

内河集装箱码头道路交通特性分析

马传良

中交水利水电建设有限公司 浙江 宁波 315200

摘要：本文系统分析内河集装箱码头道路交通特性，涵盖系统构成、交通流及设施与组织三方面。系统构成分内部（泊位衔接、堆场作业等道路）与外部衔接道路；交通流呈现货运占比高、日内双峰等规律；设施与组织需适配重载，存在特定冲突与风险。研究为码头交通系统优化、效率提升及安全管控提供理论与实践支撑，助力解决码头交通拥堵等现实问题。

关键词：内河集装箱码头；道路交通特性；交通流分析；道路设施；交通组织

引言

随着内河航运在综合交通体系中地位提升，内河集装箱码头作为水陆转运节点，其交通系统效率影响区域物流顺畅性。相较于沿海码头，内河码头受航道、船舶吨位等限制，交通系统有独特规律，但相关专项研究匮乏，部分码头存在拥堵、混行冲突等问题。因此，梳理其交通特性，识别与其他场站差异，对提升码头运营效率意义重大。

1 内河集装箱码头道路交通系统构成

1.1 内部道路系统

内部道路系统是码头道路交通的核心，直接服务于集装箱在泊位区、堆场区、辅助作业区之间的转运，根据功能可进一步划分为泊位衔接道路、堆场作业道路与辅助服务道路。泊位衔接道路紧邻码头前沿，需满足集装箱卡车与岸桥的对接作业需求，道路宽度通常为12-15m，且需设置足够长度的待泊区域，避免卡车排队影响岸桥作业效率；堆场作业道路贯穿堆场区，需配合龙门吊的横向移动与集装箱卡车的装卸作业，道路中心线与堆场箱区中心线需精准对齐，偏差控制在5cm以内，同时路面需承受50t以上的重载压力，采用C30以上混凝土浇筑，厚度不低于25cm；辅助服务道路连接办公区、维修区、加油站等辅助设施，以轻型车辆通行为主，道路宽度一般为6-8m，需与作业道路形成物理隔离，避免干扰主线货运交通。

1.2 外部衔接道路系统

外部衔接道路系统是码头与城市货运网络的“桥梁”，主要包括码头出入口道路与连接线道路。码头出入口道路需设置称重区、安检区与信息登记区，道路宽度需满足“进港-出港”车辆分流需求，通常采用双向6车道设计，且需设置专用掉头车道，避免车辆在出入口拥堵；连接线道路需对接城市主干道或高速公路，需具备良好的通行连续性，设计车速一般为60-80km/h，路面需适应集装箱卡车的长期重载通行，路面平整度标准差需控制在2.5mm/m以内，同时需在距离码头1-2km范围内设置临时停车区，方便车辆等待装卸指令^[1]。

良好的通行连续性，设计车速一般为60-80km/h，路面需适应集装箱卡车的长期重载通行，路面平整度标准差需控制在2.5mm/m以内，同时需在距离码头1-2km范围内设置临时停车区，方便车辆等待装卸指令^[1]。

2 内河集装箱码头交通流特性分析

2.1 交通流构成特性

内河集装箱码头交通流构成具有“货运占比极高、车型结构单一”的特点。从车型来看，集装箱卡车（含40英尺、20英尺专用卡车）占比超过90%，其中40英尺集装箱卡车占比约60%-70%，这类车型车身长度达12-14m，转弯半径需不小于15m，对道路线形要求较高；轻型作业车辆（如叉车、维修车辆）占比约5%-8%，主要在辅助服务道路通行；外部社会车辆占比不足5%，且需通过专用通道进出，避免与货运车辆混行。从流向来看，进港交通以空箱卡车为主，占比约55%-60%，主要前往堆场区提空箱后前往货主厂区装箱；出港交通以重箱卡车为主，占比约40%-45%，主要从货主厂区装箱后前往码头交箱，两类车流在高峰时段易形成“潮汐效应”，需通过车道分流进行管控。

2.2 交通流时间分布特性

内河集装箱码头交通流时间分布受船舶到港周期与作业班次影响，呈现出“日内双峰、周内稳定、年内波动”的规律。在日内分布上，早高峰（8:00-11:00）主要为出港重箱车流，高峰小时交通量占日总量的25%-30%，此时段船舶多完成夜间靠泊，需集中转运重箱至堆场；晚高峰（14:00-17:00）主要为进港空箱车流，高峰小时交通量占日总量的20%-25%，此时段堆场完成重箱装船后，需补充空箱以满足次日作业需求。在周内分布上，周一至周五交通量相对稳定，波动幅度不超过10%，周末交通量下降约15%-20%，主要因货主企业周末减产导致货运需求降低。在年内分布上，旺季（如节假日前

后、工业品产销旺季)交通量较淡季(如春节假期、雨季)高出30%-40%，且旺季易出现“连续高峰”，单日交通量峰值可达淡季的1.8倍。

2.3 交通流空间分布特性

内河集装箱码头交通流空间分布与作业区域功能布局高度关联，呈现出“泊位区-堆场区-出入口”三点集中的特征。在泊位区，交通流主要集中在岸桥作业点周边50m范围内，卡车等待装卸的排队长度可达8-12辆，易形成局部拥堵；在堆场区，交通流沿堆场作业道路呈“线性分布”，龙门吊作业区域的道路利用率达70%-80%，非作业区域道路利用率不足30%，存在明显的空间不均衡；在出入口区域，交通流集中在称重区与安检区，高峰时段排队长度可达15-20辆，排队时间最长可达40分钟，成为影响整体通行效率的瓶颈。此外，外部衔接道路的交通流集中在距离码头1km范围内，该路段卡车占比超过85%，与社会车辆的混行冲突较为突出。

2.4 交通流运行参数特性

内河集装箱码头交通流运行参数受道路条件与作业流程限制，与普通城市道路存在显著差异。在行驶速度方面，内部作业道路的平均行驶速度仅为15-20km/h，主要因需频繁停车等待装卸、避让作业设备；外部衔接道路的平均行驶速度为40-50km/h，低于设计车速，主要因卡车重载行驶导致加速性能下降。在车头时距方面，内部道路的平均车头时距为8-12s，远大于普通道路的3-5s，主要因卡车体型大、操作灵活性低，需保持更大的安全距离；外部衔接道路的平均车头时距为5-8s，受社会车辆穿插影响，车头时距波动幅度较大。在停车次数方面，内部道路的平均停车次数为3-5次/公里，主要集中在泊位对接点、堆场装卸点；外部衔接道路的平均停车次数为1-2次/公里，主要集中在出入口安检区与交叉口^[2]。

3 内河集装箱码头道路交通设施与组织特性

3.1 道路设施适配性特性

内河集装箱码头道路设施设计以“重载、高效、安全”为核心，适配性体现在路面结构、道路线形与交通设施三方面。路面结构上，内部作业道路需承载30-50t集装箱卡车及重型作业设备，基层采用级配碎石与5%-6%水泥稳定碎石分层铺设，总厚≥40cm，避免重载沉降；面层用C40抗滑混凝土，添加玄武岩骨料，构造深度0.8-1.0mm，雨天制动距离缩短15%-20%。外部衔接道路兼顾重载与舒适性，基层30cm厚水泥稳定碎石（压实度≥97%），面层选AC-25沥青混凝土，沥青针入度50-70mm，回弹弯沉值≤200（0.01mm）。道路线形上，内部道路最小圆曲线半径≥20m（按40英尺卡车转弯半

径1.5-2倍设计），曲线段设2%-3%超高横坡，最大纵坡≤3%，连续上坡每隔200m设30m缓坡；外部道路直线段≥60m，缓和曲线用回旋线且长≥30m。交通设施上，内部道路用IV类反光膜标识（间距≤50m，夜间可视≥80m）、LED爆闪警示灯（1-2次/秒）；外部道路设悬臂式差异化限速标识（高5.5m）、动态超限检测系统（精度±2%）、荧光车道指示标识（夜间可视≥100m）。

3.2 交通组织模式特性

内河集装箱码头交通组织需与“船舶靠泊-装卸-转运-离场”流程耦合，分内部作业与外部衔接两类，且随码头规模动态调整。内部采用“分区管控、单向循环”，堆场区按功能划空箱区、重箱区等，每区设6-8m单向车道，标注箱区编号引导固定路径，某80万TEU码头借此降堆场区冲突40%；同时设≥10m宽“岸桥-堆场”专用通道，用1.2m隔离栏分隔，仅允许转运卡车通行，内设5km/h限速与定位系统，间距<50m触发预警，保障每台岸桥日均对接120-150辆卡车。外部采用“预约进港、分道通行”，司机通过APP提前24小时预约，系统按“重箱/空箱”“预约/非预约”分类生成车道二维码，出入口设4-6条专用车道，扫码抬杆使单车道效率达15-20辆/小时（较人工提50%）。此外，与交管联动，识别8:00-11:00、14:00-17:00高峰，提前1小时推外围通道诱导，某沿江码头借此使高峰车速从35km/h提至48km/h，拥堵缩60%；节假日启用2km外200辆容量临时停车场，分批次叫号进港。

3.3 交通冲突特性

内河集装箱码头交通冲突源于车型差异、作业干扰、空间有限，类型与频次随区域不同。泊位区“卡车-岸桥”冲突突出，卡车需倒车至岸桥吊具下（误差≤0.5m，耗时1-2分钟），岸桥沿轨横向移动（3-5m/min），交叉时易生“横向-纵向”冲突，调研显示频次2-3次/小时，剐蹭风险0.3%，夜间因光线不足升至0.5%。堆场区“卡车-龙门吊”冲突集中，龙门吊横向移动（4-6m/min）需占1.5-2m道路，卡车行驶速度5-8km/h，速度不匹配易生纵向追尾，频次1-2次/小时，70%为龙门吊停后卡车（重载制动距20-25m）剐蹭支腿。出入口“卡车-社会车辆”冲突频发，卡车重载速25-30km/h，社会车辆40-50km/h，后者易变道加塞，且车道常未物理分隔，频次3-4次/小时，60%为侧面剐蹭、30%为正面碰撞，早晚高峰升至4-5次/小时。此外，冲突存连锁效应，如出入口拥堵致卡车进港延迟，加剧泊位区冲突^[3]。

3.4 交通效率影响因素特性

内河集装箱码头交通效率受作业流程、道路条件、

管理模式协同影响。作业流程上，岸桥装卸效率25-30自然箱/小时，卡车到达效率30-40辆/小时，岸桥故障或配载不合理致效率 < 20 自然箱/小时时，每多1辆/小时到港卡车，排队增5-8分钟；龙门吊效率15-20自然箱/小时，低于提箱需求会致堆场排队，使整体效率降15%-20%。道路条件下，内部道路标准宽8m，减1m速降8%-10%（15-20km/h→13-18km/h），减2m速降至10-15km/h；路面IRI值从2m/km升至3m/km，速降3%-5%，超4m/km速降8%-10%；外部双向4车道通行能力2000辆/日，流量超1800辆时车速从40km/h降至 < 30 km/h。管理模式上，传统安检8-10分钟/辆，智能模式缩至3-4分钟；静态称重3-5分钟/辆，动态称重省4分钟，安检超5分钟/辆时，出入口排队从5-8辆增至10-15辆；预约系统与作业计划脱节会使卡车停留增，内部道路利用率降25%-30%。

3.5 交通安全风险特性

内河集装箱码头交通存“重载、混行、作业干扰”三重风险，需结合机理与统计分析。风险类型上，重载卡车（总重55t）制动距30-35m（为轿车3-4倍），易跑偏或热衰退（制动力降30%-40%），雨天/结冰制动距增50%以上，某码头近5年此类事故占35%，损失高40%；车型混行风险显著，重载卡车15-20km/h、叉车8-12km/h、行政车25-30km/h，叉车易入卡车盲区（右1.5-2m），行政车易加塞，混行追尾占事故40%-50%，80%为轻车追尾卡车。风险区域上，泊位区（宽8-10m）、堆场为高

风险，前者多作业交叉且有盲区，年事故0.8-1.2起，60%为卡车撞岸桥支腿、30%剐舷梯；后者风险在龙门吊轨两侧3m内，事故率相当，70%为卡车撞支腿、20%为吊具坠箱砸车；出入口为中风险，年事故0.5-0.8起，50%为卡车起步撞加塞车、30%为超重爆胎侧翻。防控上，高风险区设1.5m钢制护栏、10m间距反光墩，用“卡车-设备”GPS协同调度，定期开展重载制动、盲区识别培训，提司机风险识别30%-40%。

结语

内河集装箱码头道路交通特性受航运与作业流程制约，且与城市货运网络紧密相关。研究明确其系统构成、交通流规律及设施组织需求，表明优化需结合实际场景。未来，随着内河集装箱运输规模化发展，码头交通将面临更大压力，需进一步研究动态调控等方向，为码头可持续发展提供更有力支撑，推动内河物流高效运转。

参考文献

- [1] 马梦知,范厚明,黄苜森,等.基于非参数核密度估计的集装箱码头交通需求预测模型[J].大连海事大学学报,2019,45(1):74-81.
- [2] 王坚,冯雪平,吴磊.自动化集装箱码头道路交通组织仿真技术[J].港口装卸,2022(2):35-3860.
- [3] 单佳,倪敏敏,边志成.自动化集装箱码头新型布局下的海侧路口交通组织研究[J].水道港口,2021,42(3):404-409.