

无人机技术在大科学装置建造过程中 的应用研究

作者：王英 15910369583

单位：《北京建工集团有限责任公司》

目录

1 项目背景	1
2 实施方案	1
2.1 技术路线	1
2.2 设备选型	2
2.3 航线规划	2
2.4 飞控软件选型.....	3
2.5 数据采集及处理.....	4
3 科技创新与集成应用.....	4
3.1 倾斜摄影 让施工更安全	4
3.2 倾斜摄影 让定位更精准	5
3.3 倾斜摄影 让算量更快速	5
3.4 倾斜摄影 让浏览更顺畅	7
4 实施总结	9

1 项目背景

“高能同步辐射光源（HEPS）”项目是国家“十三五”期间优先建设的重大科学装置，建成以后将是中国的第一台第四代同步辐射光源，同时，它拥有世界最高的光谱亮度，高于目前世界上现有的和正在建设的光源，为基础科学和工程科学等领域原创性、突破性创新研究提供重要支撑，是一项具有划时代意义的工程项目。

高能光源现已获得 2021 年北京市工程建设质量管理小组 I 类成果：大体积素混凝土振捣装置研发；II 类成果：提高工艺预埋出孔安装精度、荣获第十四届第二批中国钢结构金奖；已获得专利：一种素混凝土振捣装置、双护筒装置及准直桩、一种准直桩结构、一种素混凝土收面用玻璃钢操作台、准直桩双护筒定位结构、一种双套筒坎岩准直桩垂直度检测装置、一种带电粒子通道得定位支架、装配式防辐射墙体装配结构、一种混凝土劈裂抗拉强度实验检测装置；已获得著作权：数字资产管理系统、全景平台；已荣获北京市优秀 BIM 管理成果 II 类。

2 实施方案

在建筑施工中各个阶段都离不开测量，但是传统测量在土方算量、基坑监测、大场景作业时效率低、测量过程中还会存在安全隐患、不便于判断与管理，所以急需先进的数字化手段进行补充代替。通过 BIM+无人机航测技术能够在建筑全生命周期中起到较为重要的作用，沟通各方协同进度的开展工作,提供现场土石方开挖、总平面布置的规划、施工过程中影像资料留存以及对城市三维数字模型构建数字城市所用到的倾斜摄影等,节约现场人力物力,简化了传统测量的方法和步骤。

2.1 技术路线

- a 在施工现场进行打点放样，测量点的大地坐标。
- b 规划航拍路线，自动航拍，对缺少照片的部位进行手动补拍。
- c 将航拍的原始照片导入软件内，设置参数、焦距、检查照片质量；与 GIS 坐标拟合，提交空三计算，重建模型，生成倾斜摄影模型。
- d 将带有 GIS 的倾斜摄影模型与带有 GIS 的 BIM 模型分别倒入 Revit/UE4 软件内自动拟合。
- e 输出轻量化三维实景模型活进行偏差分析、进度模拟等。（图 1）

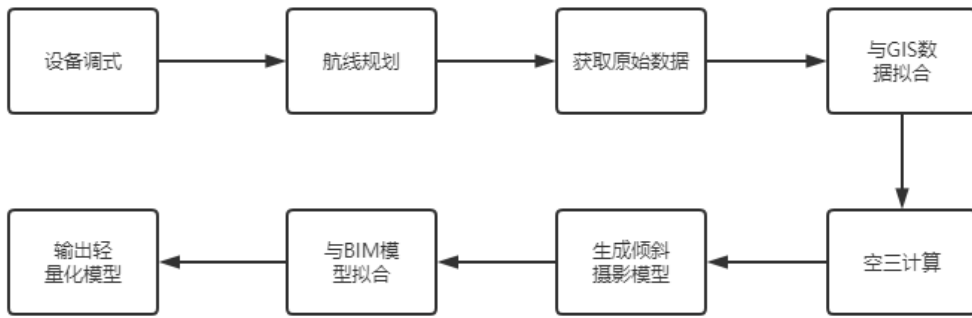


图1 内外业实施技术流程

2.2 设备选型

此项目航拍，选用了昊翔 H520(图 2)小型多旋翼无人机进行 GIS 辅助航测，具有 2000 万有效像素、传感器为 1 英寸 CMOS、采用 3840×2160 的分辨率、在高空 60-120 米进行航测。在 2020 年-2021 年进行了 20 次无人机数据采集。以下分析了三款无人机的配置参数，详见下表 1:

表1 无人机的配置参数

序号	名称	最大飞行距离	最长飞行时间	最大飞行高度	抗风等级	重量含电池	价格(元)	适用领域	图片
1	精灵 Phantom4 Pro	7km	30min	500m	5 级	1.388kg	11999	房建工程、地质工程、	
2	大疆御 2	8km	31min	500m	5 级	0.907kg	12888	房建工程、地质工程、	
3	Yuneec H520	4km	28min	500m	6 级	1.633kg	17500	房建工程、消防勘察	

2.3 航线规划

在无人机航拍前，航线规划是一项十分重要的前置工作，需制定飞行的范围大小，飞行的高度、速度、拍摄相片的重叠率。此次航线规划为“井”字路径航拍(图 2)。基于无人机的“障碍感知”“智能跟随”“指点飞行”“GIS”等功能，能够识别周围物体、判断飞行环

境，并在一定条件下实现自主飞行。

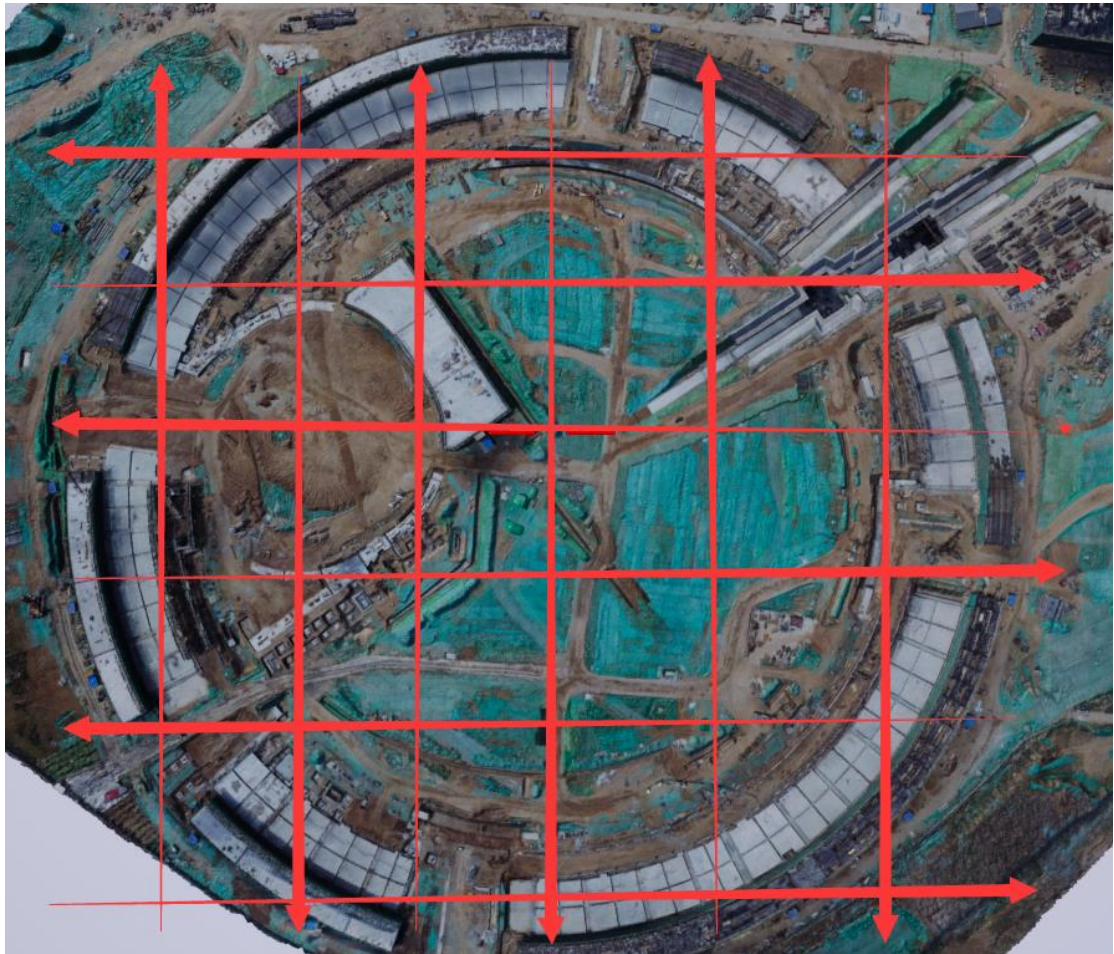


图2 高能光源航拍“井”字路径

2.4 飞控软件选型

目前，常用的飞控软件普遍具有航线规划、自动航拍、自动起飞、一键降落、智能跟随、实时传图、控制云台、多机直播、远程喊话等功能，其中航线规划和自动航拍在使用当中是重要功能。大部分飞控软件是和设备紧密匹配的，建议在使用当中应选用无人机品牌专有的飞控 APP（图 3）。



图3 大疆飞控软件与昊翔飞控软件界面对比

2.5 数据采集及处理

无人机航拍之前，要掌握当日天气情况，检查电量指示灯是否正确，LED 指示灯闪烁是否正常。飞行时，保持良好心态。请保持在视线内控制，远离障碍物、人群密集区、水面等。对现场进行实地考察确定坐标点位置，使用全站仪测量坐标点的坐标。使用昊翔 H520 搭配昊翔软件进行自动航拍，对缺少照片的位置进行手动补拍。将原始数据导入 Context Capture 内，添加焦距、感应器尺寸、坐标点后进行空三计算，生成倾斜摄影模型。

在航拍过程中飞机要在视线范围内飞行，时刻保持对飞机的控制，超视距无人机飞行要时刻观察监视屏幕的状态，及时发现异常情况。自动航拍后立刻检查照片，对缺少的部位进行手动补拍；降落时，保证降落位置 3 米内没有人员走动，没有障碍物。

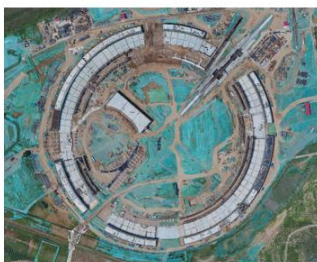
3 科技创新与集成应用

本工程环内占地面积 11.2 万平米，工程结构施工后环内排水受限不易排出。工程现场总面积 62 万平米，场地面积巨大，导致施工组织难度大，雨期施工时场区排水是施工重点。绿色施工涉及管理、技术、材料、工艺、装备等多个方面。根据绿色施工现场的特点以及施工流程，在确保施工各项目都能得到监测的前提下，绿色施工监测内容应尽可能全面，用最小的成本获得最大限度的绿色施工数据。

3.1 倾斜摄影 让施工更安全

设计前期，利用无人机对施工区域进行整体地形勘测，进行前期策划和后期安全巡查，同时查看施工区域的整体布局，辅助初步设计。通过无人机定期对项目现场进行拍摄，统筹 BIM、生产、安全和现场情况，为总包管理提供决策依据。

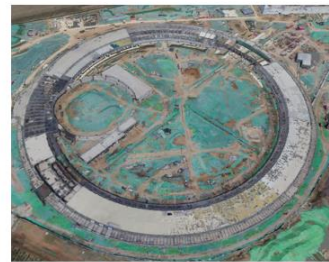
使用无人机飞行到“路不可及、目不可见”的地方，并通过清晰的照片观察此处的状态是否可靠。检测安全设施、文明施工、高空作业，全面提升项目管理水平；助力项目实时掌控施工进度及宏观偏差，并获得整个项目的建造影像资料，提高了工作效率（图 4）。



2020年6月



2020年9月



2021年4月

图4 高能光源不同时期的倾斜摄影模型

3.2 倾斜摄影 让定位更精准

以 BIM 提供的精细建筑模型为载体，利用无人机倾斜摄影来管理建筑的位置尺寸等信息，可以提高资产管理的自动化水平和准确性，配合 BIM 技术为建设工程全寿命周期提供动态的信息化管理。通过倾斜摄影获取工程建设地表环境信息，构建真实高精度的地理环境情况，生成实景三维底图，再通过 BIM 技术构建工程建设精细的工程建筑，包括地表施工情况，建设附属设施布置，物料的堆积管理，工程建筑的详细建设进度等。

为了保持结构和机电安装图模一致性提供详实的三维数据，将倾斜摄影模型与 BIM 模型进行拟合比对，与 BIM 模型进行拟合比对，实现缩放、旋转、交互等多项功能，可以从各个角度进行实景展示。助力项目实时掌控施工进度及宏观偏差，并获得整个项目的建造影像资料，提高了工作效率（图 5）。

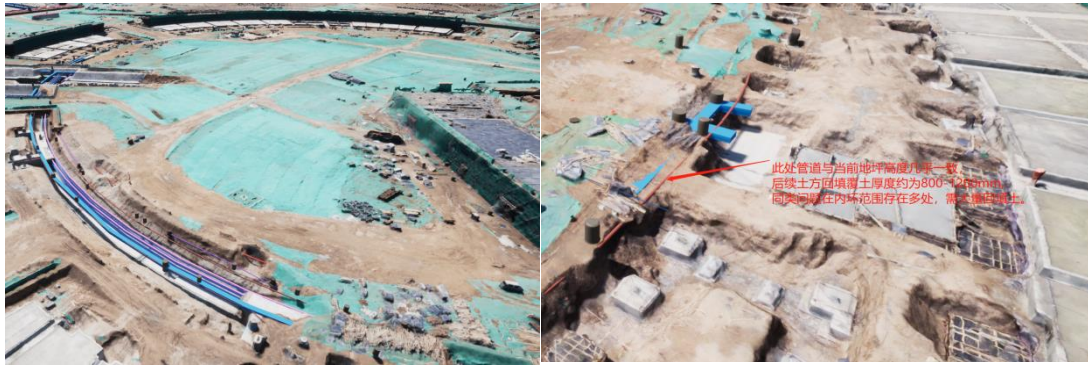


图5 高能光源小市政+倾斜摄影模型

3.3 倾斜摄影 让算量更快速

针对拟建场区内场地平整时，土方填挖方工程量计算难度大的问题，现场测量人员利用 RTK 测量仪对现场地形进行数据采集，并结合 BIM 技术绘制现场三维地形图，科学准确计算土方填挖方工程量，保证土方开挖、回填工程预算成本（图 6）。

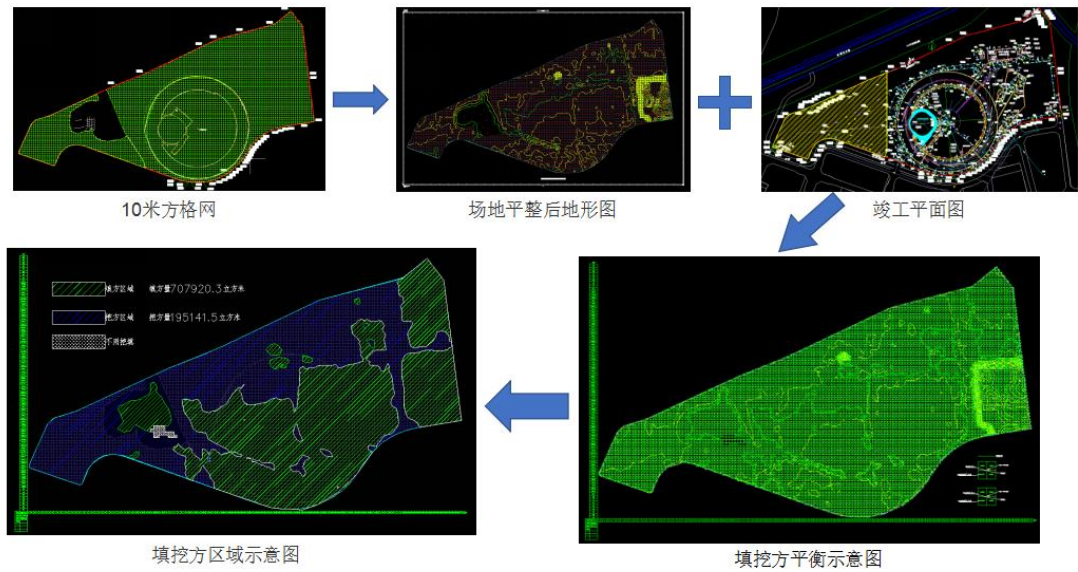


图6 高能光源土方算量

通过无人机航测的实施，可以快速了解项目周边情况，展示项目场地的现实情况。方便项目作出整体施工部署、场地布置、交通组织规划、土方开挖等，并随着现场实际变化随时进行调整。根据无人机航拍建立模型，可以帮助项目现场计算土方开挖量和土方回填量，并在施工过程中通过定期航拍进行项目量的监测与跟踪。

相对于传统基坑土方测量方法，无人机航测技术更加机动、灵活，不受地形限制，在平缓、陡峭地区均适用，在获得土方/地形的高程数据时同时也获得了影像数据。（图7）

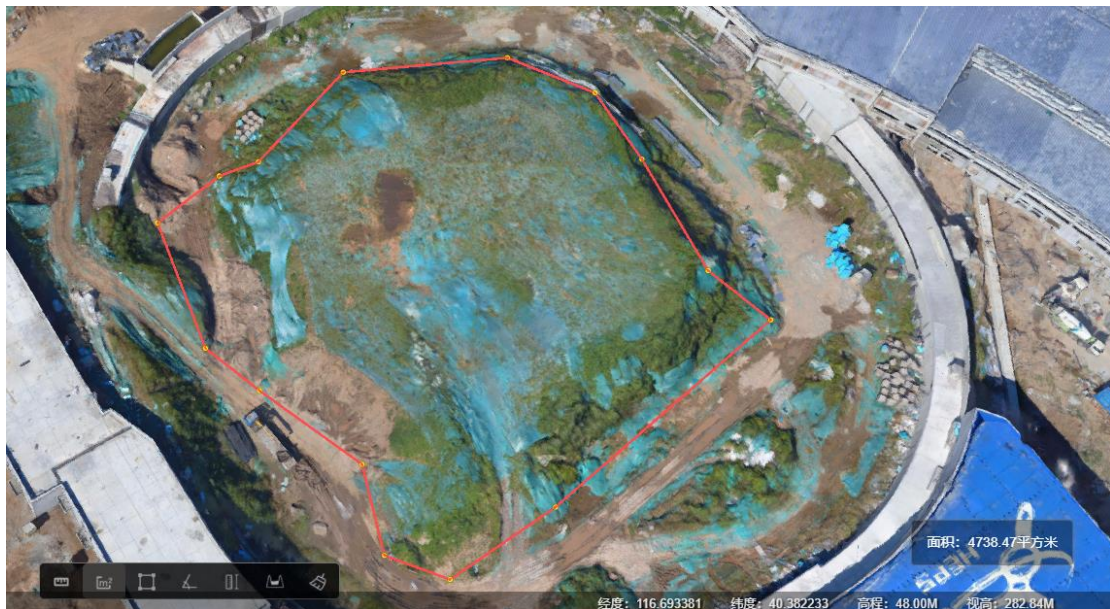


图7 高能光源面积算量

3.4 倾斜摄影 让浏览更顺畅

3.4.1 网页版浏览

通过北京建工自主研发的数字资产平台，网页即可浏览无人机模型，保持用户体验流畅。初始加载模型就能看到模型的整体轮廓，快捷迅速。实时计算视点与构件距离，动态进行轮廓模型与精细实体模型的内存加载与渲染，类似人眼观察世界的效果。平台提供旋转、剖切、组合等多种三维查看功能。平台完全承载模型中的各种信息，为日常讨论技术问题及协调施工生产提供便捷性帮助（图 8）。

同时数字资产平台适用各类项目需要，支持 rvt、dgn、nwd、nw、fbx、max、dae、osgb、ifc 等多种格式模型；一定范围内可替代 GIS（地图旧、有偏移、精细度不够、成本高）。

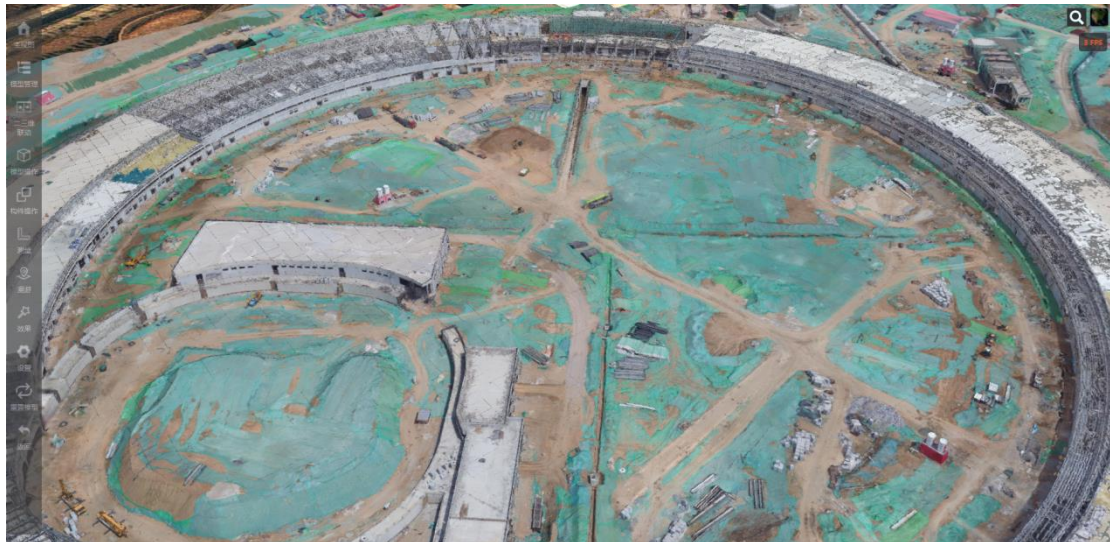


图8 网页浏览倾斜摄影模型展示

3.4.2 PC 与移动端浏览

目前，大部分展示倾斜摄影的软件收费或占用内存较大，针对此问题，使用 UE4 软件即可解决轻量化展示的问题，不需要安装软件即可轻松的查看模型（图 9）。

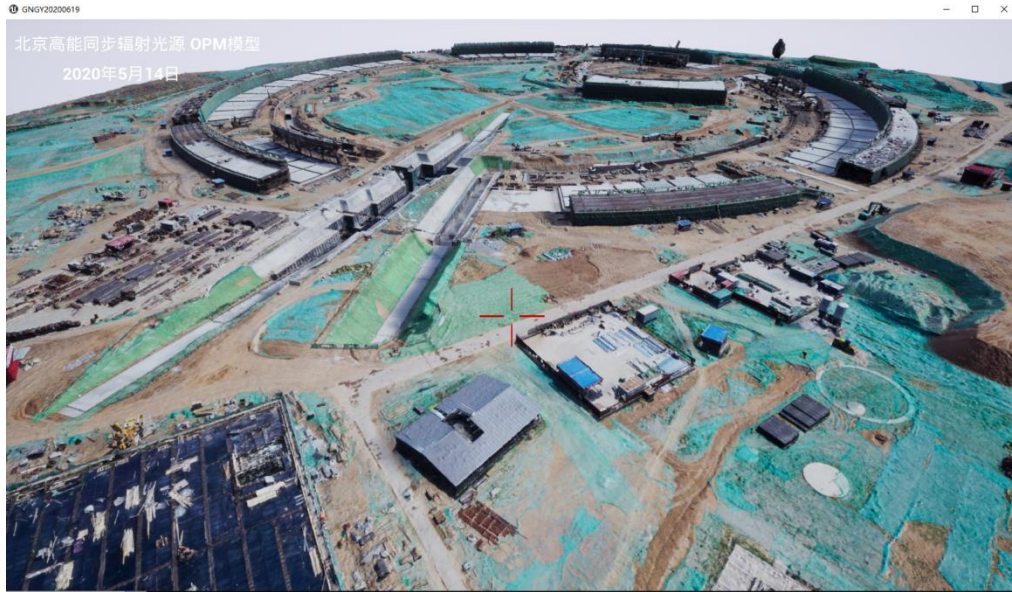


图9 PC端浏览倾斜摄影模型展示

3.5 倾斜摄影 让现场更直观

无人机航测形成的数字正射影像图提供了大量的信息，以直观、详实的影像反映了许多实地勘测中的盲点，利用数字正射影像可以更真实、直观地了解地形地貌及环境状况。数字正射影像不仅具有丰富的内容直观、立体感强，能反映出表面的最大信息，易于识别，而且其规模和相关位置精度高，所以更具实用价值。数字正射影像还可以作为影像地图浏览系统的基础数据使用。

数字高程模型对影像进行逐个像元的投影差改正，并做影像镶嵌处理，最后按照图幅的地形经过剪裁获得影像数据。与传统线划图相比较，影像的正射图有诸多优势。它不仅可用于对数字线划图数据的更新，提高数据的现势性，加快地形图的更新速度，也可作为背景图直接应用于施工现场各种地理信息系统。（图 10）

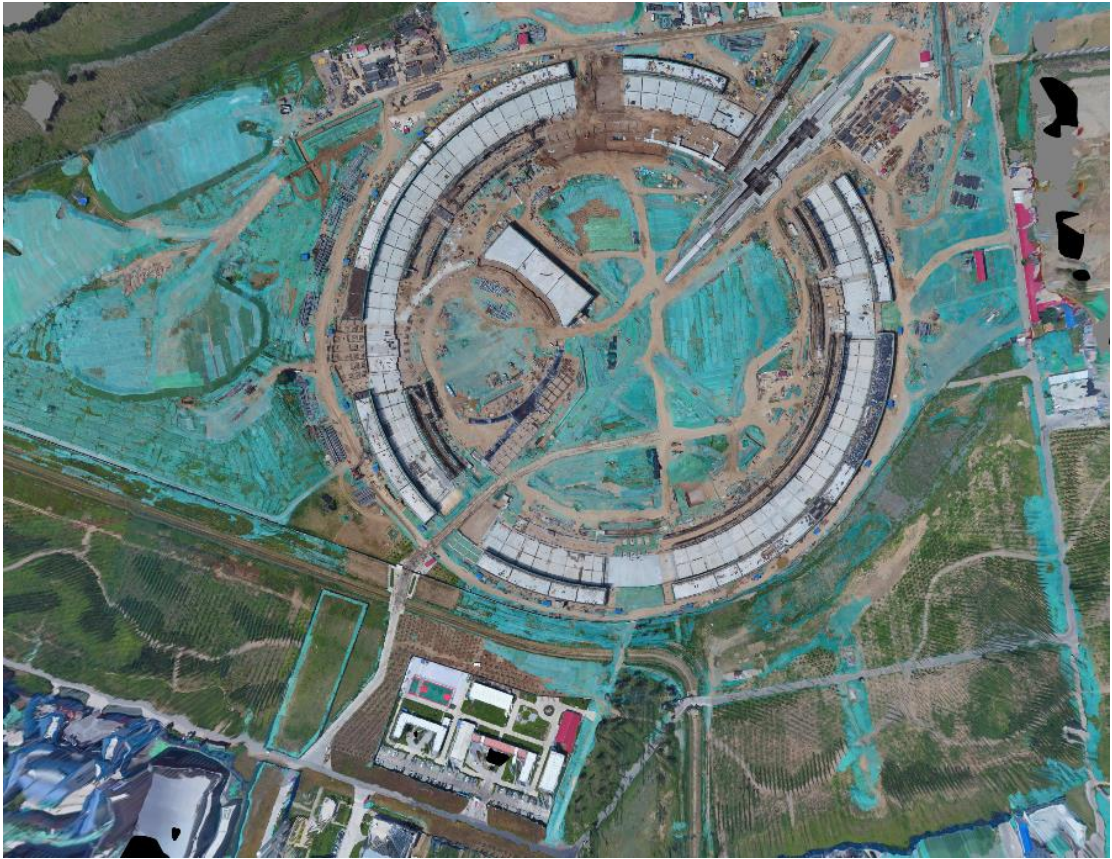


图10 高能光源正射影像图

4 实施总结

无人机航测形成的模型能让用户从多个角度观察建筑物,更加真实的反映建筑物的实际情况,极大的弥补了基于正射影像应用的不足。利用无人机航测大规模成图的特点,加上从倾斜影像批量提取及贴纹理的方式,能够有效的降低三维建模成本。

无人机航拍的倾斜摄影模型,无法表现出建筑物内部的构造,所以将倾斜摄影模型与 BIM 模型拟合不仅能看到大场景的施工现场还能查看房间内部的构造。达到实景与虚拟完美的结合,从而减少施工中的误差,比如测量误差等,能够较好的确保工程中的相关数据的准确性与一致性,使用户获得更高级,更为逼真的用户体验,还可以形成真实有效的项目施工记录,为项目施工过程记录、汇报展示等提供素材。