

# 普赛斯高精度数字源表 (SMU) 构建 柔性材料与器件测试系统

让柔性测试标准化



# 普赛斯高精度数字源表 (SMU) 构建柔性材料与器件测试系统

## 让柔性测试标准化

### 概述: 柔性电子材料及其应用

柔性电子是将无机/有机器件附着于柔性基底上, 形成电路的技术。相对于传统硅电子, 柔性电子是指可以弯曲、折叠、扭曲、拉伸、甚至变形成任意形状但仍保持高效光电性能、可靠性和集成度的薄膜电子器件。

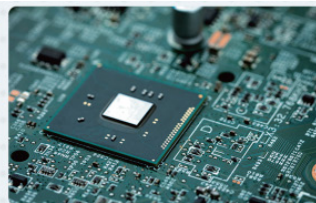
柔性电子涵盖有机电子、塑料电子、生物电子、纳米电子、印刷电子等, 包括: RFID、柔性显示、有机电致发光(OLED)显示与照明、化学与生物传感器、柔性光伏、柔性逻辑与存储、柔性电池、可穿戴设备等多种应用。



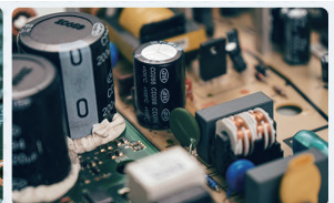
柔性触控屏



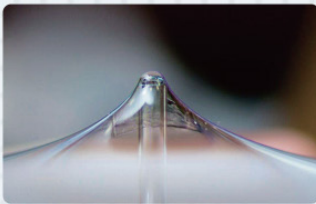
车载触控屏



FPC电极电路



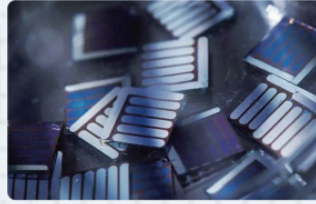
固体电容器



电子皮肤



柔性穿戴器件



有机太阳能电池



钙钛矿太阳能电池

## 柔性电子材料“动态”测试

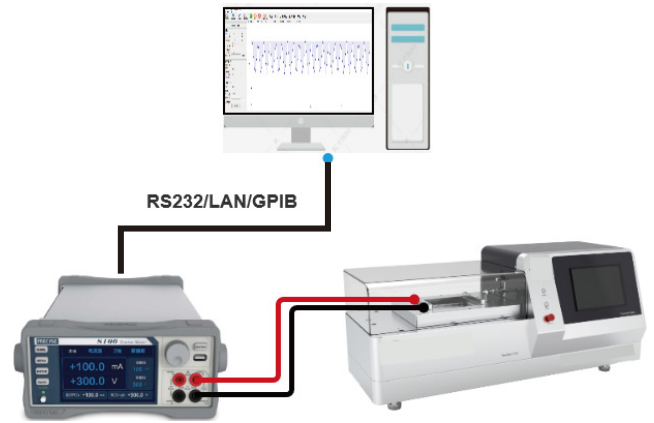
柔性电子材料在使用过程中会被反复弯折扭曲，在此过程中材料表面和内部的应力状态和微观结构都会逐渐发生变化，进而影响材料的电学性能和寿命。用多次反复弯折扭曲等方法来测试柔性材料的耐疲劳性，稳定性和寿命衰减特性已经逐渐成为柔性电子器件不可缺少的表征手段。

## 柔性电子材料“动态”测试难点

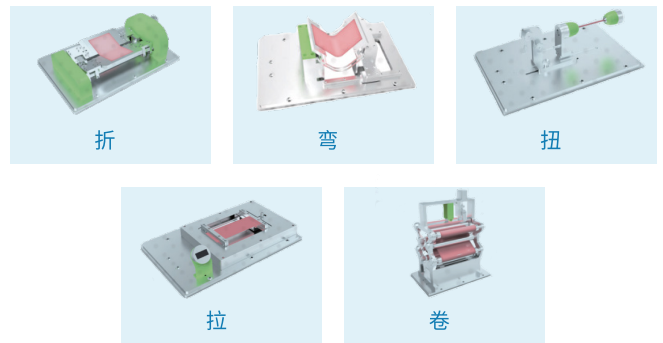
为了保证柔性电子的正常使用，柔性材料应用在电路中时必须对柔性材料的电学特性做一个详细的了解。因为柔性材料在形变后他的阻抗会发生变化，并且形变程度不同，阻抗的变化也不同。需要进行I-V特性测试，并实时监测V-t、I-t以及R-t的变化曲线，且在测试时尤其要注意柔性材料折叠装置与I-V测试设备间的同步问题。传统测试柔性电子材料的电学特性都是人工测量，需要一台电压源，电流表，再手动算出电阻值的变化。而电源或者万用表只能当作源或者表来使用，相互搭配完成I-V测量，不能满足一机多用的测试场景，而且对于测量精度要求较高及与折叠装置同步要求精度高的场景无法保证。

## 普赛斯柔性测试系统：打造标准化、高效率的“动态”测试解决方案

普赛斯仪表携手业内知名厂商共同打造的柔性电子材料测试系统，通过组合不同动作的测试夹具，可以模拟扭、转、弯、折、卷等5种基本测试动作，11个基础模拟测试动作，实现一机多用，让柔性测试标准化。不仅可以测试柔性材料的折、弯、扭、拉、卷等五种基本动作，而且可以进行柔性材料的I-V特性测试，是目前研究柔性材料的重要测试系统，能够大幅提升开发验证效率和降低测试成本。

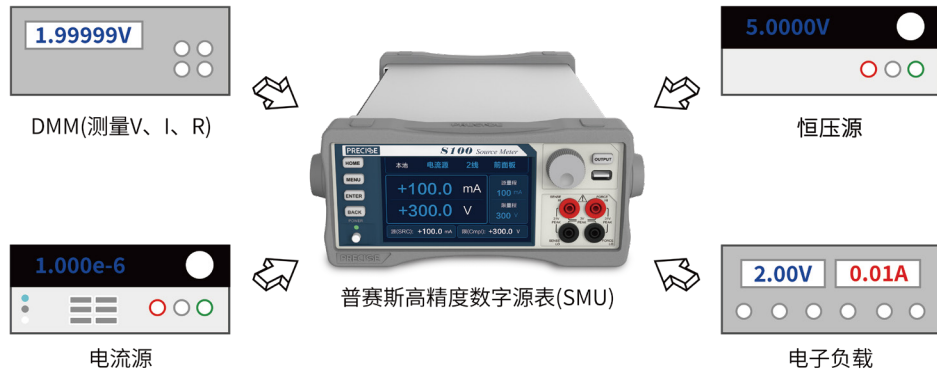


图：柔性测试系统



图：柔性测试系统夹具

普赛斯深耕半导体I-V测试领域，一直致力于自主研发国产源表产品，并率先推出S系列高精度数字源表，集电压、电流的输入输出及测量等功能于一体，同时还可以作为电子负载来吸收能量。最大电压300V，最小电流100pA，输出精度达到0.1%，最大功率为30W，实现快速、精准的测量材料的电参数，广泛应用于印刷电极、导电高分子、石墨烯、传感器、柔性太阳能电池、OLED以及电子皮肤等柔性电子材料的I-V特性测试场景。

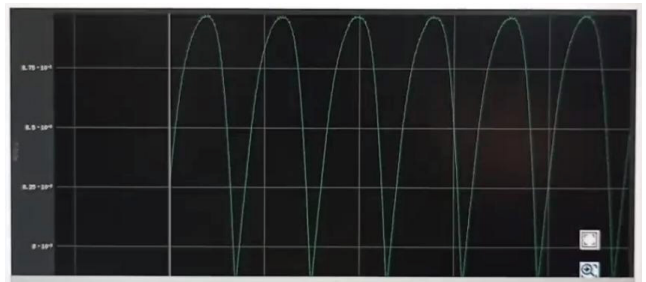
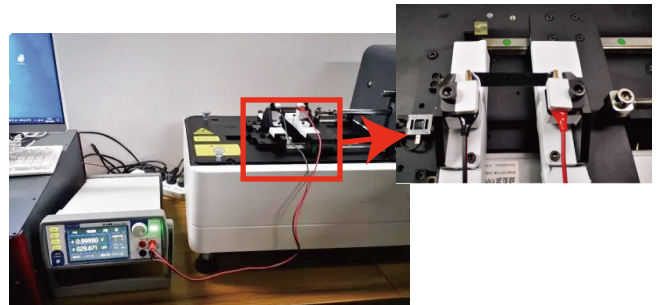


普赛斯柔性测试系统一经推出，深受国内高校以及科研院所的青睐。以下是北京某高校使用柔性测试系统来检测柔性传感器性能参数。

在拉伸设备的夹具上固定好柔性材料，设置拉伸距离与速度，点击系统启动开始对材料进行拉伸测试。利用S系列源表设定恒定的电压源，能够时时测试电路中的电流和电压。



图：普赛斯S系列高精度数字源表搭配拉伸设备组成柔性电子材料测试系统



图：普赛斯S系列高精度数字源表测量输出恒电压并测试电流和电压

## 柔性电子材料“静态”测试

柔性电子器件是以柔性电子材料为基础,结合微纳加工与集成技术,制造可实现逻辑放大、滤波、数据存储、传感等功能的新一代柔性电子元器件。柔性半导体器件可分为无机半导体器件、碳基半导体器件以及柔性有机场效应晶体管 (OFET) 三大类,其中有机场效应晶体管因具有以下几个突出特点而受到研究人员的极大重视:材料来源广、可与柔性衬底兼容、低温加工、适合大批量生产和低成本等,可用于记忆组件、传感器、有机激光、超导材料制备等。

有机场效应晶体管 (OFET) 是通过电场来调控有机半导体层导电性的有源器件,由三个电极即源极 (source)、漏极 (drain)、栅极 (gate)、有机半导体层和栅绝缘层组成,典型结构为顶接触类和底接触类,当然还有非典型结构如双有源层类或双绝缘层类等。对有机场效应晶体管 (OFET) 的测试主要包括I-V测试和C-V测试。

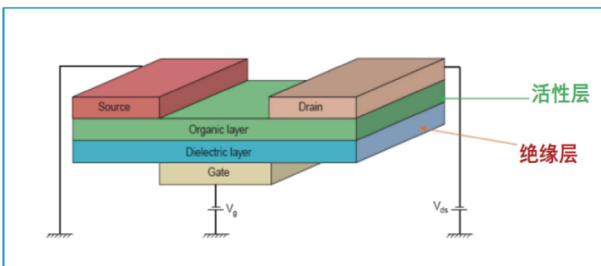


图:有机场效应晶体管(OFET)结构

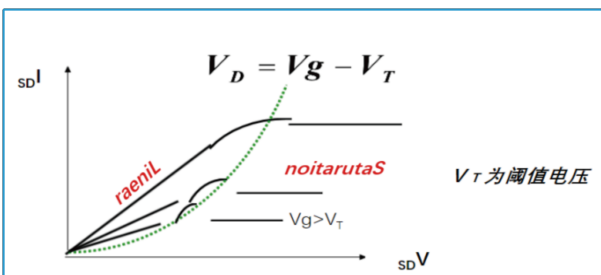


图:有机场效应晶体管(OFET) I-V曲线

## I-V测试

I-V测试是用来提取器件的关键参数,研究制造工艺的效应,确定触点的质量的主要方法之一。包括输入/输出特性测试、阈值电压测试、击穿测试以及漏电流测试等。

普赛斯S或P系列高精度数字源表,集电压、电流的输入输出及测量等功能于一体,同时还可以作为电子负载来吸收能量。最大电压300V,最小电流10pA,输出精度达到0.1%,最大功率为30W,实现快速、精准的测量材料的电参数,广泛应用于印刷电极、导电高分子、石墨烯、传感器、柔性太阳能电池、OLED以及电子皮肤等柔性电子材料的I-V特性测试场景。

型号	电压范围	电流范围	电压精度	电流精度
S系列	300 $\mu$ V~300V	100pA~1A	0.1%	0.1%
P系列	300 $\mu$ V~300V	10pA~10A	0.1%	0.1%



S系列源表

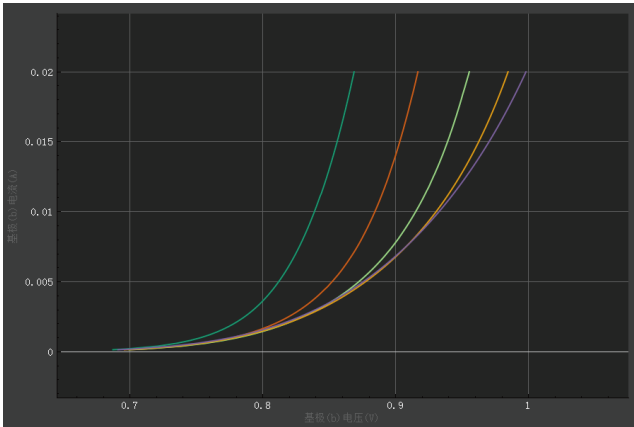
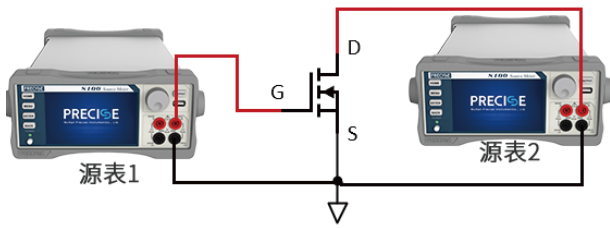


P系列脉冲源表

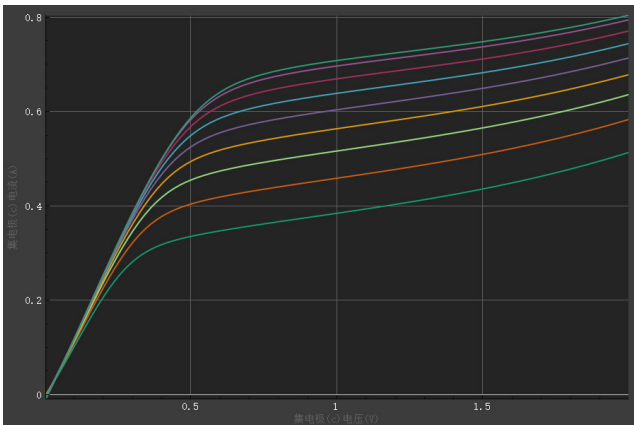
## 输入/输出特性测试

OFET是用栅电压控制源漏电流的器件,在某一固定漏源电压下,可测得一条 $I_{DS} \sim V_{GS}$ 关系曲线,对应一组阶梯漏源电压可测得一簇直流输入特性曲线。

OFET在某一固定的栅源电压下所得 $I_{DS} \sim V_{DS}$ 关系即为直流输出特性,对应一组阶梯栅源电压可测得一簇输出特性曲线。



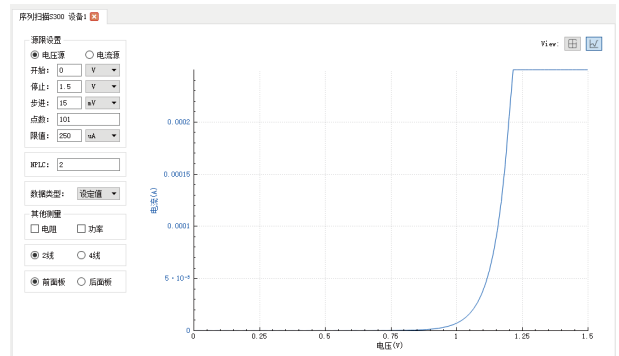
图：输入特性测试曲线实测图例



图：输出特性测试曲线实测图例

## 阈值电压 $V_{GS(th)}$

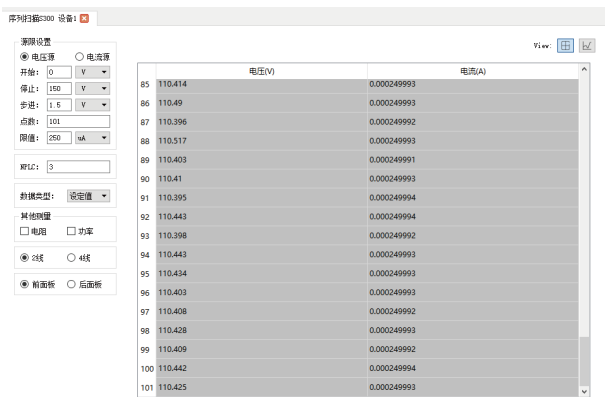
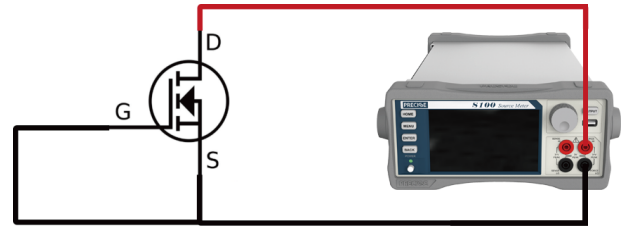
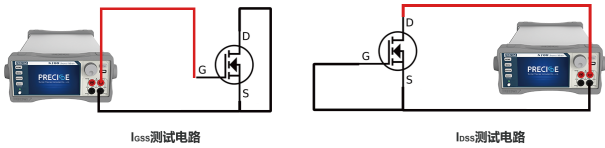
$V_{GS(th)}$ 是指栅源电压能使漏极开始有电流的 $V_{GS}$ 值;测试连接电路及测试结果示意图所示。



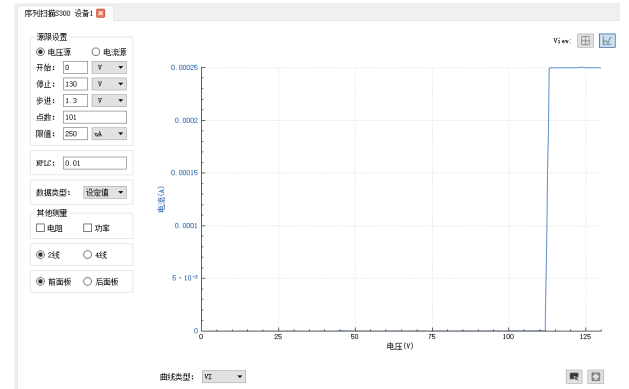
图：阈值电压 $V_{GS(th)}$ 测试图例

## 漏电流测试

$I_{GSS}$ (栅源漏电流)是指在特定的栅源电压情况下流过栅极的漏电流; $I_{DSS}$ (零栅压漏极电流)是指在当 $V_{GS}=0$ 时,在指定的 $V_{DS}$ 下的DS之间漏电流;测试连接电路及测试结果示意图如下所示。



图：零栅压漏极电流 $I_{DSS}$ 测试图例



图： $V_{bss}$ (漏源击穿电压)测试图例

## 耐压测试

$V_{DSS}$ (漏源击穿电压):是指在 $V_{GS}=0$ 的条件下,增加漏源电压过程中使 $I_D$ 开始剧增时的 $V_{DS}$ 值,测试连接电路及结果示意图如下所示。

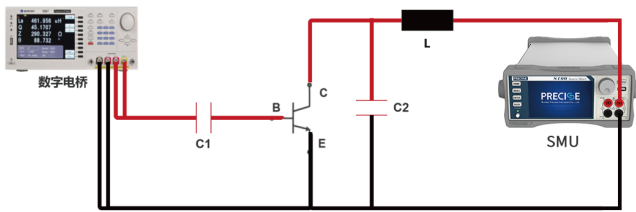
## C-V测试

C-V测量常用于监控OFET的制造工艺,通过测量OFET电容高频和低频时的C-V曲线,可以得到栅氧化层厚度 $t_{ox}$ 、氧化层电荷和界面态密度 $D_{it}$ 、平带电压 $V_{fb}$ 、硅衬底中的掺杂浓度等参数。一般包括 $C_{iss}$ (输入电容)、 $C_{oss}$ (输出电容)以及 $C_{rss}$ (反向传输电容)的测试。常用测试方法是在 $V_{GE}=0$ 的条件下,在集电极与发射级间施加直流偏压,同时利用一个交流信号(频率一般在10KHz到1MHz之间)进行测量。

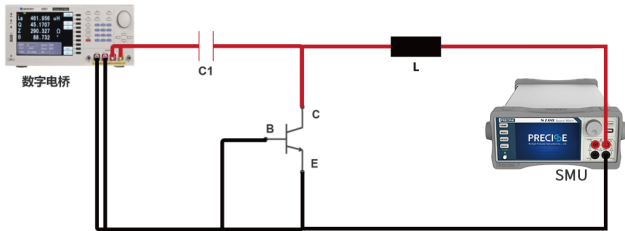
## 柔性薄膜材料电阻率测试

薄膜是一种二维材料，它在厚度方向上的尺寸很小，往往为纳米至微米量级，电子半导体功能器件和光学镀膜是薄膜技术的主要应用。薄膜材料可以分为非电子薄膜材料和电子薄膜材料，电子薄膜材料又可分为半导体薄膜、介质薄膜、电阻薄膜、光电薄膜等，表面电阻率是电子薄膜材料比较重要的电学参数。

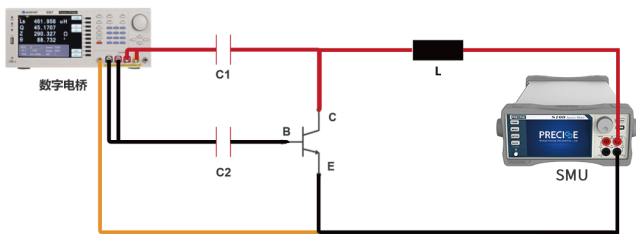
表面电阻率常用方法是四探针测试法。四探针测试法简单的来讲是将四个探针等距放置样品上，外侧两个探针提供电流，内部两个探针测试电压，然后通过测得的数据算出电阻率；用源表加探针台即可手动或编写软件自动完成测试。



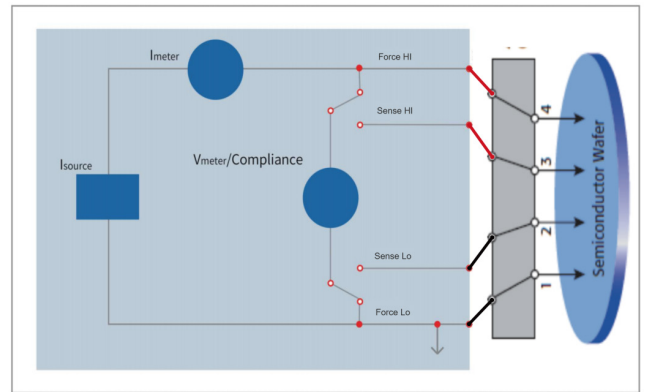
Ciss测量电路



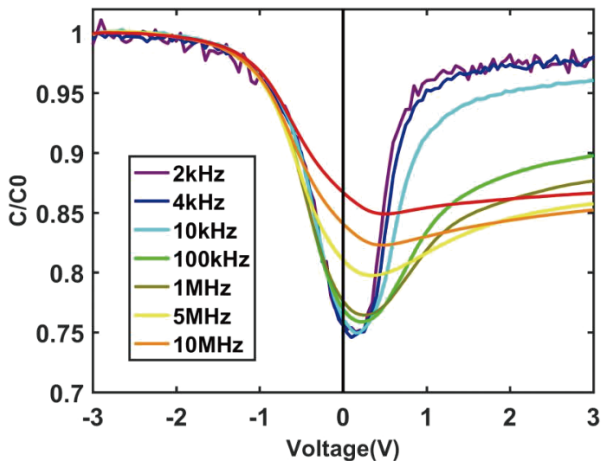
Coss测量电路



Crss测量电路



普赛斯S/P系列高精度数字源表集电压、电流的输入输出及测量等功能于一体。最大电压300V，最小电流10pA，输出精度达到0.1%，搭配第三方探针台，满足不同电子薄膜材料电阻率测试需求，同时提供SPI编程指令集，方便编写软件自动测试。



图：OFET C-V特性测试图例

型号	电压范围	电流范围	电压精度	电流精度
S系列	300 $\mu$ V~300V	100pA~1A	0.1%	0.1%
P系列	300 $\mu$ V~300V	10pA~10A	0.1%	0.1%

## 总结

武汉普赛斯一直专注于半导体的电性能测试仪表开发, 基于核心算法和系统集成等技术平台优势, 率先自主研发了高精度数字源表、脉冲式源表、窄脉冲源表、集成插卡式源表等产品, 广泛应用于半导体器件材料的分析测试领域。欲了解更多柔性材料及器件测试解决方案, 欢迎登录武汉普赛斯仪表有限公司官网 ([www.whpssins.com](http://www.whpssins.com)) 或关注普赛斯仪表微信公众号 ([whpssins\\_com](https://www.whpssins.com)) 联系我们。



S系列源表



P系列脉冲源表



图: 四探针法测量薄膜材料电阻率

## 武汉普赛斯仪表有限公司

WuHan Precise Instrument Co., Ltd.

地址：武汉东湖新技术开发区308号光谷动力绿色环保产业园10栋

邮箱：pssins@whprecise.com

网址：www.whpssins.com

电话：027-87993690

©内容版权归普赛斯仪表所有，如有改动，恕不另行通知。

PF-RXCL-C001 CH-202211-PDF



微信公众号



官方网站