

美国石油学会荐用办法
海上固定式平台的规划、设计和建造

API RP 2A

第八版 1977年4月

海洋石油勘探局勘探开发设计研究院出版

TF 95

石油勘探局
勘探开发设计研究院
出版

PDG

0.40

海上



美国石油学会荐用办法
 海上固定式平台的规划、设计和建造
 API RP 2A
 第八版 1977年4月

编辑出版 海洋石油勘探局
 勘探开发设计研究院
 通讯处 天津塘沽536信箱
 印刷 勘探开发设计研究院

1979年6月



海



00309844

前言	(1)
定义	(1)
第一章：规划	(3)
第二章：海上固定式平台的设计程序	(10)
总则	(10)
设计荷载条件	(11)
设计荷载	(11)
安装的作用力	(20)
结构钢的许用应力	(22)
基础设计	(31)
水泥浆的许用粘结应力	(41)
材料	(42)
防腐	(43)
图纸和规范	(43)
第三章：安全上的考虑及各项规定	(46)
第四章：焊接	(47)
总则	(47)
合格检验	(47)
焊接	(47)
第五章：制造	(49)
装配	(49)
涂层	(52)
第六章：安装	(53)
总则	(53)
运输	(53)
从驳船上卸下导管架	(54)
安装	(54)
焊接	(58)
第七章：检查	(60)
第八章：测量	(62)



200765065



前 言

“海上固定式平台的规划、设计和建造”这一指导性文件，包括工程设计原理和在海上油田开发过程中所取得的成功实践。成功的实践来源于成功的工程；因此，此指导性文件主要是由较好的工程的文件所组成。任何一种专门的文件都必须有现代化的技术和装备才能实现。在任何情况下，都要考虑人员的安全、符合现行的规定和防止水质的污染。

惯用的英制单位在此文件中都有公制换算，它是用括号括起来的，如：6英寸(152毫米)。大多换算值已非常接近实际应用，然而在需考虑安全和技术要求的地方已使用了精确的换算。在有争执的情况下，惯用的英制值应起控制作用。

海洋技术正在迅速发展。在委员会认为可提供足够数据的那些领域内，可给出专门的和详尽的指导。在另一些领域内，采用一般性的叙述来表明，对于那些特殊的条款需要予以考虑。对设计人员能够采用他们所有的研究成果，将予以鼓励。由于人们还在不断地发展海洋方面的知识，所以本指导性文件还将不断修改。我们希望，本文中一般性叙述将逐步地成为详尽的指导。

凡是愿意采用本文件的人都可以使用这个文件。美国石油学会力求保证本文件中数据的准确性和可靠性。但是本学会对该文件的出版并无代表、保证的义务，并明确表示，本学会对以下情况不承担任何责任：由于采用本文件而引起的损失和破坏；违背任何联邦、州、市的规定，这些规定可能与本学会的文件相冲突时；和由于使用本文件造成对专利的侵犯。

定 义

固定式平台：上部伸出水面，用打桩、扩大基础或其它方法支承于海底，为一定目的而在较长时间内保持固定位置的平台。

有人平台：实际上是连续地有人在其上居住和生活的平台。

无人平台：人员可以在上面工作一段时间但不提供生活设施或住房的平台。

作业者：指个人、子公司、公司或其它组织，受业主雇佣而进行作业者。

ASCE：美国土木工程师协会

ASME：美国机械工程师协会

AIEE：美国电气工程师协会

ASTM：美国材料试验协会

API：美国石油学会

AWS：美国焊接协会

AISC：美国钢结构协会

IADC：国际钻井承包商协会

NFPA：全国消防联合会

OTC: 滨海技术会议

ACI: 美国混凝土协会

NACE: 全国腐蚀工程师协会

说明:

本版用以取代1976年1月的第七版。其中包括1976年会议所通过的一些改变。此指导性技术文件经美国石油学会海上结构标准委员会审定,并在1969年标准化会议上批准出版。1969年10月公布了第一版,其后于1971年1月、1972年1月、1972年10月、1974年1月、1975年1月、1976年1月分别公布了其它几版。

第一章 规 划

1.1 总则

a. 本章用于指导从事设计和建造海上油气的钻探、开发和贮存平台的有关人员。在设计之前，必须要作适当的计划，以便为完成所定任务而取得一个既可工作而又经济的平台。初步计划包括确定平台设计所依据的一切标准。

b. 此处所用设计标准一词，包括全部可能影响平台施工设计的使用要求和自然环境方面的数据。

c. 本版增加和大量的使用了现行的法规和标准。这些法规和标准从普遍安全的观点来看，已为工程设计和实践所接受。

1.2 设计依据

a. 用途。必须知道所设计的平台的用途，这些用途可以分为钻井、采油、贮油、贮存材料、居住，或者是它们之中几项的组合。平台的形状可按甲板上设备的布置来决定。在最后确定尺寸之前，对于设备之间的距离和间隙应予仔细考虑。

b. 位置。在设计完成前，必须明确平台的安装位置。环境条件随地理位置改变，并且，在一个指定的地理区域内，基础的条件将因一些参数(如设计波高、周期和潮位)的不同而变化。

c. 方位。平台的方位指其在平面图上的一个固定方向，如正北方的位置。平台的方位一般按风向、流向或使用要求来确定。

d. 水深。水深和潮位是必须适当选择的海洋学方面的设计参数。必须尽可能精确地决定水深，以便确定船舶停靠、防冲装置和甲板的高程。

e. 梯口及附属设施。应从安全方面来考虑从船登上平台的梯子及其入口的位置和数目。每一个有人的甲板最少要有两个梯口，并应这样布置：在各种风向下均能撤离。并应考虑梯子位置处的操作要求。

f. 防火。人员安全和设备的完好要求对于防火方法予以高度的重视。设备的选择取决于平台的用途。设施应符合美国联邦、州和地方的现行法律。可参照：《外大陆架固定式结构和人工岛规范和标准》，CG-320(美国海岸警卫队提出并出版)；也可从海上作业者协会最近出版的《海洋作业安全操作手册》取得指导。

g. 甲板标高。平台下甲板的标高与设计波浪波峰之间应有适当的距离，除非平台另行设计。应考虑足够的间隙，允许超过设计波高的特大波浪通过。甲板间的净空由操作条件决定。这些条件在平台设计完成前必须了解。

h. 油井。把平台考虑作钻井平台或井口保护平台时，必须知道与平台有关的油井的情况。隔水导管将增加作用于结构的波浪力，并可能增加或减少对波浪力的抵抗能力。如果平台建立一个井口伸出水面的现有油井上，则必须知道采油树的尺寸，隔水管的直径，套

管头法兰的标高,以及井口高出平均低水位的高度。如果现有油井是一口临时性的水下完井,则必须作油井定位的设计,并使平台的位置安装得合适,使平台安装后能使油井伸出水面。

对于将在平台上打的油井,需要知道它们的数目、布置、相互间的距离和使用隔水管的尺寸。

i. 设备和材料的布置。在设计前需要知道钻井设备、材料以及采油设备的重量和布置。必须确定大的集中荷载的位置,以便在甲板部份考虑适当的骨架用于支承这些荷载。这些布置应由操作人员和工程技术人员进行。从现在所知的情况,以考虑将来的使用要求。

j. 人员和材料的上下。平台设计开始前,应该知道人员上下和材料装卸的处理办法,以及供应船的类型、尺寸和将它们系泊于平台的锚装置。需要知道靠船装置的数目、尺寸和位置,并决定甲板吊机的型号、起重量、数目和位置。如果设备或材料需要放到下层甲板,可在上层甲板的适当位置开设适当尺寸的舱口。这些资料应从操作人员处取得。应考虑使用直升飞机的可能及提供相应设施。

k. 漏失和污染。应提供处理漏失和污染的预防措施。为了进行处理而进行收集和贮存 of 的甲板排水系统对于防止周围水域的污染是有益的。排水及收集系统决不能少于政府规定的要求。

l. 问题。在所有系统和构件的设计中,对于现场可能遇到的一些现象,如温度、能见度、降雨量,应预计到它们的严重情况。

1.3 环境条件

a. 一般气象学和海洋学所考虑的问题。确定平台的气象学和海洋学的条件时,应与有经验的专业人员进行商讨。设计平台所需的气象资料和海洋学资料的水平取决于对平台场地及其周围环境的了解程度。以下章节对所需的实际数据应与平台设计人员和海洋气象学专业人员商讨后进行。

必须使用已有的统计数据及/或实际的统计数据以及数学模型来确定工作环境条件及极限环境条件。

1. 工作环境条件(这种条件估计在结构使用期内会经常出现)在平台的建造和使用期间是很重要的。

2. 极限条件(在结构使用期内这种情况极少发生)对确定平台设计荷载是很重要的。

所有的数据要经过仔细的论证。要注意所有数据的可靠性及其来源,以及确定将这些数据提高到所需的环境荷载所采用的方法。

b. 风。风所造成的力作用于结构伸出水面的部份和平台上的设备。形成风力的风速可以分为:(1)瞬时风速有短暂的持续期和间歇期,出现周期也不同;(2)一定时间间隔内的平均风速。平均风速是用于根据风速强度对暴风进行分类。计算平均风速时其持续期应等于或大于1分钟。应该简明地给出瞬时风速和平均风速持续的时间间隔定义。有关风的所有数据应以标准标高例如10米标高进行修正。

在取得风的资料时,要考虑研究以下的问题:

1. 对于工作条件:

(*a*) 每月或每季度内不同方向的平均风速(如速度大于20英里/时[32公里/时]持久性数据对于规划海上施工作业是特别有价值的)。

(b) 在相同时间间隔内, 具有规定范围 (即 20~25 英里/时 [32~40 公里/时], 南南东 $\pm 11.25^\circ$) 内的风速和风向的风的百分比。

(c) 与平均风速有关的瞬时风速。

2. 对于极限条件:

应该研究规定方向的最大风速并用图表表示出与重现期之间的关系。图表中还应包括的数据有:

(a) 对于研究期间所记录下的风的数据, 其测量地点、出现日期、测出的瞬时风速和其它风速的数值、以及风向。

(b) 在结构规定的使用期内, 规定方向的平均风速超过规定的下限 (如: 50 英里/时 [80 公里/时]) 发生的次数。

c. 波浪。风成波是作用于海上平台的外力的主要根源。这些波是不规则的, 波高和波长是变化的, 它们从一个方向或同时从几个方向接近平台。因此, 确定波浪力的大小和分布是很困难的。在确定设计平台所要求的波浪标准时必需考虑到技术方面的复杂性, 因而要与有经验的精通气象学、海洋学及流体力学的专业人员进行商讨。

对海洋学情况以前掌握还不充分的那些地区, 在确定波浪参数时应至少包括下列步骤:

1. 研究一切所需的气象资料。
2. 海面风区的理论平面图。
3. 沿暴风途径的深水一般海况的理论推算。
4. 与地理范围相一致的最大海况的确定。
5. 测深学对深水海况的影响的描述。
6. 采用概率的方法推算平台位置处于不同时间的海况出现情况。
7. 通过实际的和经济上的危险分析, 研究设计波的参数。

对海洋学的情况已有相当数据和经验的地区, 上述步骤可以简化为几个步骤, 要求通过这几个步骤将过去的数据体现到设计参数上。

平台业主的责任是先考虑 1.5 节中所列举的所有因素, 然后选择设计海况。

在研究海况数据时, 必须要考虑研究以下数据:

1. 对于工作条件 (风浪和涌浪)

(a) 一个月和/或一个季度内规定方向的不同波浪 (如: 波高大于 10 英尺 [3 米]) 的出现机率和平均持续期 (持久性数据), 采用普通的波浪描述参数 (如: 有效波高/波浪系列中最高波的平均波高/某一持续期内的平均波浪周期)。

(b) 与波浪系列同时出现的风速、潮汐和海流。

(c) 在一个月和/或一个季度内波高和波浪方向在一定范围内的波浪的百分比 (如: 波高 10~12 英尺 [3-4 米], 方向是南南东 $\pm 11.25^\circ$ 的波浪)。

2. 对于极限条件

确定极限海况应掌握某一高度以上的所有波浪的数目、高度和波峰高度, 这些波浪在整个结构使用期内可从任一方向接近平台。

应该研究规定方向的最大设计波高并用图表示出最大设计波高和平均重现期之间的关系。应该研究的其它数据有:

(a) 最大波高的波浪周期的范围和分布。

(b) 产生最大波高的波浪系列中的其它波高的具体分布。

(c) 恶劣海况的最大波高。

(d) 与产生最大波浪的波浪系列同时发生的潮汐、海流及风。

(e) 产生历史性海况事件的性质、日期及地点(如:爱迪斯飓风, 1971年9月16日, 墨西哥湾), 计算设计值时要考虑这种历史性的海况。

另一方面, 这种海况可以在频谱上用波浪能量和平均返回间隔之间的关系曲线表示出来。

进行危险分析时, 估算在平台使用期内可能发生的不同方向的最大波浪的次数(包括超过一定下限的波高或波峰高度)对平台设计人员(和/或平台的业主)是有价值的。

根据设计工程师的要求, 这些波浪资料可由有资格的流体动力学家扩大到所选择的波浪的压力范围或波浪力数据。这些数据可用普通的形式或频谱的形式给出。

d. 潮汐

潮汐是平台设计的重要考虑。潮汐可分为:(1)太阴潮或天文潮,(2)风潮,(3)压差潮。这三种潮总合为暴风潮汐。在设计固定平台时, 暴风潮高是与暴风波叠加的数据。每天太阴潮差的变化情况决定了船舶停靠处的高度、驳船护舷材的高度以及在飞溅区的结构的钢构件的处理。

除确定与规定海况有关的潮汐外, 还需要有半日(或全日潮)天文潮和其它潮汐的资料, 这些资料与海况活动无直接关系。

e. 海流

海流对固定平台的设计是很重要的, 因为它影响到:(1)船舶停靠和靠船件的位置和方位,(2)作用于平台的外力。船舶停靠处和靠船件的位置应尽量安排在使船舶能顶着海流靠近平台。

与规定海况有关的海流数据应包括海面下规定深度的水流的速度和方向。应给出每月和每季度的海流定向数据(在没有波浪的情况下)。

计算作用于结构的流体动力学的外力时, 还必须考虑海流的速度。

f. 其它的环境资料

根据平台所处的位置, 其它的环境资料包括雨量、雾、冷风、气温及水温的记录和推算。影响平台场地的各种暴风的一般性资料应作为推算工作条件用的其它数据的补充。可以用统计学的方法预测一个季度内发生的暴风及到达的方向等。对施工设计特别重要的是持续时间, 运动速度及发育过程, 以及这些条件的影响范围。平台邻近地区预报暴风的能力也是很重要的。

g. 冰

进行石油开发的有些地区一年内大部份时间都是低温、冰冻。现场的冰是飘浮状的大片散冰, 它们随潮流来回运动和涨落, 使设计产生很大的困难。

冰的标准还处于研究的初期阶段。冰的总作用力的变化取决于以下因素: 冬季的寒冷程度、平台的位置、尺寸及外形, 以及冰强度。冰强度取决于温度、加荷的速度、冰的结构及其它因素。设计时所确定的作用力应与有资格的专家一起决定。为了减少作用力和局部损坏, 选择平台外形时, 要限制冰作用区的构件数目。要选用合适的低温钢材。

h. 地震

在地震活跃的地区, 设计平台要考虑地震作用力。根据过去已作的地震活动的记录(发

生的频率及级数)，考虑地震活动的范围。对于海上结构设计来说，一个地区的地震活动是根据其对这些结构的破坏严重程度来确定的。美国沿海的地震危险区划见图2.10d—1。一个地区的地震活动还可以根据详细的调查资料来确定。

地震方面的问题应包括平台场地的海底土壤调查，以了解由于地震活动引起的液化失稳和海底滑动，以及平台使用期内可能地面运动的特征，对工作状况能接受的地震级数。可能遭受海啸的浅水平台应研究海啸所产生的作用力。

i. 附生海生物

在热带或亚热带地区，所有海上结构的海生物附生都是一个由来已久的问题。海洋附生物仅限于轻微透光，少量空气可以进入的区间内，这些生物可能多到足以增加波浪阻力，必要时应予以考虑。

1.4 基础

a. 土壤条件

为了进行安全和经济的设计，对于任何尺寸的结构，必须了解现场地基的情况。如果从以前的土壤调查中不能充分认识特定地点的土壤层，那就要进行现场土壤调查来描述不同的土层和强度参数。现场调查时还应收集测深的资料。应将这些资料与该地区的地质情况结合起来，以选择所需的地基设计参数。这些调查应扩大到受平台基础构件影响的整个深层土壤。沉降和扩孔基础的承载力，以及桩基的横向承载力大部份是由接近海底的土壤强度来决定的。因此，要特别注意收集这些土壤层的完整的资料。

b. 土壤调查和试验

现场土壤调查必须进行取心钻孔，试验时土壤尽可能保持非扰动的状态。桩基结构的地基调查应取得为绘制横向阻力的荷载—挠度关系曲线（ $P-Y$ ）所需的土壤试验数据，以及桩受拉受压时的轴向力。下面给出了取得常用数据的指南。地基调查的现场试验部份应至少包括以下四个项目：

1. 尽可能地取得泥线以下40英尺(12米)深度内的完整的土样。然后对有重大变化的土层每隔10英尺(3米)进行取样，直到200英尺(61米)深度，对200英尺(61米)以下的深度每隔25英尺(8米)取样一次。

2. 在现场对每一个粘性土样至少进行一次小型十字板试验和一次无侧限压缩试验。

3. 对每一个重要的砂质土层进行标准的贯入试验或有可能的话进行相同效果的取样。

4. 将现场取得的土样仔细封存，以便进行实验室试验。

实验室的进一步试验应至少包括以下五个项目：

1. 对需要补充现场数据的粘土层进行无侧限压缩试验。

2. 确定所有的粘土土样的含水量及Atterberg极限。

3. 确定所有土样的容重。

4. 从无侧限压缩试验，不固结—不排水三轴压缩试验，或固结—不排水三轴压缩试验，求得应力—应变的关系。

5. 对每一个重要的砂层或粉砂层进行粒径筛分（最后要通过200号滤筛）。

为了更好地确定土壤—结构的相互作用，常常还需要有其它的程序，如土壤的动力特性或群桩的效应。

c. 冲刷

冲刷就是海流和波浪引起的海底土壤的移动。这种侵蚀是一种自然的地质变化过程，或者由海底附近的结构构件引起的。在砂质和粉砂质的海底，发生冲刷的可能性特别大。冲刷使地基失去垂直承载力和横向承载力，使座底式基础产生沉陷，并使基础构件应力过大。在可能发生冲刷的地方，设计时要作专门的考虑或应重视这个问题。

d. 海底滑动

由于波浪、地震和重力的作用，使海底产生大面积的横向运动，这就是海底土壤的滑动。这种土壤运动使地基受到很大的横向作用力。海底滑动能在许多种土壤中出现。正在迅速发育的三角洲周围的薄弱的、不固结的土壤容易产生这种运动。

在评价可能会产生海底滑动的地区，要掌握有关海底地形、沉积速度及含气量的详细资料。

1.5 设计环境条件的选择

选择平台的设计环境条件是平台业主的权利。要考虑的因素有以下几点：

- a. 人员居住在平台上的可能性，以及能将人员立即撤离平台的运输系统。
- b. 防止可能发生的污染。
- c. 平台的预期用途。
- d. 平台的设计寿命。
- e. 平台的成本，如超过设计标准，就要考虑初期成本和估计的损失。

通常对有人居住的平台，可能发生未经予告的设计事故，预计的平均重现期取得高是合理的。当条件限制时，如飞行距离很长，在发生灾难时人员的撤离速度受到限制，这时应考虑更高的平均重现期。

选择平台的设计环境条件应根据对上述因素作出的危险分析。分析应包括：对平台的成本，用不同重现期的环境条件进行估算；当平台受到不同重现期的环境条件时遭受破坏和损失的机率；由于平台遭受破坏和损失（包括生产事故、洗井、平台修复及重新开钻等）所造成的财政损失。分析表明，最佳的平均重现期是平台设计使用期的数倍，这个分析可作为一个指南。

下文所推荐的安全系数和许用应力用于与参考基准力(2.8节e)有关的环境荷载方面的结构设计。对于超过参考基准力所要求的环境荷载，设计可使用较低的安全系数。然而增大的环境荷载与减小的安全系数的综合必须与参考基准强度相等。

1.6 平台的类型

固定式海上平台的各种类型可以归纳如下：

a. 导管架型

导管架型的平台包括：

1. 导管架或焊接管子空间桁架，被用做打桩的导管和桩的横向支承。
2. 桩，它将平台永久地固定于海底，并承受横向和垂直荷载。
3. 上部结构，包括组成必要的构架和甲板面积，用于承受操作荷载和其它荷载。

b. 塔腿型

塔腿型平台是具有少数直径较大的大腿例如直径15英尺(5米)的平台。塔腿可以被浮运到井位上,并用有选择性压载水的办法安放于海底。

塔腿型平台可以用桩来支承,也可以不用桩支承。在用桩支承时,通过塔腿型平台的大腿将桩打入土质地基以支承平台。同时桩可作为油井导管。如果塔腿型平台的支承用扩孔基础而不用桩,油井导管可装在大腿的里边或者外边。

c. 沉箱型

沉箱型平台的基础由一个大型构件所组成。这种平台的沉箱范围是不定的。从仅支承一口井(外径30英寸[762毫米])的沉箱直到直径数英尺的大型结构。

d. 其他类型

其他类型的结构,如水下原油贮罐,连接平台的栈桥等等所有可以被使用的结构,都将包括在这一类结构中。

第二章 海上固定式平台的设计程序

总 则

2.1 单位制

所有图纸、计算等要始终采用一种单位制，如英制单位制或国际单位制（公制）。

2.2 荷载定义

a. 死荷载

死荷载指平台在空气中的重量，包括桩、导管架、上部结构、加筋板、管系、阳极和甲板等。

b. 浮力

平台的浮力将根据设计水线以下平台的排水量计算，并扣除压载水部份的排水量。

c. 钻井设备重量

钻井设备重量指布置在平台上的钻井设备重量，如井架、绞车、泥浆泵、泥浆罐等等的重量。

d. 采油设备重量

采油设备重量是指下列采油设备，如分离器、压缩机、采油管线等的重量。

e. 钻井备品重量

钻井备品重量是指钻井期间可变荷载的重量，如泥浆、水、柴油、套管等。

f. 采油备品重量

采油备品重量是指采油期间可变荷载的重量，如分离器中的液体、罐中的贮存量等。

g. 钻井负荷

钻井负荷是指井架大腿负荷、立根负荷和转盘负荷等项负荷的任何一种可能的组合。

h. 动荷载

设备重量除了它们的静力作用之外，尚需考虑下述各点：

1. 循环荷载等于或接近平台的自振频率时，将引起平台或构件的共振的动力放大系数。

2. 突然施加的荷载或动荷载的冲击。这种荷载通常用一个给定的系数乘上所施荷载。

i. 安装荷载

安装荷载是平台在建造过程中所经受的荷载。它通常发生在装船、下水和起吊过程中。

j. 环境荷载

环境荷载是指外界环境作用于平台的荷载。设计中所用的环境荷载的组合和等级，同第一章 1.5 节定义所提出的机率相一致。

需要考虑的环境荷载是：

1. 波浪力荷载
2. 海流力荷载
3. 风力荷载
4. 冰力荷载
5. 地震力荷载

k. 考虑到这些荷载同时出现的可能, 允许其中 1—4 项适当地叠加。对于第 5 项, 即地震力荷载, 如果使用这一荷载, 则用于代替 1—4 项。

2.3 环境荷载的方向

除有充分的理由作专门的假定外, 环境荷载将认为可来自任何的方向。

设计荷载条件

2.4 荷载条件

a. 定义

根据作业公司的规定, 设计环境条件是指所选择的设计环境作用于平台上的力; 而工作环境条件是指较好环境作用于平台上的力。这个环境条件是并不那样恶劣的, 不会使正常作业受到限制。

b. 最低荷载条件

海上平台至少用五种假定荷载条件进行设计和校核。这五种荷载条件是:

1. 设计环境条件与相应的钻井荷载
2. 钻井期间的操作环境条件
3. 设计环境条件与相应的采油荷载
4. 采油期间的操作环境条件
5. 设计环境条件与平台的最小荷载

c. 单个构件的受力

每一个单个构件均按此构件产生最大应力的荷载组合进行设计。

设计荷载

2.5 波浪

a. 总则

作用于平台上的波浪荷载是动态性质的。对于目前所遇到的大部份设计水深, 这些荷载用等值静力荷载来代表就足够了。对于更深的水区或者对具有较大柔性的平台, 静力分析就不能充分地描述平台的真正的动力荷载。要正确地分析这种平台, 就必须作结构动力方面的荷载分析。

b. 波浪静态分析

1. 设计波浪参数

根据平台业主的选择, 通常设计波浪是由波高、波浪周期和总水深这几个参数来描述

的。另一种方法是：由平台业主用能量频率分布(波谱形式)来确定设计波浪。这两种情况所确定的值将与结构的分类相一致。

2. 作用于构件的水平波浪力

由波浪引起的作用于圆柱形物体的水平波浪力，是由拖曳力和惯性力组成，前者与水体的动能有关，后者与水质点的加速度有关。这个力由下式给出：

$$F = F_D + F_I = C_D \frac{W}{2g} D U |U| + C_M \frac{W}{g} \frac{\pi}{4} D^2 \frac{dU}{dt} \dots \dots (1)$$

式中：

F = 与构件垂直方向上单位长度的波力 磅/英尺 (牛顿/米)

F_D = 单位长度上的阻力 磅/英尺 (牛顿/米)

F_I = 单位长度上的惯性力 磅/英尺 (牛顿/米)

C_D = 阻力系数

W = 海水的容重 磅/英尺³ (牛顿/米³)

g = 重力加速度 英尺/秒² (米/秒²)

D = 圆柱形构件的直径 英尺 (米)

U = 水质点的水平速度 英尺/秒 (米/秒)

$|U|$ = U 的绝对值 英尺/秒 (米/秒)

C_M = 质量系数

$\frac{dU}{dt}$ = 水质点的水平加速度 英尺/秒² (米/秒²)

系数 C_D 和 C_M 的数值部份地取决于使用的波浪理论。因此，不能对所有条件都给出固定的数值。对于圆柱形的构件， C_D 的数值在0.6~1.0之间， C_M 值大约在1.5~2.0之间。选用的数值不得小于上述变化范围的下限。

水质点的速度和加速度是波高、波浪周期、水深、水质点在泥面以上的距离以及时间的函数。这些函数可由任何现有方法决定，如 Stokes 五阶波浪理论，Chappellear 波浪理论，流函数波浪理论，扩展速度势波浪理论或修正的孤立波理论来确定。孤立波理论主要用于 H/d 值位于或接近于可能发生的最大波高及 d/T^2 值很小时(小于0.19英尺/秒²[0.058米/秒²])^{*}。在 H/d 及 d/T^2 的这些值以外可用Stokes五阶波浪理论。孤立波理论应用的详细指南见“表面波与海上结构”(R.O.Reid和C.L.Bretschneider)。

Stokes五阶波浪理论的公式见“五阶重力波理论”(Lars Skjelbreia和James Hendrickson)。修正的孤立波理论公式见“孤立波及其对拍岸浪问题的应用”(W.H.Munk)。

Chappellear 波浪理论的公式见“波浪性质的直接数值计算”(J.E.Chappellear)。流函数波浪理论的公式见“非线性海浪的流函数表达”(R.G.Dean)。扩展速度势理论的公式见“Stokes 波及非Stokes波的波浪力计算”(K.F.Lambrakos和H.R.Brannon)。

* H = 波高，波谷到波峰，英尺 (米)

T = 波浪周期，秒

d = 总水深，包括潮汐，英尺 (米)

3. 相对于结构的波浪力位置 (水平力)

应确定波峰相对于结构的位置, 以确定波浪力对结构的最大水平效应。对一种波位、波高或周期的波来说, 可能使结构的一个局部产生最大应力, 而对结构整体并不引起最大的作用力。

c. 波浪动力分析

当平台固有频率和构成设计海域主要能量波组合的频率相近时, 应作动力分析。如果平台地区有足够的波高资料, 或者有预报, 那么组合的频率可从连续波谱上确定。平台的动态评价应反映出视质量、阻尼及结构—地基相互作用等主要分析参数, 后者描述平台的水与土壤介质的关系。

波浪动力分析的方法可以分为时间图表和频谱法两种。当然时间图表法已进行了相当的研究, 而频谱法也正在加强研究之中。现有的设计资料和要求的结果类型将决定要采用的分析方法。

2.6 风

a. 总则

设计中所用风速应用适当方法确定。所选用的风速应与结构的保证程度相一致。

b. 风速和风力的关系

作用于结构的风力应用适当的方法加以确定。计算方法之一是:

$$F = 0.00256(V)^2 C_s A \dots\dots\dots (2)$$

公制公式

$$F = 0.0473(V)^2 C_s A \dots\dots\dots (2)$$

式中: F = 风力, 磅 (牛顿)

V = 持续风速, 标高30英尺处 英里/时 (+10米处 公里/时)

C_s = 形状系数

A = 建筑物的迎风面积, 英尺² (米²)

c. 风力的方向

对于各方位吹向结构物的风, 作用于平面构件的力垂直于该平面; 作用于园柱形立罐、管子及其它园柱形物体上的力, 顺风向作用。作用于非直立式园罐、管子及其它园柱形物体上的力可用适当公式计算, 但要考虑与物体摆放方式有关的风的方向。

d. 形状系数

对所有风向推荐下列形状系数 (C_s):

- 梁.....1.5
- 建筑物侧面.....1.5
- 园柱形断面.....1.0

e. 遮蔽系数

根据设计人员判断, 当第二个构件位于第一个构件之后且距离很近时, 可用此系数。

2.7 潮流

a. 总则

设计中所用流速应该用适当方法确定。流速的选择应与选用平台其它设计参数所用的程序相一致。

b. 浅窄水道内流速随深度的变化

缺乏实测数据时，可用下式计算流速：

$$V_x = V_s \left(\frac{X}{d} \right)^{2/3} \dots\dots\dots (3)$$

式中： V_x = 泥面以上 X 英尺（米）处的流速，英尺/秒（米/秒）

V_s = 水面处流速，英尺/秒（米/秒）

X = 泥面以上的距离，英尺（米）

d = 水面至泥面的距离，英尺（米）

c. 开阔水域内流速随深度的变化

应由有经验的人员来决定开阔水域内流速随深度的变化及流向的变化。

d. 流力

在潮流单独作用时（即没有波），流力为：

$$F_L = 0.5 C_L \rho V^2 A \dots\dots\dots (4)$$

$$F_D = 0.5 C_D \rho V^2 A \dots\dots\dots (5)$$

式中：

F_L = 单位长度上的上拔力，磅/英尺（牛顿/米）

F_D = 单位长度上的拖曳力，磅/英尺（牛顿/米）

C_L = 上拔系数

C_D = 阻力系数

ρ = 密度，磅/英尺³（公斤/米³）

V = 流速，英尺/秒（米/秒）

A = 单位长度的投影面积，英尺²/英尺（米²/米）

C_L 和 C_D 应根据可靠的流速资料和所讨论的结构类型加以确定。对于具有大的长细比的长圆柱形构件，上拔力可能成为极限荷载，应在设计中予以核算。

e. 潮流同波浪的组合

对于可能出现的两者的叠加应给予适当的考虑。在认为这种叠加是重要的情况下，在计算总作用力之前，流速同波浪水质点的速度应以矢量相互叠加。

f. 潮流引起的颤动

所有受潮流作用的计算构件都应检查由于 von Karman 涡流效应引起颤动的可能性。

2.8 流体动力学作用力指南——墨西哥湾

a. 总则

流体动力学作用力的设计参数应用 1.5 节中介绍的方法进行选择，采用 1.3 节中收集和列出的环境数据。本章中提出了指导性的流体动力学作用力的设计参数，如果没有完成 1.3 和 1.5 节中叙述的研究项目，就必须使用本节的参数。

b. 目的

本章所包括的指导原则用于设计墨西哥湾的新的的大型导管架式钻井和采油平台。