

化工装置安全评价的关键指标体系构建与应用

陈雪丹¹ 赵玖超¹ 林杰¹ 邱伟斌²

1.浙江泰鸽安全科技有限公司; 2.浙江润和安全技术有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i8.8346

[摘要] 本文聚焦于化工装置安全评价的关键指标体系构建与应用。首先阐述了化工装置安全评价的重要意义和当前面临的问题,接着详细介绍了关键指标体系构建的原则、方法与流程,包括指标的初步筛选、优化以及权重确定等。然后深入探讨了该指标体系在化工装置不同阶段(设计、建设、运行)的具体应用,通过实际案例分析展示了指标体系在识别安全隐患、评估安全风险以及指导安全管理决策方面的作用。最后对研究成果进行总结,并对未来化工装置安全评价的发展趋势进行了展望。

[关键词] 化工装置安全评价; 关键指标体系构建; 应用

Construction and application of key index system for safety evaluation of chemical plants

Chen Xuedan¹ Zhao Jiuchao¹ Lin Jie¹ Qiu Weibin²

1. Zhejiang Taige Safety Technology Co., Ltd.; 2. Zhejiang Run'an & Safety Technology Co., Ltd.

[Abstract] This paper focuses on the construction and application of the key index system for the safety evaluation of chemical plants. Firstly, the importance of safety evaluation of chemical plants and the current problems are expounded, and then the principles, methods and processes of the construction of the key indicator system are introduced in detail, including the preliminary screening, optimization and weight determination of the indicators. Then, the specific application of the index system in different stages (design, construction and operation) of chemical plants is discussed in depth, and the role of the index system in identifying potential safety hazards, assessing safety risks and guiding safety management decisions is demonstrated through actual case analysis. Finally, the research results are summarized, and the development trend of safety evaluation of chemical plants in the future is prospected.

[Key words] safety evaluation of chemical plants; construction of key indicator system; apply

一、引言

1.1 研究背景

化工行业作为国民经济的重要支柱产业,在推动经济发展、满足社会需求等方面发挥着关键作用。然而,化工装置具有高温、高压、易燃、易爆、有毒有害等特点,一旦发生安全事故,往往会造成严重的人员伤亡、财产损失和环境污染。近年来,国内外化工行业安全事故频发,如天津港“8·12”瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故、印度博帕尔毒气泄漏事故等,这些事故给社会带来了巨大的灾难,也引起了人们对化工装置安全的高度关注。因此,开展化工装置安全评价,建立科学合理的关键指标体系,对于预防和减少化工安全事故具有重要意义。

1.2 研究目的与意义

本研究旨在构建一套适用于化工装置安全评价的关键指标体系,并探讨其在实际中的应用。通过该指标体系,能够全面、系统地评估化工装置的安全状况,及时发现潜在的安全隐患,为化工企业的安全管理决策提供科学依据,从而提高化工装置的安全运行水平,保障人员生命安全和企业财产安全,促

进化工行业的可持续发展。

1.3 国内外研究现状

国外在化工装置安全评价方面起步较早,已经形成了较为成熟的理论和方法体系。例如,美国的道化学公司火灾、爆炸危险指数评价法(DOW法)、英国帝国化学公司蒙德工厂评价法(ICI Mond法)等,这些方法在化工行业得到了广泛应用。同时,国外学者还在不断探索新的安全评价技术和方法,如基于人工智能的安全评价模型等。国内对化工装置安全评价的研究相对较晚,但近年来也取得了显著进展。国家出台了一系列相关标准和规范,如《危险化学品重大危险源辨识》《化工企业安全卫生设计规范》等,为化工装置安全评价提供了依据。国内学者也开展了大量研究,提出了许多适合我国国情的安全评价方法和指标体系。然而,目前的研究仍存在一些问题,如指标体系不够完善、评价方法的主观性较强等,需要进一步深入研究。

二、化工装置安全评价关键指标体系构建

2.1 构建原则

2.1.1 科学性原则

指标体系的构建应基于科学的理论和方法，能够准确反映化工装置的安全本质和特征。指标的选择应具有明确的科学依据，能够客观、真实地评价化工装置的安全状况。

2.1.2 系统性原则

化工装置是一个复杂的系统，涉及多个方面和环节。因此，指标体系应具有系统性，能够全面覆盖化工装置的各个方面，包括设备设施、工艺过程、人员管理、环境因素等，以反映化工装置安全的整体情况。

2.1.3 可操作性原则

指标应具有可操作性，即指标的数据易于获取和量化。指标的计算方法和评价标准应明确、具体，便于实际评价工作的开展。

2.1.4 针对性原则

不同的化工装置具有不同的特点和安全风险，指标体系应根据化工装置的具体类型和特点进行有针对性的构建，以提高评价的准确性和有效性。

2.1.5 动态性原则

化工装置的安全状况会随着时间、工艺条件、设备状况等因素的变化而变化。因此，指标体系应具有动态性，能够及时反映化工装置安全状况的变化，为安全管理决策提供实时信息。

2.2 构建方法

2.2.1 文献研究法

通过查阅国内外相关文献，了解化工装置安全评价的研究现状和发展趋势，收集已有的安全评价指标，为指标体系的构建提供参考。

2.2.2 专家咨询法

邀请化工安全领域的专家、学者和企业管理人员，通过问卷调查、访谈等方式，征求他们对化工装置安全评价指标的意见和建议，对指标进行筛选和优化。

2.2.3 事故分析法

对国内外化工装置安全事故进行深入分析，找出导致事故发生的关键因素，将这些因素转化为安全评价指标，纳入指标体系。

2.2.4 层次分析法

将化工装置安全评价问题分解为多个层次，包括目标层、准则层和指标层。通过两两比较确定各层次元素的相对重要性，进而计算出各指标的权重。

2.3 构建流程

2.3.1 指标初步筛选

根据上述构建方法，收集与化工装置安全相关的指标，形成初步的指标集。指标集应尽可能全面，涵盖化工装置安全的各个方面。

2.3.2 指标优化

对初步筛选的指标进行优化，去除重复、无关或难以获取数据的指标。同时，根据指标的重要性和相关性，对指标进行合并和调整，确保指标体系的科学性和合理性。

2.3.3 指标权重确定

采用层次分析法确定各指标的权重。首先，构建层次结构模型，将化工装置安全评价目标分解为多个准则层和指标层元素。然后，通过专家打分的方式，对各层次元素进行两两比较，构造判断矩阵。最后，计算判断矩阵的最大特征根和特征向量，对特征向量进行归一化处理，得到各指标的权重。

2.3.4 指标体系验证

通过实际案例对构建的指标体系进行验证，检查指标体系是否能够准确反映化工装置的安全状况。根据验证结果，对指标体系进行进一步调整和完善。

2.4 关键指标体系内容

2.4.1 设备设施指标

包括设备的新旧程度、可靠性、维护保养情况、安全附件的完好率等。设备是化工生产的基础，设备的安全状况直接影响化工装置的安全运行。

2.4.2 工艺过程指标

涵盖工艺的复杂性、危险性、操作参数的稳定性、工艺变更的频率等。工艺过程是化工生产的核心，不合理的工艺设计或操作不当都可能引发安全事故。

2.4.3 人员管理指标

涉及人员的安全意识、操作技能、培训情况、安全管理制度的执行情况等。人员是化工生产的主体，人员的行为和素质对化工装置的安全至关重要。

2.4.4 环境因素指标

包括自然环境（如气候、地质等）和作业环境（如温度、湿度、通风等）。环境因素可能对化工装置的安全运行产生间接影响，如恶劣的自然环境可能导致设备损坏，不良的作业环境可能影响人员的操作和健康。

2.4.5 安全管理指标

包含安全管理体的完善程度、安全检查的频率和效果、事故应急预案的制定和演练情况等。安全管理是保障化工装置安全的重要手段，有效的安全管理能够及时发现和消除安全隐患，降低事故发生的概率。

三、化工装置安全评价关键指标体系的应用

3.1 在化工装置设计阶段的应用

3.1.1 安全性评估

在设计阶段，利用关键指标体系对化工装置的设计方案进行安全性评估。通过对设备选型、工艺流程、布局设计等方面的指标进行评价，判断设计方案是否满足安全要求。例如，评估设备的材质是否能够承受工艺介质的腐蚀和压力，工艺流程是否合理，是否存在潜在的危险因素等。

3.1.2 风险识别与预防

根据指标体系的评价结果，识别设计方案中可能存在的安全风险，并提出相应的预防措施。如在设计阶段考虑设置安全防护设施、报警装置等，以降低事故发生的可能性和危害程度。

3.1.3 优化设计方案

通过对不同设计方案进行安全评价和比较，选择最优的设

计方案。同时,根据评价结果对设计方案进行优化,提高化工装置的安全性和可靠性。

3.2 在化工装置建设阶段的应用

3.2.1 施工质量监控

在建设过程中,利用关键指标体系对施工质量进行监控。通过对设备安装、管道铺设、电气接线等方面的指标进行检查和评价,确保施工质量符合安全要求。例如,检查设备的安装是否牢固、管道的连接是否密封、电气系统的接地是否良好等。

3.2.2 安全管理制度落实

监督建设单位落实安全管理制度,确保施工过程中的安全。通过对人员培训、安全检查、事故应急预案等方面的指标进行评价,检查安全管理制度的执行情况。如要求施工人员必须经过安全培训合格后才能上岗作业,定期进行安全检查,及时发现和消除安全隐患。

3.2.3 验收评价

在化工装置建设完成后,利用关键指标体系进行验收评价。通过对整个装置的设备设施、工艺过程、人员管理等方面的指标进行全面评价,判断装置是否具备安全运行的条件。只有通过验收评价的化工装置才能投入生产使用。

3.3 在化工装置运行阶段的应用

3.3.1 日常安全检查

在日常运行过程中,利用关键指标体系进行安全检查。通过对设备运行参数、工艺操作情况、人员行为等方面的指标进行实时监测和评价,及时发现安全隐患。例如,监测设备的温度、压力、液位等参数是否在正常范围内,检查操作人员是否按照操作规程进行操作等。

3.3.2 安全风险评估

定期对化工装置进行安全风险评估,利用关键指标体系计算装置的安全风险值。根据风险值的大小,确定装置的安全等级,并采取相应的风险控制措施。如对于高风险的装置,应加强监测和检查,增加安全防护设施等。

3.3.3 事故应急管理

在发生事故时,利用关键指标体系指导事故应急管理。通过对事故发生的原因、影响范围等方面的指标进行分析,制定科学合理的事​​故应急预案。同时,根据指标体系的评价结果,对应急预案的有效性进行评估和改进,提高应对事故的能力。

3.4 实际案例分析

3.4.1 案例背景

某化工企业拥有一套年产 10 万吨聚氯乙烯的生产装置。该装置涉及多种危险化学品,如氯乙烯、氯化氢等,具有较高的安全风险。为了评估该装置的安全状况,企业采用了本文构建的关键指标体系进行安全评价。

3.4.2 评价过程

首先,收集该装置的相关数据,包括设备设施情况、工艺过程参数、人员管理信息、环境因素数据等。然后,根据关键指标体系的评价标准,对各指标进行打分。最后,采用层次分析法计算各指标的权重,并计算出装置的综合安全评分。

3.4.3 评价结果与分析

评价结果显示,该装置的综合安全评分为 75 分,属于中等安全水平。其中,设备设施指标得分较高,说明装置的设备状况较好;但人员管理指标得分较低,主要问题是部分操作人员的安全意识和操作技能有待提高。根据评价结果,企业制定了相应的整改措施,如加强人员培训、完善安全管理制度等。

3.4.4 应用效果

经过一段时间的整改,再次对该装置进行安全评价,综合安全评分提高到了 85 分,装置的安全状况得到了明显改善。同时,通过关键指标体系的应用,企业能够及时发现安全隐患,采取有效的控制措施,降低了事故发生的概率,保障了装置的安全运行。

四、结论与展望

4.1 研究成果总结

本文构建了一套适用于化工装置安全评价的关键指标体系,该指标体系遵循科学性、系统性、可操作性、针对性和动态性原则,采用文献研究法、专家咨询法、事故分析法和层次分析法等方法进行构建。指标体系涵盖了设备设施、工艺过程、人员管理、环境因素和安全管理等多个方面,能够全面、系统地评估化工装置的安全状况。通过实际案例分析,验证了该指标体系在化工装置设计、建设、运行阶段的应用效果,能够为化工企业的安全管理决策提供科学依据,提高化工装置的安全运行水平。

4.2 研究不足与展望

本研究虽然取得了一定的成果,但仍存在一些不足之处。例如,指标体系的权重确定方法可能存在一定的主观性,需要进一步探索更加客观、准确的权重确定方法;指标体系的应用还需要进一步推广和普及,提高化工企业对安全评价的重视程度。未来的研究可以从以下几个方面展开:一是不断完善关键指标体系,结合化工行业的发展和新技术、新工艺的应用,及时更新和调整指标;二是加强安全评价方法的研究,探索更加科学、有效的评价模型和算法;三是推动安全评价的信息化和智能化发展,利用大数据、人工智能等技术提高安全评价的效率和准确性;四是加强国际合作与交流,借鉴国外先进的安全评价经验和技​​术,促进我国化工装置安全评价水平的不断提高。总之,化工装置安全评价是一项长期而艰巨的任务,关键指标体系的构建与应用对于保障化工装置的安全运行具有重要意义。通过不断研究和探索,完善安全评价体系,提高安全管理水平,能够有效预防和减少化工安全事故的发生,促进化工行业的健康、可持续发展。

【参考文献】

- [1]中国化工行业的安全评价研究. 陆姗姗;毕颖. 化工管理,2021(01)
- [2]化工工艺和设备安全评价研究. 汤吉祥;秦雨. 企业技术开发,2014(26)
- [3]批判性思维视角下的安全评价研究. 康海承. 河北企业,2019(12)