

文章编号 : 1672-2892(2010)01-0111-03

光路自动准直腔镜及反射镜控制算法

谢 阅, 唐 钟, 虢仲平

(西南计算中心, 四川 绵阳 621900)

摘 要: 激光装置光路准直系统通过多块腔镜及反射镜的角度调整, 使光路的指向和位置达到物理指标要求。为提高远近场光路准直的效率, 减少电机调整次数, 提出一套准直算法, 腔镜准直使用正圆调整算法, 反射镜准直将关联系数矩阵由传统的 2 维改进为 4 维。通过准直光学实验平台, 验证了该算法收敛速度快, 电机调整步数更精确, 移动次数更少, 小于 3 次就满足准直精密要求。

关键词: 光路准直; 腔镜; 反射镜; 准直算法

中图分类号: TN248; TP13

文献标识码: A

Control arithmetic for cavity mirror and reflector in beams automatic alignment system

XIE Yue, TANG Zhong, GUO Zhong-ping

(South-west Computing Center, Mianyang Sichuan 621900, China)

Abstract: In beams automatic alignment system, by adjusting the angles of many cavity mirrors and reflectors of laser equipment, the direction and position of beam can meet to the physical criterions. To increase the collimation efficiency of far and near field and reduce the adjustment times for motor, this study proposed a collimation arithmetic. Adjustment arithmetic of round image was implemented in the collimation of cavity mirror. In the collimation of reflector, correlative coefficient matrix was improved from traditional two dimensions to four. By the alignment experiment platform, the arithmetic was proved to be converged rapidly. The adjustment steps of motor were more accurate, and the times of move were less than three, which could meet the collimation precision requirement.

Key words: beam alignment; cavity mirror; reflector; collimation arithmetic

大型激光装置要求光路准直系统在装置运行发射前, 监视每条光路上 2 个具有一定代表性的点, 通过多块腔镜及反射镜的角度调整, 使光束按照特定的指向和位置要求通过某一段特定的光路, 从而快速、自动地完成装置激光的光路准直^[1-2]。因此, 对腔镜及反射镜的控制算法在收敛速度及计算结果的精确度上有较高要求^[3]。本文提出一套针对 CM 腔镜及 BM 反射镜的控制算法, 并通过准直光学实验平台验证了该算法满足装置准直指标要求。

1 准直光学实验平台

图 1 为准直光学实验平台光路示意图, 可控制部件有: 准直腔镜 CM, 反射镜 BM1, BM2, 通过电机实现准直调整; 图像数据采集通过远场图像传感器(Far Field Charge Coupled Device, FFCCD)和近场图像传感器(Near Field Charge Coupled Device, NFCCD)完成; 光源(source)需要使用平移台(记为“tds”)向前移动, 以照明小孔, 在光阑位置附近有近场基准平移台(记为“tdn”, 十字叉)。

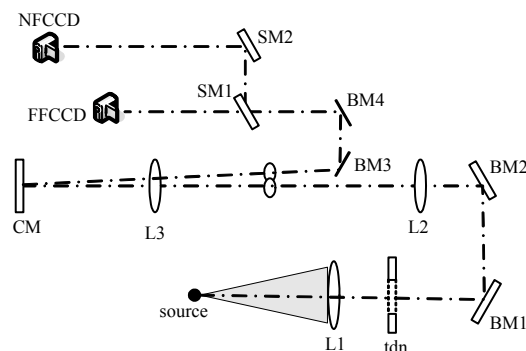


Fig.1 Beam of alignment experiment platform
图 1 准直光学实验平台光路示意图

收稿日期: 2009-07-10; 修回日期: 2009-09-01

基金项目: 国家 863 高技术研究发展计划基金资助项目(2006AA804508)

2 镜架电机与图像关联参数标定

光路准直应先标出反射镜各维驱动步进电机转动步数分别对 CCD 近、远场图像位置变化的关联系数，建立各步进电机转动步数和 CCD 上近、远场图像位置误差之间关系的方程组，解方程组就可得到各步进电机的转动步数。

2.1 腔镜 CM 关联系数标定

按照镜架设计要求，腔镜 CM 的 2 个步进电机用于远场基准图像的调整，仅与远场扁圆图像在 x,y 方向中的一个方向相关，设定 2 个步进电机分别对应关联系数 k_{cm1} 和 k_{cm2} 。通过分别驱动 CM 上某个电机一定步数 n ，CCD 测量远场扁圆图像中心的 x 或 y 轴偏移量(像素) Δx 或 Δy ，即可得腔镜 CM 的关联系数： $k_{cm1}=\Delta x/n, k_{cm2}=\Delta y/n$ ，系数的单位是：像素/步数。

2.2 反射镜 BM1,BM2 关联系数标定

BM1,BM2 步进电机关联系数由表 1 给出。通过转动 BM1 一定步数 n ，CCD 测量近场图像的 x 轴偏移量(像素) Δx ，即可得 BM1 的 x 方向近场系数 $a=\Delta x/n$ 。按此方法标定其它系数。

表1 反射镜BM电机关联系数

motor	NF coefficient		FF coefficient		move steps
	axis x	axis y	axis x	axis y	
BM1-1	k_{11xn}	k_{11yn}	k_{11xf}	k_{11yf}	I11
BM1-2	k_{12xn}	k_{12yn}	k_{12xf}	k_{12yf}	I12
BM2-1	k_{21xn}	k_{21yn}	k_{21xf}	k_{21yf}	I21
BM2-2	k_{22xn}	k_{22yn}	k_{22xf}	k_{22yf}	I22

3 腔镜 CM 准直算法

通过调整腔镜的电机 CM1 和 CM2，使得远场的图像由扁圆变为正圆，并记录正圆的中心坐标，作为远场的基准。

3.1 腔镜 CM 准直流程

腔镜 CM 准直流程见图 2：

- 退出基准平移台“tdn”，打开光源“source”，向前平移“tds”平移台，使光源照明小孔板，在 FFCCD 能够采集到小孔的图像；
- 根据 FFCCD 采集的小孔像，调节 CM 的角度，使该小孔的图像成为正圆。记录下此时 FFCCD 上小孔图像的中心坐标，以此作为 BM1,BM2 准直的远场基准(F_x, F_y)；
- CM 准直完成，“tds”平移台复位。

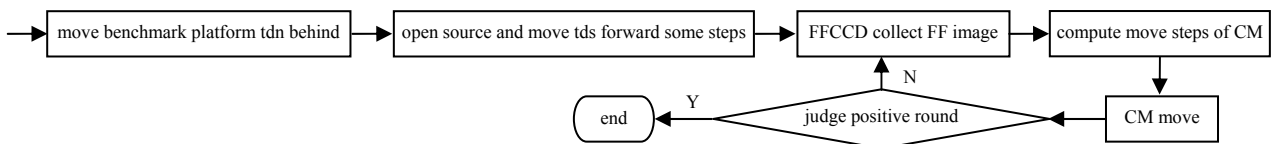


Fig.2 Alignment flow of cavity mirror
图2 腔镜 CM 准直流程

3.2 正圆调整算法

理论分析可知，电机 CM1,CM2 转动时，远场图像扁圆总会有一边不移动，其圆心可作为正圆的目标圆心。

远场扁圆图像可分解为图 3 所示，任选一边，假设 H1 为固定边，则需 H2 向远离 H1 的方向移动，即将 H2 的圆心 O2 移到与 O1 重合。如果扁圆面积增大，则表明移动方向正确；面积减小，则表明移动方向错误，此时需要调整正确的方向，即向相反方向移动 $-2d$ (d 为圆心 O1 到 O2 的距离)。按以上方法，反复转动电机，直到扁圆为正圆为止。

利用采集到的图像直径作为判定对象，当直径满足以下公式，即为正圆。

$$(D_{max} - D_{min}) / D_{ave} < m \tag{1}$$

式中： D_{max} 为图像最大直径； D_{min} 为图像最小直径； D_{ave} 为平均直径； m 为正圆率，是圆形判定预设值。

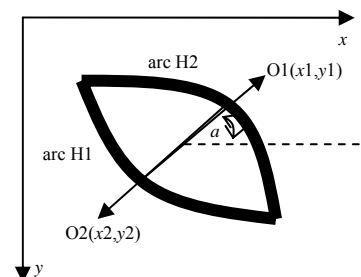


Fig.3 Analysis of flat round image for far field
图3 远场扁圆图像分解

4 反射镜 BM 准直算法

反射镜 BM 的准直流程见图 4。将“tdn”平移台平移到基准参考位，NFCCD 采集基准图像，由基准图像计算出的坐标记为近场基准(Nx,Ny)，然后将“tdn”平移到光路外。建立各步进电机转动步数和 CCD 上近、远场图像位置之间关系的方程组，解方程组就可得到各步进电机的转动步数；准直 BM1,BM2，将各个 CCD 的图像调整到基准位置上为止。

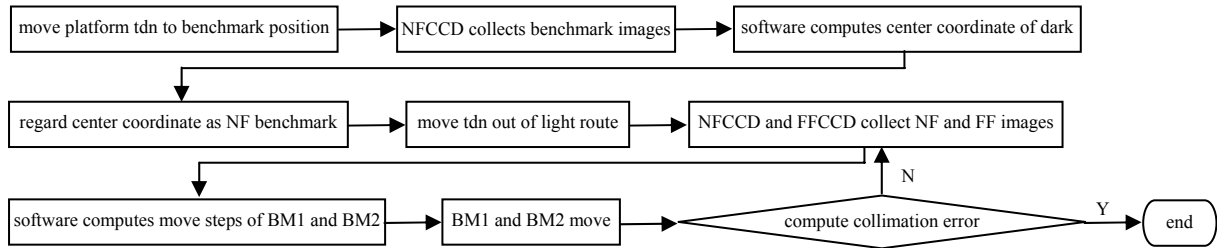


Fig.4 Alignment flow of reflector BM
图4 反射镜BM准直流程

假设光路准直时，x 方向上 NFCCD 采集的近场图像与近场基准的误差为 Δx_n ，FFCCD 采集的远场图像与远场基准的误差为 Δx_f ；y 方向上 NFCCD 采集的近场图像与近场基准的误差为 Δy_n ，FFCCD 采集的远场图像与远场基准的误差为 Δy_f 。于是就可以得到关于反射镜 BM1,BM2 转动步数的方程组，求解就可以求出 4 个电机的转动步数。

$$\begin{pmatrix} \Delta x_n \\ \Delta y_n \\ \Delta x_f \\ \Delta y_f \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_{11,nn} & k_{12,nn} & k_{21,nn} & k_{22,nn} \\ k_{11,yn} & k_{12,yn} & k_{21,yn} & k_{22,yn} \\ k_{11,yf} & k_{12,yf} & k_{21,yf} & k_{22,yf} \\ k_{11,yf} & k_{12,yf} & k_{21,yf} & k_{22,yf} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} I_{11} \\ I_{12} \\ I_{21} \\ I_{22} \end{pmatrix} \quad (2)$$

5 结论

以往光路准直假定某个电机仅与 x 轴或 y 轴其中一个存在关联，即表 1 关联系数构成的矩阵为 2 维，而式(2)为 2 个独立的 2 维方程组^[4]。准直光学平台中，每个电机与近远场图像的 x 轴和 y 轴都存在关联，表 1 关联系数构成的矩阵应该为 4 维，相应式(2)为 1 个 4 维方程组，这样改进的系数矩阵及方程组适用面更广。准直光学平台实验表明，当采用 2 维矩阵时，反射镜的调整次数大于 6 次，且不易达到准直精密度要求；而采用 4 维矩阵，电机调整步数更精确，移动次数更少，小于 3 次就达到精密度要求。

参考文献：

[1] 张广法,唐钟,谢阅. 基于 PROFINET 的网络通讯系统[J]. 信息与电子工程, 2009,7(2):164-167.
 [2] Holdener F R,Ables E,Bliss E S,et al. Beam control and diagnostic functions in the NIF transport spatial filter[C]// Proc. Of SPIE. 1997,3047:692-699.
 [3] 刘代中,朱健强,徐仁芳,等. 4 程放大光路自动准直系统研究[J]. 强激光与粒子束, 2004,16(5):582-586.
 [4] 翟学锋,王国富,达争尚. 神光 III 3 光路自动准直系统设计[J]. 应用光学, 2007,28(2):177-180.

作者简介：



谢 阅(1971-),男,四川省遂宁市人,硕士,高级工程师,研究方向为现场总线及分布式工业控制等.email:xiey@caep.ac.cn.

唐 钟(1974-),男,四川省绵阳市人,硕士,工程师,研究方向为智能控制及计算机软件与应用等.

魏仲平(1964-),男,北京市人,研究员,学士,研究方向为嵌入式控制及计算机技术与应用等.