

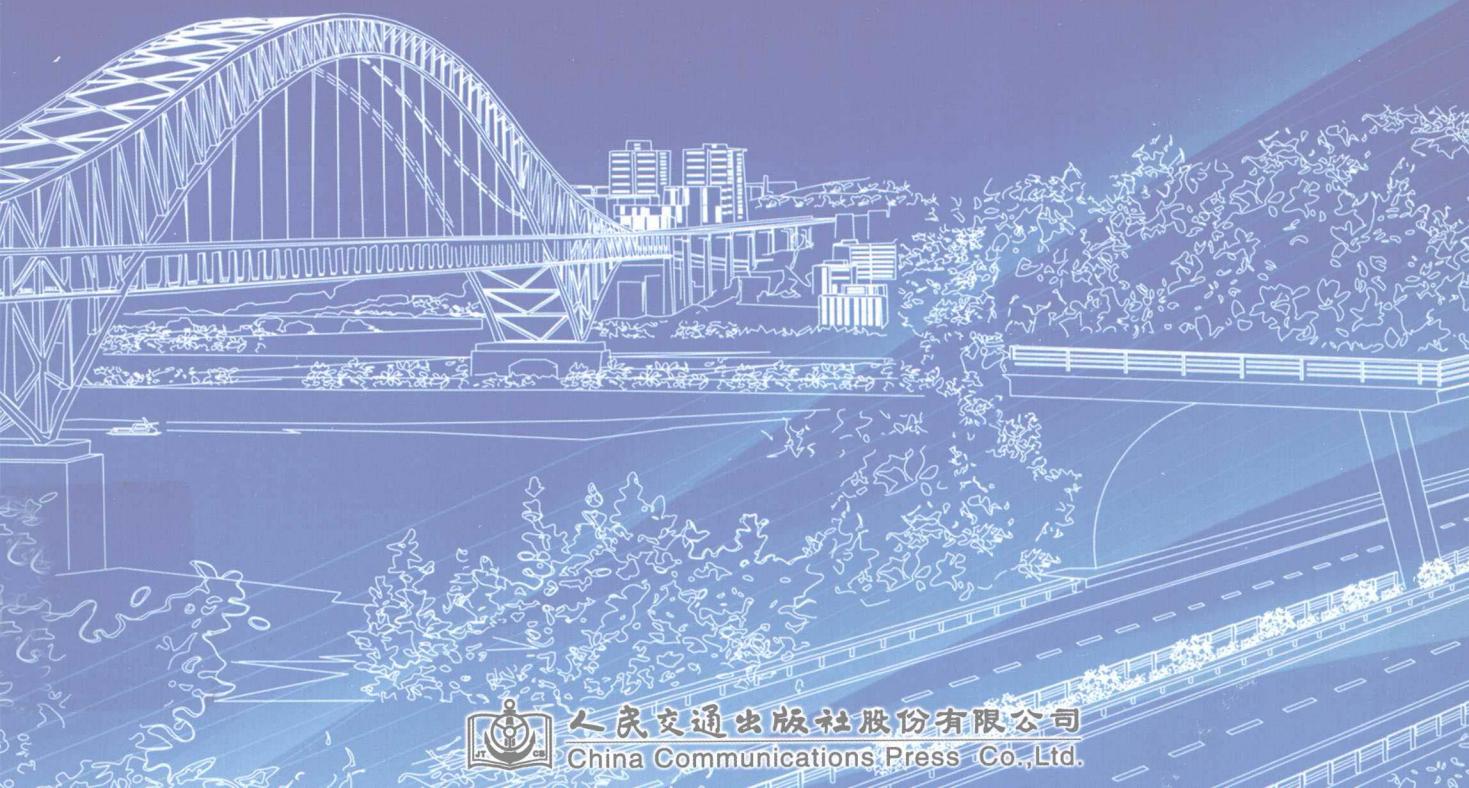


国家山区公路工程技术研究中心
NERCH

山区交通技术 研究与工程应用

RESEARCH AND APPLICATION IN
PROJECTS OF TRAFFIC TECHNOLOGIES IN
MOUNTAINOUS AREA

主编◇王福敏



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Research and Application in Projects of
Traffic Technologies in Mountainous Area
山区交通技术与工程应用

王福敏 主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为国家山区公路工程技术研究中心首届技术交流大会论文集,共收录论文 50 篇,包括发展与进步、道路与交通、桥梁与结构、隧道与安全、环境与景观、加固与养护、系统与产品共 7 部分内容。交流大会召开之际正值国家山区公路工程技术研究中心依托单位——招商局重庆交通科研设计院有限公司(以下简称“招商交科院”)建院 50 周年纪念日,招商交科院众多专家以及行业内的专家学者纷纷投稿,使本书既反映了我国山区交通建设与发展过程中的技术成果,又吸纳了一批工程应用实例及其成功经验,内容丰富,实用性强。

本书可供公路行业从事设计、科研、施工、监理的管理和技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

山区交通技术研究与工程应用 / 王福敏主编. — 北京:人民交通出版社股份有限公司, 2015. 4

ISBN 978-7-114-12175-3

I. ①山… II. ①王… III. ①山区道路—道路工程—文集 IV. ①U421-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 072942 号

书 名:山区交通技术研究与工程应用

著 作 者:王福敏

责任编辑:周 宇(1175041648@qq.com)

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:中国电影出版社印刷厂

开 本:880×1230 1/16

印 张:23.75

插 页:2

字 数:720 千

版 次:2015 年 4 月 第 1 版

印 次:2015 年 4 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-12175-3

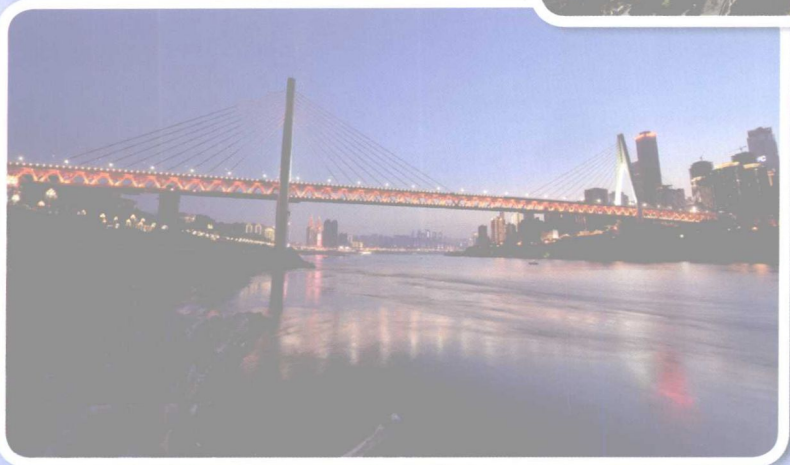
定 价:85.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)



重庆朝天门长江大桥

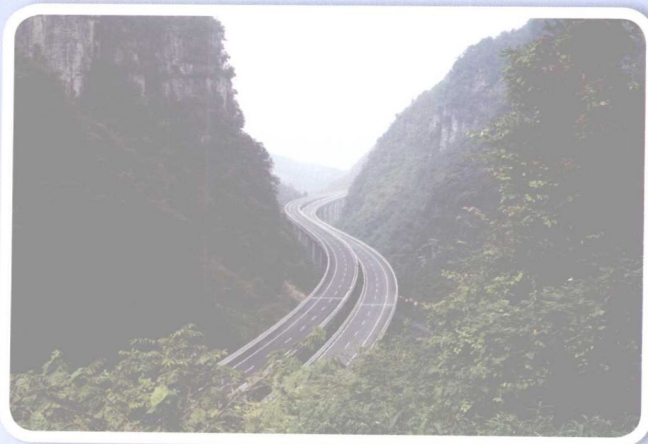
重庆菜园坝长江大桥



重庆东水门长江大桥



福建厦漳跨海大桥



渝湘高速公路洪西段



重庆方斗山隧道



重庆轨道交通红旗河沟车站



厦门翔安隧道机电与防灾系统



重庆轻轨3号线区间高架

厦漳跨海大桥服务区及养护工区综合楼



《山区交通技术研究与工程应用》

编审委员会

主任委员:韩道均

委 员:(以姓氏笔画为序)

王连成 邓卫东 许宏科 安永日

刘 微 刘海京 张 力 邹 云

汪 宏 林 志 郑 治 杨卫东

唐光武 柴贺军 耿 波 黄 莘

黄伦海 黄福伟

主 编:王福敏

序

招商交科院跨越两个世纪,历经五十春秋。综观整个发展历程,我院有许多的“改变”,但也有许多的“不变”。

从“改变”来看:完成了由科研院所向科技企业的体制变革;做到了由单一的科研开发向关联的四大产业的业务扩充;实现了由西部地区向全国乃至海外市场的拓展等。

从“不变”来看:始终努力向科学技术高峰不断攀登;一贯坚持为我国交通事业提供服务;持续致力于自身发展与满足国家要求、行业需求、员工诉求有机结合等。

从“改变”中可以追寻到我们的发展道路;从“不变”中能够探寻到我们的发展根基。

有两种看似矛盾的说法:一者谓之“以变应变”;另一者谓之“以不变应万变”。仅就我院的发展历程来看,两者不仅不相矛盾,而且高度地辩证统一。发展的道路要探索,注定跋山涉水;发展的根基要稳固,必须持之以恒。道路越宽阔则事业常存;根基越深厚则基业常青,两者相得益彰,才能承前启后、继往开来。

五十年来,我院创造了众多全国第一:第一座混凝土斜拉桥、第一座预应力拱桥、第一座双链悬索桥、第一座单向双车道、三车道及四车道公路隧道、第一座地下互通式立交等。在院成立五十周年之际,我们又编撰了这本集中反映和全面展示近年来我院科技创新成果及其工程应用的论文集。其中不仅有对路、桥、隧等传统专业研究的最近成果,还有对产品、信息等新兴产业做出的前沿探索。我认为,这本论文集正可佐证我们的“改变”与“不变”,从科技创新的角度,既能体现我们的新旧更迭与自我超越,更能表达我们一以贯之服务国家发展、行业进步、社会繁荣的价值追求。

今天的招商交科人提出了打造“百年交科”的梦想。从五十年到一百年以至更加遥远的未来,只要我们能够正确处理“改变”与“不变”的关系,对“应予改变”的勇于行动,对“必须不变”的敢于坚守,那么“百年交科”的梦想就一定会化为现实。我深信,到那时,招商交科院为国家、行业、社会所能做出的贡献必将更加令人期许。

是为序。

招商交科院 董事长、党委书记



2015年4月26日于重庆

目 录

第一部分 发展与进步

创新驱动 山河畅通

——技术创新驱动山区交通建设发展的实践与展望	韩道均(3)
山地城市桥梁建设与展望	王福敏 刘 亢(10)
智能交通系统的历史、现状与发展	韩 直 ¹ 王少飞 ² (18)
我国公路隧道养护现状与展望	丁 浩 ^{1,2} 王芳其 ^{1,2} 刘永华 ^{1,2} 张 琦 ^{1,2} (25)
桥梁防船撞研究现状及趋势	耿 波 王福敏 汪 宏(33)
重庆都市区智能交通管理系统发展思考	王少飞 ¹ 张继先 ² 譙 志 ¹ (44)
转制科研院所的科研开发与技术进步浅析	杨 阳(53)

第二部分 道路与交通

重庆“二环八射”高速公路中勘察设计理念的应用体会	邹 云 林永胜 吴志强(59)
运营期干线高速公路崩滑灾害应急抢险工程实例分析	柴贺军 ¹ 徐建强 ¹ 黄 河 ² (69)
变形等效原则下路基回弹模量季节效应分析	李 聪 ¹ 刘中帅 ² (74)
聚氨酯碎石透水路面结构层合理厚度取值探讨	王火明 ¹ 李汝凯 ^{1,2} 丁海波 ² 徐周聪 ¹ (79)
山区泥石流调查及动力特征研究	周小军 ¹ 裴来政 ² (86)
基于视觉的车道偏离检测算法研究	朱 湧 ¹ 马 璐 ² (94)
环氧沥青固化影响因素研究	盛兴跃 李 睿 李 璐(101)
浇注式沥青混合料矿粉细度控制范围研究	胡德勇 王 民 高 博 詹成根(105)

第三部分 桥梁与结构

强震山区钢筋混凝土索塔悬索桥抗震性能研究	唐光武 ¹ 高文军 ¹ 黄福伟 ² 郑万山 ² (113)
----------------------------	---

正交异性钢桥面板局部足尺模型疲劳试验方法研究	刘孝辉 ¹ 安永日 ¹ 杨 显 ² 梁 磊 ² (121)
软件柔性化设计在桥梁动载试验分析中的应用	陈 卓 石永燕 黄光清 (128)
基于混合逻辑动态模型的拉索—MR 阻尼器系统半主动控制分析	安永日 ¹ 黄 颖 ² 苏文明 ³ 郑 罡 ⁴ (135)
高家花园轨道桥钢—混凝土结合段局部应力分析	徐荣鹏 姚建军 (144)
矮塔斜拉桥塔梁固结段受力特征研究	燕海蛟 于海洋 陈 松 (151)
一种新的针对随机子空间法中块 Hankel 矩阵 QR 分解的快速算法	孟利波 唐光武 (157)
减隔震支座在高低墩混合连续梁桥中的应用	魏思斯 (163)

第四部分 隧道与安全

海底沉管隧道火灾温度分布特征规律研究	蒋树屏 ¹ 徐 湃 ² (175)
硬岩条件下 3 车道公路隧道钻爆设计	程崇国 ¹ 郭 军 ¹ 郑 欣 ² (187)
公路隧道抗震设防目标与标准研究	林 志 (193)
新建车行横通道对既有隧道结构的影响研究	李 科 ¹ 胡学兵 ¹ 郭 军 ² (204)
连拱隧道结构形式优化研究	胡学兵 (211)
隧道洞口高含水率软弱土层开挖引起大变形的解决措施	曹更任 ¹ 马锐华 ² (218)
富水冲沟段大跨隧道全断面法快速施工技术研究	郭 军 ¹ 郑 欣 ² (224)
城市明挖隧道基坑桩板墙支护设计	廖 峻 ¹ 吴胜忠 ¹ 肖 博 ¹ 王聪聪 ² (233)
重庆地区公路隧道二次衬砌早期裂损特征分析	石 波 谢 锋 (239)

第五部分 环境与景观

创建“美丽公路”之景观对策	杨航卓 宁 琳 (251)
贵州省仁怀至赤水高速公路景观规划分析	陈 芳 杨航卓 艾 乔 阴 磊 (257)
高速公路收费天棚设计浅析	向湘林 蔡左宁 米彦鹏 (265)
Na 型人工沸石在污染空气土壤净化系统中的应用研究	刘 洋 (272)
钟山至昭平高速公路工程对路域珍稀濒危野生动物资源的影响评价	张 怡 ¹ , 王振兴 ² (279)
重庆市隧道空气 CO 污染特征分析	陈克军 蒋树屏 蒋红梅 刘 洋 (285)

第六部分 加固与养护

钢束腐蚀对连续刚构桥正常使用状态影响精细化分析	王 鹏 王福敏 张 力 (293)
-------------------------------	-------------------

某悬索桥加固方案探讨	王丰华	王 鹏	(302)
下承式钢管混凝土系杆拱桥养护技术要点	易 辉		(305)
钢托架加固方法在龙滩河桥上的应用	朱雪源	陈 松	于海洋(310)
矮塔斜拉加固法在石嘴山黄河大桥主桥加固中的应用	于海洋	燕海蛟	朱雪源(315)

第七部分 系统与产品

“云眼”边坡智能监控及预警系统的开发及应用	阎宗岭	黄 河	张小松	柴贺军(323)
预应力智能真空循环压浆系统及工程应用	廖 强	李文锋	须民健	(330)
基于热敏电阻温度传感器的 256 通道温度测量系统	张又进	孟利波	刘会耕	(336)
桥梁全天候轴载调查系统设计	杜长东			(341)
整车式动态称重系统信号噪声分析研究	朱世宇	杜长东	黄 丹	何春虎(345)
高速公路网中观交通仿真系统研究	林 勇			(353)
高精度倾角测量系统设计	陈 果	潘 飞		(363)

第一部分 发展与进步

创新驱动 山河畅通

——技术创新驱动山区交通建设发展的实践与展望

韩道均

(招商局重庆交通科研设计院有限公司 重庆 400067)

摘要:山区是交通建设攻坚克难的前线,也成为孕育交通建设前沿、尖端、高水平技术的摇篮。本文通过对技术创新与山区交通建设发展的关系、山区交通建设主要创新成果与展望等的阐述,论证了技术创新是驱动山区交通建设发展的根本动力。

关键词:技术创新 山区交通 驱动 建设发展

Innovation-Driven, Mountains and Rivers Unblocked ——Practice and Outlook of Traffic Construction and Development in Mountainous Area Driven by Technical Innovation

HAN Daojun

Abstract: Mountainous area is the frontline of traffic construction overcoming difficulties and also becomes a cradle of breeding cutting-edge, highly-sophisticated and high-level technologies in traffic construction. This paper demonstrates that technical innovation is fundamental power for driving traffic construction and development in mountainous area by expatiating the relations between technical innovation and traffic construction and development in mountainous area, main innovative products and outlook of traffic construction in mountainous area, etc.

Key words: technical innovation traffic in mountainous area drive construction and development

0 引言

交通建设是一种克服空间障碍,缩短位移时间,方便人们及其生产产品或提供服务的转移,以此满足生产生活需要的改造自然界的活动。克服空间障碍是其根本方式,缩短位移时间是其直接目的,正是基于此,所要克服的空间障碍对象越复杂,就意味着难度越高,也就需要研发、掌握并运用更为高超的技术。在自然界的有形空间中,山区,尤其是高山峡谷等地形复杂、地貌多样、地质恶劣的区域,必然是交通建设攻坚克难的前线,也就成为孕育交通建设前沿、尖端、高水平技术的摇篮。

1 技术创新驱动山区交通建设发展

1.1 技术创新的界定

众所周知,“创新”(innovation)一词由美籍奥地利经济学家熊彼特于1912年在《经济发展理论》一书中首次提出^[1]。不过,首次将“技术”与“创新”结合起来并加以界定的是索罗(S. C. Solo)1951年所著的《在资本化过程中的创新:对熊彼特理论的评论》^[2]。此后,技术创新作为理论对象被广泛研究。目前,国内官方最权威的界定是中共中央、国务院1999年作出的《关于加强技术创新,发展高科技,实现产业化的决定》,其中指出“技术创新,是指企业应用创新的知识和新技术、新工艺,采用新

的生产方式和经营管理模式,提高产品质量,开发生产新的产品,提供新的服务,占据市场并实现市场价值^[3]。”

从技术专业的角度来看,技术创新的对象是技术本身,活动内容具有创造性和新颖性。所谓创造性,简而言之就是要能创造价值,也就是要能满足人们某种需求并愿意为之付出代价;所谓新颖性,就是前所未有。一项技术只要能创造价值且前所未有,就应当是技术创新,也就是技术工作奋斗的最高目标。反之,如不以技术创新为最高目标,那么技术工作即便是能够产生价值,也只是简单地重复劳动,其从业者只能是技术人员,而不会变成技术专家。

1.2 技术创新在山区交通建设发展中的作用

1.2.1 交通建设发展依靠技术创新

交通建设与工程领域中的其他活动一样,需要技术创新的强力支持。以公路交通基础设施为例,世界上第一所路桥专业学校于1747年在巴黎建立,此后公路工程才以一种专业“身份”亮相人类舞台。直到20世纪中叶,也就是第二次世界大战以前,无论是公路基础设施的规模还是质量,均未得到明显改善,绝大多数公路属于“晴通雨阻”的砂土路,即便现在看来落后、当时已属技术含量极高的碎石路面的比例在法国和英国等欧美发达国家也不足40%^[4]。

德国于第二次世界大战前建成了世界上第一条高速公路,它的出现带动了路线勘测、路基工程、路面工程、排水工程、桥涵工程、隧道工程等建设所需的各方面技术的快速发展,从根本上改变了公路交通的面貌,形成今天看到的公路路网格局。仅就路面材料为例,没有水泥混凝土与沥青生产技术的引进与铺筑技术的创新,今天人们乘坐的车辆还只是行驶在砂土或碎石构成的路面上,其舒适性、可靠性、安全性将难以想象。

由此可见,在交通建设发展中,技术创新虽非唯一要素,却是必备要素,而且无论是其他工程领域创新成果的引入,还是本领域自身技术的创新,都从根本上改变着交通基础设施的基本面貌和发展路径,因此,将其作为驱动力绝非夸大其词。

1.2.2 技术创新突破山区交通建设发展的瓶颈

无论是国家发展战略方面,还是从人民生产生活的需求而言,没有人会质疑山区需要交通建设。然而,山区相较于地势更为平坦的地区而言,对交通建设提出了更多建设难题,也成为技术研发的新课题。比如:山区公路路基病害的处治、高墩高架桥梁的抗震、长大隧道的设计施工及其健康诊断、山区公路环境保护和地质灾害防治等。要解决这些难题,不可能照抄照搬平原地区交通建设的技术创新成果,因此,专门从事与山区交通建设有关的技术创新是解决难题的必由之路。

2 技术创新驱动山区交通建设发展的主要成果

招商局重庆交通科研设计院有限公司(以下简称“招商交科院”)始建于1965年,虽然历经“交通部交通科学研究院重庆分院”(1965~1980年)、“交通部重庆公路科学研究所”(1981~1999年)、“重庆交通科研设计院”(2000~2008年)各阶段的变化,但其长期立足中西部地区,尤其是在山区交通建设技术的研发与工程应用方面,培育了一批技术专家,建立了国家山区公路工程技術研究中心,通过解决具体的公路与市政工程中遇到的难题,持续创新有关技术。近年来形成的优势技术见表1。

这些代表性的技术,可以作为一个侧面反映出我国山区交通建设技术创新所取得的成绩。同时,技术创新成果应用的山区交通典型工程主要有:

(1)高等级公路方面,重庆渝黔高速公路、忠垫高速公路、石忠高速公路、洪西高速公路,广东省清远市清连一级公路、汕梅高速公路、河梅高速公路、广乐高速公路、四川邛名高速公路、广西隆百高速公路、湖南怀通高速公路、云南石锁高速公路、普宣高速公路等。

(2)特大桥梁方面,福建厦漳跨海大桥、安徽安庆长江大桥、重庆朝天门长江大桥、重庆菜园坝长江大桥、重庆东水门长江大桥、一千厮门嘉陵江大桥(简称“重庆两江大桥”)等。

现有优势专业技术一览表

表 1

道路与岩土						桥梁与结构						隧道与地下工程						交通与节能					环境工程				景观建筑			
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4
山区高速公路勘察设计及成套技术	公路高边坡稳定性评价及其加固技术	地质灾害评估和防治处治技术	大型复杂互通设计技术	特殊路面铺装技术	道路维修、养护材料及装备技术	跨江跨河特大桥设计成套技术	桥梁索缆制作和施工技术	桥梁结构动力学及防灾减灾技术	桥梁检测、监控及评估技术	桥梁改扩建技术	桥梁维修加固技术	山区公路隧道勘察设计成套技术	隧道复杂地质处治技术	长大隧道运营通风、照明及防灾减灾技术	大断面地下洞室及特殊结构设计技术	隧道施工控制技术	隧道检测及维修加固技术	高速公路交通安全设施及三大系统成套技术	道路与城市交通规划技术	隧道及地下空间节能技术	交通工程设施及产品检测评估技术	交通工程监控产品（火灾报警、动态称重、交调）	环评、水保、咨询评估技术	电磁辐射评估技术	环境监测技术	公路生态保护与恢复技术	公路景观规划、设计技术	城市、小区景观创意设计技术	公路、市政绿地与生态规划设计技术	交通服务设施建筑规划及设计技术

(3)长大隧道和城市地下工程方面,陕西秦岭终南山隧道、重庆方斗山隧道、重庆真武山隧道、重庆吕梁山隧道、重庆白云隧道、山西拍盘隧道、重庆轨道交通二号线多座地下车站、亚洲最大跨度的重庆三号线红旗河沟地下车站、湖南长沙湘江营盘路水下隧道等。

在此,笔者选择亲历的几个工程项目,就技术创新是如何驱动山区交通建设发展的实践作一介绍。

2.1 广东省清远市清连一级公路

2.1.1 基本情况

广东省清远市清连一级公路是国道 107 的组成部分,位于广东省西北部地区,南起清远市郊的迳口,北至粤湘交界的连州市大路边镇凤头岭,路线总体走向为南北方向,总长约 216km,是粤北山区和民族地区经济社会发展的纽带,建成时(1997 年)是粤湘之间最快捷的公路通道,对清远与珠三角和内地的经济来往和合作有着十分重要的意义。

招商交科院主要承担清连一级公路的星子—邵村段勘察设计任务,项目起于连州市星子镇,路线主要沿星子河由北向南布设,经麻布镇、保安镇、连州市,止于邵村,路线全长 33.08km。技术人员于 1994 年 9 月进场开展初测工作,1995 年元月完成初步设计,当年 6 月完成施工图设计。该项目是我院从研究所向科研设计院转型的一个标志性项目,也是我院在广东省承担的第一个项目。

2.1.2 技术难点与创新

项目按重丘区一级公路技术标准建设,采用计算行车速度 80km/h,路基宽度 24.5m,设计标准采用《公路工程技术标准》(JTJ 01—1988)。全段路基平均每公里土石方 10.9 万 m^3 ;设桥梁 19 座,总长 2 427m;互通式立交 2 座;分离式立交 6 座;通道 19 处。施工图预算总额 4.93 亿元,平均每公里造价 1 492 万元(1995 年价)。

(1)在路线选线方面,项目路线所经地形以中丘—低山为主,地形起伏多变,溪河纵横密布,且地质情况复杂,主要有由碳酸盐岩构成的侵蚀—溶蚀低山地貌和剥蚀—溶蚀峰丛、峰林、残丘地貌,岩性一般为石灰岩、白云质灰岩,存在岩溶、危岩、崩塌体和采空区塌陷等不良地质现象。为了减少水土流失,减少对周围环境的破坏,在路线方案布线时精心研究,充分利用地形条件,五跨星子河,避免了对山体的大挖大填,减少了圬工防护工程数量,同时沿河段尽量不压缩河道,满足了排洪的需要。

(2)在路线设计方面,路线设计采用较高的指标,平曲线最小半径 500m,最大纵坡 4%,满足设计速度 80km/h 的要求,同时在设计中重视平纵组合设计。由于采用的平纵指标较为合理,线形流畅均衡,交通安全性好,通车多年无重大交通事故发生,使得本段公路在后来清连一级公路升级改造为高速公路时,维持了原有的平面路线线位和横断面布置,大大节省了改造资金。

(3)在路面材料方面,因地制宜,充分利用当地丰富的水泥资源,全线统一采用水泥混凝土路面。考虑到国道 107 南北向交通的不均衡性,设计根据实际载重情况对不同方向的车道采用了不同的路面厚度,其中对重载率较高的南下车道面层厚度采用 26cm,而对重载率相对较低的北上车道水泥混凝土面层厚度采用 25cm,南下车道比北上车道厚 1cm。避免了采用相同厚度路面导致的浪费或工程寿命缩短问题。

(4)在新技术引进应用方面,项目勘察设计过程中技术人员充分利用了当时先进的技术和方法,勘测中首次采用了全球卫星定位系统(GPS)进行控制测量,测图及放线均采用红外测距仪,使得测量精度和速度大为提高;内业设计中,在当时计算机尚未普及的时期,即率先配备了计算机,图表全部采用计算机出图,使设计文件规范美观,其中路线设计采用了我院自主编程的 CAD 软件自动计算并成图,有效地提高了工作效率和设计精度。

2.2 重庆两江大桥

2.2.1 基本背景

重庆两江大桥工程是一个庞大的公轨两用、桥隧一体的城市道路复合交通系统,是作为重庆市轨道交通六号线的过江载体,完善城市道路的重大市政基础设施建设项目。项目全长 2.77km,主要由东水门长江大桥、千厮门嘉陵江大桥和渝中连接隧道组成,我院在渝中地区高楼林立的不利条件下,采用偏移的隧道将两座跨江大桥连接起来,从而使轨道交通 1 号线 6 号线地下换乘车站与地下汽车通道和谐并存,桥连隧、隧接桥,它们如珍珠般依次串联在一起,实现对重庆主城两江的飞跨和渝中半岛的穿越。

东水门长江大桥和千厮门嘉陵江大桥如同孪生兄弟,均为单索面公轨两用部分斜拉梁桥,上层双向四车道公路交通,下层双向轨道交通,桥面总宽 24m。其中东水门大桥为双塔,桥跨布置为 $(222.5 + 445 + 190.5)$ m,主桥长 858m,主跨为 445m;千厮门大桥为单塔,桥跨布置为 $(88 + 312 + 240 + 80)$ m,主桥长 720m,主跨为 312m;渝中连接隧道为双洞四车道,全长约 720m。

重庆两江大桥结构新颖、技术含量高,工程沿线建筑物密集,是典型的山地城市公轨复合交通、桥隧一体共建的示范工程,是地处重庆两江交汇的重要地理位置的景观桥梁,具有以下显著特点:

(1)大桥主塔采用空间曲面构造形式,外轮廓为圆润的天梭造型,外形美观,具有独创的景观效果。桥塔高度在桥面以上仅 109m,大大降低了同等跨径斜拉桥的桥塔高度,使大桥结构与周边密集高层建筑群和谐相容。

(2)大跨径公轨两用斜拉桥采用了单索面稀索体系,东水门大桥每个主塔仅设 9 对拉索,千厮门大桥主塔仅设 10 对拉索,索间距 16m。单索面设计改善了车辆在桥面行驶的视野范围,两侧山、水、城浑然一体的景色尽收眼底;稀索体系减少了索面对周边建筑物的遮挡以及车辆行驶的视觉障碍。

(3)主梁采用了开敞式、少杆件的华伦式三角形桁架,让轨道过江的乘客有舒适的视觉感受,同时也使得结构充满层次感,透且轻盈。具有强大刚度、双层通行的钢桁主梁与单索面稀索体系、低高度的桥塔实现了完美的结合。

(4)主梁穿过主塔时的支承构造,摒弃了常规的塔柱间设置横梁的方式,采用了单体的草莓状牛腿构造,保证了主塔的秀美外观。

2.2.2 技术难点与创新

(1)针对不同的技术难点,招商交科院的技术人员开展以下技术创新工作:

①在桥塔特有的造型下要实现单索面体系,桥塔拉索锚固区突破了常规的设计模式,采用了透空的开敞式钢锚箱,通过剪力钉与主塔连接,其承载能力和耐久性能需得到保障。

②斜拉索采用钢绞线斜拉索与塔、梁连接,采用单根挂索、单根张拉成型的工艺施工。由于采用了单索面稀索体系设计,使得每根拉索成桥最大索力达 1 450kN/根,为目前斜拉桥索力之最,其规格由 139 根钢绞线组成,突破了国内行业标准。

③为适应单索面设计,主梁结构采用了具有弯剪横梁的板桁构造、栓焊结合钢桁梁,桥面板与主桁

共同参与结构受力。

④大桥的主梁及桥塔塔身内,设计有检查车和升降电梯,可对主体结构实现全方位的检查和维护。

⑤大桥设计安装了完善的健康监测系统,使大桥的运营健康状态有了灵动、实时的准确报告。

(2)除了设计技术创新,为解除因诸多技术创新带来的对结构可靠性的担忧,在理论计算分析和精心设计的基础上,招商交科院还开展了一系列试验研究:

①“船桥碰撞风险分析研究”解决了桥墩位于黄金水道中合理位置选择和桥墩防撞的问题。

②“大桥风、车、桥耦合振动研究”解决了公、轨两用桥梁车桥系统动力响应对列车行车安全和舒适性的影响问题。

③“桥塔钢锚箱足尺模型试验研究”验证了开敞式钢锚箱构造设计的可靠性。

④“钢横梁与拉索交叉点疲劳细节试验研究”验证了梁、索连接构造设计的可靠性。

⑤“超大吨位钢绞线斜拉索制造与施工关键技术研究”解决了逐根安装、逐根张拉、整体调索的工艺问题和钢绞线索力均匀性问题,并通过139根钢绞线足尺拉索的疲劳试验,检验了超大规格拉索的可靠性。

重庆两江大桥工程依靠科技创新,突破传统经验禁锢,依托我院雄厚的技术实力,优质高效地完成了设计工作,通过建设单位以“优质、安全、创新、环保”作为管理目标实施建设,目前两座大桥均已全面竣工。

2.3 真武山隧道

2.3.1 基本情况

重庆渝黔高速公路真武山隧道($2 \times 2\,940\text{m} + 2 \times 980\text{m}$,六车道)是国内较早(1997~1998年)的三车道大断面隧道长大公路隧道。隧道建设期间,我国三车道大断面公路隧道建设还刚刚起步,既无成熟的经验可借鉴,又无标准和规范可执行,设计、施工经验不多。因而,无论是设计理念、施工方法还是围岩稳定性等方面,都面临着许多需要攻关的前沿研究课题。

2.3.2 技术难点与创新

面对地质条件复杂、不良地质多样,穿越可溶岩层、煤线、采空区、瓦斯、溶洞、暗河等,招商交科院的技术人员在设计工程中主要采取了以下技术手段加以解决。

(1)隧道纵面设计优化。真武山为两峰夹一槽谷地形,槽谷走向与南温泉背斜构造一致,真武山隧道横穿南温泉背斜。隧道采用纵坡为人字坡,重庆端为2.9%上坡,湛江端为2.5%下坡,在槽谷暗河隧道埋深最浅位置开天窗采用路堑通过,并以人字坡最高位置上跨地下暗河通道,将原一座4 000m的特长隧道拆分两座2 940m的长隧道和980m的中隧道,同时两隧道之间设110m的路堑。避免了隧道下穿或与地下暗河交叉,保持了暗河原有水流通道畅通,极大改善了通风条件,保护了山体地下水环境,同时也减少地下暗河对隧道的危害。

(2)隧道断面的确定。隧道采用了矢跨比较小的三心圆拱形断面,与当时国内已建成的三车道隧道断面相比,减小了断面净空,减少了开挖工程量,降低了工程费用。

(3)隧道结构的设计。按新奥法进行设计,采用复合式衬砌,针对重庆地区的实际,提出了相应的支护参数和支护形式。

(4)断面开挖技术。Ⅲ级围岩采用全断面开挖,光面爆破控制爆破技术,减少了对围岩的扰动,加快了施工进度。

(5)不良地质的洞口处理。鉴于隧道进口岩体破碎、仰坡陡峻、稳定性差,针对在洞口偏压地形在开挖过程仰坡出现高位大范围变形,可能出现垮塌的严重情况,除对隧道仰坡采取防护措施外,巧妙地利用了洞口地形,国内首次采用了先对洞口偏压地形进行反压回填、洞口设长管棚超前支护,再开挖隧道,结合型钢钢架支撑中隔壁法开挖的综合技术措施,克服了洞口松散偏压、滑塌等不良现象,改善了洞口地形条件,有效地控制了仰坡山体的变形,保持了洞口山体稳定,同时也使隧道洞口段偏压衬砌结构改善为对称受力结构,取得了良好的效果,为国内同类工程提供了有益的经验。

(6)地下暗河的处理。对揭露的暗河通道,采用盖板跨越,隧道衬砌和洞门墙直接在盖板上施作的