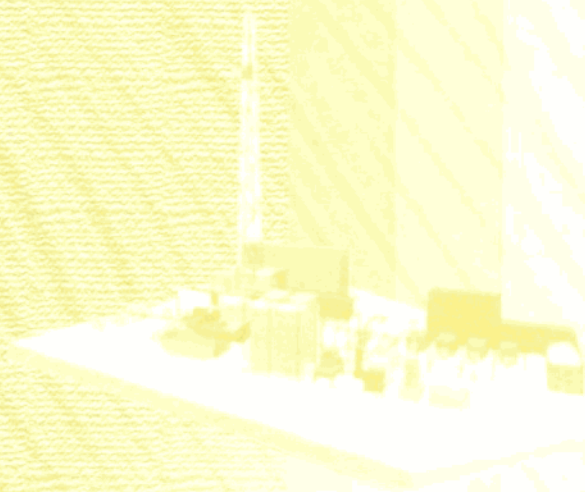


LAOJUNMIAO

Oil

老君庙油田开发

《老君庙油田开发》编委会 编



石油工业出版社 Petroleum Industry Press

PDG

古君廟
油田

可發

趙



宗國新題

向《老君廟曲田开发》的作者祝贺
向《老君廟戰甲》过的英雄致敬

正当家國許多砂岩油田

進入高含水開發階段之際

《老君廟油田開發》一書面世

在此書著錄本為喚起

志之士艱苦奮鬥、科學探索

經濟且效挖汗增产灵魂的

經典

周敦實敬書



祁連山以戈壁灘

不記來月去時矣

地之異至冲之乃

中百聲名在人寰

美風雨田年發分飲

李向岳

1945年我从中央大学地质系毕业后,就奔赴大西北的玉门油田工作。1954—1958年我担任了玉门矿务局的地安技术负责人;参与了老君庙油田 L 油层边缘注水和局部注水的实施工作,编制了 K 油层、M 油层和石油沟油田的开发方案,发现并开发了白杨河油田和鸭儿峡油田。

玉门油田经过六十年的开发,到1997年底累计产原油 2664 万吨(1.8 亿桶)。在大庆油田发现以前,它担负着我国天然原油生产的主要任务。目前由于全国大油田、新油田的不断发现,玉门油田在全国原油产量构成中比例虽越来越小,但在开采六十年后,目前仍能稳产在年产量 40 万吨的水平。《老君庙油田开发》一书,系统地总结了老君庙油田的开发技术;无论对即将开发的新油田,还是进入开发后期的同类油田,都具有技术上的借鉴作用。

玉门油田是我国石油工业的老先驱。玉门人在这被高山雪峰、戈壁沙滩所环围的石油河畔建成了一座美丽的石油城。在这建矿六十周年,《老君庙油田开发》一书出版之际,我怀念曾在玉门一起工作过的战友们;怀念在这里渡过的工作和生活。感谢这座新中国石油工业的摇篮,在我年青时期提高了我的技术素质,施展了我的石油地质学抱负,留下了我难忘的回忆!

中国科学院院士

李德全

1998年11月于北京

《老君庙油田开发》

编委会名单

主 任：杨秀森

副 主 任：刘世洲 王昌桂

委 员：（以姓氏笔画为序）

王昌桂 孔繁瑾 刘世洲

刘廷华 杨秀森 唐世荣

编审组名单

主 编：王昌桂

副 主 编：孙卫东

编 辑：（以姓氏笔画为序）

苏纪利 陈建军 李 珣 程少林

责任编辑：王惠来 崔淑红

序

老君庙油田是中国大陆被发现的第一个工业性油气田，她也因此而闻名于国内外。

新中国成立前，油田已开采了十年，从钻井、测井、采油、测试、修井、输油、炼油、销售及油田技术管理、生产管理等方面，为我国石油工业积累了不少经验，同时，也锻炼和培养了一批我国最早的油田开采、炼油等方面的技术工人、技术干部和管理人才。

1949年9月在彭德怀同志的直接关怀下，派遣人民解放军军代表，全面接管当时的“中国石油公司甘肃分公司”，即玉门油矿。康世恩任总代表，焦力人、张俊任副总代表。1950年玉门油矿改建为玉门石油矿务局，成为当时国家的重点厂矿，扩大勘探开发工作。

1952年冬季，在毛泽东同志的关怀下，解放军57师7000余人整体转业从事石油工业建设，改名为“石油师”。其中4000多人加入玉门油矿的钻井、油建、运输队伍中，以解放军作风和高度的热情投入到生产建设发展中。油矿广大职工，利用六年的时间，探明了老君庙油气富集带，发现了鸭儿峡、石油沟油田，使老君庙油田石油地质储量由几百万吨增到6100多万吨，列入大中型油田的行列。在地下地质基本明了的情况下，油田的技术人员和前苏联专家共同制定了老君庙油田的注水开发方案，于1955年进行了实施，成为我国第一个注水开发的油田。

1959年玉门油田年产油达到140万吨，占全国年产油量的50%以上，有力地支持了国民经济的第一个和第二个“五年”发展计划。

老君庙油田开发的时间早于大庆油田21年；注水开发的时间早于大庆油田7年；油井停喷转抽油的时间早于大庆油田20年。经历就是财富。因此，原石油部领导组织一批又一批的技术人员认真总结老君庙油田正、反两方面的开发经验，用以指导大庆油田的开发。将玉门油田定位为“三大四出”的基地，即大学校、大试验田、大研究场所，出经验、出人才、出技术、出产品。玉门油田向全国所有油田支援了工人、技术干部、领导干部共10万人之多，真是“所有石油处，皆有玉门人”。

玉门油田是中国石油工业的摇篮。

玉门油田曾是中国石油工业的中流砥柱。

玉门油田在中国石油工业的发展中业绩显著，功不可没。

我国投入开发的油田近150个，但走完注水开发全过程的油田不多。《老君庙油田开发》一书，系统总结了一个油田走完了注水开发全过程的经验，总结了油田在不同开发状态下的生产规律、出现的矛盾和解决的办法。对新投入开发的油田很有借鉴。

该书凝聚了几代石油工作者的智慧和才华，是一本可读性很强的著作。借老君庙油田开发60年之际，首次出版，我特向从事石油工作的同事们推荐这本好书。

焦力人

前 言

老君庙油田是我国第一个投入工业性开采的油田,在新中国成立前已开采了10年。在60年的生产活动中,油田经历了建产——高产——稳产——低产——衰竭的全过程。在注水开发中经历了注水——见效——低含水——中含水——高含水——特高含水的全过程。这些生产过程本身就是一本宝贵的书。

在老君庙油田的开发建设中,有几代石油工作者奉献出了自己的智慧、才华,创造出许多首次和第一,积累了丰富的石油勘探开发技术经验。

中国现代石油开发技术是从老君庙油田开始的,它是中国石油工业发展的缩影。

《老君庙油田开发》一书,总结了一个油田在不同开发状态下的生产规律、出现的矛盾和解决办法。这对即将投入开发的新油田和进入开发后期的油田都有借鉴作用。

本书的全部资料来源于油田的实践,该书汇集了开发者多年研究的成果,首次系统地总结了老君庙油田的开发技术。

《老君庙油田开发》一书包括7方面内容:

(1) 对油田的石油地质情况,地层、沉积、油层的对比划分,储层的物性,油、气、水物性等概要地进行了介绍。

(2) 遵照油田历史的发展,对油藏几次开发方案的制定、几次调整方案的实施效果、成功经验 and 失败的原因进行了总结。

(3) 对油田投入注水后出现的问题及采取的对策进行了分析和总结。

(4) 对油田投入开发后油藏所暴露出的矛盾,如怎样调整开发井网和层系;怎样控制油藏递减;怎样控制合理的排液量,实现稳油控水,达到较高的采收率等关键性技术问题进行了量化的总结。

(5) 老君庙油田的采油工艺可以说是斑斓多姿,本书较系统地总结了压裂、修补套管、封水、堵水、油水井解堵、控制注水的微生物、注磁化水、抽油井参数选择等工艺技术及应效果。

(6) 我国最早开始在油田实施三次采油是在老君庙油田 L 油藏。书中介绍了泡沫驱油、表面活性剂—聚合物驱油的机理及现场实验的效果。

(7) 概述了油田整个开发过程中的规律。

《老君庙油田开发》一书,是许多科技人员几十年实践的结晶,是一本专业性强、涉及面广的科技书籍。

全书各章的执笔者如下:

第一章,王昌桂、王仲林、谭光天;第二章,熊湘华;第三章,穆福元、原永新、杨卫平;第四章,王玉成、刘曰强;第五章,郑然、李建立;第六章,王德辰;第七章,杨秀森、唐世荣;大事记,武勤。

该书于1996年底已完成初稿,杨秀森对全文进行修改。最后统稿、编审由王昌桂完成。

该书在编写过程中受到许多领导、专家的关注和指导。玉门石油管理局局长刘世洲曾召

开该书的审稿会，原石油工业部副部长焦力人、赵宗鼎、李天相，以及在玉门油田曾经工作过的老专家秦同洛、董宪章、王治同、陈炳泉、付尤校等在编写过程中提出许多宝贵的意见，玉门石油管理局研究院负责全书的制图，在此一并表示感谢。

由于编写人员水平有限，不妥之处请读者指正。

王昌桂

目 录

第一章 油田地质	(1)
第一节 构造	(1)
第二节 地层与油层	(5)
第三节 M 油层	(8)
第四节 L 油层	(23)
第五节 油藏评价	(34)
第六节 渗流特征	(40)
第七节 储量计算	(43)
第二章 油田开发设计与调整	(50)
第一节 开发初期部署	(50)
第二节 边外注水与顶部注气	(52)
第三节 边外—边内切割综合注水	(57)
第四节 不规则点状面积注水	(60)
第三章 油藏注水开发动态	(71)
第一节 开发阶段划分	(71)
第二节 无水期开发阶段 (1939~1955)	(74)
第三节 低含水期开发阶段 (1956~1959)	(75)
第四节 中含水期开发阶段 (1960~1973)	(77)
第五节 高含水期开发阶段 (1974~目前)	(82)
第六节 特高含水期开发	(85)
第七节 油田开发规律	(87)
第四章 油田开发研究的重点	(96)
第一节 细分开发层系	(96)
第二节 加密井网	(97)
第三节 合理的注采压力系统	(102)
第四节 减缓产量递减	(109)
第五节 实施排液采油	(117)
第六节 高含水期开采特征	(130)
第七节 剩余油研究方法与分布	(135)
第五章 采油工艺技术	(144)
第一节 油藏不同开发阶段采油工艺技术简介	(144)
第二节 油 (水) 井大修理工艺技术	(149)
第三节 压裂工艺技术	(150)
第四节 封、堵、调工艺技术	(157)

第五节	油（水）井套管损坏的调查及预防·····	(166)
第六节	注水油层微生物活动规律及控制·····	(169)
第七节	注磁化水技术·····	(175)
第八节	MY 系列油层解堵剂的研制及应用·····	(178)
第九节	抽油井工作参数优选技术·····	(181)
第六章	三次采油·····	(189)
第一节	概述·····	(189)
第二节	提高采收率方法筛选·····	(191)
第三节	泡沫驱油·····	(198)
第四节	表面活性剂—聚合物驱油·····	(212)
第七章	油田开发经验·····	(232)
第一节	油田开发决策与部署·····	(232)
第二节	油田合理的开发程序·····	(233)
第三节	油田开发经验·····	(237)
老君庙油田开发大事记·····		(240)
结束语·····		(254)
参考文献·····		(255)

第一章 油田地质

第一节 构造

一、区域构造背景

老君庙油田位于甘肃省酒西盆地南部的老君庙背斜带。该油田于1939年8月被发现并在构造顶部投入开采,是我国第一个工业性开采的油田。

酒西盆地位于河西走廊的西端,西边界为阿尔金断层,南以祁连山北麓为界,北至赤金峡—黑山,东抵文殊山,面积2700km²。

酒西盆地是中新界发育起来的盆地。基底由早古生界的浅变质泥岩、砂岩及晚古生界的砂泥岩构成。燕山运动早期,在盆地的西南部产生裂谷,沉积了侏罗系河流相的砾岩、砂岩、泥岩及河沼相的煤岩、砂岩及泥岩。在晚侏罗世裂谷反转,地层遭受剥失,仅残留中、下侏罗统。燕山中期,在侏罗纪裂谷的基础上,盆地再次拉张,形成了三个受北东向同生正断层控制的裂谷,接受了下白垩统的湖相泥岩、砂岩的沉积。三个白垩系裂谷由西向东被命名为青西坳陷、石北坳陷、大红圈坳陷(图1-1)。

其中,青西坳陷沉积的下白垩统赤金堡组和下沟组是盆地的重要生油岩。燕山晚期,白垩纪湖盆逐渐萎缩并抬升,缺失了上白垩统,第三系不整合在下白垩统之上。

喜山期盆地的面貌发生了很大的变化。首先,盆地大面积下降,接受了早第三系、晚第三系的河流—湖泊相沉积,使下白垩统三个分割的裂谷统一成一个大盆地。其次,盆地的受力性质由拉张转变为挤压,发育了一系列北西向的逆断层、逆冲断层和逆掩断层,并伴随有平移断层。老君庙背斜带即为喜山期的产物。

由于燕山期、喜山期盆地发育状况和受力性质不同,其构造单元划分也有很大差异,见表1-1。

表 1-1 酒西盆地不同时期构造单元划分表

时 代	单 元 名 称	面积, km ²	沉积岩厚度, m	沉积地层
第三纪	西部坳陷	445	7000	R, K1
	南部隆起	290	2200	R, K1, P+C
	中央坳陷	1460	5500	R, K1, P+C
	北部斜坡	380	5000	R, K1, J
白垩纪	青西坳陷	445	7000	R (E+N), K1
	鸭北隆起	485	3400	R
	石大坳陷	1030	5000	R, K1
	南部隆起	290	2200	R, K1, P+C
	嘉西隆起	325	1000	R

二、油田构造

老君庙构造位于老君庙背斜带的中部,是该带的一个主要构造。该构造发育在第三系(图 1-2),其形态是不对称的穹窿背斜,轴向 110° ,长轴 8km,短轴 4km,闭合高度约 800m。南翼平缓,倾角 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$;北翼陡,倾角 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$;构造面积为 28km^2 。油层在白杨河组(E_3b)。根据油藏的压力系统、油水系统、地层状况等因素,可将其分为三个油藏,最上为 K 油藏,中间为 L 油藏,最下为 M 油藏。

由于老君庙构造是喜山运动晚期一次形成的,其层内构造变化不大,唯独在构造顶部遭受剥失,K 油层部分油气散失在地面,见表 1-2。

表 1-2 老君庙油田各油藏构造参数表

油 藏	构造轴向	长 轴 km	短 轴 km	面 积 km^2	闭合幅度 m	油藏平均埋深 m
K	290°	6.6	3.3	21.8	800	200
L	290°	6.6	3.3	21.8	720	790
M	290°	6.6	3.3	21.8	700	810

L 油藏构造有各种断层 12 条,其中逆断层 4 条,逆掩断层 1 条,正断层 4 条,平移断层 3 条,除 F53 平移断层对油藏不起封隔作用外,其余断层不同程度地控制了油藏的分布,造成原始油水边界的差异(表 1-3)。

表 1-3 老君庙 L 油藏断层数据表

断层性质	名 称	可靠等级	在 构 造 中的位置	断 层 要 素					隔绝情况
				走 向	倾 角	倾 向	水平断距 m	垂直断距 m	
逆断层	F662	可靠	西北翼	$120^{\circ}\sim 95^{\circ}$	$13^{\circ}\sim 21^{\circ}$	南	40	30	两侧隔绝
	F503	可疑	东北翼	$120^{\circ}\sim 105^{\circ}$	7°	南	<20	<10	两侧隔绝
	F552	可疑	东北翼	$120^{\circ}\sim 110^{\circ}$	5°	南	不明	不明	隔绝差
	FC213	可靠	北翼中部至东部	$125^{\circ}\sim 95^{\circ}$	$12^{\circ}\sim 15^{\circ}$	南	340	360	上下盘隔绝
逆掩断层	F105	基本可靠	西部	98°	65°	南		10	隔绝良好
平 移 断 层	F635	可靠	东端	150°		西南	不详	不详	
	F147	可靠	西端	65°	77°	东南		500	
	F53	基本可靠	中部	350°	80°	西	<10	<10	连通良好
正断层	F101	基本可靠	西南部	60°	85°	西	<5	<10	两侧隔绝
	F651	基本可靠	西南部	42°	85°	西	<5	<10	两侧隔绝
	F313	可靠	南部	225°	85°	西	<5	<5	
	F665	可疑	南部		85°	东		<5	

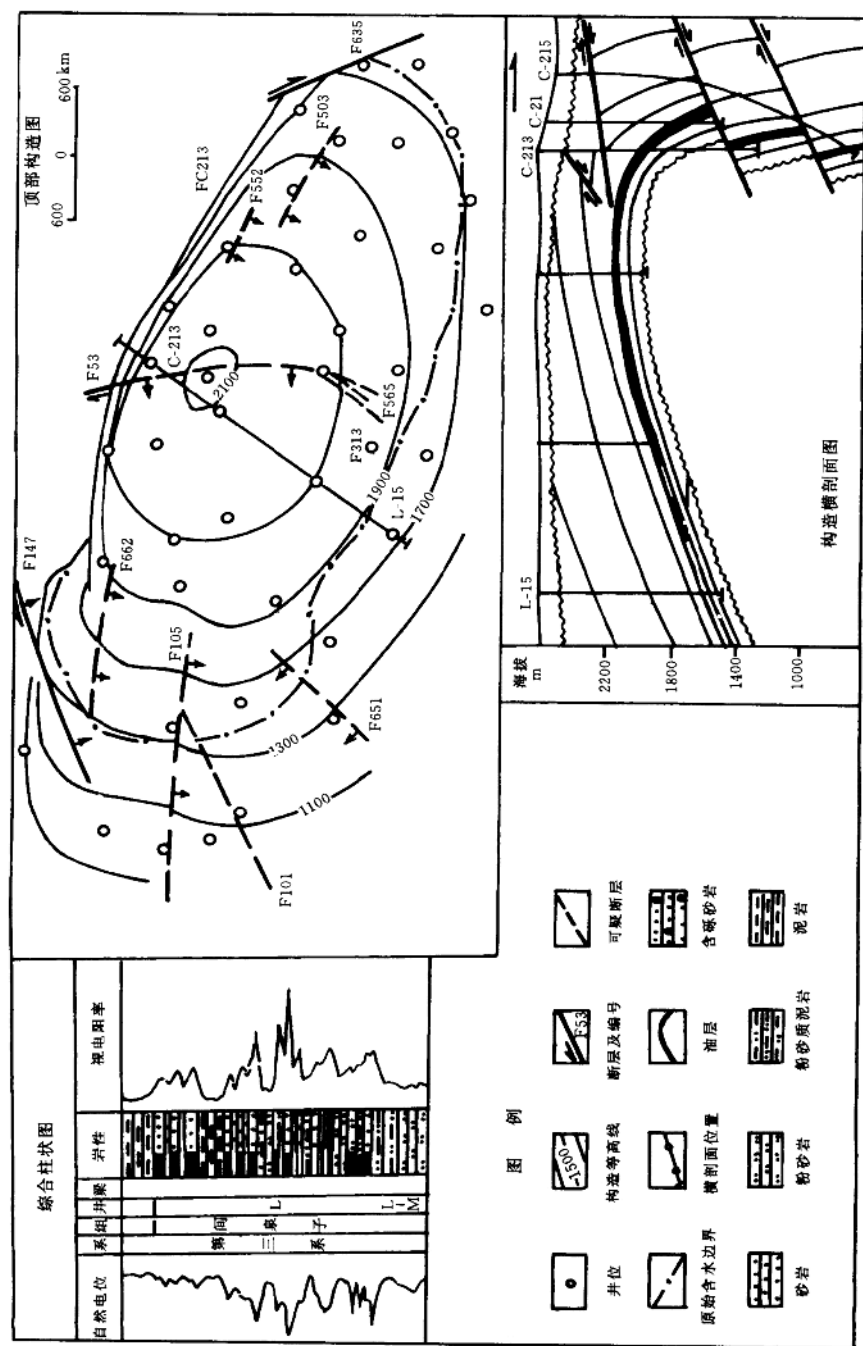


图 1-2 老君庙油田 L 油藏综合图

M 油藏的构造比 L 层简单, 仅发育 5 条断层。除东部为平移断层外, 其余均为逆断层 (图 1-3)。构造的北翼受控于北西西向的逆断层, 构造的东端被北西向的平移断层错断。

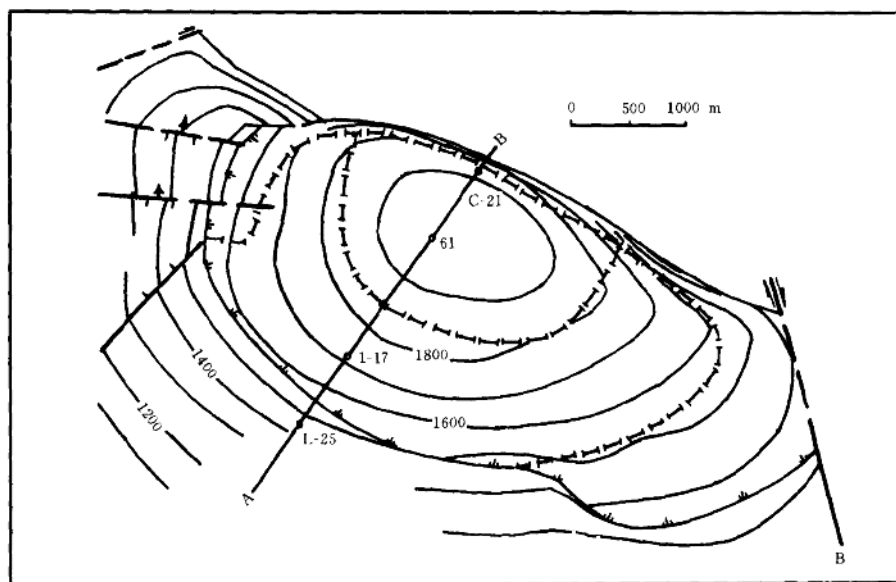


图 1-3 老君庙油田 M 层构造图

第二节 地层与油层

一、地层

在青西坳陷钻遇的地层较全, 自下而上有下白垩统的赤金堡组 (K_1c)、下沟组 (K_1g)、中沟组 (K_1z), 下第三系的柳沟庄组 (E_2l)、火烧沟组 (E_3h)、白杨河组 (E_3b), 上第三系的弓形山组 (N_1g)、胥塘沟组 (N_1t)、牛胳膊套组 (N_2n), 第四系的玉门组 (Q_1g)、酒泉组 (Q_2j)。下第三系的火烧沟组 (E_3h) 仅在盆地北部发育, 南部缺失 (图 1-4)。

老君庙油田仅发育间泉子组以上的地层, 白垩系仅有数十米的中沟组。

下白垩统的下沟组、赤金堡组是盆地的主要生油岩, 岩性为湖相黑色泥岩、泥质白云岩, 最大的厚度达 2000m 以上。生油岩母质类型为 II 型干酪根。经多种地化指标对比, 老君庙油田的石油均来自下白垩统的湖相泥岩。

第三系白杨河组的砂岩是老君庙油田的良好储层, 其中发育的泥岩是良好的区域盖层。生储盖组合见图 1-5。

二、油层划分

根据钻井所揭露的地层岩性、电性及泥岩隔层的特征, 将油田的油层段与油层进行划分与对比, 划分出 3 套含油地层 (分别命名为 K、L、M 层), 9 个砂层组, 其中 K 油层 3 个, L 油层 5 个, M 油层 1 个; 在 L、M 油层中又分为 23 个小区, 其中 L 层 20 个, M 层 3 个。分层情况见表 1-4。

地层系统				厚度 m	剖面	主要岩性	剖面位置
界	系	统	组				
新生界	第四系	全新统				砾石、砂土	
		更新统	酒泉	Q _{2j}		暗灰砾石层夹棕红色及黄色砂层	石油河
		新统	玉门	Q _{2y}		灰砾石层夹棕红色及黄色砂层	青草湾
			牛路梁	N _{1n}		灰黄色、灰色砾岩、砾状砂岩、砂岩夹棕红色泥岩	西沙河青草湾
	第三系	上新统	路塘沟	N _{1t}		浅棕红色砂质泥岩、泥岩与浅棕红色砂岩、砾状砂岩	青草湾井下
						灰白色砂岩夹棕红色、灰绿色砂岩	路塘沟
		渐新统	弓形山	N _{1g}		暗棕红色泥岩夹棕红色、灰绿色砂岩	石油沟东
			白杨河	E _{3b} E _{3a} E _{3h}		巧克力色泥岩夹白色砂岩及灰绿、浅红色砂岩	老君庙井下
			火烧沟	E _{3h} E _{3h} E _{3h}		棕红色砂岩夹棕红色泥岩	宽台山乔家附近
						深棕红色砂岩、砾状砂岩与土黄色泥质砂岩	
中生界	白垩系	上统				灰白色砾状砂岩、泥质砂岩夹暗棕红色泥岩	宽台山乔家附近
						棕红色砾岩与暗棕红色砂质泥岩互层	
						灰黄色、暗红色砾岩、砾状砂岩、砂岩与灰绿色、紫红色、暗红色的砂质泥岩、泥质粉砂岩	
		下统	中沟	K _{1z}		紫红色、灰绿色砂岩、粉砂岩、砾岩与灰绿色、灰黑色泥页岩	清泉公社下沟西
			下沟	K _{1g}		紫红色、灰绿色砂岩、粉砂岩、砾岩与灰绿色、灰黑色泥页岩	赤金堡
			赤金堡	K _{1c}		褐色、黄色、灰色、紫红色等砂岩、砾岩、砾状砂岩与灰黑色、灰绿色泥岩、页岩	赤金堡道附近
							850

图 1-4 酒西盆地地层柱状剖面图