

# 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用

金紫龙\*

(枣庄矿业(集团)岱庄煤业有限公司, 枣庄 277606)

**摘要:** 随着煤矿开采的不断发展, 煤矿机电设备的安全运行至关重要。本文探讨了超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用, 阐述了超声检测技术的原理和特点, 分析其在检测煤矿机电设备各种故障和缺陷方面的具体应用方式, 包括对机械部件和电气设备的检测。通过论述提高超声检测技术应用效果的措施, 展示超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的有效性, 以供参考。

**关键词:** 超声检测技术; 煤矿机电设备; 安全检测; 故障缺陷

## Application of ultrasonic detection technology in the safety detection of mechanical and electrical equipment in coal mine

JIN Zi-Long\*

(Zaozhuang Mining (Group) Daizhuang Coal Industry Co., Ltd., Zaozhuang 277606, China)

**ABSTRACT:** With the continuous development of coal mining, the safe operation of coal mine mechanical and electrical equipment is very important. This paper discusses the application of ultrasonic detection technology in the safety detection of coal mine mechanical and electrical equipment, expounds the principle and characteristics of ultrasonic detection technology, and analyzes its specific application methods in the detection of various faults and defects of coal mine mechanical and electrical equipment, including the detection of mechanical parts and electrical equipment. By discussing the measures of improving the application effect of ultrasonic detection technology, the effectiveness of ultrasonic detection technology in the safety detection of coal mine electromechanical equipment is shown for its reference.

**KEY WORDS:** ultrasonic detection technology; coal mine mechanical and electrical equipment; safety detection; fault defects

## 0 引言

煤矿行业是我国重要的基础能源产业, 煤矿机电设备的安全稳定运行直接关系到煤矿生产的效率和人员安全。然而, 煤矿井下环境复杂, 设备长时间工作在重载条件下, 极易发生各类故障与缺陷。传统的检测方法存在局限性, 超声检测技术作为一种先进的无损检测技术, 具有独特的优势, 该系统可以为矿井电气设备的安全检查提供可靠的方法。为此, 将超声波探

伤技术应用于煤矿机电装备的安全性研究中具有现实指导意义<sup>[1]</sup>。

## 1 超声检测技术概述

### 1.1 超声检测技术原理

用于煤矿机电设备安全检测, 利用超声波在介质中传播特性, 其沿直线行进, 传播速度受介质密度与弹性影响, 频率高过人耳能听范围, 在不同材料界面会反射且服从传输定理。接触或到达物体界面会有反射、透射、折射等致强度、频率、方

\* 通信作者: 金紫龙, 工程师, 研究方向为煤矿井工开采、充填开采技术管理。E-mail: 18963282363@163.com

\*Corresponding author: JIN Zi-Long, Engineer, Zaozhuang Mining (Group) Daizhuang Coal Industry Co., Ltd., Zaozhuang 277606, China. E-mail: 18963282363@163.com

向变化，发射后接收反射或衍射信号，处理分析转成电信号，经放大等处理在显示装置展示，判断分析物体状态可用人工或机器方式，为工件评估提供依据以发现缺陷及特性。

### 1.2 超声检测技术特点

超声声速可有效聚集沿直线传输方向性好且有衰减散射，介质异常会有反射折射及波形转换，可分析反射波探测缺陷；比普通声波能量大，在固体传播损失小能达更深位置，在金属介质中，可通过探测器接收处理超声波，从屏幕波形变化判断工件缺陷深度、位置、形状，如气孔、分层、裂纹等。

### 1.3 超声波的产生与接收

在超声波的生成与接收过程中，通常都要使用位于探头内

的压电晶片，利用压电效应来实现超声的生成与接收。在超声探伤设备中，由于电场的作用，在探头内的压电晶片上施加高频率的电压，当反向压电效应发生时，压电晶片沿厚度方向发生拉伸形变，这种形变具有持续性，因此产生了机械振动。

若压电晶片在焊接表面呈现出良好耦合特性时，以超声波的形式，机械振动会传播进入被检测工件当中，该过程属于超声波的产生。在受到超声波的作用时，随着压电晶片发生伸缩变形现象，当出现正压电效应，由于在压电晶体的两个侧面上的电荷极性不一样，因此产生的高频电压是超声波的频率，在检测仪器上会显示出回声电信号，属于超声波接受的过程。如图1所示。

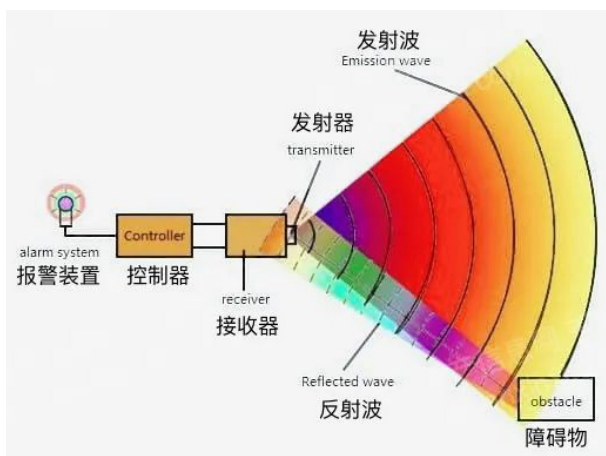


图1 超声波的产生与接收

Fig.1 Ultrasonic wave generation and reception

## 2 煤矿机电设备常见故障类型

### 2.1 机械故障

在煤矿机电设备中所出现的机械故障问题主要包括轴承损坏、齿轮损、传动带断裂等现象。随着设备的长时间运行，若长期处于高负荷的状态，在缺乏润滑的情况下或者其中的零部件出现磨损问题，则容易造成机械故障。因此，需要做好全面检查，将零部件损坏情况、润滑情况等全部包含在内，尽可能地找出根本原因。

### 2.2 电气故障

在煤矿机电设备中，电气故障问题比较常见，例如线路短路、接触不良、电机断电等等。造成电气故障的原因通常在于线路老化、接线端子松动等，如果电路设计缺乏合理性，也有可能出现电气故障。在检查时，需要判断电源线路正常，根据电机线圈和接线端子进行检查，最后判断电器元件的损坏、老化等情况。

### 2.3 其他故障

传感器故障、控制系统故障等也属于煤矿机电设备中可能出现的故障，不仅难以保障设备自动控制的有效性，还会对设

备正常运行造成干扰。因此，在出现上述故障时，需要通过系统全面的检查找出设备控制系统中的故障原因，再提出有针对性的修复对策。

## 3 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的具体应用

### 3.1 对关键机械部件的检测

在检测煤矿机电设备中的关键零部件时，所采用的超声检测技术一般是以无损检测方法为主，在不伤害零件的基础上针对其内部损伤情况进行探测，其主要目的在于找出其中的缺陷和裂痕，能够在有限的时间范围内尽快展开补救，通过对安全隐患的消除，有效减少不必要的损失。

在检测所有设备的主轴时，若内部构件中包括金属制品，在内部传播期间会在出现问题的部位发生反射，此时需要对其进行转换。在检测液压支架顶梁或者焊接接口时，通过渗透检测的方法，随着燃料的渗透，在到达表面缺口位置时，材料的表面会着色，可以针对损坏部位做出更好的判断。

在煤矿机械设备的检测中，探伤屏上会显示相应的标志，各种标志也各不相同。当回波出现无瑕疵类别时，会影响到瑕

疵判定的结果，从而造成识别误解。

例如，对工件端面进行超声探测时，如果是纵波，则有可能对其波形造成影响，进而将其转变为剪切波。在另一面的作用下，横波又会转变为纵波，经过多次变换，会出现多重反射。在定性定量分析过程中，应根据缺陷的定性空间、材料并分析实际所运用的加工工艺，通过综合考量针对非缺陷性因素加以排除，保障关键零部件缺陷判断的准确性。

### 3.2 检测大型锻件

锻件机械零件的延展性良好，在加工与制作的过程中，部分零部件可能会产生弯折、开裂的现象，从而增多了其中的裂纹。当受到冲击或压力时，沟槽的部分就会发生滑动，从而对凹槽和轴肩等位置造成破坏。生产过程中，对于锻件设备的需求量较大。在生产大型锻件时，其内部结构比较复杂，所以拆解过程繁琐。

为避免使用传统拆卸方式耗费大量人力和物力，有效减少对设备造成的直接损坏，可以运用超声检测技术针对该类零件进行检测。通过对执行探测仪的合理利用，在确定起点时以尾轴断面为主，通过对全轴的检测，再设置两个方向组织锻件检测作业的开展。如果测量的锻件不是很大，可以更换为双晶直

测头，而在接近截面的地方，可以使用倾斜的探针来检测轴向直径的根部。根据实际情况设置合适的探头倾角，保证轴径检测的及时性。

### 3.3 在铸造类设备零件检测中的应用

煤矿开采作业中运用的机电设备类型相对较多，对于铸造类机械而言，其内部结构比较复杂，晶体颗粒相对较粗，在检测过程中声波容易发生散射的情况或者出现波纹的问题，在超声波接收时总体干扰力度较大。因此，在选择执行超声探测头的过程中以频率较低的类型为主，可以有效减少信号的干扰。

部分铸造类机电设备的生产周期相对较长，所使用的工艺比较复杂，在面对高成本需求时，一旦发生缺陷往往会面临巨大的成本损失。因此，采用超声检测技术可以尽快找出此类设备中出现的问题，对企业良好形象的塑造带来正面效应<sup>[2]</sup>。

通过对单通道脉冲反射式扫描仪的运用（如图2所示），可以简化检测过程，以自制形式的扫描仪为主，则可以顺利地达到灵敏度的要求，且携带便利。单通道脉冲反射式扫描仪具有安全、绿色、环保的特点，总体应用范围相对较广，要求操作人员具备丰富的工作经验，在掌握极强的技术能力时，可以减少对操作人员的伤害。

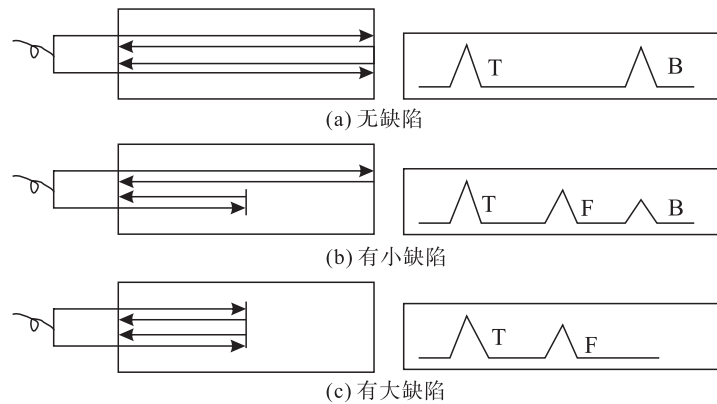


图2 脉冲回波探伤法基本原理

Fig.2 Basic principle of pulse-echo flaw detection method

### 3.4 检测焊接零件

在大部分焊接零件的使用过程中，总体周期相对较长，例如闸盘。当零件表面出现裂痕，需要通过严格检查，针对焊接的位置进行检测，并采取有效应对措施，增强零件焊接坚固性。同时，也要不断提升焊接工艺水平，加强对焊接质量的把控，定期进行维护和保养，以确保焊接零件在长期使用中始终保持良好的性能和稳定的状态，为各类设备的安全高效运行提供坚实保障<sup>[3]</sup>。

对于超声波探头的运用，需要设置专用频率，作用于普通焊接焊缝的位置，能够针对小晶体颗粒进行检测。若板材厚度较大，出现的气焊接缝衰减过程比较明显，所运用的超声波频率应随之降低。在检测区域内，针对可能出现的盲区，采用超

声波信号传递的方式，通过对操作阵列方式的重新排列，保障零件检测的全面性，获得精确的检测结果<sup>[4]</sup>。

### 3.5 安全检测中的应用

对于煤矿机电设备运行安全系统检测，采用超声无损检测技术能够实现高效化的目标，并确定具体损伤的位置。在掌握损伤程度时，能够客观判断设备最终的使用寿命，所提供的修复参考依据更为明确。因此，检测机电设备部件时的时间得到缩短，有利于检测工作效率的提升，可以帮助节约成本。超声波检测仪有着较高的灵敏度，在穿透时力度较强。通过对摇臂箱和变速箱的检测，选择较低的探头，可以应对内部复杂现状，有效解决表面颗粒集中度不高的问题，促进安全检测效率的提升<sup>[5]</sup>。

### 3.6 检测变频器

在变频器检测过程中，需要借助专业的探伤仪器。在矿井中使用变频调速系统，当发生故障时，大部分超声波都能及时靠近矿井变频调速系统，实现对矿井内电流、电压的直接探测。通过对专业数据的分析，在全面统计相关内容时，将数据尽快传递至故障处理中心。根据所检测到的信息数据，由故障处理中心直接分析，经过警报预警系统，由专业人员向操作人员传递故障信息，确保信息处理的高效性与及时性<sup>[6]</sup>。

## 4 提高超声检测技术应用效果的措施

为了提高超声检测技术的应用效果，可以加强对人员的培训，包括定期组织检测人员参加超声检测技术专业培训，提升其理论水平和操作技能。通过开展经验交流活动，促进检测人员之间相互学习和知识共享。同时，鼓励其参与相关学术研究和研讨，从而紧跟技术发展前沿<sup>[7]</sup>。

通过优化检测设备，做到及时更新和升级超声检测设备，提高其精度和性能。在配备先进的信号处理和数据分析系统时，提升检测数据的准确性和可靠性，并且确保设备维护和校准定期开展，使其始终处于最佳工作状态。通过改善检测环境，对检测现场进行清理和整顿，减少外界干扰因素对超声检测的影响。采取适当屏蔽和防护措施，降低噪声、电磁等干扰，创造适宜的温度、湿度等环境条件，保证检测的稳定性<sup>[8]</sup>。

严格按照标准和规范进行检测，确保检测结果的一致性和可比性。将超声检测技术与射线检测、磁粉检测等其他无损检测技术相结合，实现优势互补。另外，结合智能化监测技术，如物联网、大数据分析等，提高检测的实时性和全面性<sup>[9]</sup>，与设备状态监测系统相融合，为设备维护和管理提供决策支持。

通过建立完善的检测标准和规范，结合实际情况制定详细、科学的超声检测技术标准和操作规范，定期对标准和规范进行审查和更新，使其适应新的检测需求和技术发展。通过强化质量控制，建立严格的检测质量控制体系，对检测过程的各个环节进行监督和检查。设立质量审核和评估机制，及时发现和纠正检测中存在的问题，对检测结果进行反复验证和确认，确保结果的准确性和可靠性<sup>[10]</sup>。

## 5 结束语

超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中展现出了显著的应用价值，不仅能够有效检测出设备的潜在问题，为及时维修和保养提供依据，保障煤矿生产的安全和稳定，同时随着技术的不断进步和完善，其应用前景将更加广阔。通过加强对超声检测技术的研究、应用和推广，结合其他先进技术，将进一步提高我国煤矿机电装备安全测试工作的水平与效率，为实现煤炭工业的可持续发展打下良好的基础。

## 参考文献

- [1] 董明, 马宏伟, 陈渊, 等. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用 [J]. 矿山机械, 2022, 41(02): 3-4.
- [2] 许鲁芳. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用分析 [J]. 山东工业技术, 2022, (18): 102.
- [3] 宋德声. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用分析 [J]. 低碳世界, 2022, (05): 150-151.
- [4] 孙阳阳. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用 [J]. 西部探矿工程, 2023, 35(06): 94-96.
- [5] 王端伟, 李春雷. 探究超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用 [J]. 工程技术, 2021, (02): 2-3.
- [6] 王莉. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用 [J]. 写真地理, 2020, (03): 1-2.
- [7] 曹传功. 超声波无损检测技术在机电设备维护中的应用 [J]. 中国战略新兴产业, 2020, (36): 11-12.
- [8] 张旭, 张颖. 超声波检测技术在电力设备绝缘诊断中的应用 [J]. 自动化与仪器仪表, 2017, (12): 197-198.
- [9] 陆秀平, 顾燕燕. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用 [J]. 低碳世界, 2022, (24): 85-86.
- [10] 孙鹏. 超声检测技术在煤矿机电设备安全检测中的应用分析 [J]. 当代化工研究, 2020, (15): 118-119.

## 作者简介

金紫龙, 工程师, 研究方向为煤矿井工开采、充填开采技术管理。