

# 变电站视频监控系统 三维智能布点软件开发与应用

谢晓娜<sup>1</sup>, 常政威<sup>2</sup>, 冯世林<sup>2</sup>

(1. 成都信息工程学院控制工程学院, 四川 成都 610225;

2. 国网四川省电力公司科学研究院, 四川 成都 610072)

**摘要:** 为了解决变电站摄像机的数量和安装位置不合理、监控效果差等问题, 基于三维虚拟建模技术, 开发了变电站视频监控系统三维辅助布点软件。介绍了软件的关键技术、接口和系统功能, 将其应用于 220 kV 茨巫智能变电站, 验证了系统的有效性。

**关键词:** 变电站; 视频监控; 三维; 布点

**Abstract:** In order to solve such problems as unreasonable number or installation of cameras, and poor monitored effect of video monitoring system in substations, a three-dimensional layout design software is developed. The key techniques, interface and functions of the proposed design software are introduced. The application to 220 kV Ciwu smart substation verifies that the design is effective and reasonable.

**Key words:** substation; video monitoring; three-dimensional; layout

中图分类号: TP391 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2015)03-0008-04

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.03.002

## 0 引言

国网四川省电力公司已建设省、地、市、县(仅成都市范围内)三级变电站视频监控主站平台, 覆盖了所有 35 kV 电压等级以上的变电站, 建设规模在国内各省级电网公司中处于领先地位。变电站视频监控系统在安全防卫、远程巡视、在线监测、应急指挥等方面发挥了重要作用, 随着变电站无人值守模式的推广, 将在设备监控中发挥更大的作用<sup>[1-2]</sup>。

但现有变电站视频监控系统通常存在以下主要问题<sup>[3-4]</sup>: 1) 摄像机安装数量偏少, 制约了系统的功能; 2) 变电站视频监控系统中的摄像机布点不尽合理, 部分重要场地、设备未覆盖; 3) 在设计阶段缺乏有效的摄像机布点手段。

为此, 若在变电站中安装摄像机等设备之前, 制定好一个可行的布点方案, 正确评估变电站中摄像头的安装数量、安装位置、摄像头摄像死角, 并在计算机上进行模拟显示和修正, 具有十分重要的意义。针对以上问题, 开发了三维辅助布点软件, 并应于新

基金项目: 国网四川省电力公司研究开发项目  
(52199713506H)

建的智能变电站中。

## 1 三维智能布点软件

对于新建的智能变电站、已有的变电站视频监控系统改造, 可通过土建、一次设备、二次屏柜的设计图纸, 建立全站的三维场景模型, 结合选用的摄像机类型参数, 在布点软件中呈现摄像机的虚拟安装效果。

本软件基于三维仿真的摄像机智能布点技术, 选用 Unity3D 与 Qt 结合作为研发工具, 选用 AutoCAD 2014 作为三维建模软件。根据现有平面 CAD 图, 采用三维技术对变电站内所有建筑物、一次设备等场景进行建模, 为三维虚拟布点提供基础。

### 1.1 设计与实现

如图 1 所示, 变电站视频监控系统三维智能布点软件在设计和实现时分为 6 个模块, 下面逐一进行介绍。

#### 1.1.1 模型导入

本软件的输入是变电站的精确比例三维场景模型, 可采用以下几种方式:

1) 对于采用三维数字化设计技术的新建变电

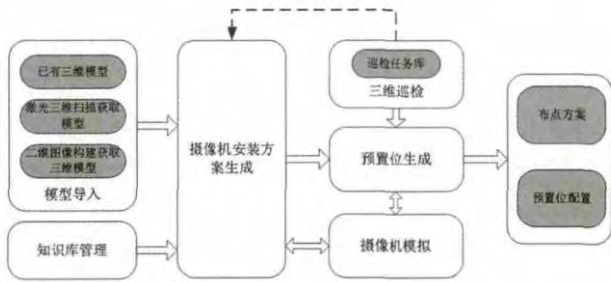


图1 系统总体结构

站,在电气、结构、建筑等设计完成后,已得到全站精确的三维仿真模型;

2) 对于基于传统二维平面设计的新建或在运变电站,可以利用二维CAD图,合成三维CAD模型,从而得到其三维场景模型;

3) 针对在运变电站,只有纸质的设计图纸,或多次扩、改建后设计图等信息不完整,可以利用现有三维扫描技术等对整个变电站进行整体扫描,得到相应的三维模型。

### 1.1.2 知识库管理

根据无人值守变电站摄像机布点规则,在设计系统中建立、维护知识库,指导、辅助设计人员及现场人员进行摄像机的虚拟安装。知识库通过指定布点优先级、实施优先级的范围和各监控区域的摄像机数量和摄像机类型,为自动生成摄像机安装方案提供依据。

知识库首先包含了一次设备、二次设备和大门、围墙等附属建筑物的布点优先级和实施优先级。布点优先级从低到高分为1、2、3、4、5共5级。在生成摄像机安装位置时,优先生成监控优先级高的设备的摄像机。实施优先级控制摄像机的预置位的转动,从低到高分为1、2、3、4、5共5级。当同一个摄像机的多个预置位的监控设备同时要求调用预置位时,优先转到实施优先级高的监控设备的预置位。

### 1.1.3 摄像机安装方案生成

根据已有的规则知识库定义,针对当前导入变电站模型场景,对于指定的监控设备进行监控方案的生成。在生成过程中,约束条件有摄像机数量和摄像机类型,摄像机类型主要指是枪机和球机。比如针对大门和围墙,在考虑到监控对象的特性,一般使用不可旋转镜头的枪机来监控,而对于像变压器这种有改变监控视角的设备,则使用球机来监控。

根据现场实际需求,可以根据分辨率来选择特定的摄像机,比如针对需要查看设备细节(变压器

油温表)的,考虑到节约成本,以及重复利用现有设备的目的,可以选择高清的球机来进行监控,这样既可以满足观察变压器全景的需求,又可以满足旋转和拉近镜头来观察油温表的需求。

在三维场景中,由于各个对象模型是和现实场景中的真实设备保持1:1的尺寸比例,并且相对位置与实际保持一致,所以在计算摄像机的安装位置时,可以根据所监控一次设备的三维空间位置及其空间大小,同时通过计算摄像机视锥体的方式得到数个最佳监控点。在视锥体计算中,如果是相距很近的多个一次设备,则在计算时,在考虑摄像头的焦距等条件下,尽可能的使用少的摄像头,通过光线投影的方式,计算监控覆盖尽可能多的一次设备;如果是孤立的一次设备,则在计算时,考虑使用尽可能靠近监控设备的方式,来满足观察需求。

当确定了摄像机安装位置后,根据待监控目标的位置及其监控区域,计算摄像机相对于监控目标在三维坐标系中的二维水平旋转角度和二维垂直旋转角度。主要计算思路是:获取待监控目标的三维模型,通过该模型在三维场景中的位置以及模型自身体积,计算模型的球型中心,以该球型中心与摄像机镜头在三维空间中连线,形成该三维空间中的空间矢量,该空间矢量为从摄像机镜头中心朝向模型的球型中心,最后通过计算空间矢量与变电站水平平面垂线的夹角,则可以得到相关摄像机的初始转向参数。

图2为根据选择的规则库自动生成的摄像头观察窗口。在三维场景中,以绿色高亮形象的显示了监控摄像机覆盖范围,对比实际中,安装摄像头时无法直接判定摄像机监控范围,这种在三维场景中的展现效果,更加直观方便地对摄像机进行微调。



图2 摄像机安装方案实景展示图

切换到二维平面显示监控摄像头安装方案中摄像机的安装位置,即各个摄像机的名称、距离地面的高度,同时可以导出该二维平面图,如图 3 所示。

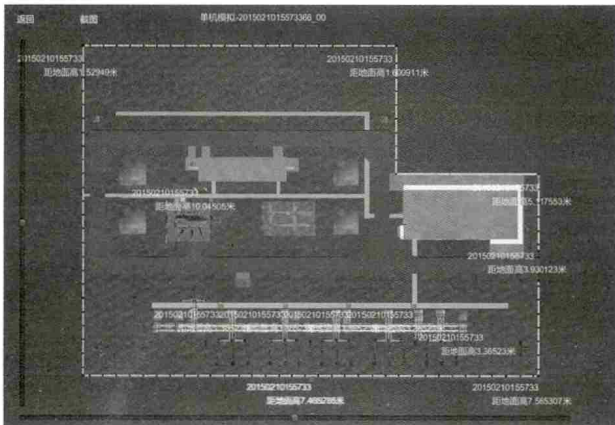


图 3 导出二维安装方案图

#### 1.1.4 预置位生成

为了能够显示监控目标,并根据监控目标的位置自动生成摄像机预置位,使摄像机能够快速、准确地转到预置位,系统设计了预置位根据精确的三维空间信息自动生成功能。由此,可改进目前摄像机的布局都是先根据二维图纸安装,安装好后再根据肉眼识别调整摄像机的预置位存在的灵活性差、准确性低、精度低等不足。

得到了摄像机的预置位角度、焦距之后。通过坐标转换得到 ONVIF 协议坐标,可以批量导入到视频监控平台,实现预置位的同步。

ONVIF 协议规定绝对坐标  $X$  值、 $Y$  值范围为  $-1$  到  $1$  之间,分别代表摄像机的水平和垂直旋转参数,而球机水平旋转角度范围和垂直旋转角度范围分别为  $0^\circ$  到  $360^\circ$  和  $-5^\circ$  到  $185^\circ$ ,由此可以确定单位角度  $X$  参数的变化值为  $2/360^\circ$ ,单位角度  $Y$  参数的变化值为  $2/190^\circ$ 。ONVIF 协议中对变焦参数  $Z$  的取值范围规定为  $[0, 1]$ ,与摄像机的焦距有关。例如,摄像机的预置位水平、垂直旋转角度分别为  $264^\circ$  和  $78^\circ$ ,焦距为  $3.8$ 。转换为 ONVIF 协议坐标为  $(0.82, 0.37, 0.003)$ 。

#### 1.1.5 摄像机模拟

根据摄像机相关参数(感光器尺寸、焦距范围等)在三维场景中对摄像机的监控范围进行模拟。支持手动部署摄像机安装位置,模拟参数包括焦距、变倍、分辨率、旋转角度、照度等。通过光学原理和摄像机参数分析并呈现虚拟摄像机照射范围及摄像

机监控范围的示意图,并可以进行虚拟云台控制、添加预置位。

摄像机模拟通过在三维场景中对真实摄像机进行模拟,通过变倍、PTZ 调整等操作,可以得到最佳的摄像机监控角度。

#### 1.1.6 三维仿真巡检

根据现场实际需求,在知识库中选择不同的规则,生成摄像机安装布点方案后,所展现的是以摄像机为主体,调整新增预置点,这样虽然能全面的展现出当前方案下所有摄像机的观察情况,但是针对某一个重点监控对象却无法做到全方位的观察,不能直观的检测到该监控对象是否满足监控需求。

为此,引入三维仿真巡检,以巡检人员的巡查习惯来检测摄像机安装布点方案是否合理,同时可以根据需要重点监控的对象,形成新的一套巡检线路,对重点监控对象形成全方位的监控展现效果。

通过三维仿真巡检,可以辅助弥补自动生成方案的不足,使方案对变电站的监控更加的合理、全面。同时,使用本高级功能,也可用于设计机器人巡检的最佳巡视位置和其摄像机设置。

#### 1.2 接口方案

摄像机位置是三维智能布点软件最重要的成果,现场安装调试人员可根据导出摄像机位置进行实际摄像机的安装部署,也可将摄像机位置导入其它系统进行处理和展示。

摄像机位置导出分为两个部分,一是相对于变电站大门中心点的坐标位置和摄像机的安装角度,二是摄像机自身所在平面的图片文件。

摄像机位置导出接口包括 ID、摄像机编码、摄像机型号、 $X$  轴坐标、 $Y$  轴坐标、 $Z$  轴坐标、水平角度、垂直角度和图片文件名称。 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标位于以大门中心为坐标原点,以大门水平垂直方向为  $X$  轴,与地面垂直方向为  $Y$  轴,与大门水平垂直方向为  $Z$  轴的空间坐标系中。

#### 1.3 系统功能

三维智能布点软件具有以下功能:

1) 按现实世界中的真实场景,建立目标变电站内的各种工作场所及周边环境、生产运行及辅助设备三维模型;

2) 实现在三维场景及设备 3D 导航表中向用户

实时展示设备关键运行状态、运行数据及告警信息，同时用户可以使用系统提供的设备控制面板对当前选择设备进行远程控制；

3) 建立一套基于设备优先级的布点知识库，布点知识库包含了摄像机焦距与视角的关系、焦距与可视距离的关系等相关规则。通过布点知识库，系统可以根据监控对象自动计算出摄像机的安装位置、焦距等信息，并可以生成预置点。

## 2 实验结果

本软件已应用于“电力天路”工程 220 kV 茨巫智能变电站。茨巫变电站为 GIS 站，变压器 1 个，220 kV 设备区域共 12 个 GIS 间隔。

如表 1 所示，根据茨巫变电站视频监控设备型号和数量，将摄像机详细参数录入布点软件，设置知识库优先级。

表 1 摄像机类型、参数分类表

序号	摄像机详细信息	数量
1	室外高清数字快球、三星 SNP - 5300HP CMOS、720P、20 倍光学变焦、360 度旋转、255 预置位	2
2	室外标清数字快球、三星 SNP - 3302HP，CCD、D1/4CIF、30 倍光学变焦、255 预置位、30x (3.5 - 105.3 mm) 光学变焦，16x 数字变焦	6
3	室内数字中速球、三星 SNP - 3302P，CCD、D1/4CIF、30 倍光学变焦、255 预置位	6
4	固定数字摄像机、三星 SNB - 3002P，CCD、D1/4CIF、彩转黑	7

茨巫站围墙周长大约为 414 m，而镜头为 1/3 CCD 的枪机的镜头最远照射范围为 70 m 左右。

根据已设定规则及现场实际情况，系统生成布点方案。在摄像机安装之前，根据无人值守变电站的视频监控需求，采用本布点软件进行了虚拟布点，指导了摄像机安装位置的比较和选择。

经过系统比对，本系统生成的安装方案只需要 2 个摄像头就能完成全景监控，为原方案节约了成本。系统生成的方案，可随意根据预置位调整摄像

机的安装位置。

应用本布点软件，达到了如下效果：

1) 利用该系统安装设备，可以大大缩短施工时间，跟以往安装进度比较，可缩短 50% 的时间；

2) 布点方案经过该系统优化以后，比以往经验安装节约成本，就本次安装情况而言，比原计划少安装 1 个高清摄像头；

3) 布点方案在同等监控设备的情况下，给出的方案监控范围有明显提高；

4) 布点位置符合国网四川省电力公司现有布点技术规范，满足了无人值守变电站巡视需求，特别有利于培养视频监控系统设计、安装、运维新人。

## 3 结束语

针对变电站视频监控摄像机存在数量和安装位置不合理、监控效果差的问题，开发了三维智能布点软件，并应用于 220 kV 茨巫变电站。

应用结果表明，布点软件提高了变电站视频监控系统设计、安装的效率及准确性，并保障了系统的建设质量，对无人值守变电站的远程监控提供了有效的手段。

下一步，将研究如何针对变电站智能辅助控制系统的动力环境、安防等子系统进行三维辅助设计。

### 参考文献

- [1] 赵乐. 关于变电站视频监控系统若干问题的探讨[J]. 中国电力教育, 2011(24): 148 - 149.
- [2] Z. W. Chang, D. S. Cai, W. Zhen and Q. Huang. Design and Implementation of a Measurement System for Power Station Video and Environment Surveillance System [J]. International Journal of Smart Grid and Clean Energy, 2014 2(4): 221 - 227.
- [3] 赵贵中, 王克英. 电力系统远程无线视频监控系统设计[J]. 工矿自动化, 2007(4): 56 - 58.
- [4] 孙凤杰, 崔维新, 张晋保. 远程数字视频监控与图象识别技术在电力系统中的应用[J]. 电网技术, 2005, 29(5): 81 - 84.

(收稿日期: 2015 - 03 - 31)