技术交流　信息共享

广东省交通规划设计研究院股份有限公司

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

廣東交通規劃設計

GUANGDONG COMMUNICATIONS PLANNING AND DESIGN

2020 1 总第177期

准印证号：(粤O)L0150076号

内部资料　免费交流

获奖喜报

根据中咨协政研〔2019〕95号“关于公布2018年度全国优秀工程咨询成果奖获奖项目名单的通知”，公司在“2018年度全国优秀工程咨询成果奖”评选中喜创佳绩，共有2个项目获得奖项。

2019年，公司喜获多项科学技术奖，其中：中国公路学会科学技术奖一等奖2项，国土资源（广东）科学技术奖一等奖1项，广东省工程勘察设计行业协会科学技术奖一等奖3项、二等奖1项，广东省土木建筑学会科学技术奖一等奖1项、二等奖1项、三等奖3项。

为评价公司质量、环境和职业健康安全管理体系运行的适宜性、充分性和有效性，加强公司战略的引领作用，以便不断改进和完善管理体系，公司于2020年3月20日召开了2020年管理评审会议。会议由黄湛军总经理主持并作总结，梁立农总工程师作“公司管理体系总体运行报告”，相关职能部门分别就各自负责的工作进行专题汇报，公司领导、各部门负责人及有关人员参加了会议。

技术质量部于2020年3月3日组织召开“黄茅海跨海通道工程”初步设计公司级设计评审会议。

会议由梁立农总工程师主持

项目负责人向专家介绍设计情况

与会专家听取项目组设计情况汇报

2019年公司专利申请再创佳绩，共获得国家知识产权局授予2项发明专利、12项实用新型专利，其中“一种三角形刚架桥墩”和“一种路堑边坡施工工程地质条件的智能化监测系统”获得发明专利授权。

广东交通规划设计

（每季出版）

2020 年 3 月 30 日印刷

2020 年第 1 期

（总第 177 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： 梁立农　王　强

委　员： 谢伟强　彭向荣　陈潮锐
孙向东　王景奇　陈新富
梁志勇　张　俐　刘吉福

主　　编： 梁立农

副 主 编： 王　强

责任编辑： 刘祥兴

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股份有限公司

地　　址： 广州市沙河兴华路 22 号

邮政编码： 510507

电　　话： 020 - 37393079

传　　真： 020 - 37393172

E - mail：841622401@ qq. com

发送对象： 公司及行业内部

本期印刷数量： 600 本

印刷单位： 广州市艺彩印务有限公司

封面封底： 揭阳至普宁高速公路

目　次

领导讲话

2019 年全国交通运输工作会议交通运输部领导讲话摘录 …… （1）

公司动态

我司负责勘察设计的广东省重大项目——黄茅海跨海通道工程初步设计通过“云评审” …… （8）

公司承担的广东省重大项目——中江高速公路改扩建工程初测初勘外业顺利通过“云验收” …… （12）

我公司与中国联合网络通信有限公司广州市分公司 5G 创新应用战略合作协议签约仪式圆满举行 …… （14）

广东省工程勘察设计行业协会市政分会成立大会暨学术报告会圆满召开 …… （17）

我公司负责勘察设计的普宁市练江流域镇级污水处理厂项目举行通水仪式 …… （19）

技术论文

佛山市富龙西江特大桥桥型方案总体设计 …… 傅海棠，郭文华（21）

斜交连续钢箱梁的空间仿真分析 …… 周　宇（26）

虎门二桥钢桥面铺装环氧沥青混合料设计与研究 …… 陈竞飞（29）

软土地区基坑围护结构不对称变形分析 … 古少枫，庄富盛（34）

湛徐高速公路徐闻港支线高液限土直接填筑实验研究 …… 陈　力，黄蕾鸣（40）

信息专栏

《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》编制大纲审查会报道 …… （45）

弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术研究项目成果鉴定会报道 …… （45）

广东省营运公路边坡安全性评价体系研究项目成果鉴定会报道 …… （46）

道路交通系统实现“海绵城市”建设目标的技术研究项目成果鉴定会报道 …… （48）

我公司承担的广东省潮州至惠州高速公路项目荣获 2018 - 2019 年度国家优质工程金奖 …… （49）

2019 年全国交通运输工作会议交通运输部领导讲话摘录

一、杨传堂书记讲话摘录

2019 年是新中国成立 70 周年。党中央隆重举行庆祝活动，有力彰显了党心民心、国威军威，唱响了礼赞新中国、奋进新时代的昂扬旋律。在党中央坚强领导下，交通运输事业走过沧桑巨变的 70 年，取得了举世瞩目的成就，实现了一个又一个“不可能”，创造了一个又一个“当惊世界殊”的奇迹，大踏步赶上了时代，即将迎来由交通大国向交通强国的历史性跨越。

70 年来，公路成网，铁路密布，高铁飞驰，巨轮远航，飞机翱翔，天堑变通途的梦想已成为现实。我国高速铁路里程、高速公路里程、城市轨道交通里程、万吨级泊位数量等多项指标跃居世界第一。青藏铁路、港珠澳大桥、北京大兴国际机场等超级工程举世瞩目，中国路、中国桥、中国港、中国高铁成为全球亮丽的“中国名片”。

70 年来，铁路、公路、水运、民航客货周转量，港口货物吞吐量，邮政快递业务量，一项项指标跻身世界第一或世界前列，我国成为了全世界运输最繁忙的国家之一。多式联运、甩挂运输快速发展，网约车、共享单车方兴未艾，运输服务不仅便捷了人民群众的出行，也畅通了经济社会发展的“血脉”。

70 年来，我国交通运输科技创新在世界大潮中乘势而起、奔腾向前，实现了关键核心技术从无到有、从“引进来”到“走出去”的历史性转变。我们攻克了高原冻土、膨胀土、沙漠等特殊地质铁路和公路建设技术的世界级难题，高铁技术、特大桥隧建造技术、离岸深水港建设关键技术、大型机场工程建设技术迈入世界先进行列。“复兴号”列车以 350 公里的时速领跑世界，C919 国产大飞机下线，超大型油轮入海，一大批国家重器在岁月深处写下了成功与光荣。

70 年来，综合交通运输改革不断深化，“四梁八柱”的框架基本建立并不断完善，各种运输方式加快融合发展，现代化综合立体交通网络加速构建。上海虹桥、武汉天河机场等一批综合交通枢纽相继建成运营，“零距离”换乘、“门到门”运输正在“飞入寻常百姓家”。我们不断完善交通运输治理体系，提升行业现代治理能力，为全球交通治理贡献了“中国智慧”和“中国方案”。

70 年来，一代代交通人在不同年代、不同环境、不同岗位上，顽强拼搏、奋起直追，逢山开路、遇水架桥，共同推动了我国交通运输向现代化的转身，迎来了加快建设交通强国的光明前景。“两路”精神、灯塔精神、火车头精神、民航英雄机组精神、邮政精神、救捞精神，为交通运输事业发展写下生动而感人的注脚。涌现出袁庚、包起帆、许振超、许立荣、孙永才、吴荣南、其美多吉、王淑芳等一大批行业先锋，他们和无数交通人一道，以激情燃烧的奋斗、百折不挠的尝试、坚定无私的奉献，展现了在党的领导下交通运输事业波澜壮阔的奋斗史、艰苦卓绝的创业史、改革创新的发展史。

时代是出卷人，我们是答卷人，人民是阅卷人。交通运输 70 年历史性变革，为我们坚定不移贯彻新发展理念、加快建设交通强国给予了启迪和智慧。

70 年的实践充分证明，党的领导是交通运输事业发展进步的根本保证，只有坚持党的集中统一领导，充分发挥我国社会主义制度优势，才能保证交通运输发展的正确方向。

70 年的实践充分证明，以人民为中心是交通运输事业发展进步的基石，只有坚持来自人民、植根人民、服务人民，建设人民满意交通，才能推动行业发展蹄疾步稳、行稳致远。

70 年的实践充分证明，改革开放是交通运输

事业发展进步的必由之路，只有坚持社会主义市场经济改革方向，持续深化改革、扩大开放，才能不断激发行业发展的动力和活力。

70 年的实践充分证明，服务大局是交通运输事业发展进步的主线，只有坚决落实党中央决策部署，支撑经济发展和民生不断改善，才能更好发挥先行作用，才能不断开创发展新局面。

70 年的实践充分证明，创新是交通运输事业发展进步的灵魂，只有坚持解放思想、实事求是、与时俱进，不断推进理论创新、实践创新、制度创新，交通运输事业才能永葆活力、赢得未来。

70 年的实践充分证明，坚持战略规划引领是交通运输事业发展进步的关键环节，只有始终坚持规划为先，才能有效避免走弯路，才能确保交通运输发展更加科学有序，确保“一张蓝图干到底”。

70 年的实践充分证明，调动各方积极性是交通运输事业发展的重要方法，只有坚持凝聚各方智慧，集中力量办大事，才能形成共同推动交通运输发展的强大合力。

70 年的实践充分证明，交通精神是交通运输事业发展进步的源泉，只有大力弘扬以“两路”精神为代表的交通精神，才能激励全体交通人坚守初心、牢记使命，艰苦奋斗、砥砺前行。

70 年的实践充分证明，全面从严治党是交通运输事业发展进步的法宝，只有坚持党要管党、全面从严治党，坚决把纪律规矩挺在前面，交通运输事业才能更好地应对各种风险考验，才能营造风清气正的发展环境。

2020 年是全面建成小康社会和“十三五”规划的收官之年，是加快建设交通强国的紧要之年。习近平总书记在中央经济工作会议上，对当前形势和明年任务作出了一系列重大判断、重大部署，为我们做好交通运输工作指明了方向。综合来看，我国发展面临复杂严峻环境，积极变化和不利影响同时显现，国际因素和国内因素相互影响。世界经济增长持续放缓，仍处在深度调整期，世界大变局加速演变的特征更趋明显，全球动荡源和风险点明显增多。我国经济稳中向好、长期向好的基本趋势没有改变，但结构性、体制性、周期性问题相互交织，“三期叠加”影响持续深化，经济下行压力进一步加大。在看到风险挑战增多的同时，更要看到我国仍处于重要战略机遇期，具备许多有利条件和发展优势。我们要保持战略定力，切实增强发展信心，扎扎实实办好自己的事，牢牢掌握工作主动权。

做好 2020 年交通运输工作的总体要求是：以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的十九大和十九届二中、三中、四中全会以及中央经济工作会议精神，坚决贯彻党的基本理论、基本路线、基本方略，增强“四个意识”、坚定“四个自信”、做到“两个维护”，紧扣全面建成小康社会目标任务，坚持稳中求进工作总基调，坚持新发展理念，坚持以供给侧结构性改革为主线，坚持以改革开放为动力，推动高质量发展，坚决打赢三大攻坚战，全面做好“六稳”工作，统筹做好稳增长、促改革、调结构、惠民生、防风险、保稳定各项工作，确保服务全面建成小康社会和“十三五”规划圆满收官，加快建设交通强国，筹备办好第二届联合国全球可持续交通大会，持续推进行业治理体系和治理能力现代化，深入推进综合交通一体化融合发展，牢牢守住安全发展底线，努力建设人民满意交通，为社会主义现代化强国建设当好先行官。在工作中，要把握好“学思想、铸理念、稳基调、守底线”这 4 个要求。

一要深入学习贯彻习近平总书记对交通运输工作系列重要指示精神。党的十八大以来，习近平总书记始终心系交通，亲自谋划、亲自指导、亲自推动，先后就交通运输工作作出一系列重要指示批示，明确了先行官的职责使命、“黄金时期”的发展定位、建设人民满意交通的发展目的、建设交通强国的战略目标等，为当前和今后一个时期交通运输工作指方向、定思路、明要求。特别是，

强调经济要发展，国家要强大，交通首先要强起来，要加快建设交通强国；强调经济强国必定是海洋强国、航运强国，要志在万里，努力打造世界一流的智慧港口、绿色港口；强调民航业是国家重要的战略产业，要实现民航强国目标；强调高铁建设要再接再厉、创新驱动、继续领跑、勇攀高峰，带动整个装备制造业形成比学赶帮超的局面；强调要加强快递队伍建设，做美好生活的创造者、守护者；强调交通部门负责运输网络布局和发展，做立体的规划，整体设计综合交通运输，不要造成浪费；强调要提高综合交通运输网络效率，调整运输结构，减少公路货运量，增加铁路货运量；等等。习近平总书记对交通运输工作系列重要指示精神，把我们党对交通运输工作的规律性认识提升到一个新的高度，具有很强的思想性、战略性、指导性，是习近平新时代中国特色社会主义思想的重要组成部分，是做好新时代交通运输工作的行动纲领，是加快建设交通强国的根本遵循。我们要深入学习领会，一项项地抓、一件件地办，确保总书记重要指示精神在行业落实到位。

二要坚定贯彻新发展理念。发展理念是否对头，新发展理念是否真正落实，从根本上决定着交通运输发展的成效乃至成败。要转变观念。坚定不移过思想的坎、风险的坎、能力的坎，科学把握国内外环境的深刻复杂变化，切实把贯彻新发展理念摆到更加突出位置，切实把注意力集中到解决交通运输发展不平衡不充分的问题上来，决不能笼统、简单、概念化地大喊发展口号。要保持定力。情况越是复杂，形势越是多变，越是要增强贯彻新发展理念的自觉，坚持以供给侧结构性改革为主线，落实好“巩固、增强、提升、畅通”八字方针，在推动高质量发展的实践中解决存在的各种问题矛盾。要遵循规律。将五大发展理念作为一个整体统筹落实，平衡各种运输方式关系、建管养运关系、区域城乡关系、促投资与防风险关系。重大政策出台和调整要进行综合影响评估，不搞“急就章”“一刀切”。坚持贯彻新发展理念，是检验各级领导干部“四个意识”“四个自信”“两个维护”的一个重要尺度，在这方面我们都要有清醒的认识和实际的行动。

三要突出稳中求进。这是当前和今后一个时期党和国家各项工作总基调，2020 年就更有特定要求。要坚持稳字当头。把“稳”放在更加突出的位置，突出抓重点、补短板、强弱项，落实好“六稳”政策措施，坚决服务好经济平稳运行大局。要在把握好度的前提下积极进取。用好降低基础设施项目资本金比例等逆周期调节政策，积极扩大有效投资，进一步发挥交通基础设施供需共同受益、乘数效应显著的优势。要落实中央减税降费部署。深化“放管服”改革，进一步优化营商环境，降低物流成本，为实体经济发展提供有力保障。需要强调的是，在交通固定资产投资高基数上的稳，实质上也是进。我们要处理好短期、中期和长期的关系，把握好方向、节奏、力度，尽力而为、量力而行，坚决不能盲目上投资、上项目，更不能脱离实际、贪大求洋，一味追求建设规模、提高建设标准，要坚决避免和杜绝“政绩工程”“形象工程”。

四要保障民生底线。明年交通资金供需矛盾进一步凸显，必须统筹安排好民生保障，把基本服务保住，把底线兜住，把短板加强，不断增强人民群众获得感、幸福感、安全感。要优化支出结构。切实把钱用在刀刃上，更加注重普惠性、基础性、兜底性交通设施和服务供给，抓好交通运输领域更贴近民生实事的落实。要发挥规模优势。着眼满足人民美好生活需要，依托我国超大规模市场优势，进一步加大快速化、个性化、多样化运输服务供给，有效扩大消费需求。要坚持底线思维。强化交通运输本质安全，完善安全应急管理体系，坚决防范遏制重特大事故。要做好维稳工作。解决好特定群体合法利益诉求，想群众之所想、急群众之所急、解群众之所忧。要坚持勤俭节约。坚守节用裕民之道，坚决压缩一般性支出，严控“三公”经费预算，节俭办展办会，用政府部门过紧日

子，换来人民群众的好日子。

二、李小鹏部长讲话摘录

研判明年交通发展形势，要胸怀中华民族伟大复兴的战略全局和世界百年未有之大变局“两个大局”，坚持从世界看中国、从全局看局部、从未来看当下。当前世界经济仍处在国际金融危机后的深度调整期，世界大变局加速演变的特征更趋明显。我国经济稳中向好、长期向好的基本趋势没有改变，仍处于发展的重要战略机遇期。机遇与挑战同生共存，机遇大于挑战。

对交通运输而言，我们的机遇至少有以下几个方面：一是加快建设交通强国给行业带来重大战略机遇。建设交通强国是以习近平同志为核心的党中央立足国情、着眼全局、面向未来作出的重大战略决策，对新时代交通运输发展指明方向、提出要求，显著提升了交通运输在社会主义现代化强国建设中的战略地位，有利于汇聚各方力量，推动行业发展，为社会主义现代化强国建设当好先行官。二是构建现代化经济体系给行业高质量发展带来新机遇。中央经济工作会提出更好运用逆周期调节工具，推动农业、制造业、科技、基础设施、服务业高质量发展和区域协调发展，促进产业和消费“双升级”，有利于行业增加有效投资、调整运输结构、降低物流成本、提高服务品质，加快交通运输高质量发展进程。三是推进治理体系和治理能力现代化给行业深化改革带来新机遇。贯彻党的十九届四中全会精神，以及落实《交通强国建设纲要》、深化“放管服”改革、优化营商环境，有利于行业深化改革、健全法治，提升治理体系和治理能力现代化水平。四是举办第二届联合国全球可持续交通大会给行业扩大开放带来新机遇。明年在北京举办的第二届联合国全球可持续交通大会，将向全球展示我国交通发展成就，分享发展经验，推动“一带一路”互联互通，有利于扩大交通运输高水平开放合作、提升国际话语权和影响力。五是新科技革命和产业变革给行业创新驱动带来新机遇。以人工智能、区块链、云计算、大数据等为代表的新一代信息技术迭代升级，新能源、新材料、智能建造等新技术加快应用，特别是 5G 规模商用，将加速交通运输走进智能时代。六是保障和改善民生给行业服务提质带来新机遇。需求源自人民。中央经济工作会议就保障和改善民生作出部署，提出引导资金投向供需共同受益、具有乘数效应的先进制造、民生建设、基础设施短板等领域，有利于补齐民生服务短板；提出推动生产性服务业向专业化和价值链高端延伸、生活性服务业向高品质和多样化升级，有利于提升交通运输服务质量和水平。

同时，我们还面临诸多挑战：一是经济下行压力加大给行业带来的挑战。世界经济增长持续放缓，国内经济下行压力加大，对国际国内运输市场以及行业、企业产生多重影响。二是发展要素制约给交通稳投资带来的挑战。政策创新正在积极推动，行业由要素驱动向创新驱动转换任重道远，但资金、用地、用海、环评等方面制约仍将长期存在，新开工项目数量持续减少，交通固定资产投资后劲不足，同时存量债务负担较重，稳投资与防风险面临双重压力。三是外部环境不确定性增加带来的挑战。地缘政治复杂多变，贸易保护主义抬头，中美经贸摩擦仍存在不确定性，全球动荡源和风险点显著增多，关键核心技术受制于人，企业海外利益受影响等风险不容忽视。四是安全生产事故易发多发、维稳压力加大带来的挑战。交通运输安全生产总体平稳，但形势依然严峻复杂，安全生产事故仍处在高位波动期，群死群伤事故和重大险情易发多发。此外，非传统安全威胁增加，行业维稳压力较大。

当然，我们面临的最大挑战还是自身的挑战。能否抓住机遇、迎接挑战，增强自身发展能力最为关键。我们要眼睛向内，清醒认识自身存在的问题，主要是：综合交通基础设施网络存在短板，运输服务质量有较大提升空间，物流降本增效还有很大潜力，行业自主创新能力明显不足，综合交通

一体化融合发展的体制机制尚不健全，行业治理体系和治理能力现代化任重道远，重大政策谋划和储备不足，部分法律法规建设滞后于行业发展，特别是面对新形势新任务，一些干部职工对新发展理念的学习领会、贯彻落实还不够，对综合交通、城市交通、新业态等治理能力还不足，作风建设还不硬，对推动高质量发展还存在不想干、不会干、不敢干，基层、基础、基本功“三基”建设还要大力加强等问题。我们要坚持问题导向，多从自身找原因，在提高履职能力上下功夫、见成效。

综合判断，明年我国交通运输发展仍将保持稳中有进、稳中向好态势，但形势更严峻、任务更艰巨。我们既要正视困难挑战，更要坚定必胜信心，关键是增强自身能力，办好自己的事情，要更加紧密地团结在以习近平同志为核心的党中央周围，同心同德干、锐意进取干，变压力为动力，化挑战为机遇，不断开创交通运输高质量发展的新局面。

2020 年是全面建成小康社会和“十三五”规划的收官之年，是加快建设交通强国的紧要之年。做好明年工作十分重要，主要工作思路是实现“五个确保”。

第一，确保坚定不移贯彻新发展理念。在中央经济工作会议上，习近平总书记就坚定不移贯彻新发展理念提出新要求，我们要认真学习领会，抓好贯彻落实。坚定不移贯彻新发展理念，就是要以新发展理念为统领，树立全面、整体的观念，切实把新发展理念贯穿体现到交通运输工作各方面和全过程，不能只顾一点不及其余、只喊口号不抓落实、一遇压力又重回老路，要切实把新发展理念作为发展的指挥棒，把贯彻新发展理念作为检验各级领导干部的一个重要尺度。坚定不移贯彻新发展理念，就是要坚持以推动高质量发展为主题，紧紧扭住新发展理念推动高质量发展，着力推动质量变革、效率变革、动力变革，加快形成体现新发展理念、推动高质量发展的指标体系、政策体系、标准体系、统计体系和绩效评价、政绩考核机制，推动行业高质量发展向深处走、向实处走。坚定不移贯彻新发展理念，就是要坚持以供给侧结构性改革为主线，着力落实好“巩固、增强、提升、畅通”八字方针，把注意力集中到解决各种不平衡不充分的问题上，统筹推进补短板、降成本、优环境、强服务、抓创新、增动能、提效率、促融合，推动交通运输供需在更高水平上实现动态平衡。坚定不移贯彻新发展理念，就是要坚持以加快建设交通强国为使命，突出“加快建设”，突出“重在落实”，突出“三个转变”，聚精会神、坚持不懈地加快建设安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通运输体系，深入推进综合交通一体化融合发展，加快建设人民满意、保障有力、世界前列的交通强国，为建设社会主义现代化强国当好先行！

第二，确保服务全面建成小康社会和“十三五”规划圆满收官。这是明年全党工作的重中之重。我们要对标对表、理清总账、挂图作战，着力抓重点、补短板、强弱项，全面确保完成各项目标任务。

抓重点，重点打好三大攻坚战。重中之重是要高质量打赢脱贫攻坚战，在确保全面完成“两通”目标任务的基础上，巩固脱贫成果，稳定脱贫政策，建立解决相对贫困的长效机制，推进交通建设项目更多向进村入户倾斜，推动“四好农村路”高质量发展。要打好污染防治攻坚战，坚持方向不变、力度不减，突出精准治污、科学治污、依法治污，重点服务打好蓝天、碧水、净土保卫战，全力确保完成运输结构调整目标任务，强化长江、渤海等重点水域船舶和港口污染防治，切实抓好源头防控。要打好防范化解重大风险攻坚战，着力找准稳投资与防风险的平衡点，像走钢丝一样稳慎，稳定大局、统筹协调，分类施策、精准拆弹，确保不发生系统性债务风险。

补短板，着力补基础设施短板。补短板、稳投资，是服务做好“六稳”工作的重要举措。要扩新建、稳在建、督缓建、防停建，确保交通在建工程规模高位运行。要着力破解资金难题，用好项目资

本金比例下调、专项债扩大使用范围、研究发行长期融资工具等政策机遇，争取更多财政资金支持，发挥好政策性金融作用，用好长期预期收益。要研究推动交通设施与周边资源一体化开发，更好引进社会资本。要坚守节用裕民之道，坚决不搞形象工程、政绩工程，把有限的资金用在刀刃上。要抓住和用好中央“改革土地计划管理方式、健全重大项目审批协调机制、分类压减审批时限”等改革机遇，破解用地用海难、审批周期长等问题，为稳投资营造良好政策环境。

强弱项，着力惠民生、强服务、降成本。要紧紧抓住民生服务薄弱环节，大力开展服务质量提升行动，着力发挥政府作用保基本，稳步提升公共交通服务的均等化、精细化、人性化水平；着力发挥市场供给灵活性优势，推动交通运输生产性服务业向专业化和价值链高端延伸、生活性服务业向高品质和多样化升级。要树立成本是价格、质量、效率、结构的有机统一的观念，持续推进物流业结构性、制度性、技术性、管理性、服务性降成本，注重把降成本与强服务、提效率、调结构有机结合起来，核心是提高物流服务的性价比，以降成本为牵引和杠杆，引导和撬动物流运输质量提高、效率提升、结构优化。

第三，确保加快建设交通强国。着力抓规划、抓试点、抓项目，加快建设交通强国，为社会主义现代化强国建设当好先行官。

抓规划。要编好《国家综合立体交通网规划纲要（2021 – 2050 年）》。这是对《建设纲要》的细化、实化，二者相辅相成，共同构成交通强国建设纲领性文件的“姊妹篇”。规划编制中要注重网络化布局、一体化融合、高质量发展、现代化治理，加快推动形成布局完善、便捷高效、绿色集约、安全可靠、智能创新、经济惠民的现代化高质量综合立体交通网。要编制好“十四五”综合交通运输发展规划及专项规划。这是贯彻落实《建设纲要》《规划纲要》的第一个五年规划。初步考虑，要统筹存量和增量发展，统筹传统和新型交通发展，以“补短板”为重点完善综合立体交通网，以“优结构”为抓手促进各种交通方式协调衔接，以“促创新”为动力推动科技创新、制度创新、政策创新，以“提品质”为导向提升人民出行体验，持续推动降低物流成本，以“强治理”为目标推进行业治理体系和治理能力现代化，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通运输体系。

抓试点。要抓紧抓好第一批交通强国试点工作，加大力度，加快进度，加强督导评估，及时总结推广，力争尽快形成一批可复制可推广的先进经验。要压茬推进第二批试点工作，以实现“三个转变”为导向，打造“四个一流”为目标，点面结合、探索创新，远近结合、滚动实施，因地制宜、分类推进，多方联合、创新机制，充分发挥行业、地方、社会各方的积极性和创造性，推动交通强国建设向更大范围、更宽领域延伸，以试点为支点，掀起全行业全社会共同加快建设交通强国的热潮。

抓项目。重大工程项目是加快建设交通强国的重要抓手和标志。要着眼国家长远发展，加强战略性、网络型基础设施建设，加快补上短板，提升长期供给质量和效率，推动重大战略性项目规划实施。当前，我们从国土空间联通、服务区域发展、通道扩能增效、创新引领示范和“交通 +”融合发展等五个方面，提出 23 个重大工程项目包。对比较成熟的项目要率先推进，同时也要加快推进一批科技类、服务类项目，为稳增长提供新的支撑点。

第四，确保办好第二届联合国全球可持续交通大会。着力办好会、促共享、扩开放，为国家增光添彩，推动行业可持续发展。

办好会。2020 年，适逢我国全面建成小康社会，也是联合国成立 75 周年。第二届联合国全球可持续交通大会将于明年 5 月在北京举办。这是以习近平同志为核心的党中央从国家外交大局出发作出的重大决策，是由交通运输部门与有关部门联合承办的规格最高、规模最大、影响最广的国际盛会，我们要高度重视、精心组织、周密安排、压

实责任，举全行业之力与有关方面一道共同努力，把会办好，确保万无一失。

促共享。要认真贯彻习近平新时代中国特色社会主义外交思想，聚焦大会“可持续的交通，可持续的发展”的主题，讲好中国交通故事，分享中国交通经验，提出可持续交通发展的中国方案，把大会打造成展示国家发展成就、共享中国发展理念、引领国际发展合作的大平台，为促进“一带一路”互联互通、构建人类命运共同体、推动世界可持续发展作出积极贡献。

扩开放。要以大会促开放，加强全面开放新格局下交通运输对外开放的顶层设计和统筹协调，增强“走出去”的合力，着力构建互联互通、面向全球的交通网络，加快陆海空新通道建设，规范中欧班列运行，加强与“一带一路”沿线国家物流标准与信息互通共享，推动共建国际物流和贸易大通道。着力发挥好自贸试验区改革开放试验田作用，加大海南自由贸易港交通运输政策开放力度，加快打造世界一流交通企业，推动交通运输高水平对外开放。

第五，确保行业治理体系和治理能力现代化加快推进。要深入贯彻党的十九届四中全会精神，坚持问题导向、目标导向、结果导向，着力促改革、强法治、优环境、保安全，加快推进行业治理体系和治理能力现代化。

促改革。要坚持市场化改革方向，推动铁路等领域深化改革。要继续深化收费公路制度改革，完善政策，严控规模，降低费用，公开信息，提升服务水平。要落实好农村公路管养体制改革等任务，完善改革配套政策。建立健全综合行政执法、城市交通拥堵综合治理、新业态协同监管等领域的工作运行机制，完善科技人才发现、培养、激励机制，切实把制度优势转化为治理效能。

强法治。要以新时代交通运输法治政府部门建设为总抓手，加快构建综合交通法规体系，重点聚焦“一法两条例”等亟需制修订的法律法规，拓宽思路、注重协调、凝聚共识、早出成果。着力加强对综合行政执法的指导、协调和规范化建设，注重用好科技手段提升执法效能。

优环境。越是经济下行压力加大，越要优化营商环境，为市场发展、企业成长创造条件。要以贯彻实施《优化营商环境条例》为主线，以转变政府职能为核心，以“证照分离”改革为抓手，以企业有获得感为落脚点，建设高标准交通运输市场体系，强化竞争政策基础地位，激发各类市场主体活力。

保安全。明年大事要事多，确保行业安全稳定具有特殊重大意义。要牢固树立生命至上、安全第一的安全发展理念，全面加强对安全生产工作的领导，压实各级安全生产责任制，全面加强重点领域隐患排查治理，有效遏制重特大安全事故，持续降低事故总量，保护人民群众生命财产安全，确保行业安全稳定发展。

“五个确保”是一个有机统一的整体，其中确保坚定不移贯彻新发展理念是统领，其他是重点任务、底线要求、硬性目标。我们要坚持新发展理念不动摇，扭住重点目标任务不放松，撸起袖子加油干，不达目的不罢休。

我司负责勘察设计的广东省重大项目——黄茅海跨海通道工程初步设计通过“云评审”

2 月 28 日，我公司负责勘察设计的广东省重大项目——黄茅海跨海通道工程（A1 标段）初步设计顺利通过了省交通运输厅组织的专家评审。作为广东省重大基础设施项目，被誉为“粤港澳大湾区新的大动脉”的黄茅海跨海通道工程项目预计今年上半年开工建设。

“云评审”创新评审方式，安全高效

为做好新冠肺炎疫情防控工作，确保疫情防控及项目推进两不误，黄茅海跨海通道管理中心采用了创新性的“函审 + 视频”会议方式，让会议各方相聚“云端”，在线对项目初步设计文件开展评审。

在“云评审”前，项目相关各方进行了多次沟通，提前半个多月将初步设计文件、初步设计简本、汇报 PPT 及解说视频、函审意见回复单等资料，送达各位专家以及各有关单位进行提前审阅，并在会前收集好意见。

评审会议设置了广州主会场和北京、上海、江苏、重庆等网上分会场。在位于广州五羊新城大厦的主会场里，各会议现场的情形被投影到了电脑上。各地的专家、与会者可以通过电脑、手机实时了解现场情况，并自由参与互动讨论。疫情之下，“云评审”的方式减少了人员聚集和直接接触，让沟通得以突破时空，提高了工作效能，也更加安全环保，得到了评审专家和参会代表的一致好评。

项目方案顺利通过评审，获得高度评价

黄茅海跨海通道项目东接鹤港高速（港珠澳大桥西延线）、西接西部沿海高速及新台高速，对于贯彻粤港澳大湾区合作精神，加强粤港澳大湾区内联系，优化区域高速公路网络，改变过江通道单一的现状，促进珠西装备制造业基地集聚，进一步强化横琴自贸区、高栏港与大广海湾经济区的联动发展

等方面，都具有重要意义。

在项目设计过程中，我公司秉持着“打造百年平安、绿色、品质工程，服务粤港澳大湾区建设”的目标，根据此工程项目建设条件复杂、景观定位高、要求快速建造的特点，在景观创意、抗风、抗震、防船撞和防腐蚀等方面做了深入的研究，并就预制节段拼装箱梁和大跨钢箱梁设计及施工方面进行了创新性设计。

项目评审会从 2 月 28 日上午 9 时开始，一直持续到中午 1 时。来自全国各地的 14 位特邀专家，以及广东省交通运输厅、珠海市、江门市、省交通集团、省公路建设有限公司、黄茅海跨海通道管理中心和水利、海事、航道、铁路等相关单位共 100 多人参加了会议。

我司项目组主要负责人梁立农总工程师、孙向东副总工程师以及第四设计分院总工程师万志勇、副总工程师徐德志参加了现场会议并对方案进行了汇报和答疑。同时，公司总经理助理兼第四设计分院院长罗旭东、公司副总工程师陈新富、第四设计分院总工程师陈竞飞以及项目组主要分项负责人等，在公司会议室通过视频会议方式全程参加了分会场会议。

专家组及参会领导、代表听取了设计单位关于初步设计情况的汇报，审阅了初步设计文件及相关资料。我司的初步设计方案得到了专家组的高度评价。专家组一致同意通过评审。

工程设计方案

黄茅海跨海通道工程是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后实施的首个跨海工程。项目起于珠海市高栏港区，东连港珠澳大桥，西连新台高速并与西部沿海高速相交，止于台山市斗山镇，全长约 31 km，全线采用双向 6 车道高速公路标准建设，设计时速 100 km/h，设计使用寿命 100 年。

我公司负责本项目 A1 标段的勘察设计工作，设计内容主要包括一座 700 m 跨径的钢箱梁斜拉桥、海中跨径 100 m 的连续钢箱梁桥、跨径 60 m 的预制节段拼装连续刚构桥以及枢纽互通立交等。

在初步设计阶段，我公司对于项目中具有标志性意义的主通航孔桥设计，分别提出了“椭圆截面

细腰型独柱塔 + 分体式钢箱梁”和“菱形截面旋动 A 型塔 + 整体式钢箱梁”两套方案，并进行了同深度比选。桥型方案获得了与会领导和专家的好评。

项目建设意义重大

作为广东省重大基础设施建设项目，黄茅海跨海通道建成后将完善广东省高速公路网规划，充分发挥港珠澳大桥的作用，推进粤港澳大湾区基础设施互联互通，进一步强化珠海横琴自贸区、高栏港和江门大广海湾经济区的联动发展，加快构建“一核一带一区”区域发展新格局。

项目预计于今年上半年开工。下一步，我公司将全力开展项目施工图设计工作，确保按时按质完成勘察设计任务，为项目如期开工提供保障。

公司承担的广东省重大项目——中江高速公路改扩建工程初测初勘外业顺利通过“云验收”

3 月 6 日，我公司承担的广东省重大项目——中江高速公路改扩建工程，顺利通过省交通运输厅组织的初测初勘外业验收。

中江高速公路改扩建项目由四车道改为八车道，路线起于中山市港口镇与京珠高速广珠段通过新隆枢纽立交相接，终于江门龙湾立交与江鹤高速公路顺接，总长约 40 km，改扩建后设计速度为 120 km/h。本项目是深圳至岑溪国家高速公路（G2518）的重要组成部分，部分路段是珠三角环线国家高速公路（G94）的重要组成部分，与深中通道等高速公路一起构筑了珠三角核心区和粤东地区通往粤西及我国西南地区的重要东西向通道，也是中山市区和江门市区的直接联系通道。

本项改扩建工程对于提高珠三角核心区东西向通道通行能力、消除交通瓶颈、提升国家高速公路的服务水平和保障能力具有重要意义，对于加强粤港澳大湾区向粤西及我国西南地区的辐射具有重要作用。

针对该改扩建项目的特点和复杂问题，项目组采取了有效的应对解决方案：（1）将航拍、BIM 建模等新技术，首次应用于改扩建项目进行成果展示、方案沟通、拆迁检查等；（2）项目途经粤港澳大湾区的中山、江门两市，为满足交通功能与减少征地拆迁的和谐统一，进行了路线和立交的多方案比选；（3）项目城镇化程度高，征地拆迁难度大，且软基深厚，设计过程中针对基于集约化用地要求的深厚软基路基桥涵拼接方案进行深入研究；（4）项目互通立交密集，平均间距约 3 km，对小间距互通立交改扩建技术进行专题研究，为后续设计提供技术支撑；（5）对大交通量下保四通行进行交通组织和交通管制方案专题研究。

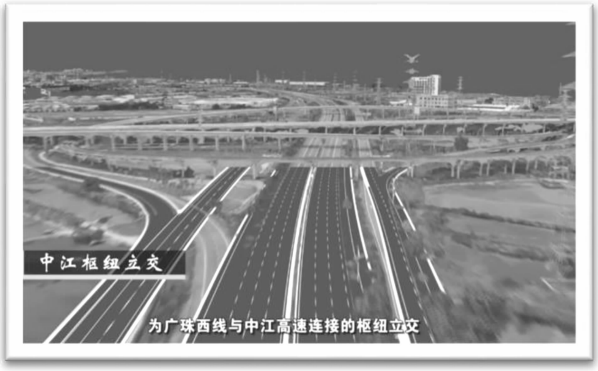
为做好项目推进与疫情防控两不误，会议采用“函审 + 视频”的“云验收”方式，对项目初测初勘外

业工作进行验收。为做好本次“云验收”,项目组在会前做了大量的准备工作:(1)提前将设计文件和资料送达各专家、各相关单位;(2)在会前收集整理各方意见,做好解释和沟通;(3)精心制作航拍视频,供专家代表“远程踏勘现场”;(4)利用倾斜摄影 BIM 建模技术,展示全线改扩建方案。

评审会在广州设置了 1 个主会场,以及设计、咨询 2 个分会场,特邀专家和各相关单位代表相聚“云端”,对项目初测初勘外业工作进行在线验收。在本次会议的广州主会场现场,人数严格控制为 20 人,相邻座位间隔 1 米。各地专家、参会人员通过现场视频会议,实时了解现场情况,并自由讨论互动。“云验收”减少了人员聚集风险,其安全高效性得到了专家和参会代表的一致好评。项目初测初勘设计文件得到了省交通运输厅主管领导、评审专家和相关代表的高度评价。专家组认为我公司对此复杂的改扩建工程方案研究得很深很透,一致同意通过验收。

此次参加“云验收”的人员包括来自全国各地 30 多家单位的 10 位专家,及相关单位代表共 50 多人。

我公司副总经理刘桂红、总经理助理兼第四设计分院院长罗旭东、公司副总工程师陈新富、第四设计分院总工程师陈竞飞等参加了现场会议,并对方案进行汇报和答疑。公司副总工程师刘吉福带领项目分项负责人在公司分会场通过视频会议参会,项目负责人、资深设计师张文以视频会议方式全程参会。



我公司与中国联合网络通信有限公司广州市分公司 5G 创新应用战略合作协议签约仪式圆满举行

春风回笑语，云气卜丰穰。2020 年伊始，我公司与中国联合网络通信有限公司广州市分公司就 5G 创新应用战略合作达成高度共识，并于 1 月 14 日在广州联通宝地广场 22 楼隆重举行了合作协议签约仪式。

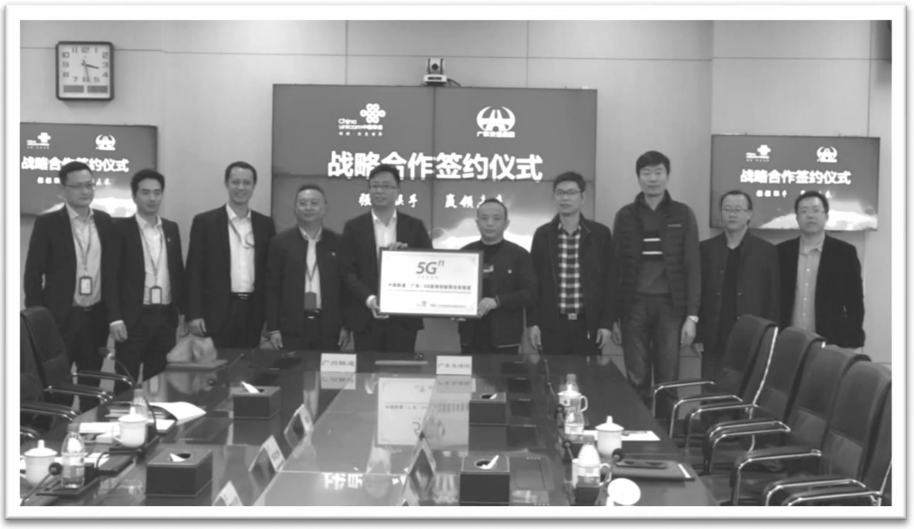
我公司副总经理刘桂红、公司总经理助理兼规划与交通工程分院院长汪超、分院副院长孙卫华、后勤管理部主任唐文以及分院机电与智慧交通所所长关小杰代表我公司出席了签约仪式。刘桂红副总经理与中国联通广州分公司周剑明副总经理分别代表双方在签约仪式上致辞，并共同签署了 5G 创新应用战略合作协议，标志着双方的战略合作正式进入实施阶段。

公司副总经理刘桂红代表我院致辞

周剑明副总经理代表中国联通广州分公司致辞

双方正式签署协议

双方签约人、见签人持签约书合影



双方代表揭牌合影

在签约仪式后，联通代表邀请我公司与会代表共同体验 L4 级自动驾驶车辆，并陪同参观了广州联通 5G 创新中心展厅，热情洋溢地为我公司代表介绍了 1G 至 5G 通信网络发展历程以及 5G 技术在交通运输、文娱、工业、医疗、教育、金融、旅游、电力、政务与公共事业以及农业等各行业的应用。

刘桂红副总经理体验自动驾驶车辆

参观中国联通 5G 创新中心

此次战略合作协议的签订，标志着我公司与中国联通正式成为 5G 创新应用战略合作伙伴。今后，双方将充分发挥各自的资源优势，在 5G、物联网、云计算、大数据、自动驾驶、车路协同、智慧交通和智慧城市等创新应用领域进行深度战略合作，实现优势互补、强强联合，共同开拓 5G 创新应用尤其是 5G 智慧交通产业发展的新蓝海！

（报道者：陈静萍）

广东省工程勘察设计行业协会市政分会成立大会暨学术报告会圆满召开

2020 年 1 月 8 日，由我公司作为主办单位之一的“广东省工程勘察设计行业协会市政分会成立大会暨学术报告会”在广州白云宾馆顺利召开。

大会上，我公司被聘为市政分会副会长单位。姜启珍副总经理代表公司上台领取聘书。

我公司市政设计分院葛晓光作为特邀嘉宾，于大会上作了“高速公路服务区污水整治工程技术研究”学术报告。

新时代下，市政工程建设被赋予了崭新的历史使命。广东省工程勘察设计行业协会市政分会的成立旨在进一步提升广东省市政行业的设计水平，推动城市管理的科学化、精细化发展。日后，我公司将借助这一良好平台，拓展行业交流，不断探索创新，为城市美好未来发展添砖加瓦。

（报道者：曹菁菁）

我公司负责勘察设计的普宁市练江流域镇级污水处理厂项目举行通水仪式

12 月 28 日上午，由我公司负责勘察设计的普宁市练江流域镇级污水处理厂项目通水启动仪式在普宁举行。普宁市委书记张时义、普宁市市长黄锐亮等市领导，广业环保集团总经理于怀星，相关部门和镇政府领导，普宁广业练江生态环保公司总经理颜转松等领导，以及我公司市政设计分院院长陈万里、分院给排水所副所长李立军等出席了启动仪式。

仪式结束后，张时义书记带队对云落镇污水处理厂和梅塘镇污水处理厂进行了现场参观。

练江是粤东地区第三大河流，其污染问题由来已久，污染程度触目惊心，是广东省污染最严重的河流之一。2018 年 5 月 23 日，省长马兴瑞主持召开了练江流域整治专题工作会议，贯彻落实中央领导同志相关批示精神，深入分析突出问题，加大力度推进练江流域整治工作。根据省委省政府的统一部署，广业环保集团组织实施了普宁市环保基础设施建设项目。项目经公开招标，由我公司与广东省建筑工程集团有限公司、广东省冶金建筑设计研究院有限公司等组成联合体承包工程的勘察设计和建设。本项目一共包括 8 个工程（2 个污水处理厂工程和 6 个管网工程），其中管网总长 493 km。本项目建安费共 27.23 亿元，总投资约 33.98 亿元。我公司主要负责其中 5 个工程的勘察设计工作，分别为：普宁市区池尾、流沙新河南片区污水管网完善工程；普宁市梅塘镇污水处理厂工程；普宁市梅塘镇污水处理厂配套污水管网工程；普宁市云落镇污水处理厂工程；普宁市云落镇污水处理厂配套污水管网工程。

佛山市富龙西江特大桥桥型方案总体设计

傅海堂,郭文华
(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

摘　要:对于大跨径桥梁,主跨跨径无疑是影响桥梁经济性的一个重要因素,但并不是决定因素。本文结合富龙西江特大桥桥型方案的设计情况,介绍了如何在地形、通航、水利条件复杂的情况下,合理布置桥孔和进行科学合理的方案比选。本文在综合分析了相关建设条件和控制因素后,推荐采用主跨相对更大的桥型方案,带来了通航安全、结构安全、堤防安全、施工便利等方面的有益改进,且保持了较好的经济性,具有良好的社会效应。为同类桥梁建设项目的桥型方案设计提供参考。

关键词: 桥型方案;桥跨布置;富龙西江特大桥;比选

1　工程概况

佛山市富龙西江特大桥位于佛山市西部,跨越西江干流连接高明区和三水区两岸,桥位平面及地形见图 1。工程所在河段位于西江转弯后直线段范围,东岸水流较缓、西岸水流相对较急,桥位横跨区域最大水深约 34 m,江面宽度约 800 m。根据通航论证结论,工程所在河段为西江航道干线,规划为 I 级航道,通航 5 000 t 级海轮,单孔双向通航,通航净空 B × H = 469 × 22 m。

本项目其他主要技术标准如下:主桥为八车道一级公路,桥面宽 41 m,设计速度 80 km/h,地震峰值加速度 0.1 g。

图 1　桥位河段示意图

2　主桥桥型方案构思

2.1　主跨跨径选择

根据航道部门的要求,由于桥位处于河道弯位,为保证通航安全,本大桥通航孔不能采用双孔单向通航方案,而应采用单孔双向通航的方案。

根据通航论证结论,通航净空 B × H = 469 × 22 m(垂直水流方向投影净宽为 446 m)。考虑到主墩基础尺寸和防撞设施的需要,主跨跨度应不小于 500 m。

2.2　桥型方案选择

适用于本项目路线的桥型方案为斜拉桥、拱桥、悬索桥等,其各自特点如下:

斜拉桥——斜拉桥方案与本项目周边控制地物的总体景观匹配性较好,造型形式多样,桥型协调、美观,富有现代气息[1-2];斜拉桥景观优美,技术成熟,施工经验丰富;跨度范围与通航要求适宜。

拱桥——结构刚度大;跨越能力强;力线明确,外形美观;能将桥面系荷载转化为拱肋轴向压力,材料利用率高。该桥型的主要缺点是需要良好的地基条件,建筑高度大,施工难度大、施工费用高,造价高[3-4]。

悬索桥——由悬索、索塔、锚碇、吊杆、桥面系等部分组成,是以承受拉力的缆索作为主要承重构件的桥梁。由于悬索桥可以充分利用材料的强度,并具有用料省、自重轻的特点,因此悬索桥在各种体系桥梁中的跨越能力最大,跨径可以达到 2 000 m以上。

对于悬索桥而言,500 m 左右的跨度并非其经

济跨径,且需在两岸设置大型锚碇,而桥位两岸鱼塘密布软土层较深,不适宜设置地锚,强行设置代价巨大。

而主跨 500 m 正处于斜拉桥的经济跨径之内,而且斜拉桥索塔高耸,通过其造型的变化,可设计成当地的标志型建筑。因此从各类桥型的跨越能力、经济性及景观效果考虑,富龙西江特大桥主桥采用斜拉桥这一桥型跨越是最合适的。

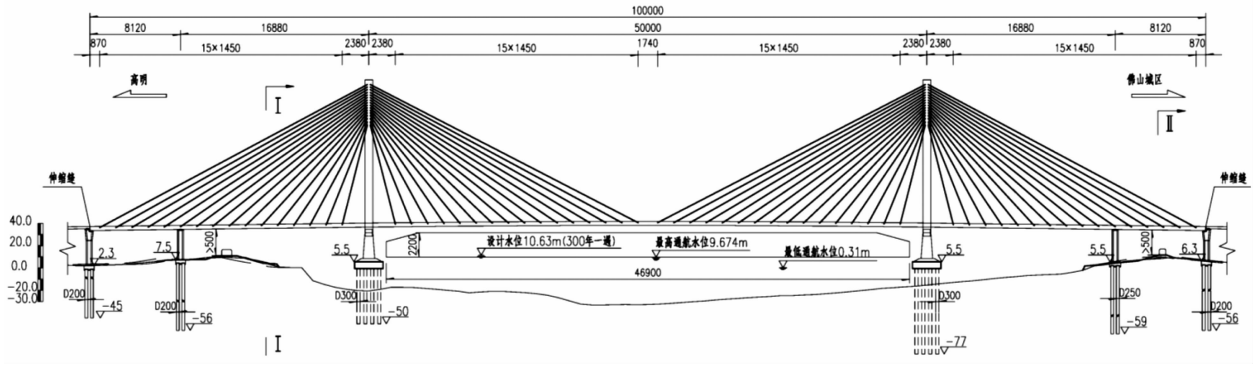


图 2　桥型布置图(500 m 主跨钢箱梁桥型方案)

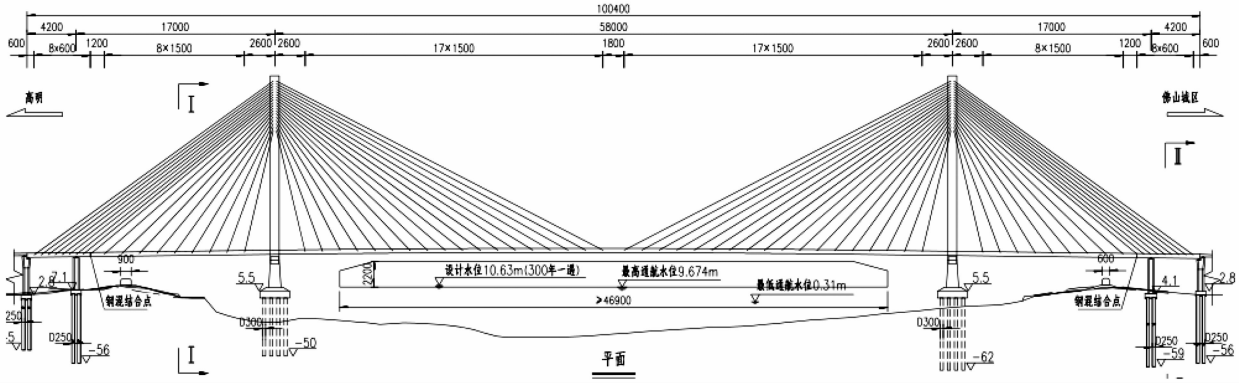


图 3　桥型布置图(580 m 主跨钢箱混合梁桥型方案)

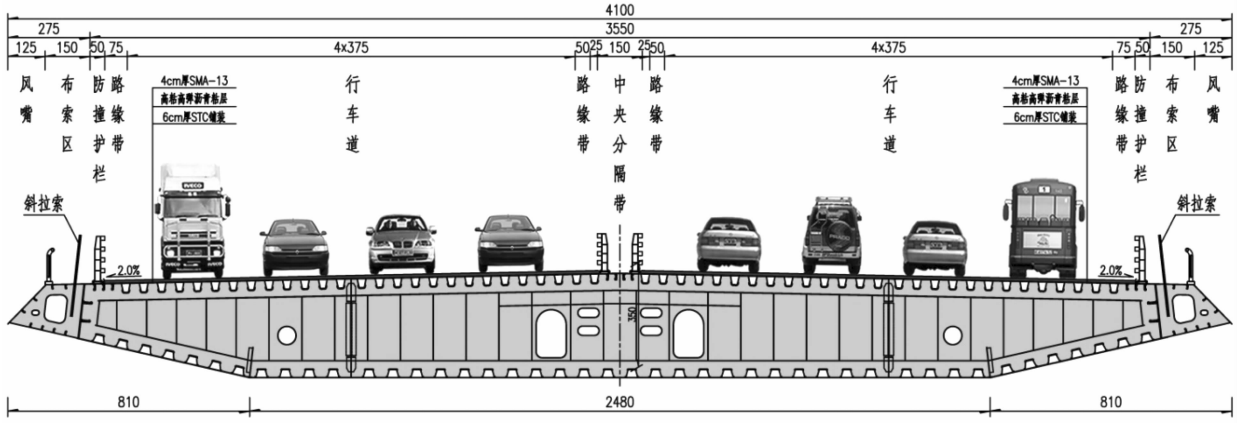


图 4　钢箱梁标准横断面

2.3　桥跨布置

2.3.1　西侧塔、墩布置

主塔:西侧主塔位置主要受西岸河床陡坡区和航道净宽界线限制。

1)西岸河床陡坡区

西岸距离河堤坡脚约 25 m 处有一处约 30 m 宽的河床陡坡区,为减少对桥位水文的不利影响,从保护河堤和利于施工的角度出发,主塔宜布置

于河中平坦河床上,不宜设在河床陡坡区。

2)航道净宽界线

本桥所处航道在西侧经常年冲刷,水深较深,在最高通航水位时达 30 m,通航水深条件较好,《通航条件影响评价报告》所提供本河段适航水域航槽线位于西岸河床陡坡区坡脚约 45 m 处,从满足航道规划的角度出发,主塔宜布置于西岸河床陡坡区坡脚至航槽线约 45 m 范围的平坦河床上。

同时应满足通航安全要求及两岸各码头锚地船舶进出的安全,并应尽量减少主跨跨径,提高本工程经济性。据此西侧主塔位置拟设置于航槽线外,邻近航槽线布置。

辅助墩:西侧辅助墩位置主要受限于跨越西江江堤的水利要求。根据西江河堤管理部门的意见,桥位处江堤为历史险段,桥墩布置应满足堤防稳定要求,不应布置在堤身设计断面以内。桥墩承台距离迎水坡堤角线的最小距离不得小于 10 m,桥墩承台距离背水坡堤角线的最小距离不得小于 8 m[5]。

根据以上条件,考虑合理的边中跨比后,西侧塔、墩位置相对明确,可调余地较小,其布置如下图所示。

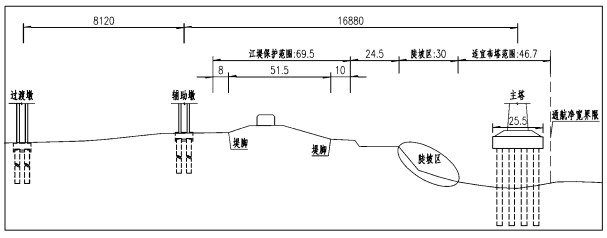


图 5　西侧塔、墩位置示意图

2.3.2　东侧塔、墩布置

主塔:东侧主塔位置主要受限于航道净宽界线、现状船舶习惯航路、跨越西江江堤的水利要求。

1)航道净宽界线

根据《通航条件影响评价报告》所提供本河段适航水域航槽线,从满足航道规划的角度出发,主塔宜布置于东岸航槽线之外,且需满足通航论证结论——主跨跨度应不小于 500 m 的要求。

2)现状船舶习惯航路

根据海事部门的意见,为了保证通航安全,通航孔布置应覆盖 3 000 t 级船舶的习惯航路,且宜覆盖现状船舶习惯航路。

3)跨越西江江堤的水利要求

根据西江河堤管理部门的意见,桥位处江堤为历史险段,桥墩布置应满足堤防稳定要求,不应布置在堤身设计断面以内。桥墩承台距离迎水坡堤角线的最小距离不得小于 10 m,桥墩承台距离背水坡堤角线的最小距离不得小于 8 m。据此得到东侧江堤不应设墩的保护范围约 80 m 宽(见图 6 所示)。

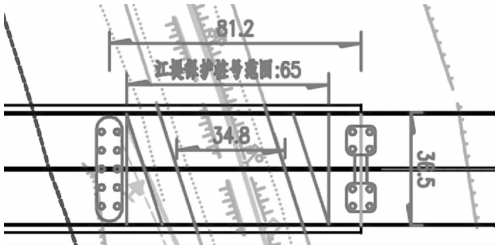


图 6　东侧江堤保护桩号范围示意图

东侧江堤范围的宽度为 34.8 m(江堤两个坡脚沿路线方向之间的距离),迎水坡保护范围为 10 m,背水坡保护范围为 8 m;由于路线走向与东侧江堤存在斜交,且桥梁宽度和承台长度较大,东侧江堤的保护桩号范围达 65 m;考虑辅助墩和过渡墩的结构宽度约 10 m 及适当预留富余宽度后,跨越东侧江堤的桥跨长度需求约 80 m。

东侧主塔根据上述条件限制,提出了以下两个主塔设置方案,见下图:

①方案一:东侧主塔邻近航槽线外布置,刚好满足通航净宽要求;该方案主跨为 500 m;

②方案二:东侧主塔在方案一的基础上往东岸移 80 m(可移动范围受边跨跨越西江江堤的水利要求限制),该方案主跨为 580 m。

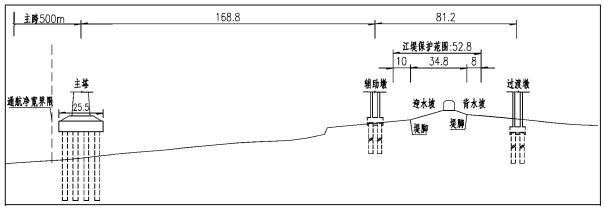


图 7　东侧塔、墩位置示意图(方案一)

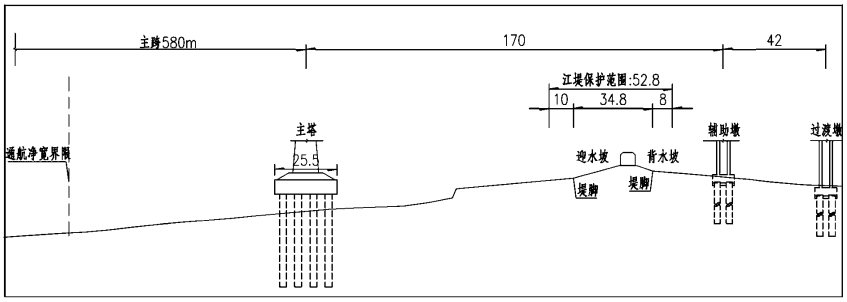


图 8　东侧塔、墩位置示意图(方案二)

3　主桥桥型方案比选

1)方案一:东侧主塔邻近航槽线外布置,刚好满足通航净宽要求;该方案主跨为 500 m;

概述:东侧主塔位置距离河堤坡脚约 150 m,常水位水深约 18 m,斜拉桥辅助墩设置于河堤内侧坡脚。

优点:桥梁总长 1 000 m,桥梁主跨和总长度相比方案二稍短。

缺点:①500 m 跨通航孔布置未能覆盖汛期 500 t 级船舶的习惯航路,需通过采取设置助航标志、提高防撞设计参数等措施保障船舶通航安全,且需增加防撞设施的建设及养护费用;没采纳《通航安全咨询报告》评审意见"进一步优化桥梁设计方案,考虑通航孔左桥墩向左岸调整"的建议。

②斜拉桥辅助墩设置于河堤内侧坡脚,需增加防撞设施的建设及养护费用。

③主塔基础施工水深较深,需设置较大型的深水施工平台;进行桩基施工时,需要加工吊装大型的钢围堰进行承台施工以及架设较长的施工便桥[6];

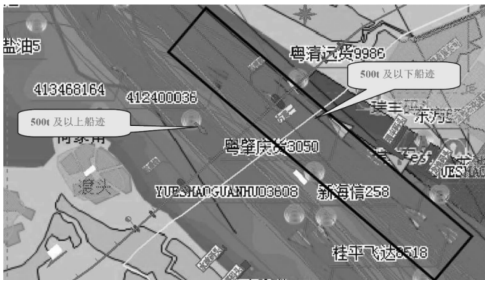


图 9　2016 年 7 月 500 t 级以上船舶航迹线图(汛期)

2)方案二:东侧主塔在方案一的基础上往东岸移 80 m,该方案主跨为 580 m。

概述:东侧主塔位置距离东岸河堤坡脚约 85 m,常水位水深 9 m;斜拉桥辅助墩设置于河堤坡脚外侧。

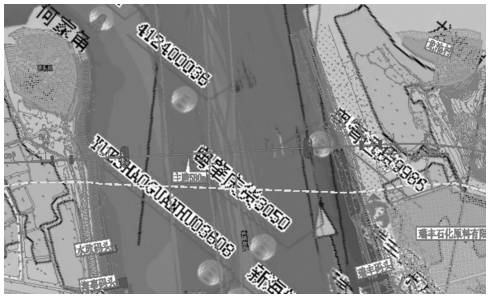


图 10　2016 年 7 月 500 t 级以上船舶航迹线图(汛期)

优点:①580 m 跨通航孔布置基本能覆盖 1 000 t~3 000 t 级船舶的习惯航路及汛期 500 t 级船舶的习惯航路,满足《通航安全咨询报告》评审意见"进一步优化桥梁设计方案,考虑通航孔东侧桥墩向东岸调整"的建议。

②斜拉桥辅助墩设置于河堤坡脚外侧,无需考虑该墩防撞设施的建设及养护费用。

③主塔基础施工水深由 18 m 减少为 9 m,大大减少了主塔基础的施工难度和造价。

缺点:桥梁总长 1 004 m,桥梁主跨和总长度相比方案一稍长。

表 1　主桥桥型方案技术经济比较表

方案	方案一	方案二
主墩位置	主墩置于深水区	主墩置于浅滩上
主跨大小(m)	500	580
辅助墩位置	东侧落于堤脚位置	均落于河堤以外
基础施工难度	较难	相对较容易
对通航安全的影响	有影响	较小
主墩安全性	被船撞击概率相对大	撞击概率相对小
辅助墩安全性	有被船撞击的风险	无
总造价估算(万元)	86 083	86 266

表 2　主桥桥型方案造价比较表

方案	钢梁长度(m) 造价(万元)	混凝土梁长度(m) 造价(万元)	拉索造价估算(万元)	主塔及基础造价估算 (万元)	桥面铺装(万元)	堤防维护(万元)	总造价估算(万元)
主跨 500 m	1 000 35 415	–	4 659	34 529	6 774	200	86 083
主跨 580 m	896 31 732	108 2 839	5 944	35 176	6 069	–	86 266

由上述两表可看出,方案一主墩施工水深较深,需设置较大型的深水施工平台,进行桩基施工时,需要加工吊装大型的钢围堰进行承台施工以及架设较长的施工栈桥,且由于承台靠近航迹线,增加了船泊航行的不安全性及主墩被撞击的概率,增加了防撞设施的建设及养护费用;

方案二主桥主跨增大至 580 m,边跨可采用混凝土上部结构费用减少 3 683 万元,另外由于主墩位置往岸边偏移 80 m 后主墩施工水深减少约 10 m,且基础岩面上升桩长变短,综合主塔及基础费用相比主跨更小的方案一仅增加了 647 万元,辅助墩从大堤内堤脚移至堤外可相应取消防撞以及堤防维护费用。综合主桥总建安费用与方案一基本相当。

经综合比较,富龙西江特大桥主桥跨径采用主跨 500 m、580 m 两个方案造价基本相当,且主跨增大后带来了通航安全、结构安全、堤防安全、施工便利等方面的有益改进,具有更好的社会效应,故本项目推荐采用主跨 580 m 的斜拉桥桥型方案。

4　结论

本文所介绍的富龙西江特大桥,其地形、通航、水利条件均较为复杂;在充分理解和综合分析了相关建设条件和控制因素后,采用主跨相对更大的桥型方案,带来了通航安全、结构安全、堤防安全、施工便利等方面的有益改进,且保持了较好的经济性,具有良好的社会效应。

对于大跨径桥梁,主跨跨径无疑是影响桥梁经济性的一个重要因素,但并不是决定因素。而建设条件是确定桥梁方案的重要依据和基础条件,只有充分理解了相关建设条件和控制因素并加以综合分析,才能合理地确定桥梁方案,有效地控制工程规模,实现方案设计的因地制宜、有理有据。

本文在桥孔布置、桥型选择以及方案比选方面的工作,具有一定的工程参考价值,可为同类桥梁建设项目的桥型方案设计提供参考。

参考文献:

[1] 刘士林. 斜拉桥设计[M]. 北京:人民交通出版社,2006.

[2] 王柏惠. 斜拉桥结构发展和中国经验[M]. 北京:人民交通出版社,2004.

[3] 郝聂冰,顾安邦. 500m 级钢管混凝土拱桥施工控制[J]. 西南交通大学学报,2015,50(4):635 – 640.

[4] 秦大燕,韩玉. 500m 级钢管混凝土拱桥安装技术研究[J]. 西部交通科技,2014,(7):26 – 30.

[5] 叶合欣,郭楠鹏,肖素芬. 从技术审查角度探讨防洪评价值得注意的几个问题[J]. 广东水利水电,2017 (1):1 – 5.

[6] 刘翠云,代皓. 宜宾金沙江公铁两用桥主墩基础施工技术[J]. 桥梁建设,2016,46 (2):97 – 102.

斜交连续钢箱梁的空间仿真分析

周　宇

（广东省交通规划设计研究院股份有限公司，广州 510507）

摘　要：以中山市二环快速路某座（31.5 +37 +31.5）m 斜交连续钢箱梁桥为工程背景，建立板壳分析模型对本结构进行全桥防真分析，并与梁格法模型进行对比分析，其中对比分析内容包括支座反力、结构变形、结构第一体系应力，同时也对板壳分析模型中的钝角区及锐角区应力进行分析。分析结果有效指导斜交钢箱梁的设计，也为类似的斜交钢箱梁的设计提供有价值的参考。

关键词：斜交钢箱梁；有限元仿真分析；板壳单元法；梁格法

以中山市二环快速路某座（31.5 +37 +31.5）m 斜交连续钢箱梁桥为工程背景，建立板壳分析模型对本结构进行全桥防真分析，并与梁格法模型进行对比分析，其中对比分析内容包括支座反力、结构变形、结构第一体系应力，同时也对板壳分析模型中的钝角区及锐角区应力进行分析。板壳单元模型计算结果可精确反映出该类桥梁的受力特征，为斜交钢箱梁设计提供理论依据。

1　工程概况

中山市二环快速路某座（31.5 +37 +31.5）m 斜交连续钢箱梁桥的结构总体布置见图 1。桥梁桥面总宽为 22.4 m，梁体截面为单箱多室等截面钢箱梁，悬臂长度为 2.2 m，梁高为 2 m。中墩横梁与路线中线的交角为 60°。钢箱梁中间横隔板采用实腹式（见图 2）和桁架式（见图 3）交错正交布置，间距为 3 m，在中墩横梁区域，采用实腹式横隔板，间距加密至 1.5 m。主梁采用 Q345 钢板。

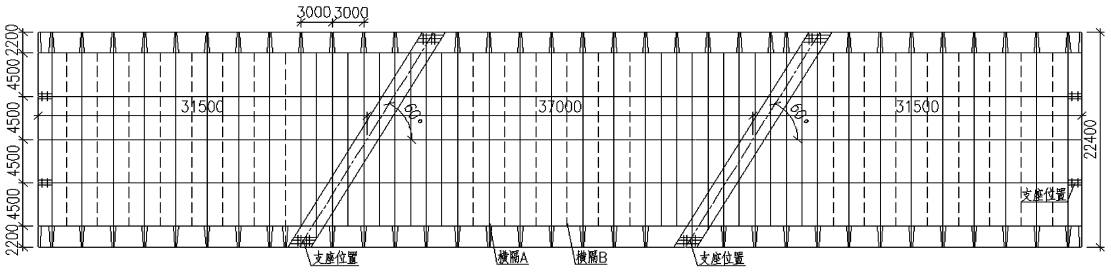


图 1　结构总体布置图

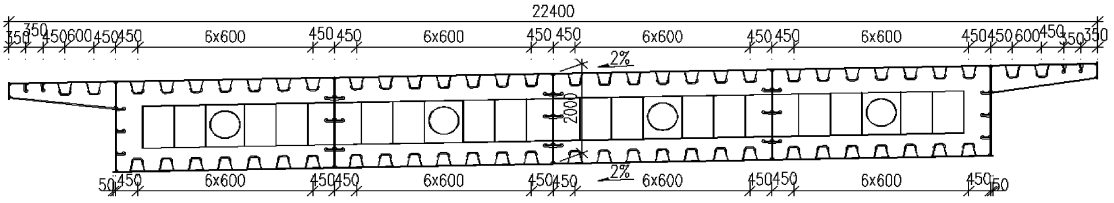


图 2　横隔 A 断面图

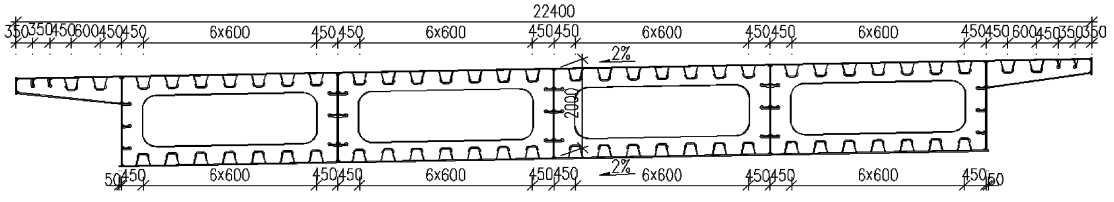


图 3　横隔 B 断面图

2　结构分析模型

根据实际设计图纸，利用大型有限元程序 ANSYS 建立了全桥板壳单元模型，钢箱梁各钢板采用 SHELL63 壳单元模拟。全桥有限元模型如图 4 所示，悬臂板件、横隔板及其加劲肋、主梁水平加劲肋、人洞等均按实际情况进行模拟。由于 ANSYS 计算模型无法进行荷载包络设计，因此只能采用拟静力的计算方法。根据 Midas 的梁格法模型先对关键位置进行影响线加载，再将其影响线位置及荷载加入板壳单元模型中进行计算分析。

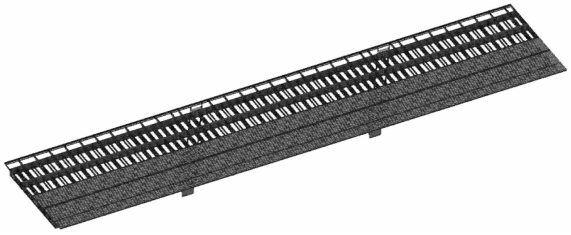


图 4　钢箱梁板壳单元计算模型

3　结构分析的主要内容

3.1　支座反力

采用梁格法模型和板壳单元模型计算各支座反力见表 1，表中同一墩顶支座以路线前进方向从左到右分别编号为 1，2。从表 1 可以看出，在恒载作用下，两者支座反力较接近，梁格法计算结果的误差在实际工程允许误差范围之内。支座反力分配趋势大致相同，但是板壳单元法计算反力分配更加均匀，这是因为梁格法划分梁格时可能造成支座处梁格存在偏心或无法精确模拟各主梁的扭转刚度而导致单个支座反力存在偏差，这种现象在双端支座处比较显著。板单元计算结果更加精确。

3.2　结构变形

根据设计规范要求，与其他连续梁桥结构分析一样，设计人员需分析在荷载频遇组合下斜交钢箱梁桥的结构变形。因篇幅所限，本文以恒载作用下主梁结构竖向变形为例说明本桥的变形特征。如图 5、图 6 所示，梁格模型中第一孔最大挠度为 30 mm，第二孔最大挠度为 26 mm，第三孔最大挠度为 24 mm；板壳单元模型中第一孔最大挠度为 21 mm，第二孔最大挠度为 18 mm，第三孔挠度为 19 mm，其最大挠度值比梁格模型小 20% ~30%。两者最大挠度的差异是因为板壳单元模型比梁格模型更加精确地模拟了横隔板的刚度，使荷载横向分布更均匀。

表 1　支座反力对比

	墩号	梁格			板单元		
		支座编号		墩顶合计	支座编号		墩顶合计
		1	2		1	2	
恒载	1#	2 419	1 049	3 468	2 240	1 267	3 506
	2#	5 599	5 634	11 233	5 455	5 374	10 828
	3#	4 454	6 392	10 846	4 686	6 151	10 837
	4#	993	2 243	3 237	1 422	2 084	3 506
	合计	—	—	28 783	—	—	28 677

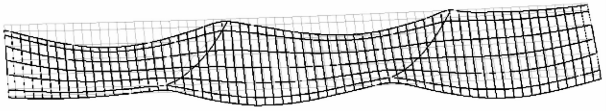


图 5　梁格模型恒载作用下结构变形

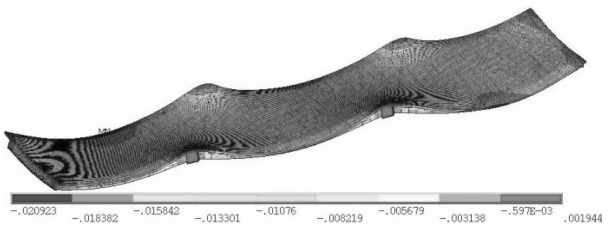
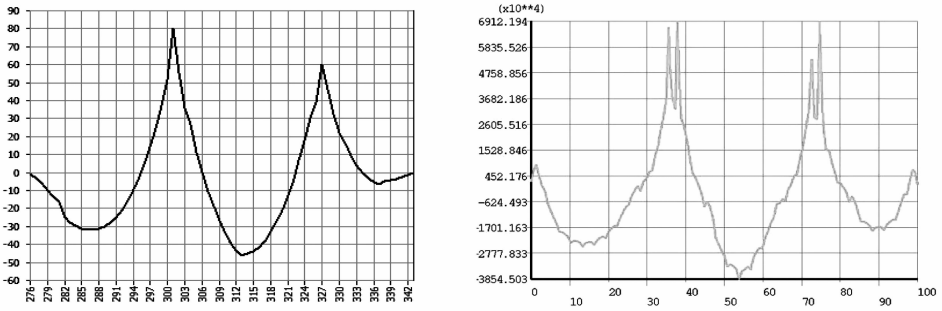


图 6　板壳单元模型恒载作用下结构变形

3.3　结构第一体系应力

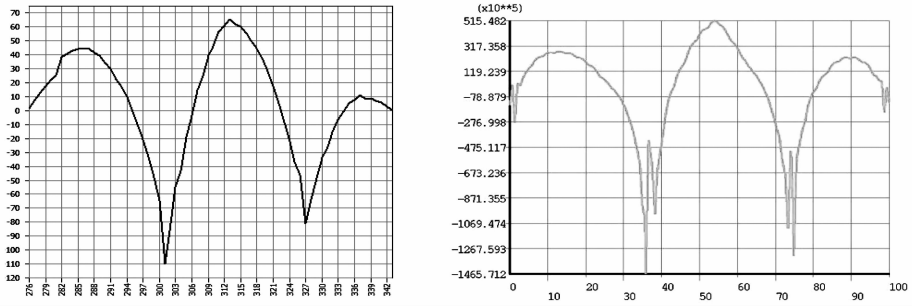
结构第一体系应力就是斜交钢箱梁的总体应力，以 2#墩左侧支座处顶底板应力作为控制工况，按照设计规范的最不利组合进行结构分析，得到斜交钢箱梁左侧边腹板处顶底板正应力分布。如图 7、图 8 所示，钢箱梁采用梁格法和板壳单元法在左侧边腹板的顶底板正应力趋势相似，应力值存在一定差异，主要表现：梁格法在两个中墩顶板的正应力分别为 80 MPa 和 60 MPa，而板壳单

元模型均为 69 MPa 左右，梁格法因横向力传递不精确导致正应力分配不均匀；梁格法在中墩底板的最大正应力 为 －110 MPa，而板壳单元模型为 －120 MPa 左右，梁格法计算值偏小趋于不安全；板壳单元模型在中横梁的两个腹板之间的顶底板应力具有削峰效应。



(a)梁格法模型　　(b)板壳单元模型

图 7　钢箱梁左侧边腹板处顶板正应力分布图



(a)梁格法模型　　(b)板壳单元模型

图 8　钢箱梁左侧边腹板处底板正应力分布图

3.4　钝角区及锐角区的应力

斜交钢箱梁在基本组合作用下距离钢箱梁起点 19.2 m～88.2 m 处顶板的 VON MISES 应力分布如图 9 所示，顶板的最大 VON MISES 应力为 88 MPa，在钝角区顶板的 VON MISES 应力值比锐角区大，且其应力曲面曲率更陡，这是钝角区域对应的应力影响面面积比锐角区域大导致的。

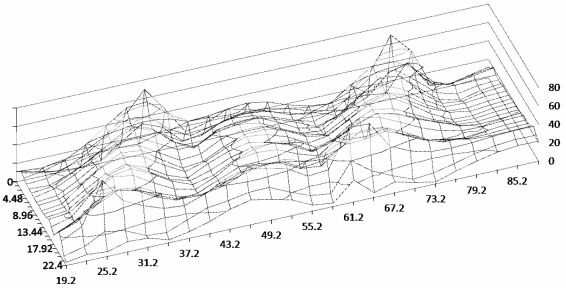


图 9　顶板的 VON MISES 应力分布图

4　结语

1)斜交连续钢箱梁外形及受力情况较复杂，板壳单元模型是精确解决这类结构分析问题的有效方法之一。

2)梁格法划分梁格时可能造成支座处梁格存在偏心或无法精确模拟各主梁的扭转刚度而导致单个支座反力存在偏差，板壳单元模型得到的支座反力更接近实际。

3)梁格模型模拟横隔板横向刚度不够精确，导致荷载横向分配与实际有偏差，本文所述的斜交钢箱梁误差为 20% ～30%。

4)在同种工况下斜交钢箱梁钝角区域应力比锐角区域大，且其应力曲面曲率更陡。

参考文献：

[1] 吴冲. 现代钢桥[M]. 北京：人民交通出版社，2011.

[2] JTG D64－2015，公路钢结构桥梁设计规范[S]. 北京：中交公路规划设计院有限公司，2015.

[3] 康崇杰，戴公连，粟淼，刘文硕. 斜交薄壁连续钢箱梁设计与受力特性研究[J]. 铁道科学与工程学报，2015，12(1)：199－126.

虎门二桥钢桥面铺装环氧沥青混合料设计与研究

陈竞飞
(广东省交通规划设计研究院股份有限公司, 广州 510507)

摘　要: 传统的环氧沥青混凝土采用防水性能较好的悬浮密实级配,由于铺装的时间长及国内高温重载等恶劣的使用条件,不少正交异性板钢桥面使用不久后就出现了抗滑性差及疲劳开裂等病害。为了提高环氧沥青混凝土铺装的使用寿命,本文通过提高部分粗集料的性能指标,采用体积设计法(CAVF)对环氧沥青混合料的级配进行优化设计,加强集料的精细化加工工艺,确定精确的施工工艺参数,从而使钢桥面铺装的施工质量得到有效控制,达到延长钢桥面铺装的使用寿命,为后续工程提供借鉴。

关键词: 钢桥面铺装罩;环氧沥青混合料;体积设计法(CAVF);抗滑性能;精细化施工

0　引言

随着交通的发展,我国修筑了越来越多的大跨径钢箱梁,钢箱梁具有强度高、重量轻、耐震及结构性能优良等诸多优点。目前钢桥面铺装的主要类型有三种:改性沥青 SMA、浇注式沥青混凝土和环氧沥青混凝土。随着南京二桥首次使用环氧沥青混凝土作为铺装层,混合料级配采用防水性能较好的悬浮密实型级配,多座桥梁开始采用这种铺装结构。但是,随着时间的延长及高温重载等恶劣的使用条件,不少正交异性板钢桥面出现了抗滑性能差以及疲劳开裂等病害[1-3]。分析原因得出:首先,受桥梁设计荷载和铺装层厚度影响,环氧沥青混合料配合比设计时最大粒径一般为 9.5 mm,且所采用级配为悬浮密实结构,该结构的铺装层构造深度和摩擦系数普遍较小,抗滑性较差,尤其在雨天及桥梁跨径长、纵坡大的情况下,容易发生交通事故。其次,环氧沥青混凝土桥面铺装出现病害的因素有施工质量控制不到位、高温重载等。

虎门二桥是广东省高速公路网规划中连接广州和东莞的重要东西向通道,是粤港澳大湾区新的过江通道,路线起于广州市南沙区东涌镇,顺接国道主干线广州绕城公路南环段,同时与广珠北线高速公路连接,经广州市南沙区、番禺区,并先后跨越大沙水道、海鸥岛、坭洲水道后,穿越虎门港进入东莞市沙田镇,终点与广深沿江高速公路相接,并预留东延穿越厚街镇、大岭山至寮步镇出口,路线全长 12.891 km。虎门二桥上游距珠江黄埔大桥约 20 km,下游距虎门大桥约 10 km。项目建成初期交通量较大,高达 31 953 pcu/日。两座大跨径悬索桥分别是:坭洲水道桥钢箱梁长度为(548 m +1 688 m)、大沙水道桥的钢箱梁长度为1 200 m。桥面宽度 40.5 m,双向八车道。桥面纵坡 2.5%,且两个大跨径钢桥处于长大纵坡顶部区域。桥位地区年降雨量大于 1813.2 mm,雨量充沛,气候潮湿。桥址属于夏炎热、冬潮湿地区。虎门二桥的交通量、气候、纵断面线型等对钢桥面铺装的抗滑性、高温稳定性、抗剪切性能、抗疲劳性均提出了较高的要求。

本文结合虎门二桥钢桥面环氧沥青混凝土铺装实例,通过提高部分粗集料的性能指标及加工储存工艺,采用体积设计法(CAVF)对环氧沥青混合料的级配进行优化设计,验证其抗滑性、高温稳定性和抗水损害性能,并对钢桥面铺装提出精细化施工管理,从而达到延长钢桥面铺装使用寿命的目的,为以后大跨径钢桥面铺装提供参考经验。

1　热拌环氧沥青混合料铺装结构与材料

虎门二桥钢桥面行车道铺装结构组成为:防水粘结层 + 下面层 30 mm 环氧沥青混凝土

(EA10 细级配) + 粘结层 + 上面层 35 mm 环氧沥青混凝土(EA10 粗级配)[4]。

1.1　沥青

基质沥青:针入度等级为 70 号道路沥青。环氧树脂:环氧树脂主剂和固化剂按 56∶44 混合后所形成的混合物,再与基质沥青按 50∶50 的比例混合,在一定条件下固化成型,形成环氧沥青。

1.2　集料

考虑到钢桥面铺装的使用条件和要求比高速公路更为严格,故进一步提高高速公路集料的一些关键指标标准。本文研究所用石料原材选用河源芙蓉石场辉绿岩碎石,经过中山集料工厂二次精加工而成,机械化称量及装袋工艺。分别有 5 ~ 10 mm 碎石、3 ~ 5 mm 碎石、0 ~ 3 mm 石屑和矿粉,矿粉为普通石灰石矿粉,且各项指标符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40 - 2004)沥青混合料用矿粉质量要求。集料检测结果如下表 1 所示。

表 1　集料主要技术指标表

技术指标	技术要求	试验结果
洛杉矶磨耗值/(%)	≤16	8.6
磨光值/BPN	≥44	46
针片状颗粒含量/(%)	≤5	4.9
压碎值/(%)	≤12	10.6
坚固性/(%)	≤5	1.8
吸水率/(%)	≤1.2	0.62

2　环氧沥青混合料配合比设计

采用体积设计法,基本思路:实测主骨架矿料的空隙率,计算出空隙体积,使细集料体积、沥青体积、矿粉体积及沥青混合料最终设计空隙体积之总和等于主骨架空隙体积,从而确定细集料用量和沥青用量[5]。细集料和沥青组成的胶浆作为填充料填充主骨架的空隙。为避免集料的干涉,细集料颗粒不能太大,相对连续级配用量应较少。这样既能保证骨料的充分嵌挤,又能使沥青胶浆充分填充主骨架间隙,使粗集料的骨架嵌挤作用和沥青胶浆的耐疲劳性能得到发挥,从而全面提高沥青混合料的性能。

2.1　粗集料级配与空隙率(VCA)确定

根据集料在沥青混合料中的作用来划分粗细集料,体积法规定粗集料最大粒径的 1/6 尺寸划分粗细集料,故虎门二桥环氧沥青混合料的粗细集料的分界筛孔确定为 2.36 mm。

2.1.1　测定并计算集料的表观密度

通过试验,测得环氧沥青混合料上面层的各表观相对密度为:5 ~ 10 mm 碎石表观相对密度为 2.939,3 ~ 5 mm 碎石表观相对密度 2.937,0 ~ 3 mm 机制砂表观相对密度 2.921。即上面层粗集料的表观密度为 2.938,细集料的表观密度为 2.921,环氧沥青的表观相对密度为 1.046,矿粉的表观相对密度为 2.720。

2.1.2　实测粗集料的紧装密度

利用马歇尔试模作为密度测试桶,将马歇尔试模连同盖筒固定好(Φ101.6 mm,高 63.5 mm),然后利用马歇尔击实仪击实 100 次,测定其紧装密度 ρ_j。经测定 $\rho_j = 1.70\ g/cm^3$。

2.1.3　计算主骨架空隙率 VCA

经计算 $VCA = 42\%$

$$VCA = \left(1 - \frac{\rho_j}{\rho_{cb}}\right) \times 100 \qquad (1)$$

式中:ρ_j 为粗集料紧装密度;ρ_{cb} 为粗集料表观密度。

2.2　确定矿粉、沥青用量及目标空隙率

根据经验初步选定沥青用量为 6.0% 左右,结合实践经验,初步确定矿粉的用量为 9.5%。在环氧沥青混合料配合比设计时,为了提高环氧沥青混合料的抗渗性能,提高疲劳寿命,现有环氧沥青混合料类型均采用较细的密级配类型,空隙率控制 3% 以内,但这很容易导致铺装层抗滑性能差[6-7]。为有效地发挥粗集料骨架嵌挤作用和沥青胶浆的耐疲劳性能,根据国内外环氧沥

青混合料空隙率控制在 3% 以内原则,并考虑具有一定表面构造深度,取设计空隙率(*VV*)为 1.0%。根据已知量和体积法设计思路,细集料体积、沥青体积和沥青混合料的空隙率体积的总和等于主骨架的空隙体积,通过下式可求出粗集料和细集料用量。

$$\begin{cases} q_c + q_f + q_p = 100 \\ \dfrac{q_c}{100\rho_j}(\chi \cdot VCA - VV) = \dfrac{q_f}{\rho_{fb}} + \dfrac{q_p}{\rho_{pb}} + \dfrac{q_a}{\rho_a} \end{cases}$$

式中:q_c、q_f、q_p、q_a 分别为粗集料、细集料、矿粉和沥青的重量百分数;ρ_{fb}、ρ_{pb}分别为细集料和矿粉的表观密度,g/cm^3;ρ_a为沥青的密度,g/cm^3,取 1.046 g/cm^3;*VV* 为沥青混合料设计空隙率,%;χ 为干涉系数,一般 χ = 1.0 ~ 1.2,取 1.01 计算。

利用上述公式,可计算出粗集料用量为 68.59%,细集料用量为 21.91%。通过计算与实践经验总和确定并求出各粒级粗细集料的用量。计算方法可以采用数解法,根据各粒级碎石筛分级配确定占主要优势含量的粒径,忽略其他集料在此粒径的含量,通过计算该粒径的分计筛余,再计算出该集料在混合料中的用量,并进行试配。合成级配在设计级配范围内,故不需要调整,混合料级配见表 2。

表 2　EA－10 上面层目标配合比

	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5	13.2
上限	12	16	23	32	44	58	75	100	100
下限	6	8	11	15	20	20	35	95	
合成级配	9.5	13.1	16	21.5	27.6	31.1	50.9	96.9	100

2.3　确定最佳油石比

最佳沥青用量根据马歇尔试验确定。保持粗集料用量、细集料用量及粉油比不变,按照标准马歇尔试验分别对沥青用量为 5.9%,6.2%,6.5%,6.8%,7.1% 的混合料进行试验。采用表干法测定各种级配的混合料流值、空隙率和沥青饱和度,并结合稳定度来确定最佳沥青用量。

表 3　EA－10 上面层不同沥青含量的标准马歇尔试验检测结果

油石比/(%)	毛体积相对密度	理论最大相对密度	空隙率 *VV*/(%)	矿料间隙率 *VMA*/(%)	饱和度 *VFA*/(%)	未固化		固化	
						稳定度/kN	流值/mm	稳定度/kN	流值/mm
5.9	2.629	2.597	1.22	14.4	91.6	11.50	4.45	60.56	4.07
6.2	2.617	2.600	0.65	14.5	95.4	11.86	4.89	54.63	4.87
6.5	2.606	2.595	0.42	14.9	97.3	11.29	4.72	54.00	4.78
6.8	2.594	2.585	0.35	15.5	97.7	11.13	3.40	52.00	5.79
7.1	2.583	2.579	0.16	15.9	99.1	10.51	6.69	50.94	5.83
技术要求	0 ~ 3	/	/	≥5.4	3 ~ 6	≥40	3 ~ 6		

从表可以看出空隙率中值所对应的沥青用量 a_1 = 6.5%,毛体积密度最大值所对应的沥青用量 a_2 = 5.9%,固化后稳定度最大值所对应的沥青用量 a_3 = 5.9%,饱和度中值所对应的沥青用量 a_4 = 6.5%,则上面层初始油石比为 *OAC*1 = ($a_1 + a_2 + a_3 + a_4$)/4 = 6.20%。

沥青用量调整为 6.2% 以后，沥青混合料的配合比应进行适当调整，调整时保证粉油比不变，矿粉用量为 10%，其他集料的用量只有微小调整。调整后的上面层的环氧沥青混合料生产配合比为：6 – 11 mm 碎石：3 – 6 mm 碎石：0 – 3 mm 机制砂：矿粉：油石比 = 49：20：21：10：6.2。

3　环氧沥青混合料性能检测

3.1　水稳定性与高温稳定性检测

采用沥青用量 6.2% 制备马歇尔试件与车辙试件，按《公路工程及沥青混合料试验规程》JTJ052 – 2000 进行了 EA – 10 沥青混合料浸水马歇尔试验与车辙试验，测得残留稳定度为 97.5%，测得动稳定度为 147 000 次/mm，均能较好的满足设计要求。

表 3　优化级配后的环氧沥青混合料性能检测结果

检测项目	技术要求	检测结果
车辙动稳定度(70℃)次/mm	≥10 000	147 000
残留马歇尔稳定度%	≥90	97.5
冻融劈裂强度残留劈裂试验比%	≥90	94.8
弯曲极限应变(– 10℃)/	$\geq 3\times10^{-3}$	17.4×10^{-3}
冲击韧性 N · mm	/	2 874.4

3.2　密水性检测

从表 3 中可以看出，采用 CAVF 法设计的混合料空隙为 0.65%，与目标空隙率 1.0% 较为接近，按照 JTJ052 – 2000 规程进行环氧沥青混凝土渗水试验，试验结果为 0 ml/min，说明采用 CAVF 方法设计的环氧沥青混合料有良好的防水性能和抗渗性能。为验证采用 CAVF 方法设计的环氧沥青混合料的抗滑性能，在常温条件下分别进行摩擦系数和构造深度试验，如图所示，测得摩擦系数干燥状态下为 86，湿润状态下 75，构造深度为 1.06 mm。说明 CAVF 方法设计的环氧沥青混凝土具有良好的抗滑性能。

图 1　构造深度试验

图 2　构造深度试验

4　钢桥面精细化施工技术

4.1　集料工厂化加工技术

虎门二桥钢桥面铺装的集料来自中山集料厂，中山集料厂曾为港珠澳大桥桥面铺装提供专用集料，该集料厂重点研究解决了以下几个问题：

(1)为确保集料生产的干燥及集料除尘的可靠性，生产线、半成品原材料及成品集料的存储全部在密闭钢结构厂房内实施，并配置专用除尘设备，集料生产不受天气因素的影响，并达到无尘化生产的目标；

(2)钢桥面铺装技术要求将细集料的分档进一步细分，中山集料厂细集料的分级可实现 0 ~ 0.075、0.075 ~ 0.212、0.212 ~ 0.6、0.6 ~ 2.36 mm 的要求；

(3)由于粗、细集料的岩性不同，须设置独

立,并且可联机运转的生产线,以确保集料生产的灵活性;

(4)集料加工采用干法布袋式除尘设备除尘,通过配置立轴冲击式破碎机、空气筛和多电机振动概率筛等专用设备的生产线生产,并袋装出库;

(5)基于存储卡的信息化技术:将集料的母材信息、半成品信息、成品信息、库存信息等存放于存储卡中。

4.2　施工关键技术及参数

(1)虎门二桥钢桥面为双向八车道,环氧沥青采用全幅施工,避免了单幅施工带来的环氧沥青混合料纵向接缝的问题;

(2)各环节通过计算确定施工工艺参数:拌合楼的产量确定为 288 t/h;根据拌合楼产量,桥面宽度为 18.75 m,确定摊铺速度为 2.5 m/min,确定碾压速度为 2.5 km/h;

(3)现场施工前技术交底,

(4)零污染及防水、防油措施:施工通道进行防护;设备防水;工作面清理;工作面保护;运输车保温及作业面防风等。

5　结语

(1)采用体积设计法(CAVF)设计的环氧沥青混合料空隙率为 0.65%,满足钢桥面铺装防水性能要求(空隙率小于 3%)。常温条件下混合料摩擦系数分别为 86(干燥状态)和 75(湿润状态),构造深度为 1.06 mm,说明采用 CAVF 方法设计的环氧沥青混合料具有良好的抗滑性能和防水性能。

(2)采用体积设计法(CAVF)设计的环氧沥青混合料水稳定性和高温稳定性均能较好的满足设计要求。

(3)采用中山集料厂加工的集料进行体积法(CAVF)设计的环氧沥青混合料上面层的最佳油石比为 6.2%,比常规的环氧沥青混合料最佳油石比 6.7%,节约了造价。

(4)提高环氧沥青混合料粗集料的技术指标,通过集料工厂的建成投产,完善国内高端集料加工生产的设备配套,实现了集料分级标准的细化,对集料的质量控制提供了更高的检验标准。

(5)通过计算确定钢桥面环氧沥青混合料铺装施工工艺参数,保证了施工质量安全、稳定、可控可操作性强。

参考文献:

[1]韩超,李浩天,贾渝. 基于现代化检测的环氧沥青混凝土钢桥面铺装病害研究[J]. 公路工程,2011,36(1):50 - 54.

[2]何长江,钱振东,王建伟. 环氧沥青混凝土钢桥面铺装病害处治技术研究[J]. 交通科技,2007,(5):42 - 44.

[3]李智,钱振东. 典型钢桥面铺装结构的病害分类分析[J]. 交通运输工程与信息学报,2006,4(2):110 - 115.

[4]中交公路规划设计院有限公司,广东省交通规划设计院股份有限公司. 虎门二桥工程路面施工图设计[Z] .

[5]邹桂莲,张肖宁,王绍怀,王端宜. 富沥青混合料的 CAVF 法设计[J]. 公路,2002(3):76 - 79.

[6]曹睿明,宗海,吕斌. 润扬大桥试验段铺装环氧沥青混合料性能评价[J]. 交通标准化,2007,162(2):157 - 161.

[7]曹雪娟,郝增恒,皮育晖. 环氧沥青混凝土材料及其性能试验研究[J]. 公路交通科技,2006,(5):37 - 39.

软土地区基坑围护结构不对称变形分析

古少枫,庄富盛
(广东省交通规划设计研究院股份有限公司,广州　510507)

摘　要: 桩撑支护是软土地区基坑工程常用的一种支护形式,在高密度的城市建设中由于用地限制等因素导致基坑受力不对称。为研究此类基坑变形机理,以广佛江快速通道茶坑隧道基坑为例,通过对现场监测数据分析阐述了基坑不对称变形的内在机理,并采用有限元软件建立支护结构三维数值模型,模拟基坑开挖过程中支护结构的受力变形。分析结果表明:软土地区基坑由于围护结构外侧被动土压力与主动土压力较为接近,支护结构对不对称荷载非常敏感;通过采用水泥搅拌桩对围护结构周边,尤其是坑内被动区加固,能有效地减少基坑不对称变形。分析结果可为今后软土地区基坑支护选型与周边构筑物保护提供参考。

关键词: 基坑支护;桩撑结构;不对称变形;土压力;有限元

1　引言

随着城市建设的快速发展,公路沿线的物业开发朝着高密度、高强度的方向发展,地下管线错综复杂,而日益繁忙的交通需求迫使公路限界向两边扩张,更宽、更快的公路改扩建与有限的土地相互制约,成为目前城市建设的突出矛盾。在此地区开挖基坑不仅要保证基坑自身的稳定性,还需保证周边构筑物的安全与正常使用。

珠三角城市群地处冲积平原,是沿海城市的典型代表,其地下水位高,浅层覆盖以软土为主,灵敏度与压缩性高、物理力学性质差,此类地质开挖城市下沉隧道更加大了基坑工程的难度,开展围护结构的变形性状研究并对其进行控制具有重要意义。

针对这一课题,行内许多专家与学者进行了研究。龚晓南指出目前基坑设计与施工中存在的若干问题[1],对基坑降水引起的周围土体沉降性状进行了分析[2],并提出围护结构选型的影响因素[3];胡冬、王强采用灰色系统理论对基坑变形进行预测[4~5];木林隆利用反分析方法对基坑开挖引起的土体位移进行研究[6];王曙光提出基坑工程变形控制流程,并建议从支护结构施工、地下水控制及土方开挖等方面采取相关措施保护周围环境[7];此外,还有许多学者采用有限元分析方法模拟基坑开挖过程,探讨了支护结构变形的影响因素和及其分布规律,分析了基坑开挖与周边构筑物的相互影响[8~10]。

2　围护结构的变形计算理论

目前,支护结构的主流计算理论是弹性地基杆系有限元法,该方法可较好地反映基坑开挖过程中各个工况下的土压力分布规律和围护结构的变形情况,基坑工程的相关规范亦推荐采用此方法进行计算[11]。

弹性地基杆系有限元法求解时将围护结构作为一个竖向的弹性地基梁考虑,即假定桩侧土为文克勒离散性弹簧。由此可导出围护结构在荷载作用下的基本挠曲方程:

$$EI\frac{d^4y}{dz^4}+p(z,y)+q(z)=0 \qquad (1)$$

式中:$q(z)$为基坑外侧土压力,根据围护结构变形控制情况选择静止土压力或主动土压力;$p(z,y)$为基坑内侧土反力,其大小与该点水平位移成正比:

$$p(z,y)=k(z)y+p_{s0} \qquad (2)$$

根据《建筑基坑支护技术规程》的建议,地基水平抗力系数 $k(z)$采用 m 法计算:

$$k(z)=m\times(z-H) \qquad (3)$$

$$m = \frac{0.2\varphi^2 - \varphi + c}{v_b} \tag{4}$$

其中 p_{s0}、H、φ、c、v_b 分别为初始土反力、坑开挖深度、土的内摩擦角、粘聚力、坑底水平位移量。将弹性杆系离散化为若干单元,根据(1)~(4)求出总体平衡方程:

$$[K]\{U\} = \{P\} \tag{5}$$

根据支撑、围护结构、地基土单元刚度矩阵集成总刚度矩阵,组装总荷载向量$\{P\}$,即可求出变形向量$\{U\}$。

3　工程实例

3.1　工程背景

广佛江快速通道江门段茶坑路段位于新会区会城街道茶坑村附近,该路段路线长 3.30 km。茶坑隧道基坑平面上呈曲线长条形,采用明挖顺作法施工,茶坑隧道的基坑侧壁长度约为 560 m,基坑开挖有效宽度(底宽)32.4~32.6 m,雨水泵房开挖宽度 42.3 m。隧道开挖深度 1.3~10.6 m,局部雨水泵房处开挖深度约 15.7 m。该隧道两侧存在多座砖混建筑物,鱼塘及河道,鱼塘距基坑边缘最小处距离约 8 m,鱼塘及河道对基坑安全存在较大影响。

表 1　土层主要参数

层号	岩土名称	重度/(kN/m^3)	弹模/MPa	凝聚力/kPa	内摩擦角/°
1_1	素填土	18	16	15	14
1_3	耕植土	16	14	15	14
2r	粉质黏土	17	12	10	8
4_0	粉质黏土	18.9	20	30	15
4_1	淤泥质粉质黏土	16	14	6	4
4_4j	淤泥夹细砂	16	16	0	16
5	粉质黏土	19.5	22	30	15
5r	粉质黏土	17	12	10	8
6	粉质黏土	19.5	22	30	15
6_4	细砂	19	22	0	28.5
6_9	卵石	21	100	0	40
11_1k	粉质黏土	19.5	24	30	15
11_1y	粉质黏土	19.7	28	34	19.5

该隧道主要区段开挖土层由素填土、淤泥质粉质粘土、淤泥夹细砂,以及粉质粘土、砂层组成,具体土层参数详见表 1。由于场地限制,施工期隧道仅在基坑右侧设置施工便道,由于地质条件差,且基坑开挖深度较深,为防止基坑变形过大、从而导致施工风险,故采用钻孔灌注桩 + 内支撑的支护结构形式。钻孔桩挡土侧采用搅拌桩作止水桩,搅拌桩进入基坑底不小于 1 m,淤泥质粉质粘土、粉质粘土层可认为不透水层。钻孔灌注桩桩径 1.0 m,间距 1.2 m,并在桩顶冠梁处加设钢筋砼支撑控制桩的位移,改善受力,冠梁截面尺寸为 1.2×0.9 m^2,砼支撑截面尺寸 0.6×0.8 m^2,水平间距约 8 m,泵处砼支撑尺寸 1.0×0.9 m^2,水平间距约 4 m,钢支撑直径 609 mm,壁厚 16 mm,采用 Q235 钢,水平间距为约 4 m。

3.2　监控量测数据分析

因基坑支护工程是一种风险性大的系统工程,故施工应遵照动态设计、信息化施工规定,确保基坑本身及周边环境的安全。安全监测工作由业主委托有专业资质的第三方承担。取 B1 区段作为典型区段,B1 区段基坑宽为 32.4m,深为 10m,嵌固深度 12m,长为 24m,其基坑监控量测数据如图 1、图 2 所示。

由图可见基坑施工期间桩身侧移出现了极不

对称的情况，左侧围护桩桩顶出现向基坑外侧位移的情况，桩顶处最大位移为 -23.4 mm，桩身侧移随深度逐渐减小，在高程约 -5.8 m（基坑深 6.8 m）处位移为 0，再往下桩体位移倾向基坑内侧先增大后减小，最大位移为 8.8 mm，发生在高程约 -11.1 m（坑底 2.1 m）处，桩底位移收敛为 0；左侧围护桩桩体侧移倾向基坑方向先增大后减小，最大位移为 52.7 mm，在发生在高程约 -6.7 m（基坑深 7.7 m）处，桩底位移收敛为 0。

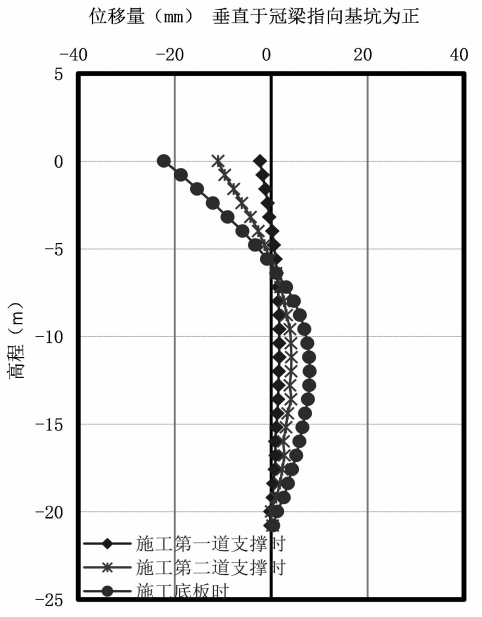


图 1　B1 区段左侧桩深层水平位移图

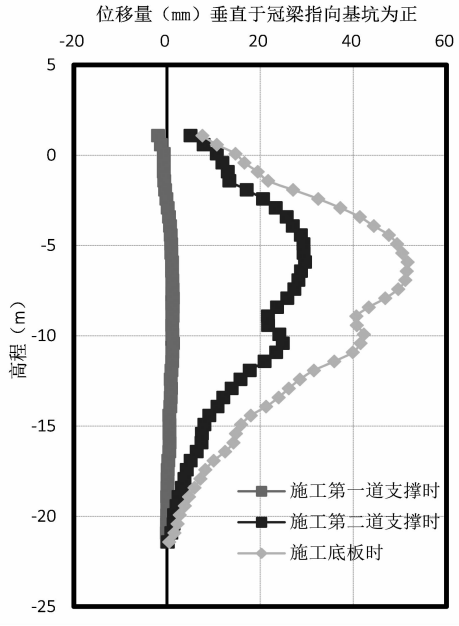


图 2　B1 区段右侧桩深层水平位移图

结合现场情况，设计人员发现基坑两侧施工荷载存在较大差异。由于征地条件限制，所有的重型车辆均从基坑右侧便道进出工地，而软土层对不称荷载的敏感性表现如下：

软土层的主动土压力为：

$$p_{ak}=\sigma_{ak}\tan^2\left(45°-\frac{\varphi_i}{2}\right)-2c_i\tan\left(45°-\frac{\varphi_i}{2}\right)$$

软土层的被动土压力为：

$$p_{pk}=\sigma_{pk}\tan^2\left(45°+\frac{\varphi_i}{2}\right)+2c_i\tan\left(45°+\frac{\varphi_i}{2}\right)$$

其中 σ_{ak} 和 σ_{pk} 为主、被动区的竖向应力，对于基坑外侧土体而言，当无地面荷载时，σ_{ak} 和 σ_{pk} 相等，而软土层的强度指标 c_i、φ_i 均很小，因此主、被动土压力公式中一次项的数值很小，二次项数值相当，由此可见软土的主动土压力与被动土压力较为接近。当坑外土体存在车辆荷载作用时，其竖向应力 σ_{ak} 增大，车辆荷载作用一侧主动土压力甚至大于无车辆荷载作用一侧被动土压力。

由于基坑两侧地下连续墙通过支撑形成一个受力体系，而左右侧桩后土体压力并不相等，因此该体系受力并不对称，在土压力较小的情况下，通过被动侧桩后土体被动土压力的约束，左右侧桩体变形尚能维持稳定，随着主动侧土压力的增加，这种稳定逐渐被打破，不对称变形迅速增大。

4　数值分析

4.1　围护结构变形模拟

本文利用 Midas GTS NX 软件，采用摩尔库伦模型对 B1 区段进行建模验算。根据表 1 所提供地质资料，建立好相关材料特性选项库，再根据现场地层情况和基坑与便道的相对位置关系，建立好三维模型，赋予各单元相对应的材料属性，其中支护桩根据抗弯刚度相等的原则以地下连续墙代替。X 轴方向为水平横向（与支撑同向）、Y 轴正方向为基坑纵向（与连系梁同向）、Z 正方向竖直向上。建立好的模型尺寸为：200 m × 24 m × 60 m

(长×宽×高),基坑深度为 10.0 m,地下连续墙嵌固深度为 12 m,其中土体、路基采用实体单元模拟,地下连续墙、底板采用板单元模拟,支撑、连系梁、立柱采用梁单元模拟。

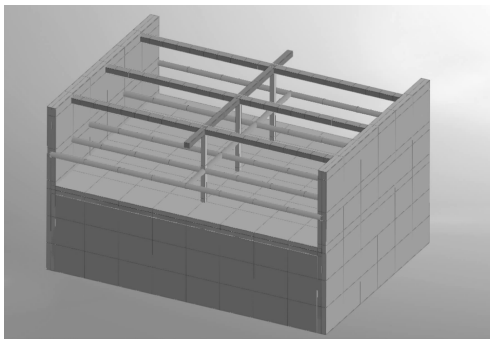


图 3　基坑模型图

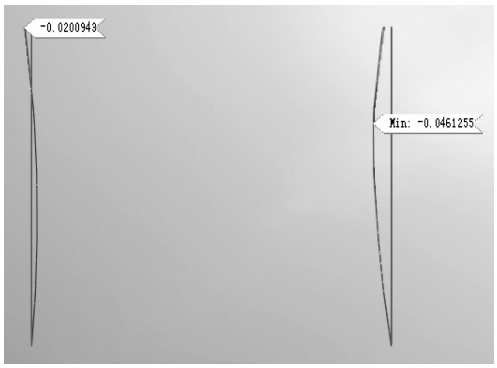


图 4　地下连续墙变形云图

由图可知,数值模拟的围护结构变形与第三方监测数据呈现的趋势基本一致,左侧围护结构最大变形值为 20.1 mm,与实测数据 23.4 mm 相差 16.4%;右侧围护结构最大变形值为 43.8 mm,与实测数据 52.7 mm 相差 16.8%,可见该模型能较好地反映基坑受力变形情况。

4.2　围护结构变形影响因素分析

(1)支撑刚度

本区段采用两层支撑结构,第一层砼支撑截面尺寸 0.6×0.8 m^2,水平间距 8 m,第二层钢支撑直径 609 mm,壁厚 16 mm,水平间距 4 m。采用调整支撑尺寸的方法分析支撑刚度对围护结构不对称变形的影响。0.75 倍支撑刚度对应砼支撑截面尺寸为 0.6×0.6 m^2,钢支撑直径不变、壁厚为 12 mm;1.25 倍支撑刚度对应砼支撑截面尺寸为 0.6×1.0 m^2,钢支撑直径不变、壁厚为 20 mm。

不同支撑刚度下围护结构的变形如图 5 所示,0.75 倍支撑刚度时左侧围护结构最大变形量为 19.0 mm,比原支撑刚度下 20.1 mm 减少 5.5%;右侧围护结构最大变形量为 45.7 mm,比原支撑刚度下 43.8 mm 增加 4.3%。1.25 倍支撑刚度时左侧围护结构最大变形量为 21.1 mm,比原支撑刚度下 20.1 mm 增加 5.0%;右侧围护结构最大变形量为 42.6 mm,比原支撑刚度下 43.8 mm 减小 2.7%。可见调整支撑刚度对减少围护结构不对称变形收效甚微。

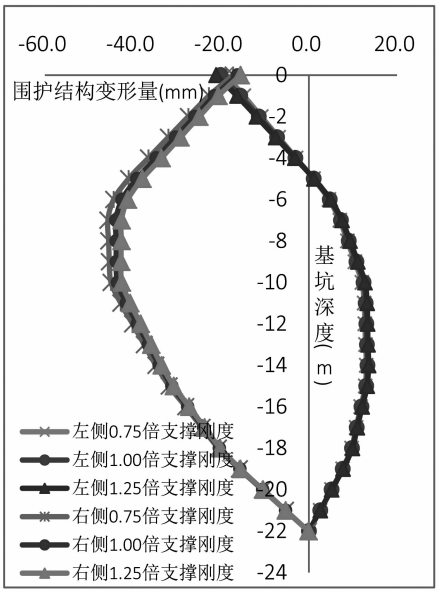


图 5　不同支撑刚度围护结构变形图

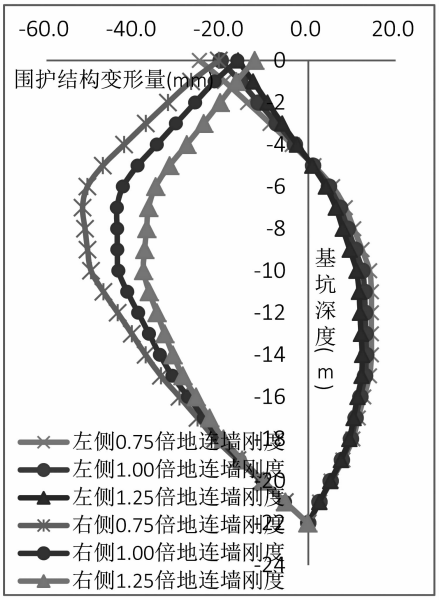


图 6　不同地连墙刚度围护结构变形图

(2)围护结构刚度

本区段围护结构采用钻孔灌注桩,桩径 1.0 m,间距 1.2 m,数值模拟利用等刚度原则以地下连续墙代替。采用调整等效地连墙弹性模量的方法分析围护结构刚度对其不对称变形的影响。不同地下连续墙刚度下围护结构的变形如图 6 所示,0.75 倍地下连续墙刚度时左侧围护结构最大变形量为 25.0 mm,比原地下连续墙刚度下 20.1 mm 增加 24.4%;右侧围护结构最大变形量为 51.7 mm,比原地下连续墙刚度下 43.8 mm 增加 18.0%。1.25 倍地下连续墙刚度时左侧围护结构最大变形量为 16.1 mm,比原地下连续墙刚度下 20.1 mm 减小 20.0%;右侧围护结构最大变形量为 37.8 mm,比原地下连续墙刚度下 43.8 mm 减小 11.4%。可见调整地下连续墙刚度对减少围护结构不对称变形有一定效果,且被动侧比主动侧效果更加明显。

(3)围护结构外侧土体加固

假定在本区段围护结构外侧施作三排 Φ600@400 mm 挡土搅拌桩,深入基坑底 2 m,采用调整土体材料参数[12]的方法分析墙后加固土对围护结构不对称变形的影响。施作墙后水泥搅拌桩前后围护结构的变形如图 7 所示,施作水泥搅拌桩后左侧围护结构最大变形量 13.5 mm,比未加固时 20.1 mm 减少 32.8%;右侧围护结构最大变形量为 36.7 mm,比未加固时 43.8 mm 减少 16.2%。可见墙后土体加固对减少围护结构不对称变形效果明显,且被动侧比主动侧效果更加明显。

(4)坑内土体加固

假定在本区段围护结构内侧被动区分别施作 4 m(宽)×4 m(深)和 6m(宽)×6 m(深)的深层水泥搅拌桩加固土,采用调整墙后土体材料参数[12]的方法分析墙后加固土对围护结构不对称变形的影响,施作坑内加固土前后围护结构的变形如图 8 所示。

施作 4 m(宽)×4 m(深)坑内加固土后左侧围护结构最大变形量 10.7 mm,比未加固时 20.1 mm 减少 46.8%;右侧围护结构最大变形量为 34.9 mm,比未加固时 43.8 mm 减少 20.3%;施作 6 m(宽)×6 m(深)坑内加固土后左侧围护结构最大变形量 9.8 mm(出现在基坑内侧),比未加固时 20.1 mm 减少 51.2%;右侧围护结构最大变形量为 27.8 mm,比未加固时 43.8 mm 减少 36.5%;可见墙后土体加固对减少围护结构不对称变形效果显著,且被动侧比主动侧效果更加明显。

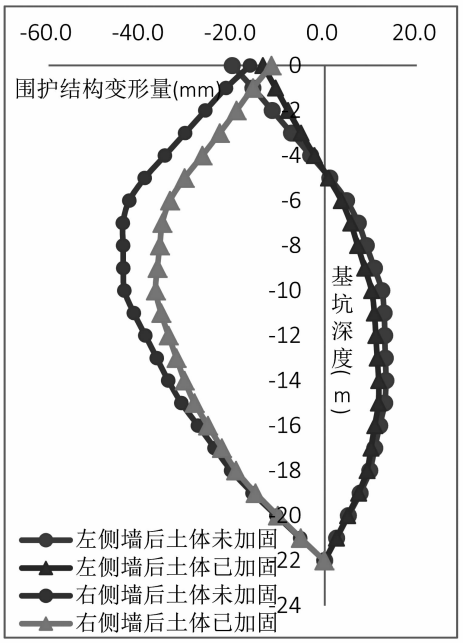


图 7　墙后土加固下围护结构变形图

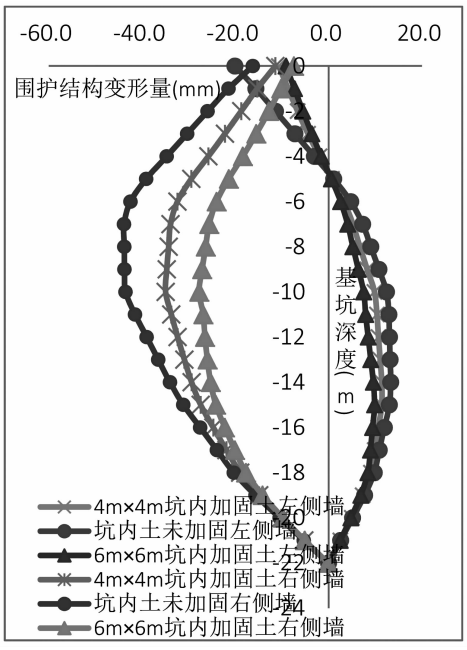


图 8　坑内土体加固时围护结构变形图

5　结论

本文以广佛江快速通道茶坑隧道基坑为工程背景,通过对围护结构变形监测数据分析,并以有限元模似计算为验证手段,得出以下结论:

(1)软土地区基坑围护结构外侧土体的主动土压力与被动土压力相差较小,在不对称荷载如临时便道的重载车辆作用下,荷载作用一侧的主动土压力超越无荷载作用一侧的被动土压力,支护结构平衡状态被打破,不对称变形快速发展。

(2)加强支撑刚度对减少围护结构不对称变形的作用有限,甚至有可能增大被动侧围护结构位移量,而加强围护刚度对减少其不对称变形起到一定作用。

(3)基坑内外施作水泥搅拌桩土体加固能有效地减少围护结构不对称变形量,尤其是被动区一侧,坑内被动区加固比坑外主动区加固效果更佳。

以上结论可对今后类似工程设计与施工提供参考,并建议软土地区基坑工程应严格控制施工期间临时荷载的不对称分布,并于坑内被动区施作一定范围的加固体。

参考文献:

[1] 龚晓南. 关于基坑工程的几点思考[J]. 土木工程学报,2005(09):99 - 102 + 108.

[2] 金小荣,俞建霖,祝哨晨,龚晓南. 基坑降水引起周围土体沉降性状分析[J]. 岩土力学,2005(10):54 - 60.

[3] 龚晓南. 基坑工程发展中应重视的几个问题[J]. 岩土工程学报,2006(S1):1321 - 1324.

[4] 胡冬,张小平. 基于灰色系统理论的基坑变形预测研究[J]. 地下空间与工程学报,2009,5(01):74 - 78 + 168.

[5] 王强,刘松玉,童立元,方磊,王占生. 灰色理论在深基坑支挡结构变形预测中应用[J]. 岩土工程学报,2010,32(S2):69 - 72.

[6] 木林隆,黄茂松,吴世明. 基于反分析法的基坑开挖引起的土体位移分析[J]. 岩土工程学报,2012,34(S1):60 - 64.

[7] 王曙光. 复杂周边环境基坑工程变形控制技术[J]. 岩土工程学报,2013,35(S1):474 - 477.

[8] 朱炎兵,周小华,魏仕锋,谭勇. 临近既有地铁车站的基坑变形性状研究[J]. 岩土力学,2013,34(10):2997 - 3002.

[9] 杨敏,卢俊义. 基坑开挖引起的地面沉降估算[J]. 岩土工程学报,2010,32(12):1821 - 1828.

[10] 程琪,刘国彬,张伟立. 上海地区地铁超深基坑及深基坑变形有限元分析[J]. 地下空间与工程学报,2009,5(S2):1497 - 1502.

[11] 蒋国盛. 基坑工程 [M]. 武汉:中国地质大学出版社. 2000: 11 - 147

[12] 焦志斌,刘汉龙,蔡正银. 淤泥质酸性土水泥土强度试验研究[J]. 岩土力学,2005(S1):57 - 60.

湛徐高速公路徐闻港支线高液限土直接填筑实验研究

陈　力[1]，黄蕾鸣[2]

（1. 广东省交通规划设计研究院股份有限公司，广州 510507；2. 广东省高速公路有限公司，广州 510100）

摘　要： 本文依托雷州半岛湛徐高速公路徐闻港支线工程，针对项目地区路基填土资源稀缺、高液限土 CBR 值高、填土高度 2～6 m 的低路堤公路特点，实验采用直接填筑高液限土的“三明治法”工法。相对于传统工法，“三明治法”取消非高液限土包边，能大量利用挖出的高液限土，解决了本项目土方短缺的问题；且避免传统方法（包边非高液限土与高液限土分期填筑施工）出现压实不统一、夹高液限土薄层等问题。项目的实施体现了资源节约、生态环保的设计理念，可为同类地区绿色公路建设提供参考。

关键词： 高液限土；直接填筑；“三明治法”工法；沿海低路堤

0　引言

近年来，广东高速公路建设迅猛发展，建设区域逐步从经济较发达的珠三角地区推向经济欠发达粤东粤西地区。湛徐高速公路徐闻港支线位于广东省西南部雷州半岛南部，路线长 16.219 km，全线以台地为主，间夹冲积平原或台间洼地，偶有低山丘陵，地形较平缓，起伏不大。属亚热带季风气候，年均温度 22～23℃，蒸发量和降水时空分布极不均匀，如 2015 年就发生过严重干旱。雷州半岛及海南岛北部广泛分布有玄武岩，以及经风化分解形成的残积红土[1]。湛江和茂名一带的西南部地区（Ⅱ区）是广东地区高液限土分布的四个代表性区域[2]，在广东省阳茂、茂湛、二广、广梧等高速公路中均分布有高液限土。

1　问题的提出

本高速所在地区路基填土土源稀缺，为了最大限度地减少对已有植被的大开挖，节约土地资源，使公路更好融于周边自然环境，采用了沿海低路堤绿色公路方案，尽量压低了路线纵断面高程，例如高速路线下穿省道 S376、下穿粤海铁路等。

另外，本项目附近的土源大部分是高液限土（如图 1 所示），即使采用了低路堤方案，路基借土方量依然较大，如废弃高液限土很难寻找弃土场，且弃土会带来二次污染；二是短距离内也找不到更好的土源。为了项目的顺利推进，需对高液限土进行处治，其常见方法主要有：换填法、掺灰改良法、封闭包盖法、土工织物加筋法、夹层法等。其中掺灰改良是目前应用和研究最多的方法，通过掺入一定比例砂、水泥、康耐等材料改变土的特性，来增强路基土的压实性和强度[3]。但这些方法都有一些不足：一是施工工艺较复杂，改良养护施工进度较慢；二是通常采用路拌拌和不均匀，灰与土的配比难统一，施工质量难保证；三是掺入集料成本高，工程投资规模较大[4]。如何利用好这些高液限土，才能符合资源节约、生态环保的绿色公路设计理念是一大难点。

图 1　徐闻港支线高液限土（夹孤石）

本文结合雷州半岛特有沿海热带季风气候，在分析项目高液限土工程特性基础上，提出通过采取科学的工程措施和施工工艺，试验研究直接利用高液限土填筑路基（即不改良）的方法，达到既大量利用高液限土又缩短施工工期，同时保证工程质量和控制投资规模的目的。

2　高液限土直接填筑技术

2.1　直接填筑技术

高液限土直接填筑技术（即不改良）在国内部分高速有相关实验性研究成果。刘银生研究了适合于直接填筑的土质分类，提出了适合于直接填筑的高液限粘土土质分类的具体指标，并对这些分类指标进行了定量化分析[5]。二广高速试验利用 18t 压路机通过不同碾压参数组合，直接利用高液限土进行 93 区路基填筑，使填土达到 93% 的压实度[3]。武明通过对综合法、层铺法、拌和法及传统法路基填筑施工工艺进行研究，确认四种高液限土直接填筑方法均是可行的[6]。程涛等对云罗高速高液限土采取包盖法处理及降低压实度标准至 88% 后的直接填筑方案[7]。卢佩霞等对高液限土路堤直接填筑质量控制参数研究，认为高液限粘土和含砂高液限粘土可用于路堤直接填筑[8]。《广东省高液限土路基修筑技术指南》提出高液限土 CBR 值大于或等于 3%、细颗粒含量介于 50% ~90% 之间、液限介于 50% ~70%，可考虑作为路堤 93 区以下（包括 93 区）的填料直接填筑[2]。李跃中等以贵州某高速公路为例，提出高液限土以 84% 作为该条高速公路高液限土的压实标准[9]。

目前对高液限土直接填筑处理的主要工法是“包芯法”、“包边法”或“包盖法”[4]，即采用排水垫层 + 非高液限土包边 + 封顶层隔水保护，目的使包裹在内芯里的高液限土不受水浸破坏。该方案在广东省多条高速公路上应用：如茂湛高速公路、揭博高速、渝湛高速公路得到了良好应用。徐一鸣等对包盖法直接填筑方案如何选择高液限土路堤封层、包边以及加筋参数进行了施工总结[10]。

但“包芯法”或“包边法”最大问题是路堤两侧非高液限土包边很难与高液限土同步施工压实，且底部、顶部、路堤两侧均需非高液限土包边，施工程序繁琐，影响施工质量和进度。

2.2　徐闻港支线高液限土特性

根据勘测结果，湛徐高速公路徐闻港支线工程大部分挖方段均分布有高液限土，极少部分高液限土细颗粒含量大于 90%，不能作为路堤填料直接填筑，考虑作为绿化种植土。同时，分析了 3 个取土场土样，细颗粒含量均介于 50% ~90% 之间，液限介于 50% ~60%，最大特点是 CBR 值较大（均大于 10%），如表 1 所示，按《广东省高液限土路基修筑技术指南》的要求，取土场高液限土可试验作为路堤 93 区以下（包括 93 区）的填料直接填筑。

表 1　取土场土工实验报告

序号	取样地点及里程桩号	岩性	重型击实试验结果		稠度指标			压实度为 100%		结论
			最优含水量 W_O/(%)	最大干密度 ρ_{dmax}/(g/cm^3)	液限 W_L/(%)	塑限 W_P/(%)	塑性指数 I_P	承载比 N_{CBR}/(%)		
1 号取土场	K525 + 300 左 1 700 m	玄武岩残积土	24	1.57	51	33	18	93 区 94 区 96 区	10.1 10.6 11.4	含砾高液限粉土 MHG
2 号取土场	K510 + 409 右 100 m	玄武岩残积土	23.2	1.6	55	38	17	93 区 94 区 96 区	11.6 11.9 12.5	高液限粉土 MH
3 号取土场	K517 + 070 左 6 700 m	玄武岩残积土	22.6	1.62	50	30	20	93 区 94 区 96 区	13.4 14.5 15.5	高液限粉土 MH

3　“三明治法”工法

3.1　直接填筑方案比选

本项目路基填方路堤高度 2 ~ 6 m，最大填土高度不超过 8 m，属于典型的低路堤公路。为了设计合理的高液限土填筑方案，以 4 m 高的填土路堤为例，进行填方路段高液限土处治的方案比选（如图 2）。

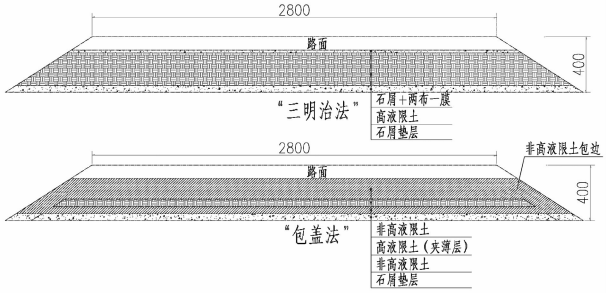


图 2　高液限土处治方案比选图

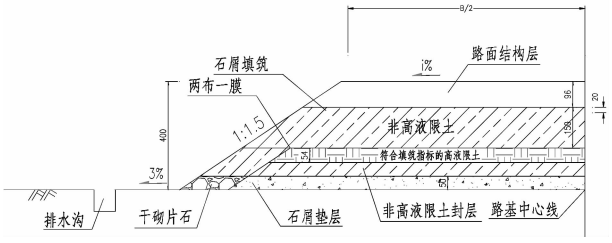


图 3　“包边法”工法（比较方案）

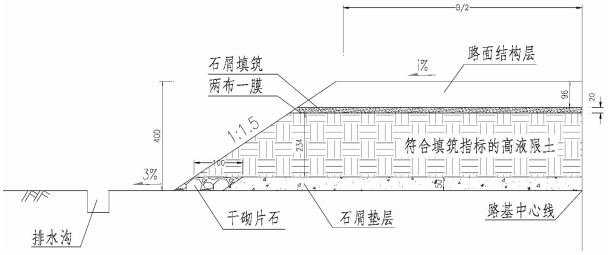


图 4　“三明治法”工法（推荐方案）

徐闻港支线路基标准宽度 28 m（双向四车道），针对本项目土方短缺的特点，设计采用低路堤以节省土方，利用完本项目挖方的 91.4 万利用土方（含利用约 50 万高液限土），仍需从取土场外借 15 万余方高液限土。

以 10 km 长，平均 4 m 高的路堤，对比填土工程数量如表 2 得出：若采用传统的“包盖法”直接填筑高液限土，则需要 70.52 万方非高液限土包盖，而三个取土场均是高液限土，无法找到非高液限土源，且对于低路堤公路，路堤中间会出现夹 10 ~ 30 cm 左右高液限土薄层，不利于施工，基于本项目低路堤公路特征，推荐采用“三明治法”工法。

表 2　工程数量对比表（10 km）

处治方法	非高液限土包盖（万方）	高液限土（万方）	石屑（万方）	合计（万方）	备注
三明治法	0	81.88	25.86	107.74	
包盖法	70.52	17.60	19.62	107.74	

3.2　“三明治法”工法特点

该工法结合雷州半岛特有气候条件和低路堤公路特性，提出对传统“包盖法”或“包边法”（如图 3 所示）进行调整，即取消非高液限土包边，在低路堤公路中实验采用“三明治法”工法（如图 4 所示），设置 50 cm 石屑垫层 + 高液限土 + 20 cm 石屑封层 + 一层两布一膜隔水，该方案具有如下设计特点：

（1）相对于传统“包盖法”，“三明治法”工法用于雷州半岛填土高度 2 ~ 6 m 低路堤公路，可快速直接填筑高液限土（即不改良），极大了减少施工工序和降低工程成本；

图 5　徐闻港支线高速（低路堤）

（2）针对徐闻港支线低路堤、降雨边坡汇水面积小、坡面汇流历时短的特点，试验取消边坡非高液限土包边，采用喷播植草或三维网植草防护（如图 5），避免传统方法出现非高液限土包边与高液

限土分期填筑施工,压实不统一的问题;

(3)相比较非高液限土封顶,采用两布一膜 + 20 cm 石屑封顶,防水性较好且摊铺快(如图 6);

图 6　石屑 + 两布一膜封顶的高液限土处置工法

(4)低路堤公路采用“三明治法”工法不会出现传统“包盖法”夹薄层的情况,能大量利用本项目挖出的高液限土,解决了土方短缺的问题。

3.3　翻晒施工

高液限土的特点之一是天然含水率较高,一般地区(如广梧高速)通过晾晒的方法很难在短时间内使其含水率降到最优含水率范围内[8]。而雷州半岛临近海南,徐闻港支线位于琼州海峡北侧,炎热多雨,光照时间长,为干湿季节变化明显的热带季风气候,这为高液限土通过翻晒控制含水率,进而能够直接填筑提供了有利条件。

曹为等研究了海口至屯昌段高速公路试验段,通过现场翻晒测试以及填筑效果验证了高液限红黏土在高含水率状态下翻晒 2 天即可满足压实要求,可直接用作路堤填料[11]。杨博等对海南中线高速高液限土进行了翻晒实验,通过翻晒 1 ~ 4 天降低其含水率后即可用于填料施工,并提出了南方多雨地区路基择时施工方法[12]。

徐闻港支线试验了翻晒施工工艺和参数:

(1)项目所在地多为阵雨,并有沿海微风,路堤高液限填土经常因为含水率过低收缩开裂(如图 7),炎热干燥施工期定时对路基土洒水,利用平地机翻开上层开裂高液限填土,并用洒水车适当洒水,控制其含水率至最佳含水率附近,再重新填筑压实。

图 7　含水率过低高液限土路基收缩开裂

图 8　平地机翻晾含水率过大高液限土

(2)施工中下雨时用两布一膜对已填路基土进行覆盖,当含水率过大时,雨停后用平地机翻开上层填筑高液限土(如图 8),通常翻晒 1 ~ 4 天控制其含水率至最佳含水率附近:93 区控制含水量在 27.5% ~ 31.5% 范围,94 区控制含水量在 20.8% ~ 26.8 范围,96 区控制含水量在 15.1% ~ 21.1% 范围),既可直接填筑高液限土。

4　高液限土路堤稳定性分析

徐闻港支线采用了低路堤方案,为了解决部分涵洞排水困难的难题,在部分路段设置了排水蒸发池,例 K514 + 012 右侧路堤采用高液限土填筑:路堤填土高度约 4.2 m(不含路面厚度),边坡坡率 1∶1.5,蒸发池坡率 1∶0.75,南侧蒸水池挖深 3 m,路堤坡脚到发池距离 7 m。根据地勘报告,该处土层物理力学性质指标如下:凝聚力 25.5 kPa,内摩擦角 19.2°,湿密度 1.74 g/cm^3。

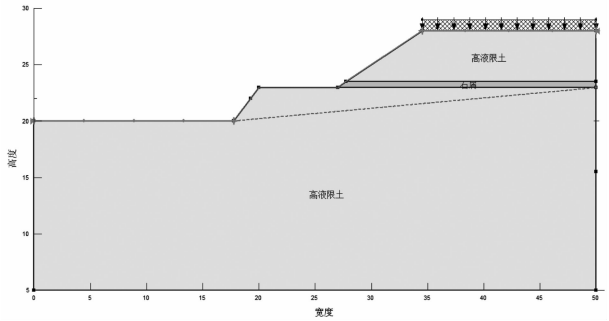


图 9　路堤稳定性数值分析模型

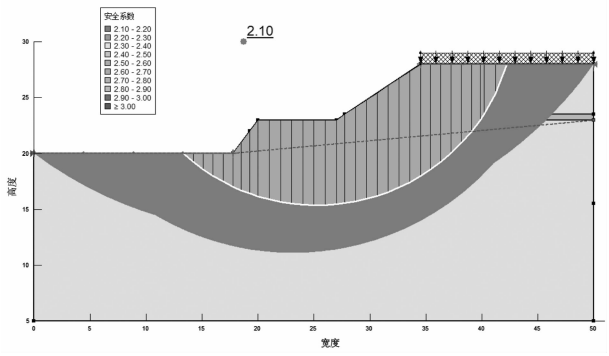


图 10　安全系数云图

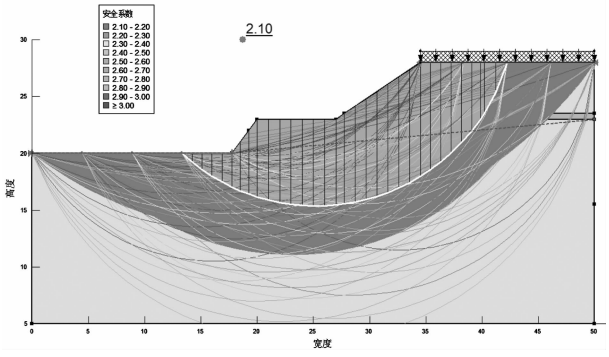


图 11　滑动面分布图

通过数值分析软件建立了分析模型(如图 9),经过模拟计算,该处填方路堤稳定性安全系数为 2.1(如图 10、图 11 所示),满足规范要求。

5　结论

(1)本文依托雷州半岛湛徐高速公路徐闻港支线工程,针对项目地区路基填土土源稀缺、高液限土 CBR 值高、填土高度 2 ~ 6 m 的低路堤公路特点,提出对传统“包盖法”或“包边法”进行调整,既取消非高液限土包边,实验采用直接填筑高液限土的“三明治法”工法。

(2)相对于传统工法,“三明治法”取消非高液限土包边,可快速直接填筑高液限土(即不改良),同时避免传统方法出现非高液限土包边与高液限土分期填筑施工,压实不统一的问题,也不易出现传统“包盖法”夹薄层的情况,能大量利用项目挖出的高液限土,一定程度解决了项目土方短缺的问题,极大减少了施工工序和降低工程成本。

(3)徐闻港支线位利用有利的沿海热带气候条件,实验总结了高液限土翻晒 1 ~ 4 天控制其含水率至最佳含水率附近,进而能够直接填筑的施工经验参数,并对高液限土路堤进行了稳定性分析,其安全系数满足规范要求。

(4)通过工程质量检测报告,本项目路基压实度合格率为 97.7%,弯沉合格率为 100%,满足交工验收要求,验证了本方案设计具有一定合理性,项目的实施体现了资源节约、生态环保的设计理念,可为同类地区绿色公路建设提供参考。

参考文献:

[1] 张先伟,孔令伟,臧濛. 雷州半岛玄武岩残积土的工程地质特性研究[J]. 岩土工程学报,2014,(5).
[2] 广东省高液限土路基修筑技术指南(GDJTG/T E01 - 2014)[S]. 北京:人民交通出版社, 2014.
[3] 李月勇, 浅谈二广高速公路对高液限土的处理与利用[J]. 岩土工程界,2008,08,80 - 82.
[4] 宋军,徐润,丁志科. 基于高液限土的路基填筑的应用研究[J]. 山东交通科技,2011,03,43 - 45.
[5] 刘银生, 高液限粘土适于直接填筑分类指标研究[J]. 中南公路工程,2004,01,59 - 60 + 84.
[6] 武明, 高液限土填筑路基施工工艺及经济效益分析[J]. 公路交通技术,2011,05,9 - 12.
[7] 程涛,洪宝宁,程江涛. 降低压实度标准的高液限土填筑方案[J]. 水利水电科技进展,2014,04,70 - 74.
[8] 卢佩霞;范晓秋;曲涛. 高液限土路堤直接填筑质量控制参数研究[J]. 防灾减灾工程学报,2013,04,449 - 454.
[9] 李跃中;卞晓琳. 高液限土路堤填筑压实标准研究[J]. ,公路交通科技(应用技术版),2015,05,44 - 45.
[10] 徐一鸣;洪宝宁;刘鑫, 高液限土填筑路堤中包盖法施工的控制参数分析[C]. 第六届中国公路科技创新高层论坛论文集(上册),第六届中国公路科技创新高层论坛,2013.
[11] 曹为;张锐;刘龙武, 海南高液限红黏土直接填筑路堤试验研究[J]. 公路与汽运,2012,04,145 - 149.
[12] 杨博;张锐;郑健龙;刘龙武, 南方多雨地区路基择时施工方法的研究[J]. 公路交通科技,2014,03,7 - 12.

《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》编制大纲审查会报道

2019 年 12 月 20 日上午，中国工程建设标准化协会在广州组织召开了《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》编制大纲审查会。参会审查的有郑罡、唐光武、曾宪武、李龙安、傅宇方、吴 涤、闫兴非等国内知名专家学者。主编单位广东省交通规划设计研究院股份有限公司、参编单位株洲时代新材料科技股份有限公司对《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》大纲编制情况进行了汇报，与会专家经认真审阅、讨论，形成了专家评审意见，并对下一步工作提出来意见和建议。

《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》的编制不仅可以解决目前在公路桥梁弹塑性钢阻尼器设计中的关键技术问题，统一公路桥梁弹塑性钢阻尼器的标准，推动公路桥梁弹塑性钢阻尼器设计向规范化和科学化的方向发展，同时也是完善公路交通标准体系，提高公路桥梁抗震水平，促进公路交通及社会经济发展的重要保障。本次《公路桥梁弹塑性钢阻尼器》编制大纲审查会为推动该标准的最终实施具有重大意义。

《弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术研究》项目成果鉴定会报道

《弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术研究》（广东省交通运输厅科技项目，项目编号：科技 -2010 -02 -018）是依据高恩高速、广明高速以及仁博高速共计 61 个桥梁上部结构的 354 孔预应力管道压浆质量检测成果，开展“弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术”研究，旨在编制技术指南、进行系统总结，提高我省弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术，推动弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术研究成果在我省公路桥梁建设中应用，使交通科学技术转化为生产力，提高公路桥梁预应力压浆施工建设水平，确保我省公路建设走上资源节约型、环境友好型道路，由广东省交通规划设计研究院股份有限公司、广东和立土木工程有限公司及广东盛翔交通工程检测有限公司承担研究任务。

2020 年 1 月 16 日，广东省土木建筑学会在广州市组织召开了本项目的成果鉴定会议。广东省土木建筑学会相关人员及领导，项目鉴定委员以及项目完成单位代表参加了会议。

项目鉴定委员会专家由来自国内相关专业的知名专家组成，主任由广东省科学研究院/广州地理研究所易顺明教授级高工担任，成员有广东工业大学刘锋教授等。鉴定委员会认真审阅了相关资料，听取了汇报，并进行了质询。经认真讨论，形成如下鉴定意见：

一、提供的鉴定资料齐全，符合科技成果鉴定要求。

二、该课题针对广东省弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术进行了系统研究，项目成果主要创新点如下：（1）提出了桥梁预应力管道压浆缺陷定位检测技术的量化判定方法和准则及单个管道压浆质量的评价手段，可判别压浆质量缺陷类型并进行缺陷分级，提高了检测结果的客观性和准确率；（2）开发了桥梁厚壁结构测试的冲击回波共振偏移法（IERS 法）；（3）制定了《广东省桥梁预应力管道压浆质量控制与检测验收

指南》,明确了抽检原则与检测要求,建立了桥梁预应力管道压浆质量检测的定性检测与定位检测方法体系。

三、该课题在“广东省仁博高速公路新博段,广东省高明至恩平高速公路,广东省开平至阳春高速公路”等多项工程项目中应用,取得了显著的社会效益和经济效益,具有很好的社会推广价值。

综上所述,《弹性波桥梁预应力管道压浆质量检测技术研究》项目成果达到了国内领先水平,鉴定委员会同意通过鉴定。建议进一步结合工程实例进行总结提高,加大推广应用力度。

《广东省营运公路边坡安全性评价体系研究》项目成果鉴定会报道

《广东省营运公路边坡安全性评价体系研究》(广东省交通运输厅科技项目,项目编号:2007－07)根据边坡安全性评价原理,通过收集分析现有公路建设资料,对既有公路边坡展开地质灾害调查,整理完善公路边坡情况数据库,为营运公路边坡安全性评价建立强大的数据库支持,由广东省交通规划设计研究院股份有限公司、广东和立土木工程有限公司及广东盛翔交通工程检测有限公司承担研究任务。

2020 年 1 月 17 日,广东省土木建筑学会在广州市组织召开了本项目的成果鉴定会议。广东省土木建筑学会相关人员及领导,项目鉴定委员以及项目完成单位代表参加了会议。

项目鉴定委员会专家由来自国内相关专业的知名专家组成,主任由广东省科学研究院/广州地理研究所易顺明教授级高工担任,成员有广东工业大学刘锋教授等。鉴定委员会认真审阅了相关资料,听取了汇报,并进行了质询。经认

真讨论，形成如下鉴定意见：

一、提供的鉴定资料齐全，符合科技成果鉴定要求。

二、该课题依托广东省内多个高速公路工程，对广东省营运公路边坡进行安全性评价体系研究，项目成果主要创新点如下：（1）提出锚固工程质量检测设备对公路边坡进行应力检测方法，解决了营运公路边坡锚固体系安全状态检测的难题；（2）建立了广东省营运公路边坡安全性评价体系的数据库；（3）选取边坡岩（土）体结构、边坡支护结构状态等 10 个边坡评价指标，建立了广东省营运公路边坡安全性评价体系，为类似公路边坡的日常养护提供决策依据。

三、该课题在“大广高速公路连平至从化段、江罗高速公路以及广州至河源高速公路惠州段”等多项工程项目中应用结果表明，社会效益和经济效益显著，具有很好的推广价值。

综上所述，《广东省营运公路边坡安全性评价体系研究》项目成果达到了国内领先水平，鉴定委员会同意通过鉴定。建议进一步结合工程实例进行总结提高，加大推广应用的力度。

《道路交通系统实现“海绵城市”建设目标的技术研究》项目成果鉴定会报道

《道路交通系统实现“海绵城市”建设目标的技术研究》(广东省交通运输厅科技项目,项目编号:科技 - 2016 - 02 - 049)是依托佛山西龙立交、珠海金琴快线、深汕合作区深汕大道、广州黄金围规划支路等广东省较早建设道路海绵城市的项目实践,对道路交通系统建设目标、计算方法及关键性技术进行的研究,旨在为道路交通系统建设海绵城市提供参考,加快道路交通系统的海绵设施建设步伐,减轻城市和道路的内涝风险,减少水体污染,改善城市水体环境,并可节约用水,具有良好的经济和社会价值,由广东省交通规划设计研究院股份有限公司、广东省九域工程技术咨询有限公司承担研究任务。

2020 年 1 月 6 日,广东省土木建筑学会在广州市组织召开了本项目的成果鉴定会议。广东省土木建筑学会相关人员及领导,项目鉴定委员以及项目完成单位代表参加了会议。

项目鉴定委员会专家由来自国内相关专业的知名专家组成,主任由华南理工大学吴硕贤院士担任,成员有广东首汇蓝天工程科技有限公司隋军教授级高工等。鉴定委员会认真审阅了相关资料,听取了汇报,并进行了质询。经认真讨论,形成如下鉴定意见:

一、提供的鉴定资料齐全,符合科技成果鉴定要求。

二、该项目对道路边坡、植草沟侧壁坡度、下凹式绿地改造及回填土等四个方面,进行不同种重现期强度降雨的渗透实验,提出了适合海绵型城市道路的边坡坡度、下凹式绿地和回填土含砂比例,为道路系统实现海绵城市建设目标提供参考;并以高速公路、城市立交为实例,研究了道路交通用地如何配合实现海绵城市目标的若干技术措施。该项目研究成果在行业内有很大的推广价值。

三、该课题已在“佛山一环和魁奇路相交的西龙立交”等工程项目中应用,取得了显著的社会效益和经济效益。

鉴定委员会认为该成果达到了国内领先、国际先进水平,一致同意通过科技成果鉴定。建议进一步结合工程实例进行研究和总结,丰富完善课题成果,促进推广应用。

我公司承担的广东省潮州至惠州高速公路项目荣获 2018－2019 年度国家优质工程金奖

近日，由我公司负责勘察设计的广东省潮州至惠州高速公路项目荣获“2018－2019 年度国家优质工程金奖”。

广东省潮州至惠州高速公路是国家高速公路网甬莞高速公路（G15W3）的重要组成部分，也是广东省高速公路网规划“十纵五横二环”中“第四横”的重要组成部分。潮惠高速公路全长 289.652 km，其中主线 246.829 km，连接线 42.823 km，共分为三个合同段。我公司承担的是潮州（古巷）至揭西段（A1 合同段）勘察设计。

在本项目的设计过程中，我公司主动进行技术创新，开创性地应用了多项新型技术：

（1）首创跨江新型桥梁结构——密索刚塔柔梁低塔斜拉桥

榕江大桥为全国首座密索刚塔柔梁低塔斜拉桥，主桥跨径布置为（60＋70＋380＋70＋60＝640）米；为有效解决海运对桥梁下部净空要求与飞机航线对桥塔净高限制的矛盾，创新性地采用了新型结构体系及斜拉索塔顶集中锚固方式；新型的减隔振体系及大直径超长桩有效地解决了抗震要求高的难题。

（2）依托项目开展广东省高速公路标准化设计创新

我公司以本项目为依托，积极开展广东省高速公路标准化设计研究和应用，总结形成了“广东省高速公路设计标准化技术研究与应用”成果。该成果经中国公路学会组织的项目成果评价和鉴定，被认为总体达到国际领先水平，并获得了中国公路学会科学技术一等奖。

（3）此外，项目创新优化应用了新型 A 级波形梁护栏、创新路面结构设计及桥梁抗震设计，大规模采用了整幅式大挑臂预应力盖梁技术。