

桥（门）式起重机安全评估规范

Safety assessment rules for bridge and gantry cranes

2025 - 05 - 06 发布

2025 - 06 - 06 实施

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。

本文件由安徽省特种设备检测院提出。

本文件由安徽省市场监督管理局归口。

本文件起草单位：安徽省特种设备检测院、合肥市轨道交通建设工程质量安全监督站、合肥市春华起重机械有限公司。

本文件主要起草人：孙芒、何世雄、聂梦雅、陈亮、周永恒、杨中龙、梁大伟、徐海涛、王金博、陈强、余国意、孔晓波、徐其淼、李芳龙、陈征、徐航。

桥（门）式起重机安全评估规范

1 范围

本文件规定了桥（门）式起重机（以下简称起重机）的安全评估要求、程序、结果判定规则以及安全评估报告的要求。

本文件适用于桥式起重机和门式起重机的安全评估，不适用于易燃易爆、可燃性气体、有毒气体、核辐射环境下的起重机。

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 3811 起重机设计规范
GB/T 3323.1 焊缝无损检测 射线检测 第1部分:X和伽玛射线的胶片技术
GB/T 3323.2 焊缝无损检测 射线检测 第2部分:使用数字化探测器的X和伽玛射线技术
GB/T 5972 起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废
GB/T 6067.1 起重机械安全规程 第1部分:总则
GB/T 6067.5 起重机械安全规程 第5部分:桥式和桥（门）式起重机
GB/T 6974.1 起重机 术语 第1部分:通用术语
GB/T 15706 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
GB/T 16856 机械安全 风险评估 实施指南和方法举例
GB/T 22437.1-2018 起重机 载荷与载荷组合的设计原则 第1部分:总则
GB 26469 架桥机安全规程
GB/T 26951 焊缝无损检测 磁粉检测
GB/T 26952 焊缝无损检测 焊缝磁粉检测 验收等级
GB/T 26953 焊缝无损检测 焊缝渗透检测 验收等级
JB/T 10559 起重机械无损检测 钢焊缝超声检测

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

安全评估 safety assessment

专业技术人员通过安全技术档案审核、现场检查、试验和数据采集、风险评估等方法，对起重机的结构、机构、液压、电气及其零部件等可能存在的安全隐患进行分析判断，对起重机的安全状态做出综合性评价的活动。

3.2

危险(源) hazard

可能导致伤害的根源或状态。

3.3

重要结构件 principal structural member

起重机金属结构的主要受力结构件，因其失效会导致起重机不安全的结构件。

3.4

关键零部件 critical component

因其失效会导致起重机不安全的零部件。

3.5

风险估计 risk estimation

确定伤害可能达到的严重程度和伤害发生的概率，并根据两者组合情况判定风险等级。

3.6

风险评价 risk evaluation

以风险分析为基础，确定是否需要进行风险减小的过程。

3.7

风险分析 risk analysis

包括确定起重机限制、划分评估单元、危险识别、风险估计准备、风险估计、判定评估对象的安全状况等级等过程。

3.8

降级使用 degrade application

经安全评估，起重机的安全性能不能达到原设计要求，需降低起重机使用技术参数或限制部分使用功能的情况。

4 一般要求

4.1 评估原则

4.1.1 以起重机使用环节的安全性为主要目标，查找起重机可能存在的安全隐患，分析判断安全隐患的影响程度，综合评价起重机的安全状态，提出合理可行的安全应对措施，指导影响起重机安全的危险源监控和事故预防，通过把风险降低到可容许的程度来达到安全。

4.1.2 起重机的安全评估基于风险管理的思想，应用风险分析工具，关注风险分析过程的严谨性。

4.2 评估对象

有下列情况之一时，宜进行起重机安全评估工作：

- a) 发现有重要结构件或关键零部件损伤；
- b) 接近/达到/超过设计寿命；
- c) 发生影响起重机械安全的事故；
- d) 受极端环境影响，如暴风、重大地震等，存在安全隐患；
- e) 影响起重机械安全的故障频发；
- f) 起重机械工作状况明显恶化；
- g) 架桥机达到 GB 26469 规定的需要进行安全评估的；
- h) 使用单位有需求；
- i) 安全监督管理部门认为有必要。

4.3 委托单位

委托单位应是起重机的使用方、产权方、制造方、第三方（如监督部门、司法机关）中的任意方。委托单位应提供所评估起重机械在使用过程中的相关作业数据、事故情况、改造、重大修理等可能影响评估内容、结论的相关技术资料。

4.4 安全评估机构

从事起重机安全状况评估工作的机构（以下简称评估机构）应是独立的第三方检验检测机构，具有特种设备安全监督管理的部门核准的起重机械检验检测或型式试验资质。

4.5 评估人员

4.5.1 从事起重机安全状况评估工作的评估人员应有五年以上与起重机械相关检验检测或起重机械专业技术工作的经历。

4.5.2 评估工作开展前应成立评估小组，负责具体的起重机安全状况评估工作，评估小组由三名（含）以上符合 4.5.1 要求的人员组成。需要时，评估小组可聘请相关领域技术专家在评估的整个过程或适当阶段中承担咨询任务。

4.5.3 评估小组组长还应具备下述基本条件：

- a) 具有相关专业高级技术职称或起重机械检验师（含）以上资格；
- b) 熟悉所评估起重机的技术要求和相关法规标准；
- c) 掌握起重机安全状况的评估要求、程序和方法；
- d) 能够客观公正地把握评估过程和评估结论，具有保障安全评估公正实施的组织能力；
- e) 具有协调和仲裁不一致的评估意见的能力。

4.6 仪器设备和计量器具

安全评估所使用的仪器设备和计量器具应按规定进行检定或校准。

5 程序和方法

5.1 确定评估对象

安全评估前，应了解评估需求，确定评估对象，明确评估依据，签订评估合同或协议。

5.2 安全技术档案审核

起重机的安全评估应根据实际情况，审核以下技术文件及记录：

- a) 起重机相关文件，包括制造、安装许可文件、产品质量证明文件、产品使用维护说明书、安装拆卸说明书等；
- b) 起重机基本信息，包括主要技术参数（如额定起重量、工作级别、载荷状态级别、设计寿命等）、使用单位、制造单位、出厂日期、规格型号等；
- c) 历次定期检验报告、安全评估报告或相关检验报告/检测数据等；
- d) 作业使用记录（包括日常使用状况、维保、修理、自检、运行故障和事故等记录）；
- e) 安全监控数据（如有）；
- f) 后期的载荷作业与使用情况；
- g) 型式试验报告及有关的设计技术资料。

5.3 划分评估单元

5.3.1 当把起重机整体作为评估对象时，可将其划分成以下评估单元：

- a) 金属结构；
- b) 机构(包括主要零部件)；
- c) 电气系统(包括可编程电子控制系统)；
- d) 液压系统；
- e) 安全保护和防护装置；
- f) 其他。

5.3.2 每个评估单元可分解为若干个评估项目。

5.3.3 评估人员也可根据实际情况将评估项目进一步细分成若干子项目。

5.4 检查与试验项目

5.4.1 目测检查

5.4.1.1 检查对象

5.4.1.1.1 检查项目

对所有可能影响起重机械安全使用的重要结构件、关键零部件（包括机械、电气、液压和通用性部件）、安全防护装置都应进行检查，具体如下：

- 重要结构件与焊接连接件包括主梁、端梁、小车架、刚/柔支腿、平衡梁、起重横梁、马鞍架等；
- 机械关键零部件包括取物装置(如吊钩、抓斗、吊杆等)、起重用短环链(包括链条与链轮等)、钢丝绳、滑轮、卷筒、减速器、制动装置、联轴器、车轮、滚轮、开式齿轮、排绳装置、柔性铰装置、钢丝绳平衡装置、起重葫芦等；
- 电气关键零部件包括电动机、发动机、发电机、集电器、接触器、指示器、断路器、继电器、控制器、电阻器、控制柜、控制电源、操纵装置、电控线缆、调速装置、触摸屏、变频器等；
- 液压关键零部件包括主回路上的泵、方向控制阀、压力控制阀、流量控制阀、安全阀、马达、油缸、管路与接头、蓄能器等；
- 通用性关键零部件包括司机室、平台、梯子、栏杆、轨道等；
- 安全防护装置包括起重量限制器、起升高度限位器、下降深度限位器、运行行程限位器、防碰撞装置、联锁保护安全装置、超速保护装置、缓冲器、抗风防滑(锚定)装置、行走纠偏装置、风速仪、防倾翻安全钩、轨道清扫器、端部止挡(运行机构)、导电滑线的防护装置、作业报警装置、防护罩、检修平台等；
- 除此之外，检查还应包括：
 - 受损零部件，包括外观可见裂纹、严重锈蚀、磨损、变形等情况；
 - 工作异常的结构、机构、电气、液压部件；
 - 维护记录中显示反复失效与故障频繁的零部件；
 - 上一次安全评估报告提出的需要重点关注的零部件；
 - 根据5.2的审核结果提出的需要重点检查检测的零部件；
 - 其他异常零部件。

5.4.1.1.2 抽查原则

对于重要结构件和关键零部件检查部位的长度、面积、体积较大的情况，应依据有关标准或制造单位提供的技术文件中规定的抽检方法，进行抽样检查，也可由委托单位与评估机构双方约定。如没有相关规定时，重要结构件和关键零部件的目测检查可采取如下抽检原则：

- a) 目测有明显腐蚀、磨损、变形、裂纹的关键部位应全数检查；
- b) 销轴和销轴孔抽检数量不应少于总数量的 20%，且不应少于 4 个；
- c) 螺栓和螺栓孔抽检数量不应少于相应部位总数量的 20%，且不应少于 20 个；
- d) 重要结构件的整体变形应全数检查，至少应包括 5.4.1.1.1 中的重要结构件；
- e) 液压系统主油路上的动力元件、控制元件和执行元件宜全数检查；
- f) 制动装置应全数检查；
- g) 电气中的电阻器、控制柜、接触器、断路器宜全数检查；
- h) 安全防护装置应根据 GB/T 6067.1、GB/T 6067.5 以及各产品标准的规定全数检查；
- i) 每根钢丝绳的抽检长度不应少于绳长的 50%，检测位置不应少于 3 处，且分布在经常工作范围内；
- j) 钢丝绳固定端应全数检查。

5.4.1.2 检查方法

应按表1的规定检查起重机重要结构件和关键零部件外观上的腐蚀、磨损、可见裂纹、变形、油漆剥落、老化等情况，如：

- a) 检测腐蚀部位的腐蚀面积与腐蚀厚度；
- b) 检测磨损部位的磨损面积与磨损厚度；
- c) 检测可见裂纹的长度、深度和方向；
- d) 检测变形时，应测量实际轴线相对设计轴线的最大偏差值，必要时测量构件横截面的变形。

表1 检查内容

检查项目	检查内容
重要结构件	腐蚀、磨损，可见裂纹、变形、油漆剥落
重要结构件连接	腐蚀、磨损、可见裂纹、变形
机械关键零部件	腐蚀、磨损、可见裂纹、变形、卡滞、油漆剥落、缺失状况
电气关键零部件	老化、接触性能
液压关键零部件	腐蚀、泄漏
安全防护装置	腐蚀、磨损、变形、缺失状况

5.4.1.3 检查结果判定

应根据表2的规定，对各检查对象进行安全判定。表2中未列出的其他检测项目判定指标，根据 GB/T 3811、GB/T 6067.1、GB/T 6067.5 及其他的各产品标准的规定，以及制造单位的技术文件确定各项检测指标值。若指标值在多个文件中规定不一致时，按其中最严格的规定执行。对没有相关规定的检测指标值，可由安全评估机构在具有充分计算和数据依据的基础上来确定。

表2 目测检查的安全判定

部件名称	检查项目	判定指标	判定结果
钢丝绳	腐蚀、磨损、变形与断丝	达到GB/T 5972规定的报废条件时	不符合
		对于吊运炽热金属、熔融金属或者危险品的起重机械用钢丝绳的报废断丝数达到GB/T 5972所规定的钢丝绳断丝数的一半时	
		除上述情况	符合
GB/T 6067.1 和 GB/T 6067.5规定的部件	腐蚀、磨损、可见裂纹、变形	达到GB/T 6067.1和GB/T 6067.5规定的报废条件	不符合
		未达到GB/T 6067.1和GB/T 6067.5规定的报废条件	符合
其他零部件	裂纹	有明显可见裂纹，使结构不能正常安全承载	不符合
		除上述情况	符合
	腐蚀与磨损	单件断面减薄厚度比 $\geq 10\%$ ，且影响安全使用	不符合
		除上述情况	符合
	泄漏	有泄漏，且使液压系统不能正常安全运行	不符合
		除上述情况	符合

5.4.2 无损检测

5.4.2.1 检测对象

5.4.2.1.1 检测项目

检测对象见5.4.1.1中的重要结构件和焊缝连接及关键零部件。

5.4.2.1.2 抽查原则

对于重要结构件和关键零部件检查部位的长度、面积、体积较大的情况，应依据有关标准或制造单位提供的技术文件中规定的抽检方法，进行抽样检测，也可由委托单位与评估机构双方约定。如没有相关规定时，重要结构件和关键零部件的无损检测可采取如下抽检原则：

- a) 异常部位应全数检测；
- b) 容易出现裂纹的受拉焊缝抽检长度不应少于总长度的 20%，且不应少于 3 处。

5.4.2.2 检测方法

应采用超声波或射线照相等方法检测内部缺陷，应采用磁粉、渗透等方法检测近表面缺陷。

5.4.2.3 检测结果判定

应根据表3的规定，对各检测对象进行安全判定。

表3 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	不符合GB/T 6067.1和GB/T 6067.5规定的焊缝质量或不符合无损检测标准规定*	不符合
	符合GB/T 6067.1和GB/T 6067.5规定的焊缝质量，且符合无损检测标准规定*	符合
单件裂纹	存在裂纹，不能正常安全承载	不符合
	除上述情况	符合

注：带*表示超声波检测应符合 JB/T 10559 的规定，射线检测应符合 GB/T 3323.1 和 GB/T 3323.2 的规定，磁粉检测应符合 GB/T 26951 和 GB/T 26952 的规定，渗透检测应符合 GB/T 26953 的规定。

5.4.3 载荷试验

5.4.3.1 载荷试验主要验证结构的承载能力，机构、电气、液压、安全防护装置的运行状态、运行性能与各项功能。

5.4.3.2 载荷试验包括空载试验和额定载荷试验。机构在更换后，还应进行 1.1 倍额定载荷的动载试验。重要结构件在改造或重大修理后，还应进行 1.25 倍额定载荷的静载试验。

5.4.3.3 试验前应先按相应产品标准的规定对整机结构、机械零部件的连接固定情况、电气系统、液压系统及安全防护装置等进行检查，确认是否满足载荷试验条件。整机安装调试完成后，通过载荷试验主要检查机构、安全防护装置的运行状况及整机承载能力。

5.4.3.4 试验程序应符合相应产品试验规范规定。对于降级使用的起重机，试验载荷应按降级后的载荷选取。

5.4.3.5 必要时，对整机进行静刚性测试。

5.4.3.6 起重机的空载试验、额定载荷试验、动载试验和静载试验及静刚性测试，应符合相应产品标准要求。如有一项未达到标准要求，则判定此项试验或测试不合格。

5.4.4 应力测试

5.4.4.1 通则

主要技术参数发生变化、重要结构件经过改造、重大修理的起重机，或经检查存在一定结构损伤、需要对整机承载能力做精确评估时，应进行结构应力测试。

5.4.4.2 测试工况与测试点

5.4.4.2.1 测试工况应按相应起重机试验标准的要求选取。对于降级使用的起重机，试验载荷按降级后的载荷选取。应力测试可与载荷试验同时进行。

5.4.4.2.2 需要进行应力测试的构件应根据 5.4.1、5.4.2、5.4.3 的检验试验结果及 5.4.4.1 的要求确定，应力测试点应根据实际情况选择布置在危险应力区。危险应力区宜包括以下 2 种类型：

- a) 均匀高应力区(该区应力达到屈服应力时，会引起结构件的塑性变形)；
- b) 应力集中区(该区内屈服应力的出现不会引起结构件整体的塑性变形，但应力集中会影响结构件的疲劳寿命，如孔洞、尖角、焊缝等截面剧变处)。

5.4.4.2.3 测试点布置如下：

- a) 主梁:跨中截面、与刚腿连接截面、变板厚截面、端部的变截面；
- b) 端梁:与主梁连接截面；
- c) 刚性腿:与主梁连接截面、变截面、变板厚截面、与平衡梁连接截面；
- d) 柔性腿:与平衡梁连接截面；
- e) 大车运行平衡梁:销轴连接截面、变截面、轴线转折截面。

5.4.4.2.4 同时结合结构检查结果在磨损、锈蚀、裂纹及变形较大的部位增加测试点。若检测应力值在危险应力区内，应增加相应部位应力检测点的数量。

5.4.4.3 结构应力安全判定

结构应力安全判定按GB/T 3811提供的极限状态设计方法进行。结构应力是自重应力和起升载荷应力的合成，其中自重应力可通过计算等方法得出，起升载荷的应力测试数据应在试验载荷静置平稳后采集。在计算均匀高应力区的结构应力时，自重与起升载荷的分项安全系数按 GB/T 22437.1-2018 选取(额定载荷测试工况按载荷组合A选取，本体拆装测试工况按载荷组合C选取)。在计算应力集中区的结构应力时，自重与起升载荷的分项安全系数，结构应力的安全评定见表4。

表4 结构应力的安全判定

测试工况	均匀高应力区		应力集中区		判定指标	安全判定结果
	自重分项安全系数	起升载荷 分项安全系数	自重 分项安全数	起升载荷 分项安全系数		
额定载荷	按 GB/T 22437.1-2018 的 表4选取	1.34	1.00	1.00	$\sigma > \lim \sigma$	不符合
测试工况					$\sigma \leq \lim \sigma$	符合
本体拆装	按 GB/T 22437.1-2018 的 表4选取	1.10	1.00	1.00	$\sigma > \lim \sigma$	不符合
测试工况					$\sigma \leq \lim \sigma$	符合
注： σ ——结构应力，单位为牛每平方毫米 (N/mm ²)。						
Lim σ ——极限设计应力，根据GB/T 3811提供的方法计算，单位为牛每平方毫米 (N/mm2)。						

5.5 风险估计

5.5.1 概述

每个评估项目可能对应多个危险源，每个危险源可能对应一个或多个危险事件，每个危险事件可能对应一个或多个伤害。常用的风险估计工具包括风险矩阵法、数值评分法、风险图法及由任意两种方法复合的混合型工具。本文件推荐采用数值评分法、风险矩阵法确定危险源的最高风险等级。

5.5.2 伤害的严重程度

伤害的严重程度估计应考虑到危险事件能够实际发生的最严重(可信的最坏情况)的伤害，应综合考虑伤害可能导致的人员伤亡、直接经济损失、使用单位停工停产和维修造成的间接经济损失以及对人体健康、环境或社会的影响程度等因素，并结合相关法规标准的规定和专家经验进行判断。伤害严重程度等级划分见表5。

表5 伤害严重程度

严重程度等级	说 明
A—非常严重	满足以下条件之一者： a) 人员死亡，或多人重伤的； b) 直接经济损失巨大的； c) 起重机械整体倾覆的； d) 对人体健康、环境、社会影响非常严重的
B—严重	满足以下条件之一者： a) 造成人员重伤； b) 直接经济损失较大或间接经济损失巨大的； c) 起重机械主要受力结构件折断或起升机构坠落的； d) 对人体健康、环境或社会影响严重的
C—较轻	满足以下条件之一者： a) 造成轻伤的； b) 直接经济损失较小的或间接经济损失较大的； c) 对人体健康、环境或社会影响较轻的
D—轻微	不会造成人员伤亡，对人体健康、财产、环境或社会影响轻微的

5.5.3 伤害发生的概率

伤害发生的概率应以可靠性试验、有关事故统计数据、起重机历史故障以及与品种、使用环境类似起重机械相比较的结果为基础，重点考虑起重机本体损伤的严重程度。同时综合考虑危险导致伤害的速率、寿命周期阶段、人员暴露于危险中的概率、对危险的控制以避免或限制该伤害的可能性等因素，并结合相关法规标准的规定和专家经验进行判断。伤害发生概率等级见表6。

表6 伤害发生概率等级

严重程度等级	说 明
A—非常严重很可能	很可能发生
B—可能	可能发生
C—不大可能	不大可能发生
D—几乎不可能	几乎不可能发生
注：若该评估项目已达到相应的报废标准，一般建议将其伤害发生概率等级定为A，依次类推，达到报废标准值的3/4定为B，达到报废标准值的1/2定为C，达到报废标准值的1/4定为D。如无相应报废标准，则由评估人员与委托单位根据评估对象的实际情况商定伤害发生概率等级。	

5.5.4 确定风险等级

5.5.4.1 数值评分法

5.5.4.1.1 根据伤害严重程度和发生概率等级划分情况，分别对其赋以与等级对应的不同数值，再将对应的伤害严重程度值和发生概率值相加得出一个风险分数，以该风险分数作为风险等级评定依据。伤害严重程度等级赋值见表7，伤害发生概率赋值见表8。

表7 伤害严重程度等级赋值

严重程度等级	等级赋值（SS）
A—非常严重	SS=100
B—严重	99≥SS≥90
C—较轻	89≥SS≥30
D—轻微	29≥SS≥0

表8 伤害发生概率赋值

发生概率	概率赋值（PS）
A—很可能	PS=100
B—可能	99≥PS≥70
C—不大可能	69≥PS≥30
D—几乎不可能	29≥PS≥0

5.5.4.1.2 由表7、表8得出SS、PS的赋值，再根据式(1)可得出风险分数RS：

$$RS=SS+PS \dots\dots\dots (1)$$

式中：
SS——等级赋值；
PS——概率赋值。

5.5.4.1.3 根据风险分数，按表 9 确定每种危险源的最高风险等级。

表9 按数值评分法确定风险等级

风险等级	风险分数（RS）
I（高）	≥160
II（中）	120～159
III（低）	90～119
IV（可忽略）	0～89

5.5.4.2 风险矩阵法

根据伤害严重程度和发生概率的定性描述，按表10确定每种危险源的最高风险等级。

表10 风险矩阵法确定风险等级

发生概率等级	严重程度等级			
	A—非常严重	B—严重	C—较轻	D—轻微
A—很可能	I	I	II	III
B—可能	I	II	III	IV
C—不大可能	II	III	IV	IV
D—几乎不可能	III	IV	IV	IV

5.6 起重机的综合安全状况等级判定

5.6.1 判定步骤

- a) 根据 5.5 确定的每种危险源的风险等级，取其最高风险等级作为相应评估项目的风险等级；
- b) 根据每个评估项目的风险等级，按 5.6.2 判定评估单元的安全状况等级；
- c) 确定每一个评估单元的安全状况等级后，按 5.6.3 判定评估对象的综合安全状况等级。

注1：如果将评估项目细分至子项目，可取子项目中危险源的最高风险等级作为其风险等级，并取评估项目中子项目的最高风险等级作为该评估项目的风险等级。

注2：如果评估对象未划分评估单元，在确定每一个评估项目风险等级后，可以按5.6.2直接判定评估对象的综合安全状况等级。

5.6.2 评估单元的安全状况等级

确定评估项目风险等级后，应按如下方法判定评估单元的安全状况等级：

- a) 根据表 11，对 5.5 确定的四种风险等级进行赋值；

表11 风险等级赋值

风险等级	I（最高）	II	III	IV（最低）
赋值	0	1	2	3

- b) 根据风险等级赋值，按式 (2) 计算评估单元的安全状况得分D；

$$D = \begin{cases} 0, & \text{if } \prod_{i=1}^n v_i = 0 \\ \frac{\sum_{i=1}^n a_i v_i}{3} \times 100, & \text{if } \prod_{i=1}^n v_i \neq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

v_i ——对应于第*i*个评估项目的风险等级赋值,其中*n*为该评估单元内评估项目的个数,*i*取值为,1,⋯,*n*;
 a_i ——对应于第*i*个评估项目的权重值, a_i 的取值在0~1之间, $a_1 + a_2 + \cdots + a_n = 1$ 。当 $a_1 = a_2 = \cdots = a_n$ 时,可按简化式(3)计算得分*D*。

$$D = \begin{cases} 0, \text{ if } \prod_{i=1}^n v_i = 0 \\ \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{3n} \times 100, \text{ if } \prod_{i=1}^n v_i \neq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

式中:
 v_i ——对应于第*i*个评估项目的风险等级赋值,其中*n*为该评估单元内评估项目的个数,*i*取值为1, ⋯, *n*。
c) 根据评估单元的安全状况得分*D*, 按表12判定评估单元的安全状况等级。

表12 评估单元安全状况等级

D	$D \geq 90$	$99 > D \geq 75$	$75 > D \geq 65$	$65 > D \geq 55$	$D < 55$
安全状况等级	一级	二级	三级	四级	五级

5.6.3 评估单元的安全状况等级

应按如下方法判定评估对象的综合安全状况等级:
a) 根据每一个评估单元的安全状况得分 *D*, 按式(4)计算评估对象的综合安全状况得分 *F*;

$$F = \begin{cases} 0, \text{ if } \prod_{j=1}^m D_j = 0 \\ \sum_{j=1}^m \beta_j D_j, \text{ if } \prod_{j=1}^m D_j \neq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

式中:
 D_j ——为对应于第 *j* 个评估单元的安全状况得分, 其中 *m* 为评估单元个数, *j* 取值为 1, ⋯, *n*;
 β_j ——为对应于第 *j* 个评估单元的权重值, (*j*=1, ⋯, *m*)。 β_j 的取值在 0~1 之间, $\beta_1 + \beta_2 + \cdots + \beta_m = 1$ 。起重机械各评估单元的权重, 建议由各评估单元占评估对象价值的比例得出, 或参考委托单位意见与其商定按评估合同执行。
b) 根据评估对象的综合安全状况得分 *F*, 按表 13 判定评估对象的综合安全状况等级。

表13 评估对象综合安全状况等级

F	$F \geq 90$	$99 > F \geq 75$	$75 > F \geq 65$	$65 > F \geq 55$	$F < 55$
安全状况等级	一级	二级	三级	四级	五级

5.7 风险评价

根据上述风险分析结果, 得出各评估项目的风险等级和评估单元、评估对象的安全状况等级, 综合考虑起重机械相关法律法规的安全要求及委托单位的安全管理需求, 对评估项目和评估单元给出采取加强作业管理、强化日常维护保养、降低使用参数、增加检查频率、修理更换、升级改造、改善使用环境等风险减小措施建议, 并按以下原则给出评估对象的评估结论:

a) 对于综合安全状况等级为一级、二级的, 可以继续使用;

b) 对于综合安全状况等级为三级的, 建议采取风险减小措施后继续使用或监护使用;

c) 对于综合安全状况等级为四级的, 建议采取风险减小措施后监护使用或降级使用;

- d) 对于综合安全状况等级为五级的，建议停止使用，并采取系统的风险减小措施，或根据相关标准规范要求采取报废措施。

6 安全评估结论与报告

6.1 评估报告应至少包括以下内容：

- a) 起重机械基本信息，包括使用单位、制造单位、出厂日期、规格型号及主要技术参数等；
- b) 安全评估依据；
- c) 安全评估的仪器仪表；
安全技术档案审核情况概述；
- d) 现场检查、数据采集与试验情况(包括目测检查、无损检测、载荷试验、应力测试等)、检测数据记录、各检查项目合格判定结果、起重机械现状总结，必要时可加注说明或附图等；
- e) 评估结论及各评估项目的风险减小措施建议等；
- f) 评估报告的结论页应有评估人员、审核人员、批准人员的签字和评估机构专用印章或公章。

6.2 起重机械安全状况评估报告的格式参考附录 A。

附 录 A
(资料性)
桥 (门) 式起重机安全评估报告格式

A.1 桥 (门) 式起重机安全评估结论报告格式见表 A.1。

表A.1 桥 (门) 式起重机安全评估结论报告

报告编号：

委托单位名称					
使用单位名称					
使用地点					
委托单位联系人				委托单位联系电话	
制造单位名称					
改造(重大修理)单位名称					
类别		品种			
型号规格		设备代码			
产品编号		单位内部编号			
出厂日期		投入使用日期			
主要技术参数					
评估依据					
评估采用的 仪器仪表					
主要问题描述		本次评估发现的主要问题，包括危险源的性质及严重程度(必要时附图或附页，也可注明见专项报告)			
评估结论		1. 整机安全等级与评估结论 2. 建议			
备注					
评估组长(签字): 评估组员(签字):				(评估机构专用章或公章) 年 月 日	
日期:					
审核人(签字):					
日期:					
批准人(签字):				日期:	

A.2 桥（门）式起重机安全评估风险分析汇总报告见表 A.2。

表 A.2 桥（门）式起重机安全评估风险分析汇总报告

报告编号：

序号	评估单元	评估项目	评定结果	严重程度	发生概率	风险等级
1	技术文件					
2	作业环境					
3	金属结构					
4	机构及主要零部件					
5	电气系统					
6	液压系统					
7	安全保护和防护装置					
8	现场试验					
9	无损检测					
10	其他					

参 考 文 献

- [1] 《中华人民共和国特种设备安全法》中华人民共和国主席令第4号
 - [2] 《国务院关于修改〈特种设备安全监察条例〉的决定》中华人民共和国国务院令第549号
 - [3] TSG 51-2023 起重机械安全技术规程
-