

多模连续光纤激光器

用户手册

FMC 3000、FMC 6000

目录

1 安全信息.....	1
1.1 安全标识.....	1
1.2 激光安全等级.....	1
1.3 安全标识.....	2
1.4 光学安全.....	2
1.5 电学安全.....	3
1.6 其他安全注意事项.....	3
2 产品介绍.....	4
2.1 产品特性.....	4
2.2 激光器型号说明.....	4
2.3 开箱及检查.....	4
2.4 运行环境.....	5
2.5 注意事项.....	6
2.6 产品性能.....	7
3 安装.....	8
3.1 整机尺寸图.....	8
3.2 输出头的尺寸与安装.....	9
3.3 冷却系统安装与要求.....	9
3.4 安装注意事项.....	11
4 产品使用.....	13
4.1 前面板.....	13
4.2 后面板.....	14
4.3 线缆和接口定义.....	15
4.4 激光器控制.....	17
4.5 RS232 模式.....	17
4.6 AD 模式.....	19
5 上位机.....	20
5.1 安装方法.....	20
5.2 操作方法.....	21
6 常见故障及处理措施.....	22

1 安全信息

感谢您选择热刺激光光纤激光器，本用户手册为您提供了重要的安全、操作、维护等方面的信息。故在使用该产品前，请先仔细阅读本用户手册。为了确保操作安全和产品运行在最佳状态，请遵守以下注意和警告事项以及该手册中的其他信息。

1.1 安全标识

	警告： 可能造成严重的人身伤害甚至危及生命安全。
---	---------------------------------

	注意： 可能造成一般的人身伤害或者产品、设备的损坏。
---	-----------------------------------

1.2 激光安全等级

该系列光纤激光器属于 4 类激光仪器。该产品发出波长在 $1080 \pm 3\text{nm}$ 附近的激光辐射，且由输出头辐射出的激光功率大于 6000W（取决于型号）。直接或间接的暴露在这样的光强度之下会对眼睛或者皮肤造成伤害。尽管该辐射光不可见，但光束仍会对视网膜或者眼角膜造成不可恢复的伤害。在激光器运行时必须全程佩戴合适且经过认证的激光防护眼镜。

	警示： 在操作该产品时要确保全程配戴激光安全防护眼镜。激光安全防护眼镜具有激光波长防护选择性，故请用户选择符合该产品输出波段的激光安全防护眼镜。即使佩戴了激光安全防护眼镜，在激光器通电时（无论是否处于出光状态）也严禁直接观看输出头。
---	---

1.3 安全标识

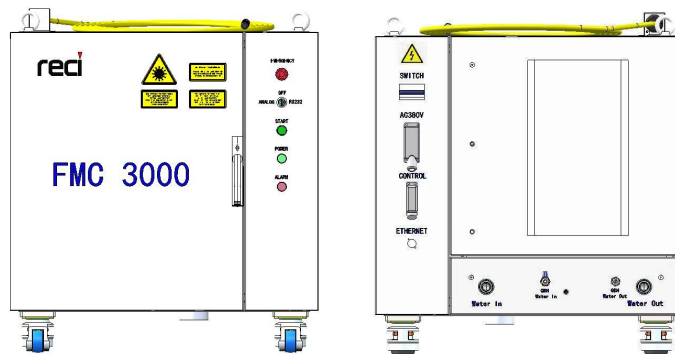


图 1 安全标识位置

图 1 所示为产品安全标识及其所在位置。这些安全标识主要包括：安全警示、激光输出头警示、强电警示等。安全标识详细说明如下所示：

表 1 安全标识

1: 2 类激光产品警示	2: 4 类激光产品警示
3: 激光辐射危险警示	4: 强电危险警示

1.4 光学安全

(1) 激光输出头（QBH）端帽或保护镜片若有灰尘将会在出光时导致端帽或镜片烧毁，甚至会引发传能光纤损坏。



请勿在激光输出头保护帽未打开的情况下输出激光，否则将造成激光器输出保护镜片或端帽烧毁。

(2) 与 FMC 3000 配合使用的激光切割头，需要承受 $\geq 3000\text{W}$ 的激光功率，否则容易损坏切割头。

与 FMC 6000 配合使用的激光切割头，需要承受 $\geq 6000\text{W}$ 的激光功率，否则容易损坏切割头。

1.5 电学安全

(1) 请通过电源线中的 PE 线将产品接地，且保证接地牢固可靠。



警告： 产品接地断开会造成产品外壳带电措施，将可能导致操作人员人身伤害。

(2) 激光器后面板空开如频繁发生跳闸现象，需尽快联系热刺技术人员，以保障设备的安全使用。

(3) 确保交流电压供电正常。



注意： 错误的接线方式或供电电压将会对激光器造成不可恢复的损坏。

注意：产品内并没有需操作者使用的器件，请勿尝试打开产品罩壳，否则可能造成触电伤害，且激光器质保相应失效。

1.6 其他安全注意事项

- (1) 激光器在运行时，请勿直视激光输出头；
- (2) 请勿在昏暗或黑暗的环境中使用该光纤激光器；

- (3) 请严格遵循该产品使用手册操作激光器，否则激光器出现的任何损坏将不予保修；
- (4) 该产品没有内置可使用的配件，所有维修应由热刺人员进行，为了防止电击，请不要损坏标签和揭开盖子，否则产品的任何损坏将不予保修。

2 产品介绍

2.1 产品特性

光纤激光器相对于传统气体激光器、固体激光器，具有更高的电光转换效率，更低的功耗和更好的光束质量。光纤激光器结构紧凑、低维护成本。由于光纤式的激光输出方式，能够方便的与系统设备进行集成。

主要特点：

- 高光束质量
- 全光纤结构
- 高可靠性、长寿命
- 结构紧凑、低维护成本
- 输出功率高、电光转换效率高

主要应用领域：

- 工业加工，如金属切割、焊接等
- 军事国防、科学研究等

2.2 激光器型号说明

FMC 3000，表示 3000W 多模连续光纤激光器。

FMC 6000，表示 6000W 多模连续光纤激光器。

2.3 开箱及检查

公司通过专门设计的木箱来确保激光器在运输过程中始终能得到完善的保护。尽管如此，为了防止在运输过程中出现不可预知的情况，用户在开箱前仍需要仔细检查包装箱是否正确放置，箱体外部有无碰撞、开裂、淋雨以及水浸等损伤。一旦发现外部箱体有异常，请及时与热刺售后人员联系以便尽早处理。

开箱后请检查装箱清单与实际物品是否一致，如有任何疑问请及时与热刺售后人员联系。

开箱取出激光器时应当避免对激光器造成碰撞或剧烈振动。取出盘绕的输出光纤和激光输出头时要特别注意不能扭曲、弯折、拉扯激光器输出光纤，同时应避免激光器输出头受到碰撞和振动。



注意：激光器的输出光缆和输出头属于精密的光学器件，扭曲、过度弯折输出光缆、激光输出头受到强烈振动和撞击都会对激光器造成不可恢复的损坏。

2.4 运行环境

本产品基本的运行环境如下：

表 1 激光器的运行环境

供电电压	三相 380V±10%、50/60Hz 交流电
安放环境	平整、正置（避免倒置或侧置）、无显著的振动和冲击
环境温度	5℃~40℃
环境相对湿度	<70%
QBH 冷却水温度	室温，过低的冷却水温度会导致 QBH 结露
整机冷却水温度	25℃
整机冷却水流量	FMC 3000 水流量>30 L/min FMC 6000 水流量>70 L/min
冷却水质量	QBH 和整机冷却水需要使用去离子水防止结水垢，在没有去离子水的情况下可以使用去离子的饮用纯净水
机箱内干燥	在环境温度超过 30℃和湿度大于 50%时通干燥空气防止激光器内部结露
电磁环境	避免过强的电磁干扰，在强电磁干扰下有可能导致激光器误报警

警告：

- (1) 过高的整机冷却水温度会导致激光器寿命降低以及激光器输出功率下降；
- (2) 冷却水禁止使用自来水和其它离子浓度较高的水；
- (3) 冷却水应定期及时更换，防止微生物生长和水质变坏；
- (4) QBH 一旦结水垢，容易损坏，结水垢导致的 QBH 损坏，不予保修；
- (5) 使用激光器前要确保可靠接地；
- (6) 该产品内部没有可供使用的零件，所有维修应由热刺人员进行，为了防止电击，请不要损坏标签和揭开盖子，否则产品的任何损坏将不予保修；
- (7) 激光器的输出头是与光缆相连接的，使用时请仔细检查输出头，防止灰尘或其它污染，清洁输出端透镜时请使用专用的镜头纸；
- (8) 不按本使用手册规定的方法来使用激光器，激光器有可能处于不正常工作状态而导致损坏；
- (9) 激光器处于运行状态时，严禁安装激光输出头；
- (10) 不要直接观看激光输出头，在操作该机器时要确保全程配戴激光防护眼镜。

2.5 注意事项

- (1) 激光器在接入交流电源前，要确保将连接的是正确的 380VAC 电压，错误的连接电源，将造成激光器出现不可恢复的损坏；
- (2) 不按照本手册规定的控制或者调节方式操作激光器，可能会造成激光器损坏；
- (3) 保证输出头的清洁很重要，否则将造成激光器出现不可恢复的损坏。使用前，要仔细观察输出头的端帽和保护镜是否洁净，有任何污染都需要使用专用擦拭工具（如镜头纸）和擦拭液（如高纯度的酒精）进行清理，对于不规范清洁操作造成的损坏将不予保修；
- (4) 不使用激光器时请盖上输出头保护帽；
- (5) 没有正确按照以上规范操作引起的光功率下降，将不在保修范围之内。

2.6 产品性能

表 2 产品技术参数

型号	类别	FMC 3000	FMC 6000
光学特性	额定输出功率 (W)	>3000	>6000
	工作模式	连续/调制	
	偏振方向	随机	
	输出功率调节范围	10~100	
	中心波长 (nm)	1080±3	
	输出功率不稳定性	<3%	
	最大调制频率 (kHz)	5	
	指示红光功率 (mW)	>1	
	输出接口	QBH	
	输出光纤芯径 (μm)	100 (50 可选)	
	输出光纤长度 (m)	20 (15 可选)	
电学特性	工作电压	三相 380V±10%、50/60Hz	
	最大功率消耗 (W)	<12000	<24000
	控制方式	外部 RS232 /外部 AD /超级终端	
其他特性	尺寸 (W×H×D)	880×1008×941	880×880×1041
	重量 (kg)	<300	<400
	工作温度范围 (°C)	5~40	
	工作湿度范围 (%)	<70	
	冷却方式	水冷	
	QBH 冷却水温度	室温	
	整机冷却水温度	25	
	整机冷却水流量 L/min	>30	>70
	储藏温度 (°C)	-10~60	

3 安装

3.1 整机尺寸图

图 2、图 3 所示为激光器安装尺寸图（3000W 和 6000W，FMC 3000 和 FMC 6000）

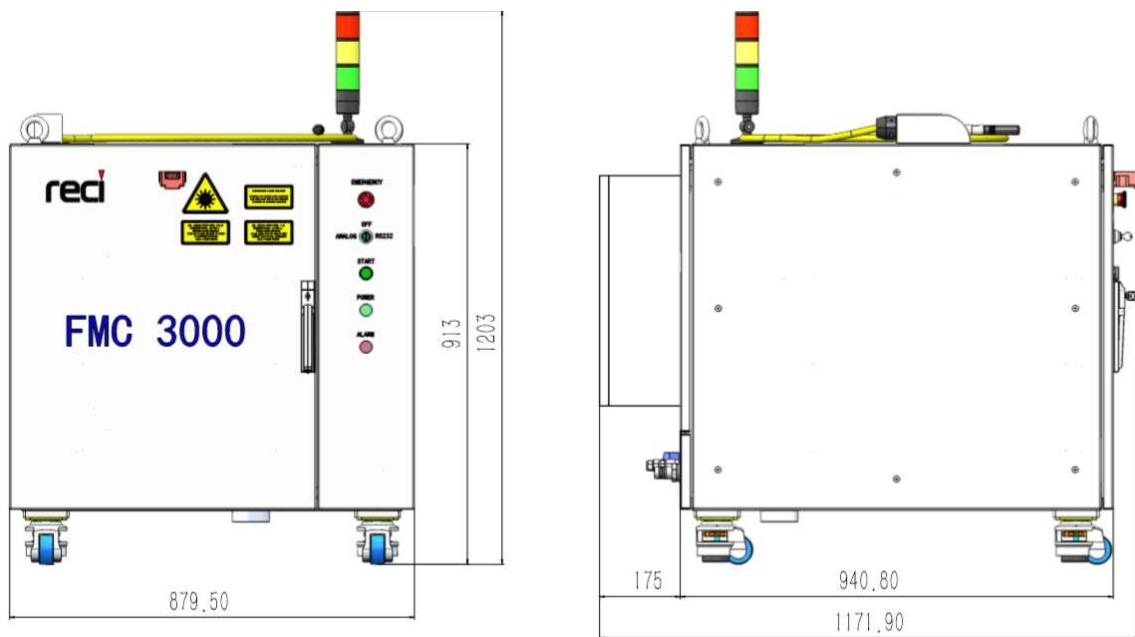


图 2 FMC 3000 安装图（单位: mm）

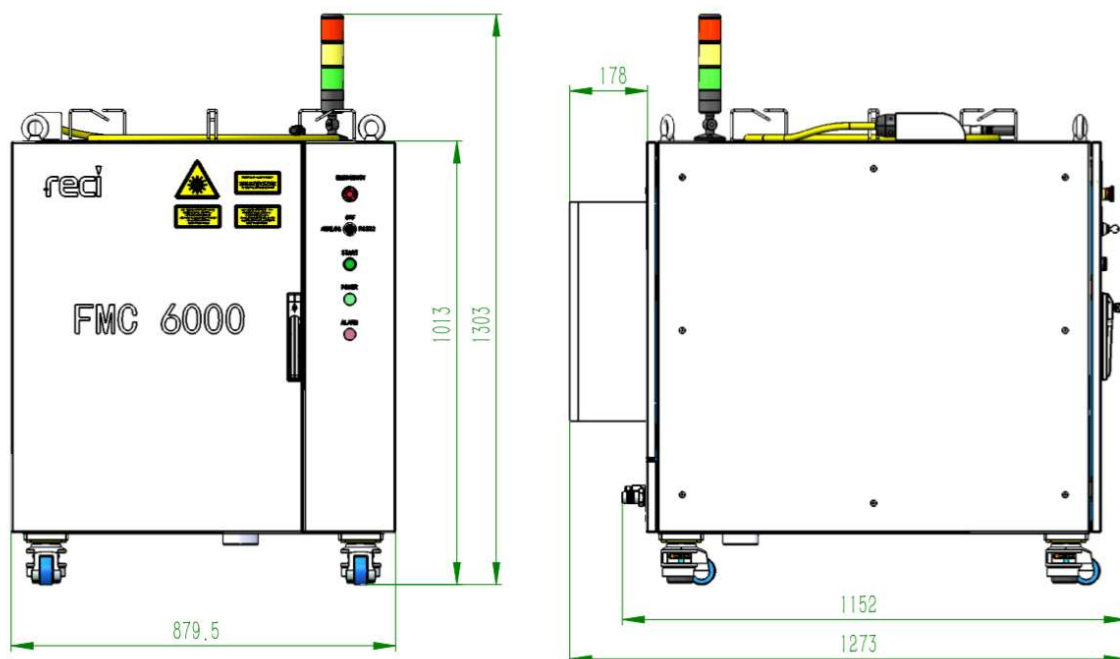


图 3 FMC 6000 安装图（单位: mm）

3.2 输出头的尺寸与安装

FMC 3000/FMC 6000 光纤激光器使用的 QBH 输出头，具体外观尺寸如图 4、图 5 所示：

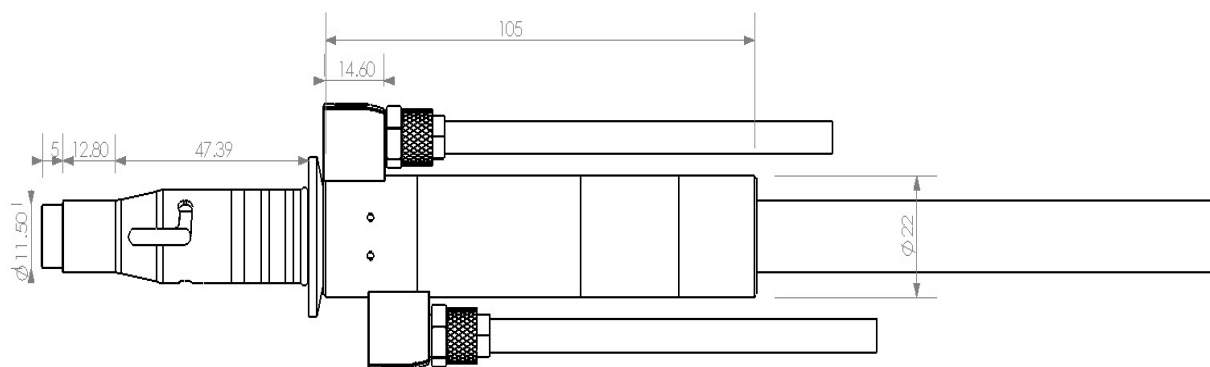


图 4 QBH 输出头俯视图 (单位: mm)

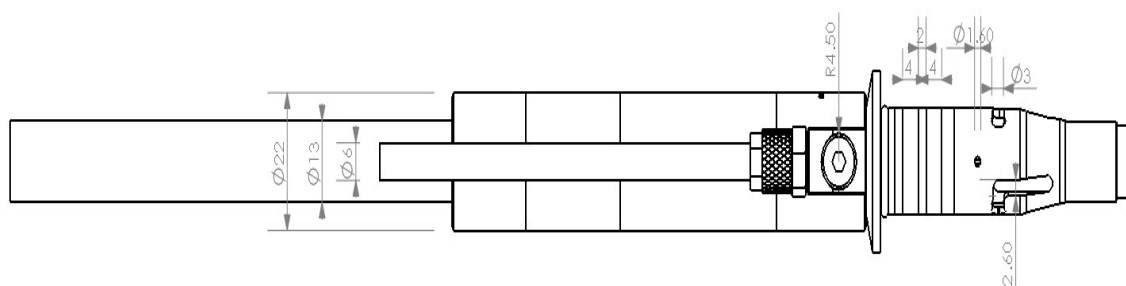


图 5 QBH 输出头侧视图 (单位: mm)

QBH 输出头安装，需确保 QBH 安装到位，以保证环形触点 LOCK 号的可靠连接，否则激光器将无法正常工作。将 QBH 输出头安装到加工头中之前，必须对 QBH 输出头的镜头进行检查。如果发现 QBH 输出头的镜头不洁净，必须清洁镜头。

3.3 冷却系统安装与要求

3.3.1 冷却水路的连接

激光器水路连接需要使用直径为 25.4mm 的 PU 水管，将激光器后面板进水口 (IN) 与水冷机上的出水口相连，激光器后面板出水口 (OUT) 与水冷机上的进水口相连。

对于配备 QBH 输出头冷却通道的，需要使用直径为 12mm 的 PU 水管将 QBH 入水口与激光器后面板指定出水口（OUT）相连，将 QBH 的出水口与激光器后面板上指定进水口（IN）相连。未配备 QBH 输出头冷却通道的需单独连接水冷机。需要注意的是：

（1）QBH 输出头冷却水温度需为室温。（2）激光加工头附近直径为 6mm 水管的水路连接，水管需要先接到 QBH 输出头，再把激光加工头串进去，不可颠倒或分水，以免导致 QBH 输出头冷却不足，导致 QBH 损坏，具体连接方法可参考图 7。

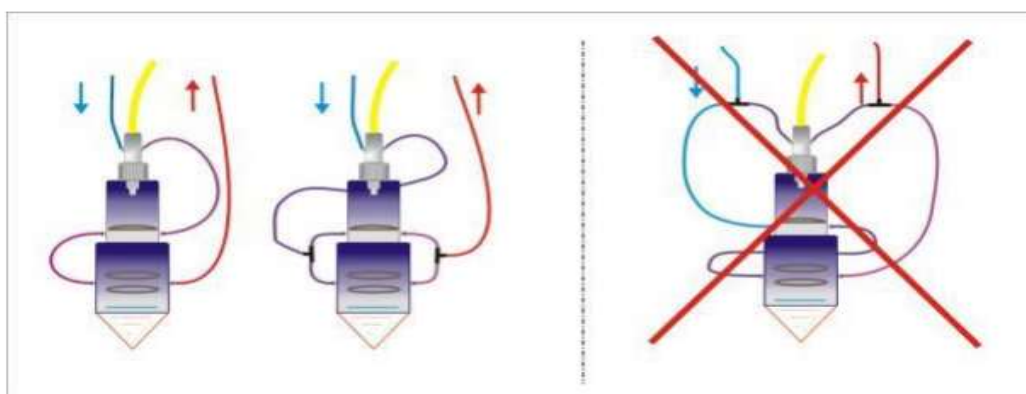


图 6 QBH 输出头与加工头水路连接图

3.3.2 冷却系统要求

表 3 冷却系统要求

参数	单位	FMC 3000	FMC 6000	QBH 输出头冷却
制冷量	kW	>10	>20	>1
最小流量	L/min	30	70	1.5~3
水压	Bar	>7		<6
水温	℃	25		室温
水管直径	mm	25.4		12

(1) 冷却液的要求：

- 冷却水需采用纯净水，建议使用饮用纯净水；
- 为防止水冷机中的水中霉菌生长导致管路堵塞，建议在加注纯净水时添加乙醇，乙醇的体积比为 10%；

- c. 当设备周围环境温度处于-10℃到 0℃时，必须使用体积比为 30%的乙醇溶液，并且每两个月更换一次；
- d. 当设备周围环境温度低于-10℃时，必须使用双制（同时带有制热功能）水冷机，并且保证冷却系统不间断运行。

(2) 冷却系统其他要求：

- a. 初次启动冷却系统时，应检查整个水路系统和接头是否存在漏水现象。必须按照激光器所标识的进水（IN）、出水（OUT）安装并连接外部水管，否则可能造成激光器工作不正常；
- b. 激光器若长时间不使用，应将冷却系统内部及激光器内部冷却水排空，否则将造成激光器不可恢复的损坏。



注意:根据环境温度正确设置冷却系统的水温。水温设置过高将会导致激光器无法正常工作，水温设置过低将会导致激光器内部或 QBH 输出头产生冷凝水，由此将造成激光器不可恢复的损坏。



警示:开启激光器前，必须保证冷却系统工作正常，且水温达到适合温度25℃。

3.4 安装注意事项

- (1) 将激光器水平放置于合适的位置并做必要的固定，避免倒置或侧置、无显著的振动和冲击；
- (2) 激光器上电前，请检查激光器供电电压是否稳定（AC 380V±10%，50/60Hz），接地线是否良好；
- (3) 在不带电状态下将激光器所有电源线以及控制线接好；
- (4) 按照进出水标识将水冷机接入激光器和 QBH 输出头；

- (5) 请检查激光输出头并做必要清洁，然后安装到设备中。如果发现 QBH 输出头上有无法清洁干净的灰尘或异物，请及时与热刺售后人员联系，且暂时不要继续安装和操作激光器；
- (6) 安装输出光缆过程中切勿踩踏、挤压或过度弯曲黄色/金属铠装保护套管，以免光纤受损；
- (7) 在安装拆卸过程中，请注意轻拿轻放 QBH 输出头，切勿其受到震动；
- (8) 在安装激光输出光缆和 QBH 输出头过程中应保证周围环境洁净，否则可能污染 QBH 输出头；
- (9) 激光器的输出光缆在运输、储存等非工作状态下，其最小弯曲半径不得小于 20cm；在出光状态下，最小弯曲半径不得小于 30cm。



注意：激光器所有控制线的连接都应当在非通电状态下进行，带电安装控制线有可能造成激光器损坏。



注意：1) 激光输出光缆的安放必须尽可能保持自然状态，禁止扭曲输出光缆；
2) 输出光缆的盘绕直径过小会导致激光器损坏。



注意：1) 在 QBH 输出头装配前必须保证 QBH 镜头和切割头腔内干净无污染；
2) 请妥善保管 QBH 输出头保护帽，谨防其受到污染；否则在盖上保护帽时会对 QBH 输出头造成间接污染。

4 产品使用

4.1 前面板

以 FMC 3000 多模激光器为例，如图 7 所示为激光器的前面板样式。



图 7 激光器前面板

- a) EMERGENCY—急停开关。按下可立即关闭激光器，此开关为自锁开关，按下后需顺时针旋转才可释放。
- b) ANALOG/OFF/RS232—模式选择开关。插入钥匙，向左旋转至 ANALOG 可将激光器工作模式设为 AD 模式，此模式激光器出光能量通过 0-10V 模拟量控制；向右旋转至 RS232 可将激光器工作模式设为 RS232 模式，此模式激光器出光能量通过 RS232 串口通信指令控制；旋转至 OFF 表示激光电源处于关闭状态。
- c) START—光模块就绪按键。就绪按键为自复位按键，上电被按下后，光模块处于出光就绪状态，同时面板上的光模块就绪指示灯会被点亮，再次按下该按键，光模块关闭就绪状态。
- d) POWER—光模块就绪指示灯。激光器上电后设备无故障产生时自动点亮。
- e) ALARM—故障指示灯。激光器发生故障时点亮。

4.2 后面板

如图 8 所示为激光器的后面板样式。

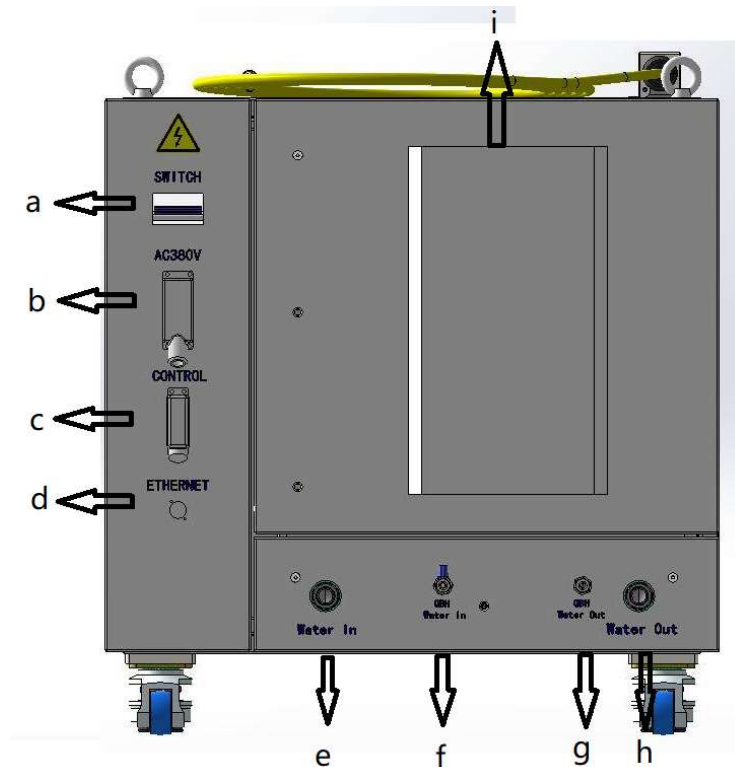


图 8 激光器后面板

- a) SWITCH—空气开关。用于控制整个设备的 AC380V 电源通断
- b) AC380V—AC380V 交流电源输入，引脚定义见表 5 所示
- c) CONTROL—控制信号接口，引脚定义见表 6 所示
- d) ETHERNET—网口
- e) Water In—主水路进水口
- f) QBH Water In—QBH 水路进水口
- g) QBH Water Out—QBH 水路出水口
- h) Water Out—主水路出水口
- i) 空调

4.3 线缆和接口定义

4.3.1 供电线

激光器的供电线缆如图 9 所示：



图 9 供电线

线缆一端连接重载连接器，使用时插入激光器，另外一端为冷压端子，用于接外部的 AC380V 电源。供电线引脚定义如下表所示：

表 5 供电线引脚定义

名称	引脚	定义	备注
供电线	1	L1	A 相
	2	L2	B 相
	3	L3	C 相
	4	N	零线
	5	PE	地线

4.3.2 控制线

激光器的控制线缆如图 10 所示：



图 10 控制线

线缆一端连接重载连接器，使用时插入激光器，另外一端为冷压端子，用于接机床控制信号。控制线缆引脚定义如下表所示：

表 6 控制线引脚定义

线缆名称	引脚	定义	备注
控制线	1	发送	RS232 接口
	2	接收	
	3	串口地	
	4	模式	预留接口
	5	使能+	AD 模式使能接口正极，以 PIN11 为参考
	6	故障	故障接口，需要机床提供 24V 电源，PIN6 为开漏输出，无故障时输出高电平，有故障时输出低电平
	7	机床 24V	
	8	机床地	
	9	互锁-	机床互锁信号，出厂时未使能，客户可以通过上位机使能该功能，使能后需保证互锁+和互锁-短接，否则设备互锁报警
	10	互锁+	
	11	使能-	AD 模式使能接口负极
	12	模拟+	AD 模式功率控制接口，输入信号需保证 0~10V
	13	模拟-	
	14	调制+	机床调制接口正极，以 PIN15 为参考
	15	调制-	机床调制接口负极

4.3.3 USB 转 RS232 串口线

RS232 串口线如图 11 所示，用于连接控制线的 DB9 接口，客户连接上位机或设置激光器工作于 RS232 模式时，需要连接此线。RS232 串口线为标准 DB9 接口。



图 11 USB 转 RS232 串口线

4.4 激光器控制

激光器的控制方式分为 RS232 和 AD 两种，两种模式的区别为出光功率控制方式和出光使能控制方式不同，用户可通过激光器前面板的 RS232/OFF/AD 钥匙开关来选择具体的工作模式。激光器工作于 RS232 模式时，出光功率和出光使能通过 RS232 串口指令控制，激光器工作于 AD 模式时，激光器使能通过控制线的使能接口（使能+和使能-）控制，高电平 24V 激光器使能，低电平激光器关闭使能，激光器出光能量通过控制线的模拟量接口（模拟+和模拟-）控制，模拟接口的输入电压范围为 0~10V，接口输入 10V 电压时激光器输出最大功率。

4.5 RS232 模式

4.5.1 接线方式

激光器工作于 RS232 模式时，激光器需要按照下图所示连接线缆。

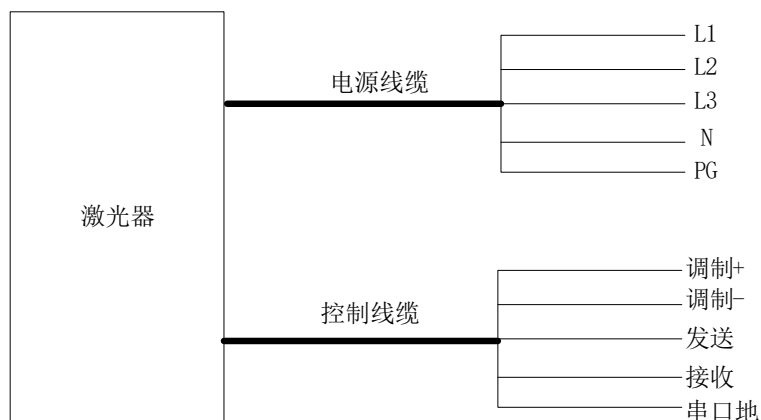


图 12 RS232 模式接线示意图

4.5.2 操作顺序

- 1) 以 FMC3000 为例，按照激光器水流方向给激光器通冷却水，并保证水冷机主水路水流量大于 30L/min（FMC 6000 大于 70L/min），QBH 水路水流量大于 1.5L/min
- 2) 按照图 12 连接线缆，并上电
- 3) 将激光器前面板模式选择旋钮旋转到 RS232 模式
- 4) 按下前面板的 START 按键，前面板 POWER 灯点亮
- 5) 按下控制卡的光闸按钮，控制卡通过串口发送使能指令，机柜三色灯绿灯点亮，激光器处于出光就绪状态
- 6) 按下出光或者点射按钮，调制线缆输出 24V 高电平，激光器出光，出光能量大小通过串口发送功率大小指令控制

4.5.3 通信协议

表 8 RS232 通信协议

代码	定义	举例
1B4F0D	出光打开	发送：1B4F0D 回应：54 53 0D
1B530D	出光关闭	发送：1B530D 回应：54 53 0D
1B4350XX0D	XX 代表功率百分比，从 0 到 100 之间，16 进制。	

4.6 AD 模式

4.6.1 接线方式

激光器工作于 AD 模式时，激光器需要按照图 13 所示连接控制线。

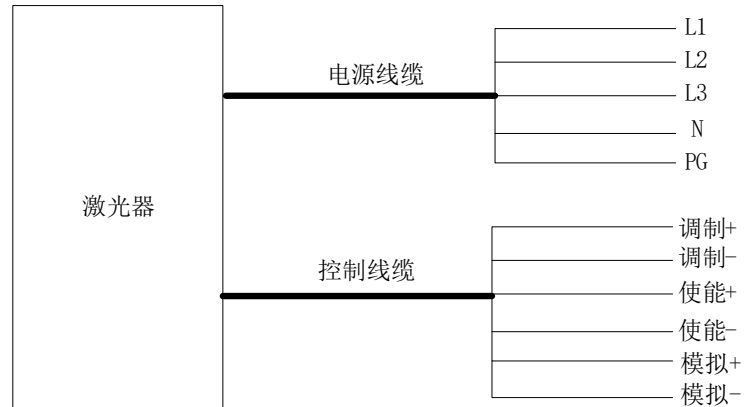


图 13 AD 模式接线示意图

4.6.2 操作顺序

- 1) 以 FMC3000 为例，按照激光器水流方向给激光器通冷却水，并保证水冷机主水路流量大于 30L/min（FMC 6000 大于 70L/min），QBH 水路水流量大于 1.5L/min
- 2) 按照图 13 连接线缆，并上电
- 3) 将激光器前面板模式选择旋钮旋转至 ANALOG 模式
- 4) 按下前面板的 START 按键，前面板 POWER 灯点亮
- 5) 按下控制卡的光闸按钮，使能线缆输出 24V 高电平，机柜三色灯绿灯点亮，激光器处于出光就绪状态
- 6) 按下出光或者点射按钮，调制线缆输出 24V 高电平，激光器出光，出光能量大小通过模拟量线缆（0~10V）电压控制

5 上位机

5.1 安装方法

上位机软件用于监控设备使用过程中发生的故障，实时显示机器的工作参数，设备无故障时可不用打开上位机，客户电脑第一次安装上位机时需要先安装客户 U 盘的 RS232 驱动以及 LabVIEW 运行引擎，安装完成后即可打开上位机，如下图所示：



图 15 上位机控制页面



图 15 上位机模块工作状态页面

5.2 操作方法

5.2.1 功能区介绍

➤ 控制页面

- a) 串口选择：用于选择插入电脑的 RS232 串口线对应的串口号
- b) 红光设置：指示灯代表当前红光正在工作的光模块编号，用户可通过单选框使能对应光模块的红光功能，选择完成后点击红光设置按钮即可。若要下次开机仍按照当前的状态发射红光，需要在点击红光设置按钮后，点击参数保存按钮即可
- c) 故障设置：用于选择打开和关闭系统的故障检测功能，点击故障栏选择相应的故障，点击使能栏选择打开或关闭，选择完成后点击故障设置即可按照用户的要求打开或者屏蔽对应的故障。当故障被使能且无故障出现时，全局故障对应指示灯会显示绿色，当故障被使能且有故障出现时，全局故障对应指示灯会显示红色，当故障被屏蔽时，全局故障对应指示灯会显示黄色
- d) 水流量显示：激光器水流量显示当前主水路流量大小，FMC 3000 正常工作时需要该数值大于 30L/min；FMC 6000 正常工作时需要该数值大于 70L/min，QBH 水流量显示流过当前 QBH 头流量大小，正常工作时需要该数值大于 1.5L/min
- e) 工作模式显示：显示当前用户选择的工作模式，当 RS232/OFF/AD 钥匙开关打到 OFF 挡时，未选择指示灯点亮，当 RS232/OFF/AD 钥匙开关打到 RS232 挡时，RS232 指示灯点亮，当 RS232/OFF/AD 钥匙开关打到 AD 挡时，AD 指示灯点亮
- f) 模块参数显示：在线列显示主控制器和光模块通信状态，通信正常时被点亮，通信异常显示灰色，电流列显示光模块的电流数据，温度列显示光模块温度最高的泵的温度，故障列显示光模块是否有异常故障出现
- g) 合束器参数显示：在线列显示主控制器和合束器的通信状态，CH1 和 CH2 显示光敏管的采样数据，状态代码显示当前合束器的状态
- h) 状态显示：显示当前激光器的控制信号状态
- i) 故障显示：显示当前激光器的故障状态

➤ 模块工作状态页面

- j) 显示设备关键参数设置
- k) 显示光模块故障和输入信号状态

5.2.2 清除致命故障

激光器致命故障分为合束器故障、光模块防烧故障、光模块积分球故障三种，其中光模块防烧和积分球故障在重启后会显示为光模块致命故障，当发生以上三种故障时，需要重新启动激光器，而且重启后故障不会自动消除，需要在故障设置栏选择对应的致命故障，在使能栏选择打开“ENABLE”，再点击故障设置才可清除此类故障，进一步操作请参常见故障及处理措施。

6 常见故障及处理措施

上位机的全局故障栏显示了当前设备的故障状态，模块工作状态页面显示了各个光模块的故障状态，设备发生故障的同时，控制线缆的故障接口 PIN6（故障）、PIN7（机床 24V）、PIN8（机床地）会同时向机床输出故障状态，该输出为开漏输出，需要用户提供外部的 24V 电源，正常工作时 PIN6（故障）输出高电平，一旦有故障发生时输出低电平。设备故障与处理措施如下表所示：

表 9 常见故障及处理措施

名称	故障说明	处理办法
QBH 水冷故障	QBH 水路流量不足	检查水冷机是否正常工作，保证 QBH 水流量大于 1.5L/min
LD 水冷故障	激光器主水路流量不足	检查水冷机是否正常工作，保证 LD 主水路水流量大于 30L/min（FMC 3000） 70L/min（FMC 6000）
模块故障	光模块发生故障	查看上位机模块工作状态页面查看具体故障，处理办法见下表所示
QBH 故障	激光器 QBH 与切割头接触不好。	重新安装切割头后启动激光器看故障是否清除，如果故障仍存在，请联系本公司售后服务人员
QBH 水质故障	QBH 水路电导率大于 150 μ S/cm	使用上位机屏蔽激光器前门后打开前门，查看电导率测试仪检测的水质离子

		度，如果大于 150 μ S/cm，则需更换 QBH 路纯水
合束器故障	合束器检测到异常强光信号	重启激光器，清除合束器致命故障，查看设备是否有红光，如果无红光发生，请联系本公司售后服务人员
前门故障	激光器上电后前门被打开	关上激光器前门后重新启动机器，如果故障没有消除，请联系本公司售后服务人员
漏水故障	激光器水路发生泄漏	请联系本公司售后服务人员
模块防烧	光模块光路故障	重启激光器，使用上位机清除对应模块的致命故障，同时关闭其他正常模块红光，只保留发生故障模块红光，观察是否有红光输出，若无红光输出，请联系本公司售后服务人员
模块积分球	光模块光路故障	重启激光器，使用上位机清除对应模块的致命故障，同时关闭其他正常模块红光，只保留发生故障模块红光，观察是否有红光输出，若无红光输出，请联系本公司售后服务人员
模块泵过温	光模块泵温度过高	请检查激光器主水路供水是否正常，如果供水正常请联系本公司售后服务人员
模块过流	光模块内部电路异常	重启后查看故障是否消失，如果故障仍发生请联系本公司售后服务人员
模块 IDLE 过流	光模块内部电路异常	重启后查看故障是否消失，如果故障仍发生请联系本公司售后服务人员
模块致命故障	光模块发生过防烧或者积分球故障	请联系本公司售后服务人员