

第一章 沉积特征与沉积相标志

自1980年在二连盆地阿南凹陷和赛汉塔拉凹陷对阿1、阿2和赛1井进行了钻探，在阿2井阿尔善组安山岩中发现油浸、阿1和赛1井阿尔善组砂岩中见油斑。1981年经过试油在阿2、赛1井分别获27.1t和2.1t的工业油流，由此取得了二连盆地石油勘探的重大突破。

随后经过近十年大规模的油气勘探先后在阿南、赛汉塔拉、额仁淖尔、巴音都兰、乌里雅斯太和吉尔嘎朗图等12个凹陷见到了良好的油气显示，发现了哈南古生界凝灰岩潜山油藏、小阿北安山岩油藏、蒙古林砾岩油藏、阿南、哈达图、赛4号、吉格森、木日格、欣苏木、扎拉格、巴1号和巴2号砂岩油藏，以及锡林和包楞稠油油藏，初步建成了年产 100×10^4 t的原油产能，取得了较高的勘探效益。

1992年至今，继续扩大勘探领域，加大勘探力度，又在阿南、吉尔嘎朗图和额仁淖尔等凹陷发现了吉35断块和夫特砾岩油藏、宝饶吉和与包尔砂岩油藏以及包尔西古生界花岗岩油藏，同时又在赛东洼槽陡带发现了赛80号、赛81号砂砾岩油藏，在乌里雅斯太中洼和赛汉塔拉凹陷缓坡有突破性进展，洪浩尔舒特凹陷斜坡带砂岩中获工业油流，找到了断块油藏，从而为二连盆地的区带接替和储量接替开辟了新的勘探领域，展现了良好的勘探前景。

通过近20年的钻探，查明了盆地“五拗一隆”的构造格局和地层层序，总结了沉积、生油、储量分布和构造特点及其演化历史和油气聚集规律；也明确了阿尔善组和腾格尔组是盆内的两套主力生油层系；发现了阿南、赛汉塔拉等24个生油凹陷，找到了都红木组、腾格尔组上、下、阿尔善组和上古生界五套主力产油层系，发现了砂岩、砾岩、凝灰岩、中基性火山熔岩和花岗碎裂岩五种主要储油岩石。最终在阿南、赛汉塔拉、额仁淖尔和吉尔嘎朗图凹陷建成了以阿尔善复式油气聚集带为主体的、年产原油 125×10^4 t产能的石油工业基地——二连油田。

第一节 沉积背景及沉积特征

一、区域地质概况

二连盆地是在内蒙古—大兴安岭褶皱带基底上和燕山期拉张翘断构造应力场作用下发育起来的中新生代（以下白垩统为主）断陷沉积盆地。其大地构造位置处于亚洲板块与西伯利亚板块缝合线上。北西以加里东—海西期巴彦宝力格隆起为界，呈NE向展布；南界为加里东期的温都尔庙隆起，呈EW向展布；东界为燕山中期、北东向展布的大兴安岭隆起，呈NE向展布；西部以索伦山隆起与银根盆地、河套盆地相隔。盆内划分为“五拗一

隆”六大构造单元,总面积约 10 万 km²。由川井拗陷,乌兰察布拗陷和马尼特拗陷组成的北部拗陷带,与腾格尔拗陷和乌尼特拗陷构成的南部拗陷带,以及苏尼特隆起形成了南北隆拗分带的构造格局。凸凹相间共有 53 个凹陷,总面积约 5 万 km²(图 1-1、表 1-1)^①。

二连盆地大体经历了古生代海槽和中新生代陆盆两个漫长复杂的演化阶段,形成了盆地的基底和盖层两大截然不同的构造层。早古生代,本区属于中朝古板块和西伯利亚古板块之间的中亚-蒙古海,接受了厚达 2×10^4 m 的海相粗碎屑岩和海底火山喷发岩沉积。晚古生代,海盆缩小,本区沉积了厚达 2×10^4 m 的浅海相和海陆交互的碎屑岩和碳酸盐岩。经过了古生代多旋回海槽发展之后,古生代海相沉积全部褶皱回返,上升为陆,经过了强烈的改造和变质作用,形成了巨厚的下古生界中级变质岩系和上古生界浅变质岩。下古生界主要为绿色片岩、石英斑岩、石英岩、变质砂岩、硅质砂岩、凝灰质砂岩、凝灰岩和灰岩透镜体,其次是放射虫硅质岩、硅化大理岩、橄榄岩、蛇纹岩、细碧岩和蓝闪片岩。上古生界主要有灰绿、紫红色变质长石石英砂岩、变质石英砂岩、凝灰质砂岩、硬砂质长石砂岩、粉砂质泥板岩、片理化长石砂岩、千枚状板岩、变质凝灰岩、粉砂质泥板岩、安山玢岩、灰黑色碳质板岩、晶质页岩和结晶灰岩、夹薄层紫红色硬砂岩、泥灰岩和鲕状灰岩。同时,西伯利亚板块与中朝板块连为一体,造就了宏伟的“北疆-蒙古弧形褶皱带”,它的两翼分别向 NE 和 NW 向延伸。至此,东北亚大陆开始形成,并在横穿本区东西向的康保断裂、楚鲁图断裂和西拉木伦河断裂以及 NW-SE 走向的索伦山断裂和 EW-NE 走向的贺根山断裂共同作用下,二连盆地“三隆两拗”的构造格局和隆拗相间的线性褶皱基底已具雏型,奠定了中生代陆盆发展的构造背景。

印支运动使二连盆地整体抬升,至今仅在盆地西北缘零星见到三叠纪地层。燕山早期断陷构造运动主要在复背斜地带,发育了一些彼此孤立的间山盆地,接受了厚达 3000 m 的中、下侏罗统河湖相含煤粗碎屑岩沉积,形成了二连盆地第一套含油、含煤地层。燕山中期的断陷运动使太平洋板块向亚洲板块俯冲,从而改变了古亚洲构造域南北相向挤压的态势,产生了 NW-SE 向挤压力,使本区抬升、褶皱,中、下侏罗统广遭剥蚀,在弧形褶皱带弧顶的近东南侧,塑造了厚达万米的陆相火山喷发岩系——大兴安岭褶皱带。尔后,海西线性褶皱基底进一步张裂、翘断,多凸多凹的构造特征开始形成,形态各异的小型断陷应运而生,接受了早白垩世阿尔善-都红木期厚达 4000 m 的、以湖相泥岩为主的碎屑岩沉积,形成了二连盆地主要含油层系。其后,二连盆地整体抬升,早期湖盆收缩消亡,都红木组湖相地层遭受不同程度剥蚀,在剥蚀夷平后的地形背景上,接受了厚约 700 m 的河流相含煤粗碎屑岩沉积,形成了二连盆地一次重要的成煤期。进入晚白垩世,燕山晚期构造运动使本区进一步隆升,区内广泛缺失上白垩统,仅在二连盐池等地零星分布干盐湖和红色碎屑岩沉积,喜马拉雅运动使本区继续隆升,大部分地区接受了厚度不大(0~100 m)的河湖相红色砂泥岩沉积,仅在盆地西南部沉积厚度较大,厚达 500 m。第四纪仍然为一套 200 m 厚的松散砂泥岩沉积,并在盆地东部分布有大规模橄榄玄武岩,从而塑造了现今的内蒙古高原。

^① 华北石油管理局、石油地球物理勘探局, 1992, 二连盆地石油与天然气地质研究。华北油田研究院。

表 1-1 二连盆地各凹陷基本概况

序号	拗陷名称	凹陷名称	面积(km ²)	深度(m)	长:宽	勘探程度(地震)	探井数
1	马 尼 特 拗 陷	巴音都兰	1200	2900	5:1	精查	11
2		哈 帮	1000	3400	4:1	详查	1
3		塔 北	1850	3000	10:1	详查	5
4		沙 那	800	3250	3:1	详查	1
5		阿拉坦合力	850	>3000	3:1	普查	2
6		阿 北	850	3500	4:1	精查	27
7		阿 南	2750	4700	3:1	精查	84
8		宝 格 达	825	4300	5:1	详查	2
9		塔 南	1000	3000	5:1	详查	1
10	乌 兰 察 布 拗 陷	额仁淖尔	1800	4500	3:1	精查	24
11		准宝力格	275	1510	3:1	路概	
12		准 棚	600	2900	2:1	详查	2
13		吉托勒	350	1570	2:1	路概	
14		呼格吉勒图	1700	3500	6:1	详查	2
15		格日勒敖都	500	2550	2:1	详查	1
16		脑木更	2900	3700	12:1	详查	4
17		卫 井	1600	2000~2400	4:1	概查	
18	川 井 拗 陷	白音查干	3200	5500	4:1	详查	4
19		包 龙	2900	2800	4:1	路概	
20		桑根达来	950	3500	4:1	普查	
21	苏 尼 特 隆 起	朝克乌拉	3550	2100~2200	3:1	普查	1
22		赛汉图门	1350	1600~1900	3:1	概查	
23		红 格 尔	400	3000	6:1	路概	
24		布郎沙尔	600	3700	5:1	普查	1
25		阿其图乌拉	350	3500~4100	2:1	普查	1
26		查千里门诺尔	250	900	2:1	路概	

续表 1-1

序号	拗陷名称	凹陷名称	面积(km ²)	深度(m)	长:宽	勘探程度(地震)	探井数
27	乌 尼 特 拗 陷	伊和乌苏	1100	3200	4:1	普查	1
28		大 庙	950	>1200	5:1	路 概	
29		迪彦庙	650	2130	2:1	路 概	
30		巴彦花	850		4:1		
31		高力罕	2650	3600	3:1	详 查	1
32		阿拉达布斯	450	2100	4:1	概 查	
33		包尔果吉	1050	2400~4000	7:1	详 查	1
34		吉尔嘎朗图	1000	3500	4:1	详 查	10
35		布日敦	1000	2400	3:1	概 查	1
36	腾 格 尔 拗 陷	赛汉塔拉	2300	5000	3:1	精 查	27
37		都日木	1300	3500	4:1	普 查	1
38		布图莫吉	700	>3000	4:1	详 查	1
39		赛汉乌力吉	1060	>3500	6:1	详 查	2
40		额尔登苏木	2450	3400	10:1	路 概	1
41		翁贡乌拉	750	1200	10:1	路 概	
42		扎格斯台	1470	2100	10:1	路 概	
43		何日斯太	1600	3200	9:1	路 概	
44	巴音宝力 格隆起	乌里雅斯太	2500	3500~5000	5:1	详 查	9
45		呼和乌苏	550				
46		呼仁布其	1050	3700	4:1	详 查	5
47		咸拉嘎	250		3:1	普 查	
48	大兴安岭 隆起	伊和乌拉	850		6:1	普 查	
49		洪浩尔舒特	950	3500	4:1	精 查	
50	温都尔庙 隆起	黑 城 子	480				
51		宝勒根陶海	300				
52		巴彦塔拉	550				
53		阿布其尔庙	280		7:1		

二、地层发育特征

二连盆地早白垩世地层的划分及方案较多，本书采用了蔡治国等 1987 年的划分方案并作了修改（表 1-2）。

一般来说，层序地层单元是被区域性不整合面所限定，它严格受控于区域沉积（地层）构造事件。同一层序地层单元是在同一构造应力场作用和同一沉积背景下形成的沉积体系域，它具有相近的地质构造特征、圈闭类型、地震反射波组、电性特征、生物组合、岩石类型、砂体成因沉积环境和含油气系统。因此，层序地层划分是在区域地层研究与地震层序、测井层序、岩石地层层序和生物地层层序综合研究的基础上，才能建立某一地区或盆地内合理的层序地层格架和划分方案，才能逼近全球性层序地层格架，有效地指导油气田勘探开发。

大量钻井剖面的岩性组合、测井曲线、古生物地层和地震测线研究结果表明，二连盆地是在燕山多期断陷构造运动作用下，大批早白垩世断陷湖盆应运而生，接受了厚达 5000 余米的山间盆地河湖相含煤粗碎屑岩沉积，下白垩统自下而上是由六个由粗到细的次级正旋回构成了一个大的粗—细—粗的完整沉积旋回（表 1-3）其间大体经历了侏罗纪末期、白垩纪阿二末期、腾格尔末期、都红木末期和赛汉塔拉末期的沉积构造事件，相应形成了五次（ T_{11} 、 T_8 、 T_5 、 T_3 、 T_2 ）大的区域性不整合面和沉积间断面，分布有 11 个岩电标志段（表 1-4）三个介形类组合和三个孢粉组合（表 1-5）；三大岩石类型和三个重矿物组合；发育三大高位体系域（ K_1^3a 、 $K_1^3t^1$ 、 $K_1^3d^2$ ）三个水进体系域（ $K_1^3a^2$ 、 $K_1^3t^2$ 、 $K_1^3d^1$ ）一个低位体系域（ $K_1^3a^1$ ）和两个河流体系域（ K_1^3s ）；并由此建造了五套（ $K_1^3a^1$ 、 $K_1^3a^3$ 、 $K_1^3t^1$ 、 $K_1^3d^1$ 、 K_1^3s ）储层集中段和三套主力含油层系，最终把下白垩统划分为三个二级层序、六个三级层序和四组七段（表 1-3）。

（一）阿尔善组超层序（ SS_1 ）

阿尔善组沉积时，区域断裂强烈活动，火山不断向地面喷发和溢流，地形高差悬殊，地层厚度变化大，沿断层根部厚度可达 1000~2000m，向缓侧减薄。岩性粗、颜色杂，火山岩较发育，加之半干热的气候条件，快速沉积了这套杂色粗碎屑岩，但向湖盆中心很快相变为较深湖相灰色泥岩，局部夹薄层泥灰岩和白云质泥岩。具有湖盆小、水体浅、分隔强、火山成分含量高、粗碎屑岩成熟度低和古生物化石稀少等特点，主要分布在北部拗陷带各湖盆和南部拗陷带的腾格尔拗陷的赛汉塔拉、布图莫吉和赛汉乌力吉等凹陷。按岩性、岩相特征，阿尔善组自下而上划分为阿一段—阿二段层序和阿三段层序。

1. 阿一段—阿二段层序（ S_A ）

自下而上划分为阿一段和阿二段两个准层序。

（1）阿一段准层序（ S_{A1} ）视厚度为 0~400m，目前钻遇最大视厚度为 433m。本段沉积时，地形反差大，可容沉积空间小，岩性岩相变化快，在剖面上为一套下粗上细的正

表 1-4 二连盆地地下白垩统标志层(段)一览表

标志层名称	厚度 (m)	级别	层位	分布范围	岩性组合	电性特征	代表井
褐煤 碳质泥岩	50~100	I	K _{1s} 上	全区	灰绿色砂质泥岩、含砾砂岩夹褐煤、 碳质泥岩	自然电位曲线呈小负异常、电阻曲线为刺刀状高阻	赛 1 巴 1 沙 5
块状 砂岩	100~150	II	K _{1s} 下	全区	浅灰白色块状砂砾岩夹泥岩条带	电位曲线呈不规则桶状,电阻曲线为大锯齿状	连参 1 巴 1 赛 25
泥岩脖子	60~200	II	K _{1d} 上	全区	灰色泥岩夹砂岩透镜体	电位曲线平直。电阻曲线为小锯齿状	赛 1 焯参 1 白参 1
弹簧段	100~500	II	K _{1d} 下	马尼特、腾格尔、乌兰 察布勒图	大段块状砂砾岩夹薄层灰色泥岩	自然电位曲线呈钟形和箱状负异常组合,电阻曲线为锯齿状	赛 1 焯参 1 宝 1
砂岩集中段	80~150	II	K _{1t}	全区	浅灰色砂岩、含砾砂岩与灰色泥岩 呈不等厚互层	电位曲线为漏斗形,电阻曲线为不规则锯齿状	赛 4 哈 4
暗色泥岩 发育段	200~600	I	K _{1t}	全区	大段灰、深灰色泥岩夹粉砂岩透镜 体	电阻、电位曲线为两条平行线	阿 3 焯参 1
特殊岩性段	100~150	I	K _{1t}	全区	灰色泥岩、泥灰岩、油页岩、泥质白 云岩和钙质砂岩互层	电位曲线偏负,电阻曲线为刺刀状 高阻	阿 3 焯参 1 赛 5
灰绿色 泥岩砾岩段	100~200	II	K _{1a} '	赛汉塔拉、脑木更、马 尼特地区	灰绿色泥岩与块状砂砾岩呈不等厚 互层	电位曲线低平,电阻曲线为块状高 阻	阿 11 塔 3 木参 1
玄武岩层	35~100	III	K _{1a} ' ²	阿尔善、布图莫吉	灰绿、黑灰色块状玄武岩、夹薄层凝 灰质泥岩	自然电位偏负,电阻曲线为块状高 阻	阿 2 哈 6 布参 1
暗色泥岩 灰岩段	100~300	III	K _{1a} ' ²	脑木更、马尼特东部	灰、深灰色泥岩夹薄层白云质灰岩 和钙质砂岩	电位曲线较平直,电阻曲线为小锯 齿状	阿 11 木参 1
杂色 砂砾岩段	200~400	II	K _{1a} '	布图莫吉、赛汉乌力 吉、马尼特地区	杂色砂砾岩夹灰绿、紫红色泥岩	电位曲线低平,电阻曲线为基值抬 高的锯齿状高阻	木参 1 阿 2 连参 2

表 1-5 二连盆地地下白垩统组、段发育特征表

地层群	厚度(m)	主要岩性	电性特征	主沉积相	介形类			孢			岩石类型	重矿物组合	代表井	
					组合	亚组合	代表化石	组合	亚组合	代表化石				
赛汉塔拉组	200 ~ 400	浅灰、灰绿、棕红色泥岩、含砾泥岩与浅灰色砂砾岩组成下粗上细的正旋回，夹薄层褐煤和炭质泥岩	自然电位曲线为钟形，异常组合，电阻曲线为锯齿状	河流相	原联介	原联介	原联介	有突肋纹孢属	光面单纹孢属	无突肋纹孢属	无突肋纹孢属	岩屑砂岩 混合砂岩 岩屑长石砂岩	绿帘石 磁铁矿	淖4 赛4 连1 连2 高1
					始介	始介	始介	突肋纹孢属	突肋纹孢属	突肋纹孢属	突肋纹孢属			
都红木组	300 ~ 600	灰色砂砾岩与灰色泥岩组成下粗上细的正旋回	自然电位曲线为钟形，异常组合，电阻曲线为锯齿状	滨浅湖亚相	栅状介	栅状介	栅状介	克拉梭粉属	克拉梭粉属	克拉梭粉属	克拉梭粉属	长石砂岩 岩屑长石砂岩	钾石 石榴子石 钛铁矿 黑云母	赛4 阿3 淖1 白1 仁1
					湖介	湖介	湖介	极沟粉属	极沟粉属	极沟粉属	极沟粉属			
腾格尔组	200 ~ 500	深灰、黑灰色泥岩，夹薄层粉细砂岩	自然电位曲线为平直，异常，电阻曲线为平直	较深湖亚相	柯介	柯介	柯介	凹边瘤面孢属	凹边瘤面孢属	凹边瘤面孢属	凹边瘤面孢属	长石砂岩 岩屑长石砂岩	钾石 石榴子石 钛铁矿 黑云母	赛4 阿3 淖1 仁1 白1
					花介	花介	花介	极沟粉属	极沟粉属	极沟粉属	极沟粉属			
阿尔善组	200 ~ 400	绿灰、灰绿色砂砾岩与泥岩呈不等厚互层，局部发育有玄武岩	自然电位曲线为钟形，异常组合，电阻曲线为小锯齿状	洪冲积—河流相—湖相	赛介	赛介	赛介	单远极沟粉属	单远极沟粉属	单远极沟粉属	单远极沟粉属	岩屑砂岩 混合砂岩 长石砂岩	绿帘石 尖晶石 赤褐铁矿 磁铁矿	木1 阿3 连1 木1 木1 阿11 阿18 连1 布1 连2
					塔介	塔介	塔介	脊缝孢属	脊缝孢属	脊缝孢属	脊缝孢属			
阿尔善组	100 ~ 400	绿灰、深灰、黑色泥岩夹薄层泥岩和粉细砂岩	自然电位曲线为平直，电阻曲线为小锯齿状	洪冲积—河流相—湖相	萨介	萨介	萨介	单远极沟粉属	单远极沟粉属	单远极沟粉属	单远极沟粉属	岩屑砂岩 混合砂岩 长石砂岩	绿帘石 尖晶石 赤褐铁矿 磁铁矿	木1 阿3 连1 木1 木1 阿11 阿18 连1 布1 连2
					准介	准介	准介	脊缝孢属	脊缝孢属	脊缝孢属	脊缝孢属			
阿尔善组	0 ~ =400	杂色砂砾岩夹薄层棕红、紫红、灰绿色泥岩	自然电位偏负，电阻曲线为疏状和块状高阻	洪冲积—河流相—湖相	巨介	巨介	巨介	单远极沟粉属	单远极沟粉属	单远极沟粉属	单远极沟粉属	岩屑砂岩 混合砂岩 长石砂岩	绿帘石 尖晶石 赤褐铁矿 磁铁矿	木1 阿3 连1 木1 木1 阿11 阿18 连1 布1 连2
					大介	大介	大介	脊缝孢属	脊缝孢属	脊缝孢属	脊缝孢属			

旋回层序。下部为大段杂色块状砾岩、含砾砂岩夹薄层棕红、灰绿、浅灰色泥岩和含砾泥岩，上部为杂色砾岩、含砾砂岩与紫红、浅灰、灰绿色泥岩呈不等厚互层，属一套低水位体系域下的冲积河流相—滨浅湖亚相沉积环境。砾石成分为凝灰岩、火山喷发岩和变质岩。砾径 2~15mm，分选极差，次棱—棱角状，主要为凝灰质胶结。砂岩为岩屑砂岩和长石岩屑砂岩，泥岩的组分以绿泥石和水云母为主。自然电位曲线的平直和钟形，电阻曲线为块状、梳状高阻。本段分布局限，厚度较薄，横向变化大，主要分布在阿南凹陷，在赛汉塔拉、布图莫吉、赛汉乌力吉、脑木更、额仁淖尔和白音查干凹陷也有分布。与下伏古生界和侏罗系不同时代的地层呈角度不整合接触，其地震反射层为“T₁₁”与下伏地层存在上超角度不整合关系。

(2) 阿二段准层序 S_{A2}) 视厚度 100~400m，最厚达 650m。本段沉积时，构造活动相对稳定，可容沉积空间增大，水体加深，为一套水进体系域下的较深湖亚相沉积环境，在剖面上为浅灰、深灰和黑灰色泥岩集中段，俗称“黑尾巴”。泥岩成岩性好，质纯性脆，水平层理发育，向湖盆边缘，泥岩颜色逐渐变绿、变红，砂岩夹层增多，局部发育火山岩夹层。电阻电位曲线为两条平直段，并以拐点与上覆阿三段为界；地震相为高频高连续席状相。它与下部阿一段低位体系域构成了一期大的水进沉积旋回，底部与下伏阿一段为连续沉积，顶部以 T₈ 反射层为界，与上覆阿三段为区域假整合或不整合接触关系（表 1-3）。主要分布在一些较大的继承性凹陷中，目前已在阿南、赛汉塔拉、脑木更、白音查干和额仁淖尔凹陷均有钻遇，属盆内第一次成湖期和第一套生油岩系。古生物化石稀少，仅在少数井见到 *Cypridea badalahuensis-Djiungarica saidovi* (巴达拉湖女星介—萨氏准噶尔介)、*Cyathidites* 亚组合，孢粉化石以裸子植物花粉的古型松柏类花粉为主，蕨类植物主要有 *Cicatricosisporites* (无突肋纹孢属)、*Cyathidites* (桫椤孢属) 和 *Densoisporites* (层环孢属)，未见被子植物花粉。

2. 阿三段层序 S_B)

视厚度 200~400m，最厚可达 1000m。阿三段沉积时，区域构造活动加强，火山沿断裂向地面喷发溢流，湖盆抬升回返，大量粗碎屑物质向湖盆中央快速推进，首先形成了一套高位体系域下的辫状河三角洲相和盆内主要储油层系。尔后，构造活动逐渐减弱，湖盆又复下沉，形成了水进体系域下的湖相泥岩，在垂向上与下部湖盆高位体系域构成了一期水进沉积旋回。岩性为大段杂色、浅灰色块状中粗砾岩、细砾岩和含砾砂岩，夹浅灰、深灰和灰绿色泥岩。砾石成分杂，为多源复成分砾岩；砂岩主要为凝灰质岩屑砂岩。区域以“块状砾岩段”标志段与下伏阿二段分界。自然电位曲线为箱形—钟形负异常组合，电位曲线为块状和疏状大高阻，并以明显的拐点与下伏层 S_A 和上覆层 S_C 分界。地震相显示大型具前积结构的楔形体，代表了湖盆高位体系域为主的反射特点。在阿南、赛汉塔拉和布图莫吉等凹陷沿同生断层分布，少数凹陷分布有绿灰、紫灰和紫红色气孔—杏仁状安山岩、玄武岩，呈角砾状、致密坚硬，厚 0~400m。本层序属盆内主力储油层。

本段古生物化石稀少，仅在少数几口井见到 *Cypridea badalahuensis-Djiungarica saidovi* (巴达拉湖女星介—萨氏准噶尔介) 亚组合，其次见有 *Timiriasevia polymorpha* (多形季米里亚介)、*Cypridea borhuaensis* (宝日花女星介) 和 *Damonella contracta Mandelstam* (窄达尔文介) 化石。孢粉化石属于 *Deltoidospora-Disacciatriletes* (三角孢—无缝双囊

粉类)组合。组合特征以裸子植物花粉占绝对优势(85.6%~99.4%)其中以双气囊花粉大量出现,并以古老松柏类含量高为主要特征。蕨类孢子以 *Leiotriletes*(光面三缝孢属) *Ulatissporites*(粒面三缝孢属) *Cicatricosisporites* 无突肋纹孢属 为主 未见被子植物花粉。

(二) 腾格尔组 - 都红木组超层序 (SS₂)

1. 腾格尔组层序 (S_C)

自下而上划分为腾一段和腾二段两个准层序。

(1) 腾一段准层序 (S_{C1}) 视厚度 100~150m 最厚达 180m。本段为湖盆强烈深陷的初始阶段,多数湖盆经历了短期的低位体系域,在剖面上显示了下粗上细的正旋回;以“特殊岩性发育段”标志段与下伏阿三段顶部泥岩分界。下部为浅灰色含砾砂岩、粉细砂岩夹浅灰、绿灰色泥岩;上部为浅灰、深灰色泥岩 夹泥质白云岩、油页岩、泥灰岩、云质灰岩和钙质砂岩,向上泥岩增厚。砂岩属岩屑砂岩和长石岩屑砂岩类型,重矿物多为不稳定重矿物,并呈高含量段。自然电位曲线为低幅钟形负异常组合,电阻曲线为刺刀状高阻,同样以其拐点与顶、底平直曲线 高位体系域 为界 地震相为充填、丘状和小型斜交前积结构的楔状相,显示了低位体系域的地震响应。本段属盆内含油层系之一,分布局限,主要发育在阿南、赛汉塔拉、额仁淖尔和巴音都兰凹陷的主要沉积中心 底部高低不齐 地震反射层为 T₇ 层 与下伏阿三段为超覆不整合接触关系。

该段化石稀少,仅在少数样品中见有介形类和孢粉化石,介形类属 *Cypridea badalahuensis-Theriosyneocum krystofovischi* (巴达拉湖女星介 - 柯氏兽花介) 组合的 *Cypridea badalahuensis-Djiungarica saidovi*(巴达拉湖女星介 - 萨氏准噶尔介) 亚组合。此外尚有 *Timiriasevia polymorpha* (多形季米里亚介)、*Cypridea spinigera* (具刺女星介)、*C. cf. sinistroacuta* (左尖女星介) *Lycopteroocypris infantilis* (小狼星介) *Mongolianella palmosa* (优越蒙古介)、*Darwinula contracta* (窄达尔文介) 等 该亚组合的特征是属种单调,壳饰简单,个体较小。

孢粉化石属于 *Deltoidospora-Disaccitriletes* (三角孢 - 无缝双囊粉类) 组合。其组合特征是以裸子类花粉占绝对优势(85.6%~99.4%) 其中又以双气囊花粉大量出现 并以古老松柏类最多(26.1%~47.7%) 为主要特征。蕨类孢子极少(0.6%~14.4%) 其中 *Deltoidospora* (三角孢) *Leiotriletes* (光面三缝孢) 属有一定数量,并连续出现,其它如 *Cyathidites* (桫欂孢)、*Granulatisporites* (粒面三角孢) *Undulatisporites* (波缝孢)、*Concavisporites* (凹边孢) *Densosporites* (层环孢) 等数量较少, *Cicatricosisporites* (无突肋纹孢属) 开始出现,但数量甚微。未见被子植物花粉。

轮藻化石有: *Clypeator* sp. (盾形轮藻属)、*Aclistochara* sp. (开口轮藻属)、*Atopochara* sp. (奇异轮藻属)

(2) 腾二段准层序 (S_{C2}) 视厚度 200~600m 最厚可达 1254m。腾二段是在湖盆稳定下沉、湖水快速扩张的水进体系域背景下,沉积了大段还原较深湖环境下的灰、深灰和黑灰色泥岩 泥岩质纯且脆 成岩性好。电阻、电位曲线为两条直线 俗称“铁轨泥岩段”标志段。具有岩性细、分布广(全区均有分布)成层性好等特点,是盆内一级对比标志层和主力生油层系。地震相为高频高连续席状相和板状相,显示了成湖高湖阶段的地震响

应。其顶部砂岩集中段厚 100~150m，岩性为粉细砂岩与浅灰色泥岩互层。砂岩较疏松，以岩屑长石砂岩为主，长石岩屑砂岩和长石砂岩次之，分选性和磨圆度中等偏好。自然电位曲线为钟形负异常组合，电阻曲线为锯齿状。分布比较稳定，在绝大多数凹陷中均有发育，与下伏腾一段为连续沉积，是盆内主要生油层系之一。

本段古生物化石丰富多彩，达到繁盛期，介形类化石属于 *Cypridea badalahuensis* - *Theriosyneocum krystofovitschi* (巴达拉湖女星介 - 柯氏兽花介) 组合的 *Cypridea badalahuensis* (巴达拉湖女星介) 富集亚组合(下部)和 *Theriosyneocum krystofovitschi* (柯氏兽花介) 富集亚组合(上部)化石的属种数量剧增，是介形虫最繁盛的时期，并出现瘤脊刺等壳饰较复杂的类型。主要分子有：*Cypridea badalahuensis* (巴达拉湖女星介)、*C. accommodata* (亲切女星介)、*C. masjacini* (马斯甲女星介)、*C. fundata* (牢固女星介)、*Timiriasevia polymorpha* (多形季米里亚介)、*T. pteri* (具翼多形季米里亚介)、*Theriosyneocum krystofovitschi* (柯氏兽花介)、*Djungaria saidovi* (萨氏准噶尔介)、*Mongolianella palmosa* (优越蒙古介)、*Clinocypris scolias* (弯斜星介)、*Ziziphocypris quadritimulla* (方形枣星介)。

孢粉化石属于 *Concavissimisporites-Monosulcites* (凹边瘤面孢属 - 单远极沟粉属) 组合。化石丰富、类型繁多、主要特征是：①裸子类花粉 (17.5%~89.8%) 略高于蕨类孢子 (10.2%~82.5%)。裸子植物花粉的含量和类型与下伏组合相似，唯 *Monosulcites* 单远极沟粉属略有增多，最高含量可达 50% 以上；②蕨类孢子明显增多是本组合的重要特征，蕨类孢子中以海金沙科各属的数量多，类型丰富为特点。*Concavissimisporites* (凹边瘤面孢属) 富集，最高含量可达 68%；*Cicatricosisporites* (无突肋纹孢属) 较下伏组合明显增高，可达 19.6%~31.7%。

2. 都红木组层序 S_0)

视厚度 300~600m，最厚达 1356m。都红木组沉积时，断块翘倾活动减弱，在缓慢抬升构造活动背景下，各凹陷地形渐趋平缓，进入了断拗为主的广湖盆浅水体的高位体系域沉积阶段。其后，湖盆再复下沉，接受了水进体系域下的泥岩沉积。岩性由浅灰、灰白色块状砂质砾岩、含砾砂岩、粉细砂岩与浅灰、绿灰和深灰色块状泥岩组成下粗上细的正旋回层。中、下部地震相为大中型楔状前积结构，上部为中频较连续席状相，代表了一套水体由浅变深的演化历史的地震响应。

都红木组的古生物化石类型多样。

介形类化石属于 *Limnocypridea grammi-Ilyocyprimorpha erlianensis-Cypridea copulenta* (格拉姆湖女星介 - 二连土形介 - 联合女星介) 组合。

主要代表分子有：*Limnocypridea grammi* (格拉姆湖女星介)、*Limnocypridea abscondida* (隐蔽湖女星介)、*L. subphana* (近平滑湖女星介)、*L. impolita* (粗糙湖女星介)、*Ilyocyprimorpha erlianensis* (二连土形介)、*Ilyocyprimorpha mirabilis* (奇异土形介)、*I. armata* (具刺土形介)、*I. trinoda* (三瘤土形介)、*Cypridea copulenta* (联合女星介)、*C. latcostata* (扁脊女星介)、*C. justa* (适当女星介)、*C. duhongmuensis* (都红木女星介)、*C. polida* (磨光女星介)、*C. solida* (纯正女星介)、*C. aff. rostrata* (钩喙女星介)、*Ziziphocypris costata* (肋纹枣星介)、*Z. simakovi* (西氏枣星介) 和 *Z. linchen-gensis* (临城刺星介)。

孢粉化石属于 *Appendicisporites-Cicatricosisporites-Laevigatosporites* (有突肋纹孢属-无突肋纹孢属-光面单缝孢属) 组合中的 *Cicatricosisporites* (无突肋纹孢属) 富集组合 未见被子植物花粉。

轮藻化石有 *Mesochara symmetrica* (对称中生轮藻)、*M. paragranelifera* (拟粒形中生轮藻)、*M. stipitata* (具柄中生轮藻)、*M. voluta* (旋转中生轮藻)、*Flabellochara* sp. (扇轮藻属)、*Stylochara* sp. (柱轮藻属)、*Clypeator* sp. (盾形轮藻属) 和 *Aclistochara* sp. (开口轮藻属)。

(三 赛汉塔拉组超层序 SS₃)

视厚度 300~500m 最厚达 986.5m。赛汉塔拉组沉积时 断陷运动基本停止 二连盆地整体抬升, 开始走上了湖盆回返后的拗陷沉积阶段。各凹陷早期不同时代地层遭受剥蚀 在剥蚀夷平后的平坦地形上 接受了厚度不大的河流、沼泽相沉积 属盆地发育史上的河流体系域沉积阶段。岩性由浅灰白色块状砂质砾岩、含砾砂岩和砂岩与浅灰、紫红、灰绿色块状泥岩、含砾泥岩、薄煤层和碳质泥岩组成, 构成了两个下粗上细的次级正旋回层, 即砂岩集中段-碳质泥岩和煤层集中段, 属河流体系域→水进体系域的发展过程。砾石成分以石英为主, 火山岩块和长石其次, 砾径 2~5mm 最大为 15cm。砂岩疏松, 分选差-中等, 形状为次棱角-次圆状。主要为长石砂岩和岩屑长石砂岩。泥岩含砾, 呈团块状 造浆性能好 其成分以蒙脱石、水云母为主 高岭土次之。煤层为褐煤 黑色性软 易燃。自然电位曲线为箱形、钟形负异常组合, 电阻曲线为不规则锯齿状。底部以拐点与都红木层序分界。地震相为断续低频河道充填相和不规则带状相, 属河流沼泽相的地震响应。

研究表明: 赛汉塔拉组与下伏都红木组之间存在一次大的沉积间断, 在地震剖面上, 本组底部所反映的 T₃ 层的上下构造层之间, 在多数凹陷为清晰的角度不整合关系。

赛汉塔拉组是二连盆地一次重要的成煤期, 盆地东北方向煤层多、厚度大, 向西南方向逐渐减少。如乌尼特拗陷高力罕凹陷的高参 1 井 赛汉塔拉组见到 14 层 71m 煤层。东北方向的霍林河、巴彦花和红旗煤矿均属本组所产。另外, 在吉尔嘎朗图等少数凹陷发现稠油油藏和气显示, 预示了本组是寻找稠油和煤气资源的主要层系。

赛汉塔拉组是以孢粉化石中的蕨类植物孢子高含量为其主要特征。

介形类化石较少 属于 *Cypridea subtuberculisperga-Cypridea infidelis* (似细瘤状女星介-假伟星女星介) 组合。主要有: *Cypridea (Morinia) spongiosa* (蜂窝状摩林尼女星介)、*Cypridea (Morinia) subtuberculisperga* (似细瘤状摩林尼女星介)、*Cypridea (Pseudocypridina) cf. tera* (圆假伟星女星介)、*Cypridea (Pseudocypridina) infidelis* (假伟星女星介) 和 *Ziziphoczpris simakovi* (西氏枣星介)。

孢粉化石属 *Appendicisporites-Cicatricosisporites-Laevigatosporites* 组合中的 *Appendicisporites-Laevigatosporites* 亚组合。

主要特征是① 蕨类孢子含量约 60% , 一般均高于裸子类 未见被子类; ② *Appendicisporites* 的含量较下伏地层明显增多且连续出现 含量为 2%~35%。*Laevigatosporites* 也较下伏地层增多 *Cicatricosisporites* 的含量相对增高 并出现少量 *Plicatella* (短突肋纹孢属)。

轮藻化石有 *Mesochara* sp.、*Aclistochara* sp. 和 *Stylochata* sp.。

三、古生物与古气候

孢粉资料分析表明,下白垩统的孢子花粉化石组合面貌基本是以丰富多彩的蕨类植物孢子(尤其是海金沙科孢子)和类型繁多的具双气囊花粉为主要特征,并出现相当数量的 *Monosulcites* (单远极沟粉属)、*Cycadopites* (苏铁粉属) 和 *Ginkgo Linnacus* (银杏粉属) 等植物化石。这些植被生长环境大体反映了下白垩统沉积时期,本区呈现一片山地“松型”树林繁茂、山谷平川银杏、苏铁等阔叶树林成荫,以及林下溪边蕨类孢子植物遍地丛生、攀援生长反映了热带-亚热带气候环境。

随着古构造、古地貌、水系和湖域的变化,早白垩世各时期的气候环境也随之不同。位于湖盆发展早期阶段的阿尔善期山高谷深地形反差大湖域小水体浅火山强烈喷发孢粉化石属种单调具双气囊花粉占绝对优势蕨类植物孢子化石很少仅出现了一些桫欏科孢子说明当时“松型”针叶乔木成林山地气候凉爽河边坡地和湖边被桫欏科“树蕨型”植被覆盖气候温暖湿热(偏湿)。

进入腾格尔期为湖盆发展高潮阶段水深、湖广早期水域较小以蕨类植物孢子的 *Concavissimisporites* (凹边瘤面孢属)、*Densoisporites* (层环孢属)、*Aequitriradites* (膜环弱缝孢属)、*Undnlatisporites* (波缝孢属) 和 *Toroisporis Krutzsh* (具唇孢属) 为主要特征松型花粉含量较低苏铁、银杏花粉少反映当时气候温暖炎热腾格尔中晚期水域迅速扩大水体加深松型针叶乔木植被占主导地位蕨类植物孢子明显减少反映了温暖、凉爽的热带-亚热带气候条件。

都红木期属湖盆断拗转换的过渡阶段地形趋近平缓湖广、水浅。蕨类植物孢子已明显增多,其中海金沙科的 *Cicatricosisporites*、*Laevigatosporites*、*Leiotriletes* 和桫欏科在岩性剖面上均连续见到自下而上含量逐渐增高而古型松柏粉属、苏铁、银杏类植物则相应减少反映了温暖炎热并向湿热过渡的热带、亚热带气候环境。

赛汉塔拉期处于湖盆发展晚期的拗陷沉积阶段地形比较平坦湖盆收缩河流沼泽相广泛发育。此时,池沼、河边蕨类植物生长旺盛,类型多、含量高,尤其是 *Cicatricosisporites* 含量一般 5%~15% 少数样品 20%~30% 个别高达 68.4%; *Densoisporites* 层环孢属高达 40.7%; *Concavissimisporites* (凹边瘤面孢属)、*Cyathidites* 和 *Leiotriletes* (光面三缝孢属) 分别高达 19.8%、24.6% 和 21.3%。结合大量含煤粗碎屑岩,再现了河流交织、池沼遍布和低矮植被竞相生长的温暖、湿热的热带、亚热带气候环境。

受大地构造背景和古地理的影响,自盆地西南川井拗陷的边部到乌兰察布拗陷、腾格尔拗陷到盆地东北方向的马尼特和乌尼特拗陷,代表干热环境的 *Classopollis* (克拉梭粉属) 相应由 40%~50% (高达 70%) → 15%~30% (高达 46.3%) → 0~7% (高达 14%) 代表湿热气候条件的 *Leiotriletes*、*Laevigatosporites* 和 *Cyathidites* 其总含量依次为 < 10%、15%~30% 和 40%~60%,蕨类植物的属种类型和总量也依次增多,裸子植物花粉属种相应减少。此外自西南向东北,下白垩统各组段煤层和碳质泥岩有不同程度增多,且单层加厚,尤其是都红木组和赛汉塔拉组表现尤为突出,而白云质和钙质成分则相应减少。这一切较好地再现了自盆地西南向东北方向气候由干旱、炎热到半干旱、半炎热到较湿热的热带、亚热带气候环境的变化规律。

四、沉积特征

研究表明,二连盆地不是一个统一的大盆地,而是由许多具有相似发育史的、分散的小湖盆构成的盆地群^①。它的沉积特征、演化历史、砂体成因、储集性能、构造活动特点和含油性等方面独具特色。

在燕山早中期拉张翘断构造运动作用下,大批形态各异的小型断陷应运而生,并以NE向、长条状单断箕状凹陷为主,塑造了多凸多凹的地质构造景观和小型断陷湖盆群。各湖盆具有清晰的边缘相和独立的沉积体系 在水域开阔时 沟壑相通 水域缩小时 相互分割 形成了多物源、近物源、粗碎屑和低成分、低结构成熟度的岩石类型等沉积特征 而扇三角洲、辫状河三角洲、近岸水下扇和湖底扇相砂体的良好发育是其显著特点。在早白垩世湖盆演化过程中,强烈的拉张断陷作用,不仅导致了频繁的火山活动,形成了大面积火山岩体和高含量火山岩块的碎屑岩储层,而且也造就了多期不整合地层接触关系和沉积间断面 发育三大成湖期。向湖盆缓坡 各期地层快速减薄 形成广泛的地层超剥带 沿湖盆长轴方向,发育有多个沉积、沉降中心。在燕山晚期构造运动作用下,二连盆地整体抬升 湖盆收缩、沼泽化 最终被冲积、河流相取代 从而结束了二连盆地的演化历史。

这一切说明,二连盆地既不同于中国东部早第三纪多旋回断陷湖盆,更不同于我国中生代大型拗陷式含油气盆地,而与蒙古-兴安早白垩世中小型断陷湖盆相比更有其相近的沉积、构造特征和含油气条件。综合二连盆地有如下沉积特征。

1. 相对独立的小湖盆群

二连盆地是在海西柔性褶皱基底上发育起来的晚中生代断陷盆地,具有分割性强、凹陷多、湖盆小和发育时间短的特征。形成了 53 个凹陷 总面积约 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 单个凹陷面积一般较小,其中半数以上小于 1000 km^2 最小的仅 250 km^2 大于 2000 km^2 的凹陷仅 11 个。绝大多数凹陷为长条状或带状分布,长宽比例大,一般 3:1~6:1(表 1-1)。

大量钻井和地震资料表明,在下白垩统沉积过程中,凸凹相间的构造背景维持始终,地层在凹陷陡侧均以断裂与凸起或隆起对接,在缓侧,沿古斜坡向上逐层超覆,直至超缺。据地震、地质相研究可知 自凹陷边缘向中心,沉积相由各种扇体逐渐变为滨浅湖或较深湖亚相,即由陆上沉积变为水下沉积,水体由浅变深。地震相由楔状、丘状相逐渐变为席状相或板状相,连续性由差逐渐变好。在阿尔善组沉积时,区内 28 个凹陷分布有 32 个小湖 腾格尔组 30 个凹陷发育 25 个湖泊 都红木组 盆内 30 个凹陷分布 32 个湖泊 赛汉塔拉组仅在 16 个凹陷残存 21 个湖沼。这一切充分说明 本区湖盆多 面积小 水体浅 连通差,边缘相发育,具有各自独立的沉积体系,较好地再现了二连盆地是由许多大小不等、强烈分隔的小湖盆群构成的非统一汇水盆地。

2. 多物源、近物源和粗碎屑发育的沉积特征

在下白垩统沉积过程中,湖盆的碎屑物质始终来自巴彦宝力格、温都尔庙、苏尼特和

^① 张文朝、王洪生,1987,二连盆地巴彦花群沉积环境分析。华北油田研究院。

大兴安岭四大隆起区。

据野外露头资料,在盆地北部巴彦宝力格隆起上,西段主要出露石炭系中、上统碎屑岩、变质岩和少量火山岩,以及下二叠统的变质岩;东段以下二叠统变质岩和海西期花岗岩为主,以中、下侏罗统含煤碎屑岩和燕山期玄武岩为次。在盆地南部的温都尔庙隆起区西段主要出露海西期花岗岩系,其次为下古生界巨厚的变质岩系(绿片岩、二云石英片岩、绢云石英片岩、绿帘石英片岩、石英岩及含铁石英岩等)东段则是以侏罗系上统张家口组的火山岩系为主。盆地东北部的大兴安岭隆起区主要出露侏罗系上统(兴安岭群)的火山岩系,其次为上石炭、下二叠统的海相碎屑岩和灰岩建造。位于盆地中央的苏尼特隆起区在阿巴嘎旗以西,主要为海西期花岗岩,其次为上石炭统、下二叠统海相碎屑岩、灰岩和下古生界的变质岩系,其东为大面积玄武岩,古生界零星出露。另外,在拗陷内部还有一些大小不等的古凸起“古鼻子”和古残山,它们均是湖盆内部的碎屑物质来源地。

沉积相研究表明,在下白垩统沉积过程中,湖盆两岸各类扇体成群分布,隔水对峙,单个砂体规模一般较小,向湖盆中心延伸5~7km,便快速消亡,平行湖岸延伸长度约10km,面积多数为50km²左右,少数达100km²(图1-2)。阿尔善组在28个凹陷中共分布大小扇体42个,总面积17323km²,占沉积总面积的64%。腾格尔组在30个凹陷共有扇体130个,总面积为17335km²,占沉积总面积44%。都红木组在30个凹陷共有大小扇体121个,总面积为22943km²,占沉积总面积57.5%。在岩性剖面上,以大段砂砾岩集中出现为特征,厚度大,岩性粗,占地层百分比高。

综上所述可知,下白垩统沉积严格受古地形的制约,具有多物源、近物源、小水系、粗碎屑和母岩类型多,成分杂等特征。

3. 低成分、低结构成熟度的岩石类型

二连盆地是一个由众多长条状小湖盆构成的盆地群,具有近物源、多物源、小水系、粗碎屑和火山活动频繁等沉积背景,从而形成了一套特殊的岩石类型——低成分、低结构成熟度的砂砾岩。

无论是早期快速充填沉积阶段的阿尔善组,还是中期相对稳定沉积阶段的腾格尔组和都红木组,或是晚期湖盆衰亡时期的赛汉塔拉组,都表现出高岩屑含量(30%~70%),并以中基性火山喷出岩、酸性喷出岩、凝灰岩、花岗岩和变质岩岩屑高含量为主要特征。由于各时期的沉积构造背景不同,从而出现不同的岩石类型。总的特征是,阿尔善组以岩屑砂岩、岩屑砾岩和长石岩屑砂岩为主,腾格尔组以岩屑长石砂岩和混合砂岩为主,都红木组以长石砂岩为主,赛汉塔拉组以岩屑长石砂岩和长石砂岩为主(表1-6)。在平面分布上,由于不同地区出露地层岩性不同,各地显示出不同的岩石组分。例如,在周边分布大面积花岗岩露头区的额仁淖尔凹陷,其碎屑组分中以高含量的花岗岩岩屑为特征,砾石成分以石英砾为主;周边以变质岩母岩区为主的赛汉塔拉凹陷,其岩屑组分以高含量的变质岩屑为特征;又如周边以火山岩、凝灰岩发育的阿南等凹陷,其岩屑组分则以高含量的中基性喷出岩岩屑和凝灰岩岩屑为标志(表1-6)。

表现在粗碎屑岩的岩石结构成熟度方面,无论是扇三角洲和辫状河三角洲相砂体,还是近岸水下扇和湖底扇相砂体,突出地显示出低结构成熟度,分选性以差、中等一差和中等为主要特点。砂岩粒级范围宽,粒度概率曲线中的跳跃总体含量较低(40%~70%),斜