

温州瓯江北口公铁合建特大桥总体方案研究

陈 凡

(温州市城市道路建设研究中心, 浙江 温州 325000)

摘 要: 公铁合建桥梁相较于单独建设,能有效节约土地和海域资源,减少时间和资金投入,提升项目的经济性和环境友好性。以温州跨瓯江北口公铁合建特大桥为例,通过对车行通道建设需求、桥位资源稀缺性、岸线保护和工程投资节约等方面的分析,印证了公铁合建的必要性、合理性和经济性;同时,论述了该工程总体布置方案,并在对比公铁分层和平层2种方案的优劣后,推荐了平层方案。此外,还对桥梁两侧的接线道路工程方案进行了研究。

关键词: 公铁合建;必要性分析;总体方案;平层方案;接线道路

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)08-0102-05

Study on Overall Scheme of Highway-Railway Co-constructed Bridge at North Estuary of Oujiang River in Wenzhou

CHEN Fan

(Wenzhou Urban Road Construction Research Center, Wenzhou 325000, China)

Abstract: Compared to individual construction, the co-construction of highway and railway bridges can effectively save the land and sea resources, reduce the time and capital investment, and enhance the economic and environmental friendliness of the project. Taking the highway-railway co-constructed bridge at the north estuary of Oujiang River in Wenzhou as an example, the necessity, rationality and economy of the co-construction of highway and railway are confirmed through the analysis of the construction demand of vehicle lanes, scarcity of bridge position resources, shoreline protection, and engineering investment savings. At the same time, the overall layout scheme of the project is discussed, and the leveling scheme is recommended after comparing the advantages and disadvantages of two schemes, such as layering and leveling of highway and railway. In addition, the connection road engineering schemes on both sides of the bridge are studied.

Keywords: highway and railway co-construction; necessity analysis; overall scheme; leveling scheme; connection road

0 引 言

公铁合建桥梁指公路和铁路共通道建设一座桥梁。相比单独修建2座桥梁,不仅能充分利用桥位资源,节约土地和海域资源^[1],还能节省大量的时间、资金和资源^[2],整体上更有利于项目的收益、经济评价和融资。公铁合建桥已经成为桥梁规划设计中的重要桥型。

既有研究包括:依托石济客运专线黄河特大桥建设,对大型跨河公铁合建桥梁桥位选择、桥型选择的研究^[3];郑州黄河公铁两用桥总体设计方案研究^[4];大桥选择铁路公路两用桥方式的经济性分

析^[5];以及从交通现状、交通需求、功能定位、建设方案、建设时机等方面对公铁合建必要性的研究分析^[6]等。然而,既有研究尚无对公铁合建桥从必要性、合理性、落地性等方面统筹的系统性分析,因此值得更加深入的研究,为项目决策提供依据。本文对温州跨瓯江北口特大桥采用公铁合建的必要性进行分析,并对其总体布置方案进行研究,针对公铁分层和公铁平层2种方案进行分析比选后,确定公铁平层为推荐方案。本文同时研究了桥梁两侧接线道路方案,以保证过江通道与两岸交通的良好衔接。

1 工程概况及建设条件

1.1 工程概况

某瓯江跨江特大桥在乐清市北白象镇附近跨越瓯江北口,于灵昆岛上岸,距西侧磐石电厂码头约

收稿日期: 2024-12-24

作者简介: 陈凡(1974—),男,学士,高级工程师,从事道路建设管理和研究工作。

1.6 km,距东侧七里作业区集装箱码头约 1.4 km,距下游甬台温高速复线瓯江北口大桥 7.5 km,距龙湾机场远期规划跑道北端约 9 km。

该线位上规划有沿海高铁和城市快速路,是一条复合交通廊道。桥区河段通航环境较复杂,影响桥位方案的主要因素有温州机场航空净空控制要求、瓯江北汊航道规划和通航净空要求、两岸码头港口现状和规划、瓯江口门的水文地质条件的影响等。

项目地理位置图见图 1。



图 1 项目地理位置图

1.2 技术标准

拟建铁路为高速铁路,设计速度 350 km/h,过江段为 4 线,线间距 5 m;轨道结构形式为有砟;最大坡度为 20‰,到发线有效长度 650 m。

拟建道路为城市快速路,设计速度 80 km/h,主线双向 6 车道,宽 26 m;采用沥青路面,BZZ-100 标准轴载;圆曲线最小半径 400 m,最大纵坡 4.0%;使用年限为 100 a。

设计洪水频率为 1/100,并按 1/300 校核。

航道等级为 3 万 t 级,通航净空为宽 409 m×高 49.8 m。

1.3 建设条件

桥位处主要为冲海积平原,两岸多为河口平原和浅滩,地势平坦,河网交错。分布在瓯江两侧及灵昆岛一带的江心洲,为潮汐和河流双重作用堆积而成,组成物质为全新统粉砂和砂、泥互层以及淤泥质粉质黏土,地势平坦。该区岸坡不甚稳定,特别是江心洲,往往是上游冲刷,下游堆积。南岸临近天祥物资码头,沿岸线有 G330 国道,距岸线约 150 m。

工程区域属亚热带季风气候区,兼受海洋对气候调节作用,气候区划属ⅢA 区。具有季风显著、四季分明、温暖湿润、冬无严寒、夏无酷暑、光照充足、雨量丰富、台风灾害频繁的气候特点。

桥位周边控制性建筑主要有瓯江北岸的电厂及码头、七里港作业区、瓯江北口大桥(2×800 m 悬索桥)、龙湾国际机场等。

瓯江北岸的电厂位于桥位上游约 800 m,电厂码头距离桥位约 1.6 km,可满足最小 4 倍船长(4×241=964 m)的距离要求。七里港作业区主要承担内贸集装箱、散货及杂货运输,兼顾客运,桥位距离该作业区集装箱码头约 2.2 km,可满足最小 4 倍船长的距离要求。瓯江北口大桥采用 230 m+800 m+800 m+348 m 的 3 塔悬索桥,位于桥位下游约 7.1 km,不影响该项目桥梁通航孔的布置。该项目主桥位于龙湾机场限高区域边界,距离温州机场远期规划跑道北端约 9 km,位于外水平面范围,要求主塔限高 208 m。

2 合建工程必要性分析

拟建沿海高铁是国家综合立体交通网长三角至粤港澳主轴、国家“八纵八横”高速铁路网主通道之一,线位已明确。重点分析地方城市快速路与之合建的必要性。

2.1 快速路通道建设必要性分析

(1)是完善区域路网的需要。该项目是规划城市快速路的重要组成部分,而温州东部现状南北向快速通道匮乏,龙湾与乐清之间的交通往来绕行距离远,通行时间长,成本高。通过该通道建设,可以建立起方便快捷的通行方式,改善区域交通环境,完善区域路网结构。

(2)是完善过江通道布局的需要。现状温州东部过江通道数量少、间距大,尤其是灵昆岛与乐清之间仅有北口大桥一条过江通道,过江方式单一,且距离中心城区路程较远,通行成本高。该车行通道的建设可以有效缩短瓯江两岸的行车时间,提高交通效率。

(3)是促进城市一体化的需要。该过江通道的建设将进一步加强乐清和龙湾之间的联系,有助于资源的优化配置和产业布局,促进柳白新区与海经区及温州湾新区融合发展,促进沿线居民的交流交往,有力促进城市东部一体化发展。

2.2 桥位资源稀缺性分析

根据《内河通航标准》(GB 50139—2014),2 座相邻水上过河建筑物的轴线间距,Ⅰ~Ⅴ级航道应大于代表船队长度与代表船队下行 5 min 航程之和。瓯江北口通行 3 万 t 级集装箱,航程之和为 1.2 km。在铁路桥位选定后,公路异位分建,跨瓯江北口桥位

需在铁路桥位上下游各 1.2 km 以外,与沿岸港口码头冲突,区域范围内已无新的桥位可选。若与铁路桥位间距 50 m 内并行建设,则通航审批难度大、征拆费用高,并行分建难度大、费用高。因此,该廊道资源在区域范围具有唯一性,规划快速路若不结合铁路共廊道同步建设,后期将无法落地实施,势必导致该快速路取消或线位作重大调整。

2.3 保护岸线分析

拟建桥梁桥址位于瓯江港区,北岸为七里作业区范围,建设有 2.5 万 t 级集装箱泊位,3 个万 t 级泊位和部分 500 t 级及以下散杂货码头;南岸为灵昆作业区范围,建设以通用散杂、多用途码头和内贸集装箱码头为主的万 t 级泊位。由于两岸港口码头众多,岸线资源十分宝贵,公铁合建对于促进港口岸线资源的节约利用与保护具有重要意义。

2.4 工程投资节约分析

该项目若单独建设 4 线铁路主通航孔桥,则建筑安装工程费约 23.5 亿元;单独建设 6 车道城市道路主通航孔桥,则建筑安装工程费约 20.9 亿元,两者合计约 44.4 亿元。而公路与铁路合并建设的建筑安装工程费约 31.5 亿元。两者相比,公铁合建可节约投资约 12.9 亿元,节约 29%,经济效益显著。

3 合建工程总体方案

3.1 总体布置方案

根据 2.2 节的分析,可以得出在瓯江北口规划廊道内公铁分建不具备可行性,推荐采用公铁合建形

式。桥区航道规划为乘潮通航 3 万 t 级船舶,而 3 万 t 级集装箱船空载水线以上高度为 47.3 m,考虑富余高度和未来海平面上升高度后,桥梁通航净高为 $47.3\text{ m}+2\text{ m}+0.5\text{ m}=49.8\text{ m}$ 。拟建桥梁 3 万 t 级船舶单向通航净宽为 229.0 m,单孔双向通航净宽为 433.8 m。因此,推荐采取主跨为 700 m,设计通航净高为 49.8 m,净跨为 656.2 m,能基本满足代表船型单孔双向通航要求。

针对主跨 700 m 的公铁合建桥梁,结合目前国内桥梁的建设水平和地质条件,可选桥型有斜拉桥、悬索桥和斜拉悬索协作体系桥。悬索桥和斜拉悬索协作体系桥均需在水中设置锚碇,不满足瓯江北口行洪要求,且造价更高。斜拉桥为自锚体系,整体刚度优于悬索桥,适用于重载交通或公铁两用,在 400~1 000 m 大跨度内更具竞争力。因此,推荐斜拉桥方案,主桥布置为 126 m+266 m+700 m+266 m+126 m 的钢桁梁斜拉桥,全长 1 484 m,边中跨比为 0.56。

公铁合建斜拉桥主桥立面布置图见图 2。

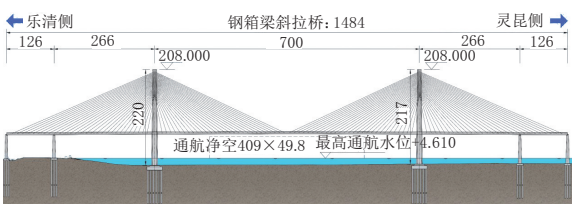


图2 公铁合建斜拉桥主桥立面布置图(单位:m)

3.2 公铁合建平层与公铁合建分层方案比选

目前我国公铁两用桥一般采用公铁分层或公铁平层方案,其中公铁分层又可分为铁路上层和城市道路上层 2 种。3 种合建方案的优缺点列于表 1。

表 1 3 种合建方案优缺点比较

项目	公铁分层		公铁平层
	铁路上、道路下	铁路下、道路上	
桥梁断面	断面较平层窄,铁路上层为梯形截面,不利于截面设计,工程实例少	断面较平层窄,铁路下层整体刚度大,受力合理	断面较宽,整体竖向刚度较分层小
铁路线路条件	铁路标高上抬约 15 m,受铁路纵坡限制,下坡段较长,增加铁路基础投资	铁路标高与原设计一致,不影响铁路线形	铁路标高与原设计一致,不影响其线形
道路接线条件	道路位于下层,标高较低,易于公铁分叉及两侧道路接线	道路位于上层,标高相对高约 15 m,分叉及两侧道路接线较难	需要与铁路设立交叉,立交规模较大
道路行车推荐	道路位于下层,视野较封闭,噪声较小	道路位于上层,视野开阔,且噪声较小	视野一般,噪声较大
		√	√

经初步比选,不推荐公铁分层(铁路上层、道路下层)方案。以下仅对公铁分层(铁路下层、道路上层)、公铁平层 2 个方案进行比选研究。

3.2.1 公铁合建分层方案

公铁合建分层主桥横断面图见图 3。
采用 2 片桁的矩形截面,设上、下双层桥面。上

层设 6 车道道路,下层设 4 线铁路,桁高为 13.5 m,腹杆采用 N 型布置,桥梁全宽 30 m。

3.2.2 公铁合建平层方案

公铁合建平层主桥横断面图见图 4。

4 线铁路+6 车道道路,铁路桥面宽 26.5 m,道路单侧宽 14.65 m,总宽 59.5 m,高 4.5 m。

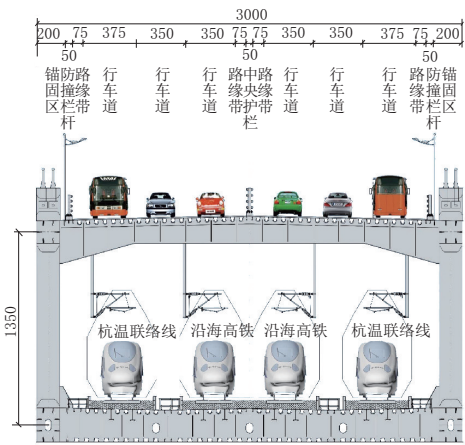


图3 公铁合建分层主桥横断面图(单位:cm)

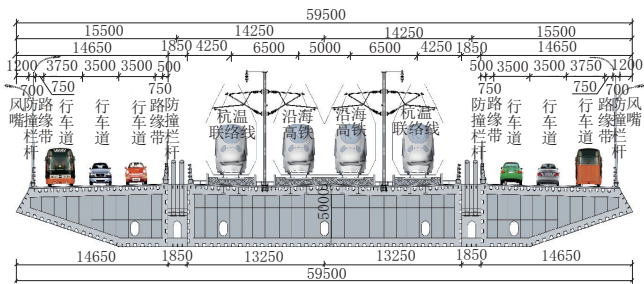


图4 公铁合建平层主桥横断面图(单位:mm)

公铁合建平层与公铁合建分层方案比选表见表2。

表2 公铁合建平层与公铁合建分层方案比选表

项目	公铁平层方案	公铁分层方案
使用性能	同层布置,截面宽度较宽	分层布置,截面紧凑
结构受力	流线箱型截面,颤振性能良好,涡激共振值得关注	桁梁截面通透,竖向刚度相当,横向刚度较小
运营维护	钢桁梁维护工作量较少	钢桁梁维护工作量较大
公铁运营	有一定干扰,设防眩防风抛措施后满足运营要求	公铁运营互不干扰
接线条件	道路纵断面低,纵坡在4%以内,接线更短	道路纵断面较高,纵坡达5%,接线更长
土地利用	与铁路交叉,2幅桥存在夹心地	左右2幅城市桥梁并行,对土地规划利用影响小
工程投资	约69.1亿元	约70.3亿元

经比选,2种方案技术上均可行,造价相当,但平层方案接线条件更好、有利于交通疏散,因此予以推荐。

4 接线道路研究

大桥与两岸的道路衔接方案是大桥建成后及时发挥最大效益的关键问题,需充分考虑交通需求、规划条件及衔接线形条件。该工程两岸沿桥两侧为城市待开发区域,大量规划的道路尚未建成,接线工程设计的总体思路是依据城市道路交通最新规划,以近远期交通需求预测为基础,充分考虑现状道路和

规划道路,接近远期结合实施、公路和城市道路兼顾的原则,来确定接线工程方案。

4.1 接线道路技术标准

乐清市与龙湾区接线道路作为连接2个区域的重要联系通道,功能定位为以交通功能为主的交通性干道。

乐清侧接线工程设计速度80 km/h,圆曲线最小半径400 m,最小长度70 m;龙湾侧接线工程设计速度60 km/h,圆曲线最小半径200 m,最小长度50 m。

4.2 乐清侧接线道路方案

乐清侧接线工程线位图(推荐)见图5。

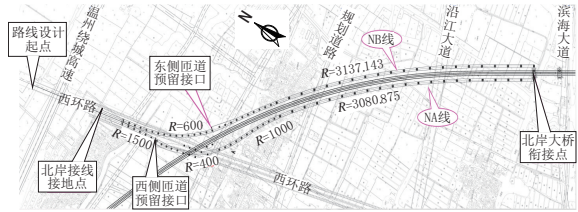


图5 乐清侧接线工程线位图(推荐)

近期连通绕城高速北线地面道路,并预留衔接规划主干路沿江大道及规划柳白龙湾快速路。近期桥梁主线需要先落地,接线方案有2种。

方案一(主线直接落地):近期主线以双向6车道直接落地接规划西环路,地面道路两侧再预留双向4车道通行。实施远期道路时,为保证交通功能,需要先新建主线上、下桥匝道桥,再拆除已建300 m主线落地段,新建上跨北侧温州绕城高速的高架快速路。

方案二(以匝道落地):近期主线预留跳水平台,并在两侧以双幅匝道桥(单向2车道)的形式落地,接入西环路地面道路。远期直接在跳水平台处新建上跨北侧绕城高速的高架快速路。

方案一虽然远期涉及主线落地段改造,需要增加投资,但是近期功能完善,安全性强,对城市景观更加友好。因此,推荐采用方案一。

4.3 灵昆岛侧接线道路方案

近期落地在G330国道(环岛快速路),预留衔接规划的公路车昆线。G330国道节点设置枢纽互通立交,根据交通量预测结果,主交通流往龙湾方向,次交通流往南经瓯江口大道连接海经区,往G330洞口方向交通量最小。因此,在快速路主线与铁路分离后,设置6条匝道接地。

其中,灵昆岛西侧为快速路主流向,设置2条匝道(单向2车道)接地,接地点位于G330道路两侧;同时对G330进行拓宽改造,落地地面设置为双向8车

道。考虑到西向灵昆特大桥后期会改扩建,此方案接线道路与扩建后的灵昆特大桥衔接更为顺畅。灵昆岛南侧设置2条匝道(单向1车道)接瓯江口大道(车昆线),接地点位于瓯江口大道两侧。灵昆岛东侧设置2条匝道(单向1车道)接地,接地点位于G330道路两侧,G330国道地面段拓宽为双向8车道。

灵昆岛侧接线工程线位图(推荐)见图6。



图6 灵昆岛侧接线工程线位图(推荐)

5 结 语

(1)公铁合建大桥具有良好的综合效益,是城市发展的重要机遇。但城市道路由地方主导,干线铁路由国家主导,公铁合建工程在不同的投资主体间存在技术方案、建设时序、投资分劈、后期管养等复

杂问题,特别是地方政府,更需提早谋划布局,加强统筹对接,才能实现预期目标。

(2)本文以跨瓯江某特大桥为例,从车行通道建设、桥位资源稀缺性、岸线保护、节约投资等方面分析了公铁合建工程的必要性,并对平层与分层2种方案进行了分析比选,得出平层方案具有接线条件更好、交通疏解更便利等优势。还对桥梁接线道路进行了研究,从路网交通衔接、工程可实施性等角度得出了推荐线位方案。研究结果可为今后类似公铁合建特大桥或跨江通道工程提供经验和借鉴。

参考文献:

- [1] 李卫平.沪通铁路长江大桥公铁两用方案的经济性研究[J].工程造价管理,2009(6):23-24.
- [2] 雷俊卿,黄祖慰,桂成中,等.公铁两用大桥现状与可持续发展趋势分析[J].钢结构,2016,31(11):1-4.
- [3] 高永强.石济客运专线黄河特大桥总体建设方案[J].城市道桥与防洪,2019(5):79-89.
- [4] 刘俊锋,王为玉.郑州黄河公铁两用桥总体设计[J].铁道标准设计,2009,3(1):53-55.
- [5] 高宗余.武汉天兴洲公铁两用长江大桥总体设计[J].桥梁建设,2007(1):5-9.
- [6] 张大坤,陈方东,高恩全,等.甬舟铁路及高速公路复线公铁合建必要性研究[J].城市道桥与防洪,2023(4):16-19.

《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

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadbridgeflood@163.com

