

UNIVERSITY OF

石油大学（北京）学术专著系列

大型高原内陆咸化湖盆断裂 控烃机制与控藏模式

罗 群 张永庶 汪立群 著



科学出版社

中国石油天然气股份有限公司重大科技专项“柴达木盆地
建设千万吨油气田综合配套技术研究”成果

大型高原内陆咸化湖盆断裂 控烃机制与控藏模式

罗 群 张永庶 汪立群 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书描述柴达木盆地的区域地质背景与盆地成因类型、断裂控烃的野外证据、主要断裂特征及其控烃作用、典型油气藏的断裂控烃特征、断裂控烃模拟实验、断裂输导体系的控烃作用、复合含油气系统与断裂、重点区带预测八部分;力图针对“现今海拔高、古地形差异大、古气候干燥偏冷、古湖水盐度分异强、古构造样式复杂、新构造运动强烈”等高原咸化湖盆独特地质条件,开展对柴达木盆地成因类型、构造演化、成藏主控因素、油气输导条件及其富集规律进行研究与探索;有力地促进了我国高原咸化湖盆油气成藏理论的形成。

本书可供石油地质及相关专业的院校师生、石油企业从事勘探开发的科技工作者和管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

大型高原内陆咸化湖盆断裂控烃机制与控藏模式/罗群,张永庶,汪立群著. —北京:科学出版社,2018. 1

ISBN 978-7-03-054866-5

I. ①大… II. ①罗…②张…③汪… III. ①柴达木盆地-地质断层-油气藏形成-研究 IV. ①P618. 130. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 254973 号

责任编辑:万群霞 / 责任校对:桂伟利
责任印制:师艳茹 / 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>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

※

2018 年 1 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2018 年 1 月第一次印刷 印张:17.5 插页:12

字数:360 000

定价:158.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

柴达木盆地是我国青藏高原北部的大型内陆高原咸化湖盆,地面平均海拔3000m,有效勘探面积为9.6万 km^2 ,沉积岩厚度达1万m,具有侏罗系煤系烃源岩、古近系-新近系油源岩和第四系生物气源岩三套含油气系统,油气资源十分丰富。经过60多年艰苦的勘探开发实践,目前已开发油气田26个,生产油气700万 t/a 油当量。“十三五”规划期间计划生产油气1000万 t/a 油当量,为青藏高原油气资源的开发作出了特殊的贡献,同时积累了丰富的生产资料和地学研究成果,为形成高原咸化湖盆油气成藏理论奠定坚实的基础。

中国石油大学(北京)罗群博士等以自己的野外调查成果为素材,结合中国石油青海油田分公司勘探开发研究院的地震地质解释剖面和中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室的物理模拟实验,以断裂控烃的思维为指导,针对高原咸化湖盆地质特点,对柴达木盆地的成因类型、演化特征、油气输导体系、运聚成藏与分布规律及含油气系统等进行研究与总结,初步探索柴达木高原咸化湖盆油气成藏与富集模式,撰写《大型高原内陆咸化湖盆断裂控烃机制与控藏模式》一书,对高原咸化湖盆油气成藏机理与分布规律进行有益探索。

该专著的出版将为石油地质工作者和石油院校师生在断裂控烃理论方面提供一份有价值的参考资料。



中国科学院院士

2017年10月

前 言

世界上不乏内陆咸化含油气湖盆,但大型高原内陆咸化富油气沉积盆地绝无仅有,那就是著名的柴达木盆地。柴达木盆地位于“世界屋脊”青藏高原的北部,以其独特的地质风格和丰富的油气资源,牢牢地吸引着全世界的目光。

为了深刻揭示柴达木盆地独特的地质特征,探索其特殊的油气成藏条件与分布规律,自 20 世纪 60 年代开始,中国石油青海油田分公司(简称青海油田)与中国石油大学(北京)等单位进行长期产学研合作,在区域成盆背景、沉积地层格局、构造演化过程、油气成藏分布等方面取得一系列重要进展和成果,在柴达木盆地油气勘探领域多次获得重大突破,初步形成高原咸化湖盆油气地质理论,其基本内涵是:柴达木盆地自中、新生代以来处于由拉张断陷到长期挤压凹陷、再到强烈挤压随青藏高原隆升背景之下,由于盆地动力系统转换,形成原型盆地开启—封闭的演化格局及世界上海拔最高的大型陆相咸化含油气盆地,具有独特的地质背景和鲜明的石油地质特征,奠定了高原咸化湖盆石油地质理论的基础。柴达木盆地的地质特殊性主要表现在现今海拔高、古湖水盐度大、古地形高差大、古气候干燥、古水深变化频繁、古构造样式复杂、现今构造运动强烈等方面,这些特征造就了大型高原咸化湖盆混合封闭沉积、深水成盐、咸化厚层泥质地层分布与复合区域动力系统,这些特征也决定了:①盆内双重构造的盆地结构特点;②烃源岩丰度虽低,但类型好、转化率较高,造就了独特的咸化源灶的生烃机制;③储层胶结作用普遍,岩性致密但裂缝发育,大大改善了储集条件;④断裂活动频繁,油气输导体系类型多,油气多期运聚,以晚期成藏为主;⑤双重构造体系的上下结构有利于油气聚集,后期破坏强烈;⑥以上特点形成“盆缘和盆内”、上下结构、常规与非常规等多种油气成藏机制和油气有序聚集与分布模式。这些独特的地质特征和鲜明的油气成藏与富集风格造就了柴达木盆地复杂的油气成藏条件,具有巨大的油气勘探潜力。

断裂活动及其控盆、控烃、控藏作用显著是柴达木盆地的一个重要特色,其成果也是柴达木高原咸化湖盆石油地质理论中一个极具特色的重要组成部分。近年来,中国石油大学(北京)的科研人员和中国石油青海油田分公司的专家就断裂与柴达木盆地油气成藏及其分布的关系进行深入研究,取得一些重要的理论认识,提出断裂控烃的理论框架,补充和完善柴达木大型高原咸化湖盆油气成藏理论。本书以柴达木盆地的断裂控盆、控烃、控藏机制研究成果,阐明大型高原内陆咸化湖盆独特的油气成藏与分布基本特征。

本书是在前人工作的基础上,对笔者多年研究成果与认识进行深化总结而成。

力图针对陆相高原咸化湖盆独特地质条件,对断裂活动与柴达木盆地成因类型、构造演化、成藏主控因素、油气输导条件及其富集机制的内存联系进行研究与探索。

感谢为本书提供具体数据和资料的中国石油青海油田分公司勘探开发研究院和中国石油大学(北京)的资料管理部门,以及胡勇、王铁成、徐子远等专家学者,也感谢中国石油大学(北京)学术专著出版基金对本书出版的支持。中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室为本书的成藏模拟实验提供了宝贵的支持,研究生汤国民做了大量资料收集、绘图和初步分析工作,一并表示感谢。

最后,特别感谢我的恩师李德生院士,关于柴达木盆地的研究是在他的鼓励和指导下完成的。

由于水平有限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请同行批评指正。

罗 群

2017年9月

目 录

序

前言

第 1 章 区域地质背景与盆地成因类型及演化恢复	1
1.1 区域地质背景	1
1.1.1 区域地质条件	1
1.1.2 柴达木盆地地层发育基本特征	2
1.2 盆地成因类型	3
1.2.1 前人的主要观点	3
1.2.2 研究采用的观点及依据	7
1.3 柴达木盆地北缘中生界剥蚀厚度恢复及地质意义	9
1.3.1 柴北缘西部中生界剥蚀量研究的意义	10
1.3.2 中生界剥蚀量的定量恢复	11
第 2 章 柴达木盆地断裂控烃的野外证据	18
2.1 断裂控盆的野外考察依据	18
2.1.1 昆仑山与柴达木盆地的盆山耦合关系——狼牙宽沟沟口	18
2.1.2 阿尔金山斜坡次级断裂控盆现象——彩石岭地貌	21
2.1.3 苏干湖盆地与阿尔金山之间的盆山关系——当金山口地貌	21
2.2 断裂控运的野外证据	24
2.2.1 干柴沟西南侧油苗及其成因	24
2.2.2 开特米里克构造顶部油浸裂缝现象	24
2.2.3 鄂博梁一号构造轴部油气显示	25
2.3 断裂控储的野外证据	26
2.3.1 构造轴部裂缝分布	26
2.3.2 断裂构造带及断控牵引褶皱的裂缝发育特点	28
2.4 断裂控保的野外证据	29
2.4.1 断裂破坏油气藏的野外证据	29
2.4.2 断裂保存油气藏的野外证据——油砂山浅层油田(藏)保存至今是断层 活动的结果	32
第 3 章 柴达木盆地主要断裂特征及其控烃作用	35
3.1 盆地基底断裂	35

3.2	主要控藏断裂分布特征	36
3.2.1	平面分布特征	36
3.2.2	断裂纵向分布特征	45
3.3	断裂成因类型与断裂样式	46
3.3.1	断裂成因类型	46
3.3.2	断裂样式	48
3.4	断裂系统	49
3.4.1	祁连山山前冲断断裂系统	49
3.4.2	冷湖-鄂博梁反 S 形压扭断裂系统	51
3.4.3	阿尔金山前羽状剪切(走滑)断裂系统	52
3.4.4	南翼山-碱山斜列断裂系统	53
3.4.5	昆北压陷断阶带断裂系统	55
3.5	断裂控烃控藏宏观特征	57
3.5.1	断裂控烃(源)特征	57
3.5.2	断裂的控圈特征	59
3.5.3	断裂的控藏特征	61
3.6	主要控藏断裂特征与断裂发育模式	64
3.6.1	主要控藏断裂基本特征	64
3.6.2	断裂发育史恢复与断裂发育模式	79
第 4 章	典型油气藏的断裂控烃特征	87
4.1	冷湖-鄂博梁反 S 形压扭断裂系统区	87
4.1.1	鄂博梁Ⅲ号构造气藏	87
4.1.2	南八仙构造气藏	104
4.2	阿尔金山前羽状剪切(走滑)断裂系统区	109
4.2.1	天然气来源分析	109
4.2.2	东坪气藏的成藏特征	111
4.3	南翼山-碱山斜列断裂系统区	113
4.3.1	南翼山区域概况	113
4.3.2	南翼山天然气藏特征分析	114
4.3.3	南翼山构造输导体系研究	120
4.3.4	成藏模式的建立	121
4.4	祁连山山前冲断断裂系统区	123
4.4.1	概况	123
4.4.2	源储组合	123
4.4.3	沉积与储层特征	123

4.4.4 输层体系与天然气运聚成藏恢复	125
4.5 柴北缘浅层滑脱断裂下盘油气富集特征及其控藏模式	126
4.5.1 柴北缘断裂基本特征	126
4.5.2 柴北缘油气藏分布特征	128
4.5.3 柴北缘浅层滑脱断裂下盘富集油气的原因及其成藏模式	129
4.5.4 柴北缘滑脱断裂下盘控藏模式	131
4.6 油气成藏与断裂关系	132
4.6.1 天然气成藏与断裂关系	132
4.6.2 断裂与典型油气藏关系总结	133
4.6.3 柴达木盆地断裂控烃模式与我国东部含油气盆地断裂控烃模式的 比较	137
第5章 柴达木盆地断裂控烃模拟实验	139
5.1 断裂控油模拟实验	139
5.1.1 问题的提出	139
5.1.2 地质模型	139
5.1.3 柴北缘地区油气运聚成藏物理模拟实验	141
5.1.4 石油运聚模拟实验结果总结及其地质意义	156
5.2 断裂控气模拟实验	161
5.2.1 模拟装置介绍	161
5.2.2 鄂博梁Ⅲ号构造气藏形成过程物理模拟实验	165
5.2.3 东坪构造气藏物理动态模拟实验	187
5.2.4 马仙构造物理实验模拟	197
5.2.5 马仙天然气运聚模拟实验的创新点及实验机理总结	210
第6章 柴达木盆地断裂输导体系的控烃控藏作用	214
6.1 断裂输导体系的概念与类型	214
6.1.1 断裂输导体系	214
6.1.2 断裂输导体系的类型	214
6.2 断裂输导体系控藏机理与模式	220
6.2.1 断裂输导体系的控藏特征	221
6.2.2 柴达木盆地西北部主要断裂输导体系	228
6.3 断裂输导体系控藏模式——柴达木高原咸化湖盆油气运聚成藏 模式	231
第7章 柴达木盆地复合含油气系统与断裂	236
7.1 柴达木盆地复合含油气系统的划分	236
7.1.1 复合含油气系统的概念	236

7.1.2 柴达木盆地复合含油气系统的划分原则	237
7.2 划分结果及各复合含油气系统基本特征	237
7.2.1 北缘复合含油气系统	242
7.2.2 中部(柴达木西区)复合含油气系统	242
7.2.3 昆北复合含油气系统	243
7.3 断裂(系统)在复合含油气系统形成与演化中的重要作用	244
第8章 重点区带预测	245
8.1 石油勘探重点区带——柴达木盆地腹地	245
8.1.1 柴达木盆地腹地油气成藏条件	245
8.1.2 重点区带——中南隆起区成藏条件分析与目标预测	246
8.2 天然气勘探重点区带——柴北缘西区	252
8.2.1 有利气藏区带预测	252
8.2.2 重点目标优选	254
参考文献	266
彩图	

第 1 章 区域地质背景与盆地成因类型及演化恢复

含油气盆地的油气资源潜力、油气藏形成机制与分布特征归根结底受控于该地区的地质背景、成因类型及其演化过程,要合理评估盆地油气资源、揭示其油气藏形成机制、客观总结油气分布规律,首选应清楚该盆地的区域地质背景、成因类型及其演化历史。

1.1 区域地质背景

1.1.1 区域地质条件

柴达木盆地位于青藏高原北部,盆地面积 12.1 万 km²,是我国十大内陆盆地之一。地理位置为东经 90°00′~98°20′,北纬 35°55′~39°10′。其大地构造位置处于亚洲中轴构造域和特提斯-喜马拉雅构造域的结合部位(图 1-1)。盆地周缘被

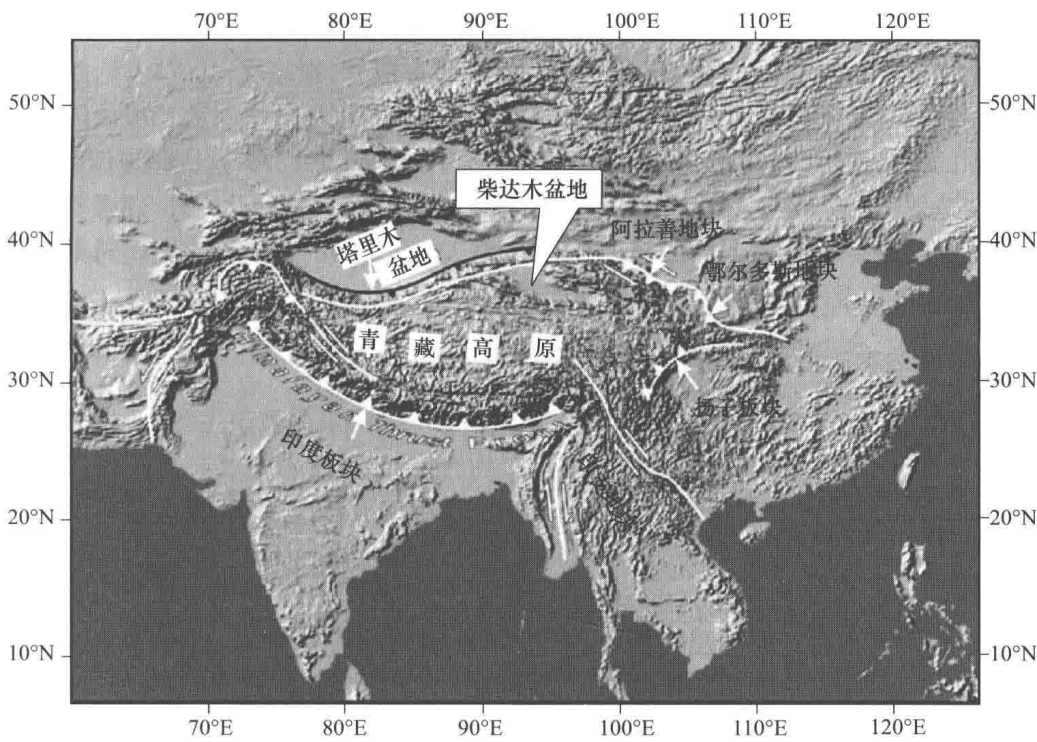


图 1-1 青藏高原构造地貌与柴达木盆地位置

阿尔金山、祁连山和昆仑山所环绕,为西宽东窄的菱形盆地。盆地在其发展演化的不同地质历史阶段,在不同构造动力学背景下以不同构造体制经历了独特的构造演化,现今具有复杂的组成与结构,在造山与成盆关系上也表现出复杂的组合与叠加关系,因此,具有复杂的构造演化历史和独特的盆山耦合关系及地球动力学特征。

按照板块构造理论,控制盆地演化的主要因素包括沉积盆地距离板块边界的远近、最近板块边界性质和形成调整盆地的构造(即盆地边界断裂)。前两种因素主要涉及板块构造作用的有效范围及强度,第三种因素主要决定盆地的轮廓和构造格局,它的运动程序一般受控于板块边界的相互作用规律。柴达木盆地中、新生代演化正是处于这种特殊的地质背景下,其演化与青藏高原多个板块边界活动有密切的关系,因此,对柴达木中新世盆地构造演化阶段的划分就必须考虑柴达木盆地所处的大地构造位置。柴达木盆地中新世构造演化主要受控于欧亚大陆南缘中生代和新生代特提斯阶段性俯冲、消减和闭合作用,以及印度板块与欧亚板最终碰撞和往北楔入的远程效应。据前人研究,“中生代以来,欧亚大陆南缘造山作用(碰撞事件)由北向南依次发生在晚二叠—中三叠世(巴颜喀拉山与南昆仑地体会聚,古特提斯洋北支闭合,昆南缝合带形成)、中晚三叠世(羌塘地体与巴颜喀拉山地体会聚,古特提斯洋南支闭合,金沙江缝合带形成)、中晚侏罗世(冈底斯地体与羌塘地体会聚,中特提斯洋闭合,班公湖缝合形成)和晚白垩世(喜马拉雅地体与羌塘地体会聚,新特提斯洋闭合,雅鲁藏布江缝合带形成)”(崔军文,1997)。始新世晚期印度板块与欧亚板块发生碰撞,之后又以 5cm/a 左右汇聚速率对欧亚板块继续发生强烈的推挤作用(Molnar and Tapponnier, 1975; Schwan, 1985)。这次碰撞作用所产生的构造效应十分明显,最为显著的是整个青藏高原的隆升。除此之外,还强烈地活化了先存的断裂带,尤其是青藏高原北部地区。这个复杂的地质演化过程对柴达木盆地构造、沉积及油气成藏与分布有重要的影响。

1.1.2 柴达木盆地地层发育基本特征

柴达木盆地区域地层出露较全(表 1-1)。盆地内部主要被中生界、新生界地层覆盖;盆地周边老山从元古宇至第四系地层均有出露,其中以新元古界和古生界地层分布最为广泛;中生界三叠系地层仅在南祁连山的五彩山、宗务隆山及祁漫塔格山的冰沟一带分布;侏罗系、白垩系地层主要分布在阿尔金山和南祁连山南缘。受断裂控制,形成中生代或中生代叠合盆地。

盆地内主要油气勘探层系为中、新生界地层,中生代地层在北缘地区揭露较全,是以湖相-沼泽相夹扇三角洲相、河流冲积相为主的煤系地层。古近系和新近系在盆地中西部地区最为发育,为半干旱气候下河流-冲积扇-咸化湖泊相沉积体系,以碎屑岩为主,在浅-半深-深湖中发育泥灰岩、灰泥岩、钙质泥岩等碳酸盐含

量较高的细粒地层,为典型的大型咸化湖混合沉积;在 N₂ 地层中夹有蒸发岩石膏相。

表 1-1 柴达木盆地中新世代地层系统与标志层界线表

地层系统					目前代号	地质年代	地震标准层	电性标准层
界	系	统	组	段				
新生界	第四系	全新统	达布逊盐桥组		Q ₃₊₄	0.025		
		更新统	七个泉组		Q ₁₊₂			
	新近系	上新统	狮子沟组		N ₂ ³	3	T ₀	K ₀
		中新统	上油砂山组		N ₂ ²			K ₁
			下油砂山组		N ₂ ¹	5.1	K ₂	
	古近系	渐新统	上干柴沟组		N ₁	15.09	T ₁	K ₆
		始新统	下干柴沟组		E ₃		T ₂	K ₁₂
			古新统	路乐河组		E ₁₊₂	24.6	
		中生界	白垩系	上白垩统	犬牙沟群	K	40	T ₃
	下白垩统			50.5				
侏罗系	上侏罗统		红水沟组	J ₃	65	T ₅		
	中侏罗统		采石岭组	J ₂	135	T _K		
			大煤沟组	J ₂				
			小煤沟组	J ₁				
	下侏罗统		湖西山组	J ₁	178	T _{J3}		
					208	T _{J2}		
						T ₆		

1.2 盆地成因类型

柴达木盆地是我国西部重要的大型叠合含油气盆地之一,已找到 26 个油气田。但由于勘探研究程度相对较低,其地质结构复杂、演化历史多变,不同的学者对其成因类型有不同的看法,甚至截然相反(王鸿祯,1990;狄恒恕,1990;彭作林,1991;刘训和王永,1995;翟光明和徐凤银,1997;夏文臣等,1998)。对柴达木盆地(尤其是柴达木盆地北缘侏罗纪原形盆地)成因类型的认识必然影响对盆地地质特征的认识,从而影响对盆地油气资源潜力的估计。因此,确定柴达木盆地尤其是柴达木盆地北缘(简称柴北缘)侏罗系原形盆地的成因类型十分重要;同时,弄清柴达木盆地成因类型及形成机制对正确认识柴达木盆地地质特征和油气地质条件、进行有效勘探有重要的意义。

1.2.1 前人的主要观点

夏文臣等(1998)根据大地电测深和格尔木大额济纳旗地学大剖面深部地震资

料,对柴达木盆地及邻区岩石圈结构及构造层序、地层序列、沉积体系组合进行研究,运用地球动力学分析原理,恢复了自元古代以来柴达木盆地及邻区原型盆地及其构造、古地理演化历史,得出的盆地类型及成因机制如下所示。

柴达木盆地是由侏罗纪的陆内俯冲型前陆盆地、晚白垩世至上新世的转换伸展裂陷盆地和第四纪的挤压挠曲盆地叠覆而成的复合盆地。控制盆地形成和演化的地质过程有侏罗纪的造山带多旋回隆升、山间陆块多旋回陆内俯冲进程、克拉通化过程后的岩石圈下部异常热地幔多旋回隆升和衰减过程、远程传递而来的板块边界碰撞过程与区域热回沉过程叠加,以及老造山带再次隆升和盆地内的分异过程。柴达木盆地的演化过程可划分为四个阶段:侏罗纪陆块俯冲前陆盆地演化阶段、早白垩世—晚白垩世早期的克拉通化阶段、晚白垩世晚期—上新世的转换伸展裂陷盆地演化阶段和第四纪挤压挠曲盆演化阶段(表 1-2)。

表 1-2 柴达木盆地成因类型及其依据(夏文臣等,1998)

时代	盆地成因类型	证据	动力机制
J	前陆盆地	①柴北缘存在当时的逆冲带;②地层层序响应前陆盆地的造山带,沉积体系为前陆粗粒沉积楔,前陆沉积格架;③恢复后为盆地—造山带间格局	海西—印支阶段伸展裂谷洋封闭造山、陆块向造山带下俯冲
K ₂ —E ₃	伸展裂谷	①沉积巨厚(5~8km),单靠挤压力而令人费解;②大量幔源岩浆侵入盆地(彩石岭花岗岩体),岩石化学分析为地幔上隆,岩石圈伸展环境;③地温梯度图中2km深温度图表明柴达木盆地区为高热值区;④该段地层层序中相邻断块厚度相差甚大,其只能为同沉积正断层产生(裂谷盆地)	地幔上隆,岩石圈伸展
N ₁ —N ₂	转换拗陷盆地	①发育造山运动的地层、构造层序;②断块地层厚度一致	印度板块开始碰撞,热衰减使盆地回沉
N末—Q	韧性剪切挤压拗陷盆地	①表层滑脱断层,滑脱褶皱,推覆构造发育;②周边山系再度大幅度降升;③正梯形断块相对下降,倒梯形断块相对上升构造样式	印度板块强烈挤压的远程效应,挤压力触发壳内韧性剪切

汤良杰等(2002)运用盆地波动分析理论,并通过与塔里木盆地成盆与构造演化史对比分析,结合大地构造背景、不整合、沉积速度、构造沉降曲线、断裂与褶皱生长指数及声发射研究,恢复了柴达木盆地自中生代以来盆地的原型性质、应力特征、构造及沉积特征和盆地形成机理。他认为柴达木中、新生代盆地构造演化经历了四个不同的阶段:早、中侏罗世裂陷阶段;晚侏罗—白垩纪挤压阶段;古近纪挤压、走滑阶段;新近纪—第四纪挤压、推覆阶段。

早、中侏罗世的原型盆地为近南北向伸展作用下的断陷盆地。早侏罗世仅表现为几个相互独立的小断陷湖盆,中侏罗世地层沉积范围扩大,主要沿祁连山山前

分布,北界在祁连山南侧,西界可能在阿尔金南缘断裂以西,南界在伊北断裂—埃南断裂一线。

晚侏罗世-白垩纪的原型盆地为近南北向挤压作用下的挤压型盆地,受南祁连山前冲断构造体系控制,总体表现为北断南超的沉积特征,北界在祁连山南侧,西部的南界在阿拉尔、黄石北一线,东部的南界在霍布逊湖附近。

古近纪的柴达木盆地是一个周边发育一系列岛链状隆起,沉积范围更广的湖盆,复原后的原型盆地面积比现今沉积岩分布面积大。此时期盆地内挤压变形并不十分强烈,沉积和构造环境较稳定。

新近纪以来,柴达木盆地属挤压环境下的陆内拗陷盆地。盆地的分布范围与现今盆地分布大致相同,沉积边界南至祁漫塔格山,北抵南祁连山,西达阿尔金山前。

汤良杰等(2002)关于柴达木成因类型及依据见表 1-3。

表 1-3 柴达木盆地成因类型及依据(汤良杰等,2002)

时代	盆地成因类型	证据	动力机制
J ₁₊₂	断陷盆地	①断陷分割,受近 EW 向同生正断层控制,箕状断陷,地层北断南超,南断北超;②柴达木盆地、安西—敦煌一带广泛见 J ₂ 中基性火山岩-碱性玄武岩系列;③盆地几何形态不具典型前陆盆地特征	①印支造山期后松弛,南北向伸展;②羌塘地体与巴颜喀拉山会聚,冈底斯山与羌塘地体会聚,产生南北向伸展动力
J ₃ —K ₂	挤压盆地	①断层性质逆转,由正变逆;②沉积范围向西、西北扩大,层层超覆,表现为受冲断体系控制的近物源陆相沉积;③隆升、剥蚀量大,盆地反转;④同时代花岗岩经岩石化学分析为挤压环境下的同造山“Ⅰ”型花岗岩	冈底斯地块向北与羌塘地体碰撞,中特提斯洋闭合
E	挤压走滑盆地(相对稳定)	①发育逆冲同沉积断层,断层下盘厚度大于上盘,表明长期挤压(逆)生长;②冷湖四、五号构造发育正花状构造,右行、左行雁列构造发育;③不具前陆盆地构造沉积序列	南北向挤压受 SN 向挤压与 NWW 和 NEE 走滑联合作用,压性构造体系;印度板块向北移,陆内俯冲
N—Q	挤压陆内拗陷盆地	①盆地西、北、南挤压变形强烈,并发育走滑构造(花状);②南北缘发育推覆构造;③沉积中心较多,反映来自西部挤压	印度板块与欧亚板块碰撞进一步加强,阿尔金山左行走滑,南、北缘逆冲推覆

《中国石油地质志》(卷 14)(青海油气区石油地质志编写组,1990)认为柴达木盆地中、新生代经历了三个构造演化阶段。

(1) 断陷阶段(T 晚期—K 末)。

印支运动以来,隶属欧亚板块的昆仑-可可西里地槽开始俯冲消减,盆地基底呈现南高北低、东高西低的区域背景,在盆地北缘祁连山山前带及阿尔金山以南发

生走向近东西向边缘断裂和断块活动,出现了一系列相互分割的中生代断陷,从东到西有德令哈、鱼卡、赛什腾断陷等,大多为边缘箕状断陷。

这些断陷开始是在引张应力作用下产生的,断层具有先张(中生代)后逆(新生代)的性质,断层控制沉积分布及厚度变化。根据目前资料,柴达木盆地可划分为两个大的断陷区,即北缘中生代断陷区和西部中生代断陷区。北缘中生代断陷区的北界为南祁连山南缘,南界为鄂博梁-陵间断裂-埃姆尼克山南缘一线以南,面积大于 30000km^2 ;西部中生代断陷区位于阿尔金山东缘,阿拉尔断裂-东坪断裂一带东界不清,面积约 5400km^2 。

(2) 拗陷阶段。

该阶段的时限为渐新世至中新世晚期,是盆地发育的全盛期。古近纪与新近纪时期,柴达木湖盆迅速发展、统一、扩大,被喜马拉雅运动所控制,表现以拗陷型的波状运动为主,属拗陷发展阶段。中生代晚期燕山运动带有由块断运动向波状运动过渡性质,湖盆范围逐渐向南扩大。

柴达木盆地由中生代断陷转化为古近纪与新近纪拗陷,并逐步由原来古地形的南高北低转化为古近纪与新近纪的东高西低和北高南低,这种转化作用主要决定于板块碰撞引起的强烈挤压力。始新世末,由于印度板块的向北俯冲并与欧亚板块相碰撞,来自西南方向的巨大压应力使盆地东南、西南边缘发生一系列断距较大的南倾边界逆断层。在昆仑山隆起的同时,遭到塔里木稳定地块的抗衡,导致盆地西北缘的阿尔金山沿着其南倾的深大断裂呈现长距离左行滑动和进一步降升,使盆地西部形成大幅度的沉降。

(3) 褶皱回返阶段。

该阶段的时限由中新世末至第四纪中更新世。由于印度板块不断向北俯冲,青藏高原大幅度上升,在此区域背景下,盆地西部首先抬起,湖岸线向北、向东退缩,沉积中心随之向北东方向转移。在油砂山、花土沟一带,在原湖相渐新统和中新统生油岩之上沉积了下部上新统(N_2)的河流相红色地层。随着盆地西部的进一步抬升,湖岸线继续东移,至中上新世,沉积中心已移至茫崖、碱山和一里坪一带,沉积了厚达 1200m 的暗色泥岩。

尽管《中国石油地质志》(卷14)(青海油气区石油地质志编写组,1990)没有明确指出中生代以来柴达木盆地的类型,但仍看得出其表达的含义:J—K末为断陷盆地,E— N_1 为拗陷盆地, N_1 末—Q为反转盆地。没有提到前陆盆地的问题。

继冷科1井钻探后,为配套开展相应地质研究,中国石油勘探开发研究院地质研究所对柴达木盆地北缘侏罗系含油气系统进行研究,对盆地北缘盆地类型成因特征的认识见表1-4。

表 1-4 柴达木地块北缘盆地类型和构造变形演化序列(中国石油勘探开发研究院,2000)

时间		区域构造作用	盆地类型	构造变形
新近纪	N ₂ ³	阿尔金断裂强烈活动 南祁连强烈逆冲活动	压扭性前陆型挠曲盆地	折离褶皱,基底卷入褶皱, 正花状构造,逆冲推覆断裂, 叠瓦状冲断层
	N ₂ ¹			
	N ₁			
古近纪	E ₃	印度-欧亚大陆开始碰撞		逆冲断裂开始出现
	E ₂	新特提斯洋形成岩石圈伸展	受大区域伸展构造控制的基 底整体沉降(广盆沉降)	张性断裂
	E ₁			
白垩纪	K ₂	蒙古-西伯利亚板块碰撞 拉萨-塘地块碰撞		
	K ₁		前陆型挠曲盆地	逆冲推覆构造
侏罗纪	J ₃			
	J ₂	华北和柴达木地块之间的差 异运动造成北柴北缘地壳伸展	断陷盆地	同生张性断裂
	J ₁			
三叠纪		古特提斯洋闭合	盆地基底形成	强烈变质、变形和花岗岩侵入

1.2.2 研究采用的观点及依据

对柴达木盆地的盆地成因类型尤其是侏罗系原型盆地成因特征的认识长期以来一直争论不休,争论的焦点是侏罗纪盆地(主要分布于北缘)是在张性环境下形成的张性断陷盆地(王鸿祯,1990;狄恒恕,1990;刘训和王永,1995;中国石油勘探开发研究院,2000)还是在挤压环境下形成的挤压性盆地(彭作林,1991,翟光明和徐凤银,1997;夏文臣等,1998;马金龙等,2000)。本次工作在详细比较前人观点基础上,通过广泛分析研究,得出的认识,并给出的有关证据(表 1-5)。

表 1-5 研究采用的盆地成因类型与演化的方案

时代	盆地成因类型	证据	成盆机制(应力特征)
J ₁₊₂	断陷盆地	①边界断裂控制巨厚沉积且发育多个沉积沉降中心(冷湖西断槽,伊北断槽,碱石山地区),早期为不统一的相互分隔的孤立小断槽;②盆地构造样式为断超式(J ₁ 为北断南超)、双断型(J ₂ 为东西双断型);③目前发现仍有基底同生正断层及零星分布的小型拉张型断陷(图 1-2),平衡剖面恢复表明目前的逆断层大多在 J 为同生正断层,后期逆转;④柴北缘地区发现 J ₂ 中基性火山岩-碱性式岩系列,反映裂谷成因(金之钧,1998);⑤古地磁研究表明,华北地块向北运动比柴达木地块快(吴汉宁等,1997)	①班公湖-怒江洋扩张;②印支造山期后松弛伸展(汤良杰等,2002);③羌塘地体与巴颜喀拉山会聚,冈底斯山与塘地体会聚导致柴达木盆地处于拉张环境;④华北地区板块向北运动比柴达木地块快,由此产生南北向伸展应力(吴汉宁等,1997);先存基底大断裂产生裂谷(陷)