

阜康凹陷 侏罗系头屯河组 成藏要素剖析

FUKANGAOXIAN
ZHULUOXI TOUTUN HEZU
CHENGANG YAOSU POUXI

■ 石好果 著

天津出版传媒集团

 天津科学技术出版社

阜康凹陷侏罗系头屯河 组成藏要素剖析

石好果 著

天津出版传媒集团
 天津科学技术出版社

内容提要

本书针对近年来胜利油田在准噶尔盆地阜康凹陷中4区块油气勘探实践中遇到的复杂地质问题进行了系统梳理和总结,指出了阜康凹陷侏罗系头屯河组油气成藏存在在圈源分离、时空匹配差、储层物性变化快等不利地质因素,首次详细阐述了烃源岩、输导条件等油气成藏要素的评价技术、方法,明确了阜康凹陷侏罗系头屯河组油气成藏主控因素及其有利时空配置关系。

本书可供石油科学和油气勘探开发领域的科研工作者及地质、石油院校的学生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

阜康凹陷侏罗系头屯河组成藏要素剖析/石好果著. --

天津:天津科学技术出版社,2016.12

ISBN 978-7-5576-2044-8

I. ①阜… II. ①石… III. ①侏罗纪-油气藏形成-研究-阜康 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第297935号

责任编辑:王彤

责任印制:王莹

天津出版传媒集团



天津科学技术出版社出版

出版人:蔡颢

天津市西康路35号 邮编 300051

电话(022)23332674

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

山东金鼎彩印有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.5 字数 150 000

2016年12月第1版第1次印刷

定价:48.00元

前 言

阜康凹陷是准噶尔盆地的一个负向构造单元，主力烃源岩侏罗系八道湾组分布面积广，厚度大，丰度高。具有优越的油气源条件。中国石油化工集团公司 2004 在阜康凹陷蔡家湖构造带利用二维地震部署的首口预探井，在侏罗系头屯河组获得高产油气流，首获成功，但接下来的近 10 年间，利用三维地震部署的 8 口预探井、评价井，钻探效果均不理想。

勘探实践证实，阜康凹陷油气地质复杂程度远远超乎想象，胜利油田接手该区油气勘探工作以来，在虚心学习、认真吸收中石油在邻区勘探经验的基础上，先后利用承担的十二五国家重大专项、集团公司课题潜心研究准噶尔盆地腹部负向构造单元油气成藏主控因素、富集规律，系列研究成果有效指导了油气勘探实践，2015 年再次在阜康凹陷侏罗系头屯河组获得高产商业油流，为该区持续高效油气勘探提升了信心，提供了理论技术支撑。

本书是在总结胜利油田近年来承担的“十二·五”国家重大专项课题、集团公司课题部分理论、技术研究成果与实际钻探成果分析的基础上编写而成的，本书首次针对近年来胜利油田在准噶尔盆地阜康凹陷中部 4 区块油气勘探实践中遇到的复杂地质问题进行了系统梳理和总结，指出了阜康凹陷侏罗系头屯河组油气成藏存在在圈源分离、时空匹配差、储层物性变化快等不利地质因素，详细阐述了头屯河组油气成藏要素的评价技术、方法、关键参数，明确了阜康凹陷侏罗系头屯河组油气成藏主控因素及其有利时空配置关系。该成果来源于生产，应用于生产，对

阜康凹陷的油气勘探部署起到了很好的指导作用,对具有类似石油地质条件的油气勘探区带也能够提供良好的借鉴意义。

本书共分六章。第一章简要介绍了阜康凹陷地层发育和构造演化特征。第二章在烃源岩及原油地球化学特征研究的基础上,阐明了阜康凹陷中4区块侏罗系头屯河组油气主要来自侏罗系八道湾组而非二叠系的观点,根据储层流体包裹体荧光薄片及均一温度实验结果,提出了头屯河组具有与主力烃源岩生排烃成期不匹配的两期成藏期次。第三章首次进行了侏罗系成藏动力学子系统的划分,并通过研究不同成藏动力学子系统流体地球化学特征,剖析了阜康凹陷中4区块侏罗系头屯河组油气成藏过程。第四章利用三维地震资料,通过对断层进行闭合和参数求取,明确断层参数特征及差异性,优选断层输导评价方法,定量评价区不同时期断层的开启性,指出了有利断裂发育区。第五章融合岩芯相-测井相-地震相和岩石地球物理分析技术、优化储层地震属性预测技术,刻画了不同期次砂体的平面展布,并评价了头屯河组砂体的输导性能。第六章在成功井和失利井分析的基础上,总结了圈源分离、时空匹配性差的头屯河组油气成藏主控因素,建立了与勘探实践相符的阜康凹陷侏罗系油气成藏模式。

此书在编辑出版过程中得到胜利油田高级专家、林会喜教授的指导,以及魏恒飞、任新成、程长领、刘德志、王侠、刘振阳等同志的帮助,在此一并感谢!

鉴于编者在理论水平和工作领域的局限,书中难免存在不足和错误,欢迎广大读者批评指正。

石好果

2016年10月

目 录

第一章 区域地质概况.....	1
第一节 地层特征.....	2
1. 八道湾组.....	3
2. 三工河组.....	6
3. 西山窑组.....	7
4. 头屯河组.....	8
第二节 构造特征.....	8
1. 区域构造演化特征.....	8
2. 盆地腹部构造特征.....	10
第二章 油气来源分析.....	16
第一节 烃源岩生烃潜力.....	16
1. 烃源岩有机质丰度.....	16
2. 烃源岩有机质类型.....	22
3. 烃源岩有机质成熟度.....	24
第二节 烃源岩抽提物地球化学特征及分类.....	31
1. 萜烷类特征.....	31
2. 甾烷类特征.....	32

3. 烃源岩类型	34
第三节 原油地球化学化学特征及来源	36
1. 原油地球化学特征	36
2. 原油来源	39
第四节 油气成藏期次	40
第三章 成藏动力学划分及成藏过程分析	44
第一节 侏罗系层序地层格架	45
1. 层序界面识别标志	45
2. 单井层序地层分析	49
3. 地震层序地层分析	52
4. 层序地层格架中沉积体系特征	55
第二节 异常高压	56
1. 现今压力场分布特征	56
2. 单井测井计算地层压力特征	57
第三节 成藏动力学子系统划分	73
第四节 成藏过程梳理	76
1. 不同成藏动力学子系统间地球化学响应	76
2. 成藏过程梳理	80
第四章 断层有效性评价	82
第一节 断裂闭合及断层参数求取	82
1. 断面闭合解释	82
2. 断层特征	84

3. 断层参数求取	88
第二节 断裂有效性评价公式的选取	92
1. 断层输导有效性评价系数 (KF)	93
2. 断层启闭系数 C	94
第三节 断裂有效性评价参数计算	95
1. 断层几何要素	96
2. 断面正应力	98
3. 泥岩涂抹因子	100
4. 泥岩流体压力计算	101
第四节 不同时期断层有效性评价	104
1. 断层有效性评价标准	104
2. 不同级别断层有效性特点	107
3. 不同时期断层有效性特征	108
第五章 输导层评价	111
第一节 岩芯相-测井相-地震相	111
1. 岩芯相特征	111
2. 测井相	117
3. 地震相分析	120
第二节 储层预测分析	121
1. 储层岩石物理分析	121
2. 储层特征识别研究	125
3. 储层地震预测	131
4. 沉积相平面展布特征	132

第三节 储集砂体特征	133
1. 砂体类型	133
2. 储层物性特征	136
第六章 成藏主控因素及有利勘探目标.....	138
第一节 失利井和成功井分析	138
第二节 成藏主控因素分析	141
1. 有效断层是头屯河组成藏的关键因素	141
2. 异常压力是形成头屯河组油气藏的重要因素	143
3. 良好的圈闭类型是头屯河组油气富集的主要场所	145
4. 河道和河口坝是头屯河组油气成藏的优势相	146
5. 构造运动作用对头屯河组油气聚集具有重要的作用	147
第三节 油气成藏模式	148
结 论.....	150
参考文献.....	152

第一章 区域地质概况

准噶尔盆地是位于北天山以北，夹持在扎依尔和青格里底山、克拉美丽山之间的内陆盆地，呈三角形，面积约 $13 \times 10^4 \text{km}^2$ 。准噶尔盆地可划分为乌伦古坳陷、中央坳陷、陆梁隆起、东部隆起、西部隆起、北天山山前冲断带等七个一级构造单元。各坳陷和隆起分别由若干个凹陷、凸起或断褶带、断阶构成（图 1-1）。

本次研究的区块是中部 4 区块，勘探面积 2891.1km^2 ，三维覆盖面积 2109.51km^2 。目前区内完钻探井 12 口，以侏罗系构造—岩性复合油气藏为主要勘探目标。中 4 区块位于昌吉回族自治州境内，构造上处于中央坳陷阜康凹陷及其东、北斜坡带，北邻白家海凸起，南邻北天山山前第三排构造带的阜康断裂带。目的层埋藏深，构造形态相对比较简单，但构造演化和埋藏历史比较复杂。因此，目标评价和勘探难度比较大。

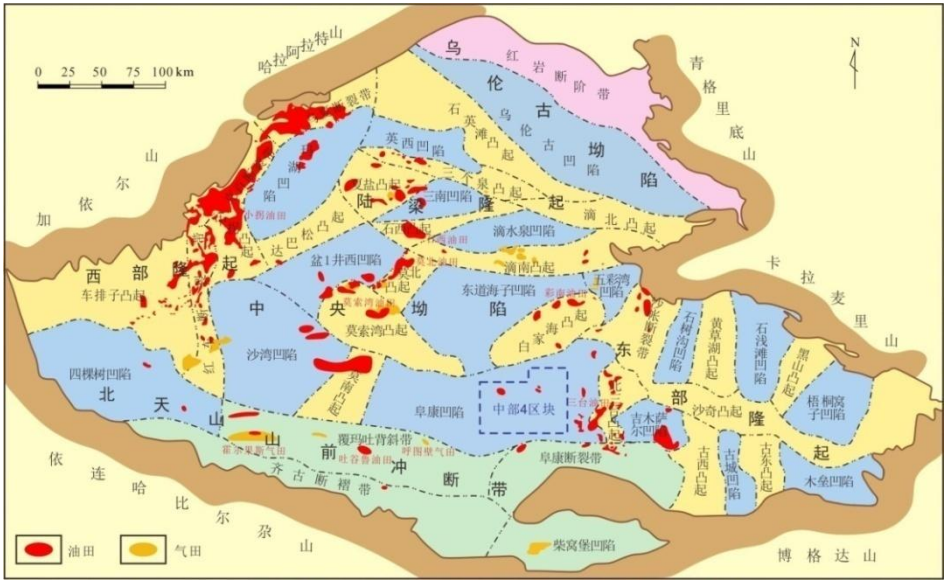


图 1-1 准噶尔盆地构造分区图（据张善文，2013；隋凤贵，2015）

第一节 地层特征

准噶尔盆地侏罗系分布非常广泛，具有多沉积、沉降中心的特点，中央拗陷的阜康凹陷和乌伦古拗陷是主要的沉降中心，最大厚度分别在 3500m 和 2500m 以上，沉积厚度由中心向陆梁隆起及盆地四周地层逐渐减薄。下侏罗统八道湾组主要厚度中心位于阜康凹陷、盆参 2 井西、乌伦古拗陷，可达 800m 以上；下侏罗统三工河组主要厚度中心与八道湾组基本相似，可达 700m 以上；中上侏罗统主要厚度中心发生了一定

的迁移，主要位于阜康凹陷和乌伦古坳陷，最大厚度分别在 2 000m 和 1 500m 以上。

侏罗纪时期沿车排子-莫索湾-滴西形成一系列的低凸起，并在侏罗纪晚期遭受剥蚀，形成沿该带分布的一系列中上侏罗尖灭带。经过喀拉扎期盆地抬升后，白垩纪整个盆地下沉，结束了盆地南北分隔的局面，形成了以盆地西南部为沉积中心的统一整体。虽然不同地区由于接受沉积的时间和环境上的差异，致使各地区的地层表现出了一定的差别，但各地区在沉积的响应上仍具很大的相似性，特别是吐谷鲁群在各地的沉积厚度均很大。沉积厚度中心阜康凹陷西南部最厚可达 3 000m 以上，并且地层厚度向北和周缘逐渐减薄。

准噶尔盆地自下而上发育石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系。侏罗系可进一步划分为下侏罗统八道湾组、三工河组，中侏罗统西山窑组、头屯河组，上侏罗统齐古组、喀拉扎组（表 1-1）。下面主要叙述研究区内侏罗系发育特征。

1. 八道湾组

八道湾组总体结构为上、下两套含煤地层，中部为湖泊相或湖泊-三角洲相暗色泥岩夹薄层砂岩，可以进一步划分为八道湾组一段(J_1b_1)、八道湾组二段(J_1b_2)和八道湾组三段(J_1b_3)，盆地内大部分地区有此特点。该套地层在盆地腹部向西、东北、东南逐渐减薄，并在庄 1 井北、屯 1 井南存在两个厚度中心，最厚可达 700m 以上，与下伏三叠系不整合接触。

八道湾组一段为一套河流相沉积序列，由灰白、浅灰绿色砾岩，浅

黄绿、灰绿色中粗砂岩与灰绿、黄绿色细粉砂岩组成多个岩性正旋回，每个旋回的上部或顶部夹有碳质泥岩或夹煤层、煤线，局部夹菱铁矿、铁质砂岩，由下往上煤层逐渐增多增厚，产植物化石；

八道湾组二段为深灰色泥岩、含砾泥岩夹深灰绿色泥质细、粉砂岩及薄层泥灰岩、叠锥灰岩，泥岩具水平层理，纹理；自下而上岩性逐渐变粗，上部以灰绿、黄绿色泥质粉砂岩、细砂岩为主夹深灰色粉砂质泥岩、薄层泥灰岩，顶部出现少量中粗粒砂岩和碳质泥岩，产双壳类和大孢子等。

八道湾组三段为黄绿、灰绿色中—厚层状中粗粒砂岩与同色细、粉砂岩，深灰色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层，夹灰黑色碳质泥岩、煤层或煤线以及菱铁矿、铁质砂岩、泥灰岩，砂岩发育大型交错层理，粉砂岩、泥岩具水平层理，富含动植物化石。

表 1-1 盆地腹部地层发育特征表

界	系	统	地层	主要岩性	
新生界	第四系		西域组	灰色砾岩夹灰黄色砂泥岩	
		新近系	上新统	黄褐色泥岩、砂岩夹灰黄、灰绿色砂岩、砾岩	
			中新统	塔西河组	灰绿色泥岩、砂岩夹介壳灰岩
				沙湾组	褐红色泥岩夹灰绿色砾岩及灰白、褐黄色砂岩
	古近系	渐新统	安集海河组	西部为深灰绿色、灰黑色泥岩夹介壳灰岩；东部为灰绿、黄绿、褐红等杂色泥岩、砂岩夹少量砂砾岩	
		始新统			
		古新统	紫泥泉子组	红色、褐色泥岩及灰色砾岩夹砂岩；底部为灰质砾岩	
中生界	白垩系	上统	东沟组	砖红、褐红色砂质泥岩、砂岩、砾岩互层	
		下统	吐谷鲁群	灰绿、棕红色泥岩、砂岩组成不均匀互层；底部为灰绿色砾岩	

续表

中生界	侏罗系	上统	喀拉扎组		棕褐色砾岩，底部褐红色砂岩，向北变为灰绿色砂岩
			齐古组		棕红色、紫色泥岩与砂岩互层。上部以泥岩为主，底部夹有凝灰岩薄层
		中统	头屯河组		杂色泥岩、砂岩互层夹煤线和泥灰岩
			西山窑组		灰绿色砂岩、泥岩互层夹砾岩与煤层
		下统	三工河组		灰黑、灰绿色泥岩夹薄层砂岩与叠锥灰岩
			八道湾组		上部砂、泥岩互层夹煤层；中部深灰色泥岩；下部砂砾岩及煤层
	三叠系	上统	小泉沟群	郝家沟组	黄绿、灰绿色砂岩、砾岩夹泥岩、灰质泥岩
				黄山街组	上部为黄绿、灰绿色砂岩、砾岩夹泥岩、碳质泥岩；下部灰黄、暗灰绿色泥岩，局部地区有底砾岩
		中统		克拉玛依组	灰绿、黄绿砂岩、泥岩夹碳质泥岩；下部杂色泥岩条带；底部见砾岩，局部含火山岩夹层
		下统	上仓房沟群	烧房沟组	紫红色砂岩、砾岩夹棕红色泥岩
				韭菜园子组	棕红色泥岩夹灰绿色、紫灰色砂岩
				锅底坑组	灰绿色、黄绿色、灰黑色夹紫红色粉砂质泥岩、泥岩夹粉砂岩及少量细砂岩
古生界	二叠系	上统	下仓房沟群	梧桐沟组	灰绿色砂岩、泥岩互层夹灰岩、泥灰岩，局部夹砾岩，红色泥岩
				泉子街组	紫红色砾岩、褐色泥岩夹灰绿色泥岩、砂岩
				红雁池组	以灰绿、灰黑色泥岩、页岩为主，夹灰绿色砂岩，中部夹薄层灰岩
		中统	上茆茆槽子群	芦草沟组	上部灰黑色页岩、油页岩互层，夹多层白云质灰岩；下部黑褐色中细粒砂岩、砂质泥岩与油页岩互层
				井井子沟组	灰、灰绿色砂岩、泥岩互层，夹凝灰质砂岩和砾岩
				乌拉泊组	灰绿色长石砂岩夹灰质砂岩、砾岩
				塔什库拉组	灰绿色、深灰色泥岩及砂岩夹鲕粒灰岩、碳质泥岩
		下统	下茆茆槽子群	石人子沟组	深灰、灰绿色砾岩、砂岩、泥岩、灰岩
				祁家沟组	灰、深灰色灰岩、生物灰岩夹泥岩
	石炭系	上统	柳树沟组		以厚层块状中酸性火山喷发岩为主，夹薄层灰岩

八道湾组煤系地层在盆地不同地区发育程度不同,以南缘较为发育,煤层厚度大,在吉木萨尔、吉尔加特河等地区煤层最厚;西北缘、东北缘八道湾组煤层不发育,仅见到薄煤层和煤线。除盆地南缘东部及腹部部分地区八道湾组与下伏地层连续沉积外,盆地大部分地区八道湾组不整合于三叠系之上。八道湾组岩性岩相比较稳定,厚度变化较大,在中部 I 区块一般厚度在 550~750m,玛纳斯河地区厚度为 625m,向东西减薄,在头屯河地区增大至 796.28m,南缘东部厚度在 167~1000m,东北缘西大沟剖面厚 210.54m,西北缘吐孜阿克内沟厚度为 182.75m。

2. 三工河组

在盆地南缘三工河剖面三工河组为 4~5 套巨厚的灰绿、黄绿色块状砂岩夹砾岩与大套深灰、灰绿色粉砂质泥岩,灰黄、灰绿色薄-中厚层状细、粉砂岩互层,上下两套细粒沉积中夹有灰黑色碳质泥岩或煤线,底部尚有薄煤层,总体上以湖泊—三角洲相沉积为主体,无工业煤层。在准噶尔盆地边缘地带,其底部普遍夹碳质泥岩或煤线。在三工河至玛纳斯河以及盆地内大部分地区井下,该组可进一步划分为三工河组一段(J_1s_1)、三工河组二段(J_1s_2)和三工河组三段(J_1s_3)三个岩性段。三工河组三段为大套暗色泥岩、粉细砂岩交互沉积;三工河组二段为多发育一套巨厚的砂岩夹砾岩、砂质泥岩条带,局部为砾岩,纵横向上分布稳定,是地层对比的良好标志;三工河组一段以半深—深湖相暗色泥岩、页岩为主,夹细砂岩、粉砂岩,局部夹中粗砂岩或砾岩透镜体,中部岩性细,上、下部相对较粗,底部常夹有碳质泥岩或煤线,纵向上构成一个完整的水进水退沉积旋回,横向分布稳定。

在准噶尔盆地西北缘地表和东北缘地区三工河组层序不完整,只发育一个水进水退沉积旋回,缺失相当于准噶尔盆地南缘三工河组下段的沉积。该组在三工河—玛纳斯河地区厚度较大,三工河剖面 749.74m,郝家沟剖面 487.47m,玛纳斯河达 882m,向东西减薄,东北缘西大沟剖面厚度为 165.32m,西北缘吐孜阿克内沟剖面本组厚 136.25m。产孢粉、双壳类、叶肢介、植物等化石,上段与下段化石面貌差异较大,局部地区三工河组下段见到相当丰富的介形类和腹足类化石,另外,在该组上段的深灰或灰黑色页岩中含数量极多但分类位置不明的类似“昆虫”的化石,其特征与八道湾组中段所含小个体“昆虫”有些类似。

3. 西山窑组

为一套湖沼相的煤系地层,主要岩性为灰色、深灰、灰绿色泥岩、粉砂岩与黄绿、浅灰、灰白色砂岩或含砾砂岩互层,夹灰黑色碳质泥岩、煤层及菱铁矿,底部一般为灰白色或浅灰色厚层—块状砂岩或砂砾岩,局部地区为杂色砾岩,因此其底界岩性标志明显,界线清楚。厚煤层普遍集中在中下部,是良好的区域性对比标志,上部则多为薄煤层或煤线,西北缘克乌断裂带上盘煤层不发育,盆地腹部莫索湾凸起上地层很薄,局部缺失。盆地南缘及东北缘可见大面积煤层自燃并形成烘烤层,是准噶尔盆地的主力煤层。该组岩相岩性比较稳定,厚度变化大,玛纳斯河地区厚达 1019m,向东西减薄,乌鲁木齐郝家沟剖面厚度为 244.91m,三工河剖面厚度 611.59m,东北缘西大沟剖面减至 137.45m,西部颗粒粗,砾岩显著增加,西北缘地面和莫索湾凸起缺失该组。富产含植物、孢粉以及双壳类、大孢子化石。

4. 头屯河组

岩性总体上为一套河湖相砂砾岩、细-粉砂岩、泥岩交互而上、下粗中部细的杂色沉积，中部夹泥灰岩及碳质泥岩或煤线。盆地南缘地区可进一步划分为上、下两段，下段岩性主要为河流相的黄绿、灰绿色砂砾岩与杂色泥岩、细、粉砂岩不等厚互层，化石稀少；上段为灰绿、灰、深灰色泥岩、细砂岩、粉砂岩夹泥灰岩、钙质砂岩，底部附近尚夹碳质泥岩或煤线，上部夹紫红、褐红色泥岩、粉砂岩条带。含较丰富的动植物化石，常见化石有双壳类、叶肢介、介形类、植物和孢粉。

第二节 构造特征

1. 区域构造演化特征

准噶尔盆地是一个在古生代地体之上形成的以晚古生代—中、新生代陆相沉积为主的大型叠合盆地，纵向上为多期不同性质盆地的叠加。从二叠纪到第四纪，准噶尔沉积盆地构造发展演化在海西期褶皱基底之上，经历了晚海西、印支—燕山、喜山三次大的构造运动，根据区域地质资料、较大的不整合和沉积演化特征可以将盆地划分为三个构造演化阶段，即：晚石炭世—二叠纪碰撞前陆盆地阶段、三叠纪—早第三纪内