

基于事故致因“2-4”模型的粮堆埋人 事故原因分析及预防对策研究

崔鹏程, 张 涛, 陈 鑫

(国家粮食和物资储备局 科学研究院, 北京 100037)

摘要:粮堆埋人事故发生率高,人员生还率低。为研究事故发生原因和预防措施,采用事故致因“2-4”模型对 46 起粮堆埋人事故进行分析。首先,从个人层面分析事故的直接原因和间接原因;其次,从组织层面分析事故发生的根本原因和根源原因;最后,构建粮堆埋人事故致因链,提出预防对策。结果表明:在不稳定粮堆表面作业、安全培训不到位等不安全动作和挡粮板设计不合理等不安全物态是导致事故的直接原因;安全知识不足、安全意识不高和安全习惯不佳是事故发生的间接原因;安全检查制度、外包管理制度、安全设施设备管理制度等的缺欠和落实不到位,结拱、挂壁处理和粮食出入仓作业规程等的缺欠或未严格规范人员作业是事故发生的根本原因;事故发生的根源原因是安全文化缺欠。

关键词:2-4 模型;粮堆埋人;原因分析;预防对策

中图分类号:S379.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2021)01-0286-07

民为国基,谷为民命。粮食作为关系国计民生的重要物资,具有特殊战略意义。而中国各类粮食产量稳步增长,谷物供应基本自给。与此同时,现代化仓储设施不断完善,机械化作业水平大幅提高,粮食储备能力显著增强^[1]。并且,随着近些年粮食管理部门和粮油仓储企业安全管理力度的加大,企业事故发生率有所下降,安全势态总体向好。但是,粮食行业相较于煤矿、化工等行业,仍处于薄弱环节,安全生产隐患较多,排查不力,原因不明确,形势依然严峻^[2]。

对近十年粮食行业安全事故分析得出,粮库主要存在火灾、物体打击、爆炸、机械事故和粮堆埋人等事故类型,其中粮堆埋人发生率较高,多发生于粮食出、入仓、烘干等作业工序,不同仓型、烘干塔等作业场所也已成为事故易发地^[3]。目前,部分学者也针对粮堆埋人事故原因、防治措施进行了研究。张涛等对粮堆坍塌事故特点进行分析,并从物的不安全状态、人的不安全行为和组织行为 3 方面分析粮堆埋人事故原因,最后提出事故隐患防治措施、作业守则和应急处置措施^[4];范华胜分析得到仓

房出粮时形成的粮坑和作业人员违规作业是发生粮堆埋人的主要原因,并从管理和现场作业的角度提出粮堆埋人的预防措施^[5];吴少堂等对发生的粮堆埋人事故进行分析得到,事故原因主要包括人员违章和仓房或挡粮门垮塌两部分,并提出预防措施^[6];袁小平通过分析得到粮食非均匀沉降出仓和人的不安全行为是浅圆仓发生粮堆埋人事故的主要原因,最后从提高员工安全意识、落实安全责任、加强生产作业安全管理和加大安全装备投入四个方面提出隐患治理措施^[7];杨振和通过 LEC 法分析了粮堆埋人的危险等级为高度危险,并从粮仓设计、安全防护用品、人员培训等方面提出预防措施^[8]。

以上的研究主要集中于定性分析事故原因、事故发生特点和预防措施等方面,并没有将某种事故模型应用其中,也未从行为安全的角度研究事故发生的规律。行为安全“2-4”模型^[9]自提出以来,已经在建筑施工安全培训^[10]、煤矿安全管理^[11]、事故原因分析^[12]、安全管理体系构建^[13]等方面广泛应用。基于此,本研究拟运用行为安全“2-4”模型,分析粮

收稿日期:2020-09-10

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2017YFC0805900)。

作者简介:崔鹏程(1993—),男,河南济源人,国家粮食和物资储备局科学研究院,研究实习员,硕士,研究方向:安全管理、行为安全;张涛(1982—),男,山东临沂人,国家粮食和物资储备局科学研究院,副研究员,博士后,研究方向:储粮害虫综合防控和粮食行业安全生产安全防护技术;陈鑫(1992—),男,河北廊坊人,国家粮食和物资储备局科学研究院,研究实习员,学士,研究方向:粮食储备库危险源数据库信息系统构建,粮食收储运环节安全生产评价。

堆埋人事故背后的不安全行为原因,构建粮食储备库粮堆埋人事故致因链,并提出预防措施,以期控制导致事故的不安全行为,为粮库安全培训提供理论依据。

1 行为安全“2-4”模型

行为安全“2-4”模型是在分析了瑞士奶酪模型^[14]、事故因果连锁理论^[15]和人为因素分析与分类系统模型^[16]、危险源理论^[17-18]特点的基础上,结合组织行为学^[19]相关理论,参考安全文化、安全管理体系等概念^[20]提出来的。

该模型将事故原因归结为组织内部和外部两部分,组织内部为主要原因^[21]。其中,组织内部原

因又可拆分为:个人行为原因和组织行为原因 2 个层面;一次性行为、习惯性行为、运行行为和指导行为 4 个阶段,如图 1 所示。在此基础上,模型明确了事故发生的根源原因、根本原因、间接原因和直接原因。与其他模型相比,层次更加清晰,实用性强,更适合分析中国的各类事故。具体来说:从模型的理论基础上来看,它是多种模型理论的升华和发展,可以更好地适应复杂的社会环境;从结构组成上来看,它包含了人因、物因、管理因素和管理以外的因素,内容全面;从运行路径上来看,能够反映复杂环境下致因因素间的关系,描述事故时致因因素之间更有层次感和立体感,与现实世界更加接近。

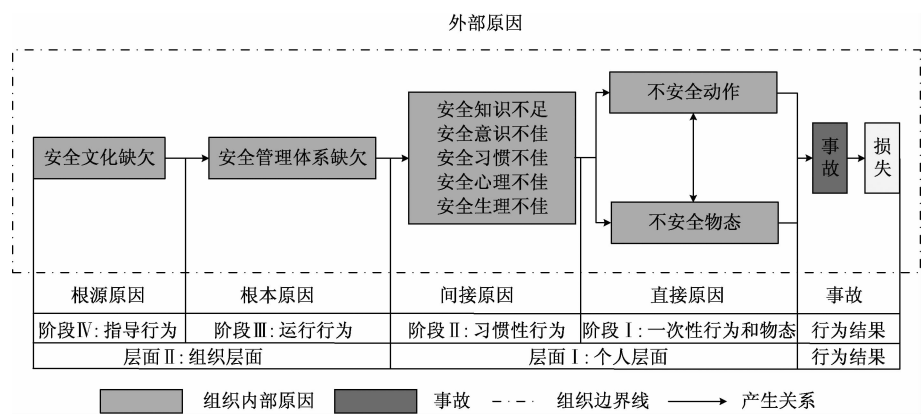


图 1 事故致因“2-4”模型

2 粮堆埋人事故原因分析

粮堆埋人事故原因分析资料来源主要分为事故案例和规章制度标准两部分。其中,为保证事故原因分析的科学性,事故案例的获取需遵循两个原则:事故完整性和案例权威性。事故完整性指的是事故发生的经过和原因清晰明确,方便分析事故中人的不安全行为;案例权威性是指事故案例真实存在,并经过发布机构确认。根据以上原则,通过查询国家粮食和物资储备局官网事故通报以及其他网络资源获取 2006—2017 年发生粮堆埋人事故共 46 起作为本文的研究样本。另外,规章制度标准主要遵循《粮油仓储管理办法》、《粮油储藏技术规范》(GB/T 29890—2013)、《粮食平房仓设计规范》(GB 50320—2014)、《粮食钢板筒仓设计规范》(GB 50322—2011)、《粮食仓库安全操作规程》(LS1206—2005)。

2.1 个人层面事故原因分析

个人层面事故原因包括直接原因和间接原因。其中,直接原因为一次性行为和物态,间接原因为习惯性行为。习惯性行为影响一次性行为和物态

的发生,而一次性行为和物态是习惯性行为的具体表现。

2.1.1 直接原因

1) 不安全动作。不安全动作指的是能够引起事故或者对事故发生有重大影响的动作^[22],包括作业人员和组织内其他人员(不安全动作发出者)的不安全动作。作业人员是事故的直接引发者也是事故受害者,其他人员则通过违章指挥、安全培训不到位等方式对事故或引起事故的事件产生影响。对 46 起粮堆埋人事故进行分析,统计不安全动作如表 1 所示。

作业人员。由表 1 可知,不安全动作主要包括以上八种。其中,在不稳定粮堆表面作业;违章处理结拱和挂壁;挡粮板拆除不当;不按照操作规定佩戴安全带和安全绳等安全防护措施 4 种不安全动作出现频次占 75%,是造成粮堆埋人事故的主要直接不安全动作原因,是预防事故发生的关键。另外 4 种不安全动作虽然占比较小,但都引起过粮堆埋人事故,同样需引起重视。

表 1 粮堆埋人事故不安全动作分析

序号	作业人员	组织内其他人员
1	在不稳定粮堆表面作业	作业现场无人监管
2	违章处理结拱、挂壁	作业现场管理混乱
3	挡粮板拆除不当	安全培训、交底不到位
4	不按照操作规程佩戴安全带、安全绳等安全防护措施	未制订作业方案或作业方案制订不合理
5	私自卸粮	未设置安全防护设施
6	未经允许进入仓内	未设置警示标志
7	站立在结拱粮堆下部	仓房设计、施工不合格
8	无人监护进行作业	仓房及其部件审批、验收、检修不合格

组织内其他人员。组织内其他人员主要包括管理者、仓房设计施工者、仓房验收检修者。①管理者:作业现场无人监管,作业现场管理混乱,安全培训、交底不到位,未制定作业方案或作业方案制定不合理,未设置安全防护设施,未设置警示标志;②仓房设计施工者:仓房设计、施工、建造不合格;③仓房项目验收检修者:仓房及其部件验收、检修不合格。

2)不安全物态。据统计,高大平房仓发生事故占事故总数的 30%,与立筒仓有关的则占 27%,浅圆仓占到 10%,与烘干塔有关的占 15%,其他的仓型或烘干塔占到事故总数的 18%。

高大平房仓的粮堆埋人事故多发生在常规清理和粮食出仓过程中。当仓房在建设过程中存在安全隐患、挡粮板拆除不当、粮食高度超线时,事故发生的可能性增加。详细的说,平房仓存在的不安全物态包括:挡粮板设计不合理;未设置成固定式挡粮门;挡粮板强度不够,有明显鼓胀变形或脱槽滑出;装粮高度超装粮线;平房仓墙体强度不足;安全绳(带)设置不足或有缺陷;擅自搭建隔墙;使用装粮麻袋堆码隔墙;不稳定流动粮堆。

立筒仓因有提升、检斤、除尘等附属设施,能快速完成粮食进出仓作业^[23]。但其下部存在的锥形结构承受上部粮食全部压力,一旦强度和质量不符合要求,将面临锥斗坠落粮堆埋人的危险。具体来说,立筒仓存在的不安全物态包括:锥斗固定不良;钢板质量不佳;受力钢带连接处强度不够;固定件松动或锈蚀。

浅圆仓较平房仓机械化程度更高,较立筒仓直径更大,粮堆更高,单仓容量更大。但是浅圆仓容易出现挂壁现象,且底部放粮过程时在仓内极易形成活动粮面。因此,浅圆仓存在的不安全物态主要

包括倒锥形流动粮堆。中国部分地方采用露天储粮,露天囤则常用于露天储粮。露天囤存在的不安全物态包括囤基砌筑不牢固;钢筋强度不够。烘干塔存在的不安全物态包括烘干塔烘前烘后仓强度不足。

2.1.2 间接原因

间接原因指的是导致人的不安全动作和物的不安全状态的原因,包括作业人员和组织内其他人员的安全知识、安全习惯、安全意识和部分生理、心理因素。根据事故案例报告内容,作业人员在发生事故时的生理和心理状态没有明确记载和报道,且无法判断,因此在此部分不再赘述。安全知识指的是与事故发生密切相关的操作技能,经验等;安全习惯指的是与事故发生相关组织内成员的日常动作方式;安全意识指的是对事故发生可能性的敏感性、重视程度^[24]。对组织内人员进行间接原因分析和统计可知:

1)作业人员:对于安全绳(带)等个人防护用品的使用、结拱和挂壁的处理、挡粮板拆除等安全知识欠缺,具体操作规程不熟悉造成违章作业,继而引发事故;对于在不稳定粮堆表面作业、私自卸粮和进入仓内、站立在结拱粮堆下部的安全意识不高,没有意识到其危险性,故而导致粮堆埋人事故;无人监护作业等部分违章作业在粮库中普遍存在,属于安全习惯不佳,需经长期安全培训来纠正。

2)组织内其他人员:对于作业方案的制定、仓房设计和施工、安全培训内容等知识的欠缺,导致其在决策、监督和管理过程中存在盲区,无法尽到应有的责任;对于作业现场混乱、技术交底不到位、仓房和部件的审批验收和检修不合格等存在安全意识不足的问题,认为此类风险并不会引发事故,存侥幸心理;作业现场无人监管、安全防护设施的缺乏、警示标志的未设置等普遍存在于粮库作业过程中,属于习惯不佳。

2.2 组织层面事故原因分析

2.2.1 根本原因

根本原因即体系原因,主要指的是企业或者粮食仓储单位安全管理体系的缺欠。安全管理体系的内容主要包括指导思想、组织结构、管理程序(程序文件和作业指导书)3 部分,其既可以依据职业健康安全管理体系标准(OHSAS 18000、ILO—2001、GB/T 28000)建立,亦可自然形成^[13]。对于粮库粮堆埋人事故的发生是由于其操作程序文件(具体指

制度和规定)的缺失、不完善或执行落实不到位引起的。每一项规定、制度、操作规程的缺失或者落
实不力均能影响人员的行为和动作选择,进而导致事故的发生。具体来说如表 2 所示。

表 2 粮堆埋人事故根本原因分析

序号	根本原因	不安全动作
1	现场监管制度欠缺或未落实,未履行作业现场管理职责	私自卸粮;未经允许进入仓内;无人监护进行作业;作业现场无人监管;作业现场管理混乱
2	结拱、挂壁等操作规程欠缺或企业未落实规程来规范人员的作业,员工极易违章	违章处理结拱、挂壁;站立在结拱粮堆下部
3	粮食出入仓作业规程欠缺或未严格规范人员作业,员工极易违章	挡粮板拆除不当;在不稳定粮堆表面作业;不按照操作规程佩戴安全带、安全绳等安全防护措施
4	安全培训制度未落实,技术交底不规范导致人员对危险判断不足	安全培训不到位;技术交底不充分
5	安全设施设备管理制度欠缺,或落实不到位	未设置安全防护设施;未设置警示标志
6	外包管理制度欠缺,对仓房安全未进行准确评估;	仓房设计、施工不合格;仓房及其部件审批、验收不合格
7	安全检查制度欠缺或落实不到位,仓房和关键部位检查流于表面	擅自搭建隔墙;使用装粮麻袋堆码隔墙;锥斗固定不良;固定件松动或锈蚀

2.2.2 根源原因

事故发生的根源原因是安全文化欠缺。安全文化即安全理念^[25],包括物质文化和精神文化,具体包括具有储粮企业特色和单位特点的安全思想、作风和态度,以及安全管理机制和行为规范等^[26],由若干条安全文化元素组成。安全文化的缺失导致安全管理体系的欠缺,从而引发事故。企业或者单位领导和管理层追求经济效益,对安全重视不够,安全投入不足。一方面,对于仓房建设施工偷工减料,主要紧固部件质量参差不齐,强度较低,并且检查时存在敷衍现象,不能及时发现所存在危险状况;另一方面,对于减少事故发生可能性和降低

事故后损失的设备和设施缺乏重视,作业人员无安全防护设备可用,应急救援能力明显不足。另外,管理者对于员工的安全培训只是应付差事,教学方式单一,质量不高,使得作业人员对安全的重视程度降低,对作业操作和流程不熟悉,从而导致事故。与此同时,粮库的安全氛围整体较差,作业人员之间所传递的经验论,存在盲目从众思想严重,不能严格按照规章制度作业。

2.3 粮堆埋人事故致因链

利用事故致因“2-4”模型对粮堆埋人事故进行原因分析,构建事故致因链如图 2 所示。

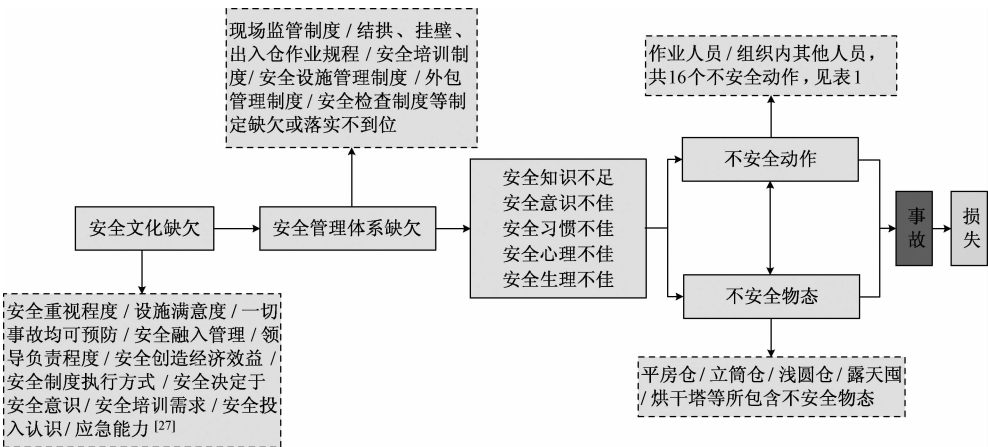


图 2 粮堆埋人事故致因链

3 预防对策研究

为有效预防粮堆埋人事故发生,粮库应加快安

全文化建设,形成良好安全氛围。进一步完善安全管理体系,制订规章制度,改善人员的知识、习惯、

意识等致因因素。进而减少人的不安全动作,消除不安全物态。在事故调查报告已给出的事故预防建议基础上,提出更加针对性的预防对策。

3.1 提高粮库作业管理人员安全素质及能力

对于储粮单位和企业高层管理者,应积极学习国家安全生产相关法律法规政策和粮食局有关规定,定期进行安全培训和教育,注重企业安全文化建设,制订安全管理体系,强化安全意识,将“安全第一”和“质量第一”的粮食储存理念根植内心,并融入到日常的决策、领导和管理工作,树立安全工作的优秀榜样。

对于中层粮库管理者,应在取得相应工作资质,并且通过上岗培训后方能入职。相关资质应经过严格考核,避免虚假情况发生。上岗培训内容不应局限于硬性储粮作业技术方面的知识能力,更应该关注管理人员自身素质、意识、性格等方面,使之能够在遇到紧急状况时按照规章程序合理处理有关事件。

对于粮库基层工人,做好岗前培训和定期培训,培训内容包括安全生产政策法规劳动纪律方面的思想教育培训、作业必要的安全知识培训、专业技能培训等,使之熟悉单位的工作内容。对于处理结拱、挂壁、出入仓等工人,应进行更加严格培训,并做到技术交底。完善外来人员审批考核制度,提高安全生产素质及能力。与此同时,老员工可以带领新员工进行作业,方便其快速掌握作业的技巧,但避免“经验论”。最后,强化作业人员严格遵守操作规程的意识,培养其对于安全防护设施的使用习惯,减少不安全动作的产生。

3.2 保障仓房质量和安全防护设备设施配置

针对大部分粮库建设施工采用外包模式等问题,各储粮单位和企业应制订完善相应施工单位资质审批制度,对于资质不齐全、有质量问题前科的施工单位应谨慎考虑。定期开展仓房隐患专项排查及治理工作,对平房仓仓壁和挡粮板,立筒仓锥形漏斗,露天囤的囤基,烘干塔烘前烘后仓等存在较大风险的部位应提高验收标准,加大检查力度,保证粮库仓房的质量安全,避免不安全物态向事故转变。

安全防护设备设施包括个人防护用品和其他安全防护设施两大类。企业和储粮单位应建立和完善安全防护设备设施管理制度。对于个人防护用品,诸如:安全带、安全绳、安全帽等,应保证充足,并检查粮库基层作业人员使用情况,落实使用

不良人员的惩罚制度,确保作业人员对于个人防护用品的正确使用。对于其他的安全防护设施,则注重针对出仓、入仓、熏蒸、烘干等所使用的机械和作业现场设立的专门安全防护设施,包括设备的连锁设置、接地器、安全护罩、保险装置等,现场的安全网、安全护栏、警示标语、信号装置等。针对此类防护设施,首先保证防护用品质量,杜绝“三无”产品进入现场;其次,根据规定和实际需要,配备足够的防护设施,必要时可建立冗余防护系统,确保安全最后防线的稳固。

3.3 加强不同仓房紧固器件检查及管理力度

经过对不安全物态的分析可知,当不同仓房类型所使用的紧固件、加固件等出现问题且未及时排查时,往往会酿成事故。因此,在粮库建设初期,譬如钢筋、钢板、螺栓、露天囤地基等,应对施工单位提出更高要求,使用强度更大、稳定性更好的材料和结构。在后期,对于易损坏和出现故障的部位应加强防范,建立健全紧固器件隐患排查制度,坚持定期检查和专项检查相结合,对重点部位做到信息清晰,排查及时,治理到位,实现闭环管理,彻底消除紧固器件隐患。

3.4 积极完善落实管理制度和安全文化建设

建立有效安全管理组织机构。各储粮单位和企业应建立横向到边,纵向到底的安全管理组织结构,明确各级领导、各部门、各类作业人员的职责,形成自上而下的安全生产保障体系。并在此基础上制定安全生产责任制,划分安全生产领导小组、安全管理负责人和作业安全员的职责权限。

完善安全管理体系和制度。安全管理组织机构应根据国家安全生产方针、政策、法律、法规以及粮食局相关文件,以安全目标为核心,建立从粮库建设到作业规章的合理有效全生命周期安全管理体系和制度,具体包括安全责任制、安全生产培训制度、各种作业方案和操作规程、安全防护设备设施制度、安全检查制度、安全交底制度、特种作业人员管理制度、应急管理制度等。针对以上制度,企业和各储粮单位必须严格落实,克服安全薄弱环节,预防事故发生。

积极推进安全文化建设。提高粮库决策层、管理层、基层员工的安全重视程度,形成“一切事故都可预防”“安全就是效益”的理念。在粮库出入库、熏蒸、粮情检测、烘干等作业时重视安全,从作业人员、仓房、自然环境、管理制度等多角度考虑安全,形成良好的安全氛围。

4 结论

本研究基于事故致因“2-4”模型,对粮堆埋人事故原因进行分析,构建事故致因链,并提出预防措施,得出主要结论如下:

1)事故的直接原因:作业人员在不稳定粮堆表面作业,违章处理结拱和挂壁,挡粮板拆除不当,不按照操作规定佩戴安全带和安全绳等不安全动作;组织内其他人员安全培训、交底不到位,未制订作业方案或作业方案制订不合理,未设置安全防护设施等不安全动作;不同仓型所包含的挡粮板设计不合理,锥斗固定不良,倒锥形流动粮堆等不安全物态。

2)事故的间接原因:作业人员和组织内其他人员的安全知识不足、安全意识不高和安全习惯不佳。

3)事故的根本原因:安全检查制度、外包管理制度、安全设施设备管理制度、安全培训制度、现场监管制度等的缺欠和落实不到位;结拱、挂壁等操作规程、粮食出入仓作业规程等的缺欠或未严格规范人员作业。

4)事故的根源原因:事故发生的根源原因是安全文化缺欠。具体包括仓房建设质量差、安全防护设备设施不足、安全培训不到位、企业或储粮单位安全氛围差。

参考文献

[1] 中国粮食白皮书[EB/OL]. <http://www.scio.gov.cn/zfbps/32832/Document/1666192/1666192.htm>.

[2] 张涛,曹阳,赵会义. 缺氧对粮库进仓人员危害的探讨[J]. 粮油食品科技,2014,22(1):130-132.

[3] 吴子丹,何毅. 粮油仓储企业安全生产事故案例分析与防范[M]. 北京:冶金工业出版社,2012:1-2.

[4] 张涛,李娜,杨振和,等. 粮堆坍塌事故安全隐患分析与防范管理[J]. 粮油食品科技,2017,25(1):88-91.

[5] 范华胜. 粮食储藏过程中危险因素及安全防护措施[J]. 粮食储藏,2012,41(2):13-16.

[6] 吴少堂,胡小中,刘继辉. 粮食仓储行业安全生产现状及对策分析[J]. 粮食问题研究,2018(5):12-16.

[7] 袁小平. 浅圆仓作业安全隐患分析及其治理措施[J]. 粮食储藏,2013,42(1):21-25.

[8] 杨振和,苏振华,王东. 粮库进出粮人员伤害事故风险分析

及防范研究[J]. 粮食科技与经济,2017,42(4):10-15.

[9] 傅贵,杨春,殷文韬,等. 安全科学基本理论规律研究[J]. 煤炭学报,2014,39(6):994-999.

[10] 陈秀珍. 行为安全“2-4”模型在建筑施工企业安全培训中的应用[J]. 北京工业职业技术学院学报,2019,18(1):102-106.

[11] 傅贵,殷文韬,董继业,等. 行为安全“2-4”模型及其在煤矿安全管理中的应用[J]. 煤炭学报,2013,38(7):1123-1129.

[12] 傅贵,章仕杰. 事故的直接原因及危险源与隐患关系解析[J]. 中国安全科学学报,2018,28(5):1-5.

[13] 樊运晓,傅贵,朱亚威,等. 安全管理体系产生与发展综述[J]. 中国安全科学学报,2015,25(8):3-9.

[14] REASON J. Human error[M]. New York Cambridge: University Press,1990.

[15] HEINRICH H W,PERERSEN D C,ROOS N R. Industrial accident prevention. a scientific approach [M]. New York:Mcgraw-Hill Companies,1941.

[16] SHAPPELL S A,WIEGMANN D A. A human error approach to aviation accident analysis:the human factors analysis and classification system [M]. New York:Routledge,2017.

[17] 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):36-42.

[18] 田水承,李红霞,王莉,等. 从三类危险源理论看煤矿事故的频发[J]. 中国安全科学学报,2007(1):10-15.

[19] 唐雄山. 组织行为学理论[M]. 北京:中国铁道出版社,2010.

[20] 傅贵. 安全管理学[M]. 北京:科学出版社,2013:43-60.

[21] 傅贵,陆柏,陈秀珍. 基于行为科学的组织安全管理方案模型[J]. 中国安全科学学报,2005(9):21-27.

[22] 高婧玮,贾清淞,傅贵. 护栏伤人事故的行为原因研究[J]. 工业安全与环保,2017,43(11):54-57,62.

[23] 张来林,朱同顺,任力民,等. 浅谈粮食储藏对仓房设计的要求[J]. 粮食加工,2007(4):67-70,77.

[24] 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.

[25] STEWART J M. Managing for world class safety [M]. New York:A Wiley-Interscience Publication,2002:1-31.

[26] 王涛,侯克鹏. 浅谈企业安全文化建设[J]. 安全与环境工程,2008(1):81-84.

[27] 傅贵,何冬云,张苏,等. 再论安全文化的定义及建设水平评估指标[J]. 中国安全科学学报,2013,23(4):140-145.

Research on Causation Analysis and Preventive Measures of the
Accidents of Grain Burying Based on the "2-4" Model

CUI Peng-cheng, ZHANG Tao, CHEN Xin

(Academy of National Food and Strategic Reserves Administration, Beijing 100037, China)

Abstract: The incidence of people buried in grain dumps is high, and the rate of survivors is low. In order to study the causation of accidents and preventive measures, 46 accidents involving people buried in grain piles were analyzed using the "2-4" model. First, the direct and indirect causation of the accident were analyzed from the individual level. Second, the basic causation and root causation of the accident were analyzed from the organizational level. Finally, the causation chain of the accident of the people buried in the grain pile and propose preventive measures were built. The results show that unsafety actions such as working on the surface of unstable grain piles, inadequate safety training, and unsafety physical conditions such as unreasonable design of the grain board are the direct causations of the accident; insufficient safety knowledge, low safety awareness, and poor safety habits are the indirect causation of the accident; the lack of safety inspection system, outsourcing management system, safety facilities, equipment management system, arching, and the lack of operation procedures to deal with arching and wall-mounting, and the lack of grain storage operations procedures are the root causes of accidents; the root causation of accident is the lack of safety culture.

Key words: 2-4 model; buried in grain dumps; causation analysis; preventive measures

(上接第 263 页)

Effect Law of Microwave Thermal Effect on Thermal Damage of Shale Structure

LI Hong-zhao¹, CHEN Yan-qi¹, HE Le-ping², QU Yan¹

(1. School of Civil Engineering and Mapping; 2. State Key Laboratory of Petroleum Reservoir Geology and Development Engineering, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China)

Abstract: As a kind of unconventional oil and gas resources, shale oil and gas resources are difficult to exploit and have low economic benefits due to their low porosity and permeability. In recent years, microwave as a new heating technology in shale oil and gas production has gradually been paid attention to and carried out a series of studies. Microwave thermal effect can destroy the rock structure, improve the permeability of oil and gas effectively, reduce the difficulty of extraction, and study the process and mechanism of thermal damage of shale under microwave irradiation is of great significance to the exploitation of shale oil and gas resources. In this study, the self-made microwave heating equipment was used to carry out irradiation tests on shale, and the influence of irradiation temperature (500-900 °C) on shale structure damage was investigated. The microstructure of shale under microwave irradiation and the evolution of mineral crystal phase were revealed by means of scanning electron microscope, X ray diffraction spectrometer (XRD), X ray fluorescence spectrometer (XRF) and comprehensive thermal analyzer (TG-DSC), and the relationship between microwave irradiation temperature and its porosity was established. It is shown that microwave irradiation can cause irreversible thermal damage to shale, increase the cracks and pores of shale, open the percolation channel for shale oil and gas migration, and reduce the difficulty of exploitation of shale oil and gas resources. The results of this study are of great significance for the development of shale oil and gas resources by microwave heating.

Key words: shale; unconventional petroleum resources; microwave irradiation; high temperature; structural damage