

汽车生产车间柔性高效立体库研究

赵久龙¹ 赵爽²

(1.机械工业第九设计研究院股份有限公司,长春 130000; 2.长春雷允上药业有限公司,长春 130000)

摘要:以有轨制导车辆(RGV)与升降机组组合的柔性高效立体库为研究对象,为解决传统高速堆垛机立体库不能满足60辆/h大节拍问题,本立体库在水平面内采用RGV输送,在垂直方向采用升降机输送。利用CAD软件规划设计立体库方案二维平面图,Catia软件设计对应立体库的三维模型,通过Plant Simulation软件仿真验证方案是否满足大节拍产能,通过成本核算对比与传统堆垛机立体库的投资经济性。最终得出此柔性高效立体库是满足60辆/h大节拍产能并且成本也比传统立体库低,具有广泛的应用前景。

关键词:汽车车间 柔性 立体库 RGV

中图分类号:N945.13

文献标识码:B

DOI: 10.19710/J.cnki.1003-8817.20220006

Research on Flexible and High-Efficiency Spatial Warehouse of Automobile Production Workshop

Zhao Jiulong¹, Zhao Shuang²

(1.MMI PLANNING & ENGINEERING INSTITUTE IX Co., Ltd., Changchun 130000;

2. CHANGCHUN LEI YUN SHANG PHARMACEUTICAL Co., Ltd., Changchun 130000)

Abstract: In this paper, the flexible and efficient warehouse with combination of Rail Guided Vehicle (RGV) and lift was the research object. In order to solve the problem that the traditional high speed stacker spatial warehouse cannot meet the high beat capacity Jobs Per Hour (JPH) of 60 Units/h, this spatial warehouse adopted RGV conveying in the horizontal plane and lift conveying in the vertical direction. CAD software was utilized to plan and design the two-dimensional plan of the spatial warehouse, Catia software was adopted to design the three-dimensional model of the corresponding three-dimensional warehouse, and Plant Simulation software was used to verify whether the solution can meet the high beat capacity, and the economic investment was compared with that of the traditional stacker three-dimensional warehouse through cost calculation. The final conclusion is that this flexible and efficient three-dimensional warehouse can meet the JPH 60 Units/h beat capacity and the economic cost is lower than the traditional three-dimensional warehouse, which has wide application prospect.

Key words: Automobile Production workshop, Flexible, Spatial library, RGV

1 前言

自动化立体仓库,是物流仓储中出现的新概念。利用立体仓库设备可实现仓库高层合理化,存取自动化,操作简便化,自动化立体仓库是当前技术水平较高的形式。自动化立体仓库的主体由货架、巷道式堆垛起重机、入(出)库工作台和自动

运进(出)及操作控制系统组成。货架是钢结构或钢筋混凝土结构的建筑物或结构体,货架内是标准尺寸的货位空间,巷道堆垛起重机穿行于货架之间的巷道中,完成存、取货的工作。管理上采用计算机及条形码技术^[1]。

汽车制造是中国最早应用自动化立体库的领域之一。东风汽车集团是最早应用自动化立体库

作者简介:赵久龙(1991—),男,工程师,学士,研究方向为机械化输送及数字化。

参考文献引用格式:

赵久龙,赵爽.汽车生产车间柔性高效立体库研究[J].汽车工艺与材料,2023(3):68-72.

ZHAO J L, ZHAO S. Research on Flexible and High-Efficiency Spatial Warehouse of Automobile Production Workshop [J]. Automobile Technology & Material, 2023(3): 68-72.

的单位。目前中国主要汽车制造企业几乎无一例外地应用自动化立体库,但都是由货架、巷道式堆垛起重机、入(出)库工作台和自动运进(出)及操作系统组成的高速堆垛机立体库,而这种高速堆垛机立体库只能满足 30 辆/h (Jobs Per Hour, JPH) 左右的节拍要求。如采用有轨制导车辆(Rail Guided Vehicle, RGV)+升降机组立体库,在水平面内采用 RGV 输送,在垂直方向采用升降机输送,可适用于大节拍(如 60 辆/h)^[1]。在物流行业,类似形式的立体库有广泛应用。在汽车车身储存方面,国外及国内个别研究院等都在开展研究,该形式的立体库有广泛的应用前景,应用该形式的立体库在大节拍生产线上也是必然的发展趋势,因此,研究开发出柔性高效立体库仿真软件更是势在必行。

2 研究目标

a.技术方面。设计规划出完整有轨制导车辆+升降机组柔性高效立体库方案,并且满足节拍 JPH 为 60 辆/h。

b.经济方面。通过成本核算对比传统高速堆垛机立体库节省 8% 成本。

3 研究设计

3.1 方案设计

3.1.1 运输方案

利用 CAD 设计软件规划设计 RGV+升降机组柔性高效立体库方案,采取入库、出库各一台 18.2 m 升降机,进库高度为 9.3 m,出库高度为 0 m,立体库钢结构尺寸为 18.2 m×42 m,立体库分 6 层,每层独立,6 层集成一体。RGV 采用色带形式,可以前后、左右运行,尺寸为 1.6 m×2.2 m。

3.1.2 运输节拍

整体节拍 JPH 为 60 辆/h,升降机速度为 60 m/min,滚床速度为 48 m/min, RGV 运行速度为 36 m/min, RGV 横移速度为 24 m/min。

3.1.3 运输方式

a.第一种方式。进口顺序随意,出口顺序随意。

b.第二种方式。按顺序进库,逐层进入;按顺序出库,逐层驶出。

当 RGV 数量少时,只能实现按节拍顺序进库,

顺序出库,如果提前知道出库顺序,增加 RGV 数量,可以按节拍出库。

3.1.4 二维方案图

根据上文运输方案、运输节拍、运输方式,利用 CAD 软件画出二维方案图,具体如图 1~图 2 所示。

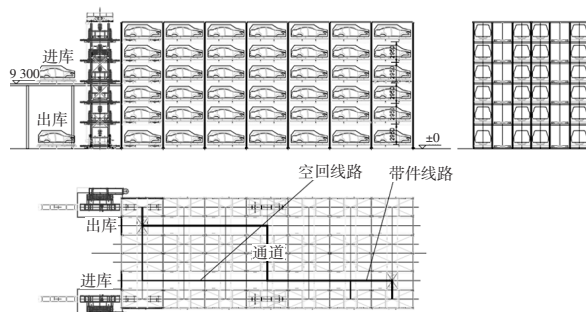


图1 运输方案

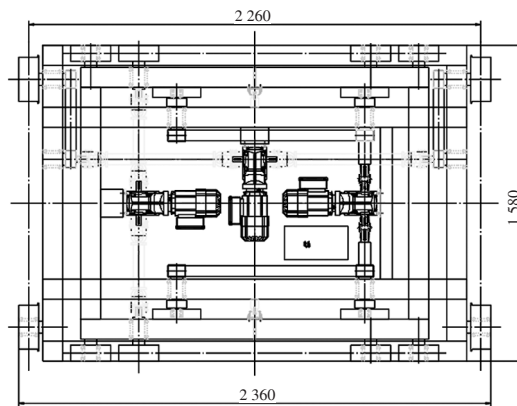


图2 RGV设计图纸

3.2 三维设计

通过 Catia 软件对图 1~图 2 纸对立体库的钢结构、升降机、RGV、辊床进行三维设计,具体如图 3~图 6 所示。

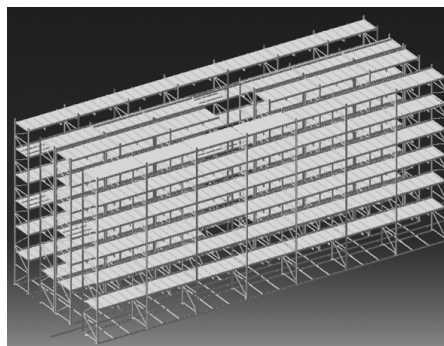


图3 钢结构三维模型

3.3 节拍计算

3.3.1 RGV 节拍计算

对 RGV 工艺节拍进行详细分析,基本数据:横移距离为 2 650 mm,运行距离为 36 000 mm,带载

横移速度为 24 m/min, 带载运行速度为 36 m/min, 空载横移速度为 36 m/min, 空载运行速度为 18 m/min, 其它具体参数如表 1 所示。

RGV 送件再回到下一个取件位整个过程需要

3 min。如果随机出件, 满足 1 min 节拍, 每层需要 3 个 RGV。如果同时满足进件和出件, 需要 6 台 RGV。如果满足按顺序出件、进件, 每层依次进件(出件), 总计 6 层, 每层的节拍为 6 min, 只需要 1 台 RGV。

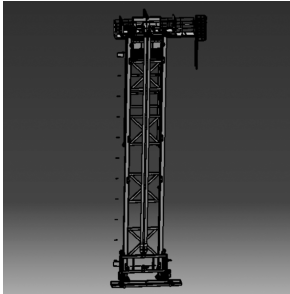


图4 升降机三维模型

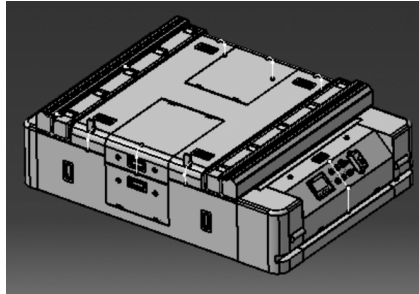


图5 RGV 三维模型

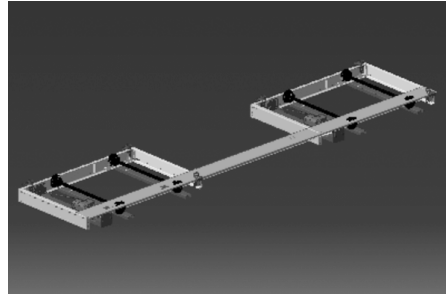


图6 辊床三维模型

表1 RGV 节拍表

动作描述	运行距离/mm	速度/m·min ⁻¹	运行时间/s	动作描述	运行距离/mm	速度/m·min ⁻¹	运行时间/s
RGV 横移进入启动	100		1.0	RGV 轮系转换			3.0
RGV 横移进入匀速	2 350	36	3.9	RGV 运行启动	200		1.5
RGV 横移进入减速停止	200		1.0	RGV 运行匀速	17 500	36	29.2
RGV 顶起工件			2.0	RGV 运行减速停止	300		2.0
RGV 横移移出启动	100		1.0	RGV 横移进入启动	100		1.0
RGV 横移移出匀速	2 350	24	5.9	RGV 横移进入匀速	2 350	24	5.9
RGV 横移移出减速停止	200		1.0	RGV 横移进入减速停止	200		1.0
RGV 轮系转换			3.0	RGV 放下工件			2.0
RGV 运行启动	200		1.5	RGV 横移移出启动	100		1.0
RGV 运行匀速	17 500	36	29.2	RGV 横移移出匀速行驶	10 200	36	17
RGV 运行减速停止	300		2.0	RGV 横移移出减速停止	200		1.0
RGV 轮系转换			3.0	RGV 运行启动	200		1.5
RGV 横移启动	100		1.0	RGV 匀速运行	29 500	48	36.9
RGV 横移匀速	5 000	24	12.5	RGV 运行减速停止	300		2.0
RGV 横移减速停止	200		1.0				

3.3.2 升降机节拍

对升降机工艺节拍进行详细分析, 基本数据: 驶入距离为 6 000 mm; 驶出距离为 6 000 mm; 升降高度为 12 300 mm; 辊床速度为 48 m/min; 升降速度为 60 m/min, 其它具体参数如表 2 所示。

升降机节拍 57.2 s 小于 60 s, 满足工艺运输总结拍。

3.4 存储运输控制原理

3.4.1 软件控制

柔性高效立体库控制包括管理系统控制与监

控系统控制。管理系统控制建立系统数据库, 运用遗传算法对作业进行调度, 实现货位分配策略, 出入库调度策略^[1]。监控系统采用组态软件编写, 方便与上位管理机构和下位执行机构进行通信。监控系统内容包括基于组态软件的监控系统开发方法、监控系统的组成及其功能模块的实现、数据采集与控制的实现方法^[3]。

3.4.2 硬件控制

存储控制: 立体库的库位存储状态采用光电开关检测库存是否在位。在库位两侧分别安装光

电开关的发射端和接收端,光电开关将输入电流在发射器上转换为光信号射出,接收器再根据接收到的光线强弱或有无对目标物体进行检测确定是否有库存在位^[4]。

表2 升降机节拍表

动作描述	运行距离/mm	速度 /m·min ⁻¹	运行时间/s
驶入升降机滚床启动	300		1.5
匀速驶入升降机滚床	5 100	48	6.4
驶入升降机滚床减速停止	600		2.5
升降机上升启动	300		2.0
升降机匀速上升	11 200	60	11.2
升降机上升减速停止	800		3.0
锁紧装置锁紧			2.0
驶出升降机滚床启动	300		1.5
匀速驶出升降机滚床	5 100	48	6.4
驶出升降机	600		2.5
锁紧装置锁紧打开			2.0
升降机下降启动	300		2.0
升降机匀速下降	11 200	60	11.2
升降机下降减速停止	800		3.0

运输控制。立体库各层运输 RGV 采用色带牵引方式运输。RGV 利用读码器判断与色带宽度距离偏差,从而确定 RGV 运输牵引方向^[5]。

3.5 应急故障处理

考虑到立体库存储运输过程可能会发生不可控制的故障问题,尤其在以往项目研究中发生最大概率的库位故障问题,导致 RGV 无法正常出入库位或者在库位无法正常装卸货,对此问题采取的解决方法是在每层中间的 2 个库位设定临时缓存库位功能,一旦其它库位发生故障问题,可以不受货位分配策略和出入库策略影响直接前往临时缓存库位进行存储,避免造成拥堵停运。

3.6 仿真验证

仿真是对现实世界过程或系统随时间运行的模拟过程。为了进一步研究系统本身以及系统内部各实体之间的关系,并对系统运行状况进行真实准确预测,构建一个真实系统或实体模型进行验证^[6]。

3.6.1 产能验证

将各三维模型进行处理优化,渲染并转化成 Plant 软件应用的 jt 格式导入其中,再根据规划设计的立体库方案 1:1 建立真实仿真模型,在把各项设备参数输入模型中,导入生产订单信息,按真实规划的运输方案、运输节拍、运输方式,模拟整体立体库 30 天的运行过程,验证整体立体库的 JPH 是否满足 60 辆/h,具体仿真模型如图 7,仿真结果图 8 所示。

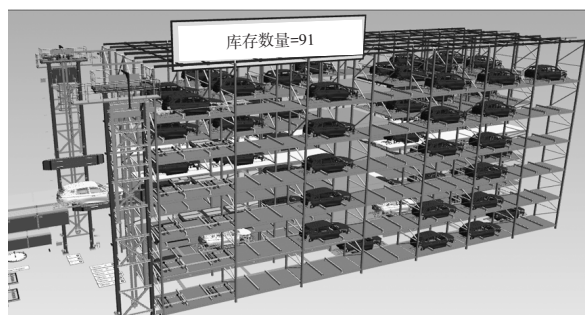


图7 立体库仿真三维模型

. 模型 1							
仿真时间:30:00:00:00.0000							
已删除 Drain 的零件的累积统计							
对象	名称	平均使用寿命	吞吐量[TPH]	生产	运输	存储	值已添加
物料终结	ZJL	1:59.0000	40659	61	100.00%	0.00%	0.00%
							50.00%

图8 仿真结果

经过仿真验证充分说明,规划设计的立体库方案是切实可行的,满足实际节拍要求。

3.6.2 RGV 数量最优验证

对单层 RGV 数量从 2 台到 5 台分别模拟 30 天的运行并且分别验证 5 次得到以下结果, RGV 数量分析结果如图 9 所示。

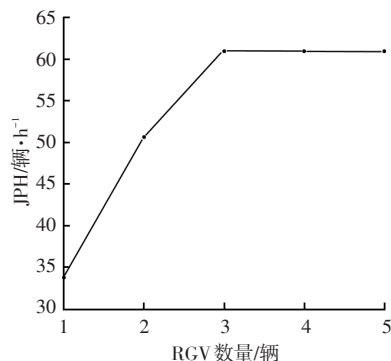


图9 RGV 数量分析结果

经过对单层 RGV 不同数量进行仿真模拟的分析结果中可以得出,当 RGV 数量到达 3 台就满足产能要求并且产能稳定,因此单层 RGV 最优数量为 3 台。

4 成本核算

4.1 35~45 辆/h 成本核算

在 35~45 辆/h 情况下, RGV 立体库每层需要 2 个 RGV。这样相对高速堆垛机立体库成本节省 1 764 844 元, 节省 18.5%。具体对比核算如表 3~表 4 所示。

表 3 35~45 辆/h 的高速堆垛机立体库成本核算

项目	数量/个	单价/元	小计/元
立体库钢结构	1	2 360 000	2 360 000
高速堆垛机	2	1 620 000	3 240 000
升降台	2	130 000	260 000
移行机	4	48 000	192 000
辊床	14	11 000	154 000
转接辊床	4	13 000	52 000
电控柜	1	3 284 164	3 284 164
合计			9 542 164

表 4 35~45 辆/h 的 RGV 立体库成本核算

项目	数量/个	单价/元	小计/元
立体库钢结构	1	3 130 000	3 130 000
RGV	12	90 000	1 080 000
升降机	2	250 000	500 000
转接辊床	12	13 000	156 000
电控柜	1	2 911 320	2 911 320
合计			7 777 320

4.2 45~60 辆/h 成本核算

在 45~60 辆/h 情况下, RGV 立体库每层需要 3 个 RGV。这样相对高速堆垛机立体库成本节省 1 224 844 元, 节省 8.4%。具体对比核算如表 5~表 6 所示。

表 5 45~60 辆/h 的高速堆垛机立体库成本核算

项目	数量/个	单价/元	小计/元
立体库钢结构	1	2 360 000	2 360 000
高速堆垛机	2	1 620 000	3 240 000
升降台	2	130 000	260 000
移行机	4	48 000	192 000
辊床	14	11 000	154 000
转接辊床	4	13 000	52 000
电控柜	1	3 284 164	3 284 164
合计			9 542 164

表 6 45~60 辆/h 的 RGV 立体库成本核算

项目	数量/个	单价/元	小计/元
立体库钢结构	1	3 130 000	3 130 000
RGV	18	90 000	1 620 000
升降机	2	250 000	500 000
转接辊床	12	13 000	156 000
电控柜	1	2 911 320	2 911 320
合计			8 737 320

综上所述 JPH 为 35~45 辆/h, 45~60 辆/h 在经济方面都比传统高速堆垛机节约成本, 完成了研究第二目标。

5 结论

a. 通过仿真验证规划设计出的 RGV+升降机组合柔性高效立体库方案是切实可行的, 并且满足 JPH 节拍要求, 实现 60 辆/小时的产能。

b. 通过与传统高速堆垛机进行成本核算对比, 实现比传统高速堆垛机立体库节省 8% 成本。

参考文献:

[1] 王书琴. 立体仓库设计与控制优化方法研究[D]. 南京: 东南大学, 2011.91.

[2] 戴光群. SSE200B 型升降机研发[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2012.1-71.

[3] 郑单单. 立体仓库货位分配及拣选算法的研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2012.

[4] 敖林喆, 唐斌. 基于 PLC 控制的载重升降机设计[J]. 军民两用技术与产品, 2018(20): 131-132.

[5] 曹冲振, 王洪祥, 王凤芹, 等. AGV 的设计计算和不平路况下运行稳定性的仿真分析[J]. 物流技术与应用, 2019(4): 128-131.

[6] 黄大巍, 杨世锡, 艾巍, 等. AutoMod 仿真技术在汽车生产线上的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015: 3-9.

