

中文引用格式:孙宁昊,刘贤鹏,卢石磊,等. 基于行为追溯安全培训法的安全培训课程体系建设[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(11):51-57.

英文引用格式:SUN Ninghao, LIU Xianpeng, LU Shilei, et al. Construction of safety training course system based on ACT training method[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(11): 51-57.

基于行为追溯安全培训法的安全培训课程 体系建设*

孙宁昊¹, 刘贤鹏¹, 卢石磊², 佟瑞鹏¹教授

(1 中国矿业大学(北京) 应急管理与安全工程学院, 北京 100083;

2 国家管网集团 北京管道有限公司, 北京 100101)

中图分类号:X925

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.11.0653

基金项目:国家自然科学基金资助(52074302)。

【摘要】 为完善企事业单位安全培训理论指导,并促进培训工作的有效推进,综合运用行为追溯安全培训法(ACT)、安全 I 和安全 II 等相关理论,基于“道法术器势志”的框架,设计企业安全培训课程体系框架,明确培训要点以及各类从业人员所需掌握的安全知识水平,并开展应用研究。结果表明:培训框架涵盖安全管理目标、安全思想原则、安全法律法规、安全管理要求、安全管理工具和安全生产形势 6 个维度;根据此框架开发的 77 套视频课程在实际应用中取得积极反馈,能够为企业设计培训内容、制定培训计划和组织安全培训提供有效指导和借鉴。

【关键词】 行为追溯安全培训法(ACT); 安全培训法; 课程体系; 安全 I; 安全 II

Construction of safety training course system based on ACT training method

SUN Ninghao¹, LIU Xianpeng¹, LU Shilei², TONG Ruipeng¹

(1 School of Emergency Management and Safety Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China; 2 Beijing Pipeline Co., Ltd., National Pipeline Network Group, Beijing 100101, China)

Abstract: In order to improve the theoretical guidance of safety training and promote the effective promotion of safety training in enterprises, a safety training curriculum system framework based on "principle, law, technique, instrument, power, and goal" was created by applying the related theories such as the ACT training method, safety- I and safety- II. Then, important training points and the level of mastery of knowledge for various types of employees were clarified, and the application study was conducted. The results show that the training covers six dimensions: safety management objective, safety ideology principles, safety laws and regulations, safety management requirements, safety management tools and safety production situation. The 77 sets of video courses made according to the framework of the developed safety training course system have achieved good feedback in application. It can offer enterprises some direction and a point of reference when creating training materials, making training schedules and

setting up safety training.

Keywords: accident-cause-training (ACT); safety training; course system; safety-I; safety-II

0 引言

2023年,我国工矿商贸企业10万人生产安全事故死亡人数1.244人,较前一年上升4.2%^[1],安全生产形势依然复杂严峻。众多研究表明:人的不安全行为是导致事故发生的最主要原因^[2],加强对人的不安全行为的管控尤为重要。安全培训作为行为安全管理的一项重点工作,在《安全生产治本攻坚三年行动方案(2024—2026年)》^[3]的“八大行动”中被多次提及,加强安全培训相关研究已然成为社会发展进程和安全战略布局的重要一环。

目前,我国各大企事业单位开展安全培训工作主要遵循的法规为《安全生产培训管理办法》和《生产经营单位安全培训规定》,2部法规的最新版本均在2015年得到修正,距今已近10年。随着社会的进步和众多企业组织结构的变革^[4],相关规定的时新性和适用性有待考量。安全培训相关的学术研究主要集中于煤矿安全^[5]、实验室安全^[6]和建筑施工安全^[7]等领域,研究内容主要聚焦于安全培训体系构建^[8]和安全培训效果评估^[9]等。此外,众多学者也对安全培训的影响因素及其作用机制展开研究^[10-11]。游戏化、体验式、沉浸式新型培训技术是未来安全培训发展的大方向^[12-13],但安全培训工作的组织和开展涉及成本效益问题^[14],如何实现安全效益最大化成为各类企事业单位安全决策中的一个重要问题。TONG Ruipeng等^[15]基于事故致因“2-4”模型开发了行为追溯安全培训法(Accident-Cause-Training, ACT培训法),通过收集相关事故案例并分析其行为原因来确定培训内容;XIE Xuecai等^[16]基于煤炭行业历史事故数据,有针对性地设计了关于瓦斯突出的8个部分的培训内容;JOHN等^[17]则通过创建危险情景的培训场景,引导员工关注潜在危险。田恬等^[18]采用专家访谈的方法梳理了新护士护理安全培训内容,并形成体系;PEDRO等^[19]提出一个基于链接数据和本体的系统框架,从海量的安全培训资料中提取待培训的内容。当前研究均指出安全培训需提升针对性,但部分仅从事故案例的角度出发,较为片面,而关于安全培训体系的相关研究也欠充分,难以有效指导企业安全培训的实际工作。

鉴于此,笔者将基于以“道法术器势志”打造的安全文化理论框架^[20],综合ACT培训法和安全I、

安全II等相关理论,提出一个安全培训课程体系的新框架,并开展应用研究,旨在为各大企事业单位的安全培训工作提供理论指导。

1 ACT培训法及相关理论

1.1 ACT培训法

ACT培训法基于事故致因“2-4”模型,分为案例收集、原因分析和培训实施3个阶段^[15]。该方法通过收集相关事故案例,从组织和个体2个层面分析事故行为原因。基于分析结果,开发针对性的培训内容,进而实施培训。在对ACT培训法的进一步研究中,佟瑞鹏等^[21]深入探讨了案例教学中的建构主义、结构主义和知识转化机制等理论,并分析了这些理论在安全培训中的应用方式,将事故—原因—培训核心链条扩展为事故/成就—原因—培训—行为。丰富后的ACT培训法认为不仅要从事务案例中获取教训,也要借鉴从成功案例中获得的管理经验,从而打造合适的培训情景,开展情景学习。

1.2 安全I和安全II

安全I^[22]由HOLLNAGEL所定义,认为安全是不良结果(如事故、伤害)出现频次无穷低的状态。根据这一定义,安全即通过统计安全失效事件的数量和风险隐患的案例来衡量,安全管理是一种被动式的管理。

安全II^[23]同样由HOLLNAGEL提出,不同于安全I,安全II认为安全时预期的和可接受的结果出现频次无穷高的状态。安全通过统计成功和出现预期结果情况与案例数量来衡量,安全管理是一种主动式的管理。安全I和安全II的比较见表1。

表1 安全I和安全II的内涵

Table 1 Connotation of safety-I and safety-II

维度	安全I	安全II
出发点	为什么事情会出错	如何让事情正确
对安全的理解	不良结果出现频次无穷低的状态	预期的和可接受的结果出现频次无穷高的状态
经验学习的来源	从安全失效、不良事件、事故中获得经验教训,关注于诱导因素和促成原因	从对日常工作的理解中获得经验知识,聚焦于在日常工作中做出的适时调整和权衡

续表 1

维度	安全 I	安全 II
系统可变性的应对	潜在有害因素,通过颁布标准和制定规章予以约束	不可避免的和有用的,需要监测和管控其波动范围
对人为因素的看法	系统中的负担和危险源	系统中必不可少的资源
安全管理的原则	被动式管理,当事故发生、不可接受风险出现时采取应对措施	主动式管理,尝试预测事态的发展和走向、推断事件的发生
安全管理的目标	避免出现问題,将不良结果出现的可能性控制到最低	确保一切顺利,将预期结果出现的可能性提升到最高

在安全管理中,安全 I 和安全 II 应同时存在、互为补充,并形成特定的平衡关系。综合运用安全 I 和安全 II,发挥二者的互补作用,建立共存机制,在行为安全领域也适用。尤其 ACT 培训法以案例教学为核心,旨在通过让员工理解不安全行为的不良后果来提升安全意识。同时,强调传授成功的事故处理经验,以便员工通过改善行为安全水平来有效维持安全绩效。

1.3 道法术器势志

“道法术器势”出自《道德经》,即道以明向,法以立本,术以立策,器以成事,势以立人。这一古训从天道、方法、策略、器具、形势 5 个维度提供了一套成事立人的有力的思想体系。但在实际管理中,不仅要依赖这 5 个维度,同样需要明确一个目标,这便为志。文献[20]结合计划-执行-检查-处理(Plan-Do-Check-Action, PDCA)循环理论明确了“道法术器势志”在安全管理中的 7 个层面,并详细论述了各层面的管理内容,为设计一整套安全培训体系,开发各层面培训内容提供了参考和指南。

2 安全培训课程体系设计

在 1.1 理论的基础上,以“道法术器势志”为依据,设计安全培训内容的课程框架,如图 1 所示。

该框架主要遵循 ACT 培训法的逻辑链条,从安全事故和安全成就 2 个方面入手,通过分析事故中的失败教训和成就中的经验,为确定安全培训课程内容提供了依据。在此基础上,结合企业特点和中国特色,构建形成与“道法术器势志”相对应的课程体系框架,包括安全管理目标、安全思想原则、安全法律法规、安全管理要求、安全管理工具和安全生产

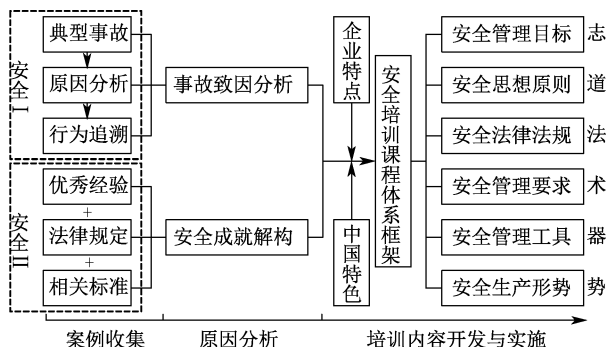


图 1 基于“道法术器势志”的安全培训课程体系框架

Fig. 1 Framework of safety training course system based on “principle, law, technique, instrument, power and goal”

形势 6 个维度,各维度的培训要点见表 2。

表 2 安全培训要点

Table 2 Safety training points

序号	培训维度		培训要点
1	志	安全管理目标	企业单位所设定的安全目标,一般由安全绩效作为客观反映;安全目标一般分为短期目标、中期目标和长期目标
2	道	安全思想原则	安全生产中蕴含的哲学思想,如马克思主义原理及其中国化理论思想;企业单位所制定的安全生产理念、方针与文化思想
3	法	安全法律法规	企业单位所处行业领域的相关法律、法规、规范、标准等
4	术	安全管理要求	企业单位根据相关法律法规制定的单位内部安全管理制度
5	器	安全管理工具	企业单位成员在生产经营过程中所采用的安全管理工具或方法
6	势	安全生产形势	国内外安全生产形势 企业单位当前的安全管理现状

在企业安全生产领域,从业人员的日常工作任务繁重,面对日益增多的安全培训课程,越发感到疲乏,进而导致对培训的参与度和积极性降低,影响了培训的有效性。为提高安全培训的效果,提出一种针对性的安全培训方法。根据《生产经营单位安全培训规定》,主要负责人和安全生产管理人员应当具备所从事的生产经营活动相适应的安全生产知识和管理能力,而其他从业人员需具备本岗位安全操作、自救互救以及应急处置所需的知识和技能。结合安全培训课程体系框架各层面对应的能力,明确各类从业人员在每个维度上应达到的掌握程度,以此作为制定安全培训计划和组织开展培训工作的基

础和依据。由此形成涵盖培训维度、培训人员、掌握程度 3 个方面的安全培训矩阵,如图 2 所示。其中,掌握程度分为 3 个层次:①了解。能正确理解所学知识的含义、内容,并能够应用。②熟悉。对所学知识有较深的认识,能够分析、解释并应用相关知识解决问题。③掌握。对所学知识有全面、深刻的认识,能够综合分析、解决较为复杂的相关问题。

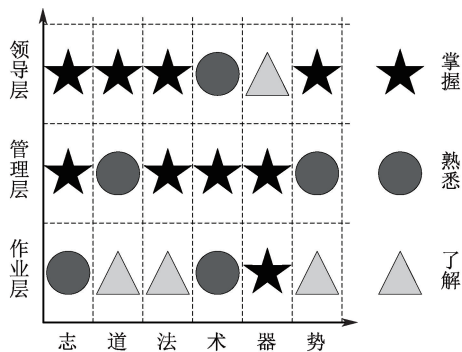


图 2 安全培训矩阵

Fig. 2 Safety training matrix

由图 2 可知:领导层需要熟练掌握安全管理目标、安全思想原则、安全法律法规和安全生产形势,熟悉安全管理要求,了解安全管理工具。管理层需要熟练掌握安全管理目标、安全法律法规、安全管理要求和安全管理工具,熟悉安全思想原则和安生

产形势。作业层则需要熟练掌握所属专业或岗位相关的安全管理工具,熟悉安全管理目标和安全管理要求,了解安全思想原则、安全法律法规和安全生产形势。通过这种方式,可以减少基层作业人员所需掌握的安全知识量,同时提高了他们对专业领域内安全知识的深入理解和应用能力。对于领导层和管理层而言,需要掌握的安全知识更为广泛,更有助于企业有效执行安全生产责任制。

3 课程体系的应用与验证

3.1 安全培训课程开发

以某国家级油气企业为例,对提出的安全培训课程体系框架、安全培训要点、安全培训矩阵开展应用研究。该企业分为集团公司、地区公司、二级单位和基层单位 4 个层级。基于这一组织架构,将安全培训对象分为 3 个主要类别:领导干部、健康-安全-环境(Health-Safety-Environment, HSE)专职人员与专业管理人员、基层管理人员与岗位操作人员。此外,培训对象还包括新入职或转岗人员(包括提拔、调整的领导干部)、承包商以及业务外包人员。因此,结合该企业的 HSE 管理体系可构建其安全培训结构,如图 3 所示。

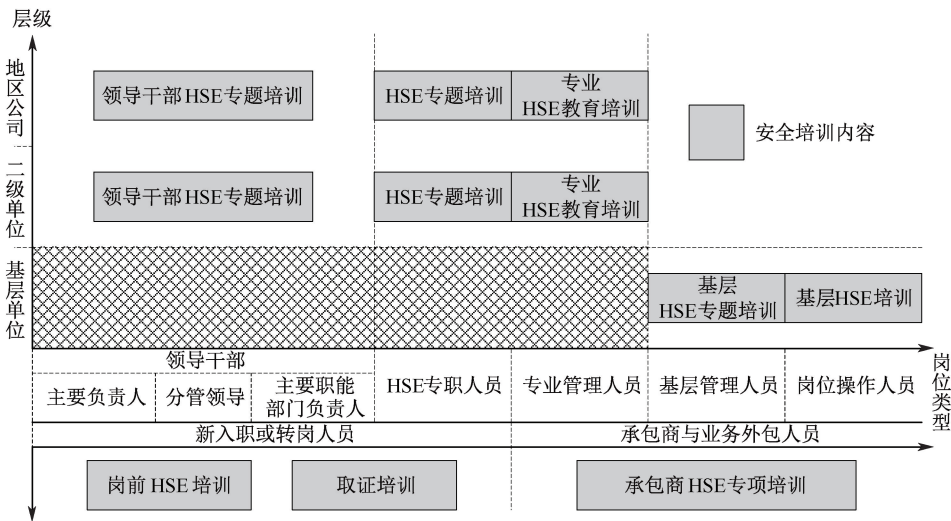


图 3 应用单位的安全培训结构

Fig. 3 Safety training structure of application enterprise

由图 3 可知:针对各级领导干部(主要负责人、业务分管领导、主要职能部门负责人),开展领导干部 HSE 专题培训,旨在提升 HSE 意识和素质能力。针对各级 HSE 专职人员,开展系统性的专题培训,强化其对集团公司 HSE 管理制度、工具方法和重点工作的学习和执行。针对专业管理人员,充分结合

业务培训开展带有专业性质的 HSE 教育培训,强化其 HSE 意识的提升和风险管控工具方法的应用,以促进在日常工作中的实际应用。针对基层管理人员,如基层站队长和作业区主任等,开展基层 HSE 专题培训,以确保其落实岗位 HSE 管理责任。针对基层岗位操作人员,结合作业现场、所在岗位等相关

的专业性 HSE 知识开展针对性的培训。对于新入职或转岗人员,则提供岗前 HSE 培训和取证培训,确保其能明确并牢记岗位 HSE 管理职责。对于承包商与业务外包人员,遵循“谁发包谁负责”的原则

开展承包商 HSE 专项培训,而业务外包人员则按照内部员工的标准开展 HSE 培训。基于此,结合表 2 和图 2,进一步明确了安全培训课程体系中各类 HSE 培训主题所涵盖的内容和相应维度,见表 3。

表 3 安全培训课程体系

Table 3 Safety training course system

培训主题	培训内容	所对应的维度	掌握程度
领导干部 HSE 专题培训	企业 HSE 战略目标 整体及行业安全生产形势 企业安全生产管理现状 安全生产基本思想与原理 安全相关法律法规体系	志、势、道、法	★
	企业 HSE 管理要求	术	●
	HSE 管理工具与方法	器	▲
HSE 专题培训	企业 HSE 战略目标 安全相关法律法规体系 企业 HSE 管理制度、体系与流程要求 HSE 管理工具与方法	志、法、术、器	★
	安全生产基本思想与原理 整体及行业安全生产形势 企业安全生产管理现状	道、势	●
专业 HSE 教育培训	HSE 专题培训	道、法、术、器、势、志	●
	专业性 HSE 相关要求、工具和方法	术、器	★
基层 HSE 专题培训	安全相关法律法规体系 企业 HSE 管理制度、体系与流程要求 HSE 管理工具与方法 企业安全生产管理现状	法、术、器、势	★
	企业 HSE 战略目标 安全生产基本思想与原理	志、道	●
基层 HSE 培训	基层 HSE 专题培训	道、法、势	▲
	企业 HSE 战略目标 企业 HSE 管理制度、体系与流程要求	志、术	●
	岗位专业性 HSE 操作相关知识	器	★
岗前 HSE 培训	企业 HSE 战略目标 企业 HSE 管理制度、体系与流程要求	志、术	★
承包商 HSE 专项培训	企业 HSE 战略目标 企业 HSE 管理制度、体系与流程要求 企业安全生产管理现状	志、术、势	★

注:因业务外包人员按照内部人员要求开展安全培训,并未单独列出其培训内容。

3.2 培训课程应用及验证

根据 3.1 节的论述,在企业开展培训需求调研,分别确定了道、法、术、器、势、志 6 个维度对应的 HSE 培训知识,整合汇总后形成 77 套 HSE 培训课程,采用 PPT 制作+Microsoft Azure 资源库机器配音的方式生成 HSE 培训视频课件,并在企业的线上知识管理平台上线。77 套 HSE 培训课程所覆盖的范畴见表 4。

在实施 77 套视频课程的培训项目的同时,采用研究团队开发的培训满意度调查量表^[24]开展主观问卷调查,共收集 7 个基层单位共计 273 位从业人员的培训反馈数据,并对这些数据做达成度分析,其中包括 4 个要素:培训目标、达标要求、课程体系和课程对达标要求的支撑关系^[25]。其中,培训目标对应安全培训目标,达标要求对应安全培训效果,课程体系对应安全培训内容,课程对达标要求的支撑关系对应安全培训形式和安全培训安排。量表中关于

表 4 77 套 HSE 培训课程
Table 4 77 HSE training courses

培训维度	培训内容	课程数量
志	安全管理目标	HSE 战略目标 1
道	安全思想原则	HSE 战略思想 HSE 基本要求 10
法	安全法律法规	HSE 法律法规体系 HSE 法治监管体制 12
术	安全管理要求	安全生产通用知识 职业健康防护 环境管理 风险管理 应急管理 事故管理 工伤管理 28
器	安全管理工具	风险与隐患管控方法与工具 八大危险作业安全管理 23
势	安全生产形势	HSE 形势与政策 3

安全培训内容和安全培训效果的得分分布情况如图 4 所示。

由图 4 可知:结合各维度得分及题项描述的分析,可评估该企业 HSE 培训的达成度。安全培训内容得分在 4 分以上的员工共有 252 人,表明 92.3% 的成员认可了 HSE 培训内容的针对性,肯定了培训课程的丰富性和创新性;在达标要求方面,有 263 人对安全培训效果的打分在 4 分以上,即 96.34% 的成员表示通过 HSE 培训有效获悉安全工作的方法,了解安全文化并提升了安全意识。由此可得,基于本研究在该企业的安全培训实践,在安全培训内容和安全培训效果 2 个方面均取得了较好的达成度。

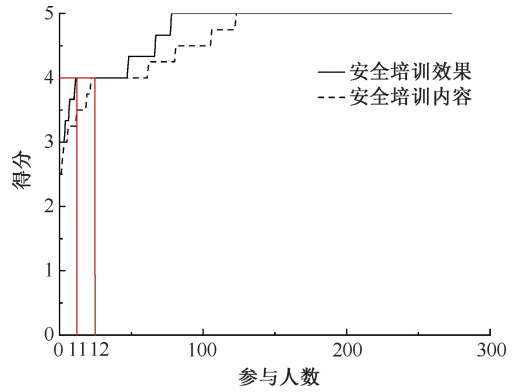


图 4 安全培训内容和安全培训效果得分分布
Fig. 4 Distribution of scores for safety training content and effectiveness

4 结 论

1) 综合 ACT 培训法、安全 I 和安全 II 等相关理论,构建了包括安全管理目标、安全思想原则、安全法律法规、安全管理要求、安全管理工具、安全生产形势 6 个维度的安全培训课程体系框架,并明确了各维度的培训要点以及各层级的员工相应的掌握程度,可为企业确定培训内容提供理论指导。

2) 结合研究提出的安全培训要点和安全培训矩阵,并充分考虑企业的实际特点,可构建企业的安全培训结构,并确定安全培训课程体系。

3) 在应用研究中,构建应用单位的安全培训结构和课程体系,并基于此编制 77 套线上视频课程,组织开展培训并实施了达成度分析。反馈结果表明,应用研究取得了较好的达成度,后续仍将在在此基础上持续完善多层次、多方面、立体化的安全培训体系。

参 考 文 献

[1] 国家统计局. 中华人民共和国 2023 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. (2024-02-28). https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202402/t20240228_1947915.html.

[2] 佟瑞鹏. 行为安全研究进展追溯与述评[J]. 安全, 2019, 40(7): 1-14.
TONG Ruipeng. Review of the progress of behavior safety research[J]. Safety & Security, 2019, 40(7): 1-14.

[3] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院安委会部署开展安全生产治本攻坚三年行动[EB/OL]. (2024-02-05). https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202402/content_6930470.htm.

[4] 王贤彬, 陈禾. 企业数字化转型能否降低劳动力成本粘性:基于内部控制的考察[J]. 广东财经大学学报, 2024, 39(2): 71-87.
WANG Xianbin, CHEN He. Can enterprise digital transformation reduce labor cost stickiness: an examination based on internal control[J]. Journal of Guangdong University of Finance & Economics, 2024, 39(2): 71-87.

[5] 李红敏, 栗继祖. 基于知识转移视角的煤矿安全培训效果影响因素研究[J]. 煤炭技术, 2021, 40(5): 205-208.
LI Hongmin, LI Jizu. Research on influencing factors of coal mine safety training effect based on knowledge transfer perspective[J]. Coal Technology, 2021, 40(5): 205-208.

[6] 张安胜, 彭华松. 高校实验室安全教育体系的构建与实践[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 307-312.
ZHANG Ansheng, PENG Huasong. Construction and practice of laboratory safety education system including course, training and propaganda in universities[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2022, 41(10): 307-312.

[7] 郑霞忠, 王毓, 陈云, 等. 建筑施工安全培训信息呈现方式学习效果评价[J]. 中国安全科学学报, 2023, 33(5): 96-102.

- ZHENG Xiazhong, WANG Yu, CHEN Yun, et al. Construction safety training information presentation learning effect evaluation[J]. *China Safety Science Journal*, 2023, 33(5): 96-102.
- [8] 葛瑛, 傅贵. 预防特别重大瓦斯爆炸事故安全培训体系构建[J]. *煤炭工程*, 2019, 51(1): 106-109.
- GE Ying, FU Gui. Construction of safety training system to prevent special serious gas explosion accidents[J]. *Coal Engineering*, 2019, 51(1): 106-109.
- [9] YOO J W, PARK J S, PARK H J. Understanding VR-based construction safety training effectiveness: the role of telepresence, risk perception, and training satisfaction[J]. *Applied Sciences*, 2023; DOI: 10.3390/app13021135.
- [10] CHEN Chen, PING Shuo, ZHANG Xinmei, et al. Transfer study of safety training based on mapping knowledge domain: overview, factors and future[J]. *Safety Science*, 2022; DOI: 10.1016/j.ssci.2022.105678.
- [11] BAYRAM M, ARPAT B, OZKAN Y. Safety priority, safety rules, safety participation and safety behaviour: the mediating role of safety training[J]. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2022, 28(4): 2138-2148.
- [12] KAZAR G, COMU S. Effectiveness of serious games for safety training: a mixed method study [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2021; DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002119.
- [13] HAN Yu, YANG Jinru, DIAO Yongsheng, et al. Process and outcome-based evaluation between virtual reality-driven and traditional construction safety training [J]. *Advanced Engineering Informatics*, 2022; DOI: 10.1016/j.aei.2022.101634.
- [14] LU Ming, HASAN M. Developing a cost-effective and adaptive training program to enhance construction safety in tunneling construction[C]. *Construction Research Congress 2018*, 2018: 635-644.
- [15] TONG Ruipeng, WANG Biao, YAN Baodong, et al. ACT method for safety training: an approach to improve on-site safety performance[J]. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2023; DOI: 10.1016/j.jlp.2023.105013.
- [16] XIE Xuecai, FU Gui, SHEN Shifei, et al. Accident case data-accident causation model driven safety training method: targeted safety training empowered by historical accident data in coal industry[J]. *Process Safety and Environmental Protection*, 2024; DOI: 10.1016/j.psep.2023.12.042.
- [17] JOHN B, KALYAMARAMAN S, JAIN E. Look out! a design framework for safety training systems a case study on omnidirectional cinemagraphs [C]. *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops*, 2020: 147-153.
- [18] 田恬, 李转珍, 都芳芳, 等. 基于转型冲击理论构建新护士护理安全培训内容体系[J]. *护理学报*, 2023, 30(3): 35-40.
- TIAN Tian, LI Zhuazhen, DU Fangfang, et al. Construction of nursing safety training system for new nurses based on transition shock theory[J]. *Journal of Nursing (China)*, 2023, 30(3): 35-40.
- [19] PEDRO A, BAIK S, JO J, et al. A linked data and ontology-based framework for enhanced sharing of safety training materials in the construction industry[J]. *IEEE Access*, 2023; DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3319090.
- [20] 张利亚, 孙宁昊, 丁俊刚, 等. 立足文化自信的油气管道行业特色安全管理研究[J]. *中国安全科学学报*, 2023, 33(6): 35-40.
- ZHANG Liya, SUN Ninghao, DING Jungang, et al. Research on characteristic safety management in oil and gas pipeline industry based on cultural self-confidence[J]. *China Safety Science Journal*, 2023, 33(6): 35-40.
- [21] 佟瑞鹏, 孙宁昊, 王彪, 等. 行为追溯安全培训法理论内涵及其外延[J]. *安全*, 2023, 44(6): 1-8.
- TONG Ruipeng, SUN Ninghao, WANG Biao, et al. The theoretical connotation and extension of behavior traceability safety training method[J]. *Safety & Security*, 44(6): 1-8.
- [22] HOLLNAGEL E. A tale of two safeties[J]. *Nuclear Safety and Simulation*, 2013, 4(1): 1-9.
- [23] HOLLNAGEL E, WEARS R L, BRAITHWAITE J. From Safety-I to Safety-II: a white paper[R]. University of Southern Denmark, University of Florida, Macquarie University, 2015.
- [24] 王思夏. 基于油气企业安全氛围感知的安全培训作用机制研究[D]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2023.
- WANG Sixia. Research on the mechanism of safety training based on the safety climate perception in oil and gas enterprises[D]. Beijing: China University of Mining and Technology (Beijing), 2023.
- [25] 夏春明, 范圣法, 刘田, 等. 华东理工大学工科人才培养质量现状分析及思考[J]. *化工高等教育*, 2016, 33(4): 5-14, 32.
- XIA Chunming, FAN Shengfa, LIU Tian, et al. Analyses and suggestions on the training quality status of engineering personnel of ECUST[J]. *Higher Education in Chemical Engineering*, 2016, 33(4): 5-14, 32.



作者简介: 孙宁昊 (1998—),男,河北邢台人,博士研究生,主要研究方向为行为安全、职业健康、安全管理等。E-mail:snhdemon@163.com。