



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102866485 A

(43) 申请公布日 2013.01.09

(21) 申请号 201210327626.4

(22) 申请日 2012.09.06

(71) 申请人 中国电子科技集团公司第十一研究所

地址 100015 北京市朝阳区酒仙桥路 4 号

(72) 发明人 骆守俊 范翔 高山

(74) 专利代理机构 工业和信息化部电子专利中心 11010

代理人 田俊峰

(51) Int. Cl.

G02B 15/173(2006.01)

G02B 15/20(2006.01)

G02B 3/02(2006.01)

G01J 5/08(2006.01)

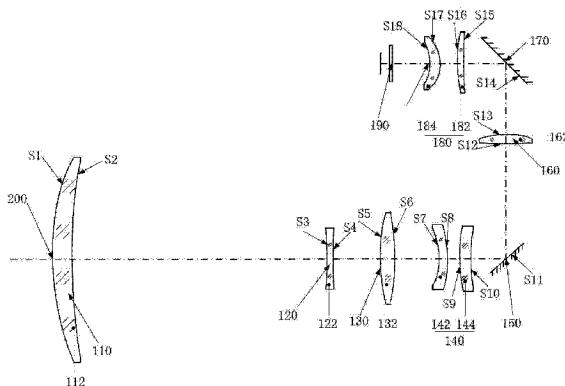
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 10 页

(54) 发明名称

一种长波红外连续变焦镜头

(57) 摘要

本发明公开了一种长波红外连续变焦镜头，包括由物方到成像方依次设置的具有正屈光度的第一透镜群、具有负屈光度的第二透镜群、具有正屈光度的第三透镜群、具有负屈光度的第四透镜群、用于折转光路用的第一反射镜、具有正屈光度的第五透镜群、用于折转光路用的第二反射镜和具有正屈光度的第一第六透镜群。本发明的长波红外连续变焦镜头，在尽可能提高探测作用距离及提高像质的基础上，降低了成本和体积，并且能达到良好的成像效果。



1. 一种长波红外连续变焦镜头，其特征在于，包括由物方到成像方依次设置的具有正屈光度的第一透镜群、具有负屈光度的第二透镜群、具有正屈光度的第三透镜群、具有负屈光度的第四透镜群、用于折转光路用的第一反射镜、具有正屈光度的第五透镜群、用于折转光路用的第二反射镜和具有正屈光度的一第六透镜群；

其中，第一透镜群为前固定组，用于会聚收光；第二透镜群为变焦组，用于改变所述变焦镜头的焦距；第三透镜群为补偿组，用于补偿所述变焦镜头在变焦过程中的像面位置的偏移；第四透镜群为后固定组，用于将物方的景物会聚成一次实像；第五透镜群为系统的中继组；第六透镜群为对焦组，用于补偿不同物距、不同温度下像面位置的偏移。

2. 如权利要求 1 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述第一透镜群由一片具有正屈光度的凸面朝向物侧的第一弯月形锗正透镜构成。

3. 如权利要求 2 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述第二透镜群由一片双凹形锗负透镜构成。

4. 如权利要求 3 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述第三透镜群由一片双凸型锗正透镜构成。

5. 如权利要求 4 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述第四透镜群由一凹面朝向物侧的弯月形锗负透镜和一凸面朝向物侧的第二弯月形锗正透镜构成。

6. 如权利要求 5 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述第五透镜群由一凹面朝第一反射镜的第三弯月形锗正透镜构成。

7. 如权利要求 6 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述第六透镜群由一双凸硒化锌正透镜和一凹面朝向像侧的第四弯月形锗正透镜构成。

8. 如权利要求 7 所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述双凹形锗负透镜两面采用了非球面；所述双凸型锗正透镜有一面采用了非球面及衍射面；所述弯月形锗负透镜有一面采用了非球面；所述第二弯月形锗正透镜有一面采用了非球面及衍射面；所述第三弯月形锗正透镜有一面采用了非球面；所述双凸硒化锌正透镜有一面采用了非球面及衍射面。

9. 如权利要求 1~8 任一项所述的长波红外连续变焦镜头，其特征在于，所述变焦镜头满足以下条件：

$$1.2 < F_0/F_1 < 0.12;$$

其中， $F_0$  为所述变焦镜头的焦距， $F_1$  为第一透镜群的焦距。

10. 一种包含有权利要求 1~9 任一项所述长波红外连续变焦镜头的红外成像设备，其特征在于，所述红外成像设备的制冷型长波探测器的面阵大于等于  $640 \times 512$  元。

## 一种长波红外连续变焦镜头

### 技术领域

[0001] 本发明涉及红外光学技术领域，特别是涉及一种长波红外连续变焦镜头。

### 背景技术

[0002] 近年来，红外成像技术的应用广度和深度都有了长足的发展，长波制冷型探测器由于其灵敏度明显高于非制冷型长波探测器，因此，在目标搜寻、预警探测、情报侦察等领域有着广阔的应用前景。在许多特殊场合，红外双视场乃至三视场镜头已不具有应用需要。

[0003] 现有技术中的长波红外连续变焦镜头主要适用于  $320 \times 256$  元小面阵的探测器。例如，现有的用 10 片透镜实现的 5 倍放大长波连续变焦镜头，其焦距为 53mm~265mm；用 9 片透镜实现的 4 倍连续变焦镜头，焦距为 50mm~200mm；以及 10 倍放大长波红外连续变焦镜头。上述变焦镜头都是基于  $320 \times 256$  元，像元尺寸为  $30\mu m \times 30\mu m$  的非制冷型探测器的，无法适用于  $640 \times 512$  元，像元尺寸为  $25\mu m \times 25\mu m$  的制冷型探测器对像质的要求。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是提供一种长波红外连续变焦镜头，用以解决上述现有技术存在的问题。

[0005] 为解决上述技术问题，一方面，本发明提供一种长波红外连续变焦镜头，包括由物方到成像方依次设置的具有正屈光度的第一透镜群、具有负屈光度的第二透镜群、具有正屈光度的第三透镜群、具有负屈光度的第四透镜群、用于折转光路用的第一反射镜、具有正屈光度的第五透镜群、用于折转光路用的第二反射镜和具有正屈光度的第一第六透镜群；

[0006] 其中，第一透镜群为前固定组，用于会聚收光；第二透镜群为变焦组，用于改变所述变焦镜头的焦距；第三透镜群为补偿组，用于补偿所述变焦镜头在变焦过程中的像面位置的偏移；第四透镜群为后固定组，用于将物方的景物会聚成一次实像；第五透镜群为系统的中继组；第六透镜群为对焦组，用于补偿不同物距、不同温度下像面位置的偏移。

[0007] 进一步，所述第一透镜群由一片具有正屈光度的凸面朝向物侧的第一弯月形锗正透镜构成。

[0008] 进一步，所述第二透镜群由一片双凹形锗负透镜构成。

[0009] 进一步，所述第三透镜群由一片双凸型锗正透镜构成。

[0010] 进一步，所述第四透镜群由一凹面朝向物侧的弯月形锗负透镜和一凸面朝向物侧的第二弯月形锗正透镜构成。

[0011] 进一步，所述第五透镜群由一凹面朝第一反射镜的第三弯月形锗正透镜构成。

[0012] 进一步，所述第六透镜群由一双凸硒化锌正透镜和一凹面朝向像侧的第四弯月形锗正透镜构成。

[0013] 进一步，所述双凹形锗负透镜两面采用了非球面；所述双凸型锗正透镜有一面采用了非球面及衍射面；所述弯月形锗负透镜有一面采用了非球面；所述第二弯月形锗正透镜有一面采用了非球面及衍射面；所述第三弯月形锗正透镜有一面采用了非球面；所述双

凸硒化锌正透镜有一面采用了非球面及衍射面。

[0014] 进一步,所述变焦镜头满足以下条件:

[0015]  $0.12 < F_0/F_1 < 1.2$ ;

[0016] 其中,  $F_0$  为所述变焦镜头的焦距,  $F_1$  为第一透镜群的焦距。

[0017] 另一方面,本发明还提供一种包含有上述长波红外连续变焦镜头的红外成像设备,所述红外成像设备的制冷型长波探测器的面阵大于等于  $640 \times 512$  元。

[0018] 本发明有益效果如下:

[0019] 本发明的长波红外连续变焦镜头,在尽可能提高探测作用距离及提高像质的基础上,降低了成本和体积,并且能达到良好的成像效果。

## 附图说明

[0020] 图 1 是本发明实施例中变焦镜头在长焦位置的结构示意图;

[0021] 图 2 是本发明实施例中变焦镜头在中焦位置的结构示意图;

[0022] 图 3 是本发明实施例中变焦镜头在短焦位置的结构示意图;

[0023] 图 4A 至图 4C 为变焦镜头在长焦位置的成像光学仿真数据图;

[0024] 图 5A 至图 5C 为变焦镜头在中焦位置的成像光学仿真数据图;

[0025] 图 6A 至图 6C 为变焦镜头在短焦位置的成像光学仿真数据图。

## 具体实施方式

[0026] 以下结合附图以及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不限定本发明。

[0027] 图 1、图 2、图 3 分别是本发明实施例的变焦镜头在长焦、中焦、短焦位置的示意图。图 1~3 中,200 示意物侧端,190 示意像侧端。如图 1 所示,本实施例的变焦镜头 100 包括:由物方到成像方依次设置的具有正屈光度的第一透镜群 110、具有负屈光度的第二透镜群 120、具有正屈光度的第三透镜群 130、具有负屈光度的第四透镜群 140、用于折转光路用的第一反射镜 150、具有正屈光度的第五透镜群 160、用于折转光路用的第二反射镜 170 和具有正屈光度的一第六透镜群 180。

[0028] 其中,第一透镜群 110 为前固定组,用于会聚收光。第一透镜群 110 由一片具有正屈光度的凸面朝向物侧的第一弯月形锗正透镜 112 构成。另外,变焦镜头 100 满足以下条件: $0.12 < F_0/F_1 < 1.2$ ,其中  $F_0$  为变焦镜头 100 的焦距,  $F_1$  为第一透镜群的焦距。由于第一透镜群 110 的镜片都是普通球面镜片,制作工艺较为简单,且精度易于保证,能有效降低生产成本和难度。另外,将  $F_0/F_1$  的数值限制在 1.2 至 0.12 之间可使整个变焦镜头 100 具有良好的变焦效果,且可维持良好成像质量的前提下,使变焦镜头 100 结构更为紧凑。

[0029] 第二透镜群 120 为变焦组,用于改变变焦镜头 100 的焦距,增加变倍率。其中第二透镜群 120 是由一片双凹形锗负透镜 122 构成。第三透镜群 130 为补偿组,由一片双凸型锗正透镜 132 构成,其作用是用于补偿变焦镜头 100 在变焦过程中的像面位置的偏移。第二透镜群 120 和第三透镜群适于在第一透镜群 110 与第四透镜群 140 之间移动。具体而言,欲将变焦镜头 100 的倍率自长焦端调整至短焦端时,则使第二透镜群 120 朝向物侧 200 移动,同时,作为补偿组的第三透镜群先朝物侧 200 移动,然后向第四透镜群 140 侧移动,其

作用是补偿第二透镜群 120 移动引起的像面移动。

[0030] 第四透镜群 140 为后固定组,由一凹面朝向物侧的弯月形锗负透镜 142 和一凸面朝向物侧的第二弯月形锗正透镜 144 构成。其作用是将物方的景物会聚成系统的一次实像。变焦镜头 100 的一次实像在第一反射镜 150 与第五透镜群 160 之间。

[0031] 第五透镜群 160 为系统的中继组,由一凹面朝第一反射镜 150 的第三弯月形锗正透镜 162 构成。

[0032] 第六透镜群 180 为对焦组,由一双凸硒化锌正透镜 182 和一凹面朝向像侧的第四弯月形锗正透镜 184 构成,其作用是补偿不同物距不同温度下像面位置的偏移。

[0033] 承上述,为了提高系统像质,改善系统温度变化对像质的影响,双凹形锗负透镜 122 两面采用了非球面,双凸型锗正透镜 132 有一面采用了非球面及衍射面,弯月形锗负透镜 142 有一面采用了非球面,第二弯月形锗正透镜 144 有一面采用了非球面及衍射面,第三弯月形锗正透镜 162 有一面采用了非球面,双凸硒化锌正透镜 182 有一面采用了非球面及衍射面。

[0034] 值得一提的是,本实施例的变焦镜头 100 由八片透镜,二片反射镜组成,而且避免了把非球面和衍射面设在口径较大的第一透镜群 110 的透镜上。易于加工制作,精度得到保证的同时可有效降低生产成本。系统采用二次成像的形式,其目的是压缩第一片透镜的口径,保证系统满足 100% 冷光阑效率。通过两个反射镜的折叠缩短了镜头的横向尺寸,得到了较紧凑的结构形式。将 F0/F1 的数值限制在 0.12 至 1.2 之间可使整个变焦镜头 100 具有良好的变焦效果,且可维持良好成像质量的前提下,使变焦镜头 100 结构更为紧凑。

[0035] 表 1 列出变焦镜头 100 中涉及的上述各透镜及反射镜的表面参数。

[0036] 表 1

[0037]

表面	曲率半径(mm)	间距(mm)	玻璃材料	备注
S1	445.32	13.5	Germanium (锗)	透镜 112
S2	644.31	T1	Air (无色)	
S3	-619.31	5.7	Germanium (锗)	透镜 122
S4	296.16	T2	Air (无色)	
S5	320.1	8	Germanium (锗)	透镜 132
S6	-281.31	T3	Air (无色)	
S7	-69.77	6	Germanium (锗)	透镜 142
S8	-161.55	9.6	Air (无色)	
S9	134.8	6.5	Germanium (锗)	透镜 144

S10	280.14	71	Air (无色)	
S11	Infinity	-68	K9 反射镜	第一反射镜 150
S12	-994.99	-5.7	Germanium (锗)	透镜 162
S13	710.4	-30.9	Air (无色)	
S14	Infinity	41	K9 反射镜	第二反射镜 170
S15	755.75	7	ZnSe (硒化锌)	透镜 182
S16	-119.65	3.6684	Air (无色)	
S17	34.27	9	Germanium (锗)	透镜 184
S18	30.11	17.5	Air (无色)	

[0038] 在表 1 中, 曲率半径是指每个表面的曲率半径, 间距是指两相邻表面间的距离, 举例说来, 表面 S1 的间距, 即表面 S1 至表面 S2 间的距离。玻璃材料和备注栏分别是该透镜的制作所用的材料及在图 1 中的透镜编号。此外, 在表 1 中, 表面 S1、S2 分别为透镜 112 远离与邻近透镜 122 的表面; 表面 S3、S4 分别为透镜 122 远离与邻近 132 的表面; 表面 S5、S6 分别为透镜 132 远离与邻近透镜 142 的表面; 表面 S7、S8 分别为透镜 142 远离与邻近透镜 144 的表面; 表面 S9、S10 分别为透镜 144 远离与邻近第一反射镜 150 的表面; 表面 S11 为第一反射镜 150 的反射表面; 表面 S12、S13 分别为透镜 162 远离与邻近第二反射镜 170 的表面; S14 为第二反射镜 170 的反射表面; 表面 S15、S16 分别为透镜 182 邻近与远离第二反射镜 170 的表面; 表面 S17、S18 分别为透镜 184 邻近与远离透镜 182 的表面。

[0039] 表 2 列出了透镜 122 的表面 S3、S4、透镜 132 的表面 S5、透镜 142 的表面 S7、透镜 144 的表面 S9、透镜 162 的表面 S12 和透镜 182 的表面 S15 的非球面系数及圆锥系数。

[0040] 表 2

[0041]

表面	K	A	B	C
S3	183.162478	-4.065052e-007	1.998283e-010	-1.256475e-014
S4	-125.888065	4.739114e-008	-1.094934e-010	6.621095e-014
S5	0.740067	-8.952501e-008	-5.611784e-014	1.040259e-016
S7	0.101021	1.851308e-006	-6.353728e-010	2.220854e-013
S9	-3.144129	-7.916446e-007	3.360607e-010	-9.486302e-014
S12	383.551483	4.680912e-007	-1.792364e-010	1.599104e-013
S15	-157.6456	-2.466402e-007	1.203488e-011	1.235966e-014

[0042] 非球面以面顶点为基准的光轴方向的位变定义如下：

$$[0043] Z = (1/R) \times Y^2 / [1 + [1 - (1+K) \times (Y/R)^2]^{0.5}] + A \times Y^4 + B \times Y^6 + C \times Y^8$$

[0044] 其中, Z : 光轴方向的位变 ; Y : 光轴的高 ; R : 近轴曲率半径 ; K : 圆锥系数 ; A、B、C : 非球面系数。

[0045] 表 3 列出了透镜 132 的表面 S5、透镜 144 的表面 S9 和透镜 182 的表面 S15 的衍射系数。

[0046] 表 3

[0047]

表面	衍射级	中心波长	C1	C2
S5	1	9 μm	1.7938e-04	-2.2108e-08
S9	1	9 μm	-2.8182e-04	1.173e-08
S15	1	9 μm	-3.5479e-04	1.821e-08

[0048] 其中, C1、C2 分别为衍射面二次项、四次项系数。

[0049] 表 4 列出了变焦镜头 100 在长焦、中焦及短焦端的一些重要参数值

[0050] 表 4

[0051]	有效焦距 (mm)	长焦端	中焦端	短焦端
		420	250	60
[0052]	F 数	2		
	视场角 (°)	水平方向	3.67	15.19
[0052]	可变间距 (mm)	垂直方向	2.93	12.18
		T1	357.3	318.05
[0052]	T2	16.94	52.37	148.46
		T3	13.72	21.22
[0052]	T3	16.56		

[0053] 在表 4 中包括有效焦距、F 数、视场角及可变间距 T1、T2、T3。由于本实施例仅采用八片透镜及相对易于加工制作的七个非球面及三个衍射面就达到了良好的变焦像质效果。相对于传统技术,具有降低生产成本及简化镜头结构的功效。

[0054] 图 4A 至图 4C 为变焦镜头在长焦端的成像光学仿真数据图,其中图 4A 为光学传递函数(modulation transfer function, MTF) 曲线图,且其横轴为每毫米的线对数(line pair per millimeter),纵轴为对比度数值,图 4B 为场曲和畸变图,图 4C 为点列图(spot diagram)。从图 4A 至图 4C 的图形曲线可以看出其长焦端的 MTF、场曲、畸变及点弥散斑均方根直径均在标准的范围内。

[0055] 图 5A 至图 5C 为变焦镜头在中焦端的成像光学仿真数据图,其中图 5A 为光学传递函数(modulation transfer function, MTF) 曲线图,且其横轴为每毫米的线对数(line pair per millimeter),纵轴为对比度数值,图 5B 为场曲和畸变图,图 5C 为点列图(spot diagram)。从图 5A 至图 5C 的图形曲线可以看出其中焦端的 MTF、场曲、畸变及点弥散斑均

方根直径均在标准的范围内。

[0056] 图 6A 至图 6C 为变焦镜头在短焦端的成像光学仿真数据图, 其中图 6A 为光学传递函数(modulation transfer function, MTF) 曲线图, 且其横轴为每毫米的线对数(line pair per millimeter), 纵轴为对比度数值, 图 6B 为场曲和畸变图, 图 6C 为点列图(spot diagram)。从图 6A 至图 6C 的图形曲线可以看出其短焦端的 MTF、场曲、畸变及点弥散斑均方根直径均在标准的范围内。

[0057] 由此可见, 本发明的变焦镜头 100 具有良好的成像质量, 因此, 上述变焦镜头 100 可以应用于  $640 \times 512$  元或更大面阵制冷型长波探测器的红外成像设备中, 该设备的核心组件之一为长波红外变焦镜头, 通过移动不同的透镜组实现连续变焦, 同时保持像面清晰。可以达到大视场搜索目标, 变焦过程中跟踪目标, 小视场仔细观察目标的目的, 因而具有强烈的应用需求。

[0058] 由上述实施例可以看出, 本发明避免在口径较大的第一透镜群上设非球面。易于光学加工制作, 且精度易于保证, 从而降低生产成本。本发明采用衍射面可矫正色差, 提高像质, 且可减小温度变化对像质的影响。

[0059] 尽管为示例目的, 已经公开了本发明的优选实施例, 本领域的技术人员将意识到各种改进、增加和取代也是可能的, 因此, 本发明的范围应当不限于上述实施例。

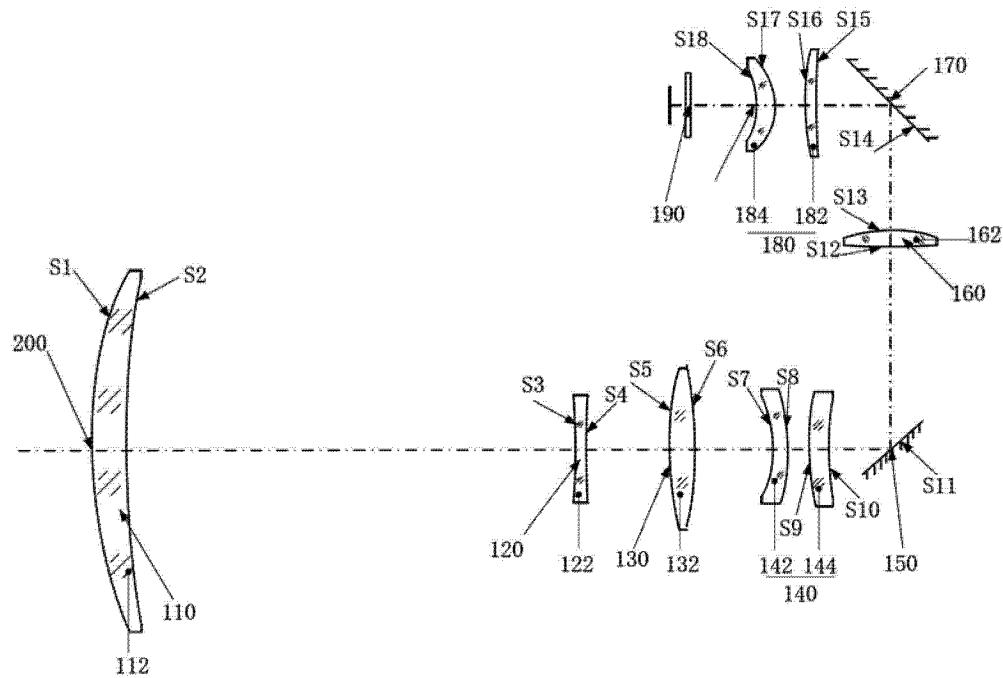


图 1

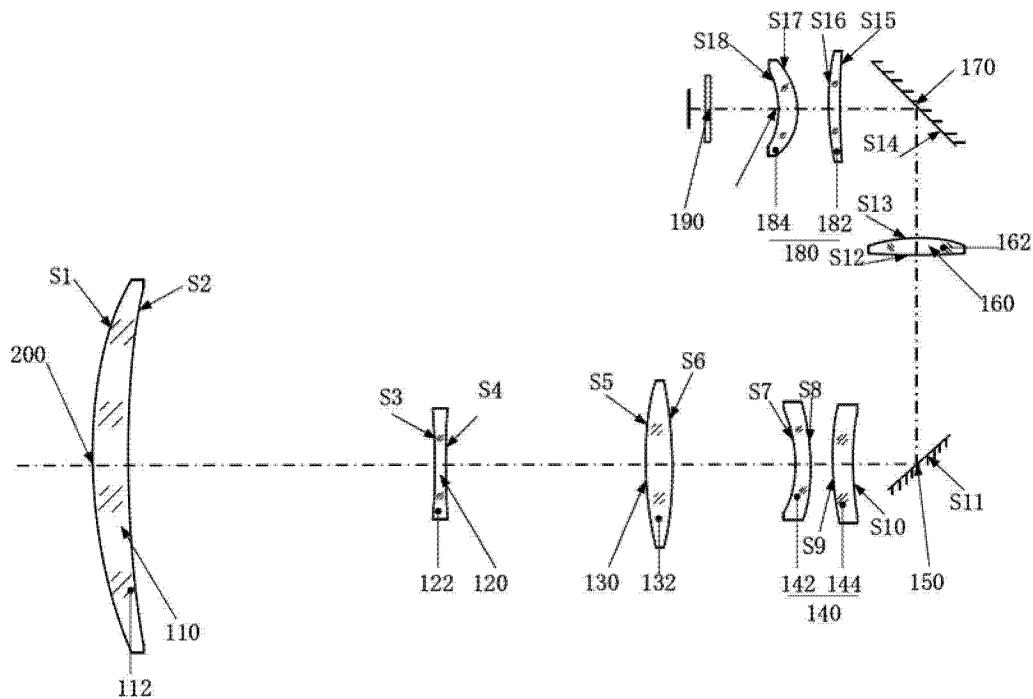


图 2

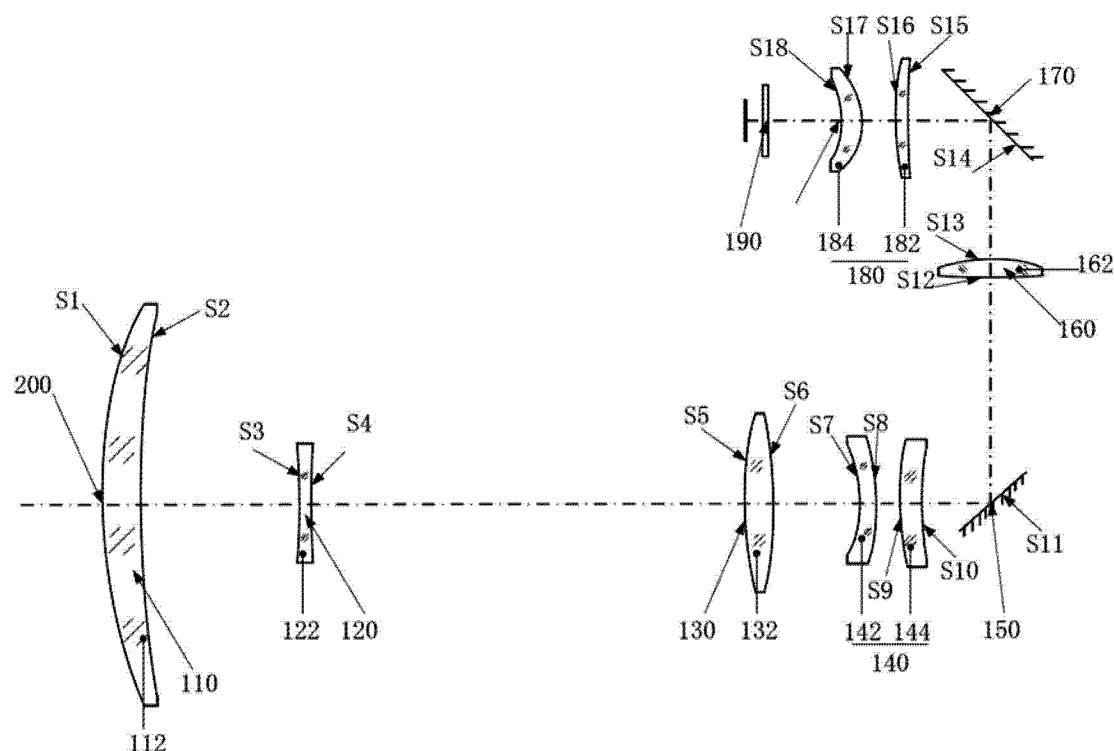


图 3

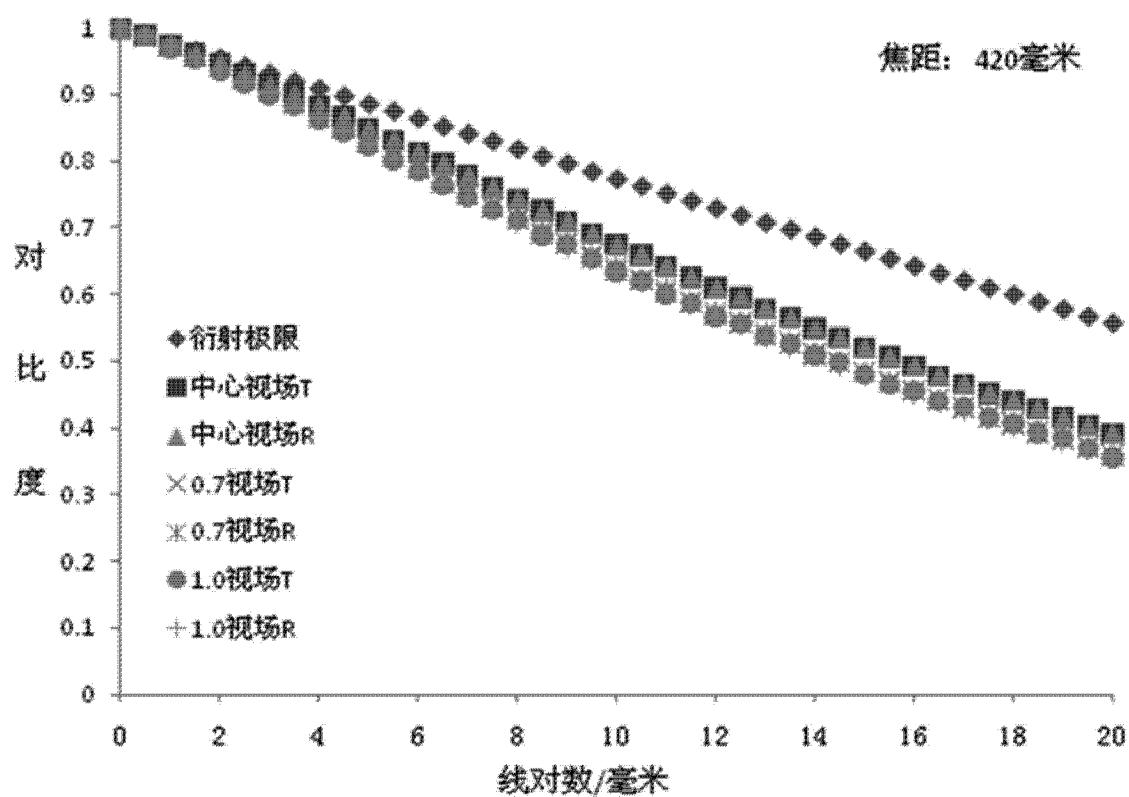


图 4A

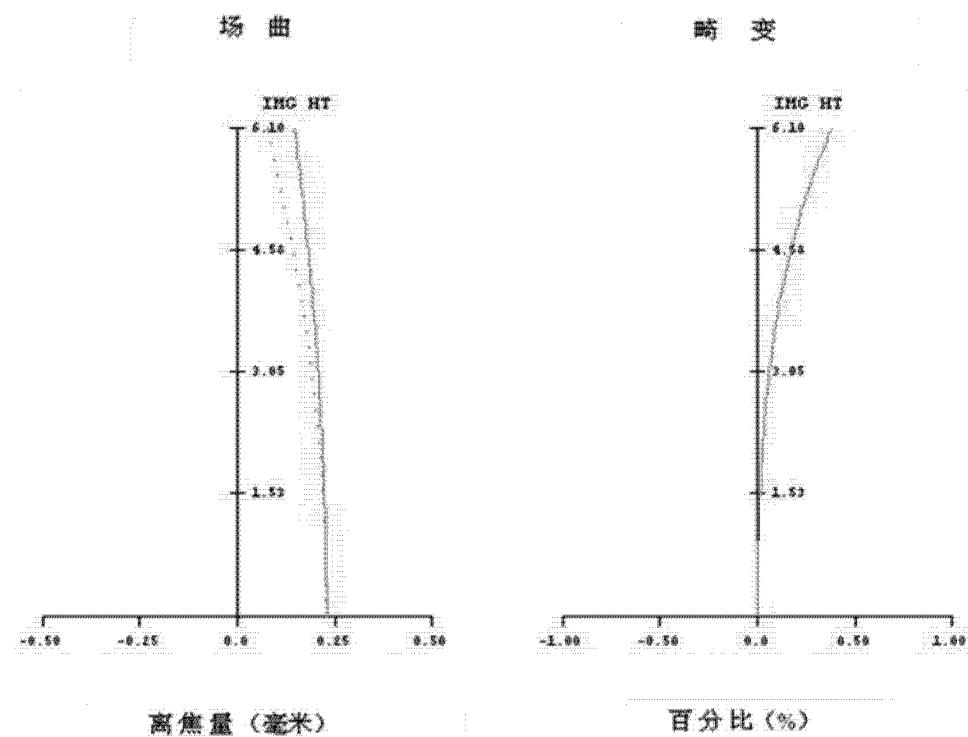


图 4B

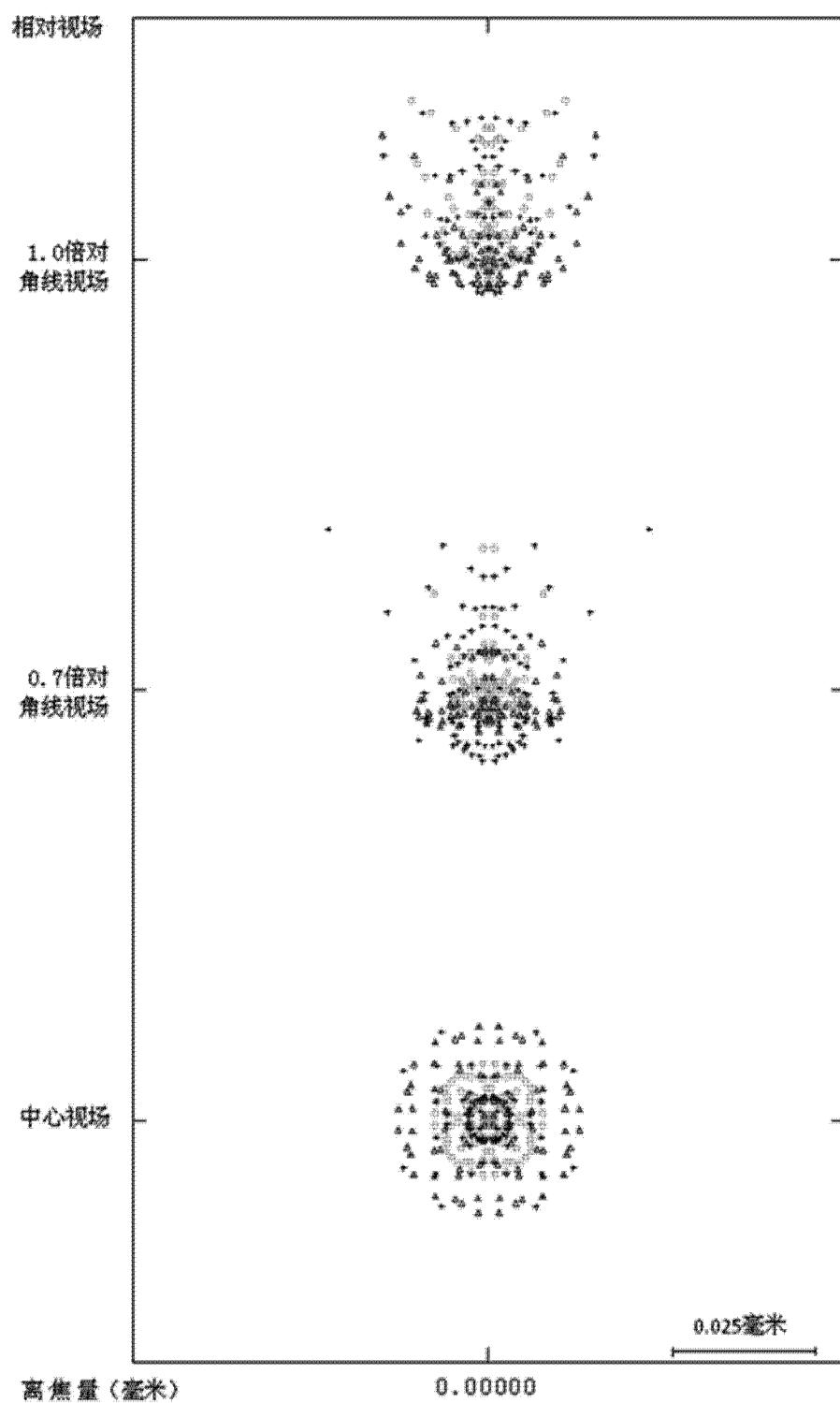


图 4C

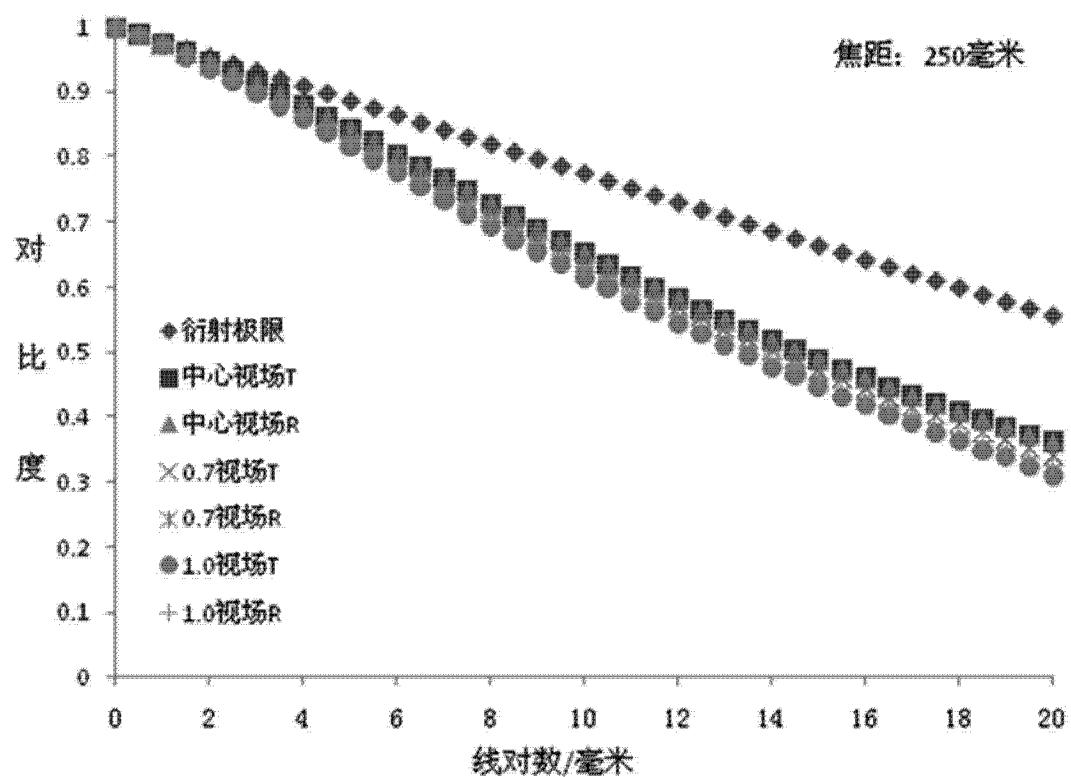


图 5A

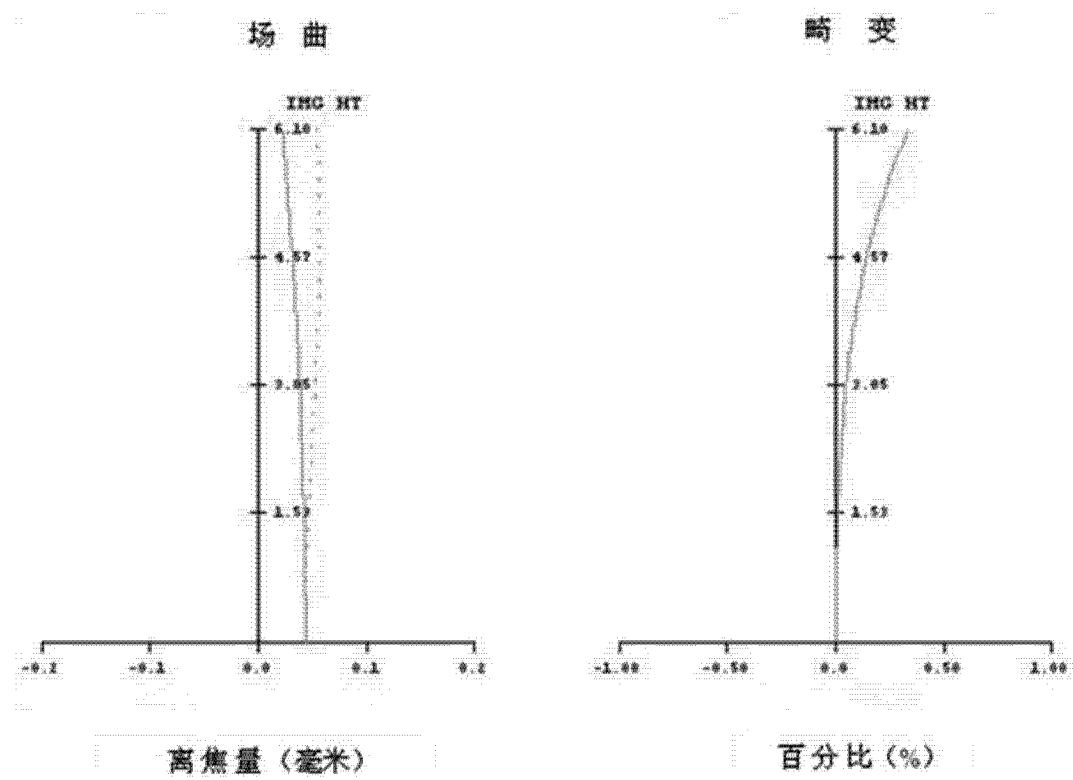


图 5B

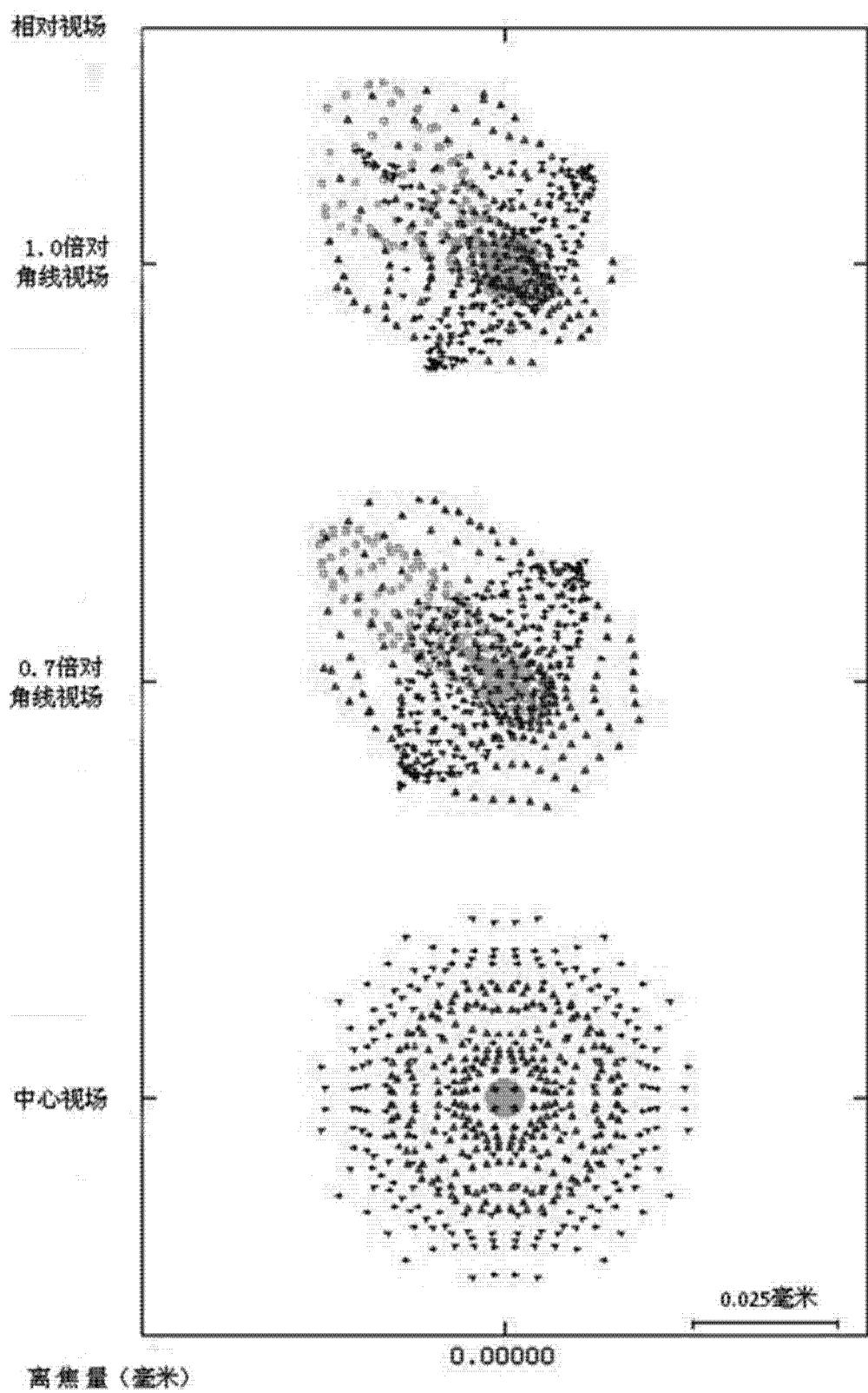


图 5C

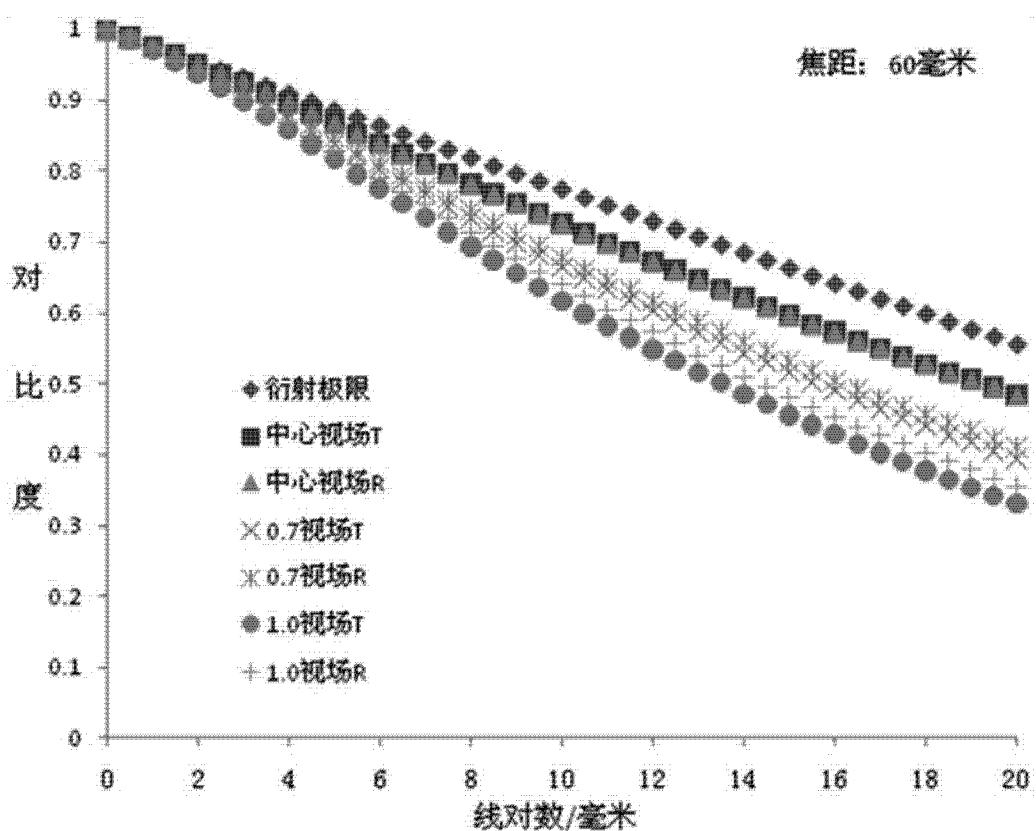


图 6A

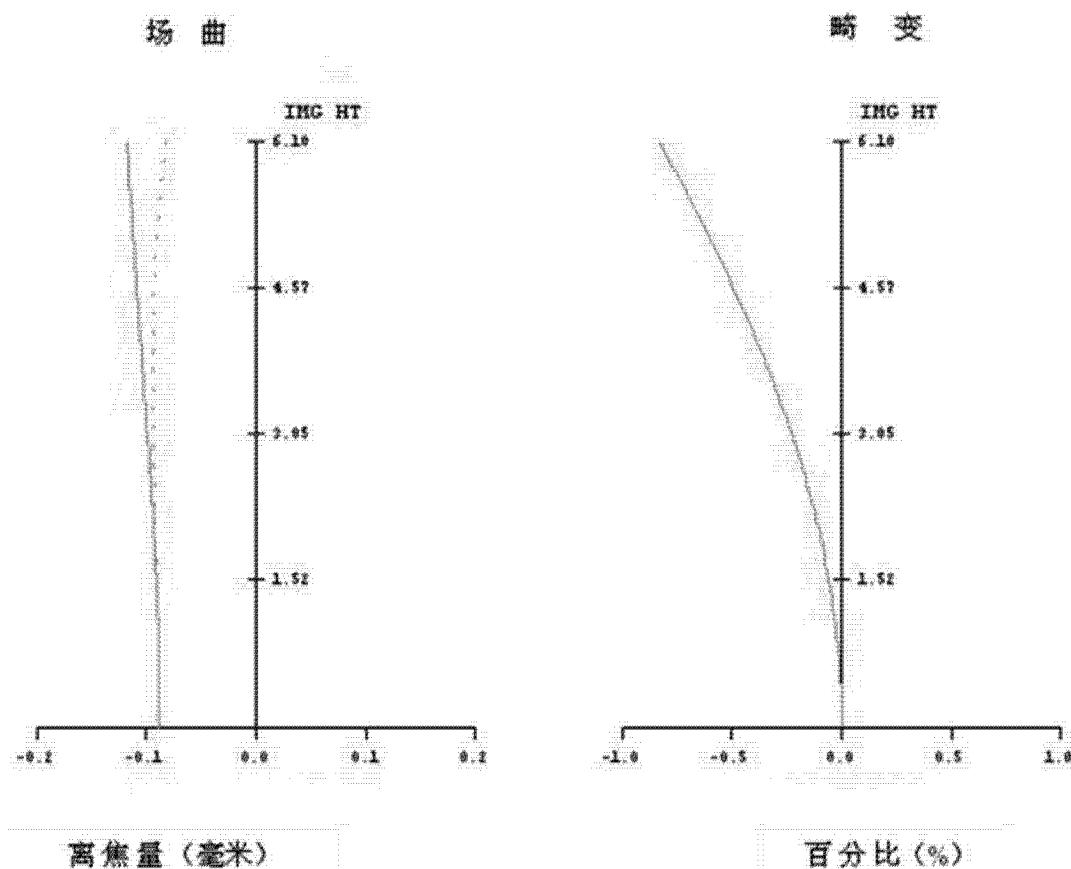


图 6B

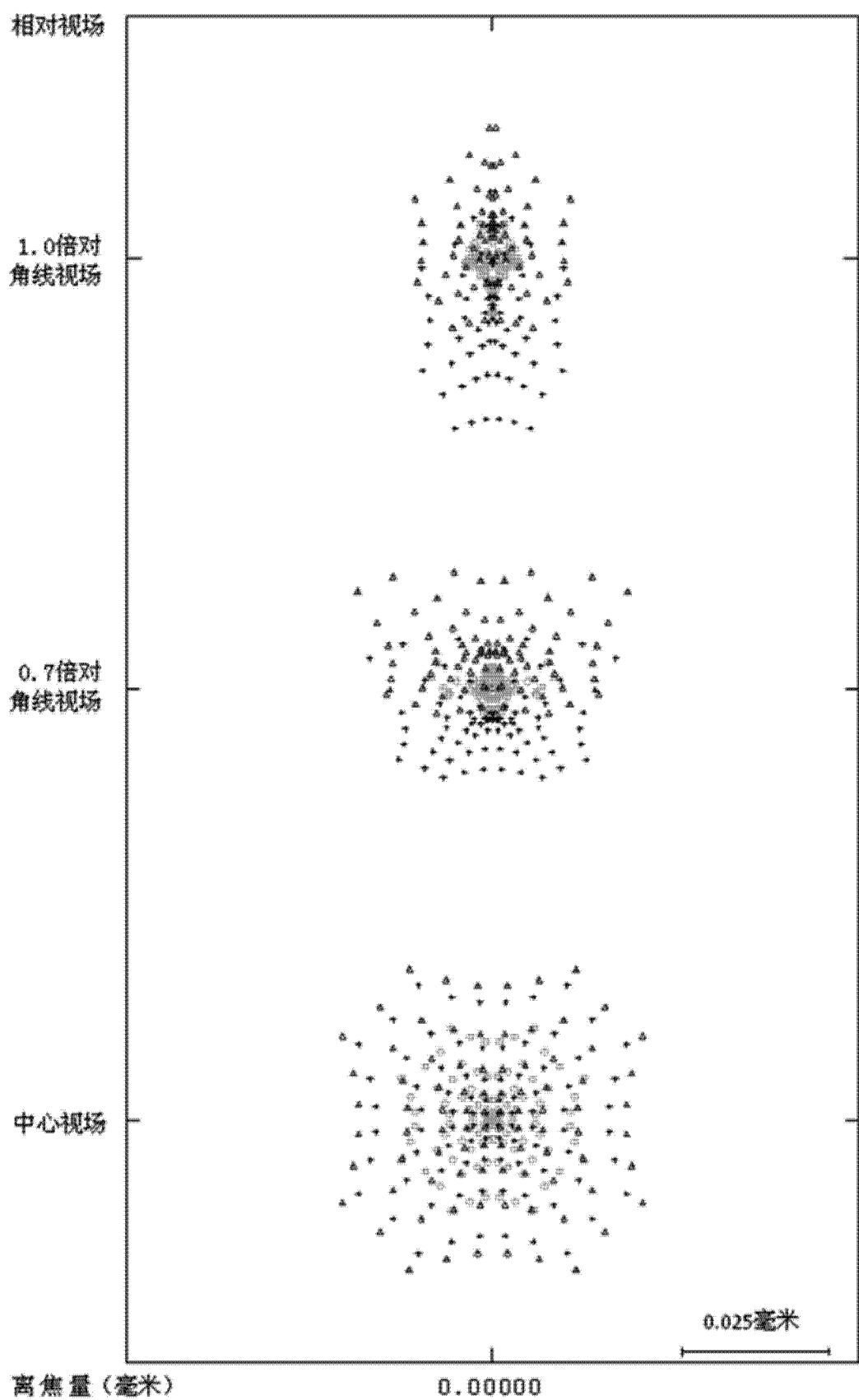


图 6C