

高重复频率中压氮气风冷固体激光器

郭新生 张镇西 任明姜 谢 镨

(西安交通大学, 西安 710049)

一般风冷无法对高重复频率的光泵浦实施有效冷却;水冷却液虽换热系数高,但体积庞大,水冷却液产生的锈蚀和光耗还将引起激光器稳定性极大下降。

本文的分析表明:激光棒表面平均温度 t_{wim} 与环境大气温度 t_a 之差主要取决于激光棒单位长度上耗散的热功率 q_l 、冷却质密度 ρ 及流速 w 。

$$t_{wim} - t_a = Bq_l [1/(\rho w)^{0.8}]$$

为了提高 $\rho \cdot w$, 实验采用 2.0 MPa 的密封氮气循环流过位于不同轴线而又构成为回路的聚光腔与内部散热腔;外径为 $\phi 35\text{mm}$ 的微型半开式增压叶轮按最佳载荷分布,扭曲为三元流叶片,其等熵效率高达 79% (一般同类高速、小流量透平的效率不大于 65%),并使聚光腔内气流速度达 8 m/s,其消耗功率则不足光泵浦输入电功率的 1/10。为强化光泵浦热阻较大部位的传热,采用特殊形状的内散热肋片,不仅提高了氮气对散热片的放热系数,尤其提高了进入聚光腔气流的紊流度。

激光器电源电路采用了研制的湿簧继电器,其吸合元抖动、频率及耐压高、功耗小,并且因精密的时基控制器件,其周期准确、重复性好。 $\phi 6 \times 70$ 的 Nd:YAG 棒及 $\phi 6 \times 80$ 的氙灯工作可靠。聚光腔体为柔性结构,既保证了氙灯泵浦光能的收集,同时装配处理十分方便。

高重复频率中压氮气风冷固体激光器,经 4.0 MPa 压力下水压强度试验,2.0 MPa 氮气压下系统密封性能试验,氮气压、流速等因素变化对冷却性能影响的试验及激光束性能与冷却效能的综合试验,结果说明:

1) 在一定的压力下,氮气温度与环境大气温差 $t_f - t_a$ 随气体流速的增加呈指数规律下降,因而泵送气体的风机叶轮效率之提高将显著强化光泵浦系统的冷却效果。

2) 氮气压力提高对 $t_f - t_a$ 的影响规律如图 1 所示。在较高氮气流速下,当 $P > 1.0$ MPa 时, $t_f - t_a$ 对压力的变化已不甚敏感,并且考虑系统对强度与密封的要求,建议取 $P = 1.8 \sim 2.5$ MPa。

3) 激光器光学系统、电源、冷却、密封等部件工作可靠,激光束各项光学性能优良、稳定。其主要技术参数为:重复频率 5~10 Hz; 单次脉冲能量 205 mJ; 脉冲宽度 0.15 ms; 聚光腔氮气与环境大气温差 < 20 °C。

总之,本激光器中的中压氮气密闭循环系统压力损失小、功耗小,并具有换热系数高、结构简单、尺寸紧凑等特点,实现了对高重复频率固体激光器光泵浦系统的有效冷却。它特别适用于要求便携、可靠的军用激光器,并可推广应用于中、小型二氧化碳激光器领域。

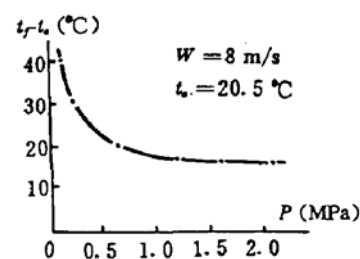


Fig. 1 The relation of cooling result with nitrogen pressure