

交通运输部文件

交安监发〔2017〕140号

交通运输部关于发布港口工程施工安全风险 评估指南(沿海码头、护岸及防波堤分册)的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市交通运输厅(局、委),长江航务管理局:

为加强港口工程施工安全管理,提高施工现场风险防控有效性,我部决定在沿海港口工程(沿海码头、护岸及防波堤工程)(以下简称沿海港口工程)开展施工安全风险评估工作,并组织编制了《港口工程施工安全风险评估指南(沿海码头、护岸及防波堤分册)》(以下简称《指南》),现予以发布,自2017年11月1日起实施。

为规范沿海港口工程施工安全风险评估工作,现将有关事项

通知如下：

一、积极推行沿海港口工程施工安全风险评估工作

在工程实施前，开展定性或定量的施工安全风险辨识、分析、估测和防控，是建立完善水运工程安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防体系的重要举措，也是优化和规范施工组织设计和专项施工方案编制工作的内在要求。沿海港口工程建设逐步向深水化、大型化、远海化发展，水上水下施工环境复杂、施工组织实施难度较大，作业安全风险较高，是水运行业安全监管的重点环节。

列入国家和地方基本建设计划，建设规模大，自然环境条件、建设条件、施工工艺复杂的新建沿海港口工程建设项目，在施工阶段应按本通知要求开展施工安全风险评估工作，其他新建沿海港口工程以及改扩建沿海港口工程可参照执行。

二、港口工程施工安全风险评估范围

港口工程施工安全风险评估范围，可由各地根据工程建设条件、技术复杂程度和施工管理模式，以及当地工程建设经验，并参考以下特点、条件确定。

(一)码头工程：集装箱、件杂、多用途等， ≥ 10 万吨级(结构)；散货、原油， ≥ 20 万吨级(结构)；

(二)防波堤或护岸工程：最大水深 ≥ 6 米或长度 ≥ 1 千米；

(三)台风频发区港口工程(近5年，年平均正面遭受台风1次以上或受台风影响2次以上)；

- (四)水文地质资料不齐全的新港区港口工程；
- (五)离岸距离 ≥ 1000 米的港口工程；
- (六)海洋岛礁港口工程；
- (七)采取新理论、新材料、新技术、新工艺、新设备的港口工程；
- (八)在化工区内建设的需要爆破作业的港口工程；
- (九)其他有必要开展安全风险评估的港口工程。

三、港口工程施工安全风险评估

港口工程施工安全风险评估分为总体风险评估和专项风险评估两个环节。

(一)总体风险评估。总体风险评估是以港口工程中具有独立使用功能的水工主体结构为评估对象,根据工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性等,评估港口工程项目水工主体结构施工的整体风险。

总体风险评估可由项目建设单位根据港口工程项目规模、特点、同类项目建设管理经验及风险初步预判情况等确定是否开展。总体风险评估应在施工图设计完成后、项目招投标前(最迟不得晚于项目开工前)完成。总体风险评估结论是优化和完善施工组织设计文件的依据,也可为建设单位在项目组织实施、安全管理力量投入、资源配置、施工单位选择、工程保险投保等方面提供决策支持。

(二)专项风险评估。专项风险评估是以港口工程中关键作业

环节为评估对象,根据其施工技术复杂程度、施工工艺成熟度、施工组织便利性、施工环境条件匹配性以及类似工程事故情况等,进行风险辨识、分析、估测,提出相应的风险控制措施。

专项风险评估应贯穿施工全过程,对风险实施动态评估,重点关注风险变化情况。港口工程分部分项工程开工前,应完成施工前专项风险评估;当重大致险因素存在遗漏、施工过程中出现新的致险因素、致险因素发生了重大变化或有关法律、法规、标准提出了新的要求,应开展施工过程专项风险评估;对于风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节,还应在实施风险控制措施、完成典型施工后,开展风险控制预期效果评价。施工前专项风险评估结论及重大致险因素清单应作为专项施工方案的专篇,在此基础上细化改进施工安全风险监测与控制措施。

(三)评估组织。原则上总体风险评估由项目建设单位牵头组织,专项风险评估由项目施工单位组织实施,并按照“谁组织谁负责”的原则对评估工作质量负责。

(四)评估报告。总体风险评估和施工前专项风险评估应分别形成评估报告,施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价可简化形成评估报表。总体风险评估报告和专项风险评估报告编制完成后,应组织专家评审。总体风险评估报告由建设单位组织专家审查,专项风险评估报告由施工单位组织专家审查。专项风险评估报告评审通过后,经施工单位技术负责人签字确认后,应向项目建设单位报备。

四、实施要求

(一)凡 2017 年 11 月 1 日后新开工的沿海港口工程项目,应按本通知要求开展施工安全风险评估。

(二)施工单位应根据风险评估结论,完善港口工程施工组织设计和专项施工方案,分类制定相应的专项应急预案,对项目施工过程中实施预警预控。对重大致险因素应建立日常巡查、施工监测、预警预防、定期报告等相应的制度,并严格实施。

(三)港口工程施工安全风险评估工作费用在项目安全生产费用中列支。

(四)各省级交通运输主管部门及其监管机构在履行施工安全监督检查职责时,应将港口工程施工安全风险评估实施情况纳入检查范围。对未按规定开展风险评估的项目,责令限期整改。

各地应积极推进港口工程施工安全风险评估指南的实施,将评估工作中发现的问题和建议及时函告部安全与质量监督管理局,以便进行修订和完善。



(此件公开发布)

港口工程施工安全风险 评估指南

(沿海码头、护岸及防波堤分册)

交通运输部

2017 年 9 月

目 次

1 总则	11
2 术语	12
3 总体风险评估	15
3.1 一般要求	15
3.2 专家调查法	16
3.3 指标体系法	19
4 专项风险评估	30
4.1 一般要求	30
4.2 风险辨识	33
4.3 风险分析	35
4.4 风险估测	36
4.5 一般致险因素评估	39
4.6 重大致险因素评估	39
5 风险控制	70
5.1 一般要求	70
5.2 风险控制措施	70
5.3 风险控制预期效果评价	72
6 风险评估报告	73
6.1 一般要求	73

6.2 风险评估报告编制内容	74
6.3 风险评估报告评审	76
附录 A 港口工程评估单元的分解表	78
附录 B 评估单元与典型风险事件类型对照表	88
附录 C 港口工程常见重大致险因素分布	97
附录 D 港口工程风险控制措施建议	99
本指南用词说明.....	111
条文说明.....	112

1 总则

1.1 为指导沿海港口工程施工安全风险评估工作,有效控制施工安全风险,科学规避施工安全事故的发生,保障沿海港口工程施工安全,编制本指南。

1.2 本指南适用于新建沿海港口工程中码头、护岸及防波堤的施工安全风险评估,港区道路和堆场工程、临时工程(临时围堰、临时码头、大型构件临时预制场)、引桥工程、施工平台、港机设备安装工程以及改扩建港口工程可参考借鉴本指南的方法,开展施工安全风险评估。

1.3 施工安全风险评估分为总体风险评估和专项风险评估。总体风险评估可由项目建设单位根据港口工程项目规模、特点、同类项目建设管理经验及风险初步预判情况等确定是否开展。对拟开展总体风险评估的,应在施工图设计完成后、项目招投标前(最迟不得晚于项目开工前)完成。专项风险评估由施工单位组织实施,贯穿整个施工过程,对风险实施动态评估,可分为施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价。

1.4 施工安全风险评估应根据港口工程的特点和评估工作的实际,选择适合的评估方法。总体风险评估宜采用专家调查法和指标体系法等方法,专项风险评估可综合采用安全检查表法、LEC法、专家调查法、指标体系法、风险矩阵法等方法,必要时宜采用两种以上方法比对验证风险评估结果,当不同评估方法的评估结果出现较大差异时,应分析导致较大差异的原因,确定合理的评估结果。

1.5 港口工程施工安全风险评估工作一般包括以下几个阶段：前期准备、现场调查、总体风险评估、专项风险评估（施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价）、编制风险评估报告、风险评估报告评审。

1.6 鼓励采用信息化、智能化、可视化方式加强施工过程中的风险监控量测，实施动态风险预控。

1.7 港口工程施工安全风险评估工作除应遵守本指南的规定外，还应符合国家和行业有关法律、法规、标准、规范等相关规定。

2 术语

2.1 风险事件 Risk Event

导致工程发生人员伤亡、经济损失、环境影响、工期延误或工程耐久性降低等不利后果的事件，就安全风险而言，风险事件也称事故。本指南重点考虑引起人员伤亡和经济损失的风险事件。

2.2 风险 Risk

某一风险事件发生的可能性和潜在不利后果的组合。

2.3 安全 Safety

是指免除了不可接受的风险的状态。

2.4 事故隐患 Hazard or Danger

可能导致事故发生的物的不安全状态、人的不安全行为及管理上的缺陷。

2.5 致险因素 Risk Factors

是指可能导致风险事件发生的直接因素，如：自然灾害、地质

水文条件、作业环境、技术方案、施工设备、危险物质、作业活动等。

2.6 一般致险因素 General Risk Factors

指相对简单,影响因素间关联性较低,通常仅导致单一风险事件发生,运用一般知识与经验即可防范的致险因素。

2.7 重大致险因素 Major Risk Factors

指相对比较复杂,存在较大的不可预见性,可能导致多种风险事件的发生,引发的风险事件严重性较大,必须从地质水文条件、作业环境、技术方案、施工设备及管理措施等多角度进行控制和防范的致险因素。

2.8 风险辨识 Risk Identification

通过对工程施工过程进行系统分解,找出可能存在的致险因素,调查各施工工序潜在风险事件的过程。

2.9 风险分析 Risk Analysis

采用安全系统工程理论对致险因素可能导致的风险事件进行分析,找出可能受伤害人员、事故原因等,确定物的不安全状态和人的不安全行为。

2.10 风险估测 Risk Estimation

采用定性或定量的方法,对风险事件发生的可能性及严重程度进行估算,并根据风险分级标准和接受准则,对工程施工安全风险进行等级排序。

2.11 施工安全风险评估 Safety Risk Assessment in Construction

针对工程施工过程潜在的风险进行辨识、分析、估测、提出控

制措施的系列工作,包括总体风险评估和专项风险评估。

2.12 总体风险评估 General Risk Assessment

总体风险评估是以港口工程中具有独立使用功能的水工主体结构为评估对象,根据工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性等,评估港口工程项目水工主体结构施工的整体风险,确定安全风险等级并提出控制措施。

2.13 专项风险评估 Specific Risk Assessment

专项风险评估是以港口工程中关键作业环节为评估对象,根据其施工技术复杂程度、施工工艺成熟度、施工组织便利性、施工环境条件匹配性以及本区域类似工程事故案例等,进行风险辨识、分析、估测,并针对其中的重大致险因素进行量化评估,划分风险等级,提出相应的风险控制措施。专项风险评估可分为施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价。

2.14 风险控制预期效果评价 Expected Effect Evaluation of Risk Control

针对风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节,检查、确认其风险控制措施落实情况,并对采取风险控制措施后预期风险进行评价。

2.15 专家调查法 Expert Investigation Method

专家调查法是以专家作为索取信息的对象,依靠专家对港口工程的知识和经验,在现场调查的基础上,对港口工程施工安全风险作出评估和预测的一种方法。

2.16 指标体系法 Index System Method

指标体系法是根据影响港口工程施工安全风险的主要因素,建立体现风险特征的评估指标体系,对各评估指标进行数值区间量化分级,并综合考虑各评估指标的权重系数,对港口工程施工安全风险作出评估和预测的一种方法。

3 总体风险评估

3.1 一般要求

3.1.1 总体风险评估以港口工程中具有独立使用功能的水工主体结构为评估对象,功能相同、位置相邻、条件相似的两个或多个水工主体结构可作为一个评估对象。

3.1.2 具有以下特点(满足下列条件之一)的沿海港口工程,宜开展总体风险评估:

(1)码头工程:集装箱、件杂、多用途等, ≥ 10 万吨级(结构);散货、原油, ≥ 20 万吨级(结构);

(2)防波堤或护岸工程:最大水深 ≥ 6 米或长度 ≥ 1 千米;

(3)台风频发区港口工程(近5年,年平均正面遭受台风1次以上或受台风影响2次以上);

(4)水文地质资料不齐全的新港区港口工程;

(5)离岸距离 ≥ 1000 米的港口工程;

(6)海洋岛礁港口工程;

(7)采取新理论、新材料、新技术、新工艺、新设备的港口工程;

(8)在化工区内建设的需要爆破作业的港口工程;

(9)其他有必要开展安全风险评估的港口工程。

3.1.3 总体风险评估的主要依据有项目前期立项批复文件、地质勘察报告、水文气象资料、初步设计批复、施工图设计文件、评估人员的现场调查资料及行业标准、规范等。

3.1.4 评估小组根据总体风险评估情况,提出专项风险评估对象,即需要重点评估的关键作业环节。

3.1.5 总体风险评估结论可作为完善港口工程施工组织设计的依据,纳入港口工程施工组织设计之中,也可为建设单位的项目组织实施、安全管理力量投入、资源配置、施工单位选择、工程保险投保等方面提供决策支持。

3.2 专家调查法

3.2.1 总体风险评估采用专家调查法时,是以专家作为索取信息的对象,依靠专家对港口工程的知识 and 经验,在现场调查的基础上,从工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性等方面对港口工程施工安全风险作出评估和预测。

3.2.2 采用专家调查法时,应当成立评估小组,小组成员(专家)一般为单数,不少于 5 人,评估小组对最终的评估结论负责。应当选择专业技术能力强、施工管理经验丰富、具有 20 年以上港口工程建设管理、施工、监理、勘察设计或安全评价等工作经历,且有类似项目经验的专家担任小组组长,确保评估过程的权威性,其他专家也应当具有 15 年及以上港口工程建设管理、施工、监理、勘察设计或安全评价等工作经历。评估过程中,各位专家应独立、客

观给出评估结果,当出现个别专家意见分歧较大的情况,组长应发挥决策把关作用,形成最终的评估结果。

3.2.3 专家首先分别对工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性 5 个项别,按 4 个风险等级分别给出评估分值 R_i ,即:等级Ⅳ(重大风险)(4 分)、等级Ⅲ(较大风险)(3 分)、等级Ⅱ(一般风险)(2 分)、等级Ⅰ(较小风险)(1 分),在对 5 个项别进行评估时,建议分别考虑以下因素,见表 3-1;其次,专家对评估分值给出专家信心指数 W_i 。专家信心指数根据对评估对象的认知程度、类似工作经验、专业技术水平等给出。如果对评估内容非常熟悉,对评估结果很有信心,给出 $W_i = 0.9 \sim 1$;对评估内容不太了解,对评估结果基本没把握,给出 $W_i = 0.1 \sim 0.4$;对两种情况之间,可视具体情况给出 W_i (小数点后取 1 位),见表 3-2。最后,按公式 3-1 计算出专家评估结果。

表 3-1 评估时建议考虑的因素(不限于)

项 别	沿海码头工程	防波堤与沿海码头护岸工程
工程复杂程度	泊位吨级、基槽与岸坡开挖、基础工程、码头结构型式、码头上部结构工程、接岸型式、施工技术复杂性、施工工艺成熟度、同类项目建设管理经验、施工组织便利性等	建设总体长度、地基与基础工程、堤身结构工程、护面结构工程、堤顶结构、附属设施、施工技术复杂性、施工工艺成熟度、同类项目建设管理经验、施工组织便利性等
施工环境	工程离岸距离、工程水域掩护条件、工程水域水深、工程施工场地周边妨碍物、防台避风锚地	工程水域掩护条件、工程水域水深、工程施工场地周边妨碍物、防台避风锚地

项 别	沿海码头工程	防波堤与沿海码头护岸工程
地质条件	岸坡地质、水域地质	岸坡地质、水域地质
气象水文	台(突、季)风、浪、潮差、潮流、雾、冰冻、冰凌	台(突、季)风、浪、潮差、潮流、雾、冰冻、冰凌
资料完整性	地质水文气象资料、设计文件	地质水文气象资料、设计文件

表 3-2 专家信心指数

信心描述	对评估内容非常熟悉,对评估结果很有信心	对评估内容比较熟悉,对评估结果比较有信心	对评估内容有一定了解,对评估结果有一定信心	对评估内容不太了解,对评估结果基本没把握
专家信心指数	0.9~1	0.7~0.9	0.4~0.7	0.1~0.4

$$Dr = \sum (W_i \times R_i) / \sum W_i \quad (\text{公式 3-1})$$

式中: R_i - 每个项别评估等级(1~4); W_i - 各专家评估信心指数; Dr - 专家评估结果。

3.2.4 评估小组评估结果,是在各专家评估的基础上取平均值,即将各专家评估的 Dr 累加再除以专家总数得出平均的 $\bar{Dr}$,并按下列界限划分港口工程施工安全总体风险等级:

$\bar{Dr} \geq 3.5$	等级Ⅳ(重大风险);
$3.5 > \bar{Dr} \geq 2.5$	等级Ⅲ(较大风险);
$2.5 > \bar{Dr} \geq 1.5$	等级Ⅱ(一般风险);
$\bar{Dr} < 1.5$	等级Ⅰ(较小风险)。

3.2.5 专家调查法总体风险评估流程见图 3-1。

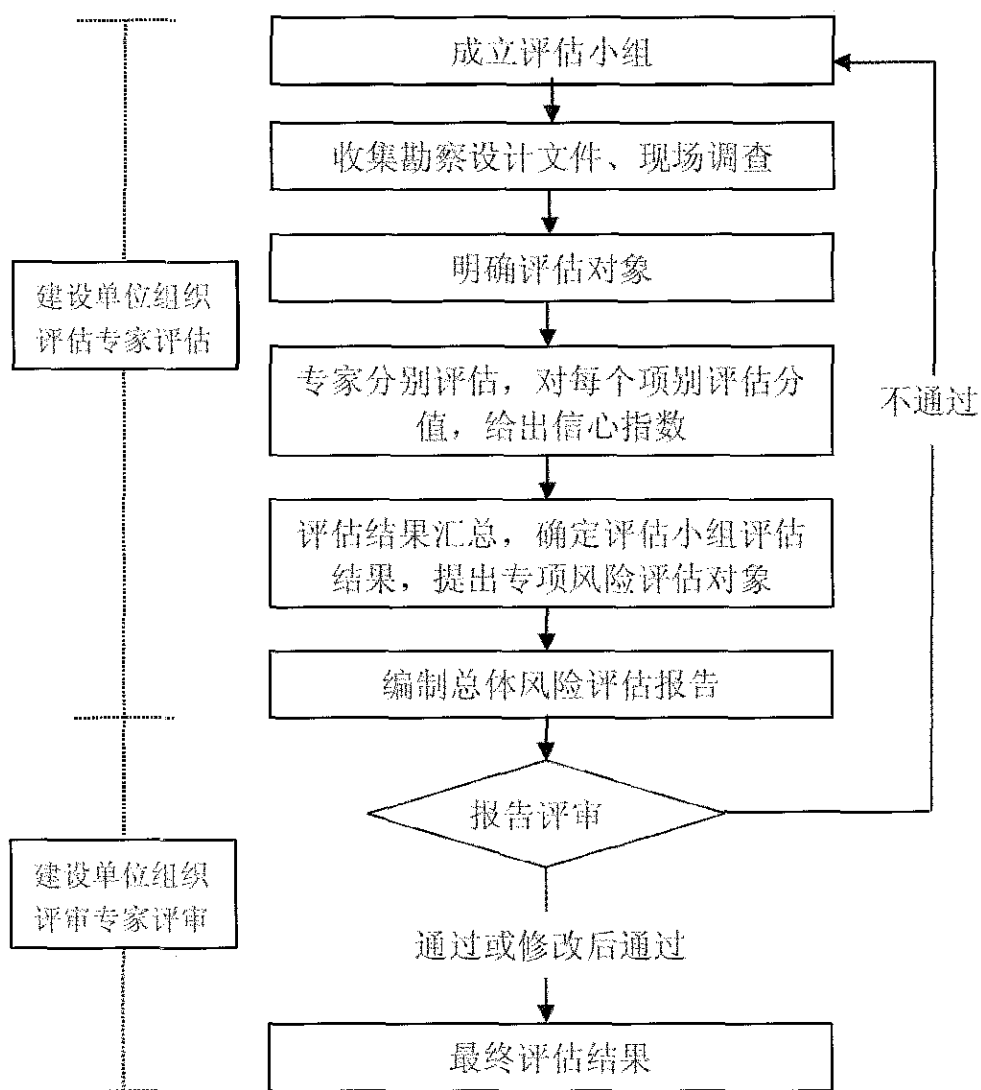


图 3-1 专家调查法总体风险评估流程

3.3 指标体系法

3.3.1 总体风险评估采用指标体系法时，是根据影响港口工程施工安全风险的主要因素，将指标分为工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性五个项别，对各个项别细分提

出若干评估指标,从而建立评估指标体系。

3.3.2 评估指标取值首先由评估小组根据工程实际情况和指标分级情况,确定指标所在的分级区间,然后,在分级区间的分值范围内,采用插值法等方法,集体讨论确定指标的分值。在确定指标所在的分级区间时,遵循最不利原则,越不利的情况取值越大。

3.3.3 采用权重系数对各评估指标重要性进行区分。权重系数可综合运用多种方法进行确定,如重要性排序法、层次分析法、复杂度分析法等,必要时可采用多种方法确定权重并进行比对。本指南推荐项目从业单位使用较为简单易行的重要性排序法,即根据评估指标与事故发生可能性以及事故后果严重程度(优先考虑人员伤亡)的相关性,进行综合评判后,将各评估指标按重要性从高到低依次进行排序,权重系数计算公式如下所示:

$$\gamma = \frac{2n - 2m + 1}{n^2} \quad (\text{公式 3-2})$$

式中, γ - 权重系数;

n - 评估指标项数;

m - 重要性排序号, $m \leq n$ 。

权重系数可通过条文说明中表 2《重要性排序法权重系数表》查表获得。

3.3.4 指标体系法总体风险评估流程见图 3-2。

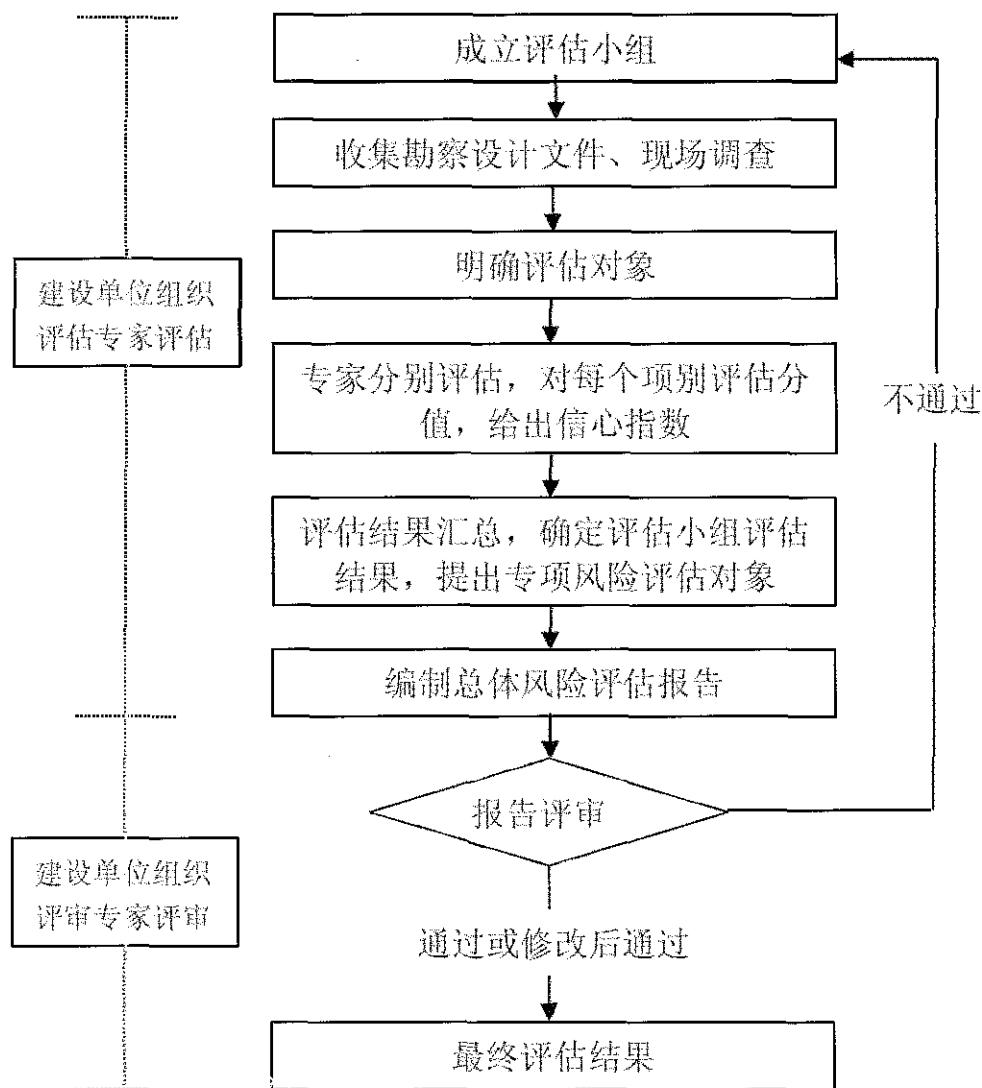


图 3-2 指标体系法总体风险评估流程

3.3.5 在对具体港口工程进行总体风险评估时,评估小组应通过集体讨论等方式,合理选取评估指标并对其重要性进行排序。评估指标个数一般控制在 13 个以内。本指南所列指标并非适用所有的港口工程项目,不一定全部参与评估,评估小组应当结合工程实际情况,从中选取或相应补充具体的评估指标。当本指南所列某项指标不适用于具体港口工程时,则不选取该项指标作为评

估指标。此外,评估小组应针对总体风险,集体讨论确定并标识出重要性指标,重要性指标应包括:权重大、对施工安全风险影响不能忽略的指标,指标取值变化会对评估结果影响大的敏感指标,若干指标组合后对风险影响大的指标等。

3.3.6 本指南针对沿海码头工程、护岸与防波堤工程分别建立了总体风险评估指标体系,分别见表3-3、表3-4,其他类型的沿海港口工程可参照建立相应的总体风险评估指标体系。

表 3-3 沿海码头工程总体风险评估指标体系

项 别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分值范围	取值			
工 程 复 杂 程 度 X_1	泊位吨级 X_{11}	大于 30 万吨	75~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	按水工结构吨级
		20~30 万吨	50~75				
		10~20 万吨	25~50				
		小于 10 万吨	0~25				
	基槽与岸坡开挖 X_{12}	岸坡开挖	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	两者兼有者,按高级别取值
		水下基槽开挖	50~75				
		陆上基槽开挖	0~50				
	基础工程 X_{13}	爆破夯实	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	使用两种及以上地基基础处理措施的,取高值
		灌注桩、嵌岩桩、地连墙施工	50~75				
		预制桩沉桩	25~50				
		水下基槽抛石、重锤夯实、整平	0~25				
	码头结构型式 X_{14}	混合型式码头、新型式码头	75~100	R_{14}	γ_{14}	$X_{14} = R_{14} \times \gamma_{14}$	
		大圆筒、沉箱码头、板桩码头	50~75				
		高桩码头	25~50				
		方块码头	0~25				
	码头上部结构工程 X_{15}	临水作业现浇混凝土构件	75~100	R_{15}	γ_{15}	$X_{15} = R_{15} \times \gamma_{15}$	
		临水作业预制构件安装	50~75				
		非临水作业预制构件安装	25~50				
		非临水作业现浇混凝土构件	0~25				

施 工 环 境 X_2	工程离岸距 离 X_{21}	大于 3km、孤岛作业	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21}=R_{21} \times \gamma_{21}$	距离大陆岸线的最远垂直距离
		1~3km	50~75				
		0.5~1km	25~50				
		0~0.5km	0~25				
	工程水域掩 护条件 X_{22}	开敞式	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22}=R_{22} \times \gamma_{22}$	个别指标叠加的情况下,取高值,如离岸距离与掩护条件的风险叠加
		半开敞式	50~75				
		掩护条件较好	25~50				
		掩护条件好	0~25				
	工程水域水 深 X_{23}	大于 22m	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23}=R_{23} \times \gamma_{23}$	天然水深或开挖后水深,二者取大值
		19~22m	50~75				
		15~19m	25~50				
		小于 15m	0~25				
	工程施工场 地周边妨碍 物 X_{24}	周边有易燃易爆、有毒有害管线、储罐、设施等	75~100	R_{24}	γ_{24}	$X_{24}=R_{24} \times \gamma_{24}$	施工场地范围为施工区及外围 500m 以内的范围
		周边有生产泊位、通航、靠离泊船舶	50~75				
		周边有养殖区、易受影响建筑物	25~50				
		周边无其他影响施工安全妨碍物	0~25				
	防台、避风 锚地 X_{25}	防台、避风锚地差,距离施工区域远	75~100	R_{25}	γ_{25}	$X_{25}=R_{25} \times \gamma_{25}$	根据锚地掩护程度、地质、水文条件以及施工船舶的性能综合判断。一般情况下:大于 50 海里为远,30~50 海里为较远,10~30 海里为较近,小于 10 海里为近
		防台、避风锚地好,距离施工区域较远	50~75				
		防台、避风锚地差,距离施工区域较近	25~50				
		防台、避风锚地好,距离施工区域近	0~25				

	工程选址 X_{26}	新港区	50~100	R_{26}	γ_{26}	$X_{26}=R_{26} \times \gamma_{26}$	老港区各方面的资料较齐全, 有经验可以借鉴。
		老港区	0~50				
地质条件 X_3	岸坡地质 X_{31}	岸坡与边坡稳定情况不明	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31}=R_{31} \times \gamma_{31}$	
		岸坡与边坡不稳定, 需进行处理	25~75				
		岸坡与边坡稳定, 无需进行处理	0~25				
	码头施工区域地质 X_{32}	重力式码头地基有突变; 桩基码头覆盖层薄或持力层倾斜较大或存在较多孤石	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32}=R_{32} \times \gamma_{32}$	根据地质勘探、试桩情况和周边资料综合判断
		地基不均匀, 重力式码头地基无突变; 桩基码头覆盖层不够厚或需穿过硬土层或软硬土层交错	25~75				
		地基均匀	0~25				
气象水文 X_4	台风或突风 X_{41}	大于 3 次	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	根据台风或突风的年平均次数划分
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				
	风力条件 X_{42}	大于 60d	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	根据大于 6 级风的年平均日数划分
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于 20d	0~25				
	浪高 X_{43}	大于 5m	75~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43}=R_{43} \times \gamma_{43}$	根据设计高水位五十年一遇的波要素 $H_{4\%}$ 划分
		3.5~5m	50~75				
		2~3.5m	25~50				
		小于 2m	0~25				
	潮差 X_{44}	大于 6m	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44}=R_{44} \times \gamma_{44}$	根据最近站点的平均潮差进行划分
		4.5~6m	50~75				
		3~4.5m	25~50				
		小于 3m	0~25				

	潮流 X_{45}	大于 2.0m/s	75~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45}=R_{45}\times\gamma_{45}$	根据潮流速表层最大值进行划分
		1.0~2.0m/s	50~75				
		0.6~1.0m/s	25~50				
		小于 0.6m/s	0~25				
	雾日 X_{46}	大于 50d	75~100	R_{46}	γ_{46}	$X_{46}=R_{46}\times\gamma_{46}$	根据年平均能见度小于 1000m 雾日划分
		30~50d	50~75				
		15~30d	25~50				
		小于 15d	0~25				
	冰冻、冰凌 X_{47}	存在一段时间的冰冻、冰凌天气	75~100	R_{47}	γ_{47}	$X_{47}=R_{47}\times\gamma_{47}$	根据出现天数以及持续时间确定
		偶尔出现冰冻、冰凌天气, 但不严重, 时间不长	25~75				
		无冰冻、冰凌天气	0~25				
	回淤程度 X_{48}	严重回淤	75~100	R_{48}	γ_{48}	$X_{48}=R_{48}\times\gamma_{48}$	结合水文条件、工程本身特点或周边工程的情况作出判断
		中度回淤	50~75				
		轻微回淤	25~50				
		无回淤	0~25				
资料完整性 X_5	地质水文气象资料 X_{51}	地质、水文、气象资料不完整	75~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51}=R_{51}\times\gamma_{51}$	根据地质资料以及当地或附近的水文、气象资料记录年份综合判断
		地质、水文、气象资料基本完整	25~75				
		地质、水文、气象资料完整	0~25				
	设计文件 X_{52}	施工图及说明文件不完整	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52}=R_{52}\times\gamma_{52}$	完整的文件包括平面图、立面图、剖面图、结构图、大样图以及设计说明。
		施工图及说明文件基本完整	25~75				
		施工图及说明文件完整	0~25				

表 3-4 护岸与防波堤工程总体风险评估指标体系

项别	评估指标	分级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说明
			分值范围	取值			
工程复杂程度 X_1	建设总体长度 X_{11}	大于 3000m	75~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	按项目工程建设总长度计算
		1000~3000m	50~75				
		500~1000m	25~50				
		小于 500m	0~25				
	地基与基础工程 X_{12}	爆破挤淤、堆载预压	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	直立式地基与基础工程参考码头总体风险评估。所列施工工艺是并列关系，采取两种以上地基处理方式的取高值。
		抛石挤淤	50~75				
		土工合成材料	25~50				
		换填沙垫层	0~25				
	堤身结构工程 X_{13}	直立结构（采用坐床式圆筒、半圆筒、沉箱式）	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	
		直立结构（采用空心方块、方块、扶壁）	50~75				
		斜坡式结构	25~50				
		其他简易型式	0~25				
	护面结构工程 X_{14}	人工块体护面	75~100	R_{14}	γ_{14}	$X_{14} = R_{14} \times \gamma_{14}$	结合施工分包队伍的施工经验值综合确定分值
		大块石护面	50~75				
		干砌或浆砌块石、干砌条石护面	0~50				
	堤顶结构 X_{15}	现浇混凝土胸墙与防浪墙	75~100	R_{15}	γ_{15}	$X_{15} = R_{15} \times \gamma_{15}$	
		压顶块体预制安装	50~75				
		浆砌石胸墙与防浪墙	0~50				
	附属设施 X_{16}	有附属设施	50~100	R_{16}	γ_{16}	$X_{16} = R_{16} \times \gamma_{16}$	
		无附属设施	0~50				

施工环境 X_2	工程水域掩护条件 X_{21}	开敞式	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	个别指标叠加的情况下，取高值，如离岸距离与掩护条件的风险叠加
		半开敞式	50~75				
		掩护条件较好	25~50				
		掩护条件好	0~25				
	工程水域水深 X_{22}	大于 20m	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	天然水深或开挖后水深，取大值
		15~20m	50~75				
		6~15m	25~50				
		小于 6m	0~25				
	工程施工场地周边妨碍物 X_{23}	周边有易燃易爆、有毒有害管线、海底管线、储罐、设施等	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	施工场地范围为施工区及外围 500m 以内的范围
		周边有生产泊位、通航、靠离泊船舶	50~75				
		周边有养殖区、易受影响建筑物	25~50				
		周边无其他影响施工安全妨碍物	0~25				
	防台、避风锚地 X_{24}	防台、避风锚地差，距离施工区域远	75~100	R_{24}	γ_{24}	$X_{24} = R_{24} \times \gamma_{24}$	根据锚地掩护程度、地质、水文条件以及施工船舶的性能综合判断。一般情况下： 大于 50 海里为远，30~50 海里为较远，10~30 海里为较近，小于 10 海里为近
		防台、避风锚地好，距离施工区域较远	50~75				
		防台、避风锚地差，距离施工区域较近	25~50				
		防台、避风锚地好，距离施工区域近	0~25				
地质条件 X_3	岸坡地质 X_{31}	岸坡与边坡稳定情况不明	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	
		岸坡与边坡不稳定，需进行处理	25~75				
		岸坡与边坡稳定，无需进行处理	0~25				

	施工 区域 地质 X_{32}	淤泥质软土层厚度超过 12 米, 或存在较厚的软弱夹层, 或土层倾斜较大	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32}=R_{32} \times \gamma_{32}$	根据地质勘探和实际开挖情况综合判断, 重点分析淤泥质软土层和软弱夹层厚度以及土层倾斜情况
		淤泥质软土层厚度 4~12 米, 或存在较薄的软弱夹层	50~75				
		淤泥质软土层厚度小于 4 米	25~50				
		无淤泥质软土层	0~25				
气象 水文 X_4	台风 或突 风 X_{41}	大于 3 次	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	根据台风或突风的年平均次数划分
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				
	风力 条件 X_{42}	大于 60d	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	根据大于 6 级风的年平均日数划分
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于 20d	0~25				
	浪高 X_{43}	大于 5m	75~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43}=R_{43} \times \gamma_{43}$	根据设计高水位五十年一遇的波要素 $H_{40\%}$ 划分
		3.5~5m	50~75				
		2~3.5m	25~50				
		小于 2m	0~25				
	潮差 X_{44}	大于 6m	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44}=R_{44} \times \gamma_{44}$	根据最近站点的平均潮差进行划分
		4.5~6m	50~75				
		3~4.5m	25~50				
		小于 3m	0~25				
	潮流 X_{45}	大于 2.0m/s	75~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45}=R_{45} \times \gamma_{45}$	根据潮流速表层最大值进行划分
		1.0~2.0m/s	50~75				
		0.6~1.0m/s	25~50				
		小于 0.6m/s	0~25				
	雾日 X_{46}	大于 50d	75~100	R_{46}	γ_{46}	$X_{46}=R_{46} \times \gamma_{46}$	根据年平均能见度小于 1000m 雾日划分
		30~50d	50~75				
		15~30d	25~50				
		小于 15d	0~25				

	冰冻、冰凌 X_{47}	存在一段时间冰冻、冰凌天气	75~100	R_{47}	γ_{47}	$X_{47} = R_{47} \times \gamma_{47}$	根据出现天数以及持续时间确定
		偶尔出现冰冻、冰凌天气，但不严重，时间不长	25~75				
		无冰冻、冰凌天气	0~25				
	回淤程度 X_{48}	严重回淤	75~100	R_{48}	γ_{48}	$X_{48} = R_{48} \times \gamma_{48}$	回淤量标准见设计文件，结合水文条件、工程本身特点或周边工程的情况作出判断
		中度回淤	50~75				
		轻微回淤	25~50				
		无回淤	0~25				
资料完整性 X_5	地质水文气象资料 X_{51}	地质、水文、气象资料不完整	75~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	根据地质资料以及当地或附近的水文、气象资料记录年份综合判断
		地质、水文、气象资料基本完整	25~75				
		地质、水文、气象资料完整	0~25				
	设计文件 X_{52}	施工图及说明文件不完整	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	完整的文件包括平面图、立面图、剖面图、结构图、大样图以及设计说明。
		施工图及说明文件基本完整	25~75				
		施工图及说明文件完整	0~25				

3.3.7 施工安全总体风险按下式计算确定：

$$F = \sum X_{ij} \quad (\text{公式 3-3})$$

$$X_{ij} = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (\text{公式 3-4})$$

式中， X_{ij} —评估指标的分值， $i=1,2,3,4,5$ ， $j=1,2,\dots,n$ ， n 为对应第*i*个项别包括的评估指标的数量。

计算得出F后，对照表3-5确定施工安全总体风险等级。

表 3-5 施工安全总体风险分级标准

风 险 等 级	F
等级Ⅳ(重大风险)	$F \geq 60$
等级Ⅲ(较大风险)	$60 > F \geq 50$
等级Ⅱ(一般风险)	$50 > F \geq 40$
等级Ⅰ(较小风险)	$F < 40$

注:1. 根据工程风险的具体情况,结合地区经验,可对表 3-3、表 3-4 的数值区间进行适当调整。

2. 若出现 1 个或多个重要性指标(评估小组集体讨论确定)取最大值,应调高一个风险等级。

3.3.8 港口工程施工安全总体风险评估的结论应当明确总体风险等级、重要性指标清单(指标体系法)、风险控制措施建议、专项风险评估对象(关键作业环节,推荐性)等内容。

4 专项风险评估

4.1 一般要求

4.1.1 专项风险评估是以关键作业环节为评估对象,根据其施工技术复杂程度、施工工艺成熟度、施工组织便利性、施工环境条件匹配性以及本区域类似工程事故案例等,结合总体风险结论进行风险辨识、分析、估测;并针对其中的重大致险因素量化评估,划分风险等级,提出风险控制措施。3.1.2 所列的沿海港口工程应开展专项风险评估,其他港口工程鼓励开展专项风险评估。

4.1.2 专项风险评估应当是动态的,贯穿整个施工过程,要跟踪重要性指标的变化情况。专项风险评估可分为施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价。专项风险评估结论可作为编制、完善港口工程专项施工方案的依据,纳入港口工程专项施工方案之中。

4.1.3 专项风险评估的基本程序包括:风险辨识、风险分析、

风险估测、风险控制。具体流程见图 4-1。

4.1.4 港口工程分部分项工程开工前,应完成施工前专项风险评估,形成专项风险评估报告。施工前专项风险评估结论及重大致险因素清单应作为专项施工方案的专篇,在此基础上细化改进施工安全风险监测与控制措施。

4.1.5 港口工程施工过程中,出现如下情况之一的,应开展施工过程专项风险评估:

(1)重大致险因素存在遗漏;

(2)经工程项目建设、施工、监理单位或评估单位提出并经论证出现了新的重大致险因素;

(3)经工程项目建设、施工、监理单位或评估单位发现并提出原有的致险因素发生了重大变化,如现场揭示水文地质条件与事前判别的水文地质条件相差较大且趋于劣化、主要施工工艺发生实质性改变、发生较大设计变更、发生生产安全事故或重大险情等情况;

(4)有关法律、法规、标准提出了新的要求时。

4.1.6 施工过程专项风险评估报告以报表形式反映,报表中应包含评估指标前后变化对比、现阶段风险评估等级、致险因素及防控措施等。

4.1.7 对于风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节,应在实施风险控制措施、完成典型施工后,开展风险控制预期效果评价。

风险控制预期效果评价报告以报表形式反映,报表中应包含风险控制措施的落实情况、采取措施后预期风险的等级、风险控制措施完善建议等。

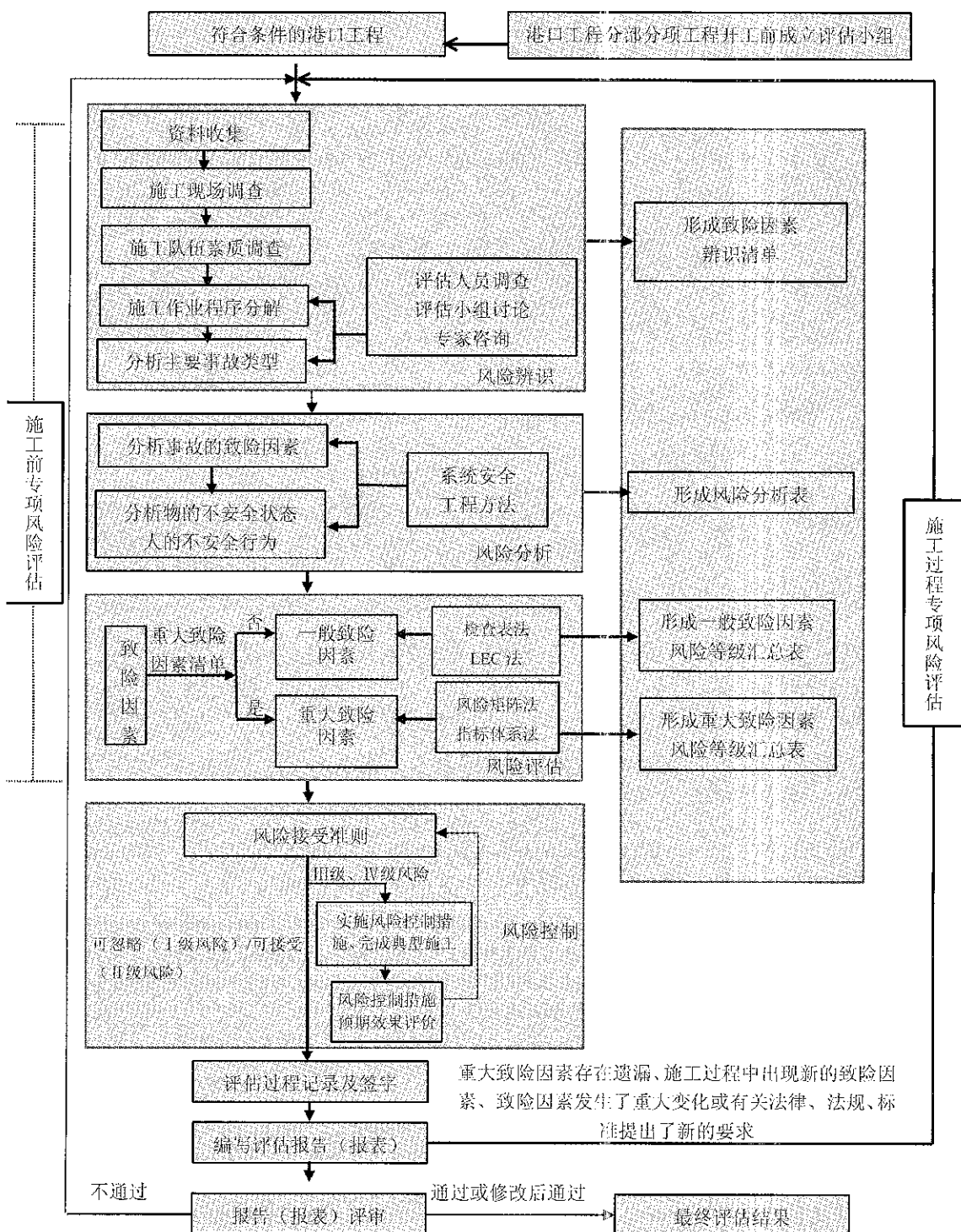


图 4-1 专项风险评估流程图

4.2 风险辨识

4.2.1 风险辨识包括五个步骤：工程资料的收集整理、施工现场地质水文条件和环境条件的调查(或补充勘察)、施工队伍素质和管理制度调查、施工作业程序分解、施工作业可能发生的事故类型分析。

4.2.2 专项风险评估需收集、整理的相关工程资料主要包括：

(1)本工程的可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件、工程施工组织设计文件、总体风险评估报告及海事、港航等部门作出的与工程建设安全相关的文件；

(2)工程区域内的环境条件,包括建筑物、构筑物、埋藏物、管道、缆线、民防设施、铁路、公路、外电架空线路等可能造成事故的环境要素；

(3)工程区域内地质、水文、气象等灾害事故资料；

(4)同类工程事故资料；

(5)其他与风险辨识对象相关的资料。

施工过程专项风险评估除以上资料外,还需收集:重要设计变更资料、施工记录文件、监控量测资料、质量检测报告。

风险控制预期效果评价除以上资料外,还需收集:典型施工情况、风险控制措施落实情况。

4.2.3 施工现场地质水文条件和环境条件调查主要包括：

(1)地质条件；

(2)气候水文条件;

(3)周边环境。

施工过程专项风险评估还需调查:补充地质勘察结果(如有)、现场开挖揭露地质情况的差异、周边环境的变化情况。

4.2.4 施工队伍素质和管理制度调查主要包括:

(1)企业近十年业绩,同类工程经验和施工事故情况;

(2)施工队伍素质,施工队伍的专业化作业能力、施工装备和技术水平;

(3)管理制度,各种管理制度是否齐全,是否适用和具有针对性。

施工过程专项风险评估还需调查:人员队伍变化情况、施工装备进出场情况、管理制度落实情况等。

4.2.5 施工作业程序分解是依据施工图设计文件以及施工组织设计等,将港口工程施工过程划为不同的评估单元,分析各评估单元的主要工序、施工方法、作业程序、施工设备、施工材料等特点,从中辨识致险因素。

4.2.6 港口工程评估单元的常见工序分解见附录 A。

4.2.7 施工作业程序分解后,通过现场调查、评估小组讨论、专家咨询等方式,分析评估单元中可能发生的典型风险事件类型,从人、机、料、法、环、管等方面分析并形成致险因素辨识清单,格式见表 4-1。

表 4-1 港口工程施工致险因素辨识清单

序号	致险因素	判断依据
1	致险因素 1	
2	致险因素 2	
...	...	
N	致险因素 N	

4.2.8 分析港口工程施工可能发生的风险事件类型时,可参见附录 B。

4.3 风险分析

4.3.1 对于物的不安全状态可能引起的风险事件,主要从地质条件变化、施工方案、施工环境、施工机械、自然灾害等方面分析。

4.3.2 对于人的不安全行为可能引起的风险事件,主要从操作错误、违反安全规程和管理缺陷等方面分析。

4.3.3 在港口工程施工中,可能受到风险事件伤害的人员类型包括:作业人员自身、同一作业场所的其他作业人员、作业场所周围其他人员。风险事件后果包括:人员伤亡(失踪)和直接经济损失,但不局限于这两类损失。

4.3.4 风险分析通过评估小组讨论会的形式实施,可采用风险传递路径法、鱼刺图法、故障树分析法等安全系统工程理论进行分析。

4.3.5 风险分析的结果应填入表 4-2。

表 4-2 港口工程施工安全风险分析表

致险因素	潜在的风险事件类型	原因 1	原因 2	风险事件后果		
		物的不安全状态	人的不安全行为	受伤害人员类型	伤害程度	经济损失
致险因素 1						
致险因素 2						
...						
致险因素 N						

4.4 风险估测

4.4.1 风险大小=风险事件发生可能性×风险事件后果严重程度。“×”表示风险事件发生可能性和风险事件后果严重程度的组合。

4.4.2 风险估测方法应结合施工组织设计、潜在事故的特点等因素确定。

(1)一般致险因素的风险估测,宜开展定性评估,提出风险控制要求。可参考检查表法、LEC法等,确定风险等级。

(2)重大致险因素的风险估测,宜采取定性定量相结合的方式 进行风险估测,确定风险等级,本指南推荐指标体系法、专家调查法和风险矩阵法。

4.4.3 风险事件可能性取决于物的不安全状态、人的不安全行为以及两者的组合。风险事件可能性的等级分成五级,如表 4-3 所示。

表 4-3 风险事件可能性等级划分

概率范围	中心值	概率等级描述	概率等级
>0.3	0.6	很可能	5
$0.03\sim0.3$	0.1	可能	4
$0.003\sim0.03$	0.01	偶然	3
$0.0003\sim0.003$	0.001	可能性很小	2
<0.0003	0.0001	几乎不可能	1

注:1. 当概率值难以取得时,可用频率代替概率。

2. 中心值代表所给区间的对数平均值对应的概率。

4.4.4 风险事件后果严重程度的等级分成五级,本指南主要考虑人员伤亡和直接经济损失。当多种后果同时产生时,应采用就高原则确定风险事件严重程度等级。

① 人员伤亡是指在施工活动过程中所发生的人身死亡失踪或伤害。依据人员伤亡的类别和严重程度进行分级,等级划分如表 4-4。

表 4-4 人员伤亡等级划分

等 级	1	2	3	4	5
定性描述	小	一般	较大	重大	特大
人员伤亡	$1\leq\text{重伤人数}<5$	$1\leq\text{人员死亡(含失踪)人数}<3$ 或 $5\leq\text{重伤人数}<10$	$3\leq\text{人员死亡(含失踪)人数}<10$ 或 $10\leq\text{重伤人数}<50$	$10\leq\text{人员死亡(含失踪)人数}<30$ 或 $50\leq\text{重伤人数}<100$	人员死亡(含失踪)人数 ≥ 30 或 重伤人数 ≥ 100

② 直接经济损失是指因发生风险事件造成的各种费用的总和,包括直接费用和 risk 事件处理所需(不含恢复重建)的各种费用。考虑到港口工程投资建设规模的实际,特别是对于低造价的港口工程,可采用本指南提出的“经济损失占项目建安费的百分比”这一相对指标进行判定。经济损失和经济损失占项目建安费的百分比的等级划分如表 4-5。

表 4-5 直接经济损失等级划分

等 级	1	2	3	4	5
定性描述	小	一般	较大	重大	特大
经济损失 Z (万元)	$Z < 100$	$100 \leq Z < 1000$	$1000 \leq Z < 5000$	$5000 \leq Z < 10000$	$Z \geq 10000$
经济损失占 项目建安费 的百分比 p	$p < 1\%$	$1\% \leq p < 2\%$	$2\% \leq p < 5\%$	$5\% \leq p < 10\%$	$p \geq 10\%$

4.4.5 风险事件可能性和严重程度的估测结果应汇总,填入表 4-6。

表 4-6 风险估测汇总表

编 号	致 险 因 素		风 险 估 测				
	致险因素	潜在的风险 事件类型	风险事件严重程度			风险事件 可能性	风险大小
			人员伤亡	经济损失	严重程度等级		
1	致险因素 1						
2	致险因素 2						
...	...						
N	致险因素 N						

4.4.6 采用风险矩阵法将风险事件可能性和严重程度进行组合,估测风险等级,专项风险等级分为四级:较小风险(I级)、一般风险(II级)、较大风险(III级)、重大风险(IV级),如表4-7。

表 4-7 专项风险等级划分

严重程度等级 可能性等级		小	一般	较大	重大	特大
		1	2	3	4	5
很可能	5	较大风险 III	较大风险 III	重大风险 IV	重大风险 IV	重大风险 IV
可能	4	一般风险 II	较大风险 III	较大风险 III	重大风险 IV	重大风险 IV
偶然	3	一般风险 II	一般风险 II	较大风险 III	较大风险 III	重大风险 IV
可能性很小	2	较小风险 I	一般风险 II	一般风险 II	较大风险 III	较大风险 III
几乎不可能	1	较小风险 I	较小风险 I	一般风险 II	一般风险 II	较大风险 III

4.5 一般致险因素评估

4.5.1 港口工程一般致险因素评估采用定性(如检查表法)或半定量方法(如 LEC 法)。

4.5.2 检查表法是指把检查对象加以分解,将大系统分割成若干子系统,以提问或打分的形式,将检查项目列表逐项检查的方法。

4.5.3 LEC 法是根据作业人员在具有潜在危险性环境中作业,用与作业风险有关的三种因素指标值的乘积来评价风险的方法。

4.6 重大致险因素评估

4.6.1 重大致险因素评估采用定性与定量相结合方法。风险事件严重程度的估测方法推荐采用专家调查法,风险事件可能性的估测方法推荐采用指标体系法。

4.6.2 风险事件严重程度等级标准可按表 4-4、表 4-5 进行估计。

4.6.3 选取物的不安全状态引起的风险事件可能性评估指标时,主要考虑某些典型风险事件类型,如结构物滑移、岸坡失稳、高处坠落、物体打击、淹溺等可能导致重大人员伤亡及财产损失的风险事件类型。根据可能发生的风险事件类型,从本质安全的角度出发,分析可能导致风险事件发生的致险因素,进而提出相应的评估指标。评估指标通常从工程自身特点、施工作业环境、气象水文条件、地质条件、施工方案等方面提出。

4.6.4 港口工程施工作业活动本身常见的重大致险因素包括:(1)沉箱预制;(2)沉箱出运下水;(3)沉箱运输及安装;(4)水上沉桩施工;(5)水上灌注桩施工;(6)潜水作业;(7)水下爆破;(8)水上/临水现场浇筑;(9)接岸(驳岸)工程施工;(10)软基处理;(11)水上吊运及安装;(12)大型支架、模板、平台与便桥架设与拆除;(13)水上夹桩;(14)岸坡开挖;(15)预制构件及设备船舶运输;(16)桩头处理;(17)基床夯实整平;(18)地连墙成槽施工;(19)地连墙钢筋笼起重吊装;(20)基坑开挖;(21)拉杆安装;(22)码头前沿挖泥。具体港口工程可根据实际选取或补充重大致险因素。

4.6.5 本指南建立了以下重大致险因素的风险事件可能性评

估指标体系:(1)沉箱出运下水;(2)沉箱运输及安装;(3)水上沉桩施工;(4)水上灌注桩施工;(5)接岸(驳岸)工程施工;(6)软基处理;(7)潜水作业;(8)水下爆破;(9)水上吊运及安装;(10)水上/临水现场浇筑;(11)地连墙成槽施工;(12)地连墙钢筋笼起重吊装。其他重大致险因素可参照建立相应的风险事件可能性评估指标体系。

4.6.6 高桩码头、重力式码头、板桩码头、防波堤及护岸工程等沿海港口工程的常见重大致险因素分布见附录 C。

4.6.7 在对具体港口工程进行专项风险评估时,评估小组应通过集体讨论等方式,合理选取评估指标,然后,对选取的评估指标进行重要性排序并赋以相应的权重系数,评估指标个数一般控制在 13 个以内。本指南所列指标并非一定适用所有的港口工程项目,不一定全部参与评估,评估小组应当结合工程实际情况,从中选取或相应补充具体的评估指标。当本指南所列某项指标不适用于具体港口工程时,则不选取该项指标作为评估指标。此外,评估小组应当通过集体讨论方式进一步确定并标识出重要性指标,重要性指标包括:权重大、对施工安全风险影响不能忽略的指标,指标取值变化会对评估结果影响大的敏感指标,若干指标组合后对风险影响大的指标等。

4.6.8 沉箱出运下水风险事件可能性评估

沉箱出运下水风险事件可能性评估,主要基于倾覆、物体打击、机械伤害、淹溺等风险事件类型,建立评估指标体系,见表 4-8。

表 4-8 沉箱出运下水风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分值范围	取 值			
沉箱因素 X_1	沉箱形状 X_{11}	异型型式	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	采取两种以上形状、规格的沉箱,取高值。
		圆形	25~50				
		矩形	0~25				
	沉箱高宽比 X_{12}	大于 1.5	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	
		1~1.5	50~75				
		小于 1	0~50				
	沉箱吨位 X_{13}	大于 5000 吨	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	
		3000~5000 吨	50~75				
		1000~3000 吨	25~50				
		小于 1000 吨	0~25				
场地条件 X_2	地面坡度 X_{21}	坡度 $\geq 1:30$	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	
		$1:50 \leq \text{坡度} < 1:30$	25~75				
		坡度 $< 1:50$	0~25				
	地基条件 X_{22}	经局部补强处理后,地基承载力符合要求,但存在不均匀沉降	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据运行场地强度和稳定性验算、补强加固以及沉降观测情况综合判定
		地基承载力符合要求,但局部存在不均匀沉降	50~75				
		地基承载力符合要求,但存在均匀沉降	25~50				
		地基承载力符合要求,且无明显沉降	0~25				
气象水文条件 X_3	风力条件 X_{31}	大于 60d	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据大于 6 级风的年平均日数划分
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于 20d	0~25				
	台风或突风 X_{32}	大于 3 次	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据突风的年平均次数划分,施工不在台风或突风季节可以降低取值
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				

	波高 X_{33}	大于 1m	75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33}=R_{33} \times \gamma_{33}$	滑道下水, 波高大于等于 1m 时, 不宜进行沉箱的溜放; 浮船坞或半潜驳下潜时, 下潜区波高不宜大于 1.0m
		0.6~1m	50~75				
		0.3~0.6m	25~50				
		小于 0.3m	0~25				
	流速 X_{34}	大于 1.0m/s	75~100	R_{34}	γ_{34}	$X_{34}=R_{34} \times \gamma_{34}$	流速宜小于 1.0m/s。
		0.6~1m/s	50~75				
		0.3~0.6m/s	25~50				
		小于 0.3m/s	0~25				
	不良天气 X_{35}	会涉及且天数较多	50~100	R_{35}	γ_{35}	$X_{35}=R_{35} \times \gamma_{35}$	施工期间是否会涉及冬季、夜间、雾天、雨天等不良天气, 以及天数的多少进行综合判断。
		偶尔涉及	25~50				
		不涉及	0~25				
施工方案 X_4	预制场选址合理性 X_{41}	一般	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	考虑距离、风速等因素, 专业预制场应根据运输距离与方式进行综合考虑。
		较合理	25~75				
		合理	0~25				
	出运工艺 X_{42}	气囊	50~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	其他工艺由评估小组综合评估。
		台车	0~50				
	机具状态 X_{43}	一般	75~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43}=R_{43} \times \gamma_{43}$	根据沉箱出运所用到的千斤顶、卷扬机、索具、气囊等机具检查状态及性能由评估组综合评估。
		较好	25~75				
		好	0~25				
	船机富余程度 X_{44}	10%以下	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44}=R_{44} \times \gamma_{44}$	根据所使用船舶、机具富余程度, 由评估小组综合评估。
		10%~20%	25~75				
		20%以上	0~25				
	下水方式 X_{45}	滑道	75~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45}=R_{45} \times \gamma_{45}$	
		起重船起吊	50~75				
		落接式半潜驳或浮船坞	25~50				
		座底半潜驳、干船坞	0~25				
	工期安排合理性 X_{46}	一般	50~100	R_{46}	γ_{46}	$X_{46}=R_{46} \times \gamma_{46}$	
		合理	0~50				
施工作业环境 X_5	作业场地布局及周边情况 X_{51}	一般	75~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51}=R_{51} \times \gamma_{51}$	根据施工现场平面布置与物品堆放秩序、周边有无宿舍区等, 由评估组综合评估。
		较好	25~75				
		好	0~25				
	通信环境与设备 X_{52}	一般	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52}=R_{52} \times \gamma_{52}$	
		较好	25~75				
		好	0~25				

4.6.9 沉箱运输及安装风险事件可能性评估

沉箱运输及安装风险事件可能性评估,主要基于倾覆、物体打击、机械伤害、淹溺等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-9。

表 4-9 沉箱运输及安装风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分值范围	取 值			
沉箱因素 X_1	沉箱形状 X_{11}	异型型式	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	采取两种以上形状、规格的沉箱,取高值。
		圆形	25~50				
		矩形	0~25				
	沉箱高宽比 X_{12}	大于 1.5	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	
		1~1.5	50~75				
		小于 1	0~50				
	沉箱吨位 X_{13}	大于 5000 吨	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	
		3000~5000 吨	50~75				
		1000~3000 吨	25~50				
		小于 1000 吨	0~25				
气象水文条件 X_2	风力条件 X_{21}	大于 60d	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	根据大于 6 级风的年平均日数划分
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于 20d	0~25				
	台风或突风 X_{22}	大于 3 次	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据年平均次数划分,施工不在台风或突风季节可以降低取值。台风或突风期间应及时做好加固措施。
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				
	波高 X_{23}	大于 1m	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	
		0.6~1m	50~75				
		0.3~0.6m	25~50				
		小于 0.3m	0~25				
	流速 X_{24}	大于 1.0m/s	75~100	R_{24}	γ_{24}	$X_{24} = R_{24} \times \gamma_{24}$	
		0.6~1m/s	50~75				
		0.3~0.6m/s	25~50				
		小于 0.3m/s	0~25				
	雾日 X_{25}	大于 50d	75~100	R_{25}	γ_{25}	$X_{25} = R_{25} \times \gamma_{25}$	根据年平均能见度小于 1000m 雾日划分
		30~50d	50~75				
		15~30d	25~50				
		小于 15d	0~25				

施工方案 X_3	海面浮冰 X_{26}	有较多浮冰且体积较大		75~100	R_{26}	γ_{26}	$X_{26} = R_{26} \times \gamma_{26}$	根据海面有无浮冰, 以及浮冰数量、大小和是否对船体造成破坏进行判断
		有零星浮冰且体积较小		25~75				
		无浮冰		0~25				
	不利天气 X_{27}	涉及且时间较长		75~100	R_{27}	γ_{27}	$X_{27} = R_{27} \times \gamma_{27}$	拖运期间会涉及雨天等不利天气以及持续时间
		短暂涉及		25~75				
		不涉及		0~25				
	运输距离 X_{31}	大于 30 海里		75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	
		10~30 海里		50~75				
		5~10 海里		25~50				
		小于 5 海里		0~25				
	出驳方式 X_{32}	需助浮		50~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	
		无需助浮		0~50				
	沉箱运输方式 X_{33}	浮运		75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	
		平板驳		50~75				
		半潜驳或浮船坞		0~50				
	机具状态 X_{34}	一般		75~100	R_{34}	γ_{34}	$X_{34} = R_{34} \times \gamma_{34}$	根据沉箱拖运所用到的拖环、围缆、拖缆、索具等机具状态, 由评估组综合评估。机具性能好、使用年限短、日常维护好, 则风险小。
		较好		25~75				
		好		0~25				
	船机富余程度 X_{35}	10%以下		75~100	R_{35}	γ_{35}	$X_{35} = R_{35} \times \gamma_{35}$	船机富余程度根据运输和安装方式由评估小组综合评估, 若采用起重船助浮安装取大值。
		10%~20%		25~75				
		20%以上		0~25				
	浮游稳定性 X_{36}	近程浮运	0.2m ≤ 定倾高度 < 0.3m	50~100	R_{36}	γ_{36}	$X_{36} = R_{36} \times \gamma_{36}$	近程浮运指在同一港区内或运程在 30 海里以内 (包括在掩护良好的海域浮运); 远程浮运指整个浮运时间内有夜间航行或运程 ≥ 30 海里 (包括在无掩护海域浮运)
			定倾高度 ≥ 0.3m	0~50				
		远程浮运 (固体压载)	0.4m ≤ 定倾高度 < 0.5m	50~100				
			定倾高度 ≥ 0.5m	0~50				
		远程浮运 (液体压载)	0.5m ≤ 定倾高度 < 0.6m	50~100				
			定倾高度 ≥ 0.6m	0~50				

	工期 X_{37}	工期较长或跨过台风季	50~100	R_{37}	γ_{37}	$X_{37} = R_{37} \times \gamma_{37}$	根据施工期的长短、是否跨台风季以及跨台风季的时间进行综合判断
		工期较短但进入台风季	25~50				
		工期较短且不跨过台风季	0~25				
施工作业环境 X_4	航道航线选择合理性 X_{41}	一般	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	根据航道水深；航道宽度；拖船沿线暗礁、浅点、渔网点、水产养殖区情况；有无船只通行、作业；周围有无生产性泊位等情况，由评估组综合确定。
		较合理	25~75				
		合理	0~25				

注：若存在沉箱临时存放的情况，则应对沉箱临时存放开展风险事件可能性评估。

4.6.10 水上沉桩施工风险事件可能性评估

水上沉桩施工风险事件可能性评估，主要基于滑桩、滑坡、机械伤害、物体打击等风险事件类型，建立评估指标体系，表 4-10。

表 4-10 水上沉桩施工风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级		基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
				分值范围	取值			
桩体因素 X_1	桩的材质 X_{11}	混凝土桩	混凝土管桩、板桩	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	JTS 167-4-2012 港口工程桩基规范
			混凝土方桩	0~50				
		钢桩	钢板桩	50~100				
			钢管桩	0~50				
	桩长 X_{12}	混凝土桩	$L \geq 50\text{m}$	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	当需要进行水上接桩时，分值取值应调高一个区间
			$35\text{m} \leq L < 50\text{m}$	50~75				
			$25\text{m} \leq L < 35\text{m}$	25~50				
			$L < 25\text{m}$	0~25				
		钢桩	$L \geq 80\text{m}$	75~100				
			$60\text{m} \leq L < 80\text{m}$	50~75				
			$40\text{m} \leq L < 60\text{m}$	25~50				
			$L < 40\text{m}$	0~25				

	直径 (边长) X_{13}	混凝土桩	$L \geq 1400\text{mm}$	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13}=R_{13} \times \gamma_{13}$	
			$1200\text{mm} \leq L < 1400\text{mm}$	50~75				
			$1000\text{mm} \leq L < 1200\text{mm}$	25~50				
			$L < 1000\text{mm}$	0~25				
		钢桩	$L \geq 1800\text{mm}$	75~100				
			$1000\text{mm} \leq L < 1800\text{mm}$	50~75				
			$600\text{mm} \leq L < 1000\text{mm}$	25~50				
			$L < 600\text{mm}$	0~25				
	桩型 X_{14}	含斜桩		50~100	R_{14}	γ_{14}	$X_{14}=R_{14} \times \gamma_{14}$	根据结构复杂情况和受力模式确定。
		全为直桩		0~50				
	扭角 X_{15}	100° 以上		75~100	R_{15}	γ_{15}	$X_{15}=R_{15} \times \gamma_{15}$	
		75°~100°		50~75				
		30°~75°		25~50				
		30° 以下		0~25				
地质 条件 X_2	沉桩 区域 地质 条件 X_{21}	差		75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21}=R_{21} \times \gamma_{21}$	根据桩的承载性质、桩型、地质勘探综合考虑，重点考虑覆盖层和硬夹层厚度，持力层倾斜情况或是否存在孤石等
		一般		50~75				
		较好		25~50				
		好		0~25				
	岸坡 地质 条件 X_{22}	差		75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22}=R_{22} \times \gamma_{22}$	根据岸坡勘探、周边堆载等条件综合判断，应重点分析淤泥质软土层和软弱夹层厚度以及土层倾斜情况。
		一般		50~75				
		较好		25~50				
		好		0~25				
气象 水文 条件 X_3	风力 条件 X_{31}	大于 60d		75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31}=R_{31} \times \gamma_{31}$	根据大于6级风的年平均日数划分
		40~60d		50~75				
		20~40d		25~50				
		小于 20d		0~25				
	波高 X_{32}	大于2.5m		75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32}=R_{32} \times \gamma_{32}$	根据海况等级划分
		1.25~2.5m		50~75				
		0.5~1.25m		25~50				
		小于0.5m		0~25				

	流速 X_{33}	大于2.0m/s	75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33}=R_{33} \times \gamma_{33}$	
		1.0~2.0m/s	50~75				
		0.6~1.0m/s	25~50				
		小于0.6m/s	0~25				
	台风或突风 X_{34}	大于3次	75~100	R_{34}	γ_{34}	$X_{34}=R_{34} \times \gamma_{34}$	根据年平均次数划分, 施工不在台风或突风季节可以降低取值。台风或突风期间应及时做好加固措施。
		2~3次	50~75				
		1~2次	25~50				
		小于1次	0~25				
施工方案 X_4	沉桩方式 X_{41}	锤击法	50~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	不同的沉桩方式会形成不同程度的危险
		振动法、液压法	0~50				
	船机富余程度 X_{42}	10%以下	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	根据打桩船、运输船、定位船及其他辅助船的性能状况, 由评估小组综合评估
		10%~20%	25~75				
		20%以上	0~25				
	岸坡开挖 X_{43}	无	50~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43}=R_{43} \times \gamma_{43}$	根据沉桩前岸坡有无开挖以及开挖范围进行综合判别
		有	0~50				
	岸坡监测 X_{44}	无	50~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44}=R_{44} \times \gamma_{44}$	离岸较远, 岸坡可不监测, 风险小
		有	0~50				
	沉桩工期合理性 X_{45}	一般	75~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45}=R_{45} \times \gamma_{45}$	评估小组根据实际情况确定
		较合理	25~75				
		合理	0~25				
	截桩施工平台 X_{46}	非固定式	50~100	R_{46}	γ_{46}	$X_{46}=R_{46} \times \gamma_{46}$	赶潮水截桩建议取高值
		固定式	0~50				
施工作业环境 X_5	施工区附近管线障碍物 X_{51}	有且距离较近	75~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51}=R_{51} \times \gamma_{51}$	施工区附近是指施工区及外围500m以内的范围; 再根据施工工艺以及施工机具的影响范围进行综合判断
		有但距离较远	50~75				
		无	0~50				
	施工场地通航环境 X_{52}	施工场地狭窄且有船只通航	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52}=R_{52} \times \gamma_{52}$	
		施工场地狭窄但无船只通航	50~75				
		施工场地开阔但有船只通航	25~50				
		施工场地开阔且无船只通航	0~25				

4.6.11 水上灌注桩施工风险事件可能性评估

水上灌注桩施工风险事件可能性评估,主要基于淹溺、坍塌、高处坠落、机械伤害、物体打击等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-11。

表4-11 水上灌注桩施工风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	评估 分值 (X_{ij})	说 明
			分值 范围	取 值			
桩体 因素 X_1	钢护 筒深 度 X_{11}	部分埋置	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	
		全入式	0~50				
	桩长 X_{12}	$L \geq 50\text{m}$	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	
		$35\text{ m} \leq L < 50\text{ m}$	50~75				
		$25\text{ m} \leq L < 35\text{ m}$	25~50				
		$L < 25\text{ m}$	0~25				
	直径 X_{13}	$L \geq 2000\text{mm}$	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	
		$1500\text{mm} \leq L < 2000\text{mm}$	50~75				
		$1000\text{mm} \leq L < 1500\text{mm}$	25~50				
		$L < 1000\text{mm}$	0~25				
	桩型 X_{14}	嵌岩桩斜桩	75~100	R_{14}	γ_{14}	$X_{14} = R_{14} \times \gamma_{14}$	
		嵌岩桩直桩	50~75				
		非嵌岩桩	0~50				
地质 条件 X_2	成桩 地质 条件 X_{21}	差	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	根据桩的类别、地质勘探综合考虑,重点考虑覆盖层和硬夹层厚度,持力层倾斜情况或是否存在孤石等
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				
	岸坡 地址 条件 X_{22}	差	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据岸坡勘探、周边堆载等条件综合判断,应重点分析淤泥质软土层和软弱夹层厚度以及土层倾斜情况
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				

气象水文条件 X_3	风力条件 X_{31}	大于 60d	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据大于6级风的年平均日数划分。
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于 20d	0~25				
	台风或突风 X_{32}	大于 3 次	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据年平均次数划分, 施工不在台风或突风季节可以降低取值。台风或突风期间应及时做好加固措施。
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				
	波高 X_{33}	大于2.5m	75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	
		1.25~2.5m	50~75				
		0.5~1.25m	25~50				
		小于0.5m	0~25				
施工方案 X_4	施工平台 X_{41}	独立平台	50~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	以是否整体受力判断
		整体平台	0~50				
	护筒封底方式 X_{42}	桩底和桩侧复式封堵	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	不同的护筒封底方式会形成不同程度的危险
		桩侧封堵	50~75				
		桩底封堵	25~50				
		护筒跟进	0~25				
	成孔方式 X_{43}	冲孔成孔	50~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43} = R_{43} \times \gamma_{43}$	灌桩首先要形成桩孔, 不同的成孔方式会形成不同程度的危险
		钻孔成孔	0~50				
	混凝土输送方式 X_{44}	水上输送	50~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44} = R_{44} \times \gamma_{44}$	水上输送使用拌合船的, 分值可取50~75。
		陆上输送	0~50				
	设备性能 X_{45}	设备陈旧、测试性能较差	75~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45} = R_{45} \times \gamma_{45}$	根据设备状态与性能, 由评估组综合评估。设备性能好、使用年限短、日常维护好, 则风险小。
		设备测试性能一般	50~75				
		设备测试性能较好	25~50				
		设备测试性能好	0~25				
	截桩施工平台 X_{46}	非固定式	50~100	R_{46}	γ_{46}	$X_{46} = R_{46} \times \gamma_{46}$	根据具体的平台方案进行判断
		固定式	0~50				

施工作业环境 X_5	施工区附近管线障碍物 X_{51}	有且距离较近	75~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51}=R_{51} \times \gamma_{51}$	施工区附近是指施工区及外围500m以内的范围；再根据施工工艺以及施工机具的影响范围进行综合判断
		有但距离较远	25~75				
		无	0~25				
	施工场地通航环境 X_{52}	施工场地狭窄且有船只通航	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52}=R_{52} \times \gamma_{52}$	船舶经过会造成水面波动，影响灌注桩的施工
		施工场地狭窄但无船只通航	50~75				
		施工场地开阔但有船只通航	25~50				
		施工场地开阔且无船只通航	0~25				

4.6.12 接岸(驳岸)工程施工风险事件可能性评估

接岸(驳岸)工程施工风险事件可能性评估,主要基于边坡失稳(滑坡、坍塌、推移)等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-12。

表4-12 接岸(驳岸)工程施工风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_g)		权重系数 (γ_g)	评估分值 (X_g)	说 明
			分值范围	取值			
墙体因素 X_1	基础型式 X_{11}	浅基础	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11}=R_{11} \times \gamma_{11}$	
		深基础	0~50				
	结构型式 X_{12}	直立式	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12}=R_{12} \times \gamma_{12}$	根据结构型式选择与周边环境综合判断
		混合式	50~75				
		斜坡式	0~50				
	回填土高度 X_{13}	$H > 15$	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13}=R_{13} \times \gamma_{13}$	回填都应按规范进行分层回填与碾压
		$10 < H \leq 15$	50~75				
		$5 < H \leq 10$	25~50				
		$H \leq 5$	0~25				

地质条件 X_2	施工区域地质 X_{21}	淤泥质软土层厚度超过 12 米, 或存在较厚的软弱夹层, 或土层倾斜较大	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	评估小组根据岸坡钻探、周边堆载等条件综合判断, 应重点分析淤泥质软土层和软弱夹层厚度以及土层倾斜情况
		淤泥质软土层厚度 4~12 米, 或存在较薄的软弱夹层	50~75				
		淤泥质软土层厚度小于 4 米	25~50				
		无淤泥质软土层	0~25				
水文条件 X_3	流速 X_{31}	大于 2.0m/s	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	
		1.0~2.0m/s	50~75				
		0.6~1.0m/s	25~50				
		小于 0.6m/s	0~25				
	波高 X_{32}	大于 2.5m	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	
		1.25~2.5m	50~75				
		0.5~1.25m	25~50				
		小于 0.5m	0~25				
	潮差 X_{33}	大于 6m	75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	
		4.5~6m	50~75				
		3~4.5m	25~50				
		小于 3m	0~25				
施工方案 X_4	岸坡开挖 X_{41}	无	50~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	根据沉桩前岸坡有无开挖以及开挖范围进行综合判断。
		有	0~50				
	地基加固 X_{42}	无	50~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	软弱地基上的接岸结构是否进行了地基加固以及加固的方案进行判断。
		有	0~50				
	后方陆域加载 X_{43}	加载的距离较近以及影响范围较大	50~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43} = R_{43} \times \gamma_{43}$	根据后方陆域加载的距离以及影响范围进行综合判断。
		加载的距离较远以及影响范围较小	25~50				
		无	0~25				
	稳定性验算 X_{44}	采取补强措施后满足规范	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44} = R_{44} \times \gamma_{44}$	施工期间是否验算挖泥、回填土、抛填块石和吹填等各种情况的岸坡稳定性, 并根据验算所获得的结果进行综合判断。
		经验算安全系数超出规范较少	25~75				
		经验算安全系数超出规范较多	0~25				

	周边 施工 震动 影响 程度 X_{45}	大于50m	75~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45}=R_{45}\times\gamma_{45}$	
		20m~50m	50~75				
		5m~20m	25~50				
		小于5m	0~25				
	施工 顺序 合理 性 X_{46}	一般	75~100	R_{46}	γ_{46}	$X_{46}=R_{46}\times\gamma_{46}$	主要由挖泥、软基处理、围堰、沉桩各工序衔接、间歇、顺序合理性由评估组综合评估。
		较合理	25~75				
		合理	0~25				
	监测 X_{47}	否	75~100	R_{47}	γ_{47}	$X_{47}=R_{47}\times\gamma_{47}$	施工期是否进行位移、沉降、变形监测等。
		监测指标少	25~75				
		全方位监测	0~25				
诱发 因素 X_5	自然 灾害 X_{51}	涉及较多	50~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51}=R_{51}\times\gamma_{51}$	施工期是否涉及天文大潮、台风季、雨季等不利状况。
		偶尔涉及	25~50				
		不涉及	0~25				
施工 作业 环境 X_6	周边 环境 排水 状况 X_{61}	差	75~100	R_{61}	γ_{61}	$X_{61}=R_{61}\times\gamma_{61}$	
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				

4.6.13 软基处理工程风险事件可能性评估

软基处理工程风险事件可能性评估,主要基于塌陷、触电、机械伤害、物体打击等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-13。

表 4-13 软基处理工程风险事件可能性评估指标体系

项 别	评估指 标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分值 范围	取值			
软 基 因 素 X_1	土体类 型 X_{11}	淤泥质土	75~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11}=R_{11}\times\gamma_{11}$	
		混合型土	50~75				
		粘性土	25~50				
		砂土、粉土	0~25				

	软土层 厚度 X_{12}	$H > 20\text{m}$	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	
		$10\text{m} < H \leq 20\text{m}$	50~75				
		$5\text{m} < H \leq 10\text{m}$	25~50				
		$H \leq 5\text{m}$	0~25				
施 工 方 案 X_2	施工工 艺 X_{21}	爆破	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	
		强夯	50~75				
		振冲、深层搅拌	25~50				
		排水固结	0~25				
	船机性 能 X_{22}	设备陈旧、测试性能一般	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据船机设备状态与性能，由评估组综合评估。船机设备性能好、使用年限短、日常维护好，则风险小
		设备测试性能一般	50~75				
		设备测试性能较好	25~50				
		设备测试性能好	0~25				
	工期合 理性 X_{23}	一般	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	评估小组根据实际情况确定
		较合理	25~75				
		合理	0~25				
施 工 作 业 环 境 X_3	施工场 地周边 妨碍物 X_{31}	周边有易燃易爆、有毒有害管线、储罐、设施等	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	
		周边有生产泊位、通航、靠离泊船舶	50~75				
		周边有养殖区、易受影响建筑物	25~50				
		周边无其他影响施工安全妨碍物	0~25				
	有无交 叉施工 X_{32}	存在 2 种以上或持续时间较长	50~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据施工工序之间时间、空间的组织安排，判断有无交叉施工，并根据交叉施工的种类及持续时间长短进行综合判断风险。
		偶尔存在	25~50				
		无	0~25				
	施工区 域 X_{33}	水上	50~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	
		潮间带	25~50				
		陆上	0~25				

4.6.14 潜水作业施工风险事件可能性评估

潜水作业施工风险事件可能性评估，主要基于淹溺等风险事件类型，建立评估指标体系，见表 4-14。

表 4-14 潜水作业施工风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值(R_{ij})		权重系数(γ_{ij})	评估分值(X_{ij})	说 明
			分值范围	取值			
潜水因素 X_1	作业类型 X_{11}	焊接、切割	75~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	
		安装、拆除	50~75				
		混凝土浇筑、探摸	25~50				
		整平	0~25				
	潜水深度 X_{12}	大于 30m	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	12m 以下不需水下减压, 24m 以上需设置甲板减压舱
		24m~30m	50~75				
		12m~24m	25~50				
		小于 12m	0~25				
气象水文条件 X_2	流速 X_{21}	大于 0.75m/s	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	使用 SCUBA 潜水, 水流速度应不大于 0.5m/s; 使用水面供气式潜水装置潜水, 水流速度应不大于 0.6m/s; 使用开式潜水钟潜水, 水流速度应不大于 0.75m/s。水流速度超出上述限制条件, 因特殊情况需要潜水时, 应评估现场具体条件, 采取更有效的安全防护措施, 以确保潜水安全, 此时风险取值区间取最高一档。
		0.6m/s~0.75m/s	50~75				
		0.5m/s~0.6m/s	25~50				
		小于 0.5m/s	0~25				
	风力条件 X_{22}	5~6 级	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	使用潜水梯入出水时, 蒲福风力等级应不大于 4 级 (风速 11~16 节, 浪高 1.0m); 蒲福风力等级大于 4 级小于 5 级 (风速 17~21 节, 浪高 1.8m) 时, 应评估现场具体条件决定是否潜水, 此时风险取值区间取最高一档。使用潜水吊笼或潜水钟出水
		4~5 级	50~75				

		小于 4 级	0~50				时，蒲福风力等级应不大于 5 级；蒲福风力等级大于 5 级小于 6 级（风速 22~27 节，浪高 3.0m）时，应评估现场具体条件决定是否潜水，此时风险取值区间取最高一档。
	波高 X_{23}	1.8~3.0m	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23}=R_{23} \times \gamma_{23}$	使用潜水梯入出水时，蒲福风力等级应不大于 4 级（风速 11~16 节，浪高 1.0m）；蒲福风力等级大于 4 级小于 5 级（风速 17~21 节，浪高 1.8m）时，应评估现场具体条件决定是否潜水，此时风险取值区间取最高一档。使用潜水吊笼或潜水钟出水时，蒲福风力等级应不大于 5 级；蒲福风力等级大于 5 级小于 6 级（风速 22~27 节，浪高 3.0m）时，应评估现场具体条件决定是否潜水，此时风险取值区间取最高一档。
		1.0~1.8m	50~75				
		小于 1.0m	0~50				
	水温 X_{24}	10 度以下	75~100	R_{24}	γ_{24}	$X_{24}=R_{24} \times \gamma_{24}$	水温 5 度以下，在无安全措施下不适合进行潜水作业
		10~15 度	50~75				
		15 度以上	0~50				
装备与性能 X_3	通信装备性能 X_{31}	设备陈旧、测试性能一般	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31}=R_{31} \times \gamma_{31}$	在潜水现场，除自携式水下呼吸器潜水外，潜水员与潜水监督所在的潜水站之间应该配备性能良好的双向语音通讯系统。性能指标包括信号强度、清晰度等。
		设备测试性能一般	50~75				
		设备测试性能较好	25~50				
		设备测试性能好	0~25				

施工作业环境 X_4	潜水装备性能 X_{32}	设备陈旧、测试性能一般	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	潜水装具必须符合 GB 26123—2010 规范要求
		设备测试性能一般	50~75				
		设备测试性能较好	25~50				
		设备测试性能好	0~25				
	作业水域通航条件 X_{41}	有船舶通航且附近有 高危险生产性码头	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	
		有船舶通航, 但附近无 高危险生产性码头	50~75				
		无船只通航, 但附近有 高危险生产性码头	25~50				
		无船只通航且附近无 高危险生产性码头	0~25				
	水质条件 X_{42}	水中有腐蚀性污染物 且能见度低	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	
		水中能见度好但有腐 蚀性污染物	50~75				
		水中污染物质较少但 能见度低	25~50				
		水中污染物质少且能 能见度好	0~25				
	水面照明条件 X_{43}	照明条件差	75~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43} = R_{43} \times \gamma_{43}$	
		照明条件一般	25~75				
		照明充足	0~25				
	爆破活动 X_{44}	作业区与爆破活动海 域的距离大于安全最 小距离, 但超过的距离 在一倍以内	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44} = R_{44} \times \gamma_{44}$	周边有爆破施工时, 必须远离爆破施工区 域, 在爆破作业时, 潜水员必须出水。最 小安全距离为 2600m —3000m。
		作业区与爆破活动海 域的距离大于安全最 小距离, 且超过的距离 在一倍以上	50~75				
		附近海域无爆破活动	0~50				

4.6.15 水下爆破风险事件可能性评估

水下爆破风险事件可能性评估, 主要基于爆炸等风险事件类型, 建立评估指标体系, 见表 4-15。

表 4-15 水下爆破风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分 值 范 围	取 值			
岩石因素 X_1	岩石分类 X_{1i}	极硬岩石 (强度 $>60\text{MPa}$)	75~100	R_{1i}	γ_{1i}	$X_{1i} = R_{1i} \times \gamma_{1i}$	坚硬的岩石需要的炸药量大, 且可能需要二次爆破, 应取高值。
		次硬岩石 ($30\text{MPa} < \text{强度} \leq 60\text{MPa}$)	50~75				
		次软岩石 ($5\text{MPa} \leq \text{强度} \leq 30\text{MPa}$)	25~50				
		极软岩石 (强度 $<5\text{MPa}$)	0~25				
气象水文条件 X_2	施工水深 X_{2i}	大于 22m	75~100	R_{2i}	γ_{2i}	$X_{2i} = R_{2i} \times \gamma_{2i}$	
		13~22m	50~75				
		6~13m	25~50				
		小于 6m	0~25				
	潮差 X_{22}	大于 6m	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据最大潮差进行划分
		3~6m	50~75				
		0~3m	25~50				
		无潮差	0~25				
	年水位差 X_{23}	大于 16m	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	根据年最大水位差
		10~16m	50~75				
		5~10m	25~50				
		小于 5m	0~25				
	天气情况 X_{24}	浓雾	75~100	R_{24}	γ_{24}	$X_{24} = R_{24} \times \gamma_{24}$	水下爆破在恶劣天气下进行, 对警戒信号的发送有一定的影响。
		阴天	50~75				
		晴朗	0~50				
施工方案 X_3	爆破类别 X_{3i}	水下裸露爆破	75~100	R_{3i}	γ_{3i}	$X_{3i} = R_{3i} \times \gamma_{3i}$	
		水下浅孔爆破	50~75				
		水下深孔爆破	0~50				
	钻孔方式 X_{32}	钻孔爆破工作船	50~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	自升式水上作业平台是指由船体和几个可以升降的桩腿组成的水上平台。
		自升式水上作业平台	0~50				
	起爆方法 X_{34}	电气起爆法	50~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33} = R_{33} \times \gamma_{33}$	
		传爆线、导爆管起爆法	0~50				

	爆破等级 X_{35}	A	75~100	R_{34}	γ_{34}	$X_{34}=R_{34} \times \gamma_{34}$	按工程类别、一次性爆破总药量、爆破环境复杂程度和爆破物特征划分。
		B	50~75				
		C	25~50				
		D	0~25				
	警戒方向 X_{36}	4 个方向	75~100	R_{36}	γ_{36}	$X_{36}=R_{36} \times \gamma_{36}$	水下爆破起爆点与发爆点之间最小距离不应小于 200M, 且起爆前应检查起爆点周边有无通航船只, 水下是否有潜水员, 确认后, 方可起爆。
		3 个方向	50~75				
		2 个方向	25~50				
		1 个方向	0~25				
施工作业环境 X_4	施工场地条件 X_{41}	附近有船只作业、通行或有养殖区	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	进行起爆作业时施工人员、船机应当尽量远离起爆点, 狭小的施工场地以及通航的船只都会增大施工的风险。
		附近偶尔有船只通行、作业	50~75				
		附近无船只作业、通行, 无养殖区	0~50				
	外海掩护条件 X_{42}	无	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	外海掩护条件好坏影响施工现场的风、浪、流等条件。
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				
	水面照明条件 X_{43}	照明条件差	75~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43}=R_{43} \times \gamma_{43}$	
		照明条件一般	25~75				
		照明充足	0~25				
	与周边构筑物距离 X_{44}	小于安全距离的 1.0 倍	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44}=R_{44} \times \gamma_{44}$	
		安全距离的 1.0~1.2 倍	50~75				
		安全距离的 1.2~1.5 倍	25~50				
		大于安全距离的 1.5 倍	0~25				

注:水下爆夯可参考水下爆破进行风险事件可能性评估。

4.6.16 水上吊运及安装风险事件可能性评估

水上吊运及安装风险事件可能性评估,主要基于物体打击、垮塌、起重伤害、机械伤害等风险事件类型,建立评估指标体系,见表 4-16。

表 4-16 水上吊运及安装风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重 系数 (γ_{ij})	评估分 值 (X_{ij})	说 明
			分值 范围	取 值			
水上 吊运 自身 因素 X_1	构件 类型 X_{11}	大型设备及构件	75~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	安装的类型不同,对捆绑方式和起重方式要求不同。 最大边长8m以上为大型构件。
		大模板、钢筋笼	50~75				
		小型设备及构件	0~50				
	重量 X_{12}	大于200T	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	大型构件重量过大,且在高空作业,吨位越大危险系数越大
		30T~200T	50~75				
		10T~30T	25~50				
		小于10T	0~25				
	吊运 高度 X_{13}	大于50m	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	大型构件重量过大,且在高空作业,高度越高危险系数越大,空中转角的情况下,风险程度加剧
		40~50m	50~75				
		25~40m	25~50				
		小于25m	0~25				
	吊运 跨度 X_{14}	大于30m	75~100	R_{14}	γ_{14}	$X_{14} = R_{14} \times \gamma_{14}$	
		20~30m	50~75				
		10~20m	25~50				
		小于10m	0~25				
气象 水文 条件 X_2	风力 条件 X_{21}	大于 60d	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	根据大于6级风的年平均日数划分。
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于 20d	0~25				
	波高 X_{22}	大于2.5m	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	
		1.25~2.5m	50~75				
		0.5~1.25m	25~50				
		小于0.5m	0~25				
	台风 或突 风 X_{23}	大于 3 次	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23} = R_{23} \times \gamma_{23}$	根据年平均次数判断,施工不在台风或突风季节可以降低取值。台风或突风期间应及时做好加固措施。
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				
	流速 X_{24}	大于2.0m/s	75~100	R_{24}	γ_{24}	$X_{24} = R_{24} \times \gamma_{24}$	
		1.0~2.0m/s	50~75				
		0.6~1.0m/s	25~50				
		小于0.6m/s	0~25				
施工 方案 X_3	设备 富余 度 X_{31}	10%以下	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据设备起重重量的富余度和性能状态,由评估组综合评估。设备性能好、使用年限短、日常维护好,则风险小。
		10%~20%	25~75				
		20%以上	0~25				

	吊装方式 X_{32}	双机吊运	50~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32}=R_{32} \times \gamma_{32}$	
		单机吊运	0~50				
施工作业环境 X_4	作业场地秩序 X_{41}	一般	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	根据施工场地平面布置及现场查看由评估组综合确定。
		较好	50~75				
		好	0~50				
	施工场地条件 X_{42}	附近有船只作业、通行或有养殖区	75~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	进行吊运作业时施工人员、船机应当尽量远离吊运地点,狭小的施工场地以及通航的船只都会增大施工的风险。
		附近偶尔有船只通行、作业	50~75				
		附近无船只作业、通行,无养殖区	0~50				

4.6.17 水上/临水现场浇筑风险事件可能性评估

水上/临水现场浇筑风险事件可能性评估指标体系,主要基于淹溺、机械伤害、物体打击等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-17。

表4-17 水上/临水现场浇筑风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分值范围	取值			
工程自身因素 X_1	单次混凝土浇筑方量 X_{11}	大于500M ³	75~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11}=R_{11} \times \gamma_{11}$	减少混凝土单次浇筑体积有利于减小支架及模板承受的荷载,提高安全稳定性。
		300~500M ³	50~75				
		50~300M ³	25~50				
		小于50M ³	0~25				
	浇筑类型 X_{12}	大型墩台、承台、桩帽	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12}=R_{12} \times \gamma_{12}$	大体积混凝土单次浇筑方量大、对施工设备、施工水平要求高,可以分层分期浇筑。
		横梁	50~75				
		节点、接缝	25~50				
		面层	0~25				
气象水文条件 X_2	风力条件 X_{21}	大于60d	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21}=R_{21} \times \gamma_{21}$	根据大于6级风的年平均日数划分。
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于20d	0~25				
	波高 X_{22}	大于2.5m	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22}=R_{22} \times \gamma_{22}$	
		1.25~2.5m	50~75				
		0.5~1.25m	25~50				
		小于0.5m	0~25				

	突风 X_{23}	大于3次	75~100	R_{23}	γ_{23}	$X_{23}=R_{23} \times \gamma_{23}$	根据年平均次数判断, 施工不在突风季节可以降低取值
		2~3次	50~75				
		1~2次	25~50				
		小于1次	0~25				
施工方案 X_3	浇筑 输送 方式 X_{31}	搅拌船输送、水上吊罐输送	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31}=R_{31} \times \gamma_{31}$	考虑吊灌、泵送、溜槽和溜槽输送等方式的风险不同。泵送混凝土应注意泵送管道的维护。采用陆上吊罐输送时, 陆地吊罐浇筑取低值, 在施工平台或便桥上吊罐浇筑取高值。短距离泵送取低值, 长距离泵送取高值。
		陆上吊罐输送	50~75				
		输送泵输送	25~50				
		溜槽输送	0~25				
	设备 性能 X_{32}	设备陈旧、测试性能较差	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32}=R_{32} \times \gamma_{32}$	
		设备测试性能一般	50~75				
		设备测试性能较好	25~50				
		设备测试性能好	0~25				
	是否 趁潮 施工 X_{33}	需要且次数较多、持续时间较长	75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33}=R_{33} \times \gamma_{33}$	
		偶尔且时间短	50~75				
		否	0~50				
	底模 承重 方式 X_{34}	夹桩木或钢抱箍	75~100	R_{34}	γ_{34}	$X_{34}=R_{34} \times \gamma_{34}$	混凝土方桩或管桩采用夹桩木或钢抱箍夹桩后作底模承重方式; 斜桩及有扭角的桩常采用桩顶反吊吊筋悬挂型钢作底模承重方式; 直钢管桩采用钢牛腿作底模承重方式。其它方式参照取值。
		吊筋悬挂	50~75				
		钢牛腿	0~50				
施工 作业 环境 X_4	作业 场地 秩序 X_{41}	一般	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	根据施工场地平面布置及现场查看由评估组综合确定。
		较好	25~75				
		好	0~25				
	施工 场地 条件 X_{42}	附近有船只作业、通行或有养殖区	50~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	
		附近无船只作业、通行, 无养殖区	0~50				

4.6.18 地连墙成槽施工风险事件可能性评估

地连墙成槽施工风险事件可能性评估,主要基于塌槽、触电、机械伤害、物体打击、基坑失稳等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-18。

表4-18 地连墙成槽施工风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_{ij})		权重系数 (γ_{ij})	评估分值 (X_{ij})	说 明
			分值范围	取值			
墙体因素 X_1	墙的形状 X_{11}	异型	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	按墙体的结构形式JTJ303-2003《港口工程地下连续墙结构设计》与施工规程》
		矩形	0~50				
	墙深 X_{12}	$H \geq 35\text{m}$	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	
		$25 \leq H < 35\text{m}$	50~75				
		$15 \leq H < 25\text{m}$	25~50				
		$H < 15\text{m}$	0~25				
	墙宽 X_{13}	$L \geq 1500\text{mm}$	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	
		$1200 \leq L < 1500\text{mm}$	50~75				
		$800 \leq L < 1200\text{mm}$	25~50				
		$L < 800\text{mm}$	0~25				
地质条件 X_2	成墙区域地质条件 X_{21}	差	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	根据墙的结构形式、地质勘探综合考虑,重点考虑覆盖层和硬夹层软弱层的厚度,持力层情况或是否存在孤石等
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				
	岸坡地质条件 X_{22}	差	75~100	R_{22}	γ_{22}	$X_{22} = R_{22} \times \gamma_{22}$	根据岸坡勘探、周边堆载等条件综合判断,应重点分析淤泥质软土层和软弱夹层厚度以及土层倾斜情况
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				
气象水文条件 X_3	风力条件 X_{31}	大于60d	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据大于6级风的年平均日数划分。
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				
		小于20d	0~25				
	台风或突风 X_{32}	大于3次	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据年平均次数划分,施工不在台风或突风季节可以降低取值。台风或突风期间应及时做好加固措施。
		2~3次	50~75				
		1~2次	25~50				
		小于1次	0~25				

	波高 X_{33}	大于2.5m	75~100	R_{33}	γ_{33}	$X_{33}=R_{33} \times \gamma_{33}$	
		1.25~2.5m	50~75				
		0.5~1.25m	25~50				
		小于0.5m	0~25				
施工方案 X_4	地基加固 X_{41}	无	50~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41}=R_{41} \times \gamma_{41}$	软弱地基是否进行了地基加固以及加固方案进行判断
		有	0~50				
	施工导墙 X_{42}	钢制或预制装配式结构	50~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42}=R_{42} \times \gamma_{42}$	以是否整体受力判断
		现浇结构	0~50				
	成墙工艺 X_{43}	冲孔成墙	50~100	R_{43}	γ_{43}	$X_{43}=R_{43} \times \gamma_{43}$	灌墙首先要形成槽体,针对不同的地质地层条件选择不同的成墙工艺会形成不同程度的危险
		液压抓斗或钻孔成墙	0~50				
	设备性能 X_{44}	设备陈旧、测试性能较差	75~100	R_{44}	γ_{44}	$X_{44}=R_{44} \times \gamma_{44}$	根据设备状态与性能,由评估组综合评估。设备性能好、使用年限短、日常维护好,则风险小。
		设备测试性能一般	50~75				
		设备测试性能较好	25~50				
		设备测试性能好	0~25				
	监测 X_{45}	未监测	50~100	R_{45}	γ_{45}	$X_{45}=R_{45} \times \gamma_{45}$	施工期是否进行位移、沉降、变形监测等
		监测指标少	25~75				
		全方位监测	0~25				
施工作业环境 X_5	有无交叉施工 X_{51}	存在2种以上或持续时间较长	50~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51}=R_{51} \times \gamma_{51}$	根据施工工艺之间时间、空间的组织安排,判断有无交叉施工,并根据交叉施工的种类及持续时间长短进行综合判断。
		偶尔存在	25~50				
		不存在	0~25				
	外海掩护条件 X_{52}	无	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52}=R_{52} \times \gamma_{52}$	外海掩护条件的好坏,直接影响施工现场的风、浪、流等条件,必要时需构筑临时围堤
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				
	地连墙离围堰护岸的距离 X_{53}	0~15m	75~100	R_{53}	γ_{53}	$X_{53}=R_{53} \times \gamma_{53}$	地连墙距离围堰护岸的垂直距离
		15~25m	50~75				
		25~35m	25~50				
		$\geq 35m$	0~25				

4.6.19 地连墙钢筋笼起重吊装风险事件可能性评估

地连墙钢筋笼起重吊装风险事件可能性评估,主要基于起重吊装、机械伤害、物体打击等风险事件类型,建立评估指标体系,见表4-19。

表4-19 地连墙钢筋笼起重吊装风险事件可能性评估指标体系

项别	评估指标	分 级	基本分值 (R_j)		权重系数 (γ_j)	评估分值 (X_j)	说 明
			分值范围	取值			
吊装自身因素 X_1	钢筋笼的形状 X_{11}	异型	50~100	R_{11}	γ_{11}	$X_{11} = R_{11} \times \gamma_{11}$	按墙体的结构形式
		矩形	0~50				
	重量 X_{12}	大于50T	75~100	R_{12}	γ_{12}	$X_{12} = R_{12} \times \gamma_{12}$	钢筋笼外形尺寸大、重量重,且在高空作业,危险系数越大。
		35T~50T	50~75				
		15T~35T	25~50				
		小于15T	0~25				
	吊装高度 X_{13}	大于50m	75~100	R_{13}	γ_{13}	$X_{13} = R_{13} \times \gamma_{13}$	钢筋笼外形尺寸大、重量重,且在高空作业,高度越高危险系数越大,空中转角的情况下风险程度加剧。
		40~50m	50~75				
		25~40m	25~50				
		小于25m	0~25				
	吊装跨度 X_{14}	大于25m	75~100	R_{14}	γ_{14}	$X_{14} = R_{14} \times \gamma_{14}$	
		15~25 m	50~75				
		8~15 m	25~50				
		小于8m	0~25				
地基条件 X_2	吊装区域地基条件 X_{21}	差	75~100	R_{21}	γ_{21}	$X_{21} = R_{21} \times \gamma_{21}$	场地地基承载力差,其吊装的危险程度越大。
		一般	50~75				
		较好	25~50				
		好	0~25				
气象水文条件 X_3	风力条件 X_{31}	大于60d	75~100	R_{31}	γ_{31}	$X_{31} = R_{31} \times \gamma_{31}$	根据大于6级风的年平均日数划分。
		40~60d	50~75				
		20~40d	25~50				

		小于 20d	0~25				
	台风或突风 X_{32}	大于 3 次	75~100	R_{32}	γ_{32}	$X_{32} = R_{32} \times \gamma_{32}$	根据年平均次数划分, 施工不在台风或突风季节可以降低取值。台风或突风期间应及时做好加固措施。
		2~3 次	50~75				
		1~2 次	25~50				
		小于 1 次	0~25				
施工方案 X_4	设备富裕度 X_{41}	10%以下	75~100	R_{41}	γ_{41}	$X_{41} = R_{41} \times \gamma_{41}$	根据设备起重重量的富余度和性能状态, 由评估组综合评估。设备性能好、使用年限短、日常维护好, 则风险小。
		10%~20%	25~75				
		20%以上	0~25				
	钢筋笼吊装方式 X_{42}	单机起吊	50~100	R_{42}	γ_{42}	$X_{42} = R_{42} \times \gamma_{42}$	考虑到地连墙钢筋笼的宽度较大, 当采用双机起吊, 且每台吊机最大起重重量均大于钢筋笼重量时, 按照操作规程进行吊装, 风险较小; 否则风险较大, 应在 50~100 取值。
		双机起吊	0~50				
施工作业环境 X_5	有无交叉施工 X_{51}	存在 2 种以上交叉施工或交叉施工持续时间较长	50~100	R_{51}	γ_{51}	$X_{51} = R_{51} \times \gamma_{51}$	根据施工工艺之间时间、空间的组织安排, 判断有无交叉施工, 并根据交叉施工的种类及持续时间长短进行综合判断。
		偶尔存在交叉施工	25~50				
		无交叉施工	0~25				
	作业场地秩序 X_{52}	一般	75~100	R_{52}	γ_{52}	$X_{52} = R_{52} \times \gamma_{52}$	根据施工现场平面布置及现场查看有评估组综合确定。
		较好	50~75				
		好	0~50				

4.6.20 人的不安全行为引发的风险事件可能性的评估指标体系, 见表 4-20, 将评估指标分值通过公式 $M = A + B + C + D + E + F + G + H + I + J + K$ 进行计算。根据计算分值对照表 4-21 找出安全管理调整系数 λ 。在对每个重大致险因素进行风险评估时, 应分别计算相应的安全管理调整系数。

表 4-20 安全管理评估指标体系

评估指标	分 级	分值	说 明
总包企业资质 A	二级	2	资质级别越高的施工企业安全管理相对完善,事故风险相对较小。
	一级	1	
	特级	0	
有无专业分包 B	有分包	1	针对当前作业的分包企业。
	无分包	0	
有无劳务分包 C	分包	1	针对当前作业的分包企业。
	无分包	0	
作业班组经验 D	无经验	2	从特种作业人员、一线施工人员的工程经验考虑。有三个及以上项目的作业经验为经验丰富,1—2个项目为有一定经验。核心人员不固定的作业班组视为无经验。评估专家宜深入班组了解情况。
	有一定经验	1	
	经验丰富	0	
项目技术管理 人员经验 E	无经验	2	项目管理人员和专业技术人员具有3次及以上的港口工程建设经验为丰富。1~2次的为有一定经验。没有项目管理经历的为无经验。人员变更超过1/3的,取高值。
	有一定经验	1	
	经验丰富	0	
项目安全管理 人员配备 F	不满足要求	2	从“企业负责人(A类)、项目负责人(B类)、专职安全员(C类)”三类人的持证、在岗情况考虑,人员数量、持证情况均合格则为满足要求,否则为不满足要求。
	满足要求	0	
安全生产费用 G	不符合规定	2	安全生产费用投入满足的为符合规定,不满足的为不符合规定。
	基本符合规定	1	
	符合规定	0	
船机设备配置 及管理 H	船机设备配置不满足合同要求	2	按合同要求配置船机设备,建立完善的船机管理体系、制度,管理及维护工作得到有效落实。船机及主要设备变更大且达不到合同履行条件的,取大值。
	船机设备配置满足合同要求,但无建档台账或缺日常管理维护	1	

	船机设备配置满足合同要求,台账建档完备,管理、维护到位	0	
专项施工方案 I	未履行审批程序或针对性、可操作性较差	2	专项施工方案包括危险性较大分部分项工程的专项施工方案和施工临时用电专项方案等;可操作性强指与现场实际情况符合,能够按方案执行,并取得预期效果。
	针对性、可操作性一般	1	
	针对性、可操作性强	0	
企业工程业绩 J	无	2	企业有类似工程施工经验的安全风险小。企业近三年内有较大以上责任事故或一般事故 3 起以上,取高值。
	同类工程 1—2 次	1	
	同类工程 3 次及以上	0	
企业信用评价 等级 K	B 级及以下	2	根据上一年度施工企业信用评价等级判定。
	A	1	
	AA	0	

表 4-21 安全管理评估指标分值与安全管理调整系数对照表

计算分值 M	调整系数 λ
$M \geq 16$	1.1
$13 \leq M < 16$	1.05
$10 \leq M < 13$	1
$7 \leq M < 10$	0.95
$M < 7$	0.9

4.6.21 港口工程施工事故可能性大小计算按下式计算确定:

$$P = \lambda \cdot \sum X_{ij} \quad (\text{公式 4-1})$$

$$X_{ij} = R_{ij} \gamma_{ij} \quad (\text{公式 4-2})$$

式中, X_{ij} - 评估指标的分值, $i=1, 2, \dots, m, j=1, 2, \dots, n$

n, m 为项别的数量, n 为对应第 i 个项别包括的评估指标的数量;
 λ -安全管理调整系数。

计算得到出 P 后,根据 P 值对照表 4-22 确定各重大致险因素发生事故的可能性等级。

表 4-22 施工安全专项风险评估事故可能性等级标准

概率等级描述	概率等级	P
很可能	5	$P > 60$
可能	4	$45 < P \leq 60$
偶然	3	$30 < P \leq 45$
可能性很小	2	$15 < P \leq 30$
几乎不可能	1	$P \leq 15$

注:1. 根据工程风险的具体情况,结合地区经验,可对表 4-8~表 4-19 的数值区间进行适当调整。
2. 若出现 1 个或多个重要性指标(评估小组集体讨论确定)取最大值,可调高一个概率等级。

4.6.22 根据事故发生的可能性、严重程度等级,采用风险矩阵法确定重大致险因素的施工安全风险等级,划分标准见表 4-7。

4.6.23 将专项风险评估的风险等级用不同颜色在施工形象进度图中标识出来,形成施工安全风险分布图,并附在评估报告中,同时以列表方式汇总重大致险因素风险等级,填入表 4-23。

表 4-23 重大致险因素风险等级汇总表

重大致险因素	风险事件可能性	风险事件严重程度			风险等级	评估理由
		人员伤亡	经济损失	风险事件严重程度等级		
重大致险因素 1						
.....						
重大致险因素 N						

5 风险控制

5.1 一般要求

5.1.1 根据风险评估结果与接受准则,提出风险控制对策如表 5-1。

表 5-1 风险接受准则与控制对策

风险等级	接受准则	控 制 对 策
等级 I (较小风险)	忽略	不需采取特别的风险防控措施。
等级 II (一般风险)	可接受	需采取风险防控措施,严格日常安全生产管理,加强现场巡视。
等级 III (较大风险)	不期望	必须采取措施降低风险,减少风险可能导致的损失。
等级 IV (重大风险)	不可接受	暂停施工,必须采取措施将风险至少降低到不期望的程度,并加强监测和应急准备。

5.1.2 根据不同的风险等级提出分级控制措施,确定层级责任和责任人,实施现场管理和监控预警。各等级风险管理措施建议如表 5-2 所示。

表 5-2 风险分级管理措施

风险级别	分级管理措施			
等级 I (较小风险)	日常管理			
等级 II (一般风险)	日常管理	监控预警	部分专项整治	
等级 III (较大风险)	日常管理	监控预警	全面专项整治	应急准备
等级 IV (重大风险)	日常管理	监控预警	暂停施工、全面整治	应急准备

5.2 风险控制措施

5.2.1 总体风险评估和专项风险评估均应提出风险控制措施建议。

5.2.2 总体风险评估应提纲挈领提出主要控制措施建议,重点是提出风险控制的方向与总体思路,以及安全管理力量投入、资源(财、物)配置的建议。

5.2.3 专项风险评估应针对致险因素提出系统全面、重点突出的控制措施建议,作为现场安全管理、安全交底、专项施工方案编制和完善、应急处置的依据。专项风险评估中风险等级为Ⅲ级(较大风险)及以上时,应分析找出导致高风险的关键指标,提出有针对性的措施降低风险。

5.2.4 施工期间可采取风险控制措施包括:施工方案调整、加强安全措施、提高管理水平和人员的素质。

5.2.5 调整施工方案,主要包括合理调整施工顺序、改进施工工艺。

1)合理调整施工顺序:即为了预防和减少施工过程中发生事故,对施工工序从时间顺序和空间次序上进行合理安排或调整,降低施工风险。

2)改进施工工艺:即从专用设备、施工方法、工艺参数上改进,预防和减少施工过程中发生事故。

5.2.6 施工安全措施,除应执行现行的有关标准、规范外,还应当根据实际工程特点,采取有效、可操作性强的安全措施,降低施工安全风险。主要包括安全管理措施、安全替代措施、应急救援措施。

1)安全管理措施:包括监测预警、对不安全场所进行安全隔离

或加固防护、设立警告标志、人工警戒或专人指挥等。

2)安全替代措施:对人工直接操作有较大风险的,可以用机械或其它方式替代人工操作。

3)应急救援措施:主要指制定应急预案和做好应急准备,明确关键岗位应急职责、危险作业应急处置措施。

5.2.7 从管理和人员等方面控制安全风险主要包括加强管理、提高人员素质。

1)加强管理:重点是抓落实,安全管理人员落实,安全管理制度落实,安全资金投入落实,安全现场防护措施落实,同时对关键风险控制点安排人员巡逻检查。

2)提高人员素质:主要是进行经常性的安全教育和培训,强化安全意识和观念,提高安全操作技能;对特殊工种进行专门培训,做到持证上岗;施工人员身体健康状况应符合工种要求;施工前做好安全技术交底。

5.2.8 港口工程风险控制措施建议,可参见附录 D。

5.3 风险控制预期效果评价

5.3.1 对于风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节,应开展风险控制预期效果评价。风险控制预期效果评价包括对风险控制措施落实情况的确认评价以及采取风险控制措施后预期风险的评价。

5.3.2 对风险控制措施落实情况的确认评价,是通过对典型施工的总结与分析,采用检查表法针对风险控制措施落实情况进

行检查、确认,以确认风险控制措施是否得到完整实施,分析风险控制措施实施过程中的问题和不足,进一步完善风险控制措施。

5.3.3 采取风险控制措施后预期风险的评价建议采取专家评审方式,成立专家组,专家组成员不得少于3人,专家应具备高级及以上技术职称,以及港口工程建设、勘察、设计、监理或施工工作经历,应具有10年以上工程管理经验。专家组根据典型施工情况,针对风险控制措施落实情况,对照附录B(评估单元的典型事故类型),对采取措施后的事故可能性以及事故严重程度进行集体评定,在此基础上通过风险矩阵法,确定采取措施后预期风险的等级。

5.3.4 风险控制预期效果评价报告以报表形式反映,报表中应包含风险控制措施的落实情况、采取措施后预期风险的等级、完善风险控制措施的建议。

6 风险评估报告

6.1 一般要求

6.1.1 风险评估报告是施工安全风险评估过程的记录,应反映风险评估过程的全部工作,将风险评估过程中的工作记录、采用的评估方法、获得的评估结果、推荐的控制措施等写入评估报告中。

6.1.2 风险评估报告应客观科学、内容全面、文字简洁、数据完整,提出的风险控制措施具有可操作性。

6.1.3 总体风险评估和专项风险评估的最终报告应进行归档

管理。

6.2 风险评估报告编制内容

6.2.1 总体风险评估报告应包含以下内容：

1. 编制依据

(1)行业风险管理要求；

(2)相关的国家和行业标准、规范；

(3)项目立项批复文件；

(4)项目可行性研究报告、工程地质勘察报告、初步设计文件、施工图设计文件，以及海事、港航部门作出的与工程建设安全有关的文件等；

(5)现场调查资料。

2. 工程概况

3. 评估过程和评估方法

4. 评估内容

5. 对策措施及建议

6. 评估结论

(1)风险等级；

(2)重要性指标清单(指标体系法)；

(3)专项风险评估对象(关键作业环节,推荐性)；

(4)风险控制措施建议；

(5)评估结果自我评价及遗留问题说明。

7. 附件(评估计算过程、评估人员信息、评估单位资质(如有))

6.3.1 总体风险评估报告或专项风险评估报告(包括施工前专项风险评估报告、施工过程专项风险评估报表和风险控制预期效果评价报表)编制完成后,应组织专家评审。

6.3.2 总体风险评估报告由建设单位组织专家审查,专项风险评估报告由施工单位组织专家审查。评审专家组宜不少于5人,专家应由具有港口工程勘察、设计、施工管理经验的人员组成。评估小组根据专家评审意见对评估报告进行修改,形成最终报告。

6.3.3 专项风险评估报告(包括施工前专项风险评估报告、施工过程专项风险评估报表和风险控制预期效果评价报表)评审通过后,经施工单位技术负责人签字确认后,应向项目建设单位报备。

附录 A 港口工程评估单元的分解表

表 A-1 高桩码头泊位工程风险评估单元工序分解表

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
高桩码头 泊位工程 A1	基槽及岸 坡开挖 A1-1	水下基槽开挖 A1-1-1	测量放线、立标→基槽分段、分层开挖→验槽
		陆上基槽开挖 A1-1-2	——
		岸坡开挖 A1-1-3	——
	桩基与 墩台工程 A1-2	混凝土方桩预制 A1-2-1	制作场地地坪硬化→预制方桩预制底部防粘结处理→预制方桩钢筋→预制方桩立模、混凝土施工→养护→拆模→成桩两侧面刷脱模剂→预制方桩钢筋、混凝土施工→养护→上层预制方桩预制
		PHC 桩或大 管桩制作 A1-2-2	工厂化生产
		钢管桩制作 A1-2-3	工厂化生产
		陆上沉桩 A1-2-4	沉桩场地整平→桩位放样→桩机就位、对中、整平→起桩、稳桩并检查垂直度→锤击沉桩→沉桩完毕、检查验收→桩机移动至下一桩位继续施工
		构件水上运输 A1-2-5	——
		吊桩 A1-2-6	——
		水上沉桩 A1-2-7	方桩、钢管桩、大管桩、PHC 桩、板桩
		夹桩 A1-2-8	施工准备→定点抛碎石(个别桩位)→打桩船施打桩至设计要求→先用夹桩方木或抱箍夹桩→将所沉桩通过型钢纵横向固定→移打桩船吊取下一条桩施打

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
		灌注桩施工平台与桩机就位 A1-2-9	——
		护筒施工 A1-2-10	护筒安装一般应采用施工平台上吊机配合振动锤进行埋设施工或水上打桩船先打入施工
		钻孔、清渣 A1-2-11	——
		钢筋笼制安 A1-2-12	——
		混凝土灌注 A1-2-13	——
		桩头处理 A1-2-14	截桩平台搭设→剥除桩头钢筋保护层→钢筋或预应力筋割除→桩头吊除→桩头顶面修整→平台拆除
		墩台或桩帽施工 A1-2-15	——
	上部结构施工 A1-3	施工便桥搭设 A1-3-1	——
		预制构件 A1-3-2	——
		钢桥、钢梁制安 A1-3-3	施工准备→材料进厂检验→杆、构件下料→杆、构件制作→整体组装焊接及焊缝探伤→除锈防腐→编号→运输、存放、吊装拼装→二次找补防腐→验收
		构件水上运输 A1-3-4	——
		构件安装 A1-3-5	水上吊装、架桥机安装
		钢筋绑扎与装设 A1-3-6	——

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
		模板架设与拆除 A1-3-7	——
		混凝土浇筑 A1-3-8	搅拌船、陆上泵送、吊罐或其它
	轨道、停靠船与防护设施 A1-4	轨道安装 A1-4-1	——
		铁栏杆、系船柱安装 A1-4-2	——
		护舷、爬梯安装 A1-4-3	施工准备→测量放线→橡胶护舷、爬梯安装
		护轮坎施工 A1-4-4	——
	护桩填抛 A1-5	块石运输 A1-5-1	——
		块石填抛 A1-5-2	块石备料装船→定位船定位→抛石船靠定位船抛石→抛石船返回码头装船→定位船移船重新定位→验收
	接岸结构与回填 A1-6	地基处理 A1-6-1	砂垫层、塑料排水板、砂桩、碎石桩、搅拌桩、抛石基床
		现浇或砌石挡土墙施工 A1-6-2	施工放样→挖基→基底验收→模板安装→挡墙浇(砌)筑→挡墙检验→填方施工
		打入式挡土墙施工 A1-6-3	——
		岸坡施工 A1-6-4	岸坡抛石→块石护底→块石护面、人工块体护面

表 A-2 重力式码头泊位工程风险评估单元工序分解表

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
重力式码头 泊位工程 A2	基础与换 填地基 A2-1	基槽开挖 A2-1-1	施工准备→设置水尺→原泥面测量→挖泥船定位/校 对定位系统→基槽开挖核对土质→验槽
		水下爆破 A2-1-2	施工准备→炸礁船定位→钻孔→孔深检查→装药/检 测→连线→总药量检查→移船/警戒→起爆→清礁
		基槽抛石 A2-1-3	施工准备→抛石船定位→基床抛石→打水检测→补抛 →下层夯实/上层抛石
		基床夯实 A2-1-4	施工准备→测量放线→基床粗平→夯船定位→初夯→ 复夯→验收。
		基床整平 A2-1-5	施工准备→测量放样→粗平→导轨、刮道安装→极细 平→验收
	墙身 A2-2	方块构件预制 A2-2-1	——
		方块吊运 A2-2-2	——
		方块安装 A2-2-3	——
		沉箱预制 A2-2-4	作业线开挖→底模基础处理→底模铺设→底层钢筋绑 扎→安装底外模→安装芯模→验收/混凝土浇筑→拆 除底层模板/养护→安装内钢筋绑扎架→安装外平台、 外钢筋绑扎架→钢筋绑扎→拆除钢筋绑扎架→安装内 芯模→安装外模→浇筑混凝土→拆除模板→下一循环 →拆除模板→养护→构件出运
		沉箱气囊出运 A2-2-5	沉箱出运准备→底模冲砂、打磨边角→穿入气囊、充气 顶升→抽出底模工字钢→沉箱横移→支垫枕木→抽横 移气囊、方纵移气囊→气囊充气、抽出支垫枕木→沉箱 纵移→支垫枕木→搭接溜尾钢丝绳索→上船准备工作 →搭接、离驳潮水符合要求→沉箱上浮船坞→枕木支 垫、抽出气囊→沉箱出运完成

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
		沉箱台车出运 A2-2-6	沉箱移运准备→轨道槽清理→台车组装及放入轨道槽→沉箱顶升(水囊或千斤顶)→台车移动(卷扬机牵引、液压顶推或电动牵引)→上船准备工作→搭接、离驳潮水符合要求→沉箱上浮船坞或半潜驳→固定台车→沉箱出运完成
		沉箱水上拖运、浮运 A2-2-7	拖航前的准备(气象及拖运航线的选择,沉箱稳定计算,拖力计算,拖轮及缆绳的选用,拖轮和沉箱上号灯的安装,拖轮船队的组建)→压载封仓→拖航到安装现场→拆除灯号及封仓盖→安装
		沉箱安装 (浮船坞或半潜驳) A2-2-8	施工准备→浮船坞或半潜驳运输沉箱在下潜坑位置定位→工作船或起重船就位→浮船坞或半潜驳下潜至指定深度/沉箱内同步灌水至预定水位→沉箱助浮、出驳→浮船坞/或半潜驳起浮离场→沉箱安装定位→沉箱注水下沉→精准定位→沉箱座落基床→检查沉箱安装质量→合格/不合格,合格完成/不合格,抽水上浮,重新定位安放
		沉箱吊运安装 A2-2-9	——
		沉箱海上临时存放 A2-2-10	沉箱海上临时存放的选定(收集水文地质资料并分析)→软弱海床应进行基础处理→沉箱稳定计算→沉箱运输到存放点→沉放就位→注水压载→设置警示标志→定期观测
		扶壁构件预制 A2-2-11	——
		扶壁吊运 A2-2-12	——
		扶壁安装 A2-2-13	——
		箱格内回填 A2-2-14	沉箱四个角立标→回填料运至现场→各箱格同步回填(片块石用反铲配合、碎石及砂用皮带船各仓同步均匀回填)

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
	上部结构 施工 A2-3	现浇胸墙 A2-3-1	施工准备→测量放线→钢筋绑扎→模板安装→预埋件 安装→混凝土浇筑→拆模→养护
		预制构件 A2-3-2	——
		构件安装 A2-3-3	——
	后方回填 及面层 施工 A2-4	抛石棱体 施工 A2-4-1	块石备料装船→定位船定位→抛石船靠定位船抛石→ 抛石船返回码头装船→定位船移船重新定位→验收
	轨道、停 靠船与防 护设施 A2-5	轨道安装 A2-5-1	——
		铁栏杆、系 船柱安装 A2-5-2	——
		护舷、爬 梯安装 A2-5-3	施工准备→测量放线→橡胶护舷、爬梯安装
		护轮坎施工 A2-5-4	——

表 A-3 板桩码头泊位工程风险评估单元工序分解表

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
板桩码头 泊位工程 A3	地基处理 A3-1	地基处理 A3-1-1	强夯、碎石桩、砂桩、塑料排水板、水泥搅拌站
	前墙结构 A3-2	预制构件 (混凝土板桩, 钢板桩加工) A3-2-1	——
		板桩沉桩 A3-2-2	陆上沉桩:沉桩场地整平→桩位放样→桩机就位、对中、整平→起桩、稳桩并检查垂直度→沉桩→沉桩完毕、检查验收→桩机移动至下一桩位继续施工 水上沉桩:运桩方驳就位→桩船移船吊桩→移船粗定位→调整桩架斜度→移船细定位→沉桩→沉桩完毕、检查验收→桩船移动至下一桩位继续施工
		地连墙 A3-2-3	导墙制作→泥浆制备→成槽施工→清槽除砂→钢筋笼制作、起吊、下放→安放锁口管→砼灌注→拔出锁口管→下一槽段施工
		遮帘桩 A3-2-4	导墙制作→泥浆制备→成槽施工→清槽除砂→钢筋笼制作、起吊、下放→砼灌注→下一槽段施工
	上部结构 A3-3	基坑开挖 A3-3-1	胸墙与后锚锭结构导梁结构之间土方开挖
		胸墙 A3-3-2	地连墙桩头凿除→浇筑垫层→钢筋制作、绑扎→模板支设→砼浇筑→养护
		遮帘桩导梁 A3-3-3	遮帘桩桩头凿除→浇筑垫层→钢筋制作、绑扎→模板支设→砼浇筑→养护
		锚碇墙导梁 A3-3-4	锚碇墙桩头凿除→浇筑垫层→钢筋制作、绑扎→模板支设→砼浇筑→养护
	锚碇结构 与拉杆 A3-4	锚碇墙 A3-4-1	导墙制作→泥浆制备→成槽施工→清槽除砂→钢筋笼制作、起吊、下放→砼灌注→下一槽段施工
		灌注桩 A3-4-2	埋设护筒→泥浆制备→成孔施工→清孔→钢筋笼制作、起吊、下放→砼灌注
		拉杆制作 与安装 A3-4-3	拉杆加工→拉杆安装→包裹防腐材料→施工保护体

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
	回填与 面层 A3-5	倒滤层 A3-5-1	——
		土方回填 A3-5-2	——
		地基处理 A3-5-3	碎石振冲桩、砂桩
		基地整平与碾压 A3-5-4	——
		垫层与基层 A3-5-5	——
		面层 A3-5-6	——
	轨道梁与 轨道安装 A3-6	现浇轨道梁 A3-6-1	施工准备→测量放线→钢筋绑扎→模板安装→预埋 件安装→混凝土浇筑→拆模→养护
		轨道安装 A3-6-2	——
		车档与地锚 A3-6-3	——
	停靠船与 防护设施 A3-7	系船柱 A3-7-1	——
		橡胶护舷、爬梯安装 A3-7-2	施工准备→测量放线→橡胶护舷、爬梯安装
		护轮坎 A3-7-3	——
		堤头灯 A3-7-4	——
	码头前沿 挖泥 A3-8	码头前沿挖泥 A3-8-1	——

表 A-4 防波堤与护岸工程风险评估单元工序分解表

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
防波堤与 护岸工程 A4	基础工程 A4-1	水下基槽开挖 A4-1-1	——
		地基换砂 A4-1-2	——
		水下基床抛石 A4-1-3	施工准备→抛石船定位→基床抛石→打水检测→补抛→下层夯实/上层抛石
		水下基床夯实 A4-1-4	施工准备→测量放线→基床粗平→夯船定位→初夯→复夯→验收
		水下基床整平 A4-1-5	施工准备→测量放样→粗平→导轨、刮道安装→极细平→验收
		土工合成材料 加筋垫层 A4-1-6	——
	堤身工程 A4-2	构件预制安装 A4-2-1	起重船定位→构件座落基床→检查安装质量
		浆砌块石 A4-2-2	施工准备→测量放样→挂线分批坐浆卧砌→空隙堵塞砂浆→碎石嵌实→上下皮互相错缝、内外交错搭砌→验收
		水下爆炸挤淤抛石 A4-2-3	——
		堤心石抛石 A4-2-4	——
		土工织物充填袋 筑堤 A4-2-5	——
		理坡 A4-2-6	堤身各层规格石抛理施工采用“先外侧,后内侧”,“先水下,后水上”,实行多断面多点施工

单位工程	分部工程	分项工程	施 工 工 序
	护面工程 A4-3	护面块体预制 A4-3-1	—
		护面块体安放 A4-3-2	采用“先外侧,后内侧”,“先水下,后水上”
	上部结构 A4-4	现浇混凝土结构 A4-4-1	施工准备→测量放线→钢筋绑扎→模板安装→预埋件安装→混凝土浇筑→拆模→养护
		浆砌块石	施工准备→测量放样→挂线分皮坐浆卧砌→空隙堵塞砂浆→碎石嵌实→上下皮互相错缝、内外交错搭砌→验收

附录 B 评估单元与典型风险事件类型对照表

表 B-1 高桩码头泊位工程评估单元与典型风险事件类型对照表

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾	滑桩	滑坡
基槽及岸坡开挖 B1-1	水下基槽开挖 B1-1-1	○				○	○	○					
	陆上基槽开挖 B1-1-2				○	○							
	岸坡开挖 B1-1-3	○			○	○							○
桩基与墩台工程 B1-2	混凝土桩预制 B1-2-1		○	○		○	○						
	陆上沉桩 B1-2-2		○			○	○						
	构件水上运输 B1-2-3	○	○				○	○					
	吊桩 B1-2-4	○	○				○	○		○			
	水上沉桩 B1-2-5	○	○			○	○	○		○		○	○
	夹桩 B1-2-6	○	○		○		○			○			
	灌注桩施工平台与桩机就位 B1-2-7	○	○	○	○		○			○			○
	护筒施工 B1-2-8	○	○			○	○					○	○

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾	滑桩	滑坡
	钻孔、清渣 B1-2-9		○	○		○							
	钢筋笼 制安 B1-2-10		○	○			○	○					
	混凝土 灌注 B1-2-11		○	○	○	○		○					
	桩头处理 B1-2-12	○	○	○		○	○	○		○			
	墩台施工 B1-2-13	○		○	○	○		○		○			
上部结构施工 B1-3	预制构件 B1-3-1		○	○						○			
	施工便 桥搭设 B1-3-2	○		○	○	○	○	○				○	○
	钢引桥 制作 B1-3-3	○	○	○		○	○	○		○			
	构件 水上运输 B1-3-4	○	○					○					
	构件 吊装作业 B1-3-5	○	○				○	○		○			
	钢筋绑扎 与装设 B1-3-6	○	○	○		○							
	模板架设 与拆除 B1-3-7	○	○	○	○		○						
	混凝土 浇筑 B1-3-8	○	○	○		○		○					

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾	滑桩	滑坡
轨道、停靠船与防护设施 B1-4	轨道安装 B1-4-1		○	○		○	○						
	铁栏杆、系船柱安装 B1-4-2					○	○			○			
	护舷、爬梯安装 B1-4-3	○			○	○	○			○			
	护轮坎施工 B1-4-4	○			○	○				○			
护桩填抛 B1-5	块石运输 B1-5-1	○						○					
	块石填抛 B1-5-2	○	○			○		○				○	
接岸结构与回填 B1-6	地基处理 B1-6-1				○	○							
	现浇或砌石挡土墙施工 B1-6-2				○	○							○
	打入式挡土墙施工 B1-6-3					○	○						○
	岸坡施工 B1-6-4				○	○							○

**表 B-2 重力式码头泊位工程评估单元
与典型风险事件类型对照表**

分部工程	评估单元	淹溺	物体 打击	触电	坍塌	机械 伤害	起重 伤害	车船 伤害	爆炸	高处 坠落	火灾
基础 工程 B2-1	基槽开挖 B2-1-1	○			○	○		○			
	水下爆破 B2-1-2	○			○				○		○
	基槽抛石 B2-1-3	○	○		○	○		○			
	基床夯实 B2-1-4		○			○	○	○			
	基床整平 B2-1-5	○	○			○	○				
	潜水整平 B2-1-6	○	○	○		○					
墙身 B2-2	方块构件 预制 B2-2-1		○	○		○	○			○	
	方块吊运 B2-2-2	○	○			○	○	○			
	方块安装 B2-2-3	○	○			○		○			
	沉箱预制 B2-2-4		○	○		○	○	○		○	
	沉箱出坑、 出运 B2-2-5	○	○	○		○		○			
	沉箱水上 拖运、浮运 B2-2-6	○			○	○		○			
	沉箱安装 (浮船坞) B2-2-7	○	○			○	○	○			

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾
	扶壁构件 预制 B2-2-8		○	○		○	○	○		○	
	扶壁吊运 B2-2-9	○	○			○	○	○		○	
	扶壁安装 B2-2-10	○	○			○	○	○			
上部结构 施工 B2-3	现浇胸墙 B2-3-1	○		○	○	○					
	预制构件 B2-3-2		○	○		○	○			○	
	构件安装 或砌石 B2-3-3		○		○	○	○			○	
回填及 面层施工 B2-4	抛石棱体 施工 B2-4-1	○				○		○			
端头护 岸施工 B2-5	基槽及 岸坡开挖 B2-5-1	○			○	○		○			
	护面 B2-5-2		○			○		○			
附属设 施安装 B2-6	轨道安装 B2-6-1		○	○		○	○				
	铁栏杆、系 船柱安装 B2-6-2					○	○			○	
	护舷、 爬梯安装 B2-6-3	○				○	○			○	
	护轮坎 施工 B2-6-4	○		○		○				○	

表 B-3 板桩码头泊位工程评估单元与典型风险事件类型对照表

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾	滑桩	滑坡
地基处理 B3-1	地基处理 B3-1-1		○	○	○	○	○			○			
前墙结构 B3-2	预制混凝土板桩 B3-2-1		○	○		○	○	○					
	钢板桩制作 B3-2-2			○		○	○	○			○		
	陆上沉桩 B3-2-3		○			○	○			○		○	○
	水上沉桩 B3-2-4	○	○			○	○	○		○		○	○
	地连墙 B3-2-5			○	○	○	○			○			○
	遮帘桩 B3-2-6			○	○	○	○			○		○	○
上部结构 B3-3	基坑开挖 B3-3-1				○	○		○					
	胸墙 B3-3-2	○		○		○	○			○			
	遮帘桩导梁 B3-3-3			○		○	○						
	锚碇墙导梁 B3-3-4			○		○	○			○			
锚碇结构与拉杆 B3-4	锚碇墙 B3-4-1			○	○	○	○			○			
	灌注桩 B3-4-2			○	○	○	○			○			
	拉杆制作与安装 B3-4-3		○			○	○						

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾	滑桩	滑坡
回填与面层 B3-5	倒滤层 B3-5-1					○		○					
	土方回填 B3-5-2					○		○					○
	地基处理 B3-5-3			○		○	○						
	基地整平与碾压 B3-5-4					○		○					
	垫层与基层 B3-5-5					○		○					
	面层 B3-5-6			○		○		○					
轨道梁与轨道安装 B3-6	现浇轨道梁 B3-6-1			○		○		○					
	轨道安装 B3-6-2			○		○	○						
	车档与地锚 B3-6-3					○	○						
停靠船与防护设施 B3-7	系船柱 B3-7-1					○	○						
	橡胶护舷 B3-7-2	○				○	○						
	护轮坎 B3-7-3	○				○	○			○			
	堤头灯 B3-7-4					○	○			○			
港池挖泥 B3-8	港池挖泥 B3-8-1	○			○			○					○

表 B-4 防波堤与护岸工程评估单元与典型风险事件类型对照表

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾
基础工程 B4-1	基槽开挖 B4-1-1	○			○	○		○			
	水下抛砂 B4-1-2	○			○			○			
	水下加筋垫层铺设 B4-1-3	○	○		○	○					
	上部覆盖层施工 B4-1-4					○					
	加筋垫层整平 B4-1-5	○	○			○					
	地基加固 B4-1-6		○	○	○						
堤身工程 B4-2	构件预制安装 B4-2-1		○	○		○	○	○			
	浆砌块石 B4-2-2	○	○		○			○		○	
	水下爆炸挤淤抛石 B4-2-3				○	○		○	○		○
	堤心石抛石 B4-2-4	○			○	○		○			
	土工织物充填袋筑堤 B4-2-5	○				○					
	理坡 B4-2-6	○			○						

分部工程	评估单元	淹溺	物体打击	触电	坍塌	机械伤害	起重伤害	车船伤害	爆炸	高处坠落	火灾
护面工程 B4-3	护面块体预制 B4-3-1		○	○		○	○	○			
	护面块体安放 B4-3-2	○	○		○		○	○			
上部结构 B4-4	现浇混凝土结构 B4-4-1	○		○	○	○					
	浆砌块石 B4-4-2	○	○		○			○		○	

注：在软土地基上进行防波堤或护岸施工，以及护岸后方回填施工时，有可能出现滑坡的风险。

附录 C 港口工程常见重大致险因素分布

表 C-1 港口工程常见重大致险因素分布

港口工程类型	重大致险因素
高桩码头工程	1. 岸坡开挖 2. 水上沉桩施工 3. 水上灌注桩施工 4. 平台便桥架设与拆除 5. 水上夹桩 6. 桩头处理 7. 水上现场浇筑(桩帽、横梁施工) 8. 水上吊运及安装(梁、板、靠船构件、钢引桥吊运及安装) 9. 接岸(驳岸)工程施工 10. 软基处理
重力式码头工程	1. 水下爆破作业(水下基槽炸礁或港池炸礁、基床爆夯) 2. 潜水作业(基床整平) 3. 沉箱预制(包含大型模板架设与拆除) 4. 沉箱或方块出运下水 5. 沉箱运输与安装 6. 水上吊运及安装(沉箱、方块、钢引桥吊运及安装) 7. 大型模板架设与拆除与水上/临水现场浇筑(胸墙施工) 8. 软基处理 9. 驳岸工程施工
板桩码头工程	1. 水上沉桩施工(板桩水上沉桩施工) 2. 地下连续墙成槽施工 3. 地下连续墙钢筋笼起重吊装施工 4. 基坑开挖(胸墙、帽梁,导梁浇筑前基坑开挖) 5. 拉杆安装 6. 码头前沿挖泥

港口工程类型	重大致险因素	
防波堤及护岸工程	直立式	1. 水下爆破作业(水下基槽炸礁或港池炸礁、基床爆夯) 2. 潜水作业(基床整平) 3. 沉箱预制(包含大型模板架设与拆除) 4. 沉箱或方块出运下水 5. 沉箱运输与安装 6. 水上吊运及安装(沉箱或方块吊运及安装) 7. 软基处理 8. 板桩结构的护岸工程参照板桩码头工程
	斜坡式	1. 软基处理 2. 水下爆破作业(爆破挤淤) 3. 水上吊运及安装(护面施工) 4. 大型模板安装与拆除(大型挡浪墙浇筑)

附录 D 港口工程风险控制措施建议

表 D-1 沉箱出运风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
台车-滑道出运沉箱	1. 沉箱顶升应按确定的顶升位置摆放千斤顶,千斤顶应分级加荷、同步起升,并应控制顶升速度与高度。 2. 台车进入沉箱底部时,施工人员不得随车进入或在沉箱下作业。 3. 沉箱移运前,应对横、纵移动轨道、台车、斜架车、场地等进行检查,并清理障碍物。 4. 沉箱移运应统一指挥、缓慢启动、匀速运行,牵引绳两侧严禁站人。 5. 沉箱溜放前,应确保沿轨道运行区无障碍物、轨道螺栓齐全紧固。卷扬机、滑车、钢丝绳等牵引系统应处于正常状态。 6. 当装载沉箱的纵移车移到斜架车上后,应将纵移车与斜架车进行封固,确认各部位无误后方可溜放。 7. 沉箱沿滑道下水前,应掌握水文气象情况;波高大于等于 1m 时,不宜进行沉箱的溜放。 8. 沉箱溜放应明确指挥信号和联系方式,信号不明时不得随意操作。 9. 沉箱处于漂浮状态之前,应按规定向沉箱各舱格内注水,并满足浮游稳定的要求。
气囊出运沉箱	1. 距气囊移运作业区周边 20m 处应设置安全警戒线,无关人员不得进入施工现场。 2. 前后牵引系统、锚定设施、高压气囊等应进行受力核算。机械设备、制动系统、限位装置、通信设备等应进行检查、维修和保养。 3. 气囊移运沉箱的通道应坚实、平整,不得有尖锐物及障碍物。地基承载力应满足施工荷载的要求。通道的坡度不宜大于 2%。 4. 气囊使用前,应对额定工作压力进行充气检验。气囊实际承受的载荷应小于额定工作压力。 5. 气囊充气或放气应同步、缓慢进行,并应避免部分气囊超过额定压力。作业人员不得站在空压机输气管口或气囊充气嘴前方。 6. 利用气囊顶升沉箱时,施工人员不得进入沉箱底部作业。 7. 沉箱顶升移动时应在气囊充气嘴前方设置挡板。 8. 陆上气囊移动沉箱的前后牵引系统应配置同型号的卷扬机,牵引速度宜为 1.2~1.5m/min,且应同步作业。移运中,钢丝绳两侧不得站人,且不得跨越行走。 9. 沉箱移运过程中,信号不明或发现异常情况应立即停止移运。停滞时间超过 1h 应对沉箱进行支垫,不得长时间以气囊作为支座。

表 D-2 沉箱拖运风险控制措施建议

致险因素	风险控制措施建议
沉箱近程拖运	1. 沉箱吃水、压载和浮游稳定必须按相关规范进行验算,并满足要求。使用液体压载还必须验算自由液面对浮游稳定的影响。 2. 拖航前应对拖航沿线的航道水深、航道宽度、暗礁、浅点、渔网和水产养殖区等进行勘察,并在海图上标明。 3. 沉箱下水前应对通水阀门操作系统及沉箱、通水阀门的密封性能进行检查。沉箱下水后应进行不少于 24h 的漂浮试验,无渗漏水时,方可进行简易封舱或拖航准备。 4. 沉箱近程拖航前,应掌握中、短期水文气象预报资料。当风力不大于 6 级且波高不大于 1.0m 时,方可启航拖运。 5. 进出港航道的富余水深应大于 0.5m,航道宽度应大于 2 倍的拖轮长度。港外拖带时的水深还应考虑可能出现的波高值。 6. 拖运沉箱应根据拖力计算和水域情况,选用足够功率并有收放拖缆设施的拖轮。(狭窄航道内拖航,应充分考虑横向流压,必要时应用辅助拖轮以帮拖沉箱方式克服流压偏差) 7. 沉箱顶部应按规定设置号灯、号型,其高度不得低于 2.5m,且应明显、牢固。启航后,沉箱上不得载人。 8. 沉箱的拖曳点可采用预埋拖环或围缆。拖环、围缆、拖缆、索具的规格应满足安全拖带要求。拖环和围缆悬吊的位置应经计算确定。 9. 在沉箱拖航方向的外侧应标绘明显的吃水线。航行中,应随时观察沉箱吃水变化,并做好记录。如有异常,应迅速采取措施。 10. 若受航道水深限制,在采用半潜驳或浮船坞拖运沉箱时,应根据当地的水文气象条件充分计算好船舶稳性,并进行好封仓加固。
沉箱远程拖运	在满足上述近距离拖航条件外,还应: 1. 沉箱拖带前应对航线进行调查,制定航行计划,选好避风港,并提前与避风港取得联系。航线设计尽可能避开渔网密集区。拖航过程中要特别关注拖缆易磨损部位,对磨损部位能调整要按时调整,固定位置要采取保护措施。对不同海况和不同的海域出现断缆的情况下采取不同的应急措施要给予充分的评估。在中途锚泊避风时,因沉箱不能解脱,在选择锚地时,应充分考虑锚地的船舶密度和旋回半径,对拖轮的锚系和锚地的地质情况认真分析,根据风流情况必要时采取适当的主机转速以克服锚的抓力不足问题。 2. 要将航行计划报送海事主管部门对外发布航行通告。 3. 拖航前应掌握本次航行区间的中长期水文气象预报资料。启航后 3 天内的水文气象预报,风力不大于 6 级且波高不大于 1.5m 时,方可启航拖运。 4. 沉箱顶面应进行水密封舱,并应在封舱盖板上设置防滑、护栏等安全防护设施。盖板的结构应根据施工荷载经计算确定。 5. 沉箱拖航应配备不同类型的辅助船舶、水泵、动力设备、堵漏物质和具有海上施工经验的潜水及辅助人员等。 6. 远程拖带的沉箱舱格内宜设置自动水位报警装置,拖航中应有专人监测。 7. 夜间拖航要充分考虑沉箱上信号灯的亮度,尤其在视距不良和通航密度大的水域,必要时主拖轮或辅助拖轮应打开探照灯照亮沉箱和拖缆,以提醒过往的船只注意避让。并在公用频道随时发布拖航动态,与有避碰危险的船舶加强沟通协调,确保拖航安全。

表 D-3 沉箱安装风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
沉箱安装	1. 安装前应根据专项施工方案要求落实船机设备、吊具吊索、供电设备、水泵及相关应急设备,并做好进场验收检查工作。构件上的杂物应清理干净。 2. 认真做好安全技术交底,明确具体组织指挥人员及职责。 3. 选择合适的气象条件及海况(宜在风力不大于 6 级、波高不大于 0.8 米、流速不大于 1.0 米/秒)。 4. 沉箱拖到基床后,立即将绳扣、滑车系好。初步定位根据潮水和沉箱吃水情况,确定注水量。 5. 安装沉箱时,作业人员穿戴好防护用具,将封舱盖板上的预留孔盖好,随用随开,并清除障碍物。 6. 沉箱灌水前应检查确认灌水阀门及其操作机构、吊具吊点的可靠性;沉箱灌水下沉时,宜选在落潮时进行。在沉箱离基床面 0.3—0.4m 时,应停止注水,调整好安装位置后再继续注水,使沉箱慢慢下沉。 7. 起重船起吊安装时,应注意沉箱吊环和钢丝绳、卡环等受力情况,防止断绳伤人。 8. 起重船吊装作业时,禁止其他船舶横向穿越起重船的缆绳。 9. 采用“半潜驳+浮运+方驳定位安装”工艺时,半潜驳下潜过程中沉箱应同步注水,期间应控制下潜速度,下潜过程中沉箱不得起浮;在确认沉箱内注水满足浮游稳定压载要求后,半潜驳方可下潜至沉箱起浮预定的深度。 10. 采用“半潜驳+起重船助浮安装”工艺时,起重船在主钩挂钩、主钩预吊(第一次提供吊力)和主钩提供“助浮”起吊吊力值时,半潜驳应停止下潜。 11. 当沉箱稳落在基床,经测量合格后,立即放水充满沉箱,关闭阀门。 12. 沉箱灌水后,经 2—3 次低潮测量合格后,应立即拆除封舱盖板,并进行回填作业。 13. 沉箱安装后,顶部应设置高潮位时不被水淹没的昼夜安全警示标志。

表 D-4 沉桩施工风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
陆上沉桩	1. 轨道式打桩机的轨道铺设应平顺,两轨应采用道尺固定,枕木摆放应均匀,轨端应设置车挡。轨道不得直接压在已打完的桩顶上。 2. 桩的吊点数量、位置应根据设计要求或经计算后确定。起吊混凝土桩时,捆绑位置的偏差不得大于 20cm。 3. 打桩机应在允许的吊重和跨距范围内吊桩,桩的两端应设控制绳。 4. 吊桩入背板或套戴替打时,指挥人员应密切注视架上操作人员的站位和桩、锤移动等情况,指挥信号、手势应准确。

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
	5. 锤击沉桩过程中,指挥人员应随时观察桩、锤、替打的运行状态,发现问题应立即停锤。 6. 斜桩定位时,打桩机应缓慢变幅,变幅不得超过限值。 7. 电动振动锤使用前,应测定电动机的绝缘值,且不得小于 $0.5\text{M}\Omega$,并应对电缆芯线进行通电试验。电缆绝缘层应完好无损。 8. 振动沉桩应进行夹持力和减振效果的试验,满足要求后方可振动沉桩。 9. 振动锤的电缆线应采取有效防止磨损、碰撞的保护措施。 10. 振动系统中的螺栓均应进行封固。 11. 沉桩或拔桩时,电动振动锤的电流不得超过规定值。 12. 水冲沉桩前,应检查射水管接头绑扎、连接是否牢固。试射水时,射水头应固定牢固,施工人员应避开管路接头和水流喷射方向。 13. 水冲沉桩应根据不同土质合理控制射水嘴的入泥深度,射水嘴一次入泥不得过深。
水上沉桩	1. 施工前必须了解施工任务,察看地形,了解水深、土质、水流和气象变化情况,沿海施工要察看应急避风锚地和港口。 2. 向全体船员进行三交底:交底施工现场情况和任务;交底施工程序和质量要求;交底安全措施。 3. 水上打桩船和运桩驳驻位应按船舶驻位图抛设锚缆,并在设置浮鼓,锚缆不得互绞。 4. 船舶在陆域设置的地锚的抗拉力应满足使用要求。地锚和缆绳通过的区域应设立明显的安全警示标志,必要时应有专人看守。 5. 水上悬吊桩锤沉桩应设置固定桩位的导桩架、工作平台。导桩架和工作平台应牢固可靠,并在工作平台的外侧设置安全护栏。 6. 打桩架上的作业人员应在电梯笼内或作业平台上操作。电梯笼升降应在回至水平原位并插牢固定销后进行。不准把头、手、脚靠近龙口,不准手拉脚蹬运行中的滑轮、钢丝绳等活动物件。 7. 桩起吊前,应检查驳船溜缆、滑柄、绞车及桩的外观质量、(裂缝、凸肚)外露钢筋的长度,按规定在吊点拴扣。 8. 起吊时,桩船中心对准桩的中心,缓缓绞紧,保持桩的两端同时离开桩驳甲,并指挥桩船溜缆慢慢松出。 9. 立桩时,打桩船应离开运桩驳船一定距离,并应缓慢、均匀地升降吊钩。 10. 桩入龙口仰俯桩架时,上下配合协调,防止滑扣和锤线过紧或过松。上下不得同时作业。俯打时,离测量工和岸边较近解扣时要招呼,避免扣甩出伤人。 11. 立桩定位时,应控制浸水深度,防止桩尖触及泥面及因锚、缆而瞥桩。 12. 注意桩、锤、背板、桩帽、冲水管等上下运行的情况,发现异常状况,应立即发出紧急停止信号。 13. 打桩船作业时应随时观察锚缆附近的情况,注意其他作业船舶和人员的动态。移船时锚缆不得绊桩。如桩顶被水淹没,应设置高出水面的安全警示标志。 14. 在锤击中,必须掌握好油门绳(遥控开关)。出现不正常情况和到标高时,能立即停锤。锤击度不能超过规范。

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
	15. 在可能溜桩的地质条件下,打桩作业应认真分析地质资料,并采取预防溜桩的措施。 16. 封闭式桩尖的钢管桩沉桩应采取防止钢管桩上浮措施。在砂性土中施打开口或半封闭桩尖的钢管桩应采取防止管涌措施。 17. 工作完毕,应将锤降到规定位置,挂钩保险,收拾工索具,清理工作场所。 18. 沉桩后应及时进行夹桩。

表 D-5 灌注桩施工风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
灌注桩施工	1. 采用水上施工平台时,应定期检查工作平台结构联接锈蚀及水流对桩基的冲刷等情况,确保施工平台稳定安全。 2. 安装钻机时,应对钻机及配套设备进行全面检查,钻机安装应平稳、牢固。钻架应加设斜撑或缆风绳。 3. 钻机不得超负荷作业。提升钻头受阻时,严禁强行提拔。 4. 当钻孔内有承压水时,护筒顶应高于稳定后的承压水位 1.5~2.0m。 5. 群桩同时钻孔时,相邻施钻的孔位应保持安全距离。 6. 灌注桩成孔过程中地面发生大面积坍塌时,作业人员应及时撤离,并采取应急措施。 7. 桩位孔口的周围应设置安全护栏和安全警示标志。 8. 钢筋笼应设置吊点。必要时,应对钢筋笼采取整体加固措施。 9. 水上钢筋笼分节吊装对接宜在施工平台上设置悬吊装置。 10. 使用钻孔设备灌注混凝土应对钻架、吊架、钢丝绳和索具等进行受力验算。 11. 冲击成孔的钻机应经常检查冲锤、钢丝绳、绳卡和吊臂等的磨损或变形。开孔时,应低锤密击。正常冲击时,冲程应根据土质的软硬程度调整,最大冲程不宜超过 4m,并应防止发生空锤。 12. 作业前应检查设备正常完好运转,确认安全后方可作业。 13. 泥浆池的泥浆不得外泄,废浆处理应符合环保规定。泥浆池的周围应设置安全护栏和安全警示标志。 14. 临时用电应按照临时用电规范编制供配电方案,设置合格的供配电装置,电焊机安装二次漏电保护器,定期检查配电及用电设施的安全状况;电工、电焊工等特殊工种必须持证上岗。 15. 夜间施工时,应有足够的照明,灯具应架空或用固定支架,离地不低于 2.4m。 16. 冲击成孔的钻机应经常检查冲锤、钢丝绳、绳卡和吊臂等的磨损或变形。

表 D-6 接岸工程(驳岸)施工风险控制措施建议

致险因素	风险控制措施建议
接岸工程(驳岸)施工	1. 接岸工程(驳岸)施工前应仔细核实水文、地质情况,制定详实可行施工方案,并依据施工工况对岸坡稳定进行验算可行后实施,以确保岸坡稳定。 2. 施工时加强现场监测,以指导施工,施工现场监测委托有资质的监测单位实施,制定详细的监测方案,监测内容包括:岸坡沉降、位移、孔隙水压力和测斜等。 3. 接岸处采用爆破抛石挤淤工艺时要注意控制药量,以控制震动速率,避免对岸坡扰动太大。 4. 驳岸进行软基加固需分层加载时,应根据监测数据来组织施工,避免抛填加载程序不当,加载速率过快,产生滑移。 5. 接岸工程采用开挖换填施工时,应间隔分段分层开挖,并及时分段回填,确保分层开挖一段分层回填一段,避免回淤,确保稳定。 6. 接岸或驳岸有倒滤层时应及时施工,并及时回填。 7. 接岸为板桩结构时,应及时施作锚梁及安装张拉好拉杆再进行前方开挖。 8. 高桩码头接岸桩基施工时要注意排好打桩顺序,尽量减少打桩震动对岸坡的影响。 9. 近岸时应采用顺排间隔沉桩,低潮不打,高潮打,大潮汛不打,小潮汛打,避免在打桩时岸坡里产生较大的水位差。 10. 近岸时,适量限制每日打桩根数和累计锤击数,让土壤中因沉桩震动引起的孔隙水压力得以消散,避免超孔隙水压力的集中,以利于岸坡稳定。 11. 加快桩帽与梁板的施工进度,使码头连成整体。

表 D-7 软基处理风险控制措施建议

致险因素	风险控制措施建议
软基处理	1. 软基处理的施工场地应进行整平,3m 范围内的高差不宜大于 20cm。地基承载力较差地段应采取防止施工设备沉陷或倾覆的措施。 2. 软基处理施工前,应对施工机械、桩锤及附属设施进行检查、维修和保养,确保施工设备处于良好工作状态。 3. 陆上两台砂桩或排水板打设机械间的安全距离应大于 2.5 倍机身高度,当无法达到 2.5 倍机身高度要求时,必须采取有效的防倾倒措施。 4. 排水板打设机在斜坡上行走时,斜坡坡度不得大于设备的许用倾角。打设机不得在斜坡上回转。 5. 打设排水板过程中应随时注意套管的下沉情况,当发现下沉速度突然减缓、套管发生过量弯曲等现象时,应立即停止沉管。 6. 打设机械不得停放在潮汐、河水可能侵袭或雨季易于积水的地方。 7. 振沉砂桩或碎石桩等的桩管遇有软土层时,应控制桩管下沉速度。遇有障碍物时,应停止沉管。 8. 起吊灌料斗时应缓慢,不得碰撞桩管或打设架。 9. 向桩管内灌砂或碎石时,灌料斗的下方不得站人。操作灌料斗控制绳的人员应站在安全部位。 10. 启动振动锤或振冲器前,应发出警示信号,作业人员应撤至安全区域。

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
	11. 振冲的初始阶段应控制下沉速度。发现地面异常塌陷应及时拔出振冲器,并移开起重机。 12. 深层拌和处理机就位后,应将机架摆放平整、稳定,并采取止动措施。处理机移位应关闭电源,并由专人看护和移动电缆线。 13. 深层拌和施工时,桩架出现摇晃、偏斜等异常现象,应立即停止作业。 14. 强夯机架组装应按现行行业标准《建筑机械使用安全技术规程》(JGJ33)的有关规定设置起重机辅助门架。 15. 强夯施工应设置警戒区。警戒区的警戒范围应通过试夯确定,但不得小于起重机吊臂长度的 1.5 倍。夯击时,作业人员应撤至安全区域或采取其他可靠安全防护措施。 16. 修理夯锤或清理夯锤通气孔,应将夯锤平放于专用支墩上,不得在吊起的夯锤下方作业。 17. 履带式起重机起吊夯锤或负载行走时,总起重量不得超过允许起重量的 70%,夯锤应处于起重机的正前方,夯锤离地面的高度不得大于 0.5m。 18. 在强夯过程中发生粘性土吸锤时,夯锤不得直接强行起吊。 19. 施工人员在各类打设机架上作业时,应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》(JGJ80)的有关规定。 20. 振动锤的电缆线,宜采用悬吊方式。易磨损的部位应采用耐磨绝缘材料进行包扎防护,并定期检查。

表 D-8 潜水作业风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
潜水作业	1. 从事潜水作业的人员必须持有有效潜水员资格证书。 2. 潜水最大安全深度和减压方案应符合现行国家标准《空气潜水安全要求》(GB26123)、《空气潜水减压技术要求》(GB 12521)和《甲板减压舱》(GB/T 16560)的有关规定。 3. 潜水员使用水下电气设备、装备、装具和水下设施时,应符合现行国家标准《潜水员水下用电安全技术规范》(GB 16636)和《潜水员水下用电安全操作规程》(GB 17869)的有关规定。 4. 潜水作业现场应备有急救箱及相应的急救器具。 5. 当施工水域的水温在 5℃ 以下、流速大于 1.0m/s 或具有噬人海生物、障碍物或污染物等时,在无安全防御措施情况下潜水员不得进行潜水作业。 6. 潜水员下水作业前,应熟悉现场的水文、气象、水质和地质等情况,掌握作业方法和技术要求,了解施工船舶的锚缆布设及移动范围等情况,并制定安全处置方案。 7. 潜水作业时,潜水作业船应按规显示号灯、号型。 8. 潜水作业应执行潜水员作业时间和替换周期的规定。 9. 为潜水员递送工具、材料和物品应使用绳索进行递送,不得直接向水下抛掷。

表 D-9 水下爆破风险控制措施建议

致险因素	风险控制措施建议
水下爆破	1. 从事爆破工程的施工单位及爆破作业人员必须具有相应的爆破资质证书、作业许可证和资格证书。爆破工程施工必须取得有关部门批准。 2. 爆破作业应符合现行国家标准《爆破安全规程》(GB6722)和现行行业标准《水运工程爆破技术规范》(JTS204)的有关规定。 3. 水下拆除爆破、爆破挤淤填石、水下爆破夯实、一次起爆总装药量大于或等于 0.5t 的水下钻孔爆破,重要设施附近及其他环境复杂、技术要求高的水运工程爆破应编制爆破设计书。 4. 施工单位应按批准的爆破设计书或爆破说明书编制施工组织设计。爆破作业应严格执行施工组织设计。 5. 爆破作业前必须发布爆破通告,其内容应包括爆破地点、每次爆破起爆时间、安全警戒范围、警戒标志和起爆信号等。爆破作业必须设置警戒人员或警戒船,起爆前必须按规定发出声、光等警示信号。 6. 爆炸源与人员、其他保护对象的安全允许距离应按地震波、冲击波和飞散物三种爆破效应分别计算,取其最大值。 7. 水上运送爆破器材和起爆药包应采用专用船。当采用普通船舶时,应采取防电、防振及隔热措施,并应避免剧烈的颠簸或碰撞。运输火工材料的车辆、船舶,必须满足分舱储存,暨雷管与炸药不得混装,在无法分舱的情况下,不得同车(船)运输。 8. 投药船的稳性应满足作业需要,工作舱内或甲板上不得有明显或尖锐的突出物。电力起爆时,工作舱内不得存放任何有电源的物品。 9. 在波浪、流速较大的水域进行水下裸露爆破时,投药船应由定位船进行固定。 10. 捆扎裸露药包和配重物应在平整的地面或木质的船甲板上进行,裸露药包和配重物捆扎应牢固结实。起爆器使用前,应将其引线进行短路。 11. 裸露药包临时存放应置于爆破危险区外远离建筑物、船舶和人群的专用船或陆地上,且应派专人看守。 12. 水下炸礁裸露药包的配重物,应具有足够的确保药包顺利自沉和稳定的重量。药包表面应包裹良好,不得与礁石、被爆破物碰撞或摩擦。 13. 安放水底的裸露药包不得拖曳。药包出现漂浮或其它异常现象时,不得起爆。 14. 水下电爆网路的主线和连接线应采用强度高、电阻小、防水和柔韧性好的绝缘胶线。在波浪、流速较大的水域中,爆破主线应呈松弛状态,并扎系在伸缩性小的导向绳上。 15. 投药船离开投放药包的地点前,潜水员必须严格检查船底、船舵、螺旋桨、缆绳和其它附属物是否挂有药包、导线等。 16. 水下爆破引爆前,潜水员必须回到船上,警戒区内的所有船舶和人员必须移至安全地点。 17. 水下钻孔爆破采用边钻孔边装药的施工方法时,必须采取可靠的隔绝电源和防止钻孔错位等安全措施。 18. 非抗水的散装炸药用金属或塑料筒加工成水下钻孔药筒,采用沥青或石蜡封口时,筒口应采取隔热措施。 19. 水下深孔分段装药时,各段均应装设起爆药包。各起爆药包的导线应标记清楚。 20. 提升套管、护孔管或移船不得磨碰、损伤起爆导线。在水流和波浪较大的水域中,孔口段的导线应用耐磨材料包裹防护。 21. 水下爆破施工必须经常对钻爆船的杂散电流进行监测。当爆破区的杂散电流大于 30mA 或爆破区在高压线射频电源影响范围内时,严禁采用普通电雷管起爆。 22. 采用钻孔爆破船施工时,临时存放的炸药和雷管必须分舱放置,严禁混放。

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
	23. 水下安放爆炸挤淤的药包宜采取逆风或逆流布药。水下药包布设后,必须采取固定措施,药包不得随水流或波浪摆动。起爆导线应采用双芯屏蔽电缆。 24. 爆炸挤淤后理坡时,应对爆填形成的“石舌”进行检测,并采取防止石体坍塌的措施。 25. 在覆盖水深度小于3倍药包半径的卵石河床上裸露爆破时,爆炸源与人员、其它保护对象之间的安全距离,应与地面裸露爆破时的计算相同,并取最大值。 26. 爆破后应检查是否有盲炮。发现盲炮应立即进行安全警戒,并及时报告处理。电力起爆前发生盲炮应立即切断电源并将爆破网路短路。 27. 遇以下恶劣天气、水文情况时,应停止爆破作业,所有人员应立即撤到安全地点:(1)热带风暴或台风即将来临;(2)雷电、暴风雪来临;(3)雾天能见度不超过100m;(4)风力超过6级、浪高大于0.8m;(5)水位暴涨暴落。

表 D-10 大型预制构件安装风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
大型预制构件安装	1. 施工任务下达后,首先到现场察看地形,了解水深、水流和气象变化情况。并了解起吊物件、构件的确切重量、高度和跨距。 2. 起重绳索必须进行受力计算,索具、滑车等必须根据计算结果合理选配。起重吊装所使用的钢丝绳及索具,必须有具备生产资质的制造厂商提供的出厂合格证和材质证明,钢丝绳的断丝数量少于报废标准,但断丝聚集在小于6倍绳径的长度范围内或集中在任一绳股里,亦应予以报废。吊装前,必须对其进行检查。 3. 吊安大型水下混凝土构件的吊具宜采用锻造件。采用焊接件应对焊口进行探伤和材质检验。 4. 船舶在陆域设置的地锚的抗拉力应满足使用要求。地锚和缆绳通过的区域应设立明显的安全警示标志,必要时应有专人看守。 5. 起重吊装作业应明确作业人员分工,专人指挥,统一指挥信号。明确联络指挥信号后,指挥者语音要清楚,手势要正确。操作者没有听清看准,不要行动。 6. 起重船、机起吊构件时,驻位应得当。起吊异型构件应根据构件的重量、重心和吊点位置计算、配置起重绳索,并进行试吊。 7. 起重吊装作业时,指挥和操作人员不得站在建筑物或构件边缘、死角等危险部位。 8. 起重作业时,应严格遵守十不吊:(1)斜吊不吊。(2)超载不吊。(3)散装物装得太满或捆扎不牢不吊。(4)指挥信号不明不吊。(5)吊物边缘锋利无防护措施不吊。(6)吊物上站人不吊。(7)埋在地下的构件不吊。(8)安全装置失灵不吊。(9)光线阴暗看不清吊物不吊。(10)六级以上强风无防护措施不吊。 9. 大型构件安装应编制专项施工方案,并进行典型施工。 10. 构件起吊后,起重设备在旋转、变幅、移船和升降时应缓慢、平稳,吊安的构件或起重船的锚缆不得随意碰撞或兜曳其他构件、设施等。 11. 吊安大型构件时,吊索受力应均匀,吊架、卡钩不得偏斜。 12. 大型构件装驳应根据驳船的稳性和构件安装时的起吊顺序绘制构件装驳布置图,并按构件装驳布置图装船。构件装船后应根据工况条件进行封固。

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
	13. 开始起吊应缓慢,待正常后方可加速,避免骤停,突起造成的滑扣、断扣,发生危险。 14. 大型构件安装宜使用起重船上的绞缆机钢丝绳控制其摆动。 15. 工作中随时注意各仪表、温度、压力的读数,经常检查机械运转是否正常。如发生故障不能排除,应报告指挥人和轮机长。 16. 待构件稳定且基本就位后,安装人员方可靠近。 17. 受风浪影响的梁、板、靠船构件等安装后,应立即采取加固措施,避免坠落。 18. 吊安消浪块体的自动脱钩应安全、可靠。起吊时应待钩绳受力、块体尚未离地、挂钩人员退至安全位置后方可起升。 19. 用自动脱钩起吊的块体在吊安过程中严禁碰撞任何物体。 20. 刚安装的扭王字块、扭工字块、四角锥等异型块体上不得站人。需调整块体位置应采用可靠的安全防护措施。 21. 操作时发觉对起重船(机)、人员、机械设备等安全有威胁时,司机可紧急停止作业,报告指挥人员采取措施。 22. 等待或休息时间过长,不得将重物吊在空中,长距离拖船禁止钩上吊重物。 23. 工作完毕,要妥善安排船舶停泊位置和锚缆系统,搭好跳板,挂好安全网,降下工作信号,显示规定信号,并且整理甲板,清除油污,冰霜季节和雨天要采取防滑措施。

表 D-11 水上现场浇筑风险控制措施建议

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
水上现场浇筑	1. 大体积混凝土构件浇筑前,应对侧模、底模、承重结构和支撑结构进行强度、刚度及稳定性验算。 2. 现场浇筑混凝土时,应避免在风暴来临前浇筑。根据水位情况考虑风浪对模板和未达到设计强度混凝土的不利影响,应采取相应的保护措施。 3. 检查作业场所电气设备安装是否符合用电安全规定,夜间作业点是否有足够的照明和安全电压工作灯。 4. 混凝土运输及泵送设备进场时,应有专人进行指挥。 5. 使用陆上泵送混凝土,必须按照泵送设备安全操作规程进行操作; 6. 使用水上搅拌船进行混凝土浇筑,除必须按照混凝土搅拌船安全操作规程进行操作外,还应密切注意天气情况,同时加强与周边作业船舶沟通配合。 7. 用吊罐浇筑时,速度应缓慢,且必须等吊斗停稳后方可下料,要避免吊斗碰撞平台上作业人员的现象。 8. 使用振捣棒应穿胶鞋、带绝缘手套,湿手不得接触开关,电源线不得有破皮漏电。混凝土振捣器的配电箱应安装漏电保护装置,接地或接零应安全可靠。 9. 使用覆盖物养护混凝土时,预留孔洞周围应设置安全护栏或盖板,并设置安全警示标志,不得随意挪动。 10. 洒水养护混凝土应避免配电箱和周围电气设备。

表 D-12 地连墙成槽施工风险控制措施建议

致险因素	风险控制措施建议
地连墙成槽施工	1. 作业前对作业人员进行安全技术交底,并对识别的风险予以告知。 2. 根据项目特点,对风险进行识别,编制项目风险辨识清单,对于重大风险制定控制措施。 3. 施工前充分了解施工现场的地形、地质、气象和水文资料,临近建筑物和地下障碍物相关资料。 4. 临近水边的地连墙施工,应采取防止波浪和潮水越顶对地连墙造成损坏的措施。 5. 预防槽壁坍塌,配置达到护壁效果的泥浆性能指标,设置水位观测并采取措施适当降低地下水位,根据地质地层条件选择成槽施工工艺和设备,导墙下软弱土层采取固结措施,控制成槽斗体抓槽速度防止对槽壁产生扰动,槽内泥浆液面高出地下水位 0.5m 以上。 6. 地连墙施工前,对地基进行处理,地基承载力满足设计要求。地基承载力较差的地段采取措施防止施工设备沉陷或倾覆的措施。 7. 地连墙成槽施工时加强对临海侧的围堰或护岸进行位移、沉降检测。 8. 导墙要对称浇筑,强度达到 70% 后方可拆模,并要及时设置支撑,导墙达到设计强度以前,重型机械不得在旁边行走。 9. 安放接头管过程中如发现因坍方而导致接头管无法沉至设计位置时,不准强冲,应修槽后再放。 10. 地连墙成槽过程中地面发生大面积坍塌时,作业人员应及时撤离,并采取应急措施。 11. 地连墙成槽周围应设置安全护栏和安全警示标志。 12. 作业前应检查设备正常完好运转,确认安全后方可作业。 13. 泥浆池的泥浆不得外泄,废浆处理应符合环保规定。泥浆池的周围应设置安全护栏和安全警示标志。 14. 临时用电必须按照施工组织设计施工,电工、电焊工等特殊工种人员必须持证上岗。 15. 夜间施工时,应有足够的照明,并经二级漏电保护,灯具应架空或用固定支架,离地不低于 2.4m。

表 D-13 地连墙钢筋笼吊装施工风险控制措施建议

致险因素	风险控制措施建议
地连墙钢筋笼吊装施工	1. 吊装作业前对作业人员进行安全技术交底,并对识别的风险予以告知。 2. 根据项目特点,对风险进行识别,编制钢筋笼吊装风险辨识清单,对于重大风险制定控制措施。 3. 施工前充分了解施工现场的地形、气象和水文资料,临近建筑物和地上附属物相关资料。 4. 编制钢筋笼吊装起吊专项施工方案,吊放钢筋笼要根据吊装计算书,合理选用设备和起吊索具,确保吊装安全。 5. 吊装前,地基承载力满足吊装重物设备运行的要求。地基承载力较差的地段采取措施防止吊装设备沉陷或倾覆的措施。

致 险 因 素	风 险 控 制 措 施 建 议
	6. 钢筋笼应设置吊点,必要时,应对钢筋笼采取整体加固措施,满足吊装要求。 7. 吊放过程中若遇到槽壁坍塌,不得强行下冲,需吊出经修槽后再下放。 8. 钢筋笼应设置稳固的吊点,必要时,应对钢筋笼采取整体加固措施。 9. 钢筋笼起吊过程设置专人指挥,开展经常性安全教育。 10. 当风力大于 6 级时,不得进行钢筋笼吊放作业。 11. 应经常检查起重设备钢丝绳、绳卡的磨损和变形情况。 12. 作业前应检查设备正常完好运转,确认安全后方可作业。

本指南用词说明

执行本指南条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便于在执行中区别对待。

(1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

条 文 说 明

本条文说明是对重点条文的编制依据、执行中应注意的事项等予以说明,未包含全部条文。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原文。

1 总则

1.2 本指南适用对象为新建的沿海港口工程中码头、护岸及防波堤,主要是考虑码头、护岸及防波堤是沿海港口工程最主要的水工工程。港区道路和堆场工程、临时工程(临时围堰、临时码头、大型构件临时预制场)、引桥工程、施工平台、港机设备安装工程等附属工程可参考借鉴本指南的方法开展施工安全风险评估;改扩建沿海港口工程由于施工安全风险因素的多样性和复杂性,也可参考借鉴本指南的方法,结合改扩建的特有风险开展施工安全风险评估。

1.3 港口工程风险评估按工程实施阶段分为设计风险评估和施工风险评估。对于港口建设项目整体安全风险应当在设计风险评估环节完成。本指南主要是针对实施环节中重点水工结构工程等进行施工安全风险评估。

总体风险评估旨在评估港口工程项目水工主体结构的整体风险,为建设单位安全管理力量投入、资源配置、施工单位选择等方面提供决策支持,可由项目建设单位根据港口工程项目规模、特

点、同类项目建设管理经验及风险初步预判情况等确定是否开展，不作为施工安全风险评估工作的强制性要求。对于一些建设规模大、自然环境条件复杂、建设条件复杂、施工工艺复杂的港口工程项目(见 3.1.2)，建议开展总体风险评估。

专项风险评估是施工安全风险评估的核心，可分为施工前专项风险评估、施工过程专项风险评估和风险控制预期效果评价。港口工程分部分项工程开工前，应完成施工前专项风险评估；重大致险因素存在遗漏、施工过程中出现新的致险因素、致险因素发生了重大变化或有关法律、法规、标准提出了新的要求，应开展施工过程专项风险评估；对于风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节，应开展风险控制预期效果评价。

评估的类型、时间、承担单位见表 1。

表 1 港口工程施工安全风险评估

评估类型		时间节点	承担单位
总体风险评估		施工图设计完成后、项目招投标前(最迟不得晚于项目开工前)	建设单位组织或委托第三方完成
专项风险评估	施工前专项风险评估	分部分项工程开工前	施工单位成立评估小组或委托第三方完成
	施工过程专项风险评估	重大致险因素存在遗漏、施工过程中出现新的致险因素、致险因素发生了重大变化或有关法律、法规、标准提出了新的要求	
	风险控制预期效果评价	风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节，采取风险控制措施、完成典型施工后	

专项风险评估责任单位是施工单位,但考虑到港口工程施工在专业上具有特殊性和复杂性,当在施工单位自行组织评估小组困难时,可委托第三方(具有风险评估经验的专业评估机构)完成。

1.4 为避免因评估方法不同可能导致的评估结果不一致,必要时可选择采用多种方法比对验证风险评估结果。本指南提出两种总体风险评估方法,根据项目的实际情况选择。专家调查法的关键是基于专家丰富的实践经验。专家要充分了解项目基本情况,独立、公正、客观地开展风险评估。项目建设单位在选择专家时,要兼顾港口工程勘察、设计、施工等各方面因素,确保评估小组内各成员之间专业特长的互补性,特别是要充分了解专家组长人选的专业背景、技术能力、行业权威性,在确定评估结论时,当个别专家意见出现分歧时,组长应发挥最终决策和把关作用。在评估小组人员类似工作经验不足的情况下,可选择指标体系法。

1.6 建议将风险评估与风险监控量测相结合,实现对施工过程风险的动态预控。

3 总体风险评估

3.1 一般要求

3.1.1 为了施工组织方便,港口工程项目往往被划分为多个具有独立使用功能的水工主体结构,基于减少风险评估频次、提高工作效率的考虑,功能相同、位置相邻、条件相似的两个或多个具有独立使用功能的水工主体结构可作为一个评估对象。

3.1.2 正面遭受台风是指当地气象部门发布台风红色预警,

受台风影响是指当地气象部门发布台风橙色预警。此时相关水域水上作业和过往船舶应回港避风,加固港口设施,防止船舶走锚、搁浅和碰撞;应加固或者拆除易被风吹动的搭建物,人员应当尽可能待在防风安全的地方。

3.1.3 总体风险评估应尽可能收集原有的勘察设计资料,除依据现行的相关规范外,现场调查是重要的工作内容,评估小组应对港口工程的水文地质条件、周边环境条件的影响进行全面调查。

3.2 专家调查法

3.2.1 专家调查法,是专家针对工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性等内容,分别进行风险评估,再综合各专家的评估结果提出评估小组的评估结果。

3.2.2 采用专家调查法时,工程参建单位可参与风险评估工作,帮助专家了解项目实际情况。

3.2.3 本指南对风险等级统一采用了四级划分,评估小组每个成员对工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性 5 个项别同样按 4 个风险等级分别给出评估分值。引入专家信心指数后,每个专家打分 D_r 不一定是整数,按四舍五入的原则划分等级。

所谓信心指数就是专家在做出相应判断时的信心程度,也可以理解为该数据的客观可靠程度。这意味着将由专家自己进行数据的可靠性或客观性评价,这就会大大提高数据的可用性,也可以扩大数据采集对象的范围。通过这种方法,可以挖掘出专家调研

数据的深层信息。即使数据采集对象并非该领域的专家,只要他对所做出的判断能够有一个正确的评价,那么这个数据就应该视为有效信息。

专家在给出信心指数时,一方面要考虑对工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性 5 个项别的专业知识的熟悉程度,另一方面要考虑对港口工程项目相应内容资料的掌握程度。当专家给出的评估分值较高,而相应的信心指数较低时,专家应予以书面说明。

3.2.4 评估小组评估结果,是在各专家评估等级的基础上取平均值,即将各专家评估的 Dr 累加再除以专家总数得出平均的,按四舍五入的原则划分港口工程施工安全风险等级,反映了评估小组的集体意见。

专家类似工作经验,对评估结果的影响极大。考虑到专家所从事的专业各有所长,为防止对不熟悉的内容评估不合理,本指南引入专家信心指数对评估结果进行调整。

3.3 指标体系法

3.3.1 指标体系法选取指标应遵循以下原则:

- (1)科学性。指标应能客观和真实地反映施工安全风险的大小。
- (2)层次性。对于复杂的评估问题,采用分层处理的方法不仅结构清晰,易于理解和分析,而且逻辑性和科学性强。因此,评估指标构建时应进行层次性分解。

- (3)全面性。选取的指标应尽可能涵盖影响施工安全风险的

各个方面,重要指标没有遗漏。

(4)代表性。指标应便于定性描述和定量分级。

(5)独立性。各指标之间应相互独立,保证同一指标因素不会重复计算。

本指南根据工程复杂程度、施工环境、地质条件、气象水文、资料完整性将总体风险评估指标体系分为五个项别,这些指标是影响港口工程施工安全风险水平的大项,在此基础上,进一步细化提出评估指标,主要考虑可量化和细分的评估指标,便于操作。本指南提出的评估指标依托了交通运输部软科学研究项目“复杂条件下港口工程施工安全风险评估制度及试点研究”的研究成果。

3.3.3 权重系数反映了评估指标对风险影响的程度,目前还没有一种方法能准确确定其数值。重要性排序法是目前确定权重方法中最简单又相对科学的一种方法,便于基层一线建设、施工单位等使用,对于第三方专业评估机构可采用层次分析法、复杂度分析法等其他方法确定权重,必要时可采用多种方法确定权重并进行比对。

重要性排序法,是对评估指标按重要性排序(即确定指标权重的过程),视相邻指标权重系数差值相同,具有一定的合理性和科学性。采用重要性排序法,可根据表 2 选取权重系数进行简化处理。

当出现两个或多个指标重要性相同时,则其指标权重可根据表 2 确立的权重系数进行均等化处理。

表 2 重要性排序法权重系数表

指标 项目 数量	权重 系数	指 标 重 要 性 排 序															总权重
		第一 项	第二 项	第三 项	第四 项	第五 项	第六 项	第七 项	第八 项	第九 项	第十 项	第十 一项	第十 二项	第十 三项	第十 四项	第十 五项	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
第一项	γ	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第二项	γ	0.75	0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第三项	γ	0.56	0.33	0.11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第四项	γ	0.44	0.31	0.19	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第五项	γ	0.36	0.28	0.20	0.11	0.05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第六项	γ	0.31	0.25	0.19	0.14	0.08	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第七项	γ	0.27	0.22	0.18	0.14	0.10	0.06	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第八项	γ	0.23	0.20	0.17	0.14	0.11	0.08	0.05	0.02	—	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第九项	γ	0.21	0.19	0.16	0.14	0.11	0.09	0.06	0.03	0.01	—	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第十项	γ	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.05	0.03	0.01	—	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第十一项	γ	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07	0.06	0.04	0.03	0.01	—	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第十二项	γ	0.16	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.02	0.01	—	—	—	$\sum \gamma = 1$
第十三项	γ	0.15	0.14	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	—	—	$\sum \gamma = 1$

权重系数确定也可参考层次分析法和复杂度分析法计算权重。

层次分析法大体可分为四个步骤：

- (1)建立问题的递阶层次结构；
- (2)构造两两判断矩阵；
- (3)由判断矩阵计算被比较评估指标的相对权值；
- (4)计算各层次因子的组合权重。

对于 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 个评估指标,得到判断矩阵如表 3 所示。

表 3 判断矩阵表

	x_1	x_2	$\dots$	x_n
x_1				
x_2				
$\dots$				
x_n				

采用美国匹兹堡大学运筹学家 T. L. Saaty 教授提出的 1-9 标度进行评价指标的两两比较,得到判断矩阵,标度的定义如表 4 所示。

表 4 标度的定义

标 度	定 义
1	表示两个因素相比,具有同等重要性
3	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素更为重要
9	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断之中值,表示重要性判断之间的过渡性
倒数	因素 i 与 j 比较得到判断 b_{ij} ,则因素 j 与 i 比较的判断 $b_{ji} = 1/b_{ij}$

利用方根法计算出各判断矩阵的最大特征值 λ_{max} 和特征向量 ω 后,最大特征值用于一致性检验,特征向量为所求的各因素的权重。

检验指标记为 CR ,当 $CR < 0.1$ 时就认为判断矩阵具有满意的一致性,具体的检验公式为:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

式中, CI 为判断矩阵的一般一致性指标,计算方法为:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n 为判断矩阵的阶数;

RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标,取值根据矩阵的阶进行确定,具体如表5所示。

表5 平均随机一致性指标 RI 取值表

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI 值	0	0	0.58	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

复杂度分析法的基本思想是:如果某评估指标愈复杂、变化愈大,则它对总体质量的影响就愈大。故可根据各评估指标的复杂程度,引入复杂度的概念,并由复杂度分布归一化后,求得它的权重分布。

复杂度的计算式为:

$$C_j = \frac{2(G_{jm2} - G_{j1} - G_{j2})(G_{j2} - G_{j1})}{(G_{jm2} - G_{jm1})}$$

式中： C_j —评估指标的复杂度；值愈大愈复杂，反之愈简单。

G_{jm2} 、 G_{jm1} —该评估指标地区性的最大、最小值；

G_{j2} 、 G_{j1} —评价港口工程某评估指标的大小实测数据。

其计算步骤：

第一步：确定评估指标，并计算各评估指标的 G_{jm2} 、 G_{jm1} 与 G_{j2} 、 G_{j1} 值；

第二步：由第一步表中数据计算各评估指标的复杂度；

第三步：求权重。

权重的计算表达式为：

$$W = \frac{1}{\sum} [C_1, C_2, C_3, C_4]$$

3.3.4 总体风险评估步骤包括：

第一步：成立评估小组。由评估单位按有关规定和要求成立评估小组；

第二步：收集勘察设计资料和现场调查。评估小组收集齐全各种与项目有关勘察设计等基础资料后对现场进行调查。现场调查从地形地质条件、气象水文条件、环境条件、诱发因素、周边建筑物的影响等因素进行调查。有条件的情况下建议开展补充勘察。

第三步：确定评估对象。港口工程的评估对象，应参照本指南的规定，结合港口工程的实际情况和本地建设管理经验，确定评估对象；

第四步：建立指标评估体系及重要性排序。评估小组根据评估对象的具体情况，选取指标建立评估指标体系，并合理进行重要

性排序；

第五步：确定权重系数和计算评估指标分值。根据评估指标和重要性排序按公式(3-2)确定权重系数和计算评估指标分值；

第六步：评估指标分值汇总和风险等级划分。根据式(3-3)计算F，根据表3-5进行风险等级划分。

第七步：编写总体风险评估报告。按本指南格式要求编写总体风险评估报告，提出专项风险评估对象的建议。

3.3.5 风险评估指标并不是越多越好，应突出风险因素特点，选择重要的指标进行评估，评估结果才能更准确、可靠。评估指标的权重对评估结果影响很大，对指标的重要性排序，应结合工程具体情况，由评估小组组长组织专家集体讨论确定，避免单个或少数评估小组成员自行确定。评估小组组长在确定权重的过程中具有较大的作用，可根据专家集体讨论情况，对指标重要性排序及权重进行适度调整。

3.3.6 指标分值采用百分制，根据指标的具体情况分成2~4个等级，分值越高，表示该指标反映的风险越高。指标取值由评估小组根据工程实际和指标具体情况，采用插值法等方法，集体讨论确定。根据工程的具体情况，结合地区经验，指标的数值区间可适当调整。

安全生产风险是生产经营活动的固有属性，是伴随安全生产过程中的不可完全消除的一种不确定性，“安全是相对的，风险是永存的”，对于“机具状态”“船机适用性”等指标，即便评估结果为“好”，依然具有风险，需要根据机具性能状态、使用年限、日常维护

情况等综合判断,在对应的分值范围内合理取值。

3.3.7 目前,施工安全总体风险分级划分标准,是根据有限的试点应用实例提出的,试点应用表明,评估结果分级呈现正态分布的特点,评估结论与工程实际是契合的,同时随着样本数的增多,也可适时调整。若出现1个或多个重要性指标(如:权重大、对施工安全风险影响不能忽略的指标;指标取值变化会对评估结果影响大的敏感指标;组合后对风险影响大的指标)取最大值,可适当调高风险等级。安全风险等级从高到低划分为重大风险、较大风险、一般风险和较小风险,与公路桥梁隧道高边坡施工安全总体风险等级从高到低划分为极高风险、高度风险、中度风险和低度风险是一致的。

4 专项风险评估

4.1 一般要求

4.1.1 专项风险评估是对致险因素导致风险事件发生的风险开展评估,致险因素是指可能导致风险事件发生的直接因素,如:自然灾害、地质水文条件、作业环境、技术方案、施工设备、危险物质、作业活动等;港口工程施工风险事件主要在作业活动过程中发生,通过人为的风险管控措施,作业活动的风险可以得到有效控制,同时,作业活动是由许多作业环节组成,其中一些作业复杂、自身固有风险大、受各种外界因素影响大等的工序以及工序组合作为关键作业环节是安全风险管控的关键,因此本指南确定专项风险评估以关键作业环节为评估对象。

专项风险评估旨在评估施工作业过程中具体作业活动的安全

风险,将关键作业环节作为专项风险评估对象,准确评估各关键环节的施工安全风险,进而有针对性的采取安全措施控制风险,将能有效保障施工作业人员安全,避免直接经济损失。

对于开展了总体风险评估的港口工程项目,专项风险评估应参考总体风险评估结论中的总体风险等级以及建议的专项风险评估对象(关键作业环节),必要时总体风险评估中一些分值取高的重要性指标也要在专项风险评估中加以关注。

4.1.4 专项风险评估具有动态特性,当重大致险因素存在遗漏、施工过程中出现新的致险因素、致险因素发生了重大变化或有关法律、法规、标准提出了新的要求,施工安全风险可能与关键作业环节开工前评估的专项风险不同,有必要重新开展专项风险评估,即施工过程专项风险评估。

4.1.5 对于风险等级为较大风险(Ⅲ级)及以上的关键作业环节,为不期望或不可接受的风险,必须采取风险控制措施降低到可接受的范围,有必要对风险控制措施的落实情况及其预期效果进行评估,即风险控制预期效果评价。

4.2 风险辨识

4.2.1 专项风险评估覆盖施工全过程,不同阶段进行评估的重点不同,风险辨识的依据不同。施工过程中的动态风险评估,主要依据现场调查资料、施工记录及施工过程中的检测监测资料。

4.2.8 港口工程的典型风险事件类型的划分(见附录 B),基于这些典型风险事件开展风险评估。

4.3 风险分析

4.3.1 物的不安全状态引起的风险事件分析可从如下几个方面考虑:

(1)地质条件变化,主要是分析设计文件中所依据的地质资料和现场开挖揭露的实际地质情况的差异。当地质条件变化较大时,原工程措施可能不当、不足,从而产生较大的施工安全风险。

(2)施工方案,主要分析港口工程的关键作业环节,分析其施工方法和工艺是否得当、相互间的施工工序与衔接是否合理。

(3)施工环境方面存在的致险因素,主要调查和分析施工场地周边的建筑物、构筑物、埋藏物、管道(油、气、水)、缆线、民防设施、铁路、公路、外电架空线路、地下水体、地表水体等可能造成安全事故的外部环境。

(4)施工设备,主要分析港口工程施工所用的可能造成生产安全事故的施工机械设备。

(5)施工材料,主要分析材料过期、失效等质量问题,施工中可能遇到的有毒有害、易燃易爆等物质。

(6)自然灾害,主要分析生产、生活区域可能受到暴雨、洪水、泥石流、雷电、冰雹、大风、雨雪等突发自然灾害造成的风险。

4.3.2 人的不安全行为引起的风险事件分析

(1)操作错误。不按设计文件和施工组织要求的顺序施工;偷工减料、偷工减序、设备操作错误、易燃易爆品操作不当、多人配合作业不协调、空中抛掷物件、材料工具存放不当、桩孔内人员扒绳(钩)上下等。

(2)违反安全规程。高处作业没有个人安全防护用品(安全

带、安全帽、安全网)、水上(临水)作业未穿救生衣、设备带病运转不维修、桩(坑)孔口等没有安全防护、设备外露旋转部分不加防护罩、岸坡安全监测不到位等。

(3)管理缺陷。主要从制度管理和现场管理两方面分析:

1)制度管理:从安全管理机构、安全管理人员配备、安全管理责任制、安全培训、安全投入、事故处理、事故应急预案等方面分析。

2)现场管理:现场安全巡查、安全隐患查处和事故应急处理等方面分析。

4.3.4 风险分析方法

(1)风险传递路径法

港口工程施工安全管理失误的风险传递路径,如图1所示。

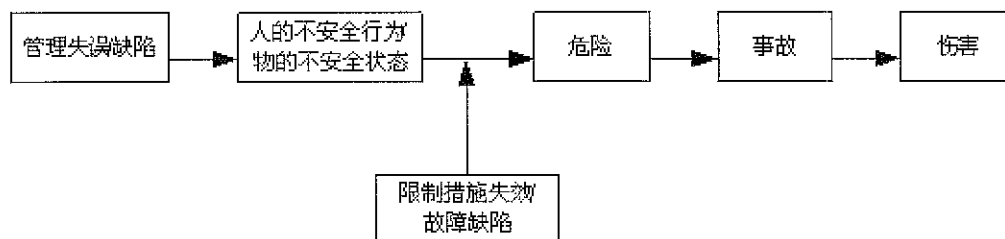


图1 港口工程施工安全管理失误风险传递路径

针对港口工程施工的特点,对港口工程施工安全管理失误风险传递路径细化,可知:风险从原因事件向结果事件传递,其表现形式由最初单一的、确定的管理失误(D)分化到若干不同的危险形态(H_1 、 H_2 、……、 H_n)并导致事故发生,最终发展到多样的、程度不一的伤害(I_{111} 、 I_{112} 、……、 I_{mn})。港口工程施工安全风险传递路径细化见图2。

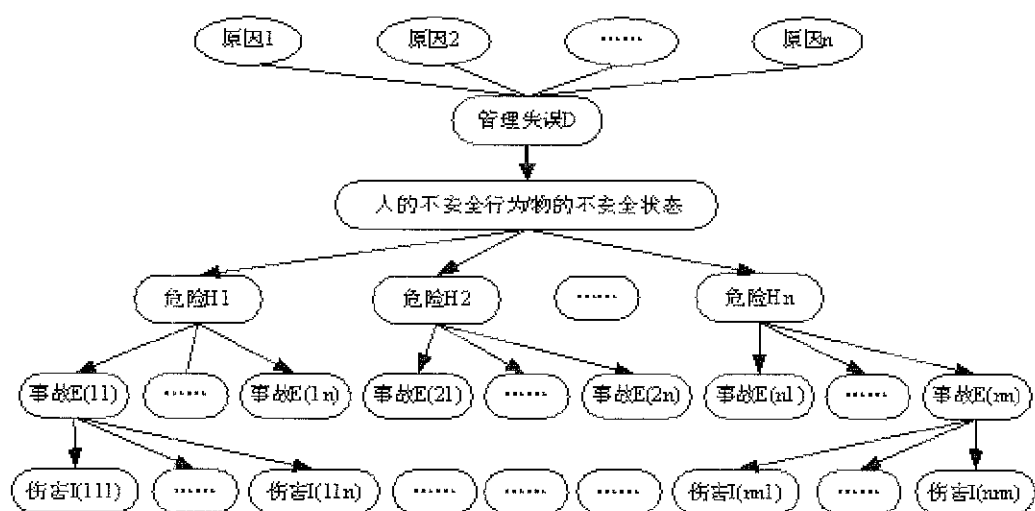


图2 港口工程施工安全风险传递路径细化图

(2) 鱼刺图法

鱼刺图法是把系统中产生事故的原因及造成的结果所构成的因果关系,采用简单的文字和线条加以全面表示的方法。由于分析图的形状像鱼刺,故称“鱼刺图”(见图3)。

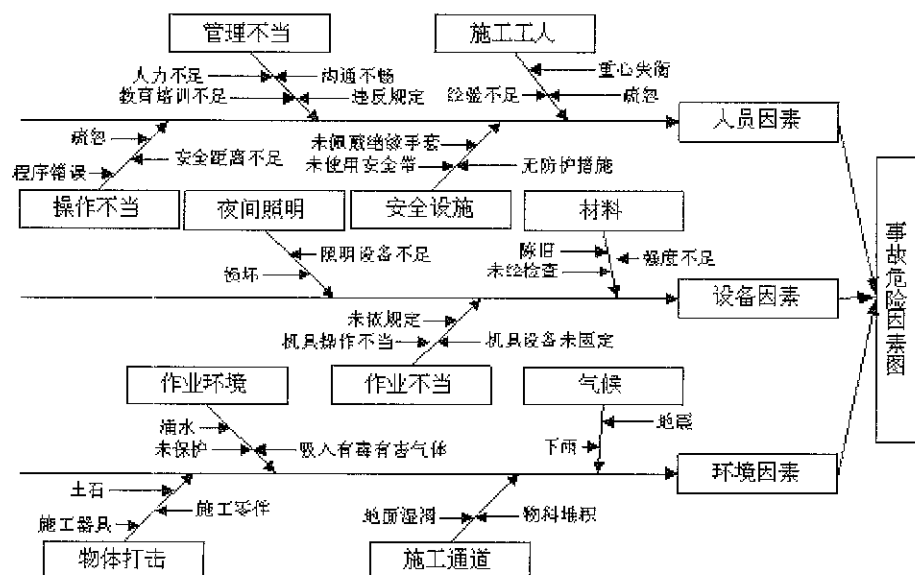


图3 港口工程施工安全风险鱼刺图法

制作鱼刺图分两个步骤：分析问题的原因及结构、绘制鱼刺图。

1) 分析问题原因及结构：

- ① 针对问题点，选择层别方法（如人、机、料、法、环等）；
- ② 按头脑风暴分别对各层别找出所有可能原因（因素）；
- ③ 将找出的各因素进行归类、整理，明确其从属关系；
- ④ 分析选取重要因素；
- ⑤ 检查各要素的描述方法，确保语言简明、意思明确。

2) 鱼刺图绘制过程：

- ① 填写鱼头（要解决的问题）；
- ② 画出主骨（影响结果主要概况因素）；
- ③ 画出大骨，填写大要因；
- ④ 画出中骨、小骨，填写中小要因。

在绘制鱼刺图时应召集建设、施工、监理、第三方评估单位（如有）等相关人员共同分析，将所要解决问题遵从面-线-点依次细化。

(3) 故障树分析法

故障树就是将系统的失效事件（称为顶上事件）分解成许多子事件的串、并联组合。在系统中各个基本事件的失效概率已知时，沿故障树图的逻辑关系逆向求解系统的失效概率。故障树是一种特殊的树状逻辑因果关系图，它用规定的逻辑门和事件符号描述系统中各种事物之间的关系。故障树的编制要求分析人员十分熟

悉工程系统情况,包括工作程序、各种参数、作业条件、环境影响因素及过去常发事故情况等。

故障树解决问题的步骤大致如图 4 所示:

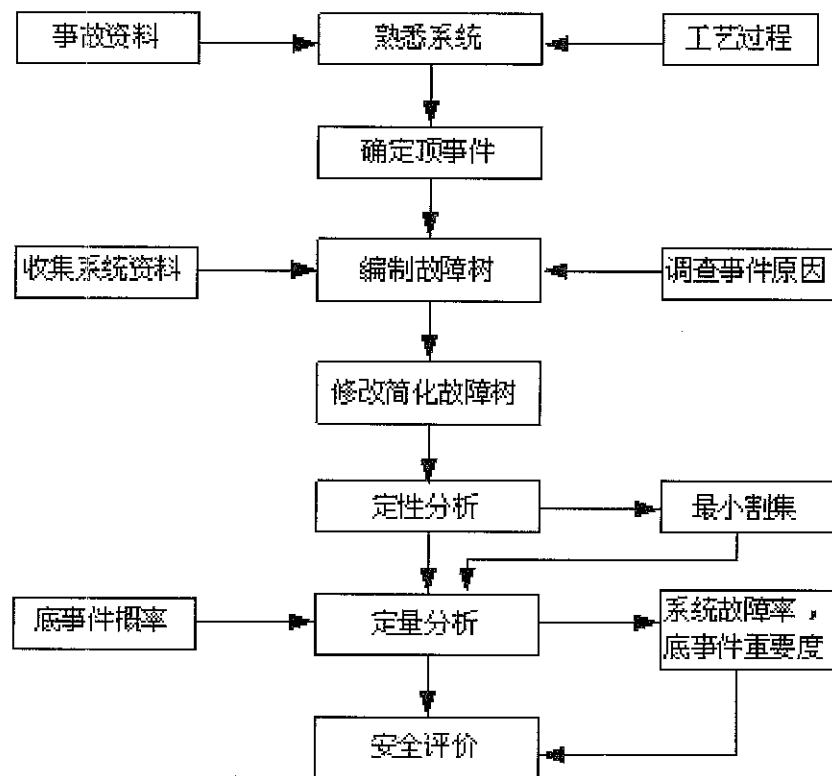


图 4 故障树分析流程图

故障树的绘制见图 5,要分析的对象即为顶上事件(施工安全事故),按逻辑关系可向下罗列顶上事件发生的一级条件及原因(港口工程事故),一级是条件及原因转换为一级事件,再先下罗列二级事件及原因(A_1 、 A_2 …… A_n 及 B_1 、 B_2 …… B_n),依次类推直至事故的基本事件(A_{11} 、 A_{12} …… A_{nm} 及 B_{11} 、 B_{12} …… B_{nm})。现阶段主要以定性评估为主。

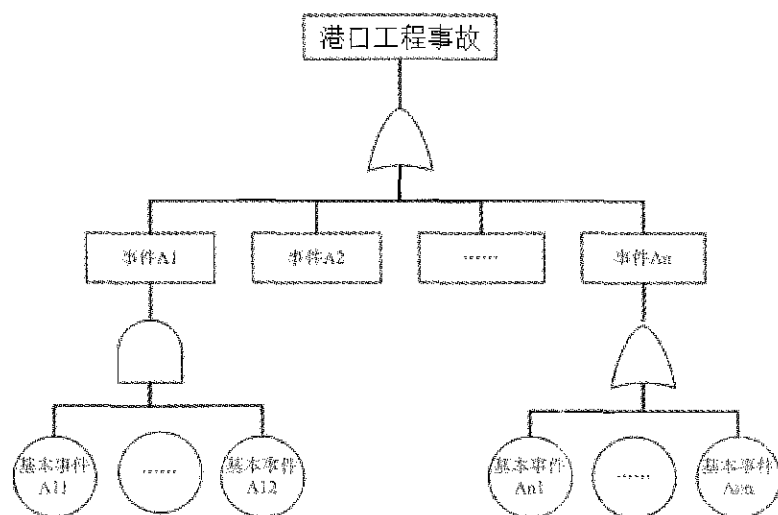


图5 港口工程故障树
(故障树符号意义可参考 GB/T4888 - 2009)

4.4 风险估测

4.4.4 本指南从国情出发,坚持以人为本导向,原则上以人员伤亡和经济损失为主考虑风险,当环境影响、社会影响等风险更为突出的时候,可按照就高不就低的原则,进行相应的风险评估,环境影响、社会影响的风险评估不适用本指南推荐的指标体系法,建议尽量参照专家调查法等其他评估方法实施。

人员伤亡、直接经济损失的严重程度等级参考了国家有关标准,并结合港口工程实际进行了细化调整。将事故后果严重程度的等级分成五级,等级2~5与国家有关标准基本一致,增加了等级1“ $1 \leq \text{重伤人数} < 5$ ”。

(1)人员伤亡是指在施工活动过程中所发生的人身死亡或伤害。

(2)直接经济损失是指因发生生产安全事故造成的各种费用的总和,包括直接费用和事故处理所需(不含恢复重建)的各种费用。

4.4.6 专项安全风险等级从高到低划分为重大风险、较大风险、一般风险和较小风险,与公路桥梁隧道高边坡施工安全专项风险等级从高到低划分为极高风险、高度风险、中度风险和低度风险是一致的。

4.5 一般致险因素评估

4.5.2 检查表法

检查表法是指为了查找工程、系统中各种设施、物料、工件、操作、管理和组织措施中的风险因素,事先把检查对象加以分解,将大系统分割成若干子系统,以提问或打分的形式,将检查项目列表逐项检查的方法。

(1) 编制检查表所需的资料:

- ① 有关标准、规程、规范及规定;
- ② 国内外事故案例;
- ③ 系统安全分析事例;
- ④ 研究的成果等有关资料。

(2) 检查表的编制

检查表法是一种经验为主的方法。风险评估人员从现有的检查表中选取一种适宜的检查表,如果没有具体的、现成的安全检查表可用,评估人员必须借助已有的经验,编制出合适的检查表。

4.5.3 LEC 法(作业条件危险性评价法)

作业条件危险性评价法的评价步骤如下:

(1)组成专家组。

(2) 对于一个具有潜在危险性的作业条件,确定事故类型,找出影响危险性的主要因素: L -事故发生的可能性; E -人员暴露于危险环境的频繁程度; C -发生事故可能造成的后果。

(3) 由专家组成员按规定标准对 L 、 E 、 C 分别评估,取分值集的平均值作为 L 、 E 、 C 的计算分值。用计算的危险性分值(D)来评价作业条件的危险性等级。其计算公式为:

$$D=L \times E \times C$$

式中: L -事故发生的可能性大小,取值见表 6;

E -人员暴露于危险环境的频繁程度,取值见表 7;

C -发生事故可能造成的后果,取值见表 8;

D -危险性分值,确定危险等级的划分标准见表 9。

表 6 事故发生的可能性分值 L

分数值	10	6	3	1	0.5	0.2	0.1
事故发生的可能性	完全会被预料到	相当可能	可能,但不经常	完全意外,可能小	可以设想,不太可能	极不可能	实际上不可能

表 7 暴露于危险环境的频繁程度分值 E

分数值	10	6	3	2	1	0.5
暴露于危险环境的频繁程度	连续暴露	每天工作时间内暴露	每周一次或偶然暴露	每月暴露一次	每年暴露几次	非常罕见暴露

表 8 事故造成的后果分值 C

分数值	100	40	15	7	3	1
事故造成的后果	10 人以上死亡	3 人以上 9 人以下死亡	1 人死亡	严重伤残	有伤残	轻伤, 需救护

表 9 危险性等级划分标准

危险性分值 D	≥ 320	$\geq 160 \sim 320$	$\geq 70 \sim 160$	$\geq 20 \sim 70$	< 20
危险程度	极度危险, 不能继续作业	高度危险, 需要整改	显著危险, 需要整改	比较危险, 需要注意	稍有危险, 可以接受
危险等级	5	4	3	2	1

一般情况下,事故发生的可能性越大,风险越大;暴露于危险环境的频繁程度越大,风险越大;事故产生的后果越大,风险越大。运用作业条件危险评价分析法进行分析时,危险等级为 1~2 级的,可确定为属于可接受的风险;危险等级为 3~5 级的,则确定为属于不可接受的风险。

4.6 重大致险因素评估

4.6.3 物的不安全状态引起的风险事件可能性评估指标,主要基于关键作业环节可能发生的典型风险事件,从本质安全的角度出发,分析可能导致风险事件发生的致险因素,提出相应的评估指标,通常从工程自身特点、施工作业环境、气象水文条件、地质条件、施工方案等方面提出。

4.6.5 本指南列出了 22 项港口工程重大致险因素,从中选择了 12 项最具典型的重大致险因素建立了评估指标体系,其他重大

致险因素(如大型支架、模板、平台与便桥架设与拆除等)可参考借鉴评估指标体系的构建思路,建立相应的评估指标体系。本指南指标体系所列举的为通用结构形式,特殊的结构形式可根据结构特点参照执行。根据工程风险的具体情况,结合地区经验,可对表4-8~表4-19的数值区间进行适当调整。

4.6.6 本指南列出了重力式码头、高桩码头、护岸及防波堤工程、板桩码头等港口工程的常见重大致险因素分布,提示引导开展专项风险评估工作。

4.6.7 在对重大致险因素进行专项风险评估时,应重点关注关键作业环节中对施工安全风险影响大的重要性指标,重要性指标可能是工程自身特点、施工作业环境、气象水文条件、地质条件、施工方案等,取决于具体港口工程实际;重要性指标的变化会导致施工安全风险的变化,影响重大致险因素评估的结果,因此要动态跟踪重要性指标的变化情况,若出现1个或多个重要性指标(评估小组集体讨论确定)取最大值,可调高一个概率等级。

4.6.18 人的不安全行为引起风险事件的可能性,主要是评估施工队伍的专业化和现场施工的规范化。目前选择专业施工队伍有较大的局限性,存在现场施工状况与施工组织设计的技术要求差距较大,人的不安全行为引起风险事件的可能性的评估难度极大。本指南从11个方面建立了安全管理评估指标体系,在此基础上,给出风险事件可能性分值的调整系数。

在对每个重大致险因素进行风险评估时,应结合关键作业环

节的实际,分别评估人的不安全行为引发的风险事件可能性,分别计算相应的安全管理调整系数。

4.6.20 当施工企业近3年发生过重大及以上生产安全事故的,M值建议取最高值,当施工企业近3年信用评价等级在B级及以下、专业(劳务)分包不明确或无资质的、专项施工方案针对性很差等,M值建议提高一个等级。

安全管理调整系数范围设置在0.9~1.1之间,必要时可以根据企业安全管理情况由评估小组集体讨论后进行调整,但最低不得低于0.8。

5 风险控制

5.1 一般要求

5.1.1 本指南风险接受准则,是在国际通行风险接受准则的基础上,结合港口工程特点提出的。

5.1.2 日常管理:施工单位按照国家、行业或地方的有关安全生产的法律法规、标准规范等制定风险控制措施,对工程实行日常管理。

监控预警:施工单位或业主委托第三方监控单位,应对致险因素采取监控和预警预报体系,明确预警预报标准,通过对施工监控数据的动态管理,及时掌握其发展状态,发现异常或超过警戒值,应及时采取规避措施。

专项整治:应分析风险原因,并对重大致险因素采取专项整治措施,包括完善或变更设计方案、调整施工方法和组织、加强安全

措施、改善施工环境、加强现场管理和提高人员因素等方面综合考虑,全方位整改。

应急准备:除采取以上控制措施外,还应提出典型风险事件的应急预案,做好应急处置准备工作。应根据风险事件类型和发展态势,对采用专项整治不能及时控制风险的,制定应急措施,做好应急准备,确保风险事件不造成严重后果。

抄送:各省、自治区、直辖市交通(水运)工程质量(安全)监督局(站),
中国水运建设行业协会,中国交通建设监理协会,中国交通建设集团有限公司,部内有关司局。

交通运输部办公厅

2017年9月21日印发

