

公司名称

浙江省交通规划设计研究院有限公司

浙江慧远工程数据技术有限公司

项目地址

中国，杭州（临安、桐庐、建德）

应用软件

Autodesk® Revit®

Autodesk® Civil 3D®

Autodesk® InRoads®

Autodesk® Navisworks®

Autodesk® 3ds Max®

Autodesk® Dynamo

Autodesk® DWG TrueView™

Autodesk® Inventor®

BIM是土木工程所有信息的智慧化表述，它通过空间结构的模拟，专业网络的协同，实现快速精细的参数化设计；通过与互联网云技术、物联网技术的紧密结合，可以做到建设全过程虚拟和显示数据无缝传递，为更快捷、更经济、更环保地设计和管理基础设施项目提供了新的见解，让设计更合理，让施工更高效，让业主更明白，让管理更科学。

—王昌将

浙江省交通规划设计研究院有限公司

副总经理

浙江智慧交通研究院常务副院长

临金高速临安至建德段工程 BIM应用

基于BIM的山区长大省际高速公路设计新思路



图1 项目鸟瞰图

浙江省交通规划设计研究院有限公司

浙江省交通规划设计研究院有限公司（英文简称ZJIC）是集公路、水运、市政、轨道交通、建筑、规划、咨询、勘察（测）、设计、科研、设计施工总承包和工程试验检测等于一体的科技型单位，拥有“十甲五乙”的工程咨询与勘察设计资质、工程总承包资质、试验检测资质和对外经济合作及进出口企业资格证书，具备承担国家发改委、交通运输部等政府部门委托咨询评估任务资格，并通过质量、环境和职业健康安全管理体系认证。公司创始于1951年，2017年1月起隶属于浙江省交通投资集团，总部设在风景秀丽的杭州西溪湿地旁，现有职工1000余人。企业以发展自己、服务全局为宗旨，承担了省内外大量重点工程和基础设施项目的勘察设计研究与咨询工作，依托交通跳出交通，立足本省拓展省外海外，业务领域取得了综合发展，已进入柬埔寨、斯里兰卡、瓦努阿图等多个国家市场，综合化国际化发展取得显著成效。获得国家和省部级勘察、设计、咨询等各类奖280多项，省部级科学技术奖50多项，取得国家专利近50项，主编和参编行业标准和地方标准30多部，获得省、部文明单位、交通运输行业先进集体、全国勘察设计行业优秀设计院等荣誉称号，是国家级博士后科研工作站、高新技术企业和浙江省高新技术企业研究开发中心。

浙江慧远工程数据技术有限公司

浙江慧远工程数据技术有限公司创建于2015年，公司位于浙江省首批创建的十个示范特色产业小镇之一，阿里巴巴云栖大会永久落地地——杭州市西湖区云栖小镇。公司致力于推动工程信息化的落地应用，为客户提供快速而精准的服务，业务范围主要涵盖公路市政、轨道交通、房屋建筑、水务管廊、医疗卫生、文化体育、石油化工等领域，在项目的设计、施工、运维等阶段提供数据模型及其应用和管理等咨询服务，同时也为客户提供企业级工程数据应用整体解决方案。在新的发展时期，浙江慧远工程数据技术有限公司在“注重科技、分享创新”的理念引领下推进业务模式创新、体制机制创新，助力行业转型升级。

一、项目概况

临金高速公路临安至建德段工程是《长三角都市圈高速公路路网规划方案》“一纵”中宁金高速公路的一段，是连接浙皖两省的重要通道，其建设对于打通省际高速公路通道、加快长三角一体化发展意义深远。项目起于浙皖交界的千秋关隧道，与宁宣杭高速公路安徽段顺接，路线往南经临安、桐庐、建德，终于杭新景高速安仁枢纽。推荐方案路线全长约85.4公里（总研究里程达180公里），采用双向四车道高速公路标准，设计速度100公里/小时，路基

宽度26米；全线设置桥梁约21.7公里/75座，隧道约33.8公里/29座，桥隧比65.0%；沿线设置枢纽2处，互通7处，服务区2处，停车区1处，项目总投资约205亿。测绘区面积达125平方公里，地形起伏500米以上，基础数据达40G以上，是一个地形地质条件复杂、影响因素多、环保要求高、实施难度大的典型带状工程。



图2 总体布局图

二、设计理念

深入贯彻《中共中央、国务院关于加强推进生态文明建设的意见》、《交通运输部办公厅关于实施绿色公路建设的指导意见》（交办公路【2016】93号）、《交通运输部关于打造公路水运品质工程的指导意见》（交安监【2016】216号）和《交通运输部办公厅关于推进公路水运工程BIM技术应用的指导意见》（交办公路【2017】205号）的精神，以临金高速公路临安至建德段工程为依托，梳理总结山区长大省际高速公路特点、难点与重点，通过空间结构的模拟在三维数字环境中展示、比选及确定设计方案，深入开展勘察设计全过程BIM技术应用研究，实现对传统设计方法的升级。

三、BIM应用目标

建立带状工程中各专业协同工作模式，积累和构建高速公路工程中各专业构件库；在设计阶段实现带属性BIM模型的智能化构建和协同性检查，利用建立的BIM模型进行辅助设计和优化设计；进行勘察设计全过程的数据共享，通过BIM模型快速形成关键节点的施工工期及施工工序模拟，实现设计与施工、运营的无缝衔接，并预留全寿命周期接口。

四、BIM应用内容

应用一：路线总体方案选择

山区公路沿线影响因素多，项目穿越杭州市下辖的三个县（市区），与多条高速公路、国省道相交，途经旅游风景保护区、文物保护单位、水源保护区、岩溶景区、规划星级酒店等控制点，场地建模过程中需要综合考虑各项影

响因素。传统的二维地形图由于测量手段的限制，信息表达不精确，遗漏点多，受视野所限，通过实地踏勘补充的信息也非常有限，选线更多依赖于设计者的经验。

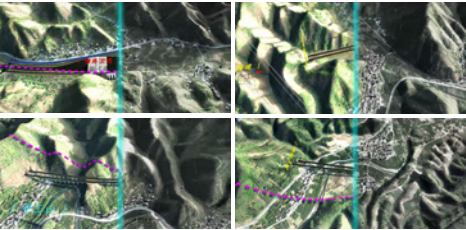


图3 项目三维图

解决方案1：BIM+GIS虚拟场地踏勘

将无人机航空摄影测量、高分辨率卫星测量、三维激光测量等多来源高精度的影像数据进行整理，并于实际地形进行匹配，形成三维真实的区域地面环境模型，在此基础上建立基于BIM的项目三维信息模型，对全线180多公里的线路进行多角度、全视野虚拟踏勘，打破现场踏勘时人眼视线的局限性，从最有利视角观察周边环境，更全面了解地物地貌及相关控制点。在虚拟模型中，还可同时对推荐线位和比较线位进行三维展示，优劣对比一目了然，效果非常直观。



图4 现场踏勘



图5 BIM+GIS虚拟场地踏勘

解决方案2：平纵路线组合设计

传统设计过程平面与纵面设计相对独立，平面设计时无法充分考虑结构物的布设，通常在平面设计完成后再进行纵面校核。BIM模型三维选线可以直观看到沿线的控制因素，同时对平

纵组合调整，快速形成工作面，多维分析结构物布设及路基挖填方量、永久性基本农田占用情况等，综合判定线位布设的合理性，有效提高了路线总体设计的质量和效率。

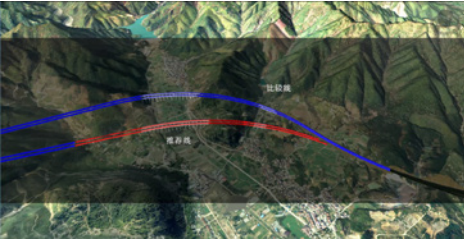


图6 桥隧比分析

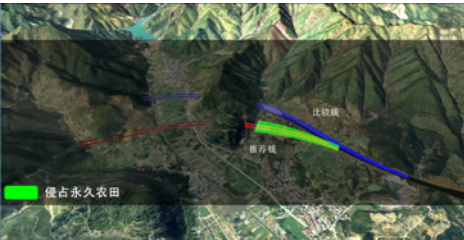


图7 侵占永农分析

解决方案3：结构物智能布设

道路专业完成路线设计后，用带有判断功能的装配部件快速进行全线的桥隧结构物布设。项目组在定制装配部件时预设一个阈值，在路线与原始地面线高差达到阈值时自动判定切换成路基、隧道或者桥梁装配。全线加载智能装配后，路线上直观标注各结构物位置，快速得到全线的初始桥隧比。

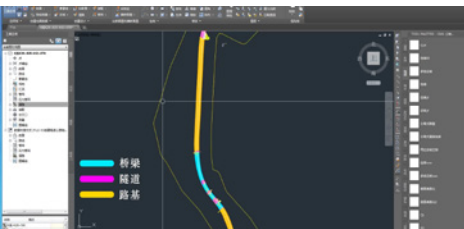
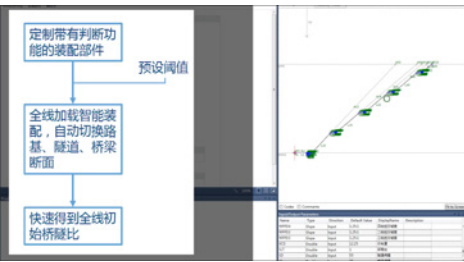


图8 智能桥隧配置

应用二：路堑边坡设计

山区公路存在大量路堑边坡设计，设计过程中需要综合考虑地形、地貌、地质等因素，因地制宜地进行边坡设计，保证边坡设计的经济性和合理性。

解决方案1: BIM+数字地层三维地层

结合地质情况进行三维场地削坡，可以直观发现边坡设计中存在的问题，通过优化设计，避免出现“削山皮”等开挖面大、支护不合理的现象，同时重点对“鼻状”地形、“尖形山顶”等复杂地形进行设计复核。

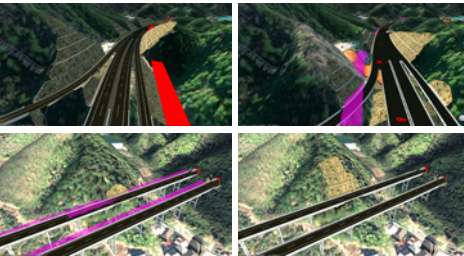


图9 复杂地形

解决方案2: 工程量辅助计算

对于路基设计中误差较大的互通匝道、分离式路基上下行之间的挖方量计算。通过三维模型，可直接制定编码规则，提取扣减后的工程量，以及各级筑路材料可利用部分工程量，在设计中深化设计内容。



图10 深化设计

应用三: 排水设计

本项目位于浙江省西部山区，属亚热带季风性气候，受大气降水季节性影响显著，河流暴涨暴落，排水设计难度大。由于排水对于沥青路面寿命、路基稳定性、行车安全性影响重大，设计师往往花费大量精力考虑排水设计是否合理。

解决方案1: 汇水面分析

三维场地包含完整的GIS信息，在三维场地上任意点选，可以模拟该点的水流方向，对整个场地进行汇水分析，直观看到地表径流的汇水方向。将该技术运用到道路排水设计中，项目组可以准确计算汇水面积，精细设计每一段排水边沟和排水涵洞的最佳位置和最优结构尺寸。

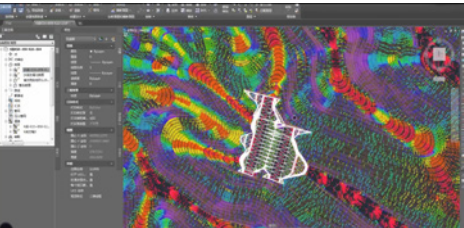


图11 汇水面积分析

解决方案2: 路面排水核查

路面合成坡常常出现坡度小于0.5%的情况，坡度过小导致路面自然排水缓慢，容易产生积水，影响行车安全。项目组使用参数化横断面装配生成道路后，便可以查看路面任意点的坡度，项目组将坡度过小的区域高亮显示，快速找到容易积水的路段，方便设计对此作相应处理。

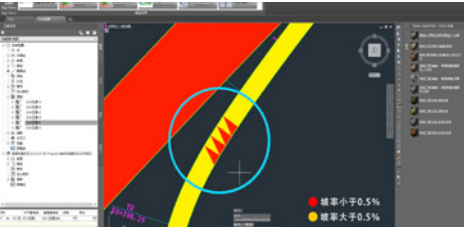


图12 路面排水核查

应用四: 装配式桥梁正向设计:

初步确定桥梁规模后，桥梁专业调用定制好的装配式桥梁组件快速完成方案模型。Autodesk Inventor定制的参数化组件在方案模型中通过识别地面线、桥梁边线的方式，自动预设初始几何尺寸参数，并在Autodesk Infraworks中进行快速的布设。

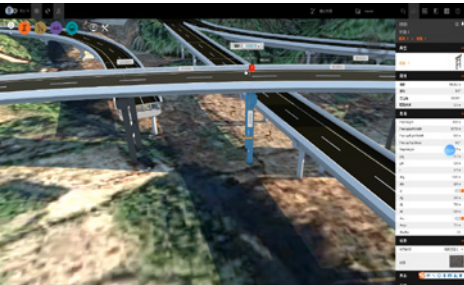


图13 自定义桥梁组件

施工图设计阶段，将上一环节数据导入Autodesk Revit中进行深化设计工作。利用dynamo的逻辑计算功能，项目组将设计原理编译成逻辑算法，程序能快速计算例如梁块细部构造尺寸、首尾夹角、配筋等设计数据。获得深化所需的数据后，项目组利用dynamo完成更细致的桥梁信息模型。装配式桥梁多为预制加工件，设计、加工、施工过程与信息化密不可分，基于BIM的正向设计过程可以充分发挥装配式桥梁信息模型的功能，通过简单的二次开发调取加工、施工环节所需的预制构件信息，确保装配式桥梁的建造质量。

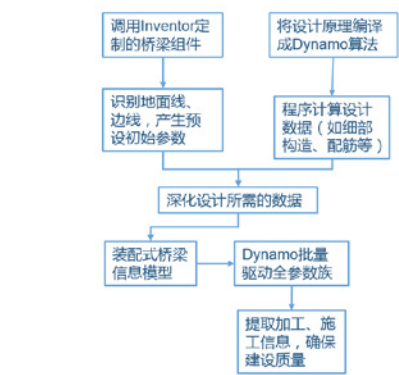


图14 正向设计探索思路

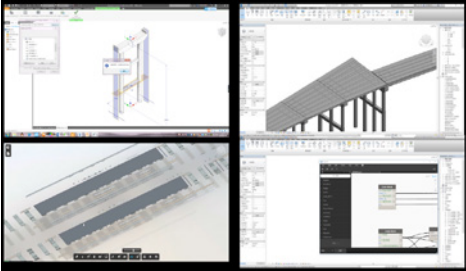


图15 软件操作界面

解决方案1: 上部结构设计

上部结构中，根据技术经济分析选用了预制T梁作为全线的基本结构形式，并制定了全参数化的标准化构件模型。通过修改其中参数，可适应一座桥边中跨、边中梁、不同跨径、不同角度、不同结构尺寸的多种布置形式。做到了可重复利用、调用通用模型进行全线上部结构的创建。

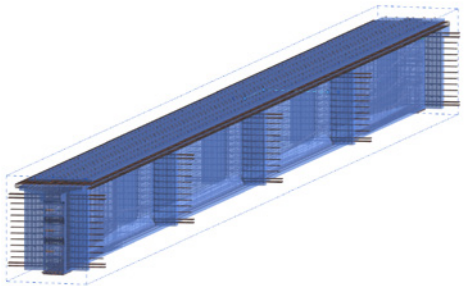


图16 参数化的标准化构件模型

解决方案2: 下部结构设计

为打造山区高速工业化建造标杆，践行交通运输部品质工程要求，设计团队在桥梁立柱、盖梁装配化上进行了深入研究。项目组通过BIM技术将桥墩进行参数化定义，在项目中各路段进行了快速的不同立柱构件种类的生成，归并种类后将BIM模型导入有限元软件中进行受力分析。反复比选后将立柱种类优化为1.2×1.2m、1.5×1.5m、1.7×1.7m三个尺寸。既保证了经济性又避免了规模效应差的问题。

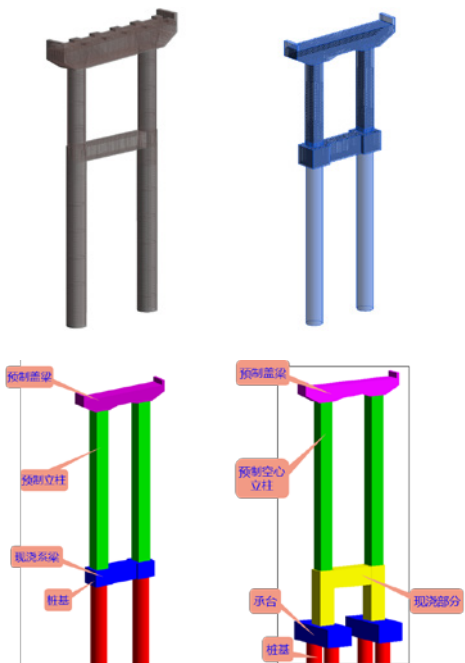


图17 下部结构设计

解决方案3：装配式涵洞设计

按照“标准化设计、工厂化预制、装配式建造”的总体原则，从控制施工质量，节约工程造价，团队创新研究了箱型通道及拱型通道。通过BIM技术施工模拟，发现初设阶段设计承插口细节在施工中较难安装，需要水平向移动，结合多次考察情况及征询国内多家施工单位意见后，优化为槽口通长到底。同时以三维动画形式进行设计交底，BIM技术指导施工。

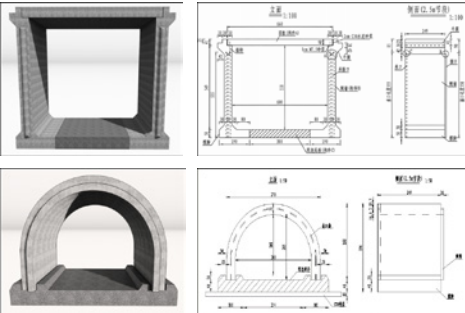


图18 优化槽口设计

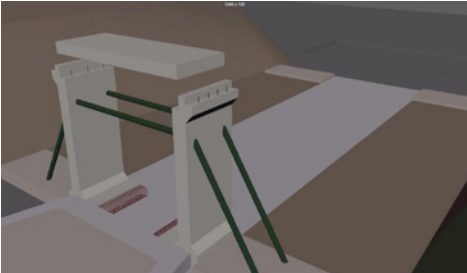


图19 三维动画

解决方案4：施工工序模拟

为克服山区高速在面对预制装配化桥梁时所遇到的困难，提出对常规架桥机进行技术改造，以实现上下部结构的一站式安装。根据构造尺寸以及路线设计参数，设计联合承建单位共同研发满足上述要求的新型架桥机及相关施工工艺，利用BIM技术进行了施工全过程模拟。



图20 施工全过程模拟

解决方案5：桥梁高程和桩位复核

检查盖梁顶部与梁底之间的预留空间是否满足设计要求，通过软件定位桥墩位置，获取桥墩支座位置混凝土垫块的高程值，同时获得垂直方向相对应的梁底高程值，计算所得差值并导出至Excel。通过Excel自动判断导出的高程差是否在设计要求的范围内，若超出该范围则会自动报错。该方式在已有模型的基础上能大大加快高程检查的速度同时消除了人为差错的风险。



图21 设计复核

模型建立时通过图纸信息中的相对位置关系，确保下部结构放置位置准确，使之与上部结构位置协调。在后期校核过程中，通过桩基模型位置信息提取，得出桩基的中心坐标，并与图纸中桩位坐标进行一一比对，校核两个数据的误差阈值，如超限则自动提取桩柱编号生成《桩位校核超限表》反馈设计人员，通过这一辅助校核机制，极大提高了工作效率。

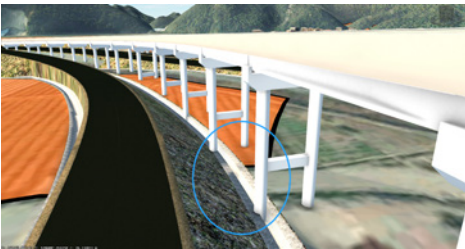


图22 模型校核

五、总结

临高高速临安至建德段作为该院第一个高速公路勘察设计全过程BIM应用，探索了一条标准化和模块化的技术路线，固化了一条公路项目BIM技术实施的通用技术路线，并形成了一套项目级的策划手册、建模标准、应用标准、验收标准等资源文件。

在交通运输部大力推广绿色交通，打造公路品质工程，浙江省构建智慧交通网络、打造交通强国示范区的宏观政策引领下，该院将继续发挥行业领头优势，以专业为基石，以技术为导向，全力推进新技术的探索、验证、应用、推广工作。借助BIM技术全面提升勘察设计工作质量和工作效率，与施工阶段、营运阶段实现无缝对接，实现建管养一体化数据共享，打造BIM技术应用的示范工程，提升企业形象，为我国交通建设行业树立新标杆。