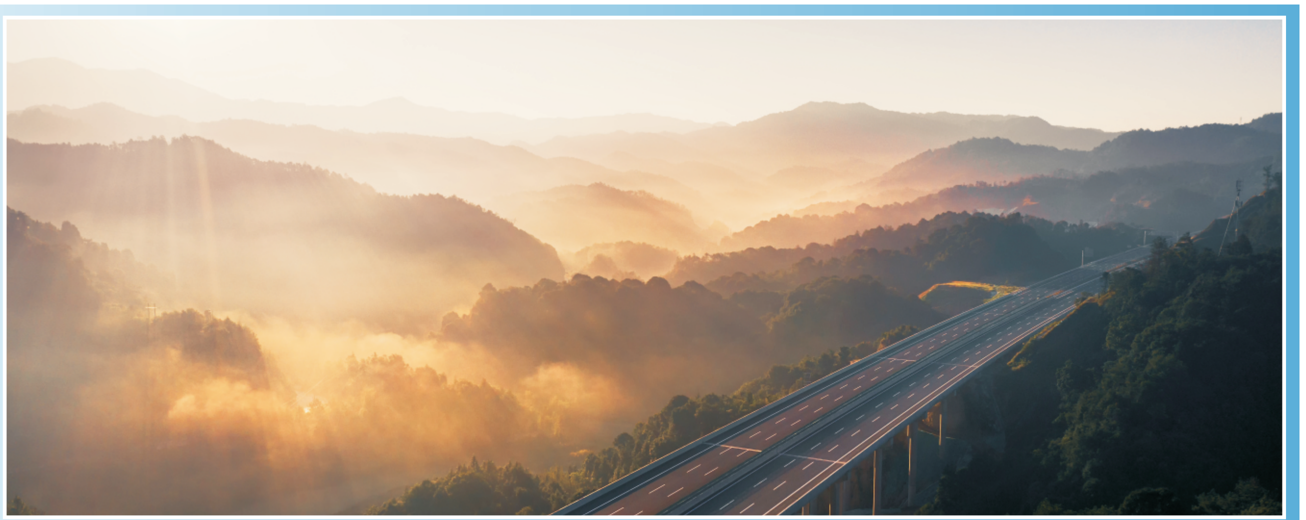
廣東交通規劃設計

GUANGDONG COMMUNICATIONS PLANNING AND DESIGN



2020

3

总第179期

技术交流　信息共享

广东省交通规划设计研究院股份有限公司

地　　址：广州市沙河兴华路22号
邮政编码：510507
电　　话：020-3739 3172
传　　真：020-3739 3172
E-mail　：841622401@qq.com
网　　址：www.ghdi.com.cn

准印证号：(粤O)L0150076号

内部资料　免费交流

热烈庆祝公司通过质量管理体系升级版认证获AAA证书

热烈庆祝公司被人力资源和社会保障部、交通运输部联合授予“全国交通运输系统先进集体”荣誉称号

热烈祝贺公司设计的南沙大桥喜获广东省土木建筑学会第十二届广东省土木工程詹天佑故乡杯奖

技术质量部于2020年7月3日组织召开“广深高速公路改扩建工程可行性研究--投资估算”公司级评审会议。


会议由梁志勇副总工程师主持


项目负责人向专家介绍设计情况


与会专家探讨优化项目设计方案

技术质量部于2020年8月4日组织召开“国道主干线广州绕城公路南段改扩建工程”工可公司级评审会议。


会议由梁志勇副总工程师主持


项目负责人向专家介绍设计情况


与会专家听取项目组设计情况汇报

技术质量部于2020年8月21日分别组织召开“肇庆市金利大道(双金公路)工程”、“深圳至岑溪高速公路江门龙湾至共和段改扩建工程”初步设计公司级评审会议。


会议由陈新富副总工程师主持


项目负责人向专家介绍设计情况


与会专家探讨优化项目设计方案

广东交通规划设计

（每季出版）
2020 年 9 月 30 日印刷

2020 年第 3 期
（总第 179 期）

内部资料　免费交流

准印证号：（粤 O）L0150076 号

编印单位：广东省交通规划设计研究院股份有限公司
地　　址：广州市沙河兴华路 22 号
邮政编码：510507
电　　话：020－37393079
传　　真：020－37393172
E－mail：841622401@qq.com

发送对象：公司及行业内部
本期印刷数量：600 本
印刷单位：广州市艺彩印务有限公司

封面封底：广东省仁化（湘粤界）至博罗公路（A5 设计合同段）

目　次

部委政策

公司动态

技术论文

信息专栏

交通运输部发布了“新基建”的指导意见

8 月 6 日，交通运输部印发《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》。《指导意见》指出，到 2035 年，交通运输领域新型基础设施建设取得显著成效。

《指导意见》明确智慧公路为主要任务。推动先进信息技术应用，逐步提升公路基础设施规划、设计、建造、养护、运行管理等全要素、全周期数字化水平。深化高速公路电子不停车收费系统（ETC）门架应用，推进车路协同等设施建设，丰富车路协同应用场景。推动公路感知网络与基础设施同步规划、同步建设，在重点路段实现全天候、多要素的状态感知。应用智能视频分析等技术，建设监测、调度、管控、应急、服务一体的智慧路网云控平台。依托重要运输通道，推进智慧公路示范区建设。鼓励应用公路智能养护设施设备，提升在役交通基础设施检查、检测、监测、评估、风险预警以及养护决策、作业的快速化、自动化、智能化水平，提升重点基础设施自然灾害风险防控能力。建设智慧服务区，促进融智能停车、能源补给、救援维护于一体的现代综合服务设施建设。推动农村公路建设、管理、养护、运行一体的综合性管理服务平台建设。

《交通运输部关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》解读

一、出台背景

今年以来，党中央、国务院密集部署新型基础设施建设。《2020 年政府工作报告》将“两新一重”作为今年重点任务。交通运输是新型基础设施与传统基础设施融合发展的重要领域。交通运输领域新型基础设施建设以先进技术赋能，使传统基础设施融入新要素、具备新功能、呈现新形态，促进交通基础设施网、运输服务网、能源网与信息网络融合发展。为贯彻落实党中央、国务院决策部署，加快建设交通强国，推动交通运输领域新型基础设施建设，我部制定了《指导意见》。

二、总体要求

《指导意见》提出贯彻落实党中央、国务院决策部署，围绕加快建设交通强国总体目标，以技术创新为驱动，以数字化、网络化、智能化为主线，以促进交通运输提效能、扩功能、增动能为导向，推动交通基础设施数字转型、智能升级，建设便捷顺畅、经济高效、绿色集约、智能先进、安全可靠的交通运输领域新型基础设施。《指导意见》提出了服务人民，提升效能；统筹并进，集约共享；政府引导，市场主导；跨界融合，协调联动；积极稳妥，远近结合等五项原则。近期，加快成熟技术在交通基础设施重点领域的深化应用，远期跟踪新技术发展，适度超前布局。

《指导意见》明确到 2035 年，交通运输领域新型基础设施建设取得显著成效。先进信息技术深度赋能交通基础设施，精准感知、精确分析、精细管理和精心服务能力全面提升，成为加快建设交通强国的有力支撑。基础设施建设运营能耗水平有效控制。泛在感知设施、先进传输网络、北斗时空信息服务在交通运输行业深度覆盖，行业数据中心和网络安全体系基本建立，智能列车、自动驾驶汽车、智能船舶等逐步应用。科技创新支撑能力显著提升，前瞻性技术应用水平居世界前列。

三、主要任务

主要任务，包括 14 项。一是打造融合高效的智慧交通基础设施，以交通运输行业为主实施。以智慧公路、智能铁路、智慧航道、智慧港口、智慧民航、智慧邮政、智慧枢纽，以及新材料新能源应用为载体，体现先进信息技术对行业的全方位赋能。二是助力信息基础设施建设，主要是配合相关部门推进先进技术的行业应用，包括 5G、北斗

系统和遥感卫星、网络安全、数据中心、人工智能（如自动驾驶等）等。三是完善行业创新基础设施，主要是科技研发支撑能力建设，如实验室、基础设施长期性能监测网等。

四、组织实施

为保障有效实施，《指导意见》从加强组织领导、示范引领、标准规范、多元化投融资、协同合作等方面提出工作要求。强调省级交通运输主管部门要落实属地责任，加强组织协调和督促指导，确保顺利实施。要加快示范引领，完善标准规范，形成多元化投融资机制，推动建立协同机制，共同推进交通运输领域新型基础设施建设。

《关于推动交通运输领域新型基础设施建设的指导意见》全文

为贯彻落实党中央、国务院决策部署，加快建设交通强国，推动交通运输领域新型基础设施建设，现提出如下意见。

一、总体要求

（一）指导思想。

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的十九大和十九届二中、三中、四中全会精神，坚持以新发展理念引领高质量发展，围绕加快建设交通强国总体目标，以技术创新为驱动，以数字化、网络化、智能化为主线，以促进交通运输提效能、扩功能、增动能为导向，推动交通基础设施数字转型、智能升级，建设便捷顺畅、经济高效、绿色集约、智能先进、安全可靠的交通运输领域新型基础设施。

（二）基本原则。

——服务人民，提升效能。坚持规划建设与运营服务并重，提升服务品质和整体效能，不断增强人民的获得感、幸福感、安全感。

——统筹并进，集约共享。发挥新型基础设施提质增效作用，巩固传统基础设施强基固本作用，统筹传统与新型、存量与增量、供给与需求，注重集约建设、资源共享，增强发展动能。

——政府引导，市场主导。更好发挥政府统筹协调、支持引导作用，营造良好发展环境。充分发挥企业主体作用，激发市场活力，促进产业链上下游紧密协作，扩展服务功能、提高服务水平。

——跨界融合，协调联动。加强行业协同、部省联动、区域协调，提高系统性、整体性和协同性，形成发展合力，发挥交通基础设施规模优势，助力先进技术装备发展。

——积极稳妥，远近结合。科学定位、稳妥推进，准确把握建设时序和建设重点。注重远近结合，近期加快成熟技术在交通基础设施重点领域的深化应用，远期跟踪新技术发展，适度超前布局。

（三）发展目标。

到 2035 年，交通运输领域新型基础设施建设取得显著成效。先进信息技术深度赋能交通基础设施，精准感知、精确分析、精细管理和精心服务能力全面提升，成为加快建设交通强国的有力支撑。基础设施建设运营能耗水平有效控制。泛在感知设施、先进传输网络、北斗时空信息服务在交通运输行业深度覆盖，行业数据中心和网络安全体系基本建立，智能列车、自动驾驶汽车、智能船舶等逐步应用。科技创新支撑能力显著提升，前瞻性技术应用水平居世界前列。

二、主要任务

（一）打造融合高效的智慧交通基础设施。

1. 智慧公路。推动先进信息技术应用，逐步提升公路基础设施规划、设计、建造、养护、运行管理等全要素、全周期数字化水平。深化高速公路电子不停车收费系统（ETC）门架应用，推进车

路协同等设施建设，丰富车路协同应用场景。推动公路感知网络与基础设施同步规划、同步建设，在重点路段实现全天候、多要素的状态感知。应用智能视频分析等技术，建设监测、调度、管控、应急、服务一体的智慧路网云控平台。依托重要运输通道，推进智慧公路示范区建设。鼓励应用公路智能养护设施设备，提升在役交通基础设施检查、检测、监测、评估、风险预警以及养护决策、作业的快速化、自动化、智能化水平，提升重点基础设施自然灾害风险防控能力。建设智慧服务区，促进融智能停车、能源补给、救援维护于一体的现代综合服务设施建设。推动农村公路建设、管理、养护、运行一体的综合性管理服务平台建设。

2. 智能铁路。运用信息化现代控制技术提升铁路全路网列车调度指挥和运输管理智能化水平。建设铁路智能检测监测设施，实现动车组、机车、车辆等载运装备和轨道、桥隧、大型客运站等关键设施服役状态在线监测、远程诊断和智能维护。建设智能供电设施，实现智能故障诊断、自愈恢复等。发展智能高速动车组，开展时速 600 公里级高速磁悬浮、时速 400 公里级高速轮轨客运列车研制和试验。提升智能建造能力，提高铁路工程建设机械化、信息化、智能化、绿色化水平，开展建筑机器人、装配式建造、智能化建造等研发应用。

3. 智慧航道。建设航道地理信息测绘和航行水域气象、水文监测等基础设施，完善高等级航道电子航道图，支撑全天候复杂环境下的船舶智能辅助航行。建设高等级航道感知网络，推动通航建筑物数字化监管，实现三级以上重点航段、四级以上航段重点通航建筑物运行状况实时监控。建设适应智能船舶的岸基设施，推进航道、船闸等设施与智能船舶自主航行、靠离码头、自动化装卸的配套衔接。打造“陆海空天”一体化的水上交通安全保障体系。

4. 智慧港口。引导自动化集装箱码头、堆场库场改造，推动港口建设养护运行全过程、全周期数字化，加快港站智能调度、设备远程操控、智能安防预警和港区自动驾驶等综合应用。鼓励港口建设数字化、模块化发展，实现建造过程智能管控。建设港口智慧物流服务平台，开展智能航运应用。建设船舶能耗与排放智能监测设施。应用区块链技术，推进电子单证、业务在线办理、危险品全链条监管、全程物流可视化等。

5. 智慧民航。加快机场信息基础设施建设，推进各项设施全面物联，打造数据共享、协同高效、智能运行的智慧机场。鼓励应用智能化作业装备，在智能运行监控、少人机坪、机坪自主驾驶、自助智能服务设备、智能化行李系统、智能仓储、自动化物流、智慧能源管理、智能视频分析等领域取得突破。推进内外联通的机场智能综合交通体系建设。发展新一代空管系统，推进空中交通服务、流量管理和空域管理智慧化。推动机场和航空公司、空管、运行保障及监管等单位间核心数据互联共享，完善对接机制，搭建大数据信息平台，实现航空器全球追踪、大数据流量管理、智能进离港排队、区域管制中心联网等，提升空地一体化协同运行能力。

6. 智慧邮政。推广邮政快递转运中心自动化分拣设施、机械化装卸设备。鼓励建设智能收投终端和末端服务平台。推动无人仓储建设，打造无人配送快递网络。建设智能冷库、智能运输和快递配送等冷链基础设施。推进库存前置、智能分仓、科学配载、线路优化，实现信息协同化、服务智能化。推广智能安检、智能视频监控和智能语音申诉系统。建设邮政大数据中心。开展新型寄递地址编码试点应用。

7. 智慧枢纽。推进综合客运枢纽智能化升级，推广应用道路客运电子客票，鼓励发展综合客运一体衔接的全程电子化服务模式，推动售取票、检票、安检、乘降、换乘、停车等客运服务“一码通行”。推动旅客联程运输服务设施建设，鼓励建设智能联程导航、自助行李直挂、票务服务、安检

互认、标识引导、换乘通道等服务设施,实现不同运输方式的有效衔接。引导建设绿色智慧货运枢纽(物流园区)多式联运等设施,提供跨方式、跨区域的全程物流信息服务,推进枢纽间资源共享共用。推进货运枢纽(物流园区)智能化升级,鼓励开展仓储库存数字化管理、安全生产智能预警、车辆货物自动匹配、园区装备智能调度等应用。鼓励发展综合性智能物流服务平台,引导农村智慧物流网络建设。

8. 新能源新材料行业应用。引导在城市群等重点高速公路服务区建设超快充、大功率电动汽车充电设施。鼓励在服务区、边坡等公路沿线合理布局光伏发电设施,与市电等并网供电。鼓励高速公路服务区、港口码头和枢纽场站推进智能照明、供能和节能改造技术应用。推动船舶靠港使用岸电,推进码头岸电设施和船舶受电设施改造,着力提高岸电使用率。鼓励船舶应用液化天然气、电能等清洁能源。推动新能源、新材料在港口和导助航设施等领域应用。推动长寿命、可循环利用材料在基础设施建造、生态修复和运行维护领域应用。

(二)助力信息基础设施建设。

9. 第五代移动通信技术(5G)等协同应用。结合 5G 商用部署,统筹利用物联网、车联网、光纤网等,推动交通基础设施与公共信息基础设施协调建设。逐步在高速公路和铁路重点路段、重要综合客运枢纽、港口和物流园区等实现固移结合、宽窄结合、公专结合的网络覆盖。协同建设车联网,推动重点地区、重点路段应用车用无线通信技术,支持车路协同、自动驾驶等。在重点桥梁、隧道、枢纽等应用适用可靠、经济耐久的通信技术,支撑设施远程监测、安全预警等应用。积极推动高速铁路 5G 技术应用。面向行业需求,结合国家卫星通信等设施部署情况和要求,研究应用具备全球宽带网络服务能力的卫星通信设施。

10. 北斗系统和遥感卫星行业应用。提升交通运输行业北斗系统高精度导航与位置服务能力,推动卫星定位增强基准站资源共建共享,提供高精度、高可靠的服务。推动在特长隧道及干线航道的信号盲区布设北斗系统信号增强站,率先在长江航运实现北斗系统信号高质量全覆盖。建设行业北斗系统高精度地理信息地图,整合行业北斗系统时空数据,为综合交通规划、决策、服务等提供基础支撑。推进北斗系统短报文特色功能在船舶监管、应急通信等领域应用。探索推动北斗系统与车路协同、ETC 等技术融合应用,研究北斗自由流收费技术。鼓励在道路运输及运输服务新业态、航运等领域拓展应用。推动北斗系统在航标遥测遥控终端等领域应用。推进铁路行业北斗系统综合应用示范,搭建铁路基础设施全资产、全数据信息化平台,建设铁路北斗系统地基增强网,推动在工程测量、智慧工地等领域应用。推动高分辨率对地观测系统在基础设施建设、运行维护等领域应用。

11. 网络安全保护。推动部署灵活、功能自适、云网端协同的新型基础设施内生安全体系建设。加快新技术交通运输场景应用的安全设施配置部署,强化统一认证和数据传输保护。加强关键信息基础设施保护。建设集态势感知、风险预警、应急处置和联动指挥为一体的网络安全支撑平台,加强信息共享、协同联动,形成多层级的纵深防御、主动防护、综合防范体系,加强威胁风险预警研判,建立风险评估体系。切实推进商用密码等技术应用,积极推广可信计算,提高系统主动免疫能力。加强数据全生命周期管理和分级分类保护,落实数据容灾备份措施。

12. 数据中心。完善综合交通运输数据中心,注重分类分层布局,推动跨部门、跨层级综合运输数据资源充分汇聚、有效共享,形成成规模、成体系的行业大数据集。推动综合交通运输公共信息资源开放,综合运用政府、科研机构、企业等数据资源,深化行业大数据创新应用,以数据资源赋能交通运输发展。

13. 人工智能。持续推动自动驾驶、智能航运、智慧工地等研发应用。建设一批国家级自动驾驶、智能航运测试基地,丰富不同类型和风险等级的测试场景,完善测试评价体系,提升测试验证能力。围绕典型应用场景和运营模式,推动先导应用示范区建设,实施一批先导应用示范项目。

(三)完善行业创新基础设施。

14. 科技研发。加强以国家重点实验室、国家技术创新中心等重要载体为引领的交通运输领域科研基地体系建设,鼓励社会投资科技基础设施,推动一批科研平台纳入国家科技创新基地建设,推进创新资源跨行业共享。鼓励在项目全生命周期协同应用建筑信息模型(BIM)技术,促进产业基础能力提升。推进交通基础设施长期性能观测网建设,试点开展长期性能观测,加强基础设施运行状态监测和运行规律分析,支撑一流设施建设与维护。

三、组织实施

(一)加强组织领导。

建立健全推动交通运输领域新型基础设施建设的实施机制。部将加大指导支持力度,协调解决重大问题。省级交通运输主管部门要落实属地责任,加强组织协调和督促指导,明确实施路径、阶段目标,建立协同推进机制和政策体系,充分调动企业和社会积极性,确保顺利实施。

(二)加快示范引领。

结合规划编制,统筹布局谋划交通运输领域新型基础设施项目,稳妥有序推进项目落地实施。落实国家重大区域战略,选择特点突出、条件成熟、创新能力强的重点地区,依托重要运输通道、枢纽等开展多层次的交通运输领域新型基础设施试点示范,形成可复制可推广的经验。

(三)完善标准规范。

构建适应交通运输领域新型基础设施建设的标准体系,加强重点领域标准供给,分类制定关键性、基础性标准,及时将试点成果转化为标准,指导工程建设。加快完善通信网络、北斗系统、环境感知、交通诱导与管理、BIM、数据融合等标准规范,推进建立适应自动驾驶、自动化码头、无人配送的基础设施规范体系。建立标准国际化、政企共建和动态调整机制。

(四)形成多元化投融资机制。

发挥好政府投资的支持引导作用,扩大有效投资。各级交通运输主管部门应积极争取各类政府财政性资金、专项资金等支持交通运输领域新型基础设施建设。充分运用市场机制,多元化拓宽投融资渠道,积极吸引社会资本参与,争取金融保险机构支持,强化风险防控机制建设。探索数据、技术等资源市场化配置机制。

(五)加强协同合作。

各级交通运输主管部门要推动建立涵盖政府、企业、行业协会和专业机构的协同机制,强化部门协同、区域协调和跨界合作,共同推进交通运输领域新型基础设施建设。鼓励产业链上下游协同攻关、融通合作,优化生产服务方式、创新建设与运营模式,建立以信用为基础的新型监管机制,营造创新要素集聚、市场主体互利共赢、公平有序发展的产业环境。

交通运输部

2020 年 8 月 3 日

激流勇进，扬帆远航
以新发展理念引领高质量发展
——公司召开 2019 年度工作总结暨表彰大会

2020 年 6 月 28 日下午，公司在珠岛宾馆珠岛会堂隆重召开了 2019 年度工作总结暨表彰大会。公司全体领导均出席了本次大会，近 1200 名员工参加了此次大会。

会议首先由公司总经理黄湛军作题为《激流勇进，扬帆远航，以新发展理念引领高质量发展》的工作总结报告，对 2019 年各项工作进行总结，并对 2020 年的工作做出整体部署。

随后，大会对 2019 年度在生产经营、职能管理等各项工作中表现出色的各类先进集体和优秀个人进行了集中表彰。此次共有 13 个先进集体、57 名杰出个人、244 名优秀个人受到表彰。


2019年度
杰出生产管理奖


2019年度
杰出技术专家


2019年度
杰出业务支持奖


2019年度
杰出项目负责人


2019年度
杰出设计代表


2019年度
最佳生产与职能团队


2019年度
生产标兵


2019年度
技术创新团队


2019年度
市场营销标兵


2019年度
业务支持标兵


2019年度
明日之星

接下来,我们要以获奖集体和获奖员工为榜样,以更加昂扬的斗志和更加饱满的热情,继续弘扬“至诚至善,求实创新”的核心价值观,秉承“一路领先”的企业精神,携手共创公司发展新的辉煌!

（报道者:曹菁菁）

省政协原副主席、省港澳办首任主任、广东省宋庆龄基金会主席唐豪一行莅临我公司调研交流

2020 年 8 月 25 日,省政协原副主席、省港澳办首任主任、广东省宋庆龄基金会主席唐豪,省粤港澳合作促进会执行会长、省粤港澳办原巡视员林迪夫一行莅临我公司调研交流。公司总经理黄湛军、副总经理刘桂红以及相关分院、部门负责人参加了此次座谈会。

座谈会上,规划与交通工程分院副院长阮文汇报了粤港澳大湾区及粤东西北交通建设及规划情况。双方围绕如何推动粤港澳大湾区与粤东西北地区基础设施互联互通、加强内地与港澳交通连接、促进粤东西北地区融入湾区发展、推动《粤港澳大湾区发展规划纲要》实施进行了深入的交流和探讨;同时,双方希望未来进一步加强交流和合作,共同助力粤东西北更好融入粤港澳大湾区发展。

(报道者:黄春媚)

我司承担的广东省重大项目——清远清新至佛山南海高速公路工可报告顺利通过专家评审

6 月 10 至 12 日,我公司承担的广东省重大项目——清远清新至佛山南海高速公路工可报告顺利通过了省交通厅组织的专家评审。

本项目与佛山一环东线及北延线、佛江高速、江珠高速公路(S47 广佛江珠)共同组成了《广东省高速公路网规划(2020 - 2035 年)》中的第 8 纵(清远清新至珠海金湾高速公路),对推进粤港澳大湾区基础设施建设,促进大湾区互联互通起到了重要作用。项目南连佛山一环北延线,北接汕湛高速,线路全长约 63.4km,远期计划继续北延,将形成跨省通道走廊。项目建成后,增加了广佛同城北出口高速通道,将有效缓解广清高速与广州沙贝站的交通压力。

公司副总经理姜启珍、公司副总工程师陈新富、第五设计分院院长卢绍鸿、第五设计分院副院长陈星光、第五设计分院总工程师许卫南、规划与交通工程分院总工程师向前忠等参加了现场会议，项目负责人蓝碧武对项目进行了汇报和答疑。

会上，专家组及参会领导、代表听取了我公司关于项目工可报告编制工作情况的汇报，审阅了相关文件及资料，并一致同意通过评审。

北江特大桥

（报道者：吴国强）

我公司与广东省交通运输规划研究中心签署战略合作框架协议

7 月 8 日，我公司与广东省交通运输厅下属广东省交通运输规划研究中心（以下简称“厅规划中心”）隆重举行了战略合作框架协议签约仪式。公司副总经理刘桂红、总经理助理兼规划与交通工程分院院长汪超以及广东省九域工程技术咨询有限公司总经理朱青、副总经理吴桂胜参加了签约仪式。会上，刘桂红副总经理与厅规划中心史焕杰主任分别代表双方共同签署了战略合作框架协议。厅规划中心规划研究室、公路工程咨询室同仁共同见证了签约过程。

双方就今后的深度合作进行了全面探讨。未来双方将基于各自的技术优势与人才资源，以促进广东交通高质量发展为根本出发点，通过资源整合构建开放、创新的规划与设计咨询共同体，坚持平等互信、优势互补、利益共享、互惠共赢，携手并肩、通力合作，致力于促进新时期广东交通高质量发展。

（报道者：凌敏）

我司负责勘察设计的广东省重大项目
——黄茅海跨海通道工程施工图设计顺利通过评审

7 月 20 日,我公司负责勘察设计的广东省重大项目——黄茅海跨海通道工程(A1 标段)施工图设计顺利通过了省交通集团组织的专家评审。公司总工程师梁立农、公司总经理助理兼第四设计分院院长罗旭东、公司副总工程师孙向东、公司副总工程师万志勇、第四设计分院总工程师徐德志、岩土勘察分院副院长林少忠等参加了现场会议并对本项目施工图设计工作进行了汇报和答疑。

黄茅海跨海通道工程(A1 标段)作为省级重大工程项目,其推进得到了上级主管部门和建设单位的高度重视。项目分别于 2 月 28 日顺利通过了初步设计评审,于 6 月 3 日顺利通过了定测详勘外业验收。本次施工图设计顺利通过评审,意味着项目推进又向前迈进了一步。

作为广东省重大基础设施建设项目,黄茅海跨海通道建成后将完善广东省高速公路网规划,推进粤港澳大湾区基础设施互联互通,加快形成世界级交通枢纽,构建“一核一带一区”区域发展新格局。

我公司主要负责本项目 A1 标段的勘察设计工作,设计内容主要包括高栏港大桥(独柱式分体箱钢箱梁斜拉桥)、中引桥(海中 16 × 100 m 的连续钢箱梁)、跨径 60 m 的预制节段拼装连续刚构桥、一座枢纽互通立交以及项目管理中心等。

(报道者:徐德志)

省公路学会与我公司联合主办的“2020 年全国科技活动周·广东公路水土保持科普宣传”讲座圆满完成

8 月 26 日下午，由省公路学会与我公司联合主办、广东省水土保持学会和广东省路桥建设发展有限公司协办的“2020 年全国科技活动周·广东公路水土保持科普宣传”讲座在广州华泰宾馆顺利举行。本次科普活动得到了广东省水利厅的大力支持，水土保持处多位领导到会指导。全省公路工程建设、施工、运营养护以及教学科研等 60 余个单位共 200 多人参加了本次活动。

会议由广东省公路学会副秘书长申建伟主持。广东省公路学会副理事长董青泓、广东省水利厅水土保持处处长兼广东省水土保持学会常务副理事长丁力、广东省交通运输厅基建管理处副处长刘名刚分别为大会致辞。广东省公路学会秘书长谭羡群、广东省水土保持学会副秘书长徐敬华，我公司总工程师梁立农、副总工程师王强、技术质量部副主任刘祥兴、环保咨询部主任工程师白芝兵组织和参加了本次讲座。

我公司环保咨询部副主任张翔宇作为主讲人，作了“广东公路水土保持”经验分享专题讲座。讲座聚焦公路建设项目“弃土场选址不合法”、“水土流失投诉和索赔”、“不能及时依法完成水保验收”等热点问题，总结分享了公路工程建设过程中水土保持方案、水土保持设计、水土保持施工、水土保持监理监测和水土保持设施验收各个阶段的规定及要求，为公路建设单位和参建单位开展水土保持工作、履行法定水土保持义务提供了指引。

会议设置了现场答疑交流的环节，省水利厅水土保持处副处长陈涛、省交通运输厅基建管理处副处长刘名刚、省水利厅水土保持处一级主任科员耿海波以及我公司环保咨询部副主任张翔宇对现场提出的公路建设、施工、运营养护中水土保持相关的问题进行了解答和说明。

此外，大会精心编辑和印发了《广东公路水土保持工作指引》和《水土保持法律法规汇编》等科普资料。

本次水土保持科普宣传讲座得到了参会人员的一致好评，大会取得圆满成功。

（报道者：刘祥兴）

我司与广州交通投资集团有限公司签订红联共建协议

为深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想、党的十九大及十九届二、三、四中全会精神，落实全面从严治党要求，积极创新基层党建工作载体，不断提升基层党建工作整体水平，9 月 9 日上午，我司与广州交通投资集团有限公司（以下简称“广州交投集团”）在广州交投集团办公大楼 503 会议室签订了红联共建协议。广州交投集团党委书记、董事长杨宇正，副总经理李更新，党委委员、工会主席谭艳等领导出席会议。广州市高速公路公司党委书记温志斌与我司党委书记、董事长李江山签署共建协议，公司党委副书记、副总经理陈贤文，党委委员、副总经理姜启珍，第五设计分院院长卢绍鸿、副院长陈星光参加了会议。

会上，李江山书记代表公司党委做了表态发言，并表示将以党建共建作为加强学习、交流的重要平台，与广州市高速公路公司党委一起，共同努力做好党建共建工作，具体来说，要做好以下几项工作：一是“共学创新理论”，坚持用习近平新时代中国特色社会主义思想武装头脑、指导实践，加强双方理论联学和研讨交流，全面贯彻《交通强国建设纲要》《粤港澳大湾区发展规划纲要》等重大部署精神；二是“共办红联活动”，以增天高速公路项目为平台，打造“党建搭台、业务唱戏”的共建模式，提升项目质量和工作效率；三是“共享党建阵地”，共同充实、完善党建阵地建设，实现党建资源共享；四是“共解发展难题”，以增天高速公路项目为试点，围绕项目实施难点开展技术攻关和总结分析，形成可复制、可推广、可借鉴的经验，促建业务高质量发展；五是“建强企业队伍”，分享经验，创造机会共同实施党员培训教育，构建优秀的业务骨干队伍；六是“促进合作共赢”，以点带面，从多方面加强双方合作和交流，实现双赢发展；七是“共担社会责任”，在疫情形势下，做好“六稳”、“六保”工作，积极参与精准扶贫、社会慈善、环境保护等社会公益活动。

广州交投集团党委委员、工会主席谭艳代表广州交投集团就下一步推进红联共建工作提出四点期望：一是要始终坚持党建引领企业发展。用好党建这个“红色引擎”，发挥党建引领、凝心聚力的重要作用，推动党建与发展共振双赢。二是要健全完善红联共建运行机制，推动企业强管理、聚人才、促经营、增效益。三是要形成红联共建强大合力。集团各单位都要联动起来，广泛参与共建，把组织优势转化为发展优势，凝聚起共克时艰、共谋发展的强大合力。四是要推动红联共建取得实效。通过组织开展形式多样的红联共建活动，搭建更多共建平台载体，推动企业加强沟通联系，增进合作共赢，实现协同发展，推动红联共建取得实效。

本次活动进一步深化了我司与广州交投集团以及广州市高速公路公司间的联建共建关系，今后双方将在各项业务领域继续加大互融互通，密切工作对接，强化资源共享，携手打造事业共同体、利益共同体、发展共同体，共同践行使命，为市民提供更优质更便捷的服务，为广州的高速公路建设事业做出新的更大的贡献。

（报道者：陈星光）

我公司与中铁隧道勘察设计研究院有限公司签署战略合作框架协议

2020 年 9 月 14 日，为加强合作、促进优势互补，我公司与中铁隧道勘察设计研究院有限公司隆重举行了战略合作框架协议签约仪式。公司董事长李江山、副总经理姜启珍、市政设计分院院长陈万里、市政设计分院副院长李钊、市政设计分院给排水总工程师邹水明等相关负责人出席了本次签约仪式。会上，董事长李江山和中铁隧集团公司副总工程师兼中铁隧道勘察设计研究院院长卓越分别代表双方共同签署了战略合作框架协议。

双方均表示，未来将秉持“优势互补、互惠互利、合作共赢、共同发展”的原则，以国内外市场的深度合作为目标，强强联合，充分发挥各自的资源优势，推动双方实现新一轮的跨越式发展。

（报道者：曹菁菁）

揭阳市区进贤门大桥主桥设计

周　宇，魏朝柱，何　海
（广东省交通规划设计研究院股份有限公司，广州 510507）

摘　要：揭阳市区进贤门大桥主桥全长 386 m，为(38 + 50 + 210 + 50 + 38) m 无推力中承式提篮拱桥，在桥梁方案设计阶段提取进贤楼、莲花、五行山墙等在潮汕具有特色和代表性的元素融入到大桥的设计中，是连接揭阳市揭东区和空港经济区的一座景观大桥。主拱结构为平行箱形混合拱，跨度 210 m，矢高约 52.5 m，矢跨比为 1/4.0，拱轴线采用 $m = 1.25$ 的悬链线，钢箱拱段跨度 162.6 m；主梁采用混合梁，边跨主梁采用混凝土箱形梁，中跨采用钢箱梁，两者通过设置于前横梁的牛腿相连；主桥设置 16 对吊杆、12 根系杆。采用有限元软件对该桥的静、动力性能进行分析，并通过实体和板壳单元对全桥进行仿真复核分析，结果表明各项指标均满足规范要求。

关键词：系杆拱桥；中承式提篮拱桥；混合拱；混合梁；三角刚架；钢箱拱；结构分析

1　工程概况

揭阳市区进贤门大桥是横跨榕江北河连接揭阳市揭东区与空港经济区的景观大桥，为提高城市形象，在桥梁方案设计阶段，建设方增加了景观设计环节，提出“印象进贤，水上莲花”的设计主题，提取进贤楼、莲花、五行山墙等在潮汕具有特色和代表性的元素融入到大桥的设计中。

道路等级为城市主干道，设计速度 60 km/h，双向八车道，主桥桥梁总宽 44.9 m，设计基本风速为 39.4 m/s，设计基本地震动峰值加速度值为 0.15 g。

桥址处河宽约 230 m，河道较顺直，水流较为平缓，航槽内最大水深约 6.8 m。榕江北河为内河Ⅲ级航道，单孔双向通航并兼顾 1 000 t 海轮，通航孔净宽 182 m、净空 18 m。桥址区属亚热带海洋性气候，7 ~ 9 月 6 级以上强风占总数 83%，历史最大台风风力 11 级，风速达 28 m/s。

桥址区基岩覆盖层主要为粉质黏土、淤泥、砂类土、碎石土，厚度约 25 ~ 75m 不等；基底由燕山期花岗岩及其风化层组成，岩体一般较为完整，局部较为破碎。

2　主桥设计

2.1　总体设计

进贤门特大桥主桥全长 386 m，为 38 + 50 + 210 + 50 + 38 m 无推力中承式提篮拱桥。大桥结构体系可进一步分为下列子结构：主墩、辅助墩、过渡墩墩身及基础；三角刚架及混凝土梁；钢箱拱；系杆索、吊杆索；钢箱梁；连桥；纵向阻尼限位设备及梁端伸缩缝。桥梁总体布置图见图 1。

图 1　桥梁总体布置图(单位:cm)

桥面整幅布置,全宽 44.9 m。桥面横向布置为:3.5 m 人行道 + 3.2 m 拉索区 + 15.25 m 行车道 + 1 m 中央分隔带 + 15.25 m 行车道 + 3.2 m 拉索区 + 3.5 m 人行道。结合"印象进贤,水上莲花"的设计主题,三角刚架上立柱采用中间镂空的形式设计成揭阳市花莲花的花瓣造型,牌楼总体样式采取潮汕风格的进贤门城楼形式,通过连桥将牌楼与主拱连接在一起。每个过渡墩、辅助墩、前横梁各设 4 个球型支座;钢主梁端部横向各设 2 个抗风支座;三角刚架前横梁与钢主梁之间设置纵向阻尼器。

2.2　结构设计

2.2.1　钢箱拱

主拱结构为平行箱形拱,跨度 210 m(含三角刚架前斜腿,钢拱段跨度 162.6 m),矢高约 52.5 m(含三角刚架前斜腿),主拱矢跨比为 1/4.0,拱轴线采用 $m = 1.25$ 的悬链线,竖直面布置,拱肋间距 34.1 m。

钢箱拱采用等高度箱型截面,尺寸为宽 2.8 m × 高 3.8 m,顶、底板厚 44 ~ 32 mm,腹板厚 36 ~ 28 mm。钢箱拱沿着桥轴立面分为 19 个节段,单节段最大重量为 77 t。钢箱拱节段设 3 ~ 7 道横隔板,普通隔板厚度为 20 mm,吊点隔板厚度为 30 mm;顶、底板设 3 道纵向加劲肋(高度 300 mm,厚度 30 mm ~ 26 mm,间距为 700 mm);腹板设 6 道纵向加劲肋(高度为 300 mm,厚度 30 mm ~ 26 mm,间距 540 mm);吊杆锚垫板通过承压板锚固在内径 175 mm、154 mm 的锚管上。节段间钢箱拱顶板、底板、腹板采用熔透焊接连接,纵向加劲肋采用高强度螺栓连接。钢箱拱横断面图见图 2。

钢混结合段分为钢结构刚度过渡段及钢包混凝土段,两段以 60 mm 厚承压钢板为分界,钢包混凝土段设置 PBL 剪力键及预应力钢束。

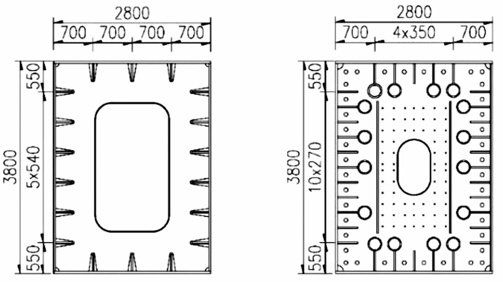


图 2　钢箱拱横断面图(单位:mm)

两片拱肋通过 5 道钢箱横撑连为一体,钢箱横撑采用等腰梯形断面,上底宽 2 231 mm ~ 2 487 mm、下底宽 2 108 ~ 2 362 mm、高 2 670 mm ~ 2 724 mm。横撑与钢拱肋间设整体节点,整体节点与横撑的连接采用全断面熔透焊接连接。

2.2.2　三角刚架及混凝土梁

三角刚架及混凝土梁由主墩、前后斜腿、边跨混凝土梁、前横梁、墩顶横梁、后斜腿横梁及系杆索锚固件等结构组成。

主墩断面为矩形断面,顺桥向 8.5 m,横桥向 3.8 m。前斜腿中心线位于拱轴线的起始段,后斜腿中心线采用抛物线,均为矩形截面(其中空心断面壁厚 1 m),采用预应力混凝土结构。前斜腿截面高度由下端 5.8 m 渐变至上端钢混结合面 3.8 m,桥面以下部分宽度 3.8 m,桥面以上部分为 2.8 m;后斜腿截面高度由下端 5.8m 渐变至上端与主梁边箱相接处 3.8m,下缘接入主梁,上缘与主梁以 1 m 圆弧相接。三角刚架构造图见图 3。

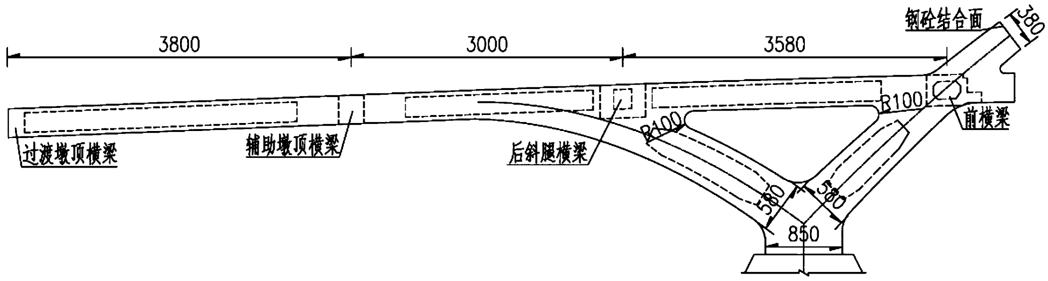


图 3　三角刚架构造图(单位:cm)

边跨混凝土梁为单箱六室箱梁，为预应力混凝土结构，在施工过程中分段浇筑。中箱顶板厚 32 cm，底板厚 30 cm；中腹板厚度由 50 cm 渐变至 80 cm；边箱顶、底板厚 50 cm，腹板厚度由 50 cm 渐变至 65 cm，在横隔板上设置高 80 cm 的拱门形人孔；主梁中心线处梁高 348 cm，边箱梁高 318 cm。混凝土梁横断面图见图 4。

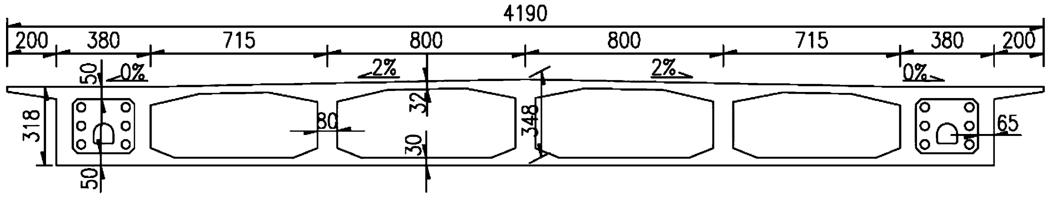


图 4 混凝土梁横断面图（单位：cm）

边跨混凝土梁在前斜腿相交处设置前横梁，前横梁为单箱单室截面，宽 4.5 m，梁高在混凝土梁梁底加高 25 cm，壁厚 75 cm，中部设置牛腿，顶部设置伸缩缝预留槽；在后斜腿相交处设置后斜腿横梁，后斜腿横梁采用单箱单室截面，宽 5m，梁高在混凝土梁梁底加高 50 cm，腹板厚 1.5 m，底板厚 1 m，顶板厚 0.52 m；在辅助墩、过渡墩墩顶处设置墩顶横梁，采用矩形实心截面，梁高与边跨混凝土梁相同，其中辅助墩墩顶横梁宽 2.8 m，过渡墩墩顶横梁宽 1.8 m。

系杆在边跨混凝土梁边箱内采用锚固块锚固，锚固块与辅助墩墩顶横梁做成一体，一处锚固块锚固 6 根系杆。

2.2.3 钢箱梁

中跨主梁采用单箱三室扁平流线型全焊钢箱梁，主跨主梁全长 173.9 m，两端支撑于三角刚架前横梁牛腿上。钢梁桥面总宽为 44.9 m，行车道设 2% 横坡，人行道平坡，底部保持水平，标准节段长 10.2 m，最大吊重 234 t。行车道区域、拉索区域、人行道区域顶板厚分别为 16 mm、18 mm、12 mm；底板、斜底板、斜腹板厚 10 mm；直腹板厚 16 mm。行车道区域顶板采用纵向 U 型加劲肋（上口宽 300 mm，底宽 170 mm，高 280 mm，板厚 8 mm，间距 600 mm）；行车道区域底板采用纵向 U 型加劲肋（下口宽 500 mm，上底宽 255 mm，高 260 mm，板厚 6 mm，间距 1 000 mm）；拉索区域顶板采用板式纵向加劲肋（高 180 mm，板厚 16 mm，间距 400 mm）；人行道区域顶板采用板式纵向加劲肋（高 140 mm，板厚 12 mm，间距 400 mm）；斜底板、斜腹板采用板式纵向加劲肋（高 120 mm，板厚 10 mm，间距 450 mm）。钢箱梁横断面图见图 5。

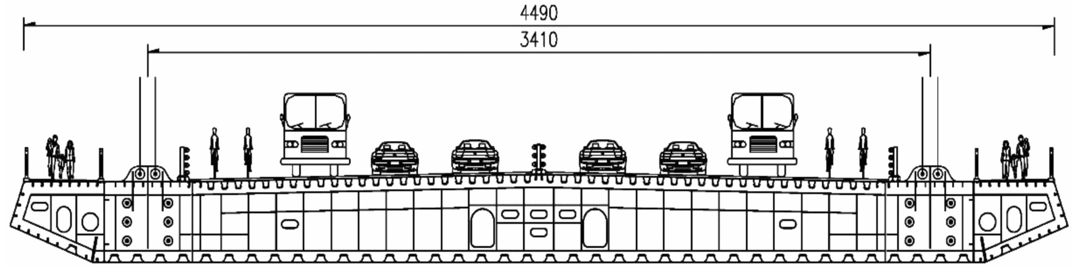


图 5 钢箱梁横断面图（单位：cm）

钢箱梁横隔板间距为 3.4 m，普通横隔板竖向由上、下两块板组成，上板与钢箱梁顶板一起组装，上、下板通过加劲肋焊接连接。普通横隔板上板厚 16 mm，下板厚 12 mm；拉索区域横隔板板厚 16 mm，吊点处横隔板加厚至 40 mm。除吊点处横隔板采用双面加劲外，其余横隔板均采用单面加劲。吊索连接耳板与吊点处横隔板是同一块板，耳板处顶板预留槽口，该处顶板加劲肋焊接于横隔板上。

2.2.4　下部结构及基础

(1)主墩下部结构及基础

主墩单个承台尺寸 16.5 m(顺桥向)×56.278 m(横桥向),厚 5.0 m。为提高整体性,用系梁将两承台连接起来,系梁采用实心砼,系梁宽 8 m,与承台等厚 5.0 m。主墩基础采用 3×3×2=18 根 ϕ2.5 m 钻孔灌注桩基础,按嵌岩桩设计。拱座为一个棱型柱,底面为 9.8 m(横桥向)×13 m(顺桥向),顶面为 7.8 m(横桥向)×11 m(顺桥向),厚度为 2 m。主墩承台布置图见图 6。

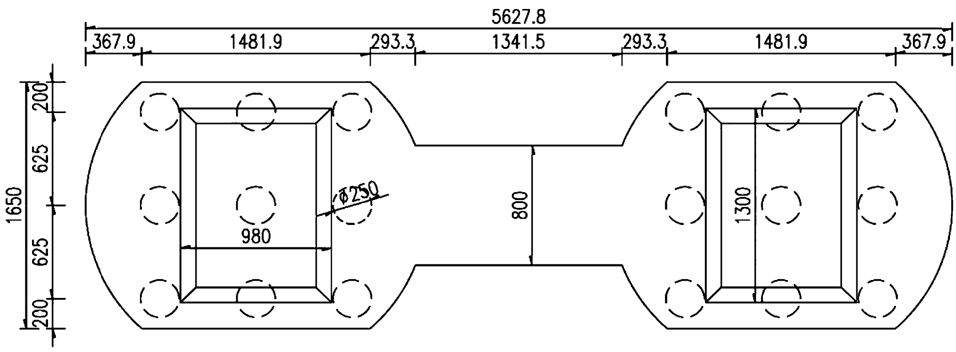


图 6　主墩承台布置图(单位:cm)

(2)辅助墩及过渡墩下部结构及基础

辅助墩采用左右幅分离的花瓶墩。墩身横桥向宽度 4.0 m~6.2 m,顺桥向厚均为 2.5 m,墩顶设喇叭扩头。单个承台平面尺寸为 8.2 m×8.2 m,高 3 m。单个承台底桩基采用 4 根 ϕ2.0 m 钻孔灌注桩基础,按嵌岩桩设计。

过渡墩采用等截面双柱墩,横桥向两墩中心间距 20 m,单个墩身横桥向宽度为 4.0 m,顺桥向厚为 2.2 m,墩顶设预应力盖梁。单个承台平面尺寸为 8.2 m×8.2 m,高 3 m。单个承台底桩基采用 4 根 ϕ2.0 m 钻孔灌注桩基础,按嵌岩桩设计。

2.2.5　桥面铺装

混凝土梁桥面铺装采用 10 cm 沥青混凝土铺装;钢箱梁采用 4.5 cm 超高韧性砼(STC)+3.5 cm SMA-13 组合桥面铺装;人行道铺设 3 cm 花岗岩砖,基底采用 2 cm 环氧砂浆调平层。

2.2.6　吊杆索

顺桥向吊杆索中心距为 10.2 m,横桥向设锚点,采用双侧双吊形式,两吊杆索横向间距为 67 cm。吊杆索采用钢绞线整束挤压式拉索体系,为 HDPE 护套索体,上端为钢绞线整束挤压锚头并锚在拱箱拱内隔板上,下端桥面锚点为穿销铰。

2.2.7　系杆索

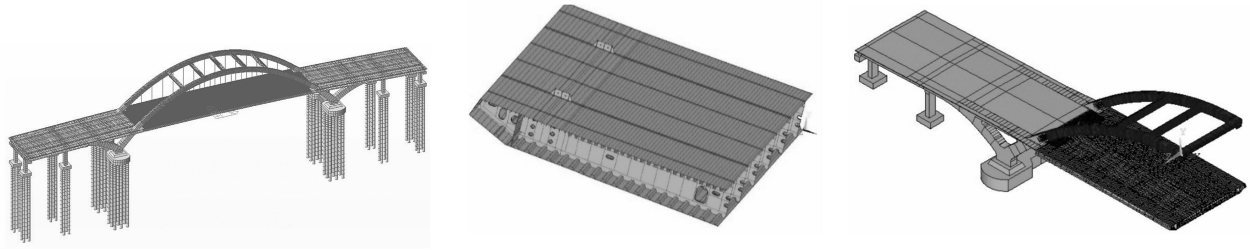
系杆索由高强度低松弛环氧喷涂平行钢丝制成,外包 HDPE 保护层,均设置在主梁箱内,单侧箱内系杆索根数为 6 根。

3　结构分析

结构计算分为静力和动力两部分。结构整体计算按空间杆系理论采用三维程序 MIDAS 进行计算分析,其中混凝土梁采用折面梁格模型模拟;采用板壳单元对钢箱梁进行仿真分析;采用实体、板壳、梁单元进行全桥仿真复核分析。计算模型见图 7。

3.1　钢箱拱应力分析

钢箱拱分析结果见表 1。在基本组合作用下,钢箱拱应力最不利工况是设计基本风荷载作用工况:拱脚上缘、下缘最大应力是 81.1 MPa、86.7 MPa,最小应力是 -208.7 MPa、-217.0 MPa;四分点上缘、下缘最大应力是 10.3 MPa、45.1 MPa,最小应力是 -147.0 MPa、-123.8 MPa;拱顶上缘、下缘最大应力是 -42.0 MPa、30.5 MPa,最小应力是 -126.7 MPa、-92.6 MPa。最大、最小应力满足规范[1] ±270 MPa 的限值。



（a）桥梁总体计算模型　　（b）钢箱梁计算模型　　（c）桥梁仿真模型

图 7　桥梁计算模型

表 1　钢箱拱分析结果

荷载工况	拱脚最大应力/MPa		拱脚最小应力/MPa		四分点最大应力/MPa		四分点最小应力/MPa		拱顶最大应力/MPa		拱顶最小应力/MPa		跨中挠度/mm
	上缘	下缘	上缘	下缘	上缘	下缘	上缘	下缘	上缘	下缘	上缘	下缘	
恒载	-57.0	-48.7	-57.0	-48.7	-59.7	-35.6	-59.7	-35.6	-69.6	-27.5	-69.6	-27.5	/
汽车+人群	8.9	5.7	-10.4	-16.2	3.4	5.9	-10.4	-10.2	1.1	2.4	-9.9	-5.4	15.9
设计基本风荷载	79.5	84.8	-79.5	-84.8	49.1	49.8	-49.1	-49.8	18.4	28.2	-18.4	-28.2	/
风荷载(25 m/s)	18.8	20.1	-18.8	-20.1	11.6	11.8	-11.6	-11.8	4.4	6.7	-4.4	-6.7	/
温度荷载	29.0	30.0	-31.0	-28.2	9.1	13.5	-9.1	-13.7	15.6	20.0	-15.2	-20.5	/
沉降	3.0	5.4	-5.6	-2.9	0.7	0.6	-0.8	-1.0	1.1	1.0	-0.6	-1.9	/
收缩徐变	-0.6	-6.2	-0.6	-6.2	0.7	3.9	0.7	3.9	-0.3	1.2	-0.3	1.2	/

表 2　三角刚架拱脚处应力

荷载工况	前斜腿(拱脚处)最大应力/MPa				前斜腿(拱脚处)最小应力/MPa				后斜腿(拱脚处)最大应力/MPa				后斜腿(拱脚处)最小应力/MPa			
	上缘内侧	上缘外侧	下缘内侧	下缘外侧	上缘内侧	上缘外侧	下缘内侧	下缘外侧	上缘内侧	上缘外侧	下缘内侧	下缘外侧	上缘内侧	上缘外侧	下缘内侧	下缘外侧
恒载	2.3	0.1	-6.4	-8.6	2.3	0.1	-6.4	-8.6	3.8	0.7	-9.3	-6.2	3.8	0.7	-9.3	-6.2
汽车+人群	0.4	0.4	0.2	0.2	-0.2	-0.3	-0.9	-0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6
设计基本风荷载	2.8	2.9	3.3	2.4	-2.8	-2.9	-3.3	-2.4	1.5	1.4	1.4	1.5	-1.5	-1.4	-1.4	-1.5
风荷载(25 m/s)	0.7	0.7	0.6	0.8	-0.7	-0.7	-0.6	-0.8	0.3	0.3	0.3	0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4
温度荷载	1.1	0.9	0.8	0.9	-0.9	-0.8	-1.0	-1.1	1.4	0.2	1.1	0.9	-1.4	-0.2	-1.0	-1.1
沉降	0.9	0.9	0.4	0.4	0.4	-0.5	-0.8	-0.8	0.3	0.3	0.7	0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4
收缩徐变	-1.2	-1.4	1.3	1.1	-1.2	-1.4	1.3	1.1	-1.5	-1.2	1.4	1.1	-1.5	-1.2	1.4	1.1
钢束	-6.9	-3.6	-1.4	2.5	-6.9	-3.6	-1.4	2.5	-8.2	-4.5	2.7	-1.4	-8.2	-4.5	2.7	-1.4

3.2　三角刚架拱脚处应力分析

三角刚架拱脚处应力计算结果见表 2。在频遇组合作用下，后斜腿（拱脚处）上、下缘最大应力是 -3.1 MPa、-2.7 MPa，前斜腿（拱脚处）上、下缘最大应力是 -1.2 MPa、-2.1 MPa，均未出现拉应力，满足规范[2] 1.995 MPa 的限值。两侧前、后斜腿之间不需通过顶推来消除因收缩徐变导致的向内位移量，故混凝土梁采用单箱六室整体断面是合理的。

3.3　钢箱梁局部分析

钢箱梁局部分析结果见表 3，吊点横隔板主拉应力见图 8，钢箱梁最大主压、主拉应力是 -118 MPa、180 MPa，满足规范[1] ±270 MPa 的限值；钢箱梁最大剪应力是 72.6 MPa，满足规范[1] 160 MPa

的限值。最大主拉应力轨迹线穿过系杆孔位置(内上),需加大该系杆孔加劲肋的厚度。

表 3　钢箱梁局部分析结果

荷载工况	重轮位于吊点横隔板上	重轮位于非吊点横隔板上
活载作用下跨中挠度/mm	7.3	10.5
顶、底板主拉应力/MPa	135.0	155.0
顶、底板主压应力/MPa	-118.0	-109.0
直腹板主拉应力/MPa	56.6	76.7
直腹板主压应力/MPa	-37.7	-56.3
直腹板 Von Mises 应力/MPa	54.9	72.6
吊点横隔板主拉应力/MPa	180.0	/
吊点横隔板主压应力/MPa	-50.0	/
非吊点横隔板主拉应力/MPa	/	75.4
非吊点横隔板主压应力/MPa	/	-51.1

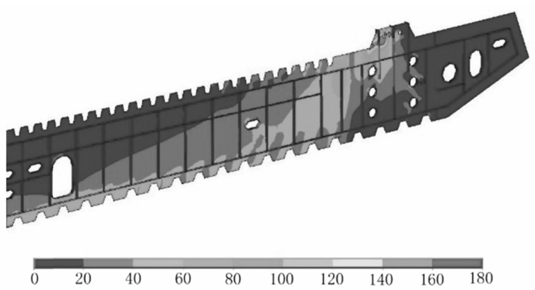


图 8　吊点横隔板主拉应力(单位:cm)

3.4　吊杆索、系杆索应力分析

运营状态下吊杆索应力结果见图 9,最大应力为 541.4 MPa;运营状态下系杆索应力是 576.7 MPa。吊杆索、系杆索抗拉强度标准值均为 1 860 MPa,因此吊杆索设计安全系数是 3.4,系杆索设计安全系数是 3.2,满足规范[3]2.5 的安全系数限值。

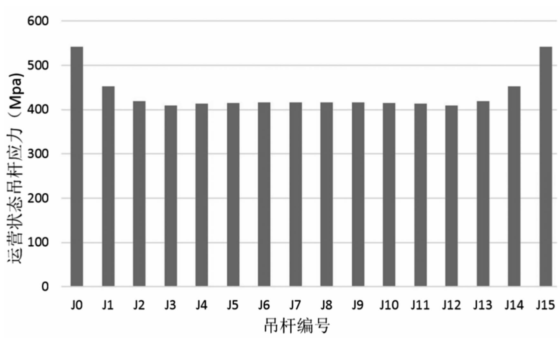


图 9　吊杆索应力

4　结语

(1)在桥梁方案设计阶段引进“印象进贤,水上莲花”的文化主题,将当地具有特色和代表性的元素融入到大桥的设计中,使历史文化、桥梁功能和景观有效结合,从而突显文化内涵之美;(2)拱肋为混合结构,桥面以下采用混凝土拱以利于防船撞和防腐,桥面以上采用钢箱拱以利于减轻自重及便于吊装,在桥面处设钢砼结合段;主梁采用混合梁,在边跨和次边跨采用混凝土箱梁,便于支架施工,增加了边跨压重有利于减少混凝土拱肋的拉应力;中跨主梁采用扁平闭口型钢箱梁,便于施工和减轻自重并提高耐久性;(3)次边跨主梁在前横梁处设置隐藏式牛腿,在牛腿上放置中跨钢箱梁,有利于减少拱肋及主梁高度,使结构更轻盈优美。通过牛腿实现三角刚架与柔性梁之间的衔接,避免拱梁交叉处刚度突变造成的不利影响;(4)采用实体、板壳、梁单元进行全桥仿真分析,其计算结果与空间杆系模型基本吻合,各项指标均满足规范要求。

参考文献:

[1] JTG D64-2015,公路钢结构桥梁设计规范[S]. 北京: 中交公路规划设计院有限公司,2015.
[2] JTG 3362-2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京:中交公路规划设计院有限公司,2018.
[3] JTG/T D65-01-2007,公路斜拉桥设计细则[S]. 北京:重庆交通科研设计院,2007.
[4] 李亚东,姚昌荣,梁 艳. 浅论拱桥的技术进步与挑战[J]. 桥梁建设,2012,42(2):13-20.
[5] 蒋建军,蒋劲松. 攀枝花市新密地大桥主拱圈设计[J]. 桥梁建设,2014,44(5):108-111.
[6] 李 松,强士中,唐 英. 钢筋混凝土拱桥极限承载力的参数研究[J]. 西南交通大学学报,2007,42(3):293-298.
[7] 牟廷敏,梁 健,范碧琨,等. 大跨径钢筋混凝土拱桥的新作为[J]. 中国公路,2019(5):58-61.
[8] 吴冲. 现代钢桥(上册)[M]. 北京:人民交通出版社,2006.9.
[9]林春娇,郑皆连. 南盘江特大桥拱圈混凝土斜拉扣索法施工分析[J]. 桥梁建设,2016,46(5):116-121.

造地填土对既有桥梁基础的影响分析

兰　南

（广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州 510507）

摘　要:本文结合具体工程项目通过数值模拟,分析软土地基区域内造地填土对既有桥梁基础的影响。通过合理选取土层、桩基、桩土界面的单元类型及相应计算准则,模拟填土过程,分析地基变形对邻近桥梁基础的影响。针对主、引桥不同的桥梁基础构造,分析了造地填土在不同距离、不同堆载速率的条件下,对桥梁基础的影响情况。从而得到合理控制填土的相关参量,在尽可能扩大造地范围的情况下,保障既有桥梁的安全。对类似工程具有重要的参考价值。

关键词:软基;填土;数值模拟;桥梁基础;分析

0　概况

沿海某城市因用地需求,拟在滩地进行填土造地,但该区域地基软土深厚,有一跨河桥梁在附近通过。为了避免造地填土对既有桥梁基础的不利影响,又能尽可能多的扩大造地范围,需要在实施前准确分析造地所带来的地基变形及其对桥梁基础的影响。

本文利用专业软件通过数值模拟,综合分析造地填土对临近桥梁基础的影响,得到合理控制造地填土的各项参数,指导该项目工程方案的选择。

在填土影响区域内有桥梁主桥边跨的过渡墩,及引桥桥墩,主桥为 78 + 130 + 130 + 78 m 连续刚构,主桥边跨的过渡墩采用四根直径 2.2 m 的群桩基础。引桥上部结构为 25 m、30 m 两种跨径的先简支后结构连续小箱梁,下部结构为双柱式桥墩,桩基础。该桥分左右两幅,半幅桥宽 13.75 m。

1　数值分析模型

1.1　模型分类

利用专业软件建立数字模型进行分析。根据影响区域桥梁结构的不同,对主桥过渡墩的群桩基础及引桥的双柱式墩,分别建立数值模型进行分析研究。

1.2　模型概况

造地填土高度根据各种因素初定为 6.0 m,为控制造价不进行地基处理。

对于过渡墩的群桩基础,模型整体的长宽高尺寸为 180 × 12.6 × 68 m,桩长为 62 m,如图 1 所示。

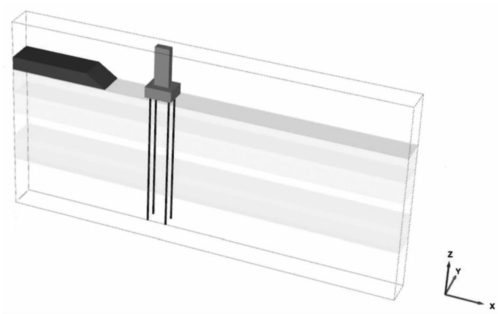


图 1　主桥过渡墩基础数值分析模型

对于引桥的桩柱式墩,模型整体的长宽高尺寸为 180 × 3.0 × 40 m,桩长 35 m。如图 2 所示。

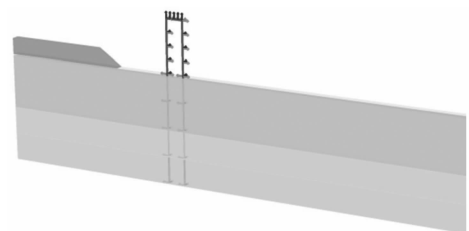


图 2　引桥桩柱式墩数值分析模型

1.3　模型参数

分析模型选用的模拟单元、相关参数、变形准则等对分析结果的准确性有至关重要的影响,数值模拟要能准确反映实际工程状况,实际变形过程,及其在物理力学上的变化值。

1.3.1　土层单元

各土层的模拟单元及参数根据勘察资料结合经验确定,地基土的详细参数见表 1。

表 1　地基土的参数表

土层名称	基本物理性指标					液塑限	
	含水率 W/(%)	湿密度 ρ/(g/m^3)	土粒比重 Gs	孔隙比 e	饱和度 Sr/(%)	液限 W_L/(%)	塑限 W_P/(%)
淤泥	58.8	1.63	2.64	1.863	96.3	51.6	31.7
粉质粘土	31.4	1.90	2.67	0.792	96.7	43.3	26.7
全风化花岗岩	30.7	1.90	2.68	0.686	94.3	38.8	26.5

本次分析对淤泥、淤泥质土均采用修正剑桥模型(Modified Cam - Clay)模拟，对于素填土、砂质粘性土、全风化花岗岩、路堤填土、造地填土，均采用应变硬化模型(HS)进行模拟。

1.3.2　桩基单元及桩土界面处理

桩基础用梁单元模拟(Embeded Beam)，桩(梁单元)与土(土层单元)之间的相互作用通过特殊界面单元来模拟，界面的行为用弹 - 塑性模型来描述。

桩基模型的参数详见表 2。

表 2　桩基模型参数表

序号		项 目	引桥墩	主桥过渡墩
1	模型基本情况	基础类型	单排桩基础	群桩基础
2		桩间距(横向)m	6.45	8.5
3		桩间距(纵向)m	/	6.0
4		桩径(m)	1.5	2.2
5		桩长(m)	38.0	62.0
6		入岩情况	强风化花岗岩	中风化花岗岩
7	桩身	承台尺寸(m)	/	12.2×10.2×4.8
8		弹性模量(MPa)	30 000	30 000
9		泊松比	0.2	0.2
10		容重(kN/m^3)	23	23
11	桩土间接触	$T_{skin,start,max}$(kN/m)	100	
12		$T_{skin,start,max}$(kN/m)	500	
13		桩端承载力 F_{max}(kN)	1×10^4	

桩侧摩阻力和桩端阻力，用一个准则来区分弹性界面行为和塑性界面行为。界面发生很小的桩土相对位移时为弹性界面行为；而对于塑性界面行为，桩土之间可发生持续的相对位移。

弹性行为界面时，某点处的剪力 t_s 满足：$|t_s| < T_{max}$，其中 T_{max} 为该点处等效局部极限侧摩阻力。

塑性行为界面时，某点处的剪力 t_s 满足：$|t_s| \geq T_{max}$。

特殊界面单元将桩身局部侧摩阻力与桩身所在土层的强度参数(粘聚力 C 和摩擦角 ψ)以及土层材料数据组中定义的界面强度折减系数 R_{inter} 联系起来。

为确保能够达到所指定的桩基竖向承载力，桩周一定范围内土体单元被视为弹性区，使得 Embedded 桩表现得如同体积桩一样。该弹性区的大小由桩的直径或等效半径 R_{eq} 决定。

桩侧竖向摩阻力的定义采用“线性”方法。通过桩顶侧摩阻力 $T_{top,max}$ 和桩底侧摩阻力 $T_{bot,max}$ 来定义。桩的总承载力 N_{pile} 由下式求得，式中 L_{pile} 为桩长，F_{max} 为桩端承载力。

$$N_{pile} = F_{max} + \frac{1}{2}L_{pile}(T_{top,max} + T\,\mathrm{bot,max})$$

1.4　分析工况的选定

造地填土作用下，软土地基将发生侧向变形及隆起变形，软土的变形将对临近桥梁产生影响，影响程度的因素主要为填土与既有桥梁桩基的距离，以及填土堆载的速率。

工况一：造地填土距离的影响分析

选取造地填土与既有桥梁之间的距离分别为 20 m、30 m、40 m、50 m、60 m、80 m 六种情况，分析

不同填土距离对既有桥梁基础的影响；

工况二：造地填土堆载速率的影响分析

预设造地填土总高度 6.0 m 的堆载速率分别为 15 天、30 天、60 天和 90 天，考察不同堆载速率对既有桥梁基础的影响。

2 数值分析结果

2.1 主桥过渡墩的群桩基础数值分析

2.1.1 造地填土距离的影响分析

取连续刚构过渡墩的群桩基础与造地填土边缘的距离分别为：20 m、30 m、40 m、50 m、60 m、80 m 六种工况进行计算，模型概况如图 3 所示，分析填土对桩基的影响，以得到填土的最优距离。

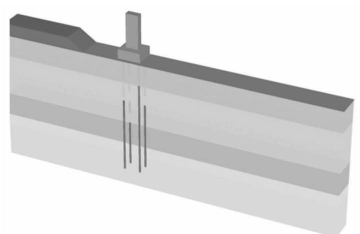
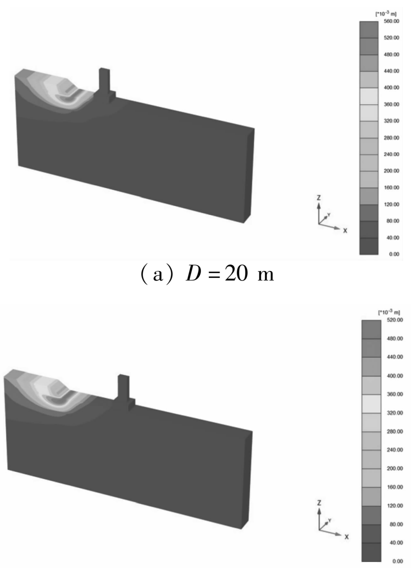


图 3 距离 20 m 时的计算模型

经计算得到不同距离时，土体的位移分布云图，详见图 4。从图中可见，在造地填土的作用下，软土地基将发生较大的侧向整体变形，滑移面为圆弧状，在填土的坡脚处土体位移最大，向外延伸到一定范围，其影响逐渐减弱。



（a）$D = 20$ m

（b）$D = 40$ m

图 4 不同填土距离下的位移分布云图

当距离为 20 m 时，软土的滑移变形对桥梁桩基产生了较大影响，但随着距离逐渐增大而减小。图 5 为不同距离时，桥梁桩基受影响后的水平位移沿桩身竖向分布的曲线。

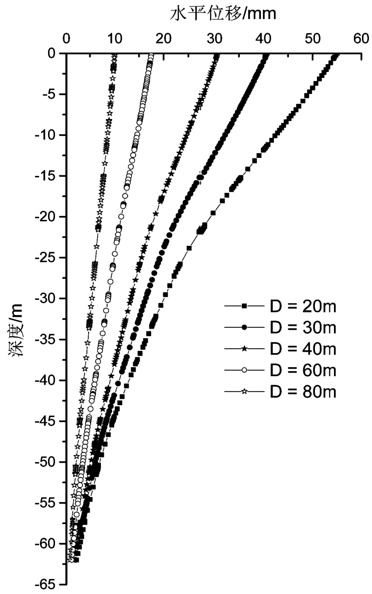


图 5 桩基水平位移曲线图

由图可见，在不同的填土距离下，桩身水平位移依次减小。地表处桩身水平位移最大，沿竖向水平位移均随深度增加而逐渐减小。当填土距离桥梁桩基为 20m 时，桩顶处的水平位移为 55.2mm。

桩基变形相应产生桩身附加弯矩。桩身附加弯矩的分布曲线如图 6 所示。

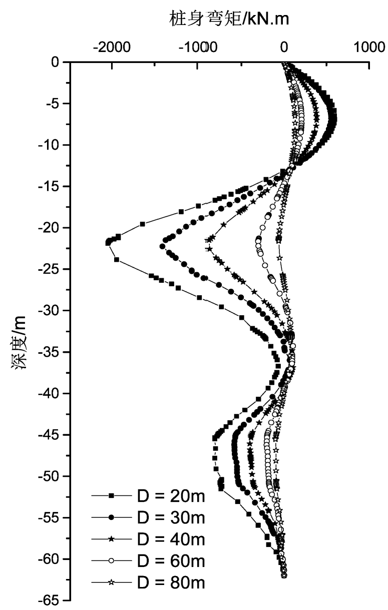


图 6 桩身附加弯矩曲线图

在不同填土距离下，桩身最大附加弯矩基本都发生在桩基埋置深度为 20 m 左右的位置。当填土距离桩基为 20 m 时，桩身最大附加弯矩达到 －2 047 kN・m。影响情况详见表 3。

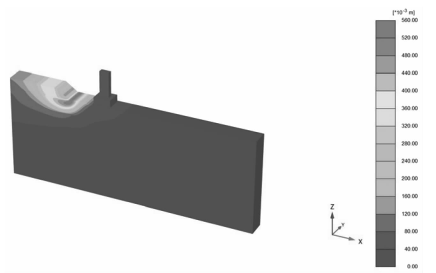
表 3　桩顶水平位移和桩身最大附加弯矩表

填土距离/m	20	30	40	60	80
桩顶水平位移/mm	55. 2	40. 8	30. 7	17. 6	10. 1
最大附加弯矩/(kN・m)	－2047	－1407	－879	－304	－65

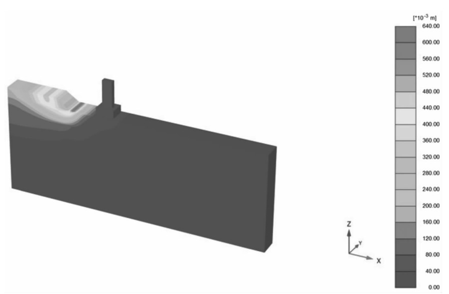
2. 1. 2　填土速率对桥梁桩基的影响分析

取填土与桥梁桩基的距离为 20 m，填土高度为 6. 0 m，填土完成时间分别为 15 天、30 天、60 天和 90 天四种工况，分析施工堆载速率对桩基影响的情况。

图 7 为 15 天、90 天填土时间对应的土体位移云图，从图中可见，堆载速率越慢，填土完成的时间越长，土体固结的时间就更长，强度增长更多，软土地基的整体滑移范围稍有减小，但减小的幅度很小，因而土体的位移差别较小。



(a) $t = 15$ d



(b) $t = 90$ d

图 7　15 天、90 天填土位移分布云图

不同填土速率桥梁桩基的桩身水平位移分布曲线如图 8 所示，桩顶水平位移从 15 天的 55. 1 mm 降低到 90 天的 51. 9 mm，降低幅值 5. 8%。

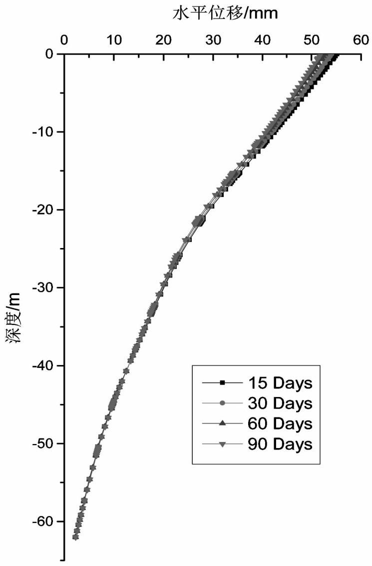


图 8　桩基水平位移曲线图

在不同的填土速率下，桩身附加弯矩分布曲线如图 9 所示。桩身最大弯矩从 15 天的 －2 047 kN・m，降低到 90 天的 －2 003 kN・m，降低幅值为 2. 1%。因此从数值分析结果看，填土速率对临近桥梁桩基的影响差异比较小，即在保证填土与桥梁桩基的合理安全距离的情况下，填土的施工方法和填土速率的选择，主要考虑填土自身的稳定即可。

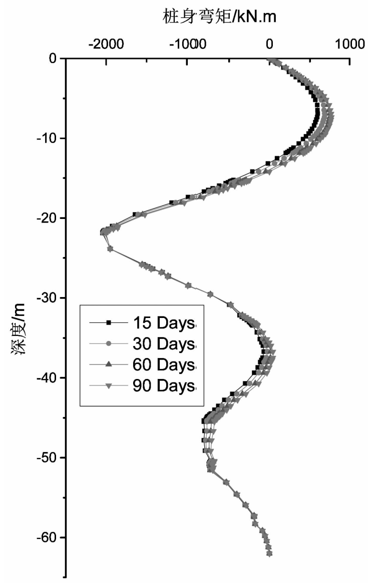


图 9　桩身附加弯矩曲线图

2. 2　引桥桩柱式墩数字分析

造地填土对引桥桩柱式墩基础的影响，与对主桥连续刚构的群桩基础的影响其原理是相同的，影响的量级也是基本相当的，但由于桥墩自身

结构的不同，其影响的具体数字大小会存在差异。因此采用相同的技术路线，再次对引桥桩柱式墩进行相应的分析。

2.2.1　造地填土距离的影响分析

取引桥桩柱式墩的桩基与造地填土边缘的距离分别为：20 m、30 m、40 m、50 m、60 m、80 m 六种工况进行计算，计算模型如图 10 所示。

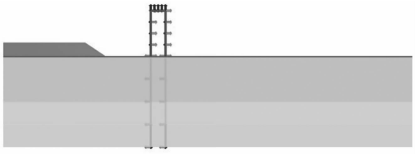


图 10　距离 20 m 时的计算模型

图 11 为不同距离时，引桥桩基受影响后的水平位移沿桩身竖向分布的曲线。当填土边缘距离引桥桩基为 20 m 时，桩顶处的水平位移最大，为 168.4 mm。

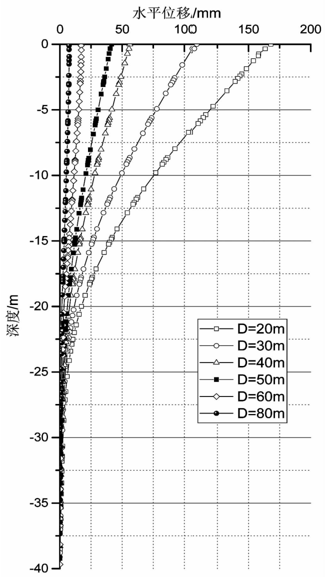


图 11　桩基水平位移曲线图

桩身附加弯矩的分布曲线如图 12 所示。当填土距离引桥桩基为 20 m 时，桩身最大附加弯矩达到 -3 908 kN·m。这比主桥过渡墩的附加弯矩更大。详细影响情况见表 4。

表 4　桩顶水平位移和桩身最大附加弯矩表

填土距离/m	20	30	40	60	80
桩顶水平位移/mm	168	109	56	17	7
最大附加弯矩/(kN·m)	-3908	-2511	-1273	-637	-268

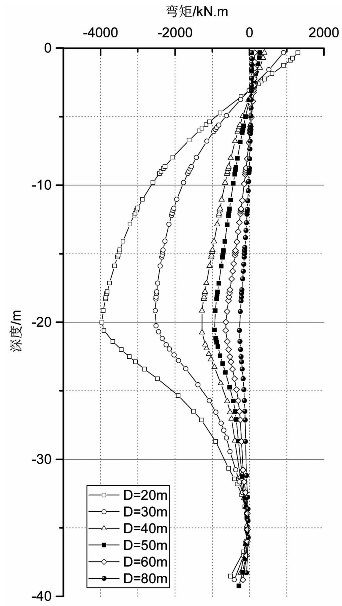


图 12　桩身附加弯矩曲线图

2.2.2　填土速率对桥梁桩基的影响分析

取填土与引桥桩基的距离为 20 m，填土高度为 6.0 m，填土完成时间分别为 15 天、30 天、60 天和 90 天四种工况，分析施工堆载速率对引桥桩基影响的情况。

填土完成时间不同对土体位移影响的差别较小。不同填土速率桥梁桩基的桩身水平位移分布曲线如图 13 所示。桩顶水平位移从 15 天的 123.9 mm 降低到 90 天的 111.1 mm，降低幅值 10.3%。

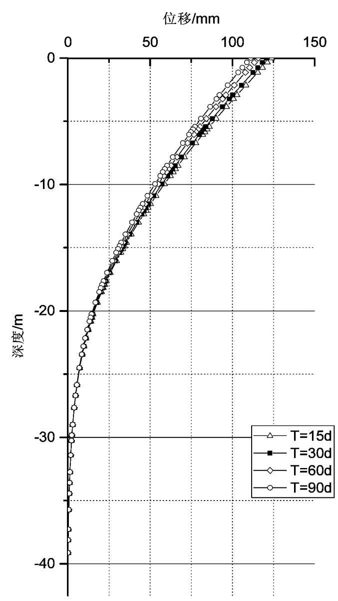


图 13　桩基水平位移曲线图

在不同的填土速率下，桩身附加弯矩分布曲线如图 14 所示。桩身最大弯矩从 15 天的 －3 908.2 kN · m，降低到 90 天的 －3 545.6 kN · m，降低幅值仅为 9.3% 。与主桥过渡墩类似，填土的速率对引桥桩基的影响差异较小。

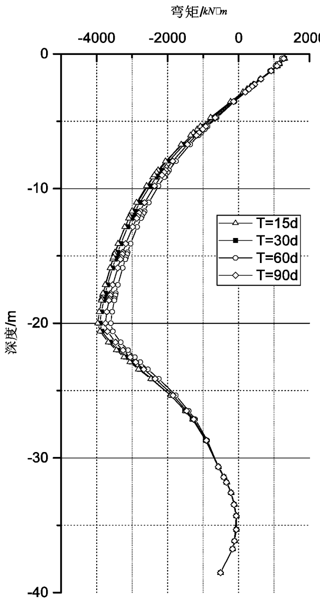


图 14　桩身附加弯矩曲线图

3　结论

3.1　分析模型

本文利用专业软件通过数值模拟，分析软土地区造地填土对既有桥梁基础的影响。分别对土体、桩基及桩土界面选取能准确反映实际工程状况，模拟实际变形过程的计算单元，及相应计算准则，保障了分析结果的准确性。

3.2　填土安全距离的选取

数字模型的分析结果表明，近距离造地填土造成软土地基的变形，对既有桥梁基础的影响较大，随着距离的增加，影响程度逐渐减小。主、引桥基础的构造虽然不同，但影响的量值大致相当。经分析推荐造地填土高为 6m 时，安全距离取为 40m。

3.3　填土速率的选取

数字模型的分析结果表明，填土的不同速率对临近桥梁桩基影响的差别较小，对主、引桥不同构造的基础，其影响的差别也较小。在保障填土与桥梁桩基的距离安全合理时，填土的施工方法和填土速率的选取，主要是考虑填土自身的稳定性即可。

本文的分析方法与结论对类似工程具有重要的参考价值。

参考文献：

［1］交通部部颁标准《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60 －2015）.

［2］交通部部颁标准《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG D63 －2007）.

［3］《软粘土结构性、塑性各向异性及其演化》（沈凯伦，2006 年）

荷塘西江大桥下承式体外系杆拱桥吊杆更换设计

袁霖宇
（广东省交通规划设计研究院股份有限公司，广州 510507）

摘　要：本文以广东省江门市荷塘西江大桥加固设计为背景，主要介绍其中的吊杆更换设计。采用 midas 有限元软件进行全桥建模分析，结合计算结果和结构特点，确定采用 GJ15－15 钢绞线整束挤压吊杆。吊杆更换施工采用兜吊系统方案。为同类型桥梁的吊杆更换的设计和施工提供借鉴。

关键词：系杆拱桥；吊杆更换；兜吊系统

0　引言

吊杆是系杆拱桥的重要结构之一，吊杆的安全性、耐久性和适应性关系到桥梁结构的安全与正常使用。吊杆使用年限一般不超过 15 年，而我国早期系杆拱桥设计对吊杆的可更换性考虑不足，在吊杆上下锚头及预埋管内填充水泥浆。同时受技术条件限制，防腐水平较低，导致吊杆表面腐蚀严重。为确保桥梁的安全正常运营，系杆拱桥的吊杆应定期检查和更换。

1　工程概况

江门市荷塘西江大桥位于江门市蓬江区荷塘镇境内，该桥于 1999 年 8 月建成通车。主桥为跨越西江的一座 3×110 m 下承式体外系杆拱桥。拱的推力由两端锚固在桥墩上的系杆承受，自平衡体系，主拱拱肋顶段采用单箱单室结构，两拱脚处由单肋分叉为双肢拱肋，拱肋嵌入桥墩，形成无铰拱。主桥下部为空心矩形墩，钻孔灌注桩基础。桥面铺装共设置一层 8 cm 厚的钢筋混凝土，桥面横坡为双向 1.5%。设计荷载为汽－20 级、挂－100。

全桥共 42 对 84 根吊杆。吊杆原设计采用高强钢丝束，外层由镀锌钢管作为保护层，内层钢绞线之间灌有 40 号水泥浆，吊杆的防护钢筋分段设置，并用外接头连接起来。

经检测后得知，全桥大多数吊杆存在油漆脱落锈蚀现象；吊杆钢管连接器多处锈蚀、损坏、脱空，导致钢绞线外露；共 13 处吊杆上锚头与拱肋下缘结合处，出现混凝土破损、露筋锈胀开裂；部分吊杆下锚头出现混凝土封锚不密实、下锚头锈蚀的情况。鉴于拱桥使用年限已超过 15 年，且吊杆病害问题较为严重，加固过程中考虑更换全部吊杆及锚头，同时解决吊杆耐疲劳、可检可修可换的问题。

2　建模计算分析

为了评价荷塘西江拱桥的吊杆受力状态，从以下两个方面对该桥进行检算：

情况 1：原结构复算，即全部构件采用原结构尺寸、材料强度，验算吊杆部位在原设计荷载下（汽车－20 级，挂车－100）是否满足原设计规范（《公路桥涵设计通用规范》（JTJ 021－89）、《公路钢筋混凝土桥涵设计规范》（JTJ023－85））的要求。

情况 2：考虑损伤折减后的计算，即根据《公路桥梁承载能力检测评定规则》（JTG/T J21－2011），考虑桥梁现状各构件的损伤，采取引入桥梁检算系数、承载能力恶化系数、截面折减系数和活载修正系数对桥梁承载力进行评定。验算吊杆部位在原设计荷载下是否满足原设计规范的要求。

利用 midas－civil 桥梁有限元软件进行计算分析。全桥采用 3D 空间杆系模型，考虑边跨对中跨的受力影响，建立 40 m＋(3×110) m＋50 m 五跨模型。车行道 T 梁、人行道纵梁、人行道板按实际重量加载，栏杆、桥面铺装作为二期恒载加载。

计算模型如图 1 所示。

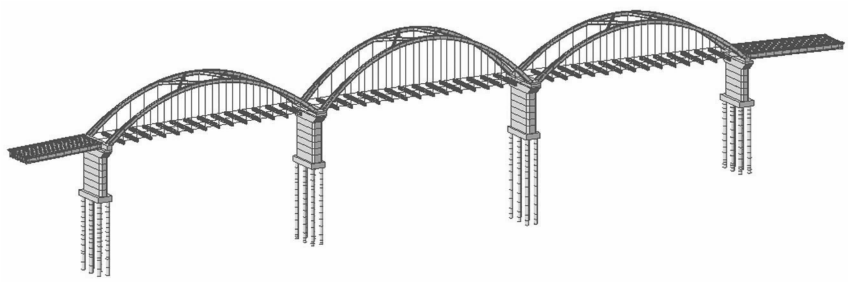


图 1　全桥 3D 空间杆系模型

原吊杆截面设计为 110 根强度为 1 600 MPa 的 ϕs5 高强钢丝，吊杆截面面积为 2 160 mm^2。计算结果如表 1 所示。

表 1　原结构吊杆计算结果汇总表（考虑折旧损伤）

验算工况		原吊杆	
		85 规范	考虑折旧损伤
吊杆应力/MPa	长吊杆	496	505
	短吊杆	527	556
吊杆截面面积/mm^2		2 160	2 160
容许应力/MPa		1 600	1 440
吊杆荷载/kN	长吊杆	1 071. 4	1 090. 8
	短吊杆	1 138. 3	1 201
安全系数	长吊杆	3. 23	2. 86
	短吊杆	3. 04	2. 59
应力幅/MPa	长吊杆	217	287
	短吊杆	228	300
应力循环次数	长吊杆	388 297	88 833
	短吊杆	318 613	74 407

计算结果显示，原设计及考虑折旧损伤后，吊杆应力安全系数均大于 2. 5，满足原设计规范要求。原设计及考虑折旧损伤疲劳应力幅也满足原规范设计要求，但考虑损伤后，应力幅增大，疲劳寿命降低。

3　吊杆更换设计

3. 1　设计原则

（1）更换吊杆时必须保证桥梁的结构安全，并尽量不损坏桥梁其它部位。更换吊杆后桥梁的总体性能不会降低，适当提高吊索强度安全系数，满足原设计要求和今后的运营要求；

（2）新吊杆应进行改进设计，加强吊索防腐蚀构造，避免重复同类型病害，并且应可以方便地再次更换；

（3）方案应有较好的经济性，便于实施，具有良好的可控制性和可操作性。

3. 2　吊杆选择

考虑到拱肋、横梁的预留孔较小，新吊杆选用锚头结构尺寸较小的 GJ 钢绞线整束挤压吊杆体系。新吊杆具备下述特点：

（1）采用两端整束挤压锚固钢绞线，具有锚固安全可靠、张拉调索方便的特点；

（2）锚头结构紧凑，外径小，其锚头尺寸比冷铸锚小 30% 以上，适合本项目拱肋、横梁预留孔较小的特点。

（3）钢绞线在索体内隔离防腐，离腐蚀性能优越，抗振性能好，疲劳性能好。对于本桥结构体系而言，可保证结构耐久性。

最终新吊杆考虑适当提高吊索强度安全系数，选用 1860 级 GJ15 – 15 钢绞线整束挤压吊杆（如图 2 所示），单根吊杆破断力需大于 3 900 kN。原结构横梁内埋有钢套管，套管外径为 150 mm，GJ15 – 15 钢绞线吊杆端头直径为 140 mm，刚好尺寸适应。

表 2　更换后吊杆计算结果汇总表

构件	新吊杆应力 /MPa	容许应力 /MPa	安全系数	应力幅 /MPa	循环次数
长吊杆	508	1 860	3. 66	227	324 264
短吊杆	545	1 860	3. 42	238	268 346

经计算分析，新吊杆应力安全系数达到 3. 42 以上。

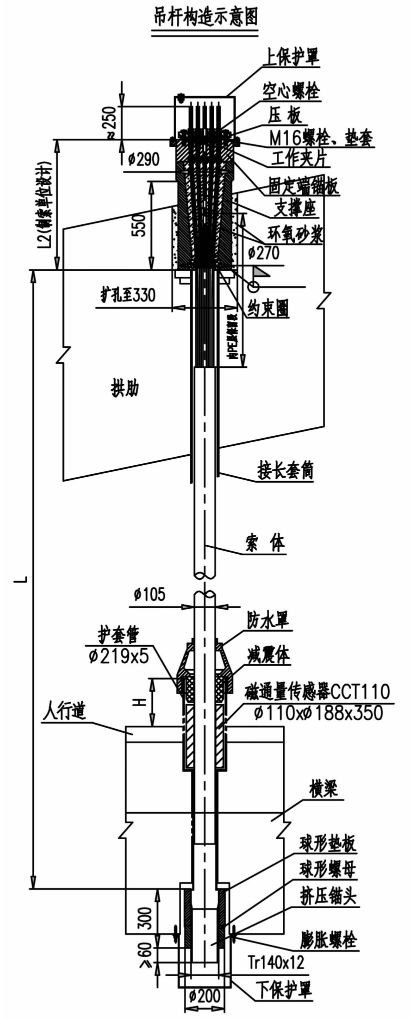


图 2　1860 级 GJ15 -15 钢绞线立面图

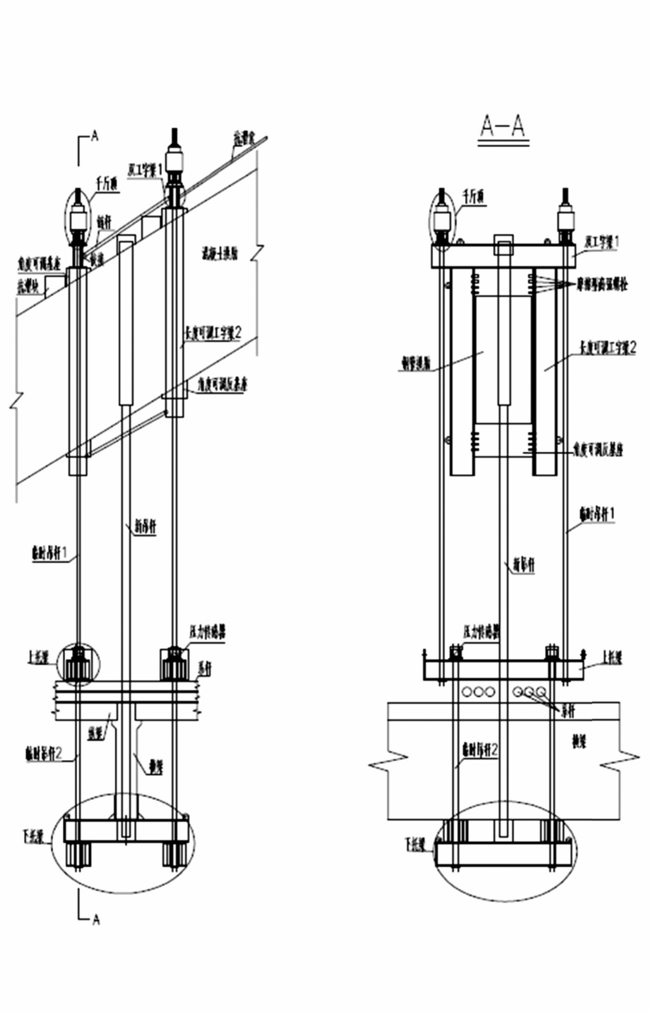


图 3　吊杆更换兜吊系统示意图

4　施工工艺

4.1　施工方案选择

本次加固设计更换全部吊杆，由于本桥整体拱肋刚度较弱，全桥无纵梁结构，车行道板支撑于横梁上，横梁吊于左右两吊杆间，故吊杆更换宜采用兜吊系统进行更换。

兜吊系统是吊杆更换时旧吊杆拆除后承受桥面荷载的受力机构，也是旧吊杆拆除过程中将旧吊杆索力转移至临时吊杆，及新吊杆安装过程中将临时吊杆力转换到新吊杆的体系转换机构，转换过程中临时吊杆张拉千斤顶与吊杆张拉千斤顶配合使用。

结合本项目特点，兜掉系统由拱上平台、抗滑索、上托梁、下托梁和临时吊杆构成。

4.2　施工工序

吊杆更换施工工序为：施工准备 - 兜吊系统安装 - 旧吊杆拆除 - 新吊杆安装 - 新吊杆张拉 - 新吊杆防护。更换施工从跨中往两端的顺序进行。

吊杆更换施工的关键之一就是对吊杆力的控制，为了确保吊杆更换达到预期目标，更换过程中由专业监控单位在更换全桥吊杆之前、更换完成之后以及调索完成之后三个时间点，用高精度专业仪器对桥面系标高及全桥吊杆索力进行监测，以实现对施工过程的实时监控。以吊杆力控制为

主，桥面线型控制为辅。

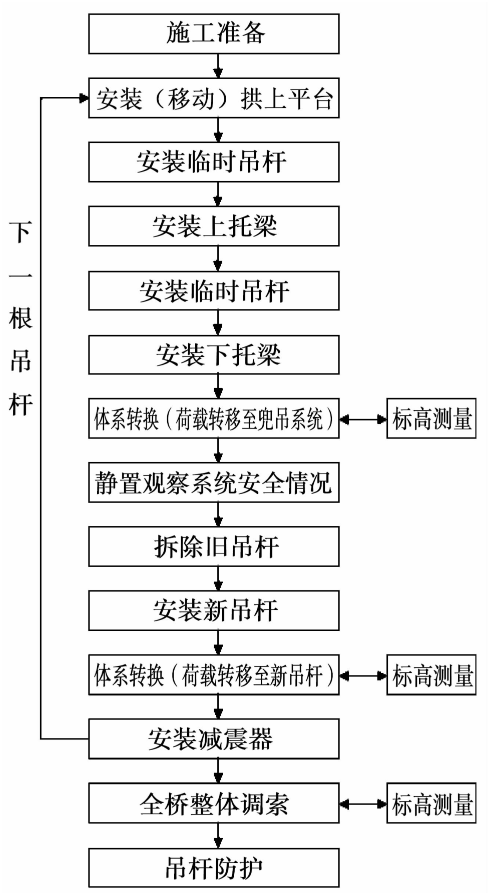


图 4　吊杆更换施工工艺流程图

5　结语

由于原设计因旧规范和理念存在一定局限性，原吊杆的可更换性和耐久性较差，导致吊杆更换因旧预埋套管限值吊杆直径，GJ 钢绞线整束挤压吊杆能很好适应此种状况，不仅提高吊杆安全储备和防腐性能，还方便后期调索及更换。

按照本文的设计方案和施工流程，该桥已于 2017 年 9 月顺利完成吊杆更换。更换后吊杆受力状态良好，桥面线型满足设计要求，可为同类桥型吊杆更换和同类型临时兜吊系统的设计、施工提供借鉴。

参考文献：

[1] JTG/T J22－2008. 公路桥梁加固设计规范[S].
[2] 赵洋. 系杆拱桥吊杆更换研究[D]. 浙江大学, 2006.
[3] 单成林. 拱桥吊杆的更换设计及施工方法[J]. 中外公路, 2006.
[4] 陈建华,秦现德. 某系杆拱吊杆更换设计与施工[J]. 工程设计, 2017.
[5] 马志华,温天宇,杨辉. 系杆拱桥吊杆更换方案与施工控制[J]. 中外公路, 2015, 35(2):161－164.

纳米 SiO_2 改性水泥混凝土优选及疲劳寿命预估

曹竞荣

（广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州　510507）

摘　要: 通过熵权法加权的灰靶理论,对 5 组不同掺量水平的纳米 SiO_2 改性混凝土综合路用性能进行评价分析,得到最优纳米 SiO_2 掺量;选择最优组改性混凝土进行弯曲疲劳试验,以弯拉强度及荷载作用次数为参数,建立 BP 神经网络模型。结果表明:经过纳米 SiO_2 改性的混凝土其各项路用性能均得到有效提高,其中 1.5% 掺量水平下,纳米 SiO_2 改性混凝土路用性能综合评价最高;采用 BP 神经网络模型预测 1.5% 掺量水平下纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命可得到较为准确的结果,最大误差小于 1%,Levenberg - Marquardt 训练算法与另外两种算法相比具有最少的迭代次数及最优的收敛速度和泛化能力,且误差平方和相比之下最低,最大相对误差为 0.011% ~0.041。

关键词: 纳米 SiO_2 改性水泥混凝土;灰靶理论;熵权法;神经网络;疲劳寿命预估

0　引言

纳米 SiO_2 具有良好的物理填充性、优越的稳定性、补强性及更为彻底的火山灰效应等优势[1-2],是弥补混凝土弯拉强度及刚度缺陷的优良外掺材料。在混凝土中掺入纳米 SiO_2 后,可使混凝土发生水化反应,并在早期与 $Ca(OH)_2$ 迅速发生反应进行二次水化,实验表明纳米 SiO_2 掺量为 0.25% ~3% 时反应速度最快,此过程能够产生更加稳定的 C - S - H 凝胶[3-5]。Salkhordeh 等[6] 及 Hosseini 等[7-8] 均发现 10% 的纳米 SiO_2 掺入能够引起 64.86% 的混凝土 28d 抗压强度提升。此外,纳米 SiO_2 的掺入亦能显著提升混凝土的抗弯拉强及疲劳寿命[9],李朋飞等人[1] 研究表明掺入 0.75% 纳米 SiO_2 时,可提升改性混凝土抗弯拉强度 7.4%,同时当应力水平为 0.75、0.80、0.85 时,混凝土疲劳寿命可分别延长 48.4%、48.6%、68.6%。另外,徐晶等人[10] 通过纳米压痕技术表征纳米 SiO_2 改性混凝土 ITZ,并对其性能进行建模分析,结果发现 ITZ 的微观结构得到明显改善,主要是由于纳米 SiO_2 具有良好的物理填充作用及产生的火山灰效应,能够填充混凝土内部微孔,从而提升 ITZ 的力学强度,数据表明其与浆体之间的模量提高了 60%[11-12]。

综上所述,在混凝土中掺入纳米 SiO_2 可明显提升其水化性能、力学性能及微观结构[12-15],目前研究主要集中在研究纳米 SiO_2 改性混凝土试验并分析其性能变化规律,然而对于纳米 SiO_2 材性特征优选的数学分析还不深入,同时疲劳寿命预估相关研究尚且不足。基于此,本文对不同掺量的纳米 SiO_2 改善混凝土综合路用性能进行试验研究,借助熵权法加权,利用灰靶决策理论分析抗压强度、抗弯拉强度、断裂韧度、60 次冻融循环后的相对动弹模量等指标,优选出这四种性能指标下的最优纳米 SiO_2 掺量水平。此外,为了预估改性混凝土疲劳寿命,本文对最优组改性混凝土进行三点弯曲疲劳性能试验,以弯拉强度及荷载作用次数为参数,利用 BP 神经网络模型模拟参数指标之间的隐形规律,并依靠遗传迭代,使结果更为精确。研究结果将对实际工程的施工及寿命预测提供依据。

1　试验

1.1　原材料

本研究选用细度为 390 m^2/kg 的 P. O 42.5 普通硅酸盐水泥,其安定性为 1.0 mm,初凝、终凝时间分别为 175 min、248 min,3 d、28 d 抗折强度分别为 6.9 MPa、9.0 MPa,3 d、28 d 抗压强度分别为

34.5 MPa、52.4 MPa；选用表观密度为 2.71 g/cm^3 的反击破花岗岩碎石为粗集料，其粒径为 4.75 mm ~9 mm 及 9.5 mm ~ 19 mm；选用含泥量为 0.62% 且细度模数为 2.70 的河砂为细集料；选用含气量为 3.1% 且减水率为 26% 的 JB – ZSC 型聚羧酸高性能减水剂为外加剂；并选用固体粉末状纳米 SiO_2(NS)，其参数指标如表 1 所示。

表 1　纳米 SiO_2 参数指标

wt/(%)	平均粒径/nm	比表面积/($m^2 \cdot g^{-1}$)	PH
99.9	12	5 769	6.0

1.2　配合比设计

本研究以水胶比 W/B = 0.31 的 C40 混凝土为基准混凝土，试验中纳米 SiO_2 掺量(以质量分数记)为胶凝材料的 0.5%(1#)、1.0%(2#)、1.5%(3#)、2.0%(4#)、2.5%(5#)，新拌基准混凝土满足《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG F30 –2003)要求，其技术性能测试结果如表 3 所示。

表 2　混凝土配合比

No.	混凝土材料组成/(kg/m^3)					
	NS	水泥	水	粗集料	砂	减水剂 r
0#	0	498	154	1 033	738	3.87
1#	2.49					
2#	4.98					
3#	7.47					
4#	9.96					
5#	12.45					

表 3　新拌基准混凝土技术性能测试结果

坍落度/mm	抗弯拉强度/MPa		抗压强度/MPa	
	7 d	28 d	7 d	28 d
32 ~41	4.72	5.68	43.21	47.09

1.3　试验设计

纳米 SiO_2 改性混凝土按表 2 所示比例配置，并成型 400 mm × 100 mm × 100 mm 的梁形试件，除抗冻试验外，均在试件成型脱模并养护至 28 d 后进行。抗压、抗弯拉强度试验参照《普通混凝土力学性能试验方法标准》(GB/T50081 – 2002)进行。断裂韧性试验采用 MTS – 810 万能试验机进行三点弯曲试验，并在试件跨中底部预制 1 cm 的裂缝，缝宽 1 ~2 mm，根据公式(1) – (2)进行计算断裂韧度。纳米 SiO_2 改性混凝土抗冻融试验采用整体受冻方法，该方法借鉴了美国 ASTM C672 – 2003 规范[16]中的冻融循环升降温制度(慢冻法)。此外，根据我国规范《普通混凝土长期性能和耐久性试验方法》(GBJ82 – 85)，试件成型并标准养护 28d 后，以相对动弹模量评价指标进行测试，然后对试件进行冻融循环，以 –17 ±2.8℃ 的低温试验箱内冻结 16 ~18h 及常温(23 ±1.7℃)中融化 6 ~ 8h 为一次循环，60 次冻融循环后测试试件动弹模量。

同时为进一步研究不同应力水平下纳米 SiO_2 改性混凝土的疲劳性能，本研究基于混凝土抗压强度、抗弯拉强度、断裂韧性及 60 次冻融后的相对动弹模量利用熵权法加权的灰靶决策选择最优组纳米 SiO_2 掺量，选择 50%、65%、80% 三种抗弯拉强度作为不同等级应力水平，利用 MTS Landmark 万能试验机进行疲劳试验，以 10 Hz 频率及 0.1 低高应力比进行三分点正弦波加载，并以试件断裂作为疲劳寿命的判定标准。

试验中均以每组三个试件测试平均值作为试验结果。

$$K_{IC} = f\left(\frac{a}{h}\right)\frac{F_{\max}S}{th^{3/2}} \tag{1}$$

$$f\left(\frac{a}{h}\right) = 2.9\left(\frac{a}{h}\right)^{1/2} - 4.6\left(\frac{a}{h}\right)^{3/2} + 21.8\left(\frac{a}{h}\right)^{5/2} - 37.6\left(\frac{a}{h}\right)^{7/2} + 38.7\left(\frac{a}{h}\right)^{9/2} \tag{2}$$

式中：K_{IC} 为断裂韧度，$MPa \cdot m^{1/2}$；$F_{\max}$ 为试验最大荷载，N；S 为试件的跨度，mm；h 为试件高度，mm；t 为试件宽度，mm；α 为预裂缝深度，mm。

2　结果与分析

2.1　基于灰靶决策的纳米 SiO_2 掺量优选

不同掺量下纳米 SiO_2 改性混凝土性能，如表 4 所示。

表 4　不同掺量下纳米 SiO_2 改性混凝土性能

No.	NS 掺量/wt%	抗压强度/MPa	抗弯拉强度/MPa	断裂韧性/MPa·$m^{1/2}$	相对动弹模量/%
0#	0	47.09	5.68	0.75	62.4
1#	0.5	50.78	6.21	0.94	72.8
2#	1.0	50.06	6.49	1.16	76.1
3#	1.5	49.92	6.18	1.42	80.4
4#	2.0	49.87	5.98	1.21	85.7
5#	2.5	47.96	5.76	1.17	81.1

由表 4 可知，掺加纳米 SiO_2 后，水泥混凝土各项性能均得到了明显提高。改性混凝土抗压强度在 0.5% 掺量下提升最大，较基准混凝土提高 7.84%；对于抗弯拉强度，在 1.0% 掺量水平下提高最大，较基准混凝土增大 14.26%；对于断裂韧度，在 1.5% 掺量水平下提升最大，较基准混凝土增大 89.33%；对于 60 次冻融循环后的相对动弹模量，在 2.0% 掺量下改善效果最好，较基准混凝土提高 37.34%。由于不同的性能指标对于纳米 SiO_2 掺量的最优选择不同，因此本研究采用灰靶理论，利用抗压强度、抗弯拉强度、断裂韧度以及 60 次冻融循环后的相对动弹模量 4 种评价指标对 5 种掺量模式中的最优性能组进行优选。

（1）确定指标模式序列

令 W_i 为多极性指标序列，$W_i(k)$ 为模式 i 指标 k 的数据，$W(k)$ 为 k 的指标模式序列。

则 $W_i = [W_i(1), W_i(2), W_i(3), W_i(4)]$

$W(k) = [W_1(k), W_2(k), \cdots, W_5(k)]$

$i = 1, 2, \cdots, 5$

$k = 1, 2, 3, 4$

（2）构建标准模式 W_0。对于水泥混凝土的抗压强度、抗弯拉强度、断裂韧度、冻融后相对动弹模量四个指标均用极大值来确定。

$$W_0(k) = \max W_i(k) = \max[W_1(k), W_2(k), \cdots, W_5(k)]$$

因此可得标准模式

$$W_0 = [W_0(1), W_0(2), W_0(3), W_0(4)] = (50.78, 6.49, 1.42, 85.7)$$

（3）灰靶变换。

$$x_1(1) = \frac{\min[W_1(1), W_0(1)]}{\max[W_1(1), W_0(1)]} = \frac{\min[50.78, 50.78]}{\max[50.78, 50.78]} = 1$$

同理可得：

$x_1(2) = 0.957$，$x_1(3) = 0.662$，$x_{(}4) = 0.849$

$x_2(1) = 0.986$，$x_2(2) = 1.000$，$x_2(3) = 0.817$，$x_2(4) = 0.888$

…

$x_5(1) = 0.994$，$x_5(2) = 0.888$，$x_5(3) = 0.824$，$x_5(4) = 0.946$

因此可得矩阵 X 为

$$X = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.957 & 0.662 & 0.849 \\ 0.986 & 1.000 & 0.817 & 0.888 \\ 0.983 & 0.952 & 1.000 & 0.938 \\ 0.982 & 0.921 & 0.852 & 1.000 \\ 0.944 & 0.888 & 0.824 & 0.946 \end{bmatrix}$$

（4）确定灰色关联差异信息空间

令差异信息集元素为 $\Delta_i(k) = |1 - x_i(k)|$，因此可求得差异信息集 Δ 为：

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & 0.043 & 0.338 & 0.151 \\ 0.014 & 0 & 0.183 & 0.112 \\ 0.017 & 0.048 & 0 & 0.062 \\ 0.018 & 0.079 & 0.148 & 0 \\ 0.056 & 0.112 & 0.176 & 0.154 \end{bmatrix}$$

其中，$\max\Delta_i(k) = 0.338$，$\min\Delta_i(k) = 0$。

（5）计算靶心系数

靶心系数计算公式为：

$$Y(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min\Delta_i(k) + 0.5\max\Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + 0.5\max\Delta_i(k)}。$$

由此可得出靶心系数组成的矩阵 Y 为：

$$Y = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.797 & 0.333 & 0.528 \\ 0.923 & 1.000 & 0.480 & 0.601 \\ 0.909 & 0.779 & 1.000 & 0.732 \\ 0.904 & 0.681 & 0.533 & 1.000 \\ 0.751 & 0.601 & 0.490 & 0.523 \end{bmatrix}$$

(6)熵权法确定权重系数

本研究对各个指标的权重系数采用熵权法进行计算，计算方法为：

$$f_k(i)=\frac{X_i(k)}{\sum_{i=1}^{5}X_i(k)}$$

$$H_k=-\frac{1}{\ln5}\sum_{i=1}^{5}f_k(i)\ln f_x(i),$$

$$\alpha_k=\frac{1-H_k}{\sum_{k=1}^{4}(1-H_k)}$$

式中：$f_k(i)$为专家 i 对指标 k 的打分。

计算所得指标权重为：

$\alpha_k=(0.2492,0.2502,0.2495,0.2511)$。

(7)靶心度计算

靶心度计算公式为：

$$Y=(x_0,x_i)=\sum_{k=1}^{4}\alpha_k Y(x_0(k),x_i(k)),$$

因此可得：

$$Y=(x_0,x_i)=\sum_{k=1}^{4}\alpha_k Y(x_0(k),x_i(k))=0.6643,$$

$Y(x_0,x_2)=0.7509$，$Y(x_0,x_3)=0.8547$，

$Y(x_0,x_4)=0.7797$，$Y(x_0,x_5)=0.5911$。

因此可知掺量水平为 1.5% 的 3#组纳米 SiO_2 改性混凝土综合性能最优。

2.2　疲劳性能

综合性能最优组纳米 SiO_2 改性混凝土在三种应力水平下的疲劳寿命如图 1 所示。

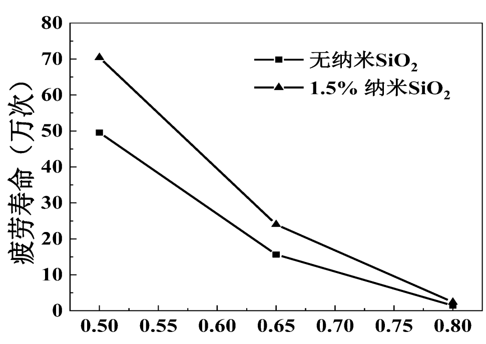


图 1　纳米 SiO_2 改性混凝土不同应力水平下疲劳寿命

由图 1 可知，1.5% 掺量水平下，纳米 SiO_2 改性混凝土的疲劳寿命在 50%、65%、80% 三种应力水平下均得到了显著提升，相较无纳米 SiO_2 组混凝土分别提升了 42.15%、53.36%、65.27%。分析原因在于纳米 SiO_2 能够有效促进混凝土水化进程，并在水化早期与 $Ca(OH)_2$ 迅速进行二次水化生成更为稳定的 C－S－H 凝胶，从而增强混凝土结构密实性，填充混凝土内部孔隙[14－15]，同时纳米 SiO_2 自身具有良好的物理填充性及火山灰效应产物能够改善混凝土内部微孔，从而提升混凝土内部集料与硬化水泥浆界面过渡区的力学强度，导致抵抗微裂纹能力提高，降低了裂缝产生的可能性，进而延长混凝土的疲劳寿命[10－11]。

3　基于神经网络模型的疲劳寿命预估

3.1　神经网络模型建立

不同水平应力作用下纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳损伤过程不确定性较大，普通固定函数模型难以准确预测疲劳寿命。BP 神经网络模型具有高度自学习与自适应能力的优点(拓扑结构图如图 2)，当其隐含层节点足够多时，即使是有限间断点的非线性函数也能够高精度拟合。因此本文利用 BP 神经网络模型对 3 种应力水平下 1.5% 掺量水平纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命进行预估。图 2 中，输入向量 T 为纳米 SiO_2 改性混凝土的弯拉强度，输出向量 P 为纳米 SiO_2 改性混凝土的疲劳加载次数(本文以混凝土断裂时的加载次数作为疲劳寿命判定标准)，由经验公式 $J=\sqrt{m+n}+\alpha$(α 为 1～10 的常数)确定隐含层节点数 J，根据模型训练情况在 3～11 之间取值。

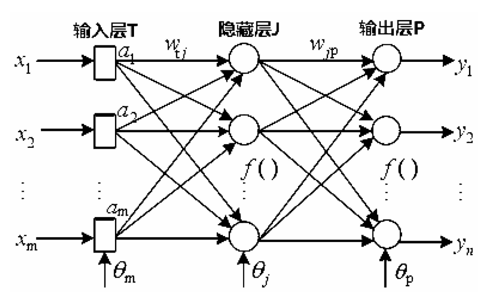


图 2　BP 神经网络拓扑结构图[17]

3.2　疲劳寿命神经网络模型分析

本研究选用三种神经网络模型(Gradient Descent with Adaptive Learning Rate、Levenberg – Marquardt、Scaled Conjugate Gradient）对 1.5% 掺量水平下纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命进行预测评价，并将迭代次数、最大相对误差、误差平方和作为优化指标来提高泛化能力。三种不同模型对纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命的预测结果如表 5 所示。

显然，三种算法对于纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命的预测结果具有差异，但三种算法的最大相对误差均小于 1%，因此三种算法均能够较为准确的预估 1.5% 掺量水平下纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命。三种算法中，Levenberg – Marquardt 具有最少的迭代次数、最低的误差平方和（最大相对误差仅为 0.011% ~0.041%）、最高的准确度、最快的收敛速度（训练在 46 ~108 次即结束），拥有最好的泛化能力。对 Levenberg – Marquardt 训练算法误差分布进行作图分析（如图 3 所示），易知该算法得到的预估值与实际值的误差基本服从标准正态分布，正负误差分布相当，约 89.51% 的结果误差集中分布在为 –2 000 ~2 000 次之间，约有 2.84% 的结果误差值大于 6 000 次，由此可见，利用 Levenberg – Marquardt 神经网络训练算法预估 1.5% 掺量水平下纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命具有较小的预测误差及较高的预测准确度。

表 5　三种不同训练算法神经网络疲劳寿命预测结果

应力水平	评价指标	Gradient Descent with Adaptive Learning Rate	Levenberg – Marquardt	Scaled Conjugate Gradient
0.5	迭代次数（次）	3859	108	265
	R^2	0.99895	0.99910	0.99927
	最大相对误差（%）	0.8	1.1	1.2
	误差平方和	3.0315×10^7	6.9547×10^7	7.9958×10^7
	预测值（次）	708448	708081	711785
0.65	迭代次数（次）	1028	89	182
	R^2	0.99824	0.99895	0.99901
	最大相对误差（%）	2.7	1.8	3.0
	误差平方和	4.3854×10^7	1.8697×10^7	5.1985×10^7
	预测值（次）	244528	241368	243248
0.8	迭代次数（次）	3015	46	151
	R^2	0.99909	0.99891	0.97682
	最大相对误差（%）	8.4	4.1	12.4
	误差平方和	4.1586×10^6	9.8425×10^5	9.5871×10^6
	预测值（次）	254681	24562	26513

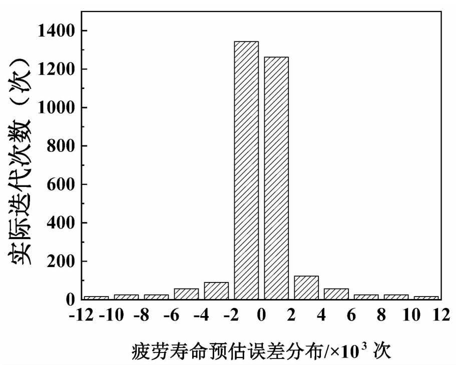


图 3　疲劳寿命预估误差分布

4　结论

（1）本文对 5 种掺量水平纳米 SiO_2 改性混凝土综合性能进行试验，将掺入纳米 SiO_2 前后的抗压强度、抗弯拉强度、断裂韧度、60 次冻融循环后相对动弹模量 4 个指标进行对比分析，结果表明纳米 SiO_2 改性混凝土综合性能均得到了明显提高。

（2）基于熵权法加权的灰靶理论对 5 组不同

配比的纳米 SiO_2 改性混凝土综合性能进行计算，结果表明同等条件下 1.5% 掺量水平下纳米 SiO_2 改性混凝土综合性能最好。

（3）通过对综合性能最优组及无纳米 SiO_2 组混凝土进行对比三点弯曲疲劳试验，结果表明纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命显著增强，最高可提升 67.27%。

（4）采用 BP 神经网络模型对纳米 SiO_2 改性混凝土疲劳寿命预测较为精确，3 种模型中最大相对误差均小于 1%。其中 Levenberg – Marquardt 训练算法迭代次数最少，收敛速度最快，泛化能力最好，且其误差平方和最低，具有较高的预测精准度。

参考文献：

[1] 李朋飞，张擎，李晶晶．掺加纳米二氧化硅水泥混凝土路用性能[J]．长安大学学报（自然科学版），2010，30(03)：41 – 46.

[2] 劳有盛，张磊，王雪平，杨久俊，余海燕．纳米颗粒对水泥基材料性能影响的研究进展[J]．材料导报，2014，28(03)：93 – 96.

[3] 路阳，卢军太，何小芳，曹新鑫，卿培良．纳米二氧化硅的制备及其对水泥水化影响的研究进展[J]．硅酸盐通报，2013，32(07)：1335 – 1339.

[4] 巴恒静，冯奇，杨英姿．粉煤灰、硅灰及纳米硅与 C_3S 水化反应产物的显微结构研究[J]．硅酸盐学报，2002(06)：780 – 784.

[5] 王茹，张绍康，王高勇．矿物外加剂对丁苯聚合物/水泥复合胶凝材料凝结硬化过程的影响及机制[J]．材料导报，2017，31(24)：69 – 73 + 95.

[6] SALKHORDER S. GOLBAZI P. AMINI H. The Im – provement of 28 ~ day Compressive Strength of Self – compacting Concrete Made by Different Percentagesof Recycled Concrete Aggregates Using Nano – silica[J]. International Journal of Civil and Environmental Engineering. 2011，5(11)：529 – 532.

[7] HOSS EINI P. Developing Concrete Recycling Strate – gies by Utilization of Nano – SiO_2 Particles [J]. Wasteand Biomass Valorization. 2011，2(3)：347 – 355.

[8] Hosseini P，Booshehrian A，Delkash M，et al. Use of Nano – SiO_2 to Improve Microstructure and Compressive Strength of Recycled Aggregate Concretes[M]// Nanotechnology in Construction 3. 2009.

[9] 肖建庄，陈祥磊，李标，薛松涛，段珍华．纳米 SiO_2 和粉煤灰复掺对再生混凝土性能的影响[J]．建筑科学与工程学报，2020，37(01)：26 – 32.

[10] 徐晶，王先志．纳米二氧化硅对混凝土界面过渡区的改性机制及其多尺度模型[J]．硅酸盐学报，2018，46(08)：1053 – 1058.

[11] 徐晶，王彬彬，赵思晨．纳米改性混凝土界面过渡区的多尺度表征[J]．建筑材料学报，2017，20(01)：7 – 11.

[12] 李刊，魏智强，乔宏霞，路承功，黄尚攀，杨博．纳米 SiO_2 改性聚合物水泥基复合材料早期微观结构及性能[J/OL]．复合材料学报：1 – 11[2020 – 03 – 15]．https://doi.org/10.13801/j.cnki.fhclxb.20200218.002.

[13] 朱靖塞，许金余，白二雷，罗鑫，高原．复合纳米材料对混凝土动态力学性能的影响[J]．复合材料学报，2016，33(03)：597 – 605.

[14] SUN J F，XU Z Q，LI W F，et al. Effect of Nano – SiO2on the early hydration of alite – ulphoaluminate cement [J]. Nanomaterials，2017，7(5)：102.

[15] WANG L G，ZHENG D P，ZHANG S P，et al. Effect of nano – SiO_2 on the hydration and microstructure of portland cement[J]. Nanomaterials 2016，6(12)：241.

[16] ASTM C672 – 2003. Standard test method for scaling resistance of concrete surfaces exposed to deicing chemicals. 2003.

[17] 申爱琴，喻沐阳，周笑寒，吕政桦，宋攀．橡胶沥青混合料疲劳损伤及全周期寿命预估[J]．建筑材料学报，2018，21(04)：620 – 625.

公路工程地质数据采集系统研究及应用

张金平

（广东省交通规划设计研究院股份有限公司，广州　510507）

摘　要：公路工程地质勘察最终成果主要是由工程地质调绘及钻孔编录数据整理而得。目前传统的工程地质调绘及钻孔数据采集主要还是局限于碎片化的工作流程，采集过程复杂、耗时、费力，成果零散。本次研究成果公路工程地质数据采集系统主要由服务器端、Web 客户端和移动客户端组成，通过协同作用，实现公路工程地质勘察野外调绘、钻孔编录数字化、信息化、高效、快捷的目的。移动客户端主要功能包括地图功能、坐标参数、钻孔编录、地质调绘、其他专业工具。Web 客户端具有项目及人员管理、项目资料管理、考勤管理、决策管理等几个功能模块。本研究通过测试，效果良好，极大的提高了效率，节约了成本，值得推广。

关键词：公路；勘察；地质调绘；钻孔编录；数据采集

1　引言

公路工程属于线性工程，一般沿线地层岩性众多，构造发育。工程地质勘察最终成果主要需通过外业工程地质调绘及钻孔编录数据整理而得。目前传统的工程地质调绘及钻孔数据采集主要还是局限于碎片化的工作流程，各个工作环节基础资料采集单独进行，单独整理成果，同一条公路的技术标准甚至不统一，最后的成果分别归档。可见，传统的勘察资料采集过程复杂、耗时、费力，成果零散，不利于基础资料的综合利用，项目归档时容易遗漏，不利于后续勘察、设计、施工及营运阶段的资料查询应用。

随着计算机应用技术的不断发展，目前市场上也出现了各种版本的勘察数据信息化采集系统。这些信息化采集系统总体分为两大类，第一类以场地钻孔地质编录功能为主，无调绘功能，第二类是基于 GIS 平台的填图软件，主要用于区域地质填图，即区域地质调绘，无编录功能。这些勘察数据采集系统功能较为单一，且未融入外业采集的管理功能。

因此，研制一套基于互联网 + 的信息化公路工程勘察数据采集系统，实现公路工程地质野外调绘、钻孔编录于一体，信息化、高效、快捷，为内业资料整理及最终报告编制提供系统而全面的基础数据具有广泛的现实意义和工程应用前景。

2　公路工程地质数据采集系统设计

2.1　系统的目的

为了实现公路工程地质野外调绘、钻孔编录于一体，信息化、高效、快捷的目的，该数据采集系统必须达到以下目的。

（1）实现野外工程地质调绘及编录设备一体化、无纸化的问题。要实现无纸化，需要将各类区域地质图、工程类图件、百度地图等导入系统，而且为了现场作业的便利，需要将工程类图件叠加于其他图件上。

（2）实现野外工程地质调绘及编录快速化、信息化、标准化问题。为了达到此目的，需要实现标准地层引用、常用字段下拉、深度自动计算、电子岩芯照片自动生成等功能，还要开发众多地质野外使用的小工具。要实现信息化需要实现数据的实时传输。

（3）实现野外实时高精度定位问题。即要先实现坐标系统的设置、坐标参数的计算，还要实现采集设备的高精度定位。为实现设备高精度定位可以采用高精度平板或者低精度设备 + 具高精度模块的模方。

（4）实现项目管理、数据统计、成果资料统一

管理问题。即要搭设云平台，用于数据的存放、计算及管理。

2.2　系统的架构

为了达到系统的目的，本采集系统主要由服务器端(服务器程序、数据库)、Web 客户端和移动客户端(Android)组成，如图 1。三者通过协同作用，实现公路工程地质野外调绘、钻孔编录数字化、信息化、高效、快捷的目的。

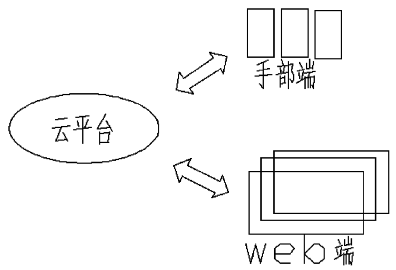


图 1　系统架构示意图

服务器端(服务器程序、数据库) 主要用于数据的存放、计算及管理。服务器程序基于 Net 4.0 采用 Visual C#/C^{++} 开发，空间数据引擎采用 SpatialDatabase Engine。

Web 客户端用于设置项目基本信息，导入区域地质、地形图等基础性图件，导入项目钻孔任务、技术要求、会议纪要等项目资料，编制标准地层模板，并对项目人员、设备、进度、成本等进行管理，对采集数据管理及编辑等。Web 客户端采用 HTML5 + JS 开发，地图引擎采用 OpenLayer。

移动客户端可以下载项目相关资料，如图件、钻孔任务、文件、标准地层模板等，外业进行调绘及编录信息采集、导航、定位等，并进行资料的实时上传。移动客户端采用 Java 与 C^{++} 进行开发，地图引擎采用 MobGIS 平台。

本次系统中采用自主研发的空间数据模型，可对空间数据进行高效管理，打通了移动端、Web 端、服务端，实现空间数据的快速浏览与查询。系统运行流畅、功能丰富、扩展性强。

架构模式采用了“分层模式”，系统共分 4 个层次，分别为数据展现层、数据接入层、数据处理层、数据存储层，如图 2。

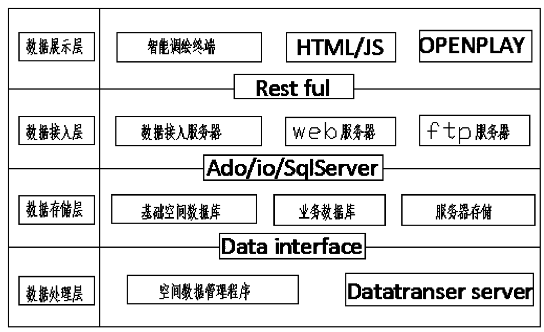


图 2　架构模式图

数据展现层主要对用户的请求接受，以及数据的返回，为客户端提供应用程序的访问。数据接入层主要负责对用户请求协议处理，同时对用户进行的访问控制和授权，用于管理用户对功能及数据实体的访问控制和授权。数据处理层主要负责 RESTful APIS 语义的实现，将数据展示层与数据存储层之间完成解耦。数据存储层主要处理与数据库之间的交互，不应对数据做任何业务上的加工。捕获数据库交互式出现的异常，抛出或记录下来。它的作用就是数据访问，并将访问的数据传递给数据处理层。

3　公路工程地质数据采集系统的功能

3.1　移动客户端功能

移动客户端主要用于野外数据采集，主要功能包括地图功能、坐标参数、钻孔编录、地质调绘、其他专业工具。

地图功能可以加载矢量与栅格的地图数据，同时支持自定义发布地图数据，如可以加载各类区域地质图、工程类图、高德地图、谷歌地图、天地图等，而且可以实现工程类图与其他地图的叠加，实现现场作业无纸化。

坐标参数支持常见的椭球参数、投影参数以及多种坐标转换等参数设置功能。坐标转换包括常用的坐标转换方法，具体包括平移转化、三参数、四参数、七参数转化。坐标参数可以满足不同项目外业勘察定位、坐标采集要求。配合具有高精度的 GPS - RTK 模块的终端或者低精度设备 + 具高精度模块的模方，可以实现高精度测量，减少

测绘仪器携带、低效等问题,极大提高勘察外业轻便化、高效化。

钻孔编录主要实现对钻孔信息的采集,具体的编录内容包括基本信息、地层信息、取样信息、原位测试、照片等采集工作。通过预设标准地层、常用字段下拉、自动生成电子岩芯照片、自动计算深度等功能实现快速化钻孔编录。编录形成数据库、照片可以通过网络实时上传至云端,Web 客户端可以实时下载查看或者编辑。

地质调绘功能中具有基于定位后的点、线、面的绘制、属性信息及多媒体数据采集,采集数据时可以自动调用电子罗盘或者测距仪,实现产状、距离的自动量测及填写。调绘形成 dxf、excel 文件、照片等可以通过网络实时上传至云端,Web 客户端可以实时下载查看或者编辑。

除上述主要业务功能外,针对公路工程行业特性,移动终端还具有其他专业功能,如电子罗盘、极射赤平投影、实体比例正射投影、实测剖面、手绘板、激光测距以及导航等功能。

3.2　Web 客户端功能

Web 客户端具有项目及人员管理、项目资料管理、考勤管理、决策管理等几个功能模块。主要给管理层及项目负责人使用,用于人员及设备的管理,用来制定项目计划、为项目制定钻孔地层编录模版、对外业采集资料(调绘点及钻孔编录信息)进行管理及编辑、对工作量进行统计并提供决策管理等功能。

4　工程应用

为了测试“公路工程地质数据采集系统”的工程应用效果,本研究依托四个公路勘察项目开展了测试。测试项目具体为广佛肇高速公路施工补勘、大麻至高陂旅游产业路初勘、大埔县大麻镇莲塘韩江大桥详勘、省道 S227 线大埔县枫朗至高陂改建工程。

通过依托以上四个项目,对采集系统移动客户端的地质调绘、钻孔编录、地图定位以及其他专业功能进行了详细测试,并对 web 客户端的项目进程、资料及人员考勤等管理功能进行了使用,测试结果如表 1,结果显示,采集系统的各项功能已基本完善,能高效的应用在公路工程勘察工作中,可以解决传统工程地质调绘、编录纸质携带不方便、工具众多、内业整理工作重复且易遗漏、修改不便、不利于数据信息管理及应用等问题,从而使野外工程地质调绘、钻孔编录数字化、信息化、集成化作业变得可能,且极大的提高了效率,节约了成本。

表 1　测试结果表

序号	测试工程名称	规模	经济社会效益:节约人工(人天)
1	广佛肇高速公路施工补勘	路线长 4.454 km,桥梁规模大,主线全线均为高架桥,为岩溶发育区。	采用交通智绘编录功能,节约了编录表录入电脑的时间,经统计大约节约了 300 台班(人天),节约了 50% 的技术人员。
2	大麻至高陂旅游产业路初勘	路线长 12.101 km,设置中桥 4 座/300 m,其余为路基边坡工程,属山区公路。	通过交通智绘地质调绘功能,实现了现场采集并录入节理裂隙产状、不良地质等信息,提高了工作效率,节约了 10 个台班(人天);采用编录功能,节约了 20 台班(人天),节约了 60% 的技术人员。
3	大埔县大麻镇莲塘韩江大桥详勘	路线长 1.293 km,设置大桥 1 座/610 m,其余为路基工程。	采用编录功能,节约了 5 台班(人天),节约了 50% 的技术人员投入。
4	省道 S227 线大埔县枫朗至高陂改建工程	路线长 8.868 km,设置大、中桥 3 座/190 m,其余为路基工程,属山区公路。	通过交通智绘地质调绘功能,实现了现场采集并录入节理裂隙产状、不良地质等信息,提高了工作效率,节约了 10 个台班(人天);采用编录功能,节约了 20 台班(人天),节约了 40% 的技术人员。

5　结语

公路工程地质数据采集系统主要由服务器端、Web 客户端和移动客户端组成，通过协同作用，实现公路工程地质勘察野外调绘、钻孔编录数字化、信息化、高效、快捷的目的。移动客户端主要功能包括地图功能、坐标参数、钻孔编录、地质调绘、其他专业工具。Web 客户端具有项目及人员管理、项目资料管理、考勤管理、决策管理等几个功能模块。本研究通过测试，效果良好，极大的提高了效率，节约了成本，值得推广。虽然本研究取得了较好的成效，但还有值得进一步继续研究的方向，如系统上实现对项目数据的进一步应用，包括勘察报告编制及与设计有效对接；另外实现所有项目资料的统一化管理、场景化管理，实现透明地球。

参考文献：

[1] 杨阳，曲平，杨爱玲，等. 基于 Android 平台的基础测绘外业调绘核查系统的研究与开发[J]. 测绘与空间地理信息，2016，(12)：122 – 123，126. [2] 蒋树龙，赵红蕊，柴鹏辉. 基于移动 GIS 的外业数据采集 APP 设计与实现[J]. 北京测绘，2017：73 – 75. [3] 刘芳. 测绘内外业一体化及相关问题研究[J]. 测绘与空间地理信息，2012，35(08)：232 – 234. [4] 朱晓东. 数字化外业调绘系统的设计与实现[D]. 东华理工大学，2012.

公司《大跨径柔梁矮塔斜拉桥合理体系及关键技术研究》成果评价报道

2020 年 8 月 27 日，公司为第一完成单位承担的科技项目《大跨径柔梁矮塔斜拉桥合理体系及关键技术研究》在广东省土木建筑学会组织召开了科技成果评价会议。

会议成立了周福霖、鲍卫刚、苏成、李龙安、朱玉为委员的评价委员会，评价委员会听取了项目组的汇报，认真审阅了相关技术资料，经质询讨论，形成如下评价意见：

一、提供的评价资料齐全，符合科技成果评价要求。

二、课题依托潮惠高速公路榕江大桥工程，对大跨径矮塔斜拉桥合理结构体系及关键技术进行了系统研究，取得了以下主要创新成果：

1、针对本桥“上压下顶”的独特建设条件，创新性地提出了矮塔、辐射形密索、扁平混合主梁的斜拉桥结构体系，受力合理、结构可靠。

2、研发了全焊整体式钢锚箱索塔错固技术，解决了辐射形密索塔上集中锚固的难题。

3、研发了纵横向正交分离的减隔震技术体系和钢阻尼滑板支座，为高烈度区桥梁抗震、抗风设计提供了一套新的解决方案。

三、该课题研究成果已在广东省潮州至惠州高速公路工程榕江大桥等多个工程项目中成功应用，取得了显著的社会效益和经济效益，推广应用前景广阔。

综上所述，该研究成果总体达到了国际先进水平，其中矮塔、辐射形密索、扁平混合主梁的斜拉桥结构体系研究达到国际领先水平。

评价委员会一致同意通过科技成果评价。

（报道者：张梦婷）

2020 粤港澳大湾区地铁产业大会报道

7 月 9 ~ 10 日,“2020 粤港澳大湾区地铁产业大会”在深圳成功召开。主题是“新时代/新技术/新发展”。本次大会由深圳市地铁集团有限公司、深圳市城市轨道交通协会、深圳市土木建筑学会、株洲中车时代电气股份有限公司、广东美的暖通设备有限公司主办。

出席本次大会的嘉宾主要有中国工程院钱七虎、周福霖、郭仁忠、杜彦良、王复明、孟建民、陈湘生等 7 位院士。此外,共有来自全国各地业界单位的专家、代表近 800 人参加。我院聂玉文和姚国伟参加了此次交流会。

大会主席陈湘生院士致欢迎辞。在为期 2 天的学术报告环节,大会围绕“新时代/新技术/新发展”这一主题,邀请包括钱七虎院士和周福霖院士在内共计 44 位专家、学者做了精彩的学术报告(共 36 篇),并特别邀请与会院士进行现场对话和答疑解惑,分享城市地铁建设取得的新成果和新技术,并对新时代背景下地铁建设存在的问题进行深入剖析,共同探讨城市地铁建设的未来发展!

通过院士对话、专家报告及会展产品参观,主要体验如下:

1. 粤港澳大湾区城际铁路建设,将促进实现人流、物流、资金流、信息流互联互通,产业链条实现深度融合,共建优质生活圈,未来粤港澳大湾区有望建成“一小时城轨交通圈”。粤港澳大湾区七大城市地铁规划超 1 000 km,规划近 100 条线路,地铁施工建设和运维管理工作量巨大。本次大会主题为新时代、新技术和新发展,各城市轨道交通公司、地铁规划、勘察、设计、施工,轨道交通新设备、新材料、新技术及配套企业共同探讨最新成果、创新技术和解决方案。通过院士对话环节,更加深刻了解中远距离发展绿色环保磁悬浮、轨道交通减震防灾及工程医院的建立完善等方面的意义。

2. 建设轨道交通是以提高乘客的方便与舒适度为目的。轨道交通应在噪音和振动方面做更多内容。车站施工工法上可尝试更加绿色环保的预制装配式结构(明挖或者暗挖),解决建设周期长、建设期环保要求高及严寒地区施工受气候影响等问题。

3. 通过新一代数字技术的深入运用,对传统管理模式、业务模式及商业模式进行创新和重塑,数字化转型是各行业持续发展的必经之路。轨道交通数字化转型对重构业务流程、保障生产安全、降低维护成本及提高运营效率具有非常大的意义。数字化转型驱动城轨智慧化建设,同时轨道交通数字化转型是新思路,同时也是新的挑战。

(报道者:姚国伟)

第二十二届中国高速公路信息化大会报道

由中国公路学会主办、华为技术有限公司协办的“第二十二届中国高速公路信息化大会”于 2020 年 8 月 26 日至 8 月 28 日在重庆召开。

为加快智慧交通发展，促进信息化在深化收费公路制度改革中的应用，推动取消高速公路省界收费站后全国一张网平稳运行，进一步提升高速公路信息化建设、管理和服务水平，加强同行间的技术交流，推广新技术、新产品的应用，中国公路学会召开了这次高速公路信息化大会。

本次大会以“数字化 · 网联化 · 云化”为主题，由中国公路学会主办、华为技术有限公司协办、阿里云计算有限公司赞助，重庆市交通局、重庆市公路学会、重庆高速公路集团有限公司、重庆交通大学支持，《中国公路》杂志社、《中国交通信息化》杂志承办。主要内容是技术交流，行业专家共同研讨了包括车路协同、通信技术、小间距 LED 屏等新技术在高速公路应用前景。本会议从监控、收费、通信、供配电等各个方向讨论了高速公路信息化发展展望与应用需求和高速公路信息化技术发展趋势。为智慧高速公路发展展望以及信息化管理、规划设计、联网收费、联网监控、高速公路运营节能等信息化前沿技术领域的内容。吸引了众多高速公路信息技术企业参展，集中反映了近年来我国高速公路信息化技术和产品水平。

我院参会人员主要参观了当前机电系统新设备、新方案，听取相关单位的汇报。大会安排了 6 个论坛分会，每个论坛分会安排若干场专题汇报，在展厅区设置了南区和北区，展现了各参展商的设备和系统。在公路学会的大力组织下，展会获得各单位的支持和踊跃参加。此外，在国家大力发展“新基建”的政策背景下，机电系统迎来一个发展浪潮，推动机电设备及系统不断发展和改进，呈现融合集中、感知丰富、智慧管理的态势，传统的独立设备及系统逐步往功能集成、一体化管理的方向过渡和发展，如：雷达与视频融合（雷视一体机）、枪球联动摄像机、子系统软件集成在大平台下运行（一体化智慧管理平台）、隧道智慧巡检（集成视频、火灾、事件等检测）等。在国家政策的扶持和项目的推动下，机电系统更新迭代步伐将进一步加快，推动行业的变革。整体而言，机电系统的发展态势良好、发展后劲充足、发展机会丰富。

高速公路信息化、智能化、智慧化将是大势所趋。本次交流会加强了业内同行间的经验技术交流，使得高速公路新产品、新技术得以推广，助力于加快高速公路信息化、智能化、智慧化的建设进程，为进一步提高高速公路信息化建设、管理和服务水平，必须加强同行间的经验与技术交流，积极推进现代信息技术在智慧公路中的应用。

（报道者：汪俊彬）

2020 年工程勘察设计行业知识管理培训报道

2020 年 9 月 24 – 25 两日，由北京中设认证服务有限公司主办的“2020 年工程勘察设计行业知识管理培训班”在海南省三亚市举行，公司技术质量部、数字化技术研究院相关人员参加了培训。

培训会由北京中设认证服务有限公司总经理张崇武主持，培训从知识管理概念和行业现状、知识管理技术、知识管理制度与文化、知识管理规划与实施路径四个方面着手，中设认证有限公司张崇武、汤曙光、朱军相关专家和行业专家进行分享和培训。

1、知识管理概念和行业现状

课程从知识的定义、知识概念的体系(资料 信息 知识 智慧)、知识的特性(包含共享性、增值性、隐含性、资源性)、知识的分类(包含事实知识、原理知识、技能知识、人际知识)、显性知识与隐性知识之间的转化、知识管理的核心表现(以人为本、基于知识、制度文化、管理行为、创造价值)等方面进行讲述和课间互动;同时还深入对勘察设计行业知识管理现状和主要问题(包括整个行业仍处于知识管理的起步阶段,行业内的主要存在知识需求的分析不够全面和深入、为充分将企业传统的知识沉积做法及其成果纳入知识管理、知识管理未与业务过程形成有效融合、知识管理系统现有的功能定位和作用不能对业务提供有效支持、知识管理策划缺乏与企业战略规划之间的对接)进行了剖析。

2、知识管理技术

知识管理技术包含:知识管理信息化(包括电子会议、专家系统、知识地图、数据挖掘、搜索引擎、智能检索、文档管理、知识门户、BBS、E－learing 等);文档管理与 ECM(包括文档管理、文档的知识化、知识地图);数据仓库与驾驶舱(按照业务主题进行数据分析,为业务决策提供支持);知识图谱(包括知识动态性、知识依赖性、知识空间性、知识关联性);对相关行业内较成功知识管理系统案例进行了分享。

3、知识管理制度与文化

知识管理制度与文化包括公司的知识组织机构(决策层、管理层、执行层、运维层)、制度机制(知识体系管理、知识活动过程管理、知识系统开发与运营管理、知识管理评估和考核与激励)、企业文化(企业文化决定了企业实现知识管理的内部环境、企业文化对于企业知识管理具有导向和约束作用、企业文化对于企业知识管理具有激励和凝聚作用,只有建立起鼓励学习、倡导分享、激励创新、崇尚合作的企业文化,知识管理才会健康发展,成为企业创新能力提升的一个关键因素)。

4、知识管理规划与实施路径

着重对知识管理实施的误区(知识管理等于上一套知识管理系统、知识载体的管理等于知识管理、知识管理只要建好系统定好规则员工就会自觉参与知识管理);知识管理需求分析(寻找问题痛点、确定知识特征、明确建设需求、进行现状评估);知识管理体系规划(包括内容体系、制度文化、技术体系、系统运维,要从发掘知识、价值导向、立足应用、保持先进方面进行规划);知识管理系统目标与实施路径(从简约思维、迭代思维、开放思维、大数据思维考虑,勘察设计行业的知识具有知识集成化、产品单件性、技术通用性、知识隐性化、创新是关键等特性);知识管理体系的实施和运维(建设实施模式包括总承包模式、总集成模式、项目管理咨询承包模式、自主管理建设模式,系统运维包括基础设施运维、应用系统运维、检查评估改进、应急预案制定、系统培训宣贯)。

参会人员普遍关注知识管理规划的切入点,知识管理系统建设的策划和实施步骤,知识的分类属性体系的构建,知识管理系统的运营,人才与专家库等话题。就这些话题,培训会也进行了热烈的探讨。

(报道者:刘祥兴)

惠州盐洲大桥改造工程“新型复合玻璃纤维筋”应用现场技术观摩交流报道

2020 年 9 月 18 日，为贯彻落实交通运输部建设绿色公路、品质工程要求，推进新技术、新材料在我省公路桥梁建设上的应用，省公路学会联合保利长大工程有限公司、深圳海川新材料科技股份有限公司，组织开展惠州盐洲大桥改造工程“新型复合玻璃纤维筋”应用施工现场技术观摩交流会。公司万志勇副总工程师出席了交流会。

盐洲大桥位于惠州市惠东县黄埠镇，全长 454.8 m，由于该桥地处沿海浪尖区，海水侵蚀非常严重，被评定为四类桥梁。工程改造为跨径组合 $25 \times 16 + 3 \times 13.5 + 9$ m 预应力混凝土工字梁，先简支后桥面连续。为有效提高桥梁结构抗海水侵蚀能力，全桥采用海工混凝土，其中在桩基础、系梁、立柱、护栏中使用改性乙烯基玻璃纤维筋，为全国首例。

交流会份两阶段进行。首先，考察盐洲大桥施工现场钻孔灌注桩及混凝土护栏“新型复合玻璃纤维筋”笼的加工制作，又到钻孔灌注桩施工现场，观看玻璃纤维筋桩基笼的绑扎、连接、吊装、浇筑等施工过程，倾听讲解介绍，观看施工现场展板等。

接着，进入会议交流座谈阶段。广东省公路学会陈冠雄理事长主持会议，作为“新型复合玻璃纤维筋”材料供应商，深圳海川科技股份有限公司李明作“玻璃纤维筋在土木工程中的应用实践”介绍，详细讲述了目前复合玻璃纤维筋材料的技术参数、应用性能及受力特点，介绍公司开发应用新材料的情况。大桥施工方保利长大工程有限公司第二分公司项目经理冷加金作了“盐洲大桥使用玻璃纤维筋的设计和施工情况”说明。

大家对“新型复合玻璃纤维筋”材料表现出极大兴趣，踊跃交流相关问题，如材料的耐久性评估、力学性能、应用场景选择、成品结构裂缝影响、特殊工况下的适用性、拓展延伸应用领域等等。大家充分肯定玻璃纤维筋工程项目应用价值，认为“新型复合玻璃纤维筋”材料在公路工程结构中有较大的应用前景，要进一步提高工法、工艺，制定相关技术标准。

（编辑：刘祥兴）

2020 年度五省一市二区公路交通技术论坛报道

9 月 23 日至 24 日，“2020 年五省一市二区公路交通技术论坛”在沈阳隆重召开，来自辽宁、山东、广东、湖南、湖北、上海公路交通运输领域的 300 余名建设、养护、运营管理方面的领导、专家、技术和管理人员齐聚沈阳，围绕“科技创新、智慧公路、交通强国”主题展开了广泛地技术交流与讨论。今年论坛由辽宁省公路学会主办，辽宁省公路学会理事长、辽宁新发展交通集团董事长李佳代表主办单位，主持本次论坛开幕式。

交通运输部科学研究院交通信息研究中心总工程师曹剑东作题为《智慧交通、数据赋能，大数据引领交通运输创新发展》的主旨报告。技术交流环节由辽宁省公路学会副理事长、辽宁省交通规划设计院有限责任公司总经理席广恒主持。来自辽宁新发展交通集团、辽宁高速公路运营管理有限责任公司、广东华路交通科技有限公司、广东省交通规划设计研究院股份有限公司、中南大学等 12 个部门、机构的专家、学者围绕智能交通、物联网和大数据等关键技术的应用研究、行业信息化重大决策支持系统等如何引领交通运输创新发展展开交流研讨。公司规划与交通工程分院机电与智慧交通所关小杰所长代表公司作了《广东省智慧高速建设的实践与探索》主题分享。

与会领导、专家、学者还实地考察了由辽宁省交通建设投资集团建设、辽宁新发展集团科技养护公司施工的道路新型养护实用技术现场及公路基础设施智能化养护技术现场，灌注式复合混凝土路面技术、再生沥青混合料预制构件实用技术、超粘超薄精表处罩面技术现场；考察了辽宁省交通规划设计院有限责任公司的国家研发中心和桥梁实验室现场。

（编辑：刘祥兴）