

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2023.02.005

# 交通量临界区设计速度、车道数和服务水平协同研究

王大为<sup>1</sup>, 黄晓斌<sup>1</sup>, 唐杨<sup>2</sup>

(1.温州市交通规划设计研究院有限公司, 浙江 温州 325000;

2.五峰土家族自治县农村公路管理所, 湖北 宜昌 443413)

**摘要:** 公路设计通常先确定设计速度, 然后计算车道数, 最后进行服务水平验证。设计中发现交通量存在临界区间, 区间外不同设计速度计算所得车道数一致, 适用常规流程; 区间内以不同设计速度计算车道数, 一级公路会双向增减 2 条车道, 常规流程可能导致判断片面, 工程规模增加较大。鉴于此, 文中提出交通量临界区概念与界定公式, 通过工程案例, 梳理临界区内设计速度、车道数、服务水平协同取值的思路及流程。

**关键词:** 公路交通; 交通量临界区; 设计速度; 车道数; 服务水平; 协同取值

中图分类号: U412

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2023)02-0017-05

公路设计速度通常根据公路功能、公路等级, 结合地形条件等来选择, 沿线地形、地质与自然条件变化往往是设计速度选用的重要因素<sup>[1]</sup>。但设计中发现当设计交通量处于临界区域时, 设计速度的选择与车道数及服务水平关联性较强, 不同设计速度对车道数及工程规模会产生较大影响。目前关于设计速度选用的研究中, 多根据地形、地质先行确定设计速度, 然后根据不同设计速度进行两种线位方案布设, 并对其进行经济性、安全性比较<sup>[2-6]</sup>。关于公路车道数确定的研究中, 叶小宝等采用设计通行能力除以实际通行能力确定车道数, 但忽略了实际通行能力需要在确定车道数的前提下方有结果, 其计算理论存在逻辑漏洞<sup>[7]</sup>; 元浩通过交通量论证确定公路等级与车道数为两车道二级公路, 但对于二级公路, 设计规范本身确定的车道数已经是两车道, 因而其适用范围受限<sup>[8]</sup>。目前对多车道公路临界交通量条件下车道数、设计速度、服务水平之间的协同关系尚未有详细论述。本文对设计速度、车道数及服务水平确定思路进行系统梳理, 列出交通量临界区间公式, 通过实际案例对交通量临界区间、设计速度、车道数及服务水平选择进行分析研究, 为公路设计提供参考。

## 1 选用思路分析

### 1.1 设计速度常规确定思路

设计速度是确定公路几何设计指标并使其相互

协调的基准速度<sup>[9]</sup>, 应根据公路的功能与技术等级, 结合地形、工程经济、预期的运行速度和沿线土地利用性质等因素综合论证确定<sup>[10-12]</sup>。各等级公路对应的设计速度见表 1<sup>[1]</sup>。

表 1 公路等级与设计速度的关系

公路等级	设计速度/ (km · h <sup>-1</sup> )	公路等级	设计速度/ (km · h <sup>-1</sup> )
高速公路	120, 100, 80	三级公路	40, 30
一级公路	100, 80, 60	四级公路	30, 20
二级公路	80, 60		

通常具有干线功能的公路选用高的设计速度, 承担集散功能的公路选用低的设计速度; 正常条件下公路选用高的设计速度, 受地形、地质条件限制时选用低的设计速度。

### 1.2 车道数确定思路

(1) 确定公路功能, 进行交通量预测, 得到特征年平均日交通量, 二者结合, 根据表 2、表 3 确定公路等级。

表 2 公路功能、等级对应表

公路功能	对应等级	公路功能	对应等级
主要干线	高速公路	次要集散	二级、三级公路
次要干线	二级及以上公路	支线公路	三级、四级公路
主要集散	一级、二级公路		

表 3 公路等级与设计交通量的关系

公路等级	设计交通量/(pcu · d <sup>-1</sup> )
高速公路或一级公路	≥15 000
二级公路	≥5 000~15 000
三级公路	≥2 000~5 000
四级公路	<2 000

(2) 结合地形、地质等条件和表 1 确定公路设计速度;结合公路功能、公路等级和表 4 确定公路设计服务水平;以一级公路为例,结合设计速度、设计服务水平和表 5 确定公路单车道最大服务交通量。

表 4 各级公路设计服务水平

公路等级	服务水平
高速公路或一级公路	三级
二级、三级公路	四级

注:承担集散功能的一级公路,设计服务水平可降低一级。

表 5 不同设计服务水平下一级公路单车道最大服务交通量

设计速度/ (km · h <sup>-1</sup> )	最大服务交通量/[pcu · (h · 车道) <sup>-1</sup> ]	
	三级服务水平	四级服务水平
100	1 400	1 800
80	1 250	1 600
60	1 100	1 450

(3) 根据式(1)计算车道数。

$$N = \frac{C_{AADT} \times K \times D}{C_D} \quad (1)$$

式中: $N$  为单方向车道数; $C_{AADT}$  为年平均日设计交通量(pcu/d); $D$  为方向不均匀系数; $K$  为设计小时交通量系数[pcu/(h · 车道)],根据当地交通量观测数据确定; $C_D$  为高速公路、一级公路设计服务水平下单车道最大服务交通量(pcu/d)。

### 1.3 服务水平验证

服务水平验证是利用计算所得实际服务水平与规范规定的设计服务水平进行比较,判断其是否一致。公路服务水平是驾驶员感受公路交通流运行状况的质量指标,划分为六级。一级公路以饱和度( $V/C$ )作为主要指标,设计速度为 80 km/h、60 km/h 时服务水平分级指标见表 6。

设计中将基准条件下五级服务水平对应的最大服务交通量通过式(2)转化为设计环境下设计通行能力,再将预测的实际设计小时交通量与设计通行能力相除,并与表 6 中  $V/C$  值对比,判断道路的实际服务水平,最后与设计服务水平(见表 4)对比,判断是否能满足规范要求。

表 6 一级公路服务水平的分级划分

服务水平	$V/C$ 值	不同设计速度(km/h)下最大服务交通量/[pcu · (h · 车道) <sup>-1</sup> ]	
		80	60
一级	$V/C \leq 0.3$	550	480
二级	$0.3 < V/C \leq 0.5$	900	800
三级	$0.5 < V/C \leq 0.7$	1 250	1 100
四级	$0.7 < V/C \leq 0.9$	1 600	1 450
五级	$0.9 < V/C \leq 1.0$	1 800	1 600
六级	$V/C > 1.0$	0~1 800	0~1 600

注: $V/C$  值为基准条件下最大服务交通量与基准通行能力之比;基准通行能力为五级服务水平下最大服务交通量。

$$C_d = C_{MSFi} \times f_{HV} \times f_p \times f_i \quad (2)$$

式中: $C_d$  为设计通行能力[veh/(h · 车道)]; $C_{MSFi}$  为设计服务水平下最大服务交通量[veh/(h · 车道)]; $f_{HV}$  为交通组成修正系数; $f_p$  为驾驶人总体特征修正系数,通过调查确定,其值通常取 0.95~1.0; $f_i$  为路侧干扰修正系数,高速公路取 1.0,一级公路按表 7 确定。

表 7 路侧干扰修正系数  $f_i$ 

路侧干扰等级	修正系数	路侧干扰等级	修正系数
1	0.98	4	0.85
2	0.95	5	0.80
3	0.90		

$f_{HV}$ 按下式计算:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + \sum P_i (E_i - 1)} \quad (3)$$

式中: $P_i$  为车型  $i$  的交通量占总交通量的百分比; $E_i$  为车型  $i$  的车辆折算系数,按表 8 选取。

表 8 一级公路车辆折算系数  $E_i$  (设计速度 ≤ 80 km/h)

交通量/ [veh · (h · 车道) <sup>-1</sup> ]	不同车型的折算系数		
	中型车	大型车	汽车列车
≤ 800	2.0	3.0	5.0
800~1 200	3.0	5.0	7.0
1 200~1 600	4.0	6.0	9.0
> 1 600	2.5	4.0	6.0

一级公路预测年度的年平均日交通量  $C_{DDHV}$  按式(4)计算<sup>[1]</sup>,设计服务水平按式(5)计算。

$$C_{DDHV} = C_{AADT} \times D \times K \quad (4)$$

$$V/C = C_{DDHV} / (C_d N) \quad (5)$$

### 1.4 交通量临界区判定

根据式(1),在假定车道数  $N$  一定的情况下,分

别选用不同设计速度对应设计服务水平下单车道最大服务交通,按式(6)计算设计交通量临界区。

$$\frac{C_{Dv1} N}{KD} \leq C_{AADT} \leq \frac{C_{Dv2} N}{KD} \quad (6)$$

式中: $C_{Dv1}$ 为设计速度 $v_1$ 对应的高速公路、一级公路设计服务水平下单车道最大服务交通量(pcu/d); $C_{Dv2}$ 为设计速度 $v_2$ 对应的高速公路、一级公路设计服务水平下单车道最大服务交通量(pcu/d); $v_2 > v_1$ 。

当设计交通量在式(6)所示区域时,设计速度高低的选择将导致双向增减 2 条车道,会对工程规模产生较大影响,该区域称为设计交通量临界区。当交通量位于该区域外时,对应不同速度所得车道数基本一致,适用常规设计速度—车道数—服务水平的设计流程;当交通量位于该区域内时,设计速度、车道数、服务水平均位于临界位置,需协同试算。

## 2 案例分析

### 2.1 项目概况

某地方政府拟修建一条城间集散公路,路线长度约 26 km。两县域之间地形为低山丘陵夹山间平原,平原区域工业产区分布,大型车辆较多,可按二级路侧干扰等级考虑。计划通车年为 2025 年。按照预测年限为 15 年、20 年分别进行交通量预测,结果见表 9、表 10。交通量方向分布不均匀系数按 51%考虑,设计小时交通量系数取 14%。

表 9 特征年交通量预测结果(自然车型对应的  
年平均日交通量) 单位:veh/d

年份	各车型交通量				合计 交通量
	小客车	中型车	大型车	汽车列车	
2025	6 800	3 300	1 400	990	12 490
2030	8 160	3 990	1 710	1 200	15 060
2035	9 790	4 830	2 060	1 450	18 130
2040	11 260	5 310	2 200	1 600	20 370
2044	12 500	5 900	2 300	1 700	22 400

表 10 特征年交通量预测结果(标准小客车对应的  
年平均日交通量) 单位:pcu/d

年份	各车型交通量				合计 交通量
	小客车	中型车	大型车	汽车列车	
2025	6 800	4 950	3 500	3 960	19 210
2030	8 160	5 985	4 275	4 800	23 220
2035	9 790	7 245	5 150	5 800	27 985
2040	11 260	7 965	5 500	6 400	31 125
2044	12 500	8 850	5 750	6 800	33 900

### 2.2 交通量临界区间计算

根据表 2、表 3,该项目采用一级公路标准。根据表 1 结合公路集散功能,设计速度可取 80 km/h、60 km/h。根据表 4,一级公路设计服务水平为三级,承担集散功能时可降低一级,该项目服务水平的第一选择为三级。根据表 5,80 km/h、60 km/h 对应的三级服务水平下最大服务交通量分别为 1 250 pcu/(h·车道)、1 100 pcu/(h·车道)。已知方向不均匀系数为 0.51,设计小时交通量系数为 14%,一级公路最小车道数为单向两车道、双向四车道。将上述参数带入式(6),得到三级服务水平时交通量临界区为:

$$\frac{1\ 100 \times 2}{0.14 \times 0.51} = 30\ 812\ \text{pcu/d} \leq C_{AADT} \leq \frac{1\ 250 \times 2}{0.14 \times 0.51} = 35\ 014\ \text{pcu/d} \quad (7)$$

根据表 10,该项目年平均日交通量为 33 900 pcu/d,位于式(7)所示区间,设计中需对 80 km/h、60 km/h 分别进行试算。

### 2.3 初定设计速度 60 km/h 计算分析

#### 2.3.1 车道数计算

该项目经过区域多为山地丘陵夹山间平原,结合地形,初次确定设计速度为 60 km/h。

根据表 5,取设计速度 60 km/h 对应的三级服务水平下最大服务交通量为 1 100 pcu/(h·车道),带入式(1),得:

$$N = \frac{C_{AADT} \times K \times D}{C_D} = \frac{33\ 900 \times 0.14 \times 0.51}{1\ 100} = 2.2 \quad (8)$$

根据计算结果,对应的单向车道数需大于 2.2,向上取整,单向车道数为三车道。一级公路车道数增加时应按双数增加,则双向车道数为六车道。

#### 2.3.2 服务水平验证

##### 2.3.2.1 单向设计小时交通量计算

根据表 9,该项目预测年度的年平均日交通量为 22 400 veh/d,带入式(4),得:

$$C_{DDHV} = 22\ 400 \times 0.51 \times 0.14 \approx 1\ 600\ \text{veh/h} \quad (9)$$

对应的单车道设计小时交通量为:

$$C_{DDHV} / N = 1\ 600 / 3 \approx 533\ \text{veh/(h·车道)} \quad (10)$$

##### 2.3.2.2 设计通行能力计算

单车道设计小时交通量为 533 veh/(h·车道),

查表 7,得车辆折算系数如下:中型车为 2.0,大型车为 3.0,汽车列车为 5.0。带入式(3),结合表 9,得交通组成修正系数为:

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + \sum P_i(E_i - 1)} = \frac{1}{1 + [1 + 26.3\% \times (2 - 1) + 10.3\% \times (3 - 1) + 7.6\% \times (4 - 1)]} = 0.59 \quad (11)$$

路侧干扰等级为二级,查表 7,取路侧干扰系数为 0.95,驾驶人总体修正系数按中间值取 0.98。根据表 6,五级基准通行能力下单车道最大服务交通量为 1 600 pcu/(h·车道),则该项目对应的设计通行能力为:

$$C_d = C_{MSFi} \times f_{HV} \times f_p \times f_f = 1\,600 \times 0.59 \times 0.95 \times 0.98 = 879 \text{ veh}/(\text{h} \cdot \text{车道}) \quad (12)$$

### 2.3.2.3 设计服务水平计算

该项目的服务水平为:

$$V/C = C_{DDHV} / (C_d N) = 1\,600 / (879 \times 3) = 0.63 \quad (13)$$

根据表 6,三级服务水平时  $0.5 < V/C \leq 0.7$ 。根据计算结果,在预测年限末年,实际服务水平为三级,与表 4 的设计服务水平一致。

## 2.4 设计速度 80 km/h 二次计算分析

### 2.4.1 车道数计算

根据表 5,一级公路设计速度为 80 km/h 时,三级服务水平对应的单车道最大服务交通量为 1 250 pcu/(h·车道)。考虑设计环境一致,其他参数取值同 60 km/h。将参数值带入式(1),得:

$$N = \frac{C_{AADT} \times K \times D}{C_D} = \frac{33\,900 \times 0.14 \times 0.51}{1\,250} = 1.94 \quad (14)$$

根据计算结果,单向车道数需大于 1.94,向上取整,单向车道数为两车道。一级公路车道数增加时应按双数增加,则双向车道数为四车道。

### 2.4.2 设计服务水平验证

#### 2.4.2.1 单车道设计小时交通量计算

按式(9)计算,单方向设计小时交通量为 1 600 veh/d,对应的单车道设计小时交通量为:

$$C_{DDHV} / N = 1\,600 / 2 = 800 \text{ veh}/(\text{h} \cdot \text{车道}) \quad (15)$$

#### 2.4.2.2 设计通行能力计算

单车道设计小时交通量为 800 veh/(h·车道),查表 8,得车辆折算系数如下:中型车为 2.0,大型车为 3.0,汽车列车为 5.0。交通组成修正系数同

式(11),为 0.59。

路侧干扰等级为二级,查表 7,取路侧干扰系数为 0.95,驾驶人总体修正系数按中间值取 0.98。查表 6,五级基准通行能力下单车道最大服务交通量为 1 800 pcu/(h·车道),则该项目对应的设计通行能力为:

$$C_d = C_{MSFi} \times f_{HV} \times f_p \times f_f = 1\,800 \times 0.59 \times 0.95 \times 0.98 = 989 \text{ veh}/(\text{h} \cdot \text{车道}) \quad (16)$$

### 2.4.2.3 设计服务水平计算

该项目的服务水平为:

$$V/C = C_{DDHV} / (C_d N) = 1\,600 / (989 \times 2) = 0.81 \quad (17)$$

根据表 6,四级服务水平时  $0.7 < V/C \leq 0.9$ 。根据计算结果,在交通量预测年限末年,设计服务水平为四级,不满足表 4 中三级服务水平的要求,但满足“集散功能的一级公路或路段,设计服务水平可降低一级”的要求。

### 2.4.2.4 反向验算 60 km/h 两车道服务水平

该项目采用设计速度 60 km/h 时,单向两车道单行设计小时交通量同式(15),为 800 veh/(h·车道),查表 8,得车辆折算系数如下:中型车为 2.0,大型车为 3.0,汽车列车为 5.0。按式(12)计算,得 60 km/h 设计速度下设计通行能力 879 veh/(h·车道)。式(9)计算所得单向设计小时交通量为 1 600 veh/h,带入式(5),得:

$$V/C = C_{DDHV} / (C_d N) = 1\,600 / (879 \times 2) = 0.91 \quad (18)$$

根据表 6,五级服务水平时  $0.9 < V/C \leq 1.0$ 。根据计算结果,在交通量预测年限末年,设计服务水平为五级,不满足表 4 的要求。

## 2.5 计算结果比较分析

如表 11 所示,该项目采用一级公路、设计速度 60 km/h 时,三级服务水平,需单向三车道、双向六车道;采用一级公路、设计速度 80 km/h 时,四级服务水平,需单向两车道、双向四车道。考虑到该项目穿越低山丘陵,隧道比例高,出于经济性考虑,最终

表 11 不同设计方案计算结果对比

公路功能	公路等级	设计速度/ (km·h <sup>-1</sup> )	单向车道 数/条	服务水平
集散公路	一级公路	60	3	三级
		80	2	四级
		60	2	五级

选择采用设计速度 80 km/h、单向两车道、双向四车道、四级服务水平方案。

### 3 结论

(1) 交通量临界区是指一级公路先假定单向车道数,而后结合不同设计速度设计服务水平对应最大交通量计算所得的交通量区间范围。

(2) 交通量临界区范围外,按常规设计速度—车道数—服务水平的设计流程,以不同速度计算所得车道数基本一致,可一次计算确定工程标准;交通量临界区范围内,不同设计速度会导致双向增减 2 条车道,对工程规模影响较大。

(3) 一级公路,设计服务水平三级或四级的不同选择会导致设计速度、车道数存在较大差异。

(4) 交通量临界区内,建议设计速度、车道数、服务水平协同取值,进行 2~3 次组合计算。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 康亮.山区高速公路设计速度的比选论证[J].建筑技术开发,2020,47(14):106—107.

- [3] 李昆.京秦高速公路山岭区段设计速度分析与选用[J].交通与运输,2020,36(4):57—60.
- [4] 吴学文,王军平,吕纪云.公路工程设计速度选取分析的可行性研究[J].路基工程,2020(2):39—43.
- [5] 付春辉.客货分离式多车道高速公路货车车道设计速度选用研究[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2017,19(1):1—4.
- [6] 高轲轲,王令飞.基于运行速度协调性的高速公路主线安全性评价[J].黑龙江交通科技,2019(11):208—211.
- [7] 叶小宝,林豪,王乐群.谈高速公路车道数确定的方法[J].山西建筑,2015,41(5):132—133.
- [8] 元浩.浅谈通过交通量论证确定公路等级与车道数[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2016(8):190—191.
- [9] 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.
- [10] 张荣洁,程建川.对道路工程中各种速度的讨论[J].公路交通科技(应用技术版),2014,10(12):133—136+148.
- [11] 张玉伟.新技术标准下设计速度安全评价和安全设计[J].北方交通,2015(12):90—92.
- [12] 周荣贵,钟连德.公路通行能力手册[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

收稿日期:2022—05—06

\*\*\*\*\*  
(上接第 16 页)

#### 参考文献:

- [1] 熊文婷,缪江华.湾区协同背景下对广州综合交通发展的思考[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,2019:951—957.
- [2] 张帅兵,赵凯旭.粤港澳大湾区国际化功能与交通协同发展研究[J].广东经济,2021(5):62—67.
- [3] 张儒波.粤港澳大湾区背景下广东交通运输业高质量发展对策研究[J].交通运输部管理干部学院学报,2020,30(1):8—14.
- [4] 范文强,李桂波.粤港澳大湾区背景下宝安区道路发展研究[J].交通与运输,2022(6):16—20.
- [5] 叶瑞云,赵长相.粤港澳大湾区及大数据视角下的干线路网规划[J].公路,2022,67(4):267—270.
- [6] 李磊,刘永平.粤港澳大湾区背景下东莞市交通发展对策[J].综合运输,2019(5):109—114.
- [7] 汤燕良,周祥胜,李成悦,等.多元动力下都市圈发育特

- 征及规划响应重点:以珠三角城市群为例[C]//中国城市规划学会.面向高质量发展的空间治理:2020 年中国城市规划年会论文集(14 区域规划与城市经济).北京:中国建筑工业出版社,2021:580—587.
- [8] 东莞水乡特色发展经济区自然资源局.东莞水乡发展功能区统筹概念规划[A].东莞:东莞水乡特色发展经济区自然资源局,2020.
- [9] 王越,曾坚.城镇群视角下中小城市借势发展模式:定州为例[C]//中国城市规划学会.共享与品质:2018 年中国城市规划年会论文集(19 小城镇规划).北京:中国建筑工业出版社,2018:791—800.
- [10] 东莞水乡特色发展经济区管理委员会.东莞水乡功能区产业协同发展规划(2020—2035 年)[A].东莞:东莞水乡特色发展经济区管理委员会,2020.
- [11] 刘博敏.发展在水:城市滨水时代来临[J].城市规划,2018,42(3):72—79.
- [12] 仇保兴.构建韧性城市交通五准则[J].城市发展研究,2017,24(11):1—8+149.

收稿日期:2022—06—23