



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113341557 B

(45) 授权公告日 2022. 08. 02

(21) 申请号 202110879543.5

G02B 27/01 (2006.01)

(22) 申请日 2021.08.02

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113341557 A

CN 105917267 A, 2016.08.31

CN 211318883 U, 2020.08.21

CN 104635333 A, 2015.05.20

(43) 申请公布日 2021.09.03

CN 213069354 U, 2021.04.27

(73) 专利权人 深圳纳德光学有限公司
地址 518000 广东省深圳市南山区粤海街
道高新南七道15号深港产学研基地西
座一层W101室

CN 110873967 A, 2020.03.10

CN 207318847 U, 2018.05.04

WO 2015/050194 A1, 2017.03.09

审查员 孙晓康

(72) 发明人 彭华军 曹鸿鹏 郭健飞

(74) 专利代理机构 深圳市多智汇新知识产权代
理事务所(普通合伙) 44472
专利代理师 鲁华

(51) Int. Cl.

G02B 25/00 (2006.01)

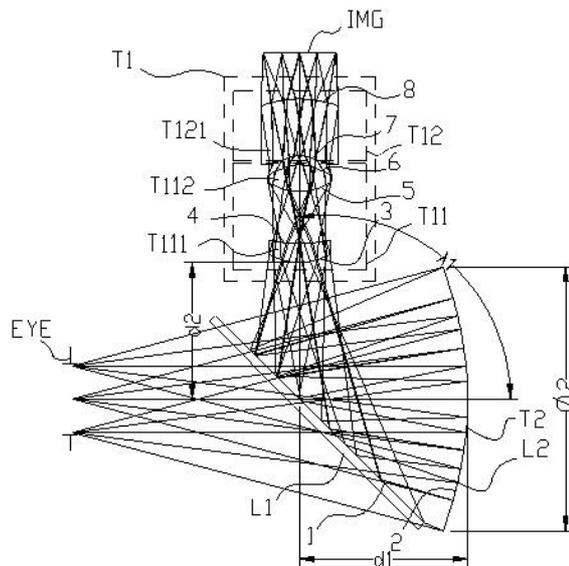
权利要求书2页 说明书11页 附图12页

(54) 发明名称

一种反射式目镜光学系统及头戴近眼显示装置

(57) 摘要

本发明涉及一种反射式目镜光学系统及头戴近眼显示装置,该系统包括:沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件和第二光学元件,以及位于微型图像显示器光轴上的第一透镜组;第一光学元件用于透射和反射来自于微型图像显示器的图像光;第二光学元件包含一个光学反射面;第一光学元件将经过第一透镜组折射的图像光反射至第二光学元件上,再将经第二光学元件反射的图像光透射至人眼处;第一透镜组包括第一子透镜组与第二子透镜组;第一子透镜组与第二子透镜组的有效焦距为正、负组合;对光路进行有效的折叠,减小了光学系统的整体尺寸,实现像差的大幅消除,用户可观看到全画幅高清、无失真、像质均匀的大幅画面,达到高临场感的视觉体验。



1. 一种反射式目镜光学系统,其特征在于:由沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件和第二光学元件,以及位于微型图像显示器光轴上的第一透镜组构成;所述第一光学元件用于透射和反射来自于所述微型图像显示器的图像光;所述第二光学元件包含一个光学反射面,且所述光学反射面凹向人眼;所述第一光学元件将经过所述第一透镜组折射的所述图像光反射至所述第二光学元件上,再将经所述第二光学元件反射的所述图像光透射至人眼处;

所述目镜光学系统的有效焦距为 f_w ,所述第一透镜组的有效焦距为 f_1 ,所述第二光学元件的有效焦距为 f_2 ,则 f_w 、 f_1 、 f_2 满足下列关系式(1)、(2):

$$f_1/f_w < -0.50 \quad (1);$$

$$f_2/f_w < -0.70 \quad (2);$$

所述第一透镜组由从人眼观看侧向微型图像显示器侧沿光轴方向共轴依次排列的第一子透镜组与第二子透镜组构成;所述第一子透镜组有效焦距为正;所述第二子透镜组有效焦距为负;所述第一子透镜组的有效焦距为 f_{11} ,所述第二子透镜组的有效焦距为 f_{12} ,则 f_{11} 、 f_{12} 和 f_1 满足下列关系式(3)、(4):

$$0.63 < f_{11}/f_1 \quad (3);$$

$$f_{12}/f_1 < -0.90 \quad (4);$$

所述第一子透镜组由两片透镜构成,分别是远离微型图像显示器侧的第一透镜和靠近微型图像显示器侧的第二透镜;所述第一透镜为负透镜;所述第二透镜为正透镜;所述第二子透镜组由与所述第一子透镜组近邻的第三透镜构成;所述第三透镜为负透镜。

2. 根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一光学元件远离人眼侧的光学面和所述第二光学元件中的所述光学反射面之间沿光轴的距离为 d_1 ,所述第一光学元件远离人眼侧的光学面和所述第一透镜组中距离人眼观察侧最近的光学面之间沿光轴的距离为 d_2 ,则 d_1 和 d_2 满足下列关系式(5):

$$0.69 < d_2/d_1 \quad (5)。$$

3. 根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第二光学元件的最大光学有效口径为 ϕ_2 ,则满足下列关系式(6):

$$\phi_2 < 70\text{mm} \quad (6)。$$

4. 根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一透镜的有效焦距为 f_{111} ,所述第一子透镜组的有效焦距为 f_{11} ,则 f_{111} 、 f_{11} 满足下列关系式(7):

$$2.41 < |f_{111}/f_{11}| \quad (7)。$$

5. 根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一子透镜组的有效焦距 f_{11} ,所述第二子透镜组的有效焦距 f_{12} ,所述第一透镜组的有效焦距 f_1 ,以及第一透镜的有效焦距 f_{111} ,进一步满足下列关系式(8)、(9)、(10):

$$0.63 < f_{11}/f_1 < 0.71 \quad (8);$$

$$2.41 < f_{111}/f_{11} < 5.30 \quad (9);$$

$$-1.16 < f_{12}/f_1 < -0.90 \quad (10)。$$

6. 根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一透镜靠近人眼侧的光学面凸向人眼。

7. 根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第三透镜的有效焦距

为 f_{121} ,则 f_{121} 满足下列关系式(11):

$$f_{121} < -9.70 \quad (11)。$$

8.根据权利要求7所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面凸向微型图像显示器。

9.根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一光学元件为平面透反光学元件;所述第一光学元件的反射率为 Re_1 ,则 Re_1 满足关系式(12):

$$20\% < Re_1 < 80\% \quad (12)。$$

10.根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述光学反射面的反射率为 Re_2 ,则 Re_2 满足下列关系式(13):

$$20\% < Re_2 \quad (13)。$$

11.根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一透镜组和所述第二光学元件之间的光轴夹角为 λ_1 ,则 λ_1 满足下列关系式(14):

$$55^\circ < \lambda_1 < 120^\circ \quad (14)。$$

12.根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第二光学元件包含两个面型相同的共轴光学面。

13.根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第一透镜组中包含一个或多个偶次非球面面型;所述第二光学元件的两个光学面均为偶次非球面面型。

14.根据权利要求13所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述偶次非球面面型满足关系式(15):

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \alpha_2 r^2 + \alpha_4 r^4 + \alpha_6 r^6 + \dots \quad (15);$$

其中, z 为光学面的矢高, c 为非球面顶点处曲率, k 为非球面系数, $\alpha_2, 4, 6 \dots$ 为各阶系数, r 为曲面上点到透镜系统光轴的距离坐标。

15.根据权利要求1所述的反射式目镜光学系统,其特征在于,所述第二光学元件的材质为光学塑胶材料。

16.一种头戴近眼显示装置,包括微型图像显示器,其特征在于:还包括如权利要求1-15中任一项所述的反射式目镜光学系统;所述目镜光学系统位于人眼和所述微型图像显示器之间。

17.根据权利要求16所述的头戴近眼显示装置,其特征在于,所述微型图像显示器为机电致发光器件。

18.根据权利要求16所述的头戴近眼显示装置,其特征在于,所述头戴近眼显示装置包含两个相同的所述反射式目镜光学系统。

一种反射式目镜光学系统及头戴近眼显示装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光学技术领域,更具体地说,涉及一种反射式目镜光学系统及头戴近眼显示装置。

背景技术

[0002] 随着电子器件不断向超微型化发展,头戴显示装置及产品在军事、工业、医疗、教育、消费等领域不断涌现应用,而一个典型的可穿戴计算系统架构中,头戴式显示装置是关键的部分。头戴显示装置通过光学技术,将微型图像显示器(例如透射式或反射式液晶显示屏,有机电致发光器件,DMD器件)发出的视频图像光引导到使用者的瞳孔,在使用者的近目范围实现虚拟、放大图像,为使用者提供直观、可视的图像、视频、文字信息。目镜光学系统是头戴显示装置的核心,实现将微型图像显示在人眼前形成虚拟放大图像的功能。

[0003] 头戴显示装置向着体积紧凑,重量轻,便于头戴,减轻负载等方向发展。同时,大视场角和视觉舒适体验也逐渐成为衡量头戴显示装置优劣的关键因素,大视场角决定了高临场感的视觉体验效果,高像质、低畸变决定了视觉体验的舒适度。满足这些要求,需要目镜光学系统尽可能地实现大视场角、高图像分辨力、低畸变、小场曲、小体积等指标,同时满足上述光学性能对系统的设计和像差优化是很大挑战。

[0004] 专利文献1(中国专利公开号CN101915992A)、专利文献2(中国专利公开号CN211698430U)、专利文献3(中国专利公开号CN106662678A)、专利文献4(中国专利公开号CN105229514A)分别提供的是采用传统光学球面及偶次非球面组合的反射式光学系统,其中专利文献1采用的是中继方案,但是该方案采用了自由曲面反射方式,导致整个光学系统实现难度大大提升;专利文献2、专利文献3和专利文献4的光学系统采用的是反射式光学系统,但是由于应用领域的不同而导致基本的光学结构相差更远,如镜片面型和镜片之间间隙的搭配关系等。

[0005] 专利文献5(中国专利公开号CN207081891U)、专利文献5(中国专利公开号CN108604007A)提供的是采用了折反方式的目镜光学系统,虽然保证了高质量的成像,但其光学结构往往局限于单次透镜反射,大大限制了整个光学结构的性能比。

[0006] 综上所述,现有的光学结构不仅存在重量大、视场角小、光学性能不足等问题,而且还因为实现难度大而导致加工量产较难等问题。

发明内容

[0007] 本发明要解决的技术问题在于现有的光学结构重量大、像质不高、存在畸变、视场角不够大以及量产较难等问题,针对现有技术的上述缺陷,提供一种反射式目镜光学系统及头戴近眼显示装置。

[0008] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:构造一种反射式目镜光学系统,包括:沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件和第二光学元件,以及位于微型图像显示器光轴上的第一透镜组;所述第一光学元件用于透射和反射来自于所述微型图像显示器

的图像光;所述第二光学元件包含一个光学反射面,且所述光学反射面凹向人眼观看方向;所述第一光学元件将经过所述第一透镜组折射的所述图像光反射至所述第二光学元件上,再将经所述第二光学元件反射的所述图像光透射至人眼处;

[0009] 所述目镜光学系统的有效焦距为 f_w ,所述第一透镜组的有效焦距为 f_1 ,所述第二光学元件的有效焦距为 f_2 ,则 f_w 、 f_1 、 f_2 满足下列关系式(1)、(2):

$$[0010] \quad f_1/f_w < -0.50 \quad (1);$$

$$[0011] \quad f_2/f_w < -0.70 \quad (2);$$

[0012] 所述第一透镜组包括从人眼观看侧向微型图像显示器侧沿光轴方向共轴依次排列的第一子透镜组与第二子透镜组;所述第一子透镜组与所述第二子透镜组的有效焦距为正、负组合;所述第一子透镜组的有效焦距为 f_{11} ,所述第二子透镜组的有效焦距为 f_{12} ,则 f_{11} 、 f_{12} 和 f_1 满足下列关系式(3)、(4):

$$[0013] \quad 0.63 < f_{11}/f_1 \quad (3);$$

$$[0014] \quad f_{12}/f_1 < -0.90 \quad (4)。$$

[0015] 进一步地,所述第一光学元件和所述第二光学元件沿光轴的距离为 d_1 ,所述第一光学元件和所述第一透镜组沿光轴的距离为 d_2 ,则 d_1 和 d_2 满足下列关系式(5):

$$[0016] \quad 0.69 < d_2/d_1 \quad (5)。$$

[0017] 进一步地,所述第二光学元件的最大光学有效口径为 ϕ_2 ,则满足下列关系式(6):

$$[0018] \quad \phi_2 < 70\text{mm} \quad (6)。$$

[0019] 进一步地,所述第一子透镜组由两片透镜构成,分别是远离微型图像显示器侧的第一透镜和靠近微型图像显示器侧的第二透镜;所述第一透镜为负透镜;所述第二透镜为正透镜。

[0020] 进一步地,所述第一透镜的有效焦距为 f_{111} ,所述第一子透镜组的有效焦距为 f_{11} ,则 f_{111} 、 f_{11} 满足下列关系式(7):

$$[0021] \quad 2.41 < |f_{111}/f_{11}| \quad (7)。$$

[0022] 进一步地,所述第一子透镜组的有效焦距 f_{11} ,所述第二子透镜组的有效焦距 f_{12} ,所述第一透镜的有效焦距 f_{111} ,以及所述第一透镜组的有效焦距 f_1 ,进一步满足下列关系式(8)、(9)、(10):

$$[0023] \quad 0.63 < f_{11}/f_1 < 0.71 \quad (8);$$

$$[0024] \quad 2.41 < f_{111}/f_{11} < 5.30 \quad (9);$$

$$[0025] \quad -1.16 < f_{12}/f_1 < -0.90 \quad (10)。$$

[0026] 进一步地,所述第一透镜靠近人眼侧的光学面凸向人眼方向。

[0027] 进一步地,所述第二透镜组包括第三透镜;所述第三透镜为负透镜;所述第三透镜的有效焦距为 f_{121} ,则 f_{121} 满足下列关系式(11):

$$[0028] \quad f_{121} < -9.70 \quad (11)。$$

[0029] 进一步地,所述第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面凸向微型图像显示器方向。

[0030] 进一步地,所述第一光学元件为平面透反光学元件;所述第一光学元件的反射率为 Re_1 ,则 Re_1 满足关系式(12):

$$[0031] \quad 20\% < Re_1 < 80\% \quad (12)。$$

[0032] 进一步地,所述光学反射面的反射率为 Re_2 ,则 Re_2 满足下列关系式(13):

$$[0033] \quad 20\% < Re_2 \quad (13)。$$

[0034] 进一步地,所述第一透镜组和所述第二光学元件之间的光轴夹角为 λ_1 ,则 λ_1 满足下列关系式(14):

$$[0035] \quad 55^\circ < \lambda_1 < 120^\circ \quad (14)。$$

[0036] 进一步地,所述目镜光学系统还包括位于所述第一透镜组和所述第一光学元件之间的平面反射光学元件;所述平面反射光学元件将经过所述第一透镜组折射的所述图像光反射至所述第一光学元件上,所述第一光学元件将所述图像光反射至所述第二光学元件上,再将经所述第二光学元件反射的所述图像光透射至人眼处;

[0037] 所述第一透镜组与所述第一光学元件的夹角为 λ_2 ,则 λ_2 满足下列关系式(16):

$$[0038] \quad 60^\circ \leq \lambda_2 \leq 180^\circ \quad (16)。$$

[0039] 进一步地,所述第二光学元件包含两个面型相同的共轴光学面。

[0040] 进一步地,所述第一透镜组中包含一个或多个偶次非球面面型;所述第二光学元件的两个光学面均为偶次非球面面型。

[0041] 进一步地,所述偶次非球面面型满足关系式(15):

$$[0042] \quad z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \alpha_2 r^2 + \alpha_4 r^4 + \alpha_6 r^6 + \dots \quad (15)。$$

[0043] 进一步地,所述第二光学元件的材质为光学塑胶材料。

[0044] 本申请提供一种头戴近眼显示装置,包括微型图像显示器,还包括如前述中任一项所述的反射式目镜光学系统;所述目镜光学系统位于人眼和所述微型图像显示器之间。

[0045] 进一步地,所述微型图像显示器为有机电致发光器件。

[0046] 进一步地,所述头戴近眼显示装置包含两个相同的所述反射式目镜光学系统。

[0047] 本发明的有益效果在于:第一光学元件具有的透射和反射性能,第二光学元件包含一个反射面,采用第一透镜组、第一光学元件和第二光学元件组成目镜光学系统对光路进行有效的折叠,减小了目镜光学系统的整体尺寸,提高了后续量产的可能性,第一透镜组包含第一子透镜组与第二子透镜组,第一子透镜组与第二子透镜组采用正、负组合,在实现产品小尺寸化、降低成本和重量的基础上,实现光学系统像差的大幅消除,同时也提高了基本的光学指标,保证很高的成像质量的同时,提高了画角的大小,观察者可以通过本发明,观看到全画幅高清、无失真、像质均匀的大幅画面,达到高临场感的视觉体验,适用于近眼显示器及其类似装置。

附图说明

[0048] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,下面描述中的附图仅仅是本发明的部分实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他附图:

[0049] 图1是本发明第一实施例的反射式目镜光学系统的光路结构图;

[0050] 图2是本发明第一实施例的反射式目镜光学系统的弥散斑阵列示意图;

[0051] 图3a是本发明第一实施例的反射式目镜光学系统的场曲示意图;

- [0052] 图3b是本发明第一实施例的反射式目镜光学系统的畸变示意图；
 [0053] 图4是本发明第一实施例的反射式目镜光学系统的光学传递函数MTF曲线图；
 [0054] 图5是本发明第二实施例的反射式目镜光学系统的光路结构图；
 [0055] 图6是本发明第二实施例的反射式目镜光学系统的弥散斑阵列示意图；
 [0056] 图7a是本发明第二实施例的反射式目镜光学系统的场曲示意图；
 [0057] 图7b是本发明第二实施例的反射式目镜光学系统的畸变示意图；
 [0058] 图8是本发明第二实施例的反射式目镜光学系统的光学传递函数MTF曲线图；
 [0059] 图9是本发明第三实施例的反射式目镜光学系统的光路结构图；
 [0060] 图10是本发明第三实施例的反射式目镜光学系统的弥散斑阵列示意图；
 [0061] 图11a是本发明第三实施例的反射式目镜光学系统的场曲示意图；
 [0062] 图11b是本发明第三实施例的反射式目镜光学系统的畸变示意图；
 [0063] 图12是本发明第三实施例的反射式目镜光学系统的光学传递函数MTF曲线图。

具体实施方式

[0064] 为了使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述，显然，所描述的实施例是本发明的部分实施例，而不是全部实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有付出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明的保护范围。

[0065] 本发明构造一种反射式目镜光学系统，包括：沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件和第二光学元件，以及位于微型图像显示器光轴上的第一透镜组；第一光学元件用于透射和反射来自于微型图像显示器的图像光；第二光学元件包含一个光学反射面，且光学反射面凹向人眼观看方向；第一光学元件将经过第一透镜组折射的图像光反射至第二光学元件上，再将经第二光学元件反射的图像光透射至人眼处；

[0066] 目镜光学系统的有效焦距为 f_w ，第一透镜组的有效焦距为 f_1 ，第二光学元件的有效焦距为 f_2 ，则 f_w 、 f_1 、 f_2 满足下列关系式(1)、(2)：

$$[0067] \quad f_1/f_w < -0.50 \quad (1);$$

$$[0068] \quad f_2/f_w < -0.70 \quad (2);$$

[0069] 其中， f_1/f_w 可取值为-0.50、-0.579、-1.462、-3.398、-11.295、-23.931、-30.891、-44.751、-51.535、-70.479等等， f_2/f_w 可取值为-0.70、-0.79、-1.93、-3.59、-11.35、-31.12、-45.08、-50.91、-71.88、-80.73、-100.649等等。

[0070] 第一透镜组包括从人眼观看侧向微型图像显示器侧沿光轴方向共轴依次排列的第一子透镜组与第二子透镜组；第一子透镜组与第二子透镜组的有效焦距为正、负组合；第一子透镜组的有效焦距为 f_{11} ，第二子透镜组的有效焦距为 f_{12} ，则 f_{11} 、 f_{12} 和 f_1 满足下列关系式(3)、(4)：

$$[0071] \quad 0.63 < f_{11}/f_1 \quad (3);$$

$$[0072] \quad f_{12}/f_1 < -0.90 \quad (4);$$

[0073] 其中， f_{11}/f_1 可取值为0.63、0.68、0.72、0.88、1.32、1.55、2.25、3.57、5.57、8.79、9.91、10.11、20.22等等， f_{12}/f_1 可取值为-0.90、-1.12、-1.88、-2.32、-3.55、-5.25、-7.57、-8.57、-8.79、-9.91、-10.11、-20.22等等。

[0074] 上述关系式(1)、(2)、(3)、(4)中, f_1/f_w 、 f_2/f_w 、 f_{11}/f_1 和 f_{12}/f_1 的取值范围对系统像差的校正、光学元件的加工难度、以及光学元件装配偏差的灵敏度密切相关,其中关系式(1)中 f_1/f_w 的取值小于-0.50,改善了系统中光学元件的可加工性;关系式(2)中的 f_2/f_w 的取值小于-0.70,使系统像差得以充分校正,从而实现更加优质的光学效果。关系式(3)中 f_{11}/f_1 的取值大于0.63,使系统像差得以充分校正,从而实现优质的光学效果;关系式(4)中 f_{12}/f_1 的取值小于-0.90,降低了球差的校正难度,便于实现大光学孔径。

[0075] 其中,第一透镜组包含两个子透镜组,分别是相邻设置的第一子透镜组与第二子透镜组,第一子透镜组与第二子透镜组采用正、负的焦距组合,负透镜组矫正像差,正透镜组提供聚焦成像。各透镜组的焦距组合较为复杂,能够更好地矫正像差,加工性更好,成本较低,充分地矫正了系统的像差,提升了系统的光学分辨力。

[0076] 更重要的是,利用第一光学元件与第二光学元件具有的透射和反射性能,对光路进行有效的折叠,减小了目镜光学系统的整体尺寸,提高了后续量产的可能性,在产品小尺寸化、降低成本和重量的基础上,实现光学系统像差的大幅消除,同时也提高了基本的光学指标,保证很高的成像质量的同时,提高了画角的大小,观察者可以通过本发明,观看到全画幅高清、无失真、像质均匀的大幅画面,达到高临场感的视觉体验,本产品适用于头戴近眼显示装置及其类似装置。

[0077] 上述实施例中,第一光学元件可以为75%透射,25%反射或65%透射,35%反射或具有透射反射功能的偏振片。第二光学元件只是具有反射功能的部件,可以是镜片,也可以是具有反射功能的金属件。

[0078] 如图1所示,包括从人眼观察侧到微型图像显示器之间沿光轴方向排列的第一光学元件、第二光学元件、第一透镜组;其中,以靠近人眼E侧的光学表面序号为1,依此类推(从左至右为2、3、4、5、6……),从微型图像显示器发出的光,经第一透镜组折射后,在第一光学元件上反射至第二光学元件上,第二光学元件将光反射至第一光学元件上,再经过第一光学元件透射至人眼。

[0079] 在进一步的实施例中,第一光学元件和第二光学元件沿光轴的距离为 d_1 ,第一光学元件和第一透镜组沿光轴的距离为 d_2 ,则 d_1 和 d_2 满足下列关系式(5):

$$[0080] \quad 0.69 < d_2/d_1 \quad (5);$$

[0081] 其中, d_2/d_1 可取值为0.69,0.83,0.88,0.98,1.55,2.37,3.55,3.88,3.99,4.57,4.89,4.99等等。

[0082] 上述关系式(5)中 d_2/d_1 的下限取值大于0.69,降低了系统离轴像差的校正难度,确保中心视场和边缘视场同时达到较高的图像质量,使全画幅内像质均匀。

[0083] 在进一步的实施例中,第二光学元件的最大光学有效口径为 ϕ_2 ,则满足下列关系式(6):

$$[0084] \quad \phi_2 < 70\text{mm} \quad (6);$$

[0085] 其中, ϕ_2 可取值为70、69、65、56、52、48、32、30、28、26、21等等,单位mm。

[0086] 在其中一个实施例中,第一子透镜组由两片透镜构成,分别是远离微型图像显示器侧的第一透镜和靠近微型图像显示器侧的第二透镜;第一透镜为负透镜;第二透镜为正透镜。

[0087] 在进一步的实施例中,第一透镜的有效焦距为 f_{111} ,第一子透镜组的有效焦距为

f_{11} , 则 f_{111} 、 f_{11} 满足下列关系式 (7):

$$[0088] \quad 2.41 < |f_{111}/f_{11}| \quad (7);$$

[0089] 其中, $|f_{111}/f_{11}|$ 可取值为 2.41、3.72、4.88、5.32、8.55、11.25、23.57、35.57、48.79、69.91、100.11、200.22 等等。

[0090] 关系式 (11) 中 $|f_{111}/f_{11}|$ 的取值大于 2.41, 使系统像差得以充分校正, 从而实现优质的光学效果。

[0091] 在进一步的实施例中, 第一子透镜组的有效焦距 f_{11} , 第二子透镜组的有效焦距 f_{12} , 第一透镜的有效焦距 f_{111} , 以及第一透镜组的有效焦距 f_1 , 进一步满足下列关系式 (8)、(9)、(10):

$$[0092] \quad 0.63 < f_{11}/f_1 < 0.71 \quad (8);$$

$$[0093] \quad 2.41 < f_{111}/f_{11} < 5.30 \quad (9);$$

$$[0094] \quad -1.16 < f_{12}/f_1 < -0.90 \quad (10);$$

[0095] 其中, f_{11}/f_1 可取值为 0.63、0.64、0.643、0.649、0.651、0.671、0.683、0.689、0.691、0.693、0.709、0.71 等等, f_{111}/f_{11} 可取值为 2.41、2.44、2.48、3.04、3.92、4.18、4.38、4.68、5.17、5.29、5.30 等等, f_{12}/f_1 可取值为 -1.16、-1.158、-1.14、-1.02、-1.01、-0.985、-0.977、-0.963、-0.939、-0.903、-0.90 等等。

[0096] 通过进一步优选第一子透镜组、第二子透镜组、第一透镜和系统有效焦距的取值范围, 更好地平衡了所述光学系统的光学性能和加工制造难度。

[0097] 在进一步的实施例中, 第一透镜靠近人眼侧的光学面凸向人眼方向。

[0098] 在进一步的实施例中, 第三透镜靠近微型图像显示器侧的光学面凸向微型图像显示器方向。

[0099] 可以进一步缩小目镜光学系统的尺寸, 提高系统像质, 校正畸变, 改善了系统的像散和场曲等像差, 有利于目镜系统实现全画幅均匀像质的高分辨率光学效果。

[0100] 在进一步的实施例中, 第二透镜组包括第三透镜; 第三透镜为负透镜; 第三透镜的有效焦距为 f_{121} , 则 f_{121} 满足下列关系式 (11):

$$[0101] \quad f_{121} < -9.70 \quad (11);$$

[0102] 其中 f_{121} 可取值为 -9.70、-9.79、-11.5、-22、-23.5、-27.8、-30.5、-39.4、-44.5、-57.9、-100.1 等等。关系式 (11) 中 f_{121} 其取值小于 -9.70, 降低了球差的校正难度, 便于实现大光学孔径。

[0103] 在进一步的实施例中, 第一光学元件为平面透反光学元件; 第一光学元件的反射率为 Re_1 , 则 Re_1 满足关系式 (12):

$$[0104] \quad 20\% < Re_1 < 80\% \quad (12);$$

[0105] 其中, Re_1 可取值为 20%、21%、30%、47%、52%、60%、65%、70%、78.9%、80% 等等。

[0106] 在进一步的实施例中, 光学反射面的反射率为 Re_2 , 则 Re_2 满足下列关系式 (13):

$$[0107] \quad 20\% < Re_2 \quad (13);$$

[0108] 其中, Re_2 可取值为 20%、30%、47%、52%、60%、65%、70%、80%、99% 等等。

[0109] 在进一步的实施例中, 第一透镜组和第二光学元件之间的光轴夹角为 λ_1 , 则 λ_1 满足下列关系式 (14):

[0110] $55^\circ < \lambda_1 < 120^\circ$ (14);

[0111] 其中,其中 λ_1 可取值为 55° 、 66° 、 70° 、 90° 、 100° 、 120° 等等。

[0112] 在其中一个实施例中,目镜光学系统还包括位于第一透镜组和第一光学元件之间的平面反射光学元件;平面反射光学元件将经过第一透镜组折射的图像光反射至第一光学元件上,第一光学元件将图像光反射至第二光学元件上,再将经第二光学元件反射的图像光透射至人眼处;

[0113] 第一透镜组与第一光学元件的夹角为 λ_2 ,则 λ_2 满足下列关系式(16):

[0114] $60^\circ \leq \lambda_2 \leq 180^\circ$ (16);

[0115] 其中 λ_2 可取值为 60° 、 80° 、 90° 、 100° 、 130° 、 140° 、 155° 、 167° 、 180° 等等。

[0116] 在进一步的实施例中,第二光学元件包含两个面型相同的共轴光学面。

[0117] 使所述光学系统的各级像差得到进一步的优化校正。进一步提升所述目镜光学系统的光学性能。

[0118] 在进一步的实施例中,第一透镜组中包含一个或多个偶次非球面面型;第二光学元件的两个光学面均为偶次非球面面型。

[0119] 在进一步的实施例中,偶次非球面面型满足关系式(15):

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2r^2}} + \alpha_2 r^2 + \alpha_4 r^4 + \alpha_6 r^6 + \dots \quad (15)。$$

[0121] 其中, z 为光学面的矢高, c 为非球面顶点处曲率, k 为非球面系数, $\alpha_2, 4, 6 \dots$ 为各阶系数, r 为曲面上点到透镜系统光轴的距离坐标。

[0122] 使所述光学系统的像差(包括球差、慧差、畸变、场曲、像散、色差和其它高阶像差)得到充分的校正,有利于所述目镜光学系统在实现大视场角、大孔径的同时,进一步提升中心视场和边缘视场的图像质量、缩小中心视场和边缘视场图像质量的差别,实现全画幅内更均匀的图像质量和低畸变。

[0123] 在进一步的实施例中,第二光学元件的材质为光学塑胶材料。如:E48R、EP5000、OKP1等等。

[0124] 使得所述目镜光学系统的各级像差得到充分校正的同时,又控制了光学元件的制造成本和光学系统的重量。

[0125] 下面通过更加具体的实施例对上述目镜光学系统的原理、方案及显示结果进行更进一步的阐述。

[0126] 以下实施例中,光阑E可以为目镜光学系统成像的出瞳,为一个虚拟的出光孔径,人眼的瞳孔在光阑位置时,可以观察到最佳的成像效果。

[0127] 第一实施例

[0128] 所述第一实施例目镜设计数据如下表一所示:

[0129] 表一

表面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	镜片		净口径 (mm)	圆锥系数
			折射率	阿贝数		
[0130]						

光阑	无穷	47			6	
2	-41.11057	-20.00047		无穷	31.6328	1.352193
3	无穷	16.39922		无穷	41.96353	
4	无穷				9.897529	
5	-38.06756	2.269064	1.6595	57.385393	7.290616	-97.12905
6	14.53568	6.226581			6.366176	
7	5.974234	3.2067	1.5176	63.502624	7.5969	-1.414913
8	-3.649261	1.067102			7.462009	-3.685511
9	-4.576955	6.829327	1.945958	17.943914	7.06327	-6.873938
10	-13.30317	5.50581			9.26265	
像面	无穷				8.679118	

[0131] 附图1为第一实施例的目镜光学系统光路图,包括:沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件L1和第二光学元件T2,以及位于微型图像显示器IMG光轴上的第一透镜组T1;第一光学元件L1用于透射和反射来自于微型图像显示器IMG的图像光;第二光学元件T2包含一个光学反射面L2,且光学反射面L2凹向人眼观看方向;第一光学元件L1将经过第一透镜组T1折射的图像光反射至第二光学元件T2上,再将经第二光学元件T2反射的图像光透射至人眼EYE处。

[0132] 附图1为第一实施例的目镜光学系统光路图,包括:沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件L1和第二光学元件T2,以及位于微型图像显示器IMG光轴上的第一透镜组T1;第一光学元件L1用于透射和反射来自于微型图像显示器IMG的图像光;第二光学元件T2包含一个光学反射面L2,且光学反射面L2凹向人眼观看方向;第一光学元件L1将经过第一透镜组T1折射的图像光反射至第二光学元件T2上,再将经第二光学元件T2反射的图像光透射至人眼EYE处。

[0133] 目镜光学系统的有效焦距 f_w 为-17.933,所述第一透镜组T1的有效焦距 f_1 为10.76,第二光学元件T2的有效焦距 f_2 为14.35,第一光学元件L1和第二光学元件T2沿光轴的距离 d_1 为21.4,第一光学元件L1和第一透镜组T1沿光轴的距离 d_2 为15.0,其中第一透镜组T1包括第一子透镜组T11和第二子透镜组T12,第一子透镜组T11和第二子透镜组T12的有效焦距为正、负组合;第一子透镜组T11的有效焦距 f_{11} 为7.06,第二子透镜组T12的有效焦距 f_{12} 为-9.8,第一子透镜组T11为正透镜组,第一子透镜组T11由两片透镜构成,分别是远离微型图像显示器IMG侧的第一透镜T111和靠近微型图像显示器IMG侧的第二透镜T112;第一透镜T111为负透镜,第二透镜T112为正透镜;第二子透镜组T12包括第三透镜T121,第三透镜T121为负透镜。第一透镜T11的有效焦距 f_{111} 为17.12。则 f_1/f_w 为-0.6, f_2/f_w 为-0.8, f_{11}/f_1 为0.66, f_{111}/f_{11} 为2.42, f_{12}/f_1 为-0.91, f_{121} 为-9.8, d_2/d_1 为0.7, λ_1 为 90° 。

[0134] 附图2、附图3a、附图3b和附图4分别为弥散斑阵列图,场曲、畸变图和传递函数MTF曲线图,反映出了本实施例各个视场光线在像平面(微型图像显示器IMG)的单位像素内有着很高的分辨率及很小的光学畸变,单位周期每10mm分辨率达到0.8以上,光学系统像差以及图像飘移得到良好校正,通过所述目镜光学系统可观察到均匀、高光学性能的显示画像。

[0135] 第二实施例

[0136] 所述第二实施例目镜设计数据如下表二所示:

[0137] 表二

表面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	镜片		净口径 (mm)	圆锥系数
			折射率	阿贝数		
光阑	无穷	47			6	
2	-47.89936	-20.00047		无穷	31.79071	1.545037
3	无穷	25.64605		无穷	19.23937	
4	-11.60022	2.887507	1.517602	63.502624	8.967737	-0.1358227
5	9.149344	6.873337			7.703785	
6	15.08652	3.871348	1.7433	49.335808	8.816071	-1.052904
7	-8.252551	0.400037			8.661677	-3.738249
8	-7.5156	5.168428	1.922867	18.895456	8.606499	-2.85595
9	-16.16793	10.88742			9.79516	
像面	无穷				8.642018	

[0138] 附图5为第二实施例的目镜光学系统光路图,包括:沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件L1和第二光学元件T2,以及位于微型图像显示器IMG光轴上的第一透镜组T1;第一光学元件L1用于透射和反射来自于微型图像显示器IMG的图像光;第二光学元件T2包含一个光学反射面L2,且光学反射面L2凹向人眼观看方向;第一光学元件L1将经过第一透镜组T1折射的图像光反射至第二光学元件T2上,再将经第二光学元件T2反射的图像光透射至人眼EYE处。

[0140] 目镜光学系统的有效焦距 f_w 为-15.9,所述第一透镜组T1的有效焦距 f_1 为12.87,第二光学元件T2的有效焦距 f_2 为23.95,第一光学元件L1和第二光学元件T2沿光轴的距离 d_1 为20.0,第一光学元件L1和第一透镜组T1沿光轴的距离 d_2 为25.65,其中第一透镜组T1包括第一子透镜组T11和第二子透镜组T12,第一子透镜组T11和第二子透镜组T12的有效焦距为正、负组合;第一子透镜组T11的有效焦距 f_{11} 为8.18,第二子透镜组T12的有效焦距 f_{12} 为-14.1,第一子透镜组T11为正透镜组,第一子透镜组T11由两片透镜构成,分别是远离微型图像显示器IMG侧的第一透镜T111和靠近微型图像显示器IMG侧的第二透镜T112;第一透镜T111为负透镜,第二透镜T112为正透镜;第二子透镜组T12包括第三透镜T121,第三透镜T121为负透镜。第一透镜T11的有效焦距 f_{111} 为28.1。则 f_1/f_w 为-0.81, f_2/f_w 为-1.51, f_{11}/f_1 为0.64, f_{111}/f_{11} 为3.44, f_{12}/f_1 为-1.1, f_{121} 为-14.1, d_2/d_1 为1.28, λ_1 为 90° 。

[0141] 附图6、附图7a、附图7b和附图8分别为弥散斑阵列图,场曲、畸变图和传递函数MTF曲线图,反映出了本实施例各个视场光线在像平面(微型图像显示器IMG)的单位像素内有着很高的分辨率及很小的光学畸变,单位周期每10mm分辨率达到0.8以上,光学系统像差以及图像飘移得到良好校正,通过所述目镜光学系统可观察到均匀、高光学性能的显示画像。

[0142] 第三实施例

[0143] 所述第三实施例目镜设计数据如下表三所示:

[0144] 表三

表面	曲率半径 (mm)	厚度 (mm)	镜片		净口径 (mm)	圆锥系数
			折射率	阿贝数		
光阑	无穷	47			8	
2	-50.44022	-20		无穷	31.84217	1.579049
3	无穷	29.1019		无穷	20.34055	
4	-9.77198	4.068033	1.5928	68.345897	9.729424	0.1252087
5	5.163932	3.665553			7.139224	
6	12.44876	3.693746	1.816003	46.570767	7.853824	-0.5112005
7	-10.68766	0.06563977			7.586381	-5.190833
8	-10.32774	6.129867	1.945958	17.943914	7.439129	-1.345337
9	-91.61659	7.384529			7.241777	
像面	无穷				7.579178	

[0145] 附图9为第三实施例的目镜光学系统光路图,包括:沿人眼光轴入射方向依次设置的第一光学元件L1和第二光学元件T2,以及位于微型图像显示器IMG光轴上的第一透镜组T1;第一光学元件L1用于透射和反射来自于微型图像显示器IMG的图像光;第二光学元件T2包含一个光学反射面L2,且光学反射面L2凹向人眼观看方向;第一光学元件L1将经过第一透镜组T1折射的图像光反射至第二光学元件T2上,再将经第二光学元件T2反射的图像光透射至人眼EYE处。

[0147] 目镜光学系统的有效焦距 f_w 为-13.89,第一透镜组T1的有效焦距 f_1 为10.66,第二光学元件T2的有效焦距 f_2 为25.22,第一光学元件L1和第二光学元件T2沿光轴的距离 d_1 为20.0,第一光学元件L1和第一透镜组T1沿光轴的距离 d_2 为29.1,其中第一透镜组T1包括第一子透镜组T11和第二子透镜组T12,第一子透镜组T11和第二子透镜组T12的有效焦距为正、负组合;第一子透镜组T11的有效焦距 f_{11} 为7.47,第二子透镜组T12的有效焦距 f_{12} 为-12.25,第一子透镜组T11为正透镜组,第一子透镜组T11由两片透镜构成,分别是远离微型图像显示器IMG侧的第一透镜T111和靠近微型图像显示器IMG侧的第二透镜T112;第一透镜T111为负透镜,第二透镜T112为正透镜;第二子透镜组T12包括第三透镜T121,第三透镜T121为负透镜。第一透镜T11的有效焦距 f_{111} 为39.54。则 f_1/f_w 为-0.77, f_2/f_w 为-1.82, f_{11}/f_1 为0.70, f_{111}/f_{11} 为5.29, f_{12}/f_1 为-1.15, f_{121} 为-12.25, d_2/d_1 为1.46, λ_1 为 90° 。

[0148] 附图10、附图11a、附图11b和附图12分别为弥散斑阵列图,场曲、畸变图和传递函数MTF曲线图,反映出了本实施例各个视场光线在像平面(微型图像显示器IMG)的单位像素内有着很高的分辨率及很小的光学畸变,单位周期每10mm分辨率达到0.8以上,光学系统像差以及图像飘移得到良好校正,通过所述目镜光学系统可观察到均匀、高光学性能的显示画像。

[0149] 上述实施例一至三的各项数据均满足发明内容中所记录的参数要求,结果如下表四所示:

[0150] 表四

	f_1/f_w	f_2/f_w	f_{11}/f_1	f_{111}/f_{11}	f_{12}/f_1
实施例一	-0.60	-0.80	0.66	2.42	-0.91
实施例二	-0.81	-1.51	0.64	3.44	-1.1
实施例三	-0.77	-1.82	0.7	5.29	-1.15

[0152] 本申请提供一种头戴近眼显示装置,包括微型图像显示器,还包括如前述中任一一项的反射式目镜光学系统;目镜光学系统位于人眼和微型图像显示器之间。

[0153] 优选地,微型图像显示器为有机电致发光器件。

[0154] 优选地,头戴近眼显示装置包含两个相同的反射式目镜光学系统。

[0155] 综上所述,本发明的上述各实施例的反射式目镜光学系统的第一透镜组包含两个子透镜组,分别是第一子透镜组与第二子透镜组,第一子透镜组与第二子透镜组的有效焦距采用正、负组合,充分地校正了系统的像差,提升了系统的光学分辨力。更重要的是,利用第一光学元件具有的透射和反射性能,第二光学元件具有一个反射面,对光路进行有效的折叠,减小了目镜光学系统的整体尺寸,提高了后续量产的可能性,在产品小尺寸化、降低成本和重量的基础上,实现光学系统像差的大幅消除,同时也提高了基本的光学指标,保证很高的成像质量的同时,提高了画角的大小,观察者可以通过本发明,观看到全画幅高清、无失真、像质均匀的大幅画面,达到高临场感的视觉体验,本产品适用于头戴近眼显示装置及其类似装置。

[0156] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

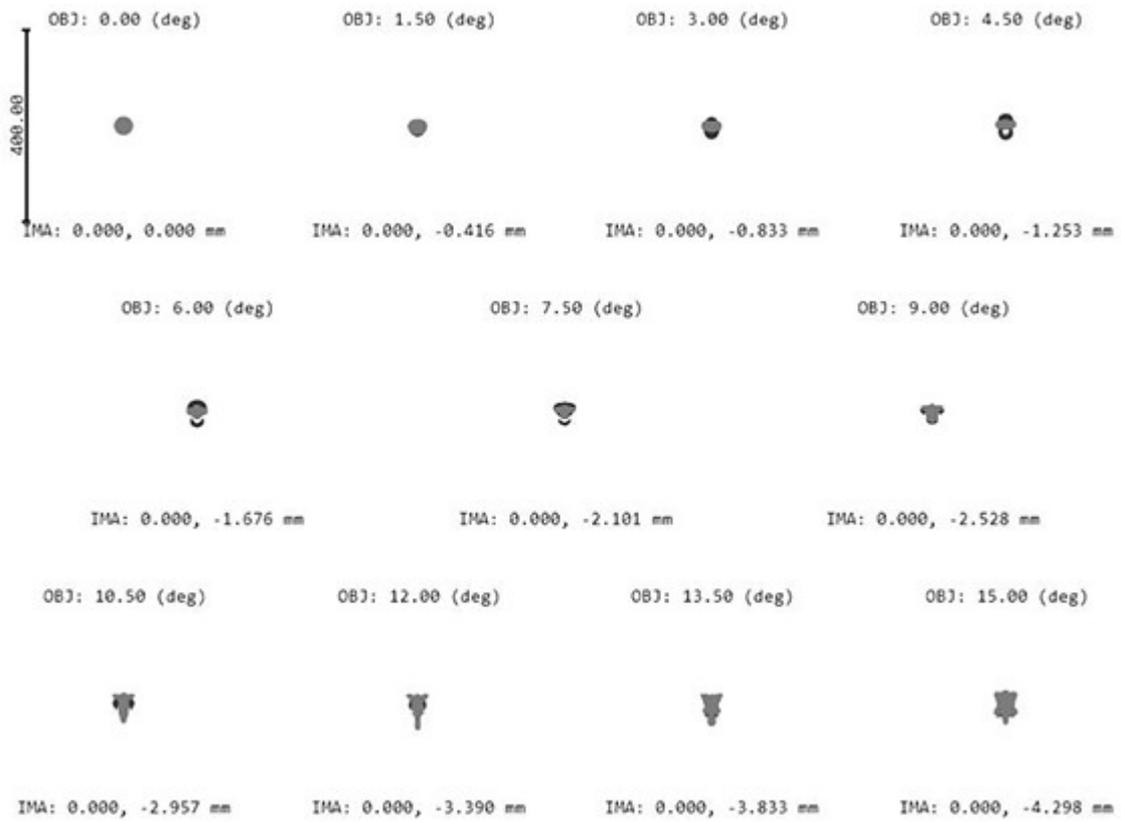


图2

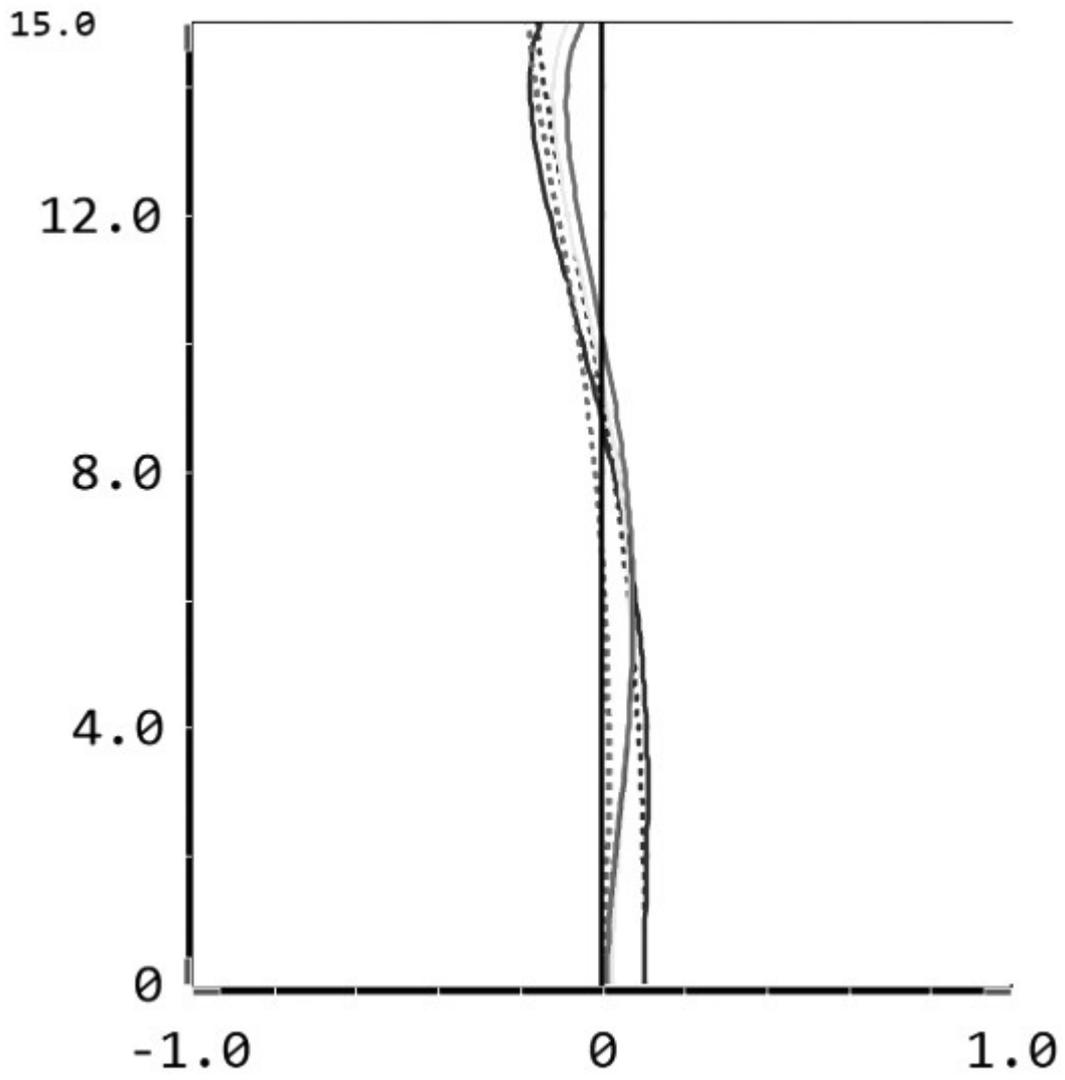


图3a

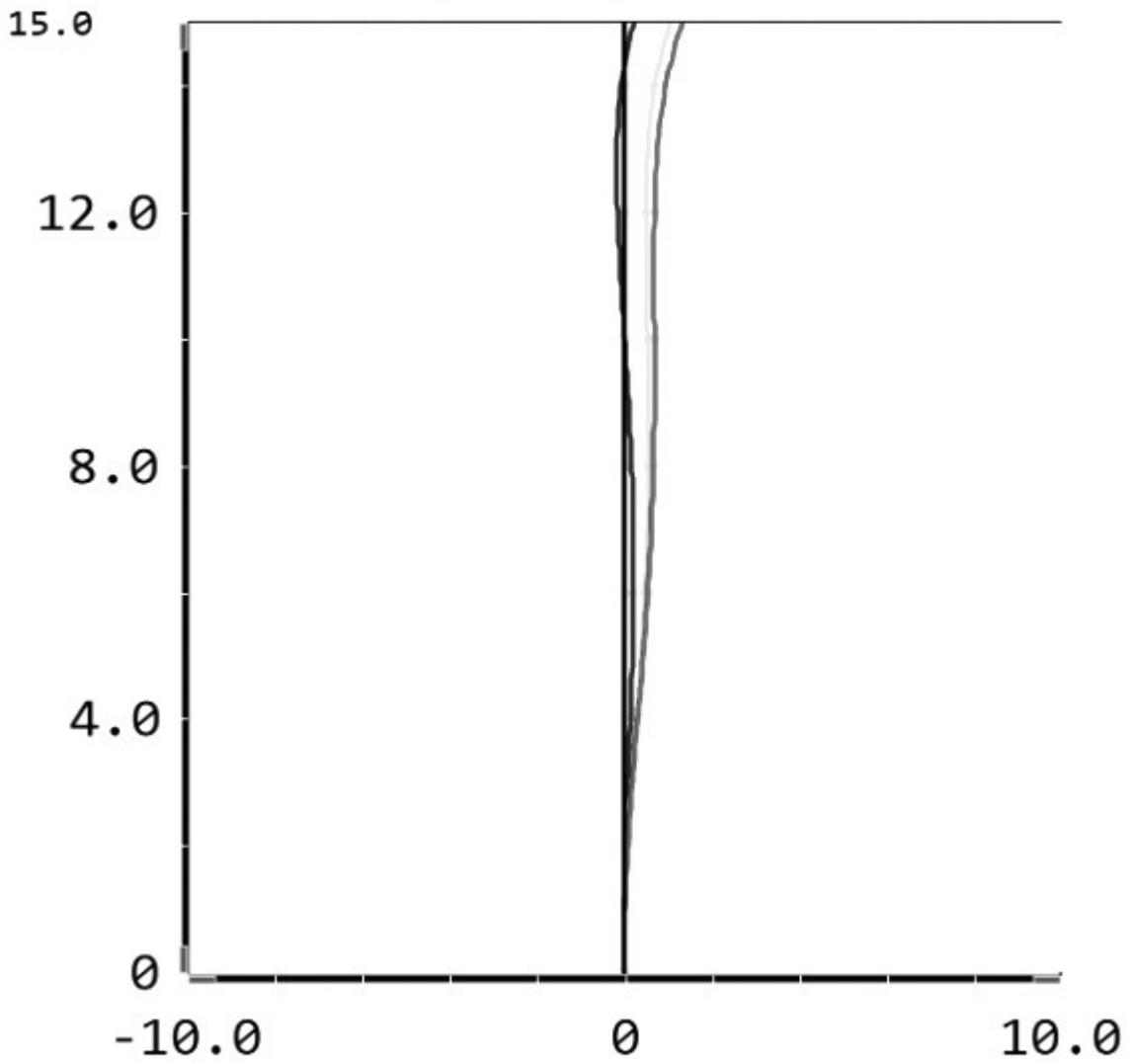


图3b

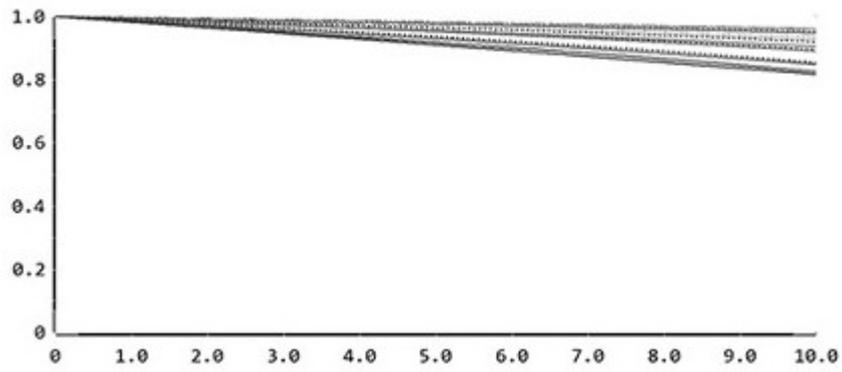


图4

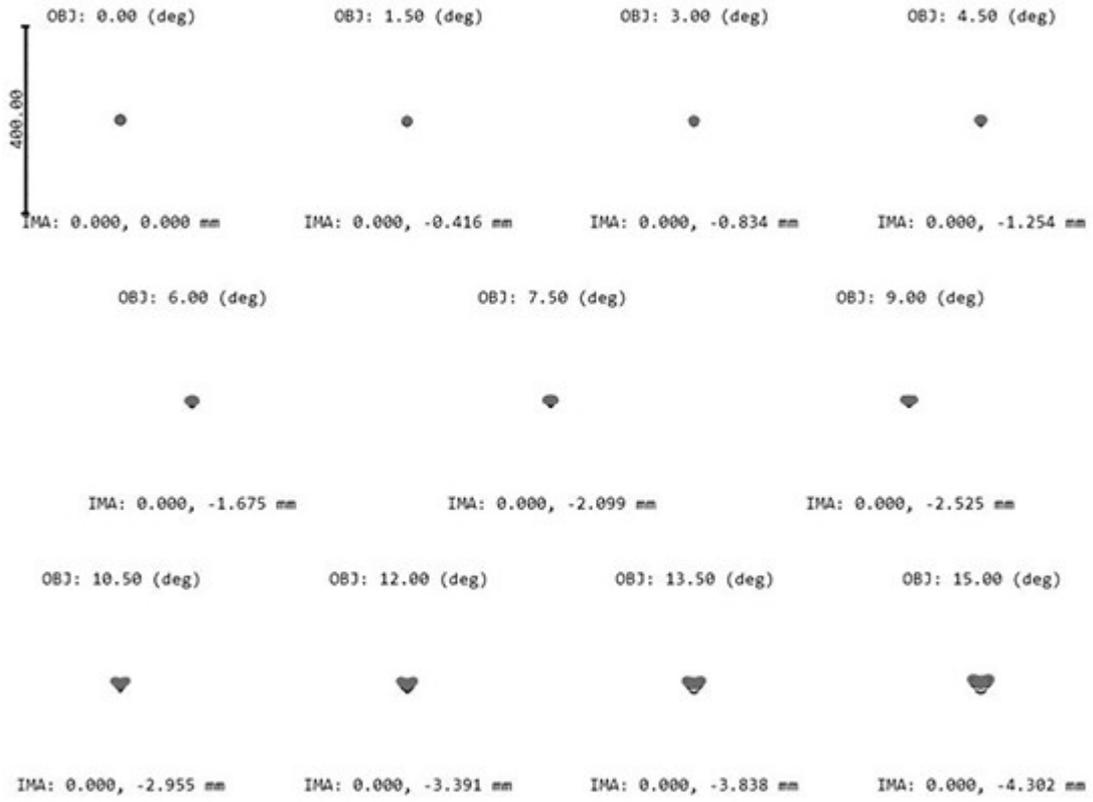


图6

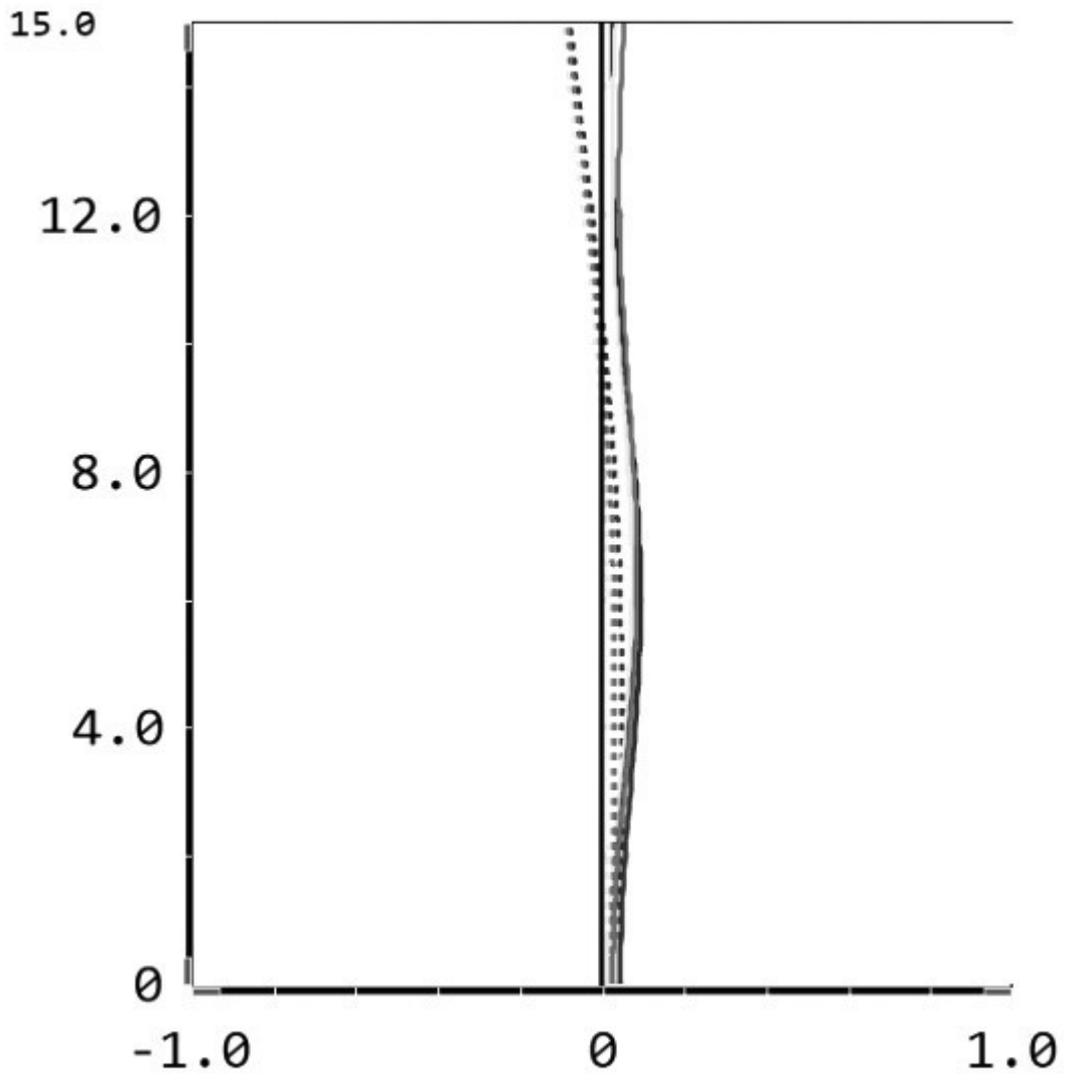


图7a

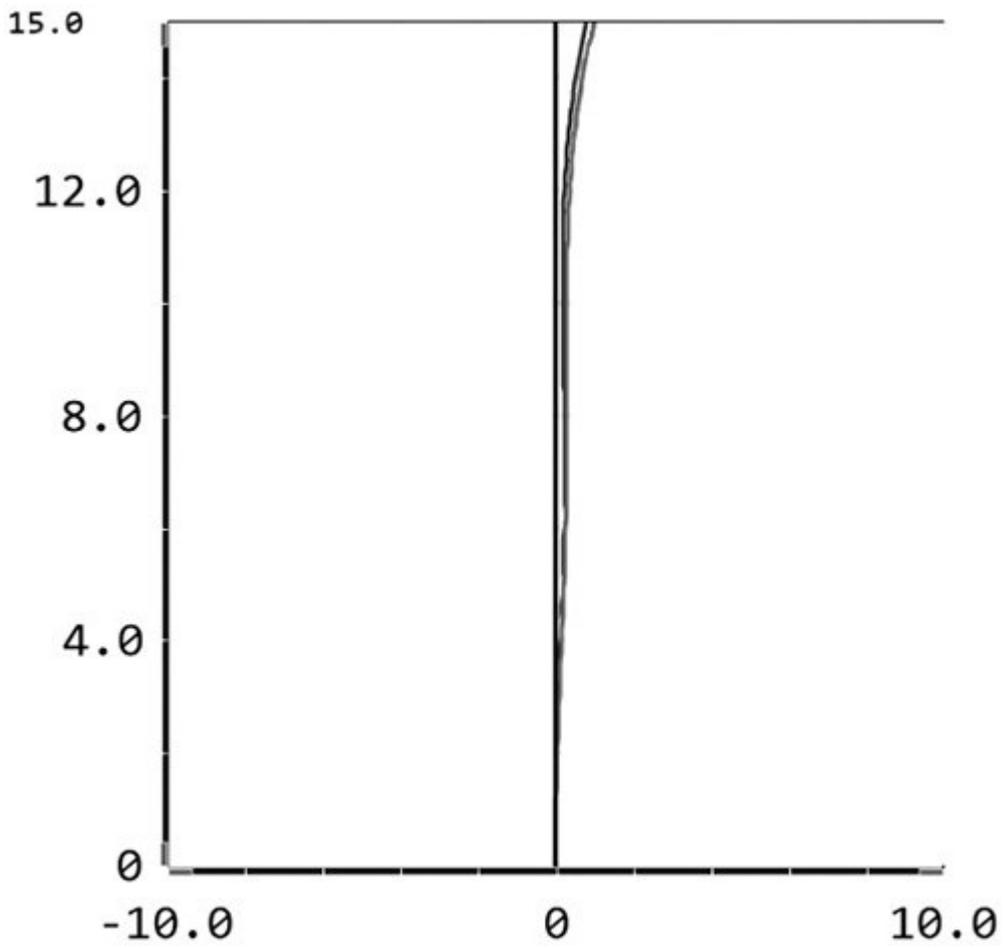


图7b

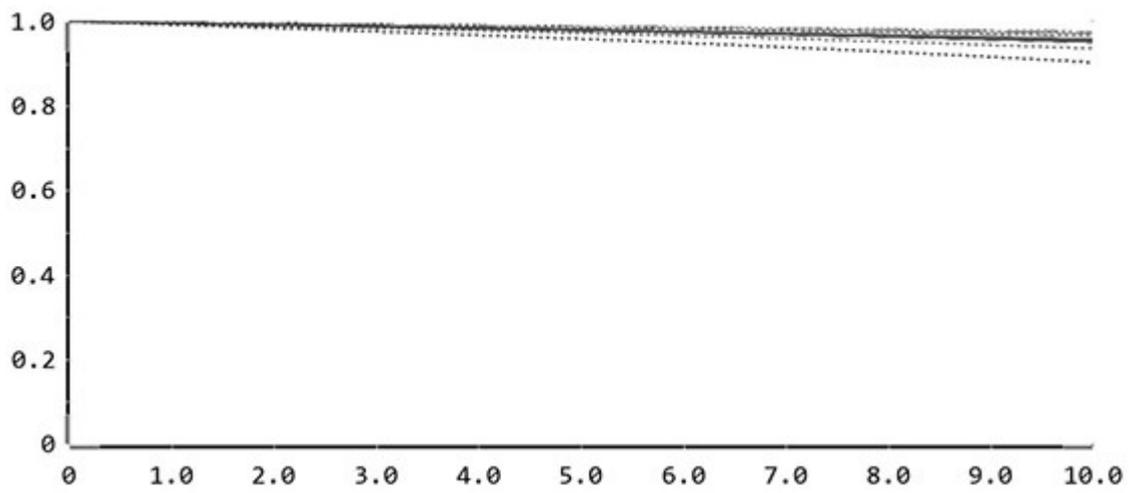


图8

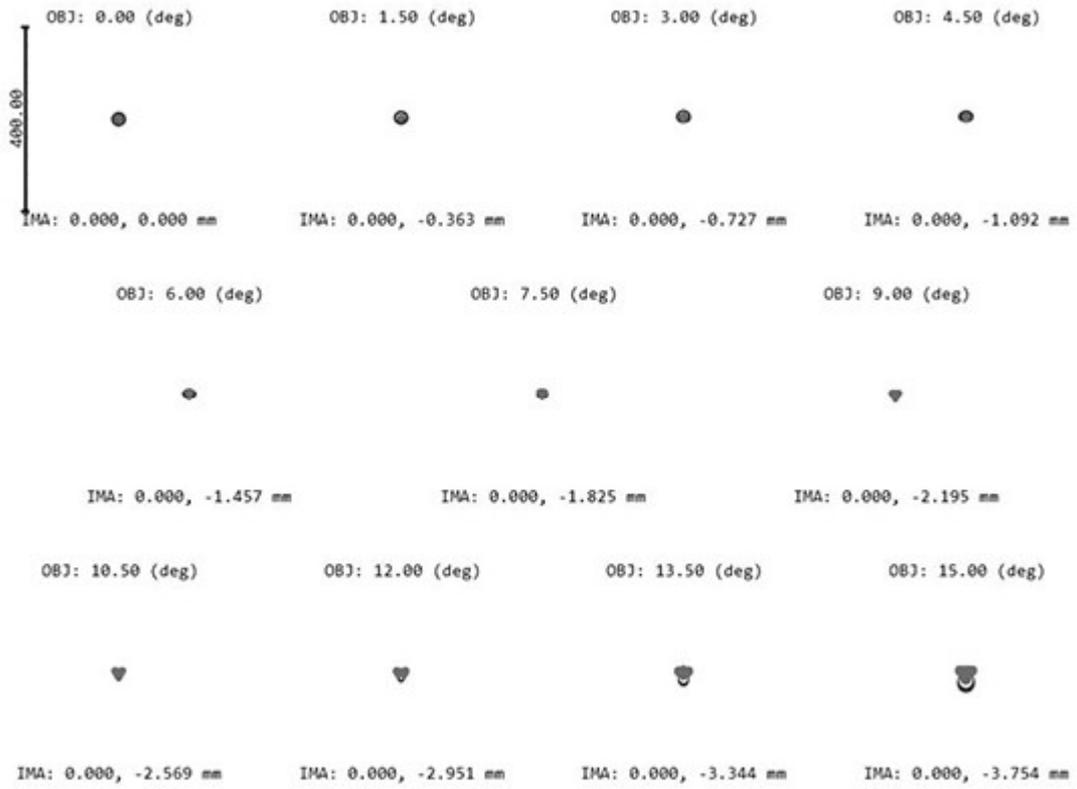


图10

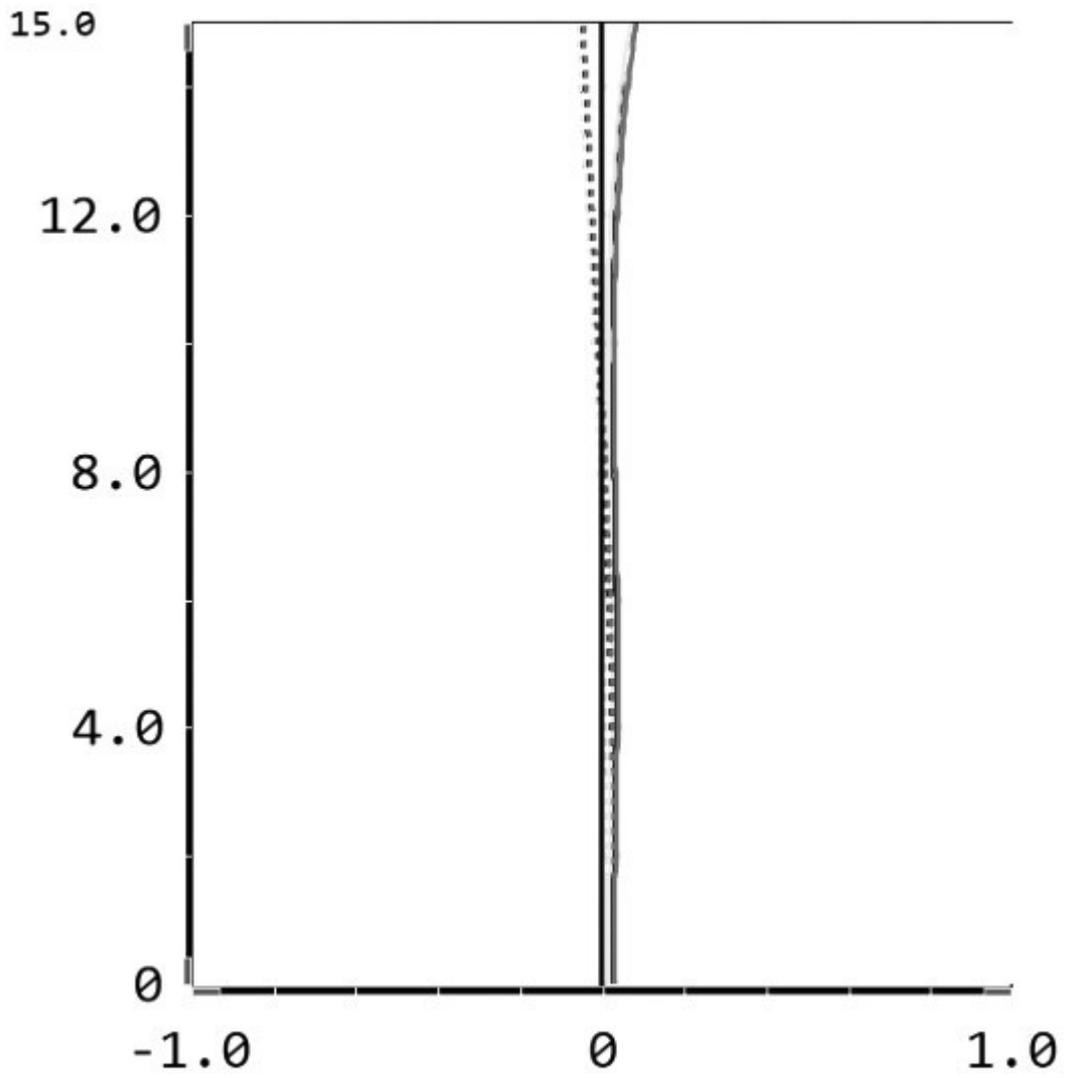


图11a

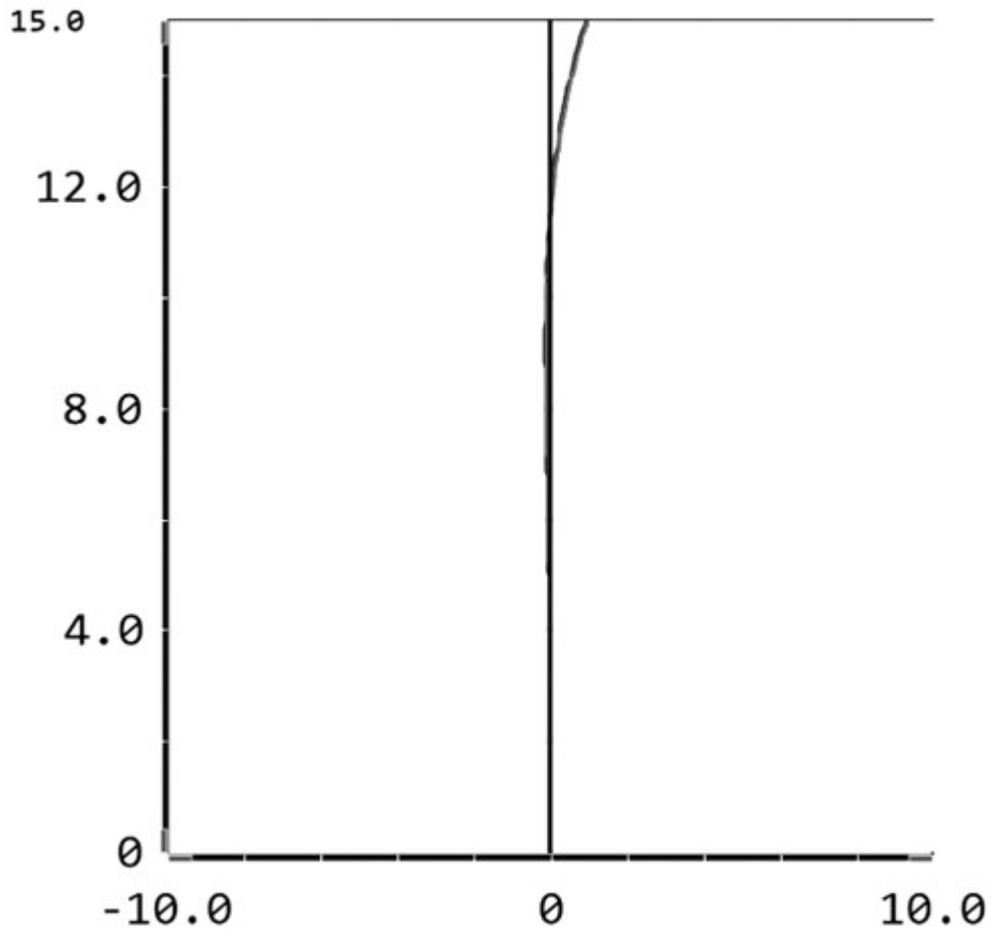


图11b

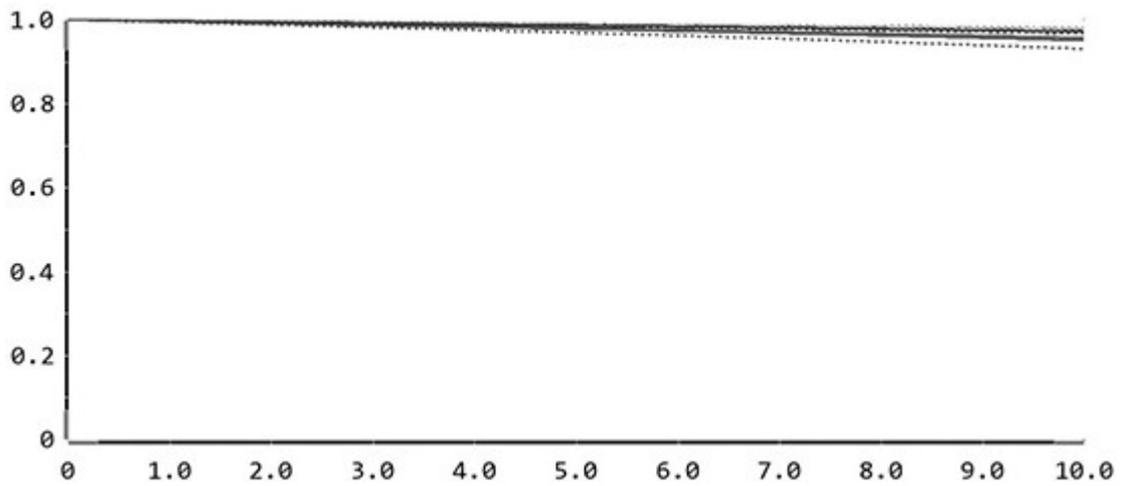


图12