

ICS 点击此处添加 ICS 号
点击此处添加中国标准文献分类号
备案号：

AQ

中华人民共和国安全生产行业标准

AQ XXXXX—2020

老龄化海上生产设施主结构安全评估导则

Guideline of safety assessment for main structures of aging offshore production facilities

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（征求意见稿）

（本稿完成日期：2019.12.20）

2020 - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

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	1
5 数据收集	2
6 检验	2
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	3
7.5 设施暂停使用指标	3
8 极限强度评估	3
8.1 适用条件	3
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	4
11 报废	4
附录 A（规范性附录） 安全评估流程	6
附录 B（资料性附录） 资料收集清单	7
附录 C（规范性附录） 检测报告格式	8
附录 D（规范性附录） 评估报告大纲结构	16

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由应急管理部提出。

本标准由全国安全生产标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：

本标准起草人：

本标准为强制性标准。

本标准首次发布。

老龄化海上生产设施主结构安全评估导则

1 范围

本标准规定了老龄化海上生产设施主结构安全评估中的相关要求。

本标准适用于海洋石油钢制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

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准；凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

SY/T10030 海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法-工作应力设计法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

主结构 main structure

固定平台导管架主要杆件和节点，包括导管架桩基、主腿、各立面斜支撑、各水平层主要支撑。

3.2

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，评价平台构件和节点的名义应力是否超标的一种评估方法。

3.3

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件发生材料屈服和塑性变形，常用静推倒分析实现。

3.4

设计使用年限 design life

根据油气田经济开发期而确定的计划使用期限。

3.5

老龄化海上生产设施 aging offshore facility

是指达到或超过设计使用年限的海上生产设施。

4 总体要求

4.1 海上生产设施在设计使用年限到期前 2 年内，应首次开展主结构安全评估；已经超过设计使用年限的生产设施，应立即开展主结构安全评估。

- 4.2 老龄化海上生产设施主结构安全评估周期根据评估结果确定，但最长不得超过 5 年。
- 4.3 安全评估应结合设施主结构运行期间腐蚀、应力检测监测数据，运用大数据分析的方法，修订评估周期及评估结果。
- 4.4 安全评估一般流程见附录 A。

5 数据收集

5.1 开展安全评估前应先收集相关技术资料，主要包括以下内容：

5.1.1 原始设计资料：

- a) 设计基础；
- b) 设计规格书；
- c) 设计图纸；
- d) 计算报告；
- e) 原始计算输入文件。

5.1.2 建造完工资料：

- a) 建造完工图纸；
- b) 建造、焊接和检验规格书；
- c) 焊接工艺评定报告；
- d) 钢材材质证书；
- e) 安装完工资料。

5.1.3 平台使用历史资料：

- a) 环境载荷记录：台风、风暴、冰等；
- b) 操作载荷记录：碰撞和偶然载荷；
- c) 改造情况记录：图纸、计算报告；
- d) 平台历年检测和维修记录等。

5.1.4 当前条件资料：

- a) 结构的实际尺寸、位置、高程；
- b) 所有甲板设备布置及重控；
- c) 所有检测、监测资料；
- d) 平台所在海域积累的环境数据等。

5.2 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，检验主要包括以下内容：

6.1.1 目视检查水上结构表面防腐层，构件的磨损、腐蚀、弯曲、脱落和损坏；

6.1.2 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；

6.1.3 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、四周杂物情况和构件海生物厚度情况；

6.1.4 测量构件阴极电位；

6.1.5 检测主结构节点裂纹、疲劳损伤；

6.1.6 测量构件厚度；

6.1.7 检查构件阳极消耗情况；

- 6.1.8 对关键构件进行应力检测、监测；
- 6.1.9 检测导管架内部是否充水；
- 6.1.10 沉降检测。
- 6.2 生产设施主结构安全评估后，检验内容和周期根据安全评估结果、大数据趋势分析进行修订。
- 6.3 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、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杆件或节点。

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 设施暂停使用指标

- 7.5.1 最下层使用甲板高程不足，即气隙小于 1.5 米。
- 7.5.2 设施主结构构件或节点 UC 值大于 1.0。
- 7.5.3 静力分析和地震分析中，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。

8 极限强度评估

8.1 适用条件

8.1.1 对于使用 SY/T 10030 2002 年及 2002 年之前版本(或等同版本) 规范设计的固定平台, 如果设计水平评估不通过, 可以进行极限强度评估。

8.1.2 对于使用 SY/T 10030 2002 年之后版本(或等同版本) 规范设计的固定平台, 不能进行极限强度评估。

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 根据原始设计环境条件和设施所处海域最新环境条件, 选择合适的环境条件用于设计强度评估。

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 设施主结构安全评估结果包括:

- a) 符合本标准要求, 可以有条件地继续使用;
- b) 不符合本标准要求, 暂停使用。

9.2 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。

9.3 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。

9.4 安全评估报告的大纲结构见附录 D。

10 整改措施

10.1 整改措施不属于安全评估的内容, 对于未通过安全评估的设施主结构, 生产者/作业者宜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冲水以减小静水压力。

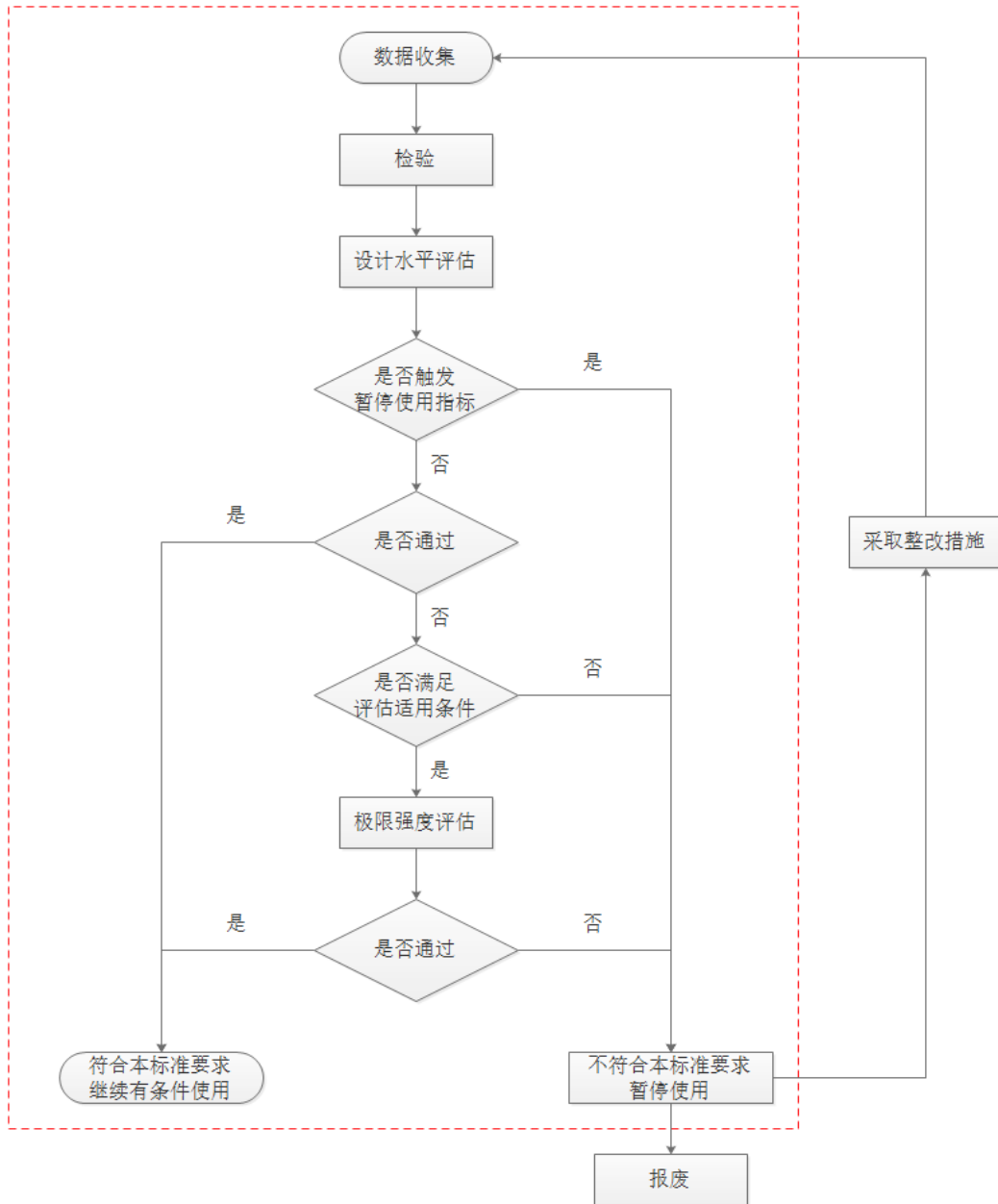
10.3 设施主结构采取整改措施后, 应再次开展安全评估。

11 报废

暂停使用的设施主结构如果不采取整改措施，应及时报废。

附录 A
(规范性附录)
安全评估流程

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



图A.1 安全评估一般流程

附 录 B
(资料性附录)
资料收集清单

表A.1 资料收集清单

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
(规范性附录)
检测报告格式

表B.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	测量部位	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							
	9:00							
	6:00							
	3:00							
	12:00							
	9:00							
	6:00							
	3:00							
附图:								
检验员					潜水监督			
日期					日期			

表B.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	海生物重量 (Kg)		称重工具	备注
		干重	湿重		
附图:					
检验员			潜水监督		
日期			日期		

表B.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：					
检验员		潜水监督			
日期		日期			

表B.4 水下阳极检测报告

检测单位标识		水下阳极检验报告					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		B	C	D	A	B	C
备注：											
检验员					潜水监督						
日期					日期						

表B.5 结构阴极检测报告

检测单位标识	结构阴极检测报告				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		作业时间	
杆件名称	杆件水深	测量部位	电位测量值 (-mv)		
备注:					
检验员		潜水监督			
日期		日期			

表B.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	ACFM 长度 (mm)	深度 (mm)	节点草图
探头操作员					检验员	
日期					日期	

表B.7 水下磁粉检验报告

检测单位标识	水下磁粉检验报告			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：					
检验员		潜水监督			
日期		日期			

表B.8 水下超声波测厚报告

检测单位标识		水下超声波测厚报告			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	实际厚度	腐蚀厚度	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					
附图:						
检验员				潜水监督		
日期				日期		

附 录 D
(规范性附录)
评估报告大纲结构

表C.1 评估报告大纲结构

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能力储备系数(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	汇总失效杆件和节点，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

《老龄化海上生产设施主结构安全评估 导则》

编制说明

标准编制组

一、工作简况

我国自 20 世纪 80 年代开始海上油气田的开发，海上油气田的开发开采大都以钢制导管架式结构为主要生产设施，这些设施结构的设计使用寿命一般为 15-30 年。随着时间的推移，早期投产的海上设施结构的设计使用年限日益临近，但部分老油田可采油气资源仍然可观，同时部分老设施也要作为新设施运行的依托，从而面临需要延期服役的情况。在延期服役使用状态下，海上设施主结构安全性需要进行风险评估。基于此，中海油结合国内平台结构安全性评估及平台结构检测的实际工程经验，制定了在役固定平台延寿评估和延长设计使用年限方面的企业技术规程，即 Q/HS 3052《在役固定平台结构延寿评估推荐作法》和 Q/HS 2071《海上固定平台结构延长设计使用年限技术规程》，指导老龄化平台继续服役的相关评估工作。

基于以上原因，原国家安全生产监督管理总局发布《关于申报 2018 年安全生产标准计划项目的通知》，将老龄化海上生产设施主结构安全评估纳入编制计划，并确定编制工作的牵头单位、成立编制组。

编制组在完成《导则》初稿编制后，按照应急管理部海洋石油安全生产监督管理办公室（简称海油安监办）关于海洋石油安全生产系列标准建设工作安排，先后进行了四次评审：

海油安监办海油分部于 2019 年 7 月 26 日在天津组织召开

了初稿审查会。参会人员来自安监办海油分部、中国海油集团公司、中国海油天津分公司、海油分部天津监督处、胜利海检中心、中国船级社、挪威船级社、法国船级社、美国船级社、劳氏船级社等单位。会议各单位就《老龄化海上生产设施主结构安全风险评估导则》初稿的编制和内容充分发表了意见建议。

2019年8月30日海油安监办组织业内专家在应急管理部对《导则》进行评审。

2019年9月29日，安监办海油分部组织中油分部、石化分部、中国海油相关单位进行了评审。

2019年12月11日，海油安监办组织中国海油、中石油、中石化、6家海洋石油发证检验机构代表在上海召开评审会，对初稿完善情况进行评审。

编制组根据意见对标准进行修订完善，形成了目前的征求意见稿。

二、标准编制原则和主要内容说明

（一）编制原则

本次修订工作坚持以下原则：

1. 系统性

《导则》要适应安全生产标准体系建设，涵盖全部海洋石

油钢制导管架生产设施主结构。

2. 实用性

《导则》既要立足于海洋石油设施主结构评估技术发展现状，又要有适度的前瞻性，增强可操作性。

3. 平稳性

本次编制按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则进行，总体结构围绕安全评估流程展开，体现平稳性。

4. 底线要求

《导则》的条文范围限定在保障导管架设施主结构安全，保障安全生产，避免人身健康和生命财产遭受损失的基本要求。

5. 强制性

《导则》全文除资料性附录外，均为强制性条款。

6. 标准引用

目前在海洋石油设施主结构设计、评估领域，并无国家强制标准，而现行主要使用标准为 SY/T 10030 《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法-工作应力设计法》，因而本导则从实际出发，对该标准有所引用。

(二) 主要内容说明

1. 关于规程的适用范围

本标准规定了老龄化海上生产设施主结构安全评估中的相关要求。

本标准适用于海洋石油钢制导管架生产设施主结构，不适用于混凝土结构式生产设施。

2. 规范性引用文件

SY/T 10030 《海上固定平台规划、设计和建造的推荐作法-工作应力设计法》

3. 标准中的术语和定义

《导则》中术语和定义共 5 项，包括主结构、设计水平评估、结构完整性评估、极限强度评估、设计使用年限。

4. 总体要求

包含开展安全评估的触发条件、安全评估的一般流程等内容。其后《导则》各个部分按照安全评估的一般流程，对各部分内容分别详细说明。

三、技术经济论证和预期社会效益分析

起草本标准目的是为即将或已超出设计使用年限的海上设

施主结构规定具体的安全评估方法。

海上设施主结构安全是海上油气开采和生产的根本保障，设施主结构一旦发生事故会造成巨额财产损失甚至群死群伤事件，制定强制性标准，规范老龄化海上生产设施主结构安全评估的实施具有重要意义。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度

在老龄化海上生产设施主结构安全评估方面，没有统一的国际标准，每个国家的标准都有差别。

《导则》结合中国国情和海洋石油技术发展现状编制。在编制初期，编制组收集了相关国际标准，如英国 BS 7910 等，研究了国外设施主结构安全评估的通行做法。研究发现国外海洋石油行业安全法规的结构、实际执行情况与我国的情况存在较大差异，因而并没有参考。

中国海洋石油集团有限公司自上世纪八十年代以来在海上平台结构设计、安全评估等方面做了大量的基础研究工作和实践工程探索，在本世纪初逐步形成较为成熟的老龄化结构安全评估系列做法，并以企业标准的形式加以规范，《导则》的编制参考了部分内容。

五、与现行有关法律、法规和标准的关系

本《导则》以《中华人民共和国安全生产法》等相关法律、

法规为准绳，《导则》的编制按照应急管理部安全基础司（海洋石油安全生产监督管理办公室）关于海洋石油安全生产系列标准建设工作安排进行，符合安全生产法等相关法律要求。

《导则》的编制按照 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则进行。

《导则》是为规范海上设施主结构安全评估工作，是安全生产领域行业强制性标准，是政府监督管理的技术支撑。

综上，本《导则》与现行有关国家法律、法规和标准不冲突。

六、重大分歧意见的处理过程和依据

无重大分歧意见。

七、标准性质建议

建议本《导则》为强制性标准。《导则》范围涵盖老龄化海上生产设施主结构的安全评估，其条款的制定基于保障海上油气田开发生产中作业者的人身健康和生命财产安全的目的，而且《导则》中条款的要求是保障老龄化海上设施主结构安全的基本要求。因此，本《规程》应作为强制性标准。

八、标准实施建议

建议尽快征求意见，通过修改完善后尽快报批，通过后实

施，充分发挥标准的技术价值。

九、废止现行有关标准的建议

无废止现行有关标准的建议。

十、其他应予说明的事项

无其它需要说明的事项。