

基于驾驶模拟技术的上海沿江隧道车道设计宽度分析

□ 王 婷 王雪松 / 同济大学交通运输工程学院

上海市沿江隧道采用双管6车道高速公路80公里/小时设计速度技术标准,采用盾构工艺。隧道采用国内最大直径盾构机施工,外径15米。由于《公路工程技术标准(JTG B01-2003)》和《公路隧道设计规范(JTG D70-2004)》对右侧最小侧向宽度要求由0.5米调整为0.75米,考虑到现有盾构机的限制及经济条件,提出将内侧车道宽度由3.75米减小至3.5米。

一、国内外规范总结

由于现有标准、规范的不足,对于盾构法施工的高速公路隧道,没有现行的行业技术标准。《公路工程技术标准》对于一般路段设计车速为80公里/小时,车道宽度应为3.75米,8车道时内侧车道可采用3.5米,但是没有针对隧道路段车道宽度的规定。《公路隧道设计规范》以及针对上海城市道路隧道的规范规定,设计车速为80公里/小时,车道宽度采用3.75米,3车道隧道增加车道的宽度不得小于3.5米。

国外一些国家根据自己的实际情况以及建设经验,在各自的建设规范上对隧道车道宽度都做了相关规定。国外设计对于国内建设有一定的借鉴意义,总结了世界上主要几个代表性国家的指南和标准中规

定的隧道横断面的宽度组成和尺寸参数,如表1。

从表1各国对于车道宽度规定的汇总结果可以看出,3.5米的车道宽度在欧洲和日本得到认同,而3.6米的车道宽度在丹麦、美国得

表1 各国车辆设计或推荐速度和车道宽度规定

国家	设计或推荐速度 / $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	车道宽度 /m
澳大利亚	80 ~ 100	3.50
丹麦	90 ~ 120	3.60
法国	80 ~ 100	3.50
德国	100 (26T, 26Tr)	3.50
	70 (26T)	3.50
	110 (29.5T)	3.75
日本	80 ~ 120	3.50
	60	3.25
爱尔兰	120	3.50
	90	3.25
挪威	80 ~ 100	3.45
西班牙	90 ~ 120	3.50
瑞典	70	3.50
	90	3.75
	110	3.75
瑞士	80 ~ 120	3.50 ~ 3.75
美国	80 ~ 120	3.50 ~ 3.75
英国	110	3.65

道路纵横

到广泛认同,只有德国和瑞典规定采用3.75米的车道宽度。德国和瑞典规定采用3.75米车道宽度所对应的设计车速都较高。其中,德国采用3.75米行车道宽度的条件是设计速度为110公里/小时,瑞典采用3.75米行车道宽度的条件是设计速度达110公里/小时和90公里/小时两档。车道宽度的设置与设计车速有密切关联,设计车速越大,对于车道宽度的要求越为严格。从表1各国对于车道宽度规定的汇总结果可以看出,在国外对于设计车速为80公里/小时的公路隧道,3.5米的车道宽度设计被大多数国家所认可。

二、驾驶模拟实验

同济大学驾驶模拟器拥有8自由度的运动系统,横向纵向的活动范围为5米×20米(图1)。驾驶舱内有一辆内饰齐全的Renault Megane III,去除发动机,加载了力反馈系统。投影系统的水平视角为250°,有5个投影仪内置于驾驶舱;每个投影仪的分辨率为1400×1050秒,刷新率为60帧/秒,投影效果逼真。由3块LCD

屏幕组成后视镜。驾驶模拟器控制软件为法国OKTAL公司开发的商业软件SCANeR™。

驾驶模拟隧道建模是指依据道路所在位置的地形数据和道路的详细设计数据,建设一个与现实接近的虚拟的道路环境,并且使参与者通过对驾驶模拟器的操作,能够如在现实世界一样体验这个虚拟的环境。隧道虚拟现实模型开发工作流程如图2所示。

实验采用控制变量的方法,共设置两种道路场景,而两种场景对应两种设计方案。两方案除车道宽度设计有所差异外,其他设计要素保持一致,两方案模型如图3。其中方案一中车道宽度为3.75米×3,方案二中车道宽度为3.75米×2+3.5米。为保证实验的连续性,将两个对比方案设计在一个道路场景中,中间设置接近1000米的开放路段作为两方案过渡段。驾驶员在模拟环境中驾驶真实车辆进行实验,记录并分析车辆驾驶数据,研究车道宽度对运行安全的影响。

共有8个驾驶员参与实验,驾驶员在性别、年龄、驾龄、驾驶经历方面都有不同分布。为充分研究每个驾驶员在不知晓两隧道的差异

下完成两个方案路段的驾驶,让驾驶员在驾驶中保持平时驾驶习惯,实验限速为80公里/小时。为了减小操作的不熟练对驾驶数据的影响,实验分为实验前准备、试驾以及正式实验三部分。实验前准备主要是知情同意书的签署,以及驾驶员注意事项的告知。试驾部分主要是在另一个场景中进行特定驾驶行为的培训,目的是使驾驶员能尽快熟悉驾驶模拟器操作,避免对实验平台的不熟悉导致的实验数据缺陷。正式实验即为在模拟场景上进行实验,并记录驾驶员驾驶数据。

三、基于实验数据的运行影响分析

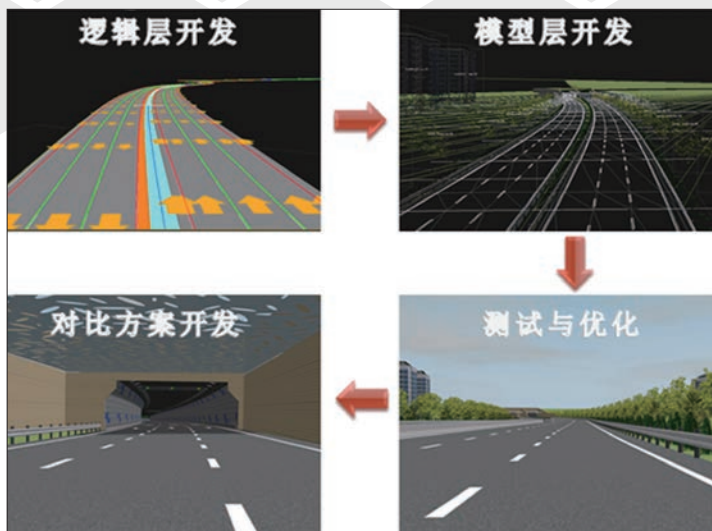
运行影响分析主要包括驾驶员平均车速分布、平均轨迹偏移分布的差异分析。研究范围包括隧道路段以及隧道出入口影响路段,包括隧道入口前300米至隧道出口后300米范围。为了统一所有驾驶员的记录间隔,将以时间间隔记录的原始数据转换为以道路断面间隔记录,并以5米为一个间隔。

两方案平均车速基本一致,速度分布差异基本保持在5公里/小



▲图1 同济大学驾驶模拟器

▶图2 虚拟现实模型开发工作流程



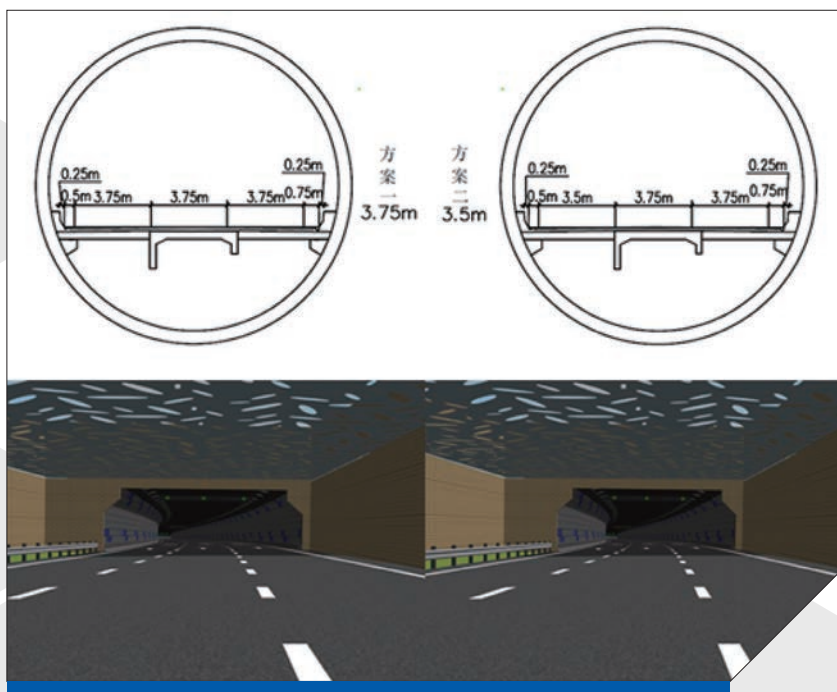


图3 隧道横断面设计方案对比图

两种方案下各路段轨迹偏移的平均值基本保持一致,且两方案下轨迹偏移绝对值均基本保持在0.5米以内。这说明车道宽度的变化没有导致轨迹偏移绝对值的增加,即车道宽度对于驾驶员驾驶习惯没有产生明显的影响,如图5。

四、总结

基于驾驶模拟实验的运行影响分析结果显示:内侧车道由3.75米减小至3.5米,不会造成运行车速以及运行轨迹产生显著的变化。对于限速为80公里/小时的双向6车道高速公路隧道,内侧车道设计为3.5米,可以在保障运行安全性的同时,节约用地、方便施工、节约成本,在实际中可以应用。随着城市化的不断发展,用地资源日益紧张,在交通规划中应该在保障安全性的同时,合理经济地进行用地规划。◆

时以内。这是由于车道宽度的减小没有给驾驶员的速度选择造成影响,也没有对速度的离散性造成影响,减小内侧车道的车道宽度,驾驶员依然能保持接近限速的车速驾车。

两方案下,整个隧道路段车速

变化趋势基本保持不变,在隧道内部线形变化位置行驶车速有轻微波动,波动幅度均控制在10公里/小时之内。这说明车道宽度的轻微调整对于隧道路段车速调整趋势影响甚微,两种车道宽度设计方案下,驾驶员驾驶习惯保持一致,如图4。

图4 隧道路段车速分布对比图

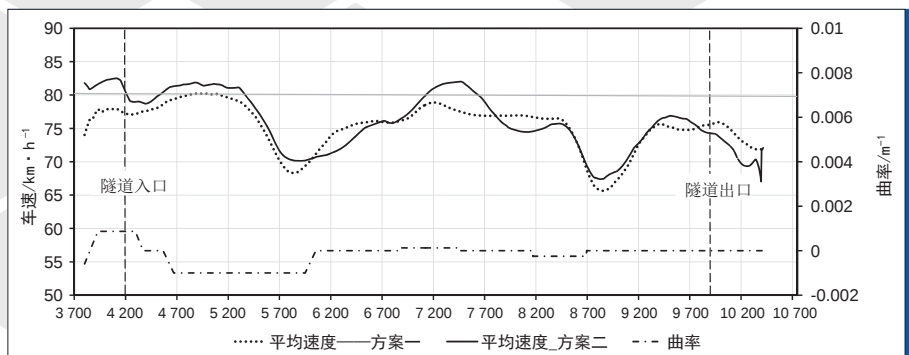


图5 两方案下隧道路段轨迹偏移分布对比图

