

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2020.10.040

# 超长海底公路隧道建筑限界分析研究

韩传玉, 袁英爽

(中国铁路设计集团有限公司, 天津市 300142)

**摘要:** 目前,全世界已建、在建和拟建跨海通道已有 100 多条,遍布五大洲。特别是发达国家,更是走在了前列。党的十九大作出了建设交通强国的战略决策,我国也将出现一大批海底隧道超级工程,针对其特点,进行超长海底公路隧道建筑限界的分析研究。

**关键词:** 跨海通道;交通强国;海底隧道;公路隧道建筑限界

中图分类号: U412.38

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2020)10-0141-05

## 0 引言

我国已建成跨海通道有:山东青岛胶州湾大桥、杭州湾跨海大桥、舟山跨海大桥、港珠澳大桥、嘉绍大桥、清澜大桥、厦门翔安海底隧道等工程。在建的跨海通道工程有:深中通道以及大连湾海底隧道建设工程。还有一些处于规划研究阶段,在不久的将来将会出现一大批海底隧道超级工程。针对此类工程特点,本文对超长海底公路隧道建筑限界高度和宽度进行分析研究,提出合理的技术标准<sup>[1]</sup>。

## 1 公路建筑限界

公路建筑限界是为了保证公路上规定车辆的正常运行与安全,在一定宽度和高度范围内,不得有任何障碍物侵入的空间范围。公路建筑限界见图 1。

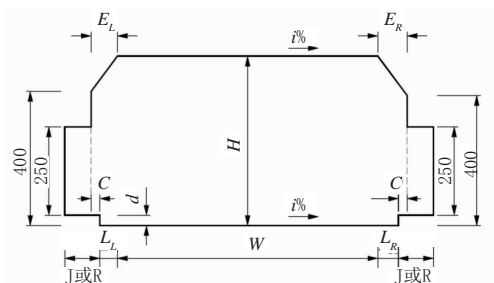


图 1 公路隧道建筑限界(单位:cm)

图 1 中: $H$  为建筑限界高度; $W$  为行车道宽度; $L_L$  为左侧向宽度; $L_R$  为右侧向宽度; $C$  为余宽; $J$  为检修道宽度; $R$  为人行道宽度; $d$  为检修道或人行道的高度; $E_L$  为建筑限界左顶角宽度,包含余

宽  $C$ ;  $E_R$  为建筑限界右顶角宽度,包含余宽  $C$ 。(注:当  $L_L \leq 1$  m 时,  $E_L = L_L$ ; 当  $L_L > 1$  m 时,  $E_L = 1$  m; 当  $L_R \leq 1$  m 时,  $E_R = L_R$ ; 当  $L_R > 1$  m 时,  $E_R = 1$  m)。

## 2 公路隧道建筑限界高度

### 2.1 建筑限界高度规范相关规定

《公路工程技术标准》、《公路路线设计规范》、《公路隧道设计规范》、《公路隧道设计细则》中规定:高速公路、一级、二级公路的净高应为 5.0 m,三级、四级公路的净高应为 4.5 m。

根据公路在路网中的功能与等级,同一公路应采用相同的净空高度。

### 2.2 法律法规关于通行车辆的管理规定

(1)超限运输车辆行驶公路管理规定(中华人民共和国交通运输部令 2016 年第 62 号)第一章第三条规定所称超限运输车辆,是指有下列情形之一的货物运输车辆:

- a. 车货总高度从地面算起超过 4 m;
- b. 车货总宽度超过 2.55 m;
- c. 车货总长度超过 18.1 m;
- d. 二轴货车,其车货总质量超过 18 000 kg;
- e. 三轴货车,其车货总质量超过 25 000 kg;
- f. 三轴汽车列车,其车货总质量超过 27 000 kg;
- g. 四轴货车,其车货总质量超过 31 000 kg;四轴汽车列车,其车货总质量超过 36 000 kg;
- h. 五轴汽车列车,其车货总质量超过 43 000 kg;
- i. 六轴及六轴以上汽车列车,其车货总质量超过 49 000 kg,其中牵引车驱动轴为单轴的,其车货总质量超过 46 000 kg。

(2)根据《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》第二章,第五十四条规定:

机动车载物不得超过机动车行驶证上核定的

收稿日期: 2019-12-30

作者简介: 韩传玉(1982—),男,高级工程师,从事道路设计工作。

载质量,装载长度、宽度不得超出车厢,并应当遵守下列规定:

a. 重型、中型载货汽车,半挂车载物,高度从地面起不得超过4 m,载运集装箱的车辆不得超过4.2 m。

b. 其他载货的机动车载物,高度从地面起不得超过2.5 m。

c. 摩托车载物,高度从地面起不得超过1.5 m,长度不得超出车身0.2 m。两轮摩托车载物宽度左右各不得超出车把0.15 m;三轮摩托车载物宽度不得超过车身。

d. 载客汽车除车身外部的行李架和内置的行李箱外,不得载货。载客汽车行李架载货,从车顶起高度不得超过0.5 m,从地面起高度不得超过4 m。

因此,我国现行规定通行车辆高度不得超过4.2 m(大件运输等超限运输车辆除外)。

### 2.3 公路通行汽车高度

由工业和信息化部组织全国汽标委修订的强制性国家标准《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB 1589—2016)于2016年7月26日由质检总局、国家标准委正式批准发布。该标准规定了汽车、挂车及汽车列车的外廓尺寸及质量限值,适用于在道路上使用的所有车辆,是汽车行业最基本的技术标准之一。除定线行驶的双层城市客车高度最大限值为4.2 m外,其余在道路上使用的各种车辆高度最大限值为4.0 m。

综上,通过对公路以及城市道路建筑限界高度的研究,根据通道的等级、在路网中的功能和位置、考虑未来的发展等因素,不考虑大件运输等超限运输车辆情况下,建议采用净空5.0 m。

## 3 公路隧道建筑限界宽度

### 3.1 公路隧道建筑限界横断面组成及基本宽度

设置检修道时,公路隧道建筑限界宽度 = W(行车道宽)+L(左右侧侧向宽度)+J/R(两侧检修

道或人行道宽度)。

根据《公路工程技术标准》、《公路路线设计规范》、《公路隧道设计规范》(第一册 土建工程)相关规定,拟定两车道公路隧道建筑限界横断面宽度见表1。

### 3.2 小客车专用车道相关规定

小客车专用道路可以有效地减少工程成本,尤其对于在超长海底隧道路段,同时由于分流了大客、货车,交通流组成单一,运行速度差异小,一定程度上也有利于道路安全。

#### 3.2.1 公路规范相关规定

《公路工程技术标准》、《公路路线设计规范》规定:八车道及以上公路在内侧车道(内侧第1、2车道)仅限小客车通行时,其车道宽度可采用3.5 m;以通行中、小型客运车辆为主且设计速度为80 km/h及以上的公路,经论证车道宽度可采用3.5 m。

同时根据《公路隧道设计规范》(第一册 土建工程)相关规定,三车道、四车道隧道除增加车道数外,其他宽度同表1;增加车道的宽度不应小于3.5 m。

从安全角度考虑,隧道内禁止随意变道、超车,结合工程实际情况,建议内侧车道设置小客车专用通道,三车道(内侧第1车道)、四车道(内侧第1、2车道)均采用3.5 m车道宽度。

拟定三车道公路隧道建筑限界横断面宽度见表2。

拟定四车道公路隧道建筑限界横断面宽度见表3。

#### 3.2.2 城市道路规范相关规定

《城市道路工程设计规范》一条机动车车道最小宽度规定见表4。

国内外已有较多采用较窄车道宽度的地面和地下道路在运营,如上海外滩隧道,设计速度40 km/h,双层布置,车道宽度为3 m;上海复兴路隧道设计车速40 km/h,双层隧道,其中上层为小

表1 两车道公路隧道建筑限界横断面组成及基本宽度

公路等级	设计速度 /(km·h)	车道宽度 W	侧向宽度		余宽 C	检修道 J 或人行道 R		建筑限界 基本宽度
			左侧 $L_L$	右侧 $L_R$		左侧	右侧	
高速公路	120	3.75 × 2	0.75	1.25	0.50	1.00	1.00	11.50
	100	3.75 × 2	0.75	1.00	0.25	0.75	0.75	10.75
一级公路	80	3.75 × 2	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	10.25
	60	3.50 × 2	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	9.75

注:三车道、四车道隧道除增加车道数外,其他宽度同表1;增加车道的宽度不应小于3.5 m。

表2 三车道公路隧道建筑限界横断面组成及基本宽度

m

公路等级	设计速度 $/(km \cdot h^{-1})$	车道宽度 W	侧向宽度		余宽 C	检修道 J 或人行道 R		建筑限界 基本宽度
			左侧 $L_L$	右侧 $L_R$		左侧	右侧	
高速公路	120	$3.5+3.75 \times 2$	0.75	1.25	0.50	1.00	1.00	15.00
	100	$3.5+3.75 \times 2$	0.75	1.00	0.25	0.75	0.75	14.25
一级公路	80	$3.5+3.75 \times 2$	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	13.75
	60	$3.5+3.50 \times 2$	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	13.25

表3 四车道公路隧道建筑限界横断面组成及基本宽度

m

公路等级	设计速度 $/(km \cdot h^{-1})$	车道宽度 W	侧向宽度		余宽 C	检修道 J 或人行道 R		建筑限界 基本宽度
			左侧 $L_L$	右侧 $L_R$		左侧	右侧	
高速公路	120	$3.5 \times 2+3.75 \times 2$	0.75	1.25	0.50	1.00	1.00	18.50
	100	$3.5 \times 2+3.75 \times 2$	0.75	1.00	0.25	0.75	0.75	17.75
一级公路	80	$3.5 \times 2+3.75 \times 2$	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	17.25
	60	$3.5 \times 2+3.50 \times 2$	0.50	0.75	0.25	0.75	0.75	16.75

表4 机动车车道最小宽度

车型及车道类型	设计速度 $/(km \cdot h^{-1})$	
	$>60$	$\leq 60$
大型车或混行车道 /m	3.75	3.50
小客车专用车道 /m	3.50	3.25

型车专用道路,车道宽度为 3 m。法国 A86 隧道,设计速度 70 km/h,车道宽度为 3.0 m,目前,这些道路运行状况良好,没有出现因车道宽度不足而引发的大量交通事故等问题。

日本从 1994 年提出并开始研究小型车专用道路的有关课题;2002 年提出了小型车专用道路的技术标准。2003 年,修订了《道路构造令》,正式发布“小型汽车专用道路技术指标”,其中小客车车道宽度为 2.75~3.5 m。其他地区小客车专用车道宽度见表 5。

表5 其他地区小客车专用车道宽度

道路等级	国家			
	美国	香港	英国	德国
小客车专用车道 /m	3.3~3.6	3.32	3.35	3.25

由上海市政总院联合同济大学开展的《小客车专用城市地下道路横断面技术标准研究》分别采用理论计算结合实测试验对服务以小客车为服务对象的城市地下道路车道宽度进行了详细研究。在试验时,采用实测轨迹方法,对上海市人民路隧道、新建路隧道以及外滩隧道等多条城市地

下道路的车辆运动轨迹进行了研究,通过车载信息采集设备获取地下道路上车辆的行驶速度、横向偏移等信息数据,分析速度与横向偏移之间的关系,得出了车辆在车道上的分布规律,从而得到不同速度条件下,横向安全距离的取值范围。以设计车身宽度与横向偏移值之和作为最小车道宽度的依据,研究结果表明有效宽度值都小于 3 m,在此基础上考虑一定的安全余量、驾驶人行车舒适性等因素,因此,将服务中小型地下道路的设计速度小于等于 60 km/h 的最小车道宽度取值为 3 m,这样可以有效地节省地下空间资源。同时,其通过驾驶仿真模拟对设计速度 80 km/h 小型车专用地下道路的车道宽度也进行了研究,表明在 80 km/h 设计速度下的车道宽度也可适当降低至 3.25 m 也是可行的。

综上,通过对公路以及城市道路小客车专用车道宽度的研究,考虑为车辆提供较好的服务、对驾驶者心理安全影响、车辆行驶安全等因素,建议小客车专用车道宽度采用 3.50 m。

### 3.3 检修道的设置

设置检修道应综合考虑隧道横断面形式、工程造价、运营管养模式以及施工工法等综合确定。

《公路隧道设计规范》第一册土建工程 4.4.2 规定:高速公路、一级公路隧道应在两侧设置检修道。公路隧道其横断面轮廓主要采用三心圆等形式,形成偏平圆状断面,这样两侧具有很大富余量,但这富余量又不能够为车行所用,为充分利用断面空间位置,所以可用于布置检修道。

但一般情况下海底隧道可不设置检修道,其原因有:海底隧道通常采用盾构法、沉管法施工,以圆形断面形式为主,若设置检修道势必会增大横断面尺寸,从而对工程造价具有很大影响;另外与其管养模式也有关,超长水下隧道由于交通量大、内部尾气等环境安全问题都不合适检修人员工作,所以一般通过夜间封闭交通进行集中养护检修,因此,可以根据具体的施工方法选择不设置检修道。

同时参考《盾构隧道工程设计规范》(征求意见稿)中“三车道盾构隧道和长度不超过 8 km 的双车道盾构隧道内可不设置检修道和紧急停车带”。

综上,结合具体隧道施工方案,可根据情况确定是否设置检修道。

### 3.4 紧急停车带宽度

紧急停车带的主要功能是用来停放故障车辆、紧急情况下疏散交通及救援车辆和救援小组用以进行紧急救援活动等。

#### 3.4.1 紧急停车带的规定

《公路隧道设计规范》(第一册 土建工程)规定:特长隧道、长隧道内不设硬路肩或硬路肩宽度小于 2.5 m 时,单洞两车道隧道应设紧急停车带,单洞三车道隧道宜设紧急停车带,单洞四车道隧道可不设紧急停车带。

紧急停车带设置应符合下列规定:

(1)紧急停车带宽度为向行车方向右侧加宽不小于 3.0 m,且紧急停车带宽度与右侧侧向宽度(LR)之和不应小于 3.5 m。

(2)紧急停车带长度不宜小于 50 m,其中有效长度不应小于 40 m。

(3)紧急停车带横坡可取 0.0% ~ 1.0%。

(4)单向行车隧道紧急停车带设置间距不宜大于 750 m,并不应大于 1 000 m。

(5)双向行车隧道紧急停车带应双侧交错设置,同一侧间距宜采用 800 ~ 1 200 m,并不应大于 1 500 m。

紧急停车带建筑限界的构成见图 2、图 3。

#### 3.4.2 紧急停车带的利用率

港湾式紧急停车带的利用率总体上利用率不高。我国对港湾式紧急停车带的利用率效果缺乏系统调研,根据查阅国外有相关研究,表明港湾式紧急停车带的平均利用率一般在 20% 左右,挪威和西班牙的运营经验表明目前仅有 40% 故障车辆能够利用紧急停车带,相对于投资成本来说,成本效益比并不高。

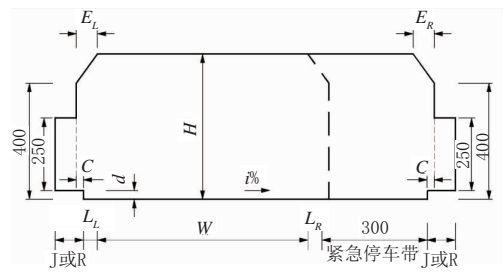


图 2 紧急停车带建筑限界及横向构成(单位:cm)

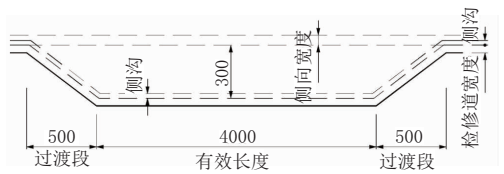


图 3 紧急停车带平面构成(单位:cm)

#### 3.4.3 紧急停车带其他规定

参考《盾构隧道工程设计规范》(征求意见稿)中:

(1)三车道盾构隧道和长度不超过 8 km 的双车道盾构隧道内可不设置检修道和紧急停车带。

(2)长度超过 8 km 或者长度虽然短于 8 km 但交通量特别大的双车道盾构隧道宜设置全隧道贯通的紧急停车带。

参考《城市地下道路工程设计规范》中:

长或特长单向 2 车道城市地下道路宜在行车方向的右侧设置连续式紧急停车带,单向 2 车道的城市地下快速路应在行车方向的右侧设置连续式紧急停车带当设置连续式紧急停车带困难时,宜设置应急停车港湾。

考虑水下特长隧道的施工方法和施工风险,设置港湾式紧急停车带较困难,从运营安全角度考虑,双车道隧道内有条件的情况下建议优先选择设置连续的紧急停车带(即应急车道),三车道隧道可不设置紧急停车带或应急车道,具体结合隧道施工方案综合确定。

#### 3.4.4 连续紧急停车带宽度

我国当前公路山岭隧道为了减小隧道断面面积,控制工程造价,绝大部分采用港湾式紧急停车带。但一些发达国家在隧道内设置连续的紧急停车带,当发生事故时,其应变能力相对港湾式紧急停车带更强,而且提高了行车的舒适性。

世界道路协会认为,当车辆紧急停车而不影响主线行车时,紧急停车带宽度确定方法如下:以中小型车为例,车辆设计宽度为 1.75 m,在此基础上,还需保证 0.5 m 宽度供驾驶人正常开门下车等,因此,紧急停车带宽度为 2.25 m。根据此方法,我国标准车辆小客车宽度规定为 1.8 m,大型车宽

度为 2.5 m, 当车辆紧急停车而不影响主线行车时, 小客车专用地下道路的紧急停车带宽度为 2.3 m, 实际设计中可取 2.5 m, 大型车或混合行驶的隧道紧急停车带宽度为 3.0 m。因此, 规范将 2.5 m 和 3.0 m 作为连续式紧急停车带设置的一般值, 在这种情况下发生事故车辆在停车带上紧急停车时不会对主线车辆产生较大影响。

另一方面, 《城市地下道路工程设计规范》也给出了最小值的要求, 该值确定依据是: 当车辆发生故障或事故在停车带紧急停车时, 即使占用主线一定的车道宽度, 但剩余的路面宽度还能够保证其余车辆在降低速度的情况下能够安全通过, 不至于堵塞。同时根据法国、丹麦、瑞典等国家联合开展的欧洲新建或改建道路安全设计标准研究, 隧道的侧向宽度对驾驶人行为具有显著影响, 当小于 1.5 m 时会对主线正常通行能力和行车安全产生较大负面影响。因此, 综合考虑, 对于小客车专用道路时, 连续式紧急停车带最小值为 1.5 m, 当为混行车时, 需适当加宽至 2.0 m。

综上, 依据《公路工程技术标准》中“高速公路和作为干线的一级公路以通行小客车为主时, 右侧硬路肩宽度可采用 2.5 m, 一般情况采用 3.0 m”规定, 考虑到跨海通道项目一般大货车比例较高, 单向两车道隧道采用硬路肩作为连续紧急停车带时, 为避免车辆在停车带上紧急停车时不会对主线车辆产生较大影响, 建议宽度采用 3.0 m, 且与右侧侧向宽度(LR)之和不应小于 3.5 m。

## 4 结 语

### 4.1 建筑限界高度

通过对公路以及城市道路建筑限界高度的研

究, 根据通道的等级、在路网中的地位和位置、考虑未来的发展等因素, 不考虑大件运输等超限运输车辆情况下, 建议采用净空 5.0 m。

### 4.2 建筑限界宽度

(1)通过对公路以及城市道路小客车专用车道宽度的研究, 考虑为车辆提供较好的服务、对驾驶员心理安全影响、车辆行驶安全等因素, 建议小客车专用车道宽度采用 3.50 m。

(2)根据工程具体隧道的施工方案, 超长海底隧道可以不设置检修道。

(3)考虑水下特长隧道的施工方法和施工风险, 设置港湾式紧急停车带较困难, 从运营安全角度考虑, 双车道隧道内有条件的情况下建议优先选择设置连续的紧急停车带(即应急车道), 三车道隧道可不设置紧急停车带或应急车道。

(4)考虑到跨海通道项目一般大货车比例较高, 单向两车道隧道采用硬路肩作为连续紧急停车带时, 为避免车辆在停车带上紧急停车时不会对主线车辆产生较大影响, 建议宽度采用 3.0 m, 且与右侧侧向宽度(L<sub>R</sub>)之和不应小于 3.5 m。

本文的研究成果可应用于超长海底公路隧道建筑限界技术标准制定中, 并为类似工程提供参考。

#### 参考文献:

- [1] JTG B01—2014, 公路工程技术标准[S].
- [2] JTG 3370.1—2018, 公路路线设计规范[S].
- [3] JTG 3370.1—2018, 公路隧道设计规范(第一册土建工程)[S].
- [4] JTG/T D70—2010, 公路隧道设计细则[S].
- [5] CJJ 37—2012(2016 版), 城市道路工程设计规范[S].
- [6] CJJ 221—2015, 城市地下道路工程设计规范[S].
- [7] 《盾构隧道工程设计规范》(征求意见稿)[Z].2015.

# 《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

电话:021-55008118 传真:021-55008850 投稿及联系邮箱:cdq@smedi.com