

威远气田震旦系气藏气井生产动态特征 和强化排水的设计

刘二本

(川西南矿区)

威远气田震旦系气藏为受构造控制的底水块状气藏,原始气水界面海拔-2434米,最大含气高度244米。构造含气范围内虽仅有4条小断层,然而断裂和各种产状的裂缝对气藏开发起着极重要的作用,产层岩块的孔隙度和渗透率都非常低。气井的工业性产能,与裂缝发育密切相关。

威远气田自1964年威基井发现震旦系气藏至1983年底,共完钻井91口,其中86口井打在气水边界以内,获气井58口,历年投产井53口,气水界面以上完钻的获气井49口,其中距气水界面高度小于20米的11口,20~50米的22口,50~100米的15口,100米以上的3口。

1965年10月威2井投产后,气藏日产气量经历了上升、短时稳产和下降三个阶段,日产气量最高达370万米³,而后逐年下降。

1971年元月8日威5井首先出水,1973年元月威2井区气井相继出水,随着水对气井影响程度的增加,气井由高压高产变为低压低产,进而水淹停喷,年递减率高达30%。由于气藏水浸程度增加,新井提供的单井产能迅速下降,虽然生产井数逐年增加,也弥补不上老井递减的产量。

因此,气井出水和气藏水浸是威远气田震旦系气藏稳产和提高采收率的主要问题。

气井出水动态特征

1.底水存在是气井出水的客观条件,气井生产过程中建立的生产压差是气井出水的动力。出水早迟和出水量大小,主要取决于井底产层裂缝的产状、大小和多少以及生产压差的大小,而与井底距气水界面的高度关系不密切。

外不会全为水层,大胆地向背斜圈闭之外甩开钻探,只要尽力避开大断层,是不会遇到大水层的。界4、昌2、瓦4、瓦5、王30、孔26等井的实践就证明了这一认识。

结 束 语

从上述的生气母质、成气期、古构造发展、油气聚集和阳新统储集条件对比等方面的分析,都说明在自流井地区特别是东北部的背斜圈闭之外找到工业性天然气是可能的,几口井的钻探实践也证明了这一点。但

毫不否认背斜构造对阳新统气藏形成的重要作用,“占高点、沿长轴”等一整套找气的勘探经验,仍然是行之有效的,在适合的地区仍应坚持使用。我们提出问题的目的是在像自流井地区这样构造勘探程度高,气田采出程度大的老气区,如何寻找新的拿气途径,这就是我们近几年来极力探索的目的所在。目前的认识尚属初步,还有待进一步勘探实践。不当之处,敬请读者指正。

(本文收到日期 1984年7月20日)

气井出水有水锥型出水、断裂型（也称纵缝型）出水和复合型出水三种。大部分井属水锥型和复合型。断裂型出水指生产压差很小的情况下，也要迅速出大水，这种出水是不可控制的。图1表示了气井的总水气比分布的情况。总水气比小于 $1 \text{ 米}^3/\text{万米}^3$ 的井，纵缝不发育，多为水锥型出水；总水气比大于 $4 \text{ 米}^3/\text{万米}^3$ 的井，纵缝很发育，为断裂型出水；总水气比 $1 \sim 4 \text{ 米}^3/\text{万米}^3$ 的井为复合型出水。

2. 水锥型、复合型出水气井的动态特征

在大的压差下生产，气井有较短的无水高产期。一旦底水大量进入，迅速侵害产层渗流通道，气相渗透率大大下降，水量增加，垂管流动阻力增加，气水混合柱消耗的压能增加，生产压力下降，迅速接近输压，成为不正常生产，甚至水淹停喷。威40井是说明这类气井出水动态特征的实例。

威40井井底距气水界面高26.99米，1971

年12月27日投产，生产压差 $45 \sim 55 \text{ 公斤力/厘米}^2$ ，日产气 $37 \sim 41 \text{ 万米}^3$ ，稳定生产800天。无水采气 2.9 亿米^3 ，地层压力由 283 降至 251 公斤力/厘米^2 ，于1974年3月8日出水，水量迅速增加。出水后虽经控制回压，仍不能改变生产的迅速恶化，见图2。

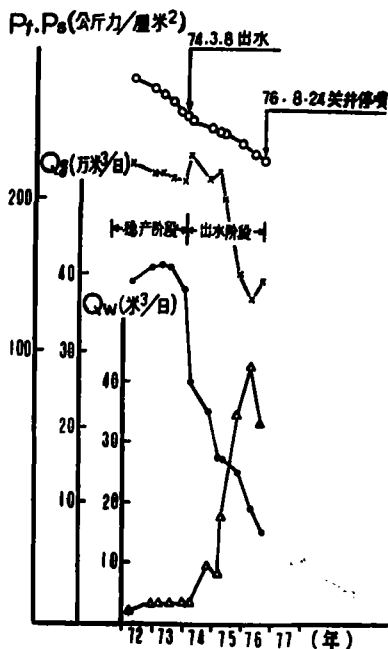


图2 威40井生产动态曲线

P_t 曲线显示了气井出水以后，提高井底回压，不能使水退回去，不能使产气量稳于一个数值上。 Q_g 曲线表明气井出水后，两年内产气量由 $37 \text{ 万米}^3/\text{日}$ 降至 $9.0 \text{ 万米}^3/\text{日}$ 仍继续下降，年递减率达 57.3% ，生产压差在两年内由 44 公斤力/厘米^2 增大至 97 公斤力/厘米^2 。1976年8月24日用户更动，关井后再不能自喷。三年后采用机抽排水采气，在稳定产水 $40 \sim 50 \text{ 米}^3/\text{日}$ 的情况下，仅得气产量 $0.8 \sim 1.0 \text{ 万米}^3/\text{日}$ 。

气井出水后，产层不断被污染，见图3。气井出水前的点子都落在1972年求得的二项式指标线附近，而出水后的生产点，不断向左、向上移动。表示了产层在愈来愈大的生

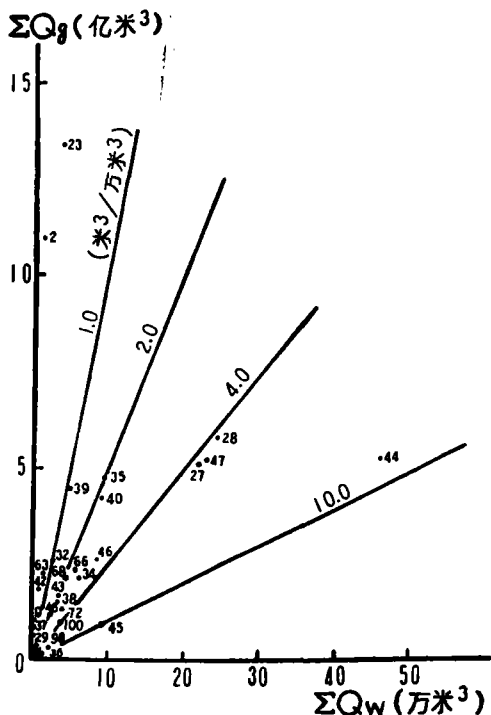


图1 威2井区气井 $\Sigma Q_g \sim \Sigma Q_w$ 水气比曲线图

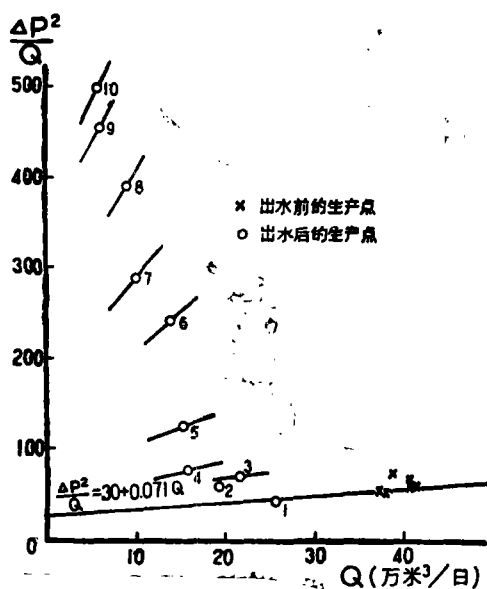


图3 威40井稳定点在 $\frac{\Delta P^2}{Q} \sim Q$ 座标上的变化

产压差下,产气量愈来愈小,产层的气相渗透率不断变差,a、b值不断增加。

有水气井的管理经验

为了提高气井利用率,达到单井总产气量最多,气井生产旺盛期长,具有较长的无水采气期和较长的带水自喷期,我们采取了“控、稳、排”的管理方法和工艺措施。

一、延长无水采气期

控制不出水生产压差,也叫控制临界产气量。气井投产初期便要控制合理的无水产气量,使井底产层不受水污染,能提供最多的产量和较高的日产气量。故延长气井的无水采气期是开发威远气田的技术原则。

威23井的生产过程是这类井生产的典型,见图4。该井1968年12月25日投产,在生产压差17~24公斤力/厘米²下,日产气40~50万米³,1973年初随着威2井区的威39、35井出地层水之后,当年4月威23井有出水显示。产出水氯根含量上升,在产水量没有明

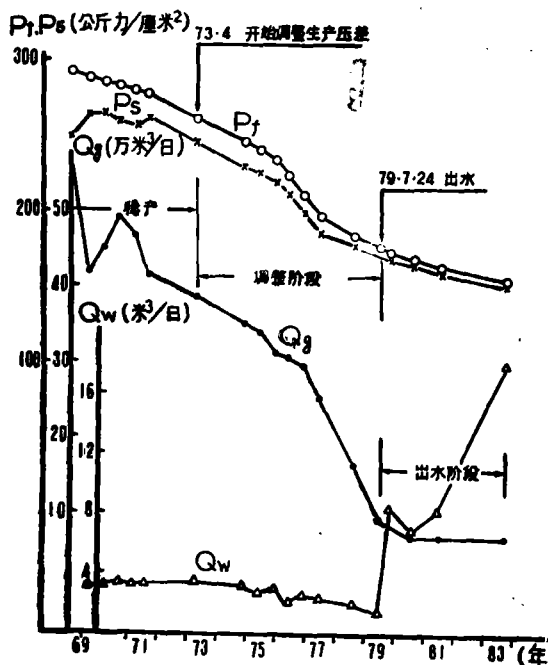


图4 威23井生产动态曲线

显增加前,控制水锥不入井底。在产出水的氯根含量达1000毫克/升的情况下,及时调整生产压差,生产压差开始逐年减小,日产气量也相应减少。气井有水显示前稳产4年4个月,产气7.0亿米³;有水显示后,控制无水采气6年2个月,又采气5.12亿米³;达到无水采气10年6个月。到1949年6月生产压差已降到5.7公斤力/厘米²,于7月24日出水。

图中 P_1 和 P_2 曲线表现了在调整压差阶段,使生产压差控制在逐渐减小的阶段。 Q_w 曲线表明只产少量凝析水,凝析水的水气比为0.08米³/万米³。虽然气量因控制压差而下降,但其年递减率为14.8%,远低于迅速出大水气井的递减率。

二、延长气井带水自喷期

气井出水初期,得寻找产水量不大的相对稳定的生产点。既不很快放大生产压差,使产层快速污染,也不使气井井下积液。只要井底附近产层不受大的侵害,气流入井的压力损失就不会增大很多,只要水产量不猛

增,气水在垂管流动中消耗的压力就不会很大,井口生产压力高,保持了气井自喷生产的旺盛期。

威23井出水后,由于管理得当,又带水自喷产气5年多,产量1.3亿米³,见图4。1984年10月,该井套压118公斤力/厘米²,油压89公斤力/厘米²条件下,日产气仍有5万米³,日产水17米³。还利用了该井高压气气举威66井。出水阶段年递减率10.8%,由此足以见之气井管理的重要性。

产水量较大的气井,为避免井底附近产层积液,地层水向细微裂缝倒灌,形成垂管液柱致井停喷。故出水气井应尽量稳定持续生产,不宜关井,不得已时宁可保持压力放喷。

在地层压力较低的情况下,出水气井一旦关死后,很难恢复自喷。威45、40井先后于1976年5月18日和8月24日关井后停喷。当时威45井地层压力230公斤力/厘米²,井口生产油压45公斤力/厘米²,日产气19万米³,日产水300米³。停喷后,先后采取过憋压放喷、机抽排水采气,用其他井的高压气气举都不能恢复自喷,机抽和气举提供的气量也很少,仅0.1~0.3万米³/日。后来对威27、44等30多口井坚持不关井原则,收到延长出水后气井自喷期的效果。

稳定工作制度,不经常变动操作。遇到必须变动操作时,则应缓慢进行。威远气田气井在全面见水阶段,很少进行稳定试井和不稳定试井的原因就在于此。

三、排水采气

当气井水气比不断增加,气井的举水能量衰减,井口压力接近输压,井底开始积液时,气井进入不正常生产阶段。这个阶段应进行各种形式的排水采气作业,切忌控制生产。首先采取加泡沫剂助喷的方法,延长自喷期;水量很大的井则提前采取套管环形空间生产,减少流动阻力;在可能的情况下,

降低井口废弃压力生产,再增压输送至管网,降低输压。当气井停喷后,及时进行气举排水采气和机抽排水采气等措施。气井停喷时间越长,排水采气越困难。1980年以来,威远气田在12口井进行了泡沫助排工作,4口井进行了机抽排水试验,2口井进行了气举凡尔排水采气,每一项都收到增产效果。

气藏水浸动态特征

气藏开发过程中,由于顶部裂缝发育,高产井集中顶部,气藏产气量的90%以上从顶、轴部采出。顶部的地层压力快速下降,曾是威远气田气藏日产气量最高,年产气11.6亿米³的威23井,其顶部的地层压力在1975~1976年下降最快,每年下降约20公斤力/厘米²。而边部井的地层压力则下降很小,逐年形成边部高,顶部低的地层压力漏斗。由于构造各部位的产层顶部裂缝发育程度(产状、大小、数量和分布)极不均质,水沿发育的裂缝上窜,上窜的高度很不均一,因此在平面积上,不能构成气水界面全面均匀上升。水沿裂缝愈来愈多地进入产层,底部水在顶部主产区突起。

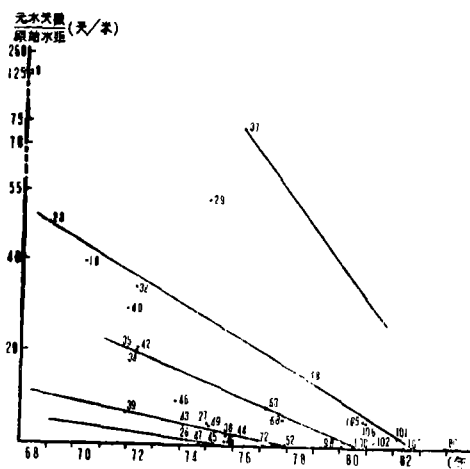


图5 威23井区气井出水难度曲线

图5表示了水锥上升1米所用时间与气井投产时间的变化图。从纵向上看,同一时间投产的气井,水上升1米所用时间相差很大。在气井管理方法相同的条件下,1971年底至1972年初投产的6口井,其在纵坐标上的位置相差很大。1976年投产的威44井、37井两口井在纵坐标上位置相差更大。这都说明了产层裂缝发育的极不均质性,形成了气井动态的悬殊差别。从横向上看,气井出水愈来愈易,1972年前投产的井水锥上升1米在6天以上,井平均52.9天/米。1980年以后投产的8口井,水锥上升1米的时间都在6天以下,井平均值为1.8天/米。其中威90井、107井、80井3口井没有无水期,完井就出水。威107井井底距原始气水界面121米,说明该井于钻开前,地层水在这个位置已经窜到井底位置,而比它距气水界面近的威102井、105井、106井却有无水采气期。这说明近几年来气藏水浸程度加剧,水已窜入气藏的主产裂缝,造成产层的先期污染和封隔,也说明每个部位水窜高度是很不同的(见表1)。

表2、图6表明水浸趋于严重,储、产气裂缝积水增加的趋势。曲线I为投产阶段无水采气期在3年以上气井所占百分数。1970年以前投产的为100%,而1971~1975年为16.7%,1976~1980年的井为7.1%,1981年

威2井区气井水锥舌进动态表 表1

投产阶段	井号	底水距 (米)	无水期 (天)	无水期 底水距	初产量 (万米 ³ /日)
1972年 以前	9	8.86	3268	256.0	6.0
	23	78.29	3864	48.4	50.0
	10	49.08	1922	39.2	3.0
	32	34.05	1170	34.4	30.0
	40	26.99	800	29.6	37.0
	35	19.79	409	20.7	35.0
	42	34.53	711	20.6	20.0
	34	24.97	506	20.3	20.0
	39	59.83	412	6.9	34.0
1980年 以后	90	26.23	0	0	2.0
	100	145.34	49	0.34	6.0
	101	185.40	381	2.1	1.5
	102	92.30	118	1.3	2.0
	105	80.19	429	5.3	1.5
	106	47.73	250	5.2	2.0
	107	121.29	0	0	3.0
	80	13.57	0	0	2.0

注:底水距为井底距原始气水界面高度

~1984年6月降为0,线性关系很好。曲线IV表明各投产阶段气井无水采气期为0%,前两个阶段百分比皆为0。即1975年以前投产的井都有无水生产阶段,而后两个阶段百分比呈线性增加,到1981~1984年6月高达63.6%。

表2

投产阶段	出水 井数 (口)	底水距 (米)	无水期 >3年		无水期 1~3年		无水期 <1年		没有无 水期	
			口	%	口	%	口	%	口	%
1970年以前	6	48.3	6	100						
1971~1975年	18	39.4	3	16.7	6	33.3	9	50		
1976~1980年	14	42.6	1	7.7	3	21.4	7	50	3	21.4
1981~1984年6月	11	66.1			2	18.2	2	18.2	7	63.6
合 计	49		10		11		18		10	

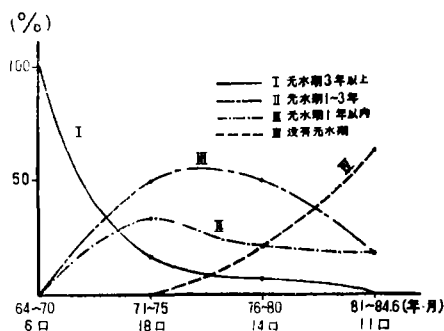


图6 威远气田气井无水采气期与投产关系

1976年威26、45、40井水淹后,已先后有20口井水淹停喷。其中威9、30、34、46、45、66、93井等7口井已采取泡沫排水、机抽、气举、电潜泵排水采气;威40、42、27、28、38、44、77、51等8口井正在进行各种作业准备。不正常生产井还在不断出现,最近统计就有8口。大产水井不断水淹停喷,气藏日产水量逐步下降,积水愈来愈多。各种排水采气工艺的工作量有与日俱增的趋势。

强化排水是开发威远气田综合治理的唯一途径

一、威远气田底水的特征

气藏底水严重窜扰,便产能持续大幅度下降,水淹井不断增加。但底水属封闭型,泄压面积不大,产层孔隙度不高,水层储渗层厚26.5米。底水窜扰产层,进入气藏的总水量还不是很大,且沿裂缝上窜。至1981年10月,底水膨胀量683万米³,至1984年也不过1000万米³,且已采出330万米³,还有700万米³未采出,通过不失时机的分区排水可以有所作为,如再延误时机就十分困难了。

二、根据威远气田的静、动态特征制定强化排水方案

气藏强化排水,即通过井底排水机械,在气藏的有利部位,精心设计安排专层排水井和部分水淹后的大水井,对这些井群强化

排水,使日排水达3000米³以上,使气藏内的有水气井复产。这就必须根据威远气田的静态动态特征认真做好各类气井产层特点的调查研究,对适于生产的气井专一采气,适于排水的井专一排水。

目前泡沫、气举、机抽等排水采气方法在威远气田已收到增产效果。但遇到高压气源不足,地层压力低,水的静液面深,产气井井口压力低,气举有其局限性。电潜泵具有大排量捞空深的特点,在威远气田应进行多井试验。

威2井区顶部,含气高度最大,集中产气井最多,受的危害最严重,应是强排水的有利部位。

气藏既有纵向的水窜,又有水横向沿断裂向顶部低压区流动,排水井应定在断裂发育的部位。处于顶部的威28、39、52、100、72、86、44井在钻井中都有放空现象。在威45井-27井-28井一带,威66井-47井-100井一带,都可以布置排水井,也可利用威34、27、86、44井等水淹井。新钻的排水井应钻达水层,再经酸化措施改造,进行强排水。

一般认为水较活跃的东部和南翼,可能存在有向顶部供水的可能。因此,在威86、34、47井一带和威45-27井一带打排水井,可能获得好的效果。

(本文收到日期 1984年12月1日)

~~~~~  
(上接96页)

握在特定条件、特定瞬间管线的钢材特性、内壁和外壁腐蚀程度、焊口质量、某些结构中的应力等数据,以便能够监控管线质量。

近几年来,一些气体公司进行了智能清管器(intelligent pigs)的大量研究,使用这种设备更好地掌握管线状况。英国气体公司的进展突出。将来,可以借助智能清管器更有效地进行管线操作

和维修。还正在研究遥控阀的安装、在人口高密度区安装管线漏泄控制系统等。除以上外,操作人员的熟练与否仍是保证管线运转良好的基本条件。

胥晓萃摘自 《15th World Gas Conference, Report of Committee C Transmission of Gases》

油气期与古构造配置较好; 现今地腹有构造存在, 寻找志留系、尤其奥陶系的气藏是有前景的。在此基础上, 提出了勘探赤水及泸州地区的建议。

**《天然气工业》 第5卷 第1期 1985**  
**Oil and Gas Exploration Prospect of**  
**Silurian and Ordovician in Chishui, Guizhou**  
**and South Sichuan**

*Liu Temin*

Based on the data of the hydrocarbon showings, sedimentary facies, paleostructure in oil generation time and present structure, through synthetic analyses, the author thinks: there are three combinations of Source-Reservoir-Seal in Silurian and Ordovician in Chishui, Guizhou and South Sichuan; the disposition between paleostructure and oil generation time is fine; it is prospective to explore the gas pools in Silurian and especially in Ordovician because of existing structures underground at present.

On this basis, a suggest of exploring the regions of Chishui and Luzhou is proposed in this article.

NGI Vol. 5 No. 1 1985

### **保存条件对湘鄂西地区 天然气藏形成的作用**

**应维华**

本文从地壳运动的上升剥蚀作用、区域变质程度、断裂及其伴生热液矿脉的影响、盖层及水文地质条件等因素剖析了保存条件对湘鄂西地区天然气藏形成的影响。提出宽向斜中二、三叠系目的层、保存条件最好的地区是石柱复向斜及秭归复向斜; 灯影组目的层, 则以桑植—石门复向斜的保存条件相对较好。

**《天然气工业》 第5卷 第1期 1985**  
**Effect of the Preservation Conditions on**  
**Forming Gas Pools in the West Part of Hunan**  
**and Hubei Province**

*Ying Weihua*

On the basis of the factors—the effects of the uplift and erosion, grade of regional metamorphism, rift and its associated hydrothermal vein in crustal movement, the caprocks and the hydrogeologic conditions etc, the effect of the preservation conditions on forming gas reservoirs in the west part of Hunan and Hubei province is analyzed in the paper. It is proposed that in the wide synclines, the regions with best preservation conditions for Permian and Triassic, are Shizhu

syncline and zigui syncline, but with better ones for Sinian is Sangzhi-Shimen Syncline.

NGI Vol. 5 No. 1 1985

### **在老区开拓新的找气领域**

**赵景续**

川西南地区勘探程度较高, 已开发气藏半数以上采出程度达50%。本文从实践角度分析了本区二叠系阳新统的生气母质、转化条件、区域构造发展、岩性、物性及气、水产出情况, 认为在该区东北部的背斜圈之外, 找到新的工业性天然气是有可能的。

**《天然气工业》 第5卷 第1期 1985**  
**Open Up a New Area for Finding Out**  
**Gas in Old Gas Region**

*Zhao Jingxu*

Southwestern Sichuan is a mature in gas exploration. 50% reserve in over half of the gas pools developed have been produced. Based on the practice point, the gas sources of Yang Xin limestone of Permian, the conditions of its alternation, the tectonic development, the lithological and physical properties, and the gas and water production are analyzed in this paper.

The author suggests that it is possible to find out some new commercial gas beside the anticlines in the Northeast part of this region.

NGI Vol. 5 No. 1 1985

### **威远气田震旦系气藏气井生产动态特征 和强化排水的设想**

**刘二本**

威远气田震旦系气藏为受构造控制的块状气藏。本文简介了该气藏气井出水的动态特征; 总结了有水气井的管理方法; 评价了各种排水采气工艺的利弊。指出采用强化排水技术是综合治理、更好开发该气藏的有效途径。

**《天然气工业》 第5卷 第1期 1985**  
**Characteristics of Production Performance**  
**and an Idea of the Intensive Water Withdr-**  
**awal in Gas Wells of Sinian Gas Pool, Wei-**  
**yuan Gasfield**

*Liu Erben*

The Sinian pool of Weiyan gasfield is a black one controlled by structure. In this paper, The producing performance of water's entering into gas wells is simply stated, the operation method of water-prod-

using gas wells is summarized and the advantage or drawback of various technology of water withdrawal in gas production is also appraised. It is pointed out that using the technique of intensifying water withdrawal is an efficient way for synthetically administering and well developing this gas pool.

NGI Vol.5 No.1 1985

### 平衡钻井中dc指数值的误差处理

李 小 泉

本文运用概率、数理统计方法,通过对川西北矿区80多口完井资料的分析,对dc指数值在预测地层压力中所出现的问题进行计算、研究,着重探讨了dc指数值的误差处理,以期对作准dc指数回归方程和预测高压地层的层段提供理论依据,供从事平衡钻井工作者参考。

《天然气工业》 第5卷 第1期 1985

Treatment of the Error in dc Exponent Value in Balanced Drilling

Li Xiaoquan

By applying the probability and mathematical statistics and analyzing the completion data of more than 80 wells of gas mining area in Northwestern Sichuan, this work makes a calculation and a study of the problems arised in forecasting the formation pressure by using the dc exponent value and emphatically discusses the treatment of the error in dc exponent value to expect to provide the theoretical basis for correctly making the dc exponent regression equation and forecasting the high pressure intervals and to give a reference to those who are engaging in balanced drilling.

NGI Vol.5 No.1 1985

### 泥、页岩的水敏性与井壁的稳定性

李 健 鹰

本文探讨了各类粘土矿物与水敏性的关系。粘土吸水后的总膨胀量是由于本身微观内容的相互作用力及外界吸力和斥力作用后达到新的平衡的结果。聚丙烯酰胺等高聚物可有效地抑制粘土的水敏性。抗盐能力强的高聚物与钾盐复配,可以提高高聚物对泥、页岩的水敏性的抑制作用。

《天然气工业》 第5卷 第1期 1985

Water Sensitivity of Mud Stone and Shale and Wall Stabilization

Li Jianying

This paper discusses the relationship between various clay minerals and water sensitivity. The total amount of expansion of water-absorbed clay is due to the result of new equilibrium established between the

interaction forces of its microcontent and the external faces. High polymers such as polyacrylamide etc. can effectively inhibit water sensitivity of clay. The recombination of high polymer with strong antisalt and sylvite can enhance its inhibitory action on water sensitivity of mud stone and shale.

NGI Vol.5 No.1 1985

### 桥塞剂堵漏工艺实践

张 敬 荣

在压力梯度悬殊的碳酸盐岩破碎地层中钻井,井漏是损失钻机月的重要因素。本文总结了川东矿区1984年应用桥塞剂堵漏的经验,简介了此项工艺堵漏的优点和施工要领,并列出了桥塞剂堵漏的典型井例。

《天然气工业》 第5卷 第1期 1985

Technology of Stopping Lost Circulation by Using the Bridging Plug Agent

Zhang Jingrong

Drilling a well in the broken carbonate strata where the pressure gradient is widely different, lost circulation is an important factor that makes the rig time losed.

This work sums up the experience of gas mining area in Eastern Sichuan about stopping the lost circulation by using bridging plug agent in 1984, briefly presents its advantage and main points in operation and enumerates some typical examples.

NGI Vol.5 No.1 1985

### 合理选择有水气井

#### 自喷管串数学模式的研究及应用

杨川东 张宗福

本文参考国内外有关文献,推导出了不同规格直径自喷管串连续排液所必需的临界流量、临界流速、对比流量、对比流速公式,以及当对比参数小于1时,所应选择的合理自喷管串公式并编制了TI-59计算机求解程序,设计绘制了数学模式诺模图,运用于优选川南气井管串排水采气实践和研究气水两相垂管流动特征,获得明显的经济效益。

《天然气工业》 第5卷 第1期 1985

A Study of Rational selection of Mathematical Mode of the Flow String in the Water-producing Gas Wells and Its Application

Yang Chuandong, Zhang Zongfu

Consulting the relevant documents at home and abroad, the author finished the derivation of equations