



中华人民共和国国家标准

GB/T 40497—2021

海上设施防火与防爆设计评估原则

Evaluation principles for the design of offshore facilities
against fire and blast loading

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国海洋船标准化技术委员会(SAC/TC 12)提出并归口。

本标准起草单位:中国船舶工业综合技术经济研究院、惠生(南通)重工有限公司、海洋石油工程股份有限公司设计院、上海外高桥造船有限公司、江苏科技大学、中船黄埔文冲船舶有限公司、广州黄船海洋工程有限公司、深圳市杉叶实业有限公司。

本标准主要起草人:孙楠、陈巍旻、王革、吕津波、孔德宇、韩超帅、王少华、刘俊红、张容、杨涛、李源、李国锐。

海上设施防火与防爆设计评估原则

1 范围

本标准规定了海上设施防火和防爆设计时需要考虑的问题评估原则,包括风险评估、火灾载荷状态量化设计原则、火灾的结构响应评估原则、火灾缓解的原则、爆炸载荷状态量化原则、爆炸结构响应评估原则、爆炸缓解的设计原则、火灾和爆炸的相互作用等。

本标准适用于海上设施防火与防爆的设计评估工作,已经作业的海上设施也可参考本标准进行校验。

2 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

海上设施 offshore facilities

作业于海洋水上水下的各种固定或者浮动建筑、装置和固定平台。

2.2

危险与可操作性分析 hazard and operability analysis

按照科学的程序和方法,从系统的角度出发对工程项目或生产装置中潜在的危险进行预先的识别、分析和评价。

3 风险评估

3.1 评估等级划分原则

在设计之前,要对海上设施的风险等级进行评估,通常分为三个等级,分别是:

- 初步筛选评估:对无人操控的、固定式风险较低的设备设施筛选,并进行常规检查评估;
- 理论存在的载荷评估:对能够满足正常工作载荷要求的海上设施进行一般载荷下的评估;
- 事故引发的载荷评估:对海上设施工作寿命周期内的可能发生的意外火灾和爆炸荷载的评估。

3.2 事故等级划分原则

通过海上设施的作业类型和作业环境以及可能发生的火灾和爆炸载荷,根据其危害程度不同,可将火灾和爆炸事故分为三级,分别是:

- 低风险:基本不会发生火灾和爆炸,并且危害程度可控,影响较小;
- 中等风险:火灾和爆炸发生概率较低,但影响较大;
- 高风险:一旦发生火灾和爆炸后果比较严重。

3.3 事故等级判断原则

除了考虑火灾和爆炸事故的危害程度的大小,还应考虑导致火灾和爆炸事故的情况发生的可能性。通过其发生的可能性和影响的大小来判断该事故的等级,详见表 1。

表 1 事故等级判断矩阵

事故发生可能性等级	事故影响等级		
	高	中	低
高	高风险	高风险	中等风险
中	高风险	中等风险	低风险
低	中等风险	低风险	低风险

3.4 影响火灾和爆炸的因素

火灾或爆炸事故发生的可能性与事故起源发生的可能性有关。碳氢化合物源的类型和存在形式也会成为事故发生或扩大的影响因素。影响事故起源发生的因素包括：

- 贮存方式：独立包装的有危险的货物数量和尺寸；
- 设备类型：设备的复杂性、数量和类型，例如：隔离和计量设备、泵和压缩设备、点火设备、发电设备、安全设备以及它们的管道和阀门等；
- 立管和井口：起重设备和滑轮的位置和数量影响事故发生的可能性，例如爆裂、井喷和立管失效等；
- 产品类型：瓦斯、轻油、重油等是否产生冷凝物；
- 火源：暴露火源是否存在及其位置，用于测定事故发生可能性；
- 操作方式：钻井、生产、供应、运输等平台上进行的操作类型，用于评估事故发生可能性；
- 生产作业：生产作业时钻井之后的工作，包括：分离、处理、计量、储存、加压、运输、操作检测、设施修理和维护以及两个或两个以上同时发生的操作；
- 甲板类型：平台甲板限制蒸汽烟雾的发生十分重要，评估事故发生的可能性时应考虑甲板结构是否敞开或者封闭，大多数平台都处于温和的海洋环境；
- 海上设施位置：评估事故发生可能性应考虑与周围平台的临近程度，例如强震动响应和抛射作用；
- 其他因素：员工培训的类型和频率等。

3.5 事故发生可能性等级判断原则

事故发生的可能性分为三个级别：

- 低可能性：在平台寿命期间内基本不可能发生并且在其他相似平台从没发生过的事故；
- 中等可能性：在平台寿命期间基本不会发生的，并且不满足高可能性和低可能性要求的事故；
- 高可能性：在平台寿命期间内有可能发生并且在其他相似平台曾经发生过至少一次的事故。

3.6 事故影响等级判断

3.6.1 事故影响类型

事故影响分为生命安全影响和环境安全影响。

3.6.2 生命安全影响

生命安全影响分为三个级别：

- 很严重：事故发生后可能会造成公共人员健康的损伤甚至生命的损失；
- 严重：事故发生后可能会造成个人的有限的严重受伤且对公共大众没有健康和安全的威胁；

——不严重:事故发生后可能会造成个人的很小的受伤且对公共大众没有健康和安全的威胁。

3.6.3 环境安全影响

环境安全影响分为三个级别:

——很严重:事故发生会引发环境的污染,造成石油泄露或酸性气体的流动,通常发生在石油储存和运输平台;

——严重:事故发生引发的环境污染是有限的;

——不严重:大多数船舶及平台的管系、阀门常见的事故,但对环境基本不会产生影响。

4 火灾载荷状态量化设计原则

4.1 在风险评估阶段确定火灾的事故等级后,应对火灾载荷状态进行量化表示方法转换。

4.2 在进行火灾载荷状态量化之前应对下列内容进行定义:

- a) 火灾事故细节;
- b) 火灾引发的热浪对未保护及已保护的钢结构单元的作用;
- c) 温度升高时钢的属性;
- d) 消防系统的属性。

4.3 火灾的案情应在危险与可操作性分析阶段进行定义,包括火灾事故的类型、位置、几何方位、强度等。

4.4 火灾类型是对碳氢化合物具体的液体燃烧还是气体喷射燃烧进行区分。

4.5 火灾的位置和几何方位明确了火源相对位置对结构钢的作用,火灾强度确定了火源放射出热量的数量。

5 火灾的结构响应评估原则

5.1 结构性响应评估是用来判断现有的设计能否满足一定的性能指标,宜使用下列组合方法对平台的结构响应进行评估:

- 区域整体方法;
- 强度等级方法;
- 韧性等级方法。

5.2 如果平台不能满足区域整体方法的性能指标的要求,则应进行强度等级分析,如果仍不能满足强度等级要求,则应进行韧性等级分析,直到平台结构满足要求为止。

6 火灾缓解的原则

6.1 发生火灾后,减缓火情也是十分重要的,切断火源防止火情蔓延,以降低火情的强度和延续性。

6.2 可通过对总布置、组件布置、通风系统布置、排水系统布置、管系布线、温度和火焰探测器、瓦斯探测器、烟雾探测器等问题进行优化进而实现对火情的及时发现和有效控制,好的优化布置可以实现减小火焰强度和控制火焰燃烧路径的效果。

6.3 爆炸发生后可能导致火灾,火灾的发生也可能引发爆炸,火灾和爆炸的分析应共同进行,两者间的关系应进行仔细的分析。

7 爆炸载荷状态量化原则

7.1 在风险评估阶段明确了存在着爆炸的重大风险后,应将爆炸进行载荷形式量化表示方法转换。

7.2 爆炸的案情应在危险与可操作性分析阶段进行定义,包括爆炸案件的烟雾的尺寸、波及范围、调查得到的火源的区域范围。

7.3 爆炸引发的载荷由很多因素组成,例如:释放的氢氧化合物的类型和容积、火源、类型和位置、局部模块中填充的数量、可用的通风的数量等。

7.4 爆炸载荷可分为四部分:

- 氧气产品燃烧产生的急剧扩张造成的超压;
- 空气、天然气或爆炸气体流动穿过物体时产生的拖拉载荷;
- 与整个爆炸相比,只持续很短暂的振动载荷;
- 不同压力载荷在同一时间压力变化产生的全局响应载荷。

7.5 在计算爆炸载荷时主要依靠经验模拟,物理现象模拟,气体流动数学模型等方法来对爆炸载荷的冲击影响进行综合的判断。

8 爆炸结构响应评估原则

8.1 结构响应评估能保证平台的设计能够符合相应的性能指标要求。

8.2 当计算爆炸载荷的结构响应时,载荷的持续性是很重要的,因为它决定了载荷是爆发的、动态的还是静态的。典型碳氢化合物爆炸的持续性一般都会接近结构单元自身的自然周期,这称之为动态分析。

8.3 爆炸载荷状态的分析可以使用下列一种或几种方法:

- 筛选检查:发生概率较低的事件;
- 强度等级分析:通常都考虑的是高频率发生事件,且不会使塑料制品产生物理形变;
- 柔性等级分析:一般是对极限设计事件和使用结构预留强度的事件。

9 爆炸缓解的设计原则

9.1 主要依靠以下几种方法缓解爆炸的影响:

- 减少可燃气体和雾体积聚的可能性,保持良好通风;
- 合理使用紧急隔离设备;
- 应用泄爆板来减小压力的峰值,可使用铝等轻金属;
- 优化设备的布置;
- 准备充足的供应品和备品;
- 强化防爆墙;
- 隔离火源。

9.2 注意空气的流通性,开放的空气流通区域能够在气体释放阶段增加空气的流通,稀释可燃气体的浓度,进而减少发生气体爆炸的可能性。

9.3 格栅层或网格墙能够提供开放性区域,减少爆炸超压。如果通风孔离爆炸火源的距离比较远,则网格墙的作用也是十分有限的。

9.4 当障碍物是均匀分布时通风孔是最有效的。对于相同的障碍率来说,许多小的障碍物情况下会比只有几个大障碍物情况下产生更高的超压。

9.5 爆炸减压板和防爆墙的使用也能够减少爆炸产生的影响。

10 火灾和爆炸的相互作用

10.1 火灾和爆炸通常是同时存在的。多数情况下爆炸事件发生后引发火灾,在设计时应重点考虑易爆物与易燃物的放置位置。

10.2 火灾也可能是引发爆炸的主要原因,应做好易爆物的隔离。

10.3 在平台的设计和评估阶段,应比较火灾和爆炸发生的可能性,以及火灾和爆炸之间的相互作用与影响。
