

洋山四期工程全自动化集装箱码头总体布置



刘广红¹, 程泽坤¹, 罗勋杰², 庄 骅³, 何继红¹

(1. 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032;

2. 上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080; 3. 洋山同盛港口建设有限公司, 上海 201308)

摘要: 洋山四期工程是一个拥有大规模深水岸线但陆域纵深狭窄的专业化集装箱港区, 陆域纵深是制约港区综合通过能力的瓶颈。为了更有效地利用土地和深水岸线资源、实现资源利用的最大化, 在深入分析工程建设条件及建设目标的基础上, 通过合理确定装卸工艺系统, 因地制宜地布置堆场、道路和辅助设施, 优化交通组织等组合措施, 总体上达到了功能布局合理、土地利用率高、综合能力大的既定目标。

关键词: 集装箱码头; 自动化; 闸口布置; 自动化堆场; 港区平面布置; 交通组织

中图分类号: U 656.1⁺35

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0046-06

General layout of fully automated container terminal in phase IV of Yangshan project

LIU Guang-hong¹, CHENG Ze-kun¹, LUO Xun-jie², ZHUANG Hua³, HE Ji-hong¹

(1. CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China;

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

3. Yangshan Tongsheng Port Construction Co., Ltd., Shanghai 201308, China)

Abstract: In phase IV of Yangshan project, the container terminals are constructed along the rich deep-water shoreline. However, the limited land width has always been the main restriction of the port capacity. To maximize the utilization rate of the resources of water and land, we probe into the construction condition and construction target. Taking comprehensive measures including determining reasonably the handling technology and layout of the stack yard, road and auxiliary facilities and optimizing the transport organization, etc., we reach the targeted goal of reasonable function-orientation, high land utilization rate and great comprehensive capacity. Integrative capabilities can be remarkably improved.

Keywords: container terminal; automation; layout of gates; automated storage yard; layout plan of port; traffic arrangement

深水岸线和土地是建设深水集装箱港口所必备的资源, 对于洋山港这样一个远离大陆、外海岛礁环境下建设的港口尤为珍贵, 其码头岸线深入外海, 土地均由深海填筑形成, 获得资源的难度和成本远超一般港口。洋山四期工程是新形势下洋山港建设的又一个超大型集装箱港区, 码头岸线长 2 350 m, 年设计通过能力 630 万 TEU。尽管四期工程拥有大规模深水岸

线, 但陆域纵深十分狭窄, 成为制约港区综合效能发挥的瓶颈。如何突破瓶颈、实现资源利用最大化, 是港区总体布置的关键。本文在深入分析工程建设条件及建设目标的基础上, 通过合理确定装卸工艺系统, 因地制宜地布置堆场、道路和辅助设施, 优化交通组织等组合措施, 总体上达到了功能布局合理、土地利用率高、综合能力大的既定目标。

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 遵循“目标导向”原则,合理确定装卸工艺系统^[1]

为了充分发挥深水资源优势,洋山四期工程确定了“三高两低”的总体建设目标:1)高能力:目标年设计通过能力达630万TEU;2)高效率:目标船时装卸效率达400TEU;3)高智能:实现主要装卸环节的智能化、无人化操作;4)低能耗:较大程度地降低港区能源消耗;5)低排放:大幅降低港区尾气排放。

工程设计以目标为导向,主要考虑了以下几点:1)尽可能扩大自动化堆场容量,优化道路及生产辅助设施布置,提升土地利用效率;2)推动装卸工艺系统的技术升级,做好装卸环节的效率匹配,提高装卸效率;3)实现装卸系统的自动化和智能化,减少工人数量、降低运营成本、改善作业条件和提高作业安全;4)优选具备能量反馈、低能耗的装备,节能降耗;5)主要装备实现电力驱动或清洁能源替代,降低排放。

自动化集装箱码头历经20余年的发展,先后出现了10余种装卸工艺解决方案,而又以“双小车岸桥+AGV+ARMG”、“单小车岸桥+跨运车+ARMG”和“单小车岸桥+集卡+ARMG”3种方案应用最为普遍。因后2种方案在自动化程度、尾气排放上略有不足,根据洋山四期工程的建设目标,“双小车岸桥+AGV+ARMG”方案成为最终优选方案。该方案码头装卸效率高、水平运输距离短、堆场堆存密度大,主要装卸环节全电力驱动、零排放、低噪音,能量反馈技术进一步降低了能耗,智能化系统降低了对人工的依赖并大幅改善

了人员的作业条件。

2 优化港区总体布置,提升资源利用效率

2.1 合理布置进、出港闸口,简化交通流程^[2]

闸口是集装箱港区对外交通的咽喉,交通顺畅与否对港区的生产影响巨大。闸口的布置方式主要与港区的外部交通条件与装卸作业流程直接相关。纵观世界典型的自动化集装箱码头,闸口的布置不外乎进、出港闸口集中布置和分离布置2种布置方式。

采用进、出港闸口集中布置,则进、出港车流汇集于一处,方便车辆的集中管理。但对于作业繁忙的港区,因交通的不均衡性,加上闸口附近车流的高度聚集,如遇交通高峰期易造成闸口附近的交通拥堵,进而影响到港区的正常运营。同时,外来车辆需要在港内折返,行驶距离和滞港时间相对较长。

采用进、出港闸口分离布置,外来车辆在港内一进一出,单向行驶,交通组织相对简单、顺畅和高效,道路需求相对较小,这也与自动化集装箱码头外来车辆提、送箱流程更为契合,在港区的陆域条件和外部交通条件具备的条件下值得优先选择。

洋山四期工程陆域横向宽度大,但纵深狭小,且后方紧贴东海大桥。结合东海大桥的交通接口条件,四期工程采用了“东进西出”的闸口布置方式,一方面适应港区陆域地形条件,另一方面使得外来车辆在港内单向行驶,行驶距离短,流向简单,交通效率高(图1)。

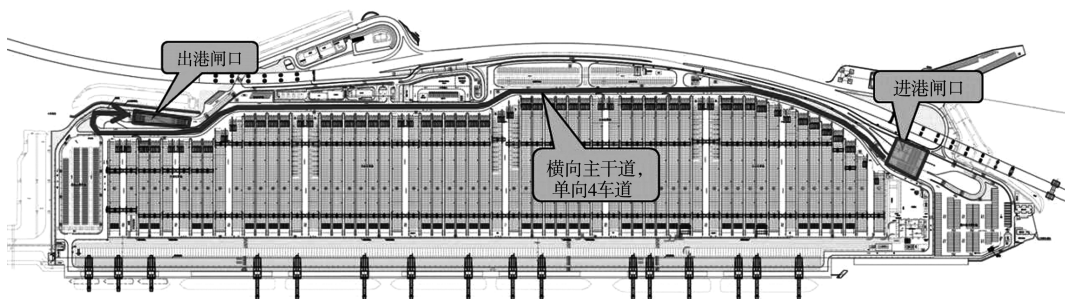


图1 进、出港闸口及港内交通

2.2 适应自动化装卸工艺系统需要, 优化码头前方作业地带布置^[3]

对于全自动化集装箱码头, 其码头装卸通常分为两种情况, 对于占绝大多数的标准集装箱均通过自动化装卸完成, 而少部分的非标准箱及危险品箱仍是通过人工装卸完成。码头前方作业地带的布置, 一要合理划分自动和人工的作业范围, 二要根据工艺需要合理确定平面尺度。

洋山四期工程采用了“双小车岸桥+AGV+ARMG”装卸工艺, 自动化、人工的水平运输设备分别为AGV和集卡。为了避免相互干扰, 码头前方作业地带以岸桥陆侧轨道为界, 划分为自动

化和人工作业区。岸桥轨内为人工作业区, 布置3条集卡车道及舱盖板堆放区。自动化作业区位于轨道另一侧, 又可细分为装卸区、缓冲区和行驶区。装卸区位于岸桥后伸距内, 宽28 m, 设7条AGV车道, 装卸车道成对布置, 相互之间布置1条穿越车道, 该布置可满足同泊位多台岸桥同时作业需要。行驶区邻近自动化堆场布置, 车道数量根据前方AGV交通量确定, 设双向6车道, 宽26.5 m。装卸区与行驶区之间为缓冲区, 宽27 m。AGV在装卸区完成装卸后经穿越车道转弯进入缓冲区排序, 根据指令进入相应的行驶车道。

码头前方作业地带总宽度为120 m(图2)。

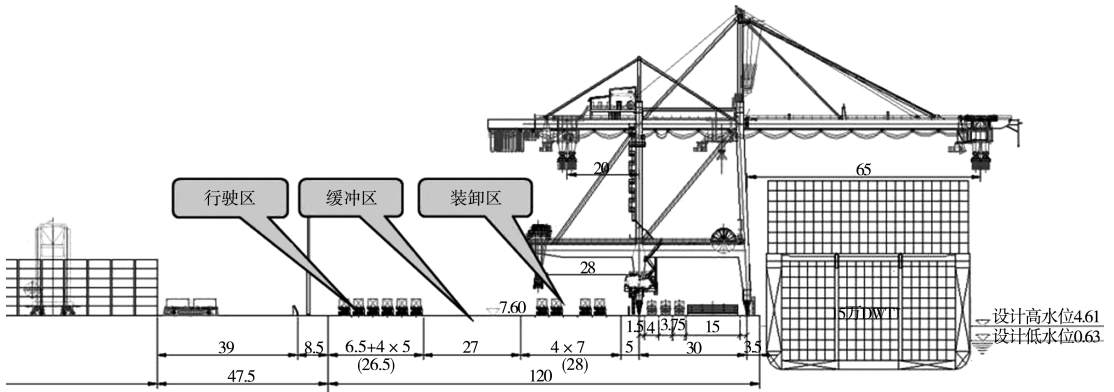


图2 码头前方作业地带断面(单位:m)

2.3 突破狭小陆域纵深制约, 实现自动化堆场的布局合理化、能力最大化^[3]

自动化堆场是洋山四期工程的核心堆场, 其堆放的普通空、重箱、冷藏箱和45 ft(13.7 m)箱占到港区总量的96.5%。因此, 要突破陆域纵深的制约, 实现港区高能力和高效率的目标, 其关键是如何提升自动化堆场的容量和优化堆场布局。

洋山四期工程自动化堆场布置主要采取了以下几个方面的针对性措施:

1) ARMG箱区垂直码头布置, 两端设置AGV和集卡交换区, 水平运输设备不进箱区, 场内道路大幅减少, 堆场实现密集堆垛, 堆存容量和场地利用率大幅提升。

2) 堆场纵深依据地形实现了最大化, 箱区堆箱数量达到33~53贝位。

3) 采用了无悬臂、单悬臂ARMG箱区相间布置的方式, 单悬臂箱区2台ARMG均可对海作业, 有效解决了洋山四期工程水水中转比例高、对陆和对海侧作业的不均衡性。

4) 堆场西侧布置一个双悬臂轨道吊箱区, 可实现AGV对集卡的直接装卸作业, 用于码头之间互拖集装箱的装卸, 提升中转效率。

5) 冷藏箱采用“相对集中”布置, 综合考虑了作业效率、AGV车流的集中度、方便人员管理及供电等因素。

洋山四期工程自动化堆场布置见图3。

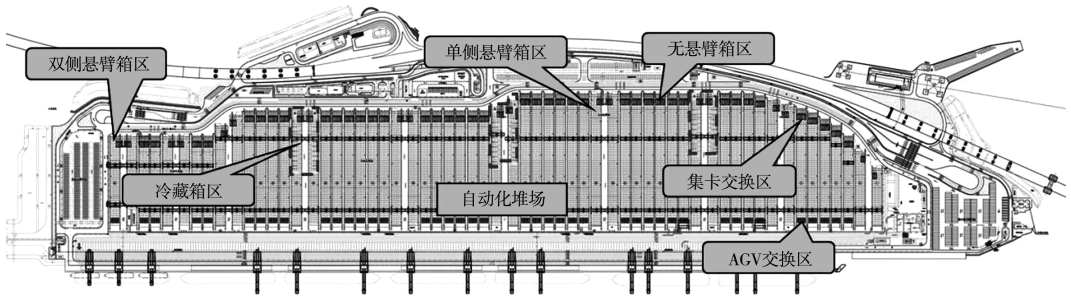


图3 自动化集装箱堆场平面布置

2.4 根据陆域地形特点, 因地制宜地布置辅助堆场及生产、生活辅助设施

要全面实现洋山四期工程的建设目标, 除了需对码头前方作业地带、自动化堆场、闸口等核

心功能区进行合理布置外, 契合陆域地形特点、因地制宜地开展辅助堆场及配套生产、生活设施的布置也是十分重要的。洋山四期工程辅助堆场及生产、生活辅助设施布置见图4。

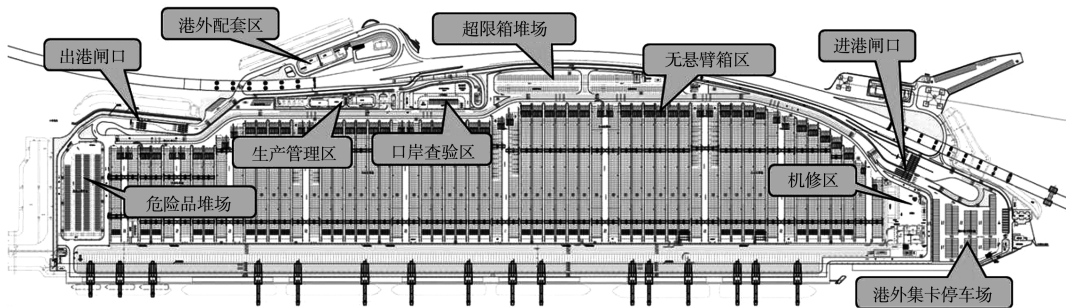


图4 辅助堆场及生产、生活辅助设施平面布置

1) 利用自动化堆场北侧东部不规则地块和西侧地块分别布置2块超限箱堆场和1块危险品堆场, 危险品堆场的选址同时考虑远离人员集中区域和位于夏季常风向的下游。

2) 利用自动化堆场北侧西部不规则地块布置生产管理区及口岸查验区, 拥有高层建筑的生产管理区均坐落在开山区, 有效降低建筑的工程造价。

3) 机修区考虑与自动化作业无缝衔接, 布置于自动化堆场东侧相邻地块, 采用AGV测试、维修和机修集约化的联合布置。故障AGV可自动行驶至AGV修理棚西侧的交互区, 再转至人工遥控模式行驶至AGV修理棚进行修理。完成修理后, AGV进入测试区进行测试, 合格后再投入正常作业(图5)。

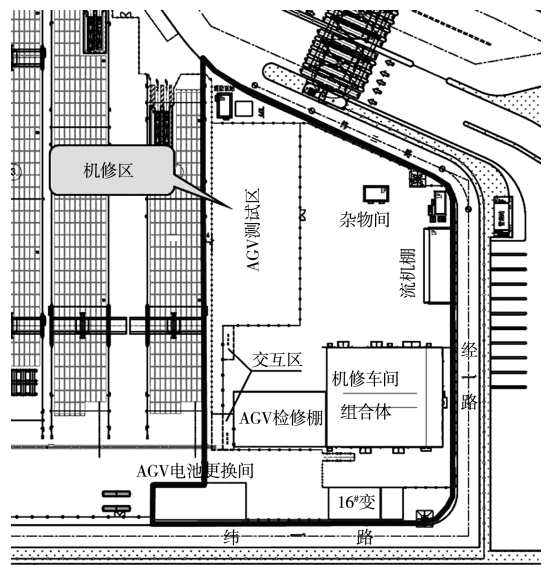


图5 机修区布置

4) 根据进港流程, 优化进港闸口及港外停车场布置。

进港闸口总共布置三级道口：一级道口为门架式结构，用于读取车辆信息；二级、三级道口联合布置，根据一级道口识别信息，二级道口对进港车辆进行分流处理，一部分由第三级道口进入港区，另一部分进入港外停车场临时等待或补录信息（图6）。

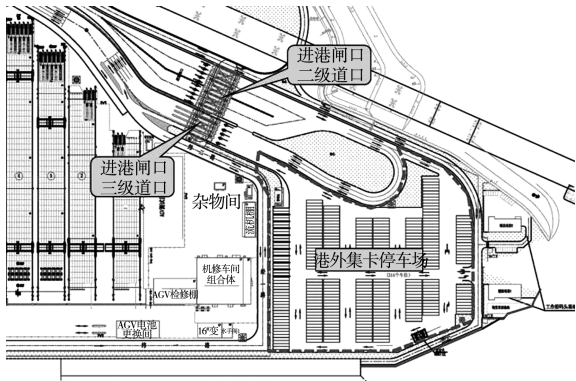


图6 进港闸口及港外停车场布置

港外集卡停车场用于加强对进港车辆的管控，遇到车辆集中到港时可对进港车辆进行缓冲，以减少进港闸口的通行压力和排队车辆对东海大桥通行的影响。同时，港外集卡停车场内还可开展车辆补录信息、调箱门、冷藏箱补电等作业。

2.5 基于各功能分区的交通需求，合理确定港内、外道路布置方案及路幅尺度^[4]

港口作业过程的实质是货物的搬运过程，港口

综合效能的高低很大程度上取决于港口的交通条件，而交通条件又与道路布置和交通组织是否合理、路幅尺度是否科学性直接相关。为优化洋山四期工程的交通条件，港内、外道路系统设计主要采用了以下方法：

1) 交通组织设计借鉴城市道路单向交通理念，港内、外主干道均采用单向设计，从而达到提高道路使用效率、减少冲突点和优化通行条件的目的。

2) 通过设置长达1.7 km的专用进港辅道，使港区进港闸口与东海大桥之间获得一段较长缓冲距离，形成一定的蓄车能力，从而在一定程度上填补自动化集装箱码头堆场内车辆缓冲能力的不足，降低大流量下进港车辆溢出至东海大桥的可能性。

3) 进港辅道实行客货分流，并与同向出港道路立体交叉，提高通行效率。

4) 根据港区的年设计通过能力及闸口、堆场、辅助设施等功能布局，开展港内、外道路的OD分析，合理确定各条道路的路幅尺度，对道路的交通条件进行评价，并通过交通仿真模拟的技术手段对交通设计成果进行验证。

洋山四期工程港内、外主干道布置见图7，港内、外道路的交通饱和度及服务水平见图8、9。

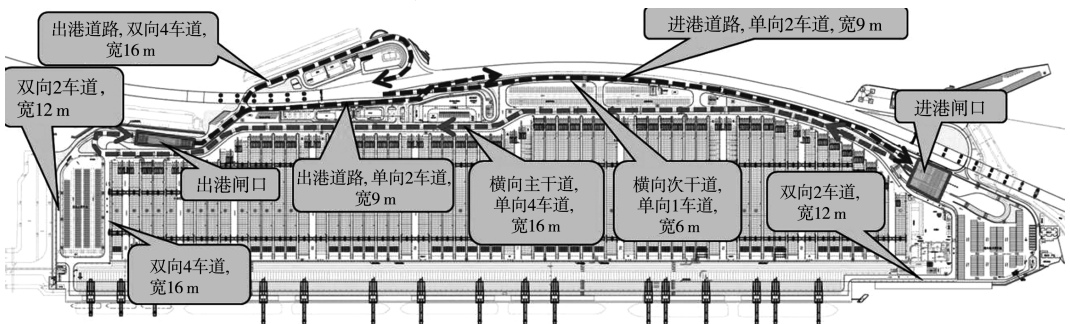
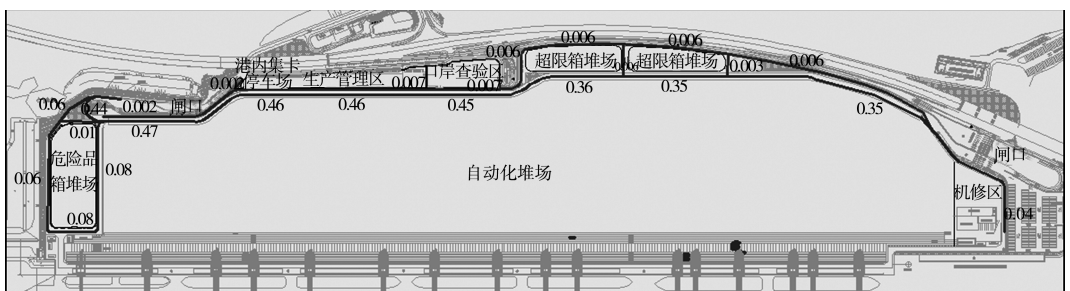


图7 港内、外主干道布置



码头

图8 港内路段饱和度及服务水平

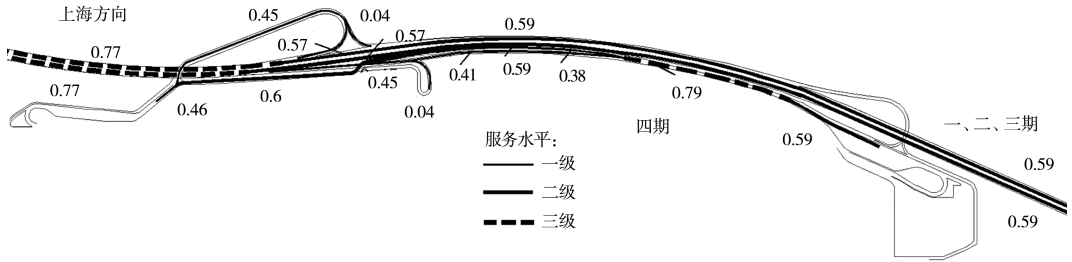


图9 港外路段饱和度及服务水平

3 结语

洋山四期工程是一个拥有大规模深水岸线但陆域狭窄的港口项目,建设条件受到制约。从充分发挥深水资源优势的角度出发,确定了建设“高能力、高效率、高智能、低能耗、低排放”的总体建设目标。以目标为导向,根据四期工程的用地条件,对港区总体布置进行深入研究,有效提升了资源利用效率。主要结论如下:

- 1) 结合工程港外交通条件及陆域形态,提出“东进西出”的闸口布局模式,交通组织简单、顺畅和高效,道路使用高效。
- 2) 提出进港闸口及港外停车场集约化布置形式,土地利用率高,并达到了与进港流程的高度契合。
- 3) 阐述全自动化集装箱码头前方作业地带的布置方式及平面尺度。
- 4) 提出自动化集装箱堆场最大化布置原则,根据陆域地形条件,尽可能增加自动化箱区数量和箱区长度,做到堆场布局的合理化及通过能力的最大化。
- 5) 提出无悬臂、单侧带悬臂、双悬臂 ARMG 组合布置的自动化堆场布局新方式,有效解决了洋山四期工程水水中转比例高、对陆和对海侧作

业的不均衡性等问题。

6) 利用场地不规则地块,因地制宜地开展辅助堆场及生产、生活辅助设施布置。

7) 结合自动化集装箱码头的运营特点,提出 AGV 测试、维修和机修集约化的联合布置方式。

8) 基于功能分区的交通需求,合理确定港内、外道路布置方案及路幅尺度,并通过交通仿真模拟的技术手段对交通设计成果进行验证。

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, 2014.
- [2] 刘广红, 何继红, 丁飞虎. 全自动化集装箱港区交通组织设计[J]. 中国港湾建设, 2015, (12): 71-76.
- [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 上海国际航运中心洋山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] 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港外交通组织研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2014.

(本文编辑 郭雪珍)

征订通知

2017年《水运工程》杂志征订工作已经开始,订阅方式请登录《水运工程》杂志社官方网站: www.sygcc.com.cn, 首页下载中心下载2017年《水运工程》征订通知单,有关要求和反馈信息一应俱全。