

# 浅谈降低变压器焊接油箱渗漏的方法

张子凡

保定天威保变电气股份有限公司 河北 保定 071056

**摘要：**变压器油箱是确保变压器在浸油环境下正常运行的一个重要容器，所以其一定要具有非常好的密封性。通过探讨降低变压器焊接油箱渗漏的多种方法，包括优化焊接工艺以提升焊缝质量，改进材料选择以增强油箱的密封性和耐久性，完善设计与制造过程以减少设计缺陷和制造误差，以及加强运行与维护工作来及时发现并处理潜在问题。这些措施从工艺、材料、设计和维护四个维度入手，旨在全面降低变压器焊接油箱的渗漏风险，保障变压器的安全稳定运行。

**关键词：**变压器；焊接油箱渗漏；方法

引言：变压器作为电力系统中不可或缺的关键设备，其稳定运行对于保障电网安全至关重要。然而，变压器焊接油箱的渗漏问题一直是影响其可靠性和使用寿命的重要因素。油箱渗漏不仅会导致油液损失，还可能引发电气故障和安全隐患。因而探讨并实践有效的降低变压器焊接油箱渗漏的方法，对于提升电力设备的安全性和经济性具有重要意义。本文将从多个角度出发，浅析降低变压器焊接油箱渗漏的策略。

## 1 变压器焊接油箱渗漏的危害性

从经济角度来看，变压器焊接油箱的渗漏会导致绝缘油的大量流失，这不仅增加了油品的补充成本，还可能因为油量的减少而影响变压器的正常运行，甚至导致变压器的提前报废，从而给企业带来不必要的经济损失。从环境角度来看，变压器内部的绝缘油是一种有毒有害的化学物质，一旦渗漏到环境中，将对土壤、水源等造成污染，影响生态平衡和人类健康。这种环境污染问题不仅难以治理，而且长期存在，对环境的破坏是深远的。从安全角度来看，焊接油箱的渗漏还可能引发一系列的安全隐患。例如，渗漏的油品可能引发火灾或爆炸事故，特别是在高温或电气设备密集的区域，这种风险更加突出，还可能导致变压器的电气性能下降、绝缘性能降低、机械性能下降等，从而增加设备故障和事故的风险。

## 2 变压器焊接油箱渗漏的原因分析

### 2.1 焊接工艺因素

焊接工艺是变压器焊接油箱渗漏问题中的关键因素之一，其复杂性和精细度直接影响油箱的密封性能。在焊接过程中，若工艺控制不当，极易导致焊缝出现缺陷，进而引发渗漏。一是焊接接头的处理至关重要。若接头处存在氧化物、油污等杂质，或未进行充分的打磨

和清洁，这些杂质在焊接过程中会成为气孔的源头，导致焊缝不致密，从而引发渗漏。此外，焊接接头的形状和尺寸也会影响焊接质量，若接头设计不合理或加工精度不足，将增加焊接难度，降低焊缝质量。二是焊接参数的选择也是影响焊接质量的重要因素。焊接电流、电压、焊接速度等参数的合理设置直接关系到焊缝的熔透深度、熔宽和余高等指标<sup>[1]</sup>。若参数设置不当，如电流过大或焊接速度过快，可能导致焊缝熔合不良，出现未熔合、未焊透等缺陷；而参数过小或焊接速度过慢，则可能导致焊缝过宽、余高过大，同样影响密封性能。三是焊接过程中的温度控制也不容忽视。焊接过程中，焊缝及其周围区域会经历快速加热和冷却的过程，导致焊接应力的产生。若焊接应力未能得到有效的释放或平衡，将可能引发焊缝裂纹的产生，进而引发渗漏。

### 2.2 材料因素

在变压器焊接油箱的制造过程中，材料的选择和质量直接关系到油箱的密封性和耐久性，因此材料因素也是导致油箱渗漏的重要原因之一。一方面，油箱板材的材质和质量对焊接质量有着直接影响。如果选用的板材含有较多的杂质、气孔或裂纹等缺陷，这些缺陷在焊接过程中可能会扩展或加剧，导致焊缝出现不致密、不连续等问题，进而引发渗漏，板材的化学成分和物理性能也会影响焊接接头的形成和性能，如板材的碳含量、硫磷含量以及热处理状态等，都可能对焊接质量产生不利影响。另一方面，变压器油箱通常采用密封垫或密封胶等密封材料来确保油箱的密封性。如果密封材料的质量不合格、老化严重或耐油性能差，将无法有效阻止绝缘油的渗漏。特别是在高温、高压或频繁振动的工作环境下，密封材料的性能更容易下降，从而增加油箱渗漏的风险。除此之外，焊接材料包括焊条、焊丝和焊剂等，

它们的化学成分、力学性能和工艺性能应与母材相匹配,以确保焊接接头的质量和性能。如果焊接材料选择不当或匹配性差,将可能导致焊缝出现裂纹、气孔等缺陷,进而引发渗漏。

### 2.3 运行与维护因素

在变压器焊接油箱的运行与维护过程中,多种因素可能共同作用,导致油箱出现渗漏问题。这些因素不仅关乎设备本身的健康状况,还与运行环境、维护策略等密切相关。变压器在运行过程中,会受到来自电网的电磁力作用,产生一定的振动。这种振动长期作用于焊接油箱,可能导致焊缝疲劳开裂,特别是对于那些焊接质量本身存在缺陷的部位,更容易出现渗漏。温度的变化也会影响材料的热应力和机械性能,加剧油箱的变形和裂纹扩展,从而引发渗漏。另外,维护不当也是导致油箱渗漏的常见原因。例如,定期检查和保养工作未能及时、有效地进行,导致密封件老化、松动或损坏而未被发现和更换;在维护过程中,对油箱的清洁和防腐处理不当,也可能加速油箱的腐蚀和渗漏。此外,维护人员的技能水平和责任心也是影响维护质量的关键因素,如果维护人员技能不足或责任心不强,可能导致维护工作不到位,留下安全隐患。

### 2.4 设计与制造因素

油箱的结构设计不合理导致油箱的焊缝布置不当、法兰连接处设计不合理、密封面不平整等都可能增加渗漏的风险。油箱及密封件的材料选择也是设计中的重要环节。材料的质量、耐油性、耐腐蚀性以及热稳定性等都会影响到油箱的密封性能和使用寿命。焊接工艺是影响油箱焊接质量的关键因素。焊接过程中存在的焊接缺陷,如气孔、夹渣、未熔合、未焊透等,都会降低焊缝的强度和密封性,从而引发渗漏。油箱及密封件的加工精度也会影响到其密封性能。如果加工过程中存在尺寸偏差、表面粗糙度不合格等问题,都可能导致密封不严,进而引发渗漏。油箱的装配质量也是影响其密封性能的重要因素。装配过程中如果法兰连接处未紧固到位、密封垫安装不正确或损坏等,都可能导致油箱渗漏。

## 3 降低变压器焊接油箱渗漏的方法

### 3.1 优化焊接工艺

针对变压器焊接油箱渗漏问题,优化焊接工艺是提升油箱密封性能、减少渗漏风险的关键措施。采用自动化、智能化的焊接设备,如焊接机器人,可以显著降低人为误差,提高焊接速度和精度。这些设备能够精确控制焊接参数,如电流、电压、焊接速度等,确保焊缝的熔透深度、熔宽和余高均达到设计要求,从而增强焊缝

的强度和密封性。通过实施焊接前的预热处理、焊接过程中的实时监控以及焊接后的无损检测等手段,可以及时发现并纠正焊接缺陷,确保焊缝质量<sup>[2]</sup>。特别是无损检测技术,如X射线检测、超声波检测等,能够在不破坏焊缝结构的前提下,对焊缝内部进行全面、准确的检测,有效避免了因焊缝内部缺陷导致的渗漏问题。除此之外,针对特定材料和结构的焊接需求,还需对焊接工艺进行定制化和精细化调整。例如,对于高强度、高韧性的材料,可能需要采用特殊的焊接方法和焊接材料;对于复杂结构的油箱,可能需要设计合理的焊接顺序和焊接路径,以减少焊接应力和变形。这些调整都需要基于深入的材料研究和工艺试验,以确保焊接工艺的优化效果。最后,加强焊接工人的技能培训和质量意识教育也是优化焊接工艺不可或缺的一环。通过定期培训、技能竞赛、质量案例分析等方式,提高焊接工人的技术水平和质量意识,使其能够熟练掌握先进的焊接技术和设备,严格按照操作规程进行焊接作业,从而确保焊接质量的稳定性和可靠性。

### 3.2 改进材料选择

材料的质量、性能以及适应性直接决定了油箱的密封性、耐久性和整体性能。应优先考虑选用高性能的焊接材料和油箱板材。这些材料应具备良好的力学性能、耐腐蚀性、耐油性和热稳定性,以确保在变压器运行过程中能够承受各种复杂工况的考验。例如,聚四氟乙烯作为一种新型的高分子材料,因其分子结构紧凑、化学性能稳定、耐高温性和耐油性好,被广泛应用于密封件的制作中。在油箱板材的选择上,也应倾向于使用高强度、高韧性的钢材,以提高油箱的整体强度和密封性。另外,在选择材料时还应注重其匹配性。焊接材料应与母材具有良好的相容性和匹配性,以确保焊缝的质量和性能。如果焊接材料与母材不匹配,可能会导致焊缝出现裂纹、气孔等缺陷,进而引发渗漏。因此,在选择焊接材料时,应充分考虑其与母材的化学成分、物理性能和工艺性能等因素,确保它们之间能够形成良好的冶金结合。最后,加强材料的质量控制也是改进材料选择的重要方面。在材料采购、验收和使用过程中,应严格按照相关标准和规范进行检验和测试,确保材料的质量符合设计要求。同时,还应建立完善的管理制度和追溯体系,对材料的来源、批次、性能等进行详细记录和跟踪,以便在出现问题时能够迅速查明原因并采取相应的措施。通过选用高性能材料、注重材料的匹配性以及加强材料的质量控制等措施,可以显著提升油箱的密封性和耐久性,为变压器的安全、稳定运行提供有力保障。

### 3.3 完善设计与制造

为了有效降低变压器焊接油箱的渗漏问题,完善设计与制造环节是至关重要的。在设计阶段,应充分考虑油箱的结构合理性,优化焊缝布置,减少不必要的焊缝数量和长度。同时,采用合理的密封结构和密封材料,确保油箱的密封性能。例如,可以采用双面焊接法焊接所有的法兰面,设计法兰螺丝孔为盲孔,并设置U形密封槽,以提高密封效果。根据变压器的使用环境和运行条件,选择具有高强度、高韧性、耐油性和耐腐蚀性的材料。同时,确保焊接材料与母材具有良好的相容性和匹配性,以减少焊接缺陷的产生。可以引入先进的焊接技术和设备,如焊接机器人,以提高焊接的自动化程度和精度。严格控制焊接参数,如电流、电压、焊接速度等,确保焊缝的熔透深度、熔宽和余高均达到设计要求<sup>[1]</sup>。同时,加强焊接过程的质量监控和检测,及时发现并纠正焊接缺陷。提高油箱及密封件的加工精度,确保尺寸偏差和表面粗糙度符合设计要求。通过精细的加工工艺,减少因加工不当导致的渗漏问题。最后,制定严格的质量控制标准和流程,对油箱的设计、材料选择、制造工艺、装配过程等进行全面监控。通过定期检查和测试,确保产品质量符合设计要求。提高设计人员、制造人员和质量控制人员的专业技能和责任心。通过定期培训、技能竞赛等方式,提升团队的整体素质和技术水平。

### 3.4 加强运行与维护

在变压器的长期运行中,加强运行与维护是预防焊接油箱渗漏、保障设备安全稳定运行的重要措施。(1) 定期检查与维护。建立定期巡检制度,对变压器焊接油箱进行定期检查。巡检内容应包括油箱外观、焊缝状况、密封件状态等,重点检查是否有渗油、漏油现象。定期对油箱及附件进行清洁和保养,清除表面油污和杂质,保持油箱及附件的清洁干燥。同时,检查并紧固油箱法兰、螺栓等连接部位,确保连接紧密无松动。(2) 加强监测与诊断。定期对变压器油进行取样分析,监测油质变化。油质异常可能预示着油箱存在渗漏或其他问题,因此需及时查明原因并处理。利用红外线测温仪等

设备监测变压器油箱及油温变化。异常的温度升高可能表明油箱存在渗漏或其他故障,需及时采取措施进行处理。(3) 提高应急响应能力。针对变压器焊接油箱可能出现的渗漏等故障,制定详细的应急预案。预案应明确应急处理流程、责任分工、应急物资准备等内容,确保在故障发生时能够迅速响应并有效处理。定期组织应急演练活动,提高运行维护人员的应急响应能力和故障处理能力。通过演练活动,检验应急预案的可行性和有效性,及时发现并改进存在的问题。(4) 提升人员技能与意识。加强运行维护人员的技能培训,提高其专业技能和操作能力。培训内容包括变压器结构原理、焊接工艺、密封技术、故障诊断与处理等方面的知识。定期开展安全教育活动,提高运行维护人员的安全意识和责任意识。强调安全操作规程和注意事项,防止因操作不当导致设备损坏或安全事故的发生。通过定期检查与维护、加强监测与诊断、提高应急响应能力以及提升人员技能与意识等方面的努力,可以显著降低变压器焊接油箱的渗漏风险,保障设备的安全稳定运行。

### 结语

综上所述,降低变压器焊接油箱渗漏需要综合施策,从优化焊接工艺、改进材料选择、完善设计与制造以及加强运行与维护等多个方面入手。这些措施的实施,不仅能够显著提升变压器油箱的密封性和耐久性,减少渗漏事件的发生,还能延长变压器的使用寿命,降低维护成本。未来,随着技术的不断进步和经验的积累,我们有理由相信,变压器焊接油箱渗漏问题将得到更有效的解决,为电力系统的安全稳定运行提供更加坚实的保障。

### 参考文献

- [1]沈维洁,翟卫东.几种变压器油箱试漏方法的对比和探讨[J].上海电气技术,2020,10(03):47-48+53.
- [2]王甫燕,李香情,张秀云.变压器油箱焊缝碳弧气刨清根的应用[J].金属加工(热加工),2020(10):35-37.
- [3]葛惠卿.减少大型电力变压器密封焊缝渗漏的工艺方法[J].金属加工(热加工),2021(14):48-51.