

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]。

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%,存在明显的空间不平衡;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 $\geq 40\text{cm}$,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 $\geq 97\%$),面层选AC-25沥青混凝土,沥青针入度50-70mm,回弹弯沉值 $\leq 200(0.01\text{mm})$ 。道路线形上,内部道路最小圆曲线半径 $\geq 20\text{m}$ (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 $\leq 3\%$,连续上坡每隔200m设30m缓坡;外部道路直线段 $\geq 60\text{m}$,缓和曲线用回旋线且长 $\geq 30\text{m}$ 。交通设施上,内部道路用IV类反光膜标识(间距 $\leq 50\text{m}$,夜间可视 $\geq 80\text{m}$)、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 $\pm 2\%$)、荧光车道指示标识(夜间可视 $\geq 100\text{m}$)。

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 $\geq 10\text{m}$ 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 $< 50\text{m}$ 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 $\leq 0.5\text{m}$,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,刮蹭风险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%为龙门吊骤停后卡车(重载制动距20-25m)刮蹭支腿。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%为侧面刮蹭、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,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%。道路条件上,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<30km/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%刷舷梯;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,黄莒森,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.