

浅析风险矩阵法在集装箱起重机械风险管理中的应用

古园坐¹, 张志刚²

1. 蛇口集装箱码头有限公司, 518069; 2. 蛇口集装箱码头有限公司, 518069

摘要: 本文阐述了风险矩阵法在集装箱起重机械风险管理中的应用, 通过对机械设备安全隐患点的建模分析, 编制风险矩阵图, 并结合评估结果制定预防控制措施, 保障机械设备的安全运行。

关键词: 风险矩阵法 起重机械 风险管理

引言

随着中国经济的增长和对外贸易的高速发展, 2015年, 我国规模以上港口完成集装箱吞吐量 2.10 亿 TEU, 我国从事集装箱码头作业的企业超过 120 家, 拥有码头泊位总数超过 480 个, 全国港口各类大型集装箱装卸设备保有量一万余台。近年来, 集装箱码头装卸设备日趋大型化、自动化, 设备负载大、工况复杂、价值高, 如何保证集装箱码头设备安全运行, 不但关系到企业重大财产安全, 更关系到企业的生产安全。

近年来全球多港发生严重的集装箱起重设备安全事故, 给港口企业带来灾难性打击, 如 2015 年发生在德国不来梅哈芬港的岸边集装箱起重机(以下称“岸桥”)大梁坍塌事故、2007 年发生在韩国阳光港岸桥坍塌事故及 2010 大巴哈马岛自由港突发龙卷风吹翻多台岸桥事故等, 这些事故均造成了巨大的损失。除此之外, 集装箱起重机械在日常运行过程中因突发故障或事故造成设备或人员伤亡的情况更是屡屡发生。如何防范风险的发生, 目前行业内并无系统化的标准与规范, 设备管理者有必要根据企业自身情况制定适用的起重机械安全管理制度, 基于以上问题, 本文介绍了如何运用风险矩阵法建立集装箱起重机械风险管理模型, 并分析其在不同应用场景的适用性。

1 风险矩阵法

风险矩阵法最早起源于美国空军电子系统中心采办工程小组, 它不直接由专家得出判断矩阵, 而是遵从专家对项目风险最直接的判断, 根据事先划分的风险影响和风险概率, 确定项目各个风险因素的等级。根据各个风险因素所属的风险影响级别和风险概率区间, 纵横交错得出该风险因素的等级, 形成风险评价矩阵, 并定性地衡量风险的大小。(摘自《基于风险矩阵的新能源汽车项目风险评价研究》)一旦识别出风险或风险集后, 风险矩阵需要进一步评估风险对项目的潜在影响, 计算风险发生的概率, 根据预定标准评定风险等级, 然后实施计划管理或降低风险。

通常风险矩阵按可以通过以下步骤逐步建立:

- (1) 将项目需求和技术进行比较, 确定风险矩阵栏;
- (2) 判断该风险的影响程度, 一般划分为关键、严重、一般、较小、可忽略五个等级, 同时确定每一等级的分值区间, 便于将风险影响程度进行量化;
- (3) 判断风险概率, 由于风险发生难以准确预估, 只能组织专家根据已有数据、信息和经验进行判断打分, 风险发生概率一般也划分为 5 个等级, 从极不可能发生到极有可能发生, 每一等级规定相应的概率区间, 将风险发生概率量化;
- (4) 确定风险等级, 风险等级的确定依托于风险影响程度和风险发生概率, 通过横向列示风险影响程度, 纵向列示风险发生概率区间, 形成矩阵的形式, 今儿确定该风险的等级分值, 明确风险的等级;
- (5) 对风险进行重要性排序;
- (6) 制定风险防范机制及应急处理办法;

2 集装箱起重机械安全管理风险矩阵的建立

2.1 风险矩阵栏确定

设计风险矩阵栏实际上是对风险矩阵流程的归纳, 最终各项数据将填入风险矩阵栏中。其中, 风险为项目的具体风险, 风险影响按灾难性、危险、临界、低及无 5 个程度, 每个影响程度有相应的分值区间, 当得到风险影响的量化值后, 即可确定该风险的影响程度; 风险概率栏表现为项目中风险发生的概率。风险等级取决于风险影响和风险概率, 通过对应的风险等级表, 即可明确项目风险的等级, 本文将风险等级划分为高、较高、中等、较低及

低五个等级。以岸桥为例，建立的风险矩阵栏如表 1:

表 1 风险矩阵栏

项目	风险	风险影响		风险概率	风险等级		风险管理
		量化值	等级		量化值	等级	
起升减速箱	临近或超过设计使用寿命						
起升减速箱	风险形态						
.....

应用矩阵法进行进行起重机械安全管理分析，项目通常可定义为设备各机构所有可能产生风险影响的零部件，具体划分的层级取决于管理需求的精度。风险指标的选定需遵循以下几个原则:

1. 全面性: 应综合考虑部件在实际使用过程中可能遇到的各种风险, 包括技术风险、市场风险及政策风险等;
2. 重要性: 由于影响部件正常工作的因素众多, 不可能全部纳入指标项中, 因此需筛选出重要的、关键的指标进行分析;
3. 可操作性: 风险指标不仅用来进行风险分析, 其含义和量化值也应该易于被执行者、管理者及行业人员理解;

2.2 确定风险影响程度

由于起重机械安全管理不仅仅涉及日常维保过程中的技术风险, 同时还涉及零部件更新导致的市场风险及设备管理相关法律法规导致的政策风险等, 因此对风险影响程度的确定宜采用专家评分法, 邀请相应关注领域的技术专家、管理者及政策研究人员共同组成专家评分组, 根据权重配置由各专家对各项目的某一部分或某一阶段进行评分, 综合各方评价结果形成各风险项的影响程度量化值及程度。以岸桥设备安全管理为例, 结合设备特性及实际生产活动, 我们对潜在的风险从对生产操作影响、周边环境影响、安全影响及设备故障停机时间影响四个主要方面对潜在的风险进行影响程度的划分, 并采用 10-1 的量化方式对影响程度由高到低进行评估, 风险影响程度说明如表 2 所示:

表 2 风险影响程度说明

风险影响程度	风险影响量化值	影响说明			
		操作	环境	安全	设备
灾难性	10	泊位封停	周边及其它区域环境灾难性污染	伤亡(> 1 人)	故障>1 周
		(> 1 个月)		或设备坍塌	
危险	9	泊位封停	周边环境灾难性污染	伤亡(1 人)或	1 周≥故障>0.5 周
		(>1 周 <1 个月)		设备机货损>千万	
危险	8	设备停止操作	周边环境严重污染	重伤(> 1 人)或	1 周≥故障>0.5 周
		(> 1 个月)		设备机货损>百万	
危险	7	设备停止操作	局部区域严重污染	重伤(>1 人)	故障>0.5 周
		(>1 周 <1 个月)		设备机损>20 万	
临界	6	设备可靠性缺失或服务水平降低(超过 1 台设备)	周边地区中等污染	受伤(>1 人)	故障>12 小时
				高空坠物等高风险兆	
临界	5	设备可靠性缺失或服务水平降低(1 台设备)	局部区域中等污染	受伤(1 人)	故障>6 小时

低	4	设备主要功能缺失或服务水平降低	局部区域轻微污染	轻伤(>1 人)	故障>1 小时
	3	设备功能轻度缺失或服务水平降低	很小区域轻微污染	轻伤(1 人)	故障>30 分钟
无	2	有需要可快速处理的小缺陷,但对设备可靠性没有明显影响	没有对环境产生明显的影响	无伤害	故障>5 分钟
	1	有需要随时调整的小缺陷,但对设备可靠性没有影响	没有对环境产生明显的影响	无伤害	无故障

2.3 确定风险发生的概率

除了项目风险一旦发生将产生的影响程度之外,还需要评估各项目风险发生的可能性,按发生概率的大小从高到低按 10-1 进行划分。根据码头实际风险发生情况分析、相关部件质量寿命跟踪及结合行业相关信息评估各项目风险可能发生的周期,根据前两者因数转化为风险发生的频率。根据设备特性及行业参考,我们在进行设备风险评估时可以按以下表 3 取值计算。

表 3 风险概率评估表

发生的概率		估计的周期	发生频率	
			≥	<
10	1	1 小时	1	1
9	1/2	半天	0.5	1
8	1/5	1 天	0.2	0.5
7	1/15	1 周	0.066667	0.2
6	1 / 100	1 个月	0.01	0.066667
5	1 / 500	半年	0.002	0.01
4	1 / 3000	1 年	0.000333	0.002
3	1/6,000	5 年	0.000167	0.000333
2	1/ 30,000	10 年	0.000033	0.000167
1	1 / 60,000	20 年	0.000017	0.000033

2.4 确定风险等级

在风险矩阵分析方法中,风险等级的确定依赖于风险影响和风险概率,为了能够与风险影响及风险概率的量化值进行匹配以便于有效区分风险级别,我们可以考虑将风险等级划分为高、较高、中等、较低与低五个等级,其风险矩阵分布如表 4。

表 4 风险等级评估表

风险概率量化值	风险影响				
	无 (1-2)	低 (3-4)	临界 (5-6)	危险 (7-8)	灾难性(9-10)
10	中等	中等	高	高	高
9	中等	中等	高	高	高
8	较低	较低	较高	较高	高
7	较低	较低	较高	较高	高
6	低	较低	较低	较高	高
5	低	较低	较低	较高	高

4	低	低	较低	较低	中等
3	低	低	较低	较低	中等
2	低	低	低	较低	较低
1	低	低	低	较低	较低

表 5 风险等级说明及风险管理方法

风险等级	说明	风险管理方法
高	后果很严重，但由于低概率通常被忽视	定期监测/在线时时监测+大修/加强状态监测及检修的技术
较高	后果很严重，概率很高	定期监测/在线时时监测+技术改造/大修/不能延迟的检修及预防性维修
中等	中到低的严重程度，概率很高，影响到设备可靠性	故障维修+改善维修/故障再修，需要进行改善及改造
较低	中等严重，中等概率，对可靠性及安全有中等影响	定期检修+日常预防检查
低	低严重程度，很低概率	故障维修+常规周期性检修

根据矩阵图中风险级别分布，在起重机械风险管理过程中可按以下四种方式进行处理：

- 1 如风险级别为高，则应该不惜成本阻止其发生，（如果成本大于可接受范围，则放弃该项目）。
- 2 如风险级别为较高及中等，应安排合理的项目及费用来阻止其发生；
- 3 如风险级别为较低，应采取一些合理的步骤来阻止风险发生或尽可能降低其发生后造成的影响。
- 4 如风险级别为地，则该部分的风险是反应型，即发生后再采取措施，而前三种方式则是预防型。

3 集装箱起重机械安全管理风险矩阵应用案例分析

在对起重机械设备进行实际评估过程中，需要综合考虑设备元器件的设计寿命、风险形态（形状参数分为为（1-6），1 表现为完全随机，6 表现为完全磨损），根据设计寿命，参考状态监测的信息、状态检测的结果等对不同使用周期的设备客观评价相关风险发生的概率及影响程度，以确定风险等级。在制定风险管理办法时可以添加使用周期因素产生的影响，比如钢结构按 1-6 年、6-12 年分类，或根据机构运行时间定义周期如起升机构中的钢丝绳按首 200 小时（待稳定期）、1000 小时、1500 小时、1800 小时），按此进行综合评估其风险等级，制定相应的风险管理办法，并确定监测时间点与监测方法。以下表 7 为某公司针对一台已使用 12 年的岸桥减速箱的制定的评估案例。

表 7 某公司岸桥起升减速箱风险评估

设备分层		风险影响等级	设计寿命	综合计算寿命	当前寿命	风险形态	风险发生概率	风险发生频率	风险概率等级	风险等级		
1	主起升											
2	机械传动部分											
3		减速箱	9	153	139	125	5	0.2218	0.25076	6	高	
		4	齿轮	9	180	163	125	5	0.1299	0.13916	5	较高

						轴承	8	100	91	125	5	0.4642	0.62938	6	高
						油封	3	180	158	125	5	0.1517	0.1645	5	中
						固定螺栓	5	180	164	125	5	0.1293	0.13846	5	中
						轴	9	180	163	125	5	0.1299	0.13916	5	高

以上评估显示该减速箱的风险级别位于风险矩阵中风险级别高及较高区域，我们除了加强定期监测外，必须立即列入大修计划以避免风险的发生。对位于该区域的评估项目，我们须不惜成本阻止其发生，通过技术改造、大修或者根据成本选择报废等措施以避免灾难性事故的发生。

通过对设备各机构的评估情况，特别针对位于风险级别为中等、较高及高区域的项目制订出相应的设备风险控制体系文件，文件应包含该机构的风险等级与潜在的影响概述，具体的监测周期与方法，详细的监测标准，作业记录与反馈分析等，形成 PDCA 闭环管理。位于该区域项目除常规检修被重点关注之外，这些项目同时被提升至一个更加显著的高度，通过更严苛的监测标准进行专项监测，以确保其安全运行。

以设备起升减速箱为例，如投入使用不长，则其评估结果基本处于风险矩阵风险级别为较低或低的区域位置，对该区域减速箱，除每月的常规检修需被重点关注外，另外可每半年一次专项检测，使用专业工具如工业内窥镜对轴承滚道磨损情况进行检查，使用振动分析仪检查减速箱整体是否异常，使用红外线检测仪检查齿轮油、轴承温升情况，对油质进行理化指标的检测分析油品油质是否合格，通过对油品中的金属杂质成分含量判断是否某些部位有异常磨损等等全面专业的检测，并对相关历史数据进行对比分析，判断其发展趋势以采取及时、合理的维修措施，同时也能有效预防偶发及不确定的缺陷产生的安全风险。以下为对设备起升减速箱的检查表案例。

RTG No.	品 牌	型 号	日 期	序 列 号:							
位 置	检 查 项 目		振 动 检 查		听 诊 与 感 觉 检 查	温 度 测 量 (°C)	壳 体 温 度 (°C)	油 质 检 查	联 轴 器 检 查	密 封 检 查	啮 合 齿 面 检 查
	左	右	径 向	轴 向							
100轴											
200轴											
300轴											
400轴											
1. 减速箱外无温度 ≤ 70°C (外无温度与周围温度差超过50°C以上, 需要检查减速箱内部) 和 轴承位温度 ≤ 50°C。 2. 听诊与感觉检查周期性颤抖、敲击、机壳震动、轴承温度、冲击声 (有无“哐当、咯吱、叮当、咔嚓”等声音。) 3. 密封检查记录方法“渗漏、滴漏、泄漏”。 4. 振动检查位移 ≤ 0.07MM。 5. 检查输入轴联轴器缓冲胶有无破损和老化。 6. 检查输入轴联轴器缓冲胶有无破损和老化。 7. 齿面啮合面达到75%、点蚀、金属层脱落、断齿等, 检											检 查 人

4 结束语

在起重机械风险管理中，建立设备风险控制体系是一个非常复杂的过程，不但需要掌握科学的风险评估方法，更需要具有丰富的现场管理经验者所积累的大量数据，同时也需要更多了解行业资讯。特别是在市场化竞争越来越激烈的今天，一些配套厂家为了短期的竞争力，以较低价格获得订单，往往以降低产品质量为代价，这就给我们设备管理者带来很大的挑战，我们不能完全以某品牌的历史质量表现来作为管理决策依据，需要不断地通过实际监测数据分析修订相关参数，及时调整风险等级以保证预防与控制的有效性。