

公司名称

**湖南建工集团**

项目地址

中国，湖南长沙

应用软件

Autodesk® AutoCAD®

Autodesk® Revit®

Autodesk® Navisworks®

Autodesk® BIM 360™ Glue®

Autodesk® BIM 360™ Layout

Autodesk® Point Layout

BIM技术作为促进我国建筑施工行业创新发展的重要手段，其应用与推广对建筑施工行业科技进步与转型升级将产生不可估量的影响，同时也将给建筑施工企业的发展带来巨大动力，将大大提高工程项目的集成化交付能力，促进工程项目的效益和效率的显著提升。

在建筑行业信息化、工业化的大趋势下，普及推广BIM技术落地，抢占BIM技术应用至高点是湖南建工集团发展的重要战略，对提高集团核心竞争力，促进企业技术创新和管理革新有着举足轻重的意义，为实现集团的集约化和精益化管理，加快企业的转型升级，打造“一体两翼”发展新格局提供强劲动力。

湖南建工集团从组建BIM小组到BIM中心成立、从选取试点项目到成熟经验推广，总结出以“流动站”+“固定站”的形式，扎根项目BIM工作，将BIM技术与项目生产管理真正结合，提升项目生产效率，推动BIM1.0普及，并深入探索BIM2.0的应用。

—陈浩  
副总经理  
湖南建工集团

# 梅溪湖城市岛-首次基于BIM的 施工测绘精密化应用

## 欧特克BIM软件助力湖南建工攻关世界最大双螺旋钢结构



图1 湖南建工集团

湖南建工集团（以下简称湖南建工）成立于1952年7月，是一家具有勘察设计、科学研究、高等职业教育、建筑安装、路桥施工、设备制造、房地产开发、对外工程承包、劳务合作、进出口贸易、城市综合运营等综合实力的大型企业集团。湖南建工生产经营资本130多亿元，年生产（施工）能力1000亿元以上，连续12年入选“中国企业500强”、“中国承包商80强和工程设计企业60强”，连续16年荣获77项中国建设工程鲁班奖。湖南建工的经营区域已覆盖全中国，在非洲、亚洲、南美洲和澳大利亚等30多个国家和地区建有公司或者工程项目部，目前在马来西亚、利比里亚、坦桑尼亚、赞比亚、阿联酋、尼日利亚、沙特阿拉伯、加纳、斐济、萨摩亚、斯里兰卡、澳大利亚、蒙古、塞拉利昂、孟加拉、越南、老挝、几内亚、佛得角等国均有在建工程项目。

目前，湖南建工正进一步深化改革，调整产业结构，在新常态下迎接新挑战，捕捉新机遇，实现新发展，努力打造“一体两翼”发展新格局，以具有强大竞争优势的房建施工板块和投资开发板块为主体，以具备相当竞争能力且市

场前景广阔的专业建筑及建筑服务业务和海外业务为两翼，大力推进湖南建工与地方政府、央企、上市公司、投资机构、大专院校、重点行业等的战略合作，创新商业模式，规范项目管理，稳步推进湖南建工的改革改制，创新、转型、升级，努力将湖南建工打造为市场竞争力强、资产规模大、管理先进、技术含量高、跨行业和专业经营，集项目投资、设计、建设、营运于一体的总服务商，并实现主营业务整体上市，成为具有较强核心竞争力和国际竞争力的国内建筑业先锋企业，为国家经济和社会发展做出新的更大的贡献。

湖南建工集团作为国内一流，省内龙头的建筑企业，一直承担着引领新技术的应用与推广的责任和义务，为在经济社会新常态下建筑企业“创新、转型、升级”作了积极的探索。BIM技术能提升湖南建工的建造水平，实现精确和高效化管理，从而在成本、质量、安全方面创造更大的价值。湖南建工已把BIM应用作为提升市场竞争力和项目管理水平的的重要抓手。未来湖南建工将在混凝土结构、钢结构、机电安装和幕墙、市政等专业施工领域展开更为广泛的

BIM应用；在集团的设计板块成立BIM设计所，在设计方面迅速普及；在施工总承包板块已设立BIM中心，主持和推广BIM技术在施工项目的应用。在开发板块发挥全产业链优势，从设计、施工到运维的全过程进行BIM集成应用。

湖南建工集团整体的BIM体系构筑主要分三个层面，由上到下分别是集团层面、集团各子公司层面、项目层面。各层面之间再通过软件和硬件平台，实现循环闭合的信息传递方式。专为项目设立的BIM工作站是集团BIM体系的第三层次，这是湖南建工信息化的触角和终端。

### 项目概况

梅溪湖城市岛总用地面积约为2万平方米，呈长方形，为地面平整的人工岛屿，由1座双螺旋体景观构筑物、1座服务中心及屋顶观景平台、1座人行天桥、1座入岛桥和室外广场组成，涵括高档住宅、超五星级酒店、5A级写字楼、酒店式公寓、文化艺术中心、科技创新中心等众多顶级业态，城市岛定位为公共开敞空间。



图2 梅溪湖城市岛项目概念图

梅溪湖城市岛实现整个环道的顺利对接合龙，岛上的标志性构筑物双螺旋观景平台，高约34米、直径约80米，两条相互环绕螺旋上升的步道采用三角支撑架结构的构筑物曲线通道，象征着城市的发展与自然环境相融合，成为生态之城和繁荣之城。

双螺旋观景平台主要是由空间双曲弯扭构件组成，两条螺旋形的曲线通道采用三角支撑架结构的构筑物曲线通道，连接着一列密集的柱廊。项目包含由6米宽坡道构成的人行通道，螺旋通往约30米的高处，站在螺旋的顶端，人们能欣赏到梅溪湖以及周边共约40公顷的规划新区全景风貌。

与螺旋形景观构筑物相连处，向西延伸有约800米长的人行天桥，桥墩为变截面混凝土斜柱结构，桥跨结构为倒三角形立体桁架和倒三角形立

体桁架加单榀索拱结构。服务中心及屋顶观景平台为钢筋混凝土框架结构，入岛桥为长约22米的多跨梁板结构。

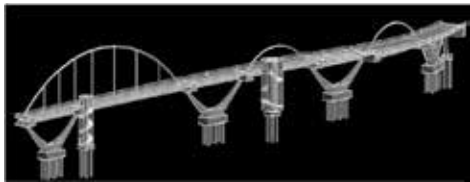


图3 人行天桥

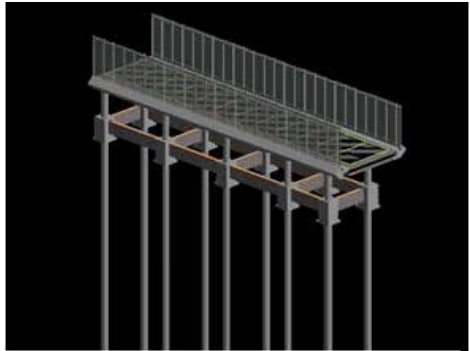


图4 入岛桥

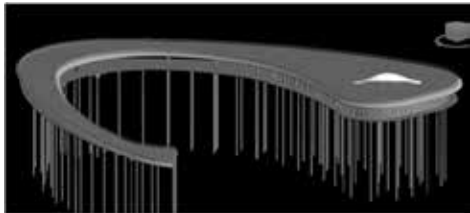


图5 服务中心

### 项目难点

梅溪湖城市岛项目钢结构在设计上形式独特，结构新颖，且对拼装精度控制、安装精度控制以及安装过程监测精度要求高，特别是结构的地面拼装、安装精度。如何将空间三维结构安装到设计的空间位置，控制过程极为复杂，是该项目的测量重难点之一。

此外，钢结构测量控制网是整个测量工作得以开展的基础。该项目施工范围广，施工测量控制区域大、面广，施工过程中整体平面布局变化较大。施工控制网布设的合理性、测量控制点的建立与维护，直接影响整个测量施工的成果。

而且该项目主体为纯钢结构建筑，总用钢量约7000吨，为目前世界上最大的双螺旋钢结构建筑。其复杂奇异的造型主要是由330块大小、形状完全不同的环道单元和32根斜柱构成，这给项目施工带来很大难度，对施工精度控制非常高，要求施工过程中反复调验、监测。

同时，该项目结构复杂，构件数目多且比较大，如何消除构件在吊装过程中因自重产生的变形、因温差造成的缩胀变形、因焊接产生收缩变形等造成的误差累积，也是钢结构施工测量需重点考虑的问题。



图6 梅溪湖城市岛项目图

### 解决方案

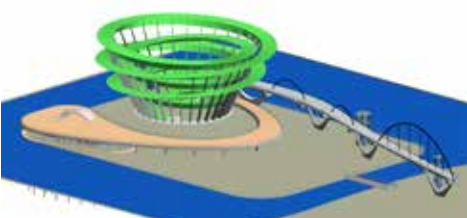


图7梅溪湖BIM整合模型

#### 一、BIM与全站仪校核的集成

基于BIM的异型钢结构放样主要分为三个步骤，即在模型中导出点位数据、将数据导入至仪器和现场测量校核。

其中在模型中导出点位数据与BIM技术的关联较为密切，湖南建工尝试利用Autodesk Point Layout在BIM模型中布置控制点及需校核的点位，输出为.txt的格式，直接导入仪器中，经过评估发现该方法既可以保障校核点位的准确性，又可以减少人工输入数据的偶然误差，保证校核数据的严谨性和科学性。

该项目钢结构属于大截面空间弯扭结构，结合项目异型钢结构的安装流程，对其复核的重点为：

| 序号 | 施工结构 | 复核重点           |
|----|------|----------------|
| 1  | 螺旋体  | 螺旋体斜立柱安装复核     |
| 2  |      | 螺旋体内环道安装复核     |
| 3  |      | 螺旋体外环道安装复核     |
| 4  |      | 螺旋体安装变形监测      |
| 5  | 人行天桥 | 人行天桥预埋件及支座安装复核 |
| 6  |      | 人行天桥结构安装复核     |
| 7  |      | 人行天桥安装变形监测     |

图8 梅溪湖城市岛项目复核重点

#### 二、BIM+测绘施工

为提高工作效率，保障工程进度，湖南建工BIM中心在该项目采用基于BIM模型TOPCON LN-100自动放样机器人，对海量点位数据进



行放样及校核。基于BIM的空间放样定位目前在国内应用较少，且软件操作流程不够完善。湖南建工BIM中心首次完成了基于BIM的TOPCON LN-100放样软件流程的探索，基于BIM的异型钢结构放样主要分为三个步骤，即布设控制网、设置放样点位和现场测量放样。

湖南建工BIM中心尝试并完成了基于Autodesk BIM 360 和TOPCON LN-100放样流程探索，在Revit模型中设置的放样点信息，通过BIM 360上传至云端，并同步到Glue及Layout中，在施工现场只需登录IPAD中的Autodesk BIM 360 Layout下载模型及放样点信息，连接测绘仪器TOPCON LN-100便可进行现场测绘。



图9 Autodesk BIM 360 Glue界面1



图10 Autodesk BIM 360 Glue界面2



图11 Autodesk BIM 360 Glue界面3

### 三、现场拼装及焊接

环道单元拼装之前，根据深化设计图所给的各点坐标，对构件进行放样取点。在拼装过程中对需拼装构件坐标点一一吻合，以完成拼装。由于运输或自身重量而产生变形的构件，对于发生偏移的部位可利用千斤顶进行校正。

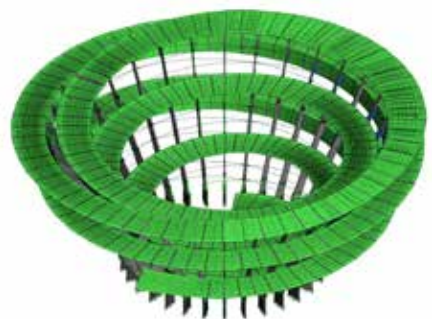


图12 环道单元三维视图-1

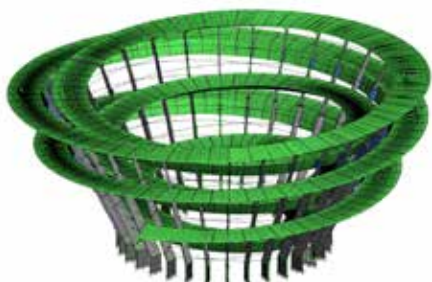


图13 环道单元三维视图-2

钢结构斜立柱吊装前提前放样，根据构件中心设置吊耳，安装前搭设好操作平台。吊装就位后，及时将钢柱对接处焊接临时连接板进行固定，两端同时拉设缆风绳，保证钢柱稳定性，同时可利用调节倒链微调斜立柱安装段的安装精度，钢柱内部加劲通过在斜立柱上开设焊接手孔进行焊接。

环道在地面拼装完成后，挂设好操作平台，随环道一起吊装就位。环道焊接使用陶瓷衬垫，环道上表面外包钢板开设人孔，方便施工人员进入环道内部进行焊接。

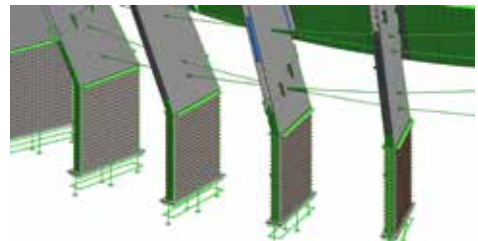


图14 螺旋体

基于BIM的精密测绘应用，将设计阶段与施工阶段联系起来，实现了建筑信息在不同阶段的传导，适用于超高层、异型钢结构、复杂管线、地下工程等各类高大精尖工程。BIM技术结合自动测量机器人的集成应用是湖南建工集团十六个特色化课题之一，是湖南建工集团BIM体系的重要组成部分。

—石拓  
BIM中心技术总监  
湖南建工集团

焊接后进行现场拼装，根据结构面各构件的空间位置建立计算机实体模型，建立拼装胎架三维模型，定好拼装单元节点坐标后，湖南建工尝试使用Autodesk BIM 360 Layout设置其余各胎架支撑部位空间点位，并导出各空间点位的三维坐标数据，根据模型1:1放样设置仿形拼装胎架，采用平卧拼装方法。

结构面的拼装主要检查各构件的相对位置、杆件角度、接口尺寸和接缝、空间坐标、测量控制点设置等关键控制指标是否符合设计，为安装提供准确的定位信息，确保安装精度。通过对构件的拼装，及时掌握构件的制作装配精度，保证现场安装精度，对某些超标项目进行调整，并分析产生原因，在以后的加工过程中及时加以控制。确定拼装准确无误后，对每个拼装接头处做好安装标记。



图15 三角钢桁架地面拼装

在梅溪湖城市岛项目施工现场，湖南建工尝试使用Autodesk软件与Topcon硬件的结合，并总结了一套软硬件无缝对接的操作流程，首先在Autodesk Revit模型中设置现场需放样的

坐标点（平面定位、高程数据）及现场坐标控制点，将建立好的Autodesk Revit模型导入Autodesk BIM 360 Glue中，现场使用人员将安装有Autodesk BIM 360 Layout应用程序的iPad平板电脑利用WiFi与Topcon LN-100连接上，打开Autodesk BIM 360 Layout程序，选定、浏览设计好的Autodesk Revit模型，选定控制点完成测站设置，从列表里筛选、选择要放样的点位。经过评估发现，Autodesk BIM 360 Layout软件能够智能实时显示LN-100仪器的仿真模型及其处于整个BIM 3D模型空间中的实际位置，非常方便和直观。最后，现场人员根据Autodesk BIM 360 Layout软件中实时显示并提示所处BIM 3D模型的位置及偏移量数据，伴随着声音和振动等提示精确定位控制点和放样点。

湖南建工尝试使用Autodesk BIM 360 Layout软件搭配TOPCON LN-100三维放样机器人，简化施工现场精确定位BIM坐标的过程、将BIM模型的设计意图与真实世界链接、实现了工程数据从设计到施工的无缝对接。

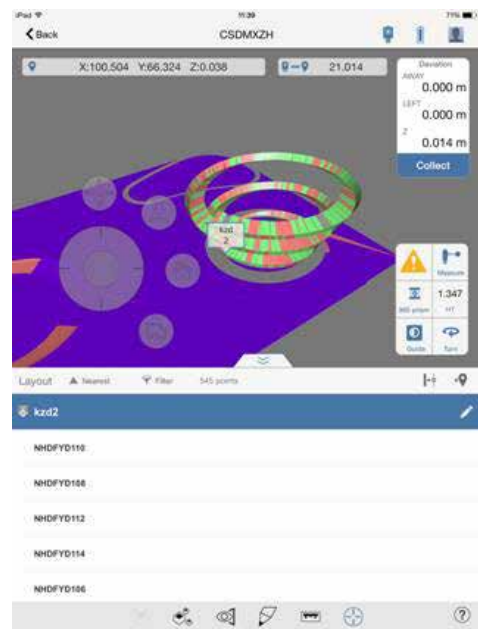


图16 iPad界面图

### 项目亮点

#### 一、螺旋体及人行天桥结构测量原则

1、严格遵守湖南建工BIM中心专业课题申领制度中基于BIM的施工测绘精密化应用的相关要求。

2、基于Autodesk Revit模型严格执行测量规范，遵守先整体后局部的工作流程，先确定平

面控制网，后以控制网为依据，进行各局部轴线的定位放线。

3、严格审核Autodesk Revit模型的准确性，坚持测量放线与Autodesk Revit模型同步校核的工作方法。

#### 二、精确测量+全面复核

合理布置测量控制网，保证各控制点间同时闭合良好；根据首级控制网布设二级控制网，复测后布设三级平面控制网，分不同施工阶段调整控制网，保证各施工阶段测量控制网精确、有效；施工过程中做好控制点的标识与保护，定期地对控制点进行复测。

将自动照准全站仪架设到视野开阔、平整且能够便于大面积观测的平面上（三级控制点）。螺旋体内环道吊装就位经过采取临时措施进行固定后，逐一复核各复核点，本工程采用自动照准全站仪的免棱镜功能及配合常规棱镜两种方法进行复核。

在普通测量基础上，湖南建工BIM中心以Autodesk Revit模型为基础，投入TOPCON LN-100三维放样机器人对施工过程中各重要过程进行监控与复测，着重控制拼装过程中节点相对位置精度，保证桁架的地面拼装精度；同

梅溪湖城市岛双螺旋体异型钢结构采用“BIM+智能型全站仪”测量技术，确保了各构件的节点安装控制在±5mm的预定精度，保障顶部钢结构安装在最后合龙时，闭合差仅为10mm，顺利完成了所有钢构件的空中安装对接，形成了受力稳定的双螺旋体异型钢结构。该技术方便可靠，确保了测量精度，提高了测量效率，降低了安全隐患，提升了BIM应用价值。同时也为非线性及异形结构空中安装控制定位提供了新思路，能为今后类似工程的施工提供借鉴。

—黄洵  
BIM中心技术处处长  
湖南建工集团

时，计算桁架预拱值，在桁架拼装上提前考虑变形情况，在高空安装时实现整体精度控制。



图17 测绘现场照片





图18 施工现场照片

选择合理的施工吊装顺序；根据拟定的施工方案、分段及施工顺序做好计算机施工仿真分析，按照分析结果对桁架杆件做预起拱；做好安装后（焊前）结构测量，根据测量数据编制合理焊接作业指导书，通过调整焊接顺序控制焊接收缩变形引起的误差；选择合理的结构合拢点及合拢时间。

### BIM工作站

湖南建工就梅溪湖城市岛项目启动BIM工作站，提早明确了BIM硬件和软件配套要求，为各阶段工作开展提供良好的条件。梅溪湖城市岛项目BIM工作站人员在集团指导下，加强学习，刻苦钻研，提升自身专业技术水平，同时结合梅溪湖城市岛项目异型钢构特色，在基于BIM的施工测绘精密化应用方面取得显著成效。

梅溪湖城市岛项目BIM工作站为公司第一个BIM工作站，得到了湖南建工BIM中心的大力支持，对该院打造技术过硬的BIM团队，推动BIM系统建设具有重大意义，有效提升该院技术创新水平和核心竞争力。

### 项目心得

一、BIM与自动测量机器人集成应用的核心价值目前，BIM与自动测量机器人集成应用包括基础工作、土建复核、施工测量、放样验收4个

阶段。并具有如下三点核心价值：

1.将现场测绘得到的实际建造结构信息与模型汇总的数据对比，核对现场与模型之间的偏差，为机电、精装、幕墙等专业的深化设计提供依据。

2.结合施工现场轴线网、控制点及标高控制线，将设计成果高效快速的标定到施工现场，实现精确的施工放样，为施工员提供更加准确、直观的施工指导，提高测量放样效率。

3.在施工完成后，对现场实物进行实测实量，通过将实测数据与设计数据进行对比来检测施工质量是否符合要求，保证工程施工质量。

### 二、BIM与自动测量机器人集成应用研究攻关方向

BIM与自动测量机器人集成应用的研究攻关方向将围绕以上三点核心价值开展工作，从基础的Autodesk Revit建模开始，至施工现场进行自动放样实际操作，再升华至现场测绘得到的实际建造结构信息与模型汇总的数据对比，系统的研究软硬件的兼容性、放样精度分析（实测实量）、多专业数据共享、提高测量放样效率等方面。

配备国内先进的TOPCON LN100测量机器人，

梅溪湖城市岛双螺旋体景观构筑物属于大截面空间弯扭结构，构件形式多样，测控工作量大。该工程常规测量手段无法满足工程平面及空间定位精度要求，据此采用“BIM+智能型全站仪”测量方法对异型钢结构空间三维坐标进行内控外控结合放样；使用自动照准WinCE智能全站仪通过三维坐标实时校正，并对32根斜立柱进行循环测控，保障了工程的测量放样精度和放样效率，保证了双螺旋体异型钢结构顺利合龙。

—李鹤鸣  
梅溪湖城市岛负责人  
湖南建工集团

与BIM模型结合，对钢结构空间精密放样定位、异形结构校核等测绘领域进行攻关，确保施工精度，提高测量工作效率，尝试完善测绘体系。

### 项目总结

该项目造型特异、钢结构复杂、施工精度要求高、工期短，传统的测量放样方法面临许多难以解决的问题。为了解决上述测量放样问题，湖南建工BIM中心决定尝试在本工程使用TOPCON LN-100三维放样机器人以保障项目生产，并着重对基于BIM的异型钢构精密化测绘进行攻关。

此次尝试不仅提高了异型钢结构整体施工效率，同时加强了深化设计与现场施工的连接，能够在钢结构施工前提前发现设计错误，避免返工。而且基于BIM的智能型全站仪测量放样，相对于传统放样方法人员投入3-4人也要少一倍，只需1-2人即可，放样速度在200-250点位/工作日，节省测量人员1-2人，总体人工50%左右，节省工期20%以上。

该项目尝试结合BIM技术，测量放样及自动测量仪器在本工程测量、放样、校准方面的应用主要目标有以下三个方面：



图19 施工现场航拍图

1.确保施工质量  
预计将所有点的测绘精度从厘米级缩小至毫米级，为施工环节的精度实施提供保障。

2.保障施工进度  
加强深化设计与现场施工的连接，减少施工错误与返工，保障施工工期进度。

3.节约施工成本  
高效、精准的施工作业，节省测量、放样阶段的人员及时间投入，节约成本，提高经济效益。

梅溪湖城市岛项目基于三维几何数据模型，尝试集成了建筑设施其他相关物理信息、功能要求和性能要求等参数化信息，并通过开放式标准实现信息的互用。基于BIM的3D激光测量定位系统，通过使用BIM模型进行定位放样，

采集实际建造数据更新BIM模型，采用实际建造数据与BIM模型对比分析进行施工验收，把BIM模型带入施工现场。

基于BIM的TOPCON LN-100放样机器人应用为梅溪湖城市岛项目生产保驾护航的同时，也积累了先进测绘仪器应用经验。湖南建工BIM中心将不断探索BIM技术的应用，致力于为建筑行业第二次变革和发展贡献一份力量。

### 未来展望

湖南建工通过软硬件的结合，将BIM模型带入施工现场，使BIM模型中的三维空间坐标数据能够驱动智能型全站仪进行测量，从而尝试将BIM技术实实在在地融入施工过程中，并在质量、安全、进度、经济等四方面给项目带来效益。

湖南建工通过“BIM+智能型全站仪”对本项目异型钢结构进行测绘应用，不仅缩短了工期，而且解决了异型钢结构精度控制困难的问题，最大限度的把人从施工现场繁重的劳动中解脱出来，同时提高了双曲螺旋钢构件的施工精度，得到了业主、监理及项目部的一致认可。“BIM+智能型全站仪”作为该项目的BIM技术应用亮点，得到了业界的广大关注。

—彭昕  
梅溪湖城市岛负责人  
湖南建工集团