

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.05.003

# 铁路客运枢纽车道边落客长度指标研究

孙重静

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

**摘要:**目前,我国较多铁路车站旅客落客平台均出现常态化拥堵问题,分析发现,造成落客平台拥堵的主要原因是车道边落客长度规模不合理。对车均落客长度这一影响规模计算的关键性指标进行实验研究。通过96组对照实验模拟落客行为,定义驶入长度、停车区长度、驶出长度、驶入角及驶出角5个特征指标并进行轨迹分析,明确了驶入速度、车辆尺寸及驾龄等因素对指标值的影响程度,并给出了指标的建议区间值9.5~12.5 m。在空间紧张的情况下,建议区间值可进一步缩小为8~10 m。

**关键词:**铁路枢纽;落客平台;落客长度;对照实验;指标值;建议区间值

中图分类号:U412.38

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2023)05-0007-05

## 0 引言

我国高速铁路正在进行大规模、多层次、网络化的布局建设,在以城市群、都市圈为特点的组团化发展背景下,高铁作为重要的出行载体,客流需求增长明显<sup>[1]</sup>。铁路车站也从最初单一交通方式的客运站逐渐向综合客运枢纽的方向发展。目前,较多铁路车站的旅客落客平台均出现了常态化拥堵,整体运行效率较低,送客车辆甚至回堵至入场匝道,交通组织混乱。此状况成为目前铁路枢纽面临的主要矛盾之一<sup>[2]</sup>。

落客平台拥堵主要由车道边落客长度规模不合理导致。在车道边落客长度规模的测算过程中,涉及到两个关键性规模指标,即车均落客长度及车均落客时间<sup>[3]</sup>,但这两个指标均没有明确的参考标准,而是在具体规划建设中凭经验取值。这两个指标的取值会显著影响车道边通行能力,进而影响落客长度规模计算的结果。本文将针对车均落客长度这个关键性的规模指标展开具体研究。

## 1 现有研究

《城市客运交通枢纽设计标准》(GB/T 51402—2021)(以下简称规范)给出了在100 m标准段不同的车道边组合形式下通用的设计通行能力(见表1)。车道边的通行能力通常受到车均落客时间和车均落客长度两个关键因素的影响,规范给出的车道边通行能力值,相当于综合了两个因素的影响。

收稿日期:2022-05-26

作者简介:孙重静(1992—),女,工学硕士,工程师,从事交通规划工作。

表1 100 m标准段车道边通行能力

车道对应组	车道/条	设计通行能力/(pcu·h <sup>-1</sup> )
第一组(远离站房)	2	490
	3	600
第二组(中间)	2	400
	3	510
第三组(靠近站房)	2	260
	3	360

来源:《城市客运交通枢纽设计标准》(GB/T 51402—2021)。

但是,不同类型客运枢纽的旅客落客时间具有明显差异。由于客流特征的差异性(客流出行目的、出行距离不同等),机场枢纽以及铁路枢纽中的高铁站、城际站和普铁站,需要的车均落客时间有所不同。通常呈现出:机场车均落客时间 $\geq$ 高铁/普铁车均落客时间 $>$ 城际车均落客时间。

规范并没有针对不同的枢纽类型给出差异化的通行能力建议值,而是针对所有综合客运枢纽给出了一个具有通用性的建议值。该建议值适用于所有枢纽类型,适用性广,留有较大弹性,整体按照保守的角度取值。在新建枢纽时,这种车道边空间的充分预留比较适用。

如上所述,不同类型枢纽的车均落客时间有所差异,车道边的通行能力也应有所差异,进而影响落客长度规模的计算。尤其在既有枢纽改造提升时,往往空间有限,很难按照标准中的取值进行空间安排,因此有必要将车均落客长度、车均落客时间两个指标分开考虑,针对性地对车均落客长度指标进行研究,给出合理的取值建议。在对实际枢纽工程进行研究时,再结合不同枢纽类型,配合差异化的车均落客时间取值,计算得到更为合适、具有针对性的落客车道边长度。

## 2 车均落客长度指标的实验研究

对车站旅客落客行为进行实验模拟,定义特征指标,分析轨迹特征。通过对照实验,得出影响车均落客长度的主要因素,给出指标建议值。

### 2.1 实验对象

选取实验对象时应保证全面性。参与实验的驾驶员共9名,涵盖不同驾龄、不同性别;参与实验的车辆共9辆,涵盖不同车长、品牌及能源类型,同时考虑了小轿车及SUV的差异(见表2)。

表2 参与实验的驾驶员及车辆情况

驾驶员 / 车辆编号	驾龄 / a	性别	品牌	类型	车长 / m	车型	能源类型
1号	5	男	奔驰	轿车	4.783	中型	油
2号	8	男	荣威	轿车	4.995	中型	混动
3号	10	男	途安	MPV	4.395	紧凑型	油
4号	7	男	尼桑	SUV	4.315	紧凑型	油
5号	2	男	大众	SUV	4.712	中型	油
6号	6	女	奔驰	SUV	4.764	中型	油
7号	1	男	特斯拉	轿车	4.694	中型	电动
8号	5	男	奥迪	轿车	4.858	中型	油
9号	4	女	本田	轿车	4.938	中型	油

### 2.2 实验方法

提前对实验地进行处理,标记落客车道线,宽度控制为3 m。为了后期便于测量,标记长度刻度线,每0.5 m标记小刻度,每2 m标记大刻度。通过无人机航拍记录车辆轨迹,分为:进入落客车道—停车落客—驶离落客车道3个过程(见图1)。现场记录每辆车驶入落客车道前的车速,以及对应的驾驶员情况。



(a)进入落客车道过程 (b)停车落客过程 (c)驶离落客车道过程

图1 航拍车辆落客轨迹图

### 2.3 特征指标界定

进行视频轨迹数据处理,观察车辆落客停车特征。为了便于定量研究,定义5个特征指标,并进行指标值观测记录。

(1)驶入长度  $L_{\text{驶入}}$ :车辆在驶入落客车道过程中占用的长度空间。

(2)停车区长度  $L_{\text{停车区}}$ :车辆停车落客过程中占用的长度空间,此处指车辆完全在落客车道宽度范围内时的长度。

(3)驶出长度  $L_{\text{驶出}}$ :车辆在驶出落客车道过程中

占用的长度空间。

(4)驶入角  $\alpha_{\text{驶入}}$ :车辆在驶入落客车道过程中的最大方向角。

(5)驶出角  $\alpha_{\text{驶出}}$ :车辆在驶出落客车道过程中的最大方向角。

车均落客长度由  $L_{\text{驶入}}$ 、 $L_{\text{停车区}}$  及  $L_{\text{驶出}}$  共同构成(见图2)。

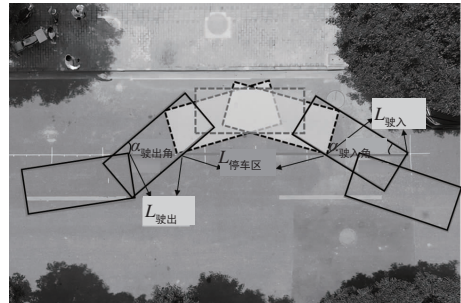


图2 轨迹特征指标示意图

## 2.4 实验过程及结论

### 2.4.1 基本组实验

所有车辆依次停车,模拟落客停车行为。实验过程中,不对驾驶行为进行约束和限定。为减小实验误差,共进行2组实验,记录实验结果,共18行数据(见表3)。由基本组实验可知:停车落客行为特征呈现多样化,驶入停车区的速度不一;驾驶员不同的驾驶习惯及经验,导致停车方式也有所差异,车身正停、斜停均有;停车位置总体上靠近外侧车道线居多。受到多种因素影响,包括驶入速度、车辆尺寸、驾驶员经验及习惯等,落客停车长度总体在一定的区间内浮动,通过对照组实验,可明确以上几种因素对于车均落客长度指标的影响程度。

### 2.4.2 速度对照组实验

控制车辆驶入停车落客区的速度,分别进行2组实验,研究驶入速度对落客车位长度的影响。在第一组实验中,所有车辆按照10 km/h以上的速度开始驶入落客区,依次模拟停车落客行为,重复2次,共18行数据;在第二组实验中,所有车辆按照10 km/h以下的速度开始驶入落客区,其他变量与第一组相同,重复实验。

实验结果如图3所示:当驶入速度大于10 km/h时,车均落客长度为12.5 m;当驶入速度小于10 km/h时,车均落客长度为10.7 m。速度对落客空间需求具有一定影响。在18组速度对照数据中,落客长度差异程度并不一致,可知在不同的驾驶经验及习惯下,驶入速度对落客长度的影响程度有所差异。

表3 基本组实验数据记录

驾驶员	车长/m	车型	驶入速度/(km·h <sup>-1</sup> )	驶入角/(°)	驶出角/(°)	驶入长度/m	停车长度/m	驶出长度/m	总长度/m
1号	4.995	轿车	11	10	15	4.0	5.5	3.5	13.0
1号	4.995	轿车	12	15	20	4.5	6.0	3.5	14.0
2号	4.783	轿车	8	15	30	4.0	6.5	1.5	12.0
2号	4.783	轿车	10	20	35	3.0	6.0	1.5	11.0
3号	4.395	MPV	7	30	30	3.5	5.0	2.0	10.5
3号	4.395	MPV	6	30	30	3.0	5.5	1.5	10.0
4号	4.315	SUV	3	35	25	3.0	4.5	2.5	10.0
4号	4.315	SUV	4	40	30	3.0	4.5	2.0	9.5
5号	4.712	SUV	13	15	30	4.0	7.0	2.5	13.5
5号	4.712	SUV	12	10	25	5.0	7.0	3.0	15.0
6号	4.764	SUV	6	25	35	3.0	5.5	2.0	10.5
6号	4.764	SUV	4	20	30	4.0	5.5	2.0	11.5
7号	4.694	轿车	11	10	25	5.5	6.0	2.5	14.0
7号	4.694	轿车	9	20	25	4.0	5.5	3.0	12.5
8号	4.858	轿车	6	20	25	3.5	5.0	2.0	10.5
8号	4.858	轿车	7	25	30	4.0	5.5	1.5	11.0
9号	4.938	轿车	8	20	25	4.0	6.0	2.5	12.5
9号	4.938	轿车	8	20	30	4.0	5.5	2.0	11.5

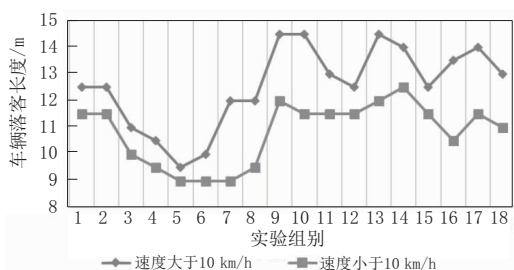


图3 不同驶入速度情况下的车辆落客长度

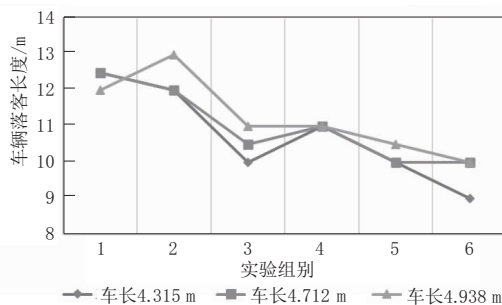


图4 不同车型的落客长度

2.4.3 车型对照组实验

选取不同尺寸的车辆进行实验,研究不同车辆长度对落客车位长度的影响。分别选取车长为4.315 m、4.783 m、4.938 m的车辆进行3组实验。在每组实验中,选取不同驾驶员依次停车落客2次,并且控制驶入速度小于10 km/h。在第一组实验中,选取车长为4.315 m的4号车辆,由5号驾驶员(驾龄2 a)、8号驾驶员(驾龄5 a)及3号驾驶员(驾龄10 a)依次驾驶该车辆模拟停车落客行为2次,形成6组数据。第二、三组实验分别选取车长为4.712 m的5号车辆、车长为4.938 m的9号车辆,重复第一组的实验内容。

实验结果如图4所示,车长为4.315 m、4.712 m及4.938 m的车辆的车均落客长度分别为10.7 m、11 m及11.2 m。车型对落客空间需求的影响并不显著,对于常见的紧凑型车和中型车,不同车型的落客长度差异基本在0.5 m以内。

2.4.4 驾龄对照组实验

选取不同驾龄的驾驶员,分别模拟落客停车行

为。驾龄可一定程度表征驾驶员的驾驶水平。选取4种驾龄的驾驶员分别进行4组实验,在每组实验中,驾驶员分别驾驶不同车型模拟落客行为2次,控制驶入速度小于10 km/h。在第一组实验中,选取驾龄1 a的7号驾驶员实验,依次驾驶3号车辆(4.395 m)、1号车辆(4.783 m)及2号车辆(4.995 m),分别停车落客两次,形成6行数据。第二组、第三组及第四组实验分别选取驾龄2 a的5号驾驶员、驾龄5 a的1号驾驶员及驾龄10 a的3号驾驶员,重复第一组的实验内容。

实验结果如图5所示,驾龄1 a、2 a、5 a及10 a的驾驶员,车均落客长度分别为12.8 m、12.1 m、10.3 m及10.2 m。驾驶经验一定程度上影响落客长度,经验丰富的驾驶员落客长度会相对较短。但是,驾龄5 a和10 a的驾驶员落客长度差异较小,可知驾驶员的驾驶习惯(比如斜停、靠近车道外侧停)等也会影响落客长度。

2.4.5 指标取值的建议区间

驶入长度与驶入角度成反比,驶出长度与驶出

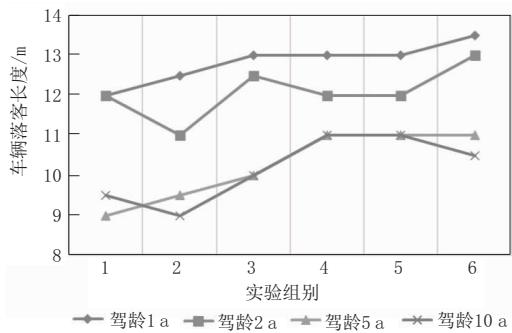


图5 不同驾龄情况下的车辆落客长度

角度成反比(见图6),即当车辆进入或驶出落客车道时,采用较大的角度进出,会显著减小落客长度需求。驶出长度往往小于驶入长度(见图7),驶出长度主要在1.5~3 m区间,驶入长度主要在3~4 m区间。进一步探究其原因:一方面,长度的差异主要来自于角度的差异,驶入角往往偏小,因为相对于驶出,驾驶员在驶入时有视角偏差,会担心撞击到右后方停放的车辆及右前方路缘石等障碍物,驾驶行为会更为谨慎;另一方面,基于本文对驶出长度及停车区长度的定义,部分驶出空间与停车区间共用长度,在统计中,该部分长度主要计入了停车区长度指标中,这也会导致驶出长度指标较小。

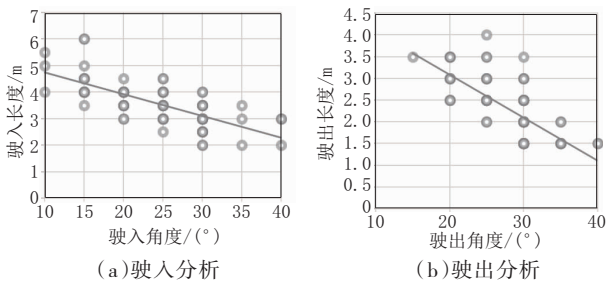


图6 驶入、驶出长度与角度关系分析

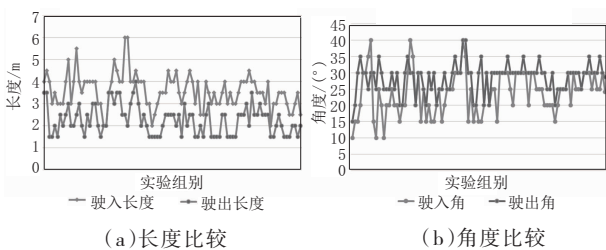


图7 驶入、驶出长度及角度比较

驶入速度对落客长度的影响较为明显。在枢纽落客平台区域,考虑前车影响、行人穿越及车位紧张等情况,驾驶员往往会控制车速。因此,结合实际情况,选取96组数据中的72组数据(车速小于10 km/h),对车均落客长度进行研究(见图8),为枢纽设计改造提供依据。实际停车落客行为会受到驾驶员驾驶行为习惯等不可控因素的影响,因此本研究拟给出各段的长度区间值。其中,驶入段长度区间值3~4 m,

停车区长度区间值5~6 m,驶出段长度区间值1.5~2.5 m。建议的车均落客长度区间值为9.5~12.5 m。

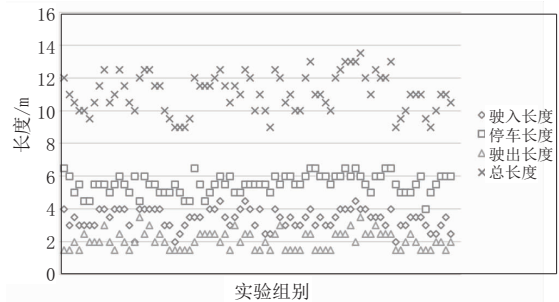


图8 实验车落客长度所有样本数据(车速小于10 km/h)

由于车辆到达枢纽时间不一,驶入或驶出端往往有部分空间可共用,在资源较为紧张时,可对建议值进一步缩小,将驶出段长度去除,建议区间值为8~10 m。

### 3 应用方向

#### 3.1 车道边通行能力试算

在实际铁路枢纽改造时,可根据枢纽类型及特征,对另一个关键性指标——车均落客时间展开研究,再结合上述车均落客长度指标建议值,计算更具有针对性的车道边通行能力,进而得到合适的车道边长度规模。

《城市客运交通枢纽设计标准》(GB/T 51402—2021)罗列了机场枢纽的车道边车均落客时间,均值约50 s。考虑到通常情况下,机场车均落客时间 $\geq$ 高铁/普铁车均落客时间 $>$ 城际车均落客时间,本次铁路枢纽车道边通行能力试算参数如此选取:(1)车均落客时间指标在30~60 s区间内,每间隔5 s取值试算;(2)车均落客长度指标在9.5~12.5 m区间内,取9.5 m、12.5 m及两者均值11 m试算。计算结果见表4。

表4 车道边100 m标准段设计通行能力试算表

车均落客时间/s	车均落客长度/m		
	最小值 9.5	最大值 12.5	均值 11
60	632 pcu/h	480 pcu/h	545 pcu/h
55	689 pcu/h	524 pcu/h	595 pcu/h
50	758 pcu/h	576 pcu/h	655 pcu/h
45	842 pcu/h	640 pcu/h	727 pcu/h
40	947 pcu/h	720 pcu/h	818 pcu/h
35	1 083 pcu/h	823 pcu/h	935 pcu/h
30	1 263 pcu/h	960 pcu/h	1 091 pcu/h

由计算结果可知,通行能力浮动区间较大,均值在540~1 090 pcu/h范围内。其中:城际铁路枢纽相较于普铁、高铁枢纽,落客时间相对较短,因此建议

车道边通行能力区间为 720~1 090 pcu/h (车均落客时间取 30~45 s);普铁及高铁枢纽建议车道边通行能力区间为 540~820 pcu/h(车均落客时间取 40~60 s)。

在对具体铁路枢纽改造时,应进一步对其客流特征、场站级别、场站规模及城市区位等多方面因素进行综合分析,选取多个当地的同类型枢纽作为案例,进行实地调研,得到具有实际参考价值、更为准确的车均落客时间,代入公式进行计算。

### 3.2 规范对比评估

规范给出了不同落客车道边组合情况下的通行能力取值,其中最外侧车道边组(远离站房侧)的通行能力为 600 pcu/h,中间组、内侧组通行能力取 0.6~0.85 的折减系数。规范对近站房侧的车道边进行通行能力折减,主要是考虑旅客穿越车道对通行能力有所影响。本次实验的模拟环境更类似于规范中的最外侧车道边组,因此将试算结果与 600 pcu/h 进行对比评估。

通过选取车均落客时间 30 s、35 s、40 s、45 s、50 s、55 s、60 s 进行试算,得到车道边通行能力均值在 540~1 090 pcu/h 范围内,较规范值有明显增长。总体来看,规范的通行能力取值较为保守,适用于各类新建枢纽对车道边通行能力充分预留。但是,当枢纽

改造等空间资源有限以及枢纽落客区周转率较高时(比如城际铁路枢纽),本次实验数据具有较强的适用性。具体情形下,可再结合不同类型枢纽的落客时间特征,得到更具有针对性的车道边通行能力,进而结合落客需求得到合理的落客长度规模。

## 4 结 语

本文通过实验模拟的方法,对铁路客运枢纽落客平台的车均落客长度这一关键性规模指标进行了研究。共进行 96 组对照实验,定义 5 个特征指标,明确了驶入速度、车辆尺寸及驾龄等因素对指标值的影响程度,并给出指标建议值区间为 9.5~12.5 m。在资源紧张的情况下,可进一步缩小建议区间为 8~10 m。最后,基于指标建议值,进行车道边通行能力试算,并与现行规范对比,明确其指导意义。

### 参考文献:

- [1] 蒋海兵,祁毅,李传武.中国城市高速铁路客运的空间联系格局[J].经济地理,2018(7): 26-33.
- [2] 杨方宜,李铁柱.大型综合客运枢纽送站坪交通特性及通行能力[J].浙江大学学报(工学版),2017,51(11): 2207-2214.
- [3] 张胜,冯宝.大型综合交通枢纽规划设计方法研究[J].城市道桥与防洪,2014(1): 1-8.



# 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:[cdq@smedi.com](mailto:cdq@smedi.com)