裂,被挟持于中朝地台和扬子地台之间。

苏北—胶南地体出露的古老地层是胶南群(山东)或东海群(苏北)及海州群,尽管对它们的形成时代(王致本,1986;孙竞雄等,1988)仍有不同的认识,但通常将前者归为早元古代,后者为中—晚元古代。下元古界胶南群以黑云(或角闪)斜长片麻岩和混合花岗岩为主,夹斜长角闪岩、片岩、变粒岩、大理岩及石英岩,变质程度为低角闪岩相,原岩属泥砂质碎屑岩及中酸性夹基性火山岩。中—上元古界海州群主要为白云石英片岩、含磷大理岩及变粒岩,原岩为含磷白云岩、泥砂质碎屑岩和中酸性火山—碎屑岩。

该地体的一个非常突出的特点是韧性剪切带与弱应变域交织发育(马杏垣,1989),以及相伴出现的为数众多的超镁铁岩和榴辉岩块,刘若新等(1989)将其称为构造混杂岩及深源构造岩块。这些深源岩块成带分布,具有冷侵位的特点。近年来,一些研究者对该区榴辉岩的研究取得很大的进展。榎井正树等(Enami et al., 1988)在东海地区的石榴子石刚玉岩和榴辉岩中发现镁十字石;张儒媛等(Zhang Ruyuan et al., 1990)在东海榴辉岩中发现柯石英及其假象,和富钠镁闪石、高铝榴石等高压矿物,认为这些岩石是在低温—高压的构造动力学环境中形成的。从而表明,它们是扬子地台与中朝地台在该区发生强烈碰撞、挤压而成的构造混杂岩带(刘若新等,1989)。两个地台的碰撞、拼合基本完成于三叠纪晚期的印支运动。

在断面走廊范围内,苏北—胶南地体和扬子地台以郯庐断裂带同中朝地台相隔开。郯庐断裂带北起黑龙江,向南经东北和华北地区一直延伸到湖北广济,总体北北东走向,长约 2400km。它具有长期而复杂的演化历史,内部结构复杂,是我国东部一条十分重要的巨

型构造带，断面走廊带内断裂带由3条主要断裂组成，自西而东为五河—合肥断裂、石门山断裂和嘉山—庐江断裂。断裂带宽20余km，东西两侧分别为张八岭群和五河群，带内主要为白垩系，总体为地堑结构。它可能孕育于中元古代，末期表现为强烈的挤压剪切性质（安徽省地质矿产局，1987）；侏罗纪具有左旋挤压剪切活动特点；白垩纪拉张断陷；第三纪以来显示右旋挤压剪切活动特征。

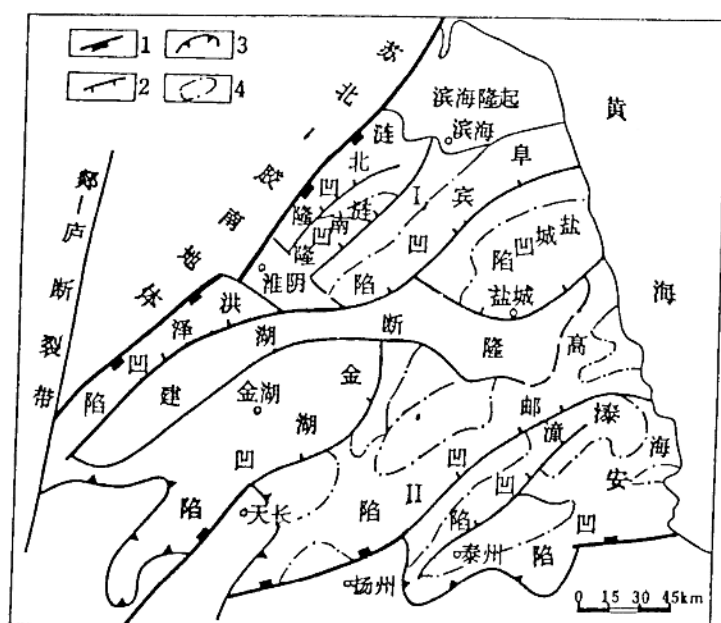


图 5-4 苏北断坳地质结构略图

1. 盆地边界断裂；2. 断陷主断裂；3. 盆地边界；4. 凸起边界

I 盐阜拗陷；II 东台拗陷

8. 苏北断坳 (Ⅷ)

本断面走廊通过苏北断坳的西南部。该断坳西以郟庐断裂带与中朝地台相邻，北以嘉山—响水断裂和苏北—胶南地体相接，南部通过甘泉山—小纪镇、黄桥和海安—南港等断裂同苏南台褶皱带相毗。印支运动之前，苏北断坳的地质构造及其演化的基本特点，与苏南台褶皱带大体相似。而到中生代晚期，特别是新生代，则具有迥然不同的特征。晚白垩世起，苏北地区地壳开始强烈拉张裂陷，在一系列北东至北东东向断裂控制下，形成许多单边断陷盆地，具盆—岭构造特征。断陷盆地相应组成二条北东东向断陷带，北带称盐阜拗陷，南带称东台拗陷，二者之间为建湖隆起（图 5-4）。断陷盆地的主边界断裂，多为倾角较缓的铲状形态，盆地中堆积的下第三系一般厚 3000m 左右。与断陷发育的同时，有多期基性火山活动。到晚第三纪，开始由断陷转变为整体拗陷，覆盖了一套河湖相碎屑岩。此时，靠近郟庐断裂带的部分有大量基性岩浆喷发。第四纪时它基本保持了晚第三纪的构造面貌，仍以区域性沉降为主要特征。断坳内沉积的上第三系和第四系厚达 1500 余米。

9. 苏南台褶带 (IX)

此台褶带西部出露的基底岩系为中元古代的张八岭群,是一套遭受区域动力变质的白云质灰岩、硅质岩、火山岩和火山碎屑岩(安徽省地质矿产局,1987)。上海附近钻孔资料揭示出两套变质程度不同的岩系,下为金山群,由斜长角闪岩、角闪斜长片麻岩、云母片岩、绿泥片岩及石英岩等组成,原岩为泥质岩夹基性火山岩,属早—中元古代沉积;上为惠南群,岩性较单一,为绢云母板岩,原岩沉积为中元古代晚期和晚元古代早期(许保桐,1987)。晚元古代晚期的震旦纪直到三叠纪,沉积了一套以海相碎屑岩和碳酸盐岩为主的地层,组成地台盖层。三叠纪晚期的印支运动,使震旦系到三叠系的地层一起卷入褶皱,形成轴向北东东的复背斜和复向斜,以及逆和逆掩断裂,构成台褶带。侏罗纪早—中期基本为隆起状态,仅北缘沿长江一带有沉积。晚侏罗世处于陆相火山喷发与河湖相沉积环境,形成大片中酸性、中性及少量碱性火山喷发物。侏罗纪末期的燕山运动使侏罗纪及其以前的地层遭受挤压褶皱,并形成断裂,同时伴有中酸性岩浆侵入,促使印支运动形成的台褶带进一步复杂化。早白垩世全区基本隆起,晚白垩世广泛接受了河湖和山麓堆积。新生代,主要表现为缓慢间歇性抬升,沉积厚度一般很薄。

六、岩浆活动特征

由于本断面经过地区大部分属于稳定构造单元,所以岩浆活动不强烈,岩浆岩不发育。只是在断面东段,新生代岩浆作用频繁而强烈,岩浆岩分布广泛。根据岩浆活动的时代,可划分为三个岩浆活动旋回:前震旦纪、燕山期和喜山期。其中,尤以燕山期岩浆作用强烈。以下按三个旋回分别叙述。

1. 前震旦纪

前震旦纪时期的岩浆岩只发现在古老结晶岩系广泛出露的地区。本断面走廊带主要出现在鄂尔多斯西缘台褶带和徐淮断隆上。

(1) 鄂尔多斯西缘台褶带

贺兰山北段,有酸性岩浆岩呈岩基或岩株侵入在上太古界和下元古界中,有的呈顺层侵入组成地层的一部分。这些早元古代的酸性侵入岩,经过多次后期变质作用,产生混合岩化和顺层贯入交代作用,形成了混合花岗岩或片麻状花岗岩,如黄旗口黑云斜长花岗岩,其同位素年龄为16.96和16.81亿年(中科院贵阳地球化学所)。它们是地台上古老钙碱系列花岗岩建造,岩浆来自上地幔。

(2) 徐淮断隆

晚太古代侵入岩仅广泛出露在蚌埠一带晚太古代变质岩系分布区。岩体平行蚌埠期构造线方向延伸,呈东西向。以深源岩浆侵入的基性、超基性岩和区域混合岩化、花岗岩化作用形成的花岗岩类为主。

蚌埠一带在晚太古代为一优地槽,其发育随着褶皱造山作用和区域变质作用的不断发展,发生了区域混合岩化。花岗岩化及次生岩浆的短距离上升定位,形成原地型、半原地型混合花岗岩。这类岩体大多出露于混合岩发育地带,且逐渐过渡为区域变质岩,组成“三位一体”花岗质混合杂岩,三者形成的时间应该相近。在嘉山县石门山一带,下元古界凤阳群白云山组不整合覆盖在磨盘山岩体之上。混合花岗岩侵入于基性、超基性岩体中。有

的基性、超基性岩可作为混合花岗岩岩体的残留体形式产出。故晚太古代岩浆岩又可分为早期基性、超基性岩和晚期混合花岗岩。前期以辉长岩类为主，晚期以混合花岗岩为主。

蚌埠地区混合花岗岩类多以岩株呈近东西向赋存于蚌埠复背斜的核部或两翼。大小岩体共 17 个，女山、徐山和磨盘山岩体相对较大。其围岩为太古界五河群的各类混合岩。本区混合花岗岩按查氏岩石化学分类，有属正常成分类型的，也有铝过饱和类型的，大多数为 SiO_2 过饱和和过碱性岩石， SiO_2 含量变化于 72.06%—76.13% 之间， $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量为 8.02%—9.14%。一般以 K 高于 Na 为特点。里特曼指数为 2.02—3.79，属钙碱性—碱性岩系，在碱度率变异图 6-1 中，均投影于弱碱质区。

2. 燕山期

燕山运动是中国东部地质演化中一个重要的构造事件，大规模的岩浆活动是本区燕山构造旋回的显著特征。本断面的东南段，侵入岩和火山岩并存，岩石种类繁多，分布广泛，是一套基、中、酸性陆相火山岩—侵入岩杂岩体。它们属于西太平洋火成岩带的一部分。从空间分布上看，本期火成岩主要出露在徐淮断隆、苏南台褶带、苏北断拗及山西断隆。

(1) 山西断隆

燕山期侵入岩是本区重要的一期岩浆活动，以酸性、中性、碱性小型侵入体为主，均沿较大断裂侵入；但在本断面内出露零星，只在太岳山西段的临汾以南塔儿山—二峰山有闪长玢岩、二长斑岩和正长斑岩侵入奥陶纪、石炭纪地层，同位素年龄为 1.38 亿年。本断面以北五台县铁瓦殿村黑云母花岗岩 Rb—Sr 等时年龄为 116.3 ± 5.7 百万年，铷同位素初始比值为 0.7141（关汾柱，1983）。本区燕山期侵入岩为中酸性、碱性浅层侵入岩，为大陆沿断裂侵入的壳源岩浆产物。

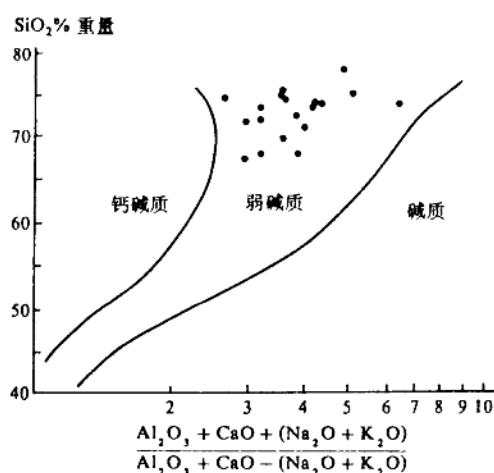


图 6-1 蚌埠地区晚太古代第二次混合花岗岩岩体碱度率变异图（仿 Wright, 1969）

(2) 苏南台褶带和苏北断拗

燕山期岩浆活动是本区最强烈的一期。岩石类型复杂，有基性、中性、中酸性，呈岩株、岩枝和岩脉产出，据同位素和与地层的接触关系，可以 135 百万年为界，分早、晚两期。