

四川石油管理局 编
西南油气田分公司

Natural Gas Industry

中国第一个天然气工业基地 ——四川气田

S I C H U A N

石油工业出版社
PETROLEUM INDUSTRY PRESS

中国第一个天然气工业基地 ——四川气田

四川石油管理局
西南油气田分公司 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在回顾中国在上世界上最早开发利用天然气源远流长的悠久历史,阐明漫长开发自流井气田的宝贵经验和有益启示的基础上,阐述了四川气田勘探开发值得思考的6个重要问题,剖析了5个典型油气田的开发实例,分析了四川气田面临的良好发展机遇和严峻挑战。

本书可供从事油气田勘探、开发的管理人员、技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国第一个天然气工业基地——四川气田/四川石油管理局,
西南油气田分公司编. —北京:石油工业出版社,2003.4

ISBN 7-5021-4191-X

I. 中…

II. ①四…②西…

III. ①油气勘探-研究-四川省

②气田开发-研究-四川省

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 019469 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 9.75 印张 1 插页 172 千字 印 1—2300

2003 年 4 月北京第 1 版 2003 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4191-X/TE·2959

定价:28.00 元

《中国第一个天然气工业基地——四川气田》

编写组

顾问：王宓君 马兴峙

组长：曾时田

副组长：刘同斌 陈国宪

成员：谢姚祥 杜尚明 王鸣华 杨勋尧

苏建华 张治林 刘树人

审定：夏鸿辉 陈应权

目 录

上 篇

绪论	(3)
第一章 中国最早开发利用的大气田——自流井气田	(5)
第一节 四川开发利用天然气源远流长	(5)
第二节 天然气工业的摇篮——自流井气田开发历程	(6)
第三节 自流井气田开发实践的宝贵经验	(8)
第二章 为建成中国第一个天然气工业基地打下扎实的资源基础	(11)
第一节 四川气田资源勘探成果丰硕	(11)
第二节 以碳酸盐岩裂缝型气藏和裂缝—孔隙(溶洞)型气藏为主的 9 项 勘探成功实践	(14)
第三章 探索不同类型气藏的合理开发,确保四川气田产量持续稳步增长	(28)
第一节 四川气田开发经过艰苦探索和大量投入,已形成相当规模	(28)
第二节 针对不同类型碳酸盐岩气藏,形成了合理的开发模式	(32)
第三节 思想认识的飞跃促成了四川天然气产量的大增长	(36)
第四章 科技先行,敢于创新,形成了一整套对付四川复杂气田的工艺技术	(38)
第一节 地震先行,攻克难关,形成了适合四川碳酸盐岩储层和高陡构造 的地震勘探技术	(38)
第二节 针对四川盆地高温高压高含硫天然气深井特点,敢于在极其复杂 的条件下驯服“气老虎”	(41)
第三节 不同类型气田开采技术不断完善	(45)
第四节 井筒技术及井下作业敢于攻坚克难,增产技术水平不断提高 ...	(48)
第五节 攻克了含硫气田开发的难题,集输脱工艺技术配套	(52)
第五章 以经济效益为中心,更新观念、转换机制、开拓前进	(56)
第一节 实行“以气养气”政策,开始步入以经济效益为中心的轨道	(56)
第二节 理顺和制订天然气价格体系,为四川天然气工业滚动发展积累了 资金	(58)

第三节	培育和开拓天然气市场,增强天然气工业发展活力	(62)
第四节	深化改革,加强管理,提高企业综合效益	(66)
第六章	四川气田为我国天然气工业的发展发挥了重要作用	(70)
第一节	形成了以勘探开发为主,上下游和产供销一体化的天然气工业 体系	(70)
第二节	丰富了碳酸盐岩气田勘探开发理论,指导了勘探开发实践,培养 了一大批技术人才	(74)
第三节	形成了一系列配套技术,为全国开发不同类型的气田提供了宝 贵经验	(77)
第四节	发挥天然气的优势,为天然气化工和综合利用展示了很好的前景	(79)
第五节	改善了能源结构,为西南地区经济发展做出了重要贡献	(82)
第七章	四川气田勘探开发值得思考的重要问题	(86)
第一节	四川盆地是个富气盆地,资源潜力巨大,是天然气工业发展的基 础	(86)
第二节	解放思想,重在发现,是四川盆地天然气工业发展的关键	(87)
第三节	客观认识天然气分布特征,实行与此相适应的勘探方针,是四川 盆地天然气工业发展的关键	(89)
第四节	辩证地处理储量、产量和效益的关系,是四川盆地天然气工业发 展的根本	(91)
第五节	探索一整套适合大西南碳酸盐岩气田勘探开发的工艺技术,以特 殊手段征服异常复杂的气层气藏气田,是四川盆地天然气工业发 展的保证	(92)
第六节	大力开拓天然气市场,实现最佳经济效益,是四川盆地天然气工 业发展的归宿	(94)
第八章	四川气田面临的良好机遇和严峻挑战	(96)
第一节	21 世纪是天然气世纪	(96)
第二节	西部大开发是四川盆地天然气工业发展的良好机遇	(97)
第三节	四川气田面临严峻挑战	(98)

下 篇

第九章	四川油气田开发的实践与油气田典型实例剖析	(103)
第一节	四川油气田开发概况	(103)

第二节	四川油气田主要特征	(106)
第三节	四川气田开发的几点认识	(108)
第四节	四川油气田开发典型实例剖析	(113)
附录	四川油气田大事记	(145)
参考文献		(147)

上 篇

绪 论

一、四川是世界最早开发利用天然气的地方

富饶美丽的四川盆地,天然气资源十分丰富,早在两千多年前的战国末期,我国的老祖先就发现了天然气。东汉末年,劳动人民在川西邛崃钻获了世界上第一口天然气井。西晋太康元年(公元 280 年),在自流井就开始打井采气、汲卤熬盐。其天然气的发现、采输、利用和钻井工艺技术在当时的世界上,都处于遥遥领先的地位,并传到西方一些国家。

二、新中国成立前四川天然气工业的初现

四川盆地天然气资源经历代劳动人民开发利用的实践证明,是一个蕴藏着丰富天然气矿产的聚宝盆;经过漫长的发展,不仅形成了一定的开发利用规模,初现了四川天然气工业的发展前景,而且探索出了宝贵的开发利用天然气的工艺技术,为现代大规模开发利用天然气提供了宝贵经验。早在北宋时期,利用天然气熬盐已普及川西南大片地区和发展到川中的蓬溪一带。随后“卓简”井技术推广应用,又更大地促进了天然气的开发利用。明万历年间,已出现火井房,天然气开始从盐业中独立出来。清康熙年间,不仅钻获了一批压力较高、产量较大的气井和气水同产井,而且发明的窠盆采输装置其技术处于世界领先水平。道光年间(公元 1835 年)在自流井用顿钻法钻成的 1001.42m 的桠海井,是世界上第一口 1000m 以上的天然气井,日产天然气超过 $2 \times 10^4 \text{m}^3$ 。1937 年开始,先后在巴县石油沟、江油海棠铺、隆昌圣灯山等构造进行勘探,用旋转钻在石油沟、圣灯山钻获了高压气井。新中国建立前,四川油矿勘探处共在 4 个构造上开钻 6 口井,完钻 5 口井,获气井 2 口,累计钻井进尺 6028m,获得天然气储量 $3.85 \times 10^8 \text{m}^3$,产气 $3593.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 。四川开发利用天然气的艰辛历程,既显示了劳动人民的无穷智慧和力量,又推动了社会生产力的巨大发展。

三、新中国成立以来四川天然气工业的崛起

新中国诞生后,党中央、国务院对四川石油天然气工业极为关怀。毛泽东、周恩来、朱德、邓小平等老一辈党和国家领导人先后来四川油气田视察,多次作过一系列重要指示,成为四川发展天然气工业的强大动力。为大规模开发利用四川油气资源,经党中央和国务院批准,原石油工业部党组先后两次在四川组织了石油

大会战。来自大庆、玉门、新疆等兄弟油田的精兵强将,同全局职工、家属并肩奋战,坚持大庆“两论”起家的经验,促进了四川天然气工业的不断发展。特别是在党的十一届三中全会路线、方针、政策的指导下,坚持改革开放,艰苦奋斗,求实创新,依靠科技进步,增储上产,拓展市场,提高效益,四川天然气工业呈现出一派蒸蒸日上、蓬勃发展的大好局面。新中国成立 50 年来,在党和国家的关怀下,在原石油工业部和四川省的领导下,在地方各级政府和四川人民的支持下,在四川盆地 $18 \times 10^4 \text{km}^2$ 的范围内进行了大规模的勘探开发建设,经过几代“川油人”艰苦卓绝的奋战,胜利地建成了我国第一个天然气工业基地,展现了四川气田的雄厚实力。四川气田勘探领域不断扩大,获得丰硕成果,地震勘探获得几百个不同类型的构造。钻开了第四系到震旦系的巨厚地层,获含油气层系 19 个,气田上百个,累积探明天然气储量 $6238.28 \times 10^8 \text{m}^3$,储量上百亿立方米的气田 16 个,剩余可采储量储采比达到 31.3:1,具备年产百亿立方米产量的雄厚资源基础。天然气配套建设不断加快,年供气能力上了相当水平。天然气管网遍布巴渝大地,环绕四川盆地;气田气区内部输气管道四通八达,直抵云、贵、渝,连接上千个大中型用户;集、输、脱形成功能齐全的完整体系,产能建设达到年供气 $80 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水平。具备生产条件的气井有 692 口,井口日产气总能力 $2968.4 \times 10^4 \text{m}^3$,折合年产气能力 $97.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 。生产规模不断扩大,从四川解放开始到 2000 年,累计生产天然气 $1893.38 \times 10^8 \text{m}^3$,实现利税 55.99×10^8 元,改善了西南地区能源结构,支撑着化工、军工、机械、科技等骨干行业,为四川和西南地区经济发展、人民生活水平提高、社会稳定,做出了重要贡献。

四、回顾过去,展望未来,任重道远

四川盆地 50 年来天然气勘探开发的奋斗业绩和基本经验表明:“川油人”总是在同地下各种复杂矛盾的斗争中不断开辟前进的道路,不断寻找揭示和发展、指导自己前进的真理。正由于认识和掌握了地下的客观实际,迎来了四川盆地天然气工业发展的一个又一个春天,不断展现出天然气工业发展的新局面。今天,我们可以自豪地赞誉:康世恩同志生前对发展四川天然气工业实现年产 $100 \times 10^8 \text{m}^3$ 的目标基本达到,以光辉的业绩实现了康老的殷切希望。回顾 50 年来的奋斗历程和基本经验,展望未来的艰巨任务和光明前途,“川油人”要继续站在时代的前列,始终坚持辩证唯物论的认识论,发现真理,发展新理论、新技术,建树新观点,不断攻克四川盆地天然气勘探开发的新领域,拓展新的天地,巩固和发展中国第一个天然气工业基地,向年产天然气更高的目标冲刺!向建设更加光辉灿烂的中国第一个天然气工业基地勇于攀登!

第一章 中国最早开发利用的 大气田——自流井气田

四川自流井气田,是中国最早开发利用的大气田。其开发历程和工艺技术,远远走在世界的前列,是天然气利用的先驱,对世界石油天然气工业的发展具有深远的意义。

第一节 四川开发利用天然气源远流长

四川开发利用天然气源远流长,既有丰富的文献资料记载,为世界所公认,又为加速发展我国和世界油气工业做出了重大的贡献!

一、四川天然气开发利用历史悠久

天然气开发利用具有悠久的历史,比欧洲最早利用天然气作为能源的英国早 13 个世纪。四川是世界上最早开发利用天然气的地方。史书记载有“火井”和天然气煮盐的大量资料:西汉杨雄《蜀都赋》载有“铜梁金堂,火井龙湫”(铜梁山在今渠县,金堂山在今新都);三国张华的《博物志》载有“临邛(今邛崃)有火井一所,纵广五尺,深二三丈……井上煮盐”;东晋常璩的《华阳国志·蜀志》更详细载有“临县,郡西南二百里”,“有火井,夜时光映上昭。民欲取其火,光(先)以家火投之,顷许如雷声,火焰出,通耀数十里。以竹筒盛其光藏之,可拽行终日不灭也。井有二水,取井火煮之,一斛水得五斗盐”。北宋乐史的《太平寰宇记》卷八十引《陵井盐图经》载有“陵州(今仁寿县)陵上有井,名陵井”,“若以火坠井中,即雷吼沸涌,烟气上冲,溅泥漂石,勘可畏”;《新唐书·食货志》载有“蒲江火井有盐”;南宋王象之的《舆地纪胜·遂宁府景物》载有“火井在长江县(今蓬溪县)客馆镇之北二里伏龙山下”;元马端临的《文献通考》载有“宋太宗端拱元年泸州盐井竭,遣工入视,忽有声如雷,火焰突出,工被伤”;明何宇度的《益部谈资》载有“火井,邛州、蓬溪、富顺咸有之”;清刘献廷的《广阳杂记》载有“川东盐井,取之较易,且有火井,以助煎熬”;1881 年编成的《四川盐法志》详细记载了远在晋太康元年(公元 280 年)自流井地区已开始凿井采卤熬盐的状况。仅上述部分史书资料已能看出,西方最早利用天然气作为能源的英国,约比我国晚 13 个世纪。当自流井开采深度超过千米并达到相当的开采规模时,俄国人在 1863 年才打了 3 口浅井并采出少量石油;美

国在 1859 年才钻了一口 21.69m 的浅井,采出 1.87L 石油^① 充分表明了我国自流井气田钻采技术和天然气利用远远地走在了世界的前列,四川确实是天然气利用的先驱。

二、自流井气田为我国第一个大气田

四川开发利用天然气具有一定规模,自流井气田为第一个大气田。四川开发利用天然气资源历史悠久,自秦汉以来在四川很多地方,如渠县、新都、邛崃、仁寿、蒲江、蓬溪、泸州、川东、自贡、富顺等广大区域的劳动人民已开始采气煮盐,利用天然气作为燃料进行制盐已达到了相当的生产规模。四川采气制盐的规模,虽时有兴衰,但历代从未间断,到清朝道光时“洪场事起(太平天国革命),长江梗阻,海盐不能上运,湘鄂民苦淡食,乃以川盐济销……富场(自流井)乃大开井灶,并办深井乃遇火脉,火乃大升”^②,迎来了自流井地区采气煮盐的新时期。漫长的开采历程,证明自流井气田是我国第一个大气田。

三、自流井气田天然气的开发利用不断地推动了社会生产力的发展

自秦汉以来,自流井利用天然气熬盐,其规模由小到大,逐步发展,达到十分兴旺的地步,特别是 1850 年左右打开了自流井气田三叠系主要气藏——嘉三气藏。当构造顶部的磨子井钻到井深 945~980m 嘉三气层后,发生了强烈井喷,地面到处冒气,火舌数十丈高,附近数里不敢住人,在三十多公里以外的富顺县可以见到火光,有“火井王”之称,估计初产量在 $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 以上,为扩大盐业规模创造了很好的条件。磨子井产大气后,超过 1000m 的气井相继增多,气产量急剧上升,1865~1880 年是产气极盛时期,按熬盐量折算,全气田日产气高达 $100 \times 10^4 \text{m}^3$,极大地推动了社会生产力的发展。

第二节 天然气工业的摇篮——自流井气田开发历程

一、自流井气田漫长的开发历程,显示了碳酸盐岩气藏开发的独特性

自流井气田自晋太康元年开始开采以来,至今已有 1700 多年的历史。在这 1700 多年开采历史中,自流井气田钻了数以万计的盐、火井,按《川监纪要》所载,1915 年废井就有 11800 口。在 1850 年以前,由于资料原因,气田的气产量已无从考证。据自贡盐务局和四川石油管理局的调查考证,1851~1950 年期间全气田共

① 《近代石油技术》(Modern Petroleum Technology)第 6 页,英国石油学会,1962 年,伦敦第三版。

② 据四川盐政史。

产出天然气 $300 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右,为自流井地区社会生产力的发展创造了光辉业绩。据资料相对较多的主力气藏——嘉三气藏开采历史来看,自 1850 年发现以来,至今已有 150 年的开采历史,累积产出天然气 $160 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上,气藏开采经历了从旺盛到衰竭的全过程。回顾漫长的开发历程,虽然有钻一层、采一层的较长建井周期和一块一块地开发气藏而延长了开发时间,但总的来看碳酸盐岩裂缝性气藏开采周期是较长的,至 1973 年气藏仍有 23 口产气井,日产天然气 $12.6 \times 10^4 \text{m}^3$,气藏边部地层压力仍有 $2.1 \sim 2.5 \text{MPa}$,充分体现了碳酸盐岩裂缝性气藏顽强的生命力。

二、自流井气田的成功开发不愧为世界上开发利用天然气的先驱

自流井气田开发过程中,四川劳动人民用自己辛勤的劳动和高度的智慧创造了一整套气田开发工艺技术,为成功开发自流井气田提供了技术手段。

1. 开创了钻井的工艺技术

据《四川盐法志》记载,公元 589 年(隋朝开皇九年)钻井深度为 $80 \sim 90 \text{m}$,井径很大,像煤矿开竖井一样,由人下井挖凿,限制了钻井的深度。“庆历、皇祐(宋仁宗年号,公元 1041~1053 年)以来,蜀始开筒井,用圜刃凿,如碗大,深者数十丈……”(《摘自蜀中广记》)。以后大力兴办有竹筒套管的小眼井,俗称“卓筒井”,加上木质井架和竹箴作为提升系统,用人力顿钻,使钻井深度得以提高,这是我国钻井史上的重要转折点。与此同时,还不断地发明了与“卓筒井”相配套的各种顿钻钻头,打捞工具和补腔(堵水、堵漏、补垮塌岩层等工艺技术的总称)工艺技术,使钻井深度发展较快,乾隆三十年(公元 1765 年)井深已超过 530m ,1820 年左右盐井已达 $800 \sim 900 \text{m}$,1835 年自流井的桷海井井深已达 1001.4m ,成为世界钻井史上的先驱。

2. 开创了地质录井的方法

随着钻井深度的增加,地层情况就越显复杂,为了掌握井的深度、岩性、裂缝状况,一般在井上都用“岩口簿”进行记载,“岩口簿”相当于现今的钻井和录井记录。通过不断的地质录井和总结,自贡地区的劳动人民对地层剖面,标准层,油、气、水层位有了一定的认识。1865 年李榕在《自流井记》中作如下描述:“初下为红岩,次互灰岩,次黄董岩,见油;次草白岩,次黄砂岩,见草皮火;……次绿页岩,见黑水……。”“凡井诸岩不备见,惟黄董,绿豆必有之……。”黄董岩即东岳庙石灰岩,绿豆岩为嘉五¹底部的泥岩,至今仍叫绿豆岩,二者均为标准层。上述地质录井剖面不仅有力地指导了自流井气田的钻井工作,而且开创了地质录井的方法,为气田地质理论的发展提供了重要的基础。

3. 开创了气田的采输工艺

为了把地下的天然气采至地面并输送到用户,自流井地区的劳动人民在生产

实践中又创造了一项新的技术、形成了一套裸眼井、敞井口,无阻流量开采和木、竹、石结构的采、输气工艺技术和设备。采气流程为:井内天然气流经井口,进入具有降压、配风、混合、气水分离功能的井口装置“窠盆”,再沿出山枧(输气管线)往各级出山桶(具减压作用)输往用户。明宋应星的《天工开物·井盐》载:“西川有火井,事甚奇。……以长竹剖开,去节合缝漆布,一头插入井底,其上曲接,以口紧对釜脐,注卤水釜中,只见火意烘烘,水即滚沸。启竹而视之,绝无半点焦炎意。”书中附有井火煮盐图。类似的描述在《富顺县志》、《四川盐法志》等古书中均有记载。上述天然气井的采、输工艺为成功地开发自流井气田的天然气提供了又一技术保证。其采输原理为现代天然气采输工艺技术提供了重要启示。

4. 开创了天然气的利用途径

据文献记载:天然气开始利用于照明,后用来烧水煮饭,再后用于煮卤熬盐,逐步扩大,形成规模。

三、自流井气田的开发利用,对人类文明进步功不可灭

自流井气田的漫长开发里程中,四川劳动人民在与自然界作斗争中,创造了多项领先于世界水平的气田开发技术,成为世界上最早开发利用天然气的地方,是世界钻井行业的先驱,其采输技术在世界气田开发史上留下了光辉的篇章。科学技术促进了生产力的发展,据不完全统计,仅 1850~1950 年的 100 年中从气田上共采出 $300 \times 10^8 \text{m}^3$ 左右的天然气,并用于煎卤制盐,大力促进了自流井地区劳动生产力的提高和发展。在这 100 年中用天然气共制盐 $2210 \times 10^4 \text{t}$,加速了自贡地区乃至全川制盐工业的发展,保证了西南和湘鄂地区人民的食盐需要,对当时社会的稳定和发展做出了重要贡献。解放以后,自流井气田的勘探和开发工作得到了迅速的发展,1958 年后在深度 2200m 左右的二叠系地层发现了新的气藏,获得了日产 $200 \times 10^4 \text{m}^3$ 以上的高产气井(自 2 井),这个古老气田在开采史上又揭开了新的一页。自流井气田成功的开发利用,是我国劳动人民的辛勤劳动和高度智慧的结晶,仅从这一点也证明了“中国是世界文明发达最早的国家之一”,四川的劳动人民为人类文明的进步作出了不可磨灭的贡献。

第三节 自流井气田开发实践的宝贵经验

自流井气田悠久的开采历程,积累了许多宝贵经验,很值得我们思考、借鉴和发展创新。回顾起来,主要在下述三个方面。

一、自流井气田漫长的开采实践逐步认识到气田具有四个基本特征

自流井气田一般均用顿钻,逐层打开、逐层加深,边顿边采(俗称“加深添

火”),气层和裂缝暴露得比较充分,在开采实践中逐步显现出自流井裂缝性气田的四个基本特征:

(1)多产层。从嘉三组地层以上共发现了四个气层,这和自流井盐场中广为流传的本气田有“四种火”的说法相对应:即草皮火(浅层侏罗系气层)、腰脉火(雷口坡组气层)、烟子火(嘉五组含硫化氢气层)和底火(嘉三组气层)。

(2)多裂缝发育区。嘉三气藏共发现六个裂缝发育区,均分布在构造受力较强的高点,长轴、扭曲和断裂带部位,这些裂缝发育区的特点是:区内井的产量大,钻遇裂缝次数多,井间连通明显,是气藏的主要开采区块。

(3)储量大。根据 1850~1950 年期间天然气熬盐的锅口数和用天然气制盐的盐产量综合分析,在这 100 年中共产出天然气约 $300 \times 10^8 \text{m}^3$,在此以前和以后的二、三叠系气藏的产气量均未统计在内,可见其储量是相当丰富的。

(4)开采阶段明显。自流井嘉三气藏 150 年的开采历史可明显地划分为高压高产、过渡和低压低产三个阶段:高压高产阶段时间短,约 10 年左右,采出气量仅 10% 左右;过渡阶段为气藏主要采气阶段,采出气量为 55% 左右;1914 年后气藏进入了低压低产阶段,气井产量低而稳定,开采时间长,主要采的是低渗透区的天然气,约能采出 30% 以上的储量。上述三个阶段的开采情况显现出低渗透区的气量占有相当重要的地位。

二、自流井气田漫长的成功开采,最关键的是主观和客观认识的一致性

“岩口薄”和《川盐纪要》记载:古人发现井下有立“缝”和“横缝”。用“粗糠和水”潜于井下,验证各井之间裂缝连通状况。同时,利用裂缝连通原理,实行人工注水开采盐岩。经过长期的实践,认识不断深化,规律逐步掌握,经验不断丰富。

首先,充分暴露气层中的裂缝,是气井获产和高产的前提。自流井气田用顿钻凿井,在客观上充分暴露了气层中的裂缝,最大限度地减少了对气层中裂缝的回压,使裂缝中的天然气充分地流入井筒,即使是微小的气流也能及时采出,这是自流井气田气井获产和高产的重要原因。因此,在碳酸盐岩裂缝性气藏钻井过程中,要充分注意暴露和保护裂缝。只要是产气层,对裂缝不宜采用压、堵的方法,这是自流井气田钻采的重要经验。

其次,通过高渗透区的气井采出中、低渗透区的天然气是嘉三气藏开发的有效方法。自流井嘉三气藏含气面积为 75km^2 ,开采实践表明,大部分气井均布在 10km^2 的高渗透区内,靠轴部两块高渗透区密集打井,采出超过 $160 \times 10^8 \text{m}^3$ 天然气。显然,这些天然气不可能单一采自高渗透区,而更多地采自外围的中、低渗透区。这样的开发方式具有以下两条主要优点:一是在高渗透区打井钻遇裂缝机会多,钻井成功率高;二是通过高渗透区能够采出中、低渗透区的天然气,为非均质裂缝性气藏的合理开发创造了重要途径。

再次,排水采气是气水同产井采气的重要措施。自流井气田的气井均以窠盆为井口装置,这种独特的低压井口装置有一个重要特点,就是井口敞开,但天然气却不从井口冒出,这样想捞水就捞水,要捞砂就捞砂,需加深就钻井,真正实现了边放喷边钻井、边测试边钻井、边采气边钻井、边捞水边采气、边修井边采气。实现了这“五边”,不仅能充分暴露缝、洞,而且能使缝、洞中的流体顺利采出。在自流井气田上有许多气水同产井,由于采用了勤捞水,保证了气井长期生产。“黄卤推砂,黑卤推气,水来不推,你去推屁”,这是自流井地区气水生产特征的总结。其意思是:在采三叠系的气时,要经常捞水把气推顺,如果有水不把水捞出来,那么什么都将得不到。先辈的实践经验告诉我们,在裂缝性气水同产井中,要采用人工排水措施,才能使气水同采井稳定产气,从而提高气藏的最终采收率。

三、自流井气田开发的光辉历程,对我们的启示是多方面的

我们的祖先从碳酸盐岩地质基础入手,在地质录井发现立缝和平缝、钻井工艺技术、天然气采输原理和天然气利用等方面给我们留下的启示是很深的,为世界天然气工业的发展创造了光辉的业绩,为人类文明与进步做出了重要贡献。启示一,古人发现气层存在裂缝现象,对于后人寻找裂缝性气藏在认识上起了先导作用。启示二,古人开创的钻井工艺技术和工具对于后人发展现代钻井工艺和工具在创新上起了借鉴作用。启示三,古人探索的采输原理,在合理开发气田上起了示范作用。启示四,古人开辟的天然气综合利用,在后人拓展利用途径上起到了促进作用。