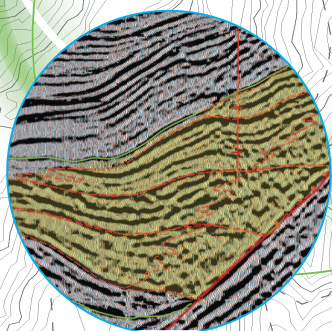
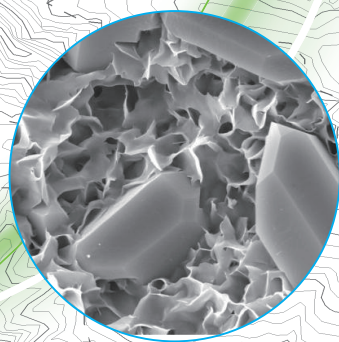
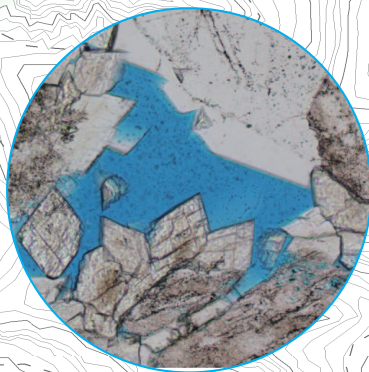
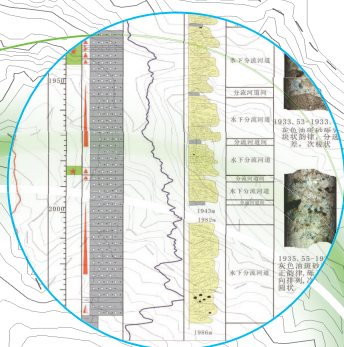
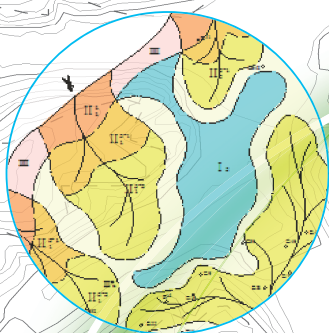


# 碎屑岩油气 储层研究指南

——二连中生代裂谷盆地研究例证

张以明 等著



科学出版社

# 碎屑岩油气储层研究指南

——二连中生代裂谷盆地研究例证

张以明等 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

碎屑岩油气储层类型众多,其系统研究内容丰富,手段多样,特色鲜明,是石油地质研究中重要的基础性课题。二连盆地下白垩统油气储层包括砾岩、砂砾岩、砂岩及其他岩类,如火成岩、变质岩和碳酸盐岩等,岩石类型多种多样,岩石特征丰富多彩,成岩现象变化复杂。本书以储层岩性为主线,以各类岩性储层的“宏观—中观—微观—超微观”四维特征表征为核心,对各类储层从宏观砂体到超微观孔隙结构进行了系统综合研究。书中采用大量精美图片直观展示了各类储层的岩石学特征、成岩作用特征、孔隙类型与孔隙结构特征,现象典型,描述简练,对类似盆地的储层研究具有很好的借鉴和指导意义。

本书基础资料丰富,系统性强,手段应用齐全,理论总结与直观展示相互结合,精美图片与简洁描述融为一体,具有较强的实用价值,可供从事油气勘探开发、储层地质学及岩石学的研究人员,以及石油、地质类院校相关专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

碎屑岩油气储层研究指南:二连中生代裂谷盆地研究例证/张以明等著. —北京:科学出版社,2019.4

ISBN 978-7-03-059996-4

I. ①碎… II. ①张… III. ①碎屑岩—岩性油气藏—储集层—研究 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第287745号

责任编辑:张井飞 白 丹/责任校对:张小霞

责任印制:肖 兴/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019年4月第 一 版 开本:880×1230 A4

2019年4月第一次印刷 印张:27

字数:692 000

定价:398.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 编 委 会

主 任 张以明

副 主 任 降栓奇 李壮福

委 员 韩春元 吴健平 郭永军 马友生 李 彬

史原鹏 刘喜恒 杨德相 王 权 王宏霞

姜维寨 田建章 许永忠 冯曰全 屈争辉

# 序

二连盆地 of 早白垩世陆相断陷盆地，由近 60 个相互独立的小型凹陷组成，是我国重要的油气生产基地。受多物源、近物源、堆积快等沉积条件控制，二连盆地下白垩统碎屑岩油气储层“岩性粗、厚度大、成熟度低、物性差”，具有岩电震特征典型、碎屑成分复杂、成岩现象丰富、孔隙类型多样等显著特点，堪称储层研究的“大观园”。

《碎屑岩油气储层研究指南——二连中生代裂谷盆地研究例证》，以现代储层沉积学理论为指导，以储层岩性为主线，以储层“宏观、中观、微观、超微观”特征为核心，应用各种常规与前沿储层测试技术，对二连盆地各类油气储层特征进行了系统总结与表征。该书具有以下四方面的鲜明特色：

一、按岩石结构类型系统研究各类碎屑岩储层的“宏观、中观、微观、超微观”四维尺度特征，从宏观砂体到超微观孔隙结构面面俱到，内容全面，线路清晰，为储层综合研究和立体表征提供了样板。

二、应用储层样品联测技术对同一岩心样品先后应用多种技术进行测试，改变了一个样品通常只做一项测试的传统做法。这不仅实现了样品的重复利用，减少了岩心消耗，更为各种储层参数间的比较、印证建立了平台，解决了以往普遍存在的储层测试资料匹配性不强的问题，值得推广和借鉴。

三、紧密追踪油气勘探的新领域，系统展示了致密油储层及火成岩、变质岩等特殊类型储层，特别是泥灰岩与碳酸盐岩质砾（砂）岩致密油储层的最新研究成果，对于今后类似储层油气田的勘探开发颇有裨益。

四、全书采用大量精美图片直观展示了各类油气储层的结构、成分、成岩作用、孔隙类型、孔隙结构、含油性及其沉积特点等典型特征，同时对储层表征方法与技术作了系统介绍，其现象精彩，图文并茂，方法先进，为类似盆地储层研究提供了标准图版与工作指南，是从事储层研究快速适用的入门指导书。

相信该书的出版对二连盆地的油气勘探开发具有很强的生产实用价值，对类似地区的储层研究具有重要的科学意义。



中国科学院院士

2018年11月26日

# 前 言

二连盆地位于内蒙古自治区的东北部，是重要的中生代含油盆地，是由近 60 个分散独立的小型凹陷组成的中—新生代断陷湖盆群。

二连盆地经过近 40 年的油气勘探，先后发现了构造、潜山、地层岩性及致密油等多种类型的油藏，积累了丰富的地震、钻井、测井、岩心、薄片与分析化验等资料。在沉积、储层方面，赵澄林、余家仁、祝玉衡、张文朝、张以明等专家学者先后做了大量卓有成效的研究工作，为本书的撰写奠定了良好的资料与成果基础。本书即在上述资料成果基础上，以储层岩性为主线，对各类储层的“宏观、中观、微观、超微观”特征进行了系统总结与表征。宏观是指卫片（航片）、露头剖面、沉积相分布和地震相反映的储集体的特征，中观是指岩心、测井曲线所反映的岩石学特征以及垂向沉积序列，微观即储层岩石的显微镜和扫描电镜下的成分、结构、成岩作用、孔隙类型与孔隙结构特征，超微观即环境扫描电镜、纳米 CT 扫描等表征的微观孔隙结构特征。

本书采用大量精美图片直观展示了各类储层的岩石学特征、孔隙类型与孔隙结构并进行了详细描述，突出了对各类储层同一样品的多种测试技术系统联测与测试结果的对比印证，有利于发现问题、解决问题，这是今后对储层样品进行系统测试的一个方向。

致密油气的开发是今后的发展趋势。华北油田致密油气储层类型多、分布广、勘探程度低，是重要的战略接替新领域。本书总结了华北油田三大类致密油储层的特征，包括其沉积相、地震相、测井相、岩石学特征、成岩作用与孔隙结构，尤其是集成了常规与前沿的储层测试技术，对致密油储层进行了精细解剖。这个工作对今后华北油田致密油勘探开发具有重要的指导意义。

本书共分八章。第一章简单介绍了二连盆地的地质概况，包括二连盆地的大地构造位置、地层、盆内构造、岩浆岩等。第二章是从宏观尺度对储层进行表征，首先对二连盆地的沉积相进行了综述，二连盆地的储层主要为近岸水下扇、远岸水下扇、扇三角洲及辫状河三角洲四种沉积相，并分别对每一种沉积环境储层的沉积相平面展布、地震相剖面、综合测井及沉积序列、岩心特征等进行了典型案例描述。第三章、第四章、第五章分别对二连盆地的砾岩、砂砾岩及砂岩储层的碎屑成分、结构、成岩作用、孔隙类型和孔隙结构等以大量图片展示其特征，结合扫描电镜等，对储层岩石进行了微观表征，并总结了各类岩性、各种成因储层的岩石学特征和物性特征。第六章对二连盆地的非碎屑岩类储层进行了综合表征，主要包括花岗岩、安山岩、碳酸盐岩及变质岩储层。第七章论述了华北油田三大类致密油储层的宏观和微观的储层特征。第八章主要展示了二连盆地各种岩类储层样品的联合测试结果，展示了同一样品的岩心、偏光显微镜、荧光显微镜、X-射线衍射、扫描电镜与能谱分析、压汞分析、核磁共振等常规测试技术联合测试结果。

本书是集体智慧的结晶。由张以明确定框架、明确思路、拟定提纲、确定研究内容，精心组织编撰。参加编撰工作的有：前言由张以明编写；第一章由降栓奇、韩春元、杨德相、许永忠、王权、陆鹿、屈争辉编写；第二章由吴健平、史原鹏、马友生、沈玉林、王宏霞、李彬、谢莹、

王帅、王元杰编写；第三章由李壮福、郭永军、冯曰全、李林波、田建章、黄芸编写；第四章由韩春元、刘喜恒、郭永军、李书民、曹小娟、李玉帮编写；第五章由胡延旭、李壮福、张晓丽、于作刚、李莉、王波、卢昊、赵昆编写；第六章由李彬、陆鹿、李长新、姜维寨、王洪波、成捷编写；第七章由韩春元、李彬、邢雅文、樊杰、李辉、赵政嘉编写；第八章由李彬、李壮福、李咪、马友生、钟杰、王玲编写。最后由张以明、降栓奇、李壮福、韩春元、吴健平统编定稿。此外，孟艳、段宏跃、陈文利、侯凤梅、郎云峰、王东军等参与完成了大量薄片整理、显微镜照相、图件清绘及岩石制片等工作。

邹才能院士为本书作序，并提出了宝贵的意见和建议；费宝生教授多次参与讨论，给予了多方面的指导和帮助。同时，在本书编写过程中始终得到了华北油田勘探事业部、勘探开发研究院和渤海钻探第二录井公司的重视和支持。在此一并表示衷心的感谢！

第二章的沉积环境相关图片来自美国宇航局、美国地质调查局的网站，在此也表示感谢！

由于经验和水平有限，疏漏和不足在所难免，欢迎专业同行和读者批评指正。

在本书即将出版之际，科学出版社对该书的出版付出了辛勤的劳动，在此对他们的热情支持深表感谢！

张以明

# 目 录

序

前言

第一章 区域地质概况	1
第一节 自然地理概况	1
第二节 地层	2
第三节 地质构造	6
第四节 岩浆活动特征	9
第二章 碎屑岩储层沉积相类型及其特征	11
第一节 近岸水下扇	12
第二节 远岸水下扇	18
第三节 扇三角洲	24
第四节 辫状河三角洲	32
第三章 砾岩储层	39
第一节 岩石学特征	39
第二节 储集空间与物性特征	94
第四章 砂砾岩储层	114
第一节 岩石学特征	114
第二节 储集空间及物性特征	150
第五章 砂岩储层	161
第一节 岩石学特征	161
第二节 储集空间及物性特征	219
第六章 其他岩类储层	237
第一节 花岗岩储层	237
第二节 安山岩储层	253
第三节 火山碎屑岩储层	269
第四节 碳酸盐岩储层	282
第五节 变质岩储层	301
第七章 致密油储层	314
第一节 白云岩-粉砂岩类致密油储层	314
第二节 凝灰岩类致密油储层	329
第三节 泥灰岩-碳酸盐岩质砾(砂)岩类致密油储层	346

第八章 储层分类多维系统表征·····	376
第一节 储层表征技术概述·····	376
第二节 常规储层表征技术·····	377
第三节 前沿储层表征技术·····	380
第四节 样品联合测试技术·····	383
参考文献·····	420
图例·····	422

二连盆地是中国东北部重要的早白垩世含油气盆地，由近 60 个分散独立的断陷型凹陷组成，单个凹陷面积最大者约为 3000km<sup>2</sup>，最小者约为 250km<sup>2</sup>，一般为 1000km<sup>2</sup> 左右。自 1981 年取得油气勘探突破以来，目前已在 12 个凹陷获得工业油气流，原油年产量近百万吨。二连盆地下白垩统储层具多物源、近物源、粒度粗、厚度大、相变快等沉积特点，以砾岩、砂砾岩为主，储集物性相对较差，不同凹陷或不同层系与不同岩石类型储层的岩石学和储集特征迥异。另外，火成岩、变质岩及碳酸盐岩储层在部分凹陷也有发育。优质储层的成因、类型及其储集特征研究对油气勘探开发至关重要。

## 第一节 自然地理概况

二连盆地位于内蒙古自治区的中北部，地理坐标为 107°30'E ~ 119°10'E，41°40'N ~ 45°45'N，整体呈北东东向展布（图 1-1）。东起大兴安岭，西到河套平原以北地区，南接阴山山脉北麓，北至中蒙边界，东西长约 1000km，南北宽 20 ~ 220km，总面积约为 10×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>。自然区划属于内蒙古高原，海拔一般在 800 ~ 1300m，干旱到半干旱大陆型气候，具有寒暑剧变的特点。年降水量偏低，一般在 200 ~ 300mm。河流较少，多属于内陆时令河。在低洼地区潜水，形成许多大小不一的湖泊。区内地势坦荡，草原辽阔，锡林郭勒草原是中国四大草原之一和著名的天然牧场。行政区划分属于锡林郭勒盟、乌兰察布市和巴彦淖尔市管辖，为以蒙古族为主的多民族聚居区，多从事畜牧业和加工业。现代基础工业和各种轻工业发展较快，铁路、公路和民用航空已形成完备的交通网络。

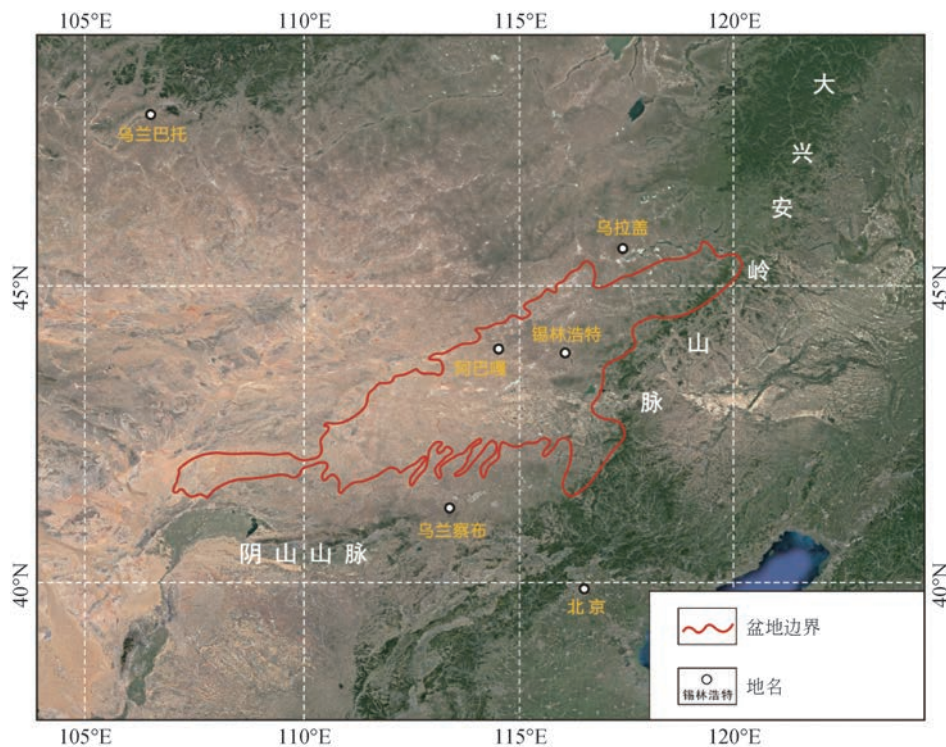


图 1-1 二连盆地地理位置图

## 第二节 地 层

二连盆地是在内蒙古—大兴安岭海西褶皱带基底上发育起来的中新生代断陷沉积盆地，经历了古生代海槽和中新生代陆盆两个漫长复杂的构造—沉积演化阶段，形成了前中生界的基底及中生界、新生界盆内盖层两套截然不同的地层系统。

### 一、前中生界

二连中生代断陷盆地的基底主要为上古生界，以二连—贺根山断裂为界，其南部属于锡林—磐石地层分区，其北部属于东乌—呼玛地层分区（内蒙古自治区地质矿产局，1991；邵积东，1998；邵积东等，2011；韩春元等，2011），为一套巨厚活动板块边缘型火山岩—碎屑岩—碳酸盐岩复合建造。上古生界的发育状况在不同地层分区具有较大差异。锡林—磐石地层分区从晚石炭世开始接受沉积，自下而上发育上石炭统本巴图组、上石炭统一下二叠统阿木山组、下二叠统寿山沟组、下二叠统一中二叠统大石寨组、中二叠统哲斯组和上二叠统林西组；东乌—呼玛地层分区从早泥盆世晚期开始接受沉积，自下而上为发育下泥盆统一中泥盆统泥鳅河组、中泥盆统一上泥盆统塔尔巴格特组、上泥盆统安格尔音乌拉组、上石炭统一下二叠统宝力高庙组、中二叠统哲斯组和上二叠统林西组。

锡林—磐石地层分区本巴图组为一套滨浅海相碎屑岩夹灰岩透镜体及火山碎屑岩组合。岩性剖面下部为灰色、灰黑色碳质泥岩、粉砂岩、砂岩夹石灰岩；上部为黄绿色、灰绿色长石砂岩、粉砂岩夹安山岩及灰岩透镜体。阿木山组为一套浅海相—台地相碎屑岩—生物碎屑灰岩组合，岩性主要为灰色厚层状石灰岩，夹泥岩、粉砂岩，下部夹黄色细砂岩，底部见砂砾岩。寿山沟组为一套浅海—半深海相细碎屑岩夹灰岩组合。岩性剖面下部为黄灰色砾岩、含砾砂岩和粉砂岩等，夹灰岩薄层或透镜体；上部以灰黑色泥质粉砂岩、泥岩为主，夹砂岩、砾岩及瘤状灰岩。大石寨组为一套浅海相火山岩、火山碎屑岩夹碎屑岩组合。岩性主要为灰色、浅灰色、灰紫色流纹质凝灰岩、流纹岩及英安岩，中下部夹青灰色、白色灰岩、石英砂砾岩和砂质泥板岩，中上部夹灰褐色泥板岩及石英砂岩。哲斯组为一套滨浅海相碎屑岩与生物碎屑灰岩组合。岩性剖面下部为黄绿色、浅灰黄色砾岩、含砾砂岩及砂岩，局部地段夹少量凝灰岩及灰岩；上部为灰褐色含砾砂岩、砂岩、杂色晶屑凝灰岩夹生物屑灰岩及钙质泥岩。林西组为一套湖泊相灰色、灰黑色碎屑岩组合，岩性以灰色、灰绿色砂岩为主，夹深灰色泥岩、粉砂岩及安山岩。

东乌—呼玛地层分区泥鳅河组为一套浅海相碎屑岩夹灰岩组合。岩性剖面下部以灰色、灰绿色含生屑粉砂质泥岩、泥岩为主夹浅灰色泥质粉砂岩、砂岩和生物碎屑灰岩；上部以浅灰色、黄灰色砂岩、凝灰质粉砂岩为主夹浅灰色、灰绿色粉砂质泥岩。塔尔巴格特组为一套海相碎屑岩夹灰岩、中性火山岩组合。岩性以黄褐色、褐灰色泥质粉砂岩、粉砂质或凝灰质泥岩为主夹灰岩透镜体和安山质凝灰岩。安格尔音乌拉组为一套海陆交互相碎屑岩夹火山岩组合。岩性剖面下部为粉砂岩、细砂岩与泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层，上部为大套泥岩和粉砂质泥岩。宝力高庙组为一套海陆交互相—陆相碎屑岩和火山岩组合。岩性剖面下部为长石砂岩、泥岩、砾岩夹中酸性岩屑晶屑凝灰岩及灰岩透镜体。上部为灰、灰褐色中酸性火山岩、火山碎屑岩和凝灰质砂岩。中二叠统哲斯组与上二叠统林西组分布局限，沉积组合及岩性特征与锡林—磐石地层分区相似。

### 二、中生界

二连盆地在中生代为陆相断陷盆地建造阶段，经历了3个一级成盆周期，即早侏罗世晚期—晚侏罗世早期、晚侏罗世中期—早白垩世晚期和晚白垩世，各期地层间均为不整合接触。地层发育特征见表1-1。

表1-1 二连盆地盖层地层序列简表

界		地层系统			主要岩性组合	构造运动		地质演化				
		系	统	组		构造幕	旋回					
新 生 界	第四系	更新统	阿巴嘎组		灰黑色玄武岩、橄榄玄武岩夹砂泥岩	喜山四幕	喜马拉雅旋回	残留盆地填充阶段				
		新近系	上新统	宝格达乌拉组					黄、棕红色砂砾岩、砂岩夹砂质泥岩			
			中新统	汉诺坝组					灰黑色、紫灰色玄武岩夹杂色砂泥岩			
		古近系	渐新统	通古尔组					灰白色砂砾岩、砂岩夹灰褐色泥岩	喜山三幕		
	呼尔井组			黄色砂岩、砂砾岩夹褐色泥岩	喜山二幕							
	乌兰戈楚组			下部灰白色含砾砂岩，上部红色泥岩								
	始新统		沙拉木伦组		灰绿色砂质泥岩、杂色泥岩，含大量锰钙结核，有时见石膏晶屑	喜山一幕						
			伊尔丁曼哈组		灰黄色砂岩夹杂色泥岩及砂质泥岩							
	古新统	脑木根组		砖红、棕红、灰绿色泥岩，夹灰白色粉细砂岩及泥灰岩，局部见石膏	燕山四幕							
	中 生 界	白垩系	上白垩统	二连组		浅灰色砂岩、砂砾岩夹灰色、棕色泥岩和砂质泥岩			燕山三幕主	燕山旋回	断陷成盆阶段	
				下白垩统	巴彦花群	赛汉塔拉组			下部浅灰色砂砾岩夹砂泥岩，上部泥岩夹煤层			燕山三幕C
		腾格尔组	二段			上部			灰色砂泥岩互层，顶部泥岩发育			燕山三幕B
			下部			灰色砂岩与泥岩，顶部泥岩发育						
一段		以灰色、深灰色泥页岩为主，夹砂岩，底部薄层碳酸盐岩发育				燕山三幕A						
阿尔善组		四段	以灰色砂岩为主，夹泥岩									
		三段	灰色砂砾岩、砂岩，夹灰绿色泥岩									
		二段	灰色泥页岩夹砂岩，或夹火山岩									
一段		杂色砂砾岩夹紫红、灰色泥岩			燕山一幕							
兴安岭群		东乌组	凝灰质砂岩、砂砾岩、灰色泥岩									
贺根山组		灰色、灰褐色凝灰岩夹凝灰质砂岩										
侏罗系		上侏罗统	呼格吉勒图组		灰色砾岩、砂砾岩，夹砂岩及紫红、棕红及灰色泥岩	燕山二幕						
			齐哈组	三段	紫红、棕红色泥岩与灰色粉砂岩		燕山一幕					
	二段			大套紫红色泥岩								
	一段	灰色粉细砂岩与紫红、灰绿色泥岩										
	中侏罗统	阿拉坦合力群		格日勒组	以灰色泥岩为主，夹砂岩及煤层							
		阿其图组		以灰色砂砾岩为主，夹煤层及深灰色泥岩								
	下侏罗统											
三叠系		上三叠统				印支旋回	区域返阶段					
			中三叠统	伊和高勒组				以棕红色泥岩为主，夹紫红色泥岩，底部砂岩较多				
		吉尔嘎朗图组		杂色砂砾岩夹棕色、紫红色泥岩								
	下三叠统	代喇嘛庙组		灰色砂泥岩互层，夹紫红色泥岩								
沙木尔吉组		浅灰色砂岩与紫红色、灰绿色泥岩										
古生界	二叠系	乐平统	林西组		以灰、灰绿色砂岩为主，夹泥页岩	海西三幕	海西旋回					

### 1. 三叠系

分布局限, 仅在阿拉坦合力凹陷坦参 1 井钻遇。依据岩石组合及孢粉化石特征, 自下而上可将其划分为下三叠统沙木尔吉组、代喇嘛庙组和中三叠统吉尔嘎朗图组、伊和高勒组。

沙木尔吉组 ( $T_{1sh}$ ): 下段为厚层状灰色、浅灰色砂岩和粉砂岩, 夹紫红色泥岩, 底部发育数层灰色泥岩; 上段以灰色、紫红色泥岩为主, 夹灰色粉砂岩、粉砂质泥岩及灰绿色泥岩。

代喇嘛庙组 ( $T_{1d}$ ): 下段为灰色、浅灰色砂岩与粉砂岩, 夹灰色泥岩、紫红泥岩和灰色薄层状砾岩; 上段发育灰色粉砂岩与灰色、紫红色泥岩互层, 夹灰色粉砂岩和粉砂质泥岩。

吉尔嘎朗图组 ( $T_{2j}$ ): 下段岩性为厚层状至巨厚层状杂色砂砾岩、灰色含砾砂岩、含砾泥岩、灰色粉砂岩与紫色、紫红色泥岩不等厚互层, 局部夹数层灰色泥岩; 上段以紫红色泥岩为主, 夹薄层状含砾砂岩、砂岩及粉砂质泥岩。

伊和高勒组 ( $T_{2y}$ ): 巨厚层状红色和棕红色泥岩为主, 仅下部发育数层灰色砂岩及粉砂岩。可分为三段, 下段为灰色砂岩、粉砂岩, 与紫色泥岩不等厚互层; 中段为巨厚层状紫色泥岩, 局部夹紫红色泥岩; 上段以巨厚层状红色和棕红色泥质岩为主。

### 2. 侏罗系

二连盆地侏罗系发育厚度较大, 岩性组成复杂, 纵向变化规律明显。依据岩石组合及化石组合特征自下而上可将其划分为下侏罗统阿其图组、中侏罗统格日勒组、齐哈组和上侏罗统呼格吉勒图组。下侏罗统阿其图组、中侏罗统格日勒组可合并为阿拉坦合力群 ( $J_{1,2lal}$ )。

阿其图组 ( $J_{1a}$ ): 该组划分为两段, 下段以灰色、灰白色砂砾岩、砾岩为主, 夹深灰色泥岩或钙质泥岩; 上段为灰白色白云质砂砾岩、深灰色白云质泥岩与灰色粉砂岩及黑灰色碳质泥岩不等厚互层。

格日勒组 ( $J_{2g}$ ): 以普遍含煤为特征, 可划分为上、下两段。下段以灰色砂泥岩互层为主, 夹数层煤层; 上段下部以薄层状灰色泥岩为主, 局部夹砂岩及砂砾岩; 中部为灰色砂岩、砂砾岩夹灰色泥岩; 上部为灰色泥岩夹砂岩及粉砂质砂岩。

齐哈组 ( $J_{2q}$ ): 总体为一套以泥岩占绝对优势的红色层系, 厚度巨大。该组划分为三段。一段为灰紫色、灰绿色、灰色及土黄色泥岩, 夹薄层灰色粉砂岩、粉砂质泥岩; 二段中下部为灰紫色、紫色、紫红色泥岩, 偶夹薄层粉砂质泥岩, 近顶部为大套紫红色泥岩; 三段为紫红色、砖红色泥岩, 底部为一套厚约 25m 的紫红色泥岩与灰绿色粉砂岩和含砾砂岩互层。

呼格吉勒图组 ( $J_{3h}$ ): 为一套典型的红色类磨拉石建造, 砾岩或砂砾岩占主导地位, 具有下细、中粗、上细的特征。根据岩性组合纵向变化规律将其分为三段。一段为灰色、灰紫色砂砾岩、砂岩与砖红色、紫红色泥岩及粉砂质泥岩不等厚互层; 二段为杂色厚层或块状砾岩、砂砾岩, 夹紫红色砂质泥岩及少量灰色泥质砾岩; 三段以灰色、灰绿色及砖红色和紫红色泥岩为主, 夹薄层粉砂岩。

### 3. 白垩系

研究区内白垩系包括下白垩统兴安岭群 (贺根山组、东乌组)、巴彦花群 (阿尔善组、腾格尔组和赛汉塔拉组) 和上白垩统二连组等。其中巴彦花群为二连盆地沉积盖层之主体, 分布广泛, 钻井资料揭示, 其最大累积视厚度超过 4000m。

#### (1) 兴安岭群 ( $K_{1xa}$ )

火山岩及火山碎屑岩占主体, 岩性组成为安山岩、安山玢岩、安山质流纹岩、玄武安山岩、凝灰岩及砂泥质凝灰岩, 最大钻遇视厚度约为 800m。以连参 1 井 2054 ~ 2871m 井段为兴安岭群典型剖面, 综合考虑纵向上岩性变化规律、化石群所指示的地质时代属性, 将兴安岭群划分为两个组级地层单元, 自下而上为贺根山组和东乌组。

贺根山组 ( $K_{1xh}$ ): 中下部为灰色、深灰色凝灰岩、凝灰质砂岩夹凝灰质泥岩, 上部为灰色、灰绿色凝灰质砂岩夹棕红色、紫红色凝灰质砂岩、凝灰质泥岩。

东乌组 ( $K_{1xd}$ ): 下段以紫色、紫红色凝灰岩为主, 夹少量的紫色、紫红色凝灰质泥岩、紫红色凝灰质砂岩和灰色、灰绿色砂砾岩; 中段主要为灰色、杂色凝灰质砾岩、灰绿色凝灰质角砾岩及灰色

含砾砂岩, 夹棕色粉砂质凝灰岩和少量灰色凝灰岩、砂砾岩、褐色页岩; 上段以深灰色、灰色泥岩和砂质泥岩为主, 夹少量紫色泥岩。

### (2) 巴彦花群 (K<sub>1</sub>b)

巴彦花群包括阿尔善组、腾格尔组和赛汉塔拉组。

阿尔善组 (K<sub>1</sub>ba): 最大视厚度为 1500m。主要为一套灰绿、棕红色砾岩、砾状砂岩, 夹灰绿、深灰色泥岩及碳酸盐岩和凝灰质砂砾岩, 局部夹炭质泥岩, 为一个粗—细—粗的完整次级沉积旋回, 从下至上可分为 4 段。

一段以粗碎屑岩为主, 下部为厚层杂色、紫红色、灰白色砾岩、砂砾岩和砂岩夹紫红、棕红色泥岩; 中部以灰色含砾砂岩、砂岩及灰色、灰绿色粉砂岩、泥质粉砂岩与灰色、灰绿色泥岩、砂质泥岩不等厚互层为特征, 总体上向上砂质组分减少, 而泥质组分有所增多; 上部主要为灰色厚层含砾砂岩、粉砂岩, 夹少量灰色、褐色泥岩。

二段岩性组合以大套厚层灰色、深灰色或灰黑色泥岩为主, 局部夹少量薄层砂砾岩、含砾砂岩、灰质砂岩、凝灰质砂岩、泥质粉砂岩、白云质泥岩及火成岩, 火成岩夹层的发育是本段的特征之一。

三段底部以厚层、巨厚层砂砾岩集中发育为特征。下部为灰色、灰绿色、灰白色含砾砂岩、砂岩、泥质粉砂岩与灰色、灰绿色泥岩不等厚互层, 偶见泥质白云岩; 中部为含砾砂岩相对发育段, 以灰色、浅灰色含砾砂岩、砂岩为主, 夹少量中薄层灰色、灰绿色泥岩; 上部以灰白色、灰绿色、灰色砂岩为主, 夹少量灰褐色含砾砂岩、灰绿色泥岩。

四段为砂岩集中发育段。下部以中厚层灰褐色砂岩为主, 夹少量灰色、灰绿色中薄层泥岩; 上部为灰褐色、灰色粉砂岩、泥质粉细砂岩, 夹少量泥岩和灰岩。

仅在少数几口井的岩心样品中见有化石, 其中, 介形类化石属于 *Cypridea (cypridea) badalahuensis-Theriosynoecum krystofovitschi* 组合的 *Cypridea badalahuensis-Djungarica saidovi* 亚组合; 孢粉化石属于 *Deltoidospora-Disaceratriletes* 组合; 轮藻化石有 *Clypeator sp.*、*Aclistochara sp.* 及 *Atopochara sp.*。

腾格尔组 (K<sub>1</sub>bt): 在盆地内凹陷中均有分布。直接覆盖在下伏阿尔善组的不同层段、兴安岭群和古生界之上。腾格尔组厚度巨大, 岩性偏细, 尤其是该组一段为区内最重要的烃源岩层。根据岩性组合及沉积演变趋势等特征, 可将其划分为腾一段及腾二段两个岩性段。

腾一段可分为 3 个亚段。下亚段下部常发育碳酸盐岩, 俗称“特殊岩性”段, 是全区的重要标志层之一; 上部为深灰色厚层泥岩。中亚段主要为砂泥岩互层。上亚段岩性以泥岩为主, 与下伏中亚段构成一个完整的正韵律沉积组合。介形类化石属于 *Cypridea (cypridea) badalahuensis-Theriosynoecum krystofovitschi* 组合的 *Cypridea badalahuensis* 及 *Theriosynoecum krystofovitschi* 富集亚组合; 孢粉属于 *Concavissimisporites-Monosulcites* 组合。

腾二段下亚段显示为一个较大规模的沉积正旋回。在二连盆地发育两种特征截然不同的沉积类型, 即粗剖面类型和细剖面类型。粗剖面类型最为常见, 其中下部多由砂岩或砂砾岩夹泥岩组成, 泥岩集中于上部。细剖面类型发育较少, 表现为除底部发育一组较明显的砂岩或粉细砂岩 (个别见砂砾岩) 之外, 其余部分主要由灰色泥岩组成。腾二段上亚段同样为一个较大规模的沉积正旋回, 下粗上细, 但多数剖面保存不全。介形类化石属于 *Limnocypridea grammii-Ilyocyprimorpha erlianensis-Cypridea (Uliwellia) copulenta* 组合; 孢粉化石属于 *Appendicisporites-Cicatricosisporites-Laevigatosporites* 组合中的 *Cicatricosisporites* 富集亚组合。轮藻化石有 *Mesochara aymentrica*、*M. paraganmdifera*、*M. paraganulifera*、*M. tipita*、*M. voluta*、*Flabellochara sp.*、*Styduhara sp.*。

赛汉塔拉组: 底部砾岩一般比较发育, 中部泥质岩或煤层较多出现, 上部以砂岩或砂砾岩夹泥岩为主, 且颜色变红。在横向上, 赛汉塔拉组岩性组成可明显区分出三种类型, 即砂砾岩类型、含煤类型及泥质岩发育类型。

### (3) 二连组

二连组属于残留盆地沉积体系, 平面上的分布有限, 岩性为一套浅灰色砂岩、砂砾岩, 夹灰色、棕色泥岩和砂质泥岩。

### 三、新生界

包括古近系、新近系和第四系。依据岩石组合及化石特征，古近系和新近系各组多含脊椎动物化石。古近系划分为古新统脑木根组、始新统阿山头组、伊尔丁曼哈组、沙拉木伦组、渐新统乌兰戈楚组、呼尔井组。

脑木根组和阿山头组以棕红色泥岩为主，含石膏；其他各组为河流-湖泊相沉积，以浅灰色砂岩、灰绿色泥岩为主，局部夹棕红色泥岩及钙质结核，其中顶部的呼尔井组为一套粗碎屑岩的组合。

新近系包括中新统通古尔组和上新统宝格达乌拉组。

通古尔组上部为灰白色含砾粗砂岩、砂岩；下部为灰白色与杂色泥岩互层，局部夹淡水泥灰岩。

宝格达乌拉组为砖红色砂质泥岩、砂岩、含砾粗砂岩、砂砾岩，局部含钙质结核及淡水灰岩。

第四系仅发育阿巴嘎组，岩性以基性熔岩为主。

## 第三节 地质构造

### 一、大地构造位置

二连盆地大地构造位置处于华北板块和西伯利亚板块之间，属于中亚造山带东翼的南侧，向南毗邻中朝板块（图 1-2）。

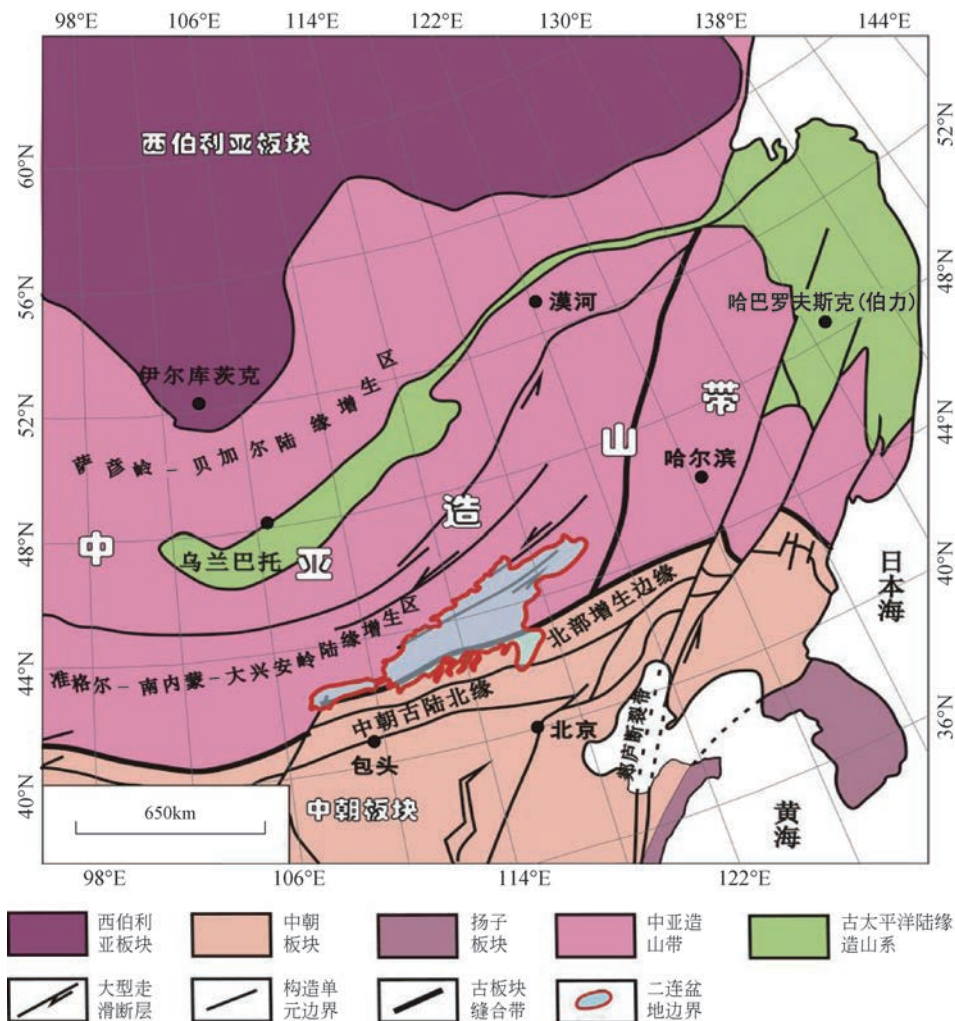


图 1-2 二连盆地大地构造位置图

二连盆地所在区域在古生代和中—新生代时期分别受到古亚洲洋构造域与滨太平洋构造域构造应力场的控制。古生代时期,盆地所在区域位于西伯利亚板块与华北板块之间的古亚洲洋南侧;古生代末,古亚洲洋消亡,在南北向挤压作用下形成了横亘新西伯利亚、蒙古及中国东北地区的弧形增生造山带(即中亚造山带),由此奠定了中—新生代盆地发展的基底;中生代以来,在海西期线性褶皱基底上,通过燕山期拉张翘断构造应力作用,形成具有相同成因类型和相似地质特征的侏罗纪至早白垩世断陷盆地群,发育巨厚陆相含油及含煤碎屑岩夹火山岩、火山碎屑岩建造,其中下白垩统是最重要的油气勘探层系。

## 二、基底构造特征

二连盆地基底属于海西期褶皱带,总的特征是断裂发育、隆拗兼备、多凸多凹、凹凸相间平行排列、高低起伏不平、平面上呈窄条状、剖面上不对称、具有规模宏大而典型的“盆岭结构”。

自北而南,主要基底褶皱构造由二连—东乌旗复背斜、贺根山—索伦山复向斜、锡林浩特复背斜、赛汉塔拉复向斜及温都尔庙—多伦复背斜构成了正负相间的海西期褶皱构造格局(图 1-3),横贯全盆地,延伸数百公里不等,使盆地基底呈现南北分区特征,并控制盆地盖层构造的发育。

主要基底断裂有 5 条,即贺根山断裂、西拉木伦断裂、楚鲁图断裂、查干敖包断裂和康保断裂(图 1-3)。其走向为东西向或北东东至北东向,延伸长度为几公里至数百公里,发育规模大,活动时间长,对盆地的发展演化、沉积建造、岩浆活动均起明显的控制作用。

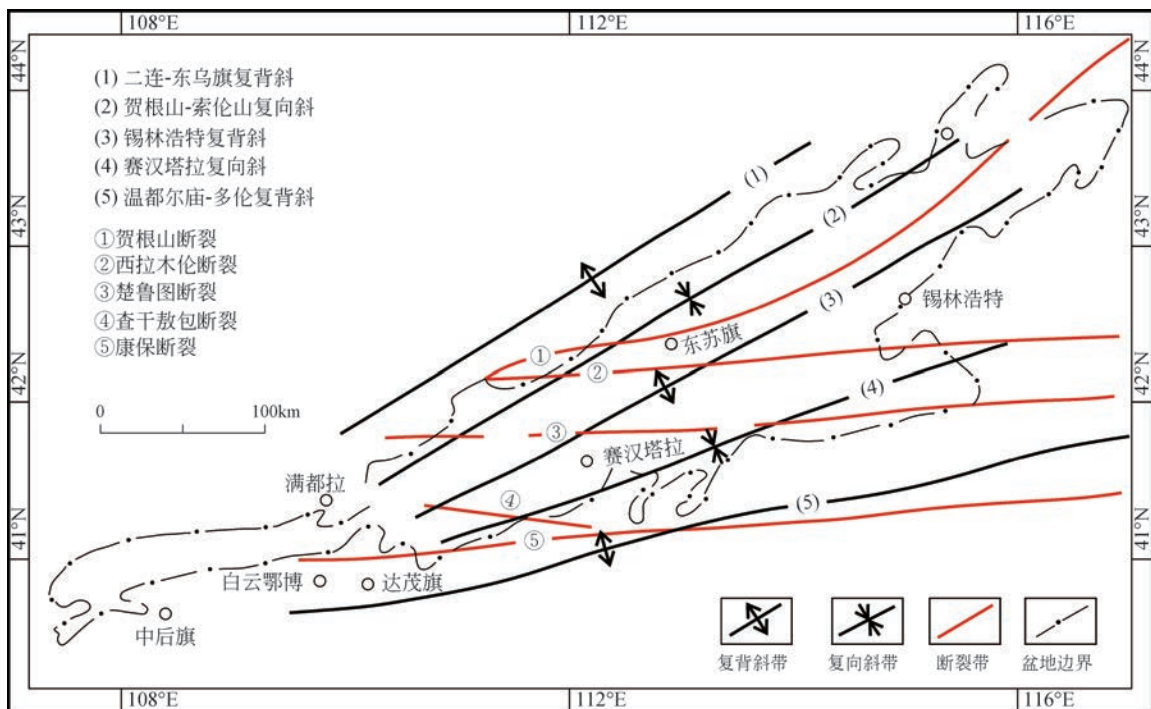


图 1-3 二连盆地基底构造图(据焦贵浩等, 2003)

## 三、盆地构造特征

二连盆地中生代盆地构造具有断裂发育、多凸多凹、凹凸相间的构造特点,平面上呈典型的窄条状“盆岭结构”景观。

早白垩世二连盆地是一个断陷盆地群,由一系列中小规模的断陷型凹陷组合而成。每个凹陷均有各自独立的沉积体系,彼此分隔互不连通,皆可视为独立的小型断陷盆地,主要为单断式箕状断陷(半地堑)和双断式断陷(地堑),具有典型的伸展构造样式。箕状断陷通常由三部分组成,即陡坡带、洼槽带和缓坡带(图 1-4),当断陷比较开阔时,有时发育有中央构造带;双断式断陷与其不同之处是两侧均为陡坡带。边界断裂控制断陷的形成、演化及其生油洼槽的发育、储集砂体的展布与圈闭的形

成,沿边界断裂内侧常发育多个生油洼槽、近岸水下扇或扇三角洲等砂砾岩体,以及逆牵引背斜、断块、潜山等圈闭。受多凸多凹的构造格局及狭长形的断陷结构控制,各断陷均具有多物源、近物源、粗碎屑、相变快的沉积特点,断陷陡带砾岩、砂砾岩等粗粒碎屑岩厚度常达 1000m 以上。

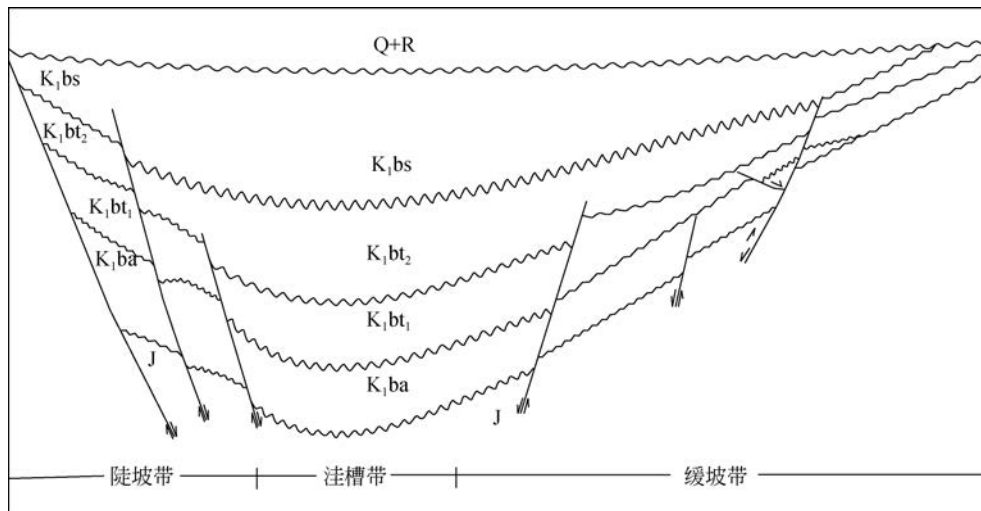


图 1-4 单断箕状断陷构造样式图

#### 四、构造单元划分

二连盆地共划分“5 拗 1 隆” 6 个一级构造单元和“55 个凹陷和 22 个凸起” 77 个二级构造单元 (图 1-5), 平面上表现为北部拗陷带 (由川井拗陷、乌兰察布拗陷和马尼特拗陷组成) —中部隆起带 (苏尼特隆起) —南部拗陷带 (腾格尔拗陷和乌尼特拗陷组成) 拗隆相间南北分带的构造格局。目前已在阿南、阿北、巴音都兰、乌里雅斯太、阿尔、吉尔嘎朗图、洪浩尔舒特、赛汉塔拉、额仁淖尔、呼仁布其、乌兰花等凹陷中发现工业油气藏。

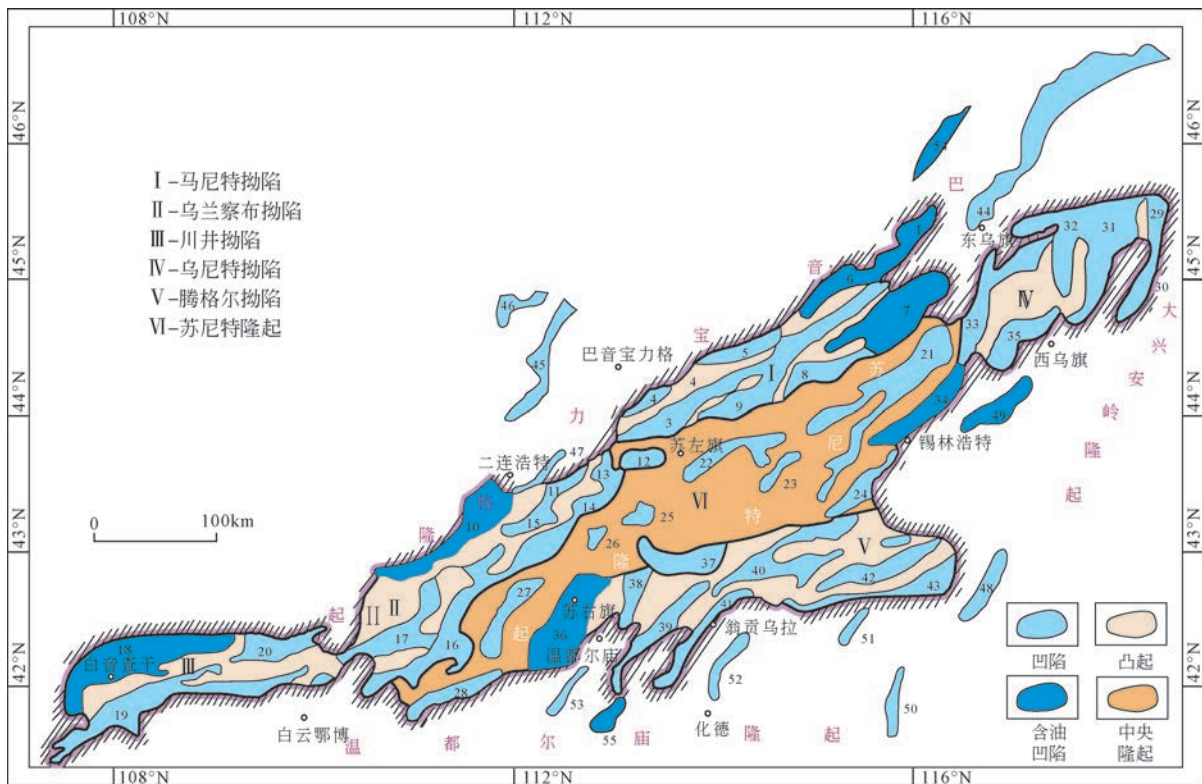


图 1-5 二连盆地构造单元略图

主要含油凹陷: 1.巴音都兰凹陷; 6.阿北凹陷; 7.阿南凹陷; 10.额仁淖尔凹陷; 18.白音查干凹陷; 34.吉尔嘎朗图凹陷; 36.赛汉塔拉凹陷; 44.乌里雅斯太凹陷; 49.洪浩尔舒特凹陷; 54.阿尔凹陷; 55.乌兰花凹陷