

中文引用格式:袁晨辉,傅贵,吴治蓉,等. 24Model与LCM原因因素定义对比研究[J]. 中国安全科学学报,2024,34(1):27-34.

英文引用格式:YUAN Chenhui,FU Gui,WU Zhirong. Comparative study on definition of cause factors between 24Model and LCM [J]. China Safety Science Journal,2024,34(1):27-34.

24Model与LCM原因因素定义对比研究*

袁晨辉,傅贵**教授,吴治蓉,赵金坤

(中国矿业大学(北京)应急管理与安全工程学院,北京100083)

中图分类号:X91 文献标志码:A DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.01.0195

基金项目:国家自然科学基金资助(51534008)。

【摘要】为探究损失致因模型(LCM)原因因素定义与事故致因“2-4”模型(24Model)存在的异同和优缺点,梳理2个模型各层面原因和结果的定义,对比定义内容及其对事故原因分析等安全实务的指导作用,并以一起瓦斯爆炸事故为例加以实证分析,获得二者分析结果之间的差异。研究结果表明:LCM是首个将管理因素纳入事故致因分析的一维事件序列模型,可明确各层面原因因素的定义和因素间的逻辑关系,但部分定义存在交叉重复的问题,并没有揭示安全工作指导思想等深层次事故致因因素;24Model作为系统性事故致因模型,对各类因素的定义均以组织为主体,描述事件、事故、安全的概念内涵,划分个体安全动作、安全能力和组织安全管理体系的类别并给出含义解析,探究组织安全文化层面的问题并以32个元素体现;2个模型的事故原因分析方法均建立在对各层级原因因素定义的基础上,并适用于模型理论体系本身。

【关键词】“2-4”模型(24Model); 损失致因模型(LCM); 事故致因模型; 原因因素定义; 对比研究

Comparative study on definition of cause factors between 24Model and LCM

YUAN Chenhui, FU Gui, WU Zhirong, ZHAO Jinkun

(School of Emergency Management and Safety Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to explore the similarities and differences, advantages and disadvantages between the definition of cause factors in LCM and the 24Model, a review of the definition of causes and results at various levels for both models was conducted. The definition content and its guidance role in safety practices, focusing on accident causation analysis, were compared. An empirical analysis was conducted using a coal mine gas explosion accident as an example to identify differences in the analysis results between the two models. The research shows that LCM is the first one-dimensional event sequence model that incorporates management factors into accident causation analysis. It provides clear definitions of cause factors at various levels and their logical relationships. However, LCM has issues with overlapping and repetitive definitions of causal factors and fails to reveal deeper accident cause factors such as guiding principles for safety work. 24Model, as a systematic accident causation model, predominantly defines

* 文章编号:1003-3033(2024)01-0027-08; 收稿日期:2023-08-12; 修稿日期:2023-11-15

** 通信作者:傅贵(1961—),男,吉林九台人,博士,教授,博士生导师,主要从事事故致因理论、行为安全、安全文化、安全管理等方面的研究。E-mail:fugui66@126.com。

various factors in terms of the organization. It describes the concepts of events, accidents, and safety, categorizing individual safety acts, safety capabilities, and organizational safety management systems, providing meanings and explanations. It explores organizational safety culture and reflects it with 32 elements. Both models' accident causation analysis methods are built on the definitions of cause factors at different levels and are applicable to their respective theoretical frameworks.

Keywords: "2-4" model (24Model); loss causation model (LCM); accident causation model; definition of cause factors; comparative study

0 引言

事故致因理论是研究事故发生机制的理论,是事故与事故所有原因的定义以及彼此之间逻辑关系的描述,用图形绘制就是事故致因模型^[1]。海因里希提出的线性事故致因模型——多米诺骨牌模型^[2],揭示了事故的深层次原因以及原因之间的线性影响关系。随后,博德更新了多米诺骨牌模型,并提出损失致因模型(Loss Causation Model, LCM)^[3]。虽然海因里希和博德的模型都将事故因果关系解释为一维事件序列,但不同于海因里希将事故的深层次原因归结为遗传和社会因素,博德首次将管理原因纳入模型中,强调了管理因素对事故的重要影响作用,并给出了具体的定义和分类,这是对海因里希理论的有效补充和改进,LCM自提出以来,在事故案例分析、改善组织安全管理体系等方面得到广泛应用^[4]。

事故致因“2-4”模型(24Model)近年来得到丰富的应用^[5],并经过多个版本的演化,在2022年改进为第6版模型^[6],对模型的名词定义、逻辑结构、原理等理论内容给出进一步更新。概念模型能够描述概念的定义和概念之间的逻辑关系,形成因果关系模型图^[7],LCM和24Model作为概念模型,其概念定义的准确性直接影响模型的应用效果。不同事故致因模型解释事故原因的角度不同,以往的研究缺乏对各类模型设定原因类型和解析原因内涵的回顾与比较,因此,有必要进一步对比研究不同模型各类原因因素定义,并探讨模型在以定义为基础的模型演化机制下分析事故原因、构建安全管理方案等安全实务的指导作用效果。

综上,笔者拟以LCM和24Model作为研究对象,分别阐述和对对比研究模型各阶段的原因因素和演化结果,得出二者存在的异同,并进行案例验证;评述各类原因因素定义对组织安全管理和事故预防工作的指导作用,以期事故致因模型的进一步研究和实践应用提供理论思路。

1 LCM 演化结果的定义对比

1.1 LCM 演化结果

LCM将一维事件序列划分为5个层级,包括3个层级的原因和2个层级的结果。LCM演化的结果是事故以及事故导致的损失,能量阈值极限是连接事故与损失的条件因素,如图1所示。

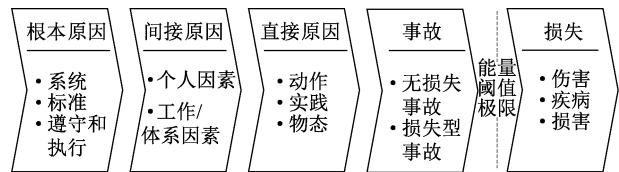


图1 LCM^[3]

Fig. 1 LCM

博德将事故定义为可能或已经导致意外伤害或损失的事件,通常是与物质或能量接触的结果,如果接触在主体或结构的阈值范围内,则为无损失事故;如果接触超过阈值限制,则为损失型事故。同时,给出了事故具体类别,包括碰撞、打击、摔倒、挤压等8类。LCM的最终端,是事故导致的损失,事故与损失以能量阈值为连接。损失共分为3类,包括3个级别的伤害、3个级别的疾病和4个级别的损害。事故是LCM因果关系链中3个控制阶段与损失之间所连接的重要组成部分,而模型的演化过程借助能量交换理论。因此,在事故/事件调查、事故追溯和事故成像中,识别能量交换是分析过程的重要环节。此外,博德将安全定义为事故的损失控制,既包括预防事故,也包括在事故发生时将损失降至最低,还涉及到管理体系中控制的作用。

在能量理论广泛应用的背景下,博德对于事故、安全的定义也是基于能量和损失进行的。然而,博德没有把事故的概念界定在组织范围内,无法明晰组织的安全工作在预防事故上发挥作用的过程;没有界定时空上的起点和终点,无法得出事故损失量的量度,使得仅依靠损失来界定出的事故概念并不具体,且增加了追溯事故原因的工作量和复杂

程度。此外,博德将安全的定义内容表达为一个动作、一个过程,而非一个状态,无法区分事故的损失对于安全的衡量条件,概念并不明确、清晰。

1.2 24Model 演化结果

模型演化的后果具体多样,不能仅局限于对事故和伤害的研究,而需要全面探究正面与负面事件的致因过程与控制过程,确切地定义事件与导致事件的各类原因和概念,并描述其逻辑关系,进一步扩大研究广度和深度的同时,使得研究目的和过程更加具体、确切,结合企业安全生产标准化对安全绩效指标和安全生产指标的规定^[8],需要使用中性的事件(event)和负面的事故(accident)2个概念给出确切的定义。

24Model(第6版)—事件致因模型如图2所示,24Model(第6版)具有因素动态关联图与静态关联图2类形态。24Model是多用途、多形式的事件致因模型,在描述各因素变量之间作用过程时,24Model以动态关联图的形式呈现,箭头代表行为,

也即因素的作用过程:首先是个体能力发挥作用,人在具备能力后会发出动作,有的动作可以提高他人的个体能力,有的动作可以使组织的管理体系更加健全,有的动作可以使组织的指导思想即文化得到提升,文化的提升继续促进管理体系和个体能力的提升,往复循环。在追溯具体的原因因素时,24Model以线性静态关联图的形式描述各因素确定状态值之间的影响关系,箭头仅体现各因素宏观上具有的层次性关系,不再保留原有的文化-能力、动作-文化、动作-能力、动作-体系箭头。24Model可以管理组织的质量、健康、安全、安保、环境、应急(Quality, Health, Safety, Security, Environment, Emergency, QHSSEE)等所有安全与非安全业务,若管理安全业务,则转变为事故致因模型,组织文化即组织的安全文化,管理体系为组织的安全管理体系、个体能力为个体的安全能力、个体动作为个体的安全动作,模型演化结果的事件等同于事故,转变后的静态关联图如图3所示。

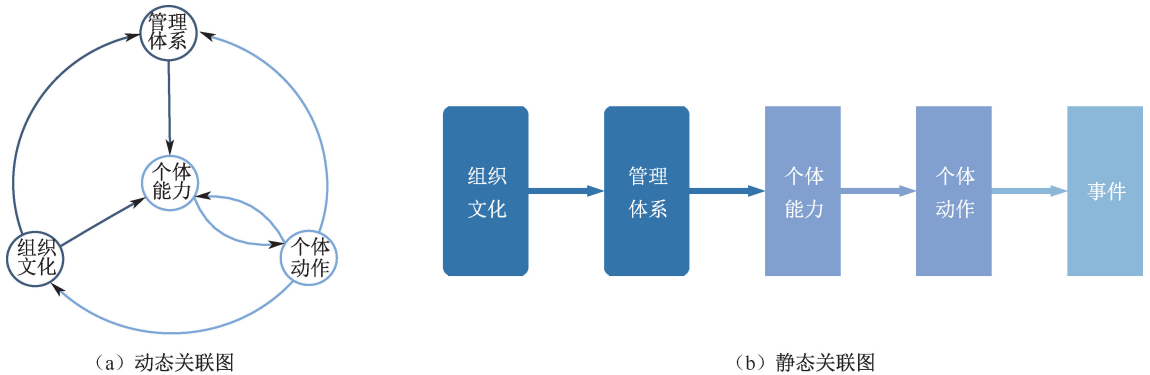


图 2 24Model(第6版)—事件致因模型^[6]

Fig. 2 Event causation model-24Model of its 6th version

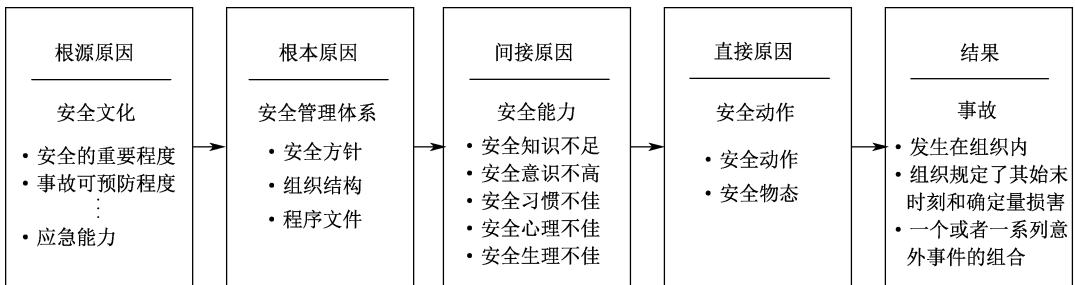


图 3 24Model(第6版)—事故致因模型

Fig. 3 Accident causation model-24Model of its 6th version

对于事件的概念,采用由国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)在线浏览平台(Online Browsing Platform, OBP)^[7]检索的主流定义:组织或系统在一定时空范围内的状态

变化(OBP检索使用90次,占比72%)。事件可以是成功事件,即安全、健康、环境、质量、安保等各方面的业绩提高(正面事件);也可以是失败事件,即事故(负面事件)或其他业绩的降低。对于事故的

概念,采用自定义:事故是发生在组织内、组织根据适用要求规定了其始末时刻和确定量损害的一个或者一系列意外事件的组合,这一定义将事故界定在组织范围内,并由组织规定其始末时间和损害量度,明确事故与事件的关系,使得事故概念更加具体化,事故原因的追溯过程更加确切,预防对策的实施也将方便且准确,事故预防就可实现。对于安全的概念,采用由 OBP 检索的主流定义结合自定义:组织没有事故的状态或组织的风险处于可接受的状态。

24Model 的定义将事件、事故、安全均界定在组织范围内,强调了组织的主体作用;不同于 LCM 将损失和事故分开,24Model 将损失纳入对事故的定义中,并利用事故和风险量化安全;事故致因也可以转变为事件致因,给出通用方法,实现预防事故、促进正面事件产生。

2 LCM 直接原因的定义对比

2.1 LCM 的直接原因

海因里希提出的骨牌模型认为,事故的直接原因是人的不安全动作和物的不安全状态^[2],而博德则将 2 个概念具体化为不合规的动作或实践和不合规的物态:不合规的动作是违反了公认的标准或规程的动作;不合规的实践是未纠正不合规动作的行为,主要为管理者的实践行动;不合规的物态是违反了公认的标准或规程的物态。博德认为这一定义将动作、实践、物态和模型根本原因中的标准因素联系起来,标准也是衡量、评价和纠正动作、实践、物态的基础;扩大了从伤害控制到损失控制的范围,既包括安全控制,也包括质量、生产和其他控制过程;既用于表示个人行为,也用于表示组织管理者的实践行动,即如果管理者不纠正甚至鼓励不合规的动作,他们的行为就是不合规的实践。不合规的动作/实践共计 20 类,不合规的物态共计 14 类^[3]。

LCM 对直接原因因素的定义,在海因里希的基础上有了较大改进,将标准和规程纳入定义中,使得动作、状态的识别有据可循,更加具体和实用;将管理层人员的行为纳入其中,而不同于海因里希仅仅关注一线员工的动作^[9],能够有效解决管理层人员的指挥和监督等行为问题;但这一定义仅从标准和规章的角度界定不合规行为,容易忽视标准之外的行为因素,尤其是标准未做规定的其他高风险或曾导致事故的动作或物态。

2.2 24Model 的直接原因

24Model 在借鉴骨牌模型、卓越安全模型、瑞士

奶酪模型等各系列事故致因模型的基础上,继续将个体动作(人的不安全动作和物的不安全状态)作为事故的直接原因。

个体动作指与当次事件发生有关的所有动作^[6],根据性质和形式,将个体动作划分为 4 类,包括不安全操作、不安全行动、不安全指挥和不安全物态。依据规章制度、事故案例、风险评估又将不安全物态和 3 类不安全动作继续划分为 3 类:可能是违反相关规章制度的动作/物态;也可能是相关规章制度没有规定、但曾引起过事故的动作/物态;还可能是规章没有规定、也未曾引起过事故,但经风险评估认为是不安全的动作/物态,共计 12 类个体动作,具体见表 1。同时,依据模型中事件的内容,动作也可划分为正面或负面的 QHSSEE 类别,动作的发出者涵盖组织内各层级的人员,不仅仅局限于一线员工。

表 1 24Model 直接原因的定义与分类

Tab. 1 Definition and classification of direct causes in 24Model

因素名称	违章	不违章但曾引发事故	不违章,未曾引发事故,但高风险
不安全操作	违章操作	引发事故操作	高风险操作
不安全行动	违章行动	引发事故行动	高风险行动
不安全指挥	违章指挥	引发事故指挥	高风险指挥
不安全物态	违章物态	引发事故物态	高风险物态

相比于 LCM 定义中仅考虑了是否违反标准或规程的动作/物态,24Model 对于不安全动作和物态的定义更加细化,全方位地考虑了动作本身的性质(形式类别、发出者类别、事件类别),及其是否违反规章制度、是否造成事故、是否高风险。标准或规章制度并非凭空产生,需要由组织根据适用要求来规定,24Model 的定义强调了以组织为范围以及组织发挥的作用,这使得主体更加明确、识别个体动作的过程更加清晰且全面,可以解决个体动作存在的问题以及分析深层次的原因。

3 LCM 间接原因的定义对比

3.1 LCM 的间接原因

LCM 的间接原因是直接导致不合规的动作、实践和物态发生的原因,也是导致事故发生的间接原因,包括个人因素和工作/体系因素 2 方面:个人因素包括身体/生理能力不足、心理能力不足、生理压力、精神或心理压力、缺乏知识、缺乏技能、错误动机;工作/体系因素包括领导和/或监督不足、工程缺欠、采购缺欠、维护不当、工具和装备不适合、工作条

件不适合、磨损、滥用或误用。

分别归类以上因素,得出个人层面主要包括生理能力、心理能力、知识技能、动机4类,其本质是人的安全能力;但工作/体系因素的部分内容易与其他层面的原因混淆,如监督不足等问题属于管理体系层面的原因,也是管理者的不合规实践,装备不适合、磨损等问题是物态层面的原因,滥用与误用等问题是动作层面的原因,在分析事故原因总体过程中,对于这一因素的分析容易出现与其他因素交叉、重复的情况。

3.2 24Model 的间接原因

24Model 的间接原因是导致个体动作发生的直接原因,包括知识、意识、习惯、生理、心理5项个体能力因素:知识是与动作密切相关的理论知识、经验、技能等的统称,包括技术指标、指标的原理、违反指标的后果、事故案例知识;意识是及时发现和解决危险源的敏感性和能力,包括风险意识、法规意识、情景意识等;习惯是日常的习惯性动作方式,即操作或指挥的习惯;心理是支配动作的心理状况,如逆反、侥幸、省能等心理状况;生理是支配动作的生理状况,如精神疲惫、突发疾病等状况。知识可以影响和控制意识和习惯,同时意识和习惯也分别具有独立性。

相比于 LCM,24Model 考虑了5个个体层面的能力因素,没有将管理体系层面或动作层面的因素与其混淆,内容互相独立,各阶段的事故原因具有层次性,避免了交叉重复的问题。LCM 未涉及习惯和意识方面的因素,无法得出组织成员的风险与法规意识、习惯性的行动和指挥等问题。LCM 考虑了个体安全动机的因素,包括激励、反馈等内容,安全动机受个体安全态度、安全责任感的驱动,是对安全绩效期望的表现值,同时,对安全行为有较高的影响作用^[10],而24Model 的间接原因模块并未涉及个体安全动机方面的内容,没有深入考虑人员行为的主观性,容易忽略组织通过激励或反馈机制改善个体安全动机的方法。

4 模型根本、根源原因的定义对比

4.1 LCM 的根本原因

在 LCM 中,导致这一模型的序列以失败告终的根本原因是管理控制缺乏,3个主要的管理控制因素为:①不完善的系统(控制方案)。包括领导与管理、领导力培训、计划检查和维护、关键任务分析、事故调查、绩效监管、应急准备、规程和工作许可、事故

分析、知识技能培训、个人防护装备、健康与卫生管制、系统评价、工程和变更管理、个人通信、团队交流、总体提升、招聘和安置、材料和服务管理、脱产安全。②不完善的标准。包括安全规程审查标准、安全规程审核与记录标准、个人防护用品检查标准、个人防护装备合规性审计标准、新员工工作交接与审查标准、一线领导的适应工作指导标准、一线领导的工作要点指导标准、一线领导与工人的工作会议标准。③遵守与执行,即对于上述系统、标准各因素工作内容的遵守与执行情况。

作为损失致因模型中的根本原因也是最深层次的原因,纠正这3个缺乏控制的因素才能实现安全。系统中控制方案不足,会导致损失控制不充分。博德从若干公司和国家的重要研究和项目的经验中得出,安全/损失控制系统主要包含20个子因素;为便于衡量标准的执行效果,系统的标准应该清楚地表明谁该负责、负责什么,以及何时或多久需要负责,对于标准的制定,博德给出包含8个子因素的示例;遵守与执行包括对于上述系统、标准各因素的遵守与执行情况,博德认为标准遵守和执行的不充分是无法控制损失的最重要的原因。

4.2 24Model 的根本原因与根源原因

24Model 中,根本原因是管理体系,根源原因是组织文化。管理体系是组织管理其业务以实现其目标的方式^[11],安全管理体系则是该组织的安全管理即事故预防工作方案^[6],具体包括3大类:①安全方针。组织正式发布的安全工作的指导思想,是安全文化的集中体现形式,也是组织的意图和方向。②组织结构。为实现组织安全目标,在责任、权力、职务范围等方面所形成的结构化体系,包括具体的安全管理机构设置、人员配备、职责分配等内容。③程序文件。对职能部门或活动管理控制所进行描述的文件,包括组织的制度、规章、作业指导、操作规程、技术方案等内容。

组织文化是组织安全理念的集合,也是整体安全工作的指导思想,具体通过32个文化元素体现,见表2。

表2 24Model 根源原因分类

Tab. 2 Classification of root causes in 24Model

元素 号码	元素名称	元素 号码	元素名称
1	安全的重要程度	17	安全会议需求程度
2	事故可预防程度	18	安全制度形成方式
3	安全创造经济效益的认识	19	安全制度执行一致性

续表 2

元素 号码	元素名称	元素 号码	元素名称
4	安全融入管理的程度	20	调查事故类型的认识
5	安全主要决定于 安全意识	21	安全检查类型的认识
6	安全生产主体责 任的认识	22	对受伤职工关 爱的认识
7	安全投入的认识	23	业余安全管理
8	安全法规作用的 认识	24	安全业绩的对待
9	安全价值观形成 程度	25	设施的满意程度
10	管理层负责程度 的认识	26	安全业绩的掌握程度
11	安全部门作用的 认识	27	安全业绩与人力 资源关系的认识
12	员工参与安全的 程度	28	子公司与合同单 位安全管理方式
13	安全培训需求程 度	29	安全组织的作用
14	各部门负责安全 的程度	30	安全部门的工作
15	社区安全影响的 认识	31	总体安全期望值
16	管理体系作用的 认识	32	应急能力

LCM 中的系统(控制方案)是组织的安全管理程序,系统内标准的制定、遵守和执行是安全责任制、安全规章制度的集合^[12],虽然涵盖了对系统总体控制过程的描述,以确保管理体系充分包含完整的计划行动,但并未涉及组织的安全方针、安全文化、安全理念层面的问题,组织的安全工作缺乏指导思想和工作原理,无法解决更深层次的问题;标准的制定在组织结构层面规定了新老交接、人员配备、职责分配等内容,但并未给出机构如何设置,安全部门的职权及其作用无法体现,难以形成结构化体系;标准的内容主要涵盖对防护装备、新员工、一线领导的规定,忽视了对组织内高层管理人员制定的责任标准,这与模型直接原因因素中“不合规的动作或实

践发出者是各层级人员”有矛盾,无法解决高层管理人员的责任、职权以及不合规实践问题,事故及损失就难以预防;系统和标准内容的具体条目没有给出参考依据和来源,主要来自其他组织的经验。此外,以系统为单位识别标准的执行情况,忽视了组织作为一个整体在事件的起因中的重要作用^[13];根本原因和间接原因存在交叉、重复的问题,无法区分,分析结果重复率高、缺乏可靠性。而 24Model 能够在遵循国际标准要求的基础上,给出各类原因和因素的定义与分类内容;强调了组织的主体作用,以组织为范围,通过系统分析方法深入分析管理体系和组织文化层面的原因;能够全面探究从文化与方针到组织结构和程序文件的问题,即从指导思想到管理程序的系统化分析过程,强调了管理层人员的安全责任问题,各类原因定义互相独立、不易混淆,对于管理层面和文化层面的原因研究更加深入和全面。

5 案例分析与评述

5.1 事故案例概况

2016 年 10 月 31 日,重庆市永川区金山沟煤业有限责任公司发生一起特别重大瓦斯爆炸事故,共造成 33 人死亡、1 人受伤,直接经济损失 3 682.22 万元。经调查认定,事故原因是由于违章“裸眼”爆破产生的火焰引爆积聚的瓦斯。这是一起生产安全责任事故。

5.2 事故原因分析与对比研究

基于调查报告对该事故基本情况的描述、对事故直接原因和企业主要问题的认定等内容,在原因因素定义的基础上,分别利用 LCM 和 24Model 分析该起事故的原因,结果见表 3。

表 3 LCM 与 24Model 的事故原因分析结果

Tab. 3 Results of accident cause analysis using LCM and 24Model

模型 因素	LCM		24Model
结果	损失	33 人死亡、1 人受伤,直接经济损失 3 682.22 万元,对应损失等级为灾难性损害、严重受伤	发生瓦斯爆炸、煤尘参与爆炸,造成 33 人死亡、1 人受伤,直接经济损失 3 682.22 万元,依据组织规定判定为事故,且事故等级为特别重大事故
	事故	瓦斯爆炸、煤尘参与爆炸	
	能量阈值	瓦斯积聚达到爆炸浓度	
直接原因	不合规动作/实践:未经授权操作—未经授权越界开采;未发出警告、未识别风险—未及时识别并警告通风不良、瓦斯积聚情况;不正确的使用设备、不遵守程序—违章“裸眼”爆破、违法采用“巷道式采煤”工艺、逃避安全监管。 不合规物态:火灾和爆炸危险—瓦斯含量达到爆炸浓度;危险环境条件—现场通风不足瓦斯积聚		不安全动作:超层越界违法开采;违法采用“巷道式采煤”工艺;使用一台局部通风机违规同时向多个作业地点供风;违章“裸眼”爆破;利用假图纸、假资料逃避安全监管。 不安全物态:越界区域 K13 煤层瓦斯含量高、瓦斯释放量增加;未形成全风压通风系统,且风量不足

续表 3

模型因素	LCM	24Model
间接原因	<p>个人因素:心理能力不足—存在违法违规的逆反心理、偷工减料的省能心理、忽视安全工作的侥幸心理;缺乏知识、缺乏技能—缺乏爆破、通风、瓦斯检查、开采的知识与技能;错误动机—看重经济效益的提高,忽视安全。</p> <p>工作/体系因素:监督不足—现场无安全监督;工程缺欠—违法采用“巷道式采煤”工艺;工作条件不适合—通风条件不佳;误用—违章采用“裸眼”爆破</p>	<p>安全知识不足:爆破技能知识、通风技能知识、瓦检技能知识,违章开采可能导致后果的理论知识、瓦斯爆炸事故案例知识储备。</p> <p>安全意识不高:识别瓦斯爆炸风险的风险意识;遵守《安全生产法》、《煤矿安全规程》等法律法规的法规意识。</p> <p>安全习惯不佳:一线员工习惯性违章放炮通风等;管理层人员习惯性违章指挥越界开采、指挥逃避监管等。</p> <p>安全心理不佳:违法违规的逆反心理、偷工减料的省能心理、忽视安全工作的侥幸心理。</p> <p>安全生理不佳:该案例未涉及安全生理问题</p>
根本原因	<p>不完善的系统:领导与管理不足—矿长、安全技术负责人均未上岗,现场无安全监管;规程和工作许可—未制定完备的作业规程,勘查和开采资质未得到审核许可;知识技能培训—安全培训制度执行不佳;</p> <p>不完善的标准:安全规程审查标准未执行,安全规程审核与记录标准未执行。</p> <p>遵守与执行不充分:以上已陈述</p>	<p>矿长、安全技术负责人均未上岗,放炮工、瓦检员、通风员均不具备相应的资质和能力;超层越界区域现场安全管理、技术管理混乱;未按照《矿产资源法》第3条规定执行煤矿勘探和开采程序;未按照《地质勘查资质管理条例》第2条规定执行勘查资质审核程序;未按照《煤矿安全规程》制定作业规程并执行采煤工艺、通风程序、放炮程序、供电程序和瓦斯检查程序;安全培训制度执行不佳</p>
根源原因	—	安全文化元素号码:1、2、3、5、6、7、8、10、13、18、19、21、29、32

依据该事故案例的原因分析结果经对比研究可知:LCM 与 24Model 的分析方法均建立在对各层级原因因素定义的基础上,并适用于模型理论体系本身,能够分析出组织内存在的个体层面和组织(管理)层面的原因,但存在较大的区别:在原因层级上,24Model 分析出了导致该事故发生的组织安全文化层面的缺欠,共计 14 项,这对于该组织或其他组织未来改进安全文化、预防同类事故提供了指导,但 LCM 并未分析文化、指导思想等层面的问题;在分析结果上,利用 LCM 分析事故原因时,直接、间接和根本原因依然互相存在一定的交叉问题,如通风条件、现场安全监管等多次出现,这与层级的划分产生出入,24Model 各层级原因则相互独立;在分析过程上,LCM 在各层级原因均给出了具体的因素分类,其分析过程可以直接逐条对应总结,而 24Model 则并未进行更加细化的分类处理。

综上所述:事故致因模型能够在各自的理论基础之上,明确事故原因因素的分类与定义并厘清原因之间的逻辑关系,深入剖析事故发生机制。而对比研究不同模型能够进一步发现彼此的利弊,为未来更有效的更新和改进模型提供依据;传统的组织因素应逐渐被更为现代的安全管理体系所取代,细化为体系中的各类机构、程序与制度;文化与思想层面

的问题应得到进一步的认识和重视,从最根源的层面解决组织或系统存在的缺陷。事故致因模型的研究应朝着更加系统化、智能化的方向发展,适用于未来复杂社会技术系统的事故预防工作。

6 结 论

1) LCM 从损失的角度定义事故,忽视了组织的主体作用以及事故的时间、空间特征;没有将安全定义为一个状态,使得安全的概念并不清晰;对于直接原因,考虑了动作/实践/物态是否违反标准,未考虑标准规定之外的其他高风险或曾引发事故的因素特征;对于间接原因中工作和体系因素的定义易与直接原因、根本原因部分因素混淆和交叉重复;根本原因未考虑安全方针、安全文化因素,忽视了安全工作的指导思想或工作原理等深层次事故致因因素。

2) 24Model 以组织为主体来定义事件、事故和安全 3 个概念;对于直接原因,考虑了个体动作的 4 种形式类别,以及是否违章、是否引发事故、是否高风险 3 项条件;对于间接原因,划分了 5 个层面的个体安全能力因素,各因素互相独立,但并未考虑人员安全动机层面的问题;对于根本原因,划分为安全方针、组织结构和程序,形成结构化体系;对于

根源原因,研究了安全文化也即组织安全工作的指导思想,以32个文化元素进行体现。

参考文献

- [1] FU Gui, XIE Xuecai, JIA Qingsong, 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.
- [2] HEINRICH W H. *Industrial accident prevention*[M]. New York: McGraw Hill Book Company, 1941:13-20.
- [3] BIRD F E, GERMAIN G L. *Practical loss control leadership*[M]. Loganville: International Loss Control Institute, 1986: 1-10.
- [4] AMYOTTEE P R, OEHMEN A M. Application of a loss causation model to the Westray mine explosion[J]. *Chemical Engineering Research & Design*, 2002,80(1):55-59.
- [5] 李杰, 伊宏艳, 李乃文. 我国事故致因研究团队与热点主题研究[J]. *中国安全科学学报*, 2022,32(7):20-27.
LI Jie, YI Hongyan, LI Naiwen. Investigation on research team and hot topics of accident causation in China[J]. *China Safety Science Journal*, 2022,32(7):20-27.
- [6] 傅贵, 陈奕燃, 许素睿, 等. 事故致因“2-4”模型的内涵解析及第6版的研究[J]. *中国安全科学学报*, 2022, 32(1):12-19.
FU Gui, CHEN Yiran, XU Surui, et al. Detailed explanations of 24Model and development of its 6th version[J]. *China Safety Science Journal*, 2022,32(1):12-19.
- [7] OBP. Terms and definitions[EB/OL]. [2023-01-29]. <https://www.iso.org/obp>.
- [8] GB/T 33000—2016, 企业安全生产标准化基本规范[S].
GB/T 33000—2016, Guideline of China occupational safety and health management system[S].
- [9] 袁晨辉, 傅贵. 不安全动作定义的研究[J]. *安全*, 2021,42(7):50-55.
YUAN Chenhui, FU Gui. Research on the definition of unsafe act[J]. *Safety & Security*, 2021,42(7):50-55.
- [10] ROWEN A, GRABOWSKI M, RUSSELL D W. The impact of work demands and operational tempo on safety culture, motivation and perceived performance in safety critical systems[J]. *Safety Science*, 2022,155: DOI:10.1016/j.ssci.2022.105861.
- [11] ISO. What is a management system? [EB/OL]. [2023-01-30]. <https://www.iso.org/management-system-standards.html>.
- [12] JOOMA Z, HUTCHINGS J, HOAGLAND H. The development of questions to determine the effectiveness of the incident investigation process for electrical incidents[J]. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2015,51(5):4 245-4 254.
- [13] SURAJI A, DUFF A R, PECKITT S J. Development of causal model of construction accident causation[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2001,127(4):337-344.



作者简介: 袁晨辉 (1999—),男,山东枣庄人,博士研究生,主要研究方向为事故致因理论、安全管理等。E-mail:y1138600245@163.com。