

官地水电站 500 kV 单相电力变压器安装技术

余江深, 范方武

(中国水利水电第七工程局有限公司机电安装分局, 四川 彭山 620860)

摘要:为解决官地水电站地下式厂房 500 kV 单相电力变压器安装空间狭小、客观环境条件差等问题,通过对主变压器安装工序的改进和重点工艺控制技术的革新,特别是在 2 号机主变压器中引入分步安装法后,极大地提高了主变压器的安装质量和安装效率。官地水电站 2 号机主变压器安装完成后,单元工程验收合格,各种试验数据远优于国家标准要求,主变压器运行稳定。

关键词:电力变压器;洞室施工;油样检测;官地水电站

中图分类号:TV547.3

文献标志码:B

文章编号:1006-7647(2013)S2-0036-03

1 工程概况

官地水电站共装 4 台 600 MW 机组,总装机容量为 2 400 MW,年均发电量为 111.29 亿 kW·h。主变压器采用特变电工衡阳变压器有限公司生产的 DSP-223000/500(单相双绕组强迫油循环水冷)无励磁调压电力变压器,单台额定容量为 223 MVA,共 13 台(1 台备用)。主变压器主体充氮运输,安装间卸车后,用卷扬机通过主变运输轨道托运至主变室就位。主变低压侧采用离相封闭母线构成三角形连接,高压侧通过 GIB 母线与 500 kV 高压电缆连接,采用星形接线中性点直接接地方式。

2 主变压器技术参数及结构方面要求

a. 主变压器主要技术参数。型号: DSP-223000/500;额定电压比: $(550/\sqrt{3})/20$ kV;调压方式:无励磁 $(550/\sqrt{3})-2\times 2.5\%$;冷却方式为 ODWF;中性点运行方式为直接接地;联结组标号有 I、IO 两种;主变压器运输质量为 145 t,油质量为 31.6 t,总质量为 182 t。

b. 变压器结构方面要求^[1-2]。①油箱采用斜顶钟罩式拆板结构,内侧装有磁屏蔽。箱体上配有吊攀、千斤顶支架、爬梯及充油、排油和取油样的各种阀门。箱体能耐受 13 Pa 的真空度和 100 kPa 的正压试验。②采用油浸强迫油循环导向水冷结构和 GEA WKDS250 水冷却器。③采用胶囊式储油柜,

波纹管式连接,油箱的连气管有 1.5% 的升高坡度,以利于气体汇集在气体继电器内。④采用德国 MR 公司生产的单相无励磁分接开关,高压套管采用 ABB Micafil 公司生产的 SF6 套管,低压套管为 ABB Micafil 公司生产的大电流套管,中性点套管为沈阳传奇生产的 RIP 电容式瓷绝缘干式套管。⑤变压器油箱上有铁心和夹件接地套管,铁心和夹件接地引线经支持绝缘子引至油箱底部的接地标示处,以便于变压器铁芯、夹件可靠接地和测量对地电流。⑥变压器本体水平安装,直接与预埋基础板焊接,小车仅用作现场洞内运输。

3 主变压器安装流程及安装难点

官地水电站主变电压等级高、容量大,施工工艺和质量要求高,但受现场客观条件影响,有以下安装难点:①主变洞、主变室空间狭小,未配备相应吊装设备,各单位交叉作业多,施工难度较大。②前期地下厂房环境湿度大、粉尘量大,对主变安装的质量控制提出了较高的要求。③官地水电站 500 kV 高压电缆敷设完成后进行统一的耐压试验,GIB 设备因此提前定位,GIB 与主变高压套管之间为硬链接方式,对主变的就位调整和安装精度要求极高。主变压器安装工序流程见图 1。

4 主变压器安装重点工序介绍

4.1 到货验收

a. 本体验收时除了常规外观检查外,重点检查

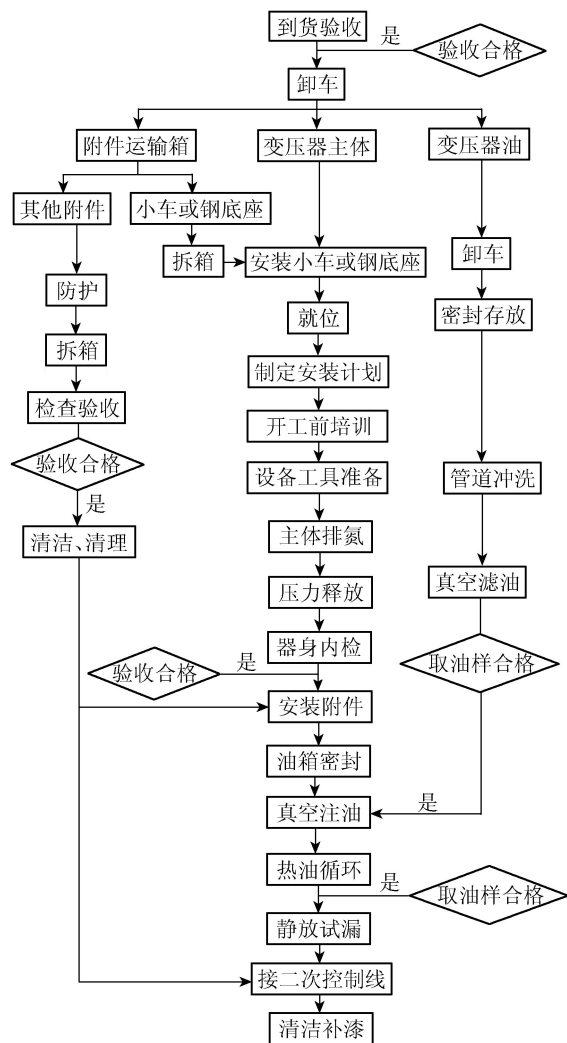


图1 主变压器安装工序流程

氮气压力是否在 0.02 MPa 以上,重点检查冲撞记录仪是否正常显示,并在本体卸车后打印数据。

b. 附件清点由于数量大、种类多,需要专人配合厂家提前清点。需注意以下几点:①附件清点需对照到货清单,全面无遗漏,并检查附件是否完好。②检查每台主变附件的编码是否一致,并对条形码与钢印进行校核。③将需要送校检验的仪器、仪表类附件单独拿出,并做好标记。④将需要做试验的附件分类摆放整齐,并做好标记。

4.2 本体拖运及就位

由于官地水电站地下室厂房主变洞、主变室空间狭小,GIB 设备提前定位,主变压器本体拖运就位需保证以下几点:①本体就位前,冷却器、储油柜必须提前就位。②主变压器在拖运过程中,需要采取措施防止主变压器滑过换向点。③本体就位前,保证基础板面、轨道面平整光滑,并做好中心放样标记,保证本体就位调节满足 GIB 硬链接精度要求。

施工措施如下:①主变压器轨道安装和基础板预埋均采用二期混凝土浇筑,避免一次性预埋造成

基础自然下沉和变形。②对主变室基础的高程和中心进行二次放样,对高程超标部分提前处理,并结合图纸将中心点等效移动至主变本体就位后相对好测量的位置,便于主变就位时的中心控制。③在主变本体拖运前,提前将冷却器和油枕摆放至主变室相应位置。④根据主变压器运输质量 145 t,取 0.1 的滑动摩擦因数,选取 15 t 卷扬机配合地锚、强锚、导向滑轮、20 t 卡口等牵引主变,牵引速度控制在 5 m/min。⑤提前量取主变压器运输小车间距和轨道间距,在小车换向点处布置制动块,主变压器快到换向位置时采用点动卷扬机牵引,防止主变压器滑过换向位置。⑥主变压器本体拖运到位后,采用 4 台 100 t 液压千斤顶配以足量 20 mm 铁板、方木,采用层降法层层抽出方木和铁板使主变压器缓慢降落,通过控制 4 个角千斤顶降落的速度和高度使主变压器本体能够微量滑动,从而调节主变压器中心与设计中心对齐,保证主变压器本体就位后中心在误差范围内。

4.3 施工准备

a. 按照厂家技术资料和规程规范等有关文件,了解变压器主体及各附件的结构和工作原理,结合厂家要求及现场施工条件制定可行的施工方案和进度计划,并组织有关方面的人员进行技术交底。

b. 根据现场客观条件及厂家规范要求,制定针对性的施工措施。①根据现场湿度大、交叉作业多、空气粉尘含量大的特点,针对性地制定了主变压器安装的除尘除湿方案,对主变室采用防尘篷布密封处理,在主变室内布置风幕机、除湿机、除尘器等设备,并配备干燥空气发生器保证主变压器安装时器身内部干燥清洁,同时主变压器安装时封闭施工区域,杜绝外部干扰。②根据现场空间位置狭小,大型吊装设备无法作业的情况,通过现场勘查、测量,确定了用 8 t 汽车吊进行附件吊装,并根据现场空间情况,确定了 8 t 汽车吊具体的停放位置和相应主变压器附件的摆放方法,有效地解决了空间狭小问题,提高了安装效率。

c. 施工工器具准备及检验。①施工工器具准备。除主变安装厂家指导书中已详细列出的各种所需工器具,还需结合现场实际情况,备齐小号扳手、内六角扳手、真空计等各种小型工器具及专用工器具。②大型设备的准备及检查。主变压器安装必要的辅助设备如滤油机、真空泵、干燥空气发生器等。由于受安装场地空间狭小的限制,这些设备必须规划好现场的摆放位置并提前做好开机检验,按照设备说明书进行试运行。由于主变压器本体与设别间各连接管路的口径和型号不同,需要对各接口法兰

进行尺寸校核,对于需现场加工的连接接头要提前制作,在设备试运行时的现场进行对接校验,确保主变压器于安装时各联管之间的对接和密封。

4.4 本体安装

结合现场实际情况,对主变压器安装工序和工艺进行改进,归纳出了一套安全、高效、工艺控制好的单相主变压器“分步安装法”。

4.4.1 不开盖条件下的附件安装

在 本体不开盖(本体不破氮) 的情况下提前安装部分大型附件,主要包括水冷却器及其导油管安装、储油柜及油位计安装,充分利用施工工期中的空闲时间,保证了工艺控制,提高了安装质量。另外这也为本体开盖安装当天节约了大量时间,在整体上提高了安装效率,为主变压器安装的整体质量控制提供了保障。

4.4.2 本体开盖安装

主变压器本体开盖安装对环境条件、时间控制、质量控制都有严格要求,本体开盖安装过程中任何疏忽和缺陷都会导致主变压器安装不合格,甚至返工处理。在 1 号主变压器安装过程中,由于缺乏安装经验,附件安装顺序不合理,质量控制点把握不好,施工工序质检有遗漏,导致施工效率低,施工时间相对较长(约 13 h),施工人员疲劳度高。1 号机主变压器安装完成后,出现过局部漏油、升高座偏斜等问题。2 号主变压器安装过程中则采用了分类、分步安装法,方法如下:

a. 首先进行低压套管安装、高压升高座安装、高压套管安装、高压引线连接、零相升高座及套管安装、器身内检、压力释放阀安装、主导油管安装。安装特点为全部是大附件安装,充分利用吊车运输安装,同时由于大附件间距较远,能使作业过程中空间不交叉,提高人员作业效率。另外安装顺序明确,能够仔细检查、控制每道安装工序,保证安装质量。

b. 其次进行各辅助联管安装、低压引线连接、各类表计安装、无载调压装置安装、整体检查、抽真空。安装特点为安装附件均为小型附件,不需要吊装设备,同时明确了人员间的分工,空间不交叉,人员安装效率高。

c. 质量控制要点。①本体开盖后,即用干燥空气发生器对主变压器本体持续充气,使器身内部始终保持干燥空气正压外溢,避免器身内部直接与空气接触。②需对法兰密封槽清理干净,使其光滑无毛刺,统一更换新密封垫,用胶水将其与密封槽间粘连,用手按压平滑、牢固。③螺栓紧固时不要一次紧固到位,应对称交叉紧固,施力均匀。周圈紧固完成后用力矩扳手对每个螺栓进行检查。④开盖安装过

程中,人员不能佩戴首饰或挂件,螺栓及工器具用专门的容器盛放,暂时不安装时开孔位置应用洁净塑料布封盖。⑤每个部位附件安装完成后,技术人员进行检查,经确认后请厂家代表复检,保证安装工序每一步的质量控制。

通过分步安装方法,本体始终保持正压的干燥空气外溢,安装基本不受空气湿度影响。对开口部位采用洁净塑料布封盖,使主变压器安装受空气粉尘度的影响降至最低。另外由于人员分工明确、空间作业不交叉,机械及人工效率均有极大提高,从而使本体整体暴露时间不大于 6 h,安装时间不大于 10 h,人员疲劳度低,安装工艺控制好,从而使主变压器安装质量和效率都有了极大的提高。

5 真空注油及油样检测

a. 抽真空至 133 Pa(正常约 2.5 h) 后,继续抽真空 24 h(真空度约 45 Pa),开始真空注油,注油时继续抽真空直至油位计开始出现读数后关闭真空泵。注油油位参照主变压器本体上的油位-温度曲线,稍高于标准油位。

b. 注油完成后开始热油循环,油温保持在 65℃,热油循环 72 h,然后主变压器静置 72 h,至此主变压器本体安装完成,本体开盖安装至此约为 12 d。

c. 本体静置后,通过吸湿器联管对储油柜最高部位施加 0.03 MPa 氮气压力,保压 24 h,进行密封性检测,应无任何渗漏。

d. 主变压器取油样检测共分油到货检测、安装完成后检测、局放试验后检测、冲击试验后检测几个步骤,每次油样检测均需符合标准(表 2)。

表 2 油样检测标准

电压等级/kV	每 25 mm 击穿电压/kV	90℃ 时介损因数 tanδ	含水量 /10 ⁻⁶	含气量/%
≤110	≥40	≤0.01	≤20	≤0.5
220	≥50	≤0.005	≤15	≤0.5
300 ~ 500	≥60	≤0.005	≤10	≤0.5

其他性能指标符合 GB/T 7595—2008《运用中变压器油质量》标准中投运前的油质要求。

6 变压器现场试验

a. 主变压器安装完成后,常规电气试验项目包括电压比测量、绕组电阻测量、绕组对地绝缘电阻和绝缘系统电容的介质损耗因数测量。这些常规试验项目主要是对变压器变比和连接标号的检定,对主变压器绝缘水平的考量。在常规试验项目中,需注意的是试验方法的正确性和试验仪器、接线方式的可靠性,以免造成试验结果不准确。

(下转第 65 页)

况,可以为相关数据分析研究提供方便。

图号	JKA11	JKA12	JKA13	JKA14	JKB11
r1	1723	1723	1823	1923	1539.47
r2	1723	1723	1823	1923	1537.71
a1	3504.89	1410.806	1503.33	1503.33	1579.92
a2	3082.82	1168.58	1503.33	1503.33	1368.56
b1	1725.38	1727.21	1723	1823	1499.84
b2	1725.38	1727.21	1723	1823	1503.62
a1	93.00825	94	90	90	92.74953
a2	86.99175	86	90	90	87.25047
θ	0		-3.81407	-3.81407	-1.5

图 11 钢管展开图数据库

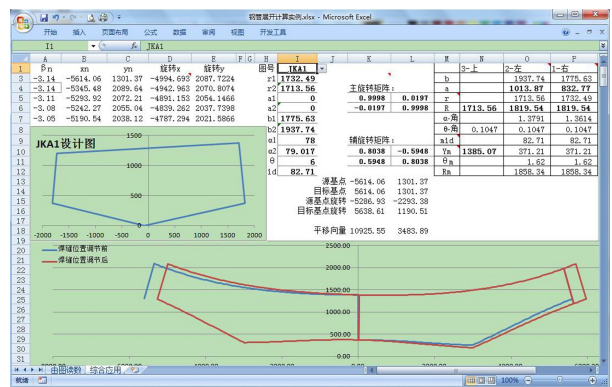


图 12 综合应用界面

4 结 语

使用常用办公软件,实现压力钢管岔管展开图的绘制,易于理解,便于操作,可提高工作效率和计算精度,经实践证明该方法能满足实际工程的需要。

参考文献:

[1] 林日东. VBA 编程在钢管展开图绘制的应用[J]. 引进与咨询,2006(5):29-30.
[2] 王卫平. 小水电设计中运用 QBASIC 程序解钢管展开图[J]. 浙江水利科技,1999(2):26-28.

(收稿日期:2013-11-23 编辑:熊水斌)

(上接第 38 页)

b. 高压电气试验主要包括外施工频耐压试验、局部放电试验、绕组变形试验。由于主变压器和 GIB 是硬链接,绕组变形试验最好在 GIB 设备对装前进行局部放电试验不需采用在 500 kV 套管上加装试验套管的方法,只需拆除变压器套管端与 GIB 导管内导电杆之间的连接件,再密封充以 SF6 气体即可进行试验,试验时将 GIS 侧接地刀闸投上。

7 结 语

官地水电站500kV单相电力变压器的安装是

在施工空间小、施工环境差、质量要求高、工期要求紧的种种困难下进行,通过项目部领导、工程技术人员及工人师傅们的共同努力,通过多次专题会议、现场考察、资料查询,制定了各种专项措施来应对不利条件,同时通过对 1 号机主变压器安装过程的总结,结合现场实际情况,对主变压器安装工序和工艺控制进行改进和优化。2 号机主变压器安装完成后,未出现任何质量问题,单元工程验收一次性合格,各种试验数据远优于国标要求,主变压器投运后运行稳定。

参考文献:

[1] 吕桂青. 探讨 220kV 大型电力变压器安装技术及注意事项[J]. 大科技,2013(13):96-97.
[2] 刘恒斌. 电力变压器安装调试与综合检测技术分析[J]. 建筑知识:学术刊,2013(6):144-144.

(收稿日期:2013-07-22 编辑:骆超)

(上接第 49 页)

焊接性能较好,不易产生裂纹,但由于板较厚,焊接应力较大,采取焊前预热 150℃,焊后用石棉布包裹缓冷的方法防止产生冷裂纹;同时为了防止焊接应力增大而产生焊缝内部裂纹,单条焊缝连续焊接,一次性焊完。

8 结 语

长河坝水电站超大型平面闸门安装通过以上措施,保证了闸门安装质量,闸门水封平面度控制在 2 mm 内,止水橡皮与滑道面距离差实测为 ±1.0 mm,其他各项质量都达到规范要求。焊缝内部质量经过超声波探伤,未发现裂纹等缺陷,全部一次性合格。闸门经过有水调试,运行无卡阻无擦碰,闸门止水滴水不漏^[4]。产品质量得到了业主及监理的高度赞扬。

参考文献:

[1] 陈祝年. 焊接工程师手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
[2] 英若采. 熔焊原理及金属材料焊接[M]. 北京:机械工业出版社,2000.
[3] 刘云龙,杜则裕. 焊工技师[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
[4] DL/T5018—2004 水电水利工程钢闸门制造安装及验收规范[S].

(收稿日期:2013-07-22 编辑:熊水斌)