

桥梁拓宽工程施工对周边环境的影响及保护措施研究

李春香

江苏沿江高速公路有限公司，江苏 苏州 215523

[摘要]沪武高速公路（G4221）太仓至常州段扩建工程是江苏省首个由双向四车道升级为双向八车道的高速公路改扩建工程，在不中断交通的情况下进行施工，作业面狭窄、新老结构衔接困难、沿线环境敏感点较多，施工环境管理难度大。本论文总结了桥梁拓宽工程特点以及需要关注的问题，对桩基及下部结构施工、新旧桥拼接与上部结构施工、交通导改与施工便道使用、产生大量固体废弃物等问题带来的对水体、噪声、大气和生态环境影响途径进行阐述，着重介绍涉水施工中泥浆循环利用和沉淀处理、施工现场及时抑尘、降噪减振、合理处置及资源化再利用固体废弃物的可行办法，同时提出包括成立工作小组、每日巡查和便携式检测设备使用、突发情况应急预案以及信息传达在内的施工期间环境保护管理制度，供类似项目借鉴。

[关键词]沪武高速；桥梁拓宽；施工环境影响；环境保护措施；绿色施工

DOI: 10.33142/sca.v9i6.19811

中图分类号: U443.6

文献标识码: A

Research on the Impact of Bridge Widening Construction on the Surrounding Environment and Protection Measures

LI Chunxiang

Jiangsu Yanjiang Expressway Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215523, China

Abstract: The expansion project of the Taicang Changzhou section of the Shanghai Wuhan Expressway (G4221) is the first highway renovation and expansion project in Jiangsu Province to upgrade from a two-way four lane highway to a two-way eight lane highway. The construction is carried out without interrupting traffic, with narrow working surfaces, difficult connection between new and old structures, and many sensitive environmental points along the line, making it difficult to manage the construction environment. This paper summarizes the characteristics of bridge widening projects and the issues that need attention. It elaborates on the impact pathways of pile foundation and substructure construction, new and old bridge splicing and superstructure construction, traffic diversion and construction access road use, and the generation of a large amount of solid waste on water bodies, noise, atmosphere, and ecological environment. It focuses on introducing feasible methods for mud recycling and sedimentation treatment in water related construction, timely dust suppression, noise reduction and vibration reduction at the construction site, reasonable disposal, and resource utilization of solid waste. At the same time, it proposes an environmental protection management system during the construction period, including the establishment of a working group, daily inspections and use of portable detection equipment, emergency plans for sudden situations, and information dissemination, for reference by similar projects.

Keywords: Shanghai Wuhan Expressway; bridge widening; construction environmental impact; environmental protection measures; green construction

引言

沪武高速公路（G4221）太仓至常州段是长三角城市群交通网“横八”中的重要部分，也是联系苏南和上海的要道，原有的双向四车道标准已经不能满足日益增加的交通量。在此情况下，沪武高速改扩建工程于2024年开始实施，线路起始于浏河大桥苏沪界，向西经过太仓、常熟、张家港、江阴、惠山、武进，终点到达常州南互通，总长

为134.865公里，是江苏省首例由双向四车道整体升级为双向八车道的高速公路改扩建项目。目前项目正处在全力建设之中，还没有全线通车——南半幅于2026年1月10日先行通车，北半幅仍在封闭施工中，计划在2027年春节前全线竣工通车。

与常规新建工程不同的是，沪武高速拓宽采用的是“半幅封闭施工、半幅通行”的交通组织方式，在原路的

基础上通过两侧拼宽的方式进行扩容,施工过程中必须保证另一侧道路的正常通行能力。场地限制、新老结构连接复杂、沿线敏感点密集等因素,使施工行为不可避免地对周围水环境、声环境、大气环境及生态环境产生叠加影响。尤其是无锡江阴段,沿线存在住宅小区、学校等声环境敏感点,还有跨越京杭大运河等水环境保护目标,施工期间群众对于噪声振动、泥浆污染、扬尘等问题的投诉时有发生。目前对于施工期环境影响的研究主要集中在城市道路或者跨江大桥施工,而对于高速公路桥梁拓宽过程中的全面保护措施研究较少。

1 高速公路桥梁拓宽施工特征与环境问题识别

1.1 高速公路常用拓宽方式与不中断交通施工流程

桥梁拓宽方式有三种:单侧加宽、双侧加宽和分离式新建。由于单侧加宽对现有交通影响较小,因此使用频率最高,在实际项目中如长深高速河惠段的新丰江大桥及东江大桥就是利用单侧加宽的方式对原有桥梁进行横向加宽,即大跨径拼接旧桥整体进行加宽。沪武高速太仓至常州段采取“两侧拼宽”的新式改造手段,把原有的双向四车道拓宽成双向八车道,路基宽度由原来的 28m 加宽到现在的 42m。该项目属于全国首个整体式双向八车道高速公路改扩建工程,在江苏境内有开创性的意义。

在不封闭交通情况下,施工流程一般是先进行交通导改,然后新建下部结构,再拆掉旧桥翼缘板,最后新旧桥拼接完成之后再行进行桥面铺装。沪武高速扩建工程采取“南半幅封闭施工、北半幅通行”的交通组织形式,创建起“远端预警、中端降速、近端硬隔离”三级防护体系,达成施工和保通“两手硬、两不误”。2026 年 1 月 10 日南半幅通车之后,工程完成了南北幅交通转换,全面进入北半幅施工的新阶段。如果跨越既有道路,则可以使用顶推法施工,在不影响地面交通的情况下完成钢箱梁架设^[1]。在沪武高速扩建工程中,峭岐枢纽 B 匝道桥为钢箱梁结构,采用工厂预制、现场吊装方式施工,最大钢箱梁块体尺寸长 21.5m、宽 4.8m、高 2.8m、重 65t。对一些跨线旧桥如华陆西路分离式立交桥等使用破碎拆除法来精细拆

解,以尽量减少对现有道路通行造成的影响。

1.2 施工扰动环节梳理及周边敏感目标识别

施工扰动贯穿始终,在各阶段均有发生,主要包括:桩基及下部结构钻孔、泥浆循环、混凝土灌注;新旧桥拼接翼缘板凿除、钢筋植入、混凝土浇筑;桥面沥青铺设;以及施工期间的车辆通行、交通导改和临时设施建设等。扰动的影响范围一般在桥址附近 200m 之内,但是噪声和振动会沿着导改道路扩散到更远处。需要考虑的敏感点是从三个方面进行判断:水环境敏感点为跨过的河流、水库等,特别是涉及饮用水源或者水产种质资源保护区的情况更为严格。以沪武高速常州段圩墩大桥为例,该桥在施工过程中对于水质敏感区的泥浆、废水处理要求较高。声环境敏感点主要是两侧的住宅小区、学校等对声音比较敏感的建筑物。沪武高速无锡江阴段沿线多处在建或者运营的互通枢纽附近,周边有居民区和公共服务设施,扬尘和噪声污染问题曾经引起过群众的投诉,无锡市攻坚办为此专门开展了专项整治行动。生态敏感点是湿地公园、鱼儿洄游通道等。

1.3 水、气、声、固废等主要环境影响因素筛选

根据每一部分生产工艺特点以及作用方式,选取四种主要环境影响因素,见下表 1。

2 拓宽施工对周边环境的影响分析

2.1 桩基及下部结构施工对水环境与生态的影响

桩基施工是涉水桥梁对水环境影响最大的环节。传统冲击钻产生大量泥浆,如处理不当直接排放到水中,则会使水中的悬浮颗粒含量大幅增加,影响水生动物生存环境。泥浆主要由水、膨润土以及各种化学药品制成,一旦泄露或者处置不合理都会给水体带来危害。在沪武高速常州段圩墩大桥施工中,该桥上部结构为矮塔斜拉桥(斜拉桥+箱梁组合),桥跨布置为 70+120+70m,下部结构为重力式墩、桩柱式墩、钻孔灌注桩基础。由于圩墩大桥跨越京杭大运河,施工场地紧靠运河北岸狭窄地带,钻孔灌注桩施工所产生的泥浆管理同运河水质安全息息相关。因此施工单位在施工平台上设置了泥浆循环系统,用泥浆分离器

表 1 桥梁拓宽施工主要环境影响因素识别

施工环节	水环境影响	大气环境影响	声环境影响	固废产生
桩基钻孔与灌注	泥浆泄漏、钻渣入水	—	冲击钻噪声、振动	废弃泥浆、钻渣
下部结构施工	混凝土养护废水	水泥粉尘	机械噪声	废弃混凝土
翼缘板凿除/切割	—	扬尘	切割噪声	混凝土碎块
新旧桥拼接	湿接缝养护废水	—	振捣噪声	废弃混凝土
旧桥拆除	—	扬尘	拆除机械噪声	废弃梁板、钢筋
施工车辆运输	—	道路扬尘、尾气	交通噪声	—
交通导改	—	车辆尾气	导改路段噪声与振动	—

不断筛分,清液再利用,固体废物集中外运,实现“泥浆不落地、渣土不上岸”。生态上,冲击钻振动以及噪音对鱼类产生干扰,在洄游路线有交叉的情况下会造成短期影响,避免在高峰期施工可以降低这种影响。

2.2 新旧桥拼接及上部结构作业中的扬尘与噪声释放

新旧桥拼接过程中凿除或者切割翼缘板会带来大量灰尘,传统的风镐或者机械切割都会产生大量灰尘,在无防尘措施的情况下会对周围居民造成很大影响,而使用水射流切割可以精准地进行切割并且有良好的防尘效果。沪武高速 JY2 标段桥梁拆除施工中严格要求湿法作业,调配雾炮车、洒水车同步抑尘,有效控制了施工扬尘。桥面沥青摊铺时所散发出的热拌烟气中含有大量的挥发性有害物质,对于施工人员以及周围的群众都有一定的危害性。上部结构混凝土振捣、钢筋加工等活动虽然属于间断性声音污染源,但是在居民区内长期积累也会影响人们的正常生活,从而引起投诉。在沪武高速施工期间,无锡市攻坚办会同市检察院、市交通运输局就扬尘、噪声进行专项治理工作,对施工高峰期进行重点监管,加大雾炮车、高杆喷淋等设备的投入力度,对工地进行定期洒水、喷淋、裸土覆盖等扬尘防控措施,并且加强了对噪声污染源的整治,对噪声较大的区域调整作业时间、设置隔声屏、临时封闭场地等方式减少干扰。

2.3 交通导改、施工便道与车辆行驶引发的声环境和振动影响

不中断交通施工必然涉及交通导改,临时行车道由于变窄以及线路改变造成车辆不断加速减速,会产生更大的交通噪声以及地面振动。沪武高速扩建期间施工路段限速 100km/h,导改口限速 60km/h,一定程度上降低了行车速度,但是由于车道缩减造成的局部路段交通拥堵和噪声集中现象也出现了。特别是对于嵛岐枢纽区域来说,在施工期间关闭所有的转向匝道,周边的道路网只能承受分流的压力,造成车流量增大和噪声扰民的问题。

2.4 废弃混凝土、泥浆、旧桥拆除料等固体废物产排情况

固体废物种类繁多、数量多。按 200 根桩基、平均每根桩长 40m 计算,泥浆以及钻渣可达数千至数万立方米。旧桥拆除废弃梁板、混凝土碎块也较多,例如轩坑河大桥采用常规方法改造可产生约 2568t 固体废物。沪武高速常州 2 标北半幅施工时,拆桥产生的建筑废渣用密闭渣土车运走,实行“工完场清”,固体废物做到“即拆即清、日产日清”,减少固废堆积及二次污染。另外,沪武高速 JY2 标段在施工过程中配备了泥浆压滤设备,对废弃泥浆进行

固化处理,采用高压压滤的方式将泥浆中的固体颗粒和水分分离出来,得到的泥饼可以直接作为回填材料使用,滤出的水经过净化处理后可以用来洒水降尘,形成了一个完整的泥浆压滤、泥饼再用、净水回用的循环系统,再生建材的利用率达到了 80%。另外,翼缘板混凝土碎块、废弃模板及钢筋边角料等也不容小觑。

3 现场可操作的施工期环境保护与污染防治措施

3.1 涉水作业泥浆循环利用、沉淀处置与边坡临时防护

涉水桩基施工环保重点在于建立“泥浆不落地、废水不入河”的闭合系统。技术上分为三个层面:一是源头减量化,如使用气动潜孔锤等无泥浆成孔方法,在丹江口水库库区桥梁中已得到应用;二是对于必须有泥浆护壁的钻孔桩,则采取全护筒施工,使泥浆、钻渣等与外界水域隔离;三是过程循环,在施工平台上设置泥浆循环设施,通过泥浆分离器进行持续性的筛分,清液再利用,固体废物集中外运,做到“泥浆不落地、渣土不上岸”,并且在泥浆池底部铺设防渗布。在沪武高速圩墩大桥涉水桩基施工过程中,采用上述泥浆循环系统,实现分离再利用,保证京杭大运河水质不受施工影响。四是末端保护,在施工现场设置多个沉淀池,排放污水经过五个级别的沉淀达到标准后再用于洒水抑尘以及养护等^[2]。沪武高速 JY2 标段设置了泥浆压滤设施,采用高压压滤技术将泥浆中的固液进行有效分离,分离后的泥饼直接用作回填材料,滤出的水体经过净化处理达到合格标准后用于施工现场洒水降尘等,实现了泥浆就地固化和水资源循环利用。边坡设置临时截水沟,裸露土面用绿网覆盖,避免泥沙进入水中。对于生态环境敏感区域可以采取“先堰后桩”方法,在水中打入轻型钢围堰形成封闭环境。

3.2 现场扬尘实时控制

扬尘治理主要从“源头抑尘-过程监管-末端降尘”进行。在源头上,老桥拆除以及翼缘板凿除尽可能使用水射流切割或者绳锯切割等方式进行,减少施工扬尘;下巴河大桥采取“分段切割+架桥机吊运”的方式进行施工,减少了约 80%的施工扬尘;沪武高速 JY2 标段建立精细化扬尘防控体系,对 48h 内无施工的裸土全部用密目防尘网全封闭,保证覆盖率达到 95%以上;施工便道与社会相交口处做硬化处理并设置雾炮,施工区 100%设标准围挡。在华陆西路立交桥拆除时,项目组使用雾炮车进行全时段降尘作业,保证建筑垃圾“即拆即清、日产日清”。裸露土地用绿色篷布遮盖,道路进行硬化并且不定时洒水,电动雾炮洒水车能有效降低空气中悬浮颗粒物含量;在过程中,在施工现场安装扬尘在线监测仪,24h 监控 PM 值变

化情况，一旦出现超标就定位污染源并发出警报；场区出口处设置自动冲洗设施，防止车辆带泥上路。

3.3 降噪减振实操措施

以“源头控制为主、传播路径阻断、敏感点保护”为原则。源头控制，在居民区附近优先使用旋挖钻机代替冲击钻；低净空振动沉管打桩机可以降低噪声、振动；钢箱梁顶推施工过程中采用液压设备可以使施工噪声降低约90%。峭岐枢纽钢箱梁采用工厂预制、现场吊装的施工方式，桥面板单元采用智能制造技术，实现自动化打磨、划线、组装、焊接，大大减少了现场焊接、切割作业，从根本上降低了施工噪声。传播路径阻断，在施工现场设置不低于2.5m高围挡，临居民一侧增加临时隔音屏风。沪武高速施工期间，无锡市攻坚办主要将精力放在影响大的地方，用作业时间调整、安装隔声屏、设置临时围挡等方式来控制噪声的影响。高噪声作业严格限定在白天进行，不得影响他人的正常生活，晚上禁止；运输车辆白天运输，经过居民区减速、禁鸣。

3.4 固体废物分类收集、泥浆就地固化及旧料再生利用

遵循“减量化、资源化、无害化”。减量化方面，在施工过程中采取措施减少固体废物产生量，例如汕梅高速轩坑河大桥使用“单跨整体顶升旋转利用”，使24片T梁再生，避免2568t废弃梁板，工期缩短为45天。资源化方面，旧桥拆除产生的建筑垃圾在施工现场进行分类，混凝土破碎成骨料用于便道铺筑，钢筋100%回收；下巴河大桥混凝土碎块全部用作临时道路基层材料，“零废弃”。沪武高速JY2标段采用泥浆压滤设备将废弃泥浆固化处理，泥饼直接用作回填材料，废旧材料分类回收再利用，再生建材利用率达80%以上，弃土外运量减少3万t。废弃泥浆使用密闭罐车抽取，或者通过泥浆固化装置现场固化，形成固态泥饼便于运输或者作为填方材料。

3.5 不中断通行条件下的环境安全保障

不中断交通条件下环境保护问题具有特殊性，在很大程度上表现在交通导改路段噪声防治、施工区和行车区分隔以及突发事件应急处置等方面。在导改路段，应采取合理设计临时车道线型、限速、使用低噪声沥青混凝土等手段减少车辆行驶过程产生的交通噪声对周围敏感点造成影响。沪武高速改扩建施工路段限速为100km/h，导改口限速为60km/h，禁止危化品运输车辆、大件运输车辆通行。常州经开区交管大队在圩墩大桥施工封闭期间采取了疏堵保畅十项措施，会同建设部门、属地政府多次踏勘封闭施工路段，根据实际情况开展了“一路口一方案”的研究工作，对31处路口的交通组织进行了优化，保证了施

工期间周边道路的通行安全和环境秩序。施工区和行车区之间需有可靠刚性分隔物，并设有防止施工废弃物飞出威胁到过往车辆安全的防抛网。对于跨越道路进行施工的路段，则要全部封闭并且全天候监控，保障施工人员和行人安全。

4 施工期环境管理与现场监测体系

4.1 项目部环境管理小组设置与工点责任分工

健全组织保障是基础。项目部成立环境管理工作小组，以项目经理为组长，总工程师、安全总监为副组长，各工点负责人、环保工程师为组员，组成“项目部—工区—班组”的三级管理模式。沪武高速项目部从2024年11月进场开始，立即展开方案编制与评审、队伍组建、设备材料进场等各项工作，创建起完备的安全环保管理体系。沪武高速JY2标段采用绿色管理云平台，把绿色管理、风险预警、费用控制、环境监测等七个方面纳入其中，借助大数据、物联网、云计算技术创建起“监测-分析-决策-执行”的全生命周期数字化治理体系，达成碳排放动态追溯和超标数据即时跟踪预警的目的。环境管理工作小组负责制定环保目标、审批方案以及监督检查工作。环保工程师负责编写方案并对工人进行技术交底、每天组织巡查、收集资料并报告上级领导。各工点实行“一岗双责”制度，责任落实到班组负责人，有责任清单并在现场公示。环保监理侧重达标监理和工程监理，在施工过程中做到环保措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

4.2 施工期日常环境巡检与便携式指标监测

建立常态化环境巡查机制，每天由环保工程师带队进行巡查工作，主要查看泥浆池防渗情况、沉淀池运转情况、围挡完好程度、洒水降尘、固体废物运输等情况做好《环境巡查记录表》。自2026年4月起，沿江交通执法大队对辖区内G4221沪武高速改扩建施工路段进行了拉网式、全覆盖的安全大排查，主要针对施工占道报备、交通组织方案落实、作业区规范设置等重点方面展开核查，对桥下空间违法堆放、违规搭建等行为进行严格查处，创建全方位参与的常态化监管机制。监测采用“固定+便携”的方式：固定端在场界安装扬尘噪声在线监测设备，监测PM2.5、PM10、噪声，连接至智慧管理系统，超过预警值时会及时发送信息提醒相关人员^[3]；便携端携带一个噪声计、pH计、浊度仪等，在场界噪声以及废水排放口随机抽查。涉水桥梁上游下游各设一个水质采样点，每月检测一次悬浮物、pH、溶解氧等。

4.3 泥浆外泄、交通噪声投诉等突发情况应急处理流程

施工期环境突发事件发生突然、紧急，需要快速反应。

对于泥浆外溢事件,应急处置程序应包括以下几方面内容:立即停止钻孔工作并采取临时止漏措施;及时在泄漏口下游布置围油栏或者土工布拦截带;用吸污车将已经溢出泥浆混合物抽出;对受到污染底泥进行清淤替换;同时对上下游水体进行应急检测;最后写出事故总结报告上报监理单位以及当地环保局存档。

对于交通噪声投诉应该有“接诉-查实-解决-答复”的工作程序,在接到投诉之后,环保工程师要在两小时内到现场查明情况,用便携式噪声计在几个点上检测,判断噪声是否超标以及主要噪声源是什么;然后马上解决这个问题(比如加设隔音墙、改变施工时间或者使用低噪声机械等),最后把结果告诉投诉人。沪武高速施工期间,无锡市攻坚办同市检察院、市交通局创建起了常态化的跟踪督办机制,整治成果以“数据达标、投诉减少、措施落实、群众满意”为衡量标准,对于敷衍塞责、整治不力的单位和个人实行行政检察监督和责任追究。另外还要做好噪声投诉登记工作,查找投诉集中的时间段和地区,以便今后改进施工计划。

4.4 施工信息公示、沿线沟通与投诉快速响应

施工期间环境管理需要依靠技术和制度保障,也需要良好的外部沟通。项目部要在施工现场醒目位置设置环境信息公开栏,公布主要环境影响因素、拟采取的防治措施、监测情况等以及投诉方式,在开工之前以及施工过程中重要节点到周边社区、村组、企事业单位进行走访,介绍施工方案及环保措施,请大家提出宝贵意见,并形成常态化沟通^[4]。常州经开区交管大队在圩墩大桥施工封闭期间,会同建设部门挨家挨户上门向沿线企业和村民说明施工方案,全网发布征求意见公告,线上浏览量达到20多万次,有效提高了沿线群众对施工方案的理解和支持。设立24h环境投诉电话并专人接听,保证投诉渠道畅通;

对于每一个电话都要做到“件件有记录、件件有处理、件件有回复”,以信息公开、真诚交流获得当地居民理解和支持。

5 结束语

高速公路桥梁拓宽在不停止交通的情况下进行施工,其施工过程中产生的环境污染问题及解决方法与新建桥梁有很大区别。沪武高速(G4221)太仓至常州段扩建工程属于江苏省首例双向四车道升级为双向八车道的总体式高速公路改扩建项目,施工过程中所积累的环境管理经验有着十分重要的示范意义。本文分析研究施工中引起污染的环节以及主要环境影响因素,结合圩墩大桥涉水施工、峭岐枢纽钢箱梁架设及沿线多座桥梁拆除改造等沪武高速工程实际案例,在此基础上针对涉水作业、扬尘、噪声振动、固体废弃物等四个方面提出相应的防治措施,并建立完善的管理体系。桥梁拓宽施工环保是一项系统性工作,需要有先进的技术作为硬件基础,完善的法规制度作为软件保障,未来要进一步加强智能化监测与绿色施工技术的应用,如沪武高速JY2标段已采用的绿色管理云平台等数字治理手段,实现由“被动治理”到“主动防范”的转变,促进交通运输行业绿色发展。

[参考文献]

- [1]刘家民,伍潘,张原嘉,等.高速公路施工废水特征及处理对策[J].工程建设与设计,2023(23):119-123.
 - [2]赵晓玲.绿色环保视域下的路桥工程施工技术[J].四川建材,2022,48(8):129-130.
 - [3]王同卫,柳磊,崔玉桥.高速公路改扩建桥梁排水对敏感水体保护措施[J].山东交通科技,2023(1):120-122.
 - [4]夏新星,罗伟,陈文峰,等.灌注桩施工废弃泥浆环保处置与资源化利用[J].中国港湾建设,2023,43(4):10-14.
- 作者简介:李春香,毕业于苏州科技大学,副高级工程师。