

厦门市云顶路空中自行车快速道设计思路

林辉源

(厦门市市政工程设计院有限公司, 福建 厦门 361004)

摘要:分析了国内外自行车快速道的发展现状,阐述了厦门市规划中的空中自行车快速道的设计思路,拟定了设计技术标准,同时解决了桥梁布置、节点设计和安全舒适性等关键性问题,为今后自行车快速道的推广提供了有益的借鉴资料。

关键词:高架桥;自行车快速道;设计思路

中图分类号: U 491.225 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7767(2017)05-0017-05

Design Idea of Elevated Bike Fast Road of Xiamen Yunding Road

Lin Huiyuan

1 国内外自行车快速道发展现状

1.1 国外

欧美发达国家,尤其是丹麦、荷兰、德国等国,对自行车道系统的建设以及提高自行车出行比例问题十分重视。经过数十年的努力,这些国家的自行车道系统不断完善,人们对自行车出行的认可度也逐年提高。其中,荷兰首都阿姆斯特丹市拥有超过 800 km 的自行车专用道;丹麦首都哥本哈根市规划了 28 条自行车快速道,全长 467 km,其中已建成并通车的有 2 条,共长 40 km;德国已规划的自行车快速道长 100 km。

1.2 国内

目前,我国很多城市都在建设和改善城市慢行系

统,修建自行车专用道、绿道,并积极推进公共自行车系统的建立,旨在解决中短距离的出行和与公共交通的接驳换乘问题。少数城市还提出了建设“自行车快速道”的想法,但均未进入实施阶段。

厦门市在《美丽厦门战略规划》中明确提出:打造“公交+慢行”主导的绿色交通体系,结合轨道交通、公交站点建设公共自行车系统,解决“最后 1 km”出行问题,同时也将快捷自行车骨干线(快速道)纳入了道路系统规划中。

《厦门市自行车道路系统初步规划》中将自行车道分为 3 种,见表 1。

根据该规划,厦门市的自行车道路网主要包括:

表 1 自行车道分类表

车道类别	功能定位	路权形式	交叉形式	设计车速/(km/h)
自行车高(快)速路	骨干线,承担骨架功能	专有	与人、机动车完全分离	25~35
自行车专用道	自行车次干线、绿道、旅游道	专有	可与机动车平面交叉	15~30
一般自行车道	网络主体	开放	与道路结合,平面交叉	10~20

①3 条自行车高(快)速道,由沿铁路及海堤进出岛线、BRT 沿线通道构成;②自行车主干路,由环岛线、部分主要绿道、岛内主要干道和部分次干道构成;③一般自行车道。其中,自行车高(快)速道的功能定位为:最大限度地避免机动车和行人对自行车道的干扰,提供快速、安全、舒适的骑行环境,以实现中、长距离(5 km)的通勤功能。其核心是拥有独立的路权。

2 工程概况

2.1 示范段选择

通过分析岛内公共自行车出行热力分布图后发现,岛内公共自行车的出行主要集中于筓筓湖片区和湖边水库片区。由于筓筓湖片区的交通情况较为复杂,工程实施条件较差,而莲前东路—云顶路片区路幅较宽,两侧用地充裕,因此决定在云顶路建设自行

车快速道示范段。厦门市公共自行车出行热力分布见图 1,其中粗黑线为云顶路自行车快速道线路。



图 1 厦门市公共自行车出行热力分布图

莲前东路—云顶路为 BRT 高架桥建设路段,桥梁为双向 2 车道,宽 10 m,距离地面 10 m。经研究,决定采用一种与 BRT、地面公交相并行的通勤方式,充分利用 BRT 桥下空间设置独立的自行车快速道高架段,以节约土地资源,缓解 BRT 车辆及地面公交车运力不足的状况。

2.2 设计标准

目前,国内尚无专门的自行车快速道设计规范及标准。笔者通过分析丹麦、荷兰、美国、英国、我国台湾地区及内地的相关设计手册和规范^[1](世界各国及各地区关于自行车道的技术指标见表 2),并与欧洲自行车组织机构及咨询公司进行交流后,决定该道的设计速度为 25 km/h。云顶路自行车快速道示范段的主要技术指标见表 3。

表 2 世界各国及各地区关于自行车道的技术指标表

国家或地区	设计速度/(km/h)	车道宽度	纵坡	横坡	线形要求	指标依据
美国 (一级自行车路)	32.2	单向最小值 1.5 m, 双向最小值 2.4 m (交通量大时,可增至 3.6 m 或更大)	推荐值<5%;需采用更大坡度时,坡长<50 m	1%~2%	平曲线最小半径为 27.4 m,凸曲线长度限制	《高速路设计手册(自行车交通设计章节)》
英国 (自行车专用道)	32.2	双向推荐值 3.5 m, 双向一般值 2.5 m, 双向最小值 2 m(短距离)	推荐值<3%;当坡度取 3%~5%时,坡长≤100 m; 极限值 7%时,坡长<3%	2.5%	各自行车车型对应限定转弯半径,提供良好转弯视角	《自行车交通设计手册》
丹麦 (自行车高速路)	20	单向最小值 2.2 m, 最大值 3.5 m; 双向推荐值 4 m, 最小值 2.5 m	5%,坡长<50 m; 4.5%,坡长<100 m; 4%,坡长<200 m; 3.5%,坡长<300 m; 3%,坡长<500 m	2.5%	平曲线半径要求能以 30 km/h 的速度安全舒适通行,转弯视线要好,平曲线与竖曲线应综合考虑	《自行车高速路设计标准基本原则》
荷兰 (自行车专用道)	20	单向最小值 1.5 m, 双向推荐值 2.5 m	坡度<7%,坡长控制	1.5%~2.5%	线形要求能安全舒适通行,提供良好转弯视角	《自行车交通设计指南》
台湾地区 (自行车专用道)	10~30	单向宜大于 1.5 m, 最小 1.2 m; 双向宜大于 3.0 m, 最小 2.0 m	推荐值<5%,最大 8%。 3%,坡长<500 m; 4%,坡长<200 m; 5%,坡长<100 m; 6%,坡长<65 m; 7%,坡长<40 m	推荐值 2%,最小值 0.5%	30 km/h 时,最小半径 30 m;20 km/h 时,最小半径 15 m;10 km/h 时,最小半径 3 m	《市区道路及附属工程设计规范》
中国内地		单向最小值 3.5 m, 双向最小值 4.5 m	宜小于 2.5%。 3.5%,坡长<150 m; 3.0%,坡长<200 m; 2.5%,坡长<300 m			《城市步行和自行车交通系统规划设计导则》; 《城市道路工程设计规范》

表 3 云顶路自行车快速道示范段主要技术指标

设计速度/(km/h)	道路宽度	纵坡	横坡	线形要求
25	单向 2 车道净宽 2.5 m, 双向 4 车道净宽 4.5 m	主线最大纵坡 3 %, 出 入口坡道一般不大于 7 %	1.0 % (实际使用偏小, 建议改为 1.75 %)	最小平曲线半径一般值 30 m, 极限值 25 m

此外,该高架桥桥梁设计标准为:荷载 5.0 kN/m²、栏杆推力 2.5 kN/m、栏杆高度 1.3 m、上部结构竖向自振频率≥3 Hz。

2.3 桥梁和线位布置

2.3.1 新建桥梁总体布置

自行车快速道高架桥布设在既有云顶路 BRT 桥梁下,其桥梁梁形及高度都必须满足桥下空间要求。

1)由于既有桥梁未考虑后建桥梁的荷载,且原下部结构的承载力无法满足新建桥梁的荷载要求,因此新建桥梁需重新设立桥墩,新桥墩与既有桥墩错开布置。

2)受到既有桥墩和桥下车行道的影响,自行车道需分 2 幅布置,墩柱设置在中分带内,同时设置横梁结构作为纵梁支撑,以构成先横梁后纵梁的结构体系。

3)桥上自行车道净空 2.5 m,桥下机动车道净空 5.0 m,新建桥梁纵梁梁高 1.0 m。为与既有桥梁匹配,

新建桥梁的跨径与既有桥梁跨径相近,以 30 m 为主,因此该桥采用的是自重较轻且易于拼装的钢箱梁桥。

4)新建桥梁采用先横梁后纵梁体系,为减少横梁受力,要求纵梁中心尽量偏向横梁中间,而为与既有桥梁横断面(斜腹板单箱加悬臂薄翼缘)相协调,还需优化横梁受力,以使其外形更加美观,同时也可减少对桥下车行道空间的压迫。其纵梁采用了外侧轻盈、内侧厚重的弧形断面。

5)为减小翼缘厚度,使外侧梁形显得更加轻盈,翼缘采用了斜板与箱梁底板相连的方式。

经综合考虑以上因素,新建桥梁大部分沿既有 BRT 桥梁两侧双幅布置,单幅单向 2 车道,净宽 2.5 m,单幅桥宽 2.8 m,设计断面总宽与现有 BRT 桥基本相同。部分新建桥梁因 BRT 站台或净高不足而甩至路侧,采用单幅断面,双向 4 车道,净宽 4.5 m,全宽 4.8 m。桥梁总体布置见图 2。

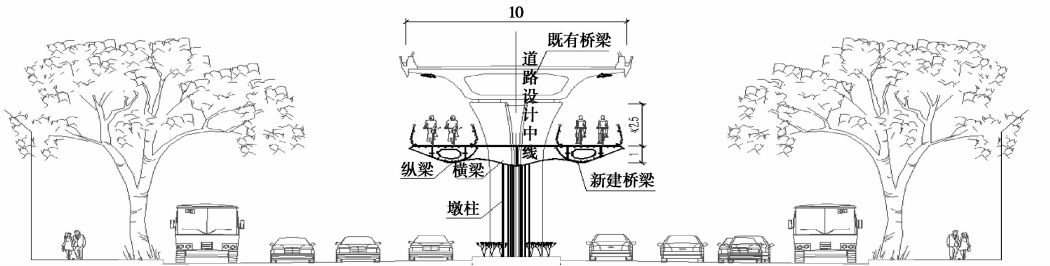


图 2 桥梁总体布置(m)

2.3.2 自行车快速道平面线位确定

自行车快速道起自 BRT 洪文站,终至 BRT 县后站,全长 7.6 km,共设 11 个出入口,与沿线 6 个 BRT 站点、2 个轨道站点、4 个主要商业和行政办公楼衔接,并预留机场、五缘湾、软件园二期、会展中心(前埔)等 4 处连接线。

3 设计重点

3.1 重要节点设计方案

重要节点主要位于 BRT 站台、地铁站点及出入口等位置,设计中主要需考虑主线与各种建筑物的衔接。例如:枋湖北二路口节点经过 BRT 双十中学站,自行车快速道沿云顶路东侧绕行,而地铁 3 号线在该路口也设置了 1 个站台,其出入口 2 层与 BRT 车站天桥直

接衔接,因此设计中将自行车快速道出入口及停车平台与地铁出入口站台 2 层衔接后,再接入 BRT 车站天桥。由于目前地铁尚未施工,天桥暂时与 BRT 车站天桥连接,远期再结合地铁出入口进行自行车停车平台设计。另外,在该节点北侧设置了 1 处骑行坡道,以连接现状地面自行车道。该路口节点平面布置见图 3。

3.2 平面交叉路口通行方式

BRT 沿线有 3 座横跨道路的人行天桥,自行车快速道与人行天桥采用直接平交方式衔接。自行车快速道虽然属于非机动车道,但其骑行速度可达 25~35 km/h。为了保证自行车的通行和人行通道上行人的安全,自行车快速道在与横向人行天桥等设施交叉时,其道口必须设置如下交通设施:①自行车道设置停车让行警示



图3 枋湖北二路口节点平面布置图

标志、标线;②进入路口段前30 m采用桔红色铺装;③可辨别行人与骑行者的识别系统,并设置仅针对骑行者开启的闸口。该交叉路口设置见图4。

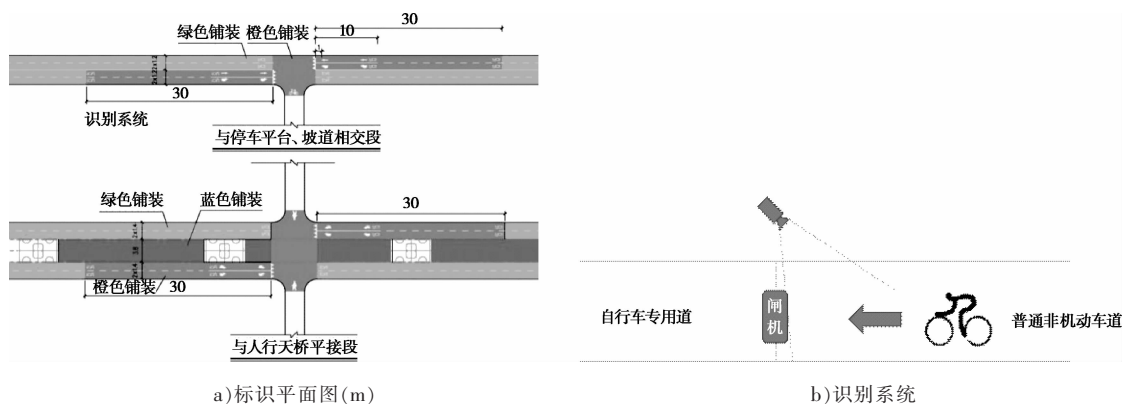


图4 交叉路口设置

3.3 沿线停车平台

根据预测,自行车快速道单向高峰通行量1238辆/h,双向高峰通行量2476辆/h,高峰出行比例为20%,全天通行12380辆,其中利用停车平台的自行车约占总数的55%。按停车泊位周转率5次/d计算(现有厦门市公共自行车停车周转率为3.7~5次/d),预测该自行车快速路

需设置平台停车泊位1367个,每个站点均按所预测的自行车停驻数量设计其停车平台规模。停车平台主要设计成圆盘状,直径大小依据停车泊位数量来确定。例如:瑞景站预测需112个停车泊位,采用直径19 m和15 m的两相嵌圆盘式,可停放自行车117辆,同时还设置了电梯和楼梯。瑞景站停车平台布置及效果图见图5。

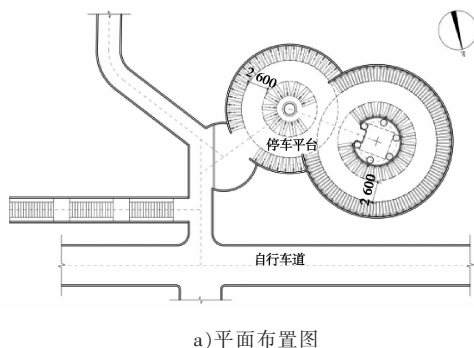


图5 瑞景站停车平台

3.4 桥梁栏杆高度及振动舒适性

1) 桥梁栏杆高度

各国规范规定的自行车桥栏杆高度各不相同。其中:丹麦的栏杆高度为 1.2 m;荷兰根据骑车人重心高度 1.2 m(荷兰人平均身高全球第一)而规定栏杆高度为 1.2~1.3 m;美国规范规定不可低于 42 英寸(1.07 m);英国规范的推荐值为 1.4 m。

为了确定该自行车快速道的桥梁栏杆高度,笔者在厦门市的天桥上进行了实地测试。骑行模特身高 1.76 m,重心位置约 1.05 m。骑行模特分别体验了 1.5 m 和 1.3 m 2 种高度的栏杆,最后决定选用 1.3 m。该栏杆高度既能满足骑行者的安全性要求,又不会对骑行者产生太大的压迫感。

2) 桥梁振动舒适性

为避免产生共振,目前我国规范规定人行天桥竖向自振频率必须大于 3 Hz,对自行车桥却无专门规定。其他国家则主要通过避开敏感频率法和限制动力响应值法来确定桥梁的振动舒适性^[2]。例如:荷兰设计手册中将人行桥与自行车桥归入一类,要求其竖向自振频率大于 3 Hz;英国规范 BSI 则规定当人行桥竖弯基本固有频率小于 5 Hz 时,其竖向最大加速度值(即舒适度指标)需小于 $\alpha_{\text{lim}}=0.5\sqrt{f_v}$ 。

经分析和论证,自行车快速道桥梁的竖向自振频率必须大于 3 Hz。在进行分离式双幅桥振动舒适性设计时,2 幅桥间设置了加强系梁以提高竖向自振频率。对于 3×30 m 的连续梁,未设置系梁时,其竖向自振频率为 2.86 Hz;当每跨加设 2 根系梁后,其竖向自振频率为 3.40 Hz。后期使用中发现,由于系梁的作用,分离式桥梁动力响应明显减少,与理论计算相符。

3.5 新材料和新工艺

自行车快速道桥梁梁高 1 m,如采用防滑地砖或沥青混凝土铺装,不仅铺装层较厚,地面较硬,骑行舒适度差,而且沥青混凝土还会受到材料搬运、机械摊铺等施工条件的限制,因此这 2 种材料均不合适。实际操作中,先对 3 种防水耐磨薄层铺装系统材料进行了试铺及体验,再通过室内性能检测,最后决定选用晶钢树脂聚合物铺装系统,厚度 8 mm。该桥面铺装结构层见图 6。

该桥梁为自行车快速道专用桥梁,荷载较小,钢箱梁一联长 90~120 m,每联端头在墩顶横梁的两侧设 2 道伸缩缝,以减少变形量。该工程采用的是 80 mm 型弹塑体与型钢结合伸缩缝,无需设置预埋件,但受梁高限制,

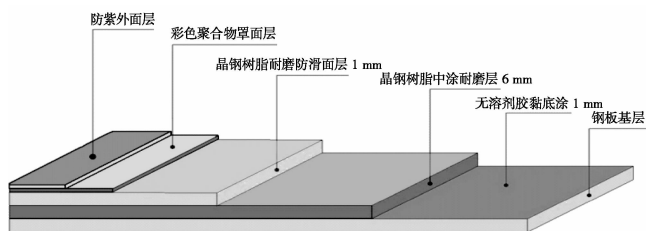


图 6 自行车快速道桥面铺装结构层

伸缩缝安装的最小深度为 8 cm。使用中,由于自行车骑行舒适度对缝宽的要求较高,超过 2 cm 就容易导致跳车,因此后续还应针对自行车快速道专用桥梁研究轻荷载、表面无间隙的伸缩缝。分离式高架桥竣工图见图 7。



图 7 分离式高架桥竣工图

4 结语

自行车快速道建设在我国尚处于探索阶段,国内既无专用的设计规范,也无统一的设计标准。云顶路自行车快速道作为国内首条空中自行车快速道,其专用高架桥长度在国际上也属罕见。该工程不仅创造性地提出了在既有高架桥下建设自行车专用道桥梁的设计思路,而且通过拟定快速道示范段的设计标准,解决了桥梁布置、节点设计和安全舒适性等关键性问题,为今后自行车快速道的推广建设提供了值得借鉴的技术资料。MET

参考文献:

- [1] 保罗·塞克恩,劳拉·詹皮莉.慢行系统:步道与自行车道设计[M].贺艳飞,译.桂林:广西师范大学出版社,2016:36-38.
- [2] 陈阶亮,裘新谷.人行桥振动舒适性评价方法及标准研究现状[J].桥梁建设,2010(1):75-78.

收稿日期:2017-03-29

作者简介:林辉源,男,高级工程师,学士,主要从事城市桥梁、道路和隧道的设计及管理工作。