

渤海 JZ9 - 3WHPB 平台冰激振动测量与分析

兰志刚¹, 赵英年², 国建凤², 周振涛³,
邢健³, 白刚², 鲁红革³, 李辉辉¹

(1. 中海油能源发展股份总公司北京分公司, 北京 100027; 2. 中国海洋石油总公司, 北京 100010;
3. 中海石油有限公司天津分公司, 天津 300452)

[摘要] 为掌握 JZ9 - 3WHPB 平台的动力特性, 根据该平台结构特点设计安装了具有远程控制功能的平台冰激振动监测系统, 对振动信号实施实时监测和记录。利用短时傅里叶变换对振动信号进行分析, 研究结构振动时变特征和模态频率特征。通过比较上下甲板振动信号的相位关系以及信号的滤波处理, 分析所测得振动模态的振型特点。在对振动最大值、振动持续时间以及平台水域潮流潮位进行统计分析的基础上, 结合平台结构设计, 分析了平台的抗冰设计缺陷, 给出了防冰建议。

[关键词] 海洋平台; 渤海海冰; 冰激振动; 振动加速度; 短时傅里叶分析

[中图分类号] P71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009 - 1742(2011)05 - 0079 - 09

1 前言

由于受西伯利亚冷空气的影响, 我国渤海特别是辽东湾海区, 每年冬季都会覆盖大量的海冰, 严重时形成冰灾。海冰随潮流和海风漂移, 对该海域平台结构产生冲击, 导管架平台产生较剧烈的冰激振动^[1, 2]。特别是那些为开发渤海冰区边际油田而建造的简易平台, 由于结构简单, 海冰作用产生的冰激振动更为强烈。段忠东、欧进平等对位于渤海的 JZ20 - 2 平台的冰激振动进行了研究, 发现该平台会在海冰的作用下发生自激振动, 自激冰力模式下的振动占 26%, 受迫冰力模式下的振动占 74%^[3]。之前的研究和现场实验表明, 渤海冰区的导管架平台属于柔性抗冰结构, 不论是圆柱桩腿还是安装了破冰锥体的平台都存在海冰引起的结构共振现象^[4]。冰与直立结构作用形成交变荷载的原因解释主要有两种: 一种是多数学者认为冰的挤压破坏中形成了确定的破碎尺寸, 由此形成强迫振动^[5]; 另一种观点认为冰的挤压破坏是连续的, 结构振动

是由于冰与结构作用过程中形成了负阻尼, 并由此创建了自激振动模型^[6]。

平台的冰激振动不仅会引起导管架结构的疲劳破坏和造成平台上部管线的疲劳破坏与法兰的松动, 还会影响到平台作业人员的身心健康甚至引起恐慌。对平台的振动情况进行实时监测是监控并保障冰区平台生产安全的重要手段^[7]。利用它不仅研究海冰作用下平台的结构响应和动力特性、校核结构设计进而为冰区其他平台结构设计提供依据, 还可对平台结构和上部设施的安全进行实时评估, 为生产部门提供决策依据。

2 JZ9 - 3WHPB 平台结构及位置

JZ9 - 3WHPB 平台位于渤海辽东湾北部海域, 坐标位置为东经 121°24' ~ 121°36', 北纬 40°37' ~ 40°42', 西南距锦州 20 - 2 凝析气田约 20 km, 西北距锦西市约 53 km, 距海岸最近距离为 15 km。该海域是渤海冰情最严重的海域之一^[8], 平均冰期可达 3 个月, 海冰平均覆盖率为 75.1%, 海冰漂移速

[收稿日期] 2011 - 03 - 10

[基金项目] 海洋石油总公司科技发展项目(C/KJFJDSY 003 - 2008)

[作者简介] 兰志刚(1963—), 男, 山东青岛市人, 高级工程师, 主要从事海洋工程环境监测和海洋工程防腐工作;

E-mail: lanzhg@cnooc.com.cn

度为 40 cm/s, 漂移方向以 WSW 和 ENE 为多, 最大漂移速度可达 140 cm/s, 单层最大冰厚可达 46 cm。

JZ9-3WHPB 平台为筒型基础自安装平台, 其主要特点体现在下部基础结构——筒型基础。上部组块采用梁柱板空间框架结构, 分为 3 层, 分别是: 钻井甲板、操作甲板和登船甲板 (见图 1 和图 2)。各层的标高和面积分别是: EL+14.5 m (13.3 m × 16.6 m)、EL+10.5 m (10 m × 10 m)、EL+7.0 m (6 m × 6 m)。

平台连接结构采用一根直径为 1 626 mm 的主

立柱连接上部组块与下部基础结构, 主立柱周围设置有 4 根直径为 610 mm 的护管, 形成复合柱结构。在复合柱的水线区设有正倒锥组合体抗冰, 上锥角为 55°, 下锥角为 60°。平台设有 5 个井槽, 单筒双井隔水套管直径为 914 mm (1 根), 单简单井隔水套管直径为 508 mm (4 根), 入泥深度为 50 m。平台下部结构由一个三角形的箱形梁和 3 个吸力桩组成, 箱形梁横截面为 2 m × 2 m, 边长为 22.8 m。吸力桩高 7.5 m, 复合柱下方的大桩筒直径为 7.0 m, 其余两个小桩筒直径为 6.0 m。

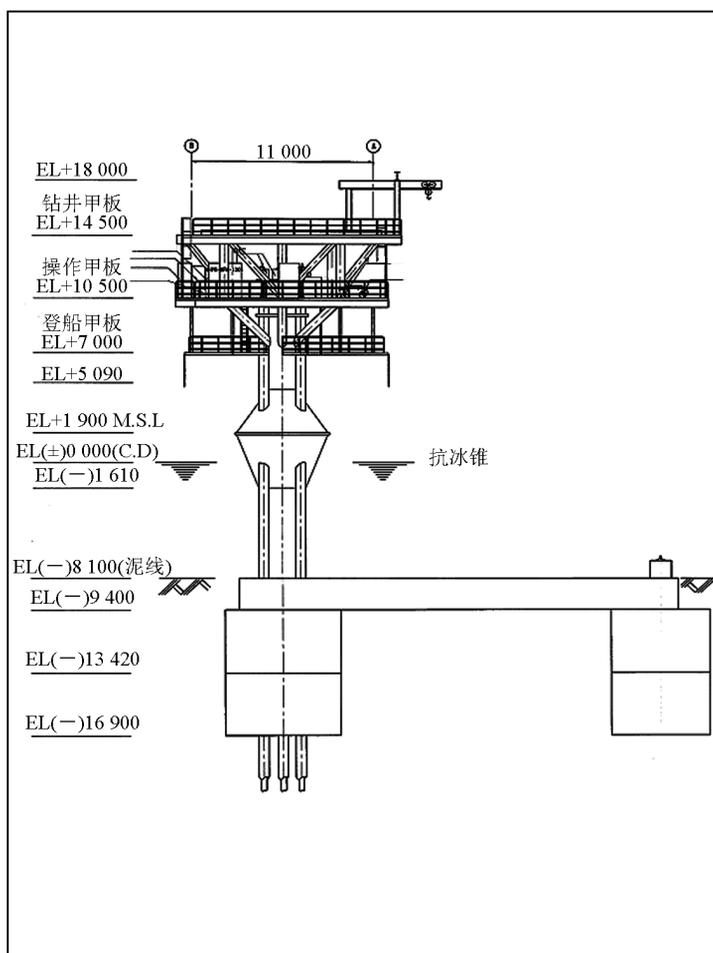


图 1 JZ9-3WHPB 平台结构图 (单位:mm)

Fig. 1 Structure of JZ9-3WHPB platform (unit:mm)



图2 JZ9-3WHPB 平台实景照片
Fig. 2 Photo of JZ9-3WHPB platform

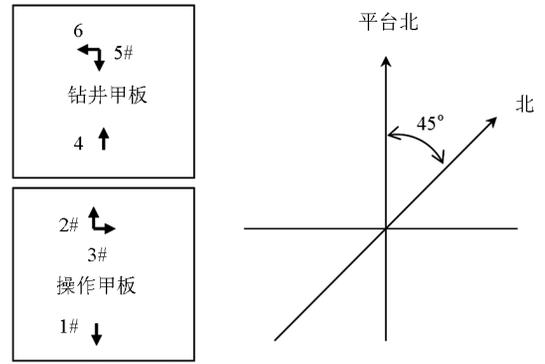


图4 振动探头安装布置图
Fig. 4 Layout of acceleration sensors

3 冰激振动监测系统

JZ9-3WHPB 平台的钻井甲板和操作甲板是该平台主要上部组块和生产设施集中的场所,是主结构的重要组成部分,也是冰激振动影响监测的重点。监测系统由6个加速度探头和1台采集系统组成,采集系统具有数据采集、储存及远程通信功能。由于该平台是无人平台,因此设计了无线网通信系统,可以将振动数据实时传送到JZ9-3主平台的主控终端计算机上进行处理和储存。终端计算机可对采集系统进行控制。系统功能框架见图3。6个加速度探头分别安装于钻井甲板(上甲板)和操作甲板(下甲板)。安装方位布置见表1和图4。

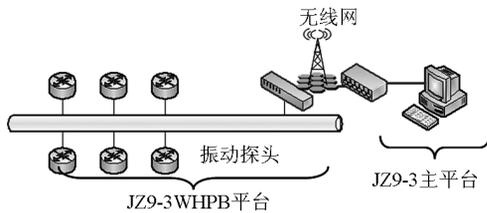


图3 冰激振动监测系统框图
Fig. 3 Chart of the ice induced vibration monitoring system

表1 振动探头安装方位

Table 1 Installation position and orientation of acceleration sensors

序号	位置	朝向
1	钻井甲板	平台北
2	钻井甲板	平台南
3	钻井甲板	平台东
4	操作甲板	平台北
5	操作甲板	平台南
6	操作甲板	平台西

探头技术指标及采样参数为:振动探头测量范

围:0 ~ 0.5 g; 振动探头频率测量范围:0.05 ~ 40 Hz; 振动探头测量灵敏度:10 000 mV/g; 振动探头测量分辨率:低于0.000 01 g(0.1 mm/s²); 采样频率:100 Hz。

4 振动数据分析

冰激结构振动的动力方程为:

$$[M]\{\ddot{y}(t)\} + [C]\{\dot{y}(t)\} + [K]\{y(t)\} = \{F(t)\}$$

$$K = [k_{ij}] = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{21} & \cdots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ k_{n1} & k_{n2} & \cdots & k_{nn} \end{bmatrix}$$

$$M = [m_{ij}] = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \cdots & m_{1n} \\ m_{21} & m_{21} & \cdots & m_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ m_{n1} & m_{n2} & \cdots & m_{nn} \end{bmatrix}$$

$$C = [c_{ij}] = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{21} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)中,[M]、[C]和[K]分别为结构的质量阵、阻尼阵和刚度阵; $y(t)$ 为结构的位移响应; $F(t)$ 为外力向量,在冰与结构相互作用问题中,外力向量即为力函数。

渤海海冰的物理性质和力学性质在空间分布上的不均匀性以及辽东湾潮流和气象条件的日变化使平台所受的冰力作用以及由此引起的平台结构响应均表现出随机时变的特征,即该过程是一个非平稳随机过程或伪平稳过程,反映了冰激振动的随机性

质^[9]。为了了解冰激振动的随机性,在对平台冰激振动进行分析时,除了振幅、相位的空间分布以及模态频率等参量外,不同振动模态发生的时刻及其持续时间也是结构响应分析时必须关注的。而传统的快速傅里叶变换(fast Fourier transform, FFT)分析无法确定某一特定频率振动发生的时刻,即无法同时在时频空间上描述振动特征。

短时傅里叶变换(short-time Fourier transform, STFT)可以很好地实现这一功能,它能将时域和频域结合起来描述观察信号的时频联合特征,构成信号的时频谱,如式(2):

$$\text{STFT}\{x(t)\} = X(\tau, \omega) = \int x(t)w(t - \tau)e^{-j\omega t} dt \quad (2)$$

式(2)中, $x(t)$ 为信号时间序列; $w(t - \tau)$ 为窗函数; τ 为时间平移量; ω 为角频率; $X(\tau, \omega)$ 为信号的短时傅里叶变换。

STFT是和FFT相关的一种数学变换关系,用来分析分段平稳信号或者近似平稳信号。它选择一个时频局部化的窗函数,假定分析窗函数 $w(t)$ 在一个短时间间隔内是平稳(伪平稳)的,移动窗函数使 $x(t)w(t - \tau)$ 在不同的有限时间宽度内是平稳信号,从而计算出各个不同时刻的功率谱。同时窗函数的设置有效避免了窗外噪声干扰,对于特征频率明显的信号段,可以有效提高频率检出精度。

系统安装调试后,在JZ9-3WHPB平台上采集到2009年12月31日至2010年3月1日共计61 d的有效振动数据。

图5和图6所示为2009年12月31日9:03:56起2号和3号探头测得的连续10 min的振动加速度时程曲线及其STFT计算结果。从计算结果看,JZ9-3WHPB平台结构发生了3种可识别的模态振动,频率分别是0.88 Hz、1.86 Hz和4.44 Hz。其中1.86 Hz和4.44 Hz振动显著。部分时段在流冰作用下甚至出现了以上两个模态频率为主的准单频振动,表明平台结构发生了明显的冰激振动,出现频率锁定现象,振动频率分别锁定在1.86 Hz和4.44 Hz两个频率上。这一现象也可以从图7和图8中时间轴局部放大的振动时程曲线上明显看出。其中4.44 Hz振动从9:08:17开始,持续大约42 s,最大振幅可达40 gal;1.86 Hz振动从9:09:36开始,持续了大约183 s,最大振幅可达70 gal。从单频振幅来看,1.86 Hz信号能量最大。

以往多项研究表明,冰激振动多发生于海冰流

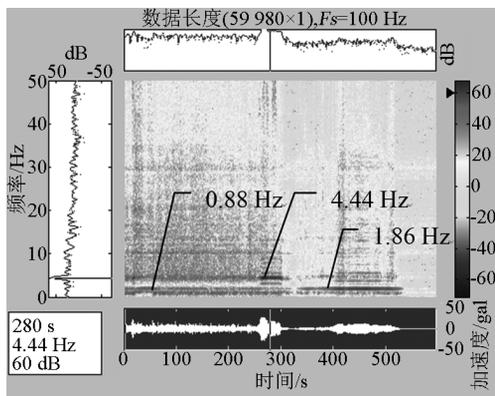


图5 2009年12月31日9:03:56 2号探头加速度值的STFT及时程曲线

Fig. 5 Time series and STFT of the acceleration measured with the sensor No. 2 at 9:03:56 on 31 Dec., 2009

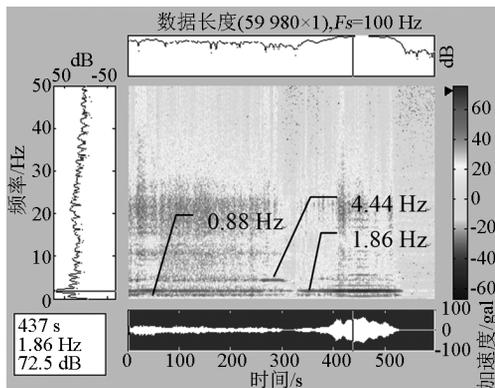


图6 2009年12月31日9:03:56 3号探头加速度值的STFT及时程曲线

Fig. 6 Time series and STFT of the acceleration measured with the sensor No. 3 at 9:03:56 on 31 Dec., 2009

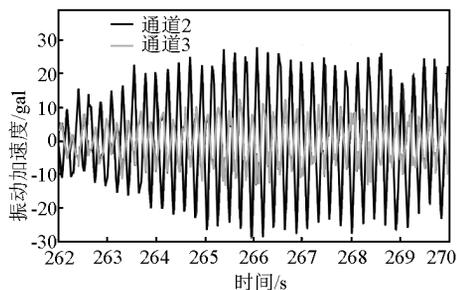


图7 4.44 Hz频率为主的振动时程曲线

Fig. 7 Time series of the acceleration with main frequency of 4.44 Hz

速较低的阶段^[8]。从图9所示JZ9-3海区2009年

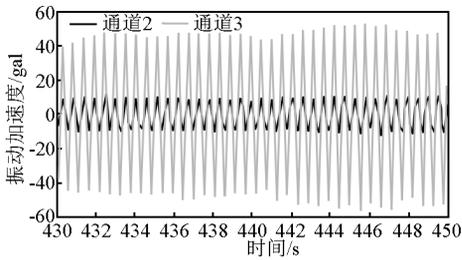


图8 1.86 Hz 频率为主的振动时程曲线

Fig.8 Time series of the acceleration with main frequency of 1.86 Hz

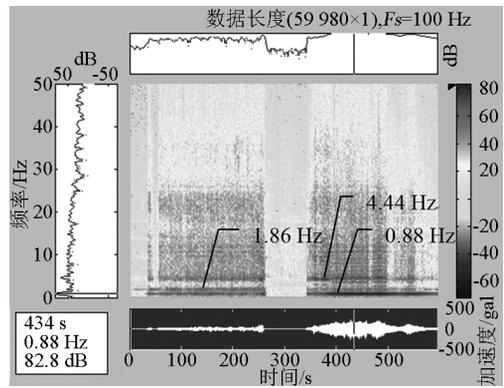


图10 2010年2月10日10:01:56 3号探头加速度值的STFT及时程曲线

Fig.10 Time series and STFT of the acceleration measured with the sensor No.3 at 10:01:56 on 10 Feb., 2010

12月31日潮汐数据来看,该次振动时段发生在落潮时段,流速40 cm/s,流向214°,水位116 cm。这表明冰速较大时,平台在流冰作用下依然可以发生自激振动。利用图7内4.44 Hz冰激振动发生时2号和3号两个相互垂直安装的振动探头的加速度比值可以计算出该模态振动的方向为152°,与潮流方向(近似可以认为是流冰方向)近似垂直。同理,利用图8数据可以求得1.86 Hz冰激振动的方向大致为236°,与流冰方向基本一致,因此流冰在1.86 Hz上激发出的振动最大。

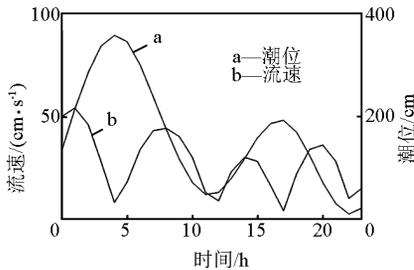


图9 2009年12月31日的潮流、潮位

Fig.9 Tidal level and current on Dec. 31, 2009

图10为2010年2月10日10:01:56起3号探头测得的连续10 min的振动加速度时程曲线及其STFT计算结果。从图中可以明显看出JZ9-3 WHPB平台结构也发生了0.88 Hz、1.86 Hz和4.44 Hz 3种不同频率的模态振动。

图11和图12是利用中心频率分别为0.88 Hz、1.86 Hz和4.44 Hz的有限长脉冲响应(finite impulse response, FIR)的带通滤波器对2号和3号探头振动信号进行滤波后得到的结果。从中可以看出0.88 Hz振动的振幅最大,最大值可达180 gal;1.86 Hz信号的最大振幅可达55 gal;4.44 Hz信号最大振幅可达150 gal,0.88 Hz振动的能量最大。

对比图13中JZ9-3海区2010年2月10日潮

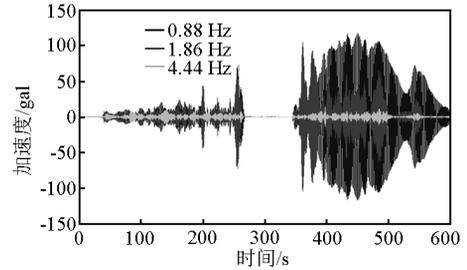


图11 2号探头3个频率振动信号经带通滤波后的时程曲线

Fig.11 Acceleration time series of the sensor No.2, filtered with bandpass filters with center frequencies of 0.88 Hz,1.86 Hz and 4.44 Hz

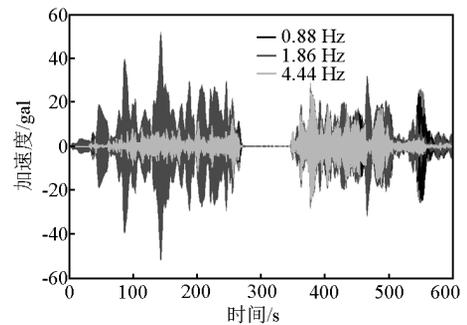


图12 3号探头3个频率振动信号经带通滤波后的时程曲线

Fig.12 Acceleration time series of the sensor No.3, filtered with bandpass filters with center frequencies of 0.88 Hz, 1.86 Hz and 4.44 Hz

汐数据可以看出,该次振动发生在低潮时,流速 4 cm/s,流向东南(128°),水位 74 cm,是典型的低冰速作用引发的自激振动。同理,利用冰激振动发生时 2 号和 3 号两个相互垂直安装的振动探头的加速度比值可以计算出 3 个频率的模态振动的方向分别为 127°、60°、148°。

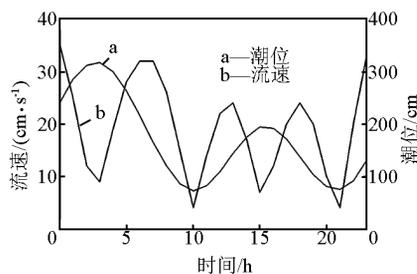


图 13 2010 年 2 月 10 日潮流和潮位

Fig. 13 Tidal level and current on 10 Feb. ,2010

对上下甲板振动信号分段进行 FFT 变换后,分别提取 0.88 Hz、1.86 Hz 和 4.44 Hz 频率信号的相位信息,用以对上下两层甲板同一模态频率信号进行相位比较。图 14 和图 15 分别是 2009 年 12 月 31 日 9:03 和 2010 年 2 月 10 日 10:01 测得的振动信号经上述方法处理后,得到的上下两层甲板 3 个模态振动的相位差。由图 14 和图 15 可以看出,发生 0.88 Hz 和 1.86 Hz 模态振动时,上下两层甲板同相振动;而对于 4.44 Hz 模态而言,上下两层甲板反相振动。图 16~图 19 是提取的上下甲板相应频率振动的部分时段时程曲线对比图,从中也可以明显地得出上述结论。

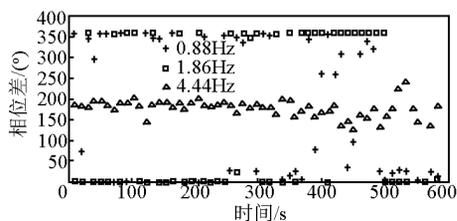


图 14 2009 年 12 月 31 日 9:03 上下甲板振动的相位比较

Fig. 14 Acceleration phase difference between upper and lower decks at 9:03 on 31 Dec. ,2009

分析共计 61 d 的振动数据,找出对平台危害较大、持续时间大于 30 s 且振幅大于 30 gal 的所有振动过程进行统计,可以看出 2010 年 1 月 13 日至 2 月 10 日是危害性振动频发期,与这一段时期较重

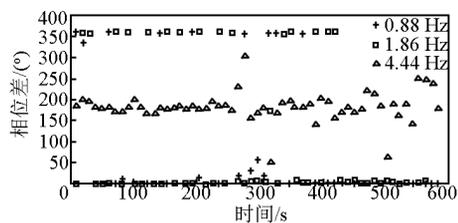


图 15 2010 年 2 月 10 日 10:01 上下甲板振动的相位比较

Fig. 15 Acceleration phase difference between upper and lower decks at 10:01 on 10 Feb. ,2010

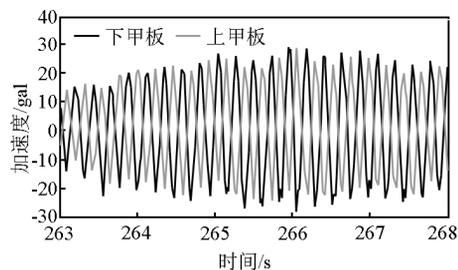


图 16 2009 年 12 月 31 日 9:03 上下甲板 4.44 Hz 振动信号相位对比

Fig. 16 Phase difference of 4.44 Hz accelerations between upper and lower decks at 9:03 on 31 Dec. ,2009

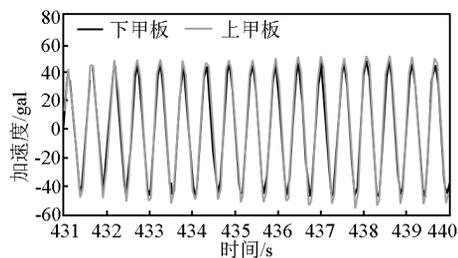


图 17 2009 年 12 月 31 日 9:03 下甲板 1.86 Hz 振动信号相位对比

Fig. 17 Phase difference of 1.86 Hz accelerations between upper and lower decks at 9:03 on 31 Dec. ,2009

冰情有直接关系(见图 20)。整个冬季,平台振动加速度有 1 d 1 次超过 150 gal,6 d 17 次超过 100 gal,33 d 538 次超过 30 gal(见图 21)。最长的一次振动过程持续了 986 s(2010 年 2 月 7 日 23:58:04),最长的日累计振动时间为 4 786 s(见图 22)。由此可以看出,JZ9-3WHPB 的冰激振动现象较为严重,对平台结构及上部设施安全造成一定的威胁,而这一

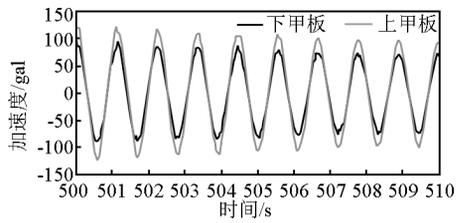


图 18 2010 年 2 月 10 日 10:01 上下甲板
0.88 Hz 振动信号相位对比

Fig. 18 Phase difference of 0.88 Hz accelerations between upper and lower decks at 10:01 on 10 Feb., 2010

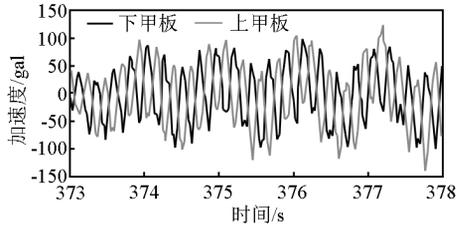


图 19 2010 年 2 月 10 日 10:01 上下甲板
4.44 Hz 振动信号相位对比

Fig. 19 Phase difference of 4.44 Hz accelerations between upper and lower decks at 10:01 on 10 Feb., 2010

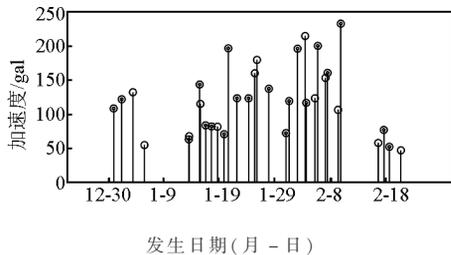


图 20 所有持续时间大于 30 s 且振幅大于
30 gal 的振动过程的最大值统计

Fig. 20 Statistics of the maximum acceleration amplitudes of the vibrations with duration longer than 30 s and the minimum amplitude of 30 gal

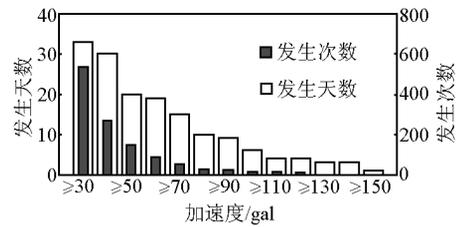


图 21 持续时间大于 30 s 的振动的
发生次数和天数统计

Fig. 21 Counts of days and times of vibrations lasting longer than 30 s

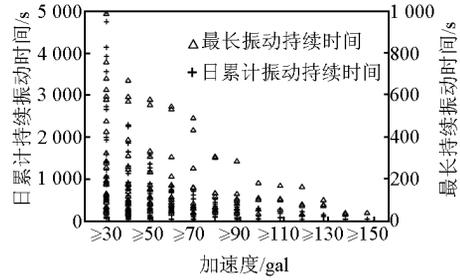


图 22 持续时间大于 30 s 振动的日累计
持续时间和最长持续时间统计

Fig. 22 Statistics of the daily maximum and sum of durations of vibrations lasting longer than 30 s



图 23 JZ9-3WHPB 平台破冰锥照片
Fig. 23 Photo of anti-ice cone on JZ9-3WHPB platform

切也与该平台结构设计特别是破冰锥处的结构设计有关。

JZ9-3WHPB 平台破冰锥中线,即上下冰锥交合面位于平均海平面(海图基准面上方 190 cm),冰锥上端和下端分别距海图深度基准面 509 cm 和 -161 cm。从设计上看,该冰锥构成了 670 cm 范围的破冰工作区间。图 23 是 JZ9-3WHPB 平台破冰锥实物照片,由于在锥体上安装了多根立管,致使原

本 6.7 m 的有效破冰工作区间缩减为原来的 1/4,导致破冰锥减振效果大大降低。

对 33 d 测得的振动加速度及其对应时刻的潮位、潮流及海冰作用位置进行统计形成表 2。从表 2 中可以看出,除一次平潮和停潮过程发生了冰激振动外,其余冰振均发生在涨潮和落潮过程中,对应的流速从 4.2 cm/s 至 51.4 cm/s 大小不等。低流速发生冰激振动时,海冰多作用于冰锥有立管的部位,

即冰锥失效区。大流速发生冰激振动时,海冰多作用于锥体。一方面说明平台抗冰能力不足,也证明了平台冰激振动是一个复杂的物理过程,不仅与冰力参数有关,而且与平台的结构有关^[10]。

表2 加速度最大值及其对应潮汐和海冰作用部位统计

Table 2 Tidal phases and the ice acting positions on the platform when the maximum acceleration occurred

加速度最大值/gal	海冰作用部位	潮汐过程	流速/cm
232.7	立管	平	4.2
160.4	立管	停	7.4
137.1	立管	落	10.5
72.2	立管	落	16.4
179.6	锥体	落	16.7
143.1	立管	落	20.8
83.3	立管	涨	21.1
196.5	立管	涨	21.4
200.2	立管	涨	21.8
196.2	立管	涨	24.0
106.3	锥体	落	25.5
70.6	立管	落	29.2
62.9	立管	涨	29.9
123.3	立管	涨	30.5
153.2	锥体	落	30.8
123.1	立管	涨	33.4
108.4	立管	落	34.3
116.3	立管	涨	38.0
121.7	立管	落	38.4
46.8	锥体	落	38.8
159.8	锥体	涨	39.2
67.4	锥体	涨	39.7
119.2	立管	涨	41.5
81.8	立管	涨	42.2
52.0	立管	落	44.0
115.0	锥体	涨	44.7
132.1	锥体	落	45.2
76.7	立管	落	46.0
54.4	锥体	落	46.0
57.7	锥体	落	49.2
214.4	锥体	落	50.3
81.5	锥体	涨	50.8
123.3	锥体	涨	51.4

5 结语

在对 JZ9 - 3WHPB 平台所处水域潮流潮位数据以及冰情实况综合分析的基础上,对该平台测得的振动加速度信号进行分析,可以得出如下结论。

1) 整个监测期间,海冰覆盖面积较大。2月1日~2月10日冰情最为严重,结构冰振也相对最为强烈。

2) 根据 JZ9 - 3WHPB 平台整个冰期(12月31日~3月1日)61 d 中每日冰振记录,持续时间超过 30 s 的振动其平台振动加速度有 1 d 超过 150 gal,6 d 超过 100 gal,持续时间超过 15 s 的振动其平台振动加速度有 2 d 超过 150 gal,12 d 超过 100 gal。对平台安全造成一定威胁。

3) JZ9 - 3WHPB 平台冰激振动具有多个模态,振型复杂。在不同的冰况激励下,激发出不同的组合模态,表现出不同的振动特征。

4) 冰速较小和较大时,平台在流冰作用下均可以发生自激振动。

5) JZ9 - 3WHPB 平台振动问题显著。由于该平台是为边际油田开发设计的简易平台,考虑到成本问题,结构比较单薄。特别是该平台冰锥部位的设计缺陷改变了冰力作用形式,进而影响了平台结构的动力特征。a. 平台结构形式的非对称性导致结构振动复杂;b. 水线(冰面)处桩腿的构造复杂,导致破冰锥减振效果下降;c. 结合振动最大值发生时刻的水位及流速分析,1/3 的大幅振动发生在冰面位于冰锥有效破冰工作区间内,说明平台抗冰设计不甚理想。

建议今后应有针对性地开展以下几方面的工作:

1) 冰区平台结构设计时,应深入开展结构抗冰研究,确保设计安全。

2) 在冰区平台构建以振动监测为主的安全生产保障系统,加强新型抗冰平台的冬季振动监测与预警,确保安全生产。

3) 关注长期振动下结构的低周疲劳问题,采取必要的减振措施,防止结构失效。同时加强对上部设备和管线的巡检维护工作,避免管线断裂以及阀门、法兰等关键设备的失效。

参考文献

- [1] 欧进萍,段忠东,王刚,等. 海冰作用下平台结构自激振动的参数分析与响应的数值计算[J]. 工程力学,2001, 18(5):8 - 18.
- [2] Yue Qianjin, Bi Xiangjun. Ice-induced jacket structure vibration in Bohai Sea [J]. Journal of Cold Regions Engineering, 2000, 14(2): 81 - 92.
- [3] Duan Zhongdong, Ou Jinping, Spencer B F, et al. Investigation of ice forces on jacket platform structures: In-situ measured data on JZ20 - 2 - 1 Platform in the Bohai Sea [C] // 15th ASCE Engineering Mechanics Conference. New York: Columbia University, June 2 - 5, 2002.

- [4] 岳前进,毕祥军,于晓,等. 锥体结构冰激振动与冰力函数[J]. 土木工程学报,2003,36(2):16-19.
- [5] Matlock H, Dawkins W P. Analytical model for ice-structure interaction [J]. J Eng Mec, 1971,97:1083-1092.
- [6] Maattanen M. Stability of self-excited ice-induced structural vibration[C]// 4th International Conference on Port and Ocean Engineering Under Arctic Conditions. Newfoundland, 1977: 684-694.
- [7] 欧进萍,肖仪清,黄虎杰,等. 海洋平台结构实时安全监测系统[J]. 海洋工程, 2001, 19(2):1-6.
- [8] 中国海洋石油总公司. 中国海冰条件及应用规定(Q/HSN 3000-2002) [S]. 2002.
- [9] 张运良,林举,王永学,等. 冰激柔性锥体振动实验研究[J]. 大连理工大学学报,2004, 44(6):877-882.
- [10] Jin D P, Hu H Y. Ice-induced non-linear vibration of an offshore platform [J]. Journal of Sound and Vibration, 1998,214(3): 431-442.

The measurement and analysis of ice induced vibration of JZ9-3WHPB oil platform in Bohai Sea

Lan Zhigang¹, Zhao Yingnian², Guo Jianfeng², Zhou Zhentao³,
Xing Jian³, Bai Gang², Lu Hongge³, Li Huihui¹

(1. CNOOC Energy Technology & Services Limited, Beijing Branch, Beijing 100027, China;

2. China National Offshore Oil Corporation, Beijing 100010, China;

3. Tianjin Co. of CNOOC, Tianjin 300452, China)

[Abstract] Based on the structure and layout of the untended JZ9-3WHPB platform, remote controllable ice induced vibration monitoring system was designed and installed on JZ9-3WHPB platform to record the vibration of the structure so as to learn its dynamic characteristics. Short time Fourier transform was employed to study the temporal variations and mode frequencies of the vibration. Vibration mode was analyzed by comparison of the phase difference between the vibrations of the upper and lower deck and applying bandpass filtering to the signal. Based on the count and analysis of the maximum amplitude and duration of the vibrations, tide and current of the water, and the structure of the platform, the defects of anti-ice induced vibration structure were analyzed, and ice resistant proposals were presented.

[Key words] offshore platform; sea ice of Bohai Sea; ice induced vibration; vibration acceleration; short time Fourier transform