



指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD 04-2005

中国船级社

海上平台状态评定指南

GUIDELINES FOR ASSESSMENT OF OFFSHORE PLATFORM

2005

北 京

Beijing

目录

第1章 通则	1
1.1 适用范围	1
1.2 目的	1
1.3 暴露分级	1
1.4 状态评定的过程	2
1.5 申请及责任	3
第2章 图纸和资料	4
2.1 一般规定	4
2.2 图纸和资料	4
第3章 平台结构和防腐系统的检验	6
3.1 一般规定	6
3.2 结构的检验	6
3.3 防腐系统的检验	7
第4章 环境条件	8
4.1 一般规定	8
4.2 环境参数	8
4.3 风	8
4.4 波浪	8
4.5 潮汐	9
4.6 海流	9
4.7 冰	9
4.8 地震	9
4.9 海底冲刷	10
4.10 海生物	10
4.11 其他环境资料	10
第5章 结构模拟	11
5.1 一般规定	11
5.2 总体坐标系	11
5.3 单元类型	11
5.4 结构建模的细节考虑	11
5.5 桩土相互作用	12
5.6 动力分析中结构模拟的要求	12
5.7 疲劳分析中相关参数的选取	13
第6章 荷载的确定	14
6.1 一般规定	14
6.2 固定荷载	14
6.3 活荷载	14
6.4 风	15
6.5 波浪	16
6.6 流	19

6.7 冰.....	19
6.8 地震.....	20
6.9 荷载组合.....	21
第7章 结构分析评价.....	22
7.1 一般规定.....	22
7.2 结构静力分析评价.....	22
7.3 结构动力分析评价.....	22
7.4 结构疲劳强度分析评价.....	23
7.5 桩基础评价.....	25
7.6 极限强度分析.....	26
第8章 平台设备的检验和评定.....	27
8.1 一般规定.....	27
8.2 平台设备的检验.....	27
8.3 状态评定.....	36
第9章 平台的重新利用.....	37
9.1 一般规定.....	37
9.2 重新利用平台的疲劳考虑.....	37
9.3 重新利用平台的钢材.....	37
9.4 重新利用平台的检验.....	38
第10章 状态评定报告.....	40
10.1 一般规定.....	40
10.2 评定报告的内容.....	40

第1章 通则

1.1 适用范围

1.1.1 平台在寿命期内需要进行状态评定以确定其适用性。这种状态评定通常起因于平台用途的改变，如人员配备和荷载的调整；平台状态的更改，如损坏或性能降低；或者是由于环境荷载或基础强度的重新评价等等。

1.1.2 由于实际生产的需要，平台在达到设计寿命后需要进行状态评定以确定其现状是否能满足继续生产作业的要求；另外有些平台可以被移动到一个新的地点重新定位以便重新使用。

1.1.3 平台的状态评定是为业主提供的技术支持服务，与平台的船级无关。它是根据对平台的详细调查、检测和检验、性能测试以及分析计算等对平台实际状态进行评定的一项独立和完整的证明。

1.1.4 本指南适用于海上固定平台的状态评定，对于移动平台以及其它海上设施可依照本指南的有关规定，并充分考虑到该海上设施的特殊性参照执行。

1.2 目的

1.2.1 状态评定的目的是为业主提供一个与结构、设备和维持平台正常作业有关的平台实际状态技术文件和声明，以证实平台是否符合现行的法规、标准和本社规范规定的技术要求。可供业主在作业时提供有关方使用。

1.2.2 状态评定也为平台的合理使用而进行的修理和保养提供依据。

1.3 暴露分级

1.3.1 对于海洋平台，可以根据不同的暴露等级对结构进行分类，并据此对现有平台进行状态评定，使其与预定的功能相适应。

1.3.2 海洋平台主要通过考虑人命安全和失效后果来确定等级。人命安全按预计的最可能环境事件（即有人在平台时预期发生的情况来考虑。失效后果分析应包括预期的业主的损失（平台和设备的维修和更换、生产损失、环境清理）、其他作业者的损失（经由主管道引起的生产损失）、工业界和政府的损失。

1.3.3 人命安全的分级为：

R-1=有人居住——不撤离

R-2=有人居住——撤离

R-3=无人居住

确定人命安全的适当的等级应基于下述规定：

R-1 有人居住——不撤离

有人居住——不撤离系统指平台上一直有人居住并在上生活，在设计环境事件发生之前，不准备撤离，或者撤离是不实际的。

R-2 有人居住——撤离

有人居住——撤离系统指除了预报的设计环境事件期间外,通常都有人居住的平台。只要设计环境事件前已有撤离计划并且有充足时间可安全地将全部人员从平台上撤离,分级时可将平台归为有人居住——撤离一类。

R-3 无人居住

无人居住系指平台上不常有人,或者是既不属于有人居住——不撤离、也不属于有人居住——撤离的平台。某些情况下,偶然有人居住的平台可划为无人居住平台的范围。

1.3.4 失效后果的分级为:

L-1=严重失效后果

L-2=中等失效后果

L-3=轻微失效后果

失效后果一般应包括对业主、其他作业者和工业界预期损失的考虑。下述规定可作为确定失效后果相应等级的基本原则:

L-1 严重后果

严重失效后果等级是指重要的平台和/或那些一旦失效可能出现油、气泄漏的平台。此外,还包括那些设计事件发生前不准备或不可能中断油、气生产的平台(例如在地震活动频繁的地区)。有重要输油管线,和/或间歇输油储油设施的平台也应视为严重后果级别。

L-2 中等后果

中等失效后果等级是指设计事件发生期间停产的平台。所有平台失效时会自流的油井必须装有功能齐全的水下安全阀,水下安全阀应按照适用的中华人民共和国石油天然气行业标准制造和试验。原油只限于在处理储罐和缓冲罐中储存。

L-3 轻微后果

轻微失效后果等级是指设计事件时停产的小平台。所有在平台一旦失效时能自喷的油井必须装有功能齐全的井下安全阀,井下安全阀应按照适用的中华人民共和国石油天然气行业标准制造和试验。这些平台上可装有生产分离设施和小容量的内部管线,原油只限于在处理储罐中储存。

1.4 状态评定的过程

1.4.1 现有平台的状态评定的过程应分别考虑人命安全和失效后果,并采用相应的标准。

1.4.2 平台的状态评定过程主要包括以下几个方面:

- (1) 平台分级
- (2) 条件评估
- (3) 设计资料及其它资料审核
- (4) 检测和检验
- (5) 设计水平分析
- (6) 极限强度分析
- (7) 缓解措施的考虑

1.4.3 平台的设计水平分析是一种比较保守的分析方法,而极限强度分析则留有的余地较少。一般比较有效的方法是先进行设计水平分析,而仅在需要时才进行极限强度分析。但是允许跳过设计水平分析,直接进行极限强度分析。

1.4.4 平台在设计水平分析和极限强度分析时,如不能满足法规、标准和规范规定的技术要求,可考虑采用相应的缓解措施,直到平台满足相应的要求。

1.5 申请及责任

1.5.1 申请本社服务者，均需由申请人向本社总部提交书面申请，并提供本项服务所需的图纸和技术文件。

1.5.2 申请人应与本社商议制订状态评定计划。

1.5.3 申请人应至少于检验及检测开始前 3 周通知本社，并根据本社提供的检验计划安排检验所必需的条件。

1.5.4 申请人应根据本指南的有关要求，安排相应的检测和检验。本社应对超声波测厚、无损探伤、水下检测、设备检查和实验等活动进行监督，以协助业主保证检测数据和检验结果的正确性和公正性。

1.5.5 申请人应为本社提供必要的工作条件，以及实施现场检验和监督的便利，并有义务要求其分包方配合本社的工作。

1.5.6 申请人需按合同支付有关费用。

第 2 章 图纸和资料

2.1 一般规定

2.1.1 对于平台的状态评定，首先需要收集相关的图纸和资料。如发生图纸和资料的缺失，则需要实地测量，申请人向本社提供的数据应准确、可靠，这些数据的测量和处理对于整体的、有计划的状态评定和维修方案极为重要。

2.1.2 所需的图纸和资料主要包含以下三类：

- (1) 原始设计数据，海洋、环境报告，详细说明和结构图纸
- (2) 当前的操作状况，平台的修理及改造情况，以及由于结构和设备的调整而产生的荷载变化。
- (3) 结构和系统最近的、全面的调查，破损情况表，腐蚀、修理情况等。

2.2 图纸和资料

2.2.1 总体信息

- (1) 最初和当前的业主
- (2) 最初和当前的平台用途和功能
- (3) 位置、水深和方位
- (4) 平台型式及其他特定信息、操作等级
- (5) 其他的具体场地资料、人员配备等
- (6) 以往环境事件中的情况等。

2.2.2 原始设计

- (1) 设计承包人、设计日期。
- (2) 设计图纸、材料说明
- (3) 设计标准
- (4) 环境标准 风、海浪、海流、冰等
- (5) 甲板的允许高程
- (6) 操作标准 甲板的荷载、设备布置
- (7) 土壤资料
- (8) 桩和隔水套管的尺度和设计贯入深度
- (9) 附属构件 清单和布置

2.2.3 建造

- (1) 建造、安装承包人和安装日期
- (2) 竣工图纸
- (3) 制造、焊接和建造规格书
- (4) 材料跟踪记录
- (5) 桩和隔水套管的打入记录等。
- (6) 桩灌浆记录（如适用）

2.2.4 平台历史记录

- (1) 环境荷载记录 台风、风暴等

- (2) 操作荷载记录 碰撞和偶然荷载
- (3) 过去环境作用效应下的表现情况
- (4) 检验和维修记录
- (5) 修理情况记录 图纸、日期等
- (6) 改造情况记录 图纸、日期等

2.2.5 目前条件情况

- (1) 所有结构的实际尺寸、位置、高程
- (2) 所有甲板的荷载和设备布置
- (3) 产量和储备物清单
- (4) 近期水下调查情况，包括海生物附着情况、海底冲刷等
- (5) 平台腐蚀调查和探伤测厚报告
- (6) 平台海域最新的环境数据
- (7) 防腐系统调查和水下电位测量报告

第 3 章 平台结构和防腐系统的检验

3.1. 一般规定

3.1.1 平台的检测和检验应全面地反映平台的实际状况,对平台结构的检测和检验结果是对平台结构进行状态评定的重要依据;

3.1.2 本社应根据实际情况在检验之前会同业主编制详细的检测和检验计划;

3.1.3 对于平台重新利用的检验,应在本章的基础上参照第 9 章的相关内容进行。

3.2 结构的检验

3.2.1 对平台结构进行全面地检验(包括直升机甲板结构)。特别应注意飞溅区内船舶或漂浮物对结构的碰撞引起的损坏、因腐蚀引起的损坏、重大改造的部位以及历次检验时所发现的损坏修理部位;

3.2.2 检查甲板、通道、梯道、栏杆、梯口和升降口等的安全设施;

3.2.3 检查平台群的连接步桥的结构及其保护栏杆;

3.2.4 对水下结构,包括导管架、隔水套管、立管和立管卡以及靠船构件和登船平台等,采用水下录像或其它适宜的手段进行一般性的水下检验;对某些有代表性的区域,例如高应力节点、高应力杆件区域、低疲劳寿命节点区域以及曾发生过损坏修理的区域,或曾做过改装、改造的区域以及飞溅区等进行重点检查,检验前对这些重点区域应进行表面清洁,主要检验有无明显的腐蚀、机械损坏和变形等;此外,在检验时还应注意在过去的检验中发现的异常区域。

平台在进行水下检验之前,应将水下检验计划提交本社审查认可,该计划至少应包括下列内容:

- a) 检验地点和环境条件;
- b) 检验项目和程序;
- c) 检验方法和设备;
- d) 担任水下检验的潜水员名单和潜水公司名称。

水下检验所采用的设备、潜水器或其他适用的工具应征得本社验船师同意。担任水下检验的潜水员应具有资格证书和相应的水下操作证书。水下检验应在本社验船师监督下进行。

3.2.5 检查导管架和平台结构的重要受力节点(包括水上、水下结构及飞溅区的节点),尤其是高应力节点、容易引起应力集中的部位和低疲劳寿命节点,并进行无损检测;如发现裂纹应扩大检验范围;

3.2.6 对导管架和平台的主要结构件,特别是高应力杆件以及其它严重腐蚀的构件进行测厚检验;

3.2.7 检查结构上附着的海生物情况(包括种类、表面粗糙程度等),并按不同水深测量其附着厚度;

3.2.8 测量海床冲刷、桩腿倾斜和平台沉降等情况,包括因冲刷或淤积造成平台位置水深的变化等;

3.2.9 检查可能影响结构整体性的结构或载荷的变化情况。

3.3 防腐系统的检验

3.3.1 检验大气区防腐涂层和飞溅区的防腐涂层或特种防腐系统,检查防腐涂层的防腐效果和损坏情况;

3.3.2 检验全浸区防腐涂层和阴极保护系统的有效性,测量阴极保护系统的电位;

测量和评价阴极保护的效果可采用下列方法:

- a) 测量被保护构件的电位--被保护构件的电位应符合相关标准的规定;
- b) 直观检查--潜水员通过目测、水下摄影、水下电视等检查平台腐蚀状况;
- c) 腐蚀挂片检查--试片腐蚀形态和速率应在平台使用年限所允许的限度之内。

用于测量被保护结构电位的参比电极可为 Ag/AgCl 电极、 $Cu/CuSO_4$ 电极或 Zn 电极。

参比电位的准确度应定期检查。测量电位时,参比电极应尽可能靠近待测的平台结构。对于装有在线固定式参比电极的平台,应定期用便携式参比电极校验其准确度。

对牺牲阳极保护系统,应检查阳极溶解状况、机械损伤情况等;对外加电流阴极保护系统、电源设备运行状况,应检查输出电流(包括各辅助阳极分路的电流)、电压、功率消耗等;此外还应检查辅助阳极、电缆和参比电极的工作状况。

第 4 章 环境条件

4.1 一般规定

4.1.1 平台的状态评定应考虑与特定海域和操作条件相关的各种环境条件，主要包括：风、波浪、潮汐、海流、冰、地震等。应对观测数据和模型试验所得数据进行统计分析，以得到正常和极端环境条件的准确描述。其中：

- (1) 正常环境条件指在平台的设计寿命内经常发生的条件，一般取 1 年重现期的参数；
- (2) 极端环境条件指在平台的设计寿命内很少重复发生的条件，根据平台所在海域、设计寿命以及平台分级的不同，一般取 50 年或 100 年重现期的参数，并且重现期不应小于两倍的平台预期使用寿命。

4.1.2 对平台进行状态评定时，在条件许可的情况下，应根据最新海况统计资料对环境条件进行重新确定，包括操作条件和极端风暴条件下的环境参数等。

4.2 环境参数

4.2.1 环境参数应取自平台所处海域的实际环境条件，如果在特定的区域缺乏充分的数据，则可通过其他相邻地区的相应数据进行合理的保守估算。

4.2.2 各种环境数据要用根据统计数据或长期观察的特征值来描述。应使用公认的统计方法来描述环境条件的随机性。

4.3 风

4.3.1 对水面以上的平台结构和设备均需要考虑风力的作用。风速可分为两种：

- (1) 阵风风速，指平均持续时间远小于 1 分钟的风速；
- (2) 持续风速，指平均持续时间大于等于 1 分钟的风速。

4.3.2 一般来说，持续风速用于计算整个平台上部结构总的静风载，而阵风风速用于单个结构件的设计。

4.4 波浪

4.4.1 波浪荷载是海上平台所承受的主要环境荷载之一。对于不同的设计海况，分别有不同的考虑。

4.4.2 对正常海况，有：

- (1) 每月或每季度内，特定波向的不同波浪海况的出现概率和平均持续时间（不同海况通常用有效波高和平均周期来描述）；

(2) 和上述海况同时出现的风速、潮汐和海流

4.4.3 对极端海况，应按重现期确定特定波向的设计极端波高，另外还需确定如下资料：

- (1) 与极端波高有关的波浪周期的可能范围和分布
- (2) 在产生极端波高的海况中，其他波高的分布、最大波峰高程和波谱
- (3) 与产生极端波浪的海况同时出现的风速、潮汐和海流
- (4) 用于确定设计值的历史性海况的性质、发生日期和地点

4.5 潮汐

4.5.1 在平台的设计中潮汐是重要的考虑因素，潮汐可以分为：天文潮、风成潮、压差潮。后两者常组合在一起，称风暴涌(Storm surge)，三者组合称为风暴潮，代表极端水位。日天文潮高程的变化决定了靠船平台、防撞构件、飞溅区以及海生物区上限的高程。

4.5.2 应按重现期确定平台所处海域风暴潮的数值，作为平台高程的设计依据之一。

4.5.3 潮汐影响到水深，而状态评定中水深参数的确定跟平台操作条件有关。以平均海平面作为基准面，对于正常环境条件，一般参照最大天文潮水位；对于极端环境条件，一般参照极端水位。对于平台的动力分析和疲劳分析，水深一般直接参照平均海平面确定。

4.6 海流

4.6.1 海流对海洋平台的作用体现在多个方面：除了作用在平台上的流力之外，考虑流对波浪的 Doppler 效应，将影响波浪的表观周期。

4.6.2 流速一般按表层、中层和底层给出，也可以是沿水深的一个分布函数。

4.7 冰

若平台所处区域为可能结冰的区域，则进行状态评定时需要考虑冰力作用。为计算冰荷载，一般需给出冰的密度、厚度、侧压强度、弯曲强度等参数。应采用合理的计算公式来计算作用于平台上的冰荷载。

4.8 地震

4.8.1 对处于有地震活动区域的海上平台进行状态评定，应考虑地震力。平台所处区域处于哪种地震活动级别，是根据以前的地震活动记录、出现概率和幅值而确定的。

4.8.2 对于地震活动区域，应用场地的专门研究确定使用的地震地面运动的强度和特征。地面运动的强度和特征的评价应考虑区域内的活动断层，断层的类型、每条断层可能产生的地震的最大量级、区域地震活动率、现场到可能的震源断层的距离、在这些断层和平台现场之间的地面运动的衰减以及现场土壤条件。

4.8.3 应根据下列平均重现期的极限强度地震标准进行校核：地震后果较小的平台结构，采用平均 500 年重现期标准；除此之外，其他平台均采用平均 1000 年重现期标准。

4.9 海底冲刷

4.9.1 冲刷是海流和波浪作用所引起的海底土的移动，一般包括如下的几种：

- (1) 局部冲刷：指在桩及桩群结构周围形成的陡坡冲刷槽。
- (2) 整体冲刷：由于结构整体影响、结构群之间的相互影响或者是波浪/土/结构间的相互作用所造成的结构物周围出现较大范围的浅冲刷盆。
- (3) 海床整体移动：在没有结构物的情况下可能发生的沙坡、沙脊或沙洲的移动，能引起海底的沉降或堆积。

4.9.2 海底冲刷对桩的侧向和轴向性能及承载能力都会产生一定的影响。因此根据检测报告，如果平台周围的冲刷确实存在，在状态评定时应予考虑。

4.10 海生物

在役平台上附着海生物是非常普遍的现象。经验证明，海生物的存在对于平台的强度有一定的影响。海生物将导致结构重量的增加，另外由于加大了构件的尺寸和粗糙度，将引起波浪力的增大，因此对海上平台进行状态评定，海生物的影响是必须要考虑的。海生物的具体分布和性质（如种类、厚度、密度等）要根据最新的检测报告给出。

4.11 其他环境资料

对平台状态评定有意义的其他环境资料还包括降雨量、降雪量、结冰情况、雾、空气和海水温度的记录或预测等。

第 5 章 结构模拟

5.1 一般规定

5.1.1 建立平台的三维有限元模型，可以采用通用有限元软件或海工专业计算软件来完成。结构模型应包括平台主体结构和相关附属构件。

5.1.2 合理地模拟各种边界条件对于正确评价平台的强度和稳定性具有重要的影响。

5.2 总体坐标系

建立模型时所采用的总体坐标系多为直角坐标系，其中 X、Y 为水平轴，Z 为竖直轴，三者关系满足右手定则。为便于表述，坐标原点的选取须根据平台结构的对称性来确定。

5.3 单元类型

5.3.1 进行平台结构分析评价时，单元类型一般选取梁单元、板壳单元以及实体单元，其中梁单元多用于模拟桩腿结构、平台甲板扶强材和舱壁扶强材等；板壳单元多用于模拟平台甲板以及移动平台的船体外围板、舱壁板等，有时也用于模拟桁材的高腹板等结构。实体单元多用于细致的有限元建模，如平台的局部细化分析等。

5.3.2 模拟甲板和舱壁的扶强材时，附连带板的影响应给予考虑。

5.4 结构建模的细节考虑

5.4.1 为真实反映实际构件的连接，建立模型时应考虑单元偏心的影响。可采用设置构件连接点偏移量，板与板上扶强材之间的偏移量或用偏心梁方式计入有限元模型中，以反映结点的刚度、尺度以及构件弯曲组合截面特性。为使偏移量的设定更加方便，单元局部坐标系的选取须遵从相同的规则。

5.4.2 对于圆柱形受压构件，可参照如下 API RP2A 给出的有效长度系数：

部位	有效长度系数 K
上部结构腿柱 有支撑的 门架（无支撑的）	1.0 K ^a
导管架腿柱和桩	1.0
甲板桁架的腹杆 作用于平面内 作用于平面外	0.8 1.0

导管架撑杆	0.8
对 X 形撑杆, 较长杆段的长度 ^b	0.9
一般水平杆	0.7
甲板桁架的弦杆	1.0
a 采用 AISC 注释中的有效长度计算图。如计算条件与计算图中假定的条件不同时, 可以进行修正	
b 如果节点在平面外没有支撑, 则构成节点的构件至少有一对受拉	

5.4.3 建模时应考虑到飞溅区的腐蚀余量, 以及检测报告所显示的构件实际腐蚀量。对处于冰作用区内的杆件, 还要考虑冰的磨蚀, 无资料时可取 0.1mm/年。在疲劳分析中可取 1/2 的飞溅区腐蚀余量。

5.4.4 对于扶梯、靠船件、与平台相连的立管等结构, 可以处理为非结构单元, 即考虑自重和作用其上的环境荷载对平台主体的影响, 而忽略其对平台总体刚度的贡献。

5.4.5 对隔水套管的模拟, 应根据其与平台主体结构的连接方式来判断其对平台整体刚度的影响。若刚度贡献较大, 应按结构单元来模拟, 否则可以处理成非结构单元。

5.4.6 海生物的厚度、密度等应按照最新的检测结果输入到模型文件中。

5.5 桩土相互作用

5.5.1 对固定平台应采用合理的桩 - 土相互作用模型来模拟基础对桩基的作用。分析中常用的是直接输入土壤特性参数, 包括: T-Z, TB-Z 以及 P-Y 曲线数据, 他们分别描述土壤对桩的轴向作用力、桩尖承载力以及土壤的横向承载力。

5.5.2 插桩式桩腿可按海底泥面下 3m 处铰支来模拟其有限元模型的边界条件。当桩腿带有独立桩靴时, 可对桩腿的贯入深度和桩腿端部的边界固定条件给予适当的考虑。

5.5.3 海底冲刷对桩的侧向和轴向性能及承载能力都会产生影响, 因此应尽可能获得冲刷的准确数据, 并据此修正海底泥面的标高变化、水深、土壤特性分布等参数。

5.6 动力分析中结构模拟的要求

5.6.1 重力荷载应包括平台的固定重量 (包括结构、设备、附属构件), 实际活荷载和 75% 的最大供应和储备荷载。用于动力分析中的质量应包括相应于重力荷载的质量、包含在结构和附属构件中的流体质量以及附加质量。分析模型应包括平台刚度和质量在三个方向上的分布, 应考虑平台刚度或质量的不对称分布可能会引起的显著扭转响应。

5.6.2 在计算有支撑的桩基钢结构的动力特性时, 除非有其他资料明确给出另外的阻尼值, 对于弹性分析, 推荐使用 5% 的临界振型阻尼比。

5.6.3 地震分析中桩 - 土系统的模拟可采用简化等效桩或者直接给出桩头的等效刚度矩阵。获得等效刚度矩阵时所选用的荷载工况须与设计地震荷载相一致, 即需考虑到重力的作用以及相应的地面运动加速度。

5.7 疲劳分析中相关参数的选取

5.7.1 腐蚀余量

疲劳分析中采用的腐蚀余量一般取静力分析时其值的一半。

5.7.2 阻尼值

疲劳分析中多选用 2% 的临界阻尼值。

5.7.3 拖曳力系数和惯性力系数

这两个系数的选取可以参照 API RP 2A 的相关规定。对于小波浪，一般取惯性力系数 $C_m=2.0$ ，拖曳力系数 $C_d=0.8$ （粗糙杆件）， $C_d=0.5$ （光滑杆件）。

5.7.4 波浪运动系数：取 1.0

5.7.5 隔水套管遮蔽系数：取 1.0

第6章 荷载的确定

6.1 一般规定

6.1.1 荷载分类

(1) 固定荷载：包括平台结构的重量和在某个作业形式下不变化的任何永久设备和附属结构的重量。

(2) 活荷载：指在平台使用期间作用在它上面的荷载，它可能在一种作业形式期间就发生变化，也可能从一种作业形式到另一种时发生变化。

(3) 环境荷载：包括风、浪、流、冰、地震等自然现象作用在平台上的荷载。

6.1.2 荷载组合原则

(1) 根据所选定的评价环境条件，对实际有可能同时作用于平台上的各种荷载，应按其最不利的情况进行组合，但地震荷载除外。

(2) 对同一平台的不同评价项目（如结构的局部构件计算或总体计算等）或不同阶段（施工阶段或使用阶段），应按实际可能出现的最不利情况进行荷载组合。在组合时，应考虑水位的影响。

6.2 固定荷载

6.2.1 结构自重

对于平台已建模型的构件，按其尺寸、形状、密度等确定其重量，加在结构相应部位。

6.2.2 附属构件荷载

对于一部分未建立计算模型的水下构件，如走道、牺牲阳极块、隔水套管导向环等，其重量扣除浮力后加在结构相应部位。

对于一部分未建立计算模型的水上附属结构，包括防火墙、滑轨、工作间、楼梯、走道、扶手等，其重量按实际加在结构相应部位。

6.2.3 设备干重

平台所有设备干重均可在设备汇总清单中查得，结合平台设备布置图，将各设备重量加于结构相应部位。

6.2.4 生活区和直升机甲板荷载

包括生活楼和直升机甲板及其支持结构的重量。一般平台设计直升机甲板置于生活楼顶部，对于二者分离的状态，应分别计算各自的重量后按照实际的支撑情况加在模型结构相应部位。

6.3 活荷载

6.3.1 设备操作重量

该重量定义为平台设备湿重减去干重。平台部分设备在作业过程中或在运转过程中，其重量将发生变化，这部分设备的操作重量也可在设备汇总清单中查得，结合平台设备布置图，将各设备操作重量加于结构相应部位。

6.3.2 吊机操作荷载

由于吊机在操作过程中具有方向性,并会产生较大的力和弯矩,对平台整体和局部受力影响比较大,因此需要单独考虑。

评估时,一般考虑吊机载作用方向应该与环境荷载工况选取的作用方向相对应,以便将来的荷载组合,来搜索最不利的情况。

6.3.3 修井设备荷载

由于修井设备可在平台甲板上移动,其重量较大,且在修井作业时的操作荷载也很大,其在不同井位作业时对平台的整体及局部受力将产生较大影响,因此需单独考虑。

评估时应按方向搜索修井设备的最不利位置,方向应与环境荷载工况选取的作用方向相对应,最不利位置是指在该方向上修井设备可能产生的最大修井弯矩的井位。

6.3.4 靠船力

应按平台可能的最大靠船力计算并加在结构相应部位。

6.3.4 生活区活荷载

包括人员的流动及直升机起降荷载,可根据平台操作手册而定。

6.3.5 作业区活荷载

- (1) 作业状态最大活荷载;
- (2) 作业状态最小活荷载;
- (3) 风暴状态最大活荷载;
- (4) 风暴状态最小活荷载。
- (5) 上述荷载根据平台操作手册而定。

6.4 风

6.4.1 风速的选取

- 计算单个杆件最大的静风载时采用 3s 阵风风速;
- 对于水平方向上尺寸不超过 50m 结构的最大总风载的计算,宜采用 5s 阵风风速;
- 计算更大结构上总静风载时宜采用 15s 阵风风速;
- 当结构承受最大的波浪力时,宜采用 1min 持续风速计算上部结构总的静风载;
- 对风的动力影响可忽略的结构总静风载的计算,宜采用 1h 的持续风速和最大波浪力。

6.4.2 风力计算

作用于一个物体上的风力,应采用适当的方法计算,诸如:

$$F = (\rho/2g)(V)^2 C_s A \quad (6.4-1)$$

- 式中: F — 风力;
- ρ — 空气重量密度, N/m³ (lb/ft³), (标准温度和压力时为 0.0756 lb/ft³);
 - g — 重力加速度, m/s² (ft/s²);
 - V — 风速, m/s (ft/s);
 - C_s — 形状系数;
 - A — 物体面积, m² (ft²)。
- (在标准温度和压力下并且风速用英里/小时表示时, $\rho/2g$ 的值为 0.00256; 风速用 km/h 表示时, $\rho/2g$ 的值为 0.0473)。

6.4.3 形状系数

在缺少另外的说明资料时,对于垂直作用于任何投影面积上的风力形状系数(C_s)建议如下:

- 梁 1.5

建筑物的侧面	1.5
圆柱形构件	0.5
平台总投影面积	1.0

6.4.4 遮蔽效应

当第二个物体位于第一个物体的后面并靠得足够近时，需考虑遮蔽效应对风荷载的影响。

6.5 波浪

6.5.1 波浪荷载计算步骤

计算作用在固定平台上的确定性的静波浪力(忽略平台的动力响应和由平台引起的入射波浪的变形)的步骤如图 6.5-1 所示。对于某一给定的波浪方向，应首先规定设计波高和与其相应的波周期，风暴水深和流速垂向分布。计算波浪力的步骤如下：

- 考虑流对波的多普勒 (Doppler) 效应，确定表观波浪周期；
- 对一个特定的波高、风暴水深和表观周期，使用适合的波浪理论确定二维波浪运动；
- 由波浪引起的水质点的水平方向速度和加速度按波浪运动系数折减，波浪运动系数主要反映波浪的方向性散射；
- 有效局部流速的分布由流速阻挡系数乘以给定的流速分布来确定；
- 局部流速的分布与波浪运动矢量迭加得到 Morison 公式使用的局部入射流体速度和加速度；
- 考虑海生物，增大杆件尺寸；
- 拖曳力和惯性力系数是根据波浪和流的参数以及杆件的形状，粗糙度 (海生物) 尺寸和方向而确定的；
- 隔水套管群上的波浪力系数按隔水套管遮蔽系数减小；
- 建立立管和附属构件的水动力模型；
- 利用 Morison 方程来计算所有平台的杆件、隔水套管、立管和附属构件的局部波浪力和海流力；
- 由所有局部力的矢量和来计算整体力。

6.5.2 波浪理论的选择

对于给定的波高、周期及水深，应选用适合阶的流函数波浪理论来计算二维规则波浪运动。在结构静强度计算时，多数情况下，Stokes 五阶波理论就能提供可接受的准确性；而在结构疲劳强度计算时，由于选取的波高较小，宜采用线性 (Airy) 波理论求解。

6.5.3 波浪运动系数

由流函数和 Stokes 五阶波理论计算二维波浪运动没有包括波浪的方向散射或波剖面形状的不规则性。在确定性的波浪分析中，可以通过波浪运动系数乘以由二维规则波所确定的水平速度和加速度来近似地模拟波浪的真实特性。

评估中，对热带风暴波浪运动，波浪运动系数取 0.85~0.95；对温带风暴波浪运动，波浪运动系数取 0.95~1.00。

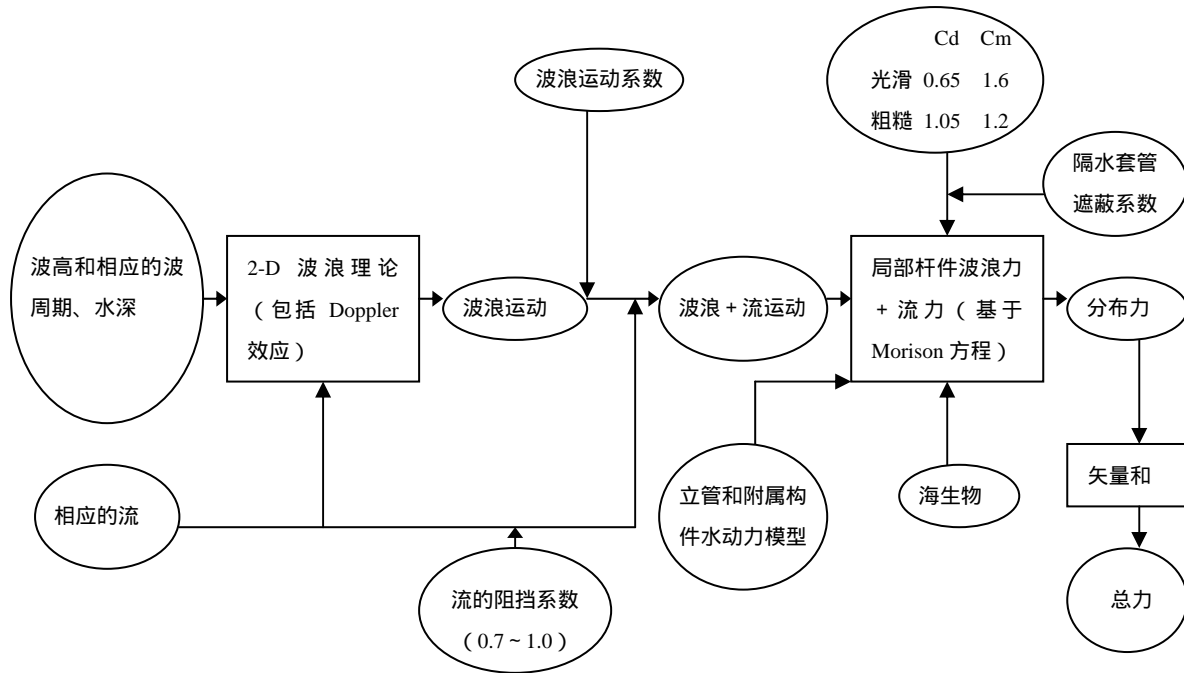


图 6.5-1 计算波浪力 + 流力的静力分析程序

6.5.4 海浪阻挡系数

由于阻挡，平台附近的流速将会比规定的“自由流”的值有所减小。即结构的存在使入射流扩散。一些水从结构周围绕过去而不是穿过它，结构区域内的流速将减小。由于平台的整体荷载是由 Morison 方程得出的局部荷载迭加而成的，所以必须采用合适的局部流速。

评估中，对典型导管架结构的海流阻挡系数选取如下：

桩腿数	方向	系数
3	各个方向	0.90
4	端面	0.80
	对角线	0.85
	侧面	0.80
6	端面	0.75
	对角线	0.85
	侧面	0.80
8	端面	0.70
	对角线	0.85
	侧面	0.80

对自由站立式的或带支撑的沉箱，海流阻挡系数应该取 1.0。

6.5.5 海生物

由于海生物的生长，将会增大相应结构杆件、隔水套管、立管和附属构件的断面面积。另外，应根据在加载时海生物的累积量，确定圆形截面的杆件为“光滑”的还是“粗糙”的。

6.5.6 拖曳力和惯性力系数

评估典型设计的平台状况，计算平台的总波浪力时非遮蔽圆柱形构件的拖曳力系数 (Cd) 和惯性力系数 (Cm) 可用下列值：

光滑 Cd = 0.65 Cm = 1.6

粗糙 $C_d = 1.05$ $C_m = 1.2$

6.5.7 隔水套管遮蔽系数

取决于结构的构造和油井套管的数量,作用在套管上的波浪力可能占总波浪力的很大一部分。如果隔水套管距离较近,由于水动力的遮蔽,作用在它们上面的力就会减小。对用在隔水套管组拖曳力和惯性力系数上的折减系数,可以由下式确定:

$$C = 0.25 S/D \quad S/D < 4 \quad (6.5-1)$$

$$C = 1.0 \quad S/D \geq 4 \quad (6.5-2)$$

式中: C - 折减系数;

S - 波浪方向上隔水套管中心到中心的距离;

D - 包括海生物在内的隔水套管直径。

适用范围: a) 具有波浪可忽略不计的稳定流;

b) $U_{mo}T_{app}/S > 5$ 的极端波浪状况。这里, U_{mo} 是由二维波浪理论得出的在波峰以下平均风暴水位处的水质点的最大水平速度, T_{app} 是表观波周期;

c) A/S 大于 2.5, 其中 A 是振荡流体振幅; S 定义同上。

对于 A/S 小于 0.5 时, 认为没有遮蔽, 系数取 1.0;

对于 A/S 在 0.5 和 2.5 之间的情况, 认为是部分遮蔽, 系数可以由 A/S 函数线性内插获得。在疲劳分析时考虑的波浪就可能位于部分遮蔽范围。

6.5.8 附属构件的水动力模型

结构的水动力模型应考虑包括登船平台、靠船护舷、走道、灌浆管线和阳极块在内的附属构件。根据附属构件的形状和数量, 它们有可能使总的波浪力增加很大。另外, 作用在附属构件上的力有可能对局部杆件的影响很大。附属构件通常被模拟成承受等效波浪力的非结构杆件。对于象登船平台这类的附属构件, 由于遮蔽的影响, 波浪力很大程度上取决于波浪的方向。

6.5.9 Morison 方程

对于小尺度杆件(波长与杆件直径的比值大于 5)所受波浪力可按如下公式作为拖曳力和惯性力的和来计算:

$$F = F_D + F_I = C_d(\rho/2g)AU|U| + C_m(\rho/g)V(dU/dt) \quad (6.5-3)$$

式中:

F - 垂直作用于构件轴线单位长度上的水动力矢量, N/m (lb/ft);

F_D - 垂直作用于构件轴线并在构件轴向和速度 U 平面内单位长度上的拖曳力矢量, N/m(lb/ft);

F_I - 垂直作用于构件轴线并在构件轴向和 du/dt 平面内的单位长度的惯性力矢量, N/m(lb/ft);

C_d - 拖曳力系数;

ρ - 水的重度, N/m³ (lb/ft³);

g - 重力加速度, m/s² (ft/s²);

A - 垂直于圆杆轴线单位长度上的投影面积(对圆形杆件为 D), m (ft);

V - 圆杆单位长度上的体积(对圆形杆件为 $D^2/4$), m² (ft²);

D - 包括海生物在内的圆形杆件的有效直径, m (ft);

U - 垂直于构件轴线的水流(由波浪和/或海流引起的)速度矢量的分量, m/s (ft/s);

|U| - U 的绝对值, m/s (ft/s);

C_m - 惯性力系数;

dU/dt - 垂直于构件轴线的水流局部加速度矢量分量, m/s² (ft/s²)。

对于大尺度结构物和对于较低海况的疲劳条件时 ($L/D < 5$), 应使用绕射理论计算作用在结构上的入射波浪和散射波浪的压力。

6.5.10 整体结构力

总的基底剪力和倾覆矩可由下列矢量和来计算：

- a) 由波浪和流引起的局部拖曳力和惯性力；
- b) 波浪力和流力的动力放大（如有时）；
- c) 结构暴露在水面以上部分的风力。

计算时，应该确定波峰与结构的相对位置以使得基底剪力和倾覆力矩达最大值，因为：

- a) 最大的基底剪力和最大的倾覆力矩不一定发生在同一波浪位置；
- b) 在具有较小波陡的波浪和反方向海流的特殊情况下，最大的整体结构力可能出现在靠近波谷的位置而不是靠近波峰的位置；
- c) 最大的局部结构应力可能发生的波浪位置，不一定和最大整体结构力时波浪的位置相同。

6.6 流

6.6.1 流的形成

总的流通常是潮流、环流和风成流的矢量合成。

6.6.2 单独流力的作用

在流单独作用时（即没有波浪），将式（6.5-3）中的 $du/dt = 0$ ，然后计算拖曳力。

6.6.3 与波浪同时出现的流

应适当考虑流和波迭加的可能。若这种迭加是必需时，流速应以矢量迭加到波浪水质点速度上。

6.6.4 涡激振动

所有暴露于流中的细长构件，都应对周期性涡流释放引起的振动予以研究。

6.7 冰

6.7.1 根据冰的特性和其与平台的相互作用，主要考虑下列两种冰荷载：

- （1）在海流和风作用下，大面积冰原呈整体移动挤压平台；
- （2）自由漂流的流冰冲击平台。

6.7.2 结冰海域内，在风和流作用下，大面积冰原挤压垂直孤立桩柱所产生的冰荷载可按下式计算：

$$P = m K_1 K_2 R_e b h \quad (6.7-1)$$

式中： m - 桩柱形状系数，对圆截面柱采用 0.9；

K_1 - 局部挤压系数， $K_1 = (1 + h/b)^{1/2}$ ；

K_2 - 桩柱与冰层的接触系数，建议取 0.3；

R_e - 冰块试样的极限抗压强度， kN/m^2 ；

b - 桩柱宽度（或直径）， m ；

h - 冰层计算厚度， m ；应按国家主管部门提供的实测资料。

6.7.3 当计算裙桩上的冰荷载时，应考虑裙桩产生的遮蔽作用。

6.8 地震

6.8.1 地震力的计算

当平台按多质点体系计算时，平台质点 i 在 j 振型水平向的地震惯性力 P_{ij} 应按下列式计算：

$$P_{ij} = C K_H \gamma_j \psi_{ij} m_i g \quad \text{kN} \quad (6.8-1)$$

式中： γ_j - 结构 j 振型参与系数，按下式计算：

$$\gamma_j = \frac{\sum_{i=1}^n \psi_{ij} m_i}{\sum_{i=1}^n \psi_{ij}^2 m_i}$$

ψ_{ij} - j 振型，质量点 i 处的相对水平位移；

γ_j - j 振型，自振周期为 T_j (s) 时的相应的动力放大系数，可自地震响应谱及不同土质由图 6.8-1 曲线查得；

场地土可分为三类：

Ⅰ类场地土：微风化和中等风化的基岩。

Ⅱ类场地土：除Ⅰ、Ⅲ类场地土外的一般稳定土。

Ⅲ类场地土：饱和松散的砂类土、软塑和极软状态的粘性土、淤泥等。

m_i - 堆积在质点 i 的质量，kg；

C - 综合影响系数；

K_H - 水平向地震系数，见下表；

地震烈度 (度)	7	8	9
K_H	0.1	0.2	0.4

g - 重力加速度， m/s^2 ；

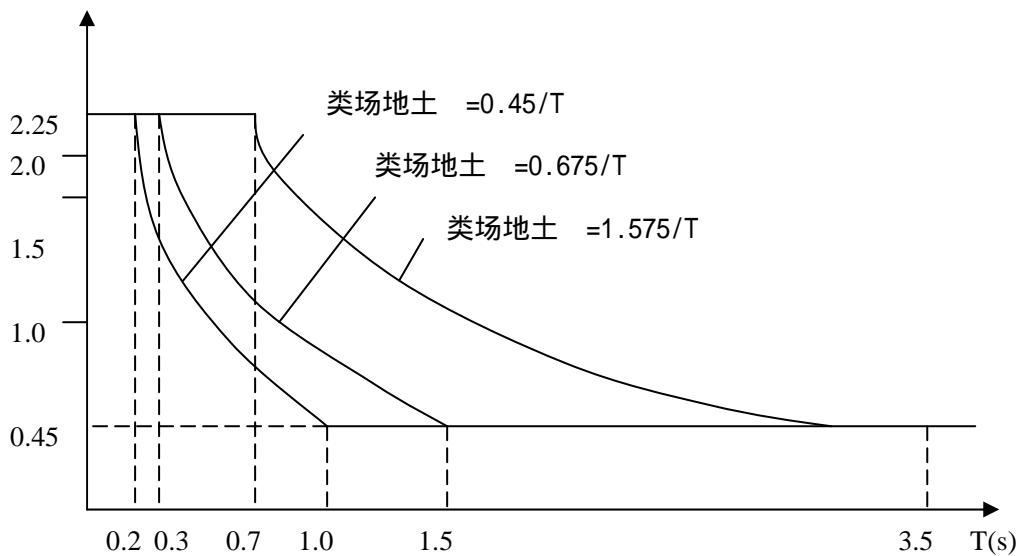


图 6.8-1 地震响应谱

6.8.2 动水压力的计算

地震时，任意细长构件的水下部分所受到的动水压力 P 应按下列式计算：

$$P = C K_H (C_M - 1) \sin^2 (i, l) \quad \text{kN} \quad (6.8-2)$$

式中：C、 K_H 、见(6.8-1)；

C_M - 惯性力系数；

- 浸水部分的构件体积， m^3 ；

- 流体的容重， kN/m^3 ；

(i、l) - 地震的振动方向 i 与构件 l 之间的夹角，rad。

6.9 荷载组合

6.9.1 环境荷载组合方向

根据结构的几何特点确定环境荷载的作用方向。对平面几何特点为左右对称的规则矩形结构，环境荷载方向在 0 到 180 度范围内至少取 5 个方向，其中包括几何形状最弱轴的垂直方向；如果平面几何特点为左右不对称的规则矩形或其他几何形状的结构，则环境荷载方向应在 0 到 360 度范围内至少取 8 个方向，其中包括几何形状最弱轴的垂直方向。

6.9.2 荷载组合方法

对平台进行评估校核时，需考虑如下荷载组合工况：

(1) 作业环境荷载+固定荷载+正常作业状态最大活荷载

(2) 作业环境荷载+固定荷载+正常作业状态最小活荷载

(3) 极限风暴环境荷载+固定荷载+自存状态最大活荷载

(4) 极限风暴环境荷载+固定荷载+自存状态最小活荷载

6.9.3 组合系数的选取

(1) 固定荷载在组合时，考虑到计算模型和设计重量之间的误差，以及一些不可见因素，一般其组合系数取 1.1；

(2) 最大活荷载在组合时，组合系数取 1.0；

最小活荷载在组合时，组合系数取 0.25；

(3) 环境荷载在组合时，一般组合系数取 1.05；

如果导管架附属构件（如登船平台、靠船护舷、走道、灌浆管线、阳极块等）未建立计算模型，环境荷载在组合时一般取 1.2 的组合系数。

第7章 结构分析评价

7.1 一般规定

7.1.1 结构分析评价是平台状态评定的重要组成部分。在役平台应根据其目前的情况进行评估，应考虑任何损坏、修理、侵蚀以及其他影响结构性能或整体完整性的因素。

7.1.2 在役平台结构评估一般先按照设计水平进行，如未通过，则须根据本章规定进行极限强度分析。

7.1.3 设计水平分析一般包括平台整体静力、动力、疲劳以及管节点的分析评价；对甲板和舱壁板可能需要进行屈曲分析；针对实际情况也可能需要进行局部结构分析，如吊机或其他设备底座的强度分析等。

7.2 结构静力分析评价

7.2.1 静力评价的目的主要是保证结构在静态的功能荷载和环境荷载作用下，构件的应力水平不超过许用应力，即保证平台具有足够的强度；另外还要保证平台结构及其主要构件具有足够的刚度，以防止其在工作状态下产生较大变形，影响平台的正常作业。

7.2.2 许用应力的规定可参照 API RP 2A 和 AISC《建筑钢结构设计、制造和安装规范》的有关要求。对于极端环境条件下的构件应力水平校核，基本许用应力可以增加三分之一。

7.2.3 杆件受到压弯联合作用时，在其全长范围内各点应同时满足强度和稳定性标准。

7.2.4 固定平台静力分析中需要对管节点进行校核，以保证节点处构件的端部连接具有足够的强度。对管节点的校核可以根据撑杆中的冲剪荷载或名义荷载来进行，采用冲剪应力来评价管节点的强度时，主要是验证实际的冲剪应力是否超过容许冲剪应力。

7.3 结构动力分析评价

7.3.1 动力分析的目的在于确定平台的振动特性和结构的动力响应，以校核平台结构在动力荷载作用下的强度和刚度。平台可能受到的动力荷载主要包括：地震荷载、冰激荷载以及波浪冲击荷载等等。

7.3.2 以下各节内容主要针对地震荷载下平台的动力响应分析，对其他动力荷载作用下的分析评价，可根据业主要求参照有关标准和相关理论进行。

7.3.3 对在役平台的地震响应进行评价，一般从强度和韧性两个方面进行。强度评价主要是考察平台在其寿命期内可能遭遇的地震水平作用下，结构是否不发生明显的损伤。韧性要求则是保证平台具有足够的储备能力，在罕有强烈地震运动时，结构损伤可能发生，但须防止平台的倒塌。

7.3.4 地震响应分析方法

(1) 可采用响应谱法或时程法对海上平台进行地震响应分析。

(2) 当采用响应谱法时,对于振型组合,可以采用完全二次组合(CQC)方法。沿着结构的两个正交的水平主方向施加相等的响应谱值(或地面加速度),在竖直方向施加所在区类的 $1/2$ 的谱值。该三个谱值同时施加,其响应按照平方和的平方根法(SRSS)进行迭加。对于响应谱方法,为使算得的响应具有足够的代表性,应考虑足够数量的振型。如果振型数目的选取是按照振型参数,比如质量参与系数,或按主要响应参数,比如基底剪力和能量来确定,则一般可以满足响应具有代表性的要求。

(3) 当采用时程法时,应按照所考虑的每一个时间历程中的最大值的平均值来计算设计响应。由于平台对输入运动的响应具有潜在的敏感性,设计时应至少考虑三组时间历程曲线。

7.3.5 强度要求

(1) 在轻微地震活动区域,地震荷载一般不是控制荷载,即平台的设计通常由风暴或其他环境荷载控制。根据 API RP 2A 的规定,地面水平加速度小于 $0.05g$ 时,不要求进行地震响应分析。没有给出具体的地面地震加速度数值的,对于不同级别的地震活动区域,可以参照 API RP 2A 中给出的相应有效水平地面加速度进行校核。

(2) 地震荷载应和其他同时出现的荷载,例如重力、浮力和静水压力进行组合。相应地,在杆件应力的计算中,地震产生的荷载引起的应力与重力、浮力和静水压力引起的应力相组合,以得到总的杆件应力。

(3) 对于强度要求来说,许用应力可以增加 70%。这些规定允许构件少量屈服,但不发生明显破坏。

7.3.6 韧性要求

(1) 为确定是否需要符合韧性要求的专门分析,应确定在稀有的强烈地震期间可能发生的地面运动的强度。如果需要,这样运动的特性应予确定,以提供进行此项分析的标准。

(2) 在对在役平台进行韧性要求的校核时,如果结构位于罕见的强烈地震地面运动与强度水平地震地面运动的强度比小于或等于 2 的区域内,可用 2 倍强度水平的地面运动加速度代替韧性分析。否则应对结构进行详细分析,以证明它们抵抗罕见强度地震而不倒塌的能力。

7.4 结构疲劳强度分析评价

7.4.1 海上平台的结构状态评定应考虑交变荷载作用下的疲劳效应。固定平台的疲劳强度分析方法通常包括简化分析方法和详细分析方法。

7.4.2 简化疲劳分析方法

当平台满足下述条件时,可以采用简化疲劳分析方法:

- (1) 水深小于 122m;
- (2) 用韧性钢材建造;
- (3) 超静定结构框架;
- (4) 自振周期小于 3s

简化疲劳分析的目的在于验证管节点在疲劳设计波浪下的峰值热点应力是否超过容许峰值热点应力。容许峰值热点应力的确定跟水深、杆件位置、 $S-N$ 曲线以及设计疲劳寿命有关,其中设计疲劳寿命至少为使用寿命的 2 倍, $S-N$ 曲线的选择参考 7.4.4 节的原则。疲劳设计

波浪下的峰值热点应力的计算主要是基于杆端轴向应力、平面内弯曲应力、平面外弯曲应力以及相应的应力集中系数,具体计算方法可以参照 API RP 2A 中关于简化疲劳估计的相关规定。

7.4.3 详细疲劳分析方法

海上导管架结构管节点的疲劳寿命估算目前主要采用线性累积损伤方法。线性累积疲劳损伤模型是假定构件在各个应力幅作用下引起的疲劳损伤是独立的,并且可以按迈纳累积损伤准则计算疲劳损伤度:

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n(\sigma_{ri})}{N(\sigma_{ri})}$$

式中 D 为累积的疲劳损伤度; $n(\sigma_{ri})$ 为应力幅为 σ_{ri} 时的实际循环次数; $N(\sigma_{ri})$ 为应力幅为 σ_{ri} 时的疲劳破坏循环次数; m 为总应力幅个数。如果按照一年来计算疲劳损伤,则节点的总寿命 T (年) 为:

$$T = \frac{1}{D}$$

采用这一模型进行疲劳寿命计算时,关键在于确定作用于节点的应力幅以及相应的应力循环次数。基于线性累积损伤理论的详细疲劳分析有如下两种方法:

(1) 确定性分析方法,主要步骤如下:

- 1) 建立波浪的长期统计特性,绘制波高累积频次曲线;
- 2) 确定作用于管节点最大荷载的波峰位置;
- 3) 选择波浪理论;
- 4) 计算结点名义应力;
- 5) 计算应力幅;
- 6) 确定应力循环次数;
- 7) 由 $S-N$ 曲线确定使构件破坏的循环次数;
- 8) 估算疲劳损伤和疲劳寿命

(2) 谱分析方法,主要步骤如下:

- 1) 绘制波浪散布图;
- 2) 选取波浪谱;
- 3) 计算荷载谱;
- 4) 结构动力响应分析;
- 5) 计算应力传递函数;
- 6) 计算应力方差;

- 7) 估算每一海况应力循环数；
- 8) 计算应力集中系数；
- 9) 由 $S-N$ 曲线确定使构件破坏的循环次数；
- 10) 估算疲劳损伤和疲劳寿命

7.4.4 $S-N$ 曲线

对管节点进行疲劳寿命估计时，疲劳曲线可根据情况选用 API-X 曲线或 API-X' 曲线。其中 X 曲线适用于具有剖面控制的光滑焊缝，即焊接外形平顺地与被连接的母材熔接。当这样的剖面控制没有实施时，应使用较低的疲劳性能和 X' 曲线。

7.4.5 应力集中系数

采用 X 和 X' 曲线，应取基于适当的应力集中系数的热点应力幅值。应力集中系数可以从有限元分析，模型试验或相应于这种方法的经验公式得到。分析中常用的估算应力集中系数的方法可参考 API RP 2A 的相关规定。一般来说，专用的海工有限元计算软件如 ZenSCAD、SACS 等都嵌入了这些方法，可以直接加以应用。

7.4.6 节点疲劳分析结果的评价

通常，每个节点的设计疲劳寿命应至少为结构使用寿命的两倍，即取安全系数 2.0。对设计疲劳寿命，损伤比不应超过 1.0。对那些一旦失效将导致灾难性后果的关键构件，应该考虑应用较大的安全系数。

7.5 桩基础评价

7.5.1 本节仅适用于钢质圆管桩基础的评价。

7.5.2 桩基轴向承载力校核

(1) 桩的轴向承载力一般由下列几种方法综合确定：

- 现场试桩；
- 静力公式；
- 桩的动力公式（基于波传播理论的公式）；
- 地区性的半径公式。

(2) 受压桩的极限承载力、受拉桩的极限抗拔力及群桩效应按本社规范或相关标准进行计算。

(3) 桩基的容许承载力为极限承载力除以安全系数。安全系数应满足如下的要求：

环境条件	荷载条件	安全系数
正常环境条件	平台上固定荷载加相应的最大活荷载	2.0
	平台上固定荷载加相应的最小活荷载	
极端环境条件	平台上固定荷载加相应的最大活荷载	1.5
	平台上固定荷载加相应的最小活荷载	
强度水平地震荷载	平台上固定荷载加实际活荷载	1.2

7.5.3 桩基横向承载力校核

(1) 横向荷载作用下桩的内力及变形，一般可以通过求解桩轴挠曲微分方程或用有限元法得到。

(2) 横向荷载作用下桩的计算，需考虑土的非线性影响，宜以计算点的 P—Y 曲线为依据，取其割线斜率作为土抗力模量。

(3) P-Y 曲线的线形与土质、土的深度以及荷载性质等有关，一般应根据现场或室内试验资料的分析结果绘制。

(4) 当群桩中的桩距小于 8 倍桩径时，横向荷载作用下的荷载 - 变形关系应考虑群桩效应的影响。

(5) 在静力和动力计算分析中，应根据桩体各计算点横向位移及桩体结构应力水平来判定桩基础是否有效。

(6) 桩体各计算点的横向位移计算值应不超过达到极限土抗力时的位移值。

(7) 桩体结构应力水平应不超过其许用应力。

7.5.4 对在役平台而言，土壤冲刷会对桩基承载力有一定影响，因此在对桩基础进行总体评价时应给予适当考虑。

7.6 极限强度分析

7.6.1 在极限强度分析中，允许结构构件承受荷载到其极限承载力。而且，根据构件的韧性和后弹性特性，在达到极限承载力后还可继续承载。这些构件经历屈曲或非弹性屈服后可能出现损坏迹象，但只要不危及抵抗倒塌的结构完整性，损坏是可接收的。通常由于结构大多数构件并非同时产生过应力，因此要求对整个结构进行复杂的极限强度分析是不合理的，因此需要区分局部超载和整体超载。

7.6.2 有效的极限承载评估方法多采用如下的程序：

- (1) 进行线性整体分析确定非线性是局部问题还是整体问题；
- (2) 根据需要再进行局部或整体的极限强度分析

有关极限强度分析的具体要求可参照 API RP 2A 的标准进行。

第 8 章 平台设备的检验和评定

8.1 一般规定

8.1.1 确认已按照检验计划完成平台有关装置、设备或系统的检测和检验；

8.1.2 检验完成后应编写检验报告；对于需进行检测的项目，完成检测后检测单位应编写并提供检测报告；对于需进行试验的项目，完成试验后应编写并提供相应的试验报告。报告应反映平台有关装置、设备的实际情况，并根据这些报告对平台的有关设备进行状态评定。对于影响平台正常生产或确实没有条件进行的检验、试验项目，若业主提出要求，可视其对评定的影响作免除或采用其它替代方法进行检验，但应在相关检验报告中作相应说明。

8.1.3 应根据检测和检验结果对平台的有关装置、设备进行状态评定，并针对不合格项目提出合理的整改建议。

8.2 平台设备的检验

8.2.1 适用范围

对平台进行评定时，以下平台各系统和设备的检测和检验可根据业主要求选择进行；但范围一般应包括对平台的正常运行具有重要影响的一些系统和设备，如储油设备、起重设备等。

8.2.2 直升机甲板设施

检查直升机甲板设施的布置是否与图纸一致并处于正常状态，包括：

- (1) 直升机降落区域：
 - 1) 甲板防滑网
 - 2) 识别标志
 - 3) 埋头栓系点
 - 4) 安全网
 - 5) 着陆灯
 - 6) 排水口
 - 7) 应急通道
 - 8) 云高仪、能见度仪、风速仪和风向标
 - 9) 应急备品
 - 10) 抵/离扇形区外障碍物标志
- (2) 直升机的储油、加油设备及应急装置；
- (3) 无线电通信导航设备；

8.2.3 起重设备

- (1) 对起重机基座进行总体检查，包括回转支撑环和连接螺栓，并对基座进行无损探伤；
- (2) 检查起重机臂架等固定结构；
- (3) 活动零部件和钢索的总体检查，必要时对活动零部件拆开检查和无损探伤；
- (4) 对吊臂和附连于吊臂上的固定零部件进行全面检查；
- (5) 安全保护装置检查，限位开关等进行效用试验；
- (6) 进行操作试验和吊重试验。

8.2.4 钻井（修井）装置

(1) 向操作人员了解整个钻井（修井）装置的运行情况；查看钻井（修井）系统操作日志及检修记录；

(2) 对结构件如井架及其支承结构和工作台、燃烧臂以及重要设备基座进行外观检查，应特别注意构件的弯曲、丢失、磨损和腐蚀情况，螺栓是否紧固，钢丝绳状况是否完好，焊接接头是否处于良好状态；

(3) 对下列系统和设备进行一般外观检查，应特别注意有无损伤、过度腐蚀、断裂或不正常情况：

- 1) 防喷器及其控制系统；
- 2) 节流与压井管汇；
- 3) 钻井控制台、钻井电机；
- 4) 绞车、转盘及提升设备；
- 5) 散装贮存装置及压缩机；
- 6) 管子操作和高架钻井设备；
- 7) 内燃机及所有压力容器；
- 8) 水中立管系统；
- 9) 泥浆泵；
- 10) 试井设备；
- 11) 连接立管和节流/压井系统的软管；
- 12) 管路系统；
- 13) 应急关闭系统；
- 14) 电气和仪表设备。

(4) 对运动部件的防护进行检查；

(5) 对钻井（修井）区域的布置及各种梯道、应急通道进行检查；

(6) 对安全装置如安全阀、减压阀等进行外部检视；

(7) 对安全关闭装置进行模拟试验；

(8) 对电气设备、电缆和仪表系统进行外部检查；

(9) 对报警和安全系统进行试验。

(10) 对压力容器和受压部件进行内部检查，对于不能进行内部检验的可用测厚和水压试验代替；

(11) 对易冲蚀和腐蚀的管系拆开部分管段进行内部检验；

(12) 对内燃机、空压机及泵浦在拆开状态下进行检验；

(13) 对防喷器做性能试验；

(14) 对提升设备做全面试验，必要时做荷载试验。

8.2.5 油、气、水处理系统

(1) 一般事项

1) 向操作人员了解整个系统的运行情况；

2) 查看本系统的运行日志；

3) 查看本系统检修记录；

4) 查看总体布置是否有所改变。

(2) 安全保护装置

1) 检查高、低压控制系统的技术状态，并做报警和关断动作试验；

2) 对常压柜的透气装置及溢流装置进行检验；

3) 对温度控制系统进行检验并做报警和关断动作试验；

- 4) 对液位计及液位控制系统进行检查, 并做报警及关断动作试验;
 - 5) 外部检视安全阀的技术状态, 核定安全阀的开启压力;
 - 6) 检查安全阀前的截止阀并查看锁紧装置;
 - 7) 检查减压阀的技术状态;
 - 8) 外部检查关断阀的技术状况;
 - 9) 对应急关断站进行外部监视, 并做关断动作试验。
- (3) 受压容器
- 1) 检查绝缘包覆状况;
 - 2) 对无绝缘的容器检查腐蚀、变形、裂纹及有无其他缺陷;
 - 3) 检查人孔、手孔、法兰和短管节等处是否有泄漏迹象, 螺丝有无松动;
 - 4) 检查容器的支承结构, 工作平台, 梯道扶手是否完好;
 - 5) 检查电接地情况;
 - 6) 核查仪表校验记录, 记录仪表参数;
 - 7) 对受压容器在拆开的情况下做内部检验, 不能做内部检验时, 可用测厚代替内部检验, 其测厚计划应经批准。
- (4) 回转机械
- 1) 在工作状况下对回转机械进行外部监视, 查看运动部件运转是否正常, 有无泄漏迹象;
 - 2) 记录各种参数;
 - 3) 对回转机械在拆开状况下进行检验。
- (5) 火炬和放空管
- 1) 查看火炬的燃烧情况从而判断火炬头的技术状况;
 - 2) 查看引燃装置的状况;
 - 3) 检查热、烟对设备、工作人员以及直升机起降有无影响;
 - 4) 检查放空管技术状况以及支承紧固情况是否完好;
- (6) 管系
- 1) 检查管系(包括连接螺栓)是否有严重变形、腐蚀等缺陷;
 - 2) 检查法兰、阀和附件等连接处是否有泄漏和松动现象;
 - 3) 检查支承、管夹是否良好;
 - 4) 检查包覆是否完好;
 - 5) 检查管子是否有剧烈的振动;
 - 6) 检查管子的膨胀补偿情况;
 - 7) 对软管质量进行外观检验;
 - 8) 对影响安全的重要管汇、管段在拆开状况下进行内部检查, 当不可能做内部检验时, 可用测厚来代替内部检验, 其测厚计划应经批准。

8.2.6 储油设备

- (1) 储罐安全操作手册存放在平台上;
- (2) 对上次检验提出的要求进行落实;
- (3) 储罐底板: 检查其有无变形、结构损坏、腐蚀和渗漏等;
- (4) 储罐壁板: 同(3);
- (5) 储罐顶板: 同(3);
- (6) 储罐附件: 检查附件是否存在缺陷, 附件与罐体连接情况;
- (7) 焊缝检查, 必要时探伤;
- (8) 储罐基座及相关平台结构: 检查其有无变形、结构损坏、腐蚀等情况;

- (9) 必要时,对结构腐蚀严重部位测厚;
- (10) 液位显示监控系统检查和试验;
- (11) 加热、温度显示及监控系统检查和试验;
- (12) 检查与漏油围护有关的平台附加结构及管路;
- (13) 应对罐内进行清理,对罐内部结构及焊缝进行检查;
- (14) 应对罐体及基座结构进行测厚,测厚点数应能反映结构的总体腐蚀情况;
- (15) 应对罐壁底圈钢板的纵向对接焊缝、罐壁与罐底板的角接焊缝进行无损检测。

8.2.7 通用机械设备与管系

(1) 一般事项

- 1) 向操作者了解通用设备及管系的运行情况;
- 2) 查看设备运行日志;
- 3) 查看设备、系统检修记录、调试记录;
- 4) 对机器处所进行总体外观检查;
- 5) 对控制站进行总体外观检查;
- 6) 对机器处所、控制站的通讯进行检查;
- 7) 查看设备、舱柜及管路的布置是否有所改变。

(2) 内燃机

- 1) 在工作状态下对柴油机及燃气轮机的运行情况进行外部检视;
- 2) 记录重要的运行参数(如排烟温度、滑油压力及温度、冷却水压力及温度);
- 3) 核对机旁参数和遥控参数是否一致;
- 4) 查看增压器的运行情况并记录增压压力出口、排气温度以及润滑情况;
- 5) 进行应急发电机的启动试验。

(3) 锅炉、热油加热器、受压容器

- 1) 在工作状况下进行外部检视;
- 2) 对燃烧装置进行外部检查;
- 3) 对燃烧通风装置进行检查;
- 4) 对给水系统进行检查;
- 5) 对热介质油的流量、出口温度等重要参数进行记录;
- 6) 对压力控制装置进行检查,必要时进行调试;
- 7) 对安全阀进行外部检查,必要时进行调试;
- 8) 检查受压容器本体是否有变形、腐蚀及裂纹,检查人孔管节处是否有泄漏迹象。

(4) 结构管系

- 1) 对开排系统进行外部检视;
- 2) 对水封进行外部检视,对水位高度进行检查;
- 3) 对所有的排泄孔进行外部检查;
- 4) 对开排柜(罐)进行外部检查;
- 5) 对水封及开排柜(罐)的防冻措施进行检查;
- 6) 对大气柜上空气管进行检查;
- 7) 对空气管上的空气帽及防火网进行检查;
- 8) 对溢流管系进行外部检视;
- 9) 对测量管、闭式测量装置以及液位表进行外部检视。

(5) 机械设备管系

- 1) 对燃油系统进行外部检视查看有无漏油现象;
- 2) 对燃油系统的滤器、净化设备、加热设备等工作状况下进行外部检视;

- 3) 对天然气和原油燃料管系进行外部检验；
- 4) 对天然气和原油燃料管系中的总控制阀、双关断透气装置、双壁管内的压力及通风导管的通风情况进行检查，对天然气系统的干燥装置进行检查；
- 5) 对燃烧设备罩壳的通风进行检查；
- 6) 对直升机加油设施及管系进行外部检视；
- 7) 对滑油系统进行一般外观检查，查看是否有泄漏情况；
- 8) 对滑油的净化系统进行外部检查；
- 9) 对滑油低压报警和关断尽可能进行试验；
- 10) 对液压系统在工作条件下进行外部检视；
- 11) 对热油系统在工作状况下进行外部检视；
- 12) 对热油取样进行外观检验，必要时进行化验；
- 13) 查看热油的流量是否在规定的范围之内；
- 14) 查看热油进入和流出加热器的温度是否在规定的范围之内；
- 15) 查看热油膨胀柜的工作情况；
- 16) 查看管路绝缘及节头是否有泄漏情况；
- 17) 检查蒸汽管系是否完好；
- 18) 检查冷却水管系工作是否正常，防腐、防冻及过滤措施是否合格；
- 19) 对压缩空气系统在工作状况下进行外部检视；
- 20) 对空压机进行运转试验；
- 21) 对压力安全装置进行外部检视，必要时进行试验；
- 22) 对管系中的减压阀及安全阀进行外部检视；
- 23) 对仪表用空气系统的干燥和过滤装置进行检验；
- 24) 对排气系统中的烟道、消音器、火星熄灭器进行检查；
- 25) 对排气管系的隔热绝缘进行外部检验。

(6) 根据制造厂的要求和运行时间对柴油机尽可能在拆开状态下对气缸、气缸盖、阀及其传动装置、活塞、连杆、曲轴及所有轴承、曲拐箱、机座、机架、曲拐箱门的紧固件、防爆设施、系统安全设施、增压器及其冷却器、燃油泵和附件、凸轮轴及其转动装置以及平衡块、振动阻尼器或减振器、弹性联轴器、机带泵和冷却器等，进行详细检查；如没有条件进行拆检，应查看其运行、检修纪录；

(7) 应考虑制造厂的要求尽可能对燃气轮机在拆开状态下对叶轮或叶片、转子和空气压缩机机壳、燃烧室、燃烧器、中间冷却器和热交换器及其起动装置进行检查；如没有条件进行拆检，应查看其运行、检修纪录；

- (8) 对应急消防泵进行启动试验；
- (9) 对锅炉、热油加热器、热交换器等在打开状况下进行内部检验；
- (10) 对受压容器进行内部检验，不能进行内部检验的可用水压试验代替；
- (11) 对空气压缩机及其中间冷却器和安全装置以及所有重要用途的泵，均应拆开检查；
- (12) 对设备和系统上的安全阀进行校核；
- (13) 选取启动空气管段及其他管系中可疑管段在拆开状态下进行检验；
- (14) 对锅炉和受压容器以及部分管汇、管段进行测厚检查。

8.2.8 电气设备与自动化

(1) 对电动机械、配电板、开关装置和其他电气设备进行总体检查，如实际可行，进行运行状态下的检查；

(2) 检查防止触电、电气火灾、防止静电、防雷击及其他由电气引起灾害的预防措施的完整性；

(3) 对所有应急电源(包括临时应急电源)进行效用试验;自动控制的应急电源应用自动方式进行试验;

(4) 检查主照明、应急照明(包括临时应急照明)的完整性,特别注意检查防爆灯具的完整性;

(5) 对通用报警系统进行效用试验;

(6) 对危险区域内的电气设备进行检查,确认这些设备处于完整良好状态,且得到了恰当的保护;

(7) 应对自动化设备进行总体检查,查看运行记录,确认其安全系统和控制系统处于正常状态;

(8) 电伴热系统的检查:

1) 外观检查电伴热系统的完整性;

2) 查阅运行保养记录,了解系统运行情况和元件更换情况;

3) 检查各控制系统是否处于良好正常运行状态;

4) 应对电伴热系统接地故障报警装置进行试验;

5) 检查系统中电气连接有无松动情况,及各种密封装置有无损坏;

6) 测量每个加热装置的绝缘电阻;

7) 尽实际可能,对电伴热的高温、低温自动控制装置进行校核;

8) 对各条线路的接地故障保护装置进行试验;

9) 尽实际可能,检查电伴热线有无过热、龟裂或被腐蚀情况。

(9) 对危险区内电气线路进行绝缘试验(注意:此种测试必须在清除危险易燃气体,并经测爆检查符合标准后方能进行)。但如果保持有适当的记录,应考虑接受最近数据;

(10) 主配电板、应急配电板、分配电板和分路熔断器板上的附件应作检查,过载电流保护和熔断器应作检查和校核,确认其符合原设计和设定值,并对各自动电路提供适当保护;

(11) 发电机的各种保护应尽实际可能进行试验;

(12) 主发电机在工作负荷状态下作单机和并联运行实验,检查原动机调速器和负荷分配功能;

(13) 尽实际可能,对重要用途的电动机及其控制设备在工作状态下进行效用试验;

(14) 检查主要电缆和电气设备的护罩有无破损,并测量重要电气设备供电电缆的绝缘电阻。

8.2.9 防火和防爆

(1) 逃生及脱险路线检验

1) 检查逃生通道的畅通性;

2) 检查脱险路线是否有障碍,标志是否清晰。

(2) 结构防火检验

1) 检查防火墙及甲板的技术状况及完整性是否完好;

2) 对防火门、防火闸及各种贯穿件进行检查;

3) 对防火门及防火闸做关闭试验。

(3) 灭火控制室、灭火剂站室及防火控制图检查

1) 检查控制室各控制盘、仪表是否正常;

2) 检查灭火控制室及灭火剂站室通风及整洁情况;

3) 检查灭火控制站点的操作说明是否完好;

4) 检查防火控制图是否完好以及贮存和张贴情况。

(4) 消防水灭火系统检验

1) 对所有的消防泵进行运转试验;

- 2) 检查消防总管的技术状况；
 - 3) 检查隔离阀的技术状况；
 - 4) 检查消防栓、消防水带，水枪的技术状态；
 - 5) 选择部分水枪做喷水、喷雾试验；
 - 6) 检查国际通岸接头的配备及技术状态。
- (5) 水喷淋灭火系统检验
- 1) 对供水泵做启动，运转试验；
 - 2) 对喷水报警进行试验；
 - 3) 对雨淋阀进行检查并做打开动作试验；
 - 4) 对管路阀件及喷嘴的技术状况进行检验；
 - 5) 查看湿管部分的水压；
 - 6) 检查压力水柜的技术状况；
 - 7) 对水喷淋系统选择部分喷嘴做喷水试验。
- (6) 泡沫灭火系统检验
- 1) 对供水泵及泡沫浓缩液泵进行启动、运转试验；
 - 2) 检查泡沫浓缩液的数量和质量及更换记录；
 - 3) 检查泡沫浓缩液贮存装置的技术状况及贮存环境是否合适；
 - 4) 检查泡沫溶液比例混合器及泡沫的空气比例混合器的技术状况；
 - 5) 对泡沫浓缩液进行化验；
 - 6) 检查管路及阀件的技术状况；
 - 7) 检查软管，喷枪及泡沫的技术状况；
 - 8) 对高倍泡沫系统的风机进行运转试验。
- (7) 高压 CO₂ 系统及七氟丙烷系统的检验
- 1) 检查 CO₂ 贮瓶及启动瓶是否有腐蚀及漏泄迹象；
 - 2) 检查自动启动系统及手操施放装置的技术状态；
 - 3) 检查各分配阀的技术状态及铭牌是否正确；
 - 4) 做施放前的报警试验；
 - 5) 检查管系、阀件、仪表及附件是否正常；
 - 6) 检查灭火剂的称重记录；
 - 7) 查看储瓶的充压压力；
 - 8) 对高压 CO₂ 储瓶进行称重；
 - 9) 对高压 CO₂ 系统以及七氟丙烷系统进行吹通试验。
- (8) 低压 CO₂ 系统检验
- 1) 检查贮存装置的隔热绝缘及隔热层真空是否合格；
 - 2) 核查贮存装置上的安全阀的技术状态；
 - 3) 检查安全阀前的截止阀的技术状态；
 - 4) 对分配阀及其遥控和手控装置进行检验；
 - 5) 检查液位计的状况并核定贮液量；
 - 6) 对低液位报警进行试验；
 - 7) 对高、低压传感器进行报警和启动制冷机试验；
 - 8) 对制冷机组进行手动启、停试验；
 - 9) 检查施放前的报警试验；
 - 10) 检查管系、喷嘴、阀件及附件是否正常；
 - 11) 对制冷机组进行转换试验；

- 12) 对灭火控制及各处所释放时间进行检查与核定；
 - 13) 检查释放操作说明书是否完好；
 - 14) 对低压 CO₂系统中的安全阀的启闭压力进行校核；
 - 15) 对低压 CO₂系统进行吹通试验。
- (9) 大型和手提灭火器检验
- 1) 根据防火控制图检查各处所灭火器的配备数量和位置是否正确；
 - 2) 核查处所内所配灭火器的种类是否适合；
 - 3) 检查灭火器的驱动压力是否合格；
 - 4) 检查灭火剂的更换日期；
 - 5) 检查干粉灭火器是否有板结现象；
 - 6) 检查灭火器上的阀件、仪表、管子、释放机械是否完好。
- (10) 消防员装备检查
- 1) 检查个人防护设备的状况是否完好，尺寸是否合适；
 - 2) 检查呼吸器的数量及压力是否合格；
 - 3) 检查消防员装备的配备数量及配备地点是否合适。
- (11) 探火系统检查
- 1) 检查探头的布置及状况；
 - 2) 对自动探火系统，选择部分探头做失火报警试验，如有推动关断和释放灭火剂功能的则做关断和释放动作试验；
 - 3) 对手动按钮进行检查并做手动报警试验；
 - 4) 对失火控制盘进行检查。
- (12) 风、油切断及开口的关闭装置检查。
- 1) 对燃油速闭阀进行外部检验并做关断试验；
 - 2) 对燃油泵做关停试验；
 - 3) 对风机做关停试验；
 - 4) 对被保护处所的一切开口进行关闭试验；
 - 5) 对于高倍泡沫保护的处所当释放泡沫时要有足够的透气，用做透气的开口不能关闭，用做透气的风机当释放完成时关闭。
- (13) 危险区及其通风检验
- 1) 检查危险区的范围是否有所改变，是否增加了临时的遮蔽和房间以及其他设备；
 - 2) 检查围蔽危险处所气密门及气锁间的情况；
 - 3) 检查危险区内的动力通风并做风机故障报警试验；
 - 4) 检查危险区动力通风的独立性；
 - 5) 检查通风导管的技术状况；
 - 6) 检查相邻的正压通风和负压通风区的压差；
 - 7) 对气锁间做失压报警试验。
- (14) 可燃气体探测系统检验
- 1) 检查探头是否有损坏及是否有脏堵现象；
 - 2) 用样气做报警及关断动作试验；
 - 3) 检查控制板的技术状况；
 - 4) 检查手提探测器的数量及技术状态。
- (15) 惰性气体系统检验
- 1) 对整个系统在工作状态下进行外部监视；
 - 2) 对惰气发生器、洗涤塔、鼓风机进行检查；

- 3) 对隔离阀、主控制阀、止回阀、甲板水封进行检查；
 - 4) 对洗涤塔的冷却水位进行检查；
 - 5) 对惰气发生器、洗涤塔、风机、甲板水封、冷却水泵进行打开检验；
 - 6) 对甲板水封的自动充水进行试验；
 - 7) 对下列报警进行试验：
 - 洗涤塔水压或流量低；
 - 洗涤塔水位过高；
 - 惰气总管气温过高；
 - 惰气总管含氧量过高；
 - 惰气总管压力过高及过低；
 - 鼓风机故障；
 - 惰气发生器供油不足；
 - 惰气发生器动力源丧失；
 - 8) 对固定式及手提测氧装置进行检查并校核其精度。
- (16) 适宜危险区的设备的检验
- 1) 防爆电气设备及电缆的检验见本章第 7 节的有关规定；
 - 2) 对认可的设在危险区的机器进行下列检验：
 - 对表面高温的消除措施及可靠性进行检查；
 - 对火星消除设备进行检查；
 - 对排气管的密封性进行检查；
 - 对高温报警装置进行试验；
 - 对电控线路的防爆性能进行检查。
 - 3) 对认可的有火压力容器进行下列检验：
 - 对高温报警和停止装置进行试验；
 - 对阻火器、火星消除器进行检查；
 - 对火焰故障探测进行报警及关断试验；
 - 对燃油管路上的高低压传感器进行报警及关断试验；
 - 对通风流量或压力低传感器做报警和关断试验。
- (17) 对制氮装置的空气压缩机、膜分离器以及蓄压瓶尽可能在拆开状态下进行检验；
- (18) 对所有的安全阀进行调试；
- (19) 对检验后的可疑容器及管段进行测厚检验。

8.2.10 救生设备

- (1) 检查救生设备的布置是否发生变化，是否处于立即可用状态；
- (2) 检查救生设备是否有短缺、损坏等情况；
- (3) 检验救生艇和救助艇的吊艇架和降落装置；
- (4) 救生艇和救助艇降落试验和艇机启动试验；
- (5) 核对救生艇属具；
- (6) 检验逃生通道的畅通性；
- (7) 检验逃生通道和集合登艇站以及艇筏降落区域的照明和应急照明；
- (8) 检查救生艇、筏操作须知的张贴情况；
- (9) 检验应急布署表在居住区和公共处所的张贴情况。

8.2.11 无线电

- (1) 通信设备的效用试验；
- (2) 无线电通信设备备用电源的可靠性及容量检查；

- (3) 搜救雷达应答器电源的有效期；
- (4) 各种专用标志及信号的完整性检查；
- (5) 信号灯及其故障报警装置效用试验。

8.3 状态评定

- 8.3.1 有关装置、设备的布置是否符合原设计要求；
- 8.3.2 外观检查有无损伤情况，如变形、锈蚀、防腐层完整性等；
- 8.3.3 根据检测结果确定设备的检测项目是否符合相关标准、规范等的要求；
- 8.3.4 根据设备的功能试验等确定装置、设备是否处于正常状态，是否能达到其原设计要求；若达不到，应降标准使用或采取其他措施，例如起重机的起重能力若达不到原设计要求，应根据其实际状况通过试验确定其实际吊重能力，并按其实际吊重能力重新进行标记。

第9章 平台的重新利用

9.1 一般规定

9.1.1 由于地质勘探的不确定性，现有平台在到达设计寿命后，由于生产的需要，有时要延长其使用寿命；另外有些平台可以被移动到一个新的地点重新定位以便重新使用。当考虑这种情况时，应对平台进行检测，以保证平台处于（或可恢复成）可接受的状态。另外还应对平台继续使用的用途、条件和预计的荷载情况重新分析和评价。

9.1.2 对平台的重新分析和评价，应根据平台的实际状况，以及相应的检测和维修结果进行，整个分析应包括平台的各个方面，具体做法可参照本指南的有关章节进行。

9.1.3 对重新利用平台的疲劳、材料及检验应按照本章的有关规定进行。

9.2 重新利用平台的疲劳考虑

9.2.1 对一个重新利用的平台，考虑疲劳时间应包括两个部分，即在初始使用期内平台已发生的疲劳损伤和将要继续使用寿命期限内平台的疲劳损伤。通常，应满足 9.2.2 公式的要求。当确定前期损伤或者选择安全系数时，可以考虑全部检验和/或修补措施对平台疲劳寿命的有利影响。

9.2.2 重新利用的平台，其疲劳设计寿命 L （年）必须满足下式：

$$L = SF_1 L_1 + SF_2 L_2$$

式中：

L_1 ——初始的使用周期，年；

L_2 ——计划将要继续使用寿命，年；

SF_1 ——最低要求为 2.0，如果管节点是根据本章的要求进行的 100% 的无损检验（NDE），并且如果发现了缺陷并予以加强，在合理的基础上，可取 SF_1 从 0 到 2.0；

SF_2 ——2.0。

安全系数 SF_1 和 SF_2 ，对破坏较关键的构件应考虑使用较大值。

9.2.3 可以通过使用修补措施（即打磨焊缝、灌浆、加强等）来增强平台的疲劳特性。

9.3 重新利用平台的钢材

9.3.1 与重新利用平台的主结构杆件使用的钢材类型和级别应根据原始记录来确定。如果不能得到钢材的级别和类型的原始记录，则应假定最小屈服强度为 226Mpa (33ksi)。另外，钢材类型和级别不清楚的管段且具有典型的钻杆的外径，例如 $5^{1/2}_{in}$, $9^{5/8}_{in}$, $13^{3/8}_{in}$ 等，则应尽量避免使用或从原有结构上割除。对于具有不是用 A 级钢制造的节点厚壁段的管连接的平台，应根据本章的有关要求进行检验，其中包括使用超声波检验（UT）等，以查出不允许的缺陷。

9.4 重新利用平台的检验

9.4.1 当考虑平台重新利用时，应进行检验，并通过试验来验证对预期应用的适用性。

9.4.2 评价重新利用结构的检验程序必须足够详细，使它能够用来确定平台的状态。另外，必须通过检验来验证平台不存在损伤，在预期使用的寿命期内，这些损伤可能削弱结构的承载能力。

9.4.3 与重新分析相关的所有假定必须通过检验来验证，其中包括材料的成分和特性、连接的完整性、腐蚀程度或由于前期使用所造成的其他破坏等。

分析一个使用过的结构一般从查看结构的初始建造文件入手，并参照过去所有的使用条件下检测结果。

9.4.4 所有材料的化学成分和机械性能必须证实，以与重新分析中的假定相一致。可利用出厂合格证或能够进行材料追踪的最初建造文件来确定。当缺乏这些资料时，应由有资格的实验室进行物理测试。

9.4.5 应对每根结构杆件进行检验，以确定所有的腐蚀程度和机械性能的破坏（即砂孔、凹陷、直线度等）可能削弱平台预期使用的因素。

9.4.6 对结构的所有连接必须进行检验，以确保使用损伤（如疲劳）不会削弱连接承受设计荷载的能力。

9.4.7 焊接检验范围

对所有的新杆件的制造或新的杆件的连接的检验应按按照 API 的有关规定进行，对已有焊接检验程序应符合 API 的要求以及本条所做的修改。

(1) 焊缝通道和程序

选用的检验技术应考虑到对焊缝及旧焊缝连接的通道要求和限制。根据设备的灵活性，可以优先使用 UT，其次是 RT。

(2) 无损检验范围

应查看平台在最初建造和使用期间定期检测所进行的无损检验的记录文件，当现存文件充分并且焊缝质量符合现行标准时，可仅对使用期间由于超载或疲劳所造成的破坏进行检验。

当不能得到这些文件时，应对结构进行初步的现场调查，以为设计人员进行重新分析提供资料，并为形成详细检验计划提供帮助。现场调查一般包括对重新利用的非洁净的杆件 100% 的查看，以查明所有严重的结构破坏（即裂开的连接、杆件的失落、凹陷或屈曲杆件、腐蚀损伤等）。估计或探测到在工作期已损伤的结构杆件和连接应被 100% 的无损检验。

所有无损检验的焊缝应彻底清洁，以增强检验的有效性。

表 9.4 给出了对现有结构各部分进行检验的最小推荐范围。

9.4.8 防腐系统

防腐系统的整体性应按 NACE RP01-76 (1983 年版本) 的要求来鉴定。鉴定包括估计剩余的阳极材料、阳极块的连接和防护涂层的状况，并包括飞溅区的涂层、包敷等。检验应考虑隐藏在包敷层等下面可能存在的破坏。

表 9.4 重新利用平台无损检验的推荐范围

情 况		范 围	方 法
导管架的	纵向焊缝 (L)	(a)	UT 或 MT
主要圆管	环向焊缝 (c)	(a)	UT 或 MT
	纵缝环缝的交叉	(a)	UT 或 MT

管节点	主要撑杆与弦杆焊缝	(b)	MT
	主要撑杆与撑杆厚壁段的焊缝	(b)	MT
甲板构件 和连接	桁架撑杆	10% ^a	UT 或 MT
	桁架弦杆	10% ^a	UT 或 MT
	板梁	10% ^a	UT 或 MT
	与甲板腿的连接	25% ^a	UT 或 MT
	吊机底座的连接	100%	UT 或 MT
	悬臂梁的连接	100%	UT 或 MT
	救生/或安全设备的连接	100%	UT 或 MT
导管架/ 甲板附属 构件和 连接	非超静定的撑杆和组件如吊耳, 吊装支撑、泥面以上单个隔水套管导向构造平台等	100%	UT 或 MT
	非超静定的撑杆和组件与主要构件的连接焊缝	100%	UT 或 MT
	超静定的支撑和组件即多层的隔水套管导向框架、次要的飞溅区和泥线撑杆, 登船梯台等	10% ^a	目视 ^b
	超静定的撑杆和组件与主要构件的固定连接焊缝	10% ^a	目视 ^b
桩	纵向焊缝 (L)	10% ^a	UT 或 RT
	环向焊缝 (c)	10% ^a	UT 或 RT
	纵缝环缝的交叉	10% ^a	UT 或 RT
	现场拼接	100%	UT 或 RT
<p>注 1: 通过将新位置的设计荷载和应力 (包括拆离和重新安装的荷载和应力) 与原先的设计和 (或) 承受的荷载和应力相比较来确定焊缝的检验范围。 对新的设计荷载小于或等于最初的设计或实际荷载的情况, 应根据无损检验的记录文件或按 9.4.7 进行的初始的现场调查的结果来确定检验的范围。 对新的设计荷载明显大于最初的设计或实际荷载, 或与最初的设计或实际荷载不可能相比较的时候, 最少应对每个层间内的一个撑杆和一条导管架腿进行检验。对怀疑或已知在使用期间发生破坏的部位应按 9.4.7 进行进一步的检验。</p> <p>注 2: 所有易损伤的连接都应检验, 易损伤连接的定义见 9.4.6。当无损检验显示这些连接有明显缺陷时, 对其他的连接也要进行附加检验。对圆管连接, 如有可能应在每层内最少选择一个撑杆和弦杆的连接或在层间内最少选择一个 X 型连接进行检验。 对节点厚壁段没有采用 A 级钢的圆管连接, 应进行 UT 和 MT 检验。</p>			
<p>a 部分检验应按每个单件的百分比, 而不是按单件数百分比的 100% 进行。</p> <p>b 局限于完整焊缝的检验, 可能包括 MT 和 (或) PT。</p>			

第 10 章 状态评定报告

10.1 一般规定

10.1.1 平台的状态评定应依据相应的检测和检验进行，并且如实反映平台当时的实际状况。在状态评定的报告中应列明所依据的检验报告，该检验报告应能提供准确和公正的检验数据。

10.1.2 在条件许可的情况下，我社验船师应对检验进行监督和见证，以保证检验数据的准确性和公正性。

10.1.3 如业主已经完成相关的检验，我社将依据业主提供的检验报告进行平台的状态评定。此时，由于检验数据不准确所造成的各种后果，本社将不承担责任。

10.2 评定报告的内容

10.2.1 平台状态评定报告至少应包括下列内容：

- 一般说明（包括项目来源、项目目的等）
- 平台概况（如平台名称、业主、使用年限、各种证书的有效性等）
- 规范标准（指平台状态评定所依据的规范标准，这些规范标准可以由业主指定）
- 检验报告（指平台状态评定所依据的各种检验报告）
- 环境条件（指平台作业和风暴工况下的环境条件）
- 平台操作及其载荷条件
- 模型说明
- 平台结构评定的结果及整改建议
- 平台设施评定的结果及整改建议
- 照片举证