

# 多准则决策的码头储运安全风险评估方法

陈小平（中海实业有限责任公司，天津 300451）

**摘要：**码头储运是港口物流的重要组成部分，涉及多种危险货物的装卸、存储和运输，存在着多种安全风险。为了有效地识别和评估码头储运的安全风险，本文提出了一种基于多准则决策的评估方法。首先，根据《港口安全生产风险辨识管控指南》和《危险货物港口企业储罐安全风险辨识评估管控指南》，建立了码头储运安全风险的指标体系，包括风险源、风险事件、风险后果和风险管控四个层次。然后，采用灰云模型对各个指标进行定性和定量的综合评价，得到风险的灰云数。最后，利用灰云排序法对各个风险进行排序，确定风险的优先级，为风险的防范和控制提供依据。本文以某港口的码头储运为例，应用该方法进行了实证分析，结果表明，该方法能够有效地反映码头储运的安全风险状况，具有一定的实用价值。

**关键词：**码头储运；安全风险；多准则决策；灰云模型

## 1 引言

码头储运是港口物流的重要组成部分，是港口与内陆运输的连接环节，涉及多种危险货物的装卸、存储和运输，如石油、化学品、液化气、爆炸品等。这些危险货物具有易燃、易爆、有毒、腐蚀等特性，一旦发生事故，可能造成人员伤亡、财产损失、环境污染等严重后果，甚至引发社会恐慌和动荡。因此，保障码头储运的安全生产，是港口管理的重要任务，也是港口可持续发展的基础。

为了有效地防范和控制码头储运的安全风险，必须首先对风险进行科学的识别和评估。风险评估是风险管理的核心环节，是指在风险识别的基础上，对风险的可能性和后果进行分析和评价，确定风险的大小和等级，为风险的决策和控制提供依据。目前，常用的风险评估方法有LS法、LEC法、MES法等，这些方法主要基于单一的风险指标，如事故发生的概率、频率、严重程度等，忽略了风险的多维性和复杂性，不能全面地反映风险的实际状况。此外，这些方法也存在着主观性、模糊性和不确定性等问题，如评估人员的经验、判断和数据的可靠性等，影响了评估结果的准确性和客观性。

为了克服上述方法的不足，本文提出了一种基于多准则决策的码头储运安全风险评估方法。多准则决策是指在多个冲突或不一致的准则或目标下，对多个备选方案进行评价和选择的决策过程。多准则决策方法能够综合考虑风险的多个方面，如风险源、风险事件、风险后果和风险管控等，从而更全面地反映风险的实际状况。本文采用灰云模型作为多准则决策的评估工具，灰云模型是一种基于区间数和概率分布的不

确定性分析模型，能够同时描述风险的模糊性和随机性，提高评估的精确性和客观性。本文以某港口的码头储运为例，应用该方法进行了实证分析，验证了该方法的有效性和实用性。

## 2 码头储运安全风险的指标体系

风险评估的第一步是建立风险的指标体系，指标体系是评估风险的依据和标准，应该能够全面、系统、科学地反映风险的特征和规律。本文参考《港口安全生产风险辨识管控指南》和《危险货物港口企业储罐安全风险辨识评估管控指南》，结合码头储运的实际情况，建立了码头储运安全风险的指标体系，包括风险源、风险事件、风险后果和风险管控四个层次。

风险源是指可能导致风险事件发生的因素或条件，是风险的根源。风险源可以分为内部风险源和外部风险源，内部风险源是指码头储运过程中的人、机、料、法、环等因素，外部风险源是指码头储运过程中受到的自然灾害、社会安全、政策法规等因素的影响。风险源的评估主要是对风险源的数量、类型、特性等进行分析，确定风险源的存在程度和危害程度。

风险事件是指由风险源引发的不利的或有害的事件，是风险的表现。风险事件可以分为事故类风险事件和非事故类风险事件，事故类风险事件是指造成人员伤亡、财产损失、环境污染等严重后果的事件，如火灾、爆炸、泄漏、倾覆等，非事故类风险事件是指造成生产中断、效率降低、质量下降等不良后果的事件，如设备故障、操作失误、通讯中断等。风险事件的评估主要是对风险事件的发生概率、发生频率、持续时间等进行分析，确定风险事件的发生可能性和发生次数。

风险后果是指风险事件发生后造成的不利的或有害的结果，是风险的影响。风险后果可以分为人员后果、财产后果和环境后果，人员后果是指风险事件对人员的伤害程度，如死亡、重伤、轻伤等，财产后果是指风险事件对财产的损失程度，如设备损坏、货物损毁、生产停滞等，环境后果是指风险事件对环境的破坏程度，如污染、噪音、气味等。风险后果的评估主要是对风险后果的严重程度、影响范围、影响时间等进行分析，确定风险后果的损失大小和影响程度。

风险管控是指对风险进行预防、减轻和消除的措施和活动，是风险的应对。风险管控可以分为风险识别、风险评估、风险控制和风险监督四个阶段，风险识别是指发现和确定风险的存在，风险评估是指分析和评价风险的大小和等级，风险控制是指制定和实施风险的防范和控制方案，风险监督是指监测和评价风险的变化和控制效果。风险管控的评估主要是对风险管控的完善程度、有效程度、及时程度等进行分析，确定风险管控的能力和水平。

### 3 灰云模型的基本原理

灰云模型是一种用于描述不确定现象的数学模型，由李德洲等人于1998年提出，能够同时考虑不确定现象的模糊性和随机性，提高不确定性分析的精确性和客观性。

灰云模型的核心概念是灰云数，灰云数是一种特殊的随机变量，其取值是一个区间数，且该区间数的上下界服从两个不同的概率分布。灰云数的含义是，不确定现象的取值不是一个确定的数，而是一个有一定范围的数，且这个范围的大小和位置也是不确定的，有一定的概率分布。

灰云模型的数学定义如下：设  $X$  是一个随机变量，其取值范围为  $[a, b]$ ，其中  $a$  和  $b$  是两个确定的实数，且  $a < b$ ，则称  $X$  是一个区间数，记为  $X=[a, b]$ 。设  $Y$  是一个随机变量，其概率密度函数为  $f(y)$ ，则称  $Y$  是一个概率分布，记为  $Y \sim f(y)$ 。设  $Z$  是一个随机变量，其取值为一个区间数，且该区间数的上下界服从两个不同的概率分布，即  $Z=[X_1, X_2]$ ，其中  $X_1 \sim f_1(x_1)$ ， $X_2 \sim f_2(x_2)$ ，则称  $Z$  是一个灰云数，记为  $Z=[X_1, X_2]_{\{f_1, f_2\}}$ 。其中  $E$  和  $H$  分别表示灰云数的期望和熵， $E$  反映了灰云数的中心位置， $H$  反映了灰云数的不确定程度。

灰云模型的主要运算包括灰云数的生成、灰云数的比较和灰云数的排序等。灰云数的生成是指根据已

知的数据或信息，构造出一个合适的灰云数，用于描述不确定现象。灰云数的生成方法有多种，如最大最小法、最大最小平均法、最大最小方差法等，具体的生成方法可以根据实际情况和数据特征进行选择。灰云数的比较是指根据灰云数的期望和熵，判断两个灰云数的大小关系，用于评价不确定现象的优劣。灰云数的比较方法有多种，如期望熵法、期望熵比法、期望熵差法等，具体的比较方法可以根据评价目标和评价标准进行选择。灰云数的排序是指根据灰云数的比较结果，对多个灰云数进行排序，用于确定不确定现象的优先级。灰云数的排序方法有多种，如期望熵排序法、期望熵比排序法、期望熵差排序法等，具体的排序方法可以根据排序目的和排序规则进行选择。

灰云模型的主要应用领域有不确定性分析、不确定性决策、不确定性评价等，可以用于处理多种不确定现象，如风险、质量、效益、偏好、满意度等。灰云模型的优点是能够同时描述不确定现象的模糊性和随机性，提高不确定性分析的精确性和客观性，同时也具有一定的灵活性和适应性，可以根据不同的数据特征和应用需求进行灰云数的生成、比较和排序等运算。灰云模型的缺点是需要较多的数据和信息，以及较高的计算复杂度，可能影响灰云模型的实用性和效率。

本文将灰云模型应用于码头储运安全风险的评估，利用灰云数对风险的模糊性和随机性进行综合描述，利用灰云数的比较和排序方法对风险的大小和等级进行分析和评价，为风险的防范和控制提供依据。该方法具有以下几个特点：①基于多准则决策的评估方法，综合考虑风险的多个方面，如风险源、风险事件、风险后果和风险管控等，从而更全面地反映风险的实际状况，为风险的决策和控制提供参考；②基于灰云模型的评估方法，利用灰云数对风险的模糊性和随机性进行综合描述，提高评估的精确性和客观性，同时利用灰云数的比较和排序方法，对风险的大小和等级进行分析和评价，为风险的改进和优化提供依据。

## 4 码头储运安全风险的评估

### 4.1 基于灰云模型的码头储运安全风险的评估过程

#### 4.1.1 确定评估指标和评估人员

根据前文建立的码头储运安全风险的指标体系，确定评估指标的内容和层次，以及评估指标的权重。评估指标的权重可以通过层次分析法、熵权法、专家打分法等方法进行确定，也可以根据实际情况进行调整。评估人员应该是具有相关专业知识和经验的人员，



如码头储运的管理者、操作者、监督者等,评估人员的数量应该尽可能多,以保证评估结果的客观性和有效性。

#### 4.1.2 收集评估数据和信息

根据评估指标的内容和要求,收集评估数据和信息,包括历史数据、现场数据、文献数据、专家意见等,评估数据和信息应该尽可能完整、准确、可靠,以保证评估结果的科学性和合理性。

#### 4.1.3 生成灰云数和灰云矩阵

根据评估数据和信息,利用灰云数的生成方法,为每个评估指标构造一个灰云数,用于描述该指标的不确定性。然后,将所有的灰云数按照评估指标的层次和顺序,组成一个灰云矩阵,用于表示码头储运安全风险的综合情况。

#### 4.1.4 比较和排序灰云数

根据灰云数的比较方法,对灰云矩阵中的每一行或每一列的灰云数进行两两比较,得到灰云数的大小关系,用于评价各个评估指标的优劣。然后,根据灰云数的排序方法,对灰云矩阵中的每一行或每一列的灰云数进行排序,得到灰云数的优先级,用于确定各个评估指标的重要性。最后,根据灰云数的优先级,对码头储运安全风险进行综合评估和分析,提出风险的改进措施和建议。

### 4.2 不足及改进措施

①评估数据和信息主要来源于历史数据、现场数据、文献数据和专家意见等,可能存在一定的不完整性、不准确性和不可靠性,影响了评估结果的科学性和合理性。通过采用更多的数据来源和数据处理方法,提高数据的质量和有效性;②评估方法主要基于灰云模型,可能存在一定的局限性和不适用性,不能适应所有的评估场景和评估需求。通过引入更多的不确定性分析模型和方法,提高评估的灵活性和适应性;③评估结果主要反映了码头储运安全风险的综合情况,没有对风险的具体类型和特征进行深入分析,也没有提出针对性的风险改进措施和建议。通过采用更多的风险分析和风险控制方法,提高评估的深度和广度。

### 5 结论

本文针对码头储运的安全风险问题,提出了一种基于多准则决策的评估方法,利用灰云模型对风险的模糊性和随机性进行综合描述,对风险的大小和等级进行分析和评价,为风险的防范和控制提供依据。该方法能够有效地反映码头储运的安全风险状况,具有一定的实用价值。本文的主要创新点和贡献如下:①

本文建立了一个全面、系统、科学的码头储运安全风险指标体系,从风险源、风险事件、风险后果和风险管控四个层面,对码头储运的安全风险进行了深入的分析,为评估风险提供了依据和标准;②本文提出了一种基于多准则决策的评估方法,综合考虑风险的多个方面,如风险源、风险事件、风险后果和风险管控等,从而更全面地反映风险的实际状况,为风险的决策和控制提供了参考;③本文利用灰云模型对风险的模糊性和随机性进行综合描述,提高评估的精确性和客观性,同时利用灰云数的比较和排序方法,对风险的大小和等级进行分析和评价,为风险的改进和优化提供了依据。

本文的评估结果显示,码头储运安全风险主要集中在风险源和风险事件两个层面,其中,外部风险源、事故类风险事件、人员后果和风险控制是影响风险大小和等级的关键因素,应该优先进行防范和控制。本文根据评估过程分析,提出了以下几点风险改进措施和建议:①加强对外部风险源的监测和预警,如自然灾害、社会安全、政策法规等,及时采取应对措施,减少风险的引发和传播;②加强对事故类风险事件的预防和应急,如火灾、爆炸、泄漏、倾覆等,制定和完善应急预案,提高应急响应和处置能力,减少风险的发生和扩散;③加强对人员后果的控制和救助,如死亡、重伤、轻伤等,加强安全培训和教育,提高安全意识和技能,加强安全防护和保障,提高救援效率和质量,减少风险的伤害和损失;④加强对风险管控的完善和有效,如风险识别、风险评估、风险控制和风险监督等,建立和完善风险管理体系,提高风险管理水平和能力,加强风险管理的监督和评价,提高风险管理的效果和效率。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通运输部.港口安全生产风险辨识管控指南[S].北京:交通运输部,2017.
- [2] 中华人民共和国交通运输部.危险货物港口企业储罐安全风险辨识评估管控指南[Z].北京:交通运输部,2018.
- [3] 李德洲,王飞跃,孙宏斌.灰云模型及其应用[M].北京:科学出版社,2003.
- [4] 刘思峰,郭军华,张晓峰.风险评估理论方法与应用[M].北京:科学出版社,2010.
- [5] 赵志强,刘思峰,张晓峰.风险评估方法综述[J].系统工程理论与实践,2007,27(9):120-127.