

行业标准《钢丝》征求意见稿编制说明

一、工作简况

1.1 任务来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发 2024 年第四批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科函〔2024〕352 号），有色金属行业标准《钢丝》项目计划编号为：2024-1056T-YS，列入 2024 年第四批有色金属协会行业标准计划项目，由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口，由株洲科能新材料股份有限公司牵头起草，该标准计划完成年限 2025 年。

1.2 产品概况

钢丝凭借高延展性、低熔点（156.6℃）、耐腐蚀性及高导电性成为一种新型材料，被广泛应用在半导体、电子、国防军事、航空航天等科技领域，在需求量逐年增加，资源优势和政策扶持下，高效率，高品质的钢丝市场前景极大。

不导电真空镀膜（NCVM）技术通过物理气相沉积（PVD）在真空环境下实现镀层，成为钢丝的核心应用方向，其优势包括：从环保替代性上，取代传统电镀工艺，消除六价铬、镍、镉等有害物质对环境和人体的危害；从功能与装饰价值上，为 3C 电子（手机镜片、外壳、内部结构件）及汽车塑料件实现金属质感外观与电磁屏蔽、耐磨耐候等功能。据行业数据，2023 年全球 NCVM 技术市场规模超 50 亿美元，手机零部件应用占比超 40%，且呈持续上升趋势。全球半导体、消费电子及新能源汽车产业扩张推动钢丝年需求增速达 8%-10%。欧盟 RoHS 指令及中国“双碳”目标加速传统电镀工艺淘汰，NCVM 技术获政策补贴支持。

钢丝的纯度对其应用具有重要的影响。在真空镀膜工艺中，纯度 $\geq 4N5$ 的钢丝可减少杂质散射，提升膜层光泽度与透光均匀性；高纯度的钢丝有助于降低镀膜过程中的晶格缺陷，增强膜层与基材结合强度，提升附着力与致密性，降低镀膜不良率。在低温密封与电子焊接中，高纯度钢丝在低温密封中可耐受-50℃环境，避免杂质引发的微裂纹和密封失效；用于电子焊料时，纯度 $\geq 4N5$ 的钢丝可减少焊接界面杂质偏析，提升导电稳定性。

钢丝作为高性能材料，在 NCVM 技术驱动下已形成从资源开发到高端制造的全产业链优势。随着全球高端制造业升级及环保政策深化，高纯度钢丝市场将高速增长。

1.3 承担单位情况

株洲科能新材料股份有限公司成立于 2001 年，位于湖南省株洲市，是一家国家级高新技术企业和国家级重点专精特新“小巨人”企业。公司致力于铟、镓、碲、锌、镉、砷、铋等稀散金属的纯化及其材料的研发、生产、销售及回收，凭借卓越的自主研发能力，成功开发了整套生产工艺和先进装备，实现 MBE 级高纯铟、镓的量产，逐步替代进口，是国内化合物半导体、ITO 靶材和电子元件关键核心材料供应企业，产品广泛应用于化合物半导体、显示靶材、光伏新能源等三大领域。公司参与了《镓基液态金属》、《液态金属物理性能测定方法 第一部分：密度的测定》等国家标准的编制，参与了十四五”国家重点研发计划“战略性矿产资源开发利用”专项“6N 级以上超高纯稀有稀散金属制备技术”项目，累计获得各类专利 45 项，其中发明专利 19 项，多项技术填补国内空白。公司拥有湖南省企业技术中心、湖南省稀散金属先进材料工程技术研究中心等先进材料研发基地，先后承担了多个国家和省市级重点科技及产业化项目。

单位拥有有 ICP、ICP-MS、GD-MS、XRD、SEM、粒度仪、比表面积分析仪、色度仪、密度仪、碳硫元素分析仪、氧氮氢元素分析仪、拉曼光谱仪等众多检测设备，旗下通用检测技术有限公司具备 CMA 检测资质，确保从产品研发、原料验收、过程控制、产成品有完整的检测设备。

1.4 参编单位及主要起草人工作情况(排名不分先后)

表 1 参编单位及分工

参编单位	起草人	分工
株洲科能新材料股份有限公司	陈胜福、赵科峰、赵科湘、文劼、罗林中	负责标准编制的组织协调，标准关键指标的把控，标准的调研，主导标准文本、标准编制说明的撰写，意见汇总处理
北京有色金属与稀土应用研究所有限公司	薛露露、张京叶、李彬、祁宇	参与标准的调研、负责产品指标及试验方法的把控，参与标准文本及编制说明的撰写
湖南鑫万特金属材料有限公司	谢洪波	参与标准的调研、负责产品指标及试验方法的把控，参与标准文本及编制说明的撰写
株洲市君贤金属制品有限公司	林圣	负责段丝产品指标及试验方法的把控，参与标准文本及编制说明的撰写
东莞市兆广电子材料有限公司	曾祥敏	参与标准文本内容的修订讨论，提出意见

1.5 主要工作过程

1.5.1 起草阶段

2024 年 11 月，株洲科能新材料股份有限公司接到行业标准《钢丝》的制订任务后，立即组织相关参编单位技术人员成立标准编制工作组，明确了成员任务，制定了工作计划和进度安排。标准编制工作组成员查阅了国内外相关文献资料，收集、整理、对比分析了相关企业的技术资料或企业标准，结合目前国内外钢丝的生产和用户需求情况，于 2024 年 12 月形成了标准的讨论稿和编制说明。

1.5.2 征求意见阶段

本标准以发送标准征求意见邮件、标委会网站上公开挂网等多种形式进行了广泛的征求意见。

2025 年 3 月 6 日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在合肥市召开了有色金属标准工作会议，对行业标准《钢丝》进行讨论。

1.3.4 审查阶段

2025 年 6 月 18 日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在石河子市召开了有色金属标准工作会议，对行业标准《钢丝》进行审查。

1.3.5 报批阶段

.....

二、 编制原则、主要内容及其确定依据

2.1 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》的要求编写。

2、始终遵循满足用户需求、技术内容合理、检验方法可行的原则，充分考虑各生产企业、使用单位及相关各方面的意见和建议，提高标准的可操作性和适用性。

3、对产品的定义、分类、化学成分、外观、直径、重量等指标进行了规定，保证了产品的质量。对产品的试验方法、检验规则进行了规定，有利于供需双方解决交易分歧，促进行业健康发展。

2.2 主要内容及其确定依据

2.2.1 确定标准主要内容的论据

本文件是新制定的行业标准，在对市场需求和国内钢丝实际生产与贸易企业进行充分调研的基础上，对产品的定义、分类和技术要求等内容进行了规定。

2.2.2 术语与定义



图 1 卷丝



图 2 段丝



图 3 段丝用凹槽

钢丝为该产品的实际流通名称，在产品形态上分为卷丝(图 1)和段丝(图 2)，段丝为卷丝加工后的产品。在钢丝的实际使用过程中，以真空镀膜为例，其需要放置在一个凹槽中使用，购买企业或者自己切段，或者购买成品段丝，卷丝和段丝为实际存在的两种产品形状。根据加工原料钢锭的纯度不同而生产出不同纯度的钢丝，加工工艺为经熔化、铸锭后挤压成一定直径的钢金属丝材。根据以上内容，形成钢丝的术语和定义，以一定纯度的钢为材料，经熔化、铸锭后挤压成一定直径的钢金属丝材，分卷丝和段丝，段丝为卷丝切割后的产品。

2.2.3 产品分类

根据调研数据，当前钢丝主要纯度有 4N、4N5、5N、6N，直径范围在 0.3mm~6mm 之间，产品最小重量上，卷丝在 100g~500g 之间，段丝在 0.1 g~10 g 之间。钢丝的产品分类见表 2。

表2 牌号和规格

牌号	规格		
	直径/mm	重量/g	形状
4N、4N5、5N、6N	0.3~6	100~500	卷丝
		0.1~10	段丝

2.2.4 化学成分

钢丝加工的原料为一定纯度的钢锭，钢丝的纯度对钢丝的使用具有重要的影响，在真空镀膜工艺中，低杂质含量可减少杂质散射，提升膜层光泽度与透光均匀性，降低镀膜过程中的晶格缺陷，提升附着力与致密性，降低镀膜不良率，在低温密封与电子焊接中，可避免杂质引发的微裂纹和密封失效；用于电子焊料时，低杂质含量可减少焊接界面杂质偏析。参编单位对自己生产的相关产品进行了杂质元素和主含量的检测，数据见表 3 至表 6：

表 3 4N 钢丝化学成分检测统计值（北京有色所，样品 10 个）

数据形式	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Tl	Sn	As	Al	In
	ppm									%
区间值	3~4.5	3~5	2~3.8	3~5.5	3~5	2.3~5	3~5	3~3	2.7~3	99.9966~99.9970
平均值	3.15	3.75	2.88	4.19	3.2	4.06	4.61	3	3	99.9968

表 4 4N5 钢丝化学成分检测统计值（北京有色所、科能、鑫万特，样品 21 个）

数据形式	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Tl	Sn	As	Al	Ti	In
	ppm										%
区间值	0.1~3	0.31~5	0.1~3	0.5~5	0.1~3	0.5~5	0.59~5.5	0.1~3	0.1~3	0.1~0.1	99.9965~99.9993
平均值	0.81	1.69	0.59	1.97	0.59	2.61	3.45	0.68	0.63	0.1	99.9987

表 5 5N 钢丝化学成分检测统计值（北京有色所，样品 4 个）

数据形式	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Tl	Sn	As	Al	Mg	Si	S	Ag	Ni	In
	ppm														%
区间值	0.005~	0.013~	0.005~	0.05~	0.01~	0.06~	0.08~	0.01~	0.1~	0.1~	0.1~	0.1~	0.19~	0.1~	99.99984~
	0.1	0.1	0.18	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.12	0.1	0.1	0.23	0.1	99.99985
平均值	0.076	0.078	0.116	0.088	0.1	0.09	0.095	0.078	0.1	0.11	0.1	0.1	0.21	0.1	99.99985

表 6 6N 钢丝化学成分检测值(鑫万特，样品 4 个)

数据形式	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Tl	Sn	As	Al	Si	S	In
	ppm											%
/	0.1	0.1	0.02	0.02	0.1	0.1	0.1	0.01	0.01	0.1	0.1	99.99992

针对不同纯度的钢丝，结合需求方、贸易商、生产商等相关方的需求以及生产商产品实测统计数据，钢丝化学成分应符合表 7 规定。对于表中未规定的其他杂质元素，相关方均未明确的限制需求，为避免本文件在使用过程中存在其他杂质含量过度超标引起质量风险，规定表中未规定的其他杂质元素的含量由供需双方协商确定，钢含量为 100%减去杂质(含表中规定的杂质以及供需双方协商确定的其他杂质)含量实测总和的余量。

表 7 钢丝的化学成分

牌号	化学成分(质量分数)/%														
	In, 不小于	杂质含量/($\times 10^{-4}$), 不大于													
		Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Tl	Sn	As	Al	Mg	Si	S	Ag	Ni
4N	99.99	5	10	15	15	8	10	15	5	7	-	-	-	-	-
4N5	99.995	5	5	5	5	5	5	10	5	5	-	-	-	-	-
5N	99.999	0.4	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5
6N	99.9999	0.1	0.1	-	0.05	0.1	-	0.3	-	-	0.1	0.1	0.1	-	-
注：表中未规定的其他杂质元素的含量由供需双方协商确定，钢含量为 100%减去杂质(含表中规定的杂质以及供需双方协商确定的其他杂质)含量实测总和的余量															

2.2.5 外观质量

段丝较卷丝扁平，主要是切段过程中固定钢丝有压力所致，压折和气泡颗粒外观不良示意图见图 4 和图 5。



图 4 压折

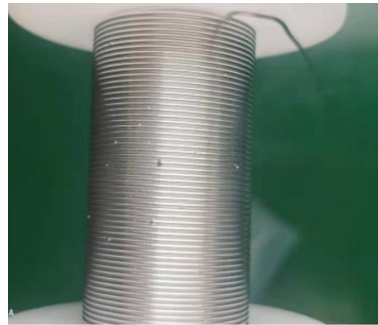


图 5 气泡颗粒

钢丝具有高延展性的特点，所以质地柔软，容易在生产、搬运、运输中压折、擦伤；在加工过程中，具有一定的温度，需要使用特定的防护避免钢丝粘连。根据钢丝的质量特性与加工特性，对外观质量进行规定。卷丝应光滑、平整，表面均匀有银色光泽，不允许有变色、刻痕、擦伤、粘连、和压折，表面不允许有玷污和气泡颗粒；段丝两侧有正常切痕，形状较卷丝扁平，其他要求同卷丝。

2.2.6 直径允许偏差

各生产企业直径允许偏差见表 8。从表中可见，其允许偏差与直径大小有一定关系，但同时存在同一直径范围内，不同企业允许不同偏差的情况，电子焊料用钢丝生产企业 B，允许偏差会偏大些。

表 8 直径及允许偏差

单位	直径	允许偏差
A	0.8mm, 1mm, 1.5mm, 2mm, 3mm	$\pm 0.03\text{mm}$
B	$0.3\text{ mm} \leq R \leq 0.5\text{ mm}$	$\pm 0.03\text{mm}$
	$0.5\text{ mm} < R \leq 3.0\text{ mm}$	$\pm 0.05\text{mm}$
	$3.0\text{ mm} < R \leq 6.0\text{ mm}$	$\pm 0.10\text{mm}$
C	1.5mm	$\pm 0.03\text{mm}$
D	$0.3\text{ mm} < R \leq 6.0\text{ mm}$	$\pm 0.03\text{mm}$

在真空镀膜工艺中，段丝重量的一致性影响了产品外观的一致性，决定了产品良率的好坏。直径的偏差对于段丝的生产影响较大，段丝重量的均匀一致性依赖于直径偏差的控制，结合生产企业实际控制情况，规定直径允许偏差见表 9。

表 9 直径允许偏差表

直径(d) / mm	允许偏差/mm		
	卷丝		段丝
	I级	II级	
0.3~0.5	± 0.03	—	± 0.03
>0.5~3.0	± 0.03	± 0.05	
>3.0~6.0	± 0.1	—	—
注：具体直径规格由供需双方协商确定。			

2.2.7 重量允许偏差

产品各生产企业重量允许偏差见表 10。

表 10 重量允许偏差

单位	产品形状	重量规格	允许偏差	包装方式
A	卷丝	250g	±3g	瓶装(真空包装)
B	段丝	2.58g	±0.1g	/
		0.225g	±0.025g	/
C	卷丝	300g	±10g	瓶装(甘油浸泡)

钢丝为高价值的产品，以 250g/卷的产品为例，其价格最高可至 6000 元，每克产品 24 元，重量的偏差涉及供需双方的切身利益。结合生产企业实际控制情况，规定重量允许偏差见表 11。

表 11 重量允许偏差

重量 g	允许偏差 g	
	卷丝	段丝
0.1~1	-	±0.025
≥1~10	-	±0.1
100~300	±3	-
≥300~500	±10	-
注：具体重量规格由供需双方协商确定。		

2.2.8 化学成分试验方法

当前钢杂质化学成分测定方法有 YS / T 981 和 YS / T 276, 不同试验方法标准测定范围与标准要求对照见表 12 和表 13。根据比较，4N 钢丝中 Zn、Cd、Sn 杂质元素测定宜采用 YS / T 276.11。

表 12 标准要求与方法测定范围对照表

范围	杂质元，ppm					
	Cu	Pb	Zn	Cd	Fe	Tl
标准要求	0.1~5	0.1~10	0.5~15	0.05~15	0.1~8	1~10
YS / T 981.1 测定	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10
YS / T 981.2 测定	0.05~2	0.05~2	0.1~2	0.05~2	0.05~2	
YS / T 981.5 测定						0.5~3
YS / T 276.3 测定						3~1000
YS / T 276.5 测定					3~30	
YS / T 276.6 测定	3~2000		3~1000	3~2000		
YS / T 276.7 测定		3~2000				
YS / T 276.10 测定	3~2000	3~2000		3~2000	3~2000	3~1000
YS / T 276.11 测定	1~50	1~50	1~50	1~50	1~50	1~50

表 13 标准要求与方法测定范围对照表

范围	杂质元素，ppm							
	Sn	As	Al	Mg	Si	S	Ag	Ni
标准要求	0.3~15	0.5~5	0.5~7	0.1~0.5	0.1~1	0.1~1	0.5	0.5
YS / T 981.1 测定	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10	0.005~10
YS / T 981.2 测定	0.1~2		0.1~2	0.05~2			0.05~2	0.05~2
YS / T 981.3 测定					0.5~2			
YS / T 981.4 测定	0.5~2							
YS / T 276.1 测定		2~20						
YS / T 276.2 测定	5~5000							
YS / T 276.4 测定			3~15					
YS / T 276.10 测定	5~2000		3~20					
YS / T 276.11 测定	1~50	1~50	1~50					

三、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及相关专利。

四、预期达到的社会效益等情况

本标准规定的钢丝属于新型材料，具有普遍性、广泛性和适用性，助力我国《新材料产业“十四五”发展规划》的发展战略。标准的制定更加有助于钢丝的广泛使用和快速发展，能有效提升钢丝产品供给质量水平，助力各应用领域提质、降本、增效，同时降低传统镀膜、电焊带来的材料浪费和环境污染。

五、标准水平分析

经查，国内外无相同类型的标准，本标准达到了国内先进水平。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

与有关法律、行政法规及相关标准没有冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，无重大分歧意见。

八、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

本标准建议发布后 6 个月实施。

九、其他应当说明的事项

无。

《钢丝》行业标准编制工作组

2025 年 6 月