

500kV变压器高压套管安装

何鑫

四川省送变电建设有限责任公司 四川 成都 611731

摘要：变压器套管安装是变压器现场安装过程中难点之一，易出现套管损坏，其安装质量影响变压器的安全运行。本文对500kV电容式瓷质套管（穿缆式）安装前的开箱检查、机具准备、人员准备，以及安装等全过程进行了详细剖析。旨在为500kV变压器高压套管的科学、规范安装提供参考，保障变压器安全稳定运行，助力电力系统可靠供电。

关键词：500kV变压器电容式瓷质套管；安装；注意事项

引言：在电力系统中，500kV变压器起着很重要的电能传输作用，而变压器套管又是变压器接受外部电力的最前端部件，也是在现场需要进行安装的关键部件之一，其安装质量直接关系到变压器的安全运行。随着新能源不断发展，500kV电压等级越来越多。因此，深入探讨500kV变压器套管安装的全过程，包括准备工作、试验、安装过程及后续验收等内容，具有十分重要的现实意义。

1 准备工作，以下仅对套管安装的准备工作作出介绍

1.1 方案：变压器安装方案经审核批通过，工作负责人、安全监护人、起重机司机、起重机指挥、司索工、安装人员、辅助小工等与安装有关的人员经已接受安全技术交底。

1.2 人员：人员是保障安装质量的首要因数。厂家售后服务人员已到现场，相应安装物资已清点完毕。起重机司机、起重机指挥应持有效的特种设备作业人员操作证件，司索工应持相应的证件。安装主要人员应持有效的特种作业人员操作证，辅助小工可不必持证，但辅助小工需要进行三级安全教育及交底。安装人员当中应至少有2人从事过变压器套管安装且专业能力过硬。

1.3 机具：吊车、高空作业车已落实，吊车及高空作业车的各种年检报告齐全，保养记录齐全，通常情况下选16吨或25吨，要是场地空间够，尽量选用25吨吊车。1000m海拔及以下的500kV套管重量大概在750kg左右，所以选16吨或25吨吊车完够。数字式介损测试仪和绝缘摇表（电子式）检定报告齐全，且在有效期内。尼龙吊带（绳）5吨、链条葫芦5吨、卸扣5吨、短吊带（或钢丝绳）5吨2米长，已经过试验且合格，试验报告在有效期内，保养维护记录齐全。干燥空气发生器，有合格证，保养记录齐全。套管架，应牢固且与套管尺寸相适应，有专门的接地端子。接地线，接地线应有检测报告且在有效期内。

1.4 辅助工器具：活动扳手、力矩扳手、撬棍（比套管法兰盘的孔径小）、白色无尘布、无水酒精（浓度99.9%及以上）、塑料薄膜、尼龙绳直径10mm、绝缘胶布、黑铁螺栓（与高压引线头直径相适应）、DN25的PVC管、安全警示带。

所有用于安装的工器具应编号列清单，对于需要带上变压器的工器具应栓细绳且固定在安装人员身上，安装结束后照清单清点工器具。安装时在变压器上的安装人员将工作服兜内的所有物件全部掏出，不得带上变压器。

2 安装步骤

2.1 开箱及试验：开箱应与业主、监理、厂家人员共同见证下进行。检查套管外观不得有裂纹、损伤、变形；套管的金属法兰结合面应平整，无外伤或铸造砂眼；纯瓷套管与金属法兰结合面应平整，并涂有良好的防水胶；打开套管末屏盖看内部是否有水气；清洁瓷套外表面；导电管内清洁，将浸润无水酒精后的无尘布捆绑在PVC管上，对套管的导电管内进行清洁。然后用5000V绝缘电阻表测量套管主绝缘电阻，其阻值应大于10000MΩ；用2500V绝缘电阻表测量末屏对地绝缘电阻不宜小于1000MΩ。绝缘电阻测试合格后用介损测试仪采用正接法测试介质损耗因数（ $\tan\delta$ ）和电容值，电容值与铭牌数值或出厂试验值相比在±5%范围内， $\tan\delta$ 不应大于0.5%^[1]。

2.2 测试注意事项：拆除套管末屏接地时，注意防止末屏小套管漏油或小套管内接线转动、松脱；试验完毕后应可靠恢复末屏接地，防止运行中末屏放电；试验前要观察套管的油位是否正常，不得在套管无油的状态下进行试验；进行介损和电容测试时应尽量将套管垂直放置在套管架上，套管架应与接地装置用接地线可靠接地，不应把套管水平放置或吊起任意角度进行测量，因为套管的电容量是很小的，平行与地面测试时，因高压

电极和测量电极对周围的物体存在杂散阻抗,会对套管的实测结果有很大影响。如遇潮湿气候时,不宜采用加接屏蔽环来防止表面泄漏电流的影响,可采用吹风吹干瓷套表面或待阳光暴晒后进行测量;如果现场无套管架的,则用绝缘绳将套管吊起离地1米及以上,试验高压引线接到度品顶端,应尽量远离试品中部法兰,还应使高压引线与试品夹角接近或大于 90° ,套管附近无梯子、构架等杂物,试验人员也应尽量远离被试套管,以尽量减小杂散电容对测量的影响,从而提高准确性^[2]。

如合同对产品有其他特殊要求,还应按合同约定的其他特殊要求进行检查。套管开箱及整个安装过程中应注意环境相对湿度应小于80%,温度不低于 5°C 。

同时核对套管资料是否齐全,如合格证、出厂试验报告、使用说明书等,套管型号、各种参数是否与合同技术协议一致。

2.3 套管吊装:开箱检查及试验合格后就准备进行吊装,吊装是最关键的环节之一。

2.3.1 捆绑:捆绑前确认放气塞的位置应该在安装后的最高处,此时套管上油位表的玻璃应处在倾斜面垂直的平面上(有可能不是完全垂直,但不应差太多)。确认后捆绑,在套管法兰盘的吊装专用孔处安装两个卸扣,卸扣的销轴侧应穿在套管的法兰盘吊装孔中,扣体各自与吊带相连接,两根等长吊带(称为主吊绳)挂在吊车大钩上。在套管的油枕与伞裙之间用一根短吊带(绳)采取双圈穿套结索法进行捆绑^[3],然后该吊绳的另一端与链条葫芦的吊钩相连,链条葫芦的挂钩通过另一根短吊带(绳)与吊车大钩相连,整个这一侧的组合为调节绳。此处应注意,短吊带(绳)和油枕与伞裙之间的吊带(绳)在满足捆绑的情况下应尽量短,以利于调节角度。链条葫芦应将链条长度放长一些,以使套管起吊时套管处于水平状态。将尼龙绳连有螺栓的一端穿入套管的导电管内,螺栓应用绝缘胶布包裹一下,以免螺栓刮花导电管内壁。用薄膜将套管的法兰盘以下部位及套管顶部包裹遮盖,以防灰尘及蚊虫等污染物沾染在上面。另外用两根尼龙绳拴在套管的尾端作控制绳用。有些将吊带捆在伞裙上来进行吊装的方法,个人建议不绑在伞裙上,因为有将伞裙挤坏的风险,工程实际中确实也有将伞裙挤坏的案例发生。捆绑示意图见图1-1套管就位安装图。

2.3.2 起吊:在现场位置允许的情况下,吊车站位尽量处于套管倾斜的正前方,以减少套管就位时吊车的操作。起吊前再次检查捆绑是否牢固正确,吊车指挥人员应与吊车操作人员进行手势核对,然后吊车缓慢起钩,注意在套管底部的均压球处垫泡沫或软质物件,以保

护在套管由水平转为倾斜方向的过程中均压球触碰地面对,造成均压球损坏或磨损。当套管离地100mm时必须停吊检查,检查起重系统的稳定性、制动器的可靠性、物件的平稳性、绑扎的牢固性、确认无误后方可继续起吊。提升至离地1m左右时,用链条葫芦调整套管倾斜状态,如果套管底部快要触地时套管的倾斜角度还不够,则继续提升高度,然后再调整倾斜角度直至基本达到安装倾斜角度,此时将链条葫芦拉链绑在起重链上以防止自锁失灵造成意外。然后指挥吊车将套管缓慢移至升高座上方,过程中应注意用控制绳对套管的姿态控制,以避免套管撞击到其他物体。

2.3.3 就位:套管到达升高座上方约1米左右时,去除包裹的薄膜,打开升高座封盖,每次只打开变压器的一处封盖。将干燥空气发生装置连接到变压器油箱的上部或中部阀,吹入干燥空气。吹入干燥空气的露点必须低于 -40°C ,并确认无水、锈斑。要注意变压器器身连续露空时间不宜超过8小时,累计露空时间不宜超过24小时。箱内空气的相对湿度不应大于20%。如果一天不能安装完,每天工作结束应抽真空或注入氮气,确保器身不受潮,真空度、气体压力应符合产品技术文件要求^[4]。更换并清洁密封圈,用无尘布沾无水酒精将升高座的法兰面清洗干净,将盘绕在变压器内的高压引线提出来,与穿过套管导电管内的螺栓连接好,然后将螺栓与高压引线头外露的金属部分缠好绝缘胶带,以保护在高压引线穿过导电管时刮花其内壁。然后指挥吊车缓慢下降,升高座附近的安装人员用手扶住套管尾部,注意套管下降至与法兰60厘米左右时,手不应处在套管与升高座的缝细之间,以免夹伤手。在套管下降的过程中吊车司机应给小油且随时暂停下降,指挥人员指挥吊车缓慢的趴臂、下绳和安装人员调整链条葫芦,来控制套管进入升高座。这个过程是十分缓慢的,各安装人员应当要有耐心,吊车司机的注意力也应当高度集中听从指挥人员的指挥,同时高空作业车上的安装人员向上提拉带着高压引线的尼龙绳,切记不可太用力提拉,随着套管缓慢下降收紧尼龙绳拉出高压引线头,高压引线头露出套管顶部够上将军帽时就不要再往上拉了。高压引线在往上拉的过程当中应当注意不能扭曲、断股。当套管的法兰面下降至离升高座150mm左右时,应再次确认套管的放气塞位置,一定要处于安装后的最高位置;再次确认密封圈是否洁净,要仔细看法兰安装密封圈处的凹槽是否有细小的尘屑,对密封圈的凹槽及套管法兰下面一次再次清洁,曾经有项目出现过由于密封圈的凹槽处一根毛巾的细毛纤维造成细小渗油;将4根撬棍从套管的法兰

面的螺栓孔成十字对称方向向下插入至升高座对应的螺栓孔,这样控制套管在最后下降阶段的就位方向,且利于套管与升高座保持合适的空间,不至于让套管与升高座触碰。当套管法兰面与升高座接触后,先保持撬棍不动以利于法兰与升高座对准,迅速将安装螺栓拧入其它螺栓孔,先不要完全拧紧,稍微带点力即可。然后依次挪开4根撬棍,并依次将最后4颗螺栓拧入,将所有螺栓先进行初拧,初拧的力矩应为终拧力矩的50%,初拧的顺序应按对角线位置依次均匀紧固,初拧后的螺栓应用颜色在螺母上标记。初拧之后在高空作业车的安装人员安装将军帽,并将高压引线与接线端子连接,安装接线端子时注意不要忘记安装定位销,还应注意将军帽与套管顶部密封垫圈的安装,密封垫圈及安装密封垫圈的金属部件也一定清洁干净,工程实际中有许多由于顶部结构密封

不良而导致潮气沿高压引线渗入变压器绕组造成烧坏的事故。法兰螺栓的终拧在初拧1小时后进行,因为高强度螺栓的扭矩在1小时内变化最大,终拧后的螺母应用另一种颜色在螺母上标记。螺栓的紧固力矩检查在终拧1小时后、48小时内完成。紧固后的法兰间隙均匀,不得有楔缝,紧固力矩值应符合产品技术文件要求。橡胶密圈的压缩量应符合产品技术文件要求,无规定时不宜超过其厚度的1/3,以防止压缩过渡造成密封圈损坏,但也要防止压缩量过小,造成密封不严而渗漏。

2.4 安装后检查:应检查套管外部是否有裂痕、损伤,无渗漏油现象,放气塞在拧紧状态,油位指示应朝向便于巡视侧,套管法兰盘与升高座之间的缝细是否一致,套管的末屏接地可靠。

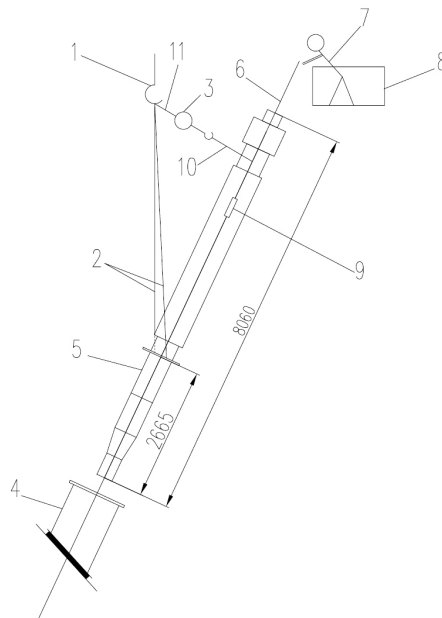


图1 套管就位安装图

1—吊车大钩;2—主吊绳(即吊带);3—链条葫芦;4—升高座;5—高压套管;
6—尼龙绳(用于拉高压引线);7—安装人员;8—高空作业车;9—高压引线头;10、11—短吊带(调整绳)

结束语

在500kV变压器高压套管的安装工作中,从安装方案、准备、开箱检查试验,到安装过程的质量控制,再到安装后的验收等,各个环节都紧密相连、至关重要。这不仅需要专业人员具备扎实的技术能力与高度的责任心,还需严格遵循产品技术标准和相关规范标准。只有如此,才能确保高压套管安装质量达标,让500kV变压器稳定可靠运行,为电力系统的安全供电提供有力的基础保障。

参考文献

[1]中华人民共和国住房和城乡建设部.电气装置安装

工程电气设备交接试验标准:GB 50150-2016[S].北京:中国计划出版社,2016:48-49.

[2]国家电网有限公司.国家电网有限公司技能人员专业培训教材 设备调试下册(2020版本)[M].2020:1012.

[3]国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会.钢丝绳吊索使用和维护:GB/T 39480-2020[S].北京:中国标准出版社,2020:4.

[4]国家能源局.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:DL/T 5840-2021[S].北京:中国电力出版社,2021:15.