

广东交通规划设计

GUANGDONG COMMUNICATIONS PLANNING AND DESIGN

2025

3
总第199期



技术交流 信息共享

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

地址：广州市白云区鹤龙街道鹤瑞路8号
邮政编码：510440
电话：020-8608 8738
E-mail：kjzl@ghdi.cn



准印证号：(粤O)L0150076号

内部资料 免费交流

获奖喜报

2025年第三季度，“黄茅海跨海通道”荣获2025年国际桥梁大会乔治·理查德森奖；4个工程项目获得部级学协会工程奖；13个项目获得2025年广东省优秀工程勘察设计成果奖，其中一等奖2项；4个项目获十七届广东省土木工程詹天佑故乡杯奖；1个项目获广东省土木建筑学会科学技术二等奖；获得国家知识产权局发明专利5项。



获奖喜报



公司级评审



2025年7月11日雷州半岛西线高速公路工程可行性研究报告编制项目



2025年7月28日“厚大路通道工程勘察初步设计”公司级评审会议



2025年7月28日“深圳汕尾产业转移合作园基础设施配套工程，市政道路初步设计”公司级评审会



2025年7月29日G228线洪奇沥大桥改扩建工程可行性研究公司级评审会



2025年7月29日“梅州平远至福建武平高速公路（广东段）勘察设计SJA1合同段初步设计”公司级评审会



2025年7月31日国道G355线龙门龙华至油田段改建工程初步设计

广东交通规划设计

(每季出版)

2025 年 9 月 30 日印刷

2025 年第 3 期
(总第 199 期)

内部资料 免费交流

准印证号: (粤 O) L0150076 号

编辑委员会

主 任: 黄湛军

副主任: 孙向东

委 员: 万志勇、王景奇、卢绍鸿、
刘吉福、杜燕群、张修杰、
张建良、陈志翔、陈新富、
邱赞富、周 震、梁志勇、
梁淦波

主 编: 孙向东

副 主 编: 林 敏

责任编辑: 黎 敏

编 辑: 《广东交通规划设计》编辑部

编印单位: 广东省交通规划设计研究院
集团股份有限公司

地 址: 广州市白云区鹤瑞路 8 号

邮政编码: 510440

电 话: 020-8608 8738

E-mail: kjzl@ghdi.cn

发送对象: 公司及行业内部

本期印刷数量: 350 本

印刷单位: 广州市艺彩印务有限公司

封 面: 新塘立交

目 次

部委政策

- 广东省交通运输厅关于印发《广东省交通运输厅关于高速公路
改扩建管理的办法》的通知 (1)
- 《广东省交通运输厅关于高速公路改扩建管理的办法》政策
解读 (2)

公司动态

- 公司荣获广东省市政行业协会评定的勘察设计公司信用评价
最高级别 5A 级 (4)
- 公司联合主办的第四届桥梁建设技术与艺术创新学术会议圆
满完成 (4)
- 公司承担的潮南高速潮州潮安至饶平段工可报告顺利通过交
通运输部咨询评估现场调研 (6)
- 科学方案见实效 专业技术显担当——公司高效驰援白云区
大源村边坡抢险救援工作 (8)
- 公司承担的 G1535 潮南高速平武段工程顺利开展交通运输部
初步设计审批技术咨询现场调研 (9)

技术论文

- 钻孔内径向挤扩土压力的岩土勘察原位测试方法
..... 何伟兵, 蒲春平, 张国梁 (11)
- 高栏港大桥钢箱梁吊装施工局部稳定及受力优化分析
..... 王江浩, 徐德志, 邵加楠, 谭巨良 (16)
- 高速公路运营期车辆碳排放量化方法研究
..... 涂志敏, 张玉娇, 罗 赞 (21)
- 基于 Laplacian 算子的航飞影像预处理分析
..... 高松涛, 李锦明, 邱赞富, 汤敏, 王志明 (26)
- GDCI 工程数字沙盘——以数字之钥, 开启交通设计新纪元
..... 万 欢, 傅海堂, 江神文 (32)

信息专栏

- 长大桥梁智能管养学术研讨会报道 (38)
- 第三届交通与能源融合发展学术年会暨技术装备成果展报道
..... (40)
- 2025 城市交通规划年会报道 (42)
- 2025 工程测量大会报道 (45)
- 2025 年中国公路学会隧道工程分会学术会议报道 (47)
- 第七届工程建设行业科技创新大会报道 (50)

广东省交通运输厅关于印发《广东省交通运输厅 关于高速公路改扩建管理的办法》的通知

各地级以上市人民政府,省交通集团:

经省人民政府同意,现将《广东省交通运输厅关于高速公路改扩建管理的办法》印发给你们,请遵照执行。2018 年 11 月 12 日印发的《广东省交通运输厅关于印发〈广东省交通运输厅关于高速公路改扩建管理的办法〉的通知》(粤交规〔2018〕12 号)已失效。

广东省交通运输厅

2025 年 5 月 9 日

广东省交通运输厅关于高速公路改扩建管理的办法

第一条 为规范我省高速公路改扩建行为,维护市场公平,保障公共利益和公共安全,提高公共产品和服务质量,根据《中华人民共和国公路法》《收费公路管理条例》等法律法规,结合本省实际,制定本办法。

第二条 本办法所称高速公路改扩建项目,是指为满足交通量增长、提高安全技术标准和经济社会发展等需要,在原有高速公路基础上主要通过加宽路基桥隧(包括局部新建分离式路基桥隧)或新增互通立交等,以扩大通行能力而实施的公路工程。

第三条 本省行政区域内所有已批准收费的高速公路,具有下列情形之一的改扩建项目,适用本办法:

(一)2004 年 11 月 1 日前在建或已投入运营的收费高速公路的全线改扩建工程;

(二)改扩建连续里程达到 30 公里及以上;

(三)经省人民政府确认的其他改扩建项目。

第四条 高速公路改扩建项目规划建设应遵循“统筹规划、兼顾长远、注重实效、指标合理、节约资源、绿色环保、科学组织、安全实施”的原则,统筹研究高速公路在综合运输网中的功能作用以及与区域路网和其他交通运输方式的衔接和协调,制定经济、适用、安全、耐久的工程方案,确保行车和施

工安全。

第五条 高速公路改扩建项目应执行国家、广东省现行基本建设程序;按照政府和社会资本合作新机制实施的,还应执行国家和省有关规定。高速公路改扩建项目由省交通运输主管部门结合交通运输需求、区域路网分流能力、建设条件等因素提出,并报省人民政府确定。

经营性高速公路项目在原批准的收费期限内启动改扩建的,报经省政府同意后可由原高速公路投资人或按政府还贷模式依法实施;在原批准的收费期限到期后启动改扩建的,应按有关规定重新选择投资人。政府还贷高速公路改扩建项目报经省政府同意后可由原高速公路投资建设主体依法实施。

第六条 高速公路改扩建项目的开工时机,应根据项目所在区域路网交通流量分配情况、交通组织保障条件等因素确定,出现以下情形之一的应及时推进改扩建工作:

(一)年平均日交通量与设计通行能力之比达到 80%(含 80%)以上,且无直接可替代线路规划的;

(二)由于相关路网建设,将导致拟改扩建项目交通量急剧增长,现有公路明显不适应的;

(三)省级交通运输主管部门认定或省级及以上规划(建设计划)明确需实施改扩建的其他项目。

第七条 高速公路改扩建项目应在充分考虑路网交通条件、原高速公路运营管理条件以及对区域交通影响等的基础上,制定行之有效的综合性交通保障方案,尽量减少对原路及区域路网的交通干扰。

第八条 高速公路改扩建项目实施之前,项目业主应将交通组织和分流方案等信息通过媒体向社会各界公告。

第九条 高速公路改扩建项目完成后,项目业主应根据国家和省有关规定,按照改扩建后的技术标准和服务水平要求,组织对高速公路进行及时的养护。

第十条 高速公路改扩建后的收费标准,按照

《收费公路管理条例》及国家和省有关规定报批。

第十一条 经营性高速公路改扩建项目新增投资的合理收费期限,根据《收费公路管理条例》规定,依据国家发布的经济评价方法与参数进行评估确定;政府还贷高速公路改扩建项目收费期限按照国家和省相关政策执行;单独立项的新增互通立交的投资回报按照国家和省的有关政策执行。

经营性高速公路改扩建项目收费期限由省交通运输主管部门会同省有关部门研究后报省人民政府批准。省交通运输主管部门可按程序引入第三方机构协助开展评估及审查。

第十二条 本办法自公布之日起施行,有效期为五年。

《广东省交通运输厅关于高速公路改扩建管理的办法》 政策解读

一、制定背景和意义

为规范广东省高速公路改扩建行为,维护高速公路经营者和公路用户的合法权益,保障公共利益和公共安全,提高公共产品和服务质量,经省人民政府同意,2015 年 3 月我厅印发《广东省高速公路改扩建管理办法(试行)》。试行期结束后,2018 年 11 月经省人民政府同意,我厅印发《广东省交通运输厅关于高速公路改扩建管理的办法》(下称《办法》),有效期 5 年。《办法》实施以来,有效推进了我省沈海高速、许广高速、京港澳高速等高速公路繁忙路段共计 28 项 1798 公里的改扩建,规范了经营性高速公路改扩建管理,维护公路使用者和经营者的合法权益,也为加快推进我省高速公路瓶颈路段的扩容改造工程,保障我省高速公路网络运行总体通畅、促进交通事业的可持续发展提供了坚实支撑。《办法》已于 2023 年 11 月到期。

当前,改扩建工程已成为我省路网提质升级的重要手段,也是交通有效投资的重要增长点,后续改扩建项目亟需《办法》作为依据加快推动前期工

作。同时近年来改扩建面临新的发展趋势。随着国家《交通强国建设纲要》《国家综合立体交通网规划纲要》的实施,综合立体交通网将以多中心、网络化为主形态,以联网补网强链为重点,地方为促进区域的经济发展需要,不断提出优化高速公路网与新兴发展城镇、工业园、港区等经济节点的连接需求,高速公路新增互通立交等工程的建设需求日益增加。为贯彻落实省委、省政府有关精神,有效支撑和推进全省高速公路改扩建工程的实施,经有关评估和论证,结合高速公路改扩建面临的新发展趋势及需求,推动《办法》的修订具有重要意义。

二、制定依据

主要依据《中华人民共和国公路法》《收费公路管理条例》《广东省公路条例》和《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)、《高速公路改扩建设计细则》(JTG T1 11-2014)、《广东省高速公路网规划》(2020-2035 年)、《关于进一步规范国家高速公路拥堵路段扩容工程项目前期工作有关问题的通知》(发改办基础[2014]3237 号)、《有关高速公路改扩

建工程中有关技术问题处理的若干意见》(交公路发[2013]634号)、《关于规范实施政府和社会资本合作新机制的指导意见》(国办函[2023]115号)等法律法规和政策文件。

三、主要内容

《办法》修订后共十二条,与修订前总数保持一致。主要包括目的、改扩建项目定义、适用情形、实施原则、投资主体选择和建设程序、项目启动时机、施工期保通、公告和宣传、养护管理、收费标准、收费期限核定等内容。

(一)项目定义。第二条明确将满足交通量增长、提高安全技术标准和经济社会发展等需要,在原有高速公路基础上主要通过加宽路基桥隧(包括局部新建分离式路基桥隧)或新增互通立交等,以扩大通行能力而实施的公路工程项目界定为改扩建项目。

(二)适用情形。第三条明确改扩建项目的适用情形,具体适用于本省行政区域内所有已批准收费的高速公路,具备2004年11月1日前在建或已投入运营的收费高速公路的全线改扩建工程、改扩建连续里程达到30公里及以上、经省人民政府确认的其他改扩建项目等任一情形的改扩建项目。

(三)实施原则。第四条明确高速公路改扩建项目规划建设应遵循“统筹规划、兼顾长远、注重实效、指标合理、节约资源、绿色环保、科学组织、安全实施”的原则。统筹研究高速公路在综合运输网中的功能作用以及与区域路网和其他交通运输方式的衔接和协调,制定经济、适用、安全、耐久的工程方案,确保行车和施工安全。

(四)投资主体选择和建设程序。第五条明确高速公路改扩建项目执行国家、广东省现行基本建设程序,高速公路改扩建项目由省交通运输主管部门结合交通运输需求、区域路网分流能力、建设条件等因素提出,并报省人民政府确定。

进一步明确按照政府和社会资本合作新机制实施的,还应执行国家和省有关规定。经营性高速公路项目在原批准的收费期限内启动改扩建的,报经省政府同意后可由原高速公路投资人或按政府

还贷模式依法实施;在原批准的收费期限到期后启动改扩建的,应按有关规定重新选择投资人。政府还贷高速公路改扩建项目报经省政府同意后可由原高速公路投资建设主体依法实施。

(五)项目启动时机。第六条规定高速公路改扩建项目的开工时机,应根据项目所在区域路网交通流量分配情况、交通组织保障条件等因素确定,当出现年平均日交通量与设计通行能力之比达到80%(含80%)以上,且无直接可替代线路规划的,或者由于相关路网建设,将导致拟改扩建项目交通量急剧增长,现有公路明显不适应的,再经省级交通运输主管部门认定或省级及以上规划(建设计划)明确需实施改扩建的其他项目,应及时推进改扩建工作。

(六)施工管理要求。第七条明确改扩建项目的施工期保通要求,要求改扩建项目需制定综合性交通保障方案,尽量减少对原路及区域路网的交通干扰。

第八条明确建设单位的公告和宣传责任,要求高速公路改扩建项目实施之前,项目业主应将交通组织和分流方案等信息通过媒体向社会各界公告。

(七)养护管理要求。第九条明确改扩建项目的养护管理要求,规定改扩建项目完成后,应按照改扩建后的技术标准和服务水平要求,组织对高速公路进行及时的养护。

(八)收费标准。第十条明确高速公路改扩建后的收费标准,按照《收费公路管理条例》及国家和省有关规定报批。

(九)收费期限核定。第十一条将经营性和政府还贷高速公路收费期限核定进行了区分。政府还贷高速公路收费期限按国家和省相关规定执行。经营性高速公路改扩建项目则依据国家发布的经济评价方法与参数进行评估确定。同时明确单独立项新增互通立交的投资回报按照国家和省的有关政策执行的有关规定。

同时,为进一步规范和强化高速公路收费期限核定的行业管理,办法明确将改扩建项目收费期限由省级交通运输主管部门按程序组织测算、评估、审查和报批。

公司荣获广东省市政行业协会评定的勘察设计公司信用评价最高级别 5A 级

近日,广东省市政行业协会正式对外发布了“2025 年度广东省市政行业协会评定的勘察设计公司信用评价等级结果”,公司荣获最高级别(5A 级)。

此次荣获协会评定的 5A 级信用等级,充分彰显了公司在企业资质、专业人才、科研实力、合同履行以及公益慈善活动等方面的综合竞争力和卓越信誉,进一步提升了公司在市政行业领域的品牌影响力。

未来,公司将持续提升核心竞争力,为客户提供更优质的服务,为社会创造更大的价值,并进一步加强与行业协会紧密合作,共同推动市政行业的高质量发展。

(供稿:市场发展部)



公司联合主办的第四届桥梁建设技术与艺术创新学术会议圆满完成

7 月 23 日至 25 日,由公司和《桥梁》杂志社等单位联合主办的第四届桥梁建设技术与创新学术会议在珠海成功举办。本次会议以“技术为笔、艺术为墨、数智为韵”为主题,共同探讨桥梁技术与美学的融合创新,展望桥梁建设的未来发展方向。

会议现场精英云集,来自全国各地的桥梁专家、学者及行业同仁齐聚一堂。作为联合主办方,公司总工程师孙向东带队,各桥梁技术人员代表一同参加了此次盛会。



《桥梁》杂志社于 2021 年联合公司等单位成功举办了首届“桥梁建设技术与艺术创新会议”,迄今已连续举办三届。大会凭借丰富的议题设置与开放的交流平台,获得业界广泛关注与高度评价,已形成具有影响力的专业品牌。开幕式上,领导和专家向大会的发起单位和合作伙伴单位授牌。作为最初的会议发起单位之一,公司总经理助理、第一市政设计院院长陈万里代表公司接受授牌。这不仅是对公司在桥梁建设领域多年来杰出贡献的认可,更激励着公司在未来继续发挥引领作用,推动桥梁行业的发展。

公司总工程师孙向东在会上作了《斜拉桥景观设计》的专题报告,以汕头牛田洋大桥为例,对斜拉桥景观设计提出了独到的见解,详细分享了如何在保证桥梁安全性和实用性的前提下,将美学与力学完美结合,提升桥梁的景观价值。报告充分展现了公司在桥梁设计领域的专业水平和创新能力,获得了与会人员的一致赞誉。

7 月 25 日下午,与会人员一同参观了横琴粤澳深度合作区建设主题展和黄茅海跨海通道。其中,公司参与设计的黄茅海跨海通道作为参观亮点,受到了大家的高度赞扬。作为宣传窗口,这座宏伟的跨海通道集中展现了公司在桥梁设计方面的精湛技术,使行业更直观地认识到公司的发展潜力,也进一步坚定了大家在桥梁建设领域不断创新、追求卓越的信念。



本次会议作为桥梁建设行业的重要交流平台,在促进技术创新和推动行业进步方面发挥了积极作用,形成了多项技术共识与实践成果。通过深入探讨行业前沿技术及发展趋势,使参会人员深入了解了桥梁建设领域的最新动态,并搭建了与业内专家深度交流的学习平台。会议进一步彰显了公司在桥梁建设领域的技术实力和行业影响力,公司将以此为契机,持续加强技术创新体系建设,深化人才培养机制,不断提升设计水平和核心竞争力,为推动行业高质量发展作出更大贡献。

(供稿:科技质量部)

公司承担的潮南高速潮州潮安至饶平段工可报告 顺利通过交通运输部咨询评估现场调研

7 月 23 日至 25 日,由公司承担的潮州至南昌高速公路潮州潮安至饶平段(简称:凤凰山高速)工程可行性研究报告顺利通过了交通运输部咨询评估现场调研。交通运输部综合规划司、广东省交通运输厅、潮州市人民政府、广东省交通集团、广东省南粤交通投资建设有限公司、技术咨询评估单位华设设计集团股份有限公司专家及相关领导,公司副总经理罗火生、副总工程师周震、第二设计院院长丘燊及项目组成员参加了现场调研。

潮州至南昌高速公路潮州潮安至饶平段位于潮州市境内,是国家高速公路网中 G1535 潮州至南昌高速公路的组成部分,也是广东省高速公路网中的重要通道。项目的建设对完善国家、广东省、汕潮揭城市群高速公路网络,改善粤东山区交通条件,带动凤凰山片区生态文化旅游产业,优化潮州市域空间结构,促进区域协调发展具有重要意义。

项目采用双向四车道高速公路技术标准,设计速度 100km/h,路基标准宽度 26.5m;推荐线路全长 37.5km,设桥梁 14 877.8m/33 座,隧道 8 729.5m/5 座,互通立交 3 处,服务区 1 处。

项目组通过现场展板讲解对项目起终点、走廊带及路线与互通立交方案进行了介绍,通过航拍视频、PPT 汇报等方式对工程可行性研究报告进行了详细汇报。



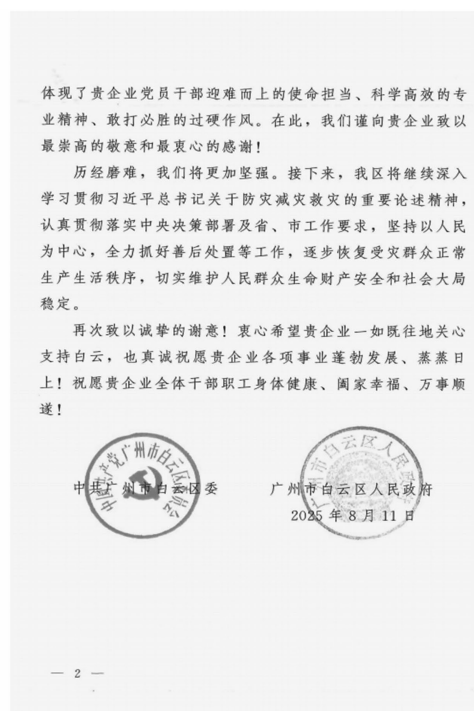
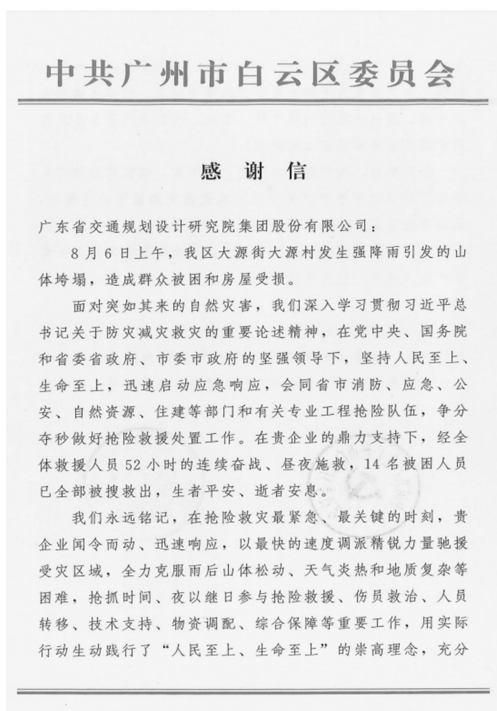


现场调研期间,与会领导和专家对本项目工程可行性研究报告给予了充分肯定。现场调研的顺利举行是本项目前期工作推进的重要阶段性成果,为后续立项及勘察设计工作的开展打下了坚实基础。项目组将认真落实咨询评估调研意见,立足新发展阶段,贯彻新发展理念,做好公路抗灾防灾能力提升工作,积极打造百年平安工程。

(供稿:第二设计院)

科学方案见实效 专业技术显担当 ——公司高效驰援白云区大源村边坡抢险救援工作

近日,广州市白云区委、区政府发来感谢信,对公司在白云区大源街大源村抢险救援工作中的提供的支持表示感谢。



8月6日上午,白云区大源街大源村发生强降雨引发的山体垮塌,造成群众被困和房屋受损。面对突如其来的自然灾害,公司迅速响应区委区政府的应急处置工作部署,派出专业工程抢险队伍,全面调查地质、病害情况,不计得失、主动作为,及时高效出具边坡垮塌处理方案设计及估算,为抢险决策提供了科学依据,为后续灾害治理与防治奠定基础,用专业水平与实际行动践行了“人民至上、生命至上”的崇高理念,彰显了企业的责任担当,得到区委区政府的高度认可。



(供稿:综合管理办公室、和立公司)

公司承担的 G1535 潮南高速平武段工程顺利开展 交通运输部初步设计审批技术咨询现场调研

9月2日至4日,由交通运输部公路局、湖南省交通规划勘察设计院(代部审查单位)组织的G1535潮南高速平远至武平(粤闽界)段工程(以下简称“平武高速公路国网段”)初步设计审批技术咨询现场调研在梅州市顺利开展。公司副总经理罗火生,副总工程师梁志勇、张修杰,第二设计院院长丘燊、工程勘察院院长张金平及项目组成员参加了本次调研。



平武高速公路国网段路线起于梅州市平远县大柘镇程西村,经东石镇、上举镇,终于差干镇湍溪村(粤闽界)。路线全长约36km,按照双向四车道高速公路标准建设,设计速度100km/h。

在汇报环节,我司首先围绕初步设计路线方案比选、互通立交方案、重点桥隧设计、交通工程及沿线设施等核心内容进行了系统阐述。本次采用数字沙盘等创新手段,通过三维动态展示、关键节点实体模拟等方式进行展示,有效提升汇报的直观性与信息传递效率,帮助与会人员快速、清晰掌握设计方案的空间布局与技术细节。



调研期间,专家组联合各参会代表对路线起终点、互通立交、桥梁隧道等主要控制性工程点位开展现场踏勘,通过实地比对地形地貌、核实地质情况、评估环境协调性等,全面掌握实际的建设条件,并在现场进行了工程方案分析与讨论,为后续科学决策提供了一线支撑。



现场踏勘之后,代部审查单位召开会议反馈了本次调研的主要意见,交通部有关领导对后续工作开展进行了安排和部署。

平武高速是国家高速公路网潮州至南昌高速公路的重要组成部分,是连通粤闽两省的关键省际通道,对促进赣闽粤原中央苏区“融湾入海”,支持梅州建设赣闽粤原中央苏区对接融入粤港澳大湾区振兴发展先行区具有重要意义,其建设实施受到交通运输部及广东省委、省政府的高度关注。

项目前期工作推进有序:2024 年 12 月已获广东省发展改革委立项批复,其中省高网径门口至程西段已于 2025 年 7 月 30 日率先开工建设,正式吹响项目建设“冲锋号”。

此次初步设计审批技术咨询现场调研的圆满完成,标志着项目前期工作取得关键进展,为后续加快完成审批程序、推动全线早日开工建设奠定了坚实基础。

(供稿:第二设计院)

钻孔内径向挤扩土压力的岩土勘察原位测试方法

何伟兵¹, 蒲春平², 张国梁³

(1. 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510440;
2. 广东省路桥建设发展有限公司, 广东广州 510000; 3. 北京支盘地工科技开发中心, 北京 100000))

摘 要:挤扩支盘桩自 20 世纪 80 年代末面世以来,在提高桩基承载力、减少沉降、提高桩基安全度、降低工程造价等方面都起到了重要作用。挤扩压力值是确定支盘数量、位置、间距的关键指标,直接决定了挤扩支盘桩基桩承载力。目前,挤扩压力值是在挤扩支盘桩施工时进行实时采集,无法在设计阶段获取。本文提出将挤扩机进行小型化改造,能放入钻孔内进行挤扩作业,通过钻孔内侧向挤扩土体获得挤扩压力值,既能用于挤扩支盘桩设计,也能分析研究岩土层的承载力等力学指标,作为一种新型的常规岩土工程勘察原位测试方法,具有重要的研究意义和广阔的应用前景。

关键词:挤扩支盘桩;挤扩机;挤扩压力值;钻孔;原位测试

挤扩支盘桩是一种异型桩,是在原有等截面钻孔灌注桩的基础上,在桩身适当部位通过专用挤扩设备形成“分支”或“承力盘”,因而称之为“挤扩支盘灌注桩”,又称多级扩盘桩、多支盘钻孔灌注桩、挤扩多支盘 DX 灌注桩,或简称“DX”桩^[1],挤扩支盘桩见图 1。支盘桩是依据树根的抗压、抗拔机理,结合变截面钻孔灌注桩的形状进行构思、研究而发明的一种新桩型,是对灌注桩技术的改进。桩身的支、盘受土体的支撑作用,不仅改善了桩身刚度,提高了桩的抗压、抗拔力,而且增加了桩的稳定性,提高了抵抗水平荷载和地震荷载的能力^[2-3]。

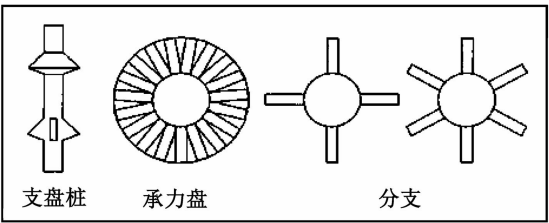


图 1 挤扩支盘桩示意图

挤扩支盘桩是在原有的普通混凝土灌注桩的基础上,在直桩成孔后及混凝土灌注前增加了下放挤扩机的挤扩工序,施工工艺见图 2。由于每个支、盘都对挤扩压力值有要求,通过挤扩时

进行实时采集,动态调整支、盘的位置。在相同的承载力要求下,挤扩支盘桩可缩短桩长,减小桩径,减少桩数,从而使工期大大缩短,因此具有可观的经济效益和社会效益^[4-5]。

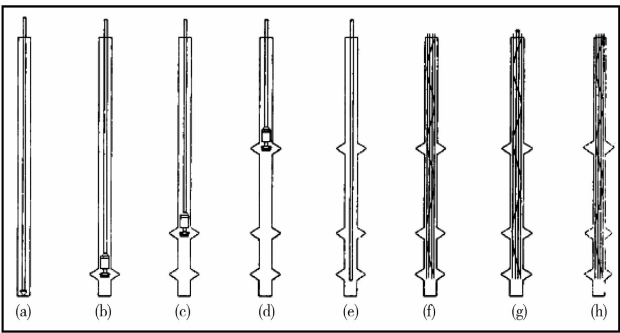


图 2 挤扩支盘桩施工工艺流程示意图

(a) 成孔;(b) 挤扩下盘;(c) 挤扩中盘;(d) 挤扩上盘;
(e) 清孔;(f) 下钢筋笼;(g) 灌注混凝土;(h) 成桩

目前,挤扩压力值的获取主要是在桩基施工挤扩过程中进行实时采集,是设计后获取,无法在勘察设计阶段查明,与工程设计项目必须先勘察后设计的规定相违背。在现行《桥梁挤扩支盘桩》(JTJ/T855-2013)中,是根据勘察阶段获得的标贯值、静力触探锥尖阻力等指标,通过查表来推测挤扩压力值,再进行挤扩支盘桩设计,这样势必会存在设计及质量风险,也不利于挤扩支

盘桩技术长期发展。常规的原位测试技术中,标准贯入和圆锥动力触探试验是最常规的手段,但在钻杆超过 20m 后无修正公式,超过 20m 的标贯锤击数不能直接体现岩土层的力学性质,且试验深度浅,无法满足目前常规桩基设计的需求,并且锤击操作繁琐复杂,自动化程度低^[6-7]。钻孔内旁压试验中,能获得岩土层的旁压模量及旁压剪切模量,但操作过程繁琐,功效低,且旁压器与砂层的耦合性普遍不好,尤其是较松散砂层,砂土层易扰动、塌孔,较难根据旁压曲线获得相关力学指标^[8-10]。静力触探目前发展较为迅速,现有的重型静力触探车已将贯入深度突破至 50 ~ 60m,但静力触探主要适用于粘性土、粉性土及中密以下的砂性土,对卵碎石等粗粒土以及全强风化层则因难以贯入而不能适用^[11-12]。关于土工试验,往往因取样的质量差、送样扰动、开样不及时等原因,导致实验结果偏差大。因此,本文提出一种新型的基于钻孔内径向挤扩土体获得挤扩压力值的岩土工程勘察原位测试方法^[13]。

1 挤扩支盘机

1.1 挤扩支盘机原理

挤扩测试设备主要由挤扩支盘机、动力油缸、钻机连接杆、油管及液压泵站等组成,总体构成图见图 3。施工过程中,由液压工作站为其提供液压动力,通过液油压管将动力传至支盘挤扩机,推动上臂挤扩。当液压站供油时,液压站内活塞杆推出致使弓臂轻向外伸,直至达到最大行程,当液压缸反向供油时,活塞杆回缩,拖动弓臂回缩复位,即为一次挤扩。通过记录高压泵站压力值来获取挤扩压力值。

1.2 小型化改造

为了适应勘察钻孔内测试,我们需要改造出孔中测试用的小型挤扩设备,根据地质勘察钻探设备的相关技术参数,将挤扩设备进行小型化改造(直径 90mm),小型挤扩机结构示意图见图 4。

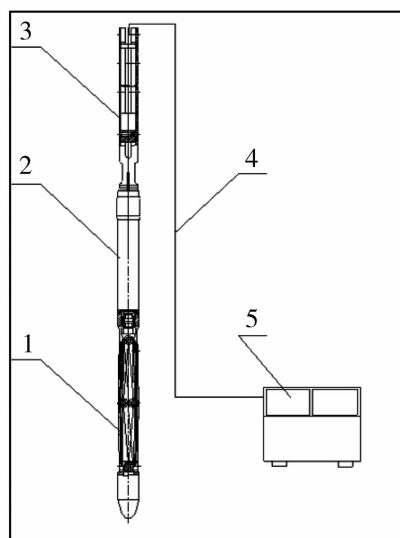


图 3 挤扩测试设备总体构成图

1 - 挤扩支盘机; 2 - 动力油缸; 3 - 钻机连接杆;
4 - 油管; 5 - 液压泵站

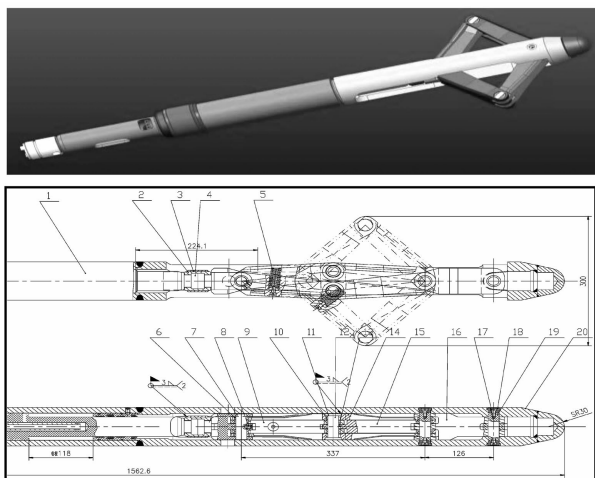


图 4 小型挤扩机结构示意图

1 - 动力油缸; 2 - 油缸柱塞; 3 - 连接卡套; 4 - 法兰盘; 5 - 机体; 6 - 卡槽; 7 - 定位键; 8 - 压头; 9 - 上弓臂; 10 - 弓臂耳板; 11 - 中轴挡板; 12 - 中轴; 13 - 轴套; 14 - 下弓臂耳板; 15 - 下弓臂; 16 - 变径过度凳; 17 - 下轴挡板; 18 - 下轴套; 19 - 下轴; 20 - 导向帽

具体参数如下:

(1) YZJ300 挤扩支盘机的最小外形尺寸: 长度 1 800mm, 油缸、机体的直径 $\varphi 90\text{mm}$, 弓臂支开后 300mm;

(2) 旁压勘察挤扩支盘机的参数: YZJ300 完全张开后盘径 300mm, 弓臂宽度 = 60mm, 弓臂收

回后最小回转直径 = 92mm, 上下弓臂等长, $L = 170\text{mm}$, 上弓臂内侧安装弹簧, 克服自锁角;

(3) 油缸参数: 内径/杆径 $\times$ 行程 = $63/45 \times 118\text{mm}$, 当泵压 = 31.5MPa 时, 推力 = $9\,260\text{kg}$; 回收时的压力 = 15MPa , 拉力 = $2\,290\text{kg}$; 当泵压 = 50MPa 时, 推力 = $14\,700\text{kg}$;

(4) 油缸进液口的规格: 油缸的接口为 KJ10 (A10), 与导向套的防松螺钉方向一致的进液孔为活塞腔接口, 容许压力为 62MPa 。

1.3 地面液压油泵站的选择

液压泵站的型号规格应与挤扩支盘机的型号相匹配, 以准确获取挤扩压力值, 其相关参数见表 1。

表 1 挤扩测试用液压泵站参数表

名称	设备运行空 载压力	支收行程 速度	泵流量	备注
高压泵站	0.5MPa	30 + 20s (支 + 收)	0.5 ~ 1.0 L/min	

2 测试工艺研究

2.1 测试准备

测试前应对测试区域进行现场踏勘和调查, 并了解后期可能的挤扩支盘桩设计、施工方案, 根据踏勘和调查情况, 结合勘察目的、场地岩土条件及设计施工方案等确定测试技术方案, 编制测试工作大纲。

2.2 钻探成孔

采用 $\varphi 91 \sim 108\text{mm}$ 钻头成孔, 满足常规取样、标贯测试等要求。对淤泥、松散砂层等易塌孔地层, 需采用 $\varphi 108 \sim 127\text{mm}$ 套管进行隔离护壁。

达到预设终孔深度后, 再采用扩孔钻头进行扩孔至挤扩测试孔径, 挤扩测试孔径 ($d_{\text{孔}}$) 应按式 (1) 确定:

$$d_{\text{孔}} = \frac{d_{\text{桩}}}{d_{\text{施挤}}} \cdot d_{\text{测挤}} \quad (1)$$

式中: $d_{\text{桩}}$ (mm) 为设计桩基直径, $d_{\text{施挤}}$ (mm) 为支盘桩施工用挤扩机直径, $d_{\text{测挤}}$ (mm) 为钻孔内挤

扩测试用挤扩机直径。

2.3 挤扩测试

钻孔挤扩测试作为新型原位测试手段, 有其特有的外业操作方法。其采用常规地质勘探钻机进行成孔作业, 然后将小型化改造后的挤扩机放入孔内预定深度处进行挤扩作业, 并记录挤扩压力值和设备上抬值。主要流程及要求如下:

(1) 利用钻杆、连接接手等将挤扩支盘机下放孔内, 使得上下弓臂中点处于既定深度处, 从最深 (下) 的一个测试点开始挤扩, 做完该测点后上提挤扩机做下一个测点;

(2) 每个测试点宜在正交垂直方向测 2 组数据, 并同时记录挤扩压力值和设备上抬值;

(3) 挤扩压力值通过液压泵站的压力表读取, 应取挤扩弓臂张开挤扩过程中的液压表上的局部峰值为其代表值, 读取精确到 0.1MPa ;

(4) 设备上抬值可通过在地表钻杆顶部, 通过固定卡尺直接量取, 精确到 1mm ;

(5) 每个测试点都应校核连接杆长度, 确保测试深度满足要求;

(6) 连接挤扩机头与液压泵站的油管, 随着挤扩机头下放到测试点深度, 采用铁线将油管与钻杆捆绑, 应每节钻杆至少一个捆绑点;

(7) 提升挤扩机头时, 应同步上拔油管, 避免对油管造成损坏;

(8) 当该孔内所有测试点测试完毕后, 可拔除设备及管材, 进行下一测试孔的作业。

3 测试数据采集与整理

3.1 数据采集

本次在广东省粤东地区韩江三角洲的某个高速公路项目进行了挤扩测试数据采集, 测试点位于一互通立交范围内, 分布在各条匝道共 13 个钻孔点。在常规的地质钻探基础上, 加密了标准贯入试验、圆锥动力触探试验、取样的密度, 钻孔终孔后, 在钻孔内进行了挤扩测试, 获取了各土层的挤扩压力值, 并在部分钻孔旁做了静力触探、十字板剪切、旁压试验等对比试验, 获取了丰

富的岩土物理力学参数。

3.2 数据整理

(1)以深度为纵轴,在常规钻孔地质柱状图的基础上,将修正后的挤扩压力值和设备上抬值标示在柱状图右侧,并使测试点深度与相应标高及层位对应,形成钻孔内挤扩测试综合地质柱状图(见图 5)。



图 5 钻孔内挤扩测试综合地质柱状图

(2)将基本土工试验成果(基本物理指标、固结试验、剪切试验等)、常规原位试验成果(标准贯入试验、静力触探试验、十字板剪切试验及旁压试验等)、挤扩测试成果(挤扩压力值和设备上抬值),按照地质分层进行统计,得到各岩土层的物理力学参数分层统计表(示意见表 2)。

(3)相关性分析

将测试获得的挤扩压力值与同一层位土体的其他力学指标进行相关性分析,包括:压缩模量、剪切强度指标、标贯击数、地基承载力特征值、桩侧摩阻力标准值、旁压模量、锥尖阻力、十字板剪切强度等。整体来说,相关性较好,表明根据挤扩压力值来换算或推导各土层的力学指标参数是可行的。这里以地基承载力特征值为例进行说明,注意相关性系数 $R^2 \in [0.7, 1]$ 为强关系, $R^2 \in [0.3, 0.7]$ 为中等关系, $R^2 \in [0, 0.3]$ 为弱关系。

表 2 各岩土层物理力学参数分层统计表

层号	土层名称	项目	基本物理性指标		直接快剪		静力触探		旁压试验		挤扩压力值	
			含水率 W/(%)	孔隙比 e	凝聚力 c ^q /kPa	内摩擦角 φ ^q /度	锥尖阻力 qc/MPa	侧摩阻力 fs/kPa	旁压模量 Em/MPa	旁压剪切模量 Gm/MPa	钻孔 130mm /MPa ⁻	桥梁支盘桩 1600mm /MPa ⁻
5_1k	粉质粘土	最大值	85.7	2.225	29.9	24.1	2.93	43.9	14.1	5.4	6	7
		最小值	20.5	0.656	2	4.6	0.88	28.8	8.1	3.1	3.5	7
		平均值	35.2	0.951	19.8	12.1	1.45	35.6	11.5	4.4	4.3	7
		个数	12	12	12	12	128	128	4	4	5	1
		标准差	17.26	0.44	7.9	5.7	0.64	24.86				
		变异系数	0.49	0.46	0.4	0.47	0.3	0.5				
		标准值	44.2	1.18	15.6	9.1	2.05	45.8				
6_4zm	细砂	最大值					21.88	82.5	7.6	2.9	15.5	22
		最小值					3.63	18.4	0.8	0.3	15.5	14
		平均值					15.94	36.4	4.2	1.6	15.5	18.3
		个数					64	64	2	2	1	5
		标准差					2.93	11.77				3.56
		变异系数					0.18	0.32				0.19
		标准值					15.31	33.9				

①粉质黏土的挤扩压力值与地基承载力特征值之间具有较好的正线性相关性,挤扩压力值

在 8~12MPa 范围内,地基承载力特征值在 140~160kPa 之间。

②砂层(中砂、粗砂、砾砂)的挤扩压力值与地基承载力特征值之间具有较好的正线性相关性,挤扩压力值在 14 ~ 25MPa 范围内,地基承载力特征值在 300 ~ 500kPa 之间。

③花岗岩残积土的挤扩压力值与地基承载力特征值之间具有较好的正线性相关性,挤扩压力值在 7 ~ 10MPa 范围内,地基承载力特征值在 200 ~ 240kPa 之间。

④13a_35 全风化花岗岩的挤扩压力值与地基承载力特征值之间具有较好的正线性相关性,挤扩压力值在 7 ~ 16MPa 范围内,地基承载力特征值在 280 ~ 320kPa 之间。

各土层地基承载力特征值的相关性方程见表 3。

表 3 挤扩压力值与地基承载力特征值的相关性分析

岩土类别	相关性方程	R^2	相关系评价
粉质黏土	$y = 5.5x + 96.5$	0.73	中等
砂	$y = 19.951x - 18.528$	0.855	强
花岗岩残积土	$y = 13.491x + 109.263$	0.969	强
13a_35 全风化花岗岩	$y = 4.007x + 250.772$	0.926	强

4 结论

(1)挤扩压力值是挤扩支盘桩设计的重要力学指标,直接关系到挤扩支盘桩的承载能力。找到一种行之有效的、能在勘察阶段就能获取挤扩压力值的勘察方法至关重要。

(2)小型化改造后的挤扩设备,可与钻机的钻具设备进行连接,结构简单、易于控制。采用钻探成孔-扩孔-挤扩测试的工艺,现场操作方便、成本可控、优质高效。

(3)本次在广东省粤东地区韩江三角洲的某个高速公路立交中采集的挤扩测试数据表明,挤扩压力值与土体相关力学指标,均存在较好的相关性(相关性系数 R^2 大于 0.7, $R^2 \in [0.7, 1]$ 为强关系),利用勘察钻孔内径向挤扩土压力获得的挤扩压力值来进行岩土工程勘察原位测试分

析研究是可行的。

(4)本文提出的新型岩土工程勘察原位测试方法,适用于淤泥质土、黏性土、砂土、稍密的卵砾石土、残积土、全及土状强风化层等土层。

(5)建议在更多项目上采集更丰富的岩土物理力学参数,进行全方面的相关性数据分析,更准确推导出挤扩压力值与地基承载力特征值等重要力学指标之间的关系及经验公式,扩大适用范围,为岩土工程勘察技术水平的进一步提升做出贡献。

参考文献:

[1] 王安福,张国梁. 挤扩支盘桩承载特性及其应用发展[J]. 广东公路交通, 2019, 5: 35 - 41.

[2] 黄月超,李勇,等. 挤扩支盘桩地震动力特性数值分析[J]. 公路, 2021, 6: 139 - 144.

[3] 王伊丽,徐良英,李碧青,等. 挤扩支盘桩竖向承载力特性和影响因素的数值研究[J]. 土木工程学报, 2015, 48 (S2): 158 - 162.

[4] 王少华,孙克强,刘广宇,等. 桥梁挤扩支盘桩施工工艺与智能化装备[J]. 广东公路交通, 2019, 5: 55 - 58.

[5] 李键,付佰勇,石海洋. 挤扩支盘桩盘体质量检查方法研究[J]. 广东公路交通, 2019, 5: 60 - 66.

[6] 张宗联. 分析岩土工程勘察中标准贯入试验(SPT)的 N 值运用及校正[J]. 基础工程设计, 2020, 10: 63 - 65.

[7] 沈振,屈鹏飞,孟轲荆,等. 旁压试验和标准贯入试验与砂土变形模量的相关性[J]. 岩土工程技术, 2021, 12: 416 - 417.

[8] 蒲春平,何伟兵,贺佐跃. 潮汕地区桥梁挤扩支盘桩旁压试验分析. 公路, 2024, 1: 151 - 156.

[9] 汪浩,白文胜,曾祥勇. 基于旁压试验的贵阳红黏土力学性质分析[J]. 中国水运, 2021, 21(3): 118 - 120.

[10] 马宗利,黄佳铭,楼康明,等. 旁压试验在广州地铁勘察工程中的应用[J]. 城市勘测, 2013, 1: 156 - 160.

[11] 张晓伦,黄俊光,陈奇,等. 多桥静力触探在临海深厚层超软土地区工程勘察中的应用与展望[J]. 广东土木与建筑, 2023, 5: 20 - 23.

[12] 朱鹏程. 软土地区静力触探试验影响因素及机理研究[J]. 建筑技术开发, 2023, 5: 158 - 160.

[13] 葛宁玲. 基于相关性分析的多维数据融合方法. 北京邮电大学硕士学位论文, 2020.

高栏港大桥钢箱梁吊装施工局部稳定及 受力优化分析

王江浩,徐德志,邵加楠,谭巨良

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510440)

摘 要:为分析高栏港大桥钢箱梁在吊装施工过程中的局部稳定性,以施工单位提供的吊机结构为依据,利用有限元软件建立了钢箱梁吊装期间最不利受力梁段的局部模型,计算了不同吊机结构对钢箱梁稳定性的影响,针对吊装期间钢箱梁局部稳定性不足的情况,提出了提升结构稳定性的方法。研究结果表明:不同的吊机结构力的作用位置不同,对结构受力的影响也不相同,适当分散吊机支点位置有利于提高结构局部稳定性;通过在钢箱梁局部失稳位置增设加劲肋,可以有效地提高结构稳定性,保证施工期间的结构安全。

关键词:高栏港大桥;钢箱梁;吊装施工;局部稳定

1 引言

钢箱梁由于其结构轻盈、抗弯抗扭刚度大等优点在大跨度桥梁中广泛应用。钢箱梁由顶板、底板、腹板、横隔板及各自对应加劲肋组成,为薄壁结构,在外部荷载作用下受力状态较为复杂,稳定问题更为突出。在国内外桥梁中,由于结构失稳引起的桥梁垮塌事件不在少数,比如澳大利亚的 West Gate Bridge、英国的 Milford Haven Bridge,都是在施工过程中钢箱梁板件发生屈曲而产生垮塌^[1]。对于处于受压、受弯作用下的薄壁结构,其局部稳定分析是桥梁结构设计的中中之重,桥梁结构一旦发生屈曲破坏,往往桥毁人亡,给人民群众的生命财产安全带来巨大危害。

结构失稳是指结构在外力作用下,稳定平衡状态开始丧失,受垂直受力方向的微小扰动,结构变形迅速增大,使结构失去正常工作能力的现象。两类稳定问题分别为第一类稳定问题(平衡分支问题)和第二类稳定问题(极值点失稳问题)^[2],实际结构的稳定问题均属于第二类稳定

问题,但是研究第一类稳定仍然重要,因为:

- (1)某些结构的极限荷载与分支屈曲荷载很接近;
- (2)某些结构的屈曲后强度远远大于分支屈曲;
- (3)第一类稳定问题体现了结构的刚度特征。

从工程设计的角度出发,结构往往需要取到一定的安全系数,第一类稳定问题足以满足工程施工的需要,因此,本文计算均针对第一类稳定问题。

通过对国内采用吊装施工的钢箱梁、组合梁斜拉桥进行调研统计,将斜拉桥第一类稳定系数汇总于表 1。表中所列斜拉桥的第一类稳定安全系数均大于 4.0,满足《公路斜拉桥设计规范》(JTG/T 3365-01-2020)中对于斜拉桥结构体系整体稳定系数的要求,结合《公路钢管混凝土拱桥设计规范》(JTG/T D56-06-2015)中关于局部构件稳定系数不应小于主拱弹性整体稳定系数 4.0 的要求,钢结构斜拉桥在施工过程中的第一类稳定安全系数应大于 4.0。

表 1 斜拉桥第一类稳定安全系数汇总表

桥梁名称	跨径布置(m)	第一类稳定安全系数
嘉绍大桥主航道桥 ^[8]	70+200+5×428+200+70	4.37
重庆江津观音岩长江大桥 ^[9]	35.5+186+436+186+35.5	4.70
上元门大桥 ^[10]	84+160+488+488+160+84	4.70
江顺大桥	60+176+700+176+60	4.29
黄茅海大桥	100+280+2×720+280+100	4.03

由于施工过程中选用的桥面吊机结构形式与设计阶段不同,从而出现钢结构稳定安全系数不足的情况,此时需要调整吊机结构形式,采用改变吊机前支点间距,调整支点位置、数量等方法来提高结构的稳定安全系数;当施工现场无法调整吊机结构形式时,可以局部调整斜拉桥钢结构,通过局部加大支点位置横隔板板厚、增加横隔板加劲肋数量等方法提高结构的稳定安全系数,使其大于 4.0。

本文以黄茅海跨海通道工程高栏港大桥为背景,对钢箱梁在吊装施工过程中的局部稳定性进行分析,并针对吊装期间钢箱梁局部稳定性不足的情况对结构进行优化。

2 工程概况

黄茅海跨海通道工程东接鹤港高速、西接西部沿海高速及新台高速^[3],项目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;有效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具有重要意义^[4-5]。

高栏港大桥跨径设置为 110 + 248 + 700 + 248 + 110 = 1 416m,为独柱塔双索面双塔斜拉桥,高跨比为 0.26,边中跨比为 0.51,采用全漂浮约束体系^[6]。

高栏港大桥主梁采用流线型扁平钢箱梁,钢材采用 Q355D。分体式钢箱梁由两个钢箱梁及横向连接箱组成。钢箱梁梁高 4.0m。主梁分别有 A 梁段/B 梁段/B1 梁段/C 梁段/D 梁段/DO 梁段/E 梁段/F 梁段/G 梁段/H 梁段/I 梁段等十一种梁段,标准梁段长 15m,实腹式横隔板间距 3.0m。顶板厚度有 18mm/20mm/24mm 三种,底板厚度有 14mm/16mm/20mm/24mm/28mm/30mm 六种,外腹板厚度有 32mm/40mm 两种,内腹板厚度有 14mm/20mm/30mm 三种。高栏港大桥桥型布置图见图 1,标准横断面图见图 2。

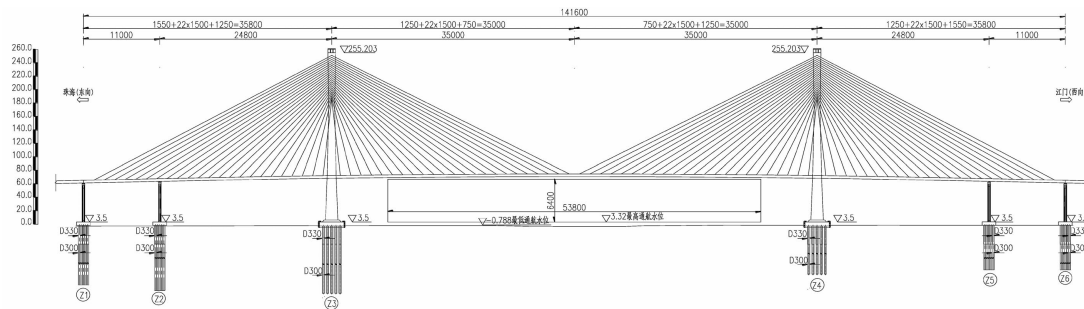


图 1 高栏港大桥桥型布置图(单位:cm)

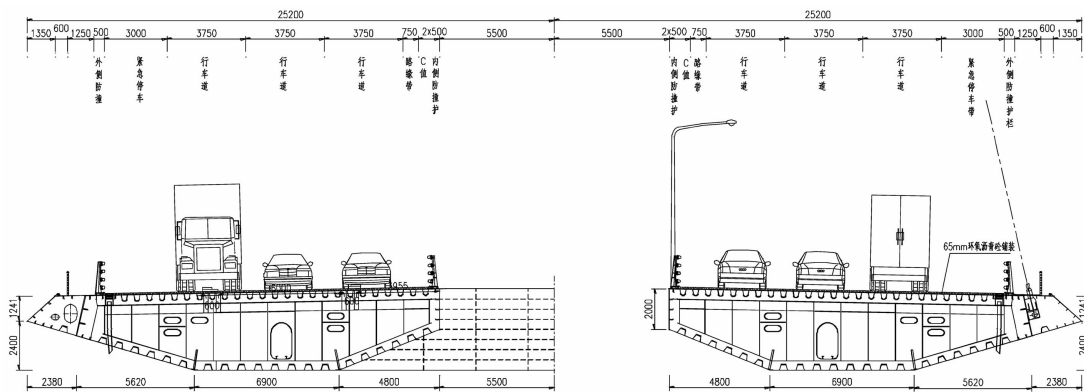


图 2 标准横断面布置图(单位:mm)

位于墩上的梁段均采用浮吊吊装,其余梁段采用桥面吊机吊装。桥面吊机安装在已吊装完

成的梁段上,固定于前支点和后锚点,进行下一个梁段的吊装。本项目四个悬臂端,共四台吊

机,吊机形式各不相同,以 T 四合同段桥面吊机为例,桥面吊机立面示意图见图 3,前支点横桥向位置示意图见图 4。从吊装结构分析,当前支点支反力最大,支点位置钢箱梁板厚最小的位置为设

计控制点,最容易发生局部失稳^[8]。因此,选取各板件厚度最小的 B 梁段作为研究对象,此时,待吊装梁段(G 梁段)的重量最大,受力最为不利。

B 梁段各板件的详细参数见表 2。

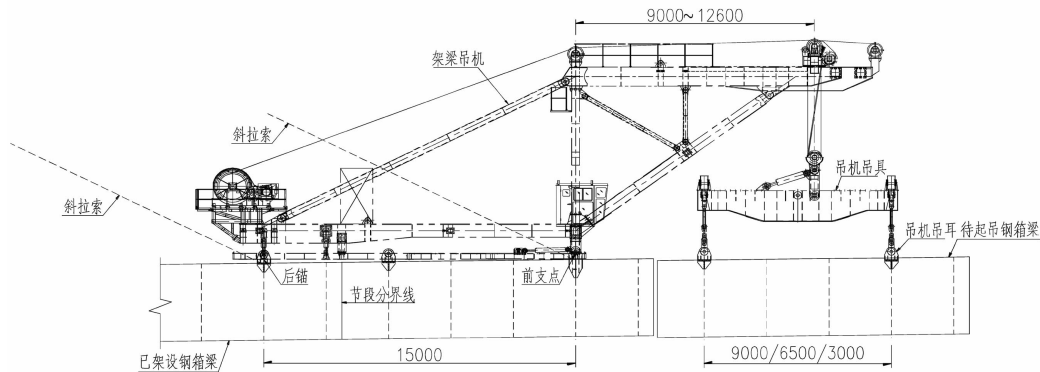


图 3 桥面吊机立面示意图(单位:mm)

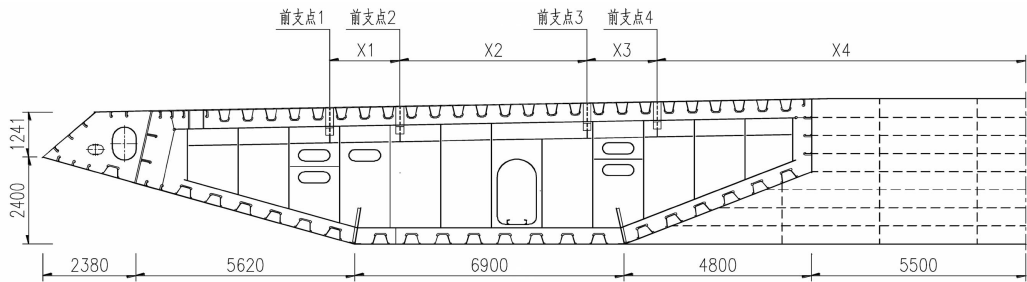


图 4 桥面吊机前支点位置示意图(单位:mm)

表 2 B 梁段各板件参数表

板件厚度	顶板(mm)	顶板 U 肋(mm)	底板(mm)	底板 U 肋(mm)	斜底板(mm)	斜底板 U 肋(mm)
B 梁段	18	8	14	6	14	6
板件厚度	内腹板(mm)	内腹板加劲肋(mm)	外腹板(mm)	外腹板加劲肋(mm)	横隔板(mm)	横隔板加劲肋(mm)
B 梁段	32	28	14	14	14	12

3 模型建立

根据黄茅海跨海通道工程高栏港大桥施工图,采用有限元计算程序建立 B 梁段的局部分析模型。B 梁段各板件尺寸按实际建立,前支点力作用位置进行局部单元加密。有限元模型钢箱梁末端采用固结。结构离散示意图如图 5 所示。

模型中钢箱梁由恒载和活载作用,在计算屈曲荷载系数时,认为恒载不变,活载(吊机前支点荷载)对应的放大系数为所求得屈曲荷载系数,即:

屈曲荷载 = 恒载 + K × 活载

因此,模型需要保证在屈曲分析时恒载的应力刚度不被缩放^[7]。

本次计算采用迭代的方式求解最终屈曲荷载系数,通过对初次施加恒载 + 活载的结构进行屈曲分析,得到屈曲荷载系数 K1,然后将施加荷载改为恒载 + K1 × 活载,重新进行屈曲分析,依次不断更新活载数值进行迭代分析,直至屈曲荷载系数值为 1。最终计算采用的活载放大倍数,即为实际所需的屈曲荷载系数。

4 分析工况

根据施工单位提供的桥面吊机结构形式,改

变前支点作用位置建立不同的工况。结合图 4, 根据吊机前支点作用位置不同建立工况一、工况二:

工况一:前支点荷载施加位置, $X_1 = 600\text{mm}$, $X_2 = 3001\text{mm}$, $X_3 = 600\text{mm}$, $X_4 = 12450\text{mm}$;

工况二:前支点荷载施加位置, $X_1 = 1805\text{mm}$, $X_2 = 2395\text{mm}$, $X_3 = 1805\text{mm}$, $X_4 = 10045\text{mm}$ 。

工况一、工况二中前支点加载位置示意图见图 6。

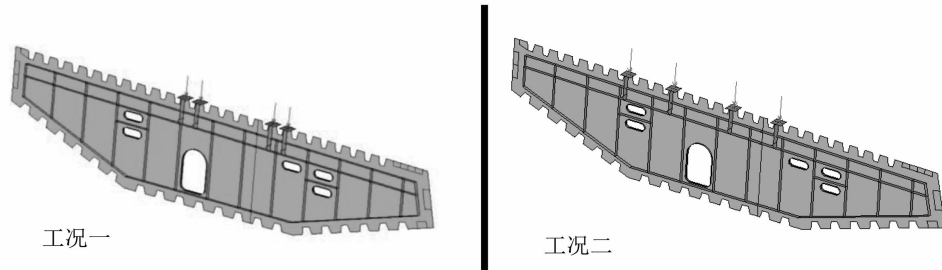


图 6 工况一、工况二前支点加载位置示意图

根据现场施工的具体情况,当桥面吊机结构不易调整,而屈曲荷载系数偏小时,可以通过增加前支点作用范围内主梁横隔板加劲肋的数量来提高结构的局部稳定性,具体施加措施为:在计算得到的局部屈曲位置精细化增添加劲肋,并进一步计算优化后的结构的稳定性。基于此原

理建立工况三和工况四。

工况三:在工况一加载模式的基础上,于工况一屈曲位置处施加两道横隔板水平加劲肋;

工况四:在工况三的基础上,于工况三屈曲位置处施加六道横隔板水平加劲肋。

工况三、工况四横隔板其加劲肋图形见图 7。

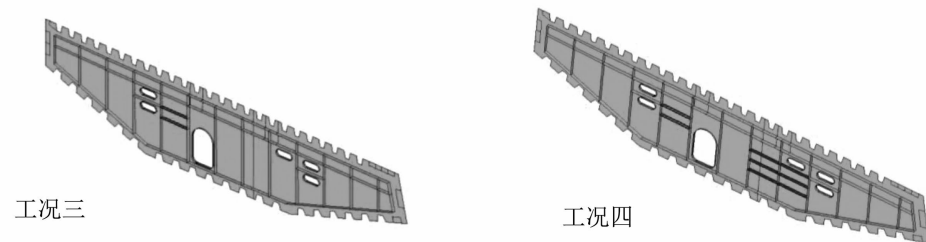


图 7 工况三、工况四横隔板其加劲肋图形

5 结果分析

对工况一~工况四进行计算,得到 B 梁段的屈曲荷载系数,见表 3,根据计算结果,发生屈曲的位置为前支点作用处的主梁横隔板,屈曲模态形状见图 8。

从工况一、工况二的对比分析可知,当梁段吊装过程中,两个支点位置过于接近时,梁段局部范围承担过大的集中荷载,会导致梁段的屈曲

荷载系数过小,而将支点荷载较均匀的分散在梁段横向长度上,对结果受力有利,能一定程度上改善结构的稳定性。

当受限于现场施工环境、施工器械,无法通过调整吊机支点位置来改善结构稳定性时,可以通过增加受压板件的横隔板来提高结构局部稳定性。以吊装 G 梁段期间 B 梁段屈曲荷载系数为例,对工况一、工况三、工况四的计算结构进行对比:针对工况一的失稳模态,在工况三中将横

隔板失稳位置处增加两道水平加劲肋, 屈曲荷载系数由 2.75 提升至 3.85, 增幅 40%, 失稳位置同步发生变化, 在新形成的失稳位置处, 继续增加六道水平加劲肋(即工况四), 屈曲荷载系数由 2.75 提升至 4.58, 增幅 67%, 失稳位置进一步改变。此时结构的屈曲荷载系数已经超过 4, 拥有足够的安全储备。

表 3 各工况结构屈曲荷载系数

工况类型	工况一	工况二	工况三	工况四
吊装 G 梁段期间 B 梁段屈曲荷载系数	2.75	3.51	3.85	4.58
吊装 C 梁段期间 B 梁段屈曲荷载系数	2.98	3.80	4.17	4.96
吊装 B 梁段期间 B 梁段屈曲荷载系数	3.48	4.43	4.86	5.78

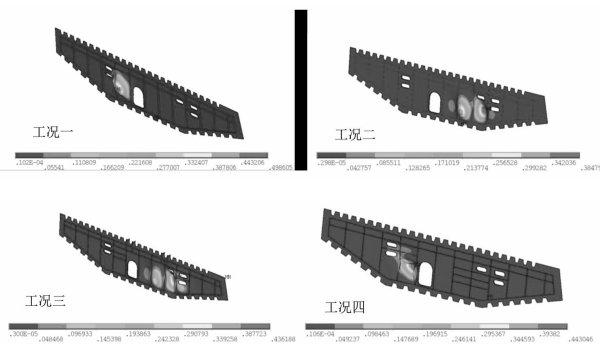


图 8 工况一~工况四结构屈曲模态形状

6 结论

本文以黄茅海跨海通道工程高栏港大桥为背景, 建立了钢箱梁吊装期间最不利受力梁段的局部有限元模型, 模拟了不同吊机结构对钢箱梁稳定性的影响, 根据计算结果, 拉开吊机支点间距, 将吊机结构支点荷载较均匀的分散在梁段横

向长度上, 避免钢箱梁承受较大的集中力, 有利于提高结构的稳定性。

当受限于施工机械等外部条件无法调整吊机结构且吊装期间钢箱梁局部稳定性较差时, 可以通过在钢箱梁局部失稳位置增设加劲肋的方式提高结构的局部稳定性, 确保施工期间的结构具有一定的安全储备, 避免结构出现失稳等不利情况。

参考文献:

[1] 李立峰. 正交异性钢箱梁局部稳定分析理论及模型试验研究[D]. 湖南大学博士学位论文, 2005.

[2] 李国豪. 桥梁结构稳定与振动[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992.

[3] 徐德志, 梁立农, 孙向东, 万志勇, 杜磊. 高栏港大桥扭转 A 型索塔方案设计[J]. 公路 2021, (11): 161-168.

[4] 徐德志, 梁立农, 孙向东, 万志勇, 杜磊, 谭巨良. 珠海某跨海通道主桥方案设计[J]. 广东土木与建筑, 2021, 28(10): 65-69.

[5] 杜磊, 梁立农, 孙向东, 万志勇, 徐德志. 黄茅海跨海通道工程高栏港大桥桥塔方案设计[J]. 广东公路交通, 2021, 47(3): 30-35.

[6] 杜磊, 梁立农, 孙向东, 万志勇, 徐德志. 黄茅海跨海通道工程高栏港大桥结构体系设计[J]. 公路, 2021, (8): 130-136.

[7] 王新敏. ANSYS 工程结构数值分析[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.

[8] 李传习, 袁鹏, 罗超云, 张玉平. 嘉绍大桥架设钢箱梁局部受力的不利阶段及其效应分析[J]. 中外公路, 34(1), 117-120.

[9] 雷宇. 组合梁静力稳定性研究[D]. 西南交通大学博士学位论文, 2008.

[10] 杨兴旺, 赵雷. 大跨度三塔斜拉桥稳定性分析[J]. 四川建筑, 2003, 23(4): 38-40.

高速公路运营期车辆碳排放量化方法研究

涂志敏¹, 张玉娇², 罗 赞¹

(1. 广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司, 广东 广州 510440;

2. 广东交通职业技术学院, 广东 广州 510560)

摘 要:高速公路联网收费数据具有监测设备完善、统计数据精度高及样本量全等特征。基于高速公路联网收费数据, 融合车辆燃料类型数据, 综合考虑不同车型交通量、不同车型基准能耗值等因素, 构建基于路网颗粒度的高速公路碳排放计算方法, 并以广东省为例进行实例分析, 从总量分布来看, 碳排放较高的路段主要出现在珠三角地区及货车比例较高的出省通道上, 从单公里碳排放强度来看, 碳排放强度较高的路段基本在珠三角和乐广高速。

关键词: 高速公路; 碳排放; 联网收费数据; 能耗值

0 引言

全球气候变化是人类社会可持续发展面临的重大挑战, 温室气体排放是导致全球变暖等环境问题的主要原因。为应对二氧化碳等温室气体过量排放带来的环境问题, 2020 年 9 月, 我国提出“3060”目标, 即二氧化碳力争 2030 年前达到峰值, 2060 年前实现碳中和。交通运输是燃料消费的重点行业, 是温室气体和大气污染排放的主要来源之一, 我国交通碳排放约占全国排放 9%, 其中公路运输碳排放占交通运输行业碳排放总量的 86.76%^[1], 占比最大, 规模不容小觑, 高速公路运输又是整个公路运输的主力, 因此控制和减少高速公路使用期间的碳排放是推进公路运输行业落实碳减排的重要领域。在整个高速公路碳减排过程中, 碳排放统计核算是做好碳达峰碳中和工作的重要基础, 是制定政策、推动工作、开展考核、谈判履约的重要依据。

目前国内碳排放计量方法有排放因子法、物料平衡法和实测法, 其中交通运输行业主要以排放因子法为主, 排放因子法根据核算路径主要分为“自上而下”和“自下而上法”。目前政府部门多采用“自上而下”的车辆保有量法、燃料总量法等方法, 可较为便捷的计算总量, 但计算结果的颗粒度不足, 对于精细化减排措施

支撑力度不足; 关于高速公路“自下而上”的碳排放计算, 李苑君^[2]基于交通流数据进行了高速公路碳排放计量, 但是对于电动汽车的间接二氧化碳未提供统计方法; 林旭坤^[3]通过统计每类车型的平均运行次数、里程及能耗等数据, 进行高速公路碳排放量的测算; 林培群^[4]融合多源数据实现对运营车辆的实施监测, 进而测算碳排放量, 并采用 vissim 进行计算结果校验。

本研究重点关注高速公路运营期运行车辆产生的碳排放量, 基于高速公路联网收费数据、车辆能耗数据、车辆运行速度、环境温度等多源数据, 构建改进的“自下而上”的高速公路网碳排放量计算模型, 研究不同车型、不同路段高速公路车辆碳排放量特性, 为高速公路碳排放管控策略提供计量基础。

1 研究对象及数据基础

1.1 研究对象

本次研究对象为高速公路运行车辆的直接和间接碳排放量, 其中直接排放为车辆运行过程中使用化石燃料燃烧而产生的碳排放, 间接排放为车辆运行所消耗的外购电力的生产而间接造成的碳排放。

1.2 数据来源及获取

1.2.1 车型分类

车型分类以《收费公路车辆通行费车型分

类》(JT/T489-2019)为基础,客车按座位数量分为 1-4 类,货车按车轴数的规模分为 1-6 类,见表 1。

1.2.2 不同车型能耗数据的获取

本次研究车辆能耗以“中国汽车能源消耗量查询(miit.gov.cn)”数据为基础,根据各类典型

车辆的油耗分布,输出平均油耗作为能耗基准值。根据广东省公安交管部门统计数据,车辆燃料类型主要分为汽油、柴油、电、天然气及其他等 5 类,其他类车辆占比较小,因此统计汽油、柴油、电及天然气的能耗值;5 类和 6 类货车基本以柴油为准,因此只提供柴油值,见表 2。

表 1 高速公路车型分类

客车分类	核定载人数(人)	货车分类	总轴数(含悬浮轴)
1 类客车	≤9	1 类货车	2(车长<6m,最大允许总质量<4 500kg)
2 类客车	10~19	2 类货车	2(车长≥6m,最大允许总质量≥4 500kg)
3 类客车	≤39	3 类货车	3
4 类客车	≥40	4 类货车	4
		5 类货车	5
		6 类货车	6

表 2 各车型百公里能耗参考值

客车分类	能源分类	能耗参考值		货车分类	能源分类	能耗参考值	
		数值	单位			数值	单位
1 类客车	汽油	7.1	L/100km	1 类货车	汽油	7.7	L/100km
	柴油	8.5	L/100km		柴油	10.8	L/100km
	电	13.5	kWh/100km		电	22.1	kWh/100km
	天然气	6.9	L/100km		天然气	30.1	L/100km
2 类客车	汽油	11.9	L/100km	2 类货车	汽油	14.1	L/100km
	柴油	12.1	L/100km		柴油	17.9	L/100km
	电	33.1	kWh/100km		电	28.5	kWh/100km
	天然气	17.9	L/100km		天然气	35.4	L/100km
3 类客车	汽油	16.2	L/100km	3 类货车	汽油	21.2	L/100km
	柴油	21.9	L/100km		柴油	22.9	L/100km
	电	53.9	kWh/100km		电	38.5	kWh/100km
	天然气	48.7	L/100km		天然气	46.3	L/100km
4 类客车	汽油	20.1	L/100km	4 类货车	汽油	25.3	L/100km
	柴油	27.2	L/100km		柴油	27.6	L/100km
	电	66.9	kWh/100km		电	45.8	kWh/100km
	天然气	60.3	L/100km		天然气	54.3	L/100km
				5 类货车	柴油	30.3	L/100km
				6 类货车	柴油	36.1	L/100km

1.2.3 排放因子

本次研究化石燃料碳排放因子以《陆上交通运输企业温室气体排放核算方法与报告指南(试行)》^[5]中的取值为基础。外购电力二氧化

碳排放因子以中国区域电网二氧化碳排放因子研究(2023)^[6]中的取值为基础,即2020年广东省电网平均二氧化碳排放因子为0.445tCO₂/(MW·h)。

表 3 移动排放源的化石燃料燃烧排放因子参数

化石燃料品种	低位发热量		单位热值含碳量 (tC/GJ)	碳氧化率/(%)	排放因子		密度 /(kg/m ³)
	数值	单位			数值	单位	
汽油	44.800	GJ/t	18.90×10 ⁻³	98	0.067 9	tCO ₂ /GJ	775
柴油	43.330	GJ/t	20.20×10 ⁻³	98	0.072 6	tCO ₂ /GJ	845
液化石油气	47.310	GJ/t	17.20×10 ⁻³	99	0.062 4	tCO ₂ /GJ	580
液化天然气	41.868	GJ/t	15.30×10 ⁻³	99	0.055 5	tCO ₂ /GJ	440

2 交通碳排放量化方法研究

2.1 计算思路

本文采用“自下而上”的能耗排放因子法计算高速公路道路区间的碳排放量(见图1),初始公式为车辆运行能耗乘以能耗排放因子,车辆运行能耗采用分段统计的模式,即统计高速公路各立交区间的运行能耗。



图 1 区间能耗计算示意图

排放量=车辆运行能耗×能耗排放因子
车辆运行能耗=车辆百公里油耗×路段长度×车辆数

2.2 计算模型

2.2.1 基础分类

由于化石燃料燃烧的直接碳排放和电能驱动的间接碳排放存在不同的排放机理,因此采用不同的计算方法。直接排放车辆包含汽油、柴油、天然气、混动等车型,间接排放为以电能驱动的汽车,见表4。根据广东省公安交管部门车辆注册数据,各车型燃料类型的比例如表5所示。

表 4 本文计算模型的车辆分类

一级分类	二类分类	排放类型
客车:1类客车、2类客车、3类客车、4类客车 货车:1类货车、2类货车、3类货车、4类货车、5类货车、6类货车	化石燃料:汽油、柴油、天然气、混动等 纯电动车型:以电能驱动的汽车	化石燃料直接排放 电能间接排放

表 5 广东省各类车辆燃料类型占比

一级分类	二级分类	车型比例	一级分类	二级分类	车型比例
1类客车	汽油	91.70%	2类货车	汽油	1.10%
	柴油	0.70%		柴油	93.40%
	电	7.60%		电	5.50%
	天然气	0.00%		天然气	0.00%
2类客车	汽油	62.70%	3类货车	汽油	0.00%
	柴油	35.30%		柴油	99.60%
	电	1.00%		电	0.00%
	天然气	1.00%		天然气	0.40%

(续表 5)

一级分类	二级分类	车型比例	一级分类	二级分类	车型比例
3 类客车	汽油	14.80%	4 类货车	汽油	0.00%
	柴油	65.10%		柴油	96.60%
	电	16.10%		电	2.90%
	天然气	4.00%		天然气	0.50%
4 类客车	汽油	0.60%	5 类货车	汽油	0%
	柴油	48.80%		柴油	100%
	电	42.00%		电	0%
	天然气	8.60%		天然气	0%
1 类货车	汽油	35.70%	6 类货车	汽油	0%
	柴油	55.10%		柴油	100%
	电	9.20%		电	0%
	天然气	0.00%		天然气	0%

注:混动车型归类到使用的化石燃料车型中。

2.2.2 化石燃料直接碳排放计算模型

本文以《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》(2019 年修订)的计算方法为基础,采用化石燃料直接碳排放通过估算燃料与二氧化碳排放因子相乘来计算二氧化碳排放^[7],化石燃料 j 燃烧产生的二氧化碳排放量计算公式见式(1)。

$$E_{bu-CO_2,j} = FC_j \times EF_j \times NCV_j \quad (1)$$

其中, $E_{bu-CO_2,j}$ 为化石燃料 j 燃烧产生的二氧化碳排放量,单位为吨二氧化碳(tCO₂); FC_j 第 j 种化石燃料的消耗量,对固体或液体燃料,单位为吨(t);对气体燃料,单位为万标立方米($\times 10^4 \text{Nm}^3$); EF_j 化石燃料 j 的二氧化碳排放因子,单位为吨二氧化碳每吉焦(tCO₂/GJ); NCV_j 为化石燃料 j 的平均低位发热量,对固体或液体燃料,单位为吉焦每吨(GJ/t);对气体燃料,单位为吉焦每万标立方(GJ/10⁴Nm³); j 为燃烧的化石燃料类型。

结合高速公路的特性,考虑车辆类型和道路区间等因素后,第 i 类车型使用化石燃料 j 行驶在道路区间 r 的二氧化碳排放量计算模型如式(2)所示。

$$E_{bu-CO_2,i,j,r} = OC_{i,j,r} \times D_r \times V_{i,j,r} \times \rho_j \times EF_j \times NCV_j \times 10^{-8} \quad (2)$$

其中, $E_{bu-CO_2,i,j,r}$ 为第 i 类车型使用化石燃料 j 行驶在路段 r 的二氧化碳排放量,单位为 tCO₂;

$OC_{i,j,r}$ 为第 i 类车型使用化石燃料 j 在路段 r 上的单车百公里能耗值,单位为 L/100km; D_r 路段 r 长度,单位为 km; $V_{i,j,r}$ 通过路段 r 的使用化石燃料 j 的第 i 类车型数量,单位为辆; ρ_j 化石燃料 j 的密度,单位为 kg/m³; EF_j 化石燃料 j 的单位能耗二氧化碳排放因子,单位为 tCO₂/GJ; NCV_j 为化石燃料 j 的平均低位发热量,对固体或液体燃料,单位为吉焦每吨(GJ/t);对气体燃料,单位为吉焦每万标立方(GJ/10⁴Nm³)。

2.2.3 纯电动车辆间接碳排放量计算模型

纯电动车型的二氧化碳排放即消耗外购电力碳排放计算模型如下,采用车辆消耗用电量乘以区域电网平均二氧化碳排放因子的方式计算间接碳排,如式(3)。

$$E_{e-CO_2} = AD_e \times EF_e \quad (3)$$

其中, E_{e-CO_2} 为纯电动车型使用电力 e 驱动时对应产生的间接碳排放量,单位为吨二氧化碳(tCO₂); AD_e 为净购入电量,单位为兆瓦时(MW·h); EF_e 为区域电网平均二氧化碳排放因子,单位为吨二氧化碳每兆瓦时[tCO₂/(MW·h)]。

结合高速公路的特性,考虑车辆类型、道路区间及交通量等因素后,第 i 类车型使用电力 e 驱动行驶在路段 r 上的碳排放计算见式(4)。

$$E_{e-CO_2,i,r} = EC_{i,r} \times D_r \times V_{i,e,r} \times EF_e \times 10^{-5} \quad (4)$$

其中, $E_{e-CO_2,i,r}$ 为第 i 类车型使用电力驱动行驶在路段 r 的二氧化碳间接排放量, 单位为 tCO_2 ; $EC_{i,r}$ 为第 i 类车型使用电力驱动行驶在路段 r 上的百公里耗电量, 单位为 $kWh/100km$; D_r 为路段 r 的长度, 单位为 km ; $V_{i,e,r}$ 为通过路段 r 的使用电力 e 驱动方式的第 i 类车型数量, 单位为辆; EF_e 为区域电网平均二氧化碳排放因子, 单位为吨二氧化碳每兆瓦时 $[tCO_2/(MW \cdot h)]$ 。

3 实证分析

3.1 数据基础

本案例以广东省高速公路网为基础, 截止 2022 年底广东省高速公路总里程达到 11211km, 主线门架超过 3000 个, 门架数据可以完整的计入车辆途径门架的时间、车型、货车载重等信息。

3.2 碳排放空间分布特征

将全省各道路区间的碳排放总量分为低 (0 ~ 50t/d)、中 (50 ~ 100t/d)、高 (大于 100t/d) 三个等级, 其中高排放总量的路段主要集中在珠江东岸、粤港澳大湾区通往粤东西北的通道, 见图 2。



图2 广东省高速公路立交区间碳排放总量分布示意图

将全省各道路区间的碳排放强度 (单公里碳排放量) 分为低 0 ~ 5 $[t/(km \cdot d)]$ 、中 5 ~ 10 $[t/(km \cdot d)]$ 、高大于 10 $[t/(km \cdot d)]$ 三个等级, 其中碳排放强度较高的路段主要集中在珠三角核心区和广乐高速公路上, 见图 3, 主要原因是珠三角道路的断面交通量较大, 同时广乐高速公路流量及货车比例较大。

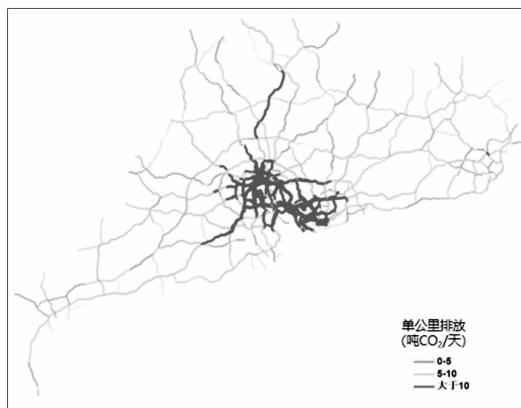


图3 广东省高速公路立交区间碳排放强度分布示意图

4 结语

本文基于“自下而上”的能耗排放因子法, 以高速公路联网收费数据中的车型分类及交通量数据为基础, 同时完善不同车型的燃料类型、综合能耗及排放因子等参数, 构建高速公路运营期运行车辆的碳排放量化模型。本模型能够应用于高速公路各立交区间的碳排放总量及碳排放强度进行测试, 可为高速公路运营期碳排放的管控提供量化基础, 同时本文构建的不同车型燃料类型、综合能耗数据库, 可为相关研究提供数据参考。

参考文献:

- [1] 李晓易, 谭晓雨, 等. 交通运输领域碳达峰、碳中和路径研究[J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 015-021.
- [2] 李苑君, 五旗韬, 等. 基于交通大数据的广东省高速公路碳排放计量模型与空间格局[J]. 热带地理, 2022, 42(6): 952-964.
- [3] 林旭坤, 张扬, 等. 高速公路网车辆碳排放测算方法研究[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2022, 50(9): 22-28.
- [4] 林培群, 张扬, 等. 融合多源数据的高速公路路段车流碳排放精细测算方案[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2023, 51(7): 100-108.
- [5] 国家发展和改革委员会. 国家发展改革委办公厅关于印发第三批 10 个行业企业温室气体核算方法与报告指南(试行)的通知(发改办气候[2015]1722 号), 2015.
- [6] 蔡博峰, 赵良, 等. 中国区域电网二氧化碳排放因子研究(2023)[R]. 生态部环境规划院, 2023.
- [7] Eduardo Calvo Buendia, Kiyoto Tanabe. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[Z]. IPCC Task Force on National Greenhouse Gas Inventories, 2019.

基于 Laplacian 算子的航飞影像预处理分析

高松涛,李锦明,邱赞富,汤敏,王志明

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司,广东 广州 510440)

摘 要:模糊影像会直接影响空中三角测量解算的结果,因此需要对无人机航飞影像进行预处理。分别使用 Sobel 算子和 Laplacian 算子对航飞影像中模糊的照片进行边缘检测,识别出模糊照片。分析两种算子在航片预处理中的适用性,并编译软件自动分离出模糊和无效的照片。结果表明:Sobel 和 Laplacian 算子均可以准确分离出模糊影像,影像识别率可达 100%。其中 Laplacian 算子对航飞影像的边缘检测敏感度高于 Sobel 算子,Laplacian 算子得到的方差值更大,判定影像清晰与模糊的界限更明显。最后通过快速检索算法与 Laplacian 算法相结合,编译完成无人机航飞影像预处理模块,提高无人机航片预处理效率。

关键词: Sobel 算子;Laplacian 算子;模糊影像;方差值

0 引言

在测绘领域中,测量新技术的发展引测绘行业的发展。测绘硬件设施是新技术发展的载体,随着无人机在测量中的广泛应用,无人机航飞任务量和数据处理量也日益激增。高效和准确的预处理航飞影像是无人机正射与倾斜解算的前提。

而无人机作业时受到环境等因素的影响,造成无人机在空中的姿态的改变,产生正射影像出现模糊的情况;在天气较差时,无人机可能出现穿云的情况,存在云雾遮挡等无效照片。这些情况都会直接影像无人机空中三角测量解算的结果。因此需要对无人机航飞影像进行预处理,剔除无效和错误的航飞影像,保留清晰和有效的影像进行空三计算^[1]。

为了提高空三解算的效率,文献^[2-3]利用影像边缘特征采用 Sobel 算子对无人机原始影像进行预处理,识别模糊影像。边缘检测是针对图像局部特征变化明显,对应的像素点灰度值有阶跃性变化的检测手段^[4]。边缘检测的基本原理是通过边缘增强算子,突显图像中的局部边缘,通过微分利用函数变化设置阈值提取图像的边缘。模糊图像主要影响图像的边缘与轮廓信息^[5-7]。

边缘检测的方法有很多,抗噪性、定位准、不误检是最理想算法^[8]。常用算法有 Sobel 算子,Roberts 算子和 Laplacian 算子等;其中 Sobel 算子的优点在于边缘有较强的方向性,而在垂直和水平外的其它方向不敏感;Laplacian 算子解决了单一方向问题,但同时存在噪声问题;吴昊等通过梯度统计结果可实现图像中局部模糊区域的检测。袁春兰^[9]等利用 Sobel 算子直接对照片进行边缘检测,主要针对人物图片的识别。魏铨^[1]等利用 Sobel 算子进行图像模糊领域检测,其平均检测率未达到 100%,检测方法过于依赖航拍影像顺序。

本文研究的重点是利用边缘检测方法 Sobel 与 Laplacian 无人工干预的对航飞影像进行预处理,从航飞原始影像数据为基础,利用两种边缘检测算法对清晰和模糊的影像进行处理,分析 Sobel 与 Laplacian 边缘检测算法的检测结果,并进行分析比较,得到适用于航飞影像预处理的算法,最后利用程序编译完成航飞影像预处理应用模块。

1 影像模糊度分析

在常规的无人机航飞流程中,起飞前存在试拍的步骤,用来检查相机安装情况,这样内存中会增加无效的试拍照片。起飞前试拍的无效

照片不同于无人机飞行过程拍摄的模糊影像,无人机起飞前试拍的照片属于离焦模糊,是贴近地面拍摄的。而在预定航线拍摄的模糊照片属于运动模糊,预定航线飞行时无人机接近于匀速飞行。这两类模糊照片在内容和拍摄环境存在明显不同,文章将根据这两类模糊影像进行分析。

1.1 离焦模糊

离焦模糊主要由于相机光圈的影响,图像中每个像素产生圆形收缩和放射方向上的位移,可采用半径为 R 的圆内灰度值进行均值化。

$$d(x, y) = \begin{cases} 0 & \sqrt{x^2 + y^2} > R \\ 1/(\pi R^2) & \sqrt{x^2 + y^2} \leq R \end{cases} \quad (1)$$

其中, R 为成像系统的模糊程度^[2]。

1.2 运动模糊

运动模糊主要分为匀速与非匀速,无人机在进行航拍时都会设定飞行速度,因此无人机航拍照片模糊可看作匀速直线运动模糊,可表示为:

$$g = f \otimes h + w \quad (2)$$

$$h = \begin{cases} 0 & \\ \frac{1}{s}, \sqrt{f^2 + g^2} \leq \frac{s}{2} \text{ and } \frac{f}{g} = -\tan \theta & \end{cases} \quad (3)$$

其中, g 为模糊图像; f 为原始清晰图像; h 表示点扩展函数(Point Spread Function), w 表示可加性噪声; s 表示曝光时间内相机的镜头与目标之间相对位移, θ 表示此时相对位移的方向^[10]。

2 边缘检测方法原理

2.1 Sobel 算子

Sobel 算子是整像素图像边缘检测中最重要的算子之一, Sobel 在边缘检测应用中的优点是计算简单、速度快。其采用水平方向和垂直方向的检测模板,不足之处是对于纹理复杂的图像检测不敏感。

垂直方向检测和水平方向检测的模板分别为:

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

其中原图像为 $f(x, y)$, G_x 是横向算子, G_y 是纵向算子, 利用模型对原始图像进行卷积计算^[11]:

$$\begin{aligned} G_x &= f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + f(x+1, y+1) \\ &\quad - f(x-1, y-1) - 2f(x, y-1) - f(x+1, y-1) \\ G_y &= f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1) \\ &\quad - f(x-1, y-1) - 2f(x-1, y) - f(x-1, y+1) \end{aligned} \quad (4)$$

对于原始图像中的每一个元素, 在 3×3 的模板中进行上公式的卷积, 得到 G_x, G_y , 则最后影像边缘检测后每个像元的值为:

$$G = \sqrt{(G_x)^2 + (G_y)^2} \quad (5)$$

2.2 Laplacian 算子

Laplacian 算子和 Sobel 算子一样, 属于空间锐化滤波操作, Laplacian 算子采用差分形式, 分别对 Laplacian 算子 x, y 两个方向上的二阶导数进行差分就得到离散函数的 Laplacian 算子。一个二维函数 $f(x, y)$ 中, x, y 两个方向上的二阶差分分别为^[11]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} &= f(x+1, y) + f(x-1, y) - 2f(x, y) \\ \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} &= f(x, y+1) + f(x, y-1) - 2f(x, y) \end{aligned} \quad (6)$$

最终得到 Laplacian 算子的差分形式为:

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) &= f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) \\ &\quad + f(x, y-1) - 4f(x, y) \end{aligned} \quad (7)$$

利用 Sobel 和 Laplacian 算子对无人机影像进行边缘检测处理后, 需要设定阈值来区分清晰与模糊的影像。阈值的选取采用对边缘检测后的影像求方差, 如果边缘检测后的影像方差大于给定阈值, 则认定为清晰影像; 低于设定的阈值, 则认定为模糊影像^[12]。

3 实验结果分析

3.1 离焦模糊影像的对比分析

由图 2 至图 4 中各像素点对应的 RGB 值可知,离焦模糊下的照片 Photo1 对应各点的 RGB 值整体趋势更加平滑,RGB 值振荡范围为 60 ~ 140 之间;而拍摄清晰的照片 Photo2、Photo3 中各相邻像素点对应的 RGB 值跳跃性很大,整体的

RGB 值较为离散,RGB 值的振荡范围为 0 ~ 250 之间;从上面结果可以看出,离焦模糊的照片和清晰的照片在 RGB 值上存在明显的差异性,只考虑 RGB 值的来区分这两类照片,只能解决极端情况,而对于运动模糊下的照片无法准确的区分,从分离的准确率考虑,采用 Sobel 算法和 Laplacian 算法对照片进行深度处理,提高图片识别的效率与准确度。

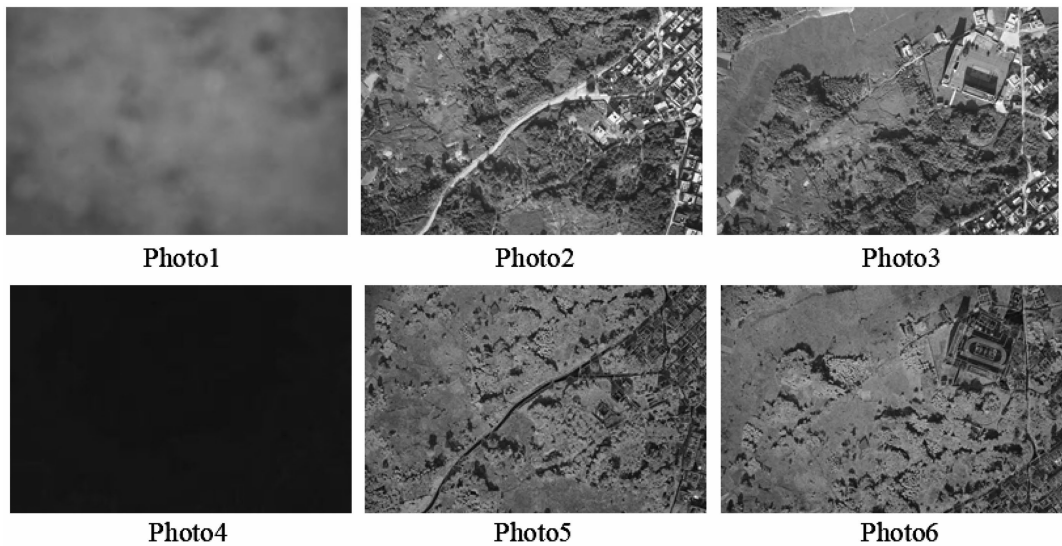


图 1 无人机航飞影像与边缘检测后影像

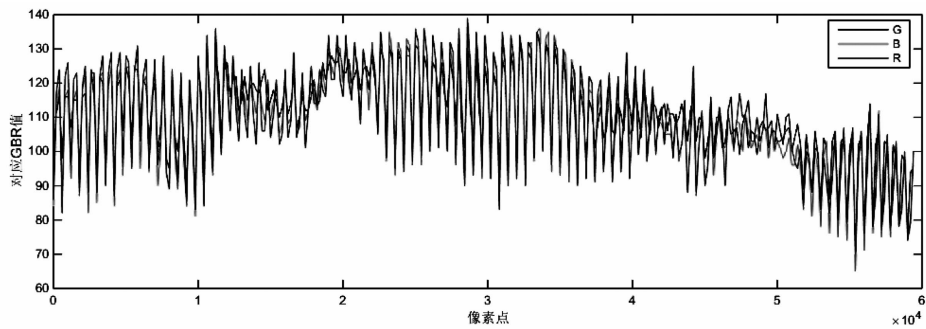


图 2 Photo1 中各像素点对应的 RGB 值

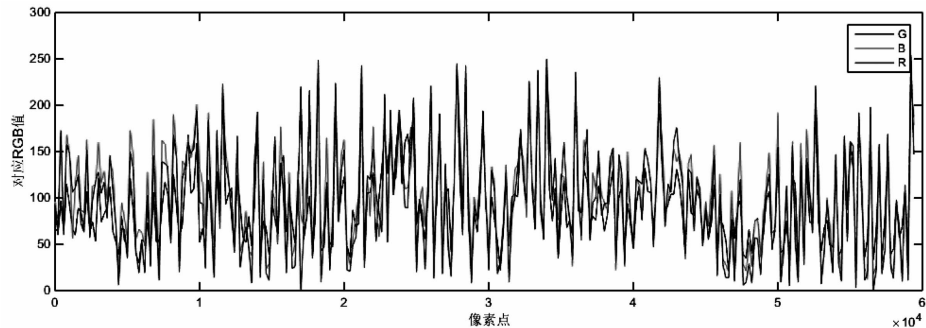


图 3 Photo2 中各像素点对应的 RGB 值

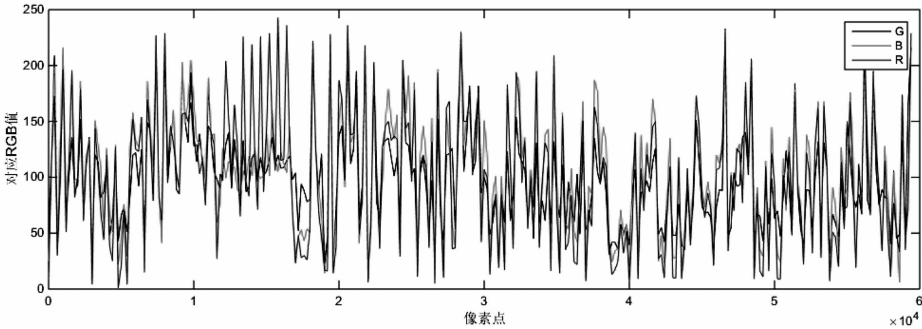


图 4 Photo3 中各像素点对应的 RGB 值

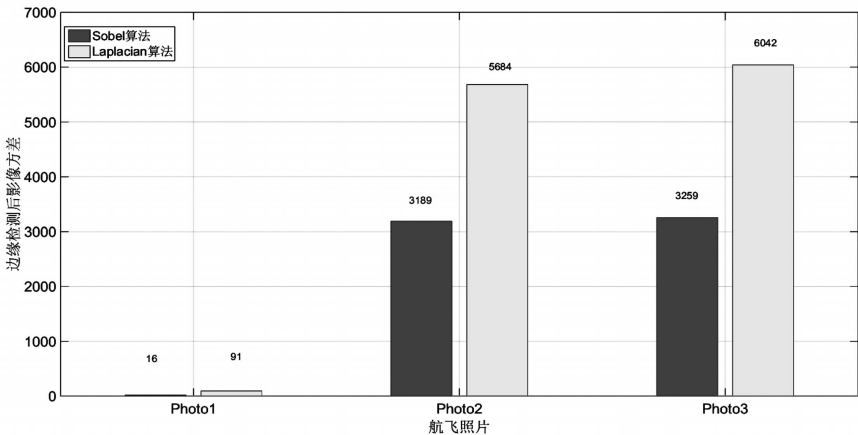


图 5 边缘检测后影像对应方差值

由图 5 中各照片边缘检测后的方差值得可知,利用 Sobel 和 Laplacian 算法都可以将 Photo1 与 Photo2 和 Photo3 明显的区分出来,其中 Sobel 算法的方差值互差约为 3000;Laplacian 算法的方差值互差约为 5000,得到的方差值差异较大,两种算法在识别离焦模糊照片时准确度较高。其中 Laplacian 与 Sobel 算子得到的方差值不同,因为两种算法原理不同,Laplacian 算子进行各方向的边缘检测,检测范围广,对于模糊影像的检测更敏感,检测后得到的图像梯度不同,直接影响最终的方差值。由结果可知,Laplacian 算子得到的方差值更大,判定影像清晰与模糊的界限更明显,与 Sobel 算子相比 Laplacian 更适用航飞影像的预处理。

3.2 运动模糊影像的对比分析

上节 3.1 处理的是离焦模糊的照片,在无人机航飞照片中,离焦模糊照片发生在无人机起飞前相机试拍时保存的照片,其照片内容与参与解算的照片相差较大,因此利用 Sobel 和 Laplacian

算法可得到差异较大的梯度值。而飞行过程中受外部环境等因素产生运动模糊的照片其内容与解算的照片相似,并且不同环境下照片模糊的程度不同,提高了图像识别的精度和难度。

由表 1 可知,Photo1452 与 Photo1467 两张模糊图像对应的 laplacian 方差值分别为 152 和 181,远远低于相邻照片 Photo1451 和 Photo1466 对应的方差值 4331、3756。可知在识别运动模糊照片时,Sobel 与 Laplacian 算子同样具备准确的识别度,根据设定方差阈值准确识别航飞影像是否模糊。

通过边缘检测后影像的方差值可知,设定方差阈值后,Laplacian 与 Sobel 算法均可以有效识别出模糊图像,证明了利用这两种算法对航飞影像进行预处理的可行性与有效性。离焦模糊和运动模糊影像的分析可知,Laplacian 算子得到的方差值范围大于 Sobel 算子的方差值范围,对于不同架次的航飞影像分组时,Laplacian 算子的适用性更广,更适用于无人机航飞影像的预处理。

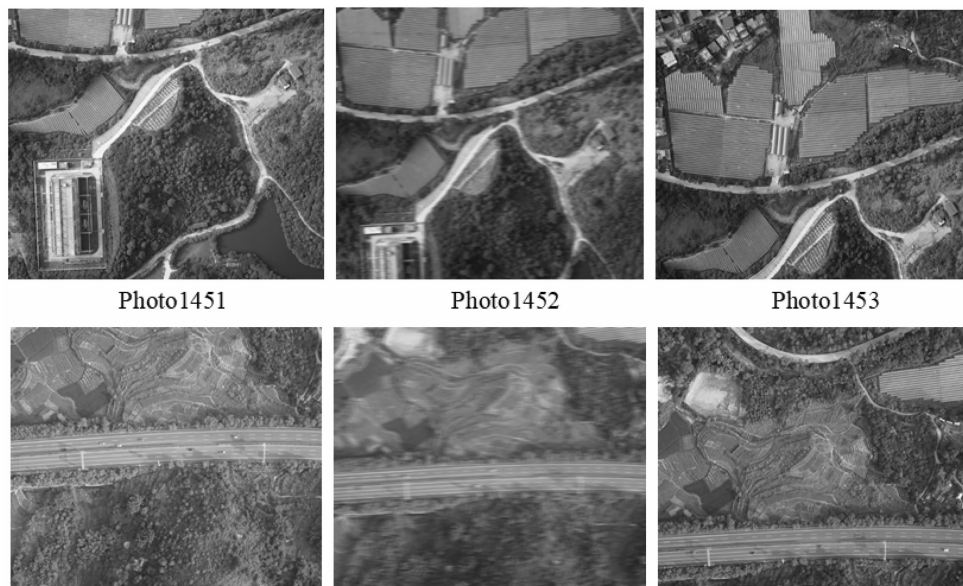


图 6 存在运动模糊的影像组

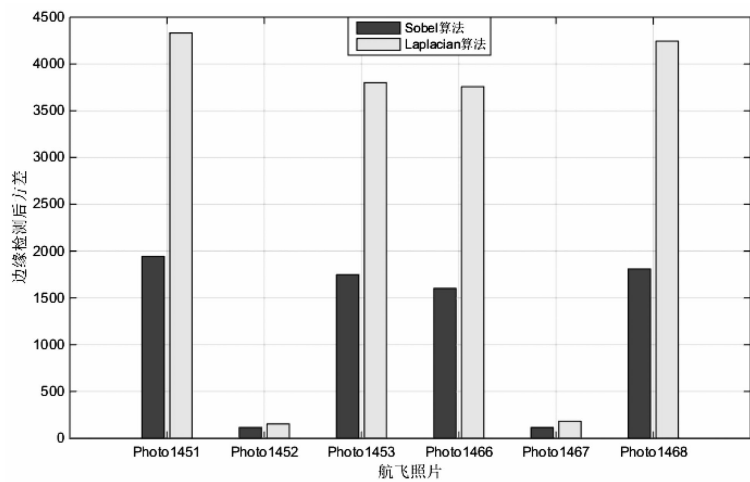


图 7 航飞照片在 Sobel 与 Laplacian 算法下对应的方差值

表 1 航飞影像边缘检测后方差值

方法	Photo1451	Photo1452	Photo1453	Photo1466	Photo1467	Photo1468
Sobel	1 944	115	1 748	1 601	116	1 809
Laplacian	4 331	152	3 799	3 756	181	4 243

3.3 自动检测算法及准确率统计

基于 Sobel 和 Laplacian 算法对航飞影像处理的结果可知,当航飞影像存在焦离模糊或运动模糊时,其影像对应的方差值与清晰影像的方差值不在同一量级,可以此为判断依据,对无人机正射影像进行预处理,剔除模糊影像,将原始正射影像自动按架次进行分组;也可将倾斜测量的五镜头照片,按架次和镜头自动分类,实现无人机

正射影像和倾斜影像的自动化预处理,提高无人机正射影像的处理效率。

3.3.1 基于方差的自动检测

$$\begin{cases} J, & T(n) > V \text{ and } t(n-1) > V \\ J+1, & T(n) > V \text{ and } t(n-1) \leq V \\ \text{无效影像}, & T(n) \leq V \end{cases} \quad (8)$$

其中, J 为架次数; $T(n)$ 为第 n 张影像的方差值; V 为设定的方差阈值;

3.3.2 基于内存与方差的自动检测

在对外业无人机航拍的影像进行处理时,由于自动检测算法对每张影像都进行计算,大大降低了数据的处理效率。在对原始数据正射影像进行处理时发现,模糊影像与清晰影像在数据内存大小上呈现区别,当无人机航飞影像以 JPG 格式保存时,图片格式是压缩格式,即分辨率相同,像素量相同,但是图片内容和复杂度不同压缩得到的 JPG 影像内存大小也会存在差异。利用这种辅助特性和无人机作业模式,对航飞影像进行快速的有针对性的算法判断,在模糊照片组的邻域内进行细致计算,领域外进行粗判断提高数据处理效率。

$$\begin{cases} S(n) \leq U & \begin{cases} \text{无效影像,} & T(n) \leq V \\ J, & T(n) > V \text{ and } T(n-1) > V \\ J+1, & T(n) > V \text{ and } T(n-1) \leq V \end{cases} \\ S(n) > U & \begin{cases} J, & T(n-1) > V \\ J+1, & T(n-1) \leq V \end{cases} \end{cases} \quad (9)$$

其中, $S(n)$ 为当前正射影像 JPG 格式内存值; U 为设定的内存值阈值;当考虑到正射影像内存特性时,可对模糊照片领域外的清晰照片进行快速分类,大大提高分类效率。

3.3.3 处理的准确率与效率

将 Laplacian 算子和自动检测算法相结合,编译无人机航飞影像预处理模块,并对两类无人机外业获取的航飞影像进行处理,统计处理结果。影像数据来源 6 个项目,由表 2 可知,各项目的模糊图像识别率均为 100%,验证了预处理模块的准确性。

4 结束语

通过 Sobel 与 Laplacian 算子对无人机航飞影像进行边缘检测,该两种算法均可识别出无效影像。其中 Laplacian 算子得到的影像方差值大于 Sobel 算子得到的影像方差值,其原因为两种算法原理不同,Laplacian 算子检测范围广,检测后影像的方差值更大,对于模糊影像的检测更敏感,因此 Laplacian 算子更适合无人机航拍影像的

模糊识别。最后实现了自动化处理航飞影像的过程,并考虑航飞影像在计算机中的存储特性,编译了影像处理模块,简化航飞影像分类流程,提高了无人机航飞影像预处理的效率。

表 2 预处理模块检测结果统计

无人机种类	项目	影像总数	无效照片	识别率
纵横	1	375	3	100%
	2	505	3	100%
大疆精灵 4	3	545	5	100%
	4	303	2	100%
飞马 D2000/E2000	5	1611	8	100%
	6	1196	13	100%

参考文献:

- [1] 魏铄,胡顺强,陈诚,等. 无人机模糊图像自动检测方法[J]. 地球信息科学学报,2017,19(7):962-971.
- [2] 喜文飞. 滇东北山区无人机遥感影像预处理方法及滑坡特征识别研究[J]. 测绘学报,2020,49(8):1071.
- [3] 厉芳婷,闵天,尧志青. 无人机航测技术对影像空三精度的影响[J]. 测绘通报,2017(s1).
- [4] 袁辉,胡庆武. 利用低空无人机飞控数据的摄影航带全自动整理方法[J]. 测绘科学,2013,38(3):34-36,46.
- [5] 熊兴华. 数字影像质量评价方法评述[J]. 测绘科学,2004,29(1):68-71.
- [6] Using edge direction information for measuring blocking artifacts of images[J]. F. Pan, X. Lin, S. Rahardja, E. P. Ong, W. S. Lin. Multidimensional Systems and Signal Processing. 2007 (4)
- [7] 贺强,晏立. 基于 LOG 和 Canny 算子的边缘检测算法[J]. 计算机工程,2011,37(3):210-212.
- [8] 吴昊,方贤勇,罗斌,等. 图像局部模糊的自动检测方法[J]. 计算机工程,2011,37(18):219-221.
- [9] 袁春兰,熊宗龙,周雪花,等. 基于 Sobel 算子的图像边缘检测研究[J]. 激光与红外,2009,39(1):85-87.
- [10] 梁宇,钟金荣,林嘉宇. 基于频域识别运动模糊的模糊方向和模糊度[J]. 微处理机,2011,32(1):59-63.
- [11] Suneet Gupta, Rabins Porwal. COMBINING LAPLACIAN AND SOBEL GRADIENT FOR GREATER SHARPENING[J]. ICTACT Journal on Image and Video Processing,2016,6(4):
- [12] 喜文飞. 滇东北山区无人机遥感影像预处理方法及滑坡特征识别研究[D]. 云南师范大学,2019:26-28.

GDCI 工程数字沙盘

——以数字之钥,开启交通设计新纪元

万欢,傅海堂,江神文

(广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司,广东 广州 510440)

0 引言

当“施工图”遇上“数字孪生”,公路不再只是横平竖直的线条,而是一座可漫游、可计算、可预演的城市级“交通元宇宙”。五年 52 个项目,从湾区 10 车道生命通道到粤北地质断裂带,广东交通设计院把一张张蓝图变成了“看得见、算得清、定得快”的 GDCI 工程数字沙盘。以下,是我们用像素丈量国土、用算法守护出行的创新笔记。

1 时代之问:传统公路设计的困局与破局

在粤港澳大湾区建设浪潮中,公路工程正面临前所未有的复杂性:

(1)工程类型交织——改扩建项目中,新旧桥梁、隧道、互通立交与地下管线迁改同步推进,传

统二维图纸难以呈现空间冲突;

(2)控制要素庞杂——基本农田、水源保护区、高压线走廊、古树、名胜古迹等控制因素叠加,设计方案需兼顾生态、经济与社会效益;

(3)交通组织如棋局——广深高速 118km 改扩建中,10 车道超宽断面需在边通车边施工中实现零中断,施工组织方案直接决定设计“生死”。

传统的二维汇报手段难以准确表达复杂的设计方案,影响工程沟通协调效率,公路设计行业逐步向三维融合展示转型。当公路项目成为交通三维空间的“立体战争”,什么样的设计理念和技术手段能承载起设计者的雄心?

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司(以下简称“广东交通设计院”)的答案是——以数字化重构设计逻辑,而非简单三维化。



图 1 传统路线平面图

2 十年一剑:GDCI 工程数字沙盘的发展之路

2.1 2020 年“开山之作”

深岑高速公路中山新隆至江门龙湾段改扩建工程,项目改扩建路线总长度为 40.051km,设计速度为 120km/h,主要以两侧拼宽为主,局部单侧分离加宽。

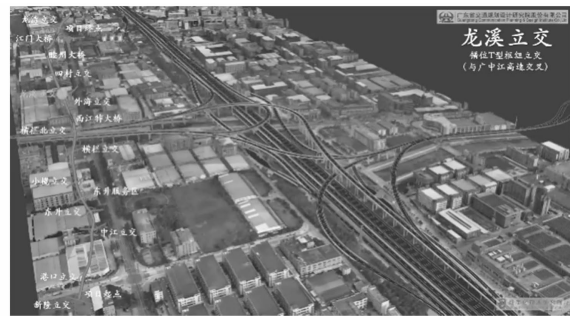
本项目项目成为工程数字沙盘的起点,面对 130GB 倾斜摄影数据,团队首次正向研发实现:

(1)TB 级数据秒级加载:自研 GPU 算法突破 LumenRT、UE4 等商业平台的性能瓶颈,单倾斜摄影模型 1TB 仍可流畅漫游;

(2)模型控制、场景控制通过脚本定制实现立交方案方案对比。



(a) 东升立交场景渲染



(b) 龙溪立交场景渲染



(c) 四村立交场景渲染



(d) 中江立交场景渲染

图 2 工程数字沙盘立交场景渲染

2.2 2021 年“锐意进取”

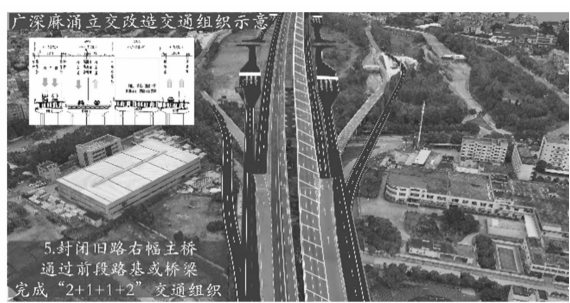
京港澳高速公路广州至深圳段改扩建工程，全长约 122.8km，双向 6 车道。广深高速是一条连接广州、东莞、深圳三个主要城市的高速公路主干道，是国家高速公路网中京港澳高速公路

(G4) 及沈海高速公路(G15)的重要组成部分。

在 SAJI 标上,工程数字沙盘匹配项目需求开发了地下管网透视功能、宏微观交通仿真等功能，也是国内首次将 BIM 和交通仿真技术用于 10 车道及以上超宽断面改扩建设计项目的探索与实践。



(a) 厅审控制因素漫游



(b) 麻涌立交交组改造示意

图 3 广深工可应用



(a) 萝岗立交管线透视



(b) 沙盘评审汇报



(c) 萝岗立交环形交叉交通仿真



(d) SAJ1 标宏观交通仿真

图 4 广深 SAJ1 标勘察设计应用

2.2 2022 年“精益求精”

针对汕梅高速(汕昆高速揭阳新亨梅州畚江段及梅汕高速梅州程江—畚江段)87.2km 的高标准评审需求,广东省交通院在 SJA3 标初步设计中首次构建了覆盖“建模—可视化—交互—输出”全流程的数字沙盘标准化体系,并通过百余项细节优化实现沙盘品质与体验双提升。

2.2.1 标准化体系建设

- 数据与符号:制定文字标签、卫星图色斑标记、公里桩号及转弯半径的统一样式,保证跨专业信息一致。
- 结构与导航:建立分层次沙盘内容目录树,支持一键定位与工点附件(图片、PDF 等)挂接。
- 交互逻辑:固化分屏对比、方案切换、视口

高度控制模型显隐等交互范式,降低学习成本。

2.2.2 细节优化实践

- BIM 模型属性可视化:属性面板与模型联动,关键构件动态闪烁提醒。
- 视口智能显隐:按视点高程自动切换 LOD,兼顾效率与效果。
- 汇报融合:PPT 幻灯片可直接嵌入沙盘场景,实现“沙盘+汇报”一体化。
- 响应性能:优化方案切换速度及视频高清输出管线,4K 录制无卡顿。

通过上述标准化与持续迭代,汕梅高速数字沙盘不仅满足了高规格评审的展示需求,也为后续广东省高速公路网项目提供了可复制、可推广的技术范式。



(a) 工点导航



(b) 工程属性挂接



(c) 特殊工点融合展示



(d) 三维 PPT 汇报

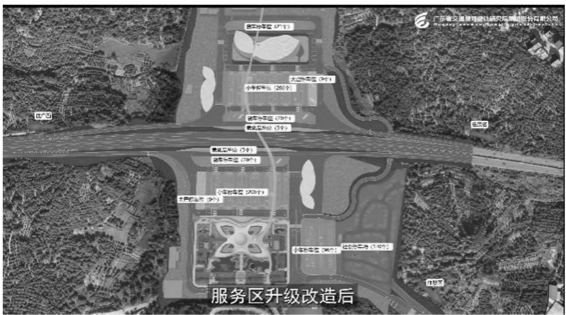
图 5 汕梅高速初步设计沙盘应用

2.3 2023 年“厚积薄发”

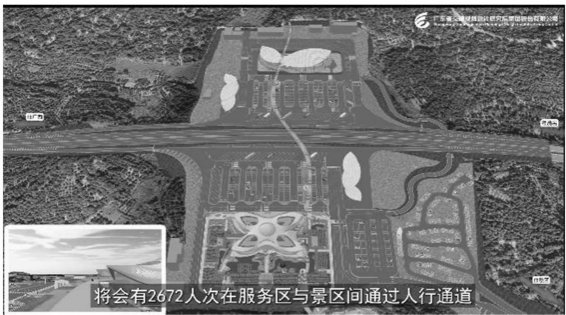
广东省信宜(桂粤界)至茂名公路柏桥服务区(原“茂名服务区”)提质升级工程,打造成集“交、文、旅、农、商”为一体的荔枝文化主题驿站与开放式服务区。已于2025年5月20日通过验收并正式投入运营。

与传统线性大场景公路工程“一条线、多断

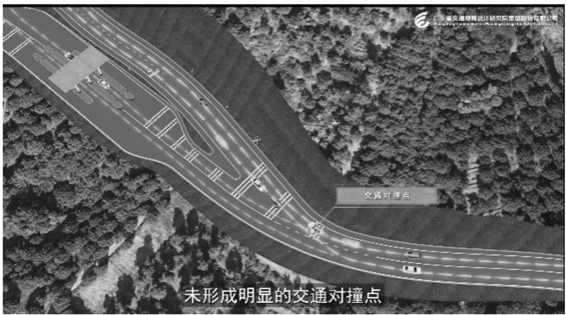
面、重宏观”的沙盘风格截然不同,茂名服务区提质升级工程属于“点状、高密、强仿真”的局部地块功能升级。本项目有6大功能分区、4股交织车流、2672人次/日双向穿越。得益于广东交通院正向研发体系和强大的开发能力,数字沙盘一次性解决了“超高精度渲染+多维场景融合+实时交通仿真”三大难题。



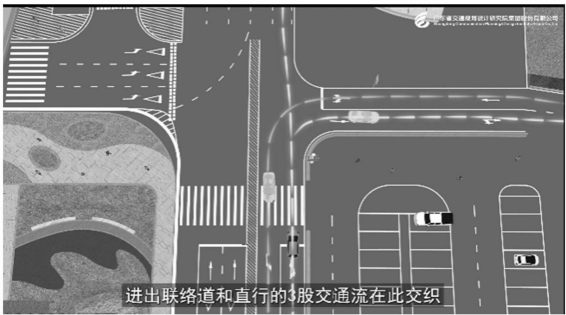
(a) 功能区标记



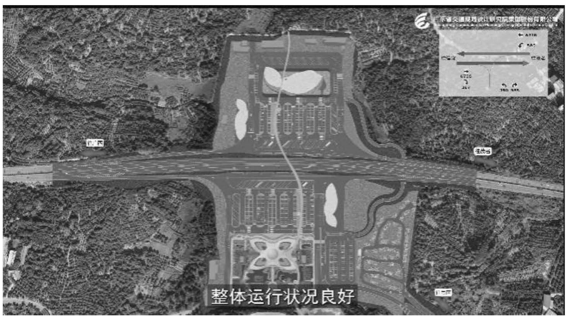
(b) 人行路径仿真



(c) 地方路出入口



(d) 内部联络交织



(e) 园区交通仿真



(f) 交通流标绘

图6 服务区工程数字沙盘

2.4 2024 年“推陈出新”

广州机场高速公路改扩建工程南起三元里互通,北至北兴互通接京港澳高速,并顺接街北高速,全长49.8km,项目工可估算总投资为176.33亿元。全线需改扩建共9处互通立交。工程类型交织、控制要素庞杂、交通组织如棋局,项目实施难度极高。

基于工程数字沙盘创新施工交组模拟将立交改造施工期各阶段交通仿真数据与各阶段交通导改模型融合,真实预演立交施工改造各阶段交通转换和行车仿真模拟,辅助优化交通组织设计方案和提高设计汇报质量,把施工期“交通转换”预演到小时级,破除了方案落地的各方质疑。

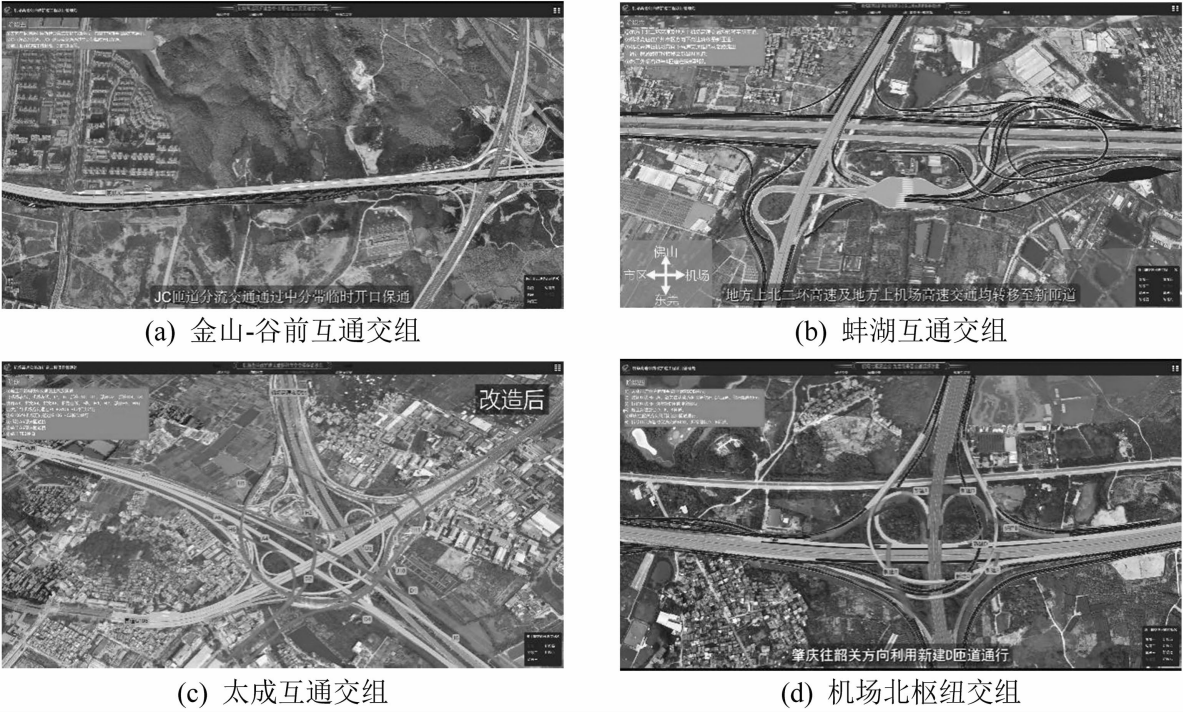


图 7 广州机场高速

2.5 2025 年“止于至善”

梅州平远至福建武平高速公路(广东段),项目起点在廉江市长山镇西北接南宁至湛江高速公路广西段,路线里程约 42.8km。本项目工程数字沙盘在既往应用基础上,打通地质数据库与

GDCI 工程数字沙盘的数据衔接,对选线过程中的地质条件进行全面分析,通过三维可视化手段,将地下地质信息直观展示,辅助设计评估不同路线的地质风险、施工难度及成本,从而优化选线方案,确保项目建设的安全性及经济性。

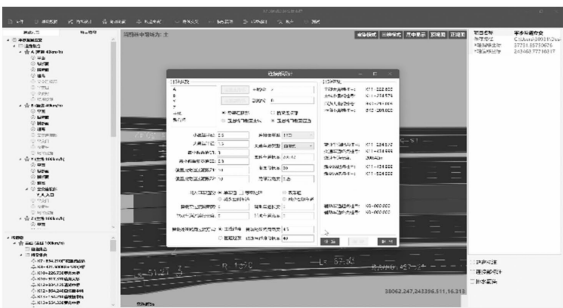


图 8 工程沙盘三维地质

南宁至湛江高速广东段勘察设,项目起点在廉江市长山镇西北接南宁至湛江高速公路广西段,路线里程约 30.3km,项目全线勘察设计均采用广东交通院自主研发的“数字设计系统”完成,实现了“一模到底、一源多用”的目标,数字设计出图覆盖率 65.1%,涵盖路线、路基、桥梁、隧道、互通、交安、等专业,三维 BIM 模型覆盖率

100%。在成果表达与决策沟通层面,项目首创“设计即汇报”工作模式,项目整体效率提升 30%。

通过“数字设计系统 + 工程数字沙盘”的深度融合,本项目实现了“设计—校审—汇报—决策”全链条数字化,为广西—广东省际通道的高质量建设提供了可复制、可推广的“数字高速”样板。



(a) 道路总体数字设计



(b) 二三维一体化汇报

图 9 南湛高速数字化技术应用

3 核心引擎:三大原创技术重塑设计生产力

3.1 GPU 底层算法:国产自主可控的“加速器”

基于 OpenGL 自主研发的 2D/3D 综合显示引擎 BimPlayer,结合自研的多线程协作机制,可快速加载 TB 级倾斜摄影,利用 GPU 可编程能力,设计出针对性强、速度和效果均衡的 GPU 优化算法,实现大场景的流畅渲染。

3.2 多源异构数据融合:让设计“跑赢”未来交通

具备多源异构数据融合的能力,GIS 数据、倾斜摄影、BIM 模型、交通仿真等数据。承载各

类型模型资源,具备 BIM 模型尺寸准确、属性挂接、描述完整,可查,可更新,模型可显示或隐藏。

3.3 多场景交互:从“可视”到“好用”

具备虚拟现实的交互能力其余功能均结合我司设计需求定制,如三维标绘、图片、视频、图纸等文件挂接、界面定制,场景漫游、视频录制、宽幅 720 全景图输出等功能。特别是今年的工程数字沙盘大版本更新了 PPT 汇报新模式,沙盘可以归纳起来,GDCI 工程数字沙盘由三个基础功能 + 五个应用功能系统组成。

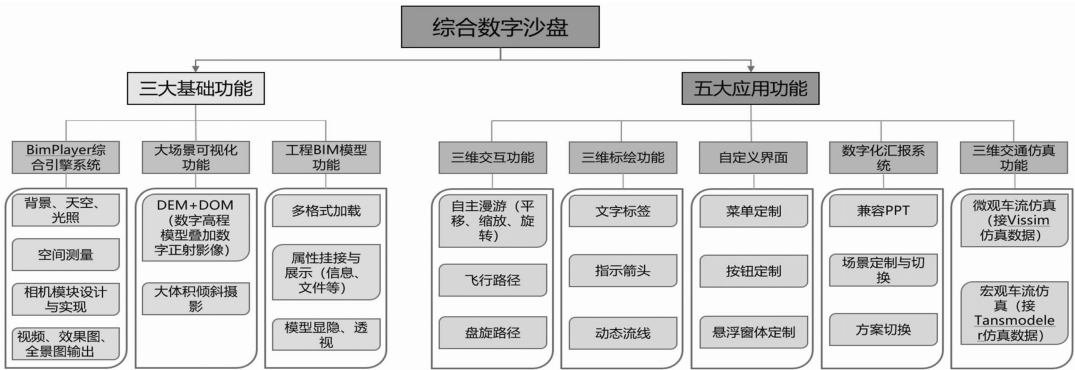


图 10 沙盘功能

4 结语:以数字之名,致敬每一公里的中国公路

从 2020 年的“开山之作”到 2025 年的“止于至善”,GDCI 工程数字沙盘已服务 52 个重大项目,从大湾区到粤北山区,GDCI 工程数字沙盘已覆盖工可、初设、施工图,正向施工模拟延伸。围绕数据标准建设、数字设计产品开发、工程数字沙盘多源数据融合,把内业生产与项目评审、征地、环评、施工组织模拟等高效集成、给每个项目配上数字分身。

在梅州平远的崇山峻岭中,沙盘让地质断层

“透明可见”,避免了一条可能诱发滑坡的选线;在茂名服务区的荔枝林间,沙盘预演的车流不再是拥堵的烦恼,而是成为乡村振兴的“黄金通道”;在广深高速的滚滚车流里,沙盘守护的不仅是今日的通行效率,更是大湾区未来 30 年的经济脉搏。我们深知,每一公里的公路,都是国家发展的年轮。而数字沙盘,正以像素为笔、算法为墨,在中华大地上书写新的史诗。广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司,邀您共赴这场数字交通的星辰大海!

长大桥梁智能管养学术研讨会报道

2025 年 6 月 21 日至 22 日“长大桥梁智能管养学术研讨会”在广州南沙岭南东方酒店盛大举行。本届大会由中国公路学会桥梁和结构工程分会主办、广东省公路学会支持。会议以“长大桥梁智能管养技术创新”为主题,吸引了来自全国桥梁设计、施工、监理、科研及管理领域的 300 余位专家学者参会。

会议围绕长大桥梁智能养护新理论与新方法、基于人工智能的桥梁检测监测新技术、桥梁状态评估与决策支持系统、桥梁靶向诊治与性能提升关键技术、桥梁管养数字化平台与智能运维体系五大核心议题展开深入研讨。中国工程院院士、同济大学教授等业内权威专家作了主旨报告,20 余位行业领军人物分享了最新研究成果。

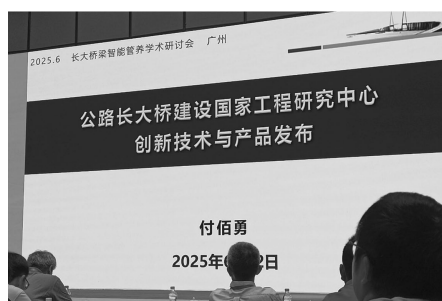
6 月 21 日工程院院士张喜刚、广东省交通集团有限公司总工程师李卫民分别致辞。开幕式后,报告嘉宾从桥梁智能建造与管养、防灾减灾及创新发展等方面,为与会人员带来了内容详实,且极具有启发性的主题报告。主题报告即包括粤港澳大湾区桥梁群智能养护实践与展望,又有昂船洲大桥、苏通大桥、润扬大桥等运营多年的缆索桥梁的养护经验总结;即包括桥梁智能评估理论、智能建造理论与方法的讲解,又有智能巡检技术、人工智能技术在长大缆索体系桥梁管养中的应用介绍。

6 月 22 日上午大会采用分会场模式举行,分别开设了长大桥梁智能管养经验交流会和长大桥梁智能管养创新成果推介会两个分会场。长大桥梁智能管养经验交流会分会场主要包括海沧大桥加固改造及安全运营方案研究、双柳长江大桥智能建养探索与实践、长大桥梁新发展(建管养一体化)、江阴大桥数字化养护管理平台建设实践等长大桥梁智能管养经验交流。长大桥梁智能管养创新成果推介会主要包括缆索体系桥梁智能巡检技术、桥梁缆索防火防腐成套技术产品、长效可持续发展聚苯胺重防腐涂料、超高韧性热拌环氧钢桥面铺装技术、桥梁基础冲刷监测设备等智能管养创新产品成果介绍。

6 月 22 日下午大会组织参观了南沙大桥展厅及桥梁管养现场(西锚碇)、狮子洋大桥索塔智能建造工地的施工现场。

本次大会专家水平高,报告内容丰富,汇聚长大桥梁管养领域顶尖资源,本次研讨会的成功举办,为促进我国桥梁管养技术升级、推动行业高质量发展提供了重要平台。我院与会代表通过参加本次大会,进一步了解了当前长大桥梁管养理论及技术装备发展所取得的新成就、以及长大桥梁管养对长大桥梁设计的要求,本次参会对推动我院长大桥梁设计技术的发展具有重要作用。





(报道者:喻志然)

第三届交通与能源融合发展学术年会暨技术装备成果展报道

2025 年 7 月 17 日至 7 月 18 日, 泉城济南荷风送香, 热情似火。由中国公路学会、山东高速集团、中国能源建设集团联合主办, 交能融合工作委员会、齐鲁高速公路股份有限公司、山东高速信息集团有限公司、山东高速能源发展有限公司、山东高速基础设施建设有限公司、山东省交通规划设计院集团有限公司等单位共同承办的“第三届交通与能源融合发展学术年会暨交通融合技术装备成果展”隆重开幕。我院交通安全与智慧交通设计院副院长郭月利、院长助理张琳金、电气节能所所长王继芳代表出席了本次会议。



本届年会以“绿色引擎 数智驱动”为主题, 汇聚了来自全国交通与能源领域的顶尖专

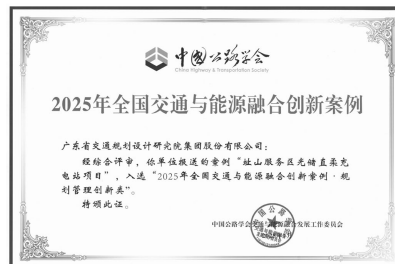
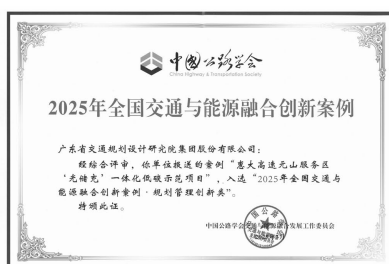
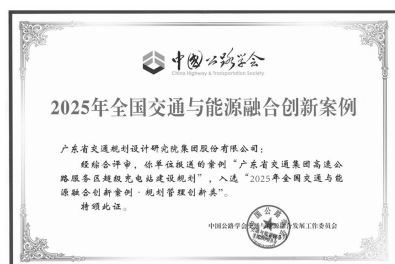
家学者、行业领袖、企业代表及行业主管部门负责人, 共同擘画交通与能源深度融合发展的新蓝图, 为加快建设交通强国、能源强国注入澎湃动能。会议全方位展现了政策引领、技术创新、工程示范、标准认证、学科建设的丰硕成果, 彰显了行业凝聚共识、共谋发展的决心与行动力。

7 月 17 日上午山东高速集团副总经理谭现锋、中国能建集团总经济师周小能及中国公路学会常务副理事长张劲泉开幕致辞并对大会的成功召开表示热烈祝贺。开幕式后, 大会进入成果发布环节。该环节集中展示了我国交能融合领域最前沿的研究成果、实践标杆与权威洞见。

经过严格征集与专家评审, 64 项优秀项目脱颖而出, 入选“2025 年全国交通与能源融合创新案例集”。这些案例凝聚行业智慧, 为交能融合发展提供了重要参考和示范样板。

其中由我院参与完成的《广东省交通集团高速公路服务区超级充电站建设规划》《惠大高速元山服务区“光储充”一体化低碳示范项目》《址山服务区光储直柔充电站项目》均入选并于现场颁发证书。





7 月 17 日下午,第三届交通与能源融合发展学术年会四大专题论坛同步开启。从高速公路智慧能源调度到港口船舶多能融合,从干线

补能革命到光伏技术迭代,与会者共探交能融合的破局路径与未来图景。



7 月 18 日上午,参会者踏上济青中线济潍段、济荷高速考察之旅,高速公路上的光纤传感器与边坡光伏阵列正构成一张零碳智慧之网——交通与能源两大产业的深度融合,正在重塑国家基础设施的基因。

展望未来,破解跨行业协同、关键技术、商业模式、标准体系等挑战仍需各方合力攻坚。本次年会搭建的高端平台,汇聚的智慧火花,发布的重磅成果,必将为行业发展注入强劲动能,加速推动每一条公路成为零碳智慧的新廊道。



(报道者:张琳金)

2025 城市交通规划年会报道

2025 年 8 月 15 日 - 16 日,由中国城市规划学会城市交通规划专业委员会主办,广州市交通规划研究院有限公司承办,高德地图、百度地图、杭州浙诚数据科技有限公司协办的 2025 城市交通规划年会在广州市召开。本届年会以“新空间·新业态·新交通”为主题,包括 1 场大会、13 场专题论坛和 1 场中学生交通实践。共有超过 100 位权威专家跨界对话,超过 21 家科研机构、15 所顶尖高校、15 个科技领军企业和咨询公司参会,共同探索城市交通高质量发展的创新路径。

一、聚焦“两个转变”“五个注重”,引领行业发展

本次年会深入贯彻落实 2025 年中央城市工作会议精神,紧扣“现代化人民城市建设”要求。面向城市发展的两个转变:我国城镇化正从快速增长期转向稳定发展期,城市发展正从大规模增量扩张阶段转向存量提质增效为主的阶段。聚焦城市发展的五个注重:发展理念更加注重以人为本、发展方式更加注重集约高效、发展动力更加注重特色发展、工作重心更加注重治理投入及工作方法更加注重统筹协调。坚持人口、产业、城镇、交通一体规划,开展围绕轨道交通的城市建设与空间优化。

中国城市规划设计研究院院长、中国城市规划学会副理事长王凯在《存量时期精准适配的交通供给思考》主题演讲中指出,城镇化已从“大规模、快速化”转向“中低速、微增长”时代,经济发展动力由过去的“出口导向、投资驱动和消费”的模式向更多地依靠“消费、服务业、技术进步”的模式转变,社会人口总量开始减少,人口结构发生变化。基于现代化人民城市目标的交通发展新需求、效能提升与安全韧性成为高质量发展瓶颈的新挑战,提出综合交通体系的发展逻辑:构建“精准评估、精细设计、精心运维”新闭环,并构建“体检先行、人本设计、精心运维”的技术方法。

中国民航局低空地理信息与航路重点实验室主任廖小罕在《发展低空经济与低空公共航路》主题演讲中指出,发展低空经济新质生产力需要建立相适应的新的生产关系,其中支撑低空经济高质量发展的系列基础设施需要先行建设,而构建支撑规模化航空器安全高效运行的低空公共航路网基础设施是低空经济发展特别是城市空中交通建设起步必选项。清华大学长聘教授曲小波在《智能网联公交系统:载具、云平台及案例》主题演讲提出面向未来路空协同低空立体交通的“模块化载具 + AI 赋能交通 + 系统运作大模型”全栈式核心技术解决方案,提出需求响应公共汽车调度系统平台,通过“点对点接驳”和“少停多站”等特点,提升服务水平并降低成本。上海市城市规划设计研究院综合交通规划分院张天然阐述了总体规划、单元规划、详细规划三个层次的上海国土空间规划体系,以及不同层次的交通专项规划和国土空间规划的关系,系统讲解国土空间资源紧约束条件下上海交通专项规划探索,以及交通专项规划的发展趋势,并分享了实际工作中面临的问题与挑战。

二、体检优化精设计,数据赋能促协同

在 8 月 16 日的“城市更新背景下的交通转型治理”分论坛中,汇聚了来自香港、北京、上海等城市的 10 余位权威专家,涵盖高校、科研机构、规划设计院所及行业领军企业代表。围绕存量更新时代的交通发展转型,研讨聚焦四大核心议题:交通需求变革、治理模式创新、实施策略优化及业态升级。结合典型城市案例,深入剖析了城市更新中交通系统面临的挑战与机遇,并在精细化治理、多元协同共治、技术创新应用等领域形成共识,为新时期城市交通转型升级提供了兼具理论指导与实践参考的解决方案。

论坛主要观点包括:(1)存量时代的交通治理要建立评估—优化—设计—协同的治理模式,

通过交通体检评估、存量效能提升、精细化设计、多系统融合等路径,推动交通规划建设从增量扩张向质量提升转型。(2)构建城市交通数据底盘,系统分析交通症结与需求变化特征,加强顶层设计,实现宏观、中观、微观 3 个层面的精准治理。(3)推动交通与城市功能深度融合发展,坚持以人为本,实施分类施策。对历史城区采取“文脉保护+交通功能升级”双导向策略;对创新产业区实现交通系统与创新空间发展全周期的动态适配;对社区更新推行“交通+环境+功能”一体化改造,提升整体宜居性。(4)创新构建政府、专业机构、专家、实施主体、市民、企业等多方协同治理机制,全面提升城市更新治理效能。

三、轨道织网通八方,制度创新破壁垒

在“都市圈综合交通体系高质量发展”分论坛中,邀请来自北京、上海、广州、深圳、南京、成都等地科研院所和咨询机构的 7 位专家进行专题演讲。会议围绕都市圈综合交通体系高质量发展路径展开深入研讨,重点探讨如何构建高效、绿色、智能、一体化的都市圈交通网络。研讨内容涵盖轨道交通、道路交通、枢纽衔接、智慧出行等关键领域的发展策略与创新实践,分享前沿理念与成功经验,为提升都市圈交通承载力、服务品质与可持续发展能力提供了创新思路和实践方案。

论坛主要观点包括:(1)价值导向与发展路径:都市圈综合交通体系高质量发展应秉持绿色、高效、人本、协同、安全、共享、创新和经济的发展理念,以“通勤便捷化”为基础目标、“机制协同化”为制度保障,通过轨道织网、数据互联、制度创新、绿色转型四轮驱动,最终实现“人享其行、物畅其流”的可持续发展格局。(2)通勤效率提升策略:都市圈通勤效率直接影响人才流动与经济活力。应以轨道交通为核心重构通勤圈,构建“轨道+枢纽”主导的多层次通勤网络,提高都市圈空间联系效率和一体化水平,有效管控极端通勤,破解“跨城职住”发展瓶颈。(3)协同发展机制创新:现代化都市圈“1 小时通勤圈”的建立

需要实现“硬联通(设施)+软联通(制度)”的双重突破。其中,以轨道交通为骨干、多方式深度融合的综合交通体系是提升都市圈通勤效率的核心支撑,而跨区域协同机制则是破除行政壁垒的关键路径。

四、人本赋能,创新驱动,交通与城市共生

在“城市综合交通体系规划的下个十年”分论坛中,邀请了 9 位来自科研机构、咨询单位及规划设计领域的权威专家。会议紧扣国土空间规划新要求和交通强国评价指标体系,重点探讨北京、上海、广州、青岛、成都、深圳等城市在综合交通体系规划方面的创新实践,推动交通规划与新质生产力深度融合,为城市存量提质增效阶段的交通发展提供新思路,促进交通体系高质量可持续发展。

论坛主要观点包括:(1)发展转型:城市交通领域正从传统模式向价值重构转型,城市综合交通体系规划需适应存量提质阶段特征,从问题导向、目标导向、实施导向 3 个维度优化规划编制方法,向愿景型规划转变。(2)协同发展:交通规划与城市发展需实现深度协同。交通系统规划应立足城市发展阶段和特点,坚持集约发展和公共交通优先战略,贯穿规划、建设、管理全过程,推动交通与城市空间、功能的有机融合。(3)人本理念:突出以人为本的规划理念,精准分析不同人群的交通需求特征,在存量优化中精准识别关键问题,实现设施精准供给和提质增效目标。(4)创新驱动:创新是交通高质量发展的关键动力。通过 TOD 模式开发、交能融合发展、数字化智能化转型、技术工具研发等创新举措,有效提升交通系统效率和可持续性,增强交通网络的动态适应能力。(5)公交新生:公交行业的重生是一场深刻的价值重构革命,需要激活沉睡资产、重塑能源角色与再造服务生态,拥抱“交能融合”战略,以系统思维与创新智慧,驱动公交深度融入并引领城市的绿色、智慧与人文进程,最终实现公益使命与可持续效益的动态平衡。

(报道者:葛宇然)



2025 工程测量大会报道

2025 年 8 月 20 日 - 21 日,由中国测绘学会工程测量分会主办,沈阳市勘察测绘研究院有限公司、重庆市测绘科学技术研究院、自然资源部智能城市时空信息与装备工程技术创新中心等承办,中国建筑材料工业地质勘察中心辽宁总队、《测绘通报》编辑部、广州南方测绘科技股份有限公司等协办的 2025 工程测量大会在沈阳市召开。本届年会以“拥抱人工智能,赋能工程测量创新发展”为主题,包括 1 场大会、4 场专题分论坛。有超过 50 位权威专家跨界对话,超过 30 个高校和高新技术企业参会,共同探索工程测量新技术。

一、拥抱人工智能,空间智能走向时空智能

本次会议的主题是“拥抱人工智能,赋能工程测量创新发展”,院士、专家、学者聚焦工程测量行业的热点、难点和痛点,探讨了人工智能的发展与应用,众多高校、企事业单位分享了各自领域相关的创新成果及应用。

8 月 20 号上午,中国测绘学会工程测量分会主任委员陈翰新致开幕词,他谈到:随着人工智能技术的进步,给工程测量行业带了很多机会和重大变革,传统测绘行业的技术流程将被人工智能的大模型不断革新,作为测绘行业的从业个人和单位要去积极拥抱人工智能。

中国工程院院士、武汉大学李德仁院士做了“大空间场景 AI 三维重建技术及未来发展”主题报告,李院士报告基于三维重建的基于内容感知的大场景三维智能重建、超大规模场景的三维数据处理、空天地多源数据融合实景三维建模方法、多源融合的大场景全流程安全生产工具体系四个关键技术展开,提出了现有技术方法存在的问题并结合大势智慧公司的行业应用软件提出了对应的解决路径和案例分析,给大家展示了人工智能在三维重建技术中的应用。在当今万物互联和人工智能时代,时空数据获取、处理、信息

提取与知识挖掘需要走向智能,李院士引出了时空智能学的新概念,会场掌声不断。

接下来,中国测绘科学技术研究院院长燕琴在做了“智能遥感赋能自然资源保护利用”主题报告,报告中主要提到,人工智能在自然资源保护的利用和人工智能能否代替现有人工的案例分析。报告中提到的仅用 10 天时间完成了全国 960 万平方千米变化图斑提取任务,人工智能辅助的工作效率相比以往传统人工解译呈指数级提高。

信息工程大学教授李广云做了“自主精密定位技术在智能制造中的应用”报告,李教授在报告中指出,大型工程建设、基础设施运维离不开测绘、特别是工程测量技术的支撑。统一的时空位置在智能与智慧的感知、认识、决策、调控四大过程中都是不可或缺的。自主高精度导航定位是智能建造、智能施工、自动驾驶、无人驾驶、智能自动化的核心技术。

二、智能装备制造,引领新质生产力

报告结束后,大会组织参会人员参观工程测量新成果及测绘新技术、新产品的交流活动。现场参展的单位有自然资源部国土空间规划监测评估预警重点实验室、沈阳市勘察测绘研究院有限公司、欧思徠(北京)智能科技有限公司、南方测绘科技股份有限公司、上海华测导航技术股份有限公司、广州中海达卫星导航技术股份有限公司、大连圣博尔测绘仪器科技有限公司、深圳市其域创新科技有限公司等十余家单位带来了工程测量领域的新装备、新成果、新产品展览,现场众多代表驻足观展,积极提问,踊跃交流。

三、关键技术应用,推动行业进步

8 月 20 号下午,重庆市勘测院有限公司总测量师向泽君,做了“智能监测技术新进展与标准实践”在报告中介绍了智能监测技术的背景与思考,我国已有基础设施建设的规模很大,监测的需求很大且行业应用很广,但是目前的监测技术

存在很多问题,引出智能监测技术的新进展:测量机器人监测技术、卫星定位监测技术、激光扫描监测技术、智能传感监测技术、智能机器人检测技术、合成孔径雷达技术、图像视觉监测技术、监测大数据平台建设,并对应展开介绍新技术的特点和应用场景。最后展望:通过硬件研制、平台开发、标准制定、工程实践,建立“天空地一体化感知网”,研发“管一控一算一服”一体化感知云平台,实现感知设备共享,满足多场景城市级的应用,智能监测应全面融入 AI,不断创新,为城市安全韧性保驾护航。

中国电建华东院白鹤滩项目部测绘总工程师沈默,做了“白鹤滩水电站工程测量探索与实

践”报告,首先介绍了项目的特点,以及项目测量关键技术的创新和应用,展望工程测绘技术的发展,AI 技术挖掘数据价值,服务于大国工程。

四、创新驱动,赋能行业新发展

21 号上午,大会举办了四场分论坛,一是时空智能分论坛;二是工程测量赋能城市治理分论坛;三是重大工程测量分论坛;四是智能化装备与应用分论坛。来自行业的众多知名专家学者们围绕“标准建设、新技术应用、AI 数据挖掘、智能监测技术、AI 数据挖掘、智能装备、智能装备应用、”等内容分享了 43 个精彩的主题报告,给大家带来了一系列学术盛宴,展现了我国测绘地理信息事业发展的新技术、新成果。



(报道者:赵庆安)

2025 年中国公路学会隧道工程分会学术会议报道

2025 年 9 月 11 日 - 13 日,由中国公路学会隧道工程分会、山东公路学会、青岛国信发展(集团)有限责任公司、中交一公局集团有限公司、中铁十四局集团有限公司、山东高速集团有限公司主办,广东省公路学会、云南省公路学会、福建省高速公路学会、四川省公路学会、江苏省综合交通运输学会公路分会、青海省公路学会、贵州省公路学会、重庆市公路学会联合主办;中交隧道工程局有限公司、中铁十四局集团大盾构工程有限公司、青岛市公路学会、招商局交通科技(重庆)有限公司、招商局重庆交通科研设计院有限公司承办,中交隧道工程局有限公司青岛分公司、公路隧道国家工程研究中心、招商华驰数智交通科技(重庆)有限公司、桂林海威科技股份有限公司、山东大学、重庆交通大学、招商局重庆公路工程检测中心有限公司、河北省高端工程机械智能制造重点实验室、重庆市公路学会隧道专业委员会协办的 2025 年中国公路学会隧道工程分会在青岛召开。本届年会以“跨海通途·科创未来——韧性、智慧、低碳与数字化转型”为主题,包括 4 场主旨报告,10 个平行论坛和 3 场现场考察。本届会议共有超过 100 家相关行业单位参会,共同研讨了跨海隧道、复杂隧道灾变控制、隧道韧性提升、隧道四新技术等问题的高质量发展方向。我司集团副总工梁淦波在“国家重大工程建设论坛”中结合了深圳外环三期项目的设计情况,做了《深圳外环三期超大跨分岔隧道设计与研究》报告。

一、青岛海底隧道创新设计与挑战

青岛胶州湾第二海底隧道作为目前世界建设规模最大的海底道路隧道,该项目主线全长 17.48km,其中隧道长 14.37km,海域段 9.95km。工程采用了“钻爆+盾构”的组合工法,是目前世界上长度最长、规模最大、施工领域综合难度最高的海底道路隧道。该项目面临 3 大世界级技术挑战,建成后将创造 5 项世界纪录,对我国交通强国

战略实施具有重大示范价值。当前,项目建设已进入关键施工阶段,各项技术创新成果集中显现,本次会议正是以该项目为依托进行,会议中重点进行两个报告:

(1) 青岛海底隧道建设与挑战

报告中系统总结并展示了基于多年海底隧道工程实践所取得的多项关键技术突破与创新成果。在胶州湾第二条海底隧道的建设过程中,项目团队重点围绕湾内复杂的水文地质条件展开深入研究,全面分析了地下水与海水对隧道勘察、结构设计、动态施工及长期运营等全生命周期环节产生的多重影响。研究聚焦水环境对隧道主体结构安全性、混凝土耐久性能以及防排水系统可靠性等方面的关键作用,形成了有针对性的技术应对策略。同时,本工程还在长大海底隧道的渗漏水精准治理技术与主动支护体系方面实现了重要探索与突破,提出了新材料、新工艺与智能监控一体的解决方案,为我国后续跨海隧道工程的建设提供了宝贵的技术积淀与示范案例。

(2) 青岛第二海底隧道钻爆段结构设计方法

针对现有规范难以满足青岛第二海底隧道复杂结构设计的难题,提出了隧道支护结构设计总安全系数法。对总安全系数法理论、试验成果及其在青岛二隧中的设计应用情况进行了介绍,并对总安全系数法在高铁支护参数优化、隧道断面比选、初期支护分序施工、超大跨隧道、软岩大变形隧道、多洞空间小净距隧道中的应用进行了介绍,最后对设计中几个的热点和争议问题进行了讨论。

该报告内容是提出了隧道结构设计“老大难”问题解决思路,总安全系数法统一了荷载结构法与地层结构法两种不同的计算方法,为隧道结构设计提供了新的发展方向。

二、复杂隧道灾害防控理论与方法

本次会议针对复杂隧道的灾变控制理论与方

法邀请了陈建勋、王波的著名学者进行了报告,重点围绕着长大深埋隧道所遇到的高地应力、软岩大变形、硬岩岩爆、高地温、强震区抗震等问题进行主题报告,从作用机理、处置技术、设计方法等方面进行详细论述为长大深埋隧道特殊地质处置提供了新的思路。

三、大直径盾构隧道与智能建造

会议针对大直径盾构与智能建造进行多场专题报告,其内容含盖了大直径盾构数值化提升、超大断面设计和复杂地质条件下施工,山岭隧道超大断面机械化施工,软岩大变形主动让压支护技术与配套台车机械化施工等。其中青岛二隧数字化转型实践让人影响深刻。该项目创新性地构建了一套适用于大型基础设施建设的数字建造平台,首次将 BIM + GIS 融合技术、高精度北斗定位系统、5G 融合感知网络及智能机器人施工等新一代信息技术综合运用于实际工程场景。面对传统基建行业在协同效率、过程管控和成本质量等方面的共性痛点,通过顶层设计打破数据孤岛,以“业财档评”闭环管理体系为核心,将业务流、资金流、档案流与绩效评价有机整合,实现了项目管理效能的革命性提升。该实践不仅显著提高了施工质量与安全水平,还为我国大型基础设施工程提供了一套可复制、可推广的数智化转型系统方案。

四、隧道与地下空间“四新技术”

在“四新技术”方面,本次会议中内容丰富,共进行了 18 场报告,从 AI 机器人的应用,到钢波纹装配式支护结构在病害隧道中的应用等,内容丰富多样,其中有以下三个报告最值得关注:

(1) AI 赋能工程机器人与实用技术应用探索

AI 赋能是近年热点,如何把 AI 与传统工程结合更是未来发展的一个重要方向,该报告聚焦隧道及地下工程灾害防控与智能建养,形成了系统性的创新性成果:突破了隧道智能建造前沿技术;建立了钻爆法隧道机器人——高端装备混合协同作业模式(凿岩装药、监控量测等机器人),研发了掘进机法隧道系列化智能搭载装备与智能辅助决策系统(“五官一脑”),推动了隧道建设向少人化、

无人化、智能化方向发展;建立了隧道智慧运维关键技术;研发了轨交、公路隧道表观/内部病害智能检测机器人系列装备,构建了隧道内—外病害智能检测与高效诊治技术体系,服务地铁、铁路、公路等多项重大运营工程,推动了传统运维向智慧运维的转变。

(2) 公路隧道波纹钢装配式支护结构关键技术研究与应用

本报告所述的波纹钢装配式初支结构是一种由环向与纵向拼接的波纹钢板及其与围岩间注浆层组成的新型隧道支护体系。本研究通过理论分析、力学试验、数值模拟及现场监测等综合研究方法,系统开展了公路隧道波纹钢装配式初期支护关键技术攻关,取得以下创新成果:构建了波纹钢初期支护结构设计计算方法,建立了施工动态模拟技术体系,编制了设计施工指南及标准图集,研发了配套施工工艺。与传统“钢拱架 + 钢筋网片 + 喷射混凝土”支护结构相比,该技术具有施工便捷、安装高效、结构可靠等显著优势。在景礼高速隧道工程中的成功应用,不仅验证了该技术的工程适用性,更为波纹钢装配式支护结构的标准化推广提供了重要实践参考,对推动隧道工程工业化建造具有积极意义。

(3) 隧道围岩力学参数和地应力的智能解析方法

隧道新奥法设计的核心是信息化施工。在以外的实际工作,主要依赖于工程人员对现场掌子面的跟踪调查所获得,因此所获得的信息主要为工程人员的主观判定,与判定者自身的工作经验关系密切。该报告研究团队自主研发了高精度同步采集毫米级随钻参数的智能装备和地应力加载试验平台并开展了系统性钻进试验,揭示了随钻参数——围岩力学参数——地应力的响应规律;首创了隧道围岩力学参数和地应力智能解析特征体系,建立了大规模的多模态地质信息样本数据库;研发了隧道多模态地质信息数据预处理及增强技术,构建了多模态地质信息融合的围岩力学参数和地应力智能解析模型及智能方法。该成果不仅

降低了现场工程人员的劳动强度,还使获得信息客观度有所提升。

五、隧道与地下空间绿色低碳技术

在绿色公路建设方面,本次会议也有多场报告,其中《公路隧道水环境效应评价及控制关键技术》值得进一步研究。从目前公路隧道设计来看,受当前技术、建设成本、建设周期等限制公路隧道主要为排水性隧道,因此将影响地下水的局部分布。为了降低隧道对周边水环境的影响,在周边环境敏感等地区如自然保护区、饮用水源区等特殊段落则采用了“堵排”结合方式,然而究竟如果控制“堵”的程度往往是工程成败的关键。本报告聚焦公路隧道水环境效应评价及控制关键技术,研究了隧道水环境效应影响机理,建立了完整考虑防排水系统的隧道三维防排水渗流模型、降雨入渗补给系数的 SWAT 计算模型、隧道随机渗流场计算的快速响应模型和隧道—土壤—植被—大气连续体分析模型;建立了一套集隧道水环境评价指标、体系和方法的完整评价方法体系;提出了隧道渗流场精细化模拟方法、基于环境影响的隧道防排水系统动态优化设计方法;构建了隧道地下水自动化监控方法,并应用于安徽省的沪武高速明堂山隧道、池祁高速宝石岭隧道、桐岳高速双峰寨隧道等重点工程中,为公路隧道建设对水环境的评价保护提供参考借鉴。

六、超特长隧道(TBM)建设营运及技术创新

TBM 工法我司尚未开展过相关工程设计工

作,在本次会议上针对这一议题,也发布了 10 场报告,说明 TBM 工法在未来可能将成为公路隧道建设的又一重点工法。

七、国家重大工程建设

本次会议邀请了五位“大咖”对今年来国内重大工程设计或施工进行讲解,其中包括青岛胶州湾第二海底隧道、超 10km 级特长公路水下隧道、甬舟高速复线金塘海底隧道、深圳外环三期超大跨分岔隧道、北京东六环入地改造工程等。

我司集团副总工梁淦波在本次会议上,分享了深圳外环三期田头山隧道超大跨分岔隧道设计难点与经验,与国内同行进行深入交流。

八、隧道安全与韧性提升

隧道韧性提升是近年公路建设又一热点,本次会议也进行了多场汇报,其中《在役公路隧道安全韧性提升技术解读与案例分析》、《富水隧道地下水渗流演变规律与灾变防控设计方法》等内容与我省公路隧道建设关系较为密切,值得大家重视。

九、隧道智慧运营与养护管理

隧道智慧运营与养护管理在本次会中热度不减,本次会议邀请了青岛国信胶州湾隧道城市服务有限公司副总经理——侯磊、招商局重庆公路工程检测中心有限公司隧道与地下工程院总工——刘明伟等就隧道智慧运营与养护管理方面的内容进行深入交流,报告内容丰富,发人深省。



(报道者:谢卓雄)

第七届工程建设行业科技创新大会报道

近日,由中国施工企业管理协会主办的“第七届工程建设行业科技创新大会”在江苏常州举行。其中,公司新塘立交 TOD 改造工程荣获“城市更新工程建造技术专项赛”三等成果,公司第三设计院副院长李维杰、新塘立交改造项目设计代表方主明参加了会议并领取证书。



本届大会以“加快推进科技成果转化,加速促进新质生产力发展”为主题,深入贯彻落实党的二十大和二十届二中、三中全会精神,全面贯彻习近平总书记关于科技创新的重要论述,大力推进工程建设科技成果转化应用,促进科技创新和产业创新深度融合,加快培育和发展新质生产力,推动行业高质量发展。

大会邀请了王复明院士、何川院士、张宗亮院士等行业权威专家,紧扣国家发展战略和行业创新方向,结合自身研究领域,系统剖析行业科技创新的挑战与机遇,分享前沿科技动态和最新研究成果,为行业科技事业发展提供新视野、新理念、新思路,推动行业高质量发展。

会议期间,组委会正式发布了“工程建造工法竞赛”“青年科技创新竞赛”“人工智能创新应用竞赛”“城市更新工程建造技术竞赛”“微创新技术成果竞赛”各成果名单。

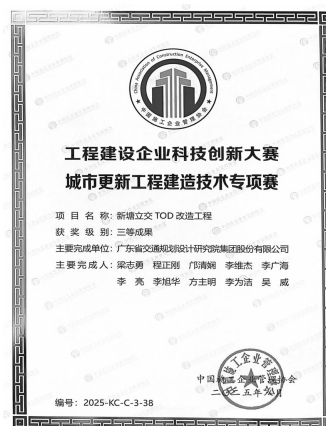
近年来,公司承担完成多项勘察设计工作的

过程中十分重视科技创新,本次入选的新塘立交改造项目具有较好的代表性和先进性,是公司立足业务、勇于突破、持续创新的成果,充分展现了公司在交通基建领域的丰富经验和创新实力。



广深高速公路新塘立交通过对城市更新区内新塘立交综合改造,为本区域创造了一片大面积城市公共空间,创新性地将高速主体及立交融入城市公共空间内部,消除了高速对城市分割,使周边土地得到了集约有效利用、提高了区域路网效率,通过布局和设施重新打造,改善了城市景观品质、提升了人居环境,从而实现本区域可持续发展。该项目涉及公路、市政、建筑、隧道、通风、消防、机电、交安、交组、景观、绿化等专业,技术及统筹难度极大。

城市更新工作座谈会上,公司代表和参加各方进行了深入的交流,针对城市更新工程的核心需求与技术瓶颈,交流先进技术与实践案例,推动城市结构优化、动能转换、品质提升、绿色转型、文脉赅续、治理增效,开创城市发展新格局。



(报道者:方主明)