



华益瑞科技

新闻快讯 2024年 第1期

北京华益瑞科技有限公司

BEIJING TRUWEL INSTRUMENTS, INC.



目 录

技术资料	2
一、生物多样性监测方法及现状	2
二、相对湿度：平均，还是不平均？	10
三、为什么我们需要一种算法来修正降雨强度？	15
四、激光雷达应用——叶面积指数反演.....	19
五、如何正确选择存储卡来扩展数据记录器的内存	24
新品推荐	28
一、日光诱导叶绿素荧光(SIF)系统.....	28
二、CO ₂ /CH ₄ 同位素分析仪 HGA-31Ci.....	32
三、HGA-33Ci CO ₂ \ ¹³ CO ₂ \ CH ₄ 高精度碳同位素气体分析仪.....	36
四、HGA-31Hi 超高精度液态水和水汽同位素分析仪	40
专题报道	43
一、华益瑞数据云平台 Truvel Cloud.....	43
二、青海祁连山南坡森林生态系统国家定位观测研究站运维工作记	46
三、鹰潭站安装报道	50
四、东天山隧道五要素气象观测系统安装报道	54
五、西天山隧道七要素气象观测系统安装报道	60
六、贵州省林业科学研究院草海站点运维工作	70
七、三江源验收	72
关于我们	76





技术资料

一、生物多样性监测方法及现状

生物多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和，包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统^[1]，通常由遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三部分组成。生物多样性是人类社会赖以生存持续发展的物质基础，其在维持生态系统功能、提供生态系统服务、延续人类福祉等方面发挥着至关重要的作用^[2]。由于全球气候变化以及人类活动的加剧影响，生态系统服务功能严重退化，生物多样性正在经受前所未有的快速变化^[3,4]。目前，生物多样性保护已成为全球关注的热点问题^[5,6]，各国政府以及相关领域科研人员已积极参与到生物多样性监测和保护中^[7]。

中国是世界上生物多样性最丰富的国家之一，生物多样性丰富程度是国家可持续发展能力和潜力的基础，是国家的重要战略性资源。与此同时，生物多样性治理水平也是国家生态文明建设成效的重要标志^[8]。为了缓解物种灭绝速率以及进一步理解生物多样性丧失机制，我国已有大量研究致力于生物多样性监测与保护能力建设等方面^[9-13]，并对不同尺度生物多样性进行长期性、周期性和动态性的网络监测，以加深我们对生物多样性变化的主导过程及其对生态系统功能和人类活动反馈机制的理解^[14]。

生物多样性的监测方法主要包括传统的地面人工观测与运用先进手段和技术连续自动采集数据观测两个主要方面。地面人工生物多样性观测主要在物种和生态系统尺度上开展，通常在典型植被类型区域建立一定面积的长期固定样地，对样地内部的物种组成、结构、功能以及关键物种、濒危物种进行观测^[15,16]。传统的生物多样性主要侧重于群落多样性研究，Whittaker 提出了生物群落多样性的 3 个空间尺度，即 α 、 β 、 γ 多样性。 α 多样性表征物种丰富度、相对多度、





均匀度等特征,因此也包含了最基本的多样性指数即物种数量及物种丰富度指数。 α 多样性关注的是群落内部的特征,也被称之为生境内的多样性(With-in Habitat Diversity),而 β 多样性强调沿生境梯度的物种组成的异质性,也称为生境间的多样性(Between Habitat Diversity), γ 多样性关注的是区域或大陆尺度的物种数量,也称为区域多样性(Regional Diversity)^[17]。

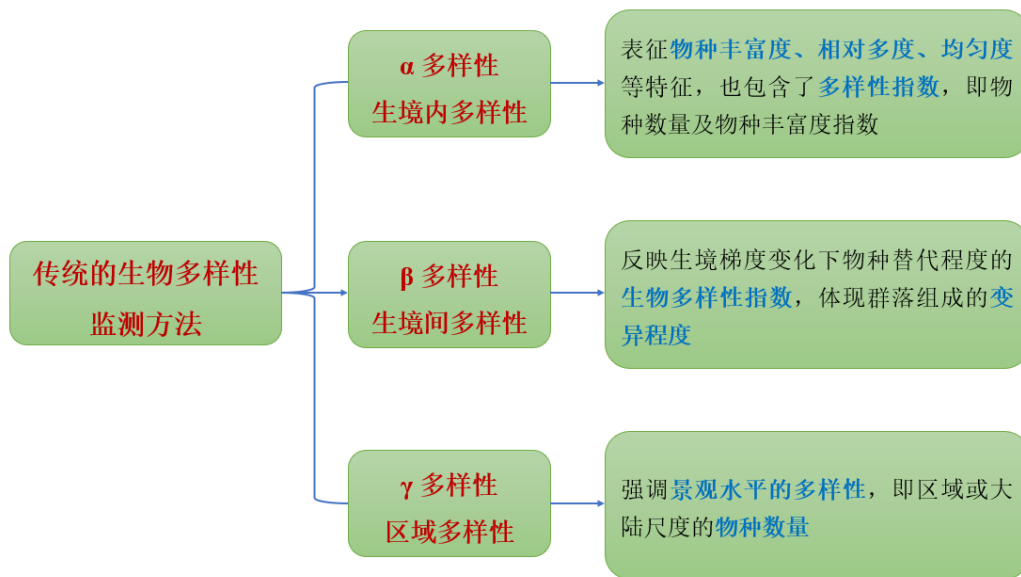


图 1 传统生物多样性测度方法

与 α 、 β 、 γ 多样性相对应的一些传统的生物多样性测度指数主要表征物种丰富度、变化度、均匀度、优势度、多度等特征,但依靠统计学中的理论分布参数去测度群落物种多样性仍存在很大的局限性,因此,产生了一些与物种多度分布格局独立的多样性指数,其中,应用较为广泛的有 Simpson、Shannon-Wiener 指数以及 Pielou 均匀度指数等。Simpson 多样性指数也称优势度指数,对群落中常见种的评价较准确,但对稀有物种的贡献较小,Shannon-Wiener 指数与 Simpson 多样性指数则相反,对常见种的测度并不敏感。在实际应用中,应根据自身实验需求选择最具针对性的测度方法^[17]。

近几十年来,生物多样性保护研究已取得了长足的进展,但大多研究受限于





观测技术，多是基于传统的地面调查方法进行研究，并且多集中于物种个体和样地水平尺度上^[18,19]，而对景观、区域乃至全球尺度生物多样性的监测较少，这限制了我们对大尺度生物多样性组成及其变化以及受威胁程度的定量描述的理解。目前，迫切需要利用先进的技术手段对生物多样性进行观测，并在大尺度范围内开展生物多样性监测工作。

随着科学技术的不断发展，遥感监测技术因其能够提供大规模、长时间序列、全覆盖以及高分辨率的生物多样性观测信息，已成为监测生物多样性的有效手段^[20,21]。遥感技术一般采用直接法或间接法对生物多样性进行监测^[22]，直接法是直接识别物种或群落类型及其分布、多度，这类方法对遥感数据的空间分辨率和光谱分辨率有相当高的要求。间接法是通过遥感数据衍生一些指标或变量，然后与野外观测数据结合构建模型预测生物多样性^[15]。按照观测高度和观测尺度，遥感可进一步分为卫星遥感、航空遥感和近地面遥感，目前，卫星遥感在该领域的应用最为广泛^[23]，而近地遥感作为近年来的新型手段，其在监测生物多样性方面仍在不断探索与发展。就观测对象而言，基于卫星遥感和激光雷达技术监测植物多样性的研究最多^[23-25]，对动物类群多样性的监测主要集中于鸟类以及大型哺乳动物^[26-29]。

表 1 不同尺度的生物多样性监测方法

生物多样性观测	优点	缺点	适用范围
地面人工观测	获取数据精度高，个体分辨率高	难以获得大空间覆盖，长时间序列的生物多样性信息，且受制于研究区通达性、人力物力成本、时效性等多重限制。	物种个体及样地尺度
遥感技术观测	能够提供区域、洲际乃至全球尺度的高分辨率生物多样性	数据获取费用较昂贵，空间分辨率与局地调查数据以及时间分辨率与生态过程的时间尺度存在不匹配的现象，获取	区域、景观及全球大范围尺度





	信息，监测区域可重复访问、数据一致性好并且能够及时、规律地更新。	生境垂直结构信息以及对于精细尺度的生物多样性评价方面存在不足。	
动物多样性观测	优点	缺点	适用范围
地面人工观测	获取数据精度高	费时费力，工作量大，投入成本高，观测规模较小，难以提供长时间序列连续的动物多样性信息。	样地及群落尺度
红外相机观测	全天候不间断，隐蔽性强，非损伤性，且较少受到环境条件和研究人员的限制等。	监测方案不统一，数据分析难度大等。	群落尺度及区域尺度
遥感技术观测	省时省力，观测范围广，长时间连续观测。	由于动物种的移动性和隐蔽性特点，遥感很难直接研究动物物种的多样性。	区域、景观及全球大范围尺度

遥感平台常用的传感器包括三类：光学传感器、微波雷达传感器和激光雷达传感器。光学传感器包括高分相机、多光谱成像仪、高光谱成像仪和热成像仪，分别获取特定波段范围内的光谱信息^[15]。其中，高分相机和多光谱成像仪可以获取植物的颜色信息和纹理特征；高光谱成像仪获取的影像可用于反演植物生化组分；热成像仪可以提取地物的温度信息；激光雷达遥感传感器能获得精细的地物三维信息。高分相机、多光谱以及高光谱成像仪在生物多样性研究中应用最多，



而热红外成像技术的应用最少^[15]。目前，相机在生物多样性的研究中主要应用于对动物多样性监测，该技术可在野外无人操作的情况下对鸟类和兽类进行自动监测，尤其是对昼伏夜出习性较为明显的物种进行监测^[9]。但目前该技术在监测植物多样性的研究中应用较少，相信在技术不断发展的条件下，相机技术在监测植物多样性方面会取得显著效果，并在相关生态领域研究中发挥不可替代的优势。

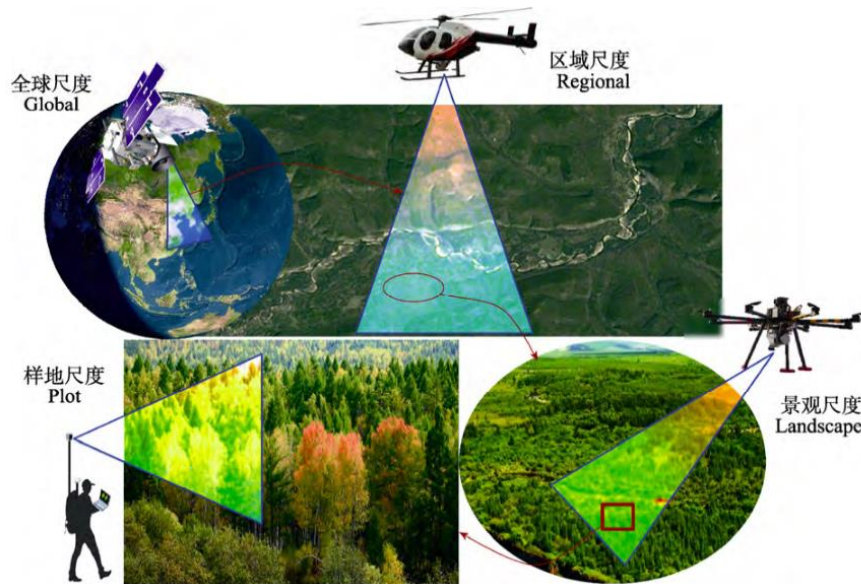


图 2 不同遥感平台在生物多样性研究中的观测尺度

图片来源于（郭庆华等，2018）

迄今为止，每种监测技术在生物多样性研究的应用中均存在一定的局限性。建议基于多种技术进行联合观测，建立立体化的生物多样性监测方案。结合多元化的传感器准确获取生物多样性研究所需的物种数量和性状、群落组成以及生态系统功能和结构等相关信息，以实现多途径数据优势互补，观测技术和数据融合技术的进一步探索将极大地改善单个数据源的不足，有助于对生物多样性研究的深入整合与保护^[30-32]。此外，在同一区域内系统地利用多种监测技术开展跨尺度的生物多样性研究，可为生物多样性研究提供从样地—景观—区域—全球尺度的基础数据源^[15]，提高生物多样性监测的信息化水平^[10]，也为探究生物多样性演变过程及其内在机理提供科学依据。



参考文献

- [1] 蒋志刚, 保护生物学. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1997
- [2] Duffy JE. Why biodiversity is important to the functioning of real-world ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2009, **7**(8): 437-444
- [3] Cardinale BJ, Duffy JE, Gonzalez A, et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 2012, **486**(7401): 59-67
- [4] Brook BW, Ellis EC, Perring MP, et al. Does the terrestrial biosphere have planetary tipping points? *Trends in Ecology & Evolution*, 2013, **28**(7): 396-401
- [5] Pennisi E. What determines species diversity? *Science*, 2005, **309**(5731): 90
- [6] 马克平. 生物多样性监测依赖于地面人工观测与先进技术手段的有机结合. *生物多样性*, 2016, **24**(11): 1201-1202
- [7] 马克平. 生物多样性科学的热点问题. *生物多样性*, 2016, **24**(01): 1-2
- [8] 李琴. 全球生物多样性治理的意义与中国贡献. *金融博览*, 2022, (03): 34-37
- [9] 李晟, 王大军, 肖治术, et al. 红外相机技术在我国野生动物研究与保护中的应用与前景. *生物多样性*, 2014, **22**(06): 685-695
- [10] 李爱农, 尹高飞, 张正健, et al. 基于站点的生物多样性星空地一体化遥感监测. *生物多样性*, 2018, **26**(08): 819-827
- [11] 贺金生, 方精云, 马克平, et al. 生物多样性与生态系统生产力:为什么野外观测和受控实验结果不一致? *植物生态学报*, 2003, (06): 835-843
- [12] 井新, 贺金生. 生物多样性与生态系统多功能性和多服务性的关系:回顾与展望. *植物生态学报*, 2021, **45**(10): 1094-1111
- [13] 邵长亮, 葛炎, 梁新凯, et al. 新疆卡拉麦里山有蹄类野生动物自然保护区的鸟类多样性调查. *绿色科技*, 2020, (18): 43-45





- [14] 李延梅, 牛栋, 张志强, et al. 国际生物多样性研究科学计划与热点述评. 生态学报, 2009, **29**(04): 2115-2123
- [15] 郭庆华, 胡天宇, 姜媛茜, et al. 遥感在生物多样性研究中的应用进展. 生物多样性, 2018, **26**(08): 789-806
- [16] 贺金生, 刘灿然, 马克平, 1998. 森林生物多样性监测规范和方法, 第三届全国生物多样性保护与持续利用研讨会, 中国云南昆明, pp. 333-349.
- [17] 栗忠飞, 高吉喜. 生物多样性评估方法的综述与评价. 中国发展, 2018, **18**(02): 1-13
- [18] Duro DC, Coops NC, Wulder MA, et al. Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 2007, **31**(3): 235-260
- [19] Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 2000, **403**(6772): 853-858
- [20] Saura S. Effects of remote sensor spatial resolution and data aggregation on selected fragmentation indices. Landscape Ecology, 2004, **19**(2): 197-209
- [21] Skidmore AK, Pettorelli N, Coops NC, et al. Environmental science: Agree on biodiversity metrics to track from space. Nature, 2015, **523**(7561): 403-5
- [22] Turner W, Spector S, Gardiner N, et al. Remote sensing for biodiversity science and conservation. Trends in Ecology & Evolution, 2003, **18**(6): 306-314
- [23] Carlson KM, Asner GP, Hughes RF, et al. Hyperspectral Remote Sensing of Canopy Biodiversity in Hawaiian Lowland Rainforests. Ecosystems, 2007, **10**(4): 536-549
- [24] Saatchi S, Buermann W, ter Steege H, et al. Modeling distribution of Amazonian tree species and diversity using remote sensing measurements. Remote Sensing of Environment, 2008, **112**(5): 2000-2017
- [25] Getzin S, Wiegand K, Schöning I. Assessing biodiversity in forests using very





high-resolution images and unmanned aerial vehicles. *Methods in Ecology and Evolution*, 2012, **3**(2): 397-404

[26] Davies AB, Asner GP. Advances in animal ecology from 3D-LiDAR ecosystem mapping. *Trends in Ecology & Evolution*, 2014, **29**(12): 681-691

[27] 雷倩, 李金亚, 马克明. 遥感技术在鸟类生态学研究中的应用. *生物多样性*, 2018, **26**(08): 862-877

[28] 周中一, 刘冉, 时书纳, et al. 基于激光雷达数据的物种分布模拟:以美国加州内华达山脉南部区域食鱼貂分布模拟为例. *生物多样性*, 2018, **26**(08): 878-891

[29] 李生强, 汪国海, 施泽攀, et al. 红外相机技术监测喀斯特生境兽类和鸟类多样性及活动节律. *兽类学报*, 2016, **36**(03): 272-281

[30] Ceballos A, Hernandez J, Corvalan P, et al. Comparison of Airborne LiDAR and Satellite Hyperspectral Remote Sensing to Estimate Vascular Plant Richness in Deciduous Mediterranean Forests of Central Chile. *Remote Sensing*, 2015, **7**: 2692-2714

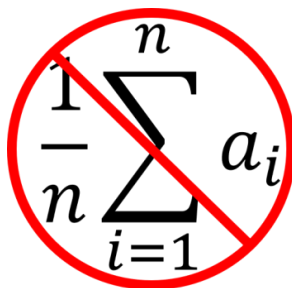
[31] Leutner B, Reineking B, Müller J, et al. Modelling Forest α -Diversity and Floristic Composition — On the Added Value of LiDAR plus Hyperspectral Remote Sensing. *Remote Sensing*, 2012, **4**: 2818-2845

[32] Colgan M, Baldeck C, Féret J-B, et al. Mapping Savanna Tree Species at Ecosystem Scales Using Support Vector Machine Classification and BRDF Correction on Airborne Hyperspectral and LiDAR Data. *Remote Sensing*, 2012, **4**(11): 3462-3480





二、相对湿度：平均，还是不平均？



您是否曾经被告知不要平均相对湿度（RH）？您是否曾经使用 Short Cut 生成采集程序，并注意到它在生成数据表时不允许平均相对湿度？您知道为什么吗？

在这篇博客文章中，我将简要描述为什么你不应该平均相对湿度的原因，并分享一些数据来说明其影响。

背景

让我们从相对湿度的定义开始。大多数文本和在线资源对相对湿度的定义如下：

$$RH = 100 * \frac{e}{e_s}$$

其中 e 是观测/测量的水气压，并且 e_s 是饱和水气压。然而，水气压可能不是最直观的概念。简而言之，相对湿度是给定体积空气中观察到的水量除以空气在不产生降水的情况下可以容纳的最大水量。该饱和点高度依赖于温度。

Lowe (1976)¹ 描述了以下用于计算饱和水气压的模型：

$$e_s = \alpha_0 + \alpha_1 T + \alpha_2 T^2 + \alpha_3 T^3 + \alpha_4 T^4 + \alpha_5 T^5 + \alpha_6 T^6$$

其中 T 是以摄氏度为单位的温度，拟合系数（α） 的值如下：



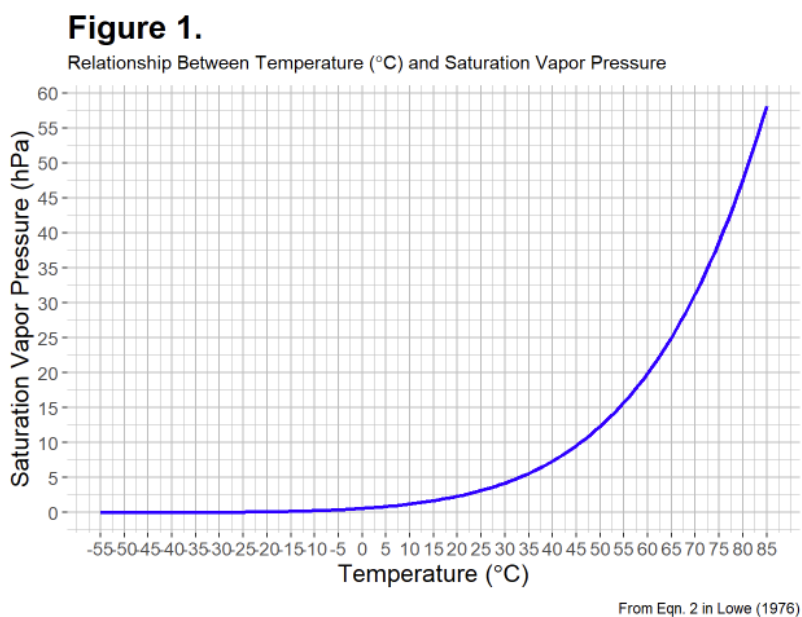


$$\begin{aligned}\alpha_0 &= 6.107799961 \\ \alpha_1 &= 4.436518521 * 10^{-1} \\ \alpha_2 &= 1.428945805 * 10^{-2} \\ \alpha_3 &= 2.650648471 * 10^{-4} \\ \alpha_4 &= 3.031240396 * 10^{-6} \\ \alpha_5 &= 2.034080948 * 10^{-8} \\ \alpha_6 &= 6.136820929 * 10^{-11}\end{aligned}$$

虽然我们可以考虑其他方法来获得饱和水气压,但 Lowe 模型用于 Campbell Scientific 数据记录器,因此在本文中,我将仅限于该方法。

有两个原因可以解释为什么在给定数据间隔内简单的 RH 平均值通常不是最佳方式。首先, RH 是一个计算值。数学家和统计学家建议是,最好在平均值等操作中使用原始数据,然后计算所需的值。此外,根据定义, RH 仅限于 0 到 100 之间的值。因此,接近这些上限和下限的值不能像朝向中间的值那样变化,这违反了统计假设。

不使用简单平均相对湿度的第二个也是更重要的原因是,该值会随温度迅速变化,尤其是在较高温度下。图 1 显示了基于 Lowe 模型的温度和饱和水气压之间的关系。





特别值得注意的是，饱和水气压在较高温度下变化更快。因此，在较高温度下 RH 的简单算术平均值可能会有更大的误差。在较长的时间间隔内求平均值也可能导致更大的误差。

注意：饱和水气压的计算假设是空气纯净，含有灰尘或颗粒污染的空气每单位体积比纯空气含有更多的水。因此，相对湿度可能略大于 100%，这种情况称为过饱和度。大于 100% 的数字也可能表示传感器错误。如何正确平均相对湿度？

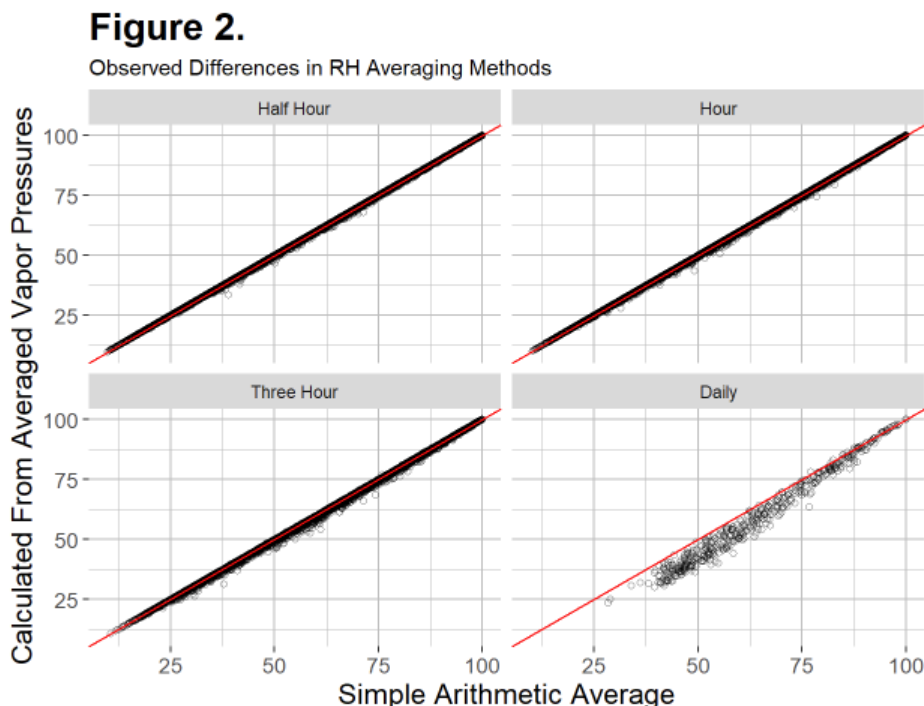
在给定间隔内获得平均相对湿度的首选方法是平均水气压和饱和水气压，然后根据这些平均值计算相对湿度。这是一个下载 CRBasic 示例程序的链接 https://s.campbellsci.com/documents/us/miscellaneous/blog-resources/AvgRH_eg.dld。在每次扫描期间，该程序计算水气压和饱和水气压，然后将水气压平均值存储在临时隐藏表中。然后使用这些值来计算 RH，并且所有值都存储在小时表中。

为了说明计算 RH 平均值(简单算术与平均水气压)的两种方法之间的差异，从犹他州洛根坎贝尔科学设施附近的气象站收集了大约 17 个月的数据。使用了类似于上述程序的程序，并以四个间隔存储数据：

- 30 分钟
- 1 小时
- 3 小时
- 24 小时

图 2 显示了结果：





如果这两种方法相同，我们希望所有数据点都排在红色 1:1 线上。对于半小时和每小时的间隔，有很好的一致性。但是，对于较长的间隔，误差会大大增加。有趣的是，至少在这些数据中，简单平均引起的误差几乎总是会导致正偏差。换句话说，简单的算术平均值几乎总是高估平均相对湿度。

世界气象组织 (WMO)²、美国国家气候学家协会 (AASC) 都建议相对湿度测量的不确定性 (误差) 小于 3%。在最坏的情况下，平均相对湿度引起的误差会累加传感器误差。例如，如果传感器规格规定它在大部分范围内都在 2.3% 以内，则任何额外的误差都需要限制在 1% 以下，以保守地满足 WMO 和 AASC 的建议。

表 1 显示了平均方法 (简单平均值减去水气压平均值) 差异的一些统计数据，包括平均值，最大值和最小值，以及一些百分位数。50% 的数据介于 25% 到 75 百分位数之间，95% 的数据介于 2.5 到 97.5 百分位数之间。

表 1. 简单平均水气压和平均水气压之间的差异比较



间隔	最低	2.5 百分位数	25 百分位数	意味着	75 百分位数	97.5 百分位数	最大
半小时	-0.210	-0.015	0.001	0.056	0.052	0.393	5.153
小时	-0.430	-0.016	0.006	0.126	0.140	0.782	5.663
三小时	-1.026	-0.032	0.057	0.495	0.651	2.369	7.065
日常	-0.937	-0.128	2.270	5.164	8.033	11.277	14.829

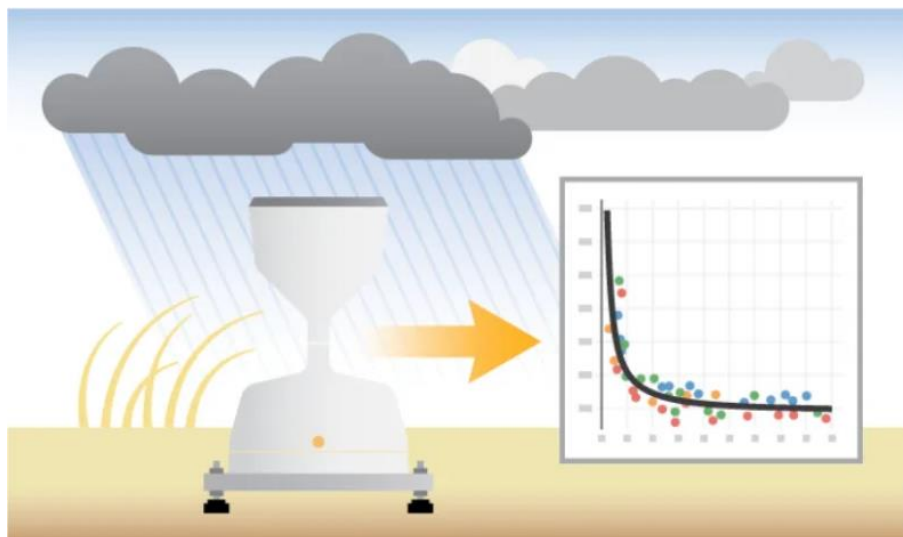
对于半小时和每小时间隔，大多数数据彼此相差不到 1%。因此，对于这些间隔，简单平均值可能是可以接受的，具体取决于您使用的传感器和数据的目的以及其他注意事项。然而，较大的区间显示出很大的偏差，并表明 RH 的简单平均值不能很好地代表数据。此外，值得注意的是，对于许多数据需要存储其他指标（例如露点或简单的水气压）来说，它可能更具信息性。

我希望这有助于澄清为什么出于数学和统计以及实用的原因，平均相对湿度通常不是一个好主意。如果您确实需要平均相对湿度，尤其是在较长的时间间隔内，更好的做法是使用平均观测水气压和饱和水气压来计算每个时间间隔的相对湿度。欢迎您根据需要修改可下载的示例程序。或者，只需存储观察到的水气压和温度（在坎贝尔科学数据记录器中轻松完成）。如果需要，可以在后处理中计算相对湿度和露点。





三、为什么我们需要一种算法来修正降雨强度？



在本文中，我将解释测量降水量时如何发生误差，讨论校正方法，并演示如何使用算法来设计高质量的翻斗式雨量计。

介绍

液态降水（雨）是最简单的机械、电子测量设备之一，也是最难做好准确性和一致性的测量设备。有两种表征降雨的方法：降雨数量或累积量、降雨强度。降雨量是以英寸或毫米为单位的降水深度，降雨强度则是每小时的降雨量。**降雨强度是降雨量测量中导致误差的最大因素之一。**

使用最广泛的雨量计类型通常被称为翻斗式雨量计。它有一个位于漏斗下方的翻转机构，该翻斗经过校准，可在充满校准体积的水时来回翻转。



因为翻斗的翻转速度是有限的，因此在翻转的过程中会有少部分的降雨量滴





到翻斗之外，造成测量的误差。换言之，降雨量测量的准确性在一定程度上取决于降雨的速率和强度。

一般来说，液态降水的另一个重要误差来源是风，有时造成的损失高达 20%。

RainVUE™ 系列降水雨量计独特的沙漏形状设计就是用于减轻风对集水区的影响，并且已在实践中验证“它”是有效的。

坎贝尔公司研制了一种雨量强度校正算法，并将其集成到 RainVUE™ 系列智能雨量传感器中。在本文的其余部分将具体介绍我们开发和测试该算法的方法。

过程

大多数翻斗式雨量计的原理都是非常简单的电子元件感应机理——比如每次翻斗都会触发开关动作，这些开关的闭合次数由数据采集器统计。这意味着两件事：

- 1、我们需要做的不仅仅是记录次数。
- 2、雨量计需要额外的计量（如时间）和计算。

所有这都可以放入数据采集器的运行程序中。但是，为了简单和易于使用，我们在仪表中添加了一个模块来进行计算并通过 SDI-12 将数据传送到采集器，因此用户无需创建或维护复杂的程序。该模块还可以作为数据的备份，并在数据采集器的通讯故障或者电源故障时继续使用内部电池运行一段时间。

校正降雨强度的一种方法是，首先计算降雨强度（每小时量）。然后，从强度修正降雨量。我们选择了一种更直接的路线来校正降雨累积或强度量，方法是测量两次翻斗过程之间的时间（TBT）并将其用作每次翻斗雨量的预测因子。根据 TBT 和降雨量，降雨强度即可通过简单的单位换算进行计算。

数据收集和模型开发

我们在每个 RainVUE™ 产品中使用了 10 个新的翻斗进行数据收集。每个





斗以 12 到 16 个固定的模拟降雨强度（取决于模型和强度校正的目标范围）进行三次校验。通过高精度喷嘴喷射固定量体积的去离子水来模拟降雨。

对于大于 100 mm/hr 的速率，每个斗通过足够的水，每次重复的总翻斗数为 1,000 个。

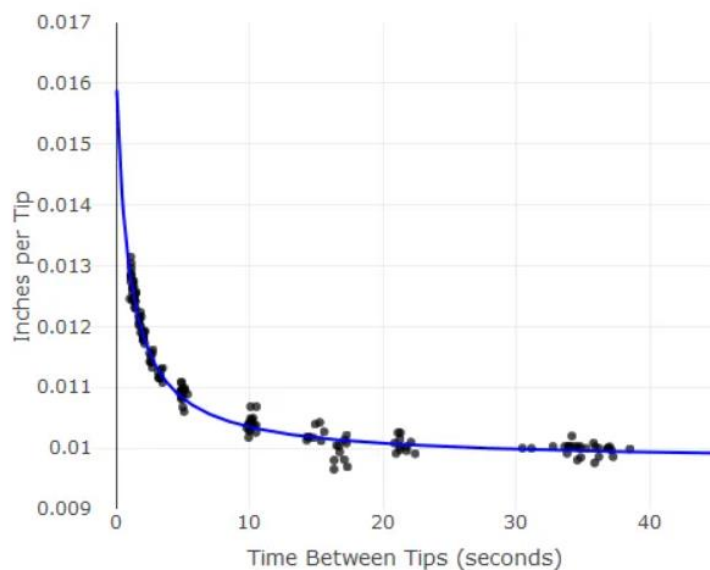
对于较低的速率，每次翻斗至少 330 个。

（使用我们的测试夹具，每次可以同时运行多达四个翻斗，但每个 RainVUE™ 产品仅数据验证收集一次就需要大约 1,000 小时或更长时间！）

凭借已知的水体积数量以及使用 CR6 数据采集器 可以准确测量翻斗和 TBT 的数量，我们就可以获得开发校正模型所需的所有数据。然后使用数据回归，比较了几个模型的拟合曲线。示例的函数模型形式包括幂函数和指数函数衰减曲线等。通过交叉验证和收集新数据来相互验证模型的准确性。

说明：交叉验证是将数据集拆分为测量数据集和验证数据集的做法。例如，使用来自一半翻斗的数据来开发模型，并使用来自其余存翻斗的数据来验证模型。

下图显示了原始数据的示例以及我们考虑的候选模型之一（例如，幂函数、指数衰减函数等）：





结论

总的来说，这个项目是一个有趣的挑战，我希望这篇文章能提供一些关于开发过程的见解，并展示用于创建最佳算法的强大方法，为高质量的翻斗雨量计的
增加应用价值。

[Why Do We Need an Algorithm for Rainfall Intensity Correction?](#)
[\(campbellsci.com\)](#)





四、激光雷达应用——叶面积指数反演

叶面积指数 (leaf area index, LAI) 定义为单位地面上所有叶片单面面积的总和^[1]。是生态系统中具有重要作用的森林参数之一。

目前测量叶面积指数的主要方法有以下几种^[2]:

- 传统实地测量法
- 间接测量法
- 遥感光学测量法

传统实地测量方法和间接测量法在实际应用中有诸多限制,实地测量测得的 LAI 精确度高但具有破坏性、工作量大、耗时长、且获取获得的采样点上的数据有限^[3,4];间接测量法则是基于一定的经验公式和数学模型,结果往往具有较大的不确定性;目前基于遥感的森林 LAI 监测主要依靠激光雷达 (light detection and ranging, LiDAR)、光学、微波等手段,光学遥感数据以其长时间序列、全球区域尺度覆盖和高重访周期的特点,在大区域尺度的森林 LAI 监测中有不可替代的作用,但需建立在大量地面样本点基础上^[5];激光雷达具有穿透性,可以穿透冠层并快速获得大面积的高精度的森林冠层以及林分内部结构参数,因此,基于激光雷达的 LAI 监测有着重要作用^[4]。

激光雷达是传统雷达与激光技术相结合的产物。以微波雷达原理为基础,将激光束作为新的探测信号,具有良好的方向性、单色性和相干性的特点,在植被生态监测中具有以下优势^[6]:

- 数据密度大
- 数据精度高
- 植被穿透力强

激光雷达系统可以快速、准确地获取测量点的高精度三维坐标数据,在植被监测领域得到广泛关注^[7],目前已成功应用于林业中对树高、冠层垂直结构、郁



闭度、生物量等参数的提取^[9]，同时，在不同尺度与不同平台上也得到了极大的应用拓展（图 2）。

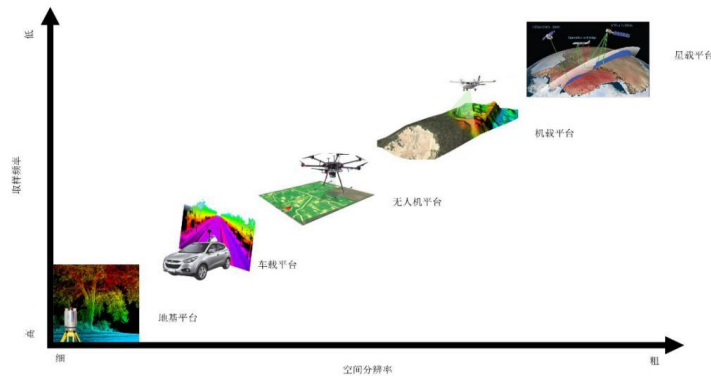


图 1 不同类型的激光雷达传感器搭载平台及适用尺度

图片来源于（张岩博^[9]，2019）

激光雷达可以获得高精度的植被三维参数，为植被 LAI 反演提供了可能，目前，雷达反演 LAI 的方法主要有两种：

- 经验模型反演法
- 基于比尔朗博定律物理模型法

经验模型法是结合地面样本与机载激光雷达统计特征的方法，主要通过提取激光雷达的高度、密度、强度等统计参数与实测 LAI 建立回归模型实现叶面积指数反演。这种模型结构简单，尤其是在不清楚地面实况或遥感信号产生机理过于复杂的情况下，是一种较合适的反演方法^[10]。

物理模型法则是激光雷达在进行植被信息获取时，激光脉冲打到植被冠层表面，一部分能量被反射，而另一部分能量将穿过植被枝叶间的间隙继续前进，直至被遮挡，只有部分能量到达地面（图 2）。而穿过植被冠层的光照强度衰减可用基于冠层间隙率的比尔朗博公式来描述，并通过比尔朗博定律推算得到 LAI^[11-13]：

$$LAI = -\frac{\cos \theta}{G(\theta) \cdot \Omega} \ln(1 - f_{cover})$$

式中，G(θ)表示单位面积内所有叶子在与太阳入射垂直平面的平均投影，在

一个具有球形叶片分布的冠层中， $G(\theta)$ 表征叶倾角分布，取经验值 0.50； θ 为入射辐射的天顶角； Ω 是聚集指数； f_{cover} 表示观测覆盖度，计算如下^[14]：

$$f_{cover} = n_{maize} / n_{cropland}$$

式中， n_{maize} 为冠层回波点云数； $n_{cropland}$ 为总点云数。

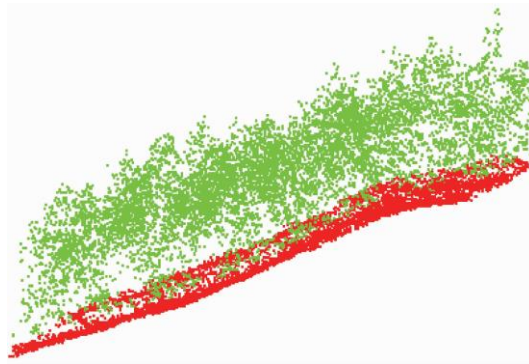


图 2 点云分类图像三维显示（红色点为地面激光点，绿色点为植被的激光点）

图片来源于（骆社周^[15]，2013）

基于物理模型法的 LAI 反演相比经验模型表现出了更为明显的优势，基于经验模型的激光雷达叶面积指数反演仍然需要进行实地破坏性采样已取得构建模型的必要数据，模型的适用性较为局限；同时，模型构建过程缺乏物理意义，仅是通过对点云进行预处理计算点云的统计特征，进而结合经验回归模型进行 LAI 反演，这导致反演的结果存在一定的不确定性。已有研究表明：激光雷达的物理模型 LAI 反演与样地实测 LAI 没有明显差异（图 3）^[4,16]，并且准确性也优于其它的一些数学或经验模型[13]。随着激光雷达应用 LAI 反演的研究发展，运用激光雷达结合物理模型进行叶面积指数反演的研究逐渐深入，反演算法也在不断进步，软硬件的更新优化也大大普及了激光雷达的应用面，在实际应用中可以与其它 LAI 监测方法形成优势互补，为大区域森林 LAI 反演或其他森林参数反演提供硬件支持。

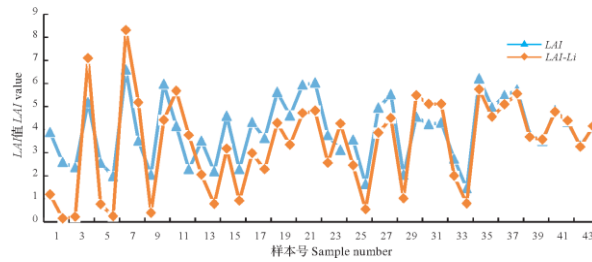


图 3 LiDAR 与样地的叶面积指数实测值对比 (橙色为 LiDAR 计算, 蓝色为实地测量)

图片来源于 (罗洪斌^[17], 2020)

参考文献

- [1] Watson DJ. Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops: II. The Effect of Varying Nutrient Supply on Net Assimilation Rate and Leaf Area. *Annals of Botany*, 1947, 11(4): 375-407
- [2] 刘婷, 苏伟, 王成, 等. 基于机载 LiDAR 数据的玉米叶面积指数反演. *中国农业大学学报*, 2016, 21(03): 104-111
- [3] Gower ST, Kucharik CJ, Norman JM. Direct and Indirect Estimation of Leaf Area Index, fAPAR, and Net Primary Production of Terrestrial Ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 1999, 70(1): 29-51
- [4] 罗洪斌, 岳彩荣, 张国飞, 等. 机载激光雷达在不同区域尺度森林叶面积指数反演中的应用. *西部林业科学*, 2021, 50(04): 33-40
- [5] 方红亮. 我国叶面积指数卫星遥感产品生产及验证. *遥感技术与应用*, 2020, 35(5): 990-1003
- [6] 刘斌, 张军, 鲁敏, 等. 激光雷达应用技术研究进展. *激光与红外*, 2015(2): 117-122
- [7] 张健, 张雷, 曾飞, 等. 机载激光 3D 探测成像系统的发展现状. *中国光学*, 2011, 4(3): 213—232
- [8] 庞勇, 赵峰, 李增元, 等. 机载激光雷达平均树高提取研究. *遥感学报*,





2008, 12(1): 153-158

[9]张岩博, 2019. 基于 LiDAR 与遥感影像对玉米叶面积指数反演的方法研究, 新疆大学.

[10]融合无人机载激光雷达与多光谱遥感数据的冬小麦叶面积指数反演. 土壤学报, 2022, 59(01): 161-171

[11] Ma H, Song J, Wang J. Forest Canopy LAI and Vertical FAVD Profile Inversion from Airborne Full-Waveform LiDAR Data Based on a Radiative Transfer Model. Remote Sensing, 2015, 7(2)

[12] Nilson T. A theoretical analysis of the frequency of gaps in plant stands. Agricultural Meteorology, 1971, 8: 25-38

[13] Richardson JJ, Moskal LM, Kim S-H. Modeling approaches to estimate effective leaf area index from aerial discrete-return LIDAR. Agricultural and Forest Meteorology, 2009, 149(6): 1152-1160

[14] Danson FM, Hetherington D, Morsdorf F, et al. Forest Canopy Gap Fraction From Terrestrial Laser Scanning. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2007, 4(1): 157-160

[15] 骆社周, 王成, 张贵宾, 等. 机载激光雷达森林叶面积指数反演研究. 地球物理学报, 2013(5): 1467-1475

[16] Li Y, Guo Q, Su Y, et al. Retrieving the gap fraction, element clumping index, and leaf area index of individual trees using single-scan data from a terrestrial laser scanner. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2017, 130: 308-316

[17] 罗洪斌, 舒清态, 王强, 等. 多源遥感数据结合的橡胶林有效叶面积指数升尺度估测. 江西农业大学学报, 2020, 42(02): 349-357





五、如何正确选择存储卡来扩展数据记录器的内存



我如何知道我是否需要外部数据存储？

如果你有 CR1000, CR3000 或者 CR6, 您的数据采集器有 4MB* 的静态随机存储器(SRAM), 其中存储了当前编译的程序以及一些通信参数设置。(*如果您有一个序列号小于 11832 的 CR1000 数据采集器, 您的数据采集器只有 2MB 的 SRAM。)因此, 大约有 3.7MB 的内部存储器可用于最终数据存储。

现在, 3.7MB 可能听起来不是很大的存储空间, 但对于许多数据采集器应用程序来说, 这是足够存储一年多的数据的空间! 例如, 假设一个气象站存储了 10 个变量的平均值(例如, 气温、土壤温度、气压、风速、风向、降雨量等。)分成三个表格, 时间间隔为 15 分钟、每小时和每天。如果我们假设这三个表是自动分配的(也就是说, 被编程为几乎同时填满), 那么这三个表将需要 1533 天来填满 3.7 MB 的空间, 那就是 4 年多了! 当然, 那是理论上完美的情况, 电池永远不会耗尽, 自然灾害永远不会发生。

一般情况下, 在收集数据时, 应该在数采存储满或被覆盖之前。换句话说, 如果您不能够承受丢失一个月的数据, 那么就应该提高收集数据的频率。尽管 3.7 MB 对于许多数据采集器应用程序来说已经足够, 但是如果您需要存储高频数据, 您可能需要为您的数据记录器添加外部存储卡。

提示:程序运行后, 您可以确认数据填充时间。在 LoggerNet 的连接屏幕中,



单击**站点状态**菜单项，然后单击**表格填充时间**标签。

当您试图确定您的外部与内部内存需求时，以下是一些需要考虑的变量：

1、**每个数据存储输出周期要存储的数据点的数量和分辨率**—数据是以高分辨率(每个数据 4 字节)还是低分辨率(每个数据 2 字节)存储？不要忘记考虑时间戳和记录号内存需求(16 字节)。

2、**数据存储速率**—数据将以何种速率存储？会有多个数据表吗？

3、**数据收集间隔时间**—数据收集之间需要多长时间？

计算所需存储空间的示例

让我们看一个例子来说明这一点。假设您想以 10 Hz 的频率存储 20 个数据点。其中 13 个数据点将以低分辨率双字节格式(FP2)存储，另外 7 个数据点将以高分辨率四字节格式(IEEE4)存储。**数据表格**指令是这样的：

```
DataTable (Test,1,-1)
  DataInterval (0,100,mSec,10) '10 Hz
  CardOut (0,-1)
  Sample (13,Var_One(),FP2) '13 low-resolution data points
  Sample (7,Var_Two(),IEEE4) '7 high-resolution data points
EndTable
```

每个记录都将存储一个时间戳和记录号，这将占用 16 字节的空间。每运行八小时后，将从数据采集器中收集您的数据。你需要多大的数据存储空间？

根据每个数据点的大小和这些数据点的存储间隔，可以计算每条记录的字节数(换句话说，就是数据表中每一行的字节数)。然后，根据每条记录的字节数，您可以计算每八小时的字节数：

每个数据存储间隔的字节数(10 赫兹)：

低分辨率数据

高分辨率数据

时间戳/记录#



$(13 \text{ 个数据}) \times (2 \text{ 个字节/数据}) + (7 \text{ 个数据}) \times (4 \text{ 个字节/数据}) + 16 \text{ 字节}$			
=每个存储间隔或数据记录 70 字节			
每八小时字节数:			
每个记录的字节数	记录/秒	秒/小时	小时数
(70 字节/记录)	x(每秒 10 条记录)	x (3600 秒/小时)	x (8 小时)
= 20, 160, 000 字节或两次收集之间的数据表大小为 20.16 MB			

在本例中，您的数据存储设备至少需要 20.16 MB 的空间。因为您的数据采集器只有大约 3.7 MB 的内部存储器可用于最终数据存储，所以您需要增加外部数据存储。

请注意，这是一个保守的估计，因为在大多数情况下，数据采集器不需要为每个记录存储时间戳。相反，数据采集器支持软件数据提取程序使用帧时间标记来计算每个记录存储到计算机内存中的时间戳。

给我的数据记录器添加存储卡需要什么？

如果您有 CR6、CR1000X 或 GRANITE 数据采集器/数据采集系统，您的设备有一个内置的 microSD 插槽，可直接使用 microSD 卡。

如果您有 CR1000 或 CR3000，您可以使用扩展卡槽模块，来为数据采集器扩展外部存储（CompactFlash 卡），例如 CFM100、NL116。这些 CompactFlash 模块连接到数据采集器上的 40 针外设接口。

我需要什么样的存储卡？

并非所有存储卡都是生而平等的。有不同类型的 microSD-flash 和 CompactFlash 存储卡。





目前有三种类型的 microSD-flash 卡可供使用:

- 单级存储 SLC
- 多级存储 MLC
- 高级多级存储 aMLC

之前 Campbell Scientific 只提供 SLC microSD 卡, 因为它比 MLC 卡更耐用、更可靠, 读写速度更快(写模式快 300%, 读模式快 43%)。然而, 由于技术的进步, 现在能够提供 16 GB aMLC microSD 卡, 与传统 MLC 卡相比, 它具有 13 倍的续航能力, 1.5 倍的写入性能和 5 倍的数据保留性能。

CF 卡也有两种级别:

- 工业级
- 标准(或商业)级

Campbell Scientific 只提供工业级的 CompactFlash 和 microSD 闪存卡, 因为工业级的存储卡有更高的标准要求, 比如, 它们可以在更宽的温度范围内工作, 提供更好的抗振动和抗冲击性能, 并且比商用同类产品具有更快的读写速度。

结论:

本文主要介绍如何使用内存卡来扩展数据采集器的存储, 来存储数据并备份测量数据。存储卡的另一个常见用途是存储图像或将程序传输到本地, 而不需要连接电脑。

希望这篇文章已经帮助您理解以下内容: 如何使用内存卡来扩展数据记录采集器的存储空间, 为什么不是所有的内存卡都推荐使用, 以及选择内存卡需要仔细考虑的因素。



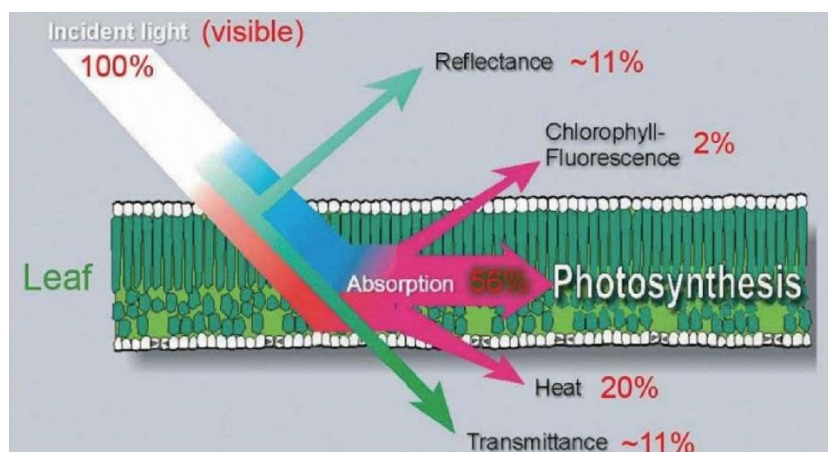


新品推荐

一、日光诱导叶绿素荧光(SIF)系统

日光诱导叶绿素荧光(SIF) | 总初级生产力

太阳光到达叶片后,部分能量通过反射或透射损失掉,部分能量被叶片吸收。被叶片吸收的光能一部分以热耗散的形式释放,一部分用于植物的光合作用,还有一部分光能以叶绿素荧光方式释放(~2%的入射能量)。这部分向外发射的微弱能量称为日光诱导叶绿素荧光(solar-induced chlorophyll fluorescence,SIF)。其波谱范围在 650nm 到 800nm 之间。



图片来源 European Space Agency

大量研究表明 SIF 和植物光合作用和植物生理状态都有密切的联系。通过探测叶绿素荧光,可以间接了解植物的光合作用。因此 SIF 可以用来作为生态或者作物模型的输入来估算 GPP (总初级生产力)。结合涡动相关系统观测结果,可以准确划分净生态系统交换量 (NEE),从而更好地估算总初级生产力(GPP)和评估生态系统呼吸 (RECO)。SIF 还可用于卫星观测结果的地面验证以及植被受胁迫后的早期预警信号(在作物灾害出现之前 SIF 的变化就能被测到)等。

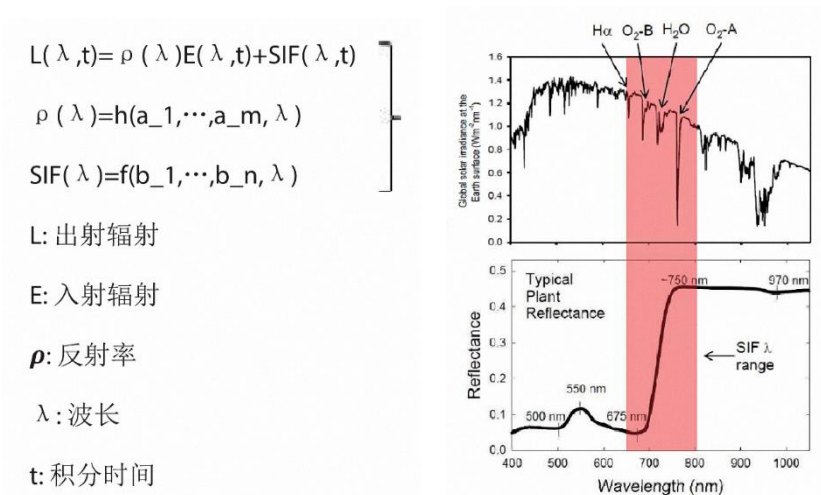
日光诱导叶绿素荧光(SIF) 观测原理





$$SIF=f(GPP)$$

SIF 观测原理：在合适的波段内通过光谱仪多次测量入射辐射和植被冠层的出射辐射，通过计算二元多次方程组，即可得到 SIF



FluoreSens 10 产品概述

Campbell Scientific 日前发布了新产品 FluoreSens10，该产品主要用于测量日光诱导叶绿素荧光(solar-induced chlorophyll fluorescence, SIF)。

FluoreSens10 能够准确地测量植被在光合作用过程中发射的叶绿素荧光值，结合涡动相关系统观测结果，可获取更为全面的净生态系统交换量（NEE）、总初级生产力（GPP）和生态系统呼吸（RECO）等综合信息。



FluoreSens10 用于日光诱导叶绿素荧光（SIF）测量，可以估算总初级生产力（GPP）和生态系统呼吸（RECO）。该系统可以作为独立的系统单独使用，也





可以与涡动相关系统（EC）集成使用。其他应用还包括卫星 SIF 分析的地面验证，植被胁迫早期预警，以及干旱或火灾的风险监测。

FluoreSens10 是一款完整易用的测量系统，具有卓越的稳定性和可重复性。通过提供高质量测量结果使用户可以专注于科学问题研究。FluoreSens10 系统配备高分辨率光谱仪，覆盖大气中 O₂-A 和 O₂-B 氧吸收带，还可额外配置第二台光谱仪用于测量植被指数。与大多数通量站和气象站一样，FluoreSens10 由数据采集器程序控制，因此 SIF 测量设备可灵活与通量站、气象站集成到一起进行综合观测。



FluoreSens 10 三脚架安装方式

FluoreSens10 可安装在三脚架上，也可安装到现有的基础设施（如铁塔）。机箱坚固环保，内部放置有 CR1000X 数据采集器，高分辨率光谱仪、热电制冷器（TEC）和电源。光纤及其辅件可固定在支架的横臂上。

FluoreSens 10 优势与特点

- 准确划分净生态系统交换量（NEE），更好地估算总初级生产力（GPP）和评





估生态系统呼吸 (RECO)

- 光纤旋转方法提供了更大的光路完整性
- 通过 Campbell 数据采集器，可轻松实现与现有 EC 系统的集成
- 采用余弦校正器观测植被，可更好地与 EC 通量足迹进行匹配
- 具有高分辨率的光谱仪，实现 SIF 的准确测量
- 可兼容第二台光谱仪用于植被指数测量
- 易于安装、操作和校准
- 坚固耐用，适用于恶劣的环境条件
- 温度可控，保证系统稳定运行

FluoreSens 10 技术指标

- 系统名称：日光诱导叶绿素荧光测量系统
- 工作温度：0°C 至 50°C
- 光谱仪光谱范围：650 至 800nm(分辨率 0.41nm)
- 可选第二台光谱仪光谱范围：350 至 1000nm(分辨率 1.3nm)
- 视场角：180°
- 供电：120 或 230VAC
- 功耗：150W
- 机箱尺寸：60.96×50.8×25.4cm
- 机箱重量：22kg
- 光纤线缆重量：5kg





二、CO₂/CH₄ 同位素分析仪 HGA-31Ci

概述

CO₂/CH₄ 同位素分析仪 HGA-31Ci 基于光腔衰荡光谱技术 (CRDS)，是世界上先进的测量 CO₂ 和 CH₄ 碳同位素比率的仪器，也是一款可在野外实现原位在线观测的仪器。该设备以 ppb 级的超高灵敏度测量 CO₂ 和 CH₄ 中的碳同位素比率及总的 CO₂ 浓度、CH₄ 浓度及 H₂O 浓度。分析仪拥有高精度温度和压力控制传感器（温度控制优于 0.005°C，压力控制优于 0.0002atm），能确保仪器长期运转，很少需要校准，即便在不断变化的环境条件下可以维持高度的线性、精确度和准确性。

CO₂/CH₄ 同位素分析仪 HGA-31Ci 可应用于呼吸和发酵、氧化和还原、源和库鉴定等研究，特有的单一 CO₂ 模式，单一 CH₄ 模式和 CO₂、CH₄ 同步模式可选；也可连接元素分析仪和 TOC 分析仪，满足您不同的科研需要。

技术原理

光腔衰荡光谱技术 (CRDS)

主要特点

- 一款可野外部署且可同步测量 CO₂ 和 CH₄ 浓度和同位素比率的分析仪
- 更少的校准、更少的维护，无需耗材
- 可应用到高山、海洋、森林和苔原
- 唯一能提供确保漂移精度的分析仪
- 独一无二的水汽校检运算法则，排除水汽干扰





性能指标

CO ₂ CH ₄ 同步模式	CO ₂	CH ₄		H ₂ O
		低浓度测量模式	高浓度测量模式	
δ ¹³ C 精度 (5min, 1σ, 1hr 窗口)	<0.15‰	<1.15‰	<0.55‰	-
最大漂移(> 24hrs, 1h 平均)	<0.6‰	<1.5‰@10ppm	<1.5‰@10ppm	-
浓度精度 (30s, 1σ)	200ppb+0.05% 读数(¹² C) 10ppb+0.05%of 读数(¹³ C)	5ppb+0.05%读数 (¹² C) 1ppb+0.05%读数 (¹³ C)	50ppb+0.05% 读数(¹² C) 10ppb+0.05% 读数(¹³ C)	100ppm
确保精度范围	380-2000ppm	1.8-12ppm	10-500ppm	0-2.4%
测量范围	100-4000ppm	1.2-15ppm	1.8-1500ppm	0-5%
测量间隔	5s			

CH ₄ 单一模式	CO ₂	CH ₄		H ₂ O
		低浓度测量模式	高浓度测量模式	
δ ¹³ C 精度 (5min, 1σ, 1hr 窗口)	-	<0.8‰	<0.4‰	-
最大漂移 (>)	-	<1.5‰@10ppm	<1.5‰@10ppm	-





24hrs, 1hr 平均)				
浓度精度 (30s, 1σ)	1ppm+ 0.25% 读数 (¹² C)	5ppb+0.05% 读数(¹² C) 1ppb+0.05% 读数(¹³ C)	50ppb+0.05% 读数(¹² C) 10ppb+0.05% 读数(¹³ C)	100ppm
确保精度范围	200- 2000ppm	1.8-12ppm	10-1000ppm	0-2.4%
测量范围	0- 4000ppm	1.2-15ppm	1.8-1500ppm	0-5%
测量间隔	3s			

CO ₂ 单一模式	CO ₂	CH ₄	H ₂ O
δ ¹³ C 精度 (5min, 1σ, 1Hr 窗口)	<0.1‰	-	-
最大漂移 (> 24hrs, 1h 平均)	<0.6‰	-	-
浓度精度 (30sec, 1σ)	200ppb+0.05% 读数 (¹² C) 10ppb+0.05%读数(¹³ C)	50ppb+0.05% 读数 (¹² C)	100ppm
确保精度范围	380-2000ppm	1.8-500ppm	0-2.4%
测量范围	100-4000ppm	0-1000ppm	0-5%
测量间隔	3s		

环境温度依赖	确保<±0.06‰/°C, 典型<±0.025‰/°C
--------	-----------------------------





性	
上升/下降时间	~30s (10-90%/90-10%)
温度控制	0.005°C
压力控制	0.0002atm
取样温度	-10-45°C
取样流速	<50ml/min (典型~50ml/min) @760Torr, 无需过滤
取样压力	300-1000Torr (40-133kPa)
取样湿度	<99%, 无冷凝@40°C, 无需干燥
输出	RS-232, 网卡, USB, 模拟输出 (可选) 0-10V
出/入口接头	1/4 英寸接头套管
尺寸/重量	(178×432×602)mm(H×W×D)
功耗	100-240VAC, 启动时<260W (全部); 稳定后, 分析仪 125W, 泵 35W





三、HGA-33Ci CO₂ \ ¹³CO₂ \ CH₄高精度碳同位素气体分析仪



产品概述

高精度碳同位素气体分析仪(HGA-33Ci)是一款同时测量 ¹³CO₂、CO₂、CH₄、H₂O 气体浓度的专业仪器,具有无可比拟的卓越性能。仪器界面友好,操作简单,坚固耐用,是科学研究和空气质量监测的理想工具。

分析仪采用光腔衰荡光谱(Cavity Ring Down Spectroscopy, CRDS)技术,可在有限的光腔内实现长达 20 千米的有效测量光程,因此该分析仪虽然尺寸小却能达到优异的灵敏度。仪器独有的内部控温、控压算法,让分析仪具备优异的精度、准确度、低漂移性能,为客户提供稳定到极致的测量。

分析仪不但能够以 ppb 级的精度测量 CO₂ 和 CH₄ 的气体浓度,还增加了二氧化碳同位素的测定功能,其精度优于 0.1‰。相比质谱仪测量碳同位素,HGA-33Ci 分析仪无需样品预处理,测试效率高,具有较低的成本。

HGA-33Ci 可广泛应用于大气和海洋科学研究、食品和饮料的溯源和真实性、城市\区域环境监测、碳源碳汇研究、植被土壤研究等场景中的气体浓度在线实时监测。

系统特点:

- 测量 CO₂ 中的 δ 13C, 精度<0.1‰
- 同时测量 CO₂ 和 CH₄ 气体浓度





- 测量水蒸汽和报告干摩尔分数
- 出色的压力和温度稳定性

性能指标:

性能指标		¹³ CO ₂	CO ₂	CH ₄	H ₂ O
精度	CO ₂ 中 δ ¹³ C, 1σ, 1 小时, 5 分钟平均	确保精度 <0.1‰, CO ₂ 浓度大于 380ppm			
	气体浓度精 度, 1σ, 30 秒		20ppb(12C) /10ppb(13C)	50ppb+0.05%(1 2C)读数	100ppm
标准温压下 δ ¹³ C 最大漂移(24 小 时内, 1 小时平均 值的最值之差)		<0.5‰			
动态范围			0.01-0.5% 精度保证: 380- 2000ppm	0-1200ppm 精度保证: 0- 500ppm	0-4% 精度保证: 0-2.4%
测量间隔		约 2s			

运行条件

技术指标	技术参数
测量技术	光腔衰荡光谱 (CRDS) 技术
光腔温度控制	±0.005℃





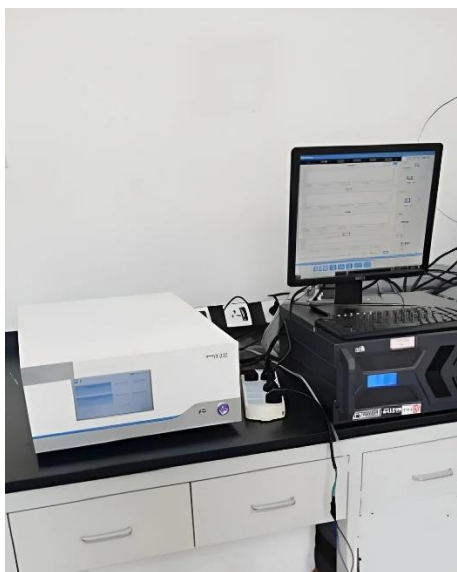
光腔压强控制	±0.0002 大气压
样品温度	-10~45℃
样品压强	300~1000torr (40~133kpa)
样品流量	<50sccm (典型值 25sccm) @760torr, 无需过滤
样品湿度	<99%RH (无冷凝) @40℃, 无需干燥
进气接口	¼英寸 Swagelok®
环境温度	15-35℃ (工作), -10~50℃ (储存)
环境湿度	<99%RH (无冷凝)
通信接口	RS232、USB、以太网
交互界面	7 寸液晶触摸屏
电源	85~264VAC, 50/60Hz
总功耗	70W (分析仪) +300W (外置泵)
安装形式	工作台式或 19 英寸机架式
仪器尺寸	(178×432×602) mm (H×W×D)
重量	≤28.05kg (包括外置泵)
配件 (随附)	外置真空泵, 客户端分析软件

应用场景

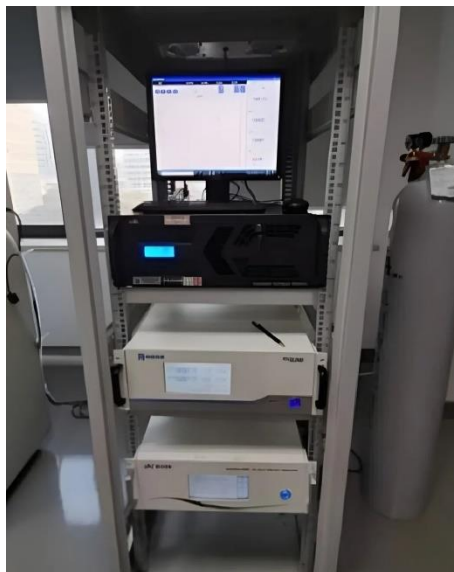
- 大气和海洋科学研究
- 碳源碳汇研究
- 植被土壤研究



典型应用案例:



中国气象局气象探测中心



浙江省生态环境监测中心



广州市环境监测中心



广州市环境监测中心



四、HGA-31Hi 超高精度液态水和水汽同位素分析仪



HGA-31Hi 超高精度液态水和水汽同位素分析仪以极高的精度同步测量 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD 。该仪器具有极高的稳定性、灵敏度和精度，这是基于传统的吸收光谱技术和离轴积分腔输出光谱技术 (ICOS) 分析仪无法比拟的。气化装置带有温度控制，科学的工程学设计确保仪器能直接测量高含盐量的样品，如卤水。高精度温度和压力控制系统，确保仪器在不断变化的环境条件下获得最高的精确度、准确性和最低的漂移。

HGA-31Hi 超高精度液态水和水汽同位素分析仪是海洋学、水文学、植物生理、生命科学、古气候学、大气科学、食品科学、农学、矿井科学等同位素研究的首选工具。小巧的设计便于您在野外台站、船载车载和实验室等各种环境下应用。

技术原理

光腔衰荡光谱 (CRDS) 技术

主要特点

- 同步测量 $\delta^{18}\text{O}$ 和 δD ，同时输出 CH_4 浓度；
- 液态水的典型精度 $\delta^{18}\text{O}$ 达 0.01‰； δD 达 0.03‰；
- 一个设备进行固态水、液态水和气态水的同位素测量，具有实验室的精度和野外的耐用性；





- 对水汽测量 10 秒每麦格 (0.001‰) 艾伦方差;
- 对环境温度变化不敏感, 具有最小的记忆效应和漂移;
- 搭配微型高温热解模块, 有效去除有机物对激光光谱的干扰;

性能指标

液态水	
精度 (1σ)	δ ¹⁸ O: 确保精度 0.020 ‰; 典型精度 0.010 ‰ δ D: 确保精度 0.100 ‰; 典型精度 0.050 ‰
24h 最大漂移	δ ¹⁸ O: 最大 0.200 ‰; 典型 0.082 ‰ δ D: 最大 0.800 ‰; 典型 0.336 ‰
测量速率	12~54min, 依赖于汽化装置的类型和模式
记忆效应	δ ¹⁸ O 确保 99%; δD 确保 98%
总溶解固体	A0211 高精度汽化装置<20%; A0212 高速汽化装置<4%

水汽	
测量范围	1000~50000ppm
确保精度 (1σ) 2500ppm	δ ¹⁸ O: 0.220 ‰/0.080 ‰(10 s/100 s) δ D: 1.500 ‰/0.500 ‰(10 s/100 s)
确保精度 (1σ) 12500 ppm	δ ¹⁸ O: 0.120 ‰/0.040 ‰(10 s/100 s) δ D: 0.300 ‰/0.100 ‰(10 s/100 s)
典型精度 (1σ) 2500 ppm	δ ¹⁸ O: 0.120 ‰/0.019 ‰(10 s/100 s) δ D: 0.158 ‰/0.050 ‰(10 s/100 s)
测量速率	>1Hz





固体样品	
精度 (1 σ)	$\delta^{18}\text{O}$: 确保精度 0.35‰; 典型精度 0.25‰ δD : 确保精度 1.5‰; 典型精度 1.2‰
测量速率	3min~20min, 依赖于样品

系统性能	
温度	-10~45°C (水汽); 10~35°C (液体取样和系统操作温度); -10~50°C (存储温度)
取样流速	40ml/min@760Torr, 无需过滤
取样压力	300~1000Torr (40~133kPa)
取样湿度	<99% R.H, 无冷凝@40°C, 无需干燥
输出	RS-232, 网卡, USB, 模拟输出 (可选) 4~20mA/ \pm 10V
出/入口接头	1/4 英寸接头套管
尺寸/重量	43.2 x 19.1 x 43.2cm/20.4 Kg
耗电	90~120VAC 或 220VAC, <150 W





专题报道

一、华益瑞数据云平台 Truvel Cloud

华益瑞数据云平台(Truvel Cloud)是华益瑞自主研发的一套完整、通用的 B/S 架构数据管理平台，方便科研用户快速便捷地管理台站的数据、照片、监控等各种类型业务数据。

平台主要特性：

- ✓ 可部署在用户 Windows/Linux 服务器
- ✓ 后端支持单体版或微服务版
- ✓ 前端页面响应式布局
- ✓ 支持按钮级别数据权限
- ✓ 支持服务监控、数据监控、缓存监控
- ✓ 可自定义可视化大屏内容
- ✓ 支持微信、QQ、钉钉、短信、邮件等多种方式的告警信息推送
- ✓ 支持数据报表一键导出
- ✓ 支持多种国内外数采数据接入
- ✓ 支持物候照片及数据文件接入
- ✓ 支持符合监控视频接入
- ✓ 支持 LAS 点云接入

平台主要功能：

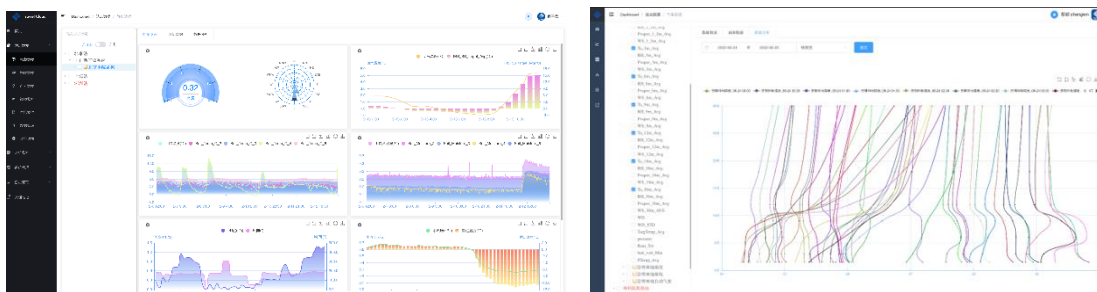
- ✓ 站点管理
- ✓ 用户管理
- ✓ 角色管理
- ✓ 数据管理
- ✓ 日志管理



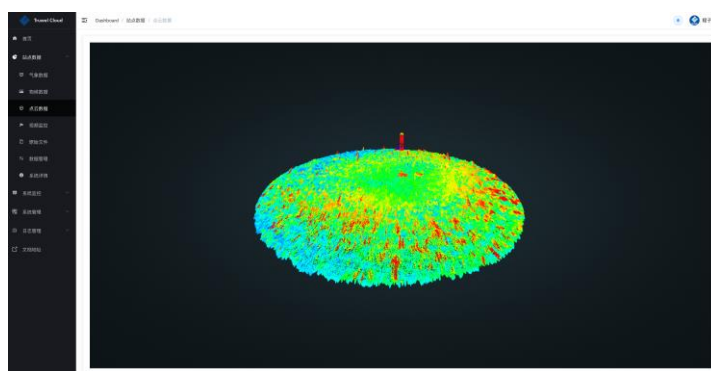
✓ 监控管理

平台部分功能截图

气象数据

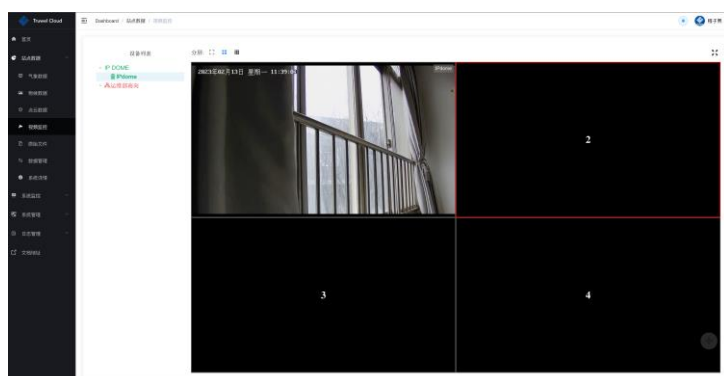


点云数据



视频监控

可以一、四、九分屏展示

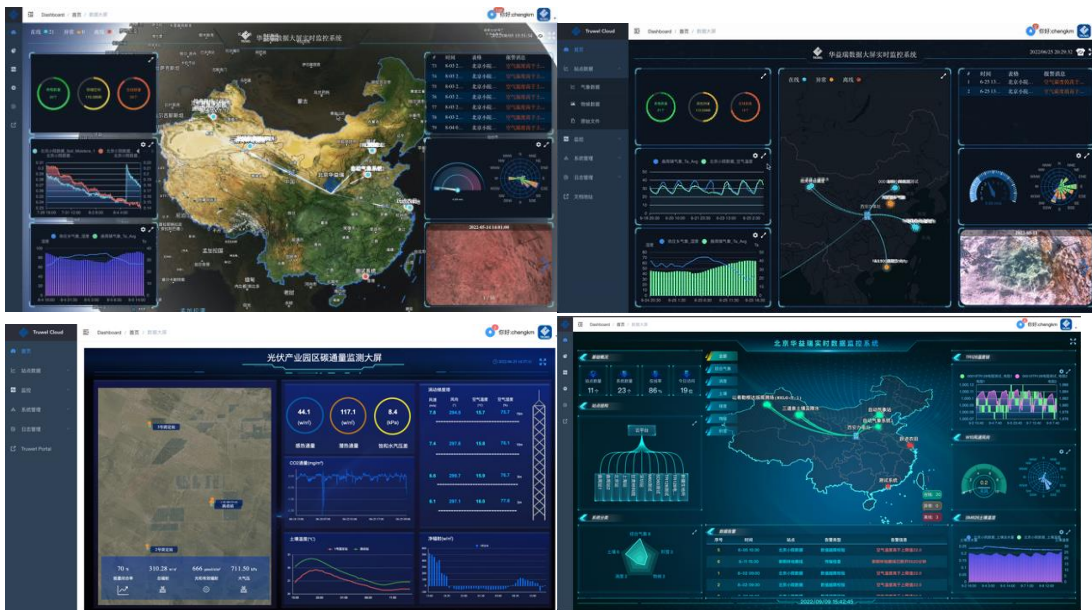


系统详情

全景图/视频、地图、档案资料等多种方式进行展示



多款可视化大屏



平台目前用户有中国林业科学研究院、中国科学院新疆生态与地理研究所、中国科学院青藏高原研究所等。



二、青海祁连山南坡森林生态系统国家定位观测研究站运维工 作记

青海祁连山南坡深林生态国家定位观测研究站位于青海省北侧，祁连山支脉冷龙岭南域，达坂山北坡，大通河下游，观测区至青海省互助县威远镇 75km，距青海省西宁市 110km，距甘肃省兰州市红古区 36km。



2023 年 4 月初，应青海师范大学谢惠春老师团队邀请，进行为期六天的“北山林场生态站数据监测及设备运行”技术培训和设备运维工作。



通过理论培训，和用户老师、林场工作人员进行了有效的交流，使用户了解



到设备的工作方式及系统监测原理等。然后开展了站点设备的实际操作及维护工作，并实时进行互动交流。



先后前往综合观测梯度塔、水量平衡场、坡面径流场、测流堰、标准样地等系统布设点，根据现场的设备系统来讲解观测站的作用和监测指标。



通过现场的讲解让用户老师及林场相关技术人员能清晰的认识到各个观测

站的实际作用和观测的意义。保证林场维护人员能在以后的工作中更好的完成生态站持续稳定运转工作，更好的为祁连山生态环境监测任务做好技术保障。



最后通过漫漫的山路，踏着潺潺的冰雪，到达山顶灌木冠层监测系统点，进行设备数据的下载和设备维护工作。





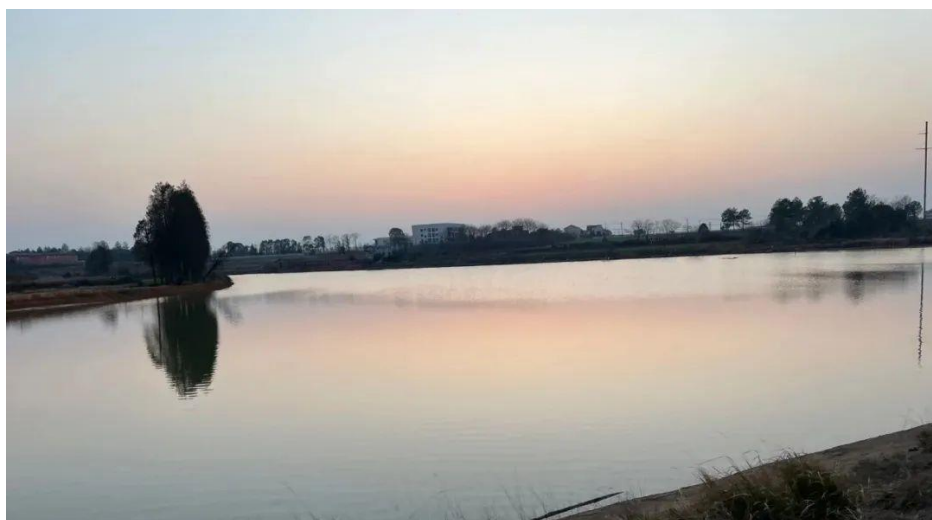
通过本次运维及培训工作的开展,使用户了解到仪器维护的重要性及数据质量对科研工作的重要意义、使互助林场相关人员能更好的完成国家森林定位观测研究站的相关维护工作。同时我们也了解到科研工作者的的心声和困惑,更加坚定了我们运维团队为科研服务的信心。





三、鹰潭站安装报道

2023年2月20日至2023年3月5日，我司工程师梁阳阳，苏凯强，相全，钱伟，李少波，杨森，李高攀，刘开基等人，对江西省鹰潭市生态实验站、常熟农业生态实验站、洞庭湖湿地生态系统观测研究站、泰和县千烟洲站，进行了土壤三期的地下水文监测系统安装，并且对土壤一、二期仪器的运维进行检查工作。确保仪器能够正常工作。

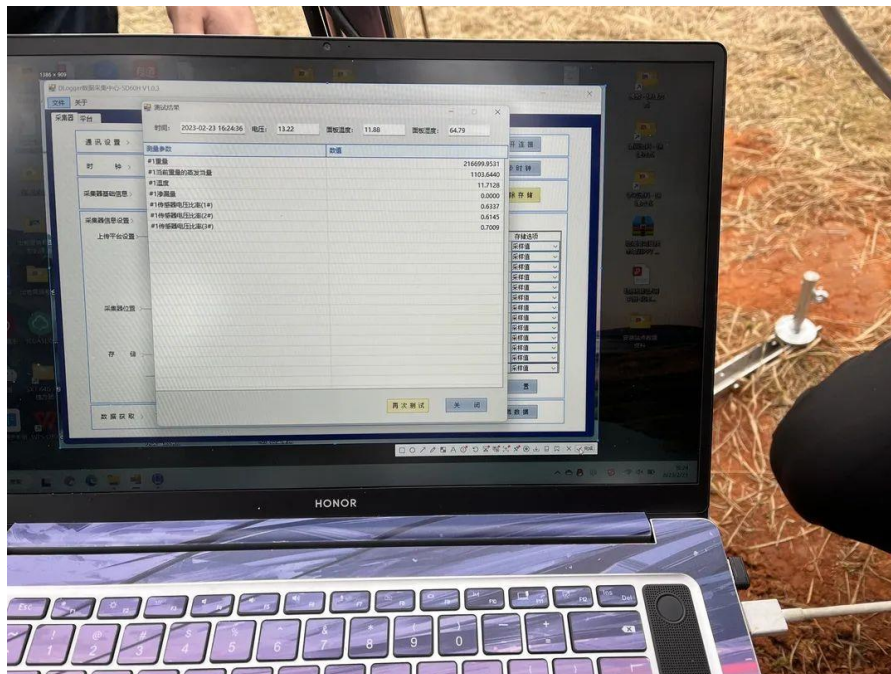


江西省鹰潭，因“涟漪旋其中，雄鹰舞其上”而得名，辖区属亚热带湿润季风温和气候，因其现阶段气候宜人方便安装，而设定为土壤三期安装和巡检的第一站。又将八名工程师按照计划分三组，常熟站、洞庭湖站、千烟洲站并行安装，加快行动步伐，提高安装维护效率。

1、土壤蒸渗系统



微型蒸渗仪采用高精度称重传感器称量土柱中微小的重量变化,通过重量变化折算为水分蒸发深度,可用于测定蒸腾蒸发量,研究农作物的耗水规律,研究土壤水量平衡和地下水补给等问题。



土柱下方安装有渗漏计,测定土壤水向下的渗漏量。一体化结构设计,占地面积小,便于用于自行建设安装。配合带无线数据采集器实现数据远程传输,测试数据由数据采集器自动连续采集存储,也可以作为传感器接入已有的观测系统中进行观测,降低科研成本。

2、水面蒸发系统





陆地水面蒸发自动站是一套理想的无人值守全自动控制测量设备，该站的基本观测项目是：蒸发量。自动扣除降雨使水面上升的影响，并记录上升的值。该系统核心采集控制部分使用 SD60 数据采集器，耐低温、稳定性好，具有良好的扩展性。与 $\phi 618\text{mm}$ 的蒸发桶配套使用监测水面蒸发量。适合装备各种地区，各种类型的蒸发站，气象站。



2、自计式水位计





FL450 水位计采用不锈钢材质，密封没有通风口的管式设计便于安装使用，测试精度高，耐用性强，防腐防压防爆，水深范围在 0-10 米，是水井，溪流，湖泊，湿地和潮间带地区使用的理想选择。

土壤-地下水水文监测系统，是影响陆地生态系统结构、功能和质量的重要因素，水分运动过程的联网监测，是生态系统与水环境相互作用跨尺度研究的基础。土壤-地下水水文监测系统监测多层土壤温度湿度盐分、土壤蒸渗、水位、水面蒸发，可实现土壤的通量观测和含量观测的连续性和实时性。





四、东天山隧道五要素气象观测系统安装报道

东天山特长隧道位于新疆维吾尔自治区哈密市，是新疆 G575 线巴里坤至哈密公路建设项目控制性工程，于 2021 年 12 月 26 日正式通车。

隧道左洞全长 11.764 公里，右洞全长 11.775 公里，是国内设计施工难度最大、风险最高的公路隧道之一，为中国交建集团建设的公路第一长隧。



2023 年 3 月我司派遣工程师前往哈密、巴里坤，为新疆交通规划勘察设计研究院有限公司安装了东天山隧道进口-巴里坤方向、东天山隧道出口-哈密方向两套五要素气象观测站。





气象观测站主要作用为实时监测隧道两端的气象五要素数据，通过 4G 移动



网络信号传输到新疆交通设计院的数据库。通过实时对比两端气象数据的不同，为隧道的正常运行提供有效的数据保证。

系统包括：

3 米观测塔、风速、风向、空气温度、相对湿度、大气压、太阳能供电、4G 远程数据传输模块。



东天山隧道进口-巴里坤方向-气象监测站





东天山隧道出口-哈密方向-气象监测站





空气温湿度传感器





风速风向传感器





五、西天山隧道七要素气象观测系统安装报道

G219 线昭苏——温宿公路建设项目，西天山特长隧道段 24.79 公里，采用一级公路标准，设计速度每小时 80 公里；昭苏段预计 2023 年 5 月开工建设，温宿段计划 202 年 3 月开工。



木扎尔特冰川-隧道横穿过的冰川





2023年3月我司派遣工程师前往温宿、昭苏，为新疆交通规划勘察设计研究院有限公司安装了西天山隧道进口-昭苏方向、西天山隧道出口-温宿方向两套七要素气象观测站。





气象观测站主要作用为实时监测隧道两端的气象七要素数据，通过北斗卫星传输到新疆交通设计院的北斗数据接收端，客户可通过 4G 移动网络信号访问北斗数据接收端从而实现数据的传输。通过实时对比两端气象数据的不同，为隧道的勘探设计及后续正常运行提供有效的数据保证。

系统包括：

3 米观测塔、风速、风向、空气温度、相对湿度、大气压、雪深、称重式雨雪量计、太阳能供电、北斗数据传输模块。



西天山隧道进口-昭苏方向-气象监测站





西天山隧道出口-温宿方向-气象监测站





空气温湿度传感器





风速风向传感器





雪深传感器



称重式雨雪量计





北斗数据传输模块

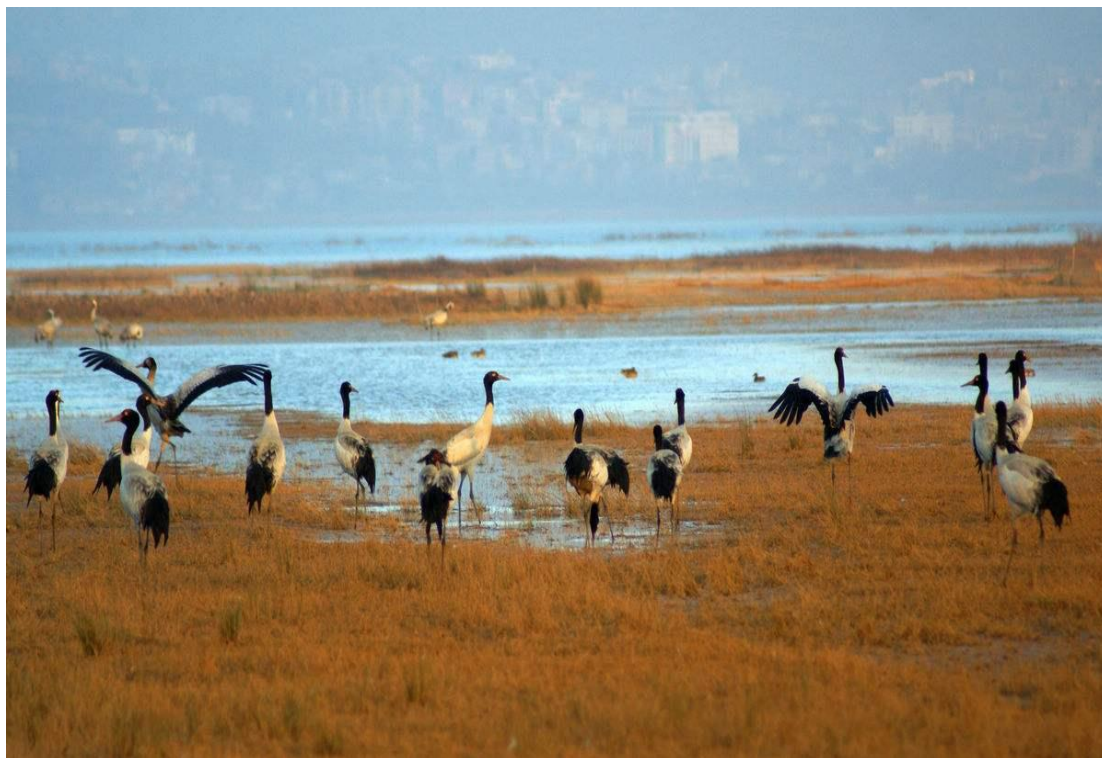




乌鲁木齐北斗数据接收终端



六、贵州省林业科学研究院草海站点运维工作



草海国家级自然保护区位于云贵高原中部顶端的乌蒙山麓腹地，地处贵州省西北边缘威宁彝族回族苗族自治县县城西南隅，地理坐标为北纬 26°47'32"~26°52'52"，东经 104°10'16"~104°20'40"，总面积 9600hm²，保护区属湿地生态系统类型的国家级自然保护区。草海是一个完整、典型的高原湿地生态系统，是我国特有的高原鹤类——黑颈鹤的主要越冬地之一，在我国为数不多的亚热带高原湿地生态系统中，其生态环境的脆弱性、典型性、重要性、生物多样性、气候的特殊性、交通的优越性都具有明显的代表意义，在“中国生物多样性保护行动计划”中被列为一级重要湿地，被誉为云贵高原上一颗璀璨明珠。

2023 年 2 月 6 日~2 月 10 日，我司运维工程师杨凯旋前往贵州省林业科学研究院毕节市威宁县草海自然保护区内的各个站点进行设备的运行维护及检查工作。





站点围绕草海而建，保护区域内共有五个站点，分别是出湖口水质观测站、浮叶林气象综观测站、浮叶林物候观测站、大中河水质观测站和 8m 气象综合观测站。



通过对站点的定期维护，设备运行状态得以确认，设备数据的准确性得以确保。通过运维工作的开展，为草海保护区气候和物候变化的研究奠定了坚实的数据基础。





七、三江源验收

11月21日，中国科学院三江源国家公园研究院（中国科学院西北高原生物研究所）组织专家咨询委员会在北京对我公司参与的中国科学院—青海省人民政府三江源国家公园联合研究项目“三江源国家公园及周边地区生态物联网管理科普数字平台”进行了验收。中国科学院三江源国家公园研究院专家咨询委员会委员、中国科学院科技促进发展局、青海省科技厅、三江源国家公园管理局、项目组成员和三江源国家公园研究院主要领导共计60余人参加了验收会。

项目研发了国家公园物联网监测系统，建成了野外收集-下载-展示3大系统数据平台，野生动植物3D触摸互动体验和AR互动展示科普平台，三江源国家公园生态环境体验VR展示体验平台，集成了三江源国家公园及周边地区生态物联网管理科普数字平台数字三江源国家公园。

华益瑞在此次研究专项中承接“三江源国家公园及周边地区生态物联网管理科普数字平台”中的子项目，开发了国家公园物联网监测系统，同时协助完成了国家公园四个长期监测样地建立和仪器安装，对探明国家公园生态系统原真性和完整性变化规律上提供了支撑，为提升三江源国家公园管理运行效率保驾护航。

华益瑞能够承接首批国家公园项目，标志着在软件开发、项目实施领域的又一次进步。华益瑞将一如既往地坚持“运用现代科技、创新科学实验”的使命，为更多领域的客户提供创新、高效的解决方案。







华益瑞数据云平台(Truvel Cloud)是华益瑞自主研发的一套完整、通用的 B/S



架构数据管理平台，方便科研用户快速便捷地管理台站的数据、照片、监控等各种类型业务数据。

主要特性:

- 容器化部署
- 支持国标监控接入
- 支持 LAS 点云接入
- 支持数据报表一键导出
- 支持物候照片及数据文件接入
- 支持多种国内外数据采集器接入
- 支持微信、QQ、钉钉、短信、邮件等多种方式的告警信息推送

主要功能:

- 大屏可视化
- 台站管理
- 数据告警
- 用户、角色管理
- 登录、操作日志管理
- 物候照片分析和管理
- 数据分析、管理和汇交
- 视频查看、控制、录像





关于我们

北京华益瑞科技有限公司自 2007 年以来一直从事生态气象、空气质量、水文水质、物候及植被指数、土壤监测、风沙监测、遥感观测、工业与新能源等领域的方案咨询、系统集成、产品研发、售后安装及技术培训等。



公司总部位于北京，此外我们在西安、大连等地分别设有西安技术服务中心，大连办事处。

我公司拥有如下生产厂商的代理权或经销权：美国 Campbell、美国 Stardot、美国 Stevenswater、美国 Spectrum、美国 Apogee、荷兰 Kipp&Zonen、荷兰 Hukseflux、英国 Gill、奥地利 Sommer、挪威 Geonor、德国 Lufft 等。

我们先后为中国生态系统研究网络（CERN），中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)和科技部 973/985 项目提供了先进的野外观测设备及售后服务，参与了国家通量网 China Flux 项目的建设，同时与以下单位保持密切的合作：中国科学院、中国林科院、中国农科院、中国气象局、国家海洋局、清华大学、同济大学等国家重点高校及其他研究所等。

自 2002 年以来开始建设 Chinaflux 网络的 8 个通量站（长白山站，千烟洲站，禹城站，鼎湖山站，海北高原草甸站，锡林浩特草原站，西双版纳站，拉萨当雄站）以来，到 2018 年年底为止，我公司累计总共参与建设了 200 套以上的涡动协方差观测系统；我们为中国生态系统研究网络（CERN）分别于 2013 年第一期和 2016 年第二期土壤温湿盐自动观测系统项目总计提供了 267 套自动观测设备。





我们的专长在于创造性地将相关领域的仪器设备与客户在野外的观测需求上乘地结合起来,为其提供最优解决方案。我们向客户提供现场安装、技术培训、日常运维等便捷的一站式服务,

这已成为我公司标准的业务服务模式,并得到了广大客户的认可。我们为从事科学研究的人群提供精准的仪器设备,并为他们提供技术服务。

我们始终坚信人才是企业发展的动力,在一群志同道合的年轻人共同努力下,我们定会为生态环境保护和国家的基础科学研究工作尽我们的一份力量。我们全体华益瑞人坚持“精准可靠,追求卓越”,力争为广大科研人员提供更好的观测项目解决方案。

北京地址: 北京市石景山区石景山路 22 号瀚海长城大厦 10 层

邮箱: zhaoww@truvel.com

咨询热线: 010-88202236

西安地址: 陕西省西安市未央区经济技术开发区凤城三路 35 号院(明光路西侧)4 号楼 2 层

邮箱: zhaoww@truvel.com

咨询热线: 029-88426583

