



团 体 标 准

T/CWAN 0145—2025

增材制造用不锈钢药芯丝材质量评价规范

Recommended procedure for quality evaluation of stainless steel flux-cored wire for additive
manufacturing

2025-05-06 发布

2025-06-01 实施

中国焊接协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 型号 1

5 技术要求 2

6 检验方法 7

7 检验规则 9

8 包装、储存、标志和品质证明书、随行文件 9

9 可追溯信息化标识 10

10 附录 A（资料性）送丝稳定性试验方法..... 11

前 言

本文件按照 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》的规定起草。

本文件由中国焊接协会提出并归口。

本文件起草单位：哈尔滨工程大学、北京金威焊材有限公司、山东省增材制造技术与装备重点实验室、烟台哈尔滨工程大学研究院、天津市特种设备监督检验技术研究院、福建省特种设备检验研究院、合肥工业大学、中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司、北部湾大学、哈焊所华通（常州）焊业股份有限公司、福建青拓特钢技术研究有限公司、中国机械总院集团郑州机械研究所有限公司、华北水利水电大学、南京埃斯顿电气有限公司、聚力新材料科技（日照）有限公司、哈工大苏州研究院。

本文件主要起草人：果春焕、王俊峰、李伟、黄瑞生、姜凤春、武鹏博、马青军、孙明辉、刘大双、王文苑、张贺新、黄耀波、邓军林、江来珠、董涛、陈博文、喻朝飞、秦建、黎欣、王星星、何志军、信国松、孙徕博、方乃文。

增材制造用不锈钢药芯丝材质量评价规范

1 范围

本文件规定了增材制造用不锈钢药芯丝材的型号、技术要求、试验方法、检验方法、检验规则，包装、储存、标志和品质证明书，随行文件及可追溯信息化标识。

本文件适用于增材制造用不锈钢药芯丝材。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1482 金属粉末 流动性的测定 标准漏斗法（霍尔流速计）

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝金属铁素体含量测试方法

GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法

GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝

GB/T 25775 焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志

GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法

GB/T 25778 焊接材料采购指南

GB/T 35351 增材制造 术语

GB/T 39254 增材制造 金属制件机械性能评价通则

GB/T 39255 焊接与切割用保护气体

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

T/CWAN 0006 焊接材料可追溯信息化标识

T/CWAN 0042 药芯焊丝制备工艺及质量评价规范

3 术语和定义

GB/T 35351界定的术语和定义适用于本文件。

4 型号

4.1 型号划分

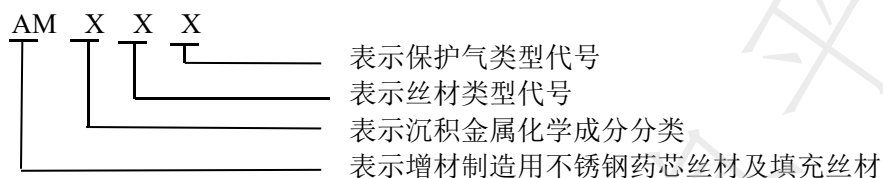
增材制造用不锈钢药芯丝材型号按沉积金属化学成分、丝材类型和保护气类型等进行划分。

4.2 型号编制方法

丝材型号由四部分组成：

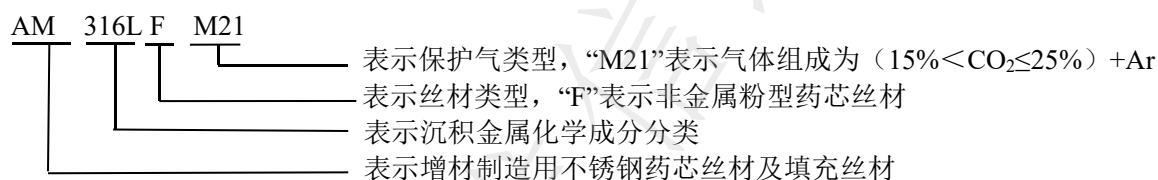
- 1) 第一部分：用字母“AM”表示增材制造用不锈钢药芯丝材及填充丝材；
- 2) 第二部分：表示沉积金属化学成分分类，沉积金属化学成分分类按GB/T 17853规定；
- 3) 第三部分：表示丝材类型代号，见表1；
- 4) 第四部分：表示保护气类型代号，自保护的代号为“N”，保护气的代号按GB/T 39255规定。

本文件中完整的增材制造用不锈钢药芯丝材型号示例如下：



本标准中增材制造用不锈钢药芯丝材型号示例如下：

示例1：



示例2：

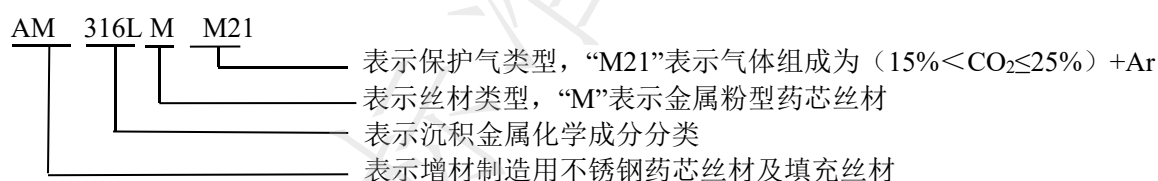


表1 丝材类型代号

丝材类型代号	特性	保护气类型
F	非金属粉型药芯丝材	C1、M12、M21和Z
M	金属粉型药芯丝材	M12、M13、M21、I1和Z

注：非金属粉型药芯丝材（F）：此类药芯丝材的熔渣可以完全或者基本覆盖成形面，药芯包括金属合金和非金属组分。金属粉型药芯丝材（M）：此类药芯丝材的熔渣量少不能覆盖成形面，药芯包括金属合金和最低量的非金属组分。需要注意应将覆盖成形面的熔渣清除干净再进行下一层的增材制造。

5 技术要求

5.1 不锈钢带供货态要求

5.1.1 尺寸及允许偏差

5.1.1.1 厚度要求

不同的制造厂因设备、工艺不同采用的不锈钢带厚度不一，常见不锈钢带厚度为0.3 mm~1.5 mm。不锈钢带厚度应均匀，且偏差适宜，保证填充率的稳定性。不锈钢带厚度偏差宜控制在 ± 0.01 mm，见图1。

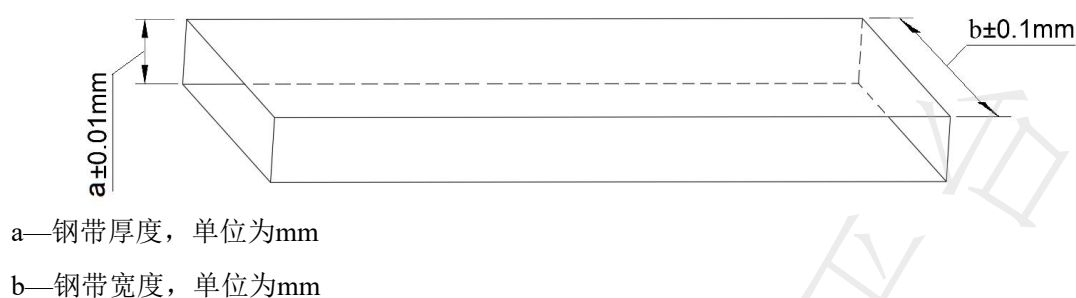


图1 不锈钢带尺寸偏差示意图

5.1.1.2 宽度要求

不同的制造厂因设备、工艺不同采用的不锈钢带宽度不一，常见不锈钢带宽度8.0 mm~20.0 mm。钢带宽度应均匀，且偏差适宜，保证不锈钢带轧制和填充率的稳定性。不锈钢带宽度偏差宜控制在 ± 0.1 mm，如图1所示。

5.1.1.3 镰刀弯要求

镰刀弯应控制在较小的范围内，保证钢带轧制和拉拔的稳定性。1000 mm长度钢带上的镰刀弯 $a \leq 1$ mm，见图2。

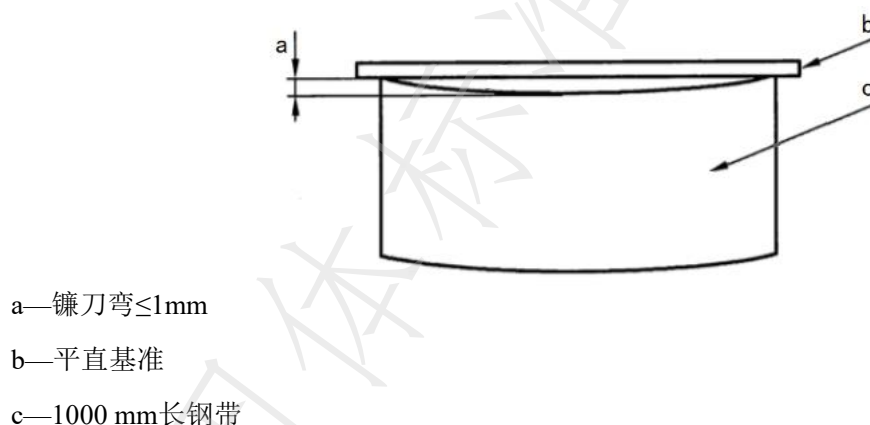


图2 镰刀弯偏差示意图

5.1.2 表面质量要求

5.1.2.1 不锈钢带应无明显划伤，无锈迹，无严重折弯、扭曲，无退火不均。不锈钢带边缘应无裂痕、毛刺等影响拉拔性能的缺陷，不锈钢带表面也不应有油脂和灰尘等对沉积层金属有不良影响的杂质。

5.1.2.2 对油脂和灰尘不敏感的丝材，宜用毡垫等干式方法擦除钢带表面的油脂和灰尘；对油脂和灰尘敏感的丝材，宜对不锈钢带表面进行清洗。

5.2 不锈钢药芯丝材

5.2.1 尺寸及允许偏差

丝材尺寸及允许偏差应符合表2给出的特征值。填充丝长度为500 mm~1500 mm，长度允许偏差为 ± 4 mm。

表2 丝材尺寸及允许偏差

单位为mm

供货形式	丝材直径	允许偏差
填充丝	0.6、0.8、0.9、1.0、1.2、1.4、1.6	±0.04
	1.8、2.0、2.4、2.5、2.8、3.0	±0.06
	3.2、4.0、5.0、6.0、8.0	±0.08
丝材盘	0.6、0.8、0.9、1.0、1.2、1.4、1.6	+0.00 -0.04
丝材桶/卷	1.8、2.0、2.4、2.5、2.8、3.0	+0.00 -0.05
丝材桶/卷	3.2、4.0、5.0、6.0、8.0	+0.00 -0.06
注：其他尺寸、偏差的丝材按供需双方协商确定		

5.2.2 表面质量要求

丝材表面应光洁，无毛刺、裂纹、锈蚀、竹节等缺陷，包裹的药粉不应外漏，也不应有其他不利于增材制造操作或对沉积层金属有不良影响的杂质。

5.3 制备技术

5.3.1 不锈钢带层绕

5.3.1.1 不锈钢带层绕时同层钢带之间宜留有适当间隙，间隙在后续层绕时应被下一层钢带覆盖，从而保证轧制时不锈钢带的连续送带。

5.3.1.2 常用工字轮直径尺寸有600 mm、800 mm和1000 mm，层绕方式包括立式和卧式。

5.3.2 药粉

5.3.2.1 粒度

应根据丝材直径筛分选取药粉的粒度，严格控制不同目数药粉的比例，避免后续拉拔过程出现断丝，拉拔过模率低，增材制造过程中出现飞溅和烟雾。

5.3.2.2 烘干

应根据药粉中各物质的物理化学性质选取烘干温度和烘干时间，去除吸附水、结晶水等，避免沉积层出现气孔和表面压痕等。烘干后的药粉及未用完的药粉宜放在保温炉内，防止药粉吸潮。

5.3.2.3 配粉

配置药粉应按照生产配方，采取人工或自动/半自动配粉装置对各种物质分别进行称量。人工配粉适用于中小批量生产；大批量生产时宜采用自动/半自动配粉装置。

5.3.2.4 均混

应把配置好的药粉装入混粉装置进行均匀化处理。

5.3.2.5 运输及放置时间

均混、烘干后的药粉，在炉中保温时间、在避免振动的倒运方式以及在送粉斗中放置时间等，应进行均匀度检测合格后，再确定相关参数及方式，防止引起药粉的成分不均。

5.3.3 成形

5.3.3.1 填充率

填充率与成品直径、不锈钢带厚度、不锈钢带宽度、药粉的松装密度有关，填充率应大小适宜。

5.3.3.2 填充率偏差

丝材内药粉应沿长度方向均匀分布，以保证沉积金属化学成分和力学性能不受影响。用填充率的偏差来表示药粉填充的均匀性，填充率偏差宜控制在 $\pm 0.5\%$ 。

5.3.3.3 药粉流动性

药粉在送粉带上传送时应均布且不应出现成分的分层，填入钢带的U型槽时，不应出现分段和边缘锯齿现象。

5.3.3.4 合口位置

丝材轧制合口及轧制减径时，应控制丝材合口呈直线，不应产生偏转，合口位置一直处于丝材的正上方。

5.3.3.5 丝材轧实

丝材轧制成形下线前应保证丝材轧实。

5.3.3.6 工字轮直径

宜选用大直径工字轮，减少丝材缠绕的曲率半径。

5.3.4 减径

5.3.4.1 减径率

从半成品到成品丝材要经过多次拉拔减径过程，应把总的减径率合理地分配到每一次拉拔的拔丝模结构尺寸上去，其中第一道拔丝模的减径率宜相对小些。丝材直径大于1.6 mm，固定拉丝模的单道次减径率宜控制在10%~20%；丝材直径小于1.6 mm，固定拉丝模的单道次减径率宜控制在5%~10%。

5.3.4.2 润滑剂

应采用药芯丝材适宜的润滑剂。为了达到拉丝润滑效果和降低丝材表面清理难度，不同道次宜采用不同类型的润滑剂，同一道次宜采用多种类型混合的润滑剂。

5.3.5 表面处理

5.3.5.1 清洗

丝材经拉拔减径后，丝材表面残留的润滑剂需要经过表面抛光去除，对于有缝药芯丝材宜用毡垫、工业百洁布、棉质布线等干式方法去除。

5.3.5.2 涂敷

丝材表面残留的润滑剂经过处理以后，可在表面涂敷一些提高防锈性能和送丝性能的表面处理剂。

5.3.6 缠绕

5.3.6.1 卷装丝材

丝材卷可分为带内撑丝材卷和无内撑丝材卷，带内撑丝材卷内径范围和丝材净质量及偏差应符合表3中给出的特征值。

表3 带内撑丝材卷外径范围和丝材净质量及偏差

丝材卷内径/mm	丝材净质量/kg	丝材净质量偏差/kg
170	5、6、7	±0.2
300	10、12.5、15、20、25、30	-0.2 +0.5

注：其他尺寸、丝材净质量及偏差可由供需双方协商确定。

5.3.6.2 盘装丝材

丝材盘外径范围和丝材净质量及偏差应符合表4中给出的特征值。

表4 丝材盘外径范围和丝材净质量及偏差

丝材盘外径/mm	丝材净质量/kg	丝材净质量偏差/kg
100	0.5、1	±0.1
200	4、5、7	±0.2
270	10、12.5、15、20	-0.2 +0.5
300	10、15、20	-0.2 +0.5
350	20、25	-0.2 +0.5
560	100	-1.0 +2.0
610	150	-1.0 +2.0
760	250、350、450	-1.0 +2.0

注：其他尺寸、丝材净质量及偏差可由供需双方协商确定。

5.3.6.3 桶装丝材

丝材桶外径常见尺寸为400 mm、500 mm、600 mm，其他直径尺寸可由供需双方协商确定。

5.3.6.4 成盘、卷、桶质量

缠绕的丝材不应有锐弯、扭结、波浪、嵌入及其他影响连续送丝的缺陷，适于增材制造送丝装置上连续送丝。丝材的始端和末端的固定应牢固可靠。成盘丝材的最外层与丝材盘外缘的距离宜大于3 mm；成桶丝材的最上层与丝材桶内桶上边缘的距离宜大于5 mm。

5.3.7 不锈钢带接头

不锈钢带接头应采用专用不锈钢带对接机（如氩弧对接机），可实现0.3 mm~1.5 mm 厚钢带对接。对接氩弧焊不锈钢带时，钢带剪口应平整无毛刺，宽度对齐，单面焊接双面成型，不锈钢带接头应无错边、未熔合、起始端和结束端无缺口，焊后应对接头及周边进行退火处理，应保证在增材制造过程中能均匀连续送丝（检测方法见附录A）。

5.3.8 松弛直径及翘距

丝材的松弛直径和翘距应符合表5中给出的特征值。

表5 不锈钢药芯丝材松弛直径和翘距 单位为mm

丝 材 直 径 ^a	线盘直径	松弛直径	翘距
0.6、0.8、1.0、1.2、1.6	≤200	≥150	≤20
	>200	≥600	≤10
注：对于某些桶装丝材可能经特殊处理以提供直丝输送，其松弛直径和翘距由供需双方协商确定。			
^a 其他直径丝材根据供需双方协议。			

5.3.9 成分要求

丝材沉积金属化学成分应满足GB/T 17853规定，其他成分由供需双方协商确定。

5.3.10 铁素体含量要求

增材制造金属构件铁素体含量由供需双方协商确定。

5.3.11 机械性能要求

增材制造金属构件机械性能由供需双方协商确定。

5.3.12 耐腐蚀性能要求

增材制造金属构件耐腐蚀性能由供需双方协商确定。

5.3.13 丝材成品质量要求

丝材成品质量由供需双方协商确定。

6 检验方法

6.1 尺寸

6.1.1 药芯丝材直径检验宜用精度不低于0.01 mm的量具，在同一横截面互相垂直方向测量，测量部位不少于两处。

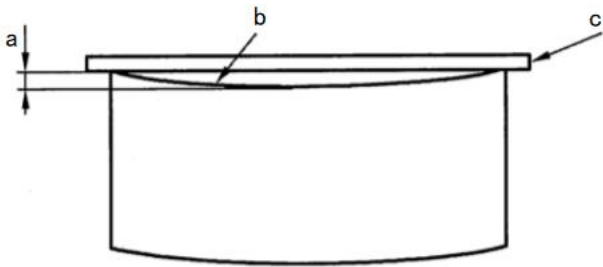
6.1.2 药芯丝材长度检验宜用精度不低于0.1 mm的量具，抽样测量不少于2次。

6.1.3 不锈钢带厚度检验宜用精度不低于0.01 mm的量具，沿宽度方向的中心部位，抽样测量不少于2次。

6.1.4 不锈钢带宽度检验宜用精度不低于0.1 mm的量具，沿垂直于不锈钢带中心线的方向测量，抽样测量不少于2次。

6.1.5 不锈钢带的镰刀弯检验宜用精度不低于0.1 mm的量具，将1000 mm长直尺靠紧钢带的凹边，测量不锈钢带边缘与直尺之间的最大距离，抽样测量不少于2次。镰刀弯检测方法见图3。

6.1.6 药芯丝材以盘状或散卷供货，散卷丝材不应有“∞”字形。



a—镰刀弯

b—钢带边沿（凹边）

c—平直基准

图3 镰刀弯检测方法

6.2 表面质量

不锈钢带表面油脂宜用20倍放大镜进行观察。

6.3 药粉

6.3.1 粒度

宜选取药粉100 g~200 g，采用不同目数的筛网进行筛分，计算不同目数区间的含量，抽样测量不少于2次。

6.3.2 均匀性

宜选取药粉100 g~200 g，宜分成5份~10份，利用磁铁分离每份药粉中的磁性物质，并计算磁性物质的质量波动，以此表征药粉的均匀性，抽样测量不少于3次。

6.3.3 流动性

按GB/T 1482相关规定进行测定。

6.3.4 质量

人工配粉单料计量设备精度误差宜小于10 g，配制完矿石粉和/或合金粉后宜进行总质量核实，总质量误差宜小于0.05 %；自动配粉单料计量设备精度误差宜小于20 g。

6.4 填充率

从轧制段截取长度大于200 mm的丝材3段，并分别测量每段丝材的总质量和与之对应的钢带质量。丝材的截取长度宜用精度不低于0.1 mm的量具进行测量，丝材的质量宜用精度不低于0.01 g的量具称量。填充率 ξ 计算公式（1）如下：

$$\xi = \frac{M - m}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中： ξ —装填系数；

M—丝材的总质量；

m—钢带的质量。

6.5 合口位置

采用目视进行观察。

6.6 松弛直径及翘距

松弛直径和翘距检验宜用精度不低于1 mm的量具进行测量，基准平面宜用精度不低于1 mm的检验平尺测量。

6.7 化学成分

沉积金属化学成分分析试样应按GB/T 20066规定或由供需双方认可的方式进行制备,也可在力学性能试件上或拉断后的拉棒上制取。化学成分分析可采取任何适宜的分析方法,仲裁试验时,按供需双方确认的分析方法进行。

6.8 增材制造金属构件机械性能测试

增材制造金属构件机械性能测试试样制备及试验应按GB/T 39254规定进行。

6.9 增材制造金属构件耐腐蚀性能测试

增材制造金属构件耐腐蚀性能测试试样制备及试验应按GB/T 4334规定进行。

6.10 增材制造金属构件铁素体含量测定

增材制造金属构件铁素体含量测试试样制备及试验应按GB/T 1954规定进行。

6.11 成品质量

成品质量按T/CWAN 0042规定进行测量。

7 检验规则

7.1 批量划分

每批丝材的批量划分按GB/T 25778进行。

7.2 取样方法

盘(卷、桶)丝材每批随机选一盘(卷、桶),进行丝材尺寸和表面质量等检验。

7.3 验收

7.3.1 每批丝材按GB/T 25778的相关规定进行验收。

7.3.2 产品应由供方或第三方进行检验,保证产品质量符合本文件及订货单的规定。

7.3.3 需方可对收到的产品按本文件的规定进行检验。如检验结果与本文件或订货单的规定不符时,应以书面形式向供方提出,由供需双方协商解决。属于外形尺寸及其允许偏差、外观质量的异议,应在收到产品之日起一个月内提出;属于化学成分的异议,应在收到产品之日起三个月内提出。如需仲裁,应由供需双方在需方共同取样或协商确定。

7.4 复验

任何一项检验不合格时,该项检验应加倍复验。加倍复验结果应均符合该项检验的规定。

8 包装、储存、标志和品质证明书、随行文件

8.1 包装

丝材的包装按GB/T 25775规定执行。

8.2 储存

丝材的储存按JB/T 3223规定执行。

8.3 标志和质量证明

丝材的标志和品质证明按GB/T 25775规定执行。

8.4 随行文件

每批产品应附有随行文件,其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号、出厂日期或包装日期外,还宜包括:

a) 质量证明书内容如下:

- 牌号、规格和状态
- 产品批号、重量和数量
- 产品的主要性能及技术参数
- 各项分析检验结果

b) 合格证内容如下:

- 批号
- 检验日期
- 检验员签名或签章

c) 其他。

9 可追溯信息化标识

丝材的可追溯信息化标识按T/CWAN 0006规定执行。

附录A
(资料性)
送丝稳定性试验方法

A.1 试验前准备

试验在增材制造送丝稳定性测试装置上进行,先将待测丝材盘安装到位,确保制动带压在丝材盘上,将丝材装进送丝轮,调整压臂螺母,保证送丝平稳,手动送丝直到穿过送丝机构并安装导电嘴和气罩。

A.2 试验方法

A.2.1 增材制造状态下送丝性能测试

用卡具将增材制造送丝装置安装在滚筒上方的可移动导轨上,调整送丝装置与滚筒距离以及成形角度。调整增材制造工艺参数,启动增材制造电源及送丝稳定性装置设备进行测试,待电弧稳定后2 s,启动增材制造状态下送丝阻力 F_n 记录程序,完成预设时间2 s的焊接任务后,保存试验数据。

A.2.2 非增材制造状态下送丝性能测试

将增材制造送丝装置无拘束放置地面,确保送丝管平直由增材制造装置过渡到地面,启动送丝稳定性装置设备进行测试,待送丝过程稳定后2 s,启动非增材制造状态下送丝阻力 F_n 记录程序,完成预设时间2 s的送丝任务后,保存试验数据。

A.3 数据处理

导出软件的实时记录数据折线图与测试数值结果,记录丝材在增材/非增材制造状态下的送丝最大阻力 $F_{\max}$ 、最小阻力 $F_{\min}$ 、平均阻力 F_{mean} ,从而对送丝性能进行量化评价。