电力工程中变电站的现代化施工技术研究

曾庆恒

九江海明电力有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i7.8205

[摘要] 在电力工程领域，变电站作为电力传输与分配的关键枢纽，其施工技术水平直接关乎电力供应的稳定性与高效性。传统施工技术在复杂需求与严苛标准下弊端渐显，而现代化施工技术正成为破局关键。本文深入剖析电力工程中变电站施工存在的多专业交叉协同难、建筑物种类繁多、安装工序复杂等重难点问题，系统阐述 BIM 技术、三维数字化技术、预制装配技术、智能焊接技术、激光扫描与逆向建模技术等现代化施工技术的原理、应用场景及优势。研究表明，这些技术通过实现施工流程可视化、精准化、高效化，有效提升施工质量与效率，降低施工成本与安全风险。同时，对智能化、绿色化、模块化施工技术及与新型电力技术融合的发展趋势进行前瞻性探讨，为推动变电站建设迈向更高水平提供理论与实践参考，助力电力行业可持续发展。

[关键词] 电力工程；变电站；现代化施工技术；BIM 技术；三维数字化技术

Research on modern construction technology of substation in power engineering

Zeng Qingheng

Jiujiang Haiming Electric Power Co., LTD

[Abstract] In the field of power engineering, substations, as key hubs for power transmission and distribution, have their construction technology directly impacting the stability and efficiency of power supply. Traditional construction techniques are becoming increasingly inadequate under complex requirements and stringent standards, while modern construction technologies are emerging as a critical solution. This article delves into the challenges faced in substation construction, including the difficulty of interdisciplinary collaboration, the complexity of building types, and the intricacy of installation procedures. It systematically explains the principles, applications, and advantages of modern construction technologies such as BIM (Building Information Modeling), 3D digitalization, prefabricated assembly, intelligent welding, and laser scanning and reverse modeling. Research indicates that these technologies enhance construction quality and efficiency, reduce costs and safety risks, and achieve visual, precise, and efficient construction processes. Additionally, the article explores the future trends of intelligent, green, and modular construction technologies, as well as their integration with new power technologies, providing theoretical and practical references to advance substation construction to higher levels and support the sustainable development of the power industry.

[Key words] power engineering; substation; modern construction technology; BIM technology; three-dimensional digitalization technology

引言

在电力供应体系里，变电站承担着变换电压等级、汇集与分配电能的重任，是确保电力稳定传输与高效分配的关键节点。传统的变电站施工技术在面对当今复杂多变的电力需求以及日益严苛的建设标准时，逐渐暴露出诸多局限性，如施工效率低下、质量把控难度大等问题。而现代化施工技术凭借其先进的理念、科学的方法以及高效的设备，正逐步成为变电站建设的核心驱动力。这些技术的广泛应用，不仅能够显著加快变

电站的建设进程，还能全方位提升变电站的运行性能，对保障电力供应的安全与稳定起着决定性作用。

1 电力工程中变电站施工的重难点

1.1 多专业交叉协同施工

电力工程中变电站施工的难度较高，其中涉及很多复杂性的施工任务，具有多专业交叉系统施工特征。按照电力工程变电站施工要求，主要包含土建、电气、通信、自动化等专业，每一专业都有各自的施工任务，不同专业之间又存在一

定的交叉性。正是因为变电站施工时各专业的关系,需要有关人员在前期的工作中做好协调任务,积极组织各专业负责人进行讨论,各自提出其施工要求,从综合性角度提出施工意见,制定最佳的项目方案,合理安排施工工序、调配资源。

1.2 变电站建筑物种类繁多

变电站中包含不同结构及类型的建筑物,这些建筑物在功能、施工要求等方面各有不同。因建筑物的这一特征,有关人员在前期也需要科学规划,以确定每栋建筑物的位置、占地面积、内外部结构、设备布局。由于变电站中的建筑物种类较多,有关人员需提前了解建筑物的作用、行业要求,做好每种建筑物的基础设计、主体结构施工、配套设施建设。

1.3 安装工序复杂

同常规建筑物一样,变电站施工中除了有土建施工,还涉及大量的设备安装作业。因此,针对电力工程变电站施工,安装工序的复杂性较高,需要保障安装工序的合理性,增强不同工序之间的衔接。一般来说,变电站安装作业不仅涉及对管线的布设,还需要很多配套设施,与变压器、高压开关等专业设备的安装,需要有关人员根据安装内容及目标,规划工序,确定每个工序下的施工技术、管理方案。

2 变电站现代化施工技术

2.1 BIM 技术

BIM(建筑信息模型)技术通过建立三维数字化模型,将变电站施工涉及的建筑结构、电气设备、管线布置等信息整合于同一平台。在设计阶段,该技术能够实现多专业协同设计,提前发现各专业间的碰撞冲突,如管线与设备、建筑结构之间的空间矛盾,从而优化设计方案,避免施工过程中的设计变更与返工。

施工阶段利用BIM技术可进行以下管理:1)现场管理。变电站施工之前,有关人员需直接将CAD二维总平面布置图导入Revit软件,建立变电站的三维实体模型,并同步构建变电站项目现场的地貌、道路、建筑物等模型,真实呈现变电站现场的面貌,将这些作为选择运输线路、塔吊工作半径的依据。前期的工作中建立了变电站自身模型、周边环境模型后,有关人员还需要结合项目建设期间的场地规划等,在现场布设各种临时设施,为施工作业创造理想条件。现场布置施工机械设备,或者建设临时道路时,都需要直接利用BIM模型的方案比选、施工模拟及工程量统计功能。一旦各阶段的临时布置工作结束,需立即启动碰撞检查,评估各构件的位置,检查不同构件在位置上是否存在冲突,距离是否符合安全标准。BIM施工管控平台中,综合应用了激光扫描、GPS、RFID、移动通信等技术,再加上二维码、视频、门禁等自动化手段,可以实时获取现场的机械、设备、人员、环境等信息,并将这些信息实时上传到平台,由管理人员统一管控各种来源及格式的数据,监管施工作业流程、风险,以做到现场问题的早发现、早处理。2)进度管理。为了在项目建设中达到4D模拟

目标,相关人员应建立进度计划与三维模型之间的紧密联系。具体来说,三维模型的最小单元与分段施工方案中的施工段应保持高度的对应性,也就是说,三维模型中的最小单元相当于进度计划中的最小WBS级别。为了提高进度管理的科学性,缩小实际进度与计划进度的偏差,有关人员需执行统一的编码规则,对每个构件完成编码。行业内对于变电站施工并未出台统一的编码规则,有关人员只需要根据实际情况来建立编码体系即可。当建立BIM模型后,有关人员可以直接操作模型中的相关按钮,自动生成进度计划。传统的工程管理模式,为编制切实可行的进度计划,需要相关人员展开大量的分析与计算,工程需整合信息,可能出现一定的数据重复或偏差,导致编制的进度计划在后续需多次调整,不利于实现进度管理目标。而利用BIM技术构建三维实体模型,能在模型自动整合变电站的尺寸、位置等数据。同时,由于模型中包含预制构件的各种信息,可生成详尽的明细表,利用工程算量软件整理数据,得到各施工环节的材料消耗、工程量,参考施工段划分结果,得到工程量信息,进而编制进度计划。总之,BIM技术下的工程进度计划编制方面需执行以下流程:建立BIM模型、从模型中提取工程量信息、确定各环节的机械数量、劳动力投入、初步估算各环节项目的作业时间、参考类型项目经验、确定各项工程的作业时间。3)4D施工进度模拟。将Revit建立的变电站模型与Project创建的进度计划分别导入Navisworks软件。由于该软件的自带功能,可由Timeliner来模拟施工进度。前期的工作中对构件进行了统一编码,能将各施工段的构件与进度子计划高度关联,创造BIM技术的4D模拟条件。以BIM技术为前提的4D施工进度模拟具有以下特点:第一,可实时还原施工过程,使后台管理人员能随时掌握现场施工情况,达到可视化管理目的。第二,3D参数化模型与Project文件的有关数据相关联,达到施工现场管理与进度在时间、空间上的高度匹配性,使现场管理人员围绕实际情况优化进度计划。4)成本管理。任何变电站项目中,为了保障施工作业的顺利开展,有关人员也需要做好成本管控,以最小的成本投入达到最佳的施工效果。传统的成本控制方式很难达到预期目标,引入BIM技术进行成本管理后具有高度的便捷性。如围绕Revit模型的成本管控,主要需做好造价计算及控制。具体的工作中,为科学计算工程造价,相关人员需获取变电站的工程量、工程周期等信息。要达到项目造价控制目标,有关人员需具有动态化思维,重点关注变电站施工过程中发生的设计变更、物价变动等问题。部分变电站的规模庞大,从项目规划到竣工验收需消耗较长时间,在此时间段内因各方要求,可能出现设计变更现象,而变更将引起成本及进度的变化。利用BIM算量软件,能自动整合变更信息,对比变更前后的造价变化,完成分析及计算,找准成本控制的切入点。

2.2 三维数字化技术

三维数字化技术借助激光扫描、摄影测量等手段，对施工现场进行高精度数据采集，构建出逼真的三维实景模型。该模型可用于施工场地规划，帮助施工人员提前熟悉场地地形、周边环境及现有设施，合理安排施工临时设施布局，避免施工干扰。在设备安装方面，通过将设备的三维模型与现场实景模型进行比对，能够精准确定设备安装位置与尺寸，确保设备安装精度。同时，三维数字化模型还可作为施工质量验收的参考，通过对比施工完成后的模型与设计模型，快速检测出施工偏差，及时进行整改，有效提升施工质量管控水平。

2.3 预制装配技术

预制装配技术将变电站部分结构构件和设备基础在工厂进行预制生产，如预制变电站房屋、电缆沟、设备基础等。预制构件在工厂标准化生产环境下，能够严格控制生产工艺与质量，减少外界环境因素对施工质量的影响。预制构件运输至施工现场后，采用机械化吊装设备进行快速装配，大大缩短了现场施工时间，减少了现场湿作业量，降低了施工扬尘与噪音污染。同时，预制装配技术还能提高施工效率，减少人工成本投入，提升施工过程的工业化水平，为变电站建设的规模化、标准化发展奠定基础。

2.4 智能焊接技术

在变电站电气设备安装过程中，智能焊接技术发挥着重要作用。该技术通过自动化焊接设备与智能控制系统相结合，能够精确控制焊接参数，如焊接电流、电压、速度等，确保焊接质量的稳定性与一致性。智能焊接设备可根据不同的焊接材料与焊接工艺要求，自动调整焊接参数，适应复杂的焊接工况。此外，部分智能焊接设备还配备了视觉检测系统，能够实时监测焊接过程，及时发现焊接缺陷并进行修正，有效提高焊接接头的强度与可靠性，保障电气设备的安全稳定运行。

2.5 激光扫描与逆向建模技术

激光扫描技术能够快速获取变电站施工现场的三维空间数据，形成点云模型。逆向建模技术则基于点云数据，通过数据处理与建模软件，重构出精确的三维模型。在变电站改造或扩建工程中，激光扫描与逆向建模技术可用于获取原有变电站的实际结构与设备布局信息，为新建设计提供准确的数据基础，避免因对原有设施情况掌握不足导致的设计失误。同时，在施工过程中，该技术可定期对施工进度与质量进行监测，通过对比实际施工模型与设计模型，及时发现施工偏差并进行调整，确保施工过程严格按照设计要求推进。

3 变电站现代化施工技术的发展趋势

随着人工智能、物联网、大数据等技术的发展，智能化施工技术将在变电站建设中得到更广泛应用。利用无人机进行施工现场的地形测绘和施工进度监测，能够快速、准确地获取施工现场的信息，为施工决策提供依据。通过物联网实现施工设

备的远程监控和管理，实时掌握设备的运行状态、工作参数等信息，及时发现设备故障并进行维修，提高设备的利用率和施工效率。利用智能传感器对施工质量进行实时检测，如在混凝土浇筑过程中，通过传感器实时监测混凝土的温度、应力等参数，及时发现质量隐患并进行调整。其次，环保意识的增强促使变电站施工向绿色化方向发展。未来，绿色施工技术将得到大力推广，如采用节能型施工设备，减少施工过程中的能源消耗。在照明方面，使用太阳能灯具，降低对传统能源的依赖；在施工机械方面，推广使用电动或混合动力设备，减少尾气排放。使用环保型建筑材料，降低对环境的污染，如采用可降解的包装材料、低甲醛的装修材料等。优化施工工艺，减少施工废弃物的产生，对施工废弃物进行分类回收和再利用，实现资源的循环利用。还有，模块化施工技术将变电站的各个部分设计成标准化的模块，在工厂预制完成后运输到施工现场进行组装。这种技术能够有效缩短施工周期，提高施工质量，减少施工现场的作业量和环境污染。未来，模块化施工技术将不断深化，模块的设计和制造将更加精细化、标准化，模块之间的连接和集成技术将更加先进。最后，随着新型电力技术的不断涌现，如特高压输电技术、柔性直流输电技术等，变电站作为电力系统的关键节点，其施工技术也将与之深度融合。在变电站设计和施工中，需要充分考虑新型电力技术对设备布置、电气连接、绝缘要求等方面的特殊需求。例如，特高压变电站的设备电压等级高、容量大，对设备基础的承载能力、电气绝缘性能等方面提出了更高的要求。施工技术需要不断创新和改进，以适应新型电力技术的发展，确保变电站能够安全、稳定地接入新型电力系统，实现电力的高效传输和分配。

结束语

展望未来，智能化、绿色化、模块化以及与新型电力技术融合将成为变电站现代化施工技术的重要发展方向。施工企业应积极关注技术发展动态，不断引入和应用新技术，推动变电站建设向更高水平迈进。通过持续创新和优化施工技术，我们有信心打造更加高效、可靠、环保的变电站，为电力行业的可持续发展提供坚实保障，满足社会日益增长的电力需求。在未来的变电站建设征程中，不断探索和实践现代化施工技术，必将为电力工程领域带来新的辉煌。

【参考文献】

- [1]贾冬.变电站电气安装重点施工工艺的研究[J].电器工业, 2023(6): 70-73.
- [2]陈立东, 陈建春, 谢遵赛, 等.远程监控电缆敷设施工技术[J].安装, 2023(9): 59-61.
- [3]郭敏.配电工程电缆敷设处理施工工艺[J].四川建材, 2022, 48(6): 219-220.