

· 平面布置 ·



自动化集装箱码头总体布局模式对比分析

刘广红, 程泽坤, 林 浩, 何继红

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 为了探寻自动化集装箱码头总体布局模式的确定方法, 通过深入分析世界已建或在建自动化集装箱码头的平面布局特点, 归纳、总结出 10 种典型的自动化集装箱码头的总体布局模式, 并对各模式的特点进行分析, 形成汇总分析表。后续自动化集装箱码头工程可根据自身特点及建设目标, 参照汇总分析表, 选择合理、适用的总体布局模式。

关键词: 集装箱码头; 自动化; 装卸工艺; 总体布局模式

中图分类号: U 656.1⁺35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0014-05

Comparative analysis of overall layout pattern for automated container terminal

LIU Guang-hong, CHENG Ze-kun, LIN Hao, HE Ji-hong

(CCCC Third Harbor Constructions Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: For establishing a method to determine the general layout pattern of fully automated container port, we make an in-depth analysis on the characteristics of the layout plan of the existing automated container terminals or those being built, and put forward 10 patterns for the overall layout of automated container terminals. Furthermore, we analyze the characteristics of all patterns and finally form the summary table, referencing which, we can choose reasonable and adaptable pattern for the overall layout.

Keywords: container terminal; automation; handling technology; overall layout pattern

自 1993 年世界首座自动化集装箱码头——ETC-Delta 码头诞生以来, 历经 20 余年的发展, 至今全球已建或在建的自动化集装箱码头已近 40 座。相较于传统码头, 自动化集装箱码头具有装卸作业智能化、无人化操作的突出特点, 同时在效率、安全、环保、节能、运营成本等方面也具有一定的优势, 已成为集装箱码头的发展方向。

但在自动化集装箱码头的建设上, 我国起步较晚, 除了近期交付投产的厦门远海自动化集装箱码头外, 至今尚无规模化的自动化集装箱码头投入运营, 关于自动化集装箱码头总体布局模式的研究十分欠缺。而总体布局模式与港区的通过能力、作业效率及自动化程度直接相关, 是自动

化码头建设应首先确定的问题。本文在对全球自动化集装箱码头进行深入分析的基础上, 归纳总结出 10 种典型的自动化集装箱码头的总体布局模式, 并结合具体案例, 对各模式的特点进行研究分析。

1 自动化集装箱码头布局模式的典型分类

自动化集装箱码头的总体布局由所采用的自动化装卸工艺系统所确定, 其次诸如陆域条件、交通条件、投资控制、作业成本等也是重要的影响因素。通过对世界现有自动化集装箱码头进行梳理, 可总结出大致 10 种典型的总体布局模式, 分述如下:

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 刘广红 (1976—), 男, 高级工程师, 从事港口及航道工程规划及设计工作。

1.1 模式 1: “单小车岸桥+AGV+ARMG(单台,垂直码头布置)+跨运车”模式^[1]

ECT-Delta 码头是该模式的代表案例, 布局特点为: 1) 进、出港闸口的集中布置; 2) 码头装卸采用单小车岸桥, AGV 装卸区位于岸桥门框内, 受门框的影响, 须沿指定路径行驶, 效率相对较低; 3) 自动化堆场采用无悬臂 ARMG, 垂直于码头布置, 每箱区配置 1 台 ARMG, 同时承担对海和对陆作业, 效能较低; 4) 可形成高密度集装箱码垛堆场, 场地利用率高, 堆存容量大; 5) 自动化堆场海、陆侧设置 AGV 交换区及集卡交换区, 水平运输设备不进入堆场; 6) 集卡交换区采用跨运车作业, 可在一定程度填补 ARMG 作业能力的不足。ECT-Delta 码头总体布置见图 1。

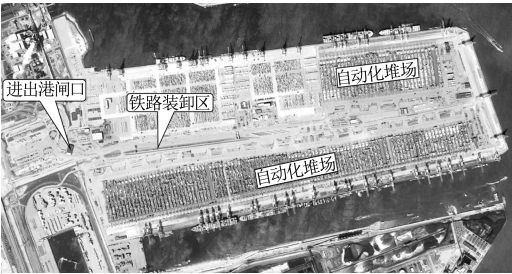


图 1 ECT-Delta 码头

1.2 模式 2: “双小车岸桥+AGV+ARMG(2 台套叠式、垂直码头布置)”模式^[1]

汉堡港 HHLA-CTA 码头是该模式的代表案例, 布局特点为: 1) 进、出港闸口集中布置; 2) 铁路装卸区布置于港区后方, 与自动化堆场相对隔离; 3) 码头装卸采用双小车岸桥, AGV 装卸区位于岸桥后伸距下方, 不再受岸桥门框的影响, 行驶路由得到优化, 提高了作业效率; 4) 岸桥在泊位间的调配不受 AGV 行驶路线的影响, 有利于提高岸桥的利用率和装卸船效率; 5) 堆场采用套叠式双 ARMG 布置, 轨道垂直于码头, 每台 ARMG 均可对海或对陆作业, 作业的灵活性和可靠度高, 但投资大、场地利用率相对下降; 6) 堆场设置 AGV 交换区及集卡交换区, 由 ARMG 直接完成对 AGV 及集卡的装卸作业。HHLA-CTA 码头总体布置见图 2。

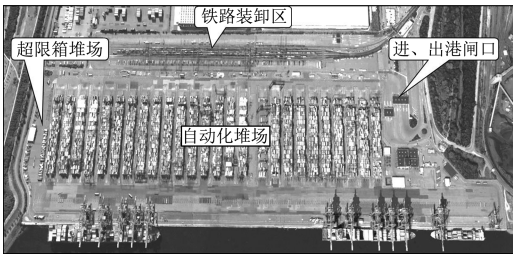


图 2 汉堡港 HHLA-CTA 码头

1.3 模式 3: “双小车岸桥+AGV+ARMG(2 台接力、垂直码头布置)”模式^[1]

鹿特丹港 Euromax 码头为该模式的代表案例, 布局特点为: 1) 进、出港闸口集中布置; 2) 铁路装卸区位于港区后方, 铁路进线与港外道路无交叉; 3) 码头装卸采用双小车岸桥, AGV 装卸区位于岸桥后伸距下方; 4) 堆场采用同轨、双 ARMG 布置, 轨道垂直码头, 2 台 ARMG 分别承担对海、对陆作业, 也可通过接力式作业提高繁忙侧作业效率; 因同轨运行, 较套叠式布置, 作业的灵活性和可靠性有所降低, 但场地利用率大为提升, 投资大为下降; 5) 堆场海侧、陆侧设置 AGV 交换区及集卡交换区, 交换区内预留 ARMG 检修机位。Euromax 码头总体布置见图 3。

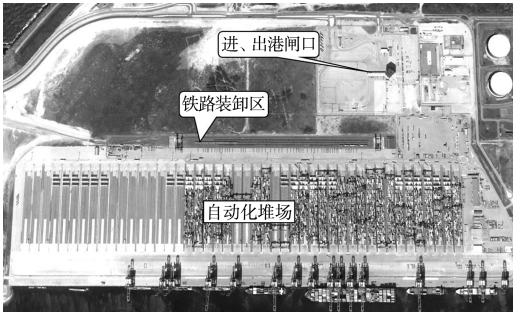


图 3 鹿特丹 Euromax 码头

1.4 模式 4: “双小车岸桥+AGV+ARMG(2 台接力、平行码头布置)”模式^[2]

厦门远海全自动化集装箱码头改造示范工程是我国第一个正式投入运营的全自动化集装箱码头, 也是一座对已建码头改造后形成的自动化集装箱码头, 其建设经验将对我国集装箱港口的技术升级将产生积极的推动作用。该码头所代表的布局模式的特点为: 1) 总体上基本延续了原码头

的道路和堆场的布局；2) 码头装卸采用双小车岸桥，AGV 装卸区位于岸桥后伸距下方；3) 堆场平行码头的布置，ARMG 轨道基础利用了原有 RTG 跑道，有利于降低工程造价和加快工程进度；4) AGV 交换区、集卡交换区位于堆场的东西两端，相对于堆场垂直码头布置的方式，水运运输车辆行驶路径较长；5) AGV 交换区配备了 AGV 伴侣，可有效释放 AGV 的能力，同时也解决了 AGV 的电池充电问题。厦门远海全自动化集装箱码头总体布置见图 4。

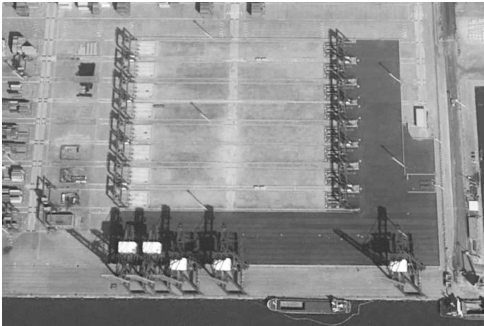


图 4 厦门远海码头

1.5 模式 5：“单小车岸桥+AGV+ARTG(平行码头布置)”模式

名古屋 Tobishima TCB 码头是该布局模式的代表案例，布局特点为：1) 港区采用进、出港分离的闸口布置，港内道路均为单向道路，交通组织明晰、顺畅；2) 码头装卸采用单小车岸桥，水平运输采用 AGV，AGV 装卸区位于岸桥后伸距下方；3) 堆场平行码头布置，ARTG 跨内设 6 列箱+1 条集卡作业通道+1 条 AGV 作业通道；4) 水平运输采用 AGV，AGV 需带箱进入堆场。Tobishima TCB 码头总体布置见图 5。



图 5 Tobishima TCB 码头总体布置

1.6 模式 6：“双小车岸桥+立体分配系统+ARMG(垂直码头布置)”模式^[3]

该模式亦称为立体分配全自动化码头模式，是由振华港机研发的一种新的布局模式，目前仍处于试验阶段，因其先进性和高效率，不失为一种值得尝试的模式。

立体分配系统由高架式支承结构系统、起重小车、低架桥平板车、地面平板车组成。堆场采用双 ARMG 布置，轨道垂直于码头，轨内布置集装箱和地面平板小车轨道。因地面平板车可深入堆场，故堆场陆侧端无集卡提送箱时，两台 ARMG 可同时进行装卸船作业时的堆、拆垛作业，无需接力。立体分配全自动化码头前方作业区断面、平面布置见图 6。

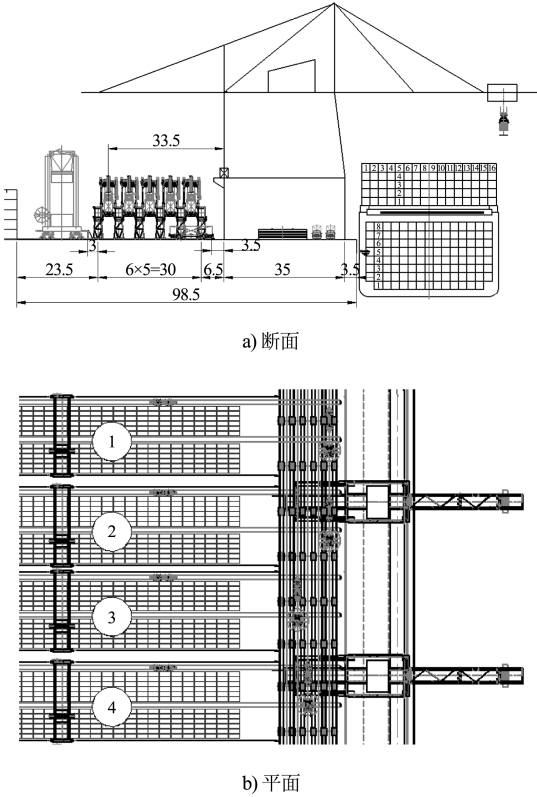


图 6 码头前方作业区断面、平面布置 (单位: m)

1.7 模式 7：“单小车岸桥+跨运车(垂直码头布置)”模式

布里斯班 Patrick 码头为该模式的代表案例，布局特点为：1) 采用进、出分离的闸口布置模式，交通组织简单、明晰；2) 水平运输、堆场装

卸均采用无人驾驶跨运车, 堆场垂直码头布置;
3) 工程投资较省; 4) 堆场陆侧端集中设置集卡
交换区; 5) 因堆高为 1 层, 场地利用率低。Patrick
码头总体布置见图 7。



图 7 布里斯班 Patrick 码头

1.8 模式 8: “单小车岸桥+跨运车+ARMG(2 台接力、垂直码头布置)” 模式

巴塞罗那港 BEST 码头为该模式的代表案例, 布局特点为: 1) 进、出港闸口集中布置; 2) 铁路装卸区位于港区陆域后方, 相对独立, 铁路进线与港外道路进线无交叉; 3) 码头采用单小车岸桥装卸作业, 跨运车装卸车道和集卡作业通道位于轨内, 后伸距内堆放舱盖板; 4) 堆场采用同轨、双 ARMG 布置, 轨道垂直码头, 2 台 ARMG 分别承担对海、对陆作业, 也可通过接力式作业提高繁忙侧作业效率; 5) 跨运车可从场地捡取箱和水平运输, 故在码头和堆场装卸环节建立了缓冲区, 提高码头的作业效率; 因机动性能好, 其作业区域用地面积较小, 节约的土地可进一步提升堆场的面积; 6) 跨运车可进行自动化改造, 该模式可满足分阶段实现全自动化的要求。BEST 码头总体布置见图 8。

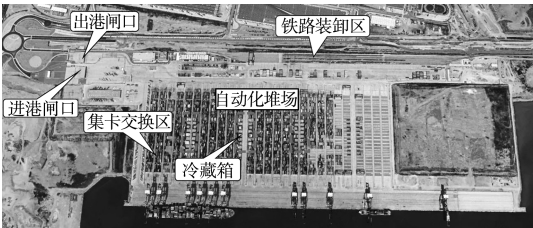


图 8 巴塞罗那港 BEST 码头

1.9 模式 9: “双小车岸桥+集卡+ARMG(平行码头布置)” 模式

迪拜 DP World 三期码头是该布局模式的代表案例, 布局特点为: 1) 采用进、出港闸口分离布置; 2) 码头采用单小车岸桥装卸作业, 轨内布置装卸作业通道, 轨道后布置舱盖板堆放区; 3) 堆场平行于码头岸线布置, 采用双悬臂 ARMG 装卸作业, 箱区由围网封闭, 海、陆侧悬臂下分别布置外集卡和内集卡装卸车道, 2 条车道之间布置 1 条穿越车道; 4) 港区外集卡、内集卡的交通流向分别为逆进针和顺时针循环方向。DP World 三期码头总体布置见图 9。

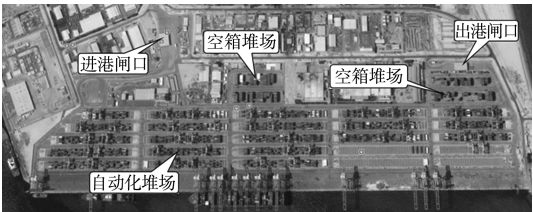


图 9 迪拜 DP World 三期码头

1.10 模式 10: “单小车岸桥+集卡+高架桥式起重机” 模式

新加坡巴西班让码头是该布局模式的代表案例, 布局特点为: 1) 码头装卸采用单小车岸桥, 水平运输采用集卡, 码头前方布置与传统码头相同; 2) 堆场平行于码头布置, 采用高架桥式起重机装卸作业, 跨距大, 堆高高, 地面交通与大机行走实现了立体错位, 无交叉, 交通顺畅; 3) 高架桥式起重机可转场作业, 作业的灵活性较强; 4) 堆场的设备基础投资大。巴西班让码头总体布置见图 10。



图 10 新加坡巴西班让码头

2 典型布局模式的对比分析

10 种典型的自动化集装箱码头布局模式基本包含了世界已建或在建自动化集装箱码头的所有

类型，其中又以模式 3、模式 8、模式 9 应用最为普遍。各模式的特点见表 1。

表 1 自动化集装箱码头布局模式

项目	代表港口	自动化程度	适用规模	适应陆域纵深范围	港区交通条件	堆箱密度	堆场作业灵活度、可靠度	工人需求	节能环保	投资密度
模式 1	ECT-Delta	全自动化	多泊位	较小	堆场全封闭,交通组织简单,不受外集卡影响	高	低	较少	跨运车内燃机驱动,有废气排放,能耗大	一般
模式 2	HHLA-CTA	全自动化	多泊位	较小		高	高	较少		高
模式 3	Euromax	全自动化	多泊位	较小		高	较高	较少		较高
模式 4	厦门远海头	全自动化	多泊位	较小		高	高	较少		较高
模式 5	Tobishima TCB	全自动化	多泊位	较小	外集卡与 AGV 车流存在交织	一般	高	较少	可采用全电力驱动设备,无废气排放,能耗低	较低
模式 6	振华港机	全自动化	1~2 个泊位	纵深适应范围广	堆场全封闭,交通组织简单,不受外集卡影响	较高	高	较少		高
模式 7	Patrick	全自动化	多泊位	小		低	高	较少		低
模式 8	BEST	堆场自动化,跨运车人工驾驶	多泊位	较小		高	较高	较多		一般
模式 9	DP World 三期	堆场自动化	多泊位	纵深适应范围广	外集卡进入堆场,与内集卡车流存在交织	一般	高	较多	集卡内燃机驱动,有废气排放,能耗大	较低
模式 10	巴西班让	堆场自动化	多泊位	纵深适应范围广		一般	高	较多		高

3 结语

经过 20 余年的发展，世界已建或在建的自动化集装箱码头已近 40 座，并逐步形成了多种自动化集装箱码头装卸工艺解决方案。而基于不同的自动化装卸工艺方案和项目特定的陆域条件、交通条件、投资和成本控制要求，形成了多种典型自动化集装箱码头总体布局模式。

1) 梳理并提出 10 种典型的自动化集装箱码头的总体布局模式，结合具体案例，分析、阐述各布局模式的特点。

2) 开展各典型布局模式的对比分析工作，形成汇总分析表。类似项目可根据其建设目标和条件，

对标汇总分析表，选择相适应的布局模式。

参考文献：

[1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程总平面及装卸工艺方案研究报告[R].上海: 洋山深水港区四期工程建设指挥部, 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2014.

[2] 周跃, 印莺, 唐勤华. 厦门远海全自动化集装箱码头改造示范工程[C]//中国水运建设行业协会.水运工程创新技术交流会议论文集.北京: 中国水运建设行业协会, 2015: 1-7.

[3] 刘广红, 程泽坤, 林浩. 自动化集装箱码头总体布置研究 [J]. 水运工程, 2013(10): 73-78.

(本文编辑 郭雪珍)