

分布式光纤声振传感系统

性能参数与测试方法

第 1 部分：相敏光时域反射型 DAS

从受控激励、数据有效性到频谱、噪声、动态与空间响应的可复现测量程序。

文件编号

OS-MSP-DAS-01

状态

技术草案 v0.1.0

日期

2026 年 10 月 21 日

前言

OS-MSP 是源实智感制定的分布式光纤感知系统可复现性能测试方法系列。本部分针对采用瑞利背向散射与相位检测的相敏光时域反射型分布式声振传感系统。其方法结构覆盖受控激励、原始数据与配置锁定、有效性筛选、指标计算、不确定度及结果报告。

本草案区分测量方法与符合性判定。条文中的试验条件、算法和报告字段用于获得可比结果；产品等级、采购验收阈值以及应用场景判据由独立文件规定。技术讨论和方法学验证可以使用本草案，但引用时应标注草案版本。

本文件在制定时参考了 IEC 61757 系列、SEAFOM MSP-02、JCGM 100 与 ISO 5725 系列的公开资料。参考不构成对上述文件条文的复制或符合性声明。正式对标应基于有权使用的现行全文进行逐条审查。

目录

1. 范围	3
2. 参考文件及采用关系	3
3. 术语、符号和单位	3
4. 测试对象与配置声明	3
5. 试验设备与布置	4
6. 通用试验程序	4
7. 性能参数的测量方法	5
8. 统计、有效性与测量不确定度	7
9. 结果表达与试验报告	7
10. 方法符合性说明	8
附录 A：基础试验计划示例（资料性）	9
附录 B：记录结构与复算输入（规范性草案）	9
附录 C：空间一致性的两级统计示例（资料性）	9
附录 D：参考文献与方法学关系（资料性）	10
附录 E：向正式标准推进的验证工作（资料性）	10

1. 范围

本文件规定相敏光时域反射型分布式声振传感系统的测试对象分层、通用试验条件、数据有效性规则，以及频率响应、信号忠实度与总谐波失真、本底噪声、动态范围、空间响应、空间一致性、衰落和长距离性能的测量与报告方法。

本文件适用于实验室条件下的解调仪、含参考光纤和执行器的端到端链路，以及按本文件记录安装条件的现场系统。输出为相位、相位差、应变或应变率时，报告应分别说明被测量和标定链，不得仅以相同数字单位推定结果可互换。

低于常规声振带宽的准静态测量、外部环境事件识别准确率和光纤敷设结构诊断不纳入本部分的基本测量范围。需要这些项目时，应另列扩展测试规范并声明附加条件。

2. 参考文件及采用关系

本草案是独立编制的测试方法文件。IEC 61757:2026 提供光纤传感器通用框架；IEC 61757-3-2:2022 面向分布式声振传感解调仪；SEAFOM MSP-02 V2.0 提供 DAS 性能测量建议；JCGM 100:2008 提供测量不确定度通用框架；ISO 5725 系列提供测量方法精密度验证原则。完整书目信息列于附录 D。

凡试验报告使用“符合 IEC”或“符合 SEAFOM”表述，应另行完成适用标准全文的符合性评价。本文件的 OS-MSP 测量结果本身只表明按照本文件规定的方法取得的结果。

3. 术语、符号和单位

术语	定义
时间采样率 f_s	同一空间位置单位时间内形成的有效输出样本数，单位 Hz。应与光脉冲重复频率和输出抽取率分别记录。
空间采样间隔 Δx	相邻输出空间位置的标称距离，单位 m。该量不等同于空间分辨率。
标距 L_g	参与相位差、应变换算或其他空间算子的两个参考位置之间的物理距离，单位 m；应记录实际算法定义。
空间响应函数	局部受控扰动对应的输出幅值或能量随空间位置变化的函数。可用于估计主瓣宽度、旁瓣与串扰。
有效测量位置	同时满足数据完整性、有限值、信号质量和预声明空间边界规则的位置。
相位噪声 ASD	输出关闭状态下，相位时间序列的单边幅值谱密度，单位 $\text{rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。
输入等效噪声	以已标定的输入—输出传递函数将输出噪声折算到输入端的量。应保留对应频率、位置和标定条件。
检出下限	按预声明的信噪比判据可检出的最小物理输入。实测值与由噪声外推的估算值应分别标识。
可用上限	满足已声明线性误差、波形正确性和相位无歧义要求的最大连续输入幅值。
覆盖率	预声明目标空间区间中有效测量位置数与全部候选位置数之比。

除另有说明，幅值采用正弦峰值，执行器电压采用端口实测峰峰值 V_{pp} ，频率采用 Hz，距离采用 m，噪声 ASD 采用单位/ $\sqrt{\text{Hz}}$ 。dB 值应给出参照量及 10/20 倍对数的适用依据。

4. 测试对象与配置声明

4.1. 对象分层

层级	边界	报告用语
I: 解调仪	从光接口及采集/解调输出定义被测对象；参考光纤、执行器与环境属于试验装置。	“解调仪在所述参考装置下的测量结果”。

层级	边界	报告用语
II：端到端链路	包括解调仪、参考光纤、连接器、执行器及规定的机械耦合。	“所述端到端链路的测量结果”。
III：现场系统	包括实际敷设、安装、耦合、保护和现场干扰。	“所述安装条件下的现场系统结果”。

报告应指定唯一主层级。不同层级的结果不得合并为一个未限定的“设备性能”数值。层级 II 或 III 中由局部执行器得到的输入等效噪声，应保留耦合和空间传递函数的信息。

4.2. 必填配置

每次试验开始前应冻结并记录：设备与光路标识、光纤类型和长度、连接及反射结构、偏振通道数量、光脉冲宽度、脉冲重复频率、快时间采样率及采样点数、测量起止位置、输出时间采样率、空间采样间隔、标距、滤波器及解调算法版本、输出物理量与单位、记录格式、计算程序版本。

对多偏振或多通道系统，还应记录通道配准和融合方式。软件参数改变、光路改变、执行器重新安装或光纤重绕后形成新的配置，不得与旧配置作为一次独立重复试验处理。

5. 试验设备与布置

5.1. 受控激励链

激励链应包含波形发生器、必要的驱动/放大装置、光纤应变或振动执行器，以及用于端口电压、频率和波形核验的独立量测装置。应记录发生器标识、端口阻抗、实际负载、驱动链增益、额定范围、连接方式和不确定度。发生器设定值不应直接替代执行器端口实测值。

若结果以应变或应变率表达，应提供执行器输入到实际光纤应变的标定函数、有效频带、标定不确定度及机械耦合条件。只有电压—输出相位关系时，应报告 V_{pp} 输入等效结果，不得将其直接改写为应变结果。

5.2. 光纤与空间布置

参考光纤应具有可追溯的长度、衰减、连接器和反射结构。执行器位置宜覆盖近端、中段和声明最远距离附近；距离点应在测试计划中事先确定。每一测试位置应采集完整空间响应，区分执行器内部高响应平台、过渡边缘及无激励参考区域。

同一执行器移动到不同距离进行比较时，应验证安装方式和应变传递的一致性；若采用多个执行器，应分别标定其传递函数。光纤衰减、回波幅度和偏振状态应作为影响量记录。

5.3. 环境与安全

试验应记录温度、机械隔振状态、电源状态、风扇/泵等周期性机械干扰，以及相邻设备的运行情况。试验开始和结束时应核验执行器输出关闭。激励不得超过发生器、驱动器、执行器及光纤的最小允许极限；改变接线或负载后应重新核验安全边界。

6. 通用试验程序

6.1. 计划冻结

试验计划应在取得用于正式计算的数据之前确定：测试对象层级、配置、距离点、空间选点规则、频率序列、幅值序列、持续时间、重复次数、锚点和输出关闭段、数据质量门、计算代码版本与报告字段。正式测试数据不得用于临时选择有利参数、删除不利点位或修改判定门槛。

研发优化与正式验证应使用互不重叠的数据集。需重测的无效步骤应保留原记录、无效原因和重测标识。

6.2. 基线与顺序

每轮正式试验至少包含测试前、测试后的激励关闭数据段。频率块之间宜插入固定频率和幅值的响应锚点，用于识别漂移。幅值递增试验宜加入部分逆序或重复锚点，以识别历史依赖与执行器迟滞。重复采集应覆盖重新启动或重新连接后的独立工作状态，而非仅切分同一连续片段。

6.3. 数据完整性

每个输出轨应核验样本计数、事件时间单调性、预期时间步长、丢行/溢出计数、有限值比例、饱和与剪切情况。激励日志与数据轨应采用统一时基配对，并保留配对容差和未配对区间。正式分析仅使用完整配对的共同时间范围。

6.4. 质量分级

对每个时间片和空间位置给出 valid、inconclusive 或 invalid 标识及原因码。信号质量筛选应独立于最终性能值，例如基于预声明的基波 SNR、有限值比例及锚点漂移；不得以高结果值本身作为入选条件。无效位置和衰落区的数量及比例应报告，不得静默剔除。

本草案不设全系统统一的性能合格阈值。试验计划可声明应用或产品等级阈值，但阈值应在数据封存前确定，并与测量结果分开呈现。

7. 性能参数的测量方法

7.1. 坐标、有效距离与空间选点

输出空间位置应建立到原始采样点或光程采样点的可追溯映射。距离换算应列出采样时钟、群折射率或采用的标定距离、零点偏移及不确定度。应分别报告原始快轴采样间隔、输出空间采样间隔、标距和有效空间响应宽度。

在每个执行器距离处，应先以低幅、不会触及非线性上限的正弦激励测得空间响应曲线。局部性能点应按预声明规则从执行器内部高响应区选取；边缘位置用于空间响应和串扰研究。不得将空间响应函数的边缘小幅点当作内部“较差测点”计算本底噪声或动态范围。

7.2. 频率响应

7.2.1. 激励与采集

基础测试采用分段稳定正弦激励。基频宜覆盖 $0.02f_N$ 至 $0.8f_N$ ，其中 $f_N = \frac{f_s}{2}$ ；基础剖面取不少于 40 个按对数分布的频点，每个频点的稳态数据不少于 2.5 s。其他频率区间可附加测试，但应分开标识。激励输入幅值在每个频点保持已标定的同一被测量，且低于该频点已知线性上限。

在每个预声明距离点，记录执行器端实际输入和相同时间范围内的有效输出。可使用同相/正交最小二乘拟合或经幅值校正的 FFT 估计基频输出幅值；采用何种方法应在计划中锁定。对于缺失、低 SNR 或失锁频点，应报告状态而非以内插值替代原始结果。

7.2.2. 结果

频率响应定义为各频点输出基波幅值与输入基波幅值之比。应报告未归一化传递幅值、选定参考频率归一化后的 dB 曲线、通带峰谷差、有效频率范围及每点测量不确定度。若测量相位响应和群时延，应说明两端时钟配准、激励相位参考和滤波引入的固定延迟。

7.3. 忠实度与总谐波失真

选取位于可用动态范围内的低、中、高三档输入幅值，采集稳定正弦信号。基础忠实度试验的基频宜为 $0.1f_N$ ，每档稳态记录不少于 60 s；需要评价频率依赖时，应增加其他基频。每档应报告基频响应在时间窗间的均值、标准差、最大相对偏差和漂移。

以与激励同步的基频 f_0 拟合谐波幅值 A_k ，总谐波失真定义为

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^K A_k^2}}{A_1} \times 100\%.$$

纳入计算的谐波最高次数 K 、幅值估计方法、窗口、频率分辨率和噪声扣除方式应预先声明。只有 $kf_0 < f_N$ 且该谐波测量具有足够信噪比时，才可纳入对应的 THD 报告。二次或三次谐波越过奈奎斯特频率时，应将该 THD 结果标为“不可按既定阶次计算”；不得报告为 0%。接近强窄带外部干扰的谐波应标为受干扰，不得静默删除。

7.4. 输出关闭本底噪声

7.4.1. 采集

执行器电信号输出关闭，其他系统设置与有激励试验相同。测试前后各采集不少于 60 s。应记录环境窄带振动和电源谐波。分别测量每个有效空间位置的输出时间序列，并报告测试前后差异；长距离点应按同一方法单独测量。

7.4.2. 频谱计算

应对时间序列去除事先规定的确定性趋势，采用经窗函数功率校正的单边功率谱密度估计。若以采样率 f_s 、窗 $w[n]$ 和长度 N 的段进行计算，则可使用

$$P_{\varphi(f_k)} = c_k \frac{\left| \sum_{n=0}^{N-1} w[n] \varphi[n] \exp(-2\pi i k \frac{n}{N}) \right|^2}{f_s \sum_{n=0}^{N-1} w[n]^2},$$

其中直流及奈奎斯特频点 $c_k = 1$ ，其他正频点 $c_k = 2$ 。相位 ASD 为 $\sqrt{P_{\varphi}}$ ，单位 $\text{rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。应注明 Welch 分段长度、重叠、窗函数、时间带宽及线谱排除规则。带内噪声应同时报告频谱曲线和预声明频带内的中位值、上分位值；未声明带宽的单一“本底值”不可比较。

7.4.3. 输入等效表示

在存在独立标定的输入—输出传递函数 $H(f, x)$ 时，可给出局部输入等效噪声 $N_{\text{in}(f, x)} = \frac{\sqrt{P_{\varphi(f, x)}}{|H(f, x)|}$ 。该结果应附带执行器标定、机械耦合、位置和频率。没有应变传递标定时，应保留 $\text{rad}/\sqrt{\text{Hz}}$ 或经校准的 $\text{V}/\sqrt{\text{Hz}}$ 表示。局部 PZT 电压—应变换算不能单独消除机械耦合与空间滤波的影响，不得据此命名为解调仪本征应变自噪声。

7.5. 动态范围与幅值线性

7.5.1. 激励序列

动态范围应按频率和空间位置分别测量。基础频点宜包含约 $0.01f_N$ 、 $0.05f_N$ 、 $0.20f_N$ 和 $0.80f_N$ ；可依据应用增加绝对频率点。每个频点至少设置三个高于检出下限且未饱和的低幅点，用于拟合低幅增益；接近预计上限处应增加幅值密度。每个频率块前后应设置相同的锚点激励，并保留测试前后输出关闭噪声段。

7.5.2. 下限

实测检出下限 $A_{L, \text{meas}}$ 是物理上确已测试且相干信噪比达到预声明门槛的最小输入。基础方法使用基波相干 SNR 不小于 10 dB。估算检出下限 $A_{L, \text{est}}$ 可由输出关闭噪声与低幅增益外推得到；该值应标注“估算”，并报告不确定度与适用频带。两种下限不得合并为一个未说明的数值。

7.5.3. 上限及线性

以三个以上低幅有效点进行过原点拟合，锁定低幅增益 G_0 。对每个实测幅值计算相对 G_0 的增益误差。严格线性上限定义为从低幅开始连续满足绝对增益误差不大于 1 dB 的最大实测输入；工程线性上限采用 3 dB。首次失效后的更高幅值即使重新满足误差条件，也不恢复连续上限。

应检查响应单调性、波形塌缩、相位周跳、周期丢失和不连续点。首次响应低于前一幅值档 70%，或相对低幅增益误差低于 -6 dB 的位置，应作为候选失效边界进一步核验。基础方法的可用上限 A_U 取工程线性上限和无歧义上限中较低者；在谐波完整可测的频点，还应单独报告以 5% THD 为条件的低失真上限。应报告严格线性区间的 R^2 、最大增益误差和输入/输出零点偏置证据。

估算动态范围与实测覆盖范围分别定义为

$$\text{DR}_{\text{est}} = 20 \log_{10} \left(\frac{A_U}{A_{L, \text{est}}} \right), \quad \text{DR}_{\text{covered}} = 20 \log_{10} \left(\frac{A_U}{A_{L, \text{meas}}} \right).$$

二者均应附带频率、位置、输入单位和上限决定机制。800 Hz 等接近奈奎斯特频率的结果不得借用低频 THD 或相同的无歧义上限解释。若输入仅以 V_{pp} 校准，报告应称“电压输入等效动态范围”；转换为应变动态范围需完整的应变标定链。

7.6. 空间响应、分辨率与串扰

采用一个短于或已知长度的局部受控激励，在预声明基频和线性幅值下，获取覆盖执行器及其两侧至少各两个标距的完整空间响应。每个空间位置的激励频率幅值应以同一时间窗和幅值估计方法计算。应报告原始空间曲线、峰值位置、主瓣半高全宽、左右过渡宽度、旁瓣峰值、超过预声明检出阈值的响应宽度以及边缘外延。

执行器自身受激长度和机械耦合宽度不容忽略时，测得曲线是执行器响应与系统空间响应的卷积。报告应将其称为“实测端到端空间响应宽度”，不应直接等同于系统固有空间分辨率。可通过已校准短执行器、独立空间传递模型或两个相互独立且间距已知的激励点验证分辨能力。若报告“双点可分离距离”，应事先定义谷深或其他分离判据。

串扰应以主响应区外的同频相干幅值相对主响应区参考幅值表示，绘制随距离变化的 dB 曲线。主瓣宽度、旁瓣、串扰和噪声应共同报告；通过加大空间平滑而得到的噪声降低，须同时给出空间响应的变化。

7.7. 空间一致性

空间一致性包含两个不互相替代的测量层面。

- 局部一致性：**在同一执行器的高响应平台内，预先选择至少三个内部位置，对低幅增益、频响、THD 和相位 ASD 计算最大差异、变异系数及测量不确定度。空间响应边缘、旁瓣及无激励区不纳入平台统计，另作空间响应报告。
- 纵向一致性：**在近、中、远等预声明距离处使用同一可复现激励链，或使用分别标定的等效执行器，比较参考输入下的响应与噪声。应同时报告距离、光纤衰减、回波质量及耦合差异。无法证明激励等效时，只能报告各位置端到端结果，不得将差异归因于解调仪。

沿声明有效长度宜报告位置分布的 P10、P50、P90、极值、有效覆盖率，以及存在深衰落或失锁的位置比例。空间点选取和汇总权重应在试验前冻结。若沿线只设置少数执行器，报告应明确其代表的是被测距离点，不是全长连续均匀性的证明。

7.8. 衰落、重复性与长距离表现

应在激励关闭和固定低幅激励两种状态下记录足够长的空间—时间数据，分析输出幅值、相位有效性、相干 SNR 及失锁/周跳事件。衰落门槛应基于预声明的质量指标，而非事后选取能改善平均结果的阈值。应报告衰落持续时间分布、空间覆盖率、性能恢复时间及偏振状态变化的影响；多偏振融合策略必须锁定版本。

近端与声明最远距离应至少重复进行本底噪声、频响和动态范围测试。若被测系统宣称持续实时输出或记录能力，应另作工程运行试验，报告持续时间、实际输入和输出行速、丢行/溢出、缓冲占用、计算延迟、存储速率与温度。吞吐试验结果不得替代信号性能试验。

8. 统计、有效性与测量不确定度

8.1. 重复测量

报告应区分同一记录内的时间窗重复、重新执行激励后的独立重复、重装执行器后的重复，以及跨日期或跨设备重复。相关时间窗不得被当作独立样本数。各项指标至少报告有效重复次数、中心统计量及离散度；存在偏态或长尾衰落时，宜报告中位数与分位区间，不应只给算术平均。

空间相邻位置因标距和滤波而相关。用于覆盖率、分位数和置信区间的空间统计应说明相关长度，必要时按空间块而非单个像素重采样。对比两种算法时，应尽可能使用同一物理激励和共同有效时空范围，并同时报告原算法与候选算法的空间响应变化。

8.2. 不确定度预算

每种报告单位均应建立测量模型。最低限度应考虑：发生器输出与端口量测、执行器电压—应变标定、执行器机械耦合、光纤定位、时间采样时钟、相位比例尺、频谱估计方差、环境漂移、偏振衰落、空间滤波与数据剔除规则。多距离比较时，共用标定误差属于相关分量，不应按相互独立误差重复合成。

应列出 A 类重复性分量与 B 类校准/模型分量、合成标准不确定度以及需要时的扩展不确定度和覆盖因子。对于非线性比值、阈值位置和接近噪声下限的计算，宜采用数值传播或重采样交叉核验。报告中的有效数字不得暗示高于不确定度预算支持的精度。

8.3. 无效与结论受限状态

出现下列情形时，相应测试单元应标记为无效或结论受限：数据缺段或时钟未配对；激励端口状态无法核验；输出饱和；执行器超限；基波 SNR 不足；锚点漂移超过试验前设定的门槛；标定超出适用频带；相位周跳使波形不再可用；空间位置属于预先排除的执行器边缘。应保存原因码、受影响时空范围和未筛选的原始结果索引。

9. 结果表达与试验报告

9.1. 最小报告内容

内容组	必填字段
对象与状态	对象层级、设备/光路/软件标识、试验日期、实验室或现场、报告版本、方法草案版本。
配置	光纤和激励链、距离与点位、时间采样率、快轴采样率、脉宽、空间点距、标距、滤波和算法配置。

内容组	必填字段
溯源	发生器和量测仪器校准信息、应变或端口电压标定、原始 Session/数据集标识、执行日志及代码修订。
数据质量	预设质量门、有效点数和覆盖率、丢行/溢出、失锁、漂移锚点及每项无效原因。
性能结果	逐距离、逐频率的结果表；频响曲线、THD、噪声 ASD、动态范围上下限、空间响应与一致性统计。
不确定度	各项重要结果的测量模型、主要分量、合成值、覆盖因子和局限于指定条件的说明。
结论	已测量项目及其条件；估算值、实测值、不可测项目和未通过数据质量门的项目分别列示。

9.2. 图表要求

频率响应图应显示绝对响应和归一化响应。噪声应显示带单位的 ASD 曲线，而不是仅列单一最小值。动态范围应显示输入—输出幅值曲线、连续线性区间、检出下限和首次失效点。空间测量应显示完整响应曲线与所用内部平台、边缘及参考区。跨距离比较应同时显示刺激输入等效性与环境条件。

所有图表应具有坐标轴单位、频率/位置范围、处理版本、有效样本数和图例。若曲线经平滑、裁剪、插值或背景扣除，图注应说明处理。未处理曲线应能从归档数据重新生成。

9.3. 可追溯数据包

每次试验应形成唯一试验 ID，并包含计划文件、仪器回读日志、原始与派生数据索引、数据完整性检查结果、分析配置、代码版本、数值结果和最终报告。数据包应具备不可混淆的时间戳和内容校验信息。更正报告时应保留旧版本及更正原因，不得覆盖原始数据。

10. 方法符合性说明

采用本文件进行测试时，报告可表述为“按 OS-MSP-DAS-01 技术草案 v0.1.0 的相应项目测得”。只有实际完成且满足数据质量要求的项目可列为已测。对部分项目采用其他方法时，应在偏离清单中写明差异及其对结果可比性的影响。

本草案未设产品等级和统一合格阈值。依据本文件形成的测量结果不能自动推导出 IEC、SEAFOM 或任何第三方体系的符合性。若需产品符合性认证，应制定独立的判定规则并由具备相应资质或约定职责的主体实施。

附录 A：基础试验计划示例（资料性）

本附录给出时间采样率 2 kHz 条件下的组织示例。示例参数用于试验策划，不限定其他采样率、光纤长度或执行器的使用。

项目	示例设置	同步约束
输出关闭	正式试验前、后各不少于 60 s。	所有解调/滤波参数与激励试验一致。
频率响应	20—800 Hz，40 个分段正弦频点，每点不少于 2.5 s。	端口输入应恒定且处于低幅线性区。
忠实度	100 Hz，低/中/高三档幅值，每档不少于 60 s。	校验二至五次谐波低于 1 kHz 奈奎斯特频率。
动态范围	10、50、200、800 Hz；各频率按计划扫幅。	800 Hz 的二次谐波超出奈奎斯特频率，不报告同口径 THD。
空间响应	固定低幅单频，沿执行器及两侧完整取样。	保留边缘、旁瓣与无激励参考区。
空间一致性	每一执行器内部平台至少三个预选位置；近中远距离分别测试。	跨距离比较需控制或标定激励等效性。

研发用默认分析门可选择：相干 SNR 不低于 10 dB；严格/工程增益误差分别不大于 1/3 dB；动态范围频率块前后锚点漂移不超过 1.5 dB。上述数值属于当前方法草案的示例约定，应随跨设备和跨实验室验证修订，不当当作产品合格判据。

附录 B：记录结构与复算输入（规范性草案）

一次可复算试验至少应提供下列结构化记录。字段名称可以由实现映射，但语义和单位不得改变。

记录	必需内容
system_manifest	被测对象层级、设备/光路/光纤/执行器标识、校准与环境边界。
test_plan	冻结的试验矩阵、空间选点规则、激励/安全边界、重复数和有效性门。
instrument_log	每步设置值、端口回读或独立测得值、输出开关状态及统一时基时间。
track_index	原始/派生轨标识、单位、时间坐标、空间坐标、缺失区和内容校验信息。
quality_mask	每一有效或无效时空区域的状态、原因码及筛选程序版本。
analysis_manifest	计算方法、窗函数、FFT/拟合参数、代码修订和输入文件哈希。
results	数值表、曲线、统计分布、不确定度、估算/实测标记及报告引用。

归档结构应支持另一位分析人员在不访问原操作员工作站的条件下复算主要结果。属于商业秘密的硬件部件型号可以采用稳定内部编码，但校准关系和试验边界仍可追溯。

附录 C：空间一致性的两级统计示例（资料性）

设某执行器内部平台的预选位置为 $x_1, \dots, x_m$ ，同一输入下的低幅增益为 $G_1, \dots, G_m$ 。局部一致性可报告 $\frac{G_{\max}}{G_{\min}}$ 的 dB 差值、变异系数及三点或多点空间分布。此统计反映同一局部受激段内部的输出一致性。

设预选执行器距离为 $d_1, \dots, d_q$ 。纵向一致性比较应先按各距离处经过标定的实际输入归一化，再考察 $G(d_i, f)$ 、相位 ASD、可用上限和有效覆盖率随距离变化。执行器耦合差异未知时，报告各距离的端到端观测结果；其差异不宜直接解释为仪器灵敏度变化。

空间平滑参数的比较应将噪声 ASD、主响应宽度、旁瓣、边缘外延与覆盖率并列。只选取噪声最低的空间滤波设置，不能证明其具有更好的整体测量性能。

附录 D：参考文献与方法学关系（资料性）

1. IEC 61757:2026, Fibre optic sensors — Generic specification. 通用光纤传感器框架；IEC Webstore: <https://webstore.iec.ch/en/publication/90208>。
2. IEC 61757-3-2:2022, Fibre optic sensors — Part 3-2: Acoustic sensing and vibration measurement — Distributed sensing. 相敏光时域反射型 DAS 性能测量；IEC Webstore: <https://webstore.iec.ch/en/publication/29202>。
3. SEAFOM MSP-02 V2.0, Measuring Sensor Performance — DAS Parameter Definitions and Tests. DAS 测试方法参考；SEAFOM: https://seafom.com/mdocs-posts/seafom_msp_02-august-2018-pdf/。
4. SEAFOM, pySEAFOM. 开源计算工作流与示例；<https://github.com/SEAFOM-Fiber-Optic-Monitoring-Group/pySEAFOM>。
5. JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. BIPM: <https://www.bipm.org/en/doi/10.59161/jcgm100-2008e>。
6. ISO 5725-1:2023 和 ISO 5725-2:2025, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. 方法精密度与实验室间验证参考；ISO 官方目录。

OS-MSP 在上述体系之外重点明确四类易混淆问题：输出相位 ASD 与局部输入等效应变噪声的区别；空间点距、标距与实测分辨能力的区别；同一受激平台局部一致性与跨距离一致性的区别；估算动态范围与真实扫幅覆盖范围的区别。该关系属于本草案的技术定位，尚非任何外部标准组织的认可声明。

附录 E：向正式标准推进的验证工作（资料性）

后续方法学验证应至少包含以下工作：

1. 使用不同厂商的相敏 OTDR 型 DAS、单/双偏振光路 and 不同解调算法，检验指标定义与数据接口的可迁移性。
2. 在短、中、长距离及不同衰减和反射条件下，验证执行器安装与标定误差对频响、噪声、动态范围和空间响应的影响。
3. 组织多实验室比对，估计同一实验室重复性和实验室间再现性；据此调整采集时长、频点、有效性门与不确定度要求。
4. 将方法标准、产品等级/验收标准和应用场景测试分册管理，避免把单一装置或单一场景的数值阈值写为普遍要求。
5. 在取得适用标准全文的使用权限后建立逐条对照表，审查术语、设备要求、试验范围与报告格式；通过相关标准化组织的程序审议正式文本。