

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 15/16 (2006.01)

G02B 13/18 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480025911.4

[45] 授权公告日 2008 年 5 月 7 日

[11] 授权公告号 CN 100386661C

[22] 申请日 2004.10.19

JP8 - 160299 1996.6.21

[21] 申请号 200480025911.4

JP2001 - 221948 2001.8.17

[30] 优先权

JP11 - 237551 1999.8.31

[32] 2003.10.22 [33] JP [31] 362580/2003

JP2002 - 107622 2002.4.10

[86] 国际申请 PCT/JP2004/015445 2004.10.19

JP2003 - 98434 2003.4.3

[87] 国际公布 WO2005/040889 日 2005.5.6

JP2001 - 116996 2001.4.27

[85] 进入国家阶段日期 2006.3.9

JP10 - 260356 1998.9.29

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

JP2002 - 365540 2002.12.18

地址 日本国大阪府门真市

审查员 章 锦

[72] 发明人 山田克

[74] 专利代理机构 上海市华诚律师事务所

[56] 参考文献

代理人 孙敬国 张惠萍

JP2001 - 117004 2001.4.27

JP2003 - 295057 2003.10.15

JP8 - 160300 1996.6.21

JP2002 - 287028 2002.10.3

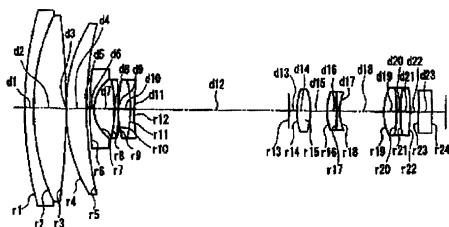
权利要求书 5 页 说明书 23 页 附图 16 页

[54] 发明名称

变焦透镜系统、成像装置、照相机和摄像机

[57] 摘要

本发明提供了一种四组透镜构成的变焦透镜系统，该系统能补偿图像模糊。该系统通过在与光轴成直角的方向上整体移动改变放大倍数以及聚焦时相对于像面固定的第一透镜组来补偿图像模糊。该变焦透镜系统能改变放大倍数地形成物的光学图像，从物方到像方，依次包含：具有正光焦度第一透镜组、具有负光焦度第二透镜组、至少包括一个非球面表面并具有正光焦度的第三透镜组、具有正光焦度的第四透镜组，为了改变光学图像的放大倍数，第一透镜组和第三透镜组在沿光轴的方向上相对于像面固定，第二透镜组和第四透镜组在可沿光轴方向移动，在调整光学图像的焦点时，第四透镜组可沿光轴方向移动，在补偿因变焦透镜系统的震动而产生的光学图像模糊时，第三透镜组可在与光轴成直角的方向上移动。变焦透镜系统满足一些具体的条件。



1. 一种变焦透镜系统，能改变放大倍数地形成物的光学图像，从物方到像方，依次包含：

具有正光焦度的第一透镜组；

具有负光焦度的第二透镜组；

至少包括一个非球面并具有正光焦度的第三透镜组；

具有正光焦度的第四透镜组；

为了改变光学图像的放大倍数，第一透镜组和第三透镜组沿光轴的方向上相对于像面固定，第二透镜组和第四透镜组可沿光轴的方向移动；

在调整光学图像的焦点时，第四透镜组可沿光轴方向移动；

在补偿因变焦透镜系统的震动而产生的光学图像模糊时，第三透镜组可在与光轴成直角的方向上移动；

其特征在于，该变焦透镜系统满足下列条件：

$$0.006 < |dsagi / CL| < 0.02 \quad (1)$$

其中，

$dsagi$ 是所述第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的非球面量，

CL 是所述第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的有效直径的一半。

2. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述变焦透镜系统在所述第二透镜组和所述第三透镜组之间具有孔径光阑，当改变所述光学图像的放大倍数时，所述孔径光阑相对所述像面固定。

3. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述第一透镜组按从物方到像面方的顺序有：具有负光焦度的透镜元件，具有正光焦度的透镜元件和具有正光焦度的透镜元件，且满足下列条件：

$$0.035 < dP_{g,F12} < 0.070 \quad (2)$$

$$0.045 < dP_{g,d12} < 0.080 \quad (3)$$

$$-0.040 < dP_{c,A'12} < -0.020 \quad (4)$$

其中，

$dP_{g,F12}$ 是所述第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 g-线和 F-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{g,d12}$ 是所述第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 g-线和 d-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{c,A'12}$ 是所述第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 C-线和 A'-线的部分色散比的反常色散常数。

4. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述第一透镜组按从物方到像面方的顺序有：具有负光焦度的透镜元件，具有正光焦度的透镜元件和具有正光焦度的透镜元件，且满足下列条件：

$$-0.040 < dP_{g,F11} - dP_{g,F12} < -0.020 \quad (5)$$

$$-0.055 < dP_{g,d11} - dP_{g,d12} < -0.025 \quad (6)$$

$$0.018 < dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} < 0.036 \quad (7)$$

其中，

$dP_{g,F11}$ 是所述第一透镜组中从物方数第一个透镜元件的材料的相对于 g-线和 F-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{g,d11}$ 是所述第一透镜组中从物方数第一个透镜元件的材料的相对于 g-线和 d-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{C,A'11}$ 是所述第一透镜组中从物方数第一个透镜元件的材料的相对于 C-线和 A'-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{g,F12}$ 是所述第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 g-线和 F-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{g,d12}$ 是所述第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 g-线和 d-线的部分色散比的反常色散常数，

$dP_{C,A'12}$ 是所述第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 C-线和 A'-线的部分色散比的反常色散常数。

5. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述第二透镜组从物方到像面方依次有：具有负光焦度的弯月形透镜元件、具有负光焦度的透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光焦度的透镜元件，并至少包含一个非球面。

6. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述第三透镜组包含接合透镜元件，从物方到像面方依次有：具有正光焦度的透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光

焦度的透镜元件，且满足下列条件：

$$0.50 < f_{31} / f_{32} < 1.00 \quad (8)$$

其中，

f_{31} 是所述第三透镜组中从物方数第一个透镜元件的焦距，和

f_{32} 是所述第三透镜组中从物方数第二个透镜元件的焦距。

7. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述第三透镜组包括接合透镜元件，从物方到像面方依次设置有：具有正光焦度的弯月形透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光焦度的透镜元件，且满足下列条件：

$$0.01 < | p_1 / p_2 | < 0.06 \quad (9)$$

其中，

p_1 是所述第三透镜组中从物方数第一个透镜元件的物方表面的光焦度，和

p_2 是所述第三透镜组中从物方数第一个透镜元件的像面方表面的光焦度。

8. 如权利要求 1 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述第三透镜组包括接合透镜元件，从物方到像面方依次设置有：具有正光焦度的弯月形透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光焦度的透镜元件，且满足下列条件：

$$n_{d31} > 1.65 \quad (10)$$

$$| v_{d31} - v_{d32} | < 0.6 \quad (11)$$

其中，

n_{d31} 是所述第三透镜组中从物方数第一个透镜元件的相对于 d 线的折射率，

v_{d31} 是所述第三透镜组中从物方数第一个透镜元件的阿贝数，和

v_{d32} 是所述第三透镜组中从物方数第二个透镜元件的阿贝数

9. 如权利要求 1 或 2 所述的变焦透镜系统，其特征在于，所述变焦透镜系统满足下列条件：

$$15 < R / RIH < 210 \quad (12)$$

其中，

R 是所述第四透镜组中位于最靠近物方的凹表面的曲率半径，和

RIH 是最大图像高度。

10. 一种成像装置，可以将拍摄对象的光学图像转换成电图像信号并输出该信号，其特征

在于，具有：

可改变放大倍数地形成所述拍摄对象的光学图像的变焦透镜系统，以及

将由所述变焦透镜系统形成的所述拍摄对象的光学图像转换成电图像信号的成像元件；

该变焦透镜系统具有：

具有正光焦度的第一透镜组；

具有负光焦度的第二透镜组；

至少包括一个非球面并具有正光焦度的第三透镜组；

具有正光焦度的第四透镜组；

为了改变光学图像的放大倍数，第一透镜组和第三透镜组沿光轴的方向上相对于像面固定，第二透镜组和第四透镜组可沿光轴的方向移动；

在调整光学图像的焦点时，第四透镜组可沿光轴的方向移动；

在补偿因变焦透镜系统的震动而产生的模糊光学图像时，第三透镜组可在与光轴成直角的方向上移动；

该成像装置满足下列条件：

$$0.006 < |dsagi / CL| < 0.02 \quad (1)$$

其中，

$dsagi$ 是所述第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的非球面量，

CL 是所述第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的有效直径的一半。

11. 一种光学设备，可以对拍摄对象进行拍摄、并作为电图像信号输出，其特征在于，

具有成像装置，所述成像装置包含可改变放大倍数地形成所述拍摄对象的光学图像的变焦透镜系统，以及将由所述变焦透镜系统形成的所述拍摄对象的光学图像转换成电图像信号的成像元件；

该变焦透镜系统具有：

具有正光焦度的第一透镜组；

具有负光焦度的第二透镜组；

至少包括一个非球面并具有正光焦度的第三透镜组；

具有正光焦度的第四透镜组；

为了改变光学图像的放大倍数，第一透镜组和第三透镜组沿光轴的方向上相对于像面固定，第二透镜组和第四透镜组可沿光轴的方向移动；

在调整光学图像的焦点时，第四透镜组可沿光轴的方向移动；

在补偿因变焦透镜系统的震动而产生的模糊光学图像时，第三透镜组可在与光轴成直角的方向上移动；

其特征在于，该光学设备满足下列条件：

$$0.006 < |dsagi / CL| < 0.02 \quad (1)$$

其中，

$dsagi$ 是所述第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的非球面量，

CL 是所述第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的有效直径的一半。

12. 如权利要求 11 所述的光学设备，其特征在于，所述光学设备是摄像机。

13. 如权利要求 11 所述的光学设备，其特征在于，所述光学设备是数字照相机。

变焦透镜系统、成像装置、照相机和摄像机

技术领域

本发明涉及用于摄像机、数字照相机等并具备光学补偿由于手震等振动引起的图像模糊的图像模糊补偿功能的变焦透镜系统和成像装置，同时也涉及应用该变焦透镜系统和成像装置的诸如摄像机和数字照相机的光学设备。

背景技术

目前，防止手震等振动造成的图像模糊的图像模糊防止功能成为摄像机等图像拍摄系统的必要功能，并且各种类型的防震光学系统已经被提出。

例如，在日本专利公开公报 No.8-029737 所揭示的摄像机中，一个由两个透镜构成的用于补偿震动的光学系统安装在变焦透镜系统之前，该两个透镜中的任意一个垂直于光轴移动，以补偿由于手震引起的图像的变化。

还有，在日本专利公开公报 No.7-128619 所揭示的摄像机中应用了一种四组变焦透镜系统，由多个透镜构成的第三透镜组的一部分垂直于光轴移动，以补偿由于手震引起的图像的变化。

文件 1：日本专利公开公报 No.8-029737

文件 2：日本专利公开公报 No.7-128619

发明内容

本发明要解决的问题

比如，在上述日本专利公开公报 No.8-029737 所揭示的摄像机中，用于震动补偿的光学系统中，因为起震动补偿作用的透镜位于变焦透镜系统的前部，所以用于震动补偿的光学系统的透镜直径比较大。从而，摄像机本身的尺寸和致动系统的负荷也相应增大，因此，不利于减小尺寸，重量和能耗。

在上述日本专利公开公报 No.7-128619 中揭示的摄像机中，因为相对于像面固定的第

三透镜组的一部分垂直于光轴移动以纠正因手震而引起的图像的变化，与将用于震动补偿的光学系统安装在变焦透镜系统之前的类型相比，这种类型的系统在尺寸方面就更适宜。但是，震动补偿因为移动第三透镜组的一部分，所以在摄像机震动补偿时的色差性能的下降不可避免。

用于解决该问题的方法

为了解决现有技术中的上述问题而实现了本发明，本发明的目的是提供一种由四组透镜构成的变焦透镜系统，该系统能通过在垂直于光轴的方向整体移动改变放大倍数以及聚焦时相对于像面而固定的第三透镜组来补偿图像模糊，本发明的目的还在于提供应用这种变焦透镜系统的摄像机和数字照相机等的光学设备。

上述目的之一通过下述变焦透镜系统而实现。该变焦透镜系统是一种用于能改变放大倍数地形成物的光学图像的变焦透镜系统，从物方到像面方依次具有第一、第二、第三和第四透镜组，第一透镜组具有正光焦度，第二透镜组具有负光焦度，第三透镜组具有正光焦度并包括至少一个非球面，第四透镜组具有正光焦度，其中为了改变光学图像的放大倍数，第一透镜组和第三透镜组在沿光轴的方向上相对于像面固定，第二透镜组和第四透镜组在可沿光轴的方向移动，在调整光学图像的焦点时，第四透镜组在可沿光轴的方向移动，在补偿因变焦透镜系统的震动而产生的光学图像模糊时，第三透镜组可在与光轴成直角的方向上移动；以及满足下列条件表达式：

$$0.006 < |dsagi / CL| < 0.02 \quad (1)$$

其中，

$dsagi$ 是第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的非球面量，

CL 是第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的有效直径的一半。

上述目的之一通过下述成像装置实现。可以将拍摄对象的光学图像转换成电图像信号并输出该信号的成像装置具有可改变放大倍数地形成拍摄对象的光学图像的变焦透镜系统以及将由变焦透镜系统形成的拍摄对象的光学图像转换成电图像信号的成像元件，该变焦透镜系统具有上述结构。

上述目的之一通过下述光学设备实现。该光学设备是一种可以拍摄拍摄对象并作为电图像信号输出的光学设备，具有成像装置，该成像装置具有可改变放大倍数地形成所述拍

摄对象的光学图像的变焦透镜系统和将由变焦透镜系统形成的拍摄对象的光学图像转换成电图像信号的成像元件，该变焦透镜系统具有上述结构。

本发明的效果

本发明能实现具有图像模糊补偿功能，高光学性能，广角和高放大倍数的变焦透镜系统。另外，通过应用本发明的变焦透镜系统，可实现能补偿图像模糊的高性能的摄像机和数字照相机等光学设备。

附图说明

图 1 是本发明的变焦透镜系统的基本构型的示意图；

图 2 是本发明的第一实施例（数值实例 1 到 3）的变焦透镜系统的构型的布局图；

图 3 是本发明的数值实例 1 的广角端的像差示意图；

图 4 是本发明的数值实例 1 的标准位置的像差示意图；

图 5 是本发明的数值实例 1 的摄远端的像差示意图；

图 6 是本发明的数值实例 1 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图；

图 7 是本发明的数值实例 2 的广角端的像差示意图；

图 8 是本发明的数值实例 2 的标准位置的像差示意图；

图 9 是本发明的数值实例 2 的摄远端的像差示意图；

图 10 是本发明的数值实例 2 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图；

图 11 是本发明的数值实例 3 的广角端的像差示意图；

图 12 是本发明的数值实例 3 的标准位置的像差示意图；

图 13 是本发明的数值实例 3 的摄远端的像差示意图；

图 14 是本发明的数值实例 3 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图；

图 15 是本发明的第二实施例（数值实例 4 到 6）的变焦透镜系统的构型的布局图；

图 16 是本发明的数值实例 4 的广角端的像差示意图；

图 17 是本发明的数值实例 4 的标准位置的像差示意图；

图 18 是本发明的数值实例 4 的摄远端的像差示意图；

图 19 是本发明的数值实例 4 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图；

图 20 是本发明的数值实例 5 的广角端的像差示意图；

图 21 是本发明的数值实例 5 的标准位置的像差示意图；

图 22 是本发明的数值实例 5 的摄远端的像差示意图；

图 23 是本发明的数值实例 5 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图；

图 24 是本发明的数值实例 6 的广角端的像差示意图；

图 25 是本发明的数值实例 6 的标准位置的像差示意图；

图 26 是本发明的数值实例 6 的摄远端的像差示意图；

图 27 是本发明的数值实例 6 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图；

图 28 是本发明的第三实施例的摄像机的构型的布局图；

图 29 是本发明的第四实施例的数字照相机的构型的布局图。

附图符号说明

231, 281 变焦透镜系统

232 伸缩透镜筒

233 光学取景器

234 快门

282 低通滤波器

283 成像元件

284 信号处理电路

285 取景器

286 驱动器（致动器）

287 检测器（传感器）

具体实施方式

[第一和第二实施例]

图 1 显示了本发明的第一和第二实施例的变焦透镜系统的基本构型。如图 1 所示，实施例的变焦透镜系统是一种四组透镜构成的变焦透镜系统，从物方到像面依次由第一透镜组，第二透镜组，孔径光阑，第三透镜组和第四透镜组构成。

在第一实施例和第二实施例的变焦透镜系统中，第一透镜组、第三透镜组和孔径光阑在沿光轴的方向上相对于像面而固定，第二透镜组和第四透镜组在改变放大倍数（变焦）的过程中可沿光轴方向移动。另外，第四透镜组在光学图像的聚焦调整（焦点调整）的过程中可沿光轴方向移动。而且，发生摄像机震动产生图像模糊时，第三透镜组在补偿因变焦透镜系统的震动而产生的图像模糊的过程中在与光轴成直角的方向移动。

图 2 是显示第一实施例的变焦透镜系统的构型的布局图。在图 2 中，面 r1 到 r5 标示的透镜组是具有正光焦度的第一透镜组，面 r6 到 r12 标示的透镜组是具有负光焦度的第二透镜组，面 r14 到 r18 标示的透镜组是至少包括一个非球面并具有正光焦度的第三透镜组，面 r19 到 r22 标示的透镜组是具有正光焦度的第四透镜组。另外，图 2 中面 r23 和面 r24 标示的光学元件是光学低通滤波器和相当于 CCD 面板的平板。

第一透镜组按从物方到像面方的顺序有：凸向物方的负弯月形透镜元件，具有双凸形的正透镜元件和凸向物方的正弯月形透镜元件。从物方数第一个透镜元件和从物方数第二个透镜元件相互接合在一起。

第二透镜组按从物方到像面方的顺序有：凸向物方的负弯月形透镜元件，凹向物方的负弯月形透镜元件，具有双凸形的正透镜元件和具有双凹形的负透镜元件。从物方数第三个透镜元件和从物方数第四个透镜元件相互接合在一起。

第三透镜组按从物方到像面方的顺序有：具有双凸形的正透镜元件，具有双凸形的正透镜元件和具有双凹形的负透镜元件。从物方数第二个透镜元件和从物方数第三个透镜元件相互接合在一起。

第四透镜组按从物方到像面方的顺序有：具有双凸形的正透镜元件，具有双凹形的负透镜元件和具有双凸形的正透镜元件。所有的透镜元件都互相接合在一起。

图 15 是显示本发明的第二实施例的变焦透镜系统的构型的布局图。在图 15 中，第二实施例的变焦透镜系统和第一实施例的变焦透镜系统比较，仅有的不同之处在于，第三透镜组中最靠近物方的透镜元件是凸向物方的正弯月形透镜元件。

以下，将叙述各实施例的变焦透镜系统应该满足的条件。在各实施例的变焦透镜系统中规定了多个应该满足的条件，满足所有条件的变焦透镜系统的结构最好。但是也可以得到通过满足个别的条件，而起到与该条件对应的效果的变焦透镜系统。

各个实施例的变焦透镜系统第三透镜组中包含至少 1 个非球面，理想的是满足下列条件表达式（1）定义的范围。

$$0.006 < |dsagi / CL| < 0.02 \quad (1)$$

其中

$dsagi$ 是第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的非球面量，

CL 是第三透镜组所包含的物方第 i 个非球面的有效直径的一半

另外，非球面量 $dsag$ 被定义为从下列公式所示的面突起量 SAG 减去参照球面量（公式中的第 1 项）的量：

$$SAG = \frac{h^2 / R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)(h / R)^2}} + D \cdot h^4 + E \cdot h^6 + F \cdot h^8 + G \cdot h^{10} + H \cdot h^{12} + I \cdot h^{14} + J \cdot h^{16}$$

但是，在上述公式中， h 指从光轴算起的高度，SAG 指从以非球面的顶点为基准的位置到非球面上从光轴算起的高度为 h 的点的距离（面突起量）， R 指非球面的顶点处的曲率半径， K 指圆锥常数， D, E, F, G, H, I 和 J 指非球面系数。

通常，在光线通过的位置偏离光轴的孔径光阑附近的透镜中引进非球面，就能有效地纠正像差。但是，如果引进非球面，则可能发生表面对不准等的加工误差，透镜形状可能会偏离设计值，达不到要求的性能。为了即使发生加工误差也能达到良好的像差性能而定义了上述条件表达式 (1)。当条件表达式 (1) 的值低于下限时，即使发生非球面的加工误差，性能也难以下降。但是，由于引进非球面的效果难以达到，因此使充分纠正像差变得困难。当条件表达式 (1) 的值超过上限时，虽然可以较好地纠正像差，但在加工误差发生时性能下降变得很明显。更好的是满足下列条件表达式 (1)，

$$0.006 < |dsagi / CL| < 0.01 \quad (1')$$

各实施例的变焦透镜系统理想的是满足由下列条件表达式 (2) 到 (4) 定义的范围。

$$0.035 < dP_{g,F12} < 0.070 \quad (2)$$

$$0.045 < dP_{g,d12} < 0.080 \quad (3)$$

$$-0.040 < dP_{c,A'12} < -0.020 \quad (4)$$

其中，

$dP_{g,F12}$ 是第一透镜组中从物方数第二透镜元件的材料的相对于 g-线 (435nm) 和 F-线 (486nm) 的部分色散比的反常色散常数。

$dP_{g,d12}$ 是第一透镜组中从物方数第二透镜元件的材料的相对于 g-线 (435nm) 和 d-线 (587nm) 的部分色散比的反常色散常数。

$dP_{C,A'12}$ 是第一透镜组中从物方数第二透镜元件的材料的相对于 C-线 (656nm) 和 A'-线 (768nm) 的部分色散比的反常色散常数。

这里, 选择两种类型, 即 511605 (折射率 $n_d = 1.5112$, 阿贝 (Abbe) 数 $v_d = 60.49$) 和 620363 (折射率 $n_d = 1.62004$, 阿贝 (Abbe) 数 $v_d = 36.30$) 作为标准的光学玻璃, 以部分色散比 $dP_{x,y}$ 为垂直轴, 以阿贝 (Abbe) 数 v_d 为水平轴, 连接代表标准的光学玻璃的两点的直线为标准线, 关于各种硝类, 其部分色散比和与该硝类的阿贝 (Abbe) 数相对应的标准线上的部分色散比之间的差被定义为反常色散常数 $dP_{x,y}$ 。

上述条件表达式 (2) 到 (4) 是同时纠正正在较短波长一方和较长波长一方的色差必须的条件。为了纠正两个或更多不同的波长上的色差, 需要具有较大的反常色散的材料。上述条件表达式 (2) 到 (4) 代表了从较短波长到较长波长的反常色散, 通过使用同时满足上述条件表达式 (2) 到 (4) 的条件的材料, 可以有效地纠正正在两个或更多不同波长上的色差。

各实施例的变焦透镜系统理想的是满足由下列条件表达式 (5) 到 (7) 定义的范围。

$$-0.040 < dP_{g,F11} - dP_{g,F12} < -0.020 \quad (5)$$

$$-0.055 < dP_{g,d11} - dP_{g,d12} < -0.025 \quad (6)$$

$$0.018 < dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} < -0.036 \quad (7)$$

其中

$dP_{g,F11}$ 是第一透镜组中从物方数第一个透镜元件的材料的相对于 g-线 (435nm) 和 F-线 (486nm) 的部分色散比的反常色散常数,

$dP_{g,d11}$ 是第一透镜组中从物方数第一个透镜元件的材料的相对于 g-线 (435nm) 和 d-线 (587nm) 的部分色散比的反常色散常数,

$dP_{C,A'11}$ 是第一透镜组中从物方数第一个透镜元件的材料的相对于 C-线 (656nm) 和 A'-线 (768nm) 的部分色散比的反常色散常数,

$dP_{g,F12}$ 是第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 g-线 (435nm) 和 F-线 (486nm) 的部分色散比的反常色散常数,

$dP_{g,d12}$ 是第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 g-线 (435nm) 和 d-线 (587nm) 的部分色散比的反常色散常数,

$dP_{C,A'12}$ 是第一透镜组中从物方数第二个透镜元件的材料的相对于 C-线 (656nm) 和 A'-线 (768nm) 的部分色散比的反常色散常数,

线 (768nm) 的部分色散比的反常色散常数。

上述条件表达式 (5) 到 (7) 是对于在纠正两个或更多不同波长上的色差时的具有负光焦度的透镜和具有正光焦度的透镜的条件。通过将各透镜的反常色散常数的差满足上述条件表达式 (5) 到 (7) 的材料进行组合，就能有利地纠正两个或更多不同波长上的色差。

对于各实施例的变焦透镜系统，第三透镜组包含接合透镜元件。从物方到像面方依次由具有正光焦度的透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光焦度的透镜元件组成，并在满足下列条件表达式 (8) 定义的范围会更有效。

$$0.50 < f_{31} / f_{32} < 1.00 \quad (8)$$

其中

f_{31} 是第三透镜组中从物方数第一个透镜的焦距，和

f_{32} 是第三透镜组中从物方数第二个透镜的焦距。

通过根据上述条件表达式 (8) 设定第三透镜组的从物方数第一个透镜和第二个透镜的光焦度，入射到各透镜上的光线的偏移角度可得到优化，使球差能较好地得到纠正。当条件表达式 (8) 的值低于下限时，第三透镜组的从物方数第一个透镜的光焦度变得太大，因此容易在物方的方向上发生球差。当条件表达式 (8) 的值超过上限时，第三透镜组的从物方数第一个透镜的光焦度变得太小，因此在像面方的方向上容易发生球差。更好的是满足下列条件表达式 (8)' 和 (8)"。

$$0.80 < f_{31} / f_{32} < 1.00' \quad (8)'$$

$$f_{31} / f_{32} < 0.95" \quad (8)"$$

在上述实施例的变焦透镜系统中，第三透镜组包括一个以上接合透镜元件，从物方到像面方依次设置具有正光焦度的弯月形透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光焦度的透镜元件，在满足下列条件表达式 (9) 时比较理想。

$$0.01 < | p_1 / p_2 | < 0.06 \quad (9)$$

其中

p_1 是第三透镜组中从物方数第一个透镜的物方表面的光焦度，和

p_2 是第三透镜组中从物方数第一个透镜的像面方表面的光焦度。

为了有利地纠正像差，最好给予光线通过较高位置的物方表面较小的光焦度。当上述

条件表达式(9)的值低于下限时，物方表面的光焦度变得太小，像面方表面的光焦度变得太大，这样就难以较好地纠正像差。当条件表达式(9)的值超过上限时，物方表面的曲率以及像面方表面的曲率变得相近，导致难以加工透镜形状。为了满足上述条件表达式(9)而将像方表面形成凹面，所以在将透镜固定到透镜筒框架上使透镜固定到透镜筒中时不必将其球面部分固定到透镜筒的框架上。因此，将不会发生透镜的倾斜和偏离中心。而且，因为像方表面的光焦度小，和双凸透镜相比，单透镜的性能由于表面不对准而造成的恶化较小。更好的是满足下列条件表达式(9)' 和 (9)"。

$$0.015 < |p_1 / p_2| \quad (9)'$$

$$|p_1 / p_2| < 0.035 \quad (9)"$$

在上述实施例的变焦透镜系统中，第三透镜组包括接合透镜元件，从物方到像面依次设置具有正光焦度的弯月形透镜元件、具有正光焦度的透镜元件、具有负光焦度的透镜元件，在满足下列条件表达式(10) 和 (11) 时比较理想。

$$n_{d31} > 1.65 \quad (10)$$

$$|v_{d31} - v_{d32}| < 0.6 \quad (11)$$

其中

n_{d31} 是第三透镜组的从物方数第一个透镜元件的相对于 d 线 (587nm) 的折射率，

v_{d31} 是第三透镜组的从物方数第一个透镜元件的阿贝 (Abbe) 数，和

v_{d32} 是第三透镜组的从物方数第二个透镜元件的阿贝 (Abbe) 数。

当条件表达式(10)的值低于下限时，透镜表面的光焦度变得太大，因此容易发生球差和彗差。当条件表达式(11)的值超过上限时，色差将被过度纠正。

在上述实施例的变焦透镜系统中，最好还能满足下列条件表达式(12)。

$$15 < R / RIH < 210 \quad (12)$$

其中

R 是第四透镜组的位于最靠近物方的凹表面的曲率半径，和

RIH 是最大图像高度。

在将透镜接合在一起的情况下，必须在接合表面填充具有低折射率的接合剂，这就导致接合剂和透镜之间大的折射率差。这将成为鬼影或寄生光斑的原因。条件表达式(12)的值低于下限是不理想的，因为在摄像面上或在面板、低通滤波器等与最靠近像面的接合

表面之间的反射而造成的鬼影或寄生光斑产生于图像中心附近。当条件表达式（12）的值超过上限时，被接合表面的光焦度变得太小，这样就难以充分纠正横向色差。通过满足条件表达式（12），就可以有利地纠正横向色差，同时将鬼影或寄生光斑转向到图像的周边部分。更好的是满足下列条件表达式（12）' 和（12）''。

$$130 < R / RIH \quad (12)'$$

$$R / RIH < 200 \quad (12)''$$

虽然构成本实施例的各透镜组仅包括通过折射偏转入射光线的折射型透镜元件（即入射光线在具有不同折射率的媒介之间的界面偏转的类型的透镜元件），但本发明并不限于此。例如，透镜单元可以包括通过衍射偏转入射光线的衍射型的透镜元件，通过衍射和折射的组合偏转入射光线的折射-衍射混合透镜元件，或通过媒介中折射率的分布偏转入射光线的折射率分布型透镜元件。

另外，在各实施例中，可以通过在光路上提供反射表面在变焦透镜系统的前面、后面或者途中弯折光路。该光路的弯折位置可按照需要进行调整。通过适当弯折光路，可以使相机的外形更薄。

另外，在各实施例中，已说明了配置包含了设置在变焦透镜系统的最终表面和成像元件 S 之间的光学低通滤波器的平板的结构，但作为这种低通滤波器可采用规定的结晶轴方向被调整的晶体等为材料的双折射型低通滤波器或采用通过衍射效应实现所需要的通过光学遮断频率的特性的相位型低通滤波器。另外，在各实施例中，可以基于使变焦透镜系统的光学图像受光的固体成像元件的性能省略低通滤波器。

[第三实施例]

图 28 显示了本发明第三实施例的摄像机的构型。如图 28 所示，实施例 3 的摄像机具有变焦透镜系统 281，以及在变焦透镜系统 281 的像面方依次设置的低通滤波器 282 和成像元件 283。变焦透镜系统 281、低通滤波器 282 和成像元件 283 构成成像装置。

另外，取景器 285 通过信号处理电路 284 连接到成像元件 283。这里，将具有图像模糊补偿功能的上述第一实施例的变焦透镜系统用作变焦透镜系统 281，由此实现了具有高性能的图像模糊补偿功能的摄像机。另外，用于探测手震等造成的震动的探测器（传感器）287 通过用于在垂直于光轴的方向移动第三透镜组的驱动器（致动器）286 连接到变焦透镜系统 281 的第三透镜组。

虽然在本实施例中使用在上述第一实施例中叙述的变焦透镜系统，但该变焦透镜系统可以由例如在上述第二实施例中叙述的变焦透镜系统取代。

[第四实施例]

图 29 显示了本发明第四实施例的数字照相机的构型。在图 29 中，变焦透镜系统 231 是具有图像模糊补偿功能的上述第一实施例的变焦透镜系统。另外，本发明第四实施例的数字照相机包含支撑变焦透镜系统 231 的伸缩透镜筒 232，光学取景器 233 和快门 234。变焦透镜系统 231 与未图示的低通滤波器、成像元件构成成像装置。

虽然在本实施例中使用在上述第一实施例中叙述的变焦透镜系统，但该变焦透镜系统可以由例如在上述第二实施例中叙述的变焦透镜系统取代。

[数值实例]

以下，说明将第一实施例或第二实施例的上述变焦透镜系统具体实施的数值实例。在每个数值实例中，所有表格的长度单位都是毫米。另外，在每个数字实例中， r (mm) 指曲率半径， d (mm) 指透镜的厚度或透镜之间的空气间隔。 nd 指在 d-线上的折射率， vd 指阿贝 (Abbe) 数。

在每个数值实例中，当不使用图像模糊补偿功能时，通过纵向像差示意图显示光学性能。当图像模糊补偿功能起作用时，通过横向像差示意图显示光学性能。从左到右，该纵向像差示意图与球差示意图 A，像散示意图 B，畸变示意图 C，轴向色差示意图 D 和横向色差示意图 E 相对应。

在球差示意图 A 和轴向色差示意图 D 中，垂直轴表示 F 数。在像散示意图 B，畸变示意图 C 和横向色差示意图 E 中，垂直轴表示视野的半角。另外，在像散示意图 B 中，实线表示弧矢场曲上的值，虚线表示子午场曲上的值。另外，在轴向色差示意图 D 以及横向色差示意图 E 中，实线表示 d-线上的值，短虚线表示 F-线上的值，长虚线表示 C-线上的值。各横向像差示意图对应于在与光轴垂直的方向以规定的角度使第三透镜组整体移动的摄远端上的图像模糊补偿状态，在各横向像差示意图中，横向像差示意图 A 对应于最大图像高度的 75% 的像点上的横向像差，横向像差示意图 B 对应于轴上像点上的横向像差，C 对应于最大图像高度的 -75% 的像点上的横向像差。在这些示意图中，实线表示 d-线的特性，短虚线表示 F-线的特性，长虚线表示 C-线的特性，点划线表示 g-线的特性。

(数值实例 1)

数值实例 1 的变焦透镜系统对应于图 2 中显示的第一实施例。有关数值实例 1，表 1 显示变焦透镜系统的透镜数据，表 2 显示变焦透镜系统的非球面系数，表 3 显示当物点位于距透镜的前端无限远时的焦距，F-数，视场角和可变空气间隔。

[表 1]

组别	表面	r	d	n	vd
1	1	75.631	1.50	1.84666	23.8
	2	41.383	7.80	1.49700	81.6
	3	-186.830	0.15		
	4	34.011	4.70	1.77250	49.6
	5	78.408	可变		
2	6	78.408	0.70	1.83500	42.7
	7	7.855	4.80		
	8	-29.000	0.70	1.69680	55.5
	9	-500.000	0.26		
	10	33.554	2.80	1.84666	23.8
	11	-27.693	1.25	1.60602	57.5
	12	43.000	可变		
光阑	13	0.000	1.70		
3	14	17.524	2.45	1.66547	55.2
	15	-27.942	4.56		
	16	15.044	1.80	1.60311	60.7
	17	-700.000	0.70	1.84666	23.8
	18	10.313	可变		
4	19	14.656	2.45	1.69680	55.5
	20	-55.279	1.20	1.83500	42.7
	21	100.000	2.00	1.51450	63.1
	22	-50.000	可变		
5	23	∞	2.70	1.51633	64.0
	24	∞			

[表 2]

表面	12	14	15	22
K	0.00000D+00	-4.64942D-01	-3.63954D+01	0.00000D+00
D	-8.67123D-05	-1.39191D-04	-3.09058D-04	9.28676D-05
E	5.17987D-08	-5.97372D-06	-1.20566D-06	-1.33202D-06
F	-3.70414D-08	1.67914D-07	8.39841D-09	2.58982D-08
G	1.19723D-09	-1.12919D-08	-5.01461D-09	0.00000D+00
H	-2.55646D-11	8.42407D-11	0.00000D+00	0.00000D+00
I	2.53818D-13	3.02349D-12	0.00000D+00	0.00000D+00
J	-1.05602D-15	-1.31752D-13	0.00000D+00	0.00000D+00

[表 3]

	广角端	标准位置	摄远端
f	5.979	32.750	70.857
F/No	2.858	2.869	2.791

2ω	64.136	12.408	5.736
d5	0.700	27.515	34.150
d12	35.550	8.735	2.100
d18	10.433	5.049	8.888
d22	2.000	7.384	3.545

图 3 是本发明的数值实例 1 的广角端的像差示意图。图 4 使本发明的数值实例 1 的变焦透镜系统的标准位置的像差示意图。图 5 是本发明的数值实例 1 的变焦透镜系统的摄远端的像差示意图。从图 3 到 5 所显示的像差示意图中清楚可见，本实例的变焦透镜系统具有能获得高分辨率的充分的像差纠正性能。

图 6 是本发明的数值实例 1 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图。从图 6 所示的像差示意图可知，即使在补偿图像模糊时本实例的变焦透镜系统也显示了较好的像差性能。在该实例中，第三透镜组的移动对应 0.28 度的角度。

下面显示了关于数值实例 1 的变焦透镜系统的各个条件表达式的值：

$$(1) |dsag1 / CL| = 0.018$$

$$(1) |dsag2 / CL| = 0.015$$

$$(2) dP_{g,F12} = 0.0374$$

$$(3) dP_{g,d12} = 0.0476$$

$$(4) dP_{C,A'12} = -0.0255$$

$$(5) dP_{g,F11} - dP_{g,F12} = -0.0238$$

$$(6) dP_{g,d11} - dP_{g,d12} = -0.0318$$

$$(7) dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} = 0.0223$$

$$(8) f_{31} / f_{32} = 0.68$$

$$(12) R / RIH = 27.9$$

(数值实例 2)

数值实例 2 的变焦透镜系统对应于图 2 显示的第一实施例。有关数值实例 2，表 4 显示变焦透镜系统的透镜数据，表 5 显示变焦透镜系统的非球面系数，表 6 显示当物点位于距透镜的前端无限远时的焦距，F-数，视场角和可变空气间隔。

[表 4]

组别	表面	r	d	n	vd
1	1	75.631	1.50	1.84666	23.8
	2	41.383	7.80	1.49700	81.6
	3	-186.830	0.15		
	4	34.011	4.70	1.77250	49.6
	5	78.408	可变		
2	6	78.408	0.70	1.83500	42.7
	7	7.855	4.80		
	8	-29.000	0.70	1.69680	55.5
	9	-500.000	0.26		
	10	33.554	2.80	1.84666	23.8
	11	-27.693	1.25	1.60602	57.5
	12	43.000	可变		
光阑	13	0.000	1.70		
3	14	17.330	2.45	1.66547	55.2
	15	-28.904	4.56		
	16	15.120	1.80	1.60311	60.7
	17	-700.000	0.70	1.84666	23.8
	18	10.423	可变		
4	19	14.936	2.45	1.69680	55.5
	20	-33.339	1.20	1.83500	42.7
	21	500.000	2.00	1.51450	63.1
	22	-50.000	可变		
5	23	∞	2.70	1.51633	64.0
	24	∞			

[表 5]

表面	12	14	15	22
K	0.00000D+00	-9.46916D-03	-4.03704D+01	0.00000D+00
D	-8.67123D-05	-1.34448D-04	-2.94271D-04	8.92187D-05
E	5.17987D-08	-5.79975D-06	-8.30678D-07	-1.45953D-06
F	-3.70414D-08	1.85090D-07	1.51931D-08	2.94214D-08
G	1.19723D-09	-1.11735D-08	-4.65896D-09	0.00000D+00
H	-2.55646D-11	9.31161D-11	0.00000D+00	0.00000D+00
I	2.53818D-13	2.89462D-12	0.00000D+00	0.00000D+00
J	-1.05602D-15	-1.22091D-13	0.00000D+00	0.00000D+00

[表 6]

	广角端	标准位置	摄远端
f	5.983	32.752	70.898
F/No	2.861	2.869	2.863
2ω	64.036	12.408	5.732

d5	0.700	27.515	34.150
d12	35.550	8.735	2.100
d18	10.433	5.047	8.887
d22	2.000	7.387	3.546

图 7 是本发明的数字实例 2 的广角端的像差示意图。图 8 是本发明的数字实例 2 的标准位置的像差示意图。图 9 是本发明的数字实例 2 的摄远端的像差示意图。从图 7 到 9 显示的像差示意图中清楚可见，本实例的变焦透镜系统具有能获得高分辨率的充分的像差纠正性能。

图 10 是本发明的数字实例 2 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图。从图 10 显示的像差示意图可知，即使在补偿图像模糊时本实例的变焦透镜系统也显示了较好的像差性能。在该实例中，第三透镜组的移动对应于 0.28 度的角度。

下面显示了关于数字实例 2 的变焦透镜系统的各个条件表达式的值：

- (1) $|dsag1 / CL| = 0.016$
- (1) $|dsag2 / CL| = 0.013$
- (2) $dP_{g,F12} = 0.0374$
- (3) $dP_{g,d12} = 0.0476$
- (4) $dP_{C,A'12} = -0.0255$
- (5) $dP_{g,F11} - dP_{g,F12} = -0.0238$
- (6) $dP_{g,d11} - dP_{g,d12} = -0.0318$
- (7) $dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} = 0.0223$
- (8) $f_{31} / f_{32} = 0.68$
- (12) $R / RIH = 139.5$

(数值实例 3)

数值实例 3 的变焦透镜系统对应于图 2 显示的第一实施例。有关数值实例 3，表 7 显示变焦透镜系统的透镜数据，表 8 显示变焦透镜系统的非球面系数，表 9 显示当物点位于距透镜的前端无限远时的焦距，F-数，视场角和可变空气间隔。

[表 7]

组别	表面	r	d	n	vd
1	1	75.665	1.50	1.84666	23.8
	2	41.431	7.80	1.49700	81.6
	3	-184.655	0.15		
	4	34.070	4.70	1.77250	49.6
	5	78.443	可变		
2	6	78.443	0.70	1.83500	42.7
	7	7.847	4.80		
	8	-29.000	0.70	1.69680	55.5
	9	-500.000	0.26		
	10	33.591	2.80	1.84666	23.8
	11	-27.471	1.25	1.60602	57.5
	12	43.000	可变		
光阑	13	0.000	1.70		
3	14	15.058	2.45	1.60602	57.5
	15	-26.120	4.56		
	16	16.877	1.80	1.60311	60.7
	17	-700.000	0.70	1.84666	23.8
	18	10.369	可变		
4	19	14.915	2.45	1.69680	55.5
	20	-38.607	1.20	1.83500	42.7
	21	300.000	2.00	1.51450	63.1
	22	-50.000	可变		
5	23	∞	2.70	1.51633	64.0
	24	∞			

[表 8]

表面	12	14	15	22
K	0.00000D+00	-1.13700D-01	-3.34907D+01	0.00000D+00
D	-8.78519D-05	-1.30463D-04	-2.95315D-04	8.17119D-05
E	1.48139D-07	-5.48389D-06	-1.47210D-07	-1.21594D-06
F	-4.51864D-08	1.86190D-07	2.98028D-08	2.57351D-08
G	1.45708D-09	-1.10861D-08	-6.27150D-09	0.00000D+00
H	-2.61614D-11	6.34762D-11	0.00000D+00	0.00000D+00
I	1.00260D-13	1.75315D-12	0.00000D+00	0.00000D+00
J	1.38543D-15	-8.89225D-14	0.00000D+00	0.00000D+00

[表 9]

	广角端	标准位置	摄远端
f	6.116	33.797	72.540
F/No	2.930	2.960	2.930
2ω	62.878	12.022	5.606

d5	0.700	27.525	34.150
d12	35.550	8.725	2.100
d18	10.433	4.848	8.827
d22	2.000	7.585	3.606

图 11 是本发明的数值实例 3 的广角端的像差示意图。图 12 是本发明的数值实例 3 的标准位置的像差示意图。图 13 是本发明的数值实例 3 的摄远端的像差示意图。从图 11 到 13 显示的像差示意图中清楚可见，本实例的变焦透镜系统具有能获得高分辨率的充分的像差纠正性能。

图 14 是本发明的数字实例 3 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图。从图 14 显示的像差示意图可知，即使在补偿图像模糊时本实例的变焦透镜系统也显示了较好的像差性能。在该实例中，第三透镜组的移动对应于 0.27 度的角度。

下面显示了关于数字实例 3 的变焦透镜系统的各条件表达式：

- (1) $|dsag1 / CL| = 0.016$
- (1) $|dsag2 / CL| = 0.011$
- (2) $dP_{g,F12} = 0.0374$
- (3) $dP_{g,d12} = 0.0476$
- (4) $dP_{C,A'12} = -0.0255$
- (5) $dP_{g,F11} - dP_{g,F12} = -0.0238$
- (6) $dP_{g,d11} - dP_{g,d12} = -0.0318$
- (7) $dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} = 0.0223$
- (8) $f_{31} / f_{32} = 0.59$
- (12) $R / RIH = 83.7$

(数值实例 4)

数值实例 4 的变焦透镜系统对应于图 15 显示的第二实施例。有关数值实例 4，表 10 显示变焦透镜系统的透镜数据，表 11 显示变焦透镜系统的非球面系数，表 12 显示当摄影距离无限远时的焦距，F-数，视场角和可变空隙间隔。

[表 10]

组别	表面	r	d	n	vd
----	----	---	---	---	----

1	1	64.727	1.50	1.84666	23.8
	2	38.056	7.80	1.45650	90.3
	3	-389.481	0.15		
	4	35.815	4.70	1.77250	49.6
	5	109.932	可变		
2	6	109.932	0.70	1.83500	42.7
	7	8.132	4.80		
	8	-29.000	0.70	1.69680	55.5
	9	-500.000	0.26		
	10	33.603	2.80	1.84666	23.8
	11	-28.488	1.25	1.60602	57.5
	12	43.000	可变		
光阑	13	0.000	1.70		
3	14	13.825	1.80	1.72916	54.7
	15	749.774	4.56		
	16	14.650	1.90	1.66547	55.2
	17	-700.000	0.70	1.84666	23.8
	18	12.467	可变		
	19	17.145	2.45	1.69680	55.5
4	20	-16.344	1.20	1.83500	42.7
	21	200.000	2.15	1.51450	63.1
	22	-38.056	可变		
	23	∞	2.70	1.51633	64.0
	24	∞			

[表 11]

表面	12	16	22
K	0.00000D+00	-3.06222D+00	0.00000D+00
D	-8.15595D-05	4.21327D-06	6.48865D-05
E	-3.16042D-09	-4.47096D-07	-2.30334D-06
F	1.00900D-10	3.80739D-08	4.61871D-08
G	-6.29871D-10	-1.36889D-08	0.00000D+00
H	-1.50380D-12	4.95837D-10	0.00000D+00
I	7.22389D-13	3.04490D-11	0.00000D+00
J	-1.15777D-14	-1.56635D-12	0.00000D+00

[表 12]

	广角端	标准位置	摄远端
f	5.9984	33.357	69.758
F/No	2.874	2.888	2.822
2ω	64.986	12.212	5.834
d5	0.700	27.714	34.150
d12	35.550	8.536	2.100
d18	10.433	4.389	8.251
d22	2.000	8.045	4.183

图 16 是本发明的数字实例 4 的广角端的像差示意图。图 17 是本发明的数字实例 4 的标准位置的像差示意图。图 18 是本发明的数字实例 4 的摄远端的像差示意图。从图 16 到 18 显示的像差示意图中清楚可见，本实例的变焦透镜系统具有能获得高分辨率的充分的像差纠正性能。

另外，图 19 是本发明的数字实例 4 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图。从图 19 显示的像差示意图可知，即使在补偿图像模糊时本实例的变焦透镜系统也显示了较好的像差性能。在该实例中，第三透镜组的移动对应于 0.35 度的角度。

下面显示了关于数字实例 4 的变焦透镜系统的各条件表达式的值：

- (1) $|dsag1 / CL| = 0.007$
- (2) $dP_{g,F12} = 0.0504$
- (3) $dP_{g,d12} = 0.0645$
- (4) $dP_{C,A'12} = -0.0359$
- (5) $dP_{g,F11} - dP_{g,F12} = -0.0368$
- (6) $dP_{g,d11} - dP_{g,d12} = -0.0487$
- (7) $dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} = 0.0327$
- (8) $f_{31} / f_{32} = 0.89$
- (9) $|p_1 / p_2| = 0.018$
- (10) $n_{d31} = 1.72916$
- (11) $|v_{d31} - v_{d32}| = 0.5$
- (12) $R / RIH = 55.8$

(数值实例 5)

数值实例 5 的变焦透镜系统对应于图 15 显示的第二实施例。有关数值实例 5，表 13 显示变焦透镜系统的透镜数据，表 14 显示变焦透镜系统的非球面系数，表 15 显示当物点位于距透镜的前端无限远时的焦距，F-数，视野角度和可变空气间隔。

[表 13]

组别	表面	R	d	n	vd
1	1	72.073	1.50	1.84666	23.8
	2	39.862	7.80	1.49700	81.6
	3	-301.022	0.15		

	4	35.535	4.70	1.77250	49.6
	5	97.757	可变		
2	6	97.757	0.70	1.83500	42.7
	7	8.055	4.80		
	8	-29.000	0.70	1.69680	55.5
	9	-500.000	0.26		
	10	33.536	2.80	1.84666	23.8
	11	-28.400	1.25	1.60602	57.5
	12	43.000	可变		
	光阑	13	0.000	1.70	
3	14	12.982	1.80	1.72916	54.7
	15	222.975	4.56		
	16	14.544	1.80	1.66547	55.2
	17	-700.000	0.70	1.84666	23.8
	18	11.954	可变		
	4	19	15.650	2.45	1.69680
4	20	-22.821	1.20	1.83500	42.7
	21	55.000	2.15	1.51450	63.1
	22	-40.000	可变		
	5	23	∞	2.70	1.51633
		24	∞		64.0

[表 14]

表面	12	16	22
K	0.00000D+00	-3.26279D+00	0.00000D+00
D	-8.07592D-05	-5.06901D-06	6.99974D-05
E	-3.58089D-07	-9.32546D-07	-1.80700D-06
F	1.47187D-08	4.87345D-08	3.44753D-08
G	-5.71315D-10	-1.34507D-08	0.00000D+00
H	-2.94051D-11	4.60912D-10	0.00000D+00
I	1.51461D-12	2.82601D-11	0.00000D+00
J	-1.82175D-14	-1.45045D-12	0.00000D+00

[表 15]

	广角端	标准位置	摄远端
f	5.969	32.959	68.096
F/No	2.853	2.876	2.800
2ω	64.892	12.342	5.978
d5	0.700	27.525	34.150
d12	35.550	8.725	2.100
d18	10.433	4.928	8.849
d22	2.000	7.505	3.584

图 20 是本发明的数字实例 5 的广角端的像差示意图。图 21 是本发明的数字实例 5 的标准位置的像差示意图。图 22 是本发明的数字实例 5 的摄远端的像差示意图。从图 20 到 22 显示的像差示意图中清楚可见，本实例的变焦透镜系统具有能获得高分辨率的充分的像差纠正性能。

图 23 是本发明的数字实例 5 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图。从图 23 显示的像差示意图可知，即使在补偿图像模糊时本实例的变焦透镜系统也显示了较好的像差性能。在该实例中，第三透镜组的移动对应于 0.31 度的角度。

下面显示了关于数字实例 5 的变焦透镜系统的各条件表达式的值：

- (1) $|dsag1 / CL| = 0.0083$
- (2) $dP_{g,F12} = 0.0374$
- (3) $dP_{g,d12} = 0.0476$
- (4) $dP_{C,A'12} = -0.0255$
- (5) $dP_{g,F11} - dP_{g,F12} = -0.0238$
- (6) $dP_{g,d11} - dP_{g,d12} = -0.0318$
- (7) $dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} = 0.0223$
- (8) $f_{31} / f_{32} = 0.88$
- (9) $|p_1 / p_2| = 0.058$
- (10) $n_{d31} = 1.72916$
- (11) $|v_{d31} - v_{d32}| = 0.5$
- (12) $R / RIH = 15.3$

(数值实例 6)

数值实例 6 的变焦透镜系统对应于图 15 显示的第二实施例。有关数值实例 6，表 16 显示变焦透镜系统的透镜数据，表 17 显示变焦透镜系统的非球面系数，表 18 显示当物点位于距透镜的前端无限远时的焦距，F-数，视场角和可变空气间隔。

[表 16]

组别	表面	r	d	n	vd
1	1	75.521	1.50	1.84666	23.8

组别	表面	r	d	n	vd
2	2	41.189	7.80	1.49700	81.6
	3	-202.582	0.15		
	4	34.383	4.70	1.77250	49.6
	5	82.773	可变		
	6	82.773	0.70	1.83500	42.7
	7	7.916	4.80		
	8	-29.000	0.70	1.69680	55.5
	9	-500.000	0.26		
	10	34.185	2.80	1.84666	23.8
	11	-27.799	1.25	1.60602	57.5
	12	43.000	可变		
光阑	13	0.000	1.70		
3	14	13.466	1.80	1.72916	54.7
	15	413.357	4.56		
	16	15.370	1.90	1.66547	55.2
	17	-700.000	0.70	1.84666	23.8
	18	12.477	可变		
4	19	16.956	2.45	1.69680	55.5
	20	-16.956	1.20	1.83500	42.7
	21	100.000	2.25	1.51450	63.1
	22	-32.044	可变		
5	23	∞	2.70	1.51633	64.0
	24	∞			

[表 17]

表面	12	16	22
K	0.00000D+00	-3.49357D+00	0.00000D+00
D	-8.99303D-05	-7.73408D-06	7.00962D-05
E	5.69615D-07	-6.03776D-07	-2.91375D-06
F	-6.03117D-08	4.22809D-08	5.67294D-08
G	1.89200D-09	-1.35753D-08	2.65666D-09
H	-4.94814D-11	4.95999D-10	1.24278D-10
I	9.88839D-13	3.03157D-11	-2.38056D-11
J	-9.96777D-15	-1.63321D-12	6.21427D-13

[表 18]

	广角端	标准位置	摄远端
f	6.016	33.595	70.908
F/No	2.858	2.916	2.892
2ω	64.000	12.098	5.740
d5	0.700	27.688	34.150
d12	35.550	8.562	2.100
d18	10.433	4.478	8.392

	广角端	标准位置	摄远端
d22	2.000	7.956	4.041

图 24 是本发明的数字实例 6 的广角端的像差示意图。图 25 是本发明的数值实例 6 的标准位置的像差示意图。图 26 是本发明的数值实例 6 的摄远端的像差示意图。从图 24 到 26 显示的像差示意图中清楚可见，本实例的变焦透镜系统具有能获得高分辨率的充分的像差纠正性能。

图 27 是本发明的数字实例 6 的摄远端在补偿图像模糊时的像差示意图。从图 27 显示的像差示意图可知，即使在补偿图像模糊时本实例的变焦透镜系统也显示了较好的像差性能。在该实例中，第三透镜组的移动对应于 0.30 度的角度。

下面显示了关于数字实例 6 的变焦透镜系统的各条件表达式的值：

- (1) $|dsag1 / CL| = 0.007$
- (2) $dP_{g,F12} = 0.0374$
- (3) $dP_{g,d12} = 0.0476$
- (4) $dP_{C,A'12} = -0.0255$
- (5) $dP_{g,F11} - dP_{g,F12} = -0.0238$
- (6) $dP_{g,d11} - dP_{g,d12} = -0.0318$
- (7) $dP_{C,A'11} - dP_{C,A'12} = 0.0223$
- (8) $f_{31} / f_{32} = 0.84$
- (9) $|p_1 / p_2| = 0.033$
- (10) $n_{d31} = 1.72916$
- (11) $|v_{d31} - v_{d32}| = 0.5$
- (12) $R / RIH = 195.3$

工业应用

本发明的变焦透镜系统尤其适合于摄像机，数字照相机等要求高图像质量的成像光学系统。

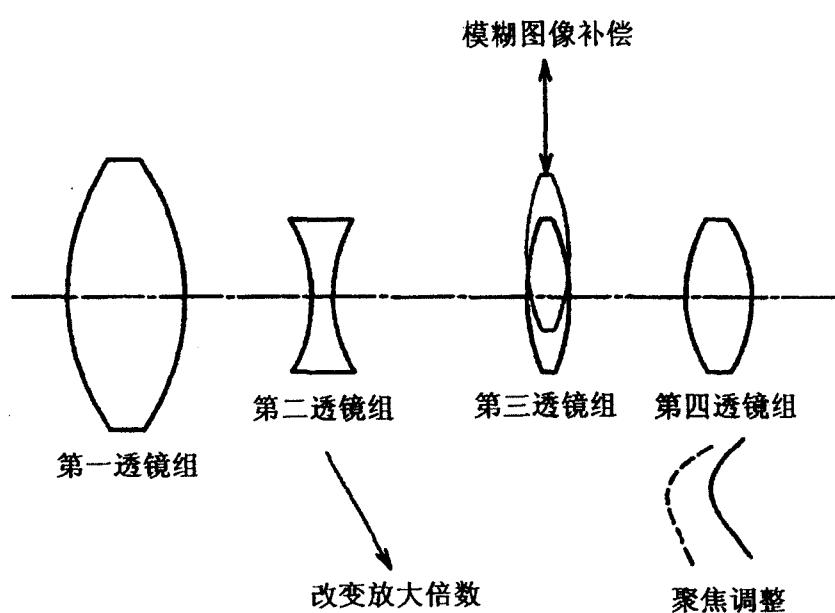


图 1

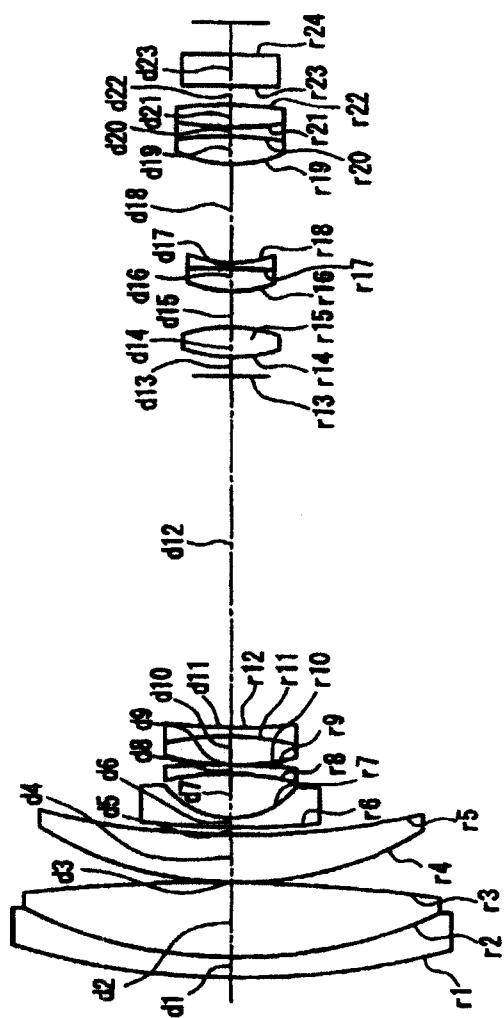


图 2

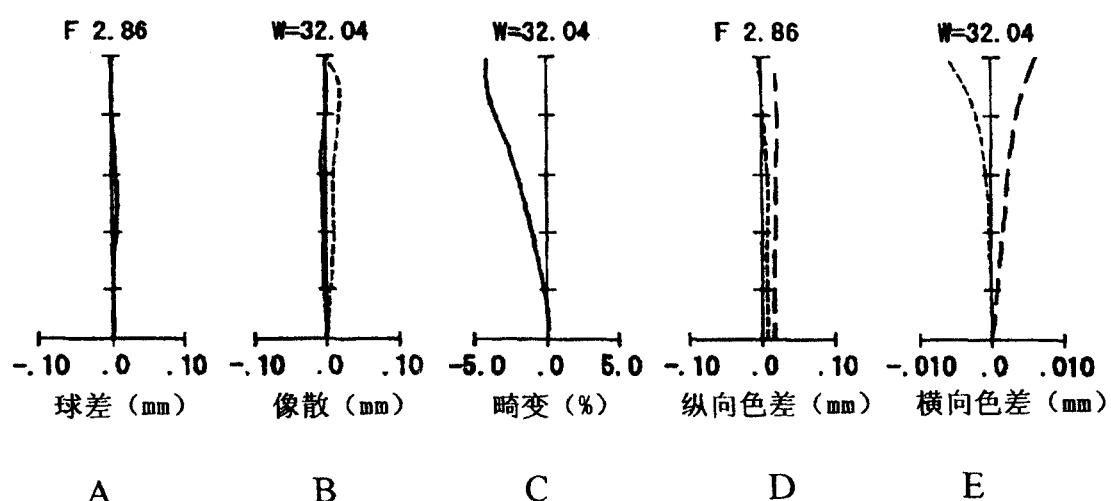


图 3

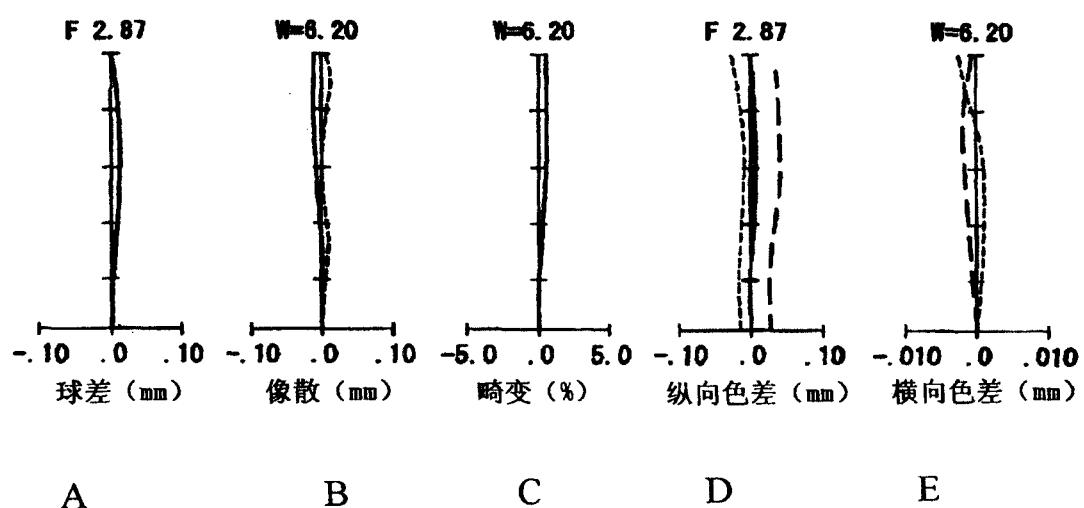


图 4

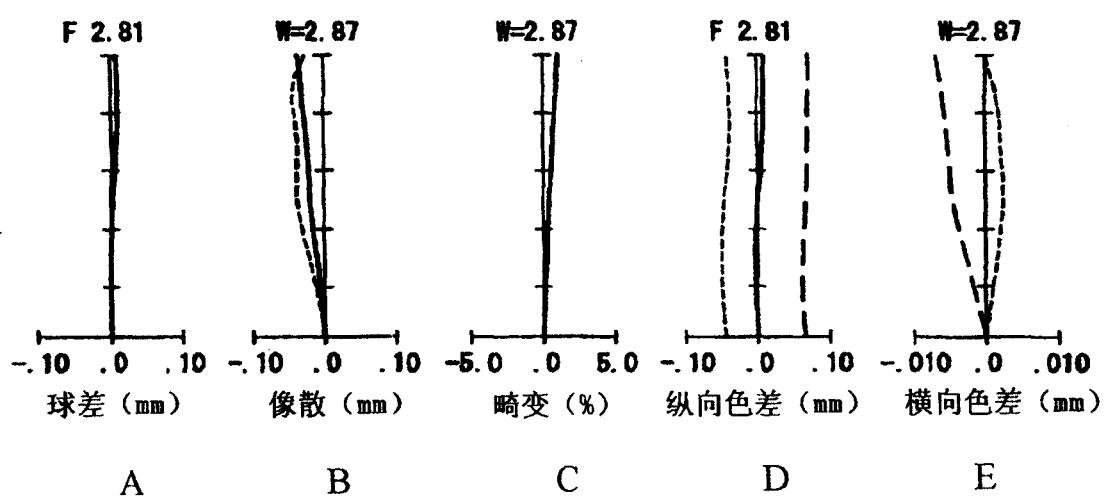


图 5

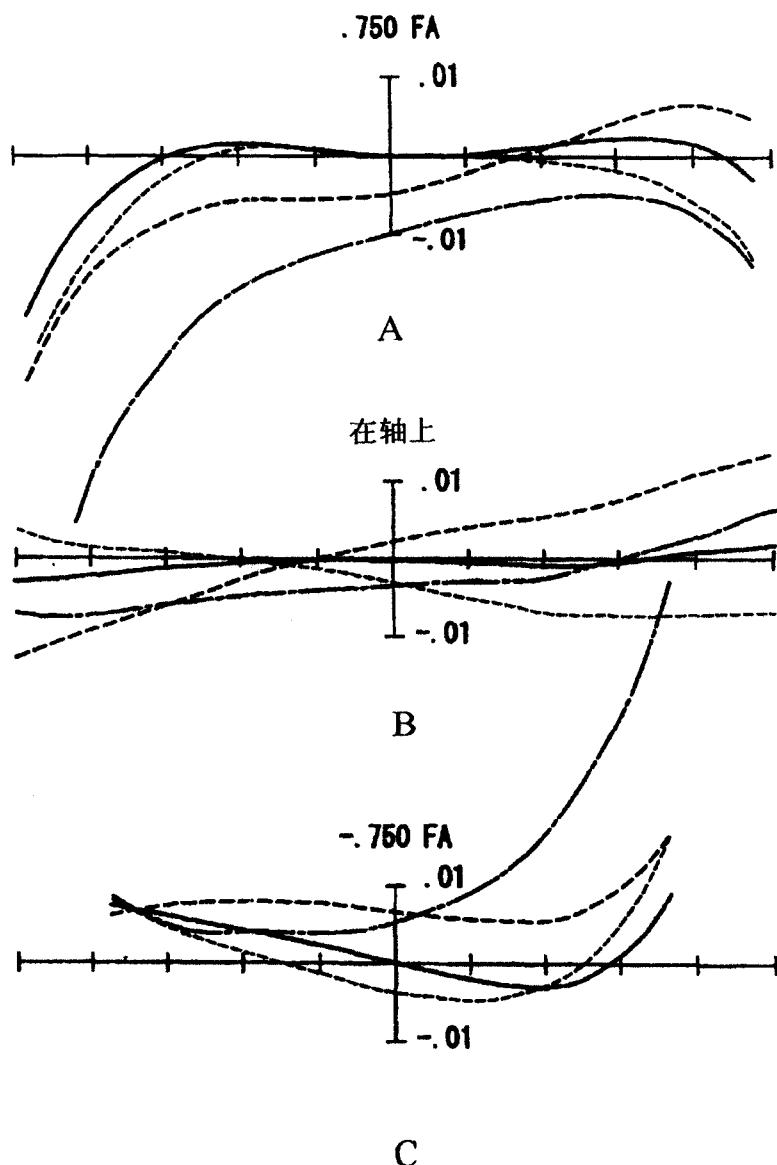


图 6

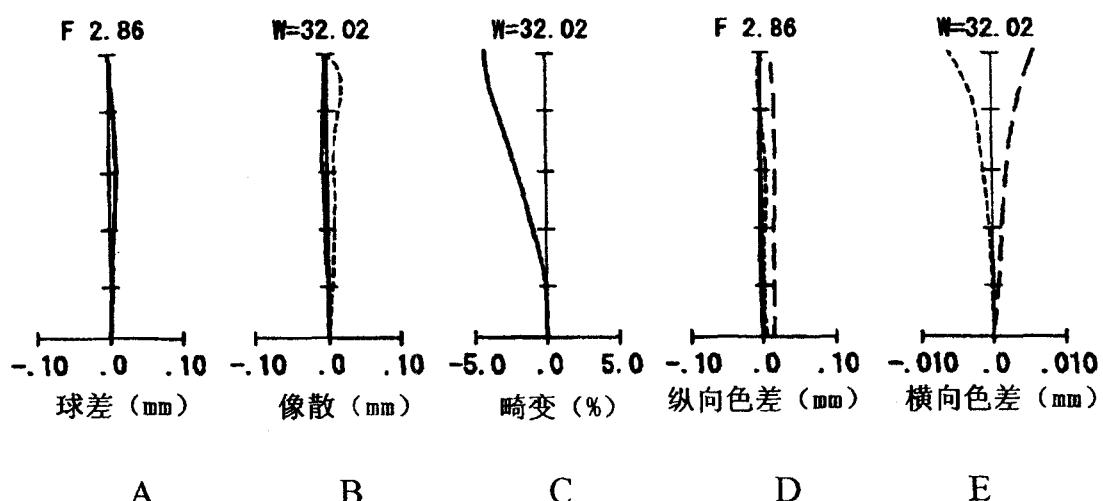


图 7

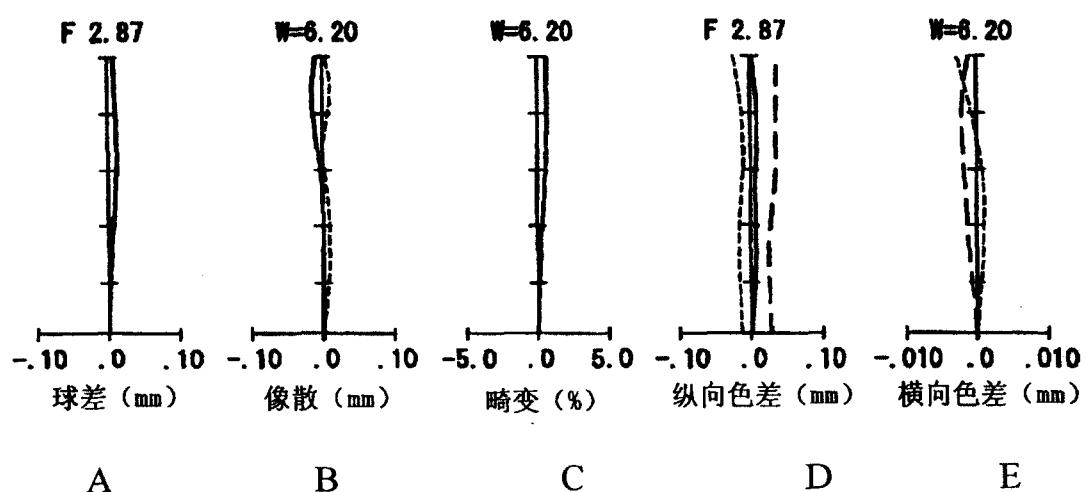


图 8

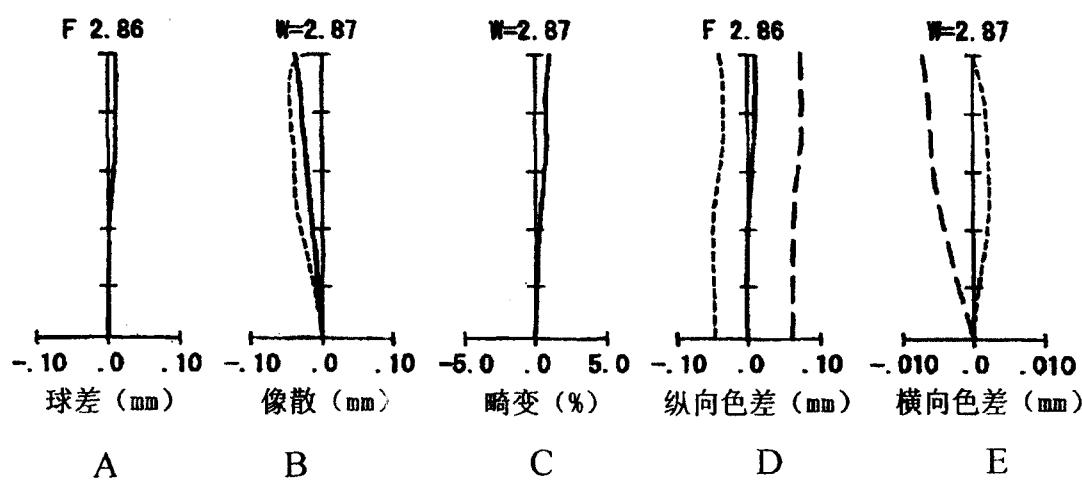


图 9

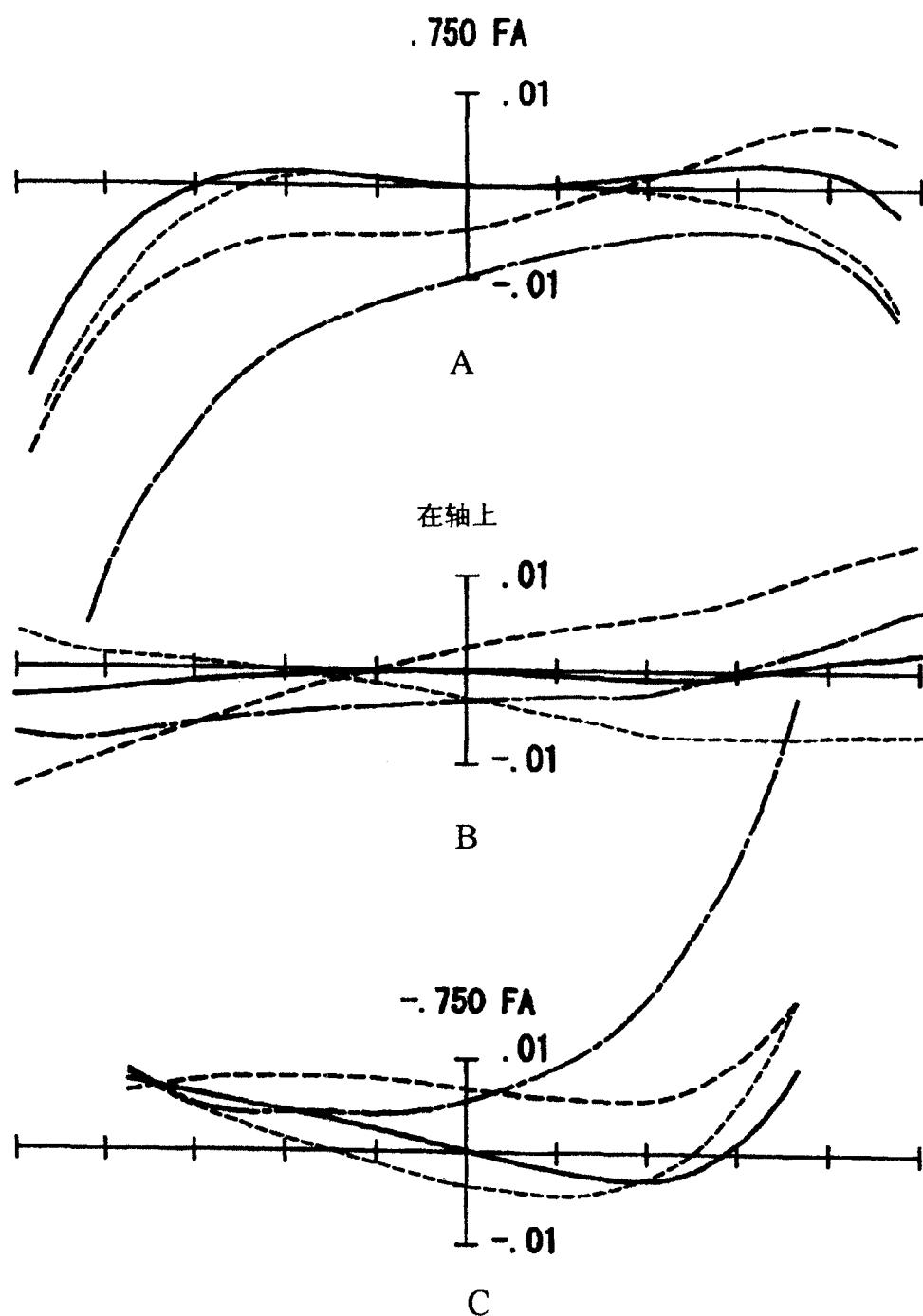


图 10

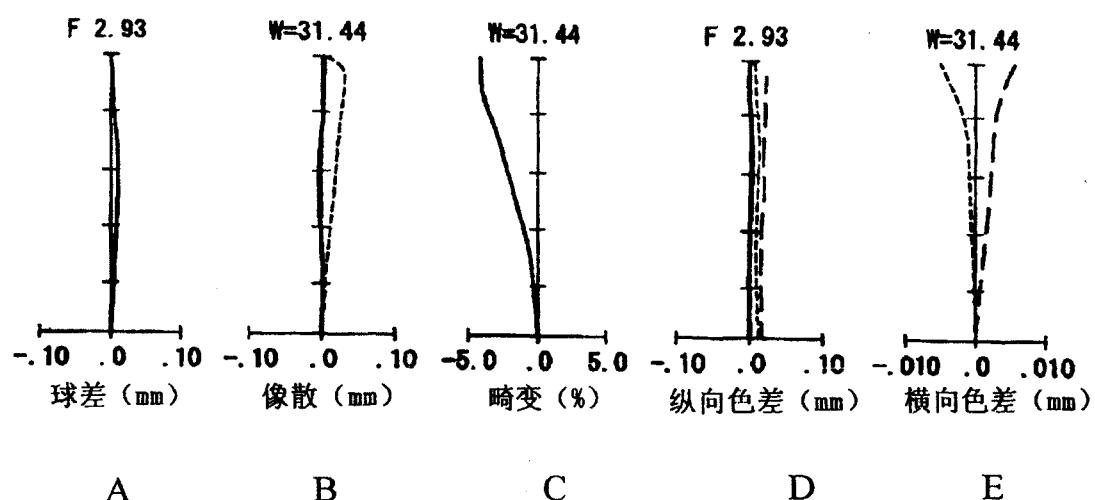


图 11

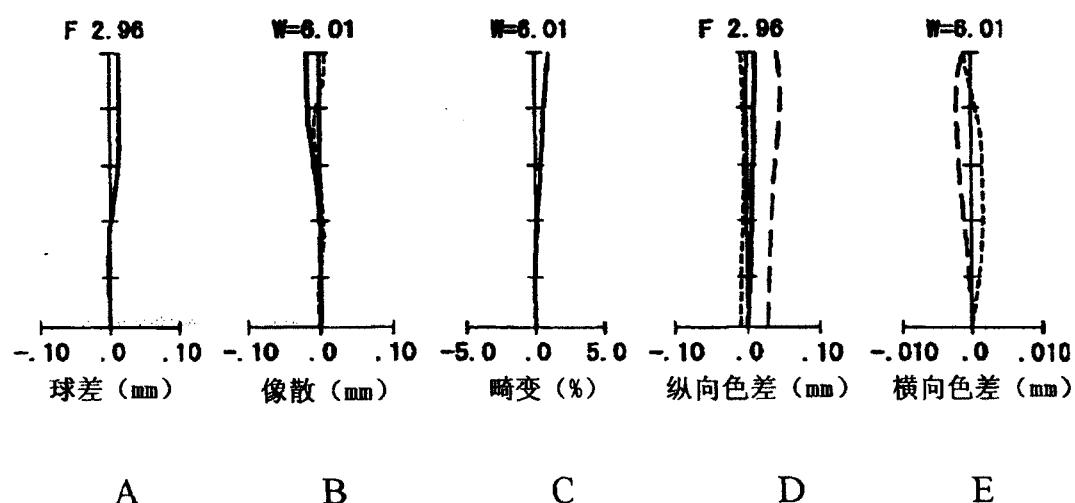


图 12

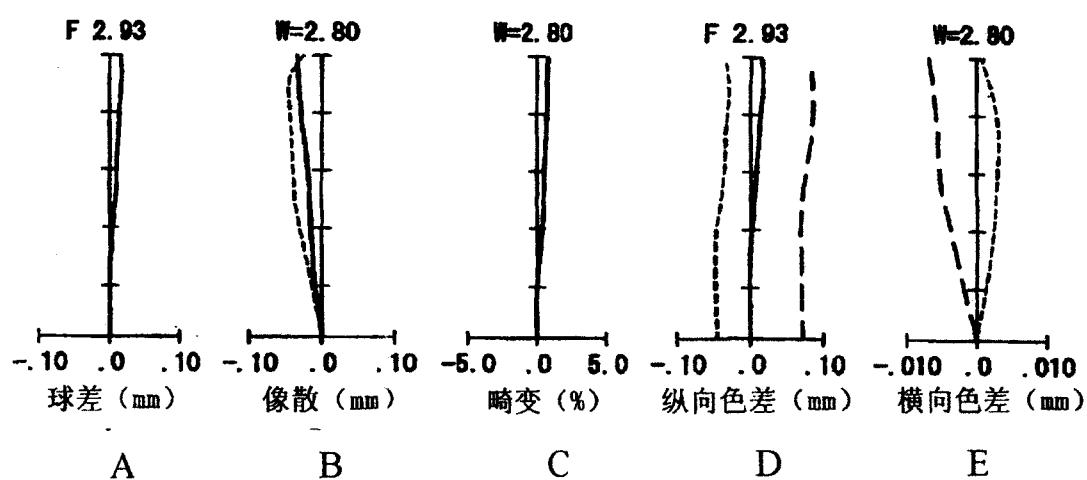


图 13

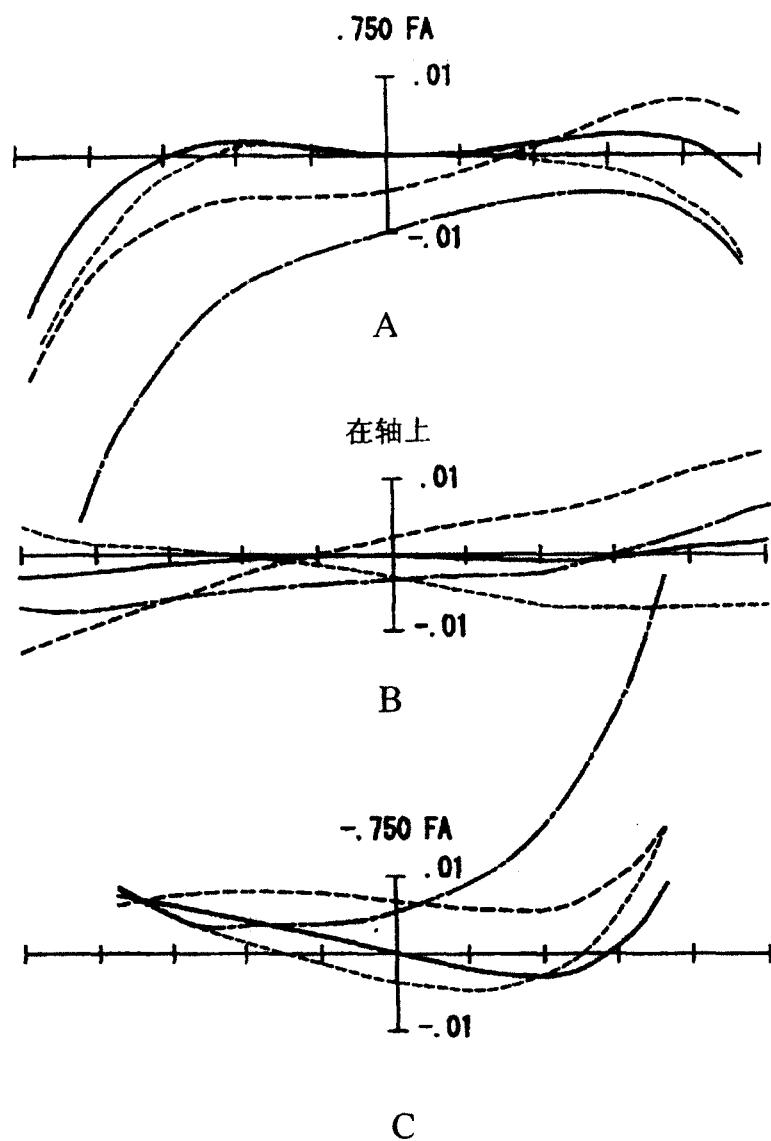


图 14

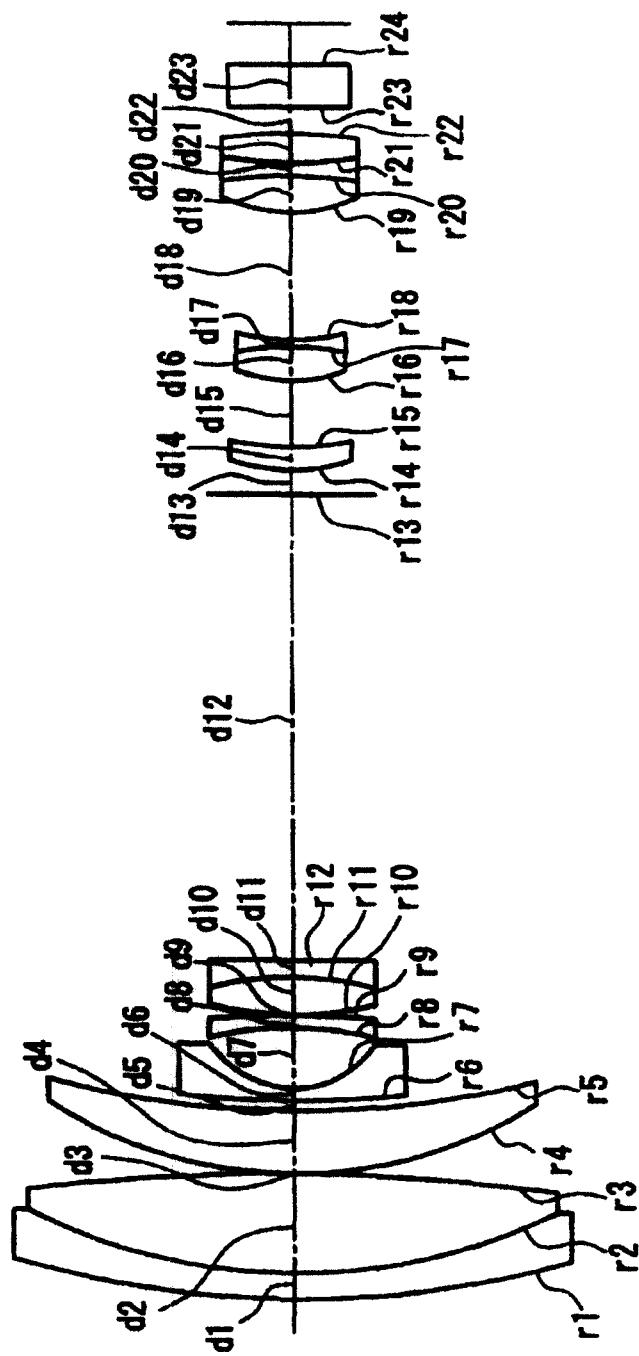


图 15

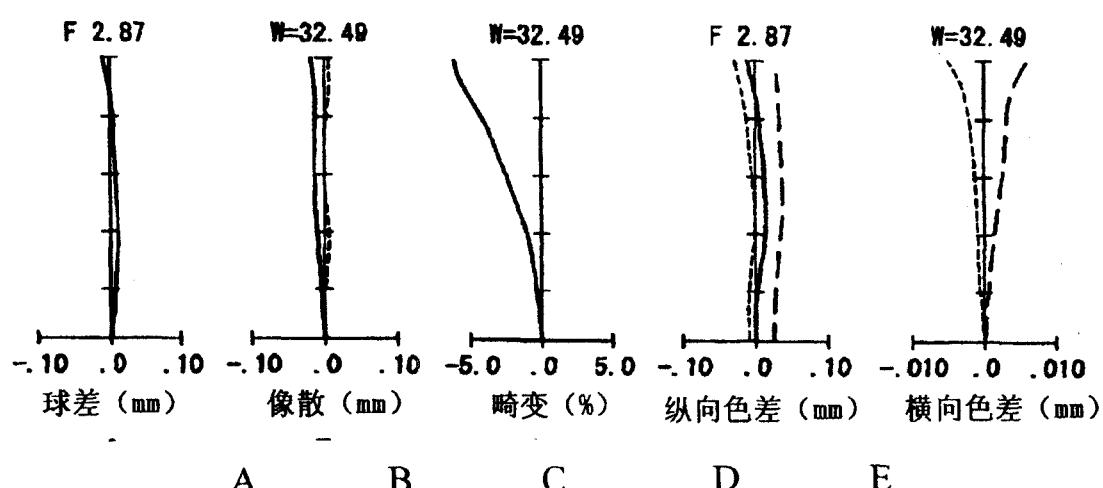


图 16

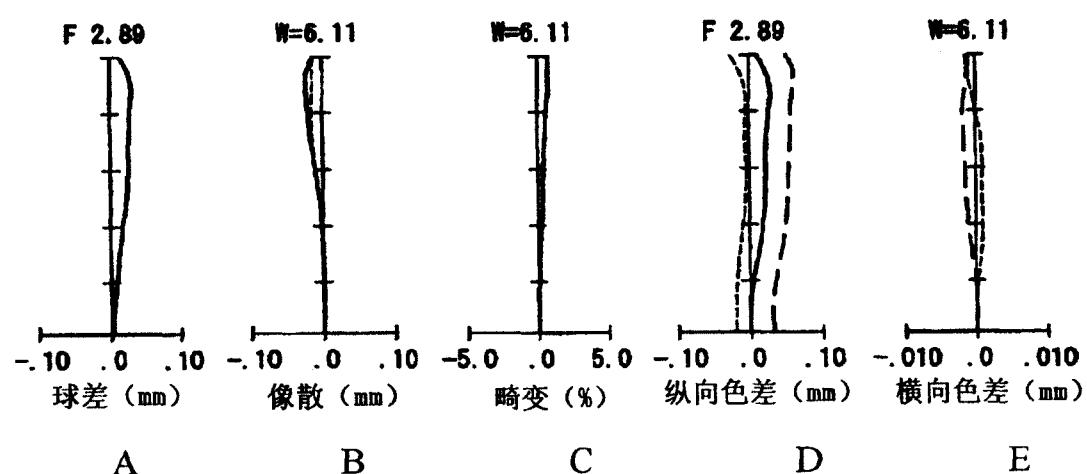


图 17

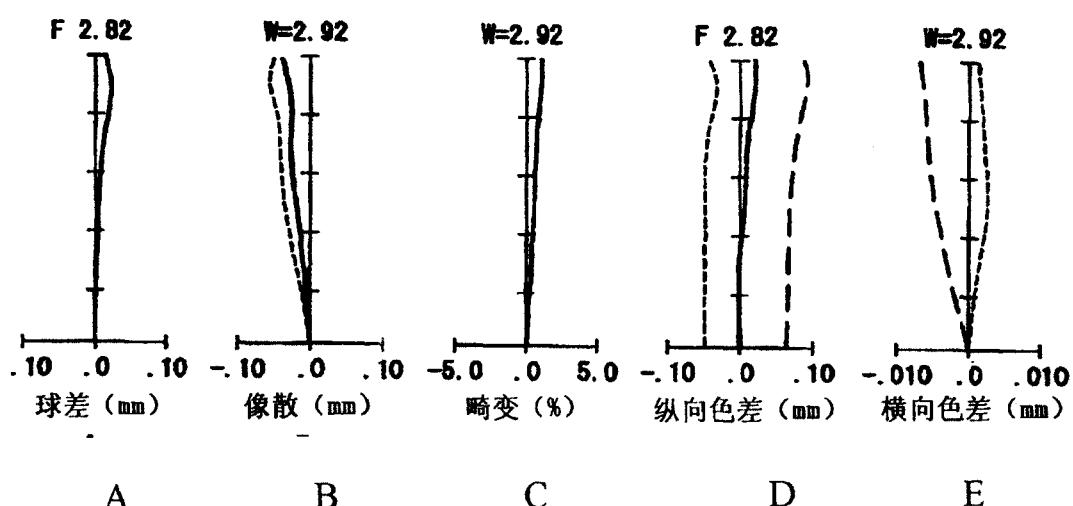


图 18

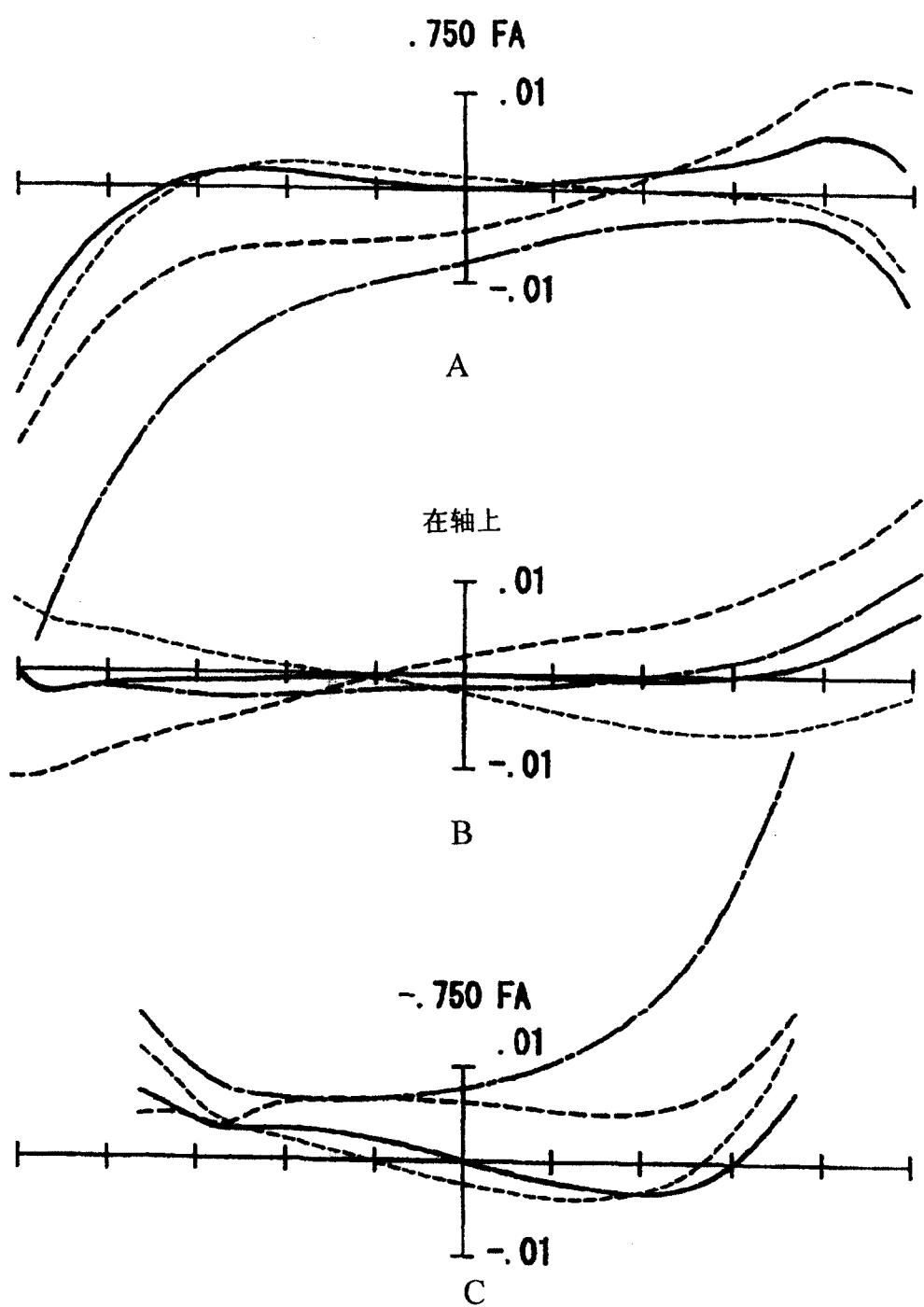


图 19

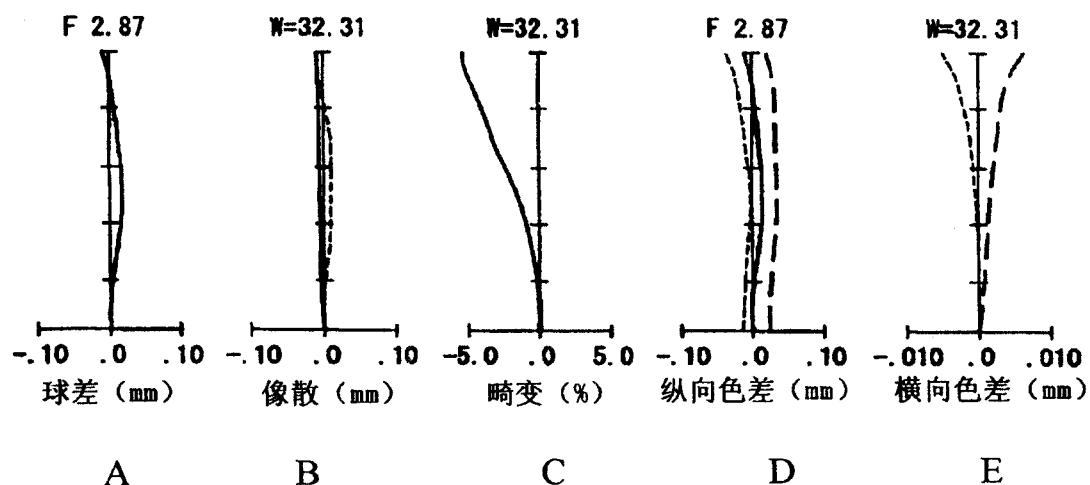


图 20

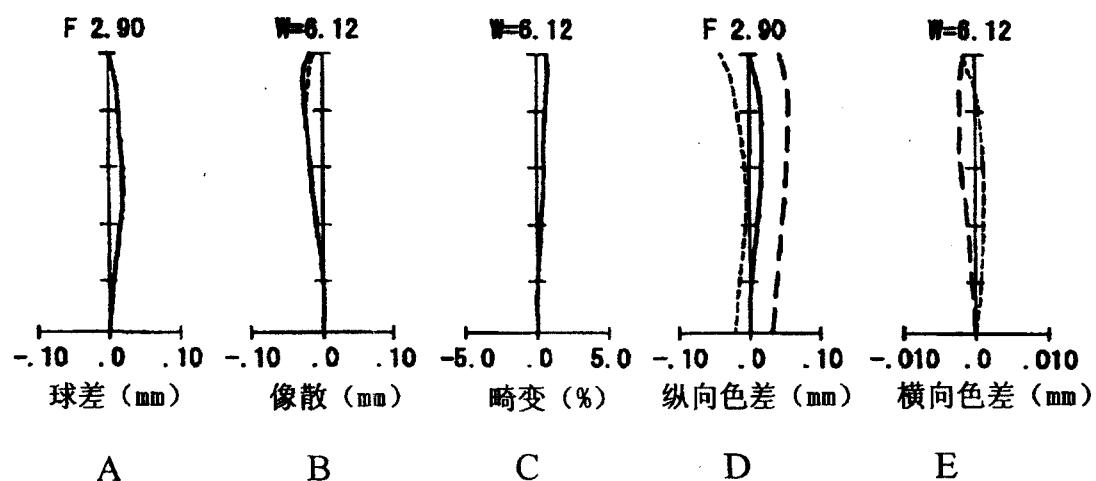


图 21

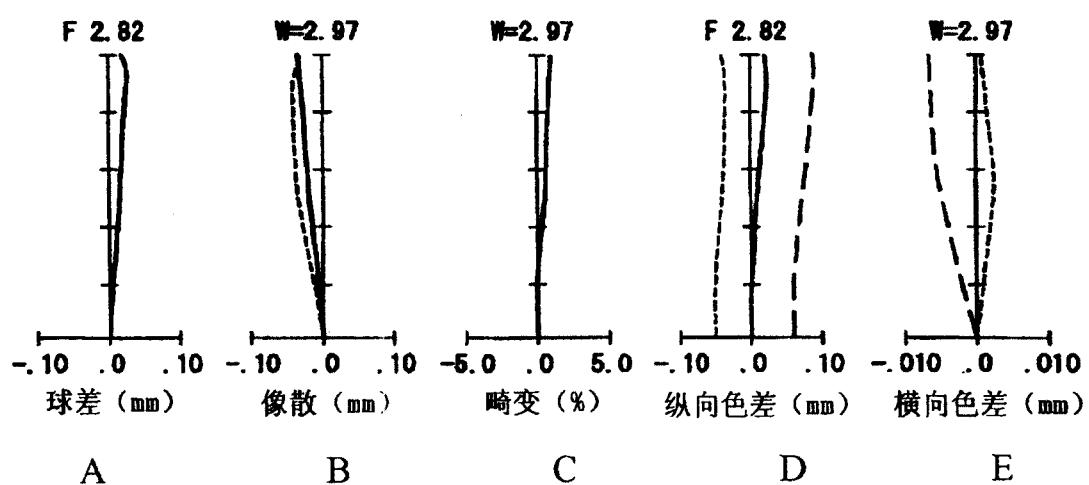


图 22

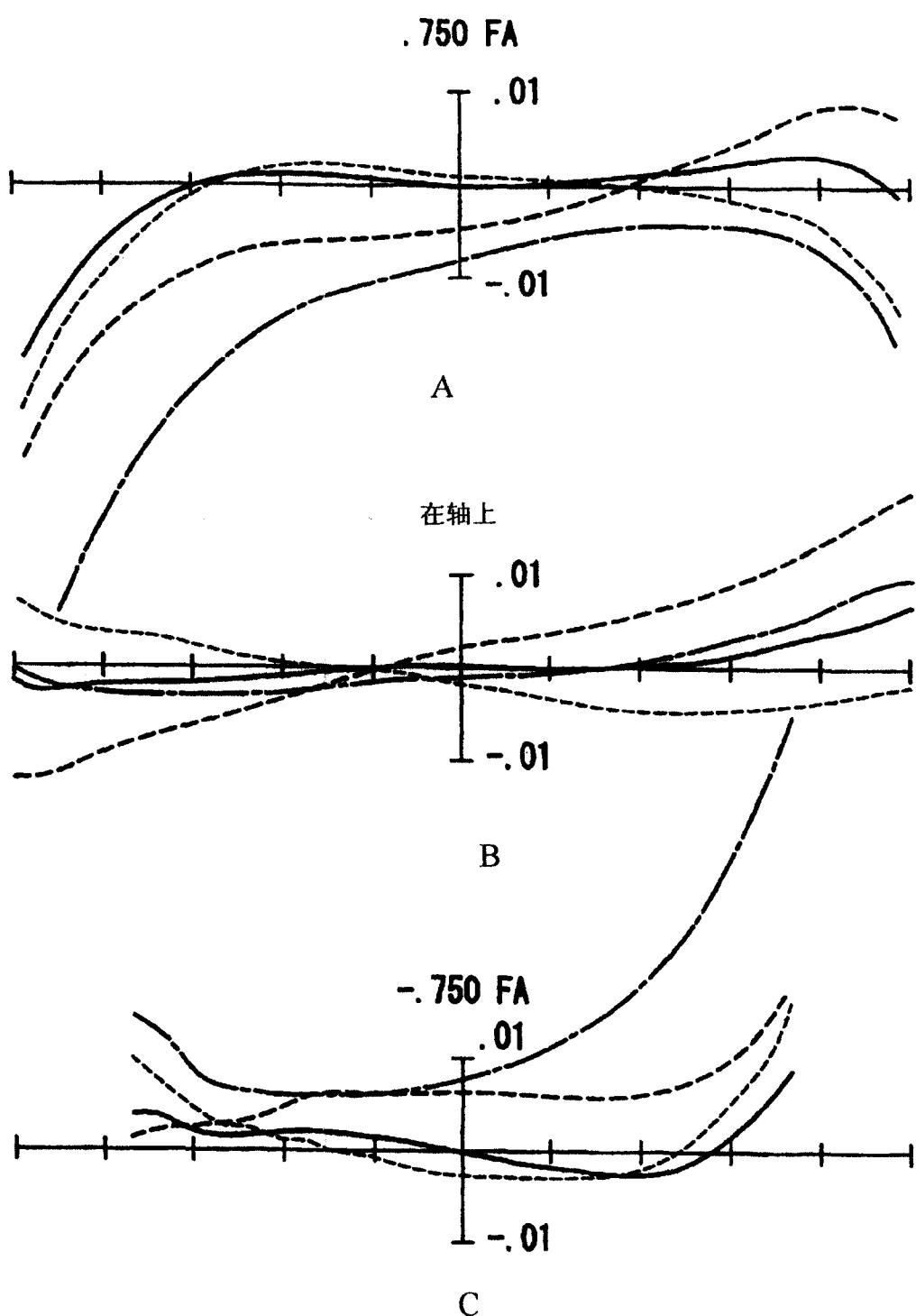


图 23

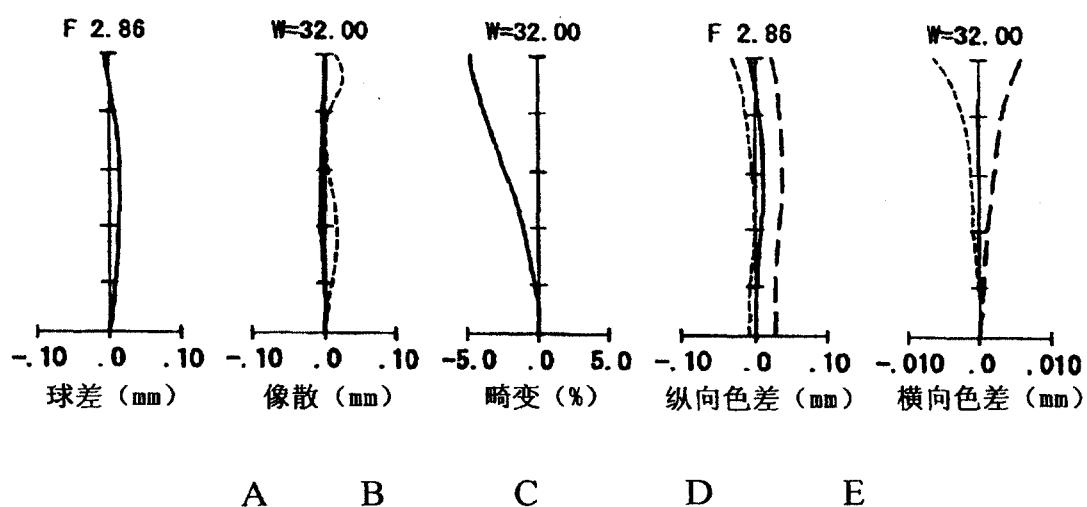


图 24

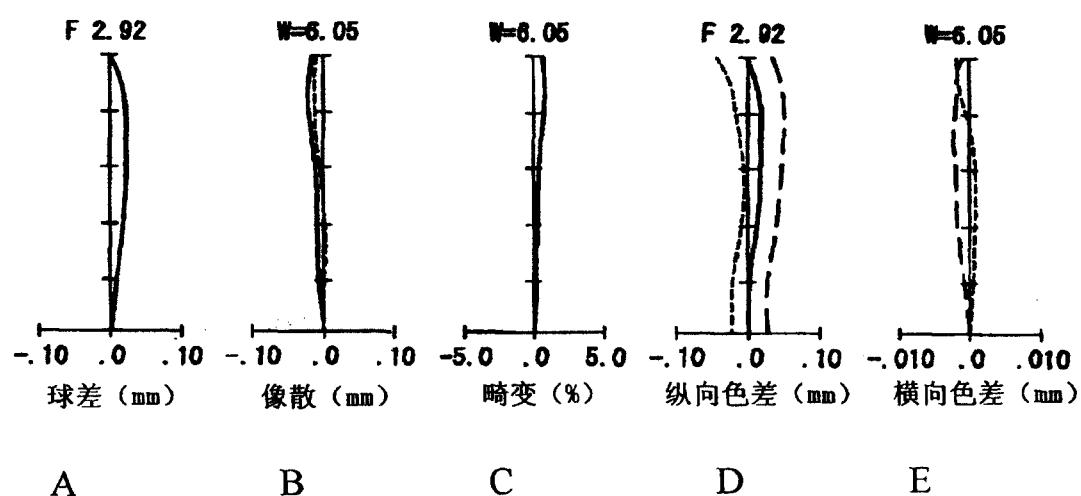


图 25

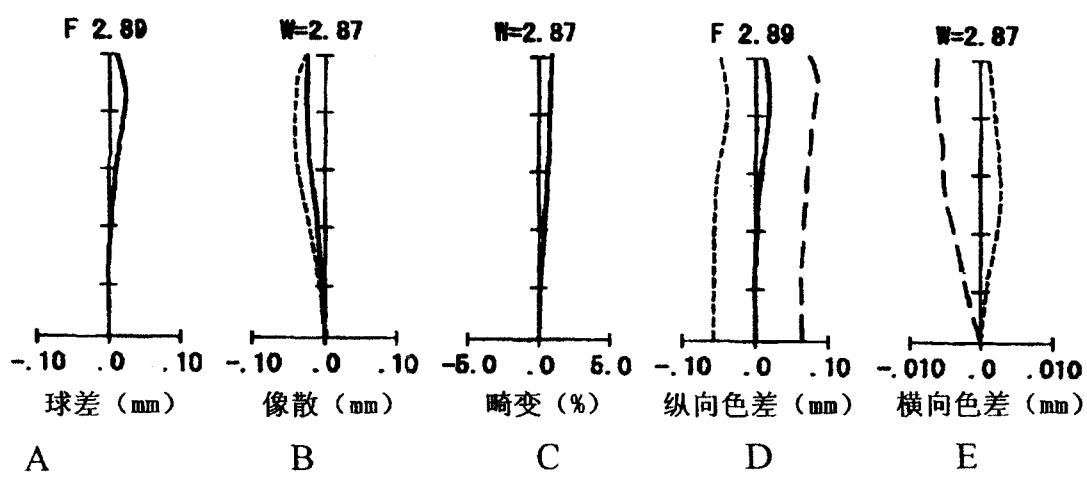


图 26

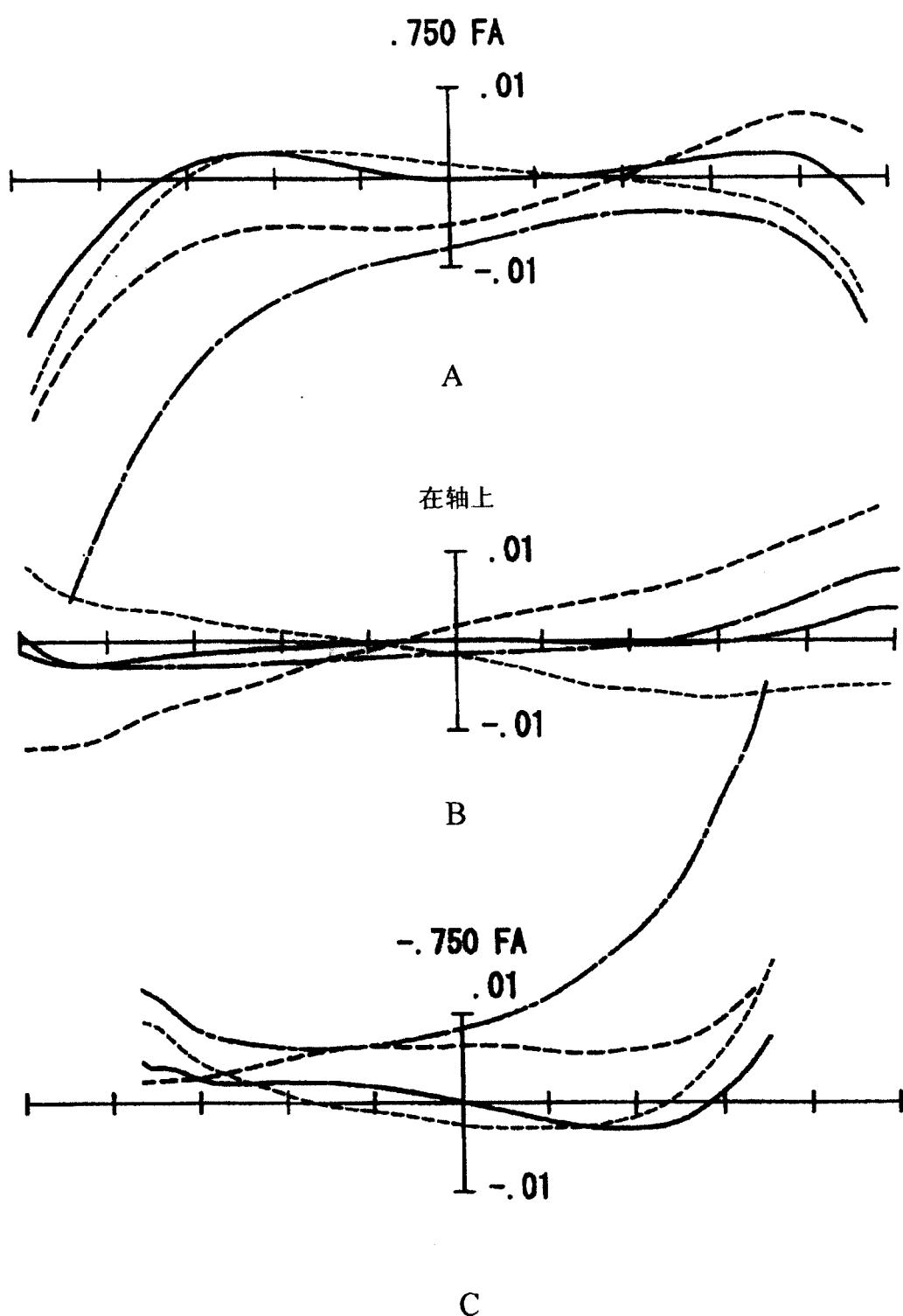


图 27

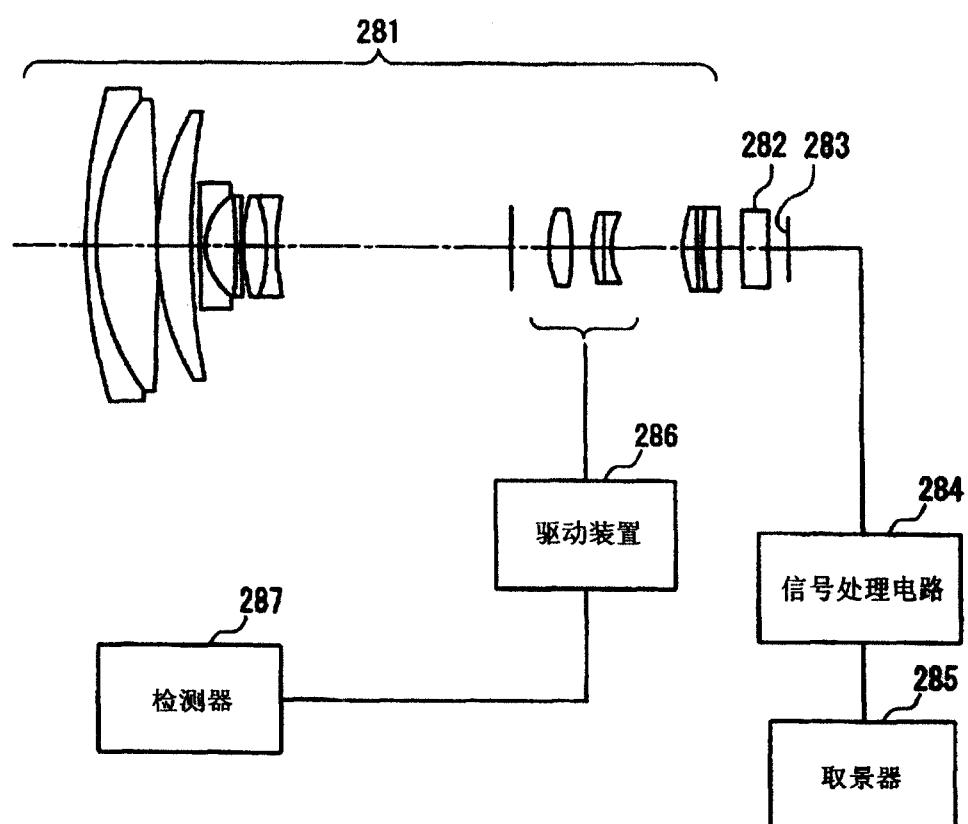


图 28

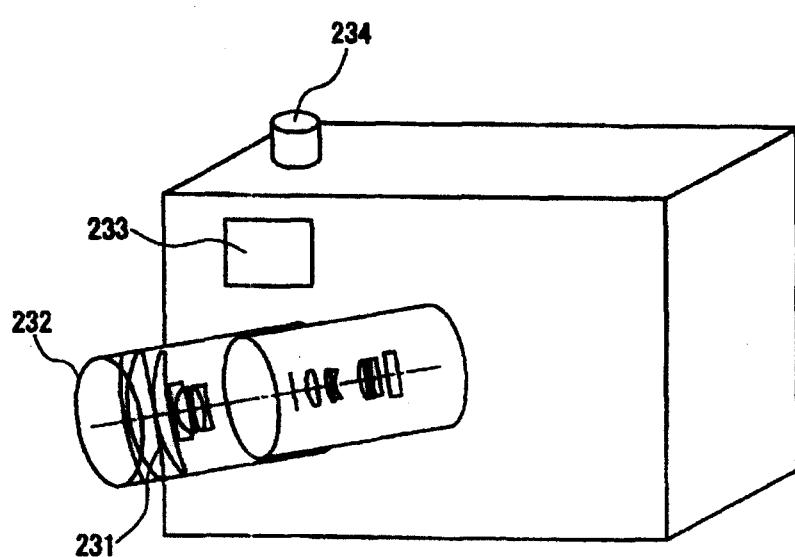


图 29