

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2015.06.011

马进荣, 李宗骏. 铁路跨河桥梁工程防洪评价常见问题探讨[J]. 水利水运工程学报, 2015(6): 76-81. (MA Jin-rong, LI Zong-jun. Discussion on common problems of flood control evaluation for high-speed railways across rivers[J]. Hydro-Science and Engineering, 2015(6): 76-81.)

铁路跨河桥梁工程防洪评价常见问题探讨

马进荣¹, 李宗骏^{1,2}

(1. 南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏 南京 210029; 2. 河海大学 港口海岸及近海工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 针对连淮扬镇高速铁路约 200 座桥梁工程要考虑防洪评价共性问题, 如大量桥墩布置在行洪或排引水渠道内、堤身设计断面布置桥墩、桥轴线法向与水流交角偏大等进行总结并探讨解决措施、提出建议。导致桥墩位置布置不合理的最根本原因是铁路线位的确定过程中水利部门参与不深入, 防洪评价专题工作开展滞后, 未能在设计时充分考虑堤防安全、河势稳定、行洪通畅等因素。另外, 方案设计仅依据已颁布的水利相关规划, 未参考正在编制或修编中的重大水利规划是引起防洪安全隐患的另一重要原因。高铁桥墩通常尺度较大, 有明显水流控导作用, 墩柱与水流交角较大时会引导水流冲刷堤岸, 对堤防安全造成直接威胁。分析表明加大桥跨和偏转桥墩是两种潜在的解决方法, 但前者增加投资成本, 后者受限于当前桥梁设计理论, 加大桥跨可能伴随施工困难显然不是最佳解决途径, 桥梁设计的“斜桥斜做”理论亟待突破。

关键词: 高速铁路; 跨河桥梁; 桥墩; 防洪评价

中图分类号: U442

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2015)06-0076-06

铁路建设和水利建设都是基础性的民生工程, 铁路建设中跨河桥梁工程要考虑水流阻力、堤防安全、防汛通道等影响因素, 同时涉及铁路工程投资和水利工程安全及维护费用, 因此防洪评价十分重要。铁路跨河桥梁工程防洪评价目的是就工程建设可能对工程所在地堤防、建筑物的防洪影响进行分析评价, 并提出相应的措施和建议^[1-3]。评价工作主要从桥梁工程建设前后河势及水位变化情况上着手分析工程建设对相应河道行洪及周边河岸(堤)安全的影响, 并从有利于防洪安全、满足河道正常行洪的角度, 对桥梁工程的建设规模、型式、高程控制等提出合理建议和补救意见, 提出减少或消除其不利影响的措施。以连淮扬镇铁路洪评为例, 介绍遇到的问题、解决的方法、落实的解决方案, 对江苏省正在推进和即将推进的其他铁路建设跨河桥梁防洪评价工作有切实的指导意义, 也可供铁路设计和水行政主管部门决策参考。

1 江苏省高速铁路网规划

1.1 规划待建铁路

江苏省先后有沪宁城际铁路、京沪高铁、宁杭高铁和合宁高铁等 4 条高铁建成通车, 全省 2 718 km 铁路总里程中, 高铁里程达 1 228 km。新一轮高速铁路发展计划中, 江苏省列入国家计划的项目共有 11 个, 其中新开工项目 7 个, 即沪通铁路、连淮扬镇铁路、徐宿淮盐铁路、新长铁路盐城至海安段改造、宁启铁路二期、青连铁路、符夹线改造工程; 在建项目 4 个, 即宁启铁路复线电气化改造工程、宁安铁路、郑徐客专、连盐铁路。

收稿日期: 2014-11-27

基金项目: 江苏省水利科技项目(2014073)

作者简介: 马进荣(1971—), 男, 江苏高淳人, 教授级高级工程师, 主要从事水动力、水环境及工程泥沙研究。

E-mail: jrma@nhri.cn

上述11个项目建成后,全省将形成“三纵四横”高速铁路骨干网,13个省辖市将全部开通时速200 km(含)以上的高铁,全省44个县(市),将有26个通上高铁^[2]。

三纵为:京沪高速铁路徐州—南京段;新沂—淮安—镇江;连云港—盐城—海安—南通—上海(沿海铁路)。四横为:徐州—邳州—连云港;宿州—宿迁—淮安—盐城;南京—扬州—泰州—海安—南通—启东;南京—镇江—常州—江阴—张家港—常熟—太仓—南翔(沿江城际铁路)。加上南京—上海(含既有沪宁铁路、京沪高速铁路沪宁段、沪宁城际轨道交通)和马鞍山—南京—宜兴—杭州即为“六横”(见图1)。

1.2 连淮扬镇铁路

连淮扬镇铁路是三纵中的中线骨干铁路,是省内连接苏中、苏北、苏南地区的南北纵向主通道,并具有京沪高速铁路辅助通道的重要功能,在国家铁路网和江苏省综合运输体系中具有重要地位。沿线途径连云港市、灌云县、灌南县、涟水县、淮安市、宝应县、高邮市、扬州市、镇江市等县市,全线共设董集、灌云、灌南、涟水、淮安东、宝应、高邮高铁、高邮界首、扬州南、横山、丹徒11个车站。

项目建议书于2013年8月21日获国家发改委批准立项;可行性研究报告于2014年9月30日获国家发改委批复;先行开工段施工图于2014年11月2日获铁路总公司批复。

2 连淮扬镇铁路洪评中的若干问题

连淮扬镇铁路防洪评价专题研究设定洪评工作期限为2个月,实际评价研究工作时间超过4个月,许可批文的获取时间更超出了业主的预期。预期目标不能顺利实现的原因是多方面的,既有技术性,更多的是非技术性,以下选取具有代表性的问题进行介绍,旨在分析原因、总结经验,为铁路跨河渠桥梁方案设计及洪评研究提供参考。

2.1 洪评专题开展时机问题

水利部门要求洪评专题的开展应在建设项目书或预可研报告批准后、可行性报告审查批准前,配合工程可行性研究同步开展;铁路部门通常是配合初步设计开展。虽然铁路部门与水利部门对工可的深度存在差别,但按铁路部门的工作安排,洪评专题开展时,铁路线位已很难变更,洪评专题只能针对桥梁跨径、墩柱位置提出修改调整意见,具体的跨径、墩柱尺度和轴线方向均以铁路规范为准。因此铁路线位与走向不利行洪、排涝规定之时,初步设计方案的调整往往导致铁路桥梁投资或补偿措施投资大幅增加。

连淮扬镇铁路跨入江水道联络线距其南侧既有宁启铁路线和在建宁启复线均很近,3条铁路中心线间距在金湾河、太平河分别约为42和31 m;在凤凰河、新河的间距均约为57 m。3座桥墩尺度迎水流方向墩宽一般为2.0~3.6 m(跨径越大墩柱越宽),顺水流方向尺度一般为2.0~6.5 m,而且顺水流方向并非与水流主方向无夹角,金湾河的墩轴线与水流夹角为9°、太平河达27°、凤凰河与新河均约为5°。这样的定线方案原则上不符合行洪安全。正是因为3座铁路桥紧密相邻,阻水效应叠加,对入江水道行洪形成了较明显的影响,在入江水道按设计流量12 000 m³/s行洪时,金湾河墩前最大壅高值为0.087 m,太平河为0.06 m,凤凰河为0.029 m,新河为0.044 m,京杭运河为0.048 m。为消除工程建设对该区段的不利影响,开展了大量的补偿措施研究,获得认可的补偿方案需开挖土方量约68万 m³,还存在一定的施工难度。跨入江水道桥梁工程许可批文下达后,铁路总公司综合经济等因素,废止了该段铁路线位方案,新线位下的桥梁方案目前正在论证中。

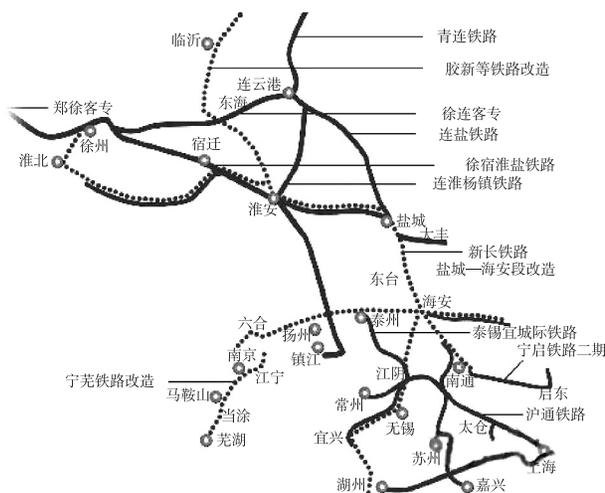


图1 江苏省规划在建和拟建高速铁路

Fig. 1 Schematic drawing of planned high-speed railway in Jiangsu Province

连淮扬镇铁路跨越北六塘河的线位也给方案设计带来明显制约,铁路轴线距北六塘闸坝体轴线过近,南端约67 m,北端约147 m,且河道北岸附近设有控制闸门运行的水位站。虽然河宽只有86 m,但最终跨河桥梁采用了(73+120+73) m跨径,在河道南部水域还设有一个阻水墩柱。采用如此大跨径还对水利有较大影响,关键仍然是因为定线时没有考虑到这些潜在的制约因素。

铁路线位定线时与水利部门沟通不够引起的投资增加情况很多,图2给出一连淮扬镇铁路穿越崔印荡的线位示意。可见穿越该湖荡时自北往南在湖荡区略有西偏,在湖荡 CYD04 桩号附近转为东偏。洪评专题招标文件中没有标注该湖荡,定线时显然不清楚该段有湖荡存在,铁路线走向稍作调整就可以避免穿越界桩 CYD03~CYD04 段西侧湖荡,不仅减少湖荡对施工期、环保等的诸多限制,湖荡补偿的费用也将大大降低。

2.2 洪评专题研究目的

《中华人民共和国防洪法》第二十七条:“建设跨河、穿河、穿堤、临河的桥梁、码头、道路、渡口、管道、缆线、取水、排水等工程设施,应当符合防洪标准、岸线规划、航运要求和其他技术要求,不得危害堤防安全,影响河势稳定、妨碍行洪畅通;其可行性研究报告按照国家规定的基本建设程序报批前,其中的工程建设方案应当经有关水行政主管部门根据前述防洪要求审查同意。”《防洪法》明确了洪评专题的首要任务应是确保堤防安全、维护河势稳定、保证行洪畅通,方案设计与优化、相应补偿措施都应以此为基本原则。《河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则(试行)》(水利部办公厅文件办建管[2004]109号)进一步细化了洪评专题应开展的工作,在防洪评价计算部分还明确了要开展数模计算和物模试验(对河道的冲淤变化可能产生较大影响、对河势稳定可能产生较大影响、所在河段有重要防洪任务或重要防洪工程的应开展物理模型试验)^[3-7]。洪评相关的水利法规和导则对该专题研究是寄予厚望的,期望通过评价计算、模拟研究得到重要成果,从而指导工程方案的设计。要得到准确的计算成果,需要大量的基础资料和研究时间,这些在短时间内是难以完成的;铁路桥梁方案的设计时桥墩承台高程、桩长等重要参数的设计并没有依据洪评专题的冲刷分析布置。洪评专题应以充分发挥其技术评价功能为主要任务,不能仅作为铁路与水利部门沟通协调的“桥梁”。

2.3 斜桥正做与斜做问题

连淮扬镇铁路沿线,阻水桥墩长轴方向与水流方向夹角超过 5° 的河渠有51条,占铁路沿线跨河渠总桥梁数的25.6%。

当桥墩长轴方向(正做时的桥轴线法向)与水流方向交角较大时,为了减小桥墩对水流的阻水截面积、防止墩柱导流引起流态紊乱及冲刷堤岸^[8],水利部门通常要求斜桥斜做,使阻水墩柱的轴线方向与水流方向一致。斜桥斜做在公路桥梁方面应用已较为广泛,但在铁路桥梁方面应用很少。这主要是因为铁路桥梁受力结构与公路有明显差别,铁路斜桥计算中的许多关键问题目前仍认识模糊,设计理论与方法、力学特点、构造特点、施工要点均不很明确,有关规范还没有对此作出明确的条文规定。铁路斜桥目前在框架桥(一般跨度不超过16 m)领域已有应用,但仍不成熟。

相信随着技术进步,铁路斜桥斜做是可行的。目前设计理论不成熟时期仍应尽量避免,圆形墩和圆端形墩暂可作为一种替代方案。

允许斜桥正做对设计方案并不是一种放松,因为“正做”会引起局部挑流或导流,可能引起河势动荡^[9];水流受墩柱引导,如果冲向土质堤岸,将危害堤防安全;也是因为“正做”,桥墩阻水面积比会较大,行洪难以



图2 连淮扬镇铁路穿越崔印荡示意
Fig. 2 A railway crossing Cuiyindang Lake

维持通畅。防洪法对建设项目的的基本要求重中之重均受影响,墩柱的可布置空间实际上很小,强行摆放则需代价很大的补偿措施来消除或减缓不利影响。

2.4 规划的衔接问题

铁路桥梁在设计过程中与交通方面的规划衔接情况明显优于水利方面,一方面可能是因为跨系统协调阻碍多,另一方面还是在于铁路建设部门与水利部门的沟通不充分。水利规划往往都是百年大计,审批流程复杂,编制调整时间漫长,在公开的水行政主管部门网页上也没有规划资料的下载链接,铁路设计部门收集水利规划的难度大。铁路设计时依照规定,一般只有批复的水利规划才作为依据,当收集到现行颁布实施的水利规划后,也对编制中的水利规划没有主动掌握的迫切愿望。这给铁路方案的设计带来了隐患,直接影响到工可阶段确定投资总额,制约了初步设计阶段方案调整的空间、增加了方案反复调整及与水行政主管部门的沟通工作量。

以《江苏省淮河流域沂南地区防洪除涝规划报告》为例,该规划于2006年初开始编制,至2014年9月,其送审稿出了6个版本,但仍未最终定稿,更谈不上批复。连淮扬镇连云港段跨河桥梁洪评预审时(2014年9月19日),恰遇参与该规划编制的水利专家知悉南六塘河的河道功能将有变化,其上游多条排入其他河流的支流将改线排入南六塘河,使得南六塘河的排水流量大幅增加,河道需大幅扩容。南六塘河的扩容工程也是江苏省的重点工程,势在必行,铁路桥梁设计如不考虑这一实际情况,可能给该河道的河势稳定、行洪排涝安全造成隐患;桥梁工程本身也可能因考虑排水流量不足引起安全问题。后在水行政主管部门和规划编制单位的大力支持下,费时约1个月确定了南六塘河的部分规划参数。

由此可见,铁路桥梁方案设计阶段适当关注编制中或修编中的重大水利规划十分必要,防洪评价专题适当提前可为此类问题的解决预留时间,确保工程推进总体计划顺利实现。

2.5 评价计算与补偿措施研究问题

连淮扬镇铁路穿越里下河水网地区,高密度的河道纵横交错,绝对不占堤身设计断面、不占河道行洪输水断面在经济上不可行,技术上也不可行,必要的补偿措施是解决方案设计困难的有效途径。具体的补偿措施依赖于相应的评价计算,评价计算采用的手段受限于基础资料及工作时间。

河势的演变分析与评价是判断桥址合理性重要因素之一,现在专题工作安排在铁路线位确定之后,使得这部分评价的作用大打折扣,但是演变趋势预测的重要性提高。桥梁阻水墩柱与水流交角过大时可能引起局部河势动荡,受墩柱导流后的水流顶冲点一般不在桥轴线处,随水流强弱位置会在一定幅度内摆动,如遇感潮河段,水流方向反转,顶冲位置的变动区段更长。水流对河床及岸坡的冲刷影响还受局部河段地形地貌、土质、岸坡植被等多种因素影响,准确的防护位置预测往往需要开展物理模型研究才能够确定,依据平面二维数模、一维数模及经验公式都只能在一定精度范围内估测^[10-13]。

关于壅水计算,虽然《铁路工程水文勘测设计规范》(TB10071—1999)给出了桥前最大壅水高度和最大壅水长度计算公式,但不能给出壅水水位分布场,计算公式中参数只能根据不同河段特征取经验值。与平面二维水流数学模型计算结果相比较,二维模型的墩前壅水高度一般都明显大于公式计算值,如果阻水墩靠近河岸,堤前壅水高度按公式取值可能偏小。

关于冲刷深度计算,《铁路工程水文勘测设计规范》也给出一般冲刷与局部冲刷的计算公式,公式计算结果也不能精细刻画桥墩引起的实际冲刷形态,水流泥沙数学模拟计算往往因验证资料缺乏难以开展,较精确的成果往往需要物理模型试验才能得到。

补偿措施除了需依据工程建设后的水位、流速、地形冲淤等变化进行研究外,通常还包括施工期对堤防破坏的补偿、堤顶防汛道路、第三方水事权益等的补偿措施。这些问题在洪评专题中需要研究提出建议,重要的补偿措施还需开展专项设计研究。

3 结 语

铁路跨河渠桥梁工程洪评专题是涉及两大民生工程的研究专题,不应仅作为获得行政许可的例行公事,

提前开展对铁路线位比选优化、跨河桥梁工程方案设计优化、节约投资都是有益的。水利规划等相关规划应在工可阶段充分收集,除了现行颁布实施的规划外,正在编制中的重要规划也应收集。

防洪问题直接涉及人民生命财产安全,一旦失事损失惨重。特别是在发达地区,土地资源相对匮乏,河道的行洪排涝断面往往没有富裕,大部分河流都依靠加高堤防来满足规划标准,平原河网地区加高堤防经常涉及相联通的河流,能减少阻水面积比应尽量减小。

“斜桥斜做”如能实现将大幅减小对河道的不利影响、大幅减小相应的补偿措施投资,应作为今后技术突破的重要研究方向之一。

本文主要结合防洪评价专题对高速铁路跨桥梁工程方案设计进行探讨,方案的具体设计过程中还需要考虑更多的其他因素,如投资、通航、土地利用、线位等。

参 考 文 献:

- [1] 张云梅. 浅析跨河桥梁防洪评价[J]. 山西建筑, 2011, 37(34): 210-211. (ZHANG Yun-mei. Analysis of flood prevention evaluation of river-crossing bridge[J]. Shanxi Architecture, 2011, 37(34): 210-211. (in Chinese))
- [2] 沈学标. 江苏铁路建设展望[J]. 江苏交通, 2003(9): 1-2. (SHEN Xue-biao. Project of Jiangsu railway construction[J]. Jiangsu Transport, 2003(9): 1-2. (in Chinese))
- [3] 中华人民共和国水利部. 河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制导则(试行)[S]. 2004. (Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Guidelines on flood control assessment report in project construction within the management scope of river courses(Trial Implementation)[S]. 2004. (in Chinese))
- [4] 顾维. 防洪评价报告编制中有关问题的探讨[J]. 建筑与文化, 2013(12): 349. (GU Wei. Issue related to flood control assessment report[J]. Architecture & Culture, 2013(12): 349. (in Chinese))
- [5] 徐新华, 夏云峰. 防洪评价报告编制导则研究及解读[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008. (XU Xin-hua, XIA Yun-feng. Research and interpretation about guidelines on flood control assessment report[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2008. (in Chinese))
- [6] 钟鸣辉. 河道管理范围内建设项目防洪评价报告编制若干问题讨论[J]. 中国水利, 2013(6): 40-42. (ZHONG Ming-hui. Issues related to flood control assessment report in project construction within the management scope of river courses[J]. China Water Resources, 2013(6): 40-42. (in Chinese))
- [7] 李广阔, 任玲. 河道管理范围内建设项目防洪评价审查要点分析[J]. 人民珠江, 2007(6): 83-84, 111. (LI Guang-kuo. REN Ling. Key points in checking flood control impact assessment for construction projects within defined waterway scope[J]. Pearl River, 2007(6): 83-84, 111. (in Chinese))
- [8] 邵旭东, 顾安邦. 桥梁工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005: 20-100. (SHAO Xu-dong, GU An-bang. Bridge engineering [M]. Beijing: China Communications Press, 2005: 20-100. (in Chinese))
- [9] 刘智光, 吴飞. 桥墩组与水流方向夹角较大对河道水流影响的数值模拟研究[J]. 吉林水利, 2009(12): 21-24. (LIU Zhi-guang, WU Fei. Numerical simulation research on the affection by the bigger angle between the middle-line of the piers group and the river flow[J]. Jilin Water Resources, 2009(12): 21-24. (in Chinese))
- [10] TB 10017—1999 铁路工程水文勘测设计规范[S]. (TB 10017—1999 Code for survey and design on hydrology of railway engineering[S]. (in Chinese))
- [11] 谢勇, 袁鹏, 王巧霞. 平面二维数学模型在桥梁工程防洪评价中的应用[J]. 水电能源科学, 2011, 29(4): 60-62. (XIE Yong, YUAN Peng, WANG Qiao-xia. Application of 2D mathematical model to flood control evaluation in bridge project[J]. Water Resources and Power, 2011, 29(4): 60-62. (in Chinese))
- [12] 张革联, 徐剑秋, 梅军亚, 等. 二维水沙数学模型及其在汉江入汇河段的应用[J]. 人民长江, 2006, 37(12): 108-111. (ZHANG Ge-lian, XU Jian-qiu, MEI Jun-ya, et al. Planar 2 dimensional mathematical model and application in confluence reach of the Hanjiang River[J]. Yangtze River, 2006, 37(12): 108-111. (in Chinese))
- [13] 于海慧. “水深平均二维数学模型”在跨河桥梁防洪评价壅水计算中的应用[J]. 水利建设与管理, 2014, 34(2): 29-32, 48. (YU Hai-hui. Application of ‘water depth averaged two-dimensional mathematical model’ in river bridge flood control evaluation backwater calculation[J]. Water Resources Development & Management, 2014, 34(2): 29-32, 48. (in Chinese))

Discussion on common problems of flood control evaluation for high-speed railways across rivers

MA Jin-rong¹, LI Zong-jun^{1,2}

(1. *State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China*; 2. *College of Harbour, Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China*)

Abstract: Railway bridge construction across the river is difficult to avoid. Bridges are the most common solutions which must be permitted by the river authority of local government according to the related flood control evaluation reports. This paper summarizes the experiences for related flood control problems and the solutions for about 200 river bridges encountered during the flood control evaluating of the sample high-speed railway by which four cities (Lianyungang, Huaian, Yangzhou and Zhenjiang) will be connected. The most common problems are all connected to the piers located on the rivers and channels, even on the dike-sections, in an improper way or direction. The basic reasons of the unreasonable layout include the lagged appointment of the flood control evaluation. The water resources management departments have no chances to deeply participate in the designing process to make it possible that the solutions will be consulted comprehensively concerning dyke safety, river stability, flood discharge unobstructed, etc. On the other side, it is not enough for river bridges designing only according to the plans published years ago. The related plans, especially the one to replace the current one, should be included as an important law of design to fit the permanent railway project. The railway bridge piers usually have a large size, which will guide the flow toward the bank of the river when they cross with the direction of runoff. This water erosion is a direct threat to the natural earth banks which can not keep stable in the flood. Increasing of bridge spans and bridge piers are two potential solutions. But the former will increase investment costs, while the latter is limited to the current bridge design theory. It is obviously not the best way to solve the problem. The increasing of the bridge span may be accompanied by construction difficulties. Therefore, the bridge design theory of “make the bridge pier axis cross the railway and follow the flow” needs further development.

Key words: high-speed railway; river bridge; bridge pier; flood control evaluation