

文件编号: WU-ISCMS-QM 20243446

版本号: V1.0

受控状态:

分发号:

# 分子科学公共实验平台

## 质量管理文件

### 稳态瞬态显微荧光光谱仪

### Horiba Fluorolog-QM

### 标准操作规程

2024 年 5 月 9 日发布

年 月 日实施

分子科学公共实验平台 发布



修订页

| 修订日期       | 版本号 | 修订说明 | 修订  | 审核  | 批准 |
|------------|-----|------|-----|-----|----|
| 2024.05.08 | 1.0 | 初稿   | 赖润晨 | 陈银娟 |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |
|            |     |      |     |     |    |



# 目 录

|       |                                             |    |
|-------|---------------------------------------------|----|
| 1.    | 目的.....                                     | 1  |
| 2.    | 范围.....                                     | 1  |
| 3.    | 职责.....                                     | 1  |
| 4.    | 光谱实验室安全管理规范.....                            | 2  |
| 5.    | 光谱实验室仪器设备管理规范.....                          | 2  |
| 5.1.  | 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 使用制度.....   | 2  |
| 5.2.  | 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 预约制度.....   | 2  |
| 5.3.  | 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 培训考核制度..... | 3  |
| 5.4.  | 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 故障报告.....   | 4  |
| 6.    | 激光实验室安全管理规范.....                            | 4  |
| 7.    | 内容.....                                     | 5  |
| 7.1.  | 仪器硬件组成 .....                                | 5  |
| 7.2.  | 软件说明 .....                                  | 9  |
| 7.2.1 | 测试模式的选择.....                                | 9  |
| 7.2.2 | 文件保存方法.....                                 | 10 |
| 7.3.  | 稳态荧光光谱测试方法 .....                            | 11 |
| 7.3.1 | 使用 R13456 探测器检测稳态荧光光谱（200-950 nm）方法 .....   | 11 |
| 7.3.2 | 使用 R5509 探测器检测稳态荧光光谱（500-1700 nm）方法 .....   | 15 |
| 7.3.3 | 使用 PPD 探测器检测稳态荧光光谱（230-920 nm）方法.....       | 18 |
| 7.3.4 | 使用 IGA 探测器检测稳态荧光光谱（1000-2600 nm）方法.....     | 19 |
| 7.4.  | 磷光光谱测试方法 .....                              | 21 |
| 7.5.  | 荧光寿命（TCSPC 法）测试方法 .....                     | 24 |
| 7.6.  | 磷光寿命测试方法 .....                              | 26 |
| 7.6.1 | 使用闪烁氙灯作为光源.....                             | 26 |
| 7.6.2 | 使用 SpectraLED 作为光源.....                     | 28 |
| 7.7.  | 发光量子产率测试方法 .....                            | 30 |
| 7.7.1 | 液体样品的发光量子产率测试.....                          | 31 |

|       |                        |    |
|-------|------------------------|----|
| 7.7.2 | 固体/粉末样品的发光量子产率测试 ..... | 33 |
| 7.8.  | 微孔板附件使用方法 .....        | 34 |
| 7.9.  | 发光寿命拟合方法 .....         | 42 |
| 7.10. | 结束实验及待机检查.....         | 44 |
| 8.    | 相关/支撑性文件 .....         | 44 |
| 9.    | 记录.....                | 44 |

分子科学公共实验平台

## 1. 目的

建立稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 的标准使用操作规程, 使其被正确、规范地使用。

## 2. 范围

本规程适用于所有使用稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 的用户。

## 3. 职责

3.1 用户: 严格按本程序操作, 发现异常情况及时汇报实验室技术员。

3.2 实验室技术员: 确保操作人员经过相关培训, 并按本规程进行操作。

### 3.3 文章致谢格式

根据学校指导意见, 使用各校级平台仪器设备表征产生的科研成果必须致谢平台。如果您在文章成果中使用了光谱、色谱、磁共振波谱以及其他属于分子科学平台的仪器设备, 请务必在文末致谢分子科学公共实验平台。

英文文章致谢:

① Acknowledgement: The author thanks (Dr. XXX from) Instrumentation and Service Center for Molecular Sciences at Westlake University for (the assistance/discussion/supporting in) ... measurement/data interpretation.

② Coauthorship on the resulting publications would be appreciated if our staff make technical contributions (including but not limited to critical sample preparation, novel experiment designation and comprehensive data analyzation).

Affiliation address: "Key Laboratory of Precise Synthesis of Functional Molecules of Zhejiang Province, School of Science, Instrumentation and Service Center for Molecular Sciences, Westlake University, 18 Shilongshan Road, Hangzhou 310024, Zhejiang Province, China."

中文文章致谢:

① 致谢: 感谢西湖大学分子科学公共实验室平台 XXX 博士(或者 XXX 老师)在.....表征或数据分析上提供的帮助。

② 共同作者: 如果分子科学平台老师在您课题组样品表征或文章发表上有

重要技术贡献（包括但不限于关键样品制备、新型实验设计和深度数据分析），我们感谢您将相关老师列为共同作者，作者单位地址如下：西湖大学，分子科学公共实验平台，功能分子与精准合成浙江省重点实验室，杭州，310030，浙江。

#### 4. 光谱实验室安全管理规范

- 4.1 严格遵守光谱实验室的各项安全注意警示标示；
- 4.2 光谱实验室通道及消防紧急通道必须保持畅通，所有实验人员应了解消防器具与紧急逃生通道位置；
- 4.3 严禁戴手套接触门把手；
- 4.4 禁止随意丢弃实验废弃物，禁止将锐器、玻璃、注射针头、移液枪头丢弃在常规垃圾箱中；
- 4.5 实验室应保持整洁，严禁摆放与实验无关的物品（如食品、饮料等），严禁在实验室进食或抽烟，严禁动物进入实验室；
- 4.6 保持室内空气干燥，在潮湿的季节应该开启除湿机；
- 4.7 个人 U 盘、移动硬盘等易带入病毒的存储设备不得与工作站电脑连接；
- 4.8 非常规实验测试须经技术员同意，并在其指导下方可进行。

#### 5. 光谱实验室仪器设备管理规范

##### 5.1. 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 使用制度

该仪器遵从学校“科研设施与公共仪器中心”对大型仪器设备实行的管理办法和“集中投入、统一管理、开放公用、资源共享”的建设原则，面向校内所有教学、科研单位开放使用；根据使用机时适当收取费用；并在保障校内使用的同时，面向社会开放。

用户在“大型仪器管理系统”（以下简称大仪网）进行使用或送样预约，并按照要求登记预约信息。送样预约要求如下：

- 1) 送样前与仪器负责老师沟通样品信息；
- 2) 测试结果请自行在 Storage 网盘中下载；
- 3) 样品如需回收请在测试后尽快取回，一周未取回平台将作化学废弃物处理。

##### 5.2. 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 预约制度

为充分利用仪器效能、服务全校科研工作，根据测试内容与时间的不同，光

谱实验室制定了 7\*24 小时预约制度。根据预约制度可登陆大仪网站即时预约机时，包括周末；寒暑假及国庆假期将另行通知。

请严格遵守预约时间使用仪器，以免浪费机时。如需调换时间段，需在技术人员同意后可与其他使用者协商。因故不能在预约时间内测试者，请提前 30 分钟取消预约并告知技术员。如无故不遵预约使用，将被取消 1 个月的预约资格。

| 预约时段  |                         | 预约时间<br>(每人) | 测试内容                                               |
|-------|-------------------------|--------------|----------------------------------------------------|
| 周一至周日 | 自主测试<br>送样测试<br>维护/开发测试 | 无限制          | 1. 稳态荧光光谱测试；<br>2. 瞬态荧光光谱和动力学测试；<br>3. 光致发光量子效率测试。 |

- (1) 校内使用者须经过技术员的实验操作培训，考核合格后方可上机使用；
- (2) 实验开始时务必在实验记录本上登记，结束时如实记录仪器状态；
- (3) 严禁擅自处理、拆卸、调整仪器主要部件。使用期间如仪器出现故障，使用者须及时通知技术员，以便尽快维修或报修，隐瞒不报者将被追究责任，加重处理；
- (4) 因人为原因造成仪器故障的(如硬件损坏)，其导师课题组须承担维修费用；
- (5) 原始数据不允许在仪器工作站上删改，禁止用 U 盘与移动硬盘直接拷贝数据。使用者应根据要求通过科研仪器网/数据服务器传送下载原始数据至个人本地电脑，保存后并做数据处理；实验数据在本实验室电脑中保留 2 年。
- (6) 使用者应保持实验区域的卫生清洁，测试完毕请及时带走样品，技术员不负责保管。使用者若违犯以上条例，将酌情给予警告、通报批评、罚款及取消使用资格等惩罚措施。

### 5.3. 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 培训考核制度

校内教师、研究生均可提出预约申请，由技术员安排时间进行培训，培训内容包括仪器使用规章制度、送样须知及安全规范、基本硬件知识、标准操作规程（自主测试）及相应数据处理。

培训结束后，两周内培训者需管理人员监督下进行 3 次左右操作，培训者根

据自己的掌握程度,联系技术员进行上机考核。初级考核合格后,可在管理人员监督下上机操作,一周后复考;

实验室技术员认为培训者达到独立操作水平后,给予培训者授权在所允许的可操作实验 a 范围内独立使用仪器。如果因为人为操作错误导致仪器故障者,除按要求承担维修费用之外,给予重考惩罚、培训费翻倍。

对接受培训人员的核心要求:

- (1) 自主开机、关机;
- (2) 自主进行紫外、可见、近红外波段的稳态荧光光谱测量;
- (3) 自主进行紫外、可见、近红外波段的荧光/磷光衰减动力学和光谱测试;
- (4) 自主进行可见、近红外波段的光致发光量子效率测试。

#### 5.4. 稳态瞬态显微荧光光谱仪 Horiba Fluorolog-QM 故障报告

仪器使用过程中,光谱仪或激光器出现故障及错误提示信息时:

- (1) 应立刻通知技术员;
- (2) 请在第一时间将故障及错误提示信息截屏,并保存在桌面“Error Report”文件夹中,截屏文件命名请按照“导师名-用户名-样品名-故障时间(具体到分钟)”;在《仪器设备使用记录本》的备注栏做简单说明。

### 6. 激光实验室安全管理规范

- (1) 进入激光实验室前,请先确认已完成激光安全培训,并已与设备管理老师预约或已取得设备操作权限;
- (2) 激光部分波段工作时会发射人眼不可见的红外、紫外光,切勿认为激光器发生故障而去用眼睛检查,在检查激光器时一定要确保激光器处于断电;
- (3) 不可直视激光发射口或激光在反射平面上的反射光和散射光,即使佩戴了激光防护镜,也禁止直视;
- (4) 请注意一些波段的激光(如波长低于 430 nm 或高于 700 nm 的激光),其视觉强度会明显弱于实际强度。在使用红外激光时,由于波长 $>800$  nm 的激光几乎是完全不可见的,请您使用探测器或上转换片以确定激光的位置;
- (5) 在使用激光时,务必佩戴合适波段的激光防护眼镜,摘掉手表、戒指、耳环等一切可能反射或散射光线的装饰物。禁止穿着有亮片等装饰的衣服或

非常宽松的衣服进入实验室。长发的同学在进入实验室之前请先把头发盘好；

- (6) 请勿将眼睛或头部接近光路平面。如需蹲下, 请先转身背对光学平台;
- (7) 请使用挡光板或 beam dump 中止光路, 禁止在激光路径上放置易燃、易爆物品及黑色的纸张、布、皮革等燃点低的物质;
- (8) 请在实验环境末端放置黑色金属板以防止激光泄露到工作区以外的空间。

## 7. 内容

### 7.1. 仪器硬件组成

如图 7.1 和图 7.2 所示, Horiba Fluorolog-QM 稳态瞬态显微荧光光谱仪的主机部分由光源、样品仓、单色仪、检测器、显微镜及附件组成。下文将具体介绍各部分主要参数。

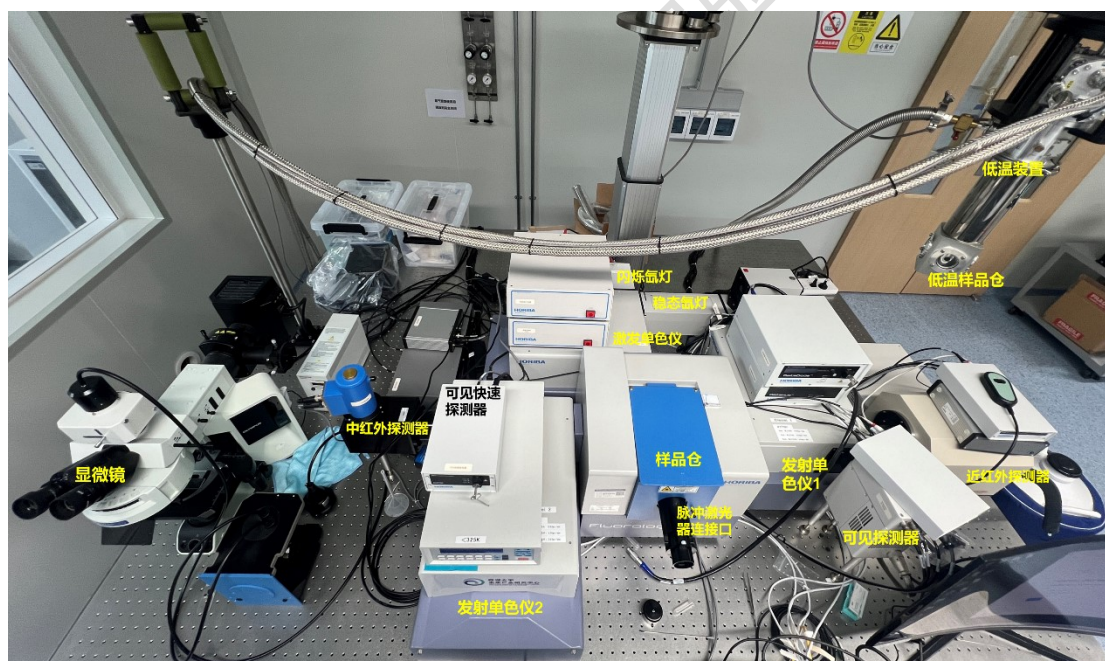


图 7.1. Horiba Fluorolog-QM 稳态瞬态显微荧光光谱仪的整机照片

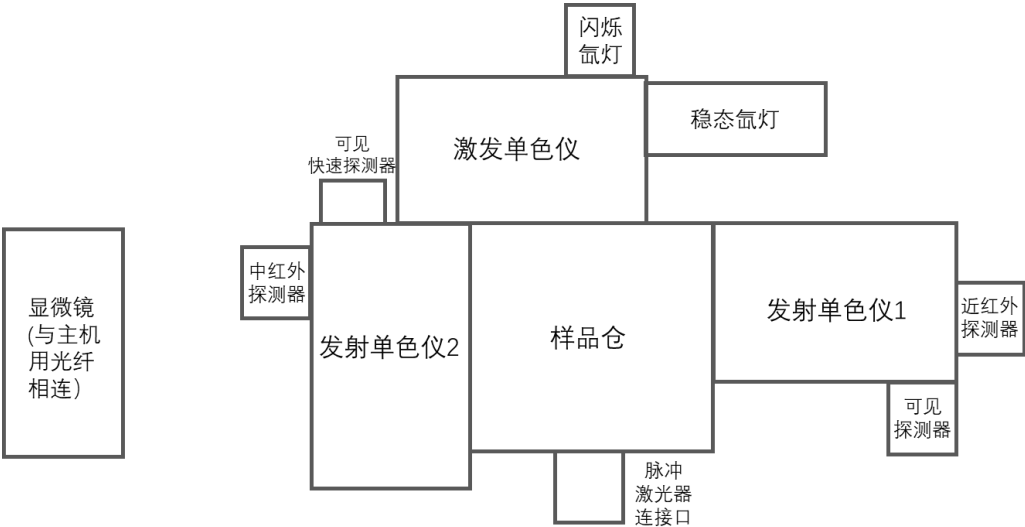


图 7.2. Horiba Fluorolog-QM 稳态瞬态显微荧光光谱仪主机结构示意图

仪器光源包括：稳态氙灯、闪烁氙灯、DeltaDiode (DD) 短脉冲激光器、SpectraLED 微秒脉冲光源等。其中脉冲光源的波长包括：

表 7.1. DeltaDiode 脉冲光源型号和波长列表

|                                                  |          |         |
|--------------------------------------------------|----------|---------|
| DeltaDiode<br>10 kHz – 50/100 MHz 可调<br>(共 15 个) | 型号       | 实际波长    |
|                                                  | DD-285   | 282 nm  |
|                                                  | DD-375L  | 372 nm  |
|                                                  | DD-405L  | 403 nm  |
|                                                  | DD-450L  | 453 nm  |
|                                                  | DD-485L  | 477 nm  |
|                                                  | DD-510L  | 502 nm  |
|                                                  | DD-532LN | 529 nm  |
|                                                  | DD-560LN | 559 nm  |
|                                                  | DD-595LN | 592 nm  |
|                                                  | DD-635L  | 629 nm  |
|                                                  | DD-670L  | 671 nm  |
|                                                  | DD-785L  | 773 nm  |
|                                                  | DD-830L  | 821 nm  |
|                                                  | DD-980L  | 967 nm  |
|                                                  | DD-1310L | 1297 nm |

表 7.2. SpectraLED 脉冲光源型号、波长和光谱宽度

|            |    |      |      |
|------------|----|------|------|
| SpectraLED | 型号 | 实际波长 | 光谱宽度 |
|------------|----|------|------|

|                      |                 |         |        |
|----------------------|-----------------|---------|--------|
| 用于测微秒量级寿命<br>(共 2 个) |                 |         | (FWHM) |
|                      | SpectraLED-340  | 340 nm  | 8 nm   |
|                      | SpectraLED-1275 | 1289 nm | 70 nm  |

光源实物如下图所示；稳态氙灯和脉冲氙灯与主机连接在一起，其余脉冲光源放置于仪器光学平台侧面的干燥柜中。**请使用完毕后及时摆放回干燥柜中相应位置。**



图 7.3. 稳态氙灯、闪烁氙灯和脉冲光源照片

氙灯和闪烁氙灯连有激发单色仪，通过激发单色仪选出一定波长和光谱宽度的激发光进入样品仓。激发单色仪配备的光栅参数如下：

表 7.3. 激发单色仪光栅参数

|       |    |     |                              |
|-------|----|-----|------------------------------|
| 激发单色仪 | 光栅 | Ex1 | 闪耀波长 300 nm<br>刻线数 1200gr/mm |
|       |    | Ex2 | 闪耀波长 750 nm<br>刻线数 600gr/mm  |

仪器的检测单色仪、光栅、探测器如下：

如图 7.4 所示，面向样品仓时，发射单色仪 1 位于样品仓的右边，发射单色仪 2 位于样品仓的左边，分别具有三块光栅并连接有两个检测器，光栅和检测器参数如下（相应标签贴在仪器外壳上）：

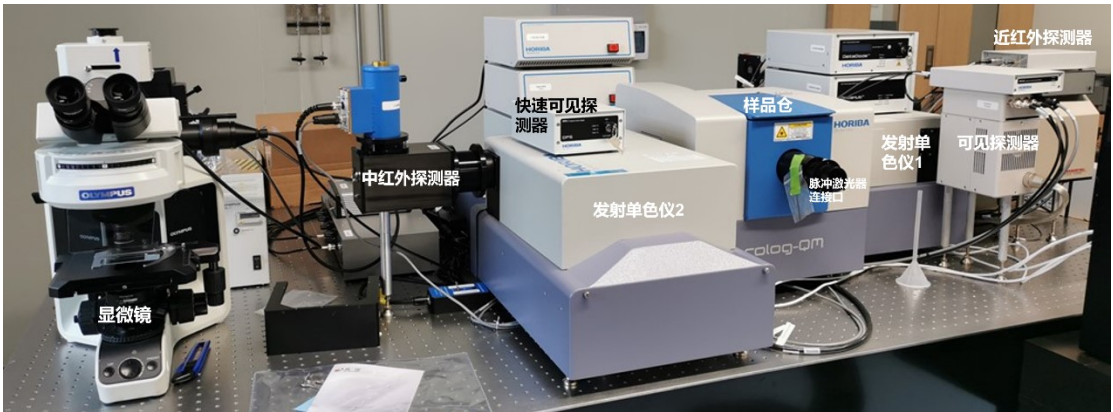


图 7.4. 检测单色仪、探测器照片

表 7.4. Horiba FL-QM 荧光光谱仪发射单色仪 1 内部光栅和探测器配置

|                      |     |     |                                   |
|----------------------|-----|-----|-----------------------------------|
| 发射单色仪 1<br>Channel 1 | 光栅  | Em1 | 闪耀波长 400 nm<br>刻线数 1200 gr/mm     |
|                      |     | Em2 | 闪耀波长 750 nm<br>刻线数 1200 gr/mm     |
|                      |     | Em3 | 闪耀波长 1250 nm<br>刻线数 600 gr/mm     |
|                      | 检测器 | 可见  | 滨松 R13456<br>波长范围 190-950 nm      |
|                      |     | 近红外 | 滨松 R5509，液氮制冷<br>波长范围 300-1700 nm |

表 7.4. Horiba FL-QM 荧光光谱仪发射单色仪 2 内部光栅和探测器配置

|                      |     |     |                                   |
|----------------------|-----|-----|-----------------------------------|
| 发射单色仪 2<br>Channel 2 | 光栅  | Em1 | 闪耀波长 500 nm<br>刻线数 1200 gr/mm     |
|                      |     | Em2 | 闪耀波长 1000 nm<br>刻线数 600 gr/mm     |
|                      |     | Em3 | 闪耀波长 1250 nm<br>刻线数 300 gr/mm     |
|                      | 检测器 | 可见  | PPD 快速检测器<br>波长范围 230-900 nm      |
|                      |     | 中红外 | InGaAs 检测器，液氮制冷，波长范围 1000-2600 nm |

不同的光源、探测器有各自的控制电源，启动和关闭方法将在后续的功能说

明中介绍。

7.2. 软件说明

7.2.1 测试模式的选择

点击电脑屏幕上的图标进入测试软件。打开软件后，先选择测试模式，参加图 7.4，具体说明如下：

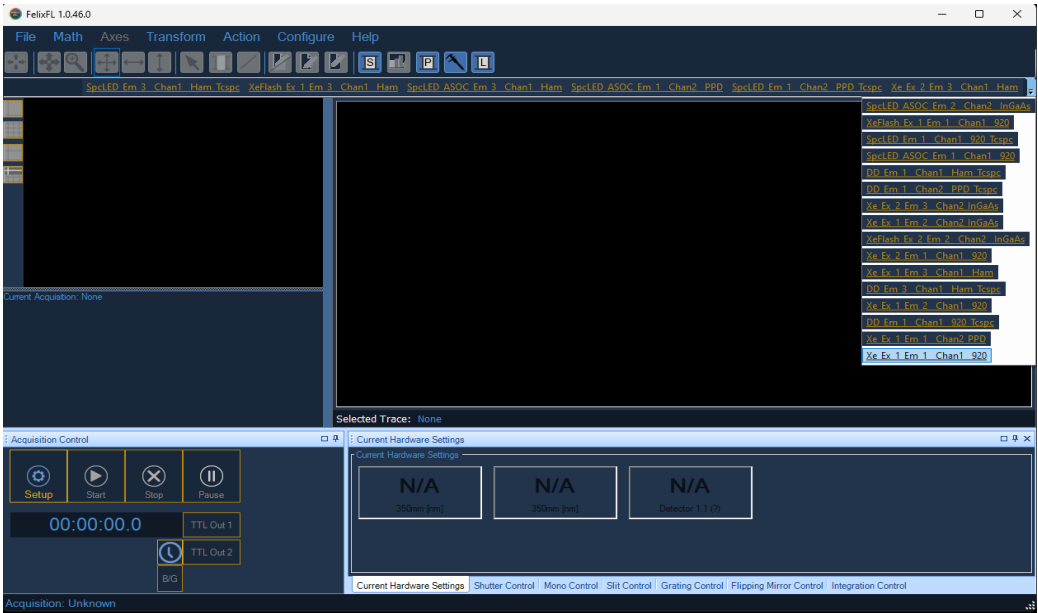


图 7.5. FelixFL 软件中测试模式选择列表

测试模式由一系列缩写组成，命名规则为“光源\_激发光栅\_发射单色仪\_光栅\_\_探测器\_计数器”，其中 Ex、Em 和 Chan 对应的错误!未找到引用源。、错误!未找到引用源。和错误!未找到引用源。标注的激发、发射单色仪和对应的内部光栅，其余具体解释如下表：

表 7.6. FelixFL 软件测试模式缩写解释

| 光源      |                 | 探测器    |              | 计数器                    |              |
|---------|-----------------|--------|--------------|------------------------|--------------|
| 缩写      | 含义              | 缩写     | 含义           | 缩写                     | 含义           |
| Xe      | 稳态氙灯            | 920    | R13456 可见探测器 | /                      | 稳态光谱测试       |
| DD      | DeltaDiode 脉冲光源 | Ham    | R5509 近红外探测器 | TCSPC                  | 单光子计数法测量荧光衰减 |
| SpcLED  | SpectraLED 脉冲光源 | PPD    | PPD 可见探测器    | ASOC (SpcLED_ASOC_***) | SSTD 法测量荧光衰减 |
| XeFlash | 闪烁氙灯            | InGaAs | IGA 近红外      |                        |              |

|  |  |  |     |  |  |
|--|--|--|-----|--|--|
|  |  |  | 探测器 |  |  |
|--|--|--|-----|--|--|

例如：

- Xe\_Ex1\_Em1\_Chan1\_920：使用氙灯光源，激发单色仪选用第一块光栅（1200 gr/mm，300 nm），发射单色仪选用样品仓右边 1 号单色仪，发射光栅选用第一块光栅（1200 gr/mm，400 nm），R13456 检测器收集。功能为氙灯激发，采集可见端发射信号；
- Xe\_Ex1\_Em2\_Chan1\_Ham：使用氙灯光源，激发单色仪选用第一块光栅（1200 gr/mm，300 nm），发射单色仪选用样品仓右边 1 号单色仪，发射光栅选用第二块光栅（1200 gr/mm，600 nm），滨松 R5509 检测器收集。功能为氙灯激发，采集近红外发射信号；
- DD\_Em1\_Chan1\_920\_TCSPC：使用 DeltaDiode 光源，发射光栅选择第一块（1200 gr/mm，400 nm），发射单色仪选用样品仓右边 1 号单色仪，发射光栅选用第一块光栅（1200 gr/mm，400 nm），R13456 检测器收集。功能为：使用 DD 光源，收集可见段的荧光寿命信号。

点击测试模式后，软件会自动设定硬件及其之间的连接。如不弹出报错对话框，则设置成功。**使用 SpectraLED（标注为 SpcLED）的测试必须先成功选择测试模式、再连接光源，否则光源必烧坏。**

7.2.2 文件保存方法

打开软件后第一次采集数据时，软件的最左侧会出现数据浏览栏并新建一个 Acquisition。下一次采集的数据会默认附在第一次建立的 Acquisition 系列中。每条曲线默认的文件名会标识文件类型(光谱曲线以 D 开头、衰减曲线以 T 开头)、激发光波长和探测波长，如下图中左侧列表所示：



图 7.6. Felix 软件采集数据的列表和储存方式

可在采集空闲（即不在采谱进行中）时选中已采集的曲线并右键单击更改曲线的名称。整个 Acquisition 文件可在 File—Save Record As...选项中保存为只可用该软件打开的原始格式文件。原始格式文件中的每条曲线并不会自动导出为.txt 格式，需要右键单击该曲线条目并使用“Export Trace”功能，将导出格式选为.txt，以便之后用其他数据处理软件打开。

### 7.3. 稳态荧光光谱测试方法

#### 7.3.1 使用 R13456 探测器检测稳态荧光光谱（200-950 nm）方法

先打开光学平台背后支架上的两个接线板开关，再打开氙灯电源、数据采集器电源和样品仓电源，三者开机顺序不分先后。

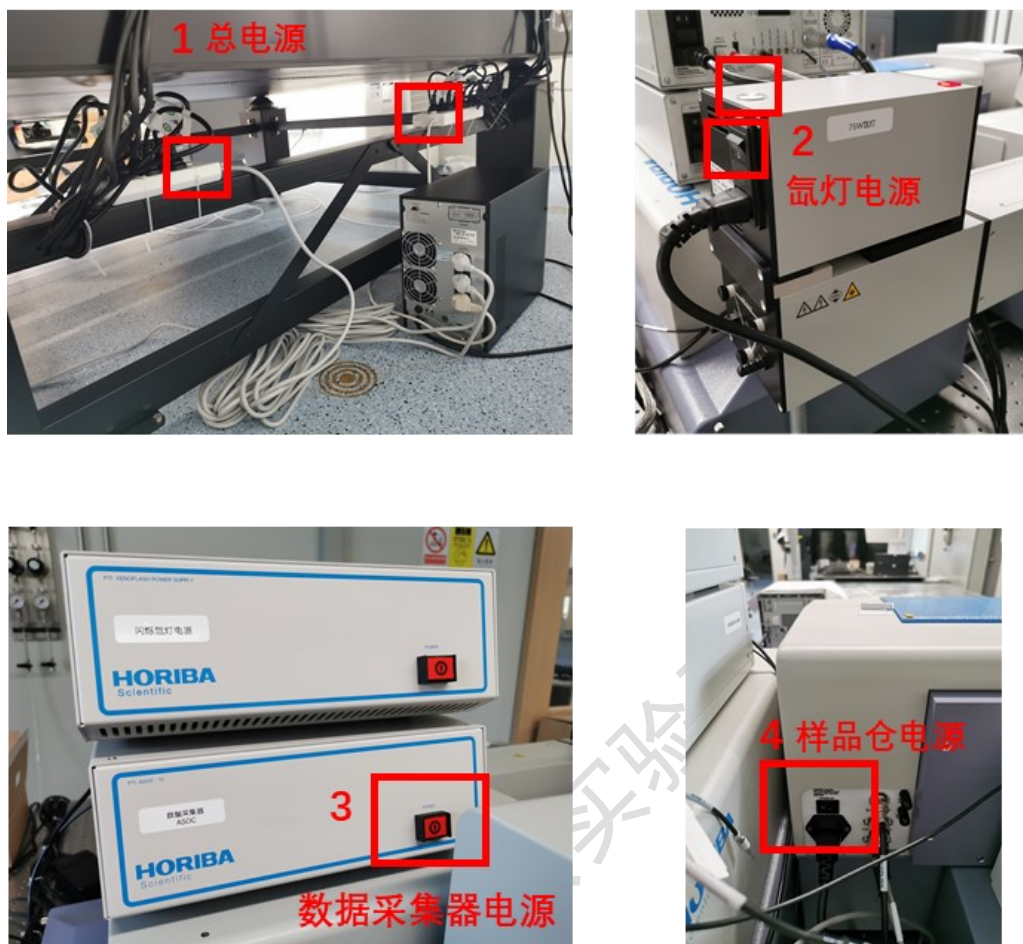


图 7.7. Horiba Fluorolog-QM 稳态荧光光谱测试开机顺序（除探测器）

打开滨松 R13456 检测器（软件中的标示为“920”）：



图 7.8. 滨松 R13456 检测器开启方法

滨松 R13456 检测器的控制盒摆放在仪器右侧。如图 7.7 所示，打开电源按钮后，等待 10-20 分钟直至冷却指示灯亮后方可给探测器加压。缓慢沿顺时针方向加电压至-1100 V。施加给探测器的电压不可超过-1100 V，因此在电压加至-1050 V 之后需额外小心操作。

硬件开启完成后，点击电脑屏幕上的  图标进入测试软件，选择“Xe\_\*\*\*\_\*\*\*\_Chan1\_920”测试模式：

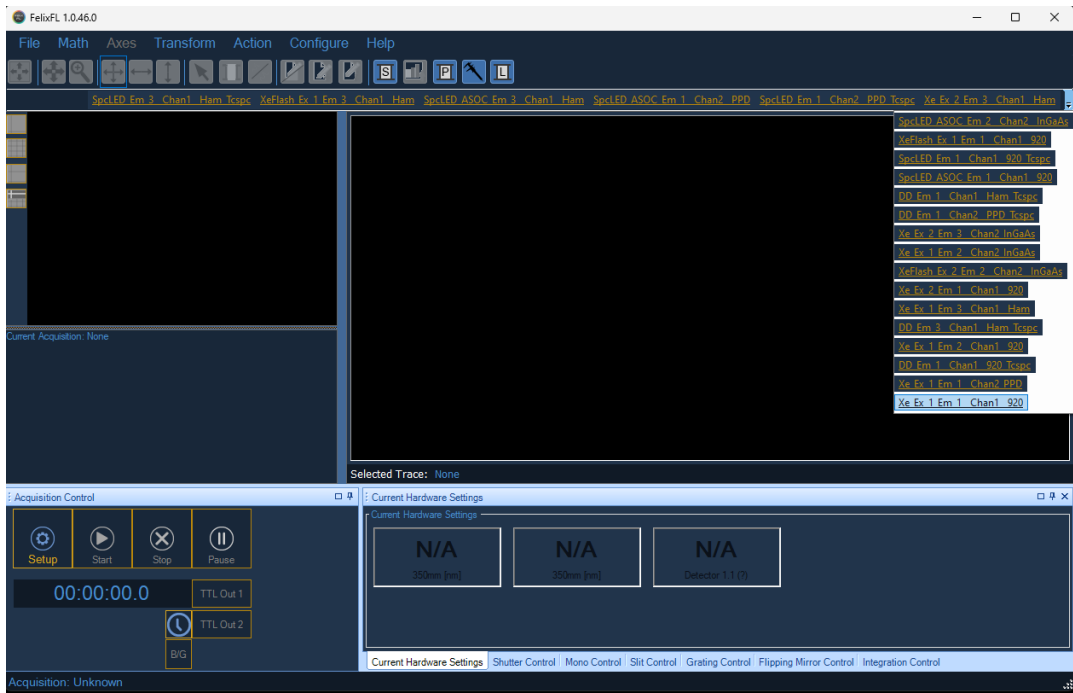


图 7.9. FelixFL 软件中测试模式选择列表

点击测试模式后，软件会自动设定硬件及其之间的连接。如不弹出报错对话框，则设置成功。

点击左下角的  按钮进入测量参数设置界面：



图 7.10. 测量参数设置主界面。在这个界面上选择要进行的测试内容

点击“Emission Scan”按钮，在接下来的标签中设置扫描、实时处理和显示参数。常用的几个设置页面和对应说明如下：



图 7.4. Emission Scan 参数设置的几个主要标签页

设置结束后, 点击“Accept”按钮确认参数设置, 此窗口随后会自动关闭, 回到软件主界面。

软件右下角的显示栏提供实时信号预览, 可以改变激发、发射的波长和狭缝大小, 预览探测器读数。需要注意的是, 此处激发和发射参数不受 **Setup** 参数控制, 改变它们也不会改变 **Setup** 中的扫描参数; 在此处改变激发或发射单色仪的狭缝宽度, 另一个单色仪的狭缝宽度会同时改变, 且有时候设置不灵敏, 因此在 **Open Shutter** 预览强度前要额外注意检查硬件参数是否已更新。



图 7.5. FelixFL 右下角实时监测读数界面的使用方法

点击  按钮开始测试。在测试过程中需时刻注意测量原始数据曲线的读数。滨松 R13456 探测器接收信号的原始读数不可超过 10000000 或 1E+7 cps，若读数超过上限，探测器会累积电荷，导致背景异常（超高）。此时需要立即将探测器电压降为 0 后断电，等待数小时后再开启使用。

### 7.3.2 使用 R5509 探测器检测稳态荧光光谱（500-1700 nm）方法

先打开光学平台背后支架上的两个接线板开关，再打开氙灯电源、数据采集器电源和样品仓电源，三者开机顺序不分先后。

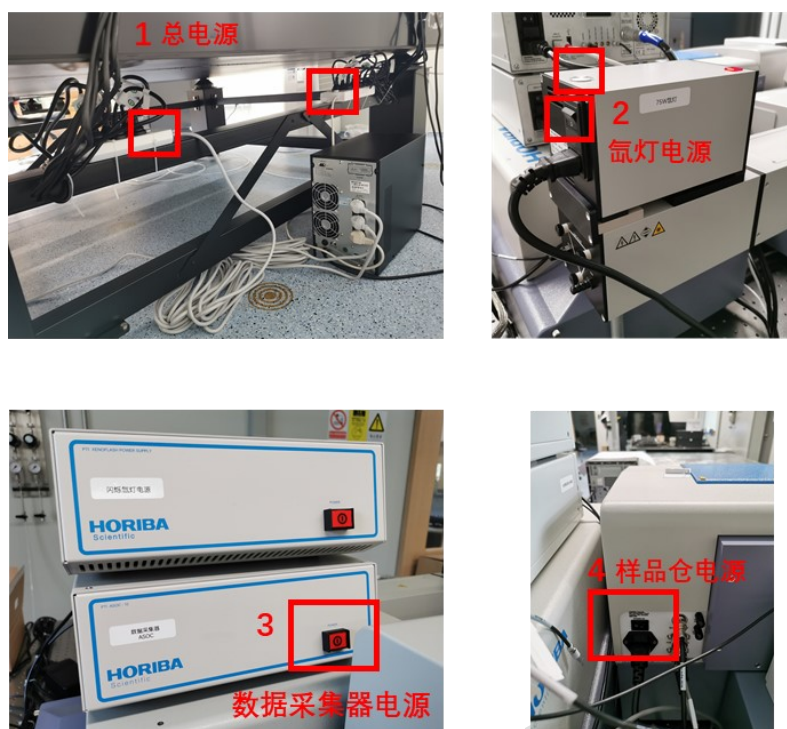


图 7.6. Horiba Fluorolog-QM 稳态荧光光谱测试开机顺序（除探测器）

打开滨松 R5509 近红外检测器（软件中的标示为“Ham”）：先将探测器的液氮抽取口浸入液氮桶中（请保证桶中有超过一半的液氮量），打开泵，确认泵开始工作且屏幕上显示的温度开始下降。当屏幕显示温度达到-80℃后，继续保持制冷 2 小时，再按照下图的方式给探测器加上高压，稳定 2 小时后可开始测试。



图 7.7. 滨松 R5509 检测器开启方法

硬件开启完成后，点击电脑屏幕上的  图标进入测试软件，选择

“Xe\_\*\*\*\_\*\*\*\_Chan1\_Ham”测试模式并点击，软件会自动设定硬件及其之间的连接。如不弹出报错对话框，则设置成功。



点击左下角的  按钮进入测量参数设置界面，参数设置方法请见 7.3.1 小节图 7.和图 7.。设置结束后，点击“Accept”按钮确认参数设置。此窗口会自动关闭，回到软件主界面。

软件右下角的显示栏提供实时信号预览，可以改变激发、发射的波长和狭缝大小，预览探测器读数。需要注意的是，此处激发和发射参数不受 Setup 参数控制，改变它们也不会改变 Setup 中的扫描参数；在此处改变激发或发射单色仪的狭缝宽度，另一个单色仪的狭缝宽度会同时改变，且有时候设置不灵敏，因此在 Open Shutter 预览强度前要额外注意检查硬件参数是否已更新。

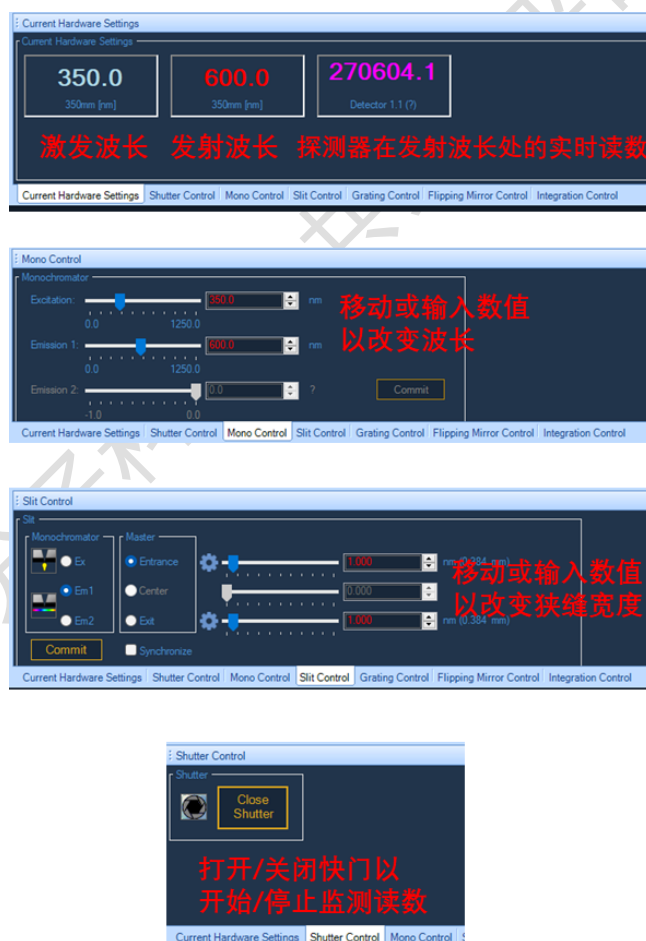


图 7.8. FelixFL 右下角实时监测读数界面的使用方法



点击  按钮开始测试。在测试过程中需时刻注意测量原始数据曲线的读

数。滨松 R5509 探测器接收信号的原始读数不可超过 10000000 或  $1\text{E}+7$  cps，若读数超过上限，探测器会累积电荷，导致背景异常（超高）。此时需要将探测器电压降为 0 后断电，等待数小时后再开启使用。

### 7.3.3 使用 PPD 探测器检测稳态荧光光谱（230-920 nm）方法

先打开光学平台背后支架上的两个接线板开关，再打开氙灯电源、数据采集器电源和样品仓电源，三者开机顺序不分先后。

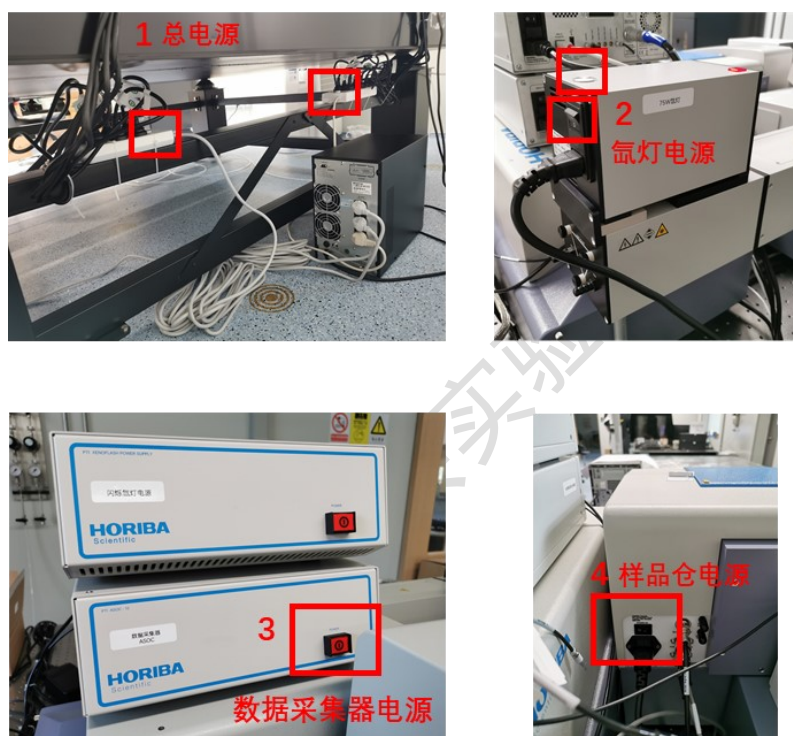


图 7.9. Horiba Fluorolog-QM 稳态荧光光谱测试开机顺序（除探测器）

打开：PPD 可见检测器（软件中的标示为“PPD”）：PPD 检测器的控制盒摆放在发射单色仪 2 的上方。先打开控制盒背后的开关至“1”位置，待前面板“Power”和“Cooler”指示灯亮后，拧动钥匙至“On”位置，即可使用。

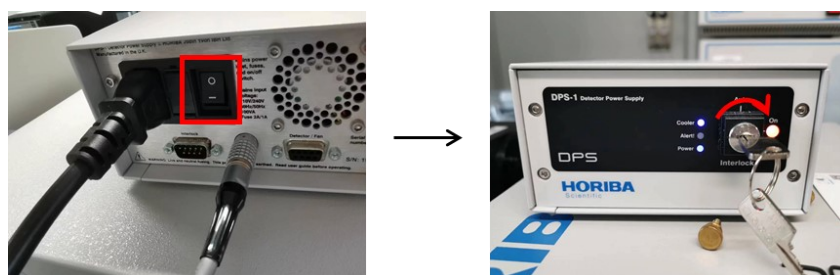


图 7.10. PPD 可见检测器开机方法



硬件开启完成后, 点击电脑屏幕上的  图标进入测试软件, 选择 “Xe\_\*\*\*\_Em1\_Ch2\_PPD” 测试模式并点击, 软件会自动设定硬件及其之间的连接。如不弹出报错对话框, 则设置成功。



点击左下角的  按钮进入测量参数设置界面, 参数设置方法请见 7.3.1 小节图 7.和图 7.。设置结束后, 点击 “Accept” 按钮确认参数设置。此窗口会自动关闭, 回到软件主界面。

软件右下角的显示栏提供实时信号预览, 可以改变激发、发射的波长和狭缝大小, 预览探测器读数。需要注意的是, 此处激发和发射参数不受 Setup 参数控制, 改变它们也不会改变 Setup 中的扫描参数; 在此处改变激发或发射单色仪的狭缝宽度, 另一个单色仪的狭缝宽度会同时改变, 且有时候设置不灵敏, 因此在 Open Shutter 预览强度前要额外注意检查硬件参数是否已更新。



点击  按钮开始测试。在测试过程中需时刻注意测量原始数据曲线的读数。PPD 探测器接收信号的原始读数不可超过  $10000000/1E+7$  cps, 若读数超过上限, 探测器会累积电荷, 导致背景异常 (超高)。此时需关闭探测器, 等待数小时后再开启使用。

PPD 探测器测到的荧光光谱, 纵坐标为 count/s, 即读数不随积分时间变化。

#### 7.3.4 使用 IGA 探测器检测稳态荧光光谱 (1000-2600 nm) 方法

先打开光学平台背后支架上的两个接线板开关, 再打开氙灯电源、数据采集器电源和样品仓电源, 三者开机顺序不分先后。

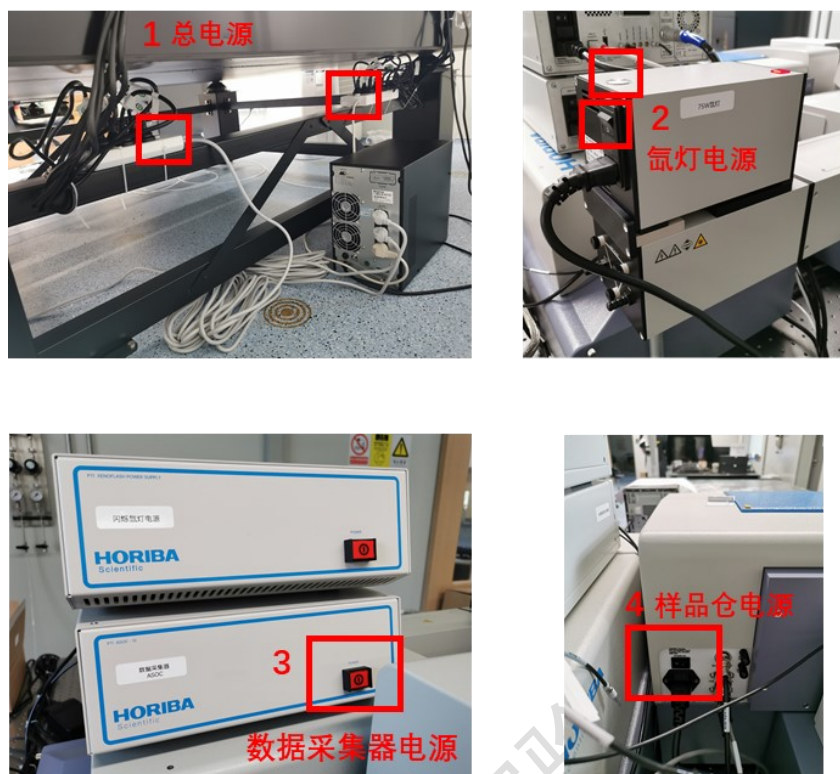


图 7.11. Horiba Fluorolog-QM 稳态荧光光谱测试开机顺序（除探测器）

打开 InGaAs 近红外检测器（软件中的标示为“InGaAs”）：InGaAs 探测器的开关在探测器下方的桌面上。使用 InGaAs 探测器时，先打开探测器顶部的金属盖，用塑料长颈小漏斗每次少量灌注一定量的液氮，液氮灌满后维持探测器测试 1-2 小时。再将开关拨到“On”的位置。一定要先加灌液氮再打开开关。检查探测器后端的增益开关是否处于“High”，如果不是，请将开关拨到“High”档位。

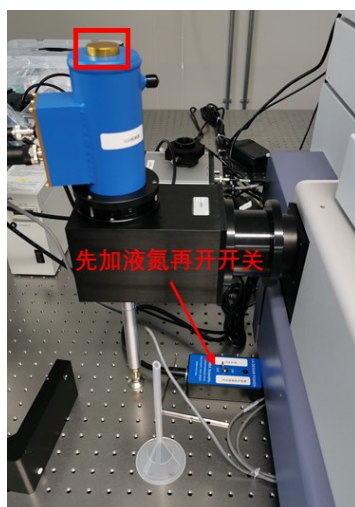


图 7.12. InGaAs 近红外探测器开机方法

再打开 IGA 检测器附近的斩波器和锁相放大器开关:

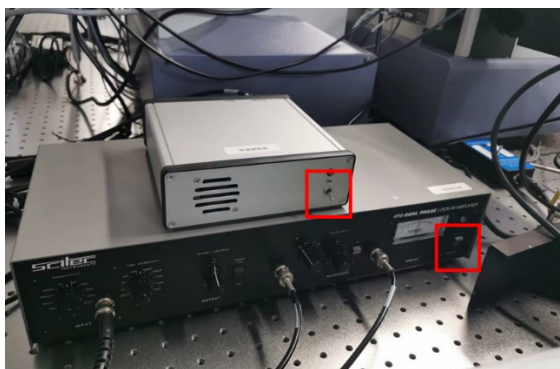
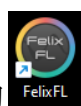
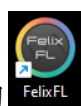


图 7.20. 用于 IGA 探测器测量中红外稳态光谱的锁相放大器和斩波器开关位置



硬件开启完成后, 点击电脑屏幕上的  图标进入测试软件, 选择“Xe\_\*\*\*\_\*\*\*\_Chan2\_InGaAs”测试模式。点击测试模式后, 软件会自动设定硬件及其之间的连接。如不弹出报错对话框, 则设置成功。



点击左下角的  按钮进入测量参数设置界面, 参数设置方法请见 7.3.1 小节图 7.和图 7.。设置结束后, 点击“Accept”按钮确认参数设置。此窗口会自动关闭, 回到软件主界面。

软件右下角的显示栏提供实时信号预览, 可以改变激发、发射的波长和狭缝大小, 预览探测器读数。需要注意的是, 此处激发和发射参数不受 Setup 参数控制, 改变它们也不会改变 Setup 中的扫描参数; 在此处改变激发或发射单色仪的狭缝宽度, 另一个单色仪的狭缝宽度会同时改变, 且有时候设置不灵敏, 因此在 Open Shutter 预览强度前要额外注意检查硬件参数是否已更新。

IGA 探测器的使用注意点: 测得信号的最大值和最小值之间的差不可大于 10 V。

#### 7.4. 磷光光谱测试方法

磷光光谱的测试使用闪烁氙灯为光源, 主机的开机方法如下: 检测器的开机方法参见 7.3 小节: 稳态荧光光谱的测试方法。

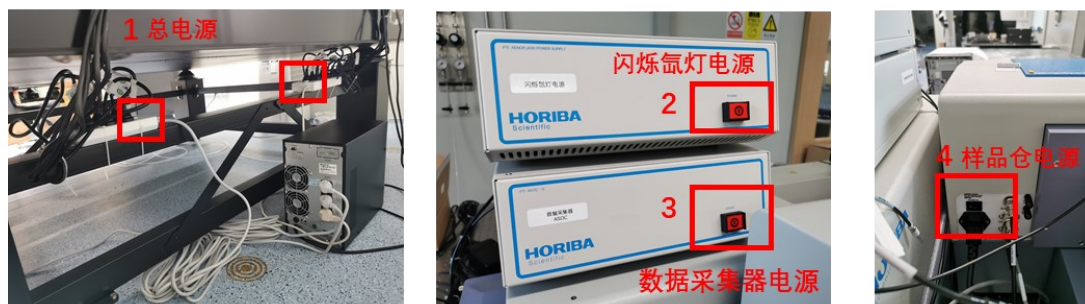


图 7.13. 闪烁氙灯开启方法

以下以单色仪 1、可见光探测器 R13456 为例，描述磷光光谱的测试方法。



硬件开启完成后，点击电脑屏幕上的 FelixFL 图标进入测试软件，选择测试模式“XeFlash\_Ex1\_Em1\_Chan1\_920”。点击测试模式后，软件会自动设定硬件及其之间的连接。如不弹出报错对话框，则设置成功。



图 7.14. 使用闪烁氙灯作为光源测试磷光光谱时选择的测试模式  
(以 1 号单色仪、1 号光栅、R13456 探测器为例)



点击左下角的  按钮进入测量参数设置界面，选择“Time Resolved Emission Scan”按钮，在下方窗口和标签页中设置参数：



图 7.15. 使用闪烁氙灯作为光源测试磷光光谱时扫描参数的设置

最右边一栏参数的具体设置和含义为：

**Start Time:** 磷光采集开始的时间，指氙灯脉冲关闭后间隔多久开始收集磷光；可设置范围为 0 到 10000，建议使用 100，100 以内会有闪烁氙灯干扰；

**End Time:** 默认为 1000，与 Start time 差值为测试时间窗口，为样品寿命的 5~10 倍；

**Lamp Frequency:** 灯的闪烁频率，频率越高，能测试的窗口范围越短。若设置的 End time 超过了 1/frequency，在设置页面不会报错，但点击采集按钮后会立刻停止、不显示曲线。



设置完成后点击  按钮开始测试。每个探测器的最高光子计数率限制与测稳态荧光光谱的设置相同。

### 7.5. 荧光寿命 (TCSPC 法) 测试方法

使用 DD 激光器测试荧光寿命的方法如下。

首先, 选择合适波长的 DD 激光器, 在仪器前方找到它的电源/控制线, 以下图左图的方式, 将激光器后端的连接口与控制线相连, 再将它用荧光寿命专用的样品仓模块激光器接口上的顶丝固定在激光器的进光口上。此时请注意, 样品仓内部氙灯/闪烁氙灯的进光口需要用黑色挡板挡上, 以免激光进入氙灯激发光路、破坏光路元件。



图 7.16. DD 激光器的硬件摆放方法

打开 DD 光源控制盒和 TCSPC 数据采集卡的开关 (如图 7., 位于发射单色仪 1 上方), 并确认数据采集卡右下角标注“STOP 1”的接口处连接了所选用的检测器的连线。有三个检测器可用于 TCSPC 测试, 分别为 R13456 (即配置文件中的 920)、R5509 (即配置文件中的 Ham) 和 PPD。

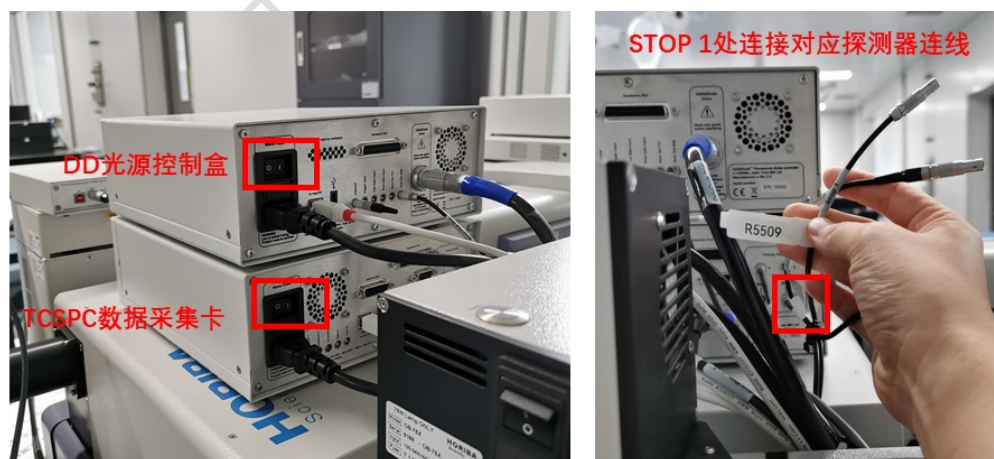


图 7.17. TCSPC 数据采集所需控制硬件的开启和连接

如探测器选用 R5509, 还有一个额外的接线需要更改。在 R5509 探测器后端有一个 SIG 信号出口, 一般情况下它由一根短的、直角 BNC 接头与采集稳态光

谱所用板卡相连。当进行 TCSPC 测试时, 它需要与上方的 CFD 板卡相连, 此时将原先的直角 BNC 接头取下、更换放置在旁边的与 CFD 板卡相连的 BNC 线。请注意, 更换此连接线时, 必须在探测器未加高压的前提下进行, 否则会损坏探测器。

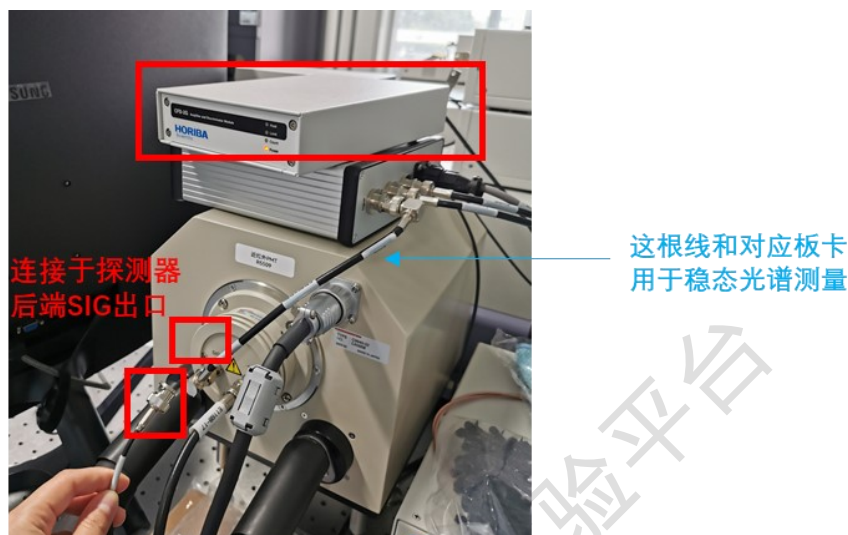


图 7.18. R5509 用于 TCSPC 测量时信号输出线的更换

在软件的测试模式中选择“DD\_\*\*\*\_\*\*\*\*\_\*\*\*\_TCSPC”测试模式, 点击左下

角的  按钮进入测量参数设置界面, 选择“Decay”按钮:

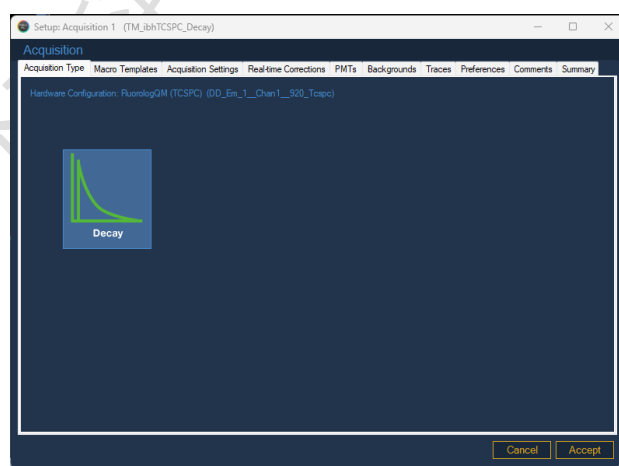


图 7.19. TCSPC 测试荧光寿命的方法选择页面

在下方所示窗口和标签页中设置参数:

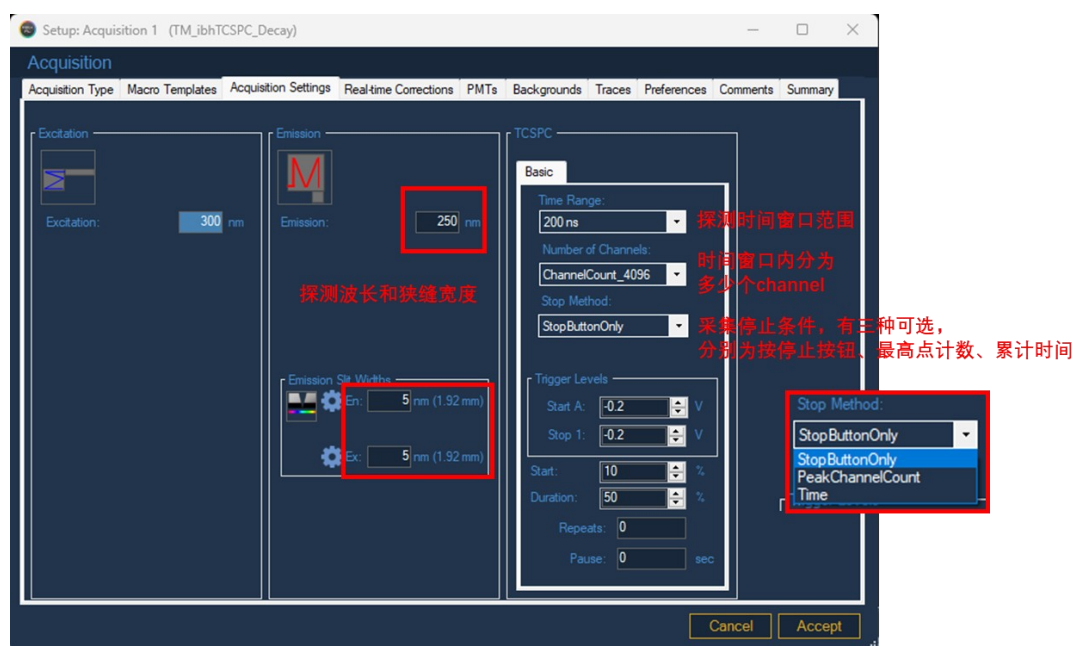
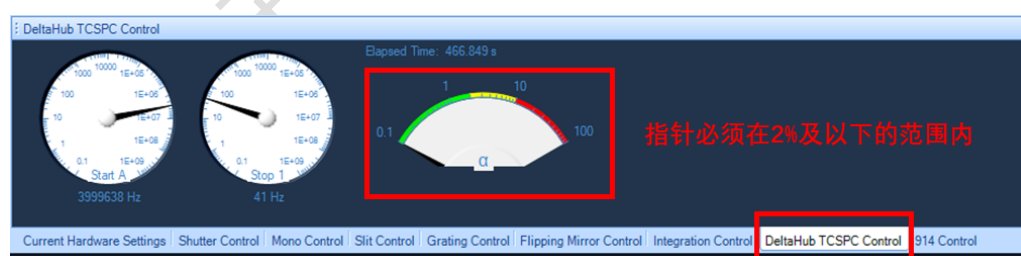


图 7.20. TCSPC 测试荧光寿命的参数设置页面

点击“Accept”保存并退出参数设置, 点击  按钮开始测试。开始测试后, 软件窗口右下角的“DeltaHub TCSPC Control”标签页中会显示三个表盘, 左边表盘为激光器的激发频率, 中间表盘为探测器接收到的荧光光子频率, 最右边表盘则显示荧光光子频率与激发频率之比, 用指针显示。在测试中, **必须保持这个比值不超过 2% (即表盘中的绿色区域)**, 才能确保测得的衰减曲线准确。如果这个比值超过了 2%, 则应停止测试, 降低探测端狭缝宽度, 再重新开始测试。



## 7.6. 磷光寿命测试方法

### 7.6.1 使用闪烁氙灯作为光源

主机、光源、检测器的开启方式参见 7.3 和 7.4 小节, 测试模式根据需要的栅和检测器, 按照 7.4 磷光光谱测试方法选择对应的模式。使用闪烁氙灯作为光源测试磷光光谱或磷光寿命, 不需要区分测试模式, 只需要关注激发光栅、发射单色仪、光栅和探测器即可。

点击左下角的  按钮进入测量参数设置界面，选择“Phosphorescence Decay”按钮，在下方窗口和标签页中设置参数：

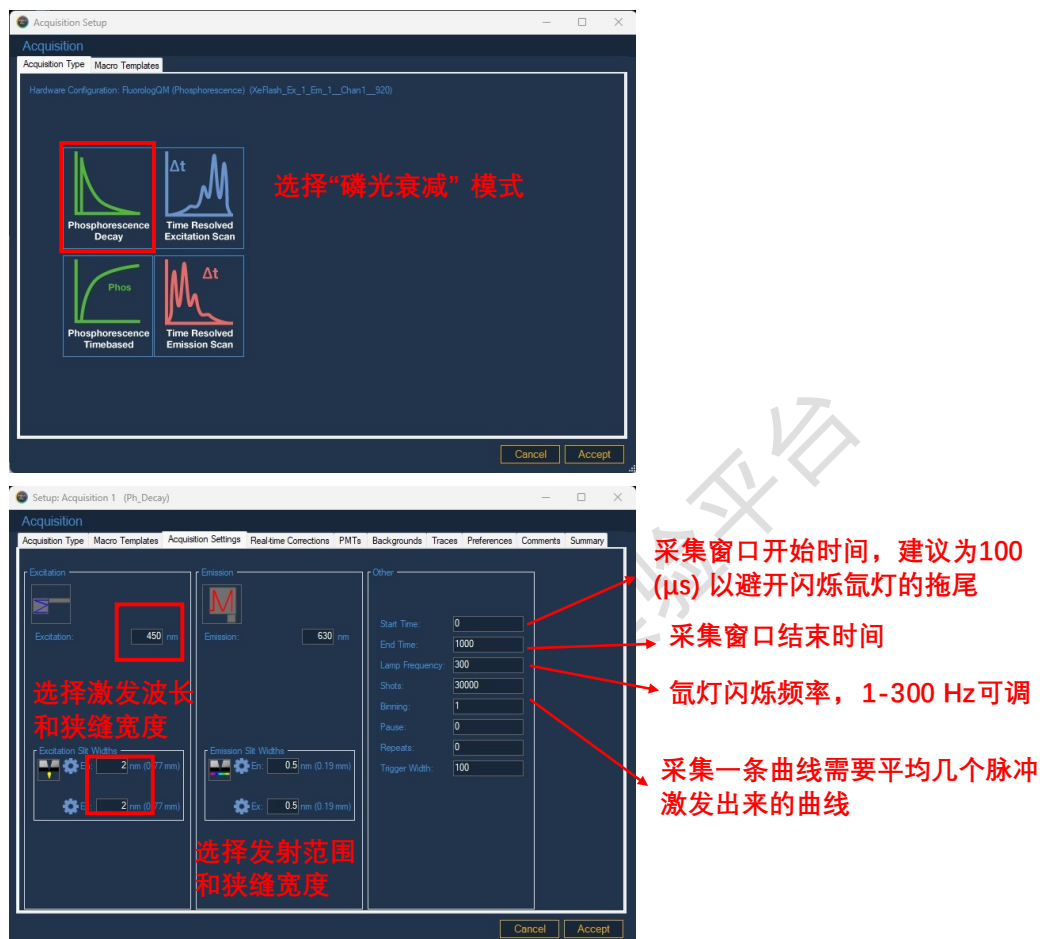


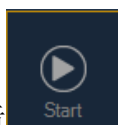
图 7.21. 使用闪烁氙灯作为光源测试磷光衰减曲线时参数的设置

最右边一栏参数的具体设置和含义为：

**Start Time:** 磷光采集开始的时间，指氙灯脉冲关闭后间隔多久开始收集光子；默认为 0，可设置范围为 0 到 10000，**建议使用 100**，100 以内会有闪烁氙灯干扰；

**End Time:** 默认为 1000，与 Start time 差值为测试时间窗口，为样品寿命的 5~10 倍；

**Lamp Frequency:** 灯的闪烁频率，频率越高，能测试的窗口范围越短。若设置的 End time 超过了 1/frequency，在设置页面不会报错，但点击采集按钮后会立刻停止、不显示曲线。



设置完成后点击 **Start** 按钮开始测试。磷光衰减曲线的最大值不可超过 10 V，超过或接近 10 V 时软件会提示 Saturation。

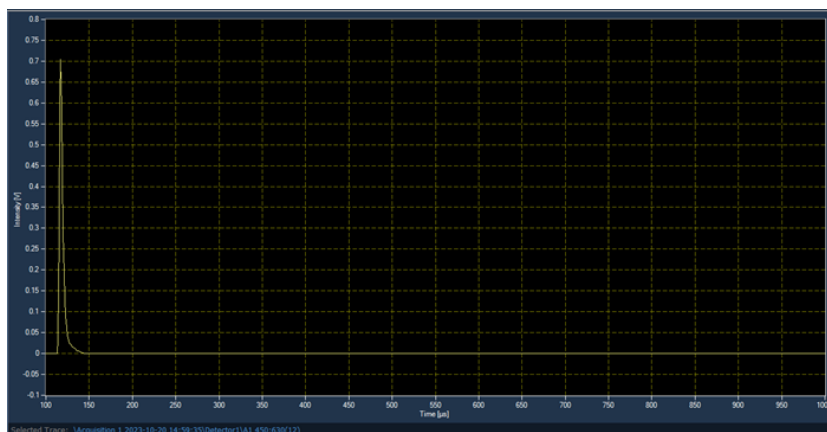


图 7.30. 磷光衰减曲线示意图。最高值不可超过 10 V

## 7.6.2 使用 SpectraLED 作为光源

主机、检测器的开启方式参见 7.3 和 7.4 小节；使用 Spectra LED 作为光源时，一定要按照以下顺序进行：**选择配置文件并成功切换——更换 ASOC 控制盒背后的 TTL OUT 1 接口所连接的信号线——连接 Spectra LED 激光器**，否则激光器必损坏。

首先，在软件中选择配置文件“SpCLed\_ASOC\_\*\*\*\_\*\*\*\_\*\*\*\*”，等待硬件切换完成，出现以下对话框（以 Em1\_Chan1\_920 为例）：

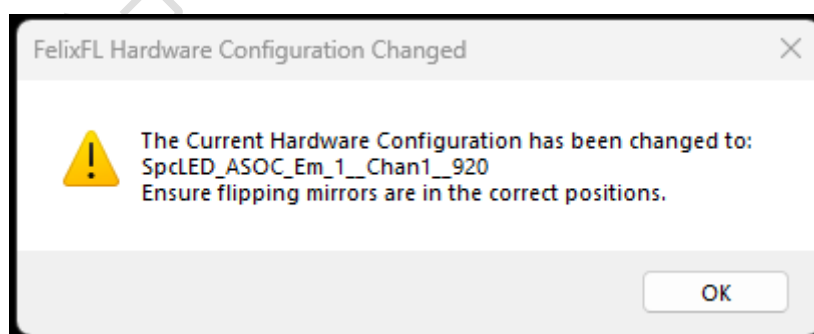


图 7.22. SpCLed 为光源、ASOC 为数据采集器的测试模式收集完成时出现的对话框（以 Em1\_Chan1\_920 为例）。**必须在测试模式设置完成后再做硬件切换和连接。**

其次，检查 ASOC 数据采集器后端 TTL Out 1 口连接的信号线，确保该信号出口连接的是 Spectra LED 的线。

检查ASOC数据采集器后面TTL Out 1口连接的信号线，若原先连接的是闪烁氙灯的线，则更换为Spectra LED

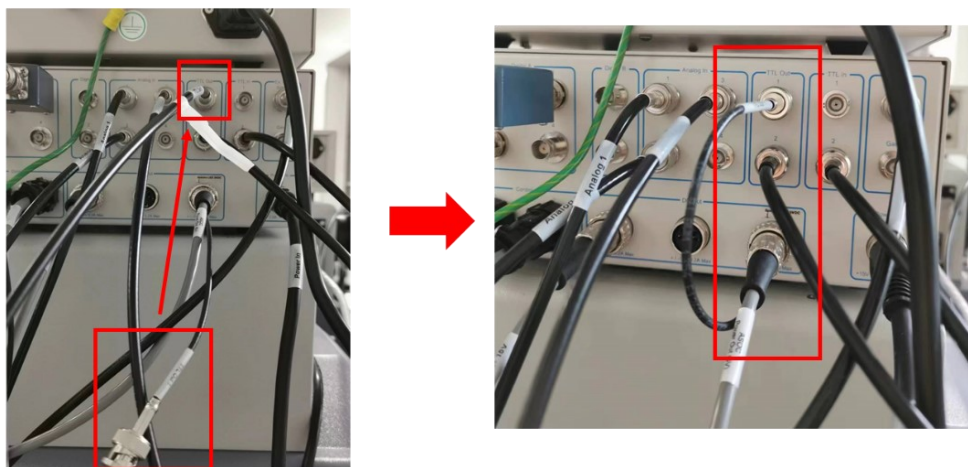


图 7.23 使用 SpectraLED 检测磷光寿命时 ASOC 数据采集器背后的信号线连接方式

再在样品仓正面找到标注有“SpectraLED ASOC”的激光器控制线，将其与 SpectraLED 光源后端连接，最后将光源固定在样品仓的进光口上（图 7.）。

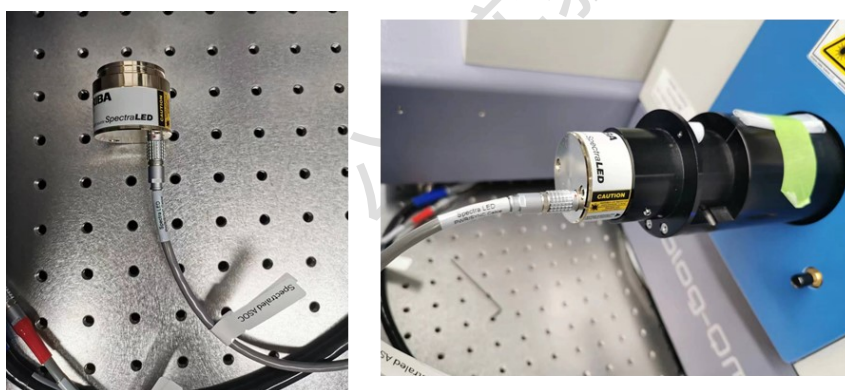


图 7.24. 使用 SpectraLED 检测磷光寿命时光源的接线和固定方式

点击软件左下角的  进入设置页面：

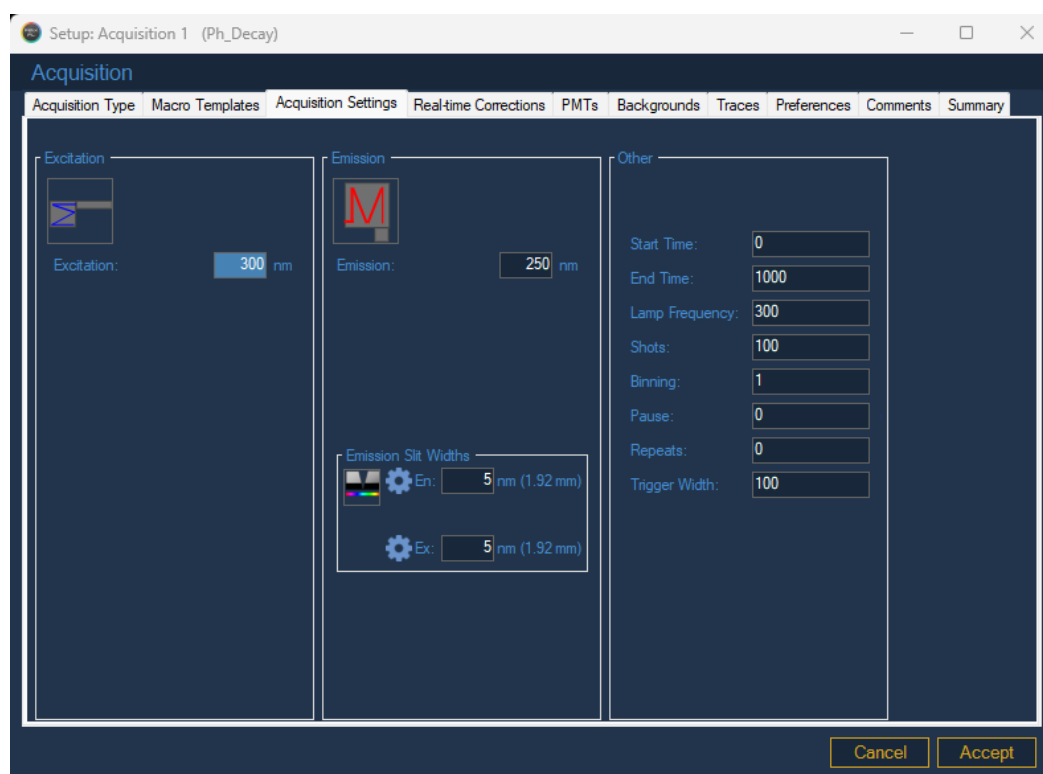


图 7.25. 使用 SpectraLED 作为光源检测磷光寿命时的测试参数设置窗口

设置方式与 7.6.1 使用闪烁氙灯作为光源的设置方式类似，但有几个不同。首先，使用 SpectraLED 时，检测时间窗口的 Start Time 可以设为 0；其次，Trigger width 可调。

### 7.7. 发光量子产率测试方法

积分球具有液体和固体两种样品支架/样品槽，可用于测试

使用积分球时，需要取出样品仓、拆掉样品仓外围的滤光片支架、放入积分球。在取放积分球时，**请用一只手托住积分球底部、一只手扶住上方的把手**，不可单手提把手、或者提积分球下部粉末样品槽的把手。**取放样品时，请务必戴手套。**



图 7.26. 积分球附件取放时的正确操作和错误操作

积分球大致构造如下图所示:

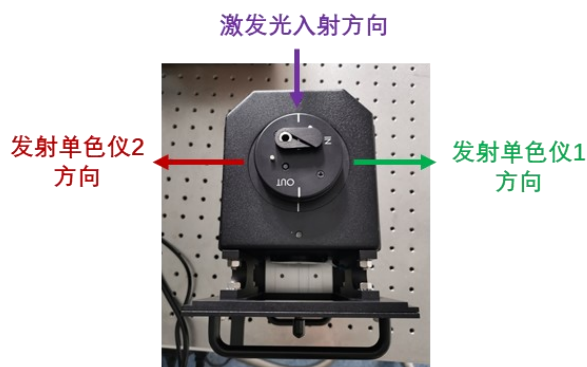


图 7.27 积分球外形俯视图, 及使用时的光路走向

积分球在面向激发和发射单色仪的面上各有一个磁吸的塞子, 塞子里有对应形状的白板用于补齐积分球内壁球面 (图 7.). 因此, 在测试前需要考虑好使用哪一路检测单色仪并打开对应的塞子, 同时确认其他部分的塞子处于正确的位置。



图 7.28 积分球侧面的塞子、滤光片架以及盖子的取放方式

### 7.7.1 液体样品的发光量子产率测试

测试液体样品时, 测量背景和测量样品的比色皿最好用同一个 (或者同一批次的一对)、且**必须是光程 1 cm 的带塞或螺旋盖比色皿**。不允许使用普通带盖比色皿, 以防液体洒落在积分球内。

放置样品时, 请用一只手的手掌顶住样品架顶部、两个手指将样品架中间带孔的限位夹抬起, 再用另一只手将比色皿的底部放入样品架底部示意放置比色皿的凹槽内, 之后放下限位夹、将比色皿的螺旋盖或塞子放入限位夹中间的孔内并夹住比色皿, 使其固定在样品架内 (图 7.中)。最后, 将样品架垂直放入积分球内, 使样品架顶部的标示如图 7.中右图所示, 即比色皿架的方向朝向“IN”, 且样品架上的白色线条与积分球上的白线对齐。

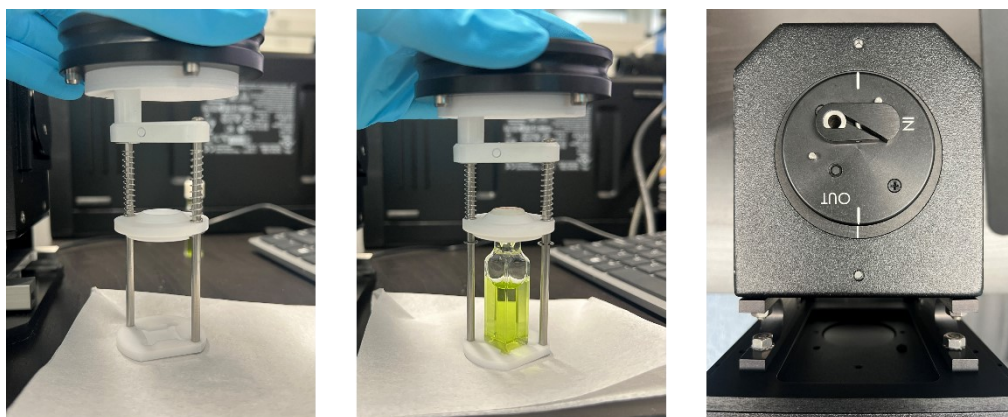


图 7.29 (左) 液体样品架实物照片；(中) 液体样品架正确放置比色皿的示意图；  
(右) 通过液体样品架顶部的标示判断样品架放入积分球的正确位置

两曲线法测量溶液样品量子产率的大致方法如下：

- (1) 待测溶液在激发波长处的吸收率保持在大约在 30% (即在激发波长处的吸光度为 0.15 左右)。将一定体积的待测溶液装入上图所示的比色皿中，放入样品架内；
- (2) 在积分球的激发光入口处放置中性密度灰衰减片，尝试不同的光谱扫描参数，使待测样品的发射光谱具有良好的信噪比，激发光强度最大处的原始读数不大于  $1\text{E}+6$ ，同时激发和发射单色仪的狭缝大于 1 nm。狭缝太小会导致量子产率测量不准或重复性差。根据经验，此时使用的中性密度灰滤光片为 OD 2 的那块；
- (3) 取同样体积的溶剂（即试剂空白组），如上图所示装入比色皿中，放入样品架内。不改变积分球的激发光入口处的中性密度灰衰减片，扫描激发光光谱，改变激发狭缝宽度，使激发光强度最大值处的原始读数在  $1\text{E}+6$  附近。将波长范围设为完全包含激发光和待测样品荧光光谱的范围，打开 emission correction，采谱并命名为“ref”；
- (4) 将同样体积的待测样品装入比色皿和积分球内，以与（3）中“ref”曲线完全相同的参数，采集被待测样品吸收后的激发光光谱和待测样品的荧光光谱，命名为“em”；
- (5) 在软件中使用“ref”和“em”经校正后的曲线计算待测样品的量子产率。

使用完成后，请将积分球和附件恢复原样，并置于干燥柜中。

### 7.7.2 固体/粉末样品的发光量子产率测试

固体或粉末测试使用专用的样品架和反射镜组合。液体样品测试中的样品架要替换成下图中的反射镜：



图 7.30. 粉末样品 PLQY 测试中使用的反射镜及摆放方向

拉开积分球底部的抽屉，可见里面放置了一块可拆卸的白板。白板的位置也是测样品时样品槽所摆放的位置。将白板取出的操作如下：

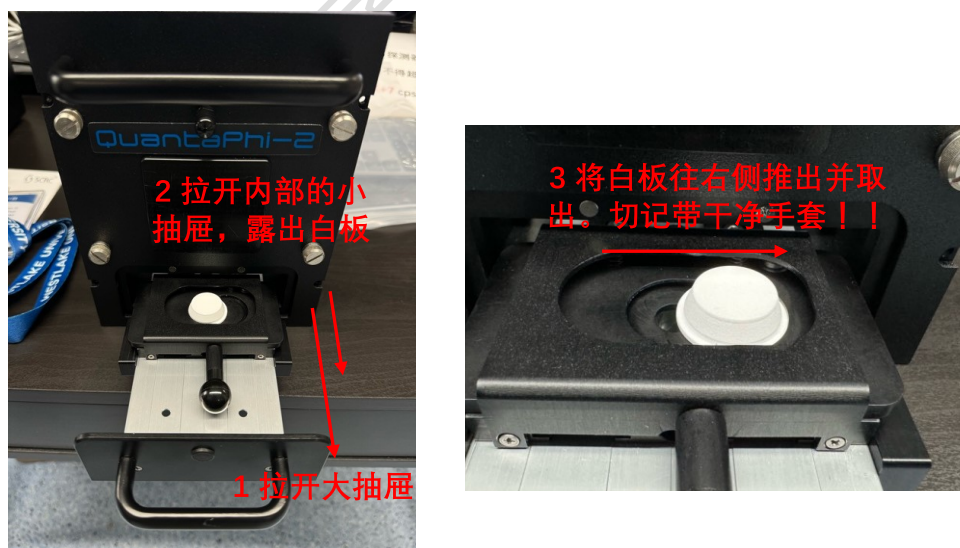


图 7.40. 白板在积分球内部的位置，和取出白板的方法

将样品仓装入积分球的方法如下：

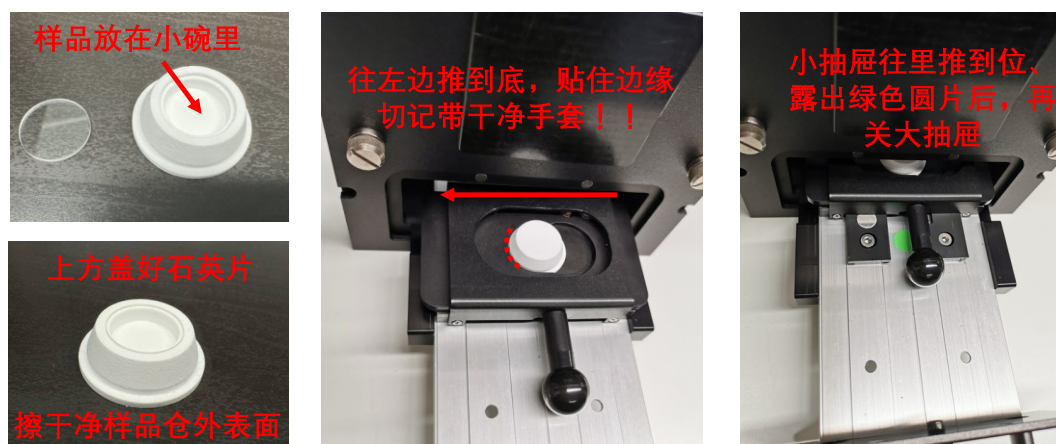


图 7.31. 积分球放置粉末样品仓的方法

测试时, 先使用白板测试样空白曲线, 再将样品装于样品槽内, 擦干净样品槽和盖片外部可能粘有的样品粉末, 以免污染积分球。将白板更换为样品槽后, 测试样品曲线, 再根据 7.7.1 的方法计算样品的 PLQY。

## 7.8. 微孔板附件使用方法

微孔板附件闲置时放置在推车上, 置于仪器附近。

不用时请在光纤接口处做好保护, 防止灰尘掉落

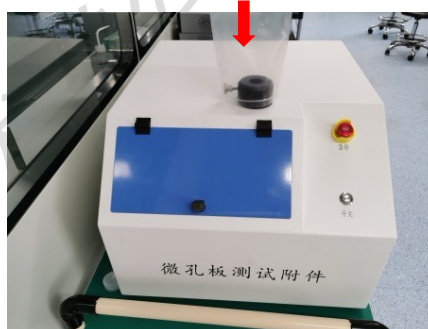


图 7.32. 微孔板附件外观和停放位置

使用时, 将小推车推到光谱仪附近, 将微孔板附件与光谱仪和控制电脑之间的 BNC 信号线 (有标签备注与哪个接口相连) 和通讯网线按照下图的方式连接好, 并用 Y 形光纤将光谱仪和微孔板附件之间的光路连通。Y 形光纤合束的一段利用微孔板附件光纤接口侧面的螺丝固定, 光纤插入的大致深度可根据光纤头上的横线标记判断; Y 形光纤的分叉段对入射和出射没有特定选择, 只需一根对准激发光方向、一根对准探测端方向即可。光纤支持 350-2400 nm 的光通过。



图 7.33. 微孔板附件与光谱仪主机、控制电脑之间的信号、通讯线连接（左、中图）和光路连接（右图）

连接完成后，将微孔板附件连接电源，打开附件右侧后方的电源开关，并按下正面的开关按钮，连通电源。



图 7.34. 微孔板附件的电源开关

双击电脑桌面上的  图标，打开微孔板附件的控制软件。软件界面如下：

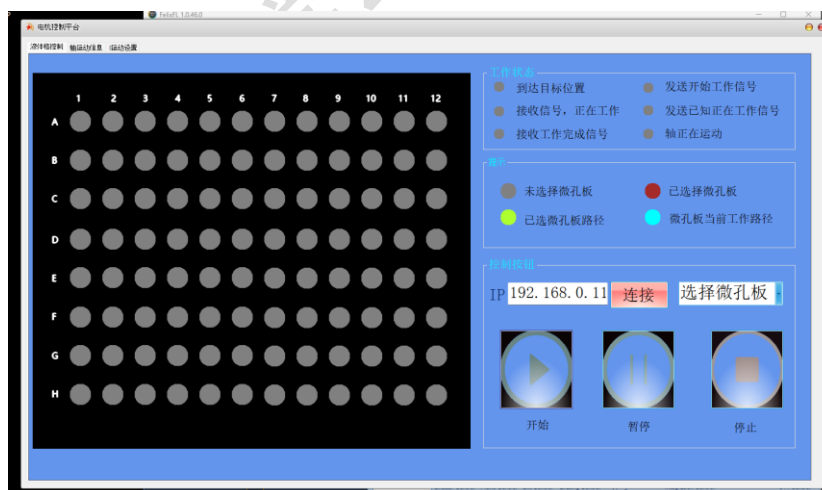


图 7.35. 微孔板控制软件界面

确认 IP 地址为 192.168.0.11 后点击右边的“连接”按钮，连接成功后按钮会变绿，同时内部放置孔板的载物台会回到初始位置。右边的“选择微孔板”下拉菜单中可选择 96 孔板或 384 孔板，选择后左边的孔位示意图会发生相应变化。推荐使用 96 孔板。

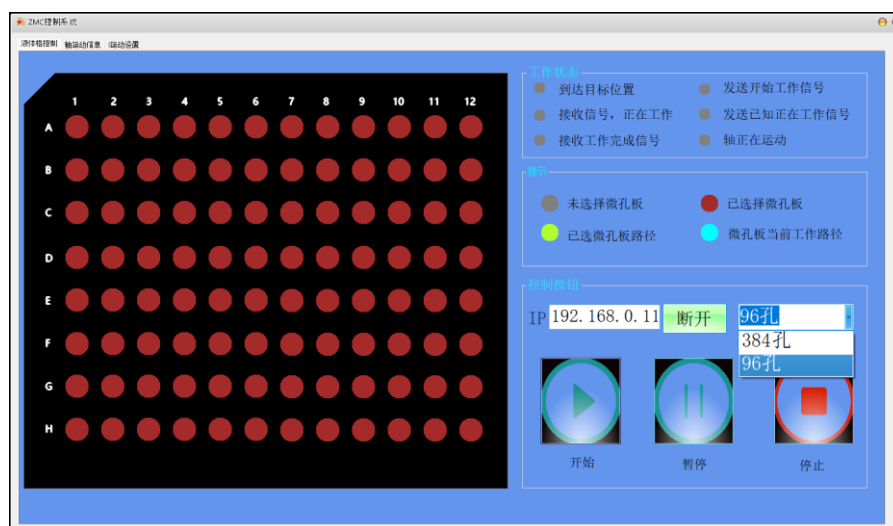


图 7.36. 选择孔板类型的下拉菜单

按照下图的方向将孔板放置在载物台上, 注意孔板与载物台的形状一致。

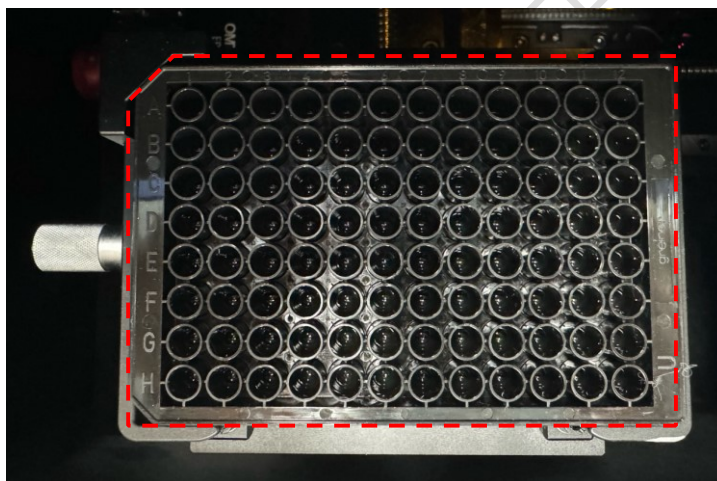


图 7.37. 微孔板在载物台上的放置方向

在微孔板控制软件中打开“轴运动信息”标签页, 并且通过右下角的连续运动控制按钮, 将微孔板的位置移动到光纤接口下方。



图 7.38. 微孔板附件控制软件中手动控制微孔板运动方向和位置的按钮位置

打开光谱仪主机软件，按照 7.3 节中的方法，选择一个荧光光谱测试模式，并且将激发波长设为 0，狭缝设为 1，确认条件后打开 **Shutter**，目的是为了让白光进入 Y 形光纤的激发端口，并从另一头合束后的出口射出。

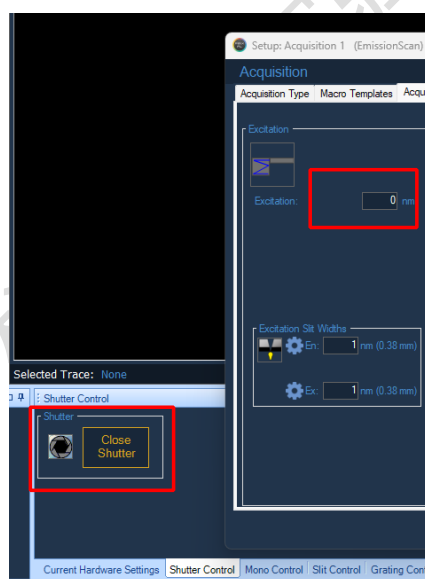


图 7.39. 从光源输出白光的方式

将 Y 型光纤合束的一端插到微孔板附件顶上的光纤接口里，如下图所示，光纤头上纸胶带的上端与光纤夹持器的上端面齐平。

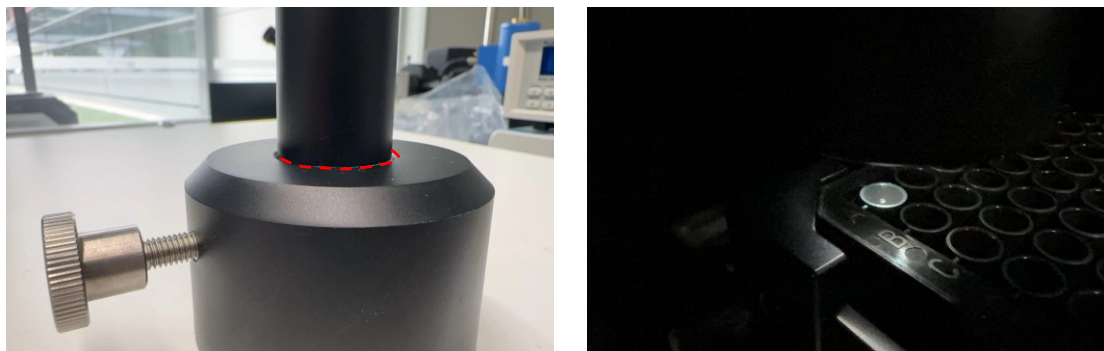


图 7.50. (左) Y 形光纤头在微孔板附件上方光纤接口的高度示意图; (右) 光纤处于合适高度时, 孔板上观察到的光斑示意图

此时可在下方的微孔板上看到白光光斑。先调整微孔板的位置, 将微孔板的 A1 孔位放置于光斑下方; 再微调光纤的上下位置, 使微孔板表面的光斑正好与孔的边缘对齐 (图 7. (右))。此时如果在微孔板上放置一张白纸, 可以看到光斑有明确的边缘; 如果能看到十分明显的光斑和光晕, 则还需要调整光纤高度。



图 7.40. (左) 光纤头高度合适时光斑在孔板上的光斑图形; (右) 光纤头高度过高时, 可在孔板上观察到明显的光斑和外部的光晕, 此时还需调整光纤头高度

图 7. (右) 展示的激发光斑正好与微孔板上 A1 孔对齐。将此时的 XY 坐标信息填入“轴运动信息”标签下窗口左下角的 96 孔第一格 XY 位置框内, 并点击“确定”。完成后, 重启软件, 使载物台再次初始化。

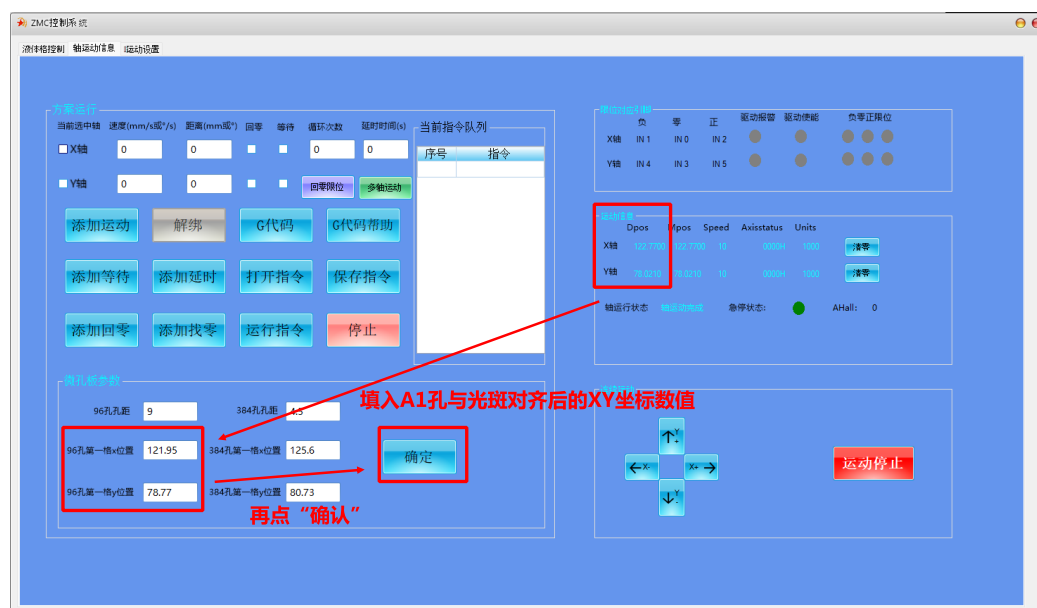


图 7.41. 更新孔板定位的方法

重启软件并再次连接、选择孔板后，即可在软件中选择要测的孔位。用鼠标左键单击“液体格控制”标签页左边想要测光谱的孔位，选中的孔位会以绿色显示。如果选错，再次单击即可取消。记下选择的孔位数，如下图所示，选择了 10 个孔板。

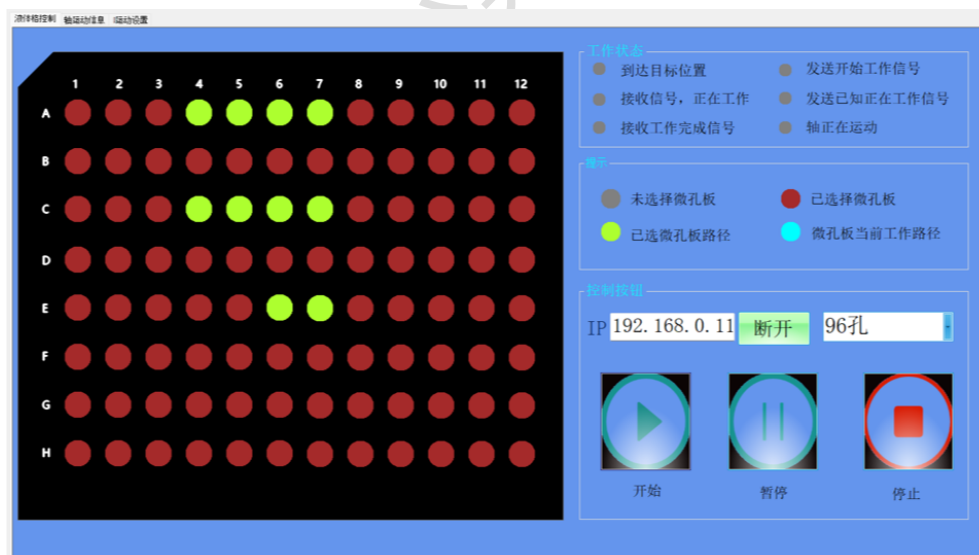


图 7.42. 微孔板附件控制软件中选择待测孔板位置的方式

切换到荧光光谱仪软件，根据要测试的内容（光谱或荧光寿命），选择名为“Microwell\_\*\*\*”的测试模式。以下以可见波段的荧光光谱为例。选择“Microwell\_Xe\_Ex1\_Em1\_Chan1\_920”，设置成功后，按照荧光光谱参数设置的方式设置扫描类型和扫描参数：

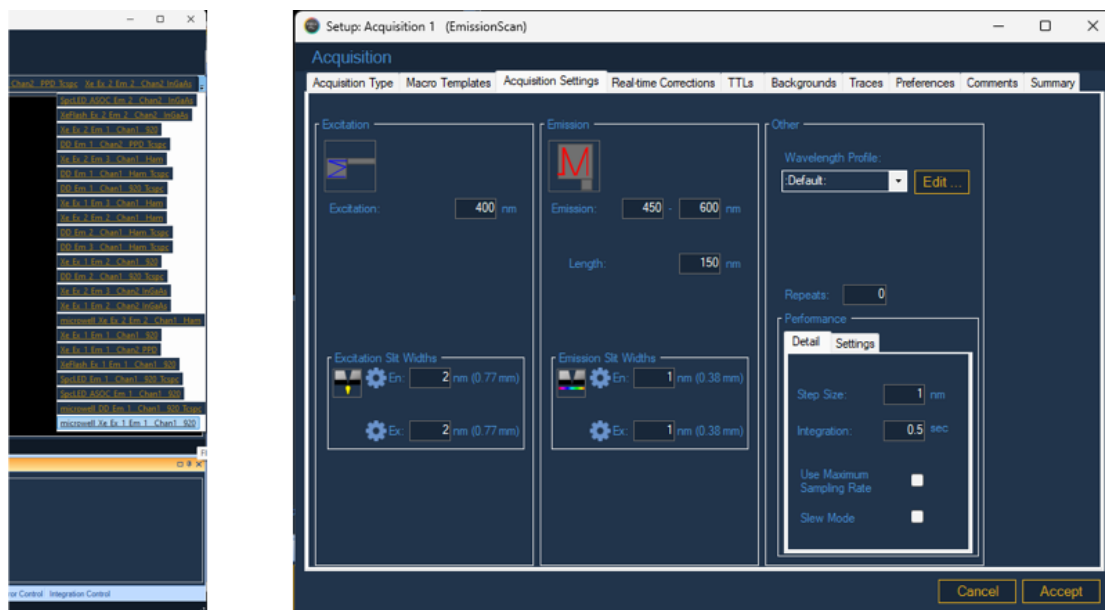


图 7.43. 使用微孔板附件进行荧光光谱扫描时的模式选择和参数设置方法

设置完成后，点击窗口菜单栏中的“Action-Macro...”选项，在 Macro 对话框下方的“Saved Macro(s)”下拉菜单中，选择“Microwell\_PL\_UV-vis”，点击窗口上方的  图标，打开宏设置窗口：

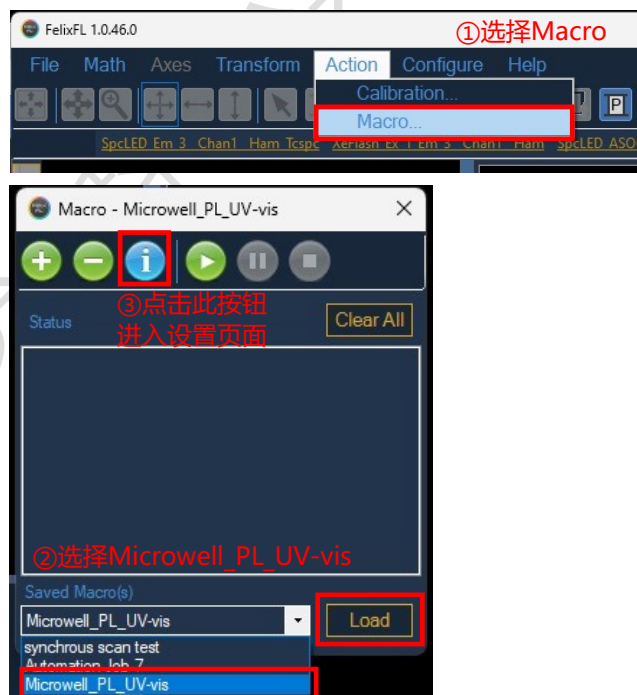


图 7.44. Macro 执行、选择和设置窗口

在参数设置窗口，根据选中的孔位数，更改循环次数。例如选中了 10 个待测孔位，则循环数改为 10。改完后保存 Macro 并退出，并再次 Load 这个 Macro。

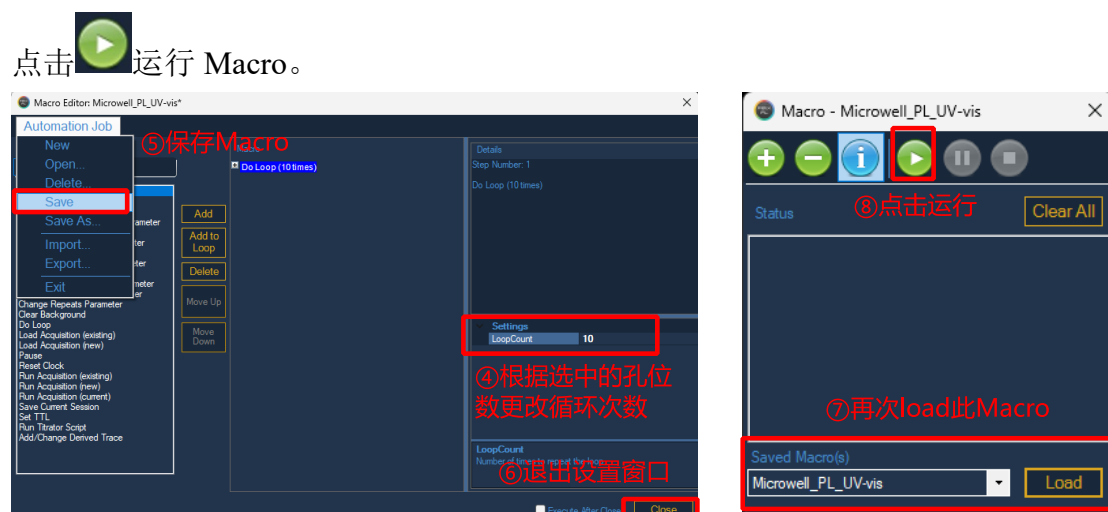


图 7.45. Macro 中循环次数的更改、Macro 的保存和运行

回到微孔板控制软件，点击右下角的“开始”按钮：

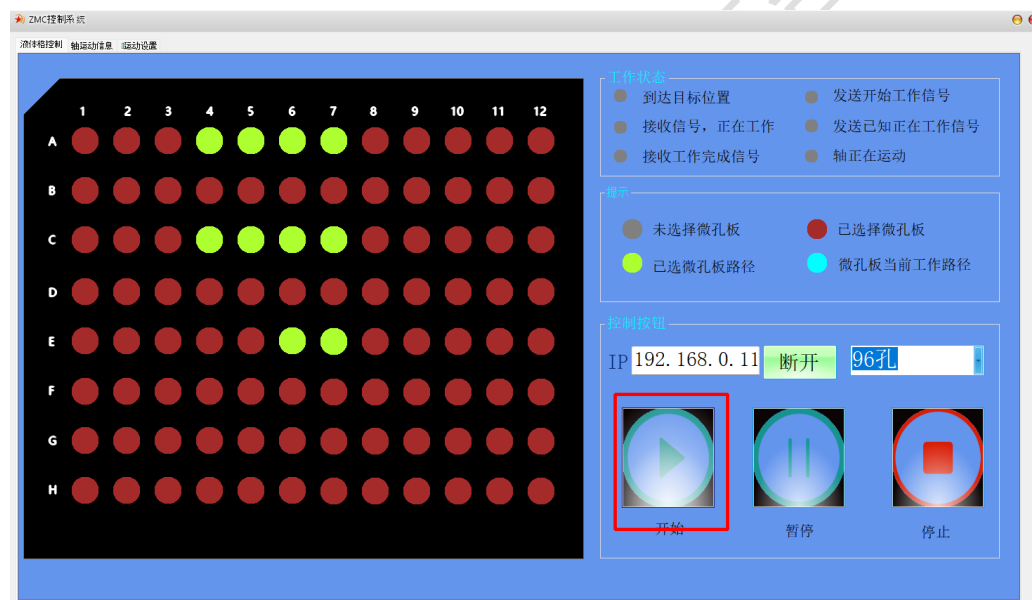


图 7.46. 微孔板控制软件的“开始”按钮位置

此时微孔板附件会自动将选中的孔位按照 A-H、1-12 的顺序，将待测孔位送到光纤下方，到位后荧光软件开始采集光谱，光谱采集结束后微孔板附件的位置自动移到下一个孔位开始下一次测量，直到测试结束：

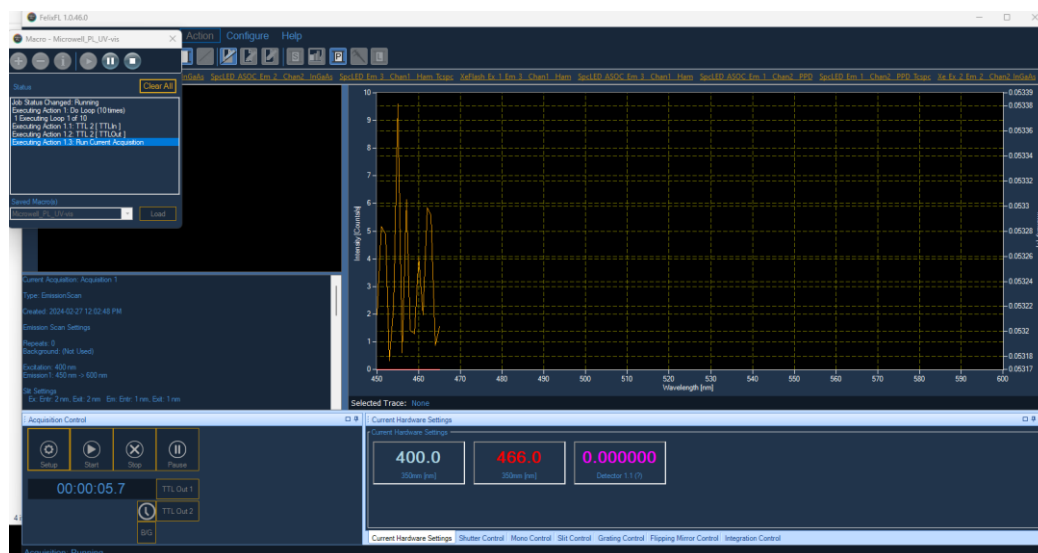


图 7.47. 微孔板测试模式开始运行后的显示

测试结束后, Macro 执行页面和数据展示如下图所示, 按照孔位信息重命名文件并保存即可。

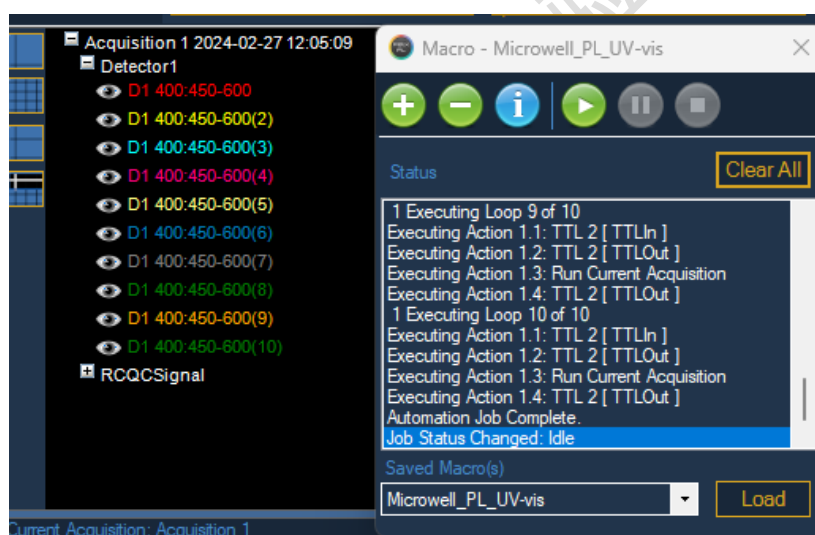


图 7.48. Macro 测试结束后的方法和数据展示

## 7.9. 发光寿命拟合方法

### 7.9.1 单条衰减曲线拟合

寿命数据扫描完成后, 激活寿命测试结果图谱, 点击红框中的功能键, 选择计算的光谱范围:

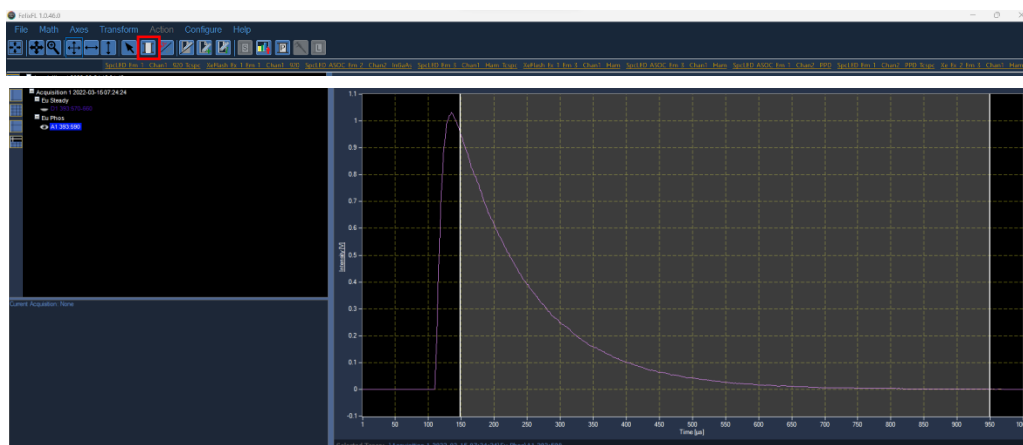


图 7.60. 拟合寿命光谱范围选择

选择好范围后，点击菜单栏中的“Math”-“PowerFit-10”-“One-To-Four-Exponentials”，进行拟合：

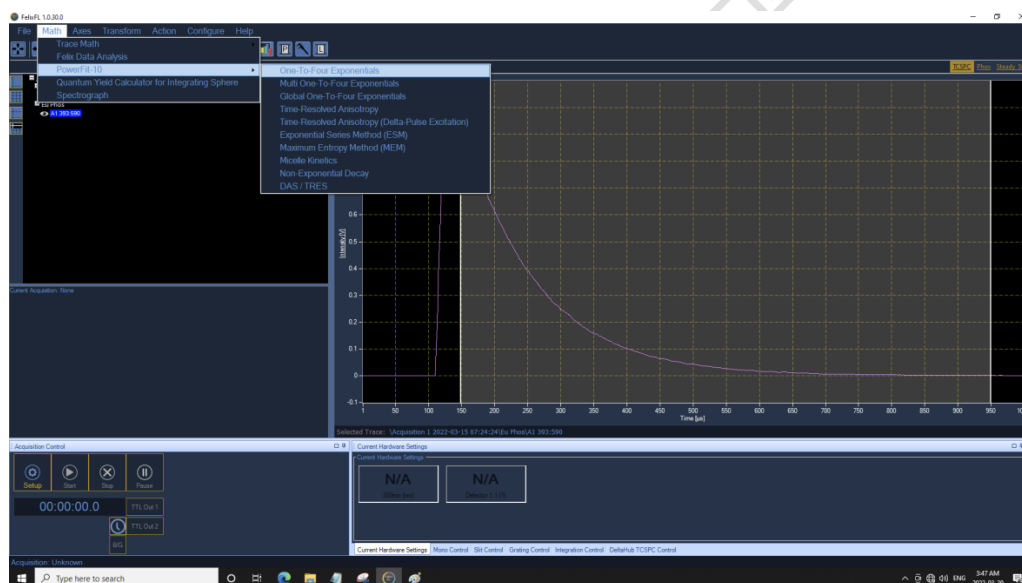


图 7.61. 拟合寿命不同指数选择

进入拟合窗口，设置参数，参数设置好后，点击“Start Fit”进行寿命拟合：

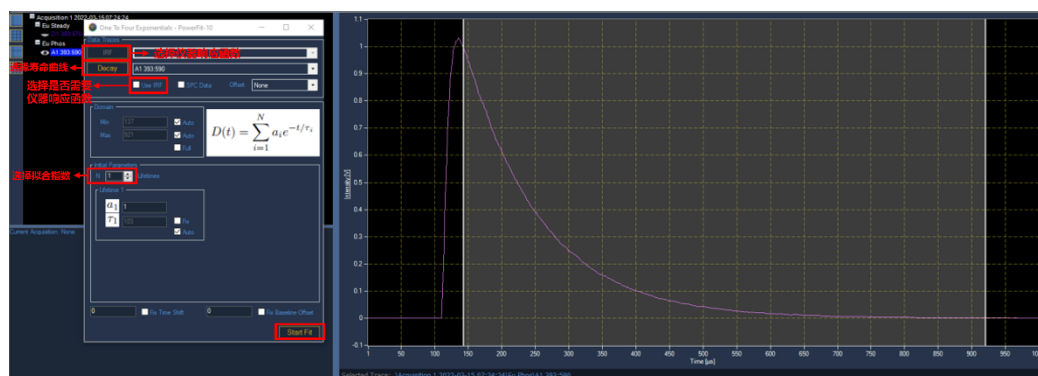


图 7.62. 拟合参数设置

获得拟合结果:

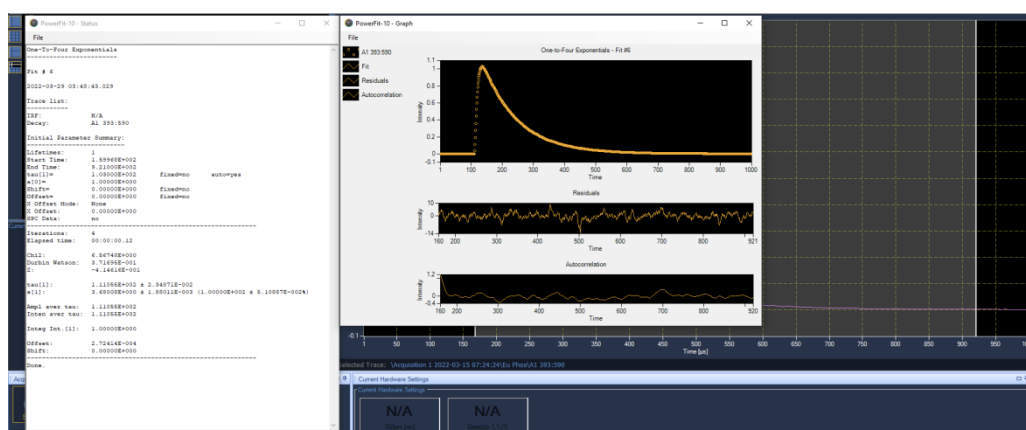


图 7.63. 拟合结果

## 7.10. 结束实验及待机检查

- 7.10.1 保存数据, 关闭软件, 退出账号;
- 7.10.2 根据各个测试模块的说明关闭已开启的全部硬件开关, 关闭总电源;
- 7.10.3 收拾桌面和处理废液。

## 8. 相关/支撑性文件

Q/WU FLHR001 文件编写规范

## 9. 记录

| 稳态瞬态荧光光谱仪（Horiba FL-QM）使用记录 |         |           |               |      |     |           |           | 20__年         |           |
|-----------------------------|---------|-----------|---------------|------|-----|-----------|-----------|---------------|-----------|
| 日期                          | 使用人     | 课题组<br>导师 | 实验内容          | 检测方式 |     | 仪器状态      |           | 机时<br>（起止时间）  | 备注        |
|                             |         |           |               | 送样   | 自主  | 使用前       | 使用后       |               |           |
| MMDD                        | （1~2 名） | （导师姓名）    | （样品）（测试内容）    |      | （√） | （正常/异常备注） | （正常/异常备注） | （hh:mm-hh:mm） |           |
| 2022.10.11                  | 王建国     | 李国庆       | 溶液，可见 PL&TRPL |      | √   | 正常        | 正常        | 14:05 - 16:00 | 范例，依内容可多行 |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |
|                             |         |           |               |      |     |           |           |               |           |

请注意: 使用前先检查谱仪状况, 一切正常方可操作; 一旦开始实验, 默认为使用前谱仪状况良好; 使用过程中出现故障须立即联系技术员; 测试后请及时取回样品。