



华安证券
HUAAN SECURITIES

证券研究报告

超声无损检测拾级而上， 助力国民经济高质量发展

华安机械 张帆 S0010522070003

2024年3月29日

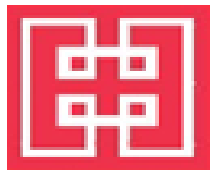
并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费



核心观点

- **超声波检测**（Ultrasonic Testing）缩写为UT，也叫**超声检测**，是利用超声波技术进行检测工作。无损检测在国民经济的各个命脉行业中承担关键角色，是保证和提高产品质量的重要手段，体现了国民经济发展水平。
- **超声波检测按照其原理可分为缺陷回波法、透射法、共振法**，其下游覆盖航空航天、特种设备、能源电力、钢铁冶金、新能源汽车、第三方检测和高等院校等。在航空航天等尖端工业领域，存在大量型面和材料特性复杂的构件，同时对构件使用性能和可靠性的要求不断提高，这就对其相关的无损检测技术提出了新的发展要求和方向，成为**低空经济、航空航天高质量发展的保证性基础**。
- 根据Markets and Markets研究数据统计，无损检测预计到2024年全球市场规模达到126亿美元；其中超声检测将占据最大比例市场份额，2022年超声检测市场规模增长至约39.3亿美元，2016至2022年的复合增长率为8.3%，我们预测2024年超声检测全球市场规模将达到46亿美元。随着自动控制技术、计算机技术和传感器技术的高速发展，无损检测已经进入到以计算机控制为主的信息加工时代，超声检测作为无损检测的先进技术代表已经率先进入现代化进程，渗透着国民经济各个领域。
- **建议关注公司**：多浦乐、中科创新、奥林巴斯、美国贝克休斯、英国声纳。
- **风险提示**：宏观经济变化的风险；技术研发不及预期的风险；测算市场空间的误差风险；研究依据的信息更新不及时，未能充分反映公司最新状况的风险。



华安证券
HUAAN SECURITIES

HAMECS

目录

1 超声检测基本介绍

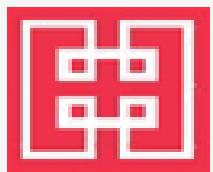
2 超声检测基本原理

3 超声检测，保证国民经济各行业高质量发展

4 建议关注公司

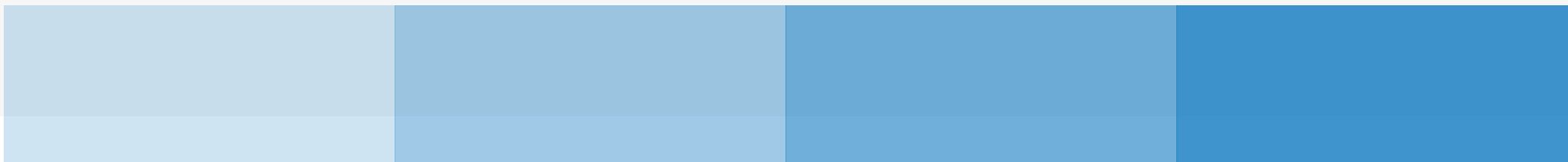
5 风险提示





华安证券
HUAAN SECURITIES

000000



01 超声检测基本介绍



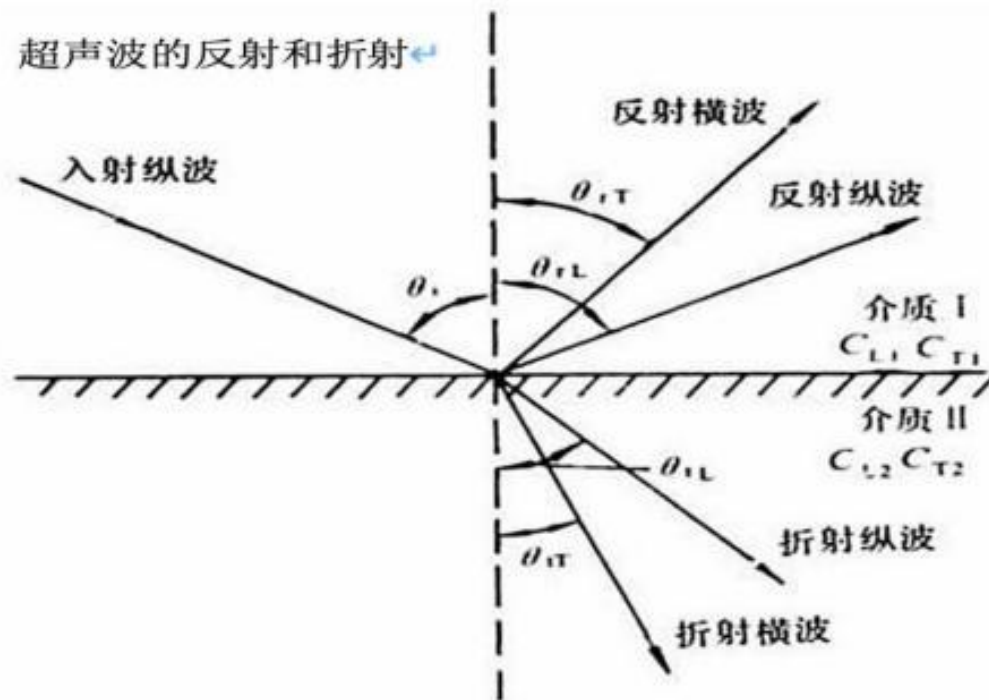
1.1 超声波检测

- 声音是一种物理现象，虽然它的瞬时存在非常明显，但并不会引起任何永久性的变化。这就是为什么声音（能量较低）非常适用于无损检测，即通过获取被测试物的确切信息来判断其状态。为此，需要一种能在被测试物内部产生明确反应但不改变其状态的方法。因此，“被动性”是声音用于材料测试所必需的最重要特征。
- 超声波是在弹性介质中传播的机械波，人们日常听到的声音，是由于声源的振动通过空气等弹性介质传播到耳膜引起的耳膜振动，牵动听觉神经产生听觉，但并不是任何频率的机械振动都能引起听觉，只有频率在一定的范围内的振动才能引起听觉。人们把能引起听觉的机械波称为声波，频率在20~20000Hz之间。频率低于20Hz的机械波称为次声波，频率高于20000Hz的机械波称为超声波。
- 对于宏观缺陷检测的超声波，其常用频率为0.5~25MHz，对钢等金属材料的检测，常用频率为0.5~10MHz。超声波频率很高，由此决定了超声波具有一些重要特性，使其能广泛应用于无损检测：
 - a) 超声波方向性好；
 - b) 超声波能量高；
 - c) 能在界面上产生反射、折射、衍射和波形转换；
 - d) 超声波穿透能力强。

1.1 超声波检测

- **超声波检测UT(Ultrasonic Testing)**工业上无损检测的方法之一。超声波进入物体遇到缺陷时，一部分声波会产生反射，发射和接收器可对反射波进行分析，就能精确地测出缺陷来，并且能显示内部缺陷的位置和大小，测定材料厚度等。无损检测方法的应用领域是一个很大的领域，并且不断扩大。
- 从技术原理来看，人们能够听到声音是因为声波传到了我们的耳内，声波的频率在 20HZ~20,000HZ，频率低于或超过上述范围时人们无法听到声音，频率低于 20HZ 的声波称为次声波，频率超过 20,000HZ 的声波称为超声波。声波、次声波、超声波都是机械波，有声速、频率、波长、声压、声强等参数，在界面也会发生反射、折射。

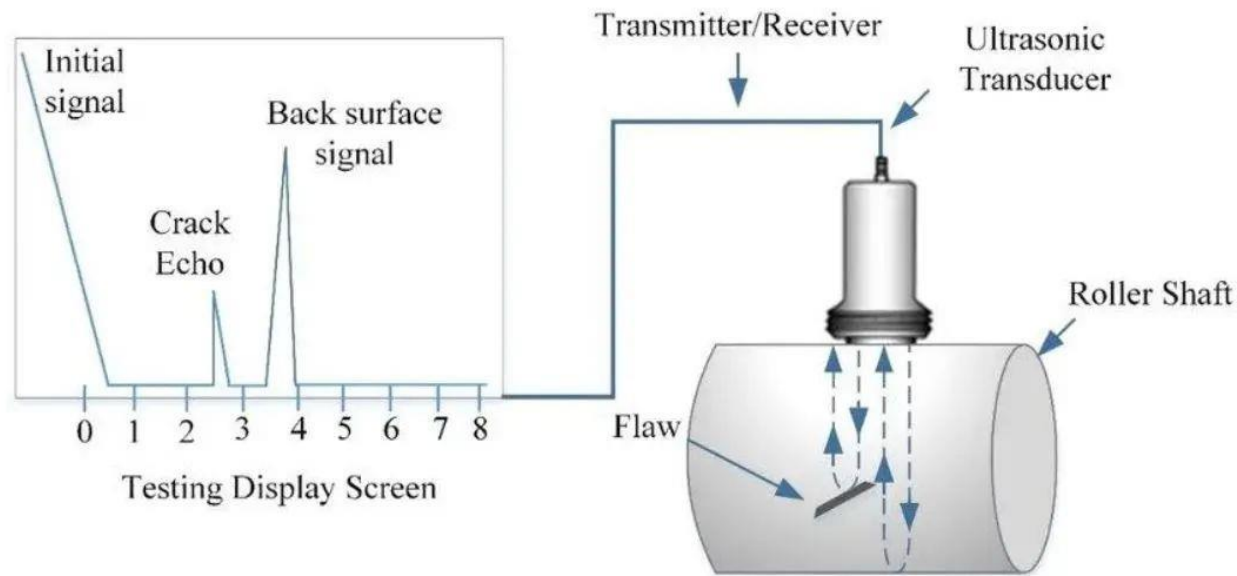
图表1：超声波的反射与折射



1.1 超声波检测

- 机械波在材料中能以一定的速度和方向传播，遇到声阻抗不同的异质界面（如缺陷或被测物件的底面等）就会产生反射、折射和波形转换。这种现象可被用来进行**超声波探伤**。
- **超声波检测**按照其原理可分为缺陷回波法、透射法、共振法。
- 按波形分可分为纵波、横波、表面波等：
 - 1、纵波是用来探测金属铸锭、坯料、中厚板、大型锻件和形状比较简单的制件中所存在的缺陷；
 - 2、横波是探测管材中的周向和轴向裂缝、划伤、焊缝中的气孔、夹渣、裂缝、未焊透等缺陷；
 - 3、表面波可探测形状简单的铸件上的表面缺陷；板波可探测薄板中的缺陷。

图表2：超声波检测示意图



1.2 不同的超声波检测方法

• 共振法

- 利用测试样品两个平行限制面之间的反射、利用材料的共振现象来检测其特定的声学特性。通过在材料中产生共振频率的声波，并观察反射或传递的信号，可以推断材料的性质和结构。

图表3：共振法示意图

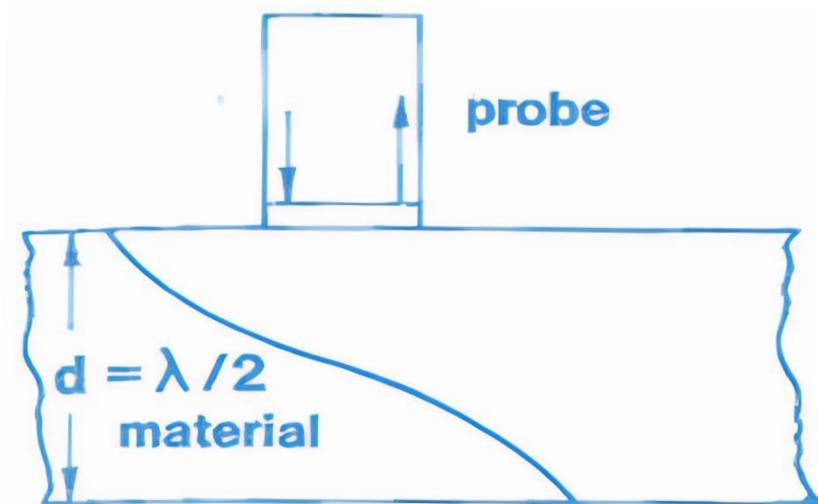


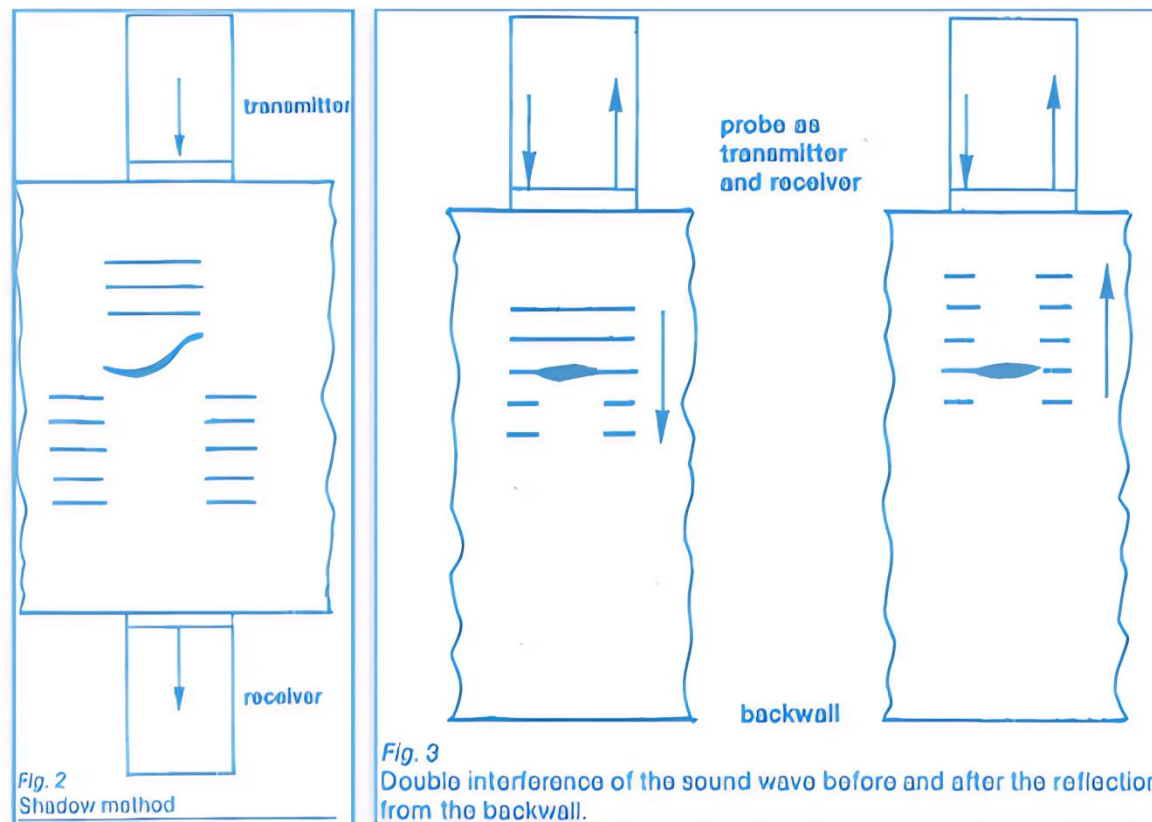
Fig. 1
Resonance if the wave length λ
corresponds exactly to $2d$
(resonance method)

1.2 不同的超声波检测方法

• 透射法

- 透射法也称为透声法或阴影法。该方法利用材料界面（材料不连续性）的遮蔽效应。该方法使用两个相对的超声探头，一个作为发射器，一个作为接收器。通过检测超声波在材料中的传播情况，包括透射、吸收和散射等，来评估材料的均匀性和缺陷，也可以使用探头位于测试样品一侧的“镜像-阴影法”。

图表4：透射法示意图

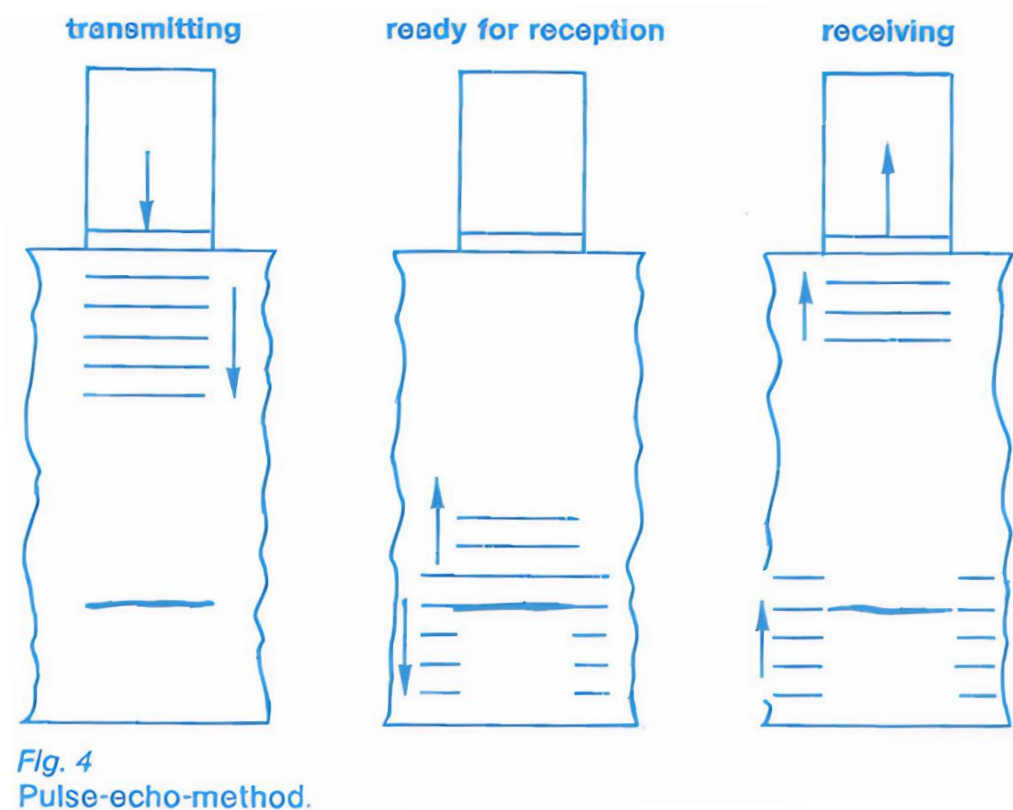


1.2 不同的超声波检测方法

• 回波法

- 该方法利用材料中的不连续性反射的信号。发射探头可以与接收探头相同，也可以使用独立的发射和接收探头。
- 最重要的回波方法，同时也是所有超声波检测方法中最常用的方法，是脉冲回波法。通过使用超声脉冲，不仅可以评估反射指示的大小（回波幅度），还可以评估回波传播时间。因此，可以获得有关反射体大小和位置的数据。如果了解反射体的位置（来自底部），则可以通过传播时间来评估材料的结构。如果不知道反射体的位置，但了解材料的特性（衰减、声速），则可以进行壁厚测量等。

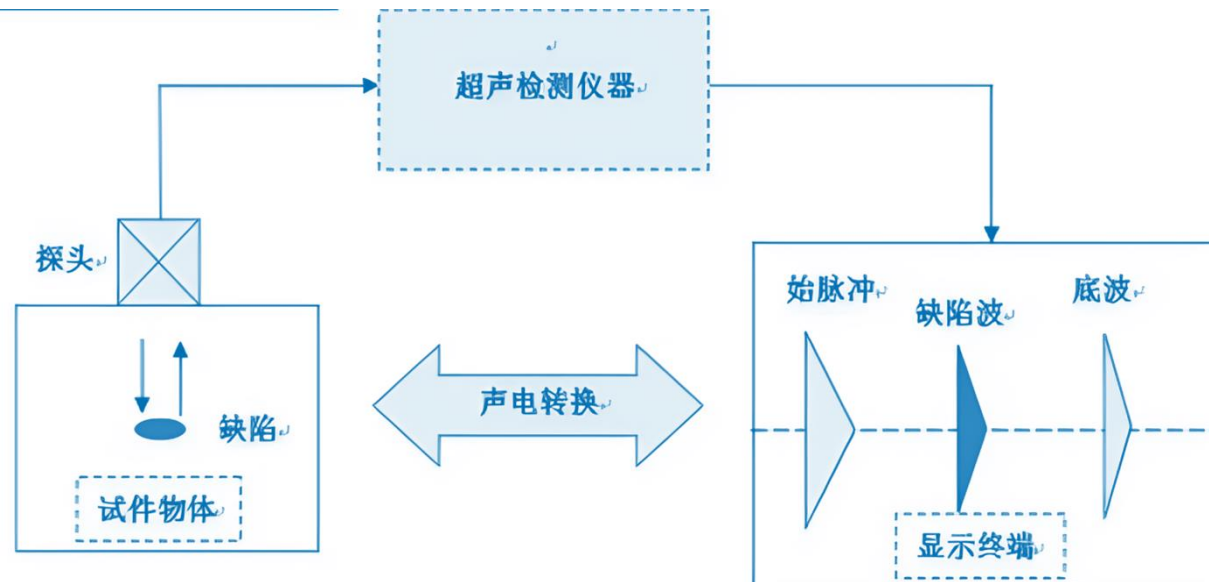
图表5：回波法示意图



1.3 超声无损检测

- 传统超声检测采用脉冲法进行检测，高压发生器发出的电压施加在探头上，由于压电效应的存在探头发射出超声波脉冲，通过声耦合介质（如机油或水等）进入材料并在其中传播；遇到缺陷后，部分反射能量沿原途径返回超声探头，超声探头又将其转变为电脉冲，经仪器放大而显示在显示端的荧光屏上。根据缺陷反射波在荧光屏上的位置和幅度（与参考试块中人工缺陷的反射波幅度作比较），即可测定缺陷的位置和大致尺寸。

图表6 脉冲法超声检测工作原理



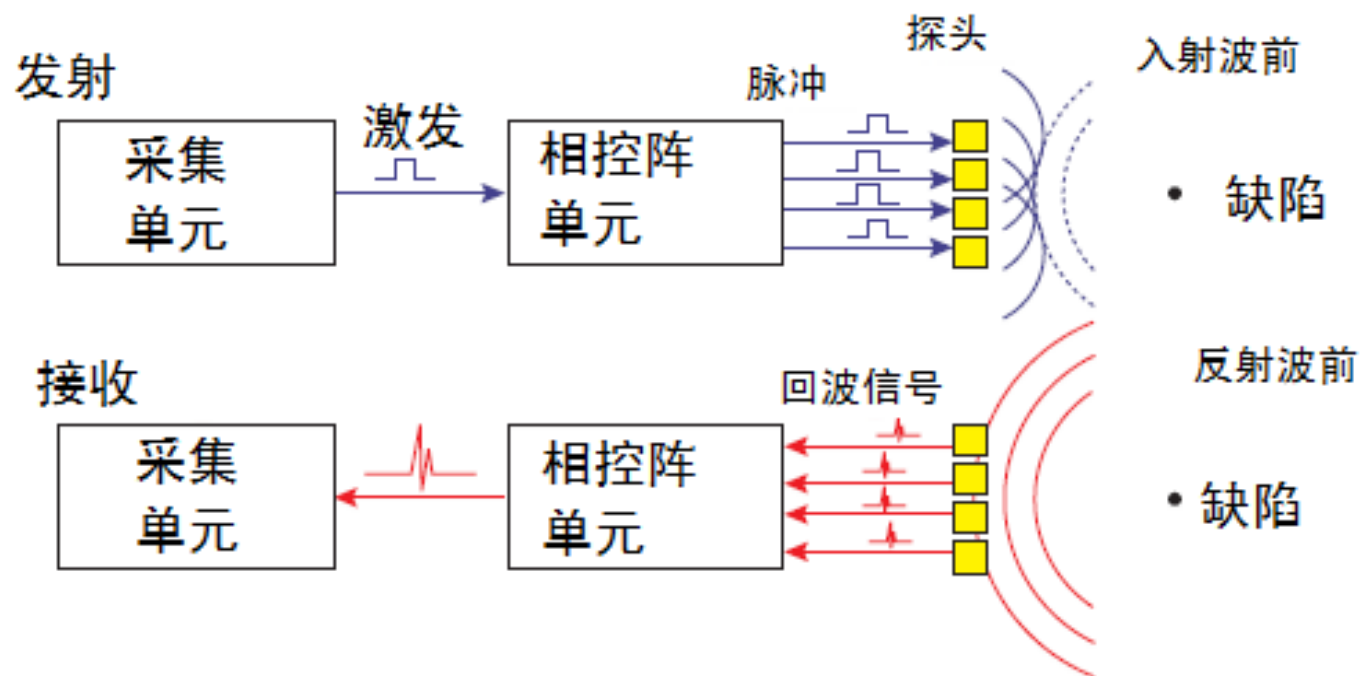


1.3 超声无损检测

- 脉冲回波探伤法通常用于锻件、焊缝等的检测。可发现工件内部较小的裂纹、夹渣、缩孔、未焊透等缺陷。被检测物要求形状较简单，并有一定的表面光洁度。为了成批地快速检查管材、棒材、钢板等型材，可采用配备有机械传送、自动报警、标记和分选装置的超声探伤系统。
- 近年来，超声无损检测仪器的数字化和电子计算机技术的快速发展催生了超声检测新技术的开发，**超声相控阵技术（PAUT）逐渐成为无损检测行业主要技术发展趋势**，应用范围得到了不断推广，传统的常规脉冲回波超声技术正逐渐被超声相控阵技术和全聚焦技术等替代。
- 超声相控阵技术是借鉴相控阵雷达技术的原理发展起来，起先应用于医学领域，最初系统的复杂性、固体中波动传播的复杂性及成本费用高等原因使其在工业无损检测中的应用受限，随着电子技术和计算机技术的发展，超声相控阵技术逐渐用于工业无损检测，尤其是在核工业与航空航天领域取得了很多技术上的突破，并越来越广泛地应用于锅炉、压力容器、轨道交通、航空航天无损检测。

1.3 超声无损检测

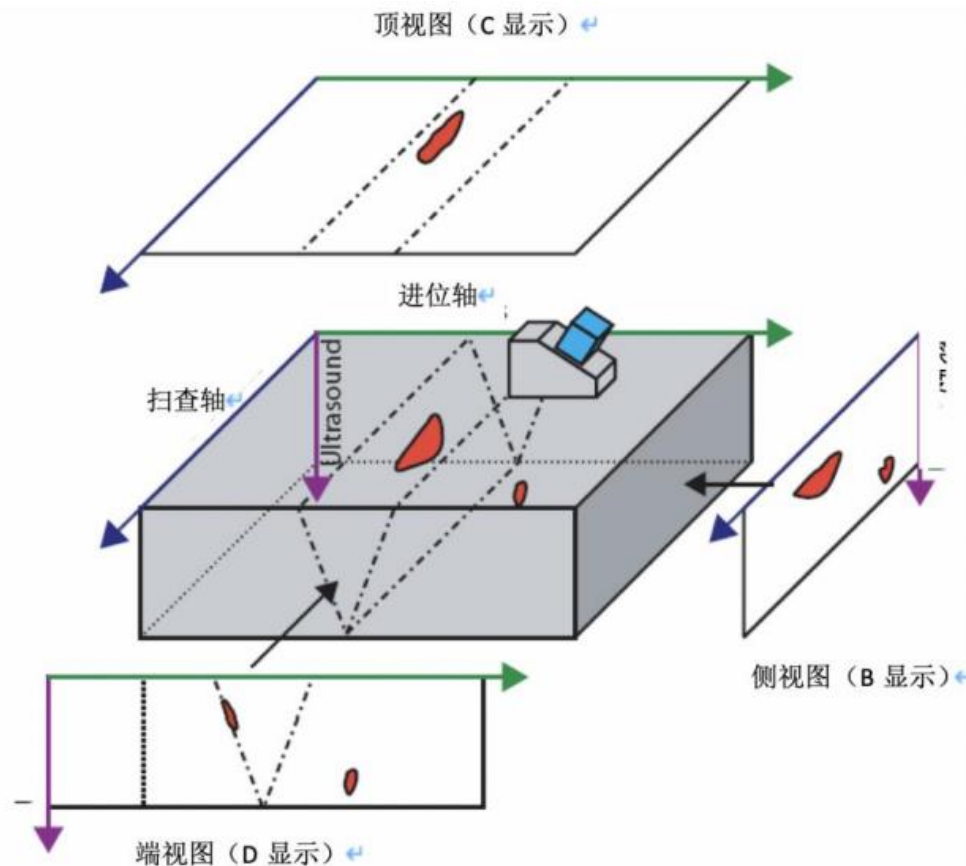
图表7 相控阵检测原理图



1.3 超声无损检测

- 依据相控阵技术，相控阵超声检测仪较常规工业超声探伤仪相比具有如下显著优势：
- 第一，可大幅提高检测速度，可实现多角度扫查，通过独有的S扇扫描，相当于拥有多种角度的探头同时工作，检测效率以及缺陷检出率更高，适用于批量生产和自动化生产。相控阵超声波信号可以形成多种显示，包括A显示、B显示、C显示、D显示和S显示，通过平面投影图形成顶视图、侧视图和端视图；

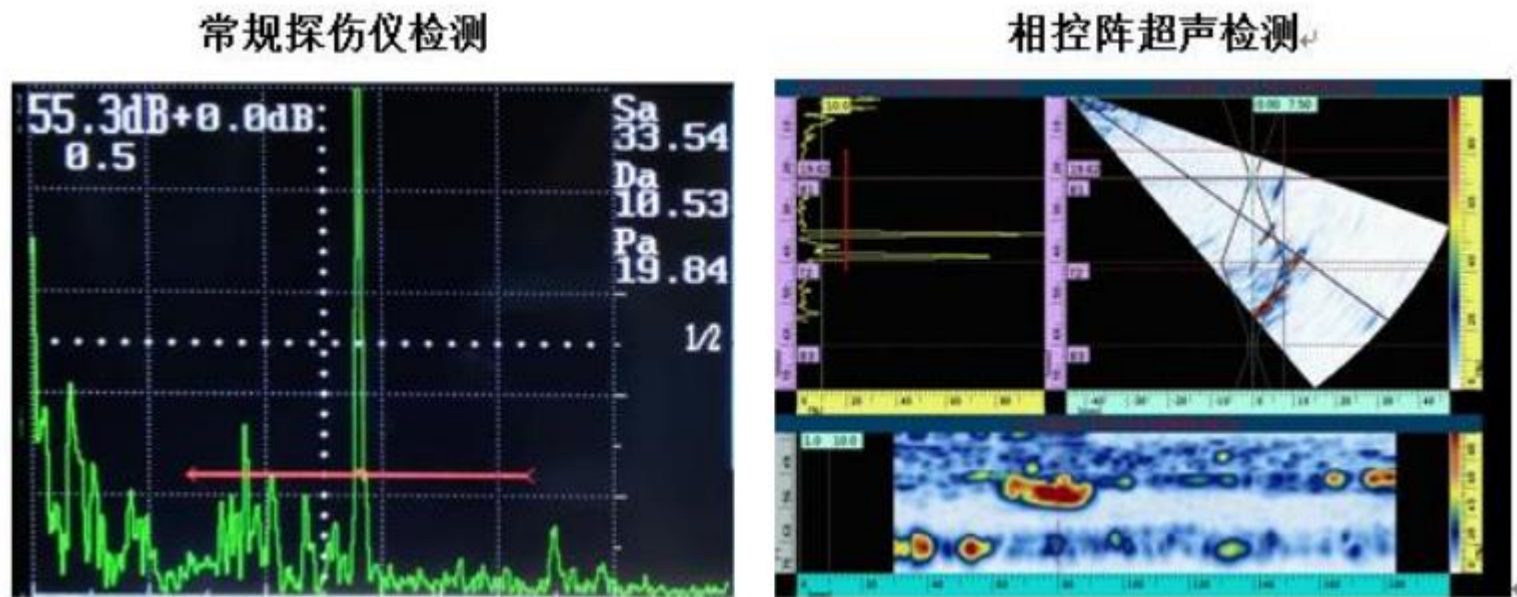
图表8 相控阵超声波信号显示



1.3 超声无损检测

- 第二，超声相控阵检测仪可以实现直观的图像化检测结果，一些高端的设备甚至可以3D 的形式实时显示检测状态，直观显示产品结构及缺陷分布，而常规工业超声探伤仪只能通过波形来分辨产品缺陷，检测结果不直观且对分析人员的技术水平要求很高。

图表9 检测仪对比



资料来源：多浦乐招股说明书，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明

更多免费行业报告

并购家

www.ipoiipo.cn

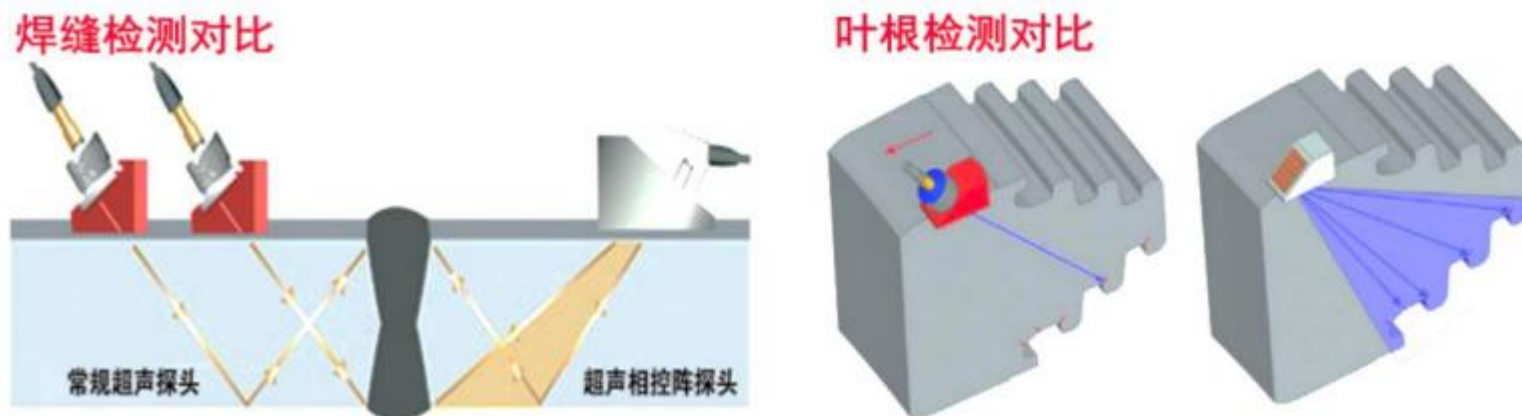
华安证券研究所

15

1.3 超声无损检测

- 第三，相控阵超声检测仪对于形状复杂的工件具有更大的优势，能够解决很多常规工业探伤仪不能解决的难题，如检测涡轮叶片的叶根，常规工业超声探伤仪因为探头声束角度单一，存在很大的盲区，容易造成漏检。
- 第四，常规工业超声探伤仪精度相对较低、远距离传输和大规模存储困难，大部分难以实现位置编码记录，无法进行数据的全记录以及复杂的分析处理：超声相控阵技术是基于相位控制的声束合成技术，精度高，可实现待测区域的声能集中检测，并具有多样的可视化显示，能够实现海量数据的长期保存，形成工业检测“数字底片”，取用、再分析及通讯传输方便，更符合工业自动化、智能化的需求。

图表10 探头对比

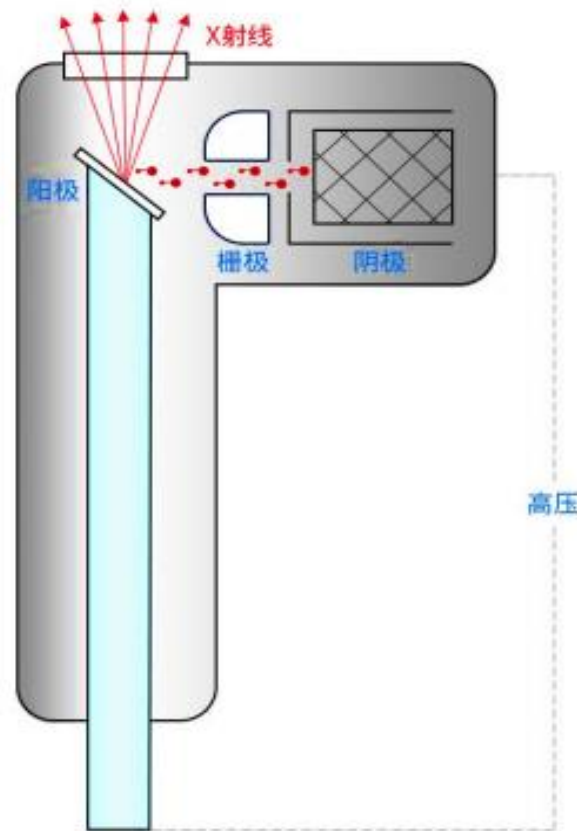


资料来源：多浦乐招股说明书，华安证券研究所整理

1.4 超声波检测与射线检测

- 作为五大常规无损检测方法之一的射线检测（Radiology），在工业上有着非常广泛的应用。
- X射线与自然光并没有本质的区别，都是电磁波，只是X射线的光量子的能量远大于可见光。它能够穿透可见光不能穿透的物体，而且在穿透物体的同时将和物质发生复杂的物理和化学作用，可以使原子发生电离，使某些物质发出荧光，还可以使某些物质产生光化学反应。如果工件局部区域存在缺陷，它将改变物体对射线的衰减，引起透射射线强度的变化，这样，采用一定的检测方法，比如利用胶片感光，来检测透射线强度，就可以判断工件中是否存在缺陷以及缺陷的位置、大小。

图表11 X射线真空管结构示意图



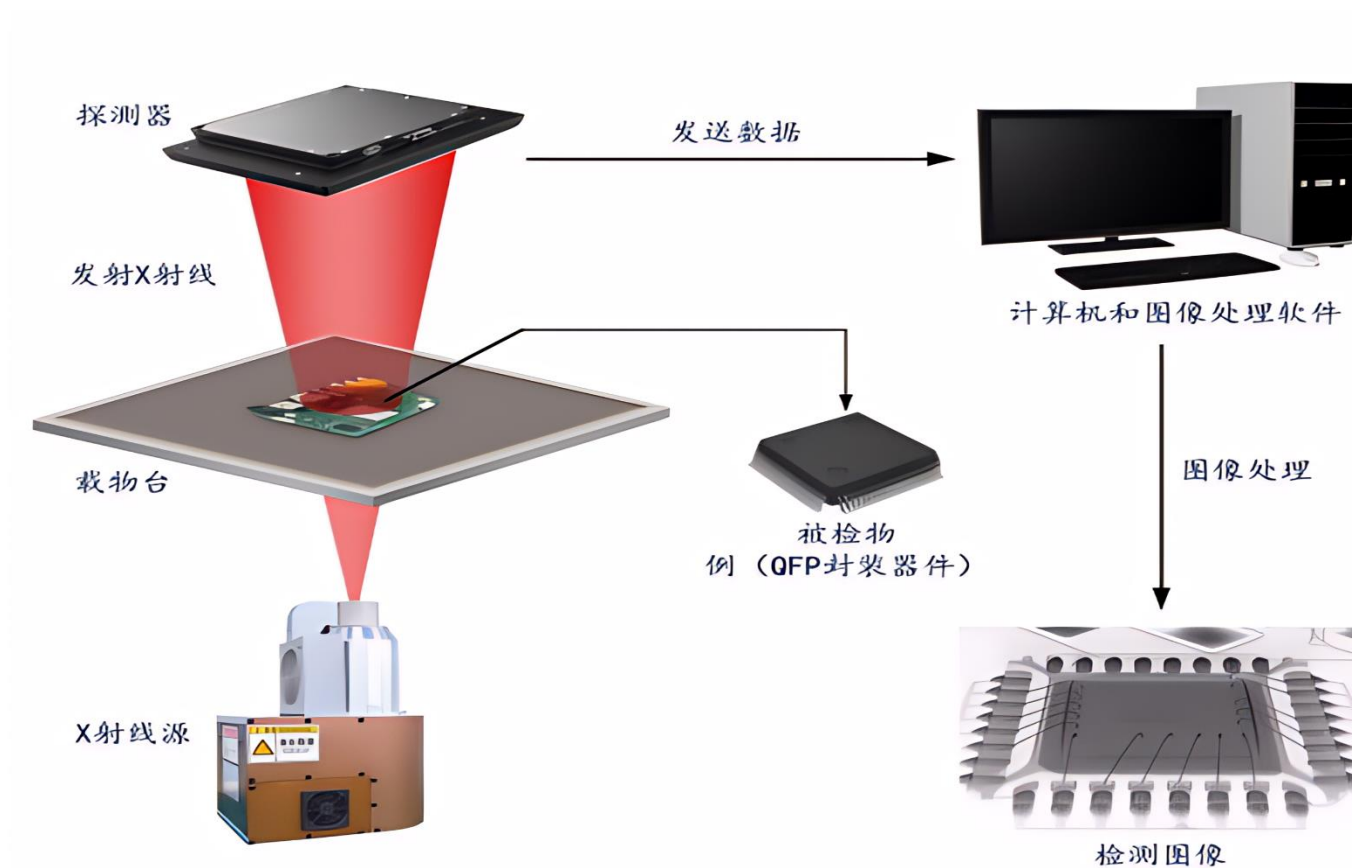


1.4 超声波检测与射线检测

- (1) X射线的特性 X射线是一种波长很短的电磁波，是一种光子，波长为0.001~100nm
- X射线有下列特点：
 - ① 穿透性：X射线能穿透一般可见光所不能透过的物质。其穿透能力的强弱，与X射线的波长以及被穿透物质的密度和厚度有关。X射线波长愈短，穿透力就愈大；密度愈低，厚度愈薄，则X射线愈易穿透。在实际工作中，通过球管的电压伏值(kV)的大小来确定X射线的穿透性(即X射线的质)，而以单位时间内通过X射线的电流(mA)与时间的乘积代表X射线的量。
 - ② 电离作用：X射线或其它射线(例如γ射线)通过物质被吸收时，可使组成物质的分子分解成为正负离子，称为电离作用，离子的多少和物质吸收的X射线量成正比。通过空气或其它物质产生电离作用，利用仪表测量电离的程度就可以计算X射线的量。检测设备正是由此来实现对零件探伤检测的。X射线还有其他作用，如感光、荧光作用等。
- (2) 影像形成原理
- X线影像形成的基本原理，是由于X线的特性和零件的致密度与厚度之差异所致。

1.4 超声波检测与射线检测

图表12 工业 X 射线检测原理



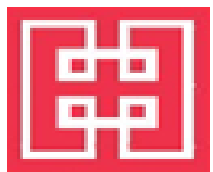
1.4 超声波检测与射线检测

图表13 超声波检测与射线检测对比

	超声波检测	射线检测
方式	利用超声波能透化金属复合材料的最深处，并由一横截面进到另一断面时，在页面边沿产生反射的特征来检查零件缺陷的一种方法	利用某类射线来检查焊接内部结构缺陷的一种方法
基本原理	波束天线自零件表面由摄像头通至金属材料内部结构，碰到缺陷与零件底边的时候就各自产生反射波，在荧屏上产生脉冲波形，依据这种脉冲波形来判定缺陷位置和尺寸	射线因焊接缺陷对射线的吸收不一样，使射线落到胶卷里的抗压强度不一样，胶卷光感应水平也不一样，这样就可以准确、靠谱、非破坏地表明缺陷的形态、位置和尺寸
优点	超声波探伤比X射线探伤检测具有很高的探伤检测敏感度、周期时间短、低成本、灵便便捷、高效率，对人体健康没害等特点	透照时间较短、速度更快，查验薄厚低于30mm时，表明缺陷的灵敏度高，射线对大小型缺陷比较敏感
缺点	对工作表面规定光滑、需要富有经验的检验人员才可以鉴别缺陷类型、对缺陷并没有形象性；超声波探伤适用于薄厚比较大的零件检测。	表明缺陷的灵敏度高，但设施繁杂、花费大，透过水平比γ射线小。对条状缺陷，尤其是厚钢板中细小的未焊透（熔入不够）或微裂纹等难以发觉
适用优势	超音波优势在于面缺陷的检测	射线的检测优势在于容积型缺陷的检测

资料来源：宁波至信检测技术有限公司官网，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明



华安证券
HUAAN SECURITIES

HAMECS

目录

1 超声检测基本介绍

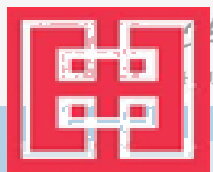
2 超声检测基本原理

3 超声检测，保证国民经济各行业高质量发展

4 建议关注公司

5 风险提示





华安证券
HUAAN SECURITIES

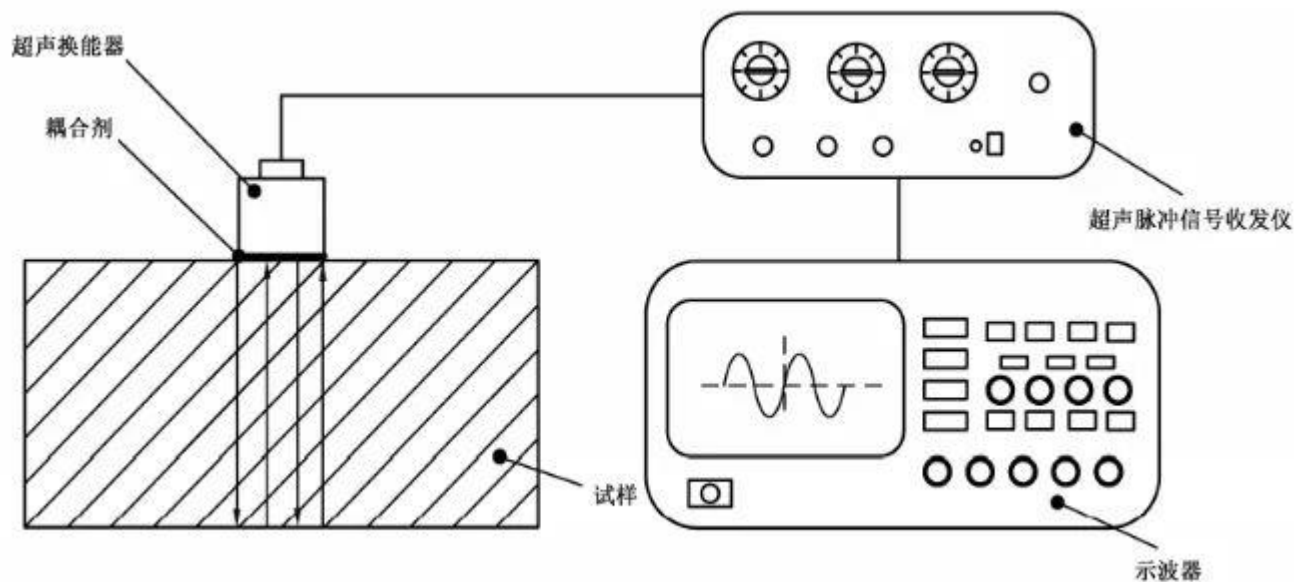
证券研究报告

02 超声检测基本原理

2.1 超声波检测的应用

- 随着对超声波的不断研究和探索，除了无损探伤外人们还利用超声波在材料中的声速、衰减或共振频率测定金属材料的弹性模量、硬度、内应力、厚度、钢的淬硬层深度等，还可以通过超声波进行泄漏检测。
- 利用超声波测定金属材料的弹性模量和泊松比
- 固体材料中的超声波传播速度由弹性模量和密度决定。在已知材料密度的基础上，通过测量超声波在固体材料中的传播速度，计算获得材料的弹性模量和泊松比，检测方法包括适用于块状试样的体波法和适用于圆形截面杆状式样的导波法。

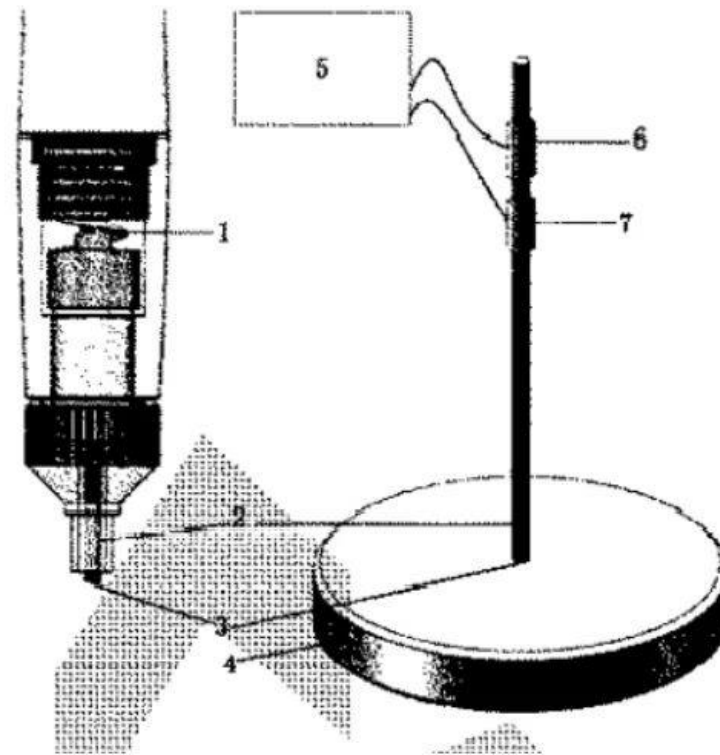
图表14 体波法弹性模量和泊松比检测系统示意图



2.1 超声波检测的应用

- 利用超声波测定金属材料的硬度
- 超声接触阻抗法是一种非直接测量压痕的动态压入法，端部镶有特定压头(如正四棱锥体金刚石压头)的振动杆受到激励做纵向超声振动，用一定的试验力将压头压入试验表面，振动杆的纵向振动将受到阻抗，谐振频率发生变化。其变化量与压痕表面积和系统的有效弹性模量成函数关系，硬度值由频率变化量得到。

图表15 UCI探头工作示意图

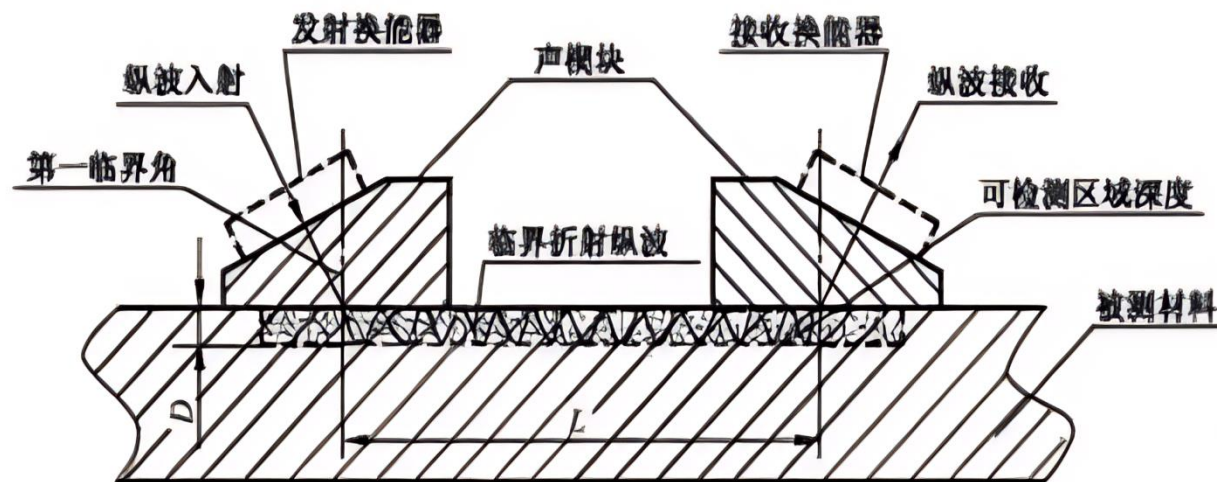


1- 施加试验力的金属弹簧;2-振动杆;3-压头;4-试样;5-共振增强器;6-接收器;7-发射器

2.1 超声波检测的应用

- 利用超声波测定残余应力
- 材料受到应力影响后会导致超声波在材料内部传播速度的变化，速度的快慢受到超声波入射的波长、传播方向和材料内部应力等情况的影响，超声波入射的波长，波形是可控的，我们控制入射波长、波形和传播方向后只需要再测定超声波在材料内传播速度的变化就能得到残余应力的变化。

图表16 超声临界折射纵波收发原理及残余应力检测区域



资料来源：压力与变形控制，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明

更多免费行业报告

并购家

www.ipoipo.cn

华安证券研究所

25



2.1 超声波检测的应用

• 利用超声波测定金属材料的厚度

- 超声波测厚是根据超声波脉冲反射原理来进行厚度测量的，当探头发射的超声波脉冲通过被测物体到达材料分界面时，脉冲被反射回探头，通过精确测量超声波在材料中传播的时间来确定被测材料的厚度。凡能使超声波以一恒定速度在其内部传播的各种材料均可采用此原理测量。按此原理设计的测厚仪可对各种板材和各种加工零件作精确测量，也可以对生产设备中各种管道和压力容器进行监测，监测它们在使用过程中受腐蚀后的减薄程度。

• 利用超声波测定金属材料的淬硬层深度

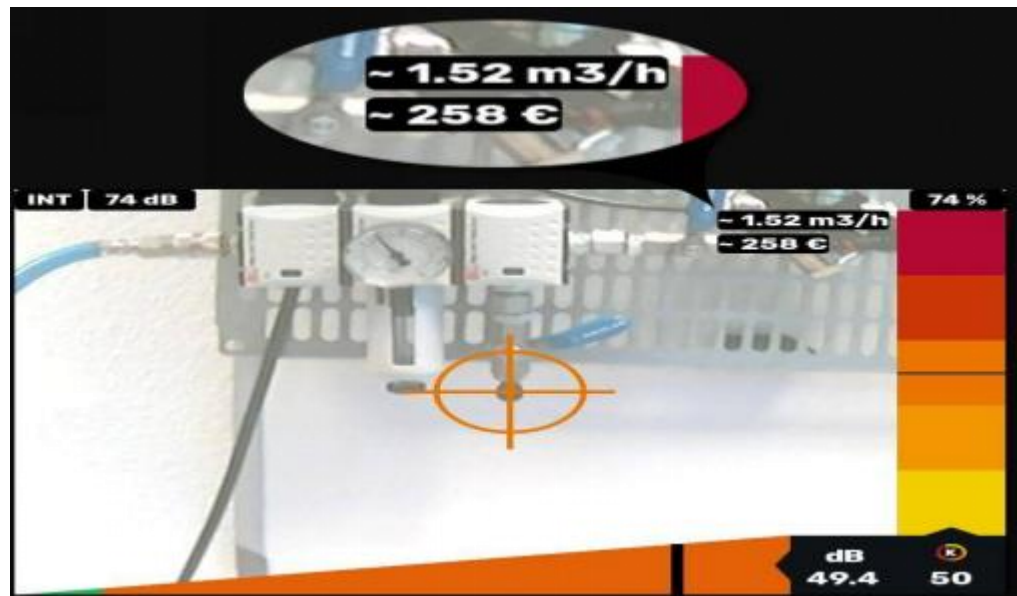
- 由声波产生的高频振动会沿着均匀固体介质以相同的方式传播，就像直线光束一样。当遇到其他物体、空气、液体或者其他不同材质的固体的分界面时，声纳系统中的回波检测仪就会根据这些反射回来的超声波脉冲检测到分界面的存在，通过计算可以确定具体方位。
- 基于超声波背散射现象，当超声频率在500KHz到25MHz时，各种频率的声束都能够穿透致密晶粒的材料。然而当高频声束作用于粗糙晶粒材料时，这时声波在分界面上产生散射，散射回波与入射波发生干涉，又称背散射干涉。材料表面经过高频感应淬火后在表面会产生一种具有致密晶粒的硬化层，这种结构和没有经过硬化处理的材料结构不同，特别是在晶粒大小方面具有明显的不同。高频的超声波可以穿过致密晶粒，并且在致密晶粒和粗糙晶粒交界处发生散射，形成超声背散射效应，该现象用来测量硬化层的深度。

2.1 超声波检测的应用

• 超声波泄漏检测

- 如果一个容器内或管道内充满气体,当其内部压强大于外部压强时,由于内外压差较大,一旦容器有漏孔,气体就会从漏孔冲出。声波振动的频率与漏孔尺寸有关,漏孔较大时人耳可听到漏气声,漏孔很小且声波频率大于20kHz时,人耳就听不到了,但它们能在空气中传播,被称作空载超声波。
- 超声波是高频短波信号,其强度随着传播距离的增加而迅速衰减。超声波具有指向性。利用这个特征,即可判断出正确的泄漏位置。超声波泄漏检测仪器的主机(暨接收端)可工作于被动态与主动态;当对输气管道进行实时检查时,可单独使用它,利用它捕捉气体泄漏时所产生的微小的超声波信号,即可判断出正确的泄漏位置。这种工作方式被称为被动态。

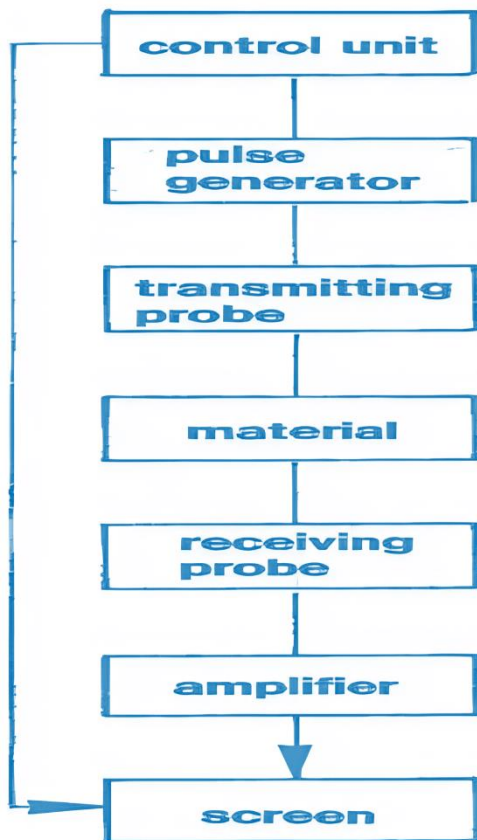
图表17 超声波泄漏检测仪



2.2 超声波检测的组件

- **控制单元：**该单元确定测试周期的顺序，即何时发送和何时接收和评估。
- **超声波脉冲发生器：**产生的脉冲引起探头机械振荡。
- **探头：**探头将电脉冲转换为机械振荡（超声波），反之亦然，将声音振动转换为电信号。发射和接收探头可以相同（单探头操作），也可以分开（TR操作，串联操作）。
- **放大器：**放大并过滤探头接收和转换的信号。增益可以是线性或对数。
- **评估：**有时已经通过增益特性完成。通常，信号被分为低于或高于阈值的信号。执行此操作的仪器称为监控器。
- **输出：**经转换和评估的接收信号可以根据预选程序进一步处理，并且可以打印、显示或存储。

图表18 超声波检测设备基本布局



2.3 超声波检测技术发展趋势

- 随着“工业4.0”的推动，给超声无损检测技术的研究和应用提出了更高要求，也带来了新的发展机遇。为了满足工业装备智能化、高质量制造和高可靠性应用的检验检测需要，超声无损检测技术与设备向着专用精量化、自动化、全过程无人化和数据管理智能化的方向发展。

图表19 超声波检测技术发展趋势



专用化、精量化

随着检测环境和待检对象的多样化、复杂化和多元化，单一检测设备或者通用化检测方法已经无法满足所有客户需求，需要针对具体被检物定制化研究专用检测工艺方法和技术标准。因此，针对特定客户的专项检测要求开发定制化的检测方法和设备，将是超声无损检测的一个发展趋势，也是提高超声检测适用范围的有利途径。



自动化

智能化是“工业4.0”发展的目标。自动化检测设备集成了超声相控阵检测仪器或超声板卡、检测方法、超声换能器及扫查装置、机械传动、自动化控制、自动化机器人等多个领域，其采用机械装置夹持超声换能器和传动被检测工件，通过电气控制系统进行扫查覆盖，实现检测参量设置、激励控制、探测控制、扫描成像控制、数据管理和检测结果分析与评定过程的自动化。



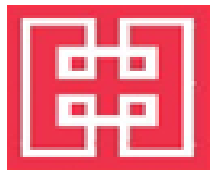
自主化

目前我国在无损检测新技术相关的关键器件和高端设备上依赖进口，部分自主集成建立的检测设备的性能也取决于国外器件性能，在可设计性、可集成性、检测性能和自动化程度等方面受到限制。而国外成套检测设备一般成本高昂、交货期长，且容易受到国外政策封锁禁运或限制，这已成为制约我国无损检测技术向自动化、智能化方向发展的一个主要因素。



向在役监测及检测 大数据分析发展

随着通信技术和物联网技术等的发展，一方面，超声在役监测在石化、压力容器等领域率先获得应用，对大量监测数据的汇总处理是实现失效预现，提高结构使用安全的有效手段；另一方面，超声检测发现的大量缺陷对于结构安全性影响程度的研究，是工业设计部门选材的重要依据，在超声检测所能发现的缺陷尺寸越来越小的情况下，建立相关数据库，是未来超声无损检测的一个发展趋势。



目录

1 超声检测基本介绍

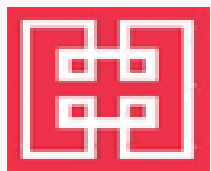
2 超声检测基本原理

3 超声检测，保证国民经济各行业高质量发展

4 建议关注公司

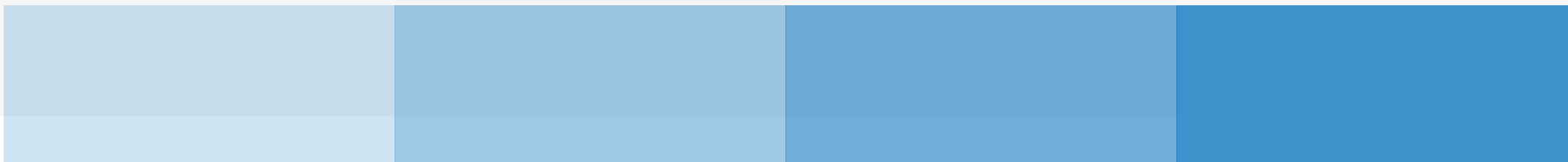
5 风险提示





华安证券
HUAAN SECURITIES

040003



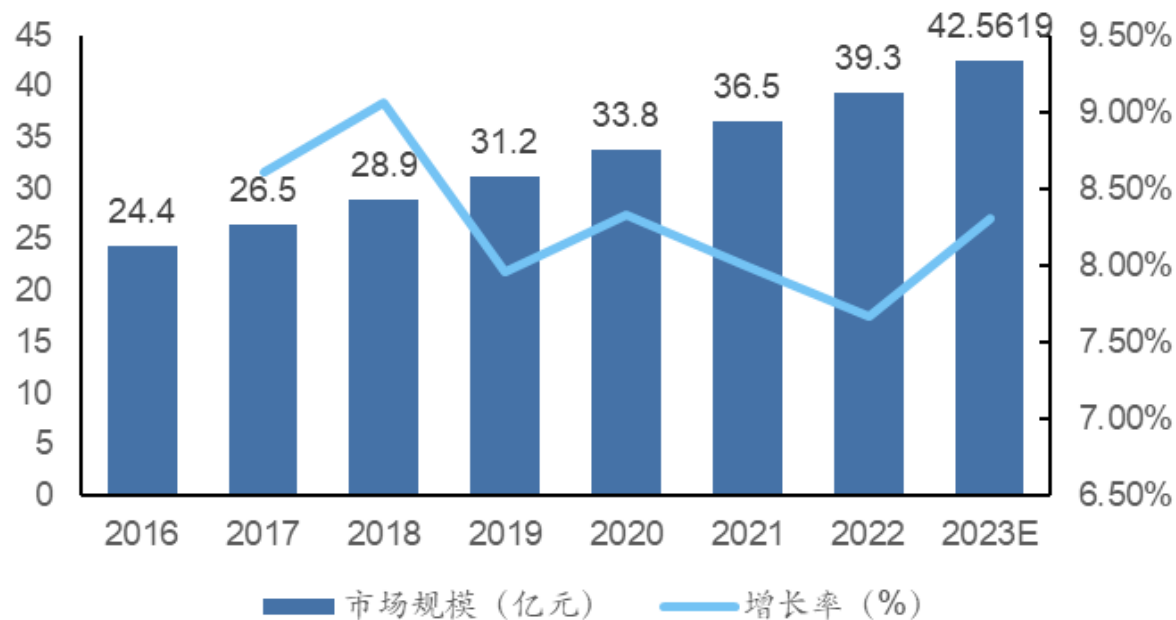
03 超声检测，保证国民经济各行业高质量发展



3.1 超声波检测行业市场规模

- 随着全球经济高速发展，无损检测行业应用领域不断拓宽，其市场规模也保持了快速增长态势。据Markets and Markets研究数据统计，2018年全球无损检测市场(NDT)容量约为83亿美元，预计到2024年全球市场规模将达到126亿美元，其中超声检测将占据最大比例的市场份额。2016年超声检测(UT)市场容量为24.4亿美元，预计2022年超声检测市场规模增长至39.3亿美元，2016-2022年CAGR为8.3%。

图表20 超声检测全球市场规模



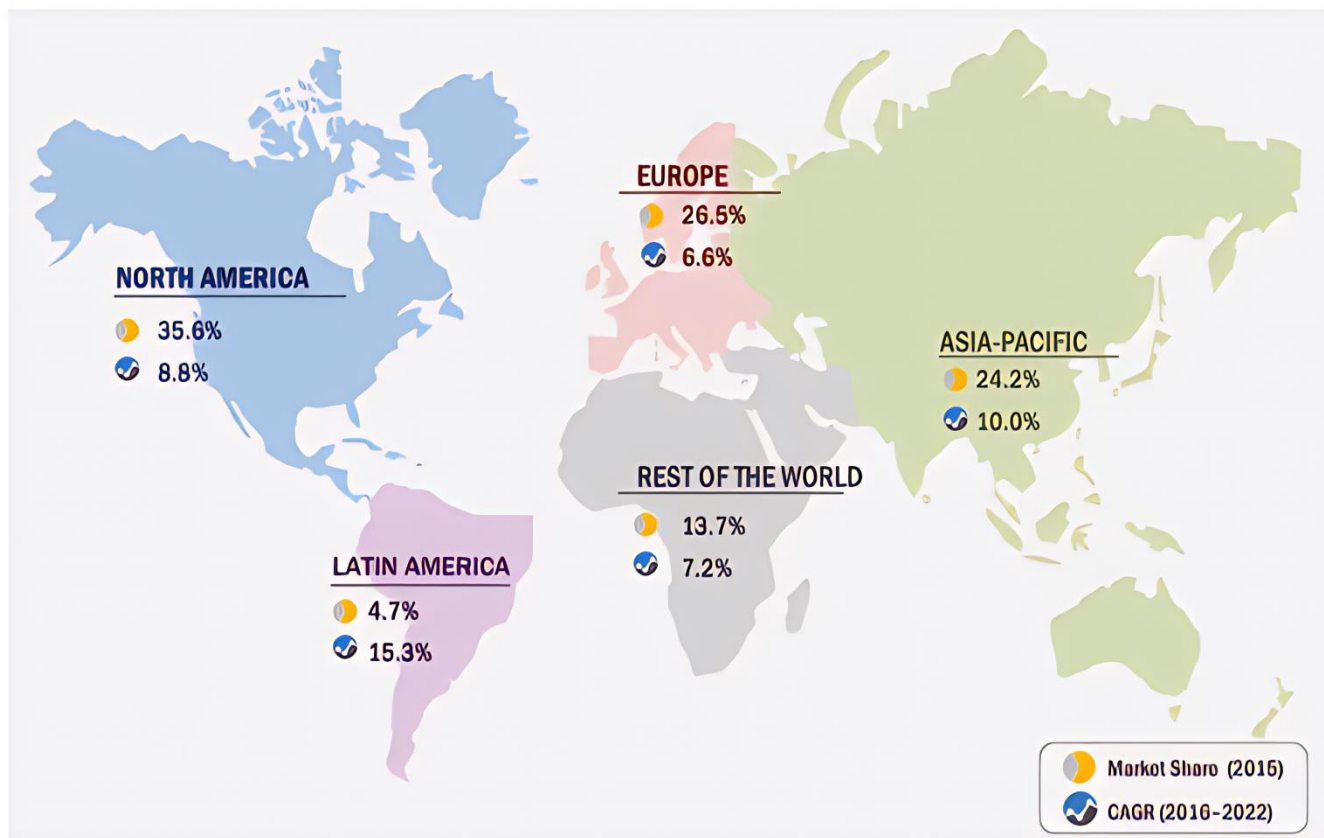
资料来源：多浦乐招股说明书，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明

3.1 超声波检测全球市场规模

- 当前美国是超声无损检测市场消费额最高的国家，2015年约占全球无损检测仪器市场的35.6%：其次是欧洲，占据了整个市场容量的26.5%左右。
- 近年来，由于亚太地区基础设施的快速发展和制造业自动化水平的持续提升，中国、印度、日本和韩国等亚洲国家已经成为全球无损检测市场的主要增长区域，约占整个市场容量的24.2%。

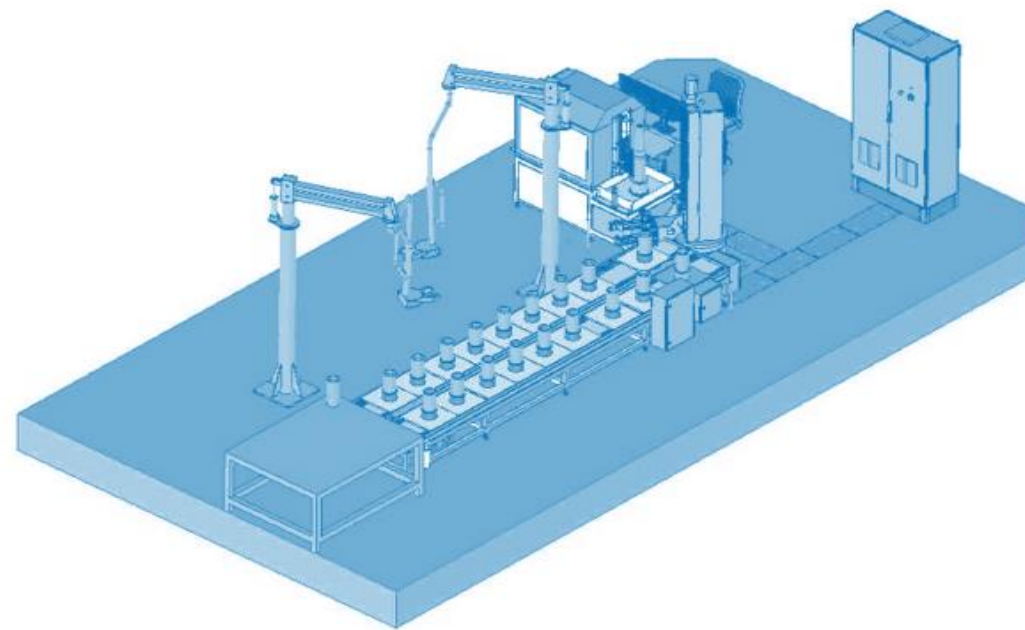
图表21 超声检测全球市场规模分布



3.1 超声波检测全球市场规模

- 总体来看，全球无损检测行业一直保持持续增长，同时，随着自动控制技术、计算机技术和传感器技术的高速发展，无损检测技术已经进入到以计算机控制为主的信息加工时代，在尽可能提高检测可靠性的基础上，力争实现由无损检测（NDT）向无损评价（NDE）的顺利升级。近年来，超声检测作为无损检测的先进技术代表已经率先进入现代化进程，目前正朝着数字化、自动化、智能化和图像化的科技方向不断前进。

图表22 超声波检测自动化





3.2 超声波检测国内市场规模

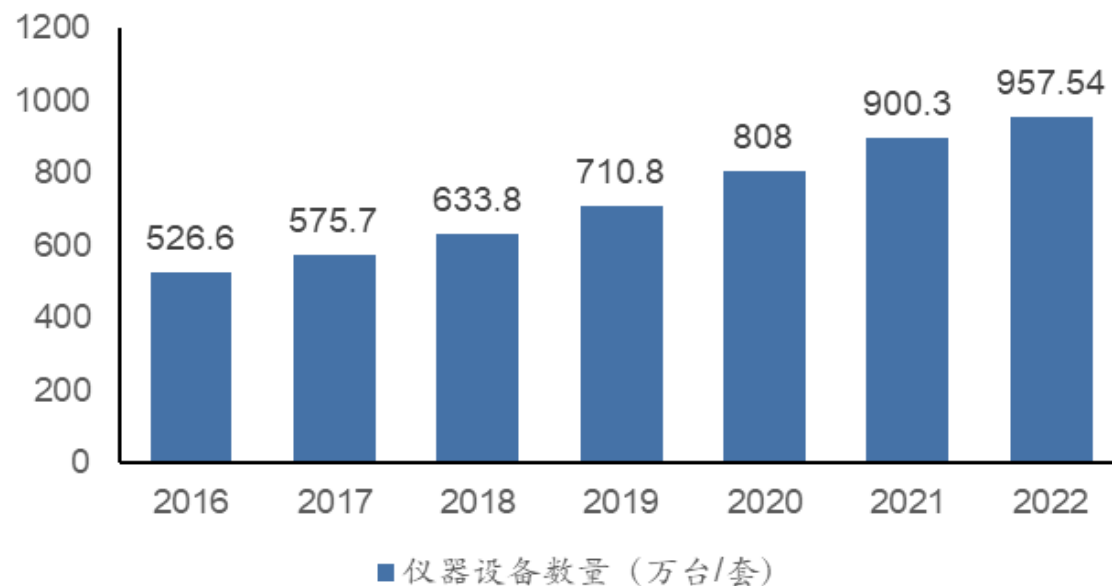
- 相比西方发达国家，我国检测行业的发展历史比较短。20世纪80年代，我国为了适应改革开放和市场经济建设的需要，同时为推动国内产业的发展，政府在技术法规、标准、合格评定程序等方面制定规定，着手推动在各行业成立了标准化组织、检验检测机构、认证机构等。在我国加入WTO 以后，在外资检测机构的冲击以及我国经济迅速发展带来的检测市场需求的双重因素作用下，我国检测行业进入了快速发展阶段。
- 根据国家市场监管总局发布的数据，截至2021年底，我国共有检验检测机构 51949家、从业人员 151.03万人，分别较上年增长6.19%、6.97%；对社会出具各类检验检测报告6.84亿份、实现营业收入 4,090.22亿元，分别较上年增长 20.58%、14.06%。同时，我国检测机构拥有的各类仪器设备数量规模也呈逐年持续增长趋势。
- 根据市场监管总局发布的《“十四五”认证认可检验检测发展规划》，我国2020年检验检测认证服务产值3881亿元，“十三五”期间年均增长 15%，成为全球增长最快、最具潜力的检验检测认证服务市场，预计到2025年获得资质认定的检验检测机构数量达55,000家，从业人员170万人，营业总收入达5,000亿元。



3.2 超声波检测国内市场规模

- 截至2022年底，我国共有检验检测机构52769家，同比增长1.58%。全年实现营业收入4275.84亿元，同比增长4.54%。从业人员154.16万人，同比增长2.07%。共拥有各类仪器设备957.54万台套，同比增长6.36%，仪器设备资产原值4744.75亿元，同比增长4.84%。2022年共出具检验检测报告6.5亿份，同比下降5.02%，平均每天对社会出具各类报告177.9万份。

图表23 中国检测机构拥有各类仪器设备数量（万台/套）





3.2 超声波检测国内市场规模

- 无损检测作为检验检测的重要方式之一，随着中国经济改革开放形式不断深入，进入了快速发展期。其中，超声无损检测的应用不断拓展，超声检测被大量用于金属材料和构件的检验检测，几乎涵盖了所有的下游工业领域，如特种设备、轨道交通、能源电力、钢铁冶金、航空航天、核电等。随着我国经济持续增长，我国无损检测技术基础研究和应用水平在不断解决这些检测/监测难题时得到快速发展和提高，在此过程中不仅建立了完整的无损检测技术和标准体系，同时对于技术人员的培训考核体系也形成了系统化的规范模式。
- 目前，我国无损检测技术水平能够独立解决我国所有工程需求中的绝大部分技术难题，并能开发出大部分常用的无损检测技术装备和仪器，已成为国际无损检测标准和学术界的中坚力量。根据中国机械工程学会组编的《无损检测发展线路图》，我国目前拥有直接从事或从事与工业无损检测相关技术工作的人员30万名以上，从事无损检测服务的检验检测机构约2,000家，有2万多家机械制造和安装企业拥有自己的无损检测队伍，无损检测行业每年的仪器销售和技术服务超过100亿元。

3.2 超声波检测国内市场规模

- 近年来，随着我国传统产业的转型升级，新兴行业保持高速发展，新材料、新结构和新工业不断涌现，对无损检测行业提供持续发展机遇。与此同时，虽然国内企业总体水平和综合实力有了很大程度的提高，在无损检测基础理论、技术开发、仪器设计和研制及产品应用等方面都已在世界占有重要一席。但在一些高端无损检测仪器制造方面，与欧美等发达国家仍存在一定差距，如在全聚焦相控阵超声检测的应用领域方面，仍然大量采用进口的国际品牌。
- 2017年至2022年我国进口的无损检测设备（不包含探头和配件）情况如下：

图表24 2017-2022年我国无损检测设备进口情况（不包含探头与配件）

产品类型		超声波探伤检测仪	X射线无损探伤检测仪	磁粉探伤检测仪	涡流探伤检测仪	其他
2017年 (万元)	进口额	48928.02	41177.84	3320.89	10398.43	8194.97
	占比	43.68%	36.70%	2.96%	9.28%	7.32%
2018年 (万元)	进口额	56080.94	50310.12	4034.89	12236	16225.05
	占比	40.38%	36.22%	2.91%	8.81%	11.68%
2019年 (万元)	进口额	83392.45	52992.7	3446.62	9670.58	15103.79
	占比	50.66%	32.19%	2.09%	5.87%	9.18%
2020年 (万元)	进口额	70086.01	52026.5	2665.17	9252.15	14846.15
	占比	47.08%	34.95%	1.79%	6.21%	9.97%
2021年 (万元)	进口额	68246.19	50641.36	717.21	8364.72	11354.50
	占比	48.98%	36.35%	0.51%	6.00%	8.15%
2022年 (万元)	进口额	85533.85	55988.84	831.21	7957.85	13583.14
	占比	52.19%	34.16%	0.51%	4.86%	8.19%

资料来源：华经产业研究院，华安证券研究所整理

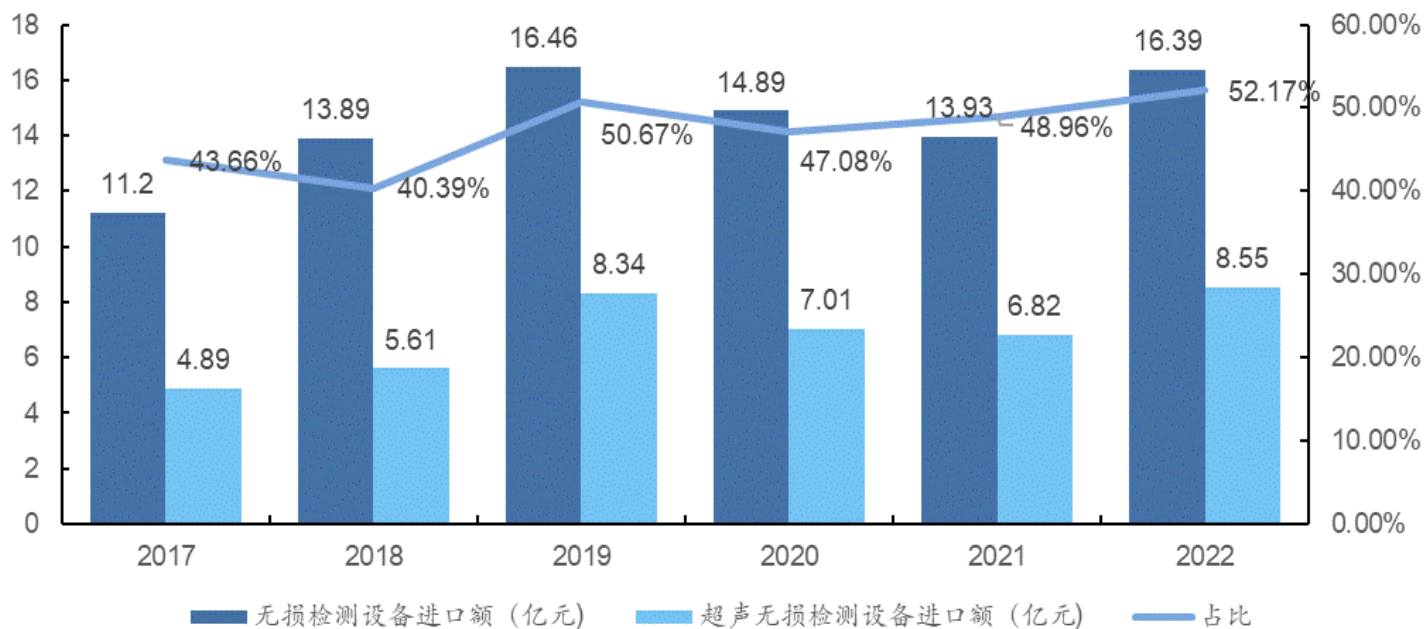
敬请参阅末页重要声明及评级说明



3.2 超声波检测国内市场规模

- 受超声波探伤检测仪进口额逐年快速上升的影响，我国无损检测设备近年来进口额呈持续上升趋势，其中超声波探伤检测仪进口额占无损检测设备的比例总体逐年上升，2017年至2021年的占比分别为43.66%、40.39%、50.67%、47.08%和48.96%。根据海关统计数据，2022年我国无损检测设备进口额为16.39亿元，其中超声波探伤检测仪进口额为8.55亿元，占比为52.17%。

图表25 2017-2022年我国无损检测设备进口情况



资料来源：华经产业研究院，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明



3.3 下游领域应用现状及前景

特种设备

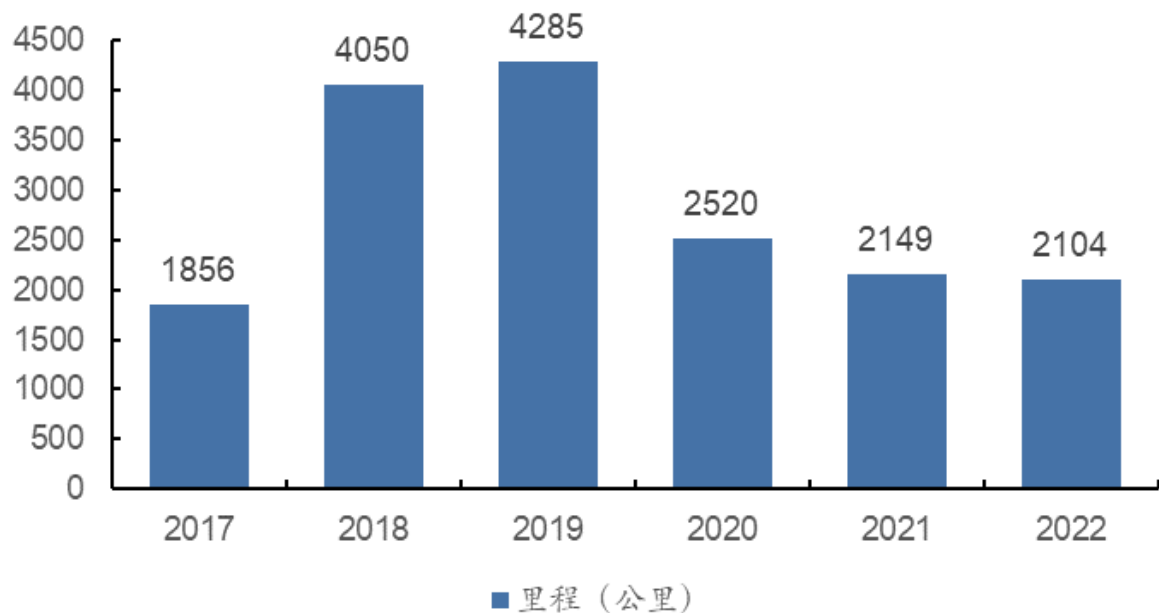
- 特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施和场（厂）内专用机动车辆。根据市场监管总局的统计，截至2021年年底，我国特种设备总量达1,816.23万台，同比增长10.18%，其中锅炉 34.71万台，压力容器469.49万台，压力管道75.75万公里。
- 无损检测技术对于特种设备安全保障具有重要的意义和举足轻重的地位，是特种设备安全保障的重要手段，其广泛用于特种设备的制造、安装、使用和报废的全寿命过程。以压力容器为例，其定期检验项目以宏观检验、壁厚测定、表面缺陷检测、安全附件检验为主，必要时增加埋藏缺陷检测、材料分析、密封紧固件检验、强度校核、耐压试验、泄漏试验等项目。根据市场监管总局的统计，2019年至2021年我国特种设备领域无损检测机构共563家、592家和629家。
- 超声相控阵技术是近年来发展起来的新型超声检测技术，其在特种设备领域的应用范围尚处于不断推广过程中，如2020年5月，中化泉州百万吨乙烯项目采用超声相控阵设备对外径为508毫米至1.93米规格的大口径管道焊缝进行无损检测，是国内炼化工程首次使用超声相控阵技术（替代射线检测），大大降低了检测耗时、提高了检测效率。目前，承压设备超声相控阵检测行业标准《承压设备无损检测 第15部分：相控阵超声检测》（NB/T-47013.15-2021）已于2021年4月获批，并于2021年8月正式实施，未来随着相关标准的实施将有效促进超声相控阵检测在特种设备领域的应用发展。

3.3 下游领域应用现状及前景

轨道交通

- 铁路是国家战略、先导性、关键性重大基础设施，是国民经济大动脉、重大民生工程和综合交通运输体系骨干，在经济社会发展中的地位和作用至关重要。
- 2019年9月，中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》，到2035年基本建成交通强国，建设城市群一体化交通网，推进干线铁路、城际铁路、市域（郊）铁路、城市轨道交通融合发展，为轨道交通行业发展指明方向。
- 国家铁路建设一直是基础设施投资的重点方向，根据中国国家铁路集团有限公司出台的《新时代交通强国铁路先行规划纲要》，到2035年现代化铁路网率先建成，全国铁路网20万公里左右，其中高铁7万公里左右；20万人口以上城市实现铁路覆盖，其中50万人口以上城市高铁通达。

图表26 中国高铁年度通车里程



3.3 下游领域应用现状及前景

轨道交通

- 目前，针对轨道交通的运维维保，包括钢轨和列车车体超声检测，其中，钢轨超声检测主要包含了母材检测和钢轨焊缝检测，通过钢轨探伤车进行多通道超声无损检测；列车车体由于结构复杂，检测部位包含了对于车轴、轮对、空心轴、车轴轮座、车轮、曲轴、制动盘以及螺栓的超声波检测等，如轮对探伤检验周期为20±5/2万公里；空心车轴探伤间隔运行里程如下：

图表27 空心车轴探伤间隔运行里程

动车组型号	探伤间隔运行里程
CRH1型动车组	40万公里±10%
CRH2型动车组	3万公里±10%
CRH3型动车组	10万公里±10%
CRH5型动车组	18万公里±10%

资料来源：多浦乐招股说明书，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明



3.3 下游领域应用现状及前景

- 轨道交通
- 随着我国铁路网规模快速发展，高铁速度不断提升，加上我国高铁2007年开通至今已逾十年，车辆陆续进入大修里程，前期投用的一些关键部件集中进入疲劳期，这为超声检测行业提供了良好的市场空间。根据国家铁路集团说明，截至目前，我国动车组保有量已达3,600多组，其中复兴号动车组约690组，占世界高速列车总保有量的一半以上，在此过程中，超声无损检测作为核心的保障手段之一将实现自身价值提升及行业的快速增长。

图表28 使用场景与相控阵探头组合



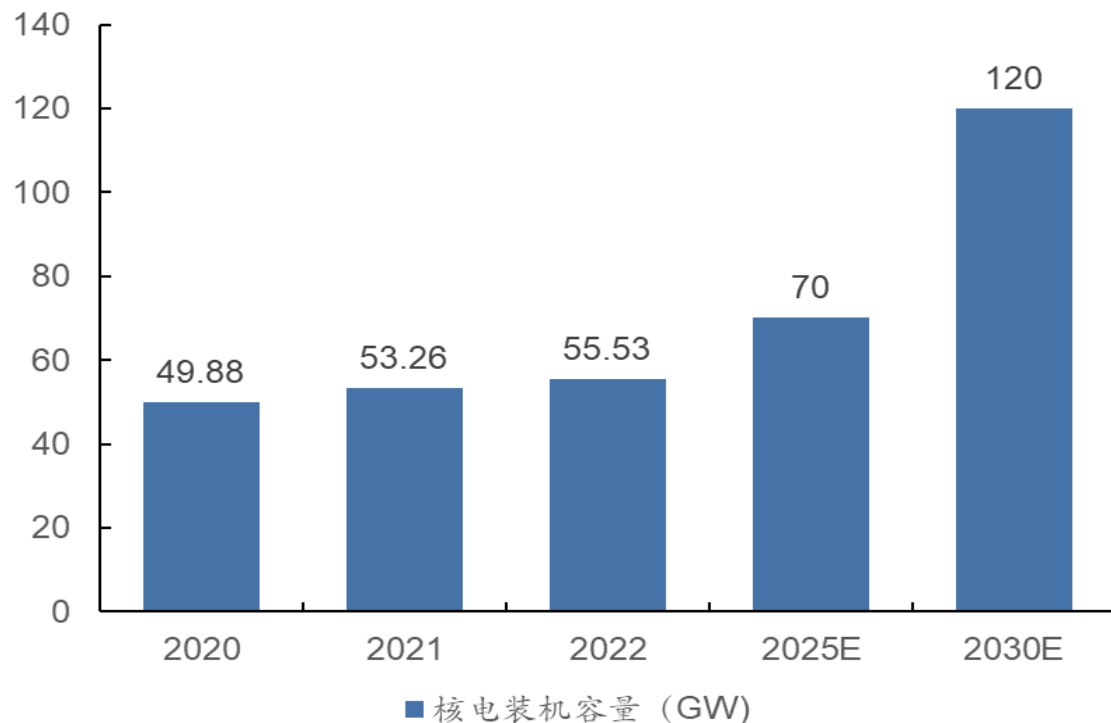


3.3 下游领域应用现状及前景

核电电力

- 核安全对核电行业发展极端重要，一旦发生严重核事故，对国家和经济的影响极为严重，同时由于公众对核电缺乏了解及恐核心理，核事故的社会影响将被强烈放大，不仅对该国的核电产业产生严重打击，而且对国际核电发展都会带来严重后果。我国参照国际原子能机构的有关安全标准，制定了比较完备的、与国际接轨的核安全法规标准体系，对民用核设施实施了独立的安全评审和监督。
- 因此，由于核电自身的特殊性，核电运营方对核电站安全维护方面的日常检测质量和检测效率要求很高，以确保核电的安全运营。核电站由常规岛和核岛组成，其中压力容器、压力管道和管件部件都需要进行无损检测。常规岛主要检查汽轮机、蒸汽管道和有关的辅助系统，核岛无损检测工作涉及所有核1、2、3级部件，其中主一回路系统主要围绕反应堆压力容器、蒸汽发生器、稳压器、一回路管道开展无损检测工作。

图表29 中国核电装机容量预测





3.3 下游领域应用现状及前景

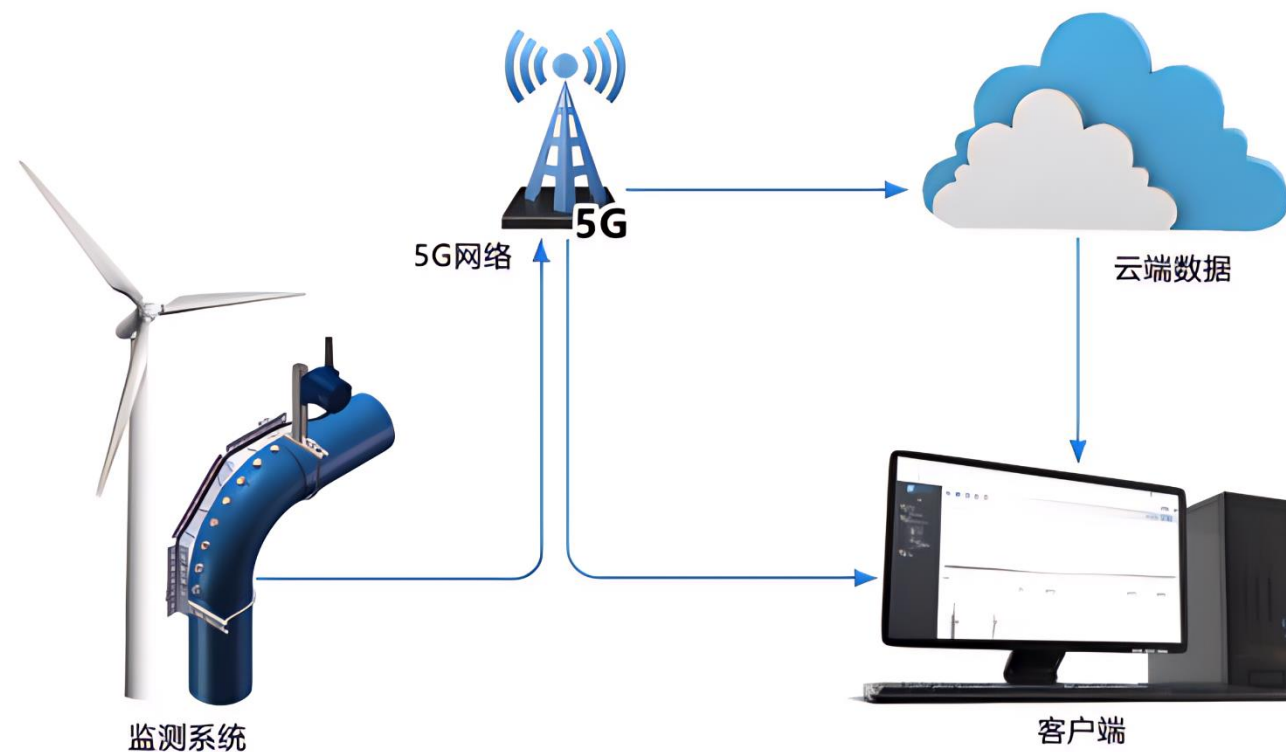
新型应用领域

- 无损检测技术的运用随着应用对象的需求和所依托的科技进步而不断发展，遍及新材料新工艺和新产品的开发。如随着科技进步和产业变更，新能源汽车已成为汽车产业转型升级的中坚力量，根据国务院印发的《新能源汽车产业发展规划（2021-2035年）》，我国新能源汽车产业技术水平显著提升、产业体系日趋完善、企业竞争力大幅增强，2015年以来产销量、保有量连续五年居世界首位。
- 到2025年，新能源汽车新车销售量达到汽车新车销售总量的20%左右，力争经过15年的持续努力，纯电汽车成为新销售车辆的主流，公共领域用车全部电动化。在新能源汽车快速发展的背景下，电池安全性是其主要痛点之一，其车辆自燃起火会引发社会广泛关注，而动力电池由于老化或工艺控制问题等问题，电池涂胶层可能出现部分脱粘，长期运行下有可能导致局部过热甚至起火的安全事故，为保障动力电池的安全性，需要对动力电池涂胶层粘结质量进行相应检测，这将为超声无损检测提供新的市场增长空间。
- 同时，随着5G网络技术的高速发展，在物联网时代的新环境中，在线智能监测技术会催生新的超声无损检测需求市场，将成为行业新的发展推动力。



3.3 下游领域应用现状及前景

图表30 5G时代下的超声波检测



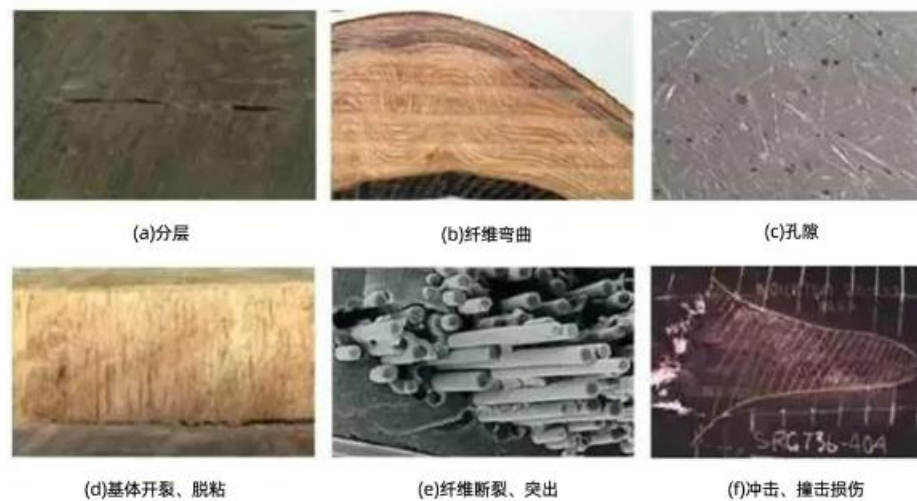
资料来源：多浦乐招股说明书，华安证券研究所整理

3.4 超声波检测行业的机遇与挑战

低空经济

- 超声无损检测具有灵敏度高，精准性也较为优异，而且超声检测对使用环境没有硬性要求，是航空领域复合材料和固相焊接主要的检测方法。
- 复合材料、碳纤维、钛合金等材料作为航空航天领域广泛使用的主要构件，对于不同结构和不同生命周期下的各类缺陷检测主要采用的就是超声无损检测。**通常需要检测的缺陷**包括：分层、夹杂、脱粘、孔隙、冲击和撞击损伤、纤维弯曲、纤维断裂，超声无损检测能够覆盖所有缺陷检测，成为低空经济的安全保障。
- 另外，主机厂需要取得第三方检测机构的检测报告，才能够出货。第三方检测机构贡献了超声检测设备新的增长空间。

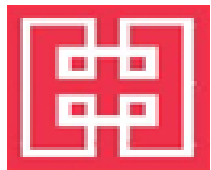
图表31 机身材料树脂基复合材料常见缺陷





3.4 超声波检测行业的机遇与挑战

- 我国已经成为世界第二大经济体，目前正在经历由制造业大国向制造业强国的转变。随着供给侧改革的深化实施，国民经济持续向好，产业结构调整不断深入，传统产业逐渐完成转型升级，向更高端发展；同时，人力和资本等资源向先进制造业集聚，直接刺激航空航天、汽车、高铁、船舶制造、轨道交通等重点行业的迅速发展，不断出现新材料、新结构和新工艺，从而**促进对超声检测设备需求的增长**。
- 根据中国机械工程协会组编的《无损检测发展线路图》统计，经过实施无损检测后，各行业的产品增值情况为：机械产品约5%，国防、宇航、原子能产品为12%-18%，火箭20%左右。因此，超声无损检测行业将服务于国家战略性基础行业 and 新兴行业，也会推动国家其他产业的持续发展。
- 超声无损检测行业属于技术密集型行业，**专业技术性强、科技水平高**，行业会涉及到**声学、自动化、计算机科学技术和材料学等多个专业学科**。在超声检测设备领域，检测仪器的稳定性、检出率、信噪比、频带宽度和成像质量等指标性能，以及在超声换能器领域的通道数量、检测频率、楔块角度和晶片数等参数要求是否满足条件及客户要求，都直接决定了产品本身是否具有竞争力，而指标性功能的改良，不仅涉及材料、机械、电路设计和工业自动化等多个领域的专有技术，还要求企业投入较大的资金及时间进行研发，需要企业进行长期的技术积累。



目录

1 1 乘风智能制造，MEMS传感器工艺逐渐成熟

2 夯实科技强国基础，MEMS传感器无处不在

3 着眼未来，重视MEMS传感器国产替代机遇

4 建议关注公司

5 风险提示



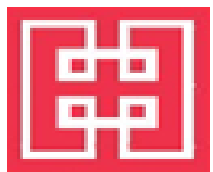
4 超声波检测建议关注的公司

图表32 建议关注公司

公司	代码	介绍
多浦乐	301528.SZ	暂未评级，公司成立于2008年，于2023年8月28创业板上市，国内超声设备领先者。
中科创新	暂未上市	成立于2003年，产品主要包括便携式超声波探伤仪和多通道自动化检测设备，以及相关个性化定制服务。
奥林巴斯	日本	成立于1919年，全球精密光学技术企业，无损检测设备全球市占率30-40%
贝克休斯	美国	成立于1982年，全球无损检测领导者，主要竞争对手为奥林巴斯。
英国声纳	英国	成立于1958年，无损检测设备及附件的制造和生产都处于领先地位。

资料来源：多浦乐招股说明书，华安证券研究所整理

敬请参阅末页重要声明及评级说明



目录

- 1 乘风智能制造，MEMS传感器工艺逐渐成熟
- 2 夯实科技强国基础，MEMS传感器无处不在
- 3 着眼未来，重视MEMS传感器国产替代机遇
- 4 建议关注公司
- 5 风险提示





风险提示

1. 宏观经济变化的风险；
2. 技术研发不及预期的风险；
3. 测算市场空间的误差风险；
4. 研究依据的信息更新不及时，未能充分反映公司最新状况的风险。



重要声明及评级说明

重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，A股以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普500指数为基准。定义如下：

行业评级体系

增持—未来6个月的投资收益率领先市场基准指数5%以上；
中性—未来6个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
减持—未来6个月的投资收益率落后市场基准指数5%以上；

公司评级体系

买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至；
卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；
无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。



谢谢!

欢迎关注华安机械团队

