

第一篇

油 气 勘 探

四川是世界上最早开采利用天然气的地区,有关开采利用的记述,史不绝书。晋常璩《华阳国志·蜀志》载:“秦孝文王以李冰为蜀守,冰能知天文地理……又识齐(察)水脉,穿广都盐井、诸陂池”。说明公元前250年凿井要识“脉”,即根据地质条件确定井位。汉献帝建安二年(197年),张陵入川主持凿成一口陵井,产含硫天然气。张陵“见阳山气象”而选定井位。南宋王象之《舆地纪胜》卷一八二载:汉廷尉扶嘉临终根据“三牛对马岭”的地形提示云阳井位。简略记载了古人对地形地貌与地下卤水、天然气矿藏关系的认识。明末清初,四川自流井(今自贡市)逐渐出现一批专门从事勘定井位的“匠氏”。清代盐厂专业分工中,主司“规画形势,督工匠以凿井”的“井

管事”负责地质钻井工作,职权列于其他管事之上。在勘定井位时,井管事或者根据岩层、山形和气卤露头,“撷草拾土嗅之,即知下宜水火”,“山高大者,须择其低处平原,山低者须择其曲折凸起之处”,或者“择四旁有井者居中度地焉,曰看榜样”,有的专找“黑矿子石平铺”(当地称石灰岩为矿子石,东岳庙石灰岩为灰黑色,是浅气层之一),即在浅气层的构造顶部布井。1955年以来,四川石油和盐业部门对自流井作过大量的调查研究,查明近百年来钻开嘉陵江组气藏的198口旧气井,绝大多数分布在地面构造的长轴部位。可见昔日匠氏、井管事定井位之“龙脉”,即指构造轴线。

清末,西方的现代地质及地球物理勘探等科学以及钻井技术,逐步传

入四川。1866~1928年,外国地质工作者在四川及盆地范围内进行过地质调查及路线踏勘,建立地层层序,寻找圈闭构造。

1929年,赵亚曾、黄汲清调查队,开始在四川盆地内进行地质调查。抗日战争爆发后,经济部地质调查所先后对巴县石油沟、隆昌圣灯山、威远臭水河及江油海棠铺诸构造进行勘探。四川境内系统的石油地质调查、地球物理勘探及钻探工作是在人民共和国成立后,由石油部门和地质部门共同完成的。在盆地范围内,1960年全面完成石油地质普查;1961年完成绝大多数可供油气钻探的地面构造细测。

50~70年代,全盆地还开展了多工种地球物理勘探,包括重力、磁力、电法、航空磁测、岩石物性、化探及地震等。其中地震勘探工作1990年底仍在继续进行。

至1990年底,在四川盆地18万平方公里范围内共发现地面局部构造334个(包括1949年以前发现的122个),其中在四川省境内的318个,另经地震勘探发现的潜伏构造377个。完成钻井3101口(不包括在省外钻井106口)、浅井1350口,共获气田76个,含气构造45个;油田13个,含油构造5个,油气层23层。

第一章 地面地质调查

在四川境内进行地质调查始于1866年。到1949年,先后有许多中外地质工作者和团体来川作地质踏勘、路线调查或普查,对四川地层划分、构造的发现和分区作了许多基础工作,为后来的地质调查及勘探创造了条件。对四川石油及天然气地质调查起步稍晚,19世纪90年代初出现石油调查记述,20世纪初有四川石油区域性的调查专题报告。1937年后,对四川的石油地质调查正式列入政府计划,但投入的力量及调查地区均有限。

1950年7月1日,在重庆成立中央燃料工业部石油管理总局重庆办事处。1950~1952年,四川石油地质调查工作主要由西南地质调查所(西南地质局前身)负责。1952年11月1日,

撤销石油管理总局重庆办事处,成立西南石油探勘处,与1952年7月成立的地质部西南地质局共同进行四川石油地质调查与钻探工作。1956年7月,成立四川石油勘探局地质调查处(以下简称地调处),专门从事石油地质调查和地球物理勘探工作。与之同时专门从事石油地质调查工作的还有在1955年3月成立的西南地质局四川石油普查大队(519队),全川石油地质普查工作绝大多数由该队承担完成。

1959年底,已基本完成四川盆地内比例尺1:20万石油地质普查。1961年底基本完成盆地内认为对油气储集有利构造的大比例尺1:5万或1:2.5万细测工作。

第一节 地质普查

首先在四川进行地质科学调查的是德国人李希霍芬(F·Von·Richthofen)。他于1866年经秦岭入川,至成都、宜宾,沿长江出三峡。在广元建立的三叠系剖面,命名为飞仙关页岩和嘉陵江灰岩。随后又有不少外国人如匈牙利人劳策(1877~1880年)、法国的寇德瑞、杜兰、马特(1891年)、俄国的奥布鲁契夫(1893年)、美国的维里士和布来克威尔(1903年)等先后来四川,在不同地区进行盐田和天然气地质调查。

首次在四川进行地质调查的中国地质家是赵亚曾和黄汲清,1929年春,他们组织的调查队越秦岭入川,在龙门山和成都、峨眉、宜宾等地进行系统地质调查,对四川盆地的构造和地层形成较系统的认识,著有《秦岭及四川之地质研究》、《四川峨眉山地质》等文。同年秋,由谭锡畴、李春昱组成的川康地质调查队,在四川西部高原进行调查,后又数度来川工作。嗣后进行地质调查的还有中国西部科学院地质研究所李贤诚,四川建设厅苏孟守、李陶以及四川地质调查团,中国工程师学会调查团李承三、李学清、林文英、杨钟键、尹赞勋、乐森珪、计荣森等,对四川盆地的地层、古生物、构造等进

行系统调查,基本搞清了沉积岩的地层层序和构造的区域分布情况。1937年后,四川的地质调查工作,主要由四川省地质调查所进行。

20世纪初期,法国人阿本丹兰(1903~1906年)、乐赏德(1911年)等对四川盐田和天然气作过一些了解。日本人野田势次郎、小林仪次郎(1911~1916年)和瑞士人哈安姆、古力齐(1920年)以及美国地质调查所派人先后来四川进行石油地质调查。最早对四川石油地质进行系统调查的是美国人劳德伯克。1915年他从广元到乐山、犍为、自贡及川中等地进行系统调查,著有《四川石油调查报告》。瑞士人哈安姆1929、1931年率广东中山大学及两广地质调查所调查团入川,对重庆、自流井等地区进行过石油地质调查;他在1920年还对四川红层作了系统考察,并建立“自流井系”、“重庆系”、“嘉定系”剖面名称。

1931年前后,李春昱等人在遂宁、达县、重庆及泸州、自贡等地进行系统调查,著有《四川石油概论》及《达县油田》等文,其时对自流井统地层的细分层,一直沿用至今。1933年,中央地质调查所和中央大学地质系重点对达县、巴县石油沟进行调查。1935

年,潘钟祥、常隆庆受命勘查石油钻探地点,对石油沟、达县、蓬莱镇、自贡进行勘查,提出了前3个构造的钻探井位。

抗日战争爆发后,大批地质调查机构及专家迁川,四川石油地质调查工作得以加强。中央地质调查所黄汲清、盛莘夫、陈秉范、沈乃菁、谢家荣以及吴燕生、马祖望、杨博泉、何塘等,先后对威远、圣灯山、海棠铺、龙泉山等构造勘测和拟定井位。

1946~1949年,盆地内的石油地质调查工作由资源委员会西南矿产测勘处与四川地质调查所共同担任。矿产测勘处在谢家荣的领导下,先后复查了海棠铺、石油沟构造,概查了龙泉山构造主体部位,对江油、梓潼及川中遂宁、蓬莱、南充等区进行了区域性调查。四川地质调查所潘钟祥、彭国庆等对川东沙坪坝、相国寺及盆地西南犍为、寿保场等构造进行了复查。在此期间,英伊石油公司的斯屈朗、美国的芮奇等,对四川盆地内的生储油层及石油与天然气提出了自己的看法。

1866~1949年,经中外地质工作者的调查研究,基本搞清四川盆地的沉积岩地层层序,发现了122个局部构造,划分了大地构造单元,对石油的生储盖层及储集油气有利地区,提出了一些看法,为以后的石油及天然气勘探打下了一定的基础。

1950年初,西南地质调查所成立

了4个石油探勘队。1950~1952年,分别在龙门山前、乐山、富顺、龙泉山及永川一带开展石油地质普查。

1953年,燃料工业部石油管理总局西南石油探勘处和地质部西南地质局共同在江油海棠铺构造和龙泉山构造进行油气勘探工作,西南石油探勘处还对广元、剑阁、旺苍一带进行比例尺1:10万普查。1954年3月在西安召开的第五次全国石油探勘会议后,开始在地台内(即在川中)找油;4月,西南石油地质处在南充、蓬莱、遂宁一带作比例尺1:20万普查,发现了一立场构造。1955年初,继续在盆地西部的灌县(今都江堰市)、雅安、峨眉、新津进行普查,发现了雾中山、三和场构造。1954年12月,中央决定从1955年起由地质部承担石油及天然气普查,燃料工业部承担石油地质详查、细测、钻探及开发工作。

1956年3月,四川石油地质处更名为地质调查处。1956~1957年,地调处先后组队在简阳、营山一线以北,剑阁、旺苍以南,大巴山山前带的通江、万源、宣汉以及江津、綦江、古蔺等地区进行1:20~1:50万比例尺的普查和概查,总面积约3.7万平方公里,发现了一批构造,基本解决了川西、川北同川中侏罗系地层对比关系。1960年,盆地内的普查工作结束。

为落实国务院关于地质部担负全国石油、天然气普查任务的决定,地质

部四川石油普查大队(519队)于1955年3月成立,下设5个分队,有计划有步骤地按国际分幅,开展全盆地1:20万比例尺的普查填图,在川南和川西发现和圈定46个构造。1956年1月,地质部在北京召开第二次石油普查会议,决定根据苏联地台找油经验,开展川中普查。随即组织7个队,在广安、遂宁以南至乐山、宜宾一带(与地调处工作区相接),进行1:20万比例尺的普查,面积达2.7万平方公里,圈定18个局部构造。1957年,重点转移到川东,组成13个分队和1个找矿队,投入华蓥山及其以东地区,完成填图面积4.5万平方公里,圈定构造49个。1958

年,共组织20个普查分队进行盆地内的普查工作。此后,分别在盆地边缘及邻区继续普查,并在盆地周边的大巴山、龙门山、黔湘鄂边境地区以及甘孜、阿坝、西昌、凉山等地区进行路线踏勘和概查。

至1960年,四川石油普查工作全部完成。其中四川石油管理局地调处普查工作到1958年结束,累计投入22个队年,普查地区主要是盆地北部—东北部、川中地区北部及川东南部分地区,总面积6.6万平方公里;地质部四川石油普查大队从1955~1960年共投入58个队年力量,完成普查面积24万平方公里。

第二节 地质构造细测

1937~1947年,先后对巴县石油沟、威远、隆昌圣灯山和江油海棠铺等少数构造以1:1万或1:5万大比例尺作过调查和制图工作。50年代以后,在四川盆地全面展开1:5万或更大比例尺的地面构造细测。

1950~1952年底,地质部西南地质调查所以1:1万、1:5万比例尺,复查了海棠铺、圣灯山构造;细测了五通桥、邓井关、黄瓜山、老君井等构造;详查了龙泉山构造,发现了三大湾、白云村两个高点。1954年前,西南石油探勘处和西南地质局两个机构没有明

确分工,常混合组队开展石油地质调查工作。调查的重点是盆地的西部和西南部地台到地槽边缘过渡区,以龙泉山和自流井地区为主要勘探对象。

1954年3月,第五次全国石油探勘会议提出:“目前四川盆地应以中生代地层为主要对象,1954年应对川南、川中地区的构造进行细测”。由于当时对川中、川南的构造掌握不多,除在川中细测蓬莱镇构造外,仍按原计划重点摆在西边的龙泉山一带(包括徐家坝和苏码头构造),在曾经钻探过的地区选择一些构造细测,如自流井

地区的兴隆场、寿保场、螺观山,川东南地区的石油沟、东溪等。

1955年,地调处组织3个队(104、105、108队)用1:2.5万大比例尺细测了川南地区北面的古佛山、黄瓜山和最南面的高木顶,为川南油气勘探作好准备。在川中地区则组织106、109队,以1:5万比例尺细测了南充、一立场和大成3个构造。1956年,重点摆在川南地区,集中在南到长垣坝构造带、北到九奎山、东到庙高寺等14个构造进行1:5万比例尺连片细测。同年,地质部四川石油普查大队组织3个详查队细测了东面的合江,西南的南井、广福坪、荔枝滩、桐梓园以及川中地区的龙女寺构造。其它地区仅进行了零散构造细测,如川中地区的八角场,川东地区的铁厂沟、石龙峡、四面山等。

1957年重点转到川中地区。地调处组成4个分队,连片细测营山—合川一带,面积7774平方公里,细测了水口场、营山、渠县、合川等16个构造;地质部四川石油普查大队则细测西山、铁山、黄家场3个构造。

1953年,女2井、充3井、蓬1井相继喷油(1957年,四川石油普查大队在龙女寺构造龙4号井于上沙溪庙组曾钻获油流),根据“加速勘探川中地区,继续探明川南气区,开辟川东新区”的工作精神,全面部署地质细测工作。

盆地中部 1958~1960年,地调处共组织46个小队,以联队形式连片细测威远—大足以北、南部—蓬安以南、广安以西、简阳以东的广大地区以及平昌、巴中地区,另外还细测了仪陇及涪阳坝两个构造带;四川石油普查大队细测了荷包场和广安构造白沙窝一带。川中(除中敖场构造为1961年发现用1:2.5万比例尺测制外)所有构造都用1:5万比例尺,于1960年细测完毕,共计测地面构造59个。

盆地南部 1958年,地调处组织6个小队,分别对川南地区的宋家场、牟家坪、李子坝、梁董庙、塘河、龙洞坪及贵州省境内的官渡塘、旺隆场等14个构造进行细测(比例尺1:5万);四川石油普查大队对永川的东山、西温泉及黄坡岭、丹凤场等构造进行细测。至此,川南的57个地面构造(除南面边缘区出露地层较老和省外部分构造外),已全部完成细测。

盆地西南部(即威远自流井地区) 1958年以前,已陆续对自流井周围的构造进行了细测。1958年,地调处组织3个地质小队分别对南面褶皱较强的天宫堂、大塔场、观斗山、青杠坪、青山岭以及杨家山等6个构造进行细测,1959年又对威远大背斜重新作了1:5万比例尺的细测工作;1961年,成都地质学院对大窝顶—麻柳场构造进行详查。至此,该区的39个地面构造,除西侧边缘出露地层较老和省外

的部分构造外,细测工作已全部结束。

盆地东部 该区构造较多,共82个(其中省外有6个)。地调处1954年和1956年对石油沟、东溪、石龙峡、四面山、铁厂沟等5个构造进行1:5万比例尺勘查,从1958年起用4年时间细测了包括南门场、明月峡、铜锣峡、大天池、大池干井、温泉井等在内的大小背斜28个。与此同时,四川石油普查大队细测了南温泉、卧龙河、相国寺、福成寨等大小构造24个。到1961年,除了出露地层较老、构造破坏较大的华蓥山、方斗山、七曜山—巫山等构造外,其它认为可供钻探的构造,均已完成1:5万细测。

盆地西北部 1958年重新开展构造细测。地调处1958~1959年在盆地西北部细测了双鱼石、老关庙、合兴

场、桐子湾、月亮崖等构造,在西南细测了仁寿、三苏场、盐井沟、熊坡等构造;四川石油普查大队于1958年、1960年细测了北面的九龙山、天井山、唐僧坝,南面的三和场、大邑等构造。该区地面构造63个,细测了21个(1:5万)。

1961年底,四川盆地可供油气勘探的18万平方公里范围内,凡认为可以钻探的构造都已细测。1960年以后,还对少数构造进行过复查,并对盆地内及边缘区,以至跨省地区未测的构造选择性地进行细测,如1969~1970年,曾对沙坪铁厂及陕西宁强的南山岭构造进行过细测,1974~1977年成都地质学院对安县—绵竹一带构造的细测等。

第二章 物探及化探

第一节 电 法

1933~1934年,四川善后督办刘湘曾雇用德国和丹麦专家对石油沟、自贡、五通桥、罗泉井和蓬安、蓬莱等地进行地面电法勘测,四川也曾派人参加,但因无专业人员,勘探方法和资料全由外人掌握。经两年勘探,认为全川石油分散,工业价值不大;且天然气藏量分布广,气层之下应有油,不主张钻石油沟的气,主张从罗泉井开始寻找石油。

1954~1961年,地调处投入15个队年,地质部西南物探大队投入了一定力量,两单位相互配合,先后采用电测深法和大地电流法进行勘探。在寻找到三叠系石灰岩顶高电阻层为标准层的基础上,进行大面积普查和部分地区详查、细测工作,以了解区域性构造起伏状况、深度以及局部构造高电

阻层的圈闭。由于供电电极距、地层倾角以及地形条件的限制,仅对成都平原及盆地中部进行连片细测,川东、川南地区则工作很少。

一、电测深法

1954年,燃料工业部石油管理总局西南石油地质处在川组建第一个电测队——701队,使用苏制3II—1型电位计,采用电测深法,在隆昌圣灯山和富顺兴隆场构造作试验,得到了三叠系石灰岩顶的标准层,并作出了兴隆场和孔滩构造的第一张构造图。1955年在蓬莱镇构造进行地震勘探工作之前,取得了1:5万比例尺的地下构造细测资料。1956~1957年,扩大队伍,在川中涪江以东的盐亭、南充

和营山、岳池、潼南一带进行比例尺1:20万普查,在川东卧龙河构造进行比例尺1:10万普查,共作剖面长2657.4公里、面积17594平方公里,测得电法显示的正异常构造隆起24个,与地面构造能相对照的有22个,符合率占91.6%。

由于垂向电测深法受供电电极距短和辅助设备重的影响,701队从1958年起改用大地电流法施测,停止电测深法的勘探。

1955~1956年,地质部西南物探大队电测深分队和303队在成都平原、川中及川南开展工作。在川中涪江以西地区,于1956年进行了比例尺1:20万普查,目的是查明大足重力高的性质。在川南地区以比例尺1:10万详查了九垒山、纳溪构造;以比例尺1:5万细测了合江、广福坪、南井等构造,证实地下构造存在,并与地面构造基本吻合。1958年,地质部将303队的重力队和电法队调往松辽盆地,四川的电测深法勘探工作(除于1961年6~11月由物探302队在纳溪、南井、荔枝滩等重复作比例尺1:5万细测外)基本结束。

二、大地电流法

1958年,地调处大地电流701队使用苏制ЭPC—23型电测仪和ЭН10—4型示波仪在成都平原作1:50万比例

尺的普查,观测自然界大地电流变化情况,北起江油、南至青神,面积达1.1万平方公里,确定了以成都为中心的凹陷区,发现苏码头、盐井沟、平落坝等11个电流正异常,其中与地面或潜伏构造相吻合的有5个(即连山镇、苏码头、盐井沟、平落坝及隆丰潜伏构造)。1960~1961年,工作区转到川中,先以比例尺1:20万在南充、蓬萊镇一带作普查,面积4900平方公里,发现了17个地下电法正异常。1961年紧接普查区向南到乐至、安岳一带进行1:10万比例尺详查,面积约3000平方公里,显示电法正异常2个(即安居—通贤、蓬萊—隆盛),其中蓬萊与地面构造吻合。

由于大地电流本身变化不大,以及受区域地形等条件的限制,所作深度差达不到小于5%的要求,1961年底结束了在盆地内大地电流的野外工作。

1965年,地质部调第二物探大队(以下简称二物)入川,当年5月~1966年,二物231队开展盆地西北1:50万比例尺的大地电流普查,划分出江油—安县、梓潼—绵阳、仪陇—西充3个异常带及中坝、丰谷镇等单点异常,同时在川东北作过一些试验。1967年,进一步对江油—安县异常带进行面积测量,除查明三叠系高电阻标志层及区域构造关系外,还圈定了中坝、西屏、安县、桑枣等局部异常。

旋即停止四川电法勘探工作。

第二节 重磁力

一、普查

1953~1957年,在四川盆地内、川鄂、川陕边区及西昌地区进行了重磁力普查。

(一) 盆地内

1953年,西南石油探勘处组建了3个重力队,其中两个队(301、302队)用西德制阿斯卡尼亚GS-9型金属丝重力仪和阿斯卡尼亚扭丝式磁力仪各两台,在盆地西北部广元至成都地区进行1:50万比例尺的普查,当年完成面积2.56万平方公里。

从1954年起,四川每年组建5~6个队,装备苏联制的威尔格CH-3型石英丝及ГКА型金属丝重力仪,使普查工作逐步从盆地西部向中部和东部推进,并在川中地区发现了大足重力高。1955年底,基本完成盆地内重、磁力合队勘探的面积普查工作,面积共16.667万平方公里,质量合乎设计要求。1956年,801队对历年重、磁力资料加以整理研究,编制出《四川盆地结晶基岩最小深度起伏推断图》、《区域构造划分图》等,测得盆地内地壳厚度为40~60公里;根据地面构造分布格

局和基岩情况,对盆地内区域构造作了进一步地划分,并提出了在成都拗陷及垫江、大足地区的一部分可能存在泥盆、石炭系。

同期在盆地内进行重力磁力工作的还有地质部西南物探大队303重、磁力队。1956~1957年,该队在资中、安岳、合川、隆昌8000平方公里范围内进行1:20万比例尺的重、磁力普查,进一步探明大足重力高的轮廓及寻找潜伏构造;1957年还用同比例尺对川南的合江构造进行过普查。

1966年,二物221队在绵阳、三台、仪陇、苍溪范围内进行比例尺1:10万和1:20万测量,以了解在盆地北部开展大、中比例尺重力测量效果和提高精度的方法,发现了老关庙、文兴场、营山等11个正异常。至此,完成盆地内重力磁力勘探。

(二) 盆地边缘区

1957年,地调处重、磁力分队304队在盆地外围大山区(有的跨省)进行1:50万比例尺的重力和磁力路线普查,共测剖面9条,总长达2981公里;地质部西南物探大队在盆地东南的川鄂边区及东北面的川陕边区,作了跨省的磁力普查,面积达5.4万平方公

里。根据周边资料，对1956年完成的四川结晶基岩深度图、区域构造划分图作了修正。

1966年，地调处又组织307、312队在川东万源、城口、万县至巴东一带进行了1:20万比例尺的重力普查，面积达1.88万平方公里。

1967年，307队在西昌、凉山地区进行重、磁力勘探，适值“文化大革命”高潮，工作受影响，1972年才交出成果。

1973年，四川盆地及其边缘区的重、磁力普查工作全部结束，总共勘探面积：重力19.5万平方公里，磁力23万平方公里。

二、详查

重力磁力详查从1954年开始，止于1972年，先后在川西南、川中及川南、川东的部分地区进行重力或磁力详查。

1954年4月，西南石油地质处根据全国第五次石油勘探会议精神组建了国内第一支女子重、磁力队301队，承担成都平原比例尺1:10万重、磁力详查工作，当年完成面积3900平方公里，发现了苏码头构造。1955年增加3个详查队，其中303、304队与女子队一道完成了成都平原详查（北起广元、南到眉山），面积达1.35万平方公里，质量合乎设计要求，发现了中坝、

彰明和其它一些重力高异常；302队在完成基线普查后，到圣灯山、蓬莱镇作构造详查试验。

1956~1957年，重、磁力详查转移到川中及川南。从1956年起，不再单独设女子队，其人员分散到各队工作。川中地区由301、303、304队组成一个联队，在合川、渠县、三台、安岳范围内进行重、磁力详查，面积达2.1万平方公里；川南则由302队在东起合江、赤水，西至江安、长宁进行详查，面积为6300平方公里。所测资料于1958年进行了整理研究。1959年仅有301队在盆地西南面的雅安、犍为至宜宾、资阳一带进行重力详查，面积为2.1万平方公里。此外，地质部西南物探大队303队重力分队于1956~1957年在川中开展过重力详查工作。

1970~1972年，地调处307队在川东开县、石柱、南川一带进行1:20万比例尺的重力详查，面积1万平方公里。至此，盆地内野外重力和磁力详查结束，总共投入11.5个队年，重力详查面积达7.4万平方公里，磁力详查面积为4.2万平方公里，共获得重力高119个，其中反映地面构造于地下存在的有70个、反映潜伏构造的有36个、反映地下岩层变化的有13个。磁力详查发现的局部异常较少，主要是反映区域构造和基岩分布的大范围轮廓。

三、细测

重、磁力细测只是间断地进行了少量工作,比例尺均采用1:2.5万。1953~1961年,303队、301女子重磁力队、地调处分别对江油海棠铺、苏码头、贡井区等构造作过重力或重磁力细测,面积依次为428、420和36平方公里。

四、联测改算

1962~1963年,根据石油部的规定,301队对1953~1957年所作重力、磁力普查资料进行联测,统一按波茨坦系统改算^①。为了提高质量,又将1954~1959年重力详查资料也纳入改算中。在此期间联测了重庆、成都、汉中、安康等4个国家航空重力基点,建立国家Ⅱ等基点5个、固定点9个,补作重力基线837公里,改算面积16万平方公里,质量达到了 $\pm 0.122 \sim 0.115$ 毫伽,高于规定 ± 0.5 毫伽的标准要求。

第三节 航空磁测

1958~1980年,在四川境内共进行了7次航空磁力测量,比例尺有1:20万、50万和100万3种。其中在盆地内进行4次,面积覆盖了整个盆地和周围山区,最多一次达39万平方公里。

1958年,地质部航空物探大队在用A2M—49型航空磁力仪测长江中游平原及周围山区时,曾对四川境内长江以南地区进行了1:100万比例尺的测量。1964年11月~1966年,地质部航空物探大队904队在四川盆地及周围山区进行比例尺1:100万测量,面积达39万平方公里,任务是探

边摸底、查明区域构造及局部构造特点、评价四川盆地含油气远景和有利油气聚集地带。

在盆地内进行比例尺1:20万测量前后共有两次。1966年6~8月,航空物探大队904队使用国产磁力仪,在盆地中部地区进行航空磁测,面积5.6万平方公里。取得的主要成果有:①区域磁场强度和异常情况,与结晶基底的岩浆分布、结晶基岩变质程度及硬化程度以及岩相等有密切关系;②磁场形态与基底性质及基底构造线有着直接的对应关系;③划分出四川盆地川中地区含油气区。1970年9月

^① 国际上以波茨坦的绝对重力值为准,联测其它重力点,这样得到的重力值称为“波茨坦系统”。

~1971年10月,航空物探大队909、904队先后在四川盆地进行1:20万比例尺的航空磁测,面积达16万平方公里,基本覆盖全盆地,对四川盆地的区域构造及深部地质构造有进一步的了解。

1976~1977年,国家地质总局航空物探大队在青海东部及四川西北部

若尔盖等地区开展了1:50万比例尺的航空磁测,对基岩的性质、构造单元、地槽分界、深大断裂等提出见解。1978年4~5月和1980年12月,地质矿产部航空物探大队908队在西藏东部和四川西部开展过1:100万比例尺的航磁概查,基本查明了小金、泸定、西昌及盐源凹陷的展布情况。

第四节 放射性及化探

四川石油化探工作是由放射性勘探演变来的。四川石油勘探局1956年组建的直属“顺便探矿队”—805队,即在石油勘探中顺便寻找放射性矿床。805队用10台苏制III-P轻便辐射仪在川中、川南地区井下岩芯、岩屑及川南地面露头剖面进行放射性检测,发现了川南含铜砂岩富含铀的沉积。1958年该队绝大多数人员调贵州,少数留川进行综合研究。

1959年6月转入放射性勘探油气,并成立了一个试验组,在合川、石油沟、蓬莱3个已知油气田上进行试验,总控制面积360平方公里。在蓬莱油田上,首次获得与含油有关的放射性伽马低异常。1960年扩建成801队,在简阳、安岳、广安、南部间1万平方公里内进行普查,并对其中的隆盛、桂花、安岳、西充等已知油区进行详查。测区内共显示有26个放射性异常,其

中与已知油区对应的放射性伽马异常有8个,即隆盛、桂花、兴隆、回龙、一立场、共兴、长乐、四马等,有构造未钻探的异常14个,无构造也未钻探的4个,进一步证实放射性伽马异常与油的关系,但也存在地形、地表水、土壤、地层岩性等因素对放射测量的影响。经改进仪器和工作方法后,1961年再度对蓬莱镇一大石一带进行产油井区与非产油井区的对比试验,并在自流井气田上进行放射性测量。在蓬莱、大石地区发现4个放射性伽马异常,该区所钻59口井中有57口井位于放射性低异常区内,均为油井。

1963年,撤销801队,仅留主要人员试制伽马能谱仪,拟区分放射性伽马异常与放射性元素的关系。1964~1965年,重建801队,用自制放射性测量定标仪,在阳高寺和川中隆盛、吉祥地区,使用贝它吸收、酸洗、深度等法,

作放射性和高低产油区对比试验,总结出影响放射性异常的地表因素多达15种。

1966年,增加石油微生物方法试验工作,改放射性801队为化探602队,先在川中隆盛、桂花地区作放射性伽马异常对比与微生物细菌的关系试验,发现高产油井(如桂9、31等井)的放射性伽马低异常、乙烷菌生长量高(20~30个假设单位),低产油井(如桂30井)放射性伽马高、乙烷菌生长量低(一般低于0.96个假设单位),但多数井这种对应关系不明显。为了解决指标问题,曾在油区蓬溪永胜、遂宁新桥(隆盛桂花区)与非油区汉源大埡取样作乙烷菌培养、测定、对比工作,得到油区乙烷菌生长浓度高达21.6个假设单位,而非油区只有3.2

个,但隆盛、桂花区放射性伽马比大埡区低1.0个伽马。另外,还作过温度、含砂量、地形、植被等对乙烷菌生长的影响试验。1970年,又在遂宁的吉祥和仁寿、美姑3处作对比试验,结果与1966年的规律相同。1971~1972年,在西充作固定观察,证明外界条件对生物勘探影响很大,但未找到规律,影响因素难以排除。

放射性测量本身包含着多种因素,其中油气放射性异常强度仅占总数的10%~30%(即0.5~1伽马),其它的干扰因素占70%~90%,而且尚未能找到解决的办法。化探(微生物)勘探在11个已知油田上试验后有6个油气田得到伽马低异常、乙烷生长浓度高的规律,有效率只占55%,故于1973年撤销化探队。

第五节 岩石物性

1954年12月,西南石油地质处组织了802、801两个采样队,开展岩石物性调查工作。1955年2月,采样队改为岩石物性专题队。野外采样工作到1958年结束。

801队的工区主要是盆地北半部和东部,调查的路线有由江油沿涪江到合川、由广元朝天驿沿嘉陵江到重庆、垂直渠江到华蓥山、由宣汉到城口、由通江到碑坝,1956年,又有大

巴山前的南江—旺苍、川南的纳溪上马、贵州的仁怀—习水等;1958年,除在盆地四周边缘区和盆地内出露老地层的地区收采资料外,重点是采集井下岩样。在川中有营山9井、蓬基井、女1井,川东有石油沟构造5、6井,川南有纳溪、阳高寺、黄瓜山等构造的部分井及川西南的威远基准井,盆地西北地区有苏码头、海棠铺、河湾场、厚坝单斜等构造。3年中,该队共调查地

面剖面38条,采样5276块;井下剖面16条,采集岩心1034块。

802队的工区在盆地西南部,调查路线有:泸州沿沱江到金堂,泸县沿长江、岷江到成都,江安至珙县,涪陵经武隆至江口,南川至小河坝,綦江东溪到桐梓坡等。1956年,继续在灌县、邛崃、芦山、天全及江油等地区收集采样工作。两年共作地面剖面21条,采样3406块;井下剖面1条,采集岩心99块。

通过以上工作并进行室内分析,取得了第四系、白垩系嘉定统、侏罗系重庆统、三叠系嘉陵江统、二叠系乐平统、峨眉山玄武岩、石炭系、泥盆系、志留系、寒武奥陶系、震旦系、前寒武系各套地层的平均密度值,划出4个密度区间:第一个密度区间位于白垩系、侏罗系至上三叠统间,岩石密度除白垩系较少外,余者多为2.3~2.6克/立方厘米;第二个密度区间在中三叠统一志留系间,密度为2.6~2.75克/立方厘米;第三个密度区间包括志留系和奥陶系两套页岩地层,平均密度2.45~2.65克/立方厘米;第四个区间是寒武奥陶系宜昌灰岩和震旦系硅质灰岩及以下地层,平均密度2.75~

2.8克/立方厘米。同时划出3个密度界面:一是白垩系与侏罗系间存在0.12~0.25克/立方厘米的密度区别;二是三叠系嘉陵江石灰岩顶与上三叠统须家河组或香溪群之间存在0.1~0.25克/立方厘米密度区别;三是寒武、奥陶或震旦系与上覆地层间存在0.12~0.20克/立方厘米密度区别。另外,峨眉山玄武岩顶与上覆地层之间也存在密度区别。根据地面和井下对比,地面的同层岩石密度减小,而孔隙增大,但石灰岩无大变化。

四川盆地地层大部分属非磁性(磁化率小于 $50 \times 10^{-6} \text{C} \cdot \text{G} \cdot \text{S} \cdot \text{M}$);而峨眉山玄武岩属于磁性组,三叠系飞仙关组和侏罗系沙溪庙组属于弱磁性组,震旦系结晶灰岩和花岗岩等属磁性到弱磁性组,这些磁化率均大于 $50 \times 10^{-6} \text{C} \cdot \text{G} \cdot \text{S} \cdot \text{M}$ (国际磁化公制单位,其中C是厘米、G是克、S是时间、M是磁场强度)。

1956年,地质部物探局西南物探大队303物性分队在来凤驿、巴县、璧山、华蓥山、达县、邻水、古宋、古蔺、峨眉山等地区开展物性工作,共完成14条剖面,采测样品5929块,电测点677个(表1—1)。

四川盆地各系地层平均密度值表

表1-1

单位: g/cm²

层位	平均密度	层位	平均密度
中上侏罗统	2.40~2.60	石炭系	2.66~2.70
下侏罗统	2.43~2.58	泥盆系	2.61~2.69
上三叠统	2.55~2.69	志留系	2.54~2.73
下三叠统嘉陵江组	2.63~2.86	奥陶系	2.47~2.77
下三叠统飞仙关组	2.62~2.70	寒武系	2.69~2.73
二叠系	2.55~2.89	震旦系	2.83
		前震旦系变质岩	2.82

第六节 地震勘探

1952年,西南石油探勘处在重庆组建了四川第一个地震勘探队201队,根据地台过渡到地槽的边缘区找油的指导思想,在龙门山山前带的海棠铺和苏码头构造进行试验。

1955~1957年,实施地台内部找油方针,地震工作随之转移到川中,进行1:5万比例尺的试验性构造详查和细测工作。为掌握盆地区域构造情况,1956~1958年还先后测了江油—璧山、南江—叙永的两条大剖面,总长914.4公里。与此同时,地质部物探局西南物探大队303地震分队于1957年首次作遂宁—永川黄瓜山地震大剖面,长220.3公里。

1958~1960年,石油部组织川中石油会战,地震队由5个增加到10个,在3.3万平方公里范围内开展普查、详查和细测,普遍追踪4~6个反射

层,作出二叠系的构造图,发现中心镇潜伏构造。1960年后,队伍缩减,每年仅有2~4个队在川西、川南、川东作试验性工作。

1965年,四川第二次石油会战,从川中调出6个地震队集中到威远构造,还从全国石油单位抽调地震队来川组成4个大队、32个地震队,加上二物的2个地震队共34个地震队,是历史上组队最多的一年。对勘探重点地区“泸州古隆起”、威远构造、川中的隆盛吉祥地区和华蓥山西坡作详查,其它地区特别是川西北、川北及川东地区作普查,部分详查。

1966年以前,仪器均为光点地震仪,资料处理方式以人工对比解释为主。1966年,四川石油管理局从法国引进7台磁带地震仪,资料采用回放仪处理。1973~1974年全部改为磁带

仪勘探、回放仪处理,勘探精度和速度均有提高。1973年5月,外地参加四川石油会战人员全部撤离,四川石油管理局所属地震队减为17个,仍保留4个大队的建制,分散在各探区工作。

1977年,川东成为重点勘探地区。1980~1990年,四川石油管理局地震队发展到29个。在石炭系钻出气后,1988年川东地区最多达到14.7个队年。从1978年起引进数字地震仪,到1984年全部实现地震数字化,技术条件有了明显的改进。此间对川东高陡构造进行了大量工作,建立高陡构造地质模式、物理模式,为钻探川东高陡构造提供依据,取得成效。

1983年,四川省与美国地球物理服务公司签订合同,雇用美国队在龙门山开展地震勘探。自1986年起,川中—川南过渡带,逐渐形成另一个地震勘探重点地区。1988年,四川石油管理局以10个队年的力量,对该区进行数字二维地震连片详查,到1990年共投入26个队年,完成地震剖面达1.1万公里,除搞清地面构造的地腹情况外,还探得20多个潜伏高点。

同期,地质部二物有8个地震队继续在全盆地进行地震普查,重点在盆地西北、川北及川东北的部分地区,面积达2万多平方公里,并进行多次覆盖剖面和弯线试验。经1976~1983年的整理研究表明,盆地西北部的断裂和构造具有明显的分带性,川北区

为一继承性发展凹陷。

至1990年底,四川累计完成地震测线16.7万公里,三维面积测量2754平方公里,普查、详查共发现潜伏构造377个,有许多已成为气田或含气构造。

一、普查

四川盆地地震普查从1956年开始,主要是测路线大剖面和面积普查。

(一)地震路线大剖面

1956~1958年,地调处201队与204队在盆地内用光点仪测制了两条横穿地台中部(即川中)的“十字形”大剖面,即江油经遂宁到璧山东南向大剖面和近南北向的大剖面,后者由两个测线段组成:一段从威远基准井向北经南充达南江,由203、204队完成;另一段自内江向南经泸州至叙永,由204队完成。获得侏罗系及二叠、三叠系的反射,初步了解川中及邻区区域构造粗况及沿线局部构造的起伏情况。

1963~1965年,地调处203、206队在成都平原作了3条地震剖面,揭示该区三叠系上部及香溪群的区域构造概貌。1967~1976年,地调处一、三、四、五大队在盆地西北地区共测6条路线剖面(即名山—马踏井、高家场—仁寿、新繁—绵阳、绵阳—武连驿、马角坝—八角场、建兴—旺苍),同时

从盆地西北部—川中作3条剖面,以了解上三叠统须家河组向川中超覆的情况。1970~1975年,地质部二物在盆地北部作15条剖面,横穿一系列构造;1977~1980年又作横穿盆地西部—川中以及纵贯成都拗陷的测线。1988年,按照石油天然气总公司的部署,地调处又在盆地西北—川中以及川中区内共作6条地震剖面(即彭县隆丰场—隆昌螺观山、安县—潼南、江油中坝—合川、龙门山—华蓥山、广元河湾场—渠县水口场和资阳—水口场)。此外,1971~1972年和1976年在川中作有武胜—广安和女基井—威基井两条剖面。通过上述剖面的勘测,较全面地探明地台的中间隆起区(川中)向盆地西北及北面倾斜,并在成都—梓潼一带形成一个大拗陷和向斜的区域总概貌;上三叠统从盆地西部向川中超覆情况;西部须二产气层砂岩向东在仁寿至盐亭一带减薄尖灭以及侏罗系、三叠系、二叠系各反射层追踪的区域构造变化等情况,为进一步勘探盆地西北部—川中地区提供了资料。

1958年,在盆地南部作了内江—叙永的大剖面。1966年地调处地震四大队在泸州古隆起作了12条路线普查剖面,探明古隆起极度平缓,倾角仅有7~23分。

地调处1970~1972年首次在盆地东部作了两条地震剖面(即长乐村—忠县、广安—垫江—石柱剖面),通

过横穿川东高陡背斜地震剖面勘探,了解到地腹区域构造褶皱依然明显,但高陡构造地腹褶皱极为复杂。1979年,为配合石炭系的勘探,地调处以5个大队的力量,在川东地区测了5条多次覆盖剖面(即雷音铺—南门场、蒲包山—大天池、福成寨—黄泥堂、张家场—黄泥堂、铜锣峡—蔺市)。1986~1987年,用数字地震多次覆盖作了广参2井—方斗山大剖面。这些地震剖面反映出川东区域褶皱及高陡构造的地腹剖面形态,取得了较好的效果。

(二) 面积普查

地调处5个队(203~207队)1959年全部集中在盆地中部进行勘探,东界渠县、合川,南达隆昌,西至仁寿,北到盐亭、营山,作出了这一带侏罗系、三叠系及二叠系3层1:20万比例的构造图,发现潜伏构造或高点共5个。206队1963~1965年在龙女寺构造带的西部蓬南场、磨溪至遂宁安居一带作面积普查,证实磨溪构造地腹依然存在。二物1966~1970年以川中南面为重点,包括内江、威远构造北坡进行面积普查;该大队242、243、246、247、249队1967~1975年先后普查了川中北部的仪陇、龙岗、元沱、乱石子、花丛、唐山、彭店、黄龙、涪阳坝、南阳场及分水岭11个构造,证实地腹构造增多,涪阳坝构造志留系侵蚀面与三叠系以上各层存在着脱顶现象;1978年又普查了通南巴大背斜。为了

配合对川中—川南过渡带的石油勘探,地调处于1978~1979年对该区进行连片普查,面积达9000平方公里;1987~1989年又在过渡区用多次覆盖完成区域控制面积勘探,测线距8~12公里,面积达1.2万平方公里。通过面积普查,进一步搞清川中区的区域构造面貌及局部构造的地腹情况,发现了一些潜伏构造。

1963~1965年,地调处203、206队在盆地西北部路线普查的同时,初步查明金马场、新店子、苏码头及双流重力高,地下均有隆起显示。1967~1975年,地调处地震队在北起广元、南达名山、西界灌县、东到三台及龙泉山构造对整个成都平原进行面积普查,除证实地面构造地腹仍存在外,还发现一些潜伏隆起。1973年以后,二物在盆地西北开展了一系列面积普查。1973~1975年完成了玉泉构造和九龙山构造以及玉泉—绵竹—什邡的普查,圈定了孝泉构造;1975年后,根据地质部提出“四新”(即新的领域、类型、地区、找油气深度)为目标的新一轮油气普查任务,把盆地西北部列为普查重点;1989年,在中坝以东方水场、柏树嘴地区、中江—三台和彭县—徐家场4个地区进行普查,发现了魏城镇、丰谷镇构造及长约100余公里的徐家场—孝泉隆起带,落实了鸭子河构造;1977~1983年在合兴场地区普查发现合兴场、新盛场、金罗桥、高

庙子、永泉观、新场、略坪、青杠嘴等8个潜伏构造,在中江—三台地区发现凯河、苏河场和葫芦溪3个高点。通过对盆地西北部两次广泛的面积普查,初步了解到地腹存在有较多潜伏构造和盆地西部凹陷区的区域构造特点,为进一步勘探提供了资料。

1965年7~12月,地调处全部5个队(205~209队)从川中调到盆地西南部,在威远构造进行普查,及时提供了二叠系至震旦系的构造资料,为钻探创造了条件,并初步查明在加里东末期,威远构造处于乐山—龙女寺古隆起南翼,有利于油气聚集。1969年3月~1971年3月和1988年,二物242、244、246队与地调处先后在宜宾、荣县、犍为,面积约5000平方公里范围内进行概查或普查,了解地面和地下的构造情况,并发现少数潜伏构造,为进一步作详细地震勘探和钻探提供了条件。

1967~1971年,二物242、247、249队首次普查了盆地东部的黄龙、南阳场、分水岭、马家场、邓家坝和福成寨6个背斜;1978年起又开展邓家坝、亭子铺、罗家坪—傅家山、黄金口构造南段及通南巴大背斜的普查,发现亭子铺反扣构造。1984~1986年,以6个队的力量在北起凤凰山、南到三汇镇、西至税家槽、东到雷音铺面积约4600平方公里范围内开展面积普查。随着技术水平的改进与提高,显著

地提高了山区及高陡复杂构造的勘探精度。

二、详查

(一) 盆地西北部

1953~1955年,在盆地西北的江油海棠铺、华阳苏码头两构造上作过试验性生产,重点解决山地地震勘探方法,由于构造复杂,使用光点仪仅作了剖面 and 苏码头构造简图。1955年后,地震详查转移到其他探区。直到1967年才以少数队分别详查了三苏场和盐井沟构造,用磁带仪详查了海棠铺构造。1970~1973年,先后对龙泉山构造带、盐井沟、河湾场、双鱼石、仁寿以及老关庙、白马关等构造进行了详查。从1974年起,川西北地区除采用磁带仪外,还加强了多次覆盖二维勘探。1974~1975年,地调处用多次覆盖详查了海棠铺构造。1978~1980年,对盆地西北进行连片详查或补充详查,其中新测了九龙山、老关庙构造。

二物于1975~1979年对安县一晓坝及玉泉构造进行详查,发现绵竹背斜。1981~1983年除对玉泉、鸭子河、大邑3个构造详查外,还用多次覆盖详查了合兴场构造。

(二) 盆地中部

1955~1965年6月,地震队的细测工作从盆地西北转向盆地中部。

1955年,202队首次在蓬莱镇构造上做试验,获得反射标准层构造图,成为四川第一张完成构造细测的图件。202队于1956年,一、二分队于1957年分别详细勘测了南充、营山、龙女寺构造。1958~1961年,川中石油会战,四川石油管理局调集地震力量对川中的一些局部构造进行详查。1960~1961年,在川中区北起广安、南充、蓬莱,南至资阳、内江,开展按比例尺1:5万地形图国际分幅40幅图的连片详查(测线距约2000米左右),并详查了龙女寺构造西部,发现万善潜伏高。1966~1967年,地震三大队、五大队对水口场、营山两构造和华蓥山西斜坡包括广安构造作了“四查”,配合油田开发,对遂宁的永胜一大石一吉祥地区(包括南墙坡、桂花园)进行细测,对税家槽构造进行了详查。

地震勘探工作从1953年到1965年6月都是用光点地震仪作单次观测,剖面用人工解释完成,证实了地面构造于地腹的侏罗系有构造存在,较大型的地面构造如龙女寺在地腹的二叠系仍存在,而小型的相对平缓的如栏江构造则不复存在。1965~1967年,四川石油管理局32个地震队中,有6个队使用法制AS-626磁带仪(1966年开始引进),其他使用光点仪,详查和细测均系单次观测剖面、人工解释完成。详查(括细测)的构造或地区,大多作了香溪群顶、三叠系石灰

岩侵蚀面顶、二叠系阳新统顶3层1:5万比例尺的地震构造图。1970年地调处开始使用国产磁带仪,1974年以前法制磁带仪与国产磁带仪并用,光点仪于1973年全为磁带仪所代替。

1970~1973年,二物于川中北部地区详查了元沱和石龙场两构造。1974年,地调处重新详查了八角场、龙女寺、文昌寨等构造。1978~1980年,川中进行了连片详查或补充详查,其中新测的构造有中敖、西桥和观音场。1981~1990年,在使用数字地震仪后,四川石油管理局所属地震队又在川中详查了一些构造并新测局部构造11个;二物详查了侣俸—高升地带,查明10个不同类型的圈闭。至此,川中的构造(包括潜伏构造)已全部掌握。

(三) 盆地南部及西南部

1965年,按正规设计细测了傅家庙、广福坪、五通场和九奎山4个构造。1966年春所作12条剖面完成泸州古隆起普查后,集中力量开展对局部构造的“四查”,即以较少的工作量,在较短时间内,查清局部构造的高点、轴线、断层、扭曲等易于钻获高产气井的有利构造部位。1966年详查了寿保场、威远及自流井构造西部。到1967年,川南共“四查”了22个局部构造,后因“文化大革命”,工作中断。1973年恢复。此时完成了泸州地区8000平方公里区域地震连片测量,西起自贡

以东(包括兴隆场、邓井关、黄家场、杨家山、圣灯山5个构造),南到长垣坝构造带,东抵合江构造,北达黄瓜山、古佛山等构造。连片所测的局部构造达34个,发现潜伏构造11个。1974年用模拟磁带仪详查了观音场、大窝顶、大塔场、青杠坪构造,对川南区的庙高寺、二里场、傅家庙3构造作了模拟磁带精查。凡用磁带仪所测的构造,除较陡的青山岭、古佛山、梯子崖构造的顶部资料较差作不出图外,其他均作出侏罗系底、三叠系侵蚀面顶和二叠系阳新统顶3层构造图,川南还作出了奥陶系和震旦系的构造图。1978~1980年,用加强多次覆盖的勘探方法,新测了东山构造。

(四) 盆地东部

1967年,地调处在川东区对卧龙河、石龙峡两构造进行详查,仅作了几条剖面。1970~1973年,先后对卧龙河、东溪、新市、双龙、铁厂沟、大池干井、石龙峡、石油沟等构造进行详查,并于1971和1973年先后在石龙峡、卧龙河和大池干井用模拟磁带开展多次覆盖勘探;二物242队详查了大竹福成寨构造和石河场潜伏构造。1973~1974年,地调处用模拟磁带仪对原来作过详查的构造重新详查,并新测了佛耳崖、环山、梓里场、黄草峡、四合场、南门场、七里峡7个构造。1978年后,继续对局部构造进行详查或连片详查(包括发现的潜伏构造),

除全部采用磁带仪外,还加强了多次覆盖连片详查或补充详查工作。并新测铜锣峡、黄泥堂、雷音铺、九峰寺、板桥4个构造。

1981~1990年,四川石油管理局地震详查工作重点摆在川东,又新测了15个构造。

第七节 测 井

古代四川曾有用竹竿制作的“考腔壳子”来判断卤、火井井径大小和深度的测井技术。1939年12月,翁文波在巴县石油沟构造巴1井运用地球物理方法做试验性测井,后又于1941年4月在威远构造1号井和1943年在隆昌圣灯山构造2号井进行过电测。1950年3~4月在圣灯山构造4号井进行过电测。

1953年初,从甘肃玉门油矿调来技术人员,组建了西南石油探勘处第一个测井队(601队)。1953年10月~1955年,先后在隆昌徐家桥、江油、石油沟建立了电测站。1954~1955年,由西南石油地质处在南充浅钻区队和罗江一、二浅钻区队建立了3个电测小队,用自制的和苏联引进的自动或半自动的电测仪,先后对自贡盐、卤干井作底1米视电阻率及自然电位等测井,对隆昌圣灯山、江油海棠铺、厚坝、龙泉山、石油沟、威远、黄瓜山、高木顶、蓬莱镇等地区的泥浆井眼电测,测深1000米左右,测井地层主要是侏罗系和三叠系的嘉陵江组、雷口坡组。

1954年,还在隆1井作了四川第一次全套电测(包括底部梯度0.45米、1米、2.5米、4米、8米视电阻率测井的横向测井以及自然电位、井温、井内流体电阻率等测井)。

1955年11月,使用苏制ГКС—2型半自动气测仪在隆昌电测站建立了国内第一个气测队,首先在隆14井开展气测工作。1956年10月,在成都建立了四川第一个放射性测井队,使用苏制51型全自动电测仪,下井的仪器为苏制ННТК—55型放射性测井仪,包括自然电位和中子伽马两项测井,在川南及川中地区对钻井取心及岩屑进行放射性矿床的测验。1956~1957年,苏联派遣电测、放射性测井解释、射孔、气测等专家来川帮助工作,在四川形成一套测井技术、工作方法、规程制度及横向测井、射孔等技术资料。

1957年底,四川石油管理局隆昌、石油沟电测站测井职工已超过200人,有测井小队7个,射孔小队3个,在圣灯山、石油沟、东溪、黄瓜山、高木顶和川中新钻的少许探井进行电测和

射孔工作。所测内容包括对比电测、横向测井、井斜、井径、自然伽马、中子伽马、井温、井内流体电阻率、自然电位等。另外还作了一些同位素，微电极、人工电位、屏蔽电极等试验测井。1956~1957年，地质部四川石油普查大队所钻浅井的测井工作由西南物探大队305队承担，开展视电阻率、横向、自然电位等测井项目。1958年，四川石油普查大队组建测井队，增加了井温、井斜、泥浆电阻率项目；1960年开展了放射性测井。

1958年，石油工业部组织川中会战，至1959年，测井小队增至17个（其中川中11个，川南6个），职工发展到300多人。在川中地区开展了侏罗系自流井统油层的横向测井，以无限厚度的理论基础解释川中的薄油层，为凉高山、大安寨组油气的射孔提供井段。在川南地区的黄瓜山、纳溪、阳高寺、古佛山、圣灯山、沙坪坝、卧龙河、环山、东溪等构造以三叠系嘉陵江组为主开展测井、射孔工作。通过实践，发现气层并非高阻而是低阻，突破了苏联及西方国家的均质砂岩层测井解释理论，逐步总结出四川碳酸盐岩裂缝性气层的测井解释概念。

1962~1964年，对川南、川西南和川东南地区的巨厚碳酸盐岩剖面进行大量的新测井方法试验（其中包括微电极、石灰岩电极、自然电位、中子照射、七侧向等），目的是划分裂缝渗

透层。

1964年，四川石油管理局设井下作业处，统管全局测井、射孔与固井酸化压裂等作业，队伍增至470人。深井测井技术亦有明显提高。1974年11月，在女基井5168.28米和井底压力90兆帕、温度150℃的条件下，安全优质地测出了对比、井斜、放射性测井等资料；1975年12月，又在女基井突破5531.64米测井（井底温度178℃，井内泥浆柱压力62兆帕）。1975年中就在4000米以上的深井测井达28井次。由于声速测井试验成功，解释上由“三低一负”过渡到“三低一高”（即低电阻率、低自然电位、低自然伽马、高时差），为划分油、气、水层的解释研究提供了依据和资料。

1977年前后，四川推广以声速—双侧向—自然伽马为主的、能划分气、水层和计算储层参数的新测井系列（包括地层倾角测井）。1978年，引进3600测井系列、电缆测井技术。在龙女构造的女基井和老关庙构造的关基井完成全国最深井的测井。女基井在井底泥浆柱压力95兆帕、温度182℃的条件下，测得井深6011米的完井电测。关基井在井底泥浆柱压力155.7兆帕、温度177℃条件下，测得声速、双侧向、自然伽马、中子伽马等项资料。1982~1986年，引进国外斯伦贝谢、吉尔哈特等公司生产的仪器设备和系列测井技术，雇用了外国测井队来川

服务，还使用了西安石油仪器厂生产的FB₂-801型数字补偿中子测井仪等。仪器设备从1977年前的第一代模拟记录测井系统发展到1978年后的第二代数字记录系统和第三代数控测井系统，使四川的测井技术有了显著进步，突破了评价裂缝储集层的难关，由只能作地层对比和笼统地划分低电

阻渗透层的水平，提高到能对裂缝、地下构造、岩石密度、非构造圈闭、油气藏动态监测等进行评价。

1965年，地质部系统开展标准、中子伽马、井径、井斜工程测井，自制声幅测井仪；1977年，全面展开声速、声幅、三侧向测井；1985年以后，增加了特殊测井项目。

第三章 钻探及油气田发现

“火井”最早见于汉扬雄所撰《蜀王本纪》：“临邛有火井，深六十余丈”。油井始见于明杨慎的《丹铅总录》：“火井在蜀之临邛，今嘉定、犍为有之。其泉皆油，热之燃，人取为灯烛。正德（公元1506~1521年）中方出。”1937年，国民政府资源委员会四川油矿探勘处购回德式旋转钻机，在巴县石油沟构造钻探石油。四川油矿探勘处在4个构造上，共开钻6口井，即巴县石油沟构造上的巴1、2井，威远构造上的威1井，江油海棠铺构造上的江1井，隆昌圣灯山构造上的隆2、4井（其中隆4井未钻完），总进尺6028米，最深的一口是巴1井1402.2米。仅在石油沟和圣灯山两构造上各钻获1口小产量气井，没有钻获原油。累计产气量3593.6万立方米，获得天然气储量3.85亿立方米。

四川大规模油气勘探从1953年开始。1957年，在圣灯山、石油沟构造上相继钻获三叠系高产气流，在东溪、黄瓜山、高木顶构造亦钻获三叠系气藏的工业气流；在龙女寺构造龙4井的上沙溪庙组钻获含油砂岩和油流。1958年3月在南充、龙女寺构造的凉高山组和蓬莱镇构造的大安寨组相继喷出工业油流。石油部决定在川中进行石油会战。1958年9月，在龙女寺、南充等11个构造上完钻的18口井中，有12口见到油流。1958~1961年，相继在邓井关、纳溪、阳高寺、龙洞坪、长垣坝、卧龙河、打鼓场等构造的三叠系中钻获工业气流，在圣灯山、纳溪、阳高寺、沙坪坝、自流井等构造的二叠系中亦钻获工业气流。

1961年，四川油气勘探从以油为主转为以气为主的油、气并举方针，重

点勘探地区亦从川中转到川东南地区。1964年，在加深威远构造基准井中，于震旦系顶部获得工业气流，发现四川盆地最古老的震旦系气藏。1965年石油部决定再组织四川“开气找油”会战，至1966年，新获10个气田和2个油田。1967年初开展“文化大革命”，“开气找油”会战被迫中断。1971年，地质部第二普查勘探大队在中坝构造钻获中三叠统雷口坡组高含硫工业气流；1972年，四川石油管理局又在同一构造钻获上三叠统须家河组微含硫工业气流，1973年又在广元县钻获河湾场气田，随后又发现大兴西、柘坝场、汉王场、老关庙、文兴场、九龙山等气田或含气构造，形成川西北气区。

1980年后，地震勘探工作初步解决了认识川东复杂地区的构造问题，四川油气勘探的重点逐步从川南转移

到川东。1981年，在川东沙罐坪等6个断层圈闭构造的不同层位钻获工业气流；1983年，在忠县石宝寨构造二叠系长兴组中钻获生物礁白云岩气藏，在板东潜高钻获含海绵生物礁；1987年后，相继在大池干井、七里峡、大天池3个构造带钻获12个储量丰度和产气量都较高的气藏，使川东成为四川最大的天然气区。

至1990年底，全川已钻背斜构造或地区292个，累计完钻井3101口，总进尺831.7万米。其中，石油部系统钻背斜构造或地区206个，完钻井2990口，进尺797.3万米；地质部系统钻背斜构造或地区86个，完钻井111口，进尺34.4万米。累计获得气田76个，油田13个，含气构造45个，含油构造（地区）5个。气田和油田全部投入开发，有21个含气构造、5个含油构造（地区）也投入试采（表1-2）。

四川盆地气（油）田简况表

表1-2

地区	编号	气(油)田名称	气(油)田所在县、市	发现年月	构造类型	气藏个数	投产年月	
(I) 川 西 北	气 田	1	河湾场	广元县	1973.05	背斜	2	1977.02
		2	九龙山	苍溪县	1977	背斜	2	1989.04
		3	中坝	江油县	1971.12	背斜	2	1973.09
		10	孝泉	绵竹县	1984	潜伏构造	3	1984
		11	合兴场	德阳市	1988	潜伏构造	1	1988
		13	大兴西	蒲江县	1977.08	潜伏构造	2	1977.10

续表1-2

地区	编号	气(油)田名称	气(油)田所在县、市	发现年月	构造类型	气藏个数	投产年月	
川 西 南	气 田	16	威远	威远、资中 荣县	1964.09	背斜	2	1964.11
		18	大塔场	宜宾县	1978.10	背斜	1	1980.01
		19	观音场	宜宾县	1975.09	背斜	2	1980.05
		20	青杠坪	宜宾县	1977.12	背斜	1	1979.04
		21	孔滩	宜宾县	1971.02	潜伏构造	4	1974.08
		22	邓井关	富顺县	1958.08	背斜	4	1959.08
		23	兴隆场	自贡市	1965.03	背斜	2	1965.09
		24	自流井	自贡市	13世纪	背斜	2	1600年前
		26	黄家场	隆昌、富顺县	1958.04	背斜	2	1965.03
		27	瓦市	富顺县	1978.09	潜伏构造	2	1983.02
		28	杨家山	富顺县	1975.10	背斜	2	1978.05
		29	龙市镇	隆昌县	1982.06	潜伏构造	2	1982.10
		30	圣灯山	隆昌县	1944.12	背斜	3	1945.04
		31	界市场	隆昌、荣昌县	1978.03	潜伏构造	3	1979.07
32	隆昌	隆昌县	1981.10	潜伏构造	1	1981.12		
川 南	气 田	34	九奎山	泸县	1962.06	背斜	5	1968.08
		35	龙洞坪	泸县	1959.03	背斜	3	1966.03
		37	黄瓜山	永川县	1956.07	背斜	2	1957.03
		38	永安场	永川县	1976.10	潜伏构造	5	1979.12
		39	坛子坝	永川、泸县	1966.05	背斜	2	1986.01
		40	阳高寺	泸县	1958.06	背斜	3	1959.04
		41	荔枝滩	泸县	1966.08	背斜	2	1974.10
		42	广福坪	江安、富顺 泸县	1964.07	背斜	3	1966.04
		43	宋家场	南溪县	1974.05	背斜	1	1975.08
		44	牟家坪	长宁、南溪县	1975.06	背斜	2	1977.10

续表1-2

地区	编号	气(油)田名称	气(油)田所在县、市	发现年月	构造类型	气藏个数	投产年月	
川南	气田	45	桐梓园	江安县	1966.08	背斜	1	1966.08
		46	南井	江安、纳溪 泸县	1972.08	背斜	1	1975.02
		47	纳溪	纳溪县	1958.07	背斜	6	1958.12
		48	中兴场	泸县	1972.03	背斜	2	1976.01
		50	白节滩	纳溪县	1968.01	背斜	3	1975.03
		51	老翁场	长宁县	1966.03	背斜	2	1973.02
		52	傅家庙	江安县	1965.12	背斜	5	1965.12
		53	长垣坝	纳溪县	1959.09	背斜	2	1965.03
		54	沈公山	纳溪县	1964.06	背斜	4	1966.01
		55	打鼓场	纳溪县	1961.02	背斜	2	1966.01
		56	五通场	合江县	1965.09	背斜	3	1975.09
		57	高木顶	叙永县	1957.05	背斜	1	1965.12
		59	庙高寺	合江县	1970.10	背斜	6	1971.03
		60	合江	合江县	1966.09	背斜	8	1970.10
		61	榕山镇	合江县	1977.06	潜伏构造	7	1977.
		62	梁董庙	江津县	1982.03	背斜	1	1982.03
		63	塘河	江津、合江县	1966.03	背斜	3	1966.03
		64	李子坝	合江、江津县	1978.02	背斜	3	1979.03
		65	鹿角场	合江县	1979.05	潜伏构造	7	1979.05
		66	朱沱镇	永川、江津县	1979.03	潜伏构造	7	1981.11
67	花果山 (六合场)	江津、永川县	1985.10	背斜		1986.03		
68	临丰场	璧山、江津县	1981.03	背斜	5	1982.10		
70	丹凤场	璧山县	1979.05	背斜	3	1981.12		

续表1—2

地区	编号	气(油)田名称	气(油)田所在县、市	发现年月	构造类型	气藏个数	投产年月
川 东	73	石龙峡	江津县	1967.01	背斜	4	1970.11
	74	东溪	綦江县	1956.10	背斜	6	1956.11
	75	铁厂沟	重庆市巴县 江津县	1965.02	背斜	2	1975.03
	77	石油沟	重庆市巴县	1939	背斜	6	1939
	79	沙坪坝	重庆市 沙坪坝区	1959.10	背斜	2	1960.05
	81	相国寺	重庆市 江北县	1963.02	背斜	4	1975.01
	83	板桥	邻水县	1981.09	潜伏构造		1986.10
	84	张家场	大竹、邻水县	1979.11	潜伏构造	4	1981.03
	85	卧龙河	重庆市长寿县 垫江县	1959.03	背斜	10	1973.08
	87	双龙	重庆市 长寿县	1975.12	背斜	5	1978.06
	88	黄草峡	长寿、涪陵县	1980.09	背斜	2	1983.04
	95	大池干井	万县、忠县、 丰都县	1978	背斜 潜高	4	1980.07
	98	沙罐坪	开江县	1981.10	潜伏构造	5	1986.09
	102	雷音铺	达县	1978.11	背斜	2	1980.11
	103	亭子铺	大竹县	1982.10	潜伏构造	2	1986.12
	107	七里峡 双家坝	梁平县	1987.03	背斜 潜高	1	1989.09
110	福成寨	大竹县	1975.12	背斜	5	1982.12	

续表1-1

地区	编号	气(油)田名称	气(油)田所在县、市	发现年月	构造类型	油气藏个数	投产年月	
川 中	气 田	115	荷包场	大足县	1985.11	潜伏构造	1	1987.03
		117	磨溪	遂宁、潼南县	1978.02	低平构造及潜伏	2	1980
		118	遂南	遂宁县	1977.02	裙边褶皱	3	1978
		123	八角场	盐亭县	1971.04	背斜	4	1978.10
		126	石龙场	阆中县	1979	背斜	1	1979
	油 田	113	合川	合川县	1958.11	背斜	1	1958
		119	蓬莱	蓬溪县	1958.03	背斜	1	1958
		120	桂花	遂宁县	1959.08	平缓褶皱	4	1959.09
		121	金华镇	射洪县	1978	背斜	2	1980
		124	中台山	南部、阆中县	1980	平缓褶皱	1	1987
		125	柏桧	阆中县	1982	背斜	1	1983
		128	南充	南充县	1958.03	背斜	3	1958
		129	一立场	南充县	1965.02	背斜	1	1965
		131	龙女	武胜县	1958.03	背斜	3	1958
		132	罗渡	岳池、广安县	1959	背斜	1	1960
		133	广安	广安县	1959	背斜	2	1960
		134	营山	营山、渠县	1959	背斜	2	1960
		135	税家槽	达县	1966	背斜	1	1966

注：气(油)田编号与“四川盆地油气田分布示意图”一致。

第一节 盆地西北部油气勘探

川西北地区是四川凿获油气最早的地区之一。汉代在今邛崃地区开凿盐井过程中凿出了天然气,并用作熬盐燃料;明朝正德年间(1506~1521年)又于今乐山地区凿出一批油井。

1945年7月28日~1947年4月18日,在四川江油海棠铺构造上钻江1井,钻深1157.83米,完钻层位中三叠统雷口坡组,未钻获石油。

1953年2月,西南军政委员会工业部西南石油探勘处,开始在江油地区进行油气钻探工作。1953年9月,在苏联专家及燃料工业部石油管理总局康世恩指导下,拟定了海棠铺构造江2井井位,并于1953年10月30日正式开钻,至1955年8月24日完钻,井深2164.29米,层位嘉三段,经过6个井段测试,仅在1988~1906米、1810~1780米见油花,余为干层或水层。1953~1956年在该构造上共钻井10口,总进尺13554.89米,最深的井是江3井,井深2869.17米,层位嘉二段。在所钻各井中,共测试24层次,仅5个层次见少许原油及油花,2个层次见微气,有21层出水,最大产水层为江9井雷三段,日产水46.6立方米。因未钻获工业油气流,于1956年结束了钻探工作。

1954年3月,全国第五次石油勘探会议,确定四川以勘探石油为主要目标,开辟龙泉山探区,并于1954年4月16日成立了龙泉山区队。6月13日在三大湾构造顶部开钻泉1井,1957年7月在该构造上又开钻泉2井(即泉参井),总进尺5173.31米,完钻层位均为断层下盘香溪群。经测试,仅泉2井香溪群获微量天然气和水,故暂停钻探。

1955~1957年,对厚坝地区的单斜构造油砂岩(相当于沙溪庙组底部砂岩)钻浅井39口,中深井4口,仅于少数井中获得少量稠油。

1959年和1964年,在白马关构造、双流重力高分别开钻参数井各1口,未获油气。

1964年,在江油的田坝、矿山梁构造发现了大量沥青脉,主要分布在寒武系中,地面三叠系雷口坡组和嘉陵江组的灰岩孔、缝中也到处可见稠油迹。1966年8月,四川石油管理局决定再上川西北钻探,在田坝、天井山、大梁山、倒流河、新苏村5个构造上钻井7口,总进尺5043.61米。完钻层位有寒武、二叠、三叠等系,各井仅见油花,未获工业油气井。

1966~1978年,地质部二普亦在

江油倒流河、厚坝地区钻浅井9口、深井2口,同时在安县、晓坝、庆兴、水口场、老龙坝、唐僧坝、界牌诸构造上施钻浅井9口,均未获理想成果。此后,制定“立足贫矿、努力找富矿”方针,四川石油会战指挥部组织新疆、玉门、东北入川会战队伍及四川的石油勘探队伍继续在厚坝地区进行找油钻探,按开发试验区模式共钻浅井47口,采用火烧油层、注热蒸汽、电阻器加热、井下爆炸、裸眼射孔、热酸化处理、立槽井等新工艺,试油26井次,有28口井产油,共产稠油72立方米,效果极差。1967年停止钻探。

1970年,四川石油管理局鉴于威远震旦系出气,而四川广元、旺苍至陕西宁强地区震旦系的储集、保存油气条件类似威远构造,故决定开辟广(元)、旺(苍)、宁(强)地区的勘探。在曾家河,南山岭、大两会、飞仙关4个构造上共钻井5口,总进尺8977.43米。其中钻至震旦系3口,寒武系和二叠系各1口,在未获油气流后停钻。

在成都平原东面龙泉山背斜南端油罐顶高点开钻的油1井,于1975年12月17日钻至寒武系九老洞组完钻。经测试,仅二叠系阳新统见微气。

1971年以前,先后在盆地西北地区21个构造上进行过钻探,探井达32口(不含浅井),钻经层位从侏罗系直至震旦系。因地质构造复杂,未获工业油气井。1971年在中坝构造钻获工业

气井后,盆地西北部的油气勘探,才出现新局面。

1990年底,区内共发现地面构造63个,潜伏构造98个,已在42个构造上进行钻探,共钻井234口,钻获气井95口,获气田6个,含气构造9个。

一、中坝气田

中坝气田位于江油县境内,属龙门山山前带之海棠铺构造西南端的一个潜伏构造。1955年,地调处303重力队在江油作重力详查时,发现中坝至彰明一带有重力高显示,1965年,二普在该区东南面不完整露头中发现鼻状背斜显示,推断中坝地下有潜伏构造。1966年,地质部地震调查时发现该构造。同年8月,地质部3205钻井队在背斜西翼开钻第一口侦察井川9井,钻至千佛崖组下部发现天然气显示,1969年7月28日,开钻川19井,钻至须三段中遇良好油气显示并发生井喷。1971年12月13日,钻至雷口坡组二段井深3696.5米时,又发生天然气和凝析油强烈井喷高达9米,连续放喷9天,喷出原油133立方米和约100万立方米天然气,处理井喷后测试,雷二段日产气1.5~2.5万立方米,凝析油最高日产43立方米;12月24日于雷二段井深3706.92米完钻,移交四川石油管理局。1973年11月,对3345~3355米雷口坡组三段下部进行射

孔,测得日产天然气(含凝析油)25.17万立方米,实现了川西北地区工业性油气勘探的重大突破。

1972年3月,中4井开钻,于11月18日钻至须家河组二段顶部井深2577.4米时发生井漏,经测试日产气75.78万立方米,后钻至2586.05米完钻。28日对须二段2535~2586米井段测试,日产气69.69万立方米,回收凝析油25.32吨,确认须二段气藏。1976年,中7井在须二段测试,日产原油4.19吨。从1972年起,四川石油管理局将盆地西北勘探重点转向中坝构造,每年开钻3~4口井。

1990年底,中坝气田共完钻井75口(包括二普钻井6口),累计进尺21.8384万米,获得工业气井39口(二普2口)。探明微含硫的须二段和高含硫的雷三段两个气藏,天然气储量186.3亿立方米,还发现了千佛崖组、沙溪庙组、须家河组三段3个气层。

二、孝泉气田

孝泉气田位于绵竹县境内。1977~1979年,二物在德阳、绵竹、什邡一带1250平方公里范围内用6次覆盖法作地震普查时圈定孝泉背斜。从1980年起,十一普查大队开始钻探该构造,川孝37井对须四段和沙溪庙组中途测试分别日产气0.4万和1.16万立方米;川94、96井亦分别于须四段、须五

段测得日产气0.96~1.9万立方米。1984年6月7日,在背斜东南翼陡带开钻川孝104井,钻达侏罗系遂宁组发生强烈井喷,完钻测试日产气3.43万立方米,首次于红层中发现工业气流,当年11月5日即向绵竹县日输气3万立方米。1984年在同一井场开钻的川孝106井,次年2月26日于沙溪庙组遇气层而提前完钻。对遂宁组和沙溪庙组进行过油管射孔混合测试,日产气10.08万立方米。在随后的钻探过程中先后发现了蓬莱镇组、遂宁组、沙溪庙组、白田坝组、须家河组五段和四段6个工业气层。1989年,为追索侏罗系浅层气向东北方向的变化,在新场钻探的川孝129井于下沙溪庙组中发生井喷,日产气5.86万立方米,10小时内共产凝析油0.85吨。截止1990年底,孝泉气田共钻井24口,投入试采井14口。

1973~1990年,在川西北地区还钻获一批小型气田和含气构造。

气田包括1973年发现的河湾场气田,产层主要是上二叠统长兴组;1977年发现的九龙山气田,产层主要是上三叠统须家河组二段,在下二叠统茅口组还钻遇高压(井口压力分别为103.88兆帕)、高含硫(15.38克/立方米)的天然气;1977年在蒲江县境内钻获大兴西气田,产层是上三叠统香二段。1988年在德阳市境内发现合兴场气田,产层是须二段。

含气构造有老关庙、大兴场、汉王场、文兴场、柘坝场、玉泉、鸭子河、平落坝、丰谷镇9个。其中,老关庙含气构造的关基井,完钻井深7175米,是国内最深的一口探井,在井深7053.57~7179米的二叠系茅口组获气。平落坝潜伏含气构造位于邛崃县境内。1987年10月开钻的平落1井于1988年12月钻至香一段井深3700米完钻,1989年1月对香二段裸眼测试获高产气流(35.03万立方米/日);1990年底,在构造上共完钻井5口,正钻井3口,累计进尺29788.15米,获气井3口(平落1、2、3井);获得香二、四段及沙

溪庙组3个气藏,控制天然气储量113.9亿立方米,仅次于中坝气田。

此外,四川省浅层天然气勘探开发公司和邛崃县人民政府联合组成的邛崃县天然气开发公司在邛崃县的三和场构造轴部所钻的火3井,钻至香一段井深2270.2米完钻。经过对香二段1902~1904米井段射孔测试,日产轻质原油47.8吨,天然气0.168万立方米,原油最高日产量达100.53吨,是川西地区第一口工业油井,展示了龙门山山前断褶带南段良好的找油前景。

第二节 盆地西南部油气勘探

13世纪~17世纪,川西南自流井构造的浅气层得到了大规模的开发;明万历年间(1573~1619年),利用天然气作燃料制盐已有一定规模,列入国家税课;清道光年间,构造顶部的磨子井揭开了下三叠统嘉三段主力气层,换算喷量约100万立方米/日。至1860年又相继凿成15口大气井,平均单井日产气量达到14万立方米。1860~1885年是自流井地区产气极盛时期,日产气量约100万立方米。自流井构造嘉二段(T_c^2)以上地层,1850~1950年共产天然气约300亿立方米。1940年7月,四川油矿探勘处开钻的

威远构造1号井,是川西南以勘探石油和天然气为目的,最早钻探的油气探井。1941年2月钻至井深1202.66米二叠系茅口组,未获油气而停钻。其次是隆昌圣灯山构造,在民国时期共钻井两口(2、4井),隆2井于1943年开钻,1944年钻至嘉陵江组完井,井深844.9米(主井筒),嘉四¹~嘉三获气,日产气3.6万立方米,并投入生产;隆4井于1949年3月开钻,钻至井深418米停钻。

50年代以后,川西南地区是最早恢复钻探的地区。至1990年底,区内共发现地面构造39个,潜伏构造30

个,共钻井457口,有237口获工业气流,钻获的气田有圣灯山、邓井关、自流井(二叠系,1959年)、黄家场、兴隆场、威远、孔滩、杨家山、观音场、青杠坪、大塔场、瓦市、界市场、隆昌、龙市镇等15个和含气构造2个(灵音寺、麻柳场)。自流井气田的自2井,1960年在二叠系阳新统钻遇大溶洞,测试日产气量高达195万立方米,1990年仍继续生产,30年来累计采气量超过40亿立方米,是四川单井产量最多的一口气井。

70年代后期,川西南开始老气田的二次勘探,寻找新的裂缝系统,在兴隆场等气田取得一些成果。80年代,在背斜构造的低部位、鞍部、小高点钻探,于界市场、荷包场等地区和二叠、三叠系中钻获非背斜圈闭的新气藏,开拓了新的勘探领域。

一、圣灯山气田

圣灯山气田位于隆昌县境内,1938年发现地面构造,1943年开始钻探,于三叠系嘉陵江组三段获工业气流,小规模投入开采;1950年恢复隆4井的钻探,从井深418米钻至973.63米完钻;1953年开钻井3口(隆1、3、8井),其中隆1井是50年代以后四川盆地新开钻的第一口油气探井。于1953年6月15日开钻,1954年8月12日钻至香溪群第四段完钻,井深1200.20

米,在井深769.5~890米和929.55~1098.44米两段产气。

1955年5月,为了解二叠系油气情况,在圣灯山构造上开钻四川第一口二叠系专层井隆10井,1956年6月钻至志留系完钻,井深2518.36米。1957年3~6月对下二叠统阳三²断层上盘2040~2060米井段射孔测试,获日产天然气16.3万立方米。

1987年4月开钻的隆40—1井(水平井),是国家“七五”重点攻关项目。1989年5月完钻,井深3130米,垂直井深2290米,最大井斜角90°,水平位移1459米,井眼穿过二叠系阳新统目的层532米。1990年底累计完井32口(二叠系及其以下9口、三叠系23口)获气井6口,主要气藏是三叠系的嘉三、嘉一段和二叠系的阳三段。

二、威远气田

威远气田位于威远、资中、荣县境内,处于四川盆地中央隆起带的西南部,是盆地内最大的一个地面构造。1938年开始地质调查。1940年7月~1941年2月在地面背斜高点钻探威1井,钻至井深1202.66米二叠系阳新统完钻,产大水,天然气微量。1956年5月在威1井同井场开钻威远基准井,1958年4月钻至井深2438.65米下寒武统,未获油气。1964年3月加深威基井,钻至震旦系顶部井深2859.39米,

发生井漏、井喷,中途测试日产气7.8万立方米,发现了四川盆地地质年代最老的下古生界震旦系气藏。1964年11月投入开采。1965~1966年四川开气找油会战中,威远构造是开气的重点区之一,两年完成钻井30口。此后未间断过钻探。至1990年底,共钻井145口(不含在香溪群完钻的15口浅井),探明含气面积224平方公里,地质储量达400亿立方米。产层主要是震旦系上统灯影组第三段,包括自流井群珍珠冲组在内,共发现8个气层、1个油层、6个油气显示层。

盆地西南地区的浅层天然气丰富。1965年,四川石油管理局在邓井关、威远、寿保场、圣灯山等构造上钻

浅井31口,完钻26口,获气井8口。1965~1969年,二普在威远背斜周围共钻井38口(其中深井9口)对20个层位进行测试,在上三叠统须家河组等浅层获低产气井2口、低产油井1口。1970年,地质部七普在威远背斜西端探盐,其中铁14井于侏罗系自流井群珍珠冲组出油气;二普于当年在该井周围古井坝地区进行以珍珠冲组浅油气层为目的层的钻探工作。1970~1973年,在罗城地区钻浅井19口,其中12口进行了测试,以罗1井产油最稳定,年产约49.8吨。1972年,找油范围扩大至犍为县马踏构造,共钻浅井15口,获工业气井1口。

第三节 盆地南部油气勘探

1955年,川南地区开始石油地质普查和构造细测,在地面调查提供的29个详查细测的构造中,选定北部的黄瓜山和南面的高木顶构造进行钻探。1956年,在黄瓜山构造的三叠系中钻获第一口工业气井;1957年,在高木顶构造的三叠系中亦钻获工业气井;在广福坪、荔枝滩等构造的浅层钻探中发生天然气井喷。区内南北两个构造与东西邻区的石油沟、圣灯山构造均钻获三叠系气藏,从而展现出川南地区的三叠系是一个区域性气层的

轮廓,打开了油气勘探的局面。

1958~1964年,除继续详探黄瓜山、高木顶构造外,先后开钻了12个构造,完钻井71口,获气井27口,获纳溪、阳高寺、沈公山、广福坪等8个新气田。发现川南地区的产气层二叠系有两个,三叠系有4个,主产层是二叠系的阳三,三叠系的嘉一和嘉三,都属于碳酸盐岩裂缝型。一个气田有多个产层,如阳高寺气田有3个产气层,纳溪气田有两个产层。钻探还发现泸州地区在三叠纪印支期构造旋回中存在

一个长期继承性发展的古隆起,控制着油气的区域性运移和聚集。

1965~1967年,泸州古隆起是四川“开气找油”会战中的重点地区。在3000平方公里范围内进行了大剖面钻探,整体解剖,不仅钻探构造高点、长轴,而且在向斜、鞍部也布井钻探,同时开辟阳高寺南端、九奎山及得胜向斜3个生产试验区。找气的重点放在长垣坝构造带及合江、宋家场等地,以三叠系为主要目的层,兼探二叠系,侦察下古生界。在14个构造上完钻井75口,获气井40口(其中37口气井位于构造高点或长轴上),获五通场、傅家庙、老翁场、桐梓园、塘河、合江、荔枝滩、坛子坝等8个新气田。泸州古隆起三叠系风化壳的勘探只发现低产或微产的油气流。

1968~1969年,在川南地区钻获白节滩气田。1971年,组织泸州古隆起油气勘探的第二次会战。在古隆起的中心部位钻井20口,组成5条区域大剖面,勘探三叠系嘉陵江组和二叠系阳新统的含油气情况;在得胜向斜区开辟10平方公里的三叠系低渗透油气层的试验区;在其他地区扩大二叠系、三叠系的勘探领域。1970~1979年底,新开钻背斜构造13个、向斜4个,完钻井328口,获油气井194口,又发现庙高寺、中兴场、南井、宋家场、牟家坪、永安场、榕山镇、李子坝、朱沱镇、鹿角场、丹凤场等11个新气田。

1979年,川南地区的天然气井口生产能力达85亿立方米,当年采气29亿立方米,累计采气201亿立方米。60~70年代,川南是四川天然气的主产区,年产量占全川总产量的40%左右。

1980年后,川南开始老气田的二次勘探,精选井位打补充井,以寻找新的裂缝系统和新的产气层,同时加大外围新区构造和下古生界深层油气的钻探。至1990年,老气田的二次勘探取得成效,相继在纳溪、牟家坪、中兴场、桐梓园、九奎山、塘河、合江、庙高寺等气田钻获新产层、新的裂缝系统和高产气井。新区勘探亦取得成果,川南下古生界的钻探,经历了18年未获工业气流,1988年在东山构造的奥陶系中首次钻获日产25万立方米的天然气。在高陡构造低部位的钻探亦取得了突破,1981~1982年在临峰场构造带南段长轴的潜高钻获临峰场、梁董庙气田;1985年发现花果山气田。80年代,川南新钻获气田3个和东山等含气构造7个。

1990年底,区内发现地面局部构造52个,潜伏构造71个,已钻构造59个,完钻井748口,获气井402口,钻获8个工业气层,33个气田和7个含气构造。

一、阳高寺气田

阳高寺气田位于泸县境内,处于

印支期泸州古隆起的顶部,地面为一短轴背斜,有主高点和北高点,地腹存在3个潜高。1943年发现,1956年细测,1958年3月开始钻探,同年6月在阳1井三叠系嘉一获得工业气流。1959年3月在阳7井钻获二叠系气层,此后对三叠系、二叠系气层进行勘探开发。1973年开始钻探下古生界,阳深1井钻达寒武系上中统。最深的阳深2井深5470米,在寒武系下统,未获工业气流。至1990年底,共完钻井45口,总进尺9.7万米,钻获二叠系阳三和三叠系飞一、嘉一3个气层,工业气井29口,其中阳三和嘉一是主力气藏。嘉一属裂缝—孔隙型气藏,12口工业气井分属互不连通的9个裂缝系统,大部分气井产原油或凝析油。总的趋势是背斜圈闭内为含气区,圈闭外直到向斜为含油区;阳三气藏属多系统、缝洞型背斜圈闭,洞缝的发育受背斜部位和断层控制。气田于1959年4月投入开采,已核实储量49.5亿立方米,1990年底累计采出天然气42.5亿立方米、油1156吨。

二、傅家庙气田

傅家庙气田位于江安县境内,处于泸州古隆起南翼,是长垣构造带上一个局部构造,东西分别与长垣坝、老翁场两构造相接。1956年进行地质细

测和重力磁力详查,1965年进行地震详查。侏罗系上沙溪庙组底闭合面积32平方公里;地腹二叠系嘉二段顶闭合面积22.5平方公里,闭合度260米;二叠系阳新统顶由于断层切割形成高低不同的4个断块,闭合面积共56.3平方公里,含气面积为50.8平方公里。

1964年7月开始钻探傅1井,1965年1月在嘉一段获高产气流。至1990年底共钻井38口,其中三叠系15口,二叠系22口,奥陶系1口。最深井为傅深1井3740米,层位奥陶系。共获工业气井21口(三叠系13口,二叠系8口),其中三叠系气井多含凝析油,有2口井在嘉二段日产油达15吨。日产气100万立方米以上的大气井3口(4、13、22井),其中傅4井产量最高。在回压11兆帕情况下,日产气274万立方米。通过钻探,获嘉三、嘉二、嘉一、阳三4个气藏,10个裂缝系统,探明储量60.27亿立方米,其中阳三段38亿立方米,占气田探明储量的63.5%。每立方米天然气硫化氢含量低于1克。

1965年12月傅1、2井投产。1976年全气田最高年产气4.96亿立方米,年采气速度为8.5%。1990年底仍有生产气井16口,日产气19.5万立方米;已累计采气50亿立方米、凝析油1.25万吨,累计产水43.7万立方米。

第四节 盆地东部油气勘探

清光绪二十六年(1900年),巴县士绅曾在石油沟钻凿石油,因井内出水无法控制而停止。1937~1939年,四川油矿探勘处在石油沟构造用现代旋转钻机钻井两口,巴1井在下三叠统嘉陵江组获气,测试日产气1.5万立方米,是四川盆地因探油而获得的第一口气井。

1954年,在重庆以南地区开展地质调查,1955年恢复钻探。1956~1959年,先后在东溪、石油沟、卧龙河3个构造的三叠系嘉陵江组和沙坪坝构造二叠系钻获工业气流,发现4个气田。60年代,四川石油管理局所属石油沟气矿和川东钻探处在石油沟、东溪、石龙峡、铁厂沟、南温泉、环山、沙坪坝、相国寺、新市、卧龙河、黄泥堂、蒲包山等12个构造进行钻探,地质部第四普查勘探大队开钻雷音铺、双龙构造,又相继发现石龙峡、铁厂沟、相国寺3个气田和新市含气构造。1971年后,以卧龙河地区为重点,勘探工作逐步东移。但对区内的高陡构造,因装备和技术条件所限,勘探进展缓慢。1977年,相国寺气田发现石炭系新气层。1978~1979年,在17个构造上钻完5条大剖面井,查明石炭系分布范围之后,确定川东地区主探石

炭系,兼探二叠系、三叠系气藏的勘探方针。用地震勘探成果查明高陡构造地下情况之后,川东地区的天然气勘探开拓了新局面,勘探地区逐步向万县、达县扩展。70年代发现双龙、大池干井、雷音铺、福成寨、张家场5个气田,80年代又发现黄草峡、沙罐坪、亭子铺、双家坝、板桥等5个新气田和一批含气构造。1990年底,区内查明地面局部构造99个,潜伏构造103个,累计钻探构造56个,钻井570口,获气井333口,气田17个,含气构造22个。

川东地区构造圈闭多,产层多,气田都具多产层的特点。

石炭系 近代地质调查及50年代以后的地球物理勘探都提出川东地区存在或可能存在泥盆石炭系或石炭二叠系。1965年,蒲包山背斜1号井在断层上盘二叠系阳一段页岩下面发现灰岩和白云岩。1977年4月,四川石油管理局在相国寺构造8号井也发现在阳一段之下出现17.5米白云岩,并有少量的气显示;同年10月决定相18井加深,钻穿12.5米厚的白云岩后完钻,射孔试油,获得日产59.9万立方米的高产气流,酸化后增至85.05万立方米。经化石鉴定,该产层为中石炭统威宁组,四川盆地首次发现石炭系

气藏。1978年,四川石油普查勘探指挥部亦在雷音铺构造的川17井在该层钻获日产13万立方米天然气。为迅速查明石炭系的区域分布和油气富集情况,1978~1979年间,在7个高陡构造、4个中低背斜、3个潜伏构造和1个向斜上钻井15口,组成5条区域大剖面,探明石炭系分布在川东3万平方公里的范围后,随即集中力量钻探。1978~1983年,在高陡构造之间的低潜构造上发现了卧龙河、福成寨、张家场等11个石炭系气藏,探明储量500亿立方米。与此同时,在大池干井、黄泥堂、南门场等9个高陡构造钻了一批预探井,均因地面构造高点与地下高点不一致而失利。1984~1986年,在地震勘探成果基础上,搞清高陡构造地下情况,拓展了石炭系的勘探。1987~1990年,相继发现了大池干井构造带的龙头、吊钟坝、磨盘场、高峰场和七里峡构造带的双家坝、檀木场、高桥以及大天池构造带的五百梯、铁山构造带的铁山南、云和寨等12个储量丰度和产量均较高的新气藏,获得无阻流量大于百万立方米的高产量气井9口,控制了650亿立方米储量。特别是五百梯地层圈闭含气面积达108平方公里,单井产量高,发展潜力很大。

二叠系 以二叠系为目的层的钻探工作始于1957年,但开始钻探成果较少,1958年完钻的东7井和峡1井

均未获气。至1976年,相继在东溪、石油沟、铁厂沟、南温泉、沙坪坝、相国寺、蒲包山、天星桥、卧龙河、石龙峡等10个构造上钻了24口二叠系探井,获气井12口。

1977年川东石炭系出气后,1978年四川开始主探石炭系,兼探二叠系的油气,在阳新统有了新的突破,大池干井、卧龙河、雷音铺构造都钻获工业气流;相国寺、双龙气田获得高产气井;板东、沙罐坪钻获二叠系裂缝性气藏。至1990年底已钻入或钻穿阳新统的背斜共47个,向斜2个,完钻井363口,在下二叠统获工业气井43口,获得探明储量89.98亿立方米,是川东地区第三主力产层。

在上二叠统钻探中,到1966年共钻7个构造13口井,仅获得1.5万立方米以下小产量气井5口,嗣后10余年无新发现。直至1983年,才在铜锣峡、明月峡、沙坪坝等构造的上二叠统中钻获高产气流,发现生物礁气藏。1970年,在钻探湖北建南构造时,发现上二叠统长兴组生物礁气藏,随后四川石油管理局在川东、鄂西一带发现了湖北利川见天坝、重庆北碚天府老龙洞、文星场、开县红花等12个地面礁点。1983年11月,川东钻探公司在石宝寨构造宝1井井深3972~3983米、4008~4051米上二叠统长兴组两井段发现54米白云岩,局部见溶孔,中途测试日产天然气8.7万立方米;

1984年4月射孔酸化获日产天然气37.2万立方米,这是在四川发现的第一个长兴组生物礁气藏。继石宝寨1井之后,长兴组生物礁气藏不断有新的发现。板东4、双15、卧117(118)、梁2、张23、黄龙1、天东2(10)、铁山5等井均钻获潜伏点礁。1990年底累计钻获潜礁9个,获气井7口,井口总产量330.72万立方米/日。

三叠系 1963年12月,石油沟构造的巴3井,于三叠系飞仙关组一段获日产天然气4.436万立方米。1970年10月,二普3202井队在雷音铺构造的川18井飞三段测试,获日产天然气1.52万立方米。1981年12月,川东矿区在福成寨构造16号井的飞三至飞一段中途测试获无阻流量85.06万立方米,完井测试日产气57.5万立方米。1986~1988年,二普在东岳寨潜伏构造的川岳83井飞二段中途测试,日产气13.97万立方米。

1987年11月~1988年12月,川东钻探公司在铁山构造南高点4号井以石炭系为目的层的钻探过程中,发现飞二段块状溶孔白云岩。1989年7月在同井场钻的铁5井进行中途测试,日产天然气34.64万立方米。其后又在同井场钻铁山11井专层评价飞二段气藏,1990年2月3日,测试产能高达111.47万立方米/日,并计算出飞二段气藏探明储量为110亿立方米。自1958年首次钻达飞仙关组后,

至1990年,共钻专层井15口,钻达(过)该层的井有392口,在35个构造上有142口井出现过井喷、气浸、井涌等显示。先后在石油沟、福成寨、七里峡、明达、龙头、东岳寨、雷音铺、沙罐坪、板桥、高峰场、新市、铜锣峡、大池干井、铁山、大天池15个构造的飞三段、飞二段及黄草峡构造飞一段钻获20口工业气井(飞三段11口、飞二段6口、飞一段3口),其中铁山11井、13井、罐22井,日产气达100万立方米以上。飞仙关组储层在川东虽未见连成区域性气藏,但在有利构造上亦有高产气井。

1937年钻探的巴1井首次以三叠系嘉陵江组气藏作为目的层。1977年以前,川东地区均以嘉陵江组为勘探重点,钻探范围有渝南的石油沟、东溪、石龙峡、铁厂沟和长江以北的沙坪坝、相国寺、卧龙河、福成寨等构造,是当时川东地区的主要产气层。在实行主探石炭系、二叠系的同时,仍坚持兼探三叠系嘉陵江组气层,又有新发现。1989~1990年,在卧龙河与双龙构造间的鞍部、大池干井获得工业气流,发现了非构造圈闭的隐伏气藏。截止1990年底,钻入或钻穿嘉陵江组的正向构造47个、向斜2个,完井数529口(不含工程报废井),以嘉陵江组为目的层完井数共144口。在14个构造上,共获得工业气井109口(其中嘉五35口、嘉四15口、嘉三21口、嘉二18口、

嘉一20口),探明储量293.33亿立方米,为川东地区第二主力产层。

一、卧龙河气田

卧龙河气田位于垫江、长寿县境内,是川东断褶带中的一个低背斜。1957年地质部普查时发现,1959年1月开始钻探,同年3月在卧1井钻获三叠系嘉五气藏。初期多沿构造长轴钻探,1967年地震详查后,逐渐向构造翼部钻探。1973年开采,1990年底累计完钻井118口,获气井97口,共发现12个气层(三叠系8个、二叠系3个、石炭系1个),探明天然气储量379亿立方米,产气170亿立方米,是川东的主力气田。

卧龙河气田是一个具有多产层,背斜圈闭充满度较高的气田,三叠系嘉五和石炭系是主力气藏。

三叠系嘉五气藏属裂缝—孔隙型气藏,具有含气面积大、储量大和产能高的特点,所产天然气中甲烷含量较低(93%~94%),硫化氢含量高(每立方米54~99克,卧63井高达491.63克,为全川含硫最高的一口气井),且含有机硫(每立方米800毫克),凝析油含量亦较高(每立方米20克,凝析油中亦含硫化氢和有机硫)。已探明天然气储量143亿立方米。

石炭系气藏(1980年发现)亦为裂缝—孔隙型气藏。所产天然气硫化

氢含量相差悬殊。气田南部每立方米仅0.15克;北部每立方米高达33克。已探明天然气储量148亿立方米。

二叠系气藏(1975年发现)为裂缝洞穴型气藏,不完全受背斜控制。天然气含硫化氢较低,每立方米8克左右。已探明储量50亿立方米。

二、大池干井气田

大池干井气田位于长江北岸万县、忠县、丰都县境内,系川东平行断褶带东部的一个大型高陡背斜,走向北北东,两翼不对称,东陡西缓,长轴92公里,短轴3.5公里,构造闭合面积292平方公里。构造上发育20条倾轴走向逆断层。东翼大逆断层纵贯全构造,将整个构造肢解为断层上盘主体构造和断层下盘潜伏构造两部分,又因轴线枢纽的起伏,自北向南分布多个次一级高点:断层上盘有万顺场、吊钟坝、龙头、麦子山、麦南等高点;断层下盘有磨盘场、老湾、石华坪、杨高坡、池东等潜伏高点。1975年开始钻探,1978年在二叠系阳三段获气。1990年底已钻构造圈闭7个,完钻井37口,获气井21口,发现三叠系嘉陵江组、飞仙关组、二叠系阳三段和石炭系4个气藏。探明储量208亿立方米。

三叠系、二叠系均属裂缝性气藏,各个高点普遍见气显示,但储层横向分布不稳定,主要在气田南部的麦子

山及麦南高点,次为气田北部的万顺场和磨盘一老湾高点。气井多为中小产量井。石炭系气藏属裂缝—孔隙型气藏,储层横向分布稳定,储渗条件好,有效厚度12~26米。气井多为高产井,但因受断层封隔,断层上盘和下盘互不连通,各成系统。断层上盘的万顺场、吊钟坝、龙头高点和断层下盘的磨盘场、老湾高点,均已钻获工业气藏,其它高点正在钻探。

大池干井气田是一个具有多产层、多高点的大型气田,按集中钻探、

重点解剖、成熟一块、开发一块、最后达到整体开发的方针,以石炭系为主要开发层系,本着少井高产原则,采用大井距(4~6公里,井网密度4~6平方公里一口井)、一场多井进行立体勘探。

1980年7月麦子山阳三气藏投产,1987年9月万顺场石炭系气藏投产,1988年5月麦子山三叠系嘉陵江组气藏投产,1990年1~5月磨盘场、龙头的石炭系气藏亦先后投产。

第五节 盆地中部油气勘探

川中地区的油气地面地质调查始于1954年。1956年3月,四川石油勘探局开钻蓬莱镇基准井。1956~1957年,地质部四川石油普查大队在龙女寺构造的浅钻中,于侏罗系上沙溪庙组发现含油砂岩。1958年在龙女寺构造龙4井中提捞出原油,在广安构造广2井的沙溪庙组中钻获了6层含油砂岩及原油。

1958年3月,四川石油管理局钻探的龙女、南充、蓬莱3个构造,在女2井的凉高山组、充3井的凉高山组、蓬1井的大安寨组相继喷出工业性油流。1959年,石油普查大队在广安构造104井的裸眼试油时井喷,初喷时达18吨/日。由此认识了蓬莱镇、南

充、广安、武胜、营山在内约2万平方公里为含油区,轰动全国。

1958年4月,石油工业部决定在川中进行夺油大战,从全国各油田抽调人员和设备入川,与四川石油勘探局的勘探队伍一道,先后在龙女寺、南充、蓬莱镇等11个构造上钻探井20口,当年9月完成18口,其中有12口不同程度地见到油流。但除充8井、蓬5井喷势较大外,其它各井产量均小。1958~1959年,在川中展开更大规模的钻探,完钻井72口,其中产油情况较好的井9口,发现了蓬莱、龙女、南充、合川、罗渡、营山、广安等7个小油田,开创了四川生产原油的历史。但同时发现川中地下情况复杂,油层薄,夹

层多, 油井产量变化很大, 甚至在高产井附近钻的一些井也未发现油气显示, 会战未能收到预期的效果。1959年3月后, 入川会战队伍陆续撤回原单位, 四川石油管理局继续在川中进行石油勘探。1959~1961年获桂花地区的蓬40井、南充西1井、合川20井等较好的工业油井, 1960年7月, 在隆盛、桂花、大石一带, 共完井21口, 获油井14口, 钻探成功率为66.66%(其中蓬43、44、46、51、52、桂7等井都是后来累产万吨以上的油井), 找到了一个产量比较稳定的桂花油田。1960年8月起, 四川石油管理局集中力量在桂花油田钻探, 到1962年底共完井62口, 获工业油井39口, 钻探成功率62.9%, 年产原油34635吨。控制了石13、蓬44、横1、柳1及蓬40井区约380平方公里的稳产面积。桂花油田的勘探实践, 证实川中油田是非均质的裂缝性贫矿。

1962~1964年, 四川调整油气勘探方针, 川中仅在蓬莱、南充、一立场、遂南、安岳、南江等构造钻探, 发现一立场油田。

1965年的四川“开气找油”会战, 川中地区是找油区之一。1965年6月~1966年开辟了吉祥试验区, 经两年钻探, 共钻井10口。获油井5口, 气井2口。对裂缝性油田与产油的关系, 有了进一步了解。1966~1967年, 在华蓥山西面的广安、税家槽、水口场、鲜渡

河、营山等构造先后钻成98口井, 发现税家槽油田。1971~1984年, 在西部、北部发现了八角场油气田、遂南气田、石龙场气田、金华镇油田、中台山油田、柏桠油田和一批含油气田构造。1985~1990年, 重点勘探川中—川南过渡带, 完成磨溪构造主体部位的评价勘探, 在过渡带共钻探构造11个, 天然气探井50口, 获气井25口(不含磨溪气田28口获气井和34口开发井), 新获荷包场气田和涑滩场含气构造。

至1990年底, 川中地区共发现地面局部构造65个, 潜伏构造75个, 已钻构造51个, 完钻井1092口, 获工业气井123口, 工业油井340口, 获油田13个, 气田5个, 含油气构造10个。

川中地区的油层主要是下侏罗统的凉高山组和大安寨组, 都是陆相沉积的油层; 东岳庙组、珍珠冲组亦局部含油。已发现的13个油田中, 蓬莱、桂花、金华、中台山、一立场为大安寨组油田, 合川、税家槽、罗渡、广安、营山、柏桠为凉高山组油田, 南充、龙女为两层叠复油田。凉高山、大安寨油层具有分布广、面积大、油层薄、物性差、产量低的特点, 均属岩性控制的裂缝性油藏。油井一般需经酸化才能投产, 初期产量较高, 但递减快, 中后期产量低, 递减慢。

川中地区的天然气除八角场、石龙场气田产自侏罗系外, 其余多产自

三叠系及其以下的地层。

一、桂花油田

桂花油田位于遂宁、射洪、蓬溪县境内。在1959年开始钻探蓬40井,获日产146吨的高产油流后发现。油田的地质构造基本上是一向北倾斜的单斜层,地层倾角平缓,只有1度左右,地面和地腹构造基本一致。构造与油气聚集关系不大,在小向斜中有高产井和高产区,在小隆起的顶部也有低产油井和产水井。油田没有地质边界,大面积连片含油,依钻采范围划定为1000平方公里。主产油层是大安寨组,属裂缝—孔洞型的岩性圈闭油藏,埋深1700米左右;凉高山组也获工业油流,沙溪庙组见油气显示。大安寨油藏于1959年投产,初期产量高,单井日产油量一般在10吨以上,但产量不稳定,年递减率高达50%。开采的中后期为低产、稳产,单井日产油1吨左右。至1990年底,累计钻井249口,生产原油113万吨,气3.5亿立方米。1974年最高年产油6.7万吨。30年来,桂花油田一直是川中的主力油田。1990年仍有油气井113口,年产油3万吨,气1700万立方米。

二、八角场气田

八角场气田位于盐亭县境内,是川中西北部一个平缓完整的背斜构造。1940年发现地面背斜构造;1956年进行地质细测;1958年在构造高点上钻探角1井,因工程事故而报废;1970年在同井场开钻角2井,翌年在大安寨组获工业油气流后发现。1979年又在角13井发现香溪群气藏,在角25井发现珍珠冲组气藏。1990年底,累计钻井69口,实际钻探并获油气的面积达到400平方公里。

八角场气田在构造圈闭部分以含气为主,有凝析气顶。在气顶周围及构造外围则以含油为主,但油气关系不同于一般的气顶—油环体系,而是油气分布无规则的边界,不完全受构造等高线的制约(如构造西北翼所钻的角27井,在外围发现气藏);气顶以外是含油区,再向外却不存在水带。和川中区域含油情况一样,普遍有油气而低产。油气流都以裂缝为主要渗滤通道,钻遇裂缝带时产量就高,属裂缝性油气藏。

气田于1978年9月投入试采,1990年底仍有油气井67口,年产油2万吨、气6300万立方米。1978~1990年,累计生产原油17.75万吨、气7.7亿立方米。

附:

四川盆地油气地质概况

一、四川盆地地质结构

四川盆地位于四川省境东部,周边有大断裂控制,在大地构造上属上扬子地台的一个次一级构造单元,面积约23万平方公里,其中可供油气钻探的面积约18万平方公里。周边出露元古界和古生界。盆地内的基底由岩浆岩和上元古界变质岩组成,形成坚硬块体,在长期的地史发展中,具有稳定下沉的特点,其上沉积有震旦系至第四系6000~12000米的盖层。从震旦系到中三叠统顶都是灰岩和泥质岩类交互的海相沉积,生物繁茂,厚4000~6000米;上三叠统香溪群至第三系为陆相碎屑岩沉积,厚2000~5000米。

在沉积过程中,由于地壳升降频繁,纵向上显现出灰岩—页岩或砂岩—泥岩类的多次旋回,形成了油气生、储、盖多组合特点。其中对地层或构造影响最突出的有5次构造活动,相对应地形成了5个构造层:即扬子旋回的基底构造层、加里东旋回的深层构造层、海西印支旋回的中层构造层、燕山旋回的上层构造层、喜马拉雅山旋

回的浅层构造层(参见图1—1)。各构造层顶均因地壳上升而受剥蚀或无沉积而缺层,特别是加里东旋回上升时间长,志留系乃至寒武系也残留不全。除龙门山及其以西地槽区和川东区外,盆地内大部分地区缺泥盆、石炭系沉积。喜马拉雅山旋回的构造运动则造成强烈的构造褶皱,基本形成了现今的构造格局。

盆地内以华蓥山及龙泉山为界,分成3个不同类型构造区:华蓥山到宜宾一线以东,七曜山以西、娄山褶皱以北,面积约9万平方公里,是盆地内褶皱最强、局部构造最多的地区。形成地面局部构造共151个,其中川东有99个,川南区地面构造52个。华蓥山以西,龙泉山以东,北延至南江的广大地区,是盆地的中间地带,面积约9万平方公里。中间地带的构造特点是褶皱强度不大,轴向多变。已发现地面局部构造104个,其中川中—川北地区65个,川西南地区39个。紧接中间地块,西至都江堰到广元,南抵雅安、峨眉,是盆地西北褶皱区,面积约4万平方公里。依褶皱强度可分两带:在涪江的东北面为低平褶皱带,西南面为低陡褶皱带,已发现地面构造63个。

成都平原为大片第四系沉积覆盖,构造多潜伏于地下(参见本志卷首四川盆地油气田分布示意图)。

二、四川盆地油气的生、储、盖情况

盆地从震旦纪到侏罗纪,地壳升降活动频繁,为油气的生、储、盖提供了最基本的形成条件。纵向上生油气层段很多,凡含有生物的暗色泥岩、页岩、灰岩、泥灰岩、泥质白云岩,都具有一定的生油(气)条件。根据国内对陆相地层的研究和已知的海相碳酸盐岩生油化学指标,在四川盆地内,有机炭的含量:海相白云岩为0.07%~0.23%,灰岩为0.16%~0.32%;陆相大安寨灰岩为0.27%~0.37%,均在较好的生油范围内,都具有生油能力;生油地球化学相铁的还原系数(K值),除侏罗系红层外,其它灰、深灰、灰黑等色的白云岩、灰岩、泥岩等在0.35~0.47间,属还原环境(其中灰绿—灰色泥页岩平均仅0.18为弱还原环境),有机质得以保存。

生成油气的母质,大安寨灰岩和中三叠统以下海相沉积中以动物为主,香溪群(或须家河组)以植物为主。有机质的成熟度过高,已形成的石油多向气转化,故中三叠统以下地层以

气为主。侏罗系处于成熟期,可找到石油。

盆地内已发现的工业油气层,从震旦系到侏罗系共23层(见表1-3),储集层主要是碳酸盐岩。根据76个气田和13个油田的资料,93%的气藏和80%的油藏分布在背斜构造上,少数分布在断层带、鼻状构造、鞍部和向斜等部位。

储层的孔隙度和渗透率都很低,碳酸盐岩平均孔隙度只有1.7%,砂岩5.4%。雷三段、嘉五¹、嘉四³、中石炭统和震旦系灯影组的少数小层孔隙度虽可高达26%,但各个层段的平均孔隙度也仅3%~6%;渗透率均小于千分之一平方微米。

天然气富集多与储集层的裂缝有关,但单一的孔隙型和裂缝型都很少,分别占6%和9%。主要是裂缝—孔隙型(45.6%)和裂缝—洞隙型(40%)等复合类型。裂缝储集层有如下特征:①孔隙是储集空间,裂缝既是储集空间又是油气的通道,只有孔、洞发育并与裂缝相配搭时才能形成良好的储集层,才能稳产高产;②储层具多裂缝系统性,在一个气藏内,很少只有一个裂缝系统,大多为多裂缝系统,各个裂缝系统之间彼此不连通。储集层的裂缝系统是计算天然气储量的基本单元。

地层层序				地层符号	剖面	厚度 (m)	同位素年龄 (Ma)	构造旋回	构造运动	
界	系	统	组							
新生界	第四系			Q		0~380	3	喜马拉雅旋回	—喜山运动晚幕— —喜山运动早幕—	
	上第三系			N		0~300	25			
	下第三系			E		0~800	80			
中生界	白垩系			K		0~2000	140	燕山旋回	—燕山运动中幕—	
	侏罗系	上统	蓬莱镇组	Jc ⁴		650~1400				
			遂宁组	Jc ³		340~500				
		中统	沙溪庙组		Jc ¹⁺²		600~2800			
			中下统	自流井群	Jt		200~900			
	三叠系	上统	香溪群—须家河组	T ₃ —T _{3a}		250~3000	195			印支旋回
中统			雷口坡组	Tr			205			
下统		嘉陵江组	Tc		900~1700					
		飞仙关组	T ₁							
古生界	二叠系	上统		P ₂		200~500	230	海西旋回	—东吴运动— —云南运动— —加里东运动—	
		下统		P ₁		200~500	270			
	石炭系			C		0~500	320			
	志留系			S		0~1500				
	奥陶系			O		0~600				
	寒武系			e		0~2500				
元古界	震旦系	上统		Z ₂		200~1100	570	桐湾旋回	—桐湾运动— —澄江运动— —晋宁运动—	
		下统		Z ₁		0~400	850			
	前震旦系			AnZ						

图1-1

四川盆地地层系统和构造运动简图

四川盆地储集层基本情况表

表1-3

储集层名称	代号	地 层	厚度(m)	发育孔洞的储集岩类
下沙溪庙组底部油层	Jc ¹	中侏罗统	5~15	砂岩
凉高山油层	Jt ⁵	中下侏罗统	10~30	砂岩
大安寨油层	Jt ⁴	下侏罗统	10~20	质纯介壳灰岩
东岳庙油层	Jt ²	下侏罗统	5	质纯介壳灰岩
珍珠冲气层	Jt ¹	下侏罗统	10~20	砂岩
香四气层	T _h ⁴	上三叠统	100	中粒砂岩
香二气层	T _h ²	上三叠统	150	中粒砂岩
须二气层	T _x ²	上三叠统	350	中粒砂岩
雷三气层	Tr ³	中三叠统	200	藻屑白云岩
嘉五气层	Tc ⁵	下三叠统	30~50	粒屑(粉晶)云岩
嘉四气层	Tc ⁴	下三叠统	40	粒屑(粉晶)云岩
嘉三气层	Tc ³	下三叠统	150	粉晶(粒屑)云岩
嘉二 ³ 气层	Tc ² ₃	下三叠统	40	粒屑白云岩
嘉二 ² 气层	Tc ² ₂	下三叠统	40	粒屑白云岩
嘉一气层	Tc ¹	下三叠统	200	鲕粒白云岩、石灰岩
飞三气层	T _f ³	下三叠统	150	鲕粒白云岩、石灰岩
飞一气层	T _f ¹	下三叠统	130	鲕粒灰岩、石灰岩、泥灰岩
长兴气层	P ₂ ²	上二叠统	120	礁形云岩、石灰岩
阳三气层	P ₁ ³	下二叠统	180	石灰岩、砂糖状白云岩
阳二气层	P ₁ ²	下二叠统	100	石灰岩、砂糖状白云岩
中石炭统气层	C ₂	中石炭统	10~50	虫屑(粉晶)白云岩
下奥陶统气层	O ₁	下奥陶统	30~50	粒屑白云岩
震旦系气层	Z ₂	上震旦统	650	藻白云岩

油层主要分布在自流井群一套半深水湖的黑色页岩夹两套介壳灰岩以及中侏罗统的底部砂岩中。但储油层物性差,灰岩和砂岩的孔隙度在1.7%

左右,渗透率小于千分之一平方微米。灰岩属裂缝—溶孔型储集类型,砂岩则以裂缝为主要储渗空间。

油气层的盖层主要是泥质岩类和

石膏层两种。盆地内泥岩和硬石膏的单层厚度一般都较大,分别为50~200米和10~50米。

三、四川盆地油、气、水性质

四川所产天然气有干气和湿气两大类。中三叠统雷口坡组顶以上浅层的天然气多属湿气,雷口坡组及其以下地层的天然气多属干气。湿气的甲烷含量相对较低,一般少于95%,乙烷以上重烃含量较高,凝析油含量亦较多;随着开采时间的增长,湿气性质变化较大,相对密度、重烃含量、非烃类酸性气体等不断增加。干气的甲烷含量一般在95%以上,石炭系高达99.6%,但震旦系却很低,只有85%~87%;重烃含量较低,嘉陵江组以下地层重烃含量一般小于1%;硫化氢含量各层各地不同,川南地区的嘉陵江组较低,川西南威远气田震旦系含硫量19~24克/立方米,川西北中坝气田雷三段含硫量105克/立方米,川东卧龙河气田的卧63井嘉四³层,含硫量则高达491.63克/立方米。四川气田所产天然气中氮含量较低,只有威远气田震旦系气藏含氮量达0.2%,有工业开采价值。

各地各层原油性质虽稍有差异,但都具有含硫量较低,含蜡量较高的陆相生油的共同特点。

大安寨组原油:相对密度0.6~

0.7,含硫0.05%~0.1%,含蜡16%~22%,地面粘度0.004~0.009帕秒,凝固点20~28℃,含胶质1.7%~6.5%,初馏点55~95℃。

凉高山组原油:相对密度0.59~0.74,含硫0.04%~0.09%,含蜡18.9%~35.5%,地面粘度0.006~0.02帕秒,凝固点20~28℃,含胶质1%~13%,初馏点55~85℃。

凝析油性质,除卧龙河气田嘉五段和中坝气田雷三段所产含硫化氢和有机硫外,其他气田所产均质轻、色浅、无味,相对密度0.75~0.8,地面粘度0.003~0.005帕秒,含蜡量3.6%左右。

四川盆地不同层系之间的水化学特征,纵向上有一定的变化规律:①矿化度,陆相地层比海相地层高,而在陆相地层中又有随着埋藏深度增加矿化度增大的趋势。在各个层段中以香溪群二段的矿化度最高,在200克/升以上;海相地层中,矿化度最高的是中三叠统雷口坡组,比较低的是二叠系和下三叠统飞仙关组。②在盆地地层剖面中有陆相和海相两个含钡离子(Ba^{2+})层段,前者集中在下侏罗统自流井群和上三叠统须家河组, Ba^{2+} 含量变化范围为0.22%~1.76%;后者在震旦系灯影组中出现, Ba^{2+} 含量为0.86%~1.94%。③钠、氯离子系数(Na/Cl)以中侏罗统沙溪庙组最低,小于0.5;依次是凉高山油层和东岳庙

油层,均小于0.7(钠氯离子系数低的层段,钙离子和氯离子含量相对就高)。④硫化氢(H_2S)含量,下三叠统嘉陵江组最高,二叠系微量,须家河组以上和石炭系以下的层段,水中很难见到硫化氢。值得提出的是威远气田

震旦系灯影组的地层水中含有多种稀有元素,其中锶(Sr)、溴(Br)、镭(Ra)的含量达到综合利用品位;德阳合兴场气田须家河组的地层水含钾、钠、锂、铯、钡、溴、碘7种元素亦达到综合利用品位。