

煤矿机械设备的无损检测技术

党龙龙 王国亮

共享装备股份有限公司 宁夏 银川 750021

摘要：本文旨在全面介绍无损检测技术的多种类型及其在煤矿机械设备中的应用，从超声检测到射线检测，再到渗透检测、磁粉检测和涡流检测，各种方法各有千秋，共同构成了煤矿设备安全检测的坚实防线。通过深入探讨无损检测技术在提升机主轴、通风机叶片、钢丝绳以及采煤机和掘进机等关键设备中的应用，本文旨在为煤矿企业的安全生产提供有力的技术支持和理论指导，推动煤矿行业的可持续发展。

关键词：煤矿机械设备；无损检测技术；应用

引言

在煤矿开采的复杂环境中，机械设备的安全运行是保障生产效率和人员安全的关键。然而，煤矿机械设备的长期运行和恶劣工作环境往往导致其内部或表面产生各种缺陷，这些缺陷如不及及时发现和处理，将严重威胁煤矿生产的安全。无损检测技术作为一种高效、准确的检测手段，为煤矿机械设备的缺陷检测提供了有力支持。本文将从无损检测技术的多种类型出发，详细探讨其在煤矿机械设备中的具体应用，分析各种检测方法的优缺点，以及在实际应用中需要注意的问题。

1 无损检测技术的类型

1.1 超声检测

超声检测 (Ultrasonic Testing, UT) 是一种利用超声波在材料中传播的特性来检测缺陷的技术。超声波具有频率高、波长短、方向性好、穿透能力强等特点，能够穿透金属、非金属等多种材料，对材料内部的缺陷进行检测。通过超声波在材料中传播时遇到缺陷 (如裂纹、夹渣、气孔等) 产生的反射、折射和散射等现象，可以判断缺陷的位置、大小、形状和性质。超声检测仪器通常由超声波发生器、换能器 (探头)、接收器和显示器等部分组成。超声波发生器产生高频电信号，经换能器转换成超声波，由探头耦合到被测材料中。超声波在材料中传播后，由接收器接收反射回来的超声波信号，并将其转换成电信号，最终在显示器上以波形图的形式呈现出来。超声检测具有操作简便、检测速度快、对缺陷定位准确、检测灵敏度高、对材料损伤小等优点。同时，超声检测仪器具有良好的便携性，适用于现场检测。但是，超声检测结果以波形图呈现，需要技术人员具备过硬的技术基础和丰富的经验，才能准确判断缺陷的类型和严重程度。

1.2 射线检测

射线检测 (Radiographic Testing, RT) 是通过射线 (如X射线、 γ 射线等) 照射被检测物体，利用射线底片直接观测工件内部缺陷的一种技术。射线检测的基本原理是，在射线穿过物体时，随着物体内部各部分的密度、厚度和原子序数不同，对射线的吸收和散射程度也就有所不同。因此，在射线底片就可以呈现出物体内部的结构和缺陷。射线检测具有结果直观性好、检测灵敏度高、适用范围广等优点。通过射线底片，可以清晰地看到工件内部的缺陷，如裂纹、夹渣、未焊透等。同时，射线检测结果可以永久保留下来，便于后续分析和处理。然而，射线检测也存在一些缺点。首先，射线检测辐射较大，对技术人员的身体健康有一定的伤害。因此，在进行射线检测时，必须采取严格的防护措施。其次，射线检测成本较高，需要专业的设备和人员。此外，射线检测对细长裂纹的分辨率较差，有时难以发现一些微小的缺陷。

1.3 渗透检测

渗透检测 (Penetrant Testing, PT) 是一种利用毛细现象使渗透液渗入缺陷，然后通过显像剂将残留渗透液吸附出来，从而显示缺陷的一种技术。渗透检测的原理是，当渗透液涂在被检测物体的表面时，由于毛细作用，渗透液会渗入到表面的开口缺陷中。然后，通过施加显像剂，显像剂会将残留在缺陷中的渗透液吸附出来，形成明显的痕迹，从而显示出缺陷的位置和形状。渗透检测具有操作简便、成本低廉、检测速度快、对微小缺陷敏感等优点。它能够准确探测到小于1mm的缺陷，适用于机械设备表面的探伤。但是，渗透检测也存在一些局限性。首先，渗透检测不适用于检测疏松或多孔类工件，因为这类工件会吸收大量的渗透液，导致检测结果不准确。其次，渗透检测只能检测表面的开口缺陷，对于内部的缺陷则无法检测。

1.4 磁粉检测

磁粉检测 (Magnetic Particle Testing, MT) 是利用磁场的作用, 使磁粉在缺陷处形成磁痕, 从而显示缺陷的一种技术。磁粉检测的原理是, 当被检测物体被磁化后, 如果物体内部存在缺陷 (如裂纹、夹杂物等), 则缺陷处会产生漏磁场^[1]。此时, 在物体表面撒上磁粉, 磁粉会被漏磁场吸附到缺陷处, 形成明显的磁痕, 从而显示出缺陷的位置和形状。磁粉检测具有操作简便、检测速度快、对铁磁性材料表面缺陷敏感等优点。它适用于检测铁基性材料 (如钢、铁等) 的表面和近表面缺陷。同时, 磁粉检测仪器使用方便, 效率高, 费用低, 适用于检测较大设备的表层缺陷。然而, 磁粉检测也存在一些局限性。首先, 磁粉检测不便于检测内部缺陷, 因为内部缺陷产生的漏磁场较弱, 难以形成明显的磁痕。其次, 磁粉检测时需要打磨表面, 以去除表面的氧化皮、油污等杂质, 否则会影响检测结果的准确性。

1.5 涡流检测

涡流检测 (Eddy Current Testing, ET) 是利用电磁感应原理, 通过在被检测物体中感应涡流来检测缺陷的一种技术。涡流检测的原理是, 当被检测物体置于交变磁场中时, 会在物体内部产生感应涡流。涡流的分布和强度与被检测物体的导电性、导磁性以及内部缺陷有关。通过测量涡流的变化, 可以判断物体内部是否存在缺陷。涡流检测具有非接触式检测、检测速度快、适用于狭窄区域作业等优点。它不需要接触被检零件, 适合对工件进行表面探伤。同时, 涡流检测能够在狭窄区域进行作业, 如管道、容器等内部结构的检测。而涡流检测也存在一些局限性。首先, 涡流检测的普及性较差, 因为需要专业的设备和人员。其次, 涡流检测结果易受工件材料的影响。不同材料的导电性、导磁性不同, 对涡流检测的结果会产生不同的影响。此外, 涡流检测对缺陷的定性和定量分析难度较大, 需要技术人员具备丰富的经验和专业知识。

2 无损检测技术在煤矿机械设备中的应用

2.1 提升机主轴的无损检测

提升机作为煤矿生产中的核心设备之一, 承担着矿石、煤炭等重物的垂直或倾斜提升任务, 其运行的安全性和稳定性直接关系到整个煤矿生产的效率和安全。而主轴作为提升机的关键部件, 其质量和性能的好坏直接影响到提升机的整体性能。因此, 对提升机主轴进行定期、有效的无损检测, 是确保提升机安全运行的关键环节。提升机主轴的锻造过程通常包括墩粗和拔长两个主要步骤, 这两个步骤都会在主轴内部产生一定的应力分

布和微观组织变化, 从而可能导致缺陷的产生。这些缺陷往往与轴长方向一致, 如裂纹、夹杂物等, 它们对主轴的强度和韧性产生不利影响, 严重时可能导致主轴断裂, 引发安全事故。针对提升机主轴的这种特点, 无损检测技术中的超声波检测法被广泛应用。超声波检测法利用超声波在物体内部传播时遇到缺陷会产生反射、折射等物理现象的原理, 通过接收和分析这些反射波或折射波的信号, 可以准确判断物体内部缺陷的位置、大小和性质。在实际操作中, 通常采用直探头纵波接触法周向检测提升机主轴。这种方法将超声波探头直接与被测主轴表面接触, 并沿主轴周向移动, 通过接收到的超声波信号来分析主轴内部的缺陷情况。由于超声波在固体中的传播速度较快, 且对缺陷的敏感度高, 因此这种方法能够准确、快速地发现主轴内部的缺陷, 如裂纹、夹杂物等, 为提升机的安全运行提供有力保障。

2.2 通风机叶片的无损检测

通风机, 作为煤矿井下通风系统的核心设备, 其运行效率与稳定性直接关系到矿井内空气流通的顺畅程度, 进而影响到矿井内工人的工作环境安全和煤矿生产的高效运行^[2]。通风机的叶片, 作为推动空气流动的关键部件, 其完好程度、结构强度以及耐磨耐腐蚀性能, 对于通风机的整体性能有着决定性的影响。然而, 煤矿井下的工作环境十分恶劣, 湿度大、酸性强, 这对通风机叶片构成了严峻的考验。在长期的运行中, 通风机叶片往往会受到不同程度的腐蚀和磨损, 特别是在叶片根部向上0.2m的区域, 由于气流冲刷和受力集中的原因, 这一区域往往是叶片受损最为严重的部位。因此, 对通风机叶片进行定期、有效的无损检测, 及时发现并处理潜在的缺陷, 对于保障通风机的安全稳定运行具有重要意义。针对通风机叶片的这一特点, 无损检测技术中的渗透探伤检测法被广泛应用。渗透探伤检测法是一种利用液体渗透剂对被检测物体表面开口缺陷进行检测的方法。在检测过程中, 首先将被检测物体表面清洗干净, 然后涂抹渗透剂, 使渗透剂能够渗入到物体表面的微小缺陷中。接下来, 去除多余的渗透剂, 并在物体表面涂抹显像剂。显像剂能够吸附并显示出渗透剂在缺陷中的分布, 从而帮助检测人员准确判断缺陷的位置、大小和形状。在通风机叶片的无损检测中, 渗透探伤检测法能够准确发现叶片表面的缺陷, 特别是叶片根部向上0.2m这一重点检测区域。通过及时的检测和处理, 可以有效避免叶片因缺陷而导致的断裂、脱落等安全隐患, 保障通风机的安全稳定运行。

2.3 钢丝绳的无损检测

钢丝绳作为煤矿设备中的关键部件,广泛应用于提升机、运输机等关键设备中。其承载能力和安全性直接关系到煤矿生产的效率和安全。然而,由于钢丝绳长期在恶劣的井下环境中工作,受到磨损、腐蚀和疲劳等多种因素的影响,极易出现断丝、磨损、锈蚀等缺陷,这些缺陷一旦积累到一定程度,就可能引发钢丝绳的断裂,导致严重的事故。因此,对钢丝绳进行定期、有效的无损检测,及时发现并处理潜在的缺陷,对于保障煤矿设备的安全运行具有重要意义。在钢丝绳的无损检测中,磁性检测法因其高效、准确的特点而被广泛应用。磁性检测法的基本原理是利用钢丝绳内部磁场的分布变化来检测其内部的缺陷。当钢丝绳中存在断丝、磨损等缺陷时,其内部的磁场分布会发生变化,通过探伤传感器等设备,可以捕捉到这些磁场变化信号,并对其进行处理和分折,从而准确判断钢丝绳内部的缺陷位置和程度。在实际应用中,钢丝绳的无损检测系统通常包括探伤传感器、信号处理电路、显示和记录设备等部分。探伤传感器负责捕捉钢丝绳内部的磁场变化信号,信号处理电路则对这些信号进行放大、滤波和数字化处理,最终通过显示和记录设备将检测结果呈现出来。通过采用磁性检测法等先进技术,可以对钢丝绳进行在线监测,及时发现其内部的缺陷和损伤。这不仅可以提高钢丝绳的安全性和使用寿命,还可以为煤矿设备的安全管理提供有力的技术支持。

2.4 采煤机和掘进机的无损检测

采煤机和掘进机是煤矿开采过程中的核心设备,它们的工作环境极为恶劣,不仅要承受巨大的机械负荷,还要面对煤尘、水雾、振动等多种不利因素的侵蚀。在这样的工作条件下,采煤机和掘进机的各个部件极易发生磨损、疲劳、裂纹等缺陷,这些缺陷一旦积累到一定程度,就可能引发严重的设备故障,甚至导致安全事故的发生。为了保障采煤机和掘进机的安全运行,无损检测技术被广泛应用于其检测与维护中。由于采煤机和掘进机的结构复杂,且不同部件的材质、形状和工作环境各异,因此,在实际检测中,通常采用多种无损检测方法的组合,以全面、准确地发现设备内部的缺陷和损

伤。超声波检测是采煤机和掘进机无损检测中常用的一种方法。它利用超声波在物体内部传播时遇到缺陷会产生反射、折射等物理现象的原理,通过接收和分析这些反射波或折射波的信号,可以准确判断物体内部缺陷的位置、大小和性质^[1]。超声波检测对于发现金属部件内部的裂纹、夹杂物等缺陷具有极高的灵敏度。磁粉检测则主要用于检测铁磁性材料表面的缺陷。它利用磁粉在磁场中的磁化效应,当铁磁性材料表面存在缺陷时,缺陷处会产生漏磁场,吸引磁粉形成磁痕,从而显示出缺陷的位置和形状。磁粉检测对于发现采煤机和掘进机表面及近表面的裂纹、锈蚀等缺陷非常有效。渗透检测则是一种适用于检测非铁磁性材料表面开口缺陷的方法。它利用渗透剂对被检测物体表面开口缺陷的渗透作用,通过显像剂的吸附和显示作用,可以清晰地显示出缺陷的位置和形状。渗透检测对于发现采煤机和掘进机中非金属部件(如橡胶、塑料等)表面的裂纹、气孔等缺陷具有很好的效果。

结束语

综上,无损检测技术在煤矿机械设备中的应用具有广泛而深远的意义。它不仅提高了设备的安全性和可靠性,还降低了因设备故障导致的生产中断和人员伤害风险。随着技术的不断进步和应用的深入,无损检测技术将在煤矿行业中发挥更加重要的作用。未来,我们应继续加强无损检测技术的研发和推广,提高技术人员的专业水平和操作技能,为煤矿企业的安全生产提供更加全面、高效的技术支持。同时,我们也期待无损检测技术在其他领域的广泛应用,为工业安全和质量控制贡献力量,共同推动社会的可持续发展。

参考文献

- [1]计鹏.超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用[J].能源与节能,2018(1):108-109,111.
- [2]曹雄兵.超声波、渗透无损检测技术在矿山机械设备上的应用[J].河北农机,2016(7):39-40.
- [3]严露.机械设备中无损检测技术的应用分析[J].南方农机,2017,48(18):67-68.