

二连盆地富油凹陷 形成演化与油气富集

赵贤正 金凤鸣 张以明 黄志龙 等著

ERLIAN PENDI
FUYOU DIAOXIAN
XINGCHENG YANHUA
YU YOUQI FUJI

石油工业出版社

二连盆地富油凹陷 形成演化与油气富集

赵贤正 金凤鸣 张以明 黄志龙 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以二连盆地富油凹陷构造、烃源岩、储层等成藏因素为研究对象,对断陷的复合—叠加型式、富油凹陷结构特征、烃源岩分布与形成机制、云质岩和潜山油藏成藏特征与模式、碎屑岩油气成藏规律及主控因素进行了系统的研究,总结出二连盆地富油凹陷油气富集规律。

本书可供从事油气勘探的石油地质和开发工作者及高等院校相关专业领域的教师 and 研究生参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

二连盆地富油凹陷形成演化与油气富集 / 赵贤正等著. —北京:石油工业出版社, 2018. 11

ISBN 978-7-5183-1507-9

I. ①二… II. ①赵… III. ①二连盆地-坳陷-形成-研究②二连盆地-油气聚集-研究 IV. ①P942
②P618. 130. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 245652 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www. petropub. com

编辑部: (010) 64523544

图书营销中心: (010) 64523633

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2018 年 11 月第 1 版 2018 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 14. 5

字数: 370 千字

定价: 150. 00 元

(如出现印装质量问题, 我社图书营销中心负责调换)

版权所有, 翻印必究

《二连盆地富油凹陷形成演化与油气富集》

主要撰写人员

赵贤正 金凤鸣 张以明 黄志龙 杨德相 王 权
史原鹏 董雄英 降栓奇 刘喜恒 肖 阳 漆家福
柳广弟 杨明慧 范炳达 高先志 于福生 韩春元
王元杰 淡伟宁 周从安 吴健平 王会来 师玉雷
王 鑫 谢佩宇 王 建 罗金洋 郭惠平 王名巍

序


二连盆地位于我国北部边陲。1977年9月，中国人民解放军在盆地东部进行水文普查时，于巴音都兰凹陷ZK5钻孔取心发现73.94m油砂，之后的1979年初，原石油工业部决定在二连盆地开展石油勘探会战，由大庆油田负责，并抽调大庆、吉林、辽河地调、石油物探局第四地调处和普查大队，以及华北油田两个钻井队组成“内蒙古二连盆地石油勘探指挥部”。1981年3月，油气勘探工作移交中国石油华北油田负责，截至2015年底，发现了14个油田，累计探明石油地质储量2.7亿吨。

二连盆地油气勘探早期，在陆相断陷复式油气聚集带理论认识指导下，以复杂断裂构造带构造油藏为主要勘探对象，形成了该盆地的油气储量和原油产量的高峰增长期；但是进入20世纪90年代末期，构造油藏发现的难度越来越大，油气勘探与石油储量增长进入“找米下锅”的被动局面，年度原油产量进入快速递减期。2001年以来，面临严峻的油气勘探生产形势，华北油田油气勘探工作者持续深化二连盆地小型湖盆油气成藏富集规律认识，积极转变勘探观念，以巴音都兰凹陷南洼槽巴19岩性油藏的勘探突破为重要起点，开辟了二连盆地地层岩性油藏勘探的新局面。通过揭示断陷湖盆构造油藏与地层岩性油藏的“互补性”特征、“洼槽聚油”理论等成藏新认识，有效指导二连盆地的油气勘探工作，不但在巴音都兰、乌里雅斯太等勘探多年的老凹陷实现了地层岩性油藏规模储量的勘探发现，而且还新发现了阿尔、乌兰花两个富油凹陷，地层岩性油藏已成为该盆地石油储量增长的主体，保障了二连盆地油气勘探的有序发展和原油产量稳定。

本书立足于二连盆地富油凹陷油气勘探实践的新认识和新成果，对富油凹陷的成藏特征和油气分布规律进行了系统总结。在二连盆地区域构造背景分析与构造单元划分的基础上，系统阐述了富油凹陷的复合叠加样式、构造特征与沉积—构造演化；创新性地开展了富油凹陷有效烃源岩形成机制与发育模式研究，进一步明确了二连盆地小型湖盆烃源岩的分布特征；重点剖析了富油凹陷碎屑岩油气藏、潜山油气藏，以及云质岩油气藏的成藏机制和主要控制因素。通过对二连盆地油气成藏新认识的系统梳理与完善，进一步丰富了陆相断陷富油凹陷的油气成藏理论认识，并为进一步深化油气勘探提供了有效指导。

全书资料翔实，内容丰富，结构严谨，思路清晰，图文并茂，是一部关于陆相断陷小型湖盆油气形成机制、油气成藏与富集模式深化研究的又一力作，具有较高的学术和应用价值，对深化二连盆地乃至类似陆相断陷湖盆油气勘探，具有重要的指导和借鉴意义。

中国工程院院士



二〇一八年八月

前 言

二连盆地位于我国北部内蒙古自治区，是在海西期地槽褶皱基底上发育起来的中—新生代断陷湖盆群。盆地内部分割性强，凸起和凹陷相间排列，各凹陷有着相对独立的沉积体系，成为相对独立的烃类生成、运移和聚集基本单元。1979年，原石油工业部组织在二连盆地开展石油勘探会战，1981年在阿南凹陷和赛汉塔拉凹陷部署钻探的阿2井和赛1井突破工业油流关，发现了阿尔善油田。1988年阿尔善油田投入开发，1989年建成100万吨原油生产能力，1995年年原油产量最高达到125万吨，成为祖国北部边陲一个重要的油气生产基地。

纵观二连盆地的油气勘探历程，可以划分出三个大的勘探阶段，区域勘探——战略突破阶段（1977—1981年）、构造油藏勘探——持续增储阶段（1982—2000年）、地层岩性油藏勘探——稳定发展阶段（2001年以来）。其中构造油藏勘探——持续增储阶段发现了阿尔善油田、哈达图油田、宝饶油田、乌兰诺尔油田等12个油田，1991年年产原油100.06万吨，至1998年，连续8年稳产在100万吨以上。之后随着油气勘探程度的不断深入，发现规模富集构造油藏的难度越来越大。通过深化二连盆地凹陷油气成藏条件研究，认为主生油洼槽控制油气的生成与运聚，湖盆具有多物源、近物源和短水流的沉积特点，沉积砂体类型多、空间纵横向变化快，具有形成地层岩性油藏的良好地质条件。基于上述认识，积极转变勘探观念，提出了“构造油藏与地层岩性油藏并重”的勘探新思路。2001年，优选巴音都兰凹陷南洼槽作为重点勘探区带，构建了陡坡反转构造—扇三角洲前缘砂体岩性油藏新模式，部署钻探巴19、巴21等井获得成功，当年探明石油地质储量1241万吨，发现了一个新油田——宝力格油田，并于当年建成产能投入开发生产，实现了二连盆地地层岩性油藏勘探的重大突破，开辟了油气勘探新局面。随后，按照地层岩性油藏的勘探思路，构建了缓坡中部坡折带—湖底扇砂砾岩岩性油藏、缓坡坡底—三角洲前缘席状砂岩性油藏等多种地层岩性油藏新模式，先后在乌里雅斯太凹陷南洼槽、吉尔嘎朗图凹陷宝饶洼槽等发现了规模富集油藏，扩大了地层岩性油藏勘探成果，并成为新增石油储量的主体。

此后，持续深化二连盆地地层岩性油藏形成与富集规律研究，逐步完善形成了陆相断陷盆地富油凹陷“洼槽聚油”理论新认识，认为富油凹陷洼槽区岩性圈闭具有多元控砂、优势成藏和主元富集特征，具备形成规模富集地层岩性油藏的优越条件，并由此提出了“定洼探洼”勘探新方法。以“洼槽聚油”新认识和地层岩性油藏勘探新方法为指导，有力促进了老富油凹陷的精细勘探和新区凹陷的勘探发现，取得了显著的勘探成效。尤其是2008年以来，在二连盆地新区优选了阿尔和乌兰花两个新凹陷，按照地层岩性油藏的勘探思路和方法，发现了以地层岩性油藏为主体的阿尔和乌兰花两个新油田，实现了二连盆地新区凹陷和石油储量的有序接替。

本书结合二连盆地已发现的富油凹陷，着重从区域构造、凹陷结构、烃源岩形成与分布及油气藏成藏特征等方面进行了进一步梳理和总结。从区域构造角度，分析了二连盆地构造格局与演化，阐述了盆地内断陷的结构类型、断陷的复合与叠加样式，将早白垩世富油凹陷

划分为正向伸展继承性断陷、正向伸展新生性断陷、斜向伸展新生性断陷三大类型，并研究了其构造—沉积演化特征；系统分析揭示了二连盆地小型断陷湖盆陆源有机质输入、古生产力、有机质保存条件和沉积速率在有效烃源岩形成中的作用，明确小型断陷湖盆有效烃源岩的形成机理，建立小型断陷湖盆有效烃源岩的形成模式；此外，重点依据烃源岩对成藏的控制作用，结合不同岩性储层的分布、孔隙特征等，通过生烃史、油源对比、成藏期次等综合分析，进一步明确了碎屑岩油藏、潜山油藏和云质岩油藏的成藏特征和主控因素；最后从裂陷方式、构造样式、构造沉积演化、烃源岩等方面对富油凹陷形成主控因素进行了探讨，并开展富油凹陷的预测，为下步勘探工作提供方向指导。

全书由赵贤正、金凤鸣确定框架、拟定提纲和组织编写。前言由赵贤正编写；第一章由金凤鸣、史原鹏、肖阳、杨明慧等编写；第二章由张以明、刘喜恒、漆家福、于福生等编写；第三章由杨德相、董雄英、降栓奇、柳广弟、师玉雷等编写；第四章由王权、周从安、王建、吴健平、王元杰、淡伟宁等编写；第五章由范炳达、高先志、董雄英、罗金洋、郭惠平等编写；第六章由韩春元、王会来、王鑫、谢佩宇、王名巍等编写；第七章由赵贤正、王权、黄志龙等编写。最后由赵贤正、金凤鸣统编定稿。

本书在编写的过程中始终得到了华北油田公司各级领导的关心、支持和鼓励，中国石油大学（北京）有关教授、学者给予了热情帮助与支持，在此表示衷心地感谢。由于内容丰富，难免顾此失彼，挂一漏万；加之时间短促和编写水平有限，错误和遗漏之处在所难免，敬希批评指正。

目 录

第一章 区域构造背景与盆地构造单元划分	(1)
第一节 区域构造背景	(1)
一、区域构造古地理背景	(2)
二、基底构造演化	(4)
第二节 盆地基底断裂特征	(8)
一、基底断裂系统	(9)
二、主要区域基底断裂	(11)
第三节 构造单元划分	(14)
一、构造特征	(15)
二、盆地构造单元划分方案	(19)
第四节 构造—沉积演化	(21)
一、构造演化期次	(22)
二、构造—沉积演化阶段	(23)
三、不同断陷群构造—沉积演化特征	(32)
第二章 富油凹陷构造—沉积演化	(42)
第一节 断陷的复合与叠加	(42)
一、断陷复合与叠加类型	(42)
二、断陷复合与叠加型式	(44)
第二节 富油凹陷结构特征	(48)
一、正向伸展继承性富油凹陷	(48)
二、正向伸展新生性富油凹陷	(53)
三、斜向伸展新生性富油凹陷	(55)
第三节 富油凹陷构造—沉积演化特征	(58)
一、正向伸展继承性断陷	(59)
二、正向伸展新生性断陷	(65)
三、斜向伸展新生性断陷	(67)
第三章 富油凹陷有效烃源岩的形成与分布	(74)
第一节 有效烃源岩及其识别	(74)
一、烃源岩地球化学特征	(74)
二、有效烃源岩标准与识别	(77)
第二节 有效烃源岩的分布	(85)
一、烃源岩分布特征与类型	(85)
二、有效烃源岩分布模式	(94)
第三节 有效烃源岩的形成	(95)

一、有效烃源岩形成的主要作用	(96)
二、有效烃源岩形成机理及控制因素	(108)
三、凹陷结构与有效烃源岩形成模式	(110)
第四章 碎屑岩油气成藏机制与富集规律	(114)
第一节 油气藏类型及分布特征	(114)
一、油气藏类型与分布	(114)
二、油气聚集带划分及油藏分布特征	(117)
第二节 油气藏形成机制与成藏过程	(119)
一、近洼缓坡带油气成藏特征	(119)
二、陡坡深洼带油气成藏特征	(128)
三、远洼缓坡带油气成藏特征	(132)
第三节 油气成藏主控因素与成藏模式	(136)
一、近洼缓坡带油气成藏主控因素与模式	(136)
二、陡坡深洼带油气成藏主控因素与模式	(148)
三、远洼缓坡带油气成藏主控因素与模式	(157)
四、不同类型凹陷油气藏分布规律	(158)
第五章 潜山油气藏成藏特征与控制因素	(160)
第一节 潜山类型与分布特征	(160)
一、潜山类型	(160)
二、不同类型潜山分布特征	(163)
第二节 潜山储层特征	(163)
一、不同岩性潜山储层	(163)
二、不同岩性潜山储层发育特征对比	(171)
第三节 潜山油气藏形成特征及控制因素	(172)
一、已发现潜山油气藏形成特征	(172)
二、潜山油气藏形成控制因素	(175)
三、不同构造背景潜山成藏差异性	(178)
四、凹陷结构与有利潜山分布	(178)
第六章 湖相云质岩油气藏特征与控制因素	(181)
第一节 云质岩基本特征及其成因	(181)
一、岩性特征	(181)
二、岩性组合特征	(181)
三、发育与分布特征	(183)
四、云质岩成因分析	(186)
第二节 云质岩储层特征与影响因素	(189)
一、储集空间类型	(189)
二、储层物性特征	(191)
三、储层发育的影响因素	(192)
第三节 云质岩油藏类型和成藏特征	(194)
一、油藏类型	(194)

二、油源特征	(196)
三、油气成藏模式	(197)
四、成藏主控因素	(200)
第七章 富油凹陷形成与油气富集	(203)
第一节 富油凹陷形成的主控因素	(203)
一、裂隙方式与构造样式对富油凹陷形成的控制作用	(203)
二、构造—沉积演化对富油凹陷的控制作用	(208)
三、烃源岩发育对富油凹陷油气富集的控制作用	(210)
第二节 富油凹陷预测	(214)
一、潜在的富油凹陷	(214)
二、潜在富油凹陷的有利勘探区带	(216)
参考文献	(218)

第一章 区域构造背景与盆地 构造单元划分

中国东北地区处于古亚洲构造域与滨太平洋构造域的交接复合部位，跨越两大构造单元，大地构造发展具有多阶段、多旋回、不平衡等特点，地壳活动性强，构造错综复杂，断裂发育。主要深大断裂沿西伯利亚板块与华北板块之间的构造活动带分布，如华北板块北缘的东西向赤峰—开原断裂、西拉木伦断裂；西伯利亚板块南侧的额尔齐斯—中蒙—德尔布干断裂以及贺根山—黑河断裂、伊尔施—呼玛断裂等。晚古生代晚期以来，区域断裂的活动具有由南向北、由西向东逐渐增强、逐渐变新的规律。从构造分区（额尔古纳—大兴安岭构造区、松辽—张广才岭构造区、佳木斯构造区、兴凯构造区和西拉木伦构造区）角度，断裂南、北两侧的古生代及其以前的沉积建造、生物群特征差异明显；古生代末期褶皱造山，华北板块与北侧的西伯利亚板块拼合（图 1-1），构成古亚洲大陆。之后进入中、新生代差异构造—沉积演化阶段。

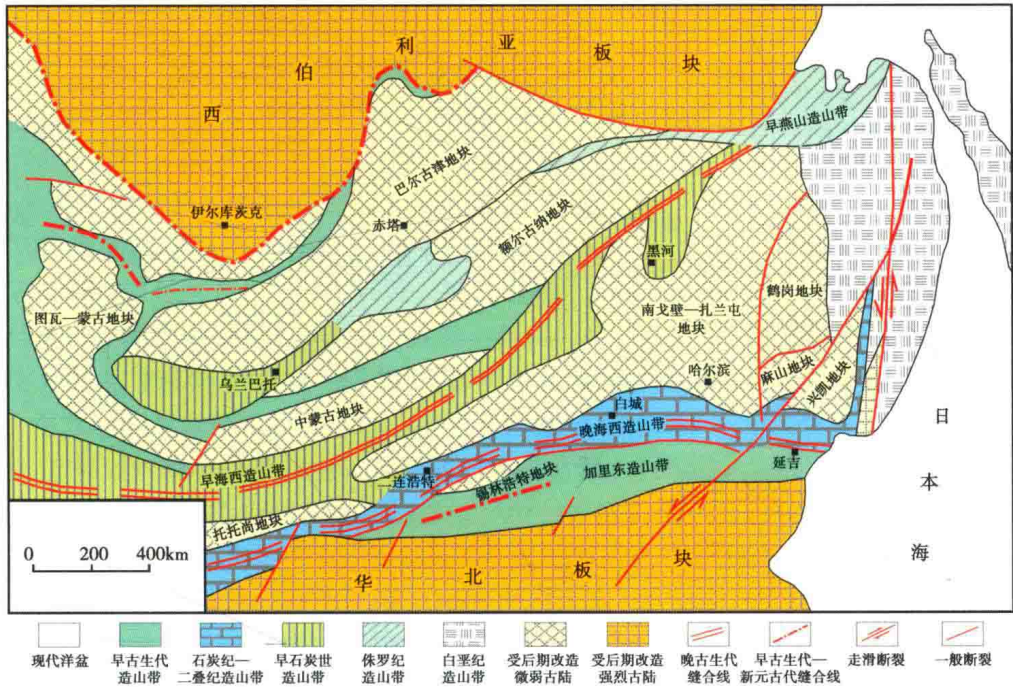


图 1-1 东北地区及邻区大地构造图（据李锦轶，1998）

第一节 区域构造背景

中亚造山带是全球显生宙陆壳增生与改造最显著的地区之一，总体上经历了陆缘增生、后碰撞和陆内造山作用等 3 个阶段（Khain E. V. 等，2002）。带内分布大量的蛇绿岩套、岛

弧、增生楔及微地块 (Khain E. V. 等, 2002, 2003; Xiao W. J. 等, 2003), 使得该造山带在演化上存在着空间及时间的不均一性。对该造山带的建造及演化历史已有大量研究报道 (Tang K. D., 1990; Chen B. 等, 2000; Badarch G. 等, 2002; Xiao W. J. 等, 2003, 2009; Jahn B. M. 等, 2004; Miao L. C. 等, 2008; Li D. P. 等, 2011), 普遍认为索伦—林西一带为中亚造山带东段的最终缝合带 (图 1-2) (Tang K. D., 1990; Sengor A. M. C. 等, 1993; Xiao W. J. 等, 2003), 但对最终缝合的时间还有不同认识。中亚造山带的形成与古亚洲洋的演化密切相关 (Tang K. D., 1990; Sengor A. M. C. 等, 1993)。Windley B. F. 等 (2007) 认为古亚洲洋的演化格局与西太平洋中—新生代演化具有对比性, 多期次的大洋板块俯冲产生了大量的俯冲增生杂岩以及夹杂其中的微陆块、海底高原和洋岛等构造单元, 构成了目前复杂的构造格局背景。

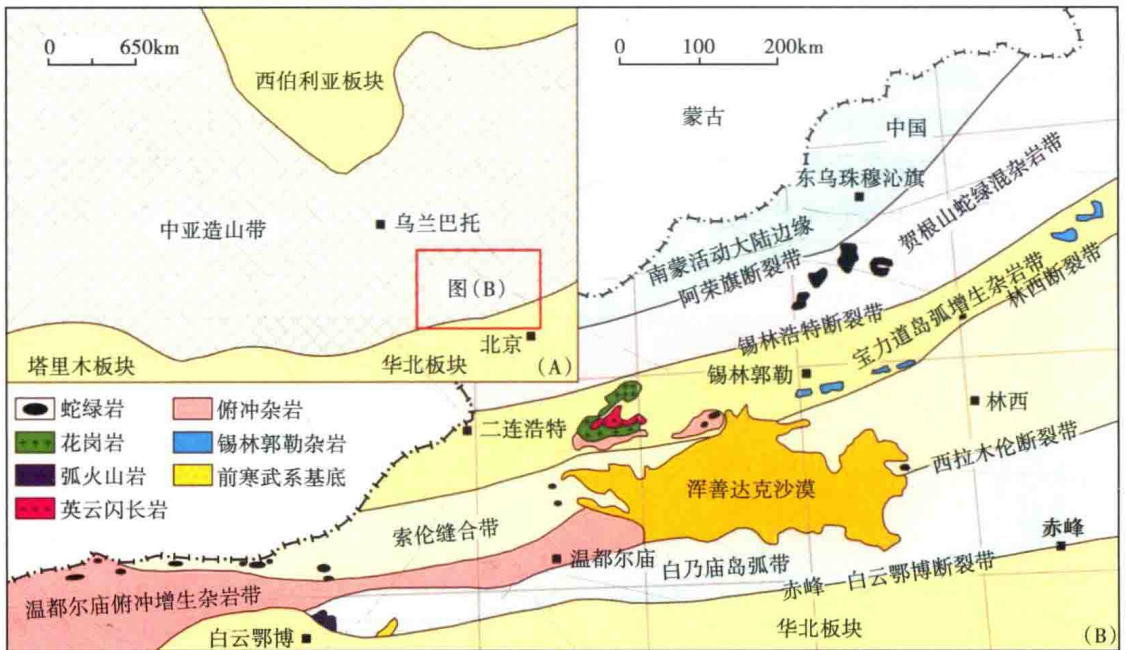


图 1-2 二连盆地及其邻区构造格局略图 (据 Xiao W. J. 等, 2003)

一、区域构造古地理背景

内蒙古东部地区的古生代沉积主要发生在华北板块和西伯利亚板块及其之间微板块的陆缘和新生褶皱带上 (王友勤, 1996)。在上古生界地层区划中, 林西至东乌珠穆沁旗地区属于天山—兴安地层区 (《内蒙古自治区区域地质志》, 1991), 其中贺根山蛇绿岩带以北的东乌珠穆沁旗地区广泛发育泥盆系和石炭—二叠系, 而以南的林西—西乌珠穆沁旗地区则主要出露上石炭统和二叠系。

1. 泥盆纪构造古地理特征

兴安地层的泥盆系发育较全, 广泛分布在内蒙古东部 (东乌珠穆沁旗—乌奴尔) 等地区。东乌珠穆沁旗地层层序自下而上为泥鳅河组、塔尔巴格特组和安格尔音乌拉组。在内蒙古草原分布零星, 见于达茂旗一带的下泥盆统西别河组。

下泥盆统泥鳅河组和西别河组主要发育碎屑岩夹石灰岩地层。东乌珠穆沁旗地区下泥盆

统被内蒙古第一区调大队（1973）划分为巴润特花组、敖包亭浑迪组和温多尔敖包特组。李文国等（1996）将其归入泥鳅河组。泥鳅河组在东乌珠穆沁旗巴特敖包剖面未见底，顶被格根敖包组火山岩覆盖。

西别河组可能向下延入志留系。李寿耆等（1960）以西别河东岸剖面为标准，建立的西别河组时代归中泥盆世。杨庭阶等（1971）将格少庙、西别河、阿鲁共、巴特敖包至仲阿木乌苏等地的碎屑岩、碳酸盐岩地层均称为西别河组，不整合在奥陶系花岗闪长岩和包尔汉图群之上，被阿木山组不整合覆盖。《内蒙古自治区区域地质志》（1991）认为西别河组分布广泛，除达茂旗西别河、嘎少庙南剖面出露较全，在四王子旗白乃庙、苏尼特右旗那清、正镶白旗大西庙及阿巴嘎旗查干诺尔等地也有分布，其底部不整合于奥陶系及加里东期花岗闪长岩之上。李文国等（1996）将石灰岩、碎屑岩称西别河组；该组以底砾岩不整合在包尔汉图群或加里东期石英闪长岩之上，上界被阿木山组不整合覆盖。

东乌珠穆沁旗中—上泥盆统称塔尔巴格特组、安格尔音乌拉组。内蒙古区测一队（1973）在东乌珠穆沁旗1:20万区调中，将中泥盆世晚期地层命名为塔尔巴格特组，将晚泥盆世早期地层命名为才伦郭少组。李文国等（1996）认为才伦郭少组与原塔尔巴格特组沉积特征相似。该组仅出露在苏尼特左旗阿尔格勒图、东乌珠穆沁旗敦达高毕苏木和额仁高比苏木。内蒙古区测一队（1973）在东乌珠穆沁旗安格尔音乌拉山建立安格尔音乌拉组，上、下两段分别以安格尔音乌拉剖面 and 温都尔格脱剖面为代表，但两者未见直接接触。李文国等（1996）认为这两个剖面是重复的，将较全的安格尔音乌拉剖面作为建组剖面，温都尔格脱剖面作为对比剖面。安格尔音乌拉组分布在阿巴嘎旗吉尔嘎朗图至东乌珠穆沁旗贺斯格乌拉一带，未见顶底；区域上被下石炭统红水泉组整合或被宝力高庙组不整合覆盖。

大陆边缘的中—上泥盆统地层对比存在困难。目前已知的是东乌珠穆沁旗在晚泥盆世末期发育含法门期化石的陆相地层，说明该区此时已经脱离了海洋沉积环境。

2. 石炭纪构造古地理特征

西乌珠穆沁旗—林西地区的石炭系层序为色日巴彦敖包组、本巴图组和阿木山组。其中，下石炭统色日巴彦敖包组分布局限，推测可能处于侵蚀状态。晚石炭世，南区以海相的本巴图组碎屑岩、阿木山组碳酸盐岩为主；部分地区发育火山碎屑岩，并逐渐过渡为砂泥岩。

将苏尼特左旗—阿巴嘎旗一带的下石炭统称为色日巴彦敖包组，系内蒙古区测一队（1973）在苏尼特左旗敖木根呼都格北的色日巴彦敖包建组。内蒙古区测一队（1965）曾将该地层的上部划归早石炭世，中—下部划归晚泥盆世。《内蒙古自治区区域地层表》编写组（1978）则将上部地层称为敖木根呼都格组，中—下部称为色日巴彦敖包组。内蒙古地矿局（1991）将原剖面分出色日巴彦敖包组、沟呼都格组、乌兰呼都格组和敖木根呼都格组。李文国等（1996）统称色日巴彦敖包组。

本巴图组、阿木山组沉积期属于晚石炭世。李文国等（1996）发现中—上石炭统是连续的，不存在不整合。其整体由碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩等三套地层组成。碎屑岩（含火山碎屑岩夹层）部分称本巴图组，碳酸盐岩部分称阿木山组，而火山岩尤其是熔岩部分作为非正式地层单元（查干诺尔火山岩）单独划出。

阿木山组创名于达茂旗白云鄂博北18km处的阿木山，指与西别河组不整合的碳酸盐岩、碎屑岩地层。在锡林浩特—霍林郭勒一线，阿木山组发育浅海碎屑岩，而在东乌珠穆沁旗—乌兰浩特一线为古陆区。地层厚度由东向西递增，从东部的400~500m增加到西部的数千米。南海北陆、南低北高的古地理面貌总体表现为自东而西由海相过渡为海陆交互相，且

地层变厚的特点。南部海区发育碳酸盐岩、页岩。阿木山组碳酸盐岩是晚石炭世最大海进期沉积。

3. 二叠纪构造古地理特征

大石寨组沉积期属于早二叠世。大石寨组常与哲斯组相伴而生，沿达茂旗—苏尼特左旗—西乌珠穆沁旗展布，分布广泛。该组为海相酸性、中酸性和中性火山岩及火山碎屑岩，夹碎屑岩、碳酸盐岩，与上覆哲斯组呈整合或平行不整合接触。

中二叠统哲斯组分布在达茂旗满都拉—西乌珠穆沁旗跃进煤矿等地，呈东西向带状分布。它是大石寨组火山岩之上、林西组陆相地层之下的一套海相碎屑岩夹碳酸盐岩地层。

上二叠统林西组由德日进 (Teilhard de Chardin) 在林西镇附近命名，称林西板岩、林西系和林西千枚岩。植田房雄等 (1937) 命名的西乌珠穆沁层包括林西系，《中国区域地层表 (草案)》(1956) 将西乌珠穆沁层归属石炭—二叠系。河北区测队 (1959) 以林西东官地—瞿家沟剖面研究，改称林西群和林西统。内蒙古区测一队 (1965) 称林西组。詹立培 (1979) 和梁仲发 (1982) 据双壳类、植物化石等明确林西组属晚二叠世。顾国寅等 (1982) 将官地剖面下部的两个岩段称林西组。《内蒙古自治区区域地质志》(1991) 将西拉木伦河以北的上二叠统老龙头组、孙家坟组、索伦组和包尔敖包组划归林西组。二连盆地 1:25 万区调 (2000) 统一使用的林西组指整合或平行不整合在哲斯组之上的一套陆相碎屑岩建造。

二、基底构造演化

在前人成果分析基础上，通过二连盆地区域大剖面构造解析，分析晚古生代地层、构造演化特征 (图 1-3)，将区域构造演化分为三期，即海西期东西向构造变形、燕山期近北东—北北东向构造变形和北西向构造变形。

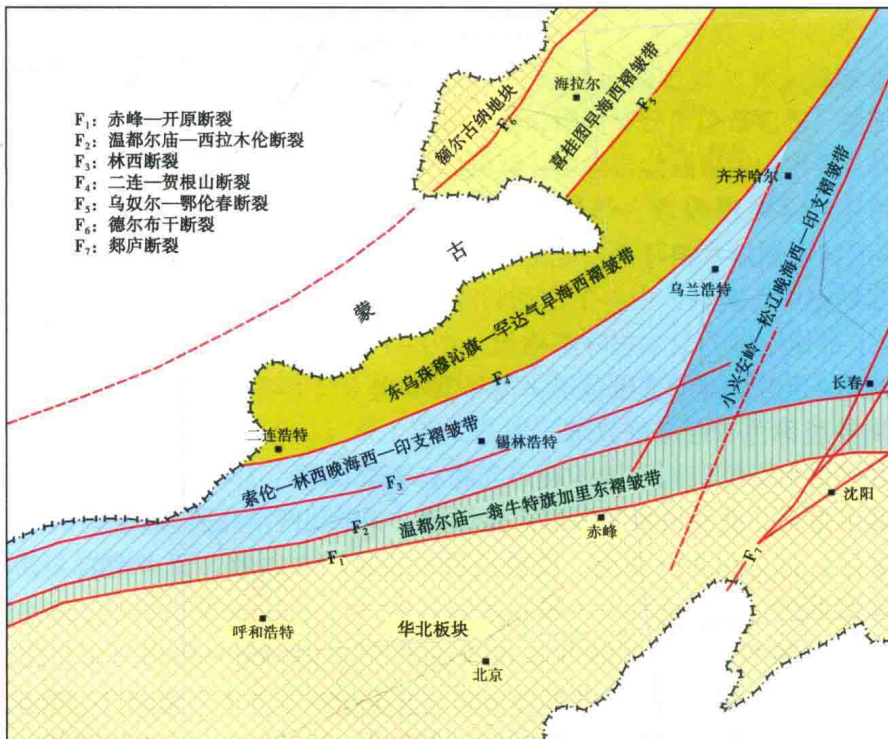


图 1-3 二连盆地及其邻区基底构造分区图

1. 海西期基底构造演化

加里东运动后，在西伯利亚板块和华北板块之间仍发育广阔的海西海槽，但从早二叠世末期由西向东逐步封闭。海西运动是天山—内蒙—兴安地槽的主旋回运动，在二连盆地内发育三次重要的构造运动，分别发生在泥盆纪末、石炭纪末和早二叠世末。每一次构造运动标志着一个次一级构造旋回的结束（图 1-4）。

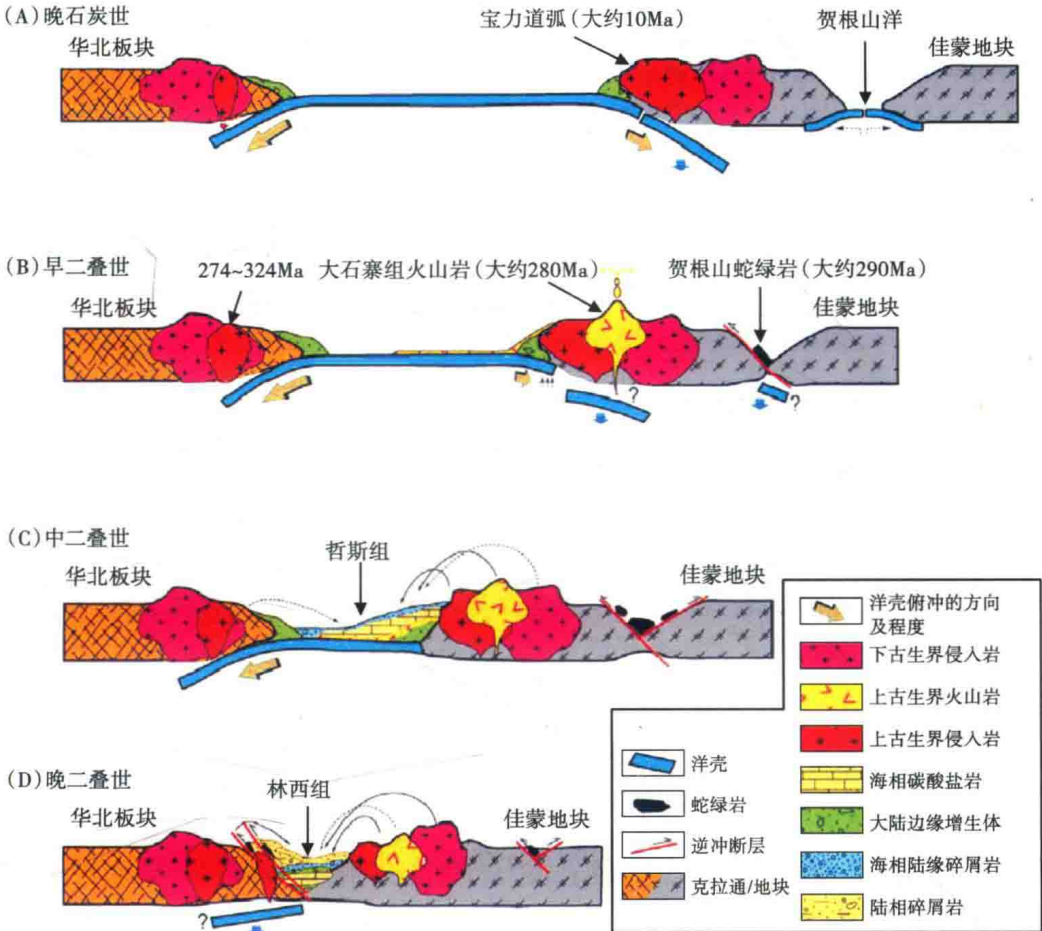


图 1-4 晚古生代区域构造演化模式图（据赵英利，2010）

海西期构造变形表现为近东西向展布的褶皱构造和断裂构造，与西拉木伦断裂带走向基本一致。前人研究表明，盆地内发育大量的东西向构造，形成时代较老，且受后期北东向构造改造。海西期构造主要发育在盆地南部，向西拉木伦断裂带变形强度逐步增加，出现相对紧闭的褶皱和逆冲断裂构造，其成因应与西拉木伦断裂带的碰撞拼接有关。已变形的地层包括奥陶系—志留系和上石炭统、二叠系。在西拉木伦河北侧发育东西向韧性变形带，形成片麻状构造；远离西拉木伦断裂带，变形逐渐减弱。

1) 早海西运动

早海西期，内蒙—兴安海槽处于大洋扩张阶段。贺根山一带发育泥盆系浅海—深海相火山岩、硅质岩，下部发育超基性和基性杂岩，构成蛇绿岩套。该海槽的北部陆缘区即西伯利亚板块南缘具被动大陆边缘特征；东乌珠穆沁旗—达拉一带的中—下泥盆统下部发育浅海相复理石、火山岩。在海槽南部陆缘区，敖汉旗一带发育泥盆系浅海复理石；苏尼特左旗一带

发育深海沉积。

在东乌珠穆沁旗地区，早海西末期造山运动表现为泥盆纪之后的抬升，缺失下石炭统；宝力高庙组不整合覆盖安格尔音乌拉组。这一期运动可能与二连—贺根山海槽扩张及向西伯利亚板块的俯冲挤压有关。东乌珠穆沁旗—多宝山一带的二连—贺根山早海西海槽隆起，在泥盆纪末期褶皱造山。构造线方向为北东向，断层面倾向北西。此外，至今尚未发现早海西运动伴生的岩浆岩带。

2) 中海西运动

中海西早期，爱力格庙—锡林浩特地块以北的二连—贺根山海槽处于挤压环境，发育浅海相复理石及岛弧火山岩。中海西晚期，二连—贺根山海槽持续挤压收敛，洋壳向北侧陆壳之下俯冲。在仰冲板块一侧发育陆相中基性火山岩。石炭纪末期俯冲停止，海槽封闭；此时，爱力格庙—锡林浩特地块以南的海西海槽则处于拉张环境。本巴图组沉积期发育蛇绿岩套，海侵涉及温都尔庙—翁牛特旗加里东褶皱带，甚至长期隆升的华北板块。

中海西期运动在盆地内造成哲斯组与阿木山组呈角度不整合接触，并导致中海西褶皱带与东乌珠穆沁旗早海西褶皱带相连，西伯利亚板块向南大幅增生。

3) 晚海西运动

该期运动仅限于爱力格庙—锡林浩特地块的南、北两侧海域。南侧的索伦—林西海槽规模较大，总体挤压。早二叠世早期，海槽北缘发育酸性火山岩、火山碎屑岩，夹硅泥质板岩、生物碎屑灰岩，属岛弧型火山岩、火山碎屑岩；海槽南缘及加里东褶皱带之上广泛发育浅海相和湖相砂页岩。早二叠世晚期，海槽大幅缩小，在带状海盆中沉积浅海相碎屑岩。早二叠世末，晚海西期海槽封闭，发育陆相磨拉石和残留海湾、潟湖泥页岩。

早二叠世末期的晚海西运动在苏尼特左旗造成林西组与哲斯组呈角度不整合接触。向东至西乌珠穆沁旗一带，二叠系为连续沉积，其上缺失三叠系。伴生造山运动的闪长岩、石英闪长岩带分布在爱力格庙—锡林浩特地块、西乌珠穆沁旗晚海西褶皱带以及温都尔庙—翁牛特旗加里东褶皱带；同期的偏碱性花岗岩类则远离碰撞带而分布在闪长岩带的南、北两侧。

2. 燕山期基底构造演化

燕山期北东或北北东向构造变形主体表现为相对宽缓的褶皱构造和大型的北东向断裂构造，褶皱构造以相对较宽缓的开阔褶皱为主，如新林镇北部老龙头组北北东向褶皱变形、索伦镇林西组北东—北北东向褶皱变形、罕达气泥盆系的北东—北北东向褶皱变形等（丁凌，2008）。这些褶皱一般两翼对称发育，很少出现倒转现象。空间上在整个盆地发育广泛，形成上古生界的主体构造格架，总体上构造线的展布方向在南部以北东东—北东向为主，向北部逐渐变为北东—北北东向。该期构造变形常常跨越西拉木伦断裂带并在其两侧均有发育，构造变形叠加在海西期东西向构造之上，并对其强烈改造，改造作用南弱北强。总体上，北东或北北东向构造的褶皱枢纽在西南部以北东东—北东向为主，向北部逐渐变为北东向和北北东向。该期构造变形叠加在早期东西向构造之上，对早期构造有强烈的改造，在西南部靠近西拉木伦断裂带，改造较弱。早期东西向构造和该期北东向构造共存，北部地区的改造作用加强，主体构造以北东向构造为主，而海西期的东西向构造被改造殆尽。

中国东部古生代构造主要受古亚洲洋体系控制，构造带呈近东西方向展布。三叠纪—侏罗纪，中国东部构造受古太平洋体系控制；晚侏罗世—白垩纪初，西太平洋古陆与亚洲大陆碰撞，西伯利亚与中国东部大陆最终焊接，形成亚洲东缘造山带和中国东部陆缘活化带。近东西向的构造格局完全被北东—北北东向的构造格局代替。所以，中国东部构造体制转换是

从晚三叠世印支期开始，晚侏罗世—白垩纪初燕山期最终定型。

燕山期也发育北西向断裂。野外地质观测表明，盆地内上古生界的第三期构造特征表现为脆性变形，广泛发育规模不等的脆性断裂和节理。断裂走向主要为北西向，其切割和错移改造了海西期和燕山期的东北和北北东向构造形迹。断裂带一般表现为挤压构造带，宽度变化较大，一般为几米到几百米。北西向断裂构造主要为张扭性，断层面一般比较平直，产状近直立，多数具有不同程度的（左行）走滑特征。断裂形成时代为中生代，晚于北东向构造。这组断裂不仅切割错移北东向断裂，而且也对上古生界分布产生一定的破坏作用。

在北东向构造形成后，伊泽纳崎板块持续斜向俯冲。在北西向挤压作用下，盆地开始形成北西向以张扭性为主的断裂。北西向断裂构造在时间上晚于北东向构造，空间上切割北东向的断裂和褶皱，同时也对海西期的东西向构造发生叠加改造作用，形成二连盆地现今的主体构造格局。

3. 构造物理模拟实验

分析表明，二连盆地区的早白垩世断陷是在北西—南东向拉张应力作用下形成的，是受基底先存断裂控制的新生性断陷盆地。与伸展应力方向垂直的北东向基底断裂（二连—贺根山断裂）控制的新生性断陷受正向伸展作用控制，边界断层和主干断裂均平行于基底断裂，走向为北东向；而与伸展应力方向斜交的北东东向基底断裂（如温都尔庙—西拉木伦断裂）发生左行走滑变形，其控制的断陷走向大多与基底断裂斜交。本次研究想用构造物理模拟实验证实这一认识。

1) 模拟实验条件

沙箱实验模型长 75cm，宽 35cm；东侧边界为大兴安岭西缘断裂（ F_1 ），南侧边界为赤峰—开原断裂（ F_2 ）。在两条断裂与沙箱边界围限的区域稳定基底区设置为帆布，而在其他较大变形的区域基底设置为一定伸缩量的橡皮布。进一步在橡皮布之上设置两条先存的基底断层。其中， F_3 为温都尔庙—西拉木伦断裂， F_4 为查干敖包断裂。最后，在整个基底之上铺设约 5cm 厚、粒度为 0.1mm 的石英砂（图 1-5）。伸展应力方向为北西—南东向，伸展量设定为 15cm。

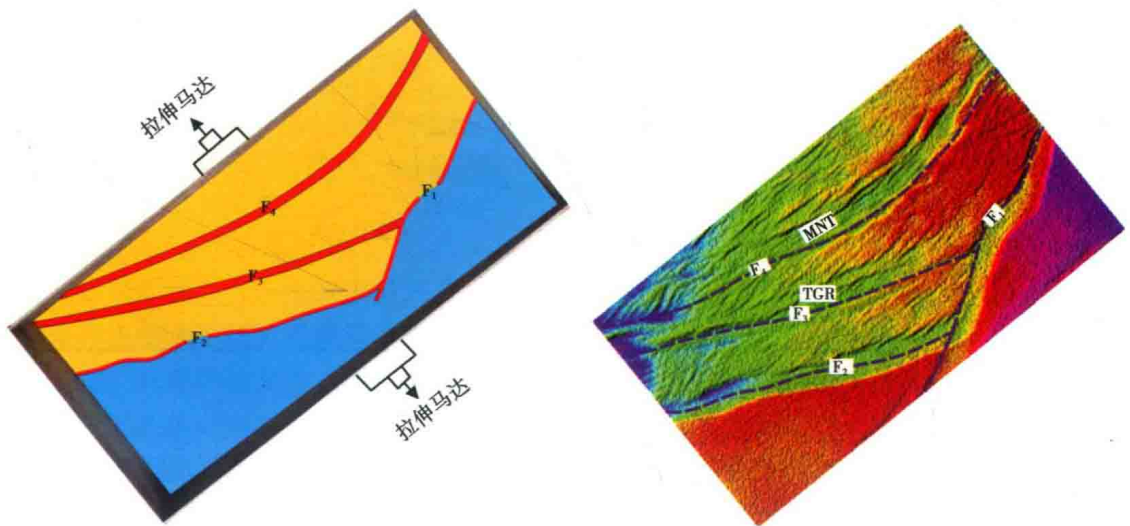


图 1-5 二连盆地早白垩世断陷机制实验模型及模拟