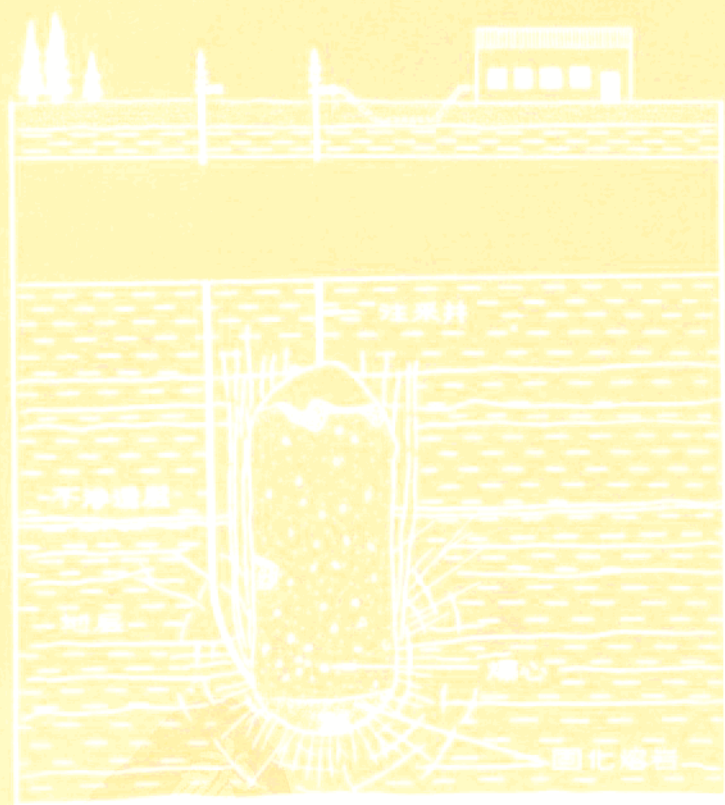


核爆与核能在油气田 开发中的应用



中国石油天然气总公司情报研究所

一九八九年十二月

51000



核爆与核能在 油气田开发中的应用

主 编 张 朝 琛



200397542

TE 3

025



中国石油天然气总公司情报研究所

一九八九年十二月

编 者 的 话

可以认为,70年代以来,在改造油气藏的储层产能方面,有三大引人注目的技术,一是大型的多次水力压裂,可以在井底储层中形成上百米长的裂缝;二是水平及多底定向井技术的兴起,人们对储层的进入程度不再是像针灸一般只是一个井“点”,而是横向穿入储层内部,有的已可长达千米以上,三是“军转民”的地下密闭的核爆,形成储集流体的空腔及半径以百米计的破裂带。这三大技术改变了储层内的流动型态,改变了开发井网的布局,改变了开发速度,影响了后继的提高采收率措施,影响了储层模拟、测井、完井及试井及生产工艺。

这本文集是近两年调查油气藏核爆问题所收集到的部分资料,目的是将这一正值我国十年动乱期间在国外发展起来的技术,新近又引人注目的问题作一回顾性调查,了解发展的步伐。

苏联塔斯社曾经报道,全苏地质部油气管理局负责人宣布,仅1987年苏联曾在4月及7月先后在乌拉尔西部彼尔姆地区某油田及在西伯利亚雅库特地区寒武纪碳酸盐油气藏中进行三次当量为2万吨级的地下核爆炸;使产能增加50%;据有关方面的不完全统计,苏联在80年代曾进行过30多次的油气田地下核爆促产;在此以前,据说在60年代开始油气田核试验到70年代之间也做过多达20-30次的试验和应用;说明在70年代初第8届世界石油大会上苏联石油部部长、与全苏石油研究所、莫斯科石油学院的专家、教授联名发表文章宣布油田地下核爆取得成效并声称可以提供国际服务及合作以来,核爆试验一直延续至今。问题是苏联20多年来为何乐此不倦,持之不懈地进行油气田核爆炸?效果和效益如何?遗憾的是,由于20多年的交往冷淡,由于此类地下核爆似乎并非石油部门自行实施,在用途上似军似民,扑朔迷离,没有公布也很难找到系统的技术资料,难以得到准确的进行试验的油气田地点、名称和核爆数据。

相映成趣的是,美国与苏联几乎是同时开始按和平利用核能计划进行气田的地下核爆促产试验,选择了地跨科罗拉多、新墨西哥等数州的深层极低渗低产气藏,尽管目前没有商业价值但储量巨大可作为未来能源后备的地区作为试验对象,在Gasbuggy及Rulison地区先后取得试验效果,说明技术上可行,安全上有保证,经济上也说得过去。之后,

曾制订了更庞大的开发设想,但不到3-5年,在70年代中期就偃旗息鼓,计划也束之高阁。问题是为何这一技术的开发,其兴也勃,其失也速?与苏联究竟有何不同?

从这一文集选介的文章反映的情况和见解,可以大致看出,美国在本土中止用地下核爆促产油气可能与下述因素有关:

- 选择作为地下核爆的对象是次边际的(目前尚无商业开采价值)极低渗气藏,虽有长远的能源战略接替价值,但事倍功半尚不具备现实迫切的对此类气藏的开发需求,难以从各界获得投资。
- 水力压裂技术的迅速发展,大型压裂的效果显著,而且更安全、实用和通用。
- 环境保护主义的兴起,缠讼法庭,旷日持久,使工业界却步。
- 1979年的三里岛核电站事故更加剧了公众舆论的非议,不得不顾及社会心理的承受能力。80年代以来,虽对苏联油田核爆作了监视与分析,但本土试验几乎再也无人提起。

可以揣测,苏联在油气田的核爆促产,撇开有关军用试验目的的猜测不谈,就石油工业的发展来看,为何长期坚持用这一技术似乎可以这样理解:

- 一开始就以已具商业价值的一般油田为对象,核爆的促产效果明显,试验即具有推动力量。
- 选择乌拉尔以东到东西伯利亚的雅库特地区油气田作为技术对象,既是得天独厚,也是使其有用武之地。高寒地区油气田开发成本高昂,钻井困难;核爆有可能减少开发钻井数目,缩短开采年限,增加开采速度。苏联在70年代以后开发地区东移,产量猛增,是否与此有关尚难置评。
- 实施核爆油区荒无人烟,社会安全,公众舆论不会成为干扰因素。可以看出,国情、体制、地理环境、核能技术、经济条件,都是影响这一技术实施的重要因素。而且要指出的是,并非任何参加国际核俱乐部的成员国家都具备将地下核爆用于油气田的条件。从美苏两国的试验和应用中可以意识到,要实施这一技术需具备一定的条件:
- 必须拥有发展战术核武器的基础,只有能从炮筒穿出的核装置才能经济有效地从油气井筒中下入。核装置的直径决定了放置井的直径,放置井的直径影响了钻入深度,钻进速度,建井成本和项目效

益。美苏在发展战略核武器的基础上冷战期间又竞相发展小型化的战术核武器,为和平利用核爆准备了技术基础。

- 必须有优惠提供核装置的条件,核装置的小型化是一个研制发展过程,美国原子能委员会提供的核装置是按生产成本收费,不分摊更不承担研制费用,以吸引工业界的投资兴趣,使项目具有相当效益。
- 必须有国家核技术部门的组织领导、技术咨询和施工监督,美国的油气田核试验是由原子能委员会领导,内华达核爆试验执行办公室组织施工,国家劳伦斯放射实验室提供技术顾问和监督,国家矿业局参予,工业界合作实施。
- 必须有适宜的地理环境。酷冷的永冻带等高寒地区、沙漠戈壁等处的油气田远离城市,既不便建设工业及生活基地,也不宜按常规用多井,低速、旷日持久、耗资巨大地进行开发;亦较少存在环境污染及公众安全问题。地下核爆却可减少钻井数,增加井的产能,提高开发速度,减少基建投资与运营费用。这或许是苏联在西伯利亚地区使用此法的原因。
- 必须有恰当地质条件的储层。一般认为储层有效厚度要足够大,使爆后生成的破裂带及空腔卤道仍能处于上下不渗盖层的圈闭内,如碳酸盐岩或碳酸盐胶结的砂岩油藏,不宜注水的致密油藏,低渗气藏等等不便用常规工艺开发的资源。

从我国的国情出发,如何评估此项技术的潜力与前景仍有待讨论,但比较系统的评介和回顾这一技术的进展历程,作为前一阶段调查的句号或许是有益的。

核能在油气田中另一应用方式是建立以供热为主的热电两用核反应堆,为稠油热采提供高压蒸汽,为油田提供注入用热水,为沥青油砂矿提供开采及加工的热能。这实质是以一种能源去换取另一种资源有限、使用价值更高、更急需的能源,关键问题是经济是否合算。文集中顺便介绍了加拿大对这一问题的初步探讨。

最后要感谢的是国防科工委、核工业总公司,试验场区及工程物理研究院有关领导和专家的支持和帮助,使我们在合作调查过程中克服了“隔行如隔山”的困难,稍微明白了一些技术问题,也领会到不同技术领域的协同对于新技术的开发和移植是何等的重要。

目 录

现场试验

1. Gasbuggy 地下核爆炸增产天然气试验概况朱恩灵 编译 (1)
2. Rulison 工程——天然气藏核爆促产吕学谦 译 (11)
3. Rio Blanco核爆增产天然气项目在科罗拉多州引起论争.....邱应哲 译 (22)
4. 利用地下核爆炸强化油气田开发李方明 译 (27)
5. 碳酸盐岩油藏进行核爆炸压裂的可行性韩耀平 译 (36)
6. 美苏两国用核爆增产石油的工程项目张朝琛 译 (45)

理论、技术与经济

7. 地下核爆炸产生的洞穴朱建士 译 (78)
8. NAG-FRAG计算破裂模型和它的应用宋成勤 译 (89)
9. 花岗岩体密闭核爆后裂缝渗透率的计算何艳青 译 (104)
10. 核爆对提高石油储层产能的作用孙为群 译 (111)
11. 用核手段促使油气田增产的若干计算韩耀平 译 (124)
12. 地下核试验与地下水渗流体系刘楣宁 译 (133)
13. 埋入管的承载及摩阻李海金 译 (138)
14. 封闭式核爆用于油气藏促产的经济性吕建华 译 (153)

开发页岩油

15. 利用核爆炸从油页岩中采收石油孙为群 译 (168)
16. 油页岩利用核爆卤道干馏采油晓 丹 译 (176)

开采稠油的热源

17. 核能作为重质油蒸汽驱热源的探讨张 文 译 (185)
18. 核反应堆系统可望成为油砂提炼厂的动力王亦明 译 (193)

30 秒 说 明

Gasbuggy项目是美国按所谓的“犁头”(Plowshare)和平利用核能计划,第一次进行的油气田地下核爆促产试验,由于是以地下核武器试验的领导、执行和研究机构为主,加上矿业管理部门与工业界的参予,所以轻车熟路,各抒其长,进展较快;其战略目的是针对美国中西部人烟稀少,面积广大,蕴藏丰富,但目前开采价值很小的深层极低渗的致密砂岩气藏,证明技术上是可行的,经济上也有可取之处;尽管随后事态的发展是始料所不及。但是从本文中仍可具体了解第一次试验是如何组织、设计和执行的。

Gasbuggy地下核爆炸增产天然气 试 验 概 况

朱恩灵 编译

Gasbuggy工程项目为美国原子能委员会、内政部及El Paso天然气公司联合进行的试验项目,目的是研究应用地下核爆炸由低渗气层增加天然气产量及提高最终气体采收率的可行性。试验的气层为低渗低产的Pictured Cliffs层,它广泛分布于新墨西哥州、亚利桑那州、犹他及科罗拉多州接壤地区的San Juan盆地。核装置的当量级为29000吨,于1967年12月10日在4240英尺引爆。爆炸后的生产测试证明是有效的。

一、Gasbuggy工程的试验场地

试验场地选在新墨西哥州Farmington以东55英里的Rio Arriba县境内,试验井GB-E及其它气井的位置如图1所示。

二、工程项目的来源及其组织机构

Gasbuggy项目为美国政府及工业界第一次联合试验,目的在于确定应用地下核爆炸技术增加低渗气层产量的可行性及其效果。1965年原子能委员会批准该项目。1966年11月得到联邦政府的资助金。1967年1月该项目的合同由原子能委员会、国家内政部及EP Paso天然气公司(EPNG)共同签字。整个工程项目预算为470万美元,其中工业界承担180万美元,其

余款由政府负担。

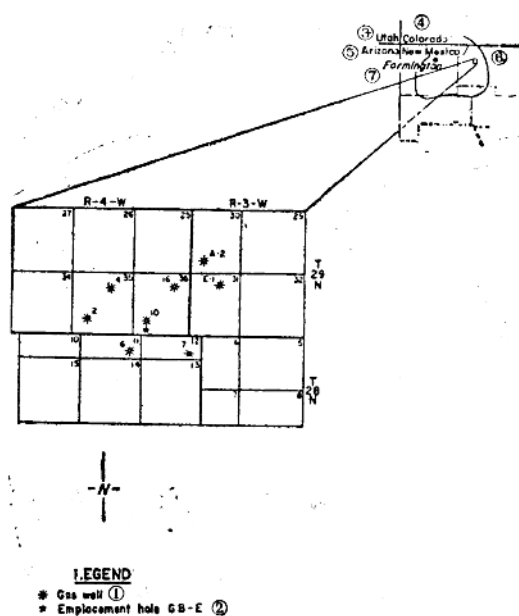
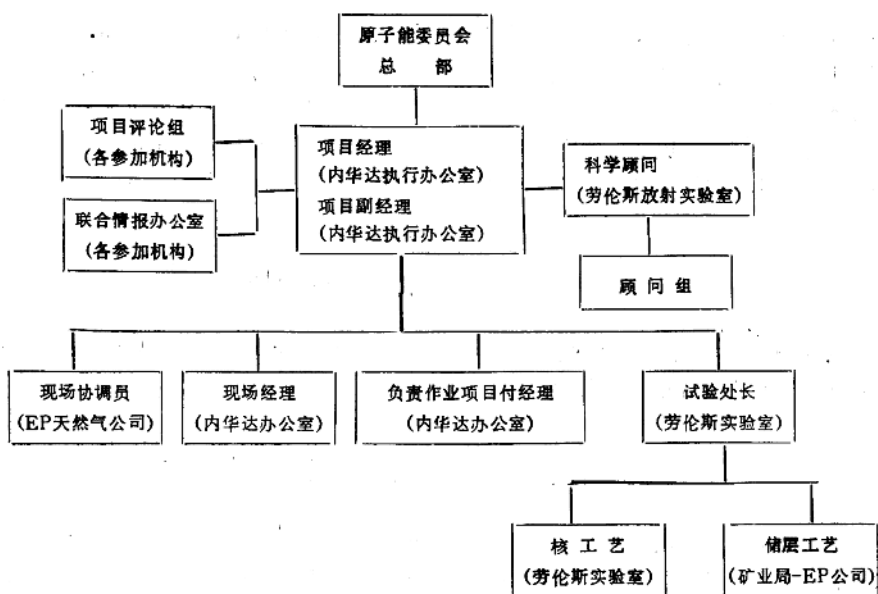


图1 Gasbuggy试验区位置

①气井；②放置核装置的GB-E井；③犹他州；④科罗拉多州；⑤亚利桑那州；⑥新墨西哥州；⑦Farmington市



参加此项工程的技术部门，除了Ep Paso天然气公司外，还有美国矿业局(USBM)及位

于加利福尼亚州Livermore的Lawrence放射性实验室(LRC)。

原子能委员会设在Las Vegas内华达试验场执行办公室为此工程项目的主要负责单位, 它将负责项目规划、公众安全、机密材料的提供及项目的评价。此外还成立顾问专门小组, 此小组负责对试验的安全性及试验中作业问题进行评价, 试验总监负责全面工作的指导、组织和科学规划的实施, 并与EPNG和USBM合作收集各个阶段的数据。Lawrence放射性实验室将负责为工程项目的地层评价计划提供爆炸前后取心、测井、生产测试及水文地质数据。

三、气体及地层特性

在表1中给出爆炸前的气体组份, 以及爆炸后在不同生产测试时间, 由地层流入核爆炸所形成烟囱中代表性气样的分析结果。在核爆炸后的3年中共采集了200多个样品进行分析。非烃类气体的含量由爆炸后不久的48%, 生产17个月后就降低到11%。并且认为由放置井GB-ER井(参看图2)所取得的气样代表该时期烟囱中所含气样。

Pictured Cliffs 气层的厚度约为300英尺。为了比较核爆炸对于地层岩石性质所造成的影响, 在爆炸井周围的GB-1井和GB-2井进行爆前取心, 并加以分析, GB-1和GB-2的岩心分析结果是可以对比的, 而且证实能代表所处理的地层。由GB-3井在爆后取出岩心则表明存在较多裂缝, 并且岩心分散成许多碎块。表2给出爆炸前后各井的平均地层性质。

对于所选取的岩心还进行静水压缩系数、三轴向强度、抗拉强度、Hugoniot 弹性极限及高压Hugoniot数据的测试。

表1 GB-ER井的气体组份(以摩尔百分数表示)

组 份	爆炸前	短期生产测试	在第一个30天生产	扩大生产测试	结束扩大生产
		1968年6月	测试前的放喷 1968年11月	前的放喷 1969年2月	测试前的放喷 1969年11月
二氧化碳	0.29	35.60	24.27	16.37	8.89
氢 气	—	12.03	10.11	6.38	2.35
硫化氢	—	0.11	0.02	0.04	0.02
氮 气	0.59	0.51	0.80	0.65	0.54
甲 烷	85.36	45.45	56.35	65.66	73.24
乙 烷	7.40	4.83	5.30	6.03	7.20
丙 烷	4.00	0.95	1.93	2.86	4.41
异丁烷	0.75	0.19	0.39	0.58	0.88
正丁烷	0.94	0.16	0.41	0.69	1.18
异戊烷	0.29	0.05	0.12	0.22	0.39
丁戊烷	0.20	0.03	0.08	0.16	0.29
己 烷	0.18	0.09	0.22	0.36	0.63
热 值	1.178	588	790	938	1.112
(英热单位/英尺 ³)					
比 重	0.673	0.890	0.808	0.776	0.768

表2 Pictured Cliffs层的平均地层性质

	含水60%或更低的含气砂岩			完全饱和气体砂岩		
	爆前		爆后	爆前		爆后
	GB-1	GB-2	GB-3	GB-1	GB-2	GB-3
孔隙度, %	11.2	12.4	10.6	9.6	10.6	9.1
气体饱和度, %	52.0	52.7	55.5	42.5	41.8	41.4
渗透率, 毫达西	0.14	0.19	0.15	0.10	0.15	0.10
厚度, 英尺	156	149	143	254	255	255
温度, °F	130	130	—	130	130	—
压力, 磅/英寸 ²	1,079	—	—	1,079	—	—
气体储量, 百万英尺 ³ /英亩	28.7	30.8	26.6	32.8	35.7	30

* 气体体积按标准状况计算。

四、地下核爆炸的实施计划

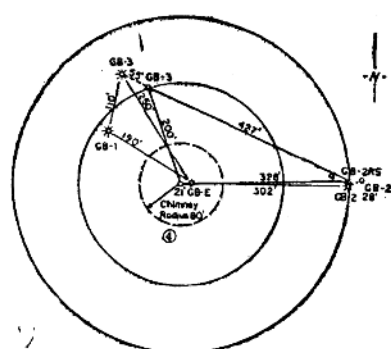


图2 试验场地井的平面图

- ①放置核装置的井；②井底位置；
③气井；④烟囱半径80英尺

放置核装置的 GB-ER 井，导管为30英寸，深度为 50 英尺，然后将 28 英寸的井眼钻至 4350 英尺并下入20英寸套管。将核装置装入外边有引爆电缆的7英寸套管中下入井底，在引爆前整个井筒中填塞砂子并用水泥封固。根据地层评定规划还在GB₁及GB₂井中进行补充测井。GB₁、GB₂和GB₃井与 GB-ER 井的相对位置如图2所示。在图3中给出引爆前的各井活动进程表。

GB₁井为裸眼完井，油管下到 4164 英尺，经过6天压力恢复，井底压力为 898 磅/英寸²，井底静压为 1000磅/英寸²，曾在恒定产量下进行过两次等时试井，与压力恢复曲线得出结果相似。GB₂井也是裸眼完井，下油管至4217英尺，关井测压。在GB₁和GB₂井均装有地面记录的井下压力计。在GB₂井内还有3/16英寸的测试电缆，可了解井下复杂情况。GB₂井气产量

极低不适于进行等时试井。两个井井口装有防喷器。通过对各井的数据评估，确认试验地点满足要求。

五、核爆后地层破裂情况

应用当量为29000吨级核装置，在其爆炸后所产生的充满破碎岩石的烟囱半径为80英尺，高度为330英尺，所破碎的岩石体积约为 260 万英尺³。与事先预计的爆炸后所产生的烟囱半径为75~85英尺，高度为350英尺基本一致。横向裂缝带由引爆点向外延伸300英尺，实际数

值与预计数值相差不大。在研究中认为人们最感兴趣的是：(1)烟囱的几何尺寸；(2)烟囱的空隙体积；(3)烟囱中的渗透率；(4)烟囱外受效区的渗透率。Boardman认为上述参数取决

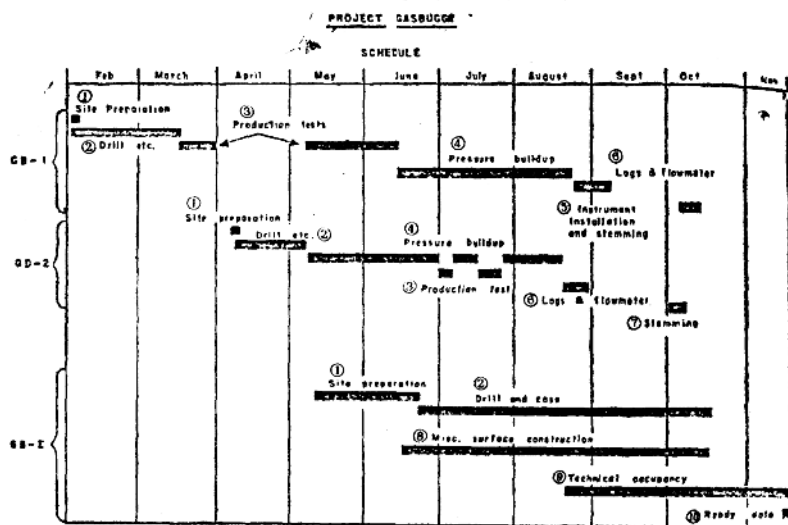


图3 各井活动主要进程

①井场准备工作；②钻井(下套管)；③生产测试；④压力恢复；⑤仪器安装和井的填堵；⑥测井和下流量计；⑦填堵井筒；⑧各种配套的地面建设；⑨技术作业；⑩起爆准备日期

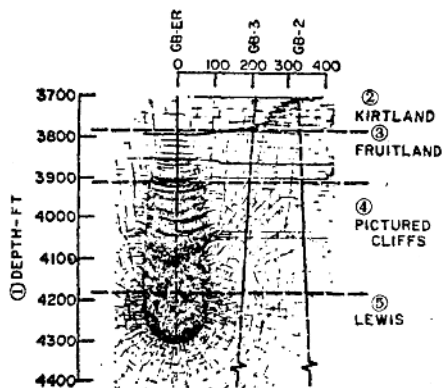


图4 地下核爆炸影响图象(Gasbuggy项目)

①深度，英尺；②Kirtland层；③Fruitland层；
④Pictured Cliffs层；⑤Lewis层

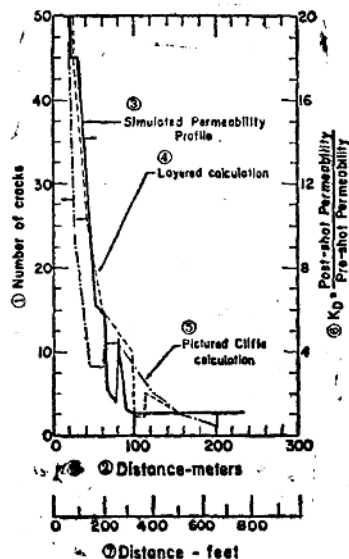


图5 渗透率剖面 and 裂缝数目与距离的关系

①裂缝数目；②距离，米；③模拟出的渗透率剖面；
④分层计算的；⑤按Pictured Cliffs层计算；⑥ K_D = 爆炸后与爆炸前渗透率比值；⑦距离，英尺

于爆炸当量、爆炸深度及岩石类型有关。而烟囱外的渗透率增大数值对于最终烃类采出量的估测是极为重要的。

地下核爆炸优于普通压裂的地方，即爆炸后所产生的空洞及裂缝带，钻入井可以获得较大的产量。由于核爆炸产生球形对称冲击，因此形成一个岩层渗透率不断发生变化的同心环状裂缝区，而爆炸后的烟囱可以成为一个大的井筒。Gasbuggy 地下核爆炸影响的典型图象如图4所示。

核爆炸后地层渗透率剖面 and 裂缝数目与爆点的距离关系如图5所示。

由图中可以看出，在烟囱以内的渗透率比 K_D 很大，裂缝数目很多，随着向外距离增加，渗透率增加比和裂缝数目逐渐减少。根据模拟的渗透率剖面，预计井的产气量为9亿英尺³，比普通压裂井的估测产量约大5倍。

六、核爆炸后的完井情况

在核爆炸后放置井GB-ER、及附近观测井GB2RS和GB-3井的完井情况如图6所示。

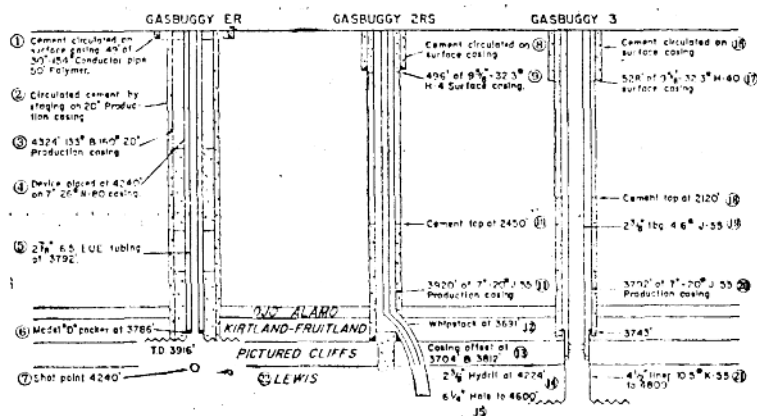


图6 核爆炸后完井情况

- ①表层套管30英寸²，下入深度49英尺，固井至地面；②生产套管，直径20英寸，外边用水泥固井，水泥浆返到地面；③133号和160号20英寸套管下至4324英尺；④核装置放在7英寸26号，N-80套管深度为4240英尺处；⑤6.5EUE型27/8英寸油管下到3792英尺处；⑥在3786英尺处下入“D”型封隔器；⑦引爆位置4240英尺；⑧表层套管中水泥浆返至地面；⑨32.3号H-4型表层套管(9 5/8英寸)下入深度496英尺；⑩水泥浆返高2450英尺；⑪7英寸20号J-55型生产套管下到3920英尺；⑫在3691英尺处造斜；⑬在3704和3812英尺处套管产生偏移；⑭2 3/8英寸小型钻具，在4224英尺处；⑮6 1/4英寸并眼钻到4600英尺；⑯表层套管中水泥浆返至地面；⑰9 5/8英寸-32.3号H-40型表层套管下到528英尺处；⑱水泥浆返回到2120英尺处；⑲4.6号J-55型2 3/8英寸油管；⑳7英寸-20号J-55型生产套管下至3792英尺；㉑4 1/2英寸，10.5号K-55型衬管下到4809英尺；
- ⑳地层

七、爆炸后生产测试工作

对于地下核爆炸的 GB-ER 井,在爆炸后重新钻入和完井,于1968年1月作为一口生产气井进行详尽的生产测试。为了证实井筒与爆炸形成的烟囱之间是否相互连通,于1968年1月17日进行关井恢复压力,到1968年6月28日,烟囱内压力由962磅/英寸²增加到1070磅/英寸²(在3790英尺处)。

随后进行多次生产测试和放喷。

1968年6月28日开始进行了15天产量测试,在6天内由烟囱中以500万英尺³/日产量生产,在井底温度为248°F下压力下降到918磅/英寸²,然后关井24小时,井底压力上升到929磅/英寸²,而温度下降至174°F。

当压力和温度分别下降到792磅/英寸²和247°F期间,又以500万英尺³/日产量生产了5天,在第4天结束时产量下降到75万英尺³/日,压力上升了16磅/英寸²。在此次生产测试中共采出5700万英尺³气体,然后关井到1968年11月4日,在此期间曾采集过一次气样。

以后进行了三次为期各为30天的流动测试,每次降低流量,但保持恒定井底压力。随后又在较低井底压力下进行7个月试采。

测试是从1968年11月4日开始,初始产量为85万英尺³/日,为了保持烟囱中压力恒定,周期性降低产量,最终产量降到35万英尺³/日。在头一个30天测试中,按500万英尺³/日生产5天后,烟囱中的压力由866磅/英寸²降到718磅/英寸²。在第二个30天测试开始时,规定产量为60万英尺³/日,而到30天结束时下降到50万英尺³/日,而烟囱中压力继续下降到699磅/英寸²。

在第三次30天测试中,开始按400万英尺³/日生产了7天,使烟囱中压力下降到518磅/英寸²,然后将产量下降至65万英尺³/日,到试验结束时,产量下降至40万英尺³/日,而烟囱中压力下降到508磅/英寸²。

从1969年3月19日开始进行了几次7个月的长期生产测试工作,由于井进行畅喷,使烟囱中压力下降至276磅/英寸²。为了维持烟囱中压力恒定,将开始限产量为50万英尺³/日,而到1969年6月26日,产量下降到16万英尺³/日,此产量延续至1969年8月3日,产量又增大到17.5万英尺³/日,这一产量保持到1969年10月4日,然后下降到16万英尺³/日,在此测试期间,压力基本保持在276磅/英寸²水平。

1969年10月28日进行烟囱的最后放喷。从爆炸开始后至1969年10月底累计产气2.85亿英尺³,而附近的San Juan29-4矿区的10-36号井10年共产气为8100万英尺³。

1969年11月14日测出的烟囱内压力为137磅/英寸²,关井进行压力恢复到1971年5月已恢复到接近600磅/英寸²。

生产动态如图7A~7F所示

八、结 论

(1) Gasbuggy 工程项目试验结果认为,对于低渗气藏应用地下核爆炸进行增产处理,可以使烟囱外的地层渗透率增大,应用2.9万吨当量级核装置,在80英尺半径的烟囱以外,

尚有200英尺裂缝带，渗透率增大很多。在300英尺以外地层渗透率未受到核爆炸影响；

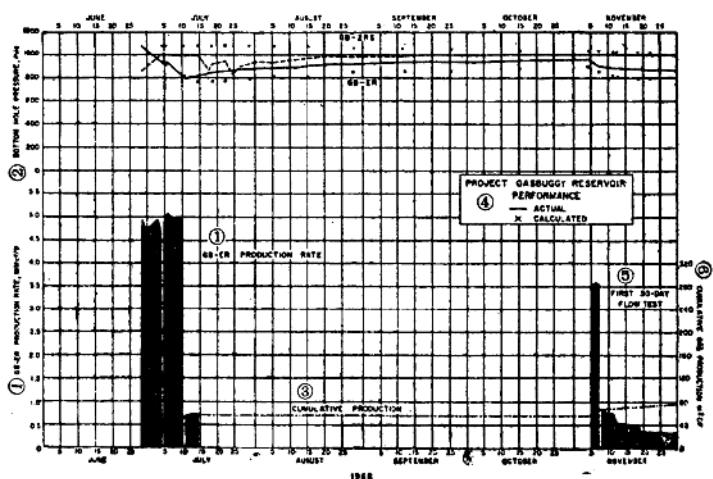


图7A 1968年6月-11月Gasbuggy工程项目的气藏动态

①GB-ER井的气产量，百万英尺³/日；②井底压力，磅/英寸²；③累积产气量；④Gasbuggy工程项目气藏动态：——实际；X——计算的；⑤头一个30天的流量测试；⑥累积气体产量，百万英尺³

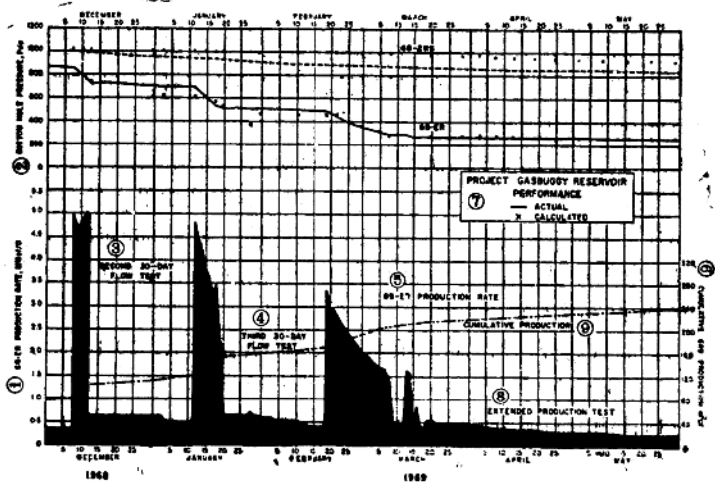


图7B 1968年12月至1969年5月气藏动态

①GB-ER井的气产量，百万英尺³/日；②井底压力，磅/英寸²；③第二个30天的流量测试；④第三个30天流量测试；⑤GB-ER气体产量；⑥累积气体产量，百万英尺³；⑦Gasbuggy项目储层动态，——实际，×计算；⑧扩大的生产测试；⑨累积产量；

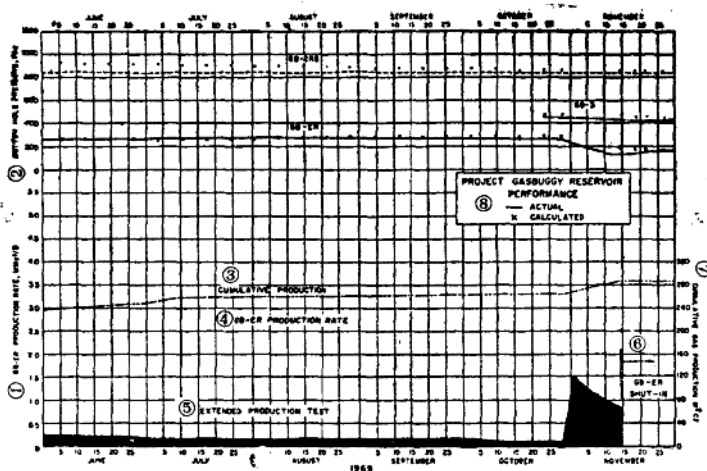


图7C 1969年6月至1969年11月气藏动态

①GB-ER井的气产量，百万英尺³/日；②井底压力，磅/英寸²；③累积产量；④GB-ER产量；⑤扩大的生产测试；⑥GB-ER关井；⑦累积气体产量，百万英尺³；⑧Gasbuqqy工程项目气藏动态，——实际，X——计算

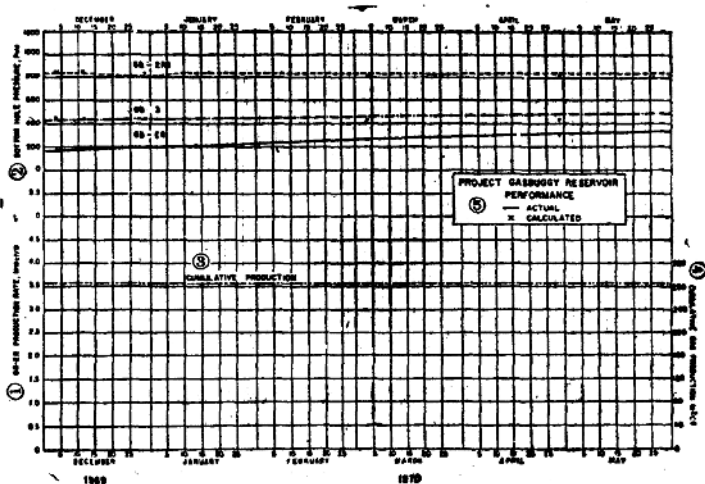


图7D 1969年12月至1970年5月气藏动态

①GB-ER井的气产量，百万英尺³/日；②井底压力，磅/英寸²；③累积产量；④累积气产量，百万英尺³/日；⑤Gasbuqqy项目工程气藏动态，——实际，X——计算

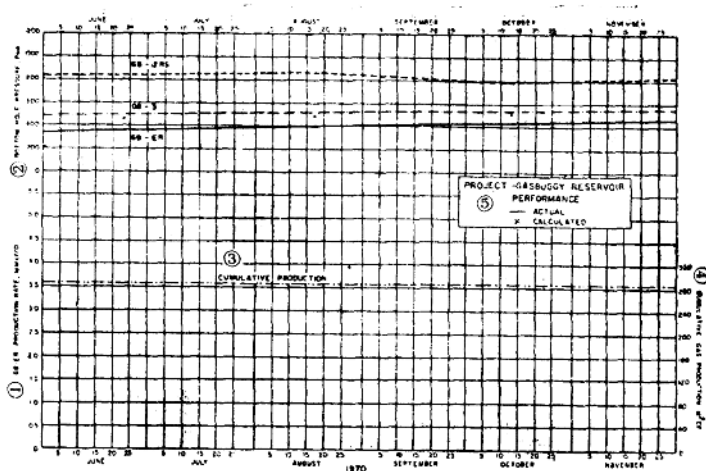


图7E 1970年6月至11月气藏的动态

图中①、②、③、④的注解与图7D相同

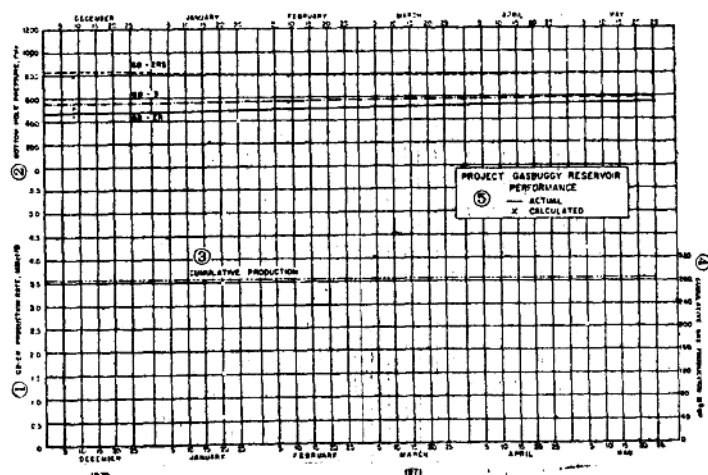


图7F 1970年12月至1971年5月气藏的动态

图中①、②、③、④和⑤的注解与图7D相同

(2) 对于核爆炸增产的井, 在短时期内采出 2.85 亿英尺³气体, 而附近的气井在10年期间采出 8100 万英尺³, 加快低渗气藏的开发速度。根据预测, 核爆炸增产效果比普通压裂高出 5 倍。

参 考 文 献

1. Charles H. Atkinson; Don C. Ward "Project Gasbuggy-Status report" J. Petrol. Tech. 1967, No.10 1319-1324;
2. Lemon R. F. H.J. Patel "The effect of nuclear stimulation on formation permeability and gas recovery at Project Gasbuggy", J. Petrol. Tech. 1972, No10, 1199-1206;

30 秒 说 明

这是美国正式用于深层低产气藏促产的第二项地下核试验。值得注意的是,尽管是用于石油天然气工业的生产试验,却是按和平利用核能方案进行资助,在全国原子能委员会指导和监督下进行,并且安排按生产成本以可接受价格提供核材料,并没有将研制费用加到工业界头上;这可能与他们已事先发展了战术型小型核武器,有了可以装入炮筒发射的核装置也就相对易于改变结构和包装放到套管和井里去。另一要注意的是:在Gasbuggy项目第一次气藏核爆用的是聚变材料,而第二次试验在Pulison项目中却有意改用为裂变材料,其直接目的固然是探索对放射性污染的影响,是否别有用心,倒也不必妄加猜测,但却有值得玩味之处。

Rulison工程—天然气藏核爆促产

G.W.Frank

(Austral Oil Company Incorporated)

吕学谦 译

张朝琛 校

摘 要

1969年9月10日Rulison工程起爆,其目的是评价用核爆炸方法开发Rulison气田2500-4000英尺厚含气的Mesaverde地层的潜力。

初次现场评价确定了天然气原始储量及可能达到的安全指标。爆炸前试验和计算机预测表明,核爆炸增产井的开采量较常规强化增产井增加4-8倍。

借助0.72英寸直径的多线铠装点火电缆将相当于4万吨当量的核炸药下放,安置在地面以下8426英尺深、直径为10³/4英寸的套管中,用砂和砾石填压。

检波器显示出瞬即崩裂成烟囱,地震数据与预测值极为相近。起爆后138个小时,在安置井口观测压力。1969年12月19日最大压力达到2500磅/英寸²,并继续进行监测。

通过定向钻进的现场评价井,重新钻入烟囱。以间隔较大的不同流量分三个阶段对核爆炸增产井进行测试。气样的放射化学分析表明,初始放射性浓度仅是原先预计浓度的1/4。初始气体成分显示氢和二氧化碳的浓度比预测的高。

在Rulison气田开发中采用核爆炸的可行性看来是令人满意的。看来气态放射性浓度甚低,对公众的健康和安全不会造成威胁。