

田湾核电站500 kV SF6封闭组合电器安装
Erection of 500 kV GIS in Tianwan Nuclear Power Station
卞道伟
(江苏省电力建设第一工程公司, 江苏 南京 210028)

摘要: 总结和介绍了500 kV GIS的安装过程, 并提出了改进建议, 为今后500 kV GIS安装项目提供借鉴和参考。

关键词: SF6封闭组合电器; SF6气体绝缘管道母线; 清洗; 连接

Abstract: In this article, the erection of 500 kV GIS is introduced and summarized, and many improvements suggestions are put forward. All these may serve as references for the future erection program of 500 kV GIS.

Key words: GIS; GIB; Cleaning; Connection

GIS, 全称SF6封闭组合电器。它将升压站中除变压器外的所有电气设备及母线密封于充有SF6气体作为绝缘介质、以环氧树脂绝缘体作支撑和隔板的接地的金属外壳内。与常规升压站相比, 它有运行安全、节省空间、抗干扰性强、安装方便、安装工期短、维护工作量少、检修周期长等特点。

自从1969年第一座SF6绝缘全封闭地下变电所投运以来, GIS以常规升压站无法比拟的优越性越来越多地被应用于升压站的建设中, 但高电压等级的GIS, 特别是500 kV及以上电压等级的GIS由于造价较高, 在国内升压站建设中应用还不是很多。笔者参与建设的田湾核电站500 kV升压站就采用了500 kV GIS设备, 这是江苏省电力建设第一工程公司第一次安装500 kV GIS, 同时也是江苏省内第一座采用500 kV GIS的升压站。因此对安装过程进行一次回顾和总结就显得十分重要, 积累经验, 为后续电力建设工程中500 kV GIS的安装工作提供借鉴和参考。

1 概述

田湾核电站500 kV GIS厂房位于核电站南侧, 该GIS由厂房内布置的户内500 kV封闭组合电器(本文简称为户内500 kV GIS)、500 kV SF6气体绝缘管道母线(本文简称为500 kV GIB)和主变压器前户外500 kV封闭组合电器(本文简称为500 kV小GIS)三大部分组成。户内500 kV GIS在电源侧通过500 kV GIB和小GIS与核电站1号和2号机组主变高压侧出线套管相连接。出线侧通过三回架空线与电网相连接。根据原电力工业部(1997)692号《关于江苏连云港核电厂工程可行性研究报告审查意见的通知》文件, 500 kV系统主接线采用3/2断路器接线方式, 电源线与负荷线配合成串, 同名回路配置在不同串内。现已完成一期工程的2串半(8组断路器), 二期工程再发展成4个完整串(12组断路器)。户内500 kV GIS、500 kV GIB及主变压器前户外小GIS均为瑞士ABB高压技术有限公司制造生产。

2 户内500 kV GIS

2.1 户内500 kV GIS安装前的检查和准备

- (1) 厂房的土建施工应基本完工, 包括厂房主体结构已经封闭、门窗完好可用、厂房内照明及通风系统安装完成并已投入使用、地面找平层施工已经完成, 同时, 环境卫生已进行仔细清理, 无建筑垃圾, 室内清洁无灰尘。地面油漆的施工可以在安装基本完成后进行。
- (2) 设备的接地预留应完好且符合设计要求, 厂房内的吊车安装、调试结束, 运行正常。
- (3) 进行标高测量和定位放线, 按照《500 kV SF6封闭组合电器安装图》的要求进行定位放线, 确定x, y轴线的位置, 从而确定断路器支架的安装点, 并在地面上对安装点进行标识; 测量和记录这些安装点的标高。
- (4) 由于安装过程中的零配件和工具很多, 需制作几个3~4层的货架, 用以放置零配件和工具。

2.2 户内500 kV GIS安装

户内500 kV GIS安装包括三相断路器8组、三相隔离开关21组、三相检修接地开关23组、三相快速接地开关5组、三相电流互感器16组、电压互感器8台、三相出线套管3组、主母线320 m, 按照电气主接线进行连接。安装顺序按照《500 kV SF6封闭组合电器安装图》的要求从下至上进行连接安装。

GIS安装的主要步骤: 设备领用及开箱检查→打开设备端盖→清洗及安装触头→清洗法兰→设备连接→抽

综述
核 电 设 计
工 程 管 理
工 程 建 造
运 行 维 护
核 安 全
核 电 前 期
核 电 论 坛
核 电 经 济
核 电 国 产 化
质 量 保 证
核 电 信 息

真空及充入SF₆气体→安装附件。

(1) 设备领用及开箱检验

根据安装顺序和安装的工作量从仓库领取设备运到GIS厂房，在设备的运输过程中应将设备固定在运输机械上，避免因颠簸而造成设备损坏，卸下设备时应轻拿轻放。应使用专用吊带进行吊装，避免因为吊装对设备外观造成损坏。设备包装及密封应良好，设备上的防震装置不应损坏和脱落，清点附件、备件，附件、备件应齐全，规格符合设计要求，瓷件和绝缘件应无裂纹及破损。

(2) 断路器安装

① 按照《支架布置图》组装断路器支架。

② 在已确定和标识的安装点位置用专用打孔

器打孔，打孔时应根据锚脚螺栓的尺寸确定打孔深度。要对孔洞进行清理，孔洞内不可有水，复核孔洞尺寸后将支架移至安装点，调整支架的水平度，用锚脚螺栓将支架固定。

③ 用专用运输小车将断路器运送至支架附近，用吊车将断路器起吊至支架上，调整断路器轴线并根据安装的统一标高调整断路器安装的标高和水平度(可以通过增加垫铁来实现)，将断路器固定在支架上。

④ 依次安装完8组断路器，再一次按照图纸检查断路器安装的位置和标高。

(3) 电流互感器安装

① 将电流互感器放置在运输小车上，打开断路器和电流互感器的端盖，分2组人同时对断路器和电流互感器的法兰进行清理，用细砂纸仔细打磨接头表面后，再用酒精仔细清洗接头，并在接头处均匀地涂抹一层薄薄的导电脂；从包装盒内取出触头，仔细检查触头外观是否完好，并用酒精仔细清洗触头，保证其表面光洁；将触头安装到接头上，向触头上的紧固螺栓孔内注入紧固剂，将已用酒精仔细清洗过的紧固螺栓安装上去，用力矩扳手进行紧固，紧固前仔细检查力矩扳手的力矩是否满足ABB的规定，紧固完成后再检查一遍，查看是否有松动或遗漏的螺栓；查看密封圈是否有破损，并用酒精仔细清洗法兰和密封圈，并在法兰上均匀地涂抹一层硅胶；再仔细检查一遍连接处的清洁情况，如有灰尘则用吸尘器吸去灰尘；用干净的薄膜罩在法兰处，并用皮圈套牢。

② 将电流互感器用吊车吊到断路器的上方，去除薄膜，将电流互感器缓缓放下，在接近断路器法兰处用导向杆将两设备固定，再一次检查连接处的清洁情况，如有灰尘则用吸尘器吸去灰尘；检查无误后用ABB提供的专用工具将2个法兰缓缓地靠近，靠近的过程中要注意密封圈是否脱落和倾斜。2段母线法兰合拢后，安装事先清洗好的紧固螺栓，并用力矩扳手进行紧固，紧固的力矩应满足ABB的规定；去除导向杆，补上紧固螺栓。

③ 利用真空泵对气体室进行抽真空，当气体室压力小于0.002 MPa时，停止抽真空，检查其气密性，气密性合格后向设备充入SF₆气体，充气的压力应满足ABB的规定。

(4) 隔离开关、检修接地开关、快速接地开关、出线套管安装具体步骤和要求参见(3)。

(5) 母线安装

① 母线连接的具体步骤和要求参见(3)。

② 同一气体室的几段母线安装完成后，利用真空泵对气体室进行抽真空，当气体室压力小于0.002 MPa时，停止抽真空，检查其气密性，气密性合格后向设备充入SF₆气体，充气的压力应满足ABB的规定。

(6) 支架安装

① 开箱检查支架表面是否完好，附件是否齐全，型号是否与图纸相符。

② 按照《支架布置图》组装和安装支架。

(7) 在图纸标注的地方安装吸湿器。

(8) 压力表安装：先对压力表进行校验，并在压力表上标识出其所要安装的气体室的编号，再对照着进行安装。

(9) 按照《500 kV GIS接地图》进行接地铜排的配制和安装。

(10) 检查所有气体室的充气压力是否符合ABB的规定，如不足则补充气。

(11) 按照ABB要求，在法兰的指定位置注入硅胶。

3 500 kV GIB

3.1 安装前的检查和准备

(1) 用于放置500 kV GIB的廊道建筑施工已完毕，内部装饰工程结束。地面应保持清洁，无杂物、积水等现象。管道母线支架基础符合设计要求。廊道内的照明和通风系统安装完成并已投入使用，人员上下通道畅通。

(2) 廊道内的接地预留应完好及符合设计要求。

(3) 500 kV GIS厂房内的户内500 kV GIS设备安装已经完成。

3.2 500 kV GIB安装

500 kV GIB安装主要包括从500 kV GIS厂房到1号机组主变前和从500 kV GIS厂房到2号机组主变前的2条SF₆气体绝缘管道母线，总计安装工作量约为2 300 m，安装应从500 kV GIS厂房向主变方向进行。

GIB安装的主要步骤：测量定位放线→运输母线→支架安装→母线连接→抽真空及充入SF₆气体→安装附件。

(1) 测量定位放线

① 根据图纸设计上的坐标点，将坐标点测量出来，并做出明显的标识。

② 根据测量出来的2个基准坐标点，测出各个母线支架安装孔的位置，并加以标识。

③ 测量各个母线支架安装孔的标高，并做好记录，以便在安装支架的过程中调整支架的高度，以保证各个支架顶部在同一个水平面上。

(2) 运输母线

① 应按照母线安装的顺序和施工进度分批次

将母线运输到吊物孔附近。

② 开箱检查母线外观，检查母线漆面是否完好，外壳是否有碰撞的痕迹。

③ 将母线从吊物孔向廊道内吊运，吊装时应使用专用吊带进行吊装，避免因为吊装对设备外观造成损坏。吊运应设专人监护。母线进入廊道后，先将其放置在事先准备的运输小车上，并用绑带固定运至安装位置的附近。

(3) 支架安装

① 开箱检查支架表面是否完好，附件是否齐全，型号是否与图纸相符。

② 将支架从吊物孔吊运到支架基础附近，进行支架组装。

③ 将支架放置在基础上，调整支架的位置，以保证纵向排列的支架的中心线在同一水平线上。根据标高测量记录，调整支架的标高，以保证各个支架的高度在同一水平面上。

④ 在基础上钻孔，并用膨胀螺栓将支架固定。

(4) 母线安装

① 为了方便将母线移至支架上进行安装，现场制作了2个高1.5 m、宽1 m的带轮子脚手架，脚手架制作应牢固可靠，其承重量应能保证承受母线的重量。

② 将母线移至支架上：将手动葫芦的一端紧固在脚手架上，一端通过吊带与母线牢固连接，将母线吊在脚手架上移至支架上。移动时母线两端应有人保护。

③ 母线移至支架上进行母线连接：将2段母线的端盖拆下，先用吸尘器吸除灰尘，再用酒精仔细清洗母线内壁，确保其表面光洁，无毛刺；用细砂纸仔细打磨母线接头表面后，再用酒精仔细清洗接头，并在接头处均匀地涂抹一层薄薄的导电脂；从包装盒内取出触头，仔细检查触头外观是否完好，用酒精仔细清洗触头，保证其表面光洁；将触头安装到母线上，向触头上的紧固螺栓孔内注入紧固剂，将已用酒精仔细清洗过的紧固螺栓安装上去，使用力矩扳手进行紧固，紧固前仔细检查力矩扳手的力矩是否满足ABB的规定，紧固完成后再检查一遍，查看是否有松动或遗漏的螺栓；查看密封圈是否有破损，并用酒精仔细清洗法兰和密封圈，并在法兰上均匀地涂抹一层硅胶；再仔细检查一遍连接处的清洁情况，如有灰尘则用吸尘器吸去灰尘；调整脚手架上的手动葫芦，使2段母线处于一个水平面上，对接母线时先用导向杆将2段母线固定，再一次检查连接处的清洁情况，如有灰尘则用吸尘器吸去灰尘；检查无误后用ABB提供的专用工具将2段母线缓缓地靠近，靠近的过程中要注意密封圈是否脱落和倾斜。2段母线法兰合拢后，安装事先清洗好的紧固螺栓，并用力矩扳手进行紧固，紧固的力矩应满足ABB的规定，去除导向杆，补上紧固螺栓。

④ 同一气体室的几段母线安装完成后，利用真空泵对气体室进行抽真空，当气体室压力小于0.002 MPa时，停止抽真空，检查其气密性，气密性合格后向设备充入SF₆气体，充气的压力应满足ABB的规定。

(5) 在图纸标注的地方安装吸湿器。

(6) 压力表安装：先对压力表进行校验，并在压力表上标识出其所要安装的气体室的编号，再对照着进行安装。

(7) 按照《500 kV GIB接地图》进行接地铜排的配制和安装。

(8) 检查所有气体室的充气压力是否符合ABB的规定，如不足则补充气。

(9) 按照ABB要求，在法兰的指定位置注入硅胶。

4 几点建议

在以后的GIS安装中应注意以下几个方面：

(1) 建议设计部门根据母线的最大长度适当地放宽吊物孔的尺寸，留有一定余量，避免由于吊装对母线造成损坏；

(2) 不具备活动接头的避雷器安装应在500 kV GIS和GIB耐压试验后安装；

(3) 在正式的设备支架未安装之前，对已安装完成的户内500 kV GIS设备要用临时支架进行支撑，以保证设备的安全；

(4) 由于户内500 kV GIS的母线处于整个GIS的最上部，可以将几段母线(包括电压互感器)在地面时就连接在一起后再与其它设备进行连接。

5 结束语

回顾整个安装过程，最重要的2个部分就是安装前的准备工作和安装过程中的设备连接。

在安装的进度得到确认后，根据GIS安装的特点和要求积极认真地准备，选择能力强、责任心重的安装人员，组织他们熟悉图纸和ABB公司的安装手册，在安装之前就对GIS有了一个基本和初步的认识。同时安装前的每一项准备工作都以高标准、高要求来完成，力求把工作做实、做细，因此在后来的安装中没有因为准备工作不到位而影响进度。

在设备连接部分，根据设备连接的特点制定了详细的质量计划，设立停工待检点、见证点和报告点，以保证在安装过程中能及时地发现问题，解决问题，避免安装工作走弯路，安装质量也始终处于受控状态。

通过以上措施的严格实施，500 kV GIS安装未产生一项不符合项，耐压试验和随后的倒送电也顺利通过，安装质量和施工进度得到了业主、监理和ABB公司的一致认可。

