

# 基于 LabVIEW 的激光功率远程检测系统<sup>①</sup>

吴伟霖, 余华恩, 陈冠楠, 梁秀玲, 陈 荣

(福建师范大学 光电与信息工程学院 医学光电科学与技术教育部重点实验室, 福州 350007)

**摘 要:** 设计了一种基于 LabVIEW 虚拟仪器技术的激光功率远程检测系统. 本测量系统使用了 DH-JG2 型光功率计、美国 NI 公司的 USB6008 数据采集卡、PC 机、惠普 laserJet 1020 Plus 打印机, 实现激光功率数据采集、数据存储、数据分析以及生成测试报告等功能. 然而由于激光器输出激光功率存在不稳定性, 现有的设备无法及时地将激光器的异常工作状态反馈给检测人员进行处理. 为了解决这个问题, 本系统通过 TCP 协议及使用移动客户端来实现远程控制的功能, 以达到实时处理的效果. 本检测系统已成功应用于连续激光器的光功率检测之中. 测试表明: 该设计可获得良好的实时检测和控制效果, 可操作性强, 具有广阔的应用前景.

**关键词:** 激光功率; 自动检测; 数据分析; 远程控制; 实时处理; TCP 协议

## Remote Detection System in Laser Power Based on LabVIEW

WU Wei-Lin, YU Hua-En, CHEN Guan-Nan, LIANG Xiu-Ling, CHEN Rong

(Key Laboratory of Optoelectronic Science and Technology for Medicine, Ministry of Education, College of Photonic and Electronic Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** In this paper, a virtual instrument technology based on LabVIEW is proposed to measure laser power remotely and automatically. This system is based on DH-JG2 optical power meter, NI-USB 6008 data acquisition card, personal computer(PC) as well as HP laserJet 1020 Plus printer, which can realize the functions of laser power data acquisition, data analysis, saving the original data to access and generating test report. The power output of laser is unstable. Consequently, abnormal conditions of laser can't be feedback to inspectors with the available devices. In order to solve this problem, a mobile phone and TCP protocol are adopted to realize the function of remote controlling, attaining the real-time processing. The detection system has been used to measure laser power curve that can be used for CW lasers. It shows that the design has a good performance of the real-time detection and a high operability, as well as a broad prospect.

**Key words:** laser power; automatic measurement; data analysis; remote controlling; real-time processing; TCP protocol

随着激光在科学研究、医疗卫生、机械加工、国防现代化等领域的广泛应用, 激光器的稳定也越来越受重视<sup>[1]</sup>. 为了能够提供稳定可靠的激光器, 国内许多激光器生产商相继开发了一些激光功率检测装置, 用来对生产的激光器进行一个比较长时间的老化测试, 在测试期间不间断地检测激光器输出的功率变化情况<sup>[2]</sup>. 而当前激光功率检测设备<sup>[3]</sup>已经克服了以往需要检测人员值守、费时、费工等缺点, 但是仍存在自动化程度不高的情况, 对于激光器输出激光功率不稳

定时无法及时将异常信息反馈给检测人员及时处理.

本文针对这一应用开发出基于 LabVIEW 的激光功率远程检测系统, 系统主要由激光功率计、数据采集卡、激光打印机及 PC 机组成. 激光功率计将激光功率转化为电压信号, 数据采集卡对功率计的输出电压进行采集, 并通过 USB 串口传输入 PC 机. PC 机通过 TCP 协议实现与智能手机的远程通信, 建立实时激光功率监测系统. 本系统实现数据采集、数据存储、数据分析、远程控制及生成测试报告等功能.

① 基金项目:国家自然科学基金(81101110);福建省科技厅面上项目(2015J01300)

收稿时间:2015-07-11;收到修改稿时间:2015-09-16

## 1 系统硬件构成

系统硬件构成如图 1 所示. 系统硬件主要包括待测激光器、DH-JG2 型激光功率计、NI-USB6008 数据采集卡、HSPY\_36\_03 电源控制模块、HP laserJet 1020 plus 打印机、上位机及智能手机构成. DH-JG2 型激光功率计对待测激光器发出的激光光束进行检测, 将功率转化为电压信号输出; USB6008 数据采集卡对激光功率计的输出电压进行采集, 通过 USB 串口输入 PC 机, 经过软件数据处理得到激光功率测量数值. HSPY\_36\_03 电源控制模块, 通过 USB 与 PC 通信, 输出的电压与待测激光器相连, 可通过 PC 机对待测激光器的进行开关控制. HP LaserJet 1020 plus 激光打印机通过 USB 串口与 PC 通信, 打印输出 PC 机生成的测试报表. PC 机在 LabVIEW 2012 开发平台上构建激光功率远程检测系统, 实现激光功率数据采集、数据存储、数据分析及生成测试报表等功能. 与此同时, PC 机通过 TCP 协议与智能手机进行远程通信, 实现数据远程传输及控制.

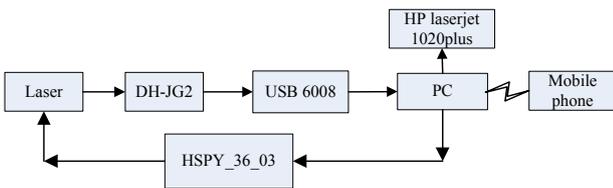


图 1 检测系统硬件构成

### 1.1 激光功率计

DH-JG2 激光功率计检测波长为 441.6nm-830nm, 量程范围 2uW-200mW, 最小分辨率为 0.001uW, 具有模拟输出的功能. DH-JG2 功率计通过探头对激光束的功率进行测量, 并能够将功率值以模拟电量的形式输出. 其标准输出电压(条件: 25°C)与激光功率 P 的对应关系由下式决定:

$$P = \frac{V_o}{V_{\max}} \times L \quad (1)$$

式中  $V_o$  表示输出电压值;  $V_{\max}$  表示满偏电压值;  $L$  表示激光功率的量程.

### 1.2 数据采集卡

NI USB 6008 是一种基于 USB 总线的 12 位多功能的数据采集卡, 其最高的采样速率为 10KS/s, 具有 8 个单端模拟输入(或差分模拟输入 4 个通道), 12 个数字输入/输出通道, 2 个模拟输出通道. 它具有 12bit 的

分辨率, 精度优于 0.05%(满量程), 带有程控放大器(1、2、4、8、16 倍), 方便测量小信号. 可以设定多采样信道数, 通过多通道准同步采集 16KB 先进先出(FIFO)缓冲存储器实现自动采集.

### 1.3 电源控制模块

HSPY\_36\_03 电源控制模块输出编程可调直流稳压电源, 输出电压从 0V 起到 30V 连续可调, 具有精度高、分辨率高、低温飘、高稳定性的特点, 温飘小于 50ppm, 精度 0.1%, 分辨率  $I=1\text{mA}$ . 该电源控制模块可记忆存储、能保存上次设定的电压、电流值. 在本系统中用来作为激光器的驱动电源, 可通过在上位机中编程实现对激光器远程调控.

## 2 系统软件构成

本系统采用 LabVIEW 2012 作为软件开发平台, 其主要完成激光功率数据采集、数据存储、数据分析、生成测试报表及远程控制功能. 下面介绍本系统主要的程序. 与其他编程语言相比, LabVIEW 具有: 直观、易学易用、开发周期短、通用编程系统、模块化、拓展性能好等优点<sup>[4]</sup>.

### 2.1 数据采集程序设计

通过设定测量的时间间隔和总的测量时间, 可以容易地读取出任意固定时间间隔内的测量结果. 与传统的测量激光功率稳定性的方法即检查员要时刻在场测量、读取数据相比较, 该系统节省了人力、物力资源. 数据采集程序如图 2 所示, 主要包括 DAQmx 初始化函数、均值滤波、数据转换、测量计数. 其中 DAQmx 初始化函数有: DAQmx Create Channel、DAQmx Timing、DAQmx Start Task、DAQmx Read、DAQmx Stop Task、DAQmx Clear Task.

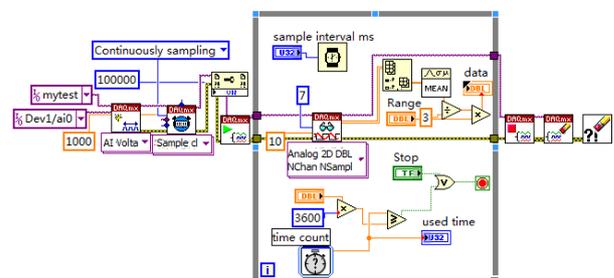


图 2 数据采集程序

如图 3 所示为数据采集程序的前面板, 采集的激光功率数据实时显示在波形图中, 根据波形图中的变

化趋势<sup>[5-8]</sup>, 能够快速地了解激光器的工作状态. 采集总时间为 0.01h, 采集间隔为 500ms, 量程为 0-5, 该次测量的输出激光功率值为 4.28.

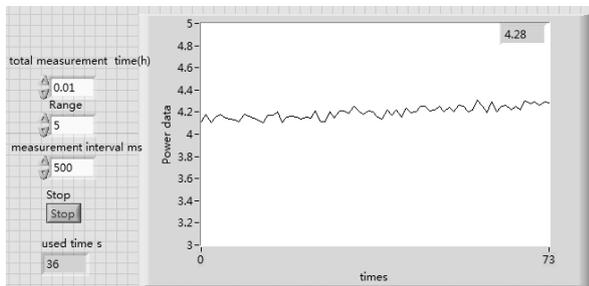


图3 数据采集前面板

### 2.2 数据采集程序设计

为了解决检测人员由于疏忽忘记对测试数据进行分析导致需要重新检测的问题, 使用 LabSQL 对采集数据实时存储在 Access 数据库中. 数据分析程序如图 4 所示,

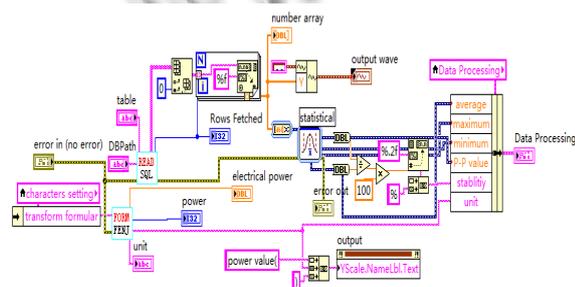


图4 数据分析程序

在进行分析时, 需先从数据库中读取数据, 使用统计函数获取功率数据的最大值  $P_{max}$ 、最小值  $P_{min}$ 、平均  $P_a$  值、峰峰值、功率稳定性  $S_w$ , 其中功率稳定性可由(2)式决定:

$$S_w = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_a} \times 100\% \quad (2)$$

数据分析的结果会在前面板中显示, 包括波形显示、平均功率、最大功率、最小功率和功率稳定性. 数据分析程序前面板如图 5 所示.

### 2.3 远程控制程序设计

TCP/IP 通信协议可实现远程数据传输<sup>[9,10]</sup>. 本文设计的远程控制程序, 是以 PC 机为服务端, 智能手机为客户端. 服务端是在 LabVIEW 开发平台上设计, 使用 Telnet 拓展包实现 TCP/IP 的远程通信功能. 通过 Telnet Create Listen 函数建立监听端口; Telnet 发送函数将采集的功率数据发送至已连接的客户端; Telnet 接

收函数接收客户端发送的指令; Telnet Close 函数断开连接, 具体的程序如图 6 所示.

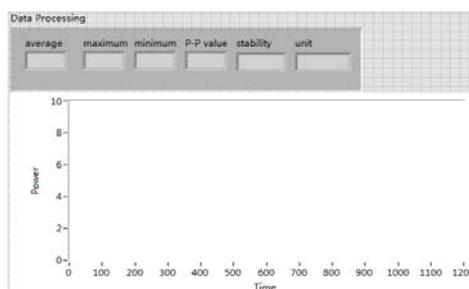


图5 数据分析面板

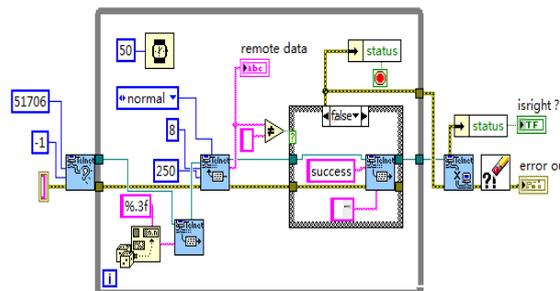


图6 服务端程序

为了发送特定格式的数据, 利用 Format value node 函数将 double 型数据转化为字符串再发送. 服务端接收到客户端发送的指令, 待程序执行相应操作后, 返回“success”字符并发送至客户端.

客户端程序是基于 Eclipse 平台开发的, 适用于 Android4.2 以上系统. 客户端与远程服务端建立连接成功后, 系统返回“Client: connect success”, 若连接未成功, 则返回出错原因. 为了便于检测人员直观地观察待测激光器输出的功率情况, 使用 AChartEngine 插件将接收的功率数据直接显示在折线图中. 智能手机远程客户端运行界面如图 7 所示.

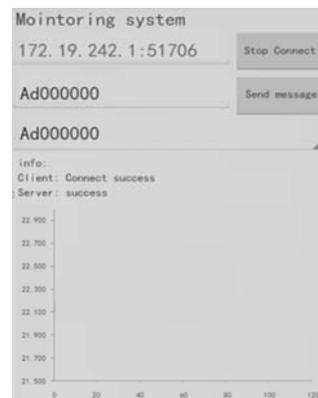


图7 远程客户端界面

客户端通过发送指令可以实现对远程检测程序的控制, 相应的指令和功能如表 1 所示.

表 1 远程指令功能

Tc000000	开启激光器	Ss000000	关闭激光器
Ad000000	分析数据及生成 报表(不打印)	Tw000000*	设置功率上限
Dt000000*	设置采集间隔	Tt000000*	设置测试时长
Rs000000	重启激光器	Sc000000	开始检测
Lw000000*	设置功率下限	Bc000000	采集中断
Ad000001	分析数据及生成 报表(打印)	备注: 带*的指令中“000000” 可以替换具体数值	

### 3 检测系统测试

#### 3.1 系统配置

本实验采用所使用的待测激光器型号为 JG02010314, 波长为 785nm, 功率为 20mw, 最大输出功率为 25mw, 其功率稳定性要求为 3%. 在上位机中设置电源控制模块的输出电压为 5V, 电流为 65mA, 功率因素为 0.95, 来驱动待测激光器. 采用量程为 2uw-200mw 的 DH-JG2 多波长激光功率计对激光器的功率进行测量. 在开始测试之前, 需要将参数设置栏中的信息填写完整, 如待测激光器型号、编号、输出波长、测试时长、采集间隔、激光功率计型号、测试人员等. 本次试验设置测试时长为 3H, 采集间隔为 10s, 预热时间为 10min, 如图 8 参数设置框中所示. 通过控制面板可以使检测系统开始运行、暂停及数据分析和生成报表, 并且显示接收到的远程指令和系统运行状态.

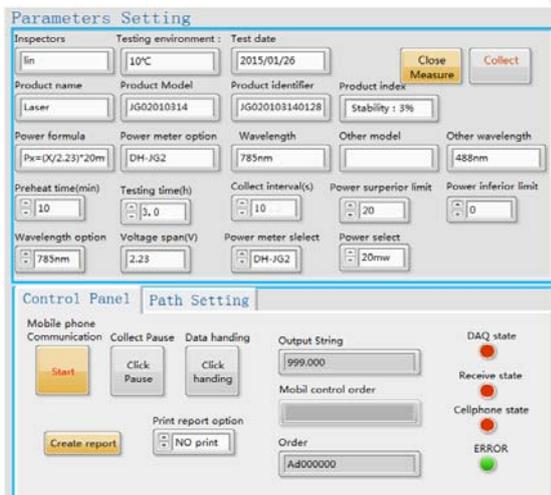


图 8 参数设置及控制界面

#### 3.2 激光功率采集与监测

启动采集程序, 系统通过电源管理模块点亮待测激光器, 并执行 10min 预热待机状态. 然后进行数据采集, 系统每隔 10s 采集一次, 客户端连接成功, 会在客户端界面折线图上方的信息提示窗口显示“Client: connect success”, 同时进行激光功率数值的实时显示, 如图 9 所示, 检测人员可以直观地通过观察手机客户端光功率的折线图信息了解待测激光器的工作情况.



图 9 客户端同步显示界面

待检测完毕, 检测人员可以通过信息提示上方的指令对系统进行控制, 通过手机客户端发送“AD000000”指令至系统, 系统接收到指令在操作完成后会反馈“success”信息到客户端, 如图 8 所示, 系统左下方控制面板中的 Order 显示接收到的控制指令; 客户端中会显示接收控制成功的信息“Server: success”如图 9 所示. 通过远程检测与控制的方式, 可以使得检测人员及时获取到异常信息, 并通过指令及时地控制.

#### 3.3 数据分析

系统对采集的数据进行处理, 结果显示在图 9 数据处理栏中. 可知, 激光输出平均功率为 22.2302mw, 峰峰值为 0.6758mw, 稳定性为 3.04%, 基本符合出厂要求(该类激光器的功率稳定性出厂标准为 3%±0.5%). 经过多次实验测量验证本检测系统的测量精度为 ±0.1%, 满足检测要求.

#### 3.4 输出报表功能

通过 LabVIEW 的拓展工具包 Report Generation, 实现报表自动生成并通过打印机打印输出. 图 11 为系统输出的测试报表范本.

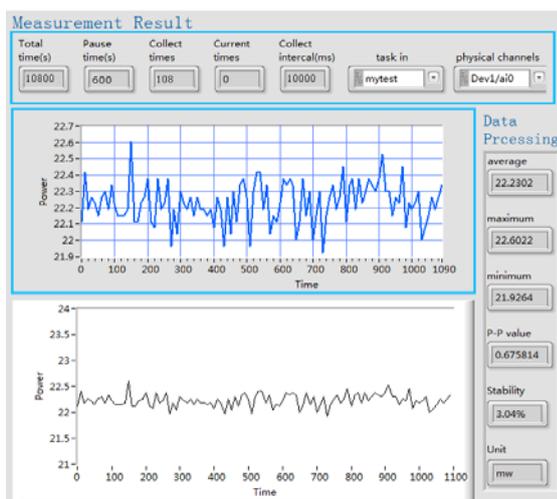


图 10 数据测量结果及分析面板

Test report

Product name	Laser	Model	JG02010314
Product ID	JG020103140128	Product indicators	Stability: 3%
Test Environment	20°C	Warm-up time	10.00 min
Test time	180 min	Acquisition interval	10 s
Test Equipment	DH-JG2		
Test data			
Average Power	22.2302 (mw)	Pp	0.6758 (mw)
		Variance	3.04%
Test result	(Seal) Issue Date: 2015/1/26		
Inspectors	lin	Approved	

图 11 测试报表范本

通过报表可以快速详细地了解该待测激光器产品的信息，准确地知道该待测激光器长时间工作的状态。从报表中我们可以得知该激光器型号为 JG02010314、测试环境温度 20°C、预热时间 10min、总测试时长 180min、采集间隔 10s、测试设备 DH-JG2、激光功率变化曲线图、平均功率值、功率峰峰值、功率稳定性、测试时间、测试人员等一系列信息。

#### 4 总结

本文设计的激光功率的远程检测系统，实现激光功率数据采集、数据分析、远程检测和输出报表等功能。解决了传统激光功率检测系统不能及时将异常消息反馈给检测人员及时处理的问题，极大程度地提高了检测效率。与传统的激光功率检测系统<sup>[1-3]</sup>相比，具有低成本、自动化程度高、适用性强、操作方便等特

点，为连续激光器的性能检测提供一个良好的测试平台。目前本检测系统已在福建中科光汇科技有限公司的连续激光器检测中使用，测试表明具有良好的实时监控和可操作性强的性能。

#### 参考文献

- 1 Kang JH, She FY, Yang FZ, Wang T. Design of instrument control system based on LabVIEW. Proc. of the Computational Intelligence and Security (CIS), 2011 Seventh International Conference on. IEEE. 2011.
- 2 Zhuo HY, Song YS, Wang L. Real-time measurement system of laser power in VC++. Proc. of the International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2009. International Society for Optics and Photonics. 2009.
- 3 薛峻文,裴雪丹,苏秉华,孙鲁,赵慧元,苏禹.基于 LabVIEW 的激光功率数据采集系统.光学与光电技术,2012,10(2): 69-71.
- 4 Garg A, Reena S, Vishal D. Development of an automated modern undergraduate optics laboratory using LabVIEW. Proc. of the Education and Training in Optics and Photonics. Optical Society of America. 2009.
- 5 Hosni IAM, Mueller DW. The use of LabVIEW and data acquisition unit to monitor and control a bench-top air-to-water heat pump. Computer Applications in Engineering Education, 2008, 16(2): 83-91.
- 6 Koutroulis E, Kostas K. Development of an integrated data-acquisition system for renewable energy sources systems monitoring. Renewable Energy, 2003, 28(1): 139-52.
- 7 Nawrocki M, Mohiuddin T, Bitter R. LabVIEW Advanced Programming Technique. Taylor & Francis Group, 2007.
- 8 Swain NK, James A, Ajit S, Mrutyunjaya S, Marvin F, Joseph G, Omara T. Remote data acquisition, control and analysis using LabVIEW front panel and real time engine. Proc. of the SoutheastCon, 2003. IEEE. 2003.
- 9 Popović B, Nataša P, Danijel M, Stevan S, Gordana O. Remote control of laboratory equipment for basic electronics courses: A LabVIEW-based implementation. Computer Applications in Engineering Education, 2013, 21(S1): E110-E20.
- 10 Zutin DG, Auer ME, Bocanegra JF, López ER, Martins ACB, Antonio OJ, Andreas P. TCP/IP communication between server and client in multi user remote lab applications. International Journal of Online Engineering (iJOE), 2008, 4(3): 42-52.