

团 体 标 准

T/SZS XXXX—202X

港口起重机械安全评估规范

Safety assessment specification for port cranes

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

深圳市深圳标准促进会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 评估内容及方法 5

6 综合判定及处置措施 10

7 安全评估报告 10

附录 A（资料性） 港口起重机械安全评估常用仪器仪表 12

附录 B（规范性） 目测检查项目及风险评定 13

附录 C（规范性） 重要结构件和关键零部件损伤缺陷风险评定方法 24

附录 D（资料性） 港口起重机械重要结构件焊缝无损检测区域 27

附录 E（资料性） 港口起重机械安全评估报告格式（示例） 34

附录 F（资料性） 港口起重机械安全评估建议书（示例） 35

参考文献 36

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。

本文件由深圳市特种设备安全检验研究院提出。

本文件由深圳市深圳标准促进会归口。

本文件起草单位：深圳市特种设备安全检验研究院、上海振华重工集团机械设备服务有限公司、赤湾集装箱码头有限公司、三一海洋重工有限公司、盐田国际集装箱码头有限公司、招商港务（深圳）有限公司。

本文件主要起草人：运向勇、文茂堂、林铄众、刘继峰、彭一凡、王保卫、马菁、何然、陈敏、沈炎、刘敬东、王战春、程红星、冯仁才、古园坐、林志强、刘凯、刘木南、谭琪、易飞友。

港口起重机械安全评估规范

1 范围

本文件规定了港口起重机械安全评估的一般要求、评估内容及方法、综合判定及处置措施、安全评估报告等内容。

本文件适用于港口起重机械的安全评估工作，其他类型的起重机械的安全评估工作可参照执行。

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 5972 起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废

GB/T 41510—2022 起重机械安全评估规范 通用要求

TSG 51—2023 起重机械安全技术规程

3 术语和定义

GB/T 41510—2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

港口起重机械 portal crane

在港口码头从事集装箱、件杂货、散货装卸作业的起重机械。

注：本文件中港口起重机械是指岸边集装箱起重机、轨道式集装箱门式起重机、轮胎式集装箱门式起重机、门座起重机、固定式起重机、装卸桥。

3.2

港口起重机械安全评估 safety assessment

专业技术人员通过技术资料收集整理、现场检验检测、剩余寿命理论估算等方式，对港口起重机械（3.1）的各个评估单元中可能存在的安全隐患进行分析判断，对其安全状态做出综合性评价的活动。

3.3

评估单元 assessment element

港口起重机械（3.1）中需要现场检验检测和分析计算判定安全状态等级的目标对象。

注：评估单元包括通用性部件、重要结构件、关键零部件、控制系统、安全保护装置等。

3.4

通用性部件 universal parts

港口起重机械（3.1）上附着的用于操作、检查、维护的部件。

注：通用性部件包括司机室、平台、梯子、栏杆、附设装置。

3.5

降级使用 degrade application

因设备结构、机械零部件的安全性能不能达到原设计要求，经安全评估，需降低起重机械使用技术参数或限制部分使用功能的情况。

[来源：GB/T 41510—2022，3.2]

3.6

安全等级 safety class

经安全评估后所确定的起重机械安全级别。

[来源：GB/T 41510—2022，3.3]

3.7

重要结构件 principal structural member

起重机械金属结构的主要受力构件，因其失效会导致起重机械不安全的结构件。

[来源：GB/T 41510—2022，3.4]

3.8

关键零部件 critical component

因其失效会导致起重机械不安全的零部件。

[来源：GB/T 41510—2022，3.5]

3.9

设计寿命 design life

基于起重机械初始设计要求，并考虑工作循环次数以及预期工况的预设载荷谱条件下预估的许用工作时间。

[来源：GB/T 41510—2022，3.6]

3.10

使用寿命 service life

在实际工作循环数、载荷谱条件下，起重机械从投入使用至达到报废条件的实际工作时间。

[来源：GB/T 41510—2022，3.7]

3.11

剩余寿命 remaining life

起重机械从当前时间到其报废为止的工作时间，即使用寿命（3.10）与已使用时间的差值。

[来源：GB/T 41510—2022，3.8]

4 一般要求

4.1 安全评估原则

4.1.1 将港口起重机械划分为通用性部件、重要结构件、关键零部件、控制系统、安全保护装置等若干评估单元，选用对应的评估方法，确定各评估单元的风险类别，在此基础上确定整机安全等级。

4.1.2 各评估单元对应的评估方法，应按表1的规定选用。

4.1.3 使用单位可根据港口起重机械设备状态，对上述评估单元的一项或多项开展安全评估。

4.1.4 评估机构宜采用在线故障诊断、健康监测等科技手段开展安全评估。

表1 评估单元对应评估方法示例

评估单元	评估方法
通用性部件	目测检查、腐蚀等级评定
重要结构件	目测检查、腐蚀等级评定、无损检测、应力测试、载荷试验、剩余寿命估算

表 1 评估单元及对应评估方法（续）

评估单元	评估方法
关键零部件	目测检查、无损检测、载荷试验
控制系统	目测检查、载荷试验
安全保护装置	目测检查、载荷试验
注 1：控制系统主要包括电气系统、液压系统、气动系统等（见 TSG 51—2023 中 2.6）。	
注 2：对于重要结构件的变形，必要时通过形状位置测量进行风险评定。	

4.2 安全评估程序

港口起重机械安全评估程序主要包括评估方案编制、技术资料收集整理、现场检验检测、剩余寿命理论估算、整机综合判定和安全评估报告编制，评估流程应按图 1 的规定进行。具体步骤如下：

- a) 根据所评估起重机械的使用情况，编制详细的评估方案；
- b) 技术资料收集整理，对历史作业数据进行统计分析；
- c) 现场检验检测，包括通用性部件、重要结构件、关键零部件、控制系统、安全保护装置的目测检查、腐蚀等级判定、无损检测、载荷试验和应力测试等；
- d) 剩余寿命理论估算，采用累积损伤方法，对整机和重要结构件估算剩余寿命；
- e) 整机综合判定，结合历史作业数据统计、现场检验检测、剩余寿命理论估算结果，对整机进行安全等级评定，给出安全评估结论。
- f) 编制安全评估报告，提出修理（含重大修理）、改造、降级使用及日常使用维护的具体建议。

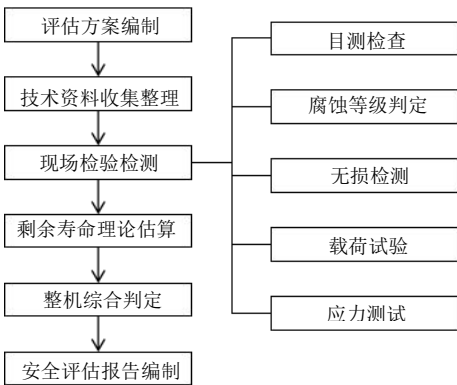


图 1 安全评估工作程序

4.3 评估单元的风险评定

4.3.1 风险评定通则

- 4.3.1.1 本文件采用风险矩阵分析法对港口起重机械评估单元的安全状态进行风险评定。
- 4.3.1.2 针对评估单元中的具体评估项目，评估人员应根据风险的严重程度和风险发生的概率等级对识别出的不符合项目进行评估，确定风险等级。
- 4.3.1.3 基于评估项目的风险等级，评定项目对应的风险类别。
- 4.3.1.4 评估单元的风险类别评定，遵循“就高不就低”原则，由具体评估项目对应的最高风险类别决定。

4.3.2 风险的严重程度

考虑港口起重机械的不安全状态可能产生的人员伤害和经济损失，将风险的严重程度评定为4个等级：4—灾难性、3—严重、2—中等、1—轻微。具体评定指标按表2的规定执行。

表 2 风险严重程度等级

严重程度等级	评定指标	
	人员伤亡	经济损失
4—灾难性	3 人以上死亡或 10 人以上重伤	直接经济损失 1000 万元以上
3—严重	1 人~2 人死亡，或 2 人~10 人重伤	直接经济损失 100 万元以上 1000 万元以下
2—中等	3 人以上轻伤，或 1 人重伤	直接经济损失 10 万元以上 100 万元以下
1—轻微	1 人~2 人轻伤	直接经济损失 1 万元以上 10 万元以下
注 1：严重程度等级评定根据设备风险导致事故发生后可能引起的人员伤害和经济损失 2 个评定指标进行评定，只要事故后果满足其中 1 个指标即评定为相应等级。		
注 2：“以上”均包含本数。		

示例：“起重机械整体倾覆”属于特种设备较大事故，将其风险严重程度评定为“4—灾难性”，“主要受力构件折断或起升机构坠落”属于特种设备一般事故，将其风险严重程度确定为“3—严重”。

4.3.3 风险发生的概率

本文件将港口起重机械风险概率划分为4个等级：A—频繁、B—很可能、C—偶尔、D—不太可能。风险概率等级的评定依据按表3的规定执行。

表 3 风险概率等级

概率等级	评定依据
A—频繁	使用场所一年发生多次；全国范围内发生频率极高
B—很可能	使用场所一年内发生过，或每年发生，或使用单位内曾发生过；全国范围内发生频率较高
C—偶尔	本行业曾发生过，类似行业也偶有发生，全国范围内曾发生过
D—不太可能	本行业从未发生过，类似行业也极少发生，全国范围内未发生过

4.3.4 风险等级与风险类别的确定

- 4.3.4.1 港口起重机械评估单元的风险等级通过综合衡量风险严重程度和风险发生的概率等级确定，具体组合按表 4 的规定执行。
- 4.3.4.2 根据风险等级确定港口起重机械评估单元的风险类别，Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类风险类别分别用红色、黄色、蓝色标识。不同风险等级对应的风险类别评定按表 5 的规定执行。

表 4 风险等级

概率等级	严重程度			
	4—灾难性	3—严重	2—中等	1—轻微
A—频繁	4A	3A	2A	1A
B—很可能	4B	3B	2B	1B
C—偶尔	4C	3C	2C	1C
D—不太可能	4D	3D	2D	1D

示例：根据表4，如果严重程度和概率等级分别评估为“4”等和“B”等，则风险等级为“4B”。

表 5 风险类别

风险类别	风险等级
I 类	4A, 4B, 4C, 3A, 3B, 2A
II 类	4D, 3C, 2B, 1A
III类	3D, 2C, 2D, 1B, 1C, 1D

示例：根据表5，如果评估单元中某一评估项目的风险等级为“3B”，则该项目风险类别为“I类”；如果该评估单元其余评估项目的风险类别均为“II类”，其对应的评估单元的风险类别评定为“I类”。

5 评估内容及方法

5.1 技术资料收集整理

收集评估对象技术资料（设计文件和安全技术档案）信息，目的是保证评估报告中设备信息的完整性，同时对历史作业数据进行统计分析，完成载荷谱编制，为整机剩余寿命理论估算提供依据。技术资料收集包括但不限于以下内容：

- a) 设计文件，如起重机械基本信息、产品质量证明文件、设计寿命、整机总图、主要结构件图、主要零部件图、装配图、控制系统原理图及相关设计计算书，安装及使用维护保养说明；
- b) 安全技术档案，如改造修理记录、检查保养记录、故障记录、在线监测记录；
- c) 历史作业数据，包括载荷状态，每年工作天数、每年平均工作循环数等信息；
- d) 评估机构认为需要的其他信息。

5.2 现场检验检测

5.2.1 环境条件

现场检验检测时，环境温度不高于 40 ℃，最大相对湿度应不大于 95%，风速应不大于 8.3 m/s。

5.2.2 检验检测仪器

检验检测仪器仪表的精度等级应满足安全评估需求，且应按规定进行检定或校准。安全评估常用仪器仪表见附录 A。

5.2.3 目测检查

5.2.3.1 检查项目与要求

目测检查项目应包括但不限于以下内容：

- a) 梯子、栏杆、平台、司机室、附属设备等通用性部件；
- b) 重要结构件及其连接、关键零部件；
- c) 控制系统（包括电气系统、液压系统）；
- d) 所有安全保护装置。

5.2.3.2 重要结构件及其连接示例

重要结构件及其连接示例见表 6。

表 6 重要结构件及其连接示例

设备品种	重要结构件	连接销轴
岸边集装箱起重机	前臂梁、主梁、门框、门腿、梯形架、横梁、平衡梁、拉杆、撑杆	前臂梁与主梁的所有拉杆销轴、前臂梁铰点销轴、起升滑轮轴、俯仰滑轮轴、吊具上下架连接销轴、吊具滑轮轴、平衡梁铰轴
轮胎式集装箱门式起重机	主梁、门腿、横梁、撑杆、平衡梁	平衡梁铰轴、吊具上下架连接销轴、吊具滑轮轴
轨道式集装箱门式起重机	主梁、门腿、横梁、鞍梁、平衡梁	平衡梁铰轴、吊具上下架连接销轴、吊具滑轮轴
门座起重机	臂架、象鼻梁、大拉杆、小拉杆、人字架、转盘、转柱、圆筒、门架、大车平衡梁	臂架根部铰轴、臂架与象鼻梁、小拉杆连接销轴、象鼻梁与大拉杆连接销轴、大拉杆与人字架连接销轴、大车平衡梁铰轴、起升滑轮轴、回转支承连接销轴、变幅滑轮轴
固定式起重机	臂架、人字架、转盘、圆筒	起升滑轮轴、变幅滑轮轴、拉杆轴
装卸桥	前臂梁、主梁、门框、门腿、梯形架、横梁、平衡梁、拉杆、撑杆	前臂梁与主梁的所有拉杆销轴、前臂梁铰点销轴、起升滑轮轴、俯仰滑轮轴、抓斗各部件铰轴、平衡梁铰轴

5.2.3.3 检查结果判定

目测检查应按照附录 B 的规定进行，根据各检查对象的故障、缺陷、损伤情况进行风险等级评定。重要结构件和关键零部件的损伤判定应按照附录 C 执行。

5.2.4 腐蚀等级评定

5.2.4.1 内容与要求

5.2.4.1.1 港口起重机械金属结构腐蚀的主要形态包括全面腐蚀、局部点蚀、缝隙腐蚀等，腐蚀形态的外观特征及多发部位示例见表 7。

5.2.4.1.2 腐蚀检查区域包括但不限于表 6 中的重要结构件及梯子、栏杆、平台、司机室。

- 5.2.4.1.3 腐蚀检查区域应附图标记，并记录腐蚀的位置、主要形态、尺寸和范围。
- 5.2.4.1.4 局部点蚀时还应注明点蚀坑的数量及密度分布情况。
- 5.2.4.1.5 腐蚀检查发现重要结构件达到报废指标时，相应部位应修复或报废。

表 7 腐蚀形态外观特征及多发部位示例

腐蚀形态	外观特征	多发部位
全面腐蚀	结构尺寸均匀减薄，氧化皮剥落	平台、梯子、栏杆、司机室底板、结构呈半封闭区域的筋板或隔板处
局部点蚀	局部腐蚀，外观呈麻坑、孔洞状，氧化皮剥落	海侧台车与平衡梁、人字架顶部的滑轮支座平台、臂架铰接支座盖板
缝隙腐蚀	金属表面狭缝内或近旁发生的局部腐蚀，氧化皮剥落	结构件连接法兰的间隙；高强度螺栓连接间隙

5.2.4.2 检查方法

以目测检查为主，必要时采用超声波测厚仪测量腐蚀引起的材质减损情况；对于箱形梁或箱形支腿，目测检查发现可能存在内部腐蚀时，应进行厚度测量。厚度测量前，应清除结构表面油漆、浮锈，打磨至露出金属光泽。

5.2.4.3 腐蚀等级评定

5.2.4.3.1 根据腐蚀程度，将港口起重机械金属结构腐蚀评定为“轻微腐蚀”“较重腐蚀”和“严重腐蚀”3个等级。腐蚀等级评定如下：

- a) 轻微腐蚀：已发生锈蚀，并且氧化皮已开始剥落；
- b) 较重腐蚀：氧化皮已因锈蚀而剥落，目测可见金属表面轻微点蚀；
- c) 严重腐蚀：氧化皮已因锈蚀而剥落，并且金属表面可见普遍点蚀。

5.2.4.3.2 考虑到港口起重机械处于沿海露天环境，长期服役后发生轻微腐蚀和较重腐蚀的情况比较普遍，将轻微腐蚀与较重腐蚀的风险等级评定为 1B，风险类别为“Ⅲ类”；严重腐蚀的风险等级评定为 2B，风险类别为“Ⅱ类”。

5.2.4.3.3 对于主要受力结构件，断面腐蚀达到设计厚度的 10%时，风险等级评定为 3B，风险类别评定为“Ⅰ类”，如不能修复，应报废。

5.2.5 无损检测

5.2.5.1 检测对象与要求

- 5.2.5.1.1 检测对象至少包含列举的重要结构件及连接，具体检测部位见附录 D。
- 5.2.5.1.2 所有检查缺陷均应附图标记，记录缺陷位置、缺陷的尺寸和范围，缺陷是否位于焊缝的根部，以及是否扩展到母材。
- 5.2.5.1.3 记录缺陷位置时，方位标记以作业人员在司机室操作位置的视角为基准。

5.2.5.2 检测方法

采用磁粉检测（MT）、渗透检测（PT）等方法检测表面缺陷，采用常规超声检测（UT）或超声相控阵检测（PAUT）等方法检测内部缺陷；必要时，采用射线检测（RT）等其他检测方法。

5.2.5.3 检测结果判定

应根据表 8 的规定，对各检测对象进行符合性判定。如有一项不符合，则无损检测的风险类别评定为“Ⅰ类”；如无损检测全部符合，则风险类别评定为“Ⅲ类”。

表 8 无损检测的安全判定

检测项目	判定指标	判定结果
焊缝质量与裂纹	符合 TSG 51—2023 中 2.3.4.3.2 的规定	符合
	不符合 TSG 51—2023 中 2.3.4.3.2 的规定	不符合
单件裂纹	无裂纹	符合
	存在裂纹，使结构或零部件不能正常安全承载	不符合
注：单件裂纹针对关键零部件无损检测，如吊钩。		

5.2.6 载荷试验

5.2.6.1 试验通则

- 5.2.6.1.1 载荷试验主要检查结构的承载能力，机构、液压、电气、安全保护装置的运行状态、运行性能与各项功能。
- 5.2.6.1.2 载荷试验包括空载试验和额载试验。
- 5.2.6.1.3 对于降级使用的起重机械，试验载荷应按降级后的载荷选取。
- 5.2.6.1.4 额定载荷试验前，应完成各项静态检查和空载试验，包括整机结构、机械零部件的连接固定情况、液压系统、电气系统及安全保护装置，确认各检验项目符合要求。
- 5.2.6.1.5 必要时，可调整起重量限制器、力矩限制器、液压系统安全溢流阀压力，但试验后应调回到设计设定值。
- 5.2.6.1.6 岸边集装箱起重机、轨道式集装箱门式起重机、轮胎式集装箱门式起重机、装卸桥等港口起重机械的主梁应进行静态刚度试验。

5.2.6.2 试验结果判定

- 5.2.6.2.1 港口起重机械载荷试验的试验结果，分别应符合 TSG 51—2023 中 C4.2.2 和 C4.3.2 规定的要求。
- 5.2.6.2.2 试验项目如有一项不符合，则载荷试验判定不合格，风险类别评定为“Ⅰ类”；如全部符合，则风险类别评定为“Ⅲ类”。

5.2.7 应力测试

5.2.7.1 测点选取与布置

- 5.2.7.1.1 应力测试的目的是校验重要结构件的强度。测点选取按照以下方法完成：
 - a) 如设计资料齐全，优先利用有限元仿真技术，根据起重机设计图纸构建仿真模型，通过有限元求解器计算典型工况下的静态应力分布，识别危险应力区，按“高风险优先、全面覆盖”原则完成测点布置；
 - b) 如设计资料不齐全，可通过资料调研、技术咨询、现场测绘等方式，识别评估设备的危险应力区，完成测点选取。

- 5.2.7.1.2 布置测点时，宜考虑重要结构件的外观检查（腐蚀、变形）与无损检测（裂纹）情况，必要时增加测点。
- 5.2.7.1.3 测点宜对称布置，同时考虑应变片失效风险，适当增设冗余测点。
- 5.2.7.1.4 所有测点应标记并附图记录。
- 5.2.7.1.5 标记部位应清晰可辨，持久耐用，确保可追溯。

5.2.7.2 测试工况

测试工况应按相关起重机械试验标准的要求选取。对于降级使用的起重机械，试验载荷按降级后的载荷选取。

5.2.7.3 结构应力安全判定

- 5.2.7.3.1 各测点在不同测试工况下的应力测试值均应小于材料的许用应力。安全判定结论分为“符合”和“不符合”，具体判定方法依据 GB/T 41510—2022 中 6.2.3.4.3 进行。
- 5.2.7.3.2 结构应力测试结论为“不符合”时，风险类别评定为“Ⅰ类”；测试结论为“符合”时，风险类别评定为“Ⅲ类”。

5.3 剩余寿命理论估算

5.3.1 剩余寿命估算的准备

在进行剩余寿命理论估算之前，应核实被评估设备的设计寿命，根据历史作业数据编制使用周期的载荷谱，确定使用寿命。

5.3.2 整机剩余寿命估算

整机剩余寿命的理论估算流程如图2所示，具体计算方法按GB/T 41510—2022中6.3.2要求进行。

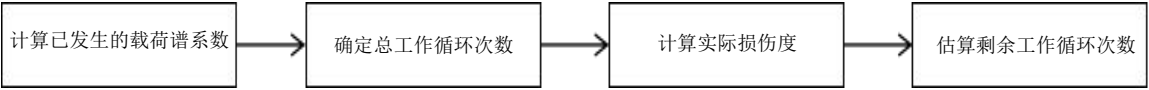


图2 整机剩余寿命估算流程

5.3.3 重要结构件剩余寿命估算

重要结构件的剩余寿命理论估算流程如图3所示，具体计算方法按GB/T 41510—2022中6.3.5要求进行。

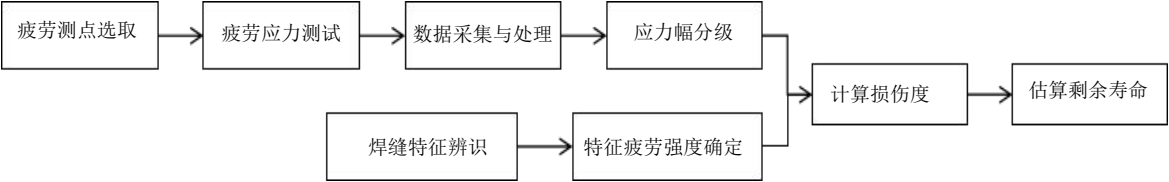


图3 重要结构件剩余寿命估算

5.3.4 剩余寿命的风险类别评定

对于整机剩余寿命和重要结构件剩余寿命，应按如下规定进行风险类别评定：

- a) 如剩余寿命不超过 1 年，风险类别评定为“Ⅰ类”；
- b) 如剩余寿命超过 1 年但不超过 5 年，风险类别评定为“Ⅱ类”；

c) 如剩余寿命超过 5 年，风险类别评定为“Ⅲ类”。

6 综合判定及处置措施

6.1 综合评定方法

根据现场检验检测与剩余寿命理论估算的风险类别评定结果，将整机安全等级分为“合格、基本合格、降级使用、不合格”4 个等级。整机安全等级与评估结论应按表 9 进行综合评定。

表 9 整机安全等级与安全评估结论

风险评定状况	整机安全等级	整机安全评估结论
同时符合下列情况： a) 目测检查、腐蚀等级评定、载荷试验全部符合要求，无各类风险； b) 无损检测、应力测试、剩余寿命估算无 I 类、II 类风险	合格	可继续使用
同时符合下列情况： a) 目测检查、腐蚀等级评定、无损检测、载荷试验项目，存在 I 类或 II 类风险，通过修复或更换后可消除相应风险； b) 应力测试项目符合要求，无 I 类风险； c) 修复、更换后的整机和重要结构件剩余寿命超过 1 年，无 I 类风险	基本合格	对评估中提出的不符合项目进行修复、更换后可继续使用
同时符合下列情况： a) 目测检查、腐蚀评定、无损检测、载荷试验、整机和重要结构件剩余寿命估算项目存在 I 类或 II 类风险，通过修复或更换后，可消除相应风险； b) 降级后的载荷试验项目无 I 类风险； c) 按降级后的载荷进行结构应力测试，符合要求，无 I 类风险； d) 降级后整机和重要结构件剩余寿命超过 1 年，无 I 类风险	降级使用	降级使用
符合下列情况之一： a) 主要受力结构件塑性变形，且无法修复； b) 主要受力结构件失去整体稳定性，且无法修复； c) 目测检查、腐蚀评定、无损检测、载荷试验项目存在 I 类或 II 类风险，且无法修复，致使整机不能安全使用； d) 应力测试项目不符合要求，存在 I 类风险； e) 整机或重要结构件剩余寿命估算不超过 1 年，存在 I 类风险，且无法修复、更换或降级，致使整机不能安全使用	不合格	不能继续使用 按报废处理

6.2 降级使用与整机报废规定

起重机械降级使用与整机报废规定应按照 GB/T 41510—2022 中 7.2~7.3 的要求进行。

7 安全评估报告

7.1 报告内容

安全评估报告应至少包括以下内容：

- a) 起重机械基本信息，包括产品名称、使用单位名称、制造单位名称、出厂日期、规格型号及主要技术参数等；
- b) 安全评估依据；
- c) 安全评估仪器仪表；
- d) 历史作业数据情况、改造修理情况及监测记录数据；
- e) 现场检验检测情况，包括检测数据记录、检验检测项目的符合性判定与风险等级评定；
- f) 剩余寿命的理论估算结果；
- g) 评估结论与建议，评估结论包括整机安全等级和整机评估结论；评估建议应包括下次安全评估的年限和后续使用维护保养应重点关注的部位。下次安全评估的年限可按照剩余寿命年限的50%确定。

7.2 报告格式与评估建议书

安全评估报告格式和评估建议书分别见附录 E、附录 F。

附 录 A

(资料性)

港口起重机械安全评估常用仪器仪表

港口起重机械安全评估常用仪器仪表见表A. 1。

表 A. 1 港口起重机械评估常用仪器仪表

序号	仪器名称	精度或分辨率	用途	备注
1	超声波探伤仪	水平 $<1\%$, 垂直 $<5\%$	内部缺陷检测	—
2	磁粉探伤仪	可清晰完整地显示 A 型标准试片上的刻槽	表面缺陷检测	—
3	动态应变测试仪	$0.5\% \pm 3 \mu \varepsilon$	应力测试	系统示值误差
4	绝缘电阻测试仪	$-2\% \sim +2\%$	绝缘电阻测量	—
5	超声波测厚仪	$\pm (0.1 + H/100) \text{ mm}$	腐蚀测量	H 为被测件厚度
6	接地电阻测试仪	$-3\% \sim +3\%$	接地电阻测量	—
7	万用表	$-2\% \sim +2\%$	电压、电流、电阻等物理量测量	—
8	游标卡尺	0.02 mm	长度、内外径、深度、厚度、钢丝绳直径测量	—
9	硬度计	—	硬度测量	—
10	钢直尺	II 级	尺寸测量	—
11	激光测距仪	$\pm 1 \text{ mm}$	尺寸测量	—
12	卷尺	II 级	尺寸测量	—
13	塞尺	A 级	间隙测量	—
14	全站仪	$(2 + 2.0 \times 10^{-6} D) \text{ mm}$	距离、高差测量	D 为实际测量距离 (km)
15	综合气象仪	$-0.1 \text{ m/s} \sim +0.1 \text{ m/s}$	风速测量	—
16	温度计	$\pm (2\% T) ^\circ \text{C}$	温度测量	T 为被测物体温度
17	湿度计	$\pm 2\%$	湿度测量	—
18	百分表	$\pm 0.01 \text{ mm}$	圆度、平面度等形位误差测量	—
19	钢丝绳探伤仪	缺陷定位误差 $\leq \pm 0.5 \text{ m}$; 断丝识别 $\geq 0.1 \text{ mm}$	钢丝绳检测	—

附 录 B
(规范性)
目测检查项目及风险评定

港口起重机械通用性部件、重要结构件、关键零部件、控制系统、安全保护装置的目测检查项目、内容要求及风险评定，分别按照表B. 1～表B. 5实施。

表 B. 1 通用性部件目测检查项目及风险评定

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
1	通用性部件	平台、梯子、栏杆	平台、梯子和栏杆固定可靠，无严重锈蚀、变形、断裂等缺陷	符合□ 不符合□	3A	I
2		司机室	司机室的固定牢固可靠，无严重锈蚀、变形、断裂等缺陷	符合□ 不符合□	3B	I
			灭火器、绝缘地板、通风照明等设施齐全；各操作装置标志完好、醒目，易于司机观察	符合□ 不符合□	1B	III
3		附属设备	升降机维护保养记录齐全，设备状态符合相应产品的安全技术规范要求	符合□ 不符合□	4C	I
4			维护保养记录齐全，设备状态符合相应产品的安全技术规范要求	符合□ 不符合□	4C	I
评估小结：☐通用性部件检查均符合要求，未发现相关风险项目； ☐以下项目不符合要求，存在相关风险（具体描述）：						

表 B.2 重要结构件目测检查项目及风险评定

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
1	重要结构件	连接焊缝	重要结构件的连接焊缝无明显可见的裂纹	符合□ 不符合□	3B	I
2		腐蚀	重要结构件无积水、大面积锈蚀	符合□ 不符合□	1B	III
3		结构变形	主要受力结构件无明显翘曲变形	符合□ 不符合□	3C	II
4		高强度螺栓连接	螺栓连接无松动、无油漆打皱、严重腐蚀等	符合□ 不符合□	2B	II
评估小结：☐重要结构件目测检查均符合要求，未发现相关风险项目； ☐以下项目不符合要求，存在相关风险（具体描述）：						

表 B.3 关键零部件目测检查项目及风险评定

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
1	关键零部件	钢丝绳	钢丝绳的固定与连接：钢丝绳应穿绕正确，在卷筒上能够按照顺序整齐排列；钢丝绳绳端在卷筒上固定应牢固、可靠，绳端固定装置应具有防松或自紧性能；用压板固定时，压板数量应不少于 2 个，并具有防松或自紧性能；用绳夹固定时，绳夹安装正确，绳夹数量符合要求；用楔块、楔套连接时，楔套应用钢材制造，楔套无裂纹，楔块无松动；用金属压制接头固定时，接头无裂纹	符合□ 不符合□	4A	I
			钢丝绳安全圈数：吊具处于工作位置最低点时，钢丝绳在卷筒上的缠绕（除固定圈数外）少于 2 圈	符合□ 不符合□	4C	I
			钢丝绳未出现GB/T 5972中规定的积聚断丝、弯折、腐蚀等各类报废情形	符合□ 不符合□	4B	I
2		集装箱吊具	吊具旋锁无异常磨损、裂纹、变形等严重损伤，无补焊	符合□ 不符合□	4C	I
3			吊具上下架连接销轴润滑良好，无异常磨损；伸缩臂架滑动表面、滑轨润滑状况良好，伸缩位置交接处无裂纹；连接件无缺损	符合□ 不符合□	3C	II
4			关键部位如转销、顶销润滑充分，转动灵活；转销锁紧螺母固定可靠	符合□ 不符合□	3D	III
5			吊具回转支架与臂架之间连接销轴无异常磨损，定位螺栓无松动	符合□ 不符合□	3C	II
6		吊钩	吊钩表面无裂纹；出现裂纹不得焊补，应报废	符合□ 不符合□	4C	I
7			锻造吊钩检查开口尺寸值超过使用前基本尺寸的 10%时，吊钩应报废	符合□ 不符合□	4C	I
8			吊钩的钩柄无塑性变形，否则应报废	符合□ 不符合□	4C	I
9			吊钩的磨损量不得超过基本尺寸的 5%，否则应报废	符合□ 不符合□	4C	I
10			钩柄直径腐蚀的尺寸不应大于基本尺寸的 5%，否则应报废	符合□ 不符合□	4C	I

表 B.3 关键零部件目测检查项目及风险评定（续）

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
11	关键零部件	吊钩	吊钩钩颈处的螺纹无腐蚀；吊钩旋转灵活无卡滞	符合□ 不符合□	4C	I
12			吊钩防意外脱钩的保险装置功能有效，无缺损	符合□ 不符合□	2B	II
13			吊钩悬挂牢固可靠	符合□ 不符合□	4C	I
14		抓斗	抓斗各铰点、滑轮等部位转动灵活，无卡阻和刮擦现象	符合□ 不符合□	2B	II
15			抓斗启闭动作准确，启闭自如	符合□ 不符合□	3C	II
16		滑轮及防脱槽装置	滑轮未出现下列情况：裂纹、轮槽不均匀磨损达 3 mm；轮槽壁厚磨损达原壁厚的 20%；轮槽底部直径减少量达钢丝绳直径的 50%；轮缘破损	符合□ 不符合□	2B	II
17			滑轮防脱槽装置固定可靠，无异常磨损、变形	符合□ 不符合□	2B	II
18		卷筒	卷筒无影响性能的表面缺陷（如裂纹），筒壁磨损量未达到原来壁厚的 20%	符合□ 不符合□	4B	I
19			卷筒轴承润滑良好，运转无异响	符合□ 不符合□	2B	II
20			卷筒绳槽磨损量未超过 6 mm 或钢丝绳排、放绳无经常性跳槽现象	符合□ 不符合□	2B	II
21		制动轮（盘）与制动器	制动器的零件无裂纹、过度磨损（摩擦片磨损达原厚度的 50%或者露出铆钉）、塑性变形、缺件等缺陷，液压制动器无漏油现象	符合□ 不符合□	4B	I
22			制动器打开时制动轮（盘）与摩擦片无摩擦现象，制动器闭合时制动轮（盘）与摩擦片接触均匀，无偏刹，无影响制动性能的缺陷和油污	符合□ 不符合□	4A	I
23			制动器的推动器无漏油、无异响	符合□ 不符合□	2B	II
24		安全制动器	对于安全制动器，正常作业时，安全制动器应在高速轴制动器闭合后延时闭合，延时动作时间可调	符合□ 不符合□	2B	II

表 B.3 关键零部件目测检查项目及风险评定（续）

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
25	关键零部件	齿轮与减速器	减速器固定可靠，壳体无裂纹；负载运行时传动机构无异响	符合□ 不符合□	2B	II
			开式齿轮无胶合、异常磨损、裂纹、断齿等严重缺陷	符合□ 不符合□	3B	I
26		联轴器	联轴器无异常磨损，运行无异响	符合□ 不符合□	2B	II
27		小车车轮和轨道	小车轮踏面和轮缘无异常磨损，运行无异响	符合□ 不符合□	2B	II
28			小车轨道无裂纹、异常磨损	符合□ 不符合□	2B	II
29			压板固定可靠，连接件无松脱缺件	符合□ 不符合□	2B	II
30			导向水平轮固定可靠，无异常磨损，运行时无异响	符合□ 不符合□	3C	II
31		轮胎	轮胎胎压正常；轮胎无鼓包、无裂纹；踏面花纹磨损未达到磨损报废标记；轮胎不得有影响使用的缺损、异常磨损和变形	符合□ 不符合□	2B	II
32		回转支承装置	回转支承润滑良好，固定螺栓无缺损、松动；滚道固定焊缝无开裂	符合□ 不符合□	3C	II
33			回转齿圈无裂纹、无破损；齿轮无齿面剥落、断齿、异常磨损等；运行时无异响	符合□ 不符合□	3C	II
评估小结： ☐ 关键零部件检查均符合要求，未发现相关风险项目；						
☐ 以下项目不符合要求，存在相关风险（具体描述）：						

表 B.4 控制系统目测检查项目及风险评定

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
1	液压系统	液压系统	液压系统安全装置功能有效；液压系统运行过程中无明显的抖动、爬行现象；平衡阀与被控元件（油缸、泵）应刚性连接	符合□ 不符合□	4B	I
2			油缸或推杆的铰点、支座固定无缺损	符合□ 不符合□	2B	II
3			液压系统工作时，液压工作元件、管路接头及阀块处无异常漏油现象，系统保压正常，液压油无异常温升	符合□ 不符合□	3C	II
4			油管、线管无老化破损现象；液压油位标志清晰	符合□ 不符合□	1C	III
5	电气系统	电击防护	电气设备应采取直接接触的防护措施或间接接触的防护措施，保护人员免受电击	符合□ 不符合□	3C	II
6			开放式控制屏应采取绝缘防护措施；司机室和电气房应装设绝缘地板或者绝缘地毯	符合□ 不符合□	3C	II
7		电气保护	检查电动机具备一种以上的过电流保护或热过载保护功能	符合□ 不符合□	2B	II
8			所有外部线均具有短路或接地引起的过电流保护功能	符合□ 不符合□	2B	II
9			零位保护、失压保护、错相和缺相保护等保护功能正常	符合□ 不符合□	2B	II
10			采用直流电机作为动力源驱动的，失磁保护功能正常	符合□ 不符合□	4C	I
11			采用变频调速、能耗制动、直流机组供电调速及由于负载超速可能会引起危险的起升机构和非平衡式变幅机构，应装设超速保护装置	符合□ 不符合□	2B	II
12		接地与防雷	接地和防雷符合 TSG 51—2023 中 A4.1.2.8 的要求	符合□ 不符合□	4C	I
13		急停开关	在司机室、小车、电气房、发动机一侧扶梯口等必要位置，应装设急停开关，能在紧急状态下切断动力电源；急停开关应为红色，并且不能自动复位，标识清晰	符合□ 不符合□	4B	I
14		绝缘电阻	电气设备绝缘应符合 TSG 51—2023 中 2.6.1.8 的要求	符合□ 不符合□	4C	I

表 B.4 控制系统目测检查项目及风险评定（续）

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
15	电气系统	发动机/电动机	发动机应运行平稳，无异响；发动机机体无渗漏现象；启动、熄火正常	符合□ 不符合□	3C	II
16		电动机	电动机无如下缺陷：外壳或基座破裂；电动机运行时有异响、振动、温升	符合□ 不符合□	3C	II
17		控制柜	控制柜未出现下列情况：控制柜内电气元件失效导致电气系统不能运行，无法更换为同规格参数的元件，或更换替代元件后仍无法正常运行；变压器、变频器、电路板、接触器、制动电阻等因老化出现电阻增大、短路、过载、载荷不平衡等情况，导致异常温度升高或有异响	符合□ 不符合□	2C	III
18		联动控制	控制台手柄具有零位自锁；主令控制器操作灵活、挡位清晰	符合□ 不符合□	2C	III
19		台	联动控制台上所有按钮、转换开关、指示灯等电气元件功能正常、标识清晰	符合□ 不符合□	1B	III
20		电缆拖链/卷盘	电缆拖链/卷盘未出现下列情况：护套出现开裂，导致线芯外露；绝缘材料发生破损、老化，导致绝缘性能下降；电缆严重变形、扭曲，线芯发生断裂或短路；拖链在导向槽内运行刮擦异响	符合□ 不符合□	2C	III
21		集电器	碳刷与滑环接触均匀，接触面积不小于 80%	符合□ 不符合□	3C	II
22		自动接驳装置	伸缩机构运行无异响，各紧固件固定可靠；取电机构功能正常，各紧固件固定可靠，集电臂及拉杆无变形、断裂	符合□ 不符合□	3C	II
23		蓄电池	电池液位正常，夹头连接固定可靠，表面无杂物	符合□ 不符合□	3C	II
24		照明与信号	操作故障或报警信号功能正常，清晰可辨；工作照明功能正常，且均设置短路保护	符合□ 不符合□	1B	III
评估小结： ☐ 控制系统目测检查均符合要求，未发现相关风险项目；						
☐ 以下项目不符合要求，存在相关风险（具体描述）：						

表 B.5 安全保护装置目测检查项目及风险评定

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
1	安全保护装置	抗风防滑装置	室外工作的轨道式起重机应装设可靠的抗风防护装置，并应满足规定的工作状态和非工作状态抗风防滑要求	符合□ 不符合□	4C	I
2			轮胎式集装箱门式起重机的防台风拉索设施状态良好；楔块无缺损及严重变形	符合□ 不符合□	3D	III
3			工作状态下的抗风制动装置可采用制动器、轮边制动器、夹轨器、顶轨器、压轨器、别轨器等，其制动与释放动作应考虑与运行机构联锁并应能从控制室内自动进行操作	符合□ 不符合□	2B	II
4			起重机只装设抗风制动装置而无锚定装置的，抗风制动装置应能承受起重机非工作状态下的风载荷；当工作状态下的抗风制动装置不能满足非工作状态下的抗风防滑要求时，还应装设牵缆式、插销式或其他形式的锚定装置。	符合□ 不符合□	4C	I
5			起重机有锚定装置时，锚定装置应能独立承受起重机非工作状态下的风载荷	符合□ 不符合□	4C	I
6			非工作状态下的抗风防滑设计，如果只采用制动器、轮边制动器、夹轨器、顶轨器、压轨器、别轨器等抗风制动装置，其制动与释放动作也宜考虑与运行机构联锁，并应能从控制室内自动进行操作（手动控制防风装置除外）	符合□ 不符合□	2B	II
7			锚定装置应确保在下列情况下起重机及其相关部件的安全可靠： a) 起重机进入非工作状态并且锚定时； b) 起重机处于工作状态，起重机进行正常作业并实施锚定时； c) 起重机处于工作状态且在正常作业，突然遭遇超过工作状态极限风速的风载而实施锚定时	符合□ 不符合□	4C	I
8		起重量限制器	实际起重量达到 90%~95% 额定起重量时，起重量限制器发出预警信号；实际起重量达到 105%额定起重量时，起重量限制器自动切断起升方向动力源	符合□ 不符合□	3C	II

表 B.5 安全保护装置目测检查项目及风险评定（续）

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
9	安全保护装置	起重力矩限制器	实际起重量达到实际幅度所对应的起重量额定值的 95%时，起重力矩限制器发出声光报警；超过实际幅度所对应的起重量额定值，但小于 105%起重量额定值时，起重力矩限制器应自动切断向不安全方向（如上升、增幅、臂架外伸或以上动作组合）的动力源，并且发出禁止性报警信号；起重量和幅度显示装置显示数值允许误差为±5%	符合□ 不符合□	3C	II
10		起升高度限制器	门式起重机应同时安装两种不同形式的高度限位装置；上升终点前减速、上升终点停止、上升极限位置停止功能正常，动作灵敏可靠	符合□ 不符合□	3C	II
11		下降深度限位器	下降终点前减速、下降终点停止功能正常，动作灵敏可靠	符合□ 不符合□	3C	II
12		运行行程限位器	起重机和起重小车应在每个运行方向装设行程限位器，在达到极限位置时自动切断前进方向的动力源	符合□ 不符合□	3C	II
13		超速保护装置	当升降速度超过空载额定起升速度的 115%时，超速装置能切断起升电动机电源	符合□ 不符合□	3C	II
14		缓冲器	固定可靠，无老化龟裂；聚氨酯材质缓冲器适用期限未超过 5 年	符合□ 不符合□	1B	III
15		止挡装置	运行轨道端部止挡装置固定可靠	符合□ 不符合□	3C	II
16		防护罩和防护栏、防雨罩	外露的有伤人可能的运动零部件的防护罩、防护栏以及露天作业的起重机械电气设备防雨罩齐全	符合□ 不符合□	1C	III
17		联锁保护装置	司机室与进入通道有相对运动时，进入司机室的通道口应设联锁保护；当通道门打开时，应断开由于机构动作可能会对人员造成危险的机构的电源；	符合□ 不符合□	3A	I
18			可以在两处或者多处操作的起重机械，应有互锁保护，保证其只能在一处操作，且以司机室操作优先	符合□ 不符合□	3B	I
19			轮胎式集装箱门式起重机的大车运行机构与大车转向机构应设联锁保护装置且功能正常、可靠；车轮锁销全部退出后方可转向，车轮锁销全部进入销孔后方可允许大车运行	符合□ 不符合□	3C	II

表 B.5 安全保护装置目测检查项目及风险评定（续）

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
20	安全保护装置	联锁保护装置	岸边集装箱起重机的小车停车位置与前臂梁俯仰动作应设联锁；前臂梁位置与小车动作应设联锁；俯仰机构安全钩、安全销应设联锁；以上联锁保护装置功能应正常、可靠	符合□ 不符合□	3B	I
21			集装箱吊具的旋锁装置安全联锁、伸缩装置安全联锁、吊具着箱安全联锁、伸缩止挡及其限位等联锁保护装置功能正常、可靠	符合□ 不符合□	4C	I
22		防碰撞装置	当两台或两台以上的起重机械运行在同一轨道上，或不在同一轨道且有碰撞可能时，应装设防碰撞装置且功能正常、可靠	符合□ 不符合□	3B	I
23		防触箱装置	当轮胎式集装箱门式起重机与集装箱碰撞时，防触箱装置应能发出讯号报警，并立即切断前进电源，但可旁路倒退行驶	符合□ 不符合□	3B	I
24		幅度限位器	对动力驱动的动臂变幅的门座起重机（液压变幅除外），在臂架俯仰行程的极限位置处设臂架低位置和高位置的幅度限位器，功能正常、可靠	符合□ 不符合□	4C	I
25		幅度指示器	具有变幅机构的港口起重机械，幅度指示器固定可靠，标识清晰	符合□ 不符合□	1B	III
26		防止起重臂后倾装置	挠性变幅的动臂式港口起重机械，防止起重臂后倾装置功能正常、可靠	符合□ 不符合□	4C	I
27		回转限位装置	需要限制回转范围时，回转角度限位装置功能正常、可靠	符合□ 不符合□	4C	I
28		极限力矩限制装置	有自锁作用的回转机构，应装设极限力矩限制装置且功能正常、可靠	符合□ 不符合□	4C	I
29		障碍灯	起重机总高度大于 30 m 且周围无高于起重机顶尖的建筑物和其它设施，起重机械臂架顶端应设红色航空障碍灯且功能正常、可靠	符合□ 不符合□	1B	III
30		风速仪及风速报警器	室外作业的高大起重机应安装风速仪或风速报警器，风速仪应设在起重机上部迎风处且功能正常、可靠	符合□ 不符合□	1B	III
31		轨道清扫器	当物料有可能积存在轨道上成为运行的障碍时，在轨道上行驶的起重机应装设轨道清扫器，扫轨板底面与轨道顶面之间的间隙应≤ 10 mm	符合□ 不符合□	1B	III

表 B.5 安全保护装置目测检查项目及风险评定（续）

序号	评估单元	检查项目	内容及要求	检查结果	风险评定参考值	
					风险等级	风险类别
32	安全保护装置	电缆卷筒终端限位装置	运行距离大于电缆长度时，电缆卷筒放缆终点开关功能正常、可靠，在卷筒上至少有 2 圈电缆	符合□ 不符合□	1B	III
评估小结：☐安全保护装置目测检查项目均符合要求，未发现相关风险项目； ☐以下项目不符合要求，存在相关风险（具体描述）：						

附 录 C
(规范性)

重要结构件和关键零部件损伤缺陷风险评定方法

重要结构件和关键零部件的损伤缺陷风险评定方法分别按表 C.1 和表 C.2 实施。

表 C.1 重要结构件损伤缺陷风险评定方法

评估单元	损伤缺陷形式	判定指征	风险评定参考值		处置要求
			风险等级	风险类别	
重要结构件 （主梁、臂架、门框、门架、支腿、鞍梁、平衡梁及其连接）	断裂或裂纹	断裂或裂纹可能影响安全承载	3B	I	修复
	腐蚀	$\Delta \geq 10\%$	4C	I	修复
	塑性变形	刚度不足	4C	I	报废
		局部翘曲变形	3C	II	修复
		结构尺寸偏差超标	3C	II	修复
	连接件缺损或连接松动	高强度螺栓连接预紧力矩下降；连接副缺件	4C	I	修复
重要结构件（销轴）	裂纹	表面裂纹或内部裂纹	4C	I	更换
	腐蚀	打磨后腐蚀减损量 $\Delta \geq 2\%$ （包括凹坑处）	4C	I	更换
	磨损	硬化层剥落，磨损减损量 $\Delta \geq 2\%$	4C	I	更换
	固定连接失效	轴端挡板螺栓松动或缺件	4B	I	修复
		固定焊缝开裂	4B	I	修复
		定位销轴断裂	4B	I	修复
注 1： Δ —腐蚀/磨损尺寸占公称尺寸（设计尺寸，厚度或直径）的百分比。					
注 2：结构尺寸偏差指港口起重机械长期使用过程中，结构发生变形导致的同类结构件尺寸发生偏移、不一致的情形，如岸边集装箱起重机前臂梁挠曲变形导致对中超标、拉杆变形导致两侧应力不一致、小车轨距偏差超标等，尺寸偏差将导致重要结构件受力不均衡，承受额外附加载荷，影响安全使用。					

表 C.2 关键零部件损伤缺陷风险评定方法

评估 单元	损伤缺陷形式	判定指征	风险评定参考值		处置 要求
			风险等级	风险类别	
集装箱吊具	裂纹	吊具旋锁裂纹	4C	I	更换
		吊具横梁出现裂纹	3C	II	修复
吊钩	裂纹	钩头或钩柄螺纹连接处裂纹	4C	I	更换
	塑性变形	钩柄塑性变形	4C	I	更换
		锻造吊钩检查开口尺寸值超过使用前基本尺寸的 10%	4C	I	更换
	磨损	吊钩的磨损量超过基本尺寸的 5%	4C	I	更换
	腐蚀	钩柄直径腐蚀的尺寸大于基本尺寸的 5%； 钩颈处的螺纹腐蚀磨损	4C	I	更换
起重 小车 轨道	磨损	$\Delta \geq 10\%$	3C	II	更换
	裂纹	表面裂纹	3C	II	修复
		贯穿性裂纹	3C	II	更换
	局部固定连接失效	压板螺栓松动	3C	II	修复
		固定焊缝开裂	3C	II	修复
制动 器	驱动装置失效	电磁线圈或电动机绕组烧损，推动器推力达不到松闸要求或者无推力	4C	I	更换 零件
	制动弹簧失效	弹簧出现塑性变形且变形量达到工作变形量的 10%；弹簧表面 20% 锈蚀或有裂纹等明显损伤	4B	I	更换 零件
	传动构件磨损、 变形	构件出现影响性能的严重变形，主要摆动铰点出现严重磨损，且磨损导致制动器驱动行程损伤达到原行程的 20% 以上	4B	I	更换 零件
	制动衬垫磨损、 裂纹、龟裂	制动衬垫表面出现裂纹或严重的龟裂现象；铆接或组装式制动衬垫的磨损量达到衬垫原始厚度的 50%；带钢背的卡装式制动衬垫磨损量达到衬垫原始厚度的 2/3； 制动衬垫表面出现炭化或剥落面积达到原衬垫的 30%	4B	I	更换 零件
	制动轮（盘）缺陷	表面裂纹；起升、变幅机构制动轮，制动面厚度磨损量 $\Delta \geq 40\%$ ；其他机构的制动轮制动面厚度磨损量 $\Delta \geq 50\%$ ；轮（盘）面凹凸不平度达 1.5 mm	4B	I	更换 零件

表 C.2 关键零部件损伤缺陷风险评定方法（续）

评估 单元	损伤缺陷形式	判定指征	风险评定参考值		处置 要求
			风险等级	风险类别	
减速 器与 传动 齿轮	密封性能下降	减速器各连接处与密封处有漏油现象	2B	II	修复
	裂纹	齿轮出现表面裂纹	3B	I	更换 零件
	齿面点蚀或剥落	齿面点蚀或剥落面积达工作面积的 30%， 且深度达设计齿厚的 10%	3B	I	更换 零件
	磨损	表面硬化处理齿轮或渗碳淬硬齿轮在节圆 方向上的齿厚磨损量达设计有效层厚的 85%	3B	I	更换 零件
钢丝 绳	可见断丝	钢丝绳未出现 GB/T 5972 中规定的各类断 丝报废情形	4B	I	更换
	畸形损伤	波浪形；笼状畸形；绳芯或绳股突出或扭 曲；局部压扁或扭结；折弯；热和电弧引 起的损伤	4B	I	更换
注：△—腐蚀/磨损尺寸占公称尺寸（设计尺寸，厚度或直径）的百分比。					

附 录 D
(资料性)
港口起重机械重要结构件焊缝无损检测区域

本附录给出了岸边集装箱起重机、轮胎式集装箱门式起重机及门座起重机重要结构件焊缝无损检测区域的示意图，分别见图D. 1至图D. 3，相关检测部位可根据实际结构形式参考调整。具体检测位置见表D. 1至表D. 3。

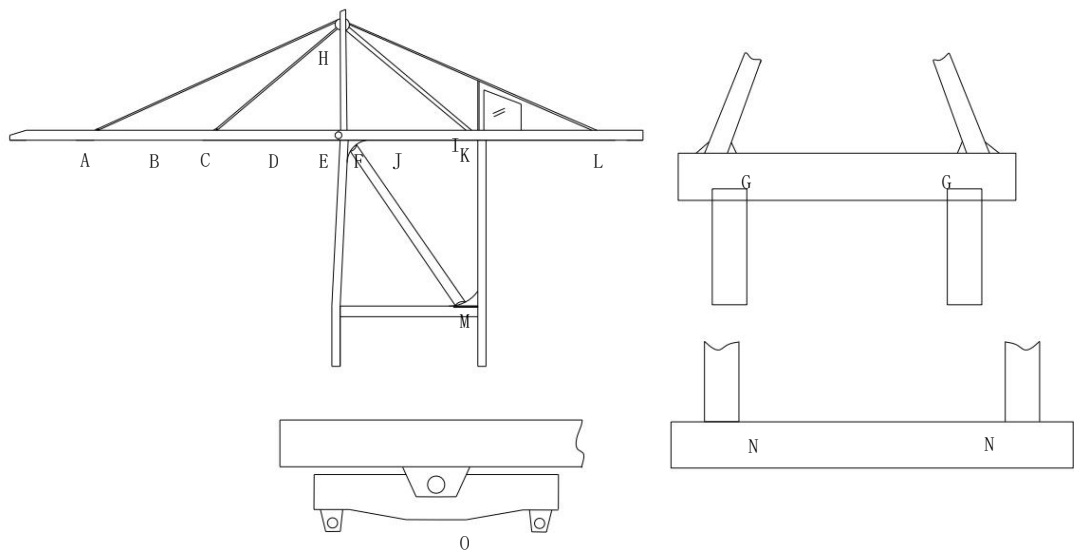


图 D. 1 岸边集装箱起重机无损检测区域示意图

表 D. 1 岸边集装箱起重机无损检测区域标记具体位置

区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
A	前拉杆与前臂梁连接区域	
B	前臂梁跨中区域	

表 D.1 岸边集装箱起重机无损检测区域标记具体位置（续）

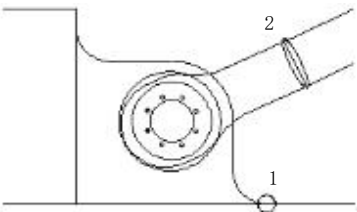
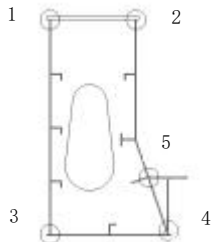
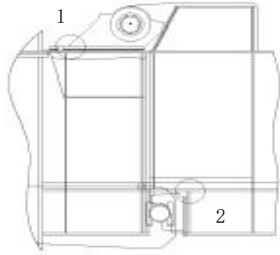
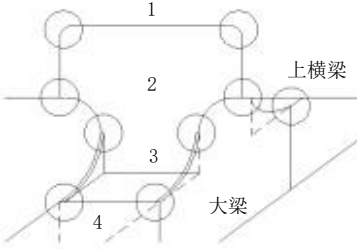
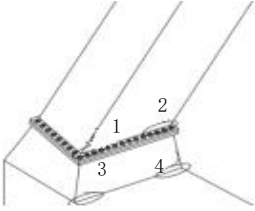
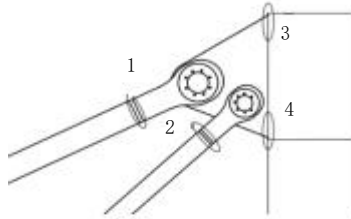
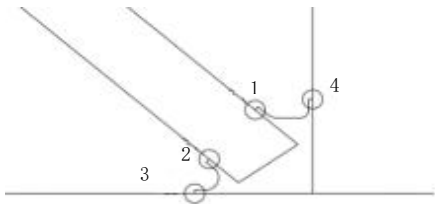
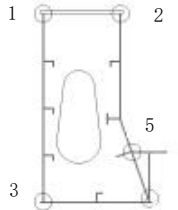
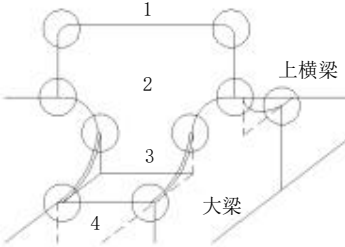
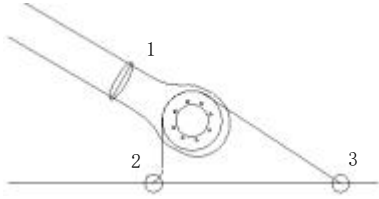
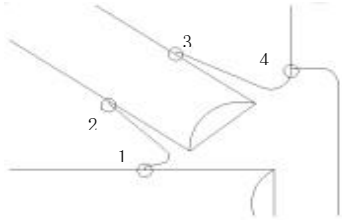
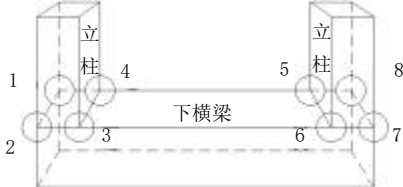
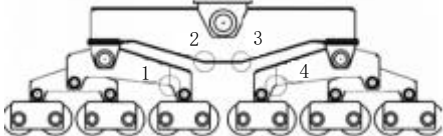
区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
C	中拉杆与前臂梁连接区域	 A schematic diagram showing a circular truss structure connected to a horizontal beam. A weld is indicated by a line labeled '2' at the connection point. A label '1' points to the truss structure.
D	前臂梁 1/4 跨中区域	 A schematic diagram of a rectangular frame. A weld is indicated by a line labeled '2' at the top right corner. Labels '1', '3', '4', and '5' point to various parts of the frame.
E	前臂梁铰点区域	 A schematic diagram of a crane structure. A weld is indicated by a line labeled '2' at the hinge point. A label '1' points to the top of the structure.
F	海侧门框与主梁连接区域	 A schematic diagram showing a door frame connected to a main beam. A weld is indicated by a line labeled '2' at the connection point. Labels '1', '3', and '4' point to various parts of the frame. The text '上横梁' (top beam) and '大梁' (main beam) are also present.
G	梯形架与海侧上横梁连接区域	 A schematic diagram showing a trapezoidal frame connected to a horizontal beam. A weld is indicated by a line labeled '2' at the connection point. Labels '1', '3', and '4' point to various parts of the frame.
H	梯形架顶部拉杆、撑杆连接区域	 A schematic diagram showing a truss structure connected to a horizontal beam. A weld is indicated by a line labeled '2' at the connection point. Labels '1', '3', and '4' point to various parts of the frame.

表 D.1 岸边集装箱起重机无损检测区域标记具体位置（续）

区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
I	斜撑杆与主梁连接区域	
J	主梁跨中区域	
K	陆侧门框与后大梁连接区域	
L	后拉杆与主梁连接区域	
M	门框撑杆与联系横梁连接区域	
N	门腿与下横梁连接区域	
O	平衡梁与铰轴连接区域	

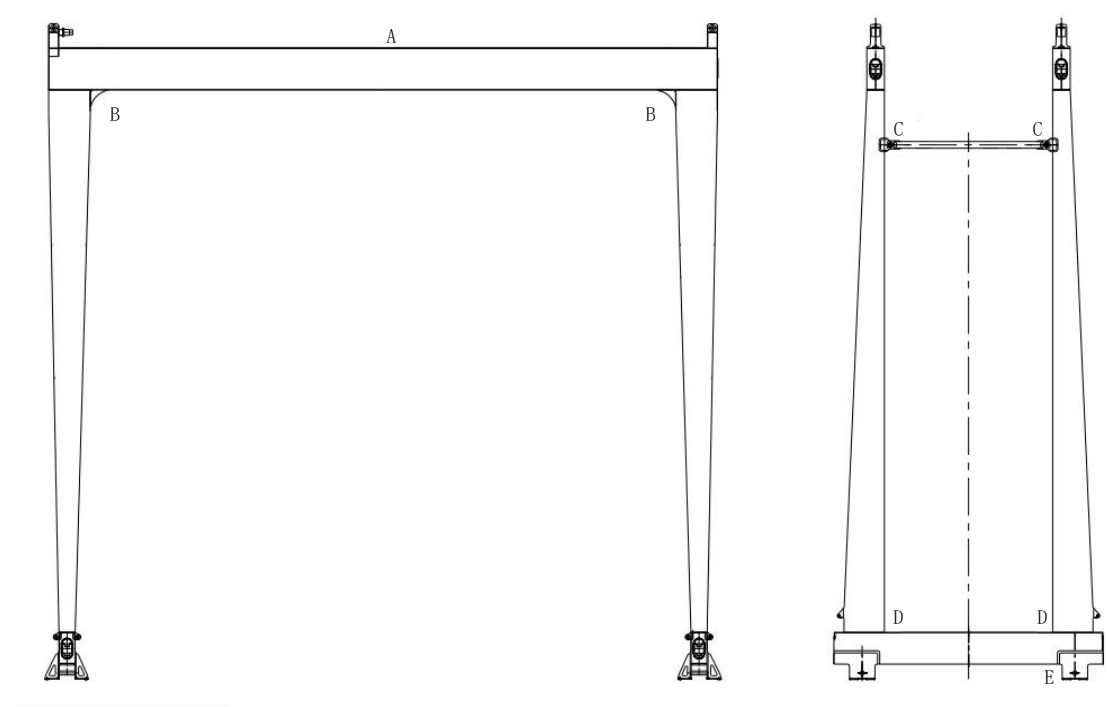
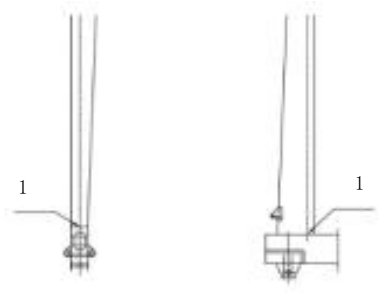
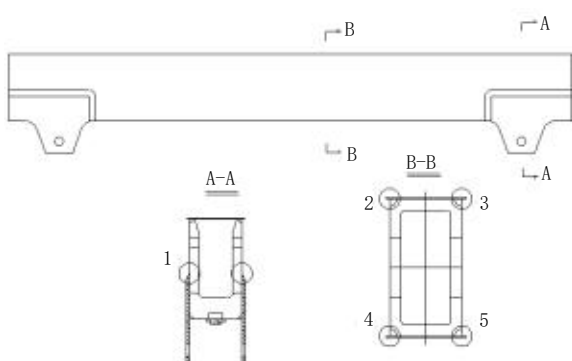


图 D. 2 集装箱门式起重机无损检测区域示意图

表 D. 2 轮胎式集装箱门式起重机无损检测区域标记具体位置

区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
A	主梁跨中区域	
B	主梁与支腿连接区域	
C	撑杆与支腿连接区域	

表 D.2 集装箱门式起重机无损检测区域标记具体位置（续）

区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
D	支腿与鞍梁连接区域	
E	鞍梁	

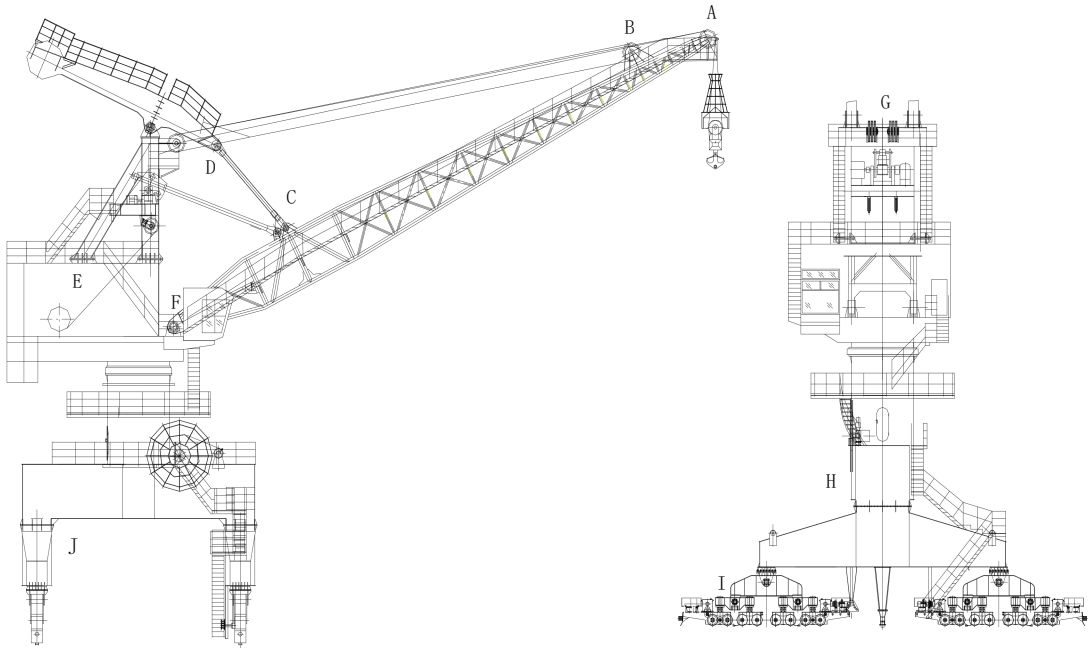


图 D.3 门座式起重机无损检测区域示意图

表 D.3 门座式起重机无损检测区域标记具体位置

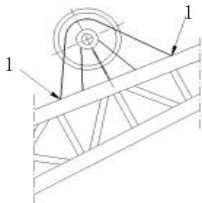
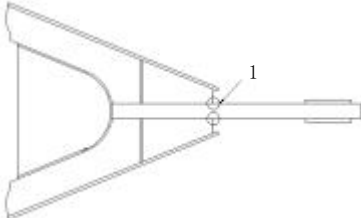
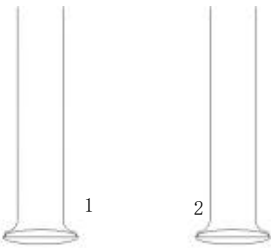
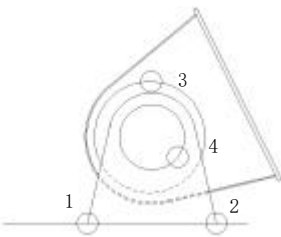
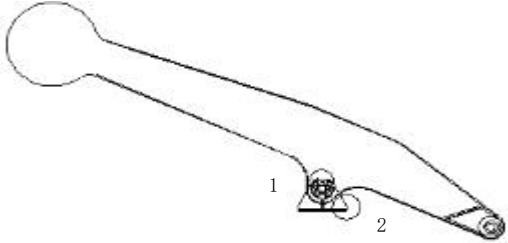
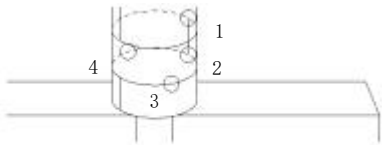
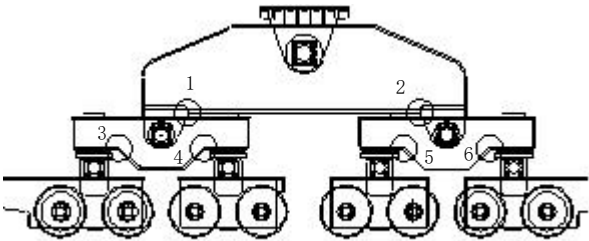
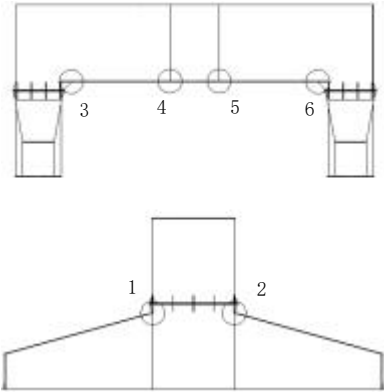
区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
A	臂架头部起升滑轮支座区域	
B	起升滑轮支座区域	
C	拉杆与臂架连接区域	
D	拉杆与平衡臂连接区域	
E	人字架连接区域	
F	臂架根部铰点支座区域	

表 D.3 门座式起重机无损检测区域标记具体位置（续）

区域标记	具体位置	焊缝位置示意图
G	人字架顶起升滑轮支座区域	
H	圆筒门架区域	
I	大车平衡梁区域	
J	端梁与门腿连接区域	

附 录 E

(资料性)

港口起重机械安全评估报告格式（示例）

港口起重机械安全评估报告格式见表E. 1。

表E. 1 港口起重机械安全评估报告格式

委托单位名称			
使用单位名称			
设备使用地点			
设备品种		注册代码	
使用登记证编号		内部编号	
型号规格		出厂编号	
制造单位名称		制造日期	
性能参数	(额定起重量/起重力矩、跨度、起升高度、工作级别等性能参数)		
历史使用记录	(投入使用后历年箱量及箱重数据、抓斗吨位数与作业次数等关键数据)		
改造修理记录	(更换主要受力结构件、主要机构、控制系统、更换主要零部件情况)		
评估依据			
评估用仪器仪表及工具			
现场检验检测风险类别评定	外观检查项目风险类别评定： 腐蚀等级评定项目风险类别评定： 无损检测项目风险类别评定： 应力测试项目风险类别评定： 载荷试验项目风险类别评定：		
剩余寿命估算与风险类别评定	整机剩余寿命理论估算结果及风险类别评定： 重要结构件剩余寿命理论估算结果及风险类别评定：		
安全评估发现问题描述	本次安全评估发现的主要问题：		
评估结论	整机安全等级与整机安全评估结论：		
使用维护建议			
下次安全评估建议期限			
评估成员（签字）	日期：	评估机构检验检测专用章或公章 日期：	
审核（签字）	日期：		
批准（签字）	日期：		

附 录 F
(资料性)
港口起重机械安全评估建议书 (示例)

安全评估建议书宜包含表 F.1 的内容,评估机构可与委托方协商,对安全评估建议书的内容进行调整。

表 F.1 港口起重机械安全评估建议书

委托单位名称	
使用单位名称	
设备使用地点	
设备品种	
设备代码	
问题和建议:	
整机评估结论: ☐合格,可以继续使用。 ☐基本合格,对评估中提出的零部件进行修复、更换后,可以继续使用。 ☐降级使用,降级程度宜按现场检验与试验中降级幅度最大的项目确定。 ☐不合格,不能继续使用,按整机报废处理。 提示:根据《中华人民共和国特种设备安全法》的规定,特种设备出现故障或者发生异常情况,特种设备使用单位应对其进行全面检查,消除事故隐患,方可继续使用。	
建议下一次安全评估时间: 年 月	
评估成员 (签字)	日期: 年 月 日
使用单位签收人:	日期: 年 月 日
评估机构公章或检验检测专用章	

参 考 文 献

- [1] GB/T 6067.1—2010 起重机械安全规程 第1部分：总则
 - [2] GB/T 10051.3—2010 起重吊钩 第3部分：锻造吊钩使用检查
 - [3] GB/T 10051.6—2010 起重吊钩 第6部分：直柄双钩毛坯件
 - [4] GB/T 16856—2015 机械安全 风险评估 实施指南和方法举例
 - [5] GB/T 30579—2022 承压设备损伤模式识别
 - [6] GB/T 33080—2016 塔式起重机安全评估规程
 - [7] GB/T 42615—2023 在用电梯安全评估规范
 - [8] GB 45067—2024 特种设备重大事故隐患判定准则
 - [9] T/CASEI 62001—2019 起重机械 安全状况评估
-