

医院药品配送系统自动导引运输车的使用与效果评价

谢成 (四川大学华西医院, 成都 610041)

摘要 目的:在不改变药品运输车外观及功能的情况下,通过对其进行简单的结构改造,并结合使用自动导引车(Automated Guided Vehicle, AGV)配送系统来完成药品的运送,提升工作效率,彻底解决偶发药品运输超载问题。**方法:**在药车一侧开孔洞后加装收纳方便的对接装置,并加挂医院现有的背负式AGV完成结构改造。进一步对比考察人工推送传统药车(人工组)和AGV导引药车(AGV组)的配送性能,对两组药车的药品配送时间、工作效率、药品损坏率及事故发生率等方面进行对比分析,评价改造后药车的配送性能。**结果:**整体而言,AGV组相比人工组配送时间明显缩短,差异有统计学意义($P<0.01$)。人工组单次平均配送时间呈先减少后增加趋势,而AGV组单次平均配送时间呈持续减少趋势。AGV组药品损坏率低于人工组,事故发生率高于人工组,但差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**本研究通过对药车进行的结构改造并加用医院现有AGV,利用较少的资源投入,获得了较大的收益。AGV导引的药车相比传统人工配送方法及配送时间明显缩短,但能否降低差错发生率需要在长期的实践中进一步考察。

关键词: 药品运输车; 自动导引车; 配送时间; 差错发生率

中图分类号: R95 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2021)08-0957-06

doi:10.16153/j.1002-7777.2021.08.014

Application and Effect Evaluation of Automated Guided Transport Vehicle in Hospital Drug Delivery System

Xie Cheng (West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China)

Abstract Objective: A simple structural transformation was carried out on the drug transport vehicle without changing its appearance and function. Combined with Automated Guided Vehicle (AGV) distribution system to complete the delivery of drugs, improve working efficiency and completely solve the problem of accidental drug overloading. **Methods:** The drug delivery cart was structurally transformed by drilling holes on the side of the medicine cart and installing a docking device for convenient storage, and the existing piggyback AGV of the hospital was trailed. The distribution performance of manual traditional drug delivery cart (Manual group) and AGV guided drug delivery vehicles (AGV group) were further compared and analyzed, which includes delivery time, working efficiency, damage rate of drug and accident rate of the drug delivery vehicles, and the distribution performance of the modified drug delivery vehicles was evaluated. **Results:** Overall, delivery time of AGV group was significantly shorter than that of Manual group ($P<0.01$). The average single delivery time of Manual group decreased at first and followed by an increase, while that of AGV group kept decreasing. Damage rate of drug in

AGV group was lower than that of Manual group, while the accident rate of cart was higher compared with that of the manual group. However, the difference was not statistically significant ($P>0.05$). **Conclusion:** In this study, a greater benefit was obtained while less resource investment was utilized as a result of the structural transformation of drug delivery cart and the application of existing AGV in our hospital. Compared with the traditional manual distribution method, delivery time of AGV guided drug cart was significantly shortened, but whether the error rate could be reduced needs to be further investigated in the long-term practice.

Keywords: drug delivery cart; automated guided vehicle (AGV); delivery time; error rate

前言

随着医疗建设事业的快速发展,医院规模的逐渐扩大,传统以“人力+手推车”等作为主力的物流运输组合,已经越来越不能满足现代化医院的运转需求。如今在大型医院物资配送中存在人流物流混杂、配送人员与物资时常挤占电梯的现象,这不仅增加了医疗区域的交通堵塞、携带感染病菌的风险和交叉感染的可能性,而且还耗费大量医护人员的精力与时间^[1]。据统计,与物流有关的预算花费可占医院总预算的46%,其中用于支付人力劳动的部分也高达19%^[2]。另外,在物资分发中时常出现的物资错发、漏发、损坏等问题还会严重阻碍医疗工作的有序开展,并制约医院的高效运转。因此,医院传统的物流运输方式迫切需要引进更现代化、更具科技含量的物流系统,来解放医务人员的体力劳动,提升工作效率。

在西方发达国家,由于较早进入工业期,采用智能化物流系统进行院内医疗物资配送的医院已达80%。20世纪60年代起,世界范围内的大型医院已开始采用气动物流配送系统对小型物品进行定向传送。80年代后,华西医院先后采用了轨道小车、自动导引车以及中型箱式物流配送系统等,以适应大中规模物品的运送需求^[3]。其中,气动物流配送系统是利用空气压缩机抽取或压缩管道中的空气以形成内压差,通过传输携带有医疗物品的传输瓶从起始点快速配送至目标终点。受限于设备的运载能力,物流传输瓶体积有限,其主要解决检验类、急诊急救类以及其它小型物品的高效传输问题。据统计,气动物流模式能够降低75%以上的跑腿次数^[4]。轨道小车物流配送系统,则需预先在院内楼板下铺设轨道,派遣小车通过轨道来将物资从起始站配送至终点站。工作人员全程使用程序控制该系统,通过一次“叫车”程序和“发送”程序指派装载有物资的小车进行物资配送。部分轨道小车

箱内还自带消毒功能或对箱体外整体进行消毒,以减少物品之间的交叉污染^[4]。在物资配送量方面,轨道小车物流配送系统相较于气动物流配送系统已经有很大的提升。但小车箱体宽度最大不可超过轨道宽度,当物资宽度超过轨道小车时,则无法配送。第三种箱式物流配送系统是一种以传输带为动力,将配送物资放入大容量运输箱,在垂直管井和水平传输带中传送运输箱的传输系统。该系统可以配送输液制品、手术器械、消毒包、被褥、后勤物资等各类大批量院内物资,配送任务量可达院内物资的90%,但设备布放需要占用较大的空间,因此适宜在新建或改扩建的医院中投入使用^[3]。

上述3种医院物流配送系统都各有优势与不足,气动物流配送系统和箱式物流配送系统分别适用于小型和大型的医疗物资配送,但前者对设备维护要求较高,后者设备占用的医院空间较大,而轨道小车物流配送系统则需增铺轨道。目前,华西医院(以下简称本院)一直使用中央运输组工作人员开展院内各种服务病人的运输工作,他们的工作内容涉及活检标本、病人转运、批量药品、紧急药品等配送工作,每日工作强度大且分散,结合本院实际工作中的批量药品配送问题,目前医院中央运输组需要在每日下午5时开始,安排10人左右陆续将本院药房80余台药品运输车(以下简称“药车”)运送至各楼层、各护理单元病房,每日工作2小时左右完成此项运输任务,次日8时再利用同样时间和工作量陆续运回药房。同时,每部药车常常出现无法容纳所有药品的现象,运输组人员便采取塑料袋悬挂药品于药车旁的临时解决方案,但偶尔会出现掉落、损坏、遗失的现象。综合上述问题不难发现,大量劳动力的消耗与差错的发生主要集中在将医院中央供应部药品分批次运往各科室的过程中。鉴于此,上述3种医院物流配送系统都难以解决上述问题,故考虑自动导引车配送系统来完成每

日的药品配送任务。

自动导引车 (Automated Guided Vehicle, AGV) 配送系统又称“无轨柔性传输系统”或“自动导引车载物系统”，是指利用计算机和无线局域网操作无人驾驶自动导航配送车在同一以及不同楼层间来回穿梭，并携带运输物资沿程序设定路线运行、停靠至目标地点的医院物流配送系统^[5]。AGV使用电动动力的驱动装置，其运行路线可借助磁、激光等导向，通过程序控制到达指定配送地点并返回，可实现全程无人操作，具有安全保护以及各种移载功能。随着科技的进步，如今的AGV上还装有传感器，为智能系统提供参照信号，以校正小车的位置信息^[6-7]。

本院已引进AGV投入总仓库，用于对各科室二级仓库进行全院跨楼层、楼栋医用及非医用物资的配送。目前，本院AGV已经取代人工拖车前往送货，并逐步降低对人工配送的依赖。然而，实际每台AGV仅在每日白天工作，且连续工作时间不超过6小时，其他时间均为充电、排单、闲置状态。如果仅仅投入少量资金，加装一个对接机构，既不影响原有AGV的工作内容及功能，同时还能利用每日早晚时间完成院内药品的运输工作，那将大大提

高资源的利用度。因此，如何连接AGV和药车，以及改造后的药车传输性能如何，需要进一步的研究和考察，以期提升药品运输效率、解决药品运输超载等差错和问题提供理论依据。

1 资料与方法

1.1 药车的结构改造与使用

在医院原有药车左前方近车轮处加开4个孔洞，药车内侧加装加强板，用于固定连接板并加装对接装置，药车和对接装置的尺寸大小及形态见图1和图2。对接装置使用时放下，不使用时折叠，避免存放药车对场地的占用，使用细节见图3。另外，需改装带刹车的脚轮，防止甩尾偏移。使用医院现有牵引式AGV，当AGV上的锁紧按钮打开后，自动完成与药箱的对接；同时采用现有背负式AGV进行药车的牵引，将超出药车运载能力的药品直接放入背负式AGV背部箱体。AGV对接并导引药车的示意图见图4。

当AGV到达指定地点，按下锁紧按钮键，AGV松开连接，手动拉出药车及背负式AGV背部药品，完成运输任务。AGV通过调度中心返回，执行医院其他物资运输任务。

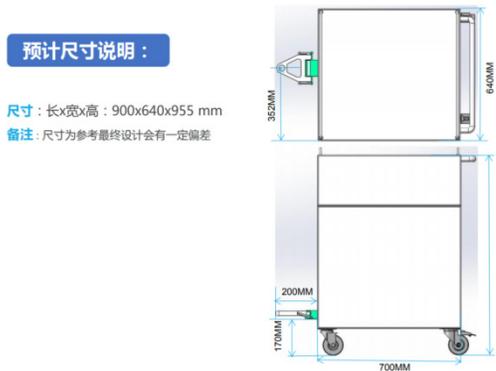


图1 药车和对接装置的尺寸说明

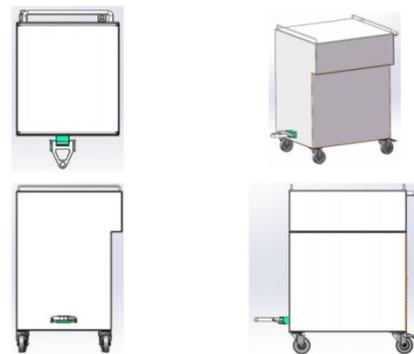


图2 药车加装对接装置后的三视图及三维图

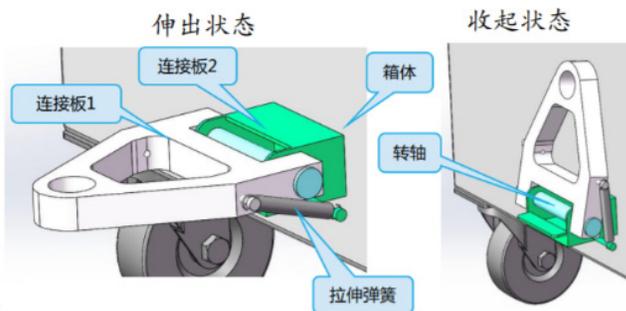


图3 对接装置的使用细节图

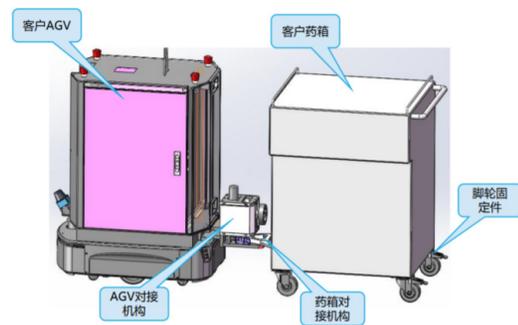


图4 AGV 对接并导引药车示意图

1.2 药车的配送性能评价

1.2.1 一般资料

随机选取本院40个临床科室, 2110张住院床位的用药, 对住院病人药品的日常配送进行连续1周的测试。选择使用人工推送药车作为对照组(人工组), 使用AGV导引的药车作为试验组(AGV组)。5人配送40台人工推送的药车, 5个AGV导引另外40台药车。对两组药车的药品配送时间、药品损坏率、事故发生率等方面进行测试比较。两组药车的测试环境、工作强度等一般资料具有可比性, 差异无统计学意义($P>0.05$)。

1.2.2 干预方法

人工组: 使用人工推送药车给住院患者配送药品; AGV组: 将使用AGV导引的药车给住院患者配送药品。两组药车送达后, 随即返回, 不再运回空车。每日下午5时起, 单人或单个AGV运输/导引8次, 直至完成当日配送任务, 每次出发和返回均专人记录时间, 连续测试7日。

1.2.3 评价指标

详细记录参与本次测试的人员与AGV小车的各自运输时间与差错发生情况, 并汇总单次/单日配送时间、药品损坏次数及事故发生次数。最后分别对不同配送次序的平均配送时间、单日平均配送时间及差错发生数进行统计分析。单次平均配送时间=5个执行个体7日内单次配送时间之和/(5×7); 单日平均配送时间=5个执行个体7日内单日配送时间之和/(5×7); 药品损坏率=药

品损坏次数/配送药品总次数(280) $\times 100\%$; 事故发生率=事故发生次数/配送药品总次数(280) $\times 100\%$ 。其中药品损坏次数与事故发生次数均为整个配送期间各自出现差错的配送次数汇总, 单次配送过程中多次发生同类差错只记一次, 不进行累计。药品损坏次数定义为“药品配送散落、破损或遗失的次数”; 事故发生次数定义为“因配送者造成的配送目标错误、药车损坏等的次数”。

1.2.4 统计方法

所有数据使用Excel建立数据库, 采用SPSS 22.0进行统计分析。以“均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)”表示计量资料并采用独立样本 t 检验; 以“率(%)”表示计数资料并使用检验。检验水准设置为 $\alpha=0.05$, $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组药车配送时间的比较结果

两组药车配送时间的比较结果见表1。结果显示, 人工组、AGV组单日平均配送时间依次为(120.25 ± 5.24)、(91.63 ± 5.89) min, AGV组相比人工组明显缩短了单日平均配送时间, 两组数据比较有显著性差异($P<0.01$)。人工组单次平均配送时间呈先减少后增加趋势, AGV组单次平均配送时间呈持续减少趋势。两组相比, 在配送次序为第1~5次时, 差异均无统计学意义($P>0.05$); 在配送次序为第6~7次时, 差异均有统计学意义($P<0.05$); 第8次时, 两组比较有显著性差异($P<0.01$)。

表1 两组药车配送时间的比较

配送次序	配送时间 ($\bar{x} \pm s$) / min		t	P
	人工组	AGV组		
1	16.25 \pm 3.73	13.25 \pm 6.30	1.159	> 0.05
2	15.63 \pm 3.26	12.88 \pm 5.03	1.298	> 0.05
3	13.50 \pm 2.35	12.38 \pm 4.39	0.639	> 0.05
4	14.00 \pm 3.51	11.88 \pm 4.12	1.110	> 0.05
5	14.13 \pm 3.38	11.50 \pm 3.54	1.517	> 0.05
6	14.75 \pm 3.80	11.25 \pm 2.20	2.255	< 0.05
7	15.13 \pm 4.07	10.63 \pm 1.55	2.922	< 0.05
8	16.88 \pm 3.41	10.38 \pm 1.71	4.819	< 0.01
单日 汇总	120.25 \pm 5.24	94.13 \pm 5.89	9.373	< 0.01

2.2 两组药车药品损坏率和事故发生率的比较结果

汇总两组药车差错发生情况, 计算药品损坏率与事故发生率, 结果见表2。两组相比, AGV组药品损坏率低于人工组, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); AGV组事故发生率高于人工组, 差异也无统计学意义 ($P>0.05$)。

表2 两组药车药品损坏率和事故发生率的比较

组别	药品损坏率 /%	事故发生率 /%
AGV 组	1.07	1.43
人工组	2.86	0.71
χ^2	2.318	0.168
P	> 0.05	> 0.05

3 讨论

信息化、智能化的物流配送系统是医院建设现代化的迫切要求。本研究对医院现有的药车进行了简单结构改造, 并结合医院其他项目物资使用AGV运输的思路来实现药车的AGV导引运输, 利用较少的资源投入, 可以获得较大的收益。本研究解放了中央运输组人员每日配送批量药品的这部分工作量, 虽然中央运输组人员数量没有减少, 但因医院日益增长的医疗人数, AGV的新应用可以使中央运输组管理层重新配置人员及任务, 承担医院除批量药品外其他更加重要的任务(标本、病人转运等), 优化人员任务结构。同时医院已有AGV可接收更多的任务, 让使用呈现多元化, 使资源利用得更加充分和合理。

本研究改装的药车在配送性能方面, AGV组优于传统人工组。人工组单次平均配送时间呈现减少后增加的趋势, 这可能是由于配送人员对当日工作熟悉后, 工作热情高涨, 工作效率先提高, 但后期因为身体超负荷运转, 效率逐渐降低; 而AGV组单次平均配送时间呈持续减少趋势, 这可能与医院人流量逐渐减少相关, 药车避让障碍物时间与电梯等待时间缩短, 工作效率逐渐提高。人工组虽然也会避让障碍物, 但经人员反馈, 当电梯运行迟缓时, 人工组可以选择步行梯返回, 缩短了电梯等待时间, 机动性更强。两组在药品损坏率和事故发生率方面, 并未表现出显著差异, 原因可能是本研究

测试时间较短(1周), 差错发生情况未能在两组被显著区分。从两组差错发生的绝对值并结合背负式AGV可容纳多余药品的性能特点来看, AGV组在药品配送过程中更加卫生与安全, 这一点值得被肯定。但应注意其事故发生率可能会略高于传统人工配送, 因此应严密监控AGV的配送过程, 必要时可就近派遣人员为AGV小车提供协助。

在药车结构改造方面, 既往研究表明, 王香勉^[8]等为促进日常麻醉药品的管控, 在麻醉用药中运用科技公司研发的智能药车, 提高了存储、使用药品的安全性, 还通过与医院信息系统的信息对接, 优化工作流程, 实现存取药品的远程监控。张金革^[9]为公安监所开发与设计的智能送药车, 可对当天、当次的用药清单进行智能化梳理并辅助配药, 做到送药时的监服和记录, 并自动双向同步药车与公安监所管理信息系统的数据库, 从而一定程度上降低了公安机关医务人员的职业风险, 并减轻了其身心压力。韩福红^[10]等研发的新型送药车, 能把药品按剂型、功能分类, 采取同类集中存放的办法, 按分类规律存放, 既能将所需药品准确、安全、快捷地送到所需科室, 又方便所有工作人员的清点。李秀英^[11]自行研制的新型送药车, 解决了部分针剂运输过程容易损坏以及软包装液体不便运输和拿放的问题。李晶^[12]等研制的密闭型抽屉式送药车具备防盗、防干扰功能, 预防了在运输过程中成品输液容易相互挤压造成破碎等的安全隐患, 并解决了运送至病区后护士交接药品费时费力的问题。

上述研究方法均对药车的形态和功能作了较大的改动, 在一定程度上保障了药品运输的卫生性、可靠性和安全性, 但对送药时效性的改善还有待进一步地提升。本研究仅采用简便的药车改造方法, 结合医院现有AGV, 不仅使医疗物资运输效率得到了显著提升, 而且也不影响AGV的正常使用。如若在药品运输中全面使用AGV, 原本配备的10个工作人员, 可减少为2人在AGV运输期间进行监管, 并在必要时对突发事件的处理予以协助。这将大大节省运输的人力资源。

医院采用AGV小车运输医疗物资也绝非个例。2008年8月, 北京市地坛医院在新院区筹建时就率先引进了AGV小车, 这是国内首家使用自动导引车传输系统的医院, 填补了国内医院物流系统建设的空白; 2017年9月, 为降低医院交叉感染率,

保护医护人员的卫生安全,并进一步提高医院运行效率,江苏省人民医院也购置了此系统来搬运大量的医用物资^[1,13]。大量研究表明,目前医院主要将AGV技术运用在医疗垃圾处理上^[1,14-15]。根据前期设计的医疗垃圾收集系统,我院同样采用AGV从根源上有效消除了医务人员在接触和搬运医疗垃圾过程中的风险。但对于医院运输体系而言,AGV的使用范围不应仅仅局限于运输医疗垃圾,其主要适用场合还可以包括运输食品、医疗设备、无菌消毒用品以及将日常医用物品从集散中心分发到有需要的病人所在楼层或房间等^[2]。本研究也不局限于AGV的医疗垃圾运输功能,通过改造原有药车并结合AGV的使用,不仅提高了医务人员的工作效率,而且降低了院内交叉感染的风险。该模式特别适合于突发重大疫情事件中的药品调剂,如本次抗击新冠肺炎,AGV导引药车的药品配送方式就更加显现出其独特的优势。通过人工智能技术操作AGV实现药品无接触调剂,不仅节约了医疗防护物资,而且为实现医务人员的“零感染”提供有利保障。在通过隔离感染人群控制传染源等方法切断病毒传播的同时,AGV导引药车打通了“药弹库”到战场的“最后传输线”^[16]。

AGV的使用除了有成功的案例,也有可靠的技术可以借鉴。吕海泳^[17]等研究通过相机传感器采集周围环境信息的视觉导航(SLAM),实现AGV自主导航环境地图的构建并准确定位,在指定目标地点后,AGV便可以自主规划路线并径直到达目标位置。庞川川^[2]模拟了单车巡航的AGV小车顺序响应电磁导航设置的任意一个节点。为保障在运输过程中碰撞事故的发生,研究人员也模拟了多车通信模式下,根据分配的不同任务,AGV规划各自配送路线的效果。这些对于医院现有的AGV运输系统都具有重要的参考意义。

另外,本研究存在着一定的局限性。一是改造过程破坏了药车的整体结构,药车的使用寿命是否受到影响未能考察;二是考察时间可能较短,AGV导引药车与传统人工推送药车的差错发生率以及其他差异,需要进一步地论证与研究。

参考文献:

[1] 陈怡静. 医疗病区智能AGV垃圾车造型设计分析研究

[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2018.

- [2] 庞川川. 基于医疗运输的电磁导航AGV控制系统研究[J]. 电工技术, 2018(08): 21-22.
- [3] 赵红梅, 李远达. 医院物流自动化输送系统分析[J]. 中国医院, 2015(6): 76-78.
- [4] 付列武. “气动物流+智能机器人”在医院物流传输系统中的应用趋势[J]. 工程建设, 2020, 52(6): 1-5.
- [5] 沈崇德. 医院AGV物流传输系统的技术特点与构成[J]. 医疗卫生装备, 2009, 30(11): 92-93, 109.
- [6] 邵帅. 基于灰度传感器的AGV小车巡线算法的研究[J]. 轻工科技, 2020, 36(9): 98-99.
- [7] 周阔海, 黄民, 高宏, 等. 基于视觉导航仓储AGV的模糊PID控制[J]. 北京信息科技大学学报(自然科学版), 2020, 35(4): 69-74.
- [8] 王香勉, 张雪伟, 段京莉. 智能药车管理手术室药品模式的探讨[J]. 中外医学研究, 2016, 14(20): 162-164.
- [9] 张金革. 公安监所智能送药车的开发与设计[J]. 警察技术, 2013, (1): 7-9.
- [10] 韩福红, 卢丽云, 李秀英. 新型送药车的研制与临床应用[J]. 护理研究, 2011, 25(31): 2921.
- [11] 李秀英. 药剂科供应送药车的研究与应用[J]. 中国药业, 2011, 20(6): 61-62.
- [12] 李晶, 周婷, 龚政. 密闭抽屉式送药车的设计及在成品输液转运中的应用[J]. 护理研究, 2011, 25(1): 13.
- [13] 臧少君. 现代综合医院医用物流传输系统建筑空间研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2016.
- [14] 陈怡静, 谢云峰. 医疗病区物流AGV造型设计与评价研究[J]. 机械设计与制造工程, 2019, 48(3): 77-81.
- [15] 陈浩, 田会峰, 周瑜, 等. 一种自动化医疗垃圾收集系统设计[J]. 自动化技术与应用, 2017, 36(11): 89-92.
- [16] 陈顺达, 汤杰, 叶青, 等. 方舱医院无接触药品调剂模式实践[J]. 医药导报, 2020, 39(7): 940-942.
- [17] 吕海泳, 蔡建宁, 袁贺男. 基于视觉SLAM的无人运输车导航系统设计[J]. 山东工业技术, 2020, (3): 100-105.

(收稿日期 2021年1月27日 编辑 邹宇玲)