

## 二、项目简介

### 项目简介（限1000字）

倾斜摄影技术是国际测绘领域近些年发展的一项高新技术，作为一项新兴技术，在三维建模和测绘工程中有广泛的应用前景，然而高精度地表模型获取及应用方向是阻碍其发展的主要问题。为全面贯彻党的十九大精神，深入落实习总书记重要讲话精神，围绕建设数字中国、智慧社会的战略部署；配合好国家发展自动驾驶产业的决心，促进新测绘技术的发展，从多尺度的数据库向非尺度地理实体全息数据库转变，根据国家《全国基础测绘中长期规划纲要（2015—2030年）》要求和国家“测绘地理信息事业“十三五”规划”、《浙江省测绘与地理信息事业“十三五”发展规划》要求，对实景模型获取与应用的关键技术进行了研究与应用。本课题主要研究了地表实景模型获取和应用的关键技术，主要技术内容有：

（1）通过研究像控标识外观设计和像控标识地面布设方法，优化了倾斜航空摄影绝对定向技术。通过与外业检测数据的对比统计，分析了三种类型的像控标识的优劣，红黄十字对比色像控标识可有效提高实景三维模型的绝对定向精度。通过研究在相同航飞高度条件下，不同像控标识地面布设密度值（分别为500米、250米、150米）对实景模型精度的影响，得出在实际生产应用过程中的最佳像控密度布设值。

（2）研究了多元化航飞方案的精细化实景模型建模方法，针对各种不同类型的地形地貌和项目精度需求，采用了多元化的航飞方案，选用不同焦距的航摄仪，采用不同的像片控制点密度和不同的影像重叠度进行外业数据采集，提高实景模型的精度。

（3）研究了半自动实景三维模型逻辑单体化技术，通过自主研发的半自动单体化工具——

“智绘实景三维自动单体化工具”（目前该软著正在审批中）在动态单体化概念上，实现了逻辑单体化；同时，通过统一实景模型中心点、区块大小、纠偏等方法解决了多重模型叠加偏移问题，并通过数据轻量化和批量化的属性挂接，实现了半自动逻辑单体化技术。

本课题研究的高精度地表实景模型应用技术已应用于120余平方千米的地形测绘中，逻辑单体化技术应用于余杭175平方千米单体化建设，授权发明专利5项，发表论文3篇。高精度三维模型还应用于地质灾害监测、土方量算、立面测绘等项目中，逻辑单体化技术所生产的单体化数据方便了实景三维数据的属性查询，推进了实景三维中国建设。

## 三、科技创新

### 科技创新（限5000字）

#### 1、立项背景

伴随国内智慧城市建设进程的加快，我国各地市对实景三维建设已经存在非常迫切的实际需求，不少行业和地区已先行试水。目前全国已有武汉、上海、南京、广州、嘉兴、深圳、成都、重庆等600多个地区在不同应用场景尝试了三维模型或实景三维模式并获好评。目前欧美等发达国家和地区对三维产业的关注度不断提升，如德国目前已基本完成全国范围内的实景三维建设。

为全面贯彻党的十九大精神，深入落实习总书记重要讲话精神，围绕建设数字中国、智慧社会的战略部署。根据国家《全国基础测绘中长期规划纲要（2015—2030年）》要求和国家“测绘地理信息事业“十三五”规划”要求中第四条第二项要求“推进多传感器、多视角、多时相遥感影像数据的标准化处理，基于倾斜航空摄影测量、卫星立体测绘等技术，建设高识别度、高容量、高现势性的三维实景中国影像数据库及信息服务系统，形成常态化的航空航天遥感影像产品生产和分发服务能力”和《浙江省测绘与地理信息事业“十三五”发展规划》要求大力推进实景三维中国建设。

随着实景三维模型不断的应用与推广，各行各业对地表实景模型的需求量越来越大，要求越来越高。比如公安维稳通过实景三维模型进行仿真演练，城乡规划采用三维模型进行规划设计更加真实形象，三维智能化地图建设对实景模型要求越来越高等等。实景三维模型会是测绘的一个重要终极产品，因为它是一个和真实世界完全相似的模型，如何获取到符合测绘要求的地表三维模型是我们当前探索的一个重点问题。

#### 2、科技含量

##### （一）总体思路

本项目地表实景模型获取和应用研究了实景模型构建，像片控制点标志设计，房屋单体化建模的基础上，基于低空倾斜摄影影像实现了实景模型的建立与地物属性的挂接，并利用所建立的实景模型进行了大比例尺地形图的批量测绘。

##### （二）技术方案与创新成果

##### （1）技术方案

为实现地表实景模型获取和应用，其关键技术主要包括倾斜航空摄影绝对定向优化技术、基于多元化航飞方案的精细化实景模型建模方法、基于高精度实景三维模型的大比例尺地形图测绘技术和半自动实景三维模型逻辑单体化技术。

##### （2）关键技术及难点

##### 1) 倾斜航空摄影绝对定向优化技术

通过研究像控标识外观设计和像控标识地面布设方法，优化了倾斜航空摄影绝对定向技术。像控标识外观设计过程中，通过与外业检测数据的对比统计，三种类型的像控标识的优劣差异显著，红黄十字对比色像控标识可有效提高实景三维模型的绝对定向精度。通过研究在相同航飞高度条件下，不同像控标识地面布设密度值（分别为500米、250米、150米）对实景模型精的影响，得出在实际生产应用过程中的最佳像控密度布设值。

## 2) 基于多元化航飞方案的精细化实景模型建模方法

在地形复杂区域，由于地形高低起伏不一致，地貌复杂、建筑密集程度不一致，采用普通的数据采集方式无法实现精细化建模。本次研究中针对各种不同类型的地形地貌和项目精度需求，采用了多元化的航飞方案，选用不同焦距的航摄影、不同的像片控制点密度和不同的影像重叠度进行外业数据采集，提高实景模型的精度。

## 3) 半自动实景三维模型逻辑单体化技术

通过自主研发的半自动单体化工具——

“智绘实景三维自动单体化工具”（目前该软著正在审批中）在动态单体化概念上，实现了逻辑单体化；同时，通过统一实景模型中心点、区块大小、纠偏等方法解决了多重模型叠加偏移问题，并通过数据轻量化和批量化的属性挂接，实现了半自动逻辑单体化技术。

### (3) 技术创新成果

通过对实景三维精细化关键技术的研究，已获得实用型技术发明专利五项，发表相关技术核心论文三篇。同时，该研究成果已应用于实际生产项目中，如：《智慧余杭公共服务三维实景地理信息平台建设项目》，175 km<sup>2</sup>建筑（除农房）的分层单体化查询、部分大比例尺地形图绘制；《2018年永嘉县基础地理信息数据更新及入库项目》的地形测绘工作；《玉环市环海绿道1:500地形图测绘》等项目。高精度倾斜模型的生产，提升了外业作业效率，使测绘工作的向内业化转变，同时延申了实景三维模型的应用领域；相关技术的应用，实现了单体化数据的批量化生产，有效提升了生产效率。

### (三) 实施效果

本课题研究了高精度三维模型建模方法和高效的单体化生产技术，使倾斜摄影技术可以应用于1:500大比例尺地形测绘中，实现了逻辑单体化数据的高效生产，推动了测绘技术的发展，提高了测绘效率与质量。基于实景三维技术的大比例尺地形图测图面积达到120余平方公里。同时逻辑单体化技术应用于“智慧余杭公共服务三维实景地理信息平台项目”建设，实现了三维模型的分层分户单体化，同时根据不同的应用提供了属性录入的数据框架，解决了单体化数据量大、技术流程繁琐、时间成本高、经济效益低、更新维护困难等问题，取得了不错的社会效益和经济效益。

## 3、创新点

### (1) 半自动实景模型逻辑单体化

使用二维矢量数据结合高程的方式，进行批量化的三维模型快速重建，并结合矢量数据重采样方式，通过设置最佳重采样密度值，对逻辑单体化数据去除多余节点，实现逻辑单体化数据的轻量化，采用多重三维数据叠加与透明色渲染技术隐藏了重建模型，进而实现了三维数据的半自动逻辑单体化。该单体化技术具有数据轻量化、作业效率高、操作简单、数据易修改与维护等特点，同时保留了原始三维数据的完整性。

### (2) 研究了高精度实景模型数据绝对定向技术流程

研究了实景模型数据高精度化技术，通过研究像片控制点密度的方法，研究了500/250/150米三种像控间距对实景模型精度的影响，得出像控最佳密度值为250/150米；同

时，在判刺采样中采用“隔4取1”的采样方式提高了采样率，减少了倾斜摄影测量中产生的偶然误差，提高了实景模型建模的绝对精度。通过此方式实现了基于地表实景模型的裸眼3D测图，进而实现了1:500大比例尺地形图批量生产。

### (3) 设计了红黄十字交叉像控标识

选用了色彩中较为鲜艳、反射波长较长的红黄两色，填充完成了十字交叉的像控圆形标识。标识半径约30厘米，大小正适合用于无人机低空摄影拍摄需求。

地表实景模型这一技术能够把地上地下、室内室外、水上水下等信息的三维模型融合其中，可以在此基础上开展更智能化、精细化的城市规划、设计、建设、运行和治理。也可服务自然资源生态保护、助力城市品质提升、起到服务历史文化资源保护的作用。

地表实景模型数据能广泛应用于地形图测绘、立面测量、日照分析、小区竣工测量、规划方案评审、城市规划设计、城市发展研究等各个领域，同时也应用到不动产登记、应急测绘、工程建设管控、数字公路和智能交通，地下管网系统、地质灾害。而且显示数据直观真实有效，具有非常高的重复使用性和社会效益。

## 4. 国际比较

当前类似课题已经进行许多，而大部分均未实现快速的单体化生产，仅仅完成了基础三维数据生产。因此，本课题涉及的单体化及系统平台中的三维数据应用开发均处于国内先进水平。实景三维模型数据精度满足1:500大比例尺地形测绘要求达到国内领先水平。

## 四、推广应用情况

### 1、推广、应用情况及社会评价（限 2000字）

高精度地表模型可为规划和自然资源、城建、交通、公安、城管、水利、民政、文化旅游等多个部门提供基础性三维数据服务，在城市控高分析、城市规划、美丽余杭、交通设计规划、拆迁管理、违法建筑管理、民政信息管理、公安维稳、城市部件管理等方面提供更直观、更准确的基础测绘与地理信息数据服务，也可进一步融合物联网、人工智能、混合现实等技术做到城市的智慧化发展、智能化管控和便捷化服务，真正体现“地理信息让生活更美好”。

高精度地表模型应用于规划部门，可使实景三维数据与人工模型套合，直观分析设计模型与实地场景是否冲突，也可同时加入多个人工模型，检查其相对关系是否冲突。地表模型也可应用于旅游行业，在各景点设置实景三维数据可用于美观展示，也可用于景点管理部门对景区的安全、环保、人流量、设备维护等的大致把控。

地表模型还有着极大的应用前景。使用地面相机、扫描仪等，可实现空地一体式作业，使实景模型数据与地面及地下三维数据相套合，便于综合评估、治理。三维模型定期对比，可用于地质灾害点、矿山等的实时监测，定期管理。

实景三维也关系着智能规划、交通管理、智能房管、环保监测、民政、市场监管、防违控违、社会治安综合治理、城市管理等诸多民生领域，及未来科技城、余杭经济开发区，临平新城、良渚新城、钱江经济开发区五大平台的开发建设，为城市规划管理建设和智慧余杭建设提供基础数据。

无人机倾斜摄影测量技术的发展，大大减少了外业作业时间，传统外业对天气因素和交通住宿等因素的依赖也将降低，因此，在测绘工程应用方面，大量的外业工作将转移至内业，工作进度的可控性更佳。对一些碎部地形的绘制与传统测绘方式相比，可以更加详尽，地形地貌可以获取更多点位信息，等高线的描绘将更加精细，人员无法到达的地点，可直接通过实景模型进行内业采集。通过实验和初步的实践应用结果证明，基于实景模型制作1:500地形图的成图方式是可行的，目前该技术已经应用于地质灾害项目，如宁海、桐庐地质灾倾斜摄影测量，1:500地形图如永嘉、诸暨等项目未来是一种大比例尺地形采集的可靠方式，可以推广。

半自动实景模型逻辑单体化技术不仅仅提高了单体化效率，同时实现了模型与规划属性的衔接，使得实景模型具备应用于规划设计部门的潜在能力。同时，可使实景三维数据与人工模型套合，可更加直观地分析设计模型与实地场景是否冲突，也可同时加入多个人工模型，检查其相对关系是否冲突，为城市规划分析提供更加准确、直观的实景模型数据。

目前逻辑单体化技术已应用于“智慧余杭公共服务平台三维实景地理信息平台建设项目”中，完成了175平方公里的单体化模型建设，而基于实景三维精细化技术的大比例尺地形图研究已应用于120余平方公里的地形测绘。