

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/T XXXX—XXXX

港口起重机防风装置安全评价工作指南

Guidelines for safety evaluation of windproof devices for port cranes

(征求意见稿)

2026-6-XX

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

目 次

前 言 1

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 评价原则 2

5 评价方法 2

6 评价内容 3

7 评价机构与职责分工 3

8 评价流程 3

9 评价结果应用 6

附录 A 8

附录 B 11

附录 C 13

附录 D 14

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省市场监督管理局提出并组织实施。

本文件由江苏省特种设备安全检验与节能标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：江苏省特种设备安全监督检验研究院、江苏省港口集装箱集团有限公司、常州机电职业技术学院、大连理工江苏研究院有限公司、江苏润邦工业装备有限公司负责起草。

本文件主要起草人：盛林、苏文胜、蔡福海、查志锋、戴文祥、王永春。

本文件为首次发布。

港口起重机防风装置安全评价工作指南

1 范围

本文件规定了港口起重机防风装置安全评价工作的一般要求、程序和评分指南。
本文件适用于港口、码头等各类起重机防风装置安全评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 22760 消费品安全 风险评估导则
GB/T 34400 消费品召回 生产者指南
GB/T 39063 消费品召回 电子电器风险评估

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

TSG 51 起重机安全技术规程
GB/T 3811 起重机设计规范
GB 5226.1 机械安全机械电气设备第32部分：起重机技术条件
GB/T 6067.1 起重机安全规程 第1部分：总则
GB/T 6067.5 起重机安全规程 第5部分：桥式和门式起重机
GB/T 14406 通用门式起重机
GB/T 14783 轮胎式集装箱门式起重机
GB/T 19683 轨道式集装箱门式起重机
GB/T 31051-2025 起重机 工作和非工作状态下的锚定装置
GB/T 45680-2025 起重机 风载荷计算
JT/T 90-2020 港口装卸机械风载荷计算及防风安全要求

3 术语和定义

3.1

防风装置 safety device against wind

具有防止起重机风载下失效的组件或器件及其基础设施，包含码头侧防风装置、起重机本身防风装置、防风预报装置。

[来源：JT/T 90-2020]

3.2

定性评价 qualitative evaluation

基于观察、经验、文献、专家判断对防风装置、环境、人员及管理方面安全状况进行定性判断和分析。

3.3

定量评价 quantitative evaluation

运用基于试验、检测结果和事故统计资料分析获得的数据指标和规律，对照规范、标准对防风装置、环境、人员及管理方面安全状况进行可靠性判断和分析。

3.4

综合评价 comprehensive evaluation

介于定性评价和定量评价之间的评价方法。

3.5

合于使用评价 fitness-for-service assessment

对含有超标缺陷或不满足标准相关要求的防风装置或其部件进行评价，以判定其是否可以继续使用。

3.6

退化系数 degradation coefficient

系统或部件在使用过程中性能下降的程度。

3.7

性能退化速率 degradation rate

系统或部件在使用过程中性能下降的速度。

4 评价原则

港口起重机防风装置安全评价工作开展宜遵循以下原则：

a) 充分性。充分掌握相关资料、数据，以满足相关评价方法对评价条件的基本要求，确保评价结果和结论有充足和适当的支撑。

b) 针对性。选择评价方法，建立指标体系需综合考虑起重机类型特点、防风装置的损伤机理、环境等因素，以保证最终的评价方法、指标体系能够准确反映起重机防风特性；

c) 合理性。在满足评价要求，达到评价目的的前提下，尽可能选择简便易行的方法，使评价工作量和评价成本控制在合理范围内。

5 评价方法

5.1 评价方法分为定性评价、定量评价、综合评价和合于使用评价，可参照附录 A。

5.2 定性评价可采用安全检查表法、故障类型和影响分析法，对防风装置故障发生频率以及失效概率进行估计，并确定安全风险等级。审核组对申请方提交的报告、文件进行审核，并进行现场检查及核对。

5.3 定量评价是在定性评价基础之上，增加测量、测试等手段，并通过计算分析确定起重机当前的防风等级或防风性能退化程度。

5.4 综合评价通过定性和定量相结合的方法，采用打分的安全检查表，对影响防风安全的因素进行全面、系统地分析和评定。

5.5 当存在不能或不宜修复的超标缺陷时，宜采用合于使用评价方法判定起重机能否继续使用至下一次大修或更换的时间。

5.6 当不得不面临风速超限情形时，可采用合于使用评价方法判定起重机能否具备抵御强风的能力。

6 评价内容

6.1 定性评价、定量评价和综合评价内容可考虑以下四个方面，评价要点说明参见附录 B。

——标准符合性：与相关国家标准、行业标准等标准要求的匹配程度。

——系统功能性：功能的完整性和准确性。

——运行可靠性：防风装置产品或系统稳定性和耐用性，包括固有可靠性和使用可靠性。

——技术先进性：防风装置在技术、性能、效率等方面相对于同类设备的优越程度。

6.2 定性评价可采用安全检查表法、故障类型和影响分析法，对防风装置故障发生频率以及失效概率进行估计，并确定安全风险等级。审核组对申请方提交的报告、文件进行审核，并进行现场检查及核对。

7 评价机构与职责分工

7.1 评价应组建审核组，由审核组负责评价过程的各项事宜，成员人数宜不少于 3 人，并包括 1 名以上高级职称的专家。

7.2 审核组成员宜符合以下条件

——熟悉港口起重机防风相关法律、法规和标准。

——有较强的工程管理能力，从事相关检验或生产工作 3 年以上，具有中级（含）以上专业技术职称。

——宜充分了解审核过程和评价方法，有途径获得所有相关信息的现行有效的文件化程序。

——应熟悉和了解起重机风载荷计算及防风安全要求、防风装置结构与工作原理、防风装置性能测试、起重机安全管理等知识。

8 评价流程

8.1 概述

防风装置评价程序主要由评价策划、评价实施、评价文件编制三个阶段构成，并可视评价目的、相关方要求等因素删减、增加或重复某些环节的工作。

8.2 评价策划

8.2.1 确定评价需求

评价前首先根据评价目的和用途等因素明确评价需求，作为选择评价方法、建立指标体系等工作的依据。

示例1:评价防风装置的防风等级，评价需求需要重点考察防风装置的符合性和可靠性。

示例2:评价防风装置响应时间是否满足抗阵风需求，评价需求需要重点考察防风装置控制系统的功能性。

8.2.2 识别限制条件

8.2.2.1 防风装置限制一般包括使用限制、空间限制、时间限制和环境限制。示例参见附录 C。

8.2.2.2 评价前根据评价需求和相关方要求等因素识别限制条件，明确评价范围。

8.2.3 明确评价依据

根据评价需求和评价范围确定评价依据，一般包括法律、法规、规章、标准等。

8.2.4 选择评价方法

根据评价需求、评价范围、评价对象特征选择5.2、5.3、5.4适宜的评价类型和评价方法。选择的原则包括：

- a) 应根据防风装置的损伤机理、损伤部位及现场适宜性选择；
- b) 应根据检查方法的有效性能否将风险或总退化系数降低至预期水平选择。

8.2.5 评价方案

根据评价需求、评价范围、评价对象特征选择5.2、5.3、5.4适宜的评价类型和评价方法。选择的原则包括：

- a) 应根据防风装置的损伤机理、损伤部位及现场适宜性选择；
- b) 应根据检查方法的有效性能否将风险或总退化系数降低至预期水平选择。

8.2.5.1 根据 8.2.1~8.2.4 的工作输出，遵循准确、客观的原则，研究制定方案。

8.2.5.2 确定起重机防风性能时，应综合分析评价滑动和侧向倾覆的风险，以低值确定起重机的防风等级，按不同部件分别确定检查、测试内容和方法。

8.2.5.3 评价方案的制定应以起重机在最极端的风载状态下不发生风灾事故为目标，重点关注防风装置潜在的失效模式及其性能退化速率。

8.2.5.4 评价方案的内容应包括评价时间、评价类型、检查方法及其检查有效性。

8.2.5.5 不同结构起重机的评价方案应分别制定。

8.2.5.6 根据不同的失效模式选择相应的检查内容和方法时，应选择合适的检查有效性，降低检查、测试成本。

8.3 评价实施

8.3.1 资料收集

通过调阅资料收集评价所需信息，所需基础信息应包括以下内容：

- a) 起重机投用、修理、改造日期；
- b) 起重机设计防风级别；
- c) 起重机迎风面积；
- d) 起重机钢结构材料、名义厚度；
- e) 起重机历次检验数据；
- f) 防风装置类型、数量、布置位置及主要技术参数；
- g) 大车工作制动器、轮边制动器设计制动扭矩；
- h) 与防风装置土建设施以及排放雨水能力等；
- i) 防风装置监测系统的类型；

起重机制造、修理、改造所使用的文件和日常巡检发现有关防风装置的问题。

8.3.2 现场检查

- 8.3.2.1 检查内容可参照 A.1、A.2。
- 8.3.2.2 根据防风装置潜在的损伤机理确定检查部位和方法,重点检查部位应选择损伤可能发生的最严重区域,检查方法要考虑针对损伤机理的检查有效性。
- 8.3.2.3 首次检查时,检查内容不仅包括使用环境下可能发生的损伤检查,还应补充对制造、施工质量的检验抽查。
- 8.3.2.4 检查有效性

8.3.2.4.1 检查有效性分为 5 个级别,见表 1。检测方法对于不同缺陷的检查有效性见表 2。

表 1 检查有效性分级

检查有效性级别	描 述
高度有效(A)	几乎每种情况下检查方法都能够正确识别实际损伤状态(置信度(80%~100%))
中高度有效(B)	大多数情况下检查方法都能够正确识别实际损伤状态(置信度(60%~80%))
中度有效(C)	有一半情况下检查方法都能够正确识别实际损伤状态(置信度(40%~60%))
低度有效(D)	检查方法仅能提供少量信息来正确识别实际损伤状态(置信度(20%~40%))
无效(E)	检查方法不能或几乎不能提供信息来正确识别实际损伤状态(置信度(0~20%))

表 2 检测方法及检查有效性

检查方法	损伤形态								
	制动力下降	机构卡涩	结构失效	机械损伤、磨损	控制失效	近表面裂纹	埋藏裂纹	尺寸变化	零部件松脱
非拆解检查	×	1,×	×	2,1,×	×	×	×	3,2,1	3,2,1
拆解检查	×	1,×	×	3,2,1	×	1,×	×	3,2,1	3,2,1
应力测试	1,×	×	3,2,1, ×	1,×	×	3,2,1	2,1	×	×
模拟试验	3,2,1	3,2,1	3,2,1, ×	1,×	3,2,1	×	×	1,×	1,×
尺寸测量	×	1,×	1,×	3,2,1	×	×	×	3,2	×
无损检测	×	×	×	3,2,1, ×	×	3,2,1	3,2,1	×	×
注：3 为高度有效 (A), 2 为中高度有效 (B), 1 为中度有效 (C), × 为低度有效 (D) 或无效 (E)。									

8.3.2.4.2 确定检查有效性级别需要考虑以下因素：

- a) 起重机的结构类型；
- b) 评价类型；
- c) 防风装置损伤模式及起重机失效模式；
- d) 退化速率或敏感性；
- e) 检测方法和频次；
- f) 受检区域的可检程度。

8.3.2.4.3 检查有效性级别的选取原则如下：

- a) 对于高风险的起重机,采用的检验方法其检查有效性级别不应低于中高度有效(B);
- b) 对于中高风险和中风险的起重机,采用的检查方法其检验有效性级别不应低于中度有效(C);
- c) 对于低风险的起重机,采用的检查方法其检查有效性级别不应低于低度有效(D)。

8.3.3 整理数据

通过资料调阅、现场检查取得数据后,对获得的数据进行检验,剔除不可用数据,并根据需要进行数据分类。

8.3.4 统计与计算

综合评价采用线性加权方法计算得出评价结果,并根据需要进一步分析。评价结果(EA)计算方法见式(1):

$$EA = \lambda_1 \times BZ + \lambda_2 \times XT + \lambda_3 \times JS + \lambda_4 \times YX + \dots + \lambda_i \times ZB \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

EA——防风装置评价得分;

λ ——权值;

BZ——标准符合性评价得分;

XT——系统功能性评价得分;

JS——技术先进性评价得分;

YX——运行可靠性评价得分;

ZB——其他指标的评价得分。

8.3.5 分析与评价

运用科学的评价方法对已获取的信息进行综合分析和评价,形成明确的评价结论,主要内容包括但不限于:

- a) 防风装置设计及制造符合性评价;
- b) 防风装置评价总体结果;
- c) 一级指标和二级指标评价结果分析;
- d) 指标评价结果的影响分析;
- e) 评价总结及建议和改进措施。

分析和评价可参考附录D。

8.4 评价文件编制

8.4.1 根据评价策划规定的形式编制评价文件,全面、概括地反映防风装置评价的全部工作,文字简洁、准确,并附以必要的图表和照片,数据详实、论点明确、论据充分、结论清晰。

8.4.2 基本内容

评价文件内容通常包括设备概况、评价范围、评价依据、评价方法、评价实施过程、评价结果及分析和建议等主要内容,评价文件通用要素参见附录E。

9 评价结果应用

- 9.1 定性评价结果可用于考察防风装置的运行状态、维护维修、应急管理等方面的效果，便于管理者及时发现问题和安全隐患，对装置进行改进和完善。
- 9.2 定量评价结果可用于指导设计、设置、技术、应急管理等方案的修正。
- 9.3 对于建设阶段的项目，评价结果可用于检验材料、工艺、结构等工程要素的标准符合性、技术先进性，确保建设与规划设计的匹配性，降低规划阶段的不足对后期建设的影响。

附录 A
(资料性)

防风装置的检查及结果评价

A.1 定性评价检查内容

A.1.1 码头设置的防风装置的检查主要包括以下内容：

- a) 锚定基础及系拉基础有无积水，是否清洁，出水孔是否堵塞，基础有无开裂、沉降痕迹，有无凹陷、倾斜、鼓包等；基础是否平整；
- b) 锚定坑支座、防风拉索（拉杆）支座内部件齐全有效；检查支座结构的腐蚀情况；检查锚定坑支座和防风拉索（拉杆）支座内各活动部件的润滑情况，是否转动灵活；螺栓是否紧固；
- c) 端部止挡装置的挡块是否完好，端部止挡装置与支承基础间的紧固螺母是否松动，焊缝有无腐蚀、开裂等缺陷；

A.1.2 起重机自身设置的防风装置的检查主要包括以下内容：

- a) 防风拉索表面有无损伤痕迹，各连接端有无变形或松动；检查旋转锁紧装置润滑是否良好，连接焊缝是否完好；
- b) 防风拉杆整体有无变形，各焊缝有无损伤，连接件螺纹润滑是否良好，旋转锁紧装置是否能使用正常；
- c) 锚定插板（插销或钩）及其支座有无损伤变形，焊缝是否完好，各活动部件是否转动灵活，支座间连接螺栓有无松动；
- d) 大车制动器各活动部件是否灵活，销轴及卡板和开口销等有无损坏，各部位螺母是否拧紧；制动带或制动瓦块的摩擦材料的磨损程度以及与制动轮的实际接触面积是否符合要求；整体工作性能灵敏有无卡塞现象；制动摩擦面有无油污；
- e) 夹轮器制动片与车轮间间隙及接触面是否适当，连接机构有无变形，活动连接部位润滑是否良好，制动片表面有无油污，液压系统是否漏油，电气控制是否灵敏有效；
- e) 夹轨器、顶轨器制动片与轨道间间隙是否适当，连接机构有无变形，活动连接部位润滑是否良好，液压系统有无漏油，电气控制是否灵敏有效；
- f) 铁楔外表有无变形，与车轮的接触面是否呈弧形可靠接触；采用电动铁楔的，是否连接可靠；
- g) 俯仰挂钩（插销）及其支架有无损伤变形，焊缝是否完好，装置各活动部件是否转动灵活；
- h) 回转类起重机防止回转的定位销是否灵活；
- i) 移动驾驶室插销和插销座有无损伤变形。

A.1.3 防风装置状态监测系统的检查主要包括以下内容：

- a) 防风拉索的可拆卸连接端是否设置防误装配检测装置；
- b) 防风拉杆锁紧装置是否设置锁紧报警及联锁监测装置；
- c) 锚定插板（插销或钩）是否设置插板监测传感器，是否可靠；
- d) 夹轮器是否设置夹紧力及制动力监测装置，是否有效；
- e) 俯仰挂钩（插销）、移动驾驶室插销、回转类起重机防止回转的定位销是否设置防起重机运动的联锁，是否有效。

- A.1.4 检查设置可拆卸插销的防风装置是否配套盲孔，便于非工作状态时收纳插销、封口是否完好。
- A.1.5 检查联锁报警装置、防雷、防静电等附件是否按要求进行校验或测试且功能正常。

A.2 定量评价检查内容

A.2.1 定量评价检查内容应包括 A.1 定性检查内容，并按照 A.2.2、A.2.3、A.2.4 补充相应检验。

A.2.2 码头设置的防风装置检查补充以下内容：

- a) 锚定基础及系拉基础的基础沉降观测记录、轴线定位复核、垂直度/平整度测量、防水层检查；
- b) 锚定坑支座、防风拉索（拉杆）支座内部件变形测量，核对实物与设计文件、出厂资料是否一致；
- c) 端部止挡装置的止挡试验；

A.2.3 起重机自身设置的防风装置的检验主要补充以下内容：

- a) 按照附录 F 开展模拟风载试验；
- b) 基于制动器夹紧力检测、监测的制动力评价；
- c) 防风装置部件尺寸测量、贴合度测量；
- d) 防风拉索（拉杆）应力检测；
- e) 轨道式门座起重机轮压检测。

A.2.4 防风预警（报）装置的检查主要包括以下内容：

- a) 识别防风预警（报）装置的类型（监测型、报警型、联动型），确认响应时间等主要参数；
- b) 检查风速仪是否选用可记录型，监测信息是否传至司机室、控制室等处，检查风速仪测量误差；
- c) 检查防风预警（报）装置的声（光）报警是否有效，测量声音分贝和光亮度；
- d) 检查智能及远程操作起重机防风预警（报）装置联动功能，包括：控制系统自行检查及系统通讯中断保护、与安全相关的重要位置的冗余自行检测。

A.2.5 根据风险分析中防风装置的损伤机理和发生的部位，结合检查有效性和现场条件确定其他检查内容和检测方法，必要时对以下部位进行无损检测。

- a) 防风装置相关的受力焊缝、锚定插板（插销或钩）进行表面缺陷抽查；
- b) 零部件超出规范要求的变形部位附近焊缝的表面和埋藏缺陷检测；
- c) 目视检测发现的其他可疑部位的表面和埋藏缺陷检测。

A.3 定性和定量结果评价

评价人员应根据检验结果，参照本文件进行评价，给出防风装置的适用性、缺陷处理建议、允许作业参数及检查周期建议。

A.3.1 定性评价结果

基于 A.1 检查内容、设计资料、出厂资料、问询情况对防风装置有效性和可靠性进行风险评价，其评价结果可为以下三种情况：

- a) 低风险，未发现问题或问题轻微不影响安全使用；
- b) 中风险，存在明显设计、制造缺陷或使用损伤，建议在适当时机进行改造、修理或更换；
- c) 高风险，存在严重的缺陷，建议停止使用。

A.3.2 定量评价结果

在定性评价基础之上，增加测量、测试等手段，并通过计算确定起重机当前的防风等级，其评价结果可为以下三种情况：

- a) 合格，定性评价结论为低风险且防风等级满足所有现行标准的要求；
- b) 基本合格，防风等级可以满足设计、制造当时的标准要求；
- c) 不合格，不满足标准要求。

A.4 综合评价

综合评价是一种系统性、定性和定量结合的风险识别方法，通过全面识别隐患、量化风险等级，并提出可行的改进措施。综合评价要求如下：

- a) 综合 A.3.1、A.3.2 等评价结果，以对功能要求、正常运行影响最严重的结论来判定安全状况；
- b) 对不符合要求的装置、附件、部件、基础等，宜进行维修或更换，并针对维修或更换后的复验结果进行评价；评价人员认为本评价周期内不影响起重机安全运行的，可免于维修或更换；
- c) 评价的时间间隔，应根据起重机防风装置的实际退化速率、最小可接受防风等级并考虑维保情况、运行条件等因素计算；
- d) 如防风装置关键资料缺失，应在充分评估其对评价结论影响的基础上确定下次评价时间；
- e) 当存在不能或不宜修复的超标缺陷时，宜采用合于使用评价方法判定起重机能否继续使用至下一次大修或更换的时间。合于使用评价可扣除存在超标缺陷防风装置并参照 GB/T3811 或其他适用的标准进行计算。
- f) 参照表 A1 评价各防风装置的故障相对发生概率，评价结果包括防风装置是否规范及技术标准的要求，对各评价单元的危险程度进行排序与归类，明确落实提出的整改措施后起重机防风能否达到现行标准的要求，给出总体安全程度。

表 A.1 检查有效性-缺陷严重程度-故障相对发生概率关系表

故障相对发生概率 检查有效性	缺陷严重程度			
	a	b	c	d
高度有效 (A)	1	2	3	4
中高度有效 (B)	1	1, 2	2, 3	3, 4
中度有效 (C)	1	1, 2	1, 2, 3	2, 3, 4
低度有效 (D) 或 无效 (E)	1	1	1, 2	1, 2, 3

故障相对发生概率分为四级：1-很可能，2-可能，3-不太可能，4-几乎不可能。

缺陷严重程度分四级：a、b、c、d。

- a：存在严重的缺陷，使用管理严重不符合规范要求或设备存在远超过标准限值的缺陷。
- b：存在一般的缺陷，使用管理不符合规范要求或设备存在超过但接近标准限值的缺陷。
- c：存在较轻的缺陷，使用管理基本符合规范要求或设备存在未超过但接近标准限值的缺陷。
- d：无缺陷或存在轻微缺陷，使用管理完全符合规范要求或设备仅存在极轻微的缺陷。

缺陷是指欠缺或不够完备的地方，起重机械中的缺陷包括产品缺陷、使用管理缺陷、设备损伤缺陷等。故障相对发生概率与缺陷严重程度密切相关。

附录 B
(资料性)

起重机防风装置评价要点说明

为便于评价实施，本文件给出了起重机防风装置评价要点说明，可参照表 B.1 建立指标体系，并根据起重机类型、规模和利益相关方要求等因素进行完善。

表 B. 1

一级指标	二级指标	评价要点
标 准 符 合 性	系统设计	a) 码头侧防风装置是否符合 GB/T 20118、JTS169 等标准的要求； b) 起重机本身防风装置是否符合相应规范标准的要求； c) 防风预（报）警装置是否符合 JT/T90 等标准要求； d) 起重机整机设计防风等级的标准符合性。
	系统设置	a) 码头侧防风装置布置点的合理性； b) 起重机本身防风装置种类及数量； c) 防风预（报）警装置中风速仪的位置及数量； d) 起重机本身防风装置与码头侧防风装置相匹配，响应报警信号的及时性。
	工程要素	a) 现场机柜防水、防尘性能满足要求； b) 电线、电缆防水抗电磁干扰能力满足标准要求； c) 设备电磁抗干扰能力满足标准要求； d) 芯片等级不低于工业级。
	其他	自定义项
系 统 功 能 性	一体性	a) 结构集成度高； b) 功能协同性强； c) 控制链路闭环。
	清晰性	a) 状态指示直观化； b) 操作流程标准化。
	醒目性	a) 警示标识突出化（如防风装置关键部件采用黄黑相间的反光涂层，在自然光和夜间灯光下均具有高辨识度）； b) 动态信号（声光报警等）强化； c) 信息展示层级化（司机室与地面均设置防风状态看板）。
技 术 先 进 性	智能化	a) 智能感知与自适应控制； b) 智能监测与预警技术； c) 远程监控与运维。
	集成化	a) 采用物联网技术（支持 5G/4G/WiFi 多模通信，可将实时风速、制动状态、锚定位置等关键参数上传至云端管理平台）； b) 数字孪生技术（实时映射物理设备运行状态，为故障排查提供数据支撑），
	轻量化	关键部件采用高强度合金等新材料。 其他用户自定义项等。

表 B.1（续表）

一级 指标	二级指标	评价要点
运 行 可 靠 性	配置	a) 关键部件（如制动盘、锚定销）采用疲劳强度设计，保证长期交变载荷下的使用寿命； b) 重要控制单元是否采用双冗余配置，当主系统故障时自动切换至备用系统，保障核心功能不中断。
	环境	a) 工作环境状况； b) 装置是否具备与工作环境相应的 IP 防护等级；
	管理	a) 是否建立有效的管理制度； b) 相关人员是否具备防风管理知识、安全操作技能、定期培训； c) 是否定期检测防风能力； d) 是否有应急预案、定期组织应急演练。
	维护	a) 结构设计是否便于检查、维护； b) 关键部件是否支持快速拆卸更换； c) 维护过程是否需拆解起重机主体结构； d) 故障平均修复时间； e) 是否定期进行维护保养，及时更换易损件。

附录 C

(资料性)

确定防风装置限制示例——防风拉索

C.1 使用限制

仅限额定防风等级/额定拉力内使用，不得超载、不得用于超出设计风速的工况。
仅限固定防风用途，不得用作起吊、牵引、支撑、人员安全带锚点、临时受力索具。
仅限设计配套结构/锚固点使用，不得随意改接、加长、拼接、混用不同规格拉索。
不得在腐蚀、高温、明火、尖锐切割、强酸碱环境无保护使用。
不得使用损伤、断丝、变形、锈蚀超标、磨损超限的拉索与配件。
不得松弛、角度过大、受力不均，不得单侧受力替代双侧/多向防风。

C1.1 预定使用

预定用于港口起重机防风固定、抗倾覆、抗滑移。
——预定在规定安装方式、锚固点、张紧力、防护措施下正常使用。
——预定配合地锚、预埋件、夹具、花篮螺栓、卸扣等标准配件成套使用。
——预定用于静态防风，不承受冲击、振动、反复交变荷载。

C1.2 可合理预见的误用

考虑了下列可合理预见的误用：
——误用为起吊绳、牵引绳、拖拉绳，承受动态荷载。
——锚固点不牢固、焊接薄弱、螺栓松动仍强行使用。
——多根拉索松紧不一、偏角过大、交叉干涉，导致局部过载。
——雨雪冰冻、沙尘积垢后不检查、不清理、不维护继续使用。
——用铁丝、钢丝绳头、不合格卸扣替代专用配件。
——夜间、大风来临前未及时张紧，或大风中擅自拆卸。
——跨越通道、人员行走区无警示、无防护，造成绊倒/割伤。

C.2 空间限制

安装空间需满足最小张紧角度、最小弯曲半径、无尖锐棱角。
不得与运动机构、电气线路、管道、通行区域干涉。
锚固点需足够强度、足够间距、足够操作空间。
拉索不得过长悬空、过低拖地、交叉挤压。
现场需预留检查、紧固、更换的作业空间。

C.3 时间限制

仅限大风预警前完成布置，大风过程中禁止调整/拆卸。
按周期检查、保养、报废，超期/损伤立即停用。
长期闲置、封存后重新检验合格方可复用。
达到设计使用年限、疲劳寿命强制更换。

C.4 其他限制

仅限经培训人员安装、张紧、检查、拆除。
极端天气（台风、雷暴、暴雪）提升管控等级，必要时增设辅助防风。
不得在结构未固定、基础未达标时单独依赖拉索防风。
需标识规格、承载力、检查状态，禁止不明规格混用。

附录 D

(资料性)

起重机防风装置重要性战略矩阵分析示例

进行评价重要性战略矩阵分析时，首先确定战略矩阵，然后根据各评价指标得分与评价指标对评价结果影响的重要程度，将二级和三级评价指标分别列入四个象限，如图 D.1 所示：

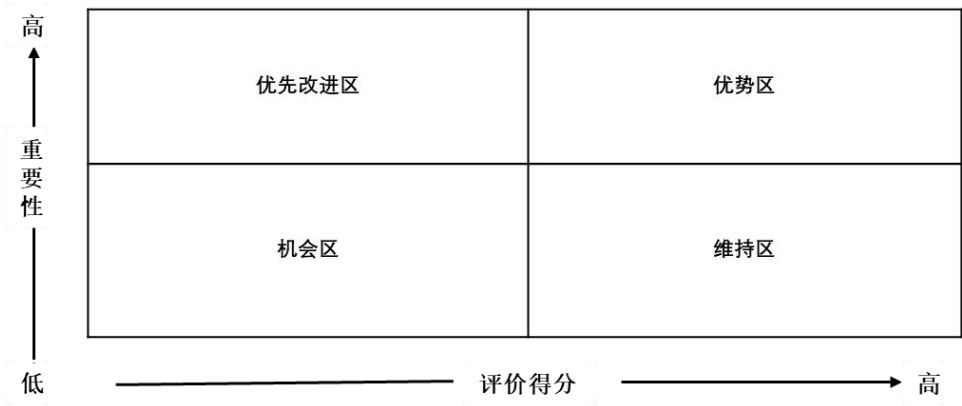
——左上区域属于优先改进区，其中的评价指标得分较低，但对于评价结果影响的重要度较高；

——右上区域属于优势区，其中的评价指标得分较高，对于评价结果影响的重要度也较高；

——左下区域属于机会区，其中的评价指标得分较低，对于评价结果影响的重要度也较低；

右下区域属于维持区，其中的评价指标得分较高，但对于评价结果影响的重要度较低。

图 D.1 重要性战略矩阵分析示例



注：

维持区：维持现状。

优势区：保持优势并适度投入。

优先改进区：立即投入资源改进。

机会区：适当时机投入资源改进。

附录 E

(资料性)

起重机防风装置评价文件通用要素

E.1 封面

评价文件封面应给出标示文件的信息，包括：文件的名称、评价委托单位、评价实施单位或部门、文件完成日期等。

E.2 前言

评价文件的前言内容可包括以下方面：——评价依据的法规、标准；——评价实施单位或部门；——评价人员名单和专家组人员名单。

E.3 内容要素

E.3.1 概述

E.3.1.1 评价背景

概述评价工作任务的来源、评价需求、起重机所处的场所、结构特性等基础信息。

E.3.1.2 评价目的

明确评价的目的，宜列出评价目的要点。

E.3.1.3 限制条件

说明起重机防风限制条件，宜形成清晰的要素列表和说明。

E.3.1.4 评价依据

说明评价依据，一般包括法律、法规、规章、标准等。

E.3.1.5 评价方法

评价方法的选取依据和应用过程的简要说明，可以图表方式进行表示。

E.3.2 评价实施过程

根据评价实施的实际过程，客观说明信息收集、数据收集、数据处理、数据统计、分析与评价的过程。

E.3.3 评价结果

E.3.3.1 评价结果分析

对评价结果进行分析。若采用不同方法进行评价，还应根据需求对不同方法得出的评价结果进行对比分析。

E.3.3.2 指标评价结果分析

重点对量化指标的评价结果进行分析。

E.3.3.3 指标评价结果的影响分析

包括评价要点和检查有效性对指标的影响分析及各项指标对评价结果的影响分析，必要时对评价结果反映的重点问题进行分析。

E.3.4 评价结论和主要问题

E.3.4.1 评价结论

应综合考虑评价结果分析情况、数据计算结果和所收集的文件信息，给出论点明确、论据充分的评价结论。

E.3.4.2 主要问题

应结合评价结论和系统设计、设置和运行管理的实际情况，针对性地对防风装置（系统）存在的问题及原因进行清晰、客观描述。

E.3.5 对策建议

对策建议应具有良好的操作性和可行性，为系统优化改进提供决策依据。

E.3.6 附件

列出对正文需要必要进行补充说明的文件。

E.4 参考文献

列出评价所参考主要文献的基本信息。

E.5 文件清单

列出评价过程中所查阅主要文件的清单和现场检查、测试文件。

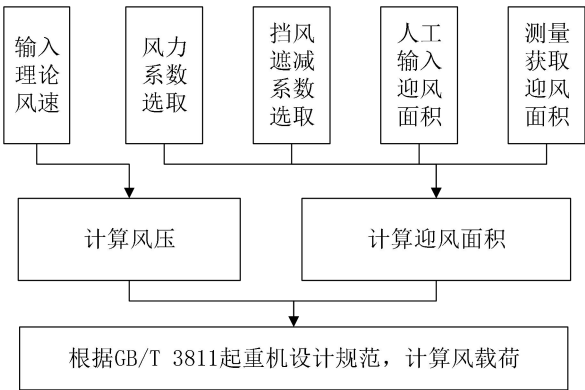
附录 F

(资料性)

模拟风载试验及结果评价

F.1 迎风面积和风载荷

起重机各个主要部件的迎风面积和风载荷根据GB/T 3811《起重机设计规范》中的4.2.2.3风载荷章节计算。如图D.1所示。迎风面积测量手段，可以通过人工查阅图纸资料获取，亦可以通过测量工具现场获取。



图D.1 起重机风载荷计算

F.2 模拟风载测量与计算

通过现场测量手段，模拟起重机受到的风载，计算起重机工作状态下的防风能力等级。

F.2.1 模拟风载测量工具

测量工具类型：可以通过液压缸、电动缸等多种工具，沿着轨道方向顶推或者拉拽起重机支腿结构，测量起重机双侧顶推力（或拉拽力）的大小。

测量工具应具有较高的测量精度：符合 5%综合精度测量要求。

测量工具的现场安装要求：将起重机移至轨道终端的止挡装置或其他顶推装置可依托的位置，在安装顶推装置时，使受力面平台高度应尽可能低。

F.2.2 模拟风载测量结果及应用

(1) 主要结果

测量工具在起重机工作状态下进行顶推作业。所有行走制动器和防风装置在起作用的状态下，测量工具对起重机持续加载。当起重机从静止状态到滑动或者滚动状态时，记录测量工具顶推力（或拉拽力） T （单侧起重机支腿）。

(2) 计算分析

参数定义：各部件风载荷 F_i ；各部件迎风面积 A_i ；各部件风力系数 C_i ；起重机计算风速安全系数 α ，计算风速 V_s ，平均防风能力计算风速 $\bar{V}_s$ 。

根据《GB/T-3811 起重机设计规范》，考虑安全系数的计算风速 V_s 为

$$V_s = \sqrt{\frac{2 \times T}{0.625 \times \sum(A_i C_i)}} / \alpha \tag{1}$$

采取同样的方法，重复多组试验，比如在起重机的沿轨道方向另一端支腿重复试验，得到多组 V_s 。将多组试验数据，采用合理统计方法，去除最大值和最小值，取剩余数据的平均值，得到平均防风能力计算风速 $\bar{V}_c$ 。

(3) 结果应用

当 α 取2时，可设定 $\bar{V}_c$ 为起重机防风的下限；当 α 取1.3时，可设定 $\bar{V}_c$ 为起重机防风安全的上限；当 α 取1时，为起重机沿轨道运行方向不发生滑移的极限值。

附录 G
(资料性)

港口起重机防风装置评价记录表

表 G. 1

序号	装置名称	数量	符合性	功能性	先进性	可靠性	退化（损伤）系数	检查有效性
1	锚定基础							
2	系拉基础							
3	锚定坑支座							
4	防风拉索（拉杆）支座							
5	端部止挡装置							
6	防风拉索及旋转锁紧装置							
7	防风拉杆及连接件旋转锁紧装置							
8	锚定插板（插销或钩）							
9	大车制动器							
10	夹轮器							
11	夹轨器							
12	顶轨器							
13	铁楔							
14	俯仰挂钩（插销）及其支架							
15	定位销							
16	移动驾驶室插销和插销座							
17	防风拉索的可拆卸连接端防误装配检测装置							
18	防风拉杆锁紧装置是否设置锁紧报警及联锁监测装置							
19	锚定插板（插销或钩）是否设置插板监测传感器							

表 G. 1 (续表)

序号	装置名称	数量	符合性	功能性	先进性	可靠性	退化（损伤）系数	检查有效性
20	夹轮器是否设置夹紧力及制动力监测装置							
21	定位销设置防起重机运动的联锁							
22	可拆卸插销的防风装置配套的收纳盲孔							
23	风速报警							
24	作业防晃装置							
25	防风振附件							
26	其他							