

# 第五届中国海洋工程设计大赛

## The 5<sup>th</sup> China Ocean Engineering Design Competition



### 设计制作组赛题

中国海洋工程设计大赛组委会

2023年8月

## 目 录

一、赛题背景 .....	2
二、赛题说明 .....	2
2.1 参赛作品要求 .....	2
2.1.1 系泊系统优化 .....	3
2.1.2 钢悬链立管布置优化 .....	7
2.2 比赛流程 .....	8
三、比赛规则 .....	8
3.1 软件要求 .....	8
3.2 正文要求 .....	8
3.3 技术评分标准(占比 80%) .....	9
3.4 现场答辩评分标准(占比 20%) .....	9
四、大赛组委会联系方式 .....	10

## 一、赛题背景

聚酯缆系泊系统已在世界范围内得到广泛应用，目前越来越多的深水浮式结构采用此形式的系泊系统进行定位。

以半潜式生产平台为例，当进入 1500 米水深级海域，85%的平台采用张紧式系泊。聚酯系泊缆是合成纤维材料，相比钢链有着更轻、更强的系泊能力，同时也存在着蠕变、滞回等难点问题。

本届大赛旨在锻炼学生在聚酯系泊系统选型、系统设计、环境载荷、系泊参数敏感性、聚酯缆特性与计算分析方法等方面开展设计与研究。综合考虑油气田开发模式、平台总体性能以及海域环境条件限制，开展深水钢悬链线立管设计研究，对布置方案、短期波致疲劳等方面开展研究，开发更高效的布置优化设计技术，确保深水钢悬链线立管设计安全可靠。

## 二、赛题说明

### 2.1 参赛作品要求

大赛旨在培养学生深水工程领域“设计+智能优化”的思维及能力。通过开展深水系泊系统与钢悬链立管构型优化，提升优化设计，特别是智能优化的水平。

此次大赛的研究分析对象为半潜式生产平台的系泊和立管系统，要求在给定环境条件、浮式平台主尺度前提下，设计满足功能要求的系泊系统构型，并实现设计最优。可变参数包括：系泊缆组分、长度、根数，系泊半径，系缆与平台连接位置参数及锚点位置。在确定系泊系统构型后，分析最佳的钢悬链立管悬挂位置和方位，使其短期波致疲劳损伤最小。

### 2.1.1 系泊系统优化

相关参数如下：

①半潜式生产平台：作业油田水深 1400m，船体总宽 91.5m，垂直立柱宽 21m，高 59m，两立柱中心间距 70.5m，下浮体宽 21m，高 9m，长 49.5m，满载吃水 37m，干舷 22m，重心距离浮心（VCG）42m，设计吃水载重量约 10.5 万吨。半潜式生产平台的风载、流载系数如下表。

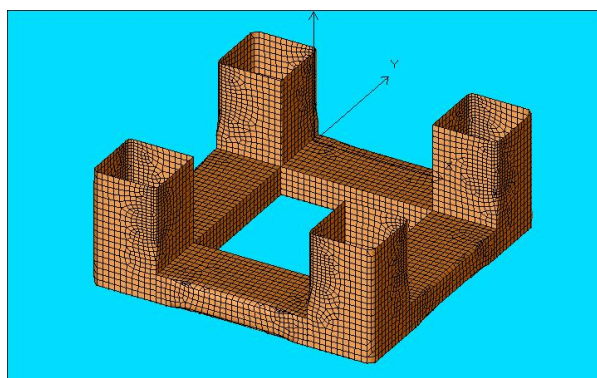


表 1 风载系数

Theta deg	CFX kN/(m/s) <sup>2</sup>	CFY kN/(m/s) <sup>2</sup>	CFZ kN/(m/s) <sup>2</sup>
-180	-2.3	-0.01	2.3
-168.75	-2.52	-0.61	2.59
-157.5	-2.83	-1.25	3.09
-124.4	-2.51	-1.06	2.72
-146.25	-2.86	-2.05	3.52
-135	-2.49	-2.58	3.59
-123.75	-1.86	-3.07	3.58
-87	-1.74	-2.74	3.25
-112.5	-1.19	-3.3	3.51
-54.69	-1.13	-2.96	3.17
-101.25	-0.53	-3.19	3.24
-90	0.17	-3.09	3.09
-2.69	2.69	81.17	0.59
-78.75	0.82	-3.25	3.34
-67.5	1.36	-3.46	3.72
1.28	-3.1	3.35	85.33

-56.25	1.95	-3.3	3.83
-45	2.57	-2.83	3.82
-33.75	2.88	-2.19	3.62
-22.5	2.73	-1.46	3.08
2.48	-1.37	2.81	36.13
-11.25	2.42	-0.84	2.53
0	2.11	-0.07	2.11
11.25	2.35	0.71	2.44
2.07	0.57	2.14	-13.83
22.5	2.68	1.38	3
2.41	1.15	2.67	-31.57
33.75	2.69	2.11	3.4
45	2.34	2.73	3.59
56.25	1.75	3.18	3.62
1.66	2.85	3.29	-78.11
67.5	1.23	3.3	3.52
78.75	0.74	3.15	3.24
0.71	2.88	2.96	-82.59
90	-0.02	3.12	3.12
2.84	2.84	-83.11	3.45
101.25	-0.76	3.33	3.42
112.5	-1.46	3.51	3.79
123.75	-2.16	3.31	3.95
135	-2.74	2.72	3.87
146.25	-3.05	2.11	3.71
-127.54	-2.74	2.03	3.41
157.5	-2.99	1.44	3.32
168.75	-2.61	0.76	2.7
-115.21	-2.36	0.74	2.46
180	-2.3	-0.01	2.3
-2.14	0.09	2.14	-0.48

表 2 流载系数

参数		Cd
垂直立柱	水面以上	1.2
	水面以下	1.1
下浮体	纵向	1.0
	横向	2.8
系泊缆	锚链	2.2
	聚酯缆	1.2

②系泊缆：系泊缆采用锚链和聚酯缆组合构型，系泊缆顶部连接在船底以上 3.2m 处。聚酯缆在百年一遇环境条件及系泊完整状态下应保证不接触海底。此次比赛中采用高低刚度法拟合聚酯缆非线性刚度。

锚链和聚酯缆的截面参数如下：

表 3 锚链参数

参数	单位	值
直径	mm	157
空气中单位长度重量	kg/m	493.0
水中单位长度重量	Kg/m	428.6
轴向刚度	MN	1960
破断强度	kN	23559

表 4 聚酯缆参数

参数	单位	值
直径	mm	247
空气中单位长度重量	kg/m	52.5
水中单位长度重量	Kg/m	13
破断强度 (MBL)	kN	21600
轴向刚度 (高刚度, 25*MBL)	MN	540

轴向刚度（低刚度， 12*MBL）	MN	259.2
----------------------	----	-------

锚链和聚酯缆安全系数如下：

表 5 安全系数要求

构型	状态	安全系数
锚链	完整状态	1.67
	单缆失效状态	1.25
聚酯缆	完整状态	1.82
	单缆失效状态	1.43

③海况参数：考虑百年一遇工况，波和流同向。波浪取 JONSWAP 谱， $\gamma = 2.4$ 。

表 5：海况参数

波浪		海流速度(m/s)，h 为水深 1400m											风
$H_{max}$ (m)	$T_p$ (s)	平均 海平 面以 下 5m	0.1h	0.2h	0.3h	0.4h	0.5h	0.6h	0.7h	0.8h	0.9h	海床 以上 1m	1h 平 均风 速 (m/s)
13.4	14.7	2.04	1.79	1.37	0.69	0.68	0.67	0.66	0.66	0.65	0.65	0.35	43.7

**指标要求：**在以上给定参数的前提下，配置合适的系统构型（组分、长度、根数）、系泊半径、系缆与平台连接位置参数及锚点位置，使半潜式生产平台在百年一遇海况下，保证系泊缆张力满足安全系数要求且平台运动偏移不超过水深的 7%（百年一遇环境条件+系泊完整状态）。

### 2.1.2 钢悬链立管布置优化

在得到最优系泊系统设计的基础上，对以下环境条件的深水钢悬链立管短期波致疲劳性能进行评估，确定最优的立管悬挂位置和方位。立管短期疲劳性能所用环境参数见表 6。

表 6: 立管短期疲劳性能所用环境参数

疲劳工况	风浪流来向	概率占比	Hs (m)	Tp (s)	风速 (m/s)	流速 (m/s)		
						表层 0m	中层水深 750m	底层水深 1400m
极端短期疲劳	N	10%	10.1	13.7	40.4	1.726	0.558	0.296
	NE	25%	10.1	13.7				
	E	20%	13.4	14.9				
	SE	15%	12.2	14.5				
	S	5%	10.1	13.7				
	SW	10%						
	W	10%						
	NW	5%						

立管参数如下：外径 0.4572m，壁厚 31.8mm，竖向悬挂角度  $15^\circ$ ，立管悬挂在下浮体外侧 1m 处，悬挂位置距离系缆与平台连接位置不得小于 5m，立管投影与最临近的系泊缆投影夹角不得小于  $10^\circ$ 。内外径 S-N 曲线如下参数： $m=3.0$ ， $\log(a)=12.02$ ，应力集中系数  $SCF=1.2$ 。赛题中立管简化为铰支悬挂在下浮体（下浮体底向上 +4.5m 处）。

**指标要求：**得出最佳悬挂位置和方位，使立管触地区疲劳损伤最小。



## 2.2 比赛流程

总决赛参赛队伍需向组委会提交总决赛设计成果报告与录屏视频，组委会将提前对参赛队伍的文件进行核查，对存有疑义的，组委会有权要求参赛队伍进行解释说明。

## 三、比赛规则

### 3.1 软件要求

本次比赛不指定也不提供分析软件，各参赛队可根据情况选用 Orcaflex、Flexcom、Abaqus 或其他自编软件/程序进行本赛题的设计分析。设计优化算法可采用遗传算法、神经网络、迭代差分等优化思想。

### 3.2 正文要求

正文应包括总论、深水聚酯缆系泊系统设计、深水钢悬链线立管系统设计、设计结论、附录等。第一章为总论，最后一章为附录，中间为设计方案主体，选手自行划定章节，阐述具体设计内容。深水聚酯缆系泊系统设计可包括总体设计方案、选型设计、聚酯缆力学模型、系泊系统优化算法等。深水钢悬链线立管系统设计包括总体布置设计设计方案、短期疲劳分析等。详细设计过程在附录中给出即可，详细设计过程可包括理论模型、数值模拟、模拟实验、编程算法等。

### 3.3 技术评分标准(占比 80%)

表 1 技术评分项

序号	项目	分值
1	基础项 (满分 100 分, 占 比 60%)	完整状态下系泊缆最大张力低于许用张力
2		单缆失效状态下系泊缆最大张力低于许用张力
3		聚酯缆不触海底
4		平台偏移<7%
5	提升项一 (占比 30%)	得分=30*[3000/单根系泊缆长度*50%+20/系泊缆根数*50%]
6	提升项二 (占比 10%)	得分=10*[0.1/不考虑安全系数的立管短期疲劳损伤]。得分超过100分, 按100分计。
	总得分	基础项*60%+提升项一*30%+提升项二*10%
总体原则为: · 较少材料(系泊缆长度、根数)+较优性能(张力、平台偏移)+较低的立管短期疲劳损伤		

### 3.4 现场答辩评分标准(占比 20%)

参赛队伍选取 1 人, 对设计方案的思路和细节进行汇报展示, 并回答评委问题, 其他成员可协助作答。评分项如表 2 所示:

表 2 设计制作组现场答辩评分项

序号	项目	分值
1	整体分析思路具有智能优化设计思维, 并付诸实践	0-10
2	答辩过程中语言流畅, 回答问题准确, 无明显专业知识错误	0-10

#### 四、大赛组委会联系方式

通讯地址：北京市昌平区府学路 18 号中国石油大学（北京）主  
楼 A 座 604 室

邮政编码：102249

联系人：方百会 赵思源

联系电话：010-89731283

大赛邮箱：coedc\_2019@163.com

大赛网站：www.cup.edu.cn/coedc

注：大赛赛题解释权及修改权归大赛组委会，未尽事宜请关注大赛微信公众号。

中国海洋工程设计大赛组委会

2023 年 8 月