

Manufacturing Technology of Traction Trolley for UHV DC Transformer

Yuancheng Guo¹ Yahua Kang²

1. Shenyang Polytechnic College, Shenyang, Liaoning, 110045, China

2. TBEA Shenyang Transformer Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110027, China

Abstract

In recent years, the number of national ultra-high voltage direct current projects has been increasing, and the installation quantity of direct current transformers in various major projects has been constantly increasing. With the continuous refreshing of records for the voltage level and capacity of direct current transformers, their main tonnage values have also been repeatedly broken. This has put forward higher requirements for the performance indicators of the indispensable component "direct current transformer trolley" that carries the entire weight of direct current transformers during the installation, operation, and maintenance process. The paper introduces the overall manufacturing process of a DC transformer car with high load-bearing capacity, and elaborates on the manufacturing process of the DC transformer car from the perspectives of material selection, metal heat treatment, surface anti-corrosion treatment, high-precision installation, and comprehensive performance testing.

Keywords

AC adapter; car; process

特高压直流变压器牵引用小车制造工艺

郭源成¹ 康雅华²

1. 沈阳职业技术学院, 中国·辽宁 沈阳 110045

2. 特变电工沈阳变压器集团有限公司, 中国·辽宁 沈阳 110027

摘要

近年来, 国家特高压直流项目不断增多, 直流变压器在各个重大项目中的安装数量不断增加, 随着直流变压器电压等级以及容量的记录被不断刷新, 其主体吨位数值也被一次次打破原有记录, 这就对直流变压器安装、运行及检修过程中不可缺少的、承载着直流变压器全部重量的部件“直流变压器小车”的各项性能指标提出了更高的要求。论文介绍了具有高承载能力的直流变压器小车的整体制造工艺过程, 从材料选取、金属热处理、表面防腐处理、高精安装、综合性能试验等工艺角度出发, 阐述直流变压器小车的制造工艺过程。

关键词

直流变压器; 小车; 工艺过程

1 引言

根据近些年中国各个特高压直流项目中安装的直流变压器情况, 主体吨位大都在 400~500t 之间, 安装后总体吨位大都在 500~600t 之间, 一般每台产品配置 16 个小车轮子, 按此计算平均到每个轮子重量将近 40t, 这个承载吨位是一般的交流变压器小车轮所承受的重量十几倍甚至十几倍, 这就对直流变压器小车轮的各项性能指标要求更苛刻, 甚至可以说, 直流变压器小车轮较常规交流变压器、电抗器的小车轮是颠覆性的新产品。对直流变压器小车轮的要求不仅仅是静态高载重能力, 还要求具有低速高载重能力, 目的是防

止直流变压器安装就位过程中小车轮发生故障使变压器无法就位到指定位置, 以及防止直流变压器静态运行时有轮子被压变形使得变压器发生下沉; 同时, 还要求直流变压器小车轮具有长时间处于静态大吨位压力下可随时恢复其大吨位动态低速运转能力, 以便直流变压器的检修时进入检修大厅。为了使直流变压器小车满足上述要求的各项能力, 其制造工艺过程则是保障各项性能指标的关键。

2 直流变压器小车的制造

目前, 中国各大重点直流项目中的直流变压器小车其单个小车轮组装结构如图 1 所示。

【作者简介】郭源成(1983-), 男, 中国辽宁辽阳人, 本科, 副教授、高级工程师, 从事机械、金属材料研究。

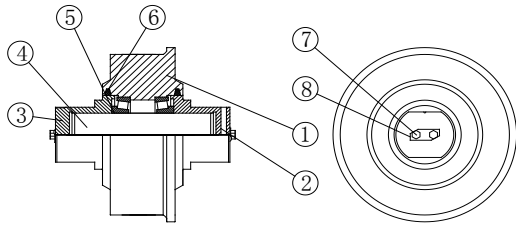


图1 直流变压器单个小车轮组装结构示意图

2.1 单个小车轮制造

图1中项①为采用65Mn材质锻造而成的小车轮,65Mn抗拉强度为825~925MPa,屈服强度为520~690MPa,其具有优秀的力学性能以及热处理性能。制造时使用直径为250mm棒料进行锻坯下料,下料后将锻坯经锻坯加热、棍锻备坯、模锻成型、切边、冲孔、矫正、中间检查、清理、二次矫正、终检等过程完成锻造工艺。锻造时,始锻温度为1100℃,终锻温度为800℃。经过上述锻造过程,将65Mn原材料进行了再结晶、将原来的粗大枝晶和柱状晶粒变为晶粒较细、大小均匀的等轴再结晶组织,使65Mn原材料内的偏析、疏松、气孔、夹杂等压实和焊合,使组织变得更加紧密,为保证其锻造质量,在锻造之后进行超声波探伤检测及控制其内部缺陷。

将锻造完毕的单个小车轮在车床上进行粗加工,此时粗加工的小车轮各个尺寸较图纸数值均留1~2mm的精加工余量,以便小车轮热处理后进行精加工。

将粗加工后的小车轮进行热处理,主要包括淬火和回火,并将轮缘内侧面的硬度控制在HB 300~380,且硬度HB 260层深度大于等于15mm。淬火时淬火温度控制在 $830^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 并油冷,回火温度控制在 $540^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 并空冷。

将热处理后的小车轮在车床上进行精加工至图纸尺寸,此次精加工需在机床上安装千分表作为修整基准,以使小车轮左右两端面平行,左右两端面与轮外圆面垂直,轮外圆面与轮内各个内圆面同心,从而可以保证后续装配质量,并将各个棱边进行倒角R3处理。

将精加工后的小车轮进行热渗锌处理。小车轮经过除油除锈、装炉、加热、保温、冷却、出炉、水洗、钝化、二次水洗、干燥、检验等热渗锌处理工艺过程后,完成热渗锌处理过程。

最后将热渗锌完毕的小车轮再次使用千分表为基准重新进行一次精加工处理,以保证轮外部及内部各个圆弧面同心且与两侧面垂直,此次精加工过程重点控制小车轮内镶嵌轴承部位表面粗糙度不低于 $1.6\mu\text{m}$ 及该部位N7的公差。

2.2 轴承盖制造

图1中项②及项③为采用Q345D钢制造的轴承盖,Q345D钢是直流变压器生产中油箱及结构件常用的低合金钢,抗拉强度为450~630MPa,屈服强度为不低于345MPa,其具有较好的力学性能以及热处理性能。轴承盖

制造时使用直径为190mm棒料进行毛坯下料,下料后经车床粗车、钻床钻孔、车床外部精车、除油除锈、装炉、加热、保温、冷却、出炉、水洗、钝化、二次水洗、干燥、检验等工艺处理后完成热渗锌后状态,再用车床对其外部精修及内部精车加工,形成成品轴承盖。该部件重点管控外部台阶面上下面与中间孔中心线平行度0.1mm公差,内部与轴接触部位表面粗糙度不低于 $1.6\mu\text{m}$ 以及H7的公差。

2.3 轴制造

图1中项④为采用Q345B材质制造的轴,使用直径95mm圆钢下料后,经车床粗车、钻孔、淬火、回火、终检、车床精车等工艺过程后,形成成品小车轴。轴淬火时淬火温度控制在 $830^{\circ}\text{C} \sim 850^{\circ}\text{C}$ 之间并油冷,回火温度控制在 $480^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 并空冷,将表面硬度控制在HB225~255之间,且硬度大于HB200的深度应大于10mm。热处理后将轴使用车床进行精车处理,将轴的上下圆形端面的平行度控制在0.1mm以内,使用磨床将轴表面磨到 $\phi 90\text{mm}$ 公差为g6、轴表面粗糙度不低于 $1.6\mu\text{m}$ 状态。

2.4 轴承的选择

为了保障直流变压器小车的各项性能指标,我们对全球各个品牌轴承的性能与价格进行了综合比较,最终选定了德国进口FAG牌、型号为3221A系列圆锥滚子轴承作为直流变压器小车的轴承(见图1中项⑤),该轴承寿命较长,价格适中,与中国同类型品牌轴承相比转数高、耐负荷高、噪声低。

2.5 小车组装

如图1所示,轴承与轮采取过盈配合装配,轴承安装时,先将成品小车轮放入电阻式加热炉内,使小车轮整体温度升温至 90°C ,然后进行轴承热装,安装完毕后进行自然冷却至室温。轴与轴承之间为间隙配合,安装时在轴承内侧涂抹锂基皂脂,以便轴的顺利安装。将密封毛毡垫圈(图1中项⑥)安装在轮的毛毡密封槽内,在轴上均匀涂抹锂基皂脂,安装轴承盖(图1中项②及项③),放置采用1mm厚度08F钢板制作防松板(图1中项⑧)后将轴两端的轴承盖与轴使用螺栓(图1中项⑦)拧紧固定,并将防松板沿螺栓的边缘翘起并打紧,使其翻折部位紧贴螺栓上,以防止螺栓发生松动。至此,完成了单个小车轮的安装工作。

2.6 小车轮静载及动载试验

采用专机设备对安装完毕的小车轮进行静载及动载试验。试验时在专机上卡装两个安装完毕的小车轮,两个小车需保持同一平面,且几何中心处在同一垂线;在两小车轮之间放置一根长约2m的钢轨,钢轨一端与专机设备固定,并在中间分别放置3t电子钩秤以及3t环链电动葫芦。启动液压装置,将下部小车轮顶升并将钢轨夹紧,顶升压力达到70t后开始计时,保持30min,试验过程中需观察小车轮状态,以无变形、无异响为合格依据,完成静载试验;静载试验后将压力调整至50t状态,启动链环电葫芦牵引钢轨,通

过钢轨平移模拟直流变压器安装现场小车轮运行状态,使小车轮在 50t 重载条件下完成一周转动,试验过程中小车轮需无变形、无异响,并且整个牵引过程中电子钩秤显示数值不允许大于 2.5t;动载试验完成后将试验完毕的小车轮拆下,检查车轮碾压钢轨处痕深不得大于 0.2mm,且使用力矩旋转工具转动小车轴时力矩显示数值不大于 100N·m。上述严格检验,各项指标全部满足的小车才能用于直流变压器产品中。

2.7 车轮箱制造

车轮箱为使用 Q345B 钢板焊接制造,如图 2 所示结构。为保证其整体强度,所有焊线全部采用气体保护焊焊接,并且焊脚高度不低于 5mm;为保证车轮箱的尺寸精准,其上的各个通孔、螺孔、豁槽、安装平面全部采用焊后整体数控机床加工方法制造。机械加工时需保证所有通孔直径偏差在 0.2mm 之内,取正差;孔相对位置偏差 0.3mm 以内;所有机械加工面粗糙度不低于 6.3 μ m;所有孔在一次装卡下完成,同心孔同心度需小于 0.2mm。数控机床加后对其整体进行酸洗、磷化、钝化工艺处理后,对其按照变压器主体标准进行喷涂。

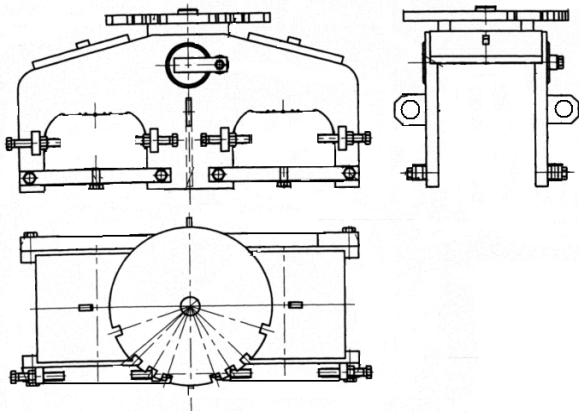


图 2 车轮箱结构示意图

2.8 小车总装配

将静载及动载试验合格的小车轮外部按照变压器产品主体颜色喷漆,漆膜干透后将其与小车支架按照图 3 所示进行总装配。装配时需使两小车轮处于平齐状态,三向锁紧螺栓全部紧固拧紧,并使小车轴与支架垂直,垂直度控制在 0.1° 以内;两小车轮弧形面平行,平行度控制在 0.1° 以内;从而保证其在使用过程中能精准与轨道贴合,使直流变压器在位移、运行过程中平稳、可靠,避免发生小车轮与轨道产生夹角,导致啃咬钢轨或锁死现象发生。经上述装配完毕的小车就可以直接发往各个安装现场,应用于各直流输变电工程中的直流变压器安装。



图 3 直流变压器小车总装配

3 结语

经过上述工艺过程制造的直流变压器小车,已成功应用于中国各大 $\pm 1100\text{kV}$ 、 $\pm 800\text{kV}$ 及 $\pm 600\text{kV}$ 直流输变电工程,为大吨位的直流变压器安装、运行、检修提供了可靠的“双脚”,并为日后研发制造 $\pm 1400\text{kV}$ 直流输变电工程中所需的直流变压器小车的生产制造奠定了一定工艺基础。

参考文献

- [1] 徐跃明.热处理手册[M].北京:机械工业出版社,2024.
- [2] 陈祝年.焊接工程师手册[M].北京:机械工业出版社,2019.
- [3] 闻邦椿.机械设计手册[M].北京:机械工业出版社,2018.