500 千伏变压器安装质量控制要点与技术研究

庄长河

中国电建集团河南工程有限公司, 河南省郑州市, 450001;

摘要: 本文深入探讨 500 千伏变压器安装技术与质量控制要点, 根据 500 千伏变压器的结构特点以及安装过程中面临的施工条件、天气等现实因素的影响, 对 500 千伏变压器施工中的关键工序进行深入的分析研究。涵盖基础验收、设备及附件检查安装等要点, 详述变压器主体安装流程, 包括器身检查、各部件安装及注油等关键环节, 剖析安装过程中的质量控制要点, 保证关键工序施工质量。旨在提升 500 千伏变压器安装质量, 保障电力系统安全稳定运行, 为同类型变压器安装提供技术参考与理论支持。

关键词: 500 千伏变压器; 电力系统; 质量控制; 安装施工

DOI: 10.64216/3080-1508.25.04.020

引言

随着科技的进步电力系统也高速发展, 500 千伏变压器作为电力系统传输与分配电能的关键设备, 它的安装质量直接关系到电力系统的安全稳定运行。高质量的安装技术能确保变压器投运后高效可靠工作, 减少故障发生概率, 保障电力供应的持续性与稳定性。因此加强其安装关键工序的质量控制深入研究 500 千伏变压器安装技术与质量控制要点具有重要的现实意义。本文将系统阐述 500 千伏变压器安装技术要点, 并详细分析施工质量控制措施为实际工程提供技术帮助。

1 变压器就位质量控制要点

变压器基础的施工质量对变压器后续安装有着重大影响, 是变压器安装质量好坏的前提。在变压器就位前要组织对变压器基础进行交安验收。交安验收应先依据设计要求对变压器基础中心线和基础标高进行复测。基础表面应平整光滑, 水平度误差控制在允许范围内, 以保证变压器安装的水平度和稳定性。同时安装预埋件的位置和高度必须准确无误, 以便为后续变压器就位提供可靠支撑点, 也为变压器的安装固定提供固定点。

500 千伏电压等级的变压器一般单相安装后重量都在 200 吨以上, 三相一体的变压器安装后重量会超过 300 吨。因此, 安装时应保证变压器能按设计要求安装在基础的承重点上。变压器的基础中心线、器身中心线以及重心线要注意区分以免混淆。另外变压器的低压、高压套管中心线一般与其相应的矩形铜母线、共箱封闭母线或离相封闭母线的中心线相对应, 安装前应认真核对。变压器基础的标高往往影响着与其连接的低压侧母线中心线的标高, 安装前必须认真核对以免造成低压侧套管中心线与低压侧母线中心线错位的现象发生。

变压器就位后还应对以上提到的中心线及标高再

进行复测, 以确保变压器的各项安装数据与设计吻合, 使得与变压器相连的母线设备安装顺利进行。

变压器就位后变压器就位后冲撞记录仪要在施工单位、监理单位、建设单位、大件运输单位及厂家代表共同见证的情况下拆卸下来, 冲撞记录仪的原始数据需要在施工、监理、业主、运输方和厂家代表共同见证下进行打印然后几方人员共同在记录数据上签字确认后留存, 并冲撞记录仪的冲击加速度是否在允许范围内(冲击加速度值应在 3g 以下), 以判断变压器在运输过程中是否受到过大的冲击, 确保变压器的运输安全和运输质量。厂家要根据冲击数据对变压器的运输质量好坏进行评判并出具有关是否现场吊芯吊罩检查的证明文件。

变压器就位后要检查变压器内的氮气压力在 0.01-0.03MPa 范围内, 变压器在破氮安装前每天要定时记录氮气压力, 如果发现异常应马上补充氮气并分析异常原因及时处理。

2 变压器安装前的必要准备

工欲善其事, 必先利其器。在变压器安装前应从技术人员、机械材料、技术资料、开箱验收、预防试验、天气环境等方面做好充分的准备工作。

2.1 技术准备及安装前检查

在变压器安装前必须完成施工方案是报审、开箱申请的报审、施工技术安全交底以及开工报告的报审, 相关施工人员特种作业证的上报, 吊车等大型机械进场上报, 滤油机等大型工机具、计量器具的检测报告报验。

变压器及附件在运输过程中可能会受到振动、碰撞等影响, 因此在安装前必须开箱验收并进行全面细致的检查。检查变压器外观是否有损伤, 随设备到货的说明

书、产品合格证、出厂试验报告等质量文件资料是否齐全。油箱底部螺栓连接部位有无渗油迹象等。

2.2 机具及材料准备

变压器安装所需的真空泵、滤油机到位并检查性能良好，吊车等大型机械到位并检查性能良好，安装前所需的一些工器具及材料采购到位。现场需根据变压器引线孔的大小制作一个拉引线的专用螺栓。

2.3 天气查询和人员的调配

安装前应先在网跟踪查询天气情况，选择连续多天气象条件好的时间段进行安装施工作业。确定安装时间后联系厂家服务人员及时到位，安装施工人员根据工作需要和工种要求调配充足。

2.4 安装前的必要试验

开箱时在厂家代表及监理的见证下将气体继电器、绕组及油面温度计、压力释放阀等配件及时送往试验室校验，对于高低压套管及升高座 CT 安装前需要现场试验合格。

变压器绝缘油需运到现场并经取样送检试验合格才能进行变压器安装工作。如果绝缘油试验不合格，应在现场用真空滤油机对绝缘油进行处理，直到处理合格为止。处理后的绝缘油应重新进行取样送检试验，试验项目包括电气强度、介质损耗因数、含水量、色谱等指标，各项指标均需符合相关标准要求后，才能注入变压器中。

3 变压器内检质量控制要点及附件安装

3.1 变压器内检质量控制要点

变压器内检即器身检查是变压器安装的关键环节，目的是检查变压器内部结构是否完好，各部件连接是否牢固，绝缘是否受损等。正常情况下，当变压器的冲撞记录不超标时，可以从油箱壁人孔处进入油箱对变压器进行内检。

变压器在运输平稳的情况下只需进行内检，不必进行吊芯吊罩检查。进入变压器进行内检的人员在进入变压器前需将身上的小件物品掏出，然后穿上准备的连体服和雨鞋进入变压器内进行检查。内检前先对变压器破氮，待通风 15 分钟以上变压器内的含氧量达到 18% 以上时方可再进入人孔。对破氮的时间以及破氮时的温度和湿度要做好记录。排氮时现场人员要站在上风处以防止发生窒息事故。内检过程中需要连续向油箱中吹入干燥空气。进入油箱人员越少越好最好不超过 2 人，内检人员不要穿带有纽扣的衣服，身上的小件物品要掏出，随身

携带工具必须进行登记，避免内检后将工具遗忘在变压器油箱内。内检时最好使用手电照明，使用工具时要注意不要损伤器身绝缘。每件工器具都绑上白布带以方便系在手上，内检完毕出来时要根据登记的记录逐一检查带出的工器具是否齐全，确保没有任何物品遗忘在变压器内部。

检查内容包括：运输支撑和器身各部位无位移，铁轭与夹件间的绝缘垫应完好，铁芯无变形；所有螺栓是否紧固，防松措施是否齐全，绝缘螺栓防松绑扎完好无损坏。铁芯无多点接地且对地绝缘符合要求。各绕组间隙均匀、无缺损、排列整齐、油路无堵塞；绕组绝缘层完整、压钉紧固。引出线绝缘包扎牢固，无破损无拧弯，绝缘距离合格固定牢靠，其裸露部分应无毛刺或尖角，引出线与套管接线正确连接牢靠焊接质量良好。

3.2 变压器安装技术

GB 50148-2010 《电气装置安装工程 电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》4.5.6 中规定，当空气相对湿度小于 75% 时，器身暴露在空气中的时间不得超过 16h。因此，对变压器安装过程中的温度湿度要认真记录，以确保变压器在安装时器身暴露在空气中的时间在规范要求的时间范围内。

在变压器安装过程中为减少器身暴露在空气中的时间，通常散热器、储油柜及一些不需要破氮就能安装的附件集中提前安装。散热器安装前应按要求进行密封试验，密封试验应按出厂说明书规定进行，如制造厂无规定时建议用氧气或氮气进行密封试验，试验压力控制在 0.25MPa 持续加压保持 30min 无渗漏为试验合格。如果检查时发现散热器内有杂质，则需要用合格的绝缘油经净油机循环将散热器冲洗干净，确保散热器内部清洁无杂物。对于波纹管储油柜安装前应检查其真空度完好。安装时首先将储油柜的柜脚安装在变压器的相应位置，让后吊装储油柜进行就位安装。波纹管储油柜安装后暂时不要破坏储油柜内的真空，等抽真空注油时再打开储油柜与变压器本体的连接阀门。

套管安装是变压器安装的关键工序，套管的安装质量直接关系变压器的安装质量和投运后的运行安全。套管吊装应由专人统一指挥，套管的安装顺序宜按照低压、中压、零序、高压套管进行。套管吊装时，应再次进行套管外观检查，表面应无裂纹、伤痕，法兰连接处无渗油现象，使用纯白布擦拭套管表面及连接部位。为了防止损伤套管下部应力锥处的绝缘，套管由水平到竖直的吊装采用两点起吊，吊车大吊钩的绳索一端先固定在套管的法兰吊环上，然后在离套管出线端部裙 3 - 4 片的地

方固定,吊车小吊钩的绳索固定在套管法兰下的瓷件上。套管由水平到竖直的吊装应缓慢进行,吊装过程中用晃绳稳定,防止倾斜。套管应力锥进入均压罩内的角度和深度符合制造厂要求,其引出端头与套管接线端子处应擦拭干净,接触紧密。对穿缆式套管,将一端带有螺性环的穿芯绳从套管顶部穿入后,用螺栓拧入引线头部螺孔中,一边把套管落入升高座,一边将引线从套管中拉出,最后将套管固定好后将引线头用穿芯轴销固定住,拧下螺性环,取下穿芯绳。注意套管的安装方向和位置要准确,油表应向外,以便观察油位。连接变压器低压引线和套管接线端子时要特别小心,最好做一个网兜放到连接端子的下部,以防穿引线连接螺栓时螺栓或螺母垫片掉落在变压器油箱内不好打捞。

测温装置在安装前应进行校验,信号接点应动作正确,导通良好,顶盖上的温度计座内应注变压器油,密封应良好,无渗漏现象;闲置的温度计座应密封,不得进水。膨胀式信号温度计的细金属软管不得有压扁和急剧扭曲,其弯曲半径不得小于50mm。

安装过程中使用的工器具也应逐件进行登记,安装工作结束后应进行逐件进行核对检查,保证发放和收回的工器具数量一致。

在变压器上面进行安装的施工人员要系好安全带,每个工作人员身上的小件物品都必须掏出来,以防施工过程中掉入变压器内部。施工中的螺栓、螺母及平弹垫在安装过程中都要小心谨慎,以防掉入变压器内部,一旦掉入变压器内部要及时向施工负责人进行汇报,以方便采取措施及时寻找取出。如果进行隐瞒不报,当变压器投运后这些物品可能会随着变压器油的流动被带入铁芯而引发短路事故,后果不堪设想。

4 变压器抽真空注油质量控制要点

变压器安装结束后要马上对变压器进行抽真空,抽真空时可连带散热片一起进行。当真空度达到200Pa以下时可对系统进行30min泄漏率测量,当泄漏率符合要求后继续抽真空,当真空度达到133Pa以下无变化时停机开始计时,500kV变压器的真空保持时间不得少于24h方可注油。注油全过程应保持真空,这样有利于排除变压器内部的水分和空气,注油时应使绝缘油从下部进油口进入变压器。注入的绝缘油温度应高于器身温度,

注油速度不宜大于100L/min,注油过程中要专人负责滤油机要可靠接地。

当真空注油完毕,为进一步提高变压器的绝缘性能和绝缘油品质我们需要进行热油循环。在开始热油循环前为确保油管中空气被排除干净需要将油管连同滤油机一起抽真空,同时打开散热器与变压器本体之间的蝶阀,让散热器内的油应与变压器油箱本体内的油同时进行热油循环。热油循环过程中滤油机的加热器要投入运行,滤油机输出的绝缘油的出口油温应控制在 $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内,变压器本体油箱内温度应不低于 40°C ,当环境温度全天平均低于 15°C 时应应对油箱采取保温措施。500千伏变压器的热油循环时间应不少于48h,热油循环后对绝缘油进行取样送检试验,绝缘油试验结果应满足:绝缘电气强度 $\geq 60\text{kV}$,含水量 $\leq 10 \mu\text{L/L}$,油中含气量 $\leq 1\%$, $\text{tg} \delta (90^{\circ}\text{C时}) \leq 0.5$ 。热油循环结束后需使变压器静置并通过放气阀进行多次排气。在施加电压前,其静置时间应不少于72h。

5 结束语

500千伏变压器安装是一项复杂而重要的工作,涉及众多技术环节和质量控制要点,其安装质量的好坏直接关系到电力系统的安全稳定运行。在实际施工中,首先要做好安装前的准备工作,然后采取有效的质量控制措施严格按照安装流程进行施工,不断总结经验持续改进安装技术和质量控制方法,以适应电力系统不断发展的需求。百年大计质量第一,凡事预则立不预则废,在施工前要做好充分准备施工中方能有条不紊,对变压器安装中的质量控制要点及关键工序要不断进行总结提高,持续改进臻于完美。我们还应密切关注行业动态积极应用新技术、新工艺,不断提升变压器安装质量,确保设备投产后安全可靠运行。

参考文献

- [1]《电气装置安装工程电力变压器、油浸电抗器、互感器施工及验收规范》(GB50148-2010);
- [2]《电气装置安装工程电气设备交接试验标准》(GB50150-2016);
- [3]《输变电工程建设标准强制性条文实施管理规程》(Q/GDW 10248-2016);