

# 实景三维模型在电力工程全生命周期中的应用

投稿人：任彪 王琦

投稿单位：《四川电力设计咨询有限责任公司》

## 摘要：

经济建设高速高质发展，电力工程作为我国经济发展的重要保障，扮演着越来越重要的角色。新经济形势下，随着发电新能源项目的崛起以及特高压输电项目的推进，电力工程建设规模日益扩大，传统的电力工程测量方法已不能满足电网建设的需求。无人机航测技术蓬勃发展，利用无人机获取影像数据，经处理后产生的三维模型、正射影像、DEM 等成果可应用于电力工程勘测设计、施工监测、运维管理等各个阶段，贯穿电力工程的整个生命周期。

## 关键词：

无人机航测；三维模型；电力工程全生命周期

近年来国家电网公司对于电力工程的三维设计及数字化水平提出了新的要求，电力行业在电力工程建设中提升自身数字化设计水平已成必然。工程测量和地理信息系统作为设计链条的上游专业，其基础数据的数字化获取手段以及成果的数字化移交成为解决矛盾的关键环节之一。无人机航测技术的广泛应用正好解决了电力工程建设中的痛点，节省外业时间，降低勘测风险，缩短设计周期，压缩工程成本，保证质量与精度，显著的提升了作业效率。

## 1 航测数据获取与处理

无人机航测包括作业准备、航线规划、像控点布设及重叠率、分辨率等技术指标的设计工作。后处理数据成果的质量很大程度建立在高质量外业航飞成果的基础之上。以“重庆市xxx500kV 线路新建工程”为例，对无人机在电力线路工程中的数据获取与处理进行简要的说明。

### 1.1 项目特点

#### 1.1.1 测区地形概况

该线路工程主要经过两种地形区域：城区高差起伏不大，但高层建筑和地物较为复杂区域；非城区地形起伏、较多植被覆盖，大面积居民区较少的山区。

## 1.1.2 数据成果要求

正射影像 DOM（分辨率优于 10cm）、三维模型、DEM（满足 1:500 地形图需求）。

## 1.2 任务规划及数据获取

### 1.2.1 机型选择

表 1 飞马 D2000 特点

特点 型号	便携性	易操控	长续航	高精度	多样性	智能性
D2000	可实现 单兵作 业	组装简便、 操控简易	续航 40 分钟以 上	网络 RTK 后差分模式， 无需架设基站，可实现 免像控	可以挂载正射单镜 头，倾斜五镜头，激 光雷达等	智能规划， 精准仿地

对于山区电力工程项目，一般存在交通不便，引测国家控制点耗时费力的特点，飞马 D2000 无人机，其便携性、易操控、长续航、高精度等特点，结合数据成果要求，特别适合于该项目中。

### 1.2.2 航测规划设计

根据数据成果要求结合飞机性能，对于航测任务进行了如下的设计：

表 2 航摄任务相关设计

类型	航高	重叠率	仿地	像控	基站
影像	非城区 180m	航向 80%	是	有	网络 RTK 免基站
	城区 200m	旁向 70%			

## 1.3 数据处理

飞马无人机管家提供了一整套完整的数据处理模块，包括 POS 解算、正射影像生产、模型生产、数据转化、数据检核等功能。



图 1 无人机管家全模块解决方案

电力线路工程勘测设计项目，一般要求具有设计路径两侧 xx 米范围内正射影像，数字高程模型，变电站及重点跨越区域的三维模型等数据成果。通过各专业协调设计，合理避让居民地、文物自然保护区、矿区等重点交叉跨越区域，以保证人民生命财产安全，保护生态环境，达到线路最优化的目的。

根据获取的机载 POS 数据、影像数据、基站数据等，经处理后产生三维模型、正射影像、DEM 等成果。数据处理流程及成果展示如下：

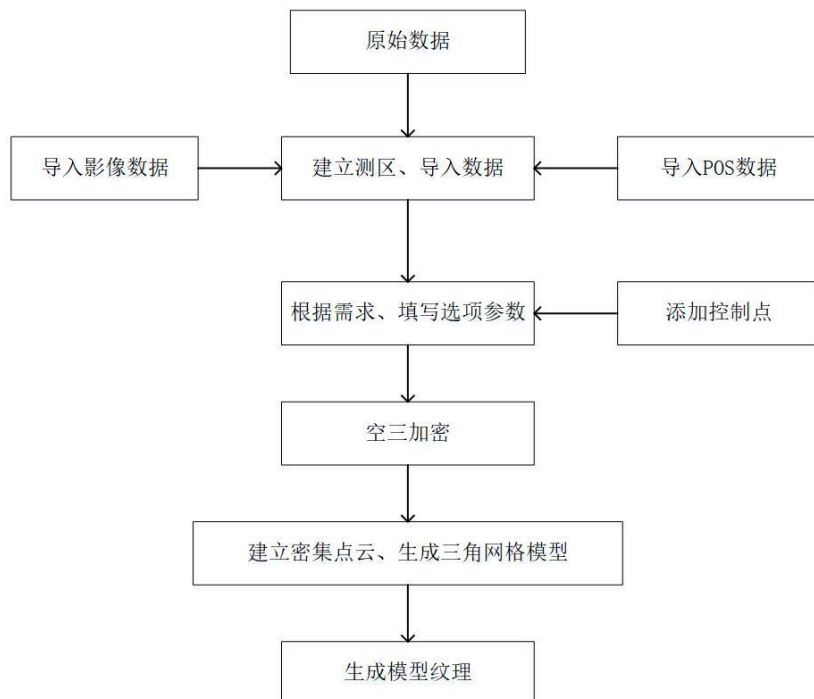


图 2 三维模型生产流程



图 3 三维模型成果

## 1.4 成果质量检核

为了评价航测模型成果的精度质量,需要对航测模型的位置精度包括平面位置精度和高程精度进行后评价。通过对 GPS 外业实测点与航测模型采点进行比对,分析精度是否满足大比例尺地形图精度,其中  $\Delta = \text{实测值} - \text{模型值}$ 。

表 3 实测与模型点位比对表

点号	$\Delta X$ (cm)	$\Delta Y$ (cm)	$\Delta H$ (cm)
A1	1.01	2.78	8.24
A2	-1.07	2.14	7.12
A3	1.05	3.26	4.55
A4	1.24	1.19	5.11
A5	2.21	1.25	-0.87
A6	-0.45	3.61	3.49
A7	-0.05	2.13	3.00
A8	-0.99	1.68	2.03
A9	1.39	0.33	1.92
A10	-3.23	1.22	1.39
A11	1.30	2.44	-2.89
A12	1.03	1.01	1.25

A13	2.01	1.11	-0.98
A14	1.01	3.02	1.14
A15	-0.77	-0.74	1.04

## 2 无人机在电力工程全生命周期中的应用

传统的电力工程测量方法主要有全站仪及 GPS RTK 的测量方法等，导致外业作业劳动量极大、几乎无自动化、而且从测量到成果周期长，已不能满足电网的快速发展。利用无人机获取影像，经处理后产生三维模型、正射影像、DEM 等成果。这些基础性数据结合三维设计平台和电网 GIS 数据管理平台，可应用于电力工程勘测设计、施工监测、运维管理等各个阶段，贯穿电力工程的整个生命周期。

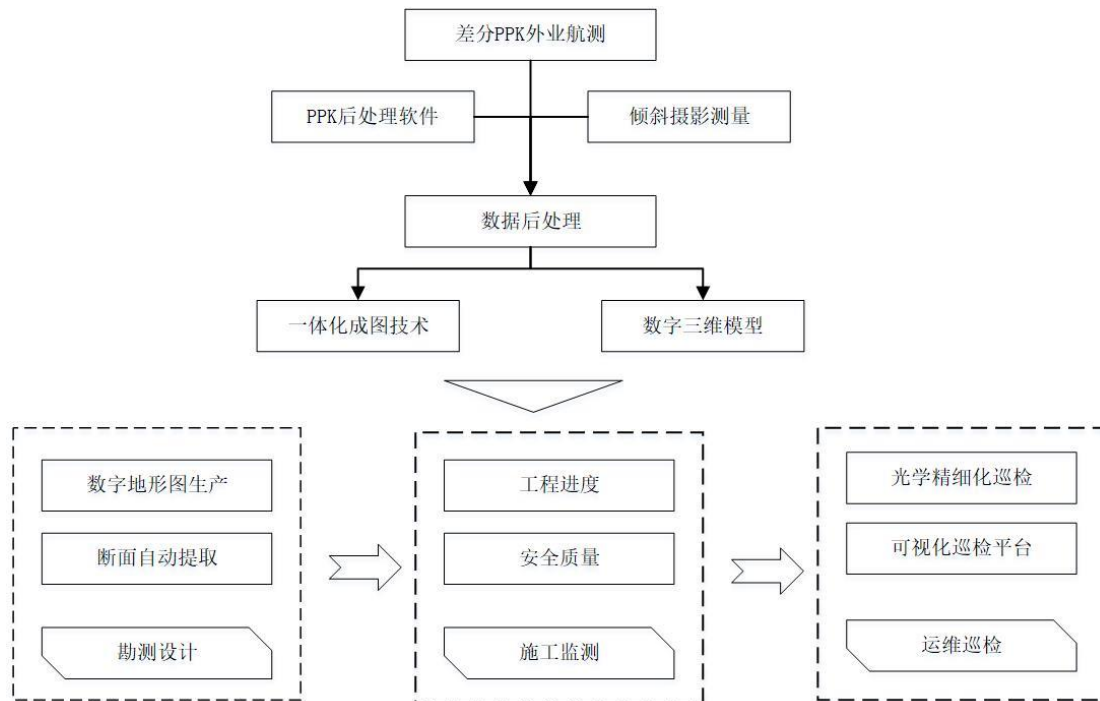


图4 总体框架图

### 2.1 无人机在电力工程勘测设计中的应用

无人机倾斜摄影测量技术已经广泛运用于各种厂站工程的勘测设计中，对于厂站工程勘测设计的项目中，可采用“飞马 D200”无人机挂载 5 镜头进行倾斜摄影测量作业。在植被较为稀少的厂站工程，倾斜摄影技术基本可以代替野外人工测量；在植被较为茂密的厂站工程初始及施工图勘测测绘中，配合人工补测的方式来完成，倾斜摄影测量大大的提高了测量专业工作效率，减轻了野外工作强度。

通过倾斜摄影技术可以获取项目测区的影像信息（DOM）、数字高程模型（DEM）、数

字线画图（DLG）、三维实景模型，可以用于项目前期勘测设计，如：地形图的生成、厂区的规划与布置、土方量计算、进站路选择等，可以获取测区的影像数据和地形信息，更好的用于道路的规划和设计。

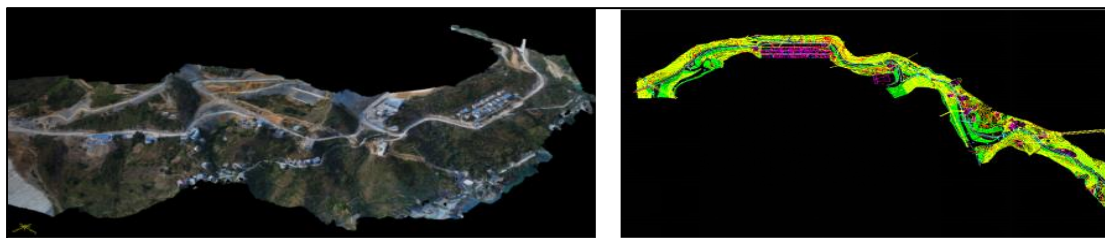


图5 基于三维模型的道路规划设计

基于厘米级精度三维模型，高精度三维实景模型应用于复杂山地光伏项目勘测设计。复杂山地高程模型精度对光伏设计影响较大，高程误差将导致复杂山地光伏诸多问题。通过高精度数字化地形实现地形相对误差米级到厘米级的跨越，可以在厘米级精度的地形上进行真实设计，避免了现场大量变动与返工。

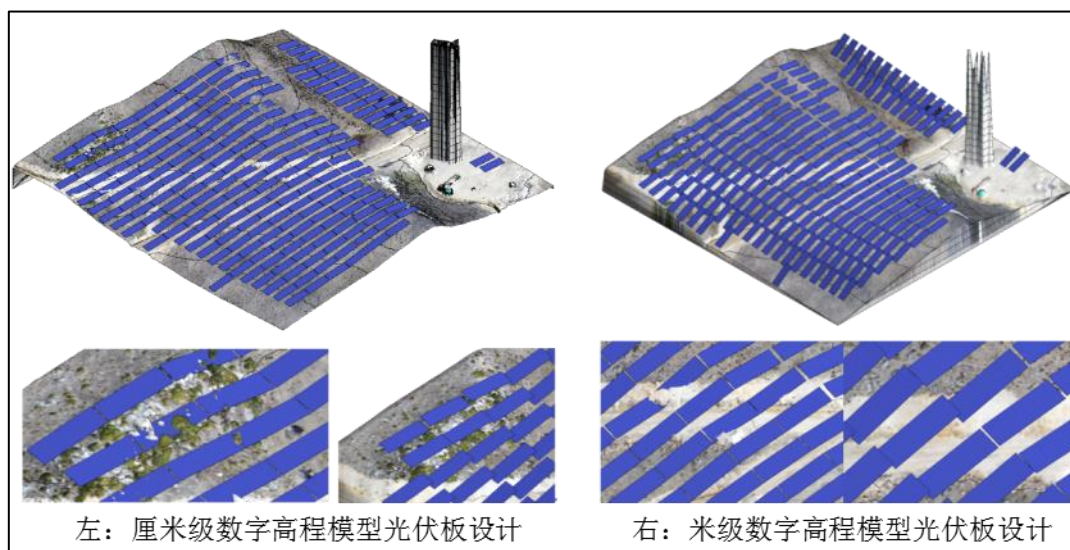


图6 基于三维实景模型的光伏板布设

运用倾斜摄影三维实景模型进行三维优化选线与设计，可以从模型上直接获取地物的空间信息，方便导线对地物安全距离的三维校核，方便设计专业进行自动排塔定位。直观的对各种地物进行辨识，方便对线路周边环境进行调查，合理避让居民地、基本农田、城镇规划区、工矿企业、自然保护区、恶劣地质区等区域，使线路规划设计安全可靠、科学合理、经济有效。

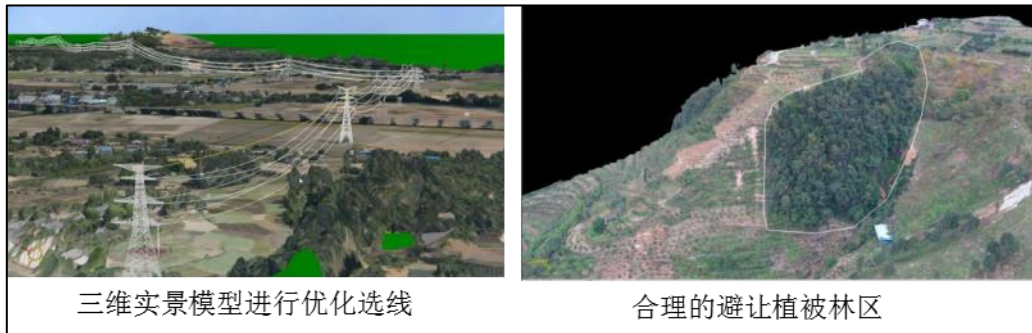


图7 线路优化选线

房屋统计可以通过实地测量和航空影像量测的方法获得，但前者耗时费力，后者无法准确获取房屋层数与材质等信息。通过倾斜摄影技术快速建立房屋三维模型，可以对房屋高度、面积、结构、层数及材质等信息进行统计，方便快捷，准确直观。

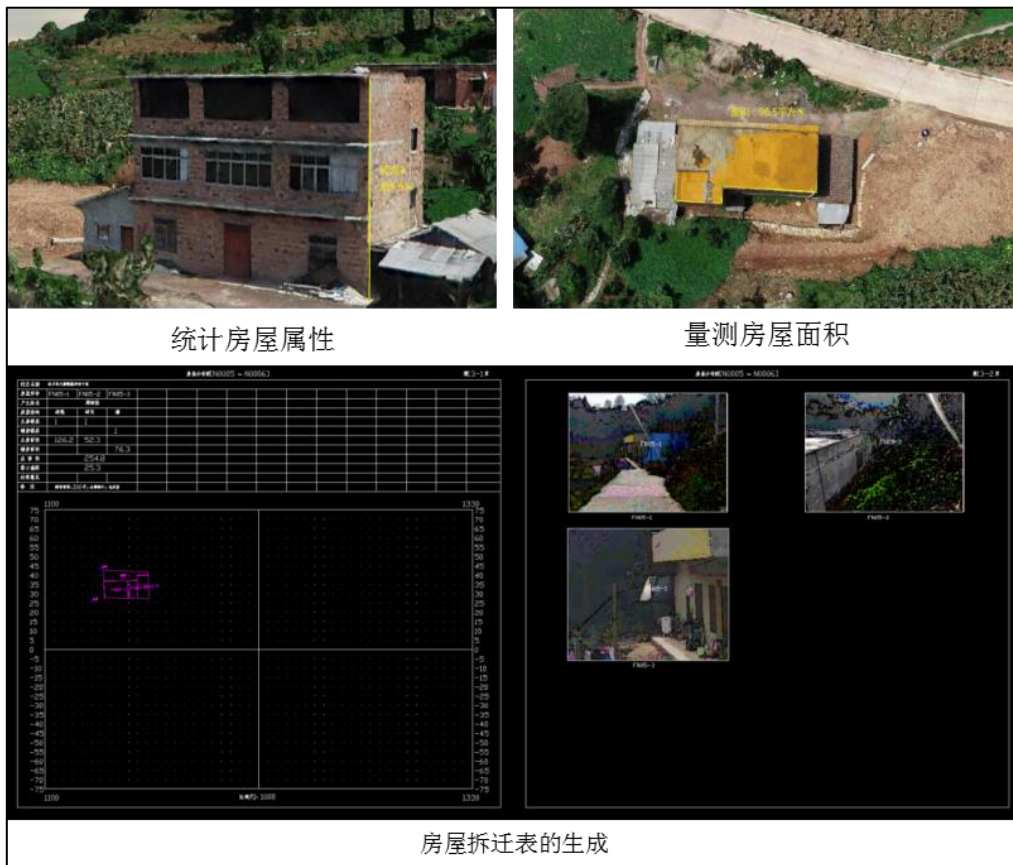


图8 房屋拆迁统计

## 2.2 无人机在电力工程施工建设中的应用

在工程建设和施工阶段，用于项目的施工进度分析、过程管控、现状调查、施工管理、检查施工填挖方量、设计与施工数据比对。通过无人机航测技术对施工过程现场的具体情况数据进行采集，与设计图纸、模型进行对比统计，更好的对施工过程和进度进行管理。



图9 电厂施工中期获取的三维模型



图10 电厂施工后期获取的三维模型

同样可以应用于新能源工程施工和建设阶段。复杂山地地区电站不按图施工现象一直存在，导致投资成本的增加，发电量的量化无法准确判断，通过倾斜摄影获取的实景三维模型的数据真实直观的识别与还原现场情况，自动与三维设计平台进行比对。能较为准确掌控现场建设进度，量化施工偏差，保证施工质量。

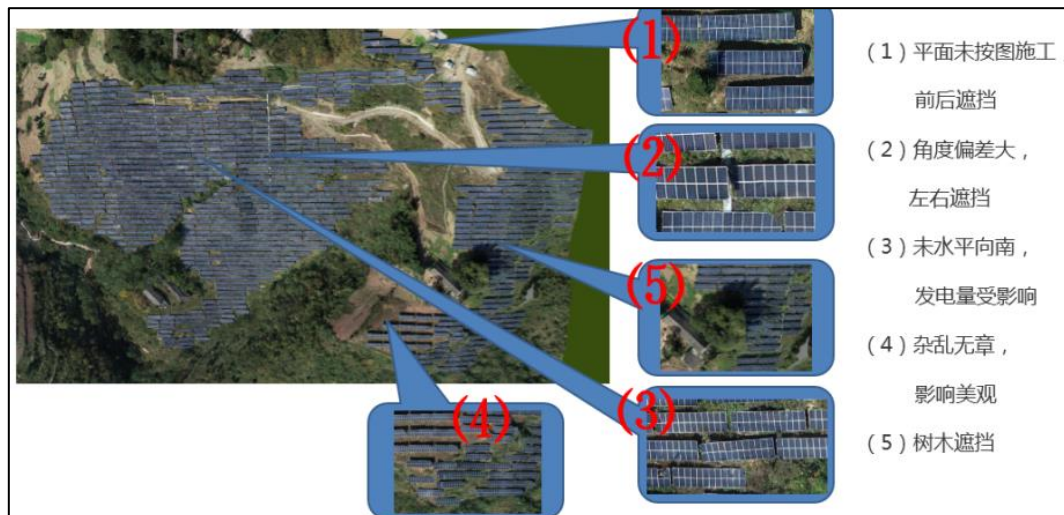




图 11 三维实景模型用于山区光伏电站的施工监控过程

## 2.3 无人机在电力工程运维管理中的应用

在电厂区域的高边坡治理过程中，也用到了无人机航测获取的三维模型数据，利用三维模型用于边坡和周边的相关信息，如坡度、高程对高边坡影响范围进行评估等。

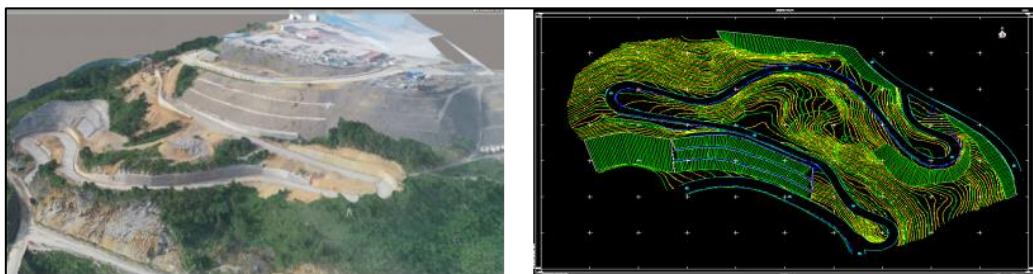


图 12 实景三维模型用于边坡监测与评估分析

三维模型、点云数据、DEM 等基础地理信息数据结合三维数据管理平台，可以实现数据查询、分析、统计、管理等功能。



图 13 三维模型可视化巡检平台

## 3 总结与展望

国家电网公司对于电力工程提出了数字化设计,数字化移交,数字化运维等更高的要求。无人机航测技术为电力工程勘测设计带来了翻天覆地的变化,也为推动电力工程测量技术进步、提高电力工程作业效率、降低工程成本提供了有力技术支撑。电力工程三维数字化是未来发展的趋势与热点,同时也存在很多技术难点和要点:

(1) 三维模型精细化程度。目前的软件及算法对于精细化建模各有千秋,还需要大量的人工干预。

(2) 多源数据的标准化。基础数据的种类多而杂,格式繁多,多源数据必须标准化。

(3) 海量数据的组织管理。无人机航测数据量巨大,再加上其他数据源的基础数据,

---

对于多源海量数据的组织管理有了更高的要求。

（4）平台互通，专业融合。三维设计平台和数据管理平台的数据共享以及专业间的协同作业是实现电力工程数字化三维设计的必经之路。