

电力变压器制造的质量控制

白雪 桓凯奇

特变电工沈阳变压器集团有限公司 辽宁 沈阳 110000

摘要：电力变压器作为电力系统中不可或缺的重要设备，其制造质量直接关系到电力系统的稳定性和安全性。基于此，本文简要介绍了电力变压器的结构，分析了电力变压器制造过程中的质量管控现状，并针对电力变压器设备制造的质量管理与控制进行了讨论，以期为相关部门提供参考和借鉴。

关键词：电力变压器；制造；质量控制

引言

电力变压器作为电网中的重要组成部分，承担着变压和稳压的关键任务。然而，由于电力变压器的制造过程复杂，涉及多个环节和多种技术，其质量控制成为了一个亟待解决的问题。如果电力变压器存在制造质量缺陷，不仅会影响其正常运行，还可能导致电网故障，给社会带来巨大损失。因此，加强电力变压器制造的质量控制，提高产品质量和性能，对于保障电网的安全稳定运行具有重要意义。

1 电力变压器的结构

电力变压器的核心部件是铁芯，它构成了变压器的磁路部分，铁芯通常由含硅量高的热轧或冷轧硅钢片制成，并涂有绝缘漆以减少涡流损耗。硅钢片叠装成铁芯柱和铁轭，绕组则缠绕在铁芯柱上。铁芯柱通过铁轭连接，形成闭合磁路，使得磁通量在铁芯中有效传递。铁芯的结构一般分为芯式和壳式两种。芯式结构较为常见，绕组包围着铁芯柱，结构简单且装配容易；壳式结构则是铁芯包围着绕组，具有较高的机械强度，但制造工艺相对复杂，通常用于低电压大电流的变压器或小容量的电源变压器中。而绕组是电力变压器的电路部分，由绝缘漆包、纸包铝线或铜线制成^[1]。绕组分为初级绕组和次级绕组（或称为一次绕组和二次绕组），它们通过电磁感应原理实现电压和电流的变换。初级绕组接入电源系统，次级绕组则向负载提供电能。根据高、低压绕组排列方式的不同，绕组分为同心式和菱形叠式两种，同心绕组通常将低压绕组靠近铁芯柱放置，以便于绕组和铁芯绝缘；而重叠绕组则为了减小绝缘距离，通常将低压绕组靠近铁轭放置。另外，油箱是油浸式电力变压器的外壳，其内部充满变压器油，作为绝缘介质和冷却介质。油箱结构根据变压器的尺寸分为不同类型，如悬挂体油箱和悬挂箱壳油箱。油箱内部装有各种附件，如高压套管、低压套管、分接开关、气体继电器等，这些附

件各自承担着不同的功能。如套管用于固定引线和对地绝缘，分接开关用于调节电压，气体继电器用于保护变压器免受内部故障损坏，防爆管道用于在变压器内部发生严重故障时释放压力。

2 电力变压器制造过程中的质量管控现状

2.1 变压器质量要求高

近年来，随着电力系统的不断发展和完善，变压器所面临的运行环境也日益复杂，这对其质量提出了更高的要求。多点接地局部过热、短路等故障问题在变压器运行中时有发生，这些问题不仅会影响变压器的正常运行，甚至可能导致整个电力系统的崩溃。因此，为了避免这些故障问题的发生，变压器制造过程中的质量控制显得尤为重要。在变压器制造过程中，质量控制涉及到多个环节，包括原材料的选择、加工工艺的控制、成品检验等^[2]。每一个环节都必须严格把关，确保质量达标。首先，原材料的质量直接关系到变压器的整体性能。所以在原材料的选择上，厂家必须选择符合国家标准和行业规范的优质材料，以确保变压器的质量基础。其次，在加工工艺方面，厂家需要采用先进的制造工艺和设备，确保加工精度和产品质量。然而，当前变压器制造过程中的质量管控现状仍存在一些问题和挑战。一方面，一些厂家为了追求利润最大化，可能会采用低质量的原材料或简化加工工艺，导致变压器质量不达标。另一方面，由于变压器制造过程中的质量控制涉及多个环节和部门，如果各部门之间的沟通和协作不畅，也可能导致质量控制出现问题。

2.2 变压器生产需要人工控制

在变压器的制造过程中，人工控制扮演着至关重要的角色，这不仅因为变压器作为高度精密和复杂的电力设备，其生产过程涉及众多环节和细节，需要细致入微的操作和监控，还因为变压器制造中虽然部分环节可能引入了自动化和机械化设备，但大多数关键步骤和细节

处理仍然高度依赖人工技能和经验。其中,人工操作易受多种因素影响,如工人的技术水平、工作态度、疲劳程度等,这些因素都可能影响产品质量的一致性和稳定性。另外,人工操作的监控和管理也是一项挑战,因为不同于机械或自动化设备,人的行为难以通过简单的参数设置或程序控制来完全规范。质量管控部门需要建立一套有效的监管机制,既要确保工人的操作符合标准,又要及时发现和纠正可能存在的问题。最后,大量使用人力资源还带来了员工质量管理的复杂性,变压器制造企业需要投入大量资源用于员工培训、技能提升和质量控制意识的培养,以确保每位员工都能理解并遵守生产标准和质量控制要求。但是,员工之间的差异性和流动性使得这一任务变得尤为艰巨。企业不仅要确保新员工能够快速融入并达到生产要求,还要持续关注老员工的技术更新和质量控制意识强化,以避免因员工个人因素导致的质量问题。

3 电力变压器设备制造的质量管理与控制

3.1 变压器制造生产过程中的精细化管理

从设计阶段开始,变压器制造企业需深入分析用户需求,结合电力行业的前沿技术和标准,进行科学合理的设计规划。设计团队应充分考虑变压器的使用环境、负载特性、绝缘等级等因素,确保设计方案既符合国家标准,又能满足用户的特殊需求。在生产工艺上,企业应不断优化生产流程,引入先进的自动化、智能化生产设备,减少人为因素导致的误差,提高生产效率和产品质量。并且,通过安装传感器和监控系统,对生产过程中的温度、压力、湿度等关键参数进行实时监测,确保生产环境的稳定性和可控性^[1]。而在针对变压器常见的油液泄漏问题上,企业应在油箱设计、密封材料选择、焊接工艺等方面下功夫,采用先进的密封技术和防漏措施,确保油箱及连接部件的密封性。对于局部过热问题,除了优化绕组结构和散热设计外,还应加强绝缘材料的耐高温性能测试,确保其在高温环境下的稳定性和安全性。至于短路故障,企业应在设计时就考虑足够的短路承受能力,采用高强度、高导电性的材料,以及合理的绕组布局和绝缘设计,以预防短路事故的发生。此外,变压器制造企业还应建立完善的质量管理体系,包括质量策划、质量控制、质量保证和质量改进等环节。通过设立专门的质量检测中心,对成品进行全面的性能测试和可靠性评估,包括但不限于绝缘电阻测试、耐压试验、温升试验、噪音测试等,确保每一台出厂的变压器都能达到用户满意的质量标准。

3.2 变压器设备质量的科学化控制

3.2.1 设计流程的科学化

设计之初,企业需深入了解并准确把握用户的需求,这包括变压器的使用场景、功率需求、运行环境、预期寿命等关键信息。通过与用户进行充分的沟通与交流,结合用户提供的合同内容,明确变压器的具体质量要求和性能指标。在此基础上,设计人员应深入研究相关行业标准、技术手册及设计规范,确保设计过程既有理论支撑,又符合实际操作的可行性。在设计过程中,设计人员需运用先进的设计理念与方法,如计算机辅助设计、有限元分析等,对变压器的结构、材料、电磁场分布、热管理等进行全面而深入的分析与优化。例如,在绕组设计上,需考虑电流密度分布、绝缘材料的选用与厚度、绕组的排列与固定方式等,以确保绕组在承受高电流、高温时仍能保持良好的电气性能和机械强度。同时,企业应建立严格的设计审核制度,由具有丰富经验和专业知识的设计审核人员,对设计方案进行多轮、多层次的审查与评估。这包括初步设计审查、详细设计审查、生产前审查等,确保设计内容符合国家标准、行业标准及用户要求,且在设计过程中能够及时发现并纠正可能存在的缺陷与不足。审核过程中,应充分利用仿真分析、试验验证等手段,对设计方案进行验证与优化,以提高设计的准确性和可靠性。

3.2.2 技术应用的科学化

设计计算环节的技术含量直接决定了变压器设备的性能参数与运行效率,而制造工艺的技术含量则是实现这些设计参数的重要基础。因此,在变压器生产制造的全过程中,必须严格把控各项工艺,确保技术应用的科学化与精细化。第一,工艺设计人员在进进行变压器生产制造时,应深入了解工艺设备的具体状况,根据设备的特点与性能要求,科学合理地制定工艺流程与操作规范。这包括但不限于对原材料的选用、加工方法的确定、生产设备的调试与校验、生产环境的控制等方面。通过精确的计算与模拟分析,工艺设计人员可以确保每一步工艺都能达到最优状态,从而在源头上保证产品的质量与性能。第二,在生产制造环节,工艺部门应加强对变压器设备生产制造过程的优化与审核。在制造前,应组织专家团队对设计图纸与工艺方案进行严格的评审,确保设计参数的准确性、工艺方案的可行性与生产效率的最优化。评审过程中,应重点关注变压器的关键部件与核心技术,如绕组、铁芯、绝缘系统等,确保这些部件的制造工艺与技术要求符合行业标准与用户要求。第三,工艺部门还需做好制造车间的技术安排工作,确保生产线的顺畅运行与员工的操作技能,这包括

制定详细的生产计划、工艺指导书与操作规程，为一线员工提供充足的技术培训与支持。

3.2.3 制造试验过程的科学化

为了实现这一目标，首先需加强变压器的试验质量控制，试验阶段作为检验变压器性能的关键环节，其重要性不言而喻。在试验过程中，工作人员需对变压器进行长时间的观察与监测，以全面了解其运行状态及可能存在的问题。这包括但不限于对变压器的电气性能、机械强度、绝缘性能、温升特性等方面的测试。通过这些测试，可以及时发现变压器在制造过程中可能存在的缺陷，如绕组松动、绝缘破损、铁芯过热等，从而采取相应的措施进行修正。同时，工作人员还需判断变压器是否与周边的工作环境相适应，以及其是否具有较长的工作寿命。这要求试验过程不仅要关注变压器的性能参数，还需考虑其在实际运行环境中的表现。例如，通过模拟变压器在不同负载、不同温度、不同湿度等条件下的运行情况，可以评估其适应性和耐久性，从而确保其在各种恶劣环境下仍能稳定运行。在试验方法的选择上，必须严格依照规定流程进行，以确保实验结果的真实性与准确性。不科学的试验方法或不合格的产品很容易导致变压器在试验过程中出现击穿、短路等严重问题，这不仅会损坏变压器本身，还可能对试验设备造成损害，甚至威胁工作人员的安全。所以在试验前必须制定详细的试验方案，明确试验方法、步骤及注意事项，并对试验人员进行充分的培训，以确保试验过程的顺利进行。

3.3 工艺技术方法的优化调整

变压器作为电力系统中至关重要的设备，其制造工艺的复杂性和精度要求极高，因此，对各种工艺技术方法的持续改进与优化显得尤为重要。(1) 针对焊接工艺的优化调整是提升变压器产品质量的关键一步，焊接是变压器制造过程中不可或缺的一环，其质量直接影响到变压器的电气性能、机械强度以及长期运行的可靠性。因此，必须制定并持续改进焊接工艺指导书，确保焊接过程的规范化和标准化。这包括选择合适的焊接材料、

优化焊接参数（如电流、电压、焊接速度等）、制定科学的焊接顺序与步骤等。同时，定期对焊接工艺进行验证，通过实际焊接试件的测试，评估焊接质量，及时发现并解决潜在问题。(2) 紧固螺栓作为变压器结构连接的关键部件，其紧固方式和顺序的选择直接影响到变压器的整体稳定性和安全性^[4]。在制造过程中，必须严格按照规范要求进行紧固操作，选择合适的紧固工具和方法，确保螺栓的紧固力矩符合设计要求。并且，对于不同部位、不同规格的螺栓，应制定相应的紧固顺序和步骤，避免因紧固不当而导致的结构变形或松动。(3) 在优化调整工艺技术方法的过程中，还需注重技术创新与引进，随着科技的不断发展，新的制造工艺和技术不断涌现，为变压器制造行业的转型升级提供了有力支撑。企业应积极关注行业动态，了解并掌握最新的制造工艺和技术，通过技术创新与引进，不断提升自身的技术水平和竞争力。例如，采用先进的自动化生产设备，可以显著提高生产效率和质量稳定性；引入智能化检测技术，可以实现对变压器制造过程的实时监测与反馈，及时发现并纠正潜在问题。

结语

综上所述，电力变压器制造的质量控制是一个复杂而重要的过程，涉及多个环节和多种技术。通过加强变压器制造生产过程中的精细化管理、变压器设备质量的科学化控制、工艺技术方法的优化调整等措施，可以有效提升电力变压器的质量和性能，保障电力系统的安全稳定运行。

参考文献

- [1]陈添金.浅析10kV变压器安装的施工工艺及其质量控制[J].四川建材,2018,44(08):192+194.
- [2]王文举, 祁存善.变压器安装施工工艺及质量控制和分析[J].化工管理,2018(22):143-144.
- [3]蒋亮.作业成本法在凯特变压器制造企业的应用研究[D].湖南大学,2018:15-16.
- [4]齐杭宾,韩强.大型电站变压器防腐涂装施工中的质量控制[J].电站系统工程,2018,34(02):71-72.