

文章编号: 0258-7025(2004)Supplement-0359-03

多路激光功率波形测量系统

张志祥¹, 王绮红¹, 毕纪军¹, 周华珍², 杨琳¹

(¹中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光物理国家实验室, 上海 201800;
²上海激光等离子体研究所, 上海 201800)

摘要 介绍了神光 II 精密化装置中的多路激光功率波形测量系统。该系统在神光 II 装置的八路激光放大链前后共 26 处进行功率波形数据的采集,并在对采集的数据进行汇总后通过计算机网络将其传输到数据分析处理系统,从而为整个精密化功率平衡项目提供了实时、有效的激光功率波形采样。

关键词 激光技术; 激光核聚变; 功率平衡; 功率波形; 计算机网络

中图分类号 TN247

文献标识码 A

Measurement System of Multi-Channel Laser Power Waveform

ZHANG Zhi-xiang¹, WANG Qi-hong¹, BI Ji-jun¹, ZHOU Hua-zhen², YANG Lin¹

(¹National Laboratory on High Power Lasers and Physics, Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics,
The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China;
²Shanghai Institute of Laser and Plasma, Shanghai 201800, China)

Abstract This paper introduces a measurement system which measures the laser power waveforms from the multi-channel amplifier of SG-II. By collecting laser power data at 26 places in SG-II and transmitting the data to a data analyzing system via a computer network, the system provides real-time and effective sampling of laser waveforms for the power balance project.

Key words laser technique; laser fusion; power balance; power waveform computer networks

1 引言

光惯性约束核聚变的成功爆破要求驱动器高度对称,以实现靶球的最有效的对称压缩,由此就产生了神光 II 精密化项目,其重要组成部分之一就是八路激光的功率平衡课题。而要达到八路激光的功率平衡就涉及到一个衡量标准的问题,所以功率波形的测量就应势而生了。目前八路 8 台示波器测量 26 路各级放大器功率波形的系统已经完成,并且在功率平衡调试中产生了不可缺少的作用。这样一套多路功率波形测量系统完全能够满足调整器件状态和验证功率平衡是否达标的要求。

2 测量原理

神光 II 装置的激光是脉冲激光,激光的波形($p-t$ 曲线, p 为功率, t 为时间)是一个类似脉冲型曲线。其中 p 定义为能量 E 对时间 t 的微分

$$p(t) = dE/dt$$

理论上,八路激光的功率平衡是指八路激光即时功率各路之间保持相等,也就是说这里的平衡是指八

个光路之间的平衡。反映在波形图像上,结果应该是八条重合的脉冲曲线。要达到上述目的,主要需要三个条件:八路激光能量平衡,八路激光脉冲的时间同步和八路激光脉冲的波形相似。

目前八路能量平衡参量 $RMS < 5\%$,即第一个条件已经达到,这就为功率平衡打下了坚实的基础。第二个条件,可以通过测量八路激光的光程后修改光程的方法以之保证。目前,功率平衡的主要工作就是完成第三个条件。各路波形的相似性或称之为一致性,主要是通过一个插入在光路中的角变衰减镜系统(AVM)^[1]并配合放大器电压调节系统进行控制的。为了进行反馈式调节控制,各路激光脉冲波形的采样测量就十分重要。这就要求建立一套完整的时间波形测量系统。测量时间脉冲波形可以得出当前激光的脉冲时间波形记录,通过脉冲波形的分析处理进而对功率平衡的调整提供有效的依据。

3 测量系统排布

神光 II 装置是一套大型的激光装置,为了实现

作者简介: 张志祥(1979-),男,中国科学院上海光学精密机械研究所研究实习员,主要从事高功率激光能量及激光波形测试方面的研究。E-mail: zhang_zhixiang@hotmail.com

功率平衡,除了观察各放大链末级脉冲波形输出之外,有必要在各放大链内部的重要位置同时考察激光脉冲波形。基于这样的认识就需要有相应的脉冲波形测量系统,图1为时间波形测量系统的光路排布图。神光II装置应用两级分光系统,第一级实施一分为二,第二级实施一分为四,于是将一束光分成了8束光,这样神光II装置共有8个放大链。

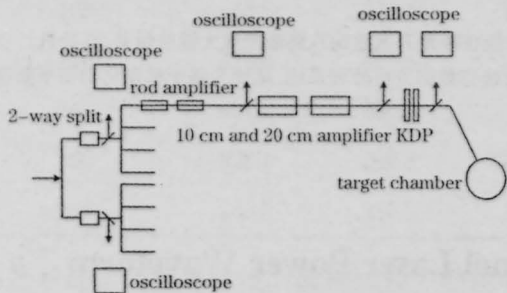


图1 多路功率波形测量系统分布图

Fig.1 Measurement system of multi-channel laser power waveform

在第二级分光系统输入端设置2个波形采样点,再在每个放大链的中部及后部设置3个采样点,这样总共26个时间波形采样点。时间波形测量装置分为两部分,一部分是取样光路部分,另一部分是光电转换和波形记录部分。

取样光路通过取样镜取光后,通过全反镜将光路转折再经过透镜汇聚后进入光电探头。实际光路示意图如图2所示。之所以采用这样的光路是因为神光II的光路排布非常密集,空间狭小,为了放置测量光路的光学元件,并且不影响主光路中的其他元件,采光光路必须进行光路转折。此外,为了避免产生多次反射,所有的光学元件都进行了镀膜。神光II近场分布的不均匀性决定了这里采样的光斑必须是完整的光斑,否则就会使所采的波形失真。

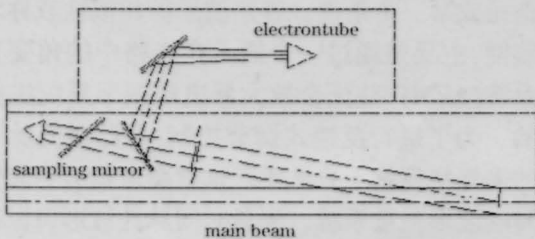


图2 脉冲波形取样光路图

Fig.2 Ray path of waveform sampling

激光信号从主光路中被取出后就要进入光电探头进行光电转换,然后被示波器记录波形。由于神光II激光脉冲时间为1 ns,所以必须采用一种快速响应的光电探头。最后选取了一种快速双平板光电探头 R1328-51U,阴极材料为银氧铯(Ag-O-Se)。

由于这种探头的频率响应范围很大,所以在光电探头前加上了有色滤片,可以滤去干扰光并将输入能量衰减到光电探头所要求的能量范围。光电转换后的信号通过一种专用粗缆线传送到示波器进行扫描采样。根据同时进行多通道采样的要求,选用了美国泰克公司生产的TDS694C型示波器。这种示波器带宽较大而且速度很快,能够满足要求。示波器和光电探头均放置在放大器附近,所以必须检验这些设备对于放大器的强电磁干扰是否有足够的抗干扰能力,即神光II正常发射而又挡住输入激光信号的情况下,各示波器应当没有响应。

4 数据网络与数据处理

神光II装置为空间立体光路,占据了总长度75 m的小厅、大厅和靶场三个场地,装置上的各种元件排布已非常密集,工作人员的可操作空间很小。新建的激光功率脉冲波形测量系统的8台示波器分散在小厅、大厅和靶场三处,如果用人工方式操作将是十分困难的,为了实现系统的集中控制和远程自动控制,要求将所有的示波器与计算机连接起来组成一个波形采集网络。

根据示波器所提供的接口方式,在保证数据在传输过程中波形不会失真前提下,选用低成本的联网方式——利用集线器、网线和专用适配器连接。数据传输网络的整体示意简图如图3所示。波形采集计算机同时对应8台示波器,实时采集26个时间波形,包括为数据文件命名,数据文件保存,数据文件的集中处理等数据管理工作。

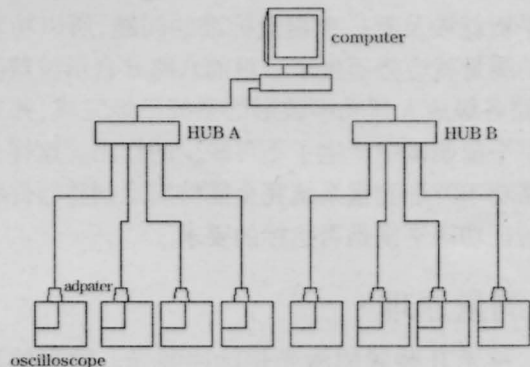


图3 波形采集网络示意图

Fig.3 Networks for collecting waveform

由于功率平衡研究工作关心的是功率波形而不是简单的脉冲波形形状,因此必须将能量与时间波形合成来表示每一时刻各级输出能量的大小。数据采集系统应包括能量数据在内。而能量数据由另外一套测量系统提供,所以的数据采集网络要进一步

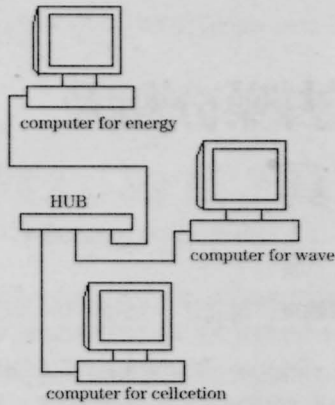


图4 数据采集网络示意图

Fig.4 Networks for collecting data

扩大,如图4通过一台专门配备计算机将波形采集计算机和能量采集计算机进行联网组成数据采集网络,进行数据传输和汇总。

将波形采集计算机采得的波形数据与能量采集计算机采得的能量数据汇总到数据采集计算机上就完成了原始数据的采集。经过一系列的数据处理,最后利用自行编写的比较八路功率波形是否达到功率平衡标准的软件将八路功率波形置于一比较,这样就能分析目前神光II装置各级放大器及KDP晶体对功率波形产生非线性影响以及八路功率波形的

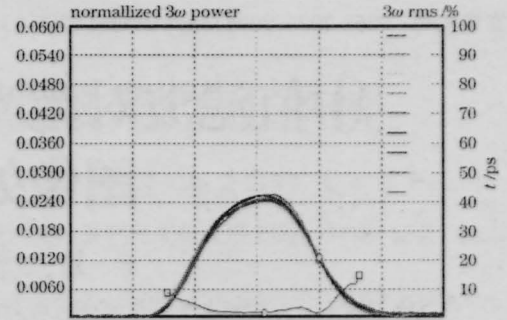


图5 70 放大器输出功率波形

Fig.5 Output waveform of 7 cm rod amplifier

差异,如图5为70棒状放大器输出的功率波形。再将目前的状态反馈到器件然后进行必要的调整并进行多次重复来完成神光II整个功率平衡的调试。

参考文献

- 1 J. A. Carid, R. A. Lerche, R. B. Ehrlich *et al.*. Precision Nova power balance [R]. ICF Quarterly Report, October-December 1993, 18(1): 10-17. Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-LR-105821-94-1
- 2 Tang Lijia, Liu Renhong *et al.*. Control of unit amplifier gain in built-up double-pass coaxial amplifiers [J]. *Acta Optica Sinica*, 2002, 22(1):126-128
唐立家,刘仁红等. 组合式双程同轴放大器中单元的增益控制[J]. *光学学报*, 2002, 22(1):126-128