

事故致因理论可视化教学系统设计研究

郑卓尔, 谢倩倩, 郝文萍, 方宇韬, 唐星茂, 傅 贵*, 路禹轩

中国矿业大学(北京), 应急管理与安全工程学院, 北京

收稿日期: 2024年4月29日; 录用日期: 2024年6月5日; 发布日期: 2024年6月17日

摘要

为解决当前事故致因理论教学过程中少互动, 教学内容难理解、难记忆的问题, 提高事故致因理论教学效果, 本文梳理了8本安全工程专业教材中事故致因理论部分的内容, 确定了事故致因理论的教学内容, 并在此基础上设计了事故致因理论可视化教学系统。研究结果表明: 现有的事故致因理论的教学重理论介绍轻应用, 导致学习者对事故致因理论缺乏深入的理解; 事故致因理论的教学内容应包含事故致因理论的概念与内容、事故致因理论的分类、事故致因理论介绍、事故致因理论实例应用4个方面。基于此, 本文设计了事故致因理论可视化教学系统, 为学习者提供了理论知识的图像化形式以及用所学的事故致因理论分析事故案例的渠道并提供实时反馈, 试图为提高事故致因理论教学效果提供新的方案。

关键词

可视化, 事故致因理论, 教学系统

A Research on the Design of a Visualized Teaching System for Accident Causation Theory

Zhuoer Zheng, Qianqian Xie, Wenping Hao, Yutao Fang, Xingmao Tang, Gui Fu*, Yuxuan Lu

School of Emergency Management and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing

Received: Apr. 29th, 2024; accepted: Jun. 5th, 2024; published: Jun. 17th, 2024

Abstract

To address the issues of limited interactivity and difficulty in comprehending and retaining

*通讯作者。

文章引用: 郑卓尔, 谢倩倩, 郝文萍, 方宇韬, 唐星茂, 傅贵, 路禹轩. 事故致因理论可视化教学系统设计研究[J]. 创新教育研究, 2024, 12(6): 61-67. DOI: 10.12677/ces.2024.126353

teaching materials in the current accident causation theory instruction, this study aims to enhance the effectiveness of accident causation theory education. It systematically reviews the content related to accident causation theory from eight safety engineering textbooks, delineating the core teachings of accident causation theory. Building upon this foundation, a visualized instructional system for accident causation theory is devised. The findings reveal that existing instruction predominantly emphasizes theoretical exposition over practical application, resulting in learners' shallow understanding of accident causation theory. Accordingly, the instructional content should encompass four key aspects: conceptual framework and components of accident causation theory, classification of accident causation theory, theoretical exposition, and practical applications through case studies. Leveraging these insights, the proposed visualized instructional system furnishes learners with graphical representations of theoretical knowledge and avenues for analyzing accident cases using learned accident causation theory, thereby providing real-time feedback. The objective is to offer a novel approach aimed at enhancing the efficacy of accident causation theory instruction.

Keywords

Visualization, Accident Causation Theory, Teaching System

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

事故致因模型是事故致因理论的形象表达[1]，它是事故致因分析、指导事故预防的理论基础。因此，在目前的教学研究中，事故致因理论已经成为安全学科课程体系建设的重要内容之一[2] [3]。当下事故致因理论的教学普遍课堂讲授的方式教学，较为枯燥，学习过程缺乏互动，学习者较难在短时间内理解并掌握教学内容[4]。这使得可视化教学工具或系统的开发就变得非常重要了。在安全教育培训领域，黄俊杰构建了安全事故案例可视化教育系统，研究发现系统可以增加学习者的沉浸感，可以加深其对培训内容的记忆，提高学习者的学习兴趣，强化培训效果[5]。张佳将可视化系统应用在港口的安全教育中，有效的减少了学习者由于安全意识薄弱所引发的安全问题[6]。虽然多位学者研究了可视化教学系统在安全领域的应用，但其应用场景为事故案例、安全知识、安全技能培训。事故致因理论的教学内容目前尚没有和可视化技术得到较好的结合，并且由于事故致因理论内容多、难理解、难记忆的痛点问题与可视化教学系统的优势高度对应，因此将事故致因理论的教学内容可视化具有较强的现实需求，对于事故致因理论的学习和理解也有十分重要的意义。

本文系统地梳理了事故致因理论教学所涉及的内容，在此基础之上，构建了事故致因理论可视化教学系统。系统实现了将复杂晦涩的理论知识可视化，加强了学习者在教学活动中的参与感，让学习者更好的理解、掌握，最终熟练使用事故致因理论和模型，全面提高学习者的积极性和教学效果。

2. 事故致因理论教学的内容

2.1. 确定事故致因理论教学内容

根据文献[7] [8] [9] [10]的研究发现，事故致因理论广泛出现在安全科学导论、安全管理学、安全学原理的教学内容中。本文选取了8本广泛应用于安全工程本科教育的教材作为研究样本，其中2本安全

科学导论课程教材、4本安全管理学课程教材、2本安全学原理教材,用于分析事故致因理论的教学内容。研究发现,在3门课程中事故致因理论的篇幅占比不大,8本教材中有3本教材采用独立的章对事故致因理论进行阐述,其余6本教材均以单个节的形式对事故致因理论的内容进行阐述。在梳理事故致因理论内容分布情况后发现,8本教材均将事故致因理论教学重点落脚在事故致因理论(模型)的概念及内容、分类、具体的事故致因理论(模型)的介绍3个方面,具体的分析结果见表1。

Table 1. The distribution of content related to accident causation (models) in selected books
表 1. 被选取的教材中关于事故致因(模型)内容的分布

书名	主编	出版社	概念和内容	发展过程	理论分类	理论介绍	实例应用
安全科学导论[11]	罗云	中国质检出版社	√		√	√	
安全科学与工程导论[12]	姜伟 佟瑞鹏 傅贵	中国劳动社会保障出版社	√	√	√	√	
安全学原理[13]	金龙哲 杨继星	冶金工业出版社	√	√	√	√	
安全学原理[14]	张景林 林柏泉	中国劳动保障社会出版社	√		√	√	
安全管理学(第2版)[15]	田水承 景国勋	机械工业出版社	√			√	
安全管理学——事故预防的行为控制方法[16]	傅贵	科学出版社	√	√	√	√	√
安全管理学(第2版)[17]	吴穹	煤炭工业出版社	√	√		√	
安全管理学[18]	景国勋 杨玉中	中国劳动保障社会出版社	√	√	√	√	√

通过对8本教材的对比分析发现,所有教材均给出了事故致因理论的概念和对应的研究内容。5本教材系统地阐述了事故致因理论的缘起及其发展历程,5本教材中编者根据各事故致因理论的特点进行了分类。8本教材均对多种事故致因理论进行了系统的介绍,仅有2本教材详细介绍了事故致因理论在事故案例分析中具体应用过程。这一现象表明,目前的事故致因理论的教学重理论概念的讲解,在事故致因理论应用的教学实践上仍存在一定的缺欠。然而,事故致因理论作为帮助人们理解事故发生原因提出预防事故手段的理论工具,掌握至少1项事故致因理论及模型并能熟练将其应用到事故调查分析、系统安全分析、安全决策中至关重要。

此外,由于事故致因理论的分类和事故致因模型的发展过程存在者一定的相关性,本文将两者进行整合,确定了事故致因理论的教学内容分为概念与内容、事故致因理论的分类、事故致因理论介绍、事故致因理论实例应用。

2.2. 事故致因理论教学内容阐述

2.2.1. 事故致因理论的概念与内容

在进行事故致因理论教学活动中最首要的内容就是阐述事故致因理论的定义。虽然不同学者对这一定义的描述不完全相同,本文将这一概念归纳为描述事故原因的定义、事故原因与事故间的关系和影响

过程的理论[19] [20] [21]。事故致因理论及其模型化的主要内容包括：本质上阐明事故发生的机理；指导事故调查分析工作；为安全分析、安全评价、安全决定等安全管理工作提供充分信息和理论依据；为事故定量分析奠定理论基础；丰富安全教育内容[13]。

2.2.2. 事故致因理论的分类

关于事故致因理论的研究，近百年来一直没有中断过，代表性的研究成果不断涌现[22]。荷兰航天中心的研究发现，截止 2016 年世界上一共有超过 840 个安全模型[23]。这些事故致因理论和模型被普遍分为 3 个主要类别：线性事故致因理论、多因素事故致因理论和系统论事故致因理论[19]。

线性事故致因理论认为事故发生的原因是由一系列具有因果关系的事件，按照时间序列依次发生的结果。该类理论的图形化表达也就是线性事故致因模型呈现出链式结构因此也称为事故致因链。事故致因链在安全学科历史上比较悠久，可以进一步划分为古典事故致因链、近代事故致因链、现代事故致因链[16]。线性事故致因理论(模型)中最具代表性的是 Heinrich 提出的多米诺骨牌模型(Domino Model)、博德模型、斯图尔特现代事故致因链等。线性事故致因理论及模型的优点在于可以基于逻辑关系，按照因果顺序对事故进行分析，其次是容易实现图像化的描述，因此在早期的工业领域得到了广泛的应用。

多因素事故致因模型起源于上世纪初，事故易发倾向理论之后。早期的多因素模型的提出主要是为了回应事故易发倾向模型将事故归因于单一因素的片面性问题[19]。比如事故遭遇理论(accident liability)认为事故是由人的个人特质、工作条件、工作环境等多种要素引起的而非单一的个人特质。随着事故致因理论的不断发展，多因素模型将事故原因从单链条拓展为多链条，认为事故是由数种原因同时或平行或随机起作用，而不是严格按照先后次序作用，事故原因间也不存在因果关系。该类模型普遍将会将事故的原因归结为 3 大类，即人的特质、环境因素、媒介物。这类模型可以对事故原因因素进行统计学调查(流行病学调查)，从而分析导致事故的主要因素，为制定事故预防措施提供指导。

系统论事故致因理论来源于系统理论，它取代传统事故模型对系统结构进行分解的做法，把系统作为一个整体进行考虑，把事故看作一种涌现现象，是由于可能导致系统性能变化的部件间复杂交互而产生[19]。在系统模型中，事故的发生不再被认为是由于单个部件失效或人为操作失误造成，而是由于人、技术、组织和环境等多种因素复杂交互而产生事故，因此系统理论模型更多的关注于系统中功能部件之间的交互，在事故分析中更强调对系统内部功能和所处环境的理解，有助于更加全面地从系统的角度分析和理解部件之间的交互，更准确地对事故原因进行解释。其中比较有代表性的系统模型是 Rasmussen 的社会技术系统层次(Hierarchical Model of Socio-Technical System)模型[24]，Leveson 的 STAMP (System-Theoretic Accident Modeling and Processes)模型[25]以及 Hollnagel 的 FRAM (Functional Resonance Analysis Method) [26]模型等。

2.2.3. 事故致因模型的介绍

通过对前文中提到的教材中对事故致因理论(模型)介绍的系统梳理，事故致因致因理论(模型)介绍应涵盖一下几点内容：阐述理论的提出者及首次提出的时间、理论提出的背景及应用领域，以便学习者了解其源起和发展过程。介绍模型的基本概念、结构和内在逻辑，使学习者建立起对该理论的理解框架。阐述模型的影响因素和实际应用方法，通过案例说明模型的具体应用效果，以帮助学习者了解理论用于事故案例分析的程序及关键环节。客观评价模型的优缺点，引导学习者全面认识模型的适用性和局限性。

2.2.4. 应用事故致因模型进行案例分析

事故致因理论教学内容看似简单枯燥，会给学习者带来仅需机械性的背诵就可以以熟练掌握的假象。但从本质上讲，事故致因理论(模型)是一种实践工具，需要学习者结合实例进行分析应用，归纳总结分

析经验, 把理论和实践有机地结合起来, 变理论为技能, 为日后的工作奠定坚实基础。因此, 这一部分的教学应采用交互式教学方法如翻转课堂、讨论教学、案例分析等[7]。事故致因理论作为安全科学的基础理论, 不具有行业特点, 在事故案例选择时应尽可能的覆盖不同行业的事故。此外, 事故案例应尽可能的提供真实案例的具体细节, 以便学习者能够全面了解事故的背景和发展过程, 更好的运用事故致因模型进行案例分析工作。

3. 事故致因理论可视化教学系统设计

研究发现可视化教学具有培养学生深度学习、提高学生在教学活动中的参与性、改变学生和老师的角色、加强形成性评价时间、提高学习能力、培养思维能力 6 方面的优势, 因此在教学活动中广泛应用[27]。传统的事故致因可视化教育主要通过 PPT、视频等信息化视觉方式强化教学效果, 但受到时间、地点及教学设备的限制, 无法实现学习者及时性的学习需求并且难以实现一对一的实时反馈。事故致因理论可视化教学系统作为课堂教学的辅助工具, 可以帮助学习者脱离培训地点的限制, 随时学习并查阅事故致因理论的教学内容, 并通过实例分析帮助学习者深入理解事故致因理论及其应用。下文将从系统功能、系统界面 2 方面对事故致因理论可视化教学系统设计进行具体阐述。

3.1. 可视化教学系统功能设计

事故致因理论可视化教学系统在功能设计上主要包含四个模块: 数据库、事故致因理论教学模块、事故案例分析模块、互动交流模块。数据库内容建设主要包括两类数据的收集, 一是收集事故致因理论及模型的文本素材及图像素材, 主要采用 JPG 和 GIF 格式; 二是收集不同行业的事故案例, 并制作成视频材料, 主要采用 MP4 格式。事故致因理论教学模块是整个可视化教学系统的核心模块, 是进行事故致因理论教学的主要窗口, 将从事故致因理论概念和内容、事故致因理论分类、事故致因理论具体介绍 3 个部分通过图文结合的形式提供教学内容。事故案例分析模块将事故案例的视频和文字材料提供给学习者, 学习者通过选定事故致因理论进行事故案例分析, 并将案例的分析结果提交给系统, 系统根据学习者提交的分析结果进行打分, 并将改进建议反馈给学习者, 帮助学习者进一步掌握运用事故致因理论进行事故分析这一过程。互动交流模块是整个可视化教学系统交互能力最强的部分, 该部分学习者可以通过文字键入和语音的两种形式查找特定的事故致因理论教学内容, 该模块还可以实现习题自测、线上答疑、案例分析自动纠错等交互功能。

3.2. 可视化教学系统界面设计

为了提供更加友好的系统交互, 事故致因可视化教学系统在色彩选择上以温和、舒适的蓝色作为系统界面的主色调。其次, 系统导航界面设计简洁明了, 用简单的“口”字型布局结构, 以确保页面结构清晰、主次分明。页面的顶部包含了站名称和总体导航, 页面左侧设置次级导航或链接栏目, 中间区域用于展示具体内容, 同时在页面底部增加横条状的菜单, 以提供更多的操作选项和功能入口。

为保证教学的完整性和连贯性, 在事故致因理论教学模块系统设计时将事故致因理论概念和内容、事故致因理论分类、事故致因理论具体介绍的教学内容以系统化的方式呈现出来, 通过清晰的结构和导航, 帮助学习者快速定位和浏览所需内容。

事故案例分析模块的界面设计突出事故案例展示, 通过图文结合的方式生动展示不同类型的事故案例。每个案例包含简要的描述、相关图片或视频。学习者通过系统提供的按钮选择用案例分析事故致因理论后, 系统会提供对应的事故致因理论分析框架及作答区。学习者可将事故案例的分析结果输入对应的作答区并提交分析结果。

4. 结论

- 1) 本文梳理了 8 本安全工程专业教材中事故致因理论的部分, 研究结果发现, 当前的事故致因理论的教学内容设计呈现出重概念讲解、轻理论应用的现状。
- 2) 本文分析了当前事故致因教学内容, 提出事故致因理论教学应包含事故致因理论的概念与内容、事故致因理论的分类、事故致因理论介绍、事故致因理论实例应用 4 个方面内容。
- 3) 本文提供了事故致因理论可视化教学系统的设计方案, 为解决当前事故致因理论教学形式单一, 事故致因理论内容多、难理解、难记忆的痛点问题提供了新的方案。
- 4) 本文设计的事故致因理论可视化教学系统还需要通过教学实践进一步修改完善。下一步的研究应考虑不同人群对于学习和使用事故致因理论需求的异同, 进而提高事故致因理论可视化教学系统适用范围。

基金项目

中国矿业大学(北京)大学生创新训练项目资助(202312015)。

参考文献

- [1] 傅贵. 安全科学与事故致因论[J]. 安全, 2017, 38(2): 2.
- [2] 廖可兵, 刘潜. 用安全学科理论指导安全工程本科专业的课程体系建设[J]. 中国安全科学学报, 2003, 13(3): 38-41.
- [3] 佟瑞鹏, 张艳伟, 杨云云, 等. 新工科背景下安全工程学科建设发展研究[J]. 中国安全科学学报, 2019, 29(7): 150-155.
- [4] 葛瑛, 傅贵. 3D 打印技术与事故致因理论教学研究[J]. 科技视界, 2018(1): 23-24+30.
- [5] 黄俊杰. BF 公司安全事故案例可视化教育项目管理[D]: [硕士学位论文]. 沈阳: 东北大学, 2012.
- [6] 张佳. 多媒体可视化在港口安全教育中的应用[J]. 中小企业管理与科技(上旬刊), 2012(4): 292.
- [7] 宫运华, 张来斌, 樊建春. 《安全原理》课程教学探讨[J]. 中国安全生产科学技术, 2010, 6(5): 167-170.
- [8] 陈娜, 张景飞, 毛熠. 《安全管理学》教学调查及改进的思考[J]. 安全, 2012, 33(11): 57-59.
- [9] 高魁, 刘健. 高校非安全工程专业开展《安全导论》课程的必要性及教学实践[J]. 教育教学论坛, 2018(12): 77-78.
- [10] 杨凯, 庞磊, 吕鹏飞, 等.“安全原理与安全管理学”课程教学内容和方式改革及实践[J]. 教育教学论坛, 2020(20): 293-294.
- [11] 罗云. 安全科学导论[M]. 北京: 中国质检出版社, 2013.
- [12] 姜伟, 佟瑞鹏, 傅贵. 安全科学与工程导论[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2016.
- [13] 金龙哲, 杨继星. 安全学原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [14] 张景林, 林柏泉. 安全学原理[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2009.
- [15] 田水承, 景国勋. 安全管理学[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [16] 傅贵. 安全管理学——事故预防的行为控制方法[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [17] 吴穹. 安全管理学[M]. 第 2 版. 北京: 煤炭工业出版社, 2016.
- [18] 景国勋, 杨玉中. 安全管理学[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2012.
- [19] 傅贵, 韩梦, 贾琳, 等. 事故致因理论及其发展综述[J]. 安全, 2023, 44(3): 1-8+89.
- [20] 钟茂华, 魏玉东, 范维澄, 等. 事故致因理论综述[J]. 火灾科学, 1999(3): 38-44.
- [21] 覃容, 彭冬芝. 事故致因理论探讨[J]. 华北科技学院学报, 2005, 2(3): 1-10.
- [22] Gui, F., Xie, X., Jia, Q., et al. (2020) The Development History of Accident Causation Models in the Past 100 Years: 24Model, a More Modern Accident Causation Model. *Process Safety and Environmental Protection*, 134, 47-82. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.027>

-
- [23] Everdij, M.H.C., Blom, H.A.P., Allocco, M., *et al.* (2016) Safety Methods Database. http://www.nlr.nl/documents/flyers/SA_Tdb.pdf
 - [24] Rasmussen, J. (1997) Risk Management in a Dynamic Society: A Modelling Problem. *Safety Science*, **27**, 183-213. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(97\)00052-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(97)00052-0)
 - [25] Leveson, N. (2004) A New Accident Model for Engineering Safer Systems. *Safety Science*, **42**, 237-270. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(03\)00047-X](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(03)00047-X)
 - [26] Hollnagel, E. (2016) Barriers and Accident Prevention. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315261737>
 - [27] 罗恩·理查德, 马克·丘奇. 思维可视化教学: 思维可视化教学(哈佛大学教育学院设计可视化思维课堂的 18 种流程) [M]. 周晓薇, 李萌, 译. 北京: 中国青年出版社, 2022.