《造船门式起重机安全评估规范》编制说明 (征求意见稿)

一、工作简况

1.任务来源

本项目是根据工业和信息化部办公厅文件《关于印发 2022 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》(工信厅科函〔2022〕312 号)的要求,归口单位为全国起重机械标准化技术委员会(SAC/TC227),计划编号 2022-2057T-JB,项目名称“造船门式起重机安全评估规范”,主要起草单位:中船第九设计研究院工程有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司,计划应完成时间为 2024 年 11 月 22 日。

2.主要工作过程

(1) 起草阶段

1) 组建工作组:计划下达后,2023年1月全国起重机械标准化技术委员会桥式和门式起重机分技术委员会(以下简称“桥门分会”)组织成立了由中船第九设计研究院工程有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司等单位组成的起草工作组,并制定了项目进度计划,进行了任务分工。

2) 搜集资料:2023年1月至2023年2月,起草工作组搜集了GB/T 6974.1《起重机 术语 第1部分:通用术语》、GB/T 6974.5《起重机 术语 第5部分:桥式和门式起重机》、GB/T 15706-2012《机械安全设计通则风险评估与风险减小》、GB/T 16856-2015《机械安全风险评估实施指南和方法举例》、GB/T 27997-2011《造船门式起重机》等相关资料,起草工作组对相关标准技术内容进行了认真研究和分析。

3) 完成标准初稿:2023年2月至2023年6月,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》等标准编写规则的要求,于2023年5月30日完成标准初稿及编制说明。

4) 完成征求意见稿:起草工作组进行了多次内部讨论并对初稿进行修改完善,于2023年7月1日完成标准征求意见稿及其编制说明,提交桥门分会秘书处。

3.主要参加单位和工作组成员及其所做的工作等

本文件由中船第九设计研究院工程有限公司、北京起重运输机械设计研究院有限公司等单位共同负责起草。

主要成员：

所做的工作：

二、标准编制原则和主要内容

1.编制原则

在编制过程中，本着以下原则对标准进行起草：

——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》给出的规则进行制定。标准制定工作遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出”的原则，该标准的制定与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合，统筹推进。在确定标准的主要安全技术性能指标时，综合考虑生产企业的能力和用户的利益，寻求最大的经济、社会效益，充分体现了标准在技术上的先进性和经济上的合理性。

——广泛征求生产企业、监督检验机构以及用户等单位的意见和建议，在协商一致的基础上，结合我国多年来的生产实践经验，本着科学、严谨的态度制定标准。

2.标准主要内容

本文件规定了在用造船门式起重机安全评估的原则及方式、评估程序和安全评估报告。

本文件适用于 GB/T 27997-2011 中规定的造船门式起重机的安全评估，不涉及使用管理、日常维保、作业环境以及吊运物的安全性隐患。

3. 标准主要内容说明

3.1 范围（见标准第1章）

——明确标准的规定内容包括造船门式起重机械安全评估的术语和定义、原则、方式、评估程序和安全评估报告。

——明确标准适用于在用造船门式起重机。

3.2 规范性引用文件（见标准第 2 章）

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》给出的规则，列出了本标准的引用文件。

3.3 术语和定义（见标准第 3 章）

为便于理解，对标准文本中用到的伤害、安全评估、安全状态等级、状态监测、单元、危险点等进行了定义。

3.4 安全评估原则及方式（见标准第 4 章）

本标准明确了造船门式起重机的安全评估原则和评估方式。评估原则是以造船门式起重机整体为安全评估对象，整机的安全状态等级由决定整机寿命的重要结构件的安全状态等级和关键零部件安全状态等级两部分确定。重要结构件的安全状态等级与起重机整机安全性相关；关键零部件安全状态等级与局部安全性相关。在厘清整机的安全状态等级与重要结构件和关键零部件的安全状态等级关系的基础上，将安全评估原则分为整机评估原则、重要结构件评估原则和关键零部件评估原则，并加以说明。

评估方式借鉴 GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》给出，将安全评估方式分为现状评估、预测评估和综合评估。评估方式是对起重机械的历史情况进行核查，对起重机械现状进行检验与试验，结合状态监测进一步分析，进行起重机械的综合评估，并预测后续使用对安全作业的影响。本标准采用综合评估的方式，综合对起重机的评估结论，对整机的安全状态等级进行判定。

3.5 安全评估程序（见标准第 5 章）

本标准明确造船门式起重机安全评估程序主要包括评估对象信息搜集、评估单元选定、单元评估、单元风险估计、单元安全状态等级判定、起重机安全状态等级判定和安全评估报告编制，并对评估程序中的每个步骤进行了概述说明。具体说明借鉴了 GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》、GB/T 16856-2015《机械安全风险评估实施指南和方法举例》、GB/T 15706-2012《机械安全 设计通则 风险评估与风险减小》、GB/T 33080-2016《塔式起重机安全评估规程》等标准而编制。

3.5.1 搜索评估对象信息

需要搜集评估对象的信息借鉴了 GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》、GB/T 27997-2011《造船门式起重机》、T/CASEI62001-2019《起重机械 安全状况评估》、GB/T 25196.1-2010《起重机 状态监控 第1部分：总则》、JGJ/T 189-2009《建筑起重机安全评估技术规程》、DB44/T 830-2010《桥式起重机安全性能评估》等标准而给出。

3.5.2 选定评估单元

造船门式起重机的重要结构件、机构、电气、安全装置等零部件的不良工作情况均可能影响到起重机的安全使用，但每次安全评估并不能做到检查检测所有零部件，因此从一般可能存在安全隐患的角度，把造船门式起重机械整体作为评估对象，将整机划分成多个评估单元，主要分为重要结构件、机构（包括关键零部件）、电气系统（包括可编程电子控制系统）、安全保护和防护装置和其他，并且列出各评估单元的具体评估内容。这部分借鉴了 GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》、GB/T 33080-2016《塔式起重机安全评估规程》、GB/T 31052.5-2015《起重机械 检查与维护规程 第5部分：桥式和门式起重机》等标准而编制。

3.5.3 单元评估

本部分将单元评估的方法概括为三种：常规检测、状态监测、剩余使用寿命评估分析，并对单元评估的各方法进行了概述说明。

3.5.3.1 单元评估目的及手段

本部分明确了单元评估的目的，是针对当前评估单元形成一份危险、危险状态和（或）危险事件的清单，该清单能够描述危险状态可能在何时以何种方式导致伤害的事故场合。最终以该清单为依据，最终形成一份能够描述起重机安全状态的安全评估报告。

3.5.3.2 常规检测

常规检测手段主要有目测检查、无损检测、载荷试验、应力测试，此部分借鉴 GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》。

3.5.3.3 状态监测

根据起重机械的常规检测手段，还不能完全判别起重机械持续运行期间的安全状态。因此在选定评估单元之后，根据评估单元对故障特征，选择一个或多个测量参数，在起重机相应评估单元位置布置监测系统。起重机的实际作业情况与设计时的预期往往不同，则起重机的使用状态不是一成不变。通过状态监测进一步分析危害、缺陷和损伤的变化趋势和速度，预测对起重机械安全可能造成的危害和影响，并结合当前现状和理论分析的结论，综合评判起重机的安全状态，相对是全面而科学合理的。本标准明确了造船门式起重机状态检测的目的和目标，并给出了状态监测对象、状态监测方法和状态监测结果判定的指标与说明。此部分借鉴 GB/T 22394.1-2015《机器状态监测与诊断 数据判读和诊断技术 第1部分：总则》、GB/T 22393-2015《机器状态监测与诊断 一般指南》、GB/T 19873.1-2005《机器状态监测与诊断 振动状态检测 第1部分：总则》等标准而编制。

a) 状态监测对象

根据造船门式起重机评估单元的故障特征，本标准将状态监测对象主要分为三类：门架姿态及柔性铰、重要结构件和关键零部件。

1) 造船门式起重机门架姿态及柔性铰状态监测

对门架偏斜姿态的监测是造船门式起重机安全至关重要的，根据 GB/T 27997-2011《造船门式起重机》，造船门式起重机门架主要包括主梁、刚性支腿和柔性支腿。柔性支腿与主梁采用柔性铰连接，只受压；刚性支腿与主梁采用刚性连接，既受弯又受压。造船门座起重机长期处于露天以及腐蚀性等恶劣环境中工作，受起重机自重和各种外载荷的综合影响，当起重机承重甚至是空载时，刚性、柔性腿间的偏移会引起门架的偏斜，当这个偏移值大于车轮内侧与轨道间的间隙时，会引起啃轨现象，甚至是有发生整机倾覆的危险。因此，需要对可能影响整体结构安全的门架跨度方向姿态以及柔性铰沿主梁方向内外侧夹角的变化趋势进行状态监测。

2) 造船门式起重机重要结构件状态监测

此部分列举了造船门式起重机重要结构件状态监测位置。主梁上的负载主要包括小车自重和吊载重量，通过小车车轮作用于主梁，因此主结构的状态数据变化与小车位置、起升载荷、钩移间距等工况数据有关。由于不同工况下结构件的受力状态是不一样的，

常规检测手段只能针对最大最恶劣的工况进行分析研究，而险患发生的时候往往不是最恶劣工况，尤其疲劳损伤是累积而成的，可能在很小外载荷下达到临界点而突然失效。因此，需要对可能影响造船门式起重机重要结构件安全的单元的变化趋势进行状态监测。

3) 造船门式起重机关键零部件状态监测

此部分列举了造船门式起重机关键零部件状态监测位置。起升机构是门式起重机故障易发部位，由于造船门式起重机的功能特点，对起升机构的安全可靠性要求非常高，而减速器是起升机构主要出现故障的部件之一，因此保持减速器的健康运行状态非常重要。滚动轴承、轴、齿轮等是齿轮减速器中主要的承载零部件，也是导致减速机故障甚至失效的主要部位。滚动轴承失效往往导致齿轮副啮合状态的变化，加速齿轮失效。故本部分主要针对关键零部件的轴承位置进行状态检测。

b) 状态监测方法

1) 造船门式起重机门架姿态状态监测方法

本标准考虑到实际安装成本的问题，采用在起重机门架两端布置倾角传感器，通过采集起重机门架姿态以及柔性铰夹角的变化趋势，监测起重机门架姿态。姿态测量部分包括刚腿侧倾角传感器和柔腿侧倾角传感器，固定安装在起重机所需位置，倾角传感器轴线与主梁中心线必须平行，作为姿态测量基线；安装时应保持倾角传感器安装面与被测面平行，减少上、下小车的运行加速度对传感器的影响。通过采集运动时主梁两端倾角变化趋势来反映主梁的运行偏斜，计算得到吊重导致的主梁变形量，对于起重机的安全防护和疲劳分析有重要价值。

2) 造船门式起重机重要结构件状态监测方法

本标准考虑到在起重机主梁底板上沿主梁延伸方向布置应变传感器，大多是在起重机已经投入使用以后安装的，无法测得由于主梁自重引起的应变数据，所以采集到的数据为移动载荷导致的沿着主梁方向的微应变（即拉应变）。通过应变传感器采集重要结

构件的结构微变形情况和分析变化趋势，有助于对结构状态的安全性进行评估和对结构使用寿命进行预测。通过采集运行状态数据，记录所有工况下的结构件应变信息，并进行相应的对比分析，或根据历史记录数据判断当前变形状态，或对应变量的突变进行瞬时响应预警，从而延长设备使用寿命和确保生产安全。应变数据在考虑温度补偿影响后，结合弹性模量转换为实际应力，用于后续状态数据分析。

3) 造船门式起重机关键零部件状态监测方法

振动监测主要面向起重机的零部件，通过分析诊断这些关键零部件的振动状态分析可能诱发的故障。测点布置对于振动信号采集影响很大，测点选择不好直接影响系统的准确率同时对于后续的状态数据分析会有很大影响，因此对振动测点的布置应能够对要监测的设备进行全面详尽的描述，并且测点数量不宜过多，实验表明测点应尽可能选在轴承直径上方并且与轴承外圈最靠近的地方。

c) 状态监测结果判定

本部分是对造船门式起重机的现有状态的状态监测结果进行安全评判，对状态监测对象中列举的评估单元内容给出主要部件的安全判定指标与标准。未给出的可根据各类起重机械的检查标准中的规定来评判。没有相应规定的，按起重机械制造单位提供的规定来评判。起重机械制造单位未提供的，安全评估机构可在具有充分计算和数据依据的基础上来确定。

安全判定指标借鉴了 GB/T 6067.1-2010《起重机械安全规程 第1部分：总则》、GB/T 3811-2008《起重机设计规范》、GB/T 33080-2016《塔式起重机安全评估规程》、DB44/T 830-2010《桥式起重机安全性能评估》等标准而制定。

3.5.3.4 剩余使用寿命评估

此部分借鉴 GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》。

3.5.4 单元风险估计

此部分借鉴 GB/T 16856-2015《机械安全风险评估实施指南和方法举例》，根据造

船门式起重机的评估单元的危险点特点，主要采用此两种单元风险估计方法：风险矩阵法和数值评分法。对于造船门式起重机的重要结构件单元，其评估项目包含有塑性变性、静态刚性、稳定性、裂纹、腐蚀、轴孔磨损；对于关键零部件单元，其评估项目包含与安全相关的零部件有：卷筒、滑轮、钢丝绳组件、制动器、减速器、轴类零件、联轴器、开式齿轮副、吊叉、锻造吊钩、吊钩横梁、钢丝绳平衡杠杆、电动机、超载限制器等。而每一个评估项目可能包含若干子项目，每个项目或子项目包含若干个危险点。最终取分项中风险等级最高等级作为单元风险等级。

3.5.5 单元安全状态等级判定

此部分借鉴 GB/T 16856-2015《机械安全风险评估实施指南和方法举例》，T/CASEI62001-2019《起重机械 安全状况评估》。

3.5.6 起重机安全状态等级判定

此部分借鉴 GB/T 16856-2015《机械安全风险评估实施指南和方法举例》，T/CASEI62001-2019《起重机械 安全状况评估》。

3.6 安全评估报告（见标准第 6 章）

安全评估报告格式借鉴了 T/CASEI62001-2019《起重机械 安全状况评估》，具体内容需要涵盖的内容借鉴了 GB/T 25196.1-2010《起重机 状态监控 第 1 部分：总则》、GB/T 23724.1-2016《起重机 检查 第 1 部分 总则》、JGJ/T 189-2009《建筑起重机械安全评估技术规程》、DB44/T 830-2010《桥式起重机安全性能评估》、DB50 272-2008《城市桥梁安全性评估规程》、DB11/T882-2012《房屋建筑安全评估技术规程》、GB/T 41510-2022《起重机械安全评估规范 通用要求》等标准内容而制定。相应这些标准中也都特别指出了下一次评估时间的要求，因此本标准根据 GB/T 36697-2018《铸造起重机报废条件》给出了后续安全评估的年限。安全评估报告格式详见附录 C。

4. 解决的主要问题

本标准的制定，集评估方法、检测技术、安全评定准则于一体，可有效地实施于在役造船门式起重机械的安全评估，具有较好的实用性和可操作性，填补了国内外标准空

白，为配合国家市场监督管理总局加强造船门式起重机械的安全监管，以及有关单位实施造船门式起重机械安全评估工作，提供了技术依据，是促进在用起重机械安全评估产业化重要支撑。

三、主要试验（验证）情况分析

本标准制定的评估方法、内容和评判指标在造船门式起重机实际的评估项目中得以应用，应用结果表明整体评估体系合理可行。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准作为起重机安全评估标准体系的首要环节，从安全评估方法上明确和统一，后续在此基础上将完善安全评估状态等级、寿命预测、故障预测和诊断等安全评估领域的各项标准，并扩展到造船用相关起重设备的安全评估。

本标准的制定，填补了国内没有造船门式起重机专项“安全评估”标准的空白，不但为国家市场监督管理总局加强在用起重机械的安全监管，以及有关单位实施起重机械安全评估工作，提供了技术依据，还是促进在用起重机械安全评估的产业化，对有效减少在用造船门式起重机械的安全事故，保障人身和财产安全，促进起重机械后服务市场发展，具有重要社会效益和经济效益。

六、与国际、国外对比情况

本标准修订过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准没有采用国际标准。

本标准修订过程中未测试国外的样品和样机。

本标准水平为国内先进水平。

七、标准在体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本专业领域的标准体系框架见附图。

本标准属于起重机械标准体系，“起重机械”大类，“起重机”小类中“桥式和门式起重机”系列。本标准与现行相关法律、法规、规章及 GB/T 3811-2008《起重机设计规范》、GB/T 6067.5-2010《起重机械安全规程 第 5 部分：桥式和门式起重机》等相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性行业标准。

十、标准的贯彻与实施意见与建议

建议本标准批准发布 6 个月后实施。

以标委会为主体，在本专业领域会议上予以宣传；制作宣传讲解视频，在网站和微信公众号上向社会大众宣传。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

标准起草工作组

2023 年 7 月 1 日