

固体电缆在海洋地震勘探中的应用

刘洪江 李佳 卢玉生 田培胜

(中石化海洋石油工程有限公司上海物探分公司 上海 201208)

摘要: 海洋地震勘探经过几十年的发展, 采集技术不断更新, 海洋拖缆也由液体电缆升级为固体电缆, 其接收地震信号的数字检波器性能提升, 而且更加环保, 在涌浪噪音控制方面, 固体电缆更为出色。本文以法国 Sercel 公司生产的 SSAS 固体电缆为例, 介绍海洋拖缆的内部结构, 分析其检波器、野外数字单元、通信线圈工作原理, 为海洋地震勘探从业人员提供使用建议和维修思路。最后, 结合固体电缆在非洲某工区进行海洋地震二维勘探的应用情况, 分析 Sercel 公司新型固体电缆 SSRD 较原始的 SSAS 的性能提升情况。

关键词: 固体电缆; 检波器; 海洋地震勘探; 降噪

1 引言

常规的海洋地震勘探一般靠拖缆进行作业, 业界知名的有法国 Sercel 公司的 SEAL 系列电缆、美国 ION 公司 MSX 固体电缆以及 Geospace 公司的 Hydrosience 系列电缆等。此外, 国内的中海油田服务股份有限公司也自行研发了海上地震勘探用固体电缆, 并取得了一定成果^[1]。本文将应用 Sercel 公司的 SSAS 为例, 介绍固体电缆的具体参数及相关应用情况。

SEAL 系列 SSAS 固体电缆每个工作段长度为 150 米, 内含电源线、遥测线、96 个高精度检波器, 6 个双道野外数字单元, 通信线圈等构件, 内部填充体(浮力层)等。电缆整体采用轻质量聚氨酯材料, 外部黄色表皮则由聚氨酯弹性纤维材料组成, 因此固体电缆在满足等浮条件下, 强度也得到很大提升^{[2][3][4]}。

固体电缆因其固有设计, 不受膨胀波的影响, 固体电缆采集时不会因电缆深度的变化而使噪音明显增加, 整体表现要优于液体电缆, 且更加环保。

近年, Sercel 公司在 SSAS 基础上研制生产了直径更小重量更轻的 SSRD, 在空气中重量减轻了 14%, 这种电缆更易于野外存储和运输, 其采集性能略高于常规固体电缆 SSAS, 在海洋地震勘探行业得到了广泛应用。

2 固体电缆内部构件介绍

2.1 总体结构

SSAS 固体电缆直径为 59.5 毫米, 空气中重量为 419 千克。内部具有各种电子设备和多路遥测及电源传输线路。其应变构件由多层聚芳基酰胺纤维组成, 具有高耐热、高熔融温度、高强度特性, 保证了电缆抗拉强度, 而浮力填充体为电缆的等浮提供了条件。

2.2 检波器

一段固体电缆共有 12 个地震接收道, 每道长 12.5 米。每一道由 8 个 Sercel Flexible Hydrophone (SFH) 检波器组成, 在电缆中呈线性排列。每个检波器由 4 个安装在柔性载体上的压电组件构成, 可接收到外界压力变化, 检波器信号经过叠加, 形成接收道的记录信息。

2.2 野外数字单元

每段固体电缆含有 6 个野外数字单元 (FDU2F), 每个数字单元可处理两个连续地震记录道数据。野外数字单元通过连接电缆的数字包进行供电, 可将检波器组的模拟信号放大, 并转换为数字信号, 执行第一阶段滤波, 并通过传输对将数据中继到下一个数字包。

2.3 通信线圈

每段固体电缆内部都包含有通信线圈, 用于船上控制设备与安装在电缆上的深度调节设备及声学设备之间通信。电缆内部有 2 对单独的 AWG22 号规格通信线, 一组连接到靠近电缆头部的感应线圈, 另一组则连接到靠近电缆尾部的感应线圈。船上控制设备可以通过这些感应线圈向外部设备发送命令并从外部设备接收数据。

3 使用建议

SSAS 固体电缆采用了先进的材料及电缆设计方法, 在正常运行中具有较长的使用寿命。然而如果固体电缆的荷载拉力及存储运输条件不满足其标准要求, 就会影响其使用寿命。

3.1 电缆拉力控制

固体电缆中的承拉构件的极限抗拉强度为 278000 牛顿, 过渡端的极限抗拉强度为 115000 牛顿。正常作业时, 要求其线性拉伸载荷保持在极限拉伸强度的 20% 以下, 即 55600 牛顿。电缆回收过程中, 应控制回收速度, 原则上电缆张力不得超过 26500 牛顿。

3.2 存储及运输控制

固体拖缆的设计要求是使用弯曲直径不小于 1.4 米的绞车或绞盘进行收放及运输。不得使用较小直径的滚柱或滑轮组合达到最小弯曲直径。在储存或运输期间, 不得暴露在低于 -40 °C 或高于 60 °C 的温度下。

4 野外施工实例分析

2019 年 10 月, 发现 2 号轮在非洲某工区进行二维地震数据采集, 工作电缆总长度 10200 米。

采集参数如下: 816 道接收、道间距 12.5 米、采样率 2 毫秒、记录长度 18 秒, 拖缆沉放深度 15 米、气枪容量 5340 立方英寸、气枪沉放深度 10 米、最小偏移距 102 米。

电缆排列同时使用了 Sercel 公司的 SSAS 和 SSRD 两种型号的电缆, 采集时, 紊流及声学背景噪音虽然存在, 但强度不大。相比 SSAS, SSRD 固体电缆所获得的地震资料信噪比更高, 在噪音控制方面更胜一筹。

5 结语

本文从固体电缆的内部结构开始介绍, 然后进行野外采集实例分析, 固体电缆 SSRD 采集资料的性能略高于常规固体电缆 SSAS, 前者在噪音控制方面比较更为出色。此外, 在使用固体电缆过程中应按照说明书要求保持其工作在正常状态, 收缆时保持合适的拉力, 回收电缆时在通信线圈卡环位置等关键部位应加装保护套, 可延长固体电缆的使用寿命。

参考文献:

- [1] 王子秋, 唐进. 海上勘探固体拖缆技术的研究与应用[J]. 物探装备, 2012, 22(1): 1~5
- [2] 法国 Sercel 公司. Seal428 User' S Manual V1.0.[M]. 法国: Sercel, 2011.
- [3] 法国 Sercel 公司. Seal428 Installation Manual V1.0.[M]. 法国: Sercel, 2011.
- [4] 法国 Sercel 公司. Seal428 Technical Manual V1.0.[M]. 法国: Sercel, 2011.
- [5] 於国平. 海洋拖缆水下设备的扩展显示研究与应用[C]. 中国石油学会物探专业委员会. 中国石油学会 2017 年物探技术研讨会论文集. 中国石油学会物探专业委员会: 石油地球物理勘探编辑部, 2017: 1190-1193.