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：广州市天河区兴华路22号
邮政编码：510507
电　　话：020-3739 3079
E－mail：kjzl@ghdi.cn
网　　址：http://www.ghdi.com.cn

广东交通规划设计

GUANGDONG COMMUNICATIONS PLANNING AND DESIGN

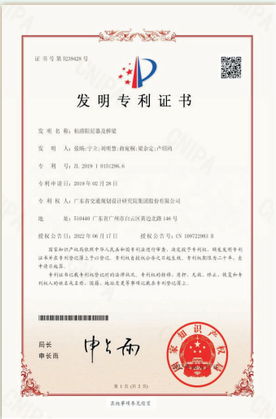
2022 3 总第187期

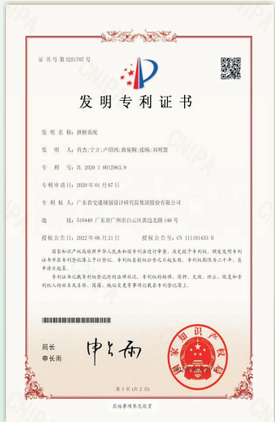
准印证号：(粤O)L0150076号

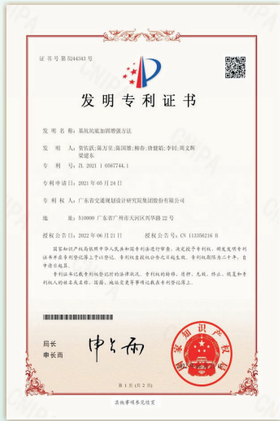
内部资料　免费交流

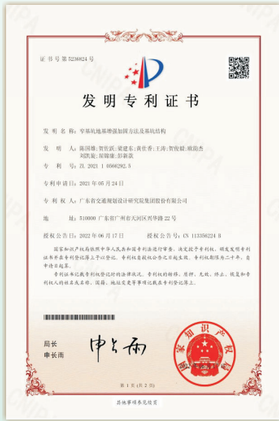
获奖喜报

2022年第三季度，集团科技创新和专利申请再创佳绩，共获得省级科学技术奖14项，其中一等奖4项，二等奖8项，三等奖2项：获得国家知识产权局发明专利4项，实用新型专利12项，外观专利1项。









公司级项目评审会

7月8日召开“珠三角环线高速公路东莞至深圳段及龙林支线改扩建工程路线及立交方案初测”公司级评审会

7月13日召开“京港澳高速公路广州至深圳段改扩建工程-复合式扩建方案”公司级评审会

8月16日召开“阳江北站至市中心快速通道工程”公司级评审会

9月30日召开“国道G207线化州城区段(南盛蒲山至良光高塘)改线工程”公司级评审会

标准化建设评审会

7月27日召开“隧道设计通用图(一期)”评审会

8月1日召开“桥梁工程数量表标准化（二期）”评审会

8月2日召开“《交通智绘》移植功能标准化、工点勘察报告文字说明智能生成系统、外业调查”评审会

8月8日召开“路基排水设计通用图、方柱墩、花瓶墩通用图（一期）”评审会

8月15日召开“涵洞附属结构（常用）通用图”评审会

8月31日召开“变高悬浇箱梁（等宽）通用图”评审会

软件测试验收评审会

7月15日召开“涵洞正向设计系统（一期）”评审会

8月15日召开《等高箱梁设计程序(二期钢筋图模块)》评审会

8月16日召开“数字测绘系统（一期）”评审会

9月16日召开“特大桥钢箱梁正向设计研究”评审会

广东交通规划设计

（每季出版）

2022 年 9 月 30 日印刷

2022 年第 3 期

（总第 187 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　冯心宜
刘吉福　张修杰　陈志翔
陈新富　陈潮锐　周　震
梁志勇　（按姓氏笔画排序）

主　　编：孙向东

副 主 编：林　敏

责任编辑：杨　雪

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：广州市天河区兴华路 22 号

邮政编码：510507

电　　话：020－37393079

E－mail：kjzl@ghdi.cn

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：东莞市滨海湾新区滨海湾大桥工程

目　次

部委政策

广州市住房和城乡建设局关于印发《广州市建筑师负责制试点实施工作方案（试行）》的通知 … 广州市住房和城乡建设局（1）

公司动态

踔厉奋发守初心，笃行不怠启新程——集团党委隆重召开 2021－2022 年度工作总结暨表彰大会 ……（6）

集团承担设计的牛田洋特大桥主桥成功合龙 ……（8）

集团承担设计的东莞滨海湾大桥正式通车 ……（11）

集团与广东省公路学会联合主办的“基于 UHPC 薄层加固既有桥梁的新技术”现场交流会顺利召开 ……（13）

集团参与编制的《粤港深度合作园（庆盛枢纽区块）规划深化》荣获首届大湾区规划大奖 ……（15）

琴弦起，如意至——集团承担设计的韶关市乳源洲街桥建成通车 ……（17）

技术论文

超高性能混凝土桥梁关键技术研究和工程实践 …… 孙向东，曾冠锋，徐东进，等（19）

某分级、分层、分区域破坏滑坡的稳定性分析及治理 …… 曾　朋，金煜翔，钟志辉（27）

高烈度区大跨连续钢箱梁的减隔震设计研究 …… 段银龙，叶　伟，周冠东（33）

钢板组合梁桥设计标准图构造细节研究 …… 谭巨良（38）

专委会活动

工程勘测专业分委会牛田洋快速通道设计回访与技术交流 …… 工程勘测专业分委会（44）

信息专栏

第四届中国站城融合发展规划与建筑工程设计国际研讨会 …（45）

第二十四届中国高速公路信息化大会 ……（47）

广州市工程勘察设计行业协会市政分会成立大会暨学术交流会 ……（49）

全国桥梁结构健康与安全技术大会暨桥梁工程与技术创新高端论坛 ……（49）

城市道路与交通工程品质提升技术交流会 ……（50）

广州市住房和城乡建设局关于印发《广州市建筑师负责制试点实施工作方案(试行)》的通知

各区人民政府、空港经济开发区管理委员会,各市直单位,各有关单位:

为贯彻落实《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》(中发〔2016〕6 号)、《国务院关于印发广州南沙深化面向世界的粤港澳全面合作总体方案的通知》(国发〔2022〕13 号)、《国务院办公厅转发住房城乡建设部关于完善质量保障体系提升建筑工程品质指导意见的通知》(国办函〔2019〕92 号)、《国务院关于开展营商环境创新试点工作的意见》(国发〔2021〕24 号)、《广州市优化营商环境条例》、《广州市人民政府关于印发广州市建设国家营商环境创新试点城市实施方案的通知》关于探索建筑师负责制试点工作有关要求,响应"中国设计"走出去和"一带一路"倡议要求,促进与国际标准政策接轨,推动粤港澳大湾区合作共赢,提升建筑行业高质量发展水平,我局结合广州实际,组织制定了《广州市建筑师负责制试点实施工作方案(试行)》,现予印发,请遵照执行。实施过程中遇到的问题,请径向市住房和城乡建设局反映。

特此通知。

附件:广州市建筑师负责制试点实施工作方案(试行)

广州市住房和城乡建设局

2022 年 9 月 30 日

附件:

广州市建筑师负责制试点实施工作方案(试行)

为贯彻落实《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》(中发〔2016〕6 号)、《国务院关于印发广州南沙深化面向世界的粤港澳全面合作总体方案的通知》(国发〔2022〕13 号)、《国务院办公厅 转发住房城乡建设部关于完善质量保障体系提升建筑工程品质指导意见的通知》(国办函〔2019〕92 号)、《国务院关于开展营商环境创新试点工作的意见》(国发〔2021〕24 号)、《广 州市优化营商环境条例》、《广 州市人民政府关于印发广州市建设国家营商环境创新试点城市实施方案的通知》等文件关于探索建筑师负责制试点工作有关要求,响应"中国设计"走出去和"一带一路"倡议要求,促进与国际标准政策接轨,推动粤港澳大湾区合作共赢,提升建筑行业高质量发展水平,结合广州实际,制定本工作方案。

一、工作目标

支持黄埔区(广州开发区)、南沙区(自贸区南沙新区片区)率先开展建筑师负责制试点工作,同时充分发挥国有或财政投资项目的示范引领带动作用积极推进试点,改革和完善工程建设管理体制、流程和组织模式,探索建立和完善与建筑师负责制相匹配的招投标、项目审批、信用

评价、职业保险、收费标准、仲裁制度、教育培训等相关工作制度，协同咨询、设计、施工和运维，发挥建筑师专业优势和技术主导作用，传承和发展优秀建筑文化，鼓励设计创新，持续打造具有示范效应的城市建筑精品，加快我市工程建设模式与国际接轨的步伐。

二、定义及适用范围

（一）定义

本工作方案所称建筑师负责制，是指以担任民用建筑工程项目技术及管理总负责人的注册建筑师（下称“项目总建筑师”）为主导的设计咨询团队（下称“团队”），依托所在设计单位为实施主体，依据合同约定，在符合国家相关法律法规的前提下、兼顾社会公共利益的基础上，统筹开展全生命周期设计咨询管理服务，并在项目规划策划、报批报建、招标管理、采购管理、施工管理和竣工验收、评先创优等建设提供全过程或分阶段的技术管理服务，最终提供符合建设单位、使用单位设计意图和使用要求的建筑产品及服务的一种工作模式。

本工作方案所称项目总建筑师团队包含建筑、结构、机电、岩土等专业，也应包含依据合同约定服务内容的参与工程建设的项目管理、造价咨询、监理等各类专业技术顾问和咨询机构。项目总建筑师应具备国家一级注册建筑师资格或已取得国内一级注. 册建筑师互认资格（港、澳、台地区及境外专业人士）；团队包含的建筑、结构、机电、岩土等专业以及造价咨询、项目管理、监理等等有关专业技术人员应具备法律法规及合同服务内容要求的服务经验，且近三年内无不良信用记录。

（二）试点项目

1. 黄埔区、南沙区内列为试点的新建、改建、扩建的民用建. 筑工程；

2. 市、区政府投资房屋建筑试点项目；

3. 除黄埔区、南沙区以外其他各区遴选的房屋建筑试点项目；

4. 全过程工程咨询和工程总承包项目中以设计单位主导或担任技术统筹和管理的房屋建筑项目，由设计单位代建或实施全过程项目管理的房屋建筑项目可优先纳入试点；

5. 港澳企业在我市独资或控股的开展建设项目优先纳入试点；

6. 鼓励社会投资的其他房屋建筑项目积极开展试点。

实施建筑师负责制的试点项目应加强与我市现行环艺委、景观审查、地区总师、珠江沿岸高质量发展设计总师等区域机制的有效衔接，切实促进建筑与周边环境设计的协调，提高空间品质。

三、重点任务

（三）启动试点项目

2022 年，黄埔区、南沙区各遴选 3 个（含）以上、市重点项目管理中心遴选 1 个（含）以上的项目启动试点。

（四）扩大试点项目范围

2023 年 – 2025 年，黄埔区、南沙区以招拍挂方式出让用地的建筑工程，推动实施建筑师负责制试点项目的建筑面积占本区年度新出让用地总建筑面积比例不低于 30%；其他各区不低于 10%。市、区推动实施建筑师负责制的政府投资试点项目比例应不低于本年度新开工项目数的 10%。

（五）推行项目总建筑师及其团队招标模式

试点项目可依法采用公开招标、邀请招标等方式选聘项目总建筑师及其团队，主要参考其工程业绩、专业经验、信用情况、对项目的解读及增值提案等方面按质择优采购所需服务。

团队的构成可采用项目总建筑师所在设计单位设计总包加专业分包模式，或项目总建筑师所在设计单位牵头多家单位组成联合体模式（招标文件明确具体相关要求）。在保证整个建

设项目完整性的前提下，团队成员可按合同约定由项目总建筑师自行选聘，或经建设单位同意，将约定的部分服务择优委托给具有相应资质或能力的企业，受项目总建筑师选聘或委托的团队要具备多学科、多维度的综合知识为建设方提供系统化的价值服务，并对受委托的业务部分承担连带责任。

（六）明确服务内容

项目总建筑师及其团队的服务范围为建筑工程全过程或部分阶段（至少包含规划设计、工程设计、合同管理三个阶段）。鼓励试点项目委托完成策划咨询、规划设计、工程（含勘察）设计、协助招标采购、合同管理、运营维护、辅助拆除七个阶段及其他附加服务的全部或部分服务内容（详见附件）。

1. 策划咨询。统筹编制项目建议书、可行性研究报告与项目策划，提供概念性设计方案，提出项目设计和建设总体要求，协助投资决策和相关行政审批。

2. 规划设计. 提供新建或既有城市区域城市设计或总图设计、更新规划方案等服务；统筹建筑设计与上位规划、城市设计、场地设计的衔接及协调统一；按照用地规划条件开展总平面、绿地系统、道路系统等场地规划设计工作。

3. 工程设计. 新建及更新改造等设计工作。依照设计目标和工程设计标准，制定设计工期计划，提供方案设计、初步设计、施工图设计和施工现场技术配合等服务。提供设计总包服务或综合协调技术评估、幕墙、装饰、智能化、风景园林、照明、绿色建筑、BIM 等各类专项设计。

4. 协助招标采购。协助建设单位进行承包商招标管理、非招标工程采购管理的技术文件编制或审核工作。协助建设单位参与技术部分的评标、定标，提供投资控制意见与建议等服务。

5. 合同管理。在合同中明确约定建设单位、建筑师及其团队、参建单位应负的法律责任和合同义务以及建设过程中发生违法违规情形的责任追究约定。在施工阶段依照法律、法规以及有关技术标准、设计文件和建设工程承包合同，代理建设单位进行施工合同质量管理服务，对总承包商、分包商、供应商和其他咨询机构履行质量监督职责，通过会审、检查、签证、验收、指令、确认付款等方式，对施工进度、质量、成本进行总体指导、优化和协调。建设过程中发生违法违规情形的，具体负责设计技术交底，承担承包商完成的施工图深化设计审核服务。协助建设单位确认材料、设备样板，签发设计变更、施工签证，签署工程进度、工程款支付确认单，代表建设单位对施工质量实施巡查监督，代理或协助建设单位完成工程报批和验收，组织编制竣工图。在竣工交付及工程质量保修期内，辅助调试，协助运营单位编制建筑使用说明书和维修手册，协助完成竣工文件归档、项目决算、投资经济指标核算及审计等工作。

6. 运营维护。根据建筑使用状况及建设单位或使用单位要求，及时提出安全隐患提示，协助制定应急预案，开展项目使用后评估服务，提供建筑全生命期的品质管理服务，指导编制运营维护计划。

7. 辅助拆除。提供建筑全生命期提示制度，协助专业拆除公司制定建筑安全、绿色拆除方案等。

8. 其他附加专项服务。包括室内精装设计、标识标牌设计、文物建筑保护设计、公用事业方案设计、BIM 设计与咨询、绿色建筑设计及其调试和认证、超低能耗建筑设计、预制装配式建筑设计等。

（七）合理确定服务收费

试点项目应结合项目规模、复杂程度、服务内容和周期，按照责权利对等的原则，合理确定服务报酬，在合同中明确约定并及时支付。

项目总建筑师及其团队的服务收费包括参与的各专项服务（投资咨询、招标代理、工程勘察、工程设计、工程监理、造价咨询等）费用以及

项目建设管理费，有关费用参考目前国内的相关市场收费标准分别计取，并在项目投资估算中列支。实行代建制管理的项目，一般不得同时列支代建管理费和项目建设管理费，确需同时发生的，两项费用之和不得高于项目建设管理费限额。

实施建筑师负责制的工程设计服务有利于提高建设项目经济效益、环境效益和社会效益的，按照优质优价原则，其设计服务费用可在国内通用设计收费标准上，根据项目验收及评估结果合理适度上浮，并在委托合同中进行约定，上浮幅度原则上不超过 25%。

（八）探索推行建筑师职业保险担保机制

借鉴国际上专业人士职业责任保险制度，逐步建立完善的建筑师负责制保险体系，推行建筑师负责制职业责任保险。试点项目的建设单位要投保工程质量潜在缺陷保险，设计单位要投保工程设计责任险，并为项目总建筑师及其团队投保，将其纳入企业设计责任保险体系，实现建设流程保险全覆盖。

探索建立设计企业、项目总建筑师及其团队和建筑业专业人士的相互保险制度，提升设计咨询行业的工程信用和风险保障能力。

（九）加强信用管理

加强试点项目及总建筑师及其团队的诚信管理。总建筑师及其团队应遵守有关法律法规规定和职业道德规范，并接受项目参建方、行业组织和行政主管部门的监督。实施过程中如发现建筑师存在违法违规、违反职业道德等行为的，依法依规进行处理，并将有关失信信息录入本市建筑市场信用管理平台。

四、政策扶持

（十）鼓励大湾区参与合作

加强大湾区城市建设领域的交流合作，逐步建立互利共赢的区域合作关系，鼓励取得内地认可的香港或澳门地区建筑师积极参与我市建筑师负责制试点项目，助力试点工作高标准落地。

（十一）优化审批办理

1. 纳入试点的国有或财政投资建筑项目，建设单位凭政府投资计划或经市政府审定的专项规划、行动计划等文件及经市政府同意的近期实施计划，即可先行开展总建筑师及其团队招标工作（依法必须进行招标的除外）；社会投资试点建设项目在取得地块规划条件后，建设单位即可依法选聘项目总建筑师及其团队开展全过程设计及咨询服务，同时可办理立项、规划审批和相应的阶段性开工手续。

2. 对纳入试点的国有或财政投资大中型建筑项目，投资主管部门在项目建议书、可行性研究报告中应将项目总建筑师服务试点过程相关经费（含建设项目管理费）列入工程估算，纳入项目投资计划和资金安排。财政主管部门及时划拨相关费用。

3. 试点项目在取得相关用地证明文件和设计方案审查批复文件后，建设单位凭总建筑师签署的项目设计符合法律法规、放线测量、规划许可等要求的承诺书（承诺暂时免于提交《建设工程规划放线测量册》、技术审查报告，在取得许可后两个月内补齐）申请办理建设工程规划许可手续，并纳入全流程事项办理事中事后监管。对未按承诺时限要求补齐《建设工程规划放线测量册》、技术审查报告的试点项目，将项目总建筑师及其团队的有关失信信息录入本市建筑市场信用管理平台，并将建设单位的有关失信信息录入信用中国（广东广州）等本市信用管理平台。

4. 试点项目在办理施工许可前，建设单位可凭总建筑师签署的项目施工图设计文件符合法律法规、规划许可审批文件和工程建设强制性标准规范等的承诺书以及建设单位关于建设方案已稳定以及自许可批复之日起三个月内补齐正式的施工图审查设计文件审查合格书的承诺书，先行办理施工许可手续。

实施过程中如有设计变更的应及时将有关变更资料上传我市“一套图”系统。

5. 试点项目竣工后，建设单位可按照“联合测绘”的要求委托具有相应资质的测绘单位开展竣工测量和不动产测绘。

（十二）支持优先评优评奖

鼓励设计企业和建筑师积极开展建筑师负责制业务，对担任过建筑师负责制试点项目的建筑师，经申请可以减免继续教育学时要求；市工程勘察设计行业协会对采用建筑师负责制的项目可单独设立奖项，并在各级勘察设计评优评奖中，同等条件下优先推荐。

五、保障措施

（十三）加强组织领导

市、区住房城乡建设主管部门应高度重视建筑师负责制推进工作，建立健全工作机制，从试点项目入手，加大对试点项目的全过程跟踪服务和评估，积极总结推广成功经验，逐步扩大建筑师负责制模式在工程建设领域的应用比例。

（十四）加大监督指导

各有关部门按照职责对试点项目加强事中事后监管，健全、完善建筑师负责制推进机制，引导和支持社会投资项目积极推进建筑师负责制试点。建立健全建筑工程质量管理、品质提升评价指标体系，督促指导建筑师负责制试点各项工作顺利推进。

（十五）加快人才培养

在注册建筑师及相关专业注册执业资格继续教育内容，增加适应建筑师负责制相关内容，强化注册建筑师执业实践。开展建筑师负责制的设计企业要加快培养建筑师团队中管理型人才，强化建筑师统筹专业设计能力、综合组织协调能力和交流沟通能力，增强对材料、设备、施工工艺及工程造价等专项的把控能力，鼓励建筑师参与项目管理培训，增加项目管理实践，全面提升项目管理能力，提高市场对建筑师负责制的认可度。

（十六）建立行业咨询委员会

依托广州市工程勘察设计行业协会，在行业组织内设置建筑师负责制咨询委员会，为建筑师负责制试点项目的实施提供服务，包括：试点项目的全程跟踪指导、评估和奖励，技术法规的解释，建立项目总建筑师及其团队和设计单位信用信息（诚信档案），以及试点过程中纠纷调解、法律咨询及援助等。

（十七）做好宣传引导

通过多种形式广泛宣传建筑师负责制，提高社会认知度，营造各方共同关注、支持建筑师负责制发展的良好氛围，提高工程设计水平，提升我市工程建设质量和建筑品质，促进我市工程建筑行业高质量发展。

本方案自发布之日起实施，试点期限为三年。未尽事宜，仍按现行基本建设程序执行。黄埔区、南沙区可结合本地工作开展的实际，进一步加大试点改革力度，研究制定试点细化落实措施。

附件：服务内容清单（略）

踔厉奋发守初心，笃行不怠启新程

——集团党委隆重召开 2021－2022 年度工作总结暨表彰大会

6 月 29 日下午，在即将迎来中国共产党成立 101 周年之际，集团党委隆重召开了 2021－2022 年度工作总结暨表彰大会。省市场监管局许可注册处缪晓芳调研员、上级党委丘伟健部长、集团党委委员以及全体党员出席了本次大会。

大会由集团党委副书记陈贤文主持。集团党委书记李江山作了题为《踔厉奋发守初心，笃行不怠启新程——以优异成绩迎接党的二十大胜利召开》的工作总结报告，全面回顾了集团党委过去一年的工作情况，并提出了下一年度集团党委的工作设想和具体要求。

大会对上一年度积极推动党组织建设、为促进集团发展做出了贡献的先进党支部、优秀党务工作者和优秀共产党员进行了集中表彰。此次共有 5 个先进党支部、6 名优秀党务工作者和 84 名优秀共产党员受到表彰。

集团党委邀请了广东省委党校决策咨询部教授、副主任，粤港澳大湾区研究院研究员林先扬教授开展了《深入学习贯彻广东省第十三次党代会精神》专题讲座。林教授的解读深入浅出，进一步增强了集团广大党员同志对广东省第十三次党代会精神的理解和认识。集团党委将把学习贯彻省十三次党代会精神作为当前和今后一个时期的重要政治任务，深刻领会会议精神实质，切实把智慧和力量凝聚到落实省党代会提出的目标要求和工作任务上来，扎扎实实推进企业高质量发展，为广东实现习近平总书记赋予的使命任务而不懈奋斗。

（报道者：曹菁菁）

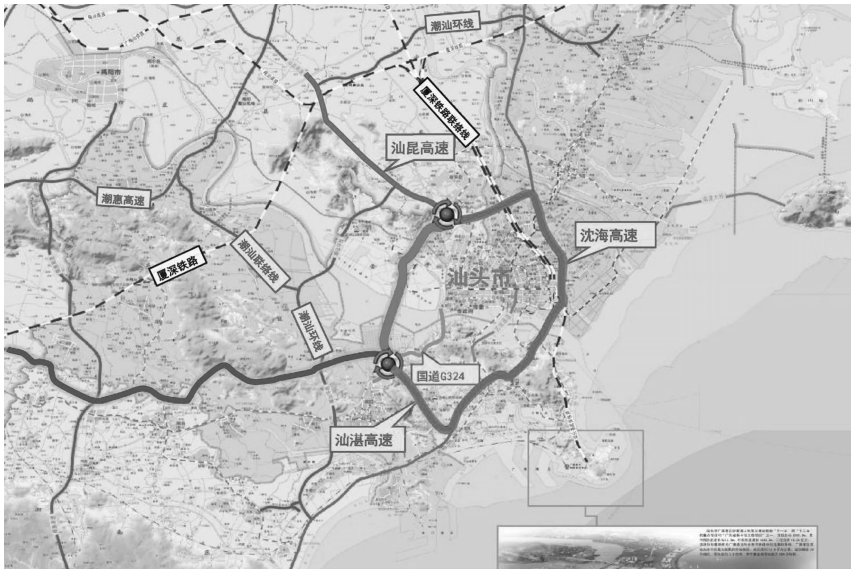
集团承担设计的牛田洋特大桥主桥成功合龙

牛快合龙捷报传，七一献礼喜开颜。厝角翔鹭牵手连，明珠鮀城开新篇。

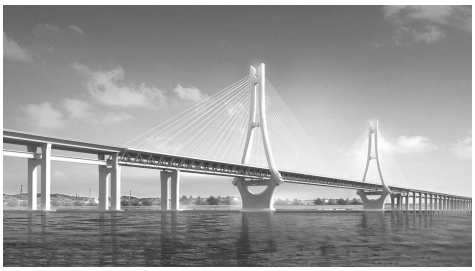
6 月 30 日上午 10 时 08 分，合龙总指挥一声令下，随着最后一节钢桁梁与两边钢桁梁的精准连接，牛田洋特大桥成功合龙。

七一前夕，盛夏时节，感党恩的欢歌萦绕在牛田洋畔。6 月 30 日，由集团承担设计的汕头牛田洋快速通道工程传来捷报——主桥成功合龙。这标志着牛田洋快速通道的关键控制性节点顺利拉通，为大桥后续桥面及附属设施施工奠定了坚实基础。

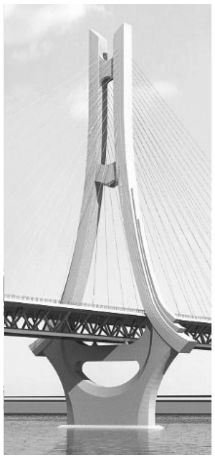
汕头市牛田洋快速通道工程位于汕头市西侧，北接汕昆高速，南接汕湛高速，通车后将与沈海高速共同形成城市快速外环，构建起联通潮汕机场、广澳深水港区、潮汕站及汕头高铁站等交通枢纽的半小时通行圈，能够进一步优化城市路网布局，完善潮汕揭连接大湾区、通达国内外的立体交通网络体系。

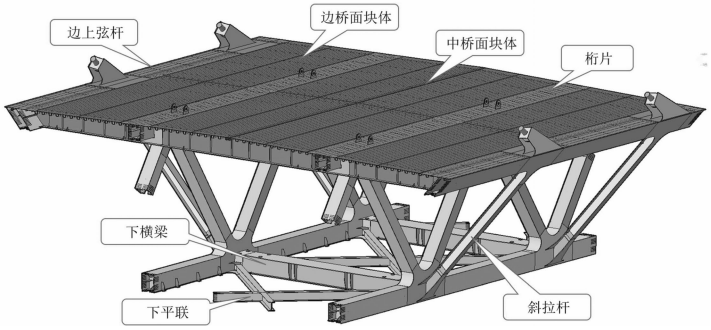


跨榕江段是项目的关键控制性工程之一。主桥采用 468 m 主跨三角桁式钢桁梁斜拉桥，为国内首座公路与走行跨座式单轨合建斜拉桥，上层双向八车道，下层走行六辆编组双线跨座式单轨。大桥主梁采用富有韵律的三角桁式钢桁梁，首次采用三角桁双节段整体吊装拼接施工；主塔高 182.9 m，桥塔造型取自传统潮汕民居建筑五行山墙以及对唱的白鹭意象。通过地域特色文化的抽象、还原与优化，得到造型优美的厝角头桥塔，达到了斜拉桥力学与建筑美学的和谐统一。



该桥景观要求高、建设条件复杂。集团针对景观、抗风、抗震、防腐、防撞及车桥耦合、钢桁梁斜拉桥设计关键技术等开展了科研攻关，确定最优结构方案及关键技术参数，确保大桥安全可靠、经济耐久、技术先进、造型优美。





大桥的合龙吸引了国内知名媒体的广泛报道，进一步提升了项目影响力与集团知名度。

广东汕头牛田洋特大桥主桥成功合龙

中国新闻网 04.30 11:50 +关注

中新社汕头6月30日电 (郭军 吴小俊)6月30日，广东省重点民生基础设施项目汕头市牛田洋快速通道工程再传捷报，随着最后一节钢桁梁与两边钢桁梁精准连接，牛田洋特大桥主桥成功合龙，标志着牛田洋快速通道关键控制性节点顺利完成。牛田洋特大桥是目前粤东境内主塔最高、跨度最大的双塔双索面钢桁梁斜拉桥。

据悉，牛田洋快速通道工程由中铁南方投资集团牵头与广东联泰集团共同投资建设、中铁大桥局承建。该通道是连通汕头榕江南北两岸、完善粤东城市路网系统的快速通道，全长15.8公

（经济）广东汕头牛田洋特大桥主桥合龙

新华图片 2小时前 · 新华社图片新闻官方账号 关注

6月30日，广东汕头牛田洋特大桥主桥成功合龙。

牛田洋特大桥是牛田洋快速通道重要组成部分，主桥全长955米、主跨468米，两个水中主塔塔高均为182.9米，目前为粤东境内主塔最高、跨度最大的双塔双索面钢桁梁斜拉桥。大桥上层为双向8车道一级公路，下层为双线跨座式轨道交通。

合龙！粤东主塔最高！跨度最大！

ilove汕头 2022-06-30 20:20 · 广东

6月39日上午，省、市重大交通基础设施项目—— 牛田洋 快速通道工程再传捷报：随着最后一节钢 桁梁 与两边钢桁梁精准连接，牛田洋 特大桥 主桥成功合龙，标志着项目关键控制性节点顺利完成

汕头牛田洋特大桥主桥顺利合龙，建成后可辐射联动汕潮揭都市圈

羊城派 2022-06-30 29:33 广东 +关注

文、图/羊城晚报全媒体记者 赵映光 通讯员 施连飞

6月30日，省、市重大交通基础设施项目"牛田洋快速通道工程"再传捷报——当天上午10时08分，随着最后一节钢桁梁与两边钢桁梁精准连接，项目关键控制性节点牛田洋特大桥主桥成功合龙。

广东汕头牛田洋特大桥主桥合龙

光明网 2022-6-30 20:14 · 来自北京 · 光明网官方账号 已关注

6月30日，由中铁大桥局承建的广东汕头牛田洋特大桥主桥合龙（无人机照片）。

牛田洋特大桥是牛田洋快速通道重要组成部分，主桥全长955米、主跨468米，两个水中

在汉央企助力汕头牛田洋特大桥主桥成功合龙

中国日报网 · 来自 · 2022-6-30 18:40 · 来自北京 · 中国日报 关注

6月30日，随着最后一节钢桁梁与两边钢桁梁精准连接，牛田洋特大桥主桥成功合龙，标志着汕头市牛田洋快速通道关键控制性节点顺利完成。

环球网 2022-6-30 16:07 · 来自北京 · 环球网官方账号 关注

来源：视觉中国

2022年6月30日，由中铁大桥局承建的广东省重点民生基础设施项目——汕头市牛田洋快速通道工程再传捷报，随着最后一节钢桁梁与两边钢桁梁精准连接，牛田洋特大桥主桥成功合

广东汕头牛田洋特大桥主桥成功合龙

中国新闻网 5个小时前 · 中国新闻网官方账号 关注

中新社汕头6月30日电 (郭军 吴小俊)6月30日，广东省重点民生基础设施项目汕头市牛田洋快速通道工程再传捷报，随着最后一节钢桁梁与两边钢桁梁精准连接，牛田洋特大桥主桥成功合龙，标志着牛田洋快速通道关键控制性节点顺利完成。牛田洋特大桥是目前粤东境内主塔最高、跨度最大的双塔双索面钢桁梁斜拉桥。

人民日报 RENMIN RIBAO 人民网网址：http://www.people.com.cn

2022年7月 4 星期一 三月初五 小满

人民日报出版

国内统一连续出版物 CN 11-0065 代号：1 第23022期 今日24版

《习近平谈治国理政》第四卷在香港发行

香港，习近平主席的深情牵挂

共享中华民族伟大复兴的荣光

——论学习贯彻习近平主席在庆祝香港回归祖国25周年大会暨香港特别行政区第六届政府就职典礼上重要讲话

本报评论员

西藏自治区620多个边境小康村全部建成

雪域盛开格桑花

本报记者 宁 雅

奋进新征程 建功新时代·大美边疆

华润集团——

努力在融入新发展格局上展现更大作为

本报记者 李仕祯 张婷婷

中国品牌 中国故事

稳字当头，稳健运营

（报道者：段银龙）

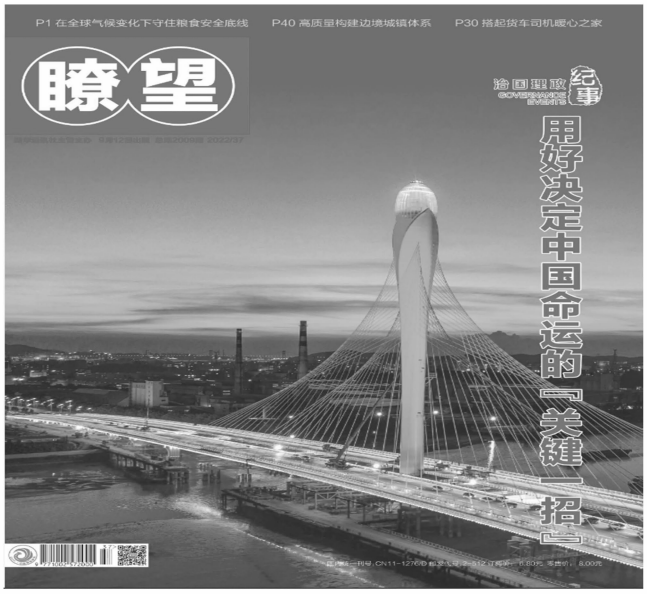
集团承担设计的东莞滨海湾大桥正式通车

6 月 30 日，由集团承担设计的东莞滨海湾大桥正式通车。滨海湾大桥是世界上首次采用“钢－钢壳混凝土组合混合塔”的斜拉桥，同时也是国内目前建成跨度最大、桥面最宽的独塔扭索面斜拉桥。

滨海湾新区地处珠江入海口，东邻深圳，北靠东莞长安、虎门和沙田三镇，西与广州南沙隔江相望，南朝伶仃洋，位于粤港澳大湾区“黄金内湾”重要节点，区域位置极为优越。滨海湾大桥处于新区景观长廊中心，是粤港澳大湾区的标志性景观桥梁。

大桥景观设计灵感来源于东莞市花玉兰花，对玉兰花含苞待放之时的叶片纹理进行抽象与重构，重新组合演绎优美的曲线。当夜幕低垂，桥塔化作海岸明亮的灯塔，守护着安详的港湾，召唤着八方来客。本项目通过国际首创的“钢－钢壳混凝土组合混合塔”的全新结构理念以及建筑语言函数化表达，建筑形态结构化呈现，异形钢结构 BIM 正向设计、计算、智能化制造、装配化架设等一系列开拓性、创新性工作，使得大桥建设突破常规设计、施工方法的思路，推动和引领了桥塔工业化建造技术的发展，具有显著的创新与引领示范效应。

该桥的通车获得了各方的高度关注。中央及地方媒体均对此进行了报道。



“丝路玉兰”飞架，东莞向海而生。滨海湾大桥的通车，进一步强化了东莞滨海湾新区的交通区位优势，加快助推粤港澳大湾区的建设和发展。

（本期供稿：第五设计院）

集团与广东省公路学会联合主办的“基于 UHPC 薄层加固既有桥梁的新技术”现场交流会顺利召开

8 月 30 日，由广东省交通运输厅指导，集团与广东省公路学会、广东省建筑工程集团有限公司、广东省建筑工程机械施工有限公司等单位共同主办的"基于 UHPC 薄层加固既有桥梁的新技术"现场交流会在肇庆顺利召开。交流会以技术讲座结合现场观摩的方式进行。省交通运输厅副厅长贾绍明，省公路学会专家委员会主任陈冠雄、理事长洪显诚以及省内公路行业专家代表共 80 余人参加了本次会议。集团总工程师孙向东，副总工程师万志勇、王景奇参加了会议。集团桥梁专业分委会共组织了 15 人随同参会。

本次会议的背景项目为集团承担的“广东省 2021 年农村公路桥梁安全保障整治工程”。该项目是广东省“十件民生实事”工程之一，也是省政府督办的重点项目。其中 WQGZ02 标段由集团与广东省建筑工程集团有限公司组成的联合体承担，涉及清远、韶关、云浮、肇庆 4 市，共计 154 座桥梁。

本项目具有地点分散、交通不便、旧桥技术状况参差不齐、资料欠缺、设计施工难度大等特点。为确保高质量完成勘察设计任务，集团李江山董事长、黄湛军总经理高度重视，安排孙向东总工程师以及万志勇、王景奇两名副总工程师与养护设计院、第二设计院、第三设计院、第四设计院、第五设计院、岩土勘察院的技术骨干组成联合项目组，会同总包单位因桥施策，逐桥提出针对性的处治方案，对其中的 26 座桥创新采用了超高性能混凝土（UHPC）分节段预制主梁，对肇庆市高要区沙尾桥创新采用了 UHPC 薄层加固。

技术交流会上，集团副总工程师万志勇作了题为“肇庆市沙尾桥 T 梁 UHPC 加固设计”的报告，对沙尾桥的概况、加固方案分析比选、UHPC 加固设计及施工技术要点、加固前后检测情况、技术应用展望等方面进行了介绍；项目科研单位广东工业大学的贺绍华副教授作了题为“基于 UHPC 薄层的既有桥梁加固关键技术”的报告；施工单位代表中路杜拉总工程师田月强作了题为“肇庆市高要区 Y013 线沙尾桥超高性能混凝土加固应用介绍”的报告。

UHPC 是一种高强、高韧、耐久性好且符合国家“双碳”战略可持续发展的新材料，其力学性能和耐久性能远超普通混凝土，在工程结构修复领域具有极其广泛的应用前景。集团结合沙尾桥的特点，创新应用了 UHPC 薄层加固既有 T 梁，并与高校联合开展相关科研工作，初步得到了 UHPC 与 NC 结合应用的受力机理及设计、施工要点。集团此次与省公路学会联合开展的技术交流会，促进了省内公路行业各领域技术人员对该项新技术的认识，有力推动了此项新技术的发展，践行了集团“至诚至善，求实创新”的核心价值观。

贾绍明副厅长还来到沙尾桥施工现场，与参会代表们一起对项目进行了查看和研讨。

本次交流会的相关成果得到了省交通运输厅贾绍明副厅长、省公路学会专家委员会陈冠雄主任以及与会代表的充分认可。广东广播电视台的广东经济科教频道对本次会议进行了报道。

此外，结合农村公路运输条件较差、大型机械及常规混凝土预制梁进场困难等特点，本项目还对其中 26 座桥梁采用了超高性能混凝土（UHPC）分节段预制梁的建设方案，涵盖 13 m、16 m、18 m、20 m 四种跨径和 6.5 m、7.5 m、8.5 m 三种桥宽。主梁设计主要依据了广东省公路学会发布的由集团孙向东总工程师主编的《无腹筋预应力超高性能混凝土梁桥技术规范》团体标准。

（供稿：桥梁专业分委会）

集团参与编制的《粤港深度合作园(庆盛枢纽区块)规划深化》荣获首届大湾区规划大奖

近日,由香港规划师学会主办的大湾区规划大奖 2022(The HONG KONG INSTITUTE OF PLANNERS GREATER BAY AREA PLANNING AWARDS 2022)获奖名单公布。集团联合广州南沙开发区规划研究中心、广东省城乡规划设计研究院有限责任公司等单位编制的《粤港深度合作园(庆盛枢纽区块)规划深化 - 湾区的边界:粤 · 港社区合作与创新》项目在大湾区 200 余个参赛项目中脱颖而出,荣获入选奖。

入选奖(排名不分先后)(11 项)

序号	得奖作品	得奖者
1	湾区枢纽型网络城市的一体化规划导控探索—广州市站城融合高质量发展规划	广东省建筑设计研究院有限公司
2	广州市开发强度管控体系构建及分区划定	广州市城市规划勘测设计研究院
3	广东省城镇老旧小区改造系列规划—让老旧社区重焕新生	广东省城乡规划设计研究院有限责任公司
4	河套深港科技创新合作区深圳园区统筹规划实施方案	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司、深圳深港科技创新合作区发展有限公司
5	粤港深度合作园(庆盛枢纽区块)规划深化—湾区的边界:粤·港社区合作与创新	广州南沙开发区规划研究中心、广东省城乡规划设计研究院有限责任公司、艾奕康设计与咨询(深圳)有限公司 广州分公司、史基摩欧文美尔(上海)建筑设计事务所有限公司、广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司、吕元祥建筑师事务所
6	面向粤港澳大湾区协同发展的广州大都市区规划	广州市城市规划勘测设计研究院
7	粤港澳大湾区战略格局下的深圳对外综合交通规划	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司
8	深圳市沙井古墟历史风貌区保护与更新规划研究	深圳市新城市规划建筑设计股份有限公司
9	粤港澳三地文化交流合作的新探索—广东省粤港澳大湾区文化遗产游径规划研究	广东省城乡规划设计研究院有限责任公司、广东省文物考古研究院
10	国家铁路机场东枢纽规划研究	深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国城市规划设计研究院
11	澳门新城A区规划调整优化及城市设计指引研究专案	香港华艺设计顾问(澳门)有限公司

在香港特别行政区成立 25 周年之际,香港规划师学会举办了首届大湾区规划大奖评选,旨在对推动大湾区发展的杰出规划项目进行表彰,以加强城市之间的合作,促进大湾区同业之间的交流,鼓励大湾区的规划师们追求卓越、精益求精。大湾区规划大奖每两年评选一次。

■ 项目介绍

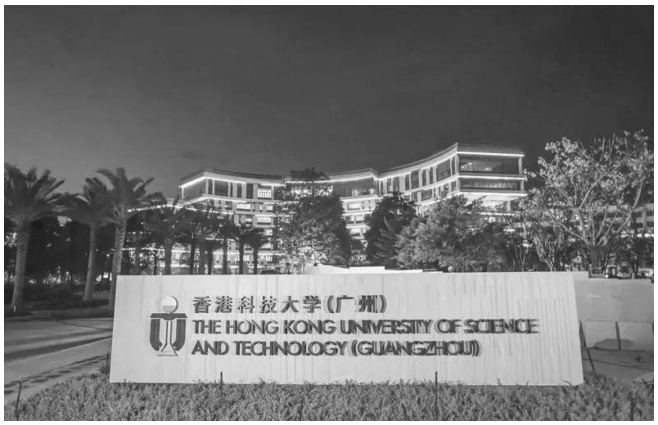
2022 年 6 月,国务院印发了《广州南沙深化面向世界的粤港澳全面合作总体方案》,提出南沙要加快建设高质量城市发展标杆,加强城市规划建设领域合作,将南沙打造成为香港、澳门更好融入国家发展大局的重要载体和有力支撑。

南沙粤港深度合作园(庆盛枢纽区块)的规划建设是南沙迈向高质量城市发展标杆的重要一步。首期以 163 公顷的港式社区作为启动区,利用“南沙土地”+“香港经验”,汇聚粤港两地规划标准优势,以“人本”原则营造“港人熟悉、国际一流”的城市空间。社区规划了港人子弟学校、境外来粤居民办事中心、粤港澳双创产业园等多个港澳元素项目,让来此创业的香港青年能够安居乐业。

在交通方面，秉持“高效交通、低碳交通、活力交通”三大理念，统筹考虑区域交通衔接、品质景观塑造、生活氛围营造等因素，高标准规划综合交通体系，借鉴香港经验，打造小窄密路系统，创新采用窄退线、弹性车道等做法，构建交通、门户和生活功能互相配合的街道，融入香港特色的街道生活，营造富有活力的高品质出行环境。

■ 规划实施情况

规划成果已获广州市政府（委托南沙区人民政府）批复同意，建设工作正在如火如荼地开展中。其中，香港科技大学（广州）、广州南沙民心港人子弟学校已于今年 9 月 1 日开学，标志着粤港在高等教育和科研两方面的合作拥有了新平台，同时也为港式社区打造了港人宜业宜居的核心。



香港科技大学（广州）

广州南沙民心港人子弟学校

（报道者：曾栋鸿）

琴弦起，如意至

——集团承担设计的韶关市乳源洲街桥建成通车

8 月 22 日，由集团第一设计院负责设计的如意竖琴式钢斜塔混合梁斜拉桥——韶关市乳源洲街桥顺利建成通车。洲街桥位于韶关市乳源瑶族自治县政府附近，横跨乳城镇南水河，连接两岸的河南路及环城西路，是两岸民众往来的主要通道之一，也是南水河一河两岸景观长廊的重要组成部分。

洲街桥采用独塔单索面斜拉桥结构体系，塔梁墩固结，两侧桥台处设支座，主塔采用如意竖琴式钢斜塔。大桥主跨 68 m，采用钢箱梁；边跨 24 m，采用混凝土箱梁，桥梁总宽 21 m，双向四车道通行，两侧各设 2 m 宽人行道。

洲街桥景观设计要素取自中华传统文化中竖琴与如意的造型，寓意琴声萦绕、吉祥如意，代表着乳源民众对美好生活的向往。斜向曲线形钢主塔与斜拉索设计融于桥梁整体的竖琴状景观中，塔顶的如意造型和背索的设置似雄鹰展翅、扶摇而上，将斜拉桥特有的力线美与如意竖琴的优雅特质巧妙结合，使现代桥梁结构与中华传统文化有机相融。

人行道栏杆设计积极吸纳乳源当地的瑶族文化，采用白色花岗岩石栏杆，雕刻乳源国家级非物质文化遗产瑶族刺绣常用的吉祥八角星图案。洲街桥的建成通车得到了韶关当地政府和社会各界的广泛关注，桥梁的别致造型也获得了当地民众的一致喜爱。

“琴弦起，如意至。”洲街桥的建成通车，极大地方便了南水河两岸居民的日常出行，为乳源人民的美好生活添砖加瓦，也成为了当地又一道亮丽的风景线。

（报道者：魏文龙）

超高性能混凝土桥梁关键技术研究和工程实践

孙向东[1],曾冠锋[1],徐东进[1],王　雷[1],田月强[2],谭卜豪[1]
(1. 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广州 510507;2. 中路杜拉国际工程股份有限公司, 广州 510627)

摘　要: 超高性能混凝土(UHPC) 具有超高的强度、韧性和耐久性,可显著提升跨越能力并具有全寿命周期良好的经济性,符合工业化发展趋势。结合国内外研究和标准规范发展,通过大量试验和工程实践,系统分析无腹筋 UHPC 梁的技术优势,并深入探讨概念设计、材料参数取值、设计方法、施工工艺、结构选型和造价等关键技术问题;相关成果已形成标准规范。

关键词: 超高性能混凝土; 无腹筋梁;概念设计;设计方法;工业化

0　引 言

超高性能混凝土(Ultra - High Performance Concrete,简称 UHPC),其基体根据最大堆积密度理论 DSP(Densified System with ultra - fine Particles)[1]设计,即毫米级颗粒(石英砂)、微米级颗粒(水泥),亚微米级颗粒(硅灰)形成紧密堆积 ,掺入钢纤维或聚合物纤维,展示出超高的强度、韧性和耐久性,成为实现水泥基材料性能跨越的新体系。

在传统混凝土砂石资源日渐匮乏的背景下,混凝土行业也往着低碳、高效、智能化的方向发展。UHPC 用于桥梁可使结构轻质高强、经济耐久,符合交通强国高品质发展要求;作为理想的绿色结构材料,利于贯彻双碳目标部署;近年来,UHPC 成为行业研究和应用的热点。

国外 UHPC 研究始于 1979 年的丹麦;而我国则始于上世纪末,如今是水泥基材料中工程应用、创新、产业发展最活跃的领域,图 1 为近期 UHPC 相关研究的项目数量。

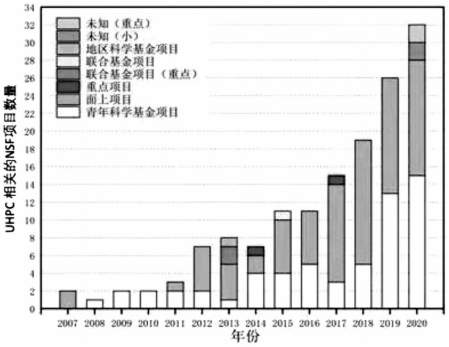


图 1　UHPC 相关研究项目数量

1　UHPC 在桥梁工程上应用概况

自 UHPC 提出后,在桥梁、建筑、市政、海洋等工程领域均有应用,其中桥梁工程中应用最为广泛[2,3]。UHPC 已应用于梁桥结构、拱桥主拱、斜拉桥桥面板、桥梁拼接与旧桥加固等多个方面。马来西亚、美国、加拿大、中国、日本等国家均有 70 座以上桥梁采用 UHPC 材料,其中仅马来西亚一国建造 UHPC 桥梁超 150 座,绝大多数桥梁主梁材料为 UHPC。在加拿大和美国 UHPC 多数用于桥面板接缝等局部构造,约有 350 座;同时 UHPC 材料应用到主梁的约有 25 座。在中国,UHPC 材料已应用于约 80 座桥上,其中约 30 多座桥采用 UHPC 作为主梁材料。

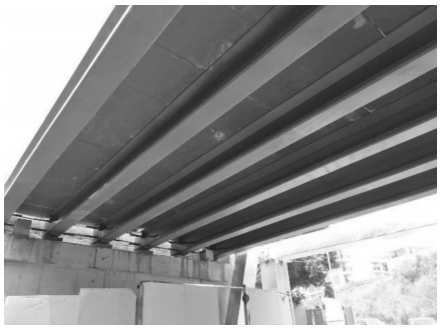


图 2　广州北环高速沙贝立交 F 匝道桥

图 3　广东省农村公路改造项目 UHPC - RC 梁

表 1 为国内部分 UHPC 应用的桥梁实例统计，从 2019 年开始，得益于建设单位及地方政府的资助与支持，以及工程项目的实际需求，UHPC 材料在桥梁主体结构的应用实例快速增长，其中无腹筋 UHPC－RC 梁因其经济性突出，标准化和工业化程度高，广泛应用于高速公路、天桥及农村桥改造等工程中。

表 1　部分 UHPC 桥梁实例统计

序号	桥梁名称	年份	结构形式
1	滦柏干渠大桥	2006	20 m 简支 UHPC 梁（T 梁）
2	肇庆马房大桥	2011	64 m 简支钢混组合梁 STC 轻型桥面板
3	福州大学旗山校区拱桥	2015	10 m UHPC 景观拱桥
4	北辰三角洲横四路跨街天桥	2016	36.8 m 跨，宽 6.5 m UHPC 天桥
5	磨石大桥	2016	主跨 518 m 钢箱梁斜拉桥 STC 组合桥面板
6	岳阳洞庭湖二桥	2017	主跨 1 480 m 钢桁梁悬索桥 STC 组合桥面板
7	北环高速沙贝立交 F 匝道桥	2018	16 m 无腹筋 UHPC－RC 梁（工字型梁）
8	高恩高速车行刚架拱桥	2019	58 m UHPC 装配式刚架拱桥
9	清远市三洲坝桥	2019	30 m 钢－UHPC－NC 组合梁桥（双工字型梁）
10	惠清高速麻埔停车区跨线桥	2020	4＊25 m 钢－UHPC 组合连续梁桥（π 梁）
11	芙蓉大道人行天桥	2020	25～35 m 简支 π 梁、36 m 简支 U 形梁
12	南京长江第五大桥	2020	60 0m 三塔斜拉桥桥面板体系
13	英德北江四桥	2021	102 m UHPC 简支箱梁
14	中江高速火炬东服务区主线三号桥	2021	30、35 m 无腹筋 UHPC－RC 梁（U 型梁）
15	广东 2021 年农村公路桥梁	2021	13、16、20 m 无腹筋 UHPC－RC 梁（I 型梁）
16	上海市青浦区崧泽高架桥	2022	30 m UHPC－RC 梁（U 型梁）

2　UHPC 规范与标准发展概况

随着 UHPC 在桥梁工程应用实例的增加，各国相继制定系列的技术规范或标准，表 2 中统计了部分国内外技术规范与标准的制定情况。国外规范编制时间较早，体系较为完备。法国和日本均已制订发布相应的 UHPFRC 的设计施工指南，其中法国 UHPFRC 结构设计规范 NF P 18－710[4] 基于《欧洲混凝土结构设计规范》EN－1992－1－1 修改编制而成，并辅以 UHPFRC 材料技术规范[5] 和 UHPFRC 结构施工规程，研究成果较为全面。各国在编制行业和团体标准时，均在一定程度上参考法国规范。由于可靠度水平、荷载标准、材料性能和计算方法等不尽相同，这些国外规范无法直接应用到我国的 UHPC 桥梁设计施工中。

表 2　国内外部分 UHPC 标准规范统计

国别	名称	年份	状态
澳大利亚	RPC 预应力混凝土梁设计指南	2000	正式出版
日本	超高性能纤维增混凝土（UHPFRC）结构设计与施工指南（草案）	2004	正式出版
美国	UHPC 华夫饼设计指南	2013	正式出版
	超高性能混凝土试件的制造和试验的标准实施规程	2017	正式出版
瑞士	UHPFRC：建筑材料、设计与应用	2014	正式出版
法国	超高性能纤维增强混凝土：规范、性能、生产和合格评定（NF P 18－470）	2016	正式出版
	超高性能纤维增强混凝土结构设计规范（NF P 18－710）	2016	正式出版
	超高性能纤维混凝土结构施工规范（NFP8－451）	2018	正式出版
中国	活性粉末混凝土（GB/T 31387－2015）	2015	正式出版
	活性粉末混凝土结构技术规程（湖南省地标）	2017	正式出版
	超高性能混凝土桥梁设计与施工技术规程（福建省地标）	2017	征求意见稿
	超高性能混凝土基本性能与试验方法	2019	正式出版
	超高性能混凝土结构设计技术规程	2020	征求意见稿
	无腹筋预应力超高性能混凝土梁桥技术规范（广东省团标）	2021	正式出版
	无腹筋预应力超高性能混凝土梁桥技术规范	2021	正式出版
	高性能混凝土梁式桥技术规程（CCES）	2022.01	正式出版
	公路桥涵超高性能混凝土应用规范	2022	报批稿
	超高性能混凝土结构设计规程（CCPA）	2022.07	正式出版

总体而言,目前国内规范体系中材料方面已基本完备,设计、施工、验收等国标、行标在进一步发展完善,但材料与结构设计规范间仍存在匹配性欠佳的问题,未形成材料、设计、施工、验收统一的系列规范。

UHPC 团体标准发展迅速,其中 UHPC 材料近几年在广东省交通建设领域的推广应用有较大进展,通过总结、归纳最新技术成果,广东省公路学会颁布《无腹筋预应力超高性能混凝土梁桥技术规范》(T/GDHS003 - 2021)[6](下称无腹筋 UHPC 梁桥规范),其规范框架沿袭了国标公路桥涵混凝土规范 JTG 3362 - 2018[7](下称为桥涵混凝土规范),借鉴发展了法国规范中相关 UHPC 理论,并根据自身试验研究和国内最新科研成果总结提升,较好地补充和完善现有标准体系,系统提出无腹筋 UHPC - RC 梁桥结构,包括材料、设计、施工和验收全过程,利于无腹筋预应力 UHPC 梁桥推广和应用。

3　UHPC - RC 梁桥创新应用与关键技术

3.1　UHPC - RC 梁桥概念设计

主梁采用 UHPC,桥面板采用 RC 普通钢筋混凝土的结构称为 UHPC - RC 梁桥。基于结构分阶段受力和施工,能充分发挥 UHPC 和 RC 材料力学和工艺特性,即受力较大的主梁采用 UHPC,受力较小的桥面板采用 RC;施工较严格的 UHPC 主梁采用工厂化制造,施工较简单的 RC 桥面板采用现场施工。

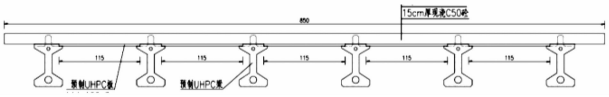


图 4　UHPC - RC 梁桥

钢纤维显著增强 UHPC 材料抗拉强度,使基体本身具备弯剪韧性[8]。充分利用 UHPC 超高抗拉强度对于抗剪承载能力的贡献,可不配置箍筋和弯起钢筋等腹筋。充分利用 UHPC 超高抗压强度,可显著减小结构构造尺寸;压应力上限低于 $0.6 f_{cuk}$,不必考虑疲劳问题;高强钢绞线和 UHPC 具有性良的适配性,综合考虑 UHPC 材料韧性,可以取消抗弯普通钢筋。通过设置预应力,控制拉应力水平,无需考虑抗裂问题。

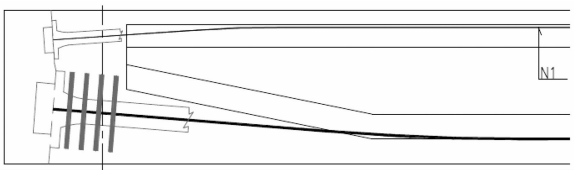


图 5　无腹筋和纵向钢筋 UHPC 梁

UHPC - RC 梁较普通混凝土梁自重减少 40% 左右,其轻量化利于实现工业化制造。上部结构恒载作用减小可以优化下部结构,提高抗震性能,实现上下部结构综合经济性和竞争能力。

3.2　基于安全和经济的材料参数合理取值

3.2.1　材料强度

为保证可靠度一致,无腹筋 UHPC 梁桥规范中立方体抗压强度 f_{cuk} 可靠度水平采用与桥涵混凝土规范保持一致。抗压标准设计强度 f_{ck} 可由 f_{cuk} 解析式获得,在建议抗压试验的同时,实现 f_{cuk} 单参数引领。

$$f_{ck} = 0.704 f_{cuk} \tag{1}$$

桥规中轴心抗拉强度标准值采用解析式,即:

$$f_{tk} = 0.88 \times 0.395 f_{cu,k}^{0.55} (1 - 1.645 \delta_{f150})^{0.45} \tag{2}$$

应用到 UHPC 上时,其计算结果与试验值相差较大,以 UHPC150 为例,解析值约为 5 MPa,而 UHPC 实际抗拉值 7 MPa 以上,两者相差较大。f_{tk} 宜采用受力机理相似、实验值稳定的四点弯折试验获得。材料分项系数应根据可靠性和工程经验合理确定,为保证与桥涵混凝土规范可靠度一致,无腹筋 UHPC 梁桥规范取 1.45;同时材料强度比欧洲规范安全冗余略大,可靠度水平基本一致。f_{cuk} 最小强度取值宜采用 130 MPa,利于实现结果安全性和经济性之间的均衡,增强 UHPC 结果竞争能力。

3.2.2　纤维取向系数

纤维取向系数指的是纤维混凝土结构中纤维实际沿某一特定方向的取值系数,即在模制试件(假设满足空间随机分布)得到力学性能特征值与在结构上切割制备试件(实际分布情况)得到的力学性能特征值的比值。

进行弯、剪、扭验算时一般采用整体纤维取向系数 1.25，进行局部分析时一般采用局部纤维取向系数 1.75。纤维取向系数的取值应综合考虑施工工艺的影响，取值应与工程实际密切相关，工业化制造有利于参数的稳定。UHPC 工程发展初期应强化该参数的试验验证，切实保证结构安全。

3.2.3　收缩参数取值

UHPC 收缩可分为三类，塑性收缩、干燥收缩和自生收缩。表 3 为和表 4 为 UHPC 初凝后不同时间的收缩率检测结果。

表 3　初凝后 72 h 早龄期收缩率检测结果

样品标号	收缩率 $\times 10^{-6}$				
	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h
UHPC100	650	654	669	684	711
UHPC130	622	698	640	699	741

表 4　72 h 后 28 d 收缩率检测结果

样品标号	28 d 收缩率 $\times 10^{-6}$	
	设计值	实测值
UHPC100	<250	237
UHPC130（无碎石）	<250	285
UHPC130（碎石）	<250	266

由上述试验数据分析可知，UHPC 初凝后，因水灰比较小（约 0.18），分子间的水已基本全部水化，以自生收缩为主；同时早期收缩较大，初凝后 24 h 超过总收缩量的 60%，故早期的抗拉强度应大于收缩应力，防止混凝土产生早期裂缝。后期收缩徐变较小，有效避免了传统混凝土梁桥由于混凝土收缩徐变引起的一系列问题，改善整体结构受力性能。目前规范收缩系数基本为 72 h 后收缩值，早期较大的收缩值因受非接触试验方法及精度限制，尚未精确和充分考虑；基于围观结构的收缩机理也需进一步的深入研究。

3.3　承载能力极限状态设计方法

3.3.1　抗弯承载能力分析

（1）抗弯设计方法

抗弯设计可采用传统截面内力平衡法宏观计算，或应力－应变本构关系法精确计算。

UHPC 中掺入的钢纤维使其具备较高的抗拉强度，改善了梁体受力，但其可提供的抗弯承载力贡献较小，不足 5%，采用内力平衡法计算时可忽略不计。欧洲规范与中国规范采用材料设计值本构方程，美国规范采用材料标准值本构方程，采用标准值本构满足力学平衡关系，相对更为准确。UHPC－RC 梁桥分阶段形成截面和参与受力，宜采用或应力－应变本构关系计算方法。

UHPC 材料的本构关系受材料配合比的影响较大，工程应用时建议在条件允许的情况下尽量采用实际材料的本构关系进行计算，与理想本构关系（双折线模型）进行对比，合理选用[10]。

（2）最小配筋率要求

无腹筋预应力超高性能混凝土受弯构件最小配筋率应满足以下要求：

$$\frac{M_{ud}}{M_{cr}} \geqslant 1.0 \tag{3}$$

$$M_{cr} = (\sigma_{pc} + 0.7\gamma f_{tk})W_0 \tag{4}$$

其中 $M_{cr} < M_{ud}$ 时用作保证结构不会发生脆性破坏的指标，即防止开裂前破坏。不同跨径足尺模型试验揭示，无腹筋预应力超高性能混凝土受弯破坏过程中，弯曲裂纹不断出现并向上延伸，裂纹数量众多且分布较均匀，试验梁延性性能较好，即出现裂缝后持荷能力大，裂缝和挠度变形非常明显。

图 6　30 m UHPC－RC 梁四点弯折抗弯承载能力试验

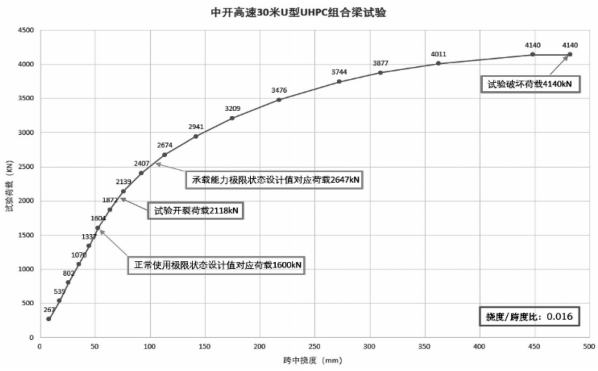


图 7　30 m UHPC－RC 梁四点弯折抗弯承载能力试验曲线

3.3.2　抗剪承载能力分析

传统混凝土梁的抗剪承载能力主要依靠混凝土、纵筋和箍筋形成空间桁架共同承担剪力,结构抗剪性能和剪切延性主要由箍筋贡献。而在 UHPC 梁中,预压应力和 UHPC 抗拉性能成为结构抗剪和剪切延性的主要贡献因素。迄今,尚无成熟 UHPC 梁抗剪设计理论,极限平衡理论、塑性理论、桁架模型、桁架拱理论、压力场理论等不断发展和演化;部分学者基于实验结果提出经验公式,但缺乏明确物理意义,且样本数量有限。总体而言,修正压力场理论较为保守;极限平衡理论与实验值较为接近。UHPC 基体、纤维、腹筋和预应力抗剪能力分项叠加思想被广泛采纳,并体现在各国规范。

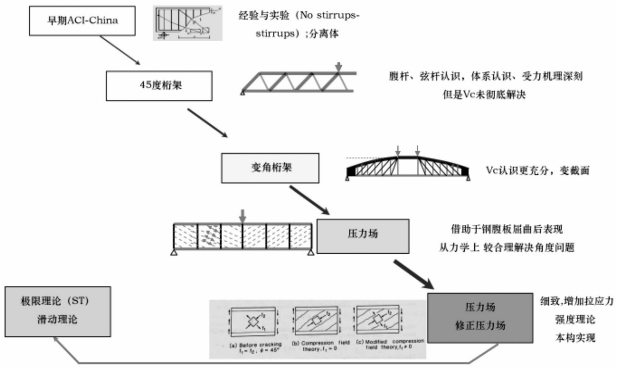


图 8　抗剪理论的历史发展

无腹筋 UHPC 规范中采用桁架模型多项和的形式:

$$V_u = V_c + V_f + V_p \tag{5}$$

$$V_f = \frac{Af_v\sigma_f}{\tan\theta} \tag{6}$$

经过对多片预应力无腹筋 UHPC 梁的试验分析可知,预应力无腹筋 UHPC 梁的抗剪承载力组成:V_c 占总比例约 15% ~20%,V_f 占总比例约为 75% ~80%。预应力无腹筋 UHPC - RC 组合梁顶缘尺寸、底缘尺寸较大,同时顶、底缘配有一定数量的预应力钢束,初步的计算结果表明,尺寸较大的顶、底缘可以提供至少 30% 以上的抗剪贡献,计算中无考虑该部分作用,富余度较大。试验揭示 UHPC 梁抗剪承载力冗余较实验值 V_u 为设计值 V_d 的 2.7 倍。

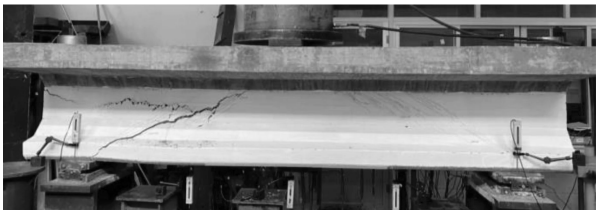


图 9　8 m UHPC - RC 梁抗剪承载能力试验

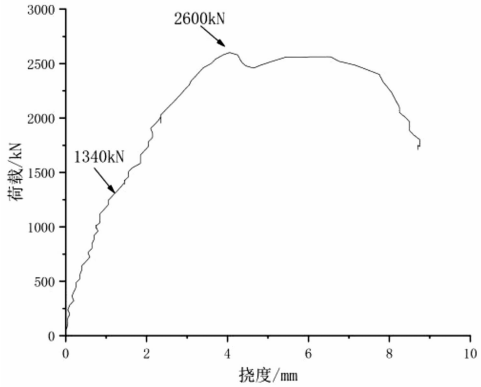


图 10　8 m UHPC - RC 梁抗剪承载能力试验曲线

3.4　正常使用极限状态设计方法

3.4.1　抗裂验算

无腹筋预应力超高性能混凝土构件应进行正截面和斜截面抗裂验算。正截面拉应力与斜截面主拉应力限值与桥涵混凝土规范中要求保持一致。即:

全预应力超高性能混凝土构件的非接缝截面,在作用效应频遇组合下正应力:

$$\sigma_{st} - 0.85\,\sigma_{pc} \leqslant 0 \tag{7}$$

全预应力超高性能混凝土构件的非接缝位置,在作用效应频遇组合下主拉应力:

$$\sigma_{tp} \leqslant 0.6\,f_{tk} \tag{8}$$

钢纤显著提高 UHPC 抗裂性能[11],UHPC 梁抗裂验算与 PC 梁保持相同限值,安全冗余加大,UHPC 开裂验算合理限值应进一步深入研究,并力争实现承载能力极限状态和正常使用极限状态设计的协调性。

3.4.2　挠度验算

挠度计算敏感参数为弹性模量、惯性矩和挠度长期影响系数。

通过对工程常用的 UHPC150 与普通混凝土 C50 弹性模量对比分析可知,弹性模量增加 26%,UHPC 梁的惯性矩比普通混凝土梁有所减小。对

比不同跨径 UHPC 结构和 PC 空心板、小箱梁和 T 梁,跨径从小到大,全桥刚度比约为 0.72 ~ 1.28。UHPC 梁长期变形较小,广州北环高速沙贝立交 F 匝道桥采用 16 m UHPC - RC 简支 I 型梁,对通车前后对长期挠度变形和汽车荷载竖向挠度变形进行监测,结果如表 5 所示:

表 5　跨中竖向挠度监测结果

梁号	修正后挠度/mm
1#	-0.35
2#	-0.2
3#	-0.5
4#	0.45
5#	0.1
6#	-0.35

由上表中可知,垂直挠度位移量最大为 0.5 mm,长期挠度位移值在较小范围内变化。结合试验研究和工程实践,UHPC - RC 梁桥挠度限制与桥涵混凝土规范保持一致。

3.5　关键施工工艺

纤维分布敏感性、构造尺寸精细性、早期收缩较大的易裂性要求超高性能混凝土梁桥建造应采用标准化设计和工厂化制造。工厂化制造可通过数字化布料、智能化搅拌、自动化震动、自动化运输和智能化养护等实现。

中小跨径预应力 UHPC 梁施工工法有从后张法向先张法发展趋势,以下为两种工法的比较技术比较。

表 6　后张法与先张法比较

施工方法	后张法	先张法
材料用量	用量多	用量少
构造要求	梁段截面增大,以满足锚固构造要求	无锚固构造要求
施工难度	工艺复杂	工艺简单,质量稳定
锚具用量	锚具用量多	取消锚具
受力性能	局部受力不均匀,握裹性受灌浆质量影响大	受力均匀,握裹性好
施工效率	不利于批量生产	便于批量生产
经济性	欠佳	较好
适用范围	35 m 以上节段预制拼装施工	35 m 以下绝大多数桥梁

3.6　结构选型与造价对比

UHPC - RC 梁梁体宜采用标准化设计、工程化制造,运输至现场安装。不同跨径基本的结构选型见表 7。

表 7　跨径与断面形式匹配关系

跨径	断面形式
$L \leqslant 10$ m	无腹筋 π 型梁
$10 < L \leqslant 20$	无腹筋 I 型梁
$20 < L \leqslant 30$	无腹筋 T 型梁
$L > 30$ m	无腹筋 U 型梁

不同跨径的无腹筋预应力 UHPC - RC 对应竞争结构经济对比见表 8。

无腹筋预应力 UHPC - RC 梁桥上部结构材料用量显著减少,无腹筋设计既减少钢筋数量,又简化施工,利用钢纤维均匀分散,提升结构性能;上部结构自重减轻后,下部结构材料用量相应减少。总体而言,UHPC - RC 梁桥建设成本与传统混凝土桥梁的造价基本相当;同时,无腹筋预应力超高性能混凝土梁桥,病害少,耐久性好,养护维修费用也大大低,全寿命周期成本比传统混凝土梁更低。同时 UHPC - RC 梁桥节能减排效果显著,30 m UHPC - RC 梁碳排放量较同等钢混组合梁碳排放量减少了 56%,形成综合性能竞争优势。

表 8　经济性对比

跨径/m	UHPC－工字梁/空心板	UHPC－I 型梁/小箱梁	UHPC－工型梁/小箱梁	UHPC－T 型梁/小箱梁	UHPC－U 型梁/小箱梁	UHPC－U 型梁/钢混组合梁
16	1.01					
20		1.02	1.04			
25			1.05			
30			1.05	1.1	1.12	
35					1.12	
40					1.11	
45						0.85
50						0.83
60						0.82

4　工程实践

4.1　构造和预应力布置

广东某农村公路改造工程采用 20 m 无腹筋 UHPC－RC 组合梁,梁高 0.7 m,梁顶宽 0.4 m,底宽 0.4 m,墩顶腹板厚 0.4 m,跨中腹板厚 0.1 m。墩顶设置横隔板,厚度为 0.2 m。UHPC 方量每片边梁为 3.26 m^3,中梁为 3.23 m^3,吊装重量约为 84 kN。UHPC 梁内未配置任何纵向钢筋及箍筋,仅在上下缘各配置一束规格分别为 1ϕs15. 2 和 19ϕs15. 2 的 1 860 MPa 有粘结预应力钢绞线。梁片间铺设 3 cm 厚 UHPC 板,以此为底模现浇 18～24 cm 厚 C50 桥面板。

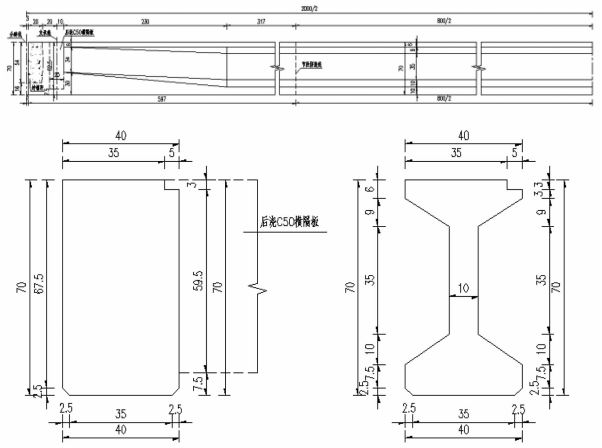


图 10　20 m UHPC－RC 一般构造

4.2　结构计算分析

抗弯承载能力计算见表 9:

表 9　抗弯承载力验算结果

	接缝截面/(kN·m)	非接缝截面/(kN·m)
基本组合内力	1 500	1 732
抗弯承载能力	2 368	2 659
能力需求比	1.58	1.43
开裂弯矩	2 243	2 624
极限承载力与开裂弯矩比值	1.06	1.01

由上表可知,结构延性破坏成为设计控制条件。将 UHPC－RC 梁与同等跨径小箱梁、T 梁抗弯承载力对比分析可知,UHPC－RC 梁的抗弯承载力可靠度与同等跨径小箱梁、T 梁相当。

表 10　抗弯承载力可靠度比较

项目	小箱梁/(kN·m)	T 梁/(kN·m)	UHPC 梁/(kN·m)
恒载	1 912	1 617	508
活载	1 367	1 322	675
基本组合	4 208	3 792	1 555
承载能力	6 400	5 521	2 368
需求比	1.52	1.46	1.52

分别采用无腹筋 UHPC 梁桥规范和 UHPC 行标(报批稿)对抗剪不利截面进行验算,均可满足相关规范要求。将 UHPC 梁与同等跨径小箱梁、T 梁抗剪承载力对比分析可知, UHPC－RC 梁的抗剪承载力可靠度与同等跨径小箱梁、T 梁基本相当。

表 11　抗剪承载力验算结果（单位:kN）

项目	距支点 h/2 处		腹板变化处	
	团体标准	行业标准	团体标准	行业标准
基体抗剪 V_c	518	683	160	130
纤维抗剪 V_f	778	760	337	190
预应力弯起剪 V_p	195	195	195	195
合计	1 491	1 638	692	515
承载力需求	411		335	

表 12　抗剪承载力可靠度比较（单位:kN）

项目	距支点 h/2 处			腹板变化处		
	小箱梁	T 梁	UHPC 梁	小箱梁	T 梁	UHPC 梁
恒载	368	312	105	302	214	91
活载	317	315	161	287	264	148
基本组合	885	815	351	764	626	316
承载能力	2 622	1 928	1 366	2 235	1 461	692
需求比	2. 96	2. 36	3. 89	2. 93	2. 33	2. 19

使用阶段频遇组合 UHPC 梁的正截面应力结果如下所示,截面约有 11 MPa 左右的压应力储备。主拉应力仅为 0. 3 MPa。

表 13　频遇组合 UHPC 梁正截面应力（单位:MPa）

接缝截面	非接缝截面
12. 8	11. 0

由上述结果分析可知,UHPC - RC 梁抗弯、抗剪承载力、抗裂验算均符合规范要求,与同等跨径小箱梁、T 梁可靠度相当。

无腹筋 UHPC 梁桥规范已经指导 30 多个项目成功实施,取得较好经济效益和社会效益。

图 11　潮州市下铺径口桥

5　结论

(1)UHPC 微观结构特征与水化硬化机理已较为成熟,但仍需研究材料收缩机理和时变规律,进一步提炼可靠的拉压本构模型,形成准确的计算方法。

(2)UHPC 的抗弯机理较为清晰,但仍需探索抗弯与抗剪可靠度相近的精准设计方法,研究结构延性和最小配筋率的关系。

(3)UHPC 抗剪机理在业界尚未形成统一共识,虽然试验研究揭示,规范计算有一定冗余,可基本满足工程要求,但宜进一步建立精准的抗剪设计理论和易操作的抗剪设计方法。

参考文献:

[1] Bache H H. CBL - 40 Densified cement/ultra - fine particlebased materials[R]. Denmark: Aalborg Portland,1981

[2] 邵旭东,樊伟,黄政宇. 超高性能混凝土在结构中的应用[J]. 土木工程 学报,2021,54(1):1 - 13

[3] 陈宝春,韦建刚,苏家战,等. 超高性能混凝土应用进展[J]. 建筑科学与工程学报,2019,36(2):10 - 20.

(下转第 41 页)

某分级、分层、分区域破坏滑坡的稳定性分析及治理*

曾　朋[1], 金煜翔[2], 钟志辉[3]

(1. 广东和立土木工程有限公司, 广州 511400;2. 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广州 510507;
3. 广东建设职业技术学院, 广州 510440)

摘　要:以广东某培训中心复杂滑坡为典型工程案例,结合现场变形调查、工程地质调绘及补充深孔位移监测情况,对其进行分级、分层、分区,剖析其滑坡特征、产生滑坡的原因,认为地质环境、工程活动、降雨、地下水综合作用导致了边坡滑坡,最后针对该滑坡的特点及成因,提出分期、分区域治理,据此提出了竖向钢花管群桩+斜向预应力锚索冠梁的加固处治技术方案,可为类似地质条件下滑坡的处治思路提供参考。

关键词: 复杂滑坡;滑坡机理;分级分层;定性分析;分期治理

0　引言

随着我国公路、铁路及山区基建项目的迅速发展,滑坡作为一种十分常见的地质灾害,对公路、铁路及山区基建的建设及运营的影响十分突出,处理不当往往会引起巨大的经济损失及人身伤亡[1-3]。滑坡的稳定性受滑坡的物质条件、结构条件、环境条件三方面综合影响,滑坡物质结构条件是滑坡本身固有的,其特性决定着滑坡的稳定状况。滑坡的三方面条件都是相对稳定的,其中环境条件最为活跃,降雨、地震以及人类活动是诱发滑坡发生的主要因素,大多数滑坡都是在降雨作用期间发生的。强降雨是滑坡活动最重要的触发因素和动力来源[4-6]。由于滑坡稳定性影响因素的复杂性、多样性、难确定性,因此很难有一个方法适用于所有滑坡的稳定性分析[7-9]。滑坡稳定性分析发展趋势是从定性分析到定量分析。

广东山区地质条件复杂,铁路、公路等存在大量的路堑边坡工程,在各种不利因素下,时常会形成大(中)型复杂滑坡,给工程建设造成了较大损失[10]。通常这些滑坡存在着多级滑动或分区滑动,破坏形式比较复杂。有学者通过有限元分析发现滑坡的破坏模式跟应力场和变形场有关[11-13],进行滑坡的局部分析是十分必要的[14-15]。

以广东某培训中心滑坡为例,采用钻探、物探、地质调绘及变形监测等方法,对该滑坡的成因机理、破坏模式进行研究,并提出了对应的滑坡治理措施。

1　工程概况

广东某培训中心位于广州市从化区良口镇东北部,北面为 105 国道和流溪河国家森林公园,南面为高陡山体。培训中心为综合楼、教师宿舍楼、培训楼等建筑综合体,位于中间缓坡地带。

综合楼前东西向道路明显发育张裂缝,西侧教师楼前裂缝已形成水平向 7 ~ 8 cm 宽、高差 8 ~ 10 cm 错台。第二处裂缝自门口保安亭右前侧大致沿着水泥道路中间沉降缝开裂至篮球场,局部错段整体的水泥路面。紧邻 105 国道边坡脚处挡墙发育斜向裂缝。具体裂缝分布见图 1。

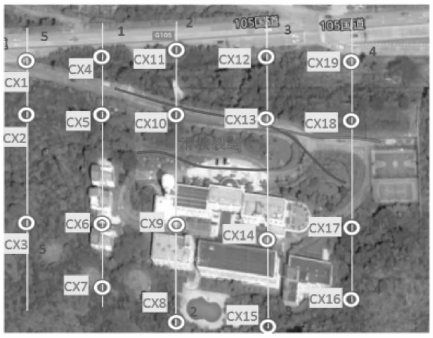


图 1　培训中心滑坡裂缝分布示意图

2　工程地质条件

(1)地形地貌

滑坡区属构造剥蚀丘陵地貌,呈上陡下缓状,

* 本文已在《岩土工程技术》发表。

下部缓状地形呈台阶状分布，整体呈四级台阶状地貌，台阶后缘为高陡花岗岩陡壁。地形起伏较大，山体高差达 90 m 以上，自然坡度角约 20 ~ 40°。滑坡处于山体中下部，滑体高差约 30 m。总体显示为老滑坡典型地貌。

（2）地层岩性及地质构造

滑坡区地层岩性复杂，滑坡体上覆地层主要为第四系坡积粉质黏土、块石，下伏基岩为石炭系粉砂岩、大理岩、构造角砾岩、断层角砾岩、糜棱岩、晚侏罗世花岗岩等。

滑坡区位于良口断裂，走向北东、倾向北西，良口断裂沿 G105 穿过培训中心，形成的破碎带易形成软弱层并富水，后方山体局部有断层崖出露。显示为老滑坡形成。

（3）地下水发育情况

滑坡体地下水埋较浅，后山高陡，雨水汇集集中，培训中心汇水面积大，受大气降水影响强烈，培训中心多处路面底部存在掏空现象，存在地下通道，从地下水分布与运移规律来看，地下水十分充沛，滑坡前缘挡土墙及 105 国道排水沟泄水外溢现象普遍，滑坡体下部紧邻流溪河。结合分析认为该场区具有老滑坡堆积的地质基础。

3　滑坡分级分区

综合变形特征、微地貌特征及监测成果，可将滑坡体分东、中、西三个大区，各区均以其中的自然冲沟为界，划分为三个人工山坡，人工山坡上分别发育有多级滑坡平台，同一级平台高度又以小冲沟为界划分为多个滑动块体。

西区滑坡体又可分为 2 区，变形Ⅰ区为滑坡变形严重区，本区横宽约 45 m，标高 214 ~ 243 m；牵引区Ⅰ－1 为滑坡变形牵引区，本区横宽约 75 m，标高约 214 ~ 253 m。同样，中区滑坡体也可分为 2 区，Ⅱ区为滑坡变形严重区，本区横宽约 165 m，标高 206 ~ 239 m；牵引区Ⅱ－1 为为滑坡变形牵引区，本区横宽约 165 m，标高约 206 ~ 243 m。东区滑坡体也可分为 2 区，Ⅲ区为前期滑坡变形区，本区横宽约 46 m，标高 200 ~ 232 m；牵引区Ⅲ－1 为为滑坡变形牵引区，本区横宽约 200 m，标高约 200 ~ 238 m。

潜在牵引区Ⅳ为东中西 3 区滑坡共同影响区，本区横宽约 260 m，标高约 270 ~ 350 m。变形Ⅴ区为前期浅层滑塌变形区，本区横宽约 53 m，标高 219 ~ 246 m。具体分区见图 2。

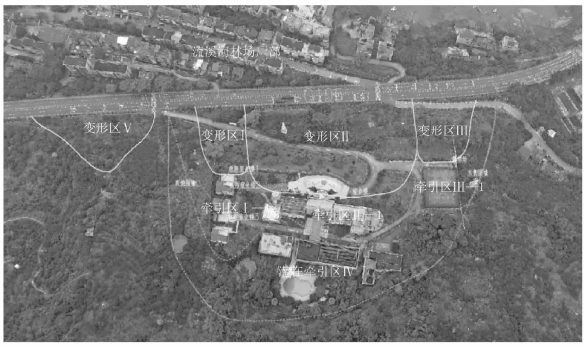


图 2　基地滑坡病害分区图

4　滑坡分区现状稳定性评价

根据各变形区的裂缝发育贯通情况、有无错台、后缘周界裂缝、钻探资料及变形监测数据综合判定各区的稳定性状态。

1）变形区Ⅰ、Ⅱ前缘突出，后缘裂缝断续可见，逐渐向贯通性发展，局部地段裂缝贯通，综合判定该区目前处于欠稳定状态－基本稳定状态；

2）变形区Ⅲ后缘裂缝断续可见，未呈贯通趋势，前缘现状不明显，综合判定该区目前处于基本稳定状态；

3）变形区Ⅴ局部可见裂缝发展，前缘不明显，钻探资料显示该区深部位移量微小，未见滑动面，综合判定该区目前处于稳定状态；

4）牵引区Ⅰ－1、Ⅱ－1、以及Ⅲ－1 为相应变形区的牵引区，后缘裂缝断续可见，未呈贯通趋势，综合判定该区目前处于基本稳定状态。

5）牵引区Ⅳ为整体变形区后缘至后侧滑坡陡壁，为潜在变形区域，目前暂未发现裂缝。综合判定该区目前处于稳定状态。

综合上述分析，基地滑坡为多级、多层的复合型滑坡，稳定性状态各异。

5　滑坡失稳成因分析

5.1　地质环境因素

(1)滑坡基地处于良口断裂带上,风化强烈,土体强度低,区域性断裂 NE60° ~70°造成岩体破碎,崩塌堆积,坡积层厚;

(2)勘察钻孔揭露构成滑坡体的岩层为第四系坡积粉质黏土、块石、全 - 强风化岩、粉砂岩、糜棱岩等,风化强烈,风化不均匀,岩体总体较为松散,层间结合力差,上覆粉质黏土及花岗岩坡积块石渗透性强,残积粉质黏土及下伏基岩渗透性差,在基岩上方易形成饱水带,降低土体的抗剪强度,已形成软弱夹层。

5.2　水的因素

地下水丰富,汇集面积较大,培训中心排水不畅,路面积水,地表水易大量下渗,雨季,尤其是持续大暴雨和强降雨期间地表水大量入渗,加上构造裂隙水发育,造成坡体滑带土软化,抗剪强度逐渐衰减。水是滑坡产生变形的主要诱发因素。

5.3　工程活动因素

培训中心工程建设时在现滑坡病害边坡表层进行局部填土,且填土密实度及强度较低,在地表水及地下水作用下变形较大,易引起边坡滑动;2004 年 105 国道扩路修建时开挖边坡坡脚,一定程度上造成了边坡坡脚应力释放,降低了边坡稳定性,已引起滑坡,北侧也有局部滑动。

综上所述,培训中心老滑坡的复活是由于地层岩性、地质构造、地下水发育及路堑开挖作用的结果。滑体风化强烈、结构松散、强度低,是滑坡产生的内因;构造作用使岩体产生层间挤压软弱带,使土体更加松散,有利于滑体下滑;地下水的作用使得滑带软化、抗剪强度降低;边坡的人工开挖破坏了原来土体的平衡条件,当滑体下滑力大于滑面的黏阻力,就逐渐形成了滑坡。

6　边坡岩土体强度参数指标反算

6.1　滑动面的确定

测斜孔平面布置见图 1。以 2 - 2 断面(变形Ⅱ区)为例,CX8 孔监测的滑动面在孔口以下 44 m;CX9 孔监测的滑动面在孔口以下 29 m;CX11 孔监测的滑动面在孔口以下 2.5 m、11 m、19 m、25 m。结合勘察资料及现场裂缝发育情况,浅层滑面 2 剪出口为入口道路边沟,后缘为综合楼前错台,见图 3,主滑带倾角为 10°;浅层滑面 3 剪出口为 105 国道边沟,后缘为综合楼内局部裂缝,主滑段倾角为 10°;深层滑面 5 按监测突变点(累计位移微小)沿着图示滑动线从流溪河水库岸边剪出。2 - 2 断面滑动面见图 4。

(a)滑坡后缘错台及前缘剪出口裂缝

(b)滑坡左、右侧界裂缝

图 3　滑坡裂缝

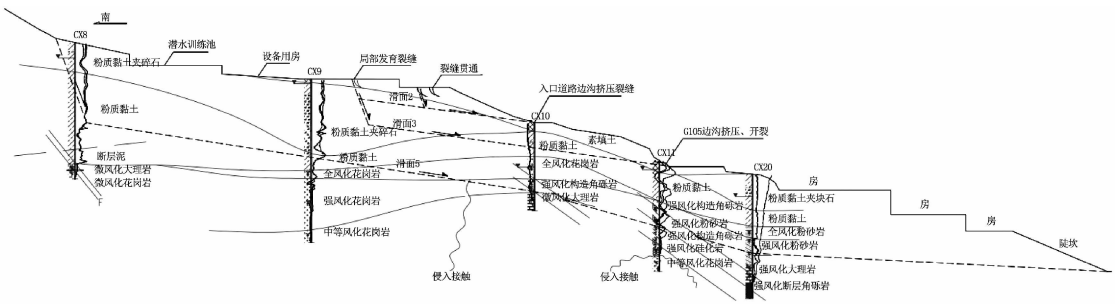


图 4　2 - 2 断面滑动面

综合上述分析，基地滑坡各区、各级滑动面见图 5。

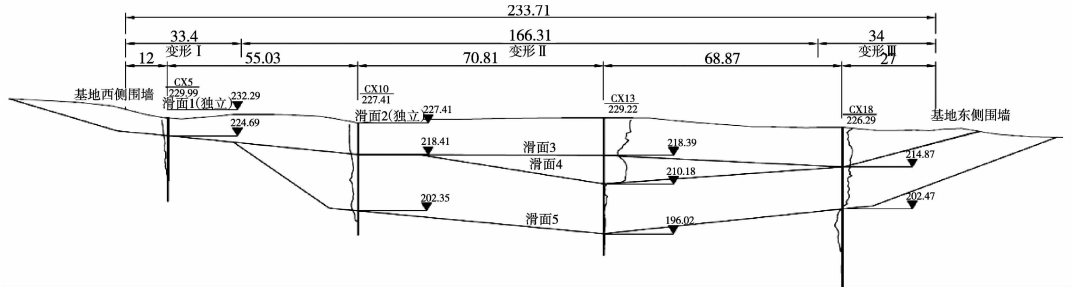


图 5　基地整体滑面纵剖面图

6.2　滑坡主滑带强度参数指标反算

以变形Ⅰ区 1－1 断面、变形Ⅱ区 2－2 断面及变形Ⅲ区 3－3 断面进行反算。根据《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(D Z/T 0219－2006)中滑坡滑动划分为蠕动、挤压、微动、滑动、大动和固结 6 个发育阶段。

根据上述滑坡分区现状稳定性评价，该边坡滑动面目前属于滑动－微动阶段，滑坡体变形趋势趋于等速移动，处于欠稳定状态－基本稳定状态，稳定性系数位于 0.95～1.10 之间，Ⅰ、Ⅱ区稳定性系数取 1.05 进行反算，Ⅲ区稳定性系数取 1.08 进行反算。该边坡潜在滑动面目前处于挤压－蠕动状态，处于基本稳定状态，稳定性系数位于 1.10～1.20 之间。Ⅰ、Ⅱ区牵引段稳定性系数取 1.18 进行反算，Ⅲ区牵引段稳定性系数取 1.20 进行反算。通过 Geo－slope 软件，分别反算滑坡体各变形区域滑动面的主滑带力学参数(滑坡各变形区牵引段 $c=0$，$\phi=35°$)，代表性计算断面见图 6，结果见表 1。根据岩土室内试验，该滑坡滑体天然重度值取 18 kN/m^3，饱和重度值取 19.5 kN/m^3。

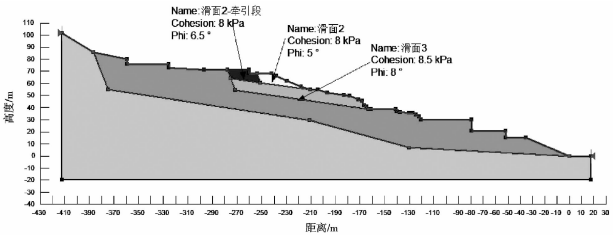


图 6　2－2 计算断面

根据类似项目工程经验，在暴雨工况下滑动面主滑带参数 c 值较正常工况下低 1～2 kPa，ϕ 值较正常工况下低 1°～2°。结合岩土室内试验及上述反算结果，本项目滑动面暴雨工况下 c、ϕ 值分别减少 1 kPa 和 1°。

表 1　各变形区主滑带岩土体强度指标

计算断面	滑面	工况	稳定系数 K	滑带土力学参数 c/kPa	滑带土力学参数 ϕ/(°)
1－1 断面	滑动面	正常	1.05	8	5.0
	潜在滑动面	正常	1.18	8.5	7.5
2－2 断面	滑动面	正常	1.05	8	5.0
	潜在滑动面	正常	1.18	8.5	7.7
3－3 断面	滑动面	正常	1.08	8.5	10.0
	潜在滑动面	正常	1.20	9	10.7

6.3　滑坡推力计算

由于裂缝外的监测孔位移曲线也存在明显变形，考虑后缘牵引延伸滑面剩余下滑力，沿边坡滑动方向采用不平衡推力法计算推力。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330－2015)，正常工况下稳定性系数不小于 1.35，暴雨工况下稳定性系数不小于 1.15。剩余水平下滑力计算结果见表 2。

表 2　剩余下滑力计算结果

计算断面	位置	工况	稳定系数 K	剩余下滑力/(kN·m^{-1})
1－1 断面	滑动面	正常	1.35	423
		暴雨	1.15	488
	潜在滑动面	正常	1.35	512
		暴雨	1.15	561
2－2 断面	滑动面	正常	1.35	223
		暴雨	1.15	264
	潜在滑动面	正常	1.35	590
		暴雨	1.15	616
3－3 断面	滑动面	正常	1.35	587
		暴雨	1.15	580
	潜在滑动面	正常	1.35	615
		暴雨	1.15	586

7　边坡治理方案

针对该段边坡的稳定性分析结果,提出钢花管注浆 + 微型桩 + 预应力锚索加固措施,根据类似项目工程经验及各大科研机构试验成果,2 排锚索微型桩抗力能达到 300 ~ 350 kN/m,每个加固断面 2 处,共计 600 ~ 700 kN/m,加固后边坡在暴雨工况下潜在滑动面的稳定性系数均大于 1.15,在天然工况下潜在滑动面的稳定性系数均大于 1.35,具体工程措施如下:

7.1 变形 Ⅰ 区和变形 Ⅱ 区治理方案(第一期治理)

基地教师宿舍楼及综合楼前边坡滑坡病害治理采用钢花管注浆 + 微型桩 + 预应力锚索加固方案。沿着入口道路下部布置二排微型桩,冠梁顶部张拉预应力锚索;沿着教师宿舍楼及综合楼前边坡中部布置二排微型桩,冠梁顶部张拉预应力锚索;综合楼及教师宿舍楼前道路采用两排竖向钢花管注浆进行加固处理。

变形区 Ⅰ、变形区 Ⅱ 最大剩余下滑力 616 kN/m。滑坡体前缘采用 2 排 4 束预应力锚索微型桩加固,微型桩直径 250 mm,桩内先下放 16 号工字钢后灌注水泥砂浆,微型桩顶部施工两排桩头锚索,采用冠梁连成一个整体,桩底进入深层滑面以下 6 m。滑坡体中部同样采用 2 排 4 束预应力锚索微型桩加固,桩底进入深层滑面以下 6 m。滑坡体后缘错台及裂缝处采用 2 排钢花管注浆,处理深度至浅层滑面以下 3 m。具体处治措施见图 7,加固处治后该区边坡稳定性系数为 1.41。该变形区于 2019 年 3 月份施工完毕,效果良好。

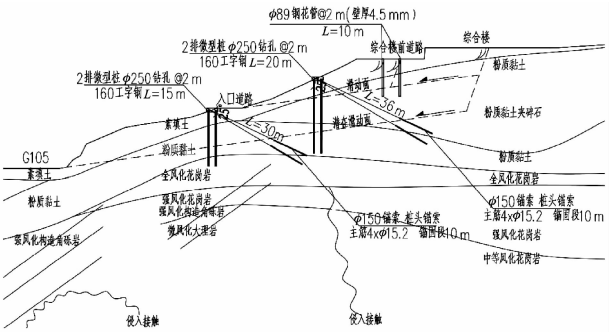


图 7　变形区 Ⅰ、变形区 Ⅱ 典型加固断面

7.2　变形 Ⅲ 区治理方案(第二期治理)

变形 Ⅲ 区采用微型桩 + 预应力锚索加固加固措施,篮球场场前道路下方挡墙原设计为浆砌片石挡墙,挡墙边沟出全长布置一排微型桩;沿墙壁全高设置两排预应力锚索;体能训练场下边坡增设 2 排微型桩 + 预应力锚索加固,微型桩的做法同变形 Ⅰ 区。具体处治措施见图 8,加固处治后该区边坡稳定性系数为 1.45。该变形区于 2019 年 7 月份施工完毕,效果良好。

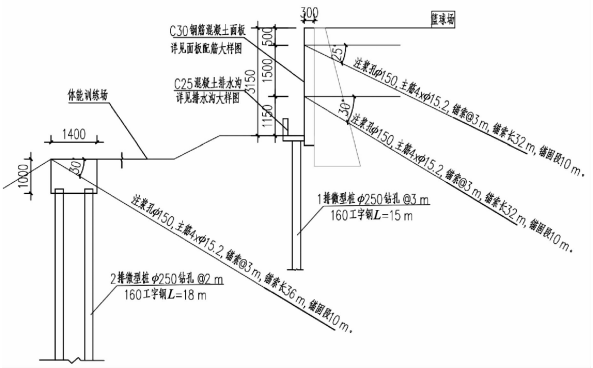


图 8　变形区 Ⅲ 典型加固断面(单位:mm)

7.3　变形区 Ⅴ 治理方案

根据变形监测结果,无需加固处置。

7.4　滑坡体排水方案

本项目基地范围区域内地下水位埋深较浅,地下水发育,沿着基地入口道路上下各增设一排深层斜孔排水,间距 6 m,单根长 20 m,总长 800 m。完善整个培训中心的地表排水系统。

第一期、二期变形区域处治完毕后,截止至 2020 年 6 月,经过一年左右的时间,特别是变形严重区域经历了一年一度的大暴雨考验,同时根据后续深孔位移监测,目前滑坡处于稳定状态,无任何变形加剧迹象,加固效果显著。

8　结论

(1)本段滑坡为多级、多层的复合型滑坡,边坡的滑塌主要受区域性断裂构造、人工开挖边坡坡脚以及雨水入渗影响所致。由于滑坡地质体的复杂性和不重复性,本段滑坡工程遵循以定性分析为基础,定量分析为手段,进行了分级、分

层、分区域变形,合理确定计算模型、边界、力学参数等进行计算得出能基本代表所分析坡体的真实稳定性,进行了滑坡分期分区域治理。

(2)竖向钢花管微型群桩 + 斜向预应力锚索冠梁治理边坡技术对坡体扰动小、见效快、施工灵活、工期短,同时通过二次劈裂注浆能对滑带土体进行挤密加固,提高滑带土体的强度和边坡的抗滑力,较好地满足了新形势下路堑边坡防治技术的耐久性、防治措施的适宜性、施工的便利性等要求。

参考文献:

[1] 胡明珠,孔德刚,郑 静. 西一攀高速公路米易滑坡稳定性评价及治理措施[J]. 路基工程,2011,(6):169 – 173.

[2] 刘海亭,张小辉,朱有禄,等. 高边坡稳定性评价、加固措施和监测分析[J]. 岩土工程技术,2020,34(2):76 – 80.

[3] 王丽君,郑志龙,钟俊辉. 某高速公路古滑坡堆积体稳定性分析及防治措施[J]. 岩土工程技术,2019,33(6):318 – 322.

[4] 谢守益,徐卫亚. 降雨诱发滑坡机制研究[J]武汉水利电力大学学报. 1999,32(1):21 – 23.

[5] 王怀林. 结合工程实例简述滑坡勘查分析方法[J]. 岩土工程技术,2018,33(4):194 – 198.

[6] 穆伟刚,刘焕存,王笃礼. 紧邻建筑物崩塌堆积体滑坡治理对策研究[J]. 岩土工程技术,2018,32(1):37 – 40,54.

[7] 袁富强. 滑坡稳定性研究现状综述[J]. 中国水运,2009,9(10):150 – 151

[8] 郑颖人, 陈祖煜, 王恭先,等. 边坡与滑坡工程治理[M]. 北京: 人民交通出版社,2010.

[9] 徐邦栋. 山区大中型山坡病害“轮廓勘察”的定性方法和技术及病害防治[M]. 中国铁道出版社,2016.

[10] 陈达章,袁 坤,万军利. 乐广高速公路 K80 滑坡分析与治理 [J]. 铁道建筑,2017,57(9) : 124 – 127.

[11] 杨光华,钟志辉,张玉成,等. 根据应力场和位移场判断滑坡的破坏类型及确定最优加固位置[J]. 岩石力学与工程学报,2012,31(9):1879 – 1887.

[12] 杨光华,钟志辉,张玉成,等. 滑坡灾害的机制与力学特性分析[J]. 岩石力学与工程学报,2016,S(2):4009 – 4017.

[13] 王恭先. 滑坡防治中的关键技术及其处理方法[J]. 岩石力学与工程学报,2005,24(21):20 – 29.

[14] 杨 凯. 四川某高速公路滑坡体综合治理方案[J]. 铁道建筑技术,2017,0(2):89 – 92.

[15] 杨光华,钟志辉,张玉成,等. 用局部强度折减法进行边坡稳定性分析[J]. 岩土力学,2010,31(S2):53 – 58.

(上接第 35 页)

[4] NF P 18 – 710 National addition to Eurocode 2 – design of concrete structures: specific rules for ultra – high performance fibre – reinforced concrete (UHPFRC) [S]. Paris: Francaise de Normalisation,2016

[5] NF P 18 – 470 Concrete – ultra – high performance fibre – reinforced concrete – specifications, performance, production and conformity[S]. Paris: Association Francaise de Normalisation,2016

[6] 广东公路学会. 无腹筋预应力超高性能混凝土梁桥技术规范:T/GDHS 003 – 2021

[7] 中华人民共和国交通运输部. 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范:JTG 3362 – 2018[S]. 北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

[8] 邓宗才, 王义超等. 高强钢筋 UHPC 梁抗弯性能试验研究与理论分析[J]. 应用基础与工程科学学报, 2015, 23(1): 68 – 78.

[9] 中华人民共和国交通运输部. 公路桥涵超高性能混凝土应用规范(送审稿)

[10] 孙向东, 马玉全, 田月强. 超高性能混凝土桥梁设计与施工关键技术问题探讨[J]. 广东公路交通, 2019, 045(005):25 – 30.

[11] 曹霞, 常婧, 王艳俊. 高强钢筋 RPC 梁受弯构件正截面承载力试验研究[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2015, 34(1): 109 – 116. PH

[12] 全国混凝土标准化技术委员会. 活性粉末混凝土: GB/T 31387 – 2015[S]. 北京:中国标准出版社, 2015.

高烈度区大跨连续钢箱梁的减隔震设计研究*

段银龙,叶　伟,周冠东

(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: 该文以某(145 + 200 + 122) m 大跨度连续钢箱梁桥为研究对象,研究了双向摩擦摆、单向摩擦摆及粘滞阻尼器组合的四种方案的减隔震性能。采用 Midas Civil 有限元软件建立考虑桩土作用的三维有限元模型,对比分析四种方案的自振频率变化;其次通过输入地震安评提供震波,采用双线性模型模拟摩擦摆支座,采用 Maxwell 模型模拟粘滞阻尼器;然后通过对大跨连续钢箱梁的非线性时程反分析,比较了四种方案的减震效果及结构响应;最后对推荐方案的阻尼器参数进行敏感性分析。研究表明:(1)单向摩擦摆支座 + 纵向粘滞阻尼器是一种较为合理的抗震体系组合。(2)摩擦摆支座具有较好的减震性能,但地震位移偏大,可结合粘滞阻尼器控制位移。(3)过渡墩粘滞阻尼器的设置对主墩及过渡墩的内力和位移均有改善。

关键词: 高烈度区;大跨连续钢箱梁;减隔震设计;摩擦摆支座;粘滞阻尼器

1　引言

我国是地震多发国家之一,自 2008 年以来,七级以上的大地震有汶川地震、玉树地震、雅安地震、于田地震及九寨沟地震等[1]。大地震发生后,为确保抢险救援工作的顺利进行,应保证道路交通的畅通。而大跨度桥梁往往是交通的枢纽工程,对灾后交通的恢复及国民经济有着重大的影响[2],确保其抗震安全就显得尤为重要。

大跨度连续钢箱梁具有结构频率低、刚度较柔、阻尼比低,尽管其结构轻,但抗震问题仍不容忽视。其抗震设计的关键在于桥墩及桩基的弹性设计,支座位移及梁端位移的控制。从耐久性考虑,大跨度连续梁减隔震设计不宜采用铅芯橡胶支座、盆式橡胶支座等,常用的体系有[3-4]:(1)横向摩擦摆支座 + 纵向粘滞阻尼器,(2)双曲面摩擦摆支座,(3)弹塑性钢阻尼支座,(4)球形支座 + 横向钢阻尼 + 纵向粘滞阻尼器。本文所研究桥梁桥址位于江边,具有软基深厚(30 ~ 34 m)、地震烈度高(地震加速度 0.2 g)、桥梁跨径大(主跨 200 m)等特点。

2　工程概况及模型的建立

2.1　工程概况

为研究不同约束体系作用下结构的受力,以汕头市某(145 + 200 + 122) m 大跨度连续钢箱梁桥为研究对象。该桥采用左右分幅、上下双层布置,上层桥面为公路车行道,单幅桥面宽 13 m;下层悬臂为人行道,宽度为 4 m。主梁梁高采用 5.0 m ~ 9.0 m 变高度,中支点左右各 23.5 m 范围底板采用钢 - 混组合结构。小桩号侧为(40 + 54) m 连续钢箱梁桥,墩柱采用弹性设计,大桩号侧为 30 m 预制小箱梁,墩柱采用延性设计。24#、27#过渡墩墩高分别为 26.051 m、26.936 m,25#、26#主墩墩高均为 26.869 m。桥型布置图见图 2,横断面图见图 1。

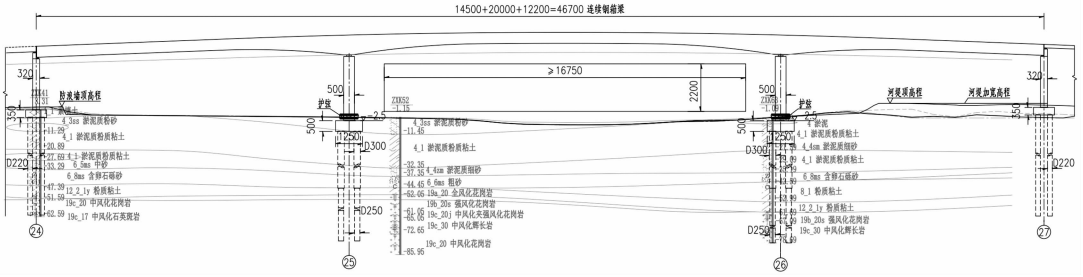


图 1　某大跨连续梁钢箱梁桥型布置图(单位: cm)

* 本文已在《广东交通职业技术学院学报》发表。

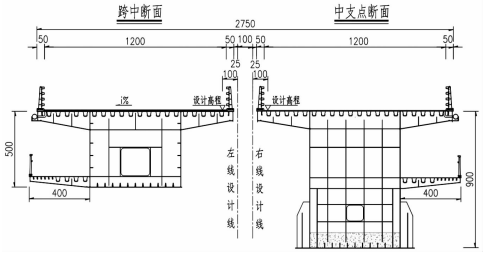


图 2　某大跨连续梁钢箱梁横断面图

2.2　模型的建立

本文计算分析采用 Midas/Civil 建立全桥三维有限元模型，荷载考虑了结构自重、桥面铺装、防撞栏杆、路灯管线、泄水管及检修车轨道荷载，并按实际位置施加。为准确模拟地震作用下结构受力，主桥两侧均按实际结构建立一联桥梁作为边界联。桩土作用是基于规范的“m”法计算出口刚度，并采用节点弹性支撑施加到模型中。支座的设置情况：小桩号侧钢箱梁采用双曲面摩擦摆支座，大桩号侧预制小箱梁采用可调高隔震支座[5]。主桥主墩及过渡墩处的支座下列四种体系分别设置，对应四种方案（见表 1）。各方案均采用如下参数进行组合：摩擦摆支座的静摩擦系数 0.06，动摩擦系数 0.05，过渡墩摩擦摆半径 $R=3$ m，主墩摩擦摆半径 $R=5$ m，主墩粘滞阻尼器阻尼系数 $C=2\ 500$ kN/(m/s)$^{\alpha}$，阻尼指数 $\alpha=0.4$，过渡墩粘滞阻尼器阻尼系数 $C=750$ kN/(m/s)$^{\alpha}$，阻尼指数 $\alpha=0.4$。全桥三维有限元模型共 1 621 个节点，1 544 个单元。

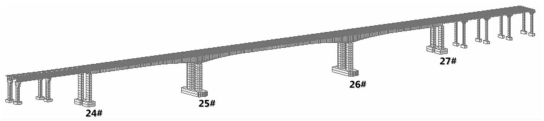


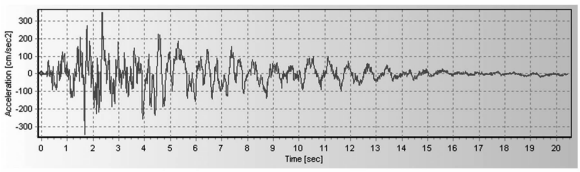
图 3　某大跨连续梁钢箱梁有限元模型

表 1　四种约束体系

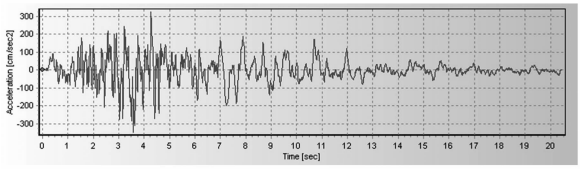
分类	约束体系设置	
	24#、27#过渡墩	25#、26#主墩
方案一	横向摩擦摆＋纵向粘滞阻尼	横向摩擦摆＋纵向粘滞阻尼
方案二	纵横向摩擦摆	横向摩擦摆＋纵向粘滞阻尼
方案三	横向摩擦摆	横向摩擦摆＋纵向粘滞阻尼
方案四	纵横向摩擦摆	纵横向摩擦摆

3　地震波的选取及动力特性分析

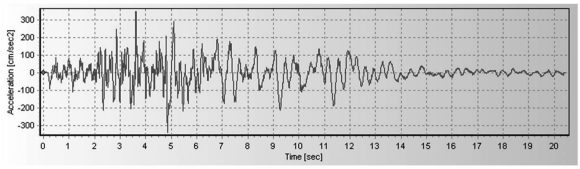
地震波具有很强的随机性，不同的地震波对结构产生的响应可能有较大的影响[6]。本文分析的地震波是根据地震安评单位提供的波随机选取 3 条波，并进行相关性校验满足规范要求。选取的波见图 4。安评报告结论：建筑场地类型为Ⅲ类，地震基本烈度为Ⅷ度，特征周期 0.65 ~ 0.9 s。根据《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231 - 01 - 2020）5.1.2 条规定：满足下列条件之一时，应同时考虑水平向和竖向地震作用：1）A 类桥梁；2）抗震设防烈度为Ⅸ度地区的桥梁；3）抗震设防烈度为Ⅷ度地区且竖向地震作用引起的地震效应很显著的桥梁[7]。本次分析分别按 X∶Y∶Z＝1∶1∶0.65 比例输入。



（a）E2-1 波



（b）E2-2 波



（c）E2-3 波

图 4　设计地震波

桥梁动力特性采用多重 Ritz 向量法进行分析，分析结果如表 2 所示。

由表 1 可知：方案一和方案三相比，频率及振型完全一致，表明过渡墩带粘滞阻尼对频率无影响；方案一和方案二相比，仅前四阶频率有变化，振型完全一致，表明改变过渡墩的纵向约束，主要影响主桥的纵向频率，增设摩擦摆支座后，主桥的纵向频率增大。方案一和方案四相比，仅影响前四阶频率和振型，纵向约束改变为摩擦摆支座后，结构的频率增大。

表 2　桥梁前 10 阶频率

模态	频率/Hz				模态描述
	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	
1	0.178	0.199	0.178	0.245	123 主桥主梁纵向振动,4 小箱梁纵向振动
2	0.179	0.201	0.179	0.247	123 主桥主梁纵向振动,4 小箱梁纵向振动
3	0.245	0.246	0.245	0.278	123 小箱梁纵向振动,4 主桥主梁纵向振动
4	0.247	0.247	0.247	0.283	123 小箱梁纵向振动,4 主桥主梁纵向振动
5	0.292	0.292	0.292	0.292	小箱梁横向振动
6	0.292	0.292	0.292	0.292	小箱梁横向振动
7	0.299	0.299	0.299	0.299	主桥主梁对称横向振动
8	0.301	0.301	0.301	0.301	主桥主梁对称横向振动
9	0.303	0.303	0.303	0.303	主桥主梁反对称横向振动
10	0.305	0.305	0.305	0.305	主桥主梁反对称横向振动

注:123 表示方案一、方案二和方案三、4 表示方案四。

进一步分析表明:粘滞阻尼器仅在非线性时程分析时起作用,仅主桥纵桥增设摩擦摆支座,纵向约束刚度增大,主桥纵向频率也增大,对横向频率及振型基本无影响。差异原因归根于粘滞阻尼器和摩擦摆支座的减震原理不同:粘滞阻尼器是速度型的,阻尼力与速度的关系可表达为 $F = CV^{\alpha}$,其中,F 为阻尼力;C 为阻尼系数;V 为速度;α 为阻尼指数(一般取值在 0.2 ~ 1.0)。

摩擦摆支座是双曲线性的;摩擦摆支座是通过摩擦及竖向抬高耗能,当地震大于最大的静摩擦力时,开始发挥隔震作用。

4　减隔震分析

为比较出较为合理的抗震约束体系,下文对四种方案进行研究,分析不同方案下主墩及过渡墩的桥墩内力,并结合支座位移和梁端位移,推荐出更适用于高烈度区大跨连续钢箱梁的抗震约束体系。

4.1　内力分析

4.1.1　桥墩弯矩

桥墩弯矩结果详见表 3、表 4。

表 3　E2 纵向地震作用下桥墩弯矩(单位:kN · m)

墩号	方案一	方案二	方案三	方案四
24#	9.66E + 04	9.70E + 04	1.13E + 05	1.06E + 05
25#	2.99E + 05	3.00E + 05	3.02E + 05	2.58E + 05
26#	2.95E + 05	2.98E + 05	2.98E + 05	2.83E + 05
27#	1.15E + 05	1.15E + 05	1.28E + 05	1.27E + 05

表 4　E2 横向地震作用下桥墩弯矩(单位:kN · m)

墩号	方案一	方案二	方案三	方案四
24#	1.43E + 05	1.44E + 05	1.45E + 05	1.45E + 05
25#	3.31E + 05	3.30E + 05	3.29E + 05	3.25E + 05
26#	3.04E + 05	3.04E + 05	3.06E + 05	2.98E + 05
27#	1.54E + 05	1.51E + 05	1.53E + 05	1.52E + 05

根据表 3 和表 4 可知:方案二和方案一相比,主墩及过渡墩纵向弯矩、横向弯矩均差别不大,仅内力在各个墩上的分配略有差别。方案三和方案一相比,过渡墩纵向弯矩增大 11% ~ 17%,横向弯矩基本无影响。表明过渡墩粘滞阻尼器对改善过渡墩内力有一定作用。方案三与方案二相比,过渡墩弯矩增大 12% ~ 16%,横向弯矩基本一致,过渡墩处纵向约束对过渡墩支座位移控制有改善。方案四和方案一相比,过渡墩纵向弯矩增大 10%,主墩内力减小 4% ~ 14%。反映了摩擦摆支座对内力改善是显著的,因位移一般会偏大,尚需结合位移考察。

4.1.2　桥墩剪力

桥墩剪力结果详见表 5、表 6。

表 5　E2 纵向地震作用下桥墩剪力(单位:kN)

墩号	方案一	方案二	方案三	方案四
24#	4.96E + 03	4.40E + 03	5.70E + 03	5.32E + 03
25#	1.35E + 04	1.35E + 04	1.36E + 04	1.27E + 04
26#	1.37E + 04	1.38E + 04	1.39E + 04	1.24E + 04
27#	5.14E + 03	5.61E + 03	6.45E + 03	6.46E + 03

表 6　E2 横向地震作用下桥墩剪力(单位:kN)

墩号	方案一	方案二	方案三	方案四
24#	7.32E + 03	7.36E + 03	7.29E + 03	7.37E + 03
25#	1.35E + 04	1.34E + 04	1.34E + 04	1.30E + 04
26#	1.31E + 04	1.32E + 04	1.33E + 04	1.31E + 04
27#	8.98E + 03	8.86E + 03	8.96E + 03	8.93E + 03

根据表 5 和表 6 可知:方案二和方案一相比,24#过渡墩剪力减小 11%,27#过渡墩剪力增大 9%,主墩纵向剪力及横向剪力基本无变化。方案三和方案一相比,过渡墩纵向剪力增大 15% ~26%,横向剪力的主墩有增有减。表明过渡墩粘滞阻尼器可抑制边界联带动过渡墩的振动。方案三与方案二相比,过渡墩剪力增大 15% ~30%,过渡墩的纵向约束可改善墩的受力,侧面反映边界联与主桥的振动频率不一致。方案四和方案一相比,24#过渡墩纵向剪力减小 5%,27#过渡墩纵剪力增大 11%,主墩剪力减小 15% ~17%。

综上分析,过渡墩的纵向约束,可以影响主墩及过渡墩的内力分配。主墩的剪力和弯矩关系基本一致,但 24#、27#过渡墩剪力和边界联的支座体系有一定关系。

4.2　位移分析

4.2.1　支座位移

支座位移结果详见表 7、表 8。

表 7　E2 纵向地震作用下支座位移(单位:cm)

墩号	方案一		方案二		方案三		方案四	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
24#	22.6	-22.6	27.3	-23.0	29.5	-33.5	40.4	-44.3
25#	23.6	-19.9	27.4	-19.8	27.4	-27.9	39.0	-42.5
26#	31.2	-12.6	35.8	-12.4	34.9	-20.6	47.2	-35.6
27#	24.2	-11.9	29.9	-12.2	32.2	-18.9	43.6	-33.7

表 8　E2 横向地震作用下支座位移(单位:cm)

墩号	方案一		方案二		方案三		方案四	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
24#	39.3	-29.3	40.0	-30.7	39.6	-29.4	40.4	-30.9
25#	37.8	-32.8	37.9	-32.8	37.8	-32.9	38.3	-33.7
26#	38.7	-32.1	38.8	-32.0	38.8	-32.3	39.1	-33.5
27#	42.1	-28.2	41.8	-30.2	41.8	-28.7	41.2	-31.6

根据表 7 和表 8 可知:方案二和方案一相比,过渡墩支座纵向位移增大 21% ~24%,主墩支座增大 15% ~16%,但主墩横向位移基本无变化,24#过渡墩增大 2%,27#减小 1%。方案三和方案一相比,过渡墩支座纵向位移增大 33% ~48%,主墩支座增大 12% ~18%,横向位移基本无变化。方案三与方案二相比,过渡墩支座纵向位移增大 8% ~23%,主墩支座位移有增有减,支座横向位移基本无变化。方案四和方案一相比,过渡墩支座纵向位移增大 80% ~96%,主墩支座增大 51% ~80%,横向位移除 27#墩外,增大 1% ~3%。

结果表明:过渡墩纵向约束对支座位移控制较为显著,主墩及过渡墩纵向设置粘滞阻尼器显著优于摩擦摆支座。摩擦摆支座在位移控制方面效果较差。

4.2.2　梁端位移

梁端位移结果详见表 9、表 10。

表 9　E2 纵向地震作用下梁端相对位移

墩号	方案一		方案二		方案三		方案四	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
24#	37.5	-47.7	39.0	-49.1	39.7	-51.1	38.9	-22.2
27#	38.1	-45.8	36.5	-43.8	49.2	-48.1	36.8	-33.6

表 10　E2 横向地震作用下梁端相对位移

墩号	方案一		方案二		方案三		方案四	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小
24#	14.5	-15.2	14.8	-15.8	14.5	-16.6	15.9	-16.0
27#	25.7	-46.6	27.5	-46.8	26.4	-46.5	28.5	-46.2

根据表 9 和表 10 可知:纵向梁端位移方案四控制最好,其次为方案一;横向梁端位移方案一控制最好,其次为方案四。

综结构受力及位移:虽方案四内力最优,但位移太大,计算所用摩擦系数取值接近支座的常用限值,不宜再增大,故不予选用。综合考虑推荐方案一的支座布置体系。

5　支座参数敏感性分析

根据以往经验分析,为控制位移,摩擦摆做宜选择较小的半径,较大的摩擦系数[8-9]。此处对摩擦摆支座参数不做对比分析,仅探讨主墩及过渡墩粘滞阻尼器参数的取值,过渡墩粘滞阻尼器的有无等进行研究。为选取主墩最优的阻尼系数,共设置四种工况,仅改变阻尼系数,其中工况三为

对比工况,具体取值见上述方案一。计算结果见表 11。

表 11　主墩不同阻尼系数时计算结果

分类	工况一 $C=4\ 000$	工况二 $C=3\ 000$	工况三 $C=2\ 500$	工况四 $C=2\ 000$
主墩承台弯矩/(kN·m)	7.08E+05	6.39E+05	5.95E+05	5.58E+05
过渡墩承台弯矩/(kN·m)	2.35E+05	2.41E+05	2.39E+05	2.38E+05
主墩支座位移/cm	14.9	17.1	18.4	19.8
过渡墩支座位移/cm	17.8	18.8	19.8	20.8
24#梁端相对位移/cm	28.4	27.8	27.1	27.5
27#梁端相对位移/cm	40.2	40.7	39.4	39.5

根据表 10,随着阻尼系数减小,主墩内力逐渐减小,主墩及过渡墩支座位移逐渐增大,梁端相对位移变化不明显。

仅比较工程常用的 0.3 和 0.4,为比较阻尼指数取值的影响,设置工况五取 $\alpha=0.3$。为比较过渡墩粘滞阻尼器的作用,设置工况六 $C=500$,工况七 $C=0$,即不设阻尼。

表 11　过渡墩不同阻尼指数及阻尼系数结果

分类	工况三	工况五	工况六	工况七
主墩承台弯矩/(kN·m)	5.95E+05	6.35E+05	6.01E+05	6.04E+05
过渡墩承台弯矩/(kN·m)	2.39E+05	2.42E+05	2.33E+05	2.64E+05
主墩支座位移/cm	18.4	17.8	19.6	22.2
过渡墩支座位移/cm	19.8	19.7	21.3	25.9
24#梁端相对位移/cm	27.1	27.8	28.9	30.6
27#梁端相对位移/cm	39.4	41.0	41.0	40.7

根据表 11,α 取 0.3 时,除主墩位移减小外,主墩、过渡墩内力及其它位移均有增加。过渡墩粘滞阻尼器阻尼系数减小时,主墩及过渡墩内力增大,主墩及过渡墩支座位移、相对位移均增大。

通过对敏感性分析,推荐取值为:主墩 $C=2\ 500$ kN/(m/s)α,$\alpha=0.4$,过渡墩 $C=750$ kN/(m/s)α,$\alpha=0.4$。

6　结论

本文以高烈度区某大跨度连续钢箱梁桥为研究对象,通过对四种方案的减震效果及结构响应,并对推荐方案的阻尼器相关参数进行敏感性分析,得到结论如下:

(1)单向摩擦摆支座+纵向粘滞阻尼器是一种较为合理的抗震体系组合。

(2)摩擦摆支座具有较好的减震性能,但地震位移偏大,可结合粘滞阻尼器控制位移。

(3)过渡墩粘滞阻尼器的设置对主墩及过渡墩的内力和位移均有利。

参考文献:

[1] 周敉,赵威,石雄伟,等. 高烈度软土场地桥梁地震与冲刷联合作用效应研究[J]. 振动与冲击, 2020, 39(8): 88-98.

[2] 大跨度桥梁抗震设计实用方法[J].

[3] 刘洋,赵人达,向星赟,等. 高烈度区长联大跨连续梁减隔震设计研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2018, 15(5): 1202-1210.

[4] 高山,彭泽友,史春娟,等. 弹塑性钢减隔震支座在桥梁抗震设计中的应用[J]. 世界桥梁, 2015, 43(5): 44-48.

[5] 梁立农, 王雷, 范进, 等. 可调高隔震支座: CN201910004234.6[P].

[6] 张彬,陈锦晶,黄坤,等. 索塔底部铰接管线悬索桥地震反应[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2017, 36(9): 944-948.

[7] 招商局重庆交通科研设计院有限公司. 公路桥梁抗震设计规范[M]: 人民交通出版社, 2020.

[8] 安振源,牛亚峰,张乾坤. 大跨连续梁桥不同支座体系地震响应对比及参数研究[J]. 公路交通技术, 2020, 36(2): 63-69.

[9] 朱开才. 基于摩擦摆支座的长联大跨连续梁桥减隔震性能参数分析[J]. 城市道桥与防洪, 2018, 236(12): 19-20, 144-147.

钢板组合梁桥设计标准图构造细节研究*

谭巨良
（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：国内已有多个省份开展了钢板组合梁桥标准图编制工作，各标准图的结构体系和构造细节各有不同，尚未形成统一的认识。为推广钢板组合梁桥在广东省内的应用，以钢板组合梁桥设计标准图研究课题为背景，研究了钢板组合梁桥的构造细节。广东省钢板组合梁桥设计标准图路基宽度分别为 26 m、33.5 m，跨度分别为 30 m、35 m、40 m。26 m 路基宽度采用双主梁，33.5 m 路基宽采用三主梁体系。对钢主梁、钢横梁、钢结构连接方式、预制桥面板、钢梁与桥面板的连接方式、负弯矩区桥面板抗裂措施、钢筋布置形式、横桥向预应力的构造细节进行了分析研究，有利于形成具有推广价值的钢板组合梁桥标准图。

关键词：钢板组合梁桥；构造细节；标准图

钢板组合梁结构充分利用了钢与混凝土两种材料的性能优势，构造简洁易于养护。由于钢结构的应用及工厂化的制作，钢板组合梁桥具有环保性好、可持续发展性好、全寿命周期经济竞争性强、人力资源更节省等优势。我国钢板组合梁桥结构的应用尚处于起步阶段，国内未有统一标准图，广东省内已有混凝土结构桥的标准图，尚未有钢结构、组合结构桥标准图。为了响应 2016 年 7 月交通运输部发布的《交通运输部关于推进公路钢结构桥梁的指导意见》以及研究钢板组合梁桥在广东省内的应用，云浮罗定至茂名信宜（粤桂界）高速公路在省内首次试点了少主梁非支撑横梁体系钢板组合梁桥，选定试点为高台大桥、老屋村大桥，并成立了“广东省交通行业地方标准项目《钢板组合梁桥设计标准图》研究”课题项目进行了相关研究[1]。

1　概况

根据国内外钢板组合梁桥的研究和应用情况[2,3]，拟定了钢板组合梁桥设计标准图的方案：路基宽度分别为 26 m、33.5 m，跨度分别为 30 m、35 m、40 m。26m 路基宽度采用双主梁，33.5 m 路基宽采用三主梁体系。采用的施工方法：预制桥面板 + 吊装或架桥机架设或顶推钢梁。钢板组合梁桥设计标准图主要构造参数见表 1，其中 35 m 跨钢板组合梁桥横断面布置图见图 1。

2　钢板组合梁桥设计标准图的构造细节

国内已有多个省份开展了钢板组合梁桥标准图编制工作，各标准图的结构体系和构造细节各有不同，尚未形成统一的认识。结合广东交通建设实际情况，标准图研究课题组对钢板组合梁桥的构造细节进行了研究，选择了合适的形式。本节对主要的构造细节进行分析。

2.1　钢主梁的构造细节

钢主梁根据不同受力位置纵向按不同板厚划分节段，通常分为墩顶段、过渡段、跨中段。钢主梁通常在工厂分段制作，现场拼装。现场拼接线与梁节段分界线可不一致，工厂分段加工钢梁的长度可以比按板厚划分的梁节段长。根据国内钢结构桥梁制造公司的反馈，自动化流水线加工最大梁长约 19 m。若长钢梁的运输条件受限，建议加工分段方式与按板厚划分的梁节段一致，以减少纵向接缝。对于曲线梁，各节段也是按照曲线加工。钢主梁部分纵向节段立面图见图 2。

桥面横坡通过调整桥墩柱高形成，各主梁中心高度相同，上翼缘横坡同桥面横坡，下翼缘水平，桥面板通过整体旋转形成桥面横坡。

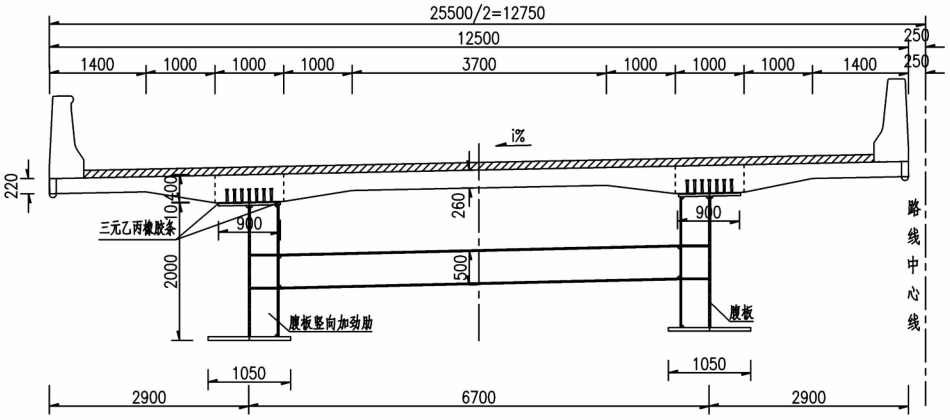
钢主梁板厚变化处，上翼板以顶缘对齐，下翼

* 本文已在《广东交通职业技术学院学报》发表。

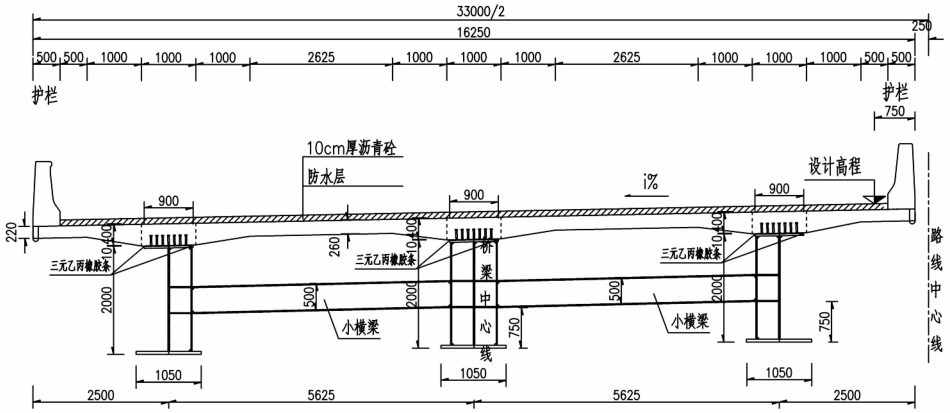
板以底缘对齐、腹板以外侧对齐。跨中腹板中心线与上下翼缘中心对齐，其他处腹板与跨中腹板外侧对齐，内侧的竖向加劲肋也要根据不同腹板板厚调整横桥向宽度。

表 1　钢板组合梁桥设计标准图主要构造参数（单位：m）

路基宽度	跨径	钢梁高	顶板宽	底板宽	梁间距	桥面板悬臂长	梁间桥面板厚	悬臂桥面板厚
路基宽度 26 m，桥面宽 2×12.5 m（双车道）	30	1.8	0.7	0.9	6.7	2.9	0.26	0.22
	35	2	0.9	1.05	6.7	2.9	0.26	0.22
	40	2.2	0.9	1.2	6.7	2.9	0.26	0.22
路基宽度 33.5 m，桥面宽 2×16.25 m（三车道）	30	1.8	0.7	0.9	2×5.625	2.5	0.26	0.22
	35	2	0.9	1.05	2×5.625	2.5	0.26	0.22
	40	2.2	0.9	1.2	2×5.625	2.5	0.26	0.22



（a）　26 m路基宽度



（b）　33.5 m路基宽度

图 1　35 m 跨钢板组合梁桥横断面布置图（单位：mm）

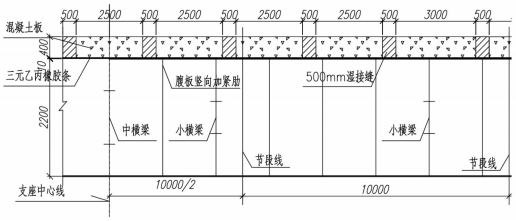


图 2　钢主梁部分纵向节段立面图（单位：mm）

2.2　钢横梁的构造细节

钢横梁分为跨中小横梁、墩顶横梁、梁端横梁。跨中小横梁、墩顶横梁都与钢主梁竖向中心对齐，不与桥面板连接，桥面板受力较为明确，少主梁体系桥面板需设置横向预应力。端横梁支撑桥面板可提高梁端抗汽车冲击承载力。对于采用移动模架现浇桥面板，为不影响模架移动，端横梁不与桥面板相连，梁端桥面板需加大尺寸或加强配筋。钢横梁的横坡与桥面横坡一致。在墩顶横梁和梁端横梁上可设置横向防震钢挡

块。钢横梁现场拼装图见图 3。

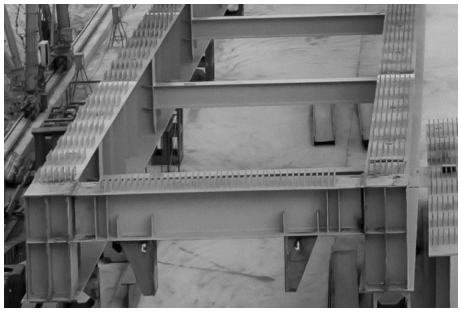
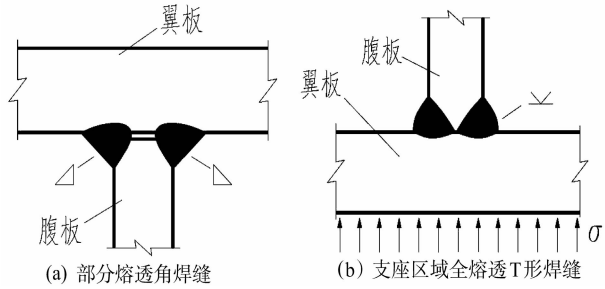


图 3　钢横梁现场拼装图

2.3　钢结构连接方式

2.3.1　翼板与腹板之间的焊缝

一般情况下，翼板与腹板之间的焊缝采用熔深不少 80% 的部分熔透角焊缝。对于腹板厚度为 16 mm 以上的 T 型接头，若焊缝要求全熔透，需结合碳弧气刨清根才能保证质量，不利于自动化生产流水线的生产[3]。但在支座附近翼板表面有较大的承压力，应采用全熔透焊缝。



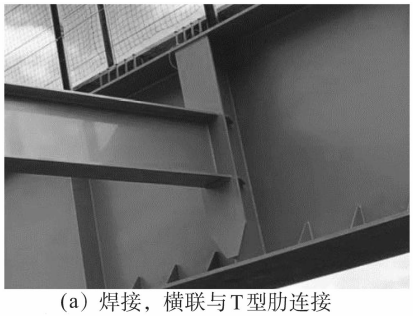
(a) 部分熔透角焊缝　　(b) 支座区域全熔透T形焊缝

图 4　腹板和翼板焊缝示意图

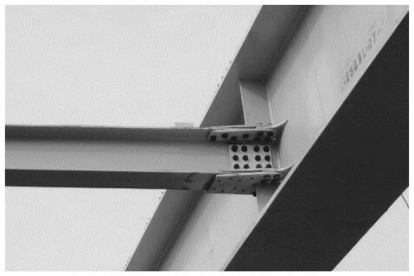
2.3.2　横梁与主梁的连接方式

横梁与主梁的连接方式主要有焊接和栓接，也有横梁腹板采用栓接、翼板采用焊接的组合形式。横梁腹板与主梁竖向加劲板肋相连，横梁翼板需与主梁腹板垂直连接，使得主梁腹板面外受力，且主梁腹板另一侧没有相应的加劲肋。横梁也可与 T 型加劲肋相连，因 T 型加劲肋刚度较大，横梁翼板可不与主梁腹板相连。以上两种连接方式适用于受力较小的跨中小横梁。横梁与主梁的连接方式见图 5。

墩顶横梁和梁端横梁受力较大，为了更好地传力，与横梁相连处的主梁腹板内外侧都有加劲肋，该加劲肋同时作为支座处的支承加劲肋。



(a) 焊接，横联与T型肋连接

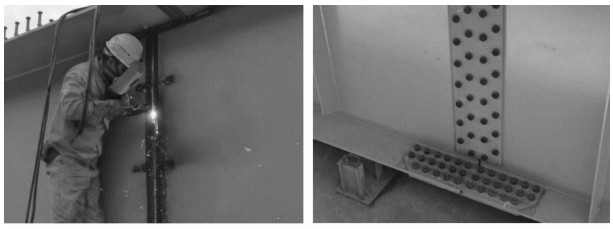


(b) 栓接，横联与板肋连接

图 5　横梁与主梁的连接方式

2.3.3　主梁的纵向连接方式

主梁的纵向连接方式从构造方式上分焊接和栓接，见图 6。从施工角度分工厂施工接缝、现场平地施工接缝、现场高空施工接缝。



(a) 焊接　　(b) 栓接

图 6　主梁的纵向连接方式

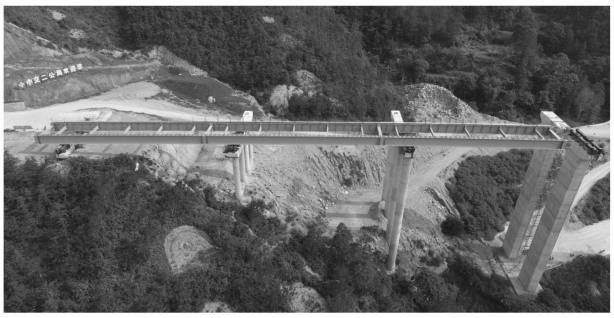
采用焊接时，为了减小由于三条焊缝交叉造成的应力集中，一种方式是腹板上设置过焊孔，另一种方式是腹板与翼板焊缝位置相互错开几十厘米。

如果施工现场焊接质量较难满足要求，可采用栓接，也有观点认为栓接的可靠性更高。钢主梁采用栓接，外观上较差，因顶翼板需与桥面板相连，顶翼板只能用焊接，腹板和底翼板用栓接。

随着现场焊接工艺的提高，现场高空施工接缝也较多采用焊接了。现场高空施工接缝主要是逐跨吊装时的跨间接缝，跨间接缝需避开墩顶且通常设置在靠近零弯矩点附近，但连接前需有临时牛腿、吊机、架桥机等在连接施工时一直吊起钢梁。为了简化施工，也有将跨间接缝设置在距离支座较近的位

置，便于前后跨钢梁都能放置在盖梁上，但对接缝的受力和质量要求较高。采用顶推钢梁施工时可在平地上逐跨拼装钢梁，往前顶推了一跨再接着拼装一跨。钢梁的施工方式见图 7。

（a）架桥机逐跨架设钢梁



（b）顶推钢梁

图 7　钢梁的施工方式

2.4　预制混凝土桥面板布置方式

桥面板横桥向通长预制，单块板纵桥向长度通常为 2.5 m、3 m，湿接缝宽度 0.5 m。国内汽运宽度通常限制在 3.6 m 以下，最大宽度不能超过 4.5 m，而施工便道宽度通常在 4 m 左右，因此预制桥面板纵桥向长度 3 m（含露出钢筋约 3.5 m），使用 2.5 m 板作为调整。边跨桥面板布置图见图 8。

梁端桥面板靠近伸缩缝处设置为等厚桥面板，厚度 0.4 m，提高抗汽车冲击承载力。

建议调整桥面板布置使中墩墩顶处不设置湿接缝，由预制板跨越墩顶，提高负弯矩区结构可靠度。国内也有较多已实施项目墩顶设置湿接缝，此时应有可靠的湿接缝连接。

对于曲线桥梁，预制桥面板按方形制作，湿接缝按梯形设置适应曲线变化。对于左右幅桥梁，桥面板可按道路设计线划分节段，节段包含前后湿接缝的一半和预制板。若线路曲线半径过小，湿接缝一侧宽度过大，钢筋搭接长度不足，另一侧宽度过小，放置钢筋位置不足。曲线梁预制桥面板布置示意图见图 9。

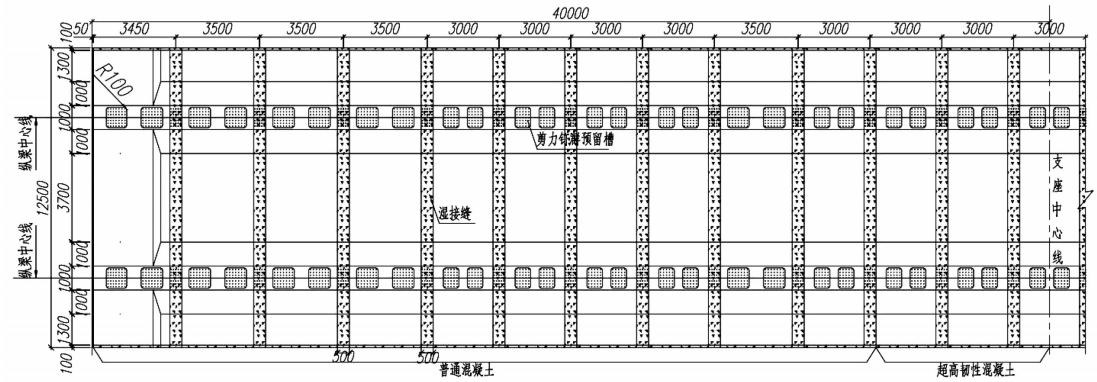


图 8　边跨桥面板布置图（单位：mm）

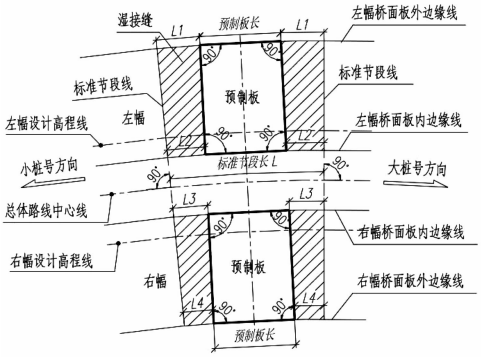


图 9　曲线梁预制桥面板布置示意图

2.5　钢梁与预制混凝土桥面板的连接方式

钢梁与预制混凝土桥面板的连接方式采用群钉方案（见图 10），单块预制板有四个剪力槽，单个剪力槽有 5×7 个剪力钉，湿接缝处也有 5×7 个剪力钉。预制板与钢梁支撑面设置宽度 50 mm、厚度 10 mm 橡胶止水条，在无剪力钉处橡胶条内涂抹环氧砂浆防止预制板与钢梁之间出现脱空。

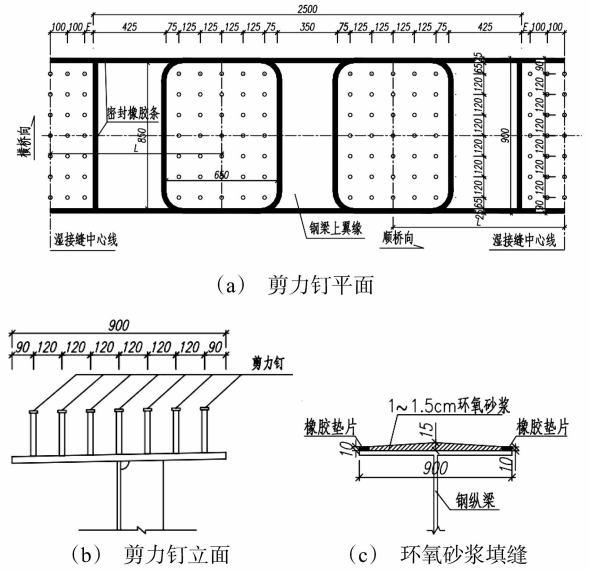


图 10　钢梁与预制混凝土桥面板的连接方式(单位:mm)

2.6　负弯矩区桥面板抗裂措施

负弯矩区桥面板的抗裂措施主要有张拉纵向预应力、支座顶升或跨中加配重、加强配筋、超高性能混凝土等。纵向预应力在收缩徐变的作用下会转移到钢梁上,经计算最终桥面板预应力损失约 50%。施工墩顶桥面前采用支座顶升或跨中加配重,施工完后再撤除,能抵消部分墩顶的负弯矩,但增加施工工序且效果有限。加强配筋控制裂缝宽度是较为常见的方法,组合梁负弯矩区裂缝宽度的计算已有较多研究[4,5]。40 m 跨钢板组合梁桥桥面板跨中配筋率达到 307 kg/m^3,墩顶配筋率达到 476 kg/m^3。

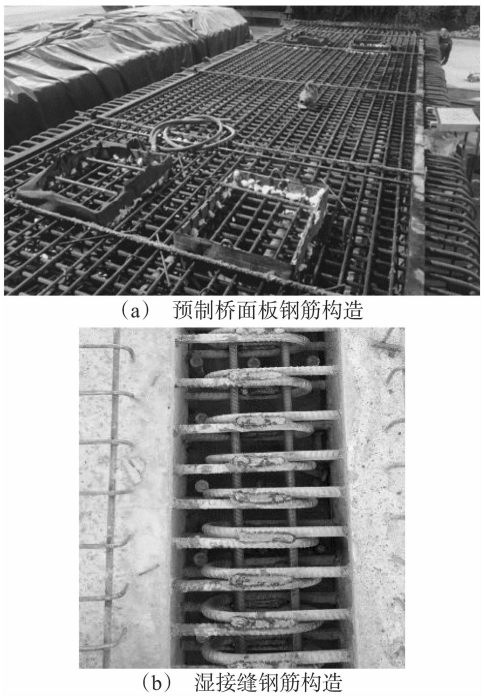
超高性能混凝土(UHPC)是一种具有高抗压、抗拉性能的水泥基复合材料,根据《活性粉末混凝土结构技术规程》(DBJ43T325 - 2017),UHPC 的裂缝宽度由普通混凝土裂缝宽度乘以折减系数得到,该系数与掺和的钢纤维的体积率、纤维长度以及直径有关。在中墩墩顶前后各约 1/6 跨的负弯矩范围内的桥面板顶部 10 cm 采用 UHPC,既能提高抗裂性能又能节省高价格的 UHPC 用量。鉴于组合梁中性轴靠近桥面板,墩顶桥面板拉应力沿高度往上急剧变大,在桥面板顶部设置一层 UHPC 有合理性。

标准图负弯矩区桥面板的抗裂措施采用加强配筋和墩顶设置 10 cm UHPC 两种方法。

2.7　钢筋布置形式

桥面板横桥向顶部钢筋横向通长直径 20 mm,底部受拉钢筋直径 20 mm,受压钢筋直径 16 mm,横向钢筋间距以(150 + 100)mm 的方式重复,与横向预应力筋 500 mm 间距对应,见图 11。纵向钢筋采用环形钢筋,跨中直径为 22 mm,墩顶直径为 28 mm,间距为 120 mm。预制桥面板对钢筋定位较为严格。前后相邻的预制板的钢筋应在横桥向错位,以免在湿接缝位置冲突。剪力钉槽口处钢筋也应避免与剪力钉冲突。

环形钢筋湿接缝是使用最广泛的接缝形式,见图 11。相比直钢筋,环形钢筋具有更小的锚固长度,而且环形钢筋的弯曲部分增加了钢筋与混凝土的接触面积,从而使钢筋与混凝土更好的结合。浙江省钢板组合梁桥通用图对于直径大于等于 25 mm 的纵向钢筋在湿接缝处采用直螺纹连接,避免了较粗钢筋小半径弯曲 180 度的困难,但对桥面板预制精度要求更高。



(a)　预制桥面板钢筋构造

(b)　湿接缝钢筋构造

图 11　钢筋布置形式

在负弯矩区顶层 UHPC 与下层普通砼交界处设置直径 12 mm 的防裂钢筋网。UHPC 骨料细、流动性好,较小的钢筋间距能更好地提高 UHPC 的

抗裂效果，因此在顶层 28 mm 纵向钢筋之间插入 12 mm 钢筋，加强配筋。

2.8　横桥向预应力的布置形式

桥面板每隔 500 mm 设置一道后张法横向预应力。两端均采用张拉端锚具，施工时一端夹片卡死，另一端张拉，单端交错张拉。12.5 m 宽桥采用 φs15.2－4 预应力，锚具为扁锚。预应力在悬臂端靠近顶面，在两钢梁间靠近底面，见图 12。节段长 3 m 的预制板有 6 束预应力，其中两束穿过剪力钉槽口，需待预制板架设在钢梁上且槽口混凝土达到强度后才能张拉。为了加快施工进度，通常在浇筑剪力钉槽口混凝土前需在桥面板上行走施工机具，应验算其余 4 束预应力能否满足施工荷载要求。湿接缝内也需设置一道横向预应力。桥面板较薄，在高度方向的较小偏位对预应力效果影响较大，因此要求预应力的定位精确。

浙江省钢板组合梁桥通用图横向预应力采用先张法，钢束定位较为简单，省去锚具后，钢束间距可设置得更小，且避免了锚具与钢筋的冲突，简化锚固区钢筋设计。但钢束只能直线布置，让预应力较难靠近受拉侧；且预应力在槽口混凝土浇筑前张拉，对槽口混凝土无法施加预应力。湿接缝无法设置先张预应力，可减少湿接缝的纵桥向宽度，减少无预应力范围。

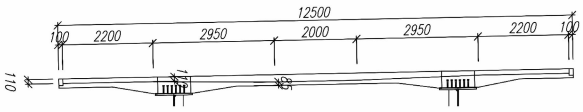


图 12　横桥向预应力的布置形式（单位：mm）

3　结语

为推广钢板组合梁桥在广东省内的应用，本文以钢板组合梁桥设计标准图研究课题为背景，研究了钢板组合梁桥的构造细节。标准图路基宽度分别为 26 m、33.5 m，跨度分别为 30 m、35 m、40 m。26 m 路基宽度采用双主梁，33.5 m 路基宽采用三主梁体系。本文对钢主梁、钢横梁、钢结构连接方式、预制混凝土桥面板、钢梁与桥面板的连接方式、负弯矩区桥面板抗裂措施、钢筋布置形式、横桥向预应力的构造细节进行了分析研究。钢板组合梁桥各部分结构构造有多种形式，各形式各有优缺点，合理选择结构形式，有利于形成具有推广价值的钢板组合梁桥设计标准图，便于设计、施工、管养的标准化，提升该结构的社会经济效益。

参考文献：

[1] 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司. 钢板组合梁桥设计标准图研究[R]. 广州：广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司，2019.

[2] 邵长宇编著. 梁式组合结构桥梁[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2015.

[3] （瑞士）拉伯特，（瑞士）赫特编著；葛耀君译. 钢桥 钢与钢－混组合桥梁概念和结构设计[M]. 人民交通出版社股份有限公司，2014.

[4] 聂建国，张眉河. 钢－混凝土组合梁负弯矩区板裂缝的研究[J]. 清华大学学报（自然科学版），1997（06）：97－101.

[5] 张彦玲，樊健生，李运生. 连续组合梁桥裂缝发展规律分析及裂缝宽度计算[J]. 工程力学，2011，28（07）：84－90.

工程勘测专业分委会牛田洋快速通道设计回访与技术交流

为总结工程勘测经验，提高工程勘测技术水平，集团工程勘测专业分委会于 2022 年 7 月 23 日开展了牛田洋快速通道设计回访与技术交流座谈会，中铁大桥局项目副总工陈迁、工程部部长魏其祥、测量负责人钱登齐等人出席了会议。

牛田洋特大桥横跨榕江水域距离长达 2.6 km，河中滩涂面积大，且地质条件较复杂，控制测量难度非常大。针对这种情况，测量专业在该项目勘察设计中针对大桥独立控制测量进行了专题研究，从控制网的前期布网、控制网的外业测量方法、后期控制测量数据处理及精度评定等几个方面进行了综合分析，提出了一种适用于长距离跨水域高程传递的测量方案。利用自主发明的专利配件，同时配套精密三角高程后处理软件，数据自动化预处理方法解决问题，并通过多种方法进行校核，高质高效的完成了该项工作。

本次设计回访与技术交流座谈会上，施工单位汇报了施工控制网复测、施工过程中 RTK 基准站桥梁放样、主塔监测、钢锚梁索道管测量、主梁合拢监测等内容，对其中的大桥二等跨河水准复测和主梁合拢监测进行了重点介绍。

专委会技术人员就施工过程中控制复测与原勘察设计阶段控制测量的不同实施方法进行了分析和讨论，同时探讨了大桥合拢中测量技术的应用情况。通过本次调研活动，专委会技术人员进一步了解了施工阶段过河水准在主墩承台顶出水前后的作业难度区别，同时加深了对施工测量需求的认识；通过本次施工复测结论的反馈，又进一步清晰了今后类似项目前期测量的注意事项，对后续类似项目的外业工作起到了一定的指导作用，大家都收获满满。

（本期供稿：工程勘测专业分委会）

第四届中国站城融合发展规划与建筑工程设计国际研讨会

7 月 8 – 9 日,“第四届中国站城融合发展规划与建筑工程设计国际研讨会”成功召开,本次会议采用在线视频方式,邀请了多位国内外资深专家通过一些典型的开发案例,在城市设计、公共空间设计、交通规划、地下开发空间、场所经营等方面进行深入的剖析与讲解,旨在为提升国内站城一体化开发水平提供借鉴。大会由北京中外友联建筑文化交流中心、东方智赢(北京)企业管理有限公司主办,主讲嘉宾主要有井下泰具、植松宏之、杨坤、林丰坚、Nuno Fontarra、崇志国、何春林、姜兴兴、邓柏基、金旭炜、张震宇、汤婧婕等 12 位专家及教授。此外,还有来自全国各地业界单位的代表近 50 人参加。

会议由主办方王景玉先生主持,为期 2 天。就国内外城站融合城市规划设计成功经验,12 位主讲嘉宾共计做了 13 场精彩的学术报告,并进行现场对话和答疑解惑,分享经验,共同探讨站城融合规划与设计方法,携手推进中国城市建设向更高水平发展。本次会议主要内容:

内藤广著作《城的未来,站的未来》说:车站对一个地方的振兴有着莫大的作用。

众所周知,轨道是城市的“腾飞路”,车站是城市的“加油站”。所谓“站城融合”,是指轨道车站与城市空间紧密融合,依托轨道客运站点及周边区域快速发展,将交通功能与城市公共服务功能有机衔接,形成轨道交通建设与城市发展联动效应。大型城市的重要交通枢纽,无疑需要承担足够的城市角色与社会责任。当前,我国轨道交通在建设理念、规划建设、运营管理等方面总体水平已进入世界先进行列,高铁建设也突飞猛进。一直以来,交通部门也在大力倡导站城融合,提出“畅通融合、绿色温馨、经济艺术、智能便捷”的新时代方针。加快站城融合一体化,推动城市高质量发展,能够带来许多便利。如能使空间得到高效利用,让旅客出行更高效。开展站城融合发展、实施土地综合开发,可以使车站区域成为发展创新经济核心区,形成具有地方特色的城市风景线,也能使轨道交通通过项目收益,缓解建设运营资金压力。

站城融合一体化模式,又被称为 TOD(Transit Oriented Development)模式,即公共交通先导型城市开发。这种以轨道交通为中心,对车站进行再建或改良,强化车站与相邻街区融合度的做法,近些年在革除新老城市病、促进旧城振兴、推动城市良性发展上发挥了重要作用。

日本是亚洲 TOD 先行者,经多年建设,已形成多个独立的具有交通、商业、办公、生活、文化等各种城市功能的站城区域。大阪地下街株式会社常务董事井下泰具在报告中介绍了大阪车站与地下街的设置情况,依托地铁车站,将形成网路的地下步行街与建筑物的地下部分有机化的连接起来,将道路下面的公共地下空间包括车站设施、公共地下通道、地下街与建筑物的地下部分框架式的连接起来,形成纵横一公里见方左右的步行者网络,提高了环游性,流动性、贯穿性,这样形成了一个地下都市。行人行走在地下,不会意识到哪部分属于公共通道,哪部分属于建筑物部分。地下通道可以促进沿途的开发,并可以支撑经济活动基础设施发挥作用,通过连接地下通道的沿街开发还可以期待稳定的租户的需求,也可以获得较高的租金。地下连接可以实现无障碍化,提高地下通道的防灾性,这样就可以同时获得更高的容积率,这些都可以成为都市开发项目的动力和诱因进一步开发地下空间和利用地下空间。

国内站城融合发展建设,香港走在前端。香港以特有的地理位置打造出以公共交通为导向的 15

分钟高密度都市圈,为市民提供可持续及舒适的生活模型。Farrells 建筑事务所董事邓柏基先生在报告中分享了香港各种站城融合的设计案例,尤其重点介绍了九龙超级交通城。九龙站是个三维建筑,整个设计让旅客可以连接三个不同的铁路、办理出入境手续、转乘计程车和其他交通工具。每个元素都由中庭连接、中庭顶部是整个发展的焦点,一个新的城市将建基于此。九龙站的成功经验总结关键字为:完全城市建设、高密度混合开发、三维城市与多层连接、为城市树立形象的地标塔楼、枢纽上方有活力的城市空间、分期与灵活性。这种充满动力的多功能交错设计,是带领香港城市规划进入新世纪的催化剂,大规模把运输设施综合地融入城市、把西方传统规划结合东方新的城市生活,完全是一个崭新的概念。

国内站城融合发展也进入高速发展阶段,尤其是高铁建设快速发展。中铁二院总建筑师金旭炜总工在报告中总结,与传统 TOD 理论不同,铁路枢纽站城融合面临更加复杂的环境和条件。从国际上站城发展的经验来看,车站与城市功能结合的方式取决于城市水平、城市经济发展水平、客流的过程、消费方式和习惯等多种因素,每个因素都至关重要。在中心城市与一般城市之间、不同交通定位的车站之间、不同综合交通体系构成之间,站城融合的方式也各不同。

对比面向	TOD理论	铁路枢纽站城融合
影响范围	倡导步行范围，尽量减少小汽车使用，影响范围在站点500-800米左右	铁路站点，尤其是高铁站点作为城市重要的对外交通枢纽，影响范围大大超过单一的步行范围
产业特征	也承担城市的服务功能为主，产业特性较为不明显	极大压缩时空，对区域内城市间的产业选择都影响深远。如形成”1小时经济圈”“2 小时经济圈”
客流特征	城市内部客流，日常性，通勤型为主。主要是居住在离公交站点可步行范围内的特定社区的居民	高铁车站交通枢纽TOD服务对象不仅为城市内部人流，也包含需要进入城市进行相关活动的城市外部人流
土地利用	圈层理论，强调站点周边高密度开发	站体本身构成大，土地面积大、以铁路综合枢纽为核心的多交通网络结构。
交通组织	TOD 模式提倡人们通过步行或者自行车出行至核心公交站点，通过公共交通行工作生活所需的日常性交通出行	高铁交通核作为城市最重要的交通枢纽，则承担着城市内外交通综合转乘作用。除了常规市内的公交、地铁、轻轨等公共交通外，还包括私人小汽车、出租车、对外长途客运汽车和磁悬浮、火车等多种交通方式

注:上图所引对比表为金旭炜总工报告内容。

结束语:随着城市的发展,站城融合也将进入新的时代,正如金旭炜总工总结:站城融合的研究必须是建立在对城市、交通、经济、社会综合可行性论证的基础上,针对城市规划、综合交通、客流构成和需要、项目策划做好研究,特别是在车站交通功能的实现与城市功能的可持续之间发现融合的交汇点。可以预见随着综合交通体系和城市化的发展,车站必将以更加开放的形态融入城市生活,集约化融入城市功能,立体化融入城市空间。

(报道者:邓云霞)

第二十四届中国高速公路信息化大会

一、会议概况

第二十四届中国高速公路信息化大会于 7 月 27 – 28 日在长沙举办，本次大会由开幕式、主旨报告会及 25 个主题分论坛、4 万余平方米技术产品博览会组成。

会议以“数字化、网络化、信息化”为主题，为国内交通行业部门及交通企业，搭建智慧交通领域最新技术经验交流、最新产品应用合作的专业平台。会议期间举行了大会开幕式暨交通信息化形势分析主题报告会及“一张网”运营管理与 ETC 论坛、综合技术论坛、规划设计创新论坛、新基建背景下智慧高速建设与发展论坛、路网数字化技术发展论坛、“智慧路网”云平台建设论坛、智慧高速工程经验交流与探讨论坛、高速公路主动安全管控技术论坛、大数据 AI 分析技术应用论坛、技术创新发展论坛、综合监控论坛、车路协同助力高速公路信息化论坛、“一张网”收费稽核论坛、高速公路云智融合收费论坛、数字交通创新应用与实践论坛、客服与增值运营信息服务论坛、机电系统智能化提升论坛、智能运维论坛、第二届智能路侧边缘计算论坛——感知融合与智慧公路、路网监测与应急处置论坛、网络安全论坛、客户服务与增值运营信息服务论坛、气象实时监测与智能预警论坛、智慧隧道论坛等，深入探讨高速公路信息化规划、设计、建设、管理、服务等创新发展及新一代信息技术在高速公路应用与发展等内容。

二、会议主题

本次大会立足营运管理主营业务，围绕“提质增效、创新服务”的宗旨，以新时期广大群众对安全便捷出行的新期待为出发点和落脚点，推动传统要素驱动向创新驱动发展转变，高效集聚整合交通创新要素资源，以智能化、信息化为手段，加快打造智能交通系统，提升交通运输技术装备综合保障能力，实现运输服务水平提升和管理组织模式创新。重点打造集监测、调度、管控、养护、服务一体的智慧公路综合营运管理平台，深化大数据应用，实现视频监控集成管理、事件自动识别、智能监测与预警、道路安全管控、智能养护管理和应急指挥调度等功能、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。

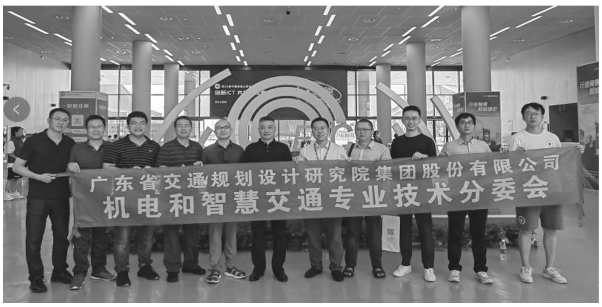
对于高速公路智慧化应用，主要从前端智能感知、智慧隧道、智慧收费站、智慧服务区等各个场景，不同厂家有不同的落地方案。

1. 感知融合主要对前端采集设备的融合感知，目前采集设备多种多样，需要采集容也各有不同，视频、雷达、气象、交调、称重、结构物监测等，均是需要采集的数据，采集到的数据如何用，怎么融合，是需要重点关注和思考的内容，不同的管理部门，业务部门，需要的数据不一样。

2. 智慧隧道主要是从解决隧道安全去出发，隧道空间相对封闭，出现交通事故比较难以疏导和救援，需从隧道感知、管控、应急救援等方面入手，结合应急救援的预案进行解决。

3. 智慧收费站主要从快速通行的角度去考虑，如何更快的通行，更好的进行车辆的分流和诱导，非 ETC 车道、称重车辆如何快速的交易和分流、管控，是亟需重点研究的内容。

4. 智慧服务区主要是从如何服务于司乘人员进行出发和考虑，如何更好的管理，为出行者提供服务，所有的方案基本都是围绕提升服务质量去做的，如车位信息诱导、广播、智慧厕所等。



三、长沙智能网联调研参观

我院组织广东公路学会、广东省交通集团及各二级单位领导一行前往长沙智能网联调研参观，主要前往国家智能网联汽车（长沙）测试区及希迪智驾园区，参观产业园，观看无仓矿卡演示、园区物流车演示、参观测试场、调度中心。

四、结语

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）

广州市工程勘察设计行业协会市政分会成立大会暨学术交流会

2022 年 7 月 28 日下午，广州市工程勘察设计行业协会在广州召开了市政分会成立大会暨学术交流会。为了更好的利用分会平台开拓广州的市政业务，开展学术交流和人才推介工作，我司以副会长单位加入市政分会。

成立大会结束后，举行了“凝聚市政设计合力，助推城市持续发展”为主题的学术交流会，七位专家报告从市政行业不同方面不同维度进行了思考。市政设计院院长陈万里作了《城市景观桥梁设计研究及数字化创新应用实践》的学术报告，陈院回顾了我司在城市景观桥梁设计研究方面所取得的成就，并以汕头市金砂东路金津大桥为例，展示了城市景观桥梁的特点，阐述了景观桥梁设计面临的挑战，及我司所做的创新性思考。陈院的报告得到了与会代表的高度评价。

（报道者：陈国雄）

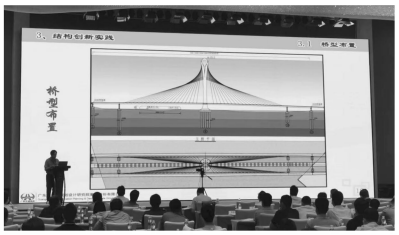
全国桥梁结构健康与安全技术大会暨桥梁工程与技术创新高端论坛

为积极响应党中央提出建设“科技强国”和“交通强国”的号召，通过绿色设计－智能建造－智慧管养，把握时代新要求，用科技力量推动桥梁行业发展。2022 年 8 月 4－6 日在广东中山举办“第七届全国桥梁结构健康与安全技术大会暨桥梁工程与技术创新高端论坛”。本届大会围绕“科技引领－创新发展”为宗旨，以提升桥梁建设、管养、智能化等合作的深度和广度为己任，搭建交流、学习平台。我集团首席专家梁立农做了《东莞滨海湾大桥创新实践》的报告。

大会由桥梁结构健康与安全国家重点实验室作为技术指导，桥梁工程与技术网为主办单位，北京国联视讯信息技术股份有限公司、长沙学院承办。

大会邀请桥梁领域的著名专家和学者作特邀报告，同时会议期间还从桥梁设计与施工、健康监测、检测、试验以及桥梁维修、加固、养护、防腐等几个方面来展示桥梁领域的新成果、新技术、新设备、新材料。本次会议主题：科技引领 创新发展 绿色设计 智能建造 智慧管养。一天半的学习交流，分为三个主题论坛，“绿色设计与智能制造”“智能监测与检测”“维修加固与养护”。

本次会展联动、凝聚共识，共谋桥梁科技创新发展之路，促进其在桥梁行业的推广和应用。广大路桥业主、设计、施工、管养、科研院校及设备、材料供应商等单位代表参与其中。



（报道者：杜　磊）

城市道路与交通工程品质提升技术交流会

2022 年 8 月 11 日 – 13 日，由中国市政工程协会举办“城市道路与交通工程品质提升技术交流会”在青岛市顺利举行。本次交流会旨在规范和强化城市道路与交通工程建设全过程精细化管理，加强城市基础设施建设质量，总结交流城市道路与交通工程品质提升的研究成果、行动案例与实践经验，助力城市品质功能提升。协会邀请了诸多行业知名专家进行了经验分享。

8 月 13 日下午，交流会结束后由中国市政工程协会技术推广部张旭伟主任带队，参会人员等一行到工程现场进行观摩学习。具体如下：

1. 青岛市停车泊位及海尔路银川路区域交通基础设施建设工程。在海尔路—银川路立交项目施工现场，参会人员实地观摩了装配式围挡、天幕防尘系统、扬尘监控与喷淋联动系统、装配式钢箱梁临时支撑基础及支架、预制装配式墩柱制作安装工艺及质量控制、智慧化工地建设。与会人员对该工程在缩短施工工期、降低环境影响、提高质量控制等方面取得的成效表示高度认可，通过此次观摩交流，感受到预制装配式工艺对于提升工程品质的显著优势，学习到智慧化工地建设的宝贵经验，为今后城市道路与交通工程的绿色建造、智慧建造发展方向提供了新的思路和实践参考。

2. 辽阳路快速路（福州路 – 海尔路段）工程。在辽阳路快速路 03 合同段，参会人员听取了桥梁墩柱混凝土精细化施工、项目班组建设理念等经验介绍，并参观了墩柱混凝土实体施工质量。张旭伟主任对辽阳路快速路班组建设取得的成绩和桥梁施工质量表示高度赞扬，认为应该把在项目上取得的宝贵经验加以推广应用，起到引领示范作用。

结束语：随着时代的发展，人们对于城市道路与交通工程品质提升的需求也越发凸显，这对于道路从业者而言也是不小的挑战。城市道路必定是向着更加“人性化”、“生态化”、“智慧化”的方向发展。这就要求作为道路建设者的我们必须响应国家的号召，紧跟时代的步伐，秉持着以人为核心的城市道路建设理念，更多的考虑低碳绿色的生态道路在设计及施工过程中如何做好全过程精细化设计实施。这个过程中更需要我们不断思考总结，对于优秀工程经验的学习，对于新技术、新材料、新工艺、新产品的应用以及对城市道路与交通工程数字化、智能化的实践与探索。可以预见，我们的城市会更加美好。

（报道者：袁晓凡）