

# 人工地震测深数据库系统\*

王椿镛<sup>1)</sup> 楼 海<sup>2)</sup> 宋亦青<sup>1)</sup>

1) 中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所

2) 中国北京 100083 中国地质大学

## 摘 要

对大量的地球物理资料采用数据库方式进行管理,是近年来发展的一门新技术。本文扼要叙述了人工地震测深数据库的发展现状及数据库结构、数据库管理系统及其功能。它是以关系数据库管理系统——汉字 FoxBase 作为支撑软件建立的。已经建成的数据库具有冗余数据少,数据共享性、独立性和完整性好的特点,相应的管理系统具有高效率和使用方便的优点。这一人工地震测深数据库可进一步扩展为深部地球物理数据库。

**关键词** 数据库系统; 人工地震测深; 地壳上地幔结构; 模数转换

## 1 引 言

数据库技术是近十几年来发展起来的一门数据管理的新技术(俞盘祥和沈金发, 1988)。在我国,随着计算机应用的普及,这一技术已广泛地应用于科研、生产及其它领域的数据信息管理中。十几年来,我国开展了大规模的地壳深部探测工作,获得了一大批人工地震记录。这些资料对于地壳上地幔结构及大地构造、地震成因、成矿规律等方面的研究无疑是很宝贵的,并且已经取得了许多重要成果。然而,尽管这些资料包含的信息很丰富,而以往的应用仍是很初步的。人工地震测深数据是一种资源,如果能用数据库技术对这一数据资源加以组织和管理,便能提高数据的利用率,使深部研究成果更好地为科研和生产服务,实现数据共享的目的。

自 50 年代末期,我国首次在青海柴达木盆地进行深地震测深试验以来,人工地震的记录形式经历了三个阶段:第一阶段为可见记录,它采用天然地震和石油勘探中的地震仪器直接获得照相的连续记录图;第二阶段为模拟磁带记录,地震信号用调制方式记录在盒式或盘式的模拟磁带上。这一阶段的初期仍是将回放解调后的照相记录用手工描绘在记录截面图上。由于解调时可根据需要采用不同的放大倍数和走纸速度,因此记录截面图的使用比以前方便得多。后期工作则对模数转换后取得的数字记录在计算机上绘制各种

\* 国家地震局震害防御司资助项目,国家地震局地球物理研究所论著 94A0011。  
1992 年 5 月 28 日收到初稿,1993 年 5 月 5 日决定采用。

用途的记录截面图(吴柱栓、冷欣荣,1984;冯锐等,1986);第三阶段为从数字地震仪(如PDR-1型)中直接取得数字记录.在开展大规模的人工地震测深野外工作之后,面临大量的模拟磁带记录,如何长期保存和充分利用是个突出的问题.解决这些问题也是人工地震测深数据库的目的之一.本文主要论述数据库的结构及其软件系统.

## 2 数据库发展现状

人工地震测深数据库的发展过程包括两个阶段:第一阶段为文件系统阶段.初期工作主要在模拟磁带地震记录的模数转换方面.这一时期由于计算机硬件的限制,以及没有通用的数据文件格式,因此,这方面的工作只能作为方法的试验而难于推广.地震测深数据文件系统(王椿镛等,1991)考虑了信息完整、存储量小、易于存取、与计算机型相对独立等方面要求,并且在微型计算机上有一套适合我国人工地震测深工作特点的模数转换、文件形成、记录截面图绘制,以及对数字记录进行预处理等方面的软件;第二阶段为数据库系统阶段,即数据库建设及系统管理,它是在文件系统的基础上发展的.数据库管理技术为应用程序提供了更高的程序独立性,并进一步减少数据的冗余度.数据库系统与文件系统的区别主要在于:文件系统中各种文件的记录之间相互独立,而数据库系统中不同类型的记录之间是相互联系的,它更真实地描绘了人工地震测深中各种数据之间的相互关系.

数据库的硬件系统以选择IBM或与其兼容的微型计算机为基础,包括数据采集卡、模拟记录的回放解调系统,以及打印机和绘图仪等外部设备.选择在微机上建数据库,是因为微机普及程度高,而且便于在野外操作,在施工过程中随即将基本数据录入和编辑,并进行模数转换和绘制截面图等.数据库的软件系统建立在汉字FoxBASE基础上,由基本信息管理系统和地震记录采集系统组成.基本信息管理系统用于数据的编辑和查询.地震记录采集系统的主要功能是将模拟地震记录转变为数字记录,并组成数据文件存于软盘中.这些磁盘文件接受基本信息管理系统的管理.

迄今为止,人工地震测深的数据已达800M字节.在数据使用方面的特点是,除基本信息外,大多数地震记录使用的频度相对较低.因此,如果系统安排在硬盘中只建立基本信息库,而数字地震记录以数据文件的形式存于软盘中,则这一数据库系统能在一般的微机(硬盘60M字节以上)上运行.

## 3 数据库结构

随着观测技术的发展和科研生产需求的提高,人工地震测深的观测系统已从过去单一的纵测线连续观测系统(相遇和/或追逐),发展到纵与非纵(或扇形)联合观测及三维观测系统.在当前的野外施工中,经常采用一次爆破多条测线观测的方式,而观测可能在纵和非纵测线上同时进行.数据之间的关系变得越来越复杂.采用数据文件结构无法表述这些关系,因此必须求助于数据库技术.

在根据系统的环境和条件,并进行需求分析,即调查了解各种数据的属性、取值范围、使用频度、以及数据之间关系、数据流程和用户对数据的要求等之后,确定数据库的结构.人工地震测深数据库由基本信息库和地震记录库组成.基本信息库包括测深工程信息库、

测线信息库、炮点信息库、测点信息库、道集信息库和记录道信息库 6 个部分(图 1)。在一个数据库中, 前两个信息库分别只有一个, 后 4 个库则可以多个。地震记录库由具有通用数据文件形式的磁盘数据文件组成, 一个或多个磁盘数据文件与一个记录道信息库相对应。

### 3.1 基本信息库

#### 3.1.1 工程信息库结构(表 1)

工程信息库中, 每一个测深工程占一个记录, 工程名为野外施工中对这项工程赋予的名字; 地区为测线及炮点所在的省份、自治区或直辖市; 最大及最小经纬度为地理位置上该项工程的施工范围。由于炮点库、测点库、道集库和记录道库对每一个工程单独设置, 因此这些

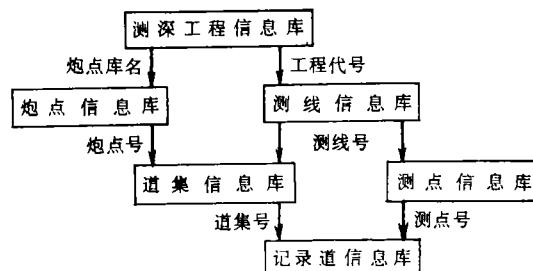


图 1 6 个信息库的相互关系

表 1 工程信息库结构

字段号	字段名	类型	宽度	小数
1	工程名	字符	20	
2	工程代号	字符	8	
3	地区	字符	16	
4	最大纬度	数值	10	2
5	最小纬度	数值	10	2
6	最大经度	数值	10	2
7	最小经度	数值	10	2
8	构造背景	字符	12	
9	技术负责人	字符	16	
10	开工日期	日期	8	
11	收工日期	日期	8	
12	施工单位	字符	16	
13	爆破次数	数值	4	
14	总药量(t)	数值	5	2
15	纵测线数	数值	4	
16	非纵测线数	数值	4	
17	测线总长度(km)	数值	7	2
18	记录总道数	数值	4	
19	炮点库名	字符	8	
20	测点库名	字符	8	
21	道集库名	字符	8	
22	记录道库名	字符	8	
23	备注	字符	50	

表 2 测线信息库结构

字段号	字段名	类型	宽度	小数
1	工程代号	字符	8	
2	测线名	字符	20	
3	测线号	字符	8	
4	开工日期	日期	8	
5	收工日期	日期	8	
6	起点纬度	数值	10	2
7	起点经度	数值	10	2
8	终点纬度	数值	10	2
9	终点经度	数值	10	2
10	爆破次数	数值	4	
11	测线类型	字符	4	
12	观测系统	字符	4	
13	测线长度(km)	数值	6	2
14	测点数	数值	4	
15	平均点距(m)	数值	5	2
16	总记录数	数值	4	
17	有效记录数	数值	4	
18	测线号 2	字符	8	
19	备注	字符	50	

信息库的名字应录入到该工程所在记录的相应字段位置上。

### 3.1.2 测线信息库结构(表2)

测线信息库中,每一条测线占一个记录,测线号在一个工程内按一定顺序编排。测线类型为纵、非纵(或扇形)。观测系统为简单连续观测系统或相遇、追逐、非纵、扇形、三维等。“测线号2”是为一些特殊观测系统而设置的,即如果当前记录表示一条非纵测线,而它又作为其它爆破的纵测线,则在“测线号2”中注明相应的纵测线号。同一测线若在一个工程中同时作纵和非纵观测,则应该编两个测线号,它们在爆破次数及测线类型等字段中具有不同的内容。

### 3.1.3 炮点信息库结构(表3)

一个工程有一个炮点信息库,每一个炮点占一个记录,其中爆破类型为井炮、洞炮、水炮、海炮、矿山爆破、核爆破等,若在同一位置上爆破两次,则应视为两个炮点,它们至少在爆破时间上是不同的。

### 3.1.4 测点信息库结构(表4)

测点信息库中的测线号表明该测点所在的测线,它与表5中的道集号相联系。

表3 炮点信息库结构

字段号	字段名	类型	宽度	小数
1	炮点号	字符	8	
2	地名	字符	20	
3	图幅	字符	14	
4	纬度	数值	10	2
5	经度	数值	10	2
6	高程(m)	数值	6	1
7	岩性	字符	10	
8	爆破类型	字符	4	
9	井数	数值	2	
10	井深(m)	数值	5	2
11	井距(m)	数值	5	2
12	药量(kg)	数值	5	
13	炸药类型	字符	4	
14	爆破日期	日期	8	
15	爆破时间	数值	10	3
16	备注	字符	50	

表4 测点信息库结构

字段号	字段名	类型	宽度	小数
1	测线号	字符	8	
2	测点号	字符	8	
3	地名	字符	20	
4	图幅	字符	14	
5	纬度	数值	10	2
6	经度	数值	10	2
7	高程(m)	数值	6	1
8	岩性	字符	10	
9	备注	字符	50	

### 3.1.5 道集信息库结构(表5)

道集是在一条纵或非纵测线上接收一次爆破所取得的地震记录的集合。若一次爆破在纵和非纵测线上同时接收,则视为多个道集。一个道集所包含的地震记录(单分向

和/或三分向)对应的数据文件名字在道集记录中注明;“垂向文件”为地震记录的垂直向分量相应磁盘文件名的缩写,纵向和切向亦有同样含义。一条测线上记录道数可能较多,因此,当前设计一个道集相应的磁盘文件名最多可为6个。

### 3.1.6 记录道信息库结构(表6)

每道地震记录对应于记录道信息库中的一个记录,它同时与磁盘数据文件中的数字地震记录一一对应。每个数字地震记录与测点和炮点有关,它通过道集库来联系。记录质量分为好、中、差三类,分别表示信号清晰且背景噪音小,信号清晰但背景噪音较大,信号不清晰或信号虽清晰但采样的初始时刻误差过大。

### 3.2 地震记录库——磁盘数据文件

对地震记录处理和解释方法很多,不可能全部都包含在数据库系统中,为便于用户在数据库系统之外对地震记录进行详细的处理和解释,这些存贮地震记录的数据文件中重复了基本信息库中部分信息.磁盘数据文件中对地震记录采取压缩存贮方案,每个地震数

表 5 道集信息库结构

字段号	字段名	类型	宽度	小数
1	道集号	字符	8	
2	测线号	字符	8	
3	炮点号	字符	8	
4	起始测点号	字符	8	
5	终止测点号	字符	8	
6	采样员	字符	20	
7	登录员	字符	20	
8	总记录数	数值	8	
9	有效记录数	数值	8	
10	三分量道数	数值	8	
11	垂向文件 1	字符	8	
16	垂向文件 6	字符	8	
17	纵向文件 1	字符	8	
22	纵向文件 6	字符	8	
23	切向文件 1	字符	8	
28	切向文件 6	字符	8	

表 6 记录道信息库结构

字段号	字段名	类型	宽度	小数
1	采样序号	字符	8	
2	道集号	字符	8	
3	测点号	字符	8	
4	炮检距	数值	8	2
5	方位角	数值	10	2
6	仪器类型	字符	8	
7	仪器号	字符	8	
8	检波器型号	字符	8	
9	操作员	字符	10	
10	记录质量	字符	8	
11	记录磁带号	字符	8	
12	备注	字符	50	

据用占两个字节的二进制表示. 磁盘数据文件的逻辑记录长度为 512 字节,由于软盘容量的限制,一次爆破所获得的全部数字地震记录可组成一个或几个磁盘数据文件. 一个数据文件中,最前面的 5 个逻辑记录称为

“文件头”,它包含该文件内地震数据的必要信息,以及炮点的位置及其它有关的爆破信息(王椿镛等,1991,表 1). 从第 6 个逻辑记录开始,按模拟地震记录采样的先后顺序存放数字地震记录,首尾相接,相邻两道逻辑地震记录之间不留空字节或空记录. 256 个采样值为一个逻辑记录. 因此,一道数字地震记录一般需占用多个逻辑记录,而一个逻辑记录也可能存放相邻两道地震记录的采样值. 这一压缩方案使得存贮量仅为通常用 ASCII 码所表示数据的五分之二,而应用程序对数据的调用仍是很简单的.

## 4 数据库管理系统

人工地震测深数据库管理系统是以关系数据库管理系统——汉字 FoxBASE+ 作为支撑软件建立的. FoxBASE+ 是美国 Fox Software 公司于 1987 年推出的新颖关系数据库管理系统(樊金传,1991). 数据库管理系统通常由建立、管理和维护数据库的一套软件组成. 对人工地震测深数据库而言,管理系统由查询和维护两个子系统组成(图 2). 程序采用结构式设计方法. 管理系统由 38 个不同功能的模块构成. 系统为单用户,具有较强的容错功能,并用通行字方法实现数据库的安全保护.

### 4.1 查询子系统

查询子系统用于对现有的数据库按工程、剖面、炮点、测点、记录道分类进行检索. 在

每一类检索中,都设计多种选择,以满足用户不同方面的需要.例如,在对工程检索中,可分别按省份(包括自治区,直辖市)、指定范围(经纬度)或施工单位检索.在对记录道检索中,可分别按测线和炮点检索.当按省份检索时,可指定要检索的省份名或其国家标准区域代码(前两位).

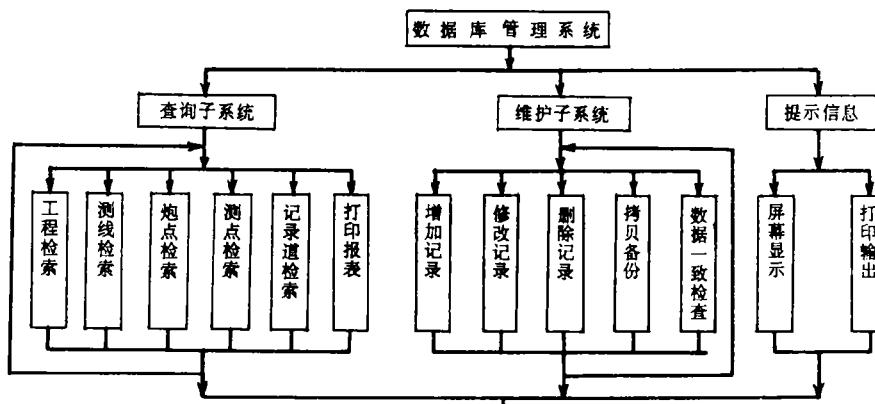


图 2 基本信息管理系统流程图

对于检索的结果,系统提供了三种形式的输出:屏幕列表显示、打印报表输出、以及图形的屏幕显示或打印输出.由于数据量大,屏幕显示一般仅用于了解查询中的简要信息.对于报表的打印输出,系统提供了 7 类表格,即列出简要信息的工程、炮点、测线及测点 4 个“目录表”和列出详细信息的炮点、测线和记录道的 3 个“信息表”.为使用户对其所指定区域中的资料有一个更直观的、全面的了解,系统加强了图形显示方面的功能,主要显示测线的地理位置图和观测系统图.另外,用户在检索和查询的基础上,需要对某一条测线的地震记录作进一步的了解时,可以对指定的一个或一组磁盘文件显示或绘制所要求的记录截面图.

#### 4.2 维护子系统

维护子系统用于初始数据的输入,及对已有数据作插入、修改和删除.由于本数据库建设的前期在数据文件系统方面已进行大量工作,系统增加了将数据文件中有关信息转换到数据库中相应位置上的功能.为保证数据输入的正确性和数据库中数据的完整性,系统在信息的一致性方面具有一定的检查和校验功能.

#### 4.3 人工地震测深数据处理系统

一般而言,处理系统是数据库管理系统的一个子系统.数据处理系统是针对磁盘数据文件进行的,它涉及内存量大且计算时间长,因此把这一处理系统独立于管理系统之外.它除用于绘制各种要求的记录截面图之外,还用于对数据文件加工、修改及对地震记录作相关、滤波等预处理,以及在屏幕上人机交互拾取震相的走时和振幅值等.王椿镛等(1989; 1991)对处理系统有详细介绍.

人工地震测深是深部地球物理的主要探测方法.已建成的人工地震测深数据库系统,具有信息完整、数据精度高、使用方便的优点,它将在科研和生产建设中进一步发挥作用.

深部地球物理其它方法(如重力、大地电磁、航磁、大地热流等)的资料同样也是重要的. 因此,这一数据库的建成将促进整个深部地球物理数据库的建设和完善.

张先康、陈学波、卢造勋等参与了数据库的结构及软件系统方案的讨论,并提出许多有益的意见. 国家地震局地球物理勘探大队、人工地震测深协调组和辽宁省地震局的人工地震测深数据库工作人员在数据库建设中通力合作,使数据库得以顺利建成. 在此一并表示感谢.

### 参 考 文 献

- 冯锐、郭强绪、江月昌、顾小红、叶太兰、董春明、张禹慎, 1986. 地震测深的观测与回放系统. 地震学报, 8, 57—71.  
樊金生, 1991. 关系数据库管理系统——汉字 FoxBASE 及其应用, 13—26. 北京师范大学出版社, 北京.  
吴栓柱、冷欣荣, 1984. 模拟磁带地震记录 A/D 转换及数字处理方法. 地震科学, 4, 18—21.  
王椿镛、陆原、谢剑波、陈光英、张炼、苏小兰, 1991. 地震测深数据文件及其处理系统. 地球物理学报, 34, 455—464.  
王椿镛、陆原、陈光英、张炼、苏小兰, 1989. 地震测深资料处理系统软件包. 地震地磁观测与研究, 10, 5, 50—58.  
俞盘祥、沈金发, 1988. 数据库系统原理, 1—6. 清华大学出版社, 北京.