

Application of Nondestructive Testing Technology in Inspection of Pressure Special Equipment

Abudushalamu Saimaiti

Aksu Special Equipment Inspection and Testing Institute, Aksu, Xinjiang, 843000, China

Abstract

Infrared thermal imaging non-destructive testing technology has been widely used in the inspection of pressure special equipment due to its high efficiency, non-contact, real-time imaging and other characteristics. This technology captures the temperature distribution on the surface of the device, analyzes the internal structure and operating status, especially in the inspection of pressure vessels and pipelines, and can effectively detect problems such as cracks, corrosion, and defects, and provide internal status monitoring and performance evaluation. In addition, the technique also showed significant advantages in the detection of the external insulation layer and the radiation stress analysis. However, in practical application, attention should be paid to the ambient temperature, test equipment calibration, surface condition and other factors to ensure the accuracy and reliability of the test results.

Keywords

infrared thermal imaging; nondestructive testing; pressure special equipment

红外热成像无损检测技术在承压特种设备检验中的应用

阿不都沙拉木·赛买提

阿克苏地区特种设备检验检测所, 中国·新疆阿克苏 843000

摘要

红外热成像无损检测技术因其高效、非接触、实时成像等特点,在承压特种设备的检验中得到了广泛应用。该技术通过捕捉设备表面的温度分布,分析内部结构及运行状态,尤其在压力容器和压力管道的检测中,能够有效发现裂纹、腐蚀、缺陷等问题,并提供内部状态监测和性能评估。此外,该技术在保温层的检测和辐射应力分析方面也表现出显著优势。然而,在实际应用中需注意环境温度、检测设备校准以及表面状况等因素,以确保检测结果的准确性和可靠性。

关键词

红外热成像; 无损检测; 承压特种设备

1 引言

红外热成像无损检测技术作为一种先进的检测手段,因其非接触、高效、实时成像等优势,逐渐在承压特种设备检验中得到重视。随着工业技术的不断发展,压力容器和压力管道等承压设备在石油化工、电力、冶金等行业中应用广泛,其安全运行直接关系到生产过程的稳定性和人员财产的安全。然而,这些设备在长期运行中容易受到腐蚀、疲劳、应力等因素的影响,导致隐性缺陷的产生。传统检测方法存在局限性,无法有效发现这些问题,因此,红外热成像技术的引入为承压设备的安全评估提供了新的解决方案。

2 红外热成像无损检测技术的基本原理

红外热成像无损检测技术是一种利用红外辐射成像来反映物体表面温度分布的技术,其基本原理是通过将物体辐射的红外能量转换为可视化的图像,从而监测设备的运行状态。当待测物体辐射出红外能量时,这些能量会通过光学系统,通常是由镜片或透镜组成的光学装置,将辐射能量聚焦到红外探测器上。探测器接收到红外辐射后,会发生光电效应,即红外辐射能量被转换为电信号。随后,电子装置会读取这些电信号,并通过特定的算法将其处理为电子图像。这些电子图像实际上是一种温度分布图,它们会显示在屏幕上,以供操作人员进行分析和判断。红外热成像图像不仅仅是温度的简单显示,而是设备运行信息的可视化呈现。通过将图像与设备正常运行时的温度标准或设备允许的运行温度范围进行对比,检测人员可以判断设备的运行状态。如果某些区域的温度超出了正常范围,或者与设备的温度分布规律不符,往往可以推测出设备可能存在异常,如裂纹、

【作者简介】阿不都沙拉木·赛买提(1985-),男,维吾尔族,中国新疆图木舒克人,本科,副高级工程师,从事特种设备检验检测研究。

腐蚀、绝缘层损坏等问题。通过这种对比分析，红外热成像技术能够帮助快速定位设备的潜在故障位置，并提供进一步检修的依据^[1]。

3 红外热成像无损检测技术的优势

红外热成像无损检测技术的应用依赖于先进的红外探测器和热图像分析软件（即热像仪），通过对物体表面辐射的热量进行细致的分析，生成详细的检测报告。在承压类特种设备的管理中，确保设备的安全运行至关重要。为了实现这一目标，需要使用高效、科学的检验手段，及时发现潜在的安全隐患，并采取相应的整改和监控措施。红外热成像技术为检验人员提供了一个强大的工具，使其能够在设备正常运行的情况下进行非接触式检测。相比于传统的检测方法，这种技术大大降低了检验过程中的安全风险。检验人员无需停机即可进行检测，从而避免了可能的停工损失。同时，红外热成像技术能够提供极高精度的检测数据，包括设备表面温度分布的详细图像。这些数据不仅帮助识别设备中的潜在缺陷，还能够准确判断出缺陷的位置、类型以及其可能带来的风险和危害程度。此外，红外热成像技术还具有高度的专业化特点，适用于各类复杂的检测环境和设备类型。其无损检测的优势在于能够在不破坏设备的前提下进行检测，避免了传统检测方法可能带来的二次损伤。这种技术的应用不仅提高了检测效率，还能够早期发现问题，及时进行维护和修复，从而延长设备的使用寿命，降低运营成本，确保生产过程的安全与稳定。总体而言，红外热成像无损检测技术在特种设备的安全管理中具有不可替代的优势，为保障设备安全运行提供了可靠的技术支持。

4 红外热成像无损检测技术在承压特种设备检验中的应用

4.1 在压力容器检测中的应用

压力容器作为工业中储存、反应和热交换的重要设备，根据使用温度可分为低温容器、常温容器和高温容器。在这些设备的日常检测中，红外热成像技术可以起到至关重要的作用。通过对设备表面的温度分布进行监测和分析，能够有效判断设备的运行状态。例如，在使用红外热成像技术对分汽缸的疏水阀进行检测时，可以通过观察其温度分布来判断阀门是否正常工作。通常情况下，正常工作的蒸汽疏水阀会表现出蒸汽一侧的温度高于冷凝水一侧的温度，从而确认设备的正常运转。利用红外热成像检测的结果表明蒸汽疏水阀的运行状态良好。此外，红外热成像技术还可以用于检测大型液化天然气储罐的运行状态。例如，一例红外热成像技术应用的案例，检测结果显示某大型立式液化天然气储罐顶部局部温度偏低，这表明该储罐可能存在保冷不良的问题，如珠光砂下沉。这种异常温度分布可能会对储罐内介质的贮存产生不利影响，需要及时维护和修复。另外，红外热成像技术还可以用于判断储罐的液位情况。其次，通过温度分

布图可以直观地看到储罐内液位的高度。液位高度的准确判断对于储罐的安全管理和操作至关重要。红外热成像技术在压力容器的检测中具有显著的应用价值。它不仅能够帮助检验人员及时发现设备运行中的异常，还能有效提高检测的效率和准确性，为设备的安全运行提供了可靠的技术保障^[2]。

4.2 压力容器与压力管道内部状态的监测及性能评估

在早期，化工厂通常依赖于大修周期来安排定期停工检修，以全面检测设备的运行状态。这种维护方式虽然可以发现设备损坏情况并制定相应的维修方案，但由于缺乏实时性和及时性，往往难以及时应对突发的安全隐患。特别是在某些情况下，如果发现问题后无法立即解决，可能导致化工厂的生产进程受到影响，甚至可能引发经济损失。随着科技的进步，红外热成像技术逐渐应用于压力容器和压力管道的工作状态监测及设备性能评估。这项技术凭借其无接触、高精度和实时监测的特点，为化工厂提供了一个有效的工具，使得工作人员能够随时监测设备的温度变化，尤其是识别出异常温度分布的部位。这些数据不仅能够帮助工作人员定性、定量地评估设备的当前运行状态，还能为设备的性能提供可靠的参考依据。通过红外热成像技术的应用，化工厂的工作人员可以在设备运行过程中及早发现潜在的安全隐患，及时采取相应的维护和检修措施。这种及时性不仅大大降低了设备因故障而停机的风险，还能在隐患扩展之前有效地进行控制，保障设备的安全运行。最终，这种技术的应用帮助化工厂在最大程度上避免了潜在的经济损失，提升了整个生产过程的安全性和稳定性。红外热成像技术在压力容器检测中的应用，极大地改善了传统检测方法的局限性，为化工厂提供了更加智能、高效的设备管理手段^[3]。

4.3 外保温层及其他同类内容的检测

红外热成像技术在压力管道和压力容器的检测中，特别是在检测外部保温层方面，展现了其独特的优势。许多工业设备的外壁会覆盖绝热保温层，以减少热损失并提高能源效率。然而，随着时间的推移，保温层可能会由于老化、损坏或设备泄漏等原因导致性能下降。这种情况下，外壁的温度会升高，进而导致热损失的增加，影响设备的整体热效率。红外热成像技术能够有效解决这一问题。通过实时监测设备表面的温度分布，红外热像仪可以准确地检测到保温层的损坏位置及其严重程度。技术人员可以利用红外图像快速识别出保温层老化或受损的区域，从而及时采取修复措施。这种及时发现和处理的能力有助于减少热损失，提高设备的能效，并避免因设备故障引发的生产中断。此外，红外热成像技术在工业锅炉和压力容器的液位检测中也有广泛应用。在这些设备的运行过程中，内部可能存在液体与气体的混合情况，这使得液位的准确监测变得尤为重要。红外热像仪可以穿透设备的外部结构，对内部液体的水平进行扫描，提供液位的准确定位。这不仅有助于保证生产过程的顺利进行，还能防止因液位异常导致的操作问题或安全隐患。红外热成

像技术通过其无接触、高精度、实时监测的特点,能够有效地检测压力设备的外保温层状态 and 内部液位。这不仅提升了设备的维护效率,还保障了生产过程的安全与稳定,为工业生产提供了重要的技术支持。

4.4 辐射应力分析

在材料承受外部压力时,如果其处于危险状态,应力往往会在材料的裂纹周围集中。这种集中应力使得裂纹区域的温度表现出显著的特征,这为检测裂纹及其发展提供了重要线索。当材料发生屈服时,裂纹周围原本集中应力会随着塑性变形的发生而逐渐释放,从而导致温度图像的变化。这种变化主要表现为红外线辐射的迅速增加,与材料的塑性变形直接相关。红外热成像技术能够捕捉到这些温度变化,从而揭示裂纹的出现位置、扩展规律及其当前状态。通过分析红外图像中的辐射模式,检测人员可以准确地识别出潜在的裂纹问题,为承压类特种设备的安全检验提供了有效的技术支持。然而,辐射应力分析技术目前仍处于实验室阶段,尚未广泛应用于实际检验中。这一技术的实际应用面临许多挑战,包括如何在复杂环境下准确识别裂纹、如何处理大量的数据以及如何将实验室研究成果有效转化为实际操作手段等。因此,红外热成像技术在辐射应力分析方面仍需克服诸多技术难题。这些问题的解决将极大地推动该技术在承压特种设备检验中的应用,提升设备的安全性和可靠性。辐射应力分析为红外热成像技术的应用提供了新的视角和方法,但在实际应用中需要进一步的研究和优化,以便更好地满足工业检测的需求^[4]。

5 红外热成像技术使用的注意事项

作为一种先进的检测技术,红外热成像技术在承压类特种设备的检测中展现了极大的便利性和高效性。然而,要确保检测数据的准确性,必须注意一些关键因素,这些因素直接影响测温的精确度。主要有以下四个方面需要特别关注:物体表面的发射率、大气衰减、环境条件以及测温的距离。首先,物体表面的发射率是影响红外测温的关键因素。不同材料表面的发射率各不相同,这会直接影响到红外热像

仪对温度的感知和测量。因此,在进行检测前,需对被检测物体的发射率进行校准或根据已知发射率进行相应调整,以确保测量结果的准确性。其次,大气衰减也会对红外测温产生影响。空气中的水汽、灰尘等杂质会吸收或散射红外辐射,导致测温结果出现偏差。因此,在实际检测中,应尽量选择空气清新、少尘或无尘的环境进行操作,这样可以减少大气衰减对测温的影响。环境温度也是一个需要注意的因素。为了获得更精确的测量数据,建议在环境温度与目标物体温度差异较大的情况下进行检测。较大的温差可以使红外热像仪更容易识别温度变化,进而提高检测的准确度。最后,测温距离也是影响测温精度的重要因素。距离越短,红外热像仪所捕捉到的细节越清晰,测量结果也就越准确。因此,在实际操作中,应尽量缩短测温距离,以获得更高的测量精度。为了充分发挥红外热成像技术的优势,确保检测数据的准确性,需要综合考虑物体表面发射率、大气衰减、环境温度以及测温距离等因素。在具体操作中,严格遵循这些注意事项,可以大幅提升红外热成像检测的效果和可靠性。

6 结论

通过对红外热成像无损检测技术在承压特种设备中的应用研究,可以看出该技术不仅提高了检测效率,还有效降低了检测过程中的安全风险。在实际操作中,通过合理控制发射率、环境条件等关键因素,能够进一步提升检测的准确性和可靠性。未来,随着技术的不断成熟,红外热成像技术有望在更广泛的工业领域中发挥更重要的作用,推动设备安全监测技术的创新与发展,为工业生产提供坚实的保障。

参考文献

- [1] 蒋剑超,边缘.无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用与发展[J].化工设计通讯,2024,50(3):60-62.
- [2] 戴西斌,左万君,吴昌玉.无损检测技术在特种设备检验中的应用与分析[J].设备管理与维修,2024(2):111-114.
- [3] 张辉.红外热成像技术在承压类特种设备运行检验中的应用探讨[J].中国设备工程,2021(20):144-145.
- [4] 惠志全,罗健刚,杨俊强.红外热成像技术在特种承压设备检验中的应用[J].中国特种设备安全,2017,33(12):40-42.