

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 15/14 (2006.01)

G02B 9/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510062514.0

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 6 日

[11] 授权公告号 CN 100409061C

[22] 申请日 2005.3.30

[21] 申请号 200510062514.0

[30] 优先权

[32] 2004.3.30 [33] JP [31] 2004-099773

[32] 2004.3.31 [33] JP [31] 2004-105319

[32] 2005.2.14 [33] JP [31] 2005-036624

[32] 2005.2.14 [33] JP [31] 2005-036633

[73] 专利权人 株式会社尼康

地址 日本东京

[72] 发明人 芝山敦史

[56] 参考文献

US 2003/0214705 A1 2003.11.20

US 2003/0197950 A1 2003.10.23

US 6052235 A 2000.4.18

US 5745300 A 1998.4.28

US 6246519 B1 2001.6.12

US 5892626 A 1999.4.6

审查员 陈雯菁

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

代理人 陆弋 顾红霞

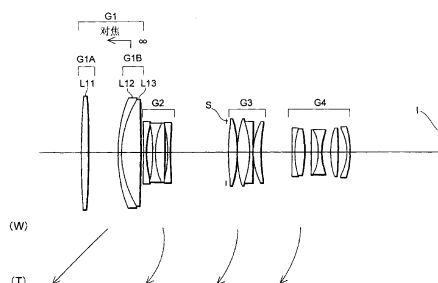
权利要求书 4 页 说明书 97 页 附图 64 页

[54] 发明名称

变焦透镜系统

[57] 摘要

本发明提供一种内对焦式变焦透镜系统，通过移动第一透镜组的一部分实现对焦，其适合自动对焦单镜头反光照相机。一种变焦透镜系统，按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组，具有负折射能力的第二透镜组，和具有正折射能力的第三透镜组。当从广角端状态向摄远端状态变焦时，第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加，而第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小。该第一透镜组按从物方开始的顺序包括具有正折射能力的 1A 透镜组和具有正折射能力的 1B 透镜组。从无穷远到近距离物体的对焦仅通过向物方移动 1B 透镜组来实现。



1. 一种变焦透镜系统，按从物方开始的顺序包括：

具有正折射能力的第一透镜组；

具有负折射能力的第二透镜组；和

具有正折射能力的第三透镜组，

当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加，而第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小，

该第一透镜组，按从物方开始的顺序由以下部分组成：具有正折射能力的 1A 透镜组，和具有正折射能力的 1B 透镜组，

从无穷远到近距离物体的对焦通过仅将 1B 透镜组向物方移动来实现，并且

满足下列条件表达式：

$$1.55 < f1 / fw < 2.20$$

$$- 0.55 < f2 / fw < - 0.30$$

$$2.0 < f1A / f1B < 4.0$$

$$0.16 < DAB / fw < 0.30$$

其中 fw 表示该变焦透镜系统在广角端状态的焦距， $f1$ 表示第一透镜组的焦距， $f2$ 表示第二透镜组的焦距， $f1A$ 表示 1A 透镜组的焦距， $f1B$ 表示 1B 透镜组的焦距， DAB 表示当该变焦透镜系统对焦在无穷远时 1A 透镜组和 1B 透镜组之间的距离。

2. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统，其中当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，该第一透镜组和第三透镜组向物方移动。

3. 根据权利要求 2 的变焦透镜系统，还包括位于第三透镜组像方侧的具有负折射能力的第四透镜组，其中当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，该第三透镜组和第四透镜组之间的距离

发生变化, 并且满足下列条件表达式:

$$0.35 < f_3 / f_w < 0.70$$

$$-1.50 < f_4 / f_w < -0.70$$

$$-0.10 < (D_{34w} - D_{34t}) / f_w < 0.10$$

其中 f_3 表示第三透镜组的焦距, f_4 表示第四透镜组的焦距, D_{34w} 表示在广角端状态下第三透镜组和第四透镜组之间的距离, D_{34t} 表示在摄远端状态下第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

4. 根据权利要求 3 的变焦透镜系统, 其中该 1A 透镜组只包括一个正透镜, 该 1B 透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜, 和具有面向物方的凸表面的正透镜, 并且满足下列条件表达式:

$$50 < v_{1A}$$

$$35 < v_{1BP} - v_{1BN}$$

其中 v_{1A} 表示该 1A 透镜组中的正透镜在 d 线, 即 $\lambda=587.6\text{nm}$ 处的阿贝数, v_{1BP} 表示该 1B 透镜组 G1B 中的正透镜在 d 线处的阿贝数, v_{1BN} 表示该 1B 透镜组 G1B 中的负凹凸透镜在 d 线处的阿贝数。

5. 根据权利要求 2 的变焦透镜系统, 其中该 1A 透镜组只包括一个正透镜, 该 1B 透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜, 和具有面向物方的凸表面的正透镜, 并且满足下列条件表达式:

$$50 < v_{1A}$$

$$35 < v_{1BP} - v_{1BN}$$

其中 v_{1A} 表示该 1A 透镜组中的正透镜在 d 线, 即 $\lambda=587.6\text{nm}$ 处的阿贝数, v_{1BP} 表示该 1B 透镜组 G1B 中的正透镜在 d 线处的阿贝数, v_{1BN} 表示该 1B 透镜组 G1B 中的负凹凸透镜在 d 线处的阿贝数。

6. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统, 还包括位于第三透镜组像方侧的具有负折射能力的第四透镜组, 其中当透镜组位置的状态从广角

端状态向摄远端状态改变时, 第三透镜组和第四透镜组之间的距离发生变化, 并且满足下列条件表达式:

$$0.35 < f3 / fw < 0.70$$

$$-1.50 < f4 / fw < -0.70$$

$$-0.10 < (D34w - D34t) / fw < 0.10$$

其中 $f3$ 表示第三透镜组的焦距, $f4$ 表示第四透镜组的焦距, $D34w$ 表示在广角端状态下第三透镜组和第四透镜组之间的距离, $D34t$ 表示在摄远端状态下第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

7. 根据权利要求 6 的变焦透镜系统, 其中该 1A 透镜组只包括一个正透镜, 该 1B 透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜, 和具有面向物方的凸表面的正透镜, 并且满足下列条件表达式:

$$50 < v1A$$

$$35 < v1BP - v1BN$$

其中 $v1A$ 表示该 1A 透镜组中的正透镜在 d 线, 即 $\lambda=587.6\text{nm}$ 处的阿贝数, $v1BP$ 表示该 1B 透镜组 G1B 中的正透镜在 d 线处的阿贝数, 而 $v1BN$ 表示该 1B 透镜组 G1B 中的负凹凸透镜在 d 线处的阿贝数。

8. 根据权利要求 1 的变焦透镜系统, 其中该 1A 透镜组只包括一个正透镜, 该 1B 透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜, 和具有面向物方的凸表面的正透镜, 并且满足下列条件表达式:

$$50 < v1A$$

$$35 < v1BP - v1BN$$

其中 $v1A$ 表示该 1A 透镜组中的正透镜在 d 线, 即 $\lambda=587.6\text{nm}$ 处的阿贝数, $v1BP$ 表示该 1B 透镜组 G1B 中的正透镜在 d 线处的阿贝数, 而 $v1BN$ 表示该 1B 透镜组 G1B 中的负凹凸透镜在 d 线处的阿贝数。

9. 根据权利要求 8 的变焦透镜系统, 其中该 1B 透镜组中的负凹

凸透镜和正透镜相互胶合在一起。

变焦透镜系统

以下在先申请公开的内容通过参考结合于此。

2004 年 3 月 30 日提交的日本专利申请第 2004-099733 号，
2004 年 3 月 31 日提交的日本专利申请第 2004-105319 号，
2005 年 2 月 14 日提交的日本专利申请第 2005-036624 号，
2005 年 2 月 14 日提交的日本专利申请第 2005-036633 号。

技术领域

本发明涉及一种适合于单镜头反光照相机(SLR)的变焦透镜系统，该单镜头反光照相机可以使用卤化银胶片或者固态成像器件，本发明特别涉及一种内对焦变焦透镜系统，该系统能够通过移动第一透镜组中的光学系统的一部分来对焦，本发明还特别涉及一种具有减振功能的紧凑的变焦透镜系统，具有大约 4 倍的变焦比，在广角端状态下具有大约 22°或更大的视角。

背景技术

作为用于变焦透镜的常规对焦方法，通过向物方(object)移动最靠近物方侧的透镜组实现透镜组对焦已经被普遍知道。这种方法的优点在于对焦的移动量根据物距决定而与变焦位置无关，所以有效地简化了对焦机构。这种方法使构建一个具有大约三片透镜元件的第一透镜组成为可能，所以有效地简化了透镜系统的结构并且降低了制造成本。然而，由于用于对焦的移动透镜组暴露在外面，当意外的力量施加于透镜系统上时，对焦机构，特别是自动对焦机构，可能会被损坏。另一方面，具有内对焦方式的变焦透镜系统业已大量提出，在该系统内通过第一透镜组以外的透镜组实现对焦。然而，这也有对焦的移动量根据变焦位置而大幅变化的问题。

为了解决这个问题，一种对焦方法已经在日本专利申请公开第 6-51202，2000-19398 和 2000-284174 号中提出，在该方法中第一透镜组包括具有正折射能力（refractive power）的前透镜组和具有正折射能力的后透镜组，并且通过将后透镜组向物方移动实现对焦。

然而，虽然由日本专利申请公开第 6-51202 号披露的每个例子，由三个透镜元件作为整体构建第一透镜组，两个透镜元件在前透镜组中，一个透镜元件在后透镜组中，适合于简化结构并降低制造成本，但由于对焦是通过仅移动一个具有正折射能力的元件来实现的，当对焦近距离的物体时，球差、轴向色差和横向色差会变大，所以这对于获得高光学性能是不符合需要的。

此外，由日本专利申请公开第 2000-19398 号披露的每个例子在第一透镜组中需要五个透镜元件，三个透镜元件在前透镜组中，两个透镜元件在后透镜组中，所以这不适合简化结构或降低制造成本。

此外，由日本专利申请公开第 2000-284174 号披露的每个例子在第一透镜组中需要四个透镜元件，一个透镜元件在前透镜组中，三个透镜元件在后透镜组中，所以这不适合简化结构或降低制造成本。

此外，具有大约四倍变焦比的带减振机构的摄远（telephoto）变焦透镜已经在日本专利申请公开第 8-62541 号和 10-133114 号中提出。

在日本专利申请公开第 8-62541 号中所公开的例子是按具有正-负-正-正-负折射能力排列的五组变焦透镜，或者是按具有正-负-正-负-正-负折射能力排列的六组变焦透镜，为了减振而移动具有负折射能力的第二透镜组。然而，在这些公开中，由于第二透镜组的有效直径是 25mm 或者更大，减振机构变大，所以使变焦透镜系统紧凑变得困难。

在日本专利申请公开第 10-133114 号中所公开的例子是按具有正-

负-负-正-负折射能力排列的五组变焦透镜，为了减振，移动具有正折射能力的第四透镜组中透镜组的一部分。然而，在这些公开中，由于第四透镜组中的减振透镜组的有效直径是 25mm 或者更大，减振机构变大，所以使变焦透镜系统紧凑变得困难。

发明内容

考虑到上述问题而提出本发明，并且本发明的目的是提供一种内对焦变焦透镜系统，其适合于使用卤化银胶片或者固态成像器件的自动对焦单镜头反光照相机，通过移动第一透镜组的一部分实现对焦，具有大约四倍的变焦比并且在广角端状态下具有 22° 或者更大的视角，并且适合于简化第一透镜组的透镜结构和降低制造成本而不对紧凑性或高光学性能造成损害。

根据本发明的一方面，变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组，具有负折射能力的第二透镜组，和具有正折射能力的第三透镜组。当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加，而第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小。第一透镜组按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 1A 透镜组，和具有正折射能力的 1B 透镜组。从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方只移动 1B 透镜组来实现，并且优选地满足下列条件表达式 (1) 至 (4)：

$$1.55 < f1 / fw < 2.20 \quad (1)$$

$$-0.55 < f2 / fw < -0.30 \quad (2)$$

$$2.0 < f1A / f1B < 4.0 \quad (3)$$

$$0.16 < DAB / fw < 0.30 \quad (4)$$

其中 fw 表示变焦透镜系统在广角端状态的焦距， $f1$ 表示第一透镜组的焦距， $f2$ 表示第二透镜组的焦距， $f1A$ 表示 1A 透镜组的焦距， $f1B$ 表示 1B 透镜组的焦距， DAB 表示当变焦透镜系统对焦在无穷远时 1A 透镜组和 1B 透镜组之间的距离。

在本发明的一个优选实施例中，当透镜组位置的状态从广角端状态改变到摄远端状态时，优选第一透镜组和第三透镜组向物方移动。

在本发明的一个优选实施例中，该变焦透镜系统还包括位于第三透镜组的像方（image）侧并具有负折射能力的第四透镜组。当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，第三透镜组和第四透镜组之间的距离发生变化，并且优选地满足下列条件表达式（5）至（7）：

$$0.35 < f3 / fw < 0.70 \quad (5)$$

$$-1.50 < f4 / fw < -0.70 \quad (6)$$

$$-0.10 < (D34w - D34t) / fw < 0.10 \quad (7)$$

其中 $f3$ 表示第三透镜组的焦距， $f4$ 表示第四透镜组的焦距， $D34w$ 表示在广角端状态下第三透镜组和第四透镜组之间的距离， $D34t$ 表示在摄远端状态下第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

在本发明的一个优选实施例中，1A 透镜组只包括一个正透镜，1B 透镜组按从物方开始的顺序包括，具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜（meniscus lens），和具有面向物方的凸表面的正透镜，并且优选满足下列条件表达式（8）和（9）：

$$50 < \nu1A \quad (8)$$

$$35 < \nu1BP - \nu1BN \quad (9)$$

其中 $\nu1A$ 表示 1A 透镜组中的正透镜在 d 线（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）处的阿贝数， $\nu1BP$ 表示 1B 透镜组 G1B 中的正透镜在 d 线处的阿贝数，而 $\nu1BN$ 表示 1B 透镜组 G1B 中的负凹凸透镜在 d 线处的阿贝数。

在本发明的一个优选实施例中，1B 透镜组中的负凹凸透镜和正透镜优选彼此胶合在一起。

根据本发明的另一个方面，具有减振机构的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组，具有负折射能力的第二透镜组，具有正折射能力的第三透镜组，和具有负折射能力的第四

透镜组。当透镜组位置的状态从广角端状态改变到摄远端状态时，第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加，第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小，并且第三透镜组和第四透镜组之间的距离发生改变。第四透镜组按从物方开始的顺序包括，41 透镜组，具有负折射能力的 42 透镜组和 43 透镜组。41 透镜组和 43 透镜组中的至少一个透镜组具有正折射能力。由相机抖动引起的像平面上的图像模糊通过垂直于光轴仅移动 42 透镜组而减小。

在本发明的一个优选实施例中，优选满足下列条件表达式 (10)：

$$0.10 < f_{42} / f_4 < 0.90 \quad (10)$$

其中 f_4 表示第四透镜组的焦距， f_{42} 表示 42 透镜组的焦距。

在本发明的一个优选实施例中，优选满足下列条件表达式 (11) 和 (12)：

$$-2.10 < f_4 / f_w < -0.70 \quad (11)$$

$$-2.10 < (1/f_{41} + 1/f_{43}) \cdot f_4 < -0.40 \quad (12)$$

其中 f_w 表示变焦透镜系统在广角端状态时的焦距， f_{41} 表示 41 透镜组的焦距，而 f_{43} 表示 43 透镜组的焦距。

在本发明的一个优选实施例中，当透镜组位置的状态从广角端状态向至摄远端状态改变时，第一透镜组，第三透镜组和第四透镜组优选向物方移动。

在本发明的一个优选实施例中，该 41 透镜组优选包括至少一个正透镜，该 42 透镜组优选包括至少一个正透镜和至少一个负透镜，而该 43 透镜组优选包括至少一个正透镜。

在本发明的一个优选实施例中，41 透镜组按从物方开始的顺序包括，具有面向像方的凹表面的负透镜，具有面向物方的凸表面的正透镜，并且优选满足下列条件表达式 (13)：

$$0.20 < n_{41N} - n_{41P} \quad (13)$$

其中 n_{41N} 表示 41 透镜组中的负透镜在 d 线 ($\lambda=587.6\text{nm}$) 处的折射率, n_{41P} 表示 41 透镜组中的正透镜在 d 线处的折射率。

在本发明的一个优选实施例中, 42 透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有面向像方的凸表面的正透镜, 和双凹负透镜, 并且优选满足下列条件表达式 (14):

$$10.0 < \nu_{42N} - \nu_{42P} \quad (14)$$

其中 ν_{42N} 表示 42 透镜组中的双凹负透镜在 d 线 ($\lambda=587.6\text{nm}$) 处的阿贝数, ν_{42P} 表示 42 透镜组中的正透镜在 d 线处的阿贝数。

在本发明的一个优选实施例中, 按从物方开始的顺序, 变焦透镜系统优选只包括, 第一透镜组, 第二透镜组, 第三透镜组和和第四透镜组。

在本发明的一个优选实施例中, 具有正折射能力的第五透镜组优选地排列在第四透镜组的像方侧。

在本发明的一个优选实施例中, 从无穷远到近距离物体的对焦优选通过向物方整体地移动第一透镜组来实现。

在本发明的一个优选实施例中, 从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方整体地移动第二透镜组来实现, 并且优选满足下列条件表达式 (15):

$$-0.98 < M_{2t} < -0.80 \quad (15)$$

其中 M_{2t} 表示第二透镜组在摄远端状态下的放大率。

在本发明的一个优选实施例中, 第一透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的 1A 透镜组, 具有正折射能力的 1B 透镜组, 并且从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组实现。

根据本发明的另一个方面，具有减振机构的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组，具有负折射能力的第二透镜组，和具有正折射能力的第三透镜组。当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加，而第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小。第三透镜组按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 31 透镜组，具有负折射能力的 32 透镜组，和 33 透镜组。由相机抖动引起的在像平面上的图像模糊仅通过垂直于光轴移动 32 透镜组而减小。

在本发明的一个优选实施例中，优选满足下列条件表达式 (16) 至 (20)：

$$1.40 < f1 / fw < 2.00 \quad (16)$$

$$- 0.53 < f2 / fw < - 0.32 \quad (17)$$

$$0.35 < f3 / fw < 0.65 \quad (18)$$

$$- 2.00 < f32 / f3 < - 0.80 \quad (19)$$

$$- 0.20 < f3 / f33 < 0.50 \quad (20)$$

其中 fw 表示变焦透镜系统在广角端状态的焦距，f1 表示第一透镜组的焦距，f2 表示第二透镜组的焦距，f3 表示第三透镜组的焦距，f32 表示 32 透镜组的焦距，f33 表示 33 透镜组的焦距。

在本发明的一个优选实施例中，当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，第一透镜组和第三透镜组优选地向物方移动。

在本发明的一个优选实施例中，该 31 透镜组优选包括至少三个正透镜和至少一个负透镜，该 32 透镜组优选包括至少一个正透镜和至少一个负透镜，该 33 透镜组优选包括至少一个正透镜和至少一个负透镜。

在本发明的一个优选实施例中，31 透镜组按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜，由双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负透镜相胶

合构成的第一胶合透镜，具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜，和第二胶合透镜，并且优选满足下列条件表达式（21）和（22）：

$$0.20 < n_{31N} - n_{31P} \quad (21)$$

$$30.0 < \nu_{31P} - \nu_{31N} \quad (22)$$

其中 n_{31N} 表示第一胶合透镜中的负透镜在 d 线（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）处的折射率， n_{31P} 表示第一胶合透镜中的正透镜在 d 线处的折射率， ν_{31N} 表示第一胶合透镜中的负透镜在 d 线处的阿贝数， ν_{31P} 表示第一胶合透镜中的正透镜在 d 线处的阿贝数。

在本发明的一个优选实施例中，32 透镜组按从物方开始的顺序包括，具有面向像方的凸表面的正透镜，和双凹负透镜，并且优选满足下列条件表达式（23）：

$$10.0 < \nu_{32N} - \nu_{32P} \quad (23)$$

其中 ν_{32N} 表示该 32 透镜组中的双凹负透镜在 d（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）线处的阿贝数， ν_{32P} 表示该 32 透镜组中的正透镜在 d 线处的阿贝数。

在本发明的一个优选实施例中，32 透镜组按从物方开始的顺序包括，由与双凹负透镜胶合的具有面向像方的凸表面的正透镜构成的胶合透镜并且优选满足下列条件表达式（24）：

$$-2.00 < (r_{32R} + r_{32F}) / (r_{32R} - r_{32F}) < -0.70 \quad (24)$$

其中 r_{32F} 表示 32 透镜组中的正透镜的物方表面的曲率半径， r_{32R} 表示 32 透镜组中的双凹负透镜的像方表面的曲率半径。

在本发明的一个优选实施例中，优选地满足下列条件表达式（25）：

$$0.40 < r_{32S} / f_{32} < 0.90 \quad (25)$$

其中 r_{32S} 表示 32 透镜组中的胶合透镜的曲率半径， f_{32} 表示 32 透镜组的焦距。

在本发明的一个优选实施例中，变焦透镜系统按从物方开始的顺序，优选地仅包括，第一透镜组，第二透镜组，和第三透镜组。

在本发明的一个优选实施例中，第一透镜组按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 1A 透镜组，和具有负折射能力的 1B 透镜组，从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组实现，并且优选地满足下列条件表达式 (26)：

$$1.70 < f1A / f1B < 4.00 \quad (26)$$

其中 f1A 表示 1A 透镜组的焦距，f1B 表示 1B 透镜组的焦距。

根据本发明的其它特性和优点将通过结合附图的优选实施例的详细描述容易地理解。

附图说明

图 1 是示意图，示出了根据本发明的第一实施例的例 1 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 2A 和 2B 分别示出了根据第一实施例的例 1 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离（1500mm）处时在广角端状态下的各种像差。

图 3A 和 3B 分别示出了根据第一实施例的例 1 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在中等焦距状态下的各种像差。

图 4A 和 4B 分别示出了根据第一实施例的例 1 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在摄远端状态下的各种像差。

图 5 是示意图，示出了根据本发明的第一实施例的例 2 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 6A 和 6B 分别示出了根据第一实施例的例 2 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离（1500mm）处时在广角端状态下的各种像差。

图 7A 和 7B 分别示出了根据第一实施例的例 2 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在中等焦距状态下的各种像差。

图 8A 和 8B 分别示出了根据第一实施例的例 2 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在摄远端状态下的各种像差。

图 9 示出了根据本发明的第一实施例的例 3 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 10A 和 10B 分别示出了根据第一实施例的例 3 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离（1500mm）处时在广角端状态下的各种像差。

图 11A 和 11B 分别示出了根据第一实施例的例 3 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离粗时在中等焦距状态下的各种像差。

图 12A 和 12B 分别示出了根据第一实施例的例 3 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在摄远端状态下的各种像差。

图 13 示出了根据本发明的第一实施例的例 4 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 14A 和 14B 分别示出了根据第一实施例的例 4 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离（1500mm）处时在广角端状态下的各种像差。

图 15A 和 15B 分别示出了根据第一实施例的例 4 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在中等焦距状态下的各种像差。

图 16A 和 16B 分别示出了根据第一实施例的例 4 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在摄远端状态下的各种像差。

图 17 示出了根据本发明的第二实施例的例 5 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 18A 和 18B 分别示出了根据第二实施例的例 5 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈（meridional）横向像差。

图 19 示出了根据第二实施例的例 5 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 20A 和 20B 分别示出了根据第二实施例的例 5 的变焦系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 21 示出了根据本发明的第二实施例的例 6 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 22A 和 22B 分别示出了根据第二实施例的例 6 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 23 示出了根据本发明的第二实施例的例 6 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 24A 和图 24B 分别示出了根据第二实施例的例 6 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 25 示出了根据本发明的第二实施例的例 7 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 26A 和 26B 分别示出了根据第二实施例的例 7 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 27 示出了根据本发明的第二实施例的例 7 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 28A 和图 28B 分别示出了根据第二实施例的例 7 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 29 示出了根据本发明的第二实施例的例 8 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 30A 和 30B 分别示出了根据第二实施例的例 8 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 31 示出了根据本发明的第二实施例的例 8 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 32A 和图 32B 分别示出了根据第二实施例的例 8 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 33 示出了根据本发明的第二实施例的例 9 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 34A 和 34B 分别示出了根据第二实施例的例 9 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 35 示出了根据本发明的第二实施例的例 9 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 36A 和图 36B 分别示出了根据第二实施例的例 9 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 37 示出了根据本发明的第三实施例的例 10 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 38A 和 38B 分别示出了根据第三实施例的例 10 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 39 示出了根据本发明的第三实施例的例 10 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 40A 和图 40B 分别示出了根据第三实施例的例 10 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 41 示出了根据本发明的第三实施例的例 11 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 42A 和 42B 分别示出了根据第三实施例的例 11 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 43 示出了根据本发明的第三实施例的例 11 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 44A 和图 44B 分别示出了根据第三实施例的例 11 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 45 示出了根据本发明的第三实施例的例 12 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 46A 和图 46B 分别示出了根据第三实施例的例 12 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 47 示出了根据本发明的第三实施例的例 12 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。

图 48A 和图 48B 分别示出了根据第三实施例的例 12 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 49 示出了根据本发明的第三实施例的例 13 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 50A 和 50B 分别示出了根据第三实施例的例 13 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 51 示出了根据本发明的第三实施例的例 13 的变焦透镜系统在对焦在无穷远时中等焦距状态的各种像差。

图 52A 和图 52B 分别示出了根据第三实施例的例 13 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 53 示出了根据本发明的第三实施例的例 14 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 54A 和 54B 分别示出了根据第三实施例的例 14 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 55 示出了根据本发明的第三实施例的例 14 的变焦透镜系统在对焦在无穷远时中等焦距状态的各种像差。

图 56A 和图 56B 分别示出了根据第三实施例的例 13 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 57 示出了根据本发明的第三实施例的例 15 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 58A 和 58B 分别示出了根据第三实施例的例 15 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 59 示出了根据本发明的第三实施例的例 15 的变焦透镜系统在对焦在无穷远时中等焦距状态的各种像差。

图 60A 和图 60B 分别示出了根据第三实施例的例 15 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差, 以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 61 示出了根据本发明的第三实施例的例 16 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

图 62A 和 62B 分别示出了根据第三实施例的例 16 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

图 63 示出了根据本发明的第三实施例的例 16 的变焦透镜系统在对焦在无穷远时中等焦距状态的各种像差。

图 64A 和图 64B 分别示出了根据第三实施例的例 16 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差, 以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

具体实施方式

第一实施例

根据本发明的第一实施例的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组, 具有负折射能力的第二透镜组, 和具有正折射能力的第三透镜组。当透镜组的位置状态从广角端状态改变到摄远端状态时, 第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加, 而第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小。

第一透镜组按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组 G1B 实现。

用这种结构，能够防止暴露用于对焦的活动透镜组，所以对于自动对焦是有利的。此外，通过由具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B 组成第一透镜组，能够防止透镜元件数量的增加并且能够抑制对焦时像差的变化。

根据本发明的第一实施例的变焦透镜系统满足下列条件表达式 (1) 到 (4)：

$$1.55 < f1/fw < 2.20 \quad (1)$$

$$-0.55 < f2/fw < -0.30 \quad (2)$$

$$2.0 < f1A/f1B < 4.0 \quad (3)$$

$$0.16 < DAB/fw < 0.30 \quad (4)$$

其中 fw 表示变焦透镜系统在广角端的焦距， $f1$ 表示第一透镜组的焦距， $f2$ 表示第二透镜组的焦距， $f1A$ 表示 1A 透镜组的焦距， $f1B$ 表示 1B 透镜组的焦距， DAB 表示当变焦透镜系统对焦在无穷远时 1A 透镜组和 1B 透镜组之间的距离。

条件表达式 (1) 定义了第一透镜组的焦距的适当范围。当 $f1/fw$ 的比值等于或者低于条件表达式 (1) 的下限时，第一透镜组的正折射能力变大，以致用较少数量的透镜元件满意地校正像差变得困难。另一方面，当 $f1/fw$ 的比值等于超出表达式 (1) 的上限，变焦透镜系统的总长度变大，所以是不符合要求的。

为了保证本发明的效果，优选将表达式 (1) 的下限设置为 1.60 而上限设置为 2.00。

条件表达式 (2) 定义了第二透镜组的焦距的适当范围。当 $f2/fw$ 的比值等于或超出表达式 (2) 的上限时，第二透镜组的负折射能力变大，以致校正各种像差变得困难。另一方面，当 $f2/fw$ 的比值等于或者低于条件表达式 (2) 的下限时，变焦透镜系统的总长度变大，所以是

不符合要求的。

为了充分保证本发明的效果，优选将表达式（2）的下限设置为-0.50，而上限设置为-0.35。

条件表达式（3）定义了1A透镜组的焦距与1B透镜组的焦距的比值的合适的范围。当 f_{1A}/f_{1B} 等于或者超出条件表达式（3）的上限时，1B镜头组的正折射能力变强，所以在1B透镜组中要使用更大数量的透镜元件来校正像差。另一方面，当 f_{1A}/f_{1B} 的比值等于或者小于条件表达式（3）的下限时，1A透镜组的正折射能力变强，所以在1A透镜组中要使用更大数量的透镜元件来校正像差。

为了进一步保证本发明的效果，优选将条件表达式（3）的下限设置为2.20而上限设置为3.85。

条件表达式（4）定义了1A透镜组G1A和1B透镜组G1B之间的距离的合适的范围。当 DAB/fw 等于或者超出条件表达式（4）的上限时，1A透镜组的直径变大，所以是不符合要求的。另一方面，当 DAB/fw 比值等于或者小于条件表达式（4）的下限，对焦时用于移动1B透镜组的空气间隙（air space）变窄，所以难以保证最近拍摄距离足够近。

为了进一步保证本发明的效果，优选将条件表达式（4）的下限设置为0.18而将上限设置为0.25。

优选地，当透镜组位置的状态从广角端状态改变到摄远端状态时，第一透镜组和第三透镜组向物方移动。在这种结构中，在广角端状态的变焦透镜系统的总透镜长度能够紧凑。

此外，通过位于第三透镜组的像方侧并具有负折射能力的第四透镜组，并且在从广角端状态到摄远端状态变焦时改变第三透镜组和第四

透镜组之间的距离能够构造变焦透镜系统。通过将具有负折射能力的第四透镜组排列在第三透镜组的像方侧，变焦透镜系统成为摄远型能力（telephoto type power）的装置，所以对于缩短变焦透镜系统的总透镜长度是有效的。此外，通过改变第三透镜组和第四透镜组之间的距离，能够抑制象散和场曲的变化。

在根据本发明的第一实施例的变焦透镜系统中，优选满足下列条件表达式（5）到（7）：

$$0.35 < f_3/f_w < 0.70 \quad (5)$$

$$-1.50 < f_4/f_w < -0.70 \quad (6)$$

$$-0.10 < (D_{34w}-D_{34t})/f_w < 0.10 \quad (7)$$

其中 f_3 表示第三透镜组的焦距， f_4 表示第四透镜组的焦距， D_{34w} 表示在广角端状态时第三透镜组和第四透镜组之间的距离， D_{34t} 表示在摄远端状态时第三透镜组和第四透镜组之间的距离。

条件表达式（5）定义了第三透镜组的焦距的合适范围。当 f_3/f_w 的比值等于或者低于条件表达式（5）的下限时，第三透镜组的正折射能力变强，校正各种像差以及球差变得困难。另一方面，当 f_3/f_w 的比值等于或者超出条件表达式（5）的上限时，变焦透镜系统的总长度和变大，所以是不符合要求的。

为了进一步保证本发明的效果，优选将条件表达式（5）的下限设置为 0.40 而上限设置为 0.60。

条件表达式（6）定义了第四透镜组的焦距的适当范围，当 f_4/f_w 的比值等于或者超出条件表达式（6）的上限时，第四透镜组的负折射能力变强，所以校正彗差和畸变变得困难。另一方面，当 f_4/f_w 的比值等于或者低于条件表达式（6）的下限时，第四透镜组的负折射能力变弱，降低了摄远类型能力装置的效果，所以使总透镜长度紧凑变得困难。

为了进一步保证本发明的效果,优选将条件表达式(6)的下限设置为-1.20 而将上限设置为-0.85。

条件表达式(7)定义了广角端状态下和在摄远端状态下的第三透镜组和第四透镜组之间的距离之差的适当范围。当 $(D34w-D34t)/f_w$ 的比值等于或者低于条件表达式(7)的下限时,或者等于或超出条件表达式(7)的上限时,在变焦时满意地校正象散和场曲的变化变得困难。

为了进一步保证本发明的效果,优选将条件表达式(7)的下限设置为-0.05 而将上限设置为 0.05。

为了将第一透镜组中的透镜元件的数量限制在三个,优选地,1A 透镜组 G1A 只包括一个正透镜元件,而 1B 透镜组按从物方开始的顺序包括一个具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和一个具有面向物方的凸表面的正透镜。该结构有效地使变焦透镜系统简单、紧凑和便宜。

由于对焦透镜组,即 1B 透镜组 G1B,包括负透镜和正透镜,所以校正球差和色差成为可能,所以对焦时的球差和色差变化能够被抑制。

在根据本发明的第一实施例的变焦透镜系统中,优选满足下列条件表达式(8)和(9):

$$50 < \nu_{1A} \quad (8)$$

$$35 < \nu_{1BP} - \nu_{1BN} \quad (9)$$

其中 ν_{1A} 表示 1A 透镜组 G1A 中的正透镜在 d 线($\lambda=587.6\text{nm}$)处的阿贝数, ν_{1BP} 表示 1B 透镜组 G1B 中的正透镜在 d 线处的阿贝数, ν_{1BN} 表示 1B 透镜组 G1B 中的负凹凸透镜在 d 线处的阿贝数。

条件表达式 8 定义了组成 1A 透镜组 G1A 的正透镜的阿贝数的合适范围。当 ν_{1A} 的值等于或者低于第一条件表达式(8)的下限时,对焦时的色差变化变大,所以是不合要求的。为了进一步保证本发明的效

果, 优选将条件表达式 (8) 的下限设置为 60。

条件表达式 (9) 定义了组成 1B 透镜组 G1B 的正透镜的阿贝数与负凹凸透镜的阿贝数之差的合适范围。当 $\nu_{1BP}-\nu_{1BN}$ 的值等于或者低于条件表达式 (9) 的下限时, 对焦和变焦时的色差的变化变大, 所以是不合要求的。为了进一步保证本发明的效果, 优选将条件表达式 (9) 的下限设置为 40。

此外, 优选地 1B 透镜组中的负凹凸透镜和正透镜是胶合的。以这种结构, 能够减少由组装引起的光学性能的下降或者鬼影 (ghost image) 的产生。

下面将参考附图说明根据本发明的第一实施例的每个例子。

例 1

图 1 示出了根据本发明的第一实施例的例 1 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。在图 1 中, 变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组 G1, 具有负折射能力的第二透镜组 G2, 孔径光阑 S, 具有正折射能力的第三透镜组 G3, 和具有负折射能力的第四透镜组 G4。当透镜组位置的状态从广角端状态 (W) 改变到摄远端状态 (T) 时, 第一透镜组 G1、第三透镜组 G3、和第四透镜组 G4 向物方移动, 而第二透镜组 G2 先向像方移动, 然后向物方移动, 使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加, 第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小, 第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离改变。在从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变焦时, 孔径光阑 S 和第三透镜组 G3 一起移动。

第一透镜组 G1 按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A, 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组 G1B 实现。

1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜 L11。1B 透镜组 G1B 包括胶合透镜，该胶合透镜由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L12 和双凸正透镜 L13 胶合在一起构成。

第二透镜组 G2 包括双凹负透镜、由双凹负透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和双凹负透镜。

第三透镜组 G3 包括双凸正透镜、由双凸正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

第四透镜组 G4 包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜、由双凸正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

与例 1 相关的各种数值在表 1 中列出。在“规格”中， f 表示焦距，FNO 表示 f 数， 2ω 表示视角。在“透镜数据”中，第一列是按从物方开始的顺序计算的表面号，第二列 r 表示曲率半径，第三列 d 表示沿着光轴方向的透镜表面之间的距离，第四列 ν 表示在 d 线 ($\lambda=587.6\text{nm}$) 处的阿贝数，第五列 n 表示在 d 线 ($\lambda=587.6\text{nm}$) 处的折射率。在第二列 r 中，参考符号“ ∞ ”表示平面。在第五列中，空气的折射率 1.00000 省略。在“可变距离”中， f 表示焦距， M 表示摄影放大率， D_0 表示物体和第一透镜表面之间的距离， R 表示物体和像面之间的距离， Bf 表示后焦距。在“条件表达式的值”中，示出了各个条件表达式的值。

在表中，各种数值一般使用“mm”作为长度单位，例如焦距、曲率半径和光学表面之间的距离。然而，由于按比例放大或者缩小尺寸的光学系统能够获得相似的光学性能，所以单位不必局限于“mm”，其它任何合适的单位都能够使用。参考符号的说明在其它例子中是一样的，因此重复的说明被省略。

表 1

规格

f =	71.40	135.20	294.00
FNO=	3.98	4.42	5.83
2ω =	34.26°	17.57°	8.19°

透镜数据

	r	d	v	n
1	401.1292	3.4320	64.14	1.516330
2	-401.1292	(d 2)		
3	73.7120	1.8000	28.46	1.728250
4	49.4588	9.2239	81.54	1.496999
5	-634.7712	(d 5)		
6	-569.6277	1.4000	46.57	1.804000
7	65.8130	2.9470		
8	-66.3802	1.4000	49.34	1.743198
9	37.4535	4.4348	23.78	1.846660
10	-157.1502	1.2424		
11	-56.4033	1.4000	46.57	1.804000
12	457.6562	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑s	
14	174.8883	4.0762	60.08	1.639999
15	-54.3627	0.2000		
16	52.6528	6.0766	81.54	1.496999
17	-40.7675	1.4000	34.97	1.800999
18	1440.7843	0.2000		
19	33.5705	3.5534	61.13	1.589130
20	93.9894	(d20)		

21	479.6438	1.4000	23.78	1.846660
22	43.7293	4.5629	59.84	1.522494
23	-51.1261	3.0000		
24	1129.8061	3.6174	29.23	1.721507
25	-22.8122	1.4000	47.93	1.717004
26	29.6916	4.4859		
27	35.9110	3.4607	33.79	1.647689
28	-167.9338	4.3753		
29	-22.4279	1.4000	46.57	1.804000
30	-45.1019	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40001	135.19966	294.00012
D0	∞	∞	∞
d 2	13.96876	13.96876	13.96876
d 5	1.50000	30.16863	45.04078
d12	26.95417	16.63929	1.00000
d20	15.26706	15.23225	16.01169
B.f.	45.82163	54.27048	80.82164
R	∞	∞	∞

(最近拍摄距离)

	广角端	中焦	摄远端
M	-0.05763	-0.11156	-0.24806
D0	1325.0000	1298.2322	1271.6687
d2	1.45642	1.18529	0.90427
d5	14.01234	42.95210	58.10527
d12	26.95417	16.63929	1.00000
d20	15.26706	15.23225	16.01169

B.f.	45.82163	54.27048	80.82164
R	1500.0000	1500.0000	1500.0000

条件表达式的值

- (1) $f1/fw = 1.680$
- (2) $f2/fw = -0.405$
- (3) $f1A/f1B = 2.335$
- (4) $DAB/fw = 0.196$
- (5) $f3/fw = 0.503$
- (6) $f4/fw = -1.060$
- (7) $(D34w-D34t) = -0.010$
- (8) $v1A = 64.14$
- (9) $v1BP-v1BN = 53.08$

图 2A 和 2B 分别示出了根据第一实施例的例 1 的变焦透镜系统对焦在无穷远和对焦在最近拍摄距离（1500mm）处时在广角端状态的各种像差。图 3A 和 3B 分别示出了根据第一实施例的例 1 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在中等焦距状态的各种像差。图 4A 和 4B 分别示出了根据第一实施例的例 1 的变焦系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在摄远端状态的各种像差。

在各个图形中，FNO 表示 f 数，Y 表示图像高度，D、G 分别表示 d 线（ $\lambda=587.6\text{nm}$ ）和 g 线（ $\lambda=435.8\text{nm}$ ）的像差曲线。在示出象散的图形中，实线表示弧矢像面，虚线表示子午像面。在下面的例子中，使用和例 1 相同的参考符号。

正如从相应的曲线明显地看出的，根据第一实施例的例 1 的变焦透镜系统示出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 2

图 5 示出了根据本发明的第一实施例的例 2 的变焦透镜系统的剖

面图和变焦时每个透镜组的轨迹。在图 5 中，变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组 G1，具有负折射能力的第二透镜组 G2，孔径光阑 S，具有正折射能力的第三透镜组 G3，和具有负折射能力的第四透镜组 G4。当透镜组的位置状态从广角端状态（W）改变到摄远端状态（T）时，第一透镜组 G1，第三透镜组 G3 和第四透镜 G4 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小，第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离改变。当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时孔径光阑 S 和第三透镜组 G3 一起移动。

第一透镜组 G1 按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A、和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组 G1B 实现。

1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜 L11。1B 透镜组 G1B 包括胶合透镜，该胶合透镜由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L12 和双凸正透镜 L13 胶合在一起构成。

第二透镜组 G2 包括双凹负透镜、由双凹负透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和双凹负透镜。

第三透镜组 G3 包括双凸正透镜、由双凸正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

第四透镜组 G4 包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜、双凸正透镜、双凹负透镜、双凸正透镜、和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

与例 2 相关的各种数值在表 2 中列出。

表 2

规格

f =	71.40	135.20	294.00
FNO=	3.92	4.34	5.79
2 ω =	34.01°	17.48°	8.17°

透镜数据

	r	d	v	n
1	393.7797	3.4666	64.14	1.516330
2	-393.7797	(d 2)		
3	72.1379	1.8000	28.46	1.728250
4	48.5919	9.3212	81.54	1.496999
5	-673.5520	(d 5)		
6	-371.5827	1.4000	46.57	1.804000
7	57.6115	3.0775		
8	-66.8503	1.4000	49.34	1.743198
9	39.7971	4.4329	23.78	1.846660
10	-120.0368	1.3565		
11	-48.2268	1.4000	46.57	1.804000
12	-623.8156	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑s	
14	171.0600	4.2202	60.08	1.639999
15	-51.8912	0.2000		
16	53.6971	5.9454	81.54	1.496999
17	-42.4415	1.4000	34.97	1.800999
18	798.2716	0.2000		
19	34.9966	3.3788	61.13	1.589130
20	91.1723	(d20)		

21	224.4236	1.4000	23.78	1.846660
22	39.7038	3.2867	59.84	1.522494
23	-225.6684	6.3172		
24	337.2025	3.1647	27.79	1.740769
25	-33.6532	0.2000		
26	-34.9705	1.4000	46.57	1.804000
27	41.8882	3.6016		
28	48.8184	3.6441	33.79	1.647689
29	-72.7425	10.5386		
30	-22.2604	1.4000	46.57	1.804000
31	-42.1654	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40227	135.19993	294.00037
D0	∞	∞	∞
d 2	13.53509	13.53509	13.53509
d 5	1.60134	30.08411	44.43064
d12	26.58593	16.43870	1.00000
d20	14.32441	14.04027	14.43188
B.f.	40.00116	48.12784	75.00135
R	∞	∞	∞

(最近拍摄距离)

	广角端	中焦	摄远端
M	-0.05757	-0.11137	-0.24756
D0	1325.0001	1298.8220	1272.6491
d2	1.42931	1.17314	0.90588
d5	13.70712	42.44606	57.05985
d12	26.58593	16.43870	1.00000

d20	14.32441	14.04027	14.43188
B.f.	40.00116	48.12784	75.00135
R	1500.0000	1500.0000	1500.0000

条件表达式的值

- (1) $f1/fw = 1.653$
- (2) $f2/fw = -0.402$
- (3) $f1A/f1B = 2.326$
- (4) $DAB/fw = 0.190$
- (5) $f3/fw = 0.513$
- (6) $f4/fw = -1.039$
- (7) $(D34w-D34t) = -0.002$
- (8) $v1A = 64.14$
- (9) $v1BP-v1BN = 53.08$

图 6A 和 6B 分别示出了根据第一实施例的例 2 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离 (1500mm) 时在广角端状态的各种像差。图 7A 和 7B 分别示出了根据第一实施例的例 2 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在中等焦距状态的各种像差。图 8A 和 8B 分别示出了根据第一实施例的例 2 的变焦系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在摄远端状态的各种像差。

正如从相应的曲线图明显地看出的, 根据第一实施例的例 2 的变焦透镜系统示出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 3

图 9 示出了根据本发明的第一实施例的例 3 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。在图 9 中, 变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组 G1, 具有负折射能力的第二透镜组 G2, 孔径光阑 S, 具有正折射能力的第三透镜组 G3, 和

具有负折射能力的第四透镜组 G4。当透镜组位置的状态从广角端状态（W）向摄远端（T）状态改变时，第一透镜组 G1，第三透镜组 G3，和第四透镜组 G4 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 中间的距离减小，第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离改变。从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时，孔径光阑 S 和第三透镜组 G3 一起移动。

第一透镜组 G1 按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A，和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组 G1B 实现。

1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜 L11。1B 透镜组包括胶合透镜，该胶合透镜由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L12 和双凸正透镜 L13 胶合在一起构成。

第二透镜组 G2 包括双凹负透镜，由双凹负透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜，和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

第三透镜组 G3 包括双凸正透镜，由双凸正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜，和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

第四透镜组 G4 包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜，双凸正透镜，双凹负透镜，双凸正透镜，和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

与例 3 相关的各种数值在表 3 中列出。

表 3

规格

f =	71.40	134.90	294.00
FNO=	4.00	4.40	5.87
2ω =	34.03 °	17.50 °	8.17 °

透镜数据

	r	d	ν	n
1	14220.5510	2.7079	64.14	1.516330
2	-321.5792	(d 2)		
3	69.9601	1.8000	34.97	1.800999
4	46.3766	0.2000		
5	45.9671	11.3706	81.54	1.496999
6	-419.6274	(d 6)		
7	-579.1168	1.4000	46.57	1.804000
8	63.8363	3.4452		
9	-52.7313	1.4000	49.34	1.743198
10	48.3987	4.2542	23.78	1.846660
11	-107.9428	0.8861		
12	-61.0721	1.4000	46.57	1.804000
13	-623.8156	(d13)		
14	∞	1.0000	孔径光阑S	
15	166.9626	3.9296	60.08	1.639999
16	-58.2127	0.2000		
17	57.0867	5.4967	81.54	1.496999
18	-46.6872	1.4000	34.97	1.800999
19	1396.9076	0.2000		
20	34.3256	3.4395	61.13	1.589130
21	91.8543	(d21)		
22	203.1166	1.4000	23.78	1.846660
23	40.7958	3.2583	59.84	1.522494
24	-258.7153	7.3113		

25	302.9723	3.0588	27.79	1.740769
26	-35.3253	0.2000		
27	-36.4959	1.4000	46.57	1.804000
28	40.5142	4.9030		
29	51.7471	3.3861	33.79	1.647689
30	-82.2838	9.1961		
31	-22.3825	1.4000	46.57	1.804000
32	-41.2791	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.39992	134.89970	293.99916
D0	∞	∞	∞
d2	15.80731	15.80731	15.80731
d6	1.50000	34.04735	50.19310
d13	29.37034	18.20055	1.00000
d21	13.27877	12.96969	12.95602
B.f.	40.00001	47.68741	74.99998
R	∞	∞	∞

(最近拍摄距离)

	广角端	中间	摄远端
M	-0.05859	-0.11340	-0.25277
D0	1320.0000	1291.2441	1265.0000
d2	1.48390	1.14166	0.81459
d6	15.82341	48.71300	65.18582
d13	29.37034	18.20055	1.00000
d21	13.27877	12.96969	12.95602
B.f.	40.00001	47.68741	74.99998
R	1500.0000	1500.0000	1500.0000

条件表达式的值

$$(1) f1/fw = 1.823$$

$$(2) f2/fw = -0.449$$

$$(3) f1A/f1B = 3.778$$

$$(4) DAB/fw = 0.221$$

$$(5) f3/fw = 0.521$$

$$(6) f4/fw = -0.928$$

$$(7) (D34w-D34t) = 0.005$$

$$(8) \nu1A = 64.14$$

$$(9) \nu1BP-\nu1BN = 46.57$$

图 10A 和 10B 分别示出了根据第一实施例的例 3 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离 (1500mm) 时在广角端状态的各种像差。图 11A 和 11B 分别示出了根据第一实施例的例 3 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在中等焦距状态的各种像差。图 12A 和 12B 分别示出了根据第一实施例的例 3 的变焦系统对焦在无穷远和最近拍摄距离时在摄远端状态的各种像差。

正如从相应的曲线图明显地看出的, 根据第一实施例的例 3 的变焦透镜系统示出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 4

图 13 示出了根据本发明的第一实施例的例 4 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。在图 13 中, 变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组 G1, 具有负折射能力的第二透镜组 G2, 具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组的位置状态从广角端状态 (W) 向摄远端 (T) 状态改变时, 第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动, 而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动, 然后向物方移动, 使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加, 第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 中间的距离减小。

第一透镜组 G1 按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜 L11。1B 透镜组 G1B 按从物方开始的顺序包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L12 和双凸正透镜 L13 胶合在一起构成的胶合透镜。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组 G1B 实现。

第二透镜组 G2 按从物方开始的顺序包括，双凹负透镜、由双凹负透镜和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和负凹凸透镜。

第三透镜组 G3 按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有正折射能力的 33 透镜组 G33。31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜、由双凸正透镜和负凹凸透镜胶合在一起构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜、由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的第二胶合透镜。32 透镜组 G32 按从物方开始的顺序包括，由双凸正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜。33 透镜组 G33 按从物方开始的顺序包括，固定的光阑 S2、双凸正透镜、和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组的物方，并且从广角端状态（W）变焦到摄远端状态（T）时，孔径光阑 S 与第三透镜组 G3 一起移动。

与例子 4 相关的数值在表 4 列出。

表 4

规格

f =	71.40	135.00	294.00
FNO=	4.64	4.85	5.88
2ω =	34.46°	17.55°	8.20°

透镜数据

	r	d	v	n
1	340.6588	4.2	64.14	1.51633
2	-340.659	(d2)		
3	65.1639	1.8	26.3	1.784696
4	45.8381	8.8	81.61	1.496999
5	-1308.92	(d5)		
6	-271.25	1.4	49.61	1.772499
7	71.7854	1.3		
8	-566.934	1.4	49.61	1.772499
9	24.4437	4.7	23.78	1.84666
10	133.0962	3.75		
11	-46.0918	1.4	49.61	1.772499
12	1927.614	(d12)		
13	∞	2	孔径光阑 S	
14	188.6747	3.4	60.09	1.639999
15	-72.245	0.2		
16	73.7218	6	81.61	1.496999
17	-38.1983	1.4	34.96	1.800999
18	-154.661	0.2		
19	32.255	4.2	52.42	1.517417
20	143.854	7.9		
21	333.5741	1.3	23.78	1.84666
22	54.3293	4.1	70.24	1.48749

23	-89.5707	10.2		
24	256.9205	3.6	25.43	1.805181
25	-35.5686	1.2	39.59	1.804398
26	35.5686	3.4		
27	∞	3.1	固定光阑 S2	
28	47.0802	4	34.47	1.639799
29	-96.8946	2.4		
30	-23.3234	1.2	49.61	1.772499
31	-42.5579	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.39993	134.99982	294.00047
D0	∞	∞	∞
d2	13.43865	13.43865	13.43865
d5	2.49989	31.01849	43.01129
d12	28.21141	18.59271	2.50011
B.f.	53.40008	57.30852	87.10064
R	∞	∞	∞

(最近拍摄距离)

	广角端	中焦	摄远端
M	-0.05775	-0.11125	-0.24755
D0	1313.9000	1291.0916	1265.3993
d2	2.36289	2.15893	1.91994
d5	13.57565	42.29821	54.53000
d12	28.21141	18.59271	2.50011
B.f.	53.40008	57.30852	87.10064
R	1500.0000	1500.0000	1500.0000

条件表达式的值

$$(1) \quad f1/fw = 1.563$$

$$(2) \quad f2/fw = -0.368$$

$$(3) \quad f1A/f1B = 2.051$$

$$(4) \quad DAB/fw = 0.188$$

$$(5) \quad f3/fw = 0.525$$

$$(8) \quad v1A = 64.14$$

$$(9) \quad v1BP-v1BN = 55.31$$

图 14A 和 14B 分别示出了根据第一实施例的例 4 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离（1500mm）处时在广角端状态的各种像差。图 15A 和 15B 分别示出了根据第一实施例的例 4 的变焦透镜系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在中等焦距状态的各种像差。图 16A 和 16B 分别示出了根据第一实施例的例 4 的变焦系统对焦在无穷远和最近拍摄距离处时在摄远端状态时的各种像差。

正如各个曲线所示，根据第一实施例的例 4 的变焦透镜系统示出了校正各种像差的极好的光学性能。

第二实施例

在下面说明根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统。

根据本发明第二实施例的具有减振机构的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组、具有负折射能力的第二透镜组、具有正折射能力的第三透镜组、和具有负折射能力的第四透镜组。当透镜组的位置状态从广角端状态向摄远端状态改变时，第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加，第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小，第三透镜组和第四透镜组之间的距离改变。该结构对于缩短总透镜长度是有效的。

第四透镜组按从物方开始的顺序包括，41 透镜组、具有负折射能

力的 42 透镜组、和 43 透镜组。41 透镜组和 43 透镜组中的至少一个具有正折射能力。通过仅将 42 透镜组垂直于光轴移动，可以减小由相机抖动引起的像平面上的图像模糊。

通过构建具有负折射能力的第四透镜组，第四透镜组的有效直径能够相对小于第一透镜组到第三透镜组的有效直径。此外，通过构建具有正-负-正，正-负-负，或者负-负-正的折射能力的排列，42 透镜组，即减振透镜组的有效直径能够较小。因此减振机构能够紧凑，所以整体上对于变焦透镜系统的紧凑性是有效的。通过以这种方式构建，能够减少由垂直于光轴移动 42 透镜组引起的光学性能的下降。

在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，优选地满足下列条件表达式 (10)：

$$0.10 < f_{42}/f_4 < 0.90 \quad (10)$$

其中 f_4 表示第四透镜组的焦距， f_{42} 表示 42 透镜组的焦距。

条件表达式 (10) 定义了用于减振的 42 透镜组焦距的合适的范围。当 f_{42}/f_4 等于或者超出条件表达式 (10) 的上限时，42 透镜组的负折射能力变弱，所以减振所需要的 42 透镜组的偏心量变大。因此，减振机构变大，所以抑制变焦透镜系统的整体尺寸使之紧凑变得困难。另一方面，当 f_{42}/f_4 等于或者低于条件表达式 (10) 的下限时，42 透镜组的负折射能力变大。因此 42 透镜组中产生的各种像差变大，所以为了减振移动 42 透镜组时产生的偏心像差 (decentering aberration) 变大。

为了进一步保证本发明的效果，最好将条件表达式 (10) 的下限设置为 0.25，上限设置为 0.70。

在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，优选地满足下列条件表达式 (11) 和 (12)：

$$-2.10 < f_4/f_w < -0.70 \quad (11)$$

$$-2.10 < (1/f_{41} + 1/f_{43}) \cdot f_4 < -0.40 \quad (12)$$

其中 f_w 表示变焦透镜系统在广角端状态时的焦距， f_{41} 表示 41 透镜组的焦距， f_{43} 表示 43 透镜组的焦距。

条件表达式 (11) 定义了适合于将变焦透镜系统总长度和第四透镜组的有效直径小型化的第四透镜组的焦距的合适范围。当 f_4/f_w 的比值等于或者超过条件表达式 (11) 的上限，第四透镜组的负折射能力变得过大，所以满意地校正像差变得困难。另一方面，当 f_4/f_w 等于或者低于表达式 (11) 的下限，第四透镜组的负折射能力变小，所以将变焦透镜系统的总长度和第四透镜组的有效直径小型化变得困难。

为了进一步保证本发明的效果，最好将条件表达式 (11) 的下限设置为 -2.00，上限设置为 -0.90。

条件表达式 (12) 定义了适于将 42 透镜组的有效直径小型化的 41 透镜组的折射能力和 43 透镜组的折射能力的总和的合适范围。当数值 $(1/f_{41} + 1/f_{43}) \cdot f_4$ 等于或者低于条件表达式 (12) 的下限时，41 透镜组的折射能力和 43 透镜组的折射能力的总和变大，所以 42 透镜组的负折射能力必须变大以使第四透镜组整体获得大的负折射能力。结果，42 透镜组中产生的各种像差变大，所以为了减振而移动 42 透镜组引起的偏心像差变大。另一方面，当 $(1/f_{41} + 1/f_{43}) \cdot f_4$ 的数值等于或者超出条件表达式 (12) 的上限时，41 透镜组和 43 透镜组折射能力的总和变小，所以汇聚光通量的效果变弱。结果，将 42 透镜组的有效直径小型化的效果变得不足。

为了进一步保证本发明的效果，最好将条件表达式 (12) 的下限设置为 -2.00，上限设置为 -0.50。

此外，变焦透镜系统优选地被构建成这样：当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态变化时，第一透镜组、第三透镜组和第四

透镜组向物方移动。以这种结构，变焦透镜系统的总透镜长度在广角端状态时能够紧凑。

此外，优选地 41 透镜组包括至少一个正透镜元件，42 透镜组包括至少一个正透镜元件和至少一个负透镜元件，43 透镜组包括至少一个正透镜元件。以这种结构，在减振时能够被很好地校正偏心像差。

此外，在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，41 透镜组按从物方开始的顺序包括，具有面向物方的凹表面的负透镜、具有面向物方的凸表面的正透镜，并且优选地满足下列条件表达式 (13)：

$$0.20 < n_{41N} - n_{41P} \quad (13)$$

其中 n_{41N} 表示 41 透镜组中的负透镜在 d 线($\lambda=578.6\text{nm}$)处的折射率， n_{41P} 表示 41 透镜组中的正透镜在 d 线处的折射率。

条件表达式 (13) 用于在减振时满意地校正偏心像差。当数值 $n_{41N}-n_{41P}$ 等于或者低于条件表达式的下限时，当减振时校正偏心像差变得困难。为了进一步保证本发明的效果，最好将条件表达式 (13) 的下限设置为 0.25。

在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，42 透镜组按从物方开始的顺序包括，具有面向物方的凸表面的正透镜，和双凹负透镜，并且优选地满足下列条件表达式 (14)：

$$10.0 < \nu_{42N} - \nu_{42P} \quad (14)$$

其中 ν_{42N} 表示 42 透镜组中的双凹负透镜在 d 线($\lambda=578.6\text{nm}$)处的阿贝数， ν_{42P} 表示 42 透镜组中的正透镜在 d 线处的阿贝数。

条件表达式 (14) 用于在减振时满意地校正偏心像差。当 $\nu_{42N}-\nu_{42P}$ 的数值等于或者低于条件表达式 (14) 的下限时，校正减振时由偏心引起的横向色差变得困难。为了进一步保证本发明的效果，最好将条件表达式 (14) 的下限设置为 12.0。

在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，优选地变焦透镜系统只包括第一透镜组、第二透镜组、第三透镜组、和第四透镜组。通过不在第四透镜组的像方设置透镜组，变焦透镜系统能够是简单的。

在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，优选地将具有正折射能力的第五透镜组设置在第四透镜组的像方侧。以这种结构，校正像差的自由度增加，所以能够容易地校正各种像差。

此外，在从无穷远到近距离物体对焦时，优选地第一透镜组整体向物方移动。

此外，在从无穷远到近距离物体对焦时，优选地第二透镜组整体向物方移动，并且优选地满足下列条件表达式（15）：

$$-0.98 < M2t < -0.8 \quad (15)$$

其中 $M2t$ 表示第二透镜组在摄远端状态时的放大率。

当 $M2t$ 的值等于或者低于条件表达式（15）的下限时，放大率变得接近-1，所以不能实现对焦。另一方面，当 $M2t$ 的值等于或者超出条件表达式（15）的上限时，获得大约 4 倍的变焦比变得困难。为了进一步保证本发明的效果，最好将条件表达式（15）的上限设置为-0.90。

在根据本发明的第二实施例的变焦透镜系统中，优选地第一透镜组按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A、和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B，并且从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组实现。

下面参考附图说第二实施例的每个例子在明。

例 5

图 17 示出了根据本发明的第二实施例的例 5 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 17 中, 根据例 5 的具有减振机构的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组 G1, 具有负折射能力的第二透镜组 G2, 具有正折射能力的第三透镜组 G3, 和具有负折射能力的第四透镜组 G4。当透镜组的位置状态从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 改变时, 第一透镜组 G1、第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 向物方移动, 而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动, 然后向物方移动, 这样第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加, 第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小, 而第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离增加。

第一透镜组 G1 按从物方开始的顺序包括, 由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

第二透镜组 G2 按从物方开始的顺序包括, 由具有面向物方的凹表面的正凹凸透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和双凹负透镜。

第三透镜组 G3 按从物方开始的顺序包括, 双凸正透镜、由双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在第三透镜组 G3 中的双凸正透镜和胶合透镜之间, 并且在从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变焦时和第三透镜组 G3 一起移动。

第四透镜组 G4 按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的 41

透镜组 G41、具有负折射能力的 42 透镜组 G42、和具有正折射能力的 43 透镜组 G43。41 透镜组 G41 按从物方开始的顺序包括，由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L41 和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜 L42 胶合在一起构成的胶合透镜。42 透镜组 G42 按从物方开始的顺序包括，具有面向物方的凹表面的正凹凸透镜 L43、和双凹负透镜 L44。43 透镜组 G43 按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜 L45，和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜 L46。

当探测到相机抖动时，通过垂直于光轴仅移动 42 透镜组 G42 来实现像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动第一透镜组 G1 实现。

为了通过焦距为 f 、减振系数（当进行减振时，图像的移动量与减振透镜组的移动量的比值）为 K 的透镜系统来校正对应于 θ 旋转角度的图像移动，减振透镜组可以垂直于光轴移动 $(f \cdot \tan \theta) / K$ 的移动量。这个关系在下面的例子中是一样的，因此重复的说明被省略。

在第二实施例的例 5 的广角端状态（W）下减振系数 K 是 1.206，焦距 f 是 71.50 (mm)，所以能够通过将 42 透镜组 G42 移动 0.311 (mm) 来校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态（T）下，减振系数是 K 是 1.800，焦距 f 是 294.00 (mm)，所以能够通过将 42 透镜组 G42 移动 0.428 (mm) 来校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第二实施例的例 5 相关的各种数值在表 5 中列出。

在“对焦时的移动量”中， $\delta 1$ 表示第一透镜组 G1 对焦在拍摄距离 1500 (mm) 处时向物方的移动量。

表 5

规格

f =	71.50	134.90	294.00
FNO=	4.43	4.78	5.83
2ω =	34.69°	17.82°	8.25°

透镜数据

	r	d	v	n
1	106.9922	1.4000	30.13	1.698947
2	63.9533	8.5690	81.54	1.496999
3	-244.9710	0.2000		
4	126.9321	2.8438	53.20	1.693501
5	216.9031	(d 5)		
6	-811.4085	3.2995	23.78	1.846660
7	-45.9839	1.0000	60.08	1.639999
8	53.9629	3.6848		
9	-41.3222	1.0000	46.57	1.804000
10	403.6997	(d10)		
11	117.0360	3.4927	46.57	1.804000
12	-100.5857	1.5000		
13	∞	1.0480	孔径光阑s	
14	52.7514	5.2513	81.54	1.496999
15	-62.0004	1.0000	34.97	1.800999
16	-445.4607	0.2000		
17	37.5205	2.9883	81.54	1.496999
18	74.7018	(d18)		
19	52.6572	1.4000	23.78	1.846660
20	16.3065	4.5499	45.78	1.548141
21	76.4617	12.6826		

22	-126.2398	3.9806	28.46	1.728250
23	-20.5284	0.2000		
24	-20.6563	1.4000	46.57	1.804000
25	46.6744	4.6040		
26	2036.2018	2.3561	29.23	1.721507
27	-113.7498	0.2000		
28	47.0423	3.6545	34.97	1.800999
29	343.9390	(B.f.)		

可变距离

	广角端	中焦	摄远端
f	71.50000	134.90000	294.00000
d5	1.55195	36.01475	55.38418
d10	34.15302	21.90257	1.00000
d18	18.78991	19.40071	22.11070
B.f.	42.99999	49.92314	69.00000

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.500	134.900	294.000
δl	14.446	14.822	15.090

条件表达式的值

- (10) $f_{42}/f_4 = 0.356$
- (11) $f_4/f_w = -1.483$
- (12) $(1/f_{41}+1/f_{43}) \cdot f_4 = -1.309$
- (13) $n_{41N}-n_{41P} = 0.298$
- (14) $v_{42N}-v_{42P} = 28.11$
- (15) $M_{2t} = ---$

图 18A 和 18B 分别示出了根据第二实施例的例 5 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈（meridional）横向像差。图 19 示出了根据第二实施例的例 5 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态的各种像差。图 20A 和 20B 分别示出了根据第二实施例的例 5 的变焦系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远时的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图明显地看出的，根据第二实施例的例 5 的变焦透镜系统表现出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 6

图 21 示出了根据本发明的第二实施例的例 6 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 21 中，根据例 6 的具有减振机构的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组 G1，具有负折射能力的第二透镜组 G2，具有正折射能力的第三透镜组 G3，和具有负折射能力的第四透镜组 G4。当透镜组的位置状态从广角端状态（W）向摄远端状态（T）改变时，第一透镜组 G1、第三透镜组 G3、和第四透镜组 G4 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，这样第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小，第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离发生改变。

第一透镜组 G1 按从物方开始的顺序包括，由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜和双凸正透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

第二透镜组 G2 按从物方开始的顺序包括，双凹负透镜、由双凸

正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

第三透镜组 G3 按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜、由双凸正透镜和双凹负透镜胶合在一起构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在第三透镜组 G3 的物方，并且在从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时和第三透镜组 G3 一起移动。

第四透镜组 G4 按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的 41 透镜组 G41、具有负折射能力的 42 透镜组 G42、和正折射能力的 43 透镜组 G43。41 透镜组 G41 按从物方开始的顺序包括，由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L41 与双凸正透镜 L42 胶合在一起构成的胶合透镜。42 透镜组 G42 按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜 L43、和双凹负透镜 L44。43 透镜组 G43 按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜 L45、和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜 L46。

当探测到相机抖动时，通过垂直于光轴仅移动 42 透镜组 G42 来实现现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动第二透镜组 G2 实现。

在第二实施例的例 6 的广角端状态（W）下，减振系数 K 是 1.054，焦距 f 是 71.40(mm)，所以能够通过将 42 透镜组 G42 移动 0.355(mm) 来校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态（T）下，减振系数 K 是 1.800，焦距 f 是 294.00(mm)，所以能够通过将 42 透镜组 G42 移动 0.428(mm) 来校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第二实施例的例 6 相关的各种数值在表 6 中列出。

在对焦时的移动量中， $\delta 2$ 表示表示对焦在拍摄距离为 1500 (mm) 处时第二透镜组 G2 向物方的移动量。

表 6

规格

f	=	71.40	134.90	294.00
FNO=		4.03	4.61	5.83
2 ω	=	34.73°	17.96°	8.29°

透镜数据

	r	d	v	n
1	110.3430	1.8000	29.23	1.721507
2	69.3904	7.9665	81.54	1.496999
3	-294.8326	0.2000		
4	122.8189	2.6850	58.55	1.651597
5	181.6203	(d 5)		
6	-3611.5709	1.4000	47.82	1.756998
7	49.7266	0.4871		
8	57.7644	5.3831	23.78	1.846660
9	-42.0999	1.4000	36.26	1.620041
10	53.1079	4.0773		
11	-38.0886	1.4000	34.97	1.800999
12	-502.7476	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑S	
14	97.5978	3.6622	58.55	1.651597
15	-81.8300	0.2000		
16	48.0953	4.9666	81.54	1.496999
17	-62.0949	1.4000	34.97	1.800999

18	268.7785	0.2000		
19	38.8902	3.2836	55.53	1.696797
20	54.2852	(d20)		
21	78.0173	2.0000	23.78	1.846660
22	24.6186	3.7355	64.14	1.516330
23	-185.3460	3.0000		
24	176.2975	4.6442	27.79	1.740769
25	-25.6263	0.2072		
26	-25.4689	1.4000	40.92	1.806098
27	35.9916	3.3747		
28	32.3977	4.1609	30.13	1.698947
29	-160.3892	4.5174		
30	-28.3572	1.4000	61.13	1.589130
31	-96.5409	(B.f.)		

可变的距离

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40045	134.89998	293.99991
d5	4.92513	37.53918	59.35524
d12	35.77592	21.59232	1.00000
d20	24.34764	24.24866	24.69346
B.f.	40.00576	51.49527	75.00890

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.400	134.900	294.000
δ2	2.762	6.788	17.131

条件表达式的值

(10) $f_{42}/f_4 = 0.366$

$$(11) \quad f_4/f_w = -1.891$$

$$(12) \quad (1/f_{41} + 1/f_{43}) \cdot f_4 = -1.866$$

$$(13) \quad n_{41N} - n_{41P} = 0.330$$

$$(14) \quad v_{42N} - v_{42P} = 13.13$$

$$(15) \quad M_{2t} = -0.950$$

图 22A 和 22B 分别示出了根据第二实施例的例 6 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态时的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 23 示出了根据本发明的第二实施例的例 6 的变焦透镜系统在对焦在无穷远时中等焦距状态的各种像差。图 24A 和图 24B 分别示出了根据第二实施例的例 6 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差, 以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的, 根据第二实施例的例 6 的变焦透镜系统表现出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 7

图 25 是示意图, 示出根据本发明第二实施例的例 7 的变焦透镜系统的截面视图以及在变焦时每个透镜组的移动轨迹。

在图 25 中, 根据例 7 具有减振机构的变焦透镜系统, 按从物方开始的顺序, 包括具有正折射能力的第一透镜组 G1, 具有负折射能力的第二透镜组 G2, 具有正折射能力的第三透镜组 G3, 和具有负折射能力的第四透镜组 G4。当透镜组位置的状态从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 改变时, 第一透镜组 G1、第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 向物方移动, 而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动, 然后向物方移动, 使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加, 而第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小, 并且第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离增大。

第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜、和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜、由双凹形负透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜、以及具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜和双凹负透镜胶合构成的胶合透镜、以及具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在该第三透镜组 G3 的物方侧，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

第四透镜组 G4，按从物方开始的顺序，包括具有负折射能力的 41 透镜组 G41、具有负折射能力的 42 透镜组 G42 以及具有正折射能力的 43 透镜组 G43。该 41 透镜组 G41，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜 L41 与双凸正透镜 L42 胶合构成的胶合透镜。42 透镜组 G42，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜 L43、和双凹负透镜 L44。43 透镜组 G43，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜 L45 和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜 L46。

当检测到照相机的抖动时，在像平面 I 上的减振通过垂直于光轴仅移动 42 透镜组 G42 实现。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动第二透镜组 G2 来实现。

在第二实施例的例 7 的广角端状态 (W) 下, 减振系数 K 为 1.059, 焦距 f 为 71.40 (mm), 因此通过将 42 透镜组 G42 移动 0.353 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下, 减振系数 K 为 1.800, 焦距 f 为 294.00 (mm), 因此通过将 42 透镜组 G42 移动 0.428 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第二实施例的例 7 相关的各种值列于表 7 中。

在对焦时的移动量中, $\delta 2$ 表示对焦在 1500 (mm) 的拍摄距离处第二透镜组 G2 向物方侧的移动量。

表 7

规格

f	=	71.40	134.90	294.00
FNO	=	3.99	4.52	5.75
2 ω	=	34.74°	17.97°	8.30°

透镜数据

	r	d	v	n
1	92.3146	1.8000	34.97	1.800999
2	60.1527	9.0323	81.54	1.496999
3	-249.0431	0.2000		
4	80.8726	2.7760	70.23	1.487490
5	103.7057	(d 5)		
6	67.7254	1.4000	28.46	1.728250
7	34.1420	4.4733		
8	-56.4538	1.4000	60.29	1.620411
9	40.9332	3.9004	23.78	1.846660
10	-339.3969	1.7837		
11	-50.6122	1.4000	51.47	1.733997

12	-623.8156	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑s	
14	102.7196	3.8033	60.08	1.639999
15	-83.7403	0.2000		
16	51.7820	5.2043	81.54	1.496999
17	-63.2478	1.4000	34.97	1.800999
18	327.7985	0.2000		
19	41.6150	3.5656	46.57	1.804000
20	67.4980	(d20)		
21	65.4401	1.4000	23.78	1.846660
22	20.9137	3.9266	70.23	1.487490
23	-450.5603	4.1017		
24	167.1060	3.8379	28.46	1.728250
25	-25.2899	0.2000		
26	-25.2945	1.4000	40.92	1.806098
27	36.0693	4.0874		
28	32.4764	4.5076	30.13	1.698947
29	-134.5935	4.2066		
30	-31.0368	1.4000	60.08	1.639999
31	-108.8255	(B.f.)		

可变距离

	广角端	中间	摄远端
f	71.40000	134.90000	294.00000
d5	4.03725	36.57205	57.18679
d12	34.46408	20.96534	1.00000
d20	23.89184	23.91724	24.20639
B.f.	40.00000	50.65460	74.99996

对焦时的移动量

	广角端	中间	摄远端
f	71.400	134.900	294.000
δ_2	2.539	6.520	16.557

条件表达式的值

- (10) $f_{42}/f_4 = 0.505$
- (11) $f_4/f_w = -1.358$
- (12) $(1/f_{41}+1/f_{43}) \cdot f_4 = -1.079$
- (13) $n_{41N}-n_{41P} = 0.359$
- (14) $v_{42N}-v_{42P} = 12.46$
- (15) $M_{2t} = -0.961$

图 26A 和 26B 分别示出根据第二实施例的例 7 的变焦透镜系统当对焦在无穷远处时在广角端状态下的各种像差,和当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 27 示出根据第二实施例的例 7 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 28A 和 28B 分别示出根据第二实施例的例 7 的变焦透镜系统当对焦在无穷远处时在摄远端状态的各种像差,和当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的,根据第二实施例的例 7 的变焦透镜系统表现出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 8

图 29 是示意图,示出根据本发明第二实施例的例 8 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 29 中,根据例 8 的具有减振机构的变焦透镜系统,按从物方开始的顺序,包括具有正折射能力的第一透镜组 G1,具有负折射能力的第二透镜组 G2,具有正折射能力的第三透镜组 G3,和具有负折射能

力的第四透镜组 G4。当透镜组位置的状态从广角端状态（W）改变到摄远端状态（T）时，第一透镜组 G1、第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，而第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小，并且第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离变化。

该第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括由具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

该第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜、以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶合透镜、以及具有面向物方的凸面的正凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在该第三透镜组 G3 的物方侧，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

该第四透镜组 G4，按从物方开始的顺序，包括具有负折射能力的 41 透镜组 G41、具有负折射能力的 42 透镜组 G42 以及具有正折射能力的 43 透镜组 G43。该 41 透镜组 G41，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸面的负凹凸透镜 L41 与双凸正透镜 L42 胶合构成的胶合透镜。该 42 透镜组 G42，按从物方开始的顺序，包括由双凸正透镜 L43 与双凹负透镜 L44 胶合构成的胶合透镜。该透镜组 G43，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜 L45，和具有面向物方的凹表面的负凹凸

透镜 L46。

当检测到照相机的抖动时，在像平面 I 上的减振通过垂直于光轴仅移动 42 透镜组 G42 实现。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动第二透镜组 G2 来实现。

在第二实施例的例 8 的广角端状态 (W) 下，减振系数 K 为 1.395，焦距 f 为 71.40 (mm)，因此通过将 42 透镜组 G42 移动 0.268 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下，减振系数 K 为 2.261，焦距 f 为 294.00 (mm)，因此通过将 42 透镜组 G42 移动 0.340 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第二实施例的例 8 相关的各种值列于表 8 中。

在对焦时的移动量中， δ 1B 表示对焦在 1500 (mm) 的拍摄距离处时第二透镜组 G2 向物方侧的移动量。

表 8

规格

f =	71.40	135.20	294.00
FNO=	3.98	4.42	5.83
2 ω =	34.26°	17.57°	8.19°

透镜数据

	r	d	v	n
1	401.1292	3.4320	64.14	1.516330
2	-401.1292	(d 2)		
3	73.7120	1.8000	28.46	1.728250

4	49.4588	9.2239	81.54	1.496999
5	-634.7712	(d 5)		
6	-569.6277	1.4000	46.57	1.804000
7	65.8130	2.9470		
8	-66.3802	1.4000	49.34	1.743198
9	37.4535	4.4348	23.78	1.846660
10	-157.1502	1.2424		
11	-56.4033	1.4000	46.57	1.804000
12	457.6562	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑S	
14	174.8883	4.0762	60.08	1.639999
15	-54.3627	0.2000		1.000000
16	52.6528	6.0766	81.54	1.496999
17	-40.7675	1.4000	34.97	1.800999
18	1440.7843	0.2000		
19	33.5705	3.5534	61.13	1.589130
20	93.9894	(d20)		
21	479.6438	1.4000	23.78	1.846660
22	43.7293	4.5629	59.84	1.522494
23	-51.1261	3.0000		
24	1129.8061	3.6174	29.23	1.721507
25	-22.8122	1.4000	47.93	1.717004
26	29.6916	4.4859		
27	35.9110	3.4607	33.79	1.647689
28	-167.9338	4.3753		
29	-22.4279	1.4000	46.57	1.804000
30	-45.1019	(B.f.)		

可变距离

广角端

中焦

摄远端

f	71.39999	135.19963	294.00017
d 2	13.96876	13.96876	13.96876
d 5	1.50000	30.16863	45.04078
d12	26.95417	16.63929	1.00000
d20	15.26706	15.23225	16.01169
B.f.	45.82163	54.27048	80.82164

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.400	135.200	294.000
σ_{1B}	12.512	12.783	13.064

条件表达式的值

$$(10) \quad f_{42}/f_4 = 0.579$$

$$(11) \quad f_4/f_w = -1.039$$

$$(12) \quad (1/f_{41} + 1/f_{43}) \cdot f_4 = -0.816$$

$$(13) \quad n_{41N} - n_{41P} = 0.324$$

$$(14) \quad v_{42N} - v_{42P} = 18.70$$

$$(15) \quad M_{2t} = \text{---}$$

图 30A 和 30B 分别示出根据第二实施例的例 8 的变焦透镜系统当对焦在无穷远处时在广角端状态下的各种像差,和当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 31 示出根据第二实施例的例 8 的变焦透镜系统当对焦在无穷远处时在中等焦距状态下的各种像差。图 32A 和 32B 分别示出根据第二实施例的例 8 的变焦透镜系统当对焦在无穷远处时在摄远端状态的各种像差,和当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的,根据第二实施例的例 8 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

例 9

图 33 是示意图，示出根据本发明第二实施例的例 9 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的路径。

在图 33 中，根据例 9 具有减振机构的变焦透镜系统，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的第一透镜组 G1，具有负折射能力的第二透镜组 G2，具有正折射能力的第三透镜组 G3，具有负折射能力的第四透镜组 G4，和具有正折射能力的第五透镜组 G5。当透镜组位置的状态从广角端状态（W）改变到摄远端状态（T）时，第一透镜组 G1、第三透镜组 G3、第四透镜组 G4 和第五透镜组 G5 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小，并且第三透镜组 G3 和第四透镜组 G4 之间的距离增加，第四透镜组 G4 和第五三透镜组 G5 之间的距离减小。

该第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜、以及具有面向该物方凸面的正凹凸透镜。

该第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有面向像方的凸面的平凸正透镜、双凸正透镜、双凸正透镜、具有面向物方的凹面的负凹凸透镜、以及双凸正透镜。

孔径光阑 S 设置在该第三透镜组 G3 的物方侧，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

该第四透镜组 G4，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 41 透镜组 G41、具有负折射能力的 42 透镜组 G42 以及具有负折射能力的 43 透镜组 G43。该 41 透镜组 G41 包括双凸正透镜 L41。该 42 透镜组 G42，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜 L42，和具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜 L43。该 43 透镜组 G4 包括具有面向物方的凹面的负凹凸透镜 L44。

该第五透镜组 G5，按从物方开始的顺序，包括具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜、双凸正透镜以及具有面向物方的凹面的负凹凸透镜。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 42 透镜组 G42 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动第二透镜组 G2 来实现。

在第二实施例的例 9 的广角端状态 (W) 下，减振系数 K 为 1.791，焦距 f 为 69.99 (mm)，因此通过将 42 透镜组 G42 移动 0.213 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下，减振系数 K 为 2.284，焦距 f 为 299.93 (mm)，因此通过将 42 透镜组 G42 移动 0.344 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第二实施例的例 9 相关的各种值列于表 9 中。

在对焦时的移动量中， $\delta 2$ 表示对焦在 1500 (mm) 的拍摄距离处第二透镜组 G2 向物方侧的移动量。

表 9

规格

f	=	69.99	134.96	299.93
FNO=		4.31	5.28	5.77
2ω	=	34.39°	17.94°	8.06°

透镜数据

	r	d	v	n
1	105.7828	1.5000	25.43	1.805180
2	74.2801	7.7806	81.61	1.497000
3	-314.2885	0.5000		
4	84.1721	4.0034	81.61	1.497000
5	192.0413	(d 5)		
6	-289.0462	1.5000	49.61	1.772500
7	37.2942	5.1639		
8	-36.2718	1.5000	53.85	1.713000
9	42.3070	3.9288	23.78	1.846660
10	-275.6800	(d10)		
11	∞	0.5000	孔径光阑S	
12	∞	2.5521	49.61	1.772500
13	-91.7378	0.5000		
14	44.2611	6.7347	81.61	1.497000
15	-34.2879	0.6605		
16	-32.1236	1.5000	37.17	1.834000
17	-239.8905	0.5000		
18	48.9662	4.7058	81.61	1.497000
19	-95.8226	(d19)		
20	38.7220	5.1115	81.61	1.497000
21	-81.1156	3.8000		
22	-1244.0407	1.5000	46.63	1.816000
23	18.1395	0.5544		

24	18.4154	3.9902	34.47	1.639800
25	57.0111	3.8499		
26	-24.5068	1.5000	49.32	1.743200
27	-42.2340	(d27)		
28	106.2163	1.5000	23.78	1.846660
29	36.1752	3.2036		
30	51.9898	4.5496	33.04	1.666800
31	-45.3816	3.9985		
32	-24.1064	1.5000	46.63	1.816000
33	-36.1573	(B.f.)		

可变距离

	广角端	中焦	摄远端
f	69.98593	134.95979	299.92772
d 5	7.77097	31.32565	57.66235
d10	25.75941	15.14446	0.50000
d19	3.94280	7.03157	7.76808
d27	10.15139	2.54225	0.50000
B.f.	50.26987	74.11967	85.25814

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	69.986	134.960	299.928
δ2	1.324	2.865	12.223

条件表达式的值

- (10) $f_{42}/f_4 = 0.484$
- (11) $f_4/f_w = -1.353$
- (12) $(1/f_{41}+1/f_{43})\cdot f_4 = -0.608$
- (13) $n_{41N}-n_{41P} = ---$

$$(14) \quad v_{42N} - v_{42P} = \quad \quad \quad$$

$$(15) \quad M_{2t} = -0.973$$

图 34A 和 34B 分别示出根据第二实施例的例 9 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差,和当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 35 示出根据第二实施例的例 9 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 36A 和 36B 分别示出根据第二实施例的例 9 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差,和当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的,根据第二实施例的例 9 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

第三实施例

下面将说明根据本发明的第三实施例的变焦透镜系统。

根据本发明的第三实施例的具有减振机构的变焦透镜系统按从物方开始的顺序包括,具有正折射能力的第一透镜组、具有负折射能力的第二透镜组、和具有正折射能力的第三透镜组。当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时,第一透镜组和第二透镜组之间的距离增加,而第二透镜组和第三透镜组之间的距离减小。该结构对于简化结构和缩短总透镜长度是有效的。

第三透镜组 G3 按从物方开始的顺序包括,具有正折射能力的 31 透镜组,具有负折射能力的 32 透镜组,和具有正折射能力的 33 透镜组。当检测照像机的抖动时,减振通过垂直于光轴方向仅移动 32 透镜组来实现。通过对 31 透镜组设置正折射能力,对 32 透镜组设置负折射能力,32 透镜组的有效直径与第一透镜组到 31 透镜组相比可以较小。因此减振机构可以变紧凑,因此有效地使该变焦透镜系统整体上变紧

凑。通过以这种方式构造，由垂直于光轴移动该 32 透镜组引起的光学性能的下降能够被减小。

在根据本发明的第三实施例的变焦透镜系统中，优选满足下列条件表达式 (16) 至 (20)：

$$1.40 < f1/fw < 2.00 \quad (16)$$

$$-0.53 < f2/fw < -0.32 \quad (17)$$

$$0.35 < f3/fw < 0.65 \quad (18)$$

$$-2.00 < f32/f3 < -0.80 \quad (19)$$

$$-0.20 < f3/f33 < 0.50 \quad (20)$$

其中 fw 表示变焦透镜系统在广角端状态时的焦距，f1 表示第一透镜组的焦距，f2 表示第二透镜组的焦距，f3 表示第三透镜组的焦距，f32 表示 32 透镜组的焦距，f33 表示 33 透镜组的焦距。

条件表达式 (16) 定义了第一透镜组焦距的适当范围。当 f1/fw 比例等于或大于条件表达式 (16) 的上限时，第一透镜组的折射能力变弱，因此该变焦透镜系统总的透镜长度变大。另一方面，当 f1/fw 的比例等于或小于条件表达式 (16) 的下限时，第一透镜组的折射能力变大，因此很难校正球差和轴向色差。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式 (16) 的下限设置为 1.50，而上限设置为 1.90。

条件表达式 (17) 定义了第二透镜组焦距的适当范围。当 f2/fw 比例等于或大于条件表达式 (17) 的上限时，第二透镜组的负折射能力变大，因此很难校正球差和彗差。另一方面，当 f2/fw 的比例等于或小于条件表达式 (17) 的下限时，第二透镜组的折射能力变弱，因此很难获得大约 4 倍的变焦比。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式 (17) 的下限设置为-0.50，而上限设置为-0.35。

件表达式 (18) 定义了第三透镜组焦距的适当范围。当 f3/fw 的比例等于或大于条件表达式 (18) 的上限时，第三透镜组的折射能力

变弱，因此该变焦透镜系统总的透镜长度变大。另一方面，当 f_3/f_w 的比例等于或小于条件表达式（18）的下限时，第三透镜组的折射能力变大，因此很难校正各种像差以及球差。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式（18）的下限设置为 0.40，而上限设置为 0.60。

条件表达式（19）定义了 32 透镜组焦距的适当范围。当 f_{32}/f_w 的比例等于或大于条件表达式（17）的上限时，32 透镜组的负折射能力变大，因此当减振时，相对于 32 透镜组的移动量影像的移动量的比例变大。因此，当减振时，32 透镜的组容许驱动误差变小。另一方面，当 f_{32}/f_w 的比例等于或小于条件表达式（19）的下限时，32 透镜组的折射能力变小，当减振时，相对于 32 透镜组的移动量影像的移动量的比例变小。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式（19）的下限设置为-1.85，而上限设置为-0.90。

件表达式（20）定义了 33 透镜组焦距的适当范围。当 f_{33}/f_w 的比例等于或大于条件表达式（20）的上限时，33 透镜组的正折射能力变大，因此该变焦透镜系统总的透镜长度变大。另一方面，当 f_{33}/f_w 的比例等于或小于条件表达式（20）的下限时，33 透镜组的负折射能力变大，因此很难校正彗差和畸变。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式（20）的下限设置为-0.15，而上限设置为 0.40。

根据本发明的第三实施例，在具有减振机构的变焦透镜系统中，当透镜组位置的状态从广角端状态向摄远端状态改变时，优选第一透镜组和第三透镜组向物方移动。通过这种结构该变焦透镜系统总的透镜长度在广角端状态能够缩短，因此该变焦透镜系统可以变紧凑。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选 31 透镜组包括至少三个正透镜元件和至少一个负透镜元件，32 透镜组包括至少一个正透镜元件和至少一个负透镜元件，而 33 透镜组包括至少一个正透镜元件和至少一个负透镜元件。通过这种结构，减振时

引起的偏心像差能够被令人满意地校正。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选该 31 透镜组，按从物方开始的顺序包括，双凸正透镜、由双凸正透镜与具有面向该物方的凹表面的负透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向该物方的凸表面的正凹凸透镜、以及第二胶合透镜。以这种结构，减振时引起的偏心像差能够被令人满意地校正。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选满足下述条件表达式 (21) 和 (22)：

$$0.20 < n_{31N} - n_{31P} \quad (21)$$

$$30.0 < \nu_{31P} - \nu_{31N} \quad (22)$$

其中 n_{31N} 表示第一胶合透镜中的负透镜在 d 线 ($\lambda = 587.6\text{nm}$) 处的折射率， n_{31P} 表示第一胶合透镜中的负透镜在 d 线处的折射率， ν_{31N} 表示第一胶合透镜中负透镜在 d 线处的阿贝数， ν_{31P} 表示第一胶合透镜中的双凸正透镜在 d 线处的阿贝数。

条件表达式 (21) 定义了该第一胶合透镜中的双凸正透镜和负透镜之间的折射率的差的适当范围。当差 $n_{31} - n_{31P}$ 等于或小于条件表达式 (21) 的下限时，很难令人满意地校正球差。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式 (21) 的下限设置为 0.25。

条件表达式 (22) 定义了该第一胶合透镜中的双凸正透镜和负透镜之间的阿贝数的差的适当范围。当差 $\nu_{31P} - \nu_{31N}$ 等于或小于条件表达式 (22) 的下限时，很难令人满意地校正横向色差。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式 (22) 的下限设置为 35.0。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选地，32 透镜组按从物方开始的顺序包括，具有面向物方的凸表面的正透镜、和双凹负透镜。以这种结构，减振时引起的偏心像差能够被

令人满意地校正。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选满足下述条件表达式(23)：

$$10.0 < \nu_{32N} - \nu_{32P} \quad (23)$$

其中 ν_{32N} 表示该 32 透镜组中双凹负透镜在 d 线 ($\lambda=587.6\text{nm}$) 处的阿贝数， ν_{32P} 表示 32 透镜组中的正透镜在 d 线处的阿贝数。

条件表达式(23)定义了 32 透镜组中的双凹负透镜和正透镜之间的差的适当范围。当 $\nu_{32N} - \nu_{32P}$ 等于和小于条件表达式(23)的下限时，难以校正在减振时由偏心引起的横向色差。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式(23)的下限设置为 12.0。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选地，32 透镜组按从物方开始的顺序，包括由具有面向像方的凸表面的正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶合透镜。以这种结构，减振时引起的偏心像差能够被令人满意地校正。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选满足下述条件表达式(24)：

$$-2.00 < (r_{32R} + r_{32F}) / (r_{32R} - r_{32F}) < -0.70 \quad (24)$$

其中 r_{32F} 表示 32 透镜组中的正透镜物方侧的曲率半径， r_{32R} 表示 32 透镜组中的双凹负透镜像方侧的曲率半径。

条件表达式(24)定义了 32 透镜组中的胶合透镜形状的适当范围。当 $(r_{32R} + r_{32F}) / (r_{32R} - r_{32F})$ 的值大于条件表达式(24)的上限或小于条件表达式(24)的下限时，减振时由偏心引起的偏心像差的产生变大。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式(24)的下限设置为 -1.90，上限设置为 -0.80。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选满足下述条件表达式（25）：

$$0.40 < r_{32S}/f_{32} < 0.90 \quad (25)$$

其中 r_{32S} 表示 32 透镜组中的胶合透镜的胶合面的曲率半径， f_{32} 表示 32 透镜组的焦距。

条件表达式（25）定义了 32 透镜组中的胶合透镜曲率半径的适当范围。当 r_{32S}/f_{32} 的比大于条件表达式（25）的上限或小于条件表达式（25）的下限时，减振时由偏心引起的偏心像差的产生变大。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式（25）的下限设置为 0.45，上限设置为 0.85。

根据本发明的第三实施例，在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选该变焦透镜系统只包括第一透镜组、第二透镜组和第三透镜组。通过不在第三透镜组的像方侧设置具有折射能力的透镜组，能够简化该变焦透镜组系统。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，该第一透镜组，按从物方开始的顺序包括，优选地，具有正折射能力的 1A 透镜组、具有正折射能力的 1B 透镜组，并且从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方仅移动 1B 透镜组实现。

根据本发明的第三实施例在具有减振机构的变焦透镜系统中，优选满足下述条件表达式（25）：

$$1.70 < f_{1A}/f_{1B} < 4.00 \quad (26)$$

其中 f_{1A} 表示 1A 透镜组的焦距， f_{1B} 表示 1B 透镜组的焦距。

条件表达式（26）定义了 1A 透镜组的焦距对 1B 透镜组的焦距的比的适当范围。当 f_{1A}/f_{1B} 的比等于或大于条件表达式（26）的上限时，该 1B 透镜组的折射能力变小，因此对焦时各种像差的变化变大。另一

方面，当 f_{1A}/f_{1B} 的比等于或小于条件表达式 (26) 的下限时，该 1A 透镜组的折射能力变小，因此对焦时 1A 透镜组的移动量变大，因而该变焦透镜系统变大。为了进一步确保本发明的效果，希望将条件表达式 (26) 的下限设置为 1.90，上限设置为 3.50。

下面将参考附图说明根据本发明第三个实施例的每个例子。

例 10

图 37 为示意图，示出了根据本发明的第三实施例的例 10 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 37 中，具有减振机构的变焦透镜系统，按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变化时，第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

该第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

该第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合构成的胶合透镜、以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的

31 透镜组 G31, 具有负折射能力的 32 透镜组 G32, 和具有正折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序, 包括双凸正透镜、由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜、以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32, 按从物方开始的顺序, 包括由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶合透镜。该 33 透镜组 G33, 按从物方开始的顺序, 包括双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组 G31 的正凹凸透镜和第二胶合透镜之间, 并且当从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时, 在像平面 I 上的减振通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 10 的广角端状态 (W) 下, 减振系数 K 为 1.47, 焦距 f 为 71.40 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.254 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下, 减振系数 K 为 2.68, 焦距 f 为 294.00 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.287 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 10 相关的各种值列于表 10 中。

在对焦时的移动量中, $\delta 1B$ 表示对焦在 1500 (mm) 的拍摄距离处 1B 透镜组 G1B 向物方侧的移动量。

表 10

规格

f =	71.40	134.90	294.00
FNO=	4.10	4.28	5.79
2ω =	22.50°	11.75°	5.44°

透镜数据

	r	d	v	n
1	485.2517	3.3856	64.14	1.516330
2	-485.2517	(d 2)		
3	74.6948	2.5000	26.52	1.761821
4	50.2473	8.5338	70.23	1.487490
5	-397.6433	(d 5)		
6	-445.5319	1.4000	49.60	1.772499
7	121.5057	1.7612		
8	-139.8007	1.4000	49.60	1.772499
9	31.4033	4.4544	23.78	1.846660
10	195.1690	2.3037		
11	-63.0020	1.4000	49.60	1.772499
12	863.7974	(d12)		
13	209.2396	3.4957	51.47	1.733997
14	-78.5539	0.2000		
15	53.3010	6.1013	81.54	1.496999
16	-47.6905	1.4000	34.97	1.800999
17	743.9564	0.2000		
18	31.2964	4.0974	60.64	1.603112
19	86.8951	12.4001		
20	∞	1.0000	孔径光阑 S	
21	67.3937	1.3000	23.78	1.846660

22	26.7354	5.4922	70.23	1.487490
23	-88.9999	5.5185		
24	1974.4906	3.7052	26.52	1.761821
25	-26.6771	1.2000	49.60	1.772499
26	26.6771	3.2607		
27	29.4872	3.9533	34.47	1.639799
28	-93.8522	2.2384		
29	-21.9460	1.2000	49.60	1.772499
30	-59.2566	(B.f.)		

变化的距离
(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40000	134.90024	294.00000
d2	16.01875	16.01875	16.01875
d5	2.00000	31.41839	42.84564
d12	32.45495	19.43707	2.00000
B.f.	40.62478	47.41150	80.62502

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40000	134.90024	294.00000
$\delta 1B$	13.70747	13.96627	14.28274

条件表达式的值

- (16) $f1/fw = 1.773$
- (17) $f2/fw = -0.463$
- (18) $f3/fw = 0.500$
- (19) $f32/f3 = -0.968$
- (20) $f3/f33 = 0.306$

$$(21) \quad n_{31N} - n_{31P} = 0.304$$

$$(22) \quad v_{31P} - v_{31N} = 46.57$$

$$(23) \quad v_{32N} - v_{32P} = 23.08$$

$$(24) \quad (r_{32R} + r_{32F}) / (r_{32R} - r_{32F}) = -1.027$$

$$(25) \quad r_{32S} / f_{32} = 0.772$$

$$(26) \quad f_{1A} / f_{1B} = 2.819$$

图 38A 和 38B 分别示出了根据第三实施例的例 10 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差，以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 39 示出根据第三实施例的例 10 变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 40A 和 40B 分别示出根据第三实施例的例 10 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，和当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈的横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的，根据第三实施例的例 10 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

例 11

图 41 示出了根据本发明的第三实施例的例 11 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 41 中，具有减振机构的变焦透镜系统，按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变化时，第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

该第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

该第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合构成的胶合透镜，以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有正折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜、以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32，按从物方开始的顺序，包括由与双凹负透镜胶合的双凸正透镜构成的胶合透镜。该 33 透镜组 G33，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组 G31 的正凹凸透镜和第二胶合透镜之间，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 11 的广角端状态 (W) 下, 减振系数 K 为 1.02, 焦距 f 为 71.40 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.367 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下, 减振系数 K 为 1.70, 焦距 f 为 294.00 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.453 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 11 相关的各种值列于表 11 中。

表 11

规格

f =	71.40	134.90	294.00
FNO=	4.10	4.28	5.79
2ω =	22.51°	11.74°	5.43°

透镜数据

	r	d	v	n
1	494.1160	3.3593	64.14	1.516330
2	-494.1160	(d 2)		
3	74.6142	2.5000	26.52	1.761821
4	50.2492	8.5170	70.23	1.487490
5	-409.6962	(d 5)		
6	-572.2854	1.4000	49.60	1.772499
7	118.2999	1.5934		
8	-150.1597	1.4000	49.60	1.772499
9	28.9590	4.2332	23.78	1.846660
10	159.4762	2.3641		
11	-56.2166	1.4000	49.60	1.772499
12	737.8222	(d12)		
13	255.4424	3.4925	51.47	1.733997

14	-65.2491	0.2000		
15	55.4617	5.8677	81.54	1.496999
16	-42.2335	1.4000	34.97	1.800999
17	391.1593	0.2000		
18	29.8308	4.2307	60.64	1.603112
19	109.3078	9.9568		
20	∞	1.0000	孔径光阑 S	
21	111.2314	1.3000	23.78	1.846660
22	34.2913	3.8688	70.23	1.487490
23	-116.1639	3.0066		
24	131.0022	2.6204	25.42	1.805181
25	-42.8081	1.2000	39.58	1.804398
26	35.6448	6.4837		
27	44.2831	3.9886	31.07	1.688931
28	-53.8284	2.7522		
29	-23.7792	1.2000	49.60	1.772499
30	-254.9277	(B.f.)		

可变距离
(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40000	134.90024	294.00000
d2	16.22141	16.22141	16.22141
d5	2.00000	33.62022	46.49954
d12	29.66797	18.37991	2.00000
B.f.	47.57563	53.66382	85.74428

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40000	134.90024	294.00000

01B 13.90148 14.20164 13.03481

条件表达式的值

- (16) $f1/fw = 1.787$
- (17) $f2/fw = -0.436$
- (18) $f3/fw = 0.500$
- (19) $f32/f3 = -1.738$
- (20) $f3/f33 = 0.063$
- (21) $n31N-n31P = 0.304$
- (22) $v31P-v31N = 46.57$
- (23) $v32N-v32P = 14.16$
- (24) $(r32R+r32F)/(r32R-r32F) = -1.748$
- (25) $r32S/f32 = 0.690$
- (26) $f1A/f1B = 2.860$

图 42A 和 42B 分别示出根据第三实施例的例 11 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差,和当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远处的子午圈的横向像差。图 43 示出根据第三实施例的例 11 变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 44A 和 44B 分别示出根据第三实施例的例 11 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差,和当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈的横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的,根据第三实施例的例 11 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

例 12

图 45 示出了根据本发明的第三实施例的例 12 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 45 中,具有减振机构的变焦透镜系统,按从物方开始的顺序

包括,具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态(W)向摄远端状态(T)变化时,第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动,而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动,然后向物方移动,使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加,第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

该第一透镜组 G1,按从物方开始的顺序,包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B,按从物方开始的顺序,包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

该第二透镜组 G2,按从物方开始的顺序,包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合构成的胶合透镜,以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3,按从物方开始的顺序,包括具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有负折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序,包括双凸正透镜、由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜、以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32,按从物方开始的顺序,包括由双凸正透镜与双凹负透镜胶合的构成的胶合透镜。该 33 透镜组 G33,按从物方开始的顺序,包括双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组 G31 的物方侧,并且当从广角端状态(W)向摄远端状态(T)变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 12 的广角端状态 (W) 下，减振系数 K 为 1.20，焦距 f 为 71.40 (mm)，因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.312 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下，减振系数 K 为 1.80，焦距 f 为 294.00 (mm)，因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.428 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 12 相关的各种值列于表 12 中。

表 12

规格

f =	71.40	134.90	294.00
FNO=	4.11	4.34	5.80
2ω =	22.59°	11.77°	5.43°

透镜数据

	r	d	v	n
1	470.2040	3.4304	64.14	1.516330
2	-470.2040	(d 2)		
3	66.8958	2.5000	26.52	1.761821
4	45.5528	9.0276	70.23	1.487490
5	-449.7939	(d 5)		
6	-402.2639	1.4000	49.60	1.772499
7	87.3056	1.8292		

8	-109.2528	1.4000	49.60	1.772499
9	27.2177	4.2493	23.78	1.846660
10	238.8473	2.0018		
11	-54.2941	1.4000	49.60	1.772499
12	405.9871	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑 S	
14	202.2803	3.3407	51.47	1.733997
15	-69.7514	0.2000		
16	49.4756	6.2066	81.54	1.496999
17	-36.3641	1.4000	34.97	1.800999
18	417.1479	0.2000		
19	30.2273	4.0221	60.64	1.603112
20	106.7084	4.7396		
21	66.4249	1.3000	23.78	1.846660
22	38.1999	4.3369	70.23	1.487490
23	-91.4989	3.0000		
24	195.2029	2.8722	25.42	1.805181
25	-40.8879	1.2000	39.58	1.804398
26	39.1832	12.6471		
27	71.7192	2.3982	31.07	1.688931
28	-76.4137	1.3004		
29	-21.7636	1.2000	49.60	1.772499
30	-61.3686	(B.f.)		

可变距离
(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40008	134.89998	294.00000
d2	14.05307	14.05307	14.05307
d5	2.00000	33.03379	46.59044

d12	25.89044	16.74440	2.00000
B.f.	54.45490	59.34588	88.75509

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40008	134.89998	294.00000
$\delta 1B$	11.82193	12.07969	12.36388

条件表达式的值

- (16) $f1/fw = 1.653$
- (17) $f2/fw = -0.379$
- (18) $f3/fw = 0.491$
- (19) $f32/f3 = -1.762$
- (20) $f3/f33 = -0.120$
- (21) $n31N-n31P = 0.304$
- (22) $v31P-v31N = 46.57$
- (23) $v32N-v32P = 13.93$
- (24) $(r32R+r32F)/(r32R-r32F) = -1.502$
- (25) $r32S/f32 = 0.662$
- (26) $f1A/f1B = 2.960$

图 46A 和 46B 分别示出根据第三实施例的例 12 的变焦透镜系统当对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差,和当针对 0.30° 的旋转进行减振时在无穷远的子午圈的横向像差。图 47 示出根据第三实施例的例 12 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 48A 和图 48B 分别示出了根据第三实施例的例 12 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态的各种像差,以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的,根据第三实施例的例 12 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

例 13

图 49 示出了根据本发明的第三实施例的例 13 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 49 中，具有减振机构的变焦透镜系统，按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变化时，第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

该第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合构成的胶合透镜、以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有负折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜，以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32，按从物方开始的顺序，包括由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶

合透镜。该 33 透镜组 G33，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 32 透镜组 G32 和 33 透镜组 G33 之间，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 13 的广角端状态（W）下，减振系数 K 为 1.22，焦距 f 为 71.40（mm），因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.306（mm）能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态（T）下，减振系数 K 为 1.77，焦距 f 为 294.00（mm），因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.435（mm）能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 13 相关的各种值列于表 13 中。

表 13

规格

f =	71.40	134.90	294.00
FNO=	3.99	4.07	5.80
2ω =	22.60°	11.74°	5.43°

透镜数据

r	d	v	n
---	---	---	---

1	435.2356	3.5738	64.14	1.516330
2	-435.2356	(d 2)		
3	65.0718	2.5000	26.52	1.761821
4	44.2697	9.2741	70.23	1.487490
5	-463.1280	(d 5)		
6	-312.4330	1.4000	49.60	1.772499
7	89.0862	1.9706		
8	-89.6775	1.4000	49.60	1.772499
9	27.3391	4.2567	23.78	1.846660
10	234.4984	1.8028		
11	-63.7183	1.4000	49.60	1.772499
12	421.2241	(d12)		
13	128.9757	3.6394	49.34	1.743198
14	-65.2871	0.2000		
15	45.1211	6.2141	81.54	1.496999
16	-34.9173	1.4000	33.89	1.803840
17	179.4381	0.2000		
18	28.1967	3.1441	61.13	1.589130
19	51.4191	3.2906		
20	61.2265	1.3000	23.78	1.846660
21	41.2033	4.3881	70.23	1.487490
22	-71.4444	3.0000		
23	2400.8873	2.8952	25.42	1.805181
24	-34.5253	1.2000	40.10	1.762001
25	43.6975	3.0000		
26	∞	10.7331	孔径光阑 S	
27	109.9589	2.6855	33.79	1.647689
28	-56.7968	1.6430		
29	-21.1003	1.2000	50.23	1.719995
30	-54.1165	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40000	134.90000	294.00000
d2	13.51363	13.51363	13.51363
d5	2.06047	33.56902	45.03690
d12	27.97643	18.33799	2.00000
B.f.	55.73858	57.28561	87.73867

对焦时移动的量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40000	134.90000	294.00000
$\delta 1B$	11.13016	11.34131	11.58141

条件表达式的值

- (16) $f1/fw = 1.600$
- (17) $f2/fw = -0.382$
- (18) $f3/fw = 0.512$
- (19) $f32/f3 = -1.730$
- (20) $f3/f33 = -0.099$
- (21) $n31N-n31P = 0.307$
- (22) $v31P-v31N = 47.65$
- (23) $v32N-v32P = 14.68$
- (24) $(r32R+r32F)/(r32R-r32F) = -1.037$
- (25) $r32S/f32 = 0.546$
- (26) $f1A/f1B = 2.791$

图 50A 和 50B 分别示出了根据第三实施例的例 13 的变焦透镜系统在广角端状态下对焦在无穷远时的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋

转进行减振时对焦在无穷远时的子午圈横向像差。图 51 示出了根据本发明的第三实施例的例 13 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 52A 和图 52B 分别示出了根据第三实施例的例 13 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差，以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远出的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的，根据第三实施例的例 13 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

例 14

图 53 是示意图，示出了根据本发明的第三实施例的例 14 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 53 中，具有减振机构的变焦透镜系统，按从物方开始的顺序包括，具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变化时，第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合构成的胶合透镜、以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有负折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜构与负凹凸透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜、以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32，按从物方开始的顺序，包括由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶合透镜。该 33 透镜组 G33，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组 G31 和 32 透镜组 G32 之间，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 14 的广角端状态（W）下，减振系数 K 为 1.20，焦距 f 为 71.40（mm），因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.312（mm）能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态（T）下，减振系数 K 为 1.75，焦距 f 为 294.00（mm），因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.440（mm）能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 14 相关的各种值列于表 14 中。

表 14

规格

f =	71.40	134.91	294.00
FNO=	4.07	4.21	5.80
2 ω =	22.52°	11.72°	5.42°

透镜数据

	r	d	v	n
1	469.3093	3.4317	64.14	1.516330
2	-469.3093	(d 2)		
3	70.6717	2.5000	26.52	1.761821
4	47.9817	8.6474	70.23	1.487490
5	-513.7728	(d 5)		
6	-449.1622	1.4000	49.60	1.772499
7	121.4673	1.3256		
8	-170.8246	1.4000	49.60	1.772499
9	25.7253	4.1467	23.78	1.846660
10	114.2679	2.1893		
11	-58.0505	1.4000	49.60	1.772499
12	427.6062	(d12)		
13	184.6338	3.0978	52.64	1.740999
14	-77.4294	0.2000		
15	60.5320	6.2886	81.54	1.496999
16	-38.0057	1.4000	34.97	1.800999
17	-2769.6388	0.2000		
18	29.4015	3.3326	60.64	1.603112
19	65.7395	7.2941		
20	48.4532	1.3000	23.78	1.846660
21	28.7258	4.3311	70.23	1.487490
22	-116.3213	1.4000		

23	∞	3.6000	孔径光阑 S	
24	192.1240	2.6534	25.42	1.805181
25	-39.8609	1.2000	39.58	1.804398
26	36.5000	8.1971		
27	74.0134	3.9109	31.07	1.688931
28	-49.3643	1.8413		
29	-22.3167	1.2000	49.60	1.772499
30	-89.5841	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40015	134.90898	294.00094
d2	15.55650	15.55650	15.55650
d5	2.00494	36.17786	49.70524
d12	29.70030	19.40726	2.00000
B.f.	51.85087	54.13440	80.85104

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40015	134.90898	294.00094
σ_{1B}	13.28566	13.56940	13.82723

条件表达式的值

- (16) $f1/fw = 1.743$
- (17) $f2/fw = -0.414$
- (18) $f3/fw = 0.506$
- (19) $f32/f3 = -1.569$
- (20) $f3/f33 = -0.048$
- (21) $n31N-n31P = 0.304$

$$(22) \quad v_{31P} - v_{31N} = 46.57$$

$$(23) \quad v_{32N} - v_{32P} = 14.16$$

$$(24) \quad (r_{32R} + r_{32F}) / (r_{32R} - r_{32F}) = -1.469$$

$$(25) \quad r_{32S} / f_{32} = 0.703$$

$$(26) \quad f_{1A} / f_{1B} = 2.756$$

图 54A 和 54B 分别示出了根据第三实施例的例 14 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 55 示出了根据本发明的第三实施例的例 14 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 56A 和图 56B 分别示出了根据第三实施例的例 14 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差, 以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远处的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的, 根据第三实施例的例 14 的变焦透镜系统表现出校正各种像差的极好的光学性能。

例 15

图 57 示出了根据本发明的第三实施例的例 15 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 57 中, 具有减振机构的变焦透镜系统, 按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变化时, 第一透镜组 G1 和第三透镜组 G3 向物方移动, 而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动, 然后向物方移动, 使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加, 第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

第一透镜组 G1, 按从物方开始的顺序, 包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A

包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合构成的胶合透镜、以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有正折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜与负凹凸透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜，以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32，按从物方开始的顺序，包括由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶合透镜。该 33 透镜组 G33，按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组 G31 的物方侧，并且当从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 15 的广角端状态 (W) 下，减振系数 K 为 1.16，焦距 f 为 71.40 (mm)，因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.322 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态 (T) 下，减振系数 K 为

1.75, 焦距 f 为 294.00 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.440 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 15 相关的各种值列于表 15 中。

表 15

规格

$f =$	71.40	134.90	294.00
FNO=	4.05	4.29	5.70
$2\omega =$	22.57°	11.76°	5.44°

透镜数据

	r	d	v	n
1	381.8649	3.2698	64.14	1.516330
2	-381.8649	(d 2)		
3	71.5714	2.5000	26.52	1.761821
4	49.9993	8.2004	81.54	1.496999
5	-1251.0960	(d 5)		
6	-459.6483	1.4000	49.60	1.772499
7	73.4579	2.3256		
8	-148.2025	1.4000	49.60	1.772499
9	30.9506	4.0346	23.78	1.846660
10	507.9596	2.1322		
11	-53.4502	1.4000	49.60	1.772499
12	745.1895	(d12)		
13	∞	1.0000	孔径光阑 S	
14	299.4180	2.5704	52.64	1.740999
15	-74.3861	0.2000		
16	58.6516	5.0344	81.54	1.496999

17	-40.9400	1.4000	34.97	1.800999
18	-586.8839	0.2000		
19	32.9311	3.0580	60.64	1.603112
20	86.6358	8.7020		
21	66.7204	1.3000	23.78	1.846660
22	34.9761	4.3431	70.23	1.487490
23	-113.9382	5.0000		
24	249.3959	3.6484	25.42	1.805181
25	-36.8058	1.2000	39.58	1.804398
26	39.1458	10.9499		
27	57.2414	2.6768	31.07	1.688931
28	-326.2393	3.9442		
29	-22.0804	1.2000	49.60	1.772499
30	-37.9653	(B.f.)		

可变距离

(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40016	134.90320	294.00205
d2	14.63133	14.63133	14.63133
d5	2.00000	33.48260	46.17223
d12	28.49089	17.74860	0.31866
B.f.	48.78816	52.49212	81.78883

对焦时的移动量

	广角端	中焦	摄远端
f	71.40016	134.90320	294.00205
δ1B	12.86620	13.12031	13.38598

表达式的值

- (16) $f_1/f_w = 1.693$
- (17) $f_2/f_w = -0.410$
- (18) $f_3/f_w = 0.522$
- (19) $f_{32}/f_3 = -1.566$
- (20) $f_3/f_{33} = 0.030$
- (21) $n_{31N}-n_{31P} = 0.304$
- (22) $v_{31P}-v_{31N} = 46.57$
- (23) $v_{32N}-v_{32P} = 14.16$
- (24) $(r_{32R}+r_{32F})/(r_{32R}-r_{32F}) = -1.372$
- (25) $r_{32S}/f_{32} = 0.619$
- (26) $f_{1A}/f_{1B} = 2.151$

图 58A 和 58B 分别示出了根据第三实施例的例 15 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 59 示出了根据本发明的第三实施例的例 15 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 60A 和图 60B 分别示出了根据第三实施例的例 15 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差, 以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远处的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的, 根据第三实施例的例 15 的变焦透镜系统表现出了校正各种像差的极好的光学性能。

例 16

图 61 示出了根据本发明的第三实施例的例 16 的变焦透镜系统的剖面图和变焦时每个透镜组的轨迹。

在图 61 中, 具有减振机构的变焦透镜系统, 按从物方开始的顺序包括, 具有正折射能力的第一透镜组 G1、具有负折射能力的第二透镜组 G2、和具有正折射能力的第三透镜组 G3。当透镜组位置的状态从广角端状态 (W) 向摄远端状态 (T) 变化时, 第一透镜组 G1 和第三透

镜组 G3 向物方移动，而第二透镜组 G2 先向像方 I 移动，然后向物方移动，使得第一透镜组 G1 和第二透镜组 G2 之间的距离增加，第二透镜组 G2 和第三透镜组 G3 之间的距离减小。

该第一透镜组 G1，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 1A 透镜组 G1A 和具有正折射能力的 1B 透镜组 G1B。该 1A 透镜组 G1A 包括双凸正透镜。该 1B 透镜组 G1B，按从物方开始的顺序，包括由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合构成的胶合透镜。

该第二透镜组 G2，按从物方开始的顺序，包括双凹负透镜、由双凹负透镜与具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜胶合的构成的胶合透镜、以及双凹负透镜。

第三透镜组 G3，按从物方开始的顺序，包括具有正折射能力的 31 透镜组 G31、具有负折射能力的 32 透镜组 G32、和具有正折射能力的 33 透镜组 G33。该 31 透镜组 G31 按从物方开始的顺序，包括双凸正透镜、由双凸正透镜与负凹凸透镜胶合构成的第一胶合透镜、具有面向物方的凸表面的正凹凸透镜、以及由具有面向物方的凸表面的负凹凸透镜与双凸正透镜胶合的构成的第二胶合透镜。该 32 透镜组 G32，按从物方开始的顺序，包括由双凸正透镜与双凹负透镜胶合构成的胶合透镜。该 33 透镜组 G33，按从物方开始的顺序，包括固定光阑 S2、双凸正透镜和具有面向物方的凹表面的负凹凸透镜。

孔径光阑 S 设置在 31 透镜组 G31 的物方侧，并且当从广角端状态（W）向摄远端状态（T）变焦时与该第三透镜组 G3 一起移动。

当检测到照相机的抖动时，通过垂直于光轴仅移动 32 透镜组 G32 实现在像平面 I 上的减振。

从无穷远到近距离物体的对焦通过向物方移动 1B 透镜组 G1B 来实现。

在第三实施例的例 16 的广角端状态(W)下, 减振系数 K 为 1.25, 焦距 f 为 71.40 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.299 (mm) 能够校正 0.30° 的图像旋转。在摄远端状态(T)下, 减振系数 K 为 1.90, 焦距 f 为 294.00 (mm), 因此通过将 32 透镜组 G32 移动 0.405 (mm) 能够校正 0.15° 的图像旋转。

与本发明的第三实施例的例 16 相关的各种值列于表 16 中。

表 16

规格

f	=	71.40	135.00	294.00
FNO=		4.05	4.29	5.70
2ω	=	22.57°	11.76°	5.44°

透镜数据

	r	d	v	n
1	340.6588	4.2	64.14	1.51633
2	-340.659	(d2)		
3	65.1639	1.8	26.3	1.784696
4	45.8381	8.8	81.61	1.496999
5	-1308.92	(d5)		
6	-271.25	1.4	49.61	1.772499
7	71.7854	1.3		
8	-566.934	1.4	49.61	1.772499
9	24.4437	4.7	23.78	1.84666
10	133.0962	3.75		

11	-46.0918	1.4	49.61	1.772499
12	1927.614	(d12)		
13	∞	2	孔径光阑 S	
14	188.6747	3.4	60.09	1.639999
15	-72.245	0.2		
16	73.7218	6	81.61	1.496999
17	-38.1983	1.4	34.96	1.800999
18	-154.661	0.2		
19	32.255	4.2	52.42	1.517417
20	143.854	7.9		
21	333.5741	1.3	23.78	1.84666
22	54.3293	4.1	70.24	1.48749
23	-89.5707	10.2		
24	256.9205	3.6	25.43	1.805181
25	-35.5686	1.2	39.59	1.804398
26	35.5686	3.4		
27	∞	3.1	固定光阑 S2	
28	47.0802	4	34.47	1.639799
29	-96.8946	2.4		
30	-23.3234	1.2	49.61	1.772499
31	-42.5579	(B.f.)		

可变距离
(无穷远)

	广角端	中焦	摄远端
f	71.39993	134.99982	294.00047
d2	13.43865	13.43865	13.43865
d5	2.49989	31.01849	43.01129
d12	28.21141	18.59271	2.50011
B.f.	53.40008	57.30852	87.10064

对焦时的移动距离

	广角端	中焦	摄远端
f	71.39991	134.99979	294.00046
$\delta 1B$	11.08175	11.28593	11.5251

表达式的值

- (16) $f1/fw = 1.563$
- (17) $f2/fw = -0.368$
- (18) $f3/fw = 0.525$
- (19) $f32/f3 = -1.384$
- (20) $f3/f33 = 0.238$
- (21) $n31N-n31P = 0.304$
- (22) $v31P-v31N = 46.57$
- (23) $v32N-v32P = 14.16$
- (24) $(r32R+r32F)/(r32R-r32F) = -1.321$
- (25) $r32S/f32 = 0.685$
- (26) $f1A/f1B = 2.051$

图 62A 和 62B 分别示出了根据第三实施例的例 16 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在广角端状态下的各种像差, 以及当针对 0.30° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。图 63 示出了根据本发明的第三实施例的例 16 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在中等焦距状态下的各种像差。图 64A 和图 64B 分别示出了根据第三实施例的例 16 的变焦透镜系统对焦在无穷远时在摄远端状态下的各种像差, 以及当针对 0.15° 的旋转进行减振时对焦在无穷远的子午圈横向像差。

正如从相应的曲线图中明显地看出的, 根据第三实施例的例 16 的变焦透镜系统示出了校正各种像差的极好的光学性能。

在第三实施例的例子中, 虽然已经提出了三组式变焦透镜系统,

但是，不用说，仅对该三组式变焦透镜系统增加一组透镜也是在本发明的范围内。而且，不用说，在每组透镜的结构中，仅将一个透镜元件加到根据第三实施例的变焦透镜系统的任何一组透镜中也是在本发明的范围内。

对于本领域的技术人员来说很容易实现额外的优点和修改。因此在广义上本发明不限于这里所示出并描述的具体细节和所示代表性的器件。因此，在不脱离由权利要求及其等同物所限定的总的发明构思的精神或范围的情况下可以进行各种修改。

图1

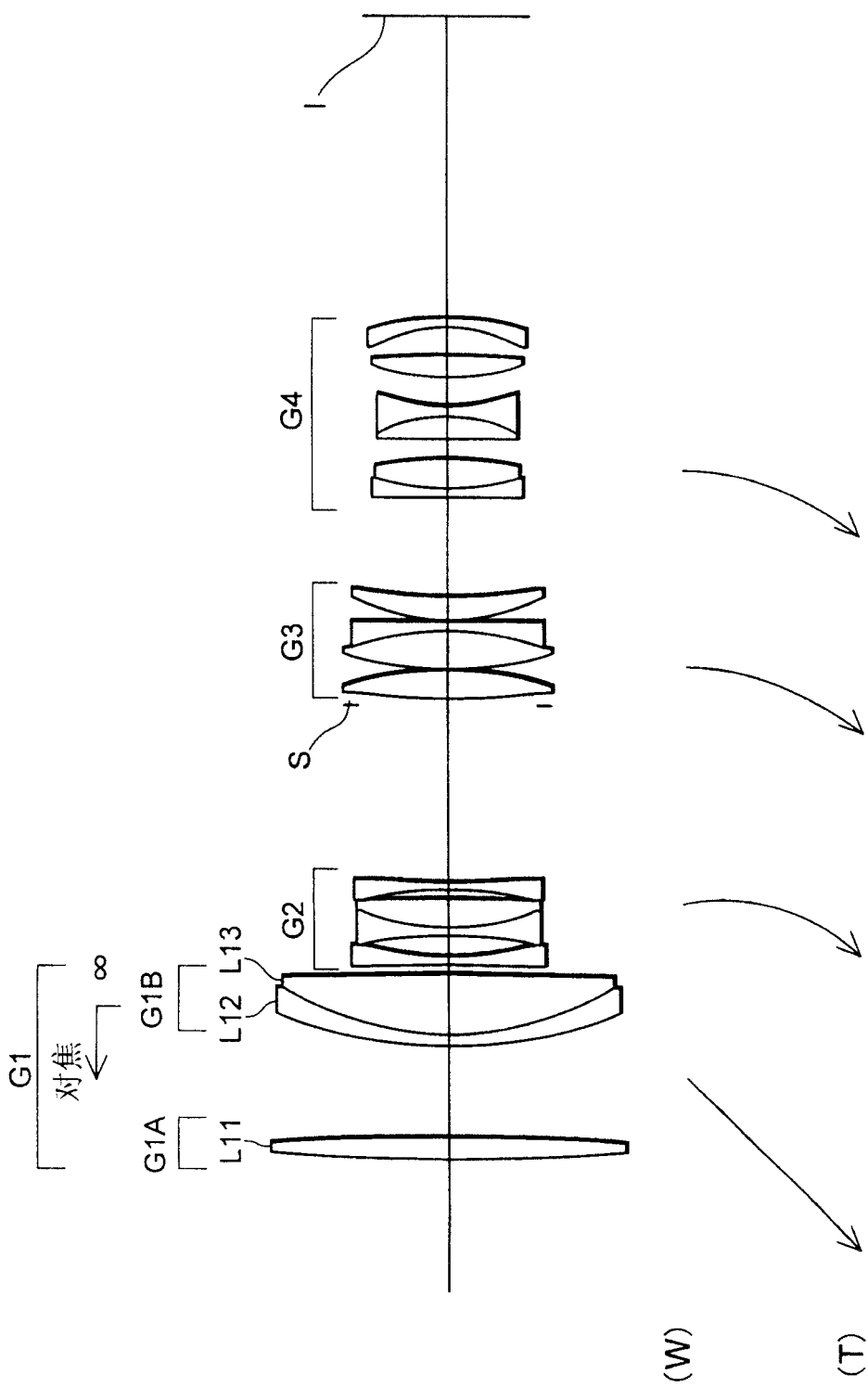


图2A

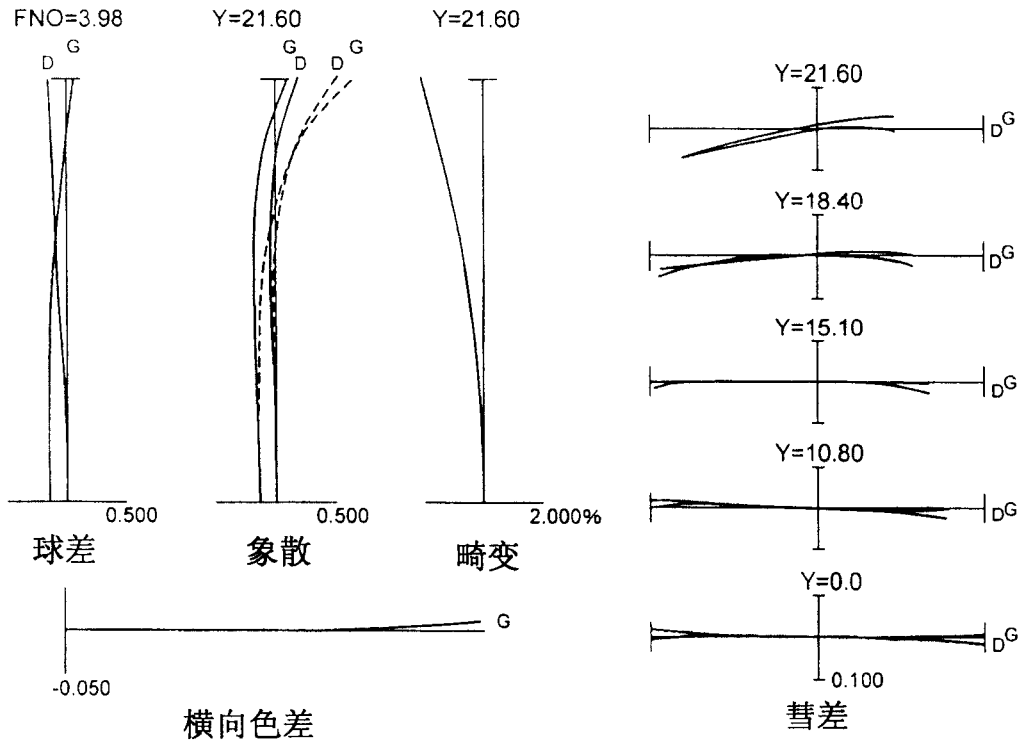


图2B

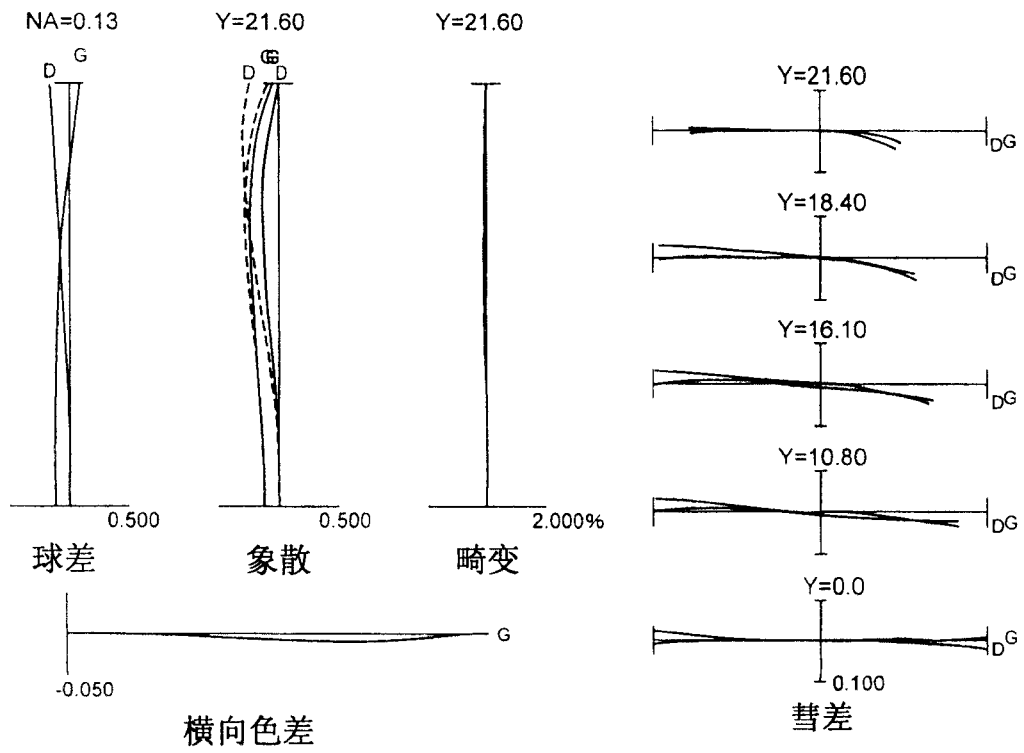


图3A

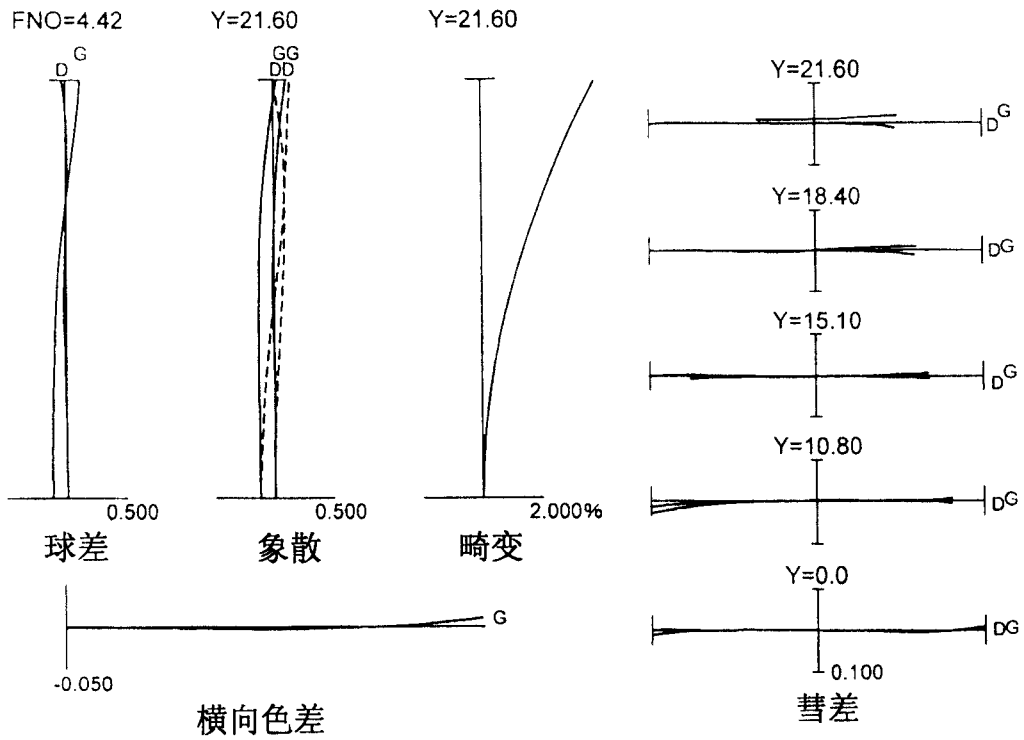


图3B

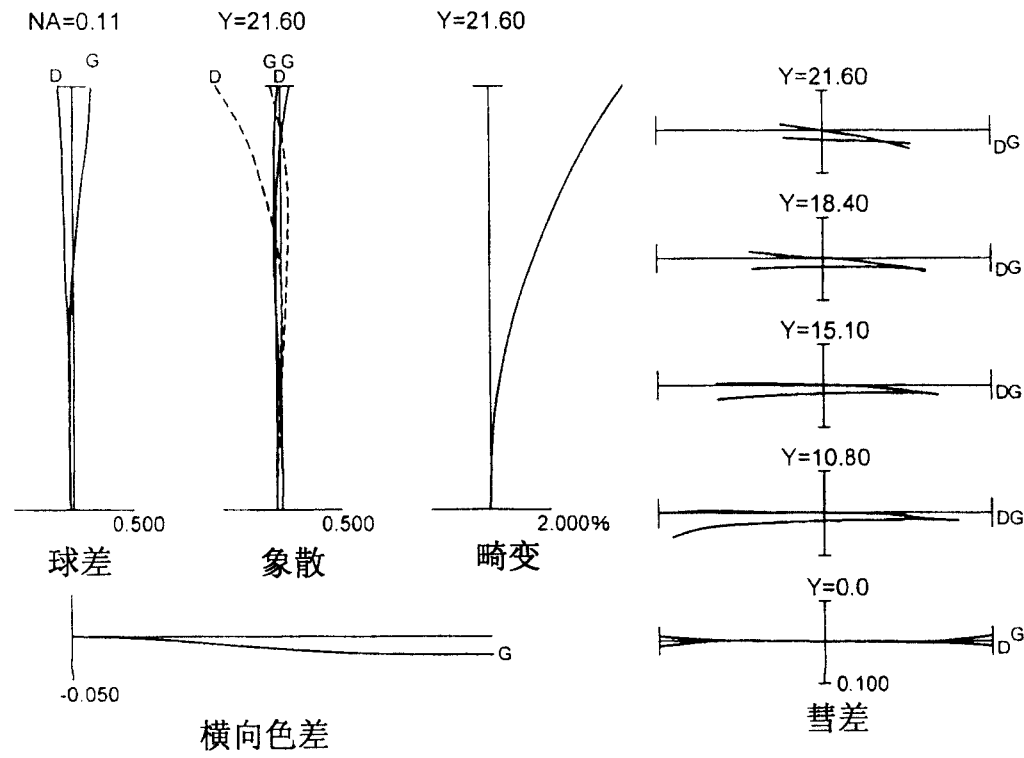


图4A

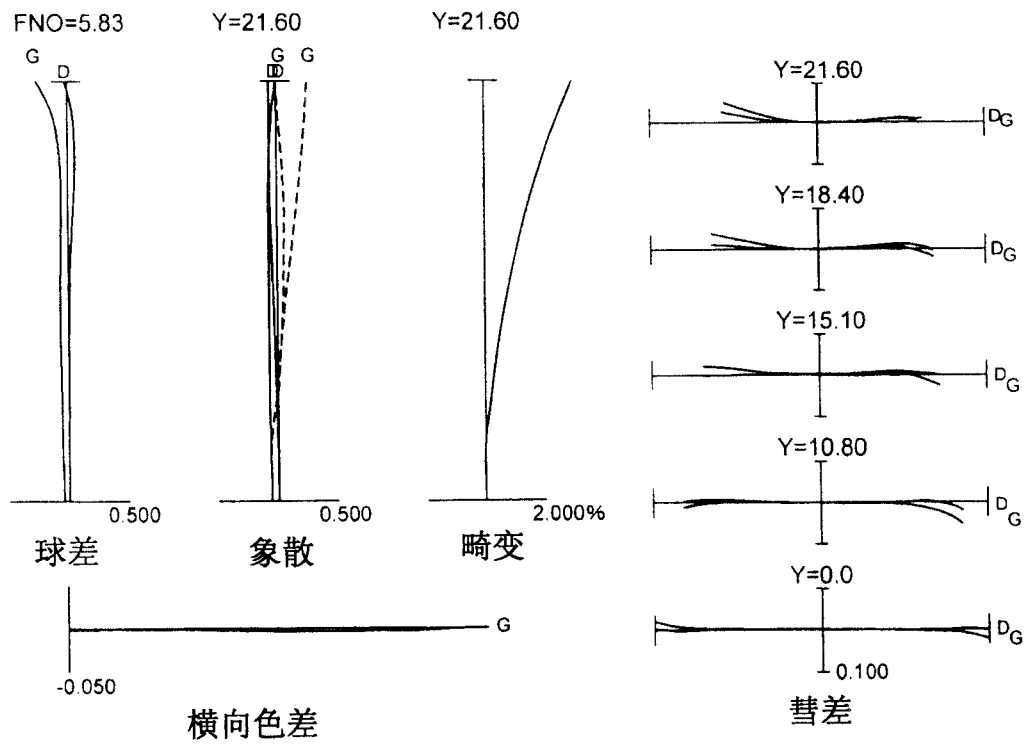


图4B

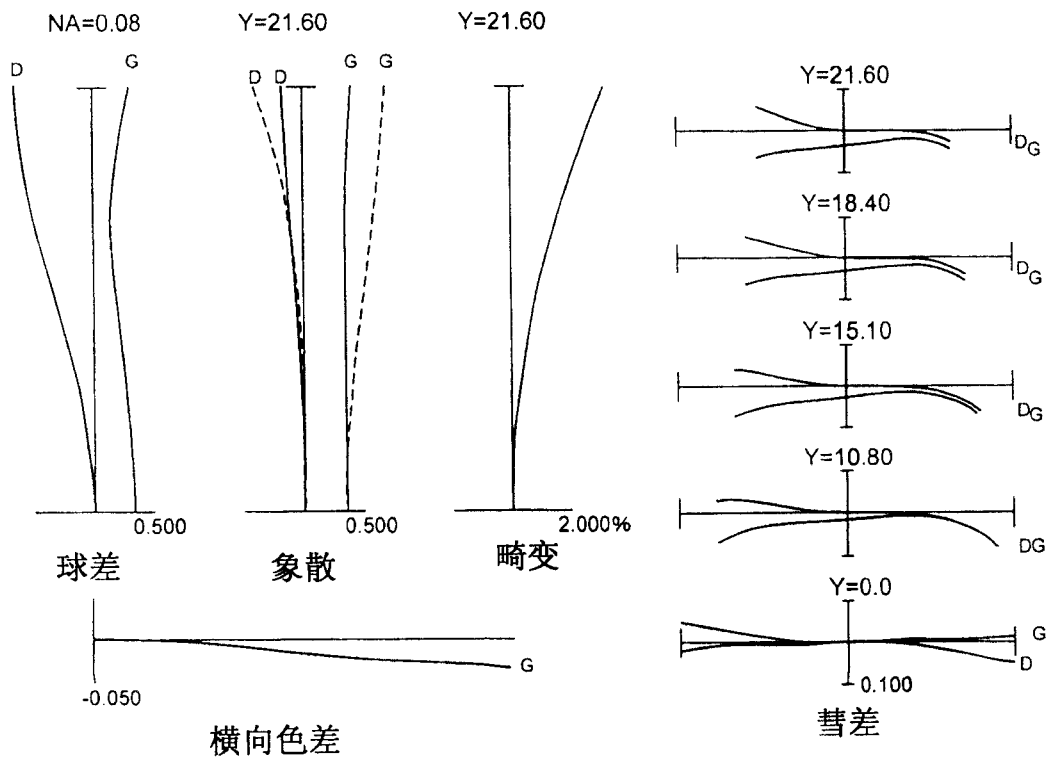


图5

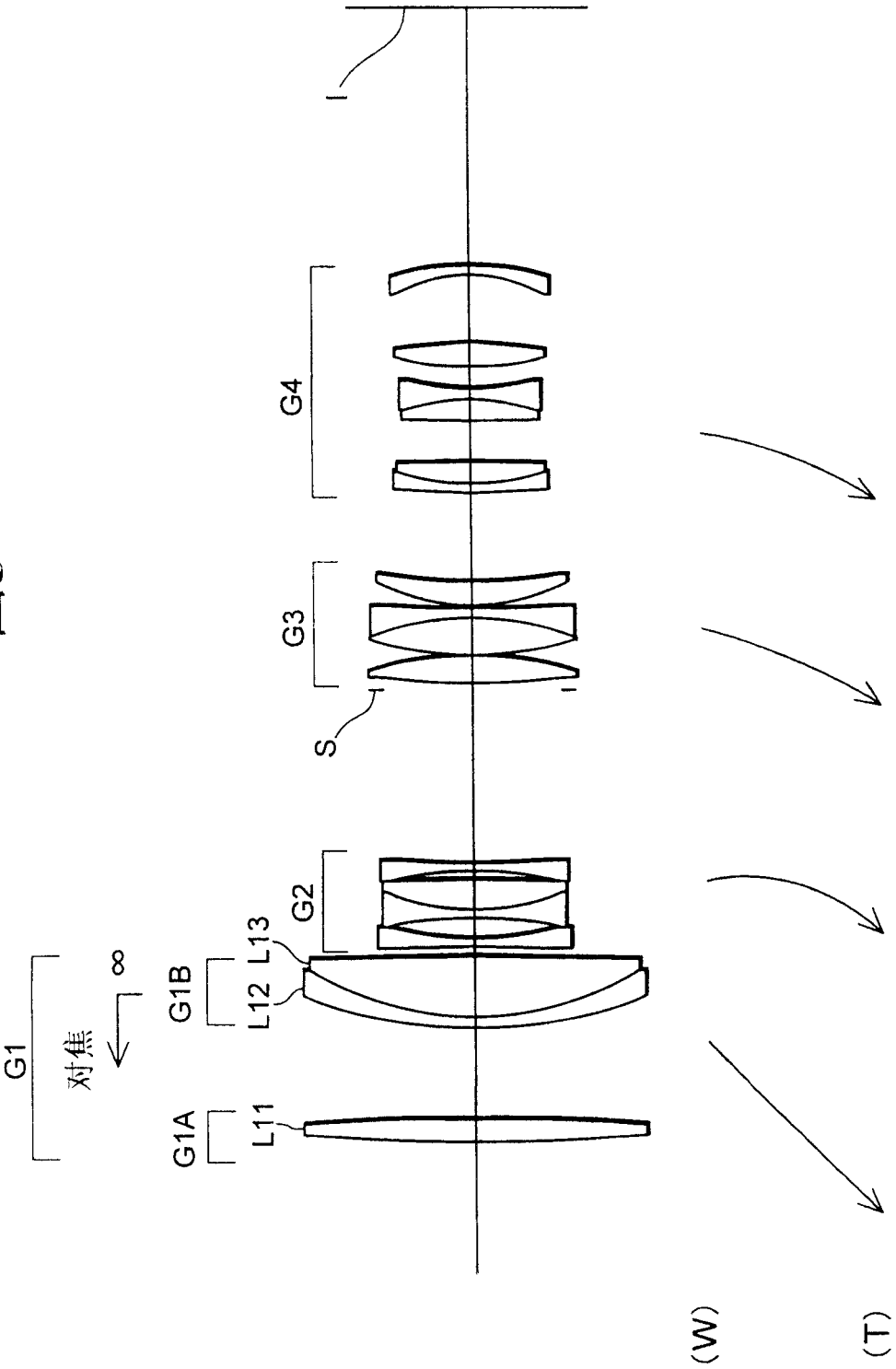


图6A

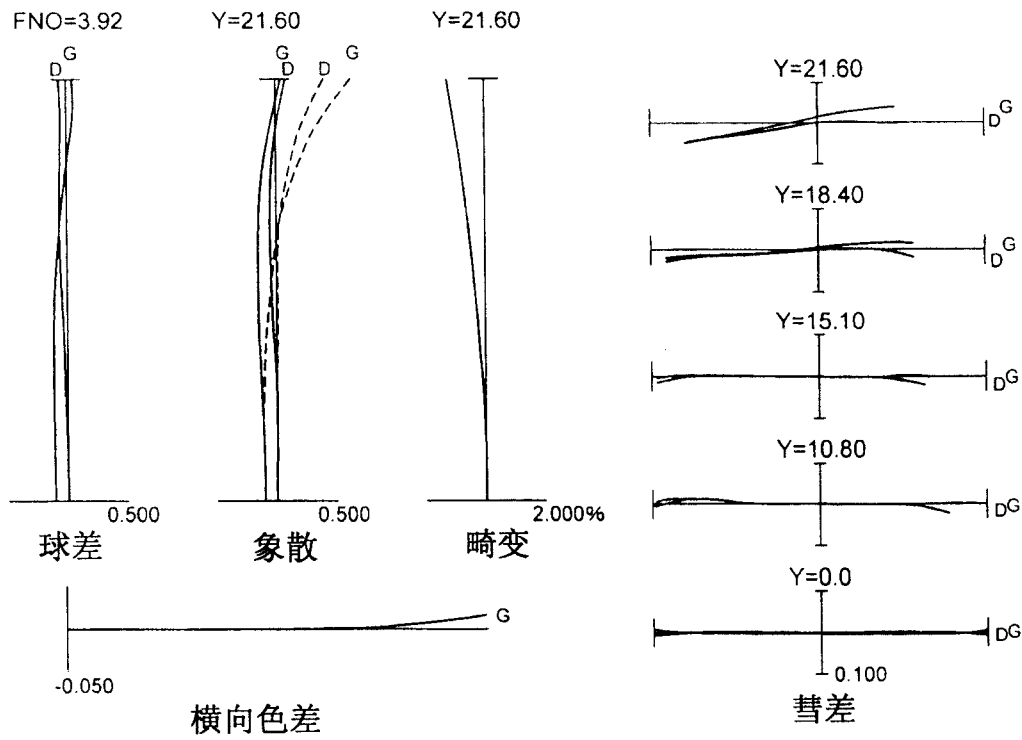


图6B

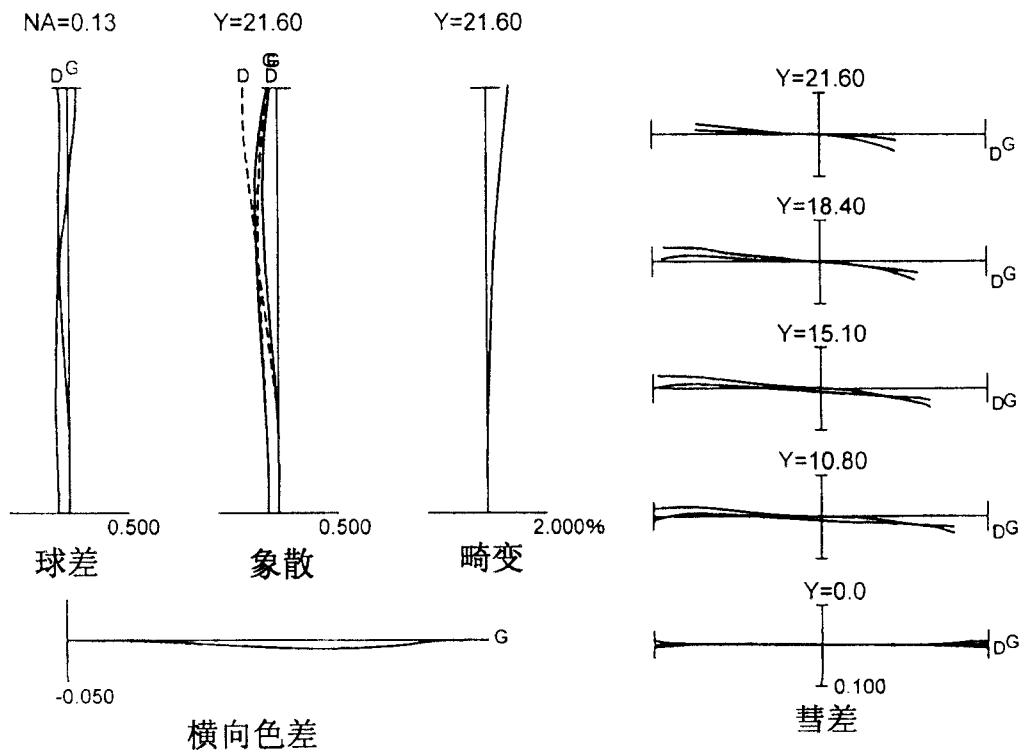


图7A

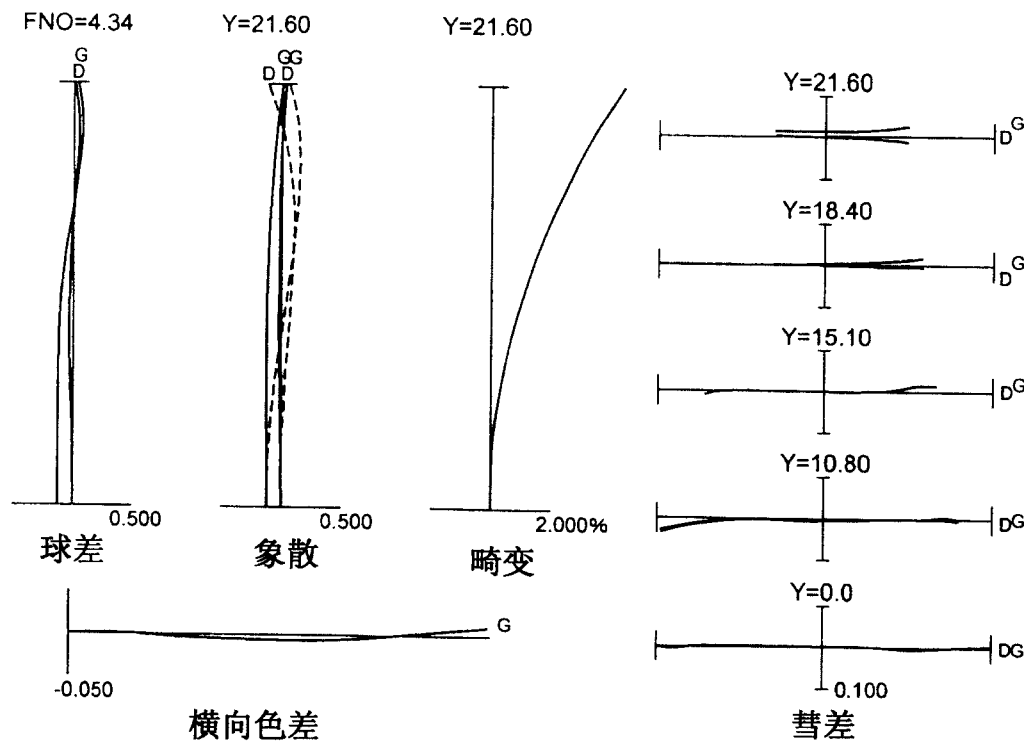


图7B

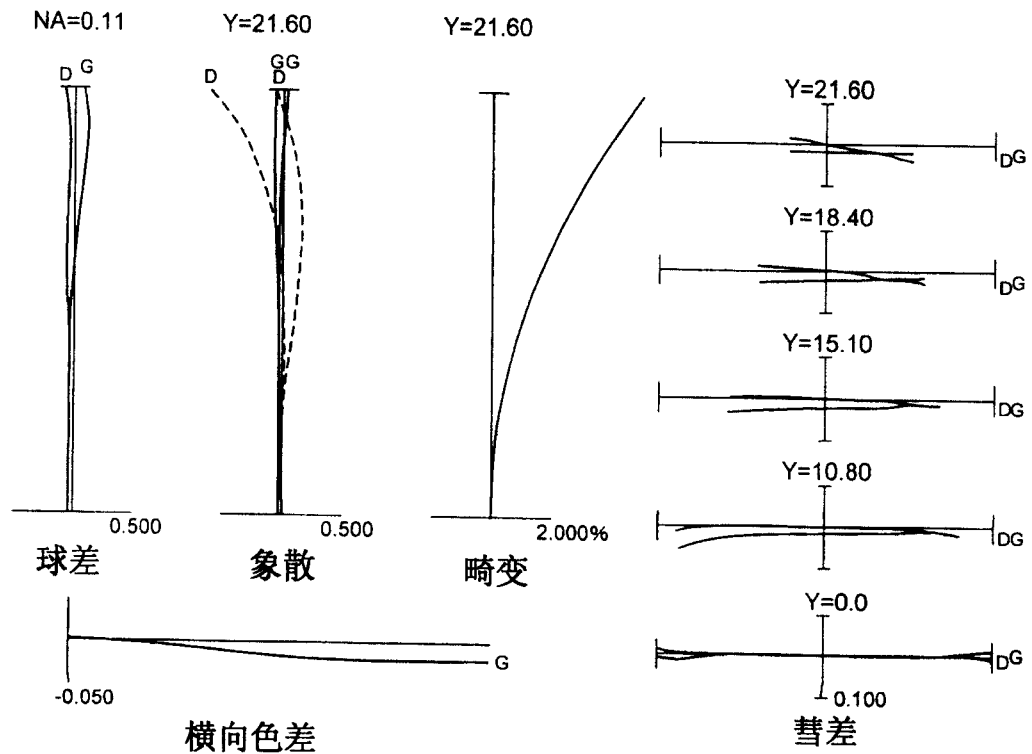


图8A

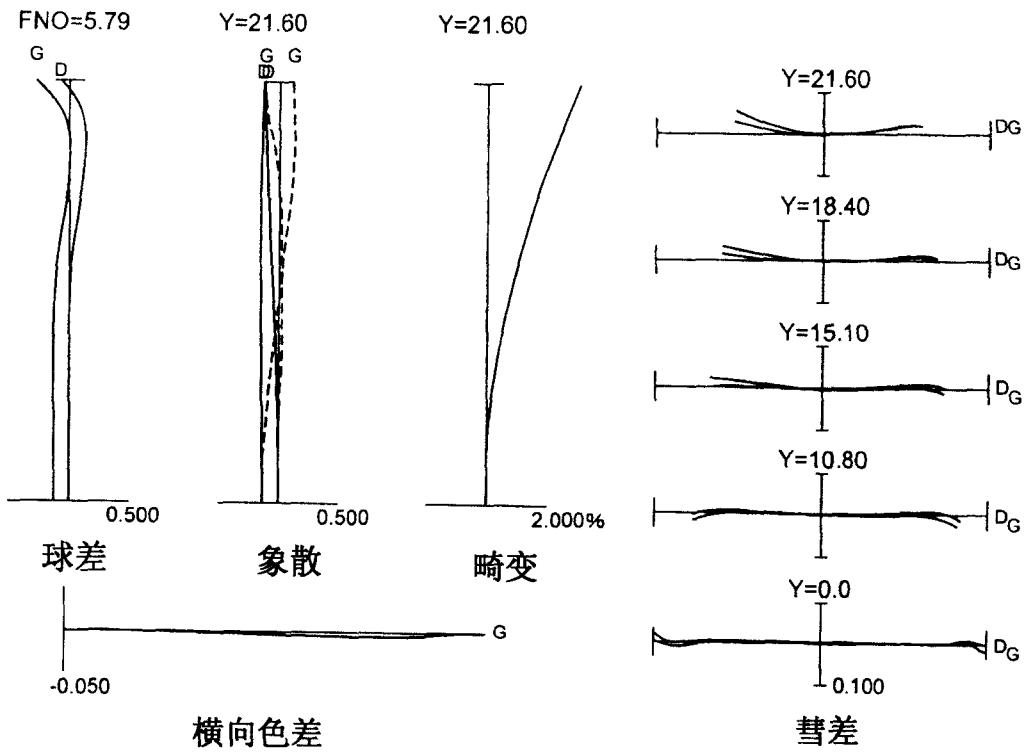
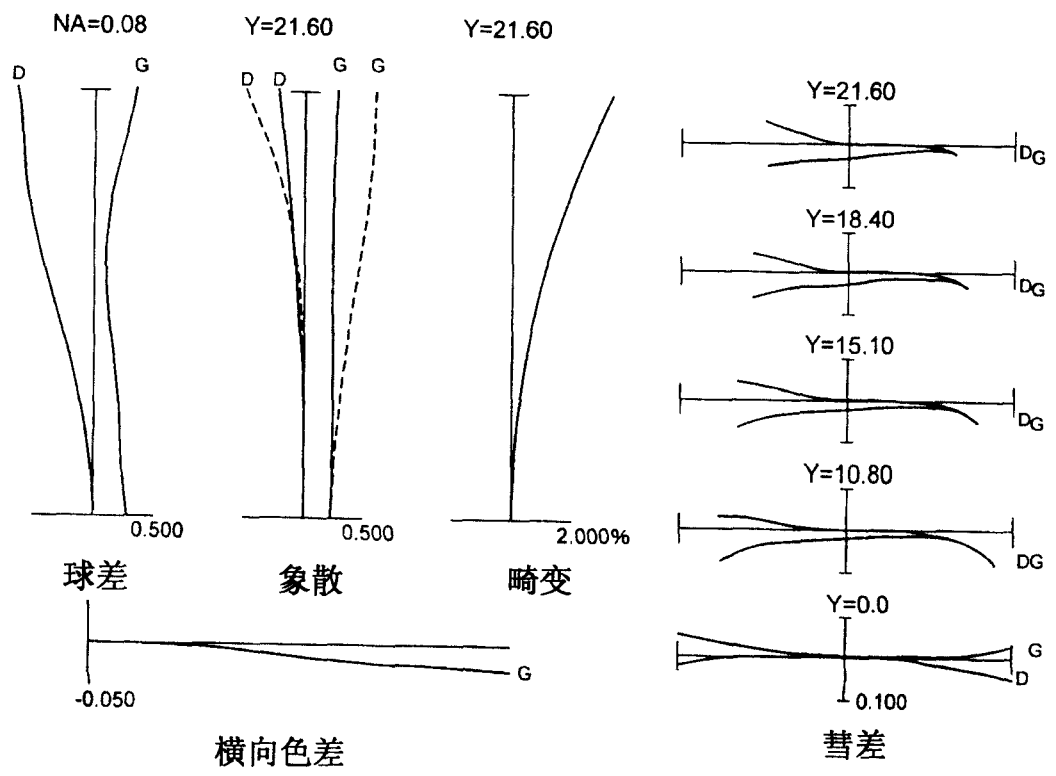


图8B



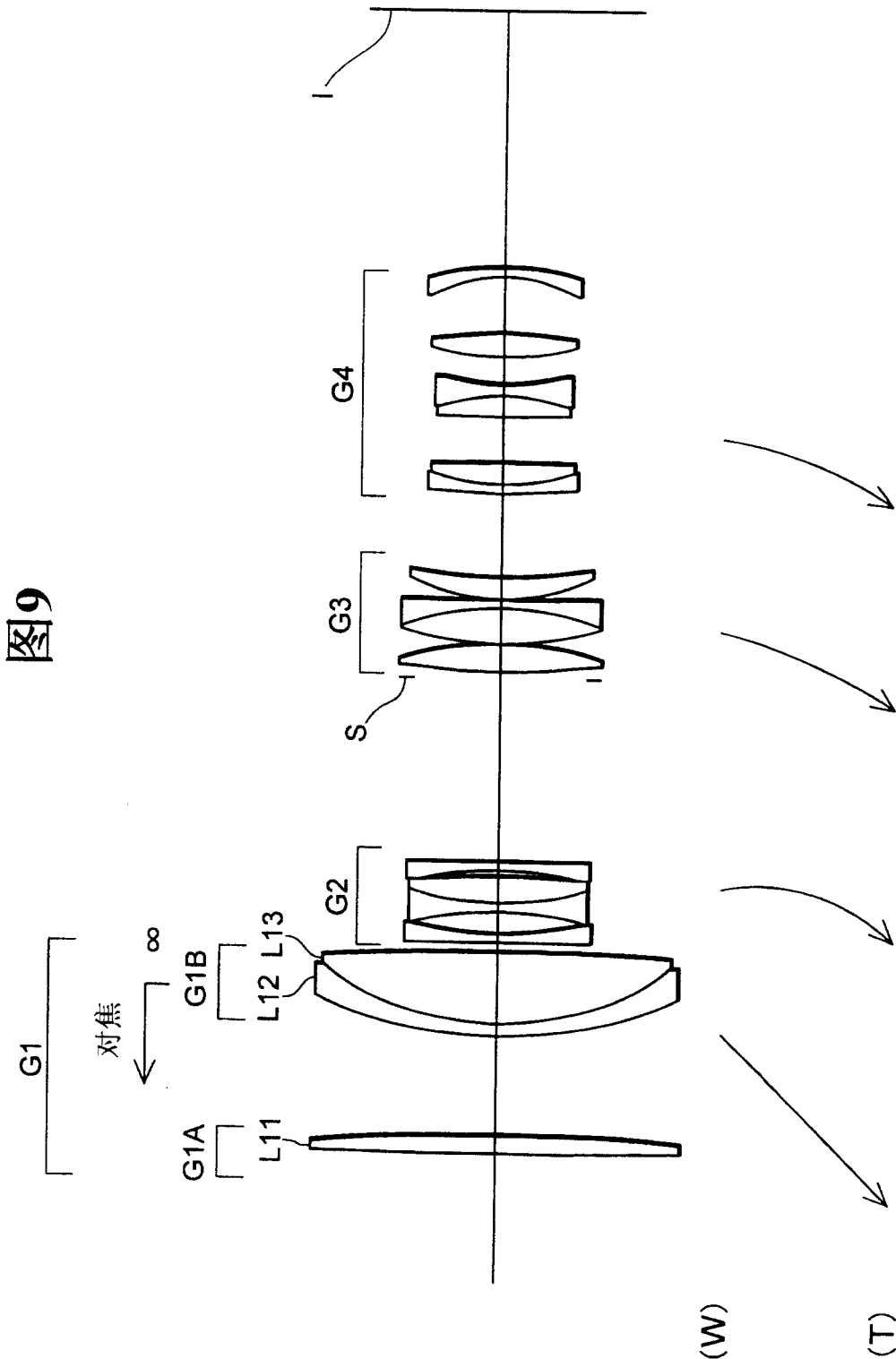


图10A

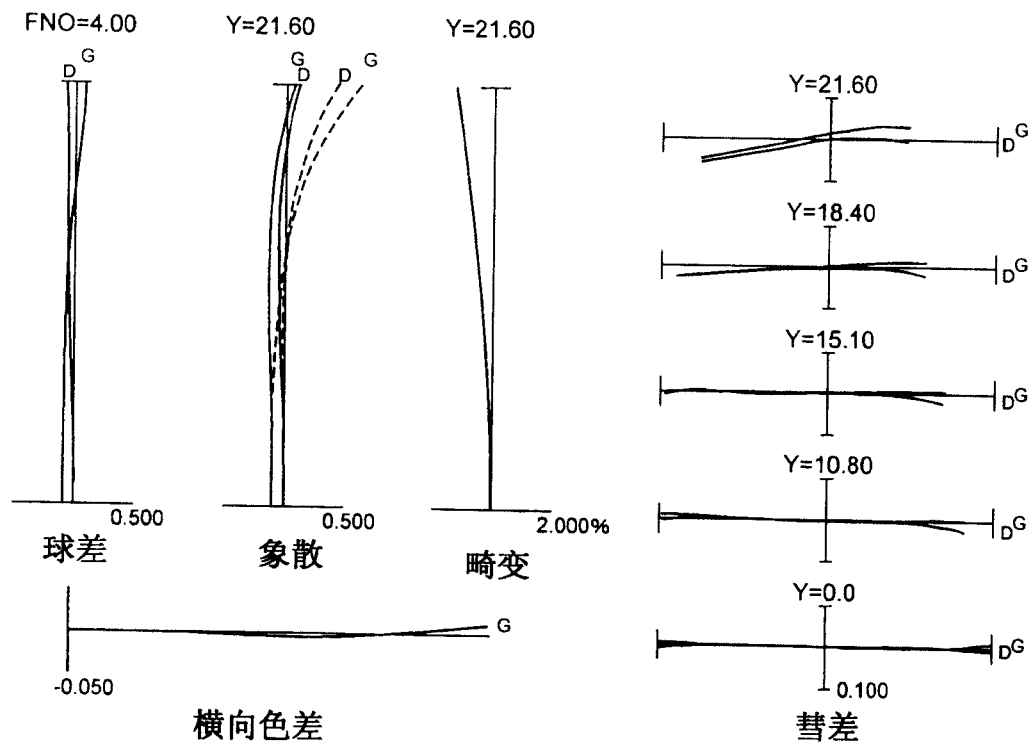


图10B

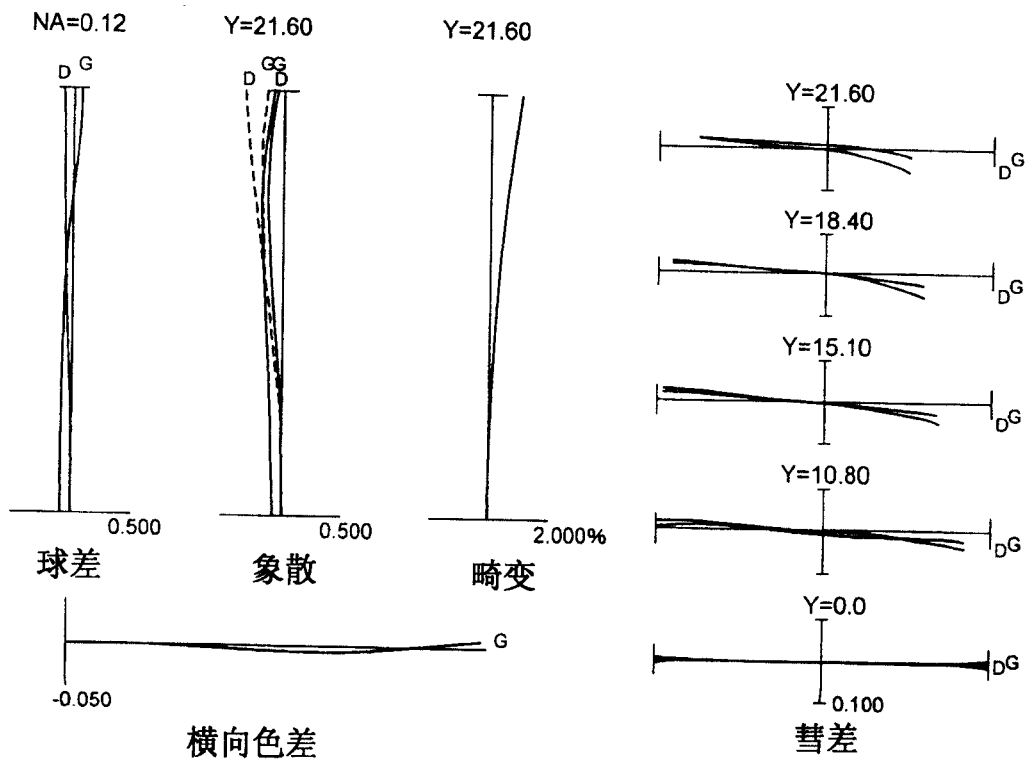


图11A

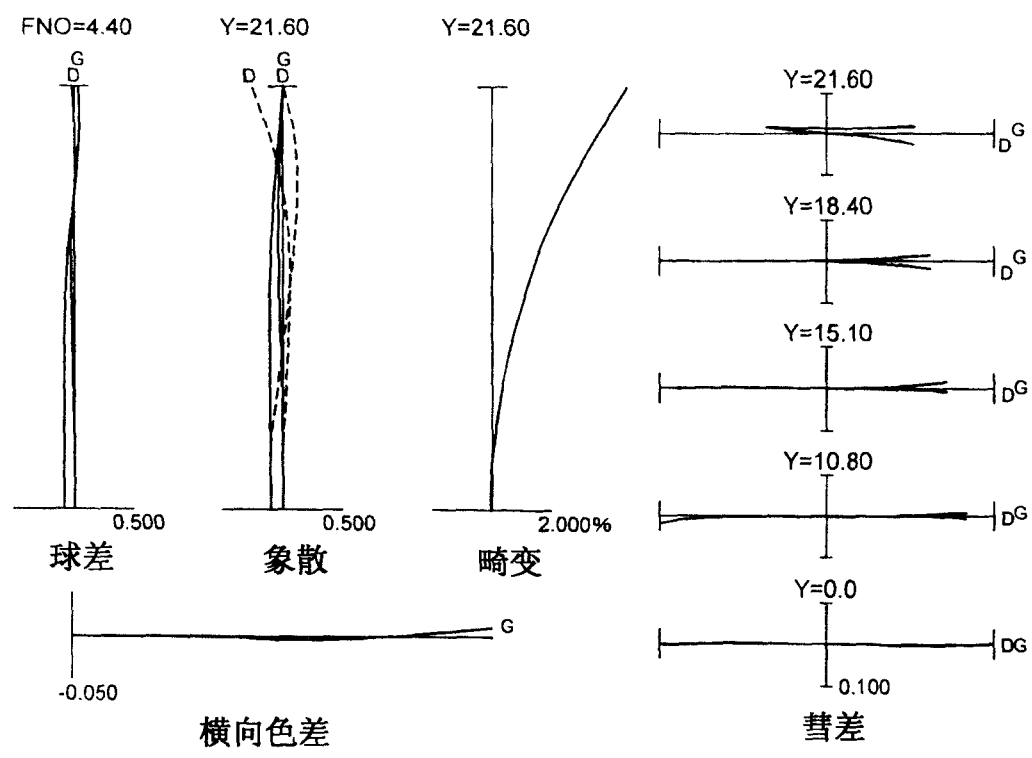


图11B

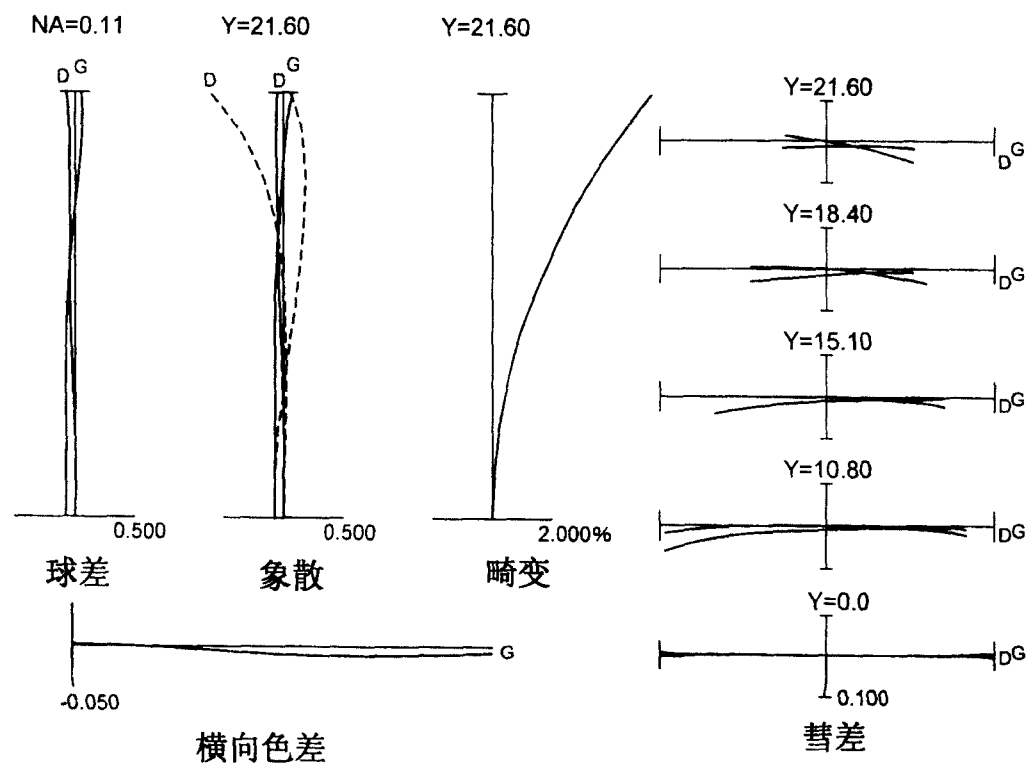


图12A

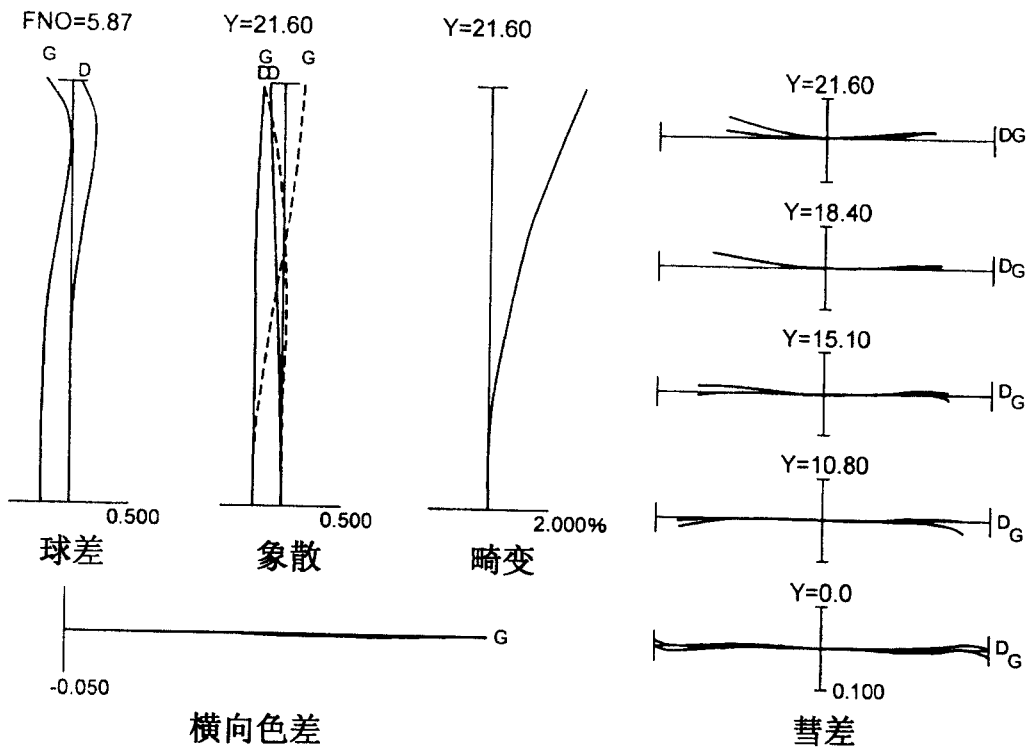


图12B

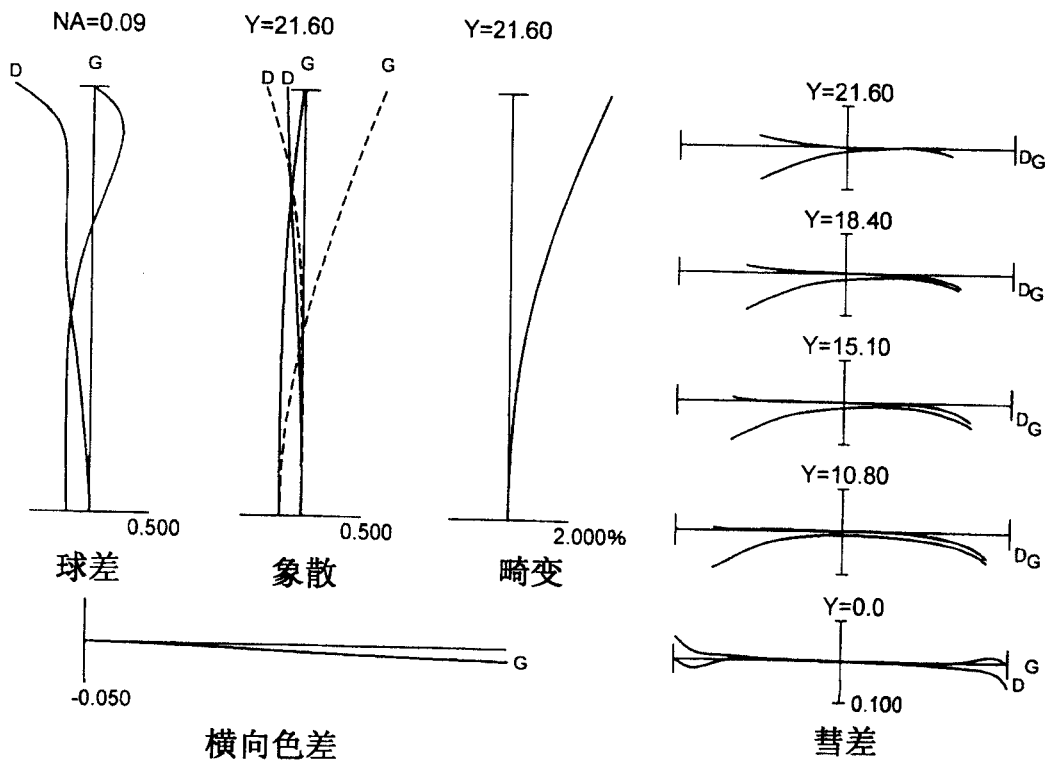


图13

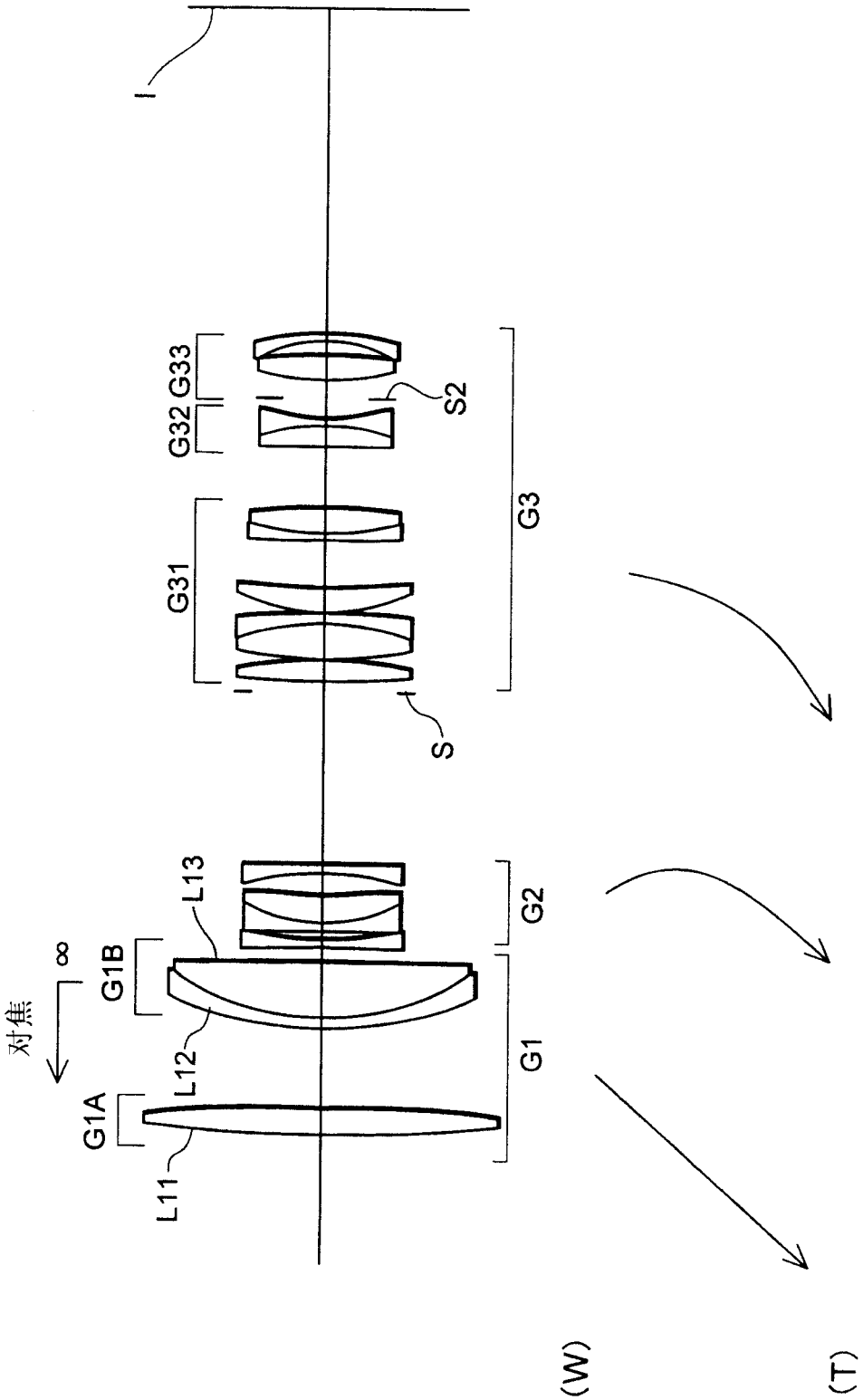


图14A

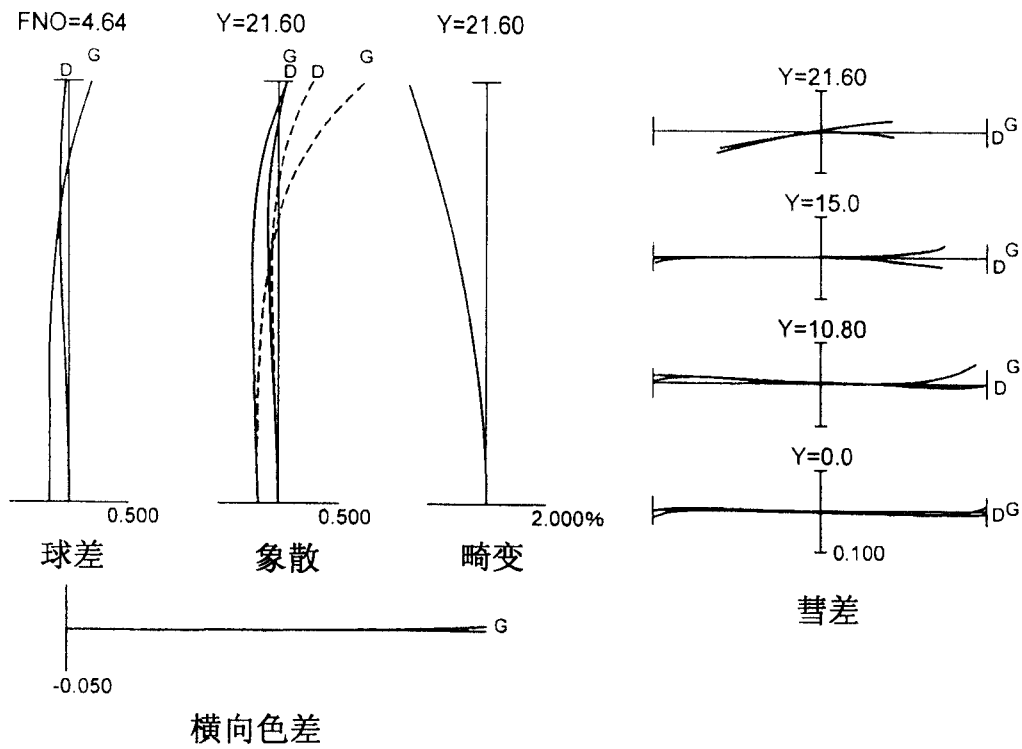


图14B

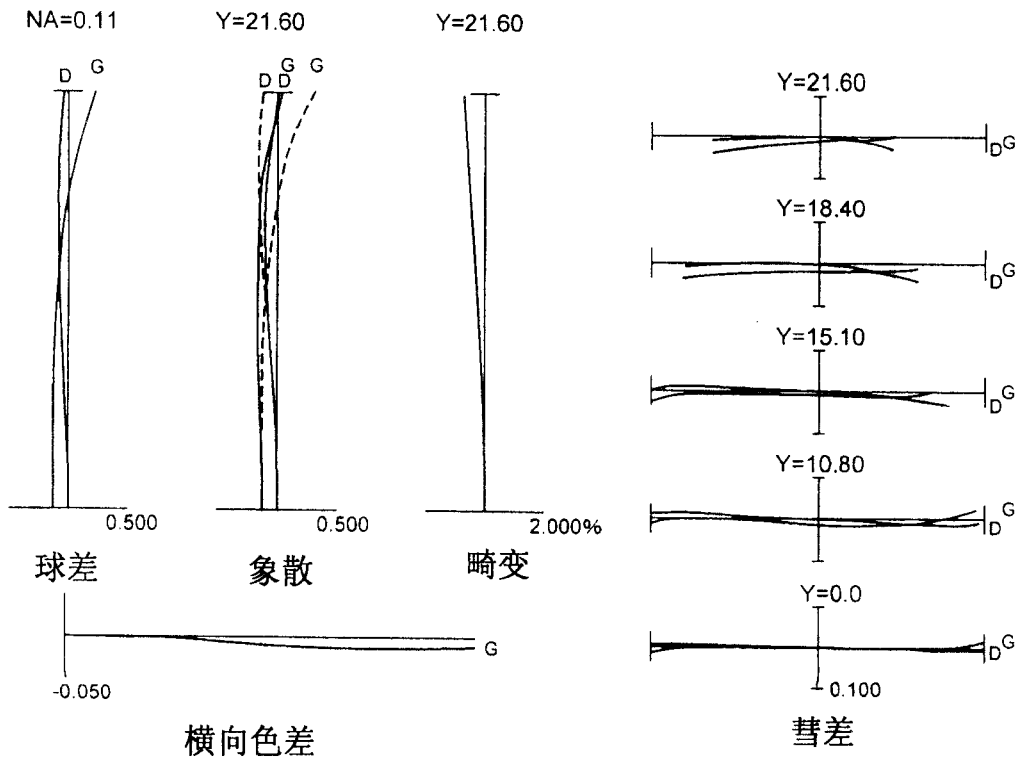


图15A

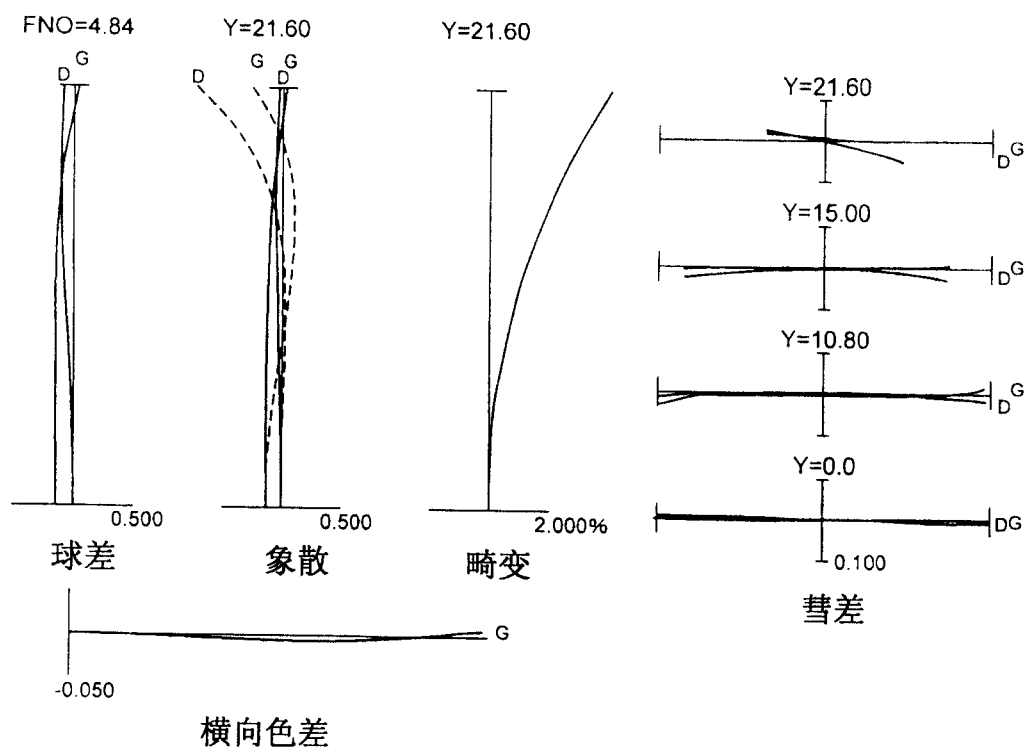


图15B

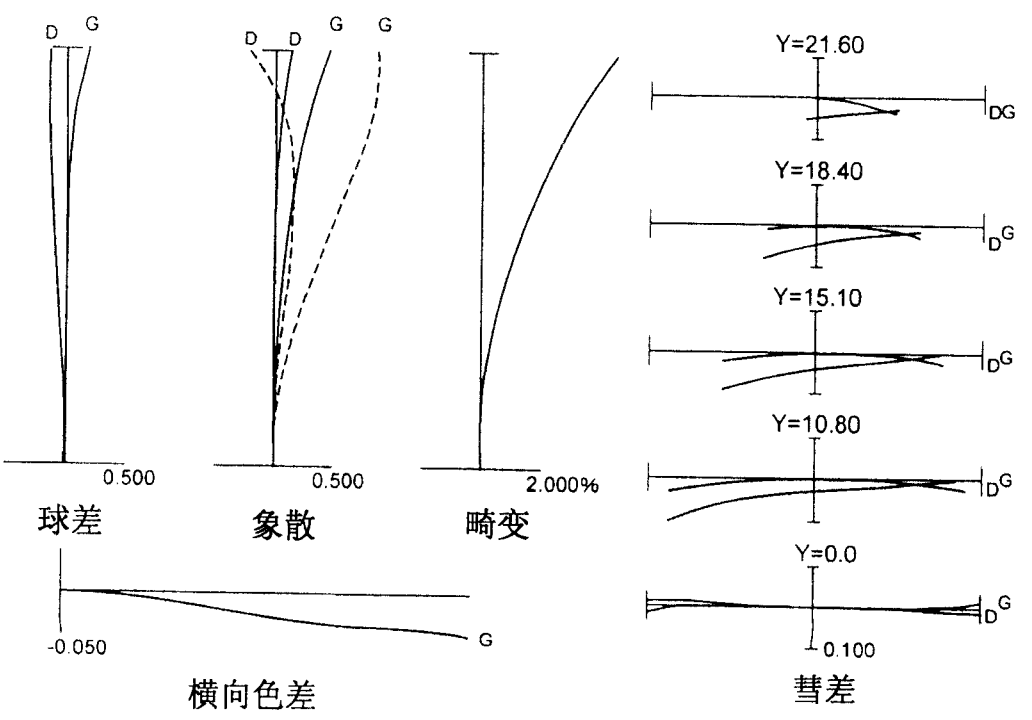


图16A

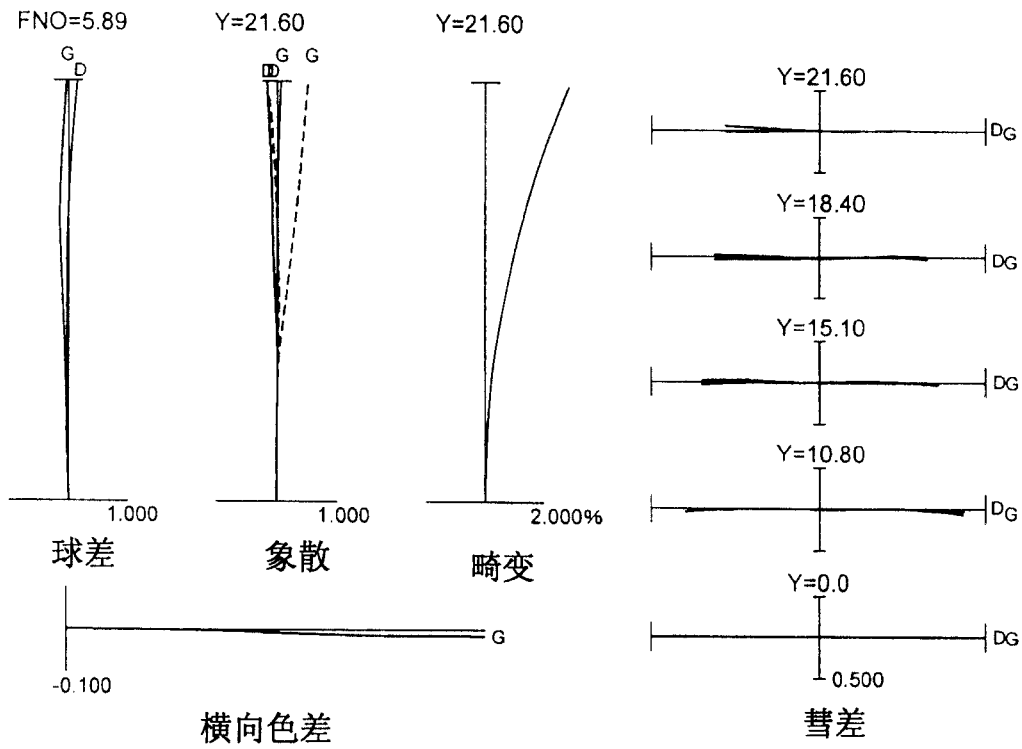


图16B

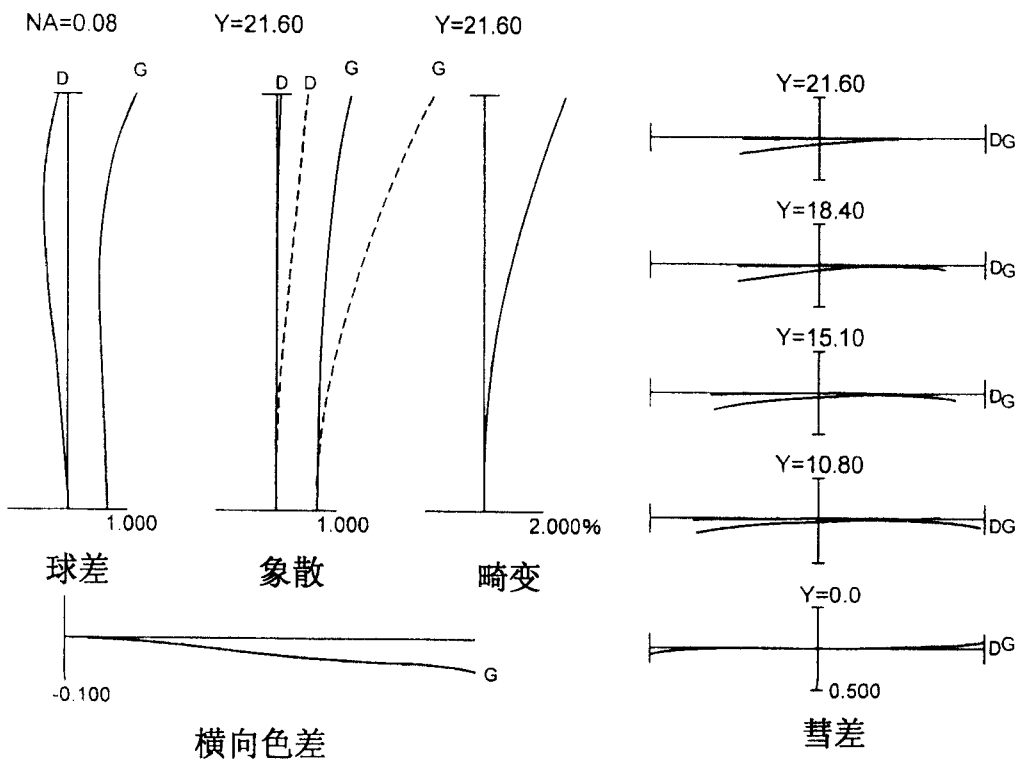


图17

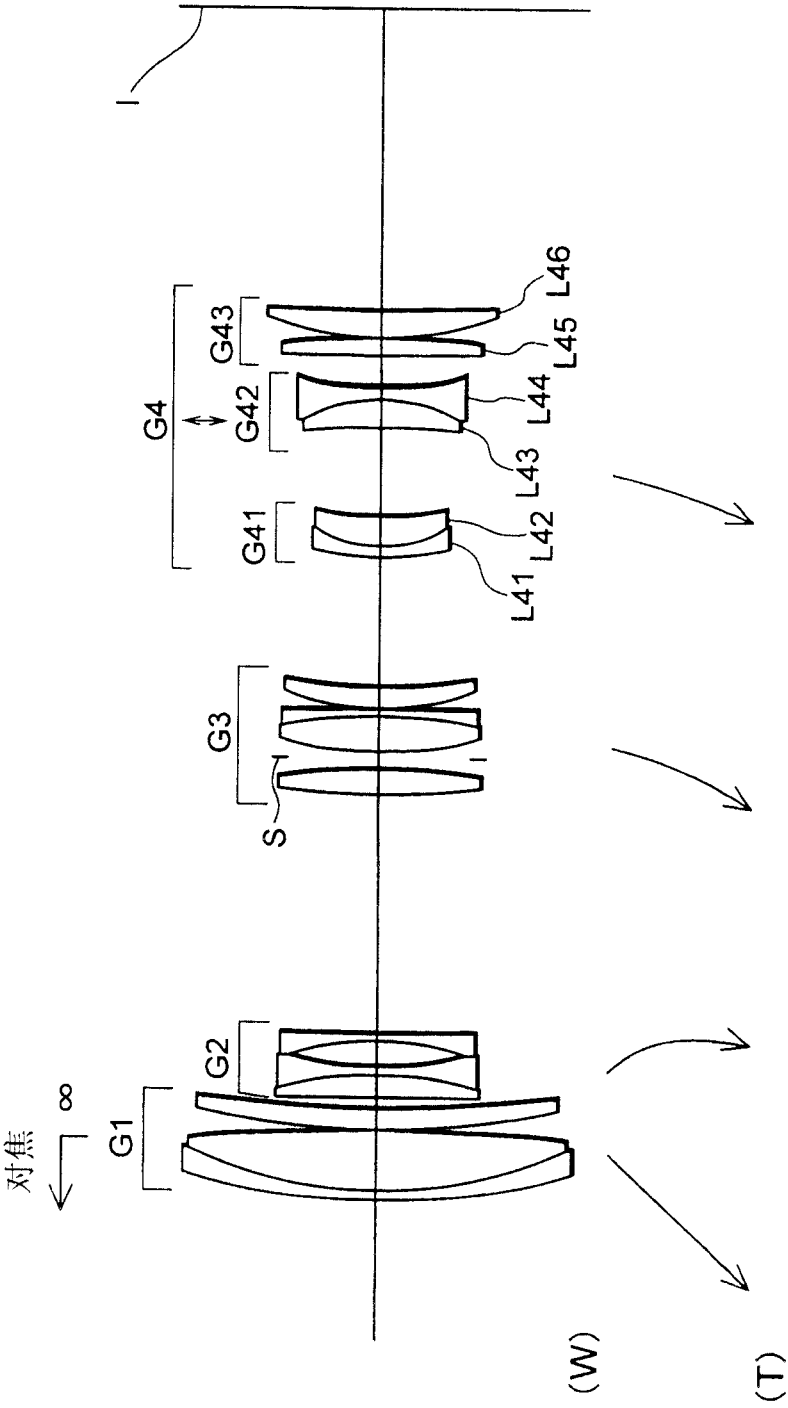


图18A

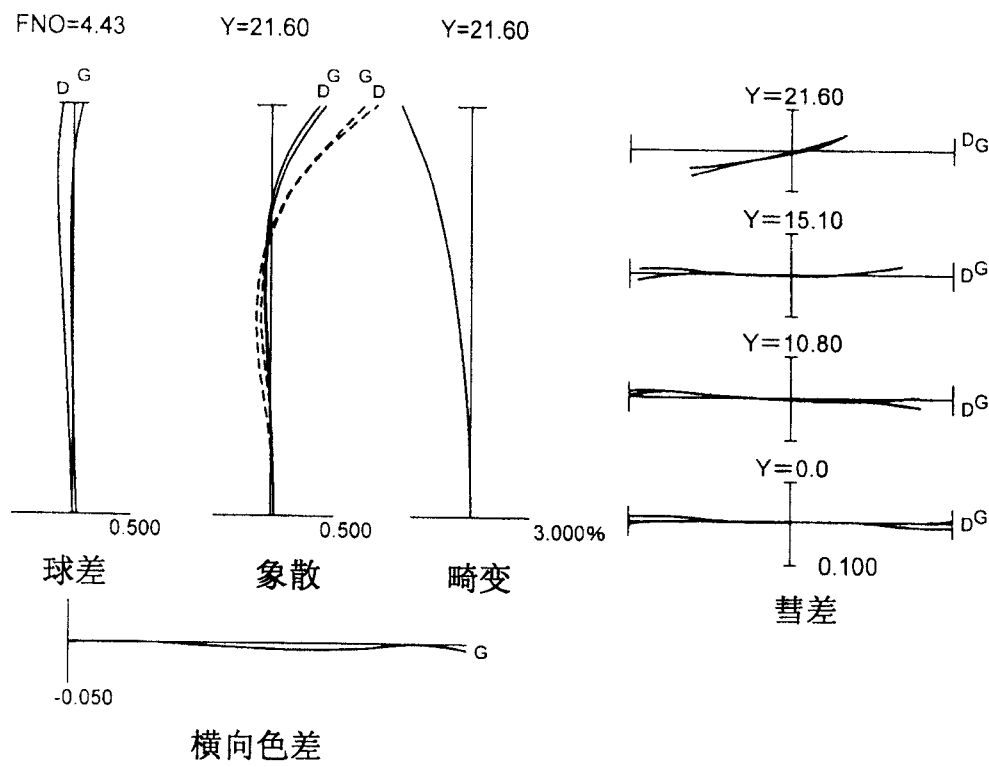


图18B

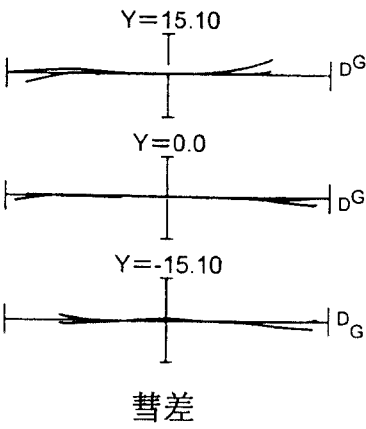


图19

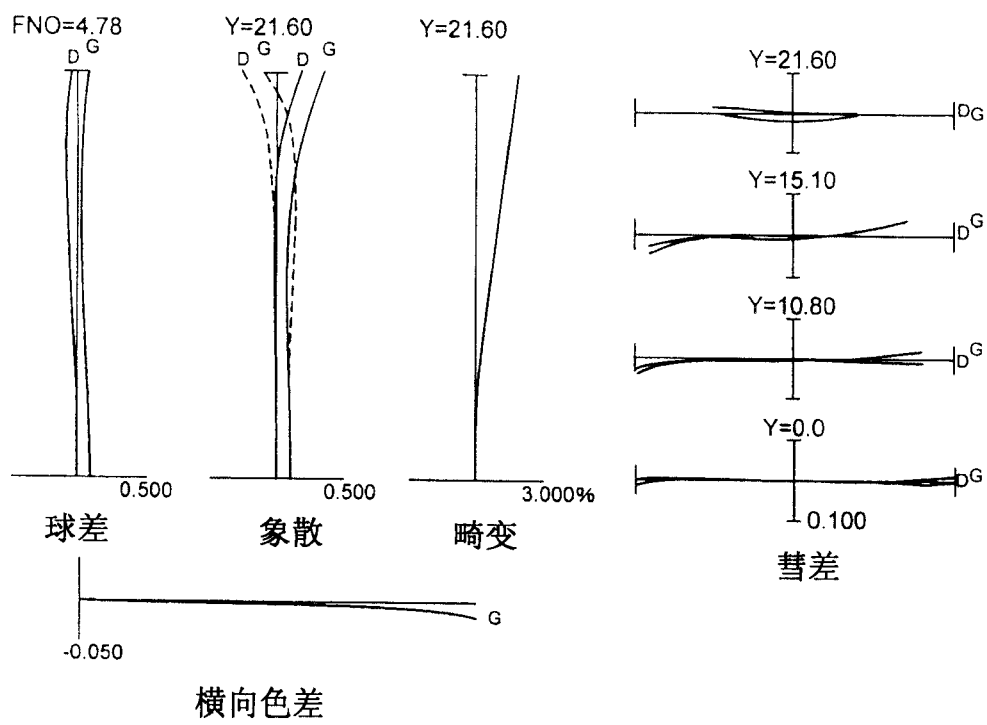


图20A

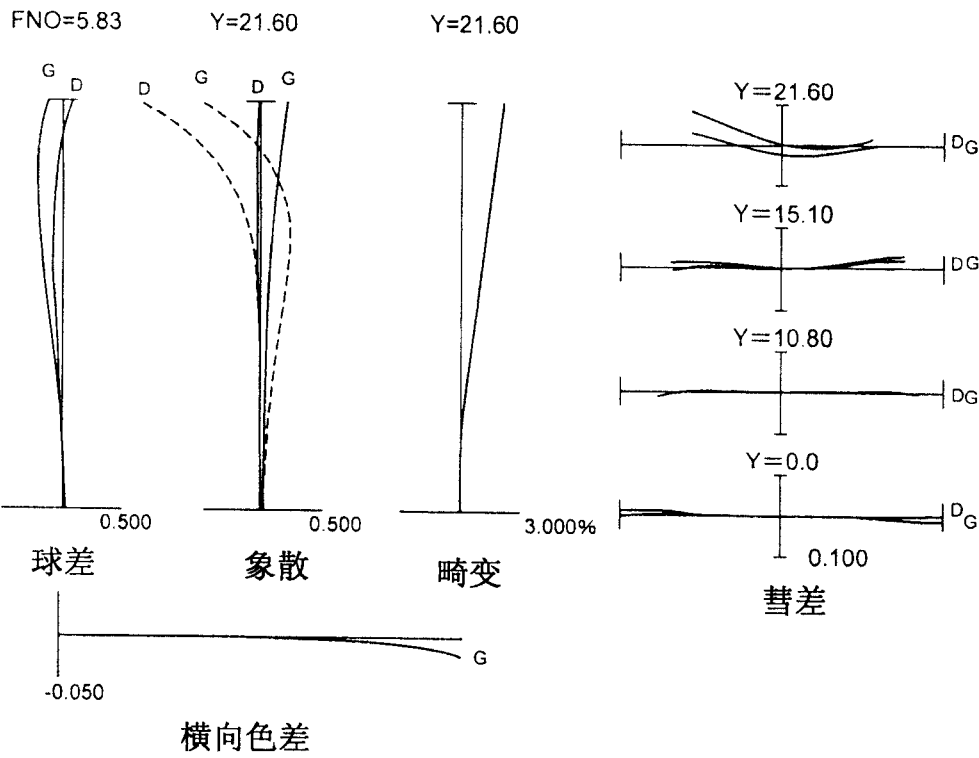


图20B

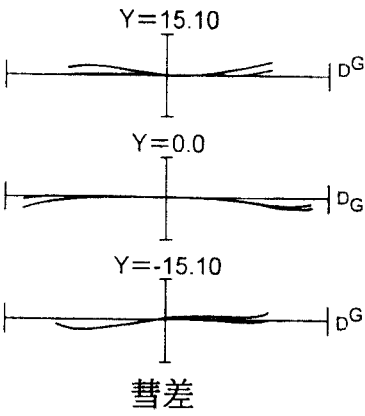


图21

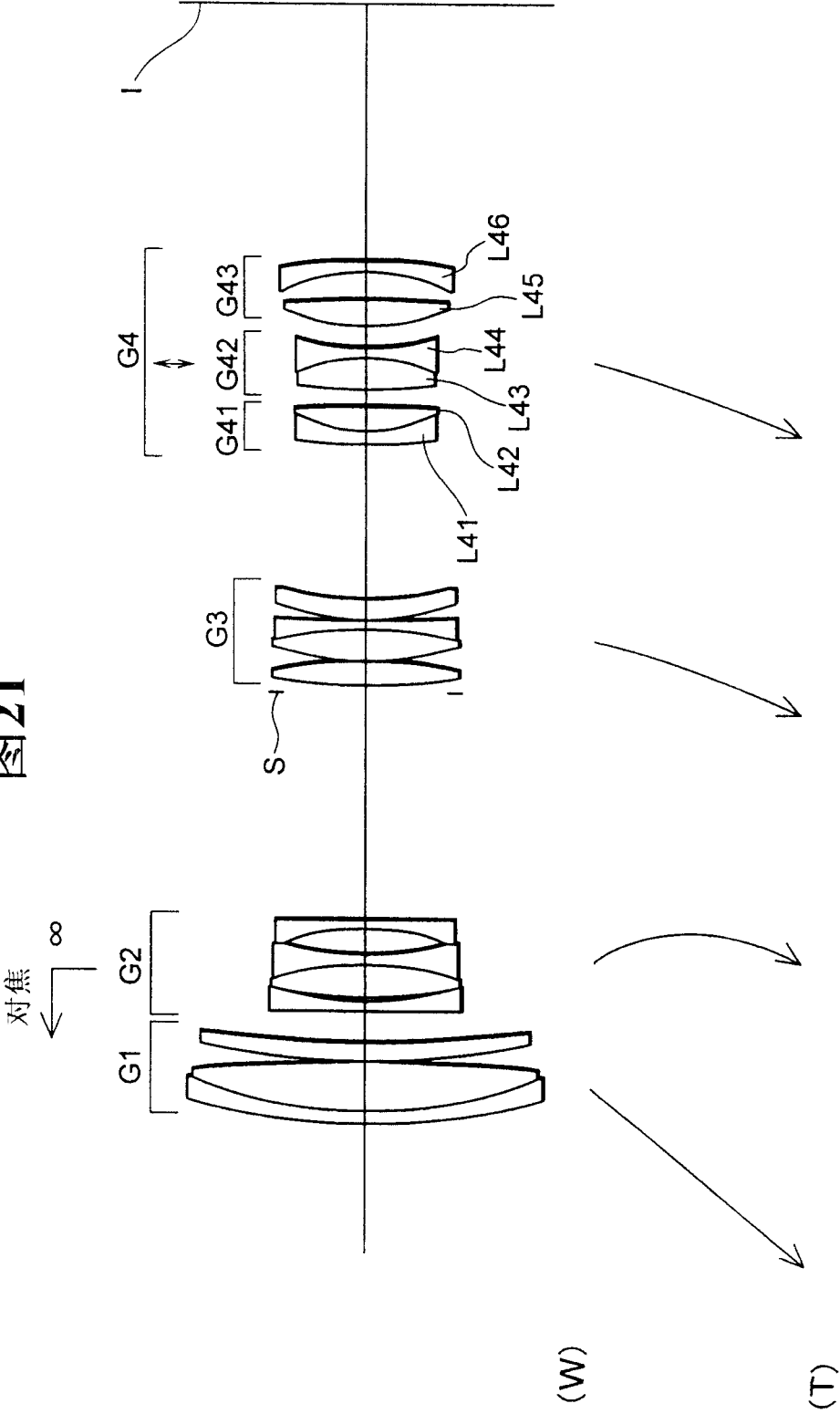


图22A

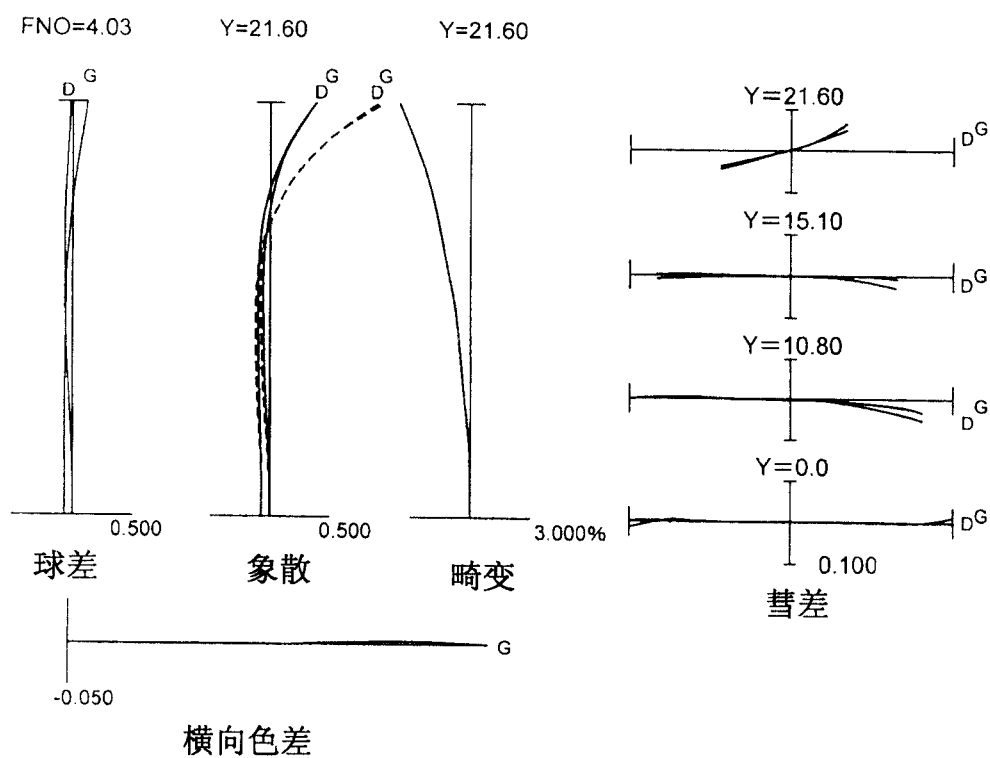


图 22B

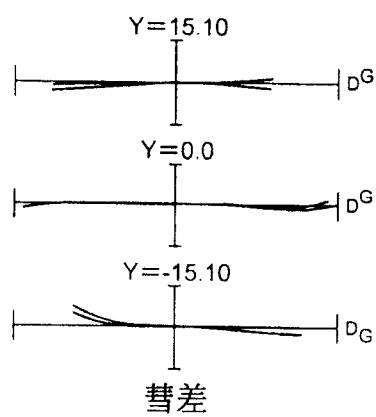


图23

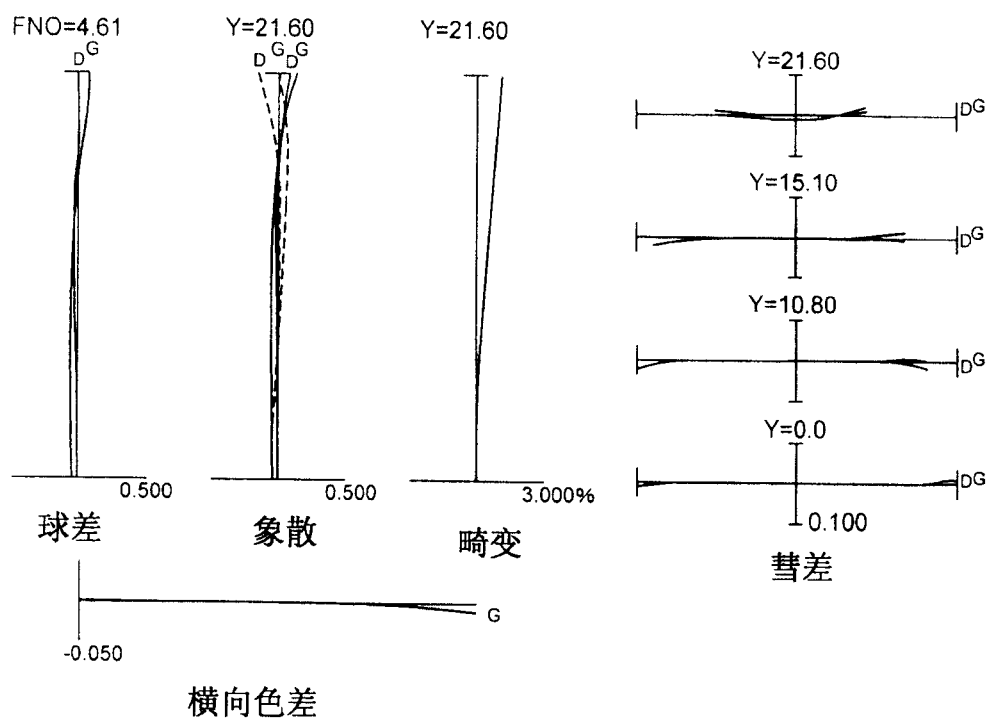


图24A

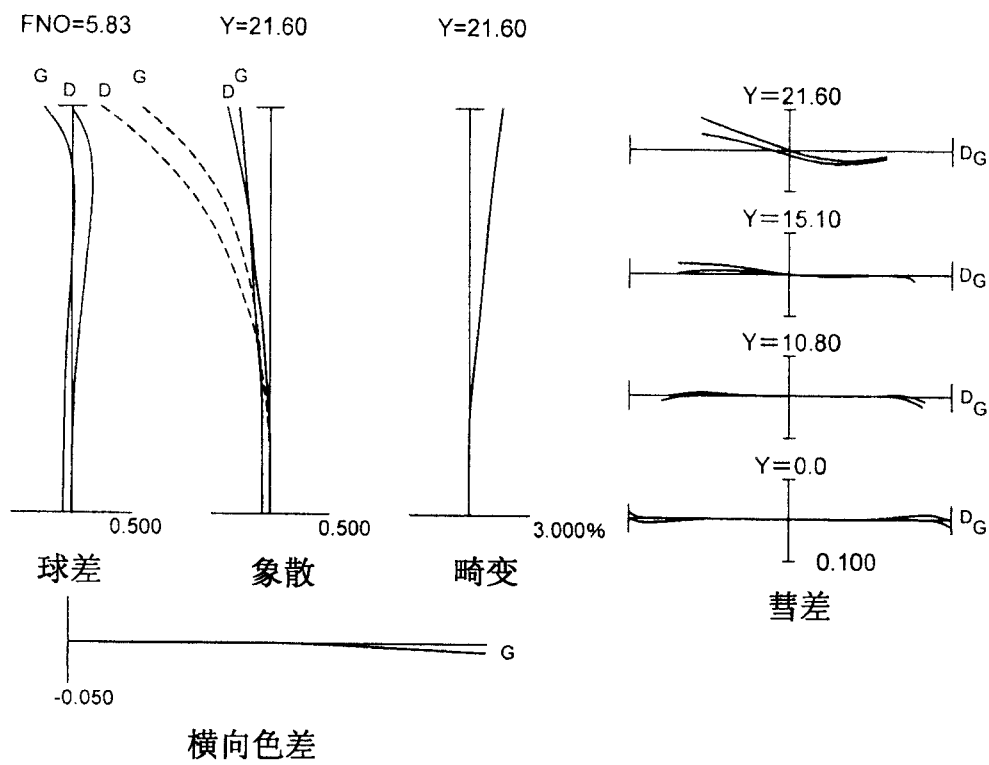


图24B

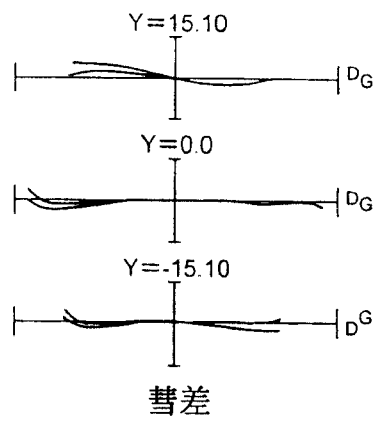


图25

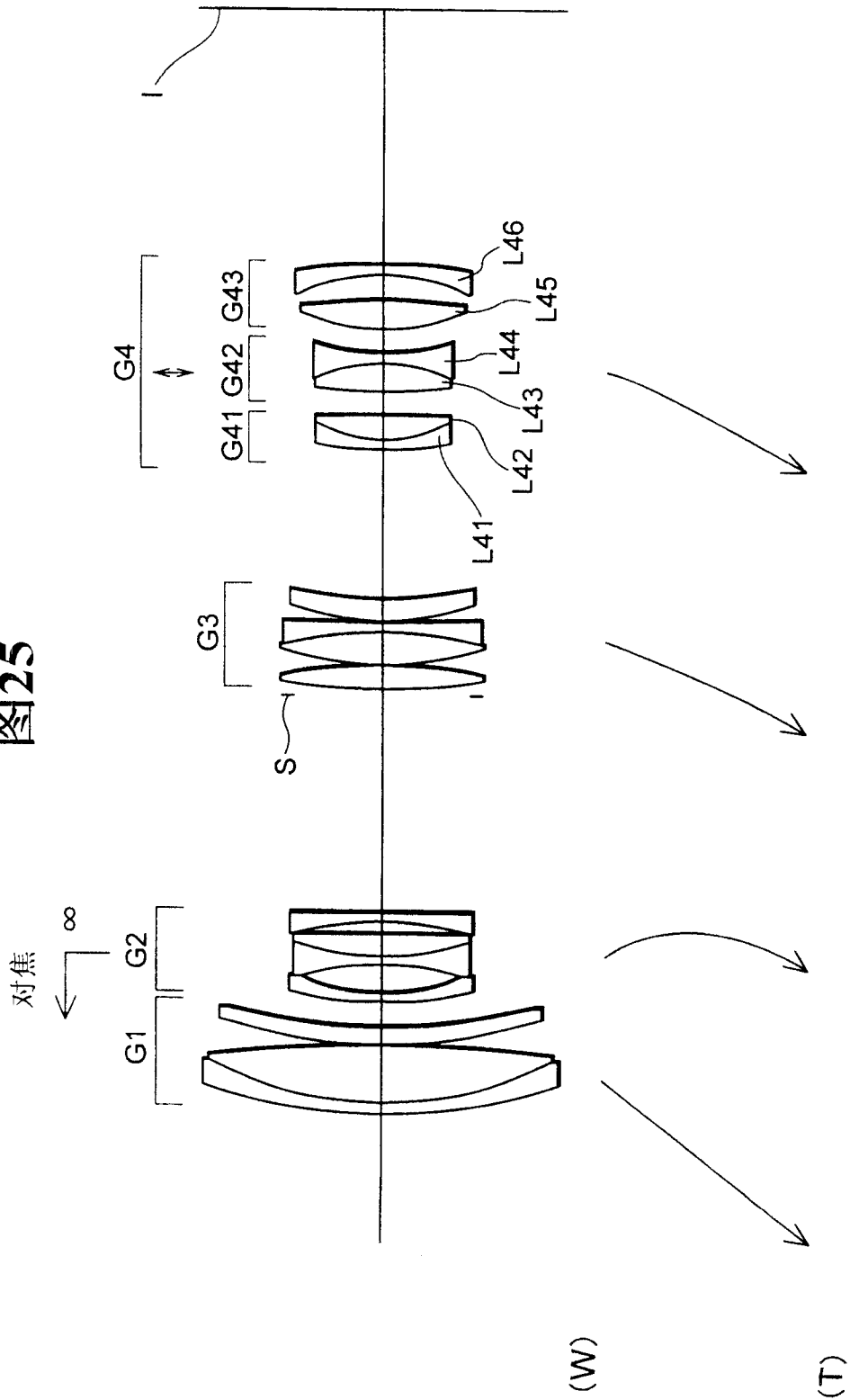


图26A

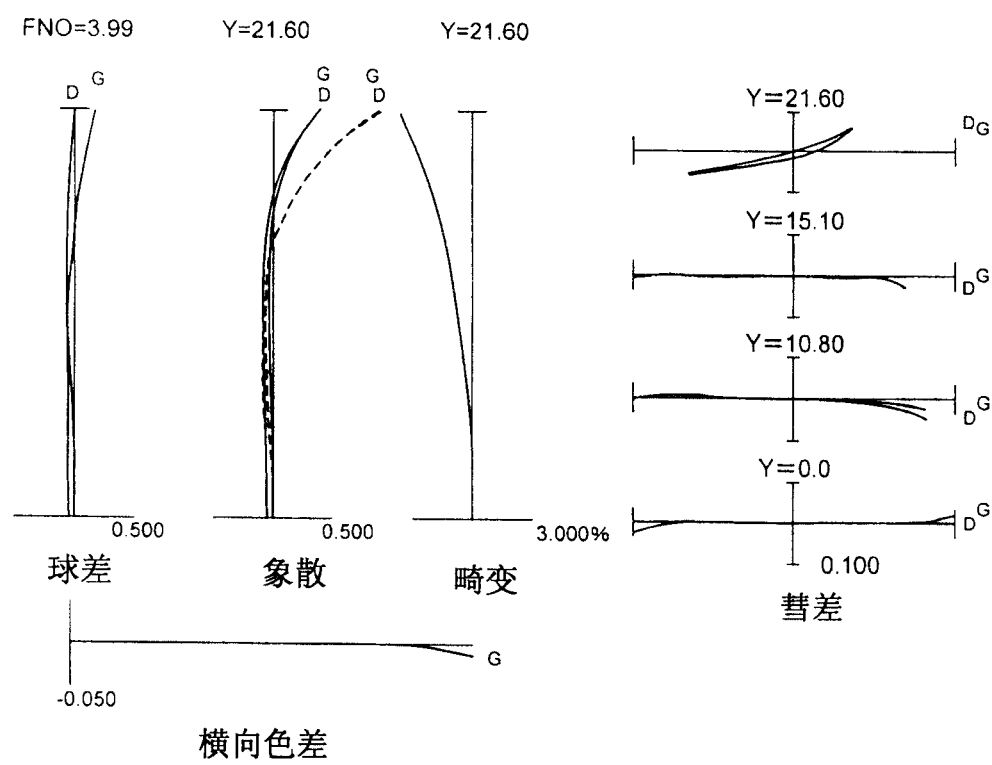


图26B

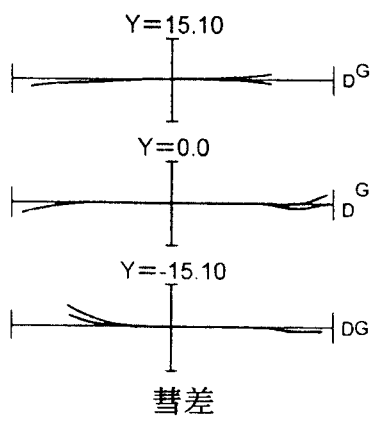


图27

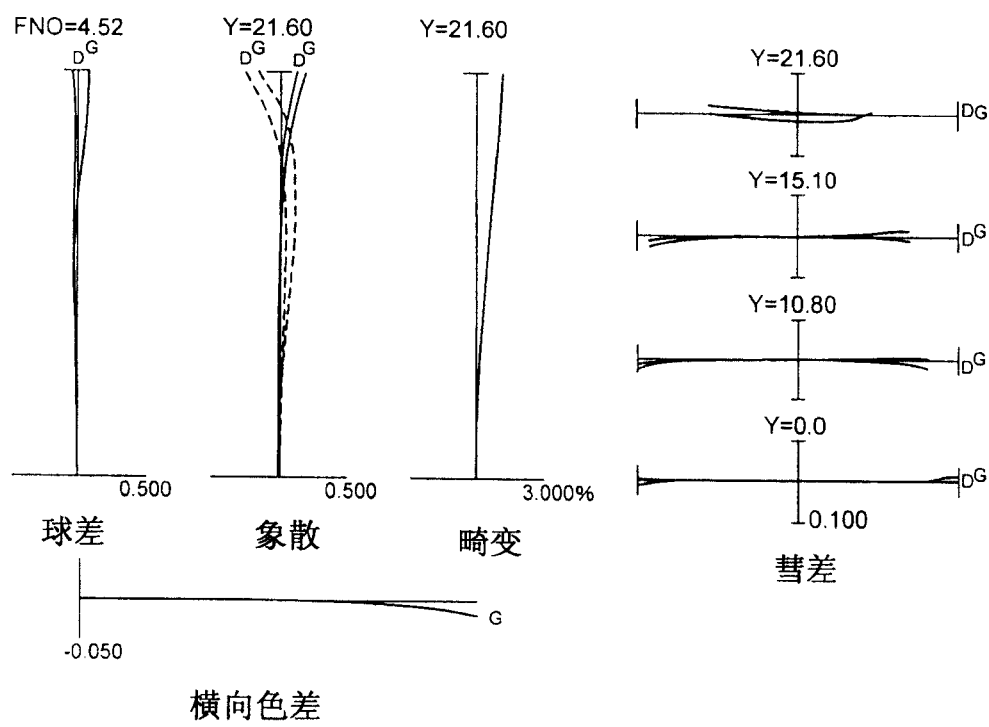


图28A

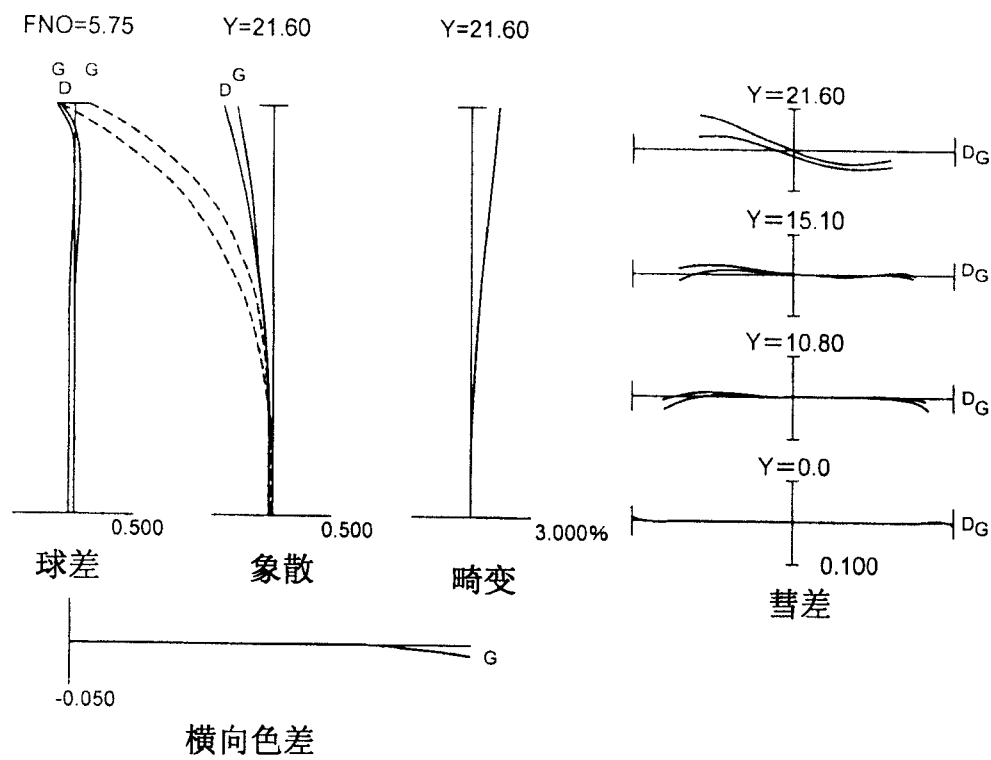


图28B

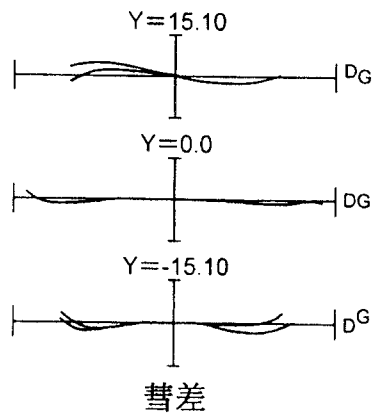


图29

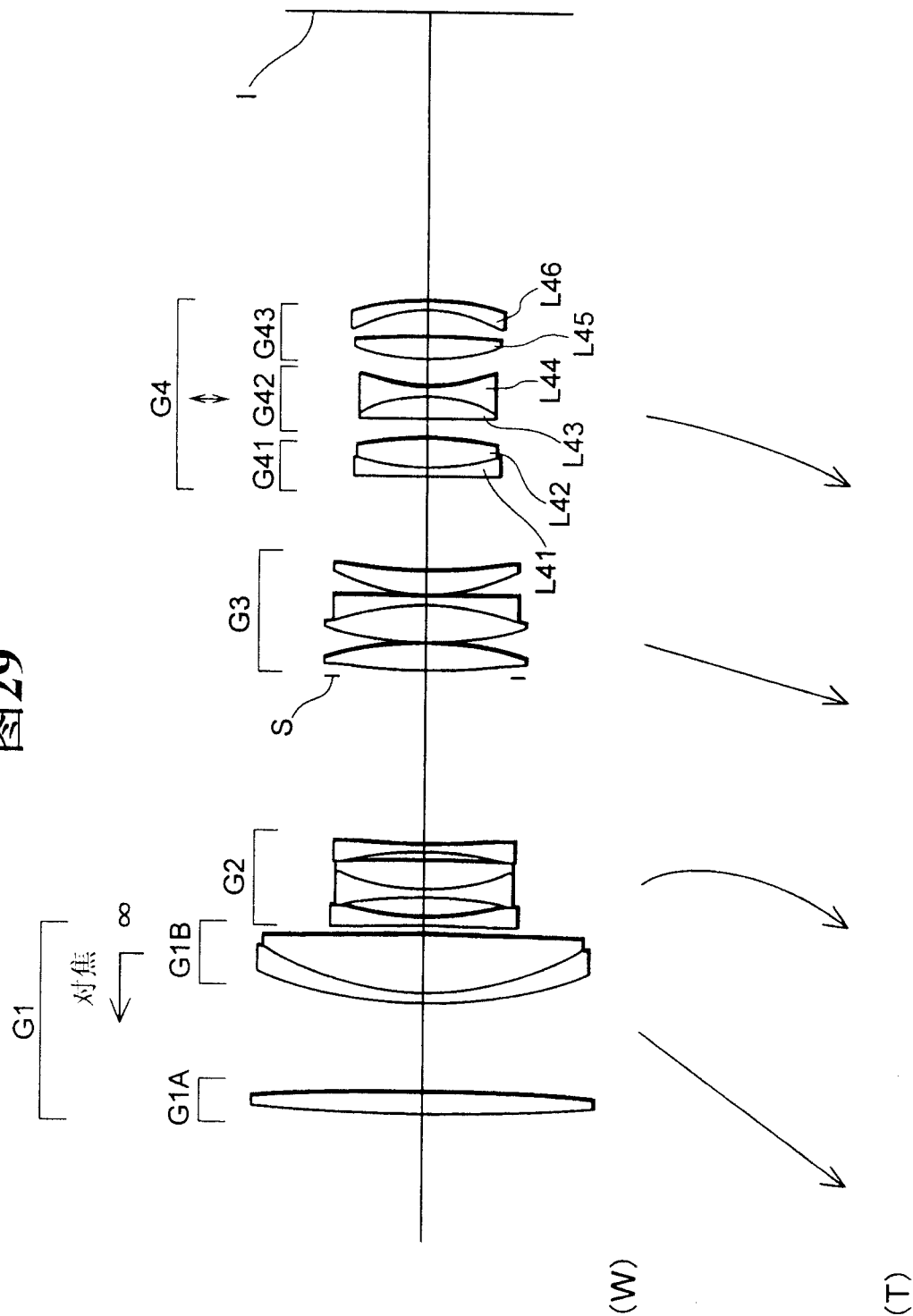


图30A

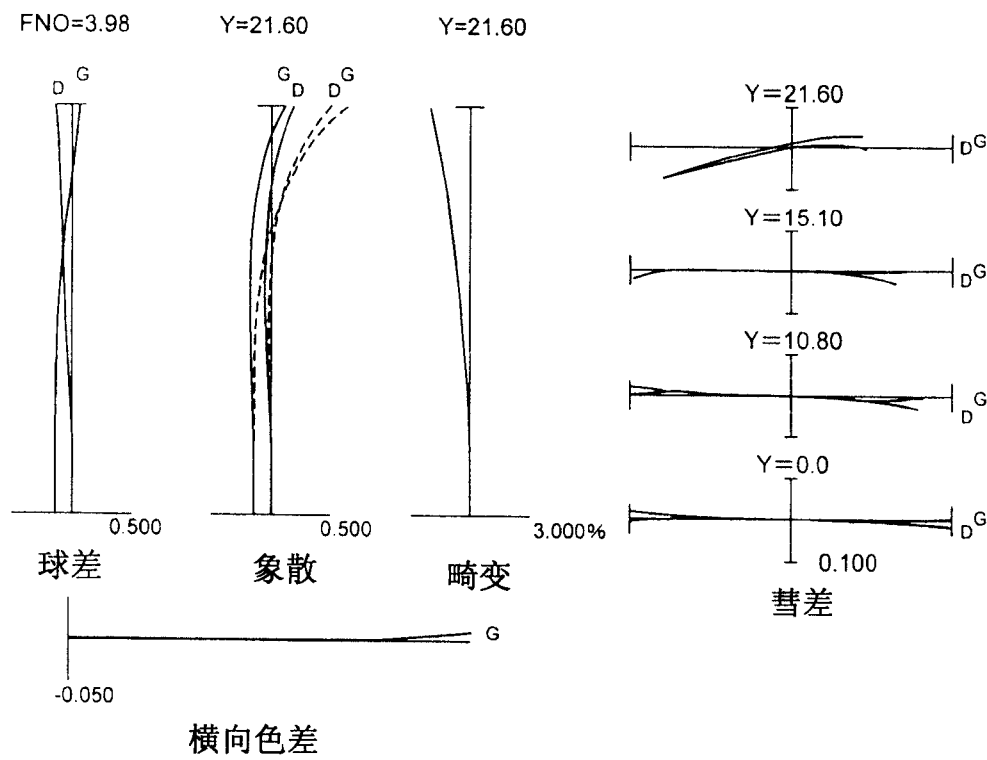


图30B

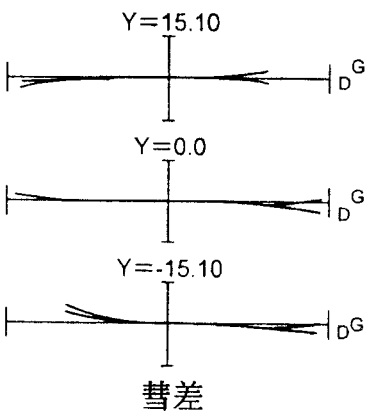


图31

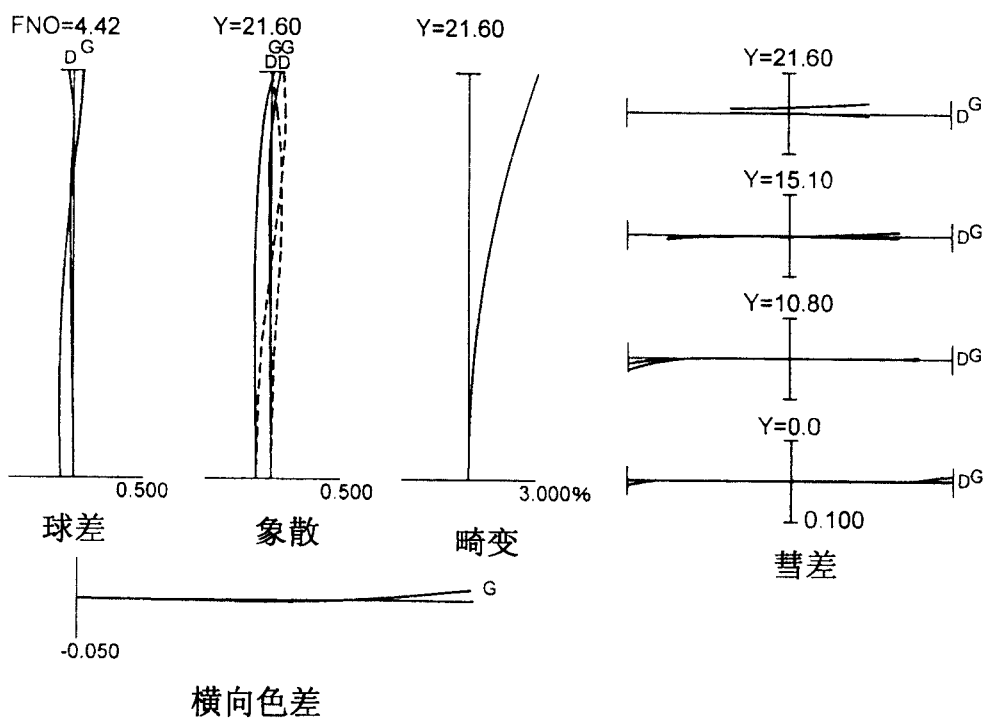


图32A

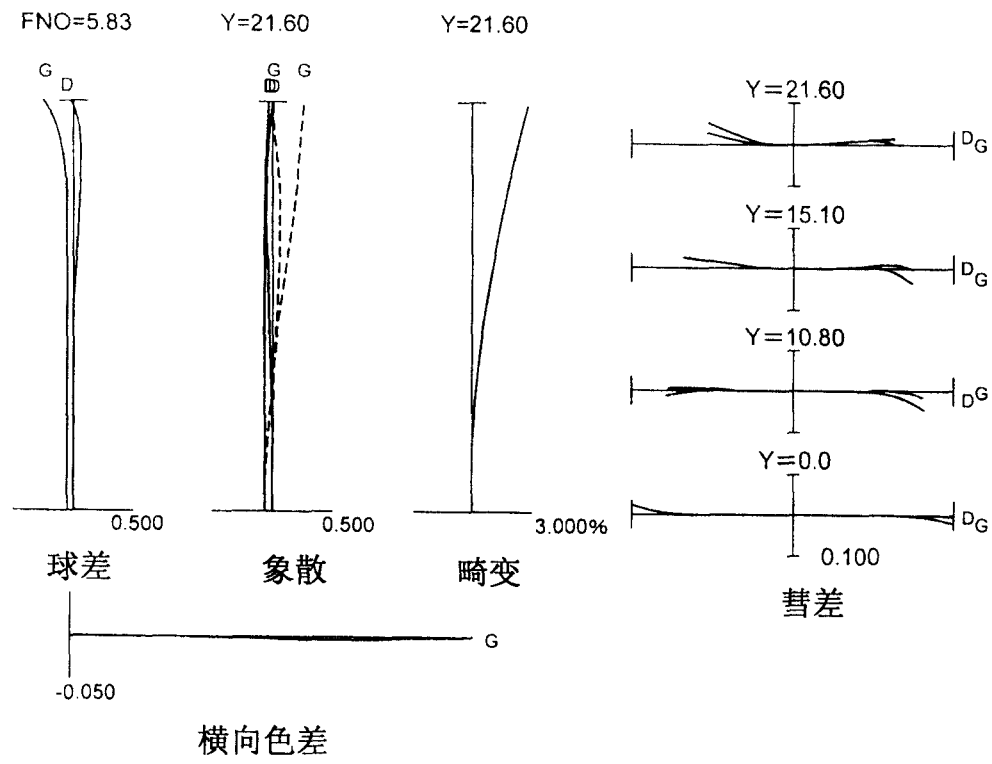


图32B

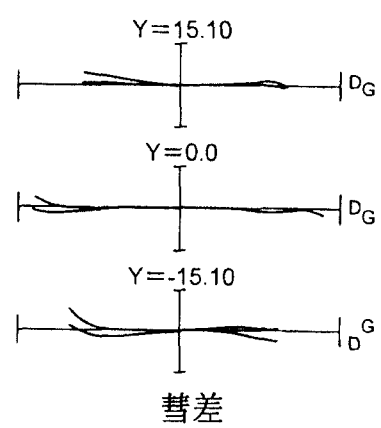


图33

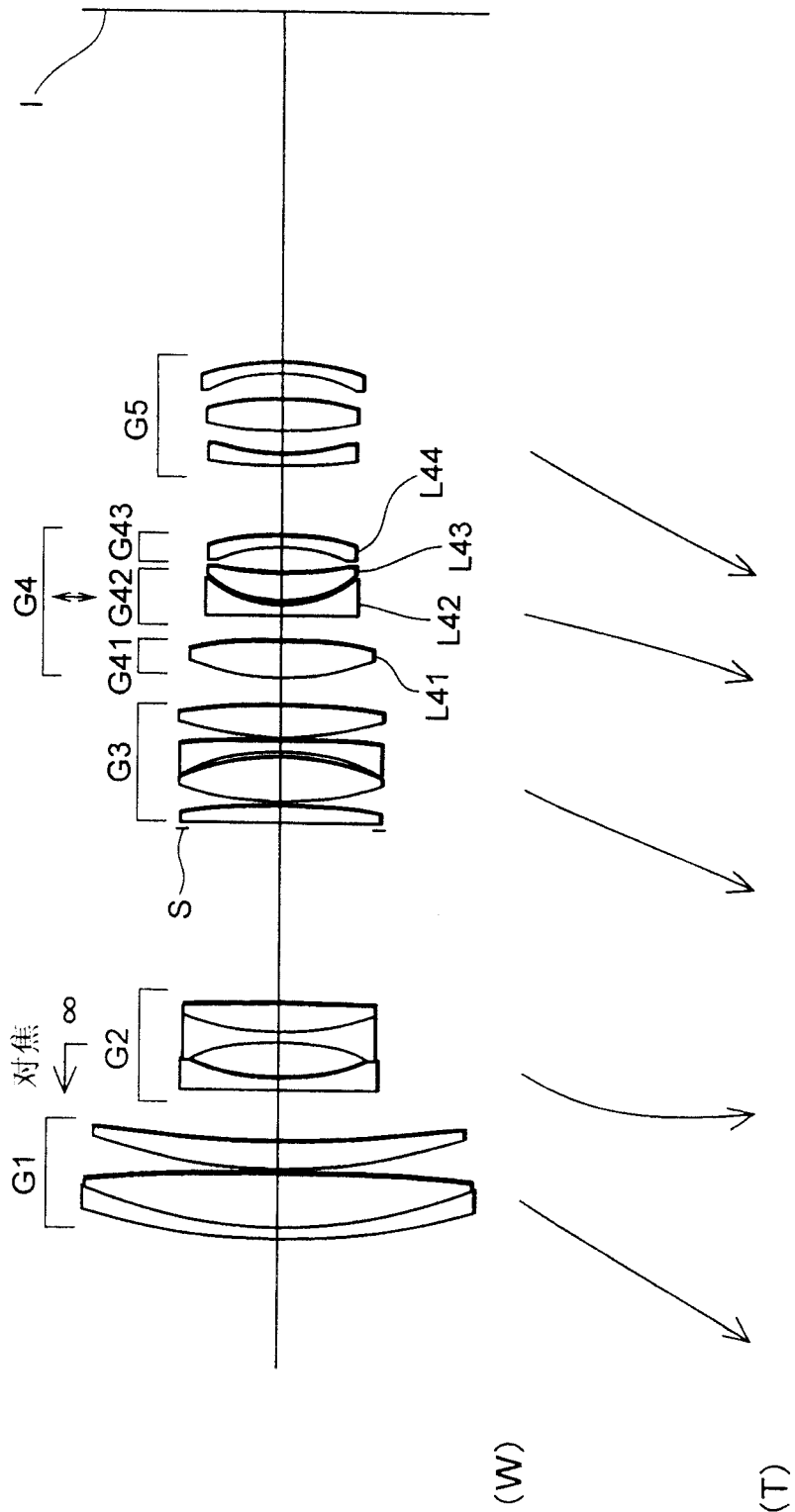


图35

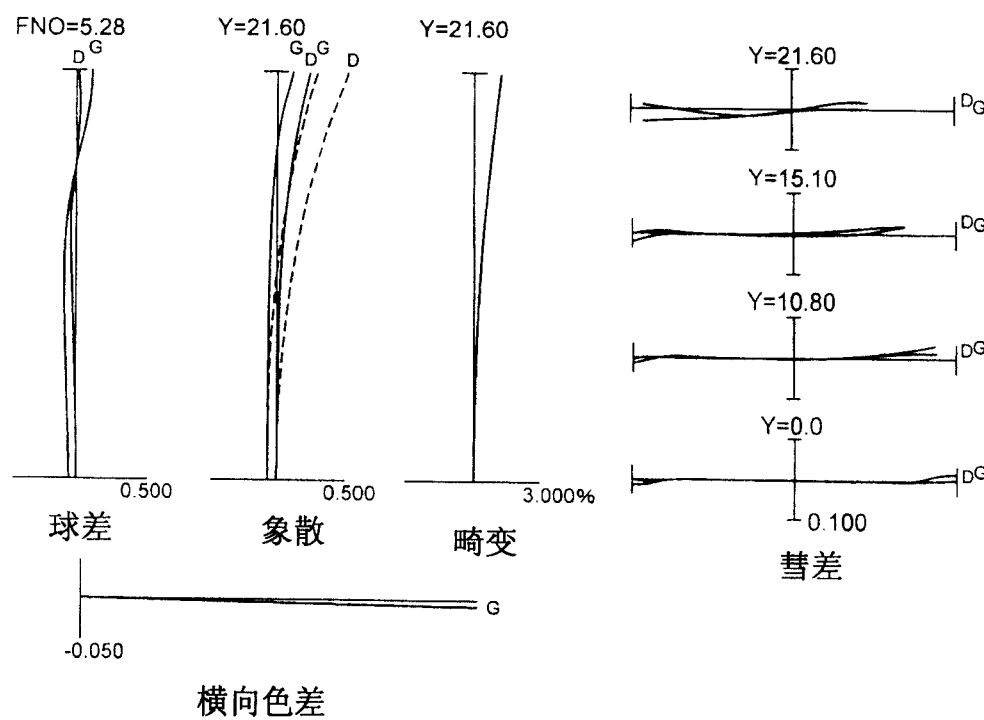


图36A

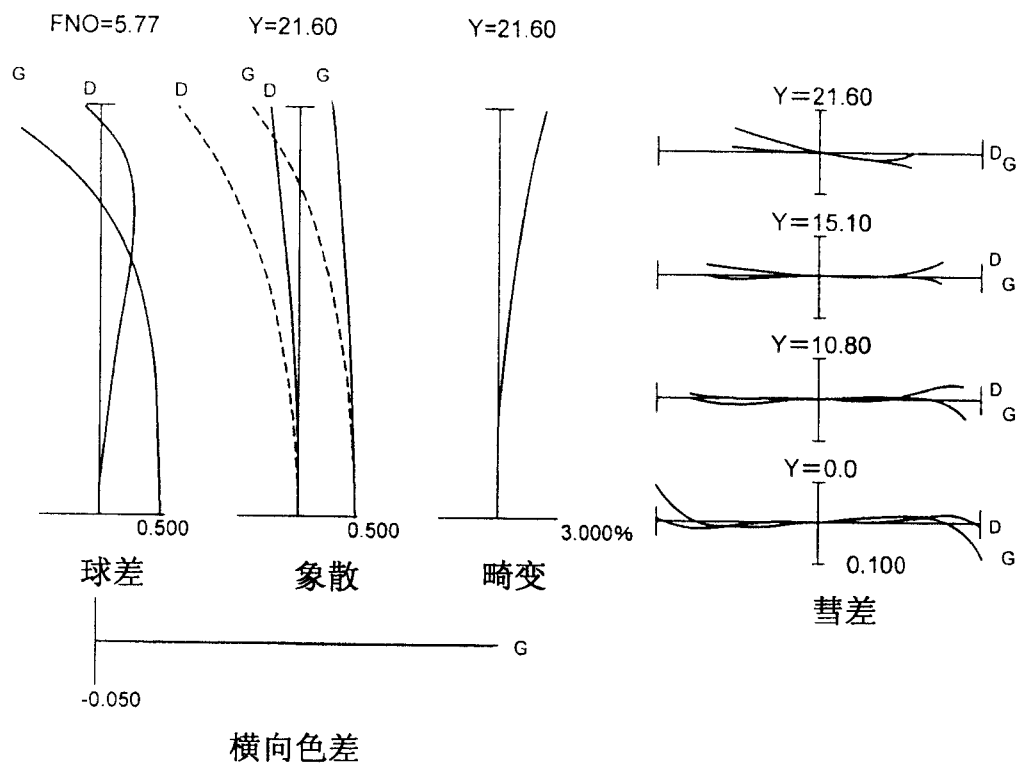


图36B

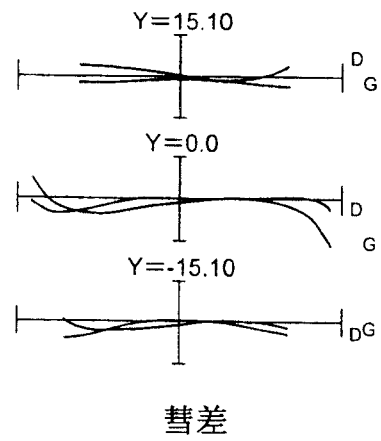


图37

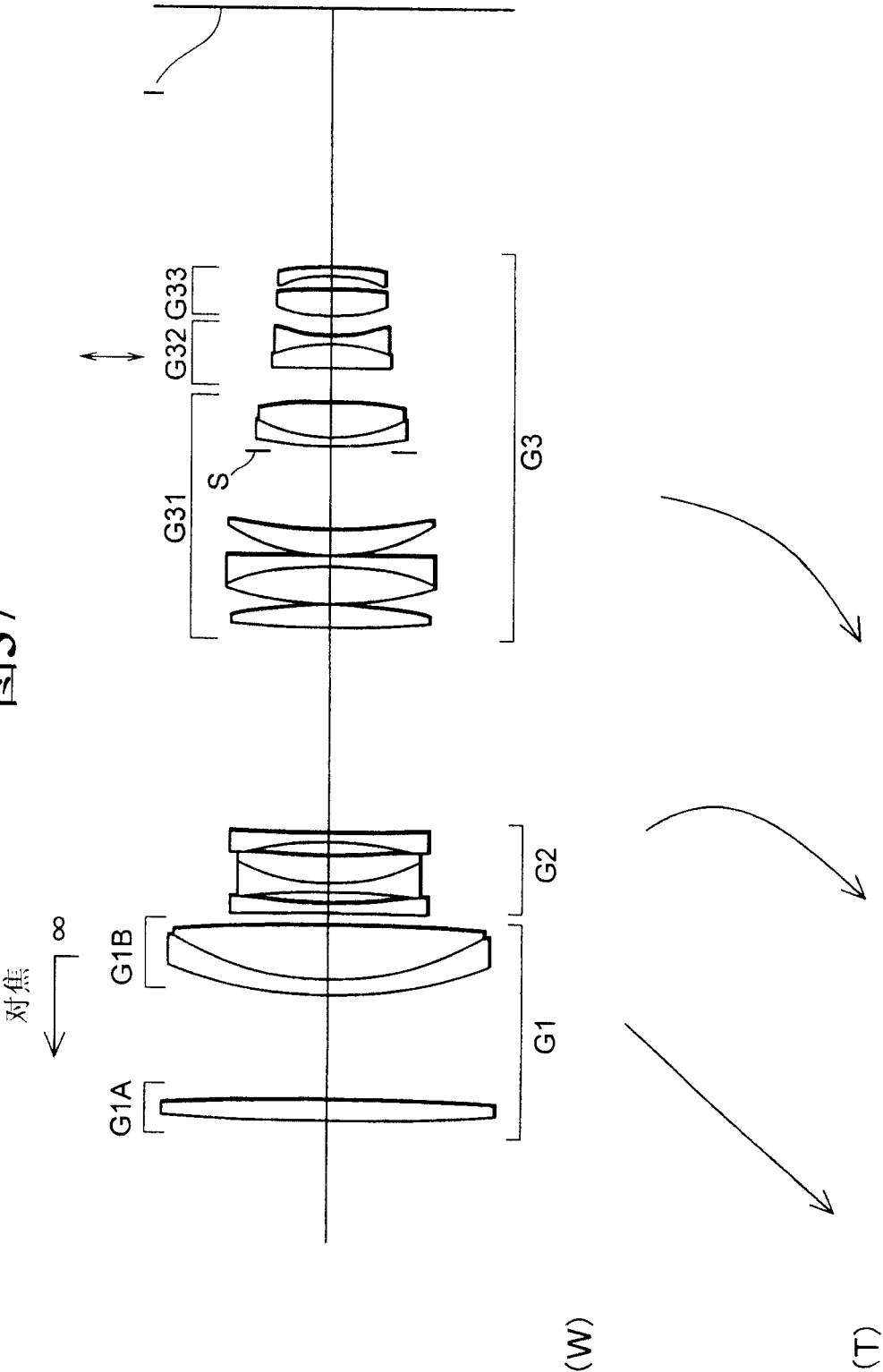


图38A

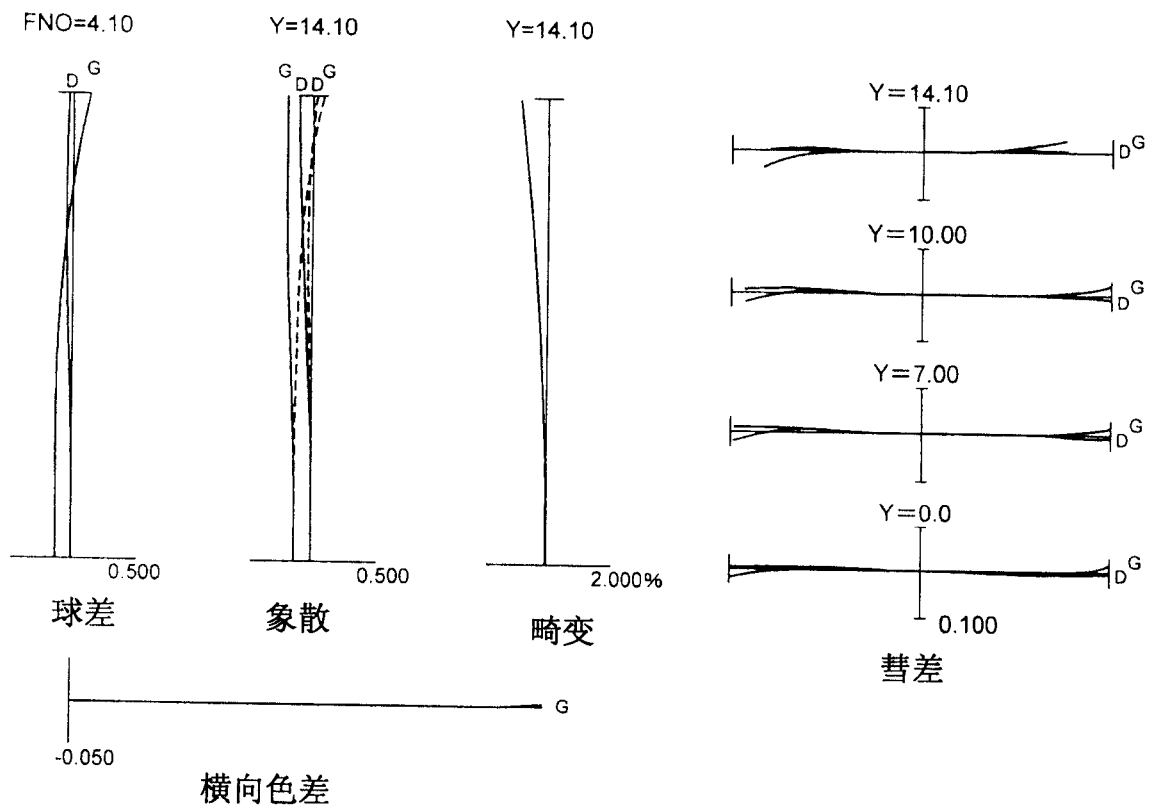


图38B

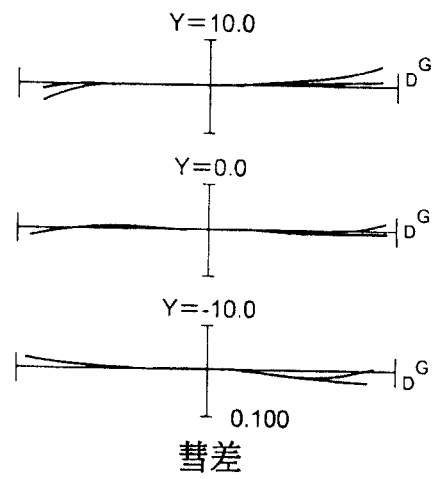


图39

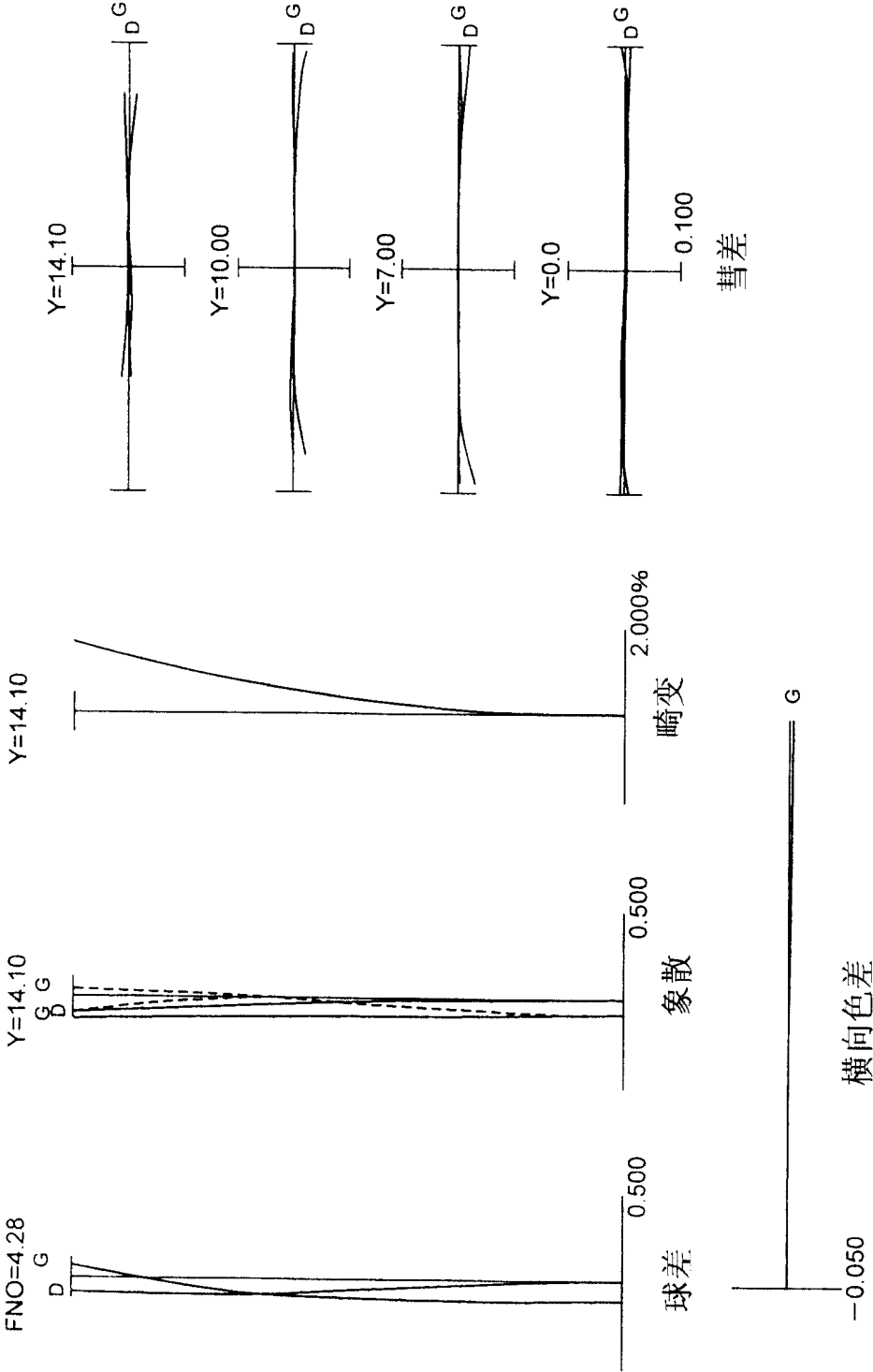


图40A

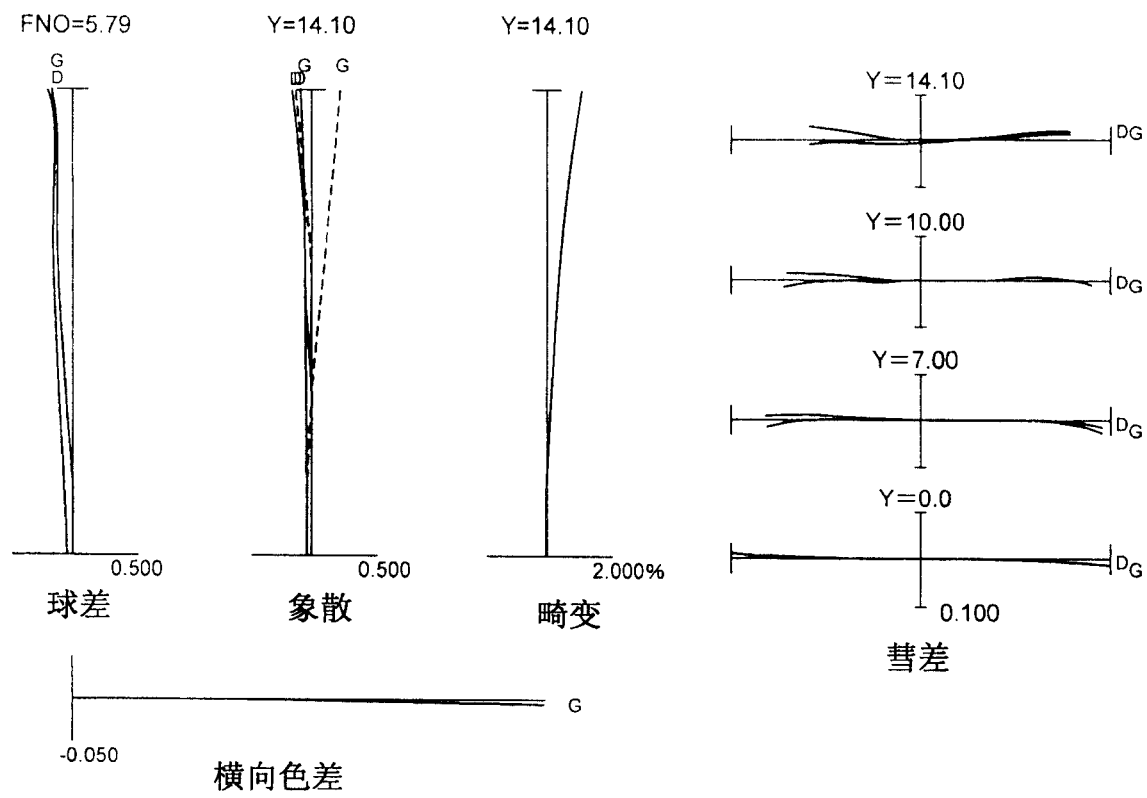


图40B

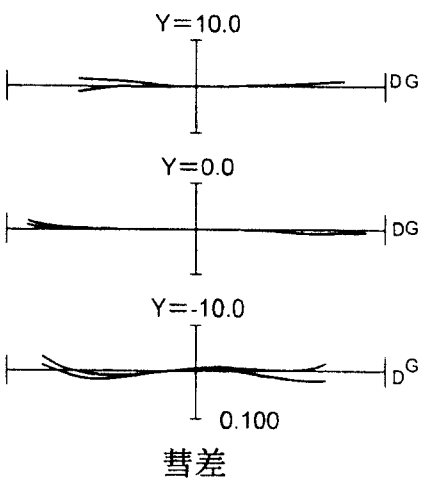


图41

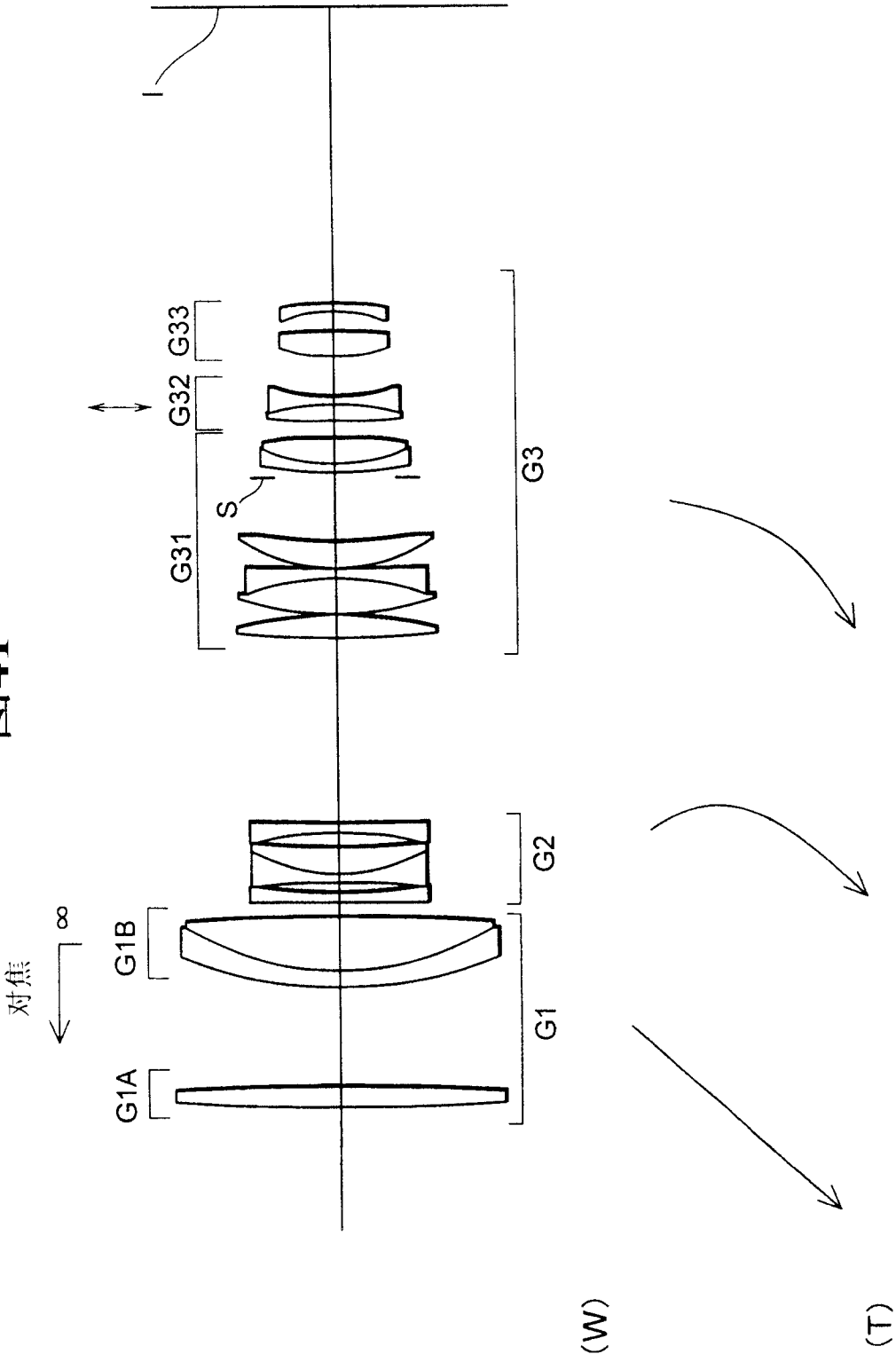


图42A

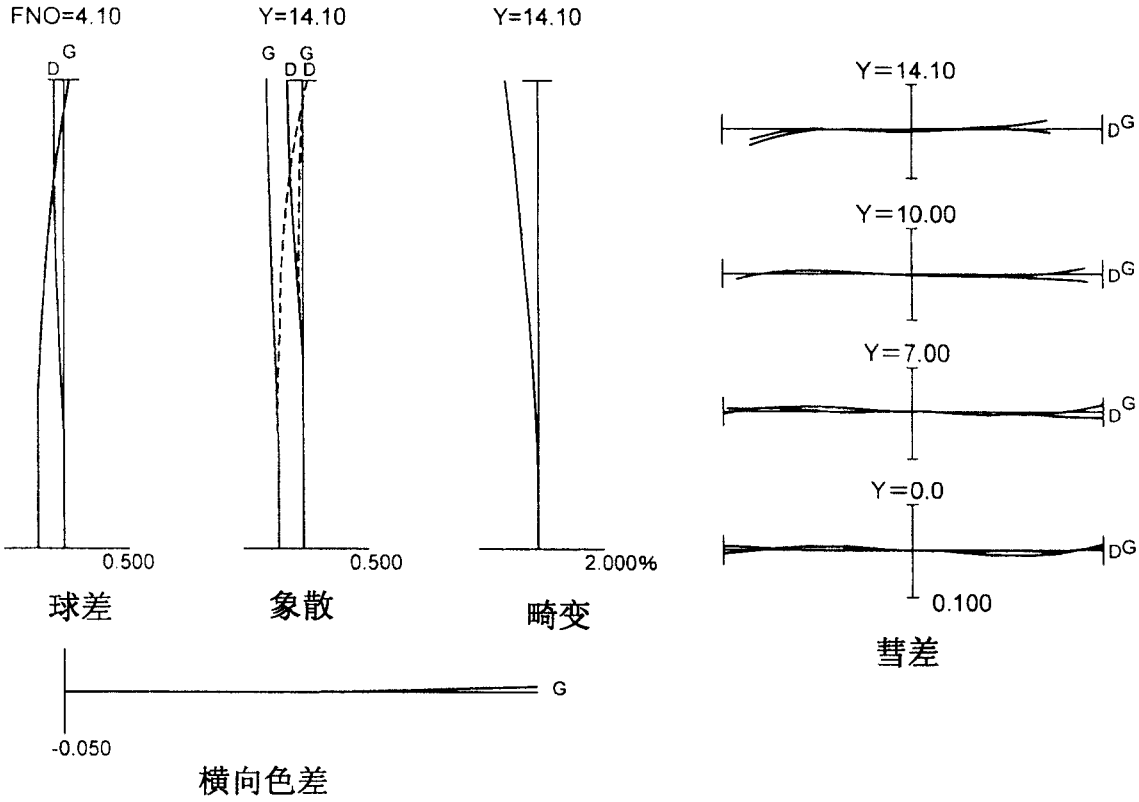


图42B

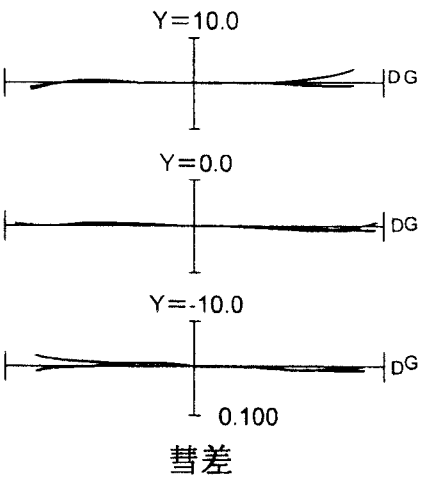


图43

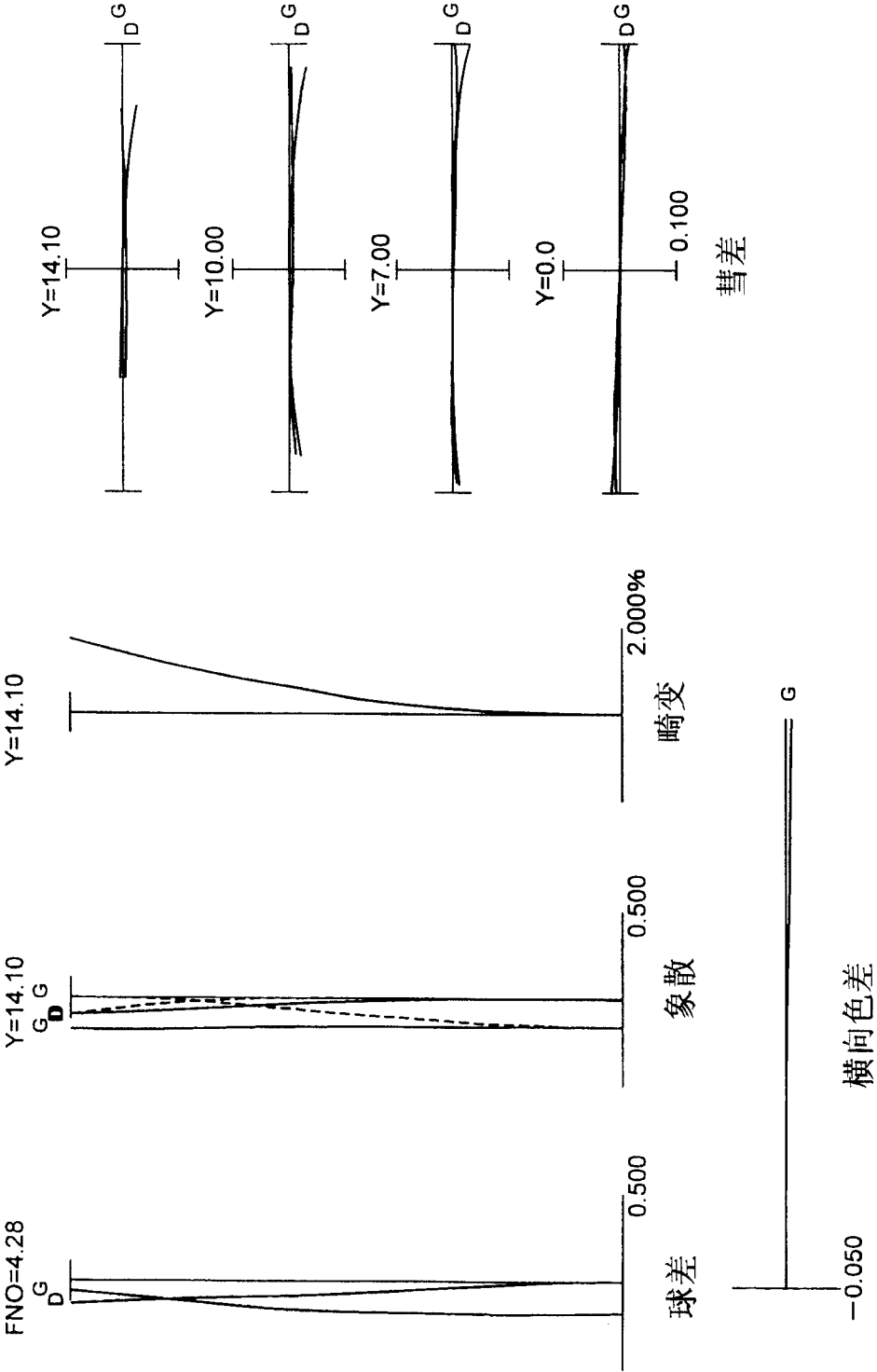


图44A

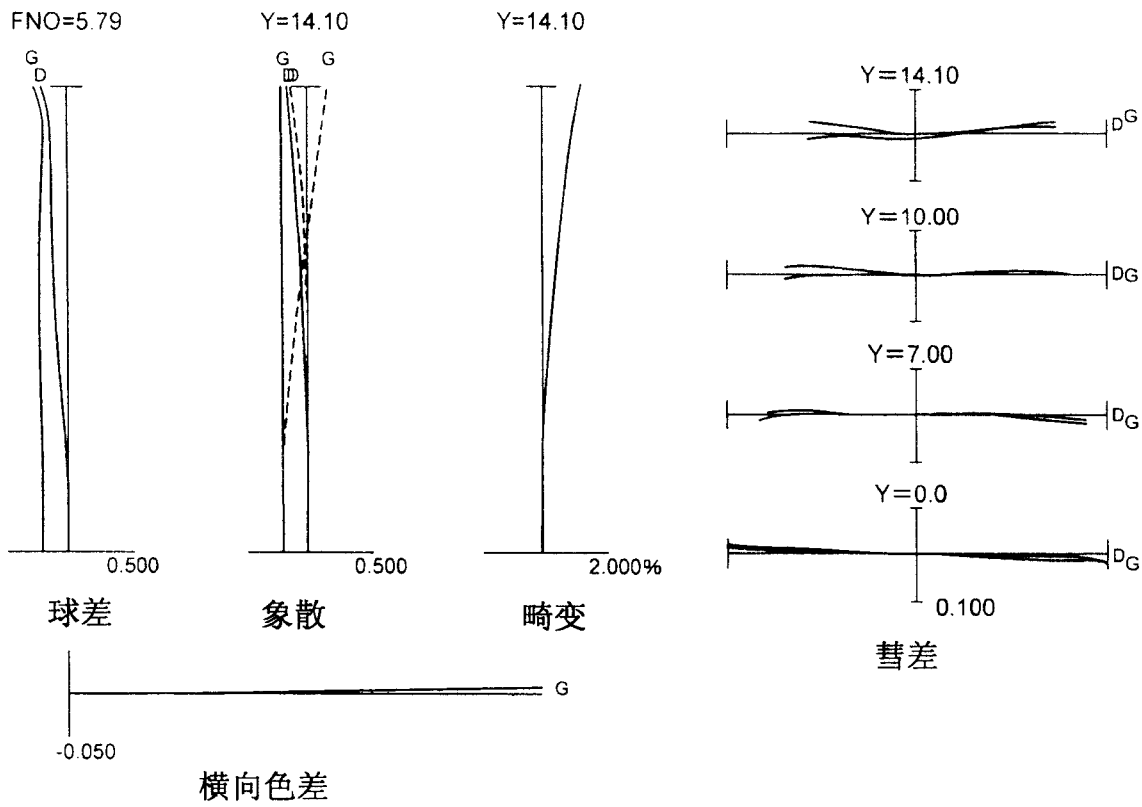


图44B

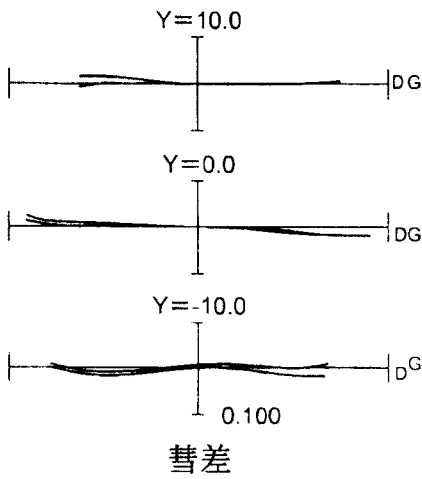


图45

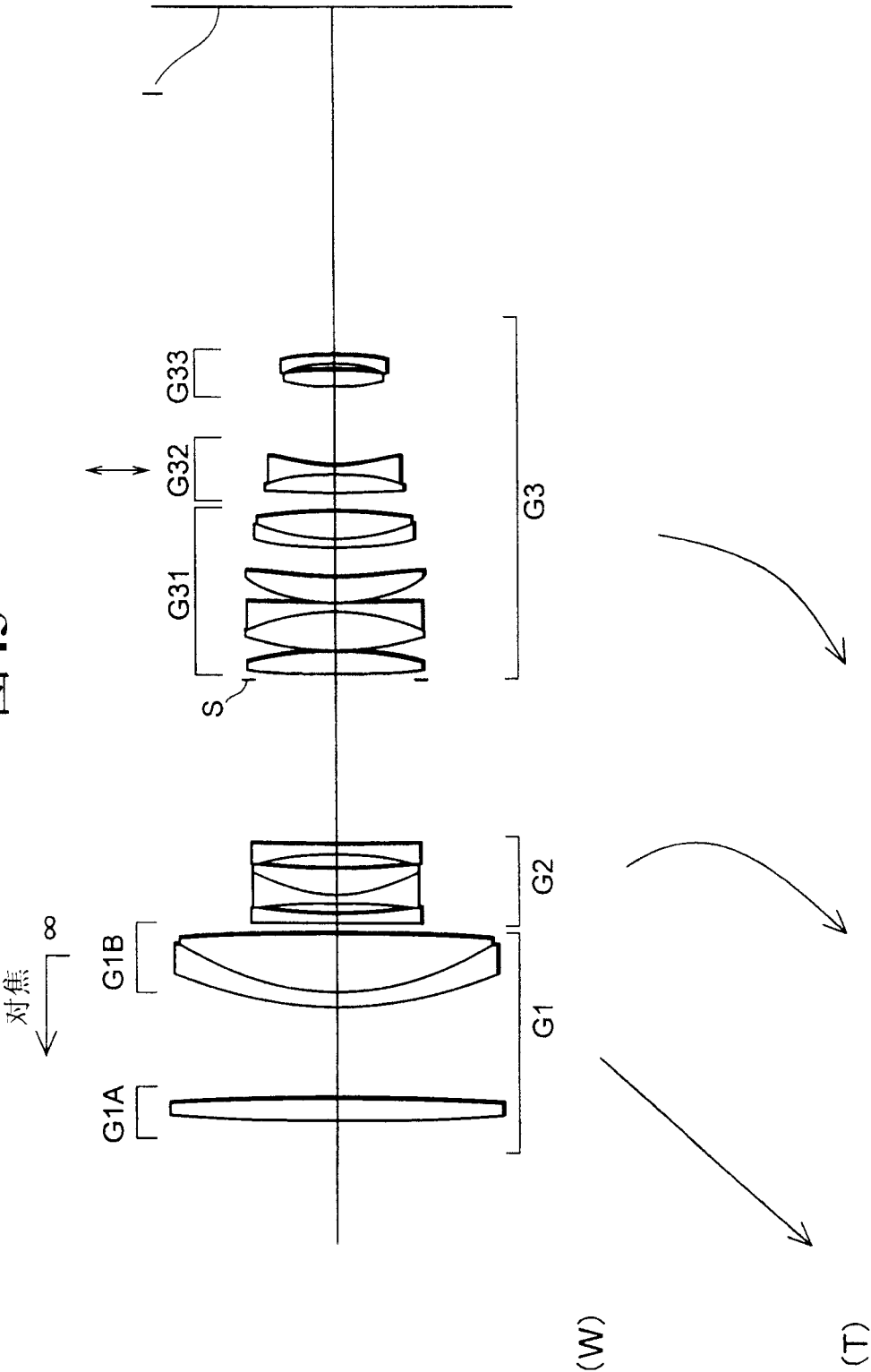


图46A

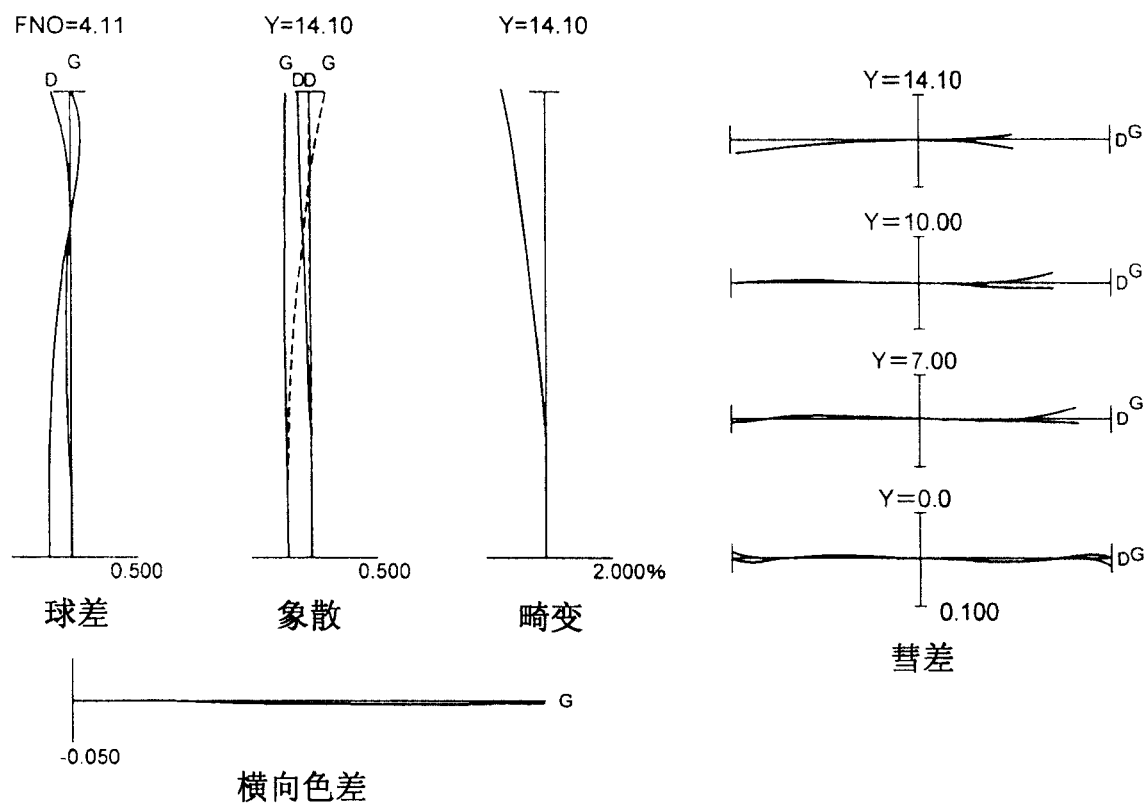
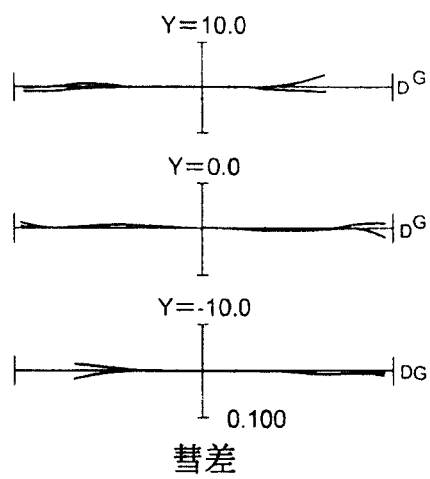


图46B



47

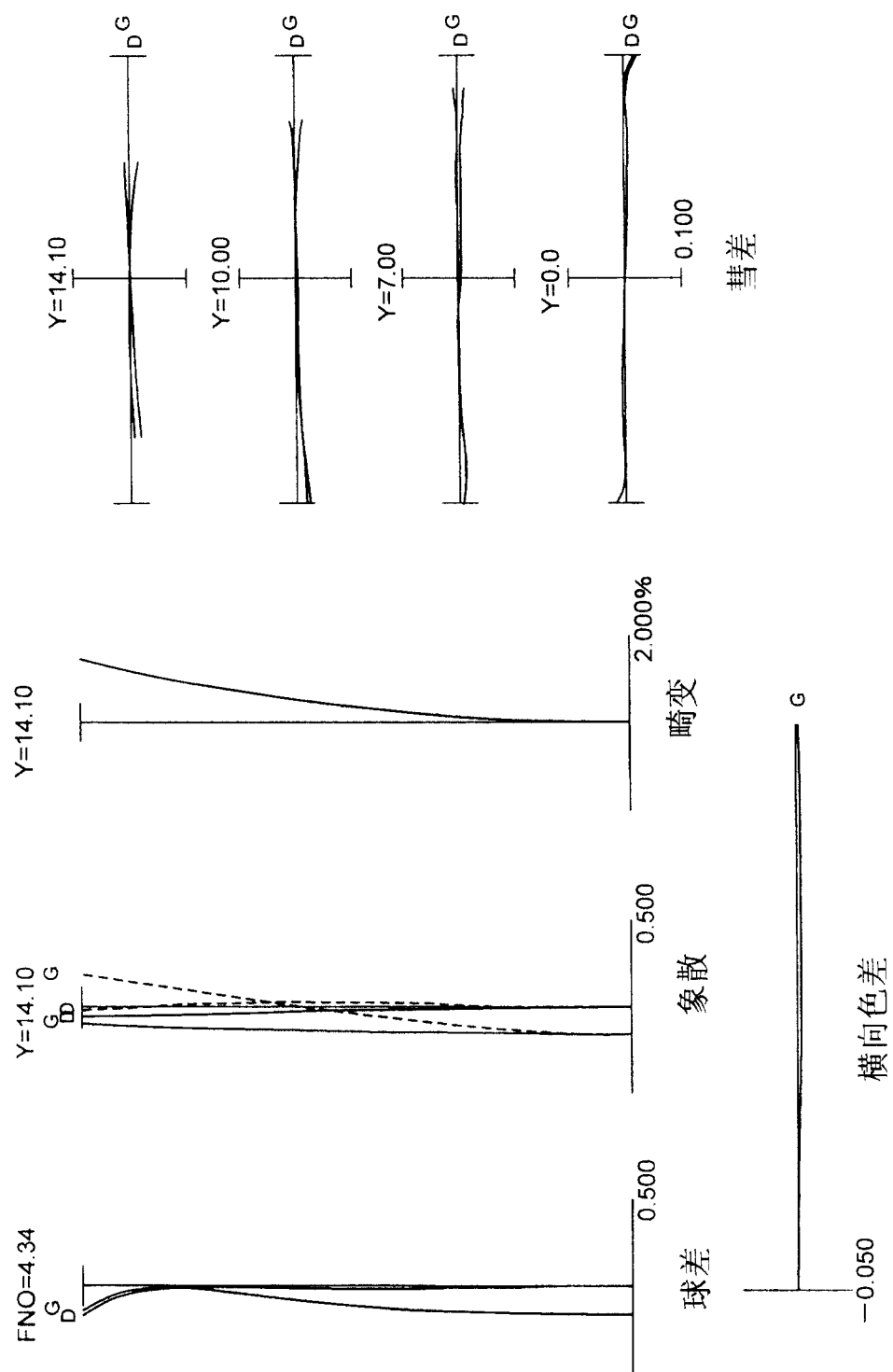


图48A

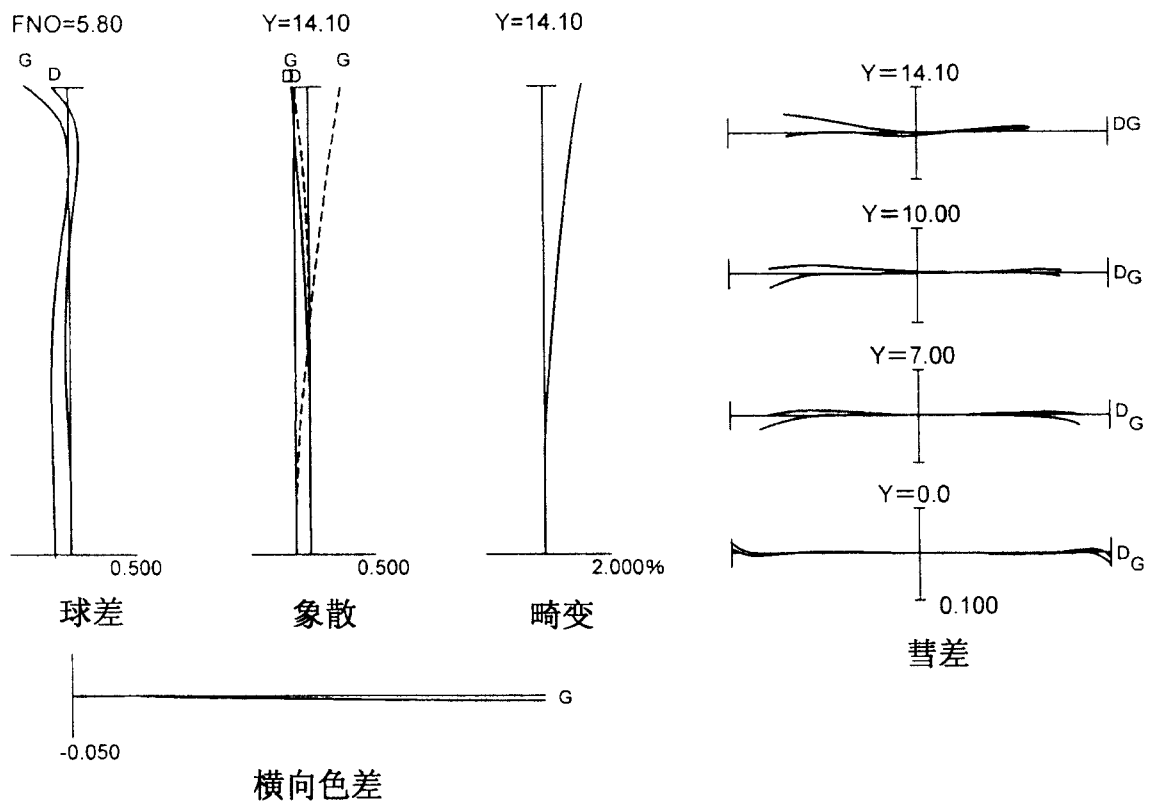


图48B

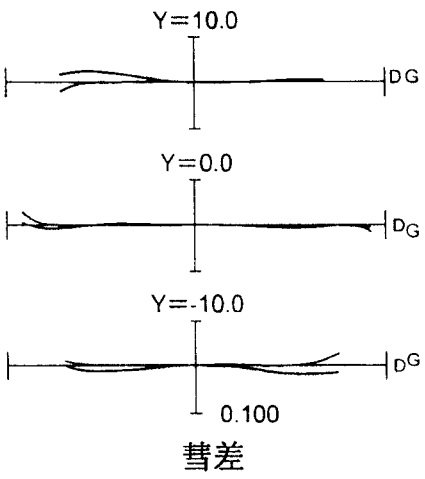


图49

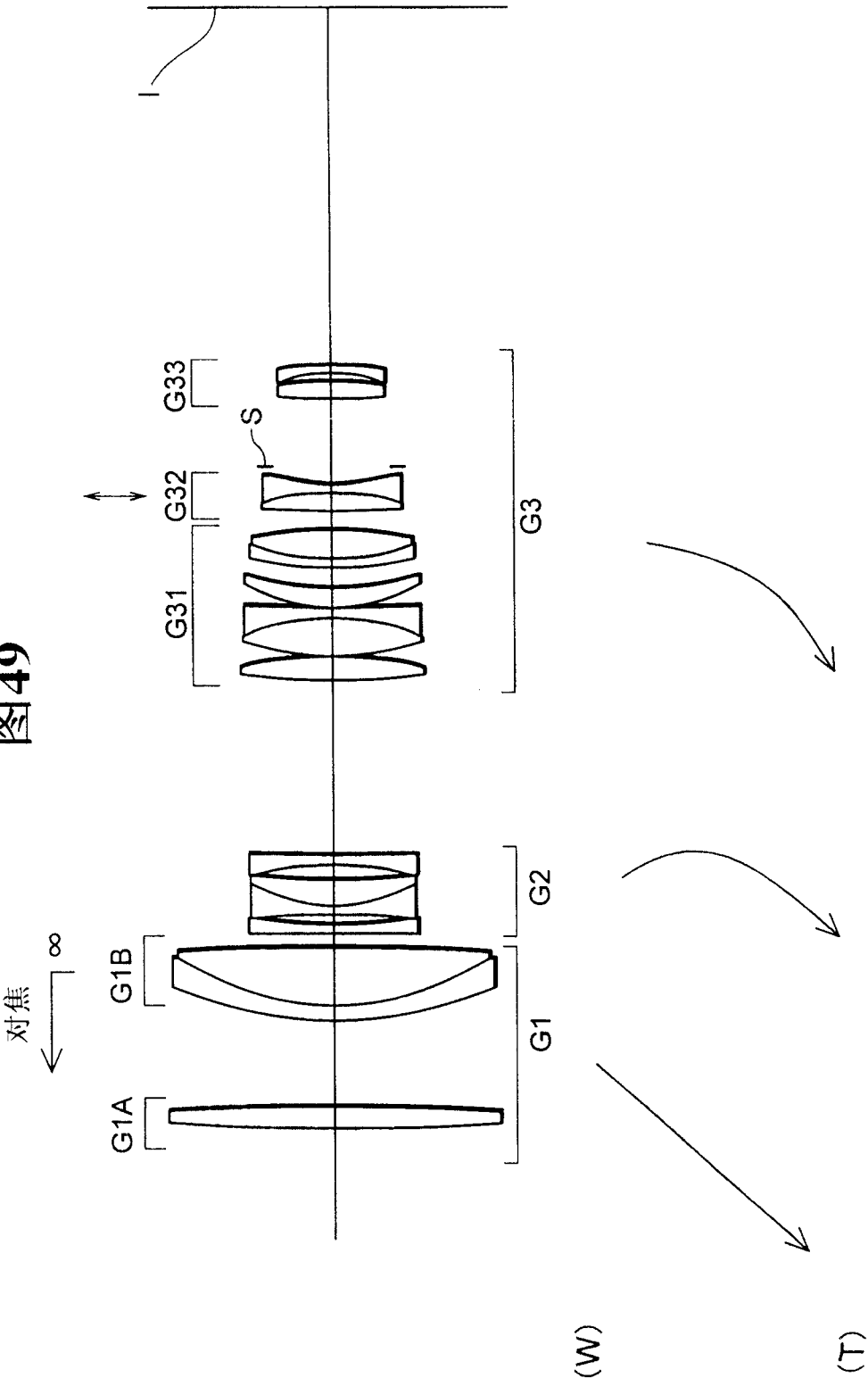


图50A

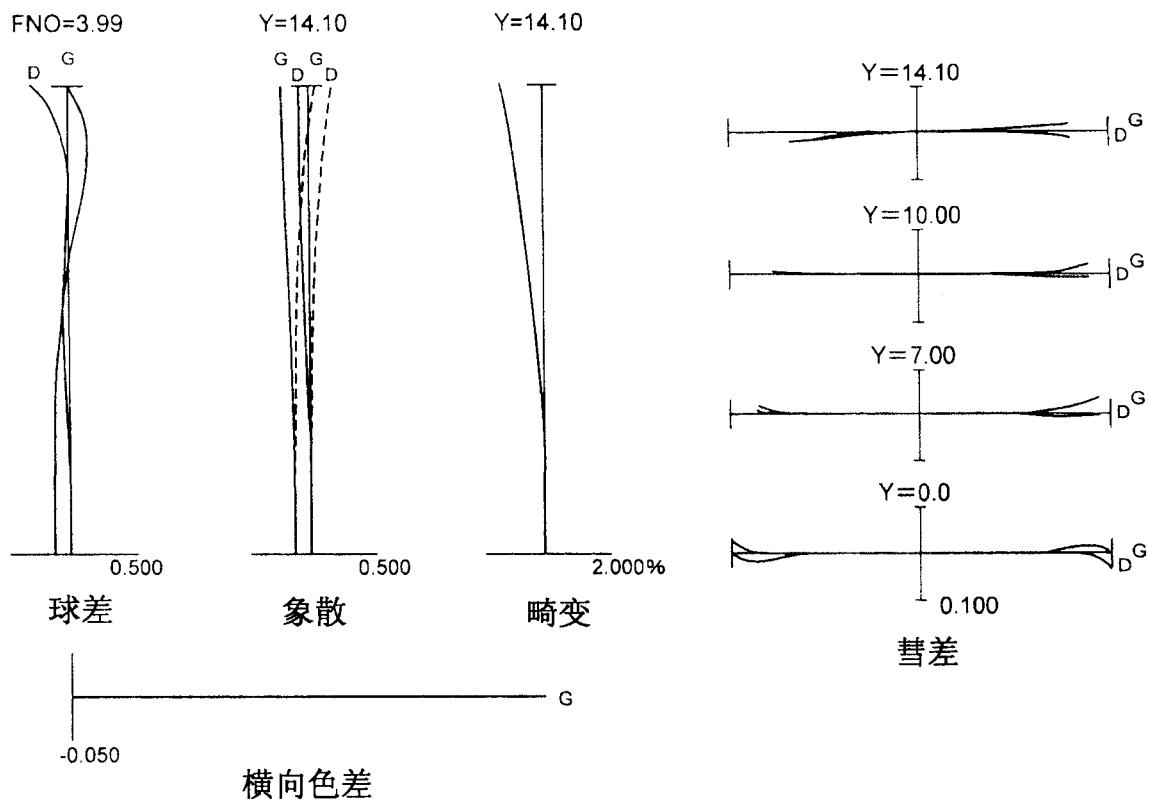


图50B

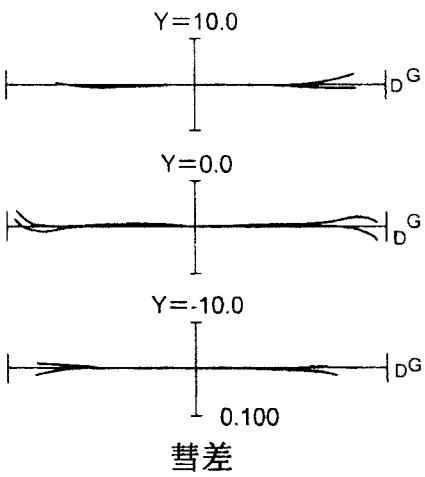


图51

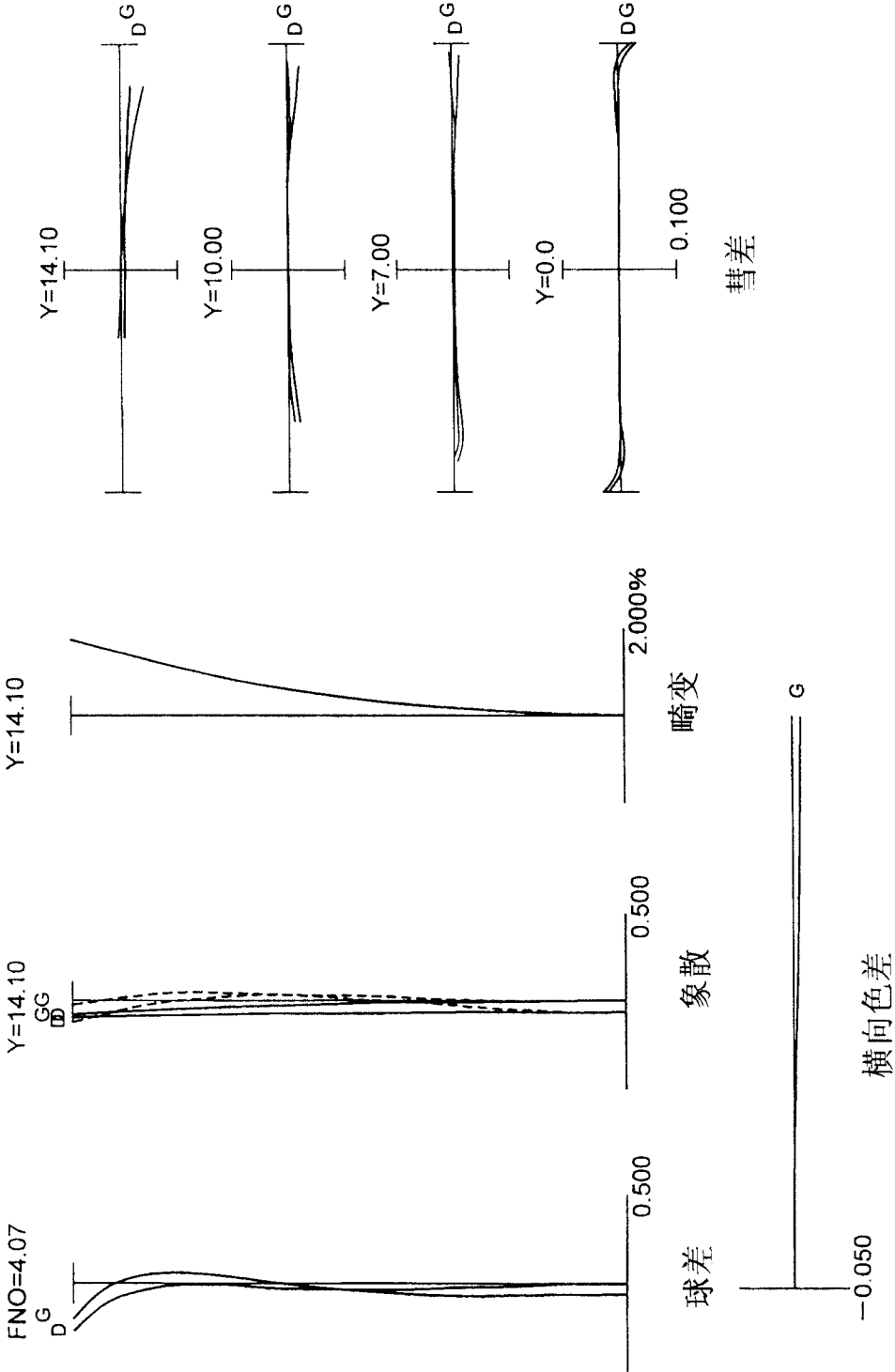


图52A

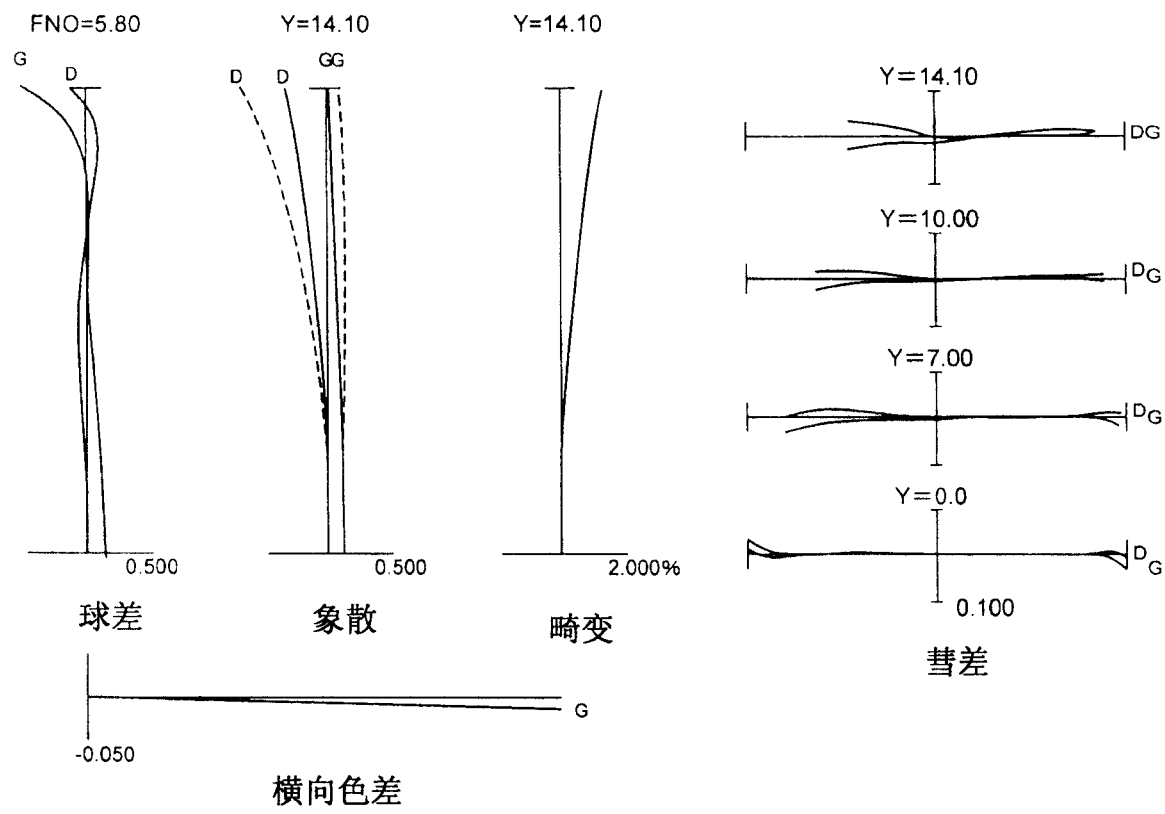


图52B

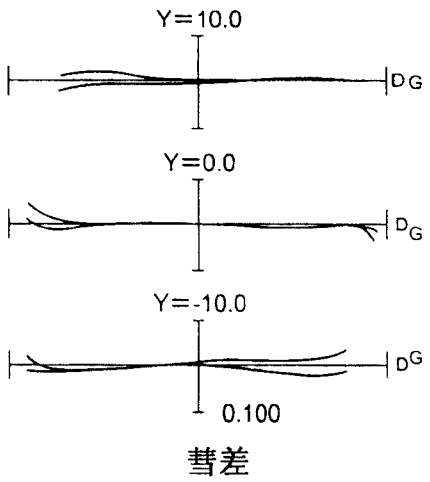


图53

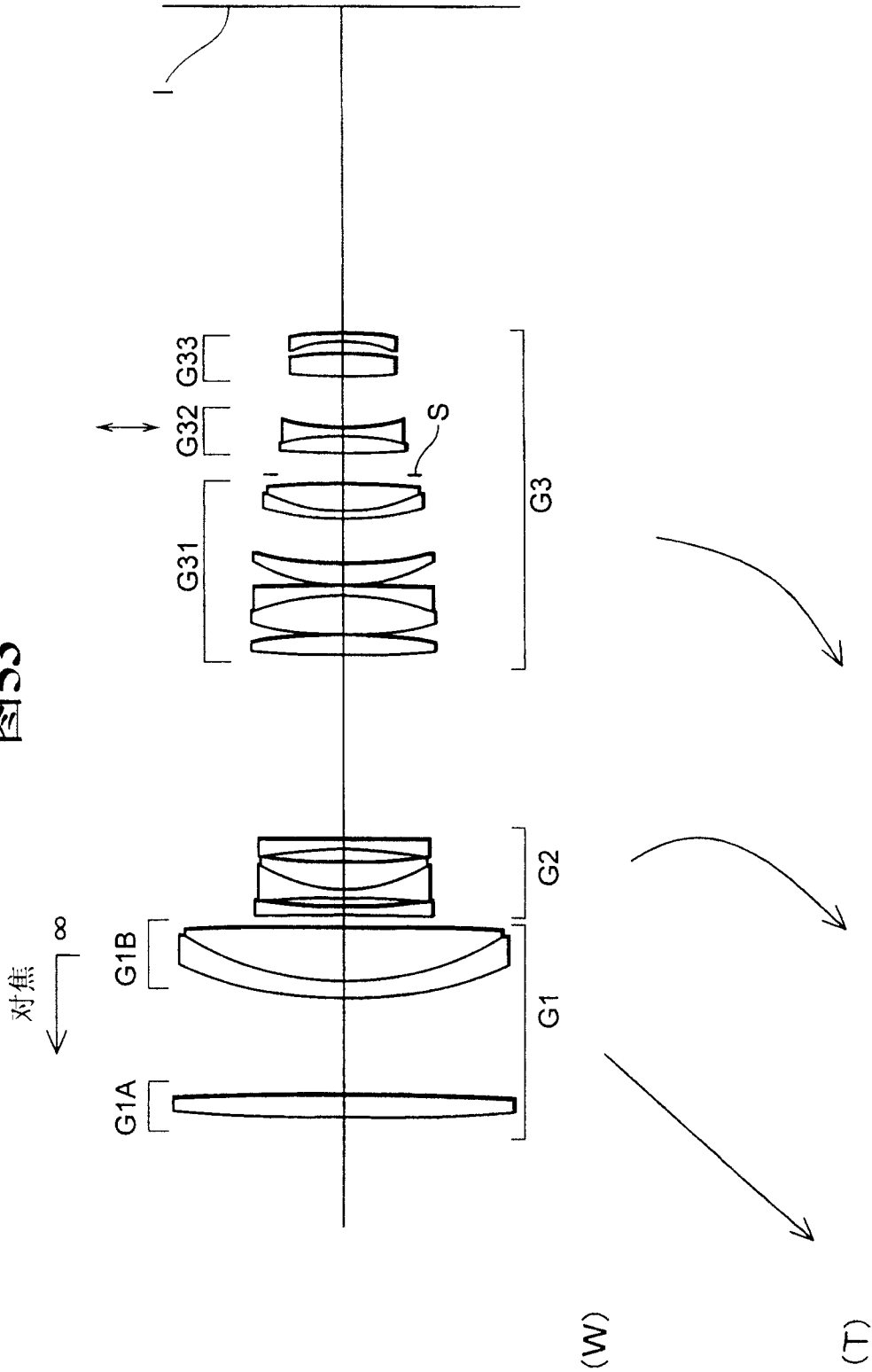


图54A

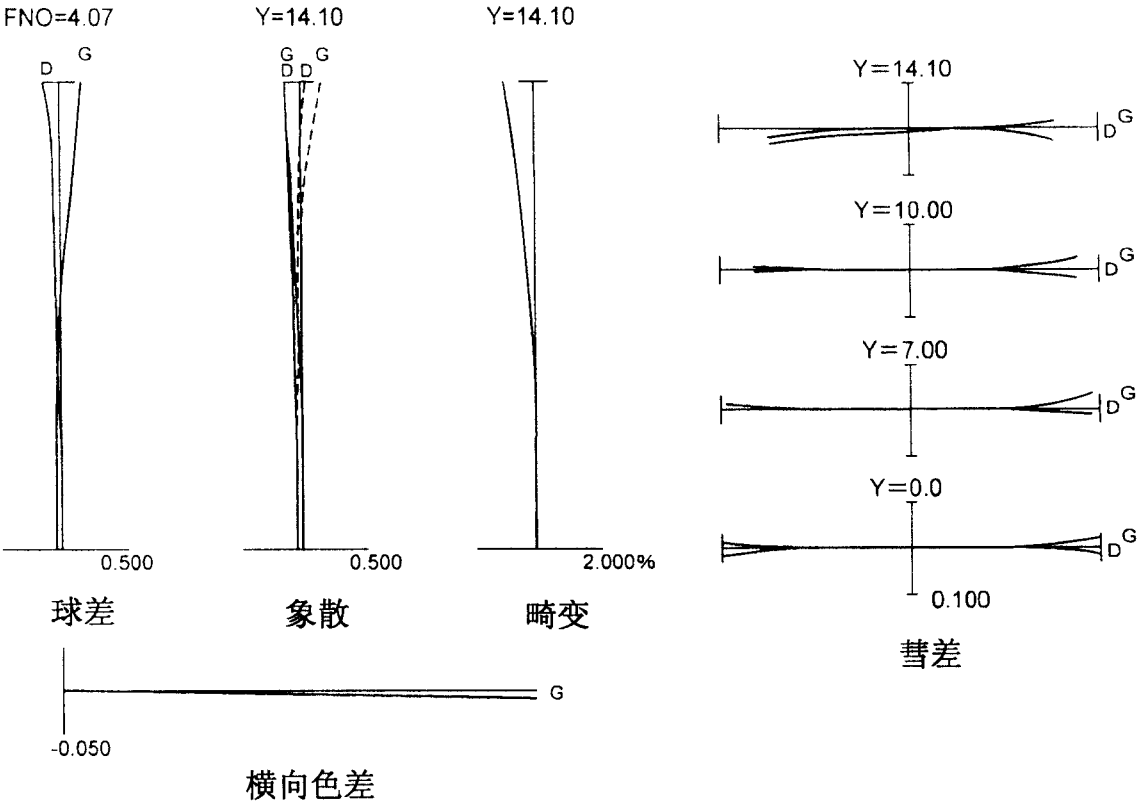


图54B

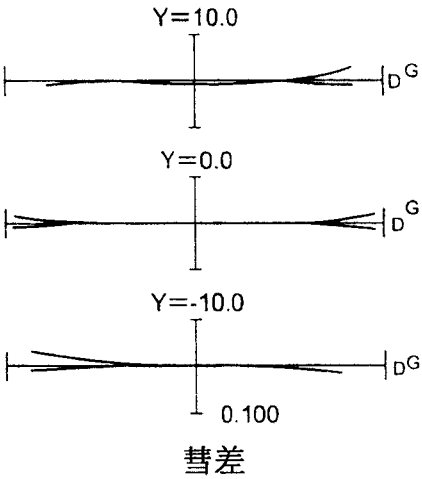


图55

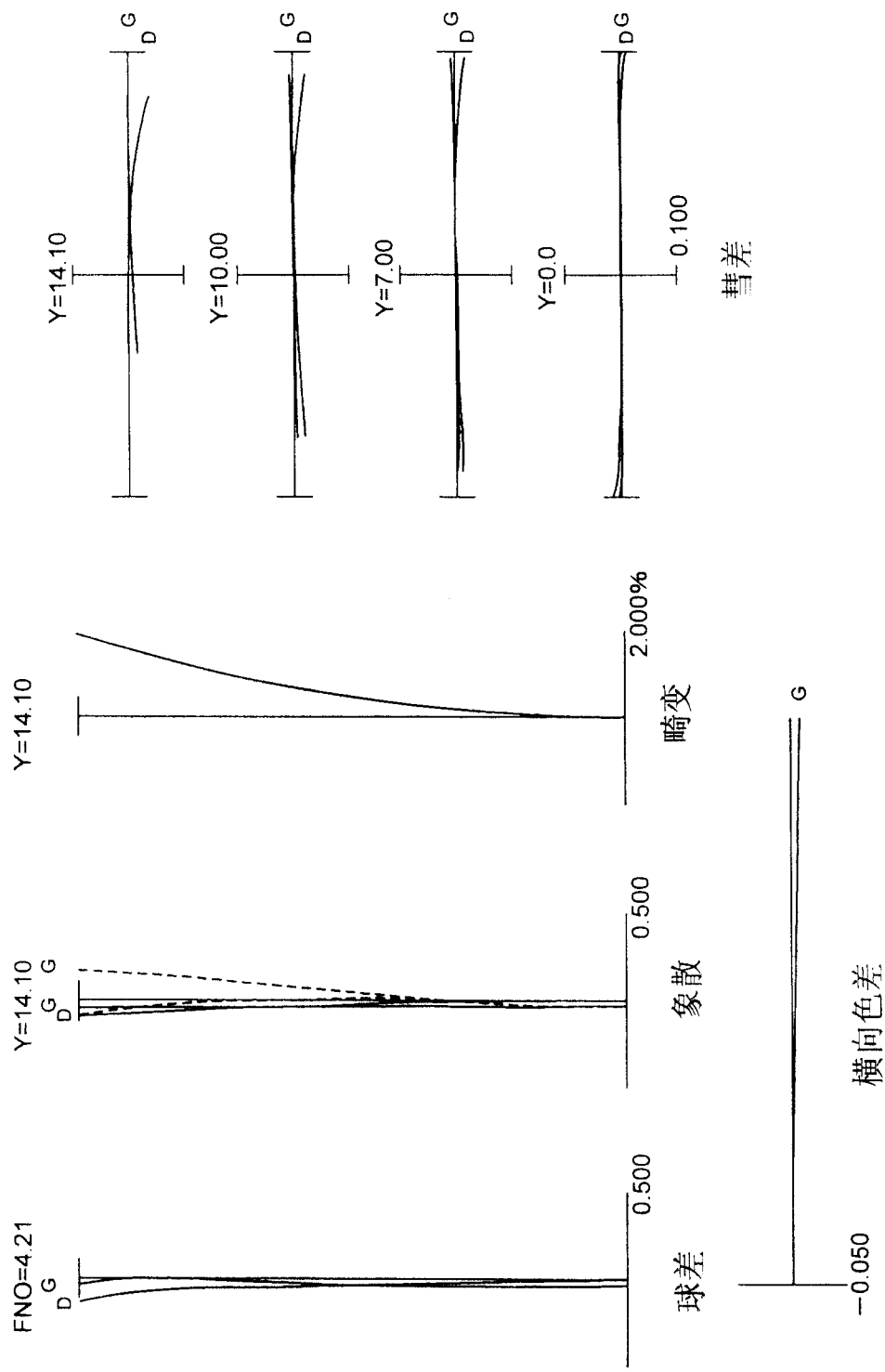


图56A

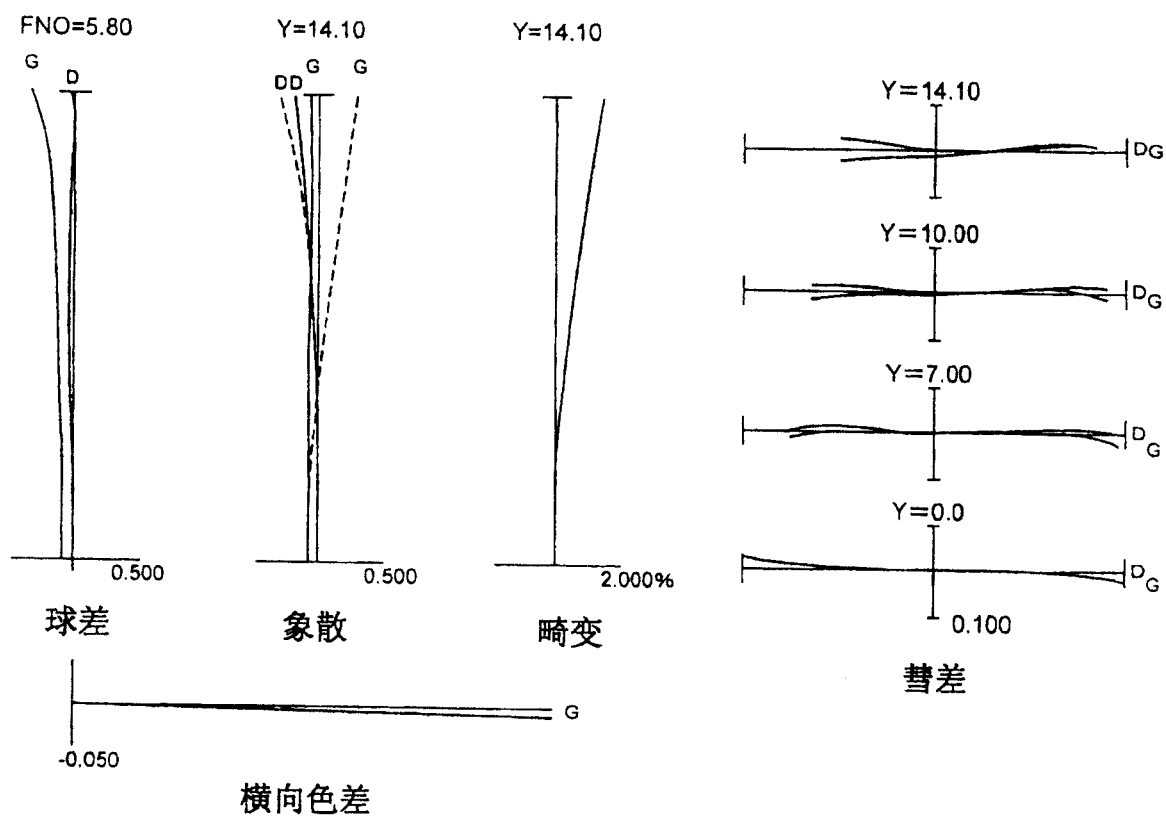
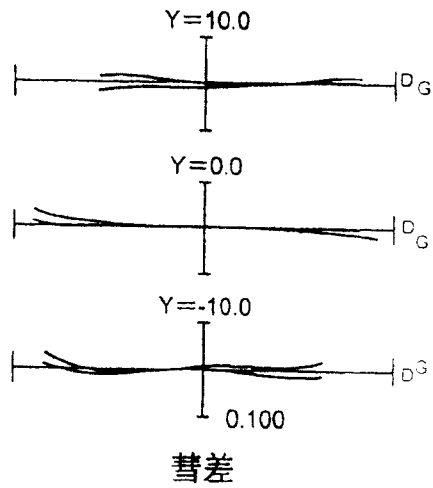


图56B



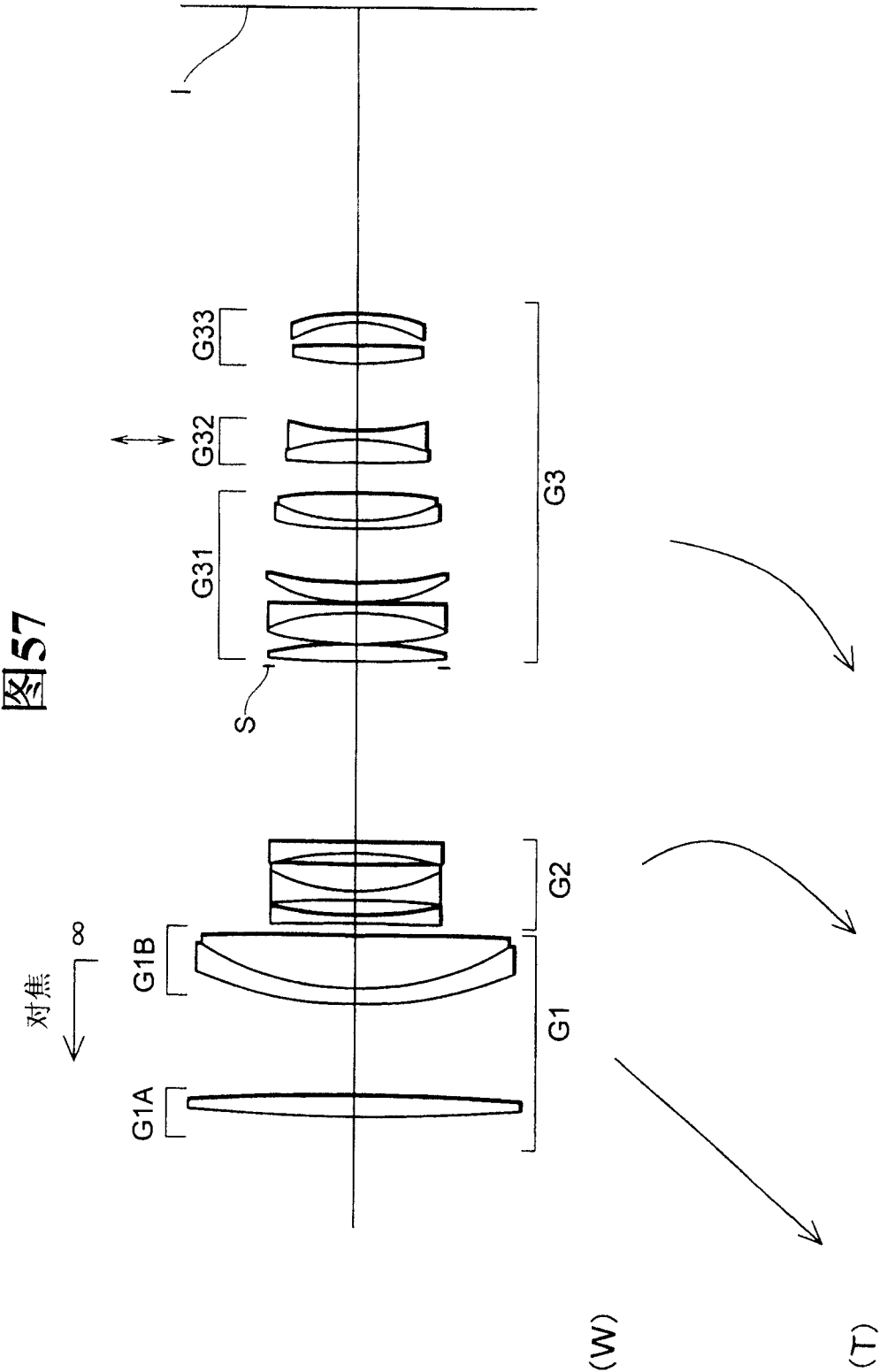


图58A

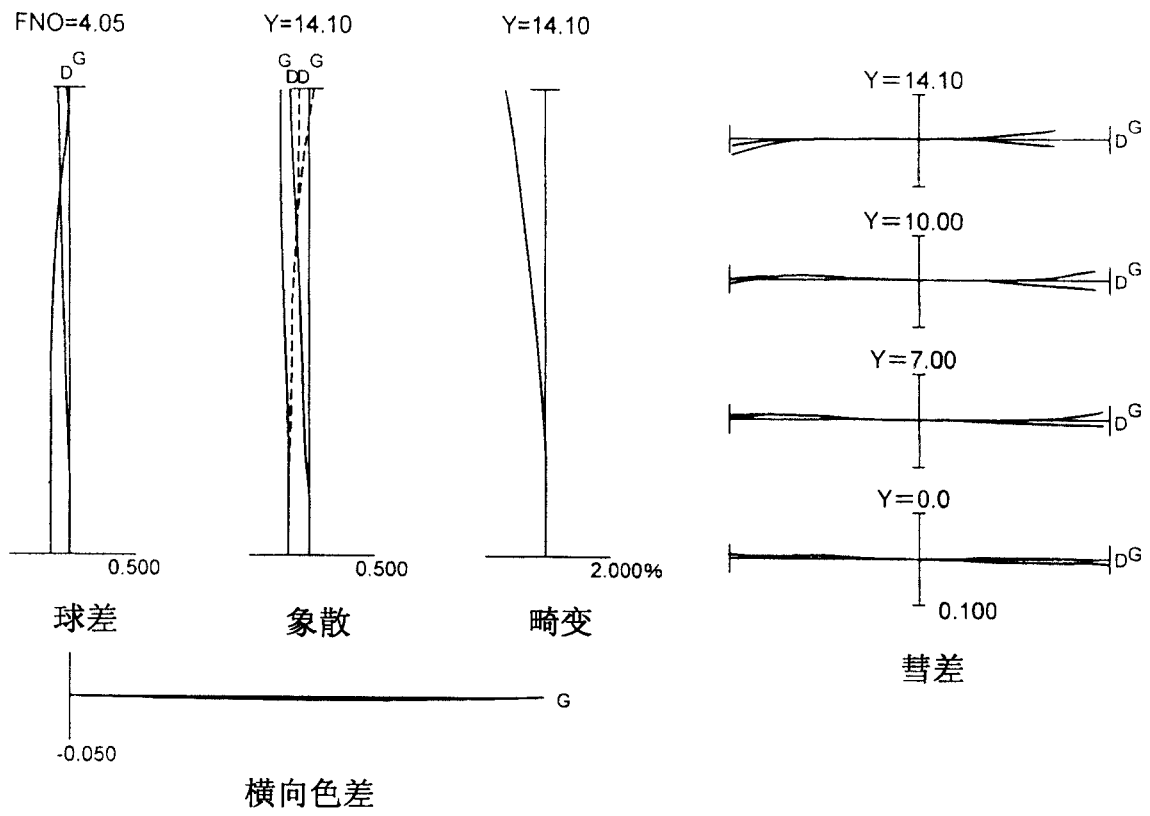


图58B

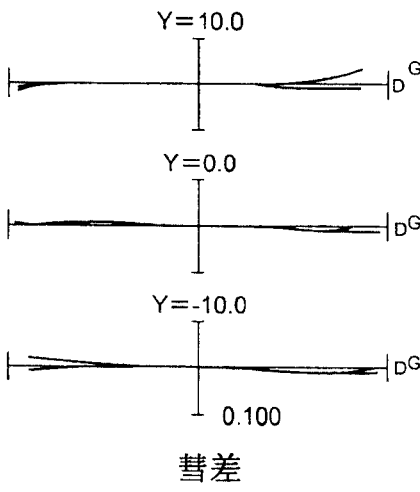


图59

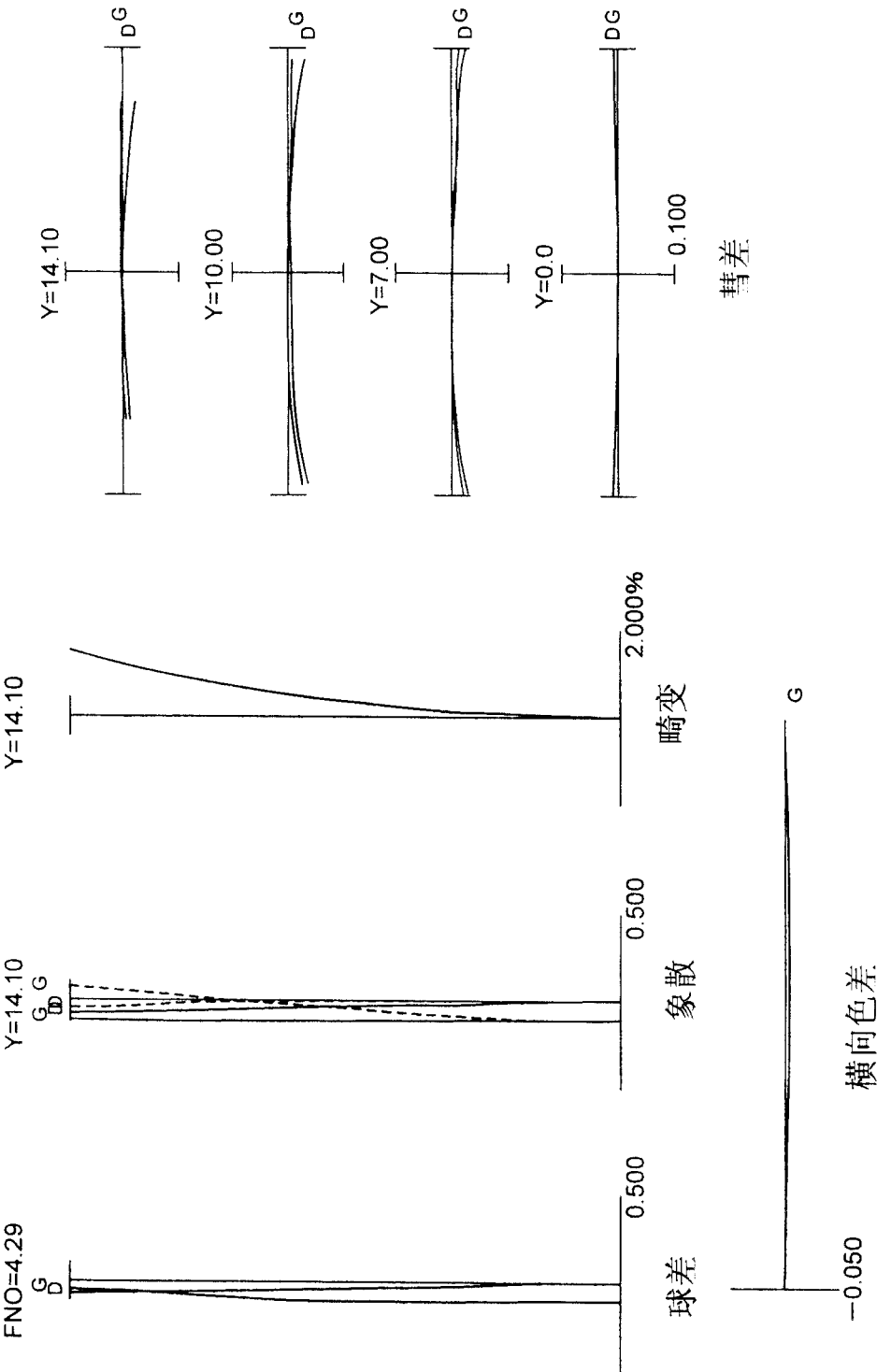


图60A

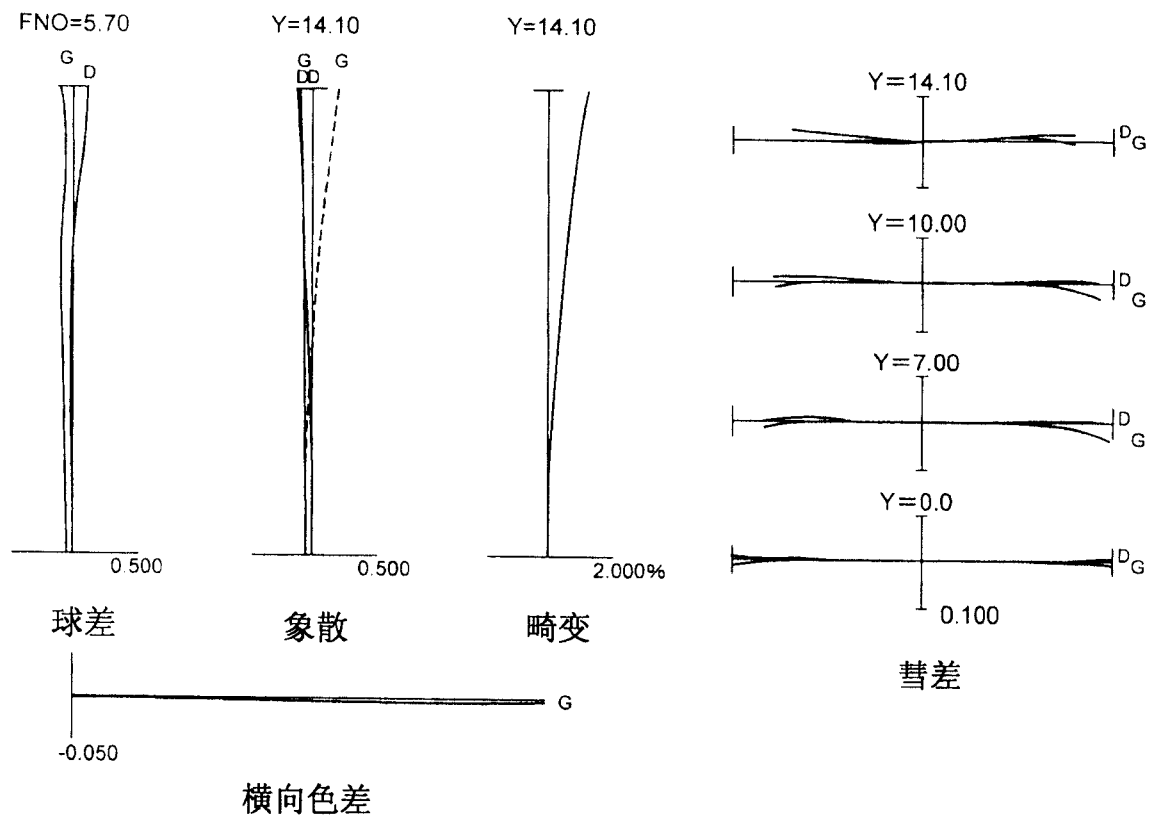


图60B

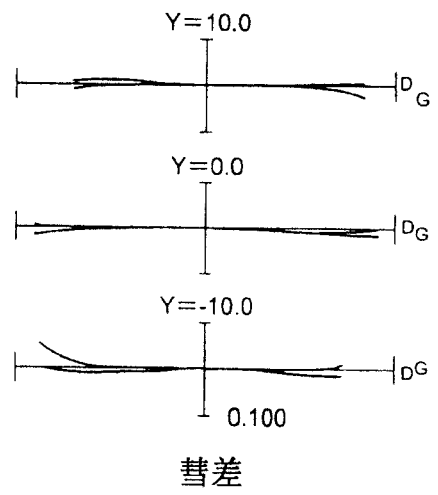


图61

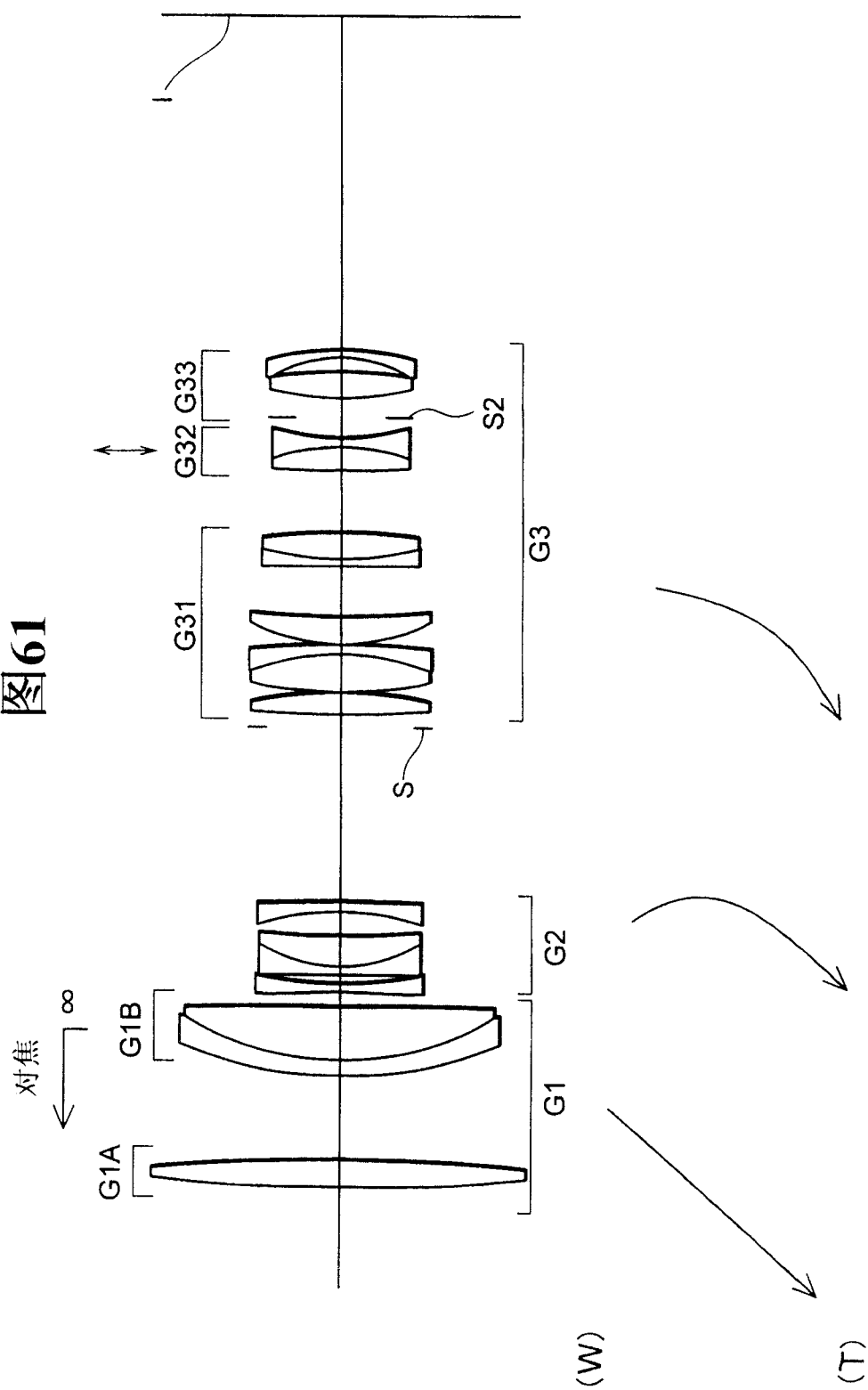


图62A

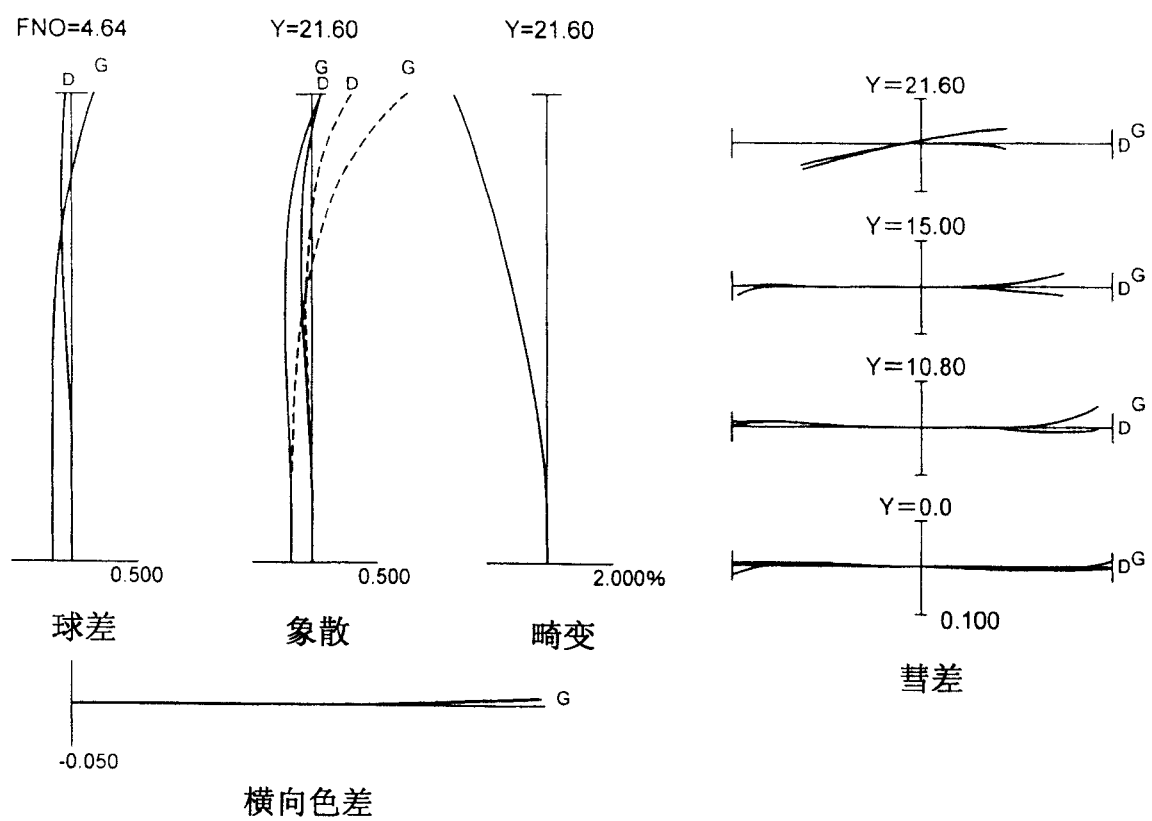


图62B

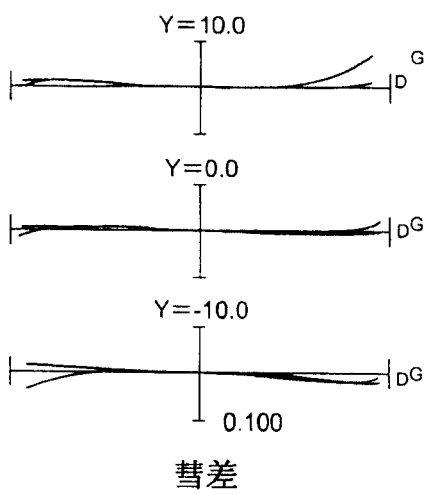


图63

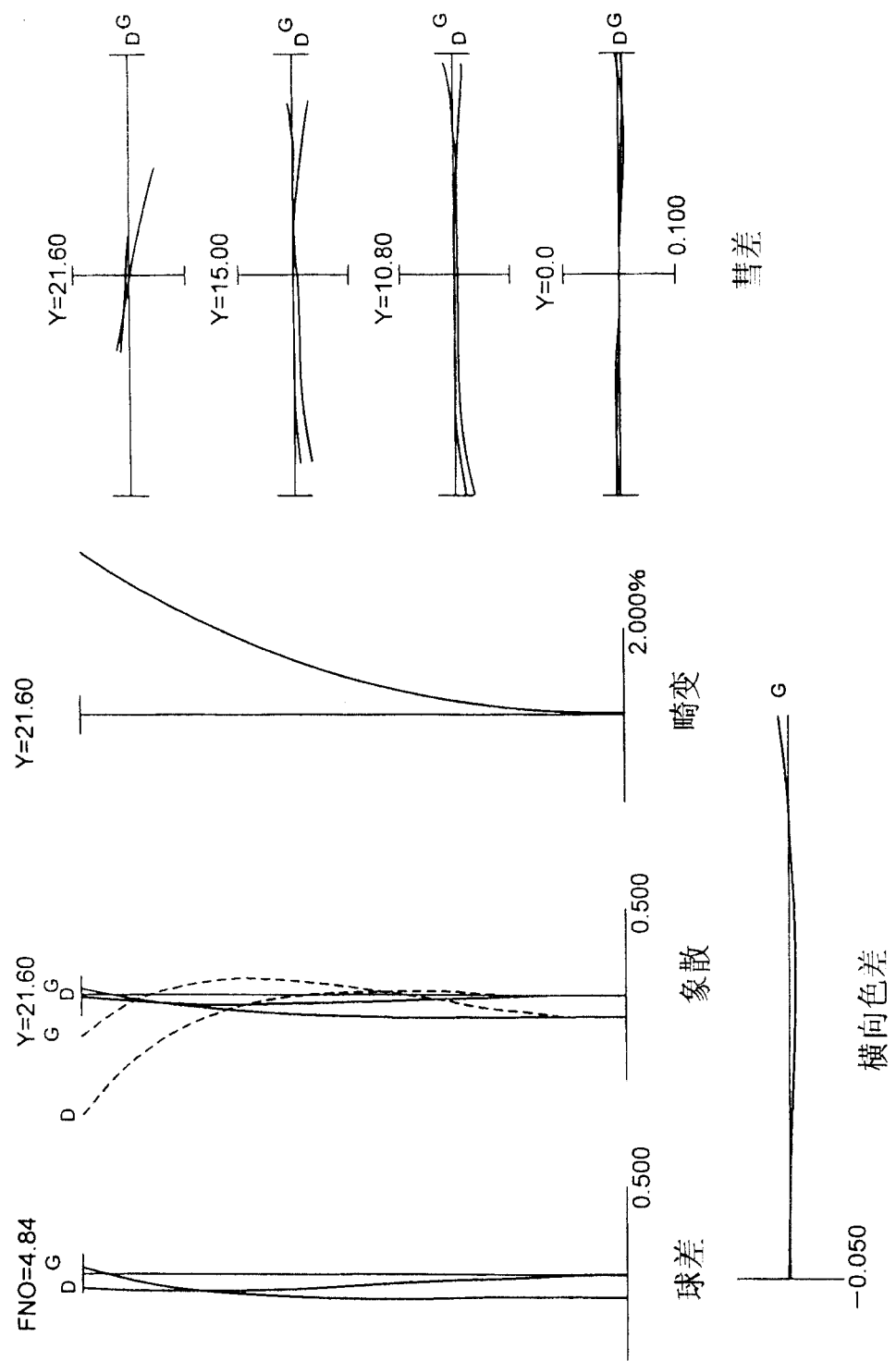


图64A

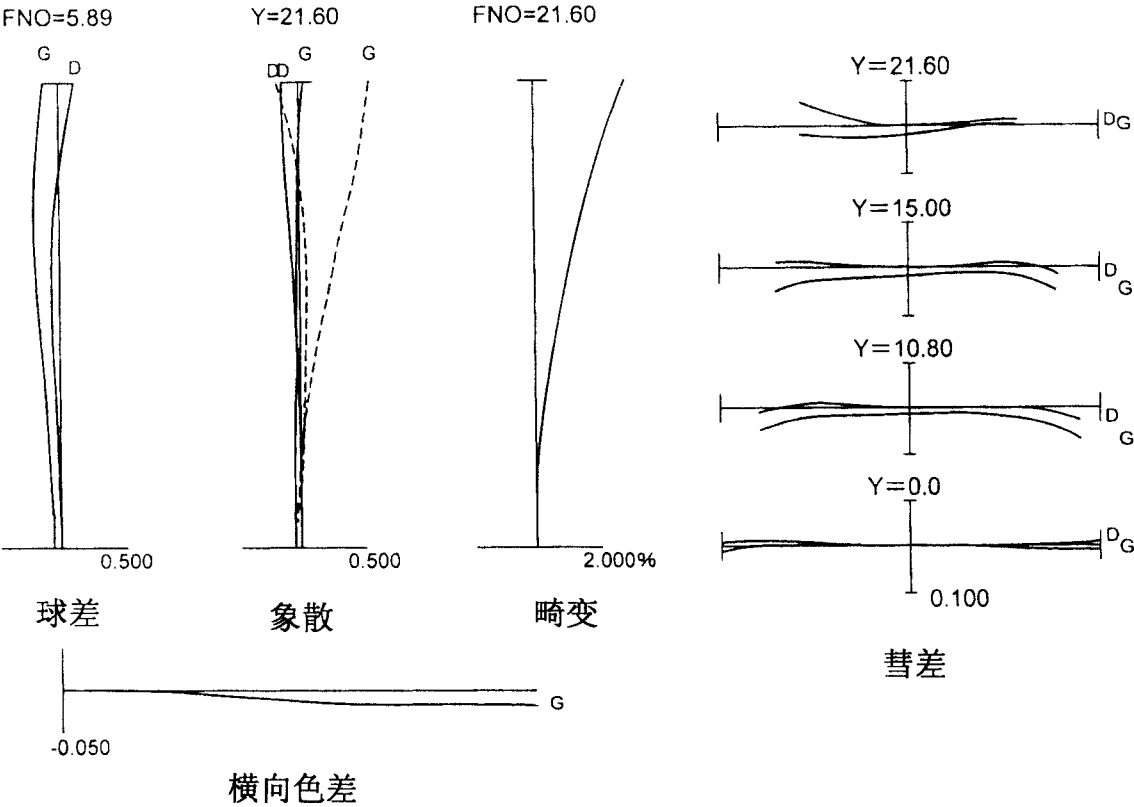


图64B

