

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2015.03.021

基于集成场的冷链突发事件防范与 应对策略研究

董千里, 马靖莲

(长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

摘要:以冷链突发事件为例,依据集成场理论,从冷链系统顶层的集成体、基核和联接键等关键要素出发,分析了当前冷链突发事件中存在的问题。对冷链突发事件形成的因素和事件特点进行了归纳,针对不同的物流集成体服务模式的优劣以及如何更好地提高冷链物流运作的效率进行了合理的分析。结果表明:公共型基核是冷链系统今后一段时间的重点发展项目;基核微观运作直接影响到冷链作业质量和系统安全,需要加强公共型基核现场运作的综合信息系统等联接键构建,提升全系统的资源整合能力和可视化监管能力,提升基核对冷链突发事件的防范与应对能力。同时针对基本服务模式提出了冷链突发事件防范的若干建议。

关键词:运输经济;冷链;集成场理论;突发事件防范;基核;公共型

中图分类号:F252.2

文献标识码:A

文章编号:1002-0268(2015)03-0129-06

Study on Prevention and Coping Strategies of Emergency of Cold-chain Based on Integration Field

DONG Qian-li, MA Jing-lian

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an Shaanxi 710064, China)

Abstract: Taking the emergencies of cold-chain for example, starting from the integration body, base-nucleus and join key in top of cold-chain system, we analyzed the current problem of the emergencies of cold-chain based on the theory of integration field. We summarized the forming factors and event features of cold-chain emergencies, and reasonably analysed the pros and cons of different logistics integrate service model and how to better improve the efficiency of cold-chain logistics operation. The result shows that (1) public base-nucleus is key development project of cold-chain system in the next period of time; (2) the base-nucleus microscopic operation will directly affect the quality of cold-chain work and system security, it need to strengthen the structure of join keys of the integrated information system for field operation of public base-nucleus and enhance the ability of resource integrating and visualization regulatory of the whole system for making base-nucleus enhance the ability of cold-chain emergency preparedness and response. We also gave some suggestions of the prevention of cold-chain emergencies for the basic service model.

Key words: transport economics; cold-chain; integrated field theory; emergency prevention; base-nucleus; public type

0 引言

我国冷链服务不仅市场空间大,发展速度快,

也是产业联动发展的一个重要领域,然而其需求与供给之间差异却很大。在目前的快速发展中,物流园区中相关项目很多,但企业多关注于冷库、设备、

收稿日期:2014-02-21

基金项目:国家社会科学基金项目(13BJY080);中央高校基本科研业务费专项资金项目(2014G6235035)

作者简介:董千里(1954-),男,陕西西安人,博士生导师,教授。(dongql169@vip.sina.com)

车辆等冷链平台建设,对于冷链物流组织与运营管理建设关注不够,对冷链系统(包括冷链平台和冷链物流)紧密衔接、精准对接以及人-机-物-环境的专业知识和安全保障能力等准备不够。

广义冷链是包括农产品、加工品、药品等对象的冷链物流,其物流业务属于特货物流领域^[1],目前国内是一个成长非常快的专业化物流领域。通常讲的冷链更多地涉及农产品物流,包括生鲜农产品、肉、禽、蛋、奶的冷链物流和其加工品等物流。在其采购、生产、运输、销售、消费等环节有不同主体参与了产业联动过程,产业集聚和辐射形成了公共型基核关系相关业务运作基地。集成场理论认为其范畴包括集成体、基核和联接键等^[2]。在区域经济与物流过程中涉及不同产业联动的基核布局,形成了制造业与物流业联动的融合型、连接型和公共型基核关系,其中公共型基核运行是最复杂的。

本文以现有的冷链突发事件为例,分析冷链突发事件的识别模式、因素、特点,基于集成场理论,对冷链平台系统和冷链物流作业突发事件防范与应对策略问题进行讨论。

1 冷链物流特征

物流集成体主导的物流链^[3]是物流高级化发展的一种专业化组织形式,冷链是其典型代表之一。冷链物流典型特征与大宗农产品、工业品的物流链形式、运作模式不同,它是由更多主体参与的,涉及内容和程序更为复杂的业务过程。公共型基核冷链运行尤其如此,需要冷链系统构建封闭的冷链物流运作过程,主要表现在以下几方面:

(1) 冷链作业主体多、环节多^[4]。冷藏品生产基地封闭,冷链过程分散,要求各个环节衔接紧密、精准对接,信息联接要求实时统一。例如,某药厂药品生产过程完全按照冷链要求严格运作,但其药品在机场等待装飞机过程中暴晒3 h,冷链显性断裂导致这批运往欧洲的药品全部报废。又如,果蔬采摘、预冷、产地冷藏、冷藏运输、销地冷藏、零售冷柜、家庭冰箱等构成的物流链,其冷链隐性断裂造成的风险是潜在的,有时需要专门仪器检测才能发现。

(2) 设施设备种类多,分散运行。冷链物流涉及多类集成体、由多种载运工具与基核衔接。公共型基核以冷库为作业基地连接了众多冷链物流过程,需要依托基核作业平台及时有效地通过多种载运工具进行冷链系统无缝衔接。有关数据显示,我国冷库库容量为1 500万吨,机械冷藏列车近7 500列,机械冷藏汽车有4万

辆,冷藏船吨位为10万吨,年集装箱生产能力为100万标准箱,但其物流相应标准才刚刚颁布。

(3) 在公共型基核冷链物流中潜藏多种隐患。诸如,操作人员、载运工具、装卸设备、制冷化学因素、安全管理系统等,每个环节都可能存在安全隐患。特别是公共型基核的冷链物流过程涉及车辆、环境、人员等因素,业务频繁,潜在危险因素多。

2 现状问题:冷链突发事件的形成

2.1 冷链突发事件简介

冷链突发事件可分为冷链平台事件和冷链物流引发事件两部分。近年来,生产基地、物流作业基地、冷链作业过程等场合突发事件频发,社会影响很大。这里根据新闻报道列出的部分案例,用冷链突发事件识别模式“××集成体+××基核+××联接键”进行概要说明^[5-6]。

从大量事实可以看出,冷链突发事件的起因、爆发、扩散等都与冷链系统管理密切相关,从这一角度可以将冷链突发事件大致分为以下几种类型:

(1) 冷链物流作业发生的突发事件。由于失误、失控造成冷链物品重大经济损失。例如,公路冷链与航空冷链间发生断裂造成几百万元价值药品失效、报废。

(2) 冷链平台故障引发的突发事件。由于冷链基核设备故障、管道锈蚀、冷媒剂散发、爆炸造成生命财产重大损失等。大型禽类屠宰场都是全冷链生产,屠宰车间、分割车间都是封闭、低温运行,因此需要液氨进行制冷,一般有规模的屠宰加工厂都会有几吨或者更多的液氨存在。液氨具有腐蚀性,且容易挥发,所以其事故发生率相当高。

(3) 系统组织管理失效的突发事件。由于采购、检验、入库等环节造成原料错误、食品中毒、药品失效,引发生命健康重大损失。例如,冷链断裂造成疫苗、药品失效,铸成生命重大损失等。

2.2 冷链突发事件的因素与特点

表1为冷链突发事件识别模式。冷链突发事件既可能由外部突发事件引起,也可能由单因素或多因素联合导致。由此可见,引起冷链突发事件的因素不但多样,而且突发事件的表现形式及影响更是迥异。依据集成场范畴,冷链突发事件发生因素识别模式=(‘平台+生产’或‘平台+加工’或物流)集成体+(生产或物流)基核+(‘功能+技术’或‘过程+技术’或技术)联接键。所以,分析一般冷链突发事件的主要因素涉及人-机-物-

表1 冷链突发事件识别模式
Tab.1 Cold-chain emergency recognition model

时间	地点	主要原因	识别模式
2008-05-02	湖南泸溪县1辆运输液氨的槽罐车	液氨泄漏	物流集成体+物流基核+(功能+技术)联接键
2009-05-05	云南省昆明市兰龙潭屠宰厂	液氨泄漏	(平台+生产)集成体+物流基核+技术联接键
2009-08-05	内蒙古赤峰市赤峰制药厂	液氨泄漏	物流集成体+生产基核+(功能+技术)联接键
2011-08-28	河北万全县佳绿农产品公司	液氨制冷管道爆炸	(平台+生产)集成体+生产基核+技术联接键
2012-10-22	湖北洪湖市德淡水产公司	氨气泄漏	物流集成体+生产基核+技术联接键
2012-12-21	浙江省舟山市1艘进行海上冷冻品过驳作业的渔轮	氨气泄漏	物流集成体+物流基核+(过程+技术)联接键
2013-04-01	金锣集团山东临邑某肉类加工厂	氨气泄漏	(平台+加工)集成体+物流基核+技术联接键
2013-04-21	四川眉山市仁寿县金凤食品厂	氨气泄漏	(平台+生产)集成体+物流基核+技术联接键
2013-06-03	吉林省德惠市米沙子镇的宝源丰禽业有限公司	突发火灾	(平台+加工)集成体+生产基核+技术联接键
2013-08-31	上海宝山区翁牌冷藏实业有限公司	液氨泄漏	平台集成体+生产基核+技术联接键

环境等方面因素,见图1。

一般冷链物流突发事件的特点^[7]如下:

(1) 爆发的突发性。短时间内突然发生,供应

链成员企业往往措手不及,事件后果准备不足,容易丧失正确决策和挽救损失的最佳时刻。

(2) 后果的灾难性。冷链突发事件是偶发事件,极少爆发,但一旦爆发,后果特别严重,可能使供应链发生断裂、崩溃,也有可能影响社会的突发事件,对整个国家造成不良的国际影响。

(3) 链状的蔓延性。冷链突发事件可能随供应链环节蔓延(原料供应商-部件供应商-产品总装厂-产品销售商-消费者),也可能随冷链传递关系影响到整个产业链。

(4) 应对的迷惘性。一般情况下,突发事件不是常规性企业和供应链管理程序和方法可以解决的,因此,若不能识别突发事件起因,就会出应对现迷惘状态。

3 基核关系:服务模式与突发事件分析

从冷链物流过程的突发事件分析,涉及基核的因素有生产基核、物流基核、流动性作业点以及物流过程。与物流过程衔接的基核拥有冷库将会成为趋势,有必要对其突发事件的防范能力进行识别,从而在突发事件潜伏时杜绝其发生,这一阶段若不能奏效,就是突发事件的应急管理问题了。

3.1 基核类型与控制水平

产业联动发展过程中基核具有货物集散中心、物流信息中心和物流监控中心“三中心合一”的集成管理^[8]功能,基核间关系类型体现了冷链服务与控制模式及其控制水平。

产业联动中基核(产品生产或物流基地)间的关系一般有3种:融合型、连接型、公共型。其中融合型基核关系往往是物流集成体一对一服务模式;连接型基核关系往往是集成体,多是一对一或多对一服务模式;公共型基核间关系往往是物流集成体一对多、物流集成体多对多服务模式。

在物流集成体一对一和物流集成体多对一服务

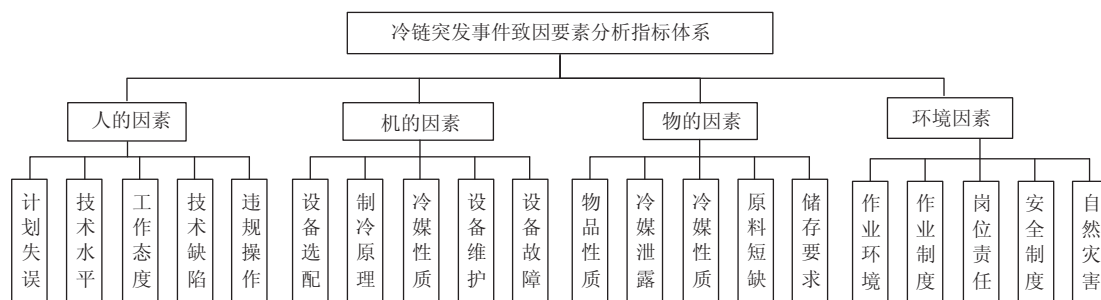


图1 冷链突发事件致因因素分布

Fig.1 Cold-chain emergency cause factor distribution

模式中,服务对象专一,业务功能相对集中,品种简单,容易形成稳定协同的发展和运行机制,供应链管理专业程序相对稳定。

在物流集成体一对多、多对多服务模式中,服务对象众多,业务功能多,标准差异大,货物品种复杂甚至不稳定,所涉及运作服务系统也比较复杂,难以形成统一、稳定的运作服务和业务管理体系。

随着冷链服务能力的提升和快速发展,很多物流园区、物流中心都建有冷库,提供冷链物流服务的规划需要在冷链服务供方之间、需方之间和供需双方之间达成协同运作体系。在公共型基核实施管理的平台集成体中进行冷链物流运作的物流集成体往往不是同一个集成体。要求能使来自不同集成体和有不同运营管理职能要求的组织,能够在不同集成体之间和同一集成体的不同阶层之间实现有效的信息沟通、运作指挥和协同管理。随着物流产业的升级和需求发展,这种冷链系统建设和发展需要越来越强。

3.2 防范与应对问题的思考

冷链突发事件应急管理^[9]做得好的标志:一是加强防范识别,杜绝其突发事件发生;二是加强应对管理,一旦发生尽可能降低损失。前者要求做好防范工作,防范突发事件发生,将其在潜在阶段就得以识别,避免突发事件发生;后者要求做好应对工作,减少突发事件造成的损失,尽早恢复原来的生产秩序和环境。根据供应链突发事件集成管理的要求,要加强主动性防范和应对工作。

在产业联动领域内的一部分冷链突发事件是有因果链关系的,可以根据因果链关系预测上游突发事件对下游企业造成的影响,进而预防。因此可以将冷链突发事件的发生划分为以下两方面,这两方面分别与平台集成体和物流集成体的工作密切相关。

(1) 冷链平台故障造成的突发事件。显然,冷链突发事件除部分外因(如自然灾害)导致以外,大部分(如操作失误、管道锈蚀、阀门泄露、冷媒外泄等)是可以防范的。这一部分与基核冷链平台建设维护保障过程密切相关,涉及平台集成体对冷链平台的管理。

(2) 冷链物流过程发生的突发事件。这一部分与物流集成体的调度、组织、监控和管理过程密切相关,事发虽偶然,但仍可以从中发现现场作业人员操作是否符合标准规范。

冷链平台集成体和物流集成体都应当尽可能做好防范工作,即针对冷链突发事件的潜伏、发生、

发展和处置的全过程,展开冷链风险管理、冷链危机管理和冷链应急管理3个相互关联的管理。基核的区位是固定的,而基核相关的物流作业过程却是动态变化的,都需要用辩证的方法认识和处理冷链平台或冷链物流突发事件在风险、危机阶段的识别、预警和突发事件发生后的应对、善后等内容。

供应链突发事件集成管理^[10]是集供应链风险管理、危机管理和应急管理为一体的管理过程。将常规冷链突发事件管理与其风险管理、危机管理紧密结合起来,就可以将冷链突发事件的识别、防范、应对和应急管理措施做到位。

4 集成管理:冷链突发事件的防范与应对

从集成场视角认识冷链平台与冷链物流突发事件的防范与应对,可以从集成场的基本范畴寻找关键因素,设计识别、防范和应对的集成管理策略。

4.1 冷链突发事件集成管理的内容

根据供应链突发事件集成管理的概念^[11],冷链突发事件管理应围绕突发事件本身发展的全过程展开,其主要研究内容包括以下3个方面:

(1) 研究冷链突发事件的潜在诱发因素与风险的识别^[12],分析评价风险因素和冷链风险预警、监控机制。

(2) 研究冷链突发事件的形成,分析其发展与演化趋向,判断其存在规律与特征,防止冷链风险向危机转化。

(3) 研究冷链突发事件的应对方式、应急措施,以缩短事故发生过程,降低事件的损失、影响。

以上3方面内容共同组成了对冷链突发事件全生命周期的管理覆盖,构成了冷链突发事件管理体系。其中,冷链风险管理是供应链突发事件研究中的核心内容,冷链突发事件发生后的应急管理也具有十分重要意义。

4.2 基于集成场范畴的防范与应对认识

4.2.1 集成体的防范与应对作用

在公共型基核中,冷链平台集成体和冷链物流集成体往往不是同一个集成体。冷链基核运营管理的平台集成体涉及整个冷链基地的建设、运营、管理,参与冷链业务的物流集成体在战略层面要达成供应链整体价值意识和价值增值认识,具有冷链物流的专业能力和安全作业意识。

平台集成体要监督、监控具体冷链作业过程,防止意外和突发事件发生。现场作业业务人员往往来自不同集成体,与平台集成体不是同一个组织系

统,但需要有统一业务操作标准,不仅需要实时沟通联系,而且需要掌握其基本业务素质,在运作过程中可能存在素质不足的业务风险。

发展大型的专业冷链物流企业,提高员工的冷链物流专业技能。冷链物流现场作业人员与其突发事件直接关联,需要加强组织间联系和提高专业素质。在现场要有提示和警示标志,防止现场作业失误。

4.2.2 基核的支持和维护作用

冷链基核提供了冷链物流运作平台。冷链(仓库)基础设施设备和(交通)环境状况成为吸引相关集成体的场源。需要关注制冷系统及其原理,关注冷媒化学性质。

公共型基核冷链物流集成体一对多、多对多的服务模式,决定了多元服务对象、多元物流集成体在冷链物流集成管理中的要求和动态监控能力及水平。冷媒化学性质加大了冷链物流全过程集成管理的难度,需要从粗放型管理到精细化管理,用综合信息平台作为公共型基核联接不同集成体的综合联接键。

4.2.3 联接键的记录、识别、防范、鉴定作用

在功能、信息、技术、过程等联接键构建过程中,要抓住联接键的以下几个关键技术和作用。

(1) 系统实时记录的联接键。系统信息包括系统温度、维护、冷媒泄露等实时记录,这是最重要的冷链系统原始服务功能。作业质量、运行绩效识别、考察指标、冷链温度、泄漏警示、维护质量等自动记录、识别、监控、管理体系联接键的设计、运用、推广、管理需要进一步研究和发展。

(2) 全程跟踪监控的联接键。通过冷链跟踪与监控记录、冷链温度定位、冷链温度GPS等措施,来满足温度敏感性产品对于生产、贮藏、运输、销售等环节的特殊要求。例如有些产品就必须始终处于预定的低温环境下,以保证物品质量,减少物流损耗。由于环境变化较大,且限于技术和成本等因素,物品温度的改变会在运输和配送过程中造成质量事故。

(3) 科学鉴定管理的联接键。由于运输配送过程的封闭性,常常需要对后续的事故原因进行鉴定,即物品温度超过限制范围是何时何地开始出现的?是由于环境的突发性因素还是冷藏系统的持续性故障导致的?这些问题的解决需要一个能够持续记录物品温度并将此温度数据便捷存储和发送到后台管理系统的技术。该技术要能够使参与冷链过程的各个集成体都能得到承认。

5 结论

针对冷链市场需求和供给能力的发展,指出支持冷链的公共型基核将会有很大发展。为防范冷链突发事件,从集成场视角分析集成体、基核、联接键在冷链突发事件中的潜在风险,从防范和应对的角度提出思路和策略。

(1) 公共型基核冷链的特征是一对多和多对多的服务模式,在集成体、基核、联接键方面具有关系复杂、全程监控、集成管理难度高的特点。基于集成场理论建立公共型基核防范和应对突发事件要把重点放在防范体系上,如加强冷链(平台)系统、冷链物流过程安全和突发事件集成管理体系,打造好不同集成体之间的综合信息平台联接键是其中的关键环节。

(2) 加强依托基核的冷链平台维护集成体监管体系建设,开发和应用自动识别、报警系统。公共型基核的集成体要从物流地产经营模式转变为平台经营模式,对冷链平台和冷链物流运作安全全面负责。

(3) 加强公共型基核冷链物流集成体一对多、多对多物流现场作业监控体系建设,包括自动识别、自动报警、实时记录、监督处罚系统、制度等建设。加强物流集成体一对多、多对多冷链现场业务人员的现场作业、职业素质、过程监管和业务监控培训,包括从业培训、职业考核、现场监控、远程监控等系统、管理制度等建设。加强冷链物流业务联接键对接建设,包括基核-车辆-基核温控实时记录、温度监控全程记录等冷链物流作业现场监控等技术手段的使用、维护、监测管理等工作。

(4) 对于大型公共型基核冷链系统(包括冷链平台和冷链物流),要针对可能发生的冷链突发事件设计防范和应对预案,进行预案演习,把可能造成的损失降到最低。

参考文献:

References:

- [1] 董千里. 特种货物运输 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2007.
DONG Qian-li. Special Cargo Transportation [M]. Beijing: China Railway Press, 2007.
- [2] 董千里. 物流集成场: 国际陆港理论与实践 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2012.
DONG Qian-li. Logistics Integrated Field: Theory and Practice of International Inland Port [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2012.
- [3] 董千里, 董展. 制造业与物流业联动集成场的场线形

- 成及推论研究 [J]. 物流工程与管理, 2013, 35 (2): 68-71.
- DONG Qian-li, DONG Zhan. Research on the Field-line Formation and Inferences of the Integration-field for Manufacturing and Logistics Industry-linkage [J]. Logistics Engineering and Management, 2013, 35 (2): 68-71.
- [4] 董千里. 功能型物流 [M]. 大连: 东北财经大学出版社, 2009.
- DONG Qian-li. Functional Logistics [M]. Dalian: Dongbei University of Finance and Economics Press, 2009.
- [5] 董千里, 陈树公, 王建华. 物流运作管理 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2010.
- DONG Qian-li, CHEN Shu-gong, WANG Jian-hua. Logistics Operation Management [M]. Beijing: Peking University Press, 2010.
- [6] XU Lei, DONG Qian-li, LIU Kai-zheng. Analysis and Recognition for Industry Characteristics of Emergency in Supply Chain Based on Fuzzy Clustering [C] // Proceedings of 2010 International Conference of Information Science and Management Engineering. Xi'an: IEEE, 2010: 430-432.
- [7] 董千里. 供应链突发事件集成管理研究 [J]. 物流技术, 2009, 28 (7): 180-184.
- DONG Qian-li. Research on the Integrated Management for Supply Chain Emergencies [J]. Logistics Technology, 2009, 28 (7): 180-184.
- [8] 董千里, 鄢飞. 物流集成理论及实现机制 [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2011.
- DONG Qian-li, YAN Fei. Logistics Integration Theory and Implementation Mechanism [M]. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2011.
- [9] 肖开红. 供应链突发事件研究现状分析与展望 [J]. 河南社会科学, 2012, 20 (3): 82-85.
- XIAO Kai-hong. Research Status Analysis and Prospect of Supply Chain Emergencies [J]. Henan Social Sciences, 2012, 20 (3): 82-85.
- [10] 董千里. 基于集成场理论的制造业与物流业网链融合发展机理研究 [J]. 物流技术, 2013, 32 (3): 1-3.
- DONG Qian-li. Study on Mechanism of Integrated Development between Manufacturing and Logistics Industries Based on Integrated Field Theory [J]. Logistics Technology, 2013, 32 (3): 1-3.
- [11] 董千里. 供应链管理 [M]. 大连: 东北财经大学出版社, 2009.
- DONG Qian-li. Supply Chain Management [M]. Dalian: Dongbei University of Finance and Economics Press, 2009.
- [12] XU Lei, DONG Qian-li, LIU Kai-zheng. Recognition for Causation Factor Characteristics of Emergency in Supply Chain Based on Principal Component and Clustering Analysis [C] // 2010 International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems. Wuhan: IEEE, 2010: 1-4.
- (上接第56页)
- [11] 席连海. 轻型井点降水联合强夯法加固吹填土地基研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- XI Lian-hai. Research on Mildtype Well Point Dewatering Associate with Heavy Tamping Reinforcing Hydraulic Fill Subgrade [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2008.
- [12] 周健, 崔积弘, 贾敏才, 等. 吹填细砂软弱地基处理试验研究 [J]. 岩土力学, 2008, 29 (4): 859-864.
- ZHOU Jian, CUI Ji-hong, JIA Min-cai, et al. In-situ Test Study on Ground Treatment of Hydraulic Fine Soils [J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29 (4): 859-864.
- [13] 叶观宝, 陈望春, 徐超. 强夯法地基处理有效加固深度的分析研究 [J]. 上海地质, 2003 (3): 22-25.
- YE Guan-bao, CHEN Wang-chun, XU Chao. Analysis on Effective Improvement Depth of Dynamic Consolidation [J]. Shanghai Geology, 2003 (3): 22-25.
- [14] 孟祥彬, 姚凯, 吴庆东, 等. 强夯加固废弃铁矿渣路基的动应力扩散规律实验研究 [J]. 山东大学学报: 工学版, 2012, 42 (1): 87-92.
- MENG Xiang-bin, YAO Kai, WU Qing-dong, et al. Test Study on Soil Dynamic Stress Diffusion of a Waste Iron Slag Embankment During Dynamic Consolidation [J]. Journal of Shandong University: Engineering Science Edition, 2012, 42 (1): 87-92.
- [15] 张平仑, 汪稔. 强夯法施工实践中加固深度问题浅析 [J]. 岩土力学, 2000, 21 (1): 76-80.
- ZHANG Ping-cang, WANG Ren. A Study of Dynamic Consolidation Depth in Engineering Practice [J]. Rock and Soil Mechanics, 2000, 21 (1): 76-80.
- [16] 宋修广, 周志东, 杨阳, 等. 强夯法加固无黏性土路基的现场试验与数值分析 [J]. 公路交通科技, 2014, 31 (3): 1-6.
- SONG Xiu-guang, ZHOU Zhi-dong, YANG Yang, et al. Field Test and Numerical Analysis of Dynamic Compaction on Cohesionless Soil Subgrade [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2014, 31 (3): 1-6.
- [17] 祝介旺, 李新年, 王思强, 等. 黄河冲洪积土强夯作用下孔隙水压力增长与消散规律 [J]. 岩土力学工程学报, 2003, 22 (3): 500-504.
- ZHU Jie-wang, LI Xin-nian, WANG Si-qiang, et al. Increasing and Dissipation Regularity of the Pore Water Pressure under the Dynamic Compaction Action to the Alluvial Diluvium Soil of Yellow River [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2003, 22 (3): 500-504.