

液控防喷器声呐应急控制系统在南海深水的实践应用分析

李毅

(中海油田服务股份有限公司钻井事业部湛江作业公司 广东 湛江 524057)

摘要:随着我国在南海深水的石油勘探开发不断发展,对井控装备能力提出了更高的要求。液控防喷器系统在井控中起着极其关键的作用,声呐应急控制系统又是液控防喷器中很关键的功能系统。因此,研究液控防喷器声呐应急控制系统在南海深水海域的实践应用和风险控制极其重要,本文简要介绍声呐控制系统的工作原理和重要性,与防喷器其他应急系统进行优劣对比,对声呐控制系统失效原因进行分析,对于声呐控制系统在南海深水井控的应用具有一定指导意义。

关键词: 深水; 声呐; 防喷器; 应急控制系统; 井控

0 引言

石油在我国是一种十分重要的能源,是现代交通运输和军工设备的主要动力能源,而且还能作为化学加工原材料,如化肥、杀虫剂、润滑油和塑料等产品的原材料,对于我国工业生产具有极其重要的作用。南海深水作业海域环境复杂,深水作业难度大,液控防喷器作为深水井控关键设备,其应急控制系统功能的可靠性对于保证深水钻井作业安全进行非常重要,因此,研究液控防喷器声呐应急控制系统在南海深水海域的实践应用和风险控制意义重大。

1 声呐应急控制系统的工作原理

声呐应急控制系统是液控防喷器应急控制系统中极其重要的一部分。声呐应急控制系统是利用声波在水下的传播特性^[1],通过电声转换和信息处理,实现远程遥控防喷器的应急控制功能的一系列设备(图1)。声呐应急控制系统是由地面设备和水下设备组成,地面设备包括远程遥控面板、电缆绞盘、地面发射器等,水下设备包括水听器、水下控制单元和声呐控制盒等。

首先人员操作远程遥控面板发出指令,通过电缆绞盘传输到地面发射器。把地面发射器置入水中,发射器将电信号转换成声波信号,水听器安装在液控防喷器的声呐臂上,能够接收到地面发射器发出的声波信号,水听器将声波信号转换成电信号,然后经过水下控制单元的信息处理,将电信号指令传输到声呐控制盒的电磁阀箱内,电磁阀一动作,声呐控制盒内 SPM 阀也会随之动作,从而实现声呐控制盒控制液控防喷

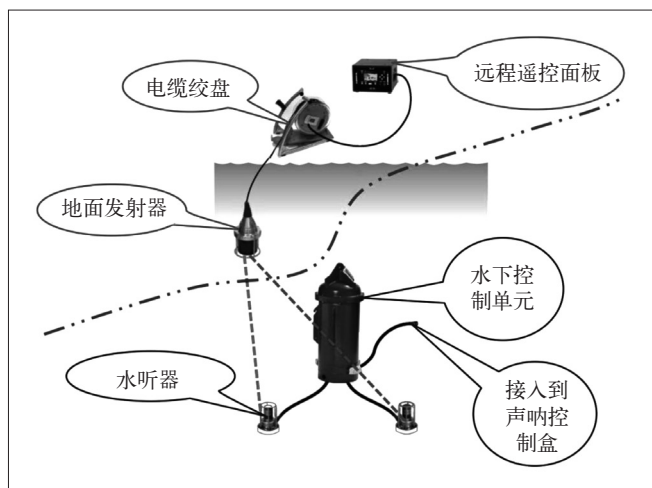


图 1 声呐应急控制系统主要设备

器的应急功能的动作。

2 液控防喷器声呐应急控制系统在南海深水钻井作业中的重要性

2.1 声呐应急控制系统一般可以操控的几个功能

声呐应急控制系统控制面板功能如图 2 所示:

- (1) 钻杆剪切闸板的关闭 (UPPER SHEAR RAM CLOSE)；
- (2) 套管剪切闸板的关闭 (LOWER SHEAR RAM CLOSE)；
- (3) 钻杆上闸板的关闭 (UPPER PIPE RAM CLOSE)；
- (4) 钻杆中闸板的关闭 (MIDDLE PIPE RAM CLOSE)；
- (5) 隔水管连接器一开和二开同时解锁，蓝黄盒插

入头回收 (RISER CONNECTOR PRI&SEC UNLOCK) ;

(6) 声呐系统的激活 (ACOUSTIC SYSTEM ARM) ;

(7) 声呐系统的不激活 / 复位 (ACOUSTIC SYSTEM DISARM) ;

在井控应急情况下, 可以通过操作以上几个功能来实现液控防喷器对井口压力的控制, 为后续的压井作

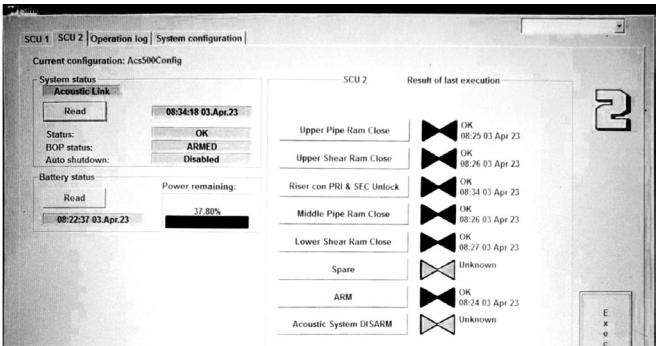


图 2 声呐应急控制系统控制面板功能

业创造有利条件。

2.2 声呐应急控制系统延时关闭钻杆剪切闸板

此设计主要是基于其考虑在南海深水作业时, 隔水管连接器需要在很短的时间点解锁, 钻杆剪切闸板在用于封井需要避开井内钻具, 利用声呐应急控制系统的水下控制单元电控可延时特点, 预留钻具起出时间后关闭钻杆剪切。

EDS 应急解脱系统、Auto Shear 自动剪切应急系统或者 Deadman 应急系统触发后, 液控防喷器会使用高压剪切储能瓶内压力去关闭套管剪切闸板, 套管剪切闸板关闭的时候会传递液压信号 S2 (图 3)。该压力信号会激活系统中的 ASHD 功能, 系统开始进行 3min 的计时后执行关闭钻杆剪切闸板功能。一旦声呐应急控制系统失效或者声呐应急控制系统 ASHD 功能未激活, EDS 应急解脱系统、Auto Shear 自动剪切应急系统或者

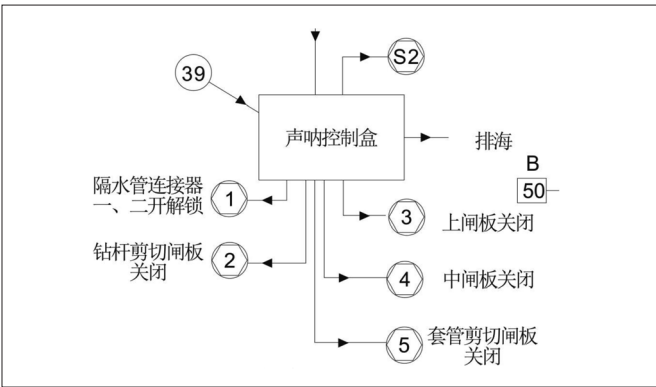


图 3 声呐应急控制系统液压原理图

Deadman 应急系统都无法通过关闭钻杆剪切闸板来实现封井, 如果声呐系统失效, 则会导致井喷等井控情况下关井失败, 从而导致严重的人员、平台以及环境的重大灾难, 所以声呐应急控制系统的功能完好是保证液控防喷器在井控应急情况下发挥作用的关键。

3 声呐应急控制系统与防喷器其他应急控制系统区别

液控防喷器除了声呐控制系统以外, 一般还配置有 EDS 应急解脱系统, Auto Shear 自动剪切应急系统, Deadman 应急系统和 ROV 应急控制系统^[2]。通过声呐应急控制与其他应急控制系统的对比分析中, 可以得知以下情况。

3.1 EDS 应急解脱系统

EDS 应急解脱系统是指平台因失去动力、DP 系统失控、恶劣天气等原因而导致平台位置失控, 当漂移距离超出一定的范围, 平台失位达到一定的极限 (图 4), 已经威胁到防喷器系统以及平台上人员的安全时, 平台将启动应急解脱程序, 保障平台人员的安全。声呐应急控制系统无法启动应急解脱程序, 故当平台位置失控时应该优先启动 EDS 应急解脱系统。

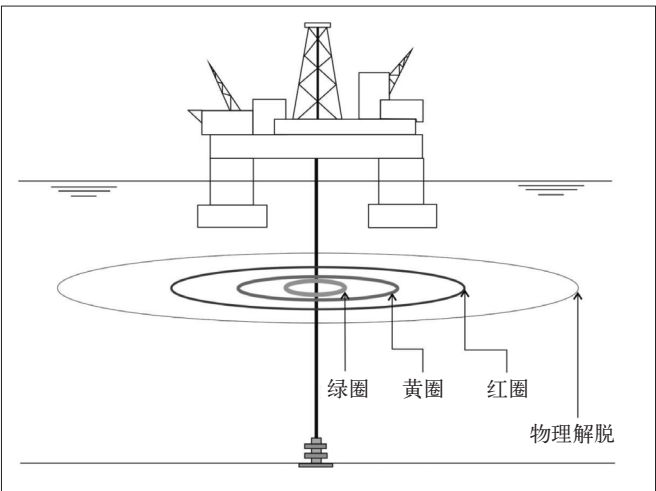


图 4 EDS 应急解脱系统平台失位情况

EDS 应急解脱系统一旦操作, LMRP 和 BOP STACK 分离后, 无法继续操作 BOP 控制系统应急功能。声呐应急控制系统在分离后依旧可以实现某些应急功能的操作。当应急解脱程序失效时, 仍然可以通过声呐应急控制系统来对隔水管连接器一开、二开解锁功能和蓝黄盒插入头回收功能的实现。

3.2 Auto Shear 自动剪切应急系统

在司钻房、队长办公室操控面板或者控制室本地

操控面板，把 Auto Shear 切换到“Armed”模式的情况下，如果 LMRP 意外脱离或者启动 ADS 自动解脱系统、EDS 应急解脱程序，导致 LMRP 和 BOP STACK 在物理上分离的话，此时会触发 Trigger Valve 触发杆会向上顶起来，液压信号会传导到 SPM 阀上，一旦 SPM 阀激活，防喷器水下高压剪切储能瓶的液压（5000PSI）会到达套管剪切闸板的关位腔室，然后关闭套管剪切闸板^[3]（图 5）。

与声呐应急控制系统相比，Auto Shear 自动剪切应急系统只要满足 LMRP 和 BOP STACK 在物理上分离的条件，即使无人操作 BOP 控制系统，也能实现关闭套管剪切闸板，剪断井内的钻具，实现封井操作。同时，Auto Shear 自动剪切应急系统无法单独操作某个应急功能，而且一旦条件无法满足，无法实现其应急功能，存在一定的局限性。

3.3 Deadman 应急系统

Deadman 应急系统是指在防喷器黄蓝控制盒同时失去主液压和 Deadman 信号压力的情况下，自动实现关井的系统。Deadman Supply 打到 sign on 的位置，27 号阀压力来源于 7# 地面信号管和 LMRP 主供液管，只有

两个压力同时失去才会激活，且 Auto shear 不激活时不会有任何动作（图 6）。

与声呐应急控制系统相比，Deadman 应急系统也是只要满足特点条件（同时失去主液压和 Deadman 信号压力），即使无人操作 BOP 控制系统，也能自动实现关井的应急系统。Deadman 应急系统也存在不够灵活的缺点，无法单独操作某个应急功能。声呐控制系统可以操作液控防喷器多个功能，并且可以独立操作。

3.4 ROV 应急控制系统

液控防喷器在 LMRP 和 BOP STACK 上均有 ROV 操作面板，可以通过水下机器人 ROV 来控制防喷器的应急功能的动作。LMRP 上的 ROV 操作面板功能主要有黄蓝控制盒插入头回收、隔水管连接器注入乙二醇、隔水管连接器一开和二开同时解锁、ADS 系统复位、ADS Supply 储能瓶压力显示、ADS Trigger Supply 供液压力显示、ADS Supply 供液隔离阀、ADS Trigger Supply 供液隔离阀。

BOP STACK 上的 ROV 操作面板功能主要有关闭钻杆剪切闸板、关闭套管剪切闸板、关闭钻杆上闸板、关闭钻杆中闸板、导向桩伸出、导向桩收回、3K ROV

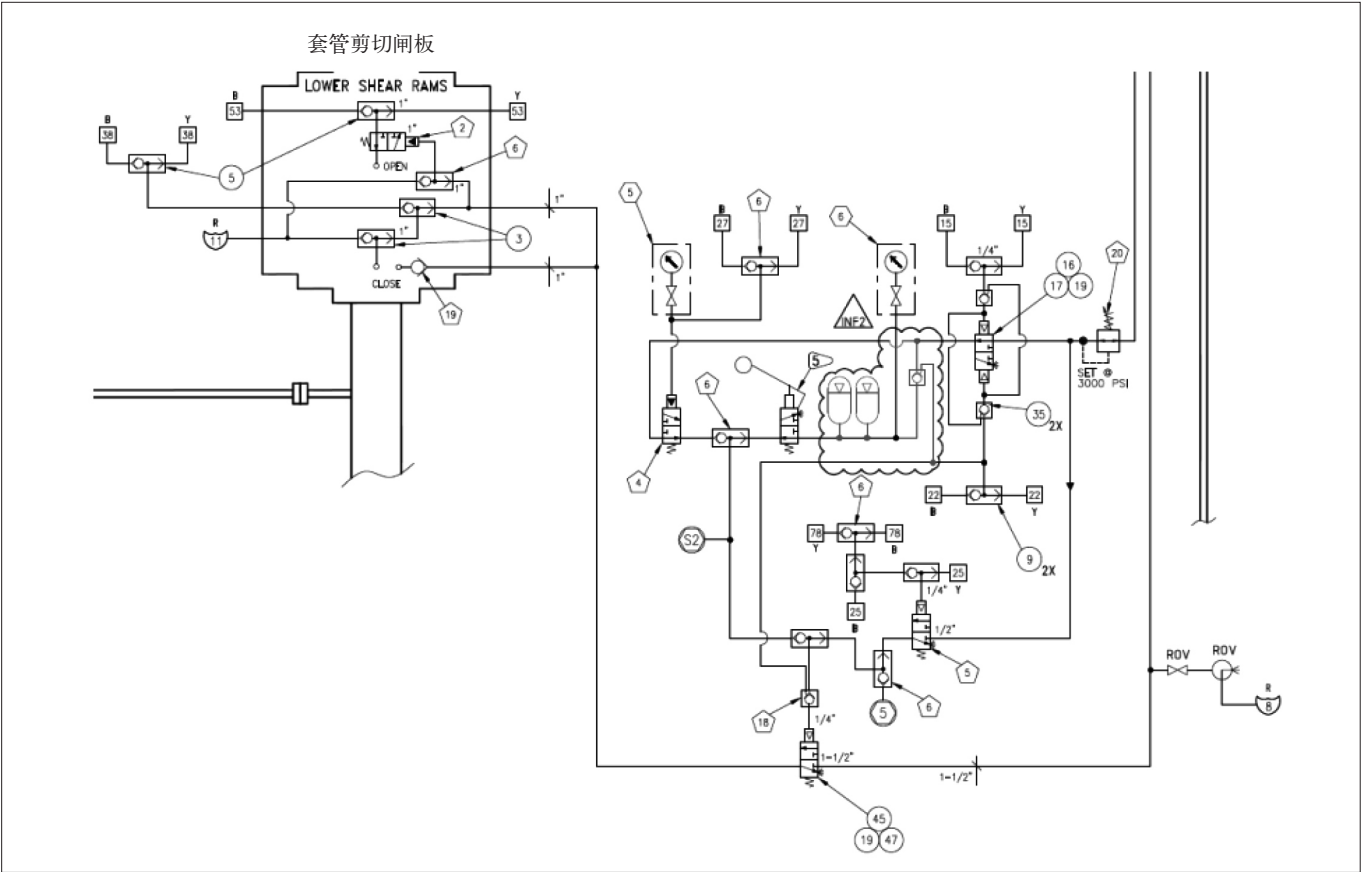


图 5 Auto Shear 自动剪切应急系统液压原理图

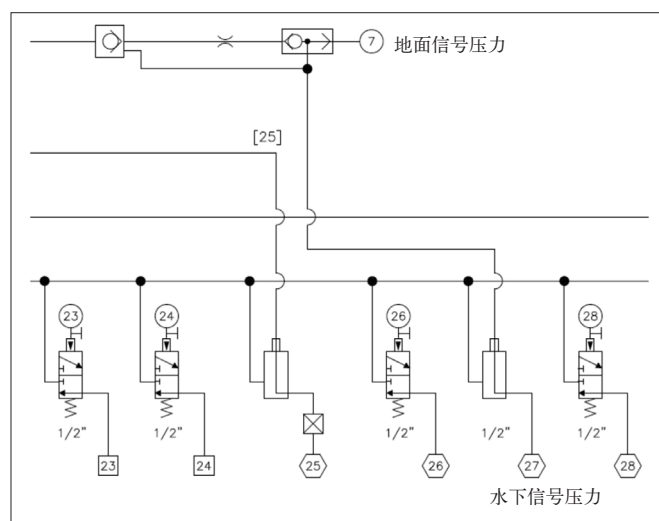


图 6 Deadman 应急系统液压原理图

Supply 供液、5K ROV Supply 供液、井口连接器注入乙二醇、井口连接器一开和二开同时解锁、声呐储能瓶压力显示、高压剪切储能瓶压力显示、Deadman Supply 压力显示、Auto Shear 激活压力显示、声呐储能瓶泄压阀、高压剪切储能瓶泄压阀、3K ROV Supply 隔离阀 2 个和 5K ROV Supply 隔离阀 2 个等。

所以，可以知道 ROV 应急控制系统功能非常多，比声呐应急控制系统还要多不少，可以根据不同的应急情况选择操作合适的应急功能。但是，ROV 应急控制系统有个比较大的缺点，需要 ROV 水下机器人到达水底液控防喷器处才能进行操作，ROV 水下机器人从入水到水底需要花费很长的时间，无法满足时间窗口短的应急操作。相反，声呐应急控制系统通过声波传输信号，只需要短短几秒钟就能实现应急功能的操作。

4 声呐应急控制系统在南海深水作业时安全风险

声呐应急控制系统在南海作业时，一旦失效，将会给深水井控带来极大的风险和灾难。可以从以下几个方面分析声呐应急控制系统失效的原因：

- (1) 地面发射器与水听器之间的夹角超过 30° ；
- (2) 水下控制单元的电池容量低，无法正常处理接收到的声波信号；
- (3) 防喷器声呐臂未伸出，水听器与地面发射器之间存在障碍物，阻挡声波信号的传输；
- (4) 声呐信号储能瓶压力低，信号管线压力不足以推动 SPM 阀换向，声呐应急控制系统的功能无法激活；

(5) 声呐储能瓶压力低，关闭防喷器套管剪切闸板需要至少 150L 的流量，如果压力过低，流量不足，套管剪切闸板将无法完全关闭，声呐应急功能失效；

(6) 水下控制单元密封失效而导致海水进入控制单元内部，电气元件短路造成控制单元（如压力开关）损坏，声呐控制系统完全失去工作能力；

(7) 地面发射器或者水听器损坏，声波信号无法传输到水下控制单元；

(8) 声呐应急控制系统液压管路泄漏，压力无法传递到功能腔室，导致其应急功能无法实现；

(9) 声呐应急控制系统控制液未添加防冻液，南海深水处水温过低导致液压管路结冰，从而使应急功能失效。

5 结语

综上所述，随着我国海洋石油行业的快速发展，不断加大对南海深水海域的石油勘探开发。通过对液控防喷器声呐应急控制系统的研究分析，熟悉了液控防喷器声呐应急控制系统的工作原理，防喷器不同应急系统的优劣分析以及在南海深水海域的实践应用风险分析。对于将来在南海深水钻井作业有很强的指导作用。因此，研究深水防喷器在复杂环境海域的应用及风险控制意义重大。石油能源是我国最重要的能源之一，是国家生存和发展不可或缺的战略资源，海洋钻井技术的发展，是保证我国能源供给安全，提高石油产量的最重要手段，最重要的是海洋石油工程钻井技术的发展。在整个海洋石油开采过程中，防喷器是保证石油开采的工作效率和井控安全的重要设备，声呐应急控制系统是液控防喷器关键应急系统，因此要加大对防喷器声呐应急控制系统的研究。

参考文献：

- [1] 吴国辉，许宏奇，陈艳东，等．国内外深水防喷器控制系统的发展 [J]．石油矿场机械，2015，44 (09) :1-4.
- [2] 苏山林．防喷器控制系统发展趋势的探讨 [J]．胜利油田职工大学学报，2005 (03) :45-46.
- [3] Shaffer® Blowout Preventer Stack User's Manual [M]．National Oilwell Varco, 2011:204-215.

作者简介：李毅（1982.12-），男，汉族，四川成都人，本科，工程师，研究方向：海洋钻井、深水钻井。