

# 多功能扫描电镜平台的操作流程化设计与应用

孙永辉, 肖娜, 周轶然

(东北大学 分析测试中心, 辽宁省 沈阳市 110819)

**摘要:** 近年来大型检测设备逐渐呈现出多功能、集成化的特点, 该特点在提高实验效率的同时, 也带来了操作流程复杂化和培训周期长的问题。因此规范设备流程化操作不仅可以提高操作者的实验效率, 同时有效避免碰撞, 测试参数错选、漏选等操作失误。本文以集成了SEM、EBSD、TKD、STEM等功能的蔡司 Crossbeam 550 扫描电镜实验平台为例, 总结了不同功能快速切换的流程化操作设计思路与实际应用情况, 旨在为相似的多功能大型检测仪器的规范管理与高效应用提供参考。

**关键词:** 测试; 设备管理; 流程化; 安全性

## Design and application of processing for multi-functional scanning electron microscope

SUN Yonghui

(Analytical and Testing Center, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

**Abstract:** Currently, large testing instruments is often characterized by multi-functional integration, which improve the experimental efficiency but brought the complexity of the operation process and the problem of a long training cycle. Therefore, the standardization of equipment flow-based operation can not only improve the operator's experimental efficiency, but also effectively avoid operational errors such as parameter misselection and omission. This paper takes the Zeiss Crossbeam550 scanning electron microscope experimental platform with integrated SEM, EBSD, TKD, STEM and other functions as an example, and summarizes the design ideas and practical application of the flow operation of different functions for fast switching, aiming to provide reference for the standardized management and efficient application of similar multifunctional large testing instruments.

**Keywords:** Testing; Equipment Management; Processing; Security

# 1 背景

目前大多共享平台上配备的大型仪器设备软、硬件功能齐全，在一台仪器上可以完成多项测试实验<sup>[1-4]</sup>，同一台仪器会开放给不同的使用者，因此存在着不同的测试实验，参数选择不同，操作步骤和难度也不同，面临着如何在不同测试实验中实现快速切换的问题<sup>[5]</sup>。此外，测试实验的复杂化对设备管理者的日常仪器培训工作也提出了挑战，培训工作往往容易出现“千人千样”，培训质量参差不齐的情况，这将导致仪器的操作者在不同测试实验间切换时或因操作方法不当，或因测试参数设置有误，或因操作不熟练等因素造成设备损坏或实验结果不理想，从而造成维修费用和机时浪费<sup>[6-7]</sup>。基于以上问题，作者提出针对多功能实验平台制定和规范仪器流程化操作，旨在提升仪器操作培训的标准化和规范化，提高培训效率和降低仪器的使用难度。而目前新型许多大型仪器设备面向使用者开放了可以自主编程的接口，这也为设计和实现操作流程图提供了更多的可能性。

## 2 流程化操作设计思路

设计和规范化的流程化操作应该具有模块化，安全性高，步骤简易化等特点。目前大多数实验皆由手动完成，如测试参数选择，样品台移动和旋转，实验结束后取出样品的操作次序等，往往这样会很耗时，增加操作强度，操作的随意性导致的安全事故(如参数漏选，错选，操作次序的颠倒出现碰撞等)。因此每个流程化测试操作的设计应考虑以下几个主要方面：1)规定使用的样品载台类型和样品的安装标准和方式；2)确定不同实验类型的常规测试参数，安全保护设置，相应的使用界面等因素；3)确定样品台的起始基准位置；4)多个样品测定切换规则；5)测试结束后撤取样品的安全操作次序。其中，如果将2-5点所述方面模块化，分别设置成快捷键的操作模式，势必将大幅简化和规范操作参数设置，减少样品定位和切换、取样操作次序等繁琐操作过程，最终有效降低使用者操作强度并提升测试过程中的安全性。



图1 流程化操作示意图

同时，在流程化操作的预运行期间应时刻关注其运行是否合理(如操作简捷，安全性)，经常与使用者沟通，针对其的使用碰见的问题进行相应的流程修改和优化。而使用中易出现误操作的快捷键应加入确认提示栏，来降低误操作风险从而提高安全性。

### 3 流程化操作的应用

#### 3.1 测试功能模块化应用实例

本应用实例基于蔡司 Crossbeam 550 扫描电镜及其开放的 Macro 宏语言，重新设计和规划其工具栏，将其规划出常规扫描，电子背散射衍射(EBSD)测试，离轴透射菊池衍射(TKD)测试，扫描透射电子显微镜(STEM)测试等工作模块区域，从而实现多种测试实验的流程化操作。规划后工作模块区域示意图如图 2(a)所示。

以 EBSD 工作模块为例解释工作模块快捷键的具体功能：如图 2(b)所示，EBSD 工作模块包括了四个部分，分别为设置 EBSD 测试参数 EBSD-Ini、样品台移动到基准位置 stage\_5#、切换样品 Delta\_R 和测试结束样品台移动到取样位置 Stage\_Ini。具体来讲，EBSD-Ini 快捷键表示 SmartSEM 操作界面自动调整为完全适合 EBSD 测试的所需参数，其中包括最佳工作电压、工作电流、动态聚焦、样品台倾斜校正及安全限位等参数，同时打开相应的操作菜单。此外该快捷键将把其他测试模式存在的参数，而 EBSD 测试不需要的测试参数取消。stage\_5# 快捷键表示样品台由初始安装位置移动到 5#基准位置，该位置为样品的测试位置附近(仅需微调即可测试)。Delta\_R 快捷键通过输入的角度： $(\text{起始位置号}-\text{终止位置号})\times 45^\circ$ ，实现顺时针或逆时针旋转样品台完成样品间切换。Stage\_Ini 快捷键用于测试结束后系统恢复至测试前状态，样品台移动到初始位置进行样品交换。TKD 和 STEM 工作模块与 EBSD 工作模块类似，分别如图 2(c)和(d)所示，均包含了设置测试参数、样品台移动到基准位置和样品交换等快捷键。

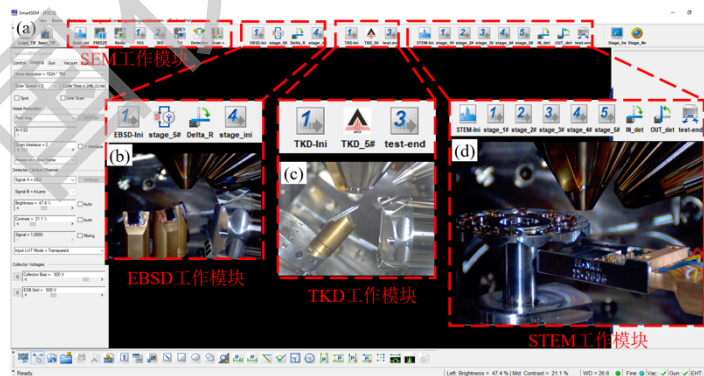


图 2 规划后工作模块区域示意图

#### 3.2 测试功能模块化底层设计实例

本节同样以 EBSD 测试为例，将介绍流程化操作模块设计具体实现步骤。

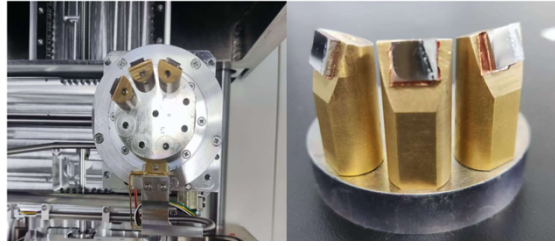


图3 初始样品安装规定

如图3所示，首先规定实验中使用70°预倾柱和9孔样品台，在预倾柱上安装样品时尽量保证样品厚度和高度一致，9孔样品台在电镜中缺口向右，仅在样品台2#-7#安装样品。EBSD测试时需要打开SEM Control、Control Panel Status、Rotate/Tilt和Soft Joystick四个工作面板。常规的测试参数：EHT Target=20kV，I Probe=10nA，Tilt Angle=70°，Dyn.Focus=on和Tilt Corr.=on；显示模式的参数：Mag=50，Signal A=USB TV1；安全设置：Z move on Vent=Yes，Compuc. Mode=off；便利设置：Track Z=on。通过Macro宏语言编辑上述EBSD工作模式所需设备参数，并关联快捷键EBSD-Ini。如图4(a)所示。

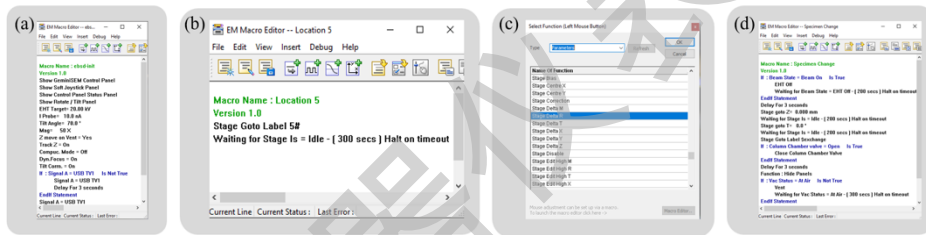


图4 测试功能模块化 Macro 宏语言底层设计

样品的基准位置定位过程：首先将样品安装到样品台5#位置，在二次电子成像引导下，手动方式移动样品至样品测试位置并记录此位置，将其作为基准位置。通过Macro宏语言编辑文件并关联快捷键stage\_5#，如图4(b)所示。

样品切换的规则：因9孔样品台2#-7#相邻位置相差45°，这样可以遵循（起始位置号-终止位置号）x 45°的规则实现顺时针或逆时针旋转样品台，以达到快速样品切换。如5#切换到6#，即(5-6) x 45° = -45°，在Stage Delta R中输入-45°即可实现样品台逆时针旋转到6#样品位置，负号不可省略。通过功能菜单选择参数标签文件并关联快捷键Stage Delta R。如图4(c)所示。

EBSD测试结束后操作次序：1) 关闭电子枪，2) 样品台归位，3) 泄掉真空状态来完成取样。其中设定电子枪参数：EHT off，Delay For 3 seconds；样品台归位：Stage goto Z=0，Stage goto T=0.0°，Stage Goto Label \$exchange；泄真空：Vent。通过Macro宏语言编辑文件并关联快捷键Stage\_Ini，如图4(d)所示。

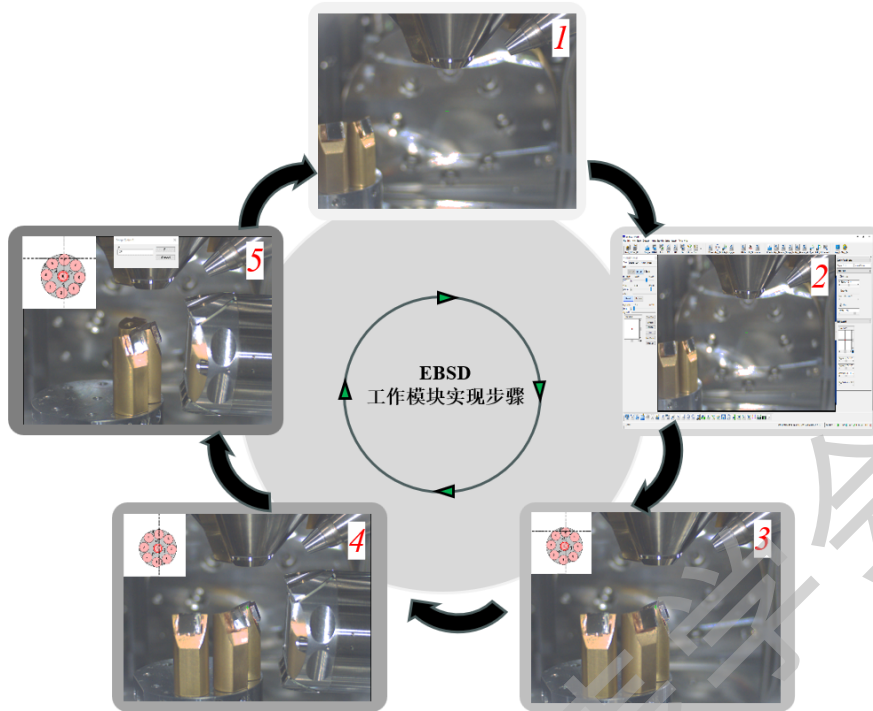


图 5 EBSD 测试流程化操作的具体实现步骤示意图

以上编辑设置完成后，如图 5 所示，EBSD 测试的实验操作可简化成如下具体步骤：(一) 安装样品，图 5(1)。(二) 点击 EBSD 工作区域的 EBSD\_ini 即可完成测试参数设置，图 5(2)。(三) 接着点击 stage\_5#，样品台移动到 5#基准位置，加高压和束流，找到测试位置聚焦，图 5(3)。(四) 插入 EBSD 探头开始测试。(五) 5#样品测试完毕后，点击 Stage Delta R，输入角度 -45°，切换到 6#样品继续测试，图 5(4)。(六) 点击 Stage\_Ini 测试结束后样品归位和取样，图 5(1)。由以上介绍可知，模块化设计后的实验测试相对于原始测试流程具有以下特点：

- (1) 参数初始化：由繁琐至简单；
- (2) 样品定位：由手动，盲试(需熟练)直接到指定最佳位置；
- (3) 样品切换：由慢、易出错至快速、准确；
- (4) 测试结束：由次序易出错而发生意外至易操作、更安全。

## 4 结论

本文基于蔡司 Crossbeam 550 扫描电镜实验平台，介绍了包含 SEM、EBSD、TKD、STEM 等流程化操作的设计思路，并详细讲解了 EBSD 测试操作流程化实现的应用案例。操作流程化的应用不仅可以提升日常操作培训的标准化和规范化，而且也提升了培训效率和操作安全性。从近三年的实际应用效果看，培训简单，易于推广，操作强度低，培训效率提高了

80%，安全性大幅提高，操作失误事故明显减少。同时本文旨在为相似的多功能大型检测仪器的规范管理和高效应用提供思路与参考。

#### 参考文献：

- [1] 曹艳芬, 曹方方, 孔强强, 等. 扫描电子显微镜用 X 射线能谱仪在定量分析中的应用[J]. 理化检验-物理分册, 2024, 60(09): 15-18.
- [2] 张玉桢, 黄仁忠, 谢迎春, 等. 扫描电镜分析测试多功能样品台: CN202023343497.7[P]. 2024-09-27.
- [3] 王珏. 电子背散射衍射 (EBSD) 技术在 REBCO 超导体 (RE=Y, Nd) 织构分析中的应用[D]. 沈阳: 东北大学, 2009.
- [4] 黄婷, 袁志钟. 慕课背景下材料科学与工程专业大型仪器实验教学模式探究——以透射电子显微镜为例[J]. 科技风, 2024, (12): 46-48.
- [5] 刘浴辉, 向东, 陈少才. 从牛津大学实验室安全管理看可操作性的重要作用[J]. 实验室研究与探索, 2011, 30(8): 5.
- [6] 詹美燕, 李春明. “互联网+”高校大型分析测试仪器开放共享的管理探索与实践——以华南理工大学材料平台公共分析测试中心为例[J]. 科技管理研究, 2020, 40(4): 5.