

云仪深表惊讶和赞美,一些观众说,这样精密的仪器,新中国能在不大的部门里生产,这在日本是不可想象的事。从这里,我们亲身感受到毛主席独立自主、自力更生方针的威力和社会主义制度的优越。

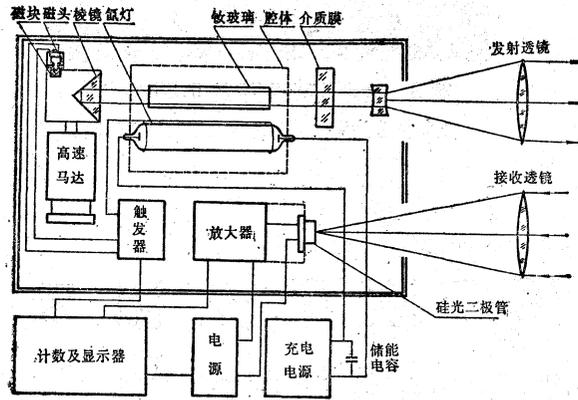


图2 整机方框图

二氧化碳激光手术器及其应用

上海市激光技术试验站一室光刀组
上海第二医学院激光室

在毛主席无产阶级革命路线的指引下,在无产阶级文化大革命和批林批孔运动的推动下,我们研制成功一台配有灵活导光系统的 CO_2 激光手术器,经过二年多时间的临床使用,在皮肤、口腔、五官、妇科等各方面,对某些疾病具有比较满意的疗效,受到工农兵病员的欢迎。这种 CO_2 激光手术器作为“光刀”,可对软组织进行切开,切除癌肿,然后对癌肿床气化,以消除残存的癌细胞,又可以对慢性溃疡及体表疾患进行烧灼或照射,在切骨方面最近已开始由动物实验向临床过渡。

CO_2 激光手术器

整机(图1)包括 CO_2 激光管、电源控制系统及转动潜望式导光系统三部分。

CO_2 激光管系 17 料硬质玻璃封离型的纵向直流激励激光管,放电管长度 1.5 米,多模,波长 10.6 微米,输出功率 70 瓦,光斑直径约 8 毫米,发散角 3 毫弧度,工作电压 40 千伏,工作电流小于 30 毫安(由上玻一厂生产)。

转动潜望式导光系统(又称导光关节臂)有五节单元结构连接而成(图2)。每节单元结构由反射镜、转动轴承、连接杆组成。最后一节装有聚焦组合锺透镜作为“刀头”。

现以一节为例(图3)。

· 反射镜：采用平面基板，镀以黄金膜而成。一般采用光学玻璃基板镀以黄金膜，本机采用黄铜作基板，磨平抛光后电镀0.15毫米硬铬，再磨平和抛光后蒸镀黄金膜，其反射率达98%左右，这种反射镜实际使用效果良好。

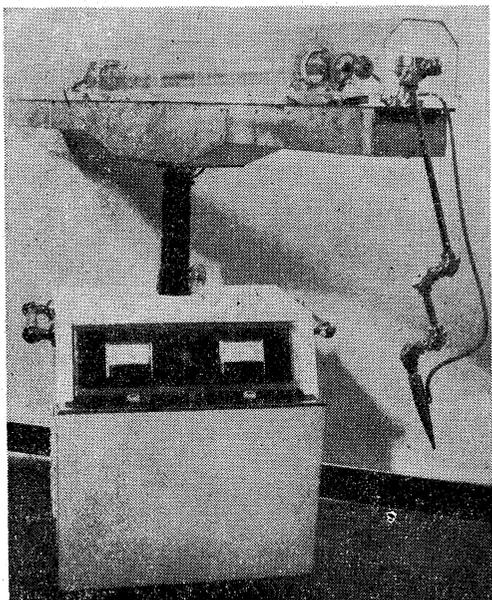


图1 CO₂激光手术器整机

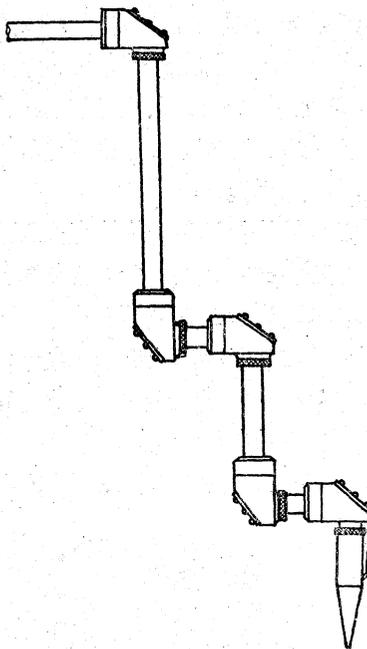


图2 导光关节臂

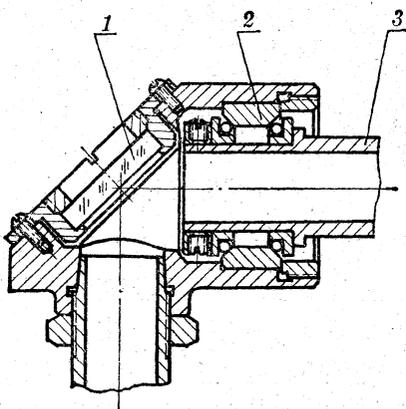


图3 一节单元结构

1—反射镜； 2—转动轴承； 3—连接杆

转动轴承：转动轴承是导光系统的关键，要求转动轴的偏摆度越小越好，以保证在转动呈45°位置的反射镜时，激光束不发生偏摆。为了便于医生操作，又要求导光关节臂轻巧灵活，因此设计了组合轴承，轴承外圈内部有二斜面，斜面处径向跳动不得大于3微米，轴承内圈有一肩胛，其椭圆度不得大于3微米，斜面及肩胛处均为钢球的导轨面。采用这种轴承，若机械加工保证精度，装校合适，转动轴的偏摆度可完全符合设计和使用要求。

连接杆：其长度的选择主要取决于对导光系统工作范围的要求，在五个单元结构的连接系统中，水平方向连接杆的长短决定着水平位置的活动范围。本机导光关节臂的水平连接杆均取 50 毫米，垂直方向连接杆第一节取 400 毫米，第二节取 120 毫米，导光关节臂最大活动范围 600 毫米，有效活动范围 300~400 毫米，整个导光系统灵活轻巧。

本机导光系统的损失经测试约为 14%。

在实际使用中，我们在五节单元结构的基础上，把最后与“刀头”相连的一节改为双转动轴承，从而既增加了关节灵活度，又克服了作用在刀头上的扭力作用。同时，改进为六个单元结构连接后，近似张角，有似手臂的功能，可同时作伸展、旋转和上下等动作，灵活性及活动范围均有增加，效果良好。

“刀头”可用单块锗透镜，其缺点是工作距离短，象差较大，这就影响切割效果。本机采用组合锗透镜的刀头比较理想，一块是负透镜，另一块是正透镜，工作距离长，聚焦斑点小，又减小了象差。本机设计了二种组合透镜：第一组透镜，焦距 30 毫米，工作距离 60 毫米，斑点直径 0.09 毫米；第二组透镜，焦距 70 毫米，工作距离 131 毫米，斑点直径 0.21 毫米。

本机具有七种结构的“刀头”(图 4)，可以适合皮肤科、口腔外科、五官科、妇科和外科不同部位的需要，达到一机多用，多科使用的目的。刀头上具有排气装置，可把手术中组织气化的烟吸入排出，或者可以吹气(N_2)，这样既达到冷却锗透镜之目的，又提高了组织切口的质量。

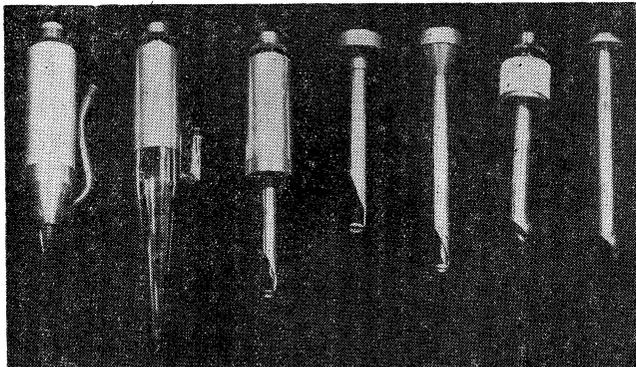


图 4 各种“刀头”

整个导光系统总存在一定的偏差，其偏差来源于：机械加工偏差，装校偏差和连接偏差三部分。在加工、装校过程中都应注意，使之偏差最小，以达到设计要求和使用要求。

另外，欲使不可见的 10.6μ 的 CO_2 激光束与导光系统同轴，又涉及一个三度空间的调节问题。我们原先采用的是调节导光关节臂的“三度空间调节架”，在实际使用中发现这种调节架刚性不佳，甚至不出光；后改为固定导光关节臂，调节激光管的调节方式，克服了刚性不好的缺点，使用相当稳定可靠。

动物实验

CO_2 激光手术器在医学上的应用可分为切割(光刀)、气化、烧灼和照射。切割就是利用透镜把激光聚焦，成倍地提高光功率密度，移动“刀头”，在激光的焦点处使组织气化，达到切开组织的目的。把组织从激光焦点处移开便可使组织凝固止血。外科手术包括显露、分离、止血、

缝合和引流五个环节,而显露和分离就是切割。金属手术刀只能用作切割。电刀除能切割外还能止血,激光刀与电刀相似,也具有切割和止血的功能,为鉴定激光刀在外科手术中的优缺点,特设计动物实验,并与电刀作比较。

动物实验采用健康杂种狗七只,体重9.5~22市斤。用2.5%戊巴比妥钠全麻。CO₂激光刀采用工作距离60毫米的“刀头”,激光功率70瓦。电刀(上海医用电子仪器厂生产)功率100瓦。手术由固定人员进行。在狗之左右胸壁处各做一个10×10×10厘米的马蹄形切口,切口蒂在近脊柱处。一侧胸壁为激光刀切口,对侧胸壁为电刀切口,在每只狗身上作对照。手术分期进行,二次手术间隔三周。每次手术时记录失血量(称重法)和手术时间。

失血量:激光刀手术时肉眼所见出血甚少(图5),一只狗(6号)失血量为0,最大失血量为3.6克(8号),平均失血量为0.84克。电刀手术时肉眼所见出血量较激光刀明显为多(图6),最少失血量为2.51克(6号),最大失血量为28.27克(4号),平均失血量为12.49克。

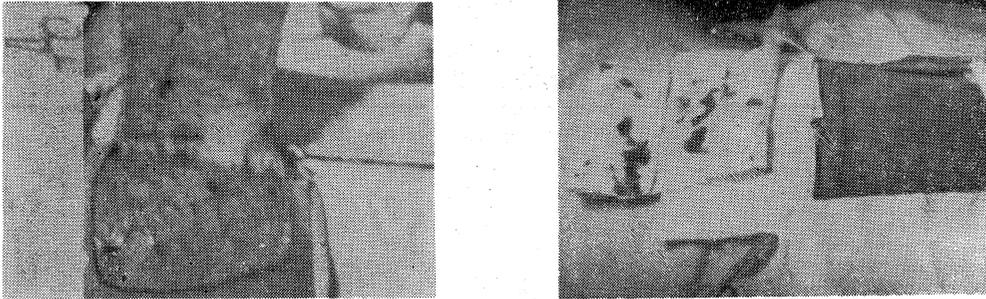


图5 用激光刀作手术时的失血量

左:皮瓣翻起时的情形; 右:缝合后,左侧纱布上的血迹表示肉眼观察到的失血量

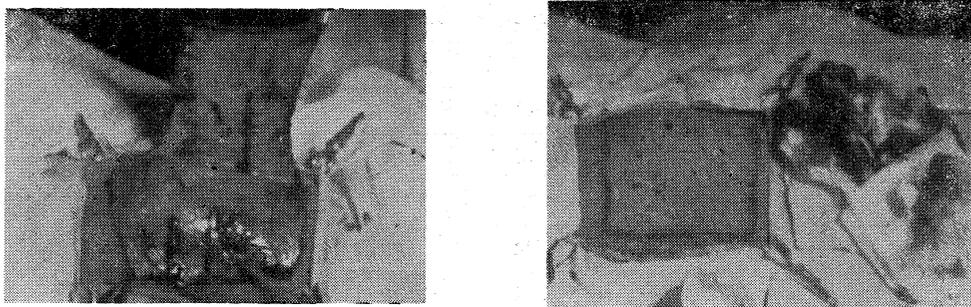


图6 电刀手术时的失血量

左:皮瓣翻起时的情形; 右:缝合后,右侧纱布上的血迹为肉眼观察到的失血量

表1 失血量与手术时间统计

狗号	体重 (斤)	失血量(克)			手术时间(分、秒)		
		光刀	电刀	差数	光刀	电刀	差数
3	15	0.1	21.55	21.45	4'34"	13'30"	536"
4	20	0.8	28.27	27.47	4'34"	18'35"	841"
5	12	0.25	2.6	2.35	4'32"	6'24"	112"
6	9.5	0	2.51	2.51	3'58"	10'26"	388"
7	12	0.4	7.75	7.35	6'37"	8'	83"
8	9.5	3.60	3.65	0.05	3'34"	8'37"	303"
9	22	0.85	21.10	20.25	5'07"	12'22"	435"

手术时间：激光刀手术时间最短为3分34秒(8号)，最长为6分37秒(7号)，平均手术时间为5分5秒。电刀手术时间最短为6分24秒(5号)，最长为18分35秒(4号)，平均手术时间为11分37秒。

实验结果表明(表1)，在切割软组织时，激光刀的失血量比电刀显著为少。手术时间激光刀比电刀缩短更为显著。在控制出血、减少钳夹、结扎止血等手术操作，以及缩短手术时间等方面，激光刀有明显的优越性。

临 床 应 用

本机研制成以后，进行了大量动物实验，曾做过切割兔、狗等动物的皮肤、肌肉、肝脏、颅骨等实验，在这些实验基础上逐渐过渡到临床应用。目前已用于口腔外科、妇科、皮肤科、神经外科，最近已开展耳鼻喉科的应用，已用于治疗52种疾病，1055例病人，近期效果是满意的，各科病人的治疗人数及病种统计见表2。

表2 各科治疗人数及病种统计

科 别	病 种	治 疗 总 数
皮 肤 科	35	570
妇 科	7	350
口 腔 外 科	8	130
神 经 外 科	2	5
合 计	52	1055

表3 几种主要疾病治疗效果统计

病 种	治 疗 数	治 愈 数	有 效 数	无 效 数
慢性宫颈炎	44		42	2
子宫间变	31	7	21	3
子宫原位癌*	11			
下肢慢性溃疡(老烂脚)	14	12	2	
皮肤癌(包括唇癌)	12	8	3	1
血管瘤	55	46	3	6
牛皮癣	4	1	3	
神经性皮炎	25		25	
阴囊角皮瘤	6	6		
各种痒症	55	4	49	2

* 正在观察期中，近期效果好。

在口腔科已用于治疗血管瘤、淋巴管瘤、粘液囊肿、下唇癌、面部疣、乳头状瘤、舌白斑、舌扁平苔癣等八种疾病，130例病人。妇科已用于治疗慢性宫颈炎、宫颈原位癌、宫颈间变(癌前期)、宫颈囊肿、宫颈息肉、外阴搔痒、外阴白斑等七种病，350例病人。皮肤科已用于治疗血管

瘤、皮肤癌、牛皮癣、寻常疣、各种痣以及各种痒症等 35 种病, 570 例病人。对几种比较重要的病种的随访结果见表 3。

病例介绍 病例一、潘××, 男, 54 岁, 患下唇鳞状上皮细胞癌已数年, 由上海市郊区某医院转来市第九人民医院, 口腔外科应用 CO₂ 激光刀将上唇作“V”字形全层切除手术, 切口 3×3 厘米, 手术时间 24 分钟, 刀口出血极微, 术后作病理检查, 证明病灶区已全部切除, 随访半年, 未见复发。

病例二、张××, 女, 63 岁, 患右颞侧基底细胞癌已数年, 病灶区已溃烂, 面积 4×6 厘米², 外地某医院认为已无法手术, 不予治疗, 后转上海市第一人民医院, 一院医生带患者来作 CO₂ 激光气化手术, 术后创面为 5×7 厘米², 为促进创面愈合, 采用激光扩束照射治疗, 每周二次, 三周后创面愈合, 病员满意而归。

病例三、张××, 男, 61 岁, 工人, 患小腿溃疡已十四年, 行走困难, 长期药物治疗未见效, 后由长宁区中心医院转诊来作 CO₂ 激光扩束照射治疗, 共 15 次, 溃疡愈合, 已回厂抓革命, 促生产。

* * ~~~~~ * *

(上接第 42 页)

三重态的布居数 n_T 因系际交叉跃迁而增加, 随弛豫而减少。描写 n_T 变化的速率方程为:

$$\frac{dn_T}{dt} = n_{1c}\kappa_{ST} - \frac{n_T}{\tau_T} \quad (5)$$

其中 n_{1c} 是阈值时激发单态 S_1 的布居数, 即在染料活性媒质的增益足以和所有内损耗相平衡时所要求的 S_1 态的布居数。假设初始时刻 $t=0$ 已经到达临界反转, $\tau_T \rightarrow \infty$, 那末由上式得到

$$n_T(t) = n_{1c}\kappa_{ST}t \quad (6)$$

当内禀增益抵消了由于三重态造成的损失时, 则

$$n_{1c}\sigma_{em}(\lambda) = n_T\sigma_T(\lambda) \quad (7)$$

从图 8 看到, 在 $\sigma_{em}(\lambda)$ 的峰值附近 $\sigma_T(\lambda) \approx \frac{1}{10}\sigma_{em}(\lambda)$, 所以当 $n_T \approx 10n_{1c}$ 时, 净增益趋于零。

从(6)式得出从开始到净增益接近于零所需的时间为

$$t_{\max} \approx 10/\kappa_{ST}$$

κ_{ST} 的数值可以从荧光量子效率 ϕ 以及 τ 作出估计

$$\kappa_{ST} = \frac{1-\phi}{\tau} \quad (8)$$

对于 $\tau = 6 \times 10^{-9}$ 秒, $\phi = 0.91$ 时, $\kappa_{ST} = 1.6 \times 10^7$ 秒, 此时 $t_{\max} \approx 6 \times 10^{-7}$ 秒。

由此可见, 要实现染料激光器的连续波运转, 必须对三重态布居数加以严格的限制, 通过控制 κ_{ST} 或 τ_T 而予以实现。

在稳定态时 $dn_T/dt = 0$, 由(5)式得到三重态布居数的平衡值

$$n_T = n_{1c}\kappa_{ST}\tau_T \quad (9)$$

由上式和(7)式得到

$$n_T/n_{1c} = \sigma_{em}/\sigma_T = \kappa_{ST} \cdot \tau_T$$

由图 8 的数据, 得到

$$\kappa_{ST}\tau_T \approx 10。$$

由此得出结论, 如果能够保证 $\kappa_{ST}\tau < 10$, 那么就能实现连续波运转。这个要求可以通过掺杂化学添加剂或者采用染料快速通过激活区等方法而实现。