

有色金属高速切削特性测试仪校准规范 (编制说明)

送审稿

2025-3-25

有色金属高速切削特性测试仪校准规范

编制组

主编单位： 国标（北京）检验认证有限公司

一、工作简况

1 立项目的

切削加工是机械制造业中的一种重要基础技术，包括切削在内的“精密及超精密加工”是工业强基工程（“中国制造 2025”五大工程之一）中十二项先进基础工艺重点突破口之一。现代制造业正在向着高效率、高精度、环保的方向发展。提高切削速度、采用干式切削正是为了适应这种发展趋势。高速切削有很多传统加工方法无法比拟的优点。由于切削速度大幅度提高，进给速度也可提高 5-10 倍，加工精度高；同时，产生的热变形小，这是由于大部分的切削热都被高速流出的切屑带走；高速切削使机床的激振频率高于“机床—工件—刀具”系统的固有频率，工件处于平稳振动状态，零件可获得较高的表面加工质量。高速切削还可以加工很多难加工材料(如高温合金) 等。

随着现代材料制造技术的发展，各种高硬度、高耐磨工件材料层出不穷，这对高速切削刀具提出了更高的要求，因此研究刀具材料对促进高速切削技术的发展具有重要意义。前广泛使用的硬质合金刀具对切削速度有所限制，并不能完全适用于高速切削，对于很多难加工材料更是无能为力。而且硬质合金刀具大量消耗着 W、Co 等战略性贵金属。因此，硬质合金刀具的使用将会越来越少。陶瓷刀具具有很多优良的物理力学性能，适用于高速切削和干式切削，可以实现“以车代磨”，而且原料来源广泛，作为一种新型的刀具，具有很强的应用价值，其在切削加工刀具中所占的比例正逐步提高。研究具有良好抗磨损性能和切削性能的陶瓷刀具，能够扩大陶瓷刀具在高速切削加工领域的应用范围，提高切削的可靠性和稳定性，延长刀具寿命，对于推动我国航空航天的发展和刀具材料的发展都起到积极的促进作用。

有色金属材料，尤其是铝合金、镁合金及钛合金，以其良好的比强度，是较好的轻量化材料，目前在航空航天、轨道交通、汽车等领域得到广泛的应用，可有效的减少能源消耗。但相关材料的加工切削特性的评定严重阻碍了相关材料的发展应用，有色金属高速切削特性测试仪的研发及设备校准规范的制定，可以规范相关有色金属材料加工性能的检测，保证量值溯源，符合我国碳达峰和碳中和的总体战略。高速切削特性测试系统及试验装备在市场上的应用广泛，用于材料切削特性的评价试验等等。在有色金属行业中，尤其是用于刀具、军工、汽车领域的铝、镁及钛合金产品，对其加工性提出了较高的要求。

目前该设备属于国内首创，国内市场前景广泛，国内外目前都没有成熟的计量校准方法，因存在较多的试验方法和要求，所以对高速切削特性测试试验机的校准需求也不同。大多数校准机构都是参照某一本方法对试验机进行校准，需要有一个科学的校准规范来对溯源过程进行规范，对校准方法进行说明。

2 任务来源

为保证和提升我国有色金属加工的准确性,适应我国有色金属行业的快速发展和满足国内外市场的需要,工业和信息化部以工信厅科函[2023]476 号文下达了《工业和信息化部办公厅关于印发 2023 年行业计量技术规范制修订计划的通知》,其计划项目代号为:JJFZ(有色金属)-027-2023,计划完成年限为 2025 年 6 月。

3 项目编制组单位简况

3.1 编制组成员单位

本标准的编制组成员单位为:国标(北京)检验认证有限公司、广东豪美新材股份有限公司、北京科技大学、福建省闽发铝业股份有限公司、有色金属技术经济研究院、南昌理工学院、广东法思特精密五金有限公司、燕山大学、上海有色金属工业技术监测中心有限公司、国合通用测试评价认证股份公司等。

3.2 主编单位简介

3.2.1 国标(北京)检验认证有限公司

国标(北京)检验认证有限公司是我国有色行业的材料研究和材料检测的权威机构。该公司运行着国家有色金属质量监督检验中心,于 1985 年开始筹建并承担检验任务。1990 年通过国家技术质量监督检验检疫总局的审查认可,2001 年通过实验室“三合一”认可。是我国有色行业金属材料检测的权威机构。中心拥有雄厚的技术力量,先进的仪器,齐全的分析方法,以及与国际接轨的质量管理体系(ISO/IEC 17025),承接了国家质量监督抽查、实施生产许可证产品的质量检验、方圆产品认证检验、产品质量鉴定、质量评价和仲裁检验等任务。同时,研究开发新的检验技术和方法;培训检验人员和技术咨询;承担和参加国家标准、行业标准的制定和修订工作,负责和参与起草制订国家标准 150 余项,行业标准 70 余项。

在铝及铝合金材料的监督检验方面,该公司具备深厚的基础,承担了大量的分析检测任务和标准起草制定工作。实验室配备有 ICP-MS、ICP-ES、GD-MS、光谱仪、氧氮氢测定仪等一系列化学分析仪器,可对铝及铝合金材料进行全元素定性和定量分析。实验室配备了万能材料试验机及相关配套设备,可进行高低室温下的拉伸、压缩、剪切等力学性能试验,以及弯曲、扩口、压扁、杯突等工艺性能的检测、配备有高周、低周和弯曲疲劳试验机及高、低温环境箱,可进行高、低、室温下的高周疲劳和弯曲疲劳性能,以及室温下的低周疲劳、裂纹扩展速率、断裂韧性、腐蚀疲劳等性能的检测。配备了多种硬度检测设备,可进行布氏、洛氏、维氏、韦氏等硬度检测。另外还可开展铝及铝合金的应力腐蚀、剥落腐蚀、盐雾腐蚀等抗腐蚀性能的检测,以及持久蠕变试验、冲击试验、热分析、粗糙度、电性能、密度、涂层性能等参数的检测,基本涵盖了铝及铝合金产品监督检验的领域范围。

本单位积极组织编制组各次工作会议,开展相关的校准,有效组织参编单位多次对标准的各版《征求意见稿》进行认真的讨论和审议,提出大量有益的意见和建议,在编制组中发挥了牵头作用。

3.3 成员单位简介

3.3.1 广东豪美新材股份有限公司

广东豪美新材股份有限公司（股票代码 002988.SZ）是集专业研发、制造、销售于一体的国内大型铝型材制造商，已形成从熔铸、模具设计与制造、挤压到深加工完整的铝基新材料产业链。公司一直致力于向产业链上下游拓展，追求高技术集成、高附加值和高品牌价值，现已发展成为一家专业从事汽车轻量化材料技术创新和产业化应用以及建筑门窗系统产品集成的国家重点高新技术企业。是华南地区最具规模的汽车轻量化铝基新材料企业之一。2023 年整体营业收入近 60 亿元。

豪美新材一直高度重视产品、技术的创新，拥有国家认定企业技术中心、国家认可 CNAS 实验室、博士后工作站、省工程技术中心、省企业技术中心、省创新产业化示范基地等一系列研发平台，公司打造了一支专业从事研发和创新活动的科研团队，团队成员涵盖了铝加工、汽车轻量化、系统门窗研发、金属成型、金属塑性加工、材料学等多个领域，具备独立的研究、开发、实验、产业化能力，同时，公司聘请国内外高校院士、知名教授、同行业权威专家组成专家委员会，负责对研究开发方向、重大技术问题等方面提供支持；承担国家省市科研项目 27 项，公司作为国家有色金属标准化委员会的成员单位，共主持或参与制订国家标准 61 项，行业标准 25 项，协会标准 26 项；累计获得专利 1500 多件，现有权专利 791 件；获得广东省科技进步一等奖等省部级、市级科技进步奖 37 项。

经过多年积累，公司已形成了从铝合金制备、挤压成型到型材深加工、终端设计的综合业务体系。所打造的“HAOMEI”、“贝克洛”品牌已经在行业内具有较高的认知度，其中“HAOMEI”品牌获得“中国驰名商标”、“广东省名牌产品”、“广东省著名商标”等荣誉，并连续被中国有色金属加工工业协会评选为“中国建筑铝型材十强”企业。建有子公司广东豪美精密制造有限公司承接特种新材料的中试与产业化；在合金开发、熔铸技术、挤压技术及深加工技术方面均形成了多项专利以及核心非专利技术，凭借其研发技术、新材料开发、质量以及客户和品牌优势，成为行业领先企业。子公司贝克洛被中国建筑金属结构协会评为中国建筑门窗幕墙科技产业化应用基地，连续多年被中国房地产业协会评为“中国房地产开发企业 500 强铝合金系统窗类首选供应商品牌”、被中国建筑金属结构协会铝门窗幕墙委员会评选为“门窗十大首选品牌”，拥有较高的市场知名度。

该单位积极参加编制组各次工作会议，积极配合主编单位进行试验验证，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.2 北京科技大学

北京科技大学“腐蚀与防护中心”是联合国环境署批准资助建设的世界三大腐蚀研究中心之一、拥有“国家材料环境腐蚀平台”和“国家材料腐蚀与防护科学数据中心”两个国家级平台和“教育部腐蚀与防护重点实验室”等四个省部级平台，整合构建了以青岛、舟山、厦门、三亚等 28 个试验站组成的国家级材料腐蚀野外试验研究平台；形成了国际领先的户外试验-室内评价-微观检测-模拟计算全流程材料腐蚀试验评价研究基地，建成了国内最大的材料腐蚀与防护研究团队。研究积累的海洋腐蚀数据和综合防护技术在“大飞机”、“天宫一号、二号”、“武器装备”、“舰载机”以及 30 余座海洋大型平台等重大装备等领域关键材料选材及寿命评价方面获得直接应用。

该单位积极参加编制组各次工作会议，积极配合主编单位进行试验验证、标准内容修改，制订了部

分试验方案、进行了验证试验，参与了多种试验方法的方法研究、数据分析及文本修改等工作，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.3 福建省闽发铝业股份有限公司

福建省闽发铝业股份有限公司创办于 1993 年，是专业生产铝合金建筑型材、工业型材、铝模板以及从事各种铝制品精加工的工业企业，2011 年在深圳证券交易所中小板上市（股票代码：002578）。公司占地 50 多万平方米，建筑面积 40 多万平方米，拥有南安美林、东田两个生产基地，员工 1900 多人，其中中高级知识分子 26 人，是“国家技术创新示范企业”“国家服务型制造示范企业”“国家知识产权优势企业”“国家绿色工厂”“中国建筑铝型材十强企业（排名第七）”，荣获“全国质量标杆”，入选“国家智能制造优秀场景”。

公司拥有“国家企业技术中心”“福建省企业技术中心”“福建省铝型材行业星火技术创新中心”“博士后科研工作站”和国家认可的中心实验室，连续多年被认定为“福建省高新技术企业”“福建省科技型企业”，是国家标准 GB/T5237《铝合金建筑型材》和铝合金工业型材的主编单位和研制创新示范基地、国际标准 ISO28430 研制创新示范基地，先后参加国际、国家、行业标准制修订 47 项，拥有发明、实用新型、外观等有效专利 129 项，其中发明专利 29 项。

公司先后通过 ISO9001 质量管理体系和产品质量双认证、ISO14001 环境管理体系认证、OHSAS18001 职业健康安全管理体系认证、ISO10012 测量管理体系认证、两化融合贯标、汽车产品认证、知识产权管理认证，是“福建省第一批实施技术标准战略试点优秀企业”、“福建省标准化良好行为企业”、“福建省守合同重信用企业”。

公司现已开发出 400 多个系列、40000 多种规格的铝型材产品，产品主要表面处理方式有氧化着色、电泳涂装、粉末喷涂、氟碳喷漆、断桥隔热、木纹转印、高外观拉丝、抛光染色、钢丸喷砂等。公司可根据客户要求，承接各种合金牌号和特异型材的研发、设计和生产业务及各种颜色铝型材的表面处理等业务；公司的铝制品事业部和精工车间可承接各种铝材的深加工业务。“闽发牌”被有关部门认定为“中国驰名商标”、“全国有色金属工业卓越品牌”、“福建省重点培育和发展的国际知名品牌”，荣获“中国有色金属产品实物质量金杯奖”等；产品已覆盖全国及世界 40 余个国家和地区。

该单位积极参加编制组各工作会议，积极配合主编单位进行试验验证、标准内容修改，制订了部分试验方案、进行了验证试验、数据分析及文本修改等工作，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.4 有色金属技术经济研究院有限责任公司

有色金属技术经济研究院有限责任公司成立于 1983 年 3 月，与中国有色金属工业总公司同时经国家批准建立，最初名称为“中国有色金属总公司技术经济研究中心”，后改名“中国有色金属工业总公司技术经济研究院”，是中央所属 242 家转制科研院所之一，于 1999 年 7 月由国家全额拨款科研事业单位转制为科技型企业，变更为现名称。该院隶属于中国有色金属工业协会（以下简称“协会”），获批设立了国家级博士后科研工作站，是国家级高新技术企业和北京市高新技术企业。该院有五个主要业务板块，分别为信息咨询、标准专利、媒体宣传、分会工作及贸易投资，是我国有色金属行业专职从事产业发展战略研究与规划、市场信息服务与咨询、标准质量研究与专利查新、行业期刊出版发行、行业

会议策划与组织的综合性科技服务机构，该院对外又称“中国有色金属工业信息中心”和“中国有色金属工业标准计量质量研究所”。

全国有色金属标准化技术委员会、全国稀土标准化技术委员会、全国半导体材料料与设备标准化技术委员会材料分会，全国标准样品技术委员会有色金属分会四个秘书处挂靠该院。标准专利中心负责组织我国有色金属国家标准、行业标准、军用标准、协会标准项目的计划、制修订与复审，提供标准化、质量、计量服务与咨询，开展专利代理、查新检索。还开展国际标准化业务，包括申请成立国际标准化技术委员会秘书处研究制定国际标准和推广中国标准英文版业务。每年完成标准项目 300-400 项，专利代理项目 400 余项，查新项目 100 余项，还有若干计量和质量项目，每年完成国家科技部、工信部、市场监管总局和总装备部等有关部门的研究课题若干项。每年召开 50 个以上大小不等的业务工作会议。到 2019 年底该院标准中心归口管理 2000 余项国家标准、2100 余项行业标准、200 余项军用标准、30 余项协会标准和 10 项国际标准。

该单位积极参加编制组各次工作会议，积极配合主编单位进行试验分析，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.5 南昌理工学院

南昌理工学院坐落在“物华天宝、人杰地灵”“天下英雄城”江西省南昌市，是教育部批准设置、南昌航天科技集团出资举办的民办普通本科高校。前身是 1999 年创建的江西航天科技专修学院，2001 年，经江西省人民政府批准升格为江西航天科技职业学院；2005 年，经教育部批准升格为江西省首批民办本科高校，定名为南昌理工学院。2012 年，通过教育部本科教学合格评估，专家组一致评价：南昌理工学院是民办教育的一面旗帜；2018 年，通过教育部本科教学工作审核评估，专家组一致认为：南昌理工学院是全国示范性民办高校，国防教育特色鲜明，军魂育人成效显著；2016 年、2022 年分别被江西省人民政府学位委员会列为“十三五”“十四五”硕士授权立项建设单位。

学校占地面积 3000 余亩，校舍建筑面积 90 余万平方米。教学科研仪器设备总值近 2.5 亿元，建有 268 个实验（实训）室，391 个校外实习基地，拥有国家级职业教育实训基地 1 个，省级实验教学示范中心 3 个。馆藏图书文献资料 340 余万册，电子图书 130 余万种，各类中外文数据库 16 个。学校下设 18 个教学学院，全日制在校生 30833 人，其中本科生 17379 人，折合在校生 31421.4 人。

人才培养。学校不断深化教学改革，创新人才培养模式，以专业和课程建设为抓手，优化人才培养体系，完善人才培养质量标准和评价体系，全面提高人才培养质量。近年来，拥有国家级一流课程 2 门，省级一流课程 14 门，省级精品在线课程、共享育人课程及一流课程 40 门次，省级课程思政示范项目 4 项、省级教学成果奖 5 项。学生在大学生学科竞赛中获奖 6600 余项，其中国际级：一等奖 9 项、二等奖 12 项、三等奖 29 项；国家级：特等奖 5 项、一等奖 148 项，二等奖 312 项，三等奖 572 项。学校连续 5 次被评为“江西省普通高校毕业生就业工作先进单位”，形成了“进口旺、出口畅、中间质量有保障”的喜人局面。

学科专业。以“科教兴赣、科技强省”为目标，主动对接和服务区域经济社会发展，构建以工为主，理、经、管、文、法、艺、教育等学科专业交叉融合、协调发展的学科专业体系，设有 63 个本科专业

（在招专业 53 个）。现有江西省高校重点学科 2 个，国家级特色专业 1 个，省级特色专业建设点 6 个，省级一流专业建设点 3 个，省级专业综合改革项目 3 个，“卓越工程师人才培养计划”项目 3 个，省级人才培养模式创新实验区 2 个，中外合作办学本科专业 1 个。

科学研究。近年来，学校坚持产教融合、科教融汇，在“产、学、研、用”方面结出丰硕成果，服务地方的能力不断提升。现有省级院士工作站、省级重点实验室、市级重点实验室（工程技术中心）等省市级平台 16 个、校级科研平台 45 个，其中江西省太阳能光电材料重点实验室获得“江西省十佳省级重点实验室”荣誉称号，学校院士工作站被评为省级院士工作站，是全省民办高校唯一。学校承担了全国重大研编出版项目、国家自然科学基金项目、国家社科基金 8 项；江西省“双千计划”项目 6 项，教育部产学研合作协同育人项目 158 项；发表高水平论文 600 余篇；获授权各类专利、软件著作权 760 余（件）项；获省科技进步二等奖 3 项，中国仪器仪表学会科技进步奖 2 项，省教育科学优秀成果奖、省社科优秀成果奖 5 项，中国产学研合作创新与促进奖 1 项。

师资队伍。大力实施人才强校战略，稳步推进“五大工程”建设，现有专任教师 1657 人，副高级以上职称教师 500 人，占比 30.18%；硕士、博士学位教师 1511 人，占比 91.19%。教师中获国务院特殊津贴专家、省新世纪百千万人才工程专家、省“双千计划”、省赣鄱英才 555 工程专家、省高校中青年学科带头人、省中青年骨干教师等 69 人，省级教学团队 4 个。学校聘请中国探月工程首席科学家、中科院欧阳自远院士为荣誉校长，中科院王梓坤院士为学术委员会名誉主任。

办学 25 年来，累计为社会培养了 20 余万名优秀毕业生，涌现出长期扎根在军队、企事业单位、党政机关、基层一线工作的知名校友，其中全国人大代表、井冈山神山村副书记左香云多次受到习近平总书记接见。全国人大常委会原副委员长陈至立莅校视察，称赞学校“神奇美丽，很有特色”。办学成就受到中央、省部级等领导的高度赞扬和社会的肯定。

踔厉奋发启新程，勇毅前行向未来。学校将坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻党的教育方针，全面加强党的建设，落实立德树人根本任务，全体师生将以“航天科教，兴我中华”为办学宗旨，秉承“科学、求实、厚德、创新”的校训，弘扬“特别能吃苦、特别能战斗、特别能攻关、特别能奉献”的载人航天精神，坚守地方性、应用型的办学定位，践行“以学生为中心”的教育理念，踔厉笃行、锐意进取，朝着建设成为人才培养质量高，服务地方能力强，办学特色鲜明的国内一流应用型民办大学而努力奋斗。

该单位积极参加编制组工作会议，积极配合主编单位进行标准内容修改，参与了多种试验方法的讨论、数据分析及文本修改等工作，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.6 广东法思特精密五金有限公司

法思特是国内专业紧固件加工制造集团，成立于江苏苏州，自 2005 年创建以来，集团不断投入研发资源、扩大生产加工能力、完善销售渠道，目前法思特已经成为国内外知名的紧固件品牌，集团累计拥有生产设备超 2000 台套，年产值超 20 亿元，产品含概螺栓、螺柱、螺钉、螺母、自攻螺钉、木螺钉、销、铆钉、组合件、焊钉等优质精密紧固件及有色金属加工产品。产品标准覆盖国标(GB)、美标(ANSI/ASTM)德标(DIN)、日标(JIS)、国际标准(ISO)、同时可为客户提供非标定制，产品广泛应用于电

子通讯、新能源、环保、轨道交通、军工等高精度、高要求的前沿行业。广东法思特精密五金有限公司2009年成立于环境优美，交通便利的广州花都。经过12年的高速发展，为了更好服务华南地区客户，占地面积达30亩的清远法思特生产基地，于2021年6月正式量产，年产能超30000吨。随着公司规模不断壮大，专门成立了欧洲技术总部以保持行业领先优势同时正积极筹备东南亚生产基地，打通上下游，构造设计、生产、检测、销售、服务为一体的生态链坚持创新、持续改进、精准服务、争创世界一流品牌是我们的经营方针，对工作我们精益求精，对品质我们一丝不苟，客户的满意是我们永恒的追求。

该单位积极参加编制组工作会议，积极配合主编单位进行标准内容修改，制订了部分试验方案，参与了多种试验方法的方法研究、数据分析及文本修改等工作，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.7 燕山大学

燕山大学是河北省人民政府、教育部、工业和信息化部、国家国防科技工业局四方共建的全国重点大学，河北省重点支持的国家一流大学和世界一流学科建设高校，北京高科大学联盟成员。

学校源于哈尔滨工业大学，始建于1920年。1958年，哈尔滨工业大学响应国家号召，将重型机械及相关专业迁至工业重镇齐齐哈尔市富拉尔基区，组建了哈尔滨工业大学富拉尔基分校，分校先是定名为哈尔滨工业大学富拉尔基重型机械学院、后改名为哈尔滨工业大学重型机械学院。1960年独立办学，定名为东北重型机械学院，成为原机械工业部直属高校。1978年被确定为全国重点高等院校。1985年至1997年学校整体南迁秦皇岛市。1997年经原国家教委批准，更名为燕山大学。1998年，由原机械工业部划转到河北省，实行中央与地方共建，以河北省管理为主。2000年，河北轻工业管理学校并入燕山大学。

学校有34个专业入选国家级一流本科专业建设点。2016年，作为教育部选定的两所高校之一，学校的工程专业国家认证接受了《华盛顿协议》国际专家的观摩考察，支撑我国正式加入《华盛顿协议》国际工程教育组织。学校现有18个工科专业通过工程教育专业认证（评估），标志着这些专业的人才培养质量得到国际认同。

学校占地面积4000亩，建筑面积125万平方米。现有普通高等教育在校生40000人。现有教职工3200人，包含专职教师2200人，其中，教授568人，副教授678人。教师中含博士生导师538人。有中国科学院院士3人，中国工程院院士2人，国务院学科评议组成员1人，国家“万人计划”入选者7人，“长江学者奖励计划”特聘教授、“长江学者奖励计划”讲席教授、“长江学者奖励计划”青年学者人选17人，国家杰出青年、优秀青年科学基金获得者27人。

学校设有12个博士后流动站，14个博士学位一级学科，2个博士专业学位类别，30个硕士学位一级学科，19个硕士专业学位类别，73个本科专业，已形成以工学为主，经济学、法学、教育学、文学、理学、管理学、艺术学、交叉学科等9个学科门类共同发展的学科格局；拥有5个国家重点学科、5个国防特色学科和16个省级重点学科，工程学、材料科学、化学、计算机科学、环境科学与生态学等5个学科进入ESI排名全球前1%。在教育部第五轮学科评估中取得突破性进展，机械工程、材料科学与工程两个学科跻身中国高校第一方阵，部分学科实现跨级提升。

学校建有亚稳材料制备技术与科学国家重点实验室、起重机械关键技术国家重点实验室、冷轧板带

装备及工艺国家工程技术研究中心、先进制造成形技术及装备国家地方联合工程研究中心、极端条件下机械结构和材料科学国防重点学科实验室、国家创新人才培养示范基地、国际科技合作基地、省部共建协同创新中心、国家技术转移示范机构、4 个河北省协同创新中心以及 60 个省部级科技创新平台（含与外单位共建）和 26 个省部级社会科学研究基地；设有国家大学科技园和燕山大学出版社。

学校在重型机械成套设备、亚稳材料科学与技术、并联机器人理论与技术、流体传动与电液伺服控制技术、工业自动化控制理论与技术、精密塑性成型技术、大型锻件锻造工艺与热处理技术、极端条件下机械结构与材料科学等研究领域具有国际先进水平。2000 年以来，学校连续获得国家科技奖励 20 项，其中国家科技进步一等奖 2 项、二等奖 9 项、国家技术发明二等奖 5 项、国家自然科学二等奖 4 项，承担“973”、“863”、国家重点研发计划、国家自然科学基金和国家社会科学基金项目 1300 余项。2013 年和 2014 年，学校连续有 2 项科研成果入选“中国科学十大进展”和“中国高校十大科技进展”。

该单位积极参加会议，积极配合主编单位进行的标准内容修改等各项工作，参与设备研制、部分试验方案、试验方法的方法研究、数据分析及文本修改等工作，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.8 上海有色金属工业技术监测中心有限公司

上海有色金属工业技术监测中心有限公司(简称“上海监测”)成立于 2013 年，由北京有色金属研究总院、上海有色金属行业协会共同出资组建，隶属于国资委直属央企有研科技集团二级子公司国合通用测试评价认证股份公司，是以第三方检测、设备检定等为主营业务的科技型服务企业。上海监测运行管理着“中国有色金属工业华东产品质量监督检验中心”和“中国有色金属工业无损检测中心”两个具有国家资质认定的检验检测机构。上海市高新技术企业、上海市专精特新企业。主营业务涉及第三方检测服务(含质量、能源、计量、环保技术检测；金属材料、电子材料理化检测；无损检测；贵金属及珠宝玉石检测等)、设备检定、检测培训等方面。上海监测通过了 ISO/IEC 17025 实验室国家认可(CNAS)、中国计量认证(CMA)，是国家海关总署指定的进出口商品检验鉴定机构，是中国有色金属工业系统无损检测技术工作委员会的主任委员单位。公司拥有雄厚的技术力量，先进齐全的仪器装备，是华东地区权威的第三方材料测试评价机构。上海监测积极面向市场，服务社会，向两千多家研究单位和企业提供了大量准确可靠的分析数据，并承担了大量国家质量监管和技术开发任务，为我国有色金属工业发展和科技进步作出了积极贡献。

该单位积极参加编制组各次工作会议，积极配合主编单位进行标准内容修改，制订了部分试验方案、参与了多种试验方法的方法研究、数据分析及文本修改等工作，在编制组中发挥了骨干作用。

3.3.9 国合通用测试评价认证股份公司

国合通用测试评价认证股份公司（国合通测）是中央企业有研科技集团有限公司控股子公司，创始于 1952 年。作为有色金属大国的检测科技支撑，国合通测持续推动金属材料测试评价技术进步和行业标准化建设，在 70 年的发展历程中，取得 180 余项部级以上科技成果，参与起草国际、国家和行业标准 770 余项，研制国家标准物质（标准样品）190 余个，为中国有色金属工业体系建立与发展作出了重要贡献。国合通测自 2017 年成立以来，坚持创新驱动高质量发展的战略定位，承担国家新材料测试评价平台主中心建设任务，牵头组织中国新材料测试评价联盟，成为“双百企业”和混合所有制改革试点

企业，不断推动行业技术进步，不断深化国有企业改革，健全市场化经营机制，谋求企业快速发展。在国家新材料测试评价平台建设任务和国有企业综合性改革试点政策的推动下，国合通测资产、人员和经营规模快速增长，在北京、上海、青岛、重庆、深圳、德阳、西安七地建立了专业实验室，面积逾5万平方米，装备高端仪器设备4200余台套，建成了国际水准的金属材料综合测试评价能力，测试评价项目涵盖化学成分、微观组织结构、机械和物理性能、磨擦磨损特性、环境可靠性、材料及结构完整性等各个方面，为万余家金属材料的研究、生产和应用单位提供“一站式”服务。在聚焦金属材料测试评价的同时，国合通测还发展了复合材料测试、汽车材料和零部件检测、工业油品检测、环境监测和食品检测等测试评价领域。依托强大专家团队和技术积累，不断推动咨询、培训、认证和失效分析业务快速发展。

该单位积极参加编制组各次工作会议，积极配合主编单位进行试验验证。

4 主要工作过程

4.1 预研阶段

编制组内部经实地调研，就规范包含的内容、主要技术指标等问题进行了讨论，确定规范起草的主导思想和起草原则，对起草组人员的工作进行了分配，并对制定规范的技术指标及拟使用的方法进行现场验证。了解使用单位需求情况并进行测试试验，选取有代表性的仪器品牌并对其分类，收集相关技术资料。

4.1.1 规范内容的确认

通过参考市场常用的类似设备，如宝鸡机床集团有限公司的型号为CK7516的车床等，对规范的校准项目及参数进行了调研。经调研发现，目前有色金属高速切削试验仪对设备校准的参数需求应为切削力值、温度、转速、进刀量，所以确认以上几项参数为主要校准项目。

4.1.2 技术指标的确认

通过参考GB/T 23567.3-2018对主要技术指标进行查询，并与相关专家进行技术讨论，最终确认了校准项目的测量范围和误差范围。

4.2 立项阶段

预研工作完成后，由国标（北京）检验认证有限公司提交项目申请书等材料，工业和信息化部以工信厅科函[2023]476号文下达了《工业和信息化部办公厅关于印发2023年行业计量技术规范制修订计划的通知》，其计划项目代号为：JJFZ(有色金属)-027-2023，计划完成年限为2025年6月。

4.3 起草阶段

由国标公司编制组对规范进行起草，经过多次的讨论，现场试验和数据采集后，完成了规范的讨论稿。2024年4月24日，有色金属行业计量技术委员会工作会在长沙召开，此次会议有色金属行业30余家企事业单位40余名代表参加，在会议上进行了本规程的任务落实，会上确定了国标（北京）检验认证有限公司、广东豪美新材股份有限公司、北京科技大学、福建省闽发铝业股份有限公司、有色金属技术经济研究院、南昌理工学院、广东法思特精密五金有限公司、燕山大学、上海有色金属工业技术监测中心有限公司、国合通用测试评价认证股份公司参与本规程的制定工作。

与会专家对标准讨论稿进行了热烈的讨论，并对规范讨论稿提出了修改意见，对关键技术名称、技术指标、校准方法进一步讨论和明确，形成了规范的征求意见稿。

会将征求意见稿发送20个单位征求意见，收到“征求意见稿”后，回函的单位数：17个。收到“征求意见稿”后，回函并有建议或意见的单位数：17个。没有回函的单位数：1个。具体意见汇总见4.3.1。根据意见进行了修改，形成了规范的送审稿。

4.3.1对规范提出的修改意见汇总处理

序号	技术规范 章条编号	意见内容	提出单位	处理意见 及理由
1	封皮	主要起草单位增加了“广东豪美新材股份有限公司、北京科技大学、福建省闽发铝业股份有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、南昌理工学院、广东法思特精密五金有限公司、燕山大学、上海有色金属工业技术监测中心有限公司、国合通用测试评价认证股份公司”等	有色金属技术经济研究院有限公司	采纳
2	目录	目录和正文中“旋转样品台”改为“卡盘”。	燕山大学	采纳
3	引言	“JJF 1071”改为“JJF 1071-2010”	西安汉唐	采纳
4	1	将转速单位、温度单位、切削力单位放在括号外面，如将“(100~2000rpm)”改为“(100~2000) rpm”。	中信戴卡	采纳
5	3	将概述中第2、3段删除，只保留第1段。	广东省科学院工业分析检测中心	部分采纳。删除了第三段的操作流程，精简了概述。
6	4.2	将4.2小标题“温度示值误差”改为“温度”；删除“高速切削过程中工件及刀具的温度通过高速红外测温传感器进行测试和记录”和“温度控制及加热装置应保证试验期间内的温度稳定”；将表1题目改为“温度的最大允许误差”并将表1的注解删除；	南昌理工学院	未采纳。标准内容为通用方法，无需特别增加“16mm冲头直径”。
7	4.3	将“采用三轴力传感器对加工过程的切削力进行测量，测量偏差±2%”改为“切削力的测量偏差±2%，	西南铝业	采纳

		最大允许误差见表 2”		
8	4.4	将“0.02mm”改为“±0.02mm”	上海有色金属工业技术监测中心有限公司	采纳
9	4.5	将 4.5 节删除。	坚美铝业	采纳
10	5.2	表 3 中“优于 0.1 级”改为“不低于 0.1 级”；测量范围（0~300）改为（0~150）；	永臻科技股份有限公司	采纳
11	6.2.2.2	将“旋转样品台（卡盘）”改为“卡盘；”将“非接触转速表”改为“转速表”。	广东省科学院工业分析检测中心	采纳
12	6.2.3.2	增加了对辐射源的要求：“参考 JJG856-2015 中章节 7.1.1.2 的要求”	鼎盛新材	采纳
13	8	题目“复校周期”改为“复校时间间隔”	西安汉唐	采纳
14	附录 A	因为温度要检测 3 个温度，所以表格中“温度”一栏分为 3 部分，每部分次数为 15。	宇鑫航有色金属加工有限公司	采纳
15	附录 B	原“扩展不确定度”作为一行单独列出，现将“扩展不确定度”改为列，并标注出单位；“进刀量”表格增加行数。	沈阳有色金属加工有限公司	采纳
16	附录 C-C1.2	将“准确度等级 0.1 级”改为 0.3 级。	北京科技大学	采纳
17	附录 C-C3	将“ $u(F)$ 、 $u(F_{\text{分辨力}})$ 、 $u(\overline{F})$ ”等变量改为容易辨识的“u1、u2、u3”。	西安汉唐	采纳
18	附录 C-C4.3	将“该标准测力仪校准精度为 0.1 级，即全量程误差范围均满足±0.1%”改为“该标准测力仪校准精度为 0.3 级，即全量程误差范围均满足±0.3%”，后文中相应的计算数据也要修改。	中国计量科学研究院	采纳
19	附录 C-C4.3	删除表 C2，因为该表格冗余。	西安汉唐	采纳
20	附录 C-C6	$u_c(\Delta F)$ 用“Uc”表示即可。	中国计量大学	采纳
21	附录 F-F3	测量不确定度来源中“（2）数显卡尺分辨力引入的标准不确定度、（3）数显卡尺示值误差引入的标准	西安汉唐	采纳

		不确定度”改为“（2）数显卡尺最大允许误差引入的标准不确定度分量”		
22	附录 F-F4.2	修改F4.2的题目为“数显卡尺最大允许误差引入的标准不确定度分量 u_2 ”；对数显卡尺的特性进行描述“用测量范围(0~150)mm，分辨力0.01mm的数显卡尺测量进刀量，10mm测量时数显卡尺的最大允许误差为 ± 0.03 mm，区间半宽为0.03mm，假设为均匀分布”。	中国计量大学	采纳
23	附录 F-F4.3	删除无关的F4.3节，因为不确定度只有 u_1 、 u_2 ，没有 u_3 ，后文中相应的计算数据也需修改。	东北轻合金有限责任公司	采纳
24			无意见	
25			无意见	

4.4 审查阶段

4.4.1 标准技术专家审查会议

2025年3月25日，有色金属行业计量技术委员会组织行业专家....

4.4.2 委员审查会议

202X年X月X日，有色金属行业计量技术委员会对标准报批材料进行审查

5 报批阶段

202X年X月X日，标准编制组将修改完善的报批材料报标准委秘书处。

二、规程编制原则和确定主要内容

（一） 编制原则

第一、保证有色行业的特殊性和适用性。

第二、保证计量规程的规范性，本规范依据国家计量技术规范JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。本规范的制定参考了JJG 326《转速标准装置检定规程》、JJG 455《工作测力仪检定规程》、JJG 856《工作用辐射温度计检定规程》。

（二） 确定主要内容

1 范围

本规范适用于转速（100~2000 rpm）、温度（10~1000 ℃）、测力传感器量程（0-2000N）、进刀量（x轴50mm、z轴200mm）的有色金属用高速切削特性测试仪（以下简称测试仪）的校准。

2 规范性引用文件

本规范无引用文件。

3 概述

有色金属高速切削特性测试仪包括主轴变速箱、卡盘、刀架、溜板工作台、测温系统、测力系统、视频采集系统、数据处理系统、主控制系统构成，用于有色金属及其制品的高速切削特性试验。该设备具有标准三轴力传感器、温度传感器、标准陶瓷刀具，使用三轴力传感器对加工过程的切削力进行精确的测量，使用高速红外测温传感器对切削过程中工件及刀具的温度进行测试和记录。

3.1 设备原理示意图

设备原理示意图如图1所示。

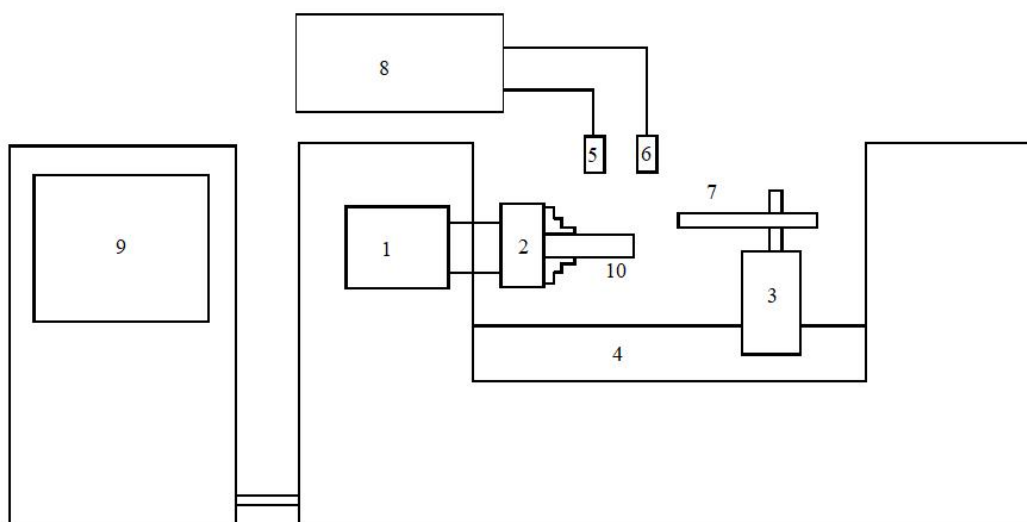


图1 有色金属高速切削特性测试仪示意图

1—主轴变速箱； 2—卡盘； 3—刀架； 4—溜板工作台； 5—测温系统； 6—视频采集系统； 7—测力系统； 8—数据处理系统； 9—主控制系统； 10—样品。



图2 有色金属高速切削特性测试仪实物图

3.2测温系统

切削过程中工件及刀具的温度通过高速红外测试系统进行测试和记录,可为刀具的磨损分析提供数据支持。



图3 红外测温系统传感器

表 1 红外测温系统性能指标

红外测温系统性能指标	数据
型号	DT8300B/DT8600B/DT8012B/DT8018B
测温范围	DT8300B/-50℃-300℃(-58°F~572°F) DT8600B/-50℃-600℃(-58°F~1112°F) DT8012B/-50℃-1200℃(-58°F~2192°F) DT8018B/-50℃-1800℃(-58°F~3272°F)
波长	8-14um
距离系数(D:S)	50:1
相应时间	500ms
测温精度	±2%or2℃
重复精度	±1%或±1℃
发射率	0.95
供电电压	24V 直流(Dc24V)
最大电流	50mA
模拟输出	RT-A:4-20mA
隔离	电源、数字输出、模拟输出都是相互隔离的，互不干扰
防护等级	IP 65(NEMA-4)
环境温度	0~50℃
相对湿度	10-95%
外壳	铝合金或不锈钢

3.3测力系统

根据材料的加工实际需要，选取合适量程、合适精度的三轴力传感器。对加工过程的切削力进行精确的测量，从而分析刀具在加工过程中的受力情况，为刀片的摩擦、磨损分析提供原始数据。



图 4 三轴力传感器

表2 三轴力传感器主要技术参数表

三轴力传感器主要技术参数	数据
量程	X/Y轴:5kg~100kg; Z轴:10kg~200kg
零点输出	$\leq \pm 1\%F.S$
灵敏度	0.8~1.5mV/V
非线性	$\leq \pm 0.3\%F.S$
滞后	$\leq \pm 0.2\%F.S$
重复性	$\leq \pm 0.2\%F.S$
蠕变	$\leq \pm 0.3\%F.S/30min$
相互干扰	$\leq \pm 2.5\%FS$
零点温度漂移	$\leq \pm 0.03\%F.S/10^{\circ}C$
灵敏度温度漂移	$\leq \pm 0.03\%F.S/10^{\circ}C$
使用温度范围	-20 $^{\circ}C$ ~+60 $^{\circ}C$
输入阻抗	380 $\pm 30\Omega$ /730 $\pm 30\Omega$
输出阻抗	350 $\pm 2\Omega$ /700 $\pm 3\Omega$
绝缘电阻	$\geq 5000M\Omega/100VDC$
安全过载	120%F.S
供桥电压	5~12VDC(推荐10VDC)
材质	不锈钢

3.4 主控系统

用于流程控制、数据采集、数据分析的主控系统采用国产海为工业物联网终端产品，主要包括云HMI、云盒 Cloud Box、工业触控一体机 IPC、云组态 SCADA 等。该系统可以连接海为云平台，支持MQTT 协议，可实现设备云管理、远程数据、采集维护、远程实时监控报警等。



图5 主控系统

主控系统主要功能如下：

- (1)采集动态三轴测力传感器的三通道模拟量值，并将模拟量值转换为需测量的力值；
- (2)采集温度传感器的温度信号值（模拟量/通讯/图像），并将采集的信号值转换为需要测量的温度值；
- (3)对采集的数据进行记录分析、进行表格化、图像化处理，便于数据的后期调用；
- (4)将其它离线设备数据进行整合，形成数据库，便于数据的随时调用。

采用铝合金棒、钛合金棒材进行高速切削特性试验验证，通过测试设备在加工两种样品时，三个方向的受力情况，对两种材料的切削特性进行了解，结合加工过程中采集的照片对材料高速切削特性进行评价。



图6 设备装夹图

铝合金棒材切削特性实验过程中X轴进刀量为0.5mm，Z轴进刀量为20mm,共切削三次。铝合金棒材加工过程如图7所示，棒材加工过程中受力情况如图8所示，通过检查加工过程中记录的图片可以观察到该铝合金棒材加工过程中受力情况较为均匀，切削过程中没有明显的碎屑迸溅情况发生，表明该批次铝合金棒材均一性较好，适宜加工。



图7 铝合金棒材加工示意图

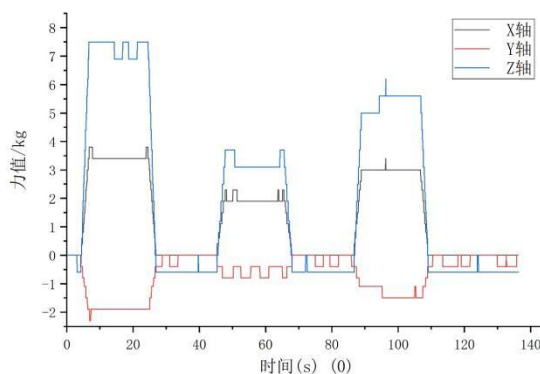


图8 铝合金材料三轴切削特性图

钛合金棒材切削特性实验过程中X轴进刀量为0.3mm，Z轴进刀量为10mm,共切削三次。钛合金棒材加工过程如图9所示，通过检查加工过程中记录的图片可以观察到该钛合金棒材加工过程中受力情况较为均匀，切削过程中无碎屑迸溅，且切削面较为光滑，表明该批次钛合金棒材均一性较好，加工性能良好，适宜进行后续加工且不会对加工设备造成损伤。钛合金棒材加工过程中受力情况如图9所示，该棒材在加工过程中第三次切削X轴方向受力最大，材料没有发生明显的软化，不易发生黏刀。而且从力曲线图像中可以发现，三次进刀加工力曲线均没有发生明显抖动，切削过程中力曲线较为平直，表明该批次钛合金棒材均一性良好，不会在加工过程中出现明显的碎屑迸溅现象，



图9 钛合金棒材加工示意图

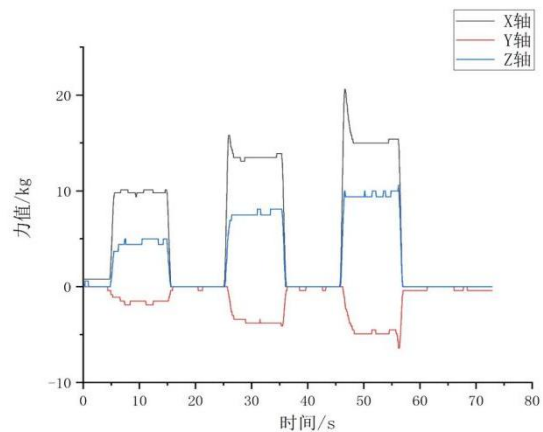


图10 钛合金三轴切削特性图

4 计量特性

根据试验方法中的主要试验参数和设备工况规定了试验机的计量特性。

试验机中的卡盘转速、温度、加工过程的切削力、进刀量是试验机的主要参数，本规范对主要参数的技术指标做出规定。本规范的制定参考了JJG 326《转速标准装置检定规程》、JJG 455《工作测力仪检定规程》、JJG 856《工作用辐射温度计检定规程》。

5 通用技术要求

本部分规定了测试仪外观要求，应标有标明产品名称、规格型号、制造厂名称、出厂编号的铭牌。

本部分规定了测试仪应无明显的机械损伤，各功能开关、旋钮、按键应动作灵活可靠，不应有影响校准结果的故障。

6 校准条件

6.1 校准环境条件

本部分规定了校准试验进行的环境条件。

对校准的环境条件作出说明，对显著影响校准结果的环境要素温湿度、气压、供电电源等提出具体要求：温度（23±5）℃，湿度≤70%的条件下进行，适宜温度0~40℃；供电电源AC（220±11）V，50Hz；校准过程中温度波动不大于3℃

6.2 校准用标准器

本部分规定了校准测量器具及适用范围，包括转速表、参考温度计与辐射源的组合或参考辐射源、测力仪、数显卡尺。

对主要标准器及配套设备的技术指标作出说明，为实现计量工作正常有效开展，保证设备正常工作、实现量值统一、建立计量溯源性提供依据。测量标准器温度传感器的数量应满足校准布点要求，具体的测量标准技术指标见表3。

表3 测量标准

设备名称	技术指标	校准项目
转速表	优于 0.1 级	卡盘转速
辐射温度计	100 ℃ 以上，<0.3%温度示值； 100 ℃ 以下，<0.3℃	温度示值误差
标准测力仪	优于 0.3 级或 $U=0.3\%$ （ $k=2$ ）	切削力
数显卡尺	测量范围（0~300），分度值 0.01mm	进刀量

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

根据高速切削特性测试仪的使用情况，为保证仪器的正常、可靠运行，需要对其以下项目进行校准，详见表4。

表4 校准项目表

序号	校准项目
1	通用技术要求检查
2	卡盘转速
3	试验温度
4	试验力值
5	进刀量

7.2 校准方法

规定了校准时的布点位置、数据采集规则、操作步骤和数据处理过程。

7.2.1 卡盘转速校准

在被校试验机可设定的转速最大值内选定至少3个校准点或根据试验要求进行选点，将反光片固定在旋转圆盘上，将非接触转速表与旋转圆盘上的反光片相垂直，当转速达到设定值稳定5min后开始测量，每隔1min测量一次，共测量3次。

7.2.2 温度校准

根据温度测控系统量程进行均匀选点，选择合适的检定距离，用挡光板在被检温度计前遮挡不少于30s后移开挡光板，记录数据。每2min测量一次，共测量15次。测量结果应把参考温度计的修正值进行补偿。

7.2.3 切削力校准

本部分规定了采用三轴力传感器对加工过程的切削力进行测量的方法。

标准测力仪应在试验机上放置足够的时间使其达到稳定温度，试验机在连接安装好的标准测力仪时，将标准测力仪与被测试验机力值传感器垂直放置。应从零开始至少施加3次最大试验力，通过试验机控制逐步进行加载，重复测量3次。

7.2.4 进刀量校准

使用数显卡尺沿着刀架Z轴和刀架X轴重复测量三次，取测量三次平均值计算尺寸误差。

8 校准结果表达

经校准的试验机出具校准证书，校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- c) 实施校准活动的地点，包括客户设施、实验室固定设施以外的地点；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和联络信息；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准活动的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期和证书发布日期；
- h) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用的测量标准和溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明（给出整个测量范围校准结果测量不确定度的最大值）；
- l) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- m) 校准人和核验人签名；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

o) 未经校准实验室书面批准, 不得部分复制校准证书的声明。

校准原始记录参考格式见附录A, 校准证书参考格式见附录B。

9 复校周期

该设备用途单一, 使用频率单一, 建议复校周期为1年。刀具使用频繁时应适当缩短周期, 在使用过程中仪器经过修理、更换重要部件的需要重新校准。

附录 A 给出了校准原始记录的参考格式。

附录 B 给出了校准证书内页的参考格式。

三、实践检测情况

国标(北京)检验认证有限公司、广东豪美新材股份有限公司、福建省闽发铝业股份有限公司、有研工程技术研究院有限公司根据本规程对高速切削特性测试仪进行了全计量特性的校准, 内容详见校准报告。

四、标准水平分析

目前国内外尚无有色金属高速切削特性测试设备, 也无相关计量校准规范, 严重影响了有色金属行业加工技术的发展。本规程的制定填补了有色金属行业用高速切削特性测试仪的校准空白, 属于国内首创, 水平达到国内领先。

五、与现行相关法律、法规、规章及相关规范, 特别是规程的协调性

本规范所引用的规程及规范均为我国现行有效的计量规程及规范, 是本标准的一部分, 引用这些规程及规范后, 使本规范的要求与现行的相关法律、法规、规章及相关规程规范的关系不矛盾、不冲突, 其相互关系非常协调。

六、标准中涉及的专利或知识产权说明

本标准不涉及任何专利或知识产权。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

(无)

八、贯彻规范的要求和措施建议

本规范发布后, 中国有色金属行业协会和有色金属行业计量技术委员会应加强本规范的宣传力度, 促进有色金属生产厂家按照设备使用情况合理选用校准规程, 以促进我国企业的技术进步和产品质量上档次, 提高我国产品在国际国内市场的竞争能力。

九、废止现行有关规程的建议

（无）。

十、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

附录 A

校准原始记录参考格式

证书编号：

接收日期：

校准日期：

发布日期：

委托单位：

校准依据：

被校设备信息					
器具名称				出厂编号	
型号/规格				设备编号	
制造厂				环境条件	°C %RH
校准地点					
测量标准信息					
名称	型号	证书编号	编号	准确度等级/ 最大允许误差 /不确定度	有效期
校准结果					
1 卡盘转速/ r/min					
设定值	1	2	3	平均值	示值误差/%
扩展不确定度：					
2 温度/°C					
设定值	次数	实测值		温度示值误差/°C	
	1				
	2				
	3				
	...				
	15				
	1				
	2				
	3				
	...				
	15				
	1				
	2				
	3				
	...				
	15				
扩展不确定度：					

3 切削力/N						
校准点	1	2	3	平均值	示值相对误差/%	示值重复性相对误差/%
扩展不确定度:						
4 进刀量/mm						
校准点	1	2	3	平均值	示值相对误差/%	
X 轴						
Z 轴						
扩展不确定度:						

校准人：

核验人：

附录 B

校准证书内页参考格式

校准证书编号：

校准结果							
1 卡盘转速/ (r/min)							
校准值	1	2	3	平均值	示值误差/ %	重复性 /%	扩展不 确定 度 U(k=2)/ (r/min)
/							
2 温度示值误差/°C							
设定值		温度示值误差/°C			扩展不确定度 U(k=2)/°C		
/							
3 切削力/N							
校准点	1	2	3	平均值	示值相对 误差/%	示值重复 性相对误 差/%	扩展不确 定度 U(k=2)/N
/							
4 进刀量/mm							
校准点		1	2	3	平均值	示值相对误差/%	扩展不确 定度 U(k=2)/mm
X 轴							
Z 轴							
/							

备注：

以下空白
