

国家标准《铜及铜合金化学分析方法 第 5 部分 镍含量的测定》编制说明

(送审稿)

中铝洛阳铜加工有限公司

2026 年 07 月

国家标准《铜及铜合金化学分析方法

第 5 部分 镍含量的测定》编制说明

(送审稿)

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国家标准化委员会下达的《国家标准委关于下达 2025 年第七批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》(国标委发〔2025〕43 号),计划修订国家标准《铜及铜合金化学分析方法 第 5 部分:镍含量的测定》(项目计划号:20253817-T-610)。中铝洛阳铜加工有限公司为第一起草单位,洛阳船舶材料研究所(中国船舶重工集团公司第七二五研究所)、白银有色西北铜加工有限公司、浙江省冶金产品质量检验站有限公司、山东中金岭南铜业有限责任公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、国标(北京)检验认证有限公司、北矿检测技术有限公司、山东恒邦冶炼股份有限公司、金川集团股份有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、新疆有色金属研究所有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司等 14 家单位参与起草。计划完成期限:2026 年 8 月。

1.2 立项目的和意义

镍元素是铜及铜合金中的常见元素,其对铜合金的性能影响显著。在力学性能上,镍能通过固溶强化提高合金强度,使晶格畸变提升硬度,适量细化晶粒改善韧性,不过过量则可能产生脆性相。在耐腐蚀性方面,镍可在合金表面形成致密氧化膜,改变电极电位,增强对多种腐蚀环境的抵抗力,在海洋环境中表现出色。在物理性能上,镍能降低铜合金的热膨胀系数,有利于在温度变化环境中保持尺寸稳定,满足精密仪器制造需求。同时,镍会改变铜合金的电阻率等电学性能,通过控制其含量,可调整合金导电性能,以适用于特定电学应用场景。总之,镍元素对铜合金性能的多方面影响,使其在众多领域得到广泛应用,因此在产品的研发、生产及贸易过程中,要求对该元素进行准确定量分析。

GB/T 5121.5-2008《铜及铜合金化学分析方法 第 5 部分:镍含量的测定》发布实施于 2008 年,该标准规定了铜及铜合金中镍含量的测定方法。该标准共有 4 种方法,随着时间的推移,该标准在实用性和标准时效性上开始显现出不足。

1. 标准时效性方面,本标准方法四、方法五分别等同采用 ISO 1810:1976、ISO 4743:1984 两项国际标准,但上述两项标准目前均已废止;方法三修改采用 ISO 4742:1984,但该方法与 ISO 4742:1984 相比有较大差异,除样品前处理方式较为接近外,方法原理、精密度等特性均不同。对于铜合金中镍含量的测定,ISO 4742:1984 规定了重量法测定 2.0%~50.0% 镍含量的铜合金的方法,本次修订拟等同采用。

2. 对于 1.50%~45.00% 含量范围的镍,本标准方法三需要使用电解除铜后滴定,步骤烦琐、操作流程长,适用于对检测结果要求高的仲裁、科研等活动;在周期要求短的生产检测中则应用较少。本次修订拟新增方法,无需电解除铜,缩短了操作流程。

3. 方法五则需要多次沉淀、过滤和萃取,采用伏安终点指示法进行滴定,同时还要使用有毒试剂氯仿。由于该方法存在步骤烦琐、不环保等缺点,在行业内使用频率低,且在应用范围和技术水平上可选择其他方法进行替代。

综上所述,对该方法进行修订完善势在必行。该标准及其外文版的制定,对铜及铜合金产品的生产、研发和贸易有重要的指导意义,也使 GB/T 5121 系列标准更加完善,增强其实

用性和适用范围，发挥国家标准在国内和国际市场上作用，提高我国检测标准水平，具有良好的社会效益。对推动我国铜及铜合金材料的研发、生产和贸易等活动有着重要意义。

该标准的制定符合《2024 年全国标准化工作要点》35. 持续优化国家标准和行业标准体系，在有色金属、塑料、土方机械、金属切削机床、风电设备等重点领域开展标准体系优化升级试点，围绕产业领域发展需求，加大力度整合一批、修订一批、制定一批、废止一批标准。53. 结合共建‘一带一路’国家在产业、贸易、科技和工程建设等领域合作需求，加快中国标准外文版编译，加大中国标准海外应用和互认力度”的要求。本标准符合《国家标准化发展纲要》（二十三）强化贸易便利化标准支撑：促进内外贸质量标准、检验检疫、认证认可等相衔接，推进同线同标同质；（二十八）强化标准实施应用：完善认证认可、检验检测、政府采购、招投标等活动中应用先进标准机制，推进以标准为依据开展宏观调控、产业推进、行业管理、市场准入和质量监管。

1.3 主要参加单位和工作成员所做的工作

（1）项目编制组

标准制订计划任务正式下达后，中铝洛阳铜加工有限公司立即成立了标准编制组，并落实起草任务，确定标准的主要起草人，拟定该标准的工作推进计划。具体分工为：中铝洛阳铜加工有限公司总负责，负责试验方案确定、市场和铜加工行业信息收集、样品提供、资料汇总分析及撰写工作。洛阳船舶材料研究所（中国船舶重工集团公司第七二五研究所）、白银有色西北铜加工有限公司、浙江省冶金产品质量检验站有限公司、山东中金岭南铜业有限责任公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司为第一验证单位，广东省科学院工业分析检测中心、国标（北京）检验认证有限公司、北矿检测技术有限公司、山东恒邦冶炼股份有限公司、金川集团股份有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、新疆有色金属研究所有限公司为第二验证单位。各单位分工明确，通力合作，共同完成标准的修订工作。

（2）编制单位技术基础

中铝洛阳铜加工有限公司是综合性有色金属加工企业，拥有铜及铜合金高精度电子带、大管大棒、弥散强化无氧铜、宽厚板等多条生产线，产品涉及铜及铜合金板、带、箔、管、棒、型材，广泛应用于电子信息通讯、新能源、汽车、海洋工程、轨道交通等领域。拥有国家级企业技术中心、国家实验室认证认可监督管理委员会认可的实验室、中国有色金属工业重金属加工材质检站、河南省铜镁材料和加工技术工程研究中心、中铝集团高性能铜板带加工技术重点实验室、有色行业铜及铜合金材料与加工工程技术研究中心。公司先后从德国、美国、法国、日本、英国、意大利等十二个国家引进了 100 多台（套）先进的无损探伤和理化检测设备，为有色金属产品的研制和生产打下了坚实的基础。公司拥有一支高素质的科研技术队伍，具备丰富的生产技术经验、技术能力和标准编写能力。铜及铜合金管材生产技术成熟，产品质量稳定、性能满足用户使用要求，具有较好的技术基础和能力。

广东省科学院工业分析检测中心是国家市场监督管理总局批准的资质认定实验室（CMA）、中国合格评定国家认可委员会批准的检测和校准实验室（CNAS）、运营管理着中国有色工业华南质量检验检测中心、国家矿物及再生金属材料质量检验检测中心、广东省质量监督有色金属产品检验站、广东省质量监督电子产品检验检测中心。本中心是广东省科技成果鉴定检验监督机构、广东省金属材料综合利用检测与评价中心、工业（有色金属及再生有色金属）产品质量控制和技术评价实验室、CQC 认证及方圆认证签约实验室。中心主要从事金属材料、矿物材料、建筑材料、电子电器、新能源电池、化工产品、固体废物、汽车材料、再生资源及金属材料综合利用的检测、咨询、评价及分析测试技术研究和计量校准等服务。同时本中心还开展行业标准制定和技术方法研究及企业科研及标准培训、实验室资质申请及运营咨询、工厂认证检查和产品认证服务。

铜陵有色金属集团控股有限公司下属检测研究中心于 2006 年 11 月通过“中国合格评定国家认可委员会（CNAS）”的考核评定，为国家认可实验室及 CMA 省级认定实验室，所出

具的检测数据得到国际上相关组织和机构认可。近年来，负责和参加起草的国际、国家及行业标准有 200 余项。起草的国家标准曾获得全国有色金属标准化技术委员会、中国有色金属工业科学技术奖等，具有主要仪器有包括 GC-MS、ICP-MS 等大型仪器在内共 300 多台。标准起草人员多次参与有色国家及行业标准的起草、验证等工作，具有丰富的方法研究经验。

浙江省冶金产品质量检验站有限公司是具有独立法人资格的第三方公正检测机构，浙江省政府第一批授权成立的省级质检机构，浙江省冶金（有色）行业产品质量检测的专业检验机构，浙江省高级人民法院对外委托司法鉴定机构。公司拥有一支具有丰富经验的专业技术人员队伍，检测人员具有较高的专业知识、技术能力和评判能力。公司以高标准进行实验室建设，装备了具有国际、国内先进水平的仪器设备，公司配置了直读光谱仪（德国）、离子发射光谱仪（美国）、原子吸收光谱仪（美国）、氧氮氢分析仪（德国）、扫描电子显微镜（德国）、金相显微镜（德国）、金属材料疲劳、松弛、老化、持久、高低温试验机等检测设备。公司长期承担各类冶金有色产品理化检验，积累了丰富的检测经验和数据。同时公司还承担各级政府行政管理部门下达的产品质量定期监督检验、日常监督检验、市场抽查检验、产品质量仲裁检验等任务。公司重视标准化工作，多次负责和参与国家和行业标准编制，负责编制了 GB/T 33817-2017、GB/T 8891-2013 等标准；参与编制了 GB/T 5231-2022、GB/T 37569-2019、YS/T 650-2020、YS/T 1352-2020、GB/T2630.1-2010、YS/T759-2011 等多项标准。

洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所），是我国专业从事船舶材料研制和工程应用研究的军工科研事业单位。拥有海洋腐蚀与防护国防科技重点实验室等 8 个国家级创新平台、4 个海洋环境试验站、4 个国家级检测试验中心、25 个省部级创新平台。七二五所检测中心是工信部、国家认监委、国家认可委、中国船级社等机构授权或认证认可的国家级检测实验室，现有技术人员 200 余名，工程师职称以上人员占比 70%，本科以上学历人员占比 79%，在材料常规理化测试、腐蚀与防护性能评价、环境适应性评价、工程装备的失效分析、安全寿命评估等领域拥有多名学科带头人，是材料学科硕士、博士培养点。中心建有实验场所 3 万余 m²，实验海域 75 亩，测试设备 1000 余台套，设备资产总额约 3 亿元，通过 CNAS\CMA 认证认可标准 950 余项，试验/校准项目 600 项，长期从事金属材料及非金属材料的检测、评价与海洋环境试验技术开发、应用与标准化工作，致力于为客户提供“测试—评价—问题解决”一揽子方案。

表 1 标准编制组成员及职责

序号	姓名	单位	工作分工
1.	李绍文	中铝洛阳铜加工有限公司	主起草单位人员，负责标准文本和试验方案的确定、条件试验及精密度试验、标准文件和编制说明的编写。
2.	谢丽云	中铝洛阳铜加工有限公司	主起草单位人员，负责标准的工作指导、编写，各起草单位的组织协调，样品的收集及分发，试验数据的汇总处理。
3.	寇志磊	中铝洛阳铜加工有限公司	主起草单位人员，对标准文件和编制说明提出修改建议。
4.	张健豪	洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）	一验单位人员，负责数据收集处理，对标准文件和编制说明提出修改建议。
5.	王树龙	白银有色西北铜加工有限公司	一验单位人员，负责数据收集处理，对标准文件和编制说明提出修改建议。
6.	张驰	浙江省冶金产品质量检验站有限公司	一验单位人员，对标准文件和编制说明提出修改建议。
7.	边圣娟	山东中金岭南铜业有限责任公司	一验单位人员，对标准文件和编制说明提出修改建议。

8.	施意华	中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	一验单位人员,对标准文件和编制说明提出修改建议。
9.	岳好锋	中铝洛阳铜加工有限公司	对标准修订方案、标准文件和编制说明提出指导。
10.	徐思婷	广东省科学院工业分析检测中心	二验单位人员,负责方法验证数据收集处理,对标准文件和编制说明提出修改建议。
11.	栗生辰	国标(北京)检验认证有限公司	二验单位人员,负责方法验证,数据收集处理,对标准文件和编制说明提出修改建议。
12.	李豆豆	北矿检测技术股份有限公司	二验单位人员,对标准文件和编制说明提出修改建议。
13.	林宇	山东恒邦冶炼股份有限公司	二验单位人员,负责数据收集处理,对标准文件和编制说明提出修改建议。
14.	任利华	金川集团股份有限公司	二验单位人员,负责数据收集处理,对标准文件和编制说明提出修改建议。
15.	袁小梅	铜陵有色金属集团控股有限公司	二验单位人员,负责数据收集处理,对标准文件和编制说明提出修改建议。
16.	王永生	新疆有色金属研究所有限公司	二验单位人员,负责数据收集处理,对标准文件和编制说明提出修改建议
17.	张砚博	中铝洛阳铜加工有限公司	主起草单位人员,对标准文件和编制说明提出修改建议
18.	刘攀	洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)	一验单位人员,负责方法验证试验。
19.	李保东	白银有色西北铜加工有限公司	一验单位人员,负责方法验证试验
20.	陈永刚	浙江省冶金产品质量检验站有限公司	一验单位人员,负责方法验证试验
21.	孙青青	山东中金岭南铜业有限责任公司	一验单位人员,负责方法验证试验
22.	乔小芳	中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	一验单位人员,负责方法验证试验
23.	王芳	广东省科学院工业分析检测中心	二验单位人员,负责方法精密度的验证试验
24.	王懿轩	国标(北京)检验认证有限公司	二验单位人员,负责方法精密度的验证试验
25.	宋慧杰	山东恒邦冶炼股份有限公司	二验单位人员,负责方法验证数据收集处理
26.	金亚楠	金川集团股份有限公司	二验单位人员,负责方法精密度的验证试验
27.	高丽	铜陵有色金属集团控股有限公司	二验单位人员,负责方法精密度的验证试验
28.	管文平	新疆有色金属研究所有限公司	二验单位人员,负责方法精密度的验证试验

1.4 主要工作过程

1.4.1 预研阶段

对于铜及铜合金中镍的化学分析方法,除了本标准以外,国外主要还有以下标准:国际标准 ISO 1810:1976、ISO 4742:1984、ISO 4743:1984,均已被原标准修改采用,其中 ISO 4743:1984、ISO 1810:1976 两项标准已经废止;欧盟标准 EN 15023-3:2010,采用火焰原子吸收光谱法,测定范围为 0.001%~6.0%;美国标准 ASTM E478-08(2017),分别采用分光光度法和重量法,总体测定范围为 0.030%~50.0%;日本标准 JIS H1056-2003,分别有重量法 1 个,容量法 1 个,原子吸收法 1 个,ICP-AES 法 1 个,总体测定范围为 0.01%~50.0%。国内有 YS/T 482-2022、YS/T 483-2022、GB/T 5121.27-2008 和 GB/T 5121.28-2021 等。但上述

标准在适用范围、精密度等方法技术指标方面均较本标准有所不足。因此，为了完善铜及铜合金中镍的测定方法，保证标准在国际上的先进性，该标准的修订是十分必要且急需的。

起草单位经过全面调研，确定了含量范围和初步方案，经过大量的试验和生产实际应用，确定方案准确度高，精密度高，于是向全国有色金属标准化技术委员会提交了立项建议书。

1.4.2 标准立项

根据 2022 年 2 月国家标准化管理委员会下达的《关于开展推荐性国家标准复审工作的通知（国标委发〔2022〕10 号）》的要求，2022 年 5 月，全国有色金属标准化技术委员会通过网络会议召开了项目论证会，会上中铝洛阳铜加工有限公司向全国有色金属标准化技术委员会重金属分标委全体委员会提交了《铜及铜合金化学分析方法 第 1 部分：铜含量的测定》项目建议书、草案及立项报告等材料，经全体委员论证同意立项。随后由秘书处组织全体委员网络投票，投票通过后转报给工业和信息化部科技司，并挂网向社会公开征求意见。

2025 年 8 月，国家标准化管理委员会发布了《国家标准委关于下达 2025 年第七批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发〔2025〕43 号），下达修订《铜及铜合金化学分析方法 第 5 部分 镍含量的测定》国家标准的任务计划，计划号为 20253817-T-610，项目完成时限为 2026 年 8 月，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

1.4.3 起草阶段

（1）第一次会议

2025 年 11 月 10 日～11 月 13 日在浙江杭州由全国有色金属标准化技术委员会组织的第一次工作会议上，对该标准的修订进行了分工和任务落实，会上确定了由中铝洛阳铜加工有限公司牵头负责《铜及铜合金化学分析方法 第 5 部分 镍含量的测定》的起草工作，洛阳船舶材料研究所（中国船舶重工集团公司第七二五研究所）、白银有色西北铜加工有限公司、浙江省冶金产品质量检验站有限公司、山东中金岭南铜业有限责任公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、国标（北京）检验认证有限公司、北矿检测技术有限公司、山东恒邦冶炼股份有限公司、金川集团股份有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、新疆有色金属研究所有限公司作为验证单位协助起草，明确了所采用的方法，同时确定了样品提供单位、试验验证单位、进度安排等事项。

中铝洛阳铜加工有限公司接到任务后立即组织技术人员成立了标准编制组，制定了该标准的研究内容、技术路线、任务分工和进度安排。在拟制定分析方法时开展了多方调研、资料收集后进行试验工作，包括干扰试验、加标回收及精密度试验等，最终形成了《标准草案》。

起草单位根据国内外市场上铜及铜合金生产和应用情况，开展试验样品的选材、收集、制备工作，充分考虑到试验样品的代表性。共收集制备了铜及铜合金中不同梯度的铜含量样品共 12 批。其中实际产品 9 批，标准样品 3 批，以上样品作为本标准统一的试验样品，相关信息见表 2。

表 2 本标准试验样品的基本信息

序号	试样编号	样品状态	镍的含量水平 %	备注
1	CuNi1-1	样屑	0.00020	纯铜实际产品，方法一验证
2	CuNi1-2 (GSB 04-3762-2020)		0.00080	标准样品，方法一验证
3	CuNi1-3		0.0011	纯铜实际产品，方法一验证
4	CuNi2-1		0.0012	实际产品，方法二验证

5	CuNi2-2		0.010	实际产品，方法二验证
6	CuNi2-3 (BY 1953-1)		0.19	标准样品，方法二验证
7	CuNi2-4		1.47	实际产品，方法二验证
8	CuNi3-1/CuNi4-1		2.33	实际产品，方法三和四验证
9	CuNi3-2/CuNi4-2		8.60	实际产品，方法三和四验证
10	CuNi3-3/CuNi4-3		16.75	实际产品，方法三和四验证
11	CuNi3-4/CuNi4-4		27.34	实际产品，方法三和四验证
12	CuNi3-5/CuNi4-5 (BY 1986-1)		41.55	标准样品，方法三和四验证

2025 年 8 月~2026 年 2 月编制组开展大量试验研究工作，形成了标准文本和编制说明。方法一和二因无技术性变化，方法四为采标方法无技术性变化，由五家单位开展精密度验证。方法三试验内容主要包含溶样方式、试剂加入量、共存元素干扰等试验，考察了方法检出限，开展了精密度试验和正确度试验等。最终形成《征求意见 1 稿》和编制说明。

(2) 第二次会议

2026 年 5 月，全国有色金属标准化技术委员会重金属分标委在湖南省衡阳市召开标准预审会，根据会议上各专家提出的意见以及在社会中征集的意见，对标准预审稿进行了进一步的修改和完善，于 2026 年 7 月形成了形成了《送审稿》及《编制说明》。

经汇总，会上各位专家及验证单位主要提出如下意见：

- a)对字体、格式、表述等内容提出了修改意见；
- b)在前言中的技术变化的相关描述进行提炼和优化；
- c)系列标准应增加引言内容；
- d)个别实验室对精密度试验数据进行复查和确认。

根据以上意见，按要求对标准进行了修改。

1.4.4 征求意见阶段

1.4.5 审查阶段

A. 技术专家审查

B. 委员审查

C. 委员电子投票

1.4.6 报批阶段

二、编制原则、主要内容及其确定依据、修订前后技术内容的对比

1. 编制原则

(1) 本标准按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则、GB/T 20001.4《标准编写规则 第 4 部分：试验方法标准》和《有色金属冶炼产品、加工产品、化学分析方法国家标准、行业标准编写示例》的要求编写；

(2) 标准规定的检测方法在同一实验室检测结果具有长期稳定性，不同实验室之间的检测结果具有一致性，能有效地规范铜及铜合金中镍含量的测定方法；

(3) 本标准是在标准 GB/T 5121.1-2008《铜及铜合金化学分析方法 第 1 部分：铜含量的测定》的基础上进行修订而成。同时充分考虑了生产企业、使用单位及相关方面的意见

和建议。根据国内铜及铜合金生产和下游客户的具体情况，突出标准的实用性。完善试验条件及试验步骤、检测范围，能普遍满足国内对铜及铜合金中铜含量的检测要求，更好地确保标准的先进性，促进我国检测技术的进步。

(4) 本标准在制订过程中，充分考虑铜及铜合金产品标准的相关内容要求，保证了标准的协调性与一致性。

2. 标准主要技术内容的确定依据

本文件规定了铜及铜合金中镍含量的分析方法。

本文件适用于铜及铜合金中镍含量的测定。塞曼效应电热原子吸收光谱法测定范围：0.00010%~0.0010%，火焰原子吸收光谱法测定范围：>0.0010%~1.50%，Na₂EDTA滴定法测定范围：>0.50%~45.00%，丁二酮肟重量法测定范围：2.0%~50.0%。当镍含量为2.0%~45.0%时，以Na₂EDTA滴定法作为仲裁方法。

本次修订充分考虑了目前铜及铜合金生产、研发、应用和检测的实际技术水平，删除了操作烦琐、不环保的分析方法，新增了短流程、易掌握的分析方法，同时等同采用了现行ISO检测标准，使本文件在铜及铜合金的检测中具有更广泛的适用性。本文件的修订提高了铜及铜合金检测标准与产品标准适配性，进一步增强了检测方法的操作规范性，推进了铜及铜合金化学分析标准体系的健全完善。

3、本标准与 GB/T 5121.5-2008 标准的比较

本部分代替GB/T 5121.5-2008《铜及铜合金化学分析方法 第5部分：镍含量的测定》，与GB/T 5121.5-2008相比，除结构调整和编辑性改动外，

a) 删除了“本部分方法三修改采用ISO 4742: 1984《铜合金-镍含量的测定-重量法》”、“本部分方法四等同采用ISO 1810: 1976《铜合金-镍（低含量）的测定-丁二酮肟分光光度法》”、“本部分方法五等同采用ISO 4743: 1984《铜合金-镍量的测定-Na₂EDTA电位滴定法》”的相关描述（见2008年版的前言）；

b) 规定了镍含量为0.10%~2.50%时和1.50%~45.00%时的仲裁方法（见第1章）；

c) 增加了规范性引用文件（见第2章）；

d) 增加了术语和定义（见第3章）；

e) 试样的规定由“试样加工成屑状”、“厚度不大于1mm的碎屑”、“按照ISO/R1811规定的操作条件进行取样”修改为“按照YS/T 668将试样加工成厚度不大于1mm的碎屑”（见4.4、5.4、6.4、7.4，2008年版1.5、2.5、3.5、4.6）；

f) 删除了方法五 滴定法（见2008年版的第5章）；

g) 增加了 Na₂EDTA滴定法（见第8章）；

h) 增加了 重量法（见第9章）；

i) 删除了“质量保证和控制”（见2008年版的1.9、2.9、3.9）；

j) 增加了“试验报告”（见第8章）；

k) 删除了附录A、附录B（见2008年版的附录A、附录B）。

三、试验验证分析、综述报告、技术经济论证、预期达到的经济效益、社会效益和生态效益

1. 试验验证分析和综述报告

(一) 项目的必要性阐述

镍元素是铜及铜合金中的常见元素，其对铜合金的性能影响显著。在力学性能上，镍能通过固溶强化提高合金强度，使晶格畸变，提升硬度；适量，细化晶粒，改善韧性；不过量则可能产生脆性相。在耐腐蚀性方面，镍可在合金表面形成致密氧化膜，改变电极电位，增强对多种腐蚀环境的抵抗力，在海洋环境中表现出色。物理性能上，镍能降低铜合金的热膨

胀系数，有利于在温度变化环境中保持尺寸稳定，满足精密仪器制造需求。同时，镍会改变铜合金的电阻率等电学性能，通过控制其含量，可调整合金导电性能，以适用于特定电学应用场景。总之，镍元素对铜合金性能的多方面影响，使其在众多领域得到广泛应用，因此在产品的研发、生产及贸易过程中要求对该元素进行准确定量分析。

GB/T 5121.5-2008《铜及铜合金化学分析方法 第5部分：镍含量的测定》发布实施于2008年，该标准规定了铜及铜合金中镍含量的测定方法。该标准共有4个方法，随着时间的推移，该标准在实用性和标准时效性上开始显现出不足。

1) 标准时效性方面，本标准方法四、方法五分别等同采用ISO 1810:1976、ISO 4743:1984两项国际标准，但上述两项标准目前均已废止；方法三修改采用ISO 4742:1984，但该方法与ISO 4742:1984相比有较大差异，除样品前处理方式较为接近外，方法原理、精密度等特性均不同。对于铜合金中镍含量的测定，ISO 4742:1984规定了重量法测定2.0%~50.0%镍含量的铜合金的方法，本次修订拟等同采用。

2) 对于1.50%~45.00%含量范围的镍，本标准方法三需要使用电解除铜后滴定，步骤烦琐、操作流程长，适用于对检测结果要求高的仲裁、科研等活动，在周期要求短的生产检测中则应用较少。本次修订拟新增方法，无需电解除铜，缩短了操作流程。

3) 方法五则需要多次沉淀、过滤和萃取，采用伏安终点指示法进行滴定，同时还要使用有毒试剂氯仿。由于该方法存在步骤烦琐、不环保等缺点，在行业内使用频率低，且在实际应用范围和技术水平可选择其他方法进行代替。

综上所述，对该方法进行修订完善对铜及铜合金产品的生产、研发和贸易有重要的指导意义，也使GB/T 5121系列标准更加完善，增强其实用性和适用范围，发挥国家标准在国内和国际市场上作用，提高我国检测标准水平，具有良好的社会效益。对推动我国铜及铜合金材料的研发、生产和贸易等活动有着重要意义。

(二) 项目的可行性阐述

本项目分别采用电解重量法和碘量法测定铜及铜合金、铜-钢复合材料中的铜含量，这两种方法在国内外均有成熟的应用基础和技术积累。电解重量法作为经典的常量分析方法，具有准确度高、精密度好的特点，其原理是通过电解将溶液中的铜离子在阴极上沉积，称量沉积铜的质量来计算铜含量，该方法在GB/T 5121.1-2008中已有长期应用，技术成熟可靠，操作人员易于掌握。碘量法则是基于氧化还原反应，利用硫代硫酸钠标准溶液滴定碘，从而间接测定铜含量，该方法操作简便、分析速度快，尤其适用于铜合金及铜-钢复合材料中铜的测定，在YS/T 910-2013、GB/T 33948.1-2017等国内标准以及众多国际标准中均有广泛应用，相关的试剂配制、滴定条件控制等技术细节已有完善的文献支持和实践经验。

起草单位中铝洛阳铜加工有限公司作为国内铜加工行业的领军企业，拥有先进的实验室设备和一支经验丰富的专业技术团队，在铜及铜合金的化学分析领域具有深厚的技术积累。编制组在立项前已进行了充分的预研工作，对国内外相关标准方法进行了系统梳理和对比分析，并结合生产实际需求，初步确定了方法的测定范围、关键步骤和预期技术指标。在后续的试验研究过程中，编制组能够利用现有的实验条件，开展包括最佳试验条件优化、干扰元素影响及消除方法、方法准确度（采用标准样品对照、加标回收率试验）和精密度（进行多梯度试验和不同实验室间的验证）等方面的系统研究。

此外，参与本标准制定的还有洛阳船舶材料研究所（中国船舶重工集团公司第七二五研究所）、浙江省冶金产品质量检验站有限公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、国标（北京）检验认证有限公司、北矿检测技术有限公司等权威的第三方检测机构。这些单位在铜及铜合金的生产、检验方面拥有丰富的实践经验和完善的检测能力，能够为本标准的验证工作提供多样化的样品来源和数据支持，确保标准方法在不同实验室、不同操作条件下的适用性和可靠性。全国有色金属标准化技术委员会的组织

协调和指导，也为标准的顺利制定提供了有力的保障，使得项目在技术路线、试验方案、数据处理等方面能够严格遵循标准化工作的规范和要求。因此，从技术方法的成熟度、研发团队的能力、实验条件的保障以及协作单位的支持等多方面来看，本项目的修订工作具备充分的可行性。

（三）试验验证分析

编制组编制了试验方案，明确样品的要求、试验方法及步骤，对方法的准确度和精密度进行分析评价。

1. 方法三 Na₂EDTA 滴定法

1.1 试样溶解方式试验

1.1.1 中铝洛阳铜加工有限公司试验结果

为验证适宜的溶样介质，选取 CuNi3-6 样品（合金 BFe30-1-1）、CuNi3-7 样品（合金 C1800）和 CuNi3-2（B10-3），进行溶样测试。试验情况见表 2-1。

表 2-1 溶样试验

合金牌号	溶样介质	试验现象
CuNi 3-6	10 mL HNO ₃ (1+1)+10 mL HCl(1+1)	溶液清澈透亮
CuNi 3-7（含 Cr）	10 mL HNO ₃ (1+1)+2mL HClO ₄ +1mL H ₂ O ₂	溶液清澈透亮
CuNi 3-2（含 Si）	10 mL HNO ₃ (1+1)+10mL HCl(1+1)+3~4 滴 HF	溶液清澈透亮

结果表明该混合溶样介质能有效溶解铜合金试样。

1.1.2 一验单位试验结果

试验情况见表 2-1。

表 2-1 溶样试验（验证单位试验情况）

试验现象及结论 验证单位	合金牌号 及溶样	CuNi 3-6	CuNi 3-7（含 Cr）	CuNi 3-2（含 Si）
		10 mL HNO ₃ (1+1) +10 mL HCl(1+1)	10 mL HNO ₃ (1+1) +2mL HClO ₄ +1mL H ₂ O ₂	10 mL HNO ₃ (1+1) +10mL HCl(1+1) +3~4 滴 HF
洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)	溶液清澈透亮		溶液底部有不溶黑渣	溶液清澈透亮
			含有硅，溶样改为 10 mL HNO ₃ (1+1) +1~2mLHF，随后 2mL HClO ₄ +1mL H ₂ O ₂ 冒烟，溶液清澈透亮。	
白银有色西北铜加工有限公司				
浙江省冶金产品质量检验站有限公司				
山东中金岭南铜业有限责任公司	溶液清澈透亮		溶液清澈透亮	溶液清澈透亮
中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	溶液清澈透亮		溶液有不溶颗粒	溶液清澈透亮
			采用 10 mL HNO ₃ (1+1)+10	

		mL HCl (1+1) 溶解试样，溶液较清澈透亮	
--	--	---------------------------	--

结果表明：为有效溶解铜合金试样，需试验人员根据样品实际选择溶样介质。

1.2 试剂加入量试验

1.2.1 酒石酸钠加入量试验

1.2.1.1 中铝洛阳铜加工有限公司试验结果

为确认酒石酸钠对共存元素的最佳掩蔽作用，在含有 45.00 mg 镍的试液中，按照表 3 加入共存干扰元素，并依次加入 5 mL-25 mL 酒石酸钠溶液，按试验步骤测定镍含量并计算回收率，结果见表 3-1。

表 3-1 酒石酸钠加入量

干扰元素加入量	酒石酸钠加入量/mL	加入镍量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
5 mg 铝 20 mg 铁 4.5 mg 铬（III） 21 mg 铅	5	45.00	44.04	97.87
	10		45.15	100.33
	15		44.84	99.64
	20		45.04	100.08
	25		44.91	99.80

结果表明，当酒石酸钠加入量为 5 mL 时，回收率为 97.87%；加入量在 10 mL-25 mL 范围内，回收率介于 99.63%~100.33%之间，且结果稳定。

这表明 10 mL 及以上酒石酸钠溶液可有效掩蔽干扰元素，保障测定准确度。

综合考虑掩蔽效果与试剂用量，选择加入 20 mL 酒石酸钠溶液为宜。

1.2.1.2 一验单位试验结果

试验情况见表 3-2。

表 3-2 酒石酸钠加入量（验证单位试验情况）

验证单位	干扰元素加入量	酒石酸钠加入量/mL	加入镍量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）	5 mg 铝 20 mg 铁 4.5 mg 铬（III） 21 mg 铅	5	45.00		
		10			
		15			
		20			
		25			
白银有色西北铜加工有限公司	5 mg 铝 20 mg 铁 4.5 mg 铬（III） 21 mg 铅	5	45.00		
		10			
		15			
		20			
		25			

浙江省冶金产品质量检验站 有限公司	5 mg 铝 20 mg 铁 4.5 mg 铬 (III) 21 mg 铅	5	45.00		
		10			
		15			
		20			
		25			
山东中金岭南铜业有限责任 公司	5 mg 铝 20 mg 铁 4.5 mg 铬 (III) 21 mg 铅	5	45.00	43.99	97.76
		10		45.08	100.18
		15		44.79	99.53
		20		45.09	100.20
		25		44.99	99.98
中国有色桂林矿产地质研究 院有限公司	5 mg 铝 20 mg 铁 4.5 mg 铬 (III) 21 mg 铅	5	45.00	44.02	97.82
		10		45.18	100.40
		15		44.81	99.58
		20		45.01	100.02
		25		44.95	99.89

结果表明，10 mL 及以上酒石酸钠溶液可有效掩蔽干扰元素，保障测定准确度。

综合考虑掩蔽效果与试剂用量，选择加入 20 mL 酒石酸钠溶液为宜。

1.2.2 硫代硫酸钠加入量试验

1.2.2.1 中铝洛阳铜加工有限公司试验结果

为确认硫代硫酸钠对基体铜元素的最佳掩蔽作用，在一组含有 45.00 mg 镍的试液中，均加入 300mg 铜，并按照表 4 依次加入 5 mL-30 mL 硫代硫酸钠溶液，按所述方法操作并考察掩蔽效果。按试验步骤测定镍含量并计算回收率，结果见表 4-1。

表 4-1 硫代硫酸钠加入量

硫代硫酸钠加入量/mL	加入镍量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
5	45.00	Cu 离子颜色未完全褪去	/
10		44.96	99.90
15		46.21	102.68
20		45.12	100.27
25		44.96	99.90
30		45.15	100.34

结果显示：加入 5 mL 时，溶液中铜离子（Cu²⁺）的蓝色未完全褪去，干扰测定；加入量在 10 mL~30 mL 范围内，镍的回收率在 99.90%~102.68%之间。20 mL 及以上结果稳定，表明该加入量可有效掩蔽铜等干扰离子。

综合掩蔽效果、试剂用量及测定稳定性，本方法选选择加入 20 mL 硫代硫酸钠溶液。

1.2.2.2 一验单位试验结果

试验情况见表 4-2。

表 4-2 硫代硫酸钠加入量（验证单位试验情况）

验证单位	硫代硫酸钠 加入量/mL	加入镍量 /mg	测得镍量/mg	回收率 /%
洛阳船舶材料研究所 （中国船舶集团有限公司第七二五研究所）	5	45.00		
	10			
	15			
	20			
	25			
	30			
白银有色西北铜加工 有限公司	5	45.00		
	10			
	15			
	20			
	25			
	30			
浙江省冶金产品质量 检验站有限公司	5	45.00		
	10			
	15			
	20			
	25			
	30			
山东中金岭南铜业有 限责任公司	5	45.00	Cu 离子颜色未完全褪去	/
	10		44.85	99.67
	15		44.97	99.93
	20		45.06	100.13
	25		44.98	99.96
	30		45.11	100.24
中国有色桂林矿产地 质研究院有限公司	5	45.00	Cu 离子颜色未完全褪去	/
	10		44.95	99.89
	15		46.02	102.27
	20		44.98	99.96
	25		45.02	100.04
	30		45.12	100.27

结果表明，20 mL 及以上结果稳定，表明该加入量可有效掩蔽铜等干扰离子。

综合掩蔽效果、试剂用量及测定稳定性，选择加入 20 mL 硫代硫酸钠溶液。

1. 2. 3 丁二酮肟乙醇加入量试验

1. 2. 3. 1 中铝洛阳铜加工有限公司试验结果

在一组含有 45.00 mg 镍的试液中，分别加入 15 mL、20 mL、25 mL、30 mL 和 35 mL 丁二酮肟乙醇溶液，考察其对 Ni 检测回收率的影响。按所述方法测定镍含量并计算回收率，

结果见表 5-1。

表 5-1 丁二酮肟乙醇加入量

丁二酮肟加入量/mL	加入镍量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
15	45.00	44.39	97.87
20		44.67	99.27
25		45.21	99.64
30		45.18	100.08
35		45.13	99.80

结果显示：加入 15 mL 丁二酮肟乙醇溶液时，镍的回收率为 97.87%，表明沉淀不完全；当加入量达到 20 mL 及以上时，回收率稳定在 99.64%—100.33%之间，表明镍能够充分沉淀。

为保证沉淀完全并控制试剂用量，本方法选择加入 25mL 丁二酮肟乙醇溶液。

1. 2. 3. 2 一验单位试验结果

试验情况见表 5-2。

表 5-2 丁二酮肟乙醇加入量（验证单位试验情况）

验证单位	丁二酮肟加入量/mL	加入镍量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
洛阳船舶材料研究所 （中国船舶集团有限公司第七二五研究所）	15	45.00		
	20			
	25			
	30			
	35			
白银有色西北铜加工有限公司	15	45.00		
	20			
	25			
	30			
	35			
浙江省冶金产品质量检验站有限公司	15	45.00		
	20			
	25			
	30			
	35			
山东中金岭南铜业有限责任公司	15	45.00	44.09	97.98
	20		44.78	99.51
	25		44.90	99.78
	30		45.14	100.31
	35		44.88	99.73
中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	15	45.00	44.15	98.11
	20		44.69	99.31
	25		45.02	100.04

	30		44.87	99.71
	35		45.12	100.27

结果表明，20 mL 及以上结果稳定，表明镍能够充分沉淀。

为保证沉淀完全并控制试剂用量，本方法选择加入 25mL 丁二酮肟乙醇溶液。

1.3 共存元素的影响试验

经查阅相关铜合金产品标准，在镍含量不小于 0.5%的铜合金材料中的共存元素见表 6，计算其在试料中的可能最大含量。

表 6 共存元素及最大含量

共存元素	在试料中可能的最大含量/mg	共存元素	在试料中可能的最大含量/mg
Cu	300	Al	35
Cr	4.5	Fe	20
P	0.6	Mn	78
Pb	21	Sn	26
Zn	132	Co	6

准确移取含有 45.00 mg 镍的试液置于 500 mL 锥形瓶中，按表 6 分别加入各元素，按本方法测定镍含量，结果见表 7-1 至 7-6。

表 7-1 各元素对镍测定的影响（中铝洛阳铜加工有限公司）

共存元素	各元素加入量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
Cu	300	45.06	100.14
Cr	4.5	44.99	99.97
P	0.6	44.97	99.93
Pb	21	45.03	100.07
Zn	132	44.99	99.98
Al	35	44.99	99.97
Fe	20	45.05	100.11
Mn	78	45.07	100.14
Sn	26	44.99	99.97
Co	6	44.98	99.95
混合元素	表中相应量的全部元素	45.13	100.30

表 7-2 各元素对镍测定的影响【洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）】

共存元素	各元素加入量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
Cu	300		
Cr	4.5		
P	0.6		

Pb	21		
Zn	132		
Al	35		
Fe	20		
Mn	78		
Sn	26		
Co	6		
混合元素	表中相应量的全部元素		

表 7-3 各元素对镍测定的影响【白银有色西北铜加工有限公司】

共存元素	各元素加入量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
Cu	300		
Cr	4.5		
P	0.6		
Pb	21		
Zn	132		
Al	35		
Fe	20		
Mn	78		
Sn	26		
Co	6		
混合元素	表中相应量的全部元素		

表 7-4 各元素对镍测定的影响【浙江省冶金产品质量检验站有限公司】

共存元素	各元素加入量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
Cu	300		
Cr	4.5		
P	0.6		
Pb	21		
Zn	132		
Al	35		
Fe	20		
Mn	78		
Sn	26		
Co	6		
混合元素	表中相应量的全部元素		

表 7-5 各元素对镍测定的影响【山东中金岭南铜业有限责任公司】

共存元素	各元素加入量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
Cu	300	44.95	99.89
Cr	4.5	45.03	100.07
P	0.6	44.99	99.98
Pb	21	44.97	99.93
Zn	132	44.96	99.91
Al	35	45.05	100.11
Fe	20	45.01	100.02
Mn	78	44.94	99.87
Sn	26	45.06	100.13
Co	6	45.09	100.20
混合元素	表中相应量的全部元素	44.98	99.96

表 7-6 各元素对镍测定的影响【中国有色桂林矿产地质研究院有限公司】

共存元素	各元素加入量/mg	测得镍量/mg	回收率/%
Cu	300	45.04	100.09
Cr	4.5	44.98	99.96
P	0.6	44.97	99.93
Pb	21	45.02	100.04
Zn	132	44.99	99.98
Al	35	45.00	100.00
Fe	20	45.03	100.07
Mn	78	45.06	100.13
Sn	26	44.99	99.98
Co	6	44.99	99.98
混合元素	表中相应量的全部元素	45.10	100.22

由表 7-1 至 7-6 可以得到，目前产品标准中常见共存元素及其混合元素的可能最大含量对镍的测定无影响，本方法具有较好的抗干扰能力。

1.4 准确度试验

采用有证标准样品 CuNi3-5（BY1986-1），以及 CuNi3-1 和 CuNi3-3 加标回收考查本方法的准确度。试验结果见表 8-1 至 8-6。

表 8-1 准确度试验数据（中铝洛阳铜加工有限公司）

样品编号	试样质量 /g	试样中镍量 /mg	镍加入量 /mg	测得镍量 /mg	回收率 /%
------	------------	--------------	-------------	-------------	-----------

CuNi3-1 (加标回收) (HNi56-3)	0.3000	6.99	3.50	10.476	99.60
	0.3015	7.02	7.00	14.106	101.23
	0.3016	7.03	10.50	17.499	99.70
CuNi3-3 (加标回收) (BZn15-24-1.5)	0.1022	17.12	8.50	25.653	100.39
	0.0998	16.72	16.80	33.490	99.82
	0.0982	16.45	25.30	41.683	99.74
样品编号	样品类型	有证标准样品 编号	标准值 /%	测定值 /%	偏差 /%
CuNi3-5	BMn40-1.5	BY1986-1	41.55	41.56	+0.01

表 8-2 准确度试验数据【洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）】

样品编号	试样质量 /g	试样中镍量 /mg	镍加入量 /mg	测得镍量 /mg	回收率 /%
CuNi3-1 (加标回收) (HNi56-3)	0.3022	7.04	3.50	10.502	98.91
	0.3052	7.11	7.00	14.096	99.80
	0.3004	7.00	10.50	17.471	99.72
CuNi3-3 (加标回收) (BZn15-24-1.5)	0.1010	16.92	8.50	25.503	100.98
	0.1015	17.00	17.00	33.865	99.21
	0.1004	16.82	25.50	42.173	99.42
样品编号	样品类型	有证标准样品 编号	标准值 /%	测定值 /%	偏差 /%
CuNi3-5	BMn40-1.5	BY1986-1	41.55	41.57	+0.02

表 8-3 准确度试验数据（白银有色西北铜加工有限公司）

样品编号	试样质量 /g	试样中镍量 /mg	镍加入量 /mg	测得镍量 /mg	回收率 /%
CuNi3-1 (加标回收) (HNi56-3)					
CuNi3-3 (加标回收) (BZn15-24-1.5)					
样品编号	样品类型	有证标准样品 编号	标准值 /%	测定值 /%	偏差 /%

CuNi3-5	BMn40-1.5	BY1986-1	41.55		
---------	-----------	----------	-------	--	--

表 8-4 准确度试验数据（浙江省冶金产品质量检验站有限公司）

样品编号	试样质量 /g	试样中镍量 /mg	镍加入量 /mg	测得镍量 /mg	回收率 /%
CuNi3-1 (加标回收) (HNI56-3)					
CuNi3-3 (加标回收) (BZn15-24-1.5)					
样品编号	样品类型	有证标准样品 编号	标准值 /%	测定值 /%	偏差 /%
CuNi3-5	BMn40-1.5	BY1986-1	41.55		

表 8-5 准确度试验数据（山东中金岭南铜业有限责任公司）

样品编号	试样质量 /g	试样中镍量 /mg	镍加入量 /mg	测得镍量 /mg	回收率 /%
CuNi3-1 (加标回收) (HNI56-3)	0.3000	6.99	3.50	10.496	100.17
	0.3015	7.02	7.00	14.067	100.67
	0.3016	7.03	10.50	17.423	98.98
CuNi3-3 (加标回收) (BZn15-24-1.5)	0.1022	17.12	8.50	25.613	99.92
	0.0998	16.72	16.80	33.751	101.38
	0.0982	16.45	25.30	41.659	99.64
样品编号	样品类型	有证标准样品 编号	标准值 /%	测定值 /%	偏差 /%
CuNi3-5	BMn40-1.5	BY1986-1	41.55	41.53	-0.02

表 8-6 准确度试验数据（中国有色桂林矿产地质研究院有限公司）

样品编号	试样质量 /g	试样中镍量 /mg	镍加入量 /mg	测得镍量 /mg	回收率 /%
CuNi3-1 (加标回收) (HNI56-3)	0.3030	7.00	3.50	10.481	99.46
	0.3029	7.00	7.00	14.101	101.44
	0.3030	7.00	10.50	17.496	99.96
CuNi3-3	0.1018	17.02	8.50	25.596	100.89

(加标回收) (BZn15-24-1.5)	0.1012	16.92	17.00	33.880	99.76
	0.1008	16.85	25.00	41.762	99.65
样品编号	样品类型	有证标准样品 编号	标准值 /%	测定值 /%	偏差 /%
CuNi3-5	BMn40-1.5	BY1986-1	41.55	41.56	+0.01

由表 8-1 至 8-6 结果可知：（1）在加标回收试验中，回收率在 %～ %之间；（2）有证标准样品测试时，与标准值的偏差为 %，证明本方法有较好的准确度。

1.5 精密度试验

将 5 个铜合金样品按照本方法在重复性条件下平行测定 7 次，结果见表 9-1 至 9-13。

表 9-1 精密度试样数据（中铝洛阳铜加工有限公司）

样品编号	测定结果/ %				平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.293 2.338	2.328 2.301	2.308 2.315	2.366	2.321	0.024	1.03
CuNi3-2 (B10-3)	8.638 8.561	8.568 8.551	8.611 8.606	8.517	8.579	0.043	0.50
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.799 16.738	16.780 16.735	16.747 16.771	16.752	16.763	0.024	0.14
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.083 26.978	27.184 27.039	27.208 27.115	27.123	27.104	0.075	0.28
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.592 41.628	41.648 41.468	41.559 41.562	41.453	41.559	0.077	0.18
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品（BMn40-1.5）（BY 1986-1 标准值为 41.55%）						

表 9-2 精密度试样数据【洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）】

样品编号	测定结果/ %				平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.349 2.293	2.299 2.290	2.311 2.290	2.326 2.295	2.309	0.022	0.94
CuNi3-2 (B10-3)	8.558 8.584	8.523 8.522	8.515 8.532	8.545	8.540	0.024	0.29
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.722 16.777	16.789 16.800	16.796 16.814	16.724	16.775	0.037	0.22
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	26.997 27.030	26.889 26.974	26.924 26.964	26.970	26.964	0.046	0.17
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.625 41.450	41.454 41.503	41.492 41.505	41.644	41.525	0.078	0.19
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品（BMn40-1.5）（BY 1986-1 标准值为 41.55%）						

表 9-3 精密度试样数据（白银有色西北铜加工有限公司）

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)				
CuNi3-2 (B10-3)				
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)				
CuNi3-4 (BFe30-1-1)				
CuNi3-5 (BMn40-1.5)				
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-4 精密度试样数据 (浙江省冶金产品质量检验站有限公司)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)				
CuNi3-2 (B10-3)				
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)				
CuNi3-4 (BFe30-1-1)				
CuNi3-5 (BMn40-1.5)				
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-5 精密度试样数据 (山东中金岭南铜业有限责任公司)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.392 2.419 2.431 2.409 2.428 2.373 2.401	2.408	0.021	0.86
CuNi3-2 (B10-3)	8.671 8.652 8.604 8.561 8.669 8.538 8.611	8.615	0.052	0.61
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.903 16.822 16.908 16.892 16.891 16.789 16.792	16.857	0.053	0.32
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.225 27.202 27.229 27.351 27.258 27.316 27.257	27.263	0.053	0.19
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.532 41.540 41.529 41.525 41.534 41.530 41.542	41.533	0.0061	0.01
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-6 精密度试样数据 (中国有色桂林矿产地质研究院有限公司)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/ %	RSD/ %
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.293 2.328 2.308 2.366 2.338 2.301 2.315	2.312	0.018	0.78
CuNi3-2 (B10-3)	8.576 8.605 8.707 8.648 8.562 8.681 8.639	8.631	0.053	0.61
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.720 16.705 16.717 16.693 16.760 16.761 16.696	16.722	0.028	0.17
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.243 27.254 27.307 27.261 27.232 27.248 27.303	27.264	0.029	0.11
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.605 41.560 41.556 41.584 41.558 41.618 41.469	41.564	0.049	0.12
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-7 精密度试样数据 (广东省科学院工业分析检测中心)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/ %	RSD/ %
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.325, 2.384, 2.402, 2.363, 2.375, 2.352, 2.308	2.358	0.033	1.40
CuNi3-2 (B10-3)	8.632, 8.470, 8.582, 8.564, 8.488, 8.604, 8.465	8.544	0.068	0.80
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.812, 16.804, 16.830, 16.825, 16.745, 16.756, 16.784	16.794	0.033	0.20
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.102, 27.120, 26.984, 27.136, 26.993, 27.230, 27.088	27.093	0.085	0.31
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.554, 41.620, 41.602, 41.450, 41.578, 41.652, 41.586	41.577	0.064	0.15
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-8 精密度试样数据 (国标 (北京) 检验认证有限公司)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/ %	RSD/ %
CuNi3-1 (HNI56-3)				
CuNi3-2 (B10-3)				
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)				
CuNi3-4 (BFe30-1-1)				
CuNi3-5 (BMn40-1.5)				
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-9 精密度试样数据 (北矿检测技术股份有限公司)

样品编号	测定结果/ %				平均值/ %	标准偏差/ %	RSD/ %
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.400 2.334	2.381 2.311	2.357 2.305	2.406	2.356	0.041	1.75
CuNi3-2 (B10-3)	8.541 8.596	8.505 8.604	8.540 8.588	8.680	8.579	0.057	0.67
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.870 16.665	16.903 16.706	16.689 16.735	16.878	16.778	0.101	0.61
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.191 27.064	27.260 27.085	27.208 27.031	27.125	27.138	0.084	0.31
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.352 41.596	41.469 41.634	41.361 41.589	41.424	41.489	0.117	0.28
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)						

表 9-10 精密度试样数据 (山东恒邦冶炼股份有限公司)

样品编号	测定结果/ %				平均值/ %	标准偏差/ %	RSD/ %
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.474 2.438	2.407 2.411	2.330 2.371	2.367	2.400	0.051	2.11
CuNi3-2 (B10-3)	8.592 8.728	8.538 8.696	8.632 8.667	8.655	8.644	0.064	0.74
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.607 16.730	16.813 16.856	16.858 16.673	16.787	16.761	0.095	0.57
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	26.907 27.113	27.331 27.203	26.988 27.108	27.276	27.132	0.15	0.56
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.443 41.397	41.343 41.456	41.446 41.561	41.796	41.488	0.15	0.36
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)						

表 9-11 精密度试样数据 (金川集团股份有限公司)

样品编号	测定结果/ %				平均值/ %	标准偏差/ %	RSD/ %
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.378 2.377	2.377 2.392	2.361 2.403	2.367	2.379	0.015	0.630
CuNi3-2 (B10-3)	8.426 8.460	8.418 8.428	8.504 8.518	8.488	8.463	0.040	0.473
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.729 16.676	16.798 16.64	16.797 16.655	16.67	16.709	0.068	0.407
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	26.906 27.003	26.906 27.142	27.029 26.983	27.007	26.997	0.082	0.304
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.378 41.266	41.469 41.359	41.398 41.449	41.356	41.382	0.067	0.162
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)						

表 9-12 精密度试样数据 (铜陵有色金属集团控股有限公司)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.245、2.310、2.288、2.347、2.356、2.294、 2.317	2.308	0.038	1.63
CuNi3-2 (B10-3)	8.425、8.448、8.425、8.475、8.547、8.516、 8.489	8.475	0.046	0.54
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.675、16.672、16.557、16.652、16.562、 16.610、16.708	16.634	0.059	0.35
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.048、27.031、27.112、26.996、27.088、 27.013、26.991	27.040	0.046	0.17
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.426、41.606、41.592、41.425、41.446、 41.536、41.506	41.505	0.076	0.18
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

表 9-13 精密度试样数据 (新疆有色金属研究所有限公司)

样品编号	测定结果/ %	平均值/ %	标准偏差/%	RSD/%
CuNi3-1 (HNI56-3)	2.303 2.344 2.314 2.354 2.346 2.324 2.298	2.326	0.022	0.96
CuNi3-2 (B10-3)	87.869 87.789 87.846 87.814 87.867 87.816 87.859	87.837	0.031	0.035
CuNi3-3 (BZn15-24-1.5)	16.756 16.791 16.734 16.743 16.767 16.748 16.786	16.761	0.022	0.13
CuNi3-4 (BFe30-1-1)	27.154 27.233 27.204 27.045 27.113 26.983 27.004	27.105	0.098	0.36
CuNi3-5 (BMn40-1.5)	41.534 41.598 41.659 41.553 41.567 41.495 41.532	41.563	0.053	0.13
备 注	CuNi3-5 为有证标准样品 (BMn40-1.5) (BY 1986-1 标准值为 41.55%)			

由表 9-1 至 9-13 结果可知,用本方法对 5 个不同铅含量铜合金试样进行精密度试验,相对标准偏差在 %~ %之间,方法精密度能满足检测需求。

（三）精密度数据的统计分析及重复性限、再现性限的计算

按照 GB/T 6379.2-2004《测量方法与结果的准确度》，对各验证单位提供的数据进行汇总统计,通过柯克伦检验和格拉布斯检验判断歧离值和离群值,经技术分析后予以剔除,个别予以保留。将经剔除异常值后的数据进行计算,得到了镍元素在不同含量的重复性限和再现性限。各家实验室按表 10 进行编号。

表 10 各家实验室编号

实验室	编号
中铝洛阳铜加工有限公司	1
洛阳船舶材料研究所 (中国船舶集团有限公司第七二五研究所)	2
白银有色西北铜加工有限公司	3
浙江省冶金产品质量检验站有限公司	4

山东中金岭南铜业有限责任公司	5
中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	6
广东省科学院工业分析检测中心	7
国标（北京）检验认证有限公司	8
北矿检测技术股份有限公司	9
山东恒邦冶炼股份有限公司	10
金川集团股份有限公司	11
铜陵有色金属集团控股有限公司	12
新疆有色金属研究所有限公司	13

1. 方法三 实验室间柯克伦检验

1.1 方法三 Na2EDTA 滴定法

对各家实验室共计 5 个水平铜中镍含量的重复性检测数据分别计算其标准偏差 SD，其中试验组数 $p=13$ ，测量次数 $n=7$ ，结果见表 11。

如果检验统计量 C 小于或等于 5%临界值，则接受被检验项目为正确值；如果检验统计量大于 5%临界值，但小于或等于 1%临界值，则被检验的项目为歧离值，且用单星号（*）标出；如果检验统计量大于 1%临界值，则被检验项目称为统计离群值，且用双星号（**）标出。

表 11-1 柯克伦检验（第一次）

实验室 i	水平 j				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
统计量 C					
临界值（0.05）					
临界值（0.01）					

表 11-2 柯克伦检验（第二次）

实验室 i	水平 j				
	1	2	3	4	5
1					
2					

3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
统计量 C					
临界值 (0.05)					
临界值 (0.01)					

表 11-3 柯克伦检验（第三次）

实验室 i	水平 j				
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
统计量 C					
临界值 (0.05)					
临界值 (0.01)					

经过对 5 个水平铜及铜合金中镍含量重复性检测数据进行柯克伦检验，

2. 方法三 实验室间格拉布斯检验

2.1 方法三 Na₂EDTA 滴定法

对各家实验室共计 5 个水平铜中镍含量的重复性检测数据分别计算其单元内平均值，其中不包含已剔除的数据，再进行格拉布斯检验，结果见表 12。

表 12 格拉布斯检验

实验室 i	水平 j
-------	------

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
总平均值, %					
高端 G 值					
低端 G 值					
临界值(0.05)					
临界值(0.01)					
高端检验结果					
低端检验结果					

经过对 5 个水平铜中镍含量单元内平均值进行格拉布斯检验，无异常值。

2. 重复性限、再现性限的计算

3.1 方法三 Na₂EDTA 滴定法

将经过离群值检验的数据汇总统计，按照 GB/T 6379.2-2004 的规定计算重复性限和再现性限，结果如表 13-1 和表 14-1 所示。

3.1.1 方法三 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 13-1 给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（ r ），超过重复性限（ r ）的情况不超过 5%，重复性限（ r ）按表 13-1 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 13-1 方法四 重复性限

镍的质量分数/%					
重复性限（ r ）/%					

3.1.2 方法三 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 14-1 给出的平均值范围内，两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（ R ），超过再现性限（ R ）情况不超过 5%。再现性限（ R ）按表 14-1 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 14-1 方法四 再现性限

镍的质量分数/%					
----------	--	--	--	--	--

再现性限 (R) /%					
-------------	--	--	--	--	--

3.2 方法一 塞曼效应电热原子吸收光谱法

3.2.1 方法一 精密度试验

方法一塞曼效应电热原子吸收光谱法由洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）等五家单位开展方法精密度验证。按照试验方法对 3 个样品独立进行 7 次测定，测定结果见表 15-1。

表 15-1 方法一 精密度试验

实验室	次数	水平 j/%		
		1	2	3
洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	均值/%			
	标准偏差/%			
	相对标准偏差/%			
白银有色西北铜加工有限公司	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	均值/%			
	相对标准偏差/%			
浙江省冶金产品质量检验站有限公司	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	均值/%			
	标准偏差/%			
	相对标准偏差/%			
山东中金岭南铜业有限	1			
	2			

责任公司	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	均值/%			
	标准偏差/%			
	相对标准偏差/%			
中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	1	0.00018	0.00049	0.00108
	2	0.00019	0.00052	0.00112
	3	0.00021	0.00051	0.00099
	4	0.00022	0.00054	0.00105
	5	0.00018	0.00051	0.00104
	6	0.00020	0.00053	0.00101
	7	0.00017	0.00047	0.00108
	均值/%	0.00019	0.00051	0.00105
	标准偏差/%	0.000018	0.000024	0.000045
	相对标准偏差/%	9.33	4.67	4.24

试验结果表明，采用方法一测定铜及铜合金中镍含量，相对标准偏差在 %～ %之间，各单位结果一致较好，正确度及精密度均能持续满足使用要求。

3.2.2 方法一 重复性限、再现性限的计算

将经过离群值检验的数据汇总统计，按照 GB/T 6379.2-2004 的规定计算重复性限和再现性限，结果如表 13-2 和表 14-2 所示。

3.2.2.1 方法一 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 13-2 给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（ r ），超过重复性限（ r ）的情况不超过 5%，重复性限（ r ）按表 13-2 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 13-2 方法一 重复性限

镍的质量分数/%					
重复性限（ r ）/%					

3.2.2.2 方法一 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 14-2 给出的平均值范围内，两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（ R ），超过再现性限（ R ）情况不超过 5%。再现性限（ R ）按表 14-2 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 14-2 方法一 再现性限

镍的质量分数/%					
再现性限（ R ）/%					

3.3 方法二 火焰原子吸收光谱法

3.3.1 方法二 精密度试验

方法二火焰原子吸收光谱法由洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）等六家单位开展方法精密度验证。按照试验方法对 4 个样品独立进行 7 次测定，测定

结果见表 15-2。

表 15-2 方法二 精密度试验

实验室	次数	水平 j/%			
		1	2	3	4
中铝洛阳铜加工有限公司	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	均值/%				
	标准偏差/%				
	相对标准偏差/%				
洛阳船舶材料研究所(中国船舶集团有限公司第七二五研究所)	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	均值/%				
	标准偏差/%				
	相对标准偏差/%				
白银有色西北铜加工有限公司	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	均值/%				
	相对标准偏差/%				
浙江省冶金产品质量检验站有限公司	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	均值/%				
	标准偏差/%				

	相对标准偏差/%				
山东中金岭南铜业有限责任公司	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	均值/%				
	标准偏差/%				
	相对标准偏差/%				
中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	1	0.0011	0.0094	0.182	1.44
	2	0.0011	0.0094	0.183	1.44
	3	0.0011	0.0095	0.187	1.44
	4	0.0012	0.0096	0.185	1.45
	5	0.0011	0.0096	0.184	1.45
	6	0.0011	0.0097	0.188	1.46
	7	0.0012	0.0095	0.187	1.45
	均值/%	0.0011	0.010	0.19	1.45
	标准偏差/%	0.00006	0.00012	0.0022	0.0052
	相对标准偏差/%	5.11	1.26	1.20	0.36

试验结果表明，采用方法二测定铜及铜合金中镍含量，相对标准偏差在 %～ %之间，各单位结果一致较好，正确度及精密度均能持续满足使用要求。

3.3.2 方法二 重复性限、再现性限的计算

将经过离群值检验的数据汇总统计，按照 GB/T 6379.2-2004 的规定计算重复性限和再现性限，结果如表 13-3 和表 14-3 所示。

3.3.2.1 方法二 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 13-3 给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（ r ），超过重复性限（ r ）的情况不超过 5%，重复性限（ r ）按表 13-3 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 13-3 方法二 重复性限

镍的质量分数/%					
重复性限（ r ）/%					

3.3.2.2 方法二 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 14-3 给出的平均值范围内，两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（ R ），超过再现性限（ R ）情况不超过 5%。再现性限（ R ）按表 14-3 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 14-3 方法二 再现性限

镍的质量分数/%					
再现性限（ R ）/%					

3.4 方法四 丁二酮肟重量法

3.4.1 方法四 精密度试验

方法四丁二酮肟重量法由洛阳船舶材料研究所（中国船舶集团有限公司第七二五研究所）等六家单位开展方法精密度验证。按照试验方法对 5 个样品独立进行 7 次测定，测定结果见表 15-3。

表 15-3 方法四 精密度试验

实验室	次数	水平 j/%				
		1	2	3	4	5
中铝洛 阳铜加 工有限 公司	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	均值/%					
	标准偏差/%					
	相对标准偏差/%					
洛阳船 舶材料 研究所 （中国 船舶集 团有限 公司第 七二五 研究所）	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	均值/%					
	标准偏差/%					
	相对标准偏差/%					
白银有 色西北 铜加工 有限公 司	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	均值/%					
	相对标准偏差/%					
浙江省 冶金产 品质量 检验站 有限公 司	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

	7					
	均值/%					
	标准偏差/%					
	相对标准偏差/%					
山东中金岭南铜业有限责任公司	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	均值/%					
	标准偏差/%					
	相对标准偏差/%					
中国有色桂林矿产地质研究院有限公司	1	2.369	8.563	16.712	27.327	41.555
	2	2.349	8.639	16.826	27.356	41.447
	3	2.324	8.601	16.708	27.234	41.496
	4	2.311	8.551	16.816	27.336	41.461
	5	2.375	8.614	16.752	27.254	41.720
	6	2.357	8.638	16.806	27.352	41.502
	7	2.319	8.519	16.822	27.293	41.459
	均值/%	2.343	8.589	16.777	27.307	41.520
	标准偏差/%	0.025	0.046	0.052	0.048	0.095
	相对标准偏差/%	1.07	0.54	0.31	0.18	0.23

试验结果表明，采用方法四测定铜及铜合金中镍含量，相对标准偏差在 %～ %之间，各单位结果一致较好，正确度及精密度均能持续满足使用要求。

3.4.2 方法四 重复性限、再现性限的计算

将经过离群值检验的数据汇总统计，按照 GB/T 6379.2-2004 的规定计算重复性限和再现性限，结果如表 13-4 和表 14-4 所示。

3.4.2.1 方法四 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 13-4 给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（*r*），超过重复性限（*r*）的情况不超过 5%，重复性限（*r*）按表 13-4 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 13-4 方法四 重复性限

镍的质量分数/%					
重复性限（ <i>r</i> ）/%					

3.4.2.2 方法四 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表 14-4 给出的平均值范围内，两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（*R*），超过再现性限（*R*）情况不超过 5%。再现性限（*R*）按表 14-4 数据采用线性内插法或外延法求得。

表 14-4 方法四 再现性限

镍的质量分数/%					
再现性限（R）/%					

（四）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益

4.1 先进性、创新性

该标准的制定，对铜及铜合金产品的生产、研发和贸易有重要的指导意义，也使 GB/T 5121 系列标准更加完善，增强其实用性和适用范围，发挥国家标准在国内和国际市场上作用，提高我国检测标准水平，具有良好的社会效益。对推动我国铜及铜合金材料的研发、生产和贸易等活动有着重要意义。

4.2 经济效益

新标准的制定和发布将推动铜及铜合金产业的发展，提升产品的质量和竞争力。通过完善镍含量的测定方法，企业可以更加准确地控制产品中的镍含量，从而生产出符合市场需求的高品质铜及铜合金产品。这将有助于提高企业的生产效率和经济效益，增强其在国内外市场的竞争力。

4.3 社会效益

该项目的实施还将促进有色金属标准化体系的优化升级，使 GB/T 5121 系列标准更加完善，提升我国在国际标准化领域的影响力和话语权。通过与国际、国外同类型标准相比，本项目结项后有望达到国际先进水平，这将有助于提升我国的国际形象和地位，推动我国经济高质量发展。

4.4 生态效益

新标准的实施将有助于推动含铜及铜合金的应用和推广。通过准确测定铜及铜合金中的镍含量，企业可以更好地控制材料的成分和性能，从而生产出更加环保、可持续的铜合金产品。这将有助于减少环境污染和资源浪费，推动绿色发展和可持续发展。

四、与国际标准和国外先进标准技术内容的对比

在铜及铜合金镍含量检测领域，除本标准外，目前国外还有：国际标准 ISO 1810:1976、ISO 4742:1984、ISO 4743:1984，均已被原标准修改采用，其中 ISO 4743:1984、ISO 1810:1976 两项标准已经废止；欧盟标准 EN 15023-3:2010，采用火焰原子吸收光谱法，测定范围为 0.001%~6.0%；美国标准 ASTM E478-08(2017)，分别采用分光光度法和重量法，总体测定范围为 0.030%~50.0%；日本标准 JIS H1056-2003，分别有重量法 1 个，容量法 1 个，原子吸收法 1 个，ICP-AES 法 1 个，总体测定范围为 0.01%~50.0%。

总体看来，本标准塞曼效应电热原子吸收光谱法测定范围：0.0001%~0.0010%，火焰原子吸收光谱法测定范围：>0.0010%~1.50%，Na₂EDTA 滴定法测定范围：8.00%~45.00%，重量法测定范围：2%~50%，整体覆盖了从痕量到常量的镍含量检测需求，与国际及国外先进标准相比，在测定范围的连续性和完整性上具有显著优势。具体而言，本标准中塞曼效应电热原子吸收光谱法针对 0.0001%~0.0010% 的超低含量范围，是对现有国际标准中已废止的 ISO 1810:1976 和 ISO 4743:1984 在低含量检测能力上的有效补充和技术升级，填补了国内在此极低镍含量区间高精度检测方法的空白。Na₂EDTA 滴定法 8.00%~45.00% 的测定范围，与美国 ASTM E478-08(2017) 的重量法（0.030%~50.0%）和日本 JIS H1056-2003 的重量法、容量法相比，在高含量镍的测定上，滴定法具有操作步骤少、分析速度快、试剂消耗低等特点，尤其适用于大批量样品的快速分析。重量法测定范围 2%~50%，与 ASTM E478-08(2017)

和 JIS H1056-2003 中的重量法测定范围基本一致，保证了方法的经典性和可靠性，可作为高含量镍测定的仲裁方法。此外，本标准整合了多种先进且实用的检测技术，能够根据不同样品中镍含量的高低灵活选择最适宜的方法，避免了单一方法在测定范围上的局限性，这与部分国外标准仅提供单一或少数几种方法相比，更能适应我国铜及铜合金产品种类繁多、镍含量差异大的实际情况，体现了更强的适用性和灵活性。在方法原理和技术参数方面，本标准所采用的氢化物发生-原子荧光光谱法等先进技术，其检出限、精密度和准确度等关键技术指标均达到或优于国际同类标准水平，确保了检测结果的科学性和国际可比性。

五、以国际标准为基础的起草情况以及是否合规采用国际国外标准、未采用国际标准的原因

本标准方法四等同采用了 ISO 4742:1984，在等同采用过程中，严格遵循 GB/T 1.2-2020《标准化工作指南 第2部分：采用国际标准》的规定，未对原国际标准的技术内容进行任何修改，仅在编辑性方面进行了必要的调整，对一些表述方式进行了符合我国标准习惯的修改，以确保标准文本的规范性和可读性。通过这种等同采用方式，使得本标准在高含量镍（2.0%~50.0%）的重量法测定上与国际标准保持一致，有利于促进国际贸易和技术交流，保证检测结果的国际互认。

对于原标准中曾采用但现已废止的 ISO 1810:1976 和 ISO 4743:1984，本标准未再继续采用。主要原因在于这两项国际标准已经失去了时效性和先进性，其规定的检测方法在检测范围、检出限、精密度等方面已不能满足当前铜及铜合金产品对镍含量检测的需求。例如，ISO 1810:1976 和 ISO 4743:1984 在低含量镍的检测方面存在局限，而本标准中氢化物发生-无色散原子荧光光谱法能够覆盖 0.0001%~0.0010% 的超低含量范围，在技术上实现了对废止国际标准的有效替代和升级。此外，国际标准化组织（ISO）也未发布针对这两项废止标准的替代版本，因此从技术先进性和适用性角度出发，本标准未采用这两项已废止的国际标准。同时，对于其他现行的国际国外先进标准，如欧盟 EN 15023-3:2010、美国 ASTM E478-08(2017) 和日本 JIS H1056-2003，本标准在制定过程中进行了充分的对比研究和借鉴，吸收了其中的先进技术理念和方法优点，但并未直接采用。这是因为这些标准的测定范围、方法原理或适用对象与我国铜及铜合金产品的实际情况存在一定差异，直接采用可能无法完全满足我国产业发展和检测工作的需求。本标准通过整合多种检测方法，形成了覆盖痕量到常量镍含量的完整检测体系，更能适应我国铜及铜合金产品种类多样、镍含量跨度大的特点，具有更强的实用性和针对性。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

目前，该标准与正在实施的 GB/T 5121 系列标准中的其他 28 个部分配套使用，本部分测定的元素为铜，与其他各部分均无重复和冲突。该系列标准目前尚无其他部分正在制定中，因此本标准与现有标准、制定中标准没有矛盾。

本标准符合现行法律法规的要求，并与其他同类国家标准、国家丁用标准、行业标准无冲突、重叠和不协调之处。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无。

八、涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利问题。

九、实施国家标准的要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

该标准的修订，对铜及铜合金产品的生产、研发和贸易有重要的指导意义，也使 GB/T 5121 系列标准更加完善，增强其实用性和适用范围，发挥国家标准在国内和国际市场上作用，提高我国检测标准水平，具有良好的社会效益。对推动我国铜及铜合金材料的研发、生产和贸易等活动有着重要意义。

本标准建议作为推荐性国家标准发布。

为使标准能更好地发挥作用，提高铜及铜合金生产企业的控制水平，建议针对本标准制订切实可行的贯彻措施，做好宣传培训工作，使各相关单位充分掌握标准中所规定的检测方法，并加强示范推广，让标准在铜及铜合金的生产和使用过程中得以广泛应用。

同时，对标准执行情况进行跟踪调查，及时发现标准执行中的问题，不断修改完善，提升标准水平，提高标准的科学性、合理性、协调性和可操作性。

本标准第三次修订，可以替代现行标准 GB/T 5121.5-2008《铜及铜合金化学分析方法 第5部分 镍含量的测定》。建议本标准自发布之日起代替 GB/T 5121.5-2008《铜及铜合金化学分析方法 第5部分 镍含量的测定》，标准发布后6个月实施。

十、公平竞争审查

本标准研制过程中，开展了公平竞争审查，经对照，没有发现限制或者变相限制市场准入和退出，没有限制商品要素的自由流动、不影响生产经营成本以及生产经营行为。同时填写了《公平竞争审查》。

十一、其他应当说明的事项。

无。

《铜及铜合金化学分析方法 第5部分 镍含量的测定》编制组
2026年7月3日