

文章编号:1006—2106(2005)01—0061—04

客运专线特大桥设计简介

朱旭初

(中铁大桥局勘测设计院有限公司,湖北 武汉 430050)

提要:本文主要介绍了我国铁路客运专线中的桥梁设计、研究工作现状及目前所采用的动力仿真计算情况,并结合上述简单介绍了京沪高速铁路上济南黄河大桥等三座特大桥的设计工作。

关键词:客运专线;动力仿真计算;特大桥;设计

中图分类号:U441 **文献标识码:**A

1 引言

我国高速铁路的规划、设计、研究工作始于上世纪90年代,十余年来,我院一直在进行这方面的桥梁设计工作。最新是京沪高速铁路济南、南京两座特大桥的设计工作,其时武汉天兴洲长江大桥仅仅是作为武汉铁路枢纽过江通道的越江工程。

对于高速铁路,开始时无无论是工程设计技术标准还是运营设备和运营管理等还是一片空白,特别是工程设计技术标准,不仅没有最基本的、常规桥梁设计标准,更缺少特大型桥梁设计的特别技术标准。纵观世界高速铁路的建设、运营发展史,最典型的国家是日本、法国和德国,这些国家不仅有建设、运营等方面的经验,还开发研制了诸多的专门运营车辆、信号等专用设备,有很多值得我国借鉴的实践经验。但由于这些国家的地理环境与我国的不同,并没有跨大江大河的特大型桥梁,因此造成我们设计中的无章可循,这就需要我院进行一些专题的研究工作。到目前为止,还缺少诸如大跨桥梁刚度和多跨度大跨连续梁桥下基础刚度等方面的具体规范。通过最近几年铁路大提速的实践和研究国外高速铁路的相关规范,高速行车有别于普通运营速度行车的最主要问题是桥梁的动力特性问题,当然也包括机车辆的动力特性问题。在高速铁路桥梁的设计中,按原来把动力问题简化为静力计算的办法已不适应高速铁路的设计需要,需要特别关注桥梁的动力反应问题。在这方面,我院结合京沪高速南京长江大桥和济南黄河大桥进行了这方面的研究工作。除借

鉴外国的相关经验外,还采用当前最普遍的动力仿真计算来验证我们的工程设计。

2 动力仿真计算简介

在这里顺便介绍一下我院三座大桥动力仿真计算的一些条件和作法。动力仿真计算是目前桥梁结构设计按静力计算的一种检验的补充。由于影响因素多,随机性又复杂,因此模拟仿真计算必须首先确定计算的基本条件,它牵涉到桥梁结构、轨道结构、机车车辆、行驶速度等多方面的因素。如前所述,在桥梁结构上参照国外的经验,结合我国的一些基本规定,在桥梁结构刚度方面,在合理的结构条件下,尽量提高桥梁的刚度。在轨道的不平顺上采用德国相同轨道结构的低干扰谱作为计算激振源,而在按铁道科学院建议的轨道门谱车辆上,在我国目前还没有确定最终使用车型的条件下,分别采用德国的ICE3车辆,法国的TGV车辆和日本的500系列动力分散式车组和国产300 km/h动力分散式车组进行仿真计算。为兼顾开通运营后将有中速客车上线行驶的条件,还采用了国产先锋号动力分散式车组和国产中华之星动力集中式车组进行计算分析。

在南京长江大桥和武汉天兴洲公铁两用的四线铁路桥上,采用I线干线目前运营货车C62,按美国五级谱作为激振源进行了空车和混编车的动力仿真计算分析。

在我院的三座特大型客运专线大桥设计中,我们首先关注的是桥梁的刚度问题,这包括桥梁的竖向刚度、横向刚度、梁端竖向转角以及桥梁基础的水平推力

刚度及桥墩的纵横向变形量与轨道稳定有关的诸多问题。其次是铁路桥面的轨道问题,由于采用钢梁明桥面已不能满足高速列车行驶的要求,需要进行有碴和无碴桥面的研究。

在当今世界上大跨度高速铁路最典型的代表性的桥梁是丹麦的厄勒海峡大桥,这是一座公铁两用设计 250 km/h 的公铁两用斜拉桥,全长 7 844 m,主跨 490 m,边跨 140 m 的三跨连续的双塔双索面斜拉桥,主梁为钢混凝土叠合桁架结构,为有碴轨道。铁路双线,公路双向 4 车道。目前开通铁路为 220 km/h 以下试验速度为 200 km/h,从其设计列车行驶速度来看,与我国目前最高时速 300 km 是有差距的。因此,在设计中我院虽然将其作为一座参考性的桥梁,但并不能完全采用其设计标准。在三座客运专线的特大桥设计中,我院按铁道部的要求,除积极参与《京沪高速铁路设计暂行规定》的国际咨询工作外,还分别就三座特大桥的设计进行国际咨询工作。如南京长江大桥曾上元门桥位的斜拉桥和大胜关桥位的刚性拱桥先后请丹麦厄勒海峡大桥的设计公司科威国际咨询公司进行设计咨询工作,南京长江大桥、济南黄河大桥请日本、法国进行结构设计和动力仿真计算的咨询工作,武汉天兴洲公铁两用大桥在结合上述桥梁的设计咨询工作之外,目前铁道部还请法国的 SYSTRA 公司进行施工图审核工作。

总之,我院遵照铁道部要把就沪高速铁路建成四个一流的高水平的铁路作为设计目标,瞄准世界先进水平,力争把设计工作做好。鉴于目前尚无 300 km/h 高速铁路的实际经验,我们的设计工作要经过建成运营后的实践考验,以下就我院所承担设计任务的济南黄河大桥、南京长江大桥和武汉天兴洲公铁两用大桥的具体设计作一个简单的介绍。

3 济南黄河大桥等三座大桥的具体设计简况

3.1 济南黄河大桥

济南黄河大桥是京沪高速铁路跨越黄河的一座特大桥,根据河道、行洪、排渍的论证需要,跨度应在 164 m 以上,大跨主桥复盖主槽的长度在 600 m 左右,因此采用 (112+3×168+112)m 刚性梁柔性拱连续梁方案。由于桥址处主槽偏北,因此北边跨作为跨北大堤的孔跨,实际跨主槽的宽度满足 600 m 左右的要求,在具体设计工作中,曾采用上加劲弦连续钢桁梁方案和相应跨度的预应力混凝土连续梁方案进行了比较。由于上加劲弦连续钢梁方案的竖向刚度虽然也能达到 1/1 200 以上,但提高竖向刚度所需付出的代价过高,并不经济。

万方数据

而预应力混凝土连续梁由于自重、地震设计控制了基础设计,且有关收缩徐变上拱度设置牵涉到桥面轨道的严格要求而无法准确预测,其经济上也无多大的优势,还有景观的不协调等原因而予以放弃。最终采用刚性梁柔性拱的方案,其用钢量与上加劲弦连续钢梁相当,而其提供的竖向刚度则大得多。在没有相关规定值和实际类比桥梁工程的条件下,还是将竖向刚度大的方案作为设计方案为好。该方案经业内四家科研和大专院校动力仿真计算,无论是运营安全,还是旅客乘车舒适度指标均满足相关规定。经日本专家进行的动力仿真计算的结构静力计算咨询也认为满足高速铁路桥梁的安全和舒适度要求。目前正在进行有风状态下行车安全性及突发事故条件下的安全性评价的国际咨询工作。

刚性梁柔性拱的主梁采用带竖杆的等高度三角形桁架,桁高 16.0 m,桁宽 15.0 m,节间长 14.0 m。柔性拱为圆曲线拱,矢高 30.0 m,矢跨 140.0 m,矢跨比为 1/4.67,拱肋在拱脚与支点处斜杆以节点相连,全桥无赘余杆件,结构简洁,线形流畅。主梁弦杆为箱形截面,按整体节点设计,箱形截面高 1 040~1 060 mm,内宽 720 mm;腹杆除受力较大的杆件采用箱形截面之外,其余均采用拼接较为方便的“H”截面,腹杆截面外宽 720 mm。主桁杆件中间最大板厚在 46 mm 以内,节点范围内板厚在 50 mm 以内,最大单件重约 35.0 t,经计算,中跨竖向挠距比为 1/2922,边跨竖向挠跨比为 1/2128,梁端竖向转角为 1.604 %,钢梁采用 Q370qE 钢,用钢量约重 10 090 t。为适应高速行驶需要,桥面不宜采用传统的明桥面,本桥采用钢质纵、横梁与混凝土道碴槽板结合的道碴桥面,但具体结合方式正在研究之中。

钢梁下基础经以沉井和钻孔桩基础进行,工程量大小、施工难易及工期方面综合比较,最终采用钻孔桩基础。经以不同桩径比较,固定支座墩采用 24 根 $\phi 2.5$ m 钻孔桩,桩长 80 m,其余活动墩每墩采用 24 根 $\phi 2.2$ m 钻孔桩,桩长 75 m。

该桥跨越黄河大堤采用以桥跨越的方式,与既有几座黄河铁路大桥不同,是为了解决平交填土太高、桥渡区域又缺少符合高速路基的填土的填料,路基沉陷问题不能很好地解决而采用的。跨堤立交不仅要避开大堤坡脚,还要进行防渗加固处理,以保证大堤及桥梁安全。另外,黄河大堤将加高培厚,其基础应考虑因此而产生的负摩擦力。如前所述,北大堤以钢梁边跨跨越大堤,南大堤和北展宽区北大堤均以中跨 80.0 m 三跨一联的预应力混凝土连续箱梁跨越。其梁部尺寸与京沪高速同类结构的通用图一致。其基础减少负摩擦力

影响有两种方案,一种是双重套管法,即将土与桩在可能产生负摩擦力影响的高度内将土与桩身隔离,这种方案效果最好,也很直观。但是,这样一来桩侧没有了土的抗力,难以满足基础的水平力刚度的设计要求,且施工难度大,造价高。本桥采用的是另一种减少负摩擦力影响的方法,即在可发生负摩擦力段以钢护筒外涂软化沥青减少负摩擦力的不利影响。目前正拟开展减负效果和涂层配方的研究。两中墩采用15根 $\phi 1.5$ m 钻孔桩,桩长70~85 m,两边墩采用12根 $\phi 1.5$ m 钻孔桩,桩长55~75 m。

本桥除主河道主孔之外,在南滩为满足行洪要求设置了4孔40.0 m的预应力混凝土简支梁箱梁,其余区段均采用32.0 m预应力混凝土简支梁,这两种梁均采用京沪高速通用图设计。其下部结构均为钻孔桩基础,40.0 m梁下为12根 $\phi 1.5$ m的钻孔桩,32.0 m梁下分别为9根、10根、11根 $\phi 1.2$ m 钻孔桩基础。

在我院设计范围内全长5 143.4 m,共计135个桥墩。

3.2 南京长江大桥

南京长江大桥是京沪高速铁路和沪汉蓉铁路跨越长江的越江工程。正桥为双线高速正线和双线I级干线铁路桥梁,应南京市规划部门的要求同时搭建双线地铁。

桥位位置受下游1.55 km已开工建设的南京三桥与上游约500 m的50万V高压架空过江电缆限制,本桥在桥跨布置上需确保两桥间航路的顺畅与平顺衔接。针对两个336 m主航道单孔双向通航孔、两个192 m的边孔作为辅助通航孔的通航要求,孔跨布置采用 $108+192+336+192+108=1\,272$ m。设置108 m的边跨,主要为了减少梁端转角满足高速行驶要求,同时也能方便施工安装。

按通航净空尺度要求中跨与次边跨分别为336 m与192 m,边中跨之比为0.571,远远超出一般斜拉桥的布置要求,尤其当采用三塔结构时其竖向刚度更差、难以满足铁路运行要求。本桥孔跨布置,更符合连续钢桁梁桥的受力特点,对于两个主通航孔采用竖向刚度较大的钢桁拱结构,两端与连续钢桁梁平顺连接,形成连续钢桁拱—桁梁组合结构,可满足列车高速行驶要求、方便施工安装,同时桥型流畅优美。

主跨采用钢桁拱结构,拱圈桁架采用变高度形式,支点处利用通航富裕空间将拱脚设置在桥面以下,边跨设置下加劲弦,拱圈桁架与边跨平弦钢桁梁结构平顺连续,形成六跨连续钢桁拱结构。

变高度的拱圈桁架与钢桁梁的主桁布置,符合悬万方数据

臂安装施工中结构的受力要求。在成桥运营状态,钢桁拱合拢、系杆形成后,钢桁拱依靠拱圈与系杆结构共同受力,具有较大的竖向抗弯能力与较好的竖向刚度。桥面宽度为30 m,远大于桥梁宽跨比1/20的要求,通过加强系杆与桥面构造平联布置,具有较好的横向刚度。

利用高速正线与I级干线间较大的线间距,设置中间主桁,形成三片主桁架的布置,共同承载四线列车荷载,可减小杆件的实施难度,同时也可减小桥面横梁的承载跨度。三片主桁间的间距15.0 m,主桁全宽30.0 m。

桥面为纵横梁格子梁体系,横梁高度2.6 m,纵梁设置四道、高度1.6 m。上铺混凝土整体道床作为有碴轨道的支承构件,混凝土板最小厚度20 cm。由于桥面采用混凝土道碴板,桥面自重达到68 t/m,具有较好的结构阻尼与重力刚度,可满足高速行驶要求。

计算分析表明,边跨、次边跨、中跨竖向挠度分别为66.6、161.4、145.1 mm,相应的挠跨比1/1622、1/1190、1/2317;梁端转角1.7‰;拱圈杆件最大轴力9 300 t、系杆最大轴力5 900 t;支座最大反力15 000 t。拱圈稳定安全系数大于12。

同时空间计算结果表明,除三片主桁吊杆受力存在中间吊杆受力较大外,拱圈杆件在三片桁架的受力分配较为均匀,在1.02~1.08之间;边跨直线段桁梁三片主桁间,受力差别相对较大,最大为1.15。

车桥耦合振动计算分析表明,在德国ICE3高速列车作用下,当速度在250~350 km/h时,高速列车运行舒适性能达到“优良”以上;当速度为375~420 km/h时,高速列车运行舒适性能达到“良”或“合格”。

该桥的技术特点除无规范外,四线荷计算折减、构件疲劳的计算、大吨位钢梁球形支座、梁端大位移量伸缩装置、三桁结构受力计算分析、施工措施的研究等都是需要经过科学试验研究的课题。

3.3 武汉天兴洲公铁两用大桥

武汉天兴洲公铁两用长江大桥是武汉铁路枢纽京广客运专线和枢纽内I级干线第一越江通道,也是武汉市中环线东环上的越江工程、铁路为客运专线双线和I级干线双线,公路桥为双向六车道。

该桥位于武汉河段天兴洲公汉河道,主汉在南。为满足水上通航需要,经论证研究,桥下单孔双向通航净宽不小于455 m,同时要求设有备用单孔单向通航的辅助通航孔,在技术条件许可的条件下,尽可能增加主通航孔跨度,经多方案比较,最终采用主孔504 m的双塔三索面斜拉桥,其孔跨构成为 $(98+196+504+196+98)$ m的五跨连续结构,全长1 092 m。加劲梁为平弦

等高钢桁梁,加劲梁纵向约束采用液压阻尼量,斜拉索为索形索布置。加劲梁采用三片主桁,桁宽 30.0 m,梁上索距为 14.0 m,塔上索距 1.5 m~20.0 m,主桁为无竖杆三角桁式,桁高 14.5 m,节间长 14.0 m,主桁最大板厚为 50 mm,主桁弦杆均采用带加劲肋的箱形截面,斜腹杆根据受力大小采用箱形或工字型截面。主桁杆件采用整体节点,下弦高 1 450 mm,宽 1 000 mm。铁路桥面同样采用钢纵横梁与混凝土道碴槽板结合的道碴桥面,公路桥面中间部分采用正交异性板,两端部分采用混凝土结合结构,以作消除边墩负反力作用。

主塔为倒 Y 形,下塔柱内以减少承台的尺寸。主塔为钢筋混凝土结构,高 188.5 m,空心截面,设三个锚室,斜拉索采用 $\phi 7$ mm 平行镀锌高强钢丝,双层 PE 套防护,表面 PE 套设有螺纹或压花抑制风雨振动,采用冷铸锚,最大索截面 451 $\phi 7$ mm,最长索 271 m。

主塔基础荷重大,经比较采用大直径钻孔桩基础,2 号墩位于南汉北侧,桩夹支承于强胶结砾岩,按柱桩设计,采用 32 根 $\phi 3.4$ m 钻孔桩,平均桩长 60 m,采用吊箱围堰施工。3 号墩处基础为弱胶结砾岩,按摩擦桩

设计,采用 40 根 $\phi 3.4$ m 钻孔桩,平均桩长 82 m,同样采用吊箱围堰施工。

除主孔大跨斜拉桥面外,在北汉按交通部批复意见设置两个净宽不小于 60 m 的通航孔,采用 (54.2+2 \times 8.0+54.0) m 预应力混凝土连续箱梁,其基础为 12 根 $\phi 2.5$ 钻孔桩,桩长 72~80 m。

在我院设计范围内,余下部分均采用 40.0 m 预应力混凝土简支箱梁,客运专线与 I 线分上、下游分开设置,其基础为共用整体基础,每墩 15 根 $\phi 1.5$ 钻孔桩,桩长 58~62 m。

公路面在合速段设在上层,经两端分离后独立成为单一的公路桥,与铁路桥中心线相距 40 m,孔跨对齐,采用 40.7 m 预应力混凝土等高度箱梁,分上下游两幅设计,基础也各自分开。

我院设计范围全长 4 657.1 m。

该桥的技术难点如前所述,除缺少相应规范外,也无世界上相同桥梁,四线荷载计算折减系数、疲劳计算标准、大吨位液压阻尼装置、大位移量伸缩装置等均为需经过科研予以解决的问题。

DESIGN OF SUPER MAJOR BRIDGE OF PASSENGER DEDICATED LINE

ZHU Xu-chu

Bridge Engineering Bureau Group Co. Ltd. of Chinese Railway

Abstract: This paper gives an introduction to bridge design, present situation of research work and dynamic emulation calculation adopted for construction of passenger dedicated line of Chinese Railway, briefly describes the design work of three super major bridges on Beijing-Shanghai High-speed railway Line, including linan Yellow River Bridge.

Key words: passenger dedicated line; dynamic emulation calculation; super major bridge; design

(上接第 106 页)

保险制度。这不但能减少建设主体各方的经营风险,更能以市场手段来进行制约,使建筑业能更健康、更规范地发展。

5 结语

最低价中标法虽然对市场环境有较高的要求,但

我们也决不能静等建筑市场环境改善了以后再推行最低价中标法。要充分认识到它们之间相互促进、共同发展的关系。推行最低价中标法,不仅仅对业主有利,对施工企业等其它主体各方的发展都是一次绝好的机遇。诚信为本、规范经营、优胜劣汰,只有这样,建筑业才能够健康、持续地发展,才能在日益国际化的市场竞争中立于不败之地。

THOUGHTS ON WINING BIDDING AT THE LOWEST PRICE

CAO Xiang-zhe

ElectFication Engineering Bureau Group Co. Ltd. of Chinese

Abstract: According to the present situation of construction market of China, this paper analyses the features of comprehensive evaluation of bid by percentage system, presents the requirements for enviromnent of construction market by wining bidding at the lowest price, points out the advantages of conducting wining bidding at the lowest price.

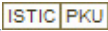
Key words: construction market; index tender; wining bidding at the lowest price

万方数据

客运专线特大桥设计简介

作者：[朱旭初](#)，[ZHU Xu-chu](#)

作者单位：[中铁大桥局勘测设计院有限公司, 湖北, 武汉, 430050](#)

刊名：[铁道工程学报](#) 

英文刊名：[JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)

年，卷(期)：2005 (1)

被引用次数：1次

引证文献(1条)

1. [唐小林](#), [邝新宇](#) [超大跨双线铁路简支梁桥设计与结构受力分析](#) [期刊论文] - [建筑技术开发](#) 2008 (9)

引用本文格式：[朱旭初](#), [ZHU Xu-chu](#) [客运专线特大桥设计简介](#) [期刊论文] - [铁道工程学报](#) 2005 (1)