导管架平台隔水导管承载计算方法研究

张小丹[1]　李毅[2]　黄聪聪[1]　王琳[3]
（1 中海油田服务股份有限公司　天津　300459；2 中国海洋石油集团有限公司　北京　100010；
3 宝鸡石油机械有限责任公司　陕西　宝鸡　721002）

摘要：液压修井机由于其自身结构特点，作业过程中液压修井机的自重和井下重量需由隔水导管承担，隔水导管的承载力对于作业安全实施具有重要意义。本文提出了隔水导管承载力计算模型，并以渤海某油田某井为例，分析确定校核方法，建立校核模型，为后续作业提供科学依据和指导，保证海上修井、弃井作业的安全。

关键词：液压修井机；隔水导管；承载力；模型

0　引言

液压修井机主要由举升系统、动力系统、控制系统、循环系统、桅杆绞车系统等组成，其特点是举升系统和桅杆绞车等主体结构部件与防喷器组直接相连，整体重量和井下钻具重量由防喷器组传递至套管头上[1-3]。陆地井场套管头通常位于地面位置[4]，套管头承载的力量可全部由地面承担，导管架平台套管头座于隔水导管上，套管头承载的力量需由隔水导管承担。在平台设计建造之初对隔水导管进行入泥深度和承载力计算[5]，但由于未考虑液压修井机作业所需的额外载荷，盲目作业可能造成事故发生。在液压修井机作业时应根据具体数据对隔水导管承载能力进行计算，校核是否满足作业。

选取渤海某平台的一口井，采用适用于海洋平台结构的有限元分析软件 SACS 进行建模校核。通过输入工作载荷、环境载荷、腐蚀条件、海生物载荷、平台参数和井身参数等已知参数，对隔水导管在极限作业工况和极限天气工况两种工况下的结构强度和稳定性进行校核。

1　设计计算方法

由于隔水导管的轴向长度远大于其径向尺寸，故在设计计算时将其简化为一根空心杆件。对隔水导管进行受力分析易知，其为承受弯矩的轴心受压构件，需要分别对其承载极限下的强度和正常使用情况下的结构刚度进行校核。根据《美国建筑钢结构设计规范》ANSI/AISC 360-10 中的要求，对该类构件有如下校核方法。

承受弯矩和轴向压力共同作用的双轴对称和单轴对称截面构件，绕截面几何轴（X 轴和 / 或 Y 轴）受弯，当 $0.1 \leqslant (I_{yc}/I_y) \leqslant 0.9$ 时，应满足下式的相关规定，其中，I_{yc} 为受压翼缘绕 Y 轴的惯性矩[6]。

当 $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$ 时：

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leqslant 1.0 \quad (1)$$

当 $\frac{P_r}{P_c} \geqslant 0.2$ 时：

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leqslant 1.0 \quad (2)$$

式中：P_r －采用 ASD 荷载组合的轴向承载力要求（N）；
P_c －轴向抗压承载力容许值（N）；
M_r －采用 ASD 荷载组合的抗弯承载力要求（Nmm）；
M_c －抗弯承载力容许值（Nmm）；
x －绕强轴弯曲的角标符号；
y －绕弱轴弯曲的角标符号。

2　结构建模

2.1　坐标系

隔水导管三维结构模型采用笛卡儿坐标系遵守右手定则，规定如下：

坐标原点——井口中心与海平面的交点；
+X——隔水导管横截面向前；
+Y——隔水导管横截面侧向（左边）；
+Z——竖直向上。
计算简图如图 1 所示。

2.2　结构建模

依据该隔水导管主承载结构的结构特点，以梁单元为主，在 SACS 软件前处理中建立其有限元模型。对于主体结构，在建模时通过建立线单元形成结构的线框，然后按照图纸赋予对应截面，每根构件视情况划分为一

17-31 机械制造与智能化 22年11月中 第32期.indd 26　2022/12/5 17:19:16

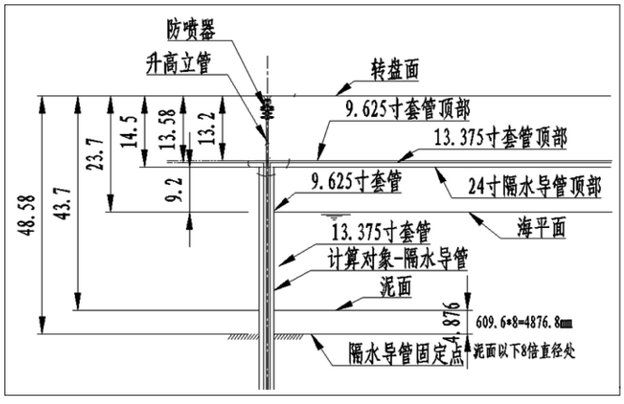

图 1　计算简图

个或多个单元。对于在套管上安装着的附件，则通过建立质量点来实现。

建模时，对构件指定计算长度（或长度系数）。构件的计算长度（或长度系数）取值时，主要根据构件的侧向支撑情况，取构件的支撑节点间的距离（或对应的长度系数）。

2.3　边界条件

套管存在水平扶正装置的位置包括：上甲板（24m）、下甲板（17m）、EL ＋ 5.6m、EL － 2.5m、EL － 16m 位置处，设置水平向位移约束（110000），在泥面以下 5 倍直径处，采用全固定约束（111111），如图 2 所示。

3　计算结果

3.1　极限作业工况

（1）位移形变结果如图 3 所示，最大值为 0.9，满足规范校核强度要求。

（2）应力校核结果如图 4 所示，最大 UC 值为 0.322，满足规范校核强度要求。

3.2　极端天气工况

（1）位移形变结果如图 5 所示，最大值为 0.9，满足规范校核强度要求。

（2）应力校核结果如图 6 所示，最大 UC 值为 0.34，满足规范校核强度要求。

3.3　结论

从以上数据可以看出，

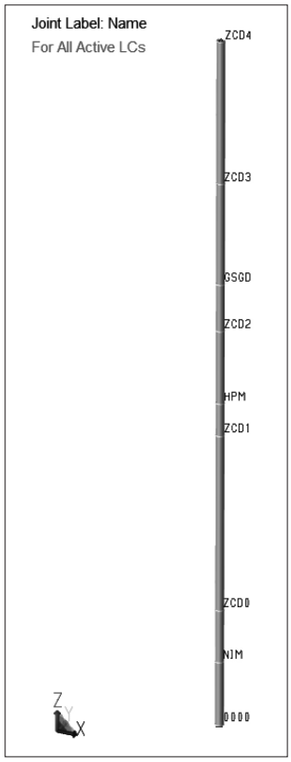

图 2　隔水导管的节点及单元编号图

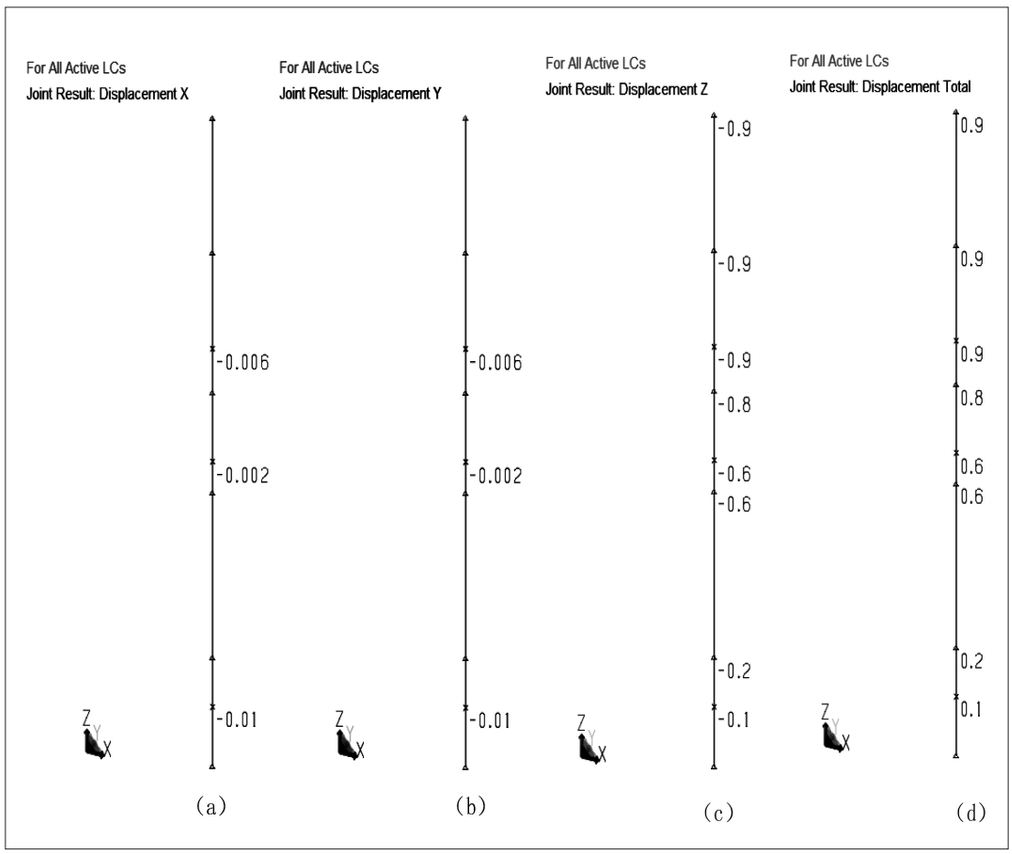

图 3　位移图 (各单向位移及综合位移)

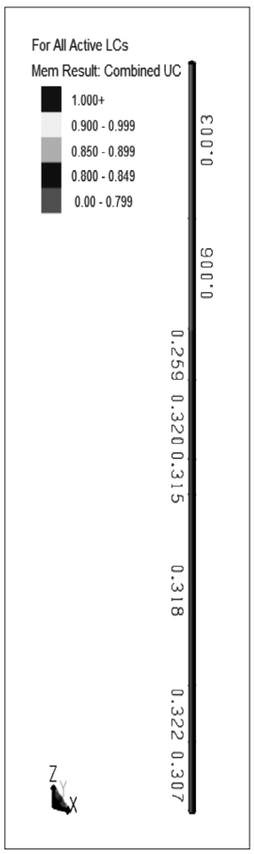

图 4　校核值

17-31 机械制造与智能化 22年 11月中 第32期.indd 27　　2022/12/5 17:19:16

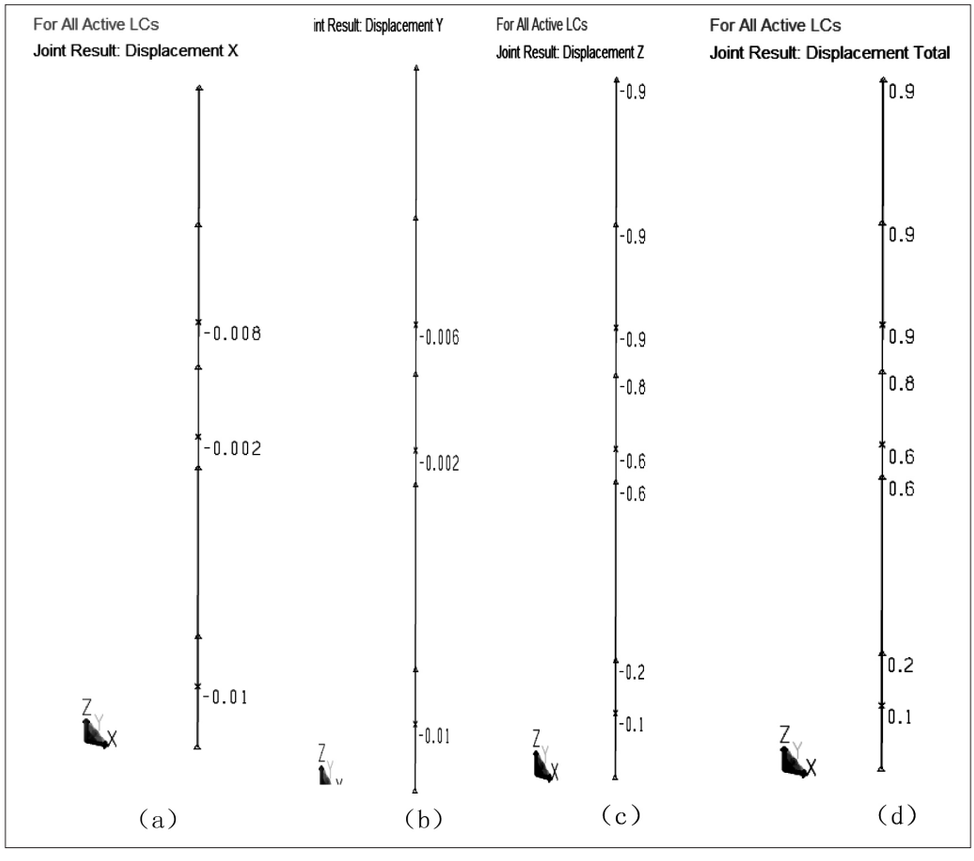

图 5　位移值（各单向位移及综合位移）

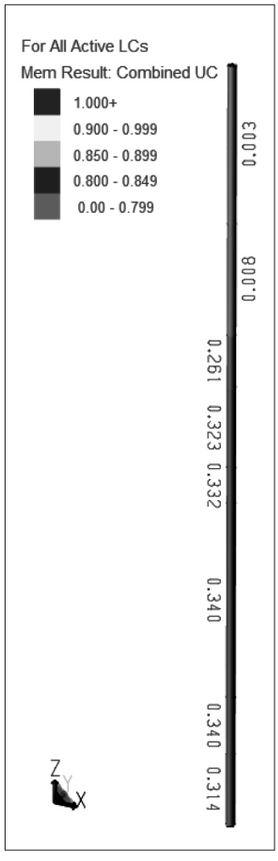

图 6　校核值

在各工况下该隔水导管的主承载构件的位移形变和强度校核值均符合规范的规定，结构强度和稳定性符合要求。

4　结语

海洋液压修井机在国内尚未开展大规模作业，与传统修井机作业存在较大的区别。开展液压修井机作业和带压作业时，应充分考虑海洋作业的特殊性，在作业之前通过专业软件和校核方法对相应结构进行校核，确保作业的安全实施。本文通过 SACS 软件建立的校核方法能够准确地反映套管的实际承载能力，符合各项规范要求，为后续液压修井机作业提供理论支撑。

参考文献：

[1] 刘勇 . 新型海洋液压修井机在埕北油田的配套研究与应用 [J]. 石化技术 ,2021,28(04):57-58.
[2] 卢云霄，李勇，范玉斌，等 . 带压作业机在海洋油气田实施的可行性分析 [J]. 石化技术 ,2019,26(12):286+288.
[3] 于大伟 . 海洋液压修井机的开发与应用 [J]. 石油机械 ,2018,46(09):53-57.
[4] 崔斌 . 带压作业修井装置的研制 [J]. 石油矿场机械 ,2007,36(01):63-66.
[5] 王爱国 .BZ28-2S 油田钻井隔水导管入泥深度计算 [J]. 中国投资 ,2013(S1):118.
[6] 美国钢结构协会 .ANSI/AISC 360-10 美国建筑钢结构设计规范 [M]. 中国钢结构协会，译 . 北京：冶金工业出版社 ,2016:102-103.

作者简介：张小丹（1983.10-），男，汉族，河北唐山人，本科，工程师，研究方向：机械工程。

17-31 机械制造与智能化 22年 11月中 第32期.indd 28　　2022/12/5 17:19:16