

# 上海材料研究所有限公司机械工业 无损检测中心

## 2022 年度进展

上海材料研究所有限公司机械工业无损检测中心（SRIMNDT）20 世纪 90 年代由机械工业部批准，在机械工业部上海材料研究所有限公司无损检测研究室的基础上组建成立了“机械工业无损检测中心”。中心是经中国机械工业联合会质量工作部机械评审组评审通过的原机械工业部授权的具有第三方公正性的法定部级无损检测实验室，是机械行业无损检测技术的归口机构。机械工业无损检测中心位于上海市邯郸路 99 号，其在上材料研究所有限公司内具有相对独立的建制，有固定的人员编制、实验场所、仪器设备和环境设施，可独立对外开展检测检验、校准和能力验证、无损检测人员培训以及科学研究等工作。

上海材料研究所有限公司（SRIM）是国内最早开展无损检测工作的单位之一，是中国机械工程学会无损检测分会、中国无损检测学会无损检测人员资格认证机构、机械系统无损检测人员培训中心、全国无损检测标准化技术委员会（SAC/TC 56）秘书处、全国焊接标准化技术委员会焊缝检测分技术委员会（SAC/TC 55/SC 3）秘书处等学术组织，以及《无损检测》等学术期刊的挂靠单位。

机械工业无损检测中心现有专业技术人员 34 人，其中博士 1 人，硕士 7 人。2022 年，中心持续拥有多项检验、校准和能力验证提供者资质；持续开展多种无损检测新技术人员资格鉴定和认证工作；在国家重点研发计划等科研项目的支持下，开展了一系列无损检测新技术和新方法研究。

在基础理论、工程应用、平台建设以及科研项目等方面均取得了一定的进展。新增立项国家重点研发计划“国家质量基础设施体系”子课题牵头项目 2 项；申请发明专利 5 项，授权实用新型专利 1 项；申请软件著作权 2 项，发表论文 5 篇；获得机械工业科学技术进步奖二等奖 1 项。

### 1 实验室建设

SRIMNDT 拥有健全的质量管理体系，以及公正、权威的第三方认证资质。现有实验室面积逾 600 平方米，包含无损检测仪器校准与器材性能评价实验室、无损检测能力验证提供者实验室、无损检测与检验实验室等。

#### 1.1 质量体系建设

SRIMNDT 现有包括 ISO/IEC 17020\17025\17043 等在内的资质能力共 10 项，如表 1 所示。

表 1 SRIMNDT 资质能力

序号	资质能力
1	ISO/IEC 17020 检验机构认可证书
2	ISO/IEC 17025 检测和校准实验室认可证书
3	ISO/IEC 17043 能力验证计划提供者认可证书
4	ISO 9001 质量管理体系认可证书
5	检验检测资质认定证书（CMA）
6	建设工程质量检测机构资质证书
7	上海市工程检测机构评估证书
8	上海市无损检测专业技术服务平台

9	NADCAP（航空航天和国防合同方授信项目）-RT\UT\PT\MT 四项认证资质
10	DNVGL 船级社认证资质

### 1.2 技术咨询服务

SRIMNDT 基于自身在质量体系建设和第三方资质认可申请和维护方面的丰富经验，可根据用户需求为其提供质量体系及认可类咨询服务，包括但不限于焊接体系 ISO 3834、轨道车辆 ISO 15085、钢结构产品 ISO 1090、管道阀门产品 API 5D、API 6D，以及 NADCAP NDT、CMA/CNAS 实验室认证认可（无损检测）等。同时还可提供无损检测技术和工艺改进、自动无损检测装备设计与方案实施等专项定制咨询服务。

### 1.3 无损检测仪器校准与器材性能评价

SRIMNDT 是国家认可委认可的 NDT 检测和校准实验室，器材检测和设备校准能力基本覆盖无损检测实验室的外部校准服务需求。2022 年，SRIMNDT 持续提供基于国标、欧标和美标的无损检测仪器校准和器材性能评价服务，其中，超声检测类设备主要包括超声探伤仪、相控阵超声探伤仪、衍射声时法超声探伤仪、超声探伤仪换能器、相控阵超声探伤仪换能器等。磁粉检测类设备主要包括磁轭式磁粉探伤机和固定式磁粉探伤机。射线检测类设备主要包括 X 射线探伤机、漫透射视觉密度计和黑白密度片等。此外还可对超声测厚仪和磁性电涡流式覆层厚度测量仪进行校准。2022 年，无损检测材料与器材性能评价重点围绕无损检测材料的欧标校准与检测能力展开，可对磁粉材料、渗透材料、线型像质计、金属增感屏、观片灯等无损检测材料和器材进行检测。

### 1.4 无损检测能力验证提供者

SRIMNDT 是国家认可委认可的无损检测能力验证提供者（PTP）。目前 PTP 方法包括磁粉检测、渗透检测、超声检测、射线检测。2022 年 SRIMNDT 持续开展能力验证计划项目和测量审核计划项目。

### 1.5 无损检测服务

SRIMNDT 秉承上海材料研究所有限公司无损检测研究室 60 余年的经验和积累，持续向航空航天、军工、船舶、核电、汽车零部件、特种设备等行业用户，以及科研院所、企事业单位等提供专业无损检测服务。SRIMNDT 拥有相控阵

超声检测系统、水浸超声检测系统、数字射线检测系统、荧光渗透检测流水线、基于 X 射线的工业计算机层析成像（CT）系统、无损检测仪器校准设备等多套先进装备，可满足金属板材、管材、棒材及各种铸件、锻件及焊缝的超声、磁粉、渗透、射线、目视等无损检测。同时还可根据用户需求，提供相控阵超声（PAUT）检测、全聚焦相控阵（FMC/TFM）检测、超声衍射声时（TOFD）检测、数字射线成像（CR/DR）、工业 CT 检测等第三方检测服务。2022 年，重点开展了增材制造产品的工业 CT 检测、航空产品的 Nadcap 磁粉检测以及特种设备行业的相控阵超声检测等。并向中国商飞、中航商发等单位提供相关先进无损检测技术服务。

## 2 SRIMNDT 无损检测人员资格鉴定与认证

SRIMNDT 无损检测培训中心隶属于上海材料研究所有限公司，四十多年来一直承担机械系统的无损检测人员培训，是中国机械工业部最早开展无损检测人员培训的专业机构。经中国无损检测学会授权，培训中心现从事 GB/ISO/ASNT/ASME/API 等相关标准 NDT 人员的资格鉴定与认证培训。可根据 ISO 9712、GB/T 9445 对人员进行无损检测培训和考核，完成规定培训学时并考核合格者将获得中国无损检测学会认证的相应方法与等级资格证书；培训中心也可根据 ASNT SNT-TC-1A 的要求，为企事业单位提供满足 ASNT/API 标准要求的 NDT 培训和考核。培训方法涵盖 UT/MT/PT/RT/ET/MLT/VT 等，以及 DR、PAUT、CT、应力测试等新技术。2022 年，培训各级无损检测人员 800 余人次。SRIMNDT 无损检测培训项目如表 2 所示。培训中心也可根据用户的要求提供其他检测方法和检测标准的定制培训服务，包括但不限于声发射检测、红外热成像检测、泄漏检测、应变（力）检测、自动超声检测、导波检测等。

表 2 SRIMNDT 无损检测培训项目

方法	技术	门类
UT	常规技术	焊 / 锻 / 铸 / 管
	相控阵技术	焊 / 锻 / 铸 / 管
	衍射声时技术	焊 / 锻 / 铸 / 管
RT	常规技术	焊 / 铸
	数字成像技术	焊 / 铸

MT	常规技术	焊/锻/铸
PT	常规技术	焊/锻/铸
ET	常规技术	焊/锻/铸/管
MLT	常规技术	焊/锻/铸/管
VT	常规技术	焊/锻/铸/管

### 3 科研进展

SRIMNDT 2022 年在研科研项目 5 项，新增国家重点研发计划项目 2 项，结题 2 项上海市科技创新项目。SRIMNDT 参研的“《无损检测 术语 工业计算机层析成像（CT）检测（GB/T 34365—2017）》等 9 项工业 CT 系列国家标准”项目荣获 2022 年度全国机械工业科技进步奖二等奖。

#### 3.1 无源无线温度传感技术研究

无源无线温湿度监测系统采用互联网和云端平台通信，如果现场没有互联网接入，可采用 4G 或者以太网通信。系统可分为三层架构，即现场设备层、网络通信层和应用层。系统整体架构如图 1 所示。

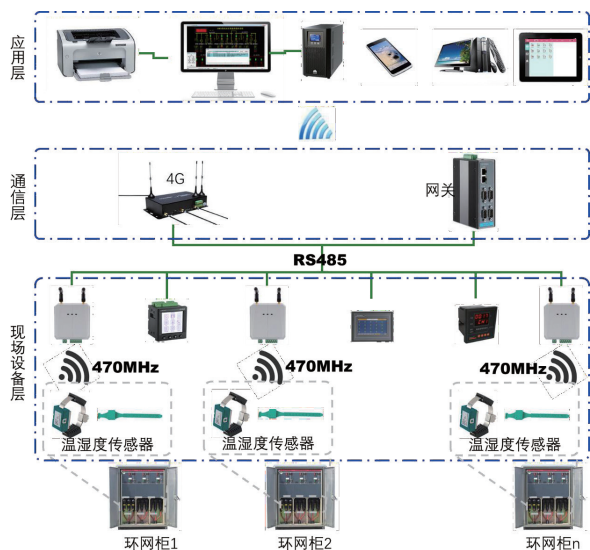


图 1 无源无线温湿度监测系统框架

现场设备层主要包括前端信号采集的传感器和相关设备。通过无源无线温湿度传感器实现每台环网柜三相电极的温度采集和柜内湿度采集，包含变电所安装的无源无线温湿度传感器、无线温湿度收发器等，无线测温传感器与无线温度收发器之间通过无线方式传输数据。

网络通信层主要包括无源无线温湿度监测主机等，无线温湿度收发器等现场设备层设备通过

无线将数据传输至主机，主机将数据通过专用局域网进一步上传至监控中心服务器以及配电柜内安装的无线测温主体监控模块；同时无线监测主机通过以太网或者 4G 网络把数据上传至指定的服务器端口，网络故障时数据可存储在本地，待网络恢复时从中断的位置继续上传数据，保证服务器端数据不丢失。

#### 3.2 无损检测数字化服务平台

传统的 LIMS 系统多以局域网形式存在，对接的检测设备一旦在项目实施完成后很难将新的检测设备数据接口接到传统的 LIMS 系统中。针对当前无损检测行业信息化水平的难点和不同检测种类间的相似点设计了一种通用化解决方案。依据不同业务的不同程序文件可以形成不同的业务流程图，并程序化部署在服务器，检测业务流程如图 2 所示、试块管理流程如图 3 所示。无损检测数字化服务平台主要设计了 4 大功能模块：

① 表单模块，用于将各种流转的文档表格化，可通过网络设备进行诸如原始记录、报告等数据的输入；② 流程关联设置，用于将人员和表单进行关联，当流程开始后会将第一个表单进行流转，并可能产生新的表单，人员对表单的操作将涉及修改、新增等操作；③ 设置模块，包括一般性的数据验证、公开查询、短信、邮件提醒、字段的关联更新等，主要目的是保证数据的正确性，提高相同数据在多个表中填写的效率，以及数据变更后及时提醒业务人员或客户；④ 设备数据接口模块，随着自动化检测、校准设备的不断研发，在设备完成检测或校准后可以将数据直接通过网络平台传输，并通过平台自动进入到审核、批准阶段，这涉及对不同设备仪器的数据处理问题，而本平台所使用的技术可通过快速构建适应的表单轻松对应不同的设备，数据自动上传管理界面如图 4 所示。

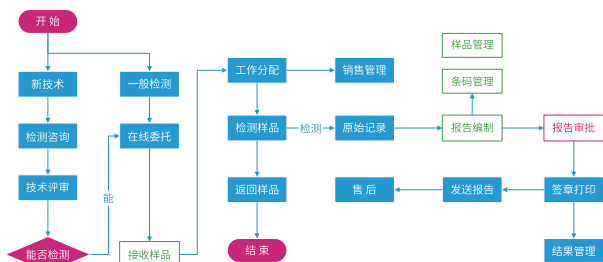


图 2 检测业务流程



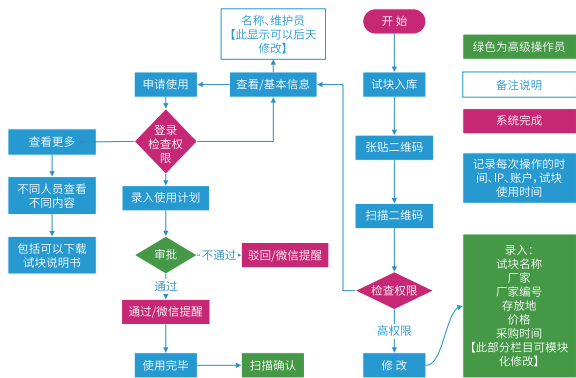


图3 试块管理流程

图4 数据自动上传管理界面

### 3.3 生物材料超声相控阵设备性能特征及测试方法系列标准研究

本项目为 2019 年度上海市科委科技项目，主要研究内容是根据生物医药领域和工业领域等的应用特点和要求，基于相关国际标准，制定符合我国实际需求的超声相控阵设备性能特征及测试方法的系列标准。

2022 年完成了 3 项 ISO 标准的转化与报批工作，在研究多通道超声相控阵仪器的性能要求的基础上，提出相关验证方法。给出 0.5 MHz ~10 MHz 频率范围内的超声相控阵仪器的系列验收参数，并对仪器的性能进行明确定义或对比。针对相控阵探头性能的关键参数，如中心频率、相对带宽、脉冲持续时间，以及相对脉冲回波灵敏度、探头灵敏度和阵元间串扰等参数提出切实可行的测试方法和验收要求。组合系统的性能表征和测试方法研究则主要集中于所需进行的 2 组不同测试中晶片和通道、波束特征、成像结果等参数的测试方法和验收准则。重点研究第 2 组测试中的晶片的相对灵敏度、放大系统的线性度、虚拟探头的绝对 / 相对灵敏度等参数的测试方法和验收准则。在上述研究基础上，围绕超声相控阵仪器性能、相控阵探头性能以及仪器与探头的

系统组合性能开展了大量的验证工作。某型号相控阵超声设备发射器性能校准数据如表 3 所示，某型号相控阵超声探头阵元灵敏度测试结果如图 5 所示。

表 3 相控阵超声设备发射器性能参数校准数据

参数	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4
发射脉冲电压 $V$	50.4	50.8	50.8	50.8
脉冲上升时间 $/ns$	3.652	3.83	3.752	3.881
脉冲持续时间 $/ns$	252.1	250.8	252.1	251.3

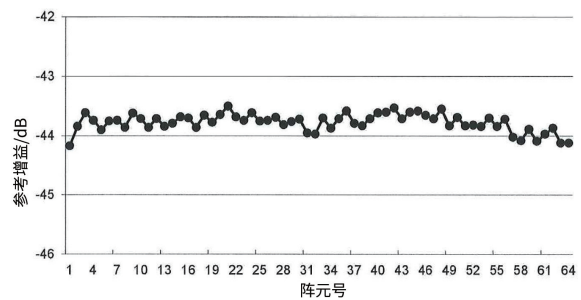


图5 相控阵探头阵元灵敏度测试结果

### 3.4 在研项目进展

按计划推进 2020 年度上海市科委科技项目——“基于工业机器人的智能超声检测国际标准研究”和“基于数字射线的腐蚀沉积物检测标准与自动识别研究”。前者主要根据自由曲面工件和复杂结构制件的结构特点和质量控制要求，制订基于工业机器人的自动超声检测方法国际标准。围绕自由曲面复合材料和复杂结构增材制件超声检测特点，开展基于机械手的自动超声检测方法研究，实现超声检测的自动化、智能化；提出四种不同的单 / 双机械手臂的自动超声检测方式，基于关节式机械手 D-H 参数和坐标系分布，开展机械手运动轨迹规划研究，精准确定被检工件扫描路径，提高大型零部件的检测效率和可靠性。后者主要根据管道腐蚀和沉积物检测的相关要求，开展基于数字射线检测技术研究，制订用 X 射线和伽马射线对管道中的腐蚀和沉积物进行射线检测的国家标准，并对腐蚀和沉积物的数字射线图像进行缺欠的自动识别研究。

### 3.5 新立项项目推进

2022 年，新增立项 2022 年“国家质量基础

设施体系”重点专项项目，即“高温蠕变无损检测与损伤状态评价技术研究及应用”，主要负责承担课题五“高温蠕变损伤状态智能评价与工程应用规范体系研究”的研究工作。在蠕变损伤状态评价和规范方面，目前较为成熟的评价技术是根据蠕变-持久试验结果进行损伤评价和寿命外推。华东理工大学、南京工业大学等基于蠕变试验建立了高温结构完整性原理，发展了考虑结构失效和材料损伤的时间相关蠕变损伤评定方法，但属于有损检测，且试验周期长、成本高，无法实现在役设备快速检测和评价。现场金相分析、微米压入测试等方法可实现材料表面微观组织及表面硬度的检测与表征进而对蠕变损伤进行评价，但材料表面在服役中可能会发生脱碳、渗碳及氧化等，导致评价结果与内部实际蠕变状态存在较大差异。标准规范方面，美国 ASME 等颁布的高温结构完整性评定规范规定了结构完整性评价准则，但缺乏对蠕变损伤评价方法和评定准则的具体规定。国内承压设备一般沿用 GB/T 19624—2019《在用含缺陷压力容器安全评定》，但不适用于高温承压装置，尤其是高温、腐蚀、载荷波动等多因素交互作用的蠕变损伤检测评价。综上，基于无损检测技术的高温蠕变损伤状态评价方法及其工程应用规范方面目前仍属空白，阻碍了蠕变损伤无损检测技术的高可靠工程应用推广。随着本项目的深入展开，期待在高温蠕变损伤评价及工程应用规范制定方面取得新的进展。

## 4 参加行业协会活动情况

### 4.1 无损标委工作情况

2022 年，SRIMNDT 作为全国无损检测标准化技术委员会（SAC/TC 56，简称“无损标委”）秘书处的挂靠单位，继续一如既往地积极支持和参与无损检测标准化工作。

代表中国参加 ISO/TC135 及其 8 个 SC 线上年会，在年会上提出 ISO 标准的中国建议，在国际层面上积极发出中国声音。

向国家标准委申报立项 14 项，下达国家标准计划 17 项，国家标准英文版计划 2 项，报批国家标准 14 项，发布国家标准 7 项。

### 4.2 标准宣贯活动

2022 年新冠疫情持续多发，标委会的会议

和活动均受到一定程度的影响。无损标委克服重重困难，积极采用网络会议、视频直播等多种方式，先后组织了多场标准宣贯会，邀请标准起草工作组内的行业专家对相关标准进行了详细的讲解，累计受益人群达 800 余人。

### 4.3 参加中国无损检测学会学术活动情况

2022 年，SRIMNDT 积极参与中国无损检测学会及各分技术组的学术活动。分别参加了超声技术组、表面技术组、射线技术组、新技术组、智能检测与评估组等学术会议与技术交流，积极为促进无损检测行业发展建言献策。

## 5 总结与展望

2022 年受新冠疫情持续存在的影响，SRIMNDT 的检验检测、校准和能力验证，以及培训等也受到了很大的影响。面对持续的疫情和复杂的行业形势，在 SRIM 无损检测前辈们多年来在材料检测 / 检验技术方面的经验和成果的鞭策下，SRIMNDT 持续提升检测 / 检验专业技术服务能力、大力拓展仪器校准 / 能力验证服务业务、努力开展新技术新方法专业培训业务、奋力推进科研课题攻坚克难。

2023 年，面对新的形势和挑战，SRIMNDT 将继续围绕“十四五”发展规划，重点围绕航空航天、核电、高端装备制造等工程领域的 NDT 需求，聚焦航空航天领域复合材料 NDT 检验检测及研发等方向，开发先进检测技术，突破关键检测难题，同时在原有 NDT 技术平台基础上提升能级，积极促进全国 NDT 标准化技术委员会、中国机械工程学会 NDT 分会、NDT 期刊等所内行业资源的共享和融合，加强与国内及国际同行的交流合作，整体提升 SRIMNDT 在无损检测领域的知名度和影响力，为无损检测行业的快速发展继续贡献力量。

上海材料研究所有限公司 无损检测事业部

张义凤 供稿

2023 年 6 月