



广东交通规划设计

GUANGDONG COMMUNICATIONS PLANNING AND DESIGN

2024 **2**
总第194期

技术交流 信息共享

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

地址：广州市白云区鹤龙街道鹤瑞路8号
邮政编码：510440
电话：020-37393018
E-mail：kjzl@ghdi.cn
网址：http://www.ghdi.com.cn



准印证号：(粤O)L0150076号

内部资料 免费交流

获奖喜报

2024年第二季度，公司获得华夏建设科学技术奖一等奖1项，中国公路学会科学技术奖二等奖1项、三等奖1项，中国施工企业管理协会2004年工程建设项目设计水平评价三等成果奖，第五届全国公路微创新大赛3项铜奖，国家知识产权局发明专利1项、实用新型专利1项。



公司级设计标准化评审会



2024年4月7日“服务区微改造”公司级评审会

2024年4月24日召开《公路用地图编制工作指南》验收评审会议



2024年5月13日“东莞市环城路升级改造工
程勘察设计”



2024年6月12日召开《隐式盖梁设计通用图》等4项中期评审会议



2024年6月17日“国道G324线高明富湾至高要
马安段新建工程初步设计”公司级评审会



2024年6月13日召开《常规桥梁拼宽设计通用图》等7项中期评审会议



2024年6月24日“泰山路（黄泰立交至汕昆高速出入口）
改造工程初步设计”公司级评审会



2024年7月2日召开《常规跨径钢混组合梁设计指南及通用图、
匝道钢箱梁通用图（二期）》验收评审会议



2024年7月2日“道G325线鹤山桃源至址山
段改建工程初步设计”公司级评审会

广东交通规划设计

(每季出版)

2024年6月30日印刷

2024年第2期

(总第194期)

内部资料 免费交流

准印证号: (粤O) L0150076号

编辑委员会

主任: 黄湛军

副主任: 孙向东

委员: 万志勇、王景奇、卢绍鸿、
刘吉福、杜燕群、张修杰、
陈志翔、陈新富、邱赞富、
周震、梁志勇、梁淦波

主编: 孙向东

副主编: 林敏

责任编辑: 黎敏

编辑: 《广东交通规划设计》编辑部

编印单位: 广东省交通规划设计研究院
集团股份有限公司

地址: 广州市白云区鹤龙街道鹤瑞
路8号

邮政编码: 510440

电话: 020-37393018

E-mail: kjzl@ghdi.cn

发送对象: 公司及行业内部

本期印刷数量: 350本

印刷单位: 广州市艺彩印务有限公司

封面: 湛江环城高速南三岛大桥
(坡头至南三岛段)工程

目次

部委政策

- 财政部 交通运输部关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知 (1)
- 《关于支持引导公路水路交通运输基础设施数字化转型升级的通知》的解读 (4)

公司动态

- 公司承担的黄茅海跨海通道项目高栏港大桥顺利合龙 (6)
- 喜报! 公司总工程师孙向东荣获广东省五一劳动奖章 (7)
- 公司承办的2024广东智能交通工程师文化节智慧公路专场顺利召开 (10)
- 校企深度交流,促进新形势下行业人才培养——第二设计院与华南理工大学学生座谈会 (12)

技术论文

- 船舶撞击后受损桥墩安全评估及修复
..... 宁立, 张旸, 王景奇 (14)
- 软基中搅拌桩施工产生超静孔压测试 刘吉福 (18)
- 湘江新区无人驾驶开放测试道路停车视距研究
..... 陆超, 李振发, 王武生, 胡圣魁 (24)
- 广州某高层办公塔楼结构设计 周国伟 (28)

专委会活动

- 金琴快线北延段工程现场技术交流活动 (33)
- 给排水专业技术分委会与净之泉公司开展技术交流活动 (35)
- 桥梁专业技术分委会“香山特大桥”设计施工关键技术交流活动
..... (37)

信息专栏

- 首届长大桥梁高质量发展与品质工程建造论坛交流报道 ... (39)
- 《2024 正交异性钢桥面板及组合桥面结构学术研讨会》学习体会 (41)
- 第六届桥梁工程创新技术论坛暨桥梁新质生产力发展交流大会 (45)
- 公司参与主办的第三届桥梁建设技术与艺术创新学术会议顺利召开 (47)
- 市政基础设施智能建造暨 BIM 新技术新成果交流研讨会 ... (49)

财政部 交通运输部关于支持引导公路水路交通基础设施 数字化转型升级的通知

各省、自治区、直辖市、计划单列市财政厅(局)、交通运输厅(局、委),新疆生产建设兵团财政局、交通运输局:

为深入贯彻落实中共中央、国务院关于加快建设交通强国、数字中国等决策部署,推进公路水路交通基础设施数字转型、智能升级、融合创新,加快发展新质生产力,财政部、交通运输部决定通过竞争性评审方式支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级。现将有关事项通知如下:

一、总体要求

(一) 总体思路。

围绕交通运输高质量发展,立足建设安全、便捷、高效、绿色、经济、包容、韧性的可持续交通体系,以数据资源为关键要素,以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力,推进公路水路等领域创新应用场景规模化落地,促进交通基础设施智慧扩容、安全增效、产业融合,推动交通运输行业流程再造、系统重塑、制度重构,有效提升公共服务能力、行业管理效能和产业协同创新水平。

(二) 工作原则。

1. 坚持系统观念,协同高效推进。聚焦国家综合立体交通网主骨架和重点区域,以在役交通基础设施为重点,推进公路、水路干线及沿线周边交通基础设施网络数字化转型。注重体制机制创新,充分发挥政府和市场各类主体比较优势,构建多元主体参与的投入运营机制和跨部门跨地区跨层级的合作机制。

2. 坚持数据赋能,强化优质供给。有效利用已有数字基础设施和数据资源,充分发挥数字技术的放大、叠加、倍增作用,实现交通基础设施数字化改造、智能化响应和智慧化支撑的新模式新

形态,提高公路水路基础设施的承载能力、通行效率、安全保障和治理水平,扩大多样化高品质的服务供给。

3. 坚持场景牵引,推动融合创新。聚焦小切口,以用得上、用得起、用得好的应用场景为牵引,协同推进数字技术与交通基础设施深度融合,加快创新技术产品产业化和规模化应用,促进战略性新兴产业做强做优做大。以保障数据安全为前提,探索数据资源多样化有偿使用方式,促进数据多场景应用、多主体复用,释放数据要素价值。

(三) 实施目标。

自 2024 年起,通过 3 年左右时间,支持 30 个左右的示范区域,打造一批线网一体化的示范通道及网络,力争推动 85% 左右的繁忙国家高速公路、25% 左右的繁忙普通国道和 70% 左右的重要国家高等级航道实现数字化转型升级。在智慧扩容方面实现示范通道通行效率提升 20% 左右;在安全增效方面实现突发事件应急响应效率提升 30% 左右;在融合创新方面凝练总结一批具有较高推广价值的车路云、船岸云应用场景和关键技术、标准规范;在体制机制创新方面推动培育一批个性化定制、网络化协同、产业化融合等新业态新模式。

(四) 支持范围。

重点支持国家综合立体交通网“6 轴 7 廊 8 通道”主骨架以及国家区域重大战略范围内的国家公路和国家高等级航道,开展数字化转型升级。其中:公路应重点选取繁忙路段(即服务水平在四级、五级、六级路段)所在线路,高速公路和普通公路统筹兼顾,相关线路互联互通,应用场景连续贯通。航道应选取四级及以上航道重要航段(含实行区域联合调度的船闸和重要通航建筑物),兼顾沿海港口公共基础设施和国境国际通

航河流航道,实现干支联动。

二、实施内容

加快公路水路交通基础设施的数字化改造,建设数字化感知网络、智能化管控系统和网络化服务体系,改变传统基建模式,更加注重集约节约利用,以较少资源消耗撬动交通基础设施承载能力大幅提升;更加注重资金使用效益,以较少资金投入带动交通基础设施优质供给有效加强;更加注重数据要素价值释放,以数字手段推动交通基础设施管理服务水平明显改进;更加注重融合创新,以应用场景规模化落地促进产业协同创新水平显著提高。

(一)推动基础设施智慧扩容。围绕公共服务升级,推动大数据、物联网、人工智能、北斗导航等新技术与交通基础设施深度融合,体系化部署交通基础设施运行状态感知设备,建设沿线通信传输网络、交通诱导系统等,加快关键节点智慧通行服务、干线通道主动管控和一张网服务新模式等成熟场景的规模化网络化应用,推动点、线、面一体联动和区域有效协同,提升交通基础设施承载能力和通行效率。

(二)推动基础设施安全增效。围绕行业管理提升,对通道基础设施安全监测、运行管控和应急指挥调度体系进行数字化改造,加快应用新一代信息采集、智慧分析与处理系统等,推进实施数字化管养系统、运行监测预警平台、数字治超及大件运输全链条监管系统、应急指挥调度系统等建设,推动开展业务流程和运行机制优化重构,有效提高安全风险识别预警、快速响应和联动处置能力,持续提升公共服务和行业治理水平。

(三)推动跨领域产业融合。围绕协同创新发展,实施车路云一体化和船岸云一体化试点。在重点路段合理布局智能化路侧基础设施,分等级、分区域提供差异化智能服务,实现智能网联汽车出行引导、事件预警、协同辅助驾驶及自动驾驶等多样化场景应用;在重点航段加强复杂场景感知,推进自主协同控制、调度组织优化、辅助驾驶

等应用建设。

(四)推动体制机制创新。围绕数据要素价值释放,健全交通、公安、气象、应急、数据、自然资源等部门协同联动管理和服务机制,健全公路水路项目全生命周期数字化管理机制;完善标准规范体系,加强各类交通网络基础设施标准跨区域衔接;探索建立数据分类分级确权授权使用、市场化流通等运行机制,推动数据技术产品、应用范式、商业模式和制度机制协同创新。

三、组织实施

示范通道及网络建设以省(含自治区、直辖市、计划单列市、新疆生产建设兵团,下同)为单位,由省级人民政府或其授权的省级交通运输主管部门会同财政等部门统一组织和监督实施,以交通基础设施运营管理单位为实施主体(涉及长江黄金水道、西江航运干线的航道数字化建设内容应与长江航务管理局、珠江航务管理局衔接统筹)。财政部、交通运输部通过竞争性评审方式,分3年每年择优支持一批示范通道及网络建设。

(一)方案编制。各省份应立足“干支联动,互联成网”,按要求组织编制实施方案(具体实施方案编制大纲由交通运输部会同财政部另行明确)。将符合支持范围的公路水路领域建设内容统筹纳入编制实施方案,鼓励2个及以上省份联合实施。联合申报的省份共同编制实施方案,细化各省目标任务和共建共享机制等,确保建设标准统一和应用连续。计划单列市可单独申报,实施方案编制应注意与所在省份进行统筹衔接。

交通运输部依据实施方案核定总投资。鼓励地方高速公路、普通省道、农村公路、其他航道、港口、综合客运枢纽等数字化转型升级工作纳入示范通道及网络统一编制实施方案,统筹予以推进,形成网络化格局,但相关投资不纳入核定总投资。国家综合货运枢纽补链强链相关建设内容不纳入核定总投资。已享受过中央资金补助的建设内容不纳入核定总投资。

(二)组织申报。各省份于每年 2 月底前向交通运输部、财政部申报。该项政策实施第一年,各省份于 6 月底前完成申报工作。联合申报的应协商一致后共同申报。

(三)竞争性评审。交通运输部会同有关部门建立涵盖多个行业领域的专家库,组织专家对申报条件、任务方向等进行初步审核,符合条件的省份按一定比例进入现场评审环节,开展现场答辩,专家评审。在专家评审意见的基础上,交通运输部提出建议纳入支持的示范通道及网络名单,以及对实施方案的修改完善建议。

(四)结果公示。示范通道及网络名单在两部门政府网站公示 7 日。公示无异议后纳入支持范围,相关省份应在 10 个工作日内修改完善实施方案,并经省级交通运输部门和财政部门审核盖

章后联合向交通运输部、财政部报备。

四、资金安排

(一)资金分配。

财政部根据竞争性评审确定的年度支持名单和交通运输部提出的资金安排建议,结合财力情况,按照“奖补结合”方式安排资金。其中公路、航道领域奖补资金分别核定,按照交通运输部核定总投资的一定比例予以奖补,东部、中部、西部地区奖补比例分别为 40%、50%、60%。实施第一年按照每个示范区域奖补资金的 40% 予以补助,用于启动相关工作;后续根据绩效评价结果予以奖励。实施期内奖补资金具体根据各省份开展的公路、航道数字化升级改造里程规模确定,如下表所示。

公路领域		航道领域	
升级改造里程	奖补资金上限	升级改造里程	奖补资金上限
750 公里以下	6 亿元	1000 公里以下	1 亿元
750(含)至 1000 公里	8 亿元	1000 公里及以上	2 亿元
1000 公里及以上	10 亿元	—	—

注:航道领域含沿海港口公共基础设施。

(二)资金使用。

相关省级财政部门结合资金政策,会同同级交通运输主管部门制定资金管理细则,明确细化安排资金的程序、标准、投入方式等,规范资金用途与拨付流程等。奖补资金不得用于征地拆迁、楼堂馆所建设以及不符合数字化转型支持方向的建设内容等。通过中央财政其他渠道支持的,不再重复安排奖补资金。

五、绩效管理

(一)绩效目标设置。各省份应在实施方案编制环节设置预期绩效目标,主要包括组织实施、完成情况、实施效益、创新引领、示范推广等方面。除上述指标外,地方可结合实际自主设置其他指标。

(二)绩效跟踪监管。各省份对纳入支持的示

范通道及网络绩效目标实现情况进行动态跟踪监管。及时总结经验做法,形成上报信息,向交通运输部、财政部报送。对发现的问题及时督促整改。

(三)绩效评价及结果应用。交通运输部、财政部对纳入支持的示范通道及网络开展年度绩效评价和终期绩效评价。交通运输部根据绩效评价结果分阶段提出奖励资金安排建议,财政部结合财力等情况下达预算。

六、工作机制

(一)部省工作协调机制。交通运输部、财政部会同相关省份建立部省工作协调机制,在政策、项目、资金、技术等方面加强配合,视情召开会议或采取书面形式通报有关情况,协调解决存在的突出问题。发挥专家专业优势,支撑开展实施方

案评审、绩效评价和实施过程中的指导工作。

(二)地方工作领导机制。地方各级交通运输部门、财政部门应充分认识开展交通基础设施数字化转型升级的重要性,将该项工作纳入贯彻交通强国战略、国家综合立体交通网规划的重点工作,予以高度重视。省级有关部门应建立地方

工作领导机制,充分调动各方资源予以支持,加强全过程监督指导,确保资金使用规范,工作取得实效。

财政部 交通运输部

2024年4月29日

《关于支持引导公路水路交通运输基础设施数字化转型升级的通知》的解读

为深入贯彻落实中共中央、国务院关于加快建设交通强国、数字中国等决策部署,推进公路水路交通基础设施数字转型、智能升级、融合创新,加快发展新质生产力,财政部、交通运输部联合印发了《关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》(以下简称《通知》)。为便于社会各界更好了解,现将《通知》出台背景、主要思路、实施内容等解读如下:

一、关于《通知》的出台背景和重要意义

中共中央、国务院高度重视5G、北斗、人工智能等新一代信息技术在传统基础设施领域的深度应用,要求围绕发展新质生产力布局产业链。习近平总书记强调,要以科技创新为引领,统筹推进传统产业升级、新兴产业壮大、未来产业培育;要拓展有效投资空间,适度超前部署新型基础设施建设;大力发展智慧交通和智慧物流。

在新发展阶段,推动公路水路基础设施数字化转型升级,能够充分发挥数字技术的放大、叠加、倍增作用,有效提升交通基础设施长期供给质量和效率,对加快建设交通强国、推动交通运输高质量发展,支撑打造具有国际竞争力数字产业集群等具有重要作用和意义。近年来,两部门出台了一系列政策文件,推动公路水路基础设施数字化转型升级,取得了积极成效,但与加快建设交通强国要求相比,仍存在规模效应未能有效发挥、产

业融合发展不够充分、协同保障机制尚未形成等问题,需要强化政策引导和部门协同,形成推进交通基础设施数字化转型升级的合力。

为落实相关部署,两部门通过召开座谈会、重点省市调研、征求行业意见等形式,充分听取了地方、企业、研究机构和专家学者的意见,经认真研究,明确了支持引导交通运输传统基础设施数字化转型升级总体思路和实施内容,最终形成了《通知》。

二、关于《通知》的主要思路

《通知》的主要思路:一是坚持系统观念和问题导向,聚焦国家综合立体交通网“6轴7廊8通道”主骨架以及国家区域重大战略范围内的国家公路和国家高等级航道,以在役基础设施为重点,聚焦解决繁忙路段和重要航段存在的效率、安全、服务等方面问题,改变传统基建模式,以较少资源和资金消耗,实现交通基础设施数字化改造、智能化响应和智慧化支撑的新模式新形态,撬动交通基础设施承载能力、安全和服务水平的有效提升。二是坚持数据赋能和体制机制创新,以数据资源为关键要素,促进数据多场景应用、多主体复用,释放数据要素价值。加快跨部门协同联动管理服务机制、数据运营机制、数字底座和标准规范体系等建立,推动交通运输行业流程再造、系统重塑、

制度重构。三是坚持场景牵引和产业协同,聚焦发挥交通运输对相关产业的带动支撑作用,以用得上、用得起、用得好的应用场景为牵引,加快创新技术产品在交通基础设施网络中的应用,促进产业协同创新水平显著提高。

三、关于实施目标和内容

一是关于实施目标。自2024年起,通过3年左右时间,支持30个左右的示范区域,打造一批线网一体化的示范通道及网络,力争推动85%左右的繁忙国家高速公路、25%左右的繁忙普通国道和70%左右的重要国家高等级航道实现数字化转型升级。《通知》提出的示范通道及网络,由多条不同方向的公路、水路实体线网组成,构成如十字、井字、田字形线网等相互关联的网络形态。示范通道及网络相关线路应互联互通、应用场景连贯贯通,要注重高速公路和普通国道统筹兼顾,干支航道联动。

二是关于实施内容。《通知》提出了四方面实施内容:第一,围绕公共服务升级,推动基础设施智慧扩容,加快关键节点智慧通行服务、干线通道主动管控和一张网服务新模式等应用,力争实现通行效率提升20%左右;第二,围绕行业管理提升,推动基础设施安全增效,推进实施数字化管养系统、运行监测预警平台、数字治超及大件运输全链条监管系统、应急指挥调度系统等建设,力争实现突发事件应急响应效率提升30%左右;第三,围绕协同创新发展,推动跨领域产业融合,实施车路云一体化和船岸云一体化试点,总结一批具有较高推广价值的应用场景、关键技术和标准规范;第四,推动体制机制创新,完善跨部门协同联动管理和服务机制,健全公路水路项目全生命周期数字化管理机制,推动数据技术产品、应用范式、商业模式和制度机制协同创新,推广一批个性化定制、网络化协同、产业化融合等新业态新模式。

下一步,为引导地方推进创新应用场景规模化落地,确保应用场景连续贯通,加快在部分应用

场景实现部省联网、全国运行,交通运输部和财政部将在竞争性评审和绩效评价环节强化一体化相关要求,后续还将针对全国联网运行任务制定基本功能和数据要求。

四、关于组织实施

一是关于实施主体。为充分调动各部门、各主体积极性,形成合力,示范通道及网络以省为单位组织实施,包括省、自治区、直辖市、计划单列市、新疆生产建设兵团。具体由省级人民政府或其授权省级交通运输主管部门会同财政等部门统一组织和监督实施,以交通基础设施运营管理机构为实施主体。

二是关于申报程序。主要包括方案编制、组织申报、竞争性评审、结果公示等环节。申报时间为每年2月底前,政策实施第一年为6月底前。竞争性评审包括初步审核和现场评审,初步审核后按一定比例进入现场评审环节。

三是关于资金安排。为强化中央资金的引导带动作用,加快形成规模效益,《通知》明确按照“奖补结合”方式安排资金,东部、中部、西部地区分别按照核定总投资的40%、50%、60%予以奖补。按照升级改造里程规模分档确定奖补资金上限,公路领域最高上限10亿元,水路领域最高上限2亿元。实施第一年按照每个示范区域奖补资金的40%予以补助,用于启动相关工作,后续根据绩效评价结果予以奖励。

四是关于绩效管理。为提升资金的使用效益和效率,强化跟踪问效,在实施过程中,两部门将对纳入支持的示范通道及网络开展年度绩效评价和终期绩效评价,根据绩效评价结果分阶段安排后续奖励资金。

下一步,我部将会同财政部尽快出台《关于做好公路水路交通基础设施数字化转型升级工作的通知》,细化组织实施、任务方向、绩效评价等方面要求,为加快建设交通强国、加快发展新质生产力提供有力支撑。

公司承担的黄茅海跨海通道项目高栏港大桥顺利合龙

3月20日上午,由公司负责勘察设计的黄茅海跨海通道项目关键工程高栏港大桥顺利合龙。黄茅海跨海通道是港珠澳大桥的西延线,为广东省重点项目。高栏港大桥是黄茅海跨海通道项目2座主桥中首个合龙的主桥,标志着项目上部结构施工取得重大突破。



高栏港大桥合龙梁段吊装

项目建设条件复杂、设计风速高、船撞力大、抗震要求高;耐久性要求高,工程规模宏大、综合技术难度非常高,是世界级的超大型跨海交通基础设施工程。对此,项目团队在设计过程中注重积极创新,解决了诸多技术难题。

为解决超强台风引起的颤振失稳问题,高栏港大桥采用分体式钢箱梁设计,并针对分体式钢箱梁容易引起涡振的问题,针对性提出了“风嘴+隔涡板+下中央稳定板”综合气动控制措施。同时,针对海洋环境下桥梁结构耐久问题突出的问题,对跨海桥梁不同区域、不同部位的腐蚀环境差别,分别采用针对性的耐久性保障措施,有效改善了混凝土抗裂性能和抗渗性能。

大桥景观方面坚持桥梁建设与艺术美学有机结合,与自然环境和諧统一,与历史人文内涵完美融合的理念。其中,高栏港大桥采用全漂浮体系分离式钢箱梁结构,索塔外形采用圆形和圆端形断面,塔基稳定坚固,塔柱动感柔美,塔顶设置优雅独特的灯塔造型,标志性突出。辅助墩、过辅墩采用独特的TY墩设计,相对于分幅式桥墩,采用整幅式桥墩可有效降低阻水比,显著提升桥墩防船撞能力的同时,使得全桥景观更加协调统一。



高栏港大桥航拍图

目前,黄茅海跨海通道项目进展顺利,通车后将与港珠澳大桥、深中通道、南沙大桥、虎门大桥共同组成粤港澳大湾区跨海跨江通道群,助力粤港澳大湾区早日建成世界级交通枢纽。

(供稿:第四设计院)

喜报！公司总工程师孙向东荣获广东省五一劳动奖章

近日,为表彰先进,树立典型,弘扬劳模精神、劳动精神、工匠精神,广东省总工会发布 2024 年广东省五一劳动奖状、奖章和工人先锋号表彰名单。公司总工程师孙向东荣获“广东省五一劳动奖章”荣誉称号。



孙向东,汉族,1973 年 7 月生,吉林扶余人,1998 年 3 月参加工作至今,2003 年 11 月加入中国共产党,武汉理工大学桥梁与隧道工程专业毕业,博士研究生学历,现任广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司总工程师,于 2021 年获广东省交通运输厅授予“广东交通运输系统第一届最美公路人”荣誉称号,是“中国公路百名优秀工程师”、“广东省土木建筑优秀总工程师”、“广东省杰出工程勘察设计师”、“广东省市政行业优秀总工程师”。



孙向东从事路桥设计 26 年,刻苦、钻研路桥技术工法,基于路桥功能属性和文化属性思考设计法则,探索力与美的和谐统一,创造了大量路桥作品。主持设计南沙大桥(原虎门二桥),创新性地提出高

塔考虑二阶效应的计算方法、采用随机振动校核时程分析,充分考虑地震响应随机特性,研发了超大跨度悬索桥合理结构体系及关键装置;项目荣获第十二届土木工程詹天佑故乡杯、全国公路交通优秀设计一等奖。主持设计江顺大桥,充分考虑了 700 m 跨双塔双索面混合梁斜拉桥的结构与美学,进行正交异性钢桥面板抗疲劳开裂和变厚 U 肋试验分析研究、施工期长悬臂 TMD 抗风措施研究,创新性地提出了先滑后锚整体式塔上锚固构造;项目荣获第九届广东省土木工程詹天佑故乡杯奖、广东省优秀工程设计一等奖、广东省优秀工程勘察一等奖、鲁班奖和“纪念改革开放 40 年广东省勘察设计行业最具影响力工程建设项目”称号。还主持设计了西江特大桥、黄茅海跨海通道高栏港特大桥、汕头牛田洋特大桥、湛江调顺大桥、京灶大桥,潮汕大桥、江中西江桥、西堤大桥……在高速公路建设方面,他主持或主要参与设计了西部沿海高速公路、广梧高速、和龙高速、韶赣高速、江中高速、江肇高速、增从高速、从莞高速、揭博高速等。从事路桥事业多年至今,孙向东同志获得省科技进步二等奖 1 项、土木工程詹天佑奖 3 项、省部级一等奖 5 项,二等奖 8 项,在工程设计领域取得了卓著成绩。



在科研方面,孙向东同志勤于技术总结,重视技术交流,热心新技术推广。在核心期刊发表《四塔矮塔斜拉桥宽幅脊梁空间设计方法研究》、《江肇高速西江大桥宽幅脊梁矮塔斜拉桥设计》等 20 多篇学术论文。合著《岩溶地区公路桥梁设计与施工技术》,作为核心成员参编《岩溶地区公路桥梁桩基设计与施工技术指南》、《公路桥梁锥套锁紧钢筋接头技术指南》等多个规程。获得发明专利 5 项,实用新型专利 4 项。主持开展《广东省桥梁索杆内部锈蚀断丝无损检测技术标准研究》、《广东省岩溶地区桩基设计、施工技术地方规定研究》、《多塔长联大悬臂宽幅脊梁矮塔斜拉桥建设成套技术研究》和《公路桥梁预应力管桩基础关键技术研究》、《大跨径混合梁斜拉桥设计关键技术研究(江顺大桥建设关键技术研究)》等多个科研项目,解决了大量的关键性技术难题,取得了多项技术突破,获得了良好的社会效益,赢得社会广泛好评。



孙向东挚爱路桥事业,经年刻苦学习钻研,理论功底深厚,实践经验丰富,在技术创新与解决重大工程建设难题等方面成效显著,在抗灾救灾、重大事故处理等方面发挥了重要技术支撑作用,在行业内享有较高声誉。

主要代表作品集锦:



(供稿:综合管理办公室)

公司承办的 2024 广东智能交通工程师文化节 智慧公路专场顺利召开

5月17日,由公司承办的2024广东智能交通工程师文化节智慧公路专场在公司总部大楼会议中心报告厅顺利召开。本次会议由广东省交通运输厅、广州市白云区人民政府、广东省交通工会委员会指导,广东省智能交通协会主办,我公司承办。



会议由公司交通安全与智慧交通设计院院长、广东省智能交通协会智慧公路专委会主任委员孙卫华主持,公司副总经理汪超、广州市白云区人民政府四级调研员夏丰勇和广东省智能交通协会会长谢振东致辞,公司副总经理陈贤文参会。

公司副总经理汪超在致辞中表示,新时代交通运输行业智慧化、数字化是推动新质生产力落地的重要方向。国家相关政策文件明确提出要推进交通基础设施数字化、网联化、智能化,加快智慧公路建设发展,提升公路建设与运行管理服务水平。通过智慧公路长期的探索前行和经验积累,公司在智慧公路方面有了比较大的技术优势,未来希望能与各位专家同仁携手共进、深度合作,更好地服务于我省智慧公路建设。



会议进行了优秀工程师和五小创新奖颁奖仪式,公司五名技术人员获此殊荣。会议还分享了包括智慧公路主动安全管控、智慧公路基础设施数字化转型、数字人民币高速公路应用、智慧公路的人工智能应用等主题演讲,并开展了由省厅指导我公司编制的《广东省普通国省道智慧公路建设指南》讲解,共同探讨了智慧公路领域的最新发展、技术创新和行业趋势。



除了知识的交流,公司还开放了企业文化展厅展示,重点讲解了智慧公路专题,让参会者领略了公司企业文化和智慧公路建设的成功成效。



本次交流会的圆满成功,促进了智能交通行业的技术交流和文化传播,也促进了各单位继续深化合作,助力智慧公路领域的进步与发展。未来,公司将继续秉承“一路领先”的企业精神,积极探索行业前沿,不断为广东省智慧公路建设贡献力量。

(供稿:交通安全与智慧交通设计院)

校企深度交流,促进新形势下行业人才培养

——第二设计院与华南理工大学学生座谈会

为了进一步加强校企交流,增强高校毕业生对行业动态及设计单位的了解,近日下午,第二设计院与华南理工大学土木与交通学院 2024 届道路班准毕业生在广东交通设计大厦 14 楼会议室举行了座谈会。华南理工大学土木与交通学院副院长胡楠、道路工程系主任张园和张丽娟等老师,公司第二设计院院长丘燊,副院长徐东进、余恬,总工程师(道路)池坤敏等,以及若干名华工毕业的员工代表参加了座谈会。



会上,第二设计院的相关领导介绍了路桥设计行业的最新动态、前沿技术及设计工作的基本内容和流程,员工代表分享了设计院工作的经历和体会。与会人员针对老师及同学们关心的行业形势、人才培养方面的调整、课程设置及就业方向、设计院工作模式等问题分别进行了互动交流,展开了精彩而深入的探讨。





校企合作、产教融合是提高人才培养质量、推动企业发展的有效途径,会谈结束后,双方期待在未来有机会进行深化交流合作,促进人才培养和输送、加强科研创新,实现多方共赢。

(供稿:第二设计院)

船舶撞击后受损桥墩安全评估及修复

宁立, 张 旸, 王景奇

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广州 510507)

摘要:以遭受船舶撞击的广州番禺北斗大桥为研究对象,采用基于力加载的弹性分析方法与基于位移加载的弹塑性分析方法对受损桥墩的安全性进行评估。结果表明:基于力加载的弹性分析可对撞击力作用下桥墩受力状态进行初步的分析并得出结构易损截面,但无法准确反映易损截面屈服后的结构状态,难以对损伤桥墩现状进行评估;基于位移加载的弹塑性分析通过于撞击损伤截面设置塑性铰进行 Pushover 分析及损伤变形桥墩恒载内力重分布分析,识别倾覆力与恢复力,建立现状结构平衡关系,可对损伤桥墩现状进行较为准确的评估。评估后先利用临时墩顶升两侧上部梁体再开展下部墩柱处治,避免了次生灾害,实现了快速施工。

关键词: 桩柱式桥墩; 船撞事故; 安全评估; 弹性分析; 弹塑性分析; 塑性铰

1 事故概况

广州番禺北斗大桥跨越沙湾水道,主桥为(60+2×90+60)m连续刚构,引桥为T梁及连续箱梁,桥宽25.5m。大桥南岸主引桥过渡墩(31#)两侧分别为主桥60m边跨及引桥34.5m预应力混凝土T梁。31#墩采用整体三柱式,基础为6根D120cm钻孔灌注桩,承台为哑铃型;墩柱为3根D150cm圆柱,柱间距900cm;盖梁为180×180cm端部带切角的普通钢筋混凝土结构。

2021年7月13日凌晨5时46分,北斗大桥遭受船舶撞击,涉事船舶为集装箱船,事故发生时速度约4.2节(2.16 m/s),总吨位约2139t,船舶撞击大桥31#墩,造成31-1#立柱受损严重,存在较大安全隐患。

2 受损状况

本次撞击事件撞击点位于31-1#立柱7点方向,距承台顶2.8m处。撞击造成31-1#立柱倾斜,柱底混凝土剪切断裂,主筋弯曲,箍筋断裂。

31#墩盖梁中山侧发现14条斜向裂缝,最大缝宽2.65mm;番禺侧发现2条斜向裂缝,最大

缝宽0.30mm;存在多个破损带,破损面积较大。

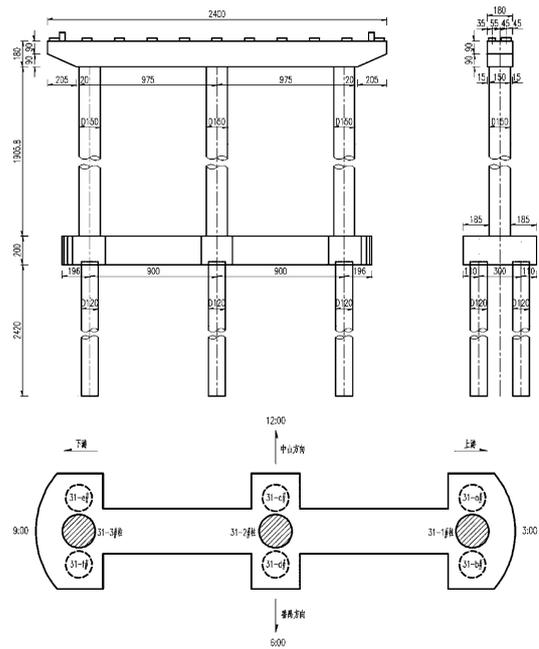


图1 31#墩一般构造(单位:cm)



图2 墩柱受损状况



图3 盖梁受损状况

受撞边柱(31-1#)与中柱(31-2#)之间承台系梁混凝土与侧面钢筋断裂。

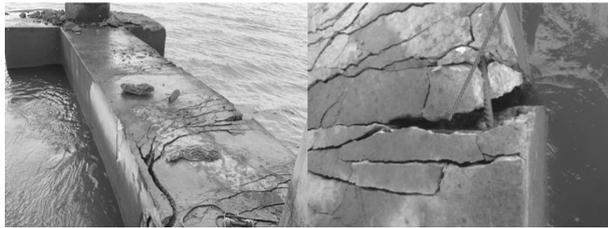


图4 承台系梁受损状况

过渡墩为高桩承台,现状河床面以上平均桩长约10 m,桩基外露部分被钢护筒包裹,护筒厚度及嵌固深度未知。31-a#桩顶向中山侧偏移1.0 m,向上游偏移0.2 m;31-b#桩顶向中山侧偏移0.95 m,向上游偏移0.15 m。

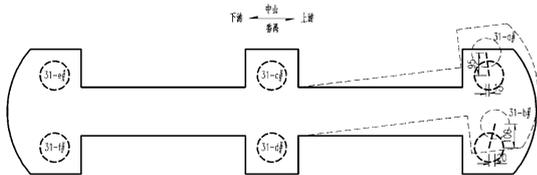


图5 桩基偏位状况(单位:cm)

主桥侧箱梁现状良好,无明显病害,墩顶伸缩缝附近铺装层砟无明显破损;引桥侧T梁端横隔板底部出现破损露筋。



图6 引桥侧T梁端横隔板受损状况

3 应急防护

根据31-1#墩柱现状,除第一时间交通管制、禁止通行外,还立即采取了以下应急防护措施:

(1) 在31-1#柱底受损范围设置内径2 m高3 m临时抱箍,抱箍内灌注混凝土,增大受损墩柱脚。

(2) 自31#墩,经32#墩至河岸,沿纵桥向设置临时钢管撑,限制受损承台位移进一步发展。



图7 应急防护措施

4 安全评估

鉴于31-1#墩柱受损严重,为降低事故造成的经济损失和社会负面影响,亟需开展现状安全评估研究,为后续处理决策的制定提供理论依据。

4.1 受损桥墩安全评估

4.1.1 基于力加载的桥墩弹性分析

已知事故船舶总吨位及航速,由《公路桥梁抗撞设计规范》计算船舶撞击力为6 945 kN,撞击点位于31#-1柱承台顶2.8 m处。按弹性材料本构建立31#墩计算模型,盖梁顶施加纵向约束,桩基按m法施加土弹簧约束。经计算,在上述船撞力对应偶然组合作用下,31-1#柱对应桩顶位移0.16 m,小于实测位移;承台系梁侧弯承载能力均不满足要求而发生破坏,与实际仅受撞侧系梁破坏不符。

基于力加载的弹性计算与实际状态不一致主要原因在于其未考虑破损屈服截面的影响:撞击力作用下31-1#柱底截面、31-1#柱所对应桩顶及桩身(冲刷线以下2 m)截面、31-1#与31-2#柱间承台系梁截面发生屈服破坏形成塑性铰,塑性铰既截面弱化了结构刚度,导致结构实测位移大于弹性计算值,又弱化了荷载传递,故中柱(31-2#)与未受撞侧边柱(31-3#)间承台系梁截面未发生破坏。

由上述分析可知:基于力加载的弹性模型可对撞击力作用下结构受力状态进行初步的分析,得出结构易损截面,但无法准确反映易损截面屈服后的结构状态,难以对受撞损伤桥墩现状进行评估。

4.1.2 基于位移加载的桥墩弹塑性分析

由于基于力加载的方式难以对受损桥墩现状进行评估,本文采用基于位移加载的弹塑性分析对受损桥墩现状进行评估:建立31#墩计算模型,盖梁顶施加纵向约束,桩基按m法施加土弹簧约束,根据混凝土和钢筋的非线性本构关系计算31-1#柱底、31-1#柱所对应桩顶及桩身(冲刷线以下2 m)、31-1#与31-2#柱间承台系梁破坏处等4处截面的弯矩-曲率曲线得到塑性铰本构,并于相应位置设置塑性铰。在此模型基础上进行Pushover分析,将Pushover分析所得结构内力状态与撞击受损桥墩因变形而导致的恒载内力重分布状态进行平衡分析。

节点平衡分析。对于31#桥墩的平衡态分析主要集中在31-1#柱底节点。此节点竖向力平衡为墩柱轴力和桩基础轴力的平衡;水平力平衡为墩柱及桩基础轴力的水平分力和桩基础剪力的平衡,如图8所示。

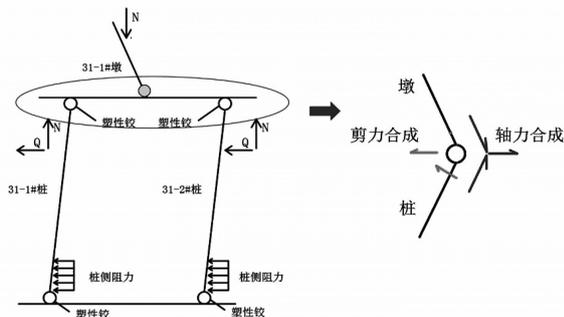


图8 节点平衡分析简图

恒载内力重分布分析。据实测,31#墩盖梁因纵向挡块限制位移较小,31-1#柱底产生了1.0 m水平位移,盖梁顶至柱底高差20.858 m,根据几何三角关系可得31-1#柱变形后与水平面夹角 87.3° ,柱顶盖梁产生了约 $\Delta = 0.024$ m竖向沉降。经计算,考虑上部结构恒载,柱顶盖梁竖向强迫位移0.024 m时对应竖向反力为2 613 kN,此即现状下31-1#柱轴力。31-a/b#桩基自由长度10 m,塑性铰位于冲刷线以下2 m,桩顶水平位移1.0 m,根据几何三角关系可得桩顶与水平面夹角 85.2° ,由节点竖向力平衡关系可得31-a/b#桩基轴力之和为 $2\ 613 \times \sin 87.3^\circ / \sin 85.2^\circ = 2\ 619$ kN。由31

-1#墩柱受损变形后恒载内力重分布得到柱、桩轴力后,其水平力则为 $2\ 613 \times \cos 87.3^\circ + 2\ 619 \times \cos 85.2^\circ = 342.2$ kN。

带塑性铰模型Pushover分析。通过在桩顶施加1.0 m强迫位移,对含塑性铰的桥墩非线性模型进行Pushover分析,31-a/b#桩基剪力之和为372.8 kN,其水平力为 $372.8 \times \cos(90^\circ - 85.2^\circ) = 371.5$ kN。

由上述各分项计算可知:31-1#墩柱船撞后发生倾斜,在上下部结构恒载作用下墩柱和桩基础的现状轴力在水平方向的分力为342.2 kN,此合力使结构偏离原设计平衡状态,为倾覆力;桩身塑性铰以上桩土的嵌固效应使桩基础产生水平力371.5 kN,此水平力指向原设计平衡状态,为恢复力。31-1#柱撞击受损变形后,现状结构形成新的平衡状态,此平衡状态下恢复力略大于倾覆力,现状结构处于弱平衡状态。有必要指出,结构要保持平衡,理论上恢复力应等于倾覆力,本文计算恢复力略大于倾覆力主要在于桩侧土弹簧m值的不确定性,m值越大则恢复力越大,由于缺乏试验数据,本次评估按规范经验取值。

4.2 其他结构安全评估

4.2.1 上部结构及盖梁

31-1#柱顶盖梁沉降0.024 m时,31-1#柱侧两侧T梁自重下支座反力有所卸载但尚未脱空,盖梁及上部引桥侧T梁端隔板出现斜裂缝,呈典型弯剪扭耦合受力形态,经计算盖梁及引桥T梁现状下基本保持稳定;主桥梁端下挠0.024 m时,主桥边跨梁的抗弯及抗剪承载力均满足承载能力要求,主梁腹板未见明显斜裂缝,现状下主梁基本保持稳定。

4.2.2 桩基础

通过带塑性铰模型Pushover分析可知:竖向承载力方面,撞击后由于31-1#柱卸载,31-2#、31-3#柱所对应桩基础竖向荷载有所增加,但地基承载力仍满足规范要求;抗弯承载力方面,当不考虑钢护筒参与受力时,中桩和未受撞侧边桩的桩顶和桩身均屈服;当考虑10 mm钢护筒参与

受力,中桩屈服,未受撞侧边桩桩顶屈服,桩身未屈服;当考虑20 mm钢护筒参与受力,中桩桩顶屈服,桩身未屈服,未受撞侧边桩均未屈服。

表1 桩基内力及不同厚度护筒桩身承载力(kN·m)

中桩		未受撞侧边桩		各护筒厚度下承载力		
桩顶	桩身	桩顶	桩身	0 mm	10 mm	20 mm
10 062	6 542	6 893	4 433	3 162	6 318	9 423

由上述计算可知,桩基现状稳定性可控,考虑到钢护筒实际厚度及嵌固深度难以探明,结构修复时不再利用既有桩基。

5 修复方案

为避免次生灾害并快速施工,采取先利用临时墩顶升两侧上部梁体对受损墩柱进行卸载,再开展下部墩柱处治的总体思路。临时墩设置一是要保证足够的施工空间,二是要控制在临时墩支承条件下主梁的受力性能,本次按恒载作用下主梁最大拉应力保持在2 MPa以内来控制临时墩位。主桥侧临时支点距梁端5 m最大拉应力1.5 MPa,引桥侧临时支点距梁端4.5 m最大拉应力1.9 MPa。梁体恢复原设计标高后需再行顶升0.01 m使支座脱空,主桥侧支撑点反力10 092 kN,引桥侧支撑点反力7 286 kN。



图9 临时支墩

两侧主梁临时顶升后,切除原31#桥墩的盖梁、墩柱、承台及桩基础,通过在原桩基础两侧新增桩基,重新浇筑墩柱及盖梁,使其最终恢复原设计。

6 结论

通过对北斗大桥船撞损伤桥墩结构分析,得

出以下主要结论:

(1) 船撞桥问题研究目标可以分为三类:事故预防、事故应对、事故后评估,目前已有的研究基本集中在前两类,事故后评估研究较少。面对日益频发的桥梁撞击事故,亟需开展事故后桥梁结构损伤诊断及现状安全性评估研究,为后续处理决策的制定提供理论依据。

(2) 船撞力作用下31-1#墩柱的破坏形态为典型的剪切破坏且箍筋断裂,再次印证“强剪”设计的必要性,有撞击风险的桥墩应提高墩柱潜在塑性铰区域箍筋配置,适当增大抗剪承载力富余。

(3) 基于力加载的桥墩弹性分析可对撞击力作用下结构受力状态进行初步的分析,得出结构易损截面,但无法准确反映易损截面屈服后的结构状态,难以对受撞损伤桥墩现状进行评估。

(4) 基于位移加载的桥墩弹塑性分析通过于撞击损伤截面设置塑性铰进行Pushover分析及损伤变形桥墩恒载内力重分布分析,识别倾覆力与恢复力,建立现状结构平衡关系,为受撞损伤桥墩现状分析提供了新的思路。

(5) 桩土约束条件对Pushover分析精度有一定影响,在理论分析的同时还应采取必要的防护措施限制受损桥墩病害发展,修复过程应加强观测并尽量减少对受损墩柱的扰动。

参考文献:

- [1] JTG/T 3360-02-2020,公路桥梁抗撞设计规范[S].北京:人民交通出版社,2020.
- [2] 贺志勇,戴少平.某城市桥梁船撞事故分析与维修方案[J].中外公路,2010,30(6):160-163.
- [3] 孔令元,巩健.磨刀门特大桥船撞桥墩快速重建工程技术研究[J].中外公路,2021,41(3):155-160.
- [4] 张太磊.混凝土桥墩船撞损伤指标研究[D].重庆:重庆交通大学,2015.
- [5] 刘能文,张凯.突发性损伤桥梁的抢险(修)应急技术研究[J].市政技术,2015,第6期第33卷:41-46.
- [6] 朱俊羽,祝露,韩娟,等.某航道桥下部结构受船舶撞击后安全性能评估及修复[J].世界桥梁,2020,48(1):87-91.
- [7] 郭健,裘力奇,张胜利,等.基于柔度矩阵的跨海大桥非通航孔桥船撞损伤识别[J].桥梁建设,2017,47(6):72-77.

软基中搅拌桩施工产生超静孔压测试

刘吉福

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广州 510507)

摘要:为研究搅拌桩施工过程中在软黏土地基中产生超静孔压的规律,对浆喷搅拌桩和粉喷搅拌桩施工时在不同位置处产生的超静孔压进行了现场测试。测试表明,按照搅拌下沉后搅拌提升、再搅拌下沉后搅拌提升的顺序施工搅拌桩时,桩周一定范围内的软黏土地基中一点的超静孔压与搅拌桩施工时间的关系曲线大致为倒置的W,搅拌头由上而下接近该点时超静孔压快速增加,高于该点2~3 m时出现峰值,继续下沉及搅拌提升过程中孔压快速减小,超静孔压残值通常很小。搅拌桩周围饱和黏土中产生超静孔压的范围约为桩径的10~20.8倍。喷浆搅拌桩产生的超静孔压峰值大于喷粉搅拌桩产生的超静孔压峰值。

关键词:粉喷搅拌桩;浆粉搅拌桩;施工;超静孔压;测试

1 前言

工程实践表明,软基处理施工过程中,软黏土通常受施工扰动影响而导致强度下降,与此同时也可能产生超静孔压^[1-3]。在软黏土地基中施工搅拌桩时也会产生超静孔压^[4-6],对附近房屋、桥梁基础可能产生挤压。为了研究搅拌桩施工在软黏土层中产生超静孔压的规律,在某试验工程中测试了与搅拌桩不同距离处软黏土层中超静孔压,得到一些规律,为研究搅拌桩挤土效应提供了参考。

2 地质条件

试验工程位于佛山市乐从镇荷村北面的佛山市中心组团新城区启动区,该试验工程属于佛山新城区市政道路工程的一部分属于区内道路的一部分。

佛山市中心组团新城区启动区首期道路广泛分布着软粘土地基、松散的吹填砂等。根据静力触探资料,地基土体自上而下含有以下土层:根据静力触探资料,地基土体自上而下含有以下土层:

① 细砂:主要由吹填细砂组成,分布在整个场地,厚度2.5~4.6 m,平均厚度3.27 m;锥尖阻力0.85~7.91 MPa,平均2.98 MPa;侧摩阻力1.1~60.7 kPa,平均13.7 kPa。

② 淤泥:厚度2.4~4.4 m,平均厚度3.47 m;层底埋深6.5~7.0 m,平均6.75 m;锥尖阻力0.02~1.03 MPa,平均0.32 MPa;侧摩阻力1.8~

19.7 kPa,平均7.5 kPa。

③ 细砂:厚度1.7~3.1 m,平均厚度2.43 m;层底埋深8.6~9.8 m,平均9.17 m;锥尖阻力0.56~12.33 MPa,平均5.5 MPa;侧摩阻力9.4~50 kPa,平均24.6 kPa。

④ 淤泥:厚度4.9~9.2 m,平均厚度6.5 m;层底埋深14~19 m,平均15.7 m;锥尖阻力0.02~0.67 MPa,平均0.26 MPa;侧摩阻力1.1~15.5 kPa,平均5.4 kPa。

⑤ 淤泥质土:厚度3.4~6.7 m,平均厚度5.4 m;层底埋深20.1~22.4 m,平均21.1 m;锥尖阻力0.02~1.33 MPa,平均0.54 MPa;侧摩阻力1.5~19.7 kPa,平均7.4 kPa。

⑥ 亚粘土:未见底。

进行搅拌桩产生超静孔压测试的B1区和B2-2区静力触探指标见表1和表2。表中前后分别表示搅拌桩施工前和搅拌桩施工后测定的静力触探指标。

表1 B1区静力触探指标

地层	深度/m	q_c /MPa		f_s /kPa	
		前	后	前	后
吹填砂	0~2.7	2.27	3.82	12.2	19.6
淤泥	2.7~6.6	0.25	0.52	6.5	15.7
细砂	6.6~8.9	6.83	5.27	28.7	28.1
淤泥	8.9~15.2	0.31	0.56	6.3	12.4
淤泥质土	15.2~20	0.51	0.56	8.3	10.6

表 2 B2-2 区静力触探指标

地层	深度/m	q_c /MPa		f_s /kPa	
		前	后	前	后
填砂	0~4.6	2.94	5.77	12.8	18.9
淤泥	4.6~7.0	0.39	0.29	12.7	7.9
细砂	7~8.6	3.52	4.37	23.9	32.7
淤泥	8.6~15	0.26	0.30	5.2	5.7

表 4 B2-2 区试验情况

日期	时间/h : min	桩与孔压计的距离/m
13 日	9 : 32 - 10 : 10	5.2
	10 : 16 - 10 : 51	4.1
	10 : 56 - 11 : 31	3.1
	12 : 50 - 13 : 29	2.0
	13 : 32 - 14 : 14	0.6
16 日	9 : 14 - 9 : 53	3.6
	9 : 59 - 10 : 36	2.4
	10 : 43 - 11 : 23	1.2
	12 : 28 - 13 : 03	0.6
	13 : 05 - 13 : 47	1.2
	13 : 48 - 14 : 40	2.4
	14 : 42 - 15 : 19	3.6
	15 : 22 - 15 : 58	4.8

3 试验情况

3.1 地基处理参数

B1 区:面积为 330 m²,采用喷浆搅拌桩,桩长 20 m,桩径 50 cm,桩距 1.2 m,梅花形布置。四排桩掺灰量 12%,其余桩掺灰量 15%,水灰比 0.5。

B2-2 区:面积为 165 m²,采用喷粉搅拌桩,桩长 15 m,桩径 50 cm,桩距 1.2 m,梅花形布置。掺灰量 15%,桩间设排水板。

喷浆搅拌桩、喷粉搅拌桩均采用 4 个搅拌叶片的搅拌头,喷浆搅拌桩搅拌叶片为矩形,喷粉搅拌桩搅拌叶片与电风扇叶片类似。

喷浆搅拌桩和喷粉搅拌桩均采用二喷四搅施工工艺,搅拌下沉搅拌头→喷浆(粉)搅拌提升搅拌头→搅拌下沉搅拌头→喷浆(粉)搅拌提升搅拌头。

3.2 孔压测试情况

在搅拌桩施工前,B2-2 及 B1 区中部分别在 5.5 m 和 10.5 m 深度处的淤泥中各埋设 1 只孔隙水压力传感器。

试验于 2004 年 12 月进行,B1 区和 B2-2 区用于测试的搅拌桩施工情况见表 3 和表 4。在两天试验过程中,B1 区搅拌桩施工位置均逐渐远离孔压传感器;B2-2 区 13 日搅拌桩施工位置逐渐靠近孔压传感器,16 日搅拌桩施工位置先逐渐靠近孔压传感器再逐渐远离孔压传感器。

表 3 B1 区试验情况

日期	时间/h : min	桩与孔压计的距离/m
27 日	11 : 10 - 12 : 20	0.8
	12 : 55 - 13 : 52	2.0
	13 : 53 - 14 : 50	3.2
	14 : 51 - 16 : 13	4.4
28 日	8 : 37 - 10 : 09	2.0
	10 : 11 - 11 : 24	3.2
	11 : 25 - 12 : 39	4.4

在与孔压传感器不同距离处施工搅拌桩时,记录孔压传感器测试的孔隙水压力,每分钟记录一次孔压及施工深度。

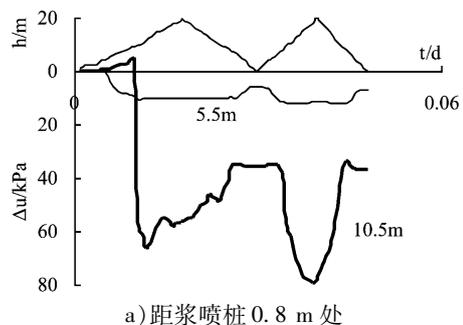
4 超静孔压变化情况

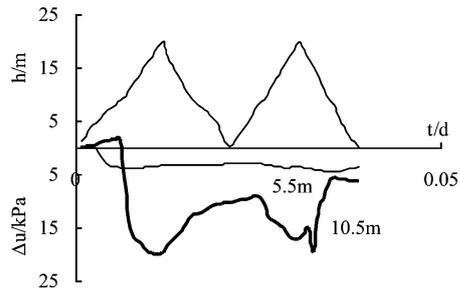
搅拌桩施工期间测得的孔压减去施工前的孔压得到超静孔压 Δu 。

4.1 B1 区

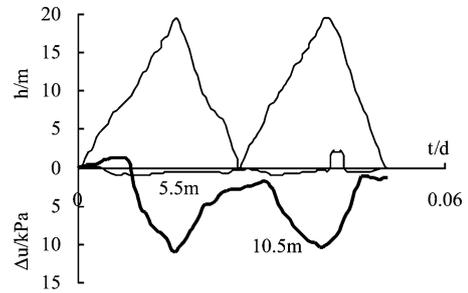
2004 年 12 月 27 日测定的浆喷搅拌桩施工过程中超静孔压随时间变化情况见图 1。图 1 中 h 为搅拌头与地面的距离, Δu 为超静孔压。孔压传感器处产生的最大超静孔压与搅拌桩距离的关系曲线见图 2。图 2 中 d 为搅拌桩与孔压传感器的水平距离。

2004 年 12 月 28 日测定的浆喷搅拌桩施工过程中超静孔压随时间变化情况见图 3,孔压计处产生的最大超静孔压与搅拌桩距离的关系曲线见图 4。

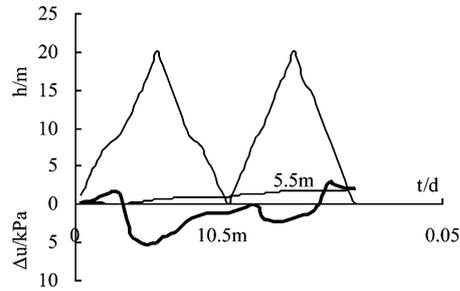




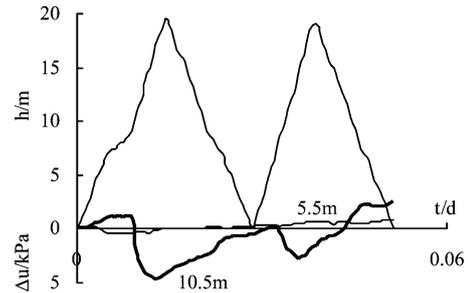
b) 距浆喷桩 2.0 m 处



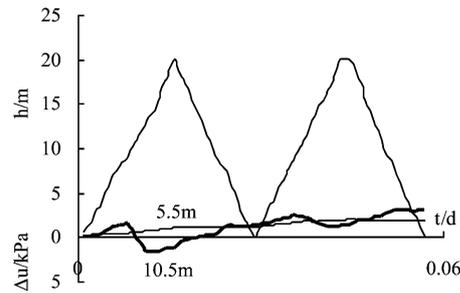
b) 距浆喷桩 3.2 m 处



c) 距浆喷桩 3.2 m 处



c) 距浆喷桩 4.4 m 处



d) 距浆喷桩 4.4 m 处

图 1 27 日测定的超静孔压

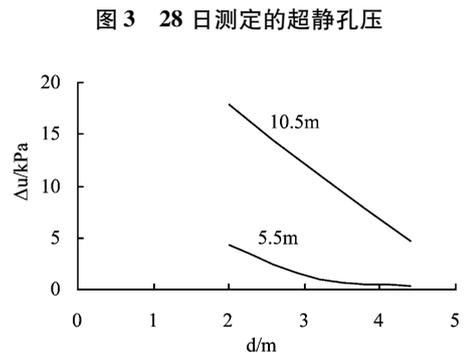


图 3 28 日测定的超静孔压

图 4 28 日测定的最大超静孔压与距离的关系

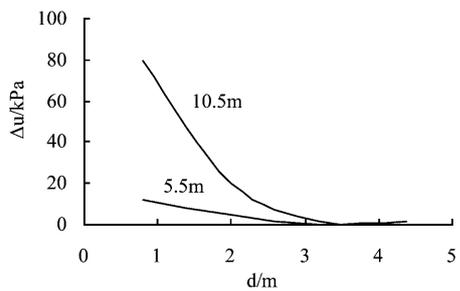
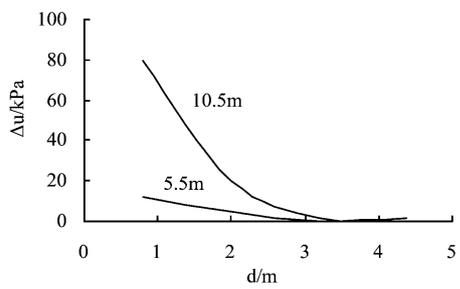


图 2 27 日测定最大超静孔压与距离的关系



a) 距浆喷桩 2.0 m 处

由图 1 ~ 图 4 可知：

(1) 施工过程中 10.5 m 深度处的超静孔压大于 5.5 m 深度处的超静孔压。与孔压传感器水平距离为 0.8 m 的搅拌桩施工时,10.5 m 深度处最大超静孔压约 78 kPa,5.5 m 深度处最大超静孔压约 12 kPa。这可能与 5.5 m 处淤泥土性质好于 10.5 m 处的淤泥,且 5.5 m 处的淤泥厚度较小、含粉砂粒多有关。

(2) 按照搅拌下沉后搅拌提升、再搅拌下沉后搅拌提升的顺序施工搅拌桩时,桩周一定范围内的软黏土地基中一点的超静孔压与搅拌桩施工时间的关系曲线大致为倒置的 W,搅拌头由上而下接近该点时超静孔压快速增加,高于该点 2 ~ 3 m 时出现峰值,继续下沉及搅拌

提升过程中孔压快速减小,超静孔压残值通常很小。

产生上述现象的要原因是:

深层搅拌桩施工时,搅拌头先后经历搅拌下沉、反向旋转搅拌上提等施工过程。搅拌头搅拌下沉时向下的挤压力、对周围土体的剪切力均可能导致周围土体受挤压而产生超静孔压;搅拌头喷浆搅拌上升过程中,虽然喷浆可能增加超静孔压,但是搅拌上提时由于对方土体有上提力,对下方土体具有卸载作用,搅拌头反向搅拌及提升均会导致已产生的超静孔压减小。

(3)当进行第二次搅拌时,超静孔压变化又重复第一次搅拌的变化规律。

(4)当桩施工完毕时,超静孔压变化总量随距离增大而减小,甚至出现负增长。

(5)距离搅拌桩越远,产生的超静孔压越小。5.5 m 深度处超静孔压出现范围为 2.8 ~ 4.4 m,为桩径的 11.2 ~ 17.6 倍,10.5 m 深度处超静孔压出现范围为 3.2 ~ 4.4 m,为桩径的 12.8 ~ 17.6 倍。

(6)27 日、28 日施工的搅拌桩在孔压传感器处产生的孔压增量规律和大小基本相同。

4.2 B2-2 区

2004 年 12 月 13 日测定的粉喷搅拌桩施工过程中超静孔压随时间变化情况见图 5,孔压传感器处产生的最大超静孔压与搅拌桩距离的关系曲线见图 6。

2004 年 12 月 16 日试验时,相对与孔压传感器,先由远而近施工搅拌桩(简称渐近法),然后由近而远施工搅拌桩(简称渐远法)。渐近法测定的粉喷搅拌桩施工过程中超静孔压随时间变化情况见图 7,孔压传感器处产生的最大超静孔压与搅拌桩距离的关系曲线见图 8。渐远法测定的粉喷搅拌桩施工过程中超静孔压随时间变化情况见图 9,孔压传感器处产生的最大超静孔压与搅拌桩距离的关系曲线见图 10。

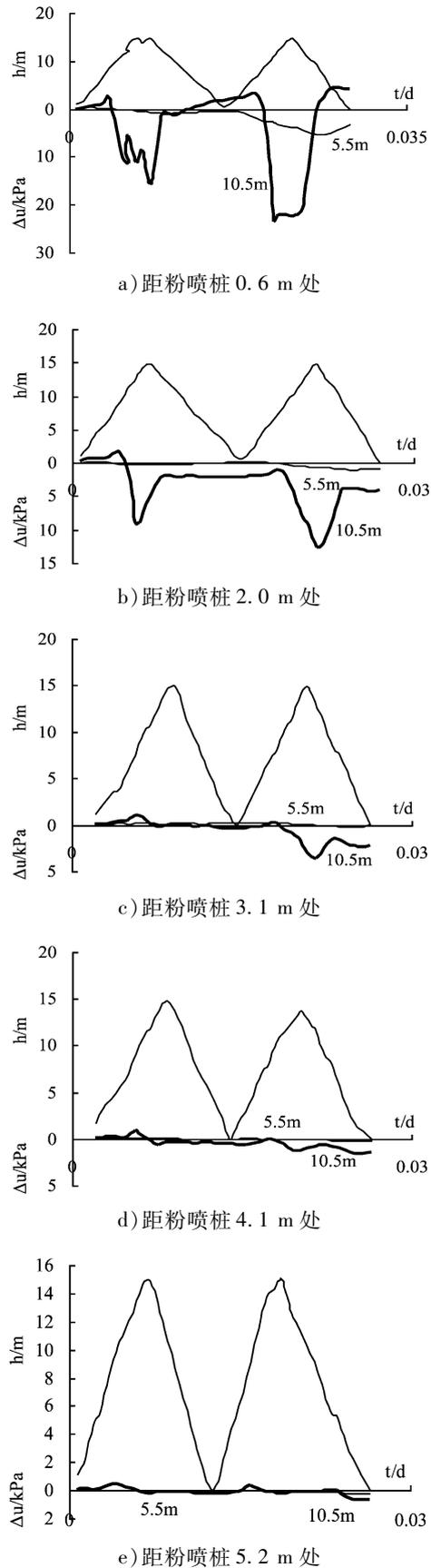


图 5 13 日测定的超静孔压

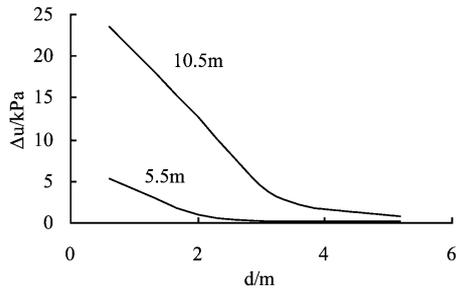
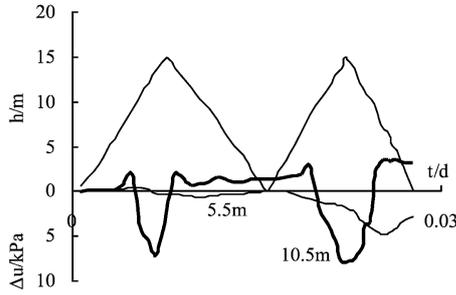
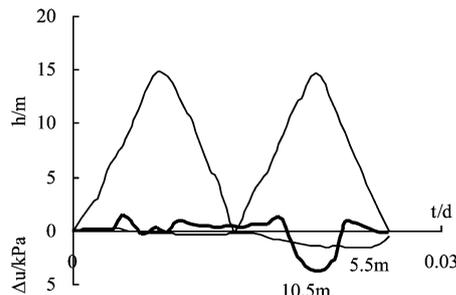


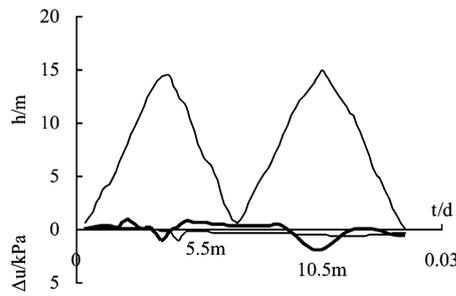
图6 13日测定最大超静孔压与距离的关系



a) 距粉喷桩 1.2 m 处



b) 距粉喷桩 2.4 m 处



c) 距粉喷桩 3.6 m 处

图7 16日渐近法施工测定的超静孔压

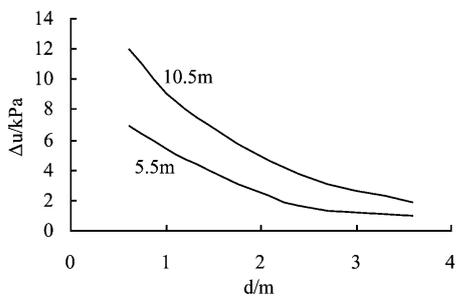
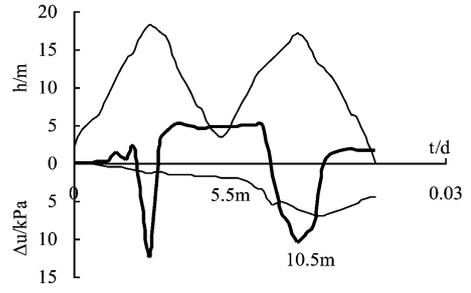
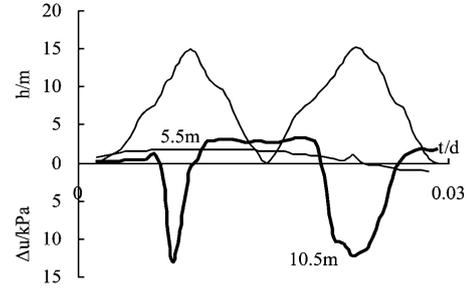


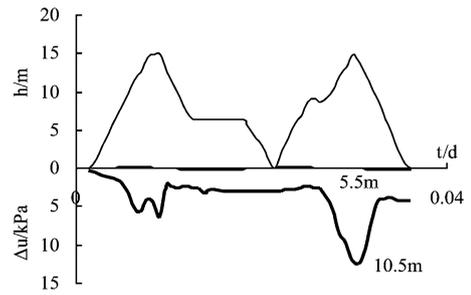
图8 16日渐近法施工测定的最大超静孔压与距离的关系



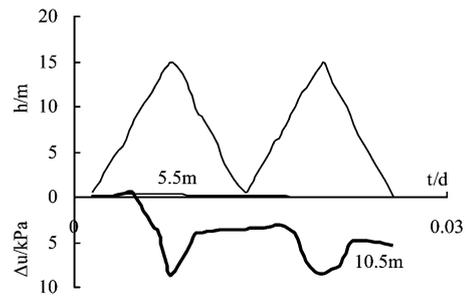
a) 距粉喷桩 0.6 m 处



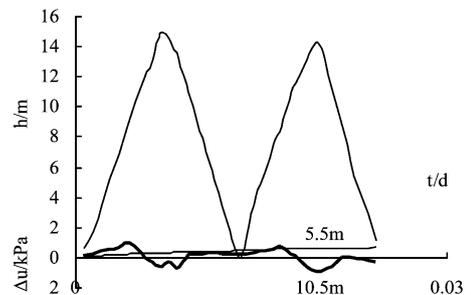
b) 距粉喷桩 1.2 m 处



c) 距粉喷桩 2.4 m 处



d) 距粉喷桩 3.6 m 处



e) 距粉喷桩 4.8 m 处

图9 16日渐远法施工测定的超静孔压

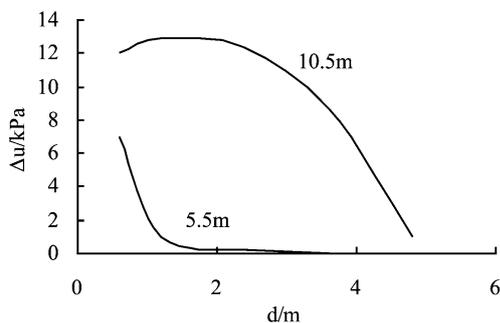


图10 16日渐远法施工测定的最大超静孔压与距离的关系

由图5~图10可知,喷粉搅拌桩、喷浆搅拌桩施工产生的超静孔压规律类似,且:

(1)与孔压传感器水平距离为0.6m的搅拌桩施工时,10.5m深度处最大超静孔压约24kPa,5.5m深度处最大超静孔压约7kPa。

(2)对于5.5m处土体的影响范围约2.0~3.6m,为桩径的10~14.4倍;对于10.5m处土体的影响范围约3.6~5.2m,为桩径的14.4~20.8倍。

(3)渐近法施工搅拌桩与渐远法施工搅拌桩产生的超静孔压大小和规律基本相同。

(4)粉喷搅拌桩施工产生的超静孔压峰值小于浆喷搅拌桩产生的超静孔压峰值,其主要原因在于浆液体积大于粉体体积。

5 结语

综上所述,可以得到以下结论:

(1)按照搅拌下沉后搅拌提升、再搅拌下沉后搅拌提升的顺序施工搅拌桩时,桩周一定范围内的软黏土地基中一点的超静孔压与搅拌桩施工

时间的关系曲线大致为倒置的W,搅拌头由上而下接近该点时超静孔压快速增加,高于该点2~3m时出现峰值,继续下沉及搅拌提升过程中孔压快速减小,超静孔压残值通常很小。

(2)搅拌桩在软黏土地基中施工时,桩周产生超静孔隙水压力的范围约为桩径的10~20.8倍,与土质有关。

(3)浆喷搅拌桩产生的超静孔压峰值大于粉喷搅拌桩产生的超静孔压峰值。

(4)渐近法施工搅拌桩与渐远法施工搅拌桩产生的超静孔压大小和规律基本相同。

参考文献:

- [1] GDJTG/T E01-2011. 广东省公路软土地基设计与施工技术规定[S]. 北京:人民交通出版社,2012.(GD-JTG/T E01-2011).
- [2] 刘吉福. 沉管灌注桩断桩率减小措施试验研究[J], 公路,2012(6):96-102.
- [3] 刘吉福,杨春林. 珠江三角洲地区竖向排水体施工扰动初探[J]. 岩石力学与工程学报,2003,22(1):142-147.
- [4] Shui-Long Shen, Norihiko Miura, Hirofumi Koga. Interaction mechanism between deep mixing column and surrounding clay during installation[J]. Canadian Geotechnical Journal, 2003, 40(2):293-307.
- [5] 吴燕开. 排水粉喷桩(2D工法)加固软土地基原理与应用研究[D]. 南京:东南大学,2005.
- [6] 刘松玉,钱国超,章定文. 粉喷桩复合地基理论与工程应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006.12:215-227.

湘江新区无人驾驶开放测试道路停车视距研究

陆 超, 李振发, 王武生, 胡圣魁

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广州 510507)

摘 要:国家发展改革委办公厅[2020]年 202 号文《智能汽车创新发展战略》规划了无人驾驶配套技术在部分城市、高速公路逐步开展、应用,但是尚未出台有关无人驾驶道路技术标准的规范和文件。随着无人驾驶技术的飞速发展,相关开放性测试道路、专用道路的技术指标的研究是必不可少的,尤其是关乎人、车、路、环境安全的指标—停车视距。结合传统道路停车视距计算公式和无人驾驶制动原理,提出了新的停车视距计算公式,以便为将来无人驾驶专用道路停车视距的研究起到一定指导作用。

关键词:无人驾驶;停车视距;计算公式

0 引言

近年来,随着社会经济和城市的快速发展,汽车作为日常生活出行不可或缺的一种交通工具,保有量在持续不断的攀升,由此带来的是严重拥堵的交通和逐年上升的交通安全事故率。为了有效的缓解交通压力、减少交通事故带来的人员伤亡和财产损失,无人驾驶汽车的研发落地显得尤为迫切。

目前,无人驾驶技术经过国内外近半个世纪的深入研究和大力发展,已经逐渐趋于完善和成熟,俨然成为汽车产业发展的新动力、新方向,具有广阔的发展前景。为了使无人驾驶汽车从实验室、试验场走向市场化和规模化,相应配套测试道路的建设 and 改造必不可少,全国包括北京、上海、广州、深圳、长沙等在内的多个城市均打造了开放道路智能测试区,同时各城市也制定了相应开放道路技术要求试行办法。这些试行办法规定了开放测试道路的选取标准、测试时段、测试地点及标志标线样式等,但未对测试道路具体指标作出要求,本文以中国通信信息研究院与广东省交通规划设计研究院股份有限公司为联合体编制的长沙市湘江新区《开放道路智能化改造项目二期工程可行性研究报告》为依托,对无人驾驶开放测试道路涉及人、车安全的其中一项指标—停车视距进行研究,希望能为以后无人驾驶专用道路相关设计或技

术标准的制定提供一定帮助。

《开放道路智能化改造项目二期工程可行性研究报告》是落实长沙“火炬计划”、“头羊计划”和湖南湘江新区 2020 年重大项目投资计划的重要环节,拟从车端、路端、云端对湘江新区 150 个路口进行智能化改造以及在路侧和路口增加 100 个高配点位,形成连续路段和快速路段集成路侧感知单元、边缘计算单元、V2X 通讯单元的部署,以满足无人驾驶开放测试道路要求。

1 无人驾驶开放测试道路发展的必要性

1.1 传统道路的局限性

从国家战略层面看,当前我国已将无人驾驶汽车当作汽车产业发展的重要战略方向,随着国家政策支持力度进一步加大以及 5G 技术正式大规模商用,将成为无人驾驶汽车及智能网联产业最重要的催化剂,随之无人驾驶汽车进入快速发展通道。为了使无人驾驶汽车快速走向市场化,配套的测试道路必不可少,传统道路存在一定的局限性,很难满足测试要求,在建设和管理方面正面临严峻挑战很难满足测试要求,主要体现在以下几个方面:

(1)传统道路传感器感知手段单一,无法及时获取应急信息,救援得不到保障;

(2)传统道路信息发布手段单一,路况、事故、拥堵、灾害、天气等信息无法及时通知驾驶

人员,无法为出行提供指导。

1.2 开放测试道路发展的必要性

(1)开放道路测试是无人驾驶汽车发展的必经之路。

无人驾驶汽车技术的研发和应用离不开开放道路的测试验证,测试道路是无人驾驶汽车市场化过程必不可少的一环。为了保证无人驾驶车辆能在复杂交通状况和不同的使用场景中都能安全、可靠、高效运行,还需要进行大量的现场测试和验证工作,经历大量错综复杂的演进过程。无人驾驶汽车在正式走向市场化之前,必须经过现场实际交通环境的运行考验,全方位验证汽车的无人驾驶功能,做到道路与其他交通设施、参与者之间相互适应和协调。

(2)无人驾驶产业的落地迫切需要道路配套基础设施的强有力支撑。

目前,无人驾驶受限条件太多,最主要的是没有相应配套的开放测试道路,无人驾驶车载系统感知存在视野受限和遮挡的情况。在传统的城市道路、高速公路、其他普通道路场景中,没有车路协同运控平台、V2-X通信单元设备与无人驾驶车载系统进行信息交换,单靠车载传感器来感知距离信息存在很大的难度;在道路交叉口,无人驾驶汽车前方存在大车遮挡视野的情况也时有发生,存在一定安全隐患。开放测试道路路侧感知可以彻底解决视野受限和视野遮挡的问题,为无人驾驶的安全性提供充足保障。

(3)公共出行服务品质需要靠智联化、网联化进一步提升。

目前,公共交通出行仍然占据大众出行中相当大一部分比例,但是公交车准点率比较低,且由于远程监管能力不足,无法规避行车过程中各种复杂交通情况。通过智能化、网联化等技术手段可以帮助公交车提高出行效率,保障准点运行,同时可以通过联网远程监管的方式加强运行状态的监管,提升公共交通运行安全性,服务品质也能进一步提升。

2 传统道路停车视距要求

2.1 传统道路停车视距概念

停车视距指的是汽车在行驶过程中,遇到前方障碍物无法变更车道来进行规避而必须采取制动措施,使汽车安全在障碍物前停住所需要的最短行车距离。预留足够长的停车视距能为道路行车安全提供重要保障,同时停车视距也是道路几何设计的重要指标。

停车视距由两部分组成:①驾驶者在反应时间2.5 s内行驶的距离(本文中反应距离为 S_1);②开始制动到刹车停止所行驶的距离,即制动距离(本文中制动距离为 S_2)。另外,应增加安全距离5~10 m(本文中安全距离为 S_3)。

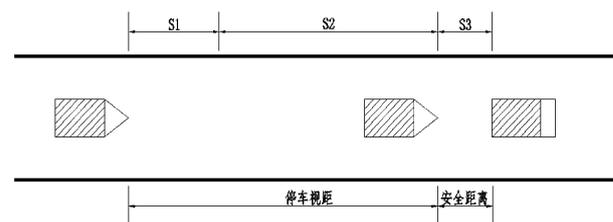


图1 停车视距

2.2 传统道路停车视距要求

不同设计速度情况下道路停车视距要求见表1。

表1 不同设计速度道路对应停车视距要求

设计速度/(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
停车视距/m	210	160	110	75	40	30	20

3 无人驾驶道路停车视距计算方式

3.1 无人驾驶道路停车视距组成

无人驾驶道路安全停车距离为无人驾驶传感系统感知到前方存在障碍物后采取制动措施直至车辆完全停止这段时间车辆移动的距离。为方便与传统停车视距进行对比,无人驾驶道路安全停车距离即为停车视距,其组成与传统道路停车视距组成相同,也是由反应时间行驶距离 S_1 、制动距离 S_2 、安全距离 S_3 三部分组成,但是无

人驾驶汽车反应时间行驶距离相对传统汽车要短。

根据近段时间中智行公布的最新无人驾驶测试数据,无人驾驶系统传感器可以实现 200 ~ 300 m 的探测距离,并且可以对行人、车辆、障碍物、交通信号灯和指示牌做出识别并进行处理。并且随着国内 5G 技术的发展,超低的延迟能使无人驾驶系统在发现前方障碍物后 0.2 s 内做出制动反应,比人为操作 2.5 s 的反应时间低了 2.3 s,这 2.3 s 往往可能就是救命的时间。

3.2 无人驾驶道路停车视距计算

3.1.1 反应距离 S_1

无人驾驶系统在发现前方障碍物时存在 0.2 s 的反应时间,在反应时间内,汽车继续以匀速运动状态向前行进,在反应时间内汽车行驶的距离按式(1)进行计算:

$$S_1 = \frac{Vt}{3.6} \quad (1)$$

式中: V —无人驾驶测试速度;

t —反应时间,无人驾驶系统反应时间为 0.2 s;

设计速度并不能代表大部分汽车运行的实际速度,所以不适合采用设计速度来计算驾驶者在反应时间内行驶的实际距离,本文 V 值采用无人驾驶测试速度。

3.1.2 制动距离 S_2

制动距离为驾驶员发现障碍物后采取制动措施,车辆产生制动效应开始的一瞬间到车辆完全停住所滑行的距离。公路路线规范对制动距离计算所采用的物理运动模型为线性的,即从车辆产生制动效应开始轮胎便不发生滚动,与路面摩擦滑行,在此过程中减速度 a 值保持不变,直到车辆停止。但是,在制动持续过程中轮胎与路面的接触点处温度会不断上升,随之轮胎会变软、磨损,导致轮胎与路面之间的摩擦力降低,汽车的减速度也会随之减小,整个制动过程会由匀

减速过程变为减速度递减的减速过程,物理运动模型与理论线性不符,制动距离相对也比线性减速过程长。

本文研究的无人驾驶汽车与传统汽车刹车系统一样,均配备有 ABS 防抱死系统,其工作原理是能在 1 s 内完成 60 ~ 120 次点刹,不让轮胎同一个位置与路面持续摩擦,保证汽车在刹车过程中不发生侧滑和方向失控,并且其刹车效率能达到 90%。下面按照点刹的工作原理对制动距离的计算公式进行推导。

可以将制动过程分解成 n 个单元,每个单元就是一次点刹过程,每次点刹又由一次刹车和一次松开组成。设单次点刹中一次刹车和一次松开所持续的时间分别为 Δt_1 和 Δt_2 ,每次刹车过程可以近似认为是匀减速运动,减速度为 a ,每次松开过程可以近似认为是匀速运动,整个制动过程时间速度关系函数如下图。

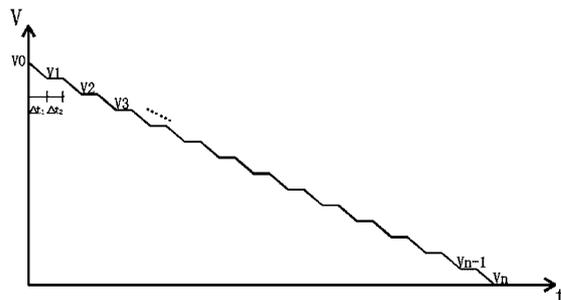


图 2 制动过程时间速度关系图

设定汽车刹车过程初始速度 V_0 (km/h),第一次点刹的末速度为 V_1 ,第二次点刹的末速度为 V_2 ,……,一直到最后末速度为 V_n ; $\Delta t_1 = V/(3.6 an)$,ABS 防抱死系统刹车效率可以达到 90% 以上,说明系统 90% 时间为匀减速刹车过程,10% 的时间为松开过程,因此 Δt_2 取 $0.1 \Delta t_1$,即 $\Delta t_2 = 0.1 V/(3.6 an)$ 。本次采用求面积的方式计算停车距离, $S_{总}$ 为初始速度与制动过程总时间的乘积, $S_{单元}$ 为每个点刹单元所构成的三角区域面积,具体计算方式如下:

$$S_2 = S_{总} - S_{单元} = \frac{1}{2} \times V_0 \times n \times (\Delta t_1 + \Delta t_2) - S_{单元} \quad (2)$$

其中, $S_{单元} = \frac{1}{2} \times \Delta t_2 \times (V_0 - V_1) + \frac{1}{2} \times \Delta t_2 \times (V_1 - V_2) + \dots + \frac{1}{2} \times \Delta t_2 \times (V_{(n-1)} - V_n) = \frac{1}{2} \times \Delta t_2 \times (V_0 - V_n)$ 。

$$\begin{aligned}
 \text{所以 } S_2 &= S_{\text{总}} - S_{\text{单元}} = \frac{1}{2} \times V_0 \times n \times (\Delta t_1 + \Delta t_2) - \frac{1}{2} \times \Delta t_2 \times (V_0 - V_n) \\
 &= \frac{1}{2} \times \frac{V}{3.6} \times n \times 1.1 \times \frac{V}{3.6 \times a n} - \frac{1}{2} \times 0.1 \times \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{a n} = 0.55 \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{a} - 0 = 0.55 \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{a}
 \end{aligned}$$

由力学公式推导可得 $a = g \times f_1$ (f_1 为纵向摩擦系数, g 为重力加速度), 得最终计算公式为:

$$S_2 = 0.55 \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{g f_1} \quad (3)$$

3.1.3 安全距离 S_3

为了保证车辆在刹停之后与前方障碍物保持足够的安全距离,同时也考虑到驾驶员的不利驾驶状态,应考虑增加 5~10 m 的安全距离,但是无人驾驶汽车完全由电脑程序控制,可靠性高,安全距离可适当缩短。奇瑞汽车股份有限公司智能车技术中心结合周期安全距离闭环控制算法,经过 3 000 次的实际工况试验,确认最小安全距离均保持在 1~2 m,本文安全距离 S_3 取 2 m。

经过对反应距离、制动距离、安全距离的物理运动模型进行修正和计算,推导得到停车视距计算公式如下:

$$S_{\text{停}} = \frac{Vt}{3.6} + 0.55 \frac{\left(\frac{V}{3.6}\right)^2}{g f_1} + S_3 \quad (4)$$

4 停车视距对比

通过前文对无人驾驶道路停车视距的反应时间、制动物理运动模型、安全距离进行计算分析,可以看出无人驾驶道路停车视距相对传统道路停车视距要短,在同样的道路环境下,无人驾驶汽车安全性更有保障。为了更直观的对无人驾驶道路与传统道路停车视距进行对比,湘江新区开放测试道路无人驾驶测试车辆测试速度时与公路路线规范中传统道路行驶速度保持一致,具体对比数据见下表 2。

5 结语

无人驾驶技术的可靠度是传统人工驾驶的 100 倍,随着人们对出行安全性、舒适性、高效性

表 2 停车视距对比表

设计速度/(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
测试速度/(km/h)	102	85	68	54	36	30	20
传统道路停车视距/m	210	160	110	75	40	30	20
无人驾驶道路停车视距/m	163	111	70	44	19	13	7

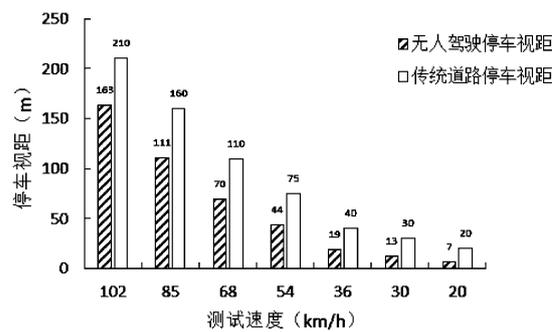


图 3 停车视距对比柱状图

等方面的需求日益提升,无人驾驶行业的迅猛发展必将势不可挡。同时,为了无人驾驶汽车能快速走向市场化,相应配套道路、专用道路的建设是必不可少的。目前,国内对于无人驾驶开放测试道路、专用道路的相关技术指标研究较少,各省市相关技术标准试行办法只是对道路选取标准、测试时段、测试地点及标志标线样式做了部分要求。本文根据湘江新区无人驾驶开放测试道路相关测试结果对停车视距的研究做了有益尝试,希望能为推动无人驾驶领域配套道路的发展提供一定帮助,相关技术指标和法规也能尽快趋于完善。

参考文献:

[1] JTG D20-2017,公路路线设计规范[S].北京:人民交通出版社,2017.
 [2] 中国通信信息研究院,广东省交通规划设计研究院股份有限公司.开放道路智能化改造项目二期工程可行性研究报告[M].2020-05.
 [3] 王陆林,刘贵如.汽车制动距离估算模型和安全车距控制算法[J].农业装备与车辆工程,2019(12):23-28.

广州某高层办公塔楼结构设计

周国伟

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广州 510000)

摘要:本工程位于广州国际金融城起步区 AT090938 地块,主塔为高度 135.7 m 的框架-核心筒结构;地下室共 5 层,底板标高为 -25.4 m,采用整体筏板基础,裙楼范围采用锚杆抗浮,塔楼顶部采用斜柱转换。本文主要介绍结构基础设计、性能设计及斜柱转换楼层的分析设计方法。通过斜柱转换层的楼板应力分析,对开洞导致的拉应力中断区域进行了定量计算,并给出了相应的加强措施。根据现场沉降观测数据进行复盘计算,得出了场地的基床系数可取为 200 000 kN/m³;根据现场抗拔锚杆试验数据,建议本工程岩石锚杆刚度可取为 160 000 kN/m。

关键词:斜柱转换;基床系数;锚杆刚度;楼板应力

1 项目概况

本工程(图 1)位于广州国际金融起步区,总建筑面积约 12 万 m²。塔楼高度为 135.7 m,地上共 31 层(含 5 层裙房),层高为 4.2 m,主要功能为办公及裙楼商业;地下室共 5 层,底板标高为 -25.4 m。建筑体型从 29 层开始分两段逐步收进。



图 1 项目效果图

项目抗震设防烈度为 7 度^[1],基本地震动峰值加速度为 0.1 g,设计地震分组为第一组,场地类别为 II 类。50 年一遇基本分压为 0.5 kPa,地面粗糙度为 C 类。结构设计使用年限为 50 年,安全等级为二级,抗震设防类别为丙类^[2],采用钢筋混凝土框架-核心筒体系,顶部

收进段采用斜柱过渡,结构平面布置及三维效果如图 2 所示。本工程主要存在裙楼屋面处体型收进、顶部斜柱转换、裙楼楼板不连续及扭转不规则 4 项超限情况^[3],为 B 级高度的超限高层建筑。外围框架柱截面从底层 1 500 × 1 500 mm 逐渐过渡至顶部 600 × 900 mm,墙厚从 650 mm 过渡至顶层 350 mm,外围框梁截面为 500 × 800 mm,径向梁采用 400 × 650 mm,结构整体指标见表 1。

表 1 结构整体指标

计算软件	YJK		
基本自振周期(s)	T1	3.723(X)	
	T2	3.664(X)	
	T3	2.952(T)	
周期扭平比	0.793		
单位面积重量/(t/m ²)	15.6		
有效质量系数	X 向	Y 向	
	91.20%	91.35%	
底部地震剪力/kN	29925	28371	
	1.552%	1.504%	
剪重比(规范限值)	(1.54%)	(1.54%)	
	地震作用	1/921	1/938
最大层间位移角	风荷载	1/2382	1/2228
	刚重比	3.728	3.607
框架柱承担地震倾覆力矩比例	19.1%	17.8%	
框架柱承担地震剪力比例	35.84%	34.17%	

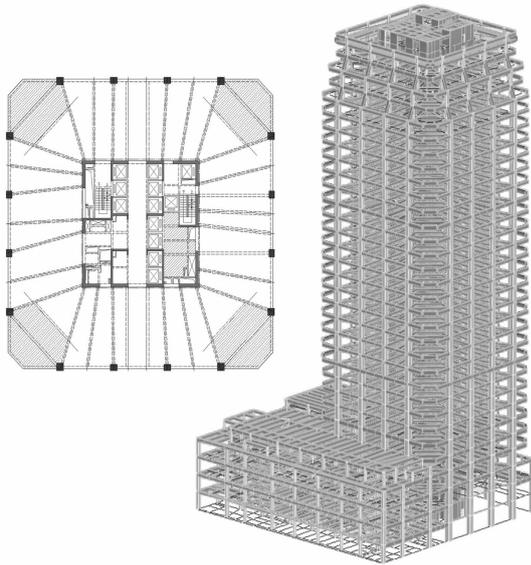


图 2 结构平面及三维模型

筒四角及侧壁外围四角的沉降观测数据,可供相关工程参考。沉降观测点布置详图 4,观测数据曲线详图 5。

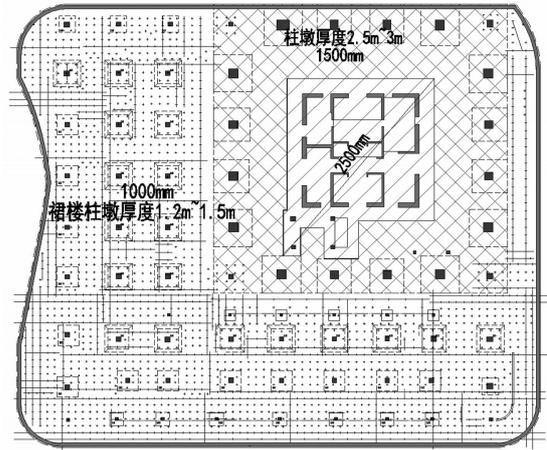


图 3 基础布置平面图

2 基础设计

根据广州市设计院(现广州市设计院集团有限公司)提供的《广州金控总部大楼项目岩土工程详细勘察报告》,本工程下卧岩层为风化程度不等的泥质粉砂岩,为红层软岩^[4]。底板底持力层以中风化层为主,地基承载力特征值为 1 500 kPa,单轴抗压强度为 7 MPa 左右,根据塔楼的承载力需求及地质情况,本工程选用岩石地基上的筏板基础,柱下结合冲切及剪切需求,设置加厚柱墩。裙楼采用岩石锚杆抗浮,锚杆直径取 200 mm,典型间距为 1.5 m × 1.5 m,锚杆抗拔承载力特征值为 420 kN,基础布置平面示意详图 3。筏板基础的设计分析过程中,基床系数是变形及配筋计算的关键参数^[5],在理论及数值分析方面,基床系数有根据“终点沉降法”推导^[6]、等固结控制^[7]等方法。本工程根据现场实测的沉降观测曲线,采用软件进行回归分析拟合,得出场地基床系数供同类场地设计参考。

2.1 沉降观测分析

采用天然地基作为持力层的建筑,沉降问题需重点关注。本工程塔楼范围持力层为中风化层,预计沉降较小。裙楼范围为补偿基础,可能会产生一定的回弹变形。本文提供塔楼核心

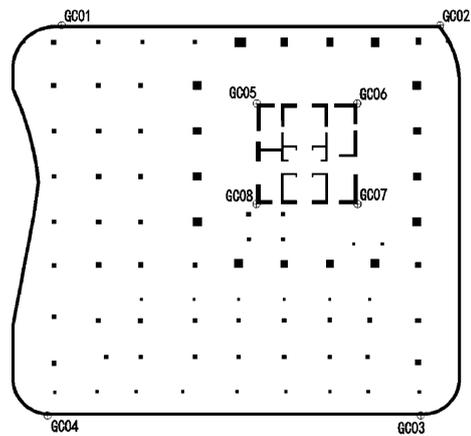


图 4 建筑沉降观测点布置

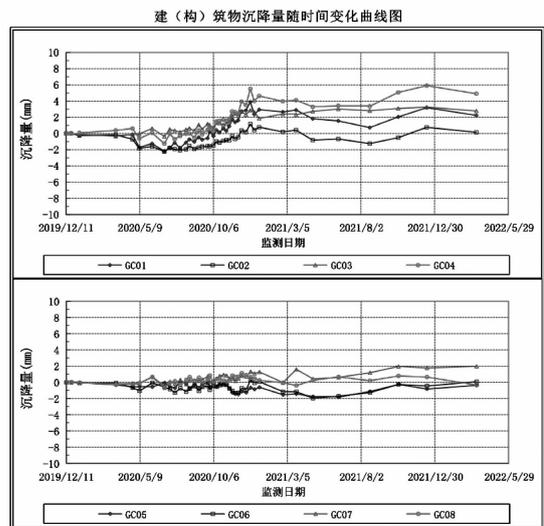


图 5 建筑沉降观测曲线

本工程裙楼区域封顶时间约为 2020 年 6 月左右,塔楼封顶时间约为 2021 年 5 月左右。从沉降观测曲线可以看出,塔楼最大沉降量约为 2 mm,裙楼在封顶后 6 个月左右的时间范围内,存在明显的回弹变形,回弹变形可能由地基压缩回弹或水位上升导致,地基回弹变形量约为 4 ~ 6 mm,稳定后整体地基变形以回弹变形为主(0 ~ +2 mm)。

根据塔楼的沉降观测数据进行回归分析,本工程中风化层的基床系数建议取为 200 000 kN/m³。沉降计算值详见图 6。

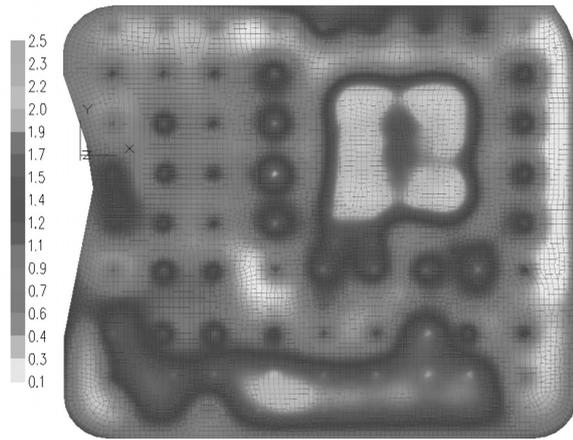


图 6 沉降计算值(20 000 kN/m² 基床系数)

2.2 锚杆抗拔试验

锚杆刚度^[8]是筏板基础及锚杆设计的重要参数,锚杆刚度较大时,需要筏板协调的作用就越小,整体锚杆受力主要受锚杆间距控制;锚杆刚度较小时,筏板刚度的协调作用就越大,筏板配筋需考虑锚杆和筏板共同作用下产生的变形。通常来说,锚杆刚度主要受锚杆长度、岩土粘结参数控制^[8],同样承载力的锚杆,入岩锚杆刚度会明显大于土层锚杆的刚度,实际工程操作时,建议锚杆施工前进行拉拔试验,提供试验曲线,用于指导锚杆设计。

本工程岩石锚杆典型长度为 7 m^[9]。现场锚杆试验曲线详见图 7。从图中可以看出,本工程岩石锚杆刚度可达 160 000 kN/m(取抗拔承载力特值与对应的位移的比值)。

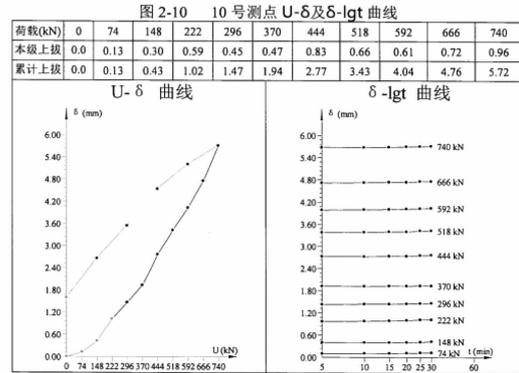


图 7 岩石锚杆抗拔试验曲线

3 性能设计

根据本工程的超限情况及结构特点,选定本工程的抗震性能目标为广东省标准《高层建筑混凝土结构技术规程》中所规定的 C 级:频遇地震作用下满足性能水准 1 要求;设防地震作用下满足性能水准 3 要求;罕遇地震作用下满足性能水准 4 要求。构件配筋采用小震及中震包络设计,本节主要介绍大震弹塑性分析结果。

本工程 X 向第一振型参与系数为 54%,Y 向第一振型参与系数为 57%,根据广东省标准《高层建筑混凝土结构技术规程》要求,第一振型参与系数不小于 50%,可采用静力弹塑性分析方法评估结构在罕遇地震下的性能。结构在性能点处的弹塑性层间位移角详见图 8,从图中可以看出,结构弹塑性层间位移角曲线较为平滑,未出现明显的刚度退化,X 向及 Y 向的最大层间位移角分别为 1/158 及 1/167。

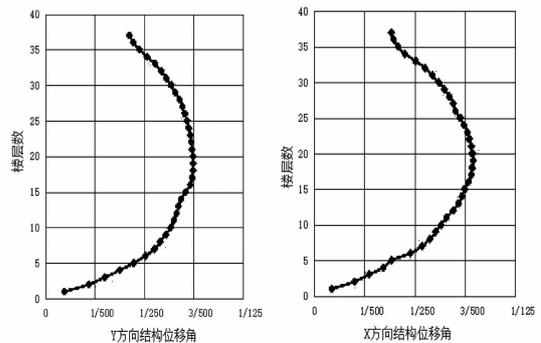


图 8 结构弹塑性层间位移角曲线

结构在 X 向性能点处的塑性开展详见图 9 (Y 向类似)。由分析结果可知:

(1)整个推覆过程中,塑性铰最先出现在连梁上,然后在连接剪力墙的框架梁上出现,柱端产生的塑性铰数量并不多,进入塑性阶段的时间也较晚,剪力墙逐渐出现裂缝,与预期塑性化过程吻合。

(2)在大震作用下,部分连梁开裂严重(图中红色塑性铰区域),核心筒剪力墙在底部加强区部分楼层出现一定的整体刚度损伤,其余楼层未核心筒未出现明显的整体刚度损伤;裙楼区域框架柱出现初期状态的塑性铰,整体框架未大范围出现塑性铰,认为框架的二道防线作用可靠,结构在大震状态下,竖向构件仍具备一定的承载力,可以满足大震不倒的性能要求。

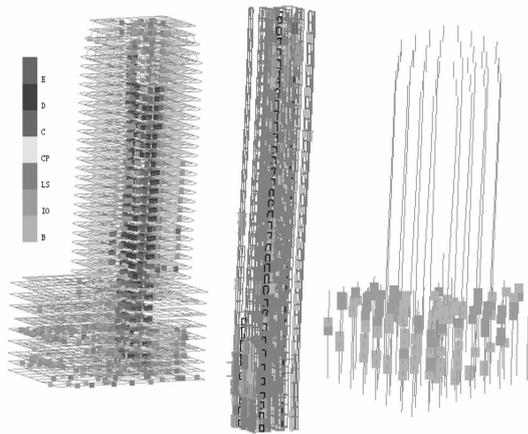


图9 X向构件塑性铰分布图

4 斜柱楼层专项分析

4.1 楼板应力传递

结构在29层、31层采用斜柱转换实现立面收进^[10],如图10所示。斜柱转换结构需重点分析斜柱水平力的传力路径^[11]。设计时,采用弹性膜分析转换层的楼板传力情况,楼板在正常使用情况下的拉应力组合值如图11所示。从楼板应力图可以看出,在斜柱转换区域拉应力较集中,延远离斜柱方向楼板拉应力逐渐衰减,斜柱拉力主要通过有连续楼板的区域传递,在核心筒开洞区域,拉力无法直接传递,楼板正应力有避开开洞区域,沿连续楼板斜向传递的趋势。31层楼板大部分区域的拉应力为 $0.5 \sim 0.7 \text{ N/mm}^2$,29层楼板拉应力为 $0.7 \sim 0.9 \text{ N/mm}^2$,均小于混凝土抗拉强度标准值。

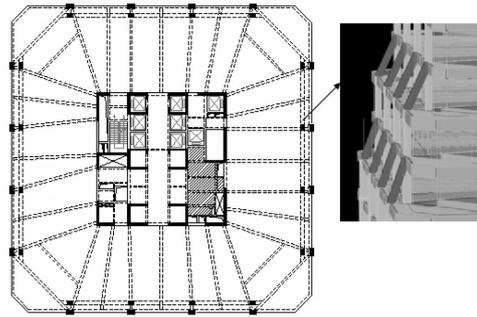


图10 顶部斜柱收进三维示意

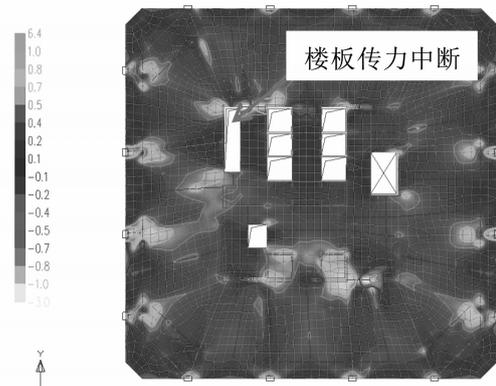


图11 转换层(31层)楼板正应力分布

4.2 斜柱相关杆单元内力

为可靠计算斜柱对水平框架梁产生的拉力,对比分析了采用弹性膜(考虑楼板传力作用)及不考虑楼板传力作用两种工况下,各斜柱关联构件的重力荷载标准组合的轴力值,详见图12。不考虑楼板作用的工况下,水平梁的拉力及下层柱的剪力基本能与斜柱轴压力的水平分量平衡。考虑楼板作用的工况下,楼板仍是传递水平力的有效构件,其水平梁的拉力明显小于不考虑楼板作用的工况。施工图设计阶段,对斜柱转换层楼板采用配置双层双向通长钢筋的构造措施,并偏于安全的按不考虑楼板作用设计与斜柱相连的托柱梁配筋。

4.3 楼板传力中断处的加强措施

梁、板的水平拉力最终需传递至核心筒区域,通过核心筒墙体的剪力、楼板及水平梁互相平衡。本工程由于楼梯及设备洞口的存在,少部分托柱梁在核心筒一端没有水平梁及楼板传递拉力(详图11),为提高受拉钢筋的可靠锚固及开洞区域剪力墙的平面外承载力,本工程在斜柱转换层核心筒外围设置 600×1000 的加宽封闭圈梁,详见图

13(▲为水平梁或剪力墙平面内受力处,可作为圈梁支座)。圈梁配筋不考虑楼板及剪力墙面外刚度,所有拉力在拉梁处按集中荷载输入,以拉力中断区域(二)为例,加载模式详见图13。

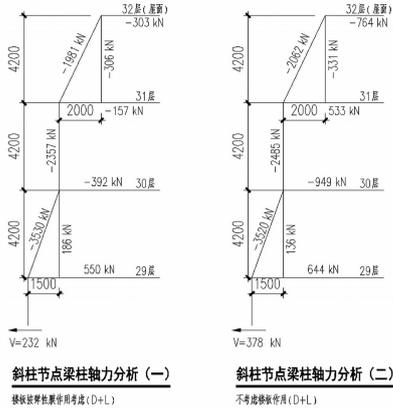


图12 斜柱转换层梁、柱轴力分析

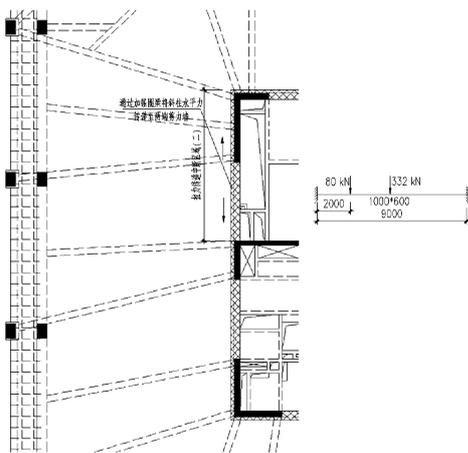


图13 加强封闭圈梁及加载模式

图13中,两个集中力分别为中断区域(二)两个水平梁按不考虑楼板作用计算得到的水平拉力。由于该处水平梁与剪力墙平面外相连,其抗拉刚度较其他托柱梁更小,因此,该处托柱梁的拉力比图11.7中的典型部位拉力更小,而更多的由框架柱的剪力平衡斜柱产生的水平力。按此加载模式计算,圈梁的抗扭腰筋采用每侧各8d22。

5 总结

本文介绍了广州某顶部斜柱收进的高层办公楼基础及上部塔楼结构设计,得出以下几点结论:

(1)岩石地基是超高层塔楼的理想地基,由于岩石地基单位面积内基底反力较大,基础设计时

需重点关注基础抗剪问题;

(2)广州国际金融城起步区地块的岩层以泥质粉砂岩为主,结合现场实测数据,基岩的基础系数可取为200 000 kN/m³;

(3)抗拔锚杆刚度为基础抗浮设计的重要参数,受场地岩土特性影响较大,施工前建议进行锚杆工艺试验,根据现场试验数据进行设计,本工程地块岩石锚杆刚度可取为160 000 kN/m;

(4)本工程上部塔楼整体指标满足国家相关规范要求,大震弹塑性分析结果表面,塔楼在遭受高于本地区设防烈度的地震作用时,仍具备一定的承载能力,结构二道防线可靠。

(5)本工程顶部存在斜柱收进转换,此类结构,需仔细分析斜柱拉力的传递路径,在楼板开洞区域,应根据拉力传递中断的情况采取相应的加强措施。

参考文献:

[1] 建筑抗震设计规范:GB5011-2010[S].2016版.北京:中国建筑工业出版社,2016。
 [2] 建筑工程抗震设防分类标准:GB50023-2008[S].北京:中国建筑工业出版社,2008。
 [3] 超限高层建筑工程抗震设防专项审查技术要点:建质[2015]67号[A].北京:中华人民共和国住房和城乡建设部,2015。
 [4] 周其健,郑立宁等.红层软岩变形特性及基床系数取值试验研究[J].土木与环境工程学报(中英文),2020,42(4):60-66。
 [5] 轩向阳.原位测试确定侧向基床系数及工程应用研究[J].广东土木与建筑,2021,28(5):65-67。
 [6] 徐牧明,陈定安.一种新型的基准基床系数室内通用测试方法[J].长江科学院院报,2017,34(1):109-113。
 [7] 王雨,陈文化.地层成层性对基床系数的影响分析[J].岩石力学与工程学报,2017,36(Sup2):4034-4312。
 [8] 孙仁范,刘跃伟等.带地下室或裙房高层建筑抗浮锚杆整体计算方法[J].建筑结构,2014,44(6):27-30。
 [9] 广东省标准 建筑地基基础设计规范:DBJ15-31-2016[S].广东:广东省住房和城乡建设厅,2016。
 [10] 徐培福,傅学怡,王翠坤等.复杂高层建筑设计[M].北京:中国建筑工业出版社,2005。
 [11] 江韩,赵学斐等.框架-核心筒超高层结构中框架斜柱的受力分析与相关设计[J].建筑结构,2022,52(5):99-106。

金琴快线北延段工程现场技术交流活动

为提高市政道路设计水平、积累技术经验,交流城市快速路设计重点和难点,3月29日,由公司技术委员会道路专业技术分委会组织,公司副总工程师梁志勇、陈新富、周震、刘吉福带队前往珠海金琴快线北延段工程项目现场进行参观交流学习。

金琴快线北延段工程为城市快速路项目,路线全长约4.2 km,分两期实施。其中在北围主隧道内为预留项目对接规划伶仃洋通道的条件,设置了地下互通立交出入口;一期工程设置了三舱综合管廊。



图1 北围隧道现场观摩

分委会先观摩了北围隧道敞口段、闭口段及地下互通出入口布置,进一步了解了地下互通出入口总体布设,城市隧道结构形式及基坑支护,接着参观了管廊的综合舱、污水舱以及管廊监控中心,促进了大家对城市综合管廊的管线布设、结构形式以及相关配套设备等专业知识了解。



图2 北围隧道现场观摩



图 3 现场合影



图 4 管廊现场合影

现场观摩后,分委会与项目参建单位展开了进一步的技术交流,市政设计院余希帆、梁建东、葛晓光分别对项目的道路设计、桥隧设计以及综合管廊设计进行了介绍。与会领导和同事对城市快速路的出入口设置、地下互通立交注意事项、桩板式路基、隧道断面布置、管廊高程敷设控制要点等问题分别进行了深入的研讨。



图 5 项目现场技术交流会

通过本次交流学习,分委会同事们对城市快速路、地下互通立交、下沉式隧道、综合管廊等专业技术有了更深入的理解,并有利于大家开阔视野,提升技术水平。

(供稿:道路专业技术分委会)

给排水专业技术分委会与净之泉公司开展技术交流活动

为更好地总结水处理曝气设计经验,提高工程设计技术水平,公司给排水专业技术分委会于 6 月 7 日下午前往广州市净之泉环保科技有限公司,开展了一场关于污水处理程序的曝气设备技术交流活动。



本次参观学习的曝气设备是水处理中的关键设备,它通过氧气转移促进有机物分解和微生物生长,从而提高水质净化效果。通过优化配置和维护保养,曝气机不仅可以提高水质净化效果和效率,还能结合其他工艺措施和专业培训,使曝气机在污水处理中发挥最佳效果。



活动期间,分委会在净之泉公司的新塘厂区开展了曝气器设备组装生产参观,观看了实际曝气效果演示,并就各种安装方式的施工步骤、管材选用、工艺特点、设计要求等问题进行了深入的交流和探讨,同时还分享了相关项目的工程案例。



通过本次参观工厂技术交流活动,分委会技术人员对曝气器设备在整个污水处理工艺中技术要点有了更深入的了解,同时也对施工阶段可实现的四种安装方式有了更清晰的认识,进一步明确了今后类似项目设计的要点。本次技术交流活动的顺利开展,不仅提升了分委会技术人员对曝气器设备与曝气器安装方式的认识,也对后续同类项目的设计工作起到了一定的指导作用。



(供稿:给排水专业技术分委会)

桥梁专业技术分委会“香山特大桥”设计施工关键技术交流活动

2024 年 5 月 16 日,桥梁专业技术分委会组织了“香山特大桥”设计施工关键技术现场交流及观摩活动。



图 1 桥梁专业技术分委会合影留念

香山特大桥位于广东省中山市,是中山东环的控制性工程,大桥跨径布置为 $136 + 312 + 880 + 312 + 136 \text{ m} = 1\,776 \text{ m}$,索塔高度为 270 m,采用上下双层双向 8 车道标准设计,具有超大跨径、超宽桥面、超高索塔、超重荷载、超大索力的特点。香山特大桥主跨为 880 m,建成后将作为:世界上跨径最大的双层公路桁架梁斜拉桥、国内最宽的双层钢桁架公路斜拉桥、广东省内跨径最大的斜拉桥。



图 2

本次活动以技术交流及现场观摩的方式进行。对于本次交流活动,桥梁专业技术人员参与热情很高,参加人员共 21 人。



图 3 会议室技术交流

大家依次对中山东环高速 B 段施工现场(先张法预制工字梁、预制防撞栏)、中铁山桥钢梁场、香山大桥进行了现场观摩,并在会议室就项目建设关键技术进行了交流。



图 4 先张法预制工字梁



图 5 预制防撞栏



图 6 中铁山桥钢梁场

通过本次交流活动,桥梁专业技术人员对先张法工字梁、预制混凝土护栏、钢桁梁斜拉桥的设计与施工有了更全面的了解,为后续项目的结构选型提供了更多的参考,收获颇丰。



图 7



图 8 香山大桥施工现场

(供稿:桥梁专业技术分委会)

首届长大桥梁高质量发展与品质工程建造论坛交流报道

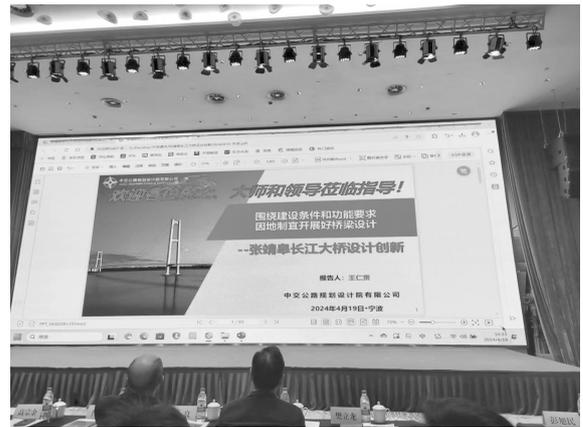
2024 年 4 月 18 日至 21 日,北京茅以升科技教育基金会桥梁委员会在宁波举办了届长大桥梁高质量发展与品质工程建造论坛。



本次论坛主要演讲者及演讲内容如下:1、周良,如何做好工业化桥梁智能建造的设计引领和政策导向:周良大师从政策如何导向、设计如何引领和建造如何实现三个方面,详细介绍推动桥梁智能建造需要进行的变革,为落实桥梁智能建造指明提出建议。首先,从预制工厂规划、工程建设模式、监管模式等几方面,给出智能建造相关政策的建议。接着针对智能建造的设计引领,阐述智能建造需要进行的设计层面的变革。最后,介绍工业化桥梁智能建造的相关技术。



2、王仁贵,张靖皋长江大桥设计创新:张靖皋长江大桥的建设,具有工程规模大、桥梁跨径大、施工难度大、安全风险大、大型设备多、环保要求高等特点。大桥建成将实现六项"世界首创",这体现了中国桥梁建设向工业化、智能化、低碳化建造发展的态势,充分展示了新时代中国桥梁不断探索和突破的创新成果,必将引领世界桥梁技术的发展。



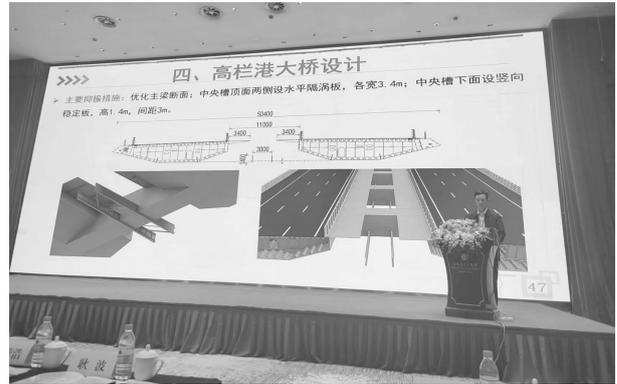
3、陈宁贤,澳氹第四跨海大桥技术创新与科研:随着新技术、新材料、新工艺、新设备的不断涌现,以及 BIM 技术的推广应用,桥梁建设智能化、绿色化、预制化、工厂化不断发展,桥梁建设将更加绿色,更加安全,更加高效。澳氹四桥属于典型的高技术含量桥梁,是我国桥梁建设的新名片。

4、我院副总工程师万志勇,黄茅海跨海通道工程 A1 标设计:

黄茅海跨海通道高栏港大桥为主跨 700 m 的大跨径斜拉桥,方案竞赛阶段比选了新颖的独柱式纤腰桥塔和 A 型旋动桥塔两种塔型方案,推荐采用独柱式纤腰桥塔,独特的桥塔与桥墩造型颇具中式桥梁美学。主跨 700m 的大跨径跨海斜拉桥,需克服强台风,高烈度地震,强海水腐蚀,高船撞力等不利的建设条件,针

对桥梁抗风问题,高栏港大桥采用分体式钢箱梁及多项气动措施,兼顾结构安全及使用性能。

身内力以及塔顶,梁端位移。横桥向在辅助墩,过渡墩处设置摩擦摆减隔震支座,使辅助墩,过渡墩墩身及基础在静,动力荷载作用下内力及位移均较为合理。



本次培训内容丰富,会议围绕大跨径桥梁设计与创新,大跨径桥梁工业化建造技术及装备,数字孪生技术在大跨径桥梁智慧工地的应用等展开,通过本次培训,我们对长大桥梁高质量发展有了深刻理解:通过智能建造与建筑工业化协同创新发展,打造建筑产业互联网、智能建造平台,可以促使设计、施工、装配一体化变为现实,实现建筑工业化的精益生产、精益加工、施工效率、精准度大大提高,最终实现高质量发展的目标。

在设计过程中,研究了不同工况下的受力特点,确定了其合理的结构体系:纵向在塔梁连接处设置动力阻尼加刚性限位装置以控制塔

(报道者:周 宇)

《2024 正交异性钢桥面板及组合桥面结构学术研讨会》 学习体会

2024 年 5 月 14 ~ 15 日,“正交异性钢桥面板及组合桥面结构学术研讨会暨江西于都胜利大桥考察活动”在赣州召开。本次活动由中国公路学会桥梁和结构工程分会、中国建筑基础设施技术与装备工程研究中心、中国建筑第五工程局有限公司、《桥梁》杂志社主办。会议系统总结了正交异性钢桥面板及组合桥面结构技术创新成果,共同探索新时代下正交异性钢桥面板及组合桥面结构技术发展趋势。

随着交通荷载向重载、大交通量发展,更增加了钢桥面板的疲劳开裂风险,也对钢桥面板的疲劳性能提出了更高的要求,发展新一代钢桥面板及新型组合桥面结构是我国桥梁行业的重大战略需求。针对此问题,本次研讨会从设计、制造、检测、加固等涉及正交异性钢桥面的多个维度开展研讨,内容丰富,深受启发。

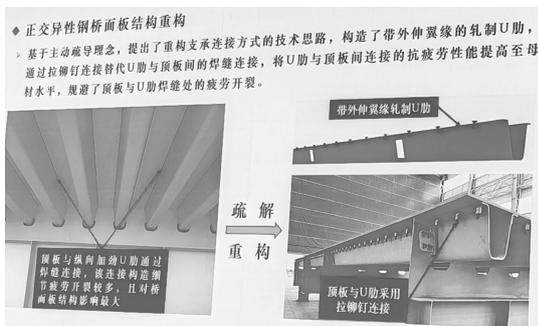
一、设计

(一)《正交异性钢桥面板结构的发展与思考》,公规院,崔冰

主要从两个方面探讨了应对钢桥面疲劳损伤的思路:

1. 正交异性钢桥面板结构重构

(1) 构造带外伸翼缘的轧制 U 肋,通过拉铆钉连接替代 U 肋与顶板间的焊接。



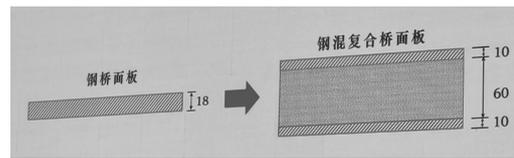
(2) 重构横肋与 U 肋的焊缝支撑连接方式,

以摩擦支撑取代横肋对 U 肋的焊缝固结支撑。

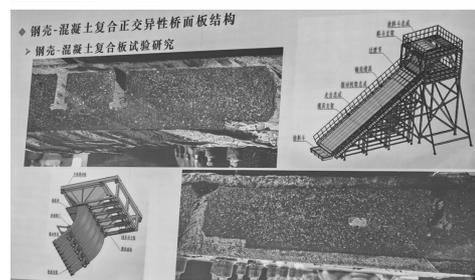
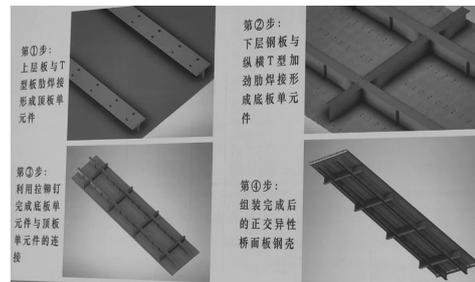
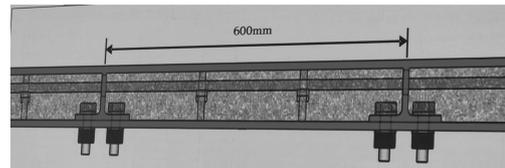


2. 钢壳 - 混凝土复合正交异性桥面板

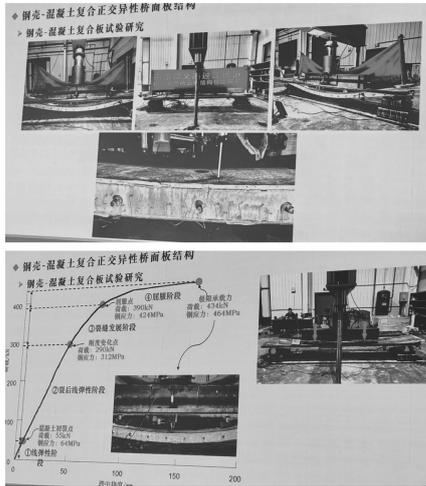
增大桥面刚度、提高耐久性 是钢桥面最迫切的需求,基于此,提出钢混复合桥面板:



通过内置型钢与下层钢板栓接、上层钢板焊接,形成钢壳,最后浇筑混凝土形成复合正交异性板:

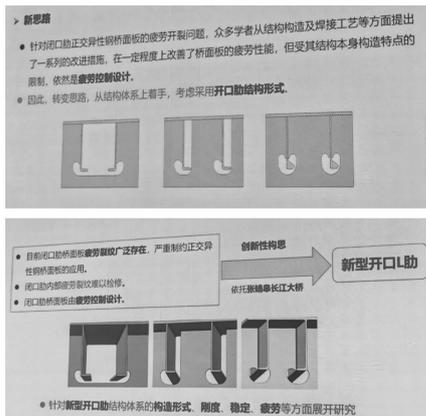


对此复合正交异形板开展了相关力学试验:



(二)《新型开口肋正交异性钢桥面板技术》，公规院,王仁贵

主要从桥面板结构体系角度思考,提出新型开口肋钢桥面板技术方案:



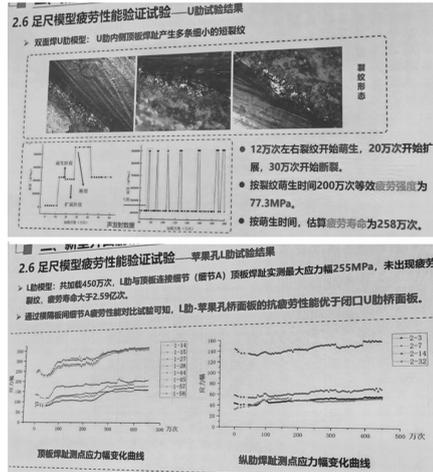
以张靖皋大桥为依托,开展相关研究:



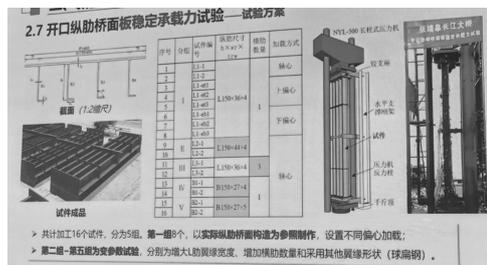
拟定四种正交异性桥面板形式,L肋-苹果孔疲劳性能最优,其次为L肋-钥匙孔。



开展U肋与L肋-苹果孔足尺模型对比:双面焊U肋内侧顶板焊趾处产生多条裂缝,双面焊并未从根部上解决U肋与顶板疲劳问题;L肋模型未出现疲劳裂缝。

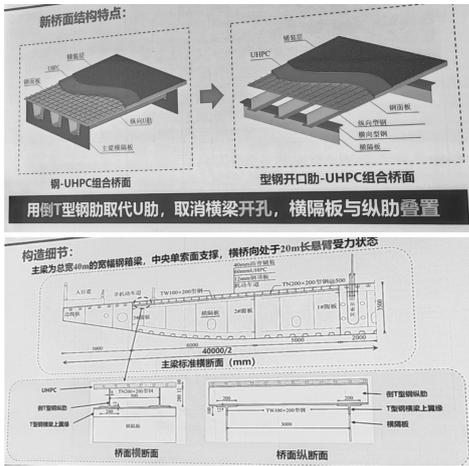


开展开口肋桥面板稳定承载力试验:L肋桥面板极限应力在330 MPa以上,屈强比0.8左右,稳定承载力满足要求。

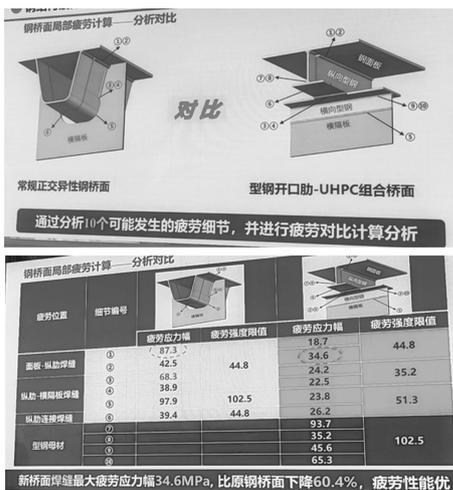


(三)《型钢开口肋-UHPC组合桥面新结构及其在江西于都胜利大桥的应用研究》,湖南大学,邵旭东

与王仁贵大师观点类似,邵旭东教授主要从桥面板结构体系角度思考,提出新型型钢开口肋-UHPC组合桥面板技术方案:



开展钢桥面局部疲劳对比分析,型钢腹板与顶板焊缝为最不利细节,最大疲劳应力幅 34.6 MPa,相对于原 U 肋与顶板的细节下降了 60.4%,疲劳性能显著提升。



二、制造

(一)《正交异性钢桥面板制造工艺及缺陷预防》，中铁山桥,马浩鹏

制造过程缺陷是正交异性钢桥面疲劳的重要原因之一,需重视制造工艺的改进与提升,以自动化设备促进工艺改进,提升产品质量稳定性。

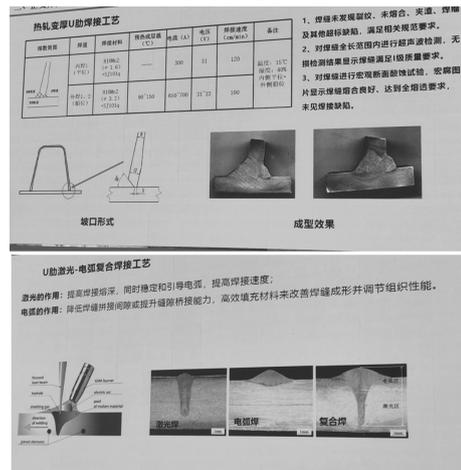
通过百余组试验,确定关键构造参数:

- (1)U 肋与顶板焊接接口最佳角度为 52°;
- (2)U 肋与顶板单面焊接钝边最佳厚度 1.5 mm;
- (3)焊接材料、焊接工艺持续迭代,目前推荐采用金属粉芯焊丝,机器人自动焊接;
- (4)焊接电流推荐 270A。



《正交异性钢桥面板制造及应用技术》，中铁九桥,王磊

针对正交异性钢桥面疲劳问题,开展激光复合焊接技术、热轧变厚 U 肋焊接技术研究:



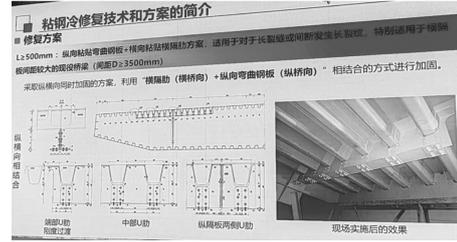
三、检测

《正交异性钢桥面板疲劳裂纹智能检测监测技术及应用》，上海交大,程斌

针对实际工程中钢桥面板疲劳裂纹的检测监测需求,详细介绍采用导波传感、爬壁机器人、数字图像相关等智能技术实现钢桥面板疲劳裂纹自动识别定位、尺寸分布测量以及动态扩展监测的研究进展。

疲劳裂纹监测的三个层次:有没有、现状描述、发展趋势;

疲劳裂纹监测的三种尺度:宏观尺度(导波传感)、细观尺度(爬壁机器人)、微观尺度(DIC 技术)

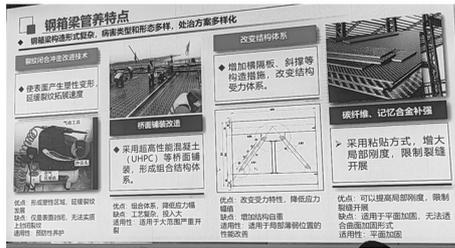
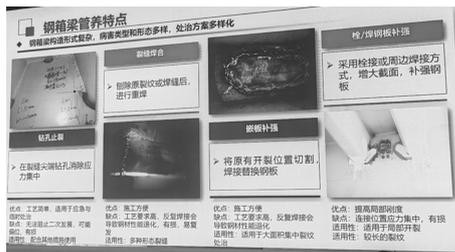


开展了方案的理论分析与试验验证等技术研究:

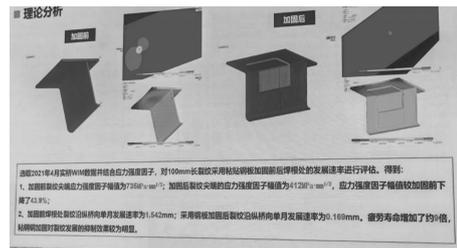
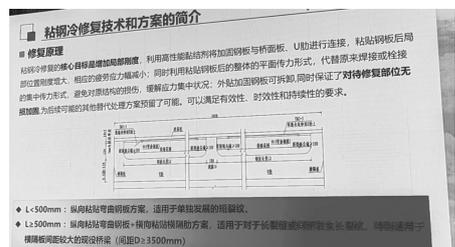
四、加固

《冷粘技术在正交异性板疲劳裂纹处治中的应用》, 公规院, 李准华

既有钢箱梁疲劳加固技术存在材料性能退化、构件局部削弱等问题:



以粘钢冷修复为核心的疲劳裂纹维修方案具有无损处置、安全环保等特点, 其利用粘钢方式对开裂位置进行局部补强, 起到增大刚度、传递荷载、降低应力幅的目的。



五、体会

(1) 刚度与焊缝是正交异性钢桥面板疲劳的主要因素, 崔冰大师以此入手, 对连接方式与桥面刚度进行了深入的思考与论证, 观点新颖。

(2) 闭口U肋静力性能优越, 但受其构造特性限制, 虽进行了一系列研究与改进, 但疲劳问题未能从根本上得以解决, 王仁贵大师以此入手, 对正交异性桥面板加劲肋构造形式进行了深入的研究, 对正交异性钢桥面板的发展具有重要意义。

(3) 开口肋优异的抗疲劳性能得到了业内的共识, 对于开口肋导致的桥面刚度问题以及开口肋自身形式问题, 业内专家有很多的思考, 邵旭东教授介绍的型钢开口肋构造简单、经济性突出, 值得思考与学习。

(4)刚度问题是正交异性钢桥面的核心,铺装层开裂后刚度的退化是业内极为关注的问题,本次标准图设计匝道钢箱梁推荐采用 SFRC 有增大刚度的优势,但开裂问题及裂口刚度对疲劳的影响值得深入研究。

(5)对于行业顽疾,不要因循守旧,应充分思考、努力求证、力争创新,向公规院学习,不同的解决方

案并行研究,各自阐述观点,寻求各自的适用平台。

(6)最大的感触来源于崔大师和王大师:崔大师提出钢壳复合桥面板,王大师在其报告中进行回应,认为在超大跨径桥梁中经济性欠佳。两位大师勇于当面提出不同的观点,这种学术精神值得学习。

(报道者:宁立)

第六届桥梁工程创新技术论坛暨桥梁新质生产力发展交流大会

由中国交通运输协会新技术促进分会主办,第六届桥梁工程创新技术论坛暨桥梁新质生产力发展交流大会在常州召开,会议围绕着协会科技申报,团体标准立项,创新科技成果,科研立项等为主题进行了两天的交流,并组织参观了昌泰长江大桥,受益良多,体会深刻,主要以下几点:

会议主要围绕《声屏障工程结构技术规范》和《公路与城市道路混凝土结构表层渗透防护技术规程》两个团体标准的制定进行详细解读。会议对工程标准的基本作用进行了概述,强调了其在保障安全、规范市场秩序、提升技术应用水平和促进技术进步方面的重要性。详细介绍了《声屏障工程结构技术规范》的编制背景、目的、依据和主要内容。该规范旨在规范声屏障的材料、设计、施工、验收、维护保养与安全检测,确保声屏障的安全可靠与耐久性。会议还指出了当前声屏障行业发展中存在的问题,如屏体坠落、材料黄变、腐蚀和火灾等,以及对现有标准的调研和分析。同时,会议对《公路与城市道路混凝土结构表层渗透防护技术规程》进行了阐述,包括其制定的基本原则、技术体系、历史沿革和工程应用案例。该规程旨在解决混凝土结构在腐蚀环境下的耐久性问题,提出了渗透防护

技术,包括道路环氧渗透防护和硅烷浸渍防护两种方法,并对这两种防护技术进行了系统性的规范。团体标准是国家标准、行业标准的重要补充,能够基于实际工程需求制定,有效指导工程项目,提升建设品质。同时,会议提出了提升团体标准质量的建议,鼓励将成熟的科研成果通过团体标准的形式推广应用。根据公路行业团体标准的制定经验,展示了团体标准在规范工程建设、提升工程品质和促进技术发展中的重要作用,同时也强调了持续科研和标准质量提升的重要性。

《公路悬索桥密封吊索技术规范》(T/CC-TAS 92-2023)补充和完善现有桥梁工程吊索标准体系,推动我国悬索桥建设水平、桥梁安全和交通运输发展。规范主要针对密封绳吊索的特点和传统吊索的不足,提供技术遵循,以选择新型结构吊索。密封绳是一种具有百年历史的钢丝绳,由圆形钢丝构成的单股绳外包裹一层或多层异形钢丝,形成外层封闭结构。它具有表面密封性好、金属填充率高、耐蚀耐候、弹性模量大、结构稳定、浇铸索头固结性强等特点,强度级可达 1 960 MPa 以上。密封绳在世界桥梁史上有广泛应用,如挪威克瓦尔松桥和卑尔根阿斯沃伊大桥等。然而,国内密封绳在桥梁工程中应

用较少,主要原因包括造价高、长期依赖进口、性能不满足、对产品不了解、缺标准支撑和无对标研究等。规范在调研现有悬索桥吊索技术标准的基础上,对国内现行相关标准进行了全面梳理和汇总。现有行业标准 JT/T449-2021《公路悬索桥吊索》中未提及密封吊索,本规范是对吊索型式的一种补充。同时,国家标准 GB/T 38818《悬索桥吊索用钢丝绳》虽然提到密封吊索,但仅给出索体部分的技术要求,并不是完整的吊索系统。通过制定专用密封绳吊索标准,规范填补了现有标准体系的空白,为选择一种新型结构的吊索提供了技术遵循。这将有助于推动我国悬索桥建设水平的提升,保障桥梁安全,促进交通运输的发展。规范的制定,将为密封绳吊索的设计、制造、检验、安装和养护等提供指导,促进密封绳吊索在国内桥梁工程中的推广应用,提高桥梁建设质量,降低维护成本,推动我国桥梁工程的技术进步。

澳门大桥(原澳氹第四条跨海大桥)是澳门新城区与港珠澳大桥口岸人工岛之间的城市快速路,全长约 3.085 km,双向八车道,设计时速 80 km/h。主桥为下承式钢桁架-钢箱梁组合结构,桥跨布置为 685 m,横向宽度 48.4 m,是世界最大跨度的倾斜钢桁-钢箱组合结构连续梁桥。主桥结构特点包括:(1)内倾钢桁-钢箱组合结构梁,具有横向稳定性高、景观效果好、材料经济等特点;(2)大范围应用 Q420、Q500、Q690 级别高强钢材,主桥钢材总量约 4.9 万吨,Q500、Q690 级别钢材占比高达 40%;(3)桥梁造型与项目环境最佳融合,桁架空间起伏曲线与水面倒影绘出自然与现代相融合的画卷。钢梁制造关键技术包括:(1)内倾式镶嵌弦杆的钢箱梁控制技术,通过合理的焊接顺序和预变形等措施控制焊接变形;(2)镂空横联的上弦

块体制造及涂装控制技术,采用高性能钢 Q690qD、Q500qD;(3)多节间钢箱钢桁整体大节段的关键技术,大节段制造宽度 48.4 m,最高 18.1 m,最长 66 m,最大重量 2 035 t,采用多点三维控制技术;(4)高性能钢在复杂环境下的焊接控制技术,采用多种焊接技术和措施保证焊接质量。澳门大桥的建成将成为澳门的新地标,连接澳门海、陆、空三个重要口岸,是构建未来澳门整体交通体系的重要组成部分。

常泰长江大桥是中国江苏省常州市与泰州市之间的一座跨江大桥,位于长江下游,是连接常州市新北区与泰州市高港区的重要交通枢纽。大桥的建设对于促进区域经济一体化、改善区域交通条件、推动地方经济社会发展具有重要意义。常泰长江大桥的建设是中国桥梁工程的又一项壮举,它的建成将进一步完善区域交通网络,加强区域间的联系,为推动长三角地区的经济发展提供强有力的支撑。大桥不仅是一座连接两岸的通道,更是一座展示中国桥梁建设实力和创新能力的标志性工程。常泰长江大桥项目在桥梁建设上具有里程碑式的意义,实现了四个“首创”:首创温度自适应塔梁纵向约束体系、首创“钢-混”混合结构空间钻石型桥塔、首创台阶型减冲刷减自重沉井基础、首创“钢箱-核芯混凝土”组合索塔锚固结构。实现了六个“世界之最”:最大规模多功能荷载非对称布置桥梁、最大跨度斜拉桥(主跨 1 176 m)、最大连续长度钢桁梁、最大尺度碳纤维复合材料拉索、最大跨度公铁两用钢桁拱桥(主跨 388 m)、最大强度桥用平行钢丝斜拉索。即将刷新公铁两用斜拉桥的世界纪录。

(报道者:吴红莉)

公司参与主办的第三届桥梁建设技术与 艺术创新学术会议顺利召开

2024 年 6 月 19 日至 21 日,我司参与主办的第三届桥梁建设技术与艺术创新学术会议在广州南沙顺利召开。中国工程院院士邓文中、黄卫、何镜堂,日本工程院外籍院士吴智深,交通运输部公路局原副局长王太,广东省交通运输厅副厅长贾绍明,南沙开发区管委会副主任黄晓峰,南沙开发区建设和交通局、区建设中心负责人陈荣毅,以及来自全国各地的设计大师、专家学者 400 余人共同参加了会议。广东省工程勘察设计大师、公司首席专家梁立农作主旨报告,市政设计院梁建东、数字化技术研究院孙颖分别作分会场报告。公司多个部门参与了本次会议的技术交流与会务工作。

大会以“桥梁建设技术与艺术创新”为主题,设置了主会场以及桥梁艺术与美学设计、桥梁建设新技术与新材料两个分会场,与会专家围绕桥梁技术与艺术的融合与创新、绿色低碳、数字化智能化、新材料新工艺等热点问题展开深入交流和探讨。



6 月 19 日下午,大会组织了 2024 桥梁艺术创新设计方案交流活动,我司凤凰一、二、三桥参与评选,公司首席专家梁立农对桥梁方案进行了介绍。



广东省工程勘察设计大师、公司首席专家梁立农对参选方案进行报告

20 日上午,大会隆重开幕。会议由《桥梁》杂志社社长杨志刚主持。开幕式上,交通运输部公路局原副局长王太,广东省交通运输厅副厅长、党组成员贾绍明等分别在开幕式上致辞,表达对本次会议的期待与对行业的展望。希望与会的同仁们能够畅所欲言,深入交流,不断推动科技与自然的协调,不断促进力学与美学的融合,继续打造更多、更优秀的桥梁工程,共同推进桥梁行业品质工程的建设,为国家发展做出应有的贡献。



广东省工程勘察设计大师、公司首席专家梁立农作主旨报告

20 日下午,公司总工程师孙向东应邀担任主旨报告会会场主持人。广东省工程勘察设计大师、公司首席专家梁立农作了题为《海湾地区桥梁技术与艺术的融合创新探索》的主旨报告。报告回顾了近年来在海湾地区桥梁技术与艺术的融合创新体会,分享代表性桥梁作品的主要技术特点和创新点以及桥梁美术的创作过程,思考和探索海湾地区桥梁技术与艺术的融合创新发展趋势,总结了桥梁技术与艺术的创新经验。



公司总工程师孙向东担任主旨报告会场主持人

21 日上午,市政设计院桥梁副总工梁建东在分会场作了题为《一元路桥梁设计与数字化应用实践》的主题报告。报告以中山翠亨新区一元路桥为项目背景,依托桥梁超宽幅、单索面、小尺寸钢塔的特点,介绍如何在保证受力性能的前提下实现最大程度的景观效果,以及数字化应用实践。



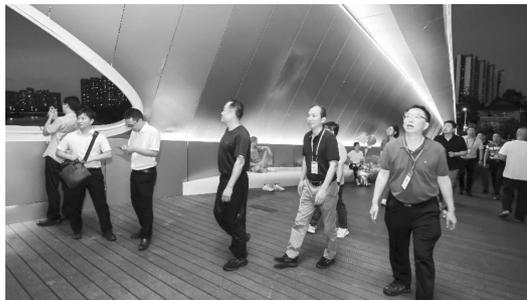
市政设计院桥梁副总工梁建东作主题报告

21 日上午,数字化技术研究院副院长在分会场作了题为《桥梁数字设计探索与实践》的主题报告。报告主要介绍近年广东交通院在桥梁数字设计方面的探索和实践。针对常规桥梁结构,逐步实现全过程二三维一体化智能协同设计的“1 + 1 + N”体系。对于复杂桥梁结构,桥梁正向设计技术体系框架创新以及自研扁平式钢箱梁专家系统实现了设计过程数字化,形成集成式一体化正向设计流程。



数字化技术研究院副院长孙颖作主题报告

20 日晚上和 21 日下午,大会组织了聚星桥、明珠湾大桥、凤凰一、二、三桥、东莞龙涌桥的现场参观。



与会代表在聚星桥现场参观



凤凰一桥现场参观



东莞龙涌桥现场参观

近年来,伴随我国经济的持续蓬勃,桥梁建设面临着日益提升的社会需求。作为技术与艺术的精彩交汇,桥梁不仅是通行的载体,更是工程美学的展现,其结构的不断创新引领着美学表达的新高度。展望未来,公司将继续践行“创造精品,服务社会”的企业使命,从桥梁工程的可持续发展出发,秉承安全、耐久、适用、环保、经济和美观的原则,在加强智能建造等先进建设技术的研发与应用的基础上,实现科技与自然的和谐共生,进一步推动桥梁技术与艺术的融合创新,不断打造更多、更优秀的体现创新精神、弘扬设计美学的品质工程,力争为大众民生造福祉、为国家发展作贡献!

(报道者:梁建东)

市政基础设施智能建造暨 BIM 新技术新成果交流研讨会

一、概述

2024 年 6 月 20 - 22 日,中国市政工程协会联合广联达科技股份有限公司、武汉汇科智创科技有限公司在合肥共同举办“市政基础设施智能建造暨 BIM 新技术新成果交流研讨会”。中国建筑股份有限公司原总工程师、住房和城乡建设部信息技术应用标准化技术委员会副主任委员毛志兵,清华大学土木工程系教授马智亮,中国建设科技集团股份有限公司副总工程师、中设

数字技术股份有限公司总经理于洁,北京市市政工程设计研究总院有限公司数字智慧院院长方恒堃,中国市政工程西北院陕西分公司数字化创新中心主任张泽林等领导出席会议。来自全国的住建厅、城市建设管理部门、市政设施智能建造及 BIM/CIM 研发、设计、生产、施工、管理的领导、专家、工程技术人员 100 多人参加此次大会,体现出行业同仁对市政基础设施智能建造和市政工程建设 BIM 技术应用的关注。



二、技术成果研讨

21 日上午,中国住房和城乡建设部信息技术应用标准化技术委员会副主任委员买毛志兵对《智能建造赋能行业高质量发展》进行了交流研讨报告,围绕行业高质量发展新格局、行业变革新趋势、建筑企业数字化转型新推力等重要行业话题展开探讨。清华大学土木工程系教授马智亮对《面向工程项目全生命期应用 BIM 技术与管理》进行了学术探究,针对 BIM 技术在项目全生命期贯通应用及信息共享问题研发了 BIM 模型质量检查系统,并取得了一定的研究成果与实践。其他学者在市政工程基础设施建设、城市

轨道交通安风险管理、基础建设施工、高速公路市政化、异性结构桥梁等方面 BIM 技术应用的深度及广度进行了有效的探讨和项目实施。

三、获奖项目分享

22 日,行业领导、专家、工程技术人员对于往届获奖项目进行了详细介绍和分享。北京市政以郑州第二高新水厂、雄安轨道交通 R1 线车辆基地为背景项目,展开了对于供水、轨道场站的数字化应用和实践,提出了基于 BIM 的工程数据传递以及完整竣工模型对项目后期运维的重要性。中国电建对雄东片区 B 社区及 N3 市政道路、综合管廊项目中“数字孪生”以及城市

级的信息化管理平台的实践经验进行了分享,本项目在设计、施工阶段都进行了深度的 BIM 技术应用,并配套项目打造了智慧建造管理平台以及运维交付平台。行业其他专家领导针对 BIM 技术深度应用、智慧工地管理、数字化平台等方面的项目实践也进行了分享。此外中国市政工程西北设计研究院张泽林主任对中国市政工程协会第六届“市政杯”BIM 应用技能大赛评分细则和申报注意事项进行了详细说明,并提出了项目报奖文件准备的相关建议。

四、小结

近几年,中国基建行业处于科技革命与产业革命叠变期、新旧动能转换关键期、中国跨越式发展窗口期,随着互联网的深入,BIM 技术在基建行业的应用也取得了一定的新技术和新成果,有许多项目实践经验值得借鉴。

清华大学面向我国《交付标准》和《制图标准》的 BIM 模型自动检查,研究了采用计算机语言表达 BIM 模型质量标准、自动提取 IFC 模型中重量检查相关信息,并基于研究成果设计并实现基于 IFC 模型的质量自动检查系统。

广联达提出了一套基建 BIM + 一体化数字

解决方案,基于“点线面体”的业务系统,引入 AI 实现各专业 BIM 设计。在方案设计阶段,借助 AI 快速得到不同的设计方案,并同步输出方案造价,实现设计造价一体化;在施工图设计阶段,沿用方案设计阶段的方案数据,进行专业协同、版本管理,并配合出图模板实现模型自动出图、出量表,实现了不同道路设计方案的快速实现,提高了设计效率。

林同棣国际工程咨询有限公司针对异性结构桥梁提出了“Rhino + GrassHopper + Revit”正向设计技术路线,实现了各阶段之间的协同,保障了 BIM 模型在设计、施工、运维阶段的全生命周期应用,借助参数化设计、有理化设计、精细化设计、可视化设计、AI 等技术手段,并通过沱江大桥、白沙长江大桥等项目的实践,不断正向迭代 BIM 正向设计技术,提高了项目设计质量。进一步地,依托永宁大桥项目需求,利用 BIM、大数据、云计算和物联网等新型信息技术构建数智管理模式,搭建全咨数智化管理平台,提供永宁大桥的数智全咨融合应用服务,实现工程 BIM 全生命周期的应用。

(报道者:钱佩柔)