

# 数智化 AI 应用叉车防撞系统-叉车制动安全性分析



宿玉钱<sup>1</sup>, 王宝亮<sup>1,\*</sup>, 吴丰吉<sup>2</sup>, 夏亚男<sup>2</sup>, 张素霞<sup>2</sup>, 马思伟<sup>2</sup>, 徐俊辉<sup>2</sup>, 王磊<sup>2</sup>, 刘红玉<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 内蒙古蒙牛乳业 (集团) 股份有限公司, 内蒙古和林格尔 011500

<sup>2</sup> 内蒙古蒙牛乳业科尔沁有限责任公司, 内蒙古通辽 028000

**摘要:** 目的: 近年来结合叉车操作导致的车辆事故, 主要原因为叉车作业过程中存在人车交叉安全风险, 一是物的不安全状态车辆本质安全原因, 二是人的不安全行为, 结合叉车事故分析原因, 叉车作业需要人员配合完成作业任务, 人员在叉车周围开展作业时, 与叉车距离较近, 紧急制动时距离较近导致人员伤害。综上, 为保障自己和周围人员的安全, 企业运用 AI 数智化手段规避安全风险, 自动监控系统监督人员作业。结论: 结合数智化 AI 应用, 当人员靠近行驶中的叉车时, 叉车识别到防御卡感应信号, 叉车强制停车。AI 叉车防撞系统作为一种防撞解决方案, 通过 AI 自动监控叉车周围的障碍物, 当物体或人员进入规定的距离 (如 5 米、10 米、15 米) 时, 会发出声音和视觉警报通知司机, 通过制动距离检测达到危险距离主动停车, 判断叉车的有效距离及车速, 通过自控距离预防叉车事故的发生。

**关键词:** 叉车; AI 防撞系统; 制动距离

**DOI:** 10.57237/j.cst.2024.02.001

## Data Analysis of Forklift Defense System for Digitized AI Applications

Su Yuqian<sup>1</sup>, Wang Baoliang<sup>1,\*</sup>, Wu Fengji<sup>2</sup>, Xia Yanan<sup>2</sup>, Zhang Suxia<sup>2</sup>, Ma Siwei<sup>2</sup>, Xu Juhui<sup>2</sup>, Wang Lei<sup>2</sup>, Liu Hongyu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Inner Mongolia Mengniu Dairy (Group) Co., Ltd., Helingeer 011500, China

<sup>2</sup> Inner Mongolia Mengniu Dairy Horqin Co., Ltd., Tongliao 028000, China

**Abstract:** Purpose: In recent years, vehicle accidents caused by forklift operations have been analyzed, mainly due to the presence of safety risks between people and vehicles during forklift operations. Firstly, the unsafe state of objects and the intrinsic safety of vehicles are the main reasons. Secondly, unsafe behavior of people is the root cause of forklift accidents. Based on the analysis of forklift accidents, forklift operations require personnel to cooperate in completing work tasks. When personnel work around the forklift, they are relatively close to the forklift, Personal injury caused by close proximity during emergency braking. In summary, in order to ensure the safety of themselves and surrounding personnel, enterprises use AI digital means to avoid security risks, and automatic monitoring systems supervise personnel operations. Conclusion: Combined with the application of digital AI, When personnel approach a moving forklift, the forklift recognizes a defense card sensing signal and forces the forklift to stop. The AI forklift collision prevention system, as a collision prevention solution, automatically monitors obstacles around the forklift through AI. When an object or person enters a specified

\*通信作者: 王宝亮, 957909831@qq.com

distance (such as 5 meters, 10 meters, 15 meters), it will emit sound and visual alarms to notify the driver. By detecting the braking distance and reaching a dangerous distance, the system will automatically stop the forklift, determine its effective distance and speed, and prevent forklift accidents by controlling the distance.

**Keywords:** Forklift; AI Collision Avoidance System; Braking Distance

## 1 引言

叉车智能 AI 测距防撞预警系统, 通过安装传感器和摄像头等设备, 可以自动检测、识别周围环境和障碍物, 预测和监控叉车的运动轨迹, 及时发出警报, 避免了驾驶员的疏忽和判断错误造成的意外事故。对于仓储、物流或港口等需要频繁装卸货的场所来说, 叉车具有非常重要的作用[14]。这种智能化的安全方案不仅可以大大提高叉车的安全性能, 而且也可以加强生产效率。因为在减少碰撞的同时, 还能使叉车司机更加专注于机载系统的监控和管理, 并减少不必要的停车和重复操作, 提高了叉车的操作效率。厂内机动车辆(叉车)的制动距离是厂内车辆实现减速到车辆停止的时间。机动车辆(叉车)安全性的一项重要指标[4]。

随着叉车性能的提升, 叉车的最大爬坡度越来越大, 机械制动中拉索行程设计与制动力要求之间的矛盾越来越突出。研究叉车制动行程与制动力的关系以及叉车制动过程特性, 通过合理设计拉索运动路径的方法, 做到变杠杆比, 即制动过程中杠杆比由小变大, 实现叉车制动过程中满足叉车制动需求的拉索行程, 同时减小司机操纵力, 大幅提升操作舒适性。叉车是不可或缺的重要设备, 其安全性和稳定性直接关系到生产效率和员工的安全。然而, 叉车制动不同步问题一直是困扰叉车行业的一个难题, 需要通过科学合理的检验检测研究和分析来解决。叉车制动不同步往往表现为左右制动器或前后制动器制动不一致, 造成叉车的行驶不平稳, 还可能在急刹车时导致偏向一侧、滑动等现象, 对叉车控制和操作员的安全造成威胁。因此, 分析制动不同步的原因和检验检测方法对于叉车的使用和维护非常重要[1]。

制动装置是叉车内部最重要的构成结构, 合理、有效应用相关监测技术、检测监控设备等是叉车安稳运作的重要基础[8]。随着智能化技术的快速发展, 叉车智能 AI 测距防撞预警系统正是智能叉车的重要组成部分, 可以根据场景和需求进行定制化配置。同时, 通过 AI 距离检测在不影响叉车工作效率的前提下, 起

到人员防护的作用, 避免叉车事故的发生。

## 2 叉车刹车自控检测分析

AI 叉车防撞系统实现平台数据功能自动分析, 车辆自动统计, 安全范围自动测算, 但针对叉车制动有效距离未进行在线监测, 综上情况开展叉车刹车自控监测分析, 通过对叉车制动不同步的原因进行分析, 明确了各种因素对制动不同步的影响, 同时也研究了检验检测的方法, 提出了相应的解决方案。分析叉车制动不同步的成因及检验检测工作内容、要点, 以叉车制动有关概述为依据, 从漏油、方向盘操作不灵敏、油缸活塞杆起升动作不统一、升降和方向控制失效等方面进行分析, 探究相应的检验检测方法、方案, 以强化叉车制动性能基提升其实际工作效率, 为提升叉车生产效率提供理论依据。

叉车的制动距离是叉车安全性能的一项重要指标, 在《厂内机动车辆监督检验规程》、GB/T 16178-2011《场(厂)内机动车安全检验 技术要求》和 GB/T 18849-2011《机动工业车辆制动器性能和零件强度》中均对其检验方法和检验标准做出了相关的要求。GB/T 16178-2011《场(厂)内机动车安全检验技术要求》规定, 叉车的制动距离应符合 GB/T 18849 的规定[2]。

叉车的制动系统一般分为行车制动和停车制动(又称驻车制动)。行车制动主要是对行驶中的叉车前轮施加制动力, 使车辆减速、停车, 最终实现车辆的可靠停放。停车制动即确保叉车在平地或坡道停放可靠, 也可用于紧急刹车, 在叉车设计中占有重要地位[5]。

导致叉车制动不同步的原因受路面影响, 同时叉车车辆制动固定装置一旦出现不动或同步不动现象, 对驾驶叉车车辆驾驶人员以及叉车周边地区社会经济环境的安全影响较大, 为了有效保证安全正常生产, 对出现叉车车辆制动固定装置不动或同步现象原因情况进行调查分析确实十分必要。叉车在作业过程中, 由于频繁起步制动, 很容易出现制动稳定性方面的故

障，对其制动过程稳定性分析具有重大意义[3]。叉车车辆的制动安全装置作为现代主要线上系统被广泛应用，叉车在工业生产中占有非常重要的地位，生产过程中一旦出现制动不同步问题，对人身安全、公共财产以及物质资源等都有非常大的危害。为了保证叉车正常运行，首先要求叉车在各种运行工况下具合适的运行速度及必要的牵引力。叉车工作场所道路或场地情况不同，行驶附力也不同[13]。传统生产过程中对此问题的重视程度不够，在当前生产过程中，必须提高对其重视程度，通过对其制动不同步及路面距离的原因进行分析，并促进 AI 系统有效提高效率，有效的规避了因叉车制动不及时导致的人员安全事故。

结合叉车运行过程中道路路面不平的情况，开展叉车制动到车辆停止过程中叉车刹车距离进行检测，主要通过叉车刹车距离检测进行叉车距离控制，经过叉车刹车距离的实际测量，通过对平路、上坡、下坡时叉车刹车的时速距离，经现场核实判定，以叉车载重 0.8 吨进行检测，时速 5km/h-15km/h 之间做结果输出，具体分析如下。

2.1 平路运行叉车制动距离

结合叉车运行中路面坡度的影响，结合实际检测数据，叉车在平路上运行受刹车制动影响差异不明显。叉车在平行路面行驶，叉车制动距离按照 5km/h-15km/h 检测，当制动距离在 30cm-105cm 之间时，此时以叉车载重 0.8 吨为例，叉车行驶速度在 5km/h 时制动距离为 30cm，速度在 10km/h 制动距离为 52cm，速度在 15km/h 制动距离为 105cm，制动距离差异见图：

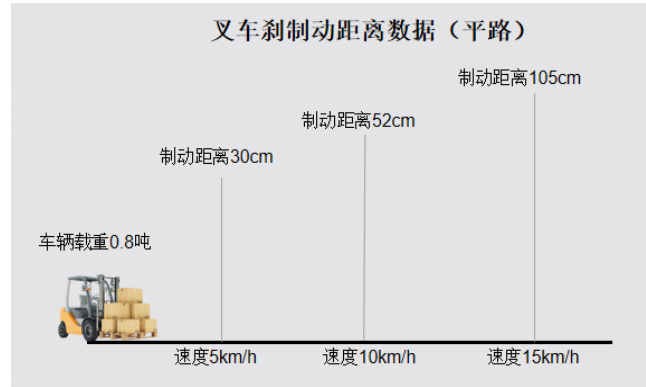


图 1 平路制动距离示意图

不同叉车承载能力差异较大，由于使用了叉车属具，因而使得原有叉车的前悬增加，载荷中心距增大

（前移），再加之叉车属具自身的重量，因此叉车的整车承载能力（起重量）将会下降。此时，叉车所允许的起重量可通过计算而得。其设计原则是保持叉车的纵向稳定性及门架的强度和刚度，两者较小者即为叉车所允许的起重量。按照叉车载重数变化进行叉车制动距离检测，发现平路叉车运行过程中载重影响叉车制动距离，具体差异如下：

表 1 平路载重制动对比

公里数 载重 (t)	5km/h	10km/h	15km/h
0 (空车)	30cm	52cm	105cm
0.8	30cm	57cm	110cm
1.5	30cm	58cm	117cm
2	30cm	60cm	120cm

2.2 上坡运行叉车刹车距离

叉车在上坡路面行驶，叉车刹车距离按照 5km/h-15km/h，上坡角度 20 度的前提下，制动距离在 26cm-94cm，在叉车载重 0.8t 时，速度 5km/h 制动距离 20cm，速度 10km/h 制动距离 30cm，速度 15km/h 制动距离 90cm，刹车距离差异见图 2：

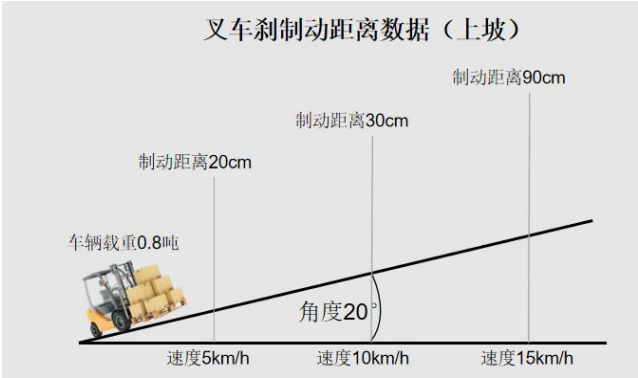


图 2 上坡制动距离示意图

按照叉车载重数变化进行叉车制动距离检测，发现上坡时叉车运行过程载重影响叉车制动距，即载重越重，叉车制动距离会随着速度增加而减少，具体差异如下：

表 2 上坡载重制动对比

公里数 载重 (t)	5km/h	10km/h	15km/h
0 (空车)	20cm	30cm	94cm
0.8	20cm	30cm	90cm
1.5	18cm	27cm	85cm
2	15cm	24cm	80cm

2.3 下坡运行叉车刹车距离

叉车在下坡路面行驶，叉车刹车距离按照 5km/h-15km/h，按照车辆载重 0.8t，速度 5km/h 制动距离 35cm，速度 10km/h 制动距离 120cm，速度 15km/h 制动距离 215cm，制动距离差异见图 3：

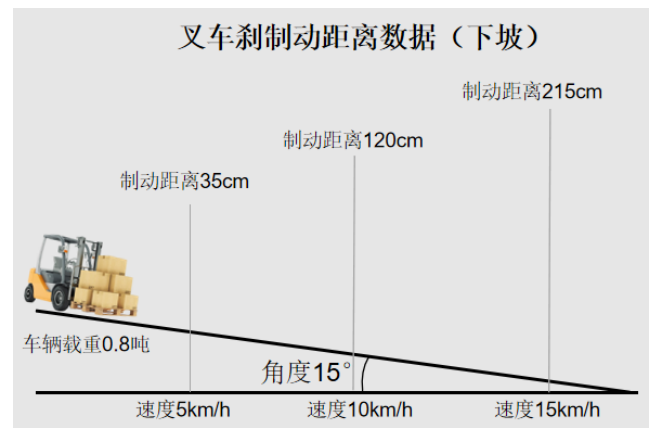


图 3 下坡制动距离示意图

按照叉车载重数变化进行叉车制动距离检测，发现下坡时叉车运行过程载重影响叉车制动距，即载重

越重，叉车制动距离会随着速度增加而增加，具体差异如下：

表 3 下坡载重制动对比

公里数 载重（t）	5km/h	10km/h	15km/h
0（空车）	33cm	116cm	210cm
0.8	35cm	120cm	215cm
1.5	40cm	125cm	220cm
2	45cm	130cm	225cm

3 操作过程对比

3.1 AI 系统辨识

AI 具有较强的计算和数据应用能力、自适应和学习能力、对外界环境进行感知的能力,这是 AI 最显著、最具价值的能力，能够为社会和企业赋能，具有提高效率、减少人力、进行更好的决策的作用。AI 智能系统利用人工智能技术，实现对车辆后侧盲区行人、月台边缘的自动监测和报警，提示司机避让以避免事故发生。叉车安装智能防撞系统，识别到作业半径 2 米内出现人员，自动报警提示并联动刹车制动。

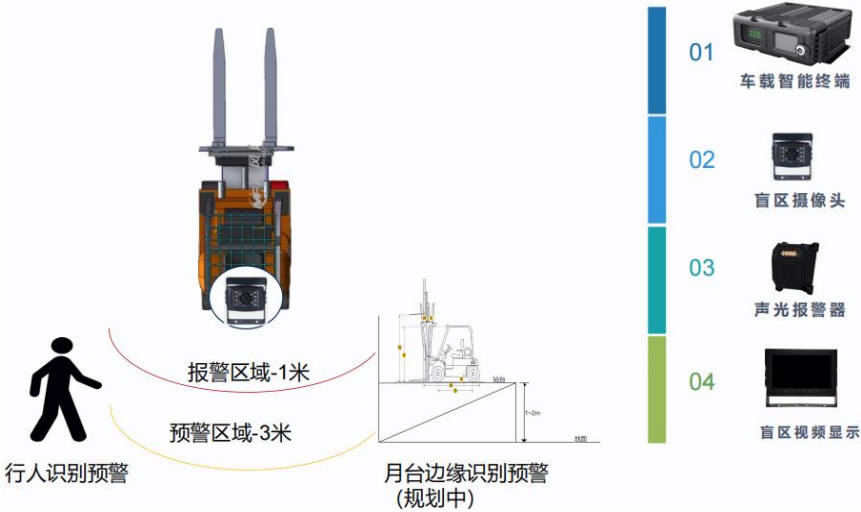


图 4 AI 智能系统叉车制停距离

3.2 实际检测

叉车的行驶路线中大部分都会有坡度存在，有的使用单位在特定的工作环境下有在坡道上停车的要求。所以对于制动性能的检验应是在检验前先现场问询使用单位管理人员或驾驶员，确定叉车在行驶路线中存

在的最大坡度位置并应在该坡度上进行停车制动器的试验[11]。叉车的制动装置是制约叉车行驶运动的机构，它可以用来降低叉车的行驶速度直至完全停车，以及防止叉车在下坡时超过一定的速度和保证叉车在坡道上停放。叉车行驶的安全性，在很大程度上取决于制动装置的可靠性。叉车在路面行驶中，特别是在装载货物情况下，必须关于叉车制动不同步的探讨及检验

车辆在下长坡时，要使用制动系统将车辆控制在一定速度，防止车辆过快造成安全事故[10]。性能良好的制动装置可以保证叉车以较高的平均速度行驶，从而可以提高叉车的生产率。叉车的制动系统用于行驶时的降速或停止，以及在平地或坡道上较长时间停车。在实际的检验中，用于在用车辆检验的拖痕法受场地的影响比较大，导致测得的数据误差较大。由于轮胎在

制动初期并不会留下拖痕，因此测得的数据都比实际数据要小，存在将制动性能差的车辆判为合格的风险[9]。

经过人工对叉车实际刹车距离的检测，叉车运行中在不同环境下刹车的距离过程会影响叉车作业效率。叉车刹车距离在平路、上坡、下坡受时速影响刹车距离存在明显差异，具体见下图：

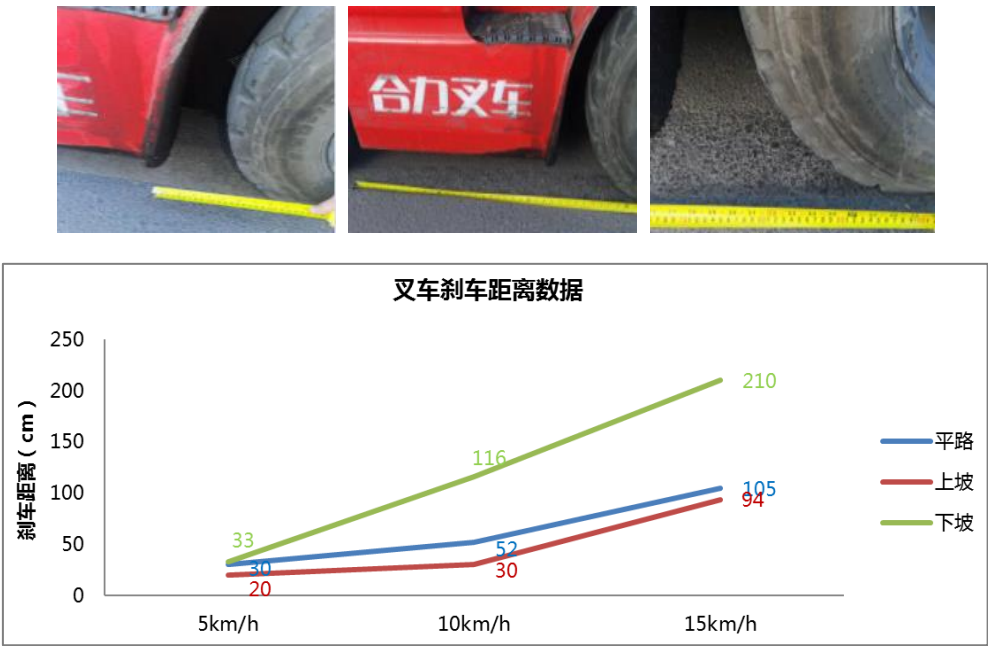


图 5 整体制动距离示意

4 对比结果

叉车故障较为常见，为了提升叉车运行的稳定性，需要长期进行实验与分析，了解不同步的原因，这样才能使问题尽快得到处理。另外，应将检修作为叉车运行的一个重要环节并做好养护工作，进而有效减少叉车制动异常所引发的事故[15]。制动距离测试是必须进行的一项测试，一是确定车辆在制动时所需要的距离，该测试可确保车辆的制动系统在正常运转时符合安全要求。通过测试可以检查制动系统是否足够灵敏，是否可以进行调整，并且确定车辆的制动能力是否足够强大。当使用叉车运输重要的材料时，减少制动距离，可以大大降低事故的发生率和对车辆及物品的损坏。

叉车制动距离是否满足要求是制动项目检验中的一项重要指标[12]。通过对叉车制动距离的测试显示，在平路、上坡、下坡的路面上行驶，是否能够保证叉车的最佳制动性能作为其重要参考之一。GB/T18849

对于制动距离的定义为：“整个制动时间内车辆运行的距离，即从驾驶员开始启动操纵装置的瞬间到车辆停止时车辆运行的距离”[6]。针对制动距离，从测试的起点出发结合指定速度来启动车辆，并且能够使叉车到达测试距离终点时停止。运用 AI 叉车防撞系统不能够检测制动的距离及特定环境下车辆的速度，通过叉车刹车距离的实际检测，能够有效提前预判车辆制定的距离及停车时间。

表 4 制动影响对比

	AI 叉车防撞系统	叉车刹车距离检测
制动距离	1 米-3 米	5-15km/h 阶段核算
路面坡度	平行路面	平路、上坡、下坡

5 结论

AI 叉车防撞系统针对车辆运行及人车分流实现在线监测功能，在叉车制动防御方面结合制动距离和路面的复杂情况，经过检测发现，在坡度不同的前提下

叉车制定距离存在较大差距。叉车在满足基本工作性能要求的前提下，制动系统的可靠性直接关联到叉车和驾驶人员的安全，其重要性不言而喻[7]。结合以上基础数据的分析及检测结果，应用于叉车日常管理及制动距离参考，从而提升监管人员的工作效率及叉车运行工作效率，对于叉车驾驶者起到预警作用，减少和避免因人为因素导致的安全事故发生。

参考文献

[1] 陈贺. (2024). 叉车制动不同步原因分析及检验检测研究. 中国设备工程(01), 183-185.

[2] 林青山. (2016). CPCD70 叉车制动性能及其检验标准的研究. 质量技术监督研究 (04), 13-15+21. <http://dx.doi.org/10.15902/j.cnki.zljsjdyj.2016.04.004>

[3] 刘奕敏. (2015). 电动叉车制动过程稳定性及能量回馈研究 硕士(学位论文,华南理工大学). 硕士.

[4] 师永峰 & 常国强. (2010). 厂(叉)车制动距离的检验误差. 中国特种设备安全 (06), 12-13.

[5] 葛立银. (2023). 新型省力停车制动机构在叉车设计中的应用. 现代制造技术与装备 (06), 125-127.

[6] 虞一凡 & 戴建芯. (2023). 叉车制动距离检验方法探讨. 特种设备安全技术 (01), 48-49.

[7] 代彬. (2022). K2 系列 4.5 t 叉车制动系统结构优化与应用. 设备管理与维修 (12), 36-38.

[8] 李治军, 于广超 & 郭昕航. (2022). 叉车制动不同步原因分析及检验检测. 设备管理与维修 (10), 152-154.

[9] 张荆莹. (2021). 叉车制动不同步原因分析及检验检测研究. 中国设备工程 (17), 185-186.

[10] 于广超, 郭昕航 & 李治军. (2021). 关于叉车制动不同步的探讨及检验. 中国设备工程(04), 164-165.

[11] 宫柯 & 宋广玲. (2020). 基于事故案例分析的叉车制动性能检验探讨. 西部特种设备 (05), 63-67.

[12] 田敏 & 廖爱军. (2020). 叉车检验中几个问题处理的探讨. 中国特种设备安全 (03), 34-36+43.

[13] 强维博. 叉车混合动力系统设计以及控制策略研究 [D]. 中南大学, 2016.09.

[14] 余晓贤. (2018). 现代电动叉车的结构及技术特点分析. 现代制造技术与装备 (11), 58+62.

[15] 刘孔义. (2018). 叉车制动不同步原因分析及检验检测. 内燃机与配件 (05), 114.