



自动化集装箱码头 AGV 维修功能区 布局新模式及其应用

周维峰¹, 罗勋杰¹, 姜桥², 王岩³, 方阳³

(1. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080; 2. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032;
3. 上海振华重工(集团)股份有限公司, 上海 200125)

摘要: 目前国外已建成的全自动化集装箱码头大部分采用自动引导车 (AGV) 作为水平运输设备。AGV 在实现集装箱码头水平运输机械全自动化的同时, 改变了传统码头设备维修模式, 对码头总平面布局中机械维修功能区布局产生较大的影响。如何科学合理布置自动化集装箱码头的 AGV 维修区, 成为提高码头运行效率和充分利用土地资源的关键问题。在总结分析国外典型自动化集装箱码头 AGV 维修功能区实际案例布置基础上, 结合目前技术发展及港口整体发展要求, 提出了几种新的布置方案, 并在我国大型全自动化集装箱码头——洋山四期工程得到实际应用。

关键词: 自动化集装箱码头; AGV; 维修区; 测试区; 交互; 布置

中图分类号: U 656.1⁺35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0060-06

New model and its application of automatic container terminal AGV functional area layout

ZHOU Wei-feng¹, LUO Xun-jie¹, JIANG Qiao², WANG Yan³, FANG Yang³

(1. Shanghai International Port (Group) Co., Ltd., Shanghai 200080, China;

2. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China; 3. Shanghai Zhenhua Heavy Industries Co., Ltd., Shanghai 200125, China)

Abstract: The AGV(automated guided vehicle) is used as the horizontal transport equipment in the automatic container terminals built so far in foreign countries. AGV realizes automatation of the container terminal for the horizontal transport system, at the same time, changes the mode of traditional terminal equipment maintenance, influences repairing function area layout of the general layout. Effective layout of automatic container terminal AGV functional area is the key to improve the operational efficiency and makes full use of land resources. Based on the layout of AGV functional area of typical automatic container terminals in foreign countries, combined with the current technical and the port overall development, the new method is summarized and proposed. According to the Yangshan project phase IV, specific layout proposal has been put forward.

Keywords: automatic container terminal; AGV; maintenance area; test area; interaction; layout

自动化集装箱码头有别于传统码头的主要特征之一是船边至堆场间水平运输环节实现全自动化工艺^[1]。目前国外已建成全自动化集装箱码头大部分采用自动引导车(简称AGV)作为水平运输设备。

AGV的广泛使用使集装箱码头设备维修模式发生变化,同时也对传统机修功能区整体布局产生一定影响。如何科学合理布置自动化集装箱码

头的AGV维修区,成为了提高码头运行效率、保证运行安全和充分利用土地资源的关键问题。在总结分析国外典型自动化集装箱码头AGV维修功能区实际案例布置基础上,结合目前技术发展及港口整体发展要求,提出了几种新的布置方案,在上海洋山四期工程中得到实际应用,为类似工程提供参考^[2]。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 周维峰(1977—),男,硕士,工程师,从事港口设备技术管理。

1 国外典型自动化集装箱码头 AGV 维修功能区布置

1.1 国外典型自动化码头 AGV 维修功能区布置案例

目前国内自动化集装箱码头刚刚起步, 还没有成熟码头的 AGV 维修区布局可以参考借鉴。而国外已建成投产自动化集装箱码头案例较多, 其 AGV 维修区布局案例也较多, 其中最为典型的案例主要有: 荷兰鹿特丹港 ECT、Euromax、Massvlakte II 和德国汉堡港 CTA 等。其 AGV 功能区布置见图 1~4。



图 1 鹿特丹港 Massvlakte II 码头

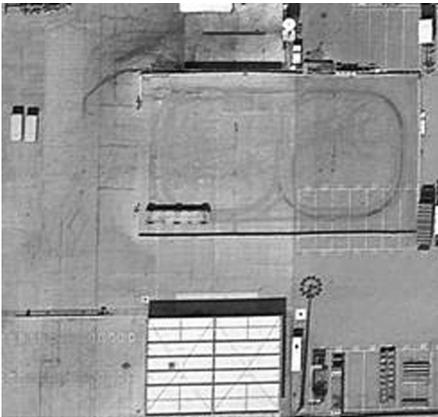


图 2 鹿特丹港 Euromax 码头



图 3 鹿特丹港 ECT 码头 AGV



图 4 汉堡港 CTA 码头

1.2 案例特点及问题分析

以上 4 个国外典型自动化集装箱码头 AGV 功能区布置, 概括来看主要特点为: 1) AGV 功能区布置在传统机修车间附近; 2) 设置单独 AGV 测试区, 安装有测试用支架。存在的问题主要有: 1) AGV 维修与其他传统机械混合在一起维修; 2) 维修区、自动化运行区与测试区的分界不明显, 没有设置交互区; 3) AGV 功能区距离自动化箱区较远, 手动操作距离较长; 4) AGV 测试区功能不包含直线全速测试和 S 弯功能, 土地资源利用率不高。

以上这些问题, 对码头运行效率和 AGV 维修保养、码头维修区安全管理、整体土地资源利用等产生较大负面影响。随着船舶大型化发展及 AGV 技术进步, 需要有新的布局模式来解决上述问题。

2 自动化集装箱码头 AGV 维修功能区布置新模式^[3]

2.1 新模式主要解决的问题及影响因素

自动化集装箱码头 AGV 维修功能区, 需充分解决好 AGV 的维修、测试及自动与手动控制的切换等多方面功能需求以及对应的问题。同时在布置功能区域时, 要满足土地资源集约利用、设备调配效率及方便性、分区可扩展性、安全管控等因素。以实现 AGV 维修区、测试区和人机交互区 3 大功能一体化、集约化、联合布局新模式。

2.2 新模式的布置设计原则

1) AGV 维修区域要与其他区域隔离,且需紧邻测试区和自动化运行区。

当前自动化集装箱码头所使用的 AGV 尺寸一般在 $15\text{ m} \times 2.5\text{ m} \times 2\text{ m}$, 整机体型较大且具有全自动运行功能。不同于传统的水平机械, AGV 在维修区修理时需通过人工手持遥控装置进行控制, 控制难度较大, 尤其是 AGV 整体转弯时控制人员的视线会受到一定影响, 操作不当易引发安全事故, 故 AGV 维修区域尽量要保持相对独立, 与其它维修区域进行隔离, 保障维修人员安全。同时, 考虑维修后 AGV 需进入测试区进行各项测试, 测试完毕后要返回自动化运行区域, 因此, 该 3 个区域距离要相对近。

2) AGV 测试区域需尽可能满足所有测试要求。

AGV 测试区要满足 AGV 高速直行测试要求, 包括加速、匀速、减速全过程; 耐久性测试要求, 包括直角转弯、S 型弯、U 型弯、斜行等所有的运动工况, 条件具备的还需满足 8 字形测试路线要求; AGV 支架相关动作测试要求, 包括顶升、落位动作等; 带载测试要求。

3) AGV 维修区、测试区和自动化运行区之间要设立交互区。

AGV 要频繁在维修区、测试区和自动化运行区间不停切换, 从设备安全运行角度考虑, 需在 3 个区域转换处设置人机交互区域, 便于对整机操作模式进行人工切换, 满足安全管控要求。

2.3 AGV 维修区布置方式

AGV 维修区设置需考虑恶劣天气下的维修, 应设置专门的 AGV 维修区, 可设置成专门车间或维修棚。AGV 维修区布置应紧靠 AGV 测试区, 以便维修后的 AGV 进入测试区进行专门测试。根据 AGV 操作模式切换的要求, 为保证安全, 应设置相应交互区。根据场地情况, 布置如下两个 AGV 维修区方案:

1) 方案 1: 维修区横向布置。

AGV 维修区横向布置方案(图 5)中, AGV 设

置室内维修工位和室外维修工位。故障 AGV 在修理区门禁前感应后, 通过门禁驶入 AGV 修理区。动力系统损坏的 AGV 由正面吊调离, 进入 AGV 室外修理区进行修理。AGV 驶入修理区后, 其运行模式为手动遥控操作。

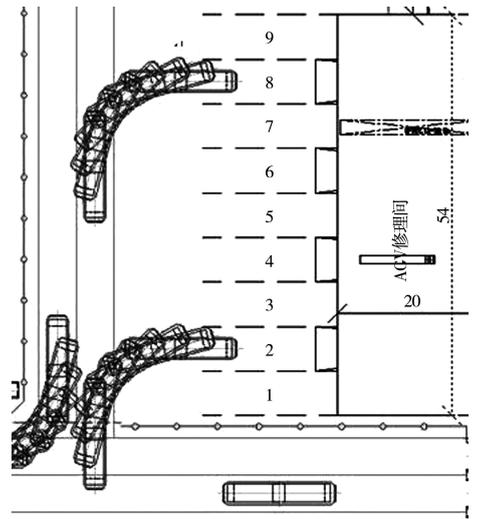


图 5 AGV 维修横向车间方案

AGV 维修区采用围网与自动运行区隔离。1#、2#AGV 修理工位倒车进入较为困难, 且驶离修理区时易对自动化码头运行区造成干扰。正面吊由于大梁升缩幅度限制, 无法将吊起 AGV 旋转 90° , 影响该方案修理工位发挥效率。

AGV 维修车间内设置了行车系统和修理坑进行相关修理。室内 AGV 修理工位宽度较窄, AGV 操作容易撞到墙体。

2) 方案 2: 维修区纵向布置。

AGV 维修区横向布置方案(图 6)中, AGV 设置检修棚, AGV 室外修理区与机修区连通, 便于场地扩展, 充分发挥场地面积。故障 AGV 在 AGV 交互区 1 感应后, 经门禁系统进入 AGV 室外修理区或 AGV 检修棚内修理工位。动力系统损坏的 AGV 由正面吊将 AGV 起吊放在平板拖车上(MAFI 车)。集卡将 AGV 和平板车(MAFI 车)组合推进检修棚。

AGV 检修棚不设行车和修理坑, AGV 检修棚内的起升工作均由 AGV 起升系统完成。重大件在车间外完成相关操作, 采用正面吊协助。

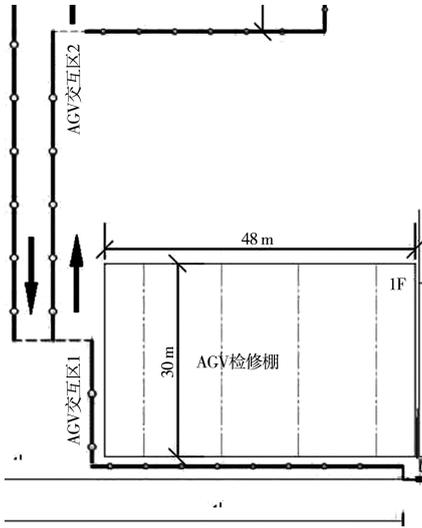


图 6 AGV 维修纵向车间方案

3) 两种方式对比分析。

对上述两个 AGV 维修区场地方案进行对比分析, 见表 1。

表 1 AGV 维修区方案对比

项目	AGV 横向维修车间方案	AGV 纵向检修棚方案
修理工位	多, 但部分工位不理想	较多
交换区	未设置	设置
动力损坏 AGV 进入修理区方式	正面吊	正面吊+集卡+平板车
车间内起升	行车	AGV 起升装置
重大件的吊装	室内, 行车	室外, 正面吊
场地可扩展性	不可扩展	可扩展
AGV 手动操作安全性	易撞击车间墙体	不设置车间墙体, 安全

综合比选, AGV 横向维修车间方案具有工位多、室内行车等特点; 而纵向检修棚方案具有 AGV 手动操作安全性高、场地可扩展性好、车间投资较省等特点。

2.4 AGV 测试区布置方式

通过对表 2 中常见 AGV 长度、速度、转弯半径等参数^[4]计算和分析, AGV 测试区域布置要满足所有测试要求, 一个 AGV 测试区域至少要在 80 m×42 m 范围。理想情况下, 8 字形测试路线(图 7)能满足 AGV 自动化耐久测试, 直角转弯、S 型弯、U 型弯、斜行等所有的运动工况。现提出 3 种布置方案。

表 2 自动化集装箱码头常见 AGV 主要规格和参数

性能	主要规格和参数	性能	主要规格和参数
长度	≤15 m	轮距	2.4 m
宽度	≤3 m	速度(前进/倒车)	6 m/s
最小转弯半径	≤9 m	速度(曲线行驶)	3 m/s

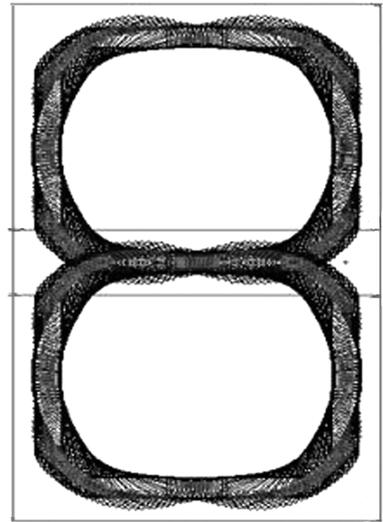


图 7 8 字形测试路线

1) 方案 1。

在测试区北侧和南侧(图 8)各划分 10 m 区域, 各布置一个支架, 作为 AGV 支架测试区域。中间区域, 可支持 8 字形循环测试, 或者布置 2 辆 AGV 做单圈的绕圈测试。绕圈测试后, 可直接去支架测试, 场地满足 2 辆 AGV 支架测试要求且不影响耐久性测试(绕圈或 8 字形测试)。带载直线加减速测试完成后, AGV 需将负载运回支架, 存在一定的效率问题。但不影响绕圈测试中的 AGV, 该布置方案最多可满足 5 辆 AGV 进行测试。

2) 方案 2。

在直线车道的北端(图 9)布置一个支架, 按南北向放置。北面场地全部用于自动化耐久测试。主测试场地可划分为 3 块子区域。既可以分别做 3 辆 AGV 的绕圈测试, 也可以组合相邻的 2 块做 8 字形循环测试。最多可以支持 4 辆 AGV 的同时测试。AGV 在单个子区域做单圈测试时, 空间略显局促, 且 AGV 调头时不顺畅。

支架测试与直行测试均在直行车道, 提高了单个 AGV 的测试效率。直行加减速的测试距离调

整为 120 m，对于带载的情况，设置为加速距离 45 m、匀速距离 30 m、减速距离 45 m。

AGV 带载的直行测试完成后，直接进入支架，放下负载。对绕圈测试中的 AGV 无影响，效率很高。

3) 方案 3。

在场地(图 10)的中央放置 2 个支架，南北向放置。场地划分为 2 部分，均用于自动化耐久测试。直行区域仅用于直线加减速测试。

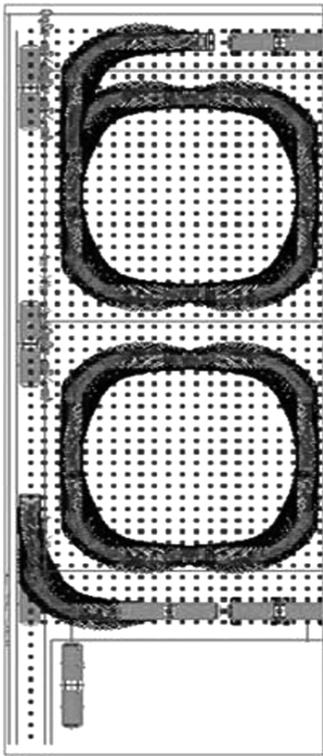


图 8 测试区方案 1

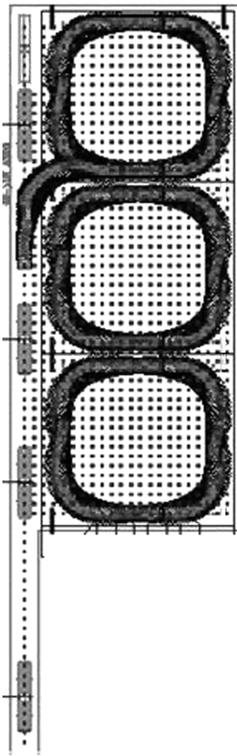


图 9 测试区方案 2

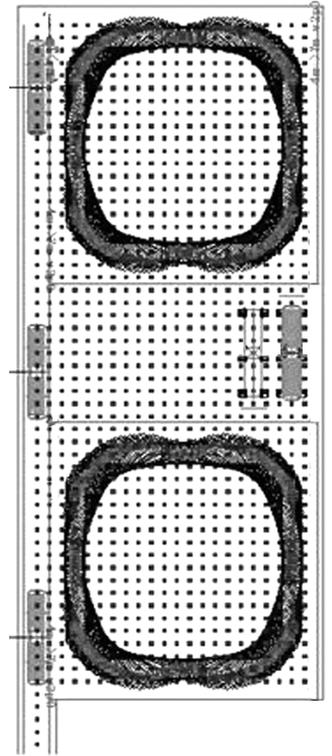


图 10 测试区方案 3

该布置不支持 8 字形循环测试，但 AGV 绕圈测试的空间较为宽裕。AGV 调头借用场地中央的区域。循环测试与支架测试连接在一起，AGV 进入支架前调整距离足够。

AGV 带载完成加减速测试后将负载运回支架时，会对绕圈测试的其他 AGV 产生影响。该布置最多支持 3 辆 AGV 的测试。

4) 3 种测试区布置方案比较分析。

对 3 个 AGV 测试区场地方案进行对比分析见表 3。综合比选，方案 1 具有同时容纳测试 AGV 数量最大的优势；方案 2 具有同时 AGV 测试数量较多、可进行 8 字形循环测试、带载测试效率高、支架操作安全性高等优势；方案 3 的布置区域较小，不支持 8 字形测试和带载测试效率最低等。

表 3 AGV 测试场地方案对比

方案	8 字形循环测试	最大同时测试 AGV 数量	支架测试数量	支架前 AGV 摆正的调整空间	AGV 带载测试效率
1	支持	5	2	较局促	一般
2	支持	4	1	足够	好
3	不支持	3	2	足够	差

2.5 AGV 交互区布置方式

考虑到 AGV 要频繁在维修区、测试区和自动化运行区间不停切换，从设备安全运行角度考虑，在 AGV 功能区布置时需在 3 个区域转换处设置人机交互区域，人机交互区域的长度要大于 AGV 长度，

在交互区内由人工完成 AGV 单机上自动操作、手动操作及维修模式等 3 种运行工况上的操作。

AGV 交互区的设置将更加便于对整机操作模式的人工切换，满足安全管控要求，最大程度避免人机混合作业，减少安全事故的发生。

3 新模式在洋山四期工程中的实际应用^[3]

洋山四期全自动化集装箱码头工程特点是:设计吞吐量远期可达630万TEU,岸线达2800m,共7个泊位,远期配置超过130台AGV。生产任务繁忙,要求机修设施具备良好的保障能力,满足AGV测试区功能要求,并尽可能满足多辆AGV同时测试要求。

洋山四期AGV功能区布置方案中,其维修区采用新模式中方案1,测试区采用了方案2,同时还能兼顾到AGV的交互区设置。见图11。



图11 洋山四期AGV功能区布置方案(单位:m)

3.1 AGV维修功能区位置选择

在洋山四期工程总平面中,自动化堆场东侧部分区域陆域纵深不足200m,不适合布置自动化箱区,但区域靠近AGV自动化运行区域,非常适合选作AGV测试和维修场地。该区域场地南北最大尺寸158m、主体段110m、主体最大宽度为48m。

3.2 AGV维修各功能区尺寸设计

通过方案比较优化后,将该场地最后划分为3个功能区域。各区域规格为:158m×6m直行测试区,110m×42m的主测试区,48m×30m维修区,以及自动非自动切换区。

测试场地内满布磁钉,作为AGV运行的导引坐标装置。直行区域,可满足加速距离45m、匀速

42m、减速距离45m的加减速直线行驶测试要求。

3.3 各功能区的功能设计

主测试区主要用于AGV自动化耐久测试,即进行绕圈测试,同时完成直角转弯、S型弯、U型弯、斜行等运动工况。理想情况下,将这些运动工况组织成8字形的测试路线,尽可能连续完成以提高测试效率。

4 结语

1) 自动化集装箱码头AGV维修功能区布局,不同于传统自动化集装箱码头布局,通过AGV维修区、测试区和人机交互区3大功能一体化、集约化、联合布局新模式,实现了对AGV维修保障中各功能区有效整合,功能更全面,保障更得力;同时土地资源实现共享,提高了利用率。

2) AGV维修区布置紧靠AGV测试区和自动化堆场作业区,便于AGV进入维修区和维修好的AGV进入测试区进行测试,测试合格AGV便捷投入使用,提高了效率。

3) 区域布局中应优先考虑AGV维修区和测试区的布置,且各区域保持相对隔离,保障安全。

4) AGV维修区在与自动化堆场和AGV测试区相邻处设置交互区,保证AGV不同操作模式下有效隔离,同时,实现及时切换,有效解决了人机混合作业区域安全。

在类似自动化集装箱码头AGV功能区布置过程中,要紧紧密结合工程的建设条件和需求,选择适用的解决方案,同时应综合考虑与传统码头维修模式的不同。

参考文献:

- [1] 刘晔.谈自动化集装箱码头[J].港工技术,2014(2):8-12.
- [2] 刘广红,程泽坤,林浩.自动化集装箱码头总体布置[J].水运工程,2015(2):101-106.
- [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心深水港区四期工程初步设计[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.
- [4] 罗勋杰.自动化集装箱码头水平运输工艺系统及其对码头布局的影响[J].集装箱化,2015(2):16-19.