

# 陆上升压站电气设备安装施工关键技术探讨

陈鹏

中国水利水电第一工程局有限公司

**摘要：**升压站指的是一个使通过的电荷电压变换的整体系统，是电厂设备装置的重要组成部分，其运行和使用的主要目的是升压，以及减小线路电流和电能损失。陆上升压站站址需提前在场区规划建设，而电气设备安装是施工的重要环节，需把握其技术要点，实施全面质量监督控制，对影响安装施工的各种因素严格控制，切实保障陆上升压站设备安装施工的良好效果，保障升压站的安全稳定运行。

**关键词：**陆上升压站；电气设备；安装施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.075

## 引言

在我国持续发展中能源资源短缺、生态环境污染和破坏，是影响可持续发展的关键要素，面对不断增长的需求和可持续发展的压力，“十四五”期间，我国强调将风、光、水、核等清洁能源供应体系建设好，加快推动可再生能源替代行动，在满足生产发展所需的同时，助力“双碳”目标的实现。无论是风电项目，还是光伏发电项目，都需要建立相应的升压站，通过采用升压输电的方式，在更好满足用户需求的同时，降低发电的能源和电量损失。为切实保障电厂电能的良好运输，需持续加强升压站电气设备安装施工的研究和分析，对安装施工关键技术、影响因素和质量安全控制等准确把握，从而确保升压站电气设备安装施工的良好质量效果，在后期能够保持安全稳定运行。

## 一、陆上升压站概述

升压站是电厂的重要装置，其运行和使用的主要目的是升压，以及在电能运输过程中减小线路电流和电能损失。按照电压等级划分，升压站主要包括220kV、330kV、500kV、750kV升压站这几个等级，升压站的等级越高，需要设备的耐压性就越强，对升压站的规划设计和施工建设的要求也就越高。

影响陆上升压站电气设备安装施工质量效果及其后期运行安全稳定性的因素多，需对此准确把握，对各种影响因素严格控制，并监督基础设施建设施工规范进行。以光伏发电为例，其主要将太阳能辐射能转化为电能进行供电，由于太阳辐射能不可控、难控制的特性，光伏发电容易出现电压忽高忽低、发电突然中止等问题，进而影响发电质量和效率；而且，影响光伏发电的因素比较多，如太阳辐射强度大小、温度变化情况、灰尘、太阳高度、天气状况、海拔、日照时长等因素都不同程度

地影响光伏发电的质量和效率，有关设备的选型与安装也直接影响光伏发电的效率和质量。因此，在陆上升压站规划建设和相关设备选型的时候，需要对这些影响因素的系统分析，要对电厂的负荷、电量等准确把握，对分段设计进行科学规划，确保发电及电量传输的安全性，一般在低压范围内可以不进行分段设计。通常而言，要将陆上升压站安装在太阳能资源丰富的地方，基于工程项目的实际需要，配置一些专业化且性能好的设备，并实现自动化装置及设备、智能化技术和设备的合理运用。其次，基础施工是陆上升压站安装施工的关键环节，包括场地平整、开挖土方、砼浇筑、钢筋加工及安装、防水施工等工序的施工作业，在整个项目正式安装施工前，可以借助信息化模型对这些工序的施工作业进行模拟分析，对安装施工方案不断改进和优化，包括制定可行的陆上升压站电气设备安装施工技术看方案、质量安全控制方案、施工进度计划等。在这一环节具体施工的时候，需要对地形环境充分分析，如果施工现场存在软弱地基，需采用适合的措施和科学方法对其加固处理；施工中要监督规范做好场地平整工作，对开挖范围、深度、宽度等严格控制，对土方分类、堆放和运输等合理设计；基础桩、墙体、地板等工序施工要参照工程设计要求和质量标准规范进行，并进行必要的防水设计。

## 二、陆上升压站电气设备分类和组成

陆上升压站电气设备主要分为一次设备和二次设备。一次设备是指直接用于生产、输送和分配电能的生产过程的高压电气设备。特点：高电压、大电流。如发电机、变压器、断路器、隔离开关、自动开关、接触器、刀开关、母线、输电线路、电力电缆、电抗器、电动机等；它是升压站的主要构成，对站内的安全稳定运行有着重要的影响，所以对其质量的控制尤为重要。二次设备是指对一次设备的工作进行监测、控制、调节、保护以及为运行、维护人员提供运行工况或生产指挥信号所需的低压电气设备。特点：低电压、小电流。如熔断器、控制开关、继电器、控制电缆等。它主要是对一次设备进行远程调控和保护，通过采集电流电压量和一次设备的位置信息，反映故障点位置，并准确快速地动作于故障点，确保一次设备的安全，保证电力系统的供电可靠。

220kV升压站主要由多台220kV主变及其附属设备、220kV侧进线及出线间隔GIS设备及其相应配套设施

备、110kV侧进线及出线间隔GIS设备及其相应配套设施设备、35kV高压开关柜成套装置设备及其附件、35kV站用变及接地成套装置设备及其附件、无功补偿设备、二次监控系统、电缆及其附属设备、站内光缆、相关设备的安装、调试试验等组成。

### 三、陆上升压站电气设备安装施工技术分析

#### (一) 变压器本体及附件安装

主变压器是升压站中不可或缺的设备，具有电能转换、电网连接和电压调节的重要作用。对于保障电力系统的正常运行和供电质量至关重要。

1、主变本体及附件卸车就位。220kV主变压器属于超重物件，采用平板拖车运至现场，采用滑移顶进方式进行就位，在卸车前需对其进行细致的检查，包括查看外观是否完好、油箱及相关附件是否齐全、有无机械损伤、有无锈蚀情况、有无渗漏情况、密封性是否符合相关标准和要求、油箱钟罩法兰及封堵板连接螺栓是否齐全且紧固<sup>[3]</sup>。

2、主变安装就位。在变压器就位前，需要选用适合的仪器设备，对变压器基础的轴线进行复测完成后，用千斤顶配合卷扬将变压器中心调整，使三维误差（上下、前后、左右）在设计及厂家要求范围内，以保证与高压侧设备接口及低压侧封闭母线接口尺寸。中心调整合格后，清理场地。

3、现场管路配置。将储油罐就位后，进行内部清扫，安装呼吸器；装配油管路和抽真空管路。管路用不锈钢管或带钢丝的PVC管配制，装配前清洗干净（不锈钢管要酸洗）；到达现场的绝缘油，取油样进行简化分析（应符合设备生产厂家标准），检查合格后，才能注入油罐；安装真空滤油机和真空泵，使用变压器油清洗真空滤油机及滤油管路，管路密封良好，无渗漏。开始“油罐—滤油机”真空滤油，直至达到厂家标准。

4、附件安装。附件安装过程中，为避免变压器内部长时间暴露在空气中，可根据厂家要求向本体内吹入干燥空气。为防止主变受潮，雨、雾、雪和风沙天气或者相对湿度大于75%时，不能进行安装。

5、抽真空、注油。对油箱、事故排油管路、滤油管路一并抽真空（抽真空前应将冷却器的阀门打开，关闭瓦斯继电器前方阀门，关闭事故排油总阀），具体真空度达到厂家要求后，开始真空注油（注油前应进行油样化验，并达到厂家标准，含气根据厂家要求进行，油温应高于器身温度）。注油从油箱底部开始，油面达到绕组上面，停止真空泵。保持真空2h以上，然后解除真空。打开瓦斯继电器前方阀门，并保证油枕胶囊与大气相通，继续向变压器注入合格油，至油枕规定油面。

6、油渗漏试验。油枕胶囊充入氮气，压力按厂家

规定，带压静放24小时，检查变压器渗漏情况。渗漏试验结束后，放掉氮气。

7、热油循环。打开油枕上部放气阀，使油枕胶囊充入氮气，压力控制按厂家规定，直至油从放气阀溢出，并迅速关闭放气阀。放掉胶囊内的氮气，安装呼吸器。继续充油至变压器额定油位。打开套管、冷却器、联管、接地套管等处的放气塞进行放气，直到溢出油并迅速拧紧放气阀。取油样化验，应达到厂家标准，含气根据厂家要求进行。否则进行热油循环，直至变压器油合格为止。

8、变压器补油、静放。往变压器内加注补充油时，应通过储油柜上专用的添油阀，并经净油机注入，注油至储油柜额定油位。注油时应排放本体及附件内的空气。注油完毕后，在施加电压前，其静置时间不应小于48小时，每隔8h小时放一次气。静置完毕后，应从变压器的套管、冷却装置、气体继电器及压力释放装置等有关部位进行多次放气，并启动潜油泵，直至残余气体排尽。调整油位至相应环境温度时的位置。具有胶囊储油柜的变压器必须按制造厂规定的顺序进行注油、排气及油位计加油<sup>[6]</sup>。

#### (二) GIS 设备安装

GIS设备，即气体绝缘金属封闭开关设备，其主要由断路器、母线、隔离开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、套管、接地刀等元件组成，采用六氟化硫（SF<sub>6</sub>）气体为绝缘和灭弧介质，并将所有的高压电器元件密封在接地金属筒中。

1、规范安装操作。在绝缘件正式安装施工前，一般要采用香蕉水或酒精将上面涂的那层黄油擦拭干净，确保后续其在运行和使用过程中的良好绝缘性能。在母线安装的时候，要规范做好母线清理工作，可以用吸尘器将里面的灰尘吸附干净，以防引起绝缘子放电情况，还需要对母线安装施工进行细致的检查验收，包括确保母线表面、母线筒内壁平整光洁，没有毛刺，母线支柱绝缘子无裂痕、破损和松动等缺陷问题，在检查验收过程中发现的各种问题要及时处理和解决。GIS安装施工要仔细做好密封处理工作，通常可采用“密封面+O形圈+密封槽+密封胶”的方法，具体操作的时候，先取出母线筒法兰密封面O型密封圈，将法兰密封面、密封槽仔细擦拭干净，将连接法兰面上的微小尘沙、棉毛、杂物等仔细清理干净，法兰之间的连接必须用密封环进行密封处理，并对密封性进行仔细检验，其间可通过调整波纹管补偿的方式，保证法兰之间的良好配合。GIS的断路器、隔离开关、互感器、避雷器等安装施工的时候，需借助主母线进行连接，气室在充SF<sub>6</sub>气体之前，要先将断路器内为防潮充进去的氮气抽出来，将其抽成预定

的真空状态,通常需要7~8个小时,如果当地的气候比较潮湿,抽取时间要更长一些,在检查符合相关要求之后,再进行后续环节的安裝操作<sup>[7]</sup>。施工中要依照相关规范和要求安裝套管,过程中要采用适合参数的吊车从外面吊,并选择晴朗天气安裝,尽可能降低环境等因素对安裝质量产生的干扰和影响。

2、做好試驗检测。GIS在安裝施工中,需要对SF6进行微水試驗,在检测符合F6气体含水量标准之后再向气室中充SF6气体。安裝施工中,还需要对断路器的压力值进行严格控制,通常情况下要保持其比其他气室的压力大,从而确保在后续运行和使用过程中具备更理想的灭弧效果,一旦出现突出状况和问题隐患的时候,能够很好地切断其他负荷电流,保持运行的安全稳定。在所有工序的安裝施工完成之后,需规范做好整体绝缘試驗,对组合电器进行整体耐压試驗,对試驗检测发现的各种问题,及时解决和处理。需要注意的是,在进行绝缘試驗的时候,要将高压电缆和架空线进线、电力变压器、电压互感器、避雷器部件现场隔离开<sup>[8]</sup>。

3、落实保护措施。GIS在安裝施工中,依照工程项目具体情况和安全稳定运行需求,规范安裝避雷针和接地装置。安裝作业人员要先取掉避雷器保护罩、GIS法兰盖板及接口屏蔽头,清理壳体内部法兰面,之后将避雷器移至接口下方,将吊绳绕过内导壳体吊起避雷器,固定好后把支架放入避雷器下方,并连接好接地装置,保证全站接地。

### (三) 无功补偿成套装置安裝

无功补偿是把具有容性功率负荷的装置与感性功率负荷并联接在同一电路,当感性无功负载吸收能量时,容性负载释放能量,而感性负载释放能量时,容性负荷却在吸收能量,能量在容性负载和感性负载之间交换,这样容性负载所吸收的无功功率可以从容性负荷装置输出的无功功率中得到补偿,无功功率就地平衡掉,以降低线路损失,提高带载能力,降低电压损失及缓解发电厂的供电压力。

无功补偿装置需按照安裝图纸和厂家资料,对设备基础和設備检查,按编号对各部分支柱、框架安裝,设备在支柱上可靠固定后即可开始相关試驗,做完相关試驗后,进行设备之间的连线工作。先用麻绳按照图纸要求的弧度量出两设备接线端子间的连线实际长度,按照量出的长度截取等长度的导线,压接导线两头的线夹,吊起导线与设备连接,按规定力矩紧固螺栓。进行设备与电站接地网的接地连接。

### 四、陆上升压站自动化和智能化技术的合理应用

陆上升压站电气设备安装施工,还要有意识地促进自动化技术和智能化技术的合理应用,实现其运行和使

用过程中的自动化远程控制、计算机控制、智能化控制,从而使运维管理人员更准确、全面监测和控制陆上升压站的运行情况,基于实际运行需求,实现其自动检测和自动化调节控制、自动防护,构建安全稳定的运行环境。数字化和自动化的系统主要包括过程层、间隔层、站控层三大层级,过程层主要指的是一次设备和二次设备结合的层面,主要用于实时检测电力运行过程中的电气量、电流、电压和发电相位,检测相关设备运行的状态和参数,包括变压器、电抗器、电容器以及升压变电站的温度、压力、运行状态等,确保在出现异常和问题的时候,能够及时发现和解决处理,以及根据电厂实际情况和发电状况,合理调节变压器分接头、电抗器,控制直流电源充放电等;间隔期主要用于保护和控制发电一次设备,实现过程层、间隔层、站控层等有关层级之间良好信息传递和通信;站控层主要用于在线对全站实施封闭操作控制,对变电站的异常情况和故障问题及时发现和解决处理。

### 五、结束语

在风电项目、光伏发电项目规划建设的时候,要对升压站合理规划和施工建设,基于具体工程项目的考虑和分析,准确把握升压站电气设备安装施工的技术要点,并在整个项目施工中实现自动化技术和智能化技术的合理应用,实现安裝施工的全面质量控制,确保升压站电气设备安装施工的良好质量效果,在后续能保持安全稳定运行。

### 参考文献

- [1] 张小龙. 探究风力发电项目升压站电气设备的安裝、调试及管理[J]. 电气技术与经济, 2023(4): 156-158.
- [2] 万星一舟. 浅析风电场升压站工程电气设备安装质量控制[J]. 电力设备管理, 2022(16): 148-151.
- [3] 侯子凡, 李涛, 李硕. 基于微电网技术的海上风电陆上升压站建设关键技术研究[J]. 城镇建设, 2022(10): 139-141.
- [4] 甘志华. 浅析陆上风电场升压站主变压器的选择[J]. 电力系统装备, 2018(11): 82-83.
- [5] 麻强磊. 变电工程中变压器安装调试的注意事项[J]. 农村电气化, 2023(11): 100-102.
- [6] 张海龙. 变压器的安裝試驗调试工程[J]. 科学与信息化, 2023(11): 145-147.
- [7] 尤刚, 王磊. 浅谈变电站施工中的GIS设备安装[J]. 科学与信息化, 2023(23): 120-122.
- [8] 钱叶骏, 胡群丰. 变电站GIS设备安装与调试技术措施研究[J]. 电力设备管理, 2023(23): 270-272.