

文章编号: 1674—8247(2024)03—0050—05

DOI: 10.12098/j.issn.1674-8247.2024.03.010

BIM 技术在高速铁路牵引变电所监控巡视系统工程设计中的应用研究

杜 熙

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要: 监控巡视系统作为牵引变电所无人值班模式的重要组成部分, 其关键在于摄像设备的平面布置。监控巡视系统通过多台摄像设备配合完成全所视频、报警信号的采集, 实现变电所现场巡视、监控和安防的目的。本文基于 BIM 技术三维仿真模拟监控巡视系统的摄像设备位置及视野, 实现精简化、高效化的监控巡检系统布置, 保证对牵引变电所设备视频全面覆盖, 同时能够清晰观察开关设备状态等细节, 满足无人值班变电所运行监控巡视的安全需求。将本文平面布置方法应用于西成客运专线牵引变电所无人值班改造工程中, 结果表明: 该方法适用于高速铁路牵引变电所无人值班改造, 具有借鉴意义, 值得研究推广。

关键词: 无人值班; 监控巡视; BIM 建模; 牵引变电所

中图分类号: U226

文献标志码: A

Study on Application of BIM Technology in Design of Monitoring and Patrol System for High-speed Railway Traction Substation

DU Xi

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The monitoring and patrol system constitutes a vital part of unmanned operation in traction substations. Through coordination of multiple cameras, it captures video signals and alarm signals across the entire substation, fulfilling the objectives of on-site patrols, monitoring, and security. The layout of these cameras is of paramount importance. This paper employed BIM technology to simulate the 3D positioning and field of view of the cameras of the system, enabling a streamlined and efficient design of the system. This ensures comprehensive coverage of video footage of the substation equipment while also providing clarity on details such as the status of switchgear, meeting the safety requirements for unmanned operation of traction substations. The application of the proposed layout method in the unmanned operation transformation of traction substations along Xi'an-Chengdu Passenger Dedicated Line demonstrates its suitability for unmanned operation of high-speed railway traction substations, making it a valuable subject for further study and promotion.

Key words: unmanned operation; monitoring and patrol; BIM modeling; traction substation

牵引变电所是牵引供电系统的重要枢纽, 安装有大量的电气一次、二次设备和通信设备, 为保证供电的稳定安全运行, 需要对这些设备进行日常的巡视、

监控^[1]。

无人值班牵引变电所指通过辅助监控系统实现视频监控、智能巡检、设备状态监测等功能, 达到实时

收稿日期: 2023-06-28

作者简介: 杜熙(1989-), 男, 高级工程师。

引文格式: 杜熙. BIM 技术在高速铁路牵引变电所监控巡视系统工程设计中的应用研究[J]. 高速铁路技术, 2024, 15(3): 50-54.

DU Xi. Study on Application of BIM Technology in Design of Monitoring and Patrol System for High-speed Railway Traction Substation[J]. High Speed Railway Technology, 2024, 15(3): 50-54.

监控、智能分析及异常告警的目的,从而提高牵引变电所运行设备状态监测的智能性、实时性、有效性,使铁路牵引供电可靠性得到有效保证,实现牵引变电所的无人化管理。

牵引变电所无人值班辅助监控系统主要由实时监控及巡检、安全防范及门禁、环境监测、火灾报警和动力照明控制 5 大系统组成^[2],其中实时监控及巡检系统涉及牵引变电所全覆盖、重要设备重点监控的要求,因此需要布置大量的摄像设备,如何高效地进行布置设计,是实现视频监控巡视的关键^[3]。

随着建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)技术的日益推广,对牵引变电所内设备精细化、智能化、信息化的高质量设计提出了更高的要求。文献[4]探讨了 BIM 技术在牵引变电所内的应用,文献[5]阐述了 BIM 技术在牵引变电所的电缆敷设工程施工中的具体应用。可见 BIM 技术对于工程有着巨大的价值和广阔的前景。

本文基于 BIM 技术提出了一种针对牵引变电所监控巡视系统摄像设备平面布置的方法。该方法利用 BIM 技术的可视化、参数化等特点,将高速铁路变电所的平面布置进行 BIM 建模,再结合软件的相机参数设置功能,模拟摄像设备视角,通过多视角对比,结合运营单位的日常监控需求,优化传统的二维平面布置,为高效设计提供了保证,同时对于施工、后期运营信息化管理具有重大意义^[6]。

1 传统监控巡视系统的平面布置

1.1 监控巡视系统的设计原则

- 监控巡视系统按监控区域可以划分为:
- (1)变电所周界,对周界进行防入侵监视。
 - (2)变电所高压进线侧。
 - (3)变电所主变压器侧。
 - (4)变电所馈线侧。
 - (5)变电所主控室、高压室等。

在设计过程中,按巡视时间的功能需求,可将巡视方式分为实时监控和定期巡视两大类。实时监控相机主要是为了实现安全防范,实时观测开关设备状态和仪器仪表数据,其摄像设备布置如表 1 所示。而定期巡视则是为了全面覆盖所内设备观测,确定故障设备等内容,但无需实时反映每一刻设备的数据,其摄像设备布置如表 2 所示。表中数据可根据现场情况实现 1 台摄像设备观测多台对象。

由表 1、表 2 可知,不同设备对摄像机数量需求也不同。依据设备的布置情况,同类型且相邻的设备在

表 1 实时监控摄像设备表

监控对象	定焦枪机 /台	全景相机 /台	球机 /台	测温摄像机 /台
变电所大门	1	-	-	-
变电所围墙	4	-	-	-
变电所对角	-	2	-	-
隔离开关状态、断合标	1	-	-	-
主变压器	-	-	-	1
主控室交直流屏	-	-	1	-
直流屏后	1	-	-	-

表 2 定期巡视摄像设备表

巡视对象	云台摄像机/台
避雷器计数器	1
断路器储能断合表计	1
电流互感器油位	1
断路器的 SF6 气压计	1
变压器的分接开关	1
变压器油面温控表计	1
变压器的油位表计	1

监视时可以共用 1 台摄像设备,如 3 台并列布置的隔离开关,可通过 1 台定焦相机观测开关状态,通过侧视图同时实时观测 3 台以上开关的开合状态。

1.2 传统布置方法

传统摄像设备布置方法如图 1 所示。传统设计方法是利用 CAD 软件,根据划分区域、设备监控需求及摄像设备的视野范围技术参数(如视场角(Field of View, FOV)),为无人值班常用的摄像设备技术参数),有针对性地选择监控和巡视设备,如表 3 所示。

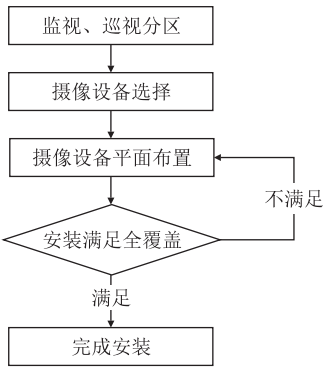


图 1 传统摄像设备布置方法图

上述布置方法需要施工现场反复调整摄像机设备安装位置及角度,以满足巡视监控要求。

1.3 传统布置方法优缺点分析

传统的方法主要是基于二维空间设计,对于三维空间的摄像设备的要求往往在设计前期阶段不易明

表 3 摄像设备的技术参数表

类型	水平视场角 /(°)	垂直视场角 /(°)	最大补光 距离/m	焦距/mm
定焦枪机	87	46	80	3.6
定焦枪机	54	29	80	6
全景枪机	180	80	30	2.8
测温型摄像机	2 ~ 66/ 8 ~ 54	1 ~ 30/ 6 ~ 40	100/42	4.95 ~ 198/ 7.5 ~ 50
球机	62	35	150	4.5 ~ 135
云台摄像机	3 ~ 59	-2 ~ 34	150	4.5 ~ 144

注: 测温型摄像机中“/”以上数据为摄像视角和最大补光距离,“/”以下数据为热成像视角和最远测温距离

确,其优缺点如表 4 所示。

表 4 传统布置方法的优缺点表

类型	优点	缺点
传统布置方法	1. 高效性,可利用原有平面布置图进行摄像设备布置 2. 便捷性,平面布置二维空间利用设计图纸更易实现	1. 摄像设备的高度仅能通过立面图设计确认,无法确认视角 2. 需现场反复确认是否满足全覆盖的要求,造成较大资源浪费

2 BIM 技术在巡视监控系统设计中的应用

2.1 基于 BIM 的平面布置方法

在分析传统布置方法优缺点的基础上,本文依托 BIM 技术,建立了传统摄像设备的布置方法,如图 2 所示。这种流程显著的优点在于简化了确认监控全覆盖的反复验证过程。

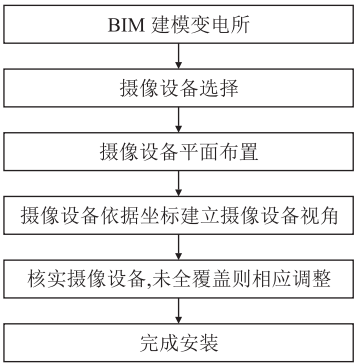


图 2 传统摄像设备布置方法图

基于 BIM 技术建立变电所模型,建立后可以通过摄像设备不同视角检查对比,确认实施后的视频覆盖是否全面,是否存在遮挡情况。

2.2 BIM 模型中摄像设备视角核对

当设备遮挡时,尤其在变压器前后现场摄像视角

易受影响。但这种遮挡可以通过 BIM 建模模型来模拟,进而相应调整摄像设备的高度和位置。通过 BIM 软件中的相机参数来进行模拟,如图 3 所示,可以更精准地明确摄像设备的位置、方位、信息和焦距,从而确定摄像设备的最佳安装位置及高度,避免了现场反复核对调整,因此在设计阶段引入 BIM 技术可以极大地提高工作效率。



图 3 BIM 软件的相机工具技术参数设置图

特别是在既有高速铁路牵引变电所无人值班改造工程中,由于既有铁路改造资料更加齐全,更易利用这种方法实现无人值班摄像设备的布置,提高施工、监理和运营的效率^[7-8]。

2.3 BIM 模型平面布置的重点

综上所述,基于 BIM 的平面布置方法有以下重点:

- (1)设备应按等比例建模。由于牵引变电所对于同一线路、同一电压等级、同一速度等级的设备平面布置方案具有相似性,因此设计可以通过积累、提炼不同形式变电所的通用性,实际布置时仅需根据设计图纸调整设备的位置即可达到 BIM 建模的要求。
- (2)对于摄像设备的视角和位置,可通过 BIM 软件中预设的相机功能的坐标确定。
- (3)在 BIM 建模中,可提前预设不同相位的设备标识(颜色、样式等),便于施工、运营维护后期对比。
- (4)在核实摄像设备视角时,应重点考虑存在遮

挡可能性的变压器等大型设备,最终确定摄像设备的平面布置。

3 应用案例

针对西成客运专线工程青林口牵引变电所的无人值班建设需求,鉴于其变电所采用户外布置,且基本形式一致,计划在 CAD 图纸上完成平面布置设计的基础上,依托 BIM 技术进行精细化、精准化核实确认。

根据既有西成客运专线的青林口牵引变电所一次图,按照实际运营需求,首先提出牵引变电所摄像设备(含全景相机、定焦枪机、测温摄像机、云台摄像机、球机)的平面布置图,摄像头位置示意如图 4 所示。

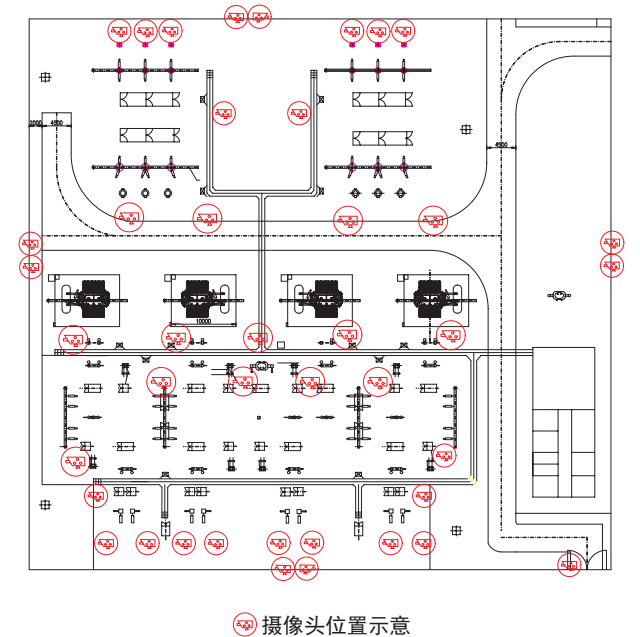


图 4 青林口牵引变电所实时监控及巡检子系统布置图

基于 BIM 软件建立了 BIM 模型,变电所馈线侧 CAD 立面图和建立的 BIM 模型侧视图的对比如图 5 所示,针对几种特殊位置的摄像设备,核查之前布置的摄像设备情况如下:

(1) 围墙边安防定焦相机

原方案采用“背对背”方式安装,导致两设备间存在视觉盲区(如图 6 所示),因此最终方案采用“对射”方式,将摄像设备安装在围墙转角处,最终方式如图 7 所示,确保了围墙周边监控的全覆盖。

(2) 进线侧云台相机

避雷器观测高度确认时,可以通过 BIM 软件的相机工具输入云台摄像机参数,通过调整位置,明确云台相机照的最佳安装位置,实现巡视视角和 220 kV 侧的位置,如图 8 所示。图中箭头所指位置为云台相机位置和视角的成相,从而满足了进线侧观测避雷器

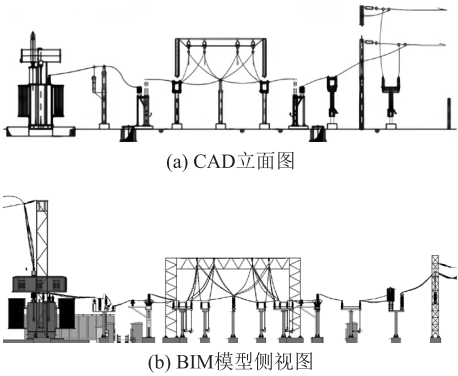


图 5 馈线侧的 CAD 立面图和 BIM 模型侧视图

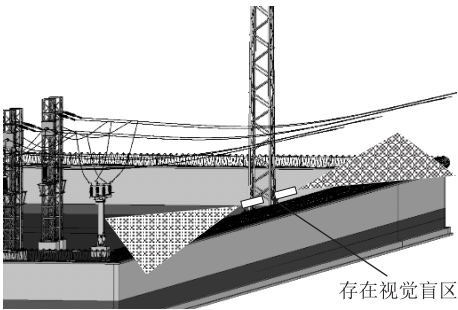


图 6 围墙边安防定焦相机“背对背”方式存在视觉盲区图

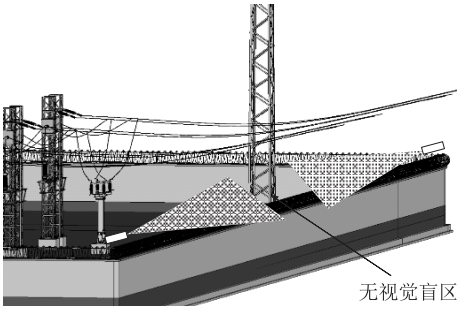


图 7 围墙边安防定焦相机“对射”方式消除视觉盲区图

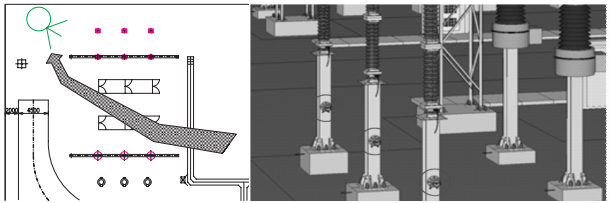


图 8 通过相机巡视视角成相可以观测到避雷器计数器图

的计数参数的覆盖要求。

(3) 变压器侧全景相机

两台变压器之间的全景摄像可通过配备云台的摄像设备,利用相机角度调整功能实现视线覆盖范围的确认。其中某一角度下云台设备在 BIM 模型中的

模拟视角如图9所示。

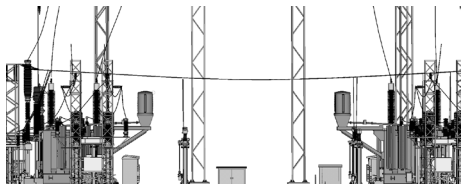
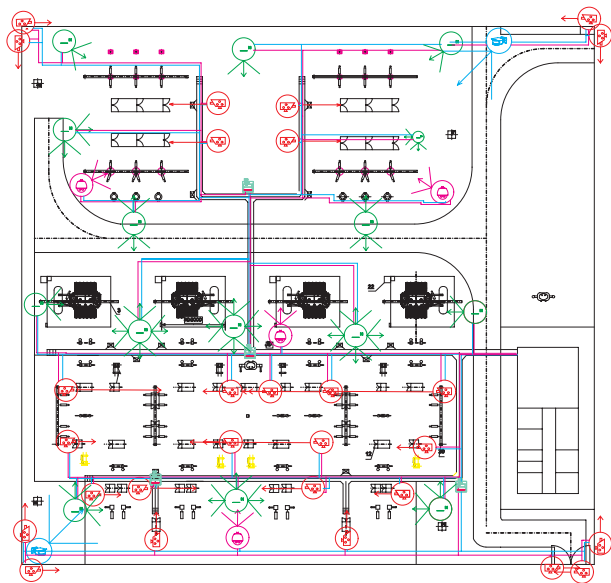


图9 全景摄像设备对两变压器的观测图

通过上述布置优化,最终形成牵引变电所实时监控及巡检子系统布置,如图10所示。



⊙ 定焦枪机 ⊕ 云台相机 ⊕ 测温型摄像机

图中箭头和框线为视角范围示意

图10 优化后的最终摄像平面布置图

4 结论

本文基于BIM技术,结合摄像设备视角仿真方法,对摄像设备进行了优化,并在西成客运专线无人值班工程中得到应用,得到主要结论如下:

- (1)BIM技术应用在牵引变电所视频监控巡视设计中,通过参数外形的建模,存在较好的现场模拟仿真性能,为视频监控布置打下较好基础。
- (2)BIM软件中的相机工具能较好地仿真摄像设备的各种位置、焦距和视角仿真参数,在建模后的视频监控仿真方面具有较好的性能,可应用于监视巡视摄像机平面布置设计,提高设计精度,避免施工现场重复调整。
- (3)该摄像设备平面布置方法不仅适用于铁路牵引变电所无人值班摄像范畴,对于铁路沿线信号、接触网等设备的视频监控设计同样具有一定的借鉴

意义。

(4)BIM建模技术对于后期视频监控数据联动具有重要意义,包括视频数据的捕捉、分析、存储和数据库的建立,到最终指导运维人员通过三维模型视野和现场视频摄像设备的图像数据比对,更快速高效地分析解决现场问题,在今后的运营实践中可以进一步研究和深入。

参考文献:

[1] 杜银龙. 视频安全监控系统在浙赣线牵引变电所的应用[J]. 电气化铁道, 2008, 19(5): 13-15.

DU Yinlong. Application of Video Monitoring System of Safety in Traction Substation of Zhejiang-Jiangxi Railway Line [J]. Electric Railway, 2008, 19(5): 13-15.

[2] 刘毅. 实现无人值班牵引变电所应注意的问题[J]. 铁道运营技术, 2012, 18(4): 44-46.

LIU Yi. Problems Needing Attention in Realizing Unattended Traction Substation [J]. Railway Operation Technology, 2012, 18(4): 44-46.

[3] 赵朝蓬,张利. 牵引变电所无人值班值守辅助监控系统接口标准化研究[J]. 电气化铁道, 2019, 30(S1): 32-34.

ZHAO Zhaopeng, ZHANG Li. Research on Interface Standardization of Unattended Auxiliary Monitoring System in Traction Substation[J]. Electric Railway, 2019, 30(S1): 32-34.

[4] 李良威,李朝阳,徐剑,等. BIM技术在牵引供电系统设计中的应用研究[J]. 建筑电气, 2014, 33(4): 36-39.

LI Liangwei, LI Chaoyang, XU Jian, et al. Research on the Application of BIM Technology in the Design of Tractive Power Supply System [J]. Building Electricity, 2014, 33(4): 36-39.

[5] 卢文波. BIM技术在高铁牵引变电所工程施工中的应用[J]. 电气化铁道, 2019, 30(2): 99-102.

LU Wenbo. Application of BIM Technology in Construction of Traction Substation of High Speed Railway [J]. Electric Railway, 2019, 30(2): 99-102.

[6] 常盛杰. 基于BIM模型的牵引变电所设备业务培训系统研究[J]. 铁路技术创新, 2020(3): 65-69.

CHANG Shengjie. A BIM Model-based Professional Training System on Traction Substation Facilities [J]. Railway Technical Innovation, 2020(3): 65-69.

[7] 黄鑫,鲁小兵. BIM技术在400 km/h高速铁路接触网工程中的应用[J]. 高速铁路技术, 2021, 12(5): 102-106.

HUANG Xin, LU Xiaobing. Application of BIM Technology to Overhead Contact System of 400 km/h High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2021, 12(5): 102-106.

[8] 刘江涛,胡光常. BIM在铁路设计中的应用研究[J]. 高速铁路技术, 2014, 5(5): 5-9.

LIU Jiangtao, HU Guangchang. A Study on BIM Application in Railway Design [J]. High Speed Railway Technology, 2014, 5(5): 5-9.