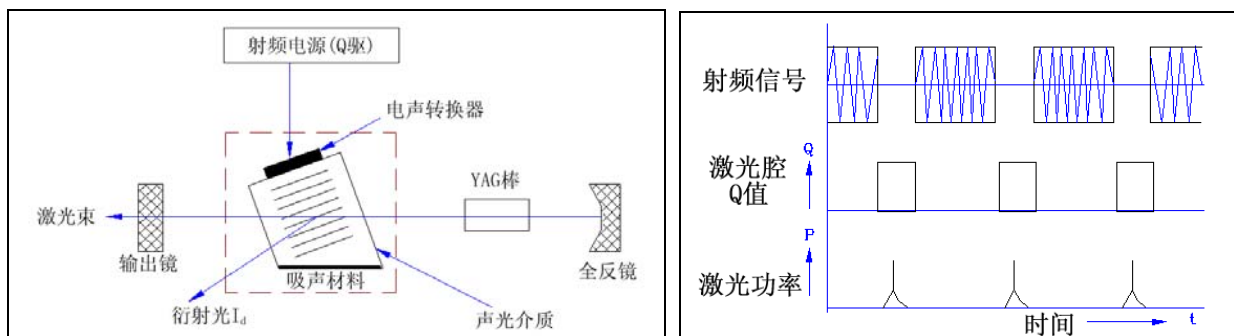




声光 Q 开关

声光 Q 开关是利用声光相互作用以控制光腔损耗的 Q 开关技术。声光调 Q 是通过电声转换形成超声波使调制介质折射率发生周期性变化，对入射光起衍射作用，使之发生衍射损耗，Q 值下降，激光振荡不能形成。在光泵激励下其上能级反转粒子数不断积累并达到饱和值，这时突然撤除超声场，衍射效应立即消失，腔内 Q 值猛增，激光振荡迅速恢复，其能量以巨脉冲形式输出。这是一种广泛使用的 Q 开关方式，其主要优点是重复频率高，性能稳定可靠。



典型的声光 Q 开关主要由三部分组成：电声转换器、声光介质和吸声材料。电声换能器与声光介质如熔石英、钼酸铅 (PbMO_4) 晶体等构成声光器件。电声换能器加电后，将超声波馈入声光材料，声波是疏密波，声光材料的折射率发生周期变化，对相对声波方向以某一角度传播的光波来说，相当于一个相位光栅。于是，在超声场中光波发生衍射，改变传播方向。这就是所谓的声光衍射效应。声光调 Q 的原理简述如下：当声光介质中有高频 (40MC) 超声行波传播时，由于布拉格衍射，入射光 I_i 的一部分偏离到布拉格角 I_d 的方向。偏角 θ_B 由布拉格公式决定： $2\lambda \sin \theta_B = \lambda_0/n = \lambda$ 。代入以下的数据：声速 $V_s=5.97\text{KmS}$ ；声频 $f_s=40\text{MC}$ ；折射率 $n=1.46$ ；真空波长 $\lambda_0=1.06\mu\text{m}$ 。求得 $\theta_B=0.139^\circ$

$$\text{衍射效率 } I_d(L)/I_i(0) = \sin^2(\eta L) = \sin^2\left(\frac{\pi}{\sqrt{2}\lambda_0} \sqrt{\left(\frac{L}{h}\right)PM}\right)$$

式中，P 为超声功率，M 为声光品质因素， $M=n^6 p^2 / \rho V_s^3$ 。n, p, ρ 分别表示材料的折射率，光弹性系数和密度。L/h 为换能器长宽比， λ_0 为真空波长。如果衍射光 I_d 占的百分比足够大，则可能使光腔的总损耗大于小信号增益，此时，振荡停止，激活介质 (YAG 棒) 借助光泵浦积累粒子数的反转。在某一个时刻，如果去掉超声行波，则由于激活介质有很高的储能，所以，产生强的振荡脉冲——即声光调 Q 脉冲。如果用一定频率的脉冲调制器调制射频发生器，使声光介质中有相同重复频率的射频超声场时，就能获得重复频率工作的声光 Q 开关，激光器将以重复频率状态输出激光巨脉冲。

1. 标准声光 Q 开关

QS24-xx-x 和 QS27-xx-x 是工业标准的 24MHz 和 27MHz 声光 Q 开关，可广泛应用于灯泵浦和二极管泵浦的 1064nm 的 Nd:YAG 激光器中。

主要技术参数

- 工作介质：熔融硅 Fused Silica
- 激光波长：1064nm

- 增反镀膜：多层介质硬膜
- 透过率：>99.8% (典型>99.9%)
- 膜层损坏阈值：> 500MW cm⁻²
- 插入损失：<= 10% (典型< 5%)
- VSWR: <= 1.2:1
- 最大驱动电功率：100W
- 过热保护点：+55 度（当温度小于 55 度时，短路输出；当温度大于 55 度时，开路输出。）



水冷要求

- 水流速：>190cc / min
- 水温：
 - 建议工作水温：32 度
 - 最高水温：40 度

型号及选项

QS	27	-5	C	-B	-X X n
Q 开关	驱动频率	通光口径 (mm)	超声波模式	水接头形式	其它

- 声光驱动频率：24MHz、27MHz、41MHz、68MHz 或 80MHz
- 通光口径：1.6、2、3、4、5、6.5 或 8mm（通常选用与使用的 YAG 棒直径一样大或大一些）
- 超声波模式：C – Compressional（C 模式），S - Shear（S 模式）
- 水接头形式：S - Screw-on (Swagelok, S 型接头)，B - Barbed Push-on（B 型接头）
- X X n: AT1 是底面安装孔为公制螺纹。未指明是 AT1 则是英制螺纹。

选配 Q 开关电源（驱动器）

QSD2750, QSD2775, QSD27100, QS39027-50, QS39027-100 等。

2. 工作激光波长为其它的 Q 开关

1) 工作激光波长为 1319-1342nm 的 Q 开关

型号	QS027-4H-xxx
工作介质	Infrasil (无水熔融硅)
激光波长	1319-1342nm
透过率	>99.8%
膜层损坏阈值	> 100MWcm ⁻²
偏振	线性, 垂直于底板
介质长度	46.0mm
射频频率	27.12MHz
VSWR	< 1.2 : 1 (50Ω阻抗)
超声波模式	Compressional (C 模式)
通光口径	5.0mm
调制损耗	在射频输入功率 50W 时 > 80%
外形	与标准 Q 开关一样
水接头	Barbed (B 型水接头)

2) 工作激光波长为 1550nm 的 Q 开关

型号	QS027-4J-xxx
工作介质	Infrasil (无水熔融硅)
激光波长	1550nm
透过率	>99.8%
偏振	无偏振(random)
介质长度	46.0mm
射频频率	27.12MHz
VSWR	< 1.2 : 1 (50Ω阻抗)
超声波模式	Shear (S 模式)
通光口径	1.6mm
调制损耗	在射频输入功率 50W 时 > 70% 在射频输入功率 100W 时 > 85%
外形	与标准 Q 开关 QS27-xx-x 一样
水接头	Barbed (B 型水接头) 或 Screw fit (S 型接头)

3. 双头 Q 开关

型号: QS2x-xD-x-xxx

- 高效率
- 适合于高功率、高增益、非偏振激光器
- 更好的脉冲稳定性、更高的功率密度
- 用双路射频驱动器



在没有双头 Q 开关之前,为了有效地关断高功率激光束,通常使用两个 C 模式 Q 开关(比如 QS27-4C-B),它们相互正交地放在激光谐振腔中。由于 C 模式开关能有效地关断偏振激光束,这样第一个 Q 开关有效地关断一个方向的光,第二个 Q 开关有效地关断另一个方向的光,但缺点是两个 Q 开关放在谐振腔中需要更大的位置空间。双头 Q 开关是将原先的两个 Q 开关集成为一个 Q 开关,有效地减少了体积,与之对应的也要使用双路 Q 开关电源(Q 驱动器),一个电源输出两路射频去驱动双头 Q 开关。

工作介质	熔融硅
激光波长	1047—1064nm
膜层损坏阈值	> 500MWcm-2 (典型1GWcm-2)
透过率	> 99.6%
射频频率	24.00 或 27.12MHz
VSWR	< 1.2:1 (50Ω阻抗)
通光口径	1.6, 2, 3, 4, 5 或 6.5mm
晶体截面积	9 x 9mm
超声波模式	Compressional (正交C模式)
上升时间/下降时间	109ns/mm
射频功率	2 x 50W
冷却水流量	>190cc / minute
最高水温	+40°C (最适合水温22°C to 32°C)
水接头	Screw-fit 或 Barbed (push-on) (S型接头或B型接头)
热保护温度	+55°C (当温度小于55度时, 短路输出; 当温度大于55度时, 开路输出。)
外壳材料	铝合金HE30TF

双路Q开关电源 (双路Q驱动器)

型号 N390xx-yyDMzzz-2CH

通光口径为 1.6, 2 或 3mm 时, 用 25W 双路电源

通光口径为 4, 4 或 6.5mm 时, 用 50W 双路电源

4. 二极管端面泵浦固体激光器用声光 Q 开关

4.1 QS041-10G-GH12: 是工业标准的41MHz风冷声光Q开关, 可广泛应用于二极管端面泵浦Nd:YAG / Nd:YVO4的1064nm的Nd:YAG激光器中。

型号	QS041-10G-GH12
工作介质	石英晶体
激光波长	1047 到 1064nm
偏振性	线性, 垂直底面
透过率	每面>99.8%
膜层损坏阈值	> 1GW/cm ²
单程透过率	> 99.6%
频率	40.68MHz
VSWR	< 1.2:1 (50Ω阻抗)
通光孔径	2.0mm
超声波模式	Compressional (C模式, 压缩模式)
上升/下降时间	109ns/mm
最大衍射角度	7.3mrad
要求射频驱动功率	15W
冷却方式	通过底座热传导
驱动电源型号	N38041-15DMA05 或 N39041-15DMFPS



4.2 QS041-10G-GH15: 是工业标准的41MHz风冷声光Q开关, 可广泛应用于二极管端面泵浦Nd:YAG的1064nm的Nd:YAG激光器中。

型号 QS041-10G-GH15

网站: <http://www.518168.cn> 电邮: sales@518168.cn 电话: 027-87569539/49/81

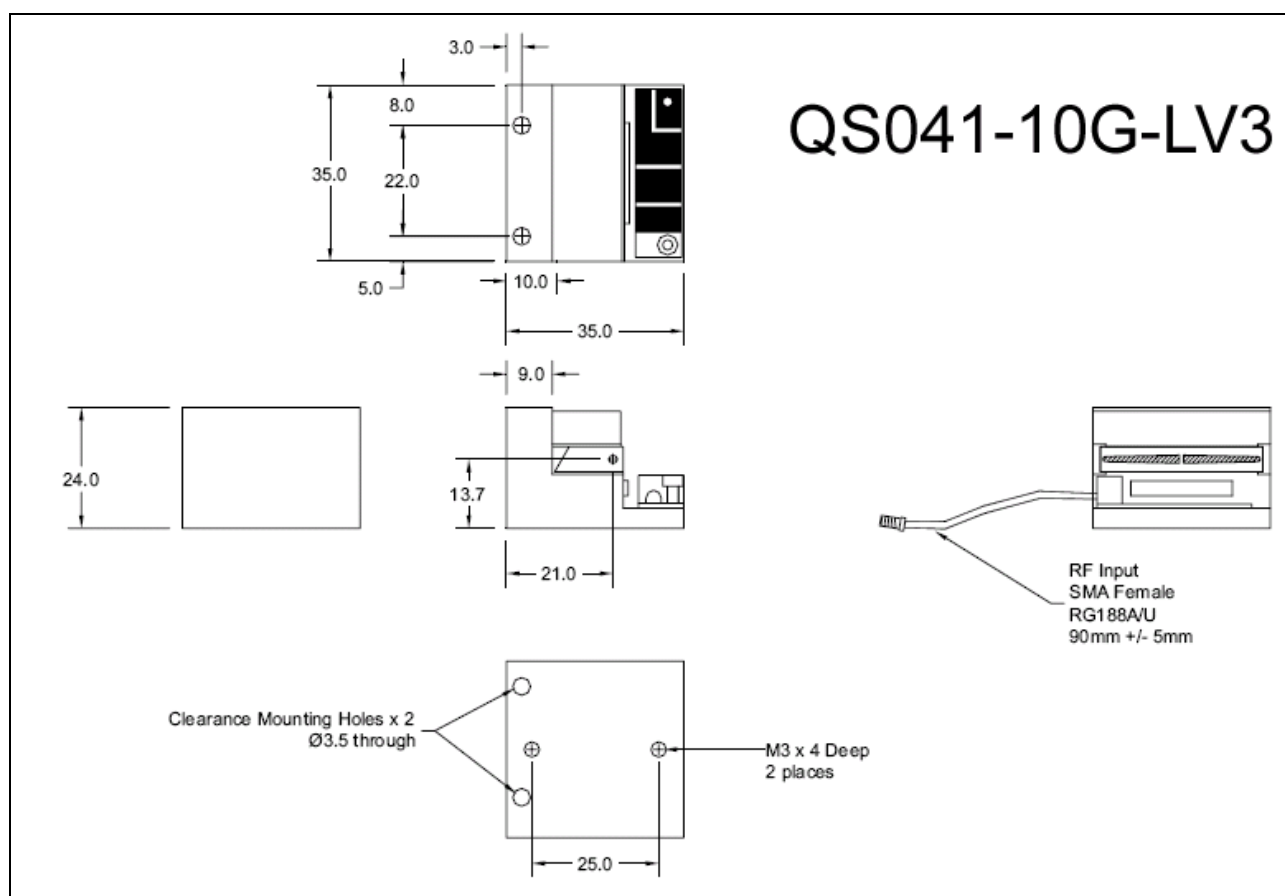
工作介质	石英晶体
激光波长	1047 到 1064nm
偏振性	非偏振激光束或偏振激光束
透过率	每面>99.8%
膜层损坏阈值	> 50MW/cm ²
单程透过率	> 99.6%
频率	40.68MHz
VSWR	< 1.2:1 (50Ω 阻抗)
通光孔径	1.5mm
超声波模式	Compressional (C模式, 压缩模式)
上升/下降时间	109ns/mm
最大衍射角度	7.3mrad
要求驱动功率	15W cw
冷却方式	通过底座热传导
驱动电源型号	N38041-15DMA05 或 N39041-15DMFPS



GH12 或 GH15 都可以用于偏振光激光器中, GH15 的通光口径小一点, 因此它更适合小光束直径的激光器中。如果用 GH12 不能关断高的激光功率并且光束直径又在 1.5mm 以内, 则选 GH15 更好。

4.3 QS041-10G-LV3: 是工业标准的41MHz风冷声光Q开关, 体积比QS041-10G-GH15小一些, 可广泛应用于二极管端面泵浦Nd:YAG的1064nm的Nd:YAG激光器中。

型号	QS041-10G-LV3
工作介质	石英晶体
激光波长	1047 到 1064nm
偏振性	线偏振 (垂直于底面)
透过率	每面>99.6%
膜层损坏阈值	> 500MW/cm ²
单程透过率	> 99.6%
射频频率	40.68MHz
VSWR	< 1.2:1 (50Ω 阻抗)
通光孔径	1.6mm
超声波模式	Compressional (C模式)
上升/下降时间	109ns/mm
要求射频驱动功率	15W
冷却方式	通过底座热传导
驱动电源型号	N38041-15DMA05 或 N39041-15DMFPS



4.4 QS041-4G-HL2: 是工业标准的41MHz水冷声光Q开关，可广泛应用于二极管端面泵浦Nd:YAG / Nd:YVO4的1064nm的Nd:YAG激光器中。

型号	QS041-4G-HL2
工作介质	熔融石英
激光波长	1047 到 1064nm
膜层损坏阈值	> 500MW/cm ²
单程透过率	> 99.6%
射频频率	40.68MHz
偏振性	线性偏振，垂直底面
通光口径	2.0mm
超声波模式	Compressional (C 模式，压缩模式)
上升时间(10-90%)	109ns/mm
衍射效率	≥ 85%
壳体材料	防腐铝合金
外形尺寸	40x42x22mm
驱动电源型号	N39041-24DMFPS

4.5 QS041-4G-TU4: 是工业标准的41MHz水冷声光Q开关，外壳材料为不锈钢，可广泛应用于二极管端面泵浦Nd:YAG / Nd:YVO4的1064nm的Nd:YAG激光器中。

型号	QS041-4G-TU4
工作介质	熔融石英
激光波长	1047 到 1064nm
膜层损坏阈值	> 500MW/cm ²
单程透过率	> 99.6%

射频频率	40.68MHz
偏振性	线性偏振，垂直底面
通光口径	2.0mm
超声波模式	Compressional (C 模式，压缩模式)
上升时间(10-90%)	109ns/mm
衍射效率	≥ 85%
壳体材料	不锈钢(DIN 1.4301)
外形尺寸	40x35x22mm
驱动电源型号	N39041-24DMFPS

4.6 风冷声光Q开关QS068-4J-xxx:

型号	QS068-4J-xxx
工作介质	熔融石英
激光波长	1540nm
膜层损坏阈值	> 500MW/cm ²
单程透过率	> 99.6%
射频频率	68MHz
偏振性	任意（无偏振）
通光口径	1.0mm
超声波模式	Shear (S模式，剪应力模式)
上升时间(10-90%)	120ns
调制带宽 (3dB)	4.2MHz
偏转角度	28mrad
衍射效率	> 10% @ 6W
最大输入射频功率	10W
冷却方式	底座热传导（风冷）
驱动电源	N39068-10DSA05

水冷 Q 开关使用注意事项:

- 1、Q 开关需要在清洁干燥的环境中使用，不能在太潮湿或很多灰尘的地方使用。如有灰尘或水珠落在镀膜晶体表面污染晶体，由于很高的激光功率密度会使表面烧坏。建议在光路中使用塑料或金属管密封光路和 Q 开关的两端。
- 2、Q 开关镀膜表面不可以有手印污染，也不可以对着镀膜表面讲话或哈气，以免水汽或唾液污染表面。
- 3、Q 开关必须通水冷却，短时的断水都有可能烧坏 Q 开关。建议使用自动断水保护开关，当然最好使用 Q 开关自带的温度保护开关。
- 4、应该使用去离子水冷却 Q 开关，不得使用其它的水（如饮用水等）。否则，Q 开关水路容易腐蚀并产生堵塞。
- 5、Q 开关的匹配阻抗是 50 欧姆，必须使用输出为 50 欧姆的驱动电源和同轴电缆。注入射频电源的频率必须是与 Q 开关要求的频率一致，且注入射频功率不能超过 100W。
- 6、由于使用不当致使 Q 开关损坏的情况都不属于保修范围。

QSD 系列声光 Q 开关电源 (Q 驱)

用途及性能

QSD 声光 Q 开关电源是针对不同的激光应用领域设计的高品质声光 Q 开关(Acousto-Optic Q-switch)驱动电源，它能接受外部的控制信号，产生相应的射频信号加到 Q 开关元件上对激光进行 Q 调制。使用非常方便。

技术参数

- 射频输出功率: $\geq 50\text{W}$, 75W 或 100W
- 工作频率: 27.125MHz
- 聚波比: $\leq 1.2 : 1$
- 内部设有 800Hz-50KHz 调制频率
- 具有首脉冲抑制功能
- 外部信号输入接口、外部频率输入接口 (TTL, 外控频率可高达 100kHz 以上)
- 模块集成化结构.免焊接维修更换部件
- Q 头温度保护接口
- 内置温度保护、过流保护
- 数显频率表显示内频、外频
- 输入电压可选 AC220V/AC110V., 输入功率 $<150\text{W}$.

设备型号

QSD-2750(50W), QSD-2775(75W) 和 QSD-27100(100W)。

机器外形尺寸

19 英寸 2U 上架式机箱 (483×88×200mm)



N390 系列声光 Q 开关电源（Q 驱）

小型紧凑的Q开关电源输出功率为50W或100W，调制输入信号可以是全数字，也可以是内部脉冲发生器启动。有四种首脉冲抑制可供选择。控制板上LED指示和TTL电平输出监视Q驱动器的运行状况。



型号	N390xx-yyDMzzz
射频输出功率	50W 或 100W
射频频率	24.00MHz, 27.12MHz 或 40.68MHz
首脉冲抑制方式	触发首脉冲抑制: FPS 触发预脉冲抑制: PPK 射频关断模拟控制: 型号R05时为0-5V 模拟调制: 型号A05时为0-5V; 型号A13时为2-13V
频率误差	± 0.02%
输出匹配阻抗	50Ω
射频输出下降时间	< 100ns (典型为60ns)
射频输出上升时间	典型250ns
消光系数	> 52dB
谐波级数	满输出功率时 < -30dB
输入电压	28VDC ±5%
输入电流	射频功率50W为6.5A; 射频功率100W为9.0A
调制输入控制信号	TTL (TTL 高电平无射频输出)
调制频率	100Hz 至 100kHz
内部脉冲宽度	1μs 至 14μs
状态监视	电源供给, 高VSWR, 射频输出低, 射频输出达最大, 电源过热, Q开关过热
储藏温度	-20°C 至 +85°C
运行温度	+10°C 至 +55°C

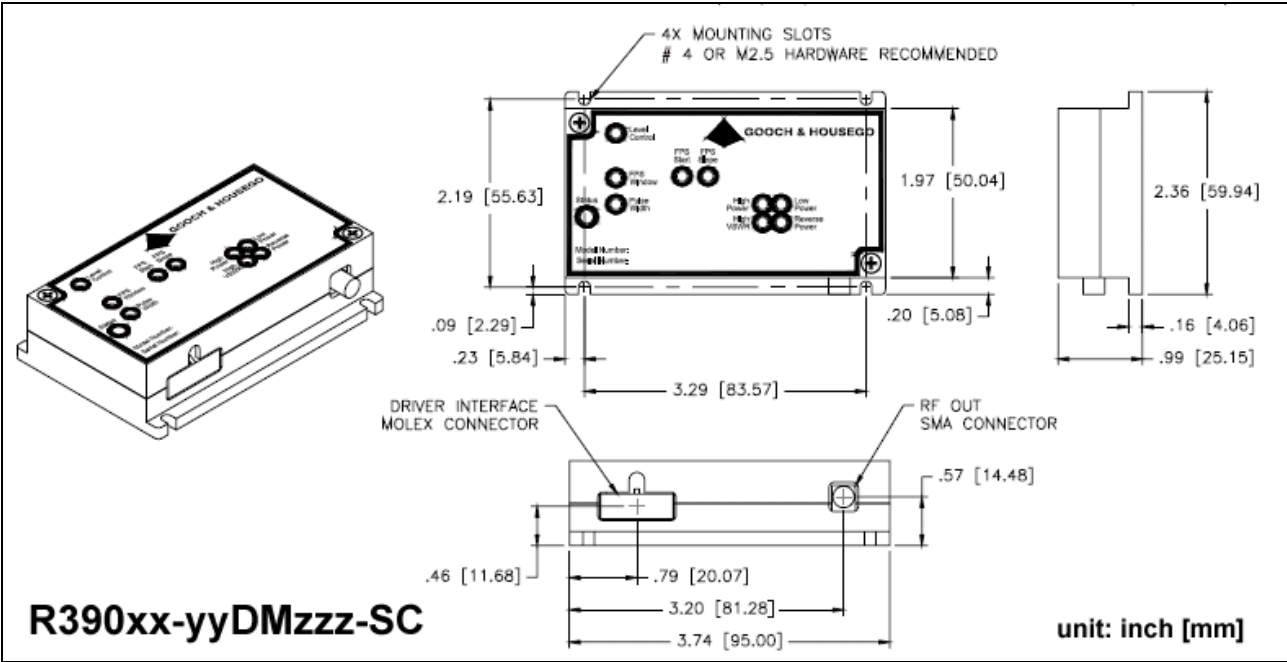
型号说明: **N390xx-yyDMzzz**
XX: 射频频率 (xx=24、27 或 41, MHz)
YY: 射频输出功率 (yy=50 或 100, W)
ZZZ: 首脉冲抑制方式(zzz=FPS, PPK, R05, A05, A13)

R390 系列声光 Q 开关电源（Q 驱）

小型紧凑的Q开关电源输出功率为2W-24W，调制输入信号可以是全数字，也可以是内部脉冲发生器启动。有四种首脉冲抑制可供选择。

型号	R390xx-yyDMzzz-SC
射频输出功率	2W - 24W，出厂时设定，可调整功率+10%
射频频率	24.00MHz, 27.12MHz 或 40.68MHz, $\pm 0.01\%$
调制输入方式	触发首脉冲抑制: FPS (First Pulse Suppression) 触发预脉冲抑制: PPK (Pre Pulse Kill) 射频关断模拟控制(RF off Analog Control): 型号R05时为0-5V 模拟调制 (Analog Control): 型号A05时为0-5V; 型号A13时为2-13V
输出匹配阻抗	50 Ω
射频输出下降时间	< 50ns
射频输出上升时间	< 100ns
输入电压	+15VDC $\pm 5\%$
输入电流	< 3A
调制输入控制信号	TTL (TTL 高电平无射频输出)
调制频率	1Hz 至 500kHz
内部脉冲宽度	1 μ s 至 20 μ s
储藏温度	-20°C 至 +85°C
运行温度	+10°C 至 +55°C
外形尺寸	95x60x25mm

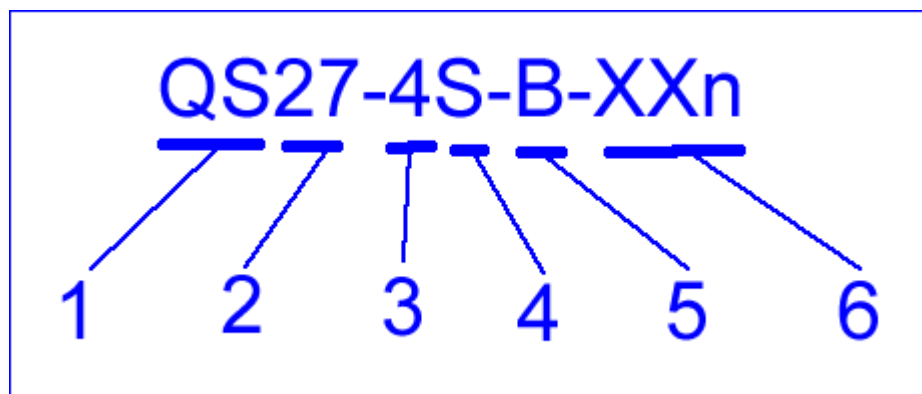
型号说明: **N390xx-yyDMzzz-SC**
XX: 射频频率 (xx=24、27 或 41, MHz)
YY: 射频输出功率 (yy=02-24, W)
ZZZ: 首脉冲抑制方式(zzz=FPS, PPK, R05, A05)



QS27 系列声光 Q 开关选型说明

当选择一个声光 Q 开关时，要严格注意 Q 开关的每一个参数，合理地选择一个 Q 开关就能够确保 Q 开关被正确地应用于特定的激光器中并保持最佳性能。

下面是一个标准的 Q 开关的型号：**QS27-4S-B-XXn**。



从上图可以看出，一个标准的 Q 开关型号由六部分组成，每一部分定义如下：

- 1、 **QS** 是 Q-switch 的缩写，指声光 Q 开关。
- 2、 **27** 指声光驱动射频频率，单位是 MHz。
- 3、 **4** 指通光口径，通常是 1.6mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6.5mm 或 8mm
- 4、 **S** 指超声波模式：一般有三种，即 C 模式、S 模式、D 模式。
- 5、 **B** 指水接头形式：一般有三种，即 S 型接头、B 型接头和 R 型接头。
- 6、 **XXn** 为厂家特殊定义的符合。如 **AT1** 是底面安装孔为公制螺纹。未指明是 **AT1** 则是英制螺纹。

下面对型号中的每一部分详细说明如下：

1、声光驱动频率 **QS27-4S-B-XX**

24MHz 和 27MHz 一般都是适用于激光功率 30 瓦到 100 瓦的 YAG (1064 纳 nm) 激光器中的声光 Q 开关的频率。当然也有适用于在更短谐振腔 YAG 激光器中使用的更高射频频率，例如 41MHz 和 68MHz，这是因为更高的射频频率具有更大的声光偏转角，进而具有更强的关断能力。

2、通光口径 **QS27-4S-B-XXn**

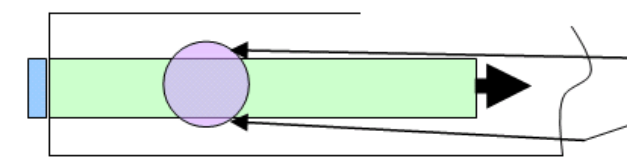
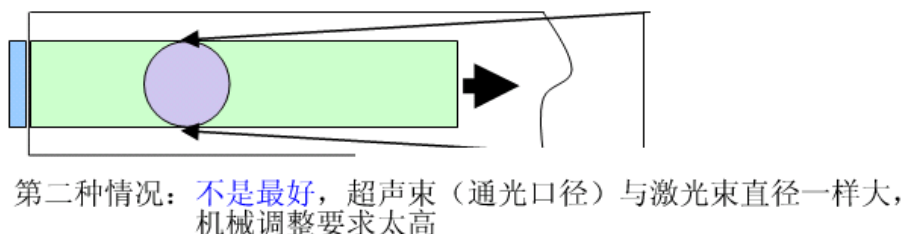
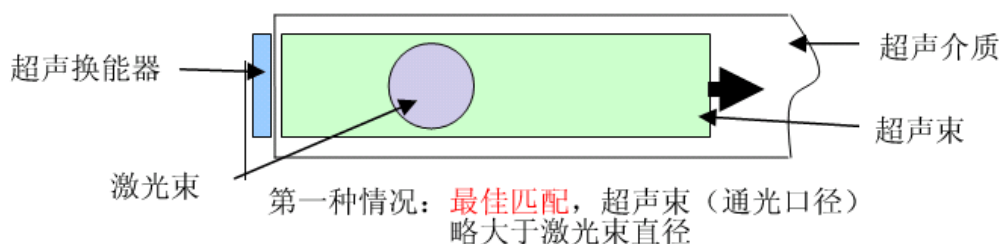
这个参数反应出导致 Q 开关运行的超声束的有效垂直高度(以毫米为单位)。通常是 1mm、1.6mm、2mm、3mm、4mm、5mm、6.5 mm 和 8mm，只有通过这个范围的激光束部分才能被调制。

选择通光口径应特别注意：

- 1) 在最小射频功率达到最大调制损耗的情况定义为最佳调制效率。为达到最佳调制效率，尽量选取通光口径与光束直径相接近。没有激光束通过部分的超声能量被浪费，因而器件的效率将降低。
- 2) 如果激光束大于通光口径，则大于部分的激光束不能被调制，即会出现漏光。
- 3) 为了调整方便，通光口径应该比激光束稍微大一点，这种情况在实际应用中很普遍。

例如，如果你的激光束直径是 1.7mm，则通光口径 2mm 的 Q 开关是适合的（2mm 的通光口径即比激光束直径略大一点）。

下面用图来说明通光口径与激光束直径之间的关系。这里假设用户已经定义或知道激光束直径，要选取适当的通光口径。激光束直径是以 $1/e^2$ 来定义的直径。



3、超声模式 QS27-4S-B-XXn

在声光器件中主要有三种不同的声波结构：

- 1) 剪应变波 (Shear, 称 S 模式或剪应模式)：它在所有方向上都有一样的调制，因此它主要用在非偏振光激光器中，在型号定义中用字母 S 来表示。
- 2) 压缩波 (Compressional, 称 C 模式或压缩模式)：当激光束是垂直于 Q 开关底部的线偏振光时，压缩波呈现比剪应变波更高的效率，因此它主要用于偏振光激光器中，所需的射频功率也比剪应变波来的小，在型号定义中用字母 C 来表示。
- 3) 正交压缩波 (two-orthogonal compressional, 称 D 模式或正交模式)：在高功率非偏振光激光器中，这种结构有更高的调制能力，在型号定义中用字母 D 来表示。

说明：a：尽管压缩波不是在所有方向上有相同的调制能力，但也有很多用户将压缩波 Q 开关用于非偏振光激光器中，并取得了很好的效果。因此它与具体的激光器结构有很大的关系，用户在不能确定使用哪种超声波模式的时候可以试用来确定效果。

b：石英晶体仅仅应用于压缩波（即 C 型）的 Q 开关中，它不应用于 S 和 D 型 Q 开关中，它的最佳光学偏振垂直于超声传播方向，它们在非偏振系统中也有一些其它用途。

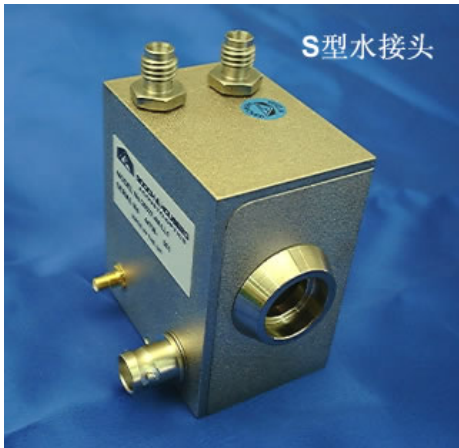
4、水冷及水嘴 QS27-4S-B-XXn

当注入射频功率较大时，热传导不能有效地带走多余的热量，这时就需要水冷。冷却水是通过一对水嘴提供的。有三种水嘴接头形式：

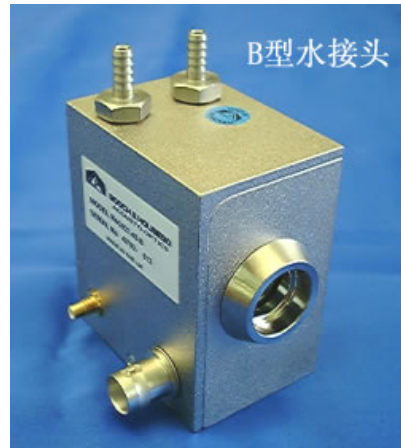
B 型水接头（ Barbed Push-on）：水管直接套在接头上，需用铁丝等绑紧。

R 型水接头（ Right-angle）：90 度弯头。

S 型水接头（Screw-on, Swagelok）：



S 型水接头



B 型水接头



R 型水接头

型号命名例子：

1、QS24-5S-S

声光 Q 开关；24MHz 射频频率；通光直径 5mm，用于激光束直径 3-5mm 左右；超声模式是压缩式（C 模式），主要用于非偏振光激光器中；水嘴是 S 型接头；底面安装孔是英制螺钉孔。

2、QS27-4S-B-AT1

声光 Q 开关；27MHz 射频频率；通光直径 4mm，用于激光束直径 3-4mm 左右；超声模式是剪应式（S 模式），主要用于非偏振光激光器中；水嘴是 B 型接头；底面安装孔是公制螺钉孔。

3、QS68-2.5C-B-GH9

声光 Q 开关；68MHz 射频频率；通光直径 2.5mm，用于激光束直径 2mm 左右；超声模式是压缩式（C 模式），主要用于线偏振光激光器中；水嘴是 B 型接头；GH9 是二极管泵浦固体激光器用的小型 Q 开关。

QS 系列声光 Q 开关使用报告

Problem Report Form

如果您的 Q 开关使用过程中有任何问题，请填写好该表并电邮给我们，以便得到及时的售后服务。谢谢！

Please fill the form and email it to us if there is any problem on using Q-switches. Thank you!

报告日期 report date	
使用者单位名称 user's name	
Q 开关型号 model of Q-switch	
系列号 S/N	
购买日期 purchase date	
问题描述（关断 1064nm 激光功率、晶体表面是否损坏、VSWR、漏水、电极烧断等） Description of problem (hold-off capability, surface situation, VSWR, water leakage, electrode wires etc)	
使用环境描述 主要说明：1、冷却水性质（去离子水、饮用水、矿泉水、纯净水、蒸馏水等）；2、过温保护、断水保护；3、激光参数（波长、激光平均功率、峰值功率、光斑直径）；4、Q 开关驱动器（制造者、型号、RF 功率）；5、其它 Description of usage: mainly including 1. water (de-ionised, drinking, mineral, pure or distilled); 2. over-temp and no water protection; 3. laser parameters (wavelength, average power, peak power, beam diameter; 4. Q-switch driver (maker, model, RF power) and 5. others	
检查结果 check report by maker	