

| | |
|-------------|---|
| 用√符号选择一类 | |
| 教 学 | √ |
| 科 研 | |
| 编号 (由专家组填写) | |

第十一届全国高校物理实验教学研讨会 本科学生物理实验论文评比表

学生姓名： 周思颖

申报学校： 西安交通大学

联系方式： 电话： 13720628185

QQ： 2276261785

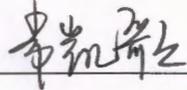
E-mail： zhousyzhousy@163.com

填表日期： 2022 年 07 月 02 日

全国高校物理实验教学研讨会组委会制

二〇二〇年一月

| | | | | | | |
|---|---|---|------------|------------|-------------|--------------|
| 学 生 作 者 及 发 表 有 关 物 理 实 验 论 文 情 况 | 姓名 | 周思颖 | 性别 | 女 | 出生年月 | 2001年4月 |
| | 学校名称 | 西安交通大学 | | | | |
| | 入学时间 | 2019年 | | 毕业时间 | 2023年 | |
| | 学号 | 2196123487 | | | | |
| | 参评论文： | （题目、杂志名称，卷/期、页、年） | | | | |
| | | 眼镜轴距与人眼瞳距便捷测量方法. 大学物理, 40(12): 55—61, 2021. | | | | |
| | | （注：论文的第一作者必须为大学本科生，且其论文研究工作是在本科生阶段完成的，到现场答辩的为该论文的学生作者之一。） | | | | |
| | | 论文作者情况（按发表论文作者顺序列出）： | | | | |
| | | 姓名 | 身份 | 单位 | | 作用/贡献 |
| | | 周思颖 | 大学本科生 | 西安交通大学动能学院 | | 创意提出，论文写作 |
| | 常凯歌 | 指导老师 | 西安交通大学物理学院 | | 方法指导和实验方案设计 | |
| | 毛胜春 | 指导老师 | 西安交通大学物理学院 | | 实验方案优化 | |
| | 高博 | 指导老师 | 西安交通大学物理学院 | | 论文写作指导 | |
| | <p>当人眼的瞳距与其所戴眼镜的轴距不匹配时，看到的景物会变形、失真和模糊，造成视觉疲劳，对眼睛造成不可逆的伤害。配眼镜时人眼瞳距测量不准、轴距数据不当，以及瞳距随年龄增长变化等因素，都会造成瞳距与轴距的不匹配。要实现它们是否匹配的自主判别，就需解决眼镜轴距与人眼瞳距的方便快捷测量。为此，提出采用激光笔、尺子和手机拍照的人眼瞳距与眼镜轴距的自主测量方法，通过分析光学成像原理，建立激光笔四种位置模式的眼镜轴距测量模型，给出眼镜两镜片度数相同和不同时的计算公式。搭建试验平台进行了试验，分析了影响精度的因素。最后，采用手机拍照来准确测量人眼的瞳距，从而实现了人眼瞳距与眼镜轴距的便捷测量，以及它们是否匹配的准确判别。这就解决了轴距与瞳距不匹配而引起眼睛不适的自主判别问题，为实现居家自主配镜等提供测量手段。</p> | | | | | |

| | | | | |
|-----------|--|-----|----|-----|
| 指导教师评语 | 指导教师姓名 | 常凯歌 | 职称 | 工程师 |
| 学校推荐意见 | <p>对学生发表论文评语及论文情况说明：</p> <p>论文“眼镜轴距与人眼瞳距便捷测量方法”已在核心期刊《大学物理》上公开发表。论文创新性地提出眼镜轴距与人眼瞳距的便捷测量方法，利用身边的工具，就能实现眼镜轴距与人眼瞳距的自主判别，能为眼镜不适的判别和实现居家自主配镜等提供测量手段。该作品为申报者原创，方法科学、新颖、创新性强，具有很好的推广应用前景。</p> <p>指导教师（签名）： 2022年7月5日</p> | | | |
| 大会学术组专家意见 | <p>同意推荐</p> <p>负责人（签名）：  2022年7月14日</p> | | | |
| 评比结果 | <p>专家组组长（签名）： _____ 年 月 日</p> <p>理事长（签名） _____ 年 月 日</p> | | | |

眼镜轴距与人眼瞳距便捷测量方法

周思颖¹, 常凯歌², 毛胜春², 高 博²

(1. 西安交通大学 能源与动力工程学院 陕西 西安 710049; 2. 西安交通大学 大学物理国家级实验教学示范中心 陕西 西安 710049)

摘要: 当人眼的瞳距与其所戴眼镜的轴距不匹配时,看到的景物会变形、失真和模糊,造成视觉疲劳,对眼睛造成不可逆的伤害. 本论文提出了采用激光笔、尺子和手机拍照的人眼瞳距与眼镜轴距的自主测量方案,通过分析光学成像原理,建立激光笔四种位置模式的眼镜轴距测量模型,给出眼镜两镜片度数相同和不同时的计算公式. 搭建实验平台进行了实验,分析了影响精度的因素,并采用 Tracker 视频分析软件来进一步减小测量误差. 最后,采用手机拍照来准确测量人眼的瞳距,从而实现了人眼瞳距与眼镜轴距的便捷测量,以及它们是否匹配的准确判别.

关键词: 眼镜; 轴距; 瞳距; 测量; Tracker

中图分类号: O 439

文献标识码: A

文章编号: 1000-0712 (2021) 12-0055-07

【DOI】10.16854/j.cnki.1000-0712.210044

人眼的瞳距是人眼两个瞳孔之间的距离,准确的说是人眼两视轴的距离,眼镜轴距(或称镜片光学中心距离)是眼镜两镜片焦点或光轴的距离. 当瞳距与轴距不匹配时,会产生一定的棱镜效应^[1],使看到的景物变形、失真和模糊,造成视觉疲劳,对眼睛造成伤害. 配眼镜时人眼瞳距测量不准、轴距数据不当,以及瞳距随年龄的增长变化等因素,都会造成瞳距与轴距的不匹配. 当出现视觉疲劳或视线模糊时,一般都怀疑是否是眼睛的度数加深了,常忽略瞳距与轴距的不匹配. 即使想到也无法自主完成测量,需要到专业的眼镜店或医院通过专业的仪器才能完成.

自主判别瞳距与轴距是否匹配,就必需解决眼镜轴距的方便快捷测量问题. 能否利用简单的工具来实现眼镜轴距的简便测量呢? 为此,本文查阅了相关资料,近视眼镜的镜片为薄凹透镜,若把激光笔射出的激光简化为一条光线,当光线在两镜片间移动时,出射的光点由于凹透镜的偏折作用,移动距离会发生变化. 通过分析光学成像原理后发现,采用激光笔和尺子就可以自己完成眼镜轴距的测量,结合手机拍照的人眼瞳距测量,就能实现人眼瞳距与眼镜轴距匹配性的准确判别.

1 人眼瞳距与眼镜轴距

当眼睛观察外界物体时,会本能地转动眼球,使像成在中心凹(黄斑中心有个凹部)上,如图 1 所示,通过眼睛节点 P 与中心凹 e 的直线 AB 为眼睛的视轴^[2].

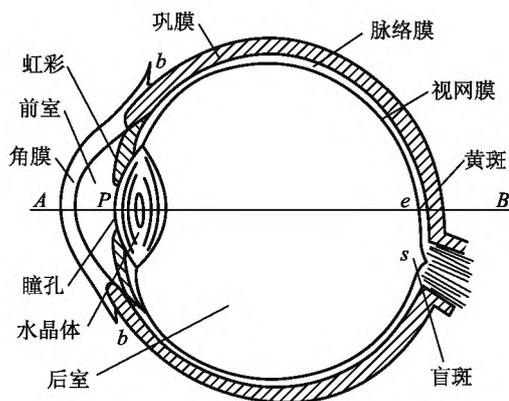


图 1 人眼示意图

在光学中人眼瞳距是指两眼视轴与角膜前顶点交点的水平距离^[3]. 由于视轴与角膜前顶点交点不易测出,而瞳距中心易于寻找,故以瞳孔中心为测量点. 所以,一般定义瞳距为人眼两个瞳孔间的距离,当两眼注视无限远时,两瞳孔间的距离为远瞳距;当

收稿日期: 2021-01-26; 修回日期: 2021-04-13

基金项目: 高等学校教学研究项目(DJZW202015xb)、2020年西安交通大学本科教学改革研究项目(拔尖专项 20BJ01Z)以及2019年西安交通大学本科实践教学研究专项项目(19SJZX23)资助

作者简介: 周思颖(2001—),女,重庆忠县人,西安交通大学能源与动力工程学院2019级本科生.

通信作者: 毛胜春, E-mail: maoshengchun@xjtu.edu.cn

两眼注视近处某一点时,瞳孔同时内转使视轴交汇于一点,此时的瞳距称为近瞳距.由于瞳孔内转视近时瞳孔中心偏离原位,使近瞳距必小于远瞳距.

眼镜轴距(或称镜片光学中心距离)是眼镜两镜片焦点或光轴的距离.当眼镜度数合适且镜片光学中心点对准戴镜人瞳孔时视物最佳,达到助视的目的.理想配镜是人眼瞳距与眼镜轴距相符,对于近视眼来说,应使人眼的远瞳距与眼镜轴距相一致.

眼镜轴距的测量需要专业的光学仪器,如用焦度计标出两镜片光学中心,一般的眼镜店测量人眼瞳距采用尺子或瞳距尺测量,由于眨眼等因素难以测量准确,采用瞳距仪等设备能准确测量,但需要到专业的眼镜店或医院.

2 眼镜轴距的测量原理

眼镜轴距的测量主要采用激光笔和尺子来完成.测量原理是:把激光笔射出的激光视为一条光线,当光线在两镜片间移动时,出射的光点由于凹透镜(近视眼镜镜片)的偏折作用,移动距离会发生变化.根据距离的测量建立模型来解算轴距.按激光笔射出激光在眼镜上的不同位置,分以下四种位置模式来建立眼镜轴距测量模型.

2.1 当两束激光都在光轴外侧时的模型建立

如图2所示,由几何光学成像原理^[2]可知,当激光笔投射出一束激光,由眼镜左侧镜片的左侧E点垂直于眼镜(近视眼镜镜片为凹透镜)入射时,光点将投射在屏幕的A点(其中 F_1 为左侧镜片的焦点),向右平移激光笔,将激光照射在右侧眼镜的右侧(其中 F_2 为右侧镜片的焦点),投射在屏幕的D点,延长左右两侧激光交于屏幕的B、C两点.

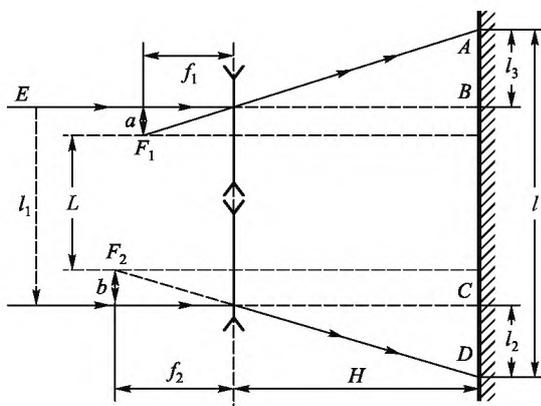


图2 都在光轴外侧时光路示意图

设 $AD=l$, $CD=l_2$, $AB=l_3$,由相似性可得:

$$\frac{a}{l_3} = \frac{f_1}{H}, \quad \frac{b}{l_2} = \frac{f_2}{H}$$

又 $L=l_1-a-b$

$$L=l_1-\frac{f_1}{H}l_3-\frac{f_2}{H}l_2 \quad (1)$$

而 $l_3=l-l_1-l_2$,代入式(1)得

$$L=l_1-\frac{f_1(l-l_1)-(f_1-f_2)l_2}{H} \quad (2)$$

若将 $l_2=l-l_1-l_3$,代入式(1)得

$$L=l_1-\frac{f_2(l-l_1)-(f_1-f_2)l_3}{H} \quad (3)$$

上式中 L 为眼镜两镜片光轴距离(即轴距), H 为眼镜到屏幕的距离, l_1 为激光笔平移距离, l 为屏幕上激光点移动距离 AD , l_2 为 C 点到 D 点的距离, l_3 为 A 点到 B 点的距离, f_1 为眼镜左侧镜片的焦距, f_2 为眼镜右侧镜片的焦距.

在公式(2)、(3)中 f_1 和 f_2 可由镜片的度数得到($f=100/\text{度数}$),如度数未知时也可采用激光笔和尺子来测量(原理另文阐述),而 H 和 l_1 可测得.若能测得 l_2 或 l_3 就可解算出眼镜轴距,这可通过先测 B 点,再戴上眼镜或测完 D 点拿掉眼镜,再测 C 点来解决.文中采用拿掉眼镜再测 C 点.

2.2 当左侧激光在光轴内侧时模型建立

如图3所示,激光笔从左侧镜片的右侧平移至右侧镜片的右侧.因为 $L=l_1+a-b$,所以

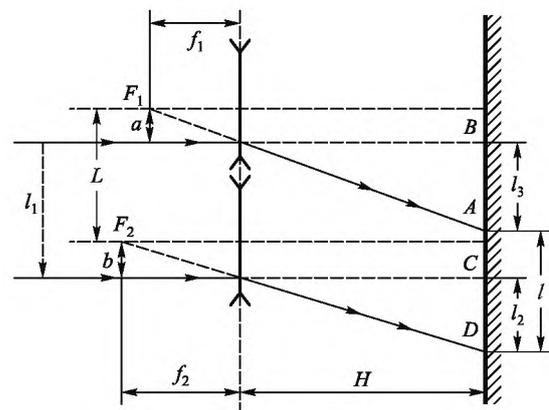


图3 左侧激光在光轴内侧时光路示意图

$$L=l_1+\frac{f_1}{H}l_3-\frac{f_2}{H}l_2 \quad (4)$$

而 $l_3=l_1-l+l_2$,代入式(4)得

$$L=l_1-\frac{f_1(l-l_1)-(f_1-f_2)l_2}{H}$$

与式(2)一致.

2.3 当右侧激光在光轴内侧时模型建立

如图 4 所示, 激光笔从左侧镜片的左侧平移至右侧镜片的左侧。

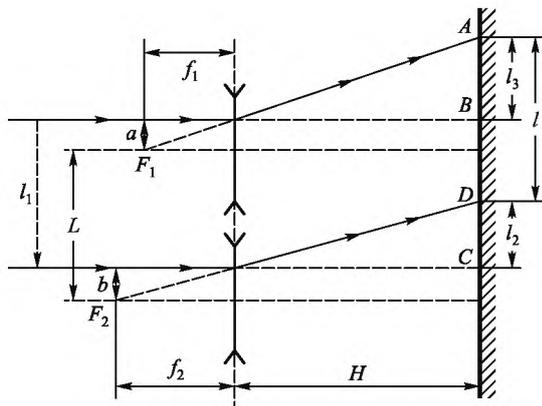


图 4 右侧激光在光轴内侧时光路示意图

这时 $L=l_1-a+b$

$$L=l_1-\frac{f_1}{H}l_3+\frac{f_2}{H}l_2 \quad (5)$$

而 $l_3=l-l_1+l_2$, 代入式 (5) 得

$$L=l_1-\frac{f_1(l-l_1)+(f_1-f_2)l_2}{H} \quad (6)$$

若规定激光点由左至右位移为正方向, 则 l_2 为负值, 式 (6) 应为

$$L=l_1-\frac{f_1(l-l_1)-(f_1-f_2)l_2}{H}$$

当考虑 l_2 位移方向时, 即取走眼镜前后激光点的位移方向与激光笔移动方向一致为正值, 反之为负值, 则上式也与式 (2) 一致。

2.4 当两束激光都在光轴内侧时模型建立

如图 5 所示, 激光笔从左侧镜片的右侧平移至右侧镜片的左侧。

图中 $AD=l, CD=l_2, AB=l_3$ 。

$$L=l_1+a+b, \quad L=l_1+\frac{f_1}{H}l_3+\frac{f_2}{H}l_2 \quad (7)$$

而 $l_3=l+l_1-l_2$, 代入式 (7) 得

$$L=l_1+\frac{f_1(l+l_1)-(f_1-f_2)l_2}{H}$$

当考虑 l 和 l_2 位移方向时, 仍与式 (2) 一致。

从 4 种位置模式建立的眼镜轴距测量模型来看, 当考虑位移方向时, 无论激光笔采用哪种位置模式, 都可采用式 (2) 来计算眼镜轴距。

当眼镜左右镜片度数相同时, 眼镜轴距测量公

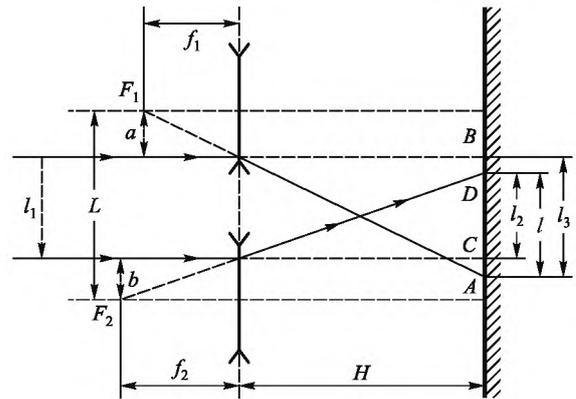


图 5 两激光同在光轴内侧时光路示意图

式为

$$L=l_1-\frac{f(l-l_1)}{H} \quad (8)$$

这时只需测得眼镜到屏幕的距离 H 、激光笔平移距离 l_1 、屏幕上激光点移动距离 l , 加上已知眼镜度数算出的焦距, 就可测得眼镜轴距。

按上述推导方法, 同理可推导出老花镜轴距的测量公式为

$$L=l_1-\frac{f_1(l_1-l)-(f_1-f_2)l_2}{H}$$

当式中 f_1, f_2 取负值, 考虑 l 和 l_2 位移方向时, 仍与式 (2) 一致。

3 眼镜轴距测量及误差处理

3.1 眼镜轴距测量方案

为了便于激光笔的平移和激光点的位置测量, 搭建自主实验平台如图 6 所示。

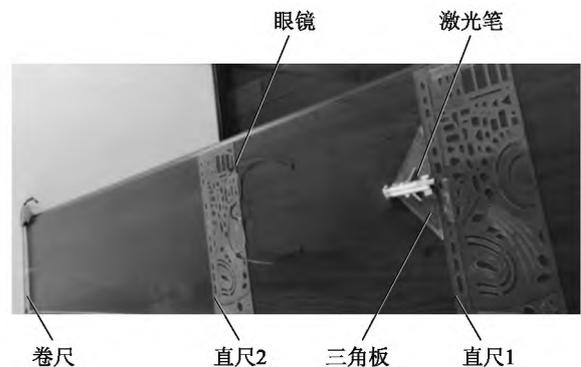


图 6 轴距自主测量实验平台

将两直尺用双面胶带粘于桌面, 激光笔粘于三角板上, 卷尺放置于图 6 中桌面的左侧, 直尺 2 用于固定眼镜放置的位置, 直尺 1 用于三角板的平移, 平

移距离由三角板和直尺 1 上的刻度读取.

具体测量步骤为: 1) 量取直尺 2 右边沿到卷尺的距离 H , 并紧靠直尺 2 右边沿放置被测眼镜; 2) 打开激光笔, 平移三角板到左侧镜片的一侧, 记录三角架零刻度在直尺 1 上的刻度 a_1 , 并记录激光点在卷尺上的刻度 b_1 ; 3) 平移三角板到右侧镜片的一侧, 记录三角架零刻度在直尺 1 上的刻度 a_2 , 并记录激光点在卷尺上的刻度 b_2 ; 4) 取走眼镜, 记录此时激光点在卷尺上的刻度 b_3 ; 5) 计算激光笔移动距离 $l_1 = |a_1 - a_2|$, 卷尺上激光点移动位移 $l = b_2 - b_1$ 和 $l_2 = b_2 - b_3$, 然后根据式(2) 计算眼镜轴距.

3.2 测量眼镜轴距

在搭建的实验平台上, 按激光笔的四种位置模式分别进行近视眼镜轴距的测量. 被测眼镜左侧镜片为 150 度, 右侧镜片为 200 度, 配镜时给出的轴距为 59 mm. 则被测眼镜两镜片的焦距为 $f_1 = 666.67$ mm, $f_2 = 500$ mm. 测量得 H 为 1 277 mm, 其结果如表 1、2、3、4 所示.

表 1 当两束激光都在光轴外侧时(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l_1 | 80.0 | 80.0 | 75.0 | 95.0 | 85.0 | 90.0 |
| l_2 | 28.5 | 28.5 | 21.5 | 29.0 | 31.5 | 25.0 |
| l | 128.5 | 128.2 | 111.5 | 173.0 | 144.5 | 156.5 |
| L | 58.4 | 58.6 | 58.8 | 58.1 | 58.0 | 58.5 |

由式(2) 可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_1 为 58.4 mm, 测量的标准偏差为 0.30 mm, 相对测量误差为 1.0%.

表 2 当左侧激光在光轴内侧时(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| l_1 | 67.0 | 70.0 | 65.0 | 68.0 | 60.0 | 70.0 |
| l_2 | 35.0 | 28.5 | 42.0 | 25.5 | 35.5 | 25.0 |
| l | 89.0 | 97.5 | 84.0 | 91.5 | 70.5 | 94.5 |
| L | 60.1 | 59.4 | 60.6 | 59.1 | 59.2 | 60.5 |

由式(2) 可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_2 为 59.8 mm, 测量的标准偏差为 0.67 mm, 相对测量误差为 1.4%.

表 3 当右侧激光在光轴内侧时(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| l_1 | 75.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 | 70.0 |

续表

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l_2 | -14.0 | -12.5 | -16.0 | -21.5 | -17.5 | -13.0 |
| l | 104.0 | 90.5 | 88.0 | 86.0 | 88.5 | 90.5 |
| L | 58.0 | 57.7 | 58.5 | 58.8 | 58.1 | 57.6 |

由式(2) 可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_3 为 58.1 mm, 测量的标准偏差为 0.46 mm, 相对测量误差为 1.5%.

表 4 当两束激光都在光轴内侧时(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l_1 | 45.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 |
| l_2 | -21.0 | -27.5 | -18.0 | -21.4 | -17.5 | -14.5 |
| l | 9.4 | 24.5 | 25.7 | 23.7 | 23.5 | 23.0 |
| L | 60.8 | 59.7 | 60.3 | 60.9 | 61.5 | 62.2 |

由式(2) 可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_4 为 60.9 mm, 测量的标准偏差为 0.88 mm, 相对测量误差为 3.2%.

此外, 还对另外两副近视眼镜和一副老花镜的轴距进行了测量, 一副为黑色边框眼镜(左侧 200 度, 右侧 150 度), 一副为橘色边框眼镜(左侧 150 度, 右侧 100 度), 老花镜两侧镜片均为 -250 度. 近视眼镜采用两束激光都在光轴外侧进行测量, 老花镜采用两束激光都在光轴内侧进行测量, 结果如表 5、6、7 所示.

表 5 黑色边框眼镜轴距测量数据(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l_1 | 100.0 | 100.0 | 105.0 | 105.0 | 100.0 | 100.0 |
| l_2 | 29.5 | 30.5 | 41.0 | 27.0 | 29.4 | 24.5 |
| l | 196.5 | 196.2 | 212.0 | 209.0 | 193.5 | 194.5 |
| L | 53.5 | 53.6 | 54.5 | 54.2 | 55.0 | 53.8 |

由式(2) 可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_5 为 54.1 mm, 测量的标准偏差为 0.58 mm.

表 6 橘色边框眼镜轴距测量数据(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| l_1 | 90.0 | 90.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| l_2 | 22.5 | 20.5 | 29.5 | 28.5 | 31.5 | 25.0 |

续表

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l | 144.0 | 144.5 | 173.9 | 174.0 | 173.5 | 176.5 |
| L | 64.7 | 64.2 | 65.3 | 65.1 | 65.7 | 63.8 |

由式(2)可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_6 为 64.8 mm, 测量的标准偏差为 0.71 mm.

表 7 老花镜轴距测量数据(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| l_1 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 | 50.0 |
| l | 88.0 | 87.2 | 85.9 | 89.9 | 89.5 | 90.8 |
| L | 61.9 | 61.7 | 61.2 | 62.4 | 62.4 | 62.8 |

由式(8)可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_6 为 62.1 mm, 测量的标准偏差为 0.58 mm.

3.3 误差分析

由实验可看出, 激光笔平移时两束激光都在近视眼镜两镜片光轴外侧时, 测量误差较小, 而都在内侧时误差较大, 原因是当两束激光都在光轴内侧时卷尺上的激光点移动位移小, 位移的测量误差对测量结果影响较大. 此外, 造成测量误差还有以下因素.

1) 取走眼镜前后, 激光光点在竖直方向有移动, 这是由于入射眼镜的激光束不在眼镜光轴所在水平面, 眼镜折射作用引起激光在竖直方向的偏移, 取走眼镜后没有了折射作用, 从而引起激光点的高度发生变化, 会影响测量精度. 若将其中心竖直投影到卷尺上再读数, 就对测量结果没有影响, 只是高度变化后激光点可能不在卷尺上以及投影读数误差, 会造成测量误差. 改进措施是尽量将激光投射到镜片竖直方向的中间位置.

2) 由于眼镜是弧形的, 当被测眼镜平行放置于直尺 2 右边沿时, 测量的 H 值比真实值偏小, 由建立的模型分析可知, 当激光笔移动距离大于眼镜轴距时, 轴距测量值偏小, 反之偏大. 由于实验中 H 取值较大(如实验中 H 为 1 277 mm), 而因弧形影响 H 值的测量误差在几个毫米之内, 从而对轴距测量结果影响很小. 但为了尽可能减小测量误差, 应尽量将被测眼镜两镜片的光学中心放置于直尺 2 右边沿上.

3) 激光笔平移距离测量不准确, 这个误差在实验方案设计时, 采取了三角板相对直尺滑动平移的措施, 减小了测量误差.

4) 激光光点较大, 读数时需要根据光点能量中心进行目视估计, 存在较大的读数误差.

3.4 采用 Tracker 分析软件测量激光点位移

为进一步提高测量精度, 减小读数误差, 本文采用 Tracker 分析软件来对拍摄的激光光点在卷尺上的移动视频进行分析^[4-6].

将拍摄的实验视频导入到 Tracker 软件中, 通过菜单栏“轨迹→新建→质点”创建两个质点对象(如图 7), 拖动圆圈边缘使其完全包含激光点, 另一个质点对象对准卷尺附近的刻度线(也可建立定标杆), 然后记录 Tracker 软件给出的 x 轴坐标值, 根据与卷尺 x 轴坐标值的比, 算出激光点位移. 测量数据如表 8 所示.

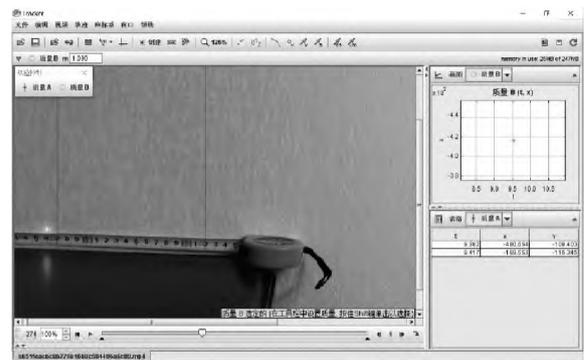


图 7 Tracker 软件测量激光点位移截图

表 8 被测眼镜轴距测量数据(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| l_1 | 95.0 | 95.0 | 95.0 | 95.0 | 95.0 | 95.0 |
| l_2 | 26.5 | 24.4 | 23.6 | 29.4 | 32.3 | 29.6 |
| l | 171.5 | 170.6 | 170.2 | 172.6 | 173.1 | 171.2 |
| L | 58.5 | 58.7 | 58.8 | 58.3 | 58.4 | 58.8 |

由式(2)可算出眼镜轴距 δ 次测量的平均值 \bar{L}_7 为 58.6 mm, 测量的标准偏差为 0.21 mm, 相对测量误差为 0.7%, 测量误差进一步减小.

4 人眼瞳距的测量

人眼瞳距的简便测量是拿上尺子放在眼睛前直接去测量的, 有些小型眼镜店也采取这种方式, 由于人眼总在动或眨眼, 难以准确读数, 造成测量误差较大. 下面给出 3 种基于手机拍照的测量方案.

4.1 拍照直接读取测量

将直尺水平放置眼睛上面, 与眉齐, 两眼平视前方远处(近视测远瞳距), 用手机拍照. 根据拍摄图

片,由左右眼瞳孔或虹膜内外侧距离从直尺上估读瞳距。测量结果如表9所示。瞳距平均值为58.8 mm,测量的标准偏差为0.75 mm。

表9 拍照直接读取测量数据(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 瞳距 | 59.0 | 60.0 | 59.0 | 58.0 | 59.0 | 58.0 |



图8 通过图像软件画线测量

4.2 拍照画线读数测量

用画图或其他看图软件,打开照片,在瞳孔中心及虹膜内外侧各画1条竖线,如图8所示。通过竖线读取直尺上的刻度,由虹膜内外侧和瞳孔中心测得的3个距离,算均值得到瞳距。6次测量结果如表10所示。瞳距平均值为59.1 mm,测量的标准偏差为0.22 mm。

表10 拍照画线读数测量数据(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 瞳距 | 58.9 | 59.1 | 59.4 | 58.8 | 59.2 | 59.0 |

4.3 Tracker 分析软件测量

将拍摄照片导入到 Tracker 软件中,建立1个定标杆,创建1个质点对象,选中两瞳孔,如图9所示。然后记录 Tracker 软件给出的 x 轴坐标值,从而测得瞳距。6次测量结果如表11所示。瞳距平均值为59.1 mm,测量的标准偏差为0.15 mm。

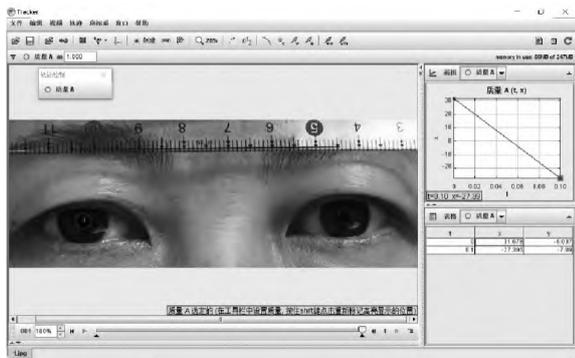


图9 Tracker 分析软件测量

表11 Tracker 分析软件测量(单位 mm)

| 次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 右侧 | 30.28 | 31.68 | 28.67 | 28.25 | 30.42 | 30.54 |
| 左侧 | -28.61 | -27.39 | -30.65 | -30.72 | -28.72 | -28.48 |
| 瞳距 | 58.89 | 59.07 | 59.32 | 58.97 | 59.14 | 59.02 |

从测量结果可以看出,三种方案的标准偏差逐渐减小,采用 Tracker 软件测量进一步减小了误差,但通过“拍照画线读数测量”就已有相当的精度。这与被测眼镜测得的轴距相差不到1 mm,说明被测眼镜轴距是合适的。

此外,还对黑色边框眼镜和橘色边框眼镜佩戴人的瞳距,采取拍照画线读数测量,如图10所示,测得瞳距为57.8 mm。黑色边框眼镜测得轴距为54.1 mm。黑色边框眼镜是3年前配的,随着年龄的增长瞳距变大,已有点不合适了。而橘色边框眼镜为6年前所配,测得轴距为64.8 mm,与当前瞳距仍相差较大。现在看来当时戴橘色边框眼镜头晕,可能不是度数问题,更大的可能是瞳距与轴距不匹配。

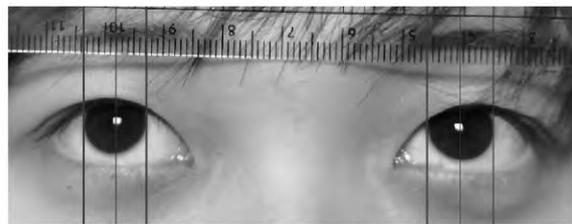


图10 瞳距测量

5 小结

通过光学成像分析,建立了眼镜轴距测量模型,利用一支激光笔和一把尺子,就能便捷测量眼镜的轴距。本文给出了基于手机拍照的人眼瞳距测量方法,进行了轴距和瞳距测量实验,还采用 Tracker 分析软件来进一步减小测量误差,从而实现了人眼瞳距与眼镜轴距的便捷准确测量,为自主判别轴距与瞳距是否匹配提供了一种方法。

当眼睛因为佩戴眼镜出现不适或小孩配镜时间较长时,可以拿起激光笔、尺子和手机,就能实现眼镜轴距与人眼瞳距的准确测量。当发现它们相差较大时,请尽快重配眼镜,以免造成对眼睛的进一步伤害。

参考文献:

- [1] 郭艳灵. 浅谈瞳距 [J]. 计量与测试技术, 2014(8): 45-47.
- [2] 李晓彤, 岑兆丰. 物距-几何光学·像差·光学设计 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2014.
- [3] 廖立新. 浅析瞳距的测量方法 [J]. 中国眼镜科技杂志, 2007(1): 52-54.
- [4] 高寒, 张黔, 谢媛, 等. Tracker 软件在三线摆测量刚体转动惯量实验中的应用 [J]. 学科探索, 2017(2): 67-63+137.
- [5] 吴志山. 让真实定量、定格——Tracker 软件在物理教学中的应用 [J]. 物理教师, 2012(7): 53-54.
- [6] 丁晓彬, 董晨钟. 基于 2D 开源视频分析和建模软件 Tracker 研究抛体运动实验 [J]. 大学物理, 2012, 31(7): 34-36.

Simple measurement of the axis distance and interpupillary distance

ZHOU Si-ying¹, CHANG Kai-ge², MAO Sheng-chun², GAO Bo²

(1. School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710049, China;

2. National College Physics Experimental Teaching Demonstration Centre, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710049, China)

Abstract: If the interpupillary distance does not match the axis distance of one's glasses, the scene would be deformed, distorted and blurred, and this could result in visual fatigue and irreversible damage to the eyes. In this paper a measurement scheme by using laser pen, ruler and mobile phone is proposed. By analyzing the principle of optical imaging, the measurement models of axis distance in four position cases of laser pen are established, and the calculation formulas of two glasses with the same or the different degrees are given. Then a platform is built to do experiment, and the factors affecting on the accuracy are analyzed. Tracker video analysis software is also used to further reduce the measuring error. Finally, through taking pictures by using mobile phone, the interpupillary distance is accurately measured. Thus conveniently measuring the interpupillary distance and the axis distance and accurately judging whether they match or not are realized.

Key words: glasses; axis distance; interpupillary distance; measurement; Tracker

(上接 46 页)

- [8] Ershkov S V. A Riccati-type solution of Euler-Poisson equations of rigid body rotation over the fixed point [J]. Acta Mechanica, 2017, 228(7): 2719-2723.
- [9] 贾书惠. 刚体动力学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1987: 81-88.
- [10] 彭芳麟. 计算物理基础(附光盘) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2010: 239-242.
- [11] 卢圣治. 理论力学基本教程 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2009: 316-318.
- [12] Sergey V Ershkov. On the invariant motions of rigid body rotation over the fixed point, via Euler's angles [J]. Archive of Applied Mechanics, 2016 86(11): 1797-1804.

The landing problem of a thin cylinder

WU Jia-yi

(Department of Physics, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The landing problem of a thin cylinder is abstracted from the spinning-landing process of a washbasin or a round plate in everyday life. This problem is analytically difficult but has a fascinating physical picture. In this paper, different approximate methods are used to gradually characterize the actual situation. The motion is shown using numerical simulation. The initial motion of a thin cylinder before it falls onto the ground can be approximated as a fixed point rotation and in good agreement with the reality, however, the whole motion is not fixed point rotation completely. So the general motion of this rigid is studied which leads to interesting results. The initial angular velocity of precession and nutation sculptured the state of motion, while force of friction plays a vital role in causing energy loss of the system.

Key words: rigid; fixed point rotation; theoretical mechanics; numerical solution