

附件 3

兵工民品行业计量技术规范项目建议书

项目名称	不锈钢铁素体含量测量仪校准规范		
制定或修订	☒ 制定 ☐ 修订	被修订计量技术规范号	/
计量技术规范性质	☐ 检定规程 ☒ 校准规范	计量技术规范类别	☐ 重点 ☒ 基础
主要起草单位	国营第六一八厂		
联系人	李宁	联系电话	15810532862
任务年限	2026. 6-2027. 12	申请经费	5 万元
参加单位	/		
目的、意义和必要性	1、目的、意义，解决行业、产业的问题和必要性、迫切性 不锈钢铁素体含量测量仪是不锈钢生产、焊接及质检环节的关键设备。其校准规范的发展现状可以概括为：国际标准相对领先且有专项标准支撑，而国内目前仍处于有设备、无国家级、行业级校准规范的阶段。目前全球绝大多数的铁素体测量仪（如 Fischer Feritscope）在出厂时，都会依据瑞典福斯特（Foerster）实验室的标准校验块进行标定，这在全球范围内具有极高的认可度。 不锈钢铁素体含量测量仪之所以能快速、无损地测出不锈钢（如 304、316 或双相钢）中的铁素体比例，主要是因为巧妙利用了不锈钢内部两种晶体结构的“磁性差异”。目前市面上绝大多数便携式测量仪都采用磁感应法，不锈钢内部有两种主要的微观结构（晶相）：“非磁性”奥氏体相和“铁磁性”铁素体相，仪器利用磁性原理，专门去“嗅探”材料中被激发出来的磁性信号。仪器的探头里藏着精密的线圈。当探头贴在不锈钢表面时，内部电路会驱动线圈产生一个交变磁场。如果材料里没有铁素体（纯奥氏体），磁场会很微弱。但只要混有一丁点铁素体，它就会被磁化，像一块块小磁铁一样把原本的磁场成倍放大。这种磁场强度的变化，会在线圈里感应出一个微弱的电压信号。铁素体越多，磁场扰动越大，感生出的电压信号就越强。仪器在出厂或校准前，已经通过大量实验建立了一条“电压信号-铁素体含量”的标准曲线。仪器将接收到的模拟电压信号瞬间“翻译”成具体的数字，直接显示在屏幕上（通常以 Fe% 百分比或 FN 铁素体数为单位）。 当前铁素体含量测量仪市场呈现进口主导高端、国产抢占中低端、国产化加速替代的格局。主流厂家测量仪技术参数对比如下表 1 所示，由表 1 可知，大部分仪器测量范围：1-140FN 或 1-100Fe%，检测精度：±0. 2FN~±0. 8FN。		

表 1 主流厂家测量仪技术参数对比				
对比维度	德国李斯特 FERRITE-CHECK 140	德国菲希尔 DMP30	国产圣光 SP10A	国产美华仪 机型
测量量程	1-140FN 或 1-100Fe%	全 覆 盖 FN/Fe% 量程	常规工业量 程	0.1-110FN 常规量程
检测精度	±0.3FN（高端 精度）	±0.2FN（行 业顶尖）	±0.5FN（工 业够用）	±0.8FN（基 础精度）
设备形态	一体式超轻便 携	分体 / 一体 可选	一体式便携	一体式便携
数据功能	4000 组存储、 蓝牙传输、自动 统计	专业软件溯 源、报告生成	基础存储、数 据导出	基础测量、简 易存储
适用场景	高端特种设备、 核电、军工	质检机构、高 端精密制造	通用工业、中 小型制造	民用普通不 锈钢检测
价格区间	高端（万元级高 价）	高端（进口顶 配价）	中端高性价 比	中低端平价
目前国内在该领域面临较为明显的“标准滞后”问题，直到目前，国内尚未出台针对“不锈钢铁素体含量测量仪”的专属国家计量校准规范。这意味着各大检测机构和企业缺乏统一的计量溯源依据。随着国内高端制造业（如核电、深海装备）对双相钢和超级奥氏体不锈钢需求的增加，业内对出台专属、权威的国家级校准规范的呼声越来越高，以终结目前“各自为政”的校准乱象。 不锈钢铁素体含量测量仪作为高精度的检测仪器，其测量结果的准确性对于产品质量的控制至关重要，校准规范的研究和制定旨在通过标准化的校准流程和方法确保仪器在使用过程中始终保持高精度和可靠性，并统一行业内对不锈钢铁素体含量测量仪的校准要求和标准，避免不同企业、不同机构之间校准标准不一致而产生的测量误差和争议，同时规范校准流程可以缩短校准时间，提高检测效率。 2、先进性和亮点、社会效益和推广应用前景 不锈钢铁素体含量测量仪以其“一秒出数、不伤工件”的优势，堪称不锈钢行业的“品控雷达”。在核电、海洋工程、航天制造、食品机械、厨房设备、废品站，只要涉及到不锈钢的质量安全和真伪鉴定，不锈钢铁素体含量测量仪都能发挥极大的作用。 以下是它大显身手的四大核心应用场景： ① 焊接现场 痛点： 不锈钢焊接时，熔池冷却后会析出铁素体。含量太低，焊缝容易开裂；含量太高，又会导致耐腐蚀性和韧性变差。 仪器作用： 焊工焊完一道口，拿仪器在焊缝上轻轻一点，马上就能判断“体质”是否合格。它是压力容器、管道焊接不可或缺的质控工具。				

	② 双相钢生产 痛点： 双相不锈钢（如 2205、2507）极其娇贵，要求铁素体含量必须严格控制在 50% ± 5% 的极窄窗口内。多一点少一点都会让材料报废。 仪器作用： 在出厂前对钢板或管材进行网格化快速扫描，确保每一寸材料的金相结构都完美符合严苛的工业标准。 ③ 机械制造 痛点： 很多奥氏体不锈钢（如 304）在冷加工（冲压、弯曲、拉伸）后，内部会诱发产生铁素体。如果局部含量异常，设备在高压或腐蚀环境下极易发生应力腐蚀开裂。 仪器作用： 在设备组装前对关键受力部件进行抽检，排查因加工硬化导致的局部“脆化”隐患。 ④ 废钢回收 痛点： 304 和 201 不锈钢外观极度相似，但价格悬殊。不良商家常拿便宜的 201 冒充昂贵的 304 卖。 仪器作用： 采购人员拿来往废料堆里一戳，如果是 201（含锰高、磁性大），读数会明显偏高；如果是正宗 304，读数则很低。 制定不锈钢铁素体含量测量仪校准规范项目的申报与产业发展结合主要体现在以下几个方面： 1) 行业标准的制定 根据行业特点和需求，制定相应的校准规范，以确保行业内仪器设备的测量和测试结果具有一致性和可比性。 2) 校准服务的提供 校准规范的制定可促使各企业和机构能够按照统一的、合理的、可操作的校准规范进行操作，确保仪器设备的准确性和可靠性，检测结果的一致性和可信度。 3) 企业内部的校准管理 为企业和机构制定符合自身情况和需求内部校准规范提供依据。 4) 技术创新与产业升级 校准技术的研究升级有助于推动相关产业的发展和升级。 3、查新结果 查阅相关资料，针对不锈钢铁素体含量测量仪，国内目前没有专用国家计量校准规范（JJF）或检定规程（JJG），实际工作中是用“测量方法标准+国际校准程序”支撑。 有关资料显示不锈钢铁素体含量国际检测方法 ISO 8249: 2018《焊接—奥氏体和双相铁素体奥氏体铬镍不锈钢焊接金属中铁素体含量（FN）的测定》，国内校准或期间核查目前主要依据的是检测方法标准 GB/T 1954-2008《铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法》，GB/T 1954-2008 采标于 ISO 8249，相关检测一脉相承，GB/T 1954-2008 规定仪器校准要求：采用 0、4、10、16、25FN 二级标块多点校准，规定分段示值允差：0FN±0.5FN、10FN±0.6FN、25FN 为标称值±5%；仅适配焊缝金属，不覆盖铸件、锻件，且标准发布多年未更新，落后 ISO 8249:2018 新版技术要求。并且这两个方法都是检测方法，都是侧重于“怎么测”，而非针对仪器本身的“计量校准”。
--	--

产业链应用	1、重点产业链方向（仪器仪表产业、民用大飞机产业、新能源汽车产业、船舶与海洋工程装备产业、轨道交通产业、新型显示产业、医药工业产业等） 不锈钢铁素体含量测量仪对金属材料及其制品进行铁素体含量测量的电子设备，在军工、仪器仪表产业、民用大飞机产业、新能源汽车产业、船舶与海洋工程装备产业、轨道交通产业、新型显示产业、医药工业产业等领域都有广泛应用，可在野外或现场使用，是具有多功能、实用性强、高性能、价格比特点的仪器，广泛应用于奥氏体不锈钢或双相不锈钢中铁素体含量的测定。 2、对本行业重点产业链的支撑作用 不锈钢铁素体含量测量仪采用磁性法无损快速检测奥氏体/双相不锈钢母材、焊缝、热影响区的铁素体体积分数(Fe%)与铁素体数(FN)，替代传统破坏性金相法，用于管控两相组织配比，决定不锈钢强度、低温韧性、抗氯离子腐蚀、抗疲劳开裂、焊接抗裂性，是高端装备国产化的关键质控手段，对本行业重点产业链的支撑作用如下： 1) 仪器仪表产业链 a) 原材料入厂把关：对仪表壳体、阀体、传感器不锈钢零部件（316L、双相钢）开展批量筛查，避免因铁素体超标造成仪表长期使用脆化、渗漏；奥氏体不锈钢焊缝铁素体控制在 FN=3~7，有效杜绝仪表焊接接头热裂纹。 b) 工艺定型验证：在仪表精密焊接、钎焊工序中实时监测热影响区组织变化，优化焊接热输入参数，稳定仪表密封性与长期测量稳定性。 2) 军工产业链（武器装备、航天弹体、军用动力系统） a) 特种不锈钢强制管控：军工奥氏体不锈钢焊缝铁素体严格限定在 5%~12%；双相不锈钢（S32750）控制在 40%~60%，防止低温工况（-50℃）下发生冷脆断裂，满足野战高低温环境使用要求。 b) 焊接质量现场巡检：火箭发射架、导弹筒体、舰船军械管路、装甲附属结构焊缝现场无损检测，快速排查热影响区单相铁素体缺陷，杜绝武器结构在冲击、振动条件下疲劳开裂。 c) 失效分析与研制迭代：在新型军工合金研发中，精准调控两相比比例，抑制σ脆性相析出，提升武器装备抗海洋盐雾腐蚀、抗爆破冲击能力，符合国军标材料验收条款。 3) 民用大飞机产业链 a) 机载管路与结构件质控：飞机液压管路、环控系统、燃油输送管道大量使用奥氏体不锈钢，焊缝铁素体过低极易产生凝固裂纹，过高会带来高温脆性，行业标准将 FN 控制在 4~8，仪器实现装机前全检。 b) 起落架附属不锈钢锻件检测：双相不锈钢紧固件、薄壁结构件两相失衡会大幅降低疲劳寿命，通过现场检测统一热处理工艺，保障飞机反复起降交变载荷下的结构安全。 c) 国产化材料替代支撑：替代进口金相抽检模式，实现生产线在线检测，推动国产不锈钢材料满足民航适航标准，缩短大飞机零部件国产化验证周期。
--------------	--

	4) 新能源汽车产业链 a) 三电系统管路部件检测：动力电池冷却回路、氢燃料汽车供氢管路使用双相不锈钢，铁素体维持 40%~60%，提升耐冷却液腐蚀、耐高压蠕变性能，防止管路渗漏。 b) 排气系统不锈钢件管控：排气歧管、催化器壳体长期承受高温循环，铁素体含量异常会出现 475℃脆性，仪器用来校准冲压与焊接工艺，延长整车使用寿命。 c) 轻量化零部件工艺优化：在不锈钢压铸、激光焊接工序中快速判定组织状态，减少零部件返修率，支撑新能源汽车轻量化升级。 5) 船舶与海洋工程装备产业链 a) 海水工况专用双相钢管控：按照 CB/T 4362 标准，船用 2205/2507 超级双相钢铁素体必须在 40%~60%，两相均衡才能抵抗海水氯离子点蚀、应力腐蚀，铁素体超标韧性下降、不足则强度不足。 b) 船体管道、压载舱、海底脐带缆检测：现场登船无损检测甲板管路、焊接节点，解决海洋潮湿腐蚀环境下管线穿孔问题；海上平台立柱、海水泵体批量检测，满足 DNV 海工规范。 c) 修补焊验收必备工具：船舶现场维修补焊后，快速测定焊缝两相比例，避免修补位置提前腐蚀破损，延长远洋船舶服役年限。 6) 轨道交通产业链 a) 制动系统与给排水管路：动车组不锈钢给排水管道、空气制动管路奥氏体焊缝铁素体控制在合理区间，抵御车辆运行振动疲劳，防止焊缝渗漏开裂。 b) 车体不锈钢结构与内饰骨架：城轨车辆车体双相不锈钢焊接接头，严格控制两相比例，提升在隧道潮湿环境下的耐腐蚀能力，降低运维检修频次。 c) 转向架附属构件质量管控：转向架不锈钢连接件长期承受往复冲击，通过检测稳定材料韧性，保障车辆高速行驶安全，符合轨道交通材料验收规范。 7) 新型显示产业链 a) 真空腔体与工艺管道质量控制：液晶、OLED 生产线的真空腔体、高纯工艺流体管道采用高纯奥氏体不锈钢，要求铁素体含量极低（$\leq 0.5\%$），避免微量磁性颗粒脱落污染精密面板，防止微观瑕疵造成显示屏良品率下降。 b) 洁净管路焊接检测：半导体与显示行业高纯管道不允许出现选择性腐蚀，依靠仪器逐段检测焊缝，保障超洁净生产环境，减少产品黑点、色斑缺陷。 c) 设备定期维护检测：产线设备定期巡检，提前预判不锈钢内壁腐蚀趋势，延长高端显示制造设备运行周期。 8) 医药工业产业链 a) 制药洁净设备专项管控：发酵罐、纯化设备、注射剂输送管道（尿素级奥氏体不锈钢）要求铁素体$\leq 0.5\%$，铁素体过高会在药液介质中产生选择性腐蚀，造成药液重金属超标、药品变质。 b) GMP 生产合规验收：医药行业强制要求不锈钢设备金相组织达标，该便携仪器可在车间现场检测，无需破坏罐体，满足药监现场核
--	--

	查要求。 c) 无菌管路焊接工艺管控: 制药卫生级不锈钢焊缝精准控制铁素体, 减少内壁腐蚀与细菌滋生, 保障无菌生产条件, 规避药品安全风险。 不锈钢铁素体含量测量仪既是高端不锈钢材料工艺的“调节器”, 也是重大装备安全运行的“报警器”: 奥氏体不锈钢依靠适量铁素体防焊接裂纹; 双相不锈钢依靠两相 1:1 配比实现高强+耐蚀双重优势; 通过现场无损快速检测, 替代低效金相法, 推动八大高端制造业材料标准化、工艺规范化, 是制造业高质量发展的重要检测装备。												
范围和主要 计量特性	1、适用范围												
	规范明确不锈钢铁素体含量测量仪的适用范围和限制条件, 确定在不同领域和场景中的有效应用。												
	2、主要计量特性的技术指标												
	<table><tr><th>序号</th><th>计量特性</th><th>测量范围</th><th>技术指标</th></tr><tr><td>1</td><td>示值误差</td><td>0~100 Fe%或 1~140 FN</td><td>FN≤10 时, 0.1% FN>10 时, 2%测量值</td></tr><tr><td>2</td><td>示值重复性</td><td>0~100 Fe%或 1~140 FN</td><td>FN≤10 时, 0.5 FN>10 时, 1</td></tr></table>	序号	计量特性	测量范围	技术指标	1	示值误差	0~100 Fe%或 1~140 FN	FN≤10 时, 0.1% FN>10 时, 2%测量值	2	示值重复性	0~100 Fe%或 1~140 FN	FN≤10 时, 0.5 FN>10 时, 1
	序号	计量特性	测量范围	技术指标									
	1	示值误差	0~100 Fe%或 1~140 FN	FN≤10 时, 0.1% FN>10 时, 2%测量值									
	2	示值重复性	0~100 Fe%或 1~140 FN	FN≤10 时, 0.5 FN>10 时, 1									
	3、主要测量标准的技术指标												
	<table><tr><th>序号</th><th>标准名称</th><th>技术指标</th></tr><tr><td>1</td><td>标准磁体</td><td>5.0 FN/g ± 0.5 FN/g</td></tr></table>	序号	标准名称	技术指标	1	标准磁体	5.0 FN/g ± 0.5 FN/g						
	序号	标准名称	技术指标										
1	标准磁体	5.0 FN/g ± 0.5 FN/g											
4、主要计量项目的技术原理													
4.1 示值误差													
是指测量仪器示值（显示值或测量值）与标准值的差值与标准值的比, 具体计算公式如下所示。													
$\delta = \frac{x_i - x_0}{x_0} \times 100\%$ δ——示值误差, %; x_i——不锈钢铁素体含量测量值, FN; x₀——不锈钢铁素体含量标准值 FN;													
4.2 示值重复性													
是指测量仪器示值（显示值或测量值）最大值与最小值的差值与标准值的比, 具体计算公式如下所示。													
$r = \frac{x_{imax} - x_{imin}}{x_0} \times 100\%$ r——示值重复性, %; x_{imax}——不锈钢铁素体含量多次测量中的最大值, FN; x_{imin}——不锈钢铁素体含量多次测量中的最小值, FN; x₀——不锈钢铁素体含量标准值, FN;													

水平		☐ 国际先进 ☒ 国内先进			
国内外情况 简要说明		查阅相关资料，针对不锈钢铁素体含量测量仪，国内目前没有专用国家计量校准规范（JJF）或检定规程（JJG），实际工作中是用“测量方法标准+国际校准程序”支撑。 有关资料显示不锈钢铁素体含量国际检测方法 ISO 8249: 2018《焊接—奥氏体和双相铁素体奥氏体铬镍不锈钢焊接金属中铁素体含量（FN）的测定》，国内校准或期间核查目前主要依据的是检测方法标准 GB/T 1954-2008《铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法》，GB/T 1954-2008 采标于 ISO 8249，相关检测一脉相承，GB/T 1954-2008 规定仪器校准要求：采用 0、4、10、16、25FN 二级标块多点校准，规定分段示值允差：0FN±0.5FN、10FN±0.6FN、25FN 为标称值±5%；仅适配焊缝金属，不覆盖铸件、锻件，且标准发布多年未更新，落后 ISO 8249:2018 新版技术要求。并且这两个方法都是检测方法，都是侧重于“怎么测”，而非针对仪器本身的“计量校准”。			
推荐意见		不锈钢铁素体含量测量仪校准规范的制定可以确保仪器在使用过程中始终保持高精度和可靠性，并统一行业内对不锈钢铁素体含量测量仪的校准要求和标准，进一步推动该先进测量技术在相关领域的应用，具有良好的社会效益和经济效益。 建议上报《不锈钢铁素体含量测量仪校准规范》。			
主要起草单位	（签字、盖公章） 月 日	技术委员会	（盖公章） 月 日	部委托支撑单位	（盖公章） 月 日

填写说明：1.表中第 2，3，11 行，请在选定的内容上填写“☒”的符号。

2. 填写制定或修订项目中，若选择修订则必须填写被修订计量技术规范号。