

# 四向穿梭车立体库风险辨识及控制研究

王彦

延锋国际汽车技术有限公司 上海 201315

**摘要:** 四向穿梭车立体库作为一种高效、紧凑的仓储系统，在生产、物流企业广泛应用。对比传统仓储设备，该系统显著提升了工作效率，然而其复杂的运行机制和运行环境也带来了诸多新的安全风险。本文阐述了某企业四向穿梭车立体库项目建设过程的风险辨识与控制措施，提出了该系统安全运行的经验方法。

**关键词:** 四向穿梭车；立体库；风险辨识；控制措施

## 1 引言

四向穿梭车仓储系统利用四向车多层多车灵活作业方式，大大提高出入库作业效率，解决传统立库中堆垛只能在一个巷道出入库作业的瓶颈问题。近些年来，欧美等发达地区的各类穿梭车发展快速、技术先进，各种高品质的四向车在市面上呈现<sup>[1]</sup>。四向穿梭车仓储系统由存储货架、四向穿梭车、提升机和轨道等组成。其中，存储货架用于货物存储，每个储货巷道可有多个存储货位，同一储货巷道存放同一类货物；四向穿梭车用于实现货物的水平运转；提升机用于实现四向穿梭车的垂直运转；轨道分为纵向子通道和横向的主通道<sup>[2]</sup>。

四向穿梭车立体库作为一种先进的仓储系统，以其高效率、高空间利用率和灵活性强的特点，受到了广泛关注和应用。然而，随着其应用范围的扩大，其潜在的安全风险也逐渐暴露。因此，对四向穿梭车立体库的风险进行辨识和控制显得尤为重要。

## 2 项目风险概述

本项目平面布置示意图如图1。



图1 四向穿梭车立体库平面布置示意图

为全面辨识本项目在实际运行过程中的风险，从人、机、物、环要素进行详细分析，并提出解决方法：

要素	风险和技术难点分析	解决方法及创新点
人	非授权人员进入、高层设备设施维修保养难	风险辨识与控制、现场目视化方案
机	提升机、输送机、四向穿梭车无法判断安全可靠	制定各类设备安全标准、点检表、保养基准
物	货架稳固性、材质强度、螺栓强度、垂直、水平度是否符合要求	货架安全标准、安全项目验收表、货架点检表
环	消防设施设计能否满足需求、穿梭车充电消防风险	制定消防系统设计标准

## 3 风险控制措施的提出及应用

3.1 四向穿梭车立体库安全标准及系统安全项目验收表

针对技术难点，项目组研究制定了四向穿梭车立体库安全标准，明确了立体库的一般要求、危险源防护、维修安全、操作安全方面的关键控制要点。

(1) 本项目关键控制要点有以下方面：

1) 安全控制要求：包括安全装置要求、电气系统要求；

2) 消防系统安全要求：总体要求、自动灭火系统要求、消防栓要求；

3) 设备设施安全要求：货架安全要求、提升机安全要求、充电安全要求、监控系统安全要求；

4) 定期维保及结构安全评估与检测。

(2) 四向穿梭车立体库安全项目验收表

1) 目的：用于立体库项目投入使用前进行的预验收及终验收过程中的安全项目验收标准；

2) 验收关注点：光栅、急停、开关、传动部位、安全门、安全继电器/PLC、电气元器件、货架、穿梭车、提升机、充电桩、警示标识；

3) 验收会签：设备选型部门、设备使用部门、设备维护部门、安全监督部门。

### 3.2 四向穿梭车立体库安全管理工具

#### (1) 四向穿梭车立体库危险源辨识与控制

通过对自动化立体存储系统区域及相关设备进行危险有害因素辨识及控制风险评估的结果,利用工程技术措施、管理措施、应急措施等原则梳理并制定分级管控措施,用于现场安全风险控制。本项目共辨识安全风险:日常操作类危险源26项、保养类危险源4项、维修类危险源8项,起重高风险危险源共5项。

#### (2) 高风险项目识别及控制措施分析

##### 1) 高风险项目关注点

日常操作:人员进入设备内部、四向穿梭车充电;

维修:进入设备内部维修、料架高处维修作业(包括货架、穿梭车维修、消防喷淋维修等);

2) 控制措施:采用不低于1.8m的防护围网;通道入口安装安全连锁装置;L型屏蔽光栅;充电站隔离房。

(3) 编制四向穿梭车立体库点检表及TPM保养基准,制定四向穿梭车立体库日常管理运行的安全目视化标准,包括禁止、警示、指令、提示标识等标志。

#### 4 本项目研究成果中技术难点解析

通过本项目的实际应用,识别了本项目的关键技术难点,针对这些技术难点,在分析其产生原因和可能导致的后果后,提出了针对性的解决措施。

##### 4.1 技术难点

(1) 由于上料口和出料口,需要有货物进出,无法采取普通光栅或拦网等措施;

(2) 四向穿梭车一旦在高空损坏、维修困难、风险较高;或消防喷淋头出现故障的应急维修;

(3) 四向穿梭车避障功能失效、车辆偏载、脱轨、车辆速度超差;

(4) 货架的建造是否满足要求,验收检查过程中的内容;

(5) 立体库消防设计目前国内的消防标准中仅有简单的描述,无具体实施设计的标准;

(6) 四向穿梭车使用锂电池,在充电过程中,存在较大的火灾风险。

##### 4.2 解决措施

针对上述技术难点,提出了以下与之对应的解决措施。

(1) 可采用L型屏蔽光栅(见图2),可识别人与货物的区别。屏蔽型安全光幕与屏蔽开关:移动站台入料口应安装屏蔽光栅,并与屏蔽开关配合使用,可以快速区分进/出料口处是物料还是操作人员,应满足双向屏蔽功能;屏蔽光栅等级为四级,长度需覆盖入料口区域,必须确保操作范围内没有防护盲区,光栅分辨率

14mm;光栅触发后必须手动复位后设备才能重新启动;光栅的设计需符合GB/T19876《机械安全与人体部位接近速度相关的安全防护装置的定位》。

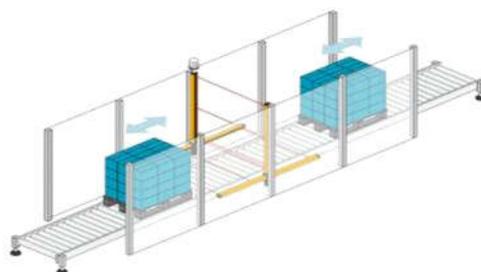


图2 L型屏蔽光栅示意图

(2) 专用爬梯安装垂直生命线、每层设置维修通道安装行走网片、安全带挂点,双钩安全带,一步一扣行走(见图3)。



图3 爬梯现场图

(3) 制定穿梭车安全要求,确保各类传感器有效并采用三重安全措施(见图4)。



图4 传感器

穿梭车应具备行走三重安全措施(见图5):

穿梭车行走宜采用绝对认址方式、货格定位,确保定位精度要求 $\pm 3\text{mm}$ ,提高穿梭车行驶安全定位精度,实现单元托盘类货物在货架区域内的物料搬运、存储与管理。

A.行走轨道两端应设置减速(限速)磁开关或位置识别码,使穿梭车越位时强制减速。如软件监控判定减速控制失效,穿梭车应通过软件控制实现紧急停止。

B.行走轨道两端应设置机械极限位置的限位开关。如极限限位开关或限位气囊开关触发,穿梭车应断电紧急停止。

C.行走轨道两端应设置固定栏杆或阻挡,通过机械方式可使穿梭车停止。

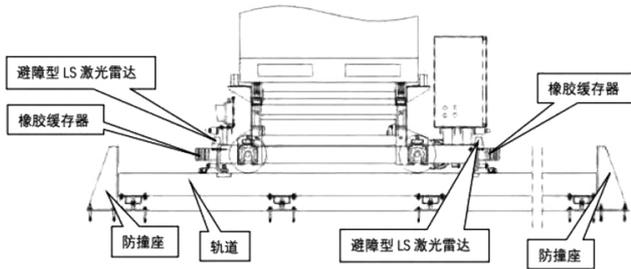


图5 行走三重安全措施示意图

穿梭车周边应设置护栏,护栏上安全门应设置安全联锁,安全联锁与穿梭车之间互锁,打开安全门,车辆停止,且在关闭安全门时,必须进行复位后,启动方可运行。

穿梭车的金属外壳及其结构体均能有效与轨道可靠接地,且在运动中不应与其他物体刮蹭。

(4) 货架安全标准、包括货架强度要求、选用的材质、螺栓的强度要求、横梁挠度、立杆垂直度值、货架安全销要求,货架表面处理及喷涂层厚度要求,地基要求等。

货架运行防护安全主件应包括:水平拉杆、背拉杆、主通道端部安全止挡、子轨道端部安全止挡;穿梭车导向轮缘或导向轮、子母轨道及位置定位码与感知光电器、急停开关或遥控器、避障雷达、托盘感知光电器、托盘外形检测。并应根据作业环境合理配置其它安全部件,如防撞柱、防撞栏、警示标牌、背网等。

(5) 参照国外相关立体消防设计标准,对喷头类型、喷头的布置方式等进行了明确。包括消防栓的布置方式(见图6)。

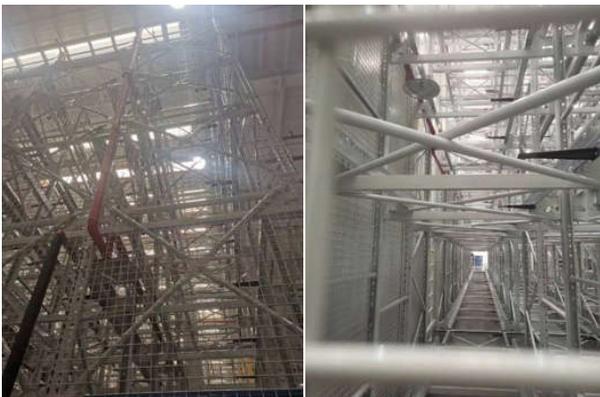


图6 消防设施现场图

自动化立体存储系统应采取有效的消防措施。当货架高度大于7m,其所在建筑物的耐火等级不应低于二级,且应规范设置自动灭火系统。当货架储物高度大于

7.5m时,应设置货架内置洒水喷头。

自动化立体存储系统所在建筑物内部高度大于12m时,应根据GB50116的要求设置火灾自动报警系统。建筑物应同时选择两种及以上火灾参数的火灾探测器。

货架高度大于7m且储物高度不超过7.5m时,厂房顶部喷头宜采用仓库型特殊响应喷头或早期抑制快速响应喷头的自动喷水系统,不需要设置货架内置洒水喷头;喷头应为上喷式洒水喷头。货架储物高度大于7.5m时,应设置内置洒水喷头:喷头最低应采用K80型下喷型洒水喷头,应为通透层板,且喷头溅水盘与上方层板的距离应符合GB50084-2001《自动喷水系统设计规范》7.1.6规定。

货架在布置时,需考虑货架整体外围消防栓的固有位置,预留足够的安全通道,方便日常点检及应急使用。

(6) 制定充电安全标准、对充电区域进行隔离,安装消防设施。

充电站应有专用位,且有明显的目视警告和隔离措施,便于维修和处置。应根据充电站的位置结构,设置专用隔离充电房:充电房顶板、侧板、门材质:防火岩棉板(至少75mm厚度)或具有相同防火抗冲击性能的材质;充电房高度应低于充电站上一层货架下方,且不应低于1.5米;门下挖洞供穿梭车自由进出,穿梭车进出净高根据穿梭车实际高度确定。长宽满足日常维护维修即可;充电房内应设置喷淋及烟感,并在室外设置报警灯(见图7)。

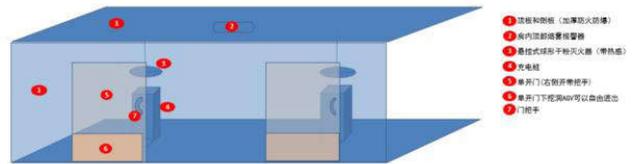


图7 充电区示意图

## 5 结论

通过对本项目四向穿梭车立体库的风险辨识、技术难点和控制措施的研究,为提高四向穿梭车立体库的安全性和稳定性提供了理论支持和实践指导。未来,可以进一步深入研究四向穿梭车立体库的风险控制技术和方法,结合人工智能等新科技的运用进一步提升防护水平。

## 参考文献

[1] 四向穿梭车智能化密集存储技术的研究与应用[J].杨光辉;陈园园;管树林;吕志军.1.上海精星仓储设备工程有限公司;2.上海仓储物流设备工程技术研究中心;3.东华大学,2020

[2] 四向穿梭车仓储系统仿真研究[J].刘嘉慧;赵宁.北京科技大学机械工程学院物流工程系,2024