

# 基于车辆作业流程的集装箱港口集卡车停车需求研究 ——以厦门港为例

王永清,曾丽榕,陈若薇,刘彦昌  
(厦门市国土空间和交通研究中心(厦门规划展览馆),福建 厦门 361012)

**摘要:**集装箱卡车(以下简称“集卡车”)停车难是集装箱港口普遍面临的问题,但是其停车需求分类及测算方法并无统一的行业标准,各港口城市实际操作中也存在较大差异。基于车辆作业流程,从源头查找集卡车产生停车需求的环节,并根据车辆作业特征摸清各环节的停车特征,继而找出停车需求的测算方法。集装箱港口产生三类停车需求:日间营运环节车辆进入堆场、码头前因查验、核对单据产生的短时停车需求;日间营运环节车辆因前单结束、后单尚未启动而等待货源产生的停车需求;夜间休息环节因驾驶人休息、车辆停止作业而产生的停车需求。其中,第一类为配建停车场,通过确定配建指标控制其需求规模;第二类为公共停车场,基于集疏运需求逻辑推算法确定其需求规模;第三类也属于公共停车场且易被忽视,可根据车辆规模及夜间停车比例确定其需求规模。研究结果显示,厦门港码头的集卡车停车位配建标准宜为 $0.4\text{个}\cdot\text{万TEU}^{-1}$ ,港外空箱堆场的集卡车停车位配建标准为 $3.87\sim6.19\text{个}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,夜间停车需求是日间的1.4倍。经检验,该计算流程可为港口城市的集卡车停车场规划提供更为精确的参考和借鉴。

**关键词:**静态交通治理;集装箱港口;集装箱卡车;停车需求;车辆作业流程;需求测算方法;厦门港

Container Truck Parking Demand in Container Ports Based on Vehicle Operation Processes: A Case Study of Xiamen Port

WANG Yongqing, ZENG Lirong, CHEN Ruowei, LIU Yanchang

(Xiamen Land Space and Transport Research Center (Xiamen Planning Exhibition Hall), Xiamen Fujian 361012, China)

**Abstract:** The shortage of parking spaces for container trucks is a common issue in container ports. However, there is no unified industry standard for categorizing or calculating parking demand, and significant variation exists in operational practices across port cities. Based on a vehicle operation process-based approach, this paper investigates the specific stages and sources that generate parking demand; characterizes parking patterns at each operational stage according to vehicle activity features; and subsequently develops a method for parking demand estimation. Three types of parking demand are identified in container ports: (1) short-term parking during daytime operations before entering into container yards or terminals for inspections and documentation checks; (2) idle-time parking during daytime operations when trucks await cargo loading after completing one job and before commencing the next; and (3) overnight parking for hoteling when drivers are off-duty and trucks are not in operation. The first type is addressed through on-site ancillary parking facilities, with demand size controlled via confirming allocation standards; the second and third types correspond to public parking needs, with the former calculated using a demand logic-based estimation method and the latter—often overlooked—determined by truck fleet size and nighttime parking ratios. For Xiamen Port, the results suggest optimal parking facility standards of 0.4 spaces per 10,000 TEUs at terminals and 3.87 to 6.19 spaces per hectare at off-dock empty container yards. Nighttime parking demand is approximately 1.4 times higher than daytime demand. Upon verification, the proposed calculation framework offers a more precise and practical reference for planning container truck parking facilities in port cities.

**Keywords:** static traffic management; container ports; container trucks; parking demand; vehicle operation process; demand estimation method; Xiamen Port

收稿日期: 2024-06-21

作者简介: 王永清(1982—),女,湖北襄阳人,硕士,正高级工程师,主任工程师,研究方向为城市货运交通和非机动车交通,电子邮箱93318784@qq.com。

引用格式：王永清，曾丽榕，陈若薇，等. 基于车辆作业流程的集装箱港口集卡车停车需求研究：以厦门港为例[J]. 城市交通，2025，23(6): 88-96.

WANG Y Q, ZENG L R, CHEN R W, et al. Container truck parking demand in container ports based on vehicle operation processes: a case study of Xiamen Port[J]. Urban transport of China, 2025, 23(6): 88-96.

## 0 引言

集装箱卡车(以下简称“集卡车”)停车难一直是各大集装箱港口的痛点，厦门港1.2万辆集卡车、车位供给3 500个，深圳港2.7万辆集卡车、车位供给9 000个，宁波舟山港2.4万辆集卡车、车位供给8 000个，实际使用中均暴露出较大的停车位缺口。为解决停车难问题，各港口城市一直致力于加强停车供给，停车场的建设从平面转向立体，停车场的用地也从临时转向固定，如宁波舟山港的北仑集运基地和深圳盐田港拖车综合服务中心。在此背景下，准确测算停车需求，为停车场的建设提供定量支撑显得极为重要。

集卡车停车需求分类是确定停车场规模的前提。目前并无统一的行业标准，各港口城市实际操作中也存在较大差异，集卡车停车需求分类总体上有三种方法。1)按停车场服务对象分类，以宁波<sup>[1]</sup>、青岛<sup>[2]</sup>为代表，参照城市小汽车停车分类方法，将集卡车停车需求分为公共停车和配建停车两类。2)按车辆作业流程分类，以深圳<sup>[3]</sup>、大连<sup>[4]</sup>为代表。深圳根据集卡车停车目的，将停车需求分为夜间休息或车辆大修时产生的固定停车、生产过程中间歇休息及加油修理期间的临时停车、港区及物流用地内部办理手续及装卸货物时的作业停车三类。大连根据停车需求产生的场所将集卡车停车需求分为四类：车辆从立交桥进入码头时的检查停车需求、车辆进入码头前的排队等候停车需求、集装箱检查站处的停车需求、集卡车出入码头的海关检查停车需求，这种分类方法一定程度上也是基于集卡车作业流程的分类方法。3)两者混合分类，以上海<sup>[5]</sup>为代表，将外高桥地区集卡车停车需求分为四类：港口周边企业配建停车、外部来车完成作业后就地等待新订单的停车需求、车辆进入堆场前的排队等候停车需求、车辆进入港区前的排队等候停车需求，这种分类方法是宁波与深圳的混合。

集卡车停车需求分类的差异直接导致了计算路径的明显分化。1)以车辆规模定停车需求，即基于集卡车保有量直接计算停车需

求，以宁波和青岛为代表。宁波基本参照城市小汽车停车需求测算方法，按集卡车“一车一位”的原则，将港口集卡车总停车需求等同于港口集卡车总车辆规模，提出形成公共停车70%、配建停车30%的集卡车停车位供给结构。青岛认为本地货车停车可通过自身企业配建解决，外来货车是港口集卡车公共停车的主要来源，而外来货车中只有10%需要停车，故直接使用外来车辆规模和停车位周转率来确定集卡车公共停车需求规模。2)以集疏运交通量定停车需求，即基于集卡车交通量计算停车需求，以深圳、大连、上海为代表。首先根据港口吞吐量和公路集疏运比例测算高峰小时集卡车交通量，再结合调查或相关经验确定停车周转率，从而计算停车需求。集装箱港口基本上采用24 h不间断的全年、全天候作业模式，而服务港口运行的集卡车也执行同样的作业模式，且运行过程涉及的作业环节众多，各环节交通特征差异较大。这与城市小汽车以上下班通勤两点一线式出行为主、停车时间远超行车时间的交通特征存在明显差异。故本文认为像宁波、青岛这样抛开车辆作业流程研究集卡车停车需求会导致计算结果的偏差，而深圳、大连基于车辆作业流程的停车需求分类方法更适用于港口。但在实际应用中，深圳、大连以集疏运交通量定停车需求的测算方法又脱离了车辆作业流程的影响。

基于车辆作业流程，本文从源头查找集卡车停车需求产生的具体环节，并根据各环节的停车构成，提出停车需求分类方法及相应的测算方法；将集装箱港口集卡车停车需求分为配建停车需求、日间公共停车需求、夜间公共停车需求三类，并基于集疏运需求逻辑推算法进行计算。

## 1 车辆作业流程中的停车需求分类

### 1.1 日间营运环节

港外空箱堆场、集拼中心分别是集装箱港口空箱和重箱周转的重要支撑。厦门港2020年空箱吞吐量约301万TEU、重箱吞吐量约806万TEU，空箱、重箱吞吐量比值

27:73。进出口集装箱流向构成中，空箱中的90%均需至港外空箱堆场待转，仅10%直接至陆地港或作为其他用途，重箱中的30%需至集拼中心待转，70%在货主与码头之间直接集疏港(见图1)。现状经港外空箱堆场和集拼中心周转的吞吐量占全港吞吐量的46%(其他54%在货主与码头之间直接集疏港)，与其他城市对比，宁波港为63.4%<sup>[6]</sup>，天津港进口方向为65%、出口方向为75%<sup>[7]</sup>，深圳盐田港为50%<sup>[8]</sup>。

以港外空箱堆场和集拼中心为基点分析集卡车的作业流程，发现整箱、拼箱的集卡

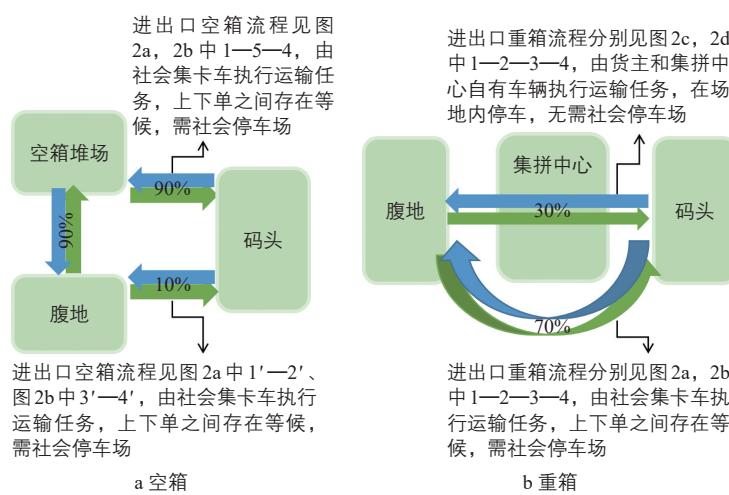


图1 厦门港进出口集装箱流向构成

Fig.1 Import and export container flow composition at Xiamen Port

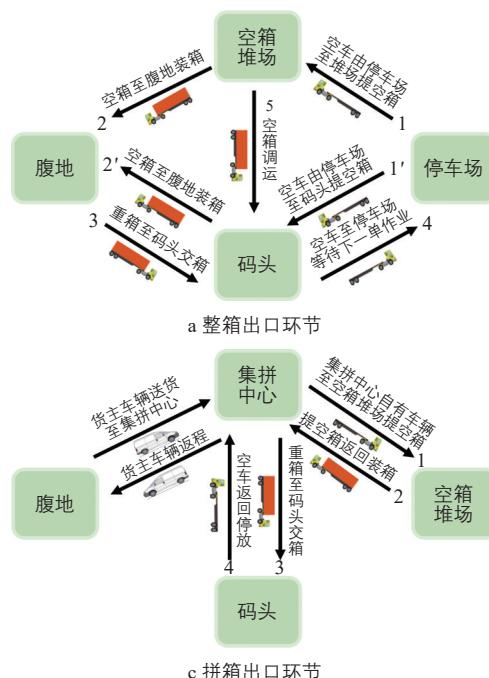


图2 集卡车作业流程示意

Fig.2 Container truck operation process

车作业流程有所不同。其中，整箱运输业务包括空箱进出口运输和在货主与码头之间直接集疏港的重箱运输，均由社会集卡车执行运输任务，上下单之间存在等候，故需要使用社会公共停车场(见图2a和2b)。集拼箱业务全程由腹地货主自有车辆或集拼中心自有车辆执行运输任务，运输过程中产生的停车需求可在集拼中心和码头内部得以解决，无需使用社会公共停车场(见图2c和2d)。

集拼对不同环节的交通需求计算会有不同影响。集拼指多宗货源集港后拼为一整箱货或一整箱货拆分为多宗货源后疏港，虽然会降低港区公共停车场的需求，但是会增加港区对外集疏运通道上的交通需求。而不管腹地货源是整箱还是拼箱，最终均以整箱形式进出码头，故对码头进出交通需求无影响。

## 1.2 夜间休息环节

该环节停车需求由驾驶人夜间休息、车辆停止作业而产生，停车时长较长。从最大化利用停车资源角度，集卡车夜间停车应首先考虑充分利用日间营运环节中的停车设施，若仍有不足，则由政府额外建设夜间公共停车场补足差额。因各港口夜间停车需求强度不尽相同，港口腹地越广，码头越繁忙，夜间执行运输任务的强度越高，相应的夜间停车需求就越低，故夜间停车需求应结合港口运营特征进行测算(见图3)。

### 1.3 停车需求分类小结

根据以上分析，集装箱港口集卡车停车需求可分为三类(见表1)，第一类为日间营运环节配建停车场，第二、三类分别为日间营运环节和夜间休息环节公共停车场。根据不同环节的作业需求特征，三类停车场的设置位置及配套要求也有所不同(见图4)。第一类停车场要求设在码头/堆场入口处，基本无配套要求。第二类停车场可设在码头/堆场外围地区，位于码头/堆场与货源之间<sup>[6]</sup>，要求配套车辆加油、检修和驾驶人简易餐饮、休息设施。第三类停车场主要服务夜间停车休息，若以服务外地车辆为主，则设在城市外围货运集疏运通道沿线，并需兼顾服务外地驾驶人的生产、生活要求，配套车辆维修设施及驾驶人食宿生活设施；若以服务本地车辆为主，则设置在港区与驾驶人主要居住地之间，停车形式可路外、路内相结合。

## 2 日间营运环节配建停车场需求测算

### 2.1 配建停车场设置位置

配建停车场与港外空箱堆场、码头的位置关系如图5所示。港外空箱堆场配建停车场位于堆场入口前，承担车辆进场前因核对单据产生的短时停车需求功能。码头配建停车场位于码头二级闸口内，承担问题车辆的停车功能。

### 2.2 码头配建停车场需求测算

码头吞吐量转换为进出交通量的方法有很多。其中，基于大量历史数据分析的逻辑推算法具有较高的可信度，且计算流程较为简单，故实际应用较为广泛<sup>[9-13]</sup>。基于既有研究<sup>[14-15]</sup>，本文采用逻辑推算法进行码头吞吐量与进出交通量的转换，计算流程见图6。计算过程需要用到的交通特征表征参数包括：公路运输分担比、月不均衡系数、日不均衡系数、进出码头车辆空驶率、内贸单车载箱数、外贸单车载箱数和运输方向不均衡系数。应注意的是，集拼对码头进出交通需求无影响。

海沧港区规划集装箱吞吐量为1 400万TEU·a<sup>-1</sup>，50%经公路集疏运，内、外贸比值为20:80，码头全年作业天数320 d。月不均

衡系数1.06，日不均衡系数1.34，进出码头车辆空驶率现状49%(规划参照国内先进港口天津港将进出码头空驶率降至30%，主要通过码头信息化平台提高车辆双向配载率)，内贸单车载箱数1.27，外贸单车载箱数

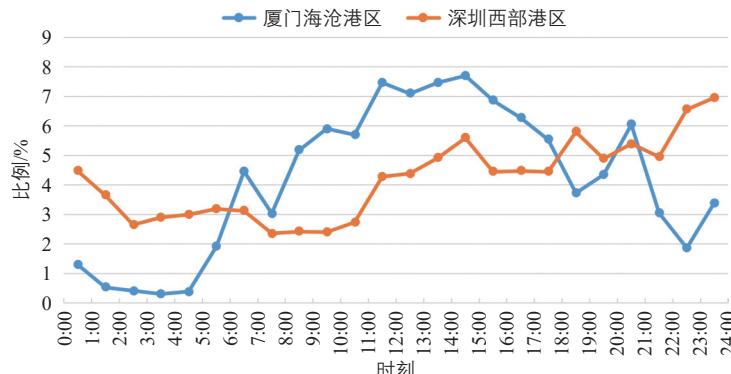


图3 厦门港与深圳港进出码头车辆24 h分布对比

Fig.3 Comparison of 24-hour vehicle volume between Xiamen Port and Shenzhen Port

表1 集卡车停车需求分类

Tab.1 Classification of container truck parking demand

车辆作业流程	需求特征	停车场属性	停车场设置位置	配套要求
日间营运环节	进入堆场、码头前，因查验、核对单据产生的短时停车需求	配建停车场P1	设在码头/堆场入口处	无配套要求
	前后不同承运单之间，因等待货源产生的停车需求	公共停车场P2	设在码头/堆场外围地区，位于码头/堆场与货源之间	车辆加油、检修，驾驶人简易餐饮、休息设施
夜间休息环节	因驾驶人夜间休息产生的长时停车需求	首先考虑充分利用P2，差额部分需建设夜间公共停车场P3	服务外地车辆时，设在城市外围货运集疏运通道沿线；服务本地车辆时，设在港区与驾驶人主要居住地之间，停车形式可路外、路内相结合	服务本地车辆时，要求有车辆加油、检修，驾驶人简易餐饮及休息设施；服务外地车辆时，还要求有驾驶人食宿生活设施

注：集拼中心配建停车场多设置在场地内部，对城市交通影响小，主要服务装卸货和自有车辆停放；因停车需求规模与承担的业务类型密切相关，不同业务类型的停车需求差异较大，暂不作研究。

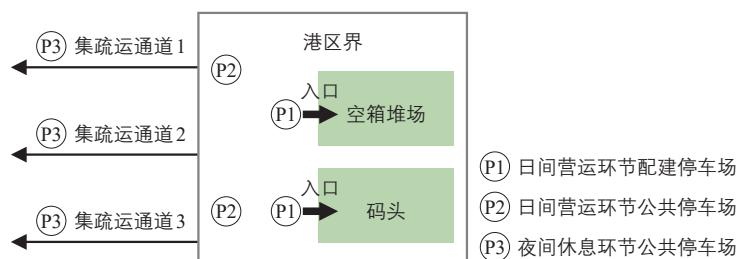


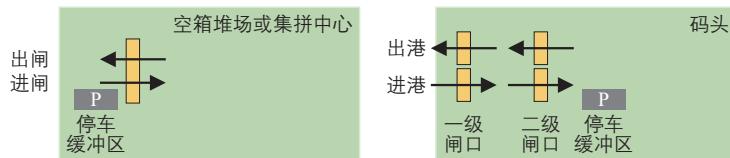
图4 三类停车场设置位置示意

Fig.4 Schematic layout of the three types of parking facilities

现状 1.67(厦门港将大力发国际中转业务,规划对标天津港、上海港将外贸单车载箱数提升至 1.80)<sup>[15]</sup>。计算海沧港区码头货运高峰日双向进出交通量为 26 718 辆次·d<sup>-1</sup>, 运输方向不均衡系数 0.54, 则单向进出交通量的转换系数为 10.31 辆次·d<sup>-1</sup>·万 TEU<sup>-1</sup>。

## 2.2.2 码头配建停车需求

依据闸口高峰小时交通量、集装箱堆场小时集卡车作业量及高峰持续时间等因素, 按以下公式估算码头内配建停车需求: 码头停车场所需车位数量=(闸口高峰小时交通量-码头堆场单位小时集卡车作业量)×高峰持续时间-码头堆场内待作业集卡车停车位



一级闸口为预闸口: 电子扫描不停车, 系统自动识别车号、箱号、箱型、箱门方向和残损情况, 并与预录信息进行核对。  
二级闸口为主闸口: 核对箱源有无问题, 给出进场不同指令, 问题车辆进入停车场。

图 5 配建停车场与港外空箱堆场、码头的位置关系

Fig.5 Spatial relationship among on-site ancillary parking facilities, off-dock empty container yards, and terminals

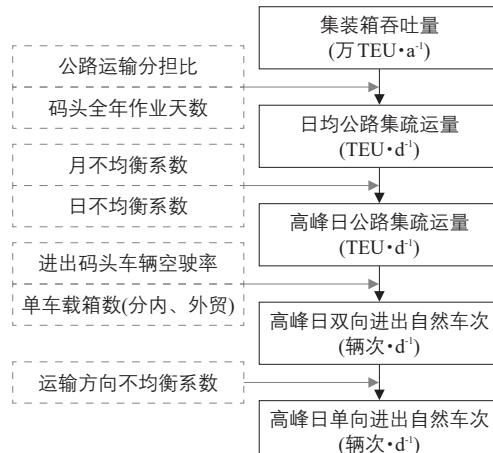


图 6 码头吞吐量转换为进出交通量的计算流程

Fig.6 Calculation process for converting terminal throughput into traffic volume

表 2 厦门港港外空箱堆场与码头参数对比

Tab.2 Comparison of parameters between off-dock empty container yards and terminals at Xiamen Port

区域	全年作业天数/d	月不均衡系数	日不均衡系数	进出码头车辆空驶率/%	单车载箱数/(TEU·辆 <sup>-1</sup> )	方向不均衡系数	高峰小时系数/%
码头	320	1.06	1.34	现状 49 规划降至 30	内贸 1.27; 外贸现状 1.67, 规划 1.80	0.54	7.5
空箱堆场	350		1.75		1.70	0.60	9.0

的数量; 码头堆场单位小时集卡车作业量=场桥单位小时操作量×场桥作业线数量。计算海沧港区 1 400 万 TEU·a<sup>-1</sup> 的吞吐量约需 560 个车位, 即码头配建集卡车停车位标准为 0.4 个·万 TEU<sup>-1</sup>。

## 2.3 港外空箱堆场配建停车场需求测算

### 2.3.1 港外空箱堆场处理能力

厦门港外从事集装箱空箱业务的企业有 10 余家, 港外空箱堆场面积约 113.6 hm<sup>2</sup>, 2017—2020 年空箱堆场吞吐量稳定在 534 万~564 万 TEU·a<sup>-1</sup>。不同空箱堆场的年处理集装箱量差异较大, 最小值 3 TEU·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>, 最大值 8 TEU·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。

海沧港区 2020 年吞吐量 1 107 万 TEU, 公路运输比例 70.5%, 港外空箱堆场年吞吐量 538 万 TEU。按规划年吞吐量(1 400 万 TEU)和规划公路运输比例(50%)缩放, 则规划年港外空箱堆场年吞吐量 483 万 TEU。堆场单位面积集装箱处理能力按较高值 5~8 TEU·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 考虑, 则海沧港区规划年需港外空箱堆场 60.38~96.60 hm<sup>2</sup>。

### 2.3.2 港外空箱堆场吞吐量与进出交通量的转换

根据表 2 中对现状港外空箱堆场的统计数据, 参照 2.2.1 节的计算方法, 计算港外空箱堆场吞吐量与单向进出交通量的转换系数为 26.72 辆次·d<sup>-1</sup>·万 TEU<sup>-1</sup>。假设港外空箱堆场单位面积集装箱处理能力为 C TEU·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>, 则空箱堆场单位用地面积的交通生成强度为单向 26.72 C 辆次·d<sup>-1</sup>·hm<sup>-2</sup>, 按照货运高峰期小时系数 9% 计算, 则高峰期小时交通生成强度为单向 2.4048 C 辆次·h<sup>-1</sup>·hm<sup>-2</sup>。当 C = 5~8 TEU·m<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup> 时, 空箱堆场单位用地面积的交通生成强度为单向 133.60~213.76 辆次·d<sup>-1</sup>·hm<sup>-2</sup>, 高峰小时交通生成强度为单向 12.02~19.24 辆次·h<sup>-1</sup>·hm<sup>-2</sup>。

### 2.3.3 港外空箱堆场车辆到达特征分析

空箱堆场的进场箱源有接船和回空两

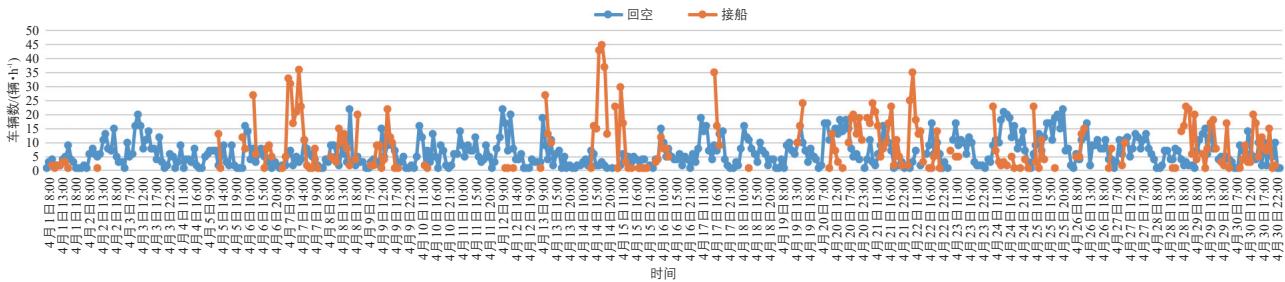


图7 某空箱堆场一个月分小时载箱进场车辆统计

Fig.7 Hourly container truck arrival statistics at an empty container yard (one-month sample)

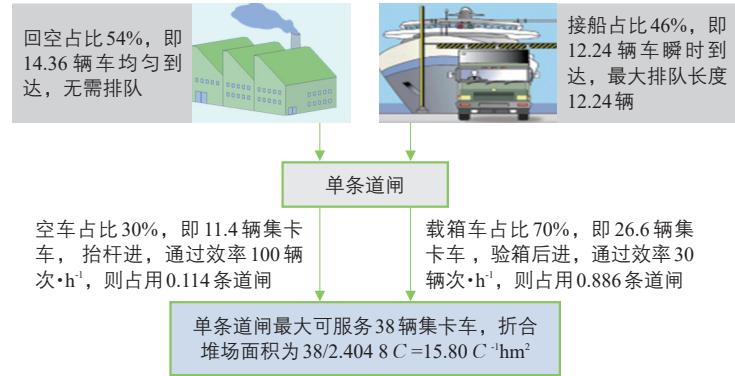
种，二者比值为46:54。两种箱源进场的时间特征明显不同。回空箱来自工厂，来源分散且单次运量小，到达堆场的时间分布较为均匀，且理论上还可进一步通过对集卡车实施预约制管理，使其到达更为均匀，实现随到随进，无需排队。接船箱来自集装箱船舶，来源集中且单次运量大，到达堆场的时间受船舶抵港时间控制呈现随机性(见图7)，是引起堆场入口排队的主要原因。因此港外空箱堆场配建停车场应重点考虑接船车辆集中到达时的排队需求。

#### 2.3.4 港外空箱堆场配建停车需求

空车与载箱车的道闸通过能力差异较大，空车无需查验，一条道闸的通过能力为100辆次· $h^{-1}$ ；载箱车需查验，一条道闸的通过能力仅30辆次· $h^{-1}$ 。进入港外空箱堆场的载箱车与空车比为70:30。假设每条道闸都同时服务空车和载箱车，则单条道闸每小时最大可服务11.4辆空车和26.6辆载箱车，合计38辆集卡车，其中，空车无需查验，占用0.114条道闸资源，载箱车是排队的主体，占用0.886条道闸资源。26.6辆载箱车中，54%即14.36辆来自工厂回空，车辆均匀到达，随到随进，无需排队，另外46%即12.24辆来自接船，车辆瞬时集中到达，会产生排队，最大排队长度12.24辆。根据2.3.2节的分析，港外空箱堆场高峰小时交通生成强度为单向2.4048 C辆次· $h^{-1} \cdot hm^2$ ，则38辆集卡车需要的堆场面积为 $38/2.4048 C = 15.80 C^{-1} hm^2$ ，从而得到空箱堆场的集卡车停车位配建标准为 $12.24 C / 15.80 = 3.87 \sim 6.19$ 个· $hm^{-2}$ 。推理过程详见图8。

### 3 日间营运环节公共停车场需求测算

码头和港外空箱堆场的集卡车在前后承运单之间因等待货源产生的停车需求，是日间营运环节公共停车场应提供的停车位。其



注： $C$  为港外空箱堆场单位面积集装箱处理能力，取值为 $5 \sim 8 TEU \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$ ；  
当  $C=5 TEU \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$  时，集卡车停车位配建标准为  $12.24 C / 15.80 = 3.87$  个· $hm^{-2}$ ；  
当  $C=8 TEU \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$  时，集卡车停车位配建标准为  $12.24 C / 15.80 = 6.19$  个· $hm^{-2}$ 。

图8 空箱堆场单条道闸的停车需求计算模型

Fig.8 Parking demand calculation model for a single gate lane at an empty container yard

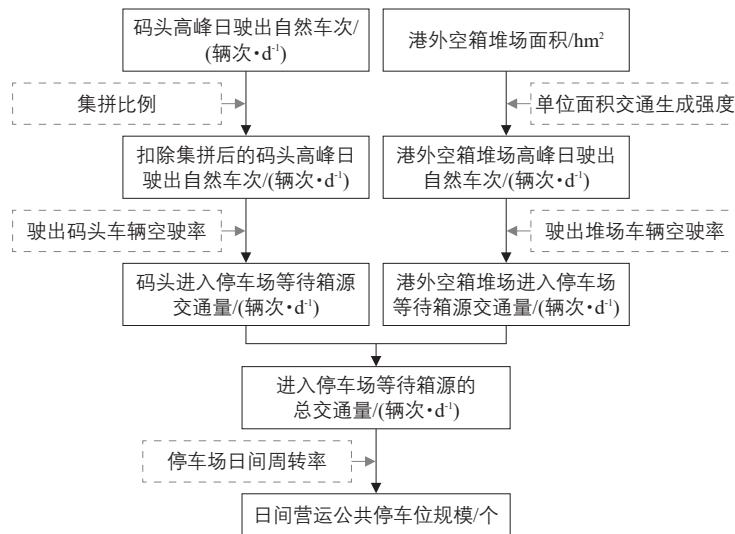


图9 日间营运环节所需公共停车位计算流程

Fig.9 Calculation process for public parking spaces needed during daytime operations

构成及计算流程见图9。

集拼货无需使用社会公共停车场，故在计算服务码头运营所需配套的公共停车场时应在码头进出交通量基础上予以折减。集拼主要发生在外贸重箱运输中，厦门港空箱、

重箱吞吐量比值为27:73，内、外贸比值为20:80，其中外贸集拼比例为30%，故折减系数为 $1-73\% \times 80\% \times 30\% = 0.825$ 。规划年进出码头的车辆空驶率为30%，则由码头进入停车场等待箱源的交通量为 $14427 \times 0.825 \times 30\% = 3570$ 辆次·d<sup>-1</sup>。

根据海沧港区规划的港外空箱堆场面积、单位用地面积的交通生成强度和进出堆场的车辆空驶率，计算港外空箱堆场进入停车场等待箱源的交通量为3 872辆次·d<sup>-1</sup>。

以上两部分需求合计7 442辆次·d<sup>-1</sup>。本文对厦门港现状某公共停车场日间营运期间(06:00—24:00)3 325个样本的停车时长进行统计，得到平均车辆停车时长为5.17 h，即单个停车位日间周转率为3.48次。则未来海沧港区日间营运环节公共停车场需要集卡车停车位为 $7442 / 3.48 = 2138$ 个。

#### 4 夜间休息环节公共停车场需求测算

夜间休息环节公共停车场的停车位需求测算分为两步，计算流程见图10。第一步测算港口运输所需集卡车规模，需要用到的交通特征表征参数是单车日均进出港次数；第二步将运输所需集卡车规模转换为夜间公共停车位规模，需要用到的交通特征表征参数是夜间休息最大在停车辆比。

##### 4.1 港口运输所需集卡车规模

集卡车需求规模测算采用以下两种方法。

1) 根据交通量测算车辆需求。

通过对厦门港2021年进出码头车辆次数最大的8天数据进行分析，发现所有车辆的日均进出次数为4.72次，大部分车辆当日

进、当日出。未来若海沧港区货源腹地不发生大的变化，这一数据将基本稳定。则海沧港区未来所需的最少车辆数为 $26718 / 4.72 = 5660$ 辆·d<sup>-1</sup>。

2) 对标现状测算车辆需求。

2023年厦门港集装箱吞吐量1 243万TEU，其中公路运输占70.5%，日常约有9 000辆集卡车维持运营(国家近年放开了集卡车行业进入门槛，取消了拥车必须先有停车位的约束条件，故现状车辆供给大于实际需求)。未来厦门港集装箱吞吐量将达2 000万TEU·a<sup>-1</sup>，其中海沧港区1 400万TEU·a<sup>-1</sup>，配合港区信息化调度水平提升带来的外贸单车载箱数由现状1.67提升至1.80(此举相当于将内外贸平均单车载箱数由1.59提升至1.694)，则海沧港区需要6 748辆车。由于现状过剩车辆的具体规模无法得知，故该方法只适用于粗略估算。

相比方法二，方法一计算精度更高，可为集卡车运力投放及设施配套提供有力参考。

#### 4.2 夜间公共停车位规模

对在厦门市活动的集卡车一个月的GPS数据进行分析，筛选其中服务海沧港区的集卡车有效样本数为1 583辆。分别统计这些车辆每天最大在停车辆数与每天有效活动车辆数，发现每天最大在停车辆数通常发生在2:00—4:00，最大在停比例为38%~53%。规划年夜间停车比例取53%，则夜间停车需求为 $5660 \times 53\% = 3000$ 个停车位。本地车、外地车比值按90:10计算，对应夜间停车需求分别为2 700个和300个。

#### 5 计算结果应用

根据前述需求测算，未来海沧港区公共停车场需求如表3所示。

在港区周边按适度分散、靠近需求点、易于进出的原则，规划共布局4处公共停车场，停车位合计2 300个，服务港区日间营运，兼顾本地车辆夜间停车(见图11)。在城市外围厦蓉高速公路、G324国道两条集疏运通道沿线，规划共布局2处公共停车场，停车位合计400个，服务外地车辆夜间休息。在港区与驾驶人主要居住地之间的货运通道沿线布局400个路内停车位，用于弥补本地车辆的夜间停车缺口。

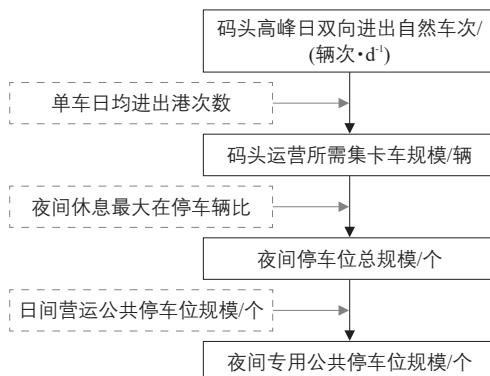


图10 夜间休息环节公共停车位计算流程

Fig.10 Calculation process for public parking spaces needed during nighttime rest periods

表3 海沧港区公共停车场需求汇总

Tab.3 Summary of public parking facility demand in Haicang Port area

时段	需求停车位/个	供给停车位/个	设置位置要求	建设形式要求	配套要求
日间营运环节	2 138	2 300	设在码头/堆场外围地区，位于码头/堆场与货源之间	路外	车辆加油、检修，驾驶人简易餐饮及休息设施
	300 (服务外地车辆)	400	设在城市外围货运集疏运通道沿线	路外	车辆加油、检修，驾驶人食宿生活设施
夜间休息环节	2 700 (服务本地车辆)	2 700-2 300=400	设在港区与驾驶人主要居住地之间，停车形式可路外、路内相结合	路外或路内	路外停车场配套要求同日间营运环节，路内停车场无配套要求

## 6 集装箱港口停车规划建议

码头和港外空箱堆场的集卡车停车位配建标准值得关注。各城市货车配建标准较多关注仓储物流用地，缺少对码头和港外空箱堆场的关注，导致入口处车辆排队外溢影响市政道路通行。根据前文的研究结果，厦门港码头的集卡车停车位配建标准宜为0.4个·万TEU<sup>1</sup>，港外空箱堆场的集卡车停车位配建标准为3.87~6.19个·hm<sup>2</sup>。

相比日间停车，港口夜间停车问题更需要关注。理论计算及实际调研均显示，夜间停车需求明显高于日间。以厦门港海沧港区为例，需要日间停车位2 138个、夜间停车位3 000个，夜间停车需求是日间停车需求的1.4倍。忽视夜间停车需求意味着对港区停车难问题的低估。

随着国家“公转水、公转铁”政策的推进，各港口需要关注未来集卡车运力供给问题。以厦门港为例，在公路运输的时间效率、空间效率均达到国内先进水平的前提下，未来厦门港维持集装箱吞吐量2 000万TEU·a<sup>-1</sup>所需的集卡车为8 086辆，供需关系为4.04辆·万TEU<sup>-1</sup>。现状厦门港日常活跃车辆已达9 000辆，未来应注意适度控制集卡车新增运力的投放。这也是世界第一大港上海港目前正在实施的政策。

## 7 结语

基于车辆作业流程分析，本文将集装箱港口集卡车停车需求分为配建停车需求、日间公共停车需求、夜间公共停车需求三类。基于集疏运需求逻辑推算法，将港口公路运输交通特征表征参数引入集卡车各类停车需求计算中，得到码头和港外空箱堆场的集卡车停车位配建标准，并以海沧港区为例演示



图11 海沧港区集卡车路外公共停车场布局

Fig.11 Layout of off-street public parking facilities for container trucks in Haicang Port area

了日间公共停车需求、夜间公共停车需求的计算流程。研究成果可为港口城市的集卡车停车场规划提供更为精确的参考和借鉴。

集卡车停车需求受公路运输交通特征表征参数影响，而这些参数又与港口作业链效率密切相关<sup>[16~17]</sup>。随着信息技术和通信技术的不断发展，港口预约作业的精度将不断提高，集卡车停车需求将会持续降低。关于集卡车停车需求与信息化之间的关系研究还有待进一步探索。

### 参考文献：

### References:

- [1] 宁波市规划设计研究院. 宁波市中心城区货运系统规划[R]. 宁波：宁波市规划设计研究

院, 2016.

- [2] 房涛, 刘淑永, 李良. 港口城市货运停车场规划研究: 以青岛市黄岛区为例[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会. 新型城镇化与交通发展: 2013年中国城市交通规划年会暨第27次学术研讨会论文集, 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 1345-1350.
- [3] 张子佳, 张云龙, 李伴儒. 新型港城关系下深圳港集装箱拖车停车发展策略[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会. 2016年中国城市交通规划年会论文集, 北京: 中国建筑工业出版社, 2016: 1919-1926.
- [4] 陈红军. 大窑湾港区公路集疏运系统优化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.  
CHEN H J. Study on the road collection and separation system optimization of Dayaowan Port[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006.
- [5] 陈思燚, 饶曼琦. 关于上海外高桥地区货运集卡停车优化的思考[J]. 交通与港航, 2022, 9(5): 66-71.  
CHEN S Y, RAO M Q. Thoughts on optimization of freight truck parking in Shanghai Waigaoqiao Area[J]. Communication & shipping, 2022, 9(5): 66-71.
- [6] 梁四民, 田绍杰, 陈晓攀. 宁波港域港区外堆场布局的优化[J]. 水运管理, 2022, 44(5): 7-11.
- [7] 天津市政工程设计研究总院. 天津港公路集疏运通道规划方案与吞吐量匹配关系及重点集疏运通道规划设计方案研究[R]. 天津: 天津市政工程设计研究总院, 2020.
- [8] 杨琦, 朱宏佳. 港口集卡交通需求分析方法和优化对策研究[C]//中国城市规划学会城市交通规划学术委员会. 品质交通与协同共治: 2019年中国城市交通规划年会论文集, 北京: 中国建筑工业出版社, 2019: 10.
- [9] 王卫城, 向文阔. 疏解港口拖车停放功能, 优化城市空间布局: 盐田港区与发达港口的比较研究[C]//中国城市规划学会. 和谐城市规划: 2007中国城市规划年会论文集, 北京: 中国建筑工业出版社, 2007: 1093-1100.
- [10] 姬杨蓓蓓, 蔡杰, 姬子媛, 等. 基于FHWA模型的集装箱卡车服务区停车位数量计算方法研究[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(1): 7-11.  
JI Y B B, CAI J, JI Z Y, et al. Research on the calculation method of parking spaces in container truck service area based on FHWA model[J]. Journal of Wuhan University of Technology (transportation science & engineering), 2021, 45(1): 7-11.
- [11] 王晓坤, 陆化普. 集装箱深水港交通需求预测方法研究[J]. 中南公路工程, 2005(4): 124-128.  
WANG X K, LU H P. Research on forecast of traffic demand in container harbor[J]. Central south highway engineering, 2005(4): 124-128.
- [12] 张斌. 港口道路交通量预测方法[J]. 水运管理, 2015, 37(6): 10-12.
- [13] 李朝阳, 孙伟. 港口运输需求预测及集疏运设施规划研究: 以钦州港为例[J]. 交通科学与工程, 2009, 25(4): 79-85.  
LI C Y, SUN W. Research on the forecast of transportation demand and the plan of collecting and distributing facilities for Qin-zhou Port[J]. Journal of transport science and engineering, 2009, 25(4): 79-85.
- [14] 王永清. 国土空间规划体系下城市货运交通系统要素管控研究[J]. 规划师, 2022, 38(7): 72-78.  
WANG Y Q. Element governance in urban freight transportation system in territorial space planning system[J]. Planners, 2022, 38(7): 72-78.
- [15] 王永清, 陈若薇, 丁明. 集装箱干线港公路运输交通特征表征参数研究: 以厦门港为例[J]. 城市交通, 2024, 22(3): 92-100.  
WANG Y Q, CHEN R W, DING M. Highway transportation characteristics and parameters of container mainline ports: a case study of Xiamen Port[J]. Urban transport of China, 2024, 22(3): 92-100.
- [16] 徐丹, 林钰龙, 孙超, 等. 数据驱动的港口综合治理探索: 以盐田港后方陆域为例[C]//中国智能交通协会. 第十五届中国智能交通年会科技论文集, 北京: 电子工业出版社, 2020: 462-471.
- [17] 许特力. 洋山四期自动化码头外集卡预约进港优化措施[J]. 集装箱化, 2020, 31(s1): 20-22.