引用格式　黎莉,王尧,吴含,等. 建设项目安全领导力与安全文化提升:以妈湾隧道工程为例[J]. 工业建筑,2024,54(2):73-79. LI L, WANG Y, WU H, et al. Safety Leadership and Safety Culture Enhancement in Construction Projects: the Case of Ma Wan Tunnel Project [J]. Industrial Construction,2024,54(2):73-79(in Chinese). DOI:10.3724/j.gyjzG23021204

建设项目安全领导力与安全文化提升:以妈湾隧道工程为例*

黎　莉[1]　王　尧[2]　吴　含[1]　李保军[3]　郭红领[2]　黄玥诚[2]　方东平[2]

(1.深圳市城市公共安全技术研究院有限公司,广东深圳　518046;2.清华大学建设管理系,北京　100084;3.深圳市公用设施建设中心,广东深圳　518040)

摘　要　不安全行为是建筑事故的主要和直接致因,传统基于行为安全的安全管理提升方法仅局限于奖惩措施,持续性有限,且效果会随着时间增加而显著降低。旨在基于施工安全 LCB(领导力—文化—行为)理论设计针对性的 LCB 提升方法,通过 LCB 综合提升实现建设项目安全管理的持续改善。首先,使用 LCB 测评量表对案例项目在安全领导力、安全文化和安全管理行为上的表现进行评价,确定提升目标。然后,依据 LCB 理论确定了 5 项提升措施,并经过现场调研、访谈形成了提升方案。最后,经过观察期 LCB 测评证实了提升方案的有效性,并进一步进行跟踪期 LCB 测评证实了提升效果的持续性。结果表明,所制定的提升方案对关注尊重、教育培训、安全教育三个 LCB 维度实现了显著和持续改善。所述方法丰富了 LCB 理论与实践,可作为类似项目进行安全管理提升的参考。

关键词　安全管理行为;安全领导力;安全文化

Safety Leadership and Safety Culture Enhancement in Construction Projects: the Case of Ma Wan Tunnel Project

LI Li[1]　WANG Yao[2]　WU Han[1]　LI Baojun[3]　GUO Hongling[2]　HUANG Yuecheng[2]　FANG Dongping[2]

(1. *Shenzhen Urban Public Safety and Technology Institute*, *Shenzhen* 518046, *China*;
2. *Department of Construction Management*, *Tsinghua University*, *Beijing* 100084, *China*;
3. *Shenzhen Transportation Public Facilities Construction Center*, *Shenzhen* 518040, *China*)

Abstract: Construction accidents are primarily and directly caused by unsafe behavior. Traditional safety intervention techniques based on behavioral safety are restricted to rewards and punishments, which have a limited capacity for sustainability, and the intervention effect declines noticeably as intervention time increases. Based on the (Leadership-Culture-Behavior) LCB theory of construction safety, the aim of this study is to develop a targeted LCB intervention approach, and through comprehensive LCB intervention, to enhance the safety management of construction projects. In order to establish the goals of the intervention, the case project's performance in terms of safety leadership, safety culture, and safety management behavior was first assessed by using the LCB measuring scale. Following the identification of five interventions using LCB theory, an intervention program was developed based on on-site research and interviews. Finally, LCB measurement during the observation period and another LCB measurement during the follow-up period were undertaken to validate the sustainability of the intervention effects. The results indicated that the developed intervention program achieved significant and sustained improvements in the three LCB dimensions of attention to respect, education and training, and safety education. The methods described in this paper can be used as a reference for similar programs to conduct safety interventions, enriching LCB intervention practices and further deepening LCB theory.

Keywords: safety management behavior; safety leadership; safety culture

*北京市自然科学基金青年项目(8224084);国家自然科学基金重大项目(72091511)。

第一作者:黎莉,博士,高级工程师,主要从事建筑工程安全管理方面的研究。

通信作者:方东平,教授,主要从事建筑工程安全管理方面的研究,fangdp@tsinghua.edu.cn。

收稿日期:2023-02-12

© 2024 工业建筑

0　引　言

建筑业安全形势长期严峻,且近年来并未得到明显改善[1]。在世界范围内,建筑业仍是导致致命事故数量最多的行业之一[2]。特别地,我国近年来也仍然持续出现各类建筑事故,导致了大量人员伤亡[3]。

各类事故致因模型[4-5]和事故统计数据均表明,人的不安全行为是建筑事故的主要和直接原因[6-7],同时也是事故预防中最难掌握和控制的环节[8]。因此,实现对不安全行为的控制对事故预防和改善建设项目安全绩效具有重要意义。发生在施工现场的不安全行为除工人的不安全作业行为外,还包括管理者的不安全管理行为[9]。不安全管理行为除包括以"违章指挥"为代表的"不安全作为"外,还包括"以包代管"等"安全行为的不作为"[10]。特别地,不安全管理行为也是工人不安全作业行为的重要诱因[11],而改善安全管理行为对减少工人不安全行为,进而提升建设项目安全绩效有重要作用[12]。

安全领导力与安全文化作为组织行为学中的重要概念,已在改善建筑业管理者的安全行为上显示了积极作用[13-14]。具体而言,安全领导力可通过绩效设定、奖惩措施等直接规范、纠正安全管理行为[15],也可通过维持和塑造先进的安全文化实现安全行为的"自觉"改进[15-17]。笔者先前进行的相关研究对此进行了广泛且深入的探索[18-20],提出了施工安全 LCB 理论(Leadership-Culture-Behavior Theory),总结了建筑业安全领导力、安全文化与安全行为间的联系[21],并在此基础上证实了 LCB 干预和提升能够实现对业主安全管理行为的改善[3]。

然而,先前对 LCB 提升的探索尚不完善,缺乏对提升效果的持续检验和评价[3]。为此,以 LCB 理论为指导,通过在一个案例项目上实施基于安全领导力和安全文化的安全提升措施,并进一步对提升效果进行持续观测,实现对案例项目安全管理行为的改善,并验证 LCB 提升方法的有效性和持续性。

1　理论基础及提升对象

1.1　LCB 安全理论

安全文化指建构在集体中人、事、物上的安全信念和价值观的组合,反映集体所有人均认同的对生命和安全的看法和行为习惯[21]。由此可见,安全文化能够从认知层面影响从业者的安全观,同时能够在行为层面影响从业者的安全实践[22-24]。根据 Fang 等[25]提出的安全文化互动模型,安全文化可以通过某一时刻的安全氛围得到测量,并且会通过安全氛围积极地影响安全行为。安全文化的提升能够提高人的安全意识[26],有效抑制人因失误[27],从而减少工人和管理者的不安全行为。Zohar[13]进一步指出,团队安全氛围与管理者的安全管理行为和工人的安全操作行为均密切相关。工人会观察和学习管理者的安全行为,从而提升自己的安全知识和技能,进而减少不安全作业行为。Lim 等[28]揭示了安全文化能够影响管理者的安全合规和安全参与行为。Zhang 等[29]则揭示了基于安全文化的提升能够有效影响主管的管理行为,并显著改善工人的行为。

安全领导力指领导者为实现安全目标,在管人、理事、用物等方面主动发起的激发下属智慧和思维或影响下属工作方式和行为的能力、技巧与艺术[21]。建筑业安全领导力主要包括变革型领导力和契约型领导力两种类型[15,30]。契约型领导力侧重于对下属的监督和奖惩,而变革型领导力则侧重于对员工的影响和激励[31]。基于建筑行业的人种学研究,Wu 等[15,17]提出建筑业安全领导力包括四个核心维度:安全影响和角色示范、安全激励和辅导、安全关怀和个人尊重、安全控制和绩效管理。提升安全领导力能够显著改善安全绩效[19]。安全领导力可以通过安全文化的中介作用影响安全行为,这部分影响主要是由变革型领导力发挥的。例如,领导者作为榜样,可以积极影响下属的安全动机、安全知识和安全管理能力[32]。进行变革型领导的高级管理人员可以有效地塑造组织的安全文化,使一线工人在听到和尊重他们的要求的前提下认可组织的安全文化,从而激发他们安全工作的主动性[21]。安全领导力也直接影响安全行为,主要涉及契约型领导。契约型领导实施具体的管理措施,如责任授权、安全奖惩等[15]。当下属对安全的关注和热情被变革型领导所激发时,也需要这些管理措施来确保热情能够转化为实际的安全表现。

Fang 等提出了 LCB 安全理论,并确定了安全领导力、安全文化和安全行为之间的互动机制[3,21],如图 1 所示。LCB 理论指出,业主的安全领导力的改善可以带动总包和分包经理和团队领导的安全领导力;整体安全领导力的改善可以积极改善所有项目利益相关者的安全文化。安全文化也被证明是一个重要的中介因素,能够进一步促进管理者安全行为的改善。

1.2　安全干预与提升

行为安全方法(BBS)作为一种改善工人不安全行为的干预方法获得了广泛关注[20,33-34]。BBS 通过强化安全行为或消除不安全行为来改善安全结

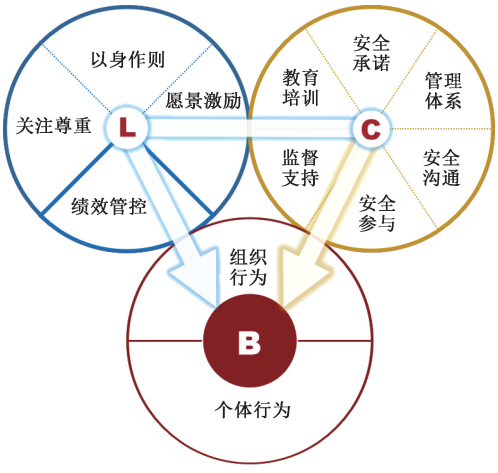

图 1　LCB 作用关系

Fig. 1　LCB Relations

果[20]，即在奖励安全行为的同时惩罚错误。BBS 的理论基础是行为矫正理论[35]，该理论认为，如果人的一些行为结果与其期望一致，并产生积极的结果，则他们会在未来的工作中强化这种行为，以维持良好的结果。因此，对不安全行为的纠正可以通过实施奖励、惩罚等来实现。Li 等[34]在香港的两个建筑项目上实施了 BBS 干预措施，使其安全指数分别提高了 36.07% 和 44.70%。Laitinen 和 Ruohomäki[36]使用类似的方法，将两个在建项目的平均现场安全指数从 60% 提高到 90%。

然而，传统的 BBS 方法需要持续施加外加干预措施，且强调简单的奖励或惩罚，不涉及纠正人的观念、意识，因此其提升效果持续性有限[29]。对此，LCB 安全理论强调，需要在奖惩之外真正提高人的安全自觉、安全意识，即通过强化安全领导力和安全文化施加安全干预和提升，才能保证干预和提升效果的持续性。为此，本研究旨在某实际案例上实施 LCB 提升，通过基准期、干预期、观察期和跟踪期的对比证实 LCB 提升的持续性，完善 LCB 理论，并为业界提供改善建设项目安全绩效的有效方案。

1.3　案例对象简介

妈湾跨海通道（月亮湾大道—沿江高速）工程项目是深圳市首条大直径海底盾构隧道，位于深圳市前海合作区妈湾片区及宝安区大铲湾港区，建设区域为人造陆域，水文地质条件复杂，工程重难点较多，面临多项施工安全管理难题[37]。

一是交叉施工多，作业队伍种类多，作业人员多，培训、管理任务重，难度大；二是该工程分为两个标段，分别为不同的施工单位开展施工，其中二标为联合体管理模式，内部成员各自独立，各标段各工区均有各自的管理模式与安全文化，至上而下的管理层级多，协调处理机制链条较长，安全管理与安全文化差异明显，安全管理能力与效果层次不齐，不易于统筹协调；三是仍处于项目建设初期，安全管理制度仍未完全建立，安全文化尚未形成，安全管理的各项要求落实情况不理想。因此，选定该项目进行 LCB 测评及提升具备理论与实践意义，能够帮助该项目提升安全领导力、建立并改善安全文化，进而提升安全管理行为。

2　测评量表及提升过程

2.1　测评量表构成

本研究采用问卷调查的方式收集数据，同时结合了对安全领导力、安全文化和安全管理行为的测量。此前进行的系列研究[3,9,15,18,25]分别开发了对三种构念的测评量表，安全领导力、安全文化和安全管理行为分别包括 4、6 和 8 个维度。所有量表的每个维度都有 4~6 个问题，受访者需要对每个问题进行五分制评分[38]，各维度含义见表 1。

2.2　提升过程设计

在深圳市妈湾跨海通道项目进行了持续问卷调查，使用问卷星进行在线问卷收集。在开始测评前，研究组成员对 LCB 量表的题项进行了详细解释，确保受访者能够正确理解问卷含义，做出正确回应。在 2020 年 12 月至 2022 年 12 月进行了五轮测评，表 2 展示了参与每轮测评的人员信息以及回收问卷的有效率信息。

测评期间，研究组对妈湾项目某标段进行了全程跟踪，测评覆盖了该标段全体人员。由表 2 可知，每轮测评覆盖人数在 39~52 人之间，包括项目领导、管理人员、技术人员及一线工人。由于施工阶段不同，参与每轮测评的具体人员存在部分变动，但保持了总体稳定。

此外，依据施工安全 LCB 理论，安全管理行为的测评与提升分为基准期、干预期、观察期 3 个阶段[3]。基准期需总结待干预项目的安全管理现状，找出安全管理不足，识别具体的安全管理薄弱环节；干预期需依据 LCB 作用关系提出有效的旨在改善安全领导力与安全文化的干预措施，在此基础上形成干预方案并组织实施；观察期需持续测量目标项目的 LCB 表现，评价提升效果。本文在此基础上进一步进行了跟踪期测评，即在观察期后继续组织一轮新的 LCB 测评，进一步检验基于安全领导力与安全文化的安全提升措施对安全管理行为改善效果的稳定性与持续性。

表 1　LCB 量表的维度及含义

Table 1　Dimensions and meaning of the LCB scale

构念	维度	含义
安全领导力	以身作则	通过领导者在安全方面的理想化影响和榜样,建立下属对领导者的信任和忠诚的过程
	愿景激励	领导者需要为建立卓越安全设定首要任务,并分享一个吸引人的愿景,关注具体行为以加强安全文化
	关注尊重	领导者需要关注组织成员的福利,在需要时提供帮助,与下属建立和谐的关系
	绩效管控	领导人领导和组织制定项目的安全规章制度、责任制度和应急奖励机制
安全文化	安全承诺	管理人员致力于在安全方面下功夫,提供保障
	安全管理体系	组织制定详细的安全管理体系,以加强工作流程和改善工作安全条件
	安全沟通	整个组织的员工之间交流和分享与安全问题有关的信息
	安全参与	组织成员能够完整、顺利地参与必要的安全相关工作
	安全培训	组织成员能够定期接受的高质量的安全培训,并因安全教育而获得安全知识
	指导支持	组织为一线员工保证安全提供了充分的指导和支持
安全管理行为	目标与考核	项目拥有有感召力的安全目标和相应健全的评价机制
	安全组织	项目安全管理人员配置齐全
	教育培训	项目招募有经验的讲师对没有经验的员工进行的正式和非正式的安全教育和指导
	检查整改	项目定期进行安全检查和视察
	事故调查	项目对各种类型的隐患和事故进行了详细调查和处理
	安全信息	项目内安全信息的记录和传递机制健全,过程流畅
	合作方管理	项目在安全问题上能够与其他利益相关者的沟通、协调和合作
	风险与应急管理	项目及时制定、更新、管理和实施应急计划

表 2　测评情况简介

Table 2　Measurement profile

测评阶段	测评轮次	测评进行时间	有效问卷数量	参与人员		
				项目领导	管理人员	技术员与工人
基准期	R1	2020 年 12 月	46	5	22	19
干预期	R2	2021 年 6 月	52	4	29	19
	R3	2021 年 12 月	39	5	21	13
观察期	R4	2022 年 6 月	50	6	24	20
跟踪期	R5	2022 年 12 月	50	4	29	17

3　初始测评结果及提升措施设计

3.1　初始测评结果

为掌握提升措施实施前该项目的安全管理状况,进行了第一轮(R1)LCB 测评,图 2 展示了该轮测评中 LCB 各维度的得分情况。

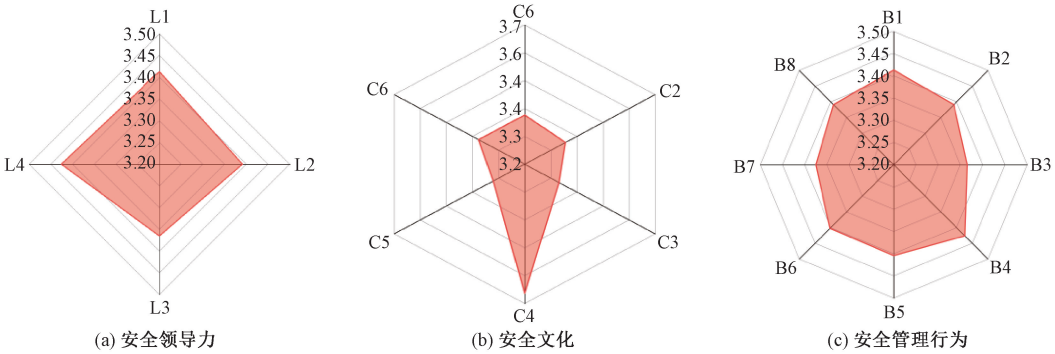

图 2　LCB 基准期测评结果

Fig. 2　LCB baseline period measurement results

由图 2 可知,R1 轮测评中该项目安全领导力、安全文化和安全管理行为平均得分分别为 3.37 分、3.40 分、3.40 分。在 4 个安全领导力维度中,L3 维度“关注尊重”得分仅为 3.28 分;在 6 个安全文化维度中,C5 维度“安全培训”得分为 3.32 分;在 8 个安全管理行为维度中,B3 维度“教育培训”得分为 3.37 分。以上维度相较于其他维度表现最不理想。

进一步分析导致相应低分维度出现的低分题项,可以发现该项目首轮测评中在以下题项的表现较差:1)领导关心我的日常生活,并且尽力维护每个人的安全与健康;2)我能够充分了解国家的安全

法律法规和集体的安全理念、安全制度、先进安全科技等;3)项目上注重教育创新,在教育培训中尝试不断融入新的教育方式和内容。

3.2　提升措施设计和实施

基于首轮测评,依据施工安全 LCB 理论及前期实践经验,研究组提出了由 9 项提升措施组成的 LCB 提升方案。随后,经过研究组与项目业主、总包及部分工人代表的访谈交流,结合项目实际综合考评提升措施的有效性及可行性,最终确定了由 5 项提升措施组成的提升方案,见表 3。

表 3　提升措施汇总

Table 3　Summary of interventions

方案名称	基本内涵	依据的安全领导力维度	遵循的领导力作用路径	针对的安全文化维度
安全培训方案	组织开展项目级常态化培训工作,丰富培训形式、灵活安排培训讲师,注重培训针对性及培训效果	以身作则、愿景激励、关注尊重	L→C→B	安全沟通、安全参与、培训学习
会议制度微调整	提升安全会议在项目上的重要程度,强调安全事务的仪式感、责任感	以身作则、愿景激励、绩效管控	L→B L→C→B	安全承诺、安全管理体系、指导支持
安全管控中心	监测预警、动态管控、辅助决策,优化工作结构,提高工作效率、整合工作业态	绩效管控	L→B L→C→B	安全管理体系、指导支持
现场聊安全	变检查为访问,改责罚为垂范,在制度约束基础上增加人文关怀和人格尊重	以身作则、愿景激励、关注尊重	L→C→B	安全承诺、安全沟通、安全参与
环境微改造	使用广播、班前教育等方式增加安全信息的推送,叮嘱工人密切注意安全,尽可能组织安全相关的文体活动	愿景激励、关注尊重	L→C→B	安全承诺、指导支持

提升措施实施后,在干预期内研究小组进行了针对提升措施的跟踪访谈,调研频率为每双周周二开展一次,调研采取现场走访的形式,随机抽取各工区两名员工,根据员工的反馈情况抓取关键信息,进行记录。在每轮访谈后,研究小组与业主、总包召开联合会议通报提升措施的落实情况,不断推动提升措施落实。

4　提升效果评价

4.1　提升效果评价

为了检验提升方案对 LCB 各维度的改善效果,验证其变化是否具备统计学上的显著意义。为评价观察期的提升效果,即对比 R1 轮与 R4 轮 LCB 各维度测评得分是否存在显著不同,因测评周期较长,参与每轮测评的人员存在出入,故使用独立样本 t 检验,结果见表 4。由表可知,除 C4 维度外,其余维度的均值差异在 95%的置信水平下显著。因此可以认为提升方案对于除 C4 外的其他维度均有显著提升作用。

为实现对基准期测评中低分维度改善效果的定量评价,进一步计算 L3、C5 和 B3 维度的提升效果量[3]。提升效果量 Cohen's d 指"现象改善的程度"[39],若该值高于 0.5,可以认为提升效果明显。提升效果量可使用式(1)计算:

$$Cohen's\ d = \frac{X_b - X_a}{\left[(N_b-1)Sd_b^2+(N_a-1)Sd_a^2/N_b+N_a-2\right]^{1/2}} \quad (1)$$

式中:X_b 和 X_a 分别为两组数据 B(提升后)和 A(提升前)的均值;Sd_b 和 Sd_a 为这两组数据的标准差;N_b 和 N_a 为这两组数据的样本数量。

经上式计算得出,L3、C5 和 B3 维度的提升效果量分别为 0.730、0.744、0.784,除 C4 外其余维度的提升效果量(表 4)均大于 0.5,可证明本文提出的提升方案对 3 个目标维度的改善效果明显,同时也实现了对其他维度的综合改善。

4.2　提升效果追踪评价

为进一步证明 LCB 提升措施的持续有效性,在提升期结束 1 a 后进行了跟踪期 LCB 测评(R5),同样使用独立样本 t 检验检验 R1 与 R5 轮测评得分是否存在显著不同,并进一步计算 L3、C5 和 B3 维度的提升效果量。

t 检验结果见表 5,由表可知,除 C4 维度外其他维度相对基准期均有显著提升。此外,3 个目标维度的提升效果量分别为 0.802、0.761、0.802,相对于观察期,提升效果量出现了小幅上升,进一步证实了 LCB 提升具有较强的持续性。

5　结束语

基于施工安全 LCB 理论对一特定项目进行了测评和提升,实现了 LCB 的整体改善,并通过持续 LCB 测评验证了提升措施的持续有效性,本文的实践证明,基于 LCB 理论的测评和提升能够实现建设项目安全管理的改善。主要成果如下:

1)对于案例项目,依据基准期 LCB 测评结果设计了由 5 项提升措施的组成的针对性提升方案,并在提升期内进行了持续跟踪访谈,确保提升效果。观察期提升效果量检验证明,"关注尊重""安全

表 4　观察期各维度独立样本 t 检验结果

Table 4　Results of independent sample t-test for each dimension in the observation period

维度	莱文方差等同性检验		平均值等同性 t 检验						干预效果量
	F	显著性	t	显著性检验(双尾)	平均值差值	标准差差值	差值 95%置信区间		
							下限	上限	
L1	0.001	0.978	−4.585	0.000	−0.387 8	0.084 6	−0.555 8	−0.219 9	0.937
L2	0.252	0.617	−4.057	0.000	−0.363 5	0.089 6	−0.541 3	−0.185 6	0.829
L3	1.118	0.293	−3.573	0.001	−0.347 0	0.097 1	−0.539 8	−0.154 1	0.730
L4	0.003	0.956	−2.923	0.004	−0.282 6	0.096 7	−0.474 6	−0.090 7	0.597
C1	0.007	0.931	−3.986	0.000	−0.353 2	0.088 6	−0.529 1	−0.177 2	0.814
C2	0.503	0.480	−3.181	0.002	−0.303 5	0.095 4	−0.492 9	−0.114 1	0.650
C3	0.315	0.576	−3.273	0.001	−0.323 5	0.098 82	−0.519 69	−0.127 2	0.669
C4	0.057	0.812	−1.858	0.066	−0.197 0	0.105 98	−0.407 39	0.013 5	0.380
C5	0.375	0.542	−3.643	0.000	−0.404 4	0.110 98	−0.624 71	−0.184 0	0.744
C6	0.128	0.721	−4.162	0.000	−0.387 2	0.093 0	−0.571 9	−0.202 5	0.850
B1	0.001	0.981	−4.506	0.000	−0.467 0	0.103 6	−0.672 7	−0.261 2	0.921
B2	0.015	0.904	−4.025	0.000	−0.353 7	0.087 9	−0.528 2	−0.179 2	0.822
B3	1.143	0.288	−3.835	0.000	−0.394 8	0.102 9	−0.599 2	−0.190 4	0.784
B4	0.012	0.913	−3.853	0.000	−0.381 9	0.099 1	−0.578 7	−0.185 1	0.787
B5	0.026	0.873	−3.904	0.000	−0.407 7	0.104 4	−0.615 0	−0.200 3	0.798
B6	0.354	0.553	−3.461	0.001	−0.382 8	0.110 6	−0.602 5	−0.163 2	0.707
B7	0.061	0.806	−4.418	0.000	−0.425 0	0.096 2	−0.616 0	−0.234 0	0.903
B8	0.116	0.734	−4.352	0.000	−0.438 7	0.100 8	−0.638 9	−0.238 5	0.889

表 5　跟踪期各维度独立样本 t 检验结果

Table 5　Results of independent sample t-test for each dimension in the follow-up period

维度	莱文方差等同性检验		平均值等同性 t 检验						干预效果量
	F	显著性	t	显著性检验(双尾)	平均值差值	标准差差值	差值 95% 置信区间		
							下限	上限	
L1	0.198	0.658	−4.128	0.000	−0.359 8	0.087 2	−0.532 9	−0.186 8	0.843
L2	0.058	0.81	−3.972	0.000	−0.375 5	0.094 5	−0.563 2	−0.187 8	0.812
L3	1.487	0.226	−3.923	0.000	−0.367 0	0.093 53	−0.552 7	−0.181 3	0.802
L4	0.387	0.535	−3.318	0.001	−0.294 6	0.088 8	−0.470 9	−0.118 3	0.678
C1	0.020	0.887	−3.591	0.001	−0.323 2	0.090 0	−0.501 9	−0.144 4	0.734
C2	2.759	0.1	−3.322	0.001	−0.295 5	0.088 9	−0.472 1	−0.118 9	0.679
C3	0.013	0.911	−3.430	0.001	−0.338 5	0.098 7	−0.534 4	−0.142 5	0.701
C4	0.963	0.329	−1.715	0.090	−0.187 0	0.109 0	−0.403 5	0.029 6	0.350
C5	0.072	0.789	−3.724	0.000	−0.414 4	0.111 3	−0.635 3	−0.193 4	0.761
C6	0.005	0.945	−3.817	0.000	−0.347 2	0.091 0	−0.527 8	−0.166 7	0.780
B1	0.000	0.985	−4.492	0.000	−0.447 0	0.099 5	−0.644 5	−0.249 3	0.918
B2	0.555	0.458	−3.961	0.000	−0.348 7	0.088 0	−0.523 5	−0.173 9	0.809
B3	0.752	0.388	−3.924	0.000	−0.402 8	0.102 7	−0.606 6	−0.199 0	0.802
B4	0.419	0.519	−3.666	0.000	−0.385 9	0.105 3	−0.594 9	−0.176 9	0.749
B5	0.024	0.877	−4.002	0.000	−0.403 7	0.100 9	−0.603 9	−0.203 4	0.818
B6	0.335	0.564	−3.611	0.000	−0.387 8	0.107 4	−0.601 1	−0.174 6	0.738
B7	1.464	0.229	−4.518	0.000	−0.445 0	0.098 5	−0.640 6	−0.249 5	0.923
B8	0.244	0.623	−4.686	0.000	−0.458 7	0.097 9	−0.653 1	−0.264 3	0.957

培训”“教育培训”维度的改善效果明显。

2)继续进行了跟踪期 LCB 测评,“关注尊重”“安全培训”“教育培训”维度的提升效果量分别为 0.805、0.758、0.799,证明了 LCB 提升的持续性。

参　考　文　献

[1] 方东平. 工程建设安全管理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.

[2] 方东平. 施工安全管理:行为、文化、领导力[M]. 北京: 科学出版社, 2022.

[3] 王尧, 马琳瑶, 张沛尧, 等. 基于 LCB 理论的建设方安全管理行为测评与提升[J]. 土木工程学报, 2021, 54(10): 117-124.

[4] FU G, XIE X, JIA Q, et al. The development history of accident causation models in the past 100 years: 24Model, a more modern accident causation model[J]. Process Safety and Environmental Protection, 2020, 134: 47-82.

[5] HOLLNAGEL E. Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)[M]. New York: Elsevier Science Inc., 1998.

[6] 傅贵, 张苏, 董继业, 等. 行为安全的理论实质与效果讨论[J]. 中国安全科学学报, 2013, 23(3): 150-154.

[7] 郭红领, 王尧, 马琳瑶, 等. 土木工程施工安全研究的现状与趋势[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2022, 50(8):

89-98.
[8] HEINRICH H W. Industrial accident prevention. a scientific approach[J]. New York: McGraw-Hill, 1931.
[9] MA L, ZHANG P, LI N, et al. Owners' safety management behaviors in construction [C]//Construction Research Congress 2020. Tempe, Arizona: American Society of Civil Engineers. 2020: 258-267.
[10] 张沛尧. 建设单位安全管理行为的理论与实证研究[D]. 北京: 清华大学, 2020.
[11] COOPER M D. Exploratory analyses of the effects of managerial support and feedback consequences on behavioral safety maintenance[J]. Journal of Organizational Behavior Management, 2006, 26(3): 1-41.
[12] ZHANG Z, GUO H, GAO P, et al. Impact of owners' safety management behavior on construction workers' unsafe behavior[J/OL]. Safety Science, 2023, 158. [2023-10-18]. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105944.
[13] ZOHAR D. The effects of leadership dimensions, safety climate, and assigned priorities on minor injuries in work groups[J]. Journal of Organizational Behavior, 2002, 23(1): 75-92.
[14] CONCHIE S M, DONALD I J. The moderating role of safety-specific trust on the relation between safety-specific leadership and safety citizenship behaviors[J]. Journal of Occupational Health Psychology, 2009, 14(2): 137-147.
[15] WU C, FANG D, LI N. Roles of owners' leadership in construction safety: The case of high-speed railway construction projects in China[J]. International Journal of Project Management, 2015, 33(8): 1665-1679.
[16] GRIFFIN M A, HU X. How leaders differentially motivate safety compliance and safety participation: The role of monitoring, inspiring, and learning[J]. Safety Science, 2013, 60: 196-202.
[17] WU C, WANG F, ZOU P X W, et al. How safety leadership works among owners, contractors and subcontractors in construction projects[J]. International Journal of Project Management, 2016, 34(5): 789-805.
[18] WU C, SONG X, WANG T, et al. Core dimensions of the construction safety climate for a standardized safety-climate measurement[J/OL]. Journal of Construction Engineering and Management, 2015, 141(8). [2015-03-18]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000996.
[19] WU C, LI N, FANG D. Leadership improvement and its impact on workplace safety in construction projects: A conceptual model and action research[J]. International Journal of Project Management, 2017, 35(8): 1495-1511.
[20] FANG D, WU C, WU H. Impact of the supervisor on worker safety behavior in construction projects[J/OL]. Journal of Management in Engineering, 2015, 31(6). [2015-01-20]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000355.
[21] FANG D, HUANG Y, GUO H, et al. LCB approach for construction safety[J/OL]. Safety Science, 2020, 128. [2020-04-24]. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104761.
[22] ALRUQI W M, HALLOWELL M R, TECHERA U. Safety climate dimensions and their relationship to construction safety performance: A meta-analytic review[J]. Safety Science, 2018, 109: 165-173.
[23] VARONEN U, MATTILA M. The safety climate and its relationship to safety practices, safety of the work environment and occupational accidents in eight wood-processing companies[J]. Accident Analysis & Prevention, 2000, 32(6): 761-769.
[24] MEARNS K, WHITAKER S M, FLIN R. Safety climate, safety management practice and safety performance in offshore environments[J]. Safety Science, 2003, 41(8): 641-680.
[25] FANG D, WU H. Development of a Safety Culture Interaction (SCI) model for construction projects[J]. Safety Science, 2013, 57: 138-149.
[26] ZHOU Q, FANG D, MOHAMED S. Safety climate improvement: case study in a chinese construction company[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2011, 137(1): 86-95.
[27] FENG Y, TRINH M T. Developing Resilient Safety Culture for Construction Projects[J/OL]. Journal of Construction Engineering and Management, 2019, 145. [2019-08-30]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001720.
[28] LIM H, LI N, FANG D, et al. Impact of safety climate on types of safety motivation and performance: multigroup invariance analysis[J/OL]. Journal of Management in Engineering, 2018, 34(3). [2018-01-17]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000595.
[29] ZHANG P, LI N, FANG D, et al. Supervisor-focused behavior-based safety method for the construction industry: case study in hong kong[J/OL]. Journal of Construction Engineering and Management, 2017, 143(7). [2017-03-06]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001294.
[30] LU C S, YANG C S. Safety leadership and safety behavior in container terminal operations[J]. Safety Science, 2010, 48(2): 123-134.
[31] REID H, FLIN R, MEARNS K J, et al. Influence from the Top: Senior Managers and Safety Leadership[C]//SPE International Conference on Health, Safety, and Environment in Oil and Gas Exploration and Production. Onepetro, 2008.
[32] AVOLIO B J, BASS B M, JUNG D I. Re-examining the components of transformational and transactional leadership using the Multifactor Leadership[J]. Journal of occupational and organizational psychology, 1999, 72(4): 441-462.
[33] COOPER M D. Towards a model of safety culture[J]. Safety science, 2000, 36(2): 111-136.
[34] LI H, LU M, HSU S C, et al. Proactive behavior-based safety management for construction safety improvement[J]. Safety science, 2015, 75: 107-117.
[35] STAJKOVIC A D, LUTHANS F. A meta-analysis of the effects of organizational behavior modification on task performance, 1975-1995[J]. Academy of Management journal, 1997, 40(5): 1122-1149.
[36] LAITINEN H, RUOHOMÄKI I. The effects of feedback and goal setting on safety performance at two construction sites[J]. Safety science, 1996, 24(1): 61-73.
[37] 张嵩, 李保军, 桑运龙. 妈湾跨海通道工程快速定量化选线分析[C]//2020 年全国土木工程施工技术交流会论文集(上册). 北京: 2020: 16-21.
[38] 深圳市住房和建设局. 建筑业安全领导力与安全文化评价标准:SJG 133—2023 [S]. 深圳: 深圳市住房和建设局, 2023.
[39] COHEN J. Statistical power analysis for the behavioral sciences [M]. 2nd ed. New York: Routledge, 1988.