

# EyeSo 眼动追踪系统

---

## 暗瞳追踪技术适用性论证报告

心拓英启科技（北京）有限责任公司

Braincraft Technology Co., LTD

技术支持邮箱: [Support@braincraft.net](mailto:Support@braincraft.net)

技术支持电话: 010-8241-9895

## 目录

1 眼动仪的明瞳追踪与暗瞳追踪技术.....	2
2 明暗瞳追踪图像对比及原因分析.....	3
3 种族因素对明暗瞳追踪的影响差异.....	4
3.1 不同种族眼睛颜色产生差异的原因.....	4
3.2 亚洲人与白种人分别适合不同的追踪模式.....	4
4 结论.....	5

# 1 眼动仪的明瞳追踪与暗瞳追踪技术

在机器视觉检测中,照明光源一直扮演着重要的角色,一个设计良好的光源系统可以降低图像处理的复杂度,使得图像处理算法简洁,整体作业处理时间大幅缩短,增加效率而且可以提高摄像机的信噪比 ( Signal Noise Ratio,SNR )。同时,为克服可见光对人的干扰,减少系统对环境光源的依赖及解决夜间的照明,系统采用近红外光源。用对红外线灵敏的摄像头和红外滤光镜来获取图像,消除可见光对测量的影响。

在眼动图像采集的过程中,如果光源方向和摄像机光轴同轴或距离光轴很近(见图1),光线穿过眼睛,从视网膜反射回来会被摄像机捕获到,则出现“明瞳孔现象”。摄像装置可以让瞳孔看起来明亮,这与照片中出现的红眼现象原理相同。而如果光源和摄像机不同轴(见图2),则对应“暗瞳孔现象”。摄像装置使瞳孔看起来较暗。

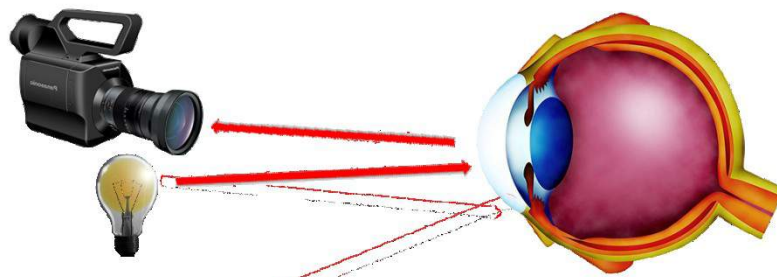


图 1 明瞳追踪原理

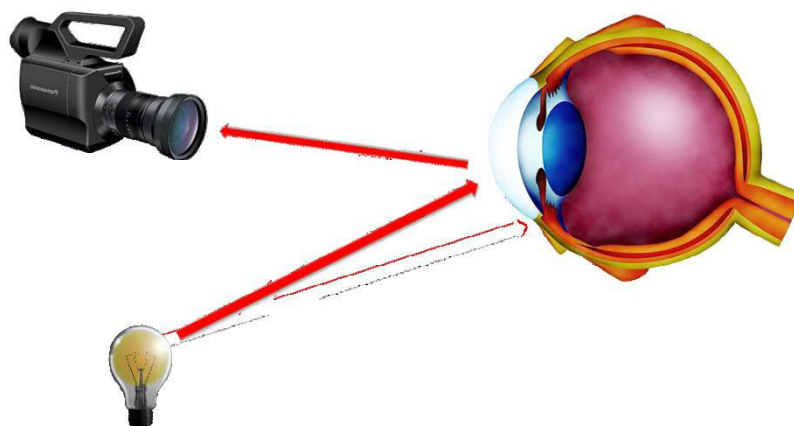


图 2 暗瞳追踪原理

## 2 明暗瞳追踪图像对比及原因分析

影响明暗瞳效应的因素主要有眼球相对镜头位置  $d$  ,  $g$  , 眼球转动角度  $\xi$ 。如图 3 所示。实验中,  $d$  的区间为 50~200cm ,  $g$  的区间为  $\pm 30$ cm ,  $\xi$  为  $\pm 20^\circ$  , 要出现明瞳现象, 实验发现, 图中  $\theta$  应在  $5^\circ$  以内; 超出  $6^\circ$  不会出现明瞳现象。光源离轴越近, 明瞳效果越好。

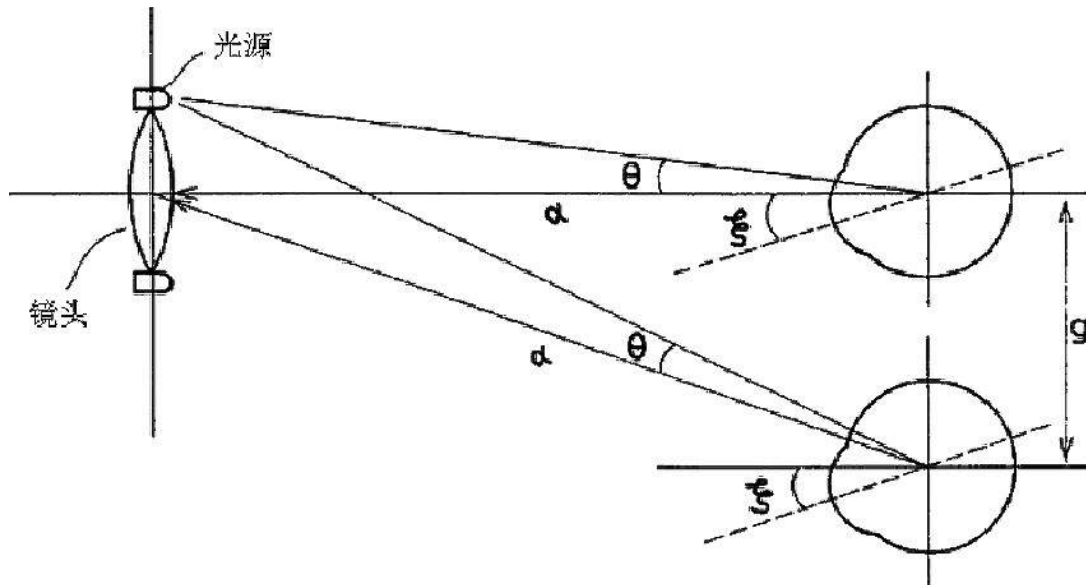


图 3 光源摄像头对明暗瞳效应的影响因素

在明瞳追踪条件下, 进入瞳孔光线较多, 使瞳孔变亮, 角膜反射形成的散光点在虹膜一角 (见图 4)。明瞳追踪较少受眼睫毛与眼影的干扰, 因为图像处理算法能够识别出瞳孔亮色椭圆区。然而, 亮瞳反应高度依赖于瞳孔大小, 而瞳孔大小受多种外在因素影响, 比如年龄、种族以及光源等。因此这种方法在儿童、白种人群或暗环境下工作更好。

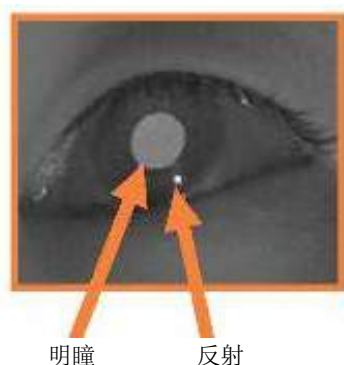


图 4 明瞳追踪图像

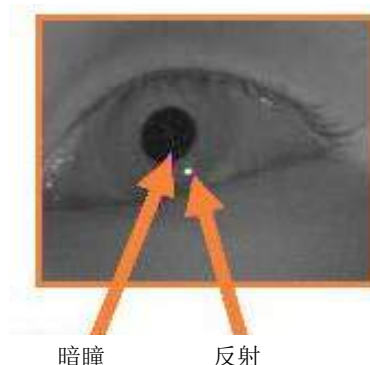


图 5 暗瞳追踪图像

在暗瞳追踪条件下，进入瞳孔光线较少，使瞳孔变暗，可以从虹膜检测出瞳孔暗色椭圆区（见图 5）。这种方法在亚洲人群、光亮环境以及室外自然光的条件下工作正常，但是受眼睫毛与眼影影响较大。暗瞳追踪正常工作依赖于虹膜与瞳孔的颜色对比。因为近红外反射会使虹膜在数字成像中呈现亮色，因此瞳孔可以比较容易的辨别出来。

## 3 种族因素对明暗瞳追踪的影响差异

### 3.1 不同种族眼睛颜色产生差异的原因

一般认为，亚洲人是黑眼睛（近看成棕褐色），白种人是蓝眼睛。为什么不同种族的人，眼睛颜色会有不同呢？这里说的眼睛是指眼球前面中间部分，由角膜、虹膜和瞳孔组成。由于角膜是无色透明的，所以眼睛颜色就是虹膜的颜色。从虹膜结构上讲，人类眼睛的虹膜是由内皮细胞层、前界膜、基质层、后界膜和后上皮层五层组织构成。在这五层组织中，基质层、前界膜和后上皮层含有许多色素细胞，这些细胞所含的色素量就决定了虹膜颜色。色素细胞所含色素越多，虹膜颜色就越深，眼球颜色也就越黑；而色素细胞所含色素越少，虹膜颜色就越浅，则眼球颜色就越淡。色素细胞中的色素含量与皮肤颜色是一致的，并且与种族的遗传有关系。亚洲人是有色人种，虹膜中色素含量较多，所以眼睛看上去呈黑色（见图 6）；西方人是白色人种，虹膜中色素含量较少，而基质层中分布有血管，所以眼睛看上去呈淡蓝色（见图 7）。



图 6 亚洲人的眼睛



图 7 西方人的眼睛

### 3.2 亚洲人与白种人分别适合不同的追踪模式

在明瞳作用下，亚洲人虹膜颜色受近红外光源反射会变浅，瞳孔受角膜反射影响会变亮，这导致摄像装置拍摄下来的眼睛图像中，虹膜与瞳孔颜色较为接近，瞳孔轮廓不太清晰（见图 8）。而对白种人来说，明瞳作用下的虹膜颜色会变深，

瞳孔受角膜反射影响会变亮，这导致摄像装置拍摄下来的眼睛图像中，虹膜与瞳孔颜色容易区分，瞳孔轮廓较为清晰（见图9）。



图8 亚洲人+明瞳追踪



图9 白种人+明瞳追踪

在暗瞳作用下，亚洲人虹膜颜色受近红外光源反射会变浅，瞳孔受角膜反射影响会变暗，这导致摄像装置拍摄下来的眼睛图像中，虹膜与瞳孔颜色容易区分，瞳孔轮廓较为清晰（见图10）。而对白种人来说，暗瞳作用下的虹膜颜色会变深，瞳孔受角膜反射影响会变暗，这导致摄像装置拍摄下来的眼睛图像中，虹膜与瞳孔颜色较为接近，瞳孔轮廓不太清晰（见图11）。



图10 亚洲人+暗瞳追踪



图11 白种人+明瞳追踪

## 4 结论

种族因素是影响明暗瞳孔反应的重要因素之一。在年龄、光照等因素相同的情况下，对于亚洲人而言，采用暗瞳追踪可以更为清晰的捕捉瞳孔轮廓；而对于拉美裔人和高加索人（白种人）而言，采用亮瞳追踪方法能够得到更好的追踪效果。EyeSo 眼动追踪系统采用暗瞳追踪技术，完全适合亚洲被试群体。