

《港口起重机械安全评估规范》编制说明

一、项目背景

（一）背景资料

深圳作为沿海城市，东西部码头各类在用大型港口起重机械800余台，其中约50%使用年限已超过15年，其中不乏一批二十世纪七八十年代的老旧设备。多年来恶劣环境下的繁重作业，使港口起重机械普遍出现锈蚀、磨损、开裂等结构损伤，整机的可靠性和安全性因而受到影响，对使用单位的安全生产造成威胁。仅仅依靠使用单位的日常维护检查，或者特种设备检验机构两年一次的定期检验，无法有效监测和评估这些老旧起重设备的故障状态及损伤程度，难以保障起重设备安全、可靠地运行。

为保证港口起重机械安全可靠运行，针对老旧设备开展综合性安全评估，已成为港口企业设备安全管理的一项重要工作。此项工作开展过程中各种问题逐渐显现，并给行业监管带来诸多难点。

一是技术指导性支撑文件不全。国家标准《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）已发布实施。该标准规定了各类起重机安全评估的通用技术要求，而对结构型式、使用工况、事故特点等方面具有特殊性的港口起重机械，在实际操作层面缺乏有效技术支撑。具体而言，港口起重机械的结构相比一般通用型起重机械，结构更加复杂，主要受力结构件更多，载荷传递路径复杂，导致易发生疲劳断裂构件较多；同时整机使用频率高，结构件和零

部件发生损伤缺陷的概率更高，因此对预防性维护保养和检验检测的要求更高。

二是市场监管方对设备安全评估的结果和结论、隐患闭环整改情况缺乏了解，开展相应工作缺乏技术支持。不同于起重机械法定检验环节的监督检验、定期检验，安全评估的检验检测项目更多，排查发现的各类隐患也更多。港口起重机械门类繁多，市场监管方对设备评估结果和隐患整改情况缺乏了解，因此难以有效监测设备安全状态，导致行业监管存在盲区。

（二）国内外现行相关法律、法规和标准情况

1. 法律法规

《中华人民共和国特种设备安全法》规定：“特种设备达到设计使用年限可以继续使用的，应当按照安全技术规范的要求通过检验或者安全评估，并办理使用登记证书变更，方可继续使用。允许继续使用的，应当采取加强检验、检测和维护保养等措施，确保使用安全”。

2. 相关标准

《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）由国家市场监督管理总局和国家标准化管理委员会联合发布，适用于塔式起重机、流动式起重机、臂架起重机、桥式和门式起重机及缆索起重机，规定了起重机械安全评估通用的目的、对象、方式和程序、职责与能力、方法、综合判定及处置措施、安全评估报告。该标准与《起重机械安全规程》（GB/T 6067）、《起重机械 安全

《起重机械安全监控系统》（GB/T 28264）等标准共同构成起重机械安全使用的国家标准体系。

《塔式起重机安全评估规程》（GB/T 33080—2016）由国家质量监督检验检疫总局和国家标准化管理委员会联合发布，适用于建筑施工在用塔机，规定了《起重机 术语 第3部分：塔式起重机》（GB/T 6974.3）所定义的塔式起重机的安全评估方法。该标准评估方法中的解体检查方法和运行试验方法及整机评定结论对起重机械安全评估服务的标准化具有重要的启发意义和参考价值。

（三）标准的必要性和意义

老旧港口起重机械的安全状态直接影响企业的安全生产，金属结构损伤后一旦发生断裂、垮塌事故，生命财产损失惨重。国家市场监督管理总局在《“十四五”市场监管科技发展规划》中提出：

“加强保障特种设备安全的技术研究，研究高参数和长期服役起重机（群）安全状态检测、健康评价、远程诊断与预警技术及系统。”因此，研究制定《港口起重机械安全评估规范》，对老旧港口起重机械状态监测与风险评价活动进行规范化指导，具有重要的现实意义。

一是依托标准编制，指导港口企业及时、科学、合理地提出预防性维护建议和针对性地修复、改造或者更新方案，降低使用风险，进而避免结构疲劳断裂、关键零部件失效引发的安全事故，为企业节约增效。

二是依托标准，实现对港口起重机械风险状态的动态监测，为政府主管部门建立老旧港口起重机械风险监测数据库，打造港口起重机械安全运营示范案例，同时也为推动出台港口起重机械智能化监测、设备报废与延寿相关政策提供决策依据。

二、工作简况

（一）任务来源

根据《深圳市市场监督管理局关于下达 2024 年深圳市地方标准计划项目任务的通知》的要求，《港口起重机械安全评估规范》正式批准立项，项目编号 141。本文件由深圳市市场监督管理局提出并归口，牵头单位为“深圳市质量安全检验检测研究院”（现深圳市特种设备安全检验研究院）。受政策变化影响，标准编制组决定将本文件由深圳市地方标准变更为团体标准，并于 2026 年 5 月 25 日，向深圳市深圳标准促进会提交《地方标准转化为团体标准立项申请书》。经前期研究和初步论证，深圳市深圳标准促进会拟对《港口起重机械安全评估规范》团体标准予以立项，并于 2026 年 7 月 1 日在其官网公示〈关于批准《卫星影像智能解译样本分类及生产技术规程》等 4 项团体标准立项的通知〉。

（二）起草单位

本文件牵头单位为“深圳市质量安全检验检测研究院”（现深圳市特种设备安全检验研究院），起草单位包括赤湾集装箱码头有限公司、盐田国际集装箱码头有限公司、三一海洋重工有限公司等港口起重机械的使用单位和制造单位。

（三）主要工作过程

本文件在起草过程中根据各阶段的工作要求，组织开展了深圳各个码头港口起重机维护保养、改造大修、钢结构检测等相关实地调研，并组织相关领域专家召开多次研讨会，对标准内容进行多次修改和完善，形成目前的标准文本。主要编制过程包括以下阶段：

1. 准备阶段

2024 年 4 月～2024 年 5 月，深圳市特种设备安全检验研究院与深圳市港口企业经过多轮研讨和工作会议，初步确定本文件的主要研究方向和实施计划。

2024 年 6 月～2024 年 7 月，标准编制组开始标准前期准备工作，搜集国内外起重机械安全评估的发展情况并整理相关文献、标准，同时收集电梯、承压设备等损伤识别、风险评估的具体方法。通过对港口起重机械的分类、安全评估原则、风险评估方法、重要结构与关键零部件的损伤缺陷评估等内容的学习研究，结合现有的相关标准，形成本文件初步框架。

2. 起草阶段

2024 年 8 月～2024 年 11 月，标准编制组经过大量文献研究，结合具体实践，初步形成标准草案稿。

3. 草案研讨阶段

2024 年 11 月上旬，标准编制组在深圳大梅沙雅兰海景酒店召开标准研讨会，盐田国际集装箱码头、赤湾集装箱码头、蛇口集装箱码头、赤湾港机、招商重工、上海振华、三一海工以及本院 24

名行业专家参加。会议就标准的背景、目的、意义、国内外研究现状、标准架构、评价指标体系等主要内容进行详细介绍。会中，各行业专家就标准研究范围、标准术语、标准架构、评估程序、评估结论等内容进行了热烈充分讨论，提出了修改建议。研讨会后，标准编制组梳理了专家在会上发言要点，对标准（草案）进行完善修改，并形成标准初稿。

4. 调研阶段

2024 年 12 月，标准编制组走访调研珠海三一海洋重工有限公司，现场参观了港口机械制造基地，与三一海洋重工就轨道式集装箱门式起重机（轨道吊）风险评估方法、钢结构与零部件制造、检查维护情况进行探讨和交流，了解三一海洋重工如何运用风险评价体系实现对“自动化轨道吊”的信息采集、分析、风险评价。

2025 年 1 月 16 日，标准编制组走访了深圳赤湾集装箱码头有限公司，听取了赤湾集装箱码头对老旧港口起重机械的风险管理、安全运维方面的独特见解。赤湾集装箱码头有限公司针对港口起重机械关键零部件采取分类跟踪统计、分批大修更换的方式消除隐患，为本文件的编制提供了很好的借鉴。

5. 标准修订完善阶段

2025 年 2 月～2025 年 6 月，标准编制组通过邮件、微信、电话交流、线下会议等多种方式，先后与参编单位上海振华、三一海洋重工、招商局华南营运中心下属的各个集装箱码头和散杂货码头、盐田国际集装箱码头等进行具体条款的修订、完善，对港口起重机

械的定义、整机综合评估结论判定、重要结构件无损检测区域等进行深入探讨，形成征求意见稿。

6. 广泛征求意见阶段

2025年6月20日~2025年6月30日，在深圳市特种设备安全检验研究院官方网站征求意见，未收到反馈意见。为提高标准制定水平，编制组成员通过电话、邮件、现场调研座谈等方法，于2025年7月~2025年8月再次向社会公开广泛征求意见，共收到高校、省内特检机构、港口企业以及深圳特检院院内反馈意见20条，其中18条采纳，2条不采纳，对16条意见进行说明补充。除格式修正外，反馈意见主要集中在评估机构资质要求、风险严重程度与风险类别评定、附录B目测检查项目及风险评定3个方面（详见《征求意见稿汇总处理表》）。标准编制组根据反馈意见情况，于7月24日召开标准修订研讨会，根据专家讨论意见，再次修改完善，形成送审稿。

7. 公开征求意见阶段

2025年10月23日，深圳市市场监督管理局在官方网站对包括本文件在内的6项地方标准公开征求意见。至2025年11月21日，未收到有关单位和个人相关意见反馈。

8. 地方标准转团体标准立项申请阶段

受政策变化影响，标准编制组决定将本文件由深圳市地方标准变更为团体标准，并于2026年5月25日，向深圳市深圳标准促进会提交《地方标准转化为团体标准立项申请书》。经前期研究和初步论证，深圳市深圳标准促进会拟对《港口起重机械安全评估规范》

团体标准予以立项,并于 2026 年 7 月 1 日在官网公示<关于批准《卫星影像智能解译样本分类及生产技术规程》等 4 项团体标准立项的通知>。

三、标准主要内容的依据以及与国内领先、国际先进标准的对标情况

(一) 编制原则

本文件的制定结合了深圳市港口企业港口起重机械安全评估的实际需求,以安全评估的内容和方法为主要规范对象,既符合标准的“规范性”“科学性”,同时结合深圳市港口起重机械安全评估技术服务的现状以及需要解决的问题,以期为港口企业和评估机构提供专业的规范和指导。本文件起草的主要原则为:

1. 规范性原则

本文件严格按照《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》(GB/T 1.1—2020)的要求构建标准框架、编写条款,标准结构合理,条理清晰,内容完整,无语义、逻辑和文字错误。

2. 科学性原则

本文件确保与现行有效的上位标准和技术法规保持协调统一,充分吸纳一系列最新的特种设备安全技术规范和国家标准、行业标准,如《起重机械安全评估规范 通用要求》(GB/T 41510—2022),《起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废》(GB/T 5972),《起重机械安全技术规程》(TSG 51—2023)等。

3. 实用性原则

本文件在满足法律法规、相关规范等要求的前提下，充分考虑到港口起重机械（如岸边集装箱起重机、轨道式/轮胎式集装箱门式起重机、门座起重机、装卸桥等）结构复杂、工作繁重、腐蚀环境恶劣、自动化程度高等特点，在通用要求基础上进行了细化和补充，制定了更具操作性的专项要求。

（二）编制依据

本文件的编制，主要引用如下规范性文件：

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”部分，其中 3.1~3.4 的术语，为编制组结合工作实践，以实际需求为导向予以定义；3.5~3.11 的术语均引用《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）。

“4 一般要求”部分，制定了评估原则，对整机划分评估单位并给出了各个评估单元的评估方法。评估原则编制的依据主要是贴近港口企业的实际需求，旨在通过评估活动，发现隐患、保障安全，重点考察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、安全保护装置等的常见故障形式、失效模式。同时引入风险矩阵方法，制定了风险评定原则，该部分是在前期各个港口企业进行走访调研的基础上制定的。

“5 评估内容及方法”部分，主要参考《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）并结合港口起重机械实际状况进行编制。其中技术要求部分主要引用《起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废》（GB/T 5972）、《起重机械安全技术规程》（TSG 51—2023）；同时，部分港口企业参编单位提供了港口起重机械维护保养作业指导书，编制组对部分技术进行现场实践检验后，予以吸收引用，部分要求以附录形式附后。

“6 综合判定与处置措施”部分，根据风险矩阵方法得到各评估单元的风险类别，并结合剩余寿命理论估算情况，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。整机安全等级的4个结论，引用《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）。

“7 安全评估报告”部分，编制的依据是《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）。编制组结合评估实践工作，给出了安全评估报告格式和评估建议书，并以附录形式附后。

（三）与国内领先、国际先进标准的对标情况

关于港口起重机械安全评估，现有国家标准主要针对通用型起重设备的安全规范与评估要求，尚无专门针对港口环境下高强度、高腐蚀性、高自动化作业场景的专项安全评估标准。目前，与港口起重机械安全评估相关的标准主要有《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022），由国家市场监督管理总局和国家标准化委员会联合发布，该标准对各类起重机械的安全评估程

序、方法及判定提出了通用性框架，但其条款内容未充分考虑港口机械结构复杂、作业繁重、腐蚀环境恶劣及自动化程度高等特点，对港口起重机械安全评估工作的针对性和实操性较弱。

针对港口起重机械的特殊工况，本文件在通用标准框架基础上进行了多项创新性提升，重点解决了高盐雾环境腐蚀防护评估、控制系统可靠性验证等关键技术难题。相较于通用标准，本文件增加了大量港口起重机械特有的内容，既保持了与现有国家标准体系的协调统一，又针对港口起重机械的结构复杂性、环境严酷性和作业高强度等特点作出了专项规定，为港口起重机械的安全评估提供了科学、完整、可操作的技术依据。

四、主要条款的说明以及主要技术指标、参数、试验验证的论述

（一）主要条款的说明

本文件共包括七章，分为范围、规范性引用文件、术语和定义、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。具体如下：

1. 范围

本文件依据《特种设备目录》和深圳市港口设备现状，将适用范围聚焦于港口码头最常见的岸边集装箱起重机、轨道式/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。同时注明“其他类型的起重机械可参照执行”，保持了标准的开放性和引导性。范围条款的制定确保了标准针对性强，且具有一定的扩展性。

2. 规范性引用文件

本章给出了本文件编制过程中规范性引用的相关文件,包括《起重机械安全评估规范 通用要求》(GB/T 41510—2022),《起重机 钢丝绳 保养、维护、检验和报废》(GB/T 5972),《起重机械安全技术规程》(TSG 51—2023)等。

3. 术语和定义

本章对文中使用的“港口起重机械”“安全评估”“评估单元”等核心术语进行了定义,其他术语均直接引用或修改采用《起重机械安全评估规范 通用要求》(GB/T 41510—2022)的定义,保证了术语体系的连贯性和一致性。

4. 一般要求

本章规定了评估单元划分、评估程序流程以及风险评估的方法论(包括风险严重程度、发生概率、等级和类别的评定)。

依据港口机械的构成特点,将设备科学划分为5个评估单元,并为每个单元规定了最适用的评估方法组合,指导性强。

评估程序沿用了《起重机械安全评估规范 通用要求》(GB/T 41510—2022)的评估流程,并进行了细化,图示化了从方案编制到报告完成的完整过程,逻辑清晰。

风险评定采用国际通行的风险矩阵分析法(Risk Matrix)作为核心工具。严重程度分级综合了《特种设备事故报告和调查处理规定》中关于事故等级的人员伤亡和经济损失指标,量化清晰。概率等级的定义结合了设备历史数据、行业数据和专家判断。最终通过

风险矩阵确定风险等级，并据此划分风险类别，为后续的综合判定提供了量化依据。该方法科学、透明，易于操作。

5. 评估内容及方法

本章作为标准的技术核心部分，系统构建了港口起重机械安全评估的完整技术体系。

在技术资料收集方面，明确规定了评估所需的基础信息要求，为历史载荷分析和剩余寿命估算提供可靠数据支撑。现场检验检测环节充分结合港口作业特点，建立了涵盖目测检查、腐蚀评定、无损检测、载荷试验和应力测试的全方位评估体系。

其中，目测检查项目综合《起重机械安全技术规程》（TSG 51—2023）检验要求、制造厂手册和港口实践经验，全面覆盖各类可见安全隐患；腐蚀评定针对高盐高湿环境制定了严于通用标准的专项要求，如“断面腐蚀达 10%即评定为 I 类风险”的关键阈值；无损检测基于有限元分析和故障统计数据确定了应力集中区域，并严格引用《起重机械安全技术规程》（TSG 51—2023）强制性判定标准；载荷试验和应力测试则分别建立了额定载荷性能验证和结构强度校验的规范流程。在剩余寿命评估方面，本文件在继承《起重机械安全评估规范 通用要求》（GB/T 41510—2022）线性累积损伤理论的基础上，创新性地将其适配于港口机械特殊工况，建立了寿命-风险转化准则，实现了寿命管理与风险评估的有机融合。通过附录 B、C、D、E 等配套文件，为各项评估活动提供了详细的操作指引和技术参数，确保评估工作的科学性、规范性和可操作性。

6. 综合判定及处置措施

本章规定了如何根据各评估单元的风险类别结果，对整机安全等级进行综合评定，并给出相应的处置措施。将整机安全等级划分为“合格、基本合格、降级使用、不合格”四级，其与风险评估结果的对应关系定义清晰、严谨。例如，只要存在任何无法消除的“I类”风险，整机结论就是“不合格”。这种“一票否决”机制确保了安全底线。

7. 安全评估报告

本章规定了安全评估报告至少应包含的内容，确保评估工作的可追溯性和规范性，报告格式（附录 E）设计了标准化模板，保证了报告的完整性和权威性。

（二）主要技术指标、参数、试验验证情况

本文件中的风险严重程度划分、重要结构件和关键零部件损伤缺陷量化评定指标，通过长期项目实际数据的验证是合理和有效的。

在本文件的编制过程中，起草工作组特别考虑了相应量化指标的设定，因为这些参数对于确保港口起重机械零部件和结构件的可靠性至关重要。损伤缺陷量化评定指标的制定过程基于以下三部分：一是现有标准中的零部件报废更换量化指标；二是港机制造单位提供的零部件更换年限指标；三是项目前期从各港口实地调研中得到的常用零部件失效数据，并经统计分布拟合的方法确定零部件的使用寿命，进而确定报废年限。因此，量化指标充分考虑了港口起重机械的实际环境和使用工况。

为了确认这些参数设定及要求，标准编制组收集对比了多家港口企业关键零部件更换/报废的指标，逐步精炼了误差范围和数据要求，以确保它们既能体现技术的先进性，又能具备实际操作的可行性。

此外，还结合了行业专家的意见和技术要求文献，以确保本文件中的参数设置不仅与国内外的技术水平保持同步，而且能够适应未来技术发展的趋势。标准编制组对这些量化参数进行了严格的审查和评估，以保证它们的宽严适度，既不过于宽松而降低安全性能，也不过于严格而难以实现。

标准编制组结合相关项目得到的实际数据，对量化指标进行了验证。这一验证过程涉及对比分析实际作业数据和预设参数之间的一致性，以及评估系统整体表现的可靠性和效率。验证结果表明，经优化的量化参数不仅合理，而且在实际应用中表现出良好的效果。2025年5月，完成盐田国际集装箱码头有限公司3台使用年限达30年的老旧轮胎式集装箱门式起重机的安全评估，受到客户的满意反馈。

综合上述工作，本文件中关于量化指标数据要求的规定，是经过详尽的试验研究、专家咨询和实际数据验证后得出的科学结论。

五、是否涉及专利等知识产权问题

无。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

无。

七、实施标准的措施建议

（一）标准宣贯培训

本文件发布实施后，运用行业组织资源，通过组织多场标准宣贯会，并结合专业媒体、学术期刊对《港口起重机械安全评估规范》进行宣传，确保关联单位能够准确理解本文件，并按照标准要求开展港口起重机械安全评估活动。

（二）典型安全评估案例示范推广

为推进港口起重机械安全评估工作的示范应用与经验推广，建议采用系统化实施策略。示范评估应选取沿海主要港口中具有代表性的起重设备，涵盖不同机型和使用年限，重点关注高腐蚀环境和高强度作业条件下的设备状态。通过组建专业团队，采用标准评估方法，形成示范性成果。同时，通过行业协会组织技术交流，在行业期刊发表论文，并精选典型案例进行深度剖析。同时建立长效推广机制，编制优秀案例集，搭建共享平台，开展评优活动，促进经验交流。

（三）标准动态优化与升级

通过评估工作，建立动态评估机制，定期收集实施数据和问题反馈，为标准修订提供依据。同时积极筹备行业标准申报工作，组织编制标准实施效果评估报告和修订说明文件，联合行业协会和专业机构开展技术审查，并在核心期刊发表相关研究成果，通过2年周期的分阶段实施，最终形成完善的港口起重机械评估标准系列。

八、其他需要说明的事项

无。