

折迭式 CO₂ 激光器各电极电位分析和高压变压器绝缘的加强

甄艳芬 赵笃凤 胡昌信 孙传香

(中国科学院力学研究所)

提要: 对于三程以上的折迭管激光器, 只有一台电源低压端可以接地, 其他电源必须浮置, 此时会出现危险的电位升高。本文分析了电位升高的原因, 实测了浮置点的电位值, 并提出了改进高压变压器绝缘的方法。

Potential analysis of electrodes for folded CO₂ laser and enhancement of insulation of high-voltage transformers

Zhen Yanfen Zhao Doufong Hu Changxin Sun Chuanxiang

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: For a folded laser of over three stages, only low-voltage terminal of one set transformer may earthing, other power sources must be floated. This may lead to dangerous potential ascent. In this paper reasons for potential ascent are analysed, potential values at floating points are practically measured and an advanced method for improving insulation of high-voltage transformers are given.

国内外的实验资料给出, 静态或慢流动玻璃式连续输出电激励 CO₂ 激光器, 每米输出约 50 瓦。对于一般的工业加工而言, 常常需要数百瓦的功率, 这样势必增加管子的长度。对于长的管子应采用分段放电, 或者将管子作成折迭式, 采用并联分段放电形式, 以降低对电源电压的要求。

下面我们先来分析一下三折 CO₂ 激光器的各电极电位。当然, 分析方法也适用于任意多折管的情况。

三折管各电极与电源的连结如图 1 所示。激光管每折长 2 米, A、B、C、D、E、F 为三折管的电极, R 是限流电阻, L 是全反

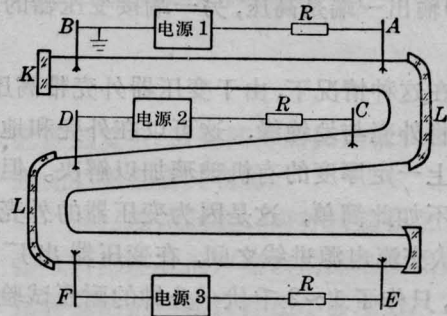


图 1 三折 CO₂ 激光器电源的接线图

镜, K 是半透输出镜, 由于输出镜本身要进行水冷, 并且人员常常接触, 因此, 将紧靠 K 的电极 B 接地。电源 1、2、3 是三台参数完

收稿日期: 1979 年 10 月 12 日。

全相同的独立电源，它们的输出高压端分别接 A 、 C 、 E 三电极，输出低压端接 B 、 D 、 F 三电极， B 极已接地。

下面我们对 D 、 F 二点在电源升压过程中的电位变动情况进行分析。为方便起见，设电源是正高压输出。

设先对电源 1 升压。 A 点电位随之升高，在激光管 AB 未放电前，限流电阻 R 上没有电流流过，因此， A 点与电源高压端等电位，当升压到 AB 管击穿电压 U_b 时，由于 B 点已接地，故 A 点电位也升至 U_b ，此后 AB 管放电， A 点电位迅速下降。设放电后激光管的工作电压为 U_r ，工作电流为 I_r ，因此电阻 R 上的压降为

$$U_R = U_b - U_r = I_r R \quad (1)$$

A 点对地电位

$$U_{A0} = U_b - I_r R = U_r \quad (2)$$

即 A 点对地电位就是工作电压 U_r 。

由于 D 、 F 二点的电位是浮置的（为什么浮置，下面要讨论到），因此在电源 1 升压过程中，要在 D 、 F 二点感应一对地正电位，设为 U_i ，其大小由该点的绝缘电阻和 U_b 决定。由于 D 、 F 二点相距甚近，可近似认为二点等电位。实验中， D 、 F 二点的感应电位 U_i 在 12 千伏左右。

然后对电源 2 升压，由于 A 、 C 二点相距很近，当电源 2 加压时， A 、 C 二点立即串通变为等电位。因 A 点电位是固定的，于是

$$U_{A0} = U_{C0} = U_r \quad (3)$$

此时 C 点电位被 A 点箝住。当电源 2 逐渐升压到 CD 管上所加的电压为 U_r 时，此时 D 点电位由 U_i 下降至 0。

如果此后继续加电压， D 点电位变为负，其绝对值为 CD 管上所加的电压与 U_{C0} 之差。当 CD 管上的电压升至 U_b 时， D 点对地电位

$$\begin{aligned} U_{D0} &= U_{C0} - U_b = U_{A0} - U_b \\ &= -(U_b - U_r) \end{aligned} \quad (4)$$

F 点对地电位近似与 D 点相等

$$U_{F0} = -(U_b - U_r) \quad (5)$$

当 CD 管在 U_b 作用下辉光放电后，工作电压为 U_r ，立即有电流 I_r 沿 R 流动，电阻压降 $U_R = U_b - U_r$ ，因此使 D 点电位迅速回升到 0， F 点也回到 0 电位，此后 D 、 F 二点电位固定为 0。

最后对电源 3 升压，由于 F 点电位已被箝在 0 电位，因此在升压过程中， F 点电位不会变化，直至 EF 管上电压升到 U_b 使之击穿， E 点电位下降至 $U_{E0} = U_r$ 。

由以上分析可见，在 CD 管放电之后， D 、 F 二点的电位固定在 0 电位，与 B 点等电位，但是，在试验中，绝不可将 B 、 D 、 F 三点联在一起接地，否则， CD 管将始终不能放电。分析如下：

若 D 、 B 二点相接，当电源 2 升压到 $U_{CD} > U_r$ 时， C 、 A 二点串通，此后，电源 2 就会经过路径 $C-A-B-D$ 构成回路而放电，使 CD 管的电压降永远维持在 U_r ，不会使 CD 管击穿。因此， D 、 F 二点的电位必须浮置。

由于 D 、 F 二点浮置，在试验过程中，该二点对地电位可升至 $-(U_b - U_r)$ 的数值。对于我们的试验条件，折迭管每折长 2 米，气压和 12 托，气体成份 $CO_2:N_2:He = 1:1.5:6$ ，实测得 $U_b \approx 25$ 千伏， $U_r \approx 12$ 千伏，故

$$\begin{aligned} U_{D0} = U_{F0} &= -(U_b - U_r) \\ &= -13 \text{ 千伏} \end{aligned} \quad (6)$$

即在试验中， D 、 F 二点的电位可上升至负 1 万多伏。

应该说明，我们试验中使用的电源是负高压输出，此时所有对正高压的分析方法完全适用，只是 D 、 F 二点在试验中的对地电位是先由 0 到负，然后回到 0 再上升到正，幅度仍由 (6) 式决定。

如前所述，在各段激光管升压放电过程中，有两台变压器输出的低压端对地电位要上升到万伏以上的高电压，这在安全上必须妥善解决。如果使用的高压变压器是双端对

(下转第 39 页)

四、实验结果

在上述实验系统中我们利用了 32×32 点阵的汉字字形发生器进行了字形显示及记录实验。图 5 是文字信息的时钟频率为 2 兆



图 5 信息速率为 2 兆赫的字样

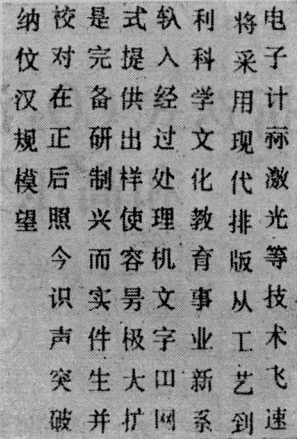


图 6 信息速率为 1 兆赫的字样

赫时所记录的文字实样。图 6 是时钟频率为 1 兆赫时所记录的文字实样。时钟频率为 2 兆赫时相应的文字缩小，文点的点阵密度也相应提高，故字形质量也较好。

改变声光扫描器及振镜的扫描速率还可使字形放大、缩小、变形。

(上接第 41 页)

称输出的，这问题很好解决，只需将低压端电位浮置即可，因为此类变压器，两端对地绝缘强度均很高，不需另作专门考虑。但目前激光器中使用的大部分变压器是单端不对称输出（即输出一端是高压，另一端接变压器的外壳）。

在这种情况下，由于变压器外壳带高压，必须将外壳与地绝缘，这可以在外壳和地之间垫上一定厚度的有机玻璃加以解决。但问题并不如此简单，这是因为变压器的外壳与 220 伏交流电源进线之间，在变压器出厂试验时，只作了 1~2 千伏一分钟的耐压试验通过，所以，如外壳对地电位上升到很高的值

时，会引起电源进线和外壳之间的闪络，使变压器损坏。为避免出现这种情况，必须大大加强电源进线与外壳之间的绝缘。为此目的，可将变压器上盖打开，把铁芯和线包从油中吊起，将 220 伏电源进线和变压器输出端与外壳相连的引线全部用壁厚为 1.5~2 毫米的塑料套管套住，一直穿出外壳，然后小心地恢复原状。

为了检查加强绝缘后的效果，在外壳与电源进线之间加上 15 千伏的交流高压一分钟，没有发现任何闪络放电现象。

经过这样加强引线绝缘的变压器，用作实验中三折管的电源，经多次试验，无异常现象。