

柴达木盆地 地温基本特征及其与油气关系

中国建筑工程出版社

9908

3240

柴达木盆地地温基本特征 及其与油气关系

张业成 胡景江 刘春风

中国建筑工程出版社

本书以大量资料为基础,结合国内外地热研究的最新理论和方法,对柴达木盆地地温条件与油气资源的关系进行了比较全面的论述。主要内容是:系统总结了柴达木盆地现今地温特征,揭示了油气区和油气田的地温显示,深入分析了地温形成条件;进而恢复了各生油层的地温历史,确定了它们的成熟门限和演化阶段,总结了热演化生油基本特征;初步分析了盆地油气生成条件和分布规律,提出了油气勘探方向。

这一探索性研究成果,除对柴达木盆地油气工作具有重要实际意义外,对于认识中国西部区域地质构造和深部地质条件,推动地热理论与实践的发展具有一定作用。本书内容翔实,图文并茂,可供地热地质、石油地质、深部地质和地球物理等方面专业人员参考使用。

柴达木盆地地温基本特征及其与油气关系

张业成 胡景江 刘春凤

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

北京大兴包头营印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米1/16印张: 6 1/4 字数: 151千字

1990年3月第一版 1990年3月第一次印刷

印数: 1—1,200册 定价: 5.60元

ISBN7-112-01056-X/P·5

(6130)

序

1954年3月，在燃料部石油总局召开的苏联石油专家代表团座谈会上，李四光先生根据大地构造特征分析了我国石油勘探远景，提出在中国东部新华夏系沉降带中，首先应着眼于松辽平原和华北平原；在中国西部，认为包括柴达木盆地在内的青康滇缅大地槽的边缘区域以及阿拉善—陕北盆地等地区，都有发现较大规模油田的可能。按照他的指示和部署，1955~1956年，我和地质部632石油普查大队的同志，对柴达木盆地的地质构造和石油勘探远景进行了调查，提出了在一定条件下，扭动和旋扭构造控制油气聚集和分布的见解；在水鸭子墩等背斜带上实施浅钻，打出了原油。取得的认识在以后的油气勘探中得到了逐步证实。

几十年来，石油部和地矿部的同志在柴达木盆地做了大量工作，取得了很大成绩。但柴达木盆地面积辽阔，石油地质工作具有广泛内容和远大前景。正如李四光先生1969年2月5日所指出的：“柴达木盆地是值得开发的，过去做过工作的地方还值得做工作。”基于此，1981~1982年，地质力学研究所与青海石油管理局合作，再次对盆地构造体系与油气分布关系进行了研究。1982~1986年，中国地质科学院562综合大队组成石油考察队，对柴达木盆地及周缘地区进行了综合性研究。这些工作没有囿限于传统的区域石油地质内容，而是根据有关专业和学科的最新进展情况，采用了一些新的手段和方法，取得了令人鼓舞的成果。

“柴达木盆地地温基本特征及其与油气关系研究”是综合考察项目中颇具新意的一个专题。它的可贵之处不仅在于应用地质力学的观点和方法对一个大型油气盆地的地热条件进行了系统的调查和研究，更重要的是它作为桥梁和纽带，融合了地热地质和石油地质的理论和方法，从崭新的角度对油气资源的生成条件和分布规律进行了研究。它一方面把盆地地温分布作为一种地球物理场，藉此分析区域构造和油气分布规律；另一方面根据现代有机成油理论，恢复了各生油层的地温历史，分析了各自的成熟门限和热演化进程，总结了不同地区、不同层位的生油条件，提出了定量评价油气资源的基础数据。各方面所取得的主要认识，几年来在理论和实践方面经受了一定程度的检验，初步证实是可行的。此项工作开拓了地热研究领域，补充了石油地质工作的某些不足。这种有益的探索，目前国内尚属鲜见，很值得进行更为深入地发展。

此册作为上述研究的结晶，是一份具有较高水平的科研成果。它的进一步推广和应用，不仅对更加深入地认识柴达木盆地油气生成条件和分布规律，科学地预测油气资源前景，有效地部署勘探工作，以及进一步认识西部地区区域地质构造和深部地质条件具有重要的实际意义，而且对于丰富地热地质的理论与实践，推动这一新兴学科的发展发挥一定作用。

石油地质中的地温研究是一个新的领域。我国西北地区的石油工作方兴未艾。目前取得的每一个成绩只能是刚刚起动或遥远征途中的一步。有志于祖国石油事业的同志任重道远。希望大家携起手来，继承并发扬李四光先生的遗志，坚持不懈地进行探索和创新，为不断开创我国西北及其它地区油气工作的新局面做出更大的贡献。

孙殿卿

1989.10.12

目 录

第一章 课题工作概况	(1)
第一节 课题目的和任务	(1)
第二节 工作简况	(2)
第二章 石油地质概况	(4)
第一节 自然地理概况	(4)
第二节 地质概况	(4)
第三节 石油地质概况	(10)
第三章 柴达木盆地现今地温的初步分析	(14)
第一节 地温基础资料状况及地温参数的计算方法	(14)
第二节 现今地温基本状况和主要特征	(17)
第三节 地温场形成条件	(34)
第四节 现今地温研究成果的应用	(46)
第四章 柴达木盆地主要生油岩地温历史及热演化状况的初步分析	(48)
第一节 地温条件对油气生成演化的影响和控制	(48)
第二节 康南 $\lg t - 1/T$ 关系图式的分析和应用	(49)
第三节 TTI 法的应用	(59)
第四节 新生界生油岩热演化基本状况的初步分析	(72)
第五节 对生油演化结果可靠性的分析	(77)
第六节 侏罗系生油岩的热演化程度	(81)
第五章 生油条件的综合分析和对今后油气工作的意见	(82)
第一节 生油条件的综合评述	(82)
第二节 对油气工作建议	(84)
第六章 简要总结	(87)
主要参考文献	(90)
英文摘要	(91)

CONTENTS

CHAPTER 1. Introduction of the reseach project.....	(1)
1-1. Purpose and task.....	(1)
1-2. Brief description about the work.....	(2)
CHAPTER 2. Survey of pertoleum geology	(4)
2-1. Survey of nature geography.....	(4)
2-2. Survey of regional geology.....	(4)
2-3. Survey of petroleum geology.....	(10)
CHAPTER 3. Preliminary analysis of present ground temperature in Qaidam Basin	(14)
3-1. Basic information of ground temperature and calculation method of geothermal parameters	(14)
3-2. Basic condition and major characteristics of present ground temperature.....	(17)
3-3. Formed conditions of geothermal field	(34)
3-4. Application of results in present geothermal research.....	(46)
CHAPTER 4. Geothermal history of major source rock in Qaidam Basin and preliminary analysis of its thermal evolution condition	(48)
4-1. Influence and control of geothermal conditions on oil-gas generation and evolution.....	(48)
4-2. Analysis and application of the $\log t-1/T$ relative formula.....	(49)
4-3. Application of TTI method.....	(59)
4-4. Preliminary analysis for basic condition of thermal evolution of source rock in the Cenozoic erathem.....	(72)
4-5. Reliable analysis for oil generation evolution result	(77)
4-6. Thermal evolution degree of source rock in Jurassic system.....	(81)
CHAPTER 5. Comprehensive analysis of oil-generation conditions and opinions about work in the future	(82)
5-1. Comprehensive discussion of oil-generation conditions.....	(82)
5-2. Proposition for oil-gas exploration.....	(84)
CHAPTER 6. Brief summarization	(87)
References	(90)
English abstract	(91)

第一章 课题工作概况

第一节 课题目的和任务

柴达木盆地是中国西北地区一个大型油气盆地。几十年来,油气勘探工作取得了很大进展。但该地区面积辽阔,石油地质条件复杂,现有研究程度比较低。为了加强基础石油地质研究,弥补原有工作的不足,在孙殿卿先生的指导和青海省石油管理局的协助下,中国地质科学院562综合大队进行了“柴达木地区地质构造特征及其与油气关系”研究。该研究项目是运用地质力学的观点和方法,深入调查和分析柴达木盆地及其周边地区构造体系特征,分析盆地形成演化历史;在此基础上,结合盆地生油层沉积环境和地温分布等诸方面地球物理特征,分析油气资源的生成条件和分布规律,为进一步评价油气资源前景,有效地部署勘探工作提供科学依据。

柴达木盆地地温基本特征及其与油气关系研究是这个综合研究项目的组成部分。它作为一种新方法和新手段,围绕地温与油气关系进行尝试性专题研究,是基于地温研究在石油地质中的重要作用和柴达木盆地的实际需要而提出的。

国内外愈来愈丰富的实践资料表明,在油气盆地中,油气区(油气田)或油气藏,常常由于它们独特的地质条件,而形成与其它地区迥异的地温特征。因此,在石油地质工作中,深入调查和研究油气盆地的现今地温特征,把它作为一种新的地球物理方法加以应用,可以为寻找和判别有效圈闭构造,发现新的油气田,发挥一定作用。此外,一个盆地或地区油气资源的形成和分布,也与地温条件密切相关。这是因为生油岩的地温历史,控制着有机质向石油的转化。因而它影响和决定着油气资源的潜量和空间分布。所以在研究盆地的构造变动、沉积发育等条件的同时,分析生油岩的地温历史,追索有机质的热演化过程,对于分析油气的生成条件、认识资源的分布规律、有效地勘探和开发油气资源具有重要意义。正是基于上述两方面作用,地温研究作为一种新方法和新手段,已逐渐成为石油地质工作中一项十分重要的内容。它的研究成果将发挥愈来愈显著的作用。

经过三十多年勘探,柴达木盆地的石油地质工作取得了很大进展。但是,面对盆地广阔的油气资源前景和十分复杂的石油地质条件,已有的工作程度仍然比较低,某些方面还十分薄弱,这种状况远不能适应盆地油气工作发展的需要。为了在较短时间内,基本查明盆地油气资源条件,在此基础上,争取发现一批较大规模的油气田,开创盆地油气工作的新局面,就必须使各方面工作——特别是那些薄弱环节的工作取得长足的进展。

柴达木盆地的地温研究,基本上还是空白。尽管在多年勘探工作中,积累了不少地温方面资料,但至今没有进行系统的整理和分析,这不仅失去了这种新方法在分析油气构造方面的作用,而且使在有关生油条件的研究中,缺少对有机质转化条件和演化状况的认识;在资源计算中,一些重要参数(有效生油层厚度、面积等)的确定缺乏可靠的依据。因此进行地温研究,对于弥补这些不足,促进石油地质工作进展是非常必要的。

从更广阔的领域看,地温研究是一项基础性的地球物理工作。因此,本课题工作除对石油地质具有直接作用外,还对进一步认识柴达木盆地以及中国西部区域构造和深部地质条件

等有所助益。

石油地质中的地温研究是一个新的领域,目前在它研究的内容、方法等方面都很不成熟,需要在实践中去摸索、创新,从而使之不断完善。在柴达木盆地进行地温研究的尝试,除具有上述各方面意义外,对于在理论上和实践上丰富这一新方法、新手段,推动这一新兴学科的发展具有一定作用。

课题的基本内容和任务是:调查柴达木盆地的地温现状,总结地温分布规律,研究油气区和油气藏地温特征;结合柴达木盆地及所在区域构造体系特征,分析盆地现今地温的形成条件;在此基础上,恢复主要生油岩的埋藏经历和地温历史,确定生油门限,划分成熟阶段,总结热演化规律,结合地层、岩性、构造等方面因素,分析盆地油气生成条件和分布规律,为认识油气资源前景,更有效地部署勘探工作提供佐证。

第二节 工作简况

“柴达木地区地质构造特征及其与油气关系”研究项目,是1982年3月由中国地质科学院审查批准的。为保障研究项目的进行,组成了中国地质科学院562综合大队石油综合考察队,由高庆华任队长,朱松年、张文玉任副队长;聘请孙殿卿、邵云惠为顾问。考察队由若干专题组组成。“柴达木盆地地温基本特征及其与油气关系研究”专题组由张业成任组长,组员有胡景江、刘春风。宋立珩参加了部分野外工作。

课题于1982年5月开始,1986年6月提交最终报告。全部工作大体分三个阶段。

第一阶段:1982年5月到1982年底,由张业成进行课题调研和野外踏勘。在该阶段工作中,调查了国内外有关石油地质中地温研究的状况、方法;概略地了解了柴达木盆地的地质、石油地质条件和油气工作情况;明确了课题的意义以及完成课题的条件和途径,确立了课题的目的、任务、基本内容、方法和步骤;在此基础上,编写了调研报告和课题设计,并通过审查,得到批准。

第二阶段:1983年初到1985年6月,进行各项野外工作。主要包括:全面收集盆地地质、石油地质资料;系统调查不同地区地温状况,重点调查盆地西南地区 and 主要油气田的地温特征;为弄清盆地区域地热-地质背景,概略地调查包括准噶尔、塔里木、酒泉、花海、潮水、民乐等油气盆地在内的中国西北甘肃、新疆以及西藏区域的地热-地质条件。先后在柴达木盆地的北缘、西缘、南缘以及盆地内部的冷湖、大风山、油砂山等地进行野外调查,观测路线共约640km,观测点270个。共收集和调查温泉点570处,石油测温井420口,水文和冻土研究等测温井290口。在盆地西南部和西北部的冷湖地区采集镜质体反射率、热变指数、热物理性质样品各15组,水化学样品8组。此外,还收集了34个气象站的气温、地温、冻土等方面资料。通过这些工作,获取了课题所需要的基础资料。

第三阶段:1985年7月到1986年6月,为资料整理和提交成果阶段。主要内容是对地温等各方面资料进行了全面系统的整理和综合分析,在此基础上,编制了成果图件,编写了最终报告。主要成果图有:中国西部地区地温与油气分布图、柴达木盆地地温梯度等值线图、柴达木盆地地温-深度关系图、柴达木盆地地热-地质剖面图、柴达木盆地与我国西北主要油气盆地温度-深度对比图、柴达木盆地跃进一号油田地热地质图、柴达木盆地新生界生油岩TTI值计算表 and 新生界生油岩成熟演化历程图等。文字报告的主要内容是:根据对大量地温资料的综合分析和数据处理结果,总结了柴达木盆地现今地温基本状况和主要规律,阐述了

不同油气区和不同类型油气藏的地温显示，结合柴达木盆地和我国西部地区构造体系特征，分析了地温形成的区域条件和局部条件；根据不同生油岩发育状况，建立了各主要凹陷新生界生油岩的埋藏模型，依照地温梯度的变化，恢复了生油岩地温历史，运用康南公式和TTI法，探讨了各生油岩的成熟门限和热演化进程，通过对比，总结了盆地生油演化基本特点；结合盆地发育史和生油岩沉积环境，分析了不同生油岩和不同生油凹陷的生油条件；结合油气储聚条件，指出了油气资源分布的有利地带；对盆地今后油气工作提出了建议。成果图件主要由胡景江、刘春风完成；文字报告由张业成、胡景江、刘春风共同讨论，分工编写，最后由张业成执笔定稿；各种图件由董明等清绘。

对照设计要求，在计划的各项调查内容中，除野外测温和岩石热物理参数的测定工作因客观条件限制没能全部进行外，其它各项工作均按要求完成；在提交成果方面，完成的图件和报告，均达到了设计要求，其中有关生油演化方面的内容，比设计要求的有所丰富和提高；在时间方面，比设计要求提前半年。

本课题虽然取得了比较丰富的实际资料和不少有意义的认识，但所进行的工作还仅仅是初步的，研究的深度和广度均有待进一步提高；所提出的认识和看法，可能存在片面或错误之处。我们期待地学界的各方面专家和同行给予指正和补充。

本课题工作是在孙殿卿先生的支持下进行的，工作自始至终得到邵云惠、高庆华、朱松年等同志的指导。工作中得到青海省石油管理局、地矿局等单位和许多同志的大力协助，他们为本课题研究提供了大量基础资料，为野外工作提供了食宿等生活条件，在此表示衷心感谢。

第二章 石油地质概况

第一节 自然地理概况

柴达木盆地是我国西北地区的一个大型内陆盆地。处于东经 $90^{\circ}\sim 99^{\circ}$ ，北纬 $36^{\circ}\sim 39^{\circ}20'$ 之间。位于青藏高原的北部，四周分别为祁连山、阿尔金山、昆仑山环绕。面积约 $12.9\times 10^4\text{km}^2$ 。海拔2700~3100m，自周缘向中心（达布逊湖一带）倾斜。其西部为低丘、荒漠，中部和东部为沼泽和盐湖。主要盐湖有东台吉乃尔湖，西台吉乃尔湖、涩聂湖、达布逊湖、霍布逊湖等。盆地内发育一些短小的内陆河，主要分布在盆地南缘的昆仑山前，主要有格尔木河、达布逊河、灶火河等。盆地气候寒冷干燥，年平均气温 $1\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，平均地面温度 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，20cm深平均地温 $6\sim 9^{\circ}\text{C}$ 。多年年平均降水量在东部较高，为100~170mm，盆地中部和西部小于50mm，在冷湖仅15mm左右。年平均蒸发量一般为2000~3000mm。

盆地属青海省海西蒙古族、藏族、哈萨克族自治州的一市（格尔木市）二县（乌兰县、都兰县）和三镇（大柴旦镇、冷湖镇、茫崖镇）管辖。总人口约22万，主要集中在盆地东部和边缘。主要城镇除一市三镇外，还有德令哈、花土沟等。盆地内交通困难，除有西（宁）格（尔木）铁路经过外，主要有四条公路：北缘当金山—德令哈公路，南缘格尔木—香日德公路，东部大柴旦—格尔木公路，西部冷湖—茫崖公路，联结盆地内的重要城镇。

第二节 地质概况

一、地 层

盆地基底，在尕斯库勒湖和大灶火—格尔木—诺木洪一带，为古生代花岗岩；其它地区为古生界和元古界变质岩（片岩、片麻岩、杂岩等）。它们除在盆地边缘有零星出露外，于盆地内部则深埋在中、新生界沉积层之下，至今尚未钻探揭露。

盆地中，新生界盖层沉积巨厚，除边缘地区外，总厚度一般为3000~6000m，中部一里坪—三湖地区，厚度达8000m以上，最厚达15000m左右（表2-1）。

盆地中生界主要为河流相夹湖沼相或浅水湖相的杂色碎屑岩夹泥质岩沉积，主要分布在盆地北缘的德令哈、马海—大红沟、鱼卡、赛什腾—冷湖，西缘的小梁山，西南缘的红柳泉和尕斯库勒湖一带。其厚度一般为500~1000m，最厚1500m左右。地层发育不稳定，多沉积间断，岩相、岩性变化大。其间有小型花岗岩岩株和岩脉侵入。

新生界在盆地内特别发育，分布广，厚度大。其中第三系古新统和始新统是在中生界剥蚀的古地形上发育起来的填平补齐式的红色碎屑建造。其分布不稳定，地层厚度和岩性变化都很大。一般厚度为200~2200m。在盆地西部边缘，直接出露地表，在盆地内部则埋藏于较新地层之下。该层主要是在氧化环境下发育起来的河流相沉积，岩性为分选性很差的碎屑岩，既不具备油气生成条件，又缺乏孔隙性储油气层。

第三系渐新统、中新统和上新统，是一套比较稳定、连续的湖相夹沼泽相、河流相沉

柴达木盆地中、新生代地层简表

表 2-1

Stratas of Mesozoic era and Cenozoic in Qaidam Basin

Table 2-1

地 层				岩 相	岩 性	厚 度 (m)	分 布
系	统	组	代号				
第四系	全新统 上更新统		Q ₃₊₄	湖相、 河流相	淤泥、粘土、砂及盐类	5~500	主要在中部和东部的三湖地区，以及南部的昆仑山前地带
	中更新统 下更新统	七个泉组	Q _{1+2q}	湖相、部分河流相	盆地边缘以厚层砾岩、砂岩为主，夹砂质泥岩；盆地中部以厚层泥岩为主，夹炭质泥岩、粉砂岩、砂质泥岩和盐岩、石膏	一般200~2200，最厚3350	主要在东部三湖地区
上第三系	上新统	狮子沟组	N _{2s}	湖相、 河流相	西部南区为灰色砾岩、砂岩、粉砂岩与棕色砂质泥岩互层；西部北区以灰绿色、灰色泥岩、砂质泥岩为主，夹砂岩、砾岩、石膏层；冷湖地区为棕灰色灰绿色砂质泥岩、泥岩与砾岩、砂岩互层；东部地区以棕灰色砂质泥岩为主，夹粉砂岩、细砂岩	300~1300 最厚2000	广泛分布，在西部地区最发育
		上油砂山组	N _{2y}		西部南区为灰棕色、棕黄色砂岩、泥岩与砾状砂岩互层；西部北区为灰绿色灰色泥岩夹泥灰岩、砂岩；冷湖地区以棕褐色、棕黄色砂质泥岩、砂岩、粉砂岩为主，夹泥岩；东部地区以棕红色棕灰色、灰绿色砂质泥岩为主，夹砂岩、粉砂岩、砾岩	150~1400 最厚2200	
	中新统	下油砂山组	N _{1y}	湖相	西部南区以棕红色砂质泥岩、泥质粉砂岩为主，夹砂岩、砾岩、泥灰岩；西部北区以灰色泥岩为主，夹泥灰岩、灰岩、粉砂岩；冷湖地区以棕红色砂质泥岩、泥岩为主，夹砂岩、粉砂岩、砾状砂岩；东部地区为黄绿色、灰绿色泥岩、砂岩	300~1800	广泛分布，以一里坪、老茫崖一带最发育
		上干柴沟组	N _{1g}		西部南区以灰色泥岩和棕褐色、棕红色砂质泥岩为主，夹砂岩、泥灰岩、砾状砂岩；西部北区主要为灰色泥岩、夹钙质泥岩、粉砂岩、泥灰岩；冷湖地区为棕红色、棕褐色泥岩、砂质泥岩，夹砂岩、粉砂岩；东部地区为黄绿色厚层砂岩、夹砂质泥岩、泥岩、泥灰岩	400~1100	广泛分布，在一里坪和干柴沟一带最发育
下第三系	渐新统	下干柴沟组	E _{3g}	湖相、 河流相	西部南区为灰色、棕红色泥岩、泥质粉砂岩、夹砂岩；西部北区为棕红色泥岩、砂质泥岩、砾岩；冷湖地区为棕红色、土红色砂质泥岩、砾岩，夹泥岩；东部地区为黄绿色、灰白色、棕红色砂岩、砾岩、砂质泥岩	400~2200	主要分布在西部地区

续表

地 层				岩相	岩 性	厚度 (m)	分 布
系	统	组	代号				
白垩系	始新统	路乐河组	E ₁₊₂	河流相 湖相	紫红色泥岩、砂岩、砾岩	300~1000	主要分布在北缘、东北缘
	古新统	(m)					
		大牙沟组	K		棕灰色、灰白色砾岩，含砾砂岩、砂岩、泥岩	出露最大厚度为712m	主要分布在西部、西南部和北部边缘
	上统	红水沟组	J _{3h}	河流相 沼泽相 浅水湖相	棕红色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩	出露最大厚度448m	
	中统	采石岭组	J ₂		灰绿色、灰黄色、灰白色砂岩、砾状砂岩、砾岩和暗棕红色泥岩、砂质泥岩	832	
		大煤沟组	J ₂		灰黑色、灰色碳质页岩、黄灰色、灰绿色砾状砂岩、砾岩	960	
	下统	小煤沟组	J _{1x}		棕红色砂岩	141	

积，在盆地内广泛分布，特别是在西南部的茫崖——里坪地区最发育。它在盆地西部边缘超复不整合于较老地层之上，在北缘和盆地内部，假整合于古新统、始新统之上。一般累计厚度3500~7000m，最厚10000m左右。其岩性为灰色、灰黑色泥岩、砂质泥岩和杂色砂岩，含砾砂岩等，它们具有较好的生油和储油能力。

第四系主要为湖相、沼泽相、河流相沉积，主要岩性为灰黑色泥岩、杂色砂岩和盐岩等。其分布广泛，一般厚300~2000m，在盆地东部的三湖（台吉乃尔湖、涩聂湖、达布逊湖）地区最发育，厚度在2500m以上，最厚达3350m，主要是浅湖相一半深水湖相的暗色泥岩，具有良好的生气条件^{〔12〕}。

二、地 质 构 造

据区域布格重力异常和地壳测深资料，青藏高原为一很大的负重力值区，地壳厚度在40km以上，最厚达75~85km^{〔19〕}。柴达木盆地内部至今尚未进行过地壳测深工作，据我队1983年在盆地南缘的沱沱河—楚玛尔河—格尔木所作的地壳测深剖面，沱沱河莫氏面深度约55km，格尔木地区为40~50km，地壳的平均速度为6.2~6.3km/s[●]。

从区域构造看，青藏高原是青、藏、滇、缅、印尼歹字型构造体系（以下简称藏滇歹字型构造）头部展布区。对于这个构造体系是否越过昆仑山还包括柴达木盆地的问题，至今仍然存在很大争论。李四光认为，这个巨型构造体系的“头部外围褶带散布在昆仑山以北，包括阿尔金山脉、祁连山西南接近柴达木盆地的部分，库库诺尔岭以及昆仑山脉往东南转折部分”^{〔3〕}。这一认识，可以从柴达木盆地及其毗邻地区的地质构造、沉积岩相和岩浆活动等方面得到证实。在盆地北缘的阿尔金山和南祁连山南麓，发育有一系列不甚连续的弧形褶带，其中北部褶带西起当金山口，向东南经党河南山和青海湖南山，到达日龙沟，南部褶带西起安南坝山，向东南经赛什腾山、绿梁山、埃姆尼克山到都兰地区与北西向构造相连。这些弧形构造是以北西或北西西向为主体走向的反“S”形构造，其形态和形成条件与藏滇歹字型

● 卢德源等，1984，青藏高原北部沱沱河—格尔木地区地壳和上地幔的结构模型和速度分布特征，喜马拉雅地质科学国际讨论会论文摘要。

构造基本一致。此外,在中国西部,三叠系沉积岩相的南北差异很大,北部以陆相沉积为主,南部以海相沉积为主,二者的分界不是在昆仑山,而是大体在柴达木盆地北部的疏勒南山—大通山—日月山一线。在岩浆活动方面,印支期岩浆活动也北越昆仑山,到达南部祁连山—青海南山—扎麻山一带。这些情况表明,柴达木盆地及其毗邻地区的地质条件与整个青藏高原具有十分密切的联系,柴达木盆地已被卷入到藏滇歹字型构造体系之中,成为这个构造体系的一部分[30]。

柴达木盆地虽然属于藏滇歹字型构造体系的一部分,但是它毕竟处于这个构造体系的边缘,藏滇歹字型构造体系对它的控制远不如中心地带那么强烈。与此相应的是其它构造体系在盆地及其毗邻地区有不同程度的发育。这些构造体系主要是:巨型纬向构造体系——东昆仑东西构造带,发育在盆地南缘,由一系列规模巨大而且活动性比较强烈的压扭性断裂和复式褶皱组成,其主体走向为北西西或近东西向,局部发生小规模弯曲,而呈不明显的反“S”形。西域构造体系和河西构造体系,它们是以北西或北西西向为主体走向的多字型构造体系。西域构造体系主要发育在盆地北部的祁连山和南部、东南部的祁漫塔格—巴颜喀拉山、阿尼玛卿山一带,它主要是一些规模巨大的复式褶皱和压扭性断裂。河西构造体系主要发育在盆地东部的兴海、共和一带,由一系列北北西向断裂组成,其生成时间比较晚,活动性比较强。祁吕贺山字型构造主要发育在盆地北部(疏勒南山—大通山—日月山以北)的祁连山地区,由一系列压扭性断裂和褶皱构造组成,是祁吕贺山字型构造西翼成分。阿尔金构造带,发育在盆地西部和西北部的阿尔金山地区,由一系列具有左行平移性质的压扭性断裂所组成,其基本走向为北东 $60^{\circ}\sim 70^{\circ}$ (图2-1)[30,32]。

柴达木盆地内部构造受周边构造体系的影响,特别是与北部的南祁连和南部的东昆仑反“S”形构造以及阿尔金断裂带的剪切作用有密切联系。从整体上看,盆地呈北西—南东方向拉长的反“S”形面貌(有人称之为“菱形盆地”),相当于一个反“S”形的复式向斜。其内部构造的基本形式是和盆地总体方向相平行的反“S”形构造。

盆地内反“S”形构造是由一系列断裂和褶皱组成的。其中断裂构造集中发育在盆地南北边缘,主要有北缘的赛(什腾)南断裂、绿梁山断裂、埃(姆尼克)南断裂,南缘的库拉克断裂、塔尔丁断裂、格尔木断裂、诺(木洪)北断裂等。它们大多是高角度逆断层。西缘阿尔金山前地带,断裂发育程度逊于南北缘地带,主要有阿哈提断裂、牛鼻子梁断裂等,其规模比较小。这些断裂构造集中的边缘地带,是隆起褶皱带与盆地的过渡地带。

在盆地内部断裂比较少。主要有碱山断裂、尖顶山断裂、大风山断裂、南翼山断裂、油泉子断裂、油砂山断裂、涩北断裂等。它们多为断距不大的压扭性断层,大都分布在一些断褶构造的一翼,构成它的边界。其延伸长度一般仅为十几到几十公里,主体走向为北西或北西西向,其头、尾常常转变为近东西向,因而在平面上多呈反“S”形展布。

盆地内褶皱构造比较发育。其形态主要是一些宽缓的箱状或半箱状的短轴背斜,主要分布在盆地中部和东部,如南八仙、鄂博梁、鸭湖、台吉乃尔、涩北、驼峰山、盐湖、红三旱、开特米里克、油墩子、茫崖、那北等。其次是受一侧或两侧断裂控制或影响的断褶构造,主要分布在盆地西南部,如跃进一号、油砂山、油泉子、南翼山、尖顶山、大风山、碱山等。此外,在阿尔金山前地带,还发育一些向东南倾伏的鼻状构造,主要有狮子沟、干柴沟、咸水泉、红沟子等。这些不同形式的褶皱构造,幅度和规模都不大,一般延伸不超过几十公里,基本走向为北西或北西西向,和盆地内部断裂构造一样,它们的头部和尾部亦常常发生弯曲,因而平面形态亦呈反“S”形。相邻的褶皱构造还常常首尾相接,断续相连,

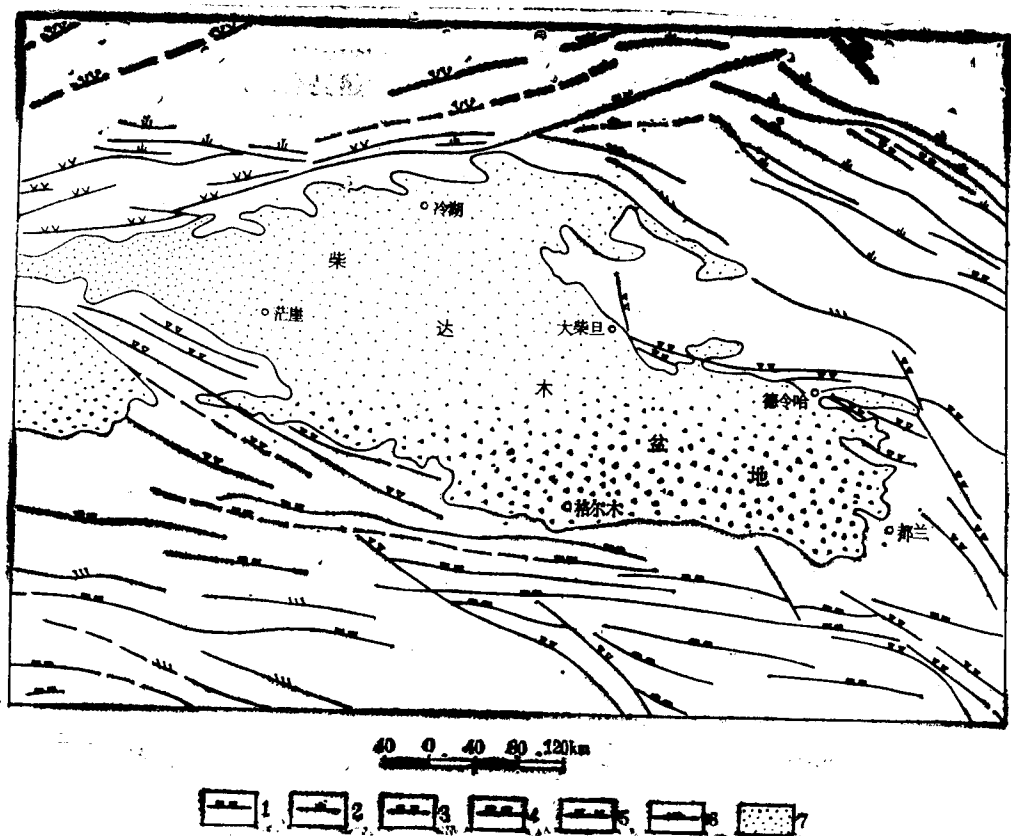


图 2-1 柴达木盆地周边地区构造体系分布图

Fig 2-1 Distribution of structural system in the peripheal regions of Qaidam Basin

- 1—纬向构造体系；2—山字型构造体系；3—西域构造体系；4—河西构造体系；
5—阿尔金构造带；6—歹字型构造体系；7—盆地

构成延续数百公里的背斜带。

在这些背斜带之间为规模不等的凹陷，它们有的独立被挟持在背斜构造之间，有的几个相连构成规模较大的凹陷带，凹陷与背斜构造平行排列，大体构成凹、凸相间的构造格局。这种状况在盆地中部和北部最为明显。北部的冷湖—南八仙地区，发育有两隆、两凹——冷湖—马海和鄂博梁凸起带，赛什腾和昆特依凹陷。中部的一里坪—三湖地区，为一隆、一凹——鄂博梁二号和鸭湖—涩北背斜带，一里坪—台吉乃尔—涩北湖凹陷带。这两个地区隆、坳大体相间排列。盆地西南部的油砂山—茫崖地区，隆起构造和凹陷的规模都比较小，连续性比较差。隆、坳交错，分布比较零散。较大凹陷有油狮凹陷和茫崖凹陷；主要褶皱构造有尖顶山背斜带、南翼山背斜带、油泉子背斜带、油砂山背斜带。

依照盆地不同地区的构造条件，将盆地划为六个构造区（带）（图2-2），其主要特征见表2-2。

对于柴达木盆地内发育的一系列反S形构造，本队朱松年、陈甫等（1982）称之为柴达木构造体系或简称为柴达木系[●]。从构造特征和形成条件看，柴达木系与毗邻地区所发育的各

● 地质部五六二综合大队，1982，柴达木地区的地质构造及与油气关系调研报告。

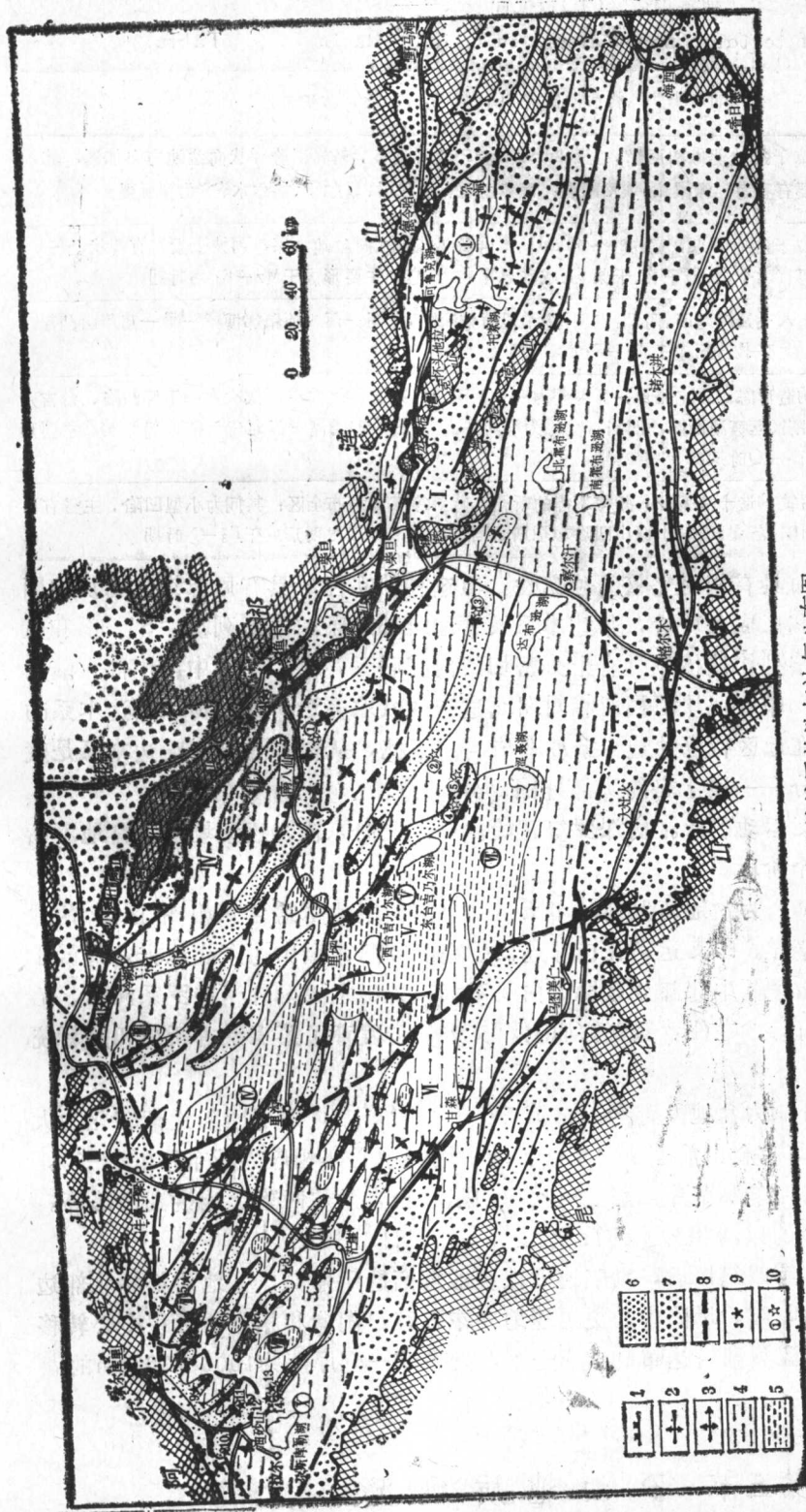


图 2-2 柴达木盆地地质构造与油气分布图

Fig 2-2 Geological Structure and distribution of oil-gas in Qaidam Basin

柴达木盆地各构造区(带)特征简表

表 2 2

Charateristics of tectonic zones (areas) in Qaidam Basin

Table 2 2

构造区(带)	构造 简 要 特 征
I 北缘断裂构造带	位于盆地北缘和南缘,宽约20~50km。断裂发育,基岩以阶梯状向盆地方向加深。北缘主要有黄南、绿梁山、埃南断裂;南缘主要有黄梁梁、塔尔丁、格尔木、诺北等断裂
II 南缘断裂构造带	
III 西缘阿尔金山前构造带	位于盆地西缘,宽约20~50km。基岩以斜坡形式向盆地加深。斜坡上发育有起伏凸起,主要有七个象、狮子沟、干柴沟、咸水泉等构造,它们主要形成于Mz-E ₁₊₂ 时期
IV 北部冷湖—南八仙构造区	基本构造为两凹、两凸:赛什腾和昆特依凹陷,冷湖—南八仙和鄂博梁—一号—两芦山凸起带。主要构造形成于Mz-E ₁₊₂ 时期
V 中部一里坪—三湖构造区	构造形态比较完整单一,主要为一系列深凹陷:自西北向东南依次为—里坪凹陷、台吉乃尔凹陷、涩聂湖凹陷。凹陷带北缘为鄂博梁二号、三号 and 鄂博梁—一里坪背斜带。局部构造主要形成于N-Q时期
VI 西南油砂山—茫崖构造区	褶皱构造十分发育,规模不等的断褶、背斜等构造遍布全区;其间为小型凹陷,主要有油砂山凹陷、茫崖凹陷、小梁山凹陷和尕斯凹陷等。局部构造主要形成于E ₃ -N时期

种构造体系不尽相同,因而具有相对完整的独立性。但这种独立性只具有局部意义。从中国西部区域构造体系的分布和形成条件看,柴达木系及盆地毗邻地区的一系列反“S”形和弧形构造的形成,与藏滇歹字型构造体系具有十分密切的内在联系,它们都是中国中部大陆向南运动过程中,西部地区受华夏地块阻挡而相对向北这一区域地壳运动的产物;柴达木系的某些具体特点,是由于所在地区特殊的边界条件造成的。因此,从根本上看,柴达木系是藏滇歹字型构造体系的一部分——属于它的头部外围成分。

柴达木盆地形成于印支运动以后。从侏罗纪开始,自西北向东南,逐渐拗陷,盆地不断扩大,至今大致经历了三个阶段。

侏罗纪—第三纪始新世 为盆地萌生期。印支运动以前,柴达木地区和相邻区域的地质、地理条件并没有显著差异。印支运动在南祁连山的南缘和阿尔金山的东缘地带,造就了一系列互相分割的小型断陷;其中除部分充填了白垩系沉积外,主要发育了侏罗系河流、沼泽及部分浅水湖相沉积。而后,在侏罗系剥蚀面上,又进一步发育了第三系古新统和始新统的红色沉积。

第三纪渐新世—上新世,为盆地发育期。自第三纪渐新世开始,局部断陷逐渐转化为大规模拗陷,其范围自西部的阿尔金山前不断向东部扩展,拗陷中心亦相应逐渐东移(图2-3)。随这一变化,依次形成油砂山凹陷和茫崖凹陷、一里坪凹陷和台吉乃尔凹陷、涩聂湖凹陷等。在广大拗陷区,发育了巨厚的以湖相为主的沉积。

第四纪为停滞收缩期。第四纪以后,拗陷速度减缓并逐渐趋于停滞,盆地西部和北部边缘上升,已形成的盆地开始收缩。拗陷中心更迅速地向东迁移,湖盆和相应的沉积中心转移到东部三湖(台吉乃尔湖、涩聂湖、达布逊湖)一带,发育了一套厚度为1000~3000m的湖沼相沉积。

第三节—石油地质概况

柴达木盆地发育有三套生油(气)岩系(表2-3),其分布比较广,厚度比较大,但有

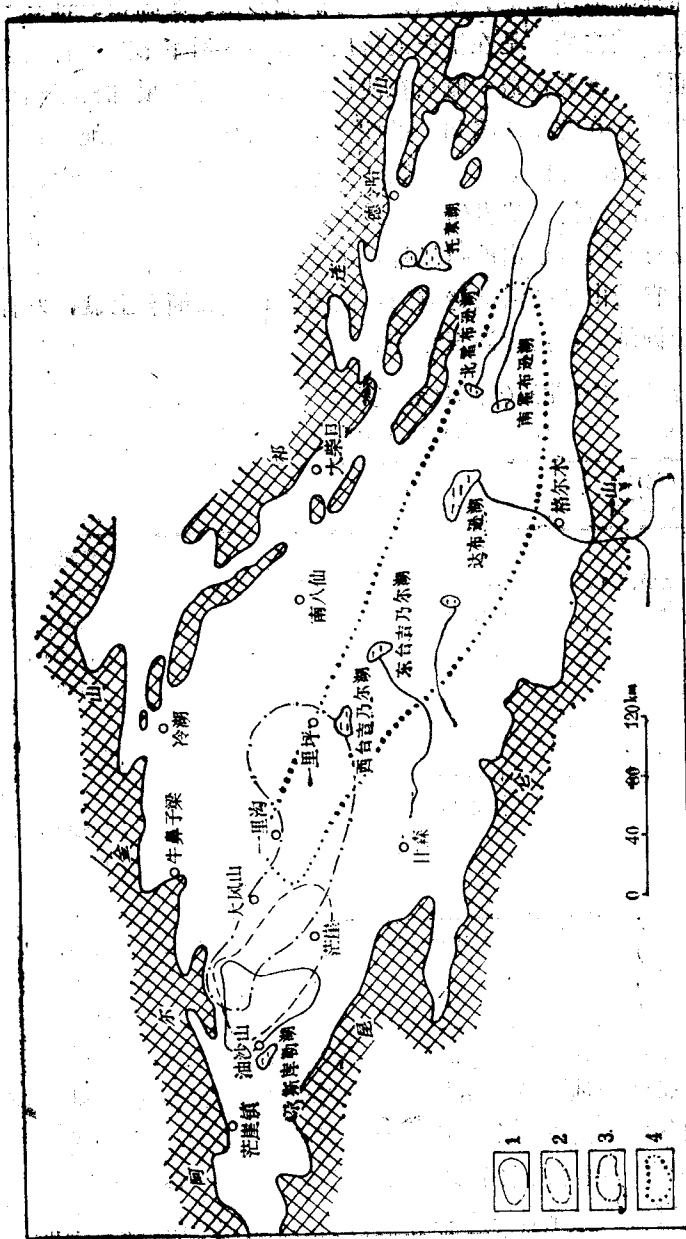


图 2-3 柴达木盆地新生代拗陷中心迁移图

Fig 2-3 Migratory map of Cenozoic depression center in Qaidam Basin

1—渐新世拗陷中心区；2—中新世拗陷中心区；3—上新世拗陷中心区；4—第四纪拗陷中心区