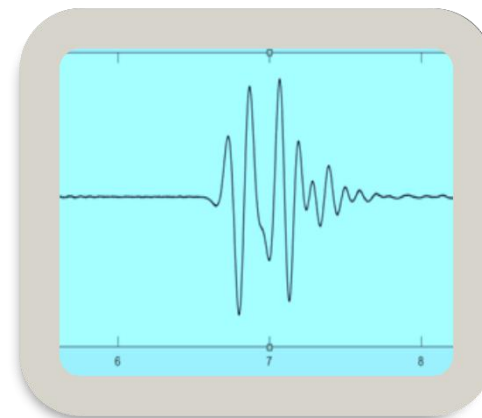
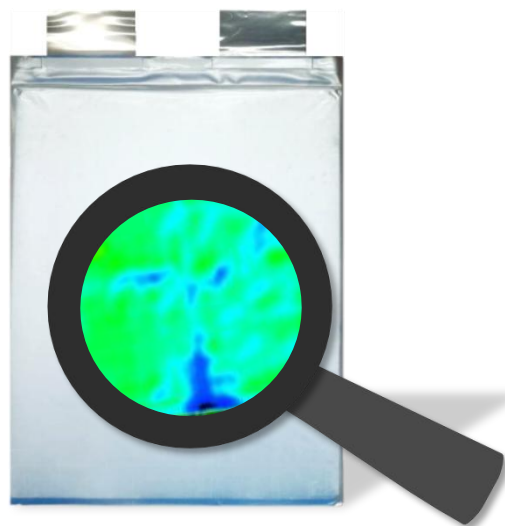
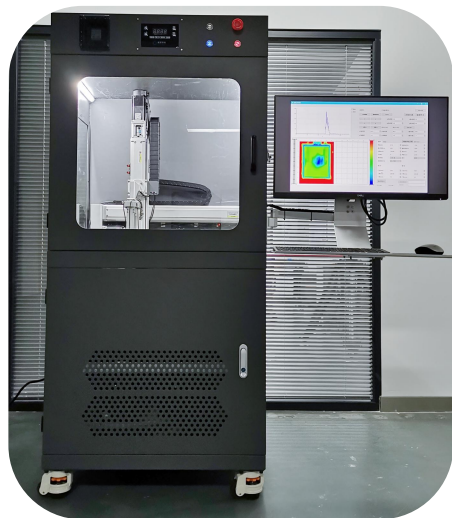


锂离子电池超声扫描系统



超声扫描是一种重要的“无损检测”技术

超声波是频率高于20KHZ的声波，具有良好的穿透性和方向性，广泛用于物品透射、缺陷检测。



医院B超

利用超声扫描观察人体内部结构图像



部件无损检测

利用超声扫描检测焊缝内部缺陷

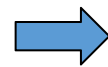
锂电池存在的安全性、一致性问题



电池系统不成熟

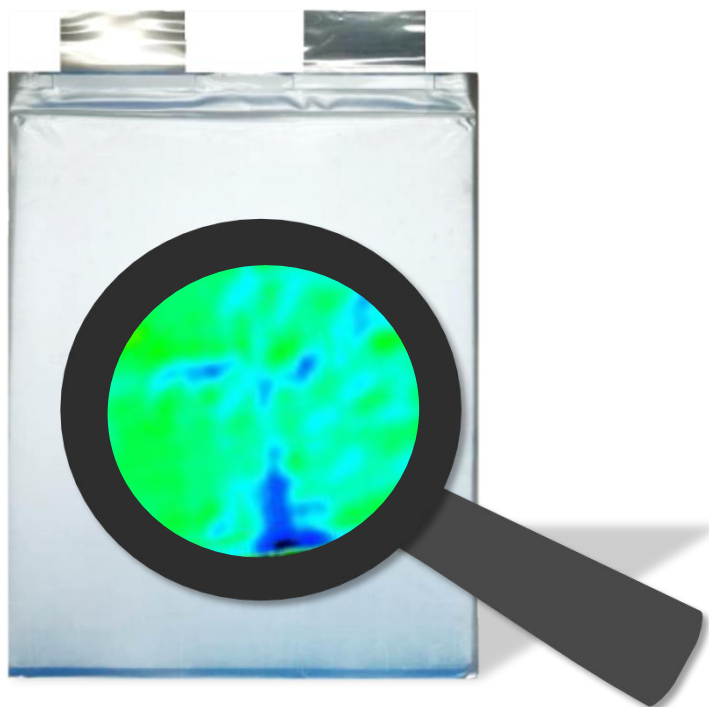
一致性差
稳定性差
SOC预测难
SOH评估难

电芯事故几率：**百万分之一**
电动汽车，1000个电芯，事故几率：**千分之一**
储能电站，百万个电芯，事故几率：**63%**



提高品控水平：外特性→内结构
实时监测电芯变化

锂离子电池超声扫描系统

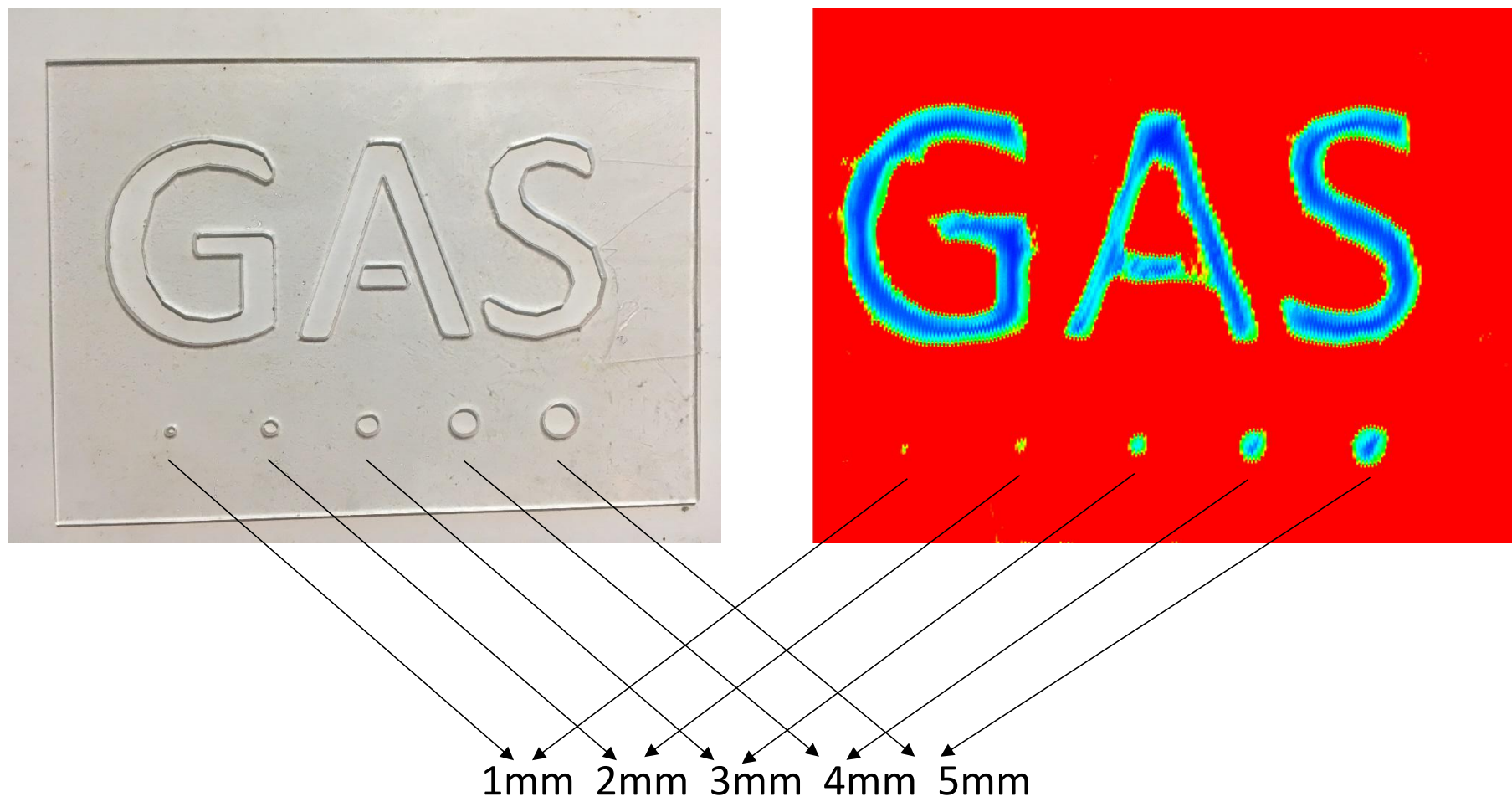


无损检测，给电池做“B超”

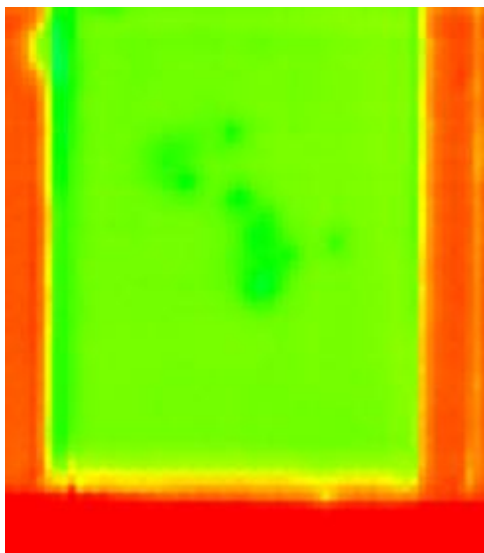
项目	说明
适用锂电池类型	软包、方形硬壳
检测项目	电解液浸润程度
	软包电池铝塑膜封装气孔不良
	析锂程度
	荷电状态监测
	循环寿命预测
应用场景	实验室样品分析
	在生产线上进行快速批量全检

超声扫描对样品内部气泡的检测非常灵敏

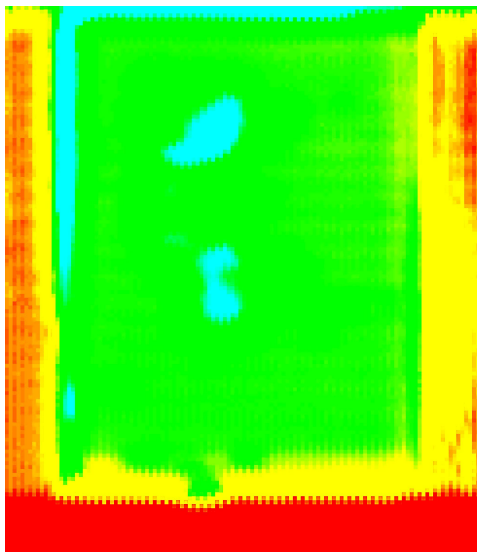
用塑料片密封一层厚度50微米的一定形状的气体，进行超声扫描：



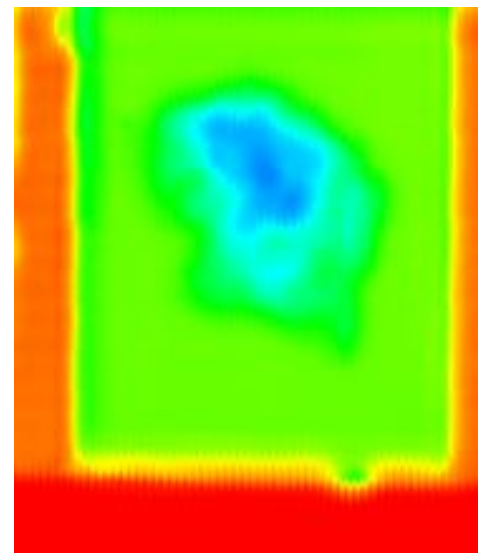
微升级产气检测（软包电池）



无产气



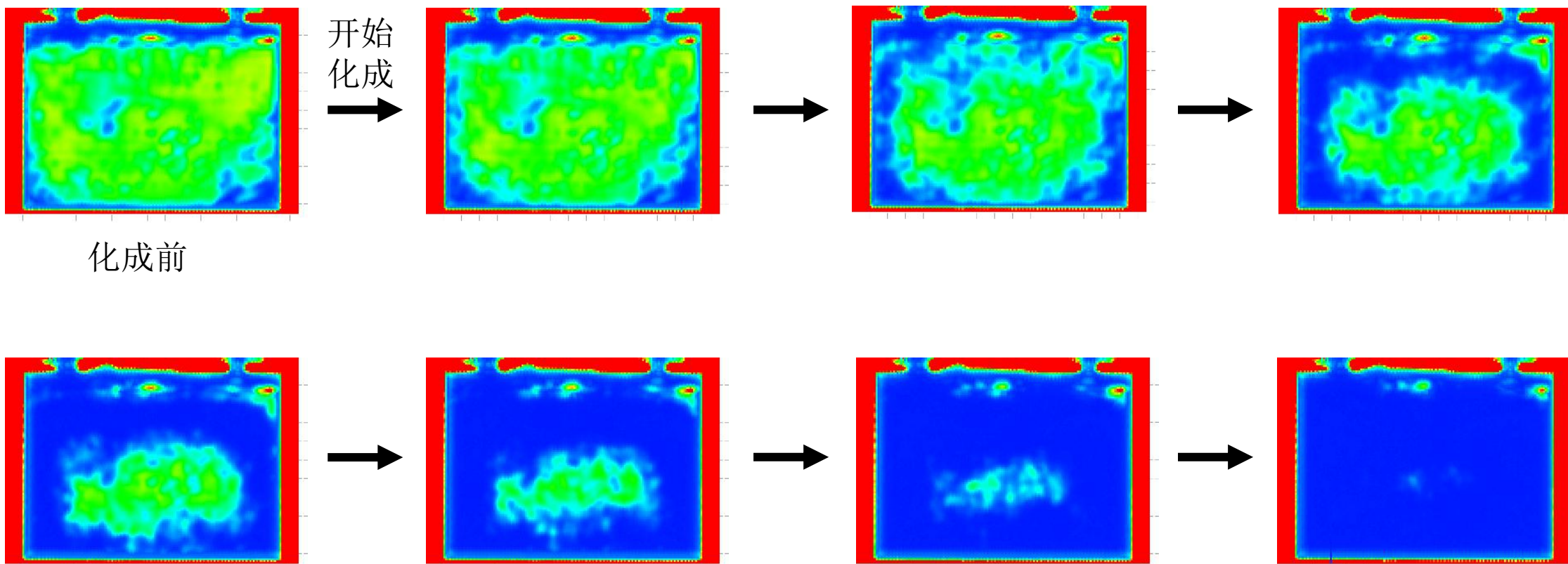
1 μL



12 μL

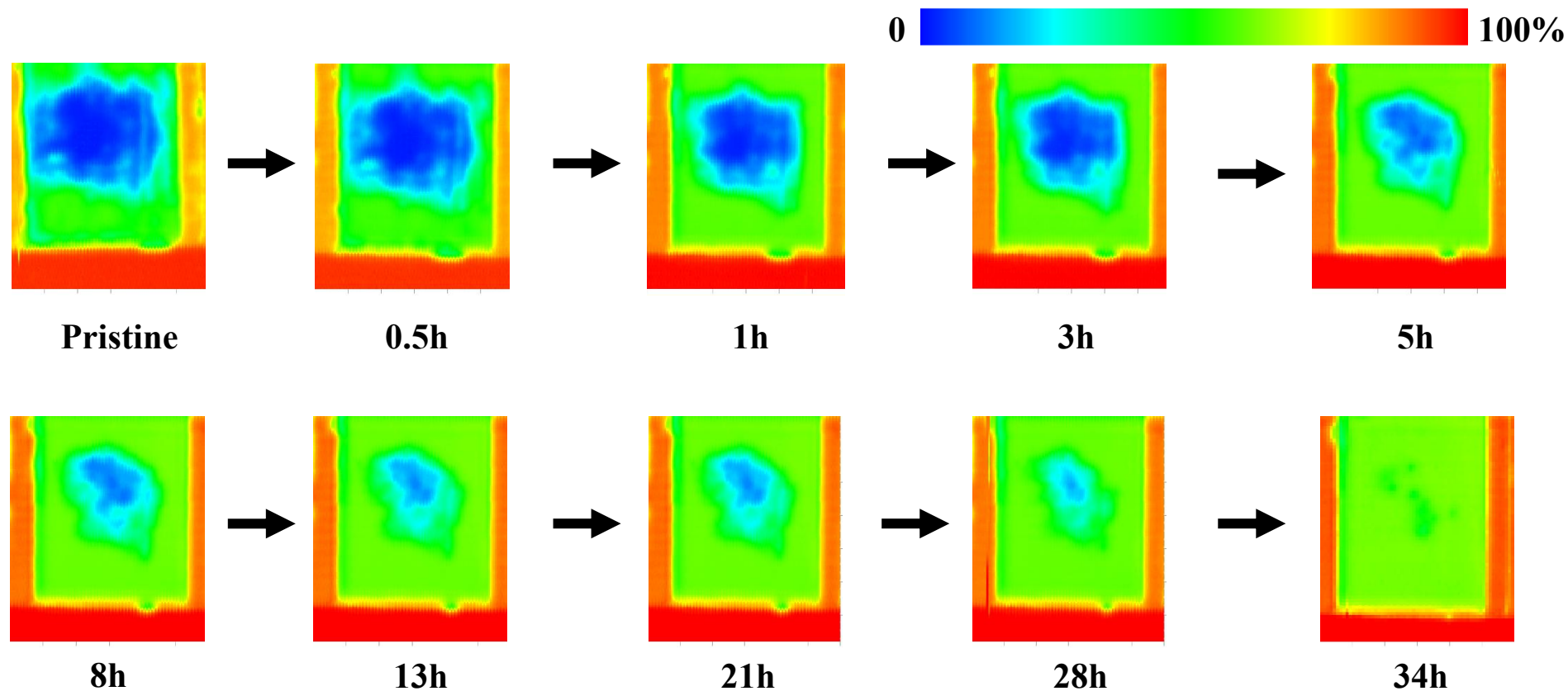
应用： 电解液浸润评价； 三元包覆层评价； 极限工况评价。。。。

化成产气检测（硬壳电池）



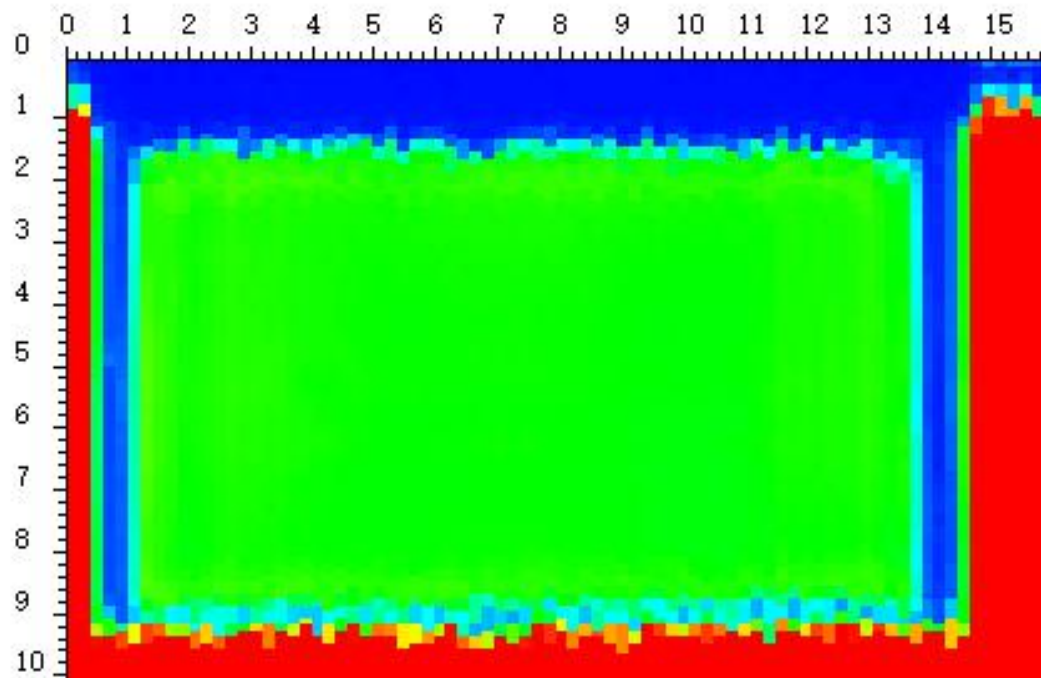
化成前的扫描图像呈现出电池内部少量区域的电解液浸润不良，在随后的化成过程中可观察到内部的产气演变过程。

电解液浸润过程检测（软包电池）

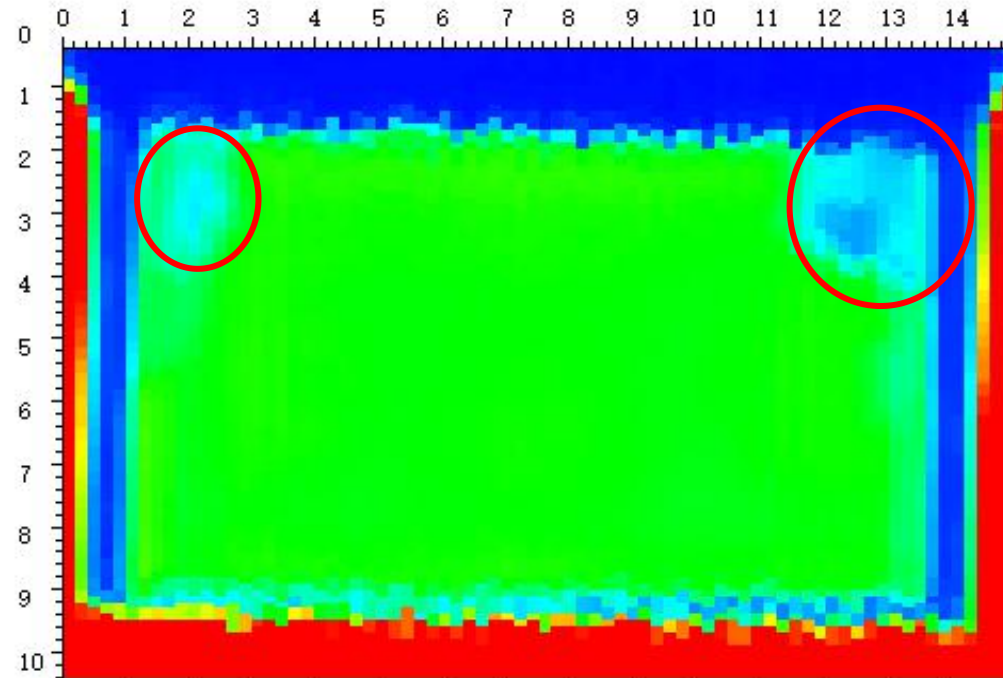


电池注液后静置，在不同时刻对电池进行检测，可简单快捷的获取电池内部电解液浸润情况。

注液检测（硬壳电池）

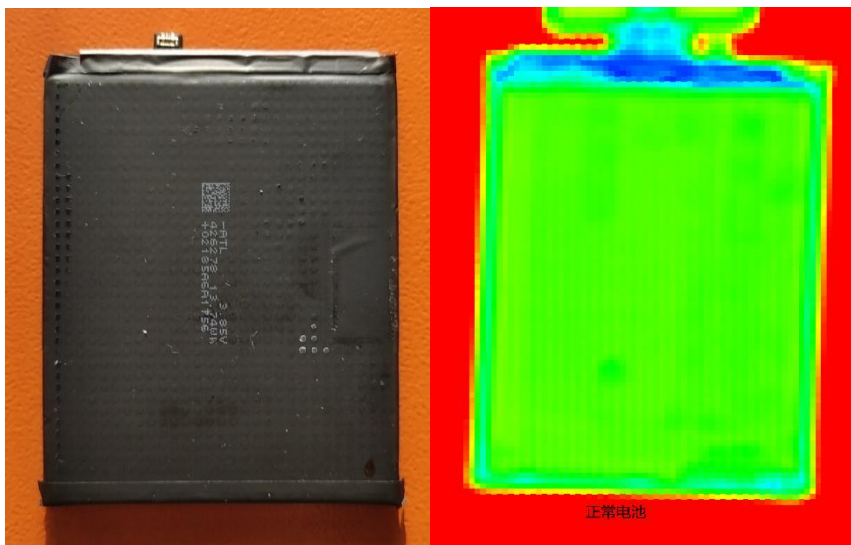


完全浸润

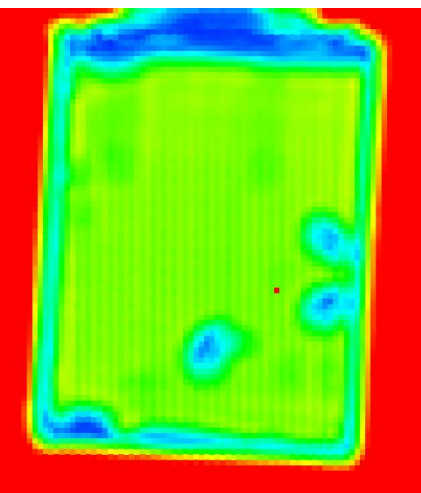


注液量不足

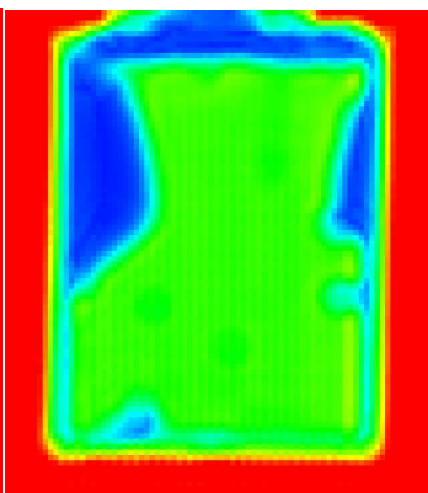
软包电池铝塑膜封边检测



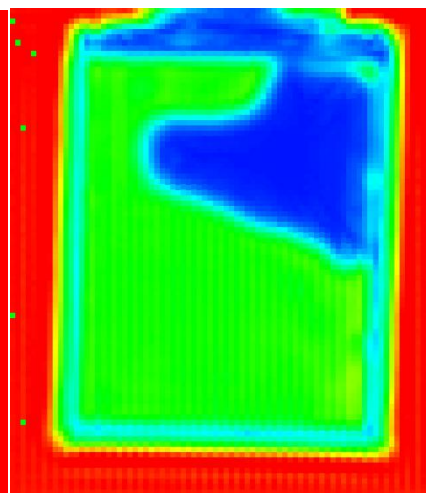
锂离子电池封装后内部有负压，如果破损，会有空气进入，并可能导致更多的产气副反应。基于超声波几乎无法透过气体介质的原理，超声波可以检测到边缘极小破损的软包电池。



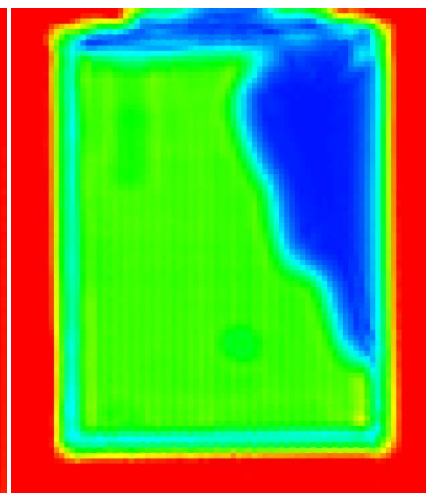
电池1 左下角被直径0.12mm的细针刺孔



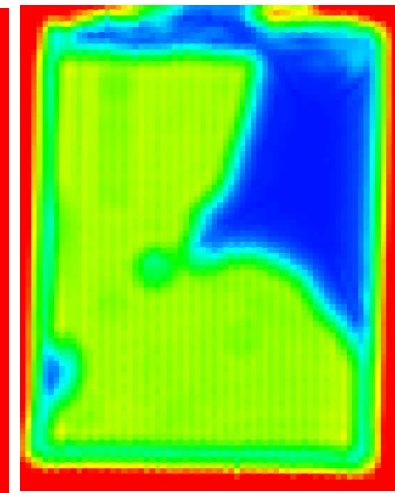
电池2 左上角被直径0.12mm的细针刺孔



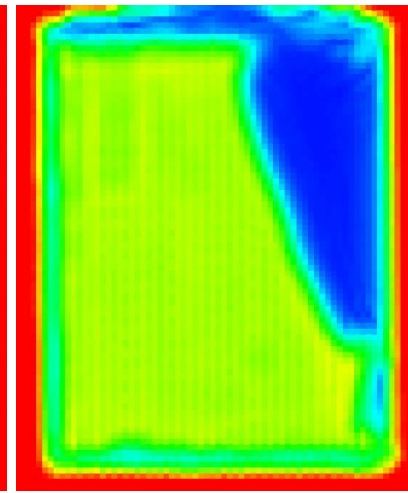
电池3 右下角被直径0.12mm的细针刺孔



电池4 左下角被直径为0.12mm的细针刺孔



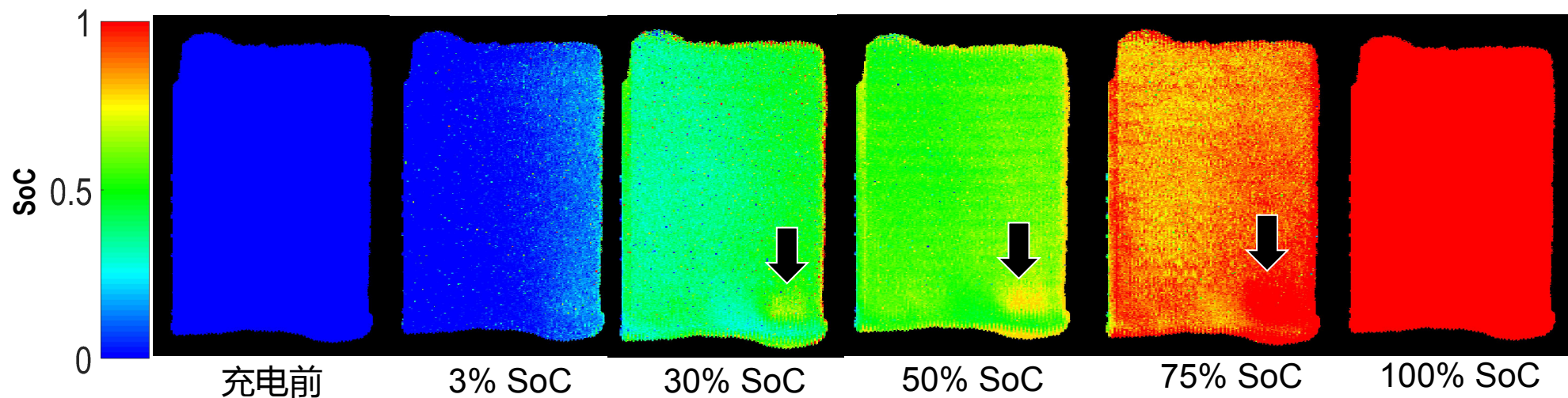
电池5 左下角被直径为0.12mm的细针刺孔



电池6 右下角被直径为0.12mm的细针刺孔

荷电状态监测

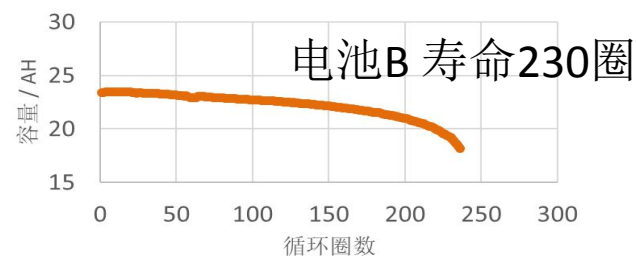
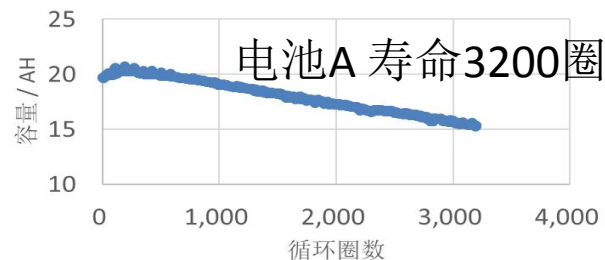
可扫描局部SoC，实现SoC成像。



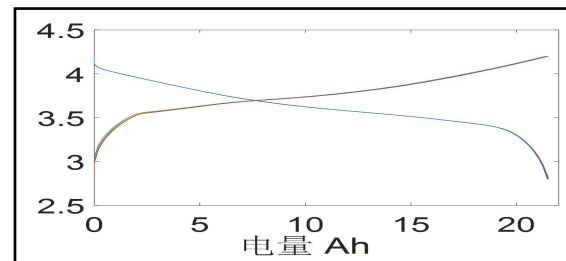
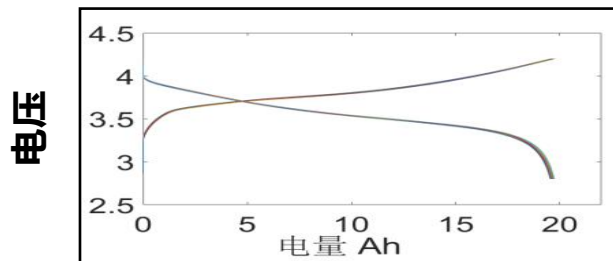
上图电池右下角靠近正极极耳部分，充电速度高于其他区域

循环寿命预测

长循环 (1年)



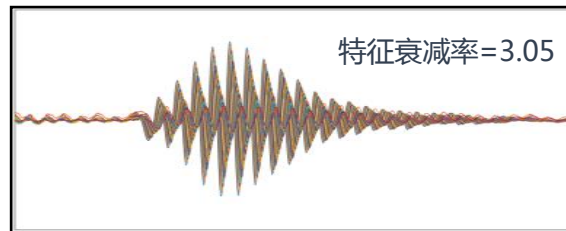
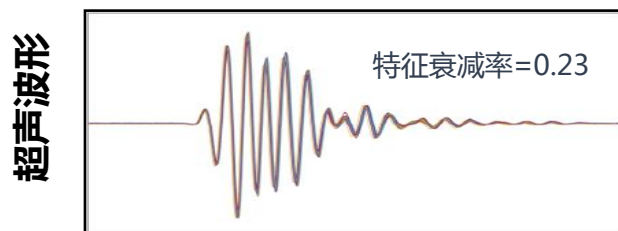
只看前50圈循环
-电压-容量



电压曲线前50圈
高度重合
无法预测寿命

超声信号相较电压，对电池内部的结构变化响应更为敏感，可发现电压曲线无法反映的早期结构劣变，进而预测循环寿命。

只看前50圈循环
-超声



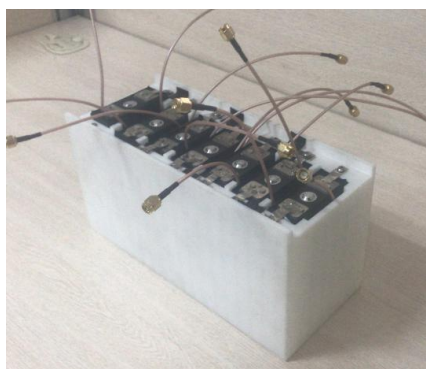
超声波形衰减
速率区别明显
可预测“跳水”

超声锂电实时监控

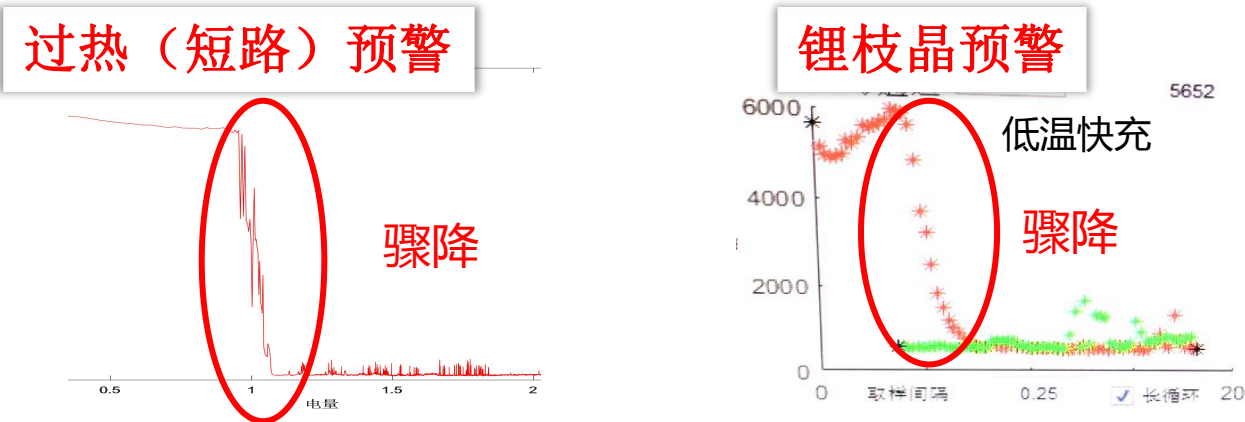
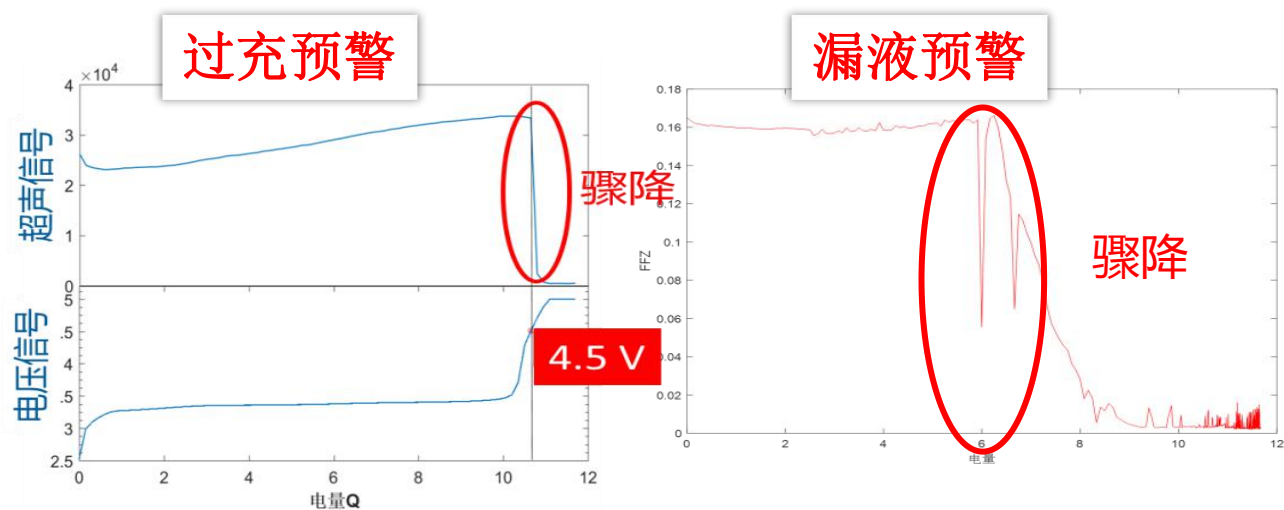


传感器厚度：1 mm

电池故障伴随超声特征值发生急剧变化，可实时监测单体电芯健康状态。



集成至电池系统中的多频超声传感网络，体积小，可嵌入性强，适用于方形硬壳电芯。

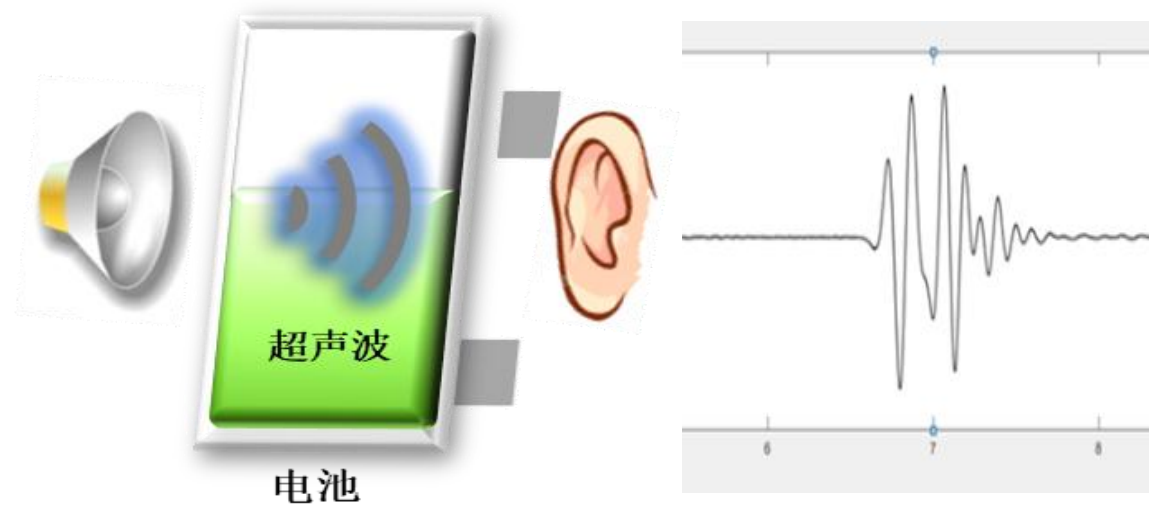


超声检测电池的基本原理

电极材料脱嵌锂 → 超声阻抗改变

电池产气 → 超声在气液界面反射

SEI膜生长 → 超声界面损耗改变



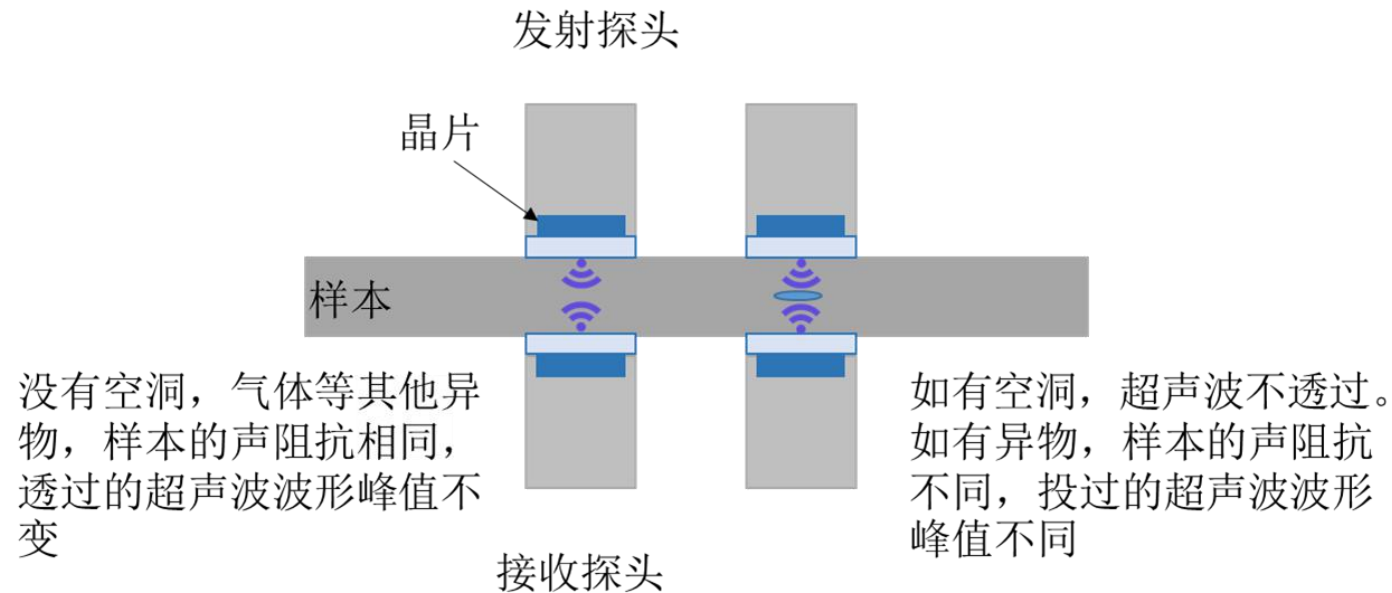
超声检测原理

均质材料：超声波传播方向性良好

缺陷：反射、折射、散射

反射强度 → 缺陷存在

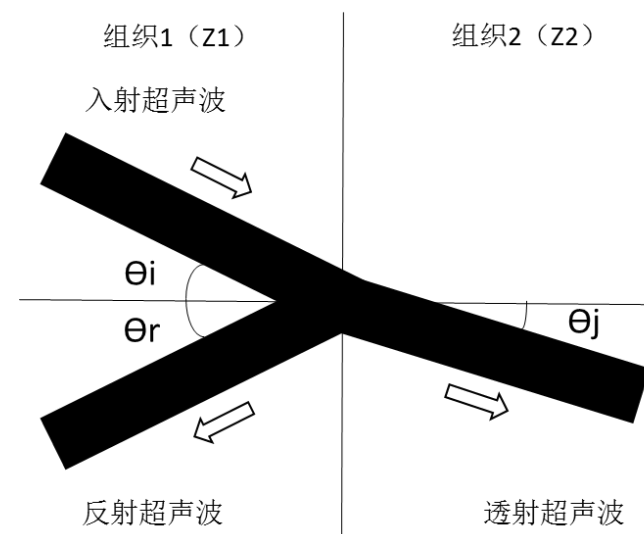
反射时间 → 缺陷位置



电池：非均质结构，反射信号复杂，主要分析透射信号

超声的反射与透射

物质	纵波声速 Vl (km/s)	密度 P (g/cc)	声特性阻抗 Z (Mrayl)
空气 20° C	0.344	0.0013	0.00044
水 36° C	1.53	1.0	1.53
树脂	2.7	1.2	3.24
铝	6.3	2.7	17.01
铜	4.4	8.9	39.16



超声在均匀介质中沿直线传播。

超声在不同介质界面，会发生反射与折射，声学特性阻抗差异大的界面反射性强，声学特性阻抗差异小的界面反射性弱。

$$\text{反射系数 } R_i = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

$$\text{透射系数 } T_i = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

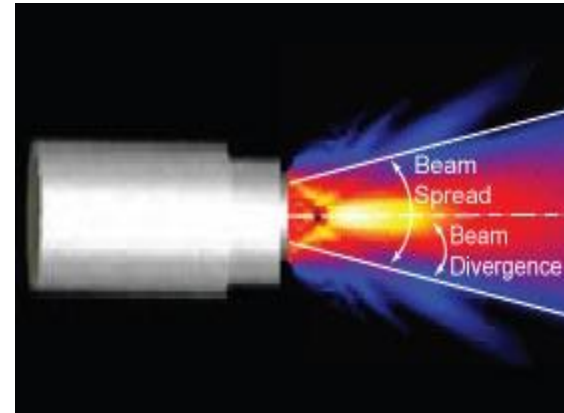
$$R_i + T_i = 1$$

空气与钢的界面：**99.998%**的声波会被反射

所以空气是很差的超声波传播介质

超声的发散

超声波从换能器发出后，并不是严格地沿直线传播，其能量并非集中在圆柱形传播路径内，而是会有一定角度的发散。



$$\sin \theta = 1.2 \frac{V}{DF}$$

其中：
 θ = 发散角
定义：从中心线到信号强度为中心一半的角度。
 V = 声速. (cm/sec)
 D = 换能器直径. (cm)
 F = 频率. (Hz)

高频超声发散角小，分辨率高。

频率为 $10^6 \sim 10^8$ Hz的超声波指向性比较好，可认为超声波是直进传播的。但不适用于空气耦合技术。

超声波的频率与衰减特性

$$P_x = P_0 e^{-2x\alpha}$$

P_0 → 初始声压
 P_x → 传播距离为 x 处的声压
 α → 衰减系数

超声波随传播距离呈指数衰减。

$$\alpha = \alpha_0 \omega^\eta$$

对于常见介质， $\eta \approx 2$ ，衰减系数与频率的平方成正比

高频超声波在空气中衰减系数极大，适用于在空气中传播的频率范围被限制在500 KHz以下。

采用该频率范围内的超声波对工件进行检测的时候，空气与待测工件声阻抗的巨大差异会使超声波在此界面处能量损失极大，因此一般采用介质耦合的技术来确保声源与待测工件之间没有空气的存在。

频率越高，分辨率越高，穿透力越小。

频率越低，穿透力越强，分辨率越低。

锂离子电池超声扫描系统技术参数

项目	内容
适用电芯	软包或方形硬壳锂离子电池
扫描模式	超声C扫描
扫描面积	500 x 300 mm
面内分辨率	25 dpi
扫描速度	0 ~ 100 mm/s (约2分钟/帧, 可定制探头加速)
温度精度	-20 ~ +80 °C, ± 0.5 °C
超声探头	频率可选, 分析不同变化
声时测量精度	200 μs
数据采集精度	12位量化
电池连接套件	无触水式设计, 定位误差小于0.1 mm
充放电模式	恒流、恒压, 可编程
电流范围	0.05 ~ 120 A
电压范围	-5 ~ 5 V
电化学阻抗谱	频率范围100 K ~ 0.1 Hz, 充放电同时在线测量 (可选)
数据分析软件	电解液浸润分析、产气检测分析、低温析锂分析 循环寿命预测、SoC成像 可定制扩展其它功能

联系方式



华中科技大学无锡研究院
无锡索亚特试验设备有限公司
地址：江苏省无锡新吴区新锦路101号
电话：0510-88155805
传真：0510-81006835

周中明 总经理
电话：15951581698
微信号：15951581698
E-mail: 466150589@qq.com



扫码加微信

为电芯厂商缩短研发周期
为电池用户提高检测能力
为消费者提供更安全的锂离子电池系统
期待与您合作！