

液晶电光效应实验报告

姓名：张积翔 学号：PB23020595

摘要：

本实验测量了液晶光开关的电光特性曲线；还测量了驱动电压周期变化时，液晶光开关的时间响应曲线，并由时间响应曲线得到液晶的阈值电压和关断电压以及液晶的上升时间 $\tau_r = 37.0ms$ 和下降时间 $\tau_d = 25.0ms$ ；最后测量由液晶光开关矩阵所构成的液晶显示器的视角特性以及在不同视角下的对比度。

关键词：液晶光开关；电光效应；电光特性；时间响应；视角特性

1. 引言

液晶是介于液体与晶体之间的一种物质状态。1888 年，奥地利科学家赖因策（F.Reinitzer）在布拉格植物生理研究所做实验时，发现他加热的化合物熔化后先变成了白浊液体，并且闪现某些颜色，继续加热后变成透明液体。于是他又对化合物进行降温后，重复实验，依然看到上述现象。1888 年 3 月 14 日，赖因策将样品寄给德国的年轻结晶学家雷曼（O.Lehmann），并附上一封长信。雷曼经过系统研究，发现有许多有机化合物都具有同样的性质，这些化合物在混浊状态，其力学性质与液体相似，具有流动性，而其光学性质与晶体相似，具有各向异性，故取名为液晶（liquid crystal）。^[1]

一般的液体内部分子排列是无序的，而液晶既具有液体的流动性，其分子又按一定规律有序排列，使它呈现晶体的各向异性。当光通过液晶时，会产生偏振面旋转、双折射等效应。液晶分子是含有极性基团的极性分子，在电场作用下，偶极子会按电场方向取向，导致分子原有的排列方式发生变化，从而液晶的光学性质也随之发生改变，这种因外电场引起的液晶光学性质的改变称为液晶的电光效应。

本实验利用液晶光开关对其电光特性、时间响应、视角特性进行了测量。

2. 实验原理

2.1 液晶光开关工作原理

本实验采用的是最常见的扭曲向列型（Twisted Nematic, TN）液晶光开关。

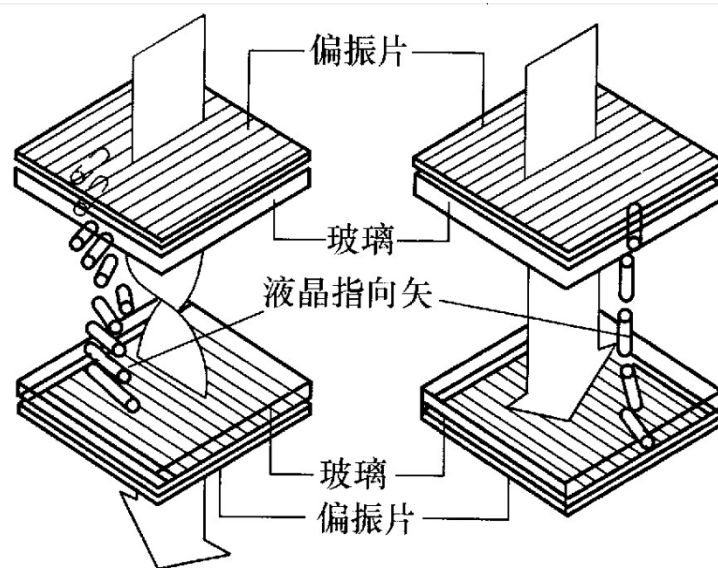


图 1：液晶光开关工作原理

图 1 中的左侧为未加电压的情况，而右侧为加上电压的情况。该装置由上下两片玻璃基板组成，玻璃内侧涂有透明电极，并经过摩擦或涂布取向剂处理，使液晶分子在电极表面按特定方向排列。上下电极表面的排列方向相互垂直，因而液晶分子在两电极之间发生均匀的 90° 扭曲排列。光从一个方向入射，在液晶分子的引导下，其偏振方向被逐渐旋转 90° ，最终能够透过下方与之方向一致的偏振片。

当外加电压达到一定值后，大部分液晶分子沿电场方向重新排列，原有的扭曲结构被破坏，光在液晶中不再发生偏振旋转，偏振片因此阻挡光的透射，从而实现“关断”。在无电压时，光线发生 90° 偏振旋转，光可通过；在施加电压后，液晶顺电场排列无旋转，光被阻断。

这种结构构成了液晶显示器中基本的“光开关”单元，是当前液晶显示技术的基础。

2.2 液晶光开关的电光特性

当光线垂直液晶面入射时，液晶相对透过率随着外部所加的电压不同而不同。可以根据电压与相对透过率的关系得到电光特性曲线图。

可以根据此电光特性曲线图得出液晶的阈值电压和关断电压，阈值电压是指透过率为 90% 时对应的驱动电压，关断电压则是指透过率为 10% 时对应的驱动电压。

2.3 液晶光开关的时间响应特性

液晶从明到暗或暗到明的转换需要一定的时间。加电后液晶从自然排列转为电场排列所需的时间即透过率从 10% 上升至 90% 所需时间称为上升时间 τ_r ，去电后液晶恢复初态即透过率从 90% 降低至 10% 所需时间称为下降时间 τ_d 。这两个时间共同决定了液晶响应的速度。

图 2 给出了液晶光开关加上方波周期电压时对应的液晶时间响应曲线。

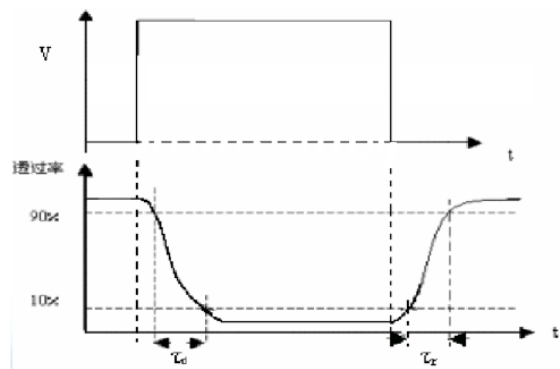


图 2：液晶驱动电压和时间响应曲线

2.4 液晶光开关视角特性

液晶光开关的透过率和对比度随观察角度而变化，称为视角特性。在不同的入射角下，液晶单元的偏振效应会发生变化，导致图像亮度和对比度变化。实验中通过调节液晶面板的旋转角度，测量不同角度下的最大亮度 T_{max} 和最小亮度 T_{min} ，计算对比度：

$$\text{对比度} = \frac{T_{max}}{T_{min}}$$

液晶的对比度与垂直视角、水平视角都有关，而且具有非对称性。当对比度大于 5 时，可以获得满意的图像，对比度小于 2，图像就模糊不清了。

3. 实验内容

3.1 实验仪器

本实验所用仪器为液晶光开关电光特性综合实验仪，其外部结构如图 3 所示。

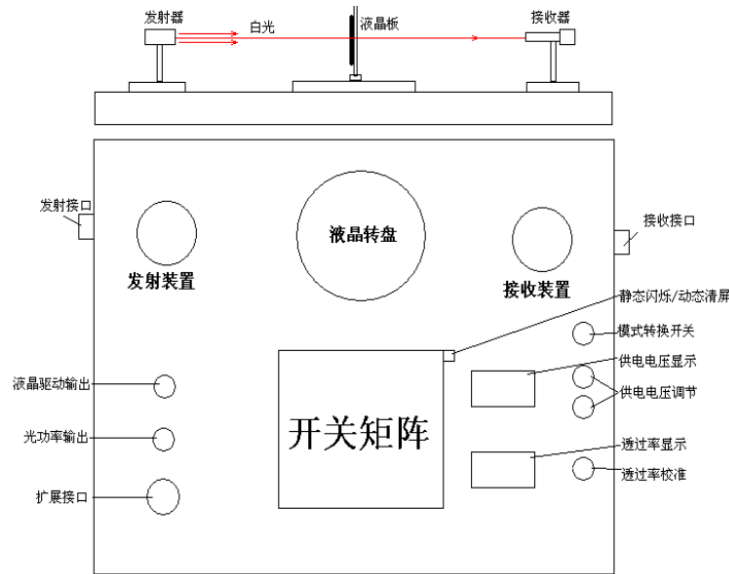


图 3：液晶光开关电光特性综合实验仪

3.2 液晶光开关电光特性测量

将液晶板插入转盘上的插槽，液晶凸起面正对光源发射方向。打开电源开关，点亮光源，使光源预热 10 分钟左右。

在模式转换开关置于静态模式，透过率显示校准为 100%，液晶转盘的转角置于 0 度，保持当前转盘状态。按表 1 的数据改变电压，使得电压值从 0V 到 6V 变化，记录相应电压下的透射率数值。重复 3 次并计算相应电压下透射率的平均值，依据实验数据绘制电光特性曲线，可以得出阈值电压和关断电压。

3.3 液晶的时间响应测量

静态模式下，透过率显示调到 100；然后再将液晶供电电压调到 2.00V，在液晶静态闪烁状态下，用存储示波器观察此光开关时间响应特性曲线，可以根据此曲线得到液晶的上升时间 τ_r 和下降时间 τ_d 。

3.4 液晶光开关的视角特性测量

水平方向视角特性的测量：将模式转换开关置于静态模式。首先将透过率显示调到 100%，然后再进行实验。将液晶板水平方向插入插槽，在供电电压为 0V 时，调节液晶屏与入射激光的角度，在每一角度下测量光强透过率最大值 T_{max} 。然后将供电电压设置为 2V，再次调节液晶屏角度，测量光强透过率最小值 T_{min} ，并计算其对比度。以角度为横坐标，对比度为纵坐标，绘制水平方向对比度随入射光入射角而变化的曲线。

垂直方向视角特性的测量：将液晶板垂直方向插入插槽，重复与水平方向相同的步骤。

4. 实验结果与讨论

4.1 液晶光开关电光特性测量

实验测得液晶光开关相对透射率与电压关系如表 1 所示：

表 1：液晶光开关相对透射率与电压关系

电压（V）	透射率（%）			
	1	2	3	平均
0	100	100	100	100
0.5	99.8	99.9	99.9	99.9
0.8	99.5	99.7	99.6	99.6

1.0	92.8	92.8	92.9	92.8
1.1	80.0	79.3	79.8	79.7
1.2	61.9	61.3	61.6	61.6
1.3	42.8	42.2	42.6	42.5
1.4	27.8	27.3	27.0	27.4
1.5	16.6	16.6	16.3	16.5
1.6	9.9	9.8	9.9	9.9
1.7	6.2	6.1	6.2	6.2
2.0	3.6	3.5	3.5	3.5
3.0	4.3	4.3	4.3	4.3
4.0	3.7	3.7	3.7	3.7
5.0	3.2	3.2	3.2	3.2
6.0	2.8	2.8	2.8	2.8

将表 1 数据进行绘图，得到图 4 电光特性曲线：

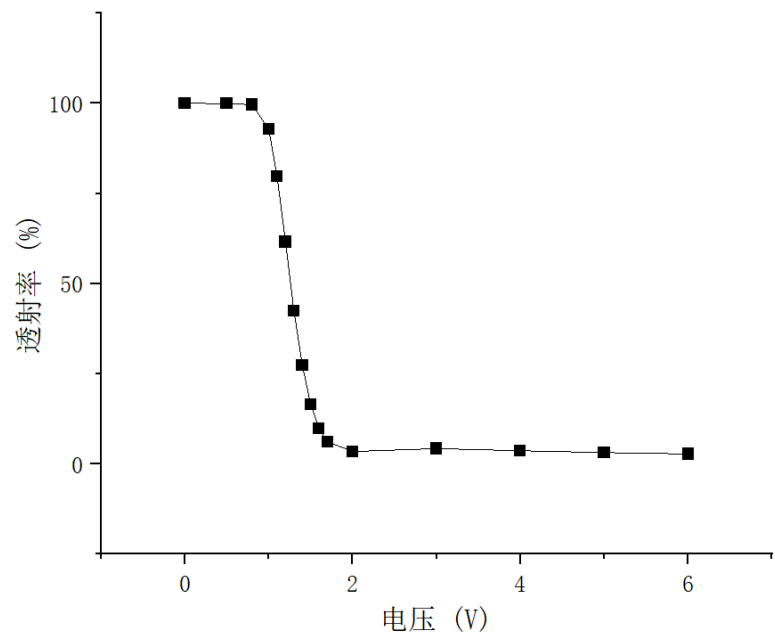


图 4：液晶光开关电光特性曲线

由液晶光开关电光特性曲线图得到液晶的阈值电压为 1.02V，关断电压为 1.60V

4.2 液晶的时间响应测量

实验测得液晶光开关的上升时间和下降时间如下表 2 所示：

表 2：液晶光开关的响应时间

次数	1	2	3	平均
90%透过率响应电位	3.110V	3.074V	3.056V	3.080V
10%透过率响应电位	0.470V	0.466V	0.464V	0.467V
时间轴单位长度	25.0ms	25.0ms	25.0ms	25.0ms
上升时间 τ_r	38.0ms	36.0ms	37.0ms	37.0ms
下降时间 τ_d	25.0ms	25.0ms	25.0ms	25.0ms

由表二可知，液晶光开关的上升时间 $\tau_r = 37.0ms$ ，下降时间 $\tau_d = 25.0ms$ ，总响应时间 τ 为：

$$\tau = \tau_r + \tau_d = 37.0ms + 25.0ms = 62.0ms$$

故该液晶帧率为 $\frac{1}{\tau} = \frac{1 \text{ 帧}}{0.062s} = 16.12 \text{ 帧/s}$ ，小于电视信号的 25 帧/s，因此不能充当电视显示器的液晶材料。若某液晶能够充当电视显示器的材料，则其响应时间 τ 最多应该为

$$\tau = \frac{1 \text{ 帧}}{25 \text{ 帧/s}} = 40ms$$

4.3 液晶光开关的视角特性测量

实验测量得到水平方向和垂直方向的视角特性如下表 3 表 4 所示：

表 3：液晶光开关水平方向视角特性

正角度	$T_{max}(0V)(\%)$	$T_{min}(2V)(\%)$	$\frac{T_{max}}{T_{min}}$	负角度	$T_{max}(0V)(\%)$	$T_{min}(2V)(\%)$	$\frac{T_{max}}{T_{min}}$
0	100	3.5	28.6	0	100	3.4	29.4
5	99.1	3.4	29.1	5	101	3.5	28.9
10	97.6	3.4	28.7	10	102	3.6	28.3
15	95.9	3.6	26.7	15	103	3.9	26.4
20	93.7	3.9	24.0	20	103	4.3	23.9
25	91.6	4.4	20.8	25	103	5.0	20.6
30	89.0	5.3	16.8	30	102	6.0	17.0
35	85.0	6.7	12.7	35	101	7.7	13.1
40	81.3	8.5	9.56	40	98.4	9.9	9.94
45	75.8	10.1	7.50	45	95.9	12.6	7.61

50	70.7	12.1	5.84	50	91.0	15.9	5.72
55	64.0	13.9	4.60	55	84.5	18.5	4.57
60	55.6	15.0	3.71	60	77.6	20.6	3.77
65	46.4	14.6	3.18	65	66.7	21.3	3.13
70	35.0	12.9	2.71	70	53.4	19.9	2.68
75	23.7	9.5	2.49	75	39.4	16.0	2.46

表 4：液晶光开关垂直方向视角特性

正角度	$T_{max}(0V)$ (%)	$T_{min}(2V)$ (%)	$\frac{T_{max}}{T_{min}}$	负角度	$T_{max}(0V)$ (%)	$T_{min}(2V)$ (%)	$\frac{T_{max}}{T_{min}}$
0	100	3.7	27.0	0	100	3.7	27.0
5	99.8	4.8	20.8	5	99.7	4.6	21.7
10	99.2	8.2	12.1	10	99.3	7.1	13.9
15	98.4	15.2	6.47	15	98.4	10.1	9.74
20	96.8	22.9	4.23	20	96.8	14.2	6.82
25	94.5	35.1	2.69	25	94.5	17.6	5.37
30	91.2	45.6	2.00	30	91.7	21.1	4.35
35	87.4	57.1	1.53	35	88.0	23.9	3.68
40	83.4	66.5	1.25	40	84.2	26.0	3.24
45	77.2	70.3	1.10	45	80.3	27.3	2.94
50	72.0	70.1	1.03	50	75.1	27.4	2.74
55	65.3	64.8	1.01	55	70.0	26.9	2.60
60	58.0	56.2	1.03	60	63.6	25.4	2.50
65	49.1	44.6	1.10	65	55.6	22.6	2.46
70	38.4	32.3	1.19	70	44.0	17.9	2.46
75	26.1	20.0	1.31	75	30.0	12.2	2.46

根据表 3 中测得的实验数据绘制出水平方向液晶光开关对比度随入射光的入射角的变化曲线如下图 5、图 6 所示。

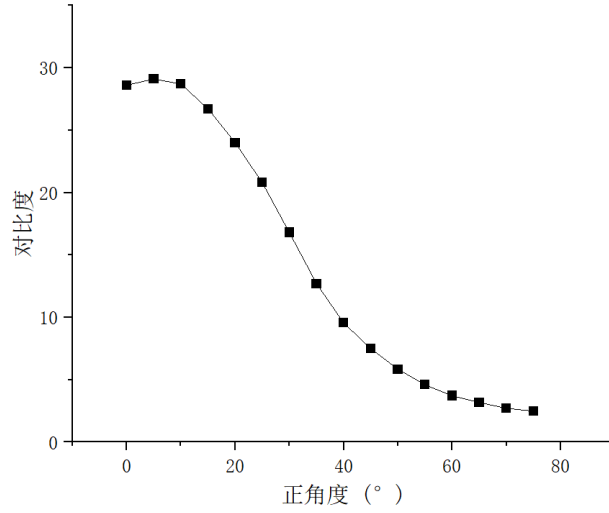


图 5：水平方向对比度随正角度入射角的变化曲线

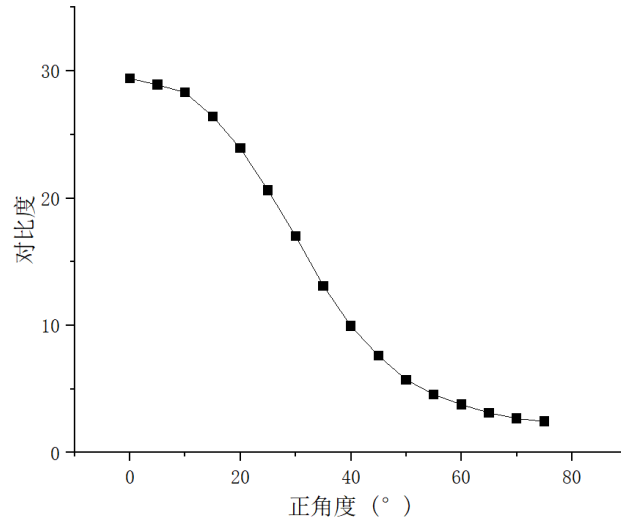


图 6：水平方向对比度随负角度入射角的变化曲线

故可得水平视角在-53 度到 51 度之间有较好的显示范围，即此区间内对比度大于 5。
而垂直视角在-26 度到 18 度之间有较好的显示范围，即此区间内对比度大于 5。

5. 结论


本实验测量了液晶光开关的电光特性曲线，并由此得到液晶的阈值电压为 1.02V，关断电压为 1.60V。并测量了液晶光开关的时间响应，测得其上升时间 $\tau_r = 37.0ms$ ，下降时间 $\tau_d = 25.0ms$ 。最后测量了液晶光开关水平方向和垂直方向的视角特性，并绘制了水平方向对比度随入射角的变化曲线，判断出水平视角较好的显示范围为-53 度到 51 度，垂直方向较好的显示范围为-26 度到 18 度。

6. 参考文献

[1]. 液晶电光效应综合实验. 实验讲义. 2025

附录：老师签字的原始数据

张积翔 PB23020595

 中国科学技术大学

UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA
Hefei, Anhui. 230026 The People's Republic of China

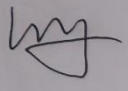
1. 液晶光开关电光特性测量

电压(V)	0	0.5	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
透射率 1	100%	99.8%	99.5%	92.8%	80.0%	61.9%	42.8%	27.8%	16.6%	9.9%	6.2%
透射率 2	100%	99.9%	99.7%	92.8%	79.3%	61.3%	42.2%	27.3%	16.6%	9.8%	6.1%
透射率 3	100%	99.9%	99.6%	92.9%	79.8%	61.6%	42.6%	27.0%	16.3%	9.9%	6.2%
平均	100%	99.9%	99.6%	92.8%	79.7%	61.6%	42.5%	27.4%	16.5%	9.9%	6.2%

电压(V)	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
透射率 1	3.6%	4.3%	3.7%	3.2%	2.8%
透射率 2	3.5%	4.3%	3.7%	3.2%	2.8%
透射率 3	3.5%	4.3%	3.7%	3.2%	2.8%
平均	3.5%	4.3%	3.7%	3.2%	2.8%

2. 液晶响应时间

次数	1	2	3
90%透射率响应电位	3.11V	3.074V	3.056V
10%透射率响应电位	0.47V	0.466V	0.464V
时间轴分度值	25.0 ms	25.0 ms	25.0 ms
上升时间 T_r	38.0 ms	36.0 ms	37.0 ms
下降时间 T_d	25.0 ms	25.0 ms	25.0 ms



张积翔

PB23020595



中国科学技术大学

 UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA
 Hefei, Anhui. 230026 The People's Republic of China

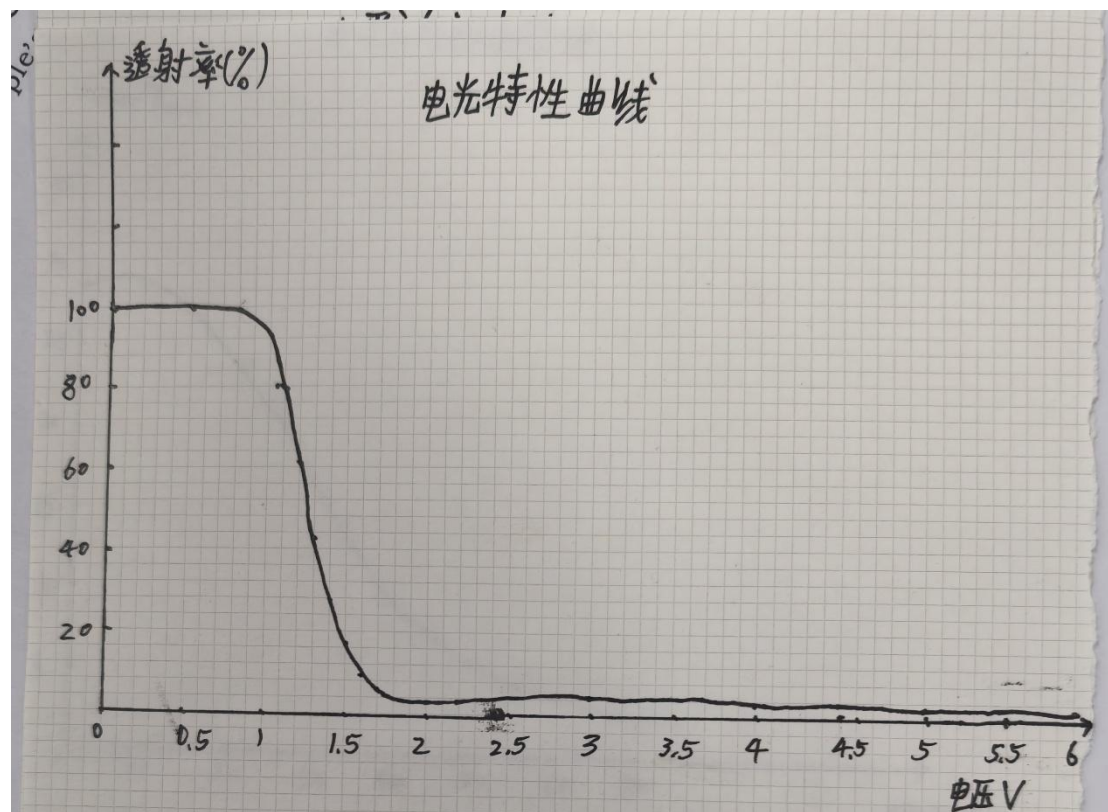
3. 水平方向视角特性:

正角度	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$T_{max}(OV)(\%)$	100	99.1	97.6	95.9	93.7	91.6	89.0	85.0	81.3	75.8	70.7	64.0	55.6	46.4	35.0	23.7
$T_{min}(2V)(\%)$	3.5	3.4	3.4	3.6	3.9	4.4	5.3	6.7	8.5	10.1	12.1	13.9	15.0	14.6	12.9	9.5
T_{max}/T_{min}	28.6	29.1	28.7	26.7	24.0	20.8	16.8	12.7	9.56	7.50	5.84	4.60	3.71	3.18	2.71	2.99

负角度	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$T_{max}(OV)(\%)$	100	101	102	103	103	102	101	98.4	95.9	91.0	84.5	77.6	66.7	53.4	39.4	
$T_{min}(2V)(\%)$	3.4	3.5	3.6	3.9	4.3	5.0	6.0	7.7	9.9	12.6	15.9	18.5	20.6	21.3	19.9	16.0
T_{max}/T_{min}	29.4	28.9	28.3	26.4	23.9	20.6	17.0	13.1	9.94	7.61	5.72	4.57	3.77	3.13	2.68	2.46

垂直方向视角特性:

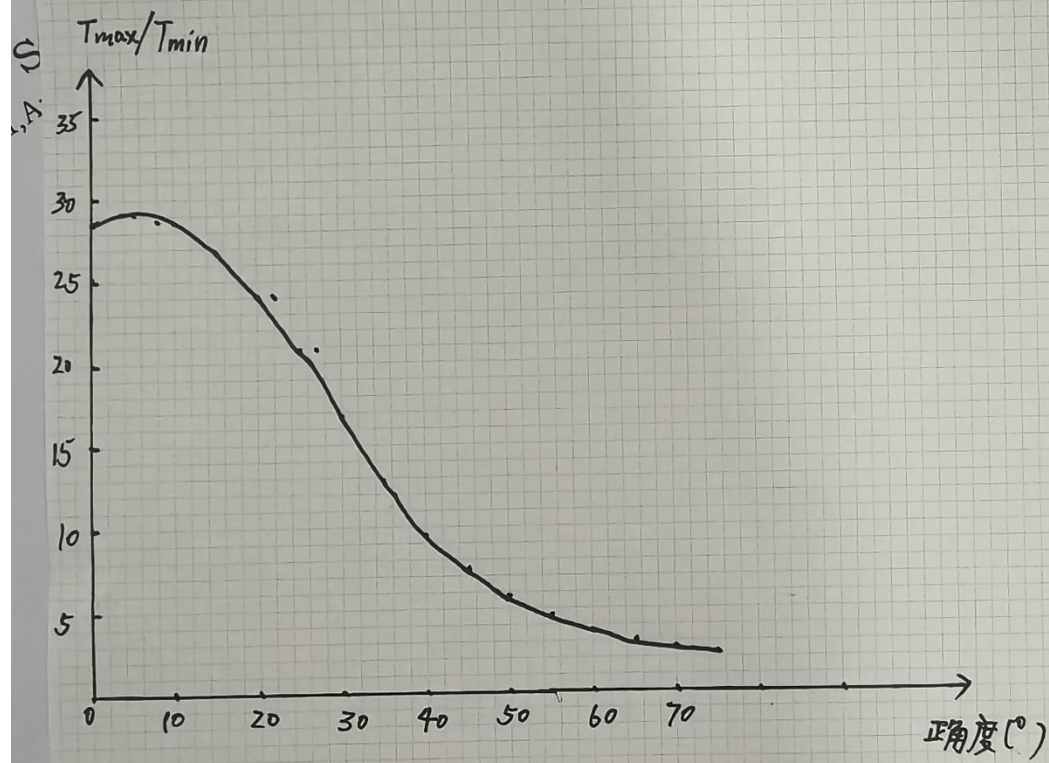
正角度	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$T_{max}(OV)(\%)$	100	99.8	99.2	98.4	96.8	94.5	91.2	87.4	83.4	77.2	72.0	65.3	58.0	49.1	38.4	26.1
$T_{min}(2V)(\%)$	3.7 4.8	4.8 8.2	15.2	22.9	35.1	45.6	57.1	66.5	70.3	70.1	64.8	56.2	44.6	32.3	20.0	
T_{max}/T_{min}	27.0	20.8	12.1	6.47	4.23	2.69	2.00	1.53	1.25	1.10	1.03	1.01	1.03	1.10	1.19	1.31
负角度	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
$T_{max}(OV)(\%)$	100	99.7	99.3	98.4	96.8	94.5	91.7	88.0	84.2	80.3	75.1	70.0	63.6	55.6	44.0	30.0
$T_{min}(2V)(\%)$	3.7	4.6	7.1	10.1	14.2	17.6	21.1	23.9	26.0	27.3	27.4	26.9	25.4	22.6	17.9	12.2
T_{max}/T_{min}	27.0	21.7	13.9	9.74	6.82	5.37	4.35	3.68	3.24	2.94	2.74	2.60	2.50	2.46	2.46	2.46



张积翔 PB23020595

WJ

水平方向视角特性



张积翔 PB23020595

W