

附件 1

钢铁行业计量技术规范项目建议书

建议项目名称	钢铁多元素含量分析用直读光谱仪校准规范		
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	山东省冶金科学研究院股份有限公司		
联系人	杨繁	联系电话	0531-88593038
任务年限	2027	申请经费	5 万
参加单位	山冶畅检计量检测（山东）有限公司、山东钢铁集团日照有限公司		
目的、意义和必要性	钢铁材料的化学成分，尤其是碳（C）、硅（Si）、锰（Mn）、磷（P）、硫（S）及铬（Cr）、镍（Ni）、钼（Mo）等多元素的含量配比，直接决定钢铁材料的力学性能、耐腐蚀性、耐高温性等核心品质，更是钢铁生产工艺优化、产品质量管控、等级判定及市场贸易的核心依据。直读光谱仪作为钢铁行业多元素快速检测的核心专用计量器具，凭借 12 分钟内完成 20 余种元素检测的高效优势，广泛应用于钢铁生产原料验收、冶炼过程监控、成品质量检测等全流程，其光谱强度稳定性、元素分析准确度、精密度及波长定位精度等关键计量参数，直接影响多元素含量检测数据的可靠性、一致性与可比性，进而关系到钢铁产品质量安全、生产工艺优化、能耗控制。 一、编制目的		

	本项目源于国家标准 GB/T 4336 和实验室对钢铁冶金行业市场计量需求的深度分析，目的是解决传统校准方法无法满足钢铁行业企业设备校准和验证的应用性需求问题。经市场调研，超过 70% 的钢铁企业存在对直读光谱仪进行碳、硅、锰、磷、硫、铬、镍、钨、钼、钒、铝、钛、铜、锯、钴、硼、锆、砷和锡等 20 个元素验证的强烈需求，而现有国家检定规程 JJG 768-2005《发射光谱仪》检定规程中将校准参量限定在碳、硅、锰、铬、镍、钼、钒 7 个元素，在计量广度和终端应用方面存在明显短板，若不尽快研究新技术，将错失市场机遇。 直读光谱仪广泛应用于钢铁、有色金属冶炼、铸造、质检等在线或快速检测环节，其工作原理是：样品被激发后，不同元素会发射出特定波长的光（信号），检测器测量这些光的强度（信号强度），从而计算出元素含量。校准作为确保检测精度的关键环节，贯穿于设备全生命周期，直接影响产业链各节点的质量控制效率。对直读光谱仪进行校准，是实现定量分析的基石。没有校准，光谱仪最多只能进行定性分析，只有经过精确的多元素校准，才能准确对每种元素进行定量分析。校准中某些元素的谱线可能非常接近，相互重叠，影响测量，多元素校准能最大限度地修正这些干扰，保证实验数据质量，满足质量控制和标准化要求。因此，对直读光谱仪进行多元素校准对于光谱分析数据的准确性和可靠性具有重要意义。 二、编制意义 直读光谱仪的检测精度直接影响钢铁多元素含量的判定结果，而元素含量的微小波动都会显著改变钢铁材料的性能，碳含量影响钢材硬度和塑性，锰、硅改善钢材强度和耐磨性，磷、硫超标则会降低钢材韧性和焊接性能，合金元素则决定钢材的耐腐蚀性和高温性能。校准规范统一了全国范围内直读光谱仪的校准要求，明确光谱强度、波长定位、分析准确度等关键参数的校准精度（如低碳钢 C 元素检测误差需控制在合理范围，不锈钢 Cr 元素检测精度需满足行业要求），针对火花型、等离子型等不同类型直读光谱仪的特性制定差异化校准要
--	--

	求，有效控制设备计量偏差，确保检测数据精准可靠。这不仅能够帮助钢铁企业精准把控原材料、中间产品及成品的多元素含量，避免因元素含量不合格导致的产品报废、质量事故，还能为终端行业（机械制造、航空航天、轨道交通等）提供合格的钢铁材料，保障终端产品质量安全，例如为复兴号高铁车轮等高性能钢铁产品的多元素检测提供精准计量支撑，助力国产化应用。 目前，国内尚无标准化的技术文件支撑直读光谱仪对碳、硅、锰、磷、硫、铬、镍、钨、钼、钒、铝、钛、铜、锯、钴、硼、锆、砷和锡等元素的校准需求，本实验室基于前期调研分析和设备校准技术能力，团队自主设计的直读光谱仪多元素校准方案已完成实验室验证，并发表相关论文，技术相对成熟。项目形成标准校准规范后将能作为认可依据申请实验室校准和测量能力，对企业开展相关技术工作，满足企业日益增长的直读光谱仪多元素校准需求，形成强有力的市场竞争力，取得良好的经济效益和社会效益。 编制该校准规范，既是填补我国钢铁多元素检测专用计量器具校准领域空白、完善钢铁行业计量标准体系的技术举措，也是落实国家重大战略部署、推动钢铁行业高质量发展的具体实践，对保障钢铁产品质量、提升行业标准化水平、增强产业竞争力具有重要而深远的意义。该校准规范的实施，将为钢铁多元素检测提供统一、科学的计量校准依据，完善钢铁行业计量标准体系，推动钢铁行业绿色低碳、标准化、高质量发展，为我国质量强国建设、碳达峰碳中和目标实现提供坚实的计量技术保障。
产业链应用	直读光谱仪作为金属材料成分快速分析的核心设备，其产业链覆盖了从核心部件供应到终端工业应用的完整生态体系，其核心功能是快速定量分析金属及非金属材料中的元素成分，保障金属产业链各环节的成分精准控制。 直读光谱仪应用场景广泛，主要集中在对材料成分要求严格的行业。其核心应用领域包括：1）冶金行业：钢铁、有色金属的炉前快速

	分析、冶炼过程控制、成品成分检测，是直读光谱仪最大的应用市场。 2) 机械制造与汽车工业：零部件原材料检验、来料质量控制，确保产品性能达标。3) 航空航天：高端合金材料的成分分析，满足航空航天材料的高可靠性要求。4) 金属回收行业：废旧金属的成分快速鉴定，实现分类回收和再利用。5) 新兴领域如新能源行业：锂电池正极材料、光伏组件用铝边框等材料的元素检测等。 在冶金行业，直读光谱仪对元素含量的精准分析贯穿冶炼 — 轧制 — 成品检测全流程。钢铁、有色金属冶炼中，碳（C）、硅（Si）、锰（Mn）、铬（Cr）等关键元素的含量直接决定钢材的强度、耐腐蚀性、韧性等性能。通过直读光谱仪实时分析炉前样品的元素成分，可及时调整原料配比和冶炼参数，避免因元素超标或不足导致整炉钢水报废，大幅降低生产成本。再生冶金中，通过光谱仪快速检测废旧金属的元素组成，可实现不同牌号金属的精准分类，提高回收料的纯度，降低再生冶炼的杂质控制难度。 航空航天领域对材料性能的要求堪称“极致严苛”，元素含量的微小偏差都可能引发致命故障。航空发动机涡轮叶片、机身结构件等核心部件，多采用钛合金、高温合金等特种材料。这类材料需添加镍（Ni）、钴（Co）、钨（W）等微量元素来提升耐高温、抗疲劳性能，元素含量的精准控制是材料达到设计指标的关键。直读光谱仪可实现研发过程中元素配比的快速验证，加速新材料迭代。此外，航空航天部件在极端工况下运行，若材料中混入超标杂质（如硫、磷），或关键元素含量不达标，会导致部件脆化、开裂，引发飞行事故。通过对原材料、半成品的 100%精准检测，从源头杜绝质量隐患。部分便携式直读光谱仪可在现场对零部件进行原位检测，既保障检测效率，又避免对高精度部件造成损害。 在传统汽车制造领域，汽车发动机缸体、曲轴、齿轮等部件，需根据不同工况选择对应牌号的合金材料。例如，高锰钢可提升齿轮耐磨性，低合金钢可增强缸体强度。通过精准分析元素含量，可确保零
--	---

	部件材料符合设计要求，减少因材料失效导致的发动机故障、变速箱卡顿等问题。 在新能源汽车领域：锂电池正极材料（如三元锂 NCM）中镍、钴、锰的比例直接决定电池的能量密度、循环寿命和安全性。若元素配比偏差过大，可能导致电池热失控、起火爆炸。直读光谱仪可快速检测正极材料的元素均匀性，保障电池品质。此外，新能源汽车大量使用铝合金、镁合金部件以减轻自重、提升续航。精准分析这些轻合金的元素含量（如铝中镁、硅的比例），可确保结构件的强度和耐腐蚀性，避免因材料缺陷引发车身变形、断裂。控制材料导电性与耐腐蚀性储能设备的电极、充电桩的导电部件，对铜、铝等金属的纯度要求极高，杂质元素会降低导电性、加速腐蚀。精准分析可保障设备的输电效率和使用寿命。 综上，直读光谱仪准确分析各元素含量，是冶金、航空航天、汽车能源等领域保障产品质量、提升生产效率、控制安全风险的核心技术支撑，直接决定了材料性能、生产稳定性和终端产品可靠性。因此，建立直读光谱仪校准规范，不仅是技术标准制定，也是筑牢工业制造质量根基、保障高端领域技术安全的关键。通过标准化的校准流程，保证光谱检测数据精准、可追溯，为各行业高质量发展提供刚性技术保障。
范围和主要 计量特性	本规范适用于台式及便携式直读光谱仪的多元素校准。 以 ARL 8860 型直读光谱仪为例，其校准的计量特性及技术指标主要包括：检出限、重复性和稳定性，其技术要求需依据设备使用者的实际需求来判断。 计量标准器：纯铁、合金钢等国家一级/二级标准物质，包含碳、硅、锰、铬、镍、钼、钒、磷、硫、钨、铝、钛、铜、铌、钴、硼、锆、砷、锡、锑等元素。 校准过程： 1) 检出限校准：分析工作前，先激发一块样品 3~5 次，确认仪

		器处于最佳工作状态。在仪器正常工作条件下，根据不同基体要求，连续 10 次激发空白光谱分析标准物质，以各元素 10 次空白值标准偏差 3 倍对应的含量为检出限。 2) 重复性校准：在仪器正常工作条件下，连续激发 10 次某合金钢光谱分析标准物质中代表元素的含量，计算 10 次测量值的相对标准偏差（RSD）为重复性。 3) 稳定性校准：仪器开机稳定后，若仪器为铁基体，则激发某合金钢光谱分析标准物质，对代表性元素进行测量。在不少于 2 h 内，间隔 15 min 以上，重复 6 次测量。计算 6 次测量值的相对标准偏差(RSD) 为稳定性。			
水平		☒ 国际先进 ☐ 国内先进			
国内外情况 简要说明		国内现在有 JJG 768-2005《直读光谱仪》检定规程，该规程仅对碳、硅、锰、铬、镍、钼、钒七个元素的校准及技术指标提出了要求，无法满足实际应用中直读光谱仪全元素校准的需求，故有必要针对直读光谱仪全元素校准建立相应的技术规范。 该项目不涉及知识产权或专利问题。			
推荐意见					
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。