

海洋石油生产平台平面布置设计原则

赵英年

海洋石油开发工程设计(北京)公司, 北京, 100027

摘 要 本文简要地介绍海洋石油生产平台平面布置设计的一般原则, 并根据有关油田的设计经验, 对海洋石油平台平面布置设计的基础、平台甲板的概念和平台区域的划分及设备的布置等方面, 提出了一些值得注意的问题。本文对合理布置平台设备、压缩平台面积和降低工程造价, 具有一定的参考价值。

关键词 海洋石油平台 平面布置 设计原则

1 综述

海洋石油生产平台是一个远离陆地的海上油气处理厂。在这个处理厂内, 不仅有油气生产设备、机械转动设备, 还居住有操作设备的人员。因此在进行平台平面布置设计时要考虑到许多因素。

首先应考虑的是安全和防止环境污染, 包括: (1) 保护人员的生命安全; (2) 尽可能降低灾害性事故发生的可能性; (3) 事故发生后, 尽可能减轻事故的后果; (4) 保护设备、财产, 保护环境。

人员的安全, 不仅要保证人员安全地操作、维修, 而且要保证在平台发生事故时, 操作者能安全地、迅速地逃离现场或脱离平台。

保护设备也是一个很重要的方面。例如在正常或非正常情况下, 能释放设备里可燃烧的天然气和原油, 隔绝火灾对其它设备的影响等。

其次应考虑满足平台的生产要求。如设备和设备之间应留有足够的操作、维修空间, 使生产能安全地、高效率地进行。空间的利用不仅要考虑操作的方便, 而且要考虑经济、合理。在允许的范围内, 尽可能地节约平台空间。另外, 布置合理, 减少投资, 便于施工、吊装, 也是应考虑的因素。

平面布置应当遵守政府的有关法规、章程, 国际上最新的标准、规范, 以及业主要求, 平台入级和第三方检验的要求等, 还应当满足 API RP 2G《海上建筑物上生产设施的推荐作法》的有关规定。

平面布置的基本步骤是: 在得到基础资料并作了一定的准备工作后, 根据环境条件, 并综合考虑其它因素, 确定平台方位、高度, 然后考虑爆炸性混合气体存在的危险性, 将平台分为若干区域, 进行设备布置。

1.1 平面布置设计基础

在平面布置之前,首先应得到设计基础资料、业主要求,并完成一些最基本的准备工作:

- (1) 环境资料,如海况、气象条件及地理位置等;
- (2) 油藏基础资料;
- (3) 油田开发方案;
- (4) 钻/修井要求,井口形式、井数等;
- (5) 工艺及公用系统流程图;
- (6) 各辅助系统的基本构成和要求,如电气、仪表、通讯、安全、消防、探测、救生系统等;
- (7) 设备表,包括各种所需的机、电、工艺、公用及辅助系统的设备尺寸、重量以及其它重要参数;
- (8) 平台人员的配备、生活设施的配置;
- (9) 供应船停靠位置;
- (10) 直升飞机型号;
- (11) 海底管道、立管的布置要求;
- (12) 海上施工的考虑、吊装要求,如浮吊的能力、可获得性和适应性等。

环境条件、地理位置,如风向、风力对平台方位、设备的布置都有影响;平台远离陆地,海况条件恶劣,应适当增加平台的贮藏面积。

1.2 甲板的概念及平台方位

甲板的层数取决于设备的布置。一般分为下层甲板、中层甲板和上层甲板。如上层甲板放置设备,上层甲板上还应设防雨甲板;如下层甲板不能满足开式排放要求,在下层甲板下还应设置一个放开式排放罐的小平台。另外为操作方便两层甲板之间还可设置局部二层。

每层平台的高度应按设备高度和操作、维修要求进行设计;个别设备过高可考虑穿甲板。

底层甲板的高度应设计在波峰高度 1 m 以上。如平台被设计成能抗波浪和海流的,那么该平台下层甲板可以低一些。

在确定平台方位时,应考虑海水、波浪、海潮及主导风向。在设计直升飞机甲板、停靠设施、火炬及安全系统、起重机、救生系统和通讯系统时,要特别注意主导风向的影响。如直升飞机要求逆风起降,火炬系统要求能利用自然风把火焰产生的热量和烟气排到平台以外。

2 平面布置设计原则

平台布置要考虑多种因素。首先根据环境条件和爆炸性混合气体存在的危险性将平台分为若干区域,然后在区域内布置设备。在各个区域内,设备与设备之间应留有一定的空间以保证安全操作和维修。整个平台还要考虑人员的安全,留有安全逃生通道及安装救生设备。另外还应当从整体上考虑各设备之间的互相影响。如火炬臂、吊机、通讯设备对直升飞机起落的影响;吊机操作时对火炬臂、通讯设施的影响等。

平台设备布置要有利于生产流向,合理布置,节约面积,缩短配管距离。

2.1 平台区域划分

平台可分为综合平台和单一功能平台。按平台的规模来分,又可分为大型平台和中/小型平台。

平台的大小不同,其布置方法也有所不同。对任何一个生产/生活平台来说,在考虑平台布

置时,可将平台分为以下几个区域:(1)井口区;(2)油气分离和生产处理区;(3)公用设备区;(4)动力和其它辅助设备区;(5)生活区;(6)直升飞机甲板区。

小型生产/生活平台,又可分为三层甲板,即上层甲板、中层甲板和下层甲板。中层甲板考虑放井口和工艺设备;下层甲板放公用和辅助设备;上层甲板为生活楼,楼顶为直升飞机甲板。每层甲板都有排放管汇,用于排放溢流液、冲洗水及雨水等。

2.2 平台区域划分的原则

平台区域划分的原则是根据爆炸性混合气体存在的危险性来划分的。根据 API RP 500 B 和 ZC 标准,平台区域可分为危险区和非危险区。危险区又可分为 O 类、1 类及 2 类危险区。

根据 ZC 标准,危险区划分如下:

0 类危险区 0 类危险区是指连续或长期存在爆炸性混合气体的区域。

1 类危险区 1 类危险区是指在正常生产中可能产生或积聚爆炸性混合气体的区域。

2 类危险区 2 类危险区是指有可能短时间产生或积聚爆炸性混合气体的区域。

一般来说,井口区可划为 1 类危险区;油气分离和生产处理设备可划为 2 类危险区;公用设备(除燃料气结合点外)动力及其它辅助设备可划为非危险区;生活区、直升飞机甲板应放在非危险区。

一般情况下,危险区和非危险区要用防火墙分隔。防火墙是用于隔绝火焰的蔓延及减少火区喷淋面积。防火墙是用中间带不可燃的隔热夹层的钢板组成的。所以防火墙不仅要求耐高温、防烟,而且要求有足够的强度。如 CLASS A—60 的防火墙要求的强度高于 CLASS B,并且要求非受火面的平均温度不能超过 140℃ 的起始着火温度,同时耐火时间为 60 分钟;或者非受火面任何一点的温度不能超过 180℃ 的起始着火温度。

防火墙根据其强度和耐火时间分为三级:

CLASS A:耐火时间为一小时;

CLASS B:耐火时间为半小时;

CLASS H:耐火时间为两小时。

3 平台设备布置

设备布置应进行整体考虑。各设备之间应留有一定的空间,既要满足操作、维修的需要,又要提供安全逃生通道,另外还应兼顾管网走向、电缆托架、HVAC 管系以及通讯电缆等。

设备布置应注意以下几点:

(1) 考虑操作、维修空间

① 起吊空间,包括吊机通道;起落架空间;货物起吊孔;设备堆放场。

② 维修空间,包括换热器等设备盘管的抽换;板式换热器的清洗;消防枪的移动;泵、电机的更换;设备大修;人孔吊架;堆放场地附近移动空间。

③ 操作,包括阀门操作;仪表能见性;消耗品的更换;巡回检查通道;噪音防护罩。

④ 逃生,包括易于直接逃到安全区域和救生艇集散地;担架进出通道;封闭区域的逃生路线。

⑤ 消防及应急措施,包括喷淋嘴到被消防设备的净空;消防水龙通道;消防设备放置点的通道;从消防炮到被消防设备的视线。

(2) 荷载集中的区域应有足够的支撑。

(3) 对有可能出现机械事故的设备,其位置应予以特别考虑。

(4) 应急通道可做为正常操作通道布置于每层甲板的四周,并能清楚地、直接地、安全地到达救生艇集散地。

(5) 应考虑临时设备的吊装要求及将来设备的预留空间、吊装要求。

(6) 穿甲板的高大设备,如脱氧塔的布置应有利于吊装维修。

(7) 重量较大的设备,应考虑布置于甲板轴线内或主支承结构附近,以利优化甲板结构,减少结构及建造投资。

3.1 井口区设备布置

井口区有高压设备及高压油/气流,所以井口区是平台上最危险的区域,应安装在远离生活楼的地方。井口区应禁止有火源设备,避免造成天然气聚积,并尽可能地敞开,以利于自然通风,救火消防艇扑灭井口区火灾。

井口区的设备包括:井口采油树、井口控制设备、生产/测试管汇等。

井口平台的层高取决于采油树及有关设备和维修空间的高度。采油树之间应留有一定的空间,以便于操作和维修,不同压力的采油树其空间要求也有差别。一般来说,两个采油树间最小中心距为 2 m,正常间距为 2~2.5 m。采油树下隔水套管应有一定的强度,以抵抗船只及漂浮物的冲击。

井口区应设保护甲板以防落物,并设吊孔以便于将来吊装。井口管汇要提供一定数量的预留头,以备将来井数增加。还应考虑修井情况,如修井机的型号、尺寸、荷载等;如用修井船进行修井,井口区还应考虑与修井船配合的空间,并能使修井机到达任一井位。

3.2 工艺区设备布置

工艺区的设备布置与油气生产处理要求有关。一般工艺区可划分以下几个小区:(1) 油气分离器区;(2) 油气换热器区;(3) 脱油脱水区;(4) 油气外输和清管收发器区。

工艺区有高压油气分离设备,应尽量远离点火源。转动机械是一种潜在的点火源,因此在危险区要有足够的保护,应采用防爆电机等。工艺区应尽可能保持自然通风,使可能泄漏的天然气排到甲板之外,减少爆炸的可能性。从井口到分离器的管道应合理布置,分离器应尽量靠近井口区,以减少管道的长度、摩阻和可能出现的油气泄漏。

工艺区设备的布置要尽可能与工艺流向相一致。工艺区的管壳式换热器应予特殊考虑,对所有的管壳式换热器,应留有足够的抽芯空间,应尽量避免将两个管壳式换热器叠在一起。如面积有限,确需叠在一起时,换热器不得超过两台,并要考虑抽芯导轨。

原油外输的立管要能抵抗意外事故的冲击。清管收发器应位于平台边缘敞开的区域,利用自然风吹散油气,还要留有足够的空间来操作收发器。

工艺区内管道的布置应简单、清楚、经济、安全、易支撑并有一定的灵活性。管道之间最小间距为:(1) 管道底部到甲板面的最小距离为 350 mm;(2) 管道法兰边缘到另一管道保温边缘的最小距离为 25mm;(3) 管道保温边缘到结构钢的最小距离为 25 mm;(4) 管道架空的最低高度为 2500 mm。

工艺管件、法兰应尽可能减少,以防止可能落物的冲击引起油气的泄漏。

工艺管道最好减少通过其它区域的可能性,如果这种情况不能避免,那么工艺管道最好不

要装法兰,并在其它区的外面装自动切断阀。工艺区还应注意噪音源,防止噪音影响操作人员。

3.3 溢流排放系统

所有甲板面都必须液封的,不能有液体泄漏。平台溢流或漏失的原油、冲洗水、雨水等要利用排放管汇排放到罐中。排放管汇应设有水封。排放系统的设计应满足平台排放的要求。排放罐内的液体不能直接排海,应达到政府颁布的排放标准,以保护环境。

3.4 公用设备区设备布置

公用设备应放在工艺区和辅助设备区之间,或放在工艺区的下一层甲板上。公用设备区内尽量不要布置工艺管道、阀门和设备,以防止油气泄漏。

公用设备区通常有火源,因此燃料气/油要减少到最小程度。有火设备,如燃气透平、柴油机、蒸汽锅炉、热介质炉等可以放在该区。有火设备未经特别防护不能直接放在工艺区的上部或下部。

烟气的排放要避开直升飞机起落区。

3.5 动力及辅助设备区设备布置

该区要远离井口区,可邻近生活区。该区设备包括:主发电机、备用发电机、应急发电机、消防用柴油机、马达控制中心、开关板、变压器以及相应的辅助设备设施。

一般来说,动力区的噪音较大,应考虑防护。发电机应放在安全的地方。如这一要求不能满足,应将其封闭,封闭区内应保证足够的正压通风。应急发电机在紧急情况下,应能保证正常起动。发电机还应考虑维修空间,如柴油机缸盖打开,曲轴的更换,电机的抽芯等。燃料气应排到安全的地方。

维修间应有必要的工具,以利维修设备、元件及制造小物件。库房应有足够的空间堆放消耗品及备件。

3.6 生活区

生活区应位于与平台井口区相对的另一端,并且在平台上风向的一边。因为生活区是火源之一,如果生活和生产在同一平台上,应用防火墙或足够的空间将它们隔开。防火墙可以是住房建筑的一部分,但在这些墙上不应设门窗,并尽可能减少其它开口。防火墙等级通常选取 CLASS A—60。

该区应作为安全避护和逃生的主要场所,并能容易地通到两个主要逃生设备中的一个。如在一楼平台边缘设救生艇和逃生集散地;救生艇容量应按平台人员的 100% 考虑。

在紧急情况下,生活区的通讯系统应保证有足够时间,使人员逃离平台。

生活区应设计得使作业者感到安全,并远离操作区。在布置住房时,要为全体人员提供足够的娱乐区。

公用设施,如发电机、空调等,可和生活区放在同一区,此时应采取措施控制噪音和烟气。

3.7 直升飞机甲板

直升飞机甲板的设计可按 API RP 2 L 的规定。

直升飞机甲板应位于安全区,可作为操作人员上平台的地方,也可作为人员逃生的场所。设计直升飞机甲板时,应考虑至少有两个不同方向的通道通向直升飞机甲板。其中一个作为正常操作,另一个作为逃生路线,在每一出入口都应配备消防工具和救生工具。

直升飞机甲板应位于平台上风向。因为直升飞机一般都是逆风起落的。烟气和冷风禁止

排向直升飞机甲板,以免引起空气的涡流,造成直升飞机起落困难。

直升飞机甲板一般放在生活楼上,并与上层甲板空间间距最小为 1.8 m。直升飞机周围如有高于直升飞机甲板的设施(如无线电设施)应予以特别注意。由于直升飞机总是逆风起降的,设计直升飞机起降区应考虑主导风向。起降区高出物的高度应满足规范要求。

直升飞机甲板一般要设加油站、安全网和挂钩。

3.8 甲板吊机的布置

吊机的数量和形式的选择取决于平台的尺寸和形状。吊机的位置应设置在容易把设备吊入和吊出的地方,应设在靠船的一侧。

吊机布置时应注意以下几点:

(1) 吊机操作时,驾驶员应能清楚地看到起吊点和堆放点;(2) 在多层平台上应考虑设备堆放场和吊孔;(3) 软管的悬挂点应位于供应船停靠的一侧;(4) 操作者应急通道。

吊机要尽可能布置在设备的堆放区,如果不能满足这一要求,吊机到堆放场之间就应有必要的保护。吊机还应有机自锁装置,以防止吊臂撞向其它构件。

3.9 火炬系统的布置

火炬应布置在与平台住房楼相对的一端,并通常要求下风布置,以利于热量的散失。火炬布置还应考虑对供应船的影响。火炬臂的选择应基于平台构造形式和火焰辐射强度。火炬分液罐应位于火炬系统的最低位置,以保证火炬管道中的残存液能排到分液罐中。

按 API RP 521 的规定,火焰最小辐射强度为:(1) 对结构和设备的辐射应限于 16 kW/m^2 ;(2) 对作业者在任何位置的辐射应限于 9.4 kW/m^2 ;(3) 对没有任何避护人员的辐射,在短时间内限于 6.3 kW/m^2 ;(4) 对没有任何避护人员的辐射,在长时间内限于 4.7 kW/m^2 ;(5) 对连续地暴露于火焰辐射下的操作者,其辐射强度限于 1.58 kW/m^2 。

3.10 救生艇的布置

对于人员救生,首先应提供逃生通道,其次应提供足够的救生设备。

主要救生设备包括:救生艇;救生筏;直升飞机;救生软梯;救生服、救生圈等。

一般来说,救生艇应位于甲板的最低一层,并留有人员集散地。集散地的设计应按 $0.6 \text{ m}^2/\text{人} \times \text{救生艇定员数}$ 。这个区域不能存水,不能有落物和热辐射,还应配救生衣,与救生通道连在一起,并能保证在最不利的环境条件下逃生。

救生艇定员按全平台定员的 150%~200%考虑。

3.11 逃生通道的设置

逃生通道应能保证平台上所有人员逃生,逃生通道必须标有明显标记。所有逃生通道上都不能有障碍物,应尽量减少转弯,并能保证担架通行。逃生通道最小宽度为 1.2 m,高度为 2.3 m。如果逃生通道有 100 人通过的话,通道宽度就为 1.5 m。超过 7 m 长的“死胡同”应该设逃生通道和应急出口。逃生通道的热辐射不能超过 6.3 kW/m^2 。

所有作为逃生通道的门应向外开。

生活区和人员集中的区域,原则上最少有两条不同方向的通道。有机械设备和工艺设备的房间应最少有两个不同方向的出口,并通向逃生通道。小的房间,如果房间的任一点到房间出口不超过 5 m,该房间就可考虑只设一个出口。

3.12 安全保护设施的设置

安全保护设施包括被动保护设施和积极保护设施。被动保护设施如:防火墙、通风、区域划分、防火漆等。危险区的结构钢要求采取必要的保护措施,如涂防火漆、喷淋等。对高压大型容器的支撑也应保护,如喷淋、耐火支座等。积极保护设施分为固定的和可移动的消防系统两种,包括:消防泵、水喷淋系统、泡沫系统、HALON 系统、消防炮、水龙带、干粉等。

在平台上至少应设两台海消防泵,其中一台为柴油机驱动。每台都应满足一个最大火区的消防要求。电动消防泵也可兼做为备用公用海水提升泵。HALON 系统用于装有电气、仪控设备的封闭房间内,可自动操作和手动操作。当 HALON 启动时,要关闭通风系统,关闭门窗,人员要撤离现场。

水喷淋量按不同火区分为:工艺区/单体压力容器, 10.2 L/min/m^2 ;井口区, 24.4 L/min/m^2 ;烃类泵, 10.2 L/min/m^2 ;开式甲板区, 6.5 L/min/m^2 ;生活区, 4.1 L/min/m^2 ;仓库区, 6.1 L/min/m^2 。

4 主要参考规范

- (1) API RP 2 G. 海上建筑物上生产设施的推荐作法;
- (2) 美国海岸警备队章程;
- (3) API RP 2 A. 海上固定平台的规划、设计和建造的推荐作法;
- (4) DnV 海上设施平台布置规格书;
- (5) API RP 2 L. 海上固定平台直升飞机甲板的布置、设计和建造。

(收稿日期:1993-04-28, 编辑:王朋来)

作者简介

陈南岭,工程师,生于1951年,1977年毕业于清华大学热能工程系,现在海洋石油开发工程设计(北京)公司工作。

单彤文,助理工程师,生于1966年,1988年毕业于上海交通大学动力机械工程系,现在海洋石油开发工程设计(北京)公司工作。

陆少宇,工程师,生于1952年,1983年毕业于河北广播电视大学电子系,现在海洋石油开发工程设计(北京)公司工作。

李树武,讲师,生于1953年,1982年毕业于东北师范大学,现在中国石油天然气管道职工工学院工作。

何晓凡,生于1969年,1991年毕业于天津塘沽取大电器维修专业,现在渤海海联电子仪表工程公司工作。

李大华,副研究员,生于1955年,1982年毕业于哈尔滨建筑工程学院,1990年取得博士学位,现在国家地震局工程力学研究所工作。

陈立言,高级工程师,生于1939年,1958年毕业于重庆石油学校钻井专业,现在南海石油东部公司工作。

任汉现,高级工程师,生于1934年,1959年毕业于(罗)布加勒斯特石油学院采油工艺专业,现在南海石油东部公司工作。

任叙合,工程师,生于1962年,1983年毕业于青岛海洋大学海洋化学专业,现在海洋石油开发工程设计(塘沽)公司工作。

付昱华,工程师,生于1945,1968年毕业于唐山铁道学院桥隧专业,1981年毕业于北京航空工艺研究所研究生班,现在海洋石油开发工程设计(北京)公司工作。

姜伟,高级工程师,生于1955年,1982年毕业于西南石油学院钻井工程专业,现在海洋石油渤海公司钻井部工作。

李孟德,高级工程师,生于1939年,1962年毕业于上海交通大学水面舰艇专业,现在海洋石油开发工程设计(塘沽)公司工作。

张兆零(女),工程师,生于1944年,1970年毕业于北京石油学院工业经济专业,现在海洋石油渤海公司工程部工作。

CONTENTS

• DESIGN AND CONSTRUCTION •

The Principle of Design for the Offshore Platform General Layout

..... Zhao Yingnian(1)

The general principle of design for the offshore platform layout is briefly introduced. Based on the field design experience, several issues such as design basis, concept of deck, division of the platform floor and layout of equipment are put forward. The article can be used as a reference to arrange the platform equipments reasonably and reduce platform floor space and engineering cost.

Key Words: offshore platform, layout design, principle of design

The Design of Heating Medium System and Thermal Oil Selection of

JZ 20—2 Condensate Field Chen Nanling Shan Tongwen Lu Shaoyu(8)

The heating system using thermal oil as medium, has found more and more application in offshore engineering development. The design conditions of the heating medium system, design parameters and characteristic of JZ 20—2 Condensate Field are also introduced. Finally, a discussion about the selection of the thermal oil is given in the paper.

Key Words: heating medium system, system protection, system process control, fuel supply, thermal oil

The Optimum Way of Consumption for Oil and Electric Power in Long—Distance

Pipeline Li Shurou Chen Jijuan Zhu Xiaokui Shi Gang(15)

Based on the theory of production and cost of management economics in the western countries and taking Changlin Pipeline for example, the optimum way of consumption for oil and power is studied, mathematical models of the best oil and power input and lowerest total production cost are established. It lays the foundation for the best and economical operation of the long—distance pipeline.

Key Words: long—distance pipeline, oil and power consumption, optimum operation

The Design and Construction of Cable Brackets on Offshore Platform

..... He Xiaofan(22)

The method of adopting rigid cable bracket for laying electric circuits is widely used in recent years. In the article, the main types and features of the cable brackets, technical requirements, standards at home and abroad and concerned information are presented. It can be used as a reference for the people concerned.

Key Words: cable bracket, design and construction

The Evaluation of Seismic Spectrum in the Design of JZ 9—3 P Artificial Island