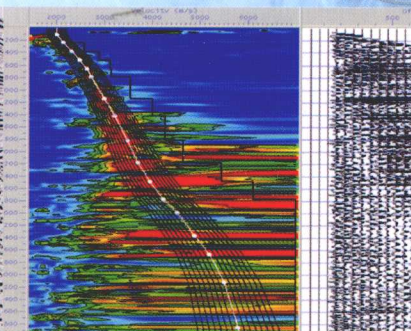
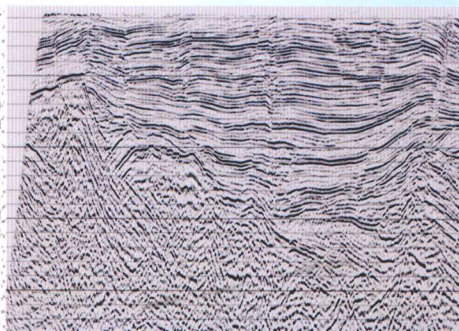
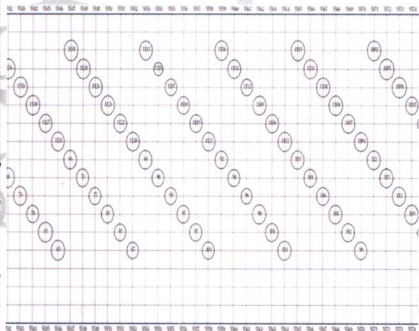
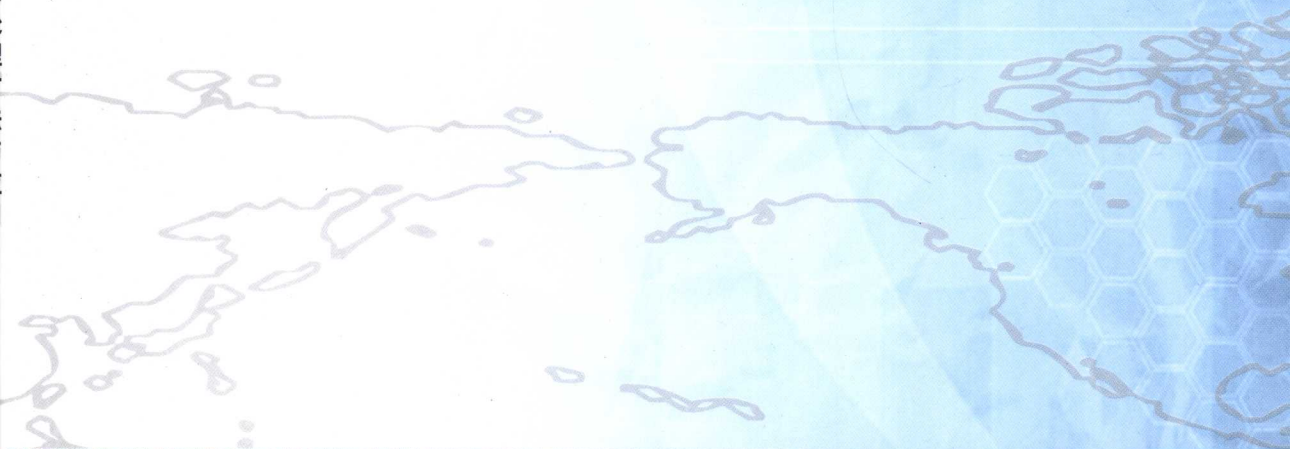


实用地震资料采集技术丛书

# 地震资料现场处理 方法与应用

主编 高文涛  
委员 吕运富 董国强 程志忠



石油工业出版社

实用地震资料采集技术丛书

# 地震资料现场处理 方法与应用

主编 高文涛  
委员 吕运富 董国强 程志忠

石油工业出版社

## 内 容 提 要

地震资料现场质量监控是地震资料采集工程中重要的环节。本书从理论、实际操作、应用效果等方面出发,结合 Grisy 处理系统的相应模块对现场处理各个环节做了介绍。

本书适合石油地球物理专业的科技人员、从事现场处理的初学者、大专院校学生参考学习。

## 图书在版编目(CIP)数据

地震资料现场处理方法与应用/高文涛主编.

北京:石油工业出版社,2009.11

(实用地震资料采集技术丛书)

ISBN 978-7-5021-7482-8

I. 地…

II. 高…

III. 地震勘探-数据处理

IV. P631.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 208887 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523560 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京时代澄宇科技有限公司

印 刷:北京市兴顺印刷厂

---

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:5

字数:75 千字 印数:1—2000 册

---

定价:25.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

# 《地震资料现场处理方法与应用》

## 编 委 会

主 编：高文涛

委 员：吕运富 董国强 程志忠

# 前 言

地震勘探是油气勘探中使用最广泛的物探方法，随着石油勘探技术的发展，现场处理已经成为地震资料采集工程中一个非常重要的环节。现场处理的重要作用是对地震资料采集过程和结果进行质量控制。目前，油气勘探的目标正由平坦区域转向复杂地表区域，地震勘探由构造勘探转向岩性勘探，地震资料采集则由千道三维勘探转向几千道、上万道三维勘探，生产难度逐年加大。这也给现场处理带来了更大的挑战，要求现场处理必须准确、快速地完成采集资料的分析工作，为施工方法的确定提供理论依据。同时，要密切监测野外资料的变化情况，遇到资料变差时，及时分析解决问题，以提高资料质量。特别是在低信噪比地区，有效信号都隐没在各种干扰中，只有通过精心的处理，才能做到去伪存真，才能验证野外采集资料能否满足地质任务要求，从而指导地震队的采集工作。这就要求处理人员要理论基础扎实、业务娴熟，具有在各种复杂地震地质条件下处理低信噪比资料的能力。

针对这种情况，现场处理工作者须加强地震资料采集理论知识和业务学习，勇于创新，并通过实践来提高工作水平。目前能满足需求的系统培训教材短缺，因此，我们特请多年从事地震资料采集现场处理工作的专家，编写了这本培训教材，从理论、实际操作、应用效果等方面对现场处理各个环节加以介绍，并结合 Grisis 处理系统对相应模块做了说明。

限于编者水平，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 4 月

# 目 录

第一章 数据输入输出 .....	(1)
一、数据输入输出模块的功能 .....	(1)
二、GRISYS 处理系统的输入输出模块 .....	(1)
三、常用输入输出模块介绍 .....	(2)
第二章 观测系统的定义 .....	(4)
一、DBAGE 模块生成观测系统数据表 .....	(4)
二、HLABEL 置道头字标签 .....	(7)
第三章 地震数据中噪声分析方法 .....	(10)
一、地震数据中噪声的分类 .....	(10)
二、噪声分析方法 .....	(11)
第四章 叠前去噪方法 .....	(14)
一、概述 .....	(14)
二、单频噪声时间域衰减 .....	(15)
三、ATTGRO 自适应衰减面波 .....	(18)
四、线性噪声滤除——LINOEL 叠前规则干扰压制 .....	(20)
五、HNOIBP 异常噪声的分频检测与压制 .....	(21)
第五章 静校正技术及 GRISYS 系统静校正 .....	(24)
一、静校正基本概念 .....	(24)
二、野外静校正 .....	(27)
三、Grisys 折射波静校正的实现方法 .....	(28)
四、剩余静校正 .....	(33)
五、叠后 CMP 参考面静校正及统一基准面校正 .....	(35)
六、静校正流程图 .....	(36)
七、复杂地区静校正问题 .....	(36)
第六章 反褶积 .....	(38)
一、对地震记录的模拟 .....	(38)
二、地震子波 .....	(38)
三、反褶积 .....	(39)
四、GRISYS 处理系统常用的反褶积模块 .....	(42)

<b>第七章 速度分析和叠加</b> .....	(46)
一、SVEL 交互叠加速度分析 .....	(46)
二、动校正 .....	(48)
三、叠加 .....	(49)
<b>第八章 偏移成像技术</b> .....	(52)
一、概述 .....	(52)
二、GRISYS 处理系统偏移模块 .....	(53)
三、常用的偏移模块使用方法 .....	(53)
<b>第九章 现场处理技术应用</b> .....	(55)
一、地震采集资料现场处理技术 .....	(55)
二、处理流程 .....	(61)
三、地震资料采集现场处理质量监控技术的应用 .....	(62)
<b>参考文献</b> .....	(70)

# 第一章 数据输入输出

## 一、数据输入输出模块的功能

处理系统的输入输出模块主要具有以下功能：

- (1) 把野外仪器记录的各种格式数据转换成处理系统的内部格式数据；
- (2) 把处理系统内部格式数据转换成各种通用格式数据记录到外部介质上；
- (3) 输入或输出处理系统内部格式数据供处理系统模块使用。

## 二、GRISYS 处理系统的输入输出模块

主要有以下模块：

- (1) TAPEIN 磁带输入；
- (2) TAPOUT 磁带输出；
- (3) DISKIN 磁盘输入；
- (4) DSKOUT 磁盘输出；
- (5) DSKTSO 磁盘文件地震道选排；
- (6) SORTIN 地震道分选输入；
- (7) SEG2IN SEG2 数据输入；
- (8) SEGDIN SEG - D 道序带输入；
- (9) CGGINP CGG 格式数据输入；
- (10) CGGOUT CGG 格式数据输出；
- (11) CODEIN CODE -4 格式带输入；
- (12) CODOUT CODE -4 格式带输出；
- (13) OMGAIN OMEGA 系统数据输入；



- (14) SEG-YIN SEG - Y 格式文件输入;
- (15) SGYOUT SEG - Y 格式文件输出。

### 三、常用输入输出模块介绍

#### 1. SEGDIN 模块

##### 1) 程序功能概述

把野外 SEG - D 道序格式记录的磁带地震数据转换成 GRISYS 系统格式。可以根据用户需要有选择地输入地震数据道, 将不同数据格式的样点值统一转换成机器数, 并形成 GRISYS 格式的道头字。SEGDIN 根据输入数据控制组结束 (y)、全结束 (x) 旗标。

##### 2) 输入数据

SEG - D 道序格式磁带地震记录数据。

##### 3) 输出数据

GRISYS 格式地震记录数据。

#### 2. SEGYIN 模块

##### 1) 程序功能概述

将 SEG - Y 格式磁带地震数据或 SEG - Y 磁盘文件数据输入到 GRISYS 系统。本模块可以根据用户需要有选择地输入地震数据道, 并将 SEG - Y 格式的道头字转换成 GRISYS 格式的道头字, 同时将不同数据格式的样点值统一转换成机器数。SEGYIN 可以根据输入选择情况控制组结束 (y)、全结束 (x) 旗标。

SEG - Y 格式数据转换成 GRISYS 格式时, 其道头信息的转换规则请参阅《SEG - Y 格式转换为 GRISYS 格式的道头说明》以及《SEG - Y 格式道头说明》。

##### 2) 输入数据

SEG - Y 格式磁带或磁盘文件地震记录数据。

##### 3) 输出数据

GRISYS 格式地震记录数据。

### 3. DSKOUT 模块

#### 1) 程序功能概述

将地震记录道数据组装加工，记录到用户指定的磁盘文件上。这个磁盘文件由多个记录组成，每个记录为一个 GRISYS 格式地震记录道。该模块所产生的地震记录文件，可以由 DISKIN 模块再读入 GRISYS 系统。

#### 2) 输入数据

GRISYS 格式地震记录道。

#### 3) 输出数据

经过组装加工后，地震记录道的输出介质为磁盘。

### 4. DISKIN 模块

#### 1) 程序功能概述

DISKIN 模块将磁盘文件上记录的 GRISYS 格式地震数据读入工作缓冲区，它可以按用户需要有选择地输入地震道，并控制作业的 X、Y 旗标。

#### 2) 输入数据

GRISYS 格式地震数据。

#### 3) 输出数据

GRISYS 格式地震数据。

### 5. SEG - Y 输出模块

#### 1) 程序功能概述

SGYOUT 模块组装、加工 GRISYS 格式地震道数据及其道头信息并进行道头转换，然后以 SEG - Y 格式将结果记到磁带或磁盘上。磁带数据格式为 IBM32 位浮点数格式。磁盘数据格式可以是 IBM32 位浮点格式、32 位定点格式、16 位定点格式或 IEEE 数据。本模块可以记录单卷单文件或单卷多文件磁带，但要注意 TYN 参数的使用，也可记磁盘文件。本模块可打印记带报告表，并能灵活地与操作员进行交互通信。

#### 2) 输入数据

GRISYS 格式地震数据道。

#### 3) 输出数据

经过组装加工后的 SEG - Y 格式地震记录道。

## 第二章 观测系统的定义

为了得到能够系统地追踪目的波（即与目的层对应的有效波）的地震记录，在野外观测时必须适当地安排和选择激发点各接收点的相互位置、激发条件、仪器记录参数等。我们定义的这种测线上的激发点和接收点相互位置关系叫做观测系统。定义观测系统就是利用模块或实用程序对这种关系加以描述，生成各种道头字，为后续处理做好准备。定义不正确的观测系统会带来较差的处理质量和错误的结果。在选择处理参数时，不管如何细致，只要观测系统不正确，叠加剖面的质量就会较差。因此，观测系统的定义是后续处理的基础，本章主要以 GRISYS 为例介绍观测系统的定义方法。GRISYS 处理系统主要利用以下模块完成观测系统定义。

### 一、DBAGE 模块生成观测系统数据表

#### 1. 程序功能概述

GRISYS 处理系统利用 DBAGE 模块生成地震处理中的观测系统数据表。它通过分析 6 组编码参数，确定施工中所有炮点、接收点和 CMP 点的  $X$ 、 $Y$  坐标和站号以及 CMP 覆盖次数等，分别建立站表、炮表和 CMP 表，并将这些表存入数据库中，以备其他模块（如 PLOTGE、HEDGEN 和 HLABEL 等）调用。

##### 1) 本模块共设置 6 组参数

第一组参数：定义相对坐标系与统一坐标系的关系，相对坐标系  $X$ 、 $Y$  坐标轴的单位长度和 CMP 面元在两轴方向上的长度等。

第二组参数：定义各站的  $X$ 、 $Y$  坐标。

第三组参数：定义各炮点的站号和炮点与排列图形号的对应关系。

第四组参数：定义各炮第一道的接收点位置。

第五组参数：定义炮点偏离预定位置的距离（偏离距）。

第六组参数：定义各种排列图形。

## 2) 坐标轴的定义

在野外施工中，一个勘探施工单元，如一块三维或一条二维测线，所有炮点和接收点都分布在地面的一个有限区域即施工工区内。选区域内的某一点作为坐标原点，某一方向（一般为测线处理方向）作为  $X$  轴指向，与  $X$  轴垂直的方向为  $Y$  轴指向，从而建立一个二维直角坐标系，称为相对坐标系。坐标原点在统一坐标系下的坐标值（即以直角坐标表示的大地坐标）及  $X$  轴（或  $Y$  轴）的指向，这就描述了该相对坐标系与统一坐标系的关系。 $X$ 、 $Y$  轴上的单位长度可由第一组编码参数  $M$  或  $F$ ， $SX_{sx}$ ， $SY_{sy}$  确定。这里  $M$  为米（Meter）， $F$  为英尺（Foot）。 $SX$  为  $X$  轴单位长度， $SY$  为  $Y$  轴单位长度。

例如： $M$ ， $SX50$ ， $SY100$

——表示  $X$  轴单位长度为 50m， $Y$  轴单位长度为 100m。

建立相对坐标系后，处于该坐标系中的任一炮点和接收点的位置就由它们的  $X$ 、 $Y$  坐标值确定。定义相对坐标系时，应当使所有炮点和接收点在该相对坐标系下的坐标值不会出现负值。

## 3) 站号的定义

一般情况下，炮点和接收点的位置在工区内都是规则分布的。例如炮点、接收点位于同一条测线上，炮间距和接收点间距在整个施工过程中变化是有规律的。为了简化编码，在定义炮点和接收点的位置时我们并不是直接给出它们的坐标值，而是引入站号的概念，先定义各个站的坐标位置，即给出站与  $X$ 、 $Y$  坐标的关系，再定义各个炮点、接收点所在站的站号，然后由本模块求出炮点、接收点的  $X$ 、 $Y$  坐标值。站就是坐标系中的一系列特殊位置。站的选取应使得所有接收点、炮点、CMP 点位置都能用站号表示。在本模块中，站号是当作实数处理的。这样，站号可以是一整实数（一个没有小数位数的实数），也可以是非整实数（一个具有小数位数的实数）。例如某炮点的站号为 13，则表示此炮点位于第 13 站上；站号为 13.5 表示此炮点处于第 13 站和第 14 站的正中间，即第 13.5 站上等。

注 1：由于 GRISYS 格式地震道的道头字为整数，炮点的站号乘以 4 作为整

数要填入道头字 21 中，因此在本模块中定义的各炮点的站号应为整实数，或整实数加上 0.25，加上 0.5 或加上 0.75。

注 2：野外桩号与 GRISYS 系统中的站号概念一致。测线站号从大到小变化时为反序，从小到大变化时为正序。

野外施工中，为避开障碍物，某些炮点的实际位置偏离了预定位置，处理时需要知道炮点偏离预定位置的距离（偏离距）。第 5 组编码参数就是用来定义炮点偏离距的。

#### 4) 排列图形定义

排列图形由第六组参数定义。排列上的接收点的相互关系形成排列图形。排列图形用“排列站号”定义。所谓“排列站号”是指排列中的道的序号（即排列上的道序号），不要与上述定义的炮点、接收点和 CMP 点的“实际站号”混淆。“排列站号”的间隔应与“实际站号”的间隔相同，方向应与“实际站号”的方向一致。

在确定各道的排列站号时，首先给出最小道号的排列站号，其他道的排列站号根据它们与最小道号之间的站数和排列站号的增量而确定。

例 1：R1 - R48, G1, G11

——定义排列上第 1 至 48 道的排列站号，第 1 道的排列站号为 1，排列站号增量为 1，因此第 2 道至 48 道的排列站号分别为 2, 3, ..., 48。

例 2：R1 - R60, G125, G1 - 1, R61 - R120, G62, G1 - 1

——定义第 1 道的排列站号为 125，排列站号增量为 -1，因此第 2 道至第 60 道的排列站号分别为 124, 123, ..., 66；第 61 道至 120 道的排列站号分别为 62, 61, 60, ..., 这表明在第 60 道与第 61 道之间有间隔。

在施工过程中，可能会出现多种排列方式，为了区分它们，需要给它们编号，称为排列图形号。用编码参数 Pp 表示排列图形号。

例 3：P1, R1 - R48, G1, G11

P2, R1 - R60, G125, G1 - 1

R61 - R120, G62, G1 - 1

——定义了两种排列方式，它们的排列图形号分别为 1 和 2。

#### 5) 定义各炮点的站号和排列图形号

炮点的站号与排列图形号用第三组参数确定，每一炮都具有唯一的排列图

形号。

例如:  $Ss_1 - Ss_2$ ,  $Sl_{si}$ ,  $Tt_1$ ,  $Tl_{ti}$ ,  $Pp_1$ ,  $Pl_{pi}$

——定义了炮号从  $s_1 - s_2$ , 增量为  $si$  的各炮点的站号和排列图形号。

## 6) CMP 面元定义

在三维数据处理中, 需要确定哪些炮的哪些道是属于同一共反射面元或共中心点道集, 这就需要定义 CMP 面元在  $X$  轴及  $Y$  轴方向上的长度以及观测系统内的 CMP 号和 CMP 线号。为此需要提供如下参数 (见第一组参数说明):  $CMPX_{cx}$ ,  $CMPY_{cy}$  和  $MCMP_{mc}$ ,  $MLINE_{ml}$ 。

### 2. 输入/输出数据说明

#### 1) 输入数据

用户定义的编码参数。

#### 2) 输出数据

观测系统数据表。

## 二、HLABEL 置道头字标签

### 1. 程序功能概述

(1) HLABEL 模块根据 DBAGE 模块生成的炮表、站表和 CMP 表等, 计算出对应输入各炮中每道的下列数值:

- ①炮点站号;
- ②炮点  $X$ 、 $Y$  坐标;
- ③接收点站号;
- ④接收点  $X$ 、 $Y$  坐标;
- ⑤CMP 号, LINE (CMP 线) 号;
- ⑥CMP 面元号、站号、 $X$ 、 $Y$  坐标及覆盖次数等。

(2) HLABEL 模块利用 DBAGE 模块生成的数据表中的数据, 填写或修改输入地震道的道头字。

用 (1) 中得到的数值修改以下道头字:

HD3: 当炮点的相对  $X$  坐标小于或等于接收点的相对  $X$  坐标时, 本道头字

的第一位置 1, 第二位置 0; 否则, 第一位置 0, 第二位置 1。第三位为单位标志, 若长度单位为米, 则该位置 0; 否则, 该位置 1。

HD4: CMP 号。

HD5: CMP 面元所在站号  $\times 4$ 。

HD8: CMP 覆盖次数。

HD15: CMP 间距  $\times 2$  (二维); CMP 面元在  $X$  方向上的间距  $\times 2$  (三维时)。

HD18: 接收点站号。

HD19: 炮检距在测线上的投影 =  $|\text{炮点 } X \text{ 坐标} - \text{接收点 } X \text{ 坐标}|$ 。

HD20: 实际炮检距  $[(\text{炮点 } X \text{ 坐标} - \text{接收点 } X \text{ 坐标}) \times 2 + (\text{炮点 } Y \text{ 坐标} - \text{接收点 } Y \text{ 坐标}) \times 2]^{1/2}$ 。

HD21: 炮点站号  $\times 4$ 。

HD54: 方位角 (用度数表示)。

HD57: 二维时, 为炮号或零值; 三维时, 为最接近本 CMP 面元中心的炮点的炮号。

HD61:  $X$ 、 $Y$  坐标轴单位长度。

HD62: 炮点的  $X$  坐标。

HD63: 炮点的  $Y$  坐标。

HD64: 接收点的  $X$  坐标。

HD65: 接收点的  $Y$  坐标。

HD66: CMP 点的  $X$  坐标; 三维时, CMP 面元中心点  $X$  坐标。

HD67: CMP 点的  $Y$  坐标; 三维时, CMP 面元中心点  $Y$  坐标。

HD68: 三维处理时的 CMP 线号。

HD70: 0 ~ 7 位标识统一坐标系及投影方式:

其值为 0 时, 其投影方式为未知;

其值为 1 时, 其投影方式为高斯投影坐标系;

其值为 2 时, 其投影方式为 UTM (通用墨卡托投影坐标系);

8 ~ 15 位标识 PROJZONE, 当 PROJTYPE = 1 或 2 时为统一坐标系的投影;

16 ~ 23 位标识 ORIGOFF, 即统一坐标系原点的偏移值;

当 PROJTYPE = 1 时为横坐标 (E 向) 的偏移值 (百千米);

当 PROJTYPE = 2 时为纵坐标 (N 向) 的偏移值 (百千米);

24 ~ 31 位标识 AZIMUTYP, 即方位角值的定义方式:

其值为 0 时为相对方位角, 即当前道的炮点到检波点的连线与相对坐标系第一坐标轴 ( $X$  轴) 的夹角, 从  $X$  轴开始按逆时针方向为正;

其值为 1 时为统一方位角, 即当前道的炮点到检波点的连线与统一坐标系第二坐标轴 ( $V$  轴,  $N$  方向) 的夹角, 从由  $V$  轴开始按顺时针方向为正。

HD71: 炮点的统一  $U$  坐标 \* 10 (不包括投影带号)。

HD72: 炮点的统一  $V$  坐标 \* 10 (不包括投影带号)。

HD73: 接收点的统一  $U$  坐标 \* 10 (不包括投影带号)。

HD74: 接收点的统一  $V$  坐标 \* 10 (不包括投影带号)。

HD75: CMP 面元中心点的统一  $U$  坐标 \* 10 (不包括投影带号)。

HD76: CMP 面元中心点的统一  $V$  坐标 \* 10 (不包括投影带号)。

HD81: 剩余静校正量的站号。

HD123: 三维 CMP 面元号。

HD126: 炮点至接收点中点的  $X$  坐标。

HD127: 炮点至接收点中点的  $Y$  坐标。

## 2. 输入/输出数据说明

### 1) 输入数据

GRISYS 格式地震记录道。

### 2) 输出数据

经过 HLABEL 填写或修改道头字后的 GRISYS 格式地震记录道。



## 第三章 地震数据中噪声分析方法

由于地震资料去噪处理的效果直接影响后续处理以及资料解释的精度，这就要求我们使用去噪处理方法时，在提高资料信噪比的同时，要尽可能减少对效信号的损害，保留原始记录中有效信号的原貌。因此，在去噪前，要对地震数据中的噪声进行详细的分析。

### 一、地震数据中噪声的分类

#### 1. 环境噪声

无固定的频率和固定的传播方向，在地震记录中形成杂乱无章的背景。它在地震记录中表现为频谱很宽，无一定的视速度。可分为三类。

- (1) 地面微震：如风吹草动和一些人为因素引起的无规则震动。
- (2) 仪器产生的噪声：仪器、采集站、大、小线、检波器的固有噪声。
- (3) 激发产生的不规则噪声。

#### 2. 规则噪声

有一定的主频和视速度的噪声。包括：

- (1) 面波：其特点是频率低，速度低；
- (2) 交流电：检波器受 50Hz 高压输电的静电感应产生的干扰；
- (3) 声波：呈现窄带出现，速度为 340m/s，频率较高；
- (4) 浅层折射波：同相轴为直线；
- (5) 次生干扰波。