

# 地球物理勘探技术推动了我国石油工业的迅速发展

李庆忠

(石油地球物理勘探局, 河北涿州 072751)

**【摘要】** 石油地球物理勘探是寻找油气田的重要手段, 我国克拉玛依、大庆、胜利、辽河等油田都是用物探发现, 再经打探井查明的。60年代以来物探技术发展十分迅速, 物探装备也不断更新。用三维地震勘探查明地下构造的精度不断提高。今后物探不仅要解决寻找油气田的课题, 还会进一步为油气田的合理开发提供重要依据。

**【关键词】** 地球物理勘探; 石油物探; 三维地震勘探

在我国石油工业的发展道路上, 地球物理勘探(下简称为物探)起到了十分关键的作用。我国现有的油气田中除老君庙油田、延长油矿及西部少数油田为地面地质调查所发现的之外, 90%以上的油田是用物探方法所发现的, 即首先用物探方法查明地下构造情况, 找出适合于油气聚集的隆起构造和圈闭, 定下井位, 然后打探井, 才能打出油气来。

物探方法是利用地球表面的引力场、磁场、电场、大地电磁场及弹性波场, 进行测量、计算, 并推算地下地质结构的。寻找油气应用最广泛的是反射地震勘探方法, 它利用炸药在浅井中爆炸后, 用精密的地震探测仪器接收来自地下各沉积岩层的反射波, 随后根据回声的原理推断各种地层的埋藏深度及高低起伏的情形(图1、2)。精密的“三维地

用地震勘探查明地下地层结构的典型例子

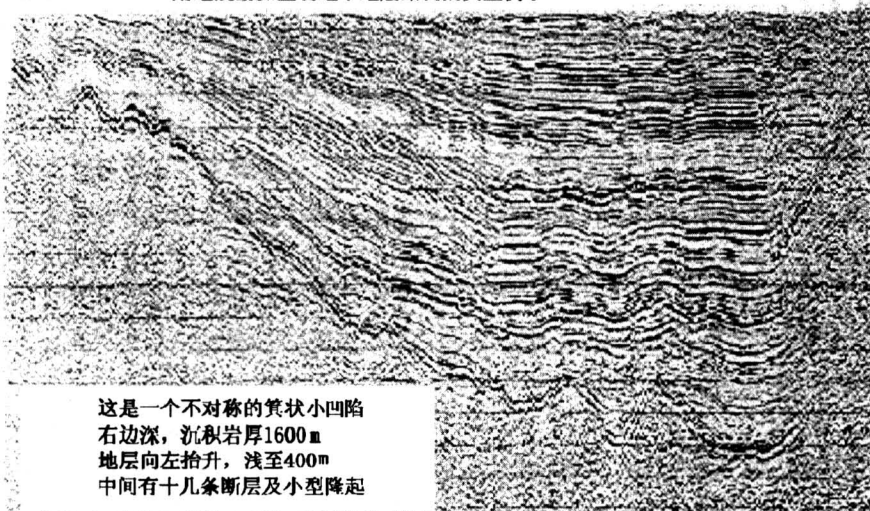


图1 地震勘探查明地层结构的典型例子

Fig. 1 An example of seismic exploration revealing sub-surface strata's structure

**【收稿日期】** 2001-02-22

**【作者简介】** 李庆忠(1930-), 江苏昆山市人, 中国工程院院士, 中国石油天然气集团公司地球物理勘探局教授级高级工程师

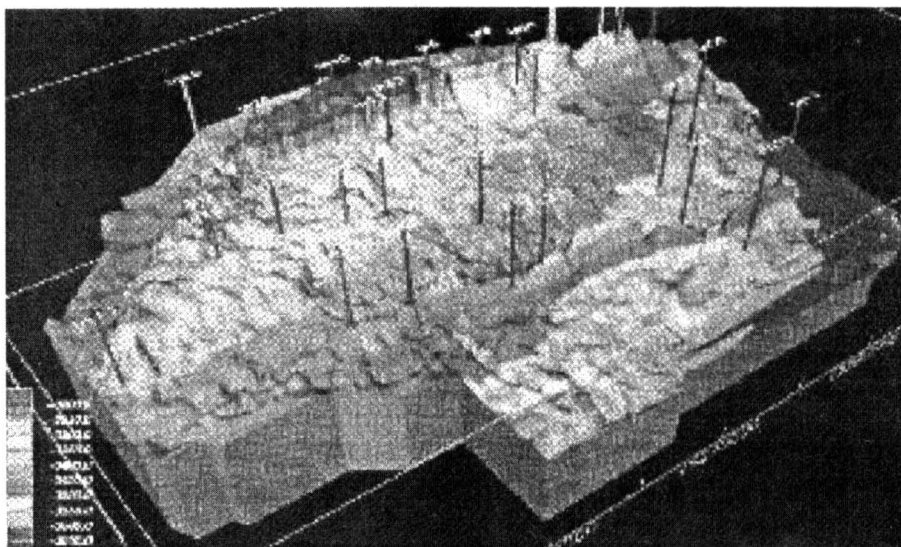


图2 埋深4 500 m的轮南油田灰岩储层顶界构造起伏的立体显示

Fig.2 3D relief map of Leng-nan oil field's carbonate reservoir buried below 4 500 m

震勘探技术”能像“CT”一样对地下各切面作成像解剖。因而成为寻找石油的有力武器。

早在1955年,在新疆由地震勘探发现了南黑油山潜伏构造,又根据地面油苗定下井位,即黑油山1号井,同年10月就见工业油流,发现了克拉玛依油田。继而根据重力勘探及电法勘探所发现的克乌大断层、其下方有五个平缓的鼻状构造,立即布下一批探井,组成10条大剖面,第二年就有32口井出油,第三年就控制了克拉玛依油田的含油范围<sup>[1]</sup>。

大庆油田的发现也主要是前地矿部使用综合物探方法,于1958~1959年在松辽盆地开展了大规模的重力勘探、航空磁力勘探、电法勘探及地震勘探,终于发现了大型的“长垣构造”,石油部相继开展物探工作,1959年在大同镇布下探井,同年9月、松基3井喜获原油,从此揭开了大庆油田会战的序幕<sup>[1]</sup>。

60~70年代后,胜利油田、辽河、大港、任丘、河南、中原等渤海湾一大批油田更是主要依靠地震勘探查明地下的断层分布及构造情况,才得以取得勘探上的突破。这里地下的断层十分复杂、油层的分布极不规则。如果不用物探方法,光靠打探井是难于成功的。针对渤海湾这个难题,物探人员依靠了一整套技术,例如“多次覆盖技术”、“数字处理技术”、“偏移归位技术”及“三维地震技术”,使复杂断块油田的地下情况搞得比较清楚<sup>①</sup>。这才

使断块油田的勘探与开发步入较主动的局面,探井成功率提高到70%以上。至今整个渤海湾地区探明石油地质储量已超过 $30 \times 10^8$  t。

80年代后期以来,在我国西部的塔里木、准噶尔及吐鲁番等盆地中,物探技术进一步得到提高。采用了最先进的GPS卫星定位技术及RTK实时定位技术、可控震源技术,使用了24位模数转换的千道精密遥测地震仪器。科研人员编制了我国有自主知识产权的GRISYS及GRISTATION两套地震资料数字处理及成果解释软件。自己制造的沙漠车在大沙漠中通行无阻。引进及自制了大吨位的可控震源车,可以在戈壁砾石地区替代炸药震源,改善了反射资料品质。在山区还使用了直升飞机作运输支持,大大提高了工效。这些新技术的采用,使我们能够在茫茫的塔克拉玛干大沙漠中,根据地震勘探所定出的探井准确地打出高产油气流来。在大沙漠里5 000 m的深度上能够寻找出隆起幅度只有20~30 m的含油构造,这说明了我国的石油物探的技术水平是相当高的。最近在库车地区的崇山峻岭中,地震勘探高水平地发现了克拉2构造,经钻探后发现了大气田,储量 $2 500 \times 10^8$  m,将成为我国“西气东输”的主力气田(图3)。这说明我国山区地震勘探的技术水平在国际上也是毫不逊色的。

① 陆邦干主编. 中国石油物探大事记. 中国石油物探委员会, 2000. 3

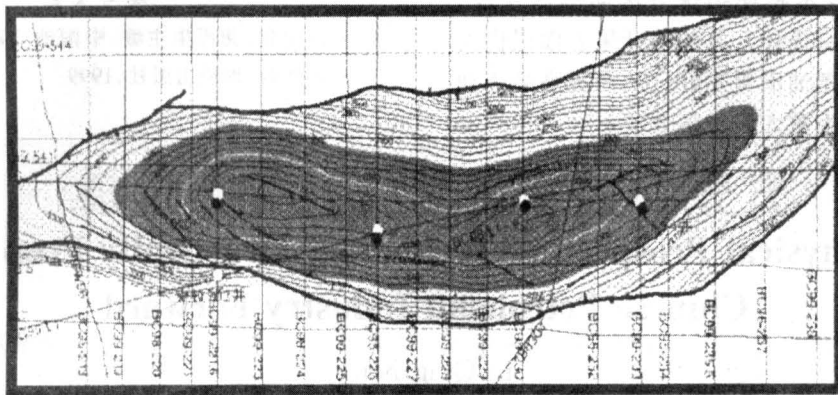


图 3 埋藏深度 3 500 m 的克拉 2 大气田

Fig.3 Kera-2 gas field has been found by seismic exploration in Tarim Basin

总结近年来我国油气勘探的经验与教训，前石油部部长王涛曾经说过这样一句话：“搞石油勘探、成也在物探、败也在物探。”意思是：当我们物探工作上得及时、资料搞得准确时，勘探就取得明显成效；当物探工作做得粗糙、资料不准确时，勘探就失利。

目前重视物探在油气勘探中的作用已经成为石油行业领导层的共识。没有足够可靠的物探资料不能定探井井位已经是石油勘探的不成文法规。最近我国不少油田的勘探投资，其中花在物探上的费用已经和花在探井钻探上的大致相当，甚至超过钻探井的费用。

由于海上钻井成本特别高（每口井花几千万元，甚至上亿元），所以国内国外的惯例是把石油物探放在海洋勘探工作的重中之重。尤其是海上的地震勘探采用拖缆和气枪连续放炮，工作效率高，成本低，精度高，所以被大量使用。最近我国与跨国石油公司合作开发的蓬莱 19-3 油田，流花 11-1 油田，崖 13-1 气田及东方 11-1 气田（图 4）等一批较好的油气田全都是主要依靠地震勘探寻找出来的。

石油物探已经成为一个特殊的工种，它的技术进步是石油工业各行业中发展最快的工种之一。野外作业装备先进，从 GPS 定位、数字遥测地震仪到直升飞机支持。室内处理正在使用每秒接近十亿次浮点运算能力的并行计算机。全国陆地加海上每

年在石油物探方面的资金投入估计已超过 50 亿元，从业人员约 3 万人。（其中技术人员占 60% 左右）。这支物探队伍野外作业条件十分艰苦，长年在野外风餐露宿，他们不怕困难和牺牲，石油物探局已经有 50 多位物探队员长眠在塔里木盆地的勘探道路上，他们为祖国的石油工业献出了年轻的生命。

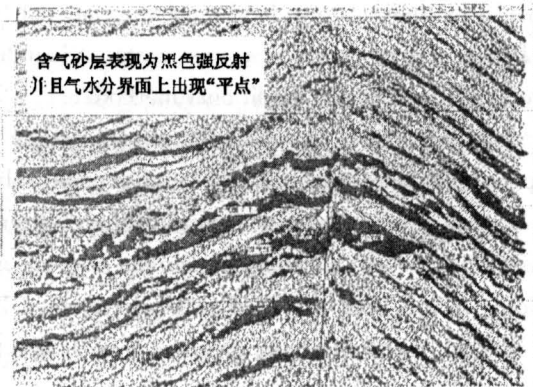


图 4 莺歌海东方 11-1 气田的高分辨率地震反射剖面

Fig.4 High resolution seismic profile of Dong-fang 11-1 gas field at Ying-ge Sea

石油物探已经成为我国石油工业发展历程中不可缺少的重要组成部分。在今后的发展道路上，物探方法还将继续寻找它自己新的位子。“高分辨率三维地震技术”及“随时间推移的三维地震或称

四维地震”<sup>①</sup>等新技术将使物探方法向纵深发展,使其能够在地下储层描述,及油田开采方面提供重要信息、帮助我们吧油田开发好,从而提高最终油气采收率,这将产生重大的经济效益。

## 参考文献

- [1] 邱中建, 龚再生主编. 中国油气勘探[M]. 石油工业出版社. 地质出版社, 1999

## Geophysical Prospecting Technology Drastically Propelled Chinese Petroleum Industry Forward

Li Qingzhong

(Bureau of Geophysical Prospecting, Hebei Zhuozhou 072751, China)

[Abstract] Geophysical prospecting technique is now the main approach to explore oil and gas fields. In China, oil fields such as Karamai, Daqing, Shengli and Liaohe were all found by geophysical method. Especially 3-D seismic survey played a great role in oil exploration.

[Key words] geophysical prospecting; oil field; 3-D seismic survey

(cont. from p. 24)

tioned techniques in different climate zones in China (The method has been spreaded over 7 million hectares in China); Estimating forestland, including area of fragments woodland and index of forest network etc. Through careful analysis of precision against costs, it is indicated that remote sensing method can save 1/3 to 1/2 budget in comparison with the traditional method.

In recent years, based on the previous study and by using modern statistic measure, new exploration and deeper study were done. These studies have solved some key problems in application of remote sensing in forestry resource inventory, such as calibrating remote sensing image against sampling plots on the ground, decreasing field work, increasing accuracy of stock volume on compartment, fast selecting optimal function, and avoiding factors that are hard to be determined by remote sensing data (such as age group, crown canopy, etc.). Both theoretical and practical applications have confirmed that remote sensing information play a leading role in estimating forest stock volume.

These discussed studies have made a good basis for the application of remote sensing in forest inventory, and given strong support for establishing a new system of forest inventory, which use remote sensing technology as primary measure.

At the end of this paper, a frame of new system of forest resource inventory is put forward, and suggestion on key problem in the new system is discussed.

[Key words] inventory by remote sensing; non-parameter estimation; forest stock volume; modern statistics

① Jack I. Time-lapse seismic in reservoir management. 1998 Distinguished Instructor Short Course—Society of Exploration Geophysicists