

公司名称

中国建筑第八工程局有限公司

项目地址

中国，吉林

应用软件

Autodesk® Revit® Architecture

Autodesk® Revit® Structure

Autodesk® Revit® MEP

Autodesk® 3ds Max®

Autodesk® Revit®

Autodesk® Navisworks®

Autodesk® Civil 3D®

Autodesk® ReCap™

Autodesk® Ecotect®

智慧雪道，BIM先行

——吉林北山四季越野滑雪场BIM助力改建施工工程



图1 室外雪道效果图

BIM技术应用到人防洞室的改扩建，极大地降低了新建项目所带来的能源消耗及环境破坏，体现绿色人文的理念。目前业界无此类工程相关规范和案例，且在短工期下完成改扩建，面对改造过程中坍塌、涌水、线路坡度设计、超小转弯半径施工、大跨度施工、贯穿整个冬季施工等诸多问题，其设计难度、施工难度均创世界之最。BIM技术为解决这些难题提供了有效的手段。项目做到无BIM不设计，无BIM不施工，将BIM新型设备真正的融入到设计、施工、运维管理中，着力打造智慧雪道，体现设计-施工-运维一体化的思想。

— 孙加齐

总工程师

中国建筑第八工程局有限公司

华北公司科技部

中国建筑第八工程局有限公司

中国建筑第八工程局有限公司（简称中建八局）是隶属于世界五百强企业中国建筑股份有限公司的国有大型建筑施工骨干企业，局总部设在上海。2008年中建八局主要经济技术指标位列中建股份工程局第一名，是最具竞争力和成长性的中国建筑旗舰。中建八局前身是国家建工委直属企业，始建于1952年，1966年奉中央军委和国务院决定整编为基建工程兵部队，1983年9月集体改编为现企业，1998年根据企业发展的需要，局总部由山东济南南移至上海浦东，下辖8个一级资质的全资或控股子公司，两个甲级资质的设计院，8个地区事业部性质的直营公司。中建八局连续18年被评为省级“重合同、守信用”企业和“AAA”级资信企业，并先后获得“全国用户满意企业”、“全国质量奖”、“全国质量效益型先进施工企业”、“全国重合同守信用企业”、“中国诚信经营企业”、“全国思想政治工作优秀企业”和上海市“优秀施工企业”等称号。

中建八局总结多年的施工经验，形成了独特的技术优势，如大型土石方工程技术，深基坑工程、软土地基及桩基施工技术，高层、超高

层建筑设计与施工技术，轻型钢结构、工业钢结构、超高层钢结构施工技术、大体积、高性能钢筋混凝土配制与施工技术，石化、造纸、制药、电子等行业工业设备安装技术，大件吊装、运输技术，大型钢筋混凝土蛋型消化池建造及预应力工程施工技术，焊接与粗钢筋连接技术，工程管理、质量控制和计算机应用技术等，构筑了企业的核心竞争力，并形成了酒店、机场、会展、医药、建材、路桥、市政、体育场馆、文化传媒、医疗卫生、工业厂房、品牌住宅、石油化工、机电安装和钢结构等十多个方面的系列产品，创建出一大批优质精品工程，如：北京2008年奥运会重要配套项目的首都国际机场交通中心工程，亚洲第一高度的单层厂房、“神舟”载人飞船垂直总装测试厂房，全国“十运会”主会场南京奥体中心体育场，中国-东盟博览会永久性会场南宁会展中心，上海世博会配套工程世博家园酒店，沈阳、大连、咸阳、济南、南京、海口等机场系列，香格里拉、喜来登等酒店系列，等等，其中我局承建的为“神舟6号”载人航天飞船顺利升空服务的酒泉921-520国家重点工程，是亚洲第一高度单层厂房，不但工程质量获鲁班奖，施工中采用的“火箭垂直总装测试厂房

技术”还获得建国以来建筑施工企业首次殊荣——国家科技进步一等奖。迄今中建八局共创建省部级优质工程奖650项，鲁班奖61项，国家优质工程奖45项，詹天佑土木工程大奖5项。近三年荣获10项鲁班奖，占全国鲁班奖比率为3.6%，稳居中建系统第一名，位列全国264家特级资质企业第二名，被中国建筑业协会授予“创鲁班奖工程特别荣誉企业”。



图2 室内雪道效果图

1.工程概况

吉林北山四季越野滑雪场项目位于吉林市北山风景区内，由人防洞室改建而成，建成后将作为冬奥会四季越野滑雪备战训练基地。该项目包含出发大厅、室内雪道、室外雪道、造雪机械间四部分。室内雪道专业部分总长1.7KM，净宽8M，净高4M；根据要求在室内雪道内布置射击场、处罚圈。为备战2022冬奥会，该项目按照“世界眼光、国际标准、中国特色、高点定位”的要求做到最好设计、最强施工，建成后将成为世界第一座真正意义上的滑雪隧道，将推动我国越野滑雪冬季两项、北欧两项雪上项目跨越式发展。

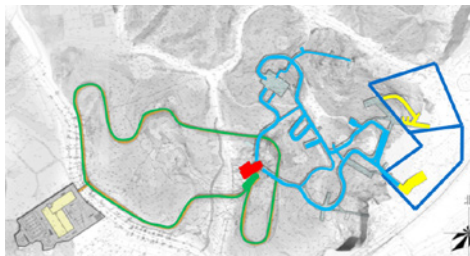


图3 雪道总体布局

2.项目特点与难点

本项目需在280天超短工期前提下完成1.7km隧道改扩建，业界无施工先例，成本投入无法详细预判，实施过程项目成本不可控。原人防洞无完整图纸资料给设计带来阻碍；截面变径多达52处，扩挖过程中存在坍塌和涌水情况。最小转弯半径仅为6m，32m大跨度隧道改扩建施工难度巨大；二衬浇筑厚度5m绝无仅有；洞内材料垂直运输和大体积混凝土浇筑及抗裂将是一个巨大挑战。雪场后期制冷、维护难度大，（雪道需常年温控-6℃以下，但近围岩处温度

需高于2℃）。洞室蜿蜒曲折不利于通风排烟，存在粉尘污染的风险。保护隧道上方生态环境，最小化施工用地，导致施工管理难度大。

3.软件应用

1. Autodesk® AutoCAD：使用AutoCAD进行谨慎的设计，生成各类图纸10000余张，为施工提供指导依据。

2. Autodesk® 3ds Max：3ds Max模拟施工，制作各类施工交底动画200多例，可视化难点施工工序，形象地展示施工的每一个细节。

3. Autodesk® Revit：本项目为三维双曲造型，使用Autodesk Revit扩展插件Dyanmo创建33处不同坡度段及260个截面构建隧道模型，解决二维图纸无法清晰表达的问题。

4. Autodesk® Navisworks：：使用Autodesk Navisworks在关联环境下查看多模型冲突，累计发现碰撞点4215处，并进行工期整合优化。

5. Autodesk® Civil 3D：使用Autodesk Civil 3D生成项目地形，对复杂地形进行分析。

6. Autodesk® ReCap：使用Autodesk ReCap导入点云文件，查看原始洞室形态，为设计和施工提供依据。

7. 点云处理软件：由激光扫描仪扫描的点云文件经过软件编辑点云，实现对原始洞室点云的可视化，并提取目标点云并导出其他格式的文件。

8. 三维检测软件：导入点云文件，并对点云文件封装处理，提取部分位置点云转化为三角网格模型，可计算封闭模型的体积，同时可导出模型文件，作为其他软件分析用途。

9. 三维成像系统：利用数字识别系统选取150个测点进行结构面测量，将BIM模型与结构面信息进行融合，从基于模型的工作流中得到巷道稳定性研究的数据支持。

10. Ecotect Analysis：利用Autodesk Ecotect Analysis软件进行声学模拟、综合照明分析。确定声学及采光照度需求，节能节材。利用消防疏散模拟软件模拟雪道内部突发状况疏散路线，验证消防疏散设计。

4. 辅助改造设计

整个项目改造利用Autodesk Revit模型辅助

设计，从山体中“凿”出有用的室内空间，从山体植被中“减”出必要的使用空间，顺应自然，环保绿色。设计洞室水循环系统，利用Autodesk 3d Max动画演示水循环路线，优化集水装置位置和数量，将水流引入集水设备，节约用水2572.4t/年，并将回收水100%回送到管道线路中循环利用，供造雪设备工作。利用BIM将室外雪道与实际山地地形融合，利用模型演示，共移栽24种2400余颗苗木，将移栽苗木重新种植于本地植被低覆盖区域。利用三维激光扫描仪，扫描洞室需要回填及爆破的位置，精确洞室开挖运出量，将爆破的18万m³花岗岩做为回填材料，节省施工成本1200万元。本工程贯穿整个冬季施工，项目用地紧张，为了满足施工，钢构件加工区、拌合料加工区均设置在室内，采用BIM对布局进行详细策划，合理分配空间，节约用地1536.5m²。

4.1线路改造设计

项目利用BIM模型辅助线路改造设计(见图4)，根据洞室信息，从项目改造量、改造难度、资源消耗、功能要求各方面进行线路改造优化设计。



图4 线路方案

4.2应力范围确定

本项目服务年限长、建设周期短，且区域内部分岩体节理裂隙较为发育，存在大跨度洞室（暴露面积可达2000m²以上），具有一定的地质灾害隐患，因此对该工程进行岩体稳定性分析至关重要。根据方案确定模型，利用BIM对应力区范围进行软件模拟，为进一步的支护工作提供依据，同时也可对支护方式进行验证(图5)。

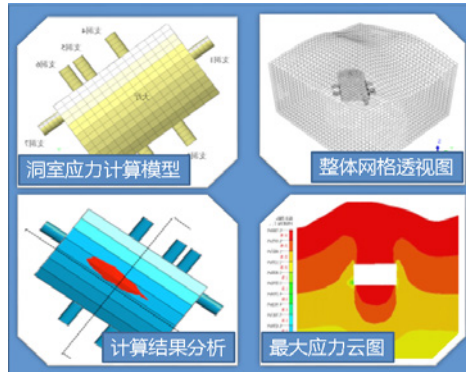


图5 岩体力学分析过程

4.3室外精光绿色设计

北山风景区内，现有植被丰富，利用BIM将室外雪道与实际山地地形融合，充分考虑地面构筑物如何避免对现有植被的破坏，使建筑与植被相协调。为最大限度减少该项目对植被的破坏，室外雪道进行仿周边环境设计(图6)，雪道中段设计涵洞路段，将线路与原有地势地貌有机结合。

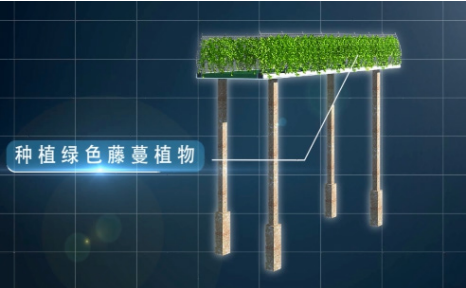


图6 室外雪道仿周边环境设计

4.4优化嵌板方案

利用Collaboration for Revit云端协同工作，施工方提出设计方应对壁面装饰嵌板出具排布方案，如图7，设计方利用Dynamo可视化编程，智能排布嵌板628种，共计15816块。

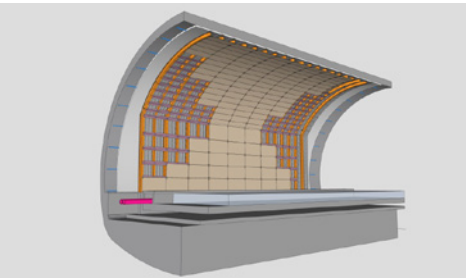


图7 嵌板排布

4.5模块化拼装

隧道内部管道走向非直线，根据隧道转弯曲率，在Autodesk Civil 3d中对隧道中心线分割成285段，并在Autodesk Revit软件内进行模块化管道建模，加工厂预制后运至现场进行模块化拼装(图8)。安装前对164根异形管道进行三维扫描，利用三维检测软件对点云与模型进行拟合，根据3d偏差分析报告，保证安装一次性成功率达到98%。

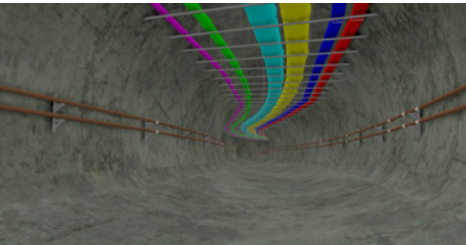


图8 模块化管道

4.6模拟排布埋管

为保证隧道内13650m²地面和22150m²墙面保持恒温，需在地面铺设制冷管、墙面排布采暖管，在Autodesk 3ds Max软件中模拟排布施工，对隧道转弯及交叉口排布复杂处进行方案优化，共节约冷管7300m、暖管12400m，节约工期20天。

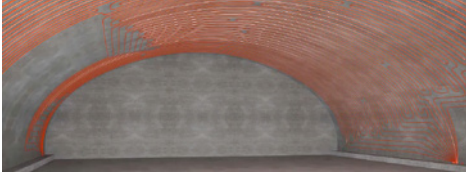


图9 埋管排布

对排布方案制作施工模拟动画(图10)，进行现场技术交底170次。

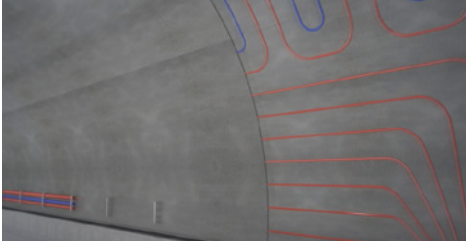


图10动画模拟

5.辅助施工

5.1模拟动画现场交底

针对项目重点工序及部位，创建BIM模型，制作三维施工工序动画(图11)，进行现场交底。使施工人员可以完全理解施工方案，确保施工质量。



图11 三台阶段施工动画

5.2 三维激光扫描仪

1 利用Faro三维激光扫描仪扫描原始洞室，根

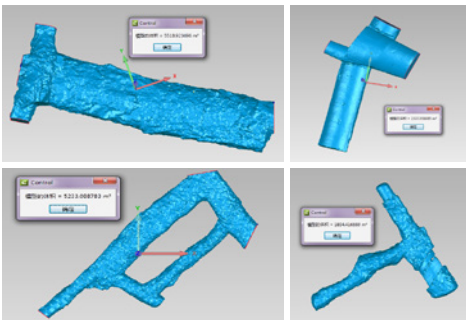


图12 爆破段算量

据爆破计划，将扫描的三维点云模型划分为多个爆破段并计算分段体积(图12)。

2 施工前将三维点云载入到BIM模型中可可视化查看(图13)，计算出原始洞室完全爆破段645米，局部爆破段416米，爆破总量为18万m³，提前发现爆破重点26处，二衬施工重点13处。

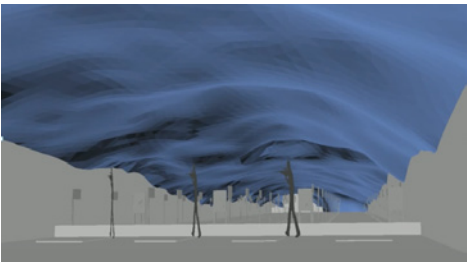


图13 点云与模型结合

3 爆破后扫描的点云与Autodesk Revit模型在三维检测软件中进行3d对比，发现超挖或欠挖位置并在云端Autodesk Revit模型做标记(图14)，现场终端使用BIM 360 docs可查看整改位置，整改结束后再次扫描复核。

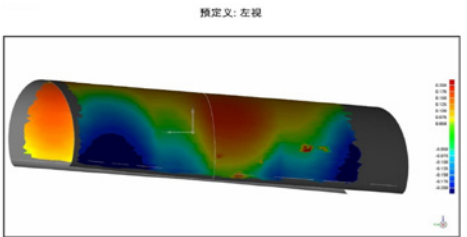


图14 3D对比分析

4 二衬施工完成后，通过三维扫描进行截面点偏差分析(图15)，二衬结构偏差合格率达到97.3%。

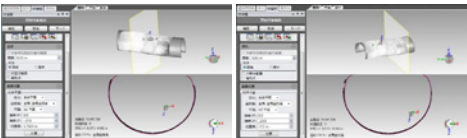


图15 截面点偏差分析

5 三维激光扫描应用贯穿设计和施工阶段，累计扫描183站次，保存施工过程整体点云模型

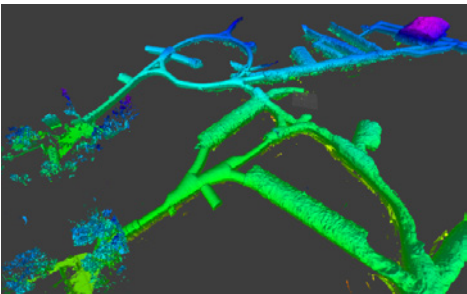


图16 原始隧道点云

文件4份(图16)，发现爆破危险点20处，减少二次爆破35次。

5.3 MR/VR

由于隧道在山体内部，无法通过常规沙盘展示隧道内部构造，MR混合现实技术能够辅助管理者看到虚拟的全息沙盘影像(图17)。MR技术按照1:1比例完全将全息影像匹配拟合到现场隧道环境当中，将真实现场和虚拟隧道相融合，直接对比二次衬砌和虚拟影像，可以看到尚未安装的设备管道所在位置，辅助管理人员进行合理施工安排。由于隧道坡度较大，利用MR技术可以发现顶部管道与隧道结构衬砌是否存在明显碰撞，可对管道安装进行优化。



图17 MR全息沙盘

利用VR功能，从游戏体验出发(图18)，准确的复制国际比赛内容，了解滑雪场的整体情况，进行介绍与宣传。仿真模拟滑雪体验，体验预知雪道建成后效果，并可提前进行优化。

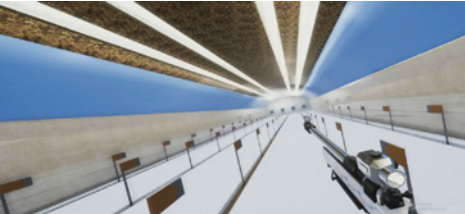


图18 VR虚拟射击

6.辅助运维

6.1 可视化管理

项目自主研发中建系统运维管理平台(图19)，通过运维管理平台强大的集成能力和良好的可视化交互能力对设备运行进行实时监控，对能源进行管理，并且实现了对建筑的空间管理。



图19 可视化平台监控

6.2 能耗调控

对设备运行状态，耗电量等进行监测(图20)，可以保证设备正常运转，并记录能耗，通过负荷响应应对调控前后能耗进行对比，从而进行更精细的调控。

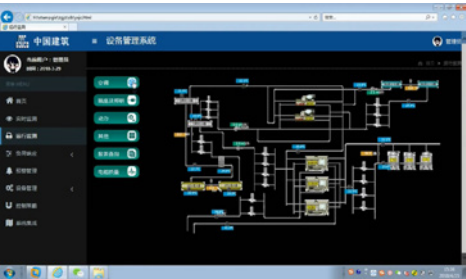


图20 能耗监控

6.3 警报提醒

当洞室内检测指标超标时平台发出警报提醒(图21)，保证安全；通过设备管理对设备入库、安装、检修全过程进行记录，方便随时调取某一设备的所有相关信息，进行更好的维护。



图21 指标检测

6.4 节能减排

根据项目系统集成，制定设备使用策略，做到节能减排，绿色环保(图22)。



图22 节能监控

6.5 模型管理

通过平台对模型进行任意角度的浏览(图23)，进行垂直和水平的剖切分析以及距离、面积和角度的量测，进行审批记录，身临其境的进行漫游浏览，实现对建筑的空间管理。

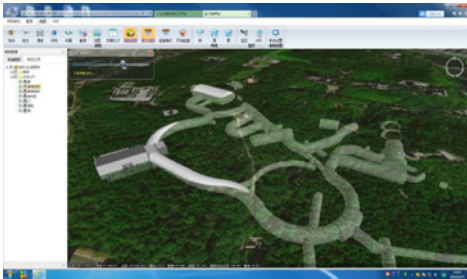


图23 模型浏览

7. BIM应用成果

BIM前期介入设计，解决传统二维图纸的错漏碰缺问题，降低由于后期返工造成的成本增加，减少设计变更145项，节约材料费和人工费120万元，从而实现更多的经济效益。利用BIM技术优化方案和施工工艺，解决4215处碰撞问题，减少钢材浪费56吨、设计100%水循环系统节约用水2572.4t/年。依靠BIM绝对优势完成对复杂洞室的勘察设计、优化方案200多项、解决施工重难点7处、首创5项施工工艺、完成国内外首例人防洞改造隧道工程，节约工期近30天，整个项目预计回报率超过15%，总成本节省10%约6000万元。本项目做为绿色建筑已获得国家十三五重点研发计划示范工地项目立项，得到业主和政府的认同和肯定。

结语：本工程对1965年修建的人防洞室进行改扩建，极大地降低了新建项目所带来的能源消耗及环境破坏，体现绿色人文的理念。目前，无此类工程相关规范和案例，且在280天超短工期下完成改扩建，面对改造过程中坍塌、涌水、线路坡度设计、超小转弯半径施工、大跨度施工、贯穿整个冬季施工等诸多问题，其设计难度、施工难度均创世界之最。项目做到无BIM不设计，无BIM不施工，将BIM新型设备真正的融入到设计、施工、运维管理中，着力打造智慧雪道，体现设计-施工-运维一体化的思想。建成后将成为世界第一座真正意义上的滑雪隧道，将推动中国越野滑雪冬季两项、北欧两项雪上项目跨越式发展。