02

材料电磁参数综合测试解决方案（综述）

Comprehensive Testing Solution for Electromagnetic Parameters of Materials (Overview)

2.0 材料电磁参数综合测试解决方案综述
2.1 材料电磁参数测试解决方案
2.2 低损耗材料介电性能测试解决方案
2.3 材料高温环境电磁参数测试解决方案
2.4 材料吸波、屏蔽性能测试解决方案

材料电磁参数综合测试解决方案以材料介电、吸波性能测试需求为背景，立足于先进的通用测试仪器技术，通过不同测试方法、算法的研究及系列测试夹具的研制，可满足100MHz ~ 500GHz全频段范围内测试，配备加热设备可实现高达1600℃环境下的测试，全面解决材料电磁特性的测试难题，满足材料科研机构及生产企业的测试需求。

该解决方案主要包含材料电磁参数测试解决方案、低损耗材料介电性能测试解决方案、材料高温环境电磁参数测试解决方案，以及材料吸波、屏蔽性能测试解决方案四部分，其组成包括微波毫米波仪器设备、测试夹具、测试软件、校准件及测试附件等，具备传输线法、自由空间法、谐振腔法、探头法、弓形测试法等多种测试方法（部分方法具备高温环境测试能力），集测试精度高、速度快、组建灵活、功能丰富等特点于一身，通过配置不同的测试夹具可满足固体、粉末、液体、流体、薄膜及薄片等不同形态各种类型材料的测试需求，测试参数主要有介电常数、磁导率、电/磁损耗角正切、反射率、透波率、屏蔽效能等参数。

面对材料吸波及屏蔽性能测试需求，设计开发出同轴波导传输线法、自由空间法、探头法等多种测试方法及其测试夹具。测试软件具备磁性与非磁性材料测试功能、电磁参数反演反射损耗和衰减常数、齐全的分析等功能。

面对通信材料、新材料研制及生产过程中的介电特性测试需求，设计开发出覆盖微波毫米波频点的高精度测试夹具，可选用开放同轴谐振腔、分体谐振腔、开式谐振腔、微扰腔、圆柱谐振腔等对应的测试夹具进行测试。系统具有测试精度高、测试便利的优点，采用一腔多模识别技术可实现同一腔体宽频带内多个频点介电性能测试功能。

材料电磁参数测试解决方案
低损耗材料介电性能测试解决方案
材料高温环境电磁参数测试解决方案
材料吸波、屏蔽性能测试解决方案

材料电磁参数测试解决方案

产品综述

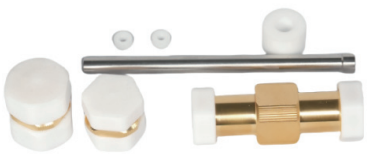
材料电磁参数测试系统测试频率范围覆盖 100MHz ~ 500GHz，可实现材料复介电常数、复磁导率等参数测试。系统由矢量网络分析仪、S 参数测试模块、测试夹具、系统软件、测试天线以及其他测试附件等组成，根据用户不同频率、材料类型的测试需求，可选用同轴空气线、波导腔、同轴探头以及自由空间测试装置等多种不同夹具进行测试。

主要特点

- 系统配置灵活，测试方法齐全
- 一次连接同时测量多个参数
- 自动测量软件简单易用，方便快捷
- 兼容多种测试夹具

●同轴空气线测试方法

需将被测样品加工成环状放置在夹具内部，随后进行全二端口校准，接着放置被测样品，利用加载样品后的 S 参数、夹具及样品厚度等参数进行计算，即可得到样品在宽频带下的电磁参数，该方法特点是测试速度快、宽频带，同时针对粉末样品，可配置制样模具，便于用户制备圆环状样品（样品尺寸内径 3.04mm、外径 7mm）。我单位提供的同轴空气线根据接口形式分 2 种，即 N 型（空气线长度 80mm）、7mm 型（空气线长度多种）。



●波导传输线测试方法

需将被测样品加工成矩形块状放置在夹具内部，随后利用相应频段的波导校准件完成全二端口校准，在校准方法的选择上，可分别进行 SOLT 和 TRL 两种校准方式，被测样品要求为相应频段的标准波导口径尺寸，最后在波导夹具中放置被测样品，利用加载样品后的 S 参数、夹具及样品厚度等参数进行计算，即可得到样品在相应频段下的电磁参数，该方法特点是测试操作简单，测试精度高。此外，可提供一体化波导测试装置，不需要定位销固定，进一步提升操作便利性。

●自由空间测试方法

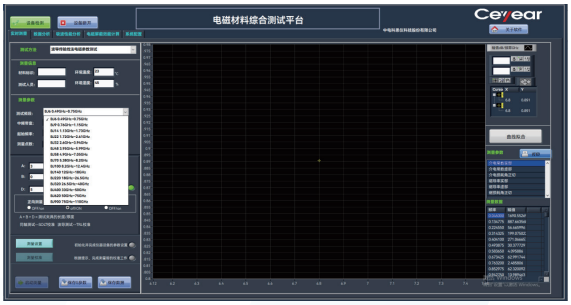
在开放式状态实现测试，通常该方法在 40GHz 以下选用透镜天线，40GHz 以上选用太赫兹角锥喇叭天线或者高增益透镜天线。该方法采用 GRL、TRL 校准方式，特点是对于材料要求相对较低，且支持毫米波及太赫兹频段测试。

●同轴探头测试方法

可使用开口同轴探头对均匀、各向同性的流体、流体、粉体材料的相对介电常数及损耗角正切的检测，校准方式为单端口校准，该方法特点是可对高损耗型样品在宽频带进行测试。

●系统软件

该软件具备同轴传输线法、波导传输线法、自由空间法、同轴探头法等测试方法，可兼容国内外主流测试仪器，设置界面简易友好。



●测试方法选择功能

根据选用的测试方法的不同，会进行相应方法的测试参数设置及校准提示。

●电磁参数计算功能

根据样品校准后的 S 参数计算被测材料的介电常数、磁导率、及电 / 磁损耗角正切等电磁参数，同时具备非磁性材料测试功能，具备电磁参数反演反射率功能。

●电磁参数显示功能

二维坐标系显示复介电常数及损耗角正切等参数。通过软件参数列表选择不同，数据及图形显示区域会进行相应选择项的数据及图形显示。

●测量结果分析功能

可选择并加载多个已测量的数据文件，同时显示多条测量曲线进行比对。对于不同波段的测量数据，可同时绘制测量曲线，实现材料电磁参数在宽频带内的变化情况。

典型应用

材料电磁参数测试系统频率范围覆盖广，可广泛应用于通信、新材料领域等。

技术规范

方法种类 / 功能要求	同轴空气线法	波导传输线法	同轴探头法	自由空间法
频率范围	0.5GHz~18GHz (N型) 1.0GHz~18GHz (7mm型)	1.13GHz~50GHz	0.1GHz~50GHz	2GHz~500GHz
测试参数	介电常数、磁导率、电/磁损耗角正切; S参数		介电常数、电损耗角正切; S参数	介电常数、磁导率、电/磁损耗角正切、透波率
工作方式	扫频	扫频	扫频	扫频
介电常数实部常温准确度	±5%	±5%	±10%	±8%
被测材料类型	粉体、固体	固体	液体、流体、粉体	固体
材料形状	环状	矩形块状	/	平板状

订货信息

●主机

矢量网络分析仪系列

●标配

序号	名称	说明
1	系统测试软件	控制设备，进行计算、显示测试结果
2	相关附件	连接电缆、工具等
3	用户手册	快速使用入门

●选配

序号	名称	说明
1	空气线 (N型/7mm接口型)	同轴传输线法测试夹具，其中中心导体易损件可替换，无需匹配
2	N型校准件/7mm校准件	同轴传输线法校准件，可进行测试端面校准
3	波导校准件 (含夹具)	波导传输线法校准及测试
4	同轴探头测试套件 (2.4mm接口)	同轴探头、短路校准器
5	其他附件	测试电缆及转接器等