

· 采集技术 ·

利用地震道头数据进行深海拖缆数据采集质量控制技术

全海燕*^{①②} 韦秀波^② 郭毅^② 刘原英^②

(^①中国石油大学(北京),北京 102249;^②东方地球物理公司国际勘探事业部深海业务经理部,塘沽 300280)

全海燕,韦秀波,郭毅,刘原英.利用地震道头数据进行深海拖缆数据采集质量控制技术.石油地球物理勘探,2009,44(6):651~655

摘要 在深海进行拖缆数据采集过程中,往往产生许多辅助数据和地震数据,为了确保数据的质量,必须对这些数据进行实时现场质量监控。本文以 Pioneer 三维拖缆船为例(Pioneer 三维拖缆船数据记录系统是 SERCEL 公司 SEAL 系统,船载处理系统是 ProMax),通过分析拖缆船三维地震数据采集的道头数据和对应的现场处理系统,开发了船载现场处理质量监控的功能,形成了一套有效的拖缆数据采集的船载系统质量控制技术。实践应用表明,这套质量监控方法有利于保障地震资料采集的质量和时效的提高。

关键词 拖缆数据质量控制 地震道头数据 SEG-D格式

1 引言

海上拖缆地震数据采集主要专业设备由四个部分组成:数据采集系统(数字地震记录仪)、震源系统(气枪及阵列)、水下接收系统(拖曳等浮电缆)、导航定位系统(测量仪)。为了控制野外数据采集的质量,在勘探船上还配备了船载现场处理系统。

在深海进行拖缆地震数据采集过程中,往往产生许多辅助数据和地震数据,如导航数据、枪控数据、仪器检测数据等。导航组和仪器组必须充分利用这些数据进行实时现场质量监控,确保采集资料的质量。但是程序化的工作往往会导致一些错误的产生,如不能及时发现溜缆、电缆感应、气枪漏气等问题。此外,如今使用的舰载数据处理系统还不能完全监控采集数据的质量,因此有必要对辅助数据和地震数据再次进行质量检查,确保地震数据符合要求,减少上交资料出错率。

拖缆船在数据采集过程中,记录系统把重要的辅助数据和地震数据均记录到 SEG-D 格式文件^[1]的道头中。为了有效地进行质量控制,需要读取这些道头数据,进行分析检查,因此对 SEG-D 格式文

件及船载处理系统读取道头数据的方法应有较全面的认识。本文首先对 SEG-D 格式文件和道头数据的读取方法进行简要介绍,然后通过对道头数据进行图形化显示,分析、检查野外采集是否符合技术要求。

2 SEG-D 格式

Pioneer 三维拖缆船数据记录系统是 SERCEL 公司 SEAL 系统^[2],SEAL 系统采用的记录格式是 SEG-D V1.0,并在 SEG-D 格式标准版本 V1.0 的基础上修改了部分头块内容。SEG-D 文件由头块、道头和数据块组成。其头块的结构如图 1 所示。

General Header Block 1#	General Header Block 2#	General Header Block 3#	Channel Set #1	Channel Set #16	Extended Header	External Header
32bytes	32bytes	32bytes	32bytes		32bytes	1024bytes	4096bytes

图 1 SEG-D 磁盘文件的头块结构

从图 1 可知,文件的头块由 3 个总头块(General Header Block),16 个扫描类型头块(Scan Type Header:Channel set #1~#16),1 个扩展头块(Ex-

* 天津市大港油田红旗路东方地球物理公司国际勘探事业部深海业务经理部,300280

本文于 2009 年 4 月 9 日收到,修改稿于同年 7 月 24 日收到。

tended Header)及1个外部头块(External Header)组成。导航数据和枪控数据记录在外部头块中。导航数据记录的内容包括炮号、测线名、水深、船的位置、船速等内容,共计166个字节;枪控数据则记录

了气枪震源的阵列大小、触发模式,每炮的容量、压力、沉放深度、同步误差、点火时间等参数,另外还包括每个子阵、每条枪的状态参数。道头的结构如图2所示。

Trace-header	Trace header extension block #1	Trace header extension block #2	Trace header extension block #3	Trace header extension block #4	Trace header extension block #5	Trace header extension block #6	Trace header extension block #7	Trace data
↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔
20 bytes	32 bytes	32 bytes	32 bytes	32 bytes	32 bytes	32 bytes	32 bytes	N bytes

图2 SEG-D 磁盘文件的道头结构

道头长为20个字节,是每个通道的数据前的标识符,在道头的后面定义了7个扩展道头,其中在第4个扩展道头中记录了该道检波器的电容、低切值,在第5个扩展道头中记录了漏电阻值,在第6个扩展道头中记录了灵敏度值,这些参数值是监控检波点是否正常的重要指标。

3 ProMax 道头读取介绍

Pioneer 三维拖缆船船载处理系统采用 ProMax 系统,该系统在读入 SEG-D 文件数据时可以把道头、头块的值和数据一起读入系统数据库中,但在读入导航数据、枪控数据及检波器的监测值时需要手工定义读入值的格式、增量、位置。格式包括 2I、4I、#B、4RIBM、4RTEEE、8RIEEE;增量可以按通道设置号给出;位置即读入值在头块或道头的字节位置。一个定义项包括6个字段和每项的尾部加一个“/”组成,每个字段由“,”隔开。例如 wat_dep, cable water depth, 4RIBM, 1:2:3, 32, 204/。

字段1 “wat_dep”是 ProMAX 道头的名字。它可以是由用户定义的一个新字或定义在“Header.inc”中已存在的字。该字段由1~8个字符组成。

字段2 “cable water depth”是 ProMax 道头字的描述符。如果覆盖已存在“Header.inc”中的一个当前 ProMax 道头字,该字可以是空格。该字段可以由1~32个字符组成。

字段3 “4RIBM”是 SEG-D 带头值的格式。它可以是 1I(1 字节整数), 2I(2 字节整数), 4I(4 字节整数), #B(1-9BCD 位), 4RIBM(4 字节 IBM 浮

点), 4RIEEE(4 字节 IEEE 浮点), 8RIEEE(8 字节 IEEE 浮点)。BCD 位字段按“数字”#B 输入,如 9B 是 9 个 BCD 位,9C 是 9 个字符。文件中的字符和数据必须由字符格式转换成整数格式。

字段4 “1:2:3”是通道设备使用字段。如果该字段是空,则选择所有的通道设备。它由1~32个字符组成。当该字段包含通道设备号(1:2:3)时,字节的开始位置是按道头中的通道设置号乘以字节增量(字段5)为增量而增加的。通道设置由一个“:”隔开。在本例中,通道1、2、3被选择,只有该字段定义的通道设备能被使用,不同通道设备号的道头将不加载一个有效的覆盖。

字段5 “32”是字节的增量。用该字段与字段4连在一起以决定主道头内的位置。如果一个值输入到该字段中,开始字节地址是按每个通道设备或总通道设备的字节量而增加的。如果字节是空格,增量是0。该字节可以是1~8个字符组成。

字段6 “204”是在 SEG-D 道头中取得的覆盖值的开始字节地址。该字段由1~8个字符组成。

4 拖揽采集地震道头数据质量控制技术

拖揽采集地震道头数据质量控制技术主要包括对 SEG-D 文件头块和道头信息中的炮点号、水深数据、航速、气枪压力、气枪同步、气枪实时沉放深度、检波点漏电、低切等进行监控。针对上述质量控制要点,我们结合 Pioneer 船载现场处理系统,开发和应用了以下质量控制技术。

(1)检查 SEG-D 文件头块的扩展头块和外部

头块中的炮点号一致性 扩展头块记录了仪器炮点号信息,外部头块记录的是导航和枪控系统的炮点号信息。这三个头块字的位置虽然不一样,但头块值应该是一样的。根据质量要求要确保三个头块字一致性,那么现场进行质量控制必须对三个头块中的炮点号进行检查。图 3 为外部头块信息表,其中

图 3a 为导航数据头块位置信息,从表中可以找到炮号(Shot Number)的位置以及所占的字节数;图 3b 为枪控数据道头位置信息,也可以找到炮号(Shot Point)的位置以及所占的字节数。根据 SEG-D 头块信息的头块字节数可以算出三个炮点号的位置信息,然后用现场处理系统进行检查并读取。

Header ID	aa	'§ 1'
Length	nnnn	Length of theader excluding this field and the 'Header' field
Program Revision	aaaa	'0001' or '0002' if shot time is output to microsecond accmaey (default).
Line Status	nn	01=Offline 02=Approach 03=Online 04=Runout
Shot Time:	nn	Hours
	nn	Minutes
	nn	Seconds
	.	Decimal Point
	nnnnnn	Microsecs(optional-see note 1)
	nnnn	Yaear
Time Ref	nn	Month
	nn	Day
Time Ref	aaa	'UTC'(or 'GPS' depending on RTNU reference)
Shot Number	nnnnnn	(6 characters)
Line Name	aaaaaaaaaaaaaaaa	(16 characters)
Master Latitude	nnnn. nnnnnn	In degrees
Master Longitude	nnnn. nnnnnn	In degrees
Water Depth	nnnn. n	In metres
Source Latitude	nnnn. nnnnnn	In degrees
Source Longitude	nnnn. nnnnnn	In degrees
Master Gyro	nnn. n	In degrees
Master CMG	nnn. n	Indegrees
Master Speed	nn. n	In degrees
Master Easting	eeeeeeeee. e	meters (11. 1f)
Master Northing	nnnnnnnnn. n	meters (11. 1f)
Source Delta Easting	eeee. e	meters (7. 1f)
Source Delta Northing	nnnnnn. n	meters (7. 1f)
Line Bearing	bbb. b	degrees (5. 1f)
Julian Day	ddd	

(a)

Fomat	No of Bytes	Description
AAAAAA	6	* GCS90 id shing
NNNN	4	# of bytes in block,inc CRLF
NNNNNNNNNN	8	Line Number
XX	10	Shot Point
A	2	Active Array Mask
YY/MM/DD	1	Trigger Mode ("I"=Internal,"E"=External)
: HH : MM :	8	Date
SS	9	Time
N	1	Current Sequence Number
N	1	# of Subarrays
NN	2	# of guns in array
NN	2	# of active guns
NN	2	# of delta errors in shot
NN	2	# of Auto-fires in shot
NN	2	# of Miss-fires in shot
NNN	3	Delta spread for total anay (1/10 msec)
NNNN	5	Volume Fired
Spare	14	Spare bytes
NNNN	4	Manifold Pressure
NNNN	4	Deep Tow
<i>The following sequence is repeated for the "# of Subarrays":</i>		
NNNN	4	Subarray Sitring Pressue
<i>The following sequence is repeated for ALL guns:</i>		
NN	2	Physical Port Number
A	1	Gun Mode:[A]uto,[M]anual,[S]pare,[O]fff
A	1	Detect Mode (P-Peak,Z-Zero Cross)
	1	Sequence Number
A	1	Auto-fire (Y-Yes,N-No)
A	1	Blank
NNN	3	Static Offset (1/10 msec)
NNN	3	Gun Delay (1/10 msec)
NNN	3	Fire Time (1/10 msec)
NNN	3	Delta (1/10 msec)
NNN	3	Depth (1/10 metres)

(b)

图 3 外部头块字信息表

(a)导航数据头块字位置信息;(b)枪控器数据头块字位置信息

(2)检查水深数据,确认水深数据准确记录在外部道头中 根据头块信息表可以算出水深数据起始位置为 1713 字节处,总共占 6 个字节。根据以上定义的水深头块字格式,可以读取水深数据,然后将读取的水深数据跟导航数据 P1/90 里的水深数据对比,检查两者是否一致。这样可以检查出测深仪测量数据以及记录到头块中的数值是否正确。然后可以结合地震数据显示每一炮对应的水深,并画出曲线图(图 4)。

(3)监控航速,确保船航行速度符合采集要求 船的航行速度是否达到要求直接影响到采集效率。

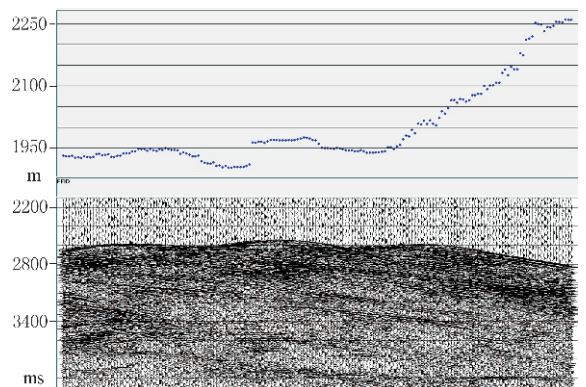


图 4 显示从道头中读取的水深曲线

过小航速会降低生产效率,同时对电缆的漂移有很大影响,严重时可能导致电缆缠绕在一起。过大的航速会增大电缆张力,对电缆造成伤害很大,同时水鸟产生的噪声增大,也影响数据的质量。一般情况下,拖缆航速应控制在 3.8~5.5kn。从图 5 可以看出,航速均在 3.85~5kn,符合采集要求。

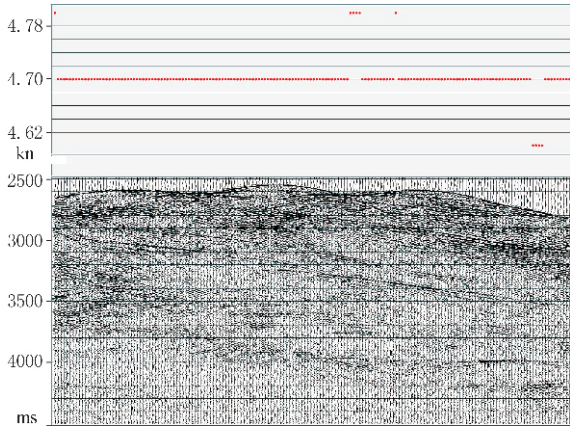


图 5 监控船的航行速度(上)与采集后剖面(下)

(4)气枪压力监控 在生产中,气枪压力的监控可以通过气枪控制器来实时监控。气枪压力包括整个阵列以及子阵列的压力,这些压力值被写进外部道头中。气枪压力值数据存放在枪控数据头块中。图 6a、图 6b 分别显示了气枪阵列和各子阵列的压力变化情况。规定的气枪压力为 2000psi,上下浮动不能超 10%,从图中显示的散点值就可以监控道头中的压力值变化情况。

(5)气枪同步误差监控 通过对气枪同步误差的监控,掌握阵列的气枪同步是否合格,确保采集的资料中气枪激发时间同步。如果发现不同步的炮点,根据质量控制技术要求,剔除该炮。如连续出现气枪同步不合格的炮数超过质量要求,则需要重新采集。整个阵列的激发同步误差一般不超过±1ms,单枪激发延时为 12ms,同步误差为±1ms。

图 7 为气枪同步误差散点图,由图可以看出,气枪同步误差都在±1ms 之内,满足要求。

(6)气枪阵列沉放深度监控 气枪阵列沉放深

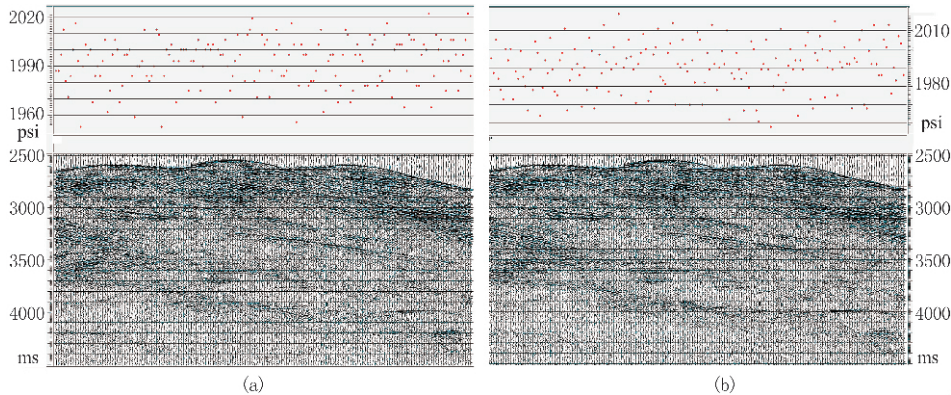


图 6 压力变化散点图(上)与采集后的剖面(下)

(a)整个阵列的压力变化;(b)子阵列的压力变化

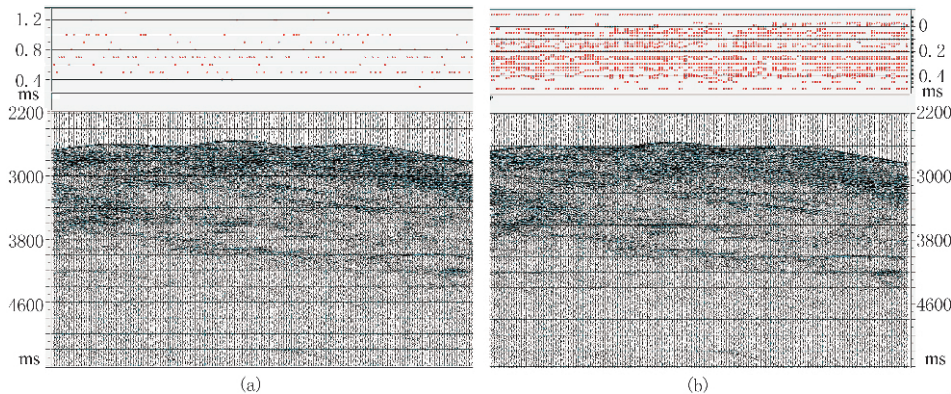


图 7 气枪同步误差散点图(上)与采集后的剖面(下)

(a)整个阵列的同步误差;(b)所有单枪同步误差

度误差一般为±1m,除了实时监控外,还必须对地震数据道头中的阵列沉放深度进行检查和监控。Pioneer 气枪阵列中总共有 6 个子阵列,每个阵列上安装有一个深度传感器。图 8 为气枪阵列实时沉放深度监控情况。

(7)电缆检波器漏电监控 对电缆检波器的漏电状况进行监控,可以准确、及时排除电缆故障,提高生产时效,确保采集质量。深海采集电缆检波器漏电现象时有发生,有时候通过采集仪器监视屏很难发现漏电现象,即使是通过现场处理常规检查地震记录也难以发现漏电。通过对地震数据道头中每一道进行漏电值提取,然后显示出来,可以直观地检查检波器漏电情况。图 9 为电缆漏电监控图,红线部分异常起跳的道为检波器漏电。

(8)检波器低切检查 低切是拖缆检波器非常重要的技术指标之一,正常检波器的低切值在 2~4.4Hz 之间,如超出这一范围则说明检波器工作状态不稳定,或认为是坏道。经过对检波器工作状

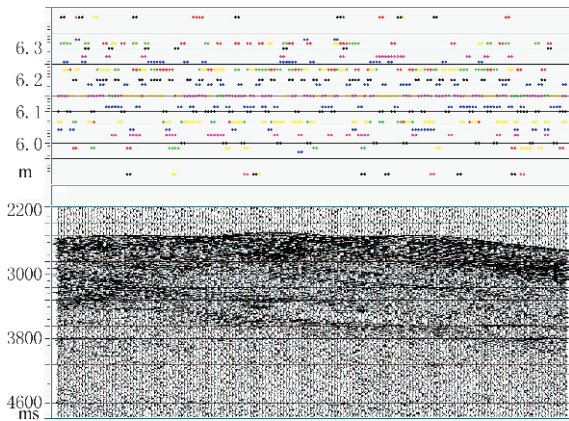


图 8 气枪阵列实时沉放深度监控情况(上)与采集后的剖面(下)

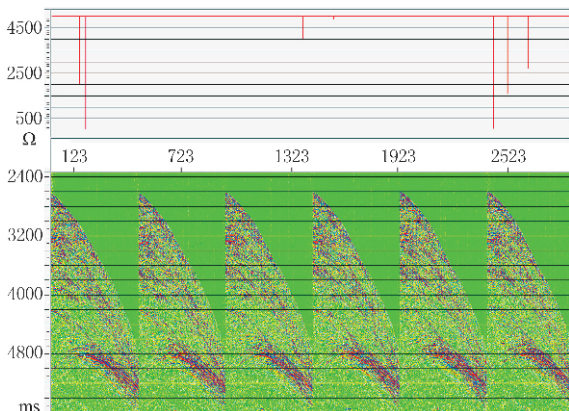


图 9 电缆漏电监控图(上)与采集单炮记录(下)

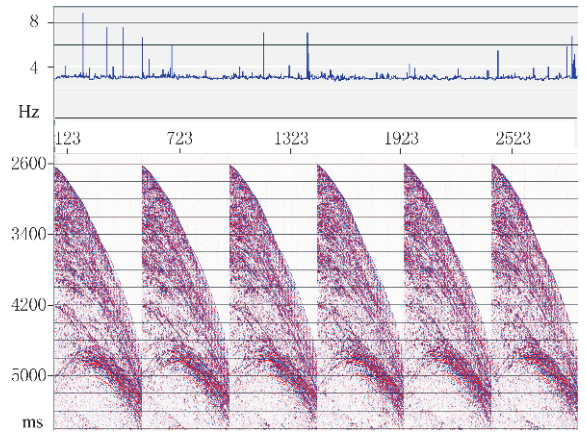


图 10 检波器滤波器工作状态监控图(上)与采集单炮记录(下)

态的监控可以确保采集质量。从图 10 可以看出,低切值大于 4.4Hz 的检波器应当及时维修或换电缆,以保证采集数据的质量。

值得注意的是,除上述质量控制内容外,在海上地震勘探中仍然有许多的质量控制点,例如航行方位、枪阵位置、气枪的压力、检波器灵敏度等,均需要逐一检查,其检查方法与上述监控方法基本相同,在此不再赘述。

5 结束语

通过开发地震道头数据进行质量监控的方法,使得东方地球物理公司的深海拖揽地震采集质量控制水平有了明显的提高。实践表明,这些质量控制方法对于保障地震资料质量和生产时效发挥了很好的作用。

SEG-D 地震数据格式有统一的标准,但具体的仪器生产厂商在道头中存放的道头位置信息完全不一样。为了做好质量控制,必须根据对应的拖缆数据采集系统有关 SEG-D 格式说明,研究有关数据存储的准确位置和方式,正确读取数据,以便有效指导野外生产。

参 考 文 献

[1] 《SEG-D 地震磁带记录格式》标准. 标准代号 SY/T 6391,1999
 [2] 《SEAL V5.1 User's Manual Vol. 2》

(本文编辑:张亚中)