

## 中华人民共和国安全生产行业标准

AQ 2078—2020

---

### 老龄化海上固定式生产设施主结构 安全评估导则

Guidelines for safety assessment of main structures of  
aging offshore fixed production facilities

2020-11-10 发布

2021-05-01 实施

---

中华人民共和国应急管理部 发布



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体要求 .....	2
5 数据收集 .....	2
5.1 安全评估前技术资料收集 .....	2
5.2 资料收集清单 .....	3
6 检验 .....	3
7 设计水平评估 .....	3
7.1 评估方法 .....	3
7.2 环境条件的选择 .....	3
7.3 评估计算模型 .....	3
7.4 已知缺陷分析 .....	4
7.5 设施整改使用指标 .....	4
8 极限强度评估 .....	4
8.1 适用条件 .....	4
8.2 评估方法 .....	4
8.3 环境条件的选择 .....	4
9 安全评估报告 .....	4
10 整改措施 .....	5
11 报废 .....	5
附录 A (规范性) 安全评估流程 .....	6
附录 B (资料性) 资料收集清单 .....	7
附录 C (资料性) 检验检测报告格式 .....	8
附录 D (规范性) 评估报告大纲 .....	17

## 前 言

本文件的技术内容均为强制性条款。

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国应急管理部提出。

本文件由全国安全生产标准化技术委员会非煤矿山安全分技术委员会(SAC/TC 288/SC 2)归口。

本文件起草单位：中海石油技术检测有限公司、中海油能源发展装备技术有限公司、中海油安全技术服务有限公司。

本文件起草人：陈海林、张伯莹、高尚磊、刘万超、杨光、翟翔、石烜、薛建、高正华、张充霖。

# 老龄化海上固定式生产设施主结构 安全评估导则

## 1 范围

本文件规定了老龄化海上固定式生产设施主结构安全评估的总体要求、数据收集、检验、设计水平评估、极限强度评估、安全评估报告、整改措施、报废等方面的要求。

本文件适用于海洋石油钢制桩基和导管架生产设施主结构,不适用于其他结构形式的生产设施。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**设计使用年限 design life**

设施结构根据油气田经济开发期而确定的计划使用期限。

### 3.2

**老龄化海上固定式生产设施 aging offshore fixed production facilities**

达到或超过设计使用年限的海上固定式生产设施。

### 3.3

**主结构 main structure**

固定平台桩基和导管架主要构件及节点,包括导管架主腿、各立面斜支撑、各水平层主要支撑。

### 3.4

**设计水平评估 design level assessment**

通过对平台结构操作工况、极端工况的静力分析、地震分析、疲劳分析,评价平台结构构件和节点的名义应力是否超标的一种评估方法。

### 3.5

**极限强度评估 ultimate strength assessment**

平台结构整体极限能力的一种评估分析方法,分析中允许平台结构构件发生材料屈服和塑性变形,常用静推倒分析实现。

### 3.6

**发证检验机构 certifying survey agency**

按照有关规定认定,对海洋石油生产设施实施旨在保证达到安全生产技术条件的检验工作的技术服务机构。

### 3.7

**专用设备 specialized equipment**

海洋石油天然气开采过程中使用的危险性较大或者对安全生产有较大影响的设备。

### 3.8

#### **专业设备检验机构 qualified special equipment inspection(survey) agency**

按照有关规定认定,对海洋石油天然气开采过程中使用的专业设备进行安全生产检测检验活动的技术服务机构。

## 4 总体要求

4.1 海上固定式生产设施在设计使用年限到期前 2 年内,生产者/作业者应完成主结构安全评估工作;已经超过设计使用年限且还未进行过主结构安全评估的海上固定式生产设施,应立即开展主结构安全评估。

4.2 结构设计水平评估和极限强度评估由发证检验机构实施,结构检验由专业设备检验机构实施。

4.3 生产者/作业者应结合老龄化海上固定式生产设施主结构运行期间的腐蚀、应力检测监测等数据,运用大数据分析的方法,按照基于风险的检测评估原则,确认主结构安全评估结果及再次评估周期。

4.4 安全评估流程应符合附录 A 的规定。

## 5 数据收集

### 5.1 安全评估前技术资料收集

收集资料包括但不限于以下内容,如存在图纸和资料缺失,应进行现场测量以获得准确、可靠的数据;无法测量获得的,应进行偏于安全的假定。

- a) 原始设计资料。主要包括下列内容:
  - 1) 设计基础;
  - 2) 设计规格书;
  - 3) 设计图纸;
  - 4) 计算报告;
  - 5) 原始计算输入文件。
- b) 建造完工资料。主要包括下列内容:
  - 1) 建造完工图纸;
  - 2) 建造、焊接和检验规格书;
  - 3) 焊接工艺评定报告;
  - 4) 钢材材质证书;
  - 5) 安装完工资料;
  - 6) 结构防腐资料。
- c) 平台使用历史资料。主要包括下列内容:
  - 1) 环境载荷记录:台风、风暴、冰等;
  - 2) 操作载荷记录:碰撞和偶然载荷;
  - 3) 改造情况记录:图纸、计算报告;
  - 4) 平台历年检测和维修记录等。
- d) 当前条件资料。主要包括下列内容:
  - 1) 结构的实际尺寸、位置、高程;
  - 2) 所有甲板设备布置及重控;
  - 3) 所有检测、监测资料;
  - 4) 平台所在海域积累的环境数据等。

## 5.2 资料收集清单

资料收集清单见附录 B。

## 6 检验

6.1 安全评估前应对生产设施进行检验,执行检验的单位应制定详细的检验计划。检验内容一般包括下列内容:

- a) 目视检查水上结构表面防腐层,检查构件的磨损、腐蚀、弯曲、脱落和损坏,重点检查飞溅区内船舶或漂浮物对结构的碰撞损坏、因腐蚀引起的损坏、重大改造部位及历次检验所发现的损坏修理部位;
- b) 检查是否存在明显超载的迹象、设计缺陷和任何不符合平台设计目的的使用;
- c) 目视检查水下结构腐蚀、损伤、变形、脱落等情况,检查构件的海底冲刷情况、四周杂物情况,并测量构件海生物厚度情况;
- d) 测量构件阴极电位;
- e) 检测主要节点和构件是否存在裂纹或其他缺陷;
- f) 测量构件厚度;
- g) 检查构件阳极消耗情况;
- h) 对主结构设计中的高应力区及其他疑似区域进行应力检测、监测;
- i) 检测导管架内部是否充水;
- j) 检测沉降及水平度。

6.2 生产设施主结构安全评估后,再次检验的内容和周期应根据安全评估、大数据分析等结果,按照基于风险的检测原则确定。

6.3 检验检测报告格式见附录 C。

## 7 设计水平评估

### 7.1 评估方法

7.1.1 设计水平评估与新建设施的设计分析的评估内容相同,至少应包括静力分析、波浪动力响应分析(适用时)、地震分析、疲劳分析。

7.1.2 评估分析相关设计准则和安全系数等应基于原始设计采用的规格书。

7.1.3 设施结构应根据其目前的情况进行评估,任何损坏、修理、侵蚀或其他影响结构性能或整体性的因素均应考虑在内。

### 7.2 环境条件的选择

7.2.1 评估使用的环境条件重现期采用原始设计使用的重现期。

7.2.2 评估使用的环境条件数据,根据原始设计使用的环境条件和设施所处海域最新环境条件,采用二者中较恶劣的一个。

### 7.3 评估计算模型

7.3.1 依据原始设计图纸和计算报告建立计算模型,包括结构模型和荷载模型等。

7.3.2 现有结构和载荷的模拟应注重与现实情况的符合性,并考虑设施对未来计划中的改造所产生的影响。

7.3.3 依据设施服役期间历次的检测报告、改造完工图纸及报告、评估报告等,特别是最新的检测报告中设施结构的实际状况,包括海生物厚度、构件腐蚀、海底冲刷等,对计算模型进行结构和载荷修正。

7.3.4 对于检测中发现的损伤构件,应通过构件能力等效等方法对构件设计参数进行修正。

7.3.5 对于已发现裂纹或其他可能导致构件或节点失效的情况,应在计算模型中去除已经或可能失效的构件或节点。

#### 7.4 已知缺陷分析

7.4.1 设施主结构发现凹陷等结构变形时,应依据相关标准对变形部位进行针对性分析。

7.4.2 设施主结构发现裂纹时,应依据相关标准对裂纹位置进行结构工程临界评估(ECA)。

#### 7.5 设施整改使用指标

存在下列情况之一时,设施应采取整改措施并依照本文件再次进行安全评估或报废:

- a) 设施主结构构件或节点最大名义应力与许用应力的比值(UC 值)大于 1.0;
- b) 静力分析或地震分析中,桩基承载力能力不足,即操作工况下桩基承载力安全系数小于 2.0,或极端工况下桩基承载力安全系数小于 1.5,或地震工况下桩基承载力安全系数小于 1.2;
- c) 设施的甲板高程经过计算评估不满足安全要求。

### 8 极限强度评估

#### 8.1 适用条件

若设施主结构原设计使用的标准中有关于极限强度评估的内容,则在安全评估过程中可以进行极限强度评估;否则,设施主结构不应开展极限强度评估。

#### 8.2 评估方法

8.2.1 使用静推倒分析的方法对平台进行极限强度评估。

8.2.2 使用平台结构储能强度比(RSR)作为极限强度评估的评价指标。

8.2.3 对于设计水平评估中地震分析不通过的设施,应进行极限强度地震分析。

#### 8.3 环境条件的选择

8.3.1 评估使用的环境条件数据,根据原始设计使用的环境条件和设施所处海域最新环境条件,采用二者中较恶劣的一个。

8.3.2 采用重现期为 100 年的设计环境条件进行静推倒分析。

8.3.3 采用千年一遇的地震载荷进行地震分析。

### 9 安全评估报告

9.1 评估单位应出具安全评估报告,并对出具的结论负责。评估报告应当经编制、审核、批准三级签字,批准人员为评估单位的主要负责人或者授权的技术负责人。

9.2 设施主结构安全评估结果包括以下两种:

- a) 符合本文件要求,可以有条件地继续使用;
- b) 不符合本文件要求,采取整改措施后再次进行安全评估或报废。

9.3 评估报告中应给出在本次评估基础上设施主结构可有条件继续使用的年限,且不应超过 5 年。



- 9.4 评估报告中应提出有条件继续使用阶段的管理建议,包括主结构维护、检验要求等。
- 9.5 安全评估报告的大纲结构应符合附录 D 的规定。
- 9.6 生产者/作业者和承担评估、检验的机构应妥善保管安全评估报告及有关重要过程性资料,纳入设施档案管理,并至少保存 2 个安全评估周期。

## 10 整改措施

10.1 未通过安全评估的老龄化生产设施,生产者/作业者应综合考虑经济性等因素决定是否采取整改措施。

10.2 通常的整改措施包括但不限于:

- a) 拆除不必要的设备以减少载荷;
- b) 去除不必要的隔水套管以减少环境载荷;
- c) 加斜拉筋或局部加强;
- d) 对裂纹进行修复;
- e) 清除海生物;
- f) 对损坏构件进行灌浆或安装加强卡箍;
- g) 采取水下焊接修补;
- h) 对受静水压溃控制的构件开孔充水以减小静水压力。

10.3 设施主结构采取整改措施后,应再次开展安全评估。

## 11 报废

安全评估未通过的设施主结构如果不采取整改措施,应及时报废。

附录 A  
(规范性)  
安全评估流程

安全评估的一般流程见图 A.1,采取整改措施并不属于安全评估的内容,但设施主结构在采取整改措施后,应再次进行安全评估。

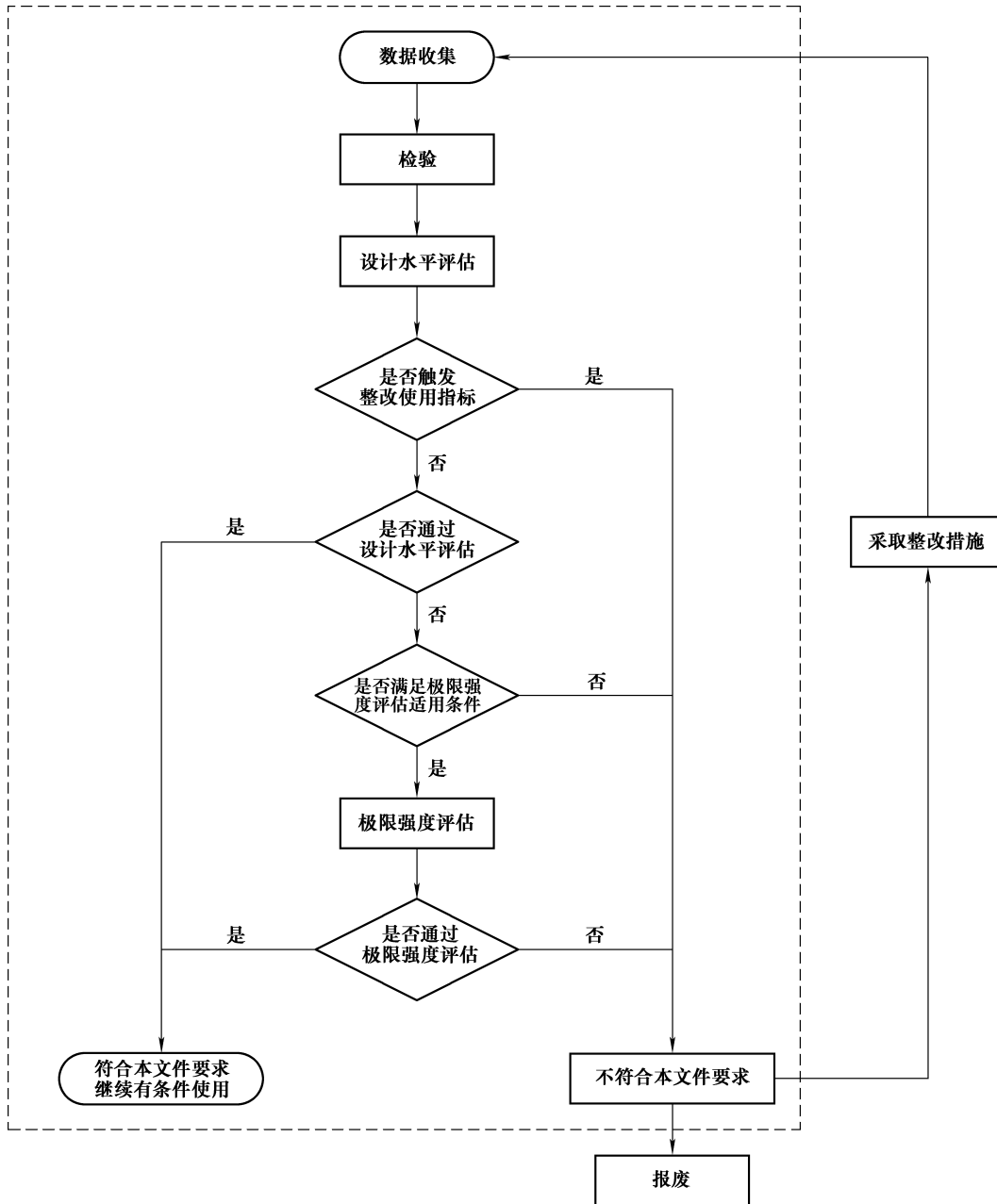


图 A.1 安全评估一般流程

**附录 B**  
**(资料性)**  
**资料收集清单**

安全评估所需收集的资料清单见表 B.1。

**表 B.1 安全评估所需收集的资料清单**

序号	资料类型	资料名称	收集内容
1	原始设计资料	设计规格书 设计图纸 计算报告 原始计算输入文件	水深数据、环境条件数据(风、浪、流、海冰)、地震、工程地质数据等 原设计使用的规范、各专业重量控制数据、结构校核的方法及结论等
2	建造完工资料	建造完工图纸 建造、焊接和检验规格书 焊接工艺评定报告 钢材材质证书 安装完工资料	各专业设备实际布置情况、钢材材质等
4	平台使用历史资料	环境载荷记录:台风、风暴、冰等 操作载荷记录:碰撞和偶然载荷 改造情况记录:图纸、计算报告 平台历年检测和维修记录等	环境条件变化情况、各专业重量控制数据、改造的设备布置情况、改造的结构变更情况、结构校核的方法及结论等
5	当前条件资料	结构的实际尺寸、位置、高程 所有甲板设备布置及重控 所有检测、监测资料 平台所在海域积累的环境数据等	平台现状的重控数据、结构杆件壁厚数据、焊缝裂纹检测数据、海生物厚度及密度、平台沉降数据、基础冲刷数据等

附 录 C  
(资料性)  
检验检测报告格式

# ×××主结构检验报告

使用单位：\_\_\_\_\_

报告编号：\_\_\_\_\_

检验日期：\_\_\_\_\_

检 验：\_\_\_\_\_

审 核：\_\_\_\_\_

批 准：\_\_\_\_\_

(印制检验机构名称)

检测报告格式参见表 C.1 至表 C.8。

表 C.1 海生物检测报告

检测单位标识		海生物检测报告						报告编号	
项目名称									
工程地点									
标高		海况				浪高			
仪器型号		表面状态				作业时间			
水深 m	时钟 位置	硬质海生物			软质海生物			照片编号	
		最大厚度 mm	平均厚度 mm	覆盖率 %	最大厚度 mm	平均厚度 mm	覆盖率 %		
	12:00								
	03:00								
	06:00								
	09:00								
	12:00								
	03:00								
	06:00								
	09:00								
附图：									
检验						审核			
日期						日期			

表 C.2 海生物取样称重现场记录

检测单位标识	海生物取样称重现场记录				
项目名称					
工程地点					
海况		浪高		作业时间	
测量部位	水深 m	海生物重量 kg		称重工具	备注
		干重	湿重		
附图：					
检验			审核		
日期			日期		

表 C.3 水下目视检验报告

检测单位标识	水下目视检验报告			报告编号	
项目名称					
工程地点					
标高		海况		浪高	
工件名称		仪器型号		照片/录像编号	
检验类别		图号		作业时间	
检验结果：					
					
附图：					
检验		审核			
日期		日期			

表 C.4 水下阳极检测报告

检测单位标识		水下阳极检测报告					报告编号				
项目名称											
工程地点											
标高		海况			浪高						
仪器型号		表面处理			潜水时间						
阳极 编号	连接 方法	长 cm	宽 cm		高 cm	周长 cm			电位测量值 mV		
			上底	下底		A	B	C	A	B	C
备注：											
检验							审核				
日期							日期				





表 C.6 ACFM 检测报告

检测单位标识	ACFM 检测报告				报告编号	
项目名称						
工程地点					作业时间	
标高		海况		浪高		
仪器型号		探头型号		结构杆件		
正常探测记录						
焊缝编号	页码	探头方向	时钟位置	探测结果	备注	
裂纹探测详细记录						
缺陷编号	页码	探头方向	测量长度 mm	ACFM 长度 mm	深度 mm	节点草图
检验				审核		
日期				日期		

表 C.7 水下磁粉检验报告

检测单位标识	水下磁粉检测报告			报告编号	
项目名称					
工程地点					
标高		海况		浪高	
检验位置		仪器型号		磁化方法	
测试试块		提升力		作业时间	
检验结果：					
					
附图：					
检验		审核			
日期		日期			

表 C.8 超声波测厚报告

检测单位标识	超声波测厚报告				报告编号	
项目名称						
工程地点					作业时间	
标高		海况			浪高	
工件名称		仪器型号			表面处理	
部位序号	时钟位置	原始厚度 mm	实际厚度 mm	腐蚀厚度 mm	腐蚀率 %	备注
	12:00					
	03:00					
	06:00					
	09:00					
	12:00					
	03:00					
	06:00					
	09:00					
	12:00					
	03:00					
	06:00					
	09:00					
	12:00					
	03:00					
	06:00					
	09:00					
	12:00					
	03:00					
	06:00					
	09:00					
附图：						
检验				审核		
日期				日期		

附录 D  
(规范性)  
评估报告大纲

# ×××主结构安全评估报告

使用单位：\_\_\_\_\_

报告编号：\_\_\_\_\_

检验日期：\_\_\_\_\_

编制：\_\_\_\_\_

审核：\_\_\_\_\_

批准：\_\_\_\_\_

(印制评估机构名称)

设施主结构安全评估后,评估单位应按表 D.1 的大纲结构编写和出具评估报告。

表 D.1 评估报告大纲

章节	名称	主要内容简介
1	安全评估概述	介绍安全评估背景、评估基础、评估方法、评估依据等
1.1	概述	介绍平台概况、结构主要风险、工作范围及评估对象、评估使用的程序、环境条件、评估依据等
1.2	平台现状	平台结构现状介绍、平台历次改造情况等
1.3	平台检测分析	介绍与安全评估相关的平台检测结果
1.4	结构模拟	介绍安全评估中的结构模拟方法
1.5	载荷模拟	介绍安全评估中的载荷模拟方法
2	静力分析	设计水平评估中的静力分析
2.1	概述	介绍静力分析的方法等
2.2	环境条件	介绍静力分析选用的环境条件
2.3	基础工况与组合工况	基础工况介绍、组合工况介绍及各工况组合系数、基础工况与组合工况输出结果等
2.4	杆件和节点校核结果	节点位移、杆件名义应力校核结果、节点冲剪校核结果等
2.5	桩校核结果	桩的尺寸、桩基承载力校核结果、桩身强度校核结果等
3	地震分析	设计水平评估中的地震分析
3.1	概述	介绍地震分析的方法等
3.2	荷载计算方法	结构模拟方法、荷载计算方法、模型质量分布等
3.3	韧性地震分析	韧性地震的桩土刚度矩阵、结构自振周期及振型、杆件名义应力校核、桩基承载力校核、桩身强度校核等
3.4	强度地震分析	强度地震的桩土刚度矩阵、结构自振周期及振型、杆件名义应力校核、节点冲剪校核、桩基承载力校核、桩身强度校核等
4	疲劳分析	设计水平评估中的疲劳分析
4.1	概述	介绍疲劳分析的方法等
4.2	结构模拟	疲劳分析中结构模拟的方法
4.3	疲劳分析载荷	疲劳分析使用的环境条件及各工况载荷
4.4	疲劳分析结果	疲劳分析的结论
5	极限强度评估	
5.1	概述	介绍极限强度评估的方法等
5.2	环境条件	介绍极限强度评估使用的环境条件
5.3	分析过程	介绍极限强度评估的分析过程、工况组合等
5.4	计算分析及结果	汇总各方向倒塌分析计算出来的储能强度比(RSR)、结构变形图、失效过程总括等
5.5	RSR 与平台位移关系	各方向 RSR 与平台位移关系曲线
5.6	杆件与节点失效汇总	汇总失效杆件、节点及失效时对应的 RSR
6	结论	本次安全评估是否通过,设施可使用年限



中华人民共和国安全生产  
行业标准  
老龄化海上固定式生产设施主结构  
安全评估导则  
AQ 2078—2020

\*  
应急管理出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)  
网址:www.cciph.com.cn  
北京建宏印刷有限公司 印刷  
全国新华书店 经销

AQ 2078—2020

\*  
开本 880mm×1230mm 1/16 印张 1 1/2  
字数 35 千字  
2021 年 1 月第 1 版 2021 年 1 月第 1 次印刷  
**15 5020 · 1590**

社内编号 20201698 定价 24.00 元  
版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换