

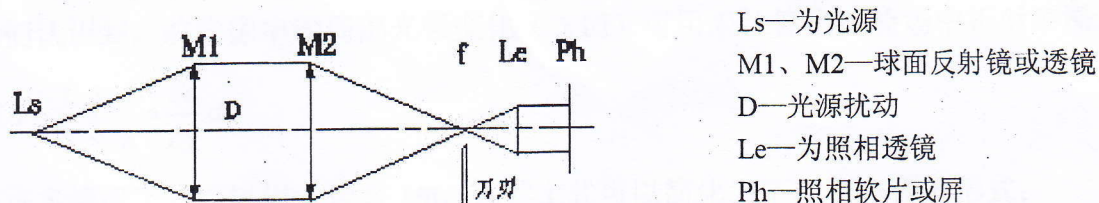
# CQW200 纹影仪 使用说明书

锦州航星光电设备有限公司

## 一、流场显示仪（纹影仪）的工作原理

它是以平行光束通过含有可压缩流场的试验段。

如示意图：



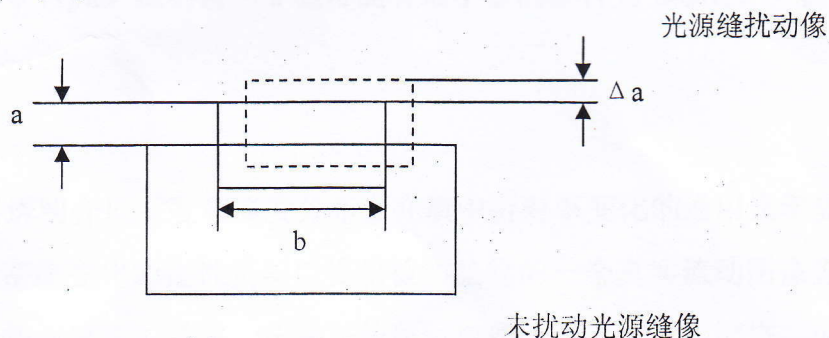
光源  $L_s$  成像在刀口面上，刀口又置于第二球面镜（透镜） $M_2$  的焦面上，镜  $M_2$  也称为“纹影头”。此处刀口垂直于图面。光源或是点状的或是与刀口平等窄缝。照相透镜  $L_e$  将试验段的像成在照相板或底片  $Ph$  上。这就消除了可能的阴影效应。

如果刀口切去部分光源像，则照在照相板上的光强就要减小。设  $a$  是剩下光源像的宽度， $b$  是他垂直图面的高度，在试验段没有扰动时，到达照相板上任意点  $(x, y)$  的光强  $I$  是常数，次均匀照度可以足够精确地用下式表示：

$$I(x, y) = \eta I_0 \frac{ab}{f} = \text{常数}$$

其中  $I_0$  是光源的原始强度（亮度）， $\eta$  为描述从光源到刀口面路上光强损失的吸收系数， $f$  是照相透镜  $L_e$  的焦距。只有光学系统的几何像差，如慧差和像散，可以忽略时，上式才成立。

如果一些光线由于试验段的扰动而偏折了角  $\varepsilon$  则在刀口面上这部分光线所成的相应的光源像在垂直刀口方向上位移了距离  $\Delta a$ 。见图：



$\varepsilon_y$  是  $\varepsilon$  的垂直分量，

$$\Delta a = f_2 \tan \varepsilon_y \approx \varepsilon_y f_2$$

当用平行光通过试验段时， $\Delta a$  就与实验场和反射镜  $M_2$  之间的距离无关。于是， $(x, y)$  的光强变化为

$$\Delta I = \eta I_0 (\Delta a b / f)$$

我们假定此时的吸收系数与无扰动时相同。照相方法能够使我们测量的是相对强度变化



而不是绝对值。

因此  $\Delta I/I = \Delta a/a = \varepsilon_y (f_2/a)$

用  $\tan \varepsilon_y = \int_{\xi}^{\xi_1} \frac{1}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial y} dz$  式替换  $\varepsilon_y$  (或  $\tan \varepsilon_y$ )

我们认识到, 纹影像中的局部光强变化 ( $\Delta I/I$ ) 可用来计算出试验场中折射率梯度:

$$\Delta I/I = \frac{f}{a} \int_{\xi}^{\xi_1} \frac{1}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial y} dz$$

在许多情况下, 可以用 1 代替  $1/n$ , 因此上式可以简化为下面更方便的形式:

$$\Delta I/I = \frac{f}{a} \int_{\xi}^{\xi_1} \frac{\partial n}{\partial y} dz$$

利用上述装置, 我们可以测量梯度的  $y$  分量。将刀口 (以及线状光源) 旋转  $90^\circ$ , 我们可以记录相应  $x$  分量的分布。

由式  $\Delta I/I = \frac{f}{a} \int_{\xi}^{\xi_1} \frac{\partial n}{\partial y} dz$  可知, 对于给定密度场比值 ( $a/f_2$ ) 越小, 光强的相对变化越大, 因

而照相底片的衬度也越大。如果我们假定  $\Delta I/I=10\%$  的相对强度变化还是可探测的, 那么, 纹影系统可测量的最小偏角为  $\varepsilon_{\min}=0.1 (a/f_2)$ 。对于一个给定的装置来说, 在试验中一般不能改变球面镜或透镜  $M_2$  的焦距  $f_2$ , 对所有的试验条件  $f_2$  是固定的。然而还有几种因素使得刀口孔径  $a$  不能任意减小, 因而限制了纹影系统的灵敏度范围。因为照相板的照度随着  $a$  的减小而减小, 因而, 照相材料的感光速度是决定  $a$  的最小值的一个因素。当这一点没有严格限制时, 另一个因素是由于要求系统能够在两个方向上 (即正  $\varepsilon$  和负  $\varepsilon$ ) 测量光偏折而引起的。在前图所示纹影系统中, 正  $\varepsilon$  使光强增加, 负  $\varepsilon$  使光强减小。对于负  $\varepsilon$  强度变化的最大可能是绝对消光, 如果  $\varepsilon_{\min}$  表示一个已知密度场中最大偏折角, 那么当  $\varepsilon = -\varepsilon_{\min}$  时有  $\Delta I = -I$ 。

用式  $\Delta I/I = \Delta a/a = \varepsilon_y (f_2/a)$  我们得出  $a$  值可能有最小值的条件为  $a_{\min}/f_2 \geq \varepsilon_{\min}$

## 二、用途

该仪器可用来观察透明介质密度和温度分布在介质中折射率变化的通用光学显示仪器。能摄取所需研究的气流密度变化的定性资料以提供被实验物的一个真实流动图像为目的。如研究分层流、多相流、超声速流、激波、传热与传质、自然与强迫对流、燃烧、火焰、爆炸等离子体及某些化学反应等学科的流场密度变化科学研究领域, 是目前航空航天运行前期试验的最重要实验、摄取的设备之一。

### 三、主要技术指标

1、纹影头（主反射）焦距  $f=2000\text{mm} \pm 10\text{mm}$

面型精度  $1/10\lambda$ ，纹影仪口径  $\phi 200\text{mm}$ 。

2、刀口：调节范围：0~10mm，最小读数：0.01mm，调节角度： $360^\circ$ 。

3、狭缝：调节范围：0~3mm，最小读数：0.01mm，调节角度： $360^\circ$ 。

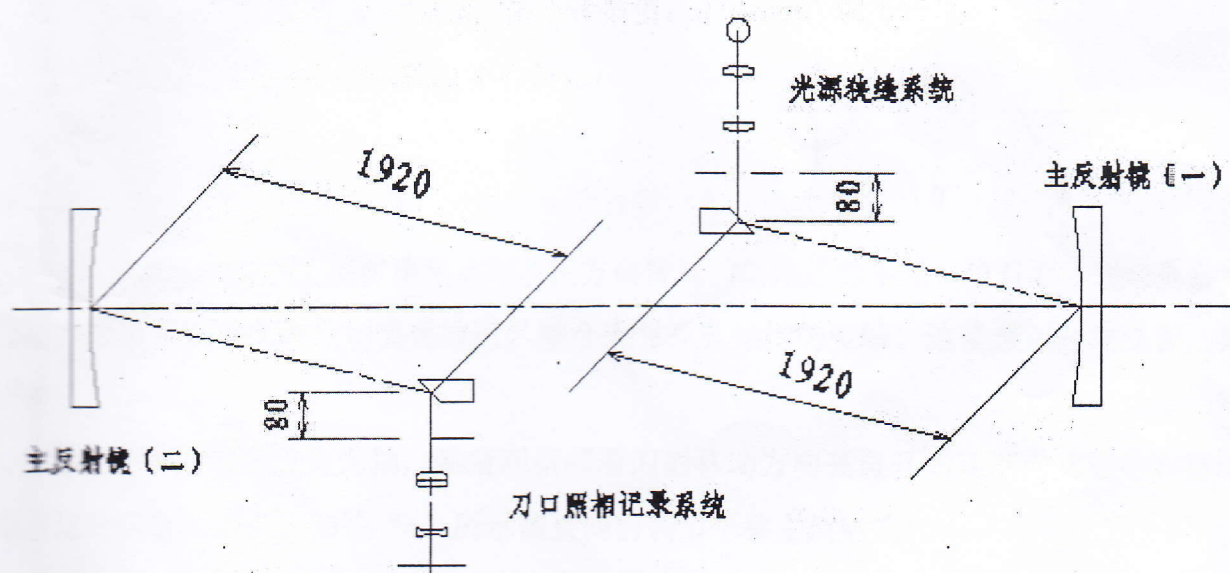
4、仪器中心高：（根据试验段中心高定）。

### 四、仪器的安装和调试

该仪器为积木式结构：由主反射镜系统两套，光源狭缝系统一套，刀口照相记录系统一套，小反射镜系统两套。

分别按光路系统图在使用现场摆放好所需的位置，按标定尺寸定位。

见下示意图：



1、粗调整：分别用细丝将两主反射镜两侧轴联线拉直，移动照明系统和刀口系统滑板上小反射镜在接近  $45^\circ$  角度上边缘靠近细丝。

调整两个主反射镜和两个小反射镜中心高均与刀口狭缝中心高一致。

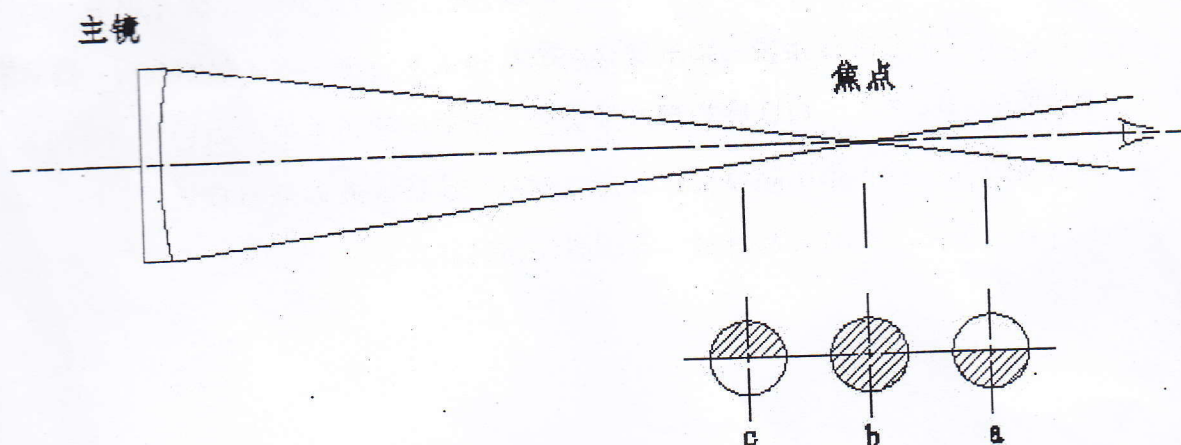
2、接通电源，点亮照明灯，在滑板上移动聚光系统，使灯丝像成到狭缝上。狭缝位置作为狭缝系统发光源，将狭缝开大产生发散光束，调整小反射镜角度使发散光透射到相对应主反射镜面上，产生大于主反射镜的椭圆光斑，调节小反射镜的水平摆角和俯仰摆角，使之与主反射镜对称，主反射镜发射  $\phi 200$  光束，调节主反射与小反射镜的距离，使  $\phi 200$  光束产生平行光束，也就在任何位置都是  $\phi 200$  口径光束。调节主反射镜水平摆角和俯仰摆角使  $\phi$



200 光束透射到另一主反射镜镜口使之重合。

另一主反射镜接受  $\phi 200$  平行光束后，产生会聚光束，透射到与之相对应的另一小反射中心，摆动小反射镜水平摆角和俯仰摆角，使会聚光斑成到刀口上。在刀口移动滑板前后移动刀口座，使会聚光斑准确成到刀刃上。这时，就在刀口后端用纸屏可看到纹影图斑。适当移动刀刃，切到光斑中心点产生气流变化的纹影图像。这样就在流场试验中工作，可拍照使用。

灯丝像与刀刃焦前、焦后的鉴别方式：见示意图



a. 当刀刃刚好在主反射镜焦点时，正方向转动刀口座进给手轮，使刀刃向光轴垂直方向移动，眼睛观察刀刃刚刚切到焦点时，整个亮光斑开始均匀变暗。这是最理想的位置，如图“b”。

b. 当刀刃垂直切向光轴，眼睛观察顺着刀刃移动方向亮斑开始逐渐向光斑中心移动变暗，这种现象为焦后，如图“a”所示需要向前调节平移主反射镜。

c. 当刀刃垂直切向光轴，眼睛观察对着刀刃移动方向亮斑开始逐渐向光斑中心变暗，这种现象为焦前如图“c”，需要向后调节平移主反射镜，直到移动到 b 位置，可以找到焦点，使流场灵敏度达到理想位置。

## 五、维护和保养

- 1、仪器在搬运、移动过程中严禁震动或撞击。
- 2、所有光学元件切忌手摸触。严防唾液或口呼气或其它酸性气体，接触主反射镜等光学元件。
- 3、光学元件如有灰尘或其它污物，一定先用软性毛刷或脱脂棉团轻轻掸净表面尘物，

然后用脱脂棉球蘸乙醚、酒精混合液擦有污表面。

4、干燥剂（硅胶）要经常检查，湿度饱和就要干燥处理。

## 六、仪器的成套性

主反射镜系统	两套
光源狭缝系统	壹套
刀口、照相系统	壹套
变压器	壹套