

# Zhengzhou Airport Warehouse Planning Simulation Based on Class Software

Yali Lu<sup>1\*</sup>, Xiaoyu Yang<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>School of Management and Economics, North China University of Water Resources and Electric Power, Zhengzhou Henan

<sup>2</sup>North China Electric Power University, Beijing

Email: luyali676@163.com, <sup>#</sup>yxyxiaoyu2016@163.com

Received: Oct. 25<sup>th</sup>, 2018; accepted: Nov. 8<sup>th</sup>, 2018; published: Nov. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

At present, the Zhengzhou airport economy zone international airport is in the stage of construction. It aims to build a high level international aviation hub. So it puts forward very high requirements on the construction scale of infrastructure. And with the “wisdom logistics”, the “Internet+” and other ideas constantly swarming into the logistics industry, it brings great challenge to the development of warehousing industry. The construction of the warehouse is the beginning of the warehousing activities. It plays a vital role to the effective operation of the warehouse activities. This paper, based on the basic research of operations of the port and north airport freight station, uses the Class warehouse simulation software to analyze the proposed warehouse and constantly optimize. Finally it puts forward the reasonable plan of warehouse construction, making the proposed warehouse operation reasonable. This research is hoped to be helpful for the construction of north airport freight station warehouse, realizing the warehouse operation efficiency, and reducing the cost of logistics.

## Keywords

Warehouse Construction, Class Software, Simulation

---

# 基于Class软件的郑州航空港仓库规划仿真研究

卢亚丽<sup>1\*</sup>, 杨晓宇<sup>2#</sup>

<sup>1</sup>华北水利水电大学管理与经济学院, 河南 郑州

<sup>2</sup>华北电力大学, 北京

Email: luyali676@163.com, <sup>#</sup>yxyxiaoyu2016@163.com

---

\*第一作者。

#通讯作者

收稿日期: 2018年10月25日; 录用日期: 2018年11月8日; 发布日期: 2018年11月15日

## 摘要

目前, 郑州航空港经济综合实验区正处于新建阶段, 港区致力于打造高水平国际航空枢纽, 这对港区基础设施的建设规模提出了较高的要求。同时“智慧物流”、“互联网+”等理念不断的注入物流行业, 使仓储行业的发展面临着巨大的挑战。仓库的建设是整个仓储活动的开端, 对今后仓库活动的有效运行起着至关重要的作用。所以本文在对港区及北货站区基本运营情况进行调研的基础上, 运用Class仓储仿真软件, 针对郑州航空港机场国内货运站拟建仓库进行建模仿真并不断优化, 最终提出关于仓库建设的合理方案, 使拟建仓库作业合理化。希望本文的研究能够对北货站区拟建仓库的建设有所帮助, 实现仓库作业效率的提高, 物流费用的降低。

## 关键词

仓库建设, Class软件, 建模仿真

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

郑州航空港经济综合实验区是我国首个航空经济综合试验区, 在我国航空运输上具有战略性地位, 港区致力于打造高水平的国际航空运输枢纽, 这对航空港基础设施的建设提出了较高的要求。通过调研了解到, 郑州航空港现有货运区, 无论是陆侧设施, 还是空侧设施, 都无法满足航空货运高效便捷及快速发展的需求, 港区正在拟建北货运区。与其他货运区相比, 该货运区规模较大, 且与机坪接触面积最大, 直接连接综合保税区, 在物流处理上占绝对优势。所以本文采用仿真的方法对郑州航空港北货运区国内货运站拟建仓库进行研究。

在国外, 早在 1999 年, Chiun-Ming Liu [1]就采用 Witness 仿真软件对某配送中心的仓储布局和拣选系统进行仿真分析, 找到了该配送中心总距离较短的货物拣选系统, 提高了整个系统的物流效率。由此, 可见在国外对于仿真的研究起步较早, 并且在查阅文献的过程中发现, 国外对于仿真的研究一直处于蓬勃发展的状态。2014 年 X. Zhu [2]针对现阶段冷链物流中存在的问题, 以某一果蔬冷链配送中心为目标, 采用 Flexsim 对其作业流程进行优化。在 2016 年, 为使使用者确保模拟过程的准确性, 更好地帮助使用者做出正确的决策, Jacqueline Mayfield 和 Milton Mayfield [3]两位教授对三个主要的仿真技术 Petri nets, system dynamics 和基于代理的建模(ABM)的应用程序, 进行了细致的归纳与总结。

在国内, 李玉民和宋巍[4]利用 Petri 网技术对化学危险品出入库流程进行了建模, 并采用 ExSpect 软件对所建模型进行仿真分析, 最后根据其分析结果提出了一些针对化学危险品仓库存储的安全防范措施, 提升了化学危险品出入的安全性及高效性。李汝仙[5]采用 EIQ 分析方法对某配送中心的大宗物资仓库进行分析, 采用 Flexsim 仿真软件对该仓库的作业流程进行仿真研究, 将其所得结果与原方案进行对比, 结合该结果对货位布置进行了优化。梁国东[6]借助 Witness 仿真软件, 对仓储管理中常见的不同货车的入库装货流程进行仿真模拟, 直观地对比了不同货车入库装货流程的实施效果, 并对其作业效率、成本

投入进行对比分析。马晓娟[7]就某配送中心在货位动态变化的情况下如何制定最优拣货路径的问题进行了研究, 研究中其借助 Arena 仿真工具对货物的拣选作业进行了仿真, 帮助管理者做出最优的货位调整决策。朱宇[8]根据航空货运站的复杂性和动态性采用 Automod 对其进行三维仿真和数据分析, 对其设备、作业区域等进行优化。张海珠[9]利用 Promodel 仿真软件对汽车零部件生产车间传动轴生产线的物流状况进行仿真, 寻找该生产系统中存在的瓶颈问题, 对其进行深入的分析 and 探讨, 提出最终的解决办法, 重新对生产线进行了合理的设置。雷萌[10]在对实际的成本、库存需求和订货量等指标进行预测的基础上, 结合 CAD 技术对仓库的空间进行三维图像仿真, 塑造出仓储空间模型, 设计出了最佳的仓储空间利用方案。

## 2. 数据调研与处理

### 2.1. 航空港基本情况概述

根据实地调研得知, 北货运区预计年货邮吞吐量为 150 万吨~200 万吨。北货运区计划建设国内货运站、国际货运站、国际货运村等部分, 本文主要对国内货运站进行研究。北货站区国内货运站占地面积大约为 15 万平方米预计承担的年货运量为 80 万吨, 根据现阶段统计的西货站区国内货运站运输货物占比, 得知航空快件占总货运量的 40%、服装占 13%、电子配件占 7%、轮胎占 6%、鲜活占 5%、手机配件占 4.6%、其他货物所占比重比较小, 共占 24.4%。国内货运站在北货站区的具体位置如下图 1 中阴影部分所示。

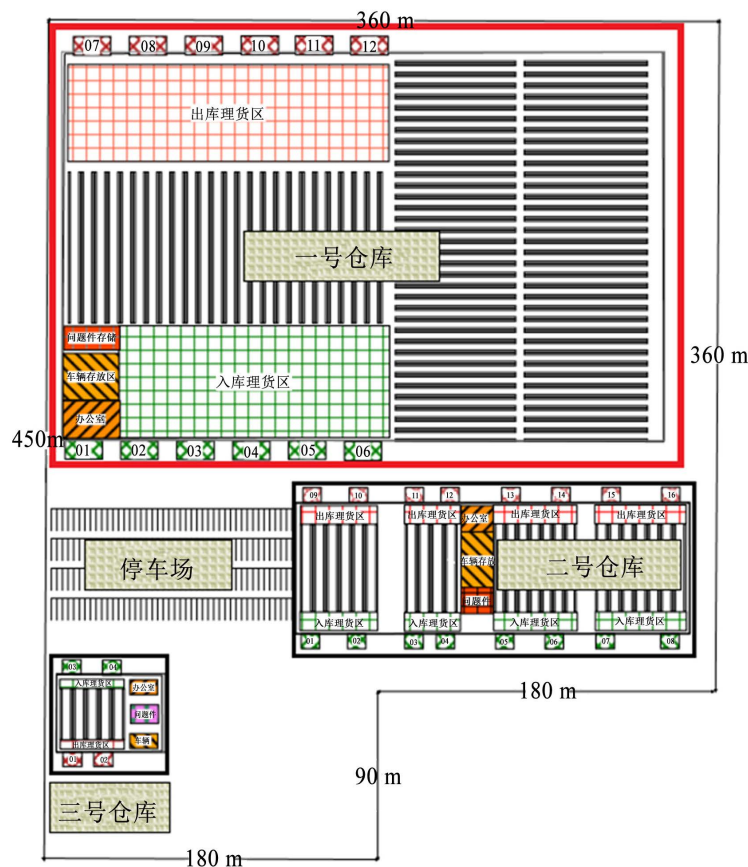


Figure 1. Relative location map of warehouse  
图 1. 仓库相对位置图

## 2.2. 数据处理

根据 Class 软件所需数据特性, 对每周货物的流通件数进行折算。由于郑州航空港所运输的货物种类较多, 货物包装规格各异, 航空港管理方无法对货物进行详细的统计, 目前各类货物每周的预计货物流量, 与各类货物单件体积如表 1 所示。

**Table 1.** Freight turnover analysis table

**表 1.** 货物周运量分析表

名称	百分比	吨/周	密度规格	立方米/周	每件体积(立方米)	件/周
快递	40.00%	6160	普货168千克/立方米	36,667	0.04	855,200
服装	13.00%	2002	普货1.2吨立方米	1668	0.18	9270
电子配件	7.00%	1078	钢铁5吨/立方米	216	0.06	3370
轮胎	6.00%	924	橡胶2吨/立方米	462	0.04	11,410
鲜活	5.00%	770	水1吨/立方米	770	0.18	4280
手机配件	4.60%	708	苹果手机1.96吨/立方米	361	0.06	6500
其他	24.40%	3758	2吨/立方米	1879	0.18	10,440

根据货物的性质与数量, 本文拟定在北货运区国内货运站一期工程暂时建设三个仓库, 它们分别是负责航空快件存放的一号仓库, 负责服装、手机配件、电子配件、轮胎及其他等不需要特殊存储条件的二号仓库和专门负责鲜活类物品存放的三号仓库。快件仓库通常情况下, 货物一天就会全部周转出库, 又考虑到今后航空运输越来越普遍, 航空货运量会逐渐增大, 以及“双十一”之类的由电商促销所造成的快件暴增现象, 所以假设一号仓库可以容纳 3 天内运来的快件。假设二号仓库通常情况下 3 天完成货物的周转, 二号仓库可以容纳 4.5 天内运输来的货物。三假设三号仓库的周转时间为 2 天可以容纳 3 天内运输来的货物。所以各仓库的拟存货量, 周转天数以及每周的货运量如下表 2 所示。

**Table 2.** Warehouse inventory table

**表 2.** 仓库预计存量表

仓库名称	最大存货时间(天)	周货运量(件)	预计存货量(件)
一号仓库	1	855,200	366,500
二号仓库	3	90,040	57,800
三号仓库	2	4280	1830

根据以上分析, 得到拟建仓库的基本情况。

在具体建造仓库时, 应根据不同仓库的预计业务量, 进行合理的推测。由于一号仓库作业量最大, 所以在初始建立仓库时根据仓库的预计存货量、每天出入库货物量规定一号仓库长 320 米, 宽 210 米, 高 6 米, 共有长 20 米、高 4 米的出入库装卸台各 6 个。为避免产生拥堵, 暂时设定出入库理货区所能容纳的货物量为库存容量的 16.7%。考虑到出入库作业频繁, 为方便仓库内部作业车辆运行, 所以适当加大了过道的宽度, 将货架的起始过道宽度设为 4.5 米, 货架之间的过道宽度设为 3 米。设定二号仓库初始时长 210 米, 宽 70 米, 共有长度为 10 米、高 4 米的出入库装卸台各 8 个, 理货区、货架情况与一号仓库相同。三号仓库的长宽高分别为 100 米、40 米、6 米, 有长 6 米, 高 4 米的出入库装卸台各 2 个, 且其他情况与一号仓库相同。

在运用 Class 仿真建模之前, 对每个仓库在国内货运区的相对位置预先进行合理化的分布。根据以上分析得知, 一号仓库的货运量最大所需面积也最大, 根据合理运输中尽量减小运距与运量乘积的原则,

所以将一号仓库放在最邻近跑道的位置。考虑到仓库运输车辆可能会发生拥堵和目前北货运区的土地情况, 所以拟建一个停车场为运输车辆等待装卸提供便利。拟建仓库的相对位置如图 1。

运用 Class 的建模过程可主要分为三部分, 它们分别是仓库基本模型的构建、仿真数据输入以及仿真模型运行。由于各仓库的建设与优化方式基本相同, 所以以一号仓库为例, 对运用 Class 建模优化进行论述。

### 3. 模型构建

#### 3.1. 仓库基本模型的构建

1) 绘制仓库边墙。将经过上述处理的关于一号仓库长、宽、高的数据输入程序。

2) 绘制仓库装卸台。设置入库装卸台的个数和大小, 在装卸台设置界面中输入装卸台情况。装卸台起到的是仓库门的作用, 对装卸台的 3D 效果中出入库装卸台的车量方向进行设定, 确保仿真运行时车辆的流向。

3) 绘制仓库理货区面积。由于设定的理货区能容纳仓库货物总容量的 16.7%, 设置出库理货区长为 170 米、宽为 50 米。

4) 绘制仓库货架。根据一号仓库所要容纳的货物件数、每件货物的尺寸以及计划每个货格可容纳的货物件数来设置货格的尺寸, 对货架进行设置并确定货架的数量。根据货架在仓库中的不同位置, 设置其不同的摆放方向。根据实际的不同, 设置货架之间的隧道, 巷道等内容。

#### 3.2. 输入仿真数据

仓库基本模型建立之后, 进行仓库周货运量、仓库出入库流、仓库内运输车种类数量以及作业人员的数量与排班的设定, 完善仓库的作业情况。

1) 仓库周货运量。一周内货物的出入库流量。根据折算可知每周一号仓库有 855,200 件货物进行周转。

2) 设置入库流。设置入库车辆的类型、每天货物的到达时间以及每辆车的载货量。根据每天的货运量以及每辆车的容量推定, 每天均有长 15 米, 宽 5 米, 高 4.5 米的 15 辆满载大货车来货, 每车大约可以容纳载货 2 立方米的托盘 175 个。设置入库到货时间。根据机场作业情况, 设定到货时间。根据对机场的调研情况, 设定货物的分布时间及入库量为 00:00~08:00 到货 35%, 08:00~16:00 到货 45%, 16:00~24:00 到货 20%。在系统中选则入库所使用的装卸台以及入库之后的上架路线。

3) 设置出库流。根据实地调研情况, 设定出货量及时间分布为 00:00~08:00 出货 35%, 08:00~16:00 出货 45%, 16:00~24:00 出货 20%, 与入库的时间与分布相同。考虑到仓库的周转速度、出货量、出库车辆的容量以及工人的作业效率, 设置装车前 1 小时开始拣货, 车辆距离出发前 1 小时开始装货。

最后, 在出库流中设置出库的拣货效率。根据实际情况, 设置本仓库货物在出库理货区的预处理时间为 15 分钟, 停留时间为 30 秒。出库时每单元所放货物与存储时每单元所放货物相同均是 45 单品, 同时结合实际操作中工人的拣货能力, 设定每人每小时的拣货量为 6000 件单品。

4) 设置仓库内运输车辆的类型及数量。根据一号仓库的实际作业情况, 在作业过程中设定只使用油压拖板车和电动拣货车, 并根据不同的操作环节设置所使用的车辆类型。

5) 设置人员轮班。由于机场为 24 小时作业制, 所以设定工人每天采取 3 班制, 每班作业时间为 8 小时。设定第一班作业时间为 00:00 到 08:00, 第二班为 08:00 到 16:00, 第三班为 16:00 到 24:00。每人在工作时每小时工资为 12 元。



### 3.3. 仿真模型的运行

在仓库基本建设规模、仓库基本作业流程以及基本作业能力模型构建好之后, 输入可变的作业人员数量与作业车辆数量。完成上述设定后在仿真界面中, 运行仿真模型, 在一个仿真周期运行结束后分析关键绩效指标表了解模型的运行情况。针对二、三号仓库的实际作业情况, 重复上述操作分别完成仓库仿真的基本设置。

## 4. 仿真优化

### 4.1. 优化目标

根据物流管理中的效益背反原理, 过分的追求某一效益的最大化, 必然会导致其他效益的降低。所以说在实际作业中并不是车辆迟离率为零才是最好的运营状态。过分的追求低迟离率会导致作业人员与作业车辆成本的大量增加。本文所研究的仓库是与机场相配套的基础设施, 其每天 24 小时都有连续的出入库作业, 为保证仓库的连续作业能有效地顺利进行, 所以仓库中的出库车辆需尽量按时离开, 所以, 本文所研究的三个仓库优化的首要目标均为出库车辆迟离率最低。本文拟定仓库的优化目标为在保证仓库作业全部完成的条件下, 将出库车辆的迟离率控制在一定的范围内, 适当的提高人员及车辆的利用率, 使总成本最低。基于 Class 软件的特性, 进一步在迟离率不变的情况下改变作业人员的数量和车辆的数量来求得较低的成本。尽量提高车辆的利用率, 保证车辆的使用成本最低的同时又保证当某些车辆出现故障时仓库作业能够正常运行。

### 4.2. 一号仓库优化结果

#### 1) 仓库建设方面

由于仓库理货区面积以及装卸台数量发生了变化, 所以仓库形状及大小都发生了变化, 仓库具体大小如下图 2 所示, 此时出入库装卸台个数分别从 6 个减少为 3 个, 出入库理货区面积都有减小变为了长 90 米宽 20 米的矩形, 仓库的长由 320 米减少为 265 米, 宽仍然为 210 米。

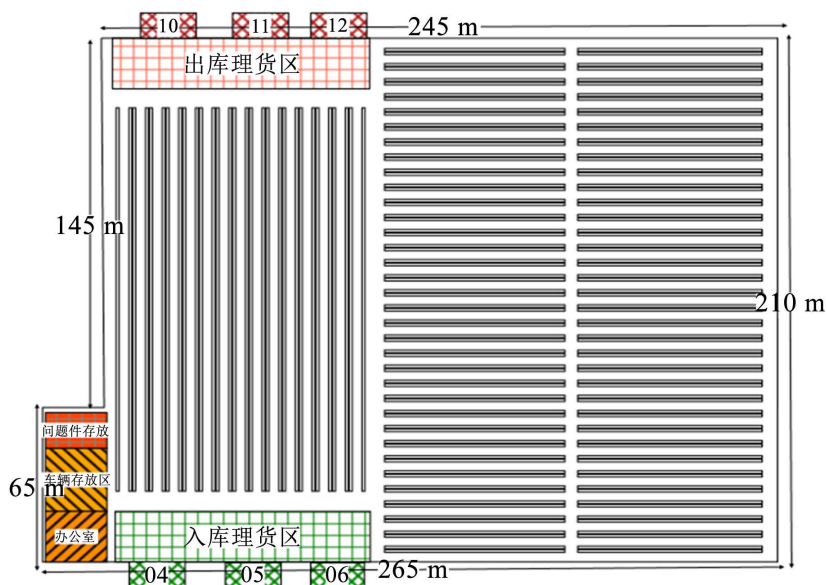


Figure 2. Optimized layout of warehouse No. 1  
图 2. 优化后一号仓库布局图

### 2) 作业人数

在仓库出入库货物量不变, 各项作业都完成, 出库车辆的迟离率为 2%, 总成本最低的情况下, 第一班需要作业人员 21 人, 第二班需要作业人员 28 人, 第三班需要作业人员 14 人。

### 3) 作业车数量

在上述前提下, 当有油压拖板车 35 辆, 电动拣货车 38 辆时, 车辆的利用率均达到 80%左右, 此时车辆的利用率较为合理。

## 4.3. 二号仓库优化结果

### 1) 建设规模

经过优化之后得到, 二号仓库的长度由 210 米变为了 200 米, 宽保持不变仍然为 70 米, 理货区面积除出入库理货区 2 仍为长 50 米、宽 8 米的矩形以外都进行了相应的减小, 其他理货区均变为了长 25 米、宽 8 米的矩形。在保证出库车辆迟离为 0 的基础上, 对装卸台的数量也相应的做了减少, 除手机与电子配件存储区的装卸台数量未发生变化以外, 其他存储区的装卸台数目都减少到 1 个。

### 2) 人员数量

在仓库出库车辆迟离率为零与作业成本最低的双重控制下, 最后确定的每班组的作业人数如下表 3 所示。

**Table 3.** Number and cost list of staff in warehouse No. 2

**表 3.** 二号仓库各班组工作人员数目与成本表

班组	人数(人)	作业成本(元)
第一班	8	5376
第二班	7	4704
第三班	3	2015
第四班	2	1344
第五班	2	1344
第六班	1	672

### 3) 车辆数量

由于二号仓库作业量较少, 所以需要的作业车辆也就较少。那么就造成在作业车辆总数变化不大的情况下, 作业车辆的利用率发生很大的变化。比如前伸式堆高机, 当其台数减少到 2 台时, 其利用率增高到 100%, 这不利于车辆损坏时仓库正常作业的进行。所以在经过慎重的考虑后, 本文决定所使用三种车数量如下表 4 所示。

**Table 4.** Number of vehicles selected for operation in warehouse No. 2

**表 4.** 二号仓库选用作业车辆数目表

车辆名称	数量(台)	利用率(%)	使用成本(元)
油压拖板车	11	82	47
电动拣货车	12	83	887
前伸时堆高机	3	67	295

## 4.4. 三号仓库优化结果

### 1) 建设规模

由于该仓库的理货区利用率都达到了 20%左右, 所以不需要对理货区的面积进行调整。但是为提高装卸台的利用率, 将进出库装卸台个数均由 2 个减少到 1 个, 仓库的长宽没有发生变化仍为 100 米, 40 米。总得来说三号仓库在布局方面的变化不大。

#### 2) 人员数量

由于仓库的货运量较小, 所以所需要的作业人员较少, 第一班需要作业人员 3 人, 第二班需要作业人员 3 人, 第三班需要作业人员 1 人, 三班所对于得作业成本分别为 2016、2016 和 672。

#### 3) 车辆数量

在出库车辆迟离率为零的情况下, 为使该仓库电动拣货车的利用率为 75%, 则应该配置电动拣货车 4 辆。

当对上述三个仓库都进行过优化之后, 与初始设计进行比较, 发现优化后的方案减少了国内货站一期工程的建设所需要的土地面积, 这为以后的规划提供了更大的土地使用空间。

## 5. 结论

本文在总结前人对物流仿真研究的基础上, 采用专门针对仓储作业的 Class 软件, 对郑州市航空港机场北货运区国内货站一期工程所要建设的仓库经行仿真优化。本文提出以下建议。

1) 合理控制车辆的迟离率。建议在实际作业中应当合理控制出库车辆的迟离率, 不过分地追求迟离率增加作业成本, 不使大部分车辆发生迟离导致仓库的正常作业无法完成的情况发生。

2) 仓库在进行作业时应尽可能的达到作业的标准化与单元化。尤其对进出库作业频繁且作业量较大的仓库来说, 作业的标准化和单元化是高效作业的有效保证。作业标准化能有效提高作业效率, 降低物流成本。

3) 尽量增加仓库的可拓展性。现阶段航空运输正在蓬勃发展, 这就使得航空运输的运费不断降低, 加上人们对于运输的快捷性要求越来越高, 就使得在未来北货站区仓库承担的货运量可能会大幅度的增加。所以应在建设时增加仓库的可拓展性, 既使仓库在现阶段的利用率较高, 又为将来的发展奠定良好的基础。

## 基金项目

河南省哲学社会科学规划项目: 基于物流园区规划和政企协调博弈的航空物流发展研究(2015BJJ010)。

## 参考文献

- [1] Liu, C.-M. (1999) Clustering Techniques for Stock Location and Order-Picking in a Distribution Center. *Computers and Operations Research*, **26**, 989-1002. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00026-X)
- [2] Zhu, X., Zhang, R., Chu, F., He, Z. and Li, J. (2014) A Flexsim-Based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre. *Journal of Applied Research and Technology*, **12**, 270-278. [https://doi.org/10.1016/S1665-6423\(14\)72343-0](https://doi.org/10.1016/S1665-6423(14)72343-0)
- [3] Mayfield, J. and Mayfield, M. (2016) Developing Your Organization with Models and Simulations. *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, **27**, 11-14.
- [4] 李玉民, 宋巍. 基于 Petri 网的化学危险品出入库流程的建模与仿真[J]. 物流技术, 2012, 31(8): 262-277.
- [5] 李汝仙. 基于 Flexsim 的货位优化仿真[J]. 物流技术, 2015, 34(11): 111-114.
- [6] 梁国东. 基于 Witness 的入库装货系统优化研究[J]. 内蒙古科技与经济, 2015, 22(15): 88-91.
- [7] 马晓娟. 基于 Arena 的物流配送中心货物拣选作业的仿真分析与应用[J]. 物流技术, 2014, 12(24): 67-69.
- [8] 朱宇. 航空货站仿真设计在 Automod 中的实现[J]. 物流技术, 2015, 14(4): 85-86.
- [9] 张海珠. 基于 Promodel 的汽车零部件生产物流系统仿真研究[J]. 嘉兴学院学报, 2015, 6(27): 70-75.
- [10] 雷萌. 关于建筑仓储空间三维图像设计与仿真[J]. 计算机仿真, 2015, 32(10): 263-264.