

基于智能算法的远程视频测量点位布置研究

王亚康

上海建科工程咨询有限公司 上海 200030

摘要：新型远程视频测量技术大大提高了工程测量工作的效率，但其价格较贵，点位不便移动，因此需要研究出一套布置方法，在满足测量需求的前提下最大化减少布置的数量和变动次数。本文通过分析远程视频测量技术的原理和点位布置的考虑因素，研究出一套基于改进粒子群优化算法的远程视频测量点位布置方法，可根据施工场地内的待测对象、障碍物、可架设点位等因素快速输出多套最优点位组合，有效提高远程视频测量应用的效率，降低应用成本。

关键词：智能算法；远程视频；测量技术；点位布置

引言

我国工程测量市场需求广泛，涵盖了基础设施建设、地质勘探、建筑施工、环境监测和交通运输等多个领域。随着国家经济的不断发展和技术的不断提高，工程测量市场需求也会不断增长。工程测量工作是保证工程质量的重要环节，而目前的工程测量仍采用传统的工具和方式进行测量作业，效率低、精度差，极大影响测量在质量控制的作用。

目前我国工程测量仍然主要使用全站仪、水准仪等传统工具进行测量，这些工具的使用需要三人以上的团队协作，在现今越来越复杂的工程中，存在人员投入大、效率较低等情况。在大型建筑工程中，此问题更加突出，传统测量工具无法实现空间和时间上的全面覆盖，容易出现漏测、错测等现象，不能保证测量工作的质量。根据测算，在从测量开始到最后交付测量成果供下道工序施工至少需要6个小时，极大影响了工程进度。另外测量结果以纯数据的方式存储在测量工具或导出成Excel表，不能有效二次利用，也无法与工作影像相结合，不仅无法作为测量工作的佐证，还造成工程数据资产的浪费。为使工程测量发挥原有的作用，保证工程质量，需要基于先进的测量工具研发应用技术来提高精度和效率。

近年来，研究人员提出远程视频测量技术，该技术具有高精度、高效率、智能化的特点，可以为工程测量提供远程可看、可测、可量、可比对、可回溯的全新技术支持^[1]。但对于视频测量装置的选择和布置，需要考虑到所能覆盖的范围与安装成本的平衡^[2]，建立点位布置模型^[3]，再通过人工智能算法对模型进行求解，从而得到最优的点位布置方案^[4]。

课题信息：基于远程视频的工程测量复核技术研究
与示范，编号项目：KY10000249.20230004

1 远程视频测量技术

1.1 基本原理

远程视频测量技术可以在1000m范围内测量出待测对象的绝对空间位置，其只需单人操作，且可观测到人不易到达的位置，具有测量精度高、测量效率高的优点。其工作原理如下所述：

远程视频测量装置由高精密云台、图像传感器、激光距离传感器组成。其中，图像传感器通过放大和缩小倍率获取一定范围内图像，将图像分析后获取待测对象与测量装置连线同大地水准线的夹角，放大倍率为32倍，图像分辨率为1920 x 1080px；激光距离传感器通过向被测物力发射激光并接收返回激光，获得与待测物体与装置间的距离，测量精度为 $\pm(2\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$ ，D为距离；高精密云台支持测量装置进行360度的转动，转动精度 0.0001° ；通过云台的转动即可获取不同待测物体与测量装置的相对空间位置关系。

1.2 工程应用方法

工程测量作业分为平面测量、高程测量两大领域，是通过量测出待测对象与控制点的相对距离和夹角来计算出待测对象的绝对空间位置。

(1) 平面测量：远程视频测量技术可远程观测到与控制点的相对平面位置关系，来获取自身的平面坐标。并通过观测与待测对象的相对平面位置关系，通过换算即可获得待测对象的平面坐标，可以满足工程平面测量的功能需求。

(2) 高程测量：远程视频测量装置可远程观测到与控制点的相对高程关系，来获取自身的高程。并通过观测与待测对象的相对高差，通过换算即可获得待测对象的高程，可以满足工程高程测量的功能需求。

(3) 垂直度测量：远程视频测量装置通过获取待测对

象立面上的多个点位的平面位置和高度,即可计算出待测对象的垂直度,可以满足工程垂直度测量的功能需求。

2 点位布置因素分析

远程视频测量技术的点位布置可从装置自身参数、工程测量要求、与施工场地因素两个方案进行考虑。其中装置自身参数包括测量精度、测量范围、旋转角度、架设方式、数据传输方式、网络通讯方式等;工程测量原理包括通视条件、测量误差要求、测量夹角等;施工场地因素包括施工围界、待测对象、场内障碍物、可架设点位等。

2.1 装置自身参数

远程视频测量装置的测量精度为 $\pm(2\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$,D为距离。根据工程测量规范,除细部轴线外,建筑物施工放样的最小允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$,标高传递的最小允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。因此代入测量精度计算公式得测量距离D为500m。视频测量装置所配备的高精密云台支持测量装置进行360度的转动,转动精度 0.0001° 。装置通过内置网络卡与后台系统进行联动,实现远程操作和数据传输,无需布线。装置可通过充电与直接供电两种方式进行供电,为保证操作的稳定性,尽可能采用直接供电的方式。装置底部设有固定装置可固定在施工围挡、灯杆、临建、塔吊上。

2.2 工程测量原理

工程测量需满足通视条件,即测量基点与待测对象之前要有良好的视觉条件,同时要求测量误差和测量夹角在规范要求内,因此测量装置应布置在视野广阔的高点。

2.3 施工场地因素

施工场地通常由最外侧的施工围界封闭而成一个不规则的立方体,内部布置了各类施工临建、机械设备、以及拟建建筑物,这些即为工程测量的障碍物。拟建建筑物既是测量的障碍物,也是工程测量的对象,作为测量对象时主要对其点、线、面进行测量,在对线、面进行测量时,可将其视为对线面中的若干个点进行测量,如对一条轴线的几何位置测量时,可通过对起始两点及中间若干个点进行测量实现;对一个面的标高测量时,可通过将面划分成若干个网格,然后对网格中心点的标高进行测量来实现。施工场地内的围挡、临建物高点、灯杆、塔吊可作为测量装置的架设点位。

3 点位布置算法设计

粒子群优化算法是一种通过模拟鸟群和鱼群觅食行为来进行目标函数寻优的元启发式算法,结构简单,运行速度快,可以较快地得到最优解,成为学者们用来解决优化问题的广泛选择^[5]。本文基于粒子群优化算法设计

了远程视频测量点位布置的计算方法,通过输入架设条件、求解问题、初始条件、障碍物等参数快速生成最少点位组合,再结合粒子群优化算法生成最优点位组合。

3.1 假设条件

综合点位布置因素,远程测量装置的根据点位布置因素分析,结合现有人工智能算法逻辑,可为远程视频测量点位布置做以下假设:

(1) 施工场地、待测对象、障碍物、测量装置均位于三维坐标系中;

(2) 施工场地为三维坐标系中的一个几何体,顶面为经过最高点如塔吊且平行于地平面的一个面,底面为基坑最深的开挖面;

(3) 障碍物是施工场地内的几何体,为方便计算,简化成长方体;

(4) 待测对象如桩位、轴线、标高等视为为施工场地内分布的点、线、面,均由三维坐标表示,待测对象不在障碍物内部;

(5) 测量装置的点位为一个三维坐标点,测量范围为以坐标点为核心,半径500m的球体;

(6) 预设塔吊、临建的角点等为可选点位,测量装置的球心必须位于可选点位上;

(7) 三维坐标系的精度为1.0m。

3.2 算法步骤,如图1所示

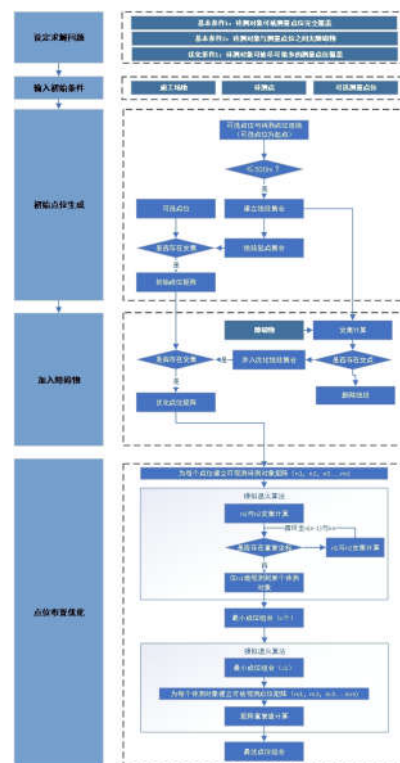


图1 点位布置算法流程图

(1) 设定求解问题

在一个三维空间中,存在有限的点,以及三维实体障碍物和几个预设坐标,需要布置多个球体,球体们可以完全覆盖点,且球心与点之间的连线不经过障碍物,求球体最少时的点位组合,且点尽可能被多个球体覆盖。

(2) 输入初始条件

输入施工场地各个面的表达式,组合成几何体,并建立该几何体的坐标矩阵;输入待测点的坐标;输入可选点位的坐标矩阵。

(3) 初始点位生成

遍历可选点位,将每个点位与待测点进行连线,以可选点位为起点坐标,待测对象为终点坐标,计算连线长度并保留长度 $\leq 500\text{m}$ 的线段,建立线段集合。删除可选点位中不属于线段集合起点坐标的点位,建立初始点位矩阵。

(4) 加入障碍物

输入障碍物各个面的表达式,组合成几何体;遍历初始点位选择中得到的线段集合,与障碍物各个面进行交集计算,过滤有交点的线段,对线段集合进行优化。删除可选点位中不属于优化线段集合起点坐标的点位,优化初始点位矩阵。

(5) 点位布置优化

为优化初始点位矩阵中的每个点位建立点位可观测待测对象矩阵,矩阵编号为点位编号,矩阵内容为该点可观测到的待测对象。将矩阵输入改进粒子群优化算法,根据矩阵间重复值逐步过滤可选点位,当发现矩阵间有重复值即一个待测对象可被多个点位观测到时仅保留一个点位进行后续计算。后续计算无法满足可观测所有待测对象时,返回重复值过滤步骤重新计算,通过多次迭代得到最少点位组合。

根据最少点位组合,每种组合均以待测点为对象,建立待测对象可被观测点位矩阵,将矩阵输入改进粒子群优化算法,计算对矩阵间重复次数,即可得出每种组合中待测对象可被观测到的点位数量,选择重复次数最高的组合,得到最优点位组合。

点位布置优化结果如图2所示,算法根据所设定的假设条件和步骤计算出能满足测量需求的点位组合,每种组

合均能测量到所有的待测对象,且不受障碍物的影响。

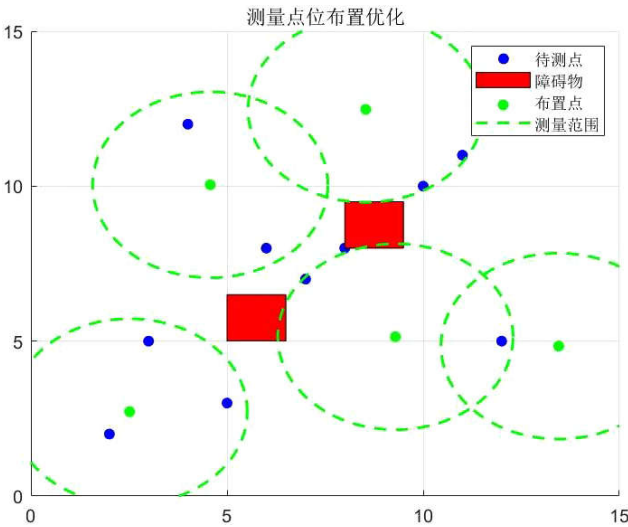


图2 远程视频测量最优点位布置图

结语:本文通过对远程视频测量技术的关键参数进行分析,得出点位布置需要考虑的多个因素。基于改进粒子群优化算法,将点位布置因素与施工场地进行融合,研究出一整套远程视频测量点位布置算法,可有效减少点位布置数量、提高测量覆盖范围、降低设备迁移次数,为远程视频测量技术的进一步推广应用提供技术支持,进一步加快工程测量的数字化转型。

参考文献

[1]林文,郑文,阙演明,等.远程视频监控测量技术在监理行业的应用与影响[J].中国建设信息化,2022,(12):48-50.
[2]左睿,张红勇,刘雪松,等.大型复杂施工现场固定式监控摄像头选型与布置优化模型研究[J].市政技术,2022,40(04):226-231.
[3]吴明庆,张永成,李前兵,等.地铁基坑工程安全风险视频监控组合布置优化研究[J].工程管理学报,2021,35(05):70-75.
[4]李权.地铁车站施工现场视频监控点布置优化研究[D].华中科技大学,2017.
[5]郑建强,张锡龙,李勇.改进粒子群优化算法在暖通空调机房自动优化布置系统中的应用[J].家电维修,2025,(06):15-18.