

CI-710 光纤光谱仪 操作手册







目录

1.介绍	4 -
1.1CI-710 技术参数	4 -
1.2 软件	5 -
2.软件操作	6 -
2.1 运行软件	6 -
2.2 驱动程序安装	7-
2.3 标定 CI-710	8 -
2.4 转换输出模式	10 -
2.5 波普图像操作	10 -
2.6 重置为默认的透视图	10 -
2.7 定制图谱	11 -
2.8 用户自定计算	13 -
2.9 删除计算	14 -
2.10 公式预算	15 -
3.技术参数	15 -
3.1 光谱技术参数	15 -
3.2 电子技术参数	16 -
3.3 检测器技术参数	16 -
4. 原理及应用	17 -
4.1 原理及应用介绍	17 -
4.2 影响信噪比的因素	- 19 -
4.3 提高平均扫描数	20 -
4.4 提高平滑度	20 -
5.故障处理	21 -
5.1 技术支持	21 -
5.2 常见问题	21 -
6.相关参数	24 -
6.1 干旱或碳衰减指数(3 种)	25 -
6.2 叶色素-LEAF PIGMENTS (4 种)	- 26 -
6.3 冠层水分含量—CANOPY WATER CONTENT (4 种)	27 -



6.4 宽带绿度—BROADBAND GREENNESS (5 种)28	-
6.5 窄带绿度—NARROWBAND GREENNESS (7 种)29	- 1
6.6 光利用率—LIGHT USE EFFICIENCY (3 种)31	
6.7 冠层氮—CANOPY NITROGEN (1 种)32	-



1.介绍

非常感谢您购买了 CID 新型的 CI-710 光纤光谱仪。使用 CI-710 光纤光谱仪可以很方便的 在田间或实验里进行测量。这是一款非常轻便的叶片测量系统。虽然您急于使用您新的仪器, 请先仔细阅读操作手册。



1.1CI-710 技术参数

- 检测器:线性 CCD 阵列传感器
- 波谱范围: 400nm~1000nm
- 光学分别率: 1.5nm (最大半波)
- 积分时间: 3.8ms~10s
- 杂散光: <5% 在 600nm; <0.1% 在 435nm
- 光学性质:光强度、吸收率、反射率和透射率
- 测量室直径: 7.6mm
- 供电: 5V, 25mA, 电脑 USB 进行



- 数据传输: 使用 USB, 每4 秒传输数全光谱
- 输入/输出:8位可编程的通用输入输出通道
- 触发模式:4种模式
- 连接头: 22 位连接器
- 操作系统: Win7 操作系统 32 位或 64 位,必须带有 USB 接口
- 计算机接口: USB2.0 兼容 1.1USB 接口

注意:包装箱内的标准反射板和光纤,一定要好好保护。不要用手指触摸标准反射板的表面 和不要折光纤。

1.2 软件

SpectraSnap 软件包括了 CI-710 驱动程序,是 CID 针对 CI-710 光纤光谱仪开发的软件。 SpectraSnap 软件要求操作系统是 Win7(32 位或 64 位)带有 USB 接口的 PC。你可以安装 任何的一台电脑上使用 SpectraSnap 软件。

安装

- 1. 从 CD 光盘安装或从 www.cid-inc.com/Software/CI-710 下载进行安装, 点击 Setup.exe
- 2. 在安装过程中可能出现警告的对话框那是因为该软件没有被 Microsoft 进行认证。点击"Install"继续。

Application Install - Security Warning	—X —
Publisher cannot be verified. Are you sure you want to install this application?	
Name: SpectraSnap! From (Hover over the string below to see the full domain): www.cid-inc.com	
Publisher: Unknown Publisher Inst	all <u>D</u> on't Install
While applications from the Internet can be useful, they can potentiall you do not trust the source, do not install this software. <u>More Informat</u>	y harm your computer. If tion



图 2 关于发布的认证警告

3. 如果您从网站上下载 SpetraSnap 软件将会出现一个下载进度对话框显示。

(9%) Instal	ling SpectraSnap!	• 🗆 🗙
Installin This durin	g SpectraSnap! may take several minutes. You can use your computer to do other tasks ng the installation.	. ?
4	Name: SpectraSnap!	
	From: www.cid-inc.com	
	Downloading: 2.15 MB of 23.6 MB	
		<u>C</u> ancel

图 3 安装 SpectraSnap

4. 当安装完成之后,从开始程序中打开软件。

自动更新的特点

如果计算机连接了 Internet,当 SpectraSnap 软件启动时,将通告您有相应的更新。您可以选择进行更新或使用之前的软件。

2.软件操作

2.1 运行软件

SpectraSnap 软件可以通过指向程序的快捷方式启动。默认的快捷方式建立在开始菜单中。可以通过下列步骤进入:

- 1. 选择 Windows 的开始按钮
- 2. 选择所有程序
- 3. 选择 CID Bio-Science
- 4. 选择 SpectraSnap

注意: 你可以随意右击 SpectraSnap 建立快捷方式。





2.2 驱动程序安装

如果是第一次在计算机上安装 CI-710 软件,那么在使用 CI-710 光纤光谱仪之前必须安装驱动程序

- 1. 使用提供的 USB 连接线连接 CI-710 到电脑上
- 2. 启动 SpectraSnap 分析软件
- 3. 选择 Setup 图标
- 4. 选择 Advanced 子菜单
- 5. 选择安装 CI-710 驱动程序





- 6. 在安装过程中出现确认对话框,点击 OK 按钮确认你的选择
- 7. 紧接着屏幕上提示完成驱动程序的安装
- 8. 一旦驱动程序成功安装一个对话框将显示
- 9. 重新启动电脑

2.3 标定 CI-710

标定在每次使用 CI-710 时,都需要进行。

注意:请在标定之前,使CI-710 预热10 分钟,降低光谱的漂移。

- 1. 启动 SpectrSnap 软件
- 2. 选择 Start 按钮在工具菜单上,此时 SpectraSnap 在光谱显示窗口,将显示原始的光谱。
- 3. 在 Setup 菜单中,选择 Integration Time 参数,调整该参数使的原始的光谱强度在 60000 以下,这样保证整个光谱的精度。

注意:如果你仅仅查看特定的波段的谱线,可增加Integration Time 参数值,使得该波 段谱线达到最大值。

- 4. 在 Setup 菜单中,设定 Boxcar Width 和 Scanns to Average 固定的值。
- 5. 选择一个测量模式
- 6. 进行标定
- 7. 根据下列的模式图像进行连接





泽泉开放实验室 Zealquest Laborator



图 6 吸收和透射连接模式



图 7 反射连接模式

注意: 校准参数将保存在仪器的内存中, 当选择不同的模式标定的参数将自动装载

存储和打开测量值

模式的测量值将保存在你的电脑-我的文档-CI-710 子文件夹下。





2.4 转换输出模式

- 1. 从工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Advance 子菜单
- 3. 选择 Output Preferences
- 4. 改变参数
- 5. 选择保存按钮,保存改变的参数

保存测量值

按下红色的按钮保存测量的光谱图像及数据。

注意:保存每次的测量,将有多个文件被保存。数据文件和两个图像文件。

测量

- 1. 在工具栏选择 Open 按钮
- 2. 进行光谱测量

2.5 波普图像操作

该功能可以对特定的波普进行放大或缩小

- 1. 使用鼠标或指针
- 2. 当平移图像时,按住鼠标左键并移动鼠标
- 3. 使用鼠标的滚轮近图像的缩放
- 4. 使用触摸屏
- 5. 触摸并移动你的手指进行平移
- 6. 双指进行缩放

2.6 重置为默认的透视图

有时不经意的缩放或拖动了图像,找不到你需要的位置。那么点击这个指令,可以恢复到原 始的状态。

- 1. 在工具栏中,选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Graph 子菜单

Zealquest



3. 选择合适的屏幕

2.7 定制图谱

2.7.1 查看特定的光谱

光谱显示范围为 400nm-1000nm。用户自己可以方便的调节光谱的范围。

上海泽泉科技有限公司

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Graph 子菜单
- 3. 选择 Spectrum 子菜单
- 4. 选择初始和终止范围



图 9 显示 350-440nm 范围内的光谱

2.7.2 显示光谱峰值

在接下来的图像中显示光谱的峰值强度

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Graph 子菜单
- 3. 选择 Peak 子菜单
- 4. 选择波谱的基线和峰值的最小宽度
- 5. 选择 Show 子菜单,显示峰值





图9显示波谱峰值图

注意: 当峰值的宽度比最小的宽度宽时,峰值将显示

2.7.3 显示光谱图层

要显示一个在另一个上面分层的测量,请按照下列指示

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Graph 子菜单
- 3. 选择 Layers 子菜单
- 4. 选择"添加..."将当前数据为一层或重置清除层。





图 10 多图层同时显示

注意: 下面的曲线图的计算将显示多个值,对于每个层,与对应于在图中的层的颜色的值 栏的轮廓。计算范围模式。

2.8 用户自定计算

在 SpectraSnap 菜单,计算是用户自己设定的公式进行相关参数的计算,此功能实时在屏幕 上显示的是用户定义的公式以及与光谱仪的数据。在光谱显示模式下,自定义计算公式是不 可用的。

加入计算功能

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Calculations 子菜单
- 3. 选择 Add New 子菜单
- 4. 选择预定义的计算公式或用户自定义
- 5. 选择的颜色,标题,说明和注意事项使用这种计算

注意:颜色和标题将在计算的参数图谱上显示,其它的仅作为参考

- 6. 选择 Next 进行下一步
- 7. 输入自定义公式用于计算。如果选择了预设的参数,你可以选择退出或修改此参数。
- 8. 选择 Test 功能测试自定义的公式,那么当前的测试将在屏幕上显示。

Calculation Formula

Use this dialog to edit the formula to use for this calculation

Formula	
(W750 - W705) / (W750 + W705)	Formula Result
Syntax Example (W750 - W705) / (W750 + W705) W is the prefix for Wavelength variables (W450 is wavelength at 450nm) the example above would display the ratio between 750 and 705nm. If Excel is being used as the calculation engine any valid Excel syntax can be used in the formula above. Cancel < Back	Done
图 12 自定义公式测试说明	

Zealquest



9. 选择 Done 按钮保存计算并返回到主屏幕。

上海泽泉科技有限公司

2.9 删除计算

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Calculations 子菜单
- 3. 选择公式进行删除
- 4. 选择 Delete 按钮删除计算

4	Graph	.+					
Į	Calculations		Add				
+	Calibrate		Anthocyanin Index 🔹	Hide	ni -		
ŧ	Mode		Carotenoid Index	Edit			
1	Integration Time	•	Chlorophyll Index '	Delete			
ţ	Boxcar Width	•					
ŧ	Scans to Average						
ţ	Automatic Trigger	•					
+	Specimen ID	•					
F	Advanced	<u>.</u>		1 1 1	1		
i00nm	500nm	600nm	700nm		800nm	900nm	1000nm
I							
1							
1							
4 1							
2 1							

图 13 删除计算

2.9.1 临时显示/隐藏计算

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Calculations 子菜单
- 3. 选择计算值删除
- 4. 选择 Hide 菜单临时隐藏运算但并没有删除该运算

2.9.2 编辑运算

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Calculations 子菜单
- 3. 选择运算进行编辑
- 4. 选择 Select 按钮,编辑运算公式



SpectraSnap!		-	and the second s			
Dpen Say Sty	- X ~ ~					
	Graph		· · · · · · · ·		· · · · · · ·	
100	Calculations	•	Add			
80 -	Calibrate		Anthocyanin Index ·			
	Mode		Carotenoid Index	Hide		
60 +	Integration Time		Chlorophyll Index	Edit		
40	Boxcar Width			Delete		
ŧ	Scans to Average					
20 -	Automatic Trigge	r ·				
.1	Specimen ID	•				
* 	Advanced	•				
400nm	500nm	600nm	700nm	800nm	900nm	1000nm
1.0 I			- X			5
0.5						1
	0.0000		0.0000		0.0000	
0.0						1
-0.5						
-1.0	the second second		1.			
	Anthocyanin Index		Carotenoid Index		Chlorophyll Index	

图 14 编辑运算公式

2.10 公式预算

使用 EXcl 或快速运算方法任意的一种可以对运算进行评估,这在 SpectrumeSnap 软件中可以选择。当选择了 Excl,那么包括内部的函数用户都可以进行使用。

注意:如果使用 Execl, 在你的电脑上必须安装相应的软件。

- 1. 在工具栏中选择 Setup 菜单
- 2. 选择 Advance 子菜单
- 3. 选择 Calculation API 子菜单
- 4. 根据你自己的喜好,选择 Excel 或 Flee 程序

3.技术参数

3.1 光谱技术参数

波谱范围: 400-1000nm

光学分辨率: 2.0nm (FHWM)





积分时间: 3.8ms-4 秒 杂散光: <0.05% (在 600 nm); 0.10% (在 435 nm) 光学特性: 光强度、吸收率、反射率、照度

3.2 电子技术参数

功率: 250mA, 5V 电压

数据传输速率:每4秒传输

输入/输出:数据输入输出

模拟通道:无

自动归零:有

兼容性: 否

触发模式:4种

连接器: 22 针连接器

供电: USB 接口提供

计算机要求

操作系统: Windows7 带 USB 接口

计算机接口: USB2.0 或 USB1.0

3.3 检测器技术参数

检测器: TCD134 线性 CCD

检测范围: 400-1050nm

像素: 3648

像素尺寸: 8 µm x 200 µm

井深: 100000

信噪比: 300:1 (在满信号时)

AD 分辨率: 16 位

暗噪音: 50

线性修正: >99.8%

敏感度: 130 光点(在 400nm), 60 光点(在 600nm)



动态范围: 2×108 (系统), 对于一个信号为 1300:1

4. 原理及应用

4.1 原理及应用介绍

CI-710 微型叶片光谱仪为可见、近红外光谱 范围内,光与物质之间关系的研究提供了非常有 用的光谱信息。一束光照射到某个物质上时,其 中一部分光能会被该吸收,且吸收光能的总量会 随波长的变化而有所不同;另外一部分未被吸收 的光能,则会以透射和反射的方式散失掉(如图9)。 例如:植物通过叶片中的色素,主要是叶绿素吸 收光能,在光合作用中起到至关重要的作用。叶



绿素能够有效吸收蓝、蓝绿光(400-500nm)和红光(650-710nm),而将大多的绿光和黄光(500-600nm)反射掉,因此使我们所看到的叶片呈现绿色。



CI-710 主要由两个部分组成:带有 USB 连接线的光谱仪和操作软件,以及带有宽光谱的光源叶夹。叶夹上的宽光谱光源通过 Y 型光纤连接到透射或反射叶室,经光谱仪收集后,通过光栅的衍射投影到 CCD 阵列检测器上。由于 CCD 上每个像素点对应了特定波长的光,因此可以通过公式计算出不同光强下的反射光谱、吸收光谱和反射光谱。通过操作软件

(SpertratSuit)可以显示或存储从 CCD 阵列上获取的光谱强度,然后进行光谱测量。

光谱分析常用参数如下:

Intensity(**I**)表示通过光纤传输到 CCD 阵列上的电信号响应程度。由于每个 CCD 像 素对应于一个特定波长的光,因此整个 CCD 阵列代表了全波长范围内(由光栅规格确定) 的入射光光谱强度。下文所述的样品的透射率、吸收率和反射率的计算均是基于入射光源的 强度进行的,因此在测量这些参数之前,要记录入射光源的强度。

透射率-**Transmittance(T)**是指透过样品的那部分入射光所占的比例。以叶片为例, 入射光强度用 **I**₀**表示**,透射过样品之后的光强用 **I**_t**表示**,透射率用 **T 表示**,则叶片的透射 率 **T**=**I**_t / **I**₀。运用 SpertratSuit 软件可以自动计算和绘制出透射光谱并存储对照光谱(光源 强度的图谱)。有关详细介绍请查看 SpertratSuit 操作说明书。

吸光度-Absorbance (A) 是指被样品所吸收的那部分入射光所占的比例。它的值与透 射率相关,用公式 A=-logT=-log (I_t/I₀)表示。由于样品对光的吸收总量与光路长度成线 性正比(朗伯-比尔定律),因此吸光度通常用光密度(OD)表示。例如:一个标准的1cm 比色皿中,光密度为2的样品的浓度是光密度为1的样品浓度的两倍,但利用上述的公式进 行计算时,光密度为2的样品的透射光强仅仅为光密度为1的样品的1/10。透射光谱和吸收 光谱的测量时光纤光谱仪最常用的应用。另外,光纤光谱仪可用于定量分析化学物质、进行 色彩分析,研究光化反应如光合作用、物质的定量分析或者光学性质如膜的厚度、折射率和 消光系数。在 SpectraSuite 软件中,吸收光谱与透射光谱的获取方法是一样的。

反射率-Reflectivity(R)是指被样品所反射出来的那部分入射光所占的比例。根据不同的研究目的,反射率可以按照某个指定的角度内或者整个反射半球进行测量。CI-710 叶夹不能测量某方向上的反射率,但它能够测量不透明或反射物质表面的吸收率。

辐照度-**Irradiance**(**Ir**)是指接受辐射的样品上每个波长的能量的总和。相对辐射度是指接受照射样品在单位面积上的辐射能(W/cm²),常见的应用如表征白炽灯或太阳光的光输出特性。



如上所述,物体的透射率、吸光度和反射率均与入射光的强度相关。然而 CI-710 只配备了一个 CCD 阵列检测器,不能同时测量入射光、反射或透射光的强度,因此计算透射率、吸光度或反射率,需分别测量入射光的强度(不带样品),这在 SpectraSuite 软件中被称为参考光谱,和样品的光谱强度。背景噪音在软件中被称为暗光谱,为测量的准确度,需记录暗光谱并将其从总信号里减去。

暗光谱-**Dark Spectrum** 是指在没有打开光源之前传感器接收的背景噪音。为获得真实的光谱信号,实验中必须记录暗光谱并将其从信号中去掉。打开 SpectrumeSuit 软件执行透射率、吸光度、反射率和辐射照度测量之前,暗光谱将被测量并存储。

有两方面原因可能会导致背景噪音:来自于 CCD 阵列或光纤光谱仪电路的电子噪音, 外界的光泄漏进入光纤光谱仪。当照光强度变弱或者进行平均的信号较少,电子噪音就会很 明显。当测量的样品表面较粗糙、外界光源较强时,则有可能导致外界的光泄漏进入光纤光 谱仪,例如:较亮的光或直射光。翻转或移动仪器时,将很容易从信号的变化中区分出泄漏 的光和电子噪音。如果捕捉到是外界泄漏的光,要确认光学对准器是否安装到位,测量端口 黑色的橡胶帽是否盖上。如果不能完全消除外界的光的影响,就要尽量保持在一致的水平上, 并记录此时光谱作为背景噪音,这个背景噪音将从电脑程序中自动去除。然而随着时间的推 移和外界照明条件的改变,背景噪音将发生偏移,因此定期重置暗光谱是避免这一误差的有 效方法。

参考光谱-Reference Spectrum 计录了光源的光谱强度。打开光源,叶夹内没有样品时 进行测量将得到参考光谱。参考光谱是用来计算样品的透射率、吸收率和反射率的。随着时 间的推移参考光谱也将发生漂移并且影响测量精度,所以需要定期更新参考光谱。确定是否 需要更新参考光谱最简单的方法是在没有样品夹入叶夹的情况下,观察吸收率、透射率和反 射率,当透射率和反射率信号在100%的水平上显示出一条平滑的直线,或者是吸光度信号 在0的水平位置显示出平滑的直线,则表示参考光谱不需要更新,倘若基线上任何部位有偏 移都表明光谱发生漂移,需要更新参考光谱。

4.2 影响信噪比的因素

固态生物质如叶片,通常表面较为粗糙且具有高度的不透明性,这就使得到达检测器的 光强减弱,增加了测量的难度了测量的难度。对于高度不透光的样品(OD>2.5),由于透 过样品的光非常微弱,因此会导致较差的信噪比。可通过以下方式提高信噪比:



● 选择最优的积分时间

提高信噪比的一种方法是增加入射光的信号强度。尽管光源输出的能量是固定的,但 是我们可以通过增加 CCD 的累积时间来增加信号强度。在 SpectrumSuit 软件中可通过增加

"Integration time"来实现。"Integration time" 的设置范围从 3.8 毫秒~10 秒。但是长时间 的照射,会使 CCD 的输出信号趋于饱和, 部分光谱变得平坦(如图 10)。因此理想 的状态下,这个参数的设置应当使入射光强 的峰值达到最大却又不使 CCD 的输出信号 达到饱和。一旦设定了"Integration time", 那么随后的参考光谱和样品光谱都应使用 相同的积分时间。如果测量速度比信噪比更 重要时,则可以将积分时间设置的低些。

4.3 提高平均扫描数

在低光强时,光谱仪的电子噪音会非常明显。这类电子噪音可通过增加响应信号的重复 个数来降低(图11(b))。通过在 SpectraSuit 软件中输入合适的"Number of scans averaged" 数值,来增加平均扫描的次数,但这样可能使 一个光谱信号的测量时间加长。若用于动态光 谱研究,如光化学的动力学,涉及了中间状态 变化的图像,增加平均扫描的次数可能就有问 题了。



4.4 提高平滑度

平滑度是用来对相邻的像素点进行平均的工具(如图11c),在一些实验中可以仅通

泽泉: www.zealquest.com



过一个扫描周期来获得平滑的扫描信号。但是,一些尖锐谱峰可能在光谱中非常重要,因此就需要把平滑度设置成0,否则将消除谱峰。例如对一个宽幅的吸收光谱,比如树叶,将平 滑度设置为10后,将不能发现光谱中的任何变化。

5.故障处理

5.1 技术支持

如果你有任何的使用或操作问题,首先查看 CI-710 说明书;如果不能解决您的问题,请向 你当地的 CID 代理进行反馈相关问题。你也可以通过 CID 的技术服务支持电话或 Email 进 行反馈您的问题, Email: <u>support@cid-inc.com</u>.

5.2 常见问题

如果你有任何关于 CI-710 分析软件的问题,请上 CID 的技术支持网页可以查找 http://www.cid-inc.com/ci-710-support.php.

- · 计算机没有识别光谱仪或提示没有连接,
 - 1) 请检查 USB 连接是否松动
 - 2) 检查 USB 连接口, CI-710 的驱动程序仅仅被安装在特定的 USB 接口上
 - 3) 卸载驱动程序,重新安装驱动程序
- · 如何得到一个不饱和的光谱

如果你看到的光谱,不能看到峰值,那么请降低积分时间。

- · 从光源没有发出光强
 - 1) 检查光源开关是否在 ON 的位置
 - 2) 尽可能设置的积分时间高一些
 - 当仪器的光源开关打开,光应该到达光纤的另一端;如果没有检查光源是否发光, 光纤电缆是否有破损的地方。

上海泽泉科技有限公司 Zealquest



- 如果有杂散光,如何处理?
 - 1) 测量的样品覆盖了整个叶夹
 - 2) 如果叶片太厚,调整叶夹
- 五. 故障排除
 - 这一节主要介绍仪器的故障排除。
- 1. 没有发现光纤光谱仪

原因:

- 1) 可能没有连接好 USB 线
- 2) 连接的 USB 接口不正确
- 3) 没有正确的安装驱动程序

解决:

- 1) 重新连接好 USB 线
- 2) 当在安装设备驱动成功后,总是连接到同一个 USB 口
- 3) 重新安装驱动程序
- 2. 显示光谱饱和了

原因:

设置的 Integration time 参数值太高了

解决:

降低到合适的值

3. 在 SpectraSuit 软件中 A、R、T 和 I 按钮是灰色的,不可选

原因:

暗光谱和参考光谱没有被保存

解决:

存储这两个光谱

4. 没有强光从光源发出

原因:

- 1) Integration time 参数设置的太低了
- 2) 光源开关没有打开
- 3) 光纤损坏了

Zealquest



上海泽泉科技有限公司

4) 光源损坏

解决:

- 1) 使用自动放大功能
- 2) 打开光源开关
- 3) 更换光纤
- 4) 联系 CID 得到进一步的指导
- 5. 太强的杂色光

原因:

- 1) 丢失了光学调节器
- 2) 叶片太厚没有将测量区域覆盖

解决:

- 1) 检查光学调节器
- 2) 使的叶片将测量区整个覆盖住
- 6. 负的透射率

原因:

转换到背景噪音

解决:

移除光纤或关掉光源的情况下,重新保存暗光谱



6.相关参数

•	Narrowban	d Greenness(窄带绿度)		
•	MRESRI:N	Aodified Red Edge Simple Ratio Inde	x 改进红边比(直植被指数
•	RENDVI:F	Red Edge Nomalized Difference Vege	tation Index 红边归	日一化植被指数
•	VREI1:Vog	gelmann Red Edge Index 1		Vogelmann 指数 1
•	VREI2:Vog	gelmann Red Edge Index 2		Vogelmann 指数 2
•	VREI3:Vog	gelmann Red Edge Index 3		Vogelmann 指数 3
•	Light Use 1	Efficiency(光能利用效率)		
•	PRI:Photoc	chemical Reflectance Index		光化学植被指数
•	Dry or Sen	escent Carbon(干旱或碳衰减)		
•	PSRI:Plant	Senescence Reflectance Index		植物衰减指数
•	Canopy Wa	ater Content(冠层水分含量)		
•	WBU:Wate	er Band Index		水波段指数
•	ARI1	Anthocyanin Reflectance Index 1	花青素反射指数 1	
•	ARI2	Anthocyanin Reflectance Index 2	花青素反射指数 2	2
•	CRI1	Carotenoid Reflectance Index1	胡萝卜素反射指数	女 1
•	CRI2	Carotenoid Reflectance Index2	胡萝卜素反射指数	女 2
•	SIPI	Structure Intensive Pigment Index	结构强化色素指数	攵
•	FRI	Flavonols Reflectance Index	黄酮素反射比指数	数
•	CNDVI	Chlorophyll Normalized Difference	Vegetation Index 时	绿素归一化植被指数
•	Ctr1	Carter Index 1	卡特指数1	





•	Ctr2	Carter Index 2	卡特指数 2
•	G	Greenness Index	绿色指数
•	NDVI	Normalized Difference Veget	ation Index 归一化植被指数
•	NPCI	Normalized Pigment Chloroph	nyll Index 标准化的叶绿素指数
•	NPQI	Normalized Phaeophytinization	n Index
•	SRPI	Simple Ratio Pigment Index	单纯的色素指数
	TCARI	Transformed CAR Index	变异的 CAR 指数

6.1 干旱或碳衰减指数(3种)

归一化木质素指数(Normalized Difference Lignin Index): 检测叶片木质素在 1754nm 特征与 1680nm 冠层结构区域相互关系产生的木质素增加;

纤维素吸收指数(Cellulose Absorption Index): 检测纤维素在 2000nm 波长范围引起的 吸收特征;

植被衰减指数 (Plant Senescence Reflectance Index): 使用类胡萝卜素与叶绿素的比值来 检测植物开始和衰老程度;

1)归一化木质素指数(Normalized Difference Lignin Index—NDLI)

NDLI 是用来估算植被冠层木质素的相对含量,应用生态系统分析和检测森林的枯枝落 叶层。其计算公式为:

NDLI =
$$\frac{\log(1/\rho_{1754}) - \log(1/\rho_{1680})}{\log(1/\rho_{1754}) + \log(1/\rho_{1680})}$$

NDLI 值的范围是 0~1, 一般绿色植被区的范围是 0.005~0.05。

2)纤维素吸收指数(Cellulose Absorption Index—CAI)

CAI 可以指示地表含有干燥植被,纤维素在 2000 nm~ 2200 nm 范围内吸收特征非常敏感。应用于农作物残留监测,植物冠层衰老,生态系统中的着火条件和放牧管理。其计算公式为: CAI = 0.5(ρ2000 + ρ2200) – ρ2100

CAI值的范围是-3~4+,一般绿色植被区的范围是-2~4。

3)植被衰减指数(Plant Senescence Reflectance Index—PSRI)

PSRI 用来最大限度地提高类胡萝卜素(例如 α-胡萝卜素和 β-胡萝卜素)与叶绿素比率的灵敏度, **PSRI** 的增加预示冠层胁迫性的增加、植被衰老的开始和植物果实的成熟。可用





于植被健康监测、植物生理胁迫性检测和作物生产和产量分析。其计算公式为:

$$PSRI = \frac{\rho_{680} - \rho_{500}}{\rho_{750}}$$

PSRI值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是-0.1~0.2。

6.2 叶色素-Leaf Pigments (4 种)

叶色素指数用于度量植被中与胁迫性相关的色素。胁迫性相关的色素包括类胡萝卜素和 花青素,这些色素大量存在衰减植被中,这些指数不能度量叶绿素。叶色素指数应用于农作 物监测、生态系统研究、冠层胁迫性分析和精细农业。叶色素指数要求反射率数据范围在 0~1。

类胡萝卜素反射指数 1(Carotenoid Reflectance Index 1): 检测吸收的相对差异,表示叶 片总类胡萝卜素含量相对叶绿素浓度的变化;

类胡萝卜素反射指数 2(Carotenoid Reflectance Index 2): 与 CRI1 类似,只是使用了不同的波长;

花青素反射指数 1(Anthocyanin Reflectance Index 1): 叶片花青素在绿色波段相对红色波段的吸收特征的变化;

花青素反射指数 2(Anthocyanin Reflectance Index 2): 与 ARI1 类似;

1)类胡萝卜素反射指数 1(Carotenoid Reflectance Index 1—CRI1)

CRI1 对叶片中的类胡萝卜素非常敏感,高的 CRI1 值意味类胡萝卜素含量相比叶绿素 含量多。其计算公式为:

$$\text{CRI1} = \frac{1}{\rho_{510}} - \frac{1}{\rho_{550}}$$

CRI1 值的范围是 0~15+, 一般绿色植被区的范围是 1~12。

2)类胡萝卜素反射指数 2(Carotenoid Reflectance Index 2—CRI2)

CRI2 是 CRI1 的改进型,在类胡萝卜素浓度高时更加有效,高的 CRI2 值意味类胡萝卜素含量相比叶绿素含量多。其计算公式为:

$$\text{CRI2} = \frac{1}{\rho_{510}} - \frac{1}{\rho_{700}}$$

CRI2 值的范围是 0~15+, 一般绿色植被区的范围是 1~11。

3)花青素反射指数 1(Anthocyanin Reflectance Index 1—ARI1)

ARI1 对叶片中的花青素非常敏感, ARI1 值越大表明植被冠层增长或者死亡。其计算公

Zealques



式为:

$$\text{ARI1} = \frac{1}{\rho_{550}} - \frac{1}{\rho_{700}}$$

ARI1 值的范围是 0~0.2+, 一般绿色植被区的范围是 0.001~0.1。

4)花青素反射指数 2(Anthocyanin Reflectance Index 2—ARI2)

ARI2 对叶片中的花青素非常敏感,ARI2 值越大表明植被冠层增长或者死亡。ARI2 是 ARI1 的改进,当花青素浓度高时更加有效。其计算公式为:

$$\text{ARI2} = \rho_{800} (\frac{1}{\rho_{550}} - \frac{1}{\rho_{700}})$$

ARI2= 值的范围是 0~0.2+, 一般绿色植被区的范围是 0.001~0.1。

6.3 冠层水分含量—Canopy Water Content (4 种)

冠层水分含量指数用于度量植被冠层中水分含量。水分含量是一个重要的植物指标,较高的水含量表明健康植被、生长快及不易着火。冠层水分含量指数基于水在近红外和短波红 外范围内的吸收特征,以及光在近红外范围的穿透性,综合起来度量总的水柱含量。

水波段指数(Water Band Index): 度量在 900nm 处吸收强度随着冠层水量增加而增加;

归一化水指数(Normalized Difference Water Index): 度量植被水分含量在 857nm 吸收 相对 1241nm 吸收的增率;

水分胁迫指数(Moisture Stress Index): 检测在 1599nm 植被水分变化;

归一化红外指数(Normalized Difference Infrared Index): 度量在 1649nm 处吸收强度随着冠层水量增加而增加;

1)水波段指数(Water Band Index—WBI)

WBI 对冠层水分状态的变化非常敏感,随着植被冠层水分的增加,970nm 附近吸收强度相比 900nm 处有所增强。应用包括冠层胁迫性分析,生产力预测与建模,着火威胁条件分析,农作物管理,以及生态系统生理机能研究。其计算公式为:

WBI =
$$\frac{\rho_{900}}{\rho_{970}}$$

WBI 一般绿色植被区的范围是 0.8~1.2。

2)归一化水指数(Normalized Difference Water Index—NDWI)

NDWI对冠层水分含量的变化非常敏感,因为在857 nm和1241 nm具有相似的反射率,但是又不同于液态水的吸收特性。应用于冠层胁迫性分析,在浓密叶型植被的叶面积指数的



研究,植被生产力模型,着火性研究。其计算公式为:

NDWI =
$$\frac{\rho_{857} - \rho_{1241}}{\rho_{857} + \rho_{1241}}$$

NDWI 值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是-0.1~0.4。

3)水分胁迫指数(Moisture Stress Index—MSI)

MSI 对叶片水分含量的增加非常敏感。当叶片水分含量的增加,在1599nm处的吸收强度也增加,而在819nm处的吸收强度没有影响。应用于冠层胁迫性分析,生产力预测与建模,着火威胁条件分析,以及生态系统生理机能研究。与其他水指数相反,MSI 值越大,水分胁迫性越严重和水分含量越少。其计算公式为:

$$\mathrm{MSI} = \frac{\rho_{1599}}{\rho_{819}}$$

MSI的范围是 0~3+, 一般绿色植被区的范围是 0.4~2。

4)归一化红外指数(Normalized Difference Infrared Index—NDII)

NDII 对农作物冠层的水分含量变化非常敏感,NDII 的值越大表示水分含量越多。应用于农作物管理,森林冠层监测,植被胁迫性探测。其计算公式为:

NDII =
$$\frac{\rho_{819} - \rho_{1649}}{\rho_{819} + \rho_{1649}}$$

NDII 值的范围是-1~1, 一般绿色植被区的范围是 0.02~0.6

6.4 宽带绿度—Broadband Greenness (5 种)

宽带绿度指数可以简单度量绿色植被的数量和生长状况,它对植物的叶绿素含量、叶子表面冠层、冠层结构比较敏感,这些都是植被光合作用的主要物质,与光合有效辐射(fAPAR)也有关系。宽带绿度指数常用于植被物候发育的研究,土地利用和气候影响评估,植被生产力建模等。

宽带绿度指数选择的波段范围在可见光和近红外,一般的多光谱都包含这些波段。下面的公式中规定波段的中心波长: ρNIR = 800 nm, ρRED = 680 nm, ρBLUE = 450 nm。

1)归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index—NDVI)

NDVI 众所周知的一种植被指数,在 LAI 值很高,即植被茂密时其灵敏度会降低。其计算公式为:

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{800} - \rho_{680}}{\rho_{800} + \rho_{680}}$$



NDVI 值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是 0.2~0.8。

2)比值植被指数(Simple Ratio Index—SR)

SR 指数也是众所周知的一种植被指数,在LAI 值很高,即植被茂密时其灵敏度会降低。 其计算公式为:

$$SR = \frac{\rho_{800}}{\rho_{680}}$$

SR 值的范围是 0~30+, 一般绿色植被区的范围是 2~8。

3)增强植被指数(Enhanced Vegetation Index—EVI)

EVI 通过加入蓝色波段以增强植被信号,矫正土壤背景和气溶胶散射的影响。EVI 常用于LAI 值高,即植被茂密区。其计算公式为:

$$\text{EVI} = 2.5(\frac{\rho_{800} - \rho_{680}}{\rho_{800} + 6\rho_{680} - 7.5\rho_{8450} + 1})$$

EVI 值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是 0.2~0.8。

4) 大气阻抗植被指数(Atmospherically Resistant Vegetation Index—ARVI)

ARVI 是 NDVI 的改进,它使用蓝色波段矫正大气散射的影响(如气溶胶),ARVI 常用 于大气气溶胶浓度很高的区域,如烟尘污染的热带地区或原始刀耕火种地区。其计算公式为:

$$\text{ARVI} = \frac{\rho_{800} - (2\rho_{680} - \rho_{450})}{\rho_{800} + (2\rho_{680} - \rho_{450})}$$

ARVI 值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是 0.2~0.8。

5) 绿度总和指数(Sum Green Index—SG)

SG 指数是用于探测绿色植被变化最简单的植被指数。由于在可见光范围内,绿色植被对光强吸收,SG 指数对稀疏植被的小变化非常敏感。SG 指数是 500 nm ~600 nm 范围内平均波谱反射率。总和最后会被转化回反射率。SG 值的范围是 0~50+,一般植被区域是 10~25。

6.5 窄带绿度—Narrowband Greenness (7 种)

窄带绿度指数对叶绿素含量、叶子表面冠层、叶聚丛、冠层结构非常敏感。它使用了红色与近红外区域部分—红边,红边是介于 690 nm ~ 740 nm 之间区域,包括吸收与散射。它比宽带绿度指数更加灵敏,特别是对于茂密植被。

1)红边归一化植被指数(Red Edge Normalized Difference Vegetation Index—NDVI 705)

NDVI 705是 NDVI 的改进型,它对叶冠层的微小变化、林窗片断和衰老非常灵敏。它可用于精细农业、森林监测、植被胁迫性探测等。其计算公式为:

$$\text{NDVI}_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}$$

NDVI₇₀₅值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是 0.2~0.9。

2)改进红边比值植被指数(Modified Red Edge Simple Ratio Index—mSR₇₀₅)

mSR₇₀₅改正了叶片的镜面反射效应,可它可用于精细农业、森林监测、植被胁迫性探测等。其计算公式为:

$$\mathrm{mSR}_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{445}}{\rho_{750} + \rho_{445}}$$

mSR₇₀₅值的范围是 0~30,一般绿色植被区的范围是 2~8。

3)改进红边归一化植被指数(Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index—mNDVI 705)

mNDVI 705是 NDVI 705的改进型,它考虑了叶片的镜面反射效应。它对叶冠层的微小变化、林窗片断和衰老非常灵敏。它可用于精细农业、森林监测、植被胁迫性探测等。 其计算公式为:

mNDVI₇₀₅ =
$$\frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705} - 2\rho_{445}}$$

mNDVI₇₀₅值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是 0.2~0.7。

4) Vogelmann 红边指数1(Vogelmann Red Edge Index 1—VOG1)

VOG1 指数对叶绿素浓度、叶冠层和水分含量的综合非常敏感。它可应用于植物物候变化研究、精细农业和植被生产力建模。其计算公式为:

$$VOG1 = \frac{\rho_{740}}{\rho_{720}}$$

VOG1 值的范围是 0~20, 一般绿色植被区的范围是 4~8。

5) Vogelmann 红边指数 2(Vogelmann Red Edge Index 2—VOG2)

VOG2 指数对叶绿素浓度、叶冠层和水分含量的综合非常敏感。它可应用于植物物候变化研究、精细农业和植被生产力建模。其计算公式为:

$$VOG2 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} + \rho_{726}}$$

VOG2 值的范围是 0~20, 一般绿色植被区的范围是 4~8。

6) Vogelmann 红边指数 3 (Vogelmann Red Edge Index 3—VOG3)

VOG3 指数对叶绿素浓度、叶冠层和水分含量的综合非常敏感。它可应用于植物物候变 化研究、精细农业和植被生产力建模。其计算公式为:

$$VOG3 = \frac{\rho_{734} - \rho_{747}}{\rho_{715} + \rho_{720}}$$

VOG3 值的范围是 0~20, 一般绿色植被区的范围是 4~8。

7) 红边位置指数(Red Edge Position Index—REP)

REP 指数对植被叶绿素浓度变化、叶绿素浓度增加使得吸收特征变宽及红边向长波段 方向移动非常敏感。红边位置在 690 nm ~ 740 nm 范围内急剧倾斜波长范围,一般植被在 700nm~730nm。

REP 指数的结果输出是在 0.69 微米~0.74 微米光谱范围内, 植被红边区域内的反射率的 最大导数的波长。常用于农作物监测和估产, 生态系统干扰探测, 光合作用模型, 和由气候 或其他因素产生的冠层胁迫性。

6.6 光利用率—Light Use Efficiency (3 种)

光利用率指数是用来度量植被在光合作用中对入射光的利用效率。光的利用效率直接与 碳吸收效率、植被生长速度和光合有效辐射(fAPAR)有很大的关系。

1)光化学植被指数(Photochemical Reflectance Index—PRI)

PRI 对活植物的类胡萝卜素(尤其黄色色素)变化非常敏感,类胡萝卜素可标识光合作 用光的利用率,或者碳吸收效率。可用于研究植被生产力和胁迫性,常绿灌木植被的健康, 森林以及农作物的衰老。其计算公式为:

$$PRI = \frac{\rho_{531} - \rho_{570}}{\rho_{531} + \rho_{570}}$$

PRI 值的范围是-1~1,一般绿色植被区的范围是-0.2~0.2。

2) 结构不敏感色素指数(Structure Insensitive Pigment Index—SIPI)

SIPI 用来最大限度地提高类胡萝卜素(例如 α-胡萝卜素和 β-胡萝卜素)与叶绿素比率 在冠层结构(如叶面积指数)减少时的敏感度,SIPI 的增加标识冠层胁迫性的增加。可用于 植被健康监测、植物生理胁迫性检测和作物生产和产量分析。其计算公式为:

$$\text{SIPI} = \frac{\rho_{800} - \rho_{445}}{\rho_{800} + \rho_{680}}$$

SIPI 值的范围是 0~2, 一般绿色植被区的范围是 0.8~1.8。

3)红绿比值指数(Red Green Ratio Index—RG)

RG 比值指数指示由于花青素代替叶绿素而引起叶片变红的相关表达式。可估算植被冠 层发展过程,它还是叶片生产力与胁迫性的指示器,甚至可标识一些冠层的开花。应用于植



物生长周期(物候)研究,冠层胁迫性检测和作物估产。

RG 比值指数结果输出是红色范围内所有波段均值除以与绿色范围内所有波段均值。值的范围是 0.1~8,一般绿色植被区的范围是 0.7~3。

6.7 冠层氮—Canopy Nitrogen (1 种)

冠层氮指数提供一种用遥感度量氮浓度的方法。氮是叶绿素的重要组成部分,具有高浓 度氮的植被生长速度较快,冠层氮指数使用短波红外测量植被冠层中氮的相对含量。

1)归一化氮指数(Normalized Difference Nitrogen Index—NDNI)

NDNI 是用于估算植被冠层中氮的相对含量。在 1510nm 的反射率主要取决于叶片氮的 含量,以及冠层总体叶生物量。结合叶片氮含量和冠层叶生物量在 1520nm 范围内预测叶片 氮的含量,在 1680nm 波长范围作为参考反射率,冠层叶生物量这个波长范围具有与 1520nm 波长范围类似的反射特性,而且 1680nm 波长范围内没有氮吸收影响。NDNI 在植被还是绿 色以及覆盖浓密时候,对氮含量的变化非常敏感,它用于精细农业、生态系统分析和森林管 理。其计算公式为:

 $\text{NDNI} = \frac{\log(1/\rho_{1510}) - \log(1/\rho_{1680})}{\log(1/\rho_{1510}) + \log(1/\rho_{1680})}$

NDNI 值的范围是 0~1, 一般绿色植被区的范围是 0.02~0.1。