



7

大港油田科技丛书编委会编

地震勘探资料处理和解释技术



石油工业出版社
PETROLEUM



INDUSTRY PRESS

大港油田科技丛书 7

地震勘探资料处理和解释技术

大港油田科技丛书编委会编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书共分上下两篇,上篇为地震勘探资料处理技术,内容包括地震资料处理的计算机系统,常规和特殊处理方法,处理分析方法及大港油田三维地震资料处理实例分析;下篇为地震勘探资料解释技术,内容包括构造解释方法、岩性解释方法、VSP 资料应用、圈闭评价、油藏描述及大港油田地震地质解释实例。

本书可供从事石油地质和地球物理勘探方面的科研人员及现场科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地震勘探资料处理和解释技术/大港油田科技丛书编委会编.
北京:石油工业出版社,1999.9
(大港油田科技丛书;7)
ISBN 7-5021-2794-1

I. 地…

II. 大…

III. ①地震勘探-地震数据-处理

②地震勘探-地震数据-地质解释

IV. P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 60017 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)
北京林地贸易公司排版
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 26.5 印张 670 千字 印 1—2300

1999 年 9 月北京第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2794-1/TE·2187

定价:46.00 元

大港油田精神文明丛书总编委

主 任：王 鹏 姚和清

副 主 任：张德寿（常务）

主任委员：孙希敬 陈玉瑾 高兰成 朱敬成 郭德宝 张大德

俞叔武 于庄敬 薛士荣 刘志谦 王鹤龄 于树方

蒋永佑 华勇魁 于秋云 王兴隆 段新坎 黄建庆

李润寿 张国欣

大港油田科技丛书编委

主 任：孙希敬

副 主 任：张大德 于庄敬（常务） 薛士荣

委 员：吴永平 曲经文 周嘉玺 李文瑞 马世煜 毛立言

宋伯韬 周学仁 李学文 刘鸿斌 牟祥汇 孙宝绪

李 淦 王巧月

序

大港油田三十多年来在勘探、开发和建设方面都取得了长足的进步，物质文明和精神文明建设结出丰硕成果，创造了许多成功经验，这些都是广大职工共同努力，发扬艰苦奋斗、顽强拼搏、无私奉献的创业精神的结果。为了使这些成果和经验系统化、理论化，形成财富，促进油田勘探开发建设进一步发展，经济效益大幅度提高，大港油田领导提出编写大港油田“科技丛书”。这个安排引起油田党委的重视，经过认真研究，决定扩大“丛书”编写范围，于1997年5月油田党、政联合下发文件，决定编撰“大港油田精神文明建设丛书”，成立了精神文明建设丛书编委会，下设七个系列，“科技丛书”是其中之一，并成立了编委会。

“科技丛书”怎样写，以哪些读者为对象，写成什么样的书，对这些问题我们花费了较长时间，听取了各方面的意见，进行广泛深入讨论，逐渐形成了明确的指导思想。大家认为这套“丛书”应有独特的品质，它不同于教科书，不同于科普读物，不同于论文集，不同于经验总结（成果汇编），也不同于工具手册。要突出“科技”和“大港”两个特色。“科技”特色是总结大港油田三十多年极其丰富的科学技术实践和创造发明，做到有理论基础、方法原理、实用程序和实践成果，在“科技”特色的基础上，突出“大港”特色，写出大港发明创造的技术，在国内外有影响的技术，使用过的技术，试验过的技术，并有成功和失败的实例分析，还要讨论一些技术的实用性和发展方向，全书不是简单的技术描述和实际案例分析，而是一次再提高再创造，使读者特别是中青年科学技术人员和各级管理干部，还有非本专业的技术人员，有原理可查，有方法可学，有实例可看，有经验可借鉴，起到承上启下的作用。

这套“丛书”为广大读者提供大港油田科技发展的历程。大港油田三十多年的发展建设，经历了风风雨雨，有成功的经验和失败的教训，学会借鉴前人的经验和教训，少走弯路，杜绝重复劳动，对我们事业的兴旺发达和科技人员成长都有一定的好处。“丛书”还展示了大港油田的科技全貌，反映了大港油田的技术状况，为广大青年技术干部、各级管理人员和非本专业技术干部了解油田技术状况修通了高速公路。还应说明，活跃在大港油田勘探开发早、中期各条战线的技术骨干，现在多数已经退休，在工作上完成了交接。有许多退休老专家参加“丛书”的编撰工作，把他们多年积累的宝贵经验留下来，也算老专家们在技术上对大港油田的干部职工有了个好交代。这套“丛书”正式出版适逢大港油田勘探开发建设三十五周年之际，谨以此书献给为大港油田建设做出卓越贡献的人们。

这套“科技丛书”，按照油田的习惯说法，包括十个专业共24册约800万字。即：

- 第一册 勘探历程与经验
- 第二册 第三系石油地质基础
- 第三册 油气藏与分布
- 第四册 新区、新层系、新领域
- 第五册 地质实验技术
- 第六册 地震勘探资料采集技术

- 第七册 地震勘探资料处理和解释技术
- 第八册 大港油田开发实践
- 第九册 枣园高凝高粘中低渗断块油田开发
- 第十册 提高采收率技术
- 第十一册 油气藏探边测试方法与应用
- 第十二册 钻井工程技术 (1)
- 第十三册 钻井工程技术 (2)
- 第十四册 钻井工程技术 (3)
- 第十五册 滩海工程技术
- 第十六册 录井技术
- 第十七册 测井技术 (1)
- 第十八册 测井技术 (2)
- 第十九册 电泵采油与分层注水
- 第二十册 防砂工艺技术
- 第二十一册 压裂与酸化工艺技术
- 第二十二册 试油与油井大修
- 第二十三册 油田地面工程设计与施工
- 第二十四册 石油炼制

为了编撰好“丛书”，确保达到设计要求，使各分册有个好质量，编委会认真研究精心设计各册编写提纲，这是写好“丛书”的基础。安排章节的作者力争由学科带头人执笔，分册负责人全文贯通，提出修改意见、把关，负责完成初稿，这是保证“丛书”质量的重要环节。然后由编委会组织6至7名专家进行审查定稿。尽管这方面我们做了不少工作，由于水平有限，错误在所难免，敬请读者批评指正。

孙希敬

1999年2月4日

前 言

地震勘探资料处理和解释是把采集所获得的地震波在地层中传播的运动学和动力学信息进行去伪存真处理,转化为地质信息的工作,是地震勘探的重要环节。因此,地震资料处理和解释工作的重要性是不言而喻的。

随着地震勘探技术的不断进步,装备的不断更新,地震勘探的精度在不断提高。此外,地震勘探精度在某种程度上又随着地质综合分析工作的不断深化而提高。

三十多年来,大港油田地球物理勘探公司瞄准国内外地震勘探先进水平,结合生产实际,不断引进、消化国外先进的技术装备,并使之迅速发展。由原来一般的多次叠加、三维处理到全三维处理、到叠前时间偏移和叠前深度偏移;由原来单一的构造解释逐步向储层预测、油藏描述发展;由常规剖面解释,逐步向多信息、多参数解释、高分辨率处理解释发展;由单一的地震处理解释,向多专业、多学科综合处理解释、三维可视化解解释发展,并逐步形成了自己的特点。这就是:根据油田勘探开发需要,针对大港探区的石油地质特征,结合钻井、录井、测井和试采等地质资料,应用先进的技术手段,结合钻井、录井、测井和试采等地质资料,应用先进的技术手段,进行目标处理、综合解释,综合分析,使地震勘探成果更具实用性和指导性。

因此,本书在介绍地震勘探原理方法的同时,侧重介绍了大港油田在地震资料处理解释方面长期积累的经验和方法,介绍了有大港油田特色的处理解释实例。

本书分为上下两篇,上篇为地震勘探资料处理技术,下篇为地震勘探资料解释技术。上篇共分四章,第一章介绍地震资料处理的计算机系统,从硬件和操作系统方面介绍了大港油田的发展史。第二章讲地震资料的常规处理方法和特殊处理方法。从浅显的概念出发,用简单的数学公式说明基本处理方法的原理。第三章为处理分析方法,编者结合自己的工作经验,介绍怎样着手处理好实际资料。第四章为大港三维地震资料处理的实例分析,着重介绍了如何针对大港地区的资料特点,有针对性应用新技术、新方法去处理好某一特定地区的地震资料。

本书下篇共分六章。第五章介绍了构造解释方法,给出了大港探区的主要构造模式和圈闭类型。第六章为地震资料的岩性解释,介绍了大港地震地层学方面的研究。第七章为VSP资料的应用。第八章为圈闭评价。第九章为地震早期油藏描述。第十章为大港油田地震地质解释的实例,这些实例分析了在大港一些区块的地震资料解释中新技术、新方法的应用,还介绍了千米桥潜山勘探的曲折历程。

本书的编写分工如下:第一章由范庆增、袁正轩、董风树、张武斌共同编写,由范庆增统稿;第二章由邵玉海编写;第三章的第一至十节由刘益强编写,第十一节由顾培城编写;第四章由刘益强编写;第五章至第十章由沈建石、郝素芬、史华珍、常德双、郭德荣共同编写。本书的上篇由刘益强、邵玉海统稿,下篇由郭德荣统稿。

本书参考、引用了大港油田地球物理勘探公司内部大量科研、生产报告和资料图片。在此,向提供这些报告、资料和图片的作者表示谢意。本书最后由薛士荣、于庄敬、毛立言、赵学平、杨在岩、王光奇和顾培城等专家审定。

在本书编写过程中，得到了大港油田地球物理勘探公司领导刘威北、韩文博、熊金良的关怀和大力支持，陈水兴作了大量的协调和组织工作。

编者对所有为本书顺利出版给予支持和帮助的朋友表示衷心的感谢。

《地震勘探资料处理和解释技术》编写组

1999年5月

目 录

上篇 地震勘探资料处理技术

第一章 地震资料处理计算机系统	(3)
第一节 大港地震资料处理计算机系统技术的发展.....	(3)
第二节 工作站和计算机网络.....	(14)
第三节 计算机系统的外部存储设备.....	(16)
第四节 显示绘图设备.....	(20)
第五节 计算机系统的供电和机房环境.....	(24)
第二章 地震资料常规处理及特殊处理方法	(26)
第一节 地震记录的格式.....	(26)
第二节 滤波与反滤波技术.....	(33)
第三节 地震波速度分析方法.....	(42)
第四节 提高地震剖面信噪比的三种技术.....	(46)
第五节 地表一致性处理.....	(52)
第六节 叠前部分偏移 (DMO) 技术	(58)
第七节 时间域偏移技术.....	(61)
第八节 深度域偏移技术.....	(69)
第九节 振幅随偏移距变化 (AVO) 处理技术	(80)
第十节 合成声波测井和合成地震记录.....	(90)
第十一节 地震道的时空域假频问题和道内插技术.....	(94)
第十二节 三瞬处理方法.....	(100)
第三章 地震资料处理分析方法	(104)
第一节 原始资料品质分析、地质目标与处理设计.....	(104)
第二节 叠前干扰噪音消除方法.....	(107)
第三节 反褶积处理及效果分析.....	(115)
第四节 速度分析及解释.....	(120)
第五节 地震子波一致性处理.....	(125)
第六节 地震记录能量一致性调整.....	(133)
第七节 反 Q 滤波处理方法的应用	(137)
第八节 压制多次波的处理方法.....	(141)
第九节 地震资料的分频处理.....	(145)
第十节 常规时间偏移的偏移速度场调整方法.....	(147)
第十一节 VSP 资料处理	(152)
第十二节 地震资料处理剖面效果评价.....	(164)
第四章 大港三维地震资料处理技术应用实例	(167)

第一节	塘沽—长芦北地区城镇非规则三维资料处理	(167)
第二节	张巨河滩海地区三维资料重处理实例分析	(180)
第三节	上古林南地区三维资料反复处理实例分析	(190)
参考文献		(204)

下篇 地震勘探资料解释技术

第五章	地震资料的构造解释方法	(207)
第一节	地震波的速度	(207)
第二节	层位标定	(215)
第三节	时间剖面的对比解释	(219)
第四节	时间剖面的地质解释	(222)
第五节	大港探区地震剖面上的构造样式	(234)
第六节	地震剖面解释中可能出现的假象	(259)
第七节	构造图的编制	(265)
第六章	地震资料的地震地层学解释	(274)
第一节	区域地震地层学	(274)
第二节	局部地震地层学	(283)
第七章	VSP 资料的应用	(293)
第八章	圈闭评价	(301)
第一节	大港探区的主要圈闭类型	(301)
第二节	圈闭评价方法及标准	(302)
第三节	圈闭资源量计算	(306)
第四节	圈闭的评价及优选	(307)
第五节	圈闭精细描述方法	(309)
第九章	地震资料早期油藏描述	(310)
第一节	地震资料油藏描述概述	(310)
第二节	油藏空间几何形态的地震描述	(311)
第三节	储层参数预测	(315)
第四节	烃类检测技术	(318)
第五节	其他地震油藏描述技术	(337)
第六节	三维地震资料可视化解释	(357)
第十章	大港探区地震地质解释典型实例	(360)
第一节	大港千米桥地区地震勘探史例	(360)
第二节	新疆尤尔都斯盆地构造解释	(370)
第三节	岐口凹陷的地层岩性解释	(379)
第四节	枣北地区火成岩储层的岩性横向预测	(392)
第五节	张巨河地区地震早期油藏描述	(396)
第六节	女 79 井 VSP 资料解释	(404)
参考文献		(411)

上篇 地震勘探资料处理技术

第一章 地震资料处理计算机系统

自 1942 年法国人帕斯卡发明了机械式计算机以来,电子计算机的发展共经历了四个阶段:1946 年第一代电子管计算机问世,它重达 30t,占地 1500m²,每秒能完成 300 次乘法运算;1958 年以晶体管制造的第二代电子计算机研制成功,运算速度加快而体积缩小;在 20 世纪 60 年代,发明了集成电路,产生了第三代计算机。大港油田 1974 年引进的第一台 1704 机就属于这一代的产品。历史进入 20 世纪 70 年代,科学家又研制出大规模和超大规模集成电路,一台计算机可以压缩在一个芯片上。这时出现了个人微机 and 大型机。在 90 年代初期计算机技术发生了翻天覆地的变化,又出现了由多个处理器组成的并行机,一套并行机系统可以放在一间办公室内,而运算次数可达到每秒万亿次。大港油田从 1986 年后引进的几套计算机系统便属于第四代的产品。

伴随着计算机技术的飞速发展,计算机外部设备也是日新月异。如存储数据的磁盘机从体积大、容量小向着体积小、容量大发展。1987 年引进的 2GB 容量的磁盘为一个 2m 高的大柜子,而在 1997 年引进的 400GB 的磁盘只装在一个 1m 高的小柜子里。再如原来的九轨磁带机重达几百公斤,一盘磁带容量仅为 0.6GB,而今使用的 128 轨 3590 磁带机只有几十公斤重,所用盒式带一盘的容量就有 10GB。

对操作系统和编程环境来讲,计算机软件也发展得十分迅速。大港油田使用的 1704 机为单用户单作业的运行环境,编程用汇编语言,研制一个处理程序非常困难。到了 IBM-3083 系统阶段,操作系统变为多用户多作业运行环境,一台机器可供多人同时上机同时提交作业。编程使用 FORTRAN 语言,加快了编程的速度。1998 年大港油田又引进了 IBM-SP 并行机系统,操作系统除了多用户多作业外,又增加了共享数据的功能。用户可通过网络使用并行机系统中的任一外部设备。编程可使用 C 语言等多种语言,又可使用 Motif 工具编制交互面板式软件。

地震资料的数字处理需要强大的计算机系统来支持。并且这种需求越来越大,永远不会满足。

大港油田物探数据处理 20 多年来的发展就是一例,目前其处理系统和外设的配置见图 1-1。

第一节 大港地震资料处理计算机系统技术的发展

60 年代末,中国从法国引进模拟磁带地震仪的同时,也引进了资料处理的模拟计算机——磁带地震回放仪,从而结束了老“51”型地震仪的炮响定局时代。历史在前进,科学在发展,人们对地震资料的采集和处理提出了更高的要求,采集和处理进入了数字时代。自 70 年代初,大港油田相继引进了多套小型、中型、大型和巨型计算机系统。凭借功能强大的硬件系统和几乎应有尽有的软件系统,在用和维护好数套计算机系统的同时,有所发展、有所创新,大港地震资料处理的计算机系统技术与时代同步发展。

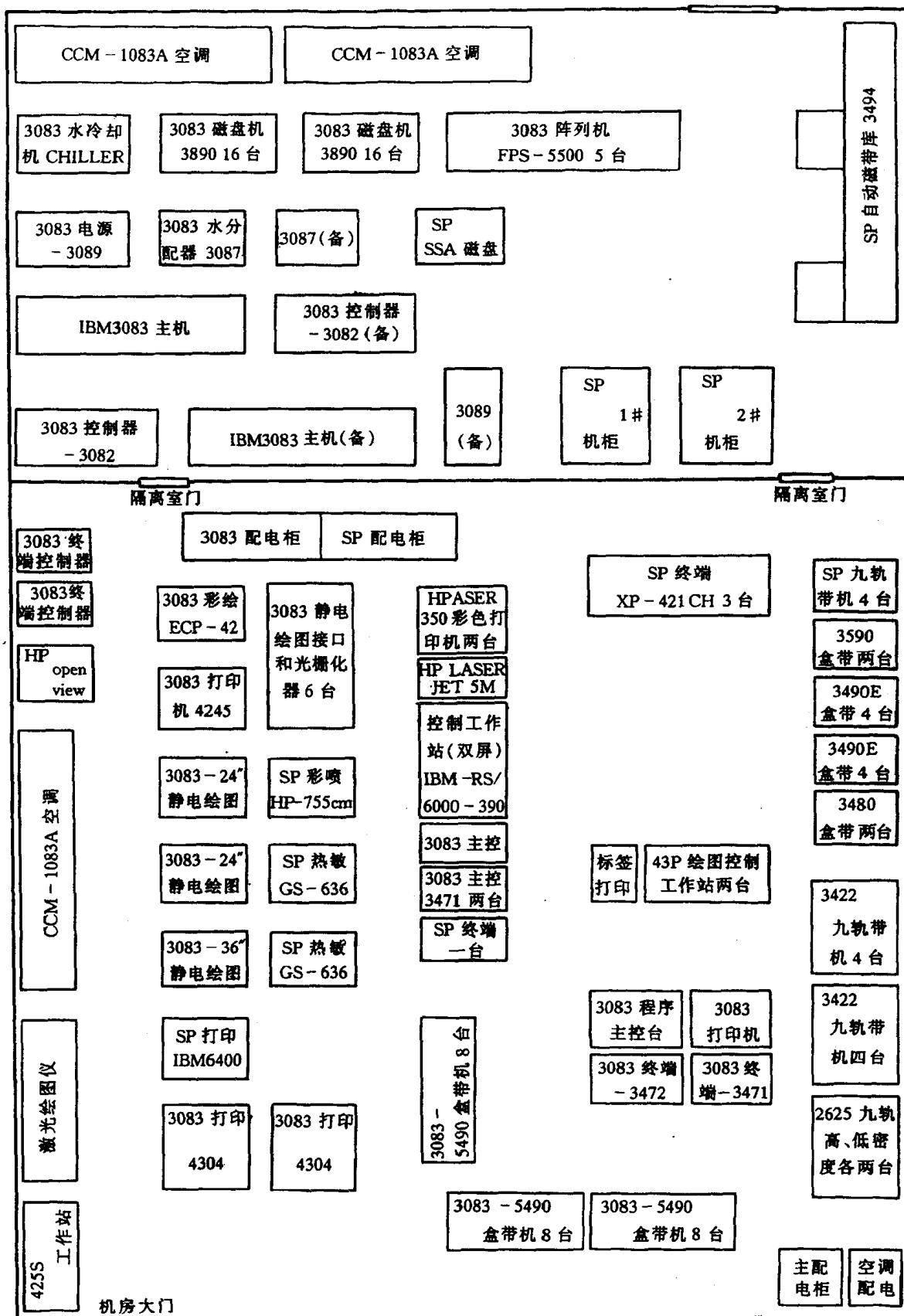


图 1-1 大港油田地球物理勘探公司计算机房设备布置图

一、早期的地震资料处理设备及计算机系统

1. 磁带地震回放仪

70年代初，石油系统的地震勘探均以磁带地震仪取代了“51”型光点记录地震仪。DZ662型、DZ664型、DZ702型地震回放仪基地在各勘探单位建立起来。被称为模拟计算机的回放仪，可对野外采集的记录在磁带上的资料进行多种方法的处理：如混波、滤波选择、组合叠加、动校正和静校正、直接绘制时间剖面等，并可多次和多种手段处理，直到获得满意的结果。而采用51型地震仪，尽管采集中各项工作都是良好的，只因机器因素选择不当，影响了资料质量，留下不尽的遗憾。相比之下，基地回放仪在地震资料处理进程中是迈开了第一步。但它有很多不尽人意之处：混波不能灵活选择、组合死板、信噪比低、大量的人工操作烦杂而低效，动、静校正不能满足山区及大排列的需要。基地回放的最终产品是宽120mm的笔画记录和350mm宽的光点记录。

2. RAYTHEON 1704 地震资料处理的计算机系统

1704 计算机系统是石油工业部 1974 年从美国引进的，也是中国首次引进的计算机系统。为这次引进，石油工业部抽集了各油田几百名技术人员进行培训，通过验收和后来的工作培养了一大批计算机应用技术人员。直到今天来评价，1704 机系统引进仍然是很成功的：系统配置合理、验收认真、投产顺利、系统运行稳定、资源利用充分，堪称典型。在 1986 年，原厂商来大港工作，看到已经运行了十几年的设备使用维护得这样好，十分惊讶。

(1) 1704 机的硬件系统

硬件系统分为处理系统和 A/D 模数转换系统，共计 15 种 30 多台设备。这里只简述一下处理系统的配置情况，见图 1-2。

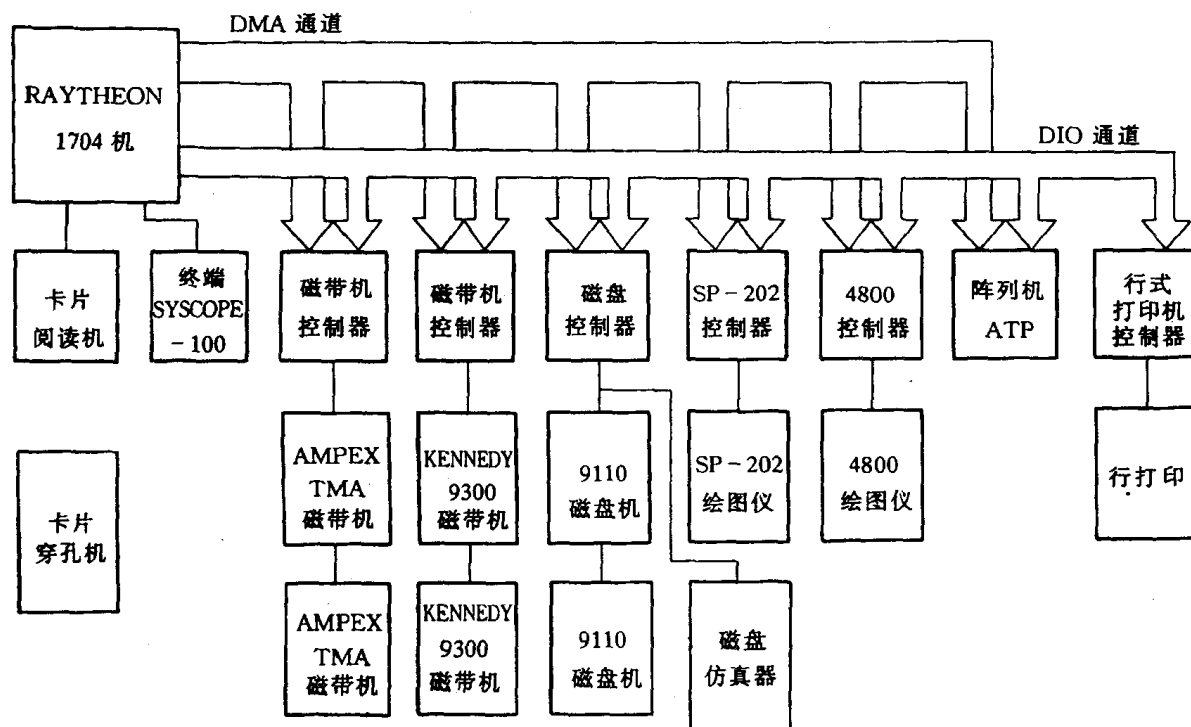


图 1-2 RAYTHEON 1704 处理系统改造后的设备配置图

系统特征是：字长 16 位，32kB 的磁芯存储器，存取速率为 1MHz，定点补码运算，工作周期 $1\mu\text{s}$ ，盘存为 4.6MB。与外部设备间有 I/O 和 DMA 两条通道，76 条硬件指令，采用 16 级中断。

本系统配置不大但齐全，速度不高但稳定。但因内存与外存太小，使很多程序运行受到限制，也因频繁的读写，占用时间，又累计了多次读写的错误。在近 16 年的使用过程中，硬件维护人员在排除了大量故障的同时，又对设备进行了改造，主要有：扩接磁盘仿真机，用 KENNEDY 磁带机代替旧设备，用显示终端代替电传，改造了阵列机 ATP，增添了彩色和双密度地震剖面绘图功能，实现了双盘联用等。使运行十几年的设备仍能正常生产。

相应地，对 A/D 系统也进行了类似的改造和扩展，大大提高了整个系统的处理能力。

(2) 1704 机的软件系统

本机采用的是 RTOS 实时操作系统。但因主机内存太小，应用程序采用浮动装入，用后消掉。本机应用软件为 COMPAC-75 地震软件和 GEO-SPACE 地震软件。这些程序主要功能包括：解编、重排、选排、动校正、静校正、水平叠加、数值滤波、数据比例、绕射扫描叠后偏移、照相等程序。这些均为常规处理程序，只能产生叠加和叠后偏移两种剖面。为适应勘探形势的发展，又编制了多个特殊处理程序和生产急需程序：如宽线叠加、弯线叠加、数字仪检查、基准面静校正、二次相关自动校正、符号位转换、真振幅恢复、亮点显示、F-K 叠后偏移、三瞬计算等几十个程序，从而可生产十几种特殊的地震剖面。

1704 机为中国石油勘探工作作出了重大贡献，开创了中国石油地震资料数字处理的新纪元。这在国外回顾中国石油发展历史的文献上曾有记载。

二、大、中型地震资料处理的计算机系统

IBM4381 和 IBM3083 计算机系统是分别在 1987 年和 1991 年底引进的。从硬件角度讲，它们采用了新的多芯片模块工艺、高密度封装技术和高集成度技术，集成模块数量少，机器的可靠性、可维护性、可用性高，其功能可通过微码扩充。从 IBM4381 到 IBM3083，操作系统的不断完善和发展，即从 MVS/370 操作系统到 MVS/XA 操作系统，应用软件也从美国西方地球物理公司的常规处理软件发展到 IQ 处理软件。

由于 IBM3083 的操作系统 MVS/XA 全部包容了 MVS/370 的特点，所以后面只从 IBM3083 角度来阐述 MVS 系统。又由于 IBM4381A、B 两系统硬件性能大体相同，为避免重复，这里也只介绍 IBM4381-M₁₁ (A 系统) 的硬件结构。

1. IBM4381A 计算机系统

主存	16MB
字长	32bit
盘存	7.5GB
主频	13MHz
高速缓存	4kB
控制存储器	112kB
通道	6 个

处理机由以下几部分组成：

- 1) 指令处理器：它是由微码控制的单个处理机，用来执行命令；
- 2) 主存储器子系统：由高速缓存、主存和控制存储器组成；
- 3) 通道子系统：由通道数据缓存、通道接口控制部件和通道组成；

4) 维护支持处理机：它由独立的微处理机、软驱、支持存储器、维护面板等组成。

外配置是：主控台 1 台，用户终端 8 台，磁盘和控制器 8 台，磁带机 8 台，阵列机 1 台，静电绘图仪两台，另外还有打印机等设备共 40 余台。请参看图 1-3 IBM-4381A 系统设备配置图。

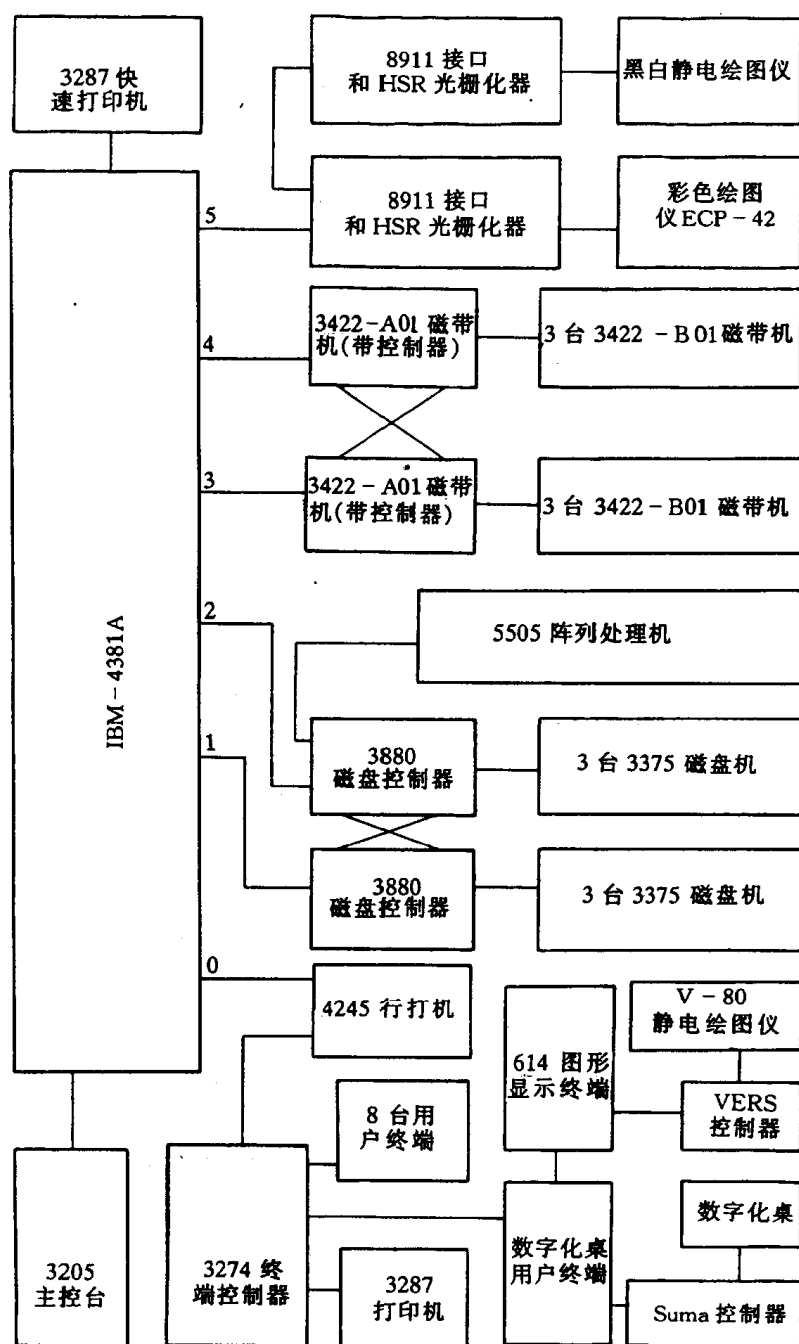


图 1-3 IBM-4381A 系统设备配置示意图

为了提高机器的可靠性、可用性和可维护性，4381 处理机在设计上采取了以下措施：

1) 重试功能；2) 动态重新配置；3) 问题分析；4) 错误记录分析；5) 存储器双位检测 and 校正功能；6) 远程维护。