

# 商用车车架纵梁智能化立体存储应用探索

王梦甜<sup>1</sup>，李维民<sup>1</sup>，马望<sup>2</sup>

1. 机械工业第九设计研究院股份有限公司 吉林长春 130011  
2. 中国第一汽车集团有限公司 吉林长春 130011

**摘要：**目前的生产方式对商用车纵梁存储和分拣排序的效率、电泳后纵梁的保护以及对纵梁的存储提出了更高层次的要求。纵梁智能化存储方案经过进一步开发和优化，解决其方案中遇到的难点和问题后，必然在未来的生产中会发挥极其重要的作用。

**关键词：**纵梁；智能立体化存储；有限元分析；节拍计算

由于商用车车架产品具有多样性，因此车架纵梁作为车架总成最主要的零部件之一，也随之具有结构复杂多样的特点。无论是冲压或是辊压的车架纵梁，根据其生产特点，均为小批量生产模式，而且后续车架铆接装配线按生产计划生产也无法匹配，因此，在实际的生产中需要大量的纵梁排序工作。

## 实施方案

### 1. 工艺方案

传统的排序工作在地面上进行，通过工人操作天车完成，会占用大量的车间面积及人力，且节拍很慢。这种方式在纵梁分片电泳工艺下，显得尤为困难，很难保证电泳后漆膜的质量。纵梁存储和分拣排序的效率、电泳后纵梁的保护等因素对纵梁的存储提

出了更高层次的要求，如何利用国内目前现有的机械装备完成更精益的存储，成为当前亟需解决的问题。

在充分分析纵梁存储和分拣、电泳后保护等工作特点的基础上，提出了新的工艺方案，对纵梁按照生产顺序进行编组、排序、存储和转运，如图1所示。

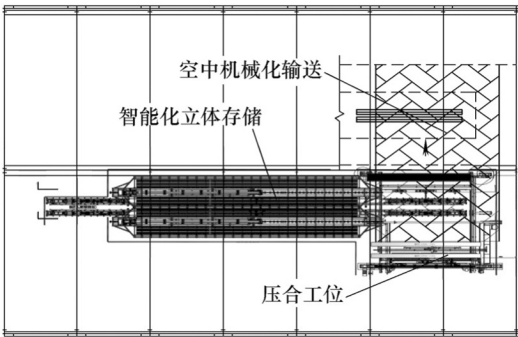


图1 工艺布局

2.工艺流程

新方案具体工艺流程如图2所示。

- (1) 入库 上道工序生产纵梁在智能化立体库存储入库位完成与仓库管理系统WMS系统对接，WMS系统生成入库任务并分配存储货位，利用RGV（有轨穿梭车）小车和堆垛机完成入库。
- (2) 出库 生产计划及物料信息上传至库区WMS系统，生成出库上线任务，仓库控制系统WCS系统调

- 度堆垛机将需要上线的左右纵梁移至二层（空中）出库RGV上，并输送至纵梁转接位置处，利用空中机械化输送转接上线<sup>[1]</sup>。
- (3) 压合 生产计划及物料信息上传至库区WMS系统，WMS系统生成出库压合任务，WCS系统调度堆垛机配合RGV出库，经压合工序后的纵梁再次贴码后重新入库或直接外发。

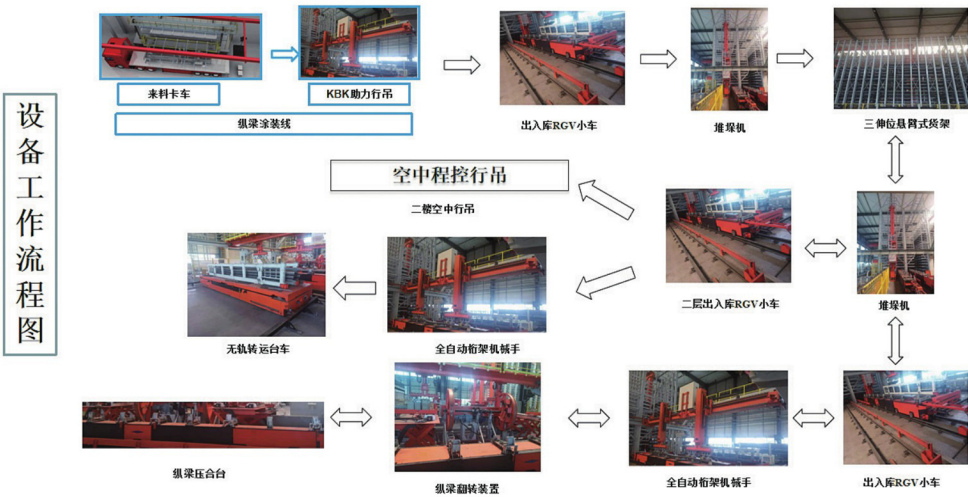


图2 工艺流程

3.设计难点

- 1) 满足不同种类的纵梁的存储（一般不少于100种）。
- 2) 注意不同折弯高度差纵梁放置的稳定性。
- 3) 纵梁编组排序速度≤30s/根，纵梁出排序区至出库辊道≤30s/根，转运节拍≤120s/根。

- 4) 电泳后漆膜的质量保证。
- 5) 重型货架稳定性保证。
- 6) 保证开动率措施，出现故障的应急措施。

4.设备构成

智能化立体存储系统设备构成见表1，侧视图如图3所示。

表1 设备构成

| 序号 | 内容           | 数量/套 | 备注                                                         |
|----|--------------|------|------------------------------------------------------------|
| 1  | 入库RGV小车系统    | 2    | 小车设置自动夹紧工装，工装分布距离同工件长度相适应，与工件接触部位采用柔性保护装置，防止对工件表面造成伤害      |
| 2  | 排序库库架        | 1    | Q235B，整体设计满足JB/T5323—91立体仓库焊接式钢结构货架技术条件要求 <sup>[2]</sup>   |
| 3  | 库位管理系统       | 1    |                                                            |
| 4  | 堆垛机系统        | 2    | 水平行走控制方式：激光测距+编码器；垂直提升控制方式：激光定位+编码器。采用红外光通信方式，可以手动控制和半自动控制 |
| 5  | 出库RGV小车系统    | 4    |                                                            |
| 6  | 纵梁出入库条码识别设备  | 2    |                                                            |
| 7  | 二次钢结构及管网     | 1    |                                                            |
| 8  | 安全网、安全门、安全护栏 | 1    |                                                            |
| 9  | 基础           | 1    |                                                            |

(续)

| 序号 | 内容     | 数量/套 | 备注                                                                                                  |
|----|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 | 电控系统   | 1    | 系统采用可编程控制器（PLC）和变频器作为控制单元，具有自动、手动或半自动操作功能，能与上位机进行双向通信。对堆垛机运行方向、运行速度、自动认址及货物的存取进行优化控制 <sup>[3]</sup> |
| 11 | 条码打印机  | 1    |                                                                                                     |
| 12 | 移动手持终端 | 6    |                                                                                                     |

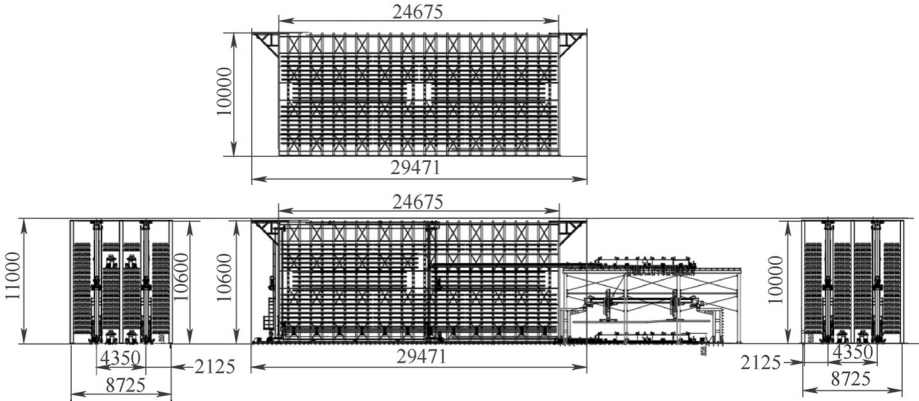


图3 智能化立体库侧视图

方案保障措施

1.工艺规划类

- 1) 规划除纵梁智能化存储库外其他可以直接转接纵梁上线的措施。
- 2) 规划少量周转面积。
- 3) 生产管理系统具有迅速调整生产计划功能。
- 4) 车架铆接线至底盘装配线间考虑少量车架纵梁缓存量。

2.机械类

- 1) 载货台装设松绳断绳保护装置、货物位置异常检测装置。载货台设有探货光电，以确认货架货位是否有货，避免双重入库。
- 2) 堆垛机水平行走机构设置有U形防脱轨装置。安装松绳检测传感器，以检测松绳情况的发生。
- 3) 货叉具备微升微降，动作连锁保护及“空取货”探测及报警功能。
- 4) 行走导轨天轨、地轨的端部需装设止挡块，以防止堆垛机脱轨。

3.控制系统

- 1) 系统采用可靠性高、功能稳定及抗干扰能力强

的可编程控制器PLC，具有安全连锁保护及故障诊断和报警处理功能。当系统出现故障时，能够快速自动停机报警，并且提示故障原因。

- 2) 在整个网络系统当中，各个子系统是独立运行的，一个系统出现故障不影响其他系统。尤其是多巷道的情况，各个巷道独立控制。
- 3) 每个巷道控制系统“一用一备”。
- 4) 控制电动机采用矢量变频调速方式，具备对电动机的多种保护功能。

4.货架有限元分析

利用有限元分析手段，对纵梁货架进行结构优化，保证货架力学满足使用要求<sup>[4]</sup>。

- 1) 利用Hypermesh软件分析纵梁货架的三维模型。采用壳单元进行网格划分。网格划分后轴视图和三视图如图4和图5所示。
- 2) 悬臂上的受力分析如图6所示。

每根悬臂上平均受到质量为a的重物载荷，则重力 $G=mg=ag$ ，同时 $G=ql$ ，此悬臂梁在图6所示这种受力情况下的最大挠度发生在B处，因此

$$\omega_b = -\frac{ql^4}{8EI}$$

(3)

式中  $\omega_b$ ——悬臂梁B处最大挠度；

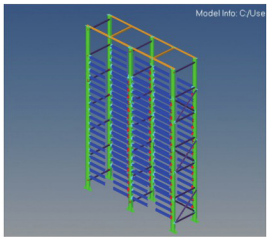


图4 纵梁货架划分网格（轴视图）

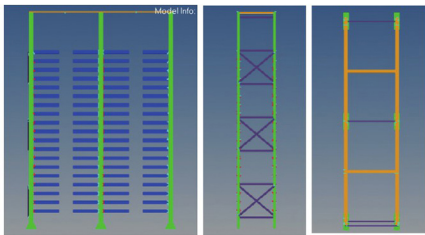


图5 纵梁网格的三视图

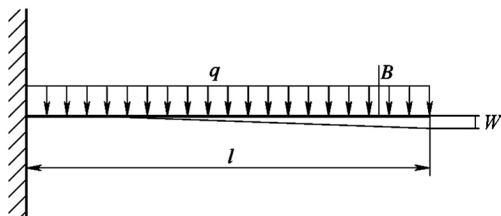


图6 悬臂梁受力

- $G$ —— $a$  kg重物的重力；
- $g$ ——重力加速度；
- $q$ ——悬臂梁上的均布载荷；
- $l$ ——悬臂梁的长度。

设定弯矩最大的位置为A点，且最大弯矩为 $M_A$ 。

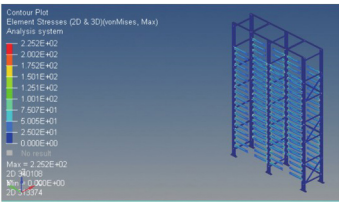
在网格划分之后，每根悬臂梁取 $c$ 个节点，每个节点受力 $F=G/c$ ，即在每根悬臂上的 $c$ 个节点上施加 $F$ 进行仿真计算。

3) 后处理分析。纵梁货架的材料采用Q235B钢材。

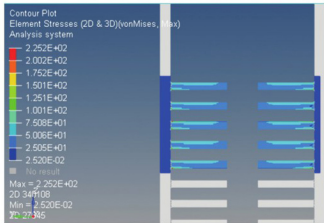
4) 纵梁货架的应力分布。根据图7所示的纵梁货架的应力云图，得出货架上应力集中发生在悬臂连接处，最大应力为 $d$ ，若 $d < 235\text{MPa}$ ，则满足受力使用要求。

纵梁货架的位移情况：根据如图8所示纵梁货架位移云图及表2十大位移节点列表得出，最大位移为 $f$ ，最大位移与JB/T5323—1991立体仓库焊接式钢结构货架要求及项目要求做比较，小于位移极限值。

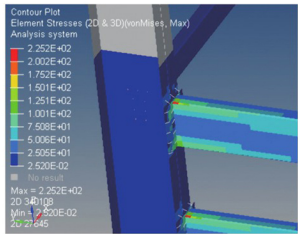
从以上分析得出结论，此货架力学满足使用要求。



a) 纵梁货架的应力云图



b) 悬臂上的应力云图



c) C处的局部放大图

图7 纵梁货架的应力云图

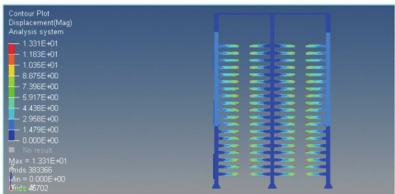


图8 纵梁货架的位移云图

表2 地面层输送效率表

| 项目              | 参数            | 备注               |
|-----------------|---------------|------------------|
| 从入货站台到入货点P1     | $A_s$         | P1点的位置为 $(x, y)$ |
| 入货点P1到入货点P2     | $B_s$         | P2点的位置为 $(x, y)$ |
| 从入货点P2到出货站台     | $C_s$         |                  |
| 货叉完成一次作业循环平均总时间 | $D_s$         |                  |
| 单循环平均作业时间       | $A+B+C+D=E_s$ |                  |
| 复合循环平均作业时间      | $2E_s$        |                  |
| 单循环实际能力         | 0.9E根/h       | 按实际效率90%计算       |
| 复合循环实际能力        | 1.8E根/h       | 按实际效率90%计算       |

节拍计算

1.入/出库RGV小车节拍

利用行程、运行速度和加速度计算出加减速时间从而计算出往返平均时间。往返平均时间即为节拍，单台单循环理论能力为3倍的节拍，按90%利用率计算单台单循环实际能力，在考虑70%~80%利用率以及

RGV小车台数即可得到出库输送RGV小车同时工作实际能力总和。

2.堆垛机入/出库节拍

根据图9所示，堆垛机入/出库节拍和表3空中输送效率表计算出完成一个车架的左右纵梁定点入库和任意位置的另一个车架左右纵梁出库的时间，计算相应节拍。

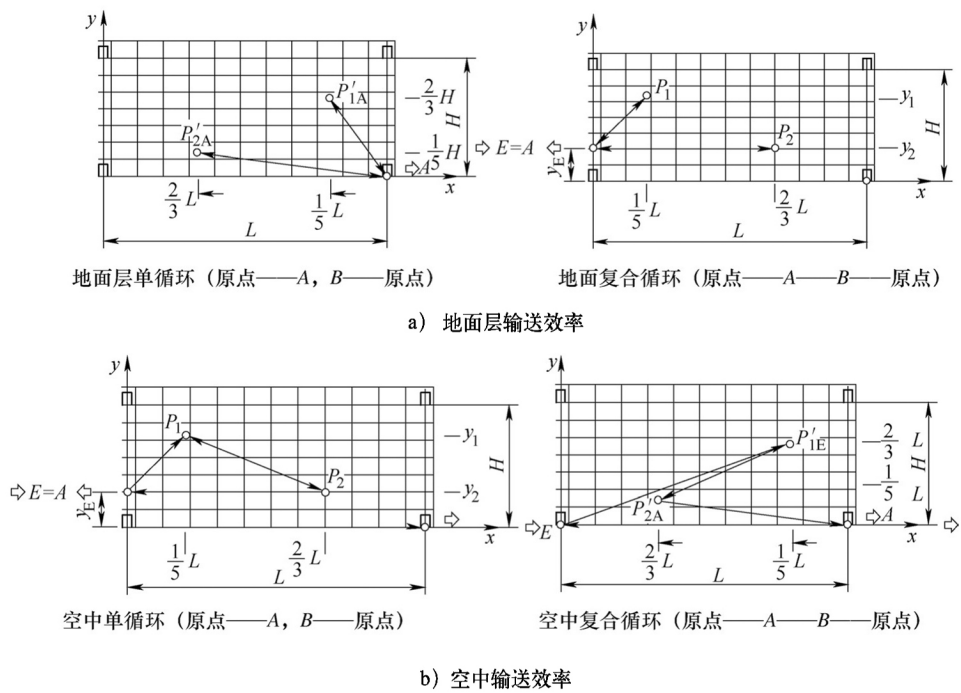


图9 堆垛机入/出库节拍

表3 空中输送效率表

| 项目              | 参数            | 备注               |
|-----------------|---------------|------------------|
| 从入货站台到入货点P1     | $F_s$         | P1点的位置为 $(x, y)$ |
| 入货点P1到入货点P2     | $G_s$         | P2点的位置为 $(x, y)$ |
| 从入货点P2到出货站台     | $H_s$         |                  |
| 货叉完成一次作业循环平均总时间 | $I_s$         |                  |
| 单循环平均作业时间       | $F+G+H+I=J_s$ |                  |
| 复合循环平均作业时间      | $2J_s$        |                  |
| 单循环实际能力         | 67根/h         | 按实际效率90%计算       |
| 复合循环实际能力        | 1.8/根/h       | 按实际效率90%计算       |

结语

综上所述，利用上述手段，将纵梁智能化存储方

案进一步开发和优化，解决其方案中遇到的难点和问题后，方案的实施完全可行。而这种车架生产智能化、高效化、少人化的方案，必然在未来的生产中会发挥其重要的作用。

参考文献：

[1] 俞嘉炜，张凤登. 智能立体仓储设备WCS系统研发[J]. 软件导刊，2018，17（2）：143-146.

[2] 史林丽.《立体仓库焊接式钢结构货架技术条件》标准修订要点[J]. 物流技术与应用，2010，15（1）：28-29.

[3] 吴迪.现代化仓储设备及发展趋势[J]. 2010，28（S2）：382-385.

[4] 李峰.基于有限元法的空压机车架振动特性研究[D]. 广西科技大学，2015. **AUTO1950**