

以色列 Pentalum 公司 SpiDAR 激光雷达测风仪

SpiDAR 为以色列 Pentalum 公司制造的新型测风激光雷达，给测风应用领域带来了革命性的变化，有效地帮助全球风电场显著提升了盈利能力。结合 Pentalum 技术团队在激光雷达、流体力学、大气遥感及气象学上的多年专家经验，和浦芮斯光电团队在激光、光纤通信、光纤传感等领域的创新能力及经验，SpiDAR 革命性地采取了“非相干直接探测技术”，和不涉及任何机械运动部件的“高速激光扫描光引擎”，并直接借鉴了可获得性强、成熟度高、可靠性高、性价比好的光纤通信供应链，从而使得 SpiDAR 在设计上就赢得了与其它类型测风激光雷达相比较的性价比竞争优势，使得风电场开发商与运营商在大型风场配置多台激光雷达在经济性上成为可能，可以提供更精确的测风能力；并在系统层面上使风的提前预测也成为可能，从而为降低“弃风限风”、提高风能利用效率探索一条可行之路。



SpiDAR 的主要优势如下：

- 使用“非相干直接探测技术”，测风准确度高，性价比强
- 使用“高速激光扫描光引擎”，测风速度快，可靠性高，机动性强
- 可信赖的系统稳定度，无须返厂“重新定标”
- 可测量整个风轮直径范围内的风切变截面
- 可测量湍流强度
- 在复杂地貌的准确测风能力
- 低功耗
- 定制化的低成本可持续电源

SpiDAR 测量：

测试参量		备注
水平方向风速	√	风速的平均值、最小值、最大值及标准方差
垂直方向风速	√	将在下次系统软件升级中具备
风向	√	风向的平均值、最小值、最大值及标准方差
温度	√	摄氏度
大气压	√	毫米汞柱
相对湿度	√	RH%
雨刮启动指针	√	判断是否已启动雨刮（在下雨或湿雪状态），“0”表示未启动，“1”表示启动
电源状态	√	
内置水箱状态	√	服务于雨刮系统
系统自检	√	

SpiDAR 软件可分析：

测试参量		备注
湍流强度	√	
风切变	√	
风向变化	√	
平均风速	√	
风玫瑰图	√	依据频率和风速
日均，月均，及年均	√	
韦布尔分布直方图	√	
远程数据下载	√	
实时读取数据	√	
系统完整性测试	√	
远程软件升级及配置	√	

SpiDAR 外形尺寸和功能：



易于移动
及安装

SpiDAR 技术指标：

技术指标 测试	指标	备注
测量高度范围	30~200 (米)	取决于大气条件, 可以更高或更低
用户可定义测量高度数目	10	
数据采样率	1 (秒)	
数据平均周期	10 (分钟)	可定义
风速测量范围	0~70 (米/秒)	
测距 (高度) 精度	1 (米)	
水平风速测量精度	< ±2%	
风向测量精度	< ±2 (度)	
测量锥角 (全)	10 (度)	
内置传感器及硬件		
雨滴探测器	含	
温度探测器	含	
大气压探测器	含	
内置通信模块	含	3G /WCDMA /GSM
位置显示及时钟同步	GPS 模块	
电源转换	交流直流转换	
水箱	2 个内置水箱	总计 5 升容量
电学参数		
功耗	35 (瓦)	在需加热状态下为 70 (瓦)
电源	直流 24~32 (伏)	/交流 100~230 (伏)
环境参数		
工作温度范围	-40~+50 (摄氏度)	
工作湿度范围	0~100%	
防护等级	IP65	
人眼安全等级	Class 1M IEC	
尺寸		
最小尺寸	964x1139x1182 (毫米)	(高度 x 长度 x 宽度)
重量	55 (公斤)	内置水箱充满时为 60 (公斤)
软件和数据		
数据格式	ASCII	
内部数据存储	1 个闪存	可存储长达 3 年数据量
备份数据存储	1 个闪存	可备份长达 3 年数据量
数据传送	GSM/LAN	无线和有线
数据输出格式	时序标记、传感器数据、每个测量高度上的风速和风向、质量状态指示	
安装		
水平仪	含	
最大斜坡	20 度	含三个支架

2015年2月——SpiDAR 性能验证在 Janneby DNV GL 试验场,

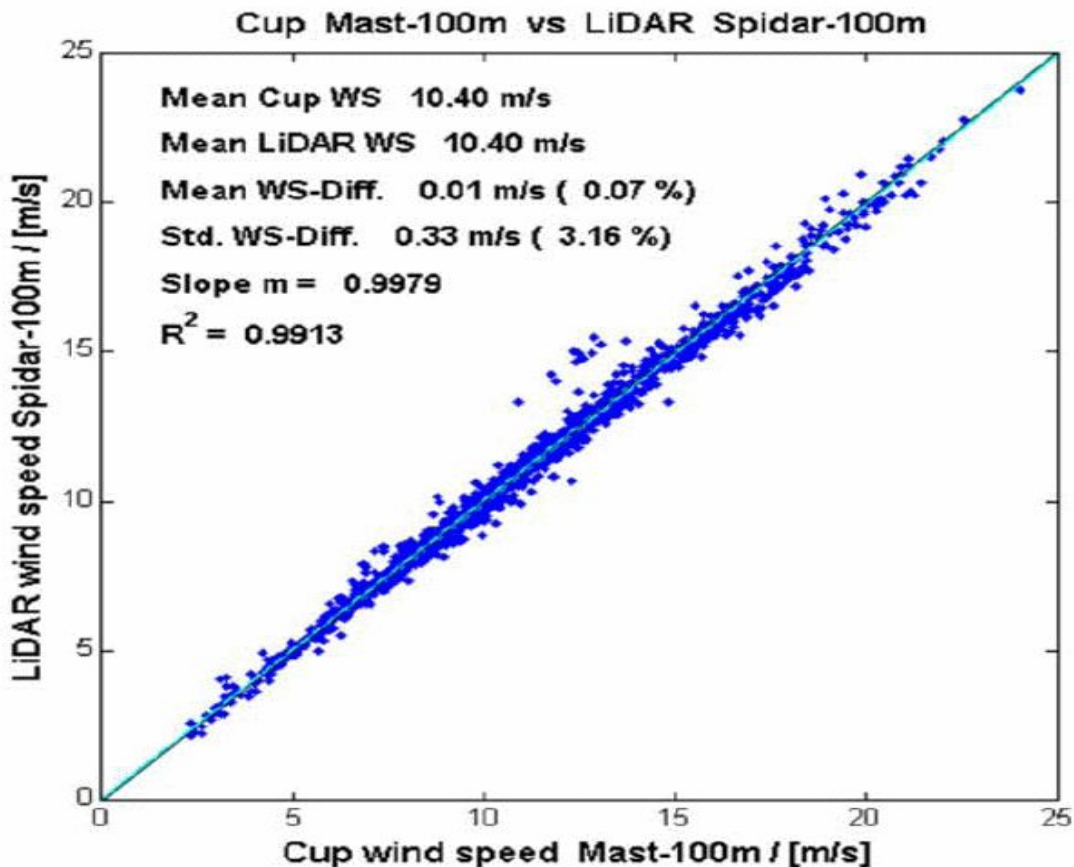
总结性能验证测试通过 DNV GL 在平坦地形测试

报告的结论是：

SpiDAR 与风杯风速计测量进行了 DNV GL Janneby 测试 网站验证 SpiDAR 风数据质量和众所周知的高质量的测风塔 基于杯和叶片测量高度的风速测定 100 米。后续处理 在 57 米级别数据可用性为 93%和 89.2%的 100 米 的水平。

满足 KPI 相关的验收标准：

- 整体验收标准 系统可用性 (KPI OSACA) $\geq 95\%$ 是成功通过。
- 有效数据的验收标准 可用性 (KPI YDACA) $\geq 90\%$ 成功地在两个相关 评估水平。
- 验收标准 进行后期处理数据可用性 (KPI PDACA) $\geq 85\%$ 满足相关 评估水平。
- 在所有 WS 验收标准范围 相对运动的平均风速差异 (KPI Cmwsd) (见表 5, 列 8) 成功通过 在相关的评估水平。
- 0.98 回归斜率 (KPI Xmws) 之间 和 1.02 通过在 WS 的治疗水平和范围。
- R^2 (KPI R2 多工作站系统) > 0.97 比较水平对于 WS 范围) 和 b) (> 2 米/秒和 4 - 16 所示 m / s), 满足验收标准。
- 的验收标准 风向评估各自的关键性能指标 (kpi Xmwd、OFFmwd 和 R^2 随钻测量) 都成功地 通过比较水平。



Pentalum SpiDAR 风激光雷达系统和气象测量 EWTW 之间的比较

分析包括几个指标, 量化 SpiDAR®风激光雷达系统性能, 如:

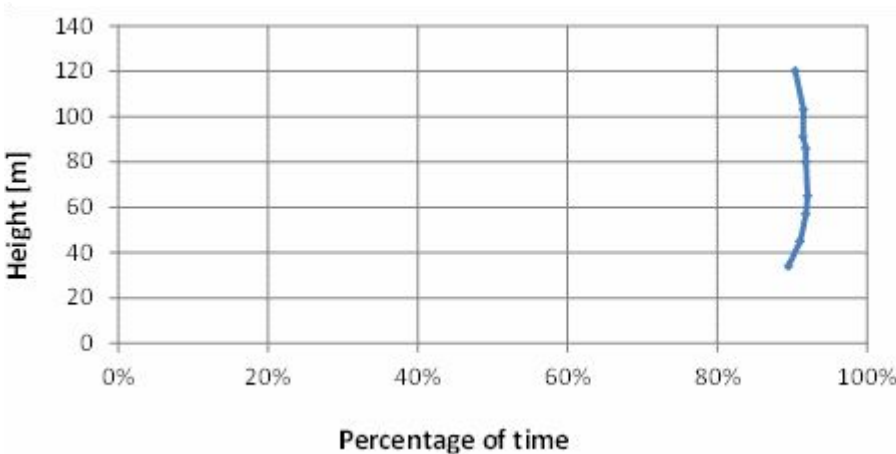
1. 操作正常运行时间
2. 相关测风塔数据——风速和风向
3. 风向分布 (SpiDAR 与测风塔)
4. 有效数据比例和高度
5. 风切变剖面对比 (SpiDAR 与桅杆)

SpiDAR 显示了高数据可用性 (> 89%) 和一个气象塔很好的相关性 ($R^2 > 0.985$) 测量高度。我们最初的结论是, SpiDAR 可以被视为一种风资源评估和有效的系统功率曲线测量

比较测量的总结:

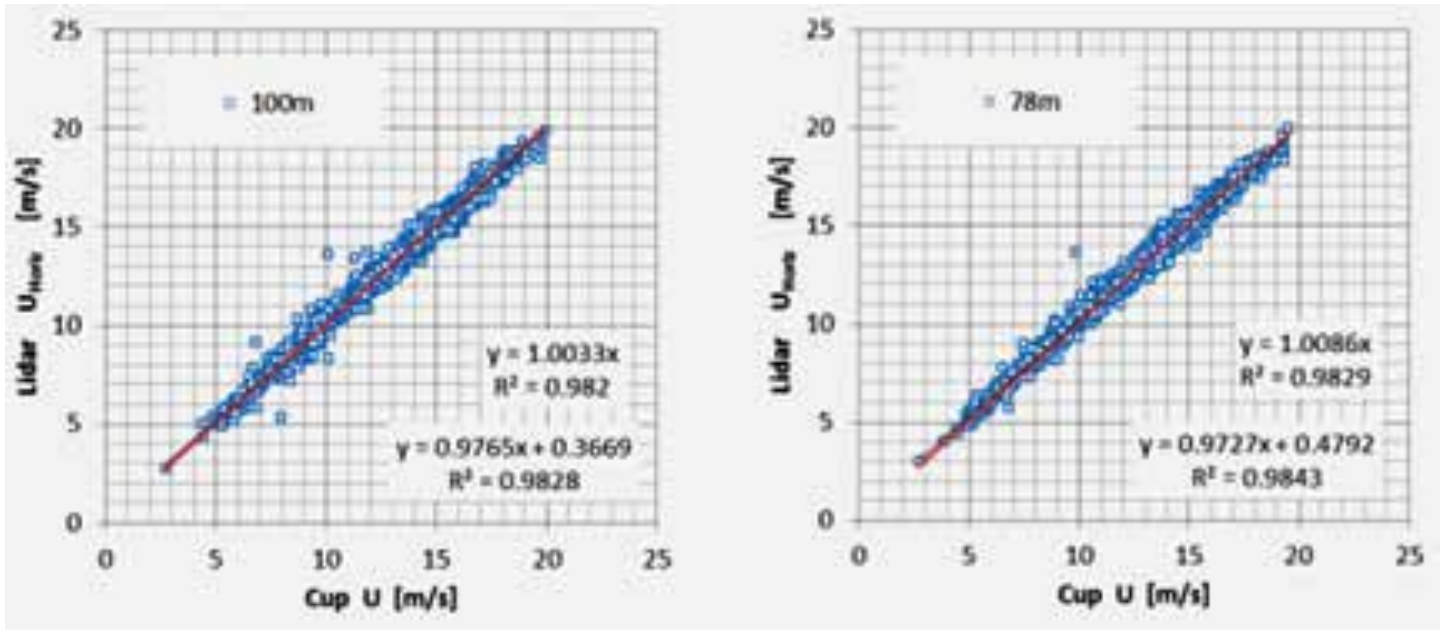
Height [m]	All Data (scatter)	Binned data (3 - max) m/s	Binned data (4 - 16) m/s
92	Y=0.9802x R ² =0.9961	Y=0.9634x R ² =0.9995	Y=0.9805x R ² =0.9999
88	Y=0.9771x R ² =0.9947	Y=0.9610x R ² =0.9999	Y=0.9763x R ² =1.0000

数据可用性的总结:

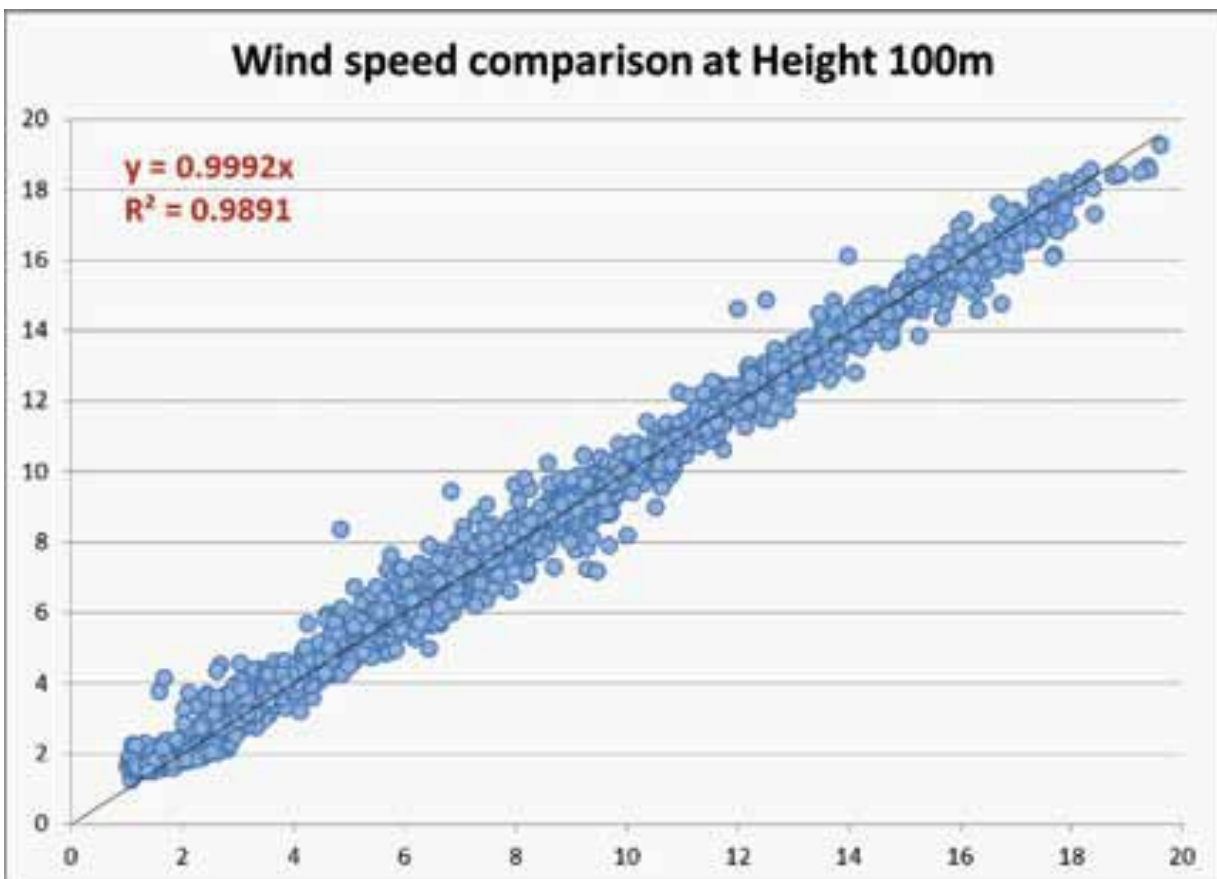


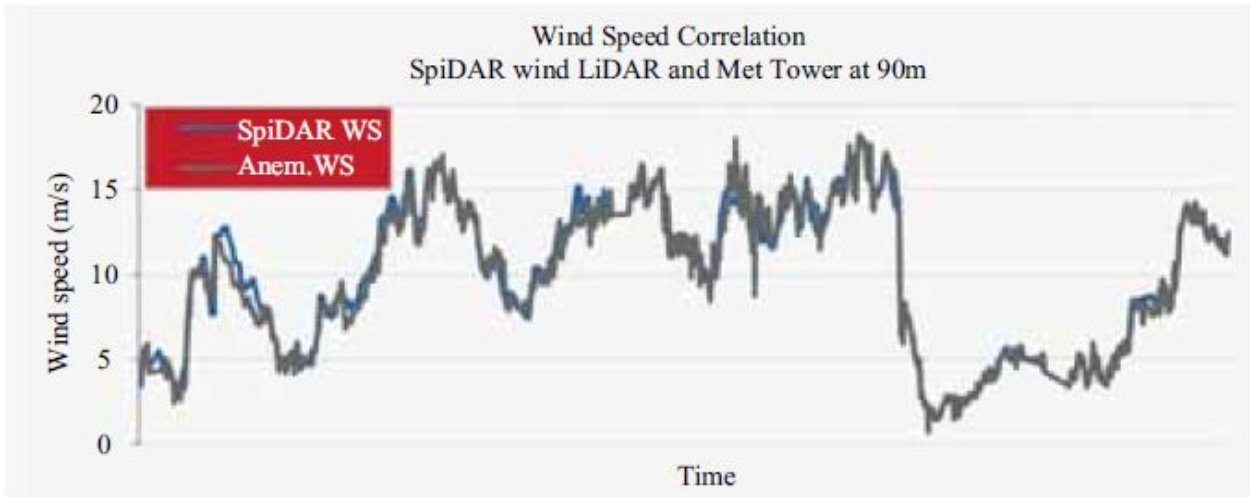
Height (SpiDAR)	count	percentage
34	4749	89.50%
45	4832	91.07%
57	4873	91.84%
65	4885	92.07%
80	4872	91.82%
86	4873	91.84%
91	4853	91.46%
103	4855	91.50%
120	4798	90.43%

风速比较（78 米和 100 米）

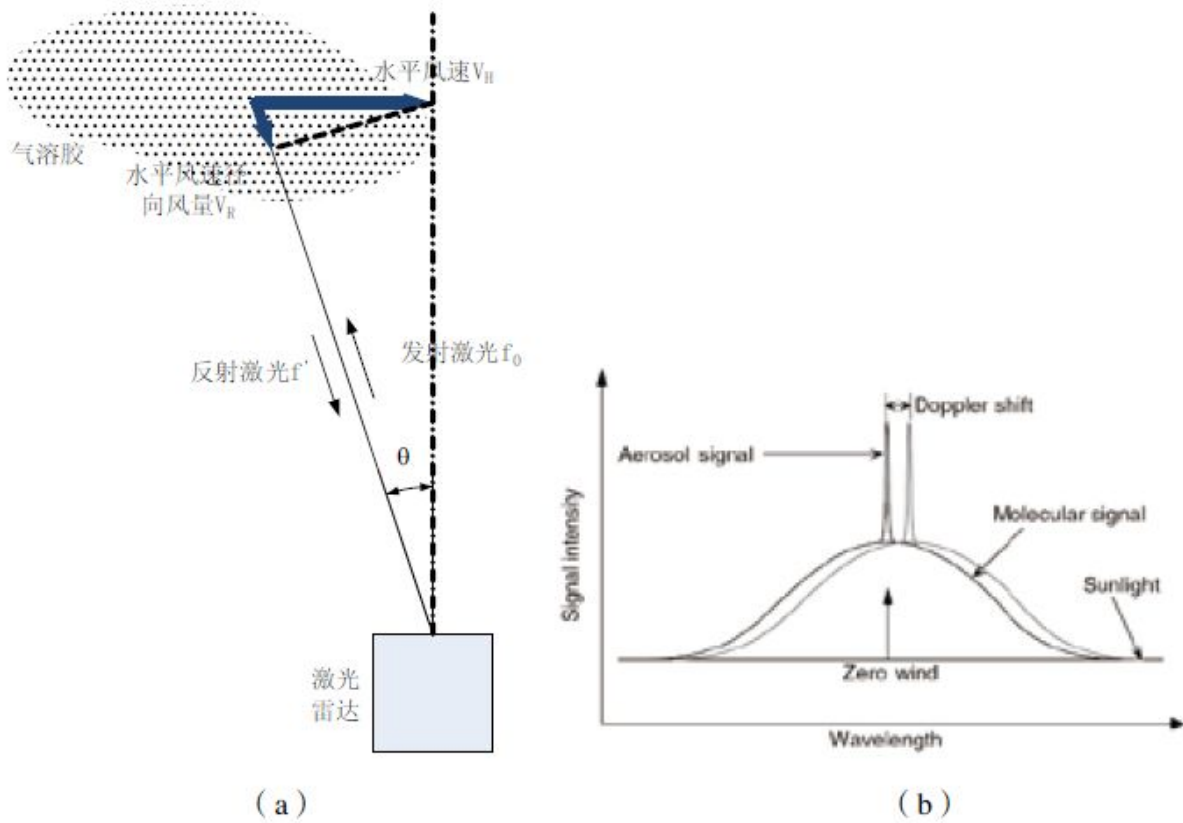


平坦地势下的风速比较（100 米）





图十一：复杂地貌下的风速时序数据对比图（90米）



图一：多普勒效应示意图，其中（a）多普勒原理；（b）多普勒频移