

某海外项目应急机排烟扩散对直升机起降影响分析

王亚莹, 李东芳, 高鹏

(海洋石油工程股份有限公司 设计公司, 天津 300451)

摘要: **目的** 对某海外海洋平台的直升机甲板上空直升机起降存在的风险进行分析。**方法** 对比分析国内外的标准规范, 确定以 CAP437 为直升机起降的量化衡量指标, 在此基础上利用数值模拟软件对影响直升机起降的两个主要因素, 温度场和湍流场进行模拟分析。**结果** 无论是温升, 还是湍流强度都不会对直升机的起降造成影响。**结论** 该海外海洋平台上直升机甲板的不可用概率为 0。同时确认此平台柴油应急机的烟气排放, 及空调冷凝单元气体排放位置设置合理。

关键词: 直升机; 海洋平台; CAP437 标准; 烟气扩散; 温升; 湍流

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2019.05.017

中图分类号: V212.4 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2019)05-0090-06

Impacts of Emergency Engine Smoke Diffusion of Some Overseas Projects on Take-off and Landing of Helicopters

WANG Ya-ying, LI Dong-fang, HAO Peng

(Design Company, Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin 300451, China)

ABSTRACT: **Objective** To analyze the risk of take-off and landing of helicopters over the helicopter deck of an overseas marine platform. **Methods** The standards and codes at home and abroad were compared and analyzed to determine CAP437 as the quantitative measurement index for helicopter takeoff and landing. On this basis, CFD software was used to simulate the two main factors affecting helicopter takeoff and landing, temperature field and turbulent flow field. **Results** Neither the temperature rise nor the turbulence intensity would affect the take-off and landing of the helicopter. **Conclusion** The probability of unavailability of the helicopter deck on the offshore platform is zero. At the same time, it is confirmed that the discharge position of the exhaust of the diesel emergency engine and the gas discharge position of the air conditioning condensing unit are set properly.

KEY WORDS: helicopter; offshore-platform; CAP437 standard; exhaust gas diffusion; temperature rise; turbulence

海上油(气)田工程项目中有燃气透平、锅炉和应急机等排烟设备与直升飞机甲板共存时,海洋平台上排烟设备排放的高温烟气会对直升飞机的起降造成影响。尤其是海洋平台上主机电站、燃气透平以及锅炉等排烟设备排放的高温烟气,及周围大型机械设备的布置对直升飞机安全起飞和降落存在潜在的危害。

因此,在海洋平台前期设计中,需要对海洋平台上直升飞机甲板的布置进行优化设计,使其满足海洋平台在正常施工作业时的安全性以及可靠性。目前国内外海洋平台直升机甲板周围流场及温度场的研究方法主要采用 CFD 进行模拟研究,这已经成为国内外海洋平台烟气扩散对直升机起落影响研究的主要手段^[1-4]。

1 国内外相关标准规范

关于海洋平台上直升飞机甲板设计的研究，国内外的安全管理当局和第三方科研/咨询机构开展了大量的研究和验证工作。目前，中国、英国、挪威和美国等在直升飞机作业安全方面都制定了相关的规范标准，见表 1。

从表 1 可以看出，中国、美国的标准并没有给出具体量化指标，而挪威制定的标准只对直升机甲板周围温度提出了量化指标，只有英国的标准 CAP 437

对环境条件给出了判定标准，同时给出湍流流场及温度的量化指标，并制定了与 CAP 437 相辅相成的相关推荐做法，如 CAA PAPER 99004、CAA PAPER 2004/03、CAA PAPER 2008/03^[9-11]等。CAP 437 作为分析直升飞机起落安全评估比较权威性的标准规范，对直升飞机甲板周围的湍流流场及高温气流进行条件限定，在国内外项目得到了广泛的推广应用。本项目为某一中东海外海上平台项目，根据业主要求同样采用 CAP 437 标准对直升机甲板进行量化分析，同时采用 CFD 软件对直升机起落进行模拟研究。

表 1 各国对直升机起降的标准要求

标准编号（国别）	技术要求
SY/T 10038（中国）	依据 API RP2L（美国）编制，并无具体量化指标 ^[5]
CAP 437（英国）	湍流的限定：在直升机起飞和降落的区域内，竖直方向速度的标准方差（后文简称为标准差）不能超过 1.75 m/s 温升的限定：在直升机起飞和降落的区域内，平均 3 s 时间间隔内的最大温升不能超过环境温度 2 ℃ ^[6]
NORSOK C-004（挪威）	直升机甲板周围温升不能超过环境温度 3 ℃ ^[7]
API RP2L（美国）	有湍流说明，但没有具体量化指标 ^[8]

通过上述分析，针对直升机甲板模拟分析的标准，以 CAP 437 为准，主要评估检查了以下两项标准，用以评估直升机在直升机甲板起降的潜在风险，主要量化指标为：在直升机起降区域附近，3 s 内的最高温升不得超过 2 ℃；垂直湍流（垂直气流速度与平均垂直速度的标准偏差）不得超过 1.75 m/s。

2 基础输入条件

2.1 数值模型

烟气扩散模拟属于典型的高温无化学组分传热过程，同时包含空气及强烈的湍流运动。根据此特点，建立气体多组分热传输及湍流模型。在模型求解过程中，包含连续性方程、动量方程、能量守恒方程。采用标准 κ - ε 湍流模型用于研究烟气及空调排气对直升机起降的影响，该模型为工业流场主要应用模型，适合高大空间内的扩散问题，公式为^[12]：

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial k}{\partial x_j} =$$
$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\eta + \frac{\eta_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + \eta_t \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \rho \varepsilon$$

(1)

$$\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho u_k \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left[\left(\eta + \frac{\eta_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_k} \right] +$$
$$\frac{c_1 \varepsilon}{k} \eta_t \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - c_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k}$$

(2)

式中： $\eta_t = c_u \rho k^2 / \varepsilon$ ， $c_u = c_u' c_D$ 。
方程引入了三个系数 c_1 、 c_2 、 c_u 和三个常数 σ_k 、

σ_ε 、 σ_T ，这 6 个经验常数一般分别取为 1.44、1.92、0.09 和 1.0、1.3、0.9~1.0。

2.2 空间布置

图 1 显示了直升机甲板在平台上的位置，以及备用柴油应急发电机的排气位置，HVAC 冷凝单元的风扇出口。值得注意的是，备用柴油发电机的排气位置可根据模拟结果进行调整，图 1 位置为初步规划位置，需评此估方案的可行性。

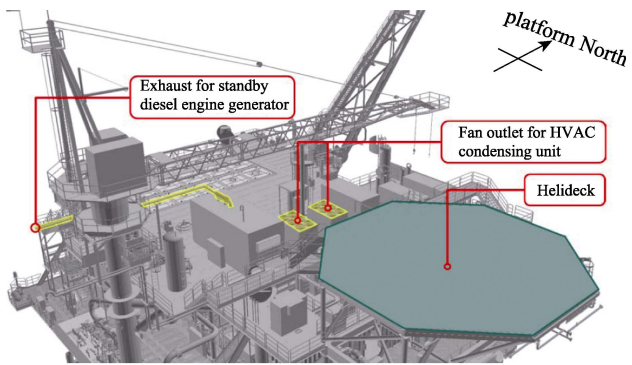


图 1 直升机甲板及热源位置

2.3 几何尺寸

直升机甲板区域空间的评估高度以“30 英尺加上轮子到螺旋桨的高度加上一个螺旋桨的直径”^[6]。本海洋平台根据业主要求，采用阿古斯塔·韦斯特兰 AW139 直升机（如图 2 所示），计算出直升机甲板进行评估的空间高度为高于直升机坪 26.98 m，见表 2，直升机甲板的模拟评估飞行空间详见图 3。

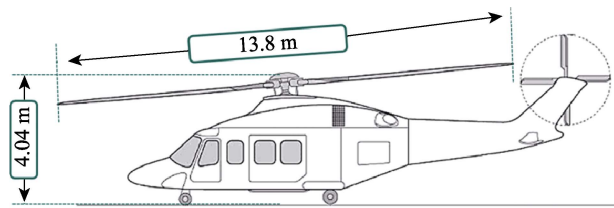


图2 阿古斯塔·韦斯特兰 AW139 直升机几何模型

表2 直升机甲板评估的高度计算

尺寸描述	数值
CAP 437 强制要求/m	9.144(30 feet)
轮子到螺旋桨距离/m	4.04
螺旋桨直径/m	13.80
总和/m	26.98

2.4 模拟条件分析

风玫瑰数据见表 3，本研究采用的环境温度为最大设计空气温度（50℃）。采用较高的环境温度是为了保持研究结果的保守性，保证直升机飞行的安全

性。因为环境温度越高，空气浮力越大，湍流越严重。若温度差异较小，则限制热羽流垂直方向的扩散。备用柴油应急机排气和集中空调冷凝单元风机出口数据见表 4。

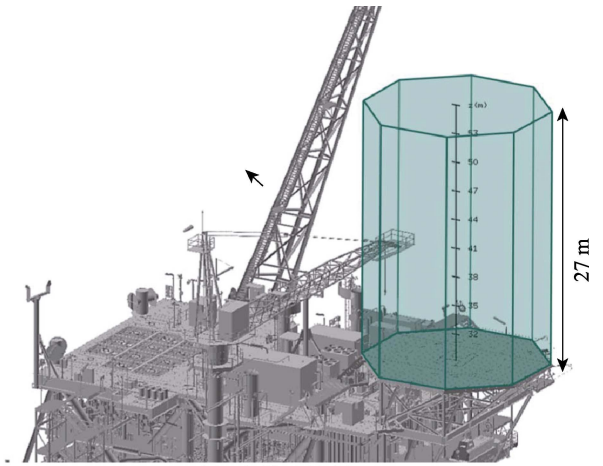


图3 直升机飞行区域

表3 基于地理正北的风速和风向百分占比

风速/(m·s ⁻¹)	风向								Total
	0° (N)	45° (NE)	90° (E)	135° (SE)	180° (S)	225° (SW)	270° (W)	315° (NW)	
0~1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
1~2	0.46	0.34	0.32	0.31	0.20	0.15	0.22	0.43	2.44
2~3	1.83	1.23	1.57	1.48	0.92	0.66	1.11	2.21	11.02
3~4	3.06	1.46	1.90	2.70	1.80	1.15	2.05	4.67	18.78
4~5	2.89	0.96	1.17	2.25	1.20	0.66	1.85	6.44	17.42
5~6	2.31	0.48	0.67	1.72	0.49	0.31	1.31	6.93	14.22
6~7	1.52	0.23	0.41	1.30	0.21	0.13	0.69	6.24	10.74
7~8	0.95	0.11	0.23	0.85	0.09	0.04	0.35	5.35	7.98
8~9	0.60	0.04	0.12	0.51	0.04	0.02	0.19	4.65	6.16
9~10	0.31	0.02	0.05	0.23	0.02	<0.01	0.08	3.23	3.95
10~11	0.24	<0.01	0.02	0.12	<0.01	<0.01	0.04	2.46	2.89
11~12	0.13	<0.01	0.02	0.05	<0.01	<0.01	0.02	2.09	2.31
12~13	0.05		<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.90	1.00
13~14	0.04	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.65	0.73
14~15	<0.01		<0.01	<0.01		<0.01		0.18	0.20
15~16	<0.01			<0.01				0.07	0.07
16~17				<0.01				0.04	0.04
17~18								0.01	0.01
18~19								<0.01	<0.01
>19								<0.01	<0.01
总占比	14.40	4.88	6.51	11.59	4.99	3.14	7.92	46.58	100.00

表4 冷、热源输入条件

参数	备用柴油应急机	集中空调冷凝单元
数量	1个烟气出口	12个风机出口
物流	烟气	空气
出口温度/℃	449	20
流速（每个设备） /(m·s ⁻¹)	0.72	5.9

3 模拟结果

选取三个代表风速（基于表 3 中的风玫瑰数据）2、5、10 m/s，对直升机甲板热扩散进行模拟研究，湍流模拟是根据表 3 的风玫瑰数据中所述的风况进行的。

从表5可观察到,最大的标准差为0.5725 m/s,此时风向为平台东北风(NE)。垂直气流速度标准差如图4所示,可以看到,并没有任何标准偏差超过CAP 437标准所要求的1.75 m/s的规定上限。因此,可以判断并没有因为湍流影响而无法使用直升机甲板,影响直升机的起降。

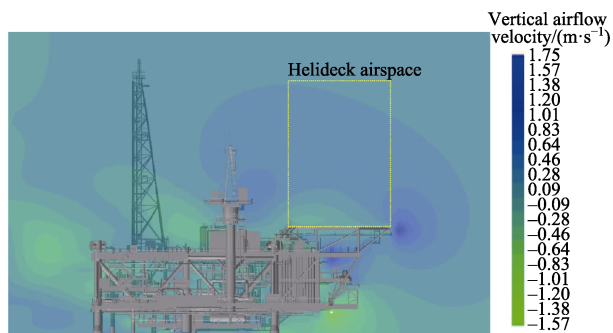


图4 垂直气流速度标准差

3.2 热扩散评估结果

本次研究主要考虑的热源有:应急机排烟尾气、空调冷凝单元的风机出口气流。判定标准是在直升机起升空间平均3 s时间间隔内的最大温升不能超过环境温度2℃。

应急机排烟在不同风速下超过环境温度2℃情况如图5所示。可以看出,较高的风速会使热量扩散得更快,使排气热流中的温度稀释得较快,所以,热量传输的距离更近;而风速较低时,热量扩散慢,使排气热流中的温度稀释得较慢,所以,热量传输的距离更远。从模拟结果看出,备用柴油应急机排烟温度超过环境温度2℃的排气烟气对直升机甲板领空没有影响,从而判断备用柴油发电机排气的现有位置被认为是合适的。

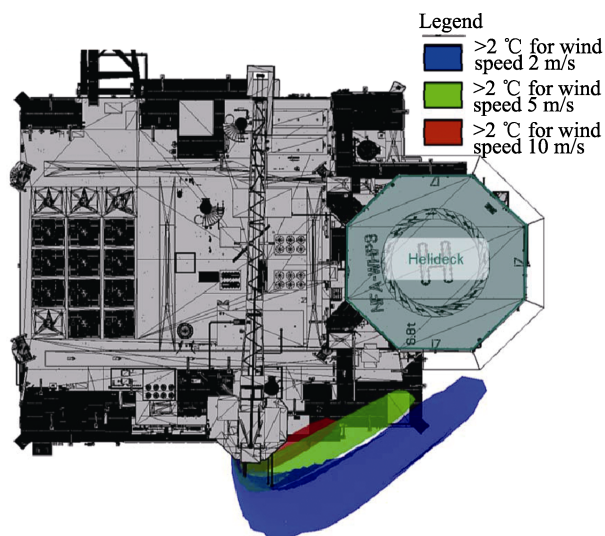


图5 应急机排烟在不同风速下超过环境温度2℃情况

空调冷凝单元排气在不同风速下超过环境温度2℃情况如图6所示。可以看出,空气从空调压缩冷凝机组风机出口排除,向着直升机甲板移动,但由于热量的扩散的,气流温度变化逐渐减小,最后与环境温度差值越来越小,最终低于2℃。从而判断冷凝机组风机排出的空气对直升机甲板领空没有影响,现有风机排风口是合理的。

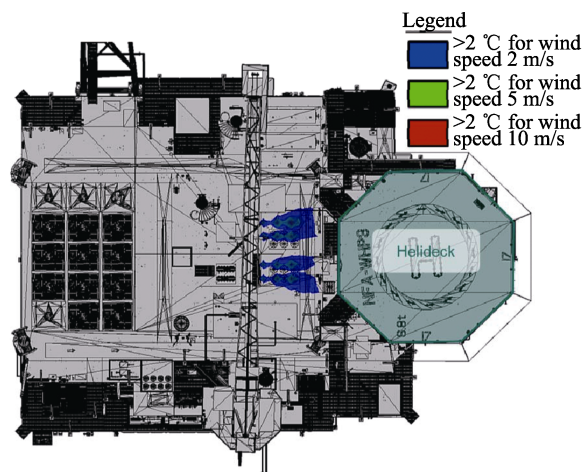


图6 空调排气在不同风速下超过环境温度2℃情况

4 结论

文中参考CAP 437针对直升机起落空间的两种验证指标进行模拟分析评估,根据模拟结果分析,CAP437要求的两种衡量标准对本平台的直升机起降均无影响,主要结果如下:

1) 垂直气流速度的最大标准差(SD)为0.5725 m/s,小于标准要求的1.75 m/s。

2) 不同风速情况下,通过对从应急机排烟口及冷凝机组风机出风口出来的气流进行模拟分析,确认在直升机起落区域内不存在超过环境2℃的区域。

根据上述两条结论评估,确认本平台布置的备用柴油应急机排烟口,及冷凝机组风机出口的位置布置合理,对直升机的起降不存在风险,直升机甲板可一直使用。

参考文献:

- [1] 倪歆韵, 潘子英. SSCV II半潜式起重海洋平台流场数值模拟[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版), 2010(3): 15-19.
- [2] 陈思. 海洋平台输气管线泄漏扩散的研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.
- [3] 朱航, 马哲, 翟钢军. HYSY-981半潜式平台风载荷数值模拟与风洞实验[J]. 船海工程, 2009(5): 159-162.
- [4] 赵鹏良, 王嘉松, 蒋世全. 海洋立管涡激振动的流固耦合模拟计算[J]. 海洋技术, 2010(3): 76-80.

[5] SY/T 10030—2004, 机场规划、设计和建造的推荐作法[S].	[9] CAA PAPER 2008/03, Helideck Design Considerations-environmental Effects[S].
[6] CAP 437, Offshore Helicopter Landing Areas-guidance on Standards[S].	[10] CAA 99004, Research on Offshore Helideck Environmental Issues[S].
[7] NORSOK C-004, Helicopter Deck on Offshore Installations[S].	[11] CAA PAPER 2004/03, Helicopter Turbulence Criteria for Operations to Offshore Platform[S].
[8] API RP 2L, Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Heliports for Fixed Offshore Platforms[S].	[12] JORG F, ANTTI H, HEINKE S, et al. Cost Action 732 Quality Assurance and Improvement of Microscale Meteorological Models[R]. COST Office, 2007.