

《高强高导铜铁合金棒线材》 标准编制说明—送审稿

一、工作简况

1.1 任务来源

根据工信部《工业和信息化部 2022 年第二批行业标准制修订计划》（工信厅科函〔2022〕94 号），由宁波金田铜业（集团）股份有限公司、陕西斯瑞扶风先进铜合金有限公司、中南大学、安徽楚江合金铜材有限公司、绍兴市特种设备检测院负责起草制订《高强高导铜铁合金棒线材》行业标准，计划编号 2022-0566T-YS，完成年限 2024 年。

1.2 立项目的和意义

铜铁合金是一种以铜、铁为主成分元素（铁含量为 5-50%）的铜合金材料，既有铜的高导电、高导热和抗菌性，又有铁的高强度、高硬度、耐磨性和磁性能，以及较好的延展性、弹性、热导率和电磁屏蔽性能。以 QFe10(H) 线材为例，导电率超过 60%IACS；抗拉强度在 530~590MPa，硬度为 150~170HV，分别高于 C19400 抗拉强度 410~490MPa 和硬度 125~145HV；热导率达到 350W/m·k，可作为 C19400 的升级版，也可替代部分锡磷青铜、黄铜和铍铜，比现有材料节约资源、减轻重量，降低成本，回收利用不存在有害物质，被视为新一代新型铜合金，不受 ROHS 规定的限制，属于绿色环保的合金。

铜铁合金作为一种性能优越的新型基础合金材料，可以加工成棒状、线状等，应用于半导体制造、电子产品制造、通信设备制造、医疗器械制造，家电制造等产业领域。比如 5G 通信用 RF 射频线、继电器和耐高温电机线圈等；同时因具有较好热传导率和硬度，可作为焊料（焊接丝料）和制作各种电线电缆的外套。

RF 射频线是一种超高频交流变化电磁波的视频线，外面一层不仅绝缘，还抗电磁干扰，传输的信号稳定，不会受外界的干扰出现杂波。进入 5G 智能手机时代，伴随着高频、高速、高数据量的技术要求，很多原有的中低频通讯材料会被淘汰。这主要是由于 5G 的传输速率将比目前 4G 的速度快十倍以上，传输频率的增加使得 5G 天线数量是 4G 时期的 5-10 倍，这对射频前端的电磁屏蔽功能提出更高要求。因此，对所用接口、射频材料不仅要有性能更好且同时具备电磁兼容的导热材料。同时，铜铁合金可作为 TIG 焊接的焊丝，能焊接除铝外的所有金属材料，且焊接质量好（焊缝纯净、成形好，热影响区小），适于薄板（件）及打底和管-管、管-板全位置焊，无飞溅，也可制作基于镍铁或铜 100% 金属钎焊材料，能形成优质均匀的焊接接头，主要用于工业和汽车应用中的铜和黄铜热交换器，在一定情况下可代替昂贵的银钎焊合金，有利于降低成本，制造出导热性能高的铜冷却器。另外，铜铁合金线材因含铁，具有磁性，断线机率小，能与内芯引起共鸣产生动力，减小体积，可应用于小型耐高温电机。

随着电磁屏蔽/导热材料需求的增加以及工艺的升级，将带动电磁屏蔽/导热材料单机价值的提高，国内相关产业链也因此迎来新的增长机遇。据产业链调研估算单个射频前端价格为 1 美金，支持 11 个频段的 4G 手机，射频前端价值量可达 11 美金左右，5G 高频电路还会更高。根据 Yole 预测，射频前端器件市场将以年均 14% 左右增长，而且随着 5G 手机的渗透，具备 200 亿以上的增量市场空间。近年来，随着我国汽车市场规模持续扩大，带动了我国汽车热交换器需求持续增长。据行业统计，汽

车热交换器行业产量年均复合增长率在 5.4% 以上，市场规模持续稳定发展。这也为铜金属钎焊材料发展带来新的机遇。铜铁合金作为新一代材料，其市场应用需求大，前景好。

本标准产品符合工信部发布《关于促进制造业产品质量提升的实施意见（工信部科[2019]188 号）》文件 第三章 增强质量提升动力 第七条 发挥标准带动作用的规定，和《促进制造业产品和服务质量提升的实施意见》解读（四）加快重点产业质量提升：“加快高端材料创新，淘汰低质量产能，支持新材料及高端应用产业发展，提高供给质量”的要求；同时也符合了工业和信息化部、国家市场监督管理总局等四部委联合制定的《原材料工业“三品”实施方案》要求。本标准的制定与实施有效推动新一代材料与国外接轨，提高市场竞争力扩大市场，对助力有色工业发展升级具有重要意义。

1.3 主要参加单位和工作成员作的工作

主要参加单位：宁波金田铜业（集团）股份有限公司始（证券代码：601609）建于 1986 年 10 月，专注铜加工三十余年，是全球领先铁铜及铜合金材料供应商，致力于为 5G 通讯、新能源汽车、轨道交通、电力物联网、智慧城市等战略性新兴产业发展提供铜材综合解决方案，形成了产业链完整、规模优势显著、产品种类齐全的竞争优势。公司立足宁波，放眼世界，持续推进全球化布局，在香港、美国、德国、日本等地设立子公司，建立全球供应链体系和销售网络，为国内外客户提供铜产品一站式的采购服务。公司建立了国家级企业技术中心、国家级博士后科研工作站和国家认可实验室，拥有国内外先进的全谱等离子体发射光谱仪、超高矫顽力永磁测量仪等先进检测仪器设备。并聚焦重点应用领域关键材料与技术，研发高强、高导、高精度的新型高端铜合金新材料，推动产品升级，打造技术竞争力。目前已拥有授权发明专利 100 多项，主持、参与国家/行业标准制订 30 余项，获得国家级、省部级科技进步奖 10 余项。2021 年公司铜及铜合金材料总产量 150 多万吨，继续保持行业龙头地位。公司积极履行社会责任，长期恪守“生态重于生产”的环保理念，积极响应国家“碳达峰”、“碳中和”的战略目标，投入大量资金用于环境保护、节能降碳和生态建设，已成为行业内发展循环经济的典范，被授予国家循环经济试点单位、国家绿色示范工厂等荣誉。

主要参与单位：陕西斯瑞扶风先进铜合金有限公司成立于 2019 年 7 月 18 日，位于陕西省宝鸡市扶风县新兴产业园，占地面积约 5.5 万平方米，注册资本 4 亿元，是陕西斯瑞新材料股份有限公司（股票代码：688102）的全资子公司。公司下设特种材料事业部、线棒材事业部、金属铬事业部三大事业部，专注于新一代高性能铜合金材料及高性能金属粉末的研发制造，主要产品有铬钼铜及铜铁铸锭、板带、铸件、型材、棒线、粉末等，产品应用于新能源汽车、电力、消费电子、轨道交通、航天航空等领域。公司以市场驱动创新、创新驱动发展、新材料引领未来为发展使命，秉持专注、创新、诚信、责任的价值观，立足于成为全球细分领域新材料领跑者的愿景，以技术谋市场，以创新促发展，全力围绕客户需求持续打造专业、高效、高质量、高性价比的制造能力，携手客户共同成长。

参与单位：中南大学

中南大学成立于 2000 年，位于湖南省，隶属教育部，是国家“211 工程”首批重点建设高校、国家“985 工程”部省重点共建高水平大学和国家“2011 计划”首批牵头高校，2017 年 9 月入选世界一流大学 A 类建设高校。作为我国有色金属冶金、材料等专业重要科研与人才培养基地，中南大学拥有粉末冶金国家重点实验室、粉末冶金国家工程中心、轻质高强结构材料国家级重点实验室，国家级一流本科专业建设点 50 个，国家级一流本科课程 49 门。中南大学常年致力于高性能无氧铜材料的开发，形成了高性能无氧铜制备新工艺与新装备、新能源材料环境材料制备研究等多个极具优势与特色的研发方向，多年来，本着服务于有色金属行业、服务于军工、服务于国家重大需求、服务于国民经济主

战场的宗旨，中南大学为国家安全、重大工程研制了大量新型材料，多次受到中央军委、国防科工委、国家发改委的通令嘉奖。项目组在高性能无氧铜的研究方面积累了丰富的研究经验，获授权的无氧铜专利 10 余项，发表相关 SCI 论文 30 余篇。

参与单位：芜湖楚江合金铜材有限公司是安徽楚江科技新材料股份有限公司的全资子公司，国家高新技术企业，专精特新小巨人企业，拥有省级企业中心、铜合金产业公共服务平台、市级绿色工厂、市级数字化车间、市级工程技术研究中心。主要生产高精密新材料切割用黄铜母线材、高精度电气接插件线材、高精度 Y 型母线、高端电子元器件用铜合金线材、高端服辅用高弹耐磨铜合金线材等十几种产品。公司拥有较强的产品研发实力，先后承担了省级、市级产业化和科技计划项目，且成功研发出 4 项省级科技研究成果、6 项省级新产品、8 项高新技术产品，拥有 60 多项国家专利技术，共参与国家、行业标准 10 余项。

参与单位：绍兴市特种设备检测院是从事绍兴市辖区内锅炉、压力容器在、压力管道、电梯、起重机械、场（厂）内机动车辆等特种设备安全性能监督检验检测及特种设备作业人员考试工作的公益类二类事业单位。绍兴市特检院拥有总局核准的甲类综合检测机构资质，核准项目 39 项，资质认定有 9 大类 53 个项目，检验机构认可和实验认可有 21 个领域 92 个项目。建有绍兴市特种设备智能检测与评价重点实验室，浙江省博士后工作站。机构拥有工业 CT、场发射扫描电镜、XRD、气相色谱质谱联用仪、DR、超声相控阵等先进仪器设备 1000 多台（套），价值 5000 多万元，已初步形成一个集人才培养、技术应用和学术研究为一体的创新平台。

工作成员所作的工作：

起草人	工作职责
王永如、李周	负责整体工作指导、工作协调
裘桂群	文本编制、数据收集分析
王立新、周斌、郑良玉、项燕龙、龚深	相关资料提供

1.4 主要工作过程

1.4.1 预研阶段

本标准制订工作于 2021 年 11 月份开始筹备，在编写前，充分进行市场调研，查阅了国内外有关矿物绝缘电缆用铜导体的信息和相关标准，整理参考数据资料。调研现有标准、产品应用情况，存在问题等，整理收集、归类、对比，确定编写的技术要求。

2022 年 6 月组织公司内部标准制订启动讨论会，讨论高强高导铜铁合金棒线材标准相关技术要求，包括牌号、成分及力学性能、电性能和电磁性能等，对标准文本草案案稿进行补充和完善。同时，对于铜铁合金中铁含量的检测方法和电磁性能检测方法进行了讨论，明确各参与单位根据要求对检测方法进行实验验证。

1.4.2 标准立项

公司于 2020 年申请提出《高强高导铜铁合金棒线材》行业标准的修订工作，并立项通过。标准制订计划任务正式下达后，项目成立了标准编制组，并落实起草任务，确定标准的主要起草人，拟定该标准的工作计划。各负责人分工明确，紧密合作，进行了全面的市场调研、资料查询，收集了大量的产品测试、用户使用方面的相关技术数据，比较全面和准确地了解焊丝、射频电缆等领域的需求及其

技术要求，为本标准的制定提供了依据。本标准在制定过程中，与用户进行了多次沟通，以此保证本标准的数据采集和各项技术指标的验证以及标准文本的编制任务的顺利完成。

1.4.3 起草阶段

(1)2022年11月17日由全国有色金属标准化技术委员会组织在安徽池州召开该标准的讨论会。会上讨论确定了产品牌号、化学成分、外形尺寸及尺寸允许偏差、力学性能、电性能及电磁性能等内容要求。会后根据各专家意见进行了修改与补充，并形成了《标准预审稿》及编制说明。相关意见处理结果列于表1。

(2)2023年2月中旬，组织内部研讨会，相关参编单位参加。会上，对讨论会上提出的意见进行研讨和确定。明确再增加1个牌号的铜铁合金 QFe40，及其状态、相应力学性能、电性能；同时对于本文件中规定的化学成分应与《铜铁合金精炼铸锭》标准保持一致，明确氧含量上限值；针对是否将晶粒度或显微组织列入标准的问题，经商讨决定，由于显微组织要求比较复杂，不宜列入标准中进行规范；对于 GB/T30142 标准是否能全面适用于平面型、线材型电磁屏蔽材料屏蔽效能测量，经讨论，考虑采用丝织网进行，其检测方法可参照 GB/T 4669-2008、GB/T 14343-2008 或 GB/T 3820-1997。

表 1 讨论会意见处理表

序号	标准章条编号	意见内容	处理意见	说明
1	2 规范性引用文件	GB/T 10610 产品几何技术规范……未在文本中用到，应删除。	采纳	已删除
2	4 产品分类	QFe5、CuFe1、QFe20 等应与 GB/T5231 标准体系命名一致。	采纳	更改为铁青铜系列 QFe5、QFe10、QFe20、QFe40
3		明确线材与棒材直径及卷状、直条长度要求	采纳	直径 1~10mm 为线材、>10~14mm 为棒材
4	5.2.4	棒材直度没有注明状态	采纳	H06、H04、H02 状态棒材直度应符合表 4 规定
5	5.3	断后伸长率没有定标距	采纳	断后伸长率 A%修改为 A ₁₀₀ %
6	无	晶粒度或金相组织是否纳入技术要求	不采纳	不同熔炼工艺，其显微组织不一样，无法统一显微组织要求，不列入本文件产品技术要求
7	5.7	残余应力及氨熏检测方法不适合铜铁合金棒线材产品	采纳	删除残余应力和相应检测方法
8	6.1	GB/T5121(所有部分)、YS/T482 或 YS/T483 中对于铁含量的检测要求分别为 0.0001~0.002、0.0001~9.0 和 0.050~10.0 不适用于检测高铁含量	采纳	自行制定铜含量的检测方法，以附录形式列入本文件中。
9	6.5	电磁屏蔽性检测方法按 GB/T30142 规定，其中线丝材是否可以直接测量或通过编织网进行检测	采纳	更改检测方法。

2023年5月23-25日，由全国有色金属标准化技术委员会组织在洛阳召开该标准的预审会。对《高强高导铜铁合金棒线材》预审稿进行讨论。与会专家对标准产品分类、化学成分、力学性能、试验方法等内容提出了建设性意见，见表2。因此，根据意见要求，项目组对预审稿进行修改和补充，形成征求意见稿。

表 2 预审会意见处理表

序号	标准章条编号	意见内容	处理意见	说明
1	2 规范性引用文件	GB/T 10610 产品几何技术规范……未在正文中体现，删除。	采纳	已删除该引用文件
2	4 产品分类	与 GB/T 5231 产品成分标准体系统一，本标准产品牌号调整为铁青铜系列	采纳	QFe5、QFe10、QFe20、QFe40 调整为 QFe5、QFe10、QFe20、QFe40
3		明确分类棒线材，即直径为 0.1~10mm 为线材、10~14mm 为棒材。	采纳	已调整。
4	4 产品分类	棒材长度需明确	采纳	直径 0.1~0.8mm 为卷状，0.8~10mm 可为卷状也可直条状（300~2000mm），10~14mm 直条状（500~3000mm）
5	5.3 力学性能	区分棒线材后，对断后伸长率需要分开明确	采纳	明确断后伸长率 $A_{100\%}$ 和断后伸长率 $A_{50\%}$
6	5.4 电性能	表 6 中应体现出体积电阻率	采纳	已增加体积电阻率
7	5.6 内部质量	明确直径不小于 5mm 棒线材需进行内部质量控制要求。	采纳	已补充
8	6.3 拉伸实验	棒线材拉伸实验执行标准应明确	采纳	棒线材拉伸实验按 GB/T34505 规定进行
9	6.5 电磁屏蔽	6.5.2 检测流程中需要明确电磁屏蔽织物的形状或厚度等	采纳	补充增加了“铜金属电磁屏蔽织物的克重、厚度等指标……”。
10	6.7 表面质量	棒线材表面质量既可以目测也可以用工具检测	采纳	已调整“棒线材的表面质量用目视进行检验或相应的工具检测”
11	7.2 组批	需明确检验批的批重	采纳	每批重量应不大于 2000kg。

1.4.4 征求意见阶段

2023 年 8 月 11 日组织视频研讨会，并进行网上意见征询，中南大学、西安斯瑞、华中铜、安徽楚江、绍兴特检院、中色奥博特等 9 家单位参加。会上，对预审会上所提出的意见进行了研讨和确定，并提出意见征询。最终明确根据预审会的意见要求进行修改和补充，同时，根据目前生产实际和检测数据分析，对铜铁合金的成分再次进行了明确和调整，补充了需添加稀土元素，经供需双方协商。电磁屏蔽检测方法按 GB/T30142 标准执行，检测过程中铜金属电磁屏蔽织物的克重、厚度等指标，由供需双方协商确定。为考虑屏蔽能效数据合理性和实用性，目前已送样至成都一家检测中心进行屏蔽效能检测验证。根据会议内容及意见反馈形成了标准送审稿。

1.4.5 审查阶段

1.4.6 报批阶段

二、编制原则

本标准起草单位自接受起草任务后，成立了标准编制工作组，负责收集生产统计、检验数据、市场需求及客户要求等信息。初步确定《高强高导铜铁合金棒线材》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

- a) 查阅国内外相关标准和客户的相关技术要求，目前国内还没有该类材料的相应国家/行业标准。
- b) 高强高导铜铁合金产品属于为新材料，其产品标准对市场和产品的规范，具有切实的指导意义，能够有效地促进该类产品的有序发展。
- c) 本标准所涉及的合金，主要以市场（客户）的需求为主，所列检棒线材均已量产供应的产品。
- d) 棒线材的订货与生产过程中的技术要求、识别，能够直观、明确，不易产生分歧和误判。对形状标识、尺寸要求等主要技术要求，力求使标准达到的合理性与适用性；
- e) 根据技术发展水平及测试数据确定技术指标取值范围；尽可能多采集数据，进行数据分类统计和分析；
- f) 按照 GB/T 1.1 和有色加工产品标准和国家行业标准编写示例的要求格式和结构进行编写。

三、标准主要技术内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

3.1 标准适用范围

根据市场实际应用的需求，本标准应用于生产焊丝、通讯射频编织网用的铜铁合金棒线材。

3.2 产品分类

产品分类是对铜铁合金棒线材产品的牌号、状态、规格进行规定，同时规定了产品标记方法，相关情况分别说明如下：

- (1) 本标准的产品为铜铁合金棒线材，产品截面形状为圆形，以产品的直径来划分不同的规格。
- (2) 通过市场调研及收集相关企业的资料发现，国内目前生产的较成熟的高强高导铜铁合金棒线材牌号主要有 QFe5、QFe10、QFe20、QFe40。
- (3) 产品尺寸规格范围，根据目前市场需求状以及生产实际现，确定本标准尺寸规格为：直径为 0.1~14mm。以及供货要求，明确直径 0.1~0.8mm 采用卷状供货，0.8~10mm 采用卷状或直条状供货，10~14mm 采用直条状供，同时明确供货长度要求。
- (4) 产品标记方法：按照 GB/T 1.1-2020 的规定，产品名称、标准编号、牌号、状态、规格的顺序表示，标准中给出了铜铁合金棒线的典型标记示例。

本标准的分类优点在于材料用途特性明确了 QFe5、QFe10、QFe20、QFe40 等材料基础形状材料，满足专用产品生产需要。

3.3 技术要求

3.3.1 化学成分

本标准根据目前高强高导铜铁合金棒格材的实际生产情况，共收录 4 个合金，化学成分应符合表 2 规定。

表 2 化学成分

牌号	化学成分（质量分数）%						
	Cu	Fe	Si	Cr	Mg	P	Cu+所列元素 总和 ^a

			不大于				不小于
QFe5	余量	4.5~5.5	0.2	0.01	0.3	0.01	99.5
QFe10	余量	9.5~10.5	0.4	0.03			99.5
QFe20	余量	18.0~21.0	0.8	0.05			99.5
QFe40	余量	38.0~42.0	1.6	0.05			99.5
^a 表示 Cu+所列元素总和中如需添加稀土元素，由供需双方协商。							

为较好的确定各牌号成分要求，由生产企业宁波金田、西安斯瑞提供 QFe5、QFe10、QFe20、QFe40 的样品进行检测，同时进行互相进行数据验证，最终确定表 2 的成分要求。

(1) 其中 QFe5 成分数据统计、分析如下表 3 所示。

表 3 QFe5 成分数据统计、分析

测试成分	样本数量/个	范围/%	平均值/%	标准偏差 σ /%
Fe	43	4.22-5.63	5.10	0.38
Cr	43	0.0067-0.0093	0.0089	0.0028
Si	43	0.012-0.023	0.0197	0.0022
Mg	43	0.261-0.332	0.302	0.011
P	43	0.0092-0.0125	0.011	0.0002

(2) QFe10 成分数据如下表 4 所示。

表 4 QFe10 成分数据统计、分析

测试成分	样本数量/个	范围/%	平均值/%	标准偏差 σ /%
Fe	52	9.22-10.76	9.92	0.47
Cr	52	0.0187-0.035	0.032	0.079
Si	52	0.037-0.051	0.042	0.002
Mg	52	0.025-0.042	0.033	0.001
P	52	0.0083-0.019	0.0097	0.0039

(3) QFe20 成分数据如下表 5 所示。

表 5 QFe20 成分数据统计、分析

测试成分	样本数量/个	范围/%	平均值/%	标准方差 σ %
Fe	30	19.63-21.03	20.23	0.46
Cr	30	0.038-0.056	0.049	0.002
Si	30	0.077-0.083	0.081	0.0017
Mg	30	0.022-0.045	0.032	0.0115
P	30	0.0079-0.016	0.011	0.0030

(4) QFe40 成分数据如下表 6 所示。

表 6 QFe40 成分数据统计、分析

测试成分	样本数量/个	范围/%	平均值/%	标准偏差 σ /%
Fe	28	38.7-42.3	40.2	1.26
Cr	28	0.043-0.057	0.052	0.007
Si	28	1.373-1.622	1.552	0.0016
Mg	28	0.033-0.066	0.0432	0.0086
P	28	0.0165-0.022	0.0193	0.0021

3.3.2 主要尺寸及其允许偏差

棒线材的具体参数将根据用户的不同需要，并结合产品实际检测值、产品应用领域和生产过程的模具使用寿命确定，其允许偏差应符合表 7 的规定。

表 7 棒线材的外径尺寸及尺寸允许偏差

类别	直径	允许偏差	
		普通级	高精级
线材	>0.1~0.2	±0.005	±0.004
	>0.2~0.5	±0.008	±0.006
	>0.5~1.0	±0.010	±0.008
	>1.0~3.0	±0.020	±0.015
	>3.0~6.0	±0.030	±0.020
	>6.0~10.0	±0.040	±0.030
棒材	>10.0~14.0	±0.060	±0.040

注：当要求允许偏差全为（+）或全为（-）单向偏差时，其值为表中相应值的2倍。

3.3.3 圆度

铜铁合金棒线材的圆度与常规棒线材要求是一样的，不应大于直径允许偏差之半。

3.3.4 定尺及倍尺长度允许偏差

铜铁合金棒材定尺及倍尺长度的允许偏差与常规棒材要求是一样的，因此其定尺或倍尺长度允许偏差为+15mm，倍尺长度应加入锯切分段时的锯切量，每一锯切量为 5mm。定尺或倍尺长度应在不定尺长度范围内，并在合同中注明，否则按不定尺长度供货。

3.3.4 直度

目前，在供货过程中用户对于棒材的直度没有特别要求，按常规棒材产品要求进行规定，因此H06、H04、H02状态棒材直度应符合表8规定。

表 8 棒材的直度

单位：mm

长度	圆棒直径	
	10~14	
	全长直度	每米直度
<1000	≤2	-
≥1000~2000	≤3	-
≥2000~3000	≤6	≤3

3.3.5 倒角

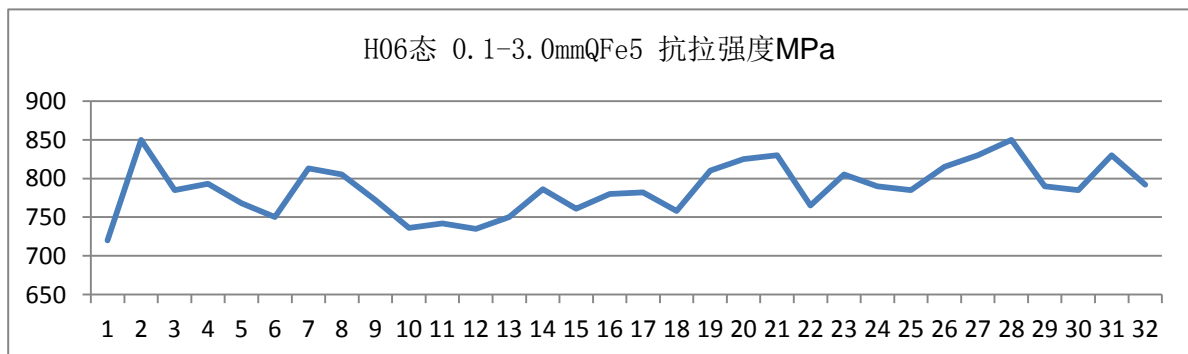
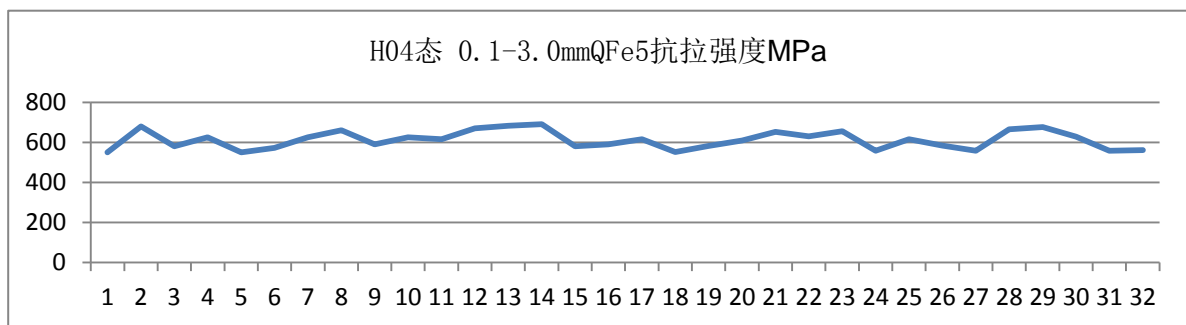
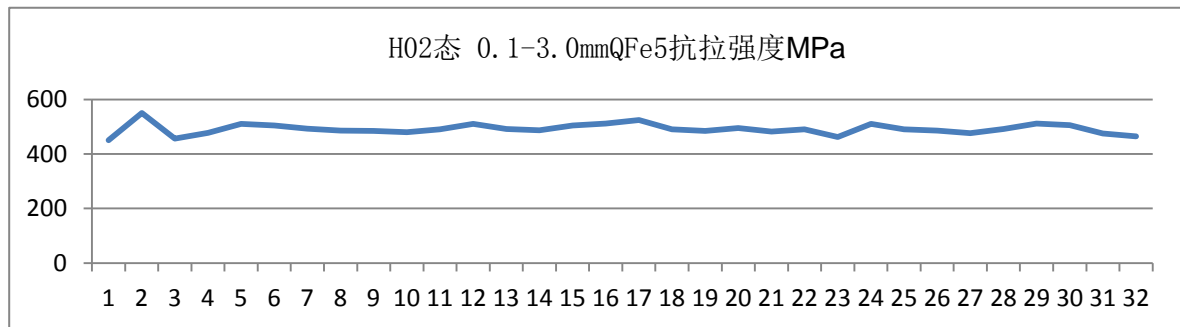
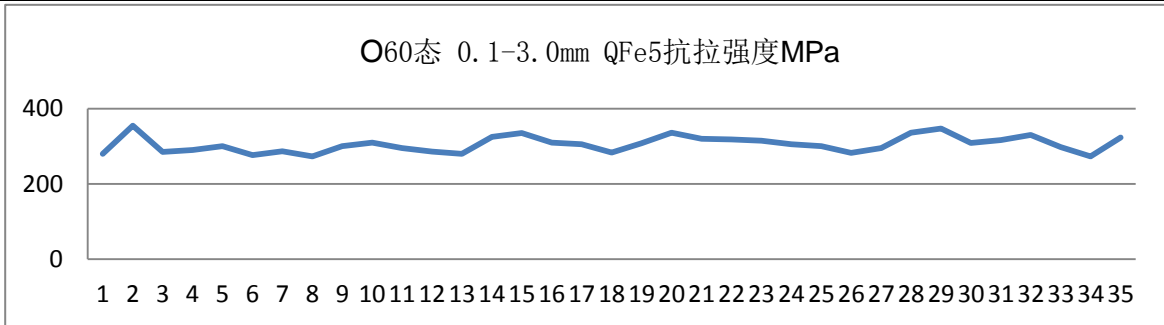
棒线材端部可倒角，具体要求由供需双方协商确定。

3.3.6 力学性能

力学性能是衡量铜铁合金抗变形能力和断裂能力的指标。力学性能可以通过拉伸试验进行测试，测得抗拉强度和断后伸长率。基于产品特性和生产实际情况及客户不同侧重点要求，标准还规定了给维氏硬度。根据对收集到的实测数据进行了分析整理和统计，具体见表 9、表 10、表 11。

表 9-1 直径 0.1~3.0mm QFe5、QFe10 力学性能数据统计（抗拉强度）

牌号及规格	样品数量(个)	抗拉强度检测结果范围 MPa	平均值 μ (MPa)
QFe5 (O60)	35	[280, 335]	305.2
QFe5 (H02)	32	[450, 550]	491.5
QFe5 (H04)	32	[550, 672]	612.0
QFe5 (H06)	32	[720, 850]	787.1
QFe10 (O60)	30	[300, 350]	327.0
QFe10 (H02)	30	[480, 550]	508.8
QFe10 (H04)	26	[600, 700]	658.5
QFe10 (H06)	26	[800, 900]	585.6



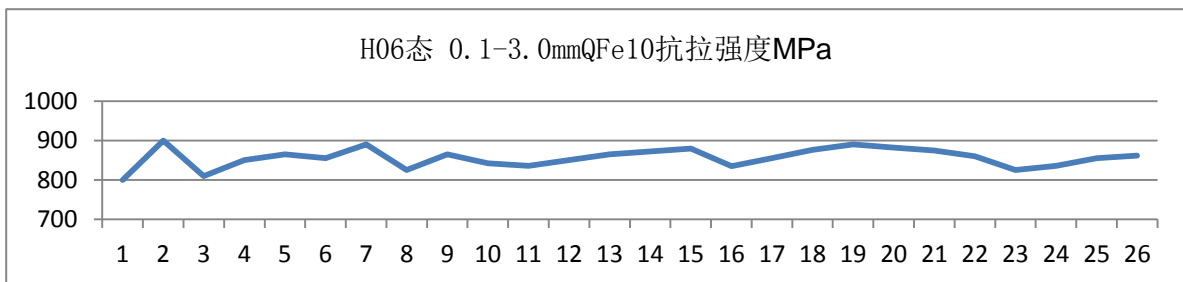
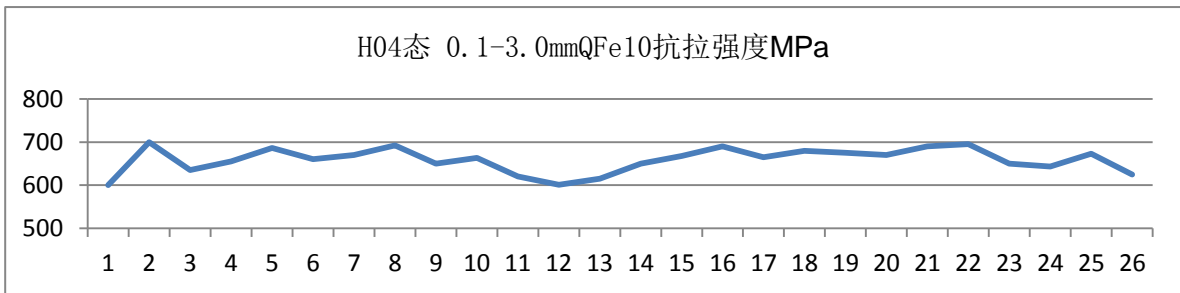
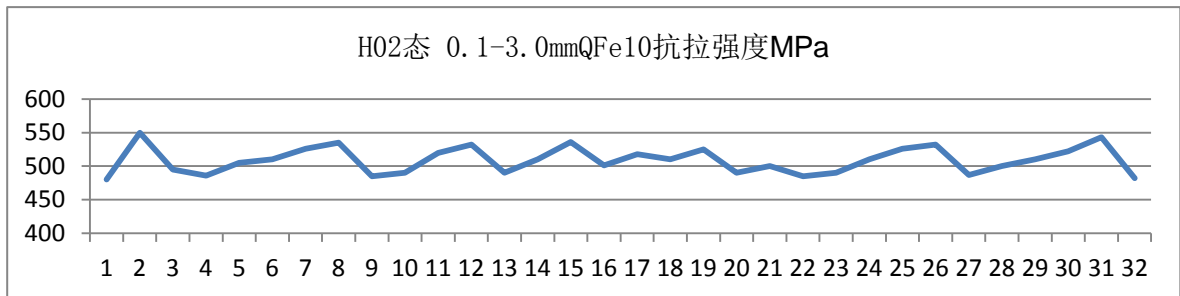
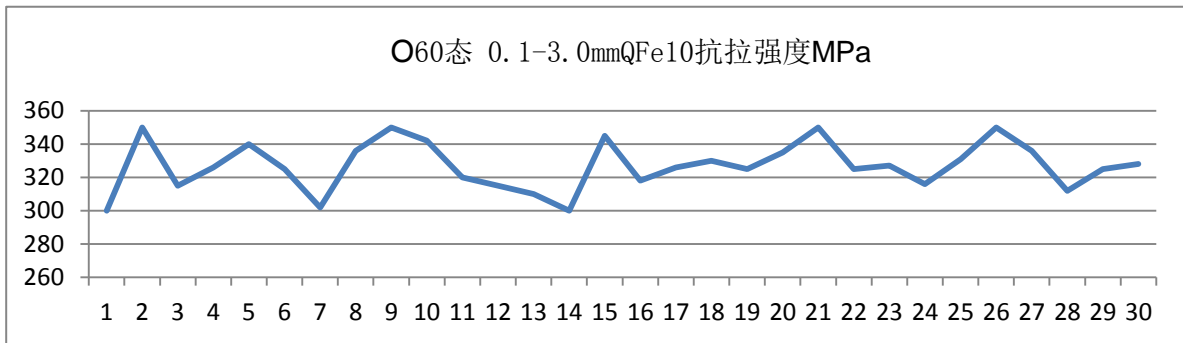


表 9-2 直径 0.5~3.0mm QFe20 力学性能数据统计 (抗拉强度)

牌号及规格	样品数量(个)	抗拉强度检测结果范围 MPa	平均值 μ (MPa)
QFe20 (O60)	25	[456, 495]	477.5
QFe20 (H06)	25	[565, 639]	600.4

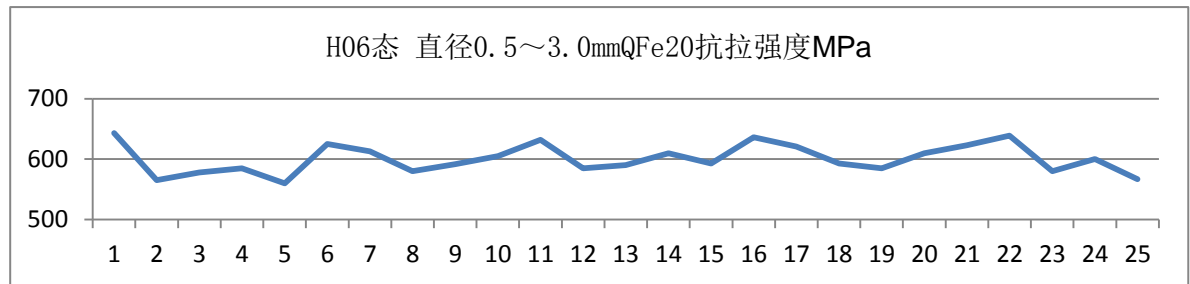
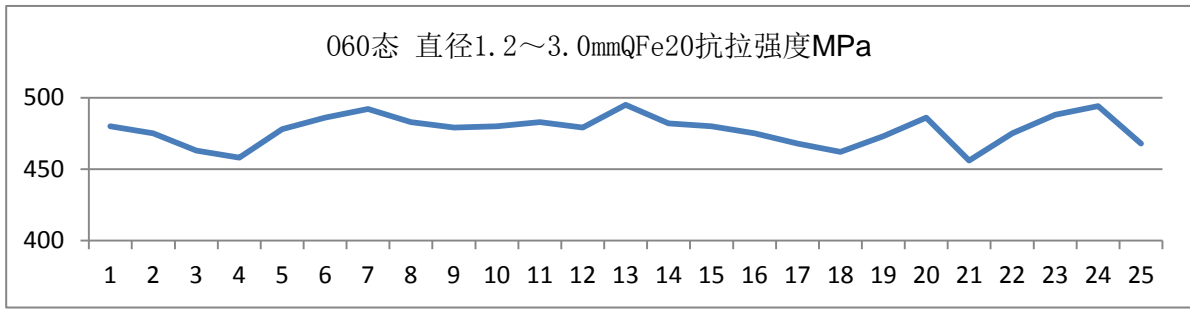


表 9-3 直径 1.2~3.0mm 力学性能数据统计 (抗拉强度)

牌号及规格	样品数量(个)	抗拉强度检测结果范围 MPa	平均值 μ (MPa)
QFe40 (O60)	22	[521, 577]	545.3
QFe40 (H06)	22	[615, 700]	658.2

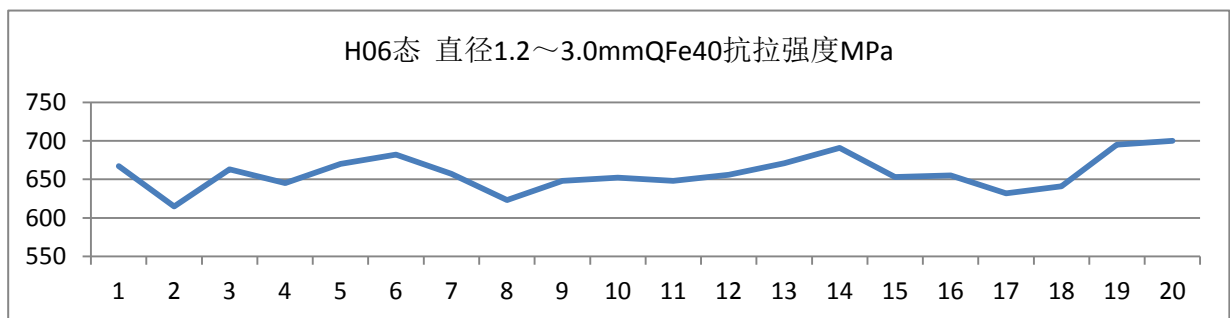
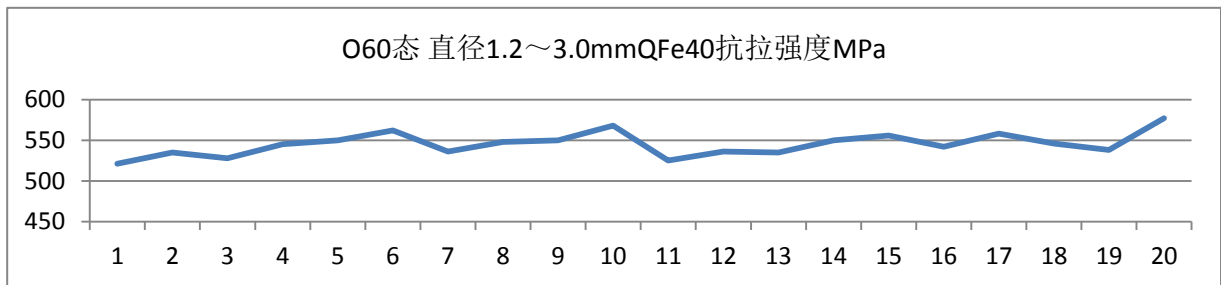


表 10 力学性能数据统计 (硬度 HV)

牌号	样品数量(个)	硬度 (HV) 检测结果范围	平均值 μ (HV)
QFe5 (O60)	35	[80, 101]	90.4
QFe5 (H02)	32	[116, 142]	129.6
QFe5 (H04)	32	[127, 152]	140.7
QFe5 (H06)	32	[165, 201]	181.9

QFe10 (O60)	30	[90, 112]	101.1
QFe10 (H02)	30	[130, 155]	140.6
QFe10 (H04)	26	[150, 172]	161.1
QFe10 (H06)	26	[165, 185]	174.3
QFe20 (O60)	25	[458, 494]	477.5
QFe20 (H06)	25	[560, 643]	600.4
QFe40 (O60)	22	[521, 577]	545.3
QFe40 (H06)	22	[615, 700]	658.2

表 11 线材力学性能数据统计 (断后伸长率 A%)

牌号	样品数量(个)	断后伸长率 $A_{100}\%$ 检测结果范围	平均值 μ (A%)
QFe5 (O60)	35	[25, 28.5]	26.2
QFe5 (H02)	32	[15, 18.3]	16.6
QFe5 (H04)	32	[2, 3.5]	3.1
QFe5 (H06)	32	[3, 3.6]	3.3
QFe10 (O60)	30	[20, 25.3]	22.5
QFe10 (H02)	30	[10, 13.1]	11.9
QFe10 (H04)	26	[2, 3.5]	2.9
QFe10 (H06)	26	[1.5, 2.9]	2.3
QFe20 (O60)	25	[10.2, 12.5]	11.1
QFe20 (H06)	25	[4, 6]	4.7
QFe40 (O60)	22	[8, 10.3]	9.4
QFe40 (H06)	22	[2, 3.3]	2.8

表 12 棒材力学性能数据统计 (断后伸长率 A%)

牌号	样品数量(个)	断后伸长率 $A_{50}\%$ 检测结果范围	平均值 μ (A%)
QFe5 (H06)	22	[3.8, 4.5]	4.1
QFe10 (H02)	22	[9, 11.2]	10.2
QFe10 (H04)	22	[2, 3.7]	2.9

根据对收集到的实测数据进行了分析整理和分析, 由以上数据得出得出我们的力学性能应满足以下规定: 棒线材的力学性能应符合表 13 的规定。

表 13 棒线材的力学性能

牌号	状态	直径 mm	拉伸实验			硬度试验 维氏硬度 HV
			抗拉强度 R_m MPa	断后伸长率 A_{100} %	断后伸长率 A_{50} %	
			不小于			
QFe5	O60	0.1~3.0	280	25.0	-	≥ 80
	H02	0.1~3.0	450	15.0	-	≥ 120
		>3.0~10.0	400	17.0	-	
	H04	0.1~3.0	550	2.0	-	≥ 130

		>3.0~10.0	500	4.0	-	
		>10.0~14.0	480	-	4.0	
	H06	0.1~3.0	720	3.0	-	≥165
QFe10	060	0.1~3.0	300	20.0	-	≥90
	H02	0.1~3.0	480	10.0	-	≥130
		>3.0~10.0	450	15.0	-	
		>10.0~14.0	420	-	15.0	
	H04	0.1~3.0	600	2.0	-	≥150
		>3.0~10.0	570	4.0	-	
		>10.0~14.0	540	-	4.0	
H06	0.1~3.0	800	1.5	-	≥165	
QFe20	060	0.5~3.0	450	10.0	-	≥100
	H06		550	10.0	-	≥170
QFe40	060	1.2~3.0	520	8.0	-	≥140
	H06		610	2.0	-	≥170

3.3.7 电性能

铜铁合金棒线材属于磁性高导材料，可用于制作编织网、散热材料等。既有较好的导电性，也要有一定的保磁力 JHC。电性能检测方法按 GB/T351 的规定进行，电阻越小时，导电所损失的电流也越小，导电率就越高。在 20℃ 温度下测试，棒线材的电性能见表 14。

表 14 棒线材的电性能数据

牌号	状态	20℃ 电阻率/ $\Omega \bullet \text{mm}^2/\text{m}$ 检测结果	导电率/%IACS
QFe5	060	0.026525	65.0
		0.026443	65.2
		0.025243	68.3
		0.025849	66.7
		0.024215	71.2
		0.026403	65.3
		0.023748	72.6
		0.025965	66.4
		0.023846	72.3
		0.026443	65.2
		0.022927	75.2
		0.025849	66.7
		0.023748	72.6
		0.026403	65.3
		0.026242	65.7
		0.026005	66.3
	0.025169	68.5	
H02	0.028735	60.0	

		0. 027630	62. 4
		0. 026403	65. 3
		0. 025810	66. 8
		0. 028172	61. 2
		0. 027719	62. 2
		0. 027674	62. 3
		0. 026813	64. 3
		0. 027763	62. 1
		0. 029074	59. 3
		0. 027586	62. 5
		0. 027194	63. 4
		0. 027719	62. 2
		0. 027989	61. 6
		0. 028640	60. 2
		0. 028357	60. 8
	H04	0. 028735	60. 0
		0. 027943	61. 7
		0. 027629	62. 4
		0. 031347	55. 2
		0. 028498	60. 5
		0. 029624	58. 2
		0. 028126	61. 3
		0. 030089	57. 3
		0. 028592	60. 3
		0. 028310	60. 9
		0. 032347	53. 3
		0. 029173	59. 1
		0. 028126	61. 3
		0. 030515	56. 5
		0. 028126	61. 3
	0. 031462	54. 8	
	0. 029880	57. 7	
	0. 029624	58. 2	
H06	0. 034482	50. 0	
	0. 032653	52. 8	
	0. 031928	54. 0	
	0. 031234	55. 2	
	0. 032046	53. 8	
	0. 031577	54. 6	
	0. 031810	54. 2	
	0. 030678	56. 2	
	0. 035258	48. 9	
	0. 033348	51. 7	
0. 031751	54. 3		
QFe5			

		0. 030407	56. 7
		0. 032966	52. 3
		0. 031404	54. 9
		0. 032408	53. 2
QFe10	O60	0. 028735	60. 0
		0. 027674	62. 3
		0. 027454	62. 8
		0. 027323	63. 1
		0. 027151	63. 5
		0. 027367	63
		0. 027674	62. 3
		0. 027498	62. 7
		0. 027151	63. 5
		0. 027674	62. 3
		0. 027280	63. 2
		0. 027454	62. 8
		0. 027586	62. 5
		0. 027498	62. 7
		0. 028034	61. 5
		H02	0. 031347
	0. 031177		55. 3
	0. 030733		56. 1
	0. 030898		55. 8
	0. 030623		56. 3
	0. 031234		55. 2
	0. 030898		55. 8
	0. 028126		61. 3
	0. 027410		62. 9
	0. 030953		55. 7
	0. 031177		55. 3
	0. 028640		60. 2
	H04	0. 033156	52. 0
		0. 033029	52. 2
		0. 033608	51. 3
		0. 031577	54. 6
		0. 033092	52. 1
		0. 032715	52. 7
		0. 029573	58. 3
		0. 031121	55. 4
		0. 031519	54. 7
		0. 028357	60. 8
	H06	0. 035919	48. 0
		0. 034073	50. 6
		0. 031177	55. 3

		0. 035475	48. 6
		0. 035043	49. 2
		0. 036761	46. 9
		0. 033608	51. 3
		0. 036450	47. 3
		0. 032840	52. 5
		0. 033220	51. 9
QFe20	O60	0. 033183	52. 5
		0. 032142	54. 2
		0. 032502	53. 6
		0. 032624	53. 4
		0. 032685	53. 3
		0. 032502	53. 6
		0. 031907	54. 6
		0. 032381	53. 8
		0. 033502	52. 0
		0. 031560	55. 2
		0. 032746	53. 2
		0. 033057	52. 7
		0. 033631	51. 8
	H06	0. 040326	43. 2
		0. 038457	45. 3
		0. 040894	42. 6
		0. 041777	41. 7
		0. 040420	43. 1
		0. 040991	42. 5
		0. 042182	41. 3
0. 038204		45. 6	
0. 037708		46. 2	
0. 041380	42. 1		
QFe40	O60	0. 055837	31. 2
		0. 059661	29. 2
		0. 056931	30. 6
		0. 053603	32. 5
		0. 054783	31. 8
		0. 051848	33. 6
	H06	0. 088431	19. 7
		0. 086243	20. 2
		0. 081789	21. 3
		0. 105582	16. 5
		0. 078473	22. 2
		0. 084980	20. 5

从上表可看出 QFe5、QFe10 和 QFe20 铜合金在不同状态下导电率均在 50%以上,最高达到 75. 2%,

其导电率也是非常优异的。根据上述数据的分析，本文本产品性能如表 15 规定。

表 15 电性能

牌号	状态	体积电阻率 ($\rho_{V(20)}$) $\Omega \cdot \text{mm}/\text{m}^2$ 不大于	导电率 (C_{20}) %IACS, 不小于
QFe5	060	0.026802	65
	H02	0.029035	60
	H04	0.031675	55
	H06	0.034842	50
QFe10	060	0.029035	60
	H02	0.031675	55
	H04	0.033502	52
	H06	0.036294	48
QFe20	060	0.033502	52
	H06	0.043553	40
QFe40	060	0.062218	28
	H06	0.087105	20

3.3.8 电磁性能

棒线材的电磁性能按 GB/T 30142 测量方法进行。首先是将铜棒线材制成织物网状，然后进行磁场屏蔽效能的测试。根据数据情况分析饱和磁强度随铁含量增加而增加。根据检测方法以及实际情况，采用法兰同轴装置法和屏蔽室法是针对不同频率条件下的，因此，对于屏蔽效能也是按三段法（低、中、高）分别进行明确，同时明确了在低频条件下是利用电场强度进行的。见表 16。

表 16 电磁屏蔽性

牌号	f (频率)	屏蔽效能 dB
		不小于
QFe5	14KHz~30MHz	45 ^b
	>30MHz~3GHz	105
	>3GHz~18GHz	105
QFe10	14KHz~30MHz	40 ^b
	>30MHz~3GHz	100
	>3GHz~18GHz	100
QFe20	14KHz~30MHz	35 ^b
	>30MHz~3GHz	95
	>3GHz~18GHz	95

^b表示为电场强度之比。

3.3.9 内部质量

产品应用过程中，客户对产品内部质量提出了更高要求，同时，也是保证产品质量重要内容之一，

因此，对内部质量指标进行规范。型材断口应致密、无缩尾，不应有超出 YS/T 336 中规定的气孔、夹杂及分层等缺陷。

3.3.10 表面质量

棒线材表面应光亮、清洁，不允许有影响使用的缺陷。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益等情况

（一）项目的必要性阐述

铜铁合金是一种以铜、铁为主要成分元素（铁含量为 5-50%）的铜合金材料，既有铜的高导电、高导热和抗菌性，又有铁的高强度、高硬度、耐磨性和磁性能，以及较好的延展性、弹性、热导率和电磁屏蔽性能。以 QFe10(H)线材为例，导电率超过 60%IACS；抗拉强度在 530~590MPa，硬度为 150~170HV，分别高于 C19400 抗拉强度 410~490MPa 和硬度 125~145HV；热导率达到 350W/m·k，可作为 C19400 的升级版，也可替代部分锡磷青铜、黄铜和铍铜，比现有材料节约资源、减轻重量，降低成本，回收利用不存在有害物质，被视为新一代新型铜合金，不受 ROHS 规定的限制，属于绿色环保的合金。

铜铁合金作为一种性能优越的新型基础合金材料，可以加工成棒状、线状等，应用于半导体制造、电子产品制造、通信设备制造、医疗器械制造，家电制造等产业领域。比如 5G 通信用 RF 射频线、继电器和耐高温电机线圈等；同时因具有较好热传导率和硬度，可作为焊料（焊接丝料）和制作各种电线电缆的外套（编织网）。近几年，基于电子通讯、半导体、智能终端、互联网等产业的高速发展，需要研发新一代用于智能互联高传输高强高导系列合金新材料，然而需求的关键材料中，约三分之一国内完全空白，约一半性能稳定性较差，部分产品受到国外严密控制，国内又迫切需要突破受制于人的关键战略材料。所以说，高端铜合金材料被放在了史无前例的重要地位。

（二）项目的可行性阐述

高铁含量铜合金的研究与应用在国外少数机构已取得突破，其具有高抗磁屏蔽、高导热、高强度、高焊接性等优异性能，可以满足电子、航空等高端需求，具有广泛的应用领域和替代传统产品的潜力。美国奥林公司 1964 年推出了铜铁合金专利 C194，由于其有较高强度、导电性等特性，很快得到了大量商业化应用。目前已占据了引线框架用材料量的 60%左右。近些年来，在铜铁合金应用领域研究方面，日本和韩国已走在了世界的前列。日本开发的 Cu90% + Fe10% 的镀金线已应用于智能手机里，使用 WiGi 通讯线所开发的 Cu95% + Fe5% 镀金线也在测试中。日本、韩国下一步将推广应用更多领域。国内以宁波金田、西安斯瑞、中南大学为代表的企业和科研院所已开展了 Cu-Fe 系列材料的基础研究和生产，并已向日韩批量出口，国内的应用推动工作在国家工信部材料司和有色铜加工协会的指导下正在蓬勃发展。

（三）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

本标准产品是以 Fe 为主要合金元素的一类 Cu 合金材料，由于 Fe 质量分数超过 5%以后，Fe 会发生偏析行为，一般需要进行特殊工艺控制手段，因此属于新开发的铁青铜系列合金材料（目前还未在铜及铜合金标准体系中体现）。本标准产品具有优良的导电性、导热性、延展性、耐蚀性以及磁性，结合了铜和铁的优点，被广泛应用于汽车电子控制、通讯设备外壳、大型医疗设备屏蔽罩等电磁屏蔽领

域，填补了国内空白，具有较高的社会效益。本标准最大的技术先进性和创新性主要体现在电磁屏蔽性。现行铜合金棒线材的国家/行业标准中都没有规定电磁屏蔽性要求，属于首创技术指标要求。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

通过国内外资料收集、文献查阅发现，国内外尚未出台关于 Fe 含量 5%以上高铁铜合金的相关标准。目前生产销售与铜铁合金相近的 C192、C194 主要执行日本标准 JISH3100，该标准只规定了化学成分、力学性能（抗拉强度、伸长率、硬度等），无电磁屏蔽性要求；QFe2.5、TFe0.15 目前执行的是企业标准为主。可以说，本标准的制定填补国内外空白，具有国外先进水平。

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性情况

本标准的制定过程、技术指标的选定、检验项目的设置符合现行法律、法规和强制性国家标准的规定，与其他同类国家标准、行业标准无冲突、重叠和不协调之处。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、作为强制性或推荐性国家标准的建议

本标准建议不作为强制性标准，建议作为推荐性标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准是以高强高导铜铁合金棒线材实际生产现状为基础，结合国内、外订货合同要求，标准覆盖了高强高导铜铁合金棒线材的技术要求，建议相关单位组织专项标准宣贯会进行系统学习。本标准发布后，各相关企业应及时进行宣贯，并采用新标准进行生产和销售，以保证产品质量，满足国内外市场及用户的需求。

鉴于该标准为新制定的标准，建议标准实施过渡期为 6 个月，以便于各相关单位进行宣贯和解读，保证产品质量，满足国内外市场及用户的需求。

十一、废止现行有关标准的建议

无。

十二、其他主要内容的解释和其他需要说明的事项

无。

高强高导铜铁合金棒线材编制组

二〇二三年八月