

NIR-F950 近红外光谱仪

文档编号：PYN-NS167

更新日期：2025 年 9 月 25 日

文档编写：沈玉杰（深圳谱研互联科技有限公司）

售前咨询：欧文妍（深圳谱研互联科技有限公司，手机 18002553482，微信 pynect_winter）

技术支持：欧文妍（深圳谱研互联科技有限公司）

导读：本手册第 1-5 章为产品介绍；第 6-7 章为光谱仪内部原理及常用计算公式说明，推荐在读硕士或博士在做相关实验时能够理解本章公式，做到简单的知其所以然，非常有助于分析和解决问题。本文可作为想了解光栅光谱仪原理、透反射计算公式、辐射定标等知识的小伙伴的查询资料。

一、产品简介



NIR-F950 是一款光纤接口的高灵敏度专业型近红外光纤光谱仪，标称波长范围 900-1700nm，实际有效范围是 945-1700nm。该型号近红外光谱仪采用了日本滨松的 256 像素 InGaAs 线阵探测器，具体采集速度快、灵敏度高、体积小等特点。

光谱仪配置的电路板，由专业高水平电子工程师设计，运用了反馈、滤波、信号

完整性及抗电磁干扰等技术或工艺，使得除探测器噪声外的电路板电子噪声几乎为零，不仅提高了整体信噪比，还具有强大的抗干扰能力，支持多台光谱仪同时长期不掉线采集数据，非常适合在线设备集成。

支持多种通信方式，如 USB Type-C、RS232 或 RS485 通信，实际使用时可任选其一。

二、产品特点

- 高灵敏度，高信噪比。采用 256 像素 InGaAs 线阵探测器，柱面增强，高水平电路设计，消除电路板噪声。
- 长期在线测量不掉线。支持多台设备同时长期在线采集，优异的信号完整性和抗干扰设计。
- 增透镀膜，减小杂散光。对内部滤光片做近红外增透，减小杂散光。
- 多种通信，工业协议。支持 USB、RS232 和 RS485 通信。
- 二次开发，全面适配。支持 Windows、Linux、Keil 单片机等各种开发平台和语言。提供底层通信协议可供用户自行封装 sdk。

三、常用光路

光纤光谱仪，可结合光纤和光源等附件，灵活搭建透射、反射、荧光等光路，用于实时测量光谱分布曲线。常用的测量光路包括：

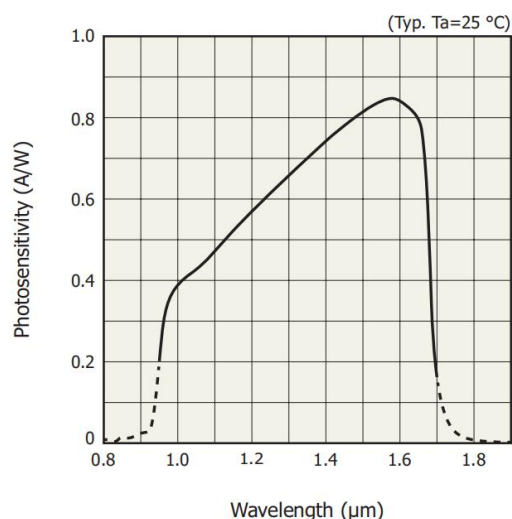
- **积分球测光源光路**。可测量光源的波长分布、半高宽、颜色坐标、光功率、色品坐标、色温等。
- **液体比色皿支架光路**。测量比色皿溶液的透射率或吸光度，对应于国标中的分光光度法。
- **浸入式探头光路**。把探头投掷到溶液中，让溶液充满测量缺口，实时测量透射率或吸光度。
- **流通液体在线测量光路**。采用流通比色皿和支架，搭建透射光路，在线实时测量透射率或吸光度。
- **固体透射光路**。配置透射支架，测量表面平整的镜片镀膜、塑料、油墨孔等光谱透过率分布。
- **反射探头或反射积分球光路**。测量物体表面光谱反射率分布，如膜厚、颜色、成分等检测。
- **荧光测量光路**。短波单波长光源做激发光，使用反射探头或反射积分球接收发射

光。

四、技术参数

属性	规格参数
产品型号	NIR-F950
波长范围	900-1700nm（注 1）
光学分辨率	7nm（默认 25μm 狭缝）
波长精度	Typ.±0.5 nm
暗底噪声 RMS	≈20counts@10ms
动态范围	3200:1@10ms（注 2）
信噪比	3000:1@10ms@1250nm（注 3）
光栅	150lines/mm
狭缝尺寸	25μm（默认），其他可选 50μm。推荐使用 25μm 狭缝。（注 4）
探测器	Hamamatsu G13913-256FG（非制冷）
光学接口	SMA905
通讯接口	TypeC、RS232、RS485
通信协议	自定义
供电规格	5V/1A
尺寸重量	尺寸：71.5*61*28mm；重量：200 g

注 1：探测器本身无法实现 900-1700nm 的全响应，实际有效波段为 945-1700nm。参见下图滨松线阵铟镓砷探测器 G13913-256FG 量子响应曲线，其中虚线部分无响应。



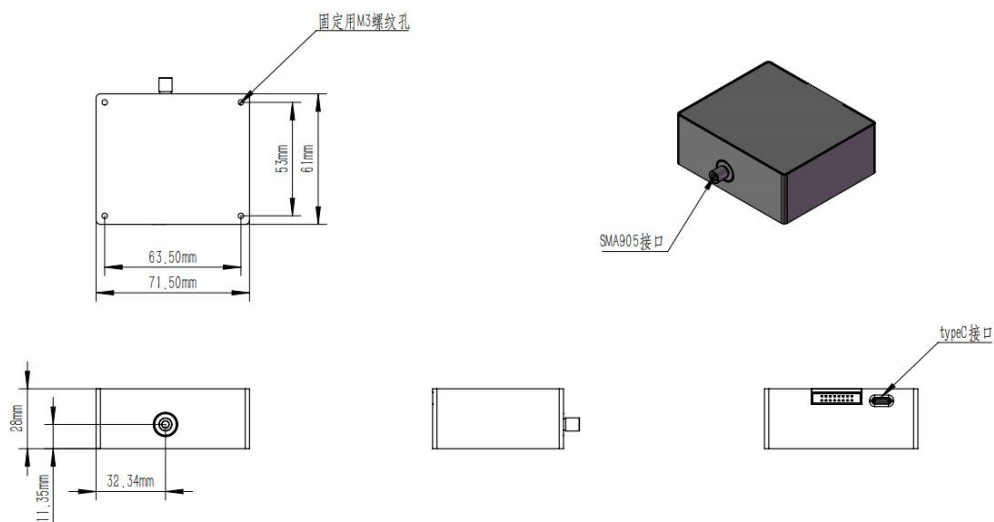
注 2: 动态范围是指在 10ms 固定积分时间下，满量程强度 65535 与暗噪声均方根的比值。

注 3: 信噪比是指在 10ms 固定积分时间下，选择 1250nm 波长位置，强度接近满量程时，该波长的强度与暗噪声均方根的比值。

信噪比、动态范围等技术指标，在业内并无统一标准，各厂家标注依据也有所不同。实际使用时，信噪比与积分时间、平均次数、平滑次数、光源分布、相对光谱强度分布、光路等因素均有相关。通常认为积分时间越低，满量程占比越高，相对光谱响应越强的波长，对应的实测动态范围与信噪比越好。

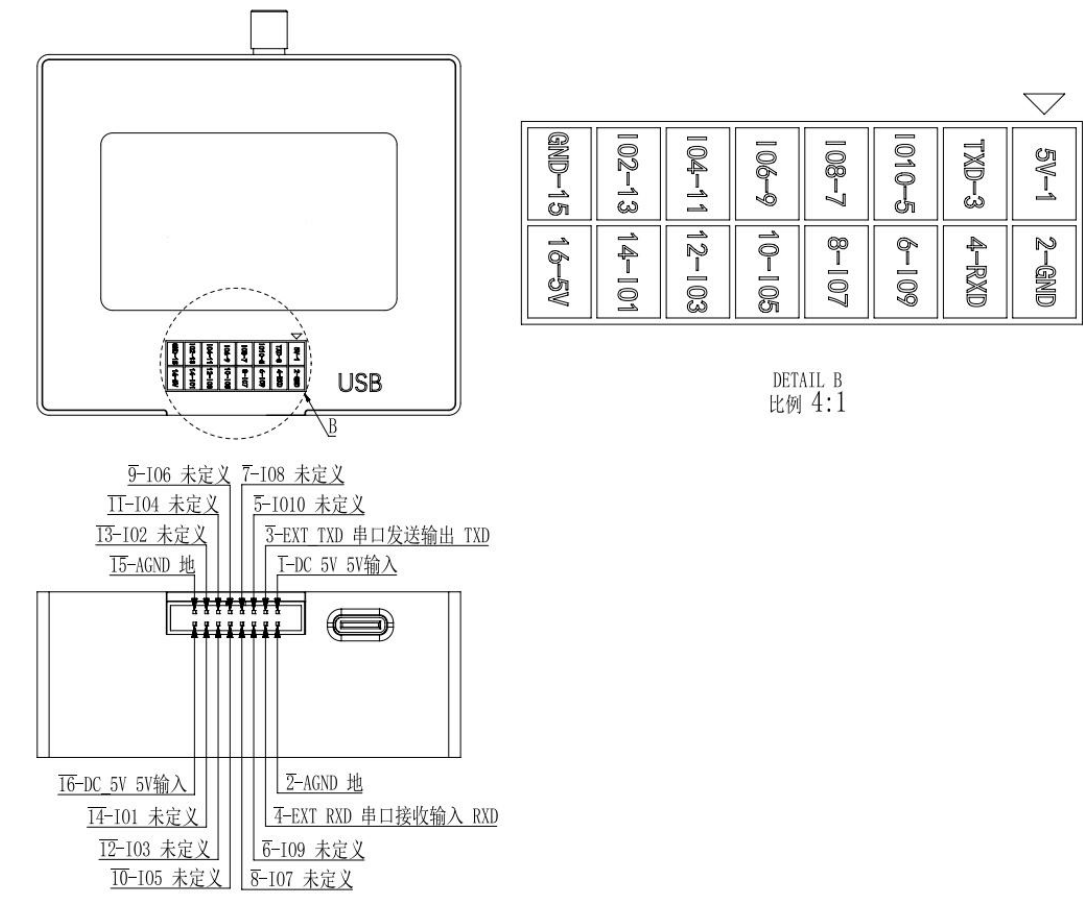
注 4: 由于该光谱仪仅有 256 像素，光栅刻线及狭缝已不再是影响光学分辨率的主要因素，狭缝使用 25 和 50μm 影响很小。注意与 200-1100nm 范围内使用的 2048 像素的硅探测器区别。

五、结构尺寸



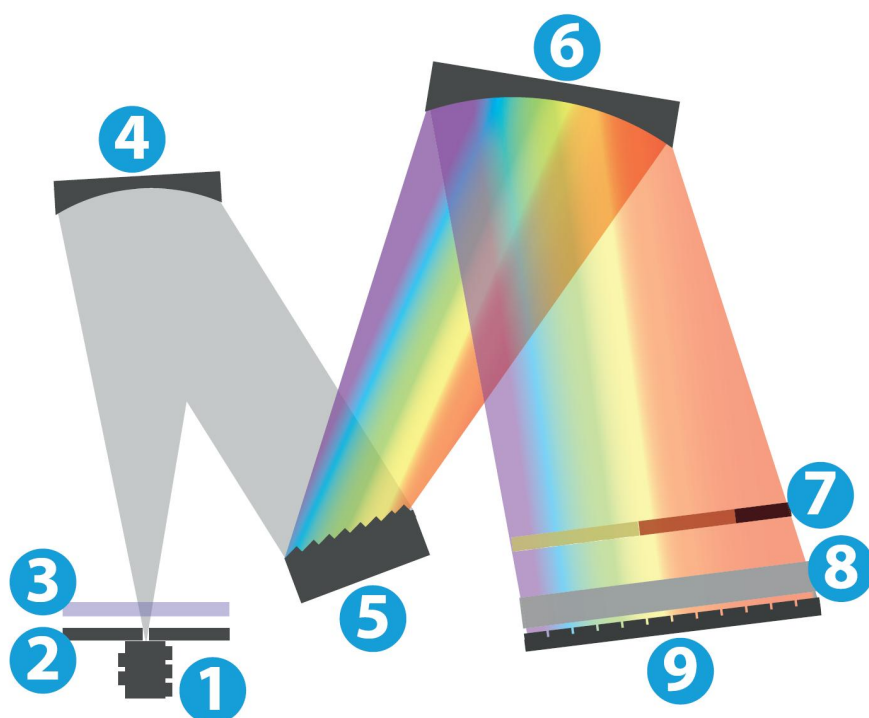
六、引脚定义

光谱仪除了 USB TypeC 接口外，还同时具有丰富的 IO 接口，可用于外部触发光谱仪、多光谱仪同步控制、RS232 串口通信、IO 控制引脚与外部设备联动等。引脚定义说明如下：



七、光路原理

光纤光谱仪常用 Czerny-Turner 结构，核心是光栅分光后，不同波长打在线阵探测器的不同像素上，再进行 ADC 转换解析成光谱曲线。内部工作原理图如下：



1) 入射光接口。将光纤连接到光谱仪，与入口狭缝精确对准。具有良好的位置重复性和机械强度，作为通用光学连接器，它支持 $8\mu\text{m}$ 至 $2000\mu\text{m}$ 的光纤直径。

2) 狭缝。主要作用是限制进入光谱仪的光的量。光谱仪厂家一般提供多种狭缝可选，常用宽度从 $10\mu\text{m}$ - $200\mu\text{m}$ 不等。狭缝宽度在确定光谱仪分辨率和灵敏度方面至关重要，通常是狭缝越宽灵敏度越高，但光学分辨率就越小。

3) 长通滤光片。入射口滤光一般用于过滤短波波段，当光谱仪未加消阶衍射滤光片时，可起到消阶作用。对于特定应用场景，有时为了均匀光谱曲线，也会换成特定分布的滤光片。

4) 凹面反射镜。光路调整，约束发散光，增加光程。

5) 光栅。光谱仪最核心部件之一，用于把入射的复合光分成不同波长并反射。常用光栅有平面、凹面和全息光栅。光栅的线数越多，即单位面积刻线越密，光学分辨率就越高，但覆盖的波长范围就越窄。对于反射型闪耀光栅，除了线数，还需要考虑闪耀波长。

6) 凹面反射镜。约束发散光，增加光程。

7) 消阶衍射滤光片。光栅分光后，会产生多阶光谱带，光谱仪使用一阶光谱带，但二阶或以上的高阶光谱带常会与一阶光谱带有重叠区域，此时必须把二阶以上的光谱带消除，才能得到正确的光谱。

8) 柱面镜。用于把光聚焦到探测器上，增强灵敏度。

9) 线阵或面阵 CCD 探测器。光谱仪最核心部件之一，各像素一次接收不同波长的光，通过 ADC 转为数字量，再由软件构建完整的光谱曲线。光谱仪的级别和价格

大多是以探测器为依据。探测器最常用的是日本滨松的系列型号。

综上所述，光纤光谱仪的设计目的，就是把原本入射的复合光，分成不同波长的光，用探测器读出并显示为按照波长分布的曲线，因此可以通过光纤光谱仪来对入射光的光谱分布做分析。

八、测量原理

光纤光谱仪最常用的光路包括透射光路、反射光路、光功率测量。涉及到测量和计算公式包括透射（反射）率公式、吸光度公式、辐射定标公式，本章主要针对以上公式做说明，用户在使用相应光路时，建议能够理解相关公式，可帮助理解每个操作步骤对应的变量并分析问题。

1) 透射率和吸光度公式

液体透射光谱测量常用吸光度进行光谱分析，吸光度是一个相对量，是由透射率转换而来。顾名思义，某波长的透射率是指透过样品的该波长相对光强与透过参比光强的比值。对于每个有效波长，则有

透射率公式：

$$(公式 1) \quad T = \frac{Sample-Dark}{Reference-Dark}$$

其中 T 表示透射率 (Transmittance)，Sample 是样品相对光谱强度值，Reference 是参比相对光谱强度值，Dark 是暗背景的相对光谱强度值。相对光谱强度值，就是软件从光谱仪直接读取的纵坐标 counts 值，以下简称光谱值。

对透射率公式作数学变换可得到吸光度公式：

$$(公式 2) \quad A = \lg \frac{1}{T} = -\lg T = \lg \frac{Reference-Dark}{Sample-Dark}$$

由公式 2 可知，要得到液体吸光度值，需要测出 3 组数据，分别为**样品值 Sample**、**参比值 Reference** 和**暗背景 Dark**。

有时为便于对仪器吸光度检测能力做评估，需要用到由吸光度转换为透射率，由公式 (2) 变换可得：

$$(公式 3) \quad T = \frac{1}{10^A}$$

由公式 3，推荐用户记住吸光度和透射率对应的几个典型值：

{ A=1, T=0.1 }、{ A=2, T=0.01 }、{ A=3, T=0.001 }。

用于评价光谱仪的重复性和检测限时，需要由吸光度转换到透射率及相对光谱强度值做评估。

反射率计算公式与透射率公式完全相对，顾名思义，某波长的反射率是指样品反

射的该波长相对光强与参比样品反射的相对光强的比值。

2) 辐射定标原理

辐射定标是为了把光谱仪测量得到的相对强度值转换为绝对光功率分布值。该步骤尤其重要，但在光路不变的条件下，通常完成一次辐射定标步骤即可。

辐射定标光源的灯文件给出某个波长对应的功率值 I_0 ，光谱仪在给定积分时间上 t_0 ，测得相对光强度值为 S_0 ，由于积分时间和相对光强成正比关系，则有单位积分时间内的相对光强度为 S_0/t_0 ，其对应的光功率值为 I_0 。

设单位积分时间内的单位相对光强值为 f ，则有

$$I_0 = f * \frac{S_0}{t_0}, \text{ 即有 } f = \frac{I_0}{S_0} * t_0$$

其中 f 定义为辐射定标系数，是指单位积分时间内的单位相对光强值对应的光功率值，即积分时间为 1s 时，每个 counts 对应的功率值。只要测量系统固定，则辐射定标系数 f 为一个常数。

有了定标系数，对于任意量程范围内的光源，只需要知道积分时间 t ，测出相对光谱强度值 S ，则对应的光功率值为

$$I = f * \frac{S}{t}$$

以上公式对于光谱仪测得的任一波长均适用，把波长参数 λ 代入，则可以总结为

$$\text{(公式 4)} \quad f(\lambda) = \frac{I_0(\lambda)}{S_0(\lambda)} * t_0$$

$$\text{(公式 5)} \quad I(\lambda) = f(\lambda) * \frac{S(\lambda)}{t}$$

公式（4）中的 $f(\lambda)$ 为辐射校准系数，辐射定标操作是目的是得到的辐射定标系数文件，其物理意义是每个波长在单位积分时间内的单位 count 值对应的光功率值。

公式（5）中的 $I(\lambda)$ 待测的光功率，设置好积分时间后，光谱仪实时测得的相对光谱图带入公式即可得到实时的光功率分布图。在辐射度、光度和色度测量中涉及到的被测光学物理量，均由光功率分布图导出。请记住这句话，在测量光学物理量的过程中，脑子里始终强化一个概念，一切源自于光功率分布曲线。