

基于模糊综合评价方法的 集装箱码头装卸系统安全评价研究

刘植元¹, 曾晓光², 郎舒妍²

(1. 大连海事大学交通运输工程学院, 辽宁 大连 116026; 2. 中国船舶重工集团公司第七一四研究所, 北京 100101)

摘要: 码头装卸作业工艺流程复杂, 是港口实现安全生产非常重要的环节。本文主要通过对集装箱码头装卸特点进行系统分析, 确定装卸系统安全影响因素, 运用模糊综合评价和层次分析的方法建立安全评价模型。并结合具体码头实例, 对构建的安全评价模型进行安全评价予以验证。

关键词: 集装箱码头; 装卸系统; 模糊综合评价法; 层次分析; 安全评价

中图分类号: U693

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2019) 03—0024—04

1 引言

码头装卸船作业环境的变化、船型舱型的复杂多样, 使得多种机械参与船舶作业过程中, 导致码头的作业生产变得复杂。在码头中, 货物的流转涉及多种装卸工艺, 装卸工人参与的舱内、库场作业属于劳动密集型作业, 装卸船作业和设备的维修抢修必然需要人的参与, 因此, 码头作业安全受到经营者的高度重视^[1-6]。

当前, 绝大多数港口对集装箱码头装卸作业是否达到安全标准的判断, 主要在于事故发生的多少, 事故差错的大小, 以及对过往历史数据的分析来判别, 缺乏可靠的理论数值来支撑安全评价标准, 多依靠事后管理^[7]。集装箱码头装卸船作业属于劳动密集型作业, 如果发生意外极易造成群死群伤安全责任事故, 然而事后管理的弊端就在于安全生产事故已经发生, 事故造成的人员和财产损失难以弥补。作业班组多, 大型机械复杂多样, 是集装箱码头的作业特点, 装卸船作业中不可预测的安全风险也会随之增多。因此, 强化集装箱码头装卸生产作业的安全防范意识, 构建科学有效的集装箱码头安全评估体系, 完善集装箱码头安全管理体系是防止发生重大安全责任事故的必然要求。

安全评价研究是运用安全系统的工程理论和方法, 辨识及分析系统或者工程中存在的危险因子或不利因素, 针对系统或工程中的事故判别其潜在的作业危险系数和严重程度^[8]。模糊综合评价法是一种以模糊数学为理论基础, 不断发展演变而来的较为成熟的评价方法^[9]。该评价方法可以从客观角度综合分析评价事物的状况, 对受到多种因素影响的对象和事物进行总体评价, 具有结果清晰、系统性强的特点。

本文综合分析集装箱码头装卸系统特点, 采用模糊综合评价和层次分析方法, 建立集装箱码头装卸系统安全评价模型, 通过邀请专家对各项安全评价指标进行打分, 以具体数据对集装箱码头装卸系统的安全程度进行判断, 反映集装箱码头装卸作业的安全运行状况, 寻找薄弱环节, 保证集装箱码头作业的生产安全。

2 安全评价模型构建

2.1 安全评价指标的确定

在构建集装箱码头装卸安全评价体系过程中, 为了能够实现期望的评价效果, 本文着重分析了集装箱码头的装卸流程特点, 充分考虑码头装卸作业多重因素的影响, 选取人员素质、机械状态、货物状态、作业环境、组织制度五大方面作为集装箱码头装卸作业安全管理评价的一级评价指标。

虽然集装箱码头装卸作业的机械化和智能化程度不断提高, 但相对其他行业来说, 劳动量依旧较大。因此在造成码头安全事故的影响因素中人员素质占重要部分, 主要二级评价指标有: 违章作业率, 违章指挥率, 违反劳动纪律率, 技能知识水平达标率。

机械状态的二级评价指标体现在维修保养合格率、设备故障率、设备更新率和设备带病作业率。

集装箱码头作业中因装卸货造成的安全事故屡见不鲜, 为了降低码头安全事故率, 更好的保障码头生产安全, 必须要监测和控制货物的不安全状态。针对货物状态安全性的二级评价指标主要包括: 货损率, 货物包装合格率, 危险货物致事故率, 超限货物事故。

作业环境可能影响集装箱码头作业环境中的“人、机、货”的状态, 降低人机或人货系统的可靠性, 从而间接或者直接产生安全事故。因此, 作业环境也是码头安全评价中的一个重要指标, 相对应的二级评价指标则有: 粉尘污染控制合格率, 噪音污染控制合格率, 异常气候恶劣度。

在码头装卸安全评价的组织制度指标中, 主要包含组织状态和管理制度两个二级评价指标^[10]。码头安全管理组织承载着码头安全管理的职能, 首先表现在组织状态上, 依靠安全管理专业人员占有率对组织状态进行评价。同时, 安全管理制度的完备率反映了安全管理制度的优劣, 这较大程度上依赖于安全管理职能的正常发挥, 而安全管理制度为安全管理职能提供了发挥作用的程序、标准和方法。

根据以上分析, 确定利用模糊综合评价法构建集装箱码

头装卸安全评价指标体系的一级指标包括：人员素质、货物状态、作业环境、设备状态和组织制度，以及相对应的二级评价指标。构建的集装箱码头装卸安全评价指标体系如图 1 所示：

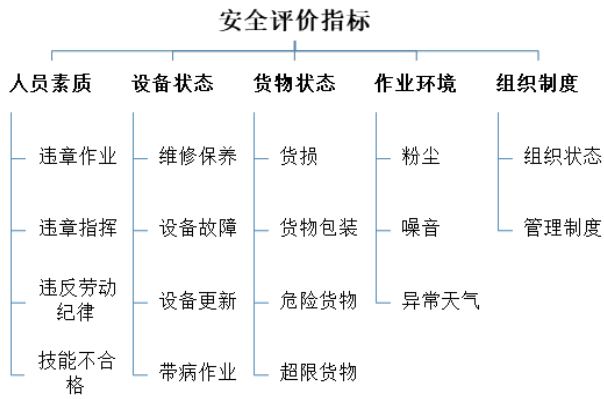


图 1 安全评价指标体系

2.2 安全评价评语集和指标权重

本研究利用模糊综合评价法对码头装卸系统安全进行评价，各个评价指标的数值量化结果可以反映出装卸作业的安全影响程度，通常评价等级划分越精细，评价的结果越精确，计算过程也会越繁琐，因此，建议选择适当的的评价等级。本研究选择非常重要、重要、一般、不重要、非常不重要五个等级当做安全评价的评语集。

评判指标因素的确定作为综合评判的关键步骤，对于评判结果起到决定性作用^[11-12]。评价指标体系中各因素间的相对重要程度，依靠指标权重以具体量值的形式来表示。对权重的确多个方法，运用什么样的方法应当根据研究的具体问题而定，因为不同的方法会产生不同的评价结果，须根据实际情况进行甄选，在本文中考虑到集装箱船实际装卸货的各个环节与所涉及的部门，充分调研后所得数据的有效性。

2.3 判断矩阵和一致性检验方法

判断矩阵由准则间的两两比较得到，表示针对上一层某因素，本层与之有关因素之间相对重要性的比较。根据上一节确定的安全评价评语集，对同一层次的各元素关于上一层次中某一准则的重要性进行两两比较，构造两两比较判断矩阵。构建判断矩阵时，需对其重要性以及评估准则因素有全面的把控认知，在此采用标度法来实现，按照 1, 3, 5, 7, 9 来划分元素之间的重要程度。

判断矩阵实际操作中可通过专家对项目各层次因素间相互重要程度给出的判定，构建相应的判断矩阵。在得到判断矩阵后，由于实际事故的复杂性，认识上的多样性和片面性将导致判断矩阵不一定完全一致，需要对构造的判断矩阵进行一致性检验。

检验判断矩阵一致性的方法是检验随机一致比例 CR，若 $CR < 0.1$ ，则判断矩阵的一致性符合要求，若 $CR > 0.1$ ，则判断矩阵的一致性无法达到要求，需要重新对指标权重进行赋值，进一步修正该判断矩阵，直至满足一致性为止。

对于 CR 的确定，一般采用如下公式计算：

$$CR = CI/RI$$

式中，CI 为一致性指标，RI 为同阶平均一致性指标，取值如表 1 所示。

对于一致性指标 CI 的计算可由下式计算：

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$

3 实例分析

针对集装箱装卸系统的特点，结合已构建的评价体系完成其风险评价。

(1) 构建判断矩阵。对安全体系标准的因素分析，根据集装箱装卸系统的实际情况，结合专家建议，按照表 3 进行两两比较，从而构造各层次指标的判断矩阵。判断矩阵如表 2 ~ 7 所示。

表 1 平均随机一致性指标

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R.I.	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46

表 2 集装箱装卸系统评价判断矩阵

U'	A ₁ '	A ₂ '	A ₃ '	A ₄ '	A ₅ '
A ₁ '	1	1/5	2	1/2	1/4
A ₂ '	5	1	6	3	2
A ₃ '	1/2	1/6	1	1/3	1/5
A ₄ '	2	1/3	3	1	1/2
A ₅ '	4	1/2	5	2	1

表 3 集装箱装卸系统评价判断 A₁' 矩阵

A ₁ '	A ₁₁ '	A ₁₂ '	A ₁₃ '	A ₁₄ '
A ₁₁ '	1	1/4	1/2	3
A ₁₂ '	4	1	3	6
A ₁₃ '	2	1/3	1	5
A ₁₄ '	1/3	1/6	1/5	1

表 4 集装箱装卸系统评价判断 A₂' 矩阵

A ₂ '	A ₂₁ '	A ₂₂ '	A ₂₃ '	A ₂₄ '
A ₂₁ '	1	2	1/4	1/3
A ₂₂ '	1/2	1	1/5	1/4
A ₂₃ '	4	5	1	2
A ₂₄ '	3	4	1/2	1

表 5 集装箱装卸系统评价判断 A₃' 矩阵

A ₃ '	A ₃₁ '	A ₃₂ '	A ₃₃ '	A ₃₄ '
A ₃₁ '	1	1/4	1/2	1/7
A ₃₂ '	4	1	3	1/2
A ₃₃ '	2	1/3	1	1/4
A ₃₄ '	7	2	4	1

表 6 集装箱装卸系统评价判断 A₄' 矩阵

A ₄ '	A ₄₁ '	A ₄₂ '	A ₄₃ '
A ₄₁ '	1	3	1/5
A ₄₂ '	1/3	1	1/7
A ₄₃ '	5	7	1

表 7 集装箱装卸系统评价判断 A₅' 矩阵

A ₅ '	A ₅₁ '	A ₅₂ '
A ₅₁ '	1	3
A ₅₂ '	1/3	1

表 8 各判断矩阵一致性检验

指标	U'	A ₁ '	A ₂ '	A ₃ '	A ₄ '	A ₅ '
λ _{max}	5.055	4.096	4.048	4.023	3.066	-
CI	0.014	0.032	0.016	0.008	0.033	-
RI	1.120	0.890	0.890	0.890	0.520	-
CR	0.012	0.036	0.018	0.009	0.063	-

表9 评价指标等级表

指标等级	1级	2级	3级	4级	5级
评语	风险非常大	风险大	风险一般	风险小	无风险
分数	90-100	80-89	70-79	60-69	0-59

(2) 进行一致性检验。检验结果如表8, 由结果可知, 各项指标的一致性比率CR均小于0.1, 都通过了一致性检验。

(3) 计算各层次指标的权重, 得出权重为(0.085, 0.431, 0.055, 0.152, 0.277)。

(4) 以某集装箱码头为例, 结合表9对各项指标进行专家打分, 可得到模糊综合评判矩阵R。根据 $B = WR$, 得到计算结果。

$$B = W * R = (0.159 \ 0.296 \ 0.311 \ 0.179 \ 0.055)$$

(5) 根据最大隶属度的原则, 选取隶属程度的极大值 $B_{\max} = \max(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$, 极大值 B_{\max} 所对应的 b_3 值就是评价结果, 其数值0.311是隶属于这一级别的可靠程度。

由结果可知, 该集装箱码头的安全水平属于3级的风险一般。

4 结论

安全管理是码头管理的重要组成部分, 安全评价体系机制的建立和完善非常重要。本文研究内容是考虑码头人-机-环境-管理构成的有机整体, 主要从人员素质、机械状态、货物状态、作业环境、组织制度五大方面考虑。根据德尔菲法思想, 邀请知名专家各自独立提出一系列方案评价指标, 整理分析, 构建了集装箱码头装卸系统安全评价模型, 并结合某集装箱码头的具体实例, 对码头装卸安全性进行评价, 寻找薄弱环节, 有助于提高集装箱码头生产装卸的安全性。

参考文献:

[1] 孟 愈, 彭 政权. 强化集装箱码头生产安全管理[J]. 集装箱化, 2004(7):27-28.
[2] 李兴湖. 港口企业安全管理工作[J]. 水运管理, 2005, 8 (27): 12-14.
[3] 牟慧敏. 港口

安全管理薄弱环节及应对策略探析[J]. 水上消防, 2013 (5): 23-25.

[4] 李波. 港口安全生产预警管理研究[D]. 武汉理工大学, 2003.
[5] 吴华玲. 集装箱码头安全评价问题研究[D]. 大连海事大学, 2013.
[6] 张海龙, 李雄飞, 董立岩. 应急预案评价方法研究[J]. 中国安全科学学报, 2009(7).
[7] 刘萧. 港口安全之痛[J]. 中国船检, 2016, 2: 72-75.
[8] 褚家成, 俞维纫, 许义. 港口安全管理评价量化研究[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(6).
[9] 于瑛英, 池宏, 高敏刚. 应急预案的综合评价研究[D]. 中国科技论坛, 2009(2).
[10] 高伟明, 曹庆仁. 安全遵从行为与安全参与行为的差异性研究[J]. 中国安全科学学报, 2015, 25 (4):10-16.
[11] 刘越琪, 肖心远, 李怀俊等. 基于层次分析和模糊综合评价法的危险品运输安全评价研究[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2011, 10(4):1649.
[12] 卢旭东, 张琬, 饶冬冬等. 基于AHP-模糊综合评价法的溢油风险评价[J]. 油气田环境保护, 2016, 26(3):32-36.

