

J “九五”国家重点科技攻关项目成果论文集
JIUWU GUOJIA ZHONGDIAN KEJI
GONGGUAN XIANGMU CHENGGUO LUNWENJI

国道主干线设计 集成系统开发研究

交通部科技教育司 编



人民交通出版社

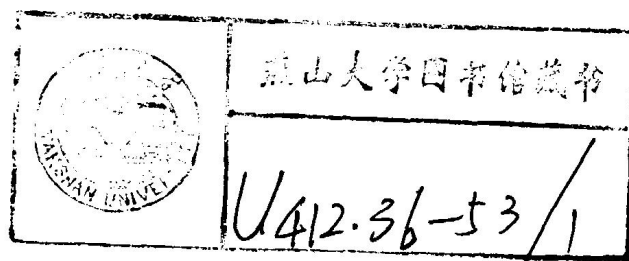
G

UDAO ZHUGANXIAN SHEJI JICHENG XITONG KAIFA YANJIU

“九五”国家重点科技攻关项目成果论文集

国道主干线设计集成系统开发研究

交通部科技教育司 编



人民交通出版社



0758536

05
10
02

-40

032/232

内 容 提 要

“国道主干线设计集成系统”是国家“九五”重点科技攻关项目。该项目包含了4个课题,即“GPS、航测遥感、CAD集成技术开发”、“公路通行能力研究”、“公路投资综合效益分析系统研究开发——路面管理系统”、“GIS在公路设计中的应用研究与开发”。本书全面总结了该项目的研究成果,共收集论文40篇。

图书在版编目(CIP)数据

国道主干线设计集成系统开发研究/交通部科技教育司编.-北京:
人民交通出版社, 2001.6
ISBN 7-114-03986-7

I.国… II.交… III.国道:干线道路-计算机
辅助设计-研究-文集 IV.U412.36-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第043884号

“九五”国家重点科技攻关项目成果论文集
Guodao Zhuganxian Sheji Jicheng Xitong Kaifa Yanjiu
国道主干线设计集成系统开发研究

交通部科技教育司 编

正文设计:孙立宁 责任校对:刘高彤 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号 010—64216602)

各地新华书店经销

北京牛山世兴印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:22 字数:544千

2001年8月 第1版

2001年8月 第1版 第1次印刷

印数:0001—2000册 定价:58.00元

ISBN 7-114-03986-7

U · 02904

编委会名单

主任：张春贤

副主任：任茂东

编委：张春贤 任茂东 刘家镇 陈国靖 王笑京
郑家庆 李子青 赵冲久 张敬 曲长志
左其华 袁雪戡 杜颖

主编：任茂东 刘家镇

副主编：赵之忠 郑代珍

编辑：杨志峰 李华国 张杰 杜力 杨江芑
孙玉平 王文奎 方景 毛凯 赵智邦
邓冰 胡卫群 赵瑞琴

序

随着新世纪的到来和“十五”计划的全面启动,我国交通事业也进入了更加快速发展的时期。为更好总结“九五”国家重点科技攻关的科研成果,促进科研成果进一步转化和推广,提高交通建设科技含量,加速交通现代化进程,由交通部科教司组织编写了《国道主干线设计集成系统开发研究》和《深水枢纽港建设关键技术及示范工程》两本科技成果论文集。

“九五”是我国交通发展取得显著成绩的五年,也是交通科技取得重大进展的五年。为贯彻实施“科教兴交”战略,“九五”期间我部组织实施了“国道主干线设计集成系统开发研究”、“深水枢纽港建设关键技术及示范工程”等国家重点科技攻关项目。这些项目紧密结合“九五”交通基础设施建设和运输发展形势,对涉及交通事业发展的关键技术进行集中攻关。经过科技人员的艰苦努力,取得了突破性的进展,多项成果达到国际领先水平。这些研究成果已经直接服务于国民经济主战场,为交通行业产业升级和结构调整作出了积极贡献。

这两本论文集是交通科技工作者五年来集中攻关的丰硕成果的总结,更是广大交通人不懈努力、勇于创新的智慧结晶。在此对参与这项工作的科技人员表示衷心的感谢,并祝愿他们今后为我国交通事业发展作出更大贡献。

张春贵

二〇〇一年八月

前 言

“九五”期间,随着国民经济持续、健康、快速的发展,我国公路基础设施建设保持高速发展的势头,以国道主干线系统为主体的高速公路建设更是突飞猛进,特别是1998年国家提出要加快基础设施建设,连续三年全国公路建设年投入资金超过2000亿,公路建设达到一个新的历史水平。到“九五”末,全国公路通车总里程达140万公里,比“八五”末的115.7万公里增幅达21%;高速公路达1.6万公里,比“八五”末的2141公里增幅达647%;二级以上公路达18.8万公里,比“八五”末的9.4万公里增幅达100%。“九五”同期,为适应公路建设的需要,特别是五纵七横国道主干线系统高等级公路建设的需要,着力提高公路设计的效率、质量和水平,交通部主持实施了“九五”国家重点科技攻关项目(96-412)“国道主干线设计集成系统开发研究”,围绕国道主干线及公路网的建设,开发应用GPS、航测、遥感技术、GIS,开发数字地图、数字影相技术,完善提高公路CAD技术,形成高效地数据采集、数据处理、计算机辅助设计为主体的公路勘察设计集成技术;结合我国的具体国情,研究并提出高速公路与一般公路的主要路段和各种常见交叉口所能承受的交通流量即交通通行能力;通过对车辆运营费用、时间费用、交通事故费用的预测与分析,建立包括建设费用、养护费用、使用者费用在内的全费用公路投资综合效益分析系统及方法;通过GIS的二次开发和交通量预测及分配模型的应用研究,建立公路交通GIS和公路数据库集成系统。最终形成以GPS、航测遥感、CAD集成设计技术,公路通行能力,公路投资综合效益分析系统,GIS公路数据库集成系统为核心的成套集成技术,对公路建设发挥出巨大的科技推动力,使我国的公路勘察设计技术有所创新,总体水平有大幅度度的提高,设计质量和效率有新的突破,为公路网规划、公路工程项目建设规模的确定、进行优化设计和科学决策提供了方法和先进手段,其技术水平达到了国际领先和国际先进,并且已应用到多项国家重点工程的生产实际,取得了显著的经济效益和社会效益。

国道主干线设计集成系统开发研究(96-412)项目由6个专题构成:96-412-01-01专题“GPS、航测遥感、CAD集成技术开发研究”,96-412-02-01专题“公路通行能力研究”,96-412-03-01专题“公路投资综合效益分析系统的研究”,96-412-04-01专题“GIS在公路设计中应用的共性及综合技术研究”,96-412-04-02专题“GIS在公路设计中应用及在安徽、天津的实施”,96-412-04-03专题“GIS在公路设计中应用及在陕西的实施”。国家投入攻关科研经费1700万元,承担单位和参加单位自筹2894万元,共计完成科研投入4594万元。项目专题承担和参加单位共由1个国家级部属研究所、3个部级设计院、4个院校、15各省市公路局等单位组成,近300位科研人员参加了联合攻关,取得了28项国家和部级重大科技成果,33项主要研究成果;建立了3个试验研究基地,3个系统集成试验研究基地,1个网络化设计协同作业线,3个应用示范点。以及所取得的科研论文按专题汇编成册供交通系统科研人员、管理人员参阅,以便利于科技成果更广泛的推广应用。

目 录

GPS、航测遥感、CAD 集成技术开发(96—412—01)

公路勘察设计方式的重大变革	(3)
GPS、航测遥感、CAD 集成技术	(12)
公路 CAD 技术研究	(18)
公路数字地面模型系统 BID-Land2000	(25)
桥梁设计集成 CAD 系统 BID-Bridge2000	(32)
桥梁三维造型系统的研究	(42)
数字摄影测量技术在公路测设中的研究与应用	(53)
公路路线与互通立交集成 CAD 系统 BID-Road2000 路线与 立交计算机辅助设计	(60)
公路路线与互通立交集成 CAD 系统 BID-Road2000 纵断面 设计	(71)
公路路线与互通立交集成 CAD 系统 BID-Road2000 横断面 设计	(80)
遥感技术在公路工程地质中的研究与应用	(89)
面向对象技术在 CAD 集成中的应用	(95)

公路通行能力研究(96—412—02)

高速公路基本路段通行能力研究	(103)
《公路通行能力指南》的编制与分析系统的开发	(112)
中国公路通行能力研究状况回顾与展望	(118)
设计小时交通量系数的研究	(125)
无信号交叉口多车型混合车流的通行能力	(131)
环形交叉口通行能力分析	(138)
公路路段交通流模拟模型设计与开发	(143)
公路收费口通行能力研究	(154)
基于 M/G/K 模型的高速公路收费站通行能力研究	(159)
双车道公路速度与通行能力分析	(167)
交叉口通行能力的综合算法	(174)
公路路段车辆折算系数的分析计算	(180)

目 录

公路投资综合效益分析系统研究开发 (96—412—03)

油耗预测模型:理论与标定	(189)
时间费用预测模型研究	(210)
公路投资与养护决策	(216)
发动机转速预测模型研究	(222)
自由流速度预测模型研究	(231)
通行能力预测模型研究	(251)
发动机油耗仿真系统研究	(265)

GIS 在公路设计中的应用研究 与开发(96—412—04)

开放式公路数据库集成系统的设计与开发	(285)
GIS 在公路可行性研究交通量预测中的应用	(294)
山东省公路数据库系统建设	(298)
天津市公路地理信息系统的开发应用	(306)
GIS 在安徽省公路设计中的应用示范工程	(313)
公路电子地图制作中的 GPS 定位研究	(321)
交通电子地图系统开放式设计方法研究及实现	(325)
公路工程可行性辅助分析系统(RoadPre)的研究与开发	(330)
WebGIS 在公路信息系统中的应用研究	(337)

GPS、航测遥感、
CAD 集成技术开发

(96—412—01)

公路勘察设计方式的重大变革

郑家庆

(中交第二公路勘察设计研究院)

摘 要 “GPS、航测遥感、CAD 集成技术开发”是“九五”国家重点科技攻关项目,着重解决 GPS、数字摄影测量、遥感地质等现代高新技术与公路 CAD 集成的技术难题,课题研究实现了从公路测量、设计到成果输出的自动化集成。本文扼要介绍该课题的立项背景、研究内容和研究成果,并对其技术经济效益进行了简要分析。

关键词 科技攻关 GPS 测量 航空摄影 遥感地质 CAD 数字地面模型 公路虚拟景观

1 概 况

目前我国公路行业勘察设计,依然没有突破传统的模式和方法,与国际先进水平相比,技术含量低,特别是高科技含量不足,这是影响我国公路测设水平、测设质量和效率的重要因素。

“六五”、“七五”期间,国家和交通部组织了大量的技术攻关,完成了如航测技术、遥感地质判释技术、公路 CAD 等攻关课题。“八五”期间,着重应用了这些技术,并获得了显著的社会、经济效益。但是,随着软硬件环境的变化,GPS 技术、测绘技术、遥感技术、计算机技术的发展和 CAD 软件水平的提高,原有的测设技术明显落后。分析其原因,集中体现在如下几点:

1) 缺乏高科技投入。虽然计算机应用普及率大幅提高,但生产任务重,使得计算机技术开发的人力投入明显不足。

2) 软件开发缺乏组织,重复开发严重。新开发的软件集中于高难度的专项技术和自身生产急需的一些 CAD 专项软件,这些软件大多没有有组织地进行开发,系统的综合集成应用能力较低,在一般水平上重复开发严重,缺乏标准化、规范化、系统化,更谈不上集成化和可视化。

3) 没有紧跟相关学科技术的发展,并将其先进的成果加以综合应用。尤其是与之紧密相关的地表、地质信息的采集和处理技术,没有充分地进行开发和利用,致使技术潜能未得到充分发挥。

4) 公路勘察设计各单位的水平极不平衡,加上体制、市场的变化,先进的技术没有得到广泛的推广和充分的应用。

为了解决目前所面临的这些问题,国家计委下达了“国道主干线设计集成系统开发研究”项目,作为国家“九五”重点科技攻关项目。“GPS、航测遥感、CAD 集成技术开发”是其中的一个专题,由中交第二公路勘察设计研究院主持研究。经过课题全体人员 4 年多的刻苦攻关,课题通过交通部组织的鉴定验收。专家组认为:“‘GPS、航测遥感、CAD 集成技术开发’课题研究在国内尚属首次。在对国内外广泛深入调研的基础上,课题研究充分吸收了相关技术的最新

研究成果,是多学科、多专业最新技术的开发研究和集成。研究的起点高、领域广。课题研究成果经过了多项重点工程的生产应用,取得了显著的经济效益和社会效益”。“课题研究成果总体上处于国际领先水平”。

课题研究解决了公路建设中全球定位系统(GPS)、摄影测量、遥感地质和公路 CAD 等与公路测设密切相关的几项实用技术中的关键问题,并将这几项相互独立的技术合成为一套能直接应用于公路勘察设计的集成系统,实现了从测量、设计到成果输出的自动化和现代化,并从二维设计发展到三维优化设计。

课题成果推广应用在一定程度上能缓解现有的公路测设任务重、周期短的矛盾,在技术上或手段上为设计质量的提高提供强有力的支撑。特别是加入 WTO 后,随着系统的不断完善,也将逐步提高我国道路勘察设计在国际上的竞争力。

2 课题组成及主要研究内容

课题涉及领域广泛,由 GPS 技术研究、数字摄影测量技术研究、遥感地质技术研究、数字地面模型技术研究、公路 CAD 技术研究和集成技术研究六大部分组成。

本课题紧密结合国情和公路勘察设计特点,以成果的集成性、开放性、先进性和实用性为原则,突出系统的集成性和开放性,坚持技术研究与公路工程专业相结合的技术路线。课题研究的总体结构如图 1。

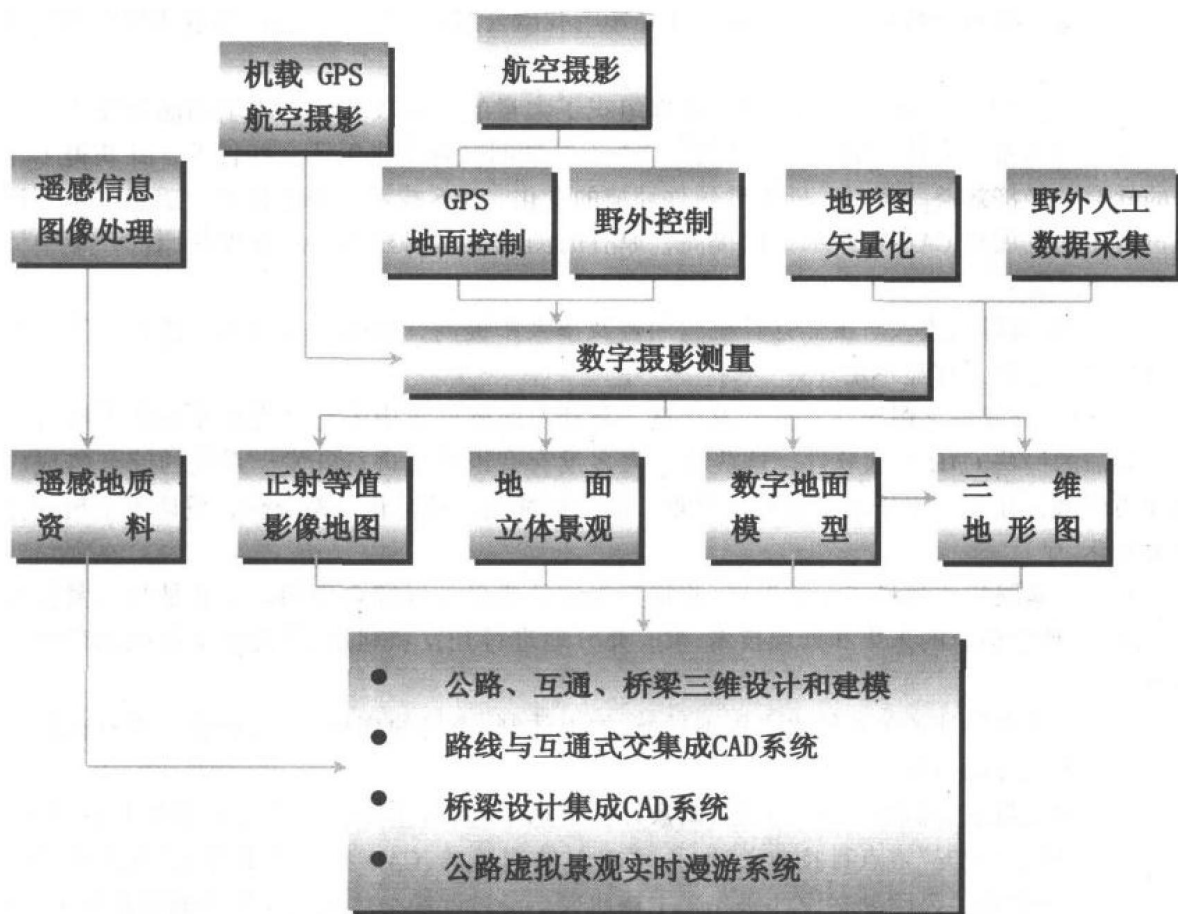


图 1 系统总体结构图

3 研究成果概述

3.1 解决的关键技术与创新

解决的关键技术和技术创新在于:

1)研究了 GPS 定位技术与传统测量技术之间的一系列精度匹配关系,提出了适用于各种公路工程(路线、桥梁、隧道)的测量作业方式。

2)研究了沿测线路径曲线拟合法和地形起伏改正的曲面拟合法,使 GPS 高程满足公路勘察设计 $\pm 30\sqrt{L}$ 精度要求。

3)首次将机载 GPS 辅助空中三角测量技术应用于公路带状区域地形测量,减少航测外业工作量 50% 以上;与数字摄影测量系统自动量测相结合,提高航测内业加密工作效率 3~4 倍。

4)首次采用数字摄影测量技术自动地进行地形数据采集和数字影像信息提取,大规模快速地向公路 CAD 系统提供三维地形基础信息数据。

5)研究了数字摄影测量网络协同作业方法,形成了规模化、自动化的大比例尺数字地图生产能力。

6)采用栅格数据矢量化技术和遥感图像处理技术,进行遥感地质解译,生成公路影像地质平面图,宏观地展现路线走廊带及周边地区的地形地貌及地质情况,为公路选线及方案比选提供地质依据。

7)采用面向对象软件工程技术开发完成了“数字地面模型(DTM)系统”、“路线与互通式立交 CAD 系统”、“桥梁 CAD 系统”和“公路虚拟景观漫游系统”,并实现了系统之间的集成。

8)数字地面模型(DTM)系统具有开放的数据接口,能顾及地形特征对海量数据进行不规则三角网(TIN)的快速建模,具有快速的数据粗差探测和模型点线的实时动态增、删、改的编辑功能。

9)建立了“线元法”,进行路线平、纵面可视化交互式设计,实现了线型动态实时拖动、编辑和图形数据的同步更新。

10)实现了路线横断面的智能化自动化设计、可视化交互动态修改,以及设计结果的自动更新。

11)交互式地进行填挖路基边沟排水设计和路基土石方自动/交互调配。

12)采用数据库技术管理桥梁设计项目,实现了对设计图形和设计数据的动态实时修改。

13)建立了数字化桥梁构件库,采用 OpenGL 图形技术实现了桥梁构件的实时三维预览,可直观地对数据进行图形化检查,便于构件数据的查询、选用和存档。

14)建立了公路路线、互通立交和桥梁三维模型,能与数字地面模型、数字影像模型叠加,形成景观模型,并可对景观模型进行实时透视漫游。

3.2 取得的主要科技成果

课题研究取得了下列重大科技成果:

1)实现了 GPS、航测遥感和公路 CAD 技术的集成。形成了以高新技术为主体的野外勘察、内业数据处理和 CAD 设计一体化的集成技术。

2)研究了满足公路大比例尺航测成图精度要求的自动量测带状区域 GPS 辅助空中三角测量,减少了航测外业工作量的 50%,航测内业加密作业效率提高 3 倍。

3)数字摄影测量系统与数字化改造后的模拟测图仪、解析测图仪相结合,形成网络化协同作业方式,快速大规模地采集地形信息数据。

4)自主开发了数字地面模型系统 BID-Land。系统具有接受多种数据源的开放数据接口;考虑地形特征的海量数据整体快速构建三角网模型;粗差探测、点/线实时增删改移、纵横断面插值和等高线生成应用等多种实用功能。

5)自主开发了路线与互通立交集成 CAD 系统 BID-Road。系统具有设计项目数据库管理;平纵面线形“线元法”交互布线,线形动态实时拖动,图形和数据的同步更新;纵面动态仿常规无序拉坡设计;横断面智能化自动设计和可视化交互动态修改;公路路基填方、挖方边沟排水设计;土石方自动/交互调配和路基三维模型自动建立等多种功能。

6)自主开发了桥梁设计集成 CAD 系统 BID-Bridge。系统具有设计项目的数据库管理;数字化构件库;全方位的三维模型预览;图形实时编辑与更新;正交 T 梁、空心板等任意结构施工图设计交互绘图工具包等多种功能。

7)自主开发了桥梁三维造型 CAD 系统 Brg3D。系统具有梁式桥、斜拉桥、悬索桥、拱桥等多种桥型方案三维造型功能。

8)实现了数字地面模型、路线和互通式立交三维几何模型、桥梁的三维几何模型快速叠加,生成公路综合模型,并对综合模型进行任意剖切和断面插值等操作。

9)自主开发利用了公路虚拟景观实时漫游系统 BID-VRS。系统将公路综合模型与数字正射影像叠加生成三维影像景观模型,并可进行场景布置与多媒体查询,实现了公路设计的虚拟景观实时动态漫游。

除上述取得的重大成果外,课题研究还取得了下列成果:

1)GPS 地面定位技术达到四等公路平面控制测量的精度要求,并与传统测量技术的精度相匹配;GPS 高差测量的精度达到 $\pm 30 \sqrt{L} \text{mm}$ 的要求。

2)RTK - GPS 进行满足公路测设精度的勘察设计数据采集与桩点放样。

3)自主开发了大比例尺数字化地形图的制图与编辑系统。系统具有地表数据的图形符号化和属性化以及三维制图与编辑功能。

4)生成了满足公路设计要求的 1:2000 路线数字正射影像地形图。

5)实现了地质资料数字化及计算机遥感图像处理,矢量/影像数据叠加,遥感图像地质解译;生成了遥感影像地质平面图。

6)自主开发了沥青路面结构计算 CAD 系统 APCAD。系统具有沥青路面设计、路面力学计算及主要设计图表等功能。

7)自主开发了桥梁下构设计计算软件,能进行桩柱式墩台、薄壁式墩台、埋置式桥台和 U 型桥台等下部构造主要施工图生成及 U 型桥台、桩柱式墩台的结构计算。

3.3 具有自主知识产权的软件成果

课题研究以“引进必需的国外设备和技术,共同研究相关领域的技术,走自主开发之路”作为技术路线,采用通用开放的普通微机、Windows 9X/NT/2000 操作系统、AutoCAD、Excel 等软硬件平台,及 Visual C++、ObjectARX、OpenGL 等先进的开发工具,运用面向对象软件工程技术、数据库技术、OLE 技术,研制开发了六套具有完全自主知识产权的数字地面模型、道路 CAD、桥梁 CAD 等软件系统:

1)数字地面模型系统 BID-Land;

2)路线与互通式立交集成 CAD 系统 BID-Road;

- 3)桥梁设计集成 CAD 系统 BID-Bridge;
- 4)公路虚拟景观实时漫游系统 BID-VRS;
- 5)桥梁三维造型 CAD 系统 Brg3D;
- 6)沥青路面结构计算 CAD 系统 APCAD。

这些软件系统以 X86 普通微机、Windows、AutoCAD 为运行平台,适应面广、对硬件的要求低,便于大规模推广使用。

4 技术经济分析

4.1 与传统测设技术的对比分析

课题研究解决了传统测设手段和常规公路 CAD 系统的设计效率低、出错率高、误差大、检查手段落后和人工作业随意性大等缺点。它的推广应用将彻底改变传统的勘察设计作业方式,改善整个公路勘察设计作业环境,将使公路勘察设计作业体系的整体技术水平和整体质量效益得以大幅度的提高。

采用 GPS、航测遥感、CAD 集成技术进行公路勘察设计所产生的整体效益,可从勘察设计协同作业方式、工作人员节省、野外工作减少、劳动强度降低、设计周期缩短、设计能力提高、设计质量与设计水平提高等方面得以体现。与传统道路勘察设计方式和常规 CAD 应用技术相对比,其综合优势是不可比拟的。

从野外测量、地质调查、路桥互通设计、制图制表输出、三维模型叠加到景观影像漫游等公路勘察设计的全过程,我们可以对传统测设技术与集成技术应用作如表 1 的对比分析:

传统测设技术与集成技术的对比

表 1

内 容	传统测设技术	GPS、航测、遥感、CAD 集成技术
野外测量	全站仪、经纬仪、水准仪导线测量和水准测量;水准法或抬杆法断面测量。需要大量人力、物力和时间,劳动强度大、精度低、效率差	采用 GPS 控制测量,人员少、效率高,劳动强度低;一次测量可获得控制点的三维坐标,控制网等级高,可适应路桥隧各类工程不同等级的设计、施工要求。 断面测量、碎部测量采用 RTK 动态实时放样技术,无需点间通视,无需砍伐树木,保护自然资源
地质调查	野外调查,对路线方案有重大影响的大型断裂带和地表覆盖下的隐含构造难以调查清楚	采用遥感技术进行室内地质解译,配合野外验证,可减少野外调查工作 60%以上,对大型地质现象和地下地质情况判释准确率高,对路线大方案的选定极为有效
航测	野外航测外业控制测量;人工转刺点空三作业;模拟测量图仪或解析测图仪生产纸质线划地形图。航测周期长,人员多,专业性强,无数字产品,与 CAD 无本质联系	采用 GPS 外业控制;自动像点量测配合机载 GPS 辅助空三;网络协同作业方式的数字化航测内业;自动进行多种格式的 DTM 地面数据采集;计算机辅助数字地图生产;快速数字影像地形图生产;航测整体作业效率提高 2~4 倍 成果为全数字化产品,直接用于 DTM 生成和 CAD 设计 勘察设计一体化协同作业

续上表

内 容		传统测设技术	GPS、航测、遥感、CAD 集成技术
数字地面模型		DTM 与 CAD 分离,需要在 DTM 与 CAD 之间相互切换 不采用整体构网,处理数据量有限 不能对设计模型和地面模型进行叠加综合处理	CAD 系统中内建 DTM 系统,三维设计建立 DTM 基础上,构网效率达 10000 点/秒以上 接受多种数据源、处理海量数据、考虑特征线不规则三角形整体构网、自动粗差深测、动态可视化数据编辑 自动多模型叠加生成综合模型,并具可与原始 DTM 相同的可操作性,便于多方案设计、分离线、互通叠加设计 具有模型可视化功能
线、互通设计	平面设计	地形图上纸上定线,人工量取转角点坐标、弯道半径等参数,计算机辅助调线计算 平面设计文件出图采用手工作业	正射影像地形图用于方案布线、野外勘察、经济调查等,设计走廊带地形资料获取时间缩短 2/3,野外工作减少 30% 在 DTM 和数字地图上,采用“线元法”进行交互式平面布线、拖动、修改,根据设计线元图形自动组织平面设计数据 数字地图及数字地图编辑工具用于平面设计文件出图,效率提高 5 倍以上
	纵面设计	野外中线测量或图上读取纵面高程;纸上布置变坡点、坡度、竖曲线半径等,人工组织数据	正射影像地形图用于方案布线、野外勘察、经济调查等,设计走廊带地形资料获取时间缩短 2/3,野外工作减少 30% 在 DTM 和数字地图上,采用“线元法”进行交互式平面布线、拖动、修改,根据设计线元图形自动组织平面设计数据 数字地图及数字地图编辑工具用于平面设计文件出图,效率提高 5 倍以上
	横面设计	野外断面测量或人工在地形图上读取断面高程 逐桩“戴帽子”;计算机辅助土石方计算;人工土石调配	DTM 自动生成设计线的地形剖面;计算机上交互设计、拉线、拖动、修改等;根据设计图形自动组织设计数据
	平纵横配合	利用二维设计图人工凭经验检视	DTM 自动生成横断面地形线;按“模板”自动分段全线设计横断面;防护、排水和土石方计算一次自动完成;横断面设计图形交互式查阅、修改与调整,调整后的图形与数据自动同步更新 交互式排水设计、自动土石方调配和交互式土石方调整
	方案比选	对不同的设计方案,反复在图上读取纵、横断面地形数据,重复进行平纵横设计 以前的设计资料不可参考借用	建立三维路线、互通设计模型,为平纵横配合及优化设计提供直观评判依据
	出图制表	手工作业 平面图纸上绘图;其他图表计算机辅助生成	内建 DTM,在设计走廊带范围内布设的任意平面线均自动生成纵横断面线 以前建立的路幅、边坡设计模板可直接引用和参数修改,方案比选完全等深度

续上表

内 容	传统测设技术	GPS、航测、遥感、CAD 集成技术
桥梁设计	手工组织和输入各种设计参数,采用数据文件交换路线设计数据 在图形平台下人工交互式 CAD 绘制各种布置图、结构图等 无三维桥梁模型 设计资料不可再利用	路桥配合,直接引用路线数据库,桥轴线、墩台横断面等地面线由 DTM 自动生成 自动绘制桥型布置图、上、下部构造一般构造图等各项内容,可处理弯坡斜异型桥梁;自动计算控制高程,自动列表;常见结构钢筋构造图自动绘制,并提供任意类型结构钢筋图交互式绘制工具 生成三维桥梁模型。任何结构均可形成构件库,并能进行三维预览、参数修改和直接引用 设计结果为纯电子设计文档,便于查询和再利用
数据管理	采用分开的数据文件管理形式,用户要与多个数据文件打交道,管理起来非常困难	采用数据库技术,用户不与数据文件直接接触;数据可视化管理,图形修改自动更新数据库,数据修改自动更新图形。模板库、构件库可不断创建、追加,并可反复引用
三维景观与 环境评价	无	可将地表模型、路线设计模型、互通设计模型、桥梁设计模型和数字影像模型叠加,自动生成精确的带地形景观影像的工程模型,并可进行任意方向、角度、高度、路径的静态透视和动态漫游;可建立用户材质库任意进行场景布置和效果渲染;可进行动态属性、洪水淹没、断面、面积和外接多媒体信息查询,生动直观地综合性评判设计成果

从表 1 可以看出,GPS、航测、遥感、CAD 集成系统充分利用了现有高新技术,全方位改善了现有的公路勘察设计体系,使测设过程发生了本质的变化,提高了整个公路勘察设计的技术水平、质量和效率。

4.2 直接的技术经济效益

根据课题开发过程中的各项实验和生产应用统计,采用集成技术可获得下列直接的技术经济效益:

1)采用遥感技术对路线方案有重大影响的工程地质现象进行解译,在公路工程可行性研究和初步设计阶段可减少 50% 以上的野外地质调查工作量,准确率达 90% 以上,对大型断裂带、隐伏构造和地下水等人工难以调查的不良地质现象更具有突出的效果。

2)采用 GPS 进行路线基础控制测量,提高路线基础测量控制网的等级和野外作业效率,野外工作量减少 50%、人员减少 40%、工作效率提高 2 倍以上;采用 GPS-RTK 技术进行路线放样测量和地形碎部测量,效率提高 3 倍以上。

3)利用机载动态 GPS 空中定位技术,确定航摄相片曝光瞬间的空间位置,进行 GPS 辅助空中三角测量,减少 50% 以上的野外相片控制点测量工作;结合数字摄影测量自动量测,提高航测内业加密作业效率 3~4 倍。

4)采用数字摄影测量和航测网络协同作业技术,地面数据获取效率提高 4 倍以上,大比例尺三维数字地图生成效率提高 2~3 倍以上,数字正射影像地形图生产效率提高 8 倍以上。航测内业作业综合效率提高 2~3 倍。

5)采用 DTM 技术实时横断面插值计算,使断面野外测量工作量减少 90% 以上。