

疫苗智能物流包装设计

孙建明¹, 李昭¹, 张娇娇², 刘青¹, 刘梦雨¹

(1.河南科技大学, 洛阳 471023; 2.河南省医疗器械检验所, 郑州 450000)

摘要: **目的** 针对疫苗本身的特点以及我国疫苗物流包装监管系统的不足, 设计一种疫苗智能物流包装系统。**方法** 在对疫苗物流包装现状进行分析的基础上, 将物联网、无线通信、传感器等技术融入传统的疫苗物流包装中, 以解决传统疫苗物流包装存在的问题, 实现疫苗智能物流包装。**结果** 系统主要包括物流包装模块和智能物联模块。物流包装模块通过包装结构设计保证疫苗的包装动力学安全以及物理化学性能安全; 智能物联模块通过技术集成可对疫苗主要信息参数(如温度、流通地域)进行实时监测, 实现疫苗质量信息的全面追溯, 并可建立温度信息安全预警机制。**结论** 系统可为疫苗的供给提供更加安全可靠的物流包装, 便于相关部门掌握疫苗实时有效的信息。

关键词: 疫苗; 物流包装; 智能物联; 信息追溯

中图分类号: TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)11-0035-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.11.007

Design of Intelligent Logistics Packaging System for Vaccine

SUN Jian-ming¹, LI Zhao¹, ZHANG Jiao-jiao², LIU Qing¹, LIU Meng-yu¹

(1.Henan University of Science & Technology, Luoyang 471023, China;

2.Henan Province Medical Instrument Testing Institute, Zhengzhou 450000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a kind of intelligent logistics packaging system for vaccine based on the characteristics of the vaccine and the deficiency of China's vaccine logistics packaging supervision system. The internet of things, wireless communication, sensor and other technologies were integrated into the traditional vaccine logistics packaging to solve the problems in traditional vaccine logistics packaging and achieve the vaccine intelligent logistics packaging based on the analysis of the current situation of vaccine logistics packaging. The system mainly consisted of the logistics packaging module and intelligent material union module. The logistics packaging module ensured the safety of packaging dynamics and physical and chemical properties of vaccine through the packaging structure design. The intelligent material union module could monitor the main parameters of vaccine information (such as temperature, geographical distribution) in real time to achieve comprehensive traceability of vaccine quality information and establish the early warning mechanism of temperature information security by means of technical integration. The system can provide a safer and more reliable logistics package for the vaccine supply and facilitate the relevant departments to grasp the real-time and effective information on the vaccine.

KEY WORDS: vaccine; logistics packaging; intelligent material union; information traceability

疫苗与其他药品不同, 属于冷藏特殊药品, 对储存、运输的环境温度有着严格的要求, 其储运温度一般为 $2 \sim 8 \text{ }^{\circ}\text{C}^{[1-2]}$ 。质量是疫苗的第一生命, 疫苗的失效一般较难直接从感官上识别, 这就加大了疫苗出

现问题时的隐蔽性和识别的困难性^[3]。当发现问题时, 往往有较多的受种者已接种, 造成严重影响。其次是疫苗的时效性, 一旦疫苗超出有效期将不能注射。疫苗接种直接影响人的生命健康, 而其质量问题

收稿日期: 2018-01-05

基金项目: 陕西省印刷包装工程重点实验室开放课题(2017KFKT-01)

作者简介: 孙建明(1978—), 男, 博士, 河南科技大学副教授, 主要研究方向为智能包装系统的开发设计和印刷质量在线检测。

较多地发生在物流包装过程中,若储存运输未经严格有效的监管,将会给社会带来严重的不良影响。文中针对疫苗智能物流包装系统进行设计研究。

1 疫苗物流包装现状

1.1 政策分析

疫苗物流包装与政府导向密切相关,但目前国家和企业在疫苗物流包装的政策制定和监管方面还有诸多不足,缺少系统的质量监控体系,缺乏完善的设备和技术支撑。2011年,国家出台了《疫苗供应体系建设规划》,但由于《规划》只是大体提出了疫苗运输体系的指导思想、基本原则与发展目标等规划大纲,细节规划并没有出台,导致可操作性不强,监管操作也不能实施到位。随着近年来国家对疫苗的严控,尤其是二类疫苗,使得企业可获得的利润降低,并且物流行业内部也存在较多的恶性竞争。企业为了降低成本,就出现了2017年11月长春和武汉2家公司生产了65万余支不合格疫苗等一系列恶性事件。

1.2 运输条件分析

疫苗物流具有批次多、区域多、流通层次多、渠道长等特点^[4],难以实现大规模集中运输。由于疫苗属于分级销售,整个疫苗供应链环节(生产商、分销商、运输商、使用对象等)之间无法建立有效关联,且物流企业的数据库大多连续性不强,导致对数据的收集整理难度大。尤其是在物流不发达的三、四线城市及广大农村,难以实现对整个物流链的无缝对接及全方位监控,如果疫苗出现问题,很难查到在哪个环节出现的差错^[5]。在如此错综复杂的市场环境下,既要满足疫苗的接种需求,又要保障疫苗质量安全,这给疫苗物流包装带来了极大挑战。

1.3 监控现状分析

目前疫苗物流包装监控以现场监控为主,通常借助冷藏车、保温箱、冷库等温控设备,与国外先进的远程检测监控技术相比还相差甚远。疫苗物流包装信息化管理的落后,导致出现疫苗供应不及时、信息不准确以及信息滞后等问题。在整个疫苗物流过程中缺乏系统有效的智能检测监控,大多疫苗物流企业还是以人工抽样的方法进行检测和记录,但是疫苗作为特殊产品需要全程不间断地检测其温度变化的信息。人工抽样法使得运输效率较低且记录数据易出错,如果疫苗物流过程中出现问题,则不易查到问题源,更不能及时发出警报,从而采取相应措施。

2 疫苗物流包装方案

解决疫苗物流包装中存在问题的关键,是建立专业的第三方物流公司及疫苗物流包装大数据共享平

台,提供专业的物流服务及全面的物流信息。

2.1 引入第三方物流公司

引入第三方物流公司参与整个物流运输过程,实现一体化服务,建立独立于供需双方的第三方物流是社会分工和现代物流发展的趋势。供方或需方自营的物流成本较高,企业难以承受,随着企业市场规模的不断扩大,借助提供一体化服务的第三方物流将是突破疫苗流通瓶颈的重要手段^[6]。第三方物流企业将产品包装、产品储存、物流配送等相互独立的过程进行整体规划和统一管理,以实现物流包装效果的最优化,降低整个供应链综合成本,同时也可提高企业的竞争力^[7]。

2.2 建立数据共享平台

搭建各个物流企业数据共享平台,在分级流通过程中,将每个公司流通的环节数据检测记录到同一个平台,实现各个环节的沟通,建立专属于疫苗物流包装的云端信息共享。为此,可以借助传感器、无线射频识别、无线通信、数据库及定位系统等技术,实时采集、传输、储存、处理相关信息,实现疫苗物流包装的全程质量监控与管理,打造疫苗智能物流包装系统。

3 系统设计

疫苗智能物流包装系统将疫苗物流的各节点信息和市场需求信息资源共享,实现疫苗物流包装信息一体化,提高流通的稳定性和效率^[8]。疫苗智能物流包装系统由物流包装模块和智能物联模块构成,见图1。物流包装模块满足疫苗物流运输的基本要求,智能物联模块实现对疫苗物流信息的实时监控和信息追溯^[9]。

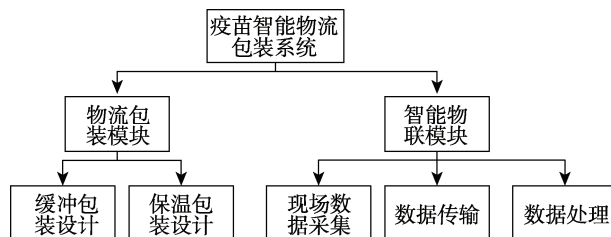


图1 疫苗智能物流包装系统结构

Fig.1 The structure of intelligent logistics package of vaccine

3.1 物流包装模块设计

物流包装模块主要解决疫苗的缓冲和保温包装设计。

1) 缓冲包装设计。疫苗缓冲包装材料主要选用泡沫塑料,其是由大量气体微孔分散于固体塑料中而形成的一类高分子材料,具有质轻、隔热、吸音、减振等特性。其用于疫苗缓冲包装具有质量小、减振效

果好、耐腐蚀、保温、易加工等优点。

2) 保温包装设计。疫苗保温包装材料选用聚氨酯硬泡材料,由异氰酸酯(单体)与羟基化合物聚合而成。聚氨酯硬泡是冷冻冷藏设备最理想的绝热材料,具有良好的耐油性、韧性、耐磨性、耐老化性和粘合性,其温度适应范围在-50~150℃之间,是疫苗保温包装较为合适的材料。

3.2 智能物联模块

智能物联模块主要包括现场数据采集、数据传输、数据处理等 3 个方面,见图 2。

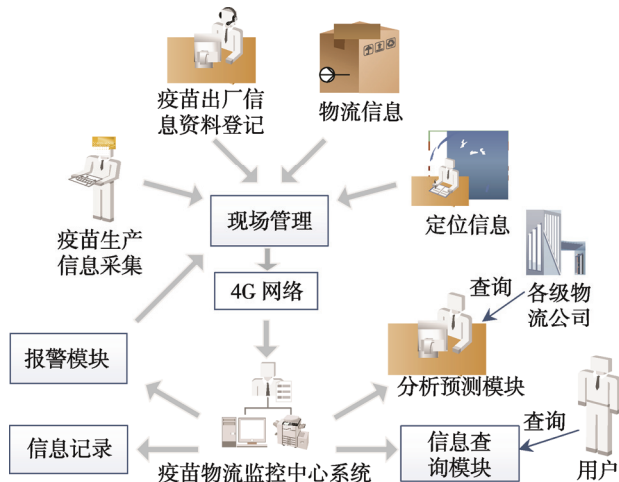


图 2 智能物联模块结构

Fig.2 Structure of intelligent material union module

3.2.1 现场数据采集

通过在疫苗物流过程中的不同载体设备(冷藏库、冷藏车、冷藏周转箱等)上安装数据采集终端,可实现对疫苗物流全程的实时数据采集^[8]。

1) 采集内容。根据对疫苗自身特性及使用特性的研究,确定疫苗物流包装需采集的信息见表 1。

表 1 采集信息
Tab.1 The collected information

信息	内容	实现方式
流通环节	记录疫苗各个流通环节的信息,如生产、储运、分销等	RFID 标签
温度	实时连续监测疫苗生命周期的环境温度	温度传感器

2) 技术实现。RFID 技术已广泛应用于物联网平台,其可取代人工记录的方式,完成对相关数据的采集。RFID 接收转发装置通常安装在物流过程的关键节点上,如仓库、收费站、码头、机场等,RFID 标签根据需要粘贴在内外包装、产品及物流工具上。由 RFID 接收转发装置读取 RFID 标签信息后,通过无线网络传输到监控中心的数据库中^[10-11]。具体来说,在存储环节,实现自动化的存货、取货、自动盘点等操作,从而提高准确性,降低成本,节省劳动力;在

运输环节中,可对货物进行实时追踪。文中系统在疫苗外包装及相应的运输工具上粘贴电子标签,并在电子标签中写入电子产品编码(EPC),在物流信息管理中心建立对应的 RFID 电子标签数据库^[12-13]。同时在保温包装及运输车内部设置温度传感器,对疫苗的储存和运输环境进行实时连续的温度测量与监控。疫苗完成封装后即装入带有 RFID 标签和温度传感器的包装箱,记录疫苗从生产至到达用户过程中各个环节的信息,同时通过移动互联网实时传输到远程监控中心,见图 3。若发生意外,系统能够为疫苗的迅速召回以及售后、维权等提供信息支持^[14]。同时,用户也可利用开放的客户端查阅疫苗的相应信息,保证用户对所用疫苗的信息知情权。

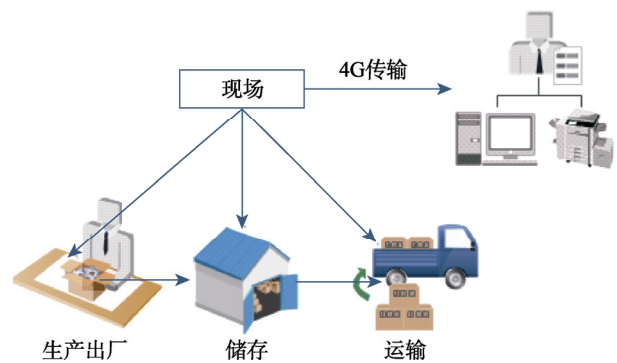


图 3 现场信息采集

Fig.3 Information collection in field

3.2.2 数据传输

采用 4G 无线通信技术实现对现场采集的疫苗信息进行实时传输。4G 网络具有通信速度快、通信更加灵活、智能性能更高、通信费用更加便宜等优点,适用于实时性要求高、终端分散、单个传输数据小但传输总量大的疫苗物流运输信息的实时传输。4G 能够满足绝大部分用户对无线服务的要求,因此通过 4G 无线通信网络可以将疫苗流通过程中的物流信息和产品状态信息实时发送给监控中心,实现对疫苗物流运输的远程实时监控。

3.2.3 数据处理

数据经 4G 网络上传至监控中心,由监控中心完成数据处理,包括与现场终端设备的实时通信、数据存储查询、相关曲线的绘制、数据分析处理、结果反馈等^[15],见图 4。

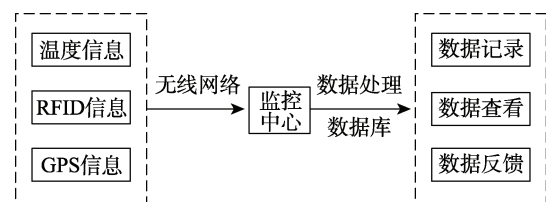


图 4 监控中心设计框架

Fig.4 The design framework of the monitoring center

监控中心可提供基于 RFID 标签信息查询、基于目标特征查询以及目标物流轨迹记录等功能,见图 5。监控中心可以按需快速查找和定位目标疫苗,方便管理员

了解疫苗的实时状况。RFID 标签信息查询时可以按标签编号进行查询,也可以按照 RFID 标签管理时设置的标签属性如疫苗名、批次号等进行查询^[16]。

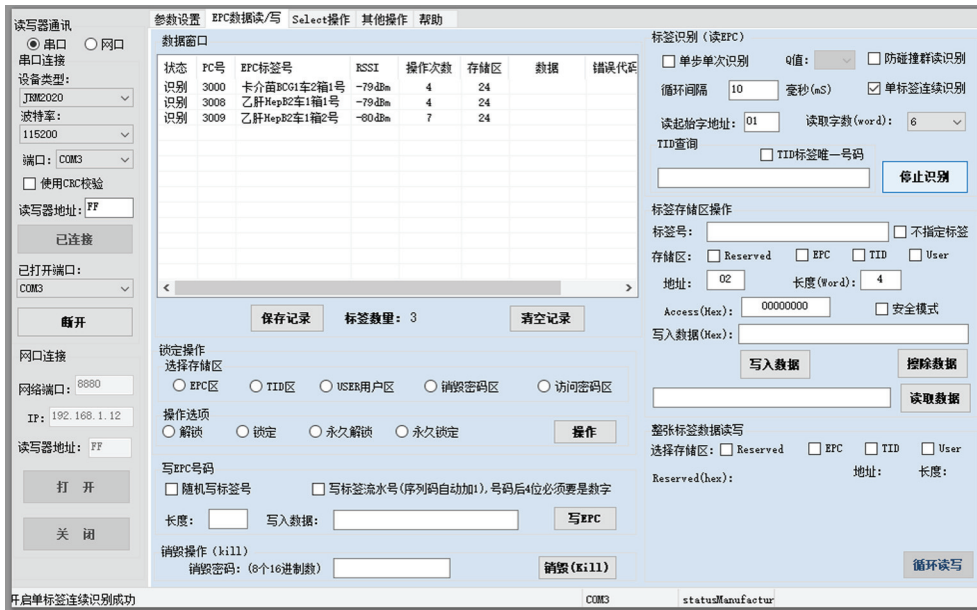


图 5 RFID 管理系统界面
Fig.5 RFID management system interface

当现场温度在设定的温度范围之外时,系统可发出警报,然后可由专人进行处置,并做好温度超标报警情况的记录。如温度报警可通过建立“冷库(保温箱)—传感器—信息采集—数据传输—数据处理—短信发送器—现场手机接收报警”的机制,实现快速报警^[17-18]。

4 系统可行性分析

4.1 技术可行性

当包装件所处物流环境发生变化时,温度传感器结合 RFID 系统将捕捉到的信息传送到监控中心进行处理。如果温度值处于正常范围内,则不必发出反馈信息;如果温度值处于预警阶段,则由监控中心通过无线网络反馈给物流管理中心及现场人员。疫苗环境温度过高时的一种监控策略见图 6。该系统作为一种技术集成创新,将已有较成熟的单项技术有机地组合起来,集成为疫苗智能物流包装系统,可有效降低成本及开发风险,具有较好的市场可行性。

4.2 经济可行性

物流包装模块可使用疫苗冷链物流现有的硬件设施,且可循环使用,对系统成本影响较小。智能物联模块可提供疫苗物流信息及安全信息,当疫苗出现问题时,可快速发现问题原因并迅速组织召回,节省大量人力物力,降低突发事件的综合成本。智能物联模块所用 FRID 标签、传感器、现场接收器等均可循

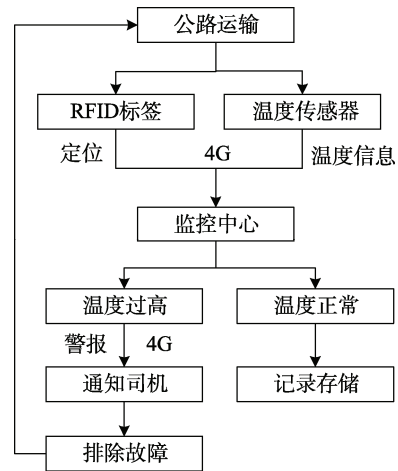


图 6 一种温度监控策略
Fig.6 One kind of the temperature monitoring strategy

环且长时间使用,可有效降低系统使用成本。另外,从保障人们生命健康的角度来看,由于疫苗的特殊性,系统可为人们的生命安全提供更加可靠的保障,具有更加深远的社会效益。

5 结语

疫苗的安全关系到人们的切身健康,其出现的问题易引起较大的社会效应,如何有效监测疫苗的质量信息是政府和企业十分关心的问题。文中设计的系统属于物联网范畴,将 FRID 传感器技术、无线通信技术、数据库技术融入传统疫苗物流包装中,不仅可实

现对疫苗环境温度的实时监测及反馈,而且可提供疫苗物流全程的信息追溯。为政府、企业及用户提供及时可靠的疫苗安全信息,保证疫苗的及时供应及正常使用。该系统提供了一种可靠、高效、安全的监管方法,降低了物流综合成本,提升了运输质量。同时,该系统可面向其他冷链物流产品进行推广,具有较强的应用价值。

参考文献:

- [1] YU Hong-yan, ZHANG Ran, LI Sheng-yan. Simulation Modeling of Post-earthquake Vaccine Cold-chain Emergency Transportation Based on Extendsim[J]. *Applied Mechanics & Materials*, 2014, 599: 2220—2224.
- [2] 郑浩. 疫苗冷藏运输策略的应用研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2014.
ZHENG Hao. Research on the Application of Vaccine Cold-chain Transportation[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2014.
- [3] 万正刚, 陈蕴智, 张正健. 时间-温度指示器在疫苗运输包装中的应用[J]. *包装工程*, 2016, 37(3): 100—102.
WAN Zheng-gang, CHEN Yun-zhi, ZHANG Zheng-jian. The Application of Time-temperature Indicator in the Packaging of Vaccine Transportation[J]. *Packaging Engineering*, 2016, 37(3): 100—102.
- [4] 徐欣, 傅明华. T 公司疫苗冷链物流运营优化研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2015.
XU Xin, FU Ming-hua. Research on Operation Optimization of Cold-chain Logistics for Vaccine of T[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2015.
- [5] 林侠, 苏志勇, 南淑兰. 药品冷链物流系统浅析[J]. *物流技术*, 2016, 35(10): 19—21.
LIN Xia, SU Zhi-yong, NAN Shu-lan. Discussion on Medicine Cold Chain Logistics System[J]. *Logistics technology*, 2016, 35(10): 19—21.
- [6] 梁旭. 我国药品冷链物流发展问题研究[J]. *价格月刊*, 2013(1): 79—81.
LIANG Xu. Research on Development of Cold-chain Logistic in Drug of China[J]. *The Price Journal*, 2013(1): 79—81.
- [7] 谢琨, 戴君. 基于供应链关系管理的中国第三方物流整合实证研究[J]. *数理统计与管理*, 2014, 33(1): 93—105.
XIE Li, DAI Jun. An Empirical Study on the Integration of Third-party Logistic in China Based on Supply Chain Relationship Management[J]. *Mathematical Statistics and Management*, 2014, 33(1): 93—105.
- [8] 王艳玮, 王拖拖. 疫苗冷链全生命周期管理系统设计[J]. *武汉理工大学学报*, 2013, 35(1): 72—76.
WANG Yan-wei, WANG Tuo-tuo. Design of the Whole Life Cycle Management System of Vaccine Cold-chain[J]. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2013, 35(1): 72—76.
- [9] QIAN Jie, ZHENG Jian-guo, ZHANG Chao-qun, et al. The Intelligent Logistics Management System Based on Intelligent Computing[J]. *2nd International Conference on Computational Intelligence and Natural Computing*, 2010, 23(1): 41—44.
- [10] 刘溢, 李斌. 供应链环境下的奶制品冷链物流问题研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2007.
LIU Yi, LI Bin. Research on Cold-chain Logistic in the Supply Chain Environment of Dairy Products[D]. Changsha: Hunan University, 2007.
- [11] HAIDER R, MANDREOLI F, MARTOGLIA R. Data Management Techniques for Active RFID Applications[J]. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 2014, 6(6): 743—744.
- [12] 郑文雅. 钢琴智能物流包装设计[J]. *包装工程*, 2017, 38(11): 102—106.
ZHENG Wen-ya. Design of Piano Intelligent Logistic Packaging System[J]. *Packaging Engineering*, 2017, 38(11): 102—106.
- [13] FENG Yi, XIE Li, CHEN Qiang, et al. Low-cost Printed Chipless RFID Humidity Sensor Tag for Intelligent Packaging[J]. *IEEE Sensors Journal*, 2015, 15(6): 3201—3208.
- [14] CHOI H R, PARK B K, PARK Y S et al. IP-RFID Based Container Monitoring System[J]. *Communications in Computer and Information Science*, 2010, 124: 154—163.
- [15] 秦琳琳, 陆林箭, 石春, 等. 基于物联网的温室智能监控系统设计[J]. *农业机械学报*, 2015, 46(3): 261—267.
QIN Lin-lin, LU Lin-jian, SHI Chun, et al. Implementation of IOT-based Greenhouse Intelligent Monitoring System[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2015, 46(3): 261—267.
- [16] 李华, 曹莉. 陕西省疫苗经营企业冷链物流管理存在的问题与建议[J]. *西北药学杂志*, 2011, 26(1): 61—62.
LI Hua, CAO Li. Problems and Suggestions on the Management of Cold Chain Logistic in Shaanxi Province[J]. *Northwestern Pharmaceutical Journal*, 2011, 26(1): 61—62.
- [17] 史良. 基于 GPS/RFID 的冷链运输车辆监控系统设计与研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2011.
SHI Liang. Design and Research of the Monitoring System of Cold-chain Transportation Vehicle Based on GPS/RFID[D]. Harbin: Harbin Engineering University, 2011.
- [18] 黄光宇. 基于 RFID 的仓储物流监控系统的设计与实现[D]. 上海: 上海交通大学, 2012.
HUANG Guang-yu. The Design and Implementation of the Storage Logistic Monitoring System Based on RFID[D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012.