

地球物理技术汇编

(5)

《石油地球物理勘探》编辑部

24534

地球物理技术汇编

5456/03

(5)



00302333



200402206

《石油地球物理勘探》编辑部

1985年

地球物理技术汇编(5)共收集了31篇文章,内容包括地震勘探、电磁测深、数字处理、解释方法、物探仪器的性能分析以及数字地震仪的改进与检修等。可供从事地球物理勘探的同志和大专院校有关专业的师生参考。



地球物理技术汇编

(5)

《石油地球物理勘探》编辑部编辑出版

*

石油部物探局制图印刷厂印刷

1985年12月出版

内部发行

每册收工本费0.50元

目 录

新疆石油地震勘探的发展.....	陈佩章 (1)
江汉 GN 地区三维地震勘探野外资料采集.....	付中义 (22)
在开展VSP试验中一些值得注意的问题.....	余大祥 (34)
ES 盆地速度与岩性的研究.....	周长祥 (46)
在小容量计算机上实现高次趋势面分析.....	王礼学 (58)
地震数据处理结构的趋势分析.....	崔鲁南 (73)
最小熵反褶积方法的改进及其效果.....	李荫堂等 (80)
离散化频谱分析的误差.....	李新泽 (95)
叠后加权消除多次波.....	高亮 (108)
用二点时变滤波消除全程多次波.....	曲寿利 (114)
构造复杂地区改善弯线剖面叠加效果的实例	王根海 (118)
炮检线方位角对动校正影响的分析.....	聂佳 (121)
关于三维地震勘探野外工作的几点建议.....	王家序 (128)
大地电磁测深法在沉积岩区的实践.....	刘任 (133)
沙漠区重力观测点的近带地形校正.....	张梦华 (146)
重力异常分离研究的进展.....	郭武林 (158)
瞬变场电磁测深方法的技术特征.....	田绍耕 (176)
谈波的相位对比.....	周长祥 (192)
几种空校方法的比较.....	潘克嘉 (199)

地层对比的一种新方法

.....A. Herbert Harvey 严镇圣 (215)

用地震和重力资料估算碳酸盐岩裂隙

含油、水的可能性石人骥 (222)

SDZ-751B 数字地震仪覆盖开关覆盖次数

选择电路设计王本吉 田 广 (227)

二采保持电路的野外应急修理黄祥兵 (233)

ERC-10静电照相示波仪计时电路原理分析

.....王东辉 (237)

电缆跟踪系统 STS III 简介周腾云 李顺喜 (245)

VERIBO 系统监控程序剖析陈才军 褚德章 (257)

微型计算机在三维地震测量计算中的应用

.....郭海洋 (271)

几种专用VSP测量设备介绍谢明道 (282)

各类大、巨型计算机性能介绍唐文岛 (293)

美国休斯顿大学物理模型水槽介绍王志英 (310)

数字地震检波器中“寄生谐振”的

术语辨析黄永忻 (321)

新疆石油地震勘探的发展

陈佩章

新疆可供石油勘探的面积很大，有塔里木、准噶尔、吐鲁番三大盆地，沉积岩总面积为72万平方公里，石油勘探前景很大，关键是勘探程度较低，尤其是塔里木盆地，今后随着勘探工作量的增大、勘探程度的增高，肯定会发现更多的新油田。

从1951年到1960年期间，除塔里木盆地腹部大沙漠区外进行了九条重磁力大剖面测量，基本完成了三大盆地的普查。在准噶尔盆地的局部地区还进行了详查。后来在塔里木、准噶尔、吐鲁番又进行了航空磁测。根据重磁力成果建立的盆地区域地质结构概念，至今依然是评价含油远景及部署其它勘探工作的重要依据。准噶尔盆地的重磁力勘探成果尤为成功，在盆地东部重磁力场高低的显示，基本上反映了地下构造隆起和凹陷的关系；在滴水泉至德仑山一带反映重磁力区域高带，五十年代就有“陆梁”之称，后经地震勘探证实重磁力的成果是正确的；盆地西北缘重磁力等值线密集带，是克乌大断裂的客观反映；红车地区在磁力图上呈“串珠”状，是沿断裂带火成岩体的反映。整个盆地重磁力场分布客观地反映了大地构造的轮廓。

新疆地区的石油地震勘探历程

地震勘探概况

新疆中苏石油公司于1952年组建了第一个地震队，1954

年底中苏石油公司撤销，成立新疆石油管理局，仍然保持一个地震队，三年中仅完成了不到500公里的简单一次剖面，而且仅分布在安集海—卡因地克一带。从1955年开始，地震队逐年增加，至1958年增加到9个地震队，工区扩展到三大盆地。当时准噶尔盆地有6个队，塔里木盆地有2个队，吐鲁番盆地有1个队（属玉门石油管理局）。仅1958年就完成总工作量为4,356公里，是1980年以前新疆地震勘探完成工作量最多的一个年份。1958—1960年期间共投入地震工作27个队年，完成剖面9,655公里，平均队年完成357.6公里，是工作效率最高的年份。1961年开始支援大庆石油会战，由于地震队伍的外调，使全疆的地震队数减少到4个队，其中准噶尔保留2个队（属新疆石油局），吐鲁番保留2个队（属玉门石油局）。塔里木盆地从此到1964年期间暂停了地震勘探工作。从1958—1964年，玉门石油管理局总共投入了14个队年的工作量，完成剖面3,046公里，钻探了若干口探井，发现了胜金口油田、七个台油田。1964年吐鲁番盆地的石油勘探工作移交给新疆石油局后，暂停了该盆地的勘探工作。直到1983年冬根据石油部西部石油勘探会议的决定，物探局三公司派去2个地震队，重新开始了该盆地的石油地震勘探工作。

新疆石油管理局地震队伍在1962—1963年期间仅有2个地震队，在准噶尔盆地工作完成的年工作量比较少。从1965年开始，地震队增加到6个，1966年增加到10个队。当时准噶尔盆地仅安排了一个队工作，1966年完成地震剖面仅有51公里，其余9个地震队全部部署在塔里木盆地工作，1966年共完成地震剖面2,849公里。

1966年以后由于“文革”的破坏性影响，新疆石油地震勘探工作停顿了三年。

1970年地震队增加到14个，准噶尔盆地安排了2个队，完成地震剖面仅为33.3公里；塔里木盆地安排了12个队，共完成剖面2,243.8公里。从1971年开始由于“四人帮”的干扰，再度造成生产停滞，直到1976年粉碎“四人帮”以后，整个工作才逐年有所发展，尤其是1978年以后，石油部物探局的地震队大上南疆，在此同时地质矿产部勘探队伍也开展了南疆的石油勘探工作，使新疆的石油勘探工作进入了一个新的时期。1980年以前，新疆石油地震勘探28年，共投入172个队年，完成剖面39,019公里。其中准噶尔盆地有92个队年，完成剖面21,172公里；塔里木盆地有66个队年，完成剖面14,800公里；吐鲁番盆地有14个队年，完成剖面3,046公里。

地震勘探的三个阶段

从新疆石油地震勘探的历程看，可划分为三个阶段：第一个阶段是“五一型”光点记录阶段，这个阶段使用24道国产和苏制的光点地震仪和车装100型泥浆钻，完全靠人工进行资料解释。这个阶段经历的时间最长，从1952—1972年共计21年。在新疆三大盆地都完成了一定的工作量，取得了相应的地质成果。以现今的眼光看，这个阶段所获资料，一般勘探深度比较浅，剖面质量比较差，如在准噶尔盆地，浅于侏罗系的资料是可靠的，三叠系资料层次不全，二叠、石炭系资料基本上没有得到；第二个阶段是模拟地震勘探阶段，使用的是引进的和国产的24道模拟数字地震仪及回放仪（模拟计算机），覆盖次数为3—6次。这个阶段是从1973年到1978

年，前后仅有六年的时间。由于采用了多次覆盖技术，剖面质量较光点记录有了显著提高，层次较齐全，超覆不整合关系比较清楚；从1979年开始进入了第三个阶段即数字化技术阶段（下面将有专门的章节，总结阐述这一阶段的工作）。

“两多一大”的地震勘探方法

新疆可供勘探的面积很大，地震地质条件也比较复杂。从表层条件看，有山前砾石区、有大片的沙漠区及戈壁荒漠农田区；从深层地质条件看，有断裂多、构造陡、埋藏深的特点。所以在六十年代，人们总结新疆石油地震勘探有“四个难关”，即砾石关、沙漠关、陡构造关、断层关。针对当时落后的装备——五一型光点仪器及模拟地震仪，越野及钻探能力很差的701型钻机（这种钻机既不能在沙漠中行驶也打不动砾石层），因此开始对沙漠、砾石区感到一筹莫展。经过多年的实践，终于总结出在砾石区进行地震勘探的有效工作方法，简称为“两多一大”，“两多”是指土坑和检波器组合多；“一大”是指每炮的总药量大。在1975—1978年期间，那时使用的是模拟磁带24道地震仪及回放仪，在每个炮点一般需挖60—300个坑，坑深2.5米，有时要在坑底挖一个深达几十公分的放炸药的斜洞，单坑药量3—5公斤，每炮总药量为200—500公斤，组合爆炸面积有时达一万平方米，每一道组合检波一般为50—70个检波器，组合检波面积也达几百平方米。用这种强化的“两多一大”的工作方法，在原来难以获得满意资料的南疆的泽普、叶城、皮山一带，以及北疆的独山子山前地区，都取得了可喜的成果。为了提高工效，曾引进了日本的挖坑机数台。

使用这种“两多一大”的工作方法，一般每完成一公里

地震测线需100—200个炮坑，一个队年一般只能完成100公里左右。显然这种方法势必导致成本高、效率低、资料分辨率低的缺点。实际上这种方法在砾石区也有它的局限性，例如，在表面有薄层松沙覆盖的砾石区，即使采用更强化的方法，依然不能获得满意效果。此外，这种方法的覆盖次数是有限的，因为覆盖次数越高，炮坑数目就要更多，难以布置。

新疆地区地震勘探现状

近年来新疆的油气地震勘探工作有了长足的进步，勘探领域不断扩大，地质效果显著提高，工作效率成倍增长，出现了一个崭新的局面。这个新局面的出现，是引进新技术、使用新设备、新震源、实现数字化的结果。

引进新技术、使用新设备的效果

新疆石油地震勘探工作近几年的特点，主要表现在已经执行和正在执行与外国合作的三个合同方面，它对新疆石油地震勘探水平的提高，起着关键性的作用。

第一个是雇请法国地球物理总公司（简称为CGG）三个地震队的PC80301F合同。这个合同于1979年12月签定，1980年10月正式开始执行，至1983年10月已圆满结束。通过三个队三年的工作，共完成地震测线118条，8,687公里（24次—48次覆盖），为原合同规定工作量的139.7%。法国地震队较成功地做了多条横穿准噶尔沙漠区的大剖面，提供了准噶尔盆地区域地质结构的资料，认为盆地在三叠系以前是隆凹相间的结构。在盆地内证实和发现了局部构造35个，断裂30

条，为进一步勘探油气指明了方向和有利地区。在盆地东部地区，根据CGG地震队资料，所定的火南1井，首次发现了日产十多方的工业性油流，获得了较高的经济效益。

法国地震队的主要特点：（1）设备先进、配套，机动车辆越野能力强，能适应包括沙漠地区在内的复杂地区工作，保持持续高效生产；（2）人员精干，岗位明确，队长领导能力强，有一套成熟的生产管理办法；（3）有一套好的管理制度和工作程序，生产组织严密，生产有条不紊，每天按定额均衡生产，基本做到了一年工作十二个月，每个月都能做到均衡生产，一天工作十个小时；（4）生活设施配套，机动灵活，适应性强，每个队配有带空调的拖车营房17幢及三台144千瓦的发电机组，可适应 $+40^{\circ}\text{C}$ — -40°C 常年野外作业。

法国CGG地震队的高效率生产，提供的技术、装备和组织管理方面的经验和榜样，推动了我局地震队的进步与变革。

第二个合同，是在执行雇用三个地震队合同的同时，执行了78MXE—45090F合同，引进了赛伯170—720型计算机，自1980年底验收开机生产至今，除完成准噶尔盆地的全部新、老地震资料的处理工作外，还承担了国内其它部分探区如青海、玉门、长庆、江汉等油田的地震资料处理任务。它不仅可进行常规处理，而且还可进行多种特殊处理。从1983年冬开始，使用了新的处理流程，把原来作为特殊处理的保持振幅处理列为常规处理，并实现了“ 45° 波动方程偏移”、“零相位反褶积”，以及扩大主机内存、提高运算速度等多项技术革新。它已成为我国西北地区的地震数据处理中心。

第三个合同是1982年初中国石油公司与美国地球物理服务公司(简称GSI)签订的中国西部塔里木盆地地球物理勘探合同。1983年6月开始,三个沙漠地震队近400名中外人员,366台各种设备车辆,进入号称“死亡之海”的塔克拉玛干大沙漠,开始了奇迹般的工作。一年来,物探局三公司塔里木勘探合同管理处广大职工,努力学习和掌握国外先进装备、技术和管理方法,克服了很多难以想像的困难,做到了“进得去,站得住,干得好,出得来”,创造了神话般的奇迹。如全部由中方职工管理的一个地震队,从1984年1月—1984年11月,在不到一年的时间里,获记录2万余张,创完成48次覆盖上千公里的好成绩。不仅创造出高效率而且取得了丰富的地质成果,更可贵的是积累了在大沙漠区勘探、工作和生活的经验。回顾1958年,当时由十多人组成的重磁力勘探队,使用数百峰骆驼,曾经九进九出塔克拉玛干大沙漠,历尽辛苦。这与今天现代化的设备比较自由的进出塔克拉玛干相比,是多么鲜明的对照呀!在塔克拉玛干大沙漠施工,需要解决的问题是多方面的,但首要的是要配备好适应探区地表条件的成套先进设备。此外要辅以直升飞机支援。每个队配备了43台运载设备,其主要特点是马力大、重量轻、轮胎宽,配套和越野能力很强。有开路的D-8K推土机,有施工用的胎宽一米以上的巴格车,有上下班作为交通用的中型MOL车及凡尼克车,有运输物资用的V12、V10、V8及大型平板车,每月每队运输量约150吨。所配的各类设备都便于在沙漠工作。所有车辆、发电机都烧柴油,使油料供应储存单一,所有车辆都靠风力冷却,靠二桥和三桥驱动。车辆越野能力好,有四分之一的车辆有绞盘,自装、自卸、自救能

力强，都用沙漠宽轮胎，气压可降到1.2—1.5大气压，以增加轮胎与沙漠的接触面积。主要及单独执行任务的车辆都装有无线电话机，可随时保持联系。

引进新技术、用好先进设备、充分发挥新技术、新设备的作用，是迅速提高勘探水平，提高经济效益，加快勘探速度的主要措施。“它山之石可以攻玉”，借鉴之后，也可发展到“我山之石可以攻玉”。

不同类型地震队工作效率的比较

从1980年10月开始，新疆局的地震队伍陆续全部实现了数字化，其中有四个队使用了可控震源。在1981年—1984年期间，准噶尔盆地地震工作投入42.5个队年（含CGG的9个队年），完成地震剖面24,588公里，其中除少量为12次覆盖外，其余均为24次—48次覆盖，个别还做了96次覆盖（Q10B，大沙漠区）。完成总炮次453,797炮。平均队年578.5公里，10,678炮。这四年完成的总工作量，仅以剖面公里数来计算，是1952—1980年（29年）的116%。下面按地震队的不同类型进行分析对比。

CGG地震队使用的是96道数字地震仪及配套的气水两用钻机。1981—1983年的三年期间，共完成剖面8,687公里，116,696炮，平均队年965.2公里，12,966炮。1984年移交给中方的第一年，依然保持了高效生产，1—11月底3个队完成2,926公里，37,745炮，平均队年975.4公里，12,582炮，这3个队在1981—1984年的四年时间里，共计完成11,613公里，154,441炮，平均队年967.8公里，12,870炮，工作效率是较高的。

中方的四个数字井炮队 1981—1984年的四年期间，完

成剖面5,646公里, 95,905炮, 平均队年 342.2 公里, 5,812 炮, 工作效率显著地低于CGG三个队。以队年炮次看, 大体上是低一半的样子。这是什么原因呢? 主要有三条: ①中方井炮队长期使用的是701钻机, 钻井速度慢, 往往是仪器等候炮井, 二者不能匹配; ②CGG地震队年施工12个月, 而中方队年施工9个多月, 即年施工时间短; ③CGG地震队时间利用率高达87%, 即每个月的野外施工时间25—26天, 而中方地震队的时间利用率不足70%, 平均一个月野外施工20天左右。总的看来, 尽管我们的水平提高了, 但在装备和管理上还存在差距。

可控震源队 1981—1984年的四年期间, 共投入14个队年, 完成剖面7,329公里, 20,345炮(震点), 平均队年523.5公里, 14,532炮。工作效率大体是相同井炮队的两倍以上。以队年炮次看, 高于CGG地震队(以下简称高效井炮队)。如以平均队月看, 可控震源队的效率就更高了。从1981—1984年的四年期间总平均工作量来看: 高效井炮队平均月完成地震剖面82.4公里, 1,095炮; 可控震源队平均队月完成56.4公里(使用的是48道数字地震仪, 比高效井炮队96道仪器少一半), 1,565个震点, 比高效井炮队的效率大体上要高出三分之一。可控震源队之所以效率高, 主要原因是激发和接收二者匹配得很好。可控震源队在准噶尔盆地工作的适应性是很强的。通过实践表明: 可控震源队, 在砾石区工作的效率和质量都是井炮队无可比拟的; 在西北缘油区, 由于可控震源施工的灵活性, 更优于井炮队的施工。它不仅适用于戈壁、砾石区, 而且在准噶尔盆地的沙漠区, 也是可以使用的。从在盆地腹部沙漠区Q10测线上所得的试验资

料，就证实了这一点。

通过以上不同地震工种的工作效率分析看，“可控震源”是效率高、成本低（由于效率高、单位成本肯定低）、效果好（从最后一节所展示的剖面可说明这一点）的一种地震勘探方法。上面提到的“两多一大”的方法，只能说明历史，如今有了“可控震源”的先进设备，肯定不会再使用“两多一大”的工作方法了。

工作方法与质量和效率的关系

当 CGG 队采用浅井组合激发方式做第一条测线（Q02 线）时，由于仅用了 12 次覆盖（这里唯一的一条 12 次覆盖剖面），致使剖面质量较差，一时议论纷纷。于是我们调上去一个地震队在该测线的南段的非沙漠区，采用深井大炸药量的办法，与 Q02 线重复做了几十公里的试验测线，企图想证明我们多年创造的深井大炸药量的方法是可行的，浅井组合是不可行的。试验结果表明，二者相差无几，难以分出高低。

地震勘探采用什么样的工作方法，应该是因设备而异和因地制宜，由于多年来使用的钻井设备是 100 型的泥浆钻，它能钻 20 多米的深炮井，有的钻深可达 40—50 米。实际试验中选择的激发深度和药量，看起来好像是科学的，实际上有其局限性和偶然性。如果在沙漠区采用深井大炸药量的办法，那是无法正常生产的。

四年来高效地震队在各种不同类型的地区，一般均采用单一的激发方法，即 8 口井 $\times$ 6 米 $\times$ (2—3) 公斤单井药量。实践证明这是一种高效的工作方法。用气钻打一口 6 米的井，一般只用 20 秒钟，而且能及时把炸药下到井底并埋好

井。每部钻机一般每天可钻15个炮点（120口井）。激发和接收二者匹配得很好，所以有高效的生产。

剖面质量与组成该剖面的记录质量有关。但采用多次覆盖方法生产对单张记录质量的要求绝对不能像对待“五一型”记录那样要求，这个记录只要所需的各种信息都能记录下来就是可用记录。实际上在地形较复杂的大沙漠区，低速带变化较大，在原始记录上只要各道跳动都正常，就应认为是合格记录。实践表明，经过精细的地震数字处理以后，这样的记录也可以获得较令人满意的剖面。关键是要严格野外施工，重视每一张记录的质量，尽可能取得各种有用信息。对记录的最终评价要注意评价剖面的质量。准噶尔盆地的地震工作方法经过近几年的实践，可以说基本上是成熟的。首先在钻炮井比较困难的地区（如山前砾石区、露头区），采用“可控震源”可以完成任务。在沙漠区采用气水钻、浅井组合的办法。在盆地腹部需要勘探深达十多公里的地区，要采用高覆盖次数（ >48 次）、 $0-2775-7525-50$ 及 $0-150-4800-50$ 的双重偏移系统，可以兼顾得到深浅层的资料。

准噶尔盆地的典型地震剖面

由于篇幅所限，我们在准噶尔盆地选了8条剖面，这些剖面基本上代表了新疆的地震勘探水平。逐条剖面简要说明如下：

红山咀地区 H8302 C24 272

H8302是1983年作的02号测线，C24是指24次覆盖，

272是队号（可控震源队）。

红山咀地区，基岩埋藏较浅，但小断裂众多，构成多个断块。从H8302剖面看（图1），浅层的构造形态、基岩隆起的高低、断裂的分布以及地层的接触关系都是清楚的，唯有断裂显示有点模糊。

风成城地区 F8206 C48 272

这条剖面显示了风成城地区的构造和断裂的复杂性（图2），风3井就是定在这条剖面隆起的顶部。为了进一步查清该区石炭系的构造细节，曾经把测线加密到300米，也做过96次覆盖、30米道距的试验，但测线的质量都未超过F8206测线。

夏子街—红旗坝地区 G001 C48 02

这是CGG02队用井炮完成的一条48次覆盖的剖面（图3），剖面质量是很好的；尖灭、超覆不整合、断裂等地质现象比较清楚。

三个泉地区 M048A C48 03

三个泉地区，地表呈现一个凹槽，但其下却为隆起。经过03队所完成的3条48次覆盖剖面（图4）查清三个泉地下是个完整的潜伏隆起，该隆起已列为重点钻探对象。

北三台 Q06 C48 04

这是CGG04队作的一条48次覆盖剖面（图5），剖面质量是令人满意的，超覆、尖灭、不整合等地质现象显示得非常清楚。该区地震地质条件较好，各种类型的队在该区所做的覆盖剖面，基本上都达到了类似Q06剖面的水平。

博格达山前古牧地 Q02线南段 C48 02

这是CGG02队所完成的一条48次覆盖的弯曲测线（图