

海洋石油工程结构设计

一. 海洋石油工程简介

特点：与陆上石油的环境条件不同，风、波、潮流、冰、地震，海洋石油是高投入、高风险的行业，结构设计在海洋石油工程中起着极其重要的作用。

渤海的水深范围

南海的水深范围，如目前正在设计的番禺导管架水深已达 200 米

二. 海洋石油平台的结构型式

固定式—导管架型式

浮式——半潜式平台、张力腿平台、FPSO 浮式储油轮

重力式—混凝土平台

人工岛—沉箱结构型式

不论采取哪种型式，安全可靠经济实用是设计原则

着重介绍导管架桩基固定平台结构型式，它是世界上应用最广泛的结构型式

导管架固定式平台的组成：导管架、桩、上部组块（包括生活楼及其它模块）

三. 设计阶段划分

一个工程从开始计划到工程的最后实施，要经过几个阶段

概念设计阶段：主要确定大的工程实施方案、工程可行性研究、投资概算、报国家建委批准的 ODP 报告

基本设计阶段：大的工程方案的确定、方案的论证、重大问题的专题研究、要经权威的检验机构审查

详细设计阶段：细化基本设计确定的方案、详细的计算、图纸的绘制、材料采办料单的提出、细部构造的设计、大量的计算工作要在这个阶段进行、要经权威的检验机构审查

加工设计阶段：加工制造方案的确定、加工图的绘制、排板图及定货料单的提出

安装设计阶段：进行详细的吊装、拖航分析，确定装船固定方案

有的工程在详细设计的初期还要进行基本设计方案的优化，也有的工程将基本设计和详细设计合二为一

四. 固定平台设计

固定平台设计分为导管架设计及上部组块设计

1. 结构设计的依据、前提条件

ODP 总体开发方案是基本设计的依据、ODP 报告一般由北京生产研究中心承担

ODP 报告规定了工程的规模，规划了平台的数量、海底管道和电缆的敷设等大的工程方案

规划了平台的方位、位置和使用功能和使用寿命

依据平台的使用功能平台可分为钻井、采油或钻采、储油、井口、生活动力平台等

2. 设计条件

1) 海洋气象环境条件：

水深、潮位：潮位分极端高天文潮、极端低天文潮、天文高水位、天文低水位、海图基准面、平均海平面、风暴涌

风：1 年重现期、10 年重现期、50 年重现期、100 年重现期的 1 分钟平均风速、

3 秒阵风风速

波：1 年重现期、10 年重现期、50 年重现期、100 年重现期的最大波高及相应的周期、有效波高及相应的周期，疲劳设计用的波侯

潮流：表层流速、底层流速

冰：1 年重现期、50 年重现期的平整冰、重迭冰，冰的单轴抗压强度、弯曲破坏强度

地震：不同重现期的水平地面峰值加速度、地震谱、强度水平和韧性水平的加速度值

2) 土壤地质条件：

地质钻孔资料应包括土壤描述、土壤数据资料、极限承载力曲线、P-Y 曲线、T-Z 曲线、Q-Z 曲线

表层土壤冲刷深度

浅基础土壤特性资料

3) 平台的使用寿命

4) 腐蚀和磨蚀裕量

5) 海生物的厚度：海生物的位置一般规定从平均海平面到海底、海生物的密度

3. 设计规范、标准

海洋平台设计是依据规范设计，一般按 API RP 2A 设计，也有按 DNV 规范设计的采用哪一规范设计应由业主决定，由哪一检验机构检验也应由业主决定

我们国家等同采用 API RP 2A 标准

1) 设计法规：

中华人民共和国 国家经贸委 海上固定平台安全法则（2000 年版）

2) 美国石油学会（API）

RP 2A 海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法

RP 2N 冰环境条件下海上固定结构规划、设计和建造的推荐作法

RP 2L 海上固定平台直升飞机场规划、设计和建造的推荐作法

RP 2X 海上结构制造超声波检验的推荐作法和超声波技术取证指南

API SPEC 2B 结构钢管制造规范

API SPEC 2C 海上固定起重机规范

API SPEC 2H 海上平台管节点用碳锰钢板规范

API SPEC 5L 结构钢管规范

3) 美国钢结构协会（AISC）

钢结构建筑物技术要求—容许应力设计和塑性设计

4) 美国焊接协会（AWS） D1.1/ D1.1M 钢结构焊接规范

5) 美国船级社（ABS）海上建筑物建造入级规范—结构部分

6) 日本（JIS）标准

7) 美国机械工程师协会（ASME）锅炉和压力容器规范

8) 中国船级社（CCS）1992 年海上固定平台入级与建造规范和 1994 年补充规定

4. 导管架设计

1) 导管架设计主要内容（包括计算、绘图、编写规格书及提交材料单）

图纸设计：

主结构：平、立面主结构图，桩

附属结构：隔水导管、带缆走道、蹬船平台、靠船构件、防沉板、立管卡子、
电缆护管、泵护管、灌浆管线

深水结构还包括：充水管线、充气管线、下水滑道、索具平台

2) 计算工作内容

总体分析包括：

静力分析

地震分析

疲劳分析

波浪动力响应分析

装船分析

吊装分析

拖航分析

漂浮和扶正分析

局部分析包括：

吊点计算

桩自由站立分析

打桩分析

隔水导管自由站立及打入分析

防沉板设计

船泊撞击分析

3) 结构计算分析模拟包括：（计算分析用程序 SACS）

结构模拟：建立计算模型、边界条件、节点的偏心考虑、附属构件的模拟

荷载模拟：风、波、潮流、冰、地震力的计算

基础模拟：桩、土、结构的共同作用

上部荷载模拟

杆件的名义应力及节点的冲剪应力

5. 组块设计

1) 组块设计主要内容：

主结构：

附属结构：火炬臂、栈桥、吊机底座、救生艇支架、吊机臂支架、层间房、直
升机平台

2) 计算工作内容：

静力分析

地震分析

装船分析

吊装分析
拖航分析
吊点计算
附属构件计算：如吊机筒体、救生艇支架等

3) 结构计算分析模拟包括：

结构模拟：建立计算模型、边界条件、节点的偏心考虑、附属构件的模拟
荷载模拟：环境荷载及功能荷载
计算机分析
重量控制报告

6. 生活楼设计

7. 附属结构设计

- 1) 火炬臂设计
- 2) 栈桥设计
- 3) 滑靴设计
- 4) 称重结构设计
- 5) 其它特殊结构设计

五. 材料的选取

材料的选取原则：经济合理，安全可靠

材料的划分：按材料的强度等级划分和按材料的韧性级别划分

按材料的强度等级可划分为：I 类、II 类、III 类

按材料的韧性级别可划分为：A 级、B 级、C 级

根据材料在平台的使用不同分为：关键构件、主要构件和一般构件

对于导管架的主要节点、吊点等重要部位选用带 Z 向性能的 A 级标准钢材

材料规格书规定了总的技术要求，分别对板材、管材和型材提出具体要求

对于不同的材质提出具体的 Z 向性能、碳当量、和冲击韧性要求、材料的交货和验收标准。

六. 设计成果（包括文件和图纸）

1. 规格书

- 1) 结构设计规格书：一般导管架和组块的设计规格书分开写，主要确定设计标准、计算内容、详述设计方法、明确环境基础数据。
- 2) 结构材料规格书：规定材料的制造标准、材料的检验和验收标准。
- 3) 结构制造规格书：规定结构制造的基本要求、制造公差。
- 4) 结构焊接、检验规格书：提出提交业主的各种程序文件、焊工和焊接程序的取证要求、规定焊接、检验标准。
- 5) 结构安装规格书：规定结构海上安装的公差要求。
- 6) 装船固定规格书：
- 7) 其它特殊的技术要求

2. 设计报告

1) 导管架设计报告

静力计算报告

地震计算报告

疲劳分析报告

波浪动力响应分析报告

装船分析报告

吊装分析报告

拖航分析报告

漂浮和扶正分析报告

局部分析包括:

吊点计算报告

桩自由站立分析计算报告

打桩分析计算报告

隔水导管自由站立及打入分析报告

防沉板设计报告

船泊撞击计算报告

2) 组块设计报告

静力计算报告

地震计算报告

装船分析报告

吊装分析报告

拖航分析报告

吊点计算报告

直升机平台计算报告

3. 图纸

4. 材料表