

## · 研究进展 ·

# 疫苗冷链物流风险管理中物联网技术的应用

王敬仁<sup>1,3</sup>, 黄昀<sup>2</sup>, 王瑶瑶<sup>1,3</sup>, 李倩<sup>2</sup>, 徐发<sup>3</sup>, 赵小红<sup>3</sup>, 唐劲天<sup>3</sup>, 徐文<sup>1\*</sup> (1.山东中医药大学药学院, 济南 250355; 2.北京中冷清源技术有限公司, 北京 100084; 3.清华大学工程物理系, 北京 100084)

**摘要:** 疫苗安全关乎人民生命安全、社会稳定和国家卫生事业的发展, 实现全程冷链运输是保证疫苗品质的重要环节。本研究主要从国内外疫苗冷链物流的风险管理研究现状、物联网新技术对疫苗冷链运输风险管理的作用角度, 综述各冷链物流相关概念和具有代表性的物流行业中的风险管理应用案例。同时结合云监控系统和大数据为代表的物联网新技术, 探究其在疫苗冷链物流风险管理中发挥的作用和未来第三方物流加快进入药品冷链物流的行业趋势, 为中国疫苗及药品冷链物流行业的发展提供价值参考。

**关键词:** 疫苗; 冷链物流; 风险管理; 物联网

中图分类号: F252; R954 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2018)01-0001-07

doi:10.16153/j.1002-7777.2018.01.001

## Application of Technology of Internet of Things in the Risk Management of Vaccine Cold Chain Logistics

Wang Jingren<sup>1,3</sup>, Huang Yun<sup>2</sup>, Wang Yaoyao<sup>1,3</sup>, Li Qian<sup>2</sup>, Xu Fa<sup>3</sup>, Zhao Xiaohong<sup>3</sup>, Tang Jintian<sup>3</sup>, Xu Wen<sup>1\*</sup> (1.College of Pharmacy, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250355, China; 2.Beijing Zhonglengqingyuan Technology Co., Ltd. Beijing 100084, China; 3. Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Vaccine safety is related to people's life and safety, social stability and the development of national health. The realization of the whole process of cold chain transportation is an important link to ensure the quality of vaccines. In this paper, the relevant concepts of cold chain logistics and the representative cases of application of risk management in the logistics industry were reviewed based on the current situation of risk management of vaccine cold chain logistics at home and abroad, as well as the effect of new technologies in risk management of vaccine cold chain transportation. Furthermore, the roles of new technologies of internet of things, such as cloud monitoring system and the big data in the risk management of vaccine cold chain logistics and the industry trend of the third-party logistics joining in the pharmaceutical cold chain logistics were discussed so as to provide references for the development of vaccine and drug cold chain logistics industry in China.

**Keywords:** vaccine; cold chain logistics; risk management; internet of things

疫苗是人工对细菌、病毒等微生物进行灭活、减毒处理等方式制成的可使机体产生特异性免疫的生物制剂<sup>[1]</sup>。疫苗冷链物流是指疫苗从生产开始,其成品及原料在储存、运输、销售一直到使用的各个环节中<sup>[2]</sup>,使其冷链运输温度始终控制在规定温度范围内的物流过程。疫苗是冷藏药品中高风险的生物制品,其温控运输服务属于药品冷链物流业务的高端市场。与25℃以下温控运输药品、常温药品和原料药等其他药品相比,疫苗的温控运输对温控要求更高,工作流程更加复杂,破坏疫苗质量的风险因素增多,使疫苗的质量安全在冷运过程中面临更高的风险。2016年“山东疫苗事件”后,国务院随即颁布《疫苗流通与预防接种管理条例》来规范疫苗冷链物流行业<sup>[3]</sup>。国家食品药品监督管理总局分别修订的《药品经营质量管理规范》(Good Supply Practice, GSP)和《药品经营质量管理规范现场检查指导原则》等疫苗流通相关法律施行,对负责疫苗流通工作的人员、运输车辆、贮存场所、健全温湿度记录等经营和流通方面作出更加严格的规定<sup>[4]</sup>。针对疫苗等药品冷链运输行业制定了更规范的标准,提出更高要求<sup>[5]</sup>。为了使疫苗冷链物流各环节管理规范有效,政策监管有的放矢,急需引入风险管理工具,对全流程风险环节进行系统的识别、评价及对策研究,从而确保疫苗在冷链运输过程中的质量安全。疫苗冷链物流的最基本原则就是保证不能“断链”<sup>[6]</sup>,而疫苗冷链物流工作流程的风险管理研究,能够极大地提高疫苗冷链物流的管理和业务运营水平,规避导致疫苗“断链”的各种风险因素,最大限度保护疫苗质量、降低企业额外成本、保障人民用药安全。

## 1 国内外疫苗冷运风险管理的研究和应用进度

### 1.1 国外疫苗冷运风险管理的研究和应用

Lhoussaine Ouabouch<sup>[7]</sup>2013年做了一项医药冷链物流行业的供应链风险因素管理的研究,在该研究中,他基于摩洛哥的一家制药企业项目,通过调查问卷方式确定了冷链物流系统中的上游风险、中游风险和下游风险三类供应链风险因素。在测量供应链上游风险因素时,选取了5个类型的风险,包括供应商破产、供应市场的经济环境、海关限制和服务提供者的服务质量差。各类风险分别对应供应商经营失败、供应材料存在质量问题、原材料价格

上涨、不可预知的贸易壁垒和原料的运输事故等风险。针对中游风险,评估了与上、中、下游工作中使用的基础设施发生故障的潜在风险。研究中游风险因素时特别关注了机器系统故障、IT系统和工作事故等。调查中评估了不可预料的需求波动、库存短缺、交付链破坏和市场价格下降四种类型风险因素,这四种类型的风险因素对下游市场的变化有重大影响。

Bezunesh Rogie<sup>[8]</sup>在埃塞俄比亚进行了基于机构的横断面研究,收集了116个卫生机构和其提供免疫服务者的数据。进行多重逻辑回归分析,以确定与冷链管理知识相关的因素,发现其中一些在运的疫苗处于失效的高风险之中。作者在研究中得出加强监督和培训,改进冷链管理的知识和实践的结论。

学者Enyinda<sup>[9]</sup>为了评估全球制药供应链物流(Global Supply Chain Logistics, GSCL)中的破坏风险,基于制药业GSCL建模风险管理的结果,通过AHP层次分析法进行多标准分析,选择最佳策略来管理制药企业GSCL风险。

国外利用风险管理工具,对其国民健康服务的药物进行管理,其中识别药物应用风险对于病人的生命安全至关重要。在一般的药事服务中,在药品供应链风险与产品运输的不连续性、产品短缺、配药错误等所有这些因素都会招致药物安全有效性被破坏的风险。有数据表明,医药行业和药事服务者同样有他们的顾虑,为了保证药品安全,他们更希望应用的药品是由专业的药品供应链提供。于是有学者对药品供应链(Pharmaceutical Supply Chain, PSC)进行风险管理研究<sup>[10]</sup>,采用欧洲和美国的药品供应链数据,确定了35个行业内普遍存在的药品供应链风险,并对这35个风险因子进行风险评估,提供了研究报告供行业参考。

John Lloyd<sup>[11]</sup>2012年在突尼斯进行了一项测试,评估了几种防冻措施对疫苗意外冻结风险的影响,发现对于突尼斯这类不发达地区来说,在不完全具备冷链运输条件的情况下,采用将普通家用冰箱与连续温度监测技术相结合的方法,也能显著降低疫苗意外暴露于冰冻温度的发生率。在引入这些防冻解决方案之后,冻结报警的发生率降低,温度下降的时间百分比低于2℃的标准阈值。采用该方案后,突尼斯卫生中心的疫苗冻结报警发生率降低

了40%。另外,研究表明,采用将普通家用冰箱与连续温度监测技术相结合的解决方案,可将运输过程中的疫苗冻结风险从13.8%降低到了1.7%。

## 1.2 国内疫苗冷运风险管理的研究和应用

当前国内冷链物流行业风险管理的研究成果,主要集中在生鲜冷链运输和药品冷链物流工作流程的风险管理。其中最具代表性的成果是2017年国内研究人员基于解释结构模型(Interpretative Structural Modeling Method, ISM)分析的方法,以某配菜有限公司为例,从风险识别、风险评价和风险应对三个方面进行论述<sup>[12]</sup>,对O2O生鲜电商农产品的冷链物流系统进行风险管理研究。目前国内已经有学者和研究机构,依据当时颁布的最新版GSP,进行药品冷链物流工作流程风险管理的相关研究,并采用危害分析的临界控制点法和失效模式与影响分析等方法进行风险评估和质量控制<sup>[13]</sup>,构

建冷链物流过程的风险管理模型。

我国常用的冷藏疫苗有60多种,流通过程:

①物流公司→医院药库→住院药房→临床病区→患者。②物流公司→医院仓库→门诊药房→病患。文献表明,我国存在疫苗冷链运输环节监管力度不足、疫苗流通链过长而监管不到位的现实问题<sup>[14]</sup>。在疫苗冷链物流风险管理研究方面,刘树林等<sup>[15]</sup>研究了其所在企业实施2013年版GSP过程中,运用风险管理的理论和方法,分析原有质量管理体系存在的风险因素。该研究提出从提高风险管理意识、完善质量管理体系文件等方面完善了冷链药品风险管理体系,对影响药品质量的风险因素进行有效的控制,保证疫苗效价和质量安全。

疫苗冷链运输过程包含收货、储存、分拣、运输4个主要环节,每个环节由多个基本流程的工作组成<sup>[16]</sup>(见图1)。

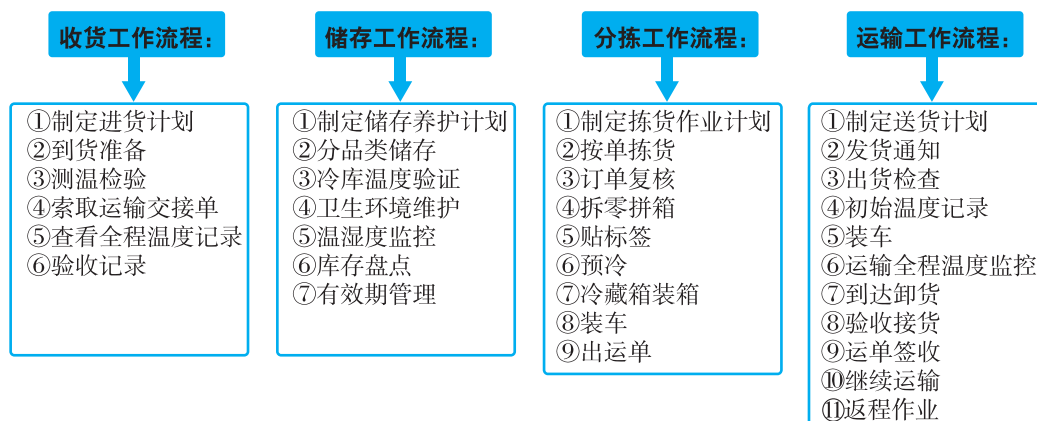


图1 疫苗冷链运输工作流程

在风险管理的模型和方法应用方面,国内医药冷链物流方面的研究成果提供了一些参考。在2014年,有研究基于供应链运作参考模型SCOR(Supply-Chain Operations Reference-MODEL),以冷链供应链的风险因素为研究对象,列举了冷链物流与供应链风险的研究现状,强调了研究冷链供应链的风险并采取合适的控制措施予以防范与规避的必要性,采用了层次分析法对识别出的各风险因子进行定量评估,针对识别出的冷链供应链各环节风险提出了对应的风险控制措施,从而对冷链供应链内外部各流程进行风险管理<sup>[17]</sup>。

王心力<sup>[18]</sup>总结药品流通的环节主要分为采购、验收、存储和销售,对药品冷链运输的各个环节面临的质量风险因子进行阐述,提出相应的风险管理

方案,包括建立标准化管理模式、建立实时监控的药品物流信息平台、完善各个环节的监督机制等风险控制策略,保证药品在流通环节中的质量安全。

吴德芹<sup>[19]</sup>在其研究中阐述了药品集成化供应链项目的系统设计相关信息,如系统设计目标、方法、控制模式和实施过程,涉及风险控制等指标。作者还论述了现代物流学的应用对当前药学服务模式转变产生的作用。

2015年,朱佳团队<sup>[20]</sup>针对第三方物流公司进行了风险管理研究,内容主要包括三个方面:物流安全性风险、物流及时性风险、物流准确性风险。以美国联邦快递为例,总结国外第三方物流风险管理的发展经验,从运营战略管理、客户关系管理、服务体系等角度分析,提出建立全面的风险管理制



度,包括设计物流企业全面风险管理框架和步骤、确立制度化管理理念、发现高风险源、加强物流保险在第三方物流风险管理中的作用等措施。

综上,对比世界其他发达国家在这个课题上的研究,我国对于疫苗冷链物流的风险管理研究起步晚,亟待深入探究和在行业中推广应用。

## 2 物联网新技术为疫苗冷链运输的风险管理提供的解决方案

国家食品药品监督管理总局、卫计委等相关部门对药品物流和经营的质量管理明显加强,促进了药品冷链运输行业的整合和技术提升。结合最新的云计算、自动化、物联网通讯技术等,可以更好地进行药品冷链运输全面的风险管理,有利于及时识别药品冷运过程中的风险因子,准确地对识别出的风险因子进行风险等级评估,并制定合适的风险控制对应策略<sup>[21]</sup>,达到降低损失和规避风险的目的。

### 2.1 云冷链监控系统

疫苗冷链监控云平台系统是一个冷链物流全程的信息可追溯系统,该系统可以实现对疫苗运输

过程中的温湿度和位置信息进行实时监控,防止和减少疫苗冷链过程中突发“断链”情况而造成损失。疫苗冷链监控系统的建立对保证疫苗的质量和效价、减少疫苗物流成本和货物损失、提高运输时效性等方面具有非常有效的现实意义。该系统对疫苗冷链运输车辆的全程定位跟踪和紧急意外情况的发生做应急响应<sup>[22]</sup>,同时为疫苗效价和质量提供安全保障。疫苗冷链物流云平台管理系统设计了系统管理、检验管理、货运管理、客服管理、库存管理等几个模块,保证了系统中数据的一致性、完整性和安全性。在对各个模块设计完成之后,对系统的数据进行分析和说明<sup>[23]</sup>。以中集冷云、oTMS、锐特信息国内三家具有代表性的冷链运输云管理平台(见表1)为例,其疫苗冷链物流管理云平台系统具有对疫苗整个运输过程全面信息监控的作用,系统采集的时间、温湿度、位置等数据可以作为疫苗监管机构所需的完整信息数据。可以帮助用户及时有效地进行风险识别、评估及制定控制对策。

表 1 国内冷链监控云平台系统代表公司

公司	冷链监控业务
中集冷云	实时数据记录、温度数据实时上传、超温报警显示、蓝牙打印、GPS 实时监控、可航空运输等。
oTMS	仓库资源预约、电子招投标平台、城市商圈调拨解决方案、供应链金融。
锐特信息	提供冷链运输解决方案;基于货主、商品、批次多个级别的管理;满足冷链的多仓库;多温区管理需求;批次管理;全程效期管理;提升仓储的空间利用率和作业效率、冷链安全管理全程监测商品的温度、湿度、状态、位置等;多种报警方式;全程追溯;异常管理;与客户、供应商和承运商的第三方系统和网上平台集成。

### 2.2 大数据技术

大数据技术在物流行业的应用,即物流环节中涉及的数据信息,通过一种算法对大数据进行分析,采取相应的工作措施或管理改进,实现提高运输与配送效率、降低物流成本、更有效地满足客户需求等目标。通过采用合适的算法对收集的数据进行分析,挖掘出隐藏在数据中的有价值的市场信息,为企业经营者的业务决策提供有益的帮助;大数据作为一种数据挖掘、数据分析的信息技术,可在企业的战略规划、市场分析等方面发挥重要作用。通过数据挖掘,企业对于疫苗冷链物流各环节中的风险预测能力将大幅提高<sup>[24]</sup>,将为相应的风险

管理措施的调整及验证提供参考和指导。

### 2.3 物联网通讯技术

近几年来,物联网技术的研究和应用取得飞速发展,相应的物联网产业也在快速增长<sup>[25]</sup>。徐沪萍等<sup>[26]</sup>探讨了智能医药概念,运用 RFID、WSN 等技术,针对生产线和原料药品仓储及物流,基于物联网技术构建医药物流管理信息系统,实现药品电子监管码管理、药品生产、质量在线监测控制、药品仓储信息管理和药品物流跟踪与溯源等物流信息服务功能,对促进药品物流信息现代化管理具有现实意义(见图 2)。



A) 邓宏飞 2017 年在其研究中分析了当前国内外药品物流发展状况, 结合药品信息采集存储、流通管理、信息上传共享等问题, 提出建立基于非接触式射频识别通讯技术 (RFID) 的药品信息管理系统, 并在其研究中介绍了这一系统的设计与实现方法<sup>[27]</sup>。

B) 近场通信技术 (NFC), 是由 (RFID) 以及互联互通技术升级整合而来, 结合感应式读卡器、感应式卡片和点对点的功能<sup>[28]</sup>, 能在短距离内与兼容设备进行识别和数据交换的较新型物联网通讯技术。

C) 物联网技术和产业进入快速发展时期后, 低功耗广域技术 LoRa 解决方案应运而生并快速被应用于物联网行业<sup>[29]</sup>。LoRa 技术应用于疫苗冷链运输云监控系统, 充分发挥该技术的远距离、低功耗等方面突出的优点, 对未来物联网系统的设计和发展具有重要意义。

图 2 A、B、C 应用于疫苗冷链物流行业的物联网通讯技术

### 3 总结和展望

自2015年国家颁布《关于进一步促进冷链运输物流企业健康发展的指导意见》<sup>[30]</sup>起, 国家从多个角度全面深入地为我国冷链物流行业的未来发展描绘出美好的蓝图。提出强化基础设施、标准化、信息化建设<sup>[31]</sup>, 提升行业规模化、集约化水平的要求。首先新版《药品经营质量管理规范》(GSP) 正式实施后, 我国第三方医药物流企业需要适应新的形式和要求, 从而得到快速健康发展<sup>[32]</sup>, 成为医药物流行业解决的重要问题。其次, 物流企业在进行疫苗冷链物流风险管理的工作中, 可以利用云冷链监控系统、大数据技术、物联网通讯技术等新兴技术, 帮助做好项目中的风险识别、评估、控制等工作<sup>[33]</sup>, 推动疫苗冷链物流解决方案升级与管理方式迭代。更重要的是, 第三方物流企业应结合最新GMP、GSP中冷链运输相关法律法规, 建设医药质量管理体系和组织架构、完善的信息系统、健全可靠的冷链资源证明等<sup>[34]</sup>。面对快速发展的药品冷链运输市场和政策支持, 需摒弃“一切以降低成本为目的”的经营思想, 主动采用如风险管理和物联网技术等新管理方式及新技术, 增强自身的核心竞争力, 提高物流企业服务水平和品牌声誉, 才能在未来行业发展中占有更多市场。

面对日益增长的疫苗冷链运输需求, 专业的高品质第三方冷链物流公司将发挥更重要的作用, 引入第三方医药冷链物流系统, 以提高冷藏药品配送效率和保证药品质量正逐渐成为行业共识<sup>[35]</sup>

<sup>37]</sup>。疫苗生产企业选择通过第三方专业冷链物流公司, 承担其产品的安全转运任务的行业发展趋势的特征越来越明显。有相关文献表明, 将疫苗冷链物流业务交给专业的第三方冷运公司<sup>[38]</sup>, 对于改善国家免疫规划的公共供应链绩效有利。医药物流的社会化发展趋势, 一方面表现为医药流通行业商流与物流的分离, 出现医药物流“功能细分”和“专业分工”; 另一方面, 社会物流利用其资源优势和功能优势弥补医药物流的功能不足和服务短板, 可使医药流通企业的平均利润翻倍<sup>[39-40]</sup>, 并使物流效率大幅提高。据统计, 我国目前药品冷运覆盖率仅为10%, 且药品质量问题中近20%与脱冷有关, 2018年全球药品冷链物流市场总额将超过1200亿元, 我国巨大的药品冷链物流市场增长空间<sup>[41]</sup>, 为第三方冷链物流企业获得发展契机。

#### 参考文献:

- [1] 北京华研中商经济信息中心. 2013-2018年中国疫苗行业运营态势及投资前景预测报告[R]. 北京. 2013.
- [2] 王进, 周鹏飞, 周晓荣, 等. 医药疫苗冷链物流监控系统的设计与实现[J]. 医药经济管理, 2016, 5(5): 5-7.
- [3] 颜晓乐. 从山东疫苗事件探析我国医药冷链物流发展策略[J]. 重庆科技学院学报, 2016, (9): 44-47.
- [4] 国家食品药品监督管理总局. 总局令第28号 药品经营质量管理规范[S]. 2016.
- [5] 国家食品药品监督管理总局. 药品经营质量管理规范现

- 场检查指导原则[S]. 2016.
- [6] 赵贤. 新版《药品经营质量管理规范》关于冷链物流企业质量风险管理规范初探[J]. 中国药事, 2014, 28(5): 517-520.
- [7] Lhoussaine Ouabouch. Analysing Supply Chain Risk Factors: A Probability-Impact Matrix Applied to Pharmaceutical Industry[J]. Journal of Logistics Management, 2013, 2(2): 35-40.
- [8] Bezunesh Rogie. Assessment of Cold Chain Status for Immunization in Central Ethiopia[J]. Ethiopian Medical Journal, 2013, 51(1): 21-9.
- [9] Enyinda, Chris Iheanyi. Modeling Risk Management in the Pharmaceutical Industry Global Supply Chain Logistics Using Analytic Hierarchy Process Model[D]. NORTH DAKOTA STATE UNIVERSITY, 2009.
- [10] Liz Breen. A Preliminary Examination of Risk in the Pharmaceutical Supply Chain (PSC) in the National Health Service (NHS) [J]. J. Serv. Sci. & Management, 2008, (1): 193-199.
- [11] John Lloyd. Reducing the Loss of Vaccines from Accidental Freezing in the Cold Chain: the Experience of Continuous Temperature Monitoring in Tunisia[J]. Vaccine, 2015, 33(7): 902-907.
- [12] 朱新球. O2O生鲜电商农产品冷链物流系统研究以上海厨易配菜有限公司为例[J]. 物流技术, 2017, 3(30): 127-133.
- [13] 时艳. 新版GSP的药品冷链物流质量风险管理研究[D]. 济南: 山东大学, 2014.
- [14] 刘晓欣, 林瑞超, 杨春宁, 等. 中国疫苗安全监管现状问题及对策[J]. 中国公共卫生管理, 2017, 33(2): 192-195.
- [15] 刘树林, 高子淳. 风险管理在药品批发企业冷链药品质量管理中的实践[J]. 中国当代医药, 2014, 21(34): 175-178.
- [16] 李丽. 药品冷链物流流程风险管理研究[D]. 北京交通大学, 2012.
- [17] 岳悦. 冷链供应链风险管理相关问题研究[D]. 大连交通大学, 2014.
- [18] 王力心. 药品流通环节质量风险管理[J]. 食品安全导刊, 2015, 14(35): 71.
- [19] 吴德芹, 顾民, 孟玲. 集成化供应链项目转变药学管理模式[J]. 药学与临床研究, 2015, 23(4): 422-424.
- [20] 朱佳. 全面风险管理视角下第三方物流责任的风险控制[J]. 中国商论, 2015, (18): 103-109.
- [21] 赵皎云. 制药行业或将迎来物流自动化建设高潮[J]. 物流技术与应用, 2017, 22(1): 64-65.
- [22] 王进, 周鹏飞, 邱晓荣. 医药疫苗冷链物流监控系统的设计与实现[J]. 信息技术, 2016, 5(5): 5-7.
- [23] 向昊. 生物制品药品物流管理系统的研究与分析[D]. 昆明: 云南大学, 2015.
- [24] 物流行业的大数据发展与应用[EB/OL]. [2017-10-10]. 大数据动向, <http://www.199it.com/archives/545340.html>.
- [25] 王阳, 温向明, 路兆铭, 等. 新兴物联网技术—LoRa[J]. 信息通信技术, 2017, (1): 55-59.
- [26] 徐沪萍, 姚念. 基于物联网的医药物流管理信息系统研究[J]. 武汉理工大学学报, 2013, 25(3): 361-364.
- [27] 邓宏飞. 基于RFID的药品包装信息管理系统—人机交互和信息处理模块的研究与实现[D]. 北京交通大学, 2017.
- [28] 除了Pay, NFC还有什么应用[EB/OL]. (2017-07-26) [2017-10-10]. RFID世界网, [http://news.rfidworld.com.cn/2017\\_07/ce2d7a0a71aea016.html](http://news.rfidworld.com.cn/2017_07/ce2d7a0a71aea016.html).
- [29] 杨磊, 梁活泉, 张正, 等. 基于LoRa的物联网低功耗广域系统设计[J]. 信息通信技术, 2017, (1): 40-46.
- [30] 国家发展改革委员会. 发改经贸[2014]2933号 关于进一步促进冷链运输物流企业健康发展的指导意见[S]. 2014.
- [31] 赵方婷. 十部委发文促冷链运输物流企业发展[N]. 现代物流报, 2015-01-13(A01).
- [32] 康传哲, 桑纳, 张方, 等. 新版GSP背景下第三方医药物流行业的发展策略[J]. 中国药事, 2017, 31(2): 130-133.
- [33] 李波, 储丽琴. 医药集团绿色供应链对供应链绩效影响研究[J]. 财会通讯, 2017, (14): 31-34.
- [34] 秦玉鸣. 冷链运输企业如何进入医药行业[J]. 中国物流与采购, 2016, (9): 45-47.
- [35] Sachin N Desai. Closing the Global Immunization Gap: Delivery of Lifesaving Vaccines Through Innovation and Technology [J]. Pediatrics in Review, 2017, 35(7): 32-40.
- [36] 梁春锋, 王英玲. 论区域第三方医药冷链物流系统构建[J]. 中国药事, 2013, 27(6): 579-591.
- [37] Patrick Lydon. Outsourcing Vaccine Logistics to the Private Sector: The Evidence and Lessons Learned from the

- Western Cape Province in South-Africa[J]. Vaccine, 2015, (33): 3429-3434.
- [38] 李靖宇. 医药物流专业化社会化势在必行医药物流现状综述[J]. 中国储运, 2016, (6): 50-51.
- [39] 陈永法, 孙小飞. 新修订的GSP对我国第三方医药物流发展的影响探析[J]. 中国药事, 2013, 27(11): 1147-1153.
- [40] 许进标, 张新平. 部分发达国家药品价格管制政策比较及启示[J]. 国外医学社会医学分册, 2005, (3): 114-119.
- [41] 李婷. 新版GSP助力药品冷链物流行业发展[J]. 首都食品与医药, 2017, (5): 31-33.

(收稿日期 2017年10月20日 编辑 邹宇玲)