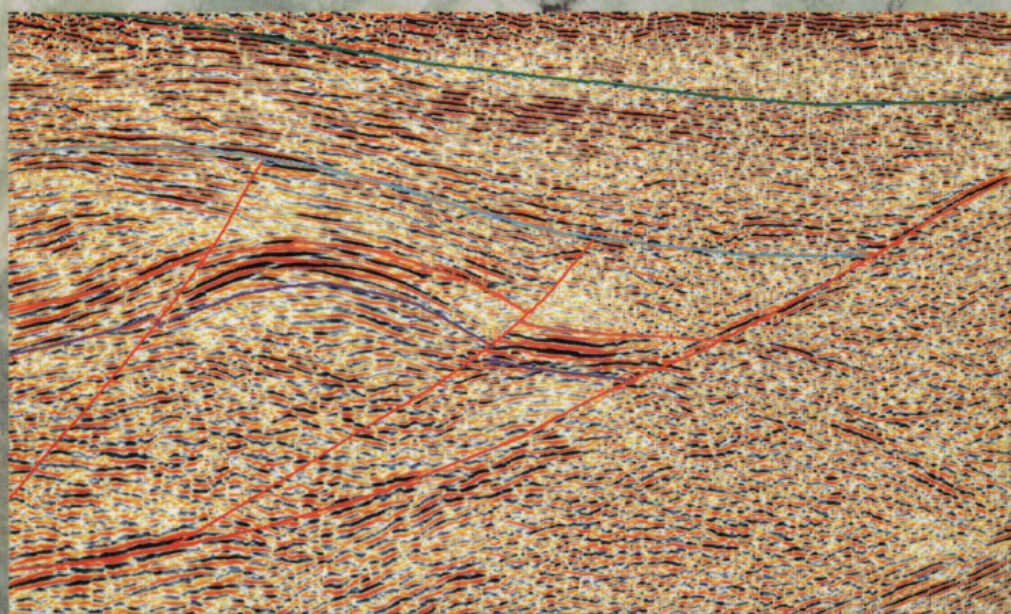


中国巴丹吉林地区 中生代盆地分析

何治亮 裴振洪 等著



中国地质大学出版社

中国巴丹吉林地区 中生代盆地分析

何治亮 裴振洪 徐宏节 余晓宇 朱虹 著
朱宏权 王津义 虞显和 周喜裕 陈德卿

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书首次对中国巴丹吉林地区中生代沉积盆地进行了较系统的分析。第一章总结了该区大地构造属性、区域构造特征、构造演化,并详细分析了该区的基底结构。第二章着重于该区侏罗系、白垩系划分、对比及时代归属的讨论,分析了中生代地层的成因与赋存方式。第三章利用地震资料对几个主要拗陷及相应凹陷进行了分析,总结了该区的构造样式。第四章详细分析了该区的烃源、储集条件、盖层、圈闭,通过含油气系统的分析,提出了进行圈闭评价的思路。

本书可供从事盆地分析、油气地质勘探的科研人员和有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国巴丹吉林地区中生代盆地分析/何治亮,裴振洪等著. —武汉:中国地质大学出版社, 1999.4

ISBN 7-5625-1411-9

I. 中…

II. ①何…②裴…

III. 巴丹吉林地区-盆地分析

IV. P618

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 张晓红 责任校对 杨 霖

印 刷 地质矿产部石油地质印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 8.5 字数 218 千字 插页 1

1999 年 4 月第 1 版 1999 年 4 月第 1 次印刷 印数 1—300 册

ISBN 7-5625-1411-9/P·509 定价:18.00 元

前 言

巴丹吉林油气勘探区位于北纬 39°至中蒙边境线,东经 98°~108°,行政区划属内蒙古自治区西部和甘肃省北部的小部分地区,面积近 20 万平方公里。南界分布有北大山、雅布赖山和阴山,中部为巴丹吉林沙漠,总体通常称为阿拉善高原。区内属典型的大陆干燥气候,温差大,一般年降雨量为 20~40mm,蒸发量一般在 3 800~4 000mm 左右,每年 6~8 月为高温季节,气温可达 40.9℃,地面温度极值在 70℃以上,最低气温(1 月)可达 -36.4℃,全年沙暴最多可达 41 次。水源奇缺,水质矿化度高,尤其含氟量高,交通不甚方便。

巴丹吉林地区极差的自然地理条件,直接导致了该区勘探程度较低,是我国仅有几个沉积岩分布面积大于 100 000km² 的“处女”型盆地之一。

巴丹吉林地区从 50 年代起开始地质调查勘探工作。50 年代玉门石油管理局曾在北山腹地总口子盆地发现油气显示并于其中两口井中试获 0.5~3kg 稠油。70 年代起,甘肃省地质局区测队、内蒙古自治区地质局区测队共同完成了覆盖全区的 1:20 万区域地质测量。80 年代,陕西省测绘局完成了本区 1:100 万分幅布格重力异常图,原地质矿产部航空物探大队完成了额济纳旗和罗布泊—阿拉善地区航磁普查(1:100 万),1988—1992 年原石油天然气总公司物探局等开展了 1:20 万重力普查和地震勘探。1992—1998 年,原地质矿产部石油海洋地质局(后称中国新星石油公司)所属华北石油地质局和原石油天然气总公司勘探局新区勘探事业部先后投入了大量地震勘探工作和钻了几口预探井,原地质矿产部实施的 E1 井在额济纳旗坳陷区获得工业性油气流。

原地质矿产部石油地质综合大队(现称中国新星石油公司勘探研究院)从 80 年代起,参与了该区的油气勘探工作。1983 年邵盛茂等人提交了《巴丹吉林地区中生界地层及含油气前景小结》,1989 年舒文培等人提交了《巴丹吉林—腾格里地区中生界油气前景的初步分析》,1991 年,吉言鹏、熊海河等分别提交了《巴丹吉林—腾格里地区遥感区域地质石油地质研究》和《额济纳旗坳陷区含油气前景初步评价》。1992 年起,谭青、叶建中等先后分别完成了三片地面油气化探工作。

本书作者们有幸多次深入巴丹吉林地区,参与了该区的地质调查与勘探评价工作。1992 年何治亮、江圣邦、裴振洪等赴北山开展了地表构造地质调查和地震解释工作,根据有限资料,评价认为路井—桃来三达凹陷(后称麻木乌苏凹陷)、建国营凹陷、湖西新村凹陷、梭梭头凹陷具备较好油气地质条件,是应予以重视的重要勘探地区。1994 年何治亮、周喜裕、陈德卿等与西安石油学院白玉宝等合作,实测十余条中生界地层剖面,并在巴隆乌拉剖面下白垩统首次发现六层地表沥青显示,证实该区下白垩统有过完整的油气生、运、聚集过程。1997 年裴振洪、朱宏权等在总口子盆地开展地面油气地质调查,研究了该盆地的地表油气显示、生、储、盖条件和构造样式。

本书是作者六年来工作的概略性总结,主要包括四个方面内容。

(1)巴丹吉林地区位于弧形的古亚洲构造带弧顶部位,中生代以前具有与新疆北部和内蒙

古东部相似的板块构造演化历史,主体包含了哈萨克斯坦板块东延的块体,塔里木-中朝板块北缘及相间的多旋回造山带。该区与新疆地区侏罗纪以前和沉积时相似的构造格局决定了以侏罗系为主的相似的勘探层位(本区与新疆侏罗纪盆地有可比性)。阿尔金走滑断裂系可北延与开源-赤峰和得尔布干断裂相连,由这组向NE方向发散的走滑断裂系所制约的早白垩世盆地,具相似的成因、构造样式和油气前景(本区下白垩统与东北亚下白垩统可比的宏观背景)。露头区基底与盖层构造揭示了该区复杂的变形历史和丰富的构造样式,坳陷区基底构造又制约了盖层构造。

(2)本区侏罗系与邻区的对比,区域地质调查中西部的上侏罗统与东部的下白垩统,东部的巴音戈壁组与苏红图组的关系,本区的下白垩统与邻区的对比等问题是油气勘探必须面对的基础地质问题。利用所获得的丰富的古生物资料,我们提出有说服力的观点,同时认为侏罗纪盆地经历了由潮湿到干旱的气候演化,不同构造部位盆地原型各异,其中具走滑拉分性质的总口子盆地生储油条件较优。早白垩世盆地属典型斜伸展盆地,具陆相断陷盆地相同的沉积充填模式。

(3)利用不同勘探资料阐述不同尺度的盆地构造是盆地分析与评价的重要内容。巴丹吉林地区总体表现为南北分带、东西分块的盆地格局。坳中有凸,隆中有凹,多期盆地的纵向叠置与多个盆地的横向组合,先成构造、同沉积构造、变盆构造、伸展、挤压、走滑及复合性构造样式,构成了巴丹吉林地区多姿多采的盆地构造面貌。

(4)丰富的实验测试资料为我们评价确定巴丹吉林地区侏罗系和下白垩统两大烃源岩系和多类型的储集体系提供了翔实可靠的证据,也为重点凹陷的资源潜力的预测奠定了基础。根据岩心分析,我们掌握了本区盖层的微观特征;根据测井曲线,我们了解了盖层的纵向发育;根据地震层速度,我们预测了盖层的横向展布。圈闭的构造样式与封闭样式分析,是圈闭有效性评价的基础。通过含油气系统的分析,我们得以解释已钻井得失的原因,并指导了进一步勘探目标的选择。

上述分析成果,对巴丹吉林地区盆地分析与评价来说,仅是初步的,也很肤浅,我们期待着该区油气勘探工作的深入。

本书第一章由何治亮、王津义撰写,第二章由周喜裕、何治亮、朱宏权撰写,第三章由裴振洪、徐宏节撰写,第四章由陈德卿、余晓宇、朱虹、裴振洪、虞显和撰写,第五章由何治亮撰写,全书由何治亮、裴振洪统稿、定稿。

值此书出版之际,我们特别感谢那些为巴丹吉林地区地质调查和油气勘探付出辛勤劳动的单位与个人,特别感谢为本书提供大量成果的单位与个人,衷心感谢韩新民、周玉琦、陈汝泉、康绵尧、戴进业、杨中轩、晁吉俊、王新民、白玉宝、邱阳辉、楼士毅、韩云生、孙明珠、何庆志、黄福林、潘源敦、易荣龙、熊海河等对我们工作的指导与帮助,江圣邦教授自始至终参与并指导了我们的工作,饶金注、袁玉松、陈志恒、李续、张守安、刘继顺、雷天成、李保林、薛铎、杜先智、卢崇宁、陈利民参与了书中部分工作,在此深表谢意。

目 录

第一章 区域地质背景与基底结构分析	(1)
一、大地构造属性	(1)
二、区域构造特征	(2)
三、震旦纪—古生代区域构造演化	(7)
四、中生代区域构造演化	(10)
五、基底结构分析	(12)
第二章 中生代地层分析	(24)
一、三叠系地层分析	(24)
二、侏罗系地层分析	(25)
三、白垩系地层分析	(32)
第三章 中生代盆地构造分析	(59)
一、盆地构造区划	(59)
二、地震反射特征及层序划分	(63)
三、额济纳旗坳陷区各凹陷结构特征	(67)
四、构造样式分析	(74)
第四章 中生代盆地含油气系统分析	(79)
一、生油层及有机地球化学特征	(79)
二、储集条件	(95)
三、封盖条件及生储盖组合	(102)
四、圈闭特征及圈闭评价	(111)
第五章 结论与建议	(126)
主要参考文献	(128)
英文摘要	(129)

第一章 区域地质背景与基底结构分析

一、大地构造属性

对于北山—额济纳旗地区及邻区的大地构造属性,从本世纪20年代起,许多大地构造学家如李四光、黄汲清、李春昱等都有所论述。在李春昱教授主编的《亚洲大地构造图》中,采用板块构造观点,将本区划为介于中朝—塔里木板块与西伯利亚板块之间的加里东、海西褶皱带,并划出两条加里东、海西板块俯冲带,而且将阿尔金断裂中的三条主要断裂且末—星星峡、若羌—柳园—居延海、阿尔金—乌拉特后旗断裂明确标于图中,尤其是将阿尔金断裂东延与开源—赤峰断裂相连,是具有重要理论价值的创造性处理(李春昱等,1982)。随后又有多家采用板块构造观点对此区进行过系统的研究,其中,中国北方板块构造丛书《北山板块构造及成矿规律》(左国朝等,1990)以及最近所完成的《北山地区古生代岩石圈的形成和演化》^①、《阿尔善地区古生代岩石圈的形成及演化研究》^②,都有扎实的系统研究,并取得了一些成果。如将哈萨克斯坦板块东延到北山地区旱山,将华北与塔里木(?)板块界线明确划到鼎新一恩格尔乌苏—巴音查干一带。

就目前现状来看,有关古亚洲及两侧板块构造演化尚存在有待解决的问题。其中,西伯利亚板块的南界、哈萨克斯坦东延、中朝—塔里木板块解体等问题均在很大程度上影响了关于北山地区大地构造属性的认识。

众所周知,在西伯利亚刚性板块南缘,呈半环状分布了元古宙—海西期的一系列构造带,其间为多条由北向南依次变新的缝合线所分隔。其中贝加尔—叶尼塞晚元古代构造带和萨彦—蒙古早古生代构造带中的中元古代块体一般认为具有亲西伯利亚的特点,其南界一般定在蒙古阿尔泰—赛音山达—克鲁伦—得尔布干断裂一带。萨彦—蒙古早古生代构造带南侧为阿尔泰—兴安岭晚古生代构造带,其西邻南界一般认为在斋桑—克拉美丽—戈壁阿尔泰一带,向东在兴安岭一带划归何处目前尚有不同意见:李春昱曾将这一界线东延到索伦山—二连浩特—西拉木伦一带。也有人依据锡林浩特地块与华北地块的亲缘性,而将西伯利亚南界定在二连—贺根山断裂,在此断裂以北鄂伦春—扎兰屯一带也有下元古界地块分布,这些地块连同东侧松辽盆地基底、佳木斯地块等,除了可划属西伯利亚增生地块外,也可能与准噶尔、吐鲁番等由地球物理资料所确定的刚性块体一样,同属哈萨克斯坦板块,因而西伯利亚的南界有可能东延到头道桥—鄂伦春断裂。

传统的哈萨克斯坦板块位于塔里木—卡拉库姆板块与西伯利亚板块之间,东止于中天山中段库米什一带。左国朝等最近研究认为哈萨克斯坦板块可经中天山隆起带东延到北山地区旱山一带,其同位素年龄值可达 $1\,774 \pm 42\text{Ma}$ (旱山微板块过去曾划属石炭纪),并认为中天山—旱山微板块是晚元古代再次从塔里木古板块分离出来的。《内蒙古区域地质志》将哈萨克

^① 左国朝等,1992,北山地区古生代岩石圈的形成与演化。(内部报告)。

^② 王延印,王士政,1991,阿拉善地区古生代岩石圈的形成及演化研究。(内部报告)。

斯坦板块东延到巴彦查干—乌拉特后旗一带，有迹象表明哈萨克斯坦板块可能一直延到锡林浩特一带。雅干北侧的下元古界地层和锡林浩特杂岩（下元古界）地层与早山和中天山均极为相似，属一套中深变质岩。内蒙古东部构造区划中曾明确在二连—贺根山缝合线与索伦山—西拉木伦河缝合线之间，划出爱力格庙—锡林浩特中间地块，其南北两侧均属晚古生代构造带，这种格局与中天山南北、早山南北、雅干南北极为相似，表明了相似的构造属性及演化历史。

一般将中朝、敦煌、塔里木当成统一板块。随着近年来研究工作的不断地深入，这些块体间的分割性已日渐引起重视。尤其是阿尔金和且末—星星峡超岩石圈断裂的确定，以及对断裂两侧显生宙以来地质演化历史的分析，表明显生宙以来，中朝、敦煌、塔里木是相互分割并相对独立发展的板块。阿尔金断裂和且末—星星峡断裂则为两条古老的转换断层，这几个板块与西北侧的哈萨克斯坦、扬子等共同构成了西伯利亚板块和冈瓦纳大陆之间有分割也有内在联系的板块群。这些板块北缘也经历了元古宙以来多次的裂离、俯冲、拼贴和碰撞的过程，形成了规模不一的板缘构造带。

基于上述分析，可以看出，北山地区大地构造属性为位于古亚洲构造带南侧，横跨敦煌板块、哈萨克斯坦板块早山微板块，并为两条转换型超岩石圈断裂所斜切的构造区。其自南而北依次可分为敦煌地块、柳园—苏红图板缘构造带、属哈萨克斯坦的早山—雅干地块和雀儿山—狐狸山板缘构造带。东侧过阿尔金断裂与合黎山—阴山板缘构造带、河西走廊过渡带、北祁连构造带等毗邻。西侧过且末—星星峡断裂与哈萨克斯坦板块的北缘构造带、中天山地块以及塔里木板块的库鲁克格板缘构造带及塔里木地块相接（图 1-1）。

二、区域构造特征

（一）阿尔金断裂系的地质属性及其意义

1. 且末—星星峡断裂（车尔臣河断裂）

且末—星星峡断裂是航磁资料发现的。在塔里木航磁测量时发现了且末河深断裂，在罗布泊—阿拉善航磁测量时发现了罗布庄—尾亚深断裂。在对西北地区航磁图统编工作时，认为且末河深断裂及罗布庄—尾亚深断裂是一条统一的深断裂，通过与地质图对比发现该断裂北段应东移到星星峡附近，沿卡瓦布拉克构造带的东南缘通过。航磁图上西侧为塔里木正异常区，东侧为负异常区。布格重力图上，断裂以东沿民丰、且末、米兰到安西一线以南为一条 NEE 向线性梯度带，遥感卫片上也是醒目的线状影像显示。根据航磁资料推测此断裂为超岩石圈断裂，性质具明显左行走滑特点，活动时代从显生宙始到新生代。

从卫片影像资料来看（图 1-2），且末—星星峡断裂在星星峡附近有向北散发迹象，其中一条可能向 NE 延到蒙古弧形断裂系东翼的断层，甚至可延到得尔布干断裂。

该断层晚元古代—古生代末期演化过程中，具有转换断层性质。西北地区古生代构造研究证实，此断裂两侧具不同的地质演化历史。从新疆古地理图册可以看出，断裂两侧下古生界地层发育展布差异较大，西南段断层以西的塔里木板块下古生界为拗拉槽和台型沉积，以东敦煌板块则主要为—长期隆起区。西北段石板井—小黄山俯冲消减带与汗腾格里—库米什—星星峡俯冲带的大地构造属性相似，但东西两侧消减时间不同。东侧早山微板块与马鬃山微板块拼合时间显然早于西侧塔里木板块与中天山微板块的拼合时间，表现出东早西晚剪刀式敛合方式。晚古生代断裂两侧差异更大，断裂以西南天山地区表现为周缘前陆盆地海湾型沉

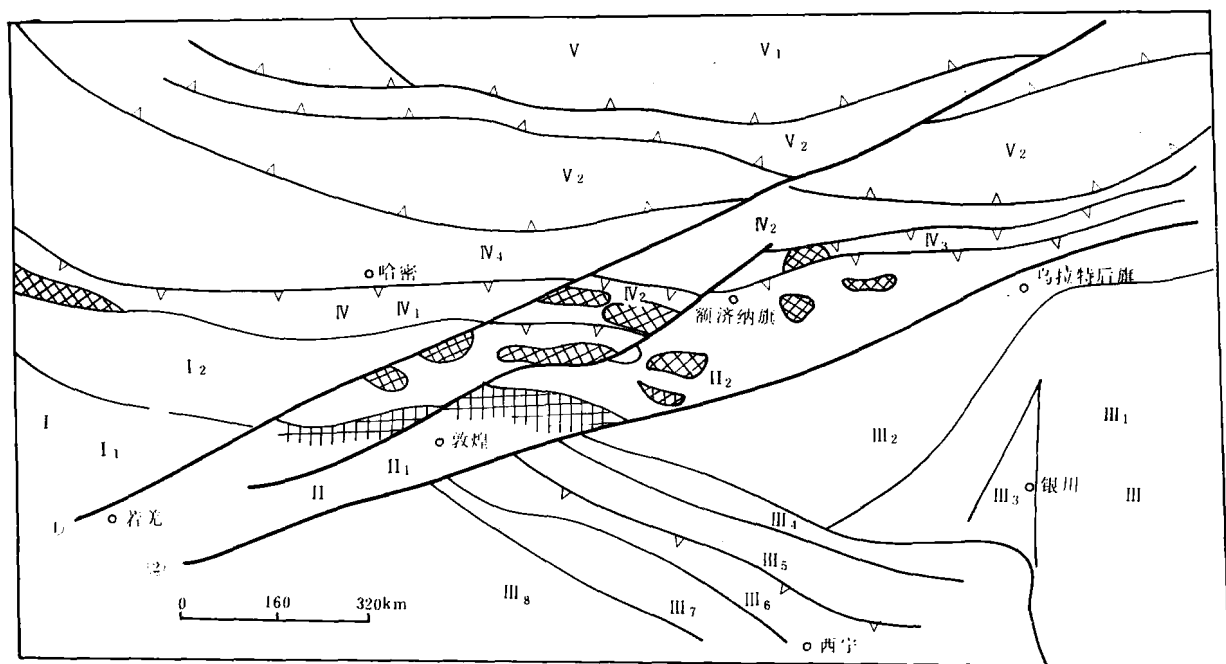


图 1-1 巴丹吉林及邻区大地构造略图

①且末-星星峡-得尔布干断裂 ②阿尔金-赤峰-开源断裂

I. 塔里木板块; I₁. 塔里木地块; I₂. 库鲁克塔格板缘构造带; II. 敦煌板块; II₁. 敦煌地块; II₂. 柳园板缘构造带; III. 中朝板块; III₁. 鄂尔多斯地块; III₂. 合黎山-阴山板缘构造带; III₃. 贺兰山拗拉槽; III₄. 河西走廊过渡带; III₅. 北祁连构造带; III₆. 中祁连地块; III₇. 南祁连构造带; III₈. 柴达木盆地; IV. 哈萨克斯坦板块; IV₁. 中天山地块; IV₂. 早山地块; IV₃. 雅干地块; IV₄. 哈萨克斯坦北缘构造带; V. 西伯利亚板块; V₁. 西伯利亚南缘早古生代构造带; V₂. 西伯利亚南缘晚古生代构造带

积, 而断裂以东柳园地区则表现为陆缘裂谷型深槽沉积, 表明此断裂具有明显的转换性质。此外, 与黑鹰山-红石山小洋盆具相同构造属性的艾比湖-星星峡小洋盆闭合时间西侧 (C_2) 早于东侧 (C_3-P_1), 表现出以此为枢纽西早东晚的剪刀式聚敛方式。因此, 在古生代地质演化历程中, 此断裂属古转换断层是毋庸置疑的。

中新世, 断层东西两侧差异也较大, 断层以西塔里木、准噶尔、吐鲁番等地区均发育斜张伸展断陷或拗陷型的 P_2^2-J 沉积, 以及挤压型前陆盆地 K_1-K_2 沉积。而断层以东 P_2^2-J 为山间盆地或斜压挠曲盆地、走滑盆地沉积, 早白垩世为与二连-松南等类似的斜张伸展型盆地, 喜马拉雅期则为较弱挤压下的差异升降构造背景。这些都表明, 此断裂具有典型陆内走滑型深大断裂的特点。

2. 阿尔金断裂

阿尔金断裂是西北地区重要的断裂之一, 研究程度较高。在重磁资料、遥感卫片上均有明显的反映。此断裂是一条重要的磁异常分界线, 重力图上表现为—NE 向线性梯度带, 卫片中为清晰、连续的线形影像, 地质构造和地形地貌特征也很明显。断裂以东出现了吐拉弧、多罗尔什弧、当金山弧及昌水弧等一系列的弧形构造及断裂, 弧顶指向 NE, 为典型左行走滑形成的拖曳构造。断层两侧地层迥然不同, 且断层东西两侧构造走向明显不协调, 以东为 NW 向盆山构造格局, 以西为 NEE 向盆岭构造格局。沿主断裂带可见到宽达 2~4km 的

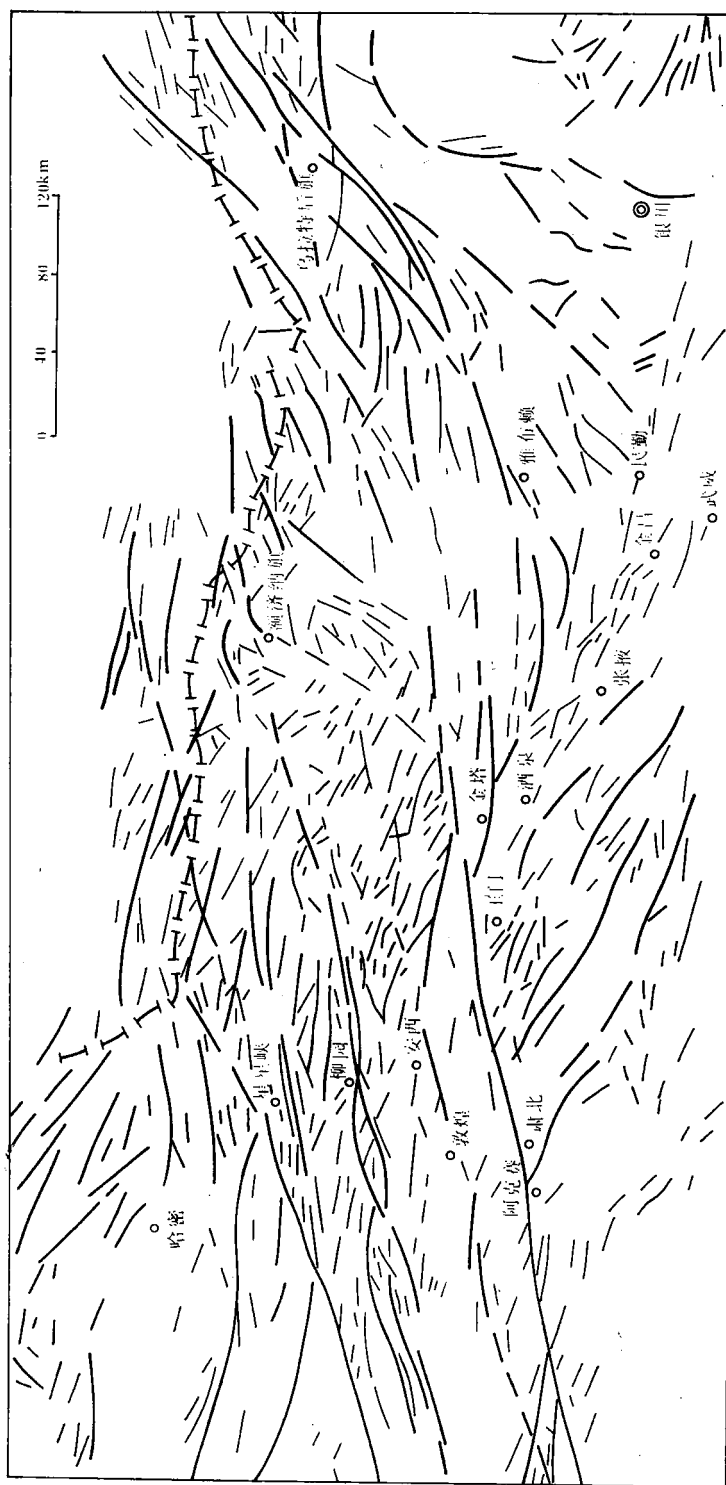


图 1-2 巴丹吉林及邻区卫片线性影像解译图

动力变质带或破碎带，地貌上呈狭长谷地或裂谷，断面平面陡峭。沿断层带可见震旦系—上古生界地层逆冲在上第三系或第四系地层之上。其西南端见第四纪活火山，并见水平状玄武岩夹于晚更新世砂砾岩中。此外疏勒河口冲积扇因断裂的左行走滑而相对向南错移 3~4km。由此可见，阿尔金断裂至今仍有较大距离的左行走滑运动。根据地球物理资料推算，此断裂为超岩石圈断裂。

对于阿尔金断裂活动时间、方式和北延等问题，目前尚有不少分歧。我们认为，阿尔金断裂是自晚元古代以来一直活动的超岩石圈断裂。晚元古代—古生代，为一条重要的古转换断层。晚元古代—早古生代扩张和消减关闭的古祁连洋盆明显为阿尔金断裂斜切，晚古生代—三叠纪形成闭合的中吾农山海槽也为阿尔金断裂斜切。中生代阿尔金断裂作为大型陆内走滑断层，也存在多次活动，并发生多次走滑位移，导致了断裂两侧陆相盆地发育与展布的差异。

有关阿尔金断裂从疏勒河口向北延伸的问题，观点较多。有人曾将此断裂北延至鼎新经黑河东河至额济纳旗，也有人认为应东延经龙首山南缘断裂与金川—乌兰泰断裂相连，还有人认为应北延经黑山北—双古城—大山口过巴丹吉林沙漠与宗乃山南缘断裂相连。作为一条重要的地质构造界线，阿尔金断裂两侧应分属不同的大地构造单元。最近研究表明，宗乃山所出露的元古宇属华北板块阿拉善地块的一部分，而其以北拐子湖东北出露的元古宇与北山中部马鬃山隆起上的元古宇可以类比，中间在恩格尔乌苏又发现了一条较典型的蛇绿岩带。重磁和遥感资料表明在巴丹吉林沙漠腹地存在一 NEE 向大断裂，定名为阿拉善北缘深断裂。航磁图上，此断裂以北为稀疏低值带，一般为 0.05nT，南为突变高值带，为 50~100nT。布格重力异常图上为近东西向突变带，往南减小至 -190mgal，往北增大至 -150mgal。遥感卫片图上可见到近东西向线性影像，成为北面戈壁和务桃亥洼地与南部大沙漠分界线^①。在金塔—花海覆盖区，航磁重力图也较清晰地反映了一条深大断裂的存在，大致位置为疏勒河口—宽滩山北—花探 7 井—四湾—鼎新。因此将阿尔金断裂北延经花海凹陷南缘和金塔凹陷北侧与阿拉善北缘深断裂相连并经恩格尔乌苏东延是合理的，此断裂向东可能与开源—赤峰断裂相连，因而构成晚元古代—古生代两侧不同的板块构造运动方式和中生代不同的形变方式的重要控制因素。

（二）古老结晶变质基底特征

巴丹吉林及邻区存在零星分布的太古宇至元古宇结晶变质基底露头。其中太古宇结晶基底主要分布于南部的敦煌安西一带，元古宇基底主要分布在北山和阿拉善北部地区，受显生宙以来多期构造运动的改造，呈 EW 条带和残块分布于后期褶皱带之中。

1. 中太古界基底

中太古界基底主要出露于敦煌—安西一带。这套由孙健初先生命名为“敦煌系”的深变质岩系，由片麻岩、石英云母片岩、斜长角闪岩及混合岩、大理岩组成。最老绝对年龄值为 29~35 亿年，与库鲁克塔格辛格尔以南确定的太古宙变质岩系可以类比。

在北山南带与敦煌群毗邻的北山杂岩，过去曾认为属下古生界，经左国朝等人研究认为这套定名为白墩子群的糜棱状片麻岩系深变质岩，应属太古宇，其绝对年龄值达 $2\,203 \pm 74\text{Ma}$ ，最老可达 $2\,950\text{Ma}$ ^②。从而推测过去所提出的疏勒河深断裂并不存在。重力和航磁资

① 地矿部石油地质综合大队吉言鹏等，1990，巴丹吉林—腾格里地区遥感区域地质石油地质研究。（内部报告）。

② 左国朝等，1992，北山地区古生代岩石圈的形成和演化。（内部报告）。

料也证实沿此带并不存在航磁异常和重力梯度带。

在此区东南侧从阿拉善右旗经雅布赖山至狼山一带零星出露了中、上太古界的迭布斯格群和阿拉善群，由麻粒岩斜长角闪岩、片麻岩、磁铁石英岩、各种大理岩、变粒岩等深变质杂岩组成，Rb-Sr 同位素年龄为 $1\,982 \sim 3\,218.8\text{Ma}$ ，属华北板块西延部分。

2. 下元古界基底

在北山南带西段出露有五台系的石板墩群，由含砾绢云石英片岩、黑云斜长片麻岩、斜长巨晶混合岩、变砾岩等深变质杂岩组成，过去划归“北山杂岩体”(P_{Z1})的主体部分，经研究认为属下元古界滹沱系。自南向北可分为南、中、北三带。南带下部黄尖丘群，由石英大理岩、石英岩、大理岩、变砂岩等组成，属陆棚滨浅海沉积。中带无黄尖山群出露，西尖山群由石英片岩、花岗片麻岩、斜长角闪岩、含榴角闪片岩、云英石英片岩、变流纹岩等组成，属陆坡沉积。北带由二云石英片岩、绿帘绿泥片岩、阳起石岩及各种片麻岩组成，原岩恢复其沉积时具有陆壳向洋壳过渡的地壳类型，推测属深海平原沉积。

在额济纳旗西北边缘明水-小黄山深断裂北侧分布一套中深变质岩系，过去填图曾将其划为石炭系，后经研究证实，这是一套与中天山类似的下元古界地层，并将它定名为北山群。岩性为绢云石英片岩，绿泥绢云千枚岩，石英岩，大理岩，条痕状、眼球状混合岩，角闪片岩，黑云角闪斜长片麻岩，石英变粒岩等。

在巴丹吉林沙漠东南缘阿拉善古陆北缘也发育一套下元古界地层，在龙首山、北大山呈 NWW 向条带状展布，宗乃山、雅布赖山呈 NEE 向条带状展布，定名为上阿拉善群和龙首山群，由黑云石英片岩、二云石英片岩和黑云斜长片麻岩、大理岩、石英岩、变粒岩等组成，其侵入岩体最大的同位素年龄数据达 $1\,786\text{Ma}$ 。

在巴丹吉林沙漠东北边缘，也有一套下元古界地层出露，断续分布于呼和套尔盖北—雅干北—狼山西北，向东可延至锡林浩特杂岩，这套地层在狼山以北被定名为宝音图群，由石英岩、石英片岩、变粒岩、千枚岩、大理岩组成，推测向西过额济纳旗可与旱山下元古界相连。

3. 中、上元古界基底

巴丹吉林西缘地区中、上元古界呈 NWW 或 NEE 条带状分布于北山马鬃山—鹰咀红山及巴丹吉林腹地的木吉湖，往东可经红山口延至好比如一带，由长城系白湖群、蓟县系平头山群、青白口系大豁落山群及震旦系红山口群组成，岩性主要为板岩、结晶灰岩、白云质大理岩、浅粒岩、变粒岩、石英片岩和二云斜长片麻岩。

巴丹吉林南缘阿拉善右旗西南龙首山见零星出露由中、上元古界长城—蓟县系墩子群和震旦系韩母山群，岩性为条带状灰岩、千枚岩、结晶灰岩、变质石英岩、砾岩。

在巴丹吉林东南缘巴音西别地区，零星出露有由长城系诺尔公群、蓟县系巴音西别群和青白口系乌兰哈夏群组成的中、上元古界地层，岩性为结晶灰岩、板岩、白云岩、石英片岩、石英岩、浅粒岩等，与华北地区中、上元古界可比。

综上所述，巴丹吉林及邻区古老结晶变质基底具有明显的东西成带、南北分异的特点，其中塔里木、敦煌、阿拉善古陆均存在太古宙陆核，大陆均有向北增生的趋势，依次出现下元古界，中、上元古界镶边。由此也可看出显生宙以前，几个陆块具有明显的亲缘性，而镶嵌于后期褶皱带之中的明水—旱山—雅干北—宝音图甚至东延到锡林浩特一带的下元古界，尽管也可能属中、晚元古代演化过程中从中朝—塔里木古陆裂离的产物，但其特点明显有别于南部古陆而具有相对的独立性，因此将其与中天山相连，划属哈萨克斯坦板块是合理的。

由此可以看出，巴丹吉林及邻区基底具有明显的二分性，即北侧基底为哈萨克斯坦古陆东延的零星块体，南侧为华北-敦煌联合板块的增生陆块基底。其中华北-敦煌基底分区界线为阿尔金-恩格尔乌苏深大断裂。

三、震旦纪—古生代区域构造演化

晋宁运动使巴丹吉林及邻区的古陆壳固结，震旦纪开始，北山、阿拉善北部地区在已固结的古陆上出现裂隙。在石板井-小黄山古缝合线所采斜长花岗岩（早期扩张脊下岩浆房成因）Rb-Sr 等时线样测定结果多大于 700Ma，证实北山地区震旦纪已出现古洋壳，旱山微大陆从南部大陆裂离。这套蛇绿岩带向东被后期 NE 向断裂左行错开，出露于额济纳旗呼和套尔盖地区，蛇绿岩套中斜长花岗岩（岛弧萌芽体）同位素年龄 688Ma。根据旱山澄江期混合花岗岩岩石化学分析，在旱山微大陆北侧应存在洋区向南的俯冲带，石板井-小黄山扩张区为弧后扩张背景，这种特点与呼和套尔盖地区的特点相似，所不同的是在阿拉善北部还存在恩格尔乌苏洋壳环境（图 1-3）。

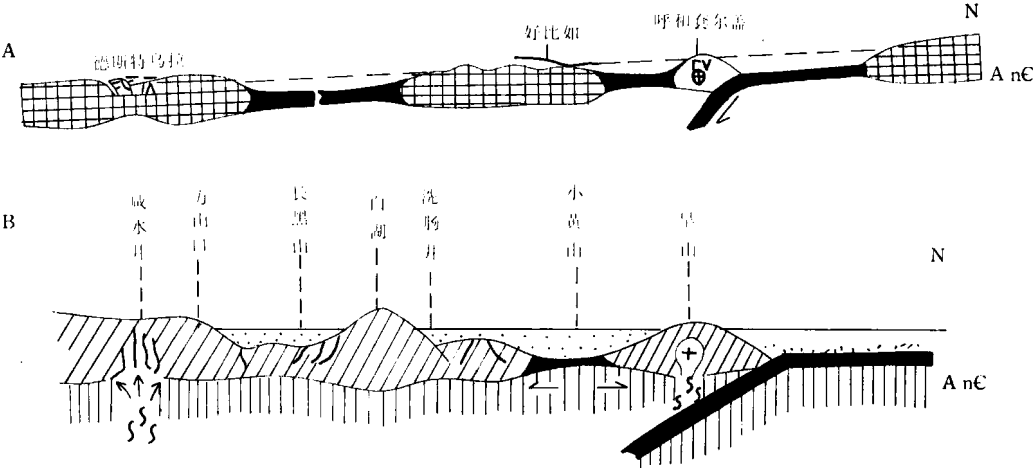


图 1-3 额济纳旗及邻区震旦纪构造演化模式图（据左国朝等，1990）
A. 阿拉善北部地区；B. 北山地区

早古生代早期随着石板井-小黄山洋盆进一步扩张以及沿石板井-小黄山一线向南的消减，形成了白云山-月牙山-洗肠井边缘海、红柳河-牛圈子弧后盆地，以及辉铜山-花牛山-帐房山弧后转换型裂谷盆地，将北山古陆壳肢解为东西向长条形残块，在这些盆地中均发育较典型的蛇绿岩套，如洗肠井地区出露发育完整的由硅质岩、枕状熔岩、层状熔岩、席状岩墙、辉绿岩、斜长花岗岩、层状辉长岩、辉石岩、榴辉岩、辉橄岩、蛇纹岩、变质橄榄岩、蛇绿混杂岩组成的蛇绿岩套（图 1-4）。从硅质岩中检出的放射虫鉴定时代为 ϵ_3-O_1 ，这些蛇绿岩套地质分布，均反映了北山地区早古生代区域性扩张的构造背景，其成因除与石板井-小黄山洋壳向北俯冲导致弧后扩张有关外，同时还与古阿尔金转换型断裂的活动密切相关。阿拉善北部地区与北山地区构造格局具有相似的特点，具体表现在华北陆块西段北缘开始拉张裂离，形成了宗乃山-沙拉扎山岛弧带和查干础鲁-霍尔森弧后盆地，同时，华北陆块北缘的雅布赖-巴音诺尔公亦被拉张，形成超基性岩的底辟式上升和分异侵位活动，北山微板块

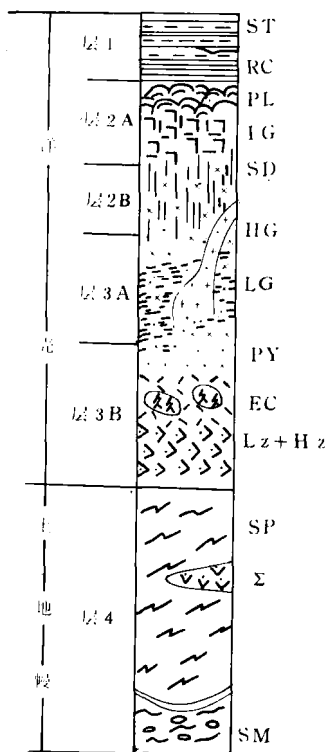


图 1-4 洗肠井、月牙山蛇绿岩综合性柱状剖面图(据左国朝等,1990)

ST. 沉积层(复理石);RC. 硅质岩;PL. 枕状熔岩;IG. 层状熔岩;SD. 席状岩墙;HG. 辉绿岩、斜长花岗岩;LG. 层状辉长岩;PY. 辉石岩;EC. 榴辉岩;Lz + Hz. 辉橄岩;SP. 蛇纹岩;Σ. 变质橄辉岩;SM. 蛇绿混杂岩

东延的珠斯愣—杭乌拉地区为类被动陆缘沉积, 呼和浩特为洋内弧的火山-沉积建造组合(图 1-5)。

早古生代时期, 北山和阿拉善北部地区表现为板块聚敛体制下盆地组合。横亘山—洗肠井地区发育完整沟弧盆体系的火山-沉积组合(图 1-6), 在北山窑洞努如—公婆泉一带发育成熟火山岛弧带。早泥盆世始, 石板井—小黄山古洋壳板片双向俯冲至北山地体和旱山微大陆之下, 并使两陆块对接碰撞, 伴随较长时间(D_1-D_3)热体制控制, 发生较强烈的混合岩化作用, 较大规模的花岗岩类入侵及抬升造山作用, 在造山带两侧形成了粗碎屑磨拉石堆积。如南带干泉—墩墩山为海陆过渡相磨拉石沉积, 北带雀儿山芦草井为浅海相陆缘火山沉积。阿拉善北部地区在晚志留世—泥盆纪也表现为较大规模的俯冲造山作用。泥盆纪出现的“S”型花岗岩活动及山间、山前盆地和断陷盆地内海相火山-磨拉石建造, 标志早古生代造山作用的结束。

晚古生代早、中石炭世, 北山地区形成南、中、北带的伸展断陷作用, 自南向北构成了南侧陆缘浅海带、南侧裂谷斜坡火山带、中间裂谷海槽带、北侧裂谷斜坡火山带、北侧陆缘浅海带的基本对称发育的裂谷环境。裂谷海槽带中轴带有辉长岩侵入和枕状玄武岩及辉石角闪岩、辉石岩、蛇纹岩等。岩石化学分析表明这些超镁铁质岩不属于典型洋脊蛇绿岩套, 而属裂谷型蛇绿岩套。中南带在区域拉张作用下形成了伸展断陷盆地群, 主要有单断箕状盆地、堑状断陷盆地两大类, 发育中基性海底火山岩、复理

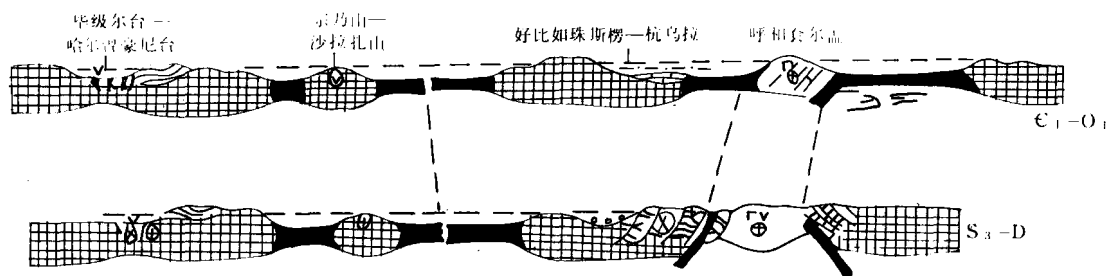


图 1-5 阿拉善地区早古生代构造模式图(据王延印等, 1991)

石及碳酸盐沉积, 局部有深水硅质岩沉积。中石炭世后期—晚石炭世在总体为挤压作用背景下, 形成南北两带火山-沉积盆地组合。火山岩以中酸性为主。早二叠世北山地区形成了北、中、南三个裂谷带, 形成了磨拉石、复理石、海底火山岩的沉积组合, 其中, 北带和中带盆地属裂陷宽度不大陆壳内部裂陷盆地。南带峡东—梧桐沟一带, 盆地基底岩石圈被拉裂, 形成了具枕状构造的玄武岩, 其火山岩岩石化学分析数据分布在碱性玄武岩与拉斑玄武岩过渡

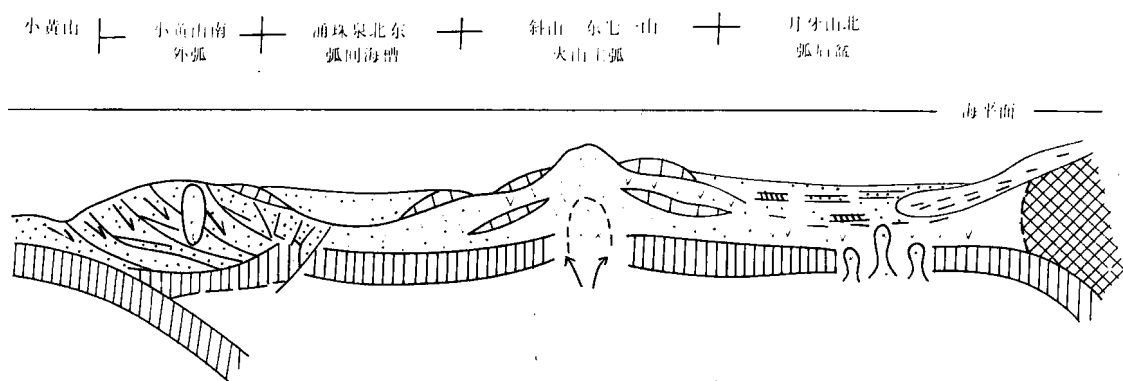


图 1-6 北山中带早古生代晚期构造模式图 (据左国朝等, 1990)

区, 表明南带裂谷盆地有由陆内洋壳向年轻洋壳过渡的趋势, 但尚没有生成真正洋壳 (图 1-7)。

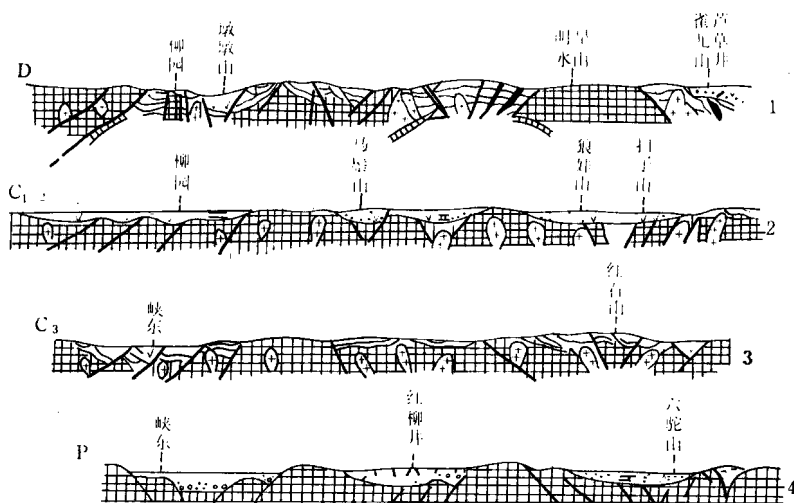


图 1-7 北山地区晚古生代板内构造演化示意图 (据左国朝等, 1990)

阿拉善北部恩格尔乌苏以北地区表现为新的裂谷盆地沉积组合。早石炭世好比如南侧裂谷早期为碎屑岩、硅质岩沉积, 晚期为钙碱性火山岩喷发及幔源一下地壳源钙碱性深成岩浆活动。中石炭世为拉张作用强烈期, 地壳变薄, 渗透性增强, 巴丹吉林东北部有碱性和大陆拉斑玄武岩喷发。晚石炭世裂谷作用衰退。二叠纪有新的拉张作用, 在额济纳旗八道桥和阿其德海尔罕—阿达田格地区有裂谷盆地形成, 沉积碎屑岩—硅质岩建造, 后期伴有钙碱性火山活动。华北陆块北缘西段石炭纪主要表现为俯冲型造山作用, 形成了板块消减带, 在宗乃山—沙拉扎山岛弧带及雅布赖—巴音诺尔公陆缘弧有大规模钙碱系列的火山—深成岩浆活动, 弧后盆地及岛弧带上有火山岩、凝灰岩、杂砂岩、碳酸盐岩沉积, 岩浆活动从早期到晚期有向碱性增加的趋势 (图 1-8)。

晚二叠世为板块聚敛体制下的后期作用阶段, 北山全区表现为南北向挤压造山及走滑调整、走滑隆升和走滑拉分作用, 在北山大奇山地区形成了典型的走滑拉分盆地。盆内发育粗碎屑岩沉积、湖相沉积和中酸性火山岩沉积, 晚期出现玄武岩, 间夹海相白云岩、含海百合茎生物碎屑灰岩。北山中带牛圈子断裂带内也有一小型海陆过渡相为主的拉分盆地, 北山北

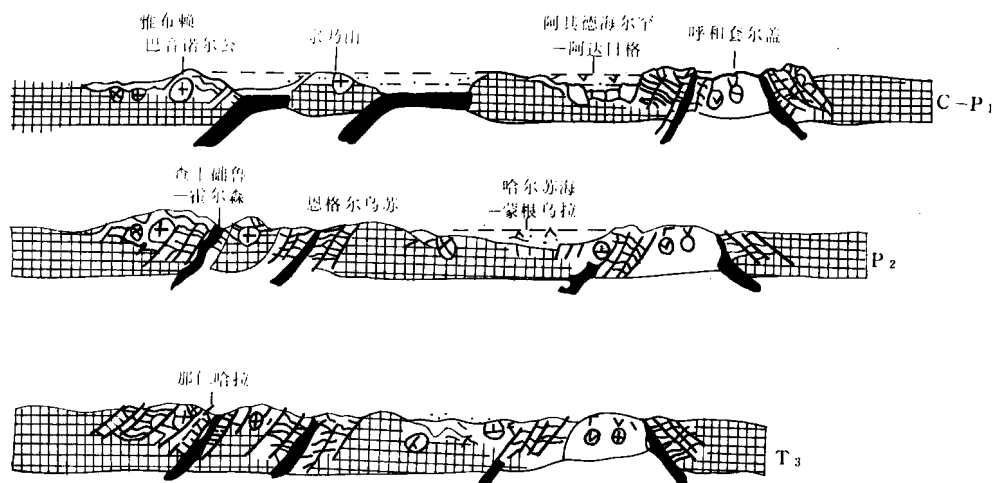


图 1-8 阿拉善地区晚古生代构造演化示意图 (据王延印等, 1991)

带中段百合山沙音浩来有较大面积陆相玄武岩、集块岩等, 也属拉分成因的火山盆地。在花牛山—五峰山、黄尖丘—新场地区形成了一系列相互平行的左行走滑断裂, 并发育有典型的韧性剪切带。阿拉善北部地区, 北山东延的哈尔苏海—蒙根乌拉形成了 NEE 展布的拉分型裂谷盆地, 为海陆过渡相粗碎屑岩、中酸性火山岩和生物灰岩沉积。华北陆块北缘西段表现为陆—陆俯冲和碰撞造山作用, 查干础鲁—霍尔森弧后盆地碰撞闭合, 伴随有较大规模 S 型花岗岩活动。

晚二叠世末, 北山地区和阿拉善北部地区, 完成了从洋—陆板块体制向板内形变体制的过渡, 奠定了本区 NWW—NEE 挤压构造为主, 交错以 NE 向走滑构造的基底构造格局, 形成了前震旦纪结晶变质残块与古生代褶皱构造相镶嵌的基底构造格局。

四、中生代区域构造演化

巴丹吉林及邻区中生代经历了多阶段复杂的板内构造形变。古亚洲洋消失后, 受西伯利亚板块向南继续推挤和特提斯演化的共同影响, 形成了从三叠纪—新生代风格各异的沉积建造和盆地组合。不同区块基底性质和边界条件的差异, 导致了中生代地层发育、展布与赋存方式的不同。

印支旋回, 本区经历了区域构造格局的转变。晚二叠世海西末期运动的造山运动, 在三叠纪延续, 但程度略有减弱, 形成以红色磨拉石建造为主的陆相挤压型小型山间盆地沉积, 在北山及巴丹吉林沙漠以北哈雅地区出露有中、下三叠统二断井群和上三叠统珊瑚井群, 总厚近 3 000m, 属河流相粗碎屑岩及滨浅湖相沉积, 地层展布大致呈东西向, 受近东西向基底构造控制, 多为近 EW 和 NE 向断层切割, 以残余断块形式零星出露, 推测其原型盆地为挤压型山间盆地。本区印支期岩浆活动微弱, 仅有少量 γ_3^1 花岗岩岩株出露, 表明本区印支期处于造山后相对宁静的构造背景。

燕山早期, 本区构造背景与印支期具有一定的相似性, 亦属造山运动后宁静期, 在区域性潮湿气候背景下沉积了一套含煤碎屑岩组合, 较大范围出露于北山腹地马鬃山两侧, 如额济纳旗沙林浩林、红柳疙瘩、野马泉、沙婆泉、北山煤窑、希热哈达等地, 岩性变化较大, 由

冲积河流相碎屑岩和湖沼相煤系地层组成,厚度数百米至4 000余米。从邻区敦煌、金塔、高台北等地大山口群(龙凤山群)夹多层玄武岩来看,阿尔金NEE向走滑断裂此期有过明显活动,北山地区总口子盆地、公婆泉盆地的侏罗系展布明显受NE和EW向两组断裂控制,呈菱形分布,地层发育具有厚度大,韵律层多,沉积相变复杂,分析其原型盆地属走滑型山间盆地。

侏罗纪末发生的燕山运动第Ⅱ幕,使侏罗系产生了强烈的褶皱和压性断裂。总口子、热哈达和公婆泉等地侏罗系赋存状况及局部构造样式,具有明显的挤压改造特点,形成了一系列压性构造组合,包括基底卷入型、盖层滑脱型推覆构造,在北山地区还发现了多处 γ_3 花岗岩体的侵入,多呈岩株型式,部分侵入于 J_{1-2} 的岩株,使 J_{1-2} 产生角岩化,煤系地层热演化程度明显高于其他地区。

燕山Ⅱ幕也是内蒙古其他地区以及华北的重要形变期,形成了大量的呈EW或NE向挤压构造,区域上具有明显的可比性,其力源均可能源于西伯利亚板块向南运动推挤作用。根据北山地区露头结构面分析,燕山Ⅱ幕后期,有明显的由挤压向伸展或走滑的改变,以后的盆地构造形式、沉积建造、岩浆活动均明显有别于燕山Ⅱ幕之前,因而燕山Ⅱ幕是内蒙古及华北乃至中国大陆的重要构造转换期。

早白垩世是本区中新生代盆地盖层最发育的时期。从露头区地层发育与掩覆区地震勘探所反映的情况,早白垩世具有沉积范围大、盆地多的特点,主要为一套从粗—细—较粗的沉积旋回,属冲积河流相沉积,厚度数百米至数千米。北山地区露头区地层呈NE向展布,沉积物展布具不对称性,额济纳旗凹陷少量地震剖面反映 K_1 盆地具有箕状或堑状断陷的特点,展布多为NE向,并呈现“多”字型雁列等组合型式,控盆断裂主要为NE向断裂,部分为近EW向压性断裂反转而成的正断层。结合露头区结构面分析,受EW向左行断裂与NE向右行断裂联合控制下形成的成NW—SE向的区域引张动力机制,导致了 K_1 盆地形成,盆地类型属斜张伸展型。

值得指出的是,阿尔金NEE向走滑断裂系在 K_1 时期,可能存在较大规模右行走滑运动,在这种区域走滑体制下,数条NEE向深大走滑断裂夹持的块体内,派生出一系列NE向斜伸展断层,与挤压造山阶段后期的热调整、重力调整等因素联合控制了北山—巴丹吉林地区盆地的形成和展布。从现有资料来看,深大断裂附近凹陷往往具有面积大、沉陷深的特点,反映了深大断裂的走滑运动对盆地形成和沉降的控制作用。

早白垩世后期巴丹吉林东部邻区发生了局部中基性熔岩的喷溢,形成了中基性火山岩及火山碎屑岩建造,主要受深大断裂控制。早白垩世末燕山Ⅳ幕构造运动,使 K_1 盆地发生轻微褶皱,形成了宽缓的背、向斜或断鼻构造。褶皱主要发育于边界断层附近(图1-9),其成因可能为特提斯演化过程中,印度板块与北部陆块碰合,使阿尔金断裂系产生左行斜压走滑,NE向控盆断裂反转成斜压断层,形成反转构造。晚白垩世仅局部地区沉积了少量红色粗碎屑岩,属斜压型山间盆地的产物。在巴丹吉林凹陷区可能也有零星分布但尚未为钻井揭示。晚白垩世末期的燕山运动Ⅴ幕使全区抬升,并发生轻微褶皱。

燕山期本区大部分地区为抬升剥蚀状态,北山及阿拉善北部地区仅有少量山间磨拉石沉积,巴丹吉林地区发生差异升降,沉积了数十至数百米厚的红色碎屑岩,披覆于中生代盆地之上。