

# 公路过江桥增设慢行道问题与对策研究

王大为

(温州市交通规划设计研究院有限公司, 浙江 温州 325000)

**摘要:**公路过江桥梁多考虑机动车需求未设置非机动车道。新型城镇一体化的推进,江两岸非机动车往来日益增多,侵占机动车道既影响机动车运行效率又可能引发交通事故。文中通过对某座过江特大桥增设慢行道的研究,梳理慢行道设计分析流程,提出基于服务水平的硬路肩利用、基于隔离设施安全性的设计速度选择与横断面布设整合、设置收缩护栏实现事故车辆临时紧急停靠及纵断面尺寸超过规范要求时的处理等相关对策。

**关键词:**城市交通;过江桥梁;慢行道;服务水平;侧分隔带;纵坡坡长

中图分类号:U491.223

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2023)03-0029-04

过江桥梁是滨江城市交通衔接纽带,为江河两岸人、车、物的空间移动提供重要通道<sup>[1]</sup>。非机动车是中国城镇居民最普遍、最重要的交通工具<sup>[2]</sup>。随着绿色低碳交通运输方式的推广,共享单车、共享电动自行车逐渐兴起,非机动车出行比例逐年增加。

由于历史原因,在以往交通规划及建设中,过江桥梁主要考虑机动车需求,而忽略非机动车及行人过江交通出行。在桥梁断面资源有限的情况下,非机动车不得不侵占机动车道,既影响机动车运行效率又可能引发交通事故,而且随着非机动车过江交通需求的迅速增长,交通供需矛盾更加突出<sup>[1]</sup>。在已建桥梁上增设供非机动车和行人通行的慢行道在今后很长一段时间内将是过江桥梁不得不面对的难题。目前关于现有过江桥梁增设慢行道的研究较少,关心借助非合作博弈理论,分析了过江出行前及过江运行中机动车、非机动车的行为,根据博弈结果对非机动车道宽度及隔离形式进行了简单分析<sup>[1]</sup>;胡程重点介绍了新建桥梁慢行交通的过江方式<sup>[2]</sup>;黄晓东等对桥梁两端非机动车道的展线及纵坡布设进行了研究<sup>[3]</sup>。本文以某座过江特大桥为例,对增设慢行道时硬路肩是否可以利用、限制速度确定、断面布设优化整合、纵断面尺寸超过规范要求等问题进行分析,研究相关对策,为过江桥梁交通组织改造提供参考。

## 1 项目概况

国道 G330 为次干线一级公路,设计速度为 80 km/h,双向四车道,路基宽度为 23.50 m。G330

上某跨江大桥长约 2 530 m,为(9×25+52×40+9×25) m 预应力混凝土连续 T 梁桥,于 2015 年建成通车。半幅桥梁宽度为 11.75 m,横断面布置形式为 0.50 m 混凝土护栏+0.75 m 左侧路缘带+2×3.75 m 行车道+2.50 m 右侧硬路肩+0.50 m 混凝土护栏(见图 1)。桥梁路段最大纵坡为 3%,对应坡长分别为 430 m、330 m。

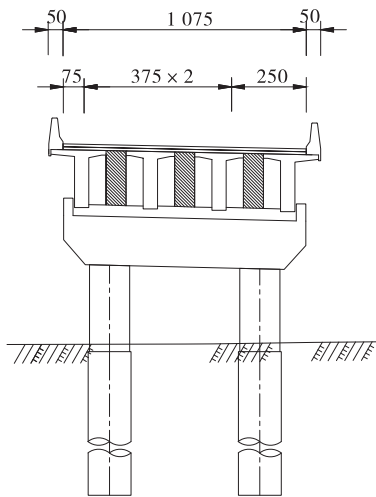


图 1 半幅桥梁横断面布置示意图(单位:cm)

“十四五”期间,浙江省计划推进重点骨干绿道建设,该桥是规划省级绿道 4 号线的一部分,根据规划,须在桥上设置供非机动车与行人混合行驶的慢行道。2022 年受地方建设部门委托,对该桥增设慢行道方案进行论证。

考虑到慢行道随现状特大桥增设,机动车道平面指标要求远高于非机动车道平面指标要求,主要

分析研究慢行道与现状桥梁横断面、纵断面两方面存在的问题及对策。

## 2 横断面布置问题与对策

### 2.1 慢行道横向布设规定及存在的问题

根据 JTG B01—2014《公路工程技术标准》，对于城市出入口和城乡接合区域承担集散功能的一级公路和二级公路，可根据非汽车交通需求，参考城市道路设计规范论证设置侧分隔带、非机动车道和人行道<sup>[4]</sup>。JTG D20—2017《公路路线设计规范》对其进行细化，规定集散一级公路在慢行车辆较多时可利用右侧硬路肩（宽度不足时应加宽）设置慢车道，并在车道与慢车道之间设置隔离设施<sup>[5]</sup>。

根据 JTG 2112—2021《城镇化地区公路工程技术标准》，设计速度大于或等于 80 km/h 时，机动车道与非机动车道或人行道间宜设置侧分隔带；设置辅路的一级公路，主路单向机动车道数大于或等于 3 条时，可压缩右侧硬路肩宽度，采用最小值<sup>[6]</sup>。该规定中辅路可运行非机动车道，慢行道可参照执行。

结合以上规范的相关规定，对于一级公路，当单向车道数大于等于 3 条时，可以占用硬路肩设置慢行道；当单向车道数为 2 条时，集散公路可占用硬路肩设置慢行道，而干线公路均不建议占用硬路肩设置慢行道。该项目作为国道干线一级公路，占用硬路肩作为慢行道缺乏规范依据。

### 2.2 对策研究

#### 2.2.1 基于服务水平的硬路肩近期利用方案

##### 2.2.1.1 服务水平分析与硬路肩利用性分析

规范原则上不赞同干线一级双向四车道公路利用硬路肩作为慢行道，但考虑到委托单位计划 3 个月内完成施工通行安排，对硬路肩使用原理进行深入分析，分析其利用的时空限制。

干线一级公路强调的是公路通畅直达，其设计服务水平至少需满足三级服务水平。三级服务水平交通流处于稳定流上半段，车辆间的相互影响增大，选择速度受其他车辆影响，变换车道时需小心驾驶，较小交通事故能消除，但事故发生路段的服务质量大大降低，阻塞严重并形成排队车流<sup>[4]</sup>。作为消除小型交通事故的重要手段，硬路肩必须具备足够的宽度，以供事故车辆紧急停靠，避免占用行车道。出于这种考虑，规范规定一级干线公路不建议占用硬路肩，集散一级公路的服务水平可降低一级，采用四级服务水平，其硬路肩宽度可不考虑事故车辆紧急

停靠。干线与集散一级公路硬路肩规定值见表 1。

表 1 一级公路设计速度及硬路肩规定值

公路功能	设计速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	硬路肩一般 值/m	硬路肩最 小值/m
干线公路	100	3.00(2.50)	1.50
	80	3.00(2.50)	1.50
集散公路	80	1.50	0.75
	60	0.75	0.25

综上，作为干线一级公路，若占用硬路肩，需保证其服务水平满足规范要求，事故车辆不影响通行状态。主要有两种方案：1) 当现状公路处于二级服务水平，交通流状态处于相对自由流状态时，即便出现事故车辆占用车道，考虑侧方车道交通流量较少，可通过变换车道实现车辆通畅运行。2) 根据《公路路线设计规范》，干线一级公路的右侧硬路肩宽度小于 2.50 m 时应设紧急停车带；一级公路的特大桥、特长隧道根据需要可设置紧急停车带，其间距不宜大于 750 m<sup>[5]</sup>。可通过间隔一定距离设置紧急停车带，将事故车辆推行至紧急停车带以减少对道路交通流的影响，以此作为补救措施。

根据该项目工程可行性研究报告，该项目设计速度 80 km/h 运行至 2026 年仍可维持二级服务水平。现场调查车流行驶状态，也处于二级服务水平。若限定速度调整至 60 km/h，运行至 2024 年可维持二级服务水平。鉴于此，提出在处于二级服务水平的年限内（近期），该项目可利用硬路肩作为慢行道。

##### 2.2.1.2 限定速度与横断面尺寸分析与确定

下面对利用硬路肩作为慢行道时各部分宽度规定及取值进行分析。

(1) 车道宽度。根据《城镇化地区公路工程技术标准》，对于城镇化地区公路改扩建时用地严重受限的公路，机动车道宽度按表 2 取用；人行道与非机动车道合并设置时，其宽度按表 3 取用<sup>[6]</sup>。

表 2 机动车道宽度

设计速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	车道宽 度/m	设计速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	车道宽 度/m
100	3.50	60	3.25
80	3.50		

(2) 根据《城镇化地区公路工程技术标准》，设计速度 $\geq 80$  km/h 时，机动车道与非机动车道或人

表 3 人行道与非机动车道合并设置宽度

车辆种类	车道宽度/m	车辆种类	车道宽度/m
自行车	2.00	三轮车	3.00

行道之间宜设置侧分隔带<sup>[6]</sup>。JTG/T D81—2017《公路交通安全设施设计细则》规定,设计速度 $>60$  km/h 的公路桥梁,应采用满足车辆防护和行人通行需求的组合护栏,路侧采用栏杆[见图 2(a)];设计速度 $\leq 60$  km/h 的公路桥梁,可用路缘石将人行道(自行车道)和行车道分离,路缘石与人行道也可合并设置,路侧采用满足车辆防护和行人(自行车)通行需求的组合护栏[见图 2(b)]<sup>[7]</sup>。结合两规范的规定,出于安全考虑,同时考虑是在已建桥梁上增设隔离设施,当限速为 80 km/h 时,为减轻护栏质量,便于施工,慢行道与机动车道之间设置防撞性金属护栏,护栏底座采用法兰盘,利用锚栓与桥梁锚固,护栏宽度为 0.50 m;限速为 60 km/h 时,参照路缘石设置理念,设置不具备防撞防护功能的隔离护栏,同时根据“一级公路的特大桥、特长隧道可设置紧急停车带,其间距不宜大于 750 m”的要求,间隔设置不具备防撞功能的收缩性护栏,事故发生时可收缩护栏,打开开口,供事故车辆临时紧急停靠。

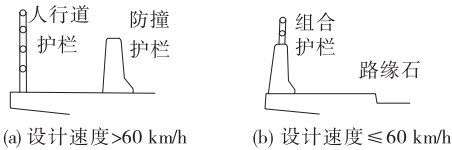


图 2 《公路交通安全设施设计细则》对侧分隔带护栏的相关规定

(3) 关于路缘带宽度,《城镇化地区公路工程技术标准》规定侧分隔带机动车道一侧的路缘带宽度应符合表 4 的规定,非机动车道一侧的路缘带宽度应为 0.25 m<sup>[6]</sup>。

表 4 路缘带宽度规范值

设计速度/ (km · h <sup>-1</sup> )	路缘带宽 度/m	设计速度/ (km · h <sup>-1</sup> )	路缘带宽 度/m
120	0.75	60	0.50
100	0.75	$<60$	0.25
80	0.50		

(4) 横断面布置。结合以上规定,限速采用 80 km/h 时,车道宽度可以压缩至 3.50 m;人行道与非机动车道合并设置,考虑路侧路缘带,其宽度采用

2.50 m(0.25 m 路缘带+2.00 m 合并车道+0.25 m 路缘带);侧分隔带采用防撞护栏,宽度为 0.50 m;行车道右侧路缘带宽度采用 0.50 m,左侧维持现状;横断面布置形式为 0.50 m 混凝土护栏+0.75 m 左侧路缘带+2 $\times$ 3.50 m 行车道+0.50 m 右侧路缘带+0.50 m 护栏+2.50 m 慢行道+0.50 m 混凝土护栏=12.25 m,宽度超过现状桥梁断面宽度。限速采用 60 km/h 时,车道宽度可压缩至 3.25 m;人行道与非机动车道合并设置,考虑路缘带,其宽度采用 2.50 m;侧分隔带采用隔离护栏,宽度采用 0.50 m;行车道右侧路缘带宽度采用 0.50 m,左侧维持现状;横断面布置形式为 0.50 m 混凝土护栏+0.75 m 左侧路缘带+2 $\times$ 3.25 m 行车道+0.50 m 右侧路缘带+0.50 m 护栏+2.50 m 慢行道+0.50 m 混凝土护栏=11.75 m,宽度与现状桥梁断面宽度一致(见图 3)。

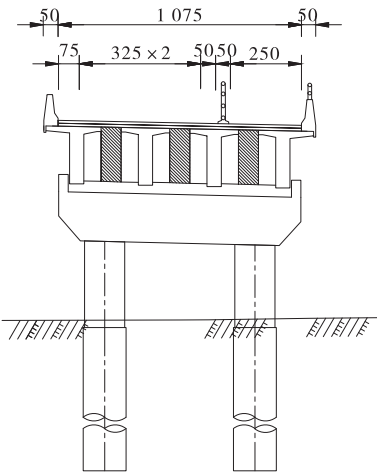


图 3 限速 60 km/h 时半幅桥梁横断面布置示意图(单位:cm)

2.2.1.3 近期利用方案选定

考虑到限速采用 60 km/h 时,虽然处于二级服务水平的年限比限速为 80 km/h 时少一年,但其断面布置与现状桥梁实际宽度吻合,同时间隔设置不具备防撞功能的收缩性护栏,可供事故车辆临时紧急停靠,至 2024 年,建议采用限速 60 km/h、占用硬路肩作为慢行道的断面布置方案(见图 3)。

2.2.2 基于全周期的远期新建慢行道方案

根据工程可行性研究报告,2027 年该项目将达到三级服务水平,若事故车辆占用机动车道,较小事故也无法消除,将形成很长的排队车流,道路实际将处于四级服务水平。因此,建议从 2027 年开始采用新建慢行道方案。

在不占用硬路肩的条件下,桥梁新建慢行道,分

两侧拼宽、两侧新建、单侧新建3种方案。若采用拼宽方案,拼宽单位面积建安费不低于新建桥梁,且拼宽接缝工作量较大,拼宽施工对老桥交通影响较大;若采用两侧新建方案,虽然与行驶习惯相符,但两侧施工,桥墩数量增加,工程量较大。通过定性分析,建议采用单侧新建方案,在居民集聚的桥梁南侧新建慢行道。

### 3 纵坡问题与对策

#### 3.1 纵坡坡长、坡度规定及存在的问题

根据《公路工程技术标准》,位于城镇混合交通繁忙处的桥梁,桥上纵坡和桥头引道纵坡均不得大于3%<sup>[4]</sup>。根据《城镇化地区公路工程技术标准》,对于桥上非机动车道,桥上纵坡和桥头引道纵坡均不宜大于2.5%,布设困难时不得大于3.0%<sup>[6]</sup>。CJJ 193—2012《城市道路路线设计规范》对非机动车道坡度、坡长的规定见表5<sup>[8]</sup>。

表5 非机动车道的最大坡长

纵坡/ %	坡长/m		纵坡/ %	坡长/m	
	自行车	三轮车		自行车	三轮车
3.5	150	—	2.5	300	150
3.0	200	100			

《公路工程技术标准》和《城镇化地区公路工程技术标准》只规定了非机动车道最大坡度,没有规定坡长。《城市道路路线设计规范》对不同坡度、坡长有限制,主要考虑上坡路段过长,行人驾驶自行车爬坡能力受限,更多是出于行车舒适性考虑。该项目设置两段3%纵坡,坡长分别为430 m、330 m,均大于《城市道路路线设计规范》规定的200 m。

#### 3.2 对策研究

目前桥梁上增设慢行道常见的过江方式有随桥过江、推行过江、定向匝道及螺旋展线、电梯上下行等方式。随桥过江主要适用于桥梁纵坡小于2.5%的情况,纵断面坡度、坡长均满足规范要求,非机动车辆行驶不受限制。推行过江主要适用于桥梁纵坡坡长超过表5规定的情况,考虑到行人上坡骑自行车的体力原因,出于工程经济考虑,提出适当位置建议推行的过江方式。非机动车道展线是在桥梁纵坡坡长超过表5规定时,在桥梁两侧附近空地非机动车道单独布线,通过增加非机动车道路线长度来减小纵坡坡度,实现非机动车连续行驶。展线方式有定向匝道布置、螺旋展线、回形针布置、耳朵布置

等<sup>[3]</sup>,如南宁良庆大桥。电梯上下行方式是在桥头适当位置设置垂直电梯或扶梯,供非机动车及行人通过乘坐电梯至坡长满足规范规定的位置。该方式服务能力有限,电梯运营维护费用高,可作为非机动车道的辅助方式使用,如杭州九堡大桥采用垂直电梯提升非机动车越江的交通模式<sup>[2]</sup>。

该项目设置两段3%纵坡路段,坡长分别为430 m、330 m,参照表5,在骑行200 m以后推行距离较短,同时考虑项目工期及资金紧张等限制因素,近期方案建议完全利用现状纵坡,局部骑行后,在适当位置通过推行过江;远期新建慢行桥梁方案,可在建设过程中通过上述展线方式增加路线长度,控制纵坡坡度小于2.5%以满足《城市道路路线设计规范》的要求。

### 4 结论

(1) 干线一级双向四车道公路,不建议占用硬路肩设置慢行道,若条件受限,可在二级服务水平年限内占用硬路肩设置慢行道。

(2) 干线一级公路占用硬路肩设置慢行道,可通过设置可收缩隔离护栏、临时开辟紧急停车带等措施供事故车辆停靠。

(3) 城镇区一级公路可通过限速、压缩车道等方式整合断面宽度,满足规范要求。

(4) 规范对非机动车通行路段纵坡坡度有要求,对坡长无明确规定,可在局部路段采用非机动车推行过江的方式。

(5) 条件允许时,非机动车道可在桥头空地通过定向匝道布置、螺旋展线、回形针布置、耳朵布置等方式增长路线,减缓纵坡,满足城市道路最小坡长的要求。

#### 参考文献:

- [1] 关心.基于非合作博弈的城市过江桥梁非机动车道设置研究:以襄阳市过江交通为例[D].武汉:武汉理工大学,2013.
- [2] 胡程.大型桥梁中非机动车越江交通组织模式探讨[J].中国市政工程,2020(4):91—94+106.
- [3] 黄晓东,史松磊.夹江大桥非机动车道桥设计与分析[J].城市道桥与防洪,2013(4):82—84.
- [4] 交通运输部公路司,中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路工程技术标准:JTG B01—2014[S].北京:人民交通出版社,2014.

(下转第46页)

1.07%,满足相关标准和规范要求。该交叉口交叉范围内视距良好,但由于该交叉口路段开口较多,且距离普洱南收费站较近,交叉口岔数和交叉口间距评价等级较差,须采取交通管理技术措施加以改善。

(3) 防护要求。该项目接入道路交叉口路段路面条件较好,且采取了有效的交通管理技术措施。但因交叉口路段未设置有效的排水设施和照明系统,排水设施和照明系统评价等级较差,有待进一步优化和完善。

## 5 结语

本文结合层次分析法,采用物元分析理论研究山区公路平面交叉涉路工程安全评价技术,从公路平面交叉口设置要求、技术要求和防护要求方面选取设置位置、交叉角度、横坡和纵坡、视距、交叉口岔数、交叉口间距、排水设施、路面条件、照明系统和交通管理措施作为评价指标,建立基于物元分析理论的山区公路平面交叉涉路工程安全评价模型,并将该模型应用于云南省典型山区公路平面交叉涉路工程安全评价。分析结果表明,采用物元分析理论对山区公路平面交叉涉路工程进行安全评价合理、可行,不仅能定性体现公路平面交叉涉路工程的风险等级,还能解决公路平面交叉涉路工程安全评价结果不能量化的问题,有利于提高山区公路平面交叉涉路工程安全评价效率,并可为平面交叉涉路工程规划、设计、建设和养护管理等提供理论支撑和技术指导。

## 参考文献:

[1] 王晓安,陈瑶,李昊明,等.平交和接入式涉路工程风险

源识别与分析[J].价值工程,2020,39(13):244—245.

[2] 王骥,杨俊毅,姚红云,等.山区公路平交口安全视距研究[J].公路,2017,62(3):203—207.

[3] 王骥.公路平交式涉路工程安全评价研究[D].重庆:重庆交通大学,2016.

[4] Committee of Access Management. Access management manual[M]. Transportation Research Board of the National Academies,2003:3—5.

[5] American Association of State Highway and Transportation Official. A polygons geometric design of highway and streets[S]. American Association of State Highway and Transportation Official,2003.

[6] 美国交通运输研究委员会入口管理分会.道路出入口管理手册[M].杨孝宽,译.北京:中国建筑工业出版社,2009:65—67.

[7] 安徽省公路管理局(安徽省公路路政总队),交通部公路科学研究院.涉路工程安全评价规范:DB34/T 790—2008[S].北京:人民交通出版社,2008.

[8] 李伟,沈国华,彭道月.涉路工程安全评价技术指南与案例分析[M].北京:人民交通出版社,2009:7.

[9] 陈国佳.重要涉路行为安全评价技术研究[D].南京:东南大学,2016.

[10] 袁毓敏.涉路工程安全评价技术探讨[J].公路交通科技(应用技术版),2008(5):28—31.

[11] 蔡文.可拓集合和不相容问题[J].科学探索学报,1983(1):83—97.

[12] 蔡文.物元模型及其应用[M].北京:科学技术文献出版社,1994.

收稿日期:2022—05—12

(上接第32页)

[5] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路路线设计规范:JTG D20—2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

[6] 交通运输部公路科学研究院.城镇化地区公路工程技术标准:JTG 2112—2021[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2021.

[7] 交通运输部公路科学研究院.公路交通安全设施设计细则:JTG/T D81—2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

[8] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司.城市道路路线设计规范:CJJ 193—2012[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.

[9] 屈成威.以电动自行车为主的市政道路非机动车道纵坡研究[J].工程建设与设计,2019(2):102—103.

[10] 杨雪琦.西部山地城市非机动车道设计探讨[J].西部交通科技,2021(1):182—184.

[11] 张玉.单侧双向非机动车道适应性及优化设计研究[C]//中国城市规划学会.共享与品质:2018中国城市规划年会论文集(06城市交通规划).北京:中国建筑工业出版社,2018:552—558.

[12] 陈永恒,王殿海,陶志兴.无物理隔离路段机动车与非机动车速度特性研究[J].交通运输系统工程与信息,2009,9(5):53—57.

收稿日期:2022—05—06