

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101950433 A

(43) 申请公布日 2011.01.19

(21) 申请号 201010271080.6

(22) 申请日 2010.08.31

(71) 申请人 东南大学

地址 210009 江苏省南京市江宁开发区东南
大学路 2 号

(72) 发明人 胡伍生 王骢 刘求龙 张宇杰

(74) 专利代理机构 南京苏高专利商标事务所

(普通合伙) 32204

代理人 柏尚春

(51) Int. Cl.

G06T 19/00 (2011.01)

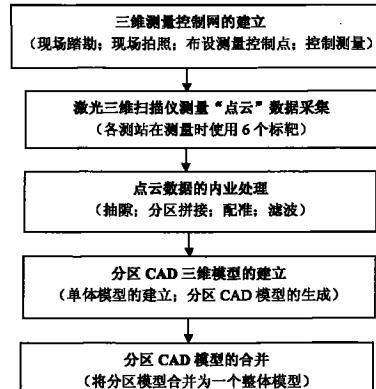
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

利用激光三维扫描技术建立变电站真三维模
型的方法

(57) 摘要

利用激光三维扫描技术建立变电站真三维模
型的方法，具体步骤为：1) 建立变电站三维测
量控制网、2) 激光三维扫描仪“点云”数据采集、
3) “点云”数据内业处理、4) 生成分区 CAD 三维模
型、5) 分区模型的合并。本发明有效地实现了三
维激光扫描“点云”数据的质量控制，提高了“点
云”数据拼接的效率；本发明方法提出的先分区
建模，极大地提高了变电站三维模型的建模效率；
针对变电站，本发明方法提出的工作流程是高精
度、高效率建模的保证。变电站三维模型的建立，
可以对变电站进行科学管理与分析，也可以应用
于培训、展示、运营、改扩建、一般工程问题处理决
策等方面，能满足变电站规范化、集约化、高技术
化发展的要求，潜在经济效益明显。



1. 一种利用激光三维扫描技术建立变电站真三维模型的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

a. 建立变电站三维测量控制网,

a1. 现场踏勘,了解现场情况,制订详细测量方案,

a2. 布设测量控制点,建立变电站局部三维坐标系 (x, y, H);首先利用全站仪,采用导线测量方式进行平面控制测量;按照一级导线测量精度要求施测,通过测量平差计算出控制点的平面坐标 (x, y);再利用水准仪,采用水准测量方式进行高程控制测量;按照四等水准测量精度要求施测,通过测量平差计算出控制点的高程坐标 (H);

a3. 加密控制点;如果控制点密度不够,增加临时控制点,利用全站仪,测量控制点与加密控制点之间的水平角和竖直角等数据,全站仪将自动计算出临时点的三维坐标;加密之后,控制点的数量较多,确保变电站所有部分都能被激光三维扫描仪测量采集到点云数据;

b. 激光三维扫描仪数据采集

b1. 测站准备工作,在控制点上架设激光三维扫描仪后,设置测站点和定向点信息,使各站采集的“点云”数据属于同一个坐标系,

b2. 点云数据采集,启动激光三维扫描仪,激光三维扫描仪自动进行扫描测量,点云数据自动保存,为了提高三维模型精度,各测站测量时使用 6 个标靶,为后期相邻测站点云数据拼接服务,

c. 点云数据内业处理

c1. 抽隙:考虑到“点云”数据巨大,同时兼顾到模型的精度,原始数据的导入按 1/4 或 1/9 的量提取,

c2. 分区拼接:为了提高工作效率,将整个变电站分成 4-6 块,再按照分区情况进行原始数据的拼接,拼接工作利用激光三维扫描仪自带的软件实现,相邻测站“点云”数据,保证至少有 3 个同名标靶,拼接操作时,只要选定同名点,软件会自动进行点云合并,

c3. 配准:拼接时的数据配准,选择相邻测站扫描的同名标靶点,利用相关条件约束进行拼接偏差修正,将拼接误差控制在要求范围以内,

c4. 滤波:剔除扫描对象前存在的人、车辆等遮挡物;

d. 生成分区 CAD 三维模型

d1. 单体模型建立:将经过内业处理之后得到的“点云”数据进行处理,利用激光三维扫描仪自带的软件生成单体模型,

d2. 单体模型生成后,通过软件导入 AutoCAD,生成分区 CAD 三维模型;

e. 分区模型的合并

最后,将分区的 CAD 三维模型合并为一个整体模型,变电站整体 CAD 三维模型建立之后,根据需要,将其转换到 3DMAX、Skyline 软件环境,再贴上纹理,便实现了变电站的真三维模型。

利用激光三维扫描技术建立变电站真三维模型的方法

技术领域

[0001] 本发明是一种利用激光三维扫描仪对变电站现场测量,采用相关软件建立变电站真三维模型的方法,属于“测绘”学科中的“地理信息系统”技术领域。

背景技术

[0002] 现实世界中的景物是三维的,因此在计算机中对客观景物进行三维重建是有现实意义的。

[0003] 测绘学科中,传统的三维建模方法主要是由航空摄影测量来实现的。例如,在国外,1997年,Grau通过利用航空影像提取三维场景中最小信息重建了建筑物的表面,2000年,Pollefey等也研究了利用航空影像重建三维场景的方法。在国内,2005年,刘亚文等探讨了利用地图与单影像进行建筑物三维重建的新途径。但是,通过这种方式建立几何模型工作量很大,精度也不高,不能快速获取三维空间数据、精确地建立模型,也不适合区域面积小的变电站的数据采集。

[0004] 对于小区域简单建筑物群,可以采用全站仪观测的方法进行三维建模,该方法的测量精度高,但对于结构非常复杂的变电站,全站仪观测劳动强度大,建模时间长,实现难度大,因此,全站仪观测的三维建模方法不适用于变电站。

[0005] 我国电力设计部门,多采用按照设计图纸来进行三维建模,该方法的优点是,方便、速度快、模型效果好等,但缺点是,该三维模型不是实地测量的,不能反映出变电站的客观实际情况,实际位置不准。因此,其模型仅为演示和宣传之用。

[0006] 三维激光扫描是近年来迅速发展起来的一种新型空间数据获取手段和工具,在三维仿真建模研究与应用方面受到越来越广泛的关注。(注:三维激光扫描仪测量,获取的数据是由全离散的矢量距离点构成的点的集合,称之为“点云”。)目前,三维激光扫描已经用于各种物体的三维建模,如:桥梁、道路、城市(建筑物群)、古建筑(故宫)、石林、城墙等。近年来,变电站的建设正向着规范化、集约化、高技术化方向发展,变电站的规划和管理方式也发生了转变,传统的手工规划与管理模式已经远远不能满足变电站建设和发展的需要,所以变电站的合理规划与有效的管理越来越引起社会及有关部门的重视。三维激光扫描技术与三维地理信息系统的结合应用正好能有效地解决传统的测量与管理手段所存在的问题。

[0007] 综上所述,三维建模的各种方法均有其优缺点。概括起来,对于变电站的三维建模,这些方法存在以下不足:

[0008] 1) 传统的航空摄影测量方法,适用于大范围的三维建模,作业时间长,精度低,其建模精度不能满足变电站的建模精度要求;

[0009] 2) 利用全站仪观测的方法进行三维建模,虽然测量精度高,但对于结构非常复杂的变电站,其劳动强度大,建模时间长,实现难度大,工作效率低。

[0010] 3) 按照设计图纸来进行三维建模,虽然方便、建模速度快、模型效果好,但模型不是实地测量的,因此,其模型仅为演示和宣传之用,不能满足变电站的管理要求。

[0011] 针对这些方法存在的以上不足,本发明主要是针对变电站的三维建模问题,通过研究激光三维扫描技术,实现现场测量“点云”数据质量控制,提出了提高变电站建模效率的工作流程。从而实现了高精度、高效率的变电站三维模型的建立。

[0012] 利用本发明方法建立的三维模型是变电站的“实景复制”,可以实现对外宣传模式的升级,由单一的海报、照片等形式升级为三维漫游视频、高分辨率、多方位、多角度的宣传电子资料。而且,在三维模型的基础上,再利用三维 GIS 系统,实现对变电站的动态化、科学化管理,配合安全监视设备,为保卫、消防、清洁、调度等提供技术保障,同时也可为变电站改扩建、一般工程问题处理决策提供帮助,潜在经济效益明显。

发明内容

[0013] 技术问题:本发明是利用激光三维扫描技术进行变电站三维建模的方法,主要技术包括:现场测量“点云”数据质量控制技术;根据“点云”数据,利用相关软件,按照一定工作流程,实现变电站高精度真三维模型的建模技术。高效率建立的高精度变电站三维模型成果可为变电站的动态化、科学化管理提供服务。

[0014] 技术方案:本发明利用激光三维扫描技术建立变电站真三维模型的方法包括以下步骤:

[0015] a. 建立变电站三维测量控制网,

[0016] a1. 现场踏勘,了解现场情况,制订详细测量方案,

[0017] a2. 布设测量控制点,建立变电站局部三维坐标系(x, y, H);首先利用全站仪,采用导线测量方式进行平面控制测量;按照一级导线测量精度要求施测,通过测量平差计算出控制点的平面坐标(x, y);再利用水准仪,采用水准测量方式进行高程控制测量;按照四等水准测量精度要求施测,通过测量平差计算出控制点的高程坐标(H);

[0018] a3. 加密控制点;如果控制点密度不够,增加临时控制点,利用全站仪,测量控制点与加密控制点之间的水平角和竖直角等数据,全站仪将自动计算出临时点的三维坐标;加密之后,控制点的数量较多,确保变电站所有部分都能被激光三维扫描仪测量采集到点云数据;

[0019] b. 激光三维扫描仪数据采集

[0020] b1. 测站准备工作,在控制点上架设激光三维扫描仪后,设置测站点和定向点信息,使各站采集的“点云”数据属于同一个坐标系,

[0021] b2. 点云数据采集,启动激光三维扫描仪,激光三维扫描仪自动进行扫描测量,点云数据自动保存,为了提高三维模型精度,各测站测量时使用 6 个标靶,为后期相邻测站点云数据拼接服务,

[0022] c. 点云数据内业处理

[0023] c1. 抽隙:考虑到“点云”数据巨大,同时兼顾到模型的精度,原始数据的导入按 1/4 或 1/9 的量提取,

[0024] c2. 分区拼接:为了提高工作效率,将整个变电站分成 4-6 块,再按照分区情况进行原始数据的拼接,拼接工作利用激光三维扫描仪自带的软件实现,相邻测站“点云”数据,保证至少有 3 个同名标靶,拼接操作时,只要选定同名点,软件会自动进行点云合并,

[0025] c3. 配准:拼接时的数据配准,选择相邻测站扫描的同名标靶点,利用相关条件约

束进行拼接偏差修正,将拼接误差控制在要求范围以内,

[0026] c4. 滤波 :剔除扫描对象前存在的人、车辆等遮挡物 ;

[0027] d. 生成分区 CAD 三维模型

[0028] d1. 单体模型建立 :将经过内业处理之后得到的“点云”数据进行处理,利用激光三维扫描仪自带的软件生成单体模型,

[0029] d2. 单体模型生成后,通过软件导入 AutoCAD,生成分区 CAD 三维模型 ;

[0030] e. 分区模型的合并

[0031] 最后,将分区的 CAD 三维模型合并为一个整体模型,变电站整体 CAD 三维模型建立之后,根据需要,将其转换到 3DMAX、Skyline 软件环境,再贴上纹理,便实现了变电站的真三维模型。

[0032] 有益效果 :本发明的变电站三维模型的实现方法具有以下优点 :

[0033] (1) 通过全站仪三维控制测量和设置标靶等措施,有效地实现了三维激光扫描“点云”数据的质量控制 ;并为后期内业数据处理中不同测站“点云”数据的拼接带来极大便利 ;

[0034] (2) 本发明方法提出的先分区建模,再模型合并的方法具有可操作性,实用性较强 ;该方法极大地提高了变电站三维模型的建模效率 ;

[0035] (3) 针对变电站,本发明方法提出的工作流程是高精度、高效率建模的保证。

附图说明

[0036] 图 1 变电站三维建模的工作流程图。

具体实施方式

[0037] 利用激光三维扫描技术进行变电站三维建模的工作流程见图 1。本发明利用激光三维扫描技术进行变电站三维建模的方法为 :

[0038] a. 建立变电站三维测量控制网

[0039] (a1) 按照常规大地测量方法和步骤,先进行现场踏勘,了解现场情况,制订详细测量方案 ;现场拍照,为后期三维模型贴纹理准备资料 ;

[0040] (a2) 布设测量控制点,并对所有控制点编号,假设其中两个点为已知点,建立变电站局部三维坐标系 ;利用全站仪测量控制点平面坐标,利用水准仪测量其高程,通过常规大地测量方法,求出所有控制点的三维坐标 ;

[0041] (a3) 根据变电站的实际复杂情况,应加密控制点,确保变电站各个部分都能被激光三维扫描仪测量采集到数据。测量出所有加密控制点的三维坐标。

[0042] b. 激光三维扫描仪数据采集

[0043] (b1) 测站准备工作。先在控制点上架设激光三维扫描仪,输入该测站点已知坐标值 ;用其他控制点定向,输入该定向点已知坐标值 ;这样就能保证各站采集的“点云”数据属于同一个坐标系,为后期的“点云”拼接带来极大方便。

[0044] (b2) 测量数据采集。按照仪器操作规程,激光三维扫描仪测量,自动采集数据,自动保存数据。为了提高三维模型精度,各测站测量时使用 6 个标靶,目的是提高相邻测站之间“点云”拼接的精度。

[0045] c. 点云数据内业处理

[0046] (c1) 抽隙：“点云”数据十分巨大,考虑到数据巨大造成后期处理的难度,同时兼顾到模型的精度,原始数据的导入按 1/4 或 1/9 的量提取。

[0047] (c2) 分区拼接:数据抽隙后进行点云拼接,其目的是将单站的点云数据进行合并,形成变电站的整个点云图。由于数据量的庞大,为了提高工作效率,将整个变电站分成 4-6 块,再按照分区情况进行原始数据的拼接。

[0048] (c3) 配准:拼接时的数据配准的计算采用迭代最邻近点 ICP 算法,选择相邻测站扫描的同名标靶点,利用相关条件约束进行拼接偏差修正,将拼接误差控制在要求范围以内,如 ±20mm。

[0049] (c4) 滤波:对“点云”数据进行滤波,剔除扫描对象前存在的人、车辆等遮挡物。

[0050] 以上抽隙、拼接、配准、滤波等工作,可利用仪器厂家提供的软件实现。

[0051] d. 生成分区 CAD 三维模型

[0052] (d1) 单体模型建立:利用仪器厂家提供的软件,将测量所得的点云数据进行处理,生成单体模型。对于变电站,其单体模型有主变电容器、主变低抗、变压器、高压绝缘子、高压支柱瓷绝缘子、管道与线圈等。为提高建模效率,可建立变电站单体模型库,然后,可根据其位置进行复制。

[0053] (d2) 生成模型后导入 AutoCAD,生成分区 CAD 三维模型。

[0054] e. 分区模型的合并

[0055] 最后,将分区的 CAD 三维模型合并为一个整体模型。由于三维激光扫描仪外业采集的数据量非常大,利用软件进行模型的整体建立,对于高配置的电脑,操作也是很缓慢。通过分块来建立三维模型,最后合并成一个整体模型,不失为一个好的选择。变电站整体 CAD 三维模型建立之后,根据需要,可以将其转换到 3DMAX、Skyline 等其他软件环境,再贴上纹理,便实现了变电站的真三维模型。

[0056] 下面结合具体实例,对本发明方法的具体实施方式作进一步详细说明。实施例为江苏省 HQ(500kV) 变电站。

[0057] 1) 建立变电站三维测量控制网

[0058] (1) 现场踏勘,其目的是了解现场情况,制订详细测量方案;现场踏勘选择在一个晴天上午进行,到现场后,进行了拍照和录像,获取相关资料,并就一些复杂的区域提出了一些相应的数据采集方案。

[0059] (2) 踏勘当天就布设了 8 个测量控制点,并对所有控制点进行编号。两天之后再到现场,利用全站仪测量控制点平面坐标,利用水准仪测量其高程。假设其中两个点为已知点,建立变电站局部三维坐标系;再通过常规测量方法加密控制点,计算出所有控制点的三维坐标。总共观测了 52 个控制点(含加密控制点)。

[0060] 2) 激光三维扫描仪数据采集

[0061] (1) 在三维控制测量工作完成之后,将所有控制点的编号及其三维坐标值全部输入到激光三维扫描仪(Leica HDS6000)中。然后,依次在 52 个控制点架设激光三维扫描仪,输入该测站点编号,其已知三维坐标值仪器自动读入;利用离开该测站点相对较远的其他控制点定向,输入该定向点编号,其已知三维坐标值仪器自动读入;这样就能保证各站采集的“点云”数据属于同一个坐标系,为后期的“点云”拼接带来极大方便。

[0062] (2) 测量数据采集。按照仪器操作规程,激光三维扫描仪测量,自动采集数据,自动保存数据。为了提高三维模型精度,各测站测量时使用了 6 个标靶,目的是提高相邻测站之间“点云”拼接的精度。实际测量时,站与站之间距离小于 50 米,共采集了 52 站的点云数据,每站测量时间约 6 分钟,数据总量约 60G。同时,再次利用数码相机采集大量的野外场景的高清晰图片,照片总量约 600M,为后期的模型材质处理做好准备。

[0063] 3) 点云数据内业处理

[0064] (c1) 抽隙 :HQ 变电站“点云”数据约为 60G,考虑到数据巨大造成后期处理的难度,同时兼顾到模型的精度,HQ 变电站原始数据的导入按 1/4 的量提取。

[0065] (c2) 分区拼接 :由于数据量的庞大,为了提高工作效率,将 HQ 变电站分成 4 个区域,再按照 4 个分区情况,各区域分别进行原始数据的拼接。

[0066] (c3) 配准 :拼接时的数据配准的计算采用迭代最邻近点 ICP 算法,选择相邻测站扫描的同名标靶点,利用相关条件约束进行拼接偏差修正,HQ 变电站将拼接误差向量控制在 2cm 以内。

[0067] (c4) 滤波 :对“点云”数据进行滤波,剔除扫描对象前存在的人、车辆等遮挡物。

[0068] 以上抽隙、拼接、配准、滤波等工作,是利用仪器厂家 Leica 公司提供的 Cyclone 软件实现的。

[0069] 4) 生成分区 CAD 三维模型

[0070] (d1) 单体模型建立 :利用 Leica 公司提供的 Cyclone 软件,将测量所得的点云数据进行处理,生成单体模型。该系统软件具备以下功能 :配有常用的三维模型组件,如柱体、球体、管状体、长方体等;提供与模型组件相对应的点云匹配算法;提供几何体表面 TIN 多边形算法。对于 HQ 变电站,高压绝缘子采用 Cyclone 软件的曲面自动延伸的功能,生成中间有孔洞的薄面,然后组合。变压器采用曲面延伸与长方体组合生成方式,建立确切的三维模型,细节后期可以通过纹理的粘贴进行完善。高压支柱瓷绝缘子套管采用柱体、球体、管状体等几种组合图形,利用其自动匹配方式进行各自模型的生成,然后根据点云组合模型。为提高建模效率,建立 HQ 变电站单体模型库,然后,可根据其位置进行复制。

[0071] (d2) 生成模型后导入 AutoCAD,生成 4 个分区 CAD 三维模型。

[0072] 5) 分区模型的合并

[0073] 最后,将 4 个分区的 CAD 三维模型合并为一个整体模型。HQ 变电站整体 CAD 三维模型建立之后,根据需要,将其转换到 3DMAX 软件环境中,再贴上纹理,便实现了 HQ 变电站的真三维模型。

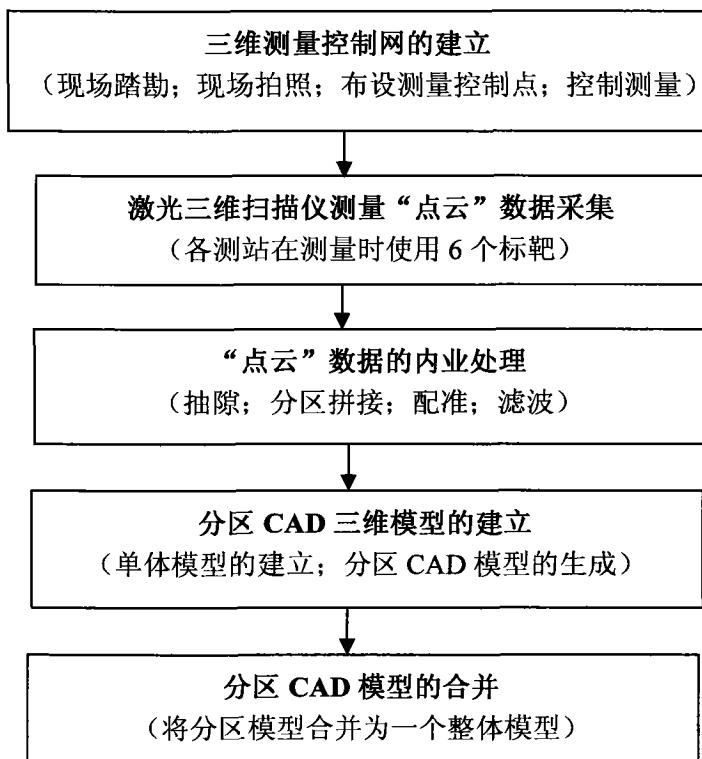


图 1