

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G02C 7/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01117444.7

[45] 授权公告日 2007 年 4 月 18 日

[11] 授权公告号 CN 1311276C

[22] 申请日 2001.4.28 [21] 申请号 01117444.7

[30] 优先权

[32] 2000. 4. 28 [33] DE [31] 10020914.9

[73] 专利权人 卡尔·蔡斯基金会

地址 联邦德国布伦茨

[72] 发明人 科尔西·格哈德

赫尔姆特·维特西克

[56] 参考文献

WO9812590A 1998.3.26

EP0880046A 1998.11.25

DE19917314A 1999.10.21

EP0857993A 1998.8.12

审查员 吴坤军

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

代理人 李德山

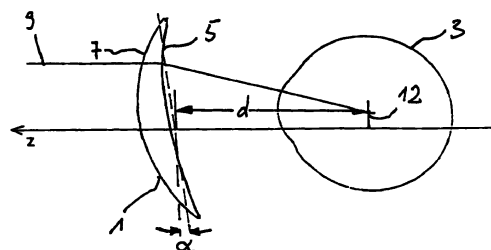
权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图 13 页

[54] 发明名称

眼镜透镜的制造方法、眼镜透镜以及眼镜透
镜组

[57] 摘要

提出了一种用于矫正眼镜配戴者视力缺陷的眼
镜透镜(1)，它包括面向眼镜配戴者眼睛(3)的透镜
面(5)和背向眼镜配戴者眼睛(3)的透镜面(7)，其
中面向眼镜配戴者眼睛(3)的眼镜透镜(1)的透镜面
(5)形状由球面或曲面构成，以便获得用于矫正视
力缺陷的眼镜透镜(1)的标称屈光放大率，其中确
定背向眼镜配戴者眼睛(3)的透镜面(7)的形状，以
便产生眼镜透镜(1)的多焦点特性。



1. 一种矫正眼镜配戴者视力缺陷的眼镜透镜(1)的制造方法, 其中所述眼镜透镜具有多焦点特性, 使得眼镜透镜的平均球面屈光度沿眼镜透镜(1)的远视参考点(13)和与之分隔开的近视参考点(15)之间的连线从远视参考点(13)处的一个值连续变化到近视参考点(15)处的另一个值, 其中该方法包括:

根据所述的一个值与另一个值之间的差值提供眼镜配戴者视野区域中球差和像散的预定分布,

提供眼镜透镜(1)的标称屈光度,

根据眼镜透镜的标称屈光度确定眼镜透镜(1)的第一透镜面(5)的形状,

确定眼镜透镜(1)的第二透镜面(7)的形状,

根据背对眼镜配戴者眼睛(3)的第二透镜面(7)的已确定的形状和面向眼镜配戴者眼睛(3)的第一透镜面(5)的已确定的形状制造眼镜透镜,

其中确定第二透镜面(7)的形状, 使完成的眼镜透镜(1)在视野区域中具有预定象差分布, 并且在视野区域内的相互对应的位置处, 使得已完成的透镜的像散分布和已完成的透镜的预定像散分布、或者已完成的透镜的球差分布和预定球差分布彼此之间相差一个小于 0.5 屈光度的差值, 其中这个视野区域的面积超过透镜表面积的 75%。

2. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中预定球差分布等于视野中预定的球面屈光度分布与减去标称球面屈光度的已完成眼镜透镜视野中的平均球面屈光度分布之间的差值。

3. 根据权利要求 2 的方法, 其中预定像散分布等于视野中预定散光度分布与减去标称散光屈光度的已完成眼镜透镜的视野中散光度分布之间的差值。

4. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中预定像散分布等于视野中

预定散光度分布与减去标称散光屈光度的已完成眼镜透镜的视野中散光度分布之间的差值。

5. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 其中眼镜透镜的第一透镜面是面向眼镜配戴者眼睛 (3) 的透镜面 (5), 第二透镜面是背对眼镜配戴者眼睛 (3) 的透镜面 (7)。

6. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 其中根据眼镜配戴者双眼 (3) 间的距离 (a) 确定第二透镜面 (7) 的形状。

7. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 其中根据眼镜配戴者眼睛 (3) 与眼镜透镜 (1) 之间的距离 (d) 确定第二透镜面 (7) 的形状。

8. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 其中根据在眼镜透镜 (1) 的预定使用位置上眼镜透镜 (1) 相对于眼镜配戴者视线的倾度 (α) 确定第二透镜面 (7) 的形状。

9. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 其中根据眼镜配戴者眼睛 (3) 与透过眼镜透镜 (1) 的近视参考点 (15) 进行观看时被观看的目标 (17) 之间的距离 (D) 确定第二透镜面 (7) 的形状。

10. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 其中根据眼镜透镜 (1) 的标称棱镜放大率确定第二透镜面 (7) 的形状。

11. 根据权利要求 1 到 10 中任一项所述的方法, 其中根据眼镜透镜 (1) 的期望厚度 (h) 确定第二透镜面 (7) 的形状。

12. 根据权利要求 1 到 4 中任一项所述的方法, 进一步包括: 根据预定象差分布提供背对眼镜配戴者眼睛的透镜面的基本形状, 其中第二透镜面 (7) 形状确定包括改变该基本形状。

13. 根据权利要求 12 所述的方法, 其中重复地减小通过模拟得到的球差和像散与标称多焦点特性所给定的球差和像散之间的偏差。

14. 根据权利要求1到4中任一项所述的方法，其中确定第二透镜面的形状，在视野区域内的相互对应的位置处，使得已完成的透镜的像散分布与已完成的透镜的预定像散分布、以及已完成的透镜的球差分布与预定球差分布彼此之间相差一个小于0.5屈光度的差值。

15. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法，其中所述差值小于0.25屈光度。

16. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法，其中所述差值小于0.1屈光度。

17. 根据权利要求1至4中任一项所述的方法，其中所述视野区域的面积超过透镜表面积的85%。

18. 一种眼镜透镜组，它包括多个眼镜透镜(1)，眼镜透镜组的每个眼镜透镜(1)包括：

矫正眼镜配戴者视力缺陷的标称屈光度，

多焦点特性，使得眼镜透镜的平均球面屈光度沿远视参考点(13)和之分隔开的近视参考点(15)之间的连线从远视参考点(13)处的一个值连续变化到近视参考点(15)处的另一个值，

其中眼镜透镜组的眼镜透镜(1)分别具有所述的一个值和另一个值之间的相同差值以及彼此不同的标称屈光度，

其中为了获得相应的标称屈光度，眼镜透镜的第一透镜面(5)的形状由球面或环面构成，其中眼镜透镜组的眼镜透镜(1)具有普通眼镜透镜第二透镜面(7)的基本形状，该透镜具有多焦点特性，以及

其中眼镜透镜组每个眼镜透镜(1)的第二透镜面(7)依据相应的标称屈光度与所述基本形状发生偏差，以在不同眼镜透镜(1)具有不同标称屈光度的情况下，获得由多焦点特性给出的视野区域中球差和像散的相同分布。

19. 根据权利要求18所述的眼镜透镜组，包括多对眼镜透镜(1)，其标称球面屈光度或散光度相差不到1屈光度。

20. 根据权利要求19所述的眼镜透镜组，其中所述标称球面屈光

度或散光度相差不到 0.5 屈光度。

21. 根据权利要求 20 所述的眼镜透镜组，其中所述标称球面屈光度或散光度相差不到 0.25 屈光度。

22. 根据权利要求 19 至 21 中任一项所述的眼镜透镜组，其中多对眼镜透镜 (1) 的背对眼睛的第二透镜面 (7) 具有不同形状。

23. 用于矫正眼镜配戴者视力缺陷的一种眼镜透镜，它包括第一透镜面 (5) 和第二透镜面 (7)，

其中眼镜透镜 (1) 的第一透镜面 (5) 的形状由球面或环面构成，以获得用于矫正视力缺陷的眼镜透镜 (1) 的标称屈光度，

其中确定第二透镜面 (7) 的形状，以形成眼镜透镜 (1) 的多焦点特性，使得平均球面屈光度沿眼镜透镜 (1) 的远视参考点 (13) 和与之分隔开的近视参考点 (15) 之间的连线从远视参考点 (13) 处的一个值连续变化到近视参考点 (15) 处的另一个值，

以及其中第二透镜面的形状进一步这样设计：

根据远视参考点 (13) 处的标称屈光度，或者

根据眼镜配戴者双眼 (3) 之间的距离 (a)，或者

根据眼镜配戴者眼睛 (3) 与预定使用位置处的眼镜透镜 (1) 之间的距离 (d)，或者

根据位于预定使用位置处的眼镜透镜 (1) 相对于眼镜配戴者视线的倾度 (α)，或者

根据眼镜配戴者的眼睛 (3) 和透过位于预定使用位置处的眼镜透镜 (1) 的近视参考点 (15) 进行观看时被观看的目标 (17) 之间的距离 (D)，或者

根据位于预定使用位置处的眼镜透镜 (1) 的标称棱镜度，或者根据眼镜透镜的厚度 (h)。

眼镜透镜的制造方法、 眼镜透镜以及眼镜透镜组

本发明涉及一种矫正眼镜配戴者视力缺陷的眼镜透镜 (spectacle lens) 以及包括多个这种眼镜透镜的眼镜透镜组。此外, 本发明涉及制造该种眼镜透镜的方法以及制造眼镜透镜组之眼镜透镜的方法。

矫正眼镜配戴者视力缺陷的眼镜透镜的特性在于矫正视力缺陷的标称棱镜度以及矫正视力缺陷的标称屈光度, 标称屈光度特别包括矫正标称球面视力缺陷的球面屈光度和矫正散光视力缺陷的标称散光度。为此, 必须限定透镜的球面切割 (cut) 和柱面和/或曲面切割的程度及其取向。另外, 在许多情况下, 这种眼镜透镜也具有多焦点特性, 该特性能在眼睛从观看远处目标变到观看近处目标时补偿缺乏的适应能力。为该目的, 眼镜透镜具有所谓远视参考点和所谓的近视参考点, 该两个参考点被间隔开来, 当观看远处目标时, 眼镜配戴者的视线穿过远视参考点区域的眼镜透镜, 当观看近处目标并使视线向下延伸时, 视线穿过近视参考点区域的眼镜透镜。近视参考点处眼镜透镜的平均屈光度与远视参考点处的平均屈光度相差预定值, 其被称之为“增量 (addition)”。因此, 与特定配戴者相适应的眼镜透镜特性至少具有以下参数: 标称屈光度, 可选地其取向和所希望的增量。

球面屈光度和散光度通常表示为屈光度, 屈光度通常四舍五入成最接近的屈光度的四分之一。

此处所用的术语“平均球面屈光度”定义为第一和第二主切割的平均值, 例如, 如 DIN58208, part 1 - 25 中对此所作的描述。

由于至少所要采用特性参数的多样性以及不同眼镜配戴者之间参数的个性差异, 显然眼镜透镜的自动化制造需要很大灵活性, 应尽可能关注表征眼镜透镜特性的参数。

从 EP0857993A2 中已经知道了矫正眼镜配戴者视力缺陷的眼镜

透镜，其所述透镜同样显示出多焦点特性。在所述传统眼镜透镜中，背向配戴者眼睛的透镜面是球面或旋转对称的非球面设计。用于矫正不同视力缺陷的多个眼镜透镜具有共同背向眼睛的这种透镜面形状，以便即使在个性化批量生产中至少容易制造该透镜面。由面向配戴者眼睛的透镜面提供视力缺陷矫正，即提供球面和/或曲面割线以及多焦点特性。

已经发现已知眼镜透镜具有以下缺点：特殊不同视力缺陷组合的眼镜透镜的共同制造导致过厚的眼镜透镜，需要提高眼镜透镜的成像质量。

因此，本发明的一个目的是提供一种用于矫正不同视力缺陷的眼镜透镜，它能够将良好的成像特性和眼镜透镜的批量生产结合在一起。另外，本发明的一个目的是推荐一种眼镜透镜组，该透镜组的每个部分补偿不同的视力缺陷，同时能在批量生产中进行共同生产，并保持相对良好的成像质量。

此外，本发明的一个目的是提供制造该种眼镜透镜和眼镜透镜组的方法。

根据第一方面，本方明提供一种矫正眼镜配戴者眼睛缺陷的眼镜透镜，该眼镜透镜包括面向眼镜配戴者眼睛的透镜面和背向眼镜配戴者眼睛的透镜面。

优选地，面向眼睛的透镜面直接起到矫正视力缺陷的作用，因此其形状仅由球面和/或环面限定，这样结果是，产生补偿眼镜配戴者的视力缺陷的标称屈光度。

优选地，背向眼睛的透镜面功能包括：一方面，提供多焦点特性，以及在另一方面，补偿某种成像变化，该成像变化是由于面向眼睛的透镜面提供的视力缺陷矫正和背向眼睛的透镜面提供的多焦点特性之间的相互作用，该成像变化还由眼镜透镜相对于眼镜配戴者的具体几何位置和多焦点特性之间的相互作用造成。由眼镜透镜相对于眼镜配戴者的几何位置引起的变化特别包括以下参数：

- 眼镜配戴者两眼之间的距离。

如果当眼镜配戴者观看远处目标时其视线穿过眼镜的远视参考点，以及，当他观看近处目标时其视线穿过眼镜的近视参考点，则眼镜配戴者随意可觉察到眼镜透镜的多焦点特性。已经发现，如果近视参考点相对于远视参考点对于大眼距的眼镜配戴者比对于小眼距眼镜配戴者更向内偏移，就能更好地满足该需要。

- 眼镜配戴者配戴眼镜透镜（即眼镜位于其使用位置）时眼睛与眼镜透镜之间的距离。

已经发现，眼睛和眼镜透镜之间的距离同样影响眼镜配戴者多焦点特性的效果，因此，向背向眼睛透镜面提供矫正设计以使眼镜配戴者觉察到尽可能理想的多焦点特性。在该方面，在矫正视力缺陷矫正和多焦点特性间相互作用的校正中结合该距离是特别有利的，另外，为限定远视参考点和近视参考点相对彼此的位置，考虑眼距和眼睛与眼镜透镜之间的距离也是有利的。

- 当眼镜配戴者的视线例如穿过远视参考点投向远处目标时眼镜透镜相对于眼镜配戴者的倾度。

也可用已知眼镜透镜的倾度来减小由眼镜透镜变化引起的视力缺陷矫正与多焦点特性之间相互作用的变化。

- 眼镜配戴者眼睛与近处区域内被观看的目标之间的优选距离

为使配戴者在从远距离观看变到近距离观看时能感到舒适的观看，眼镜透镜或眼镜配戴者的眼睛结合近处区域内目标的优选距离作为背向眼睛的透镜面设计中的矫正，由此眼镜透镜的成像质量也可能受到有利影响。

- 如果视力缺陷补偿也包括眼镜透镜的标称棱镜度，就补偿而言，在设计背向眼睛的透镜面时考虑到眼镜透镜的标称棱镜度和多焦点特性之间的相互作用也是有利的。

- 眼镜透镜的厚度

根据眼镜透镜所希望的眼镜架设计和直径，需要不同厚度的眼镜透镜。例如，可在原始参考点或透镜中心限定透镜厚度。在该方面，同样有利的是，在考虑上面提到的变化时要考虑厚度。

由此，在根据本发明的眼镜透镜中，两个透镜面中的一个透镜面具有仅由球面和环面构成的表面形状。该表面形状在批量生产中比较容易制备，其中，然而，通过利用适当设计的磨削工具进行磨削使每个眼镜透镜能制备有不同的球面或环面。背向眼睛的透镜面具有更为复杂的形状，这是因为，一方面，该透镜面要提供多焦点特性，另一方面，它要提供视力缺陷矫正与多焦点特性之间相互作用的上述补偿以及眼镜透镜相对于眼镜配戴者位置方面的最佳化。

该眼镜透镜特别适合于自动化批量生产，在该生产中，每个所生产的眼镜透镜制备有用于矫正多样眼镜配戴者不同视力缺陷的面向眼睛透镜面的个性设计。

因此，根据本发明的第二方面涉及制备包括多个眼镜透镜的眼镜透镜组，其中，眼镜透镜特别适于个体批量生产。本发明的眼镜透镜组是基于多焦点特性的通用设计。在给定近视参考点和给定远视参考点以及近视参考点和远视参考点处平均屈光度的差值（“增量”）的基础上，所述设计包括眼镜配戴者视野中散光和球差的特定分布。由于多焦点特性，该球差和像散的分布成为该眼镜透镜组的特性并使其与其他眼镜透镜组相区别。另一方面，眼镜透镜组的各部分之间在视力缺陷矫正方面（即在标称屈光度或/和标称棱镜度方面）存在差异，但它们基本上显示出相同或相似的多焦点特性。这种眼镜透镜与眼镜透镜组一样特别适于共同生产。

存在多对眼镜透镜组的个体构件，其在标称球面或/和散光度方面存在差别，该差别小于1屈光度，特别是小于0.5屈光度，更特别是小于0.25屈光度。

由此，1屈光度、0.5屈光度和0.25屈光度分别是“屈光距”，在考虑标称球面和散光度时将该屈光距提供给眼镜透镜组的眼镜透镜。

尽管视力缺陷矫正的功能是面向眼睛透镜面形状的结果，并且眼镜透镜组构件的多焦点特性实质上相同或相似，该多焦点特性由背向眼睛的透镜面提供，但背向眼睛眼镜透镜的透镜面在形状上仍然不同。这是由于多焦点特性的设计导致了背向眼睛透镜面的基本形状。

然而，该基本形状接着被修正，以便在多焦点特性方面分别考虑不同标称球面、散光和棱镜度的作用，并对其产生影响，这样配戴者眼镜透镜组多焦点特性的作用实质上相同或相似。

背向眼睛透镜面基本形状的修改也最好包括上面提到的参数：眼镜配戴者的眼距、和/或眼镜透镜与眼睛之间的距离、和/或眼镜透镜相对于视线的倾度、和/或在近处区域被观看的目标与眼睛或眼镜透镜间的优选距离、和/或矫正另一视力缺陷的眼镜透镜的标称棱镜度、和/或眼镜透镜的厚度。

现在根据实施例并参照附图对本发明作进一步详细描述。

图 1 是表示本发明眼镜透镜位于眼镜配戴者眼睛前方位位置的示意图，

图 2 是表示通过本发明的眼镜透镜观看近处区域目标的示意图，

图 3 是表示图 1 所示眼镜透镜多焦点特性的一个设计的视野中像散，

图 4 是表示图 1 所示眼镜透镜多焦点特性设计的对应于图 3 的视野中球差，

图 5 是根据本发明眼镜透镜组的一个实施例、说明背向眼睛透镜面的基本形状的曲面坐标表，

图 6 是说明与具有较低标称散光度眼镜透镜组的眼镜透镜的基本形状相偏离的坐标表，

图 7 是说明依据图 6 具有偏差的眼镜透镜的曲面坐标表，

图 8 是说明与具有相对较高标称散光度眼镜透镜组的眼镜透镜的基本形状偏离的坐标表，

图 9 是说明依据图 8 具有偏差的眼镜透镜的曲面坐标表，

图 10 表示视野中希望而又不可能实现的平均球面屈光度的理想分布，以及

图 11 表示接近实际的眼镜透镜视野中平均球面屈光度的希望分布。

图 1 是表示位于眼镜配戴者眼睛 3 前方的本发明眼镜透镜 1 位置

的示意图。眼镜透镜 1 包括面向眼睛的透镜面 5 以及背向眼睛的透镜面 7。该图进一步示意性说明了光束 9 穿过眼镜透镜 1 射入眼睛 3 中心 12 的光路。透镜 1 通常为弧形，这是眼镜透镜的一般惯例，由此透镜面 7 为凸形，因此透镜面 5 为凹形。

面向眼睛的透镜面 5 实质上适于矫正 0.5 屈光度的散光视力缺陷，其相应柱面轴以相对于法线 90° 的角度定向。将相应柱面切割引入透镜面 5。

背向眼睛的透镜面 7 适于向眼镜透镜 1 提供多焦点特性。图 10 示出了眼镜透镜 1 多焦点特性可行的所希望的理想设计。该图示出了透镜中心 11、眼镜配戴者视野中的远视参考点 13 和近视参考点 15，并说明了视野中眼镜透镜平均球面屈光度的分布。

在此，如果眼镜配戴者的视域近似水平指向并投向远方，则眼镜配戴者的视线穿过远视参考点 13 的周边区域。如图 2 所示，如果聚焦近处目标 17 使视线朝下，则视线穿过近视参考点 15。

由图 2 和 10 的表示可清楚看到，近视参考点 13 和远视参考点 15 不仅在垂直方向上彼此分隔开，而且近视参考点 15 相对于远视参考点 13 水平向内（即朝眼镜配戴者的鼻子方向）偏移了距离 V。

远视参考点 13 处眼镜透镜的平均球面屈光度与近视参考点 15 处平均球面屈光度相差 2 个屈光度，即所谓的“增量”为 2.0。

图 10 中显而易见的是，平均球面屈光度沿着远视参考点 13 和近视参考点 15 之间的连线从远视参考点到近视参考点连续增大，视野中相同球面屈光度的连线近似水平延伸。

为了不产生任何成像畸变，如果可能，渴望依据图 10 提供多焦点特性的希望理想眼镜透镜除显示出矫正眼镜配戴者视力缺陷用的标称散光屈光度之外，还显示出视野中所有位点处为零（Zero）的散光度。

这种理想眼镜透镜，该眼镜透镜除显示出矫正视力缺陷用标称曲面放大率以外还显示依据图 10 的平均曲面放大率的理想分布，以及，除显示出矫正视力缺陷用的标称散光度外还显示出为零的理想散光

度，该散光度仅是依据原理性的，它不可能实现。

图 11 表示眼镜透镜的所希望多焦点特性的更为实际的设计，所述图表示在减去矫正视力缺陷的标称曲面放大率后相同的平均曲面放大率的连线。现在如果想实现图 11 所示眼镜透镜中（其中视野所有位点处的散光度为零）平均球面屈光度的渴望分布，并期望矫正视力缺陷用的标称散光度，这也仅是依据原理而不可能实现的。原因是如果试图改变视野中位置依赖性的平均球面屈光度，就会在视野中自动产生像散。

假设根据图 11 的渴望平均曲面放大率分布和视野中每处为零的散光度是显示多焦点特性的眼镜透镜的理想设计目标。由于其不可能实现，所以散光度方面的象差分布和视野中平均球面屈光度方面的象差分布进一步发展，配戴者只要愿意都能觉察到这些象差分布。图 3 中示出了散光度象差的可能分布，图 4 中示出了视野中球差的可能分布。

如果直接在近视参考点和远视参考点的区域内象差非常小，如果在远视参考点 13 上方的相对较宽区域内象差比较小，如果在远视参考点 13 和近视参考点 15 之间的通道型连接区域内象差同样较小，以及如果在近视参考点 15 下方的略微扩展区域象差同样比较小，眼镜配戴者只要愿意通常都能觉察到多焦点特性的设计。与这些区域相比，其它区域中的象差略微增大（参见图 3 和 4）。

通过至少在透镜标称散光度方面与透镜 1 不同的其它透镜的复合提供透镜 1（如图 3 和 4 所示）多焦点特性的这种设计。具有不同标称屈光度的这些眼镜透镜与普通多焦点特性结合形成根据本发明的眼镜透镜组实施例。背向眼睛的眼镜透镜透镜面 7 具有普通基本形状，该基本形状实际上被设计成能提供普通的多焦点特性。此外，背向眼睛的透镜面 7 与所述基本形状发生偏差，以便能考虑到多焦点特性和标称屈光度之间的相互作用，以及进一步考虑多焦点特性与位于眼镜配戴者眼睛 3 前方的眼镜透镜 1 空间位置之间的相互作用。作为眼睛 3 前方透镜 1 位置特性的参数是透镜 1 与眼睛中心 11 的距离、透镜相

对于视线直接穿过透镜方向的倾度 α 、眼镜配戴者双眼 3 的眼睛中心 12 之间的距离、以及当以只要愿意就能觉察的距离在较近区域观看目标时眼睛 3 与被观察的目标 17 之间的距离 D 。

可借助于最佳化计算考虑上面提到的参数为要制造的眼镜透镜的每个特殊样品确定其与基本形状的偏差，以便能充分获得作为眼镜透镜组的多焦点特性。

最佳化计算可按下述方式进行：

首先，将标称多焦点特性作为基础，该基础由视野中球差和像散的理想分布确定，例如如图 3 和 4 所示。视野中散光和球差的分布分别对应于将被制造的透镜散光和平均球面屈光度与渴望而不能实现的理想透镜的散光和平均球面屈光度的偏差。例如，所希望的理想透镜可显示出图 11 或甚至图 10 中所示的平均球面屈光度分布。

其次，即采用射线跟踪法确定透镜视野位点复合的球面和散光度，其中射线跟踪法包括跟踪光束从目标穿过眼镜透镜进入模拟眼镜配戴者的眼睛，该透镜背向眼睛的透镜面具有基本形状，而其面向眼睛的透镜面是预备好的，由此获得标称屈光度。

然后，在视野不同位点处进行模拟得到的平均球面屈光度和散光度的值分别减去矫正视力缺陷用的标称球面屈光度和散光屈光度。接着不同位点处得出的球面屈光度和散光度分别减去位于相应位点处的渴望理想透镜的球面屈光度和散光度。作为其结果，就得到了视野中球差和像散的分布，该分布首先分别偏离了图 4 和图 3 所示的分布。最佳目标是，修正背向眼睛的透镜面形状，以使视野中经计算的球差和像散分布分别与图 4 和图 3 中示出的分布充分对应。为此，对背向眼睛并由上述基本形状得出的透镜面进行修正，以便减小通过模拟得到的球面以及像散值与标称多焦点特性给出的象差值之间的偏差（参见图 3 和 4）。

其后，在接下来的最佳化计算步骤中，将背向眼睛的新透镜面作为基础，该基础包含了经确定的偏差。接着确定新的偏差，并再次校正背向眼睛的透镜面。重复该步骤，直至标称多焦点特性与经计算的

透镜所具有的多焦点特性之间的偏差足够小。

例如，标称多焦点特性与最佳眼镜透镜球差和像散之间的差值可用作该目的的标准，视野区域所有位点处的差值必需保持在该差值以下。该差值优选为 0.5 屈光度，特别是 0.25 屈光度，更优选为 0.1 屈光度。视野区域或在此所考虑的透镜面包括了超过 75% 的透镜面，特别是超过 85% 的透镜面，更为优选的是超过 95% 的透镜面。

图 5 以表格形式说明了本发明眼镜透镜组一个实施例的基本形状曲面坐标，即具有 2.0 增量的多焦点特性所具有的曲面坐标。列对应于每 2.5mm 距离处测量点的 X 坐标，行对应于同样 2.5mm 距离处测量点的 Y 坐标，表项目对应于基本形状表面的 Z 坐标，该坐标以 mm 计。

在测试人员帮助下能根据经验改进基本形状的这种设计，该设计具有图 3 和 4 所示的球差和像散分布。

也可以测量眼镜配戴者感觉有益的已有眼镜透镜，以便由此获得已有眼镜透镜的球差和像散分布，并由此得出作为制作深度眼镜透镜基础的基本形状。

图 6 是相对应于图 5 表格的表格表示法，其透镜表面与背向眼睛的眼镜透镜 1 的透镜面 7 的基本形状相比存在偏差，该偏差具有 0.0 的标称球面屈光度和 0.5 屈光度的标称散光度，其轴方位的角度为 90°，透镜直径为 70mm。通过最优化方法可数值化地确定这些偏差，以便最终能充分获得图 3 和 4 中示出的偏差，并考虑到了标称屈光度以及任选的上述参数 d 、 α 、 a 、 D 以及透镜厚度。据本实施例所涉及的，可将典型眼镜配戴者的平均值用于参数 d 、 α 、 a 、 D 。

可得到用于深度眼镜透镜的并与图 3 和 4 所示象差非常接近的象差，该深度眼镜透镜同样是上述眼镜透镜组的一部分，并具有 -3.0 屈光度的标称球面屈光度以及 4.0 屈光度的标称散光度，其轴方位为 60°，透镜直径为 70mm。该透镜与依据图 5 的透镜基本形状的偏差示于图 8 的表格中，其中该眼镜透镜透镜面的完成形状背向眼睛，该完成形状是图 5 基本形状的组合体，图 8 的偏差示于图 9 中。

例如，车削加工适合于背向眼睛眼镜透镜的制造，在加工过程中，为去除透镜材料并最终制造出透镜面的形状，将眼镜透镜固定在转盘上，车刀相对于转盘从径向内部位置向径向外位置运动，同时车刀在对应于透镜面 7 曲面坐标的轴线方向上下运动。其后，对透镜面进行磨削加工和/或抛光加工。由于该磨削和抛光工序引起了遍及整个透镜面不是必然均匀的材料损失，所以考虑到这些在磨削或抛光工序中产生的非均匀损耗材料，就在已知容易遭受较高材料损耗的那些位置用多余材料形成车刀加工的表面。

在上面的描述中，将面向眼睛的透镜面描述为直接用于矫正视力缺陷的透镜面，而背向眼睛的透镜面提供多焦点特性和附加矫正。然而，也可以这样设计眼镜透镜：面向眼睛的透镜面提供多焦点特性和矫正，而背向眼睛的透镜面用于矫正视力缺陷。

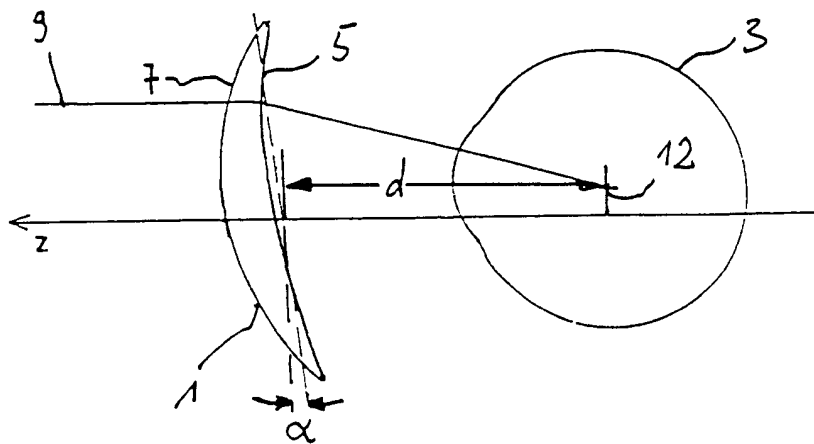


图1

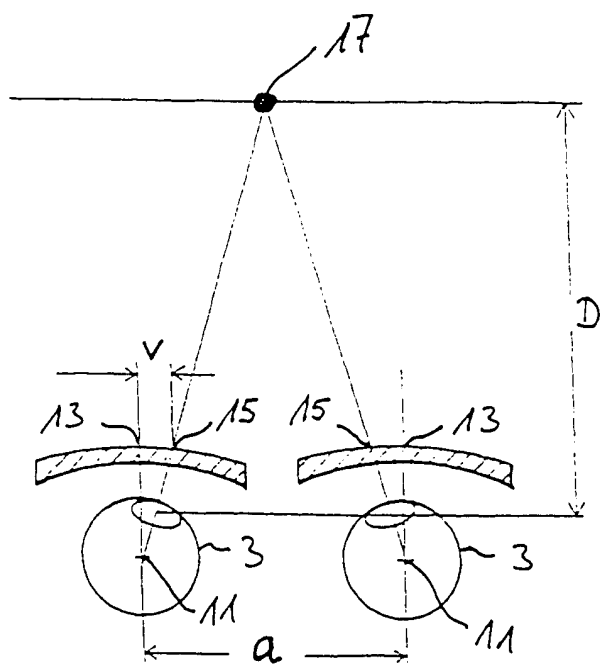


图2

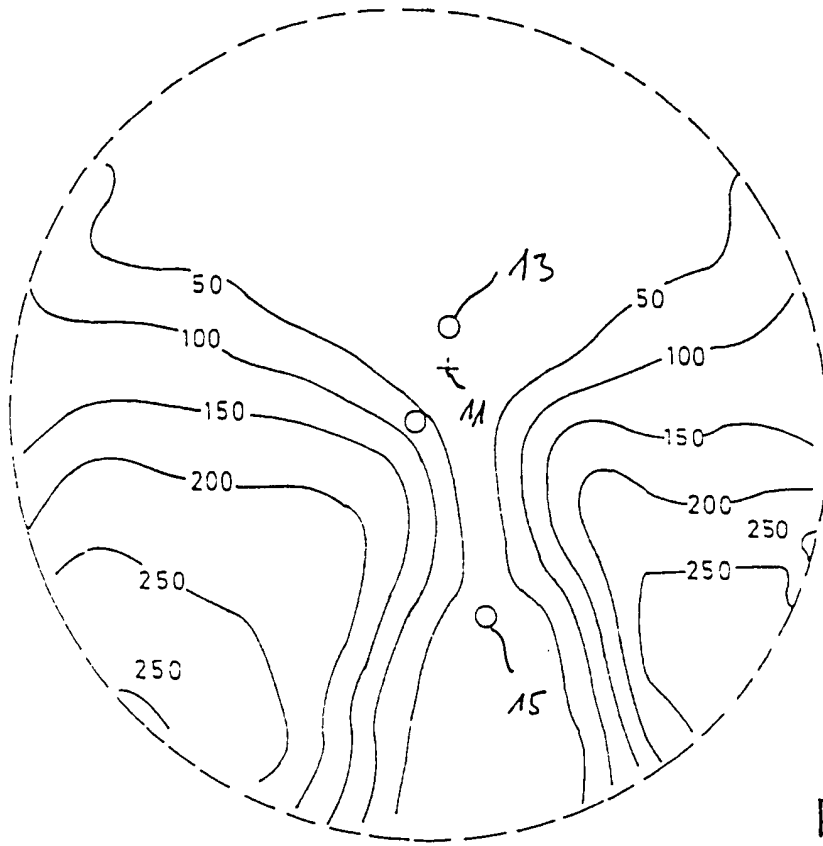


图 3

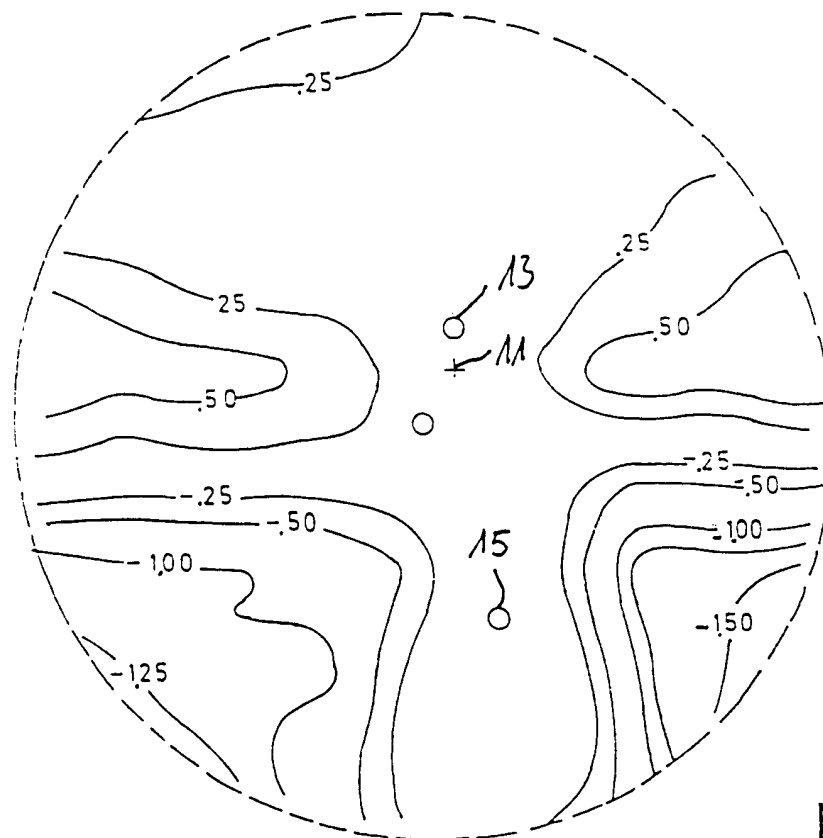


图 4

图5

基本形状												
y/x	-30,00	-27,50	-25,00	-22,50	-20,00	-17,50	-15,00	-12,50	-10,00	-7,50	-5,00	-2,50
30,00					5,6863	5,8034	5,3154	4,8985	4,5512	4,2725	4,0617	3,9178
27,50					5,0621	5,1371	4,6570	4,2474	3,9083	3,6374	3,4333	3,2948
25,00				5,6689	5,0621	4,5238	4,0539	3,6536	3,3225	3,0588	2,8609	2,7275
22,50			5,7522	5,0860	4,4904	3,9635	3,5048	3,1143	2,7915	2,5349	2,3432	2,2151
20,00		5,9421	5,2128	4,5568	3,9717	3,4557	3,0078	2,6273	2,3131	2,0641	1,8790	1,7566
17,50	6,2500	5,4518	4,7299	4,0820	3,5059	2,9995	2,5615	2,1909	1,8860	1,6452	1,4674	1,3513
15,00	5,8170	5,0229	4,3052	3,6624	3,0925	2,5937	2,1646	1,8037	1,5086	1,2770	1,1075	0,9986
12,50	5,4511	4,6586	3,9426	3,3020	2,7354	2,2414	1,8191	1,4665	1,1808	0,9591	0,7990	0,6985
10,00	5,1552	4,3629	3,6477	3,0083	2,4435	1,9524	1,5340	1,1870	0,9086	0,6954	0,5442	0,4522
7,50	4,9316	4,1392	3,4247	2,7865	2,2233	1,7340	1,3175	0,9730	0,6987	0,4913	0,3469	0,2617
5,00	4,7827	3,9901	3,2755	2,6376	2,0750	1,5865	1,1709	0,8273	0,5547	0,3500	0,2091	0,1279
2,50	4,7081	3,9155	3,2001	2,5612	1,9979	1,5094	1,0944	0,7511	0,4780	0,2724	0,1311	0,0502
0,00	4,7054	3,9127	3,1965	2,5563	1,9917	1,5023	1,0871	0,7429	0,4670	0,2575	0,1120	0,0273
-2,50	4,7719	3,9792	3,2630	2,6222	2,0560	1,5644	1,1464	0,7982	0,5170	0,3011	0,1488	0,0579
-5,00	4,9055	4,1120	3,3954	2,7539	2,1860	1,6908	1,2670	0,9118	0,6230	0,3994	0,2394	0,1414
-7,50	5,1041	4,3074	3,5878	2,9432	2,3717	1,8715	1,4409	1,0779	0,7811	0,5494	0,3819	0,2770
-10,00	5,3649	4,5625	3,8367	3,1860	2,6082	2,1014	1,6636	1,2929	0,9884	0,7492	0,5746	0,4635
-12,50	5,6854	4,8747	4,1405	3,4813	2,8954	2,3810	1,9356	1,5572	1,2451	0,9988	0,8175	0,7007
-15,00	6,0630	5,2421	4,4976	3,8286	3,2337	2,7111	2,2579	1,8717	1,5522	1,2989	1,1115	0,9892
-17,50	6,4952	5,6628	4,9072	4,2278	3,6235	3,0925	2,6312	2,2372	1,9104	1,6505	1,4571	1,3300
-20,00		6,1358	5,3690	4,6794	4,0658	3,5261	3,0564	2,6545	2,3205	2,0541	1,8552	1,7236
-22,50			5,8837	5,1840	4,5611	4,0125	3,5342	3,1244	2,7832	2,5106	2,3065	2,1708
-25,00				5,7424	5,1100	4,5522	4,0652	3,6476	3,2996	3,0211	2,8121	2,6727
-27,50					5,7130	5,1457	4,6501	4,2251	3,8707	3,5868	3,3733	3,2305
-30,00						5,7936	5,2898	4,8579	4,4977	4,2089	3,9914	3,8452

图5(续)

0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	27,50	30,00
3,8394	3,8250	3,8727	3,9807	4,1470	4,3701	4,6493	4,9842	4,7617	4,6480	4,6419	4,7426	4,9496
3,2204	3,2089	3,2588	3,3684	3,5358	3,7594	4,0385	4,3726	4,2056	4,1464	4,1936	4,3466	4,6055
2,6574	2,6492	2,7015	2,8129	2,9815	3,2057	3,4846	3,8179	3,7057	3,7001	3,7998	4,0047	4,3152
2,1494	2,1448	2,2000	2,3135	2,4834	2,7080	2,9868	3,3193	3,2610	3,3082	3,4599	3,7163	4,0782
1,6958	1,6952	1,7536	1,8694	2,0407	2,2658	2,5443	2,8759	2,8708	2,9700	3,1732	3,4809	3,8934
1,2957	1,2995	1,3614	1,4799	1,6526	1,8781	2,1562	2,4870	2,5342	2,6848	2,9392	3,2976	3,7605
0,9491	0,9577	1,0235	1,1446	1,3185	1,5442	1,8219	2,1516	2,2504	2,4521	2,7573	3,1662	3,6798
0,6560	0,6701	0,7397	0,8630	1,0377	1,2634	1,5404	1,8691	2,0189	2,2714	2,6269	3,0866	3,6517
0,4170	0,4367	0,5097	0,6344	0,8093	1,0346	1,3109	1,6388	1,8392	2,1420	2,5480	3,0590	3,6760
0,2326	0,2569	0,3322	0,4576	0,6323	0,8571	1,1327	1,4598	1,7104	2,0633	2,5204	3,0831	3,7526
0,1026	0,1295	0,2058	0,3312	0,5057	0,7301	1,0052	1,3317	1,6321	2,0356	2,5441	3,1587	3,8816
0,0255	0,0530	0,1293	0,2543	0,4288	0,6531	0,9278	1,2538	1,6042	2,0589	2,6191	3,2862	4,0630
0,0000	0,0259	0,1017	0,2268	0,4013	0,6257	0,9003	1,2261	1,6272	2,1334	2,7457	3,4659	4,2968
0,0257	0,0487	0,1237	0,2486	0,4232	0,6477	0,9226	1,2488	1,7013	2,2592	3,1545	4,2968	4,5835
0,1033	0,1227	0,1962	0,3205	0,4950	0,7198	0,9953	1,3222	1,8264	2,4366	3,4374	4,9238	
0,2332	0,2486	0,3198	0,4430	0,6173	0,8425	1,1187	1,4465	2,0028	2,6657	3,7732		
0,4146	0,4262	0,4948	0,6167	0,7907	1,0162	1,2931	1,6219	2,2307	2,9469	4,1630		
0,6471	0,6553	0,7214	0,8421	1,0157	1,2414	1,5189	1,8486	2,5104	3,2810	4,6075		
0,9315	0,9366	1,0004	1,1198	1,2929	1,5186	1,7966	2,1272	2,8429	3,6887			
1,2685	1,2708	1,3324	1,4504	1,6229	1,8485	2,1270	2,4584	3,2289	4,1109			
1,6588	1,6584	1,7180	1,8346	2,0063	2,2318	2,5107	2,8431	3,6692	4,6084			
2,1031	2,1003	2,1577	2,2729	2,4438	2,6693	2,9487	3,2820	4,1647				
2,6023	2,5971	2,6524	2,7661	2,9363	3,1617	3,4418	3,7761	4,7164				
3,1574	3,1497	3,2029	3,3151	3,4846	3,7102	3,9909	4,3262					
3,7693	3,7590	3,8102	3,9211	4,0900	4,3158	4,5973	4,9337					

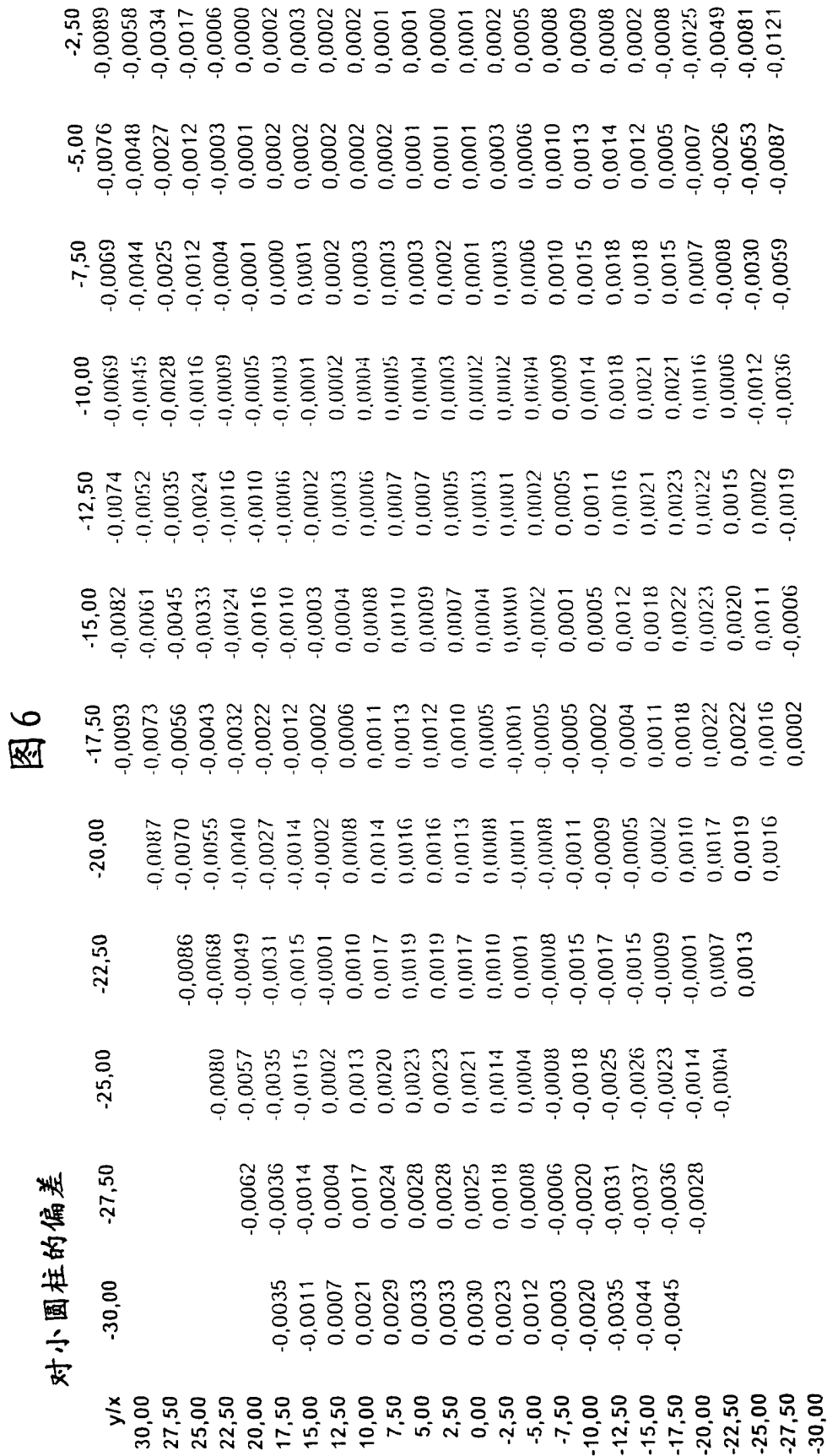


图6(续)

0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	27,50	30,00
-0,0107	-0,0127	-0,0149	-0,0171	-0,0192	-0,0212	-0,0231	-0,0248	-0,0203	-0,0162	-0,0120	-0,0079	-0,0044
-0,0071	-0,0088	-0,0107	-0,0125	-0,0144	-0,0161	-0,0176	-0,0191	-0,0153	-0,0117	-0,0080	-0,0046	-0,0017
-0,0044	-0,0058	-0,0073	-0,0088	-0,0103	-0,0118	-0,0131	-0,0143	-0,0111	-0,0079	-0,0049	-0,0021	0,0006
-0,0024	-0,0035	-0,0047	-0,0059	-0,0072	-0,0083	-0,0094	-0,0103	-0,0076	-0,0049	-0,0024	0,0000	0,0023
-0,0011	-0,0018	-0,0028	-0,0037	-0,0047	-0,0056	-0,0063	-0,0070	-0,0047	-0,0017	0,0011	0,0027	0,0035
-0,0003	-0,0008	-0,0014	-0,0021	-0,0028	-0,0034	-0,0040	-0,0044	-0,0025	-0,0015	0,0021	0,0033	0,0042
0,0001	-0,0002	-0,0006	-0,0010	-0,0015	-0,0019	-0,0022	-0,0024	-0,0008	-0,0006	0,0004	0,0025	0,0045
0,0003	0,0001	-0,0001	-0,0004	-0,0006	-0,0008	-0,0009	-0,0009	0,0004	0,0007	0,0011	0,0027	0,0035
0,0002	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	-0,0001	0,0000	0,0001	0,0011	0,0015	0,0021	0,0033	0,0043
0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003	0,0005	0,0008	0,0014	0,0019	0,0025	0,0035	0,0045
0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0007	0,0010	0,0015	0,0020	0,0025	0,0027	0,0035
0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0008	0,0012	0,0018	0,0020	0,0015	0,0022
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0007	0,0013	0,0009	-0,0003	0,0003
0,0001	0,0000	-0,0002	-0,0004	-0,0005	-0,0006	-0,0006	-0,0005	-0,0002	0,0003	-0,0008	-0,0028	-0,0054
0,0003	-0,0001	-0,0005	-0,0009	-0,0012	-0,0015	-0,0016	-0,0016	-0,0015	-0,0013	-0,0032	-0,0059	-0,0094
0,0004	-0,0003	-0,0010	-0,0017	-0,0023	-0,0027	-0,0031	-0,0033	-0,0034	-0,0034	-0,0061	-0,0096	-0,0144
0,0002	-0,0008	-0,0019	-0,0029	-0,0037	-0,0044	-0,0050	-0,0055	-0,0059	-0,0061	-0,0061	-0,0096	-0,0142
-0,0003	-0,0016	-0,0031	-0,0045	-0,0057	-0,0067	-0,0076	-0,0083	-0,0089	-0,0093	-0,0096	-0,0142	-0,0196
-0,0012	-0,0030	-0,0048	-0,0066	-0,0082	-0,0095	-0,0107	-0,0117	-0,0125	-0,0132	-0,0138	-0,0187	-0,0244
-0,0027	-0,0049	-0,0072	-0,0094	-0,0113	-0,0130	-0,0145	-0,0158	-0,0168	-0,0178	-0,0187	-0,0196	
-0,0049	-0,0076	-0,0103	-0,0128	-0,0152	-0,0173	-0,0191	-0,0206	-0,0219	-0,0231	-0,0244		
-0,0078	-0,0110	-0,0141	-0,0170	-0,0198	-0,0223	-0,0244	-0,0262	-0,0278	-0,0294			
-0,0115	-0,0152	-0,0187	-0,0220	-0,0252	-0,0281	-0,0306	-0,0327	-0,0346				
-0,0161	-0,0202	-0,0241	-0,0278	-0,0314	-0,0347	-0,0376	-0,0401					

图7

小圆柱	y/x	-30,00	-27,50	-25,00	-22,50	-20,00	-17,50	-15,00	-12,50	-10,00	-7,50	-5,00	-2,50
30,00						5,6775	5,7941	5,3072	4,8911	4,5413	4,2655	4,0541	3,9089
27,50					5,6603	5,0550	5,1298	4,6509	4,2423	3,9038	3,6331	3,4285	3,2890
25,00					5,0792	4,4849	4,5181	4,0494	3,6500	3,3197	3,0564	2,8582	2,7242
22,50		5,7442			4,5518	3,9677	3,9592	3,5015	3,1119	2,7899	2,5337	2,3419	2,2134
20,00		5,2071	5,9360		4,0789	3,5033	3,4526	3,0054	2,6257	2,3123	2,0637	1,8786	1,7560
17,50	6,2466	4,7264	5,4482		3,6609	3,0911	2,9973	2,5599	2,1898	1,8855	1,6451	1,4675	1,3513
15,00	5,8158	4,3037	5,0215		3,3019	2,7352	2,5925	2,1637	1,8031	1,5083	1,2770	1,1077	0,9989
12,50	5,4518	3,9428	4,6590		3,0094	2,4443	2,2412	1,8189	1,4663	1,1807	0,9592	0,7992	0,6988
10,00	5,1573	3,6490	4,3646		2,7882	2,2247	1,9530	1,5345	1,1873	0,9088	0,6956	0,5444	0,4524
7,50	4,9345	3,4267	4,1416		2,6395	2,0766	1,7351	1,3184	0,9736	0,6991	0,4916	0,3471	0,2619
5,00	4,7860	3,2778	3,9929		2,5631	2,0195	1,5878	1,1719	0,8280	0,5552	0,3503	0,2092	0,1280
2,50	4,7115	3,2025	3,9183		2,5580	1,9930	1,5107	1,0953	0,7517	0,4784	0,2727	0,1313	0,0502
0,00	4,7084	3,1986	3,9152		2,6233	2,0568	1,5033	1,0878	0,7434	0,4673	0,2577	0,1121	0,0274
-2,50	4,7742	3,2644	3,9810		2,7540	2,1860	1,5650	1,1468	0,7985	0,5171	0,3012	0,1489	0,0580
-5,00	4,9067	3,3958	4,1127		2,9423	2,3709	1,6907	1,2670	0,9120	0,6232	0,3996	0,2397	0,1416
-7,50	5,1037	3,5870	4,3068		3,1845	2,6071	1,8710	1,4408	1,0781	0,7815	0,5500	0,3825	0,2775
-10,00	5,3629	3,8349	4,5605		3,4795	2,8945	2,1009	1,6637	1,2935	0,9892	0,7502	0,5756	0,4643
-12,50	5,6820	4,1380	4,8716		3,8270	3,2332	2,3809	1,9362	1,5583	1,2465	1,0002	0,8189	0,7016
-15,00	6,0586	4,4949	5,2384		4,2268	3,6238	2,7115	2,2590	1,8734	1,5540	1,3007	1,1129	0,9900
-17,50	6,4907	4,9049	5,6592		4,6793	4,0668	3,0936	2,6329	2,2393	1,9125	1,6523	1,4583	1,3302
-20,00		5,3676	6,1330		5,1848	4,5628	3,5279	3,0586	2,6569	2,3226	2,0556	1,8558	1,7227
-22,50		5,8833			5,7437	5,1120	4,0147	3,5365	3,1266	2,7848	2,5113	2,3058	2,1683
-25,00						5,7146	4,5544	4,0672	3,6491	3,3002	3,0203	2,8095	2,6677
-27,50							5,1473	4,6512	4,2253	3,8695	3,5838	3,3681	3,2223
-30,00							5,7939	5,2892	4,8560	4,4940	4,2030	3,9826	3,8331

图7 (续)

0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	27,50	30,00
3,8288	3,8123	3,8578	3,9636	4,1278	4,3489	4,6262	4,9594					
3,2133	3,2001	3,2481	3,3558	3,5215	3,7434	4,0209	4,3535	4,7414				
2,6530	2,6434	2,6942	2,8040	2,9712	3,1939	3,4715	3,8036	4,1903	4,6319	4,6299		
2,1470	2,1414	2,1953	2,3076	2,4763	2,6997	2,9774	3,3090	3,6946	4,1347	4,1856	4,7347	
1,6947	1,6933	1,7508	1,8657	2,0360	2,2602	2,5379	2,8689	3,2534	3,6922	3,7950	4,3419	4,9452
1,2954	1,2987	1,3600	1,4778	1,6498	1,8746	2,1523	2,4826	2,8661	3,3033	3,4575	4,0026	4,6038
0,9492	0,9576	1,0229	1,1436	1,3170	1,5424	1,8197	2,1493	2,5317	2,9675	3,1728	3,7163	4,3158
0,6563	0,6703	0,7396	0,8626	1,0371	1,2626	1,5395	1,8683	2,2496	2,6842	2,9403	3,4826	4,0805
0,4173	0,4369	0,5098	0,6345	0,8093	1,0346	1,3109	1,6389	2,0193	2,4528	2,7593	3,3004	3,8969
0,2328	0,2571	0,3324	0,4578	0,6326	0,8574	1,1332	1,4606	1,8403	2,2729	2,6295	3,1695	3,7647
0,1026	0,1296	0,2060	0,3314	0,5061	0,7306	1,0059	1,3328	1,7119	2,1439	2,5507	3,0901	3,6843
0,0256	0,0530	0,1294	0,2546	0,4292	0,6536	0,9285	1,2549	1,6336	2,0654	2,5229	3,0623	3,6560
0,0000	0,0259	0,1018	0,2269	0,4016	0,6260	0,9008	1,2269	1,6055	2,0374	2,5461	3,0858	3,6796
0,0257	0,0487	0,1237	0,2486	0,4232	0,6477	0,9227	1,2491	1,6279	2,0602	2,5461	3,1602	3,7548
0,1034	0,1227	0,1960	0,3202	0,4945	0,7192	0,9947	1,3217	1,7011	2,1337	2,6200	3,2859	3,8819
0,2335	0,2486	0,3193	0,4421	0,6161	0,8410	1,1171	1,4448	1,8249	2,2580	2,7448	3,4631	4,0608
0,4149	0,4259	0,4937	0,6150	0,7885	1,0135	1,2901	1,6186	1,9994	2,4332	2,9209	3,6921	4,2914
0,6473	0,6545	0,7196	0,8392	1,0120	1,2369	1,5139	1,8431	2,2248	2,6596	3,1484	3,9729	4,5741
0,9312	0,9350	0,9973	1,1153	1,2873	1,5119	1,7891	2,1189	2,5015	2,9376	3,4278	4,0663	4,9094
1,2673	1,2678	1,3276	1,4438	1,6147	1,8389	2,1163	2,4467	2,8304	3,2677	3,7595	4,3063	
1,6561	1,6535	1,7108	1,8252	1,9950	2,2187	2,4962	2,8273	3,2120	3,6509	4,1443	4,6930	
2,0982	2,0927	2,1475	2,2601	2,4287	2,6520	2,9297	3,2614	3,6473	4,0877	4,5830		
2,5945	2,5861	2,6383	2,7490	2,9165	3,1395	3,4174	3,7499	4,1369	4,5790			
3,1459	3,1345	3,1842	3,2931	3,4594	3,6821	3,9603	4,2935	4,6817				
3,7533	3,7388	3,7861	3,8933	4,0586	4,2811	4,5597	4,8937					

图 8

对大圆柱的偏差

y/x	-30,00	-27,50	-25,00	-22,50	-20,00	-17,50	-15,00	-12,50	-10,00	-7,50	-5,00	-2,50
30,00					-0,1518	-0,1857	-0,1798	-0,1755	-0,1715	-0,1674	-0,1631	-0,1582
27,50				-0,1219	-0,1154	-0,1451	-0,1391	-0,1349	-0,1322	-0,1296	-0,1264	-0,1225
25,00				-0,0910	-0,0842	-0,1092	-0,1038	-0,1005	-0,0988	-0,0973	-0,0951	-0,0924
22,50			-0,0980	-0,0650	-0,0584	-0,0783	-0,0739	-0,0716	-0,0707	-0,0701	-0,0689	-0,0672
20,00		-0,0758	-0,0713	-0,0442	-0,0390	-0,0530	-0,0494	-0,0479	-0,0477	-0,0475	-0,0470	-0,0461
17,50	-0,0498	-0,0502	-0,0483	-0,0442	-0,0390	-0,0344	-0,0315	-0,0303	-0,0300	-0,0298	-0,0295	-0,0290
15,00	-0,0256	-0,0274	-0,0283	-0,0277	-0,0256	-0,0229	-0,0207	-0,0193	-0,0183	-0,0175	-0,0167	-0,0162
12,50	-0,0053	-0,0086	-0,0115	-0,0135	-0,0141	-0,0135	-0,0126	-0,0117	-0,0108	-0,0097	-0,0087	-0,0079
10,00	0,0104	0,0061	0,0022	-0,0009	-0,0030	-0,0040	-0,0048	-0,0052	-0,0051	-0,0044	-0,0037	-0,0031
7,50	0,0228	0,0178	0,0130	0,0088	0,0056	0,0032	0,0012	-0,0004	-0,0012	-0,0012	-0,0010	-0,0008
5,00	0,0323	0,0271	0,0216	0,0163	0,0117	0,0080	0,0051	0,0027	0,0011	0,0003	0,0001	0,0000
2,50	0,0388	0,0333	0,0275	0,0215	0,0159	0,0112	0,0076	0,0047	0,0026	0,0012	0,0004	0,0001
0,00	0,0435	0,0379	0,0316	0,0250	0,0185	0,0131	0,0088	0,0054	0,0028	0,0011	0,0003	0,0000
-2,50	0,0467	0,0405	0,0333	0,0259	0,0190	0,0135	0,0090	0,0052	0,0026	0,0010	0,0003	0,0001
-5,00	0,0468	0,0398	0,0315	0,0234	0,0165	0,0116	0,0081	0,0052	0,0032	0,0019	0,0014	0,0013
-7,50	0,0442	0,0368	0,0286	0,0211	0,0149	0,0109	0,0085	0,0068	0,0056	0,0048	0,0044	0,0040
-10,00	0,0406	0,0340	0,0275	0,0221	0,0179	0,0150	0,0132	0,0120	0,0113	0,0107	0,0101	0,0092
-12,50	0,0380	0,0333	0,0297	0,0275	0,0257	0,0240	0,0225	0,0215	0,0209	0,0203	0,0192	0,0174
-15,00	0,0384	0,0364	0,0364	0,0376	0,0383	0,0376	0,0364	0,0355	0,0348	0,0337	0,0318	0,0287
-17,50	0,0436	0,0450	0,0483	0,0526	0,0556	0,0561	0,0551	0,0542	0,0530	0,0511	0,0480	0,0431
-20,00		0,0598	0,0661	0,0727	0,0777	0,0795	0,0790	0,0778	0,0758	0,0726	0,0678	0,0606
-22,50			0,0897	0,0982	0,1050	0,1079	0,1079	0,1063	0,1031	0,0982	0,0912	0,0815
-25,00				0,1294	0,1375	0,1413	0,1413	0,1390	0,1344	0,1275	0,1181	0,1058
-27,50				0,1753	0,1753	0,1791	0,1789	0,1756	0,1694	0,1603	0,1483	0,1332
-30,00						0,2211	0,2203	0,2157	0,2077	0,1963	0,1817	0,1637

图8 (续)

0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	27,50	30,00
-0,1526	-0,1461	-0,1391	-0,1316	-0,1242	-0,1167	-0,1093	-0,1027	-0,0710	-0,0443	-0,0225	-0,0073	0,0035
-0,1181	-0,1130	-0,1073	-0,1013	-0,0951	-0,0886	-0,0821	-0,0760	-0,0485	-0,0256	-0,0084	0,0025	0,0110
-0,0891	-0,0852	-0,0809	-0,0761	-0,0709	-0,0653	-0,0596	-0,0538	-0,0301	-0,0113	0,0014	0,0094	0,0164
-0,0650	-0,0622	-0,0590	-0,0553	-0,0509	-0,0461	-0,0410	-0,0355	-0,0158	-0,0012	0,0079	0,0144	0,0193
-0,0449	-0,0432	-0,0410	-0,0383	-0,0347	-0,0306	-0,0260	-0,0209	-0,0053	0,0054	0,0123	0,0175	0,0196
-0,0283	-0,0275	-0,0263	-0,0247	-0,0220	-0,0187	-0,0146	-0,0027	0,0016	0,0093	0,0148	0,0182	0,0196
-0,0157	-0,0154	-0,0151	-0,0143	-0,0126	-0,0101	-0,0067	0,0016	0,0074	0,0112	0,0152	0,0160	0,0175
-0,0074	-0,0073	-0,0074	-0,0072	-0,0062	-0,0044	-0,0018	0,0038	0,0078	0,0115	0,0132	0,0115	0,0136
-0,0029	-0,0029	-0,0031	-0,0031	-0,0025	-0,0012	0,0009	0,0046	0,0069	0,0100	0,0090	0,0055	0,0077
-0,0008	-0,0010	-0,0012	-0,0012	-0,0008	0,0002	0,0020	0,0041	0,0042	0,0066	0,0035	-0,0019	-0,0006
0,0000	-0,0002	-0,0004	-0,0005	-0,0003	0,0004	0,0019	0,0020	-0,0003	0,0015	-0,0033	-0,0112	-0,0111
0,0001	-0,0001	-0,0003	-0,0006	-0,0007	-0,0005	-0,0022	-0,0016	-0,0059	-0,0048	-0,0117	-0,0226	-0,0235
0,0000	0,0000	-0,0005	-0,0011	-0,0017	-0,0021	-0,0055	-0,0061	-0,0120	-0,0121	-0,0219	-0,0360	-0,0546
0,0002	0,0006	-0,0008	-0,0020	-0,0032	-0,0044	-0,0093	-0,0110	-0,0192	-0,0209	-0,0340	-0,0515	-0,0741
0,0012	0,0006	-0,0008	-0,0028	-0,0050	-0,0072	-0,0136	-0,0167	-0,0192	-0,0313	-0,0478	-0,0686	-0,0959
0,0035	0,0022	-0,0002	-0,0034	-0,0068	-0,0103	-0,0186	-0,0234	-0,0277	-0,0430	-0,0625	-0,0871	-0,1069
0,0077	0,0052	0,0013	-0,0033	-0,0084	-0,0136	-0,0240	-0,0308	-0,0372	-0,0430	-0,0625	-0,0871	-0,1069
0,0145	0,0101	0,0042	-0,0024	-0,0095	-0,0168	-0,0292	-0,0384	-0,0472	-0,0552	-0,0778	-0,1069	-0,1403
0,0239	0,0169	0,0087	-0,0003	-0,0099	-0,0196	-0,0339	-0,0458	-0,0570	-0,0677	-0,0936	-0,1266	-0,1603
0,0358	0,0260	0,0150	0,0034	-0,0090	-0,0216	-0,0378	-0,0524	-0,0663	-0,0800	-0,1098	-0,1403	-0,1740
0,0505	0,0375	0,0235	0,0088	-0,0068	-0,0225	-0,0403	-0,0578	-0,0747	-0,0919	-0,1198	-0,1487	-0,1824
0,0683	0,0519	0,0345	0,0163	-0,0028	-0,0218	-0,0410	-0,0615	-0,0818	-0,1032	-0,1266	-0,1500	-0,1734
0,0893	0,0693	0,0482	0,0262	0,0034	-0,0192	-0,0396	-0,0635	-0,0876	-0,1126	-0,1380	-0,1634	-0,1888
0,1133	0,0896	0,0645	0,0384	0,0119	-0,0144	-0,0362	-0,0642	-0,0922	-0,1202	-0,1482	-0,1762	-0,2042
0,1403	0,1126	0,0834	0,0534	0,0230	-0,0071	-0,0362	-0,0642	-0,0922	-0,1202	-0,1482	-0,1762	-0,2042

大圆柱

图 9

y/x	-30,00	-27,50	-25,00	-22,50	-20,00	-17,50	-15,00	-12,50	-10,00	-7,50	-5,00	-2,50
30,00						5,6177	5,1357	4,7230	4,3797	4,1050	3,8986	3,7596
27,50					5,5344	4,9920	4,5179	4,1125	3,7760	3,5079	3,3070	3,1722
25,00				5,5470	4,9467	4,4146	3,9501	3,5531	3,2237	2,9616	2,7658	2,6351
22,50			5,6542	4,9950	4,4062	3,8852	3,4308	3,0427	2,7207	2,4648	2,2743	2,1479
20,00			5,1414	4,4917	3,9133	3,4028	2,9583	2,5793	2,2655	2,0166	1,8320	1,7105
17,50		5,8663	4,6816	4,0379	3,4669	2,9651	2,5300	2,1606	1,8559	1,6154	1,4379	1,3223
15,00	6,2002	5,4016	4,2769	3,6347	3,0669	2,5708	2,1440	1,7845	1,4902	1,2596	1,0908	0,9825
12,50	5,4458	4,9955	3,9311	3,2885	2,7213	2,2279	1,8065	1,4548	1,1700	0,9494	0,7903	0,6906
10,00	5,1656	4,6500	3,6499	3,0074	2,4405	1,9483	1,5293	1,1818	0,9035	0,6909	0,5405	0,4491
7,50	4,9544	4,3690	3,4377	2,7953	2,2289	1,7372	1,3187	0,9727	0,6976	0,4901	0,3459	0,2609
5,00	4,8150	4,1570	3,2971	2,6539	2,0867	1,5945	1,1759	0,8300	0,5558	0,3503	0,2091	0,1279
2,50	4,7469	4,0172	3,2276	2,5827	2,0138	1,5206	1,1020	0,7558	0,4805	0,2736	0,1315	0,0503
0,00	4,7489	3,9506	3,2281	2,5813	2,0102	1,5154	1,0959	0,7482	0,4698	0,2586	0,1123	0,0273
-2,50	4,8185	4,0197	3,2963	2,6481	2,0751	1,5779	1,1553	0,8034	0,5195	0,3021	0,1491	0,0581
-5,00	4,9523	4,1517	3,4269	2,7773	2,2025	1,7024	1,2751	0,9170	0,6262	0,4013	0,2408	0,1426
-7,50	5,1483	4,3442	3,6164	2,9642	2,3866	1,8824	1,4494	1,0847	0,7867	0,5543	0,3862	0,2810
-10,00	5,4056	4,5965	3,8642	3,2081	2,6261	2,1165	1,6768	1,3049	0,9996	0,7599	0,5847	0,4727
-12,50	5,7234	4,9080	4,1701	3,5087	2,9211	2,4050	1,9581	1,5787	1,2660	1,0190	0,8367	0,7180
-15,00	6,1014	5,2785	4,5339	3,8661	3,2719	2,7487	2,2942	1,9072	1,5870	1,3326	1,1433	1,0179
-17,50	6,5388	5,7078	4,9555	4,2804	3,6791	3,1485	2,6863	2,2914	1,9634	1,7016	1,5051	1,3730
-20,00		6,1955	5,4351	4,7521	4,1435	3,6056	3,1354	2,7324	2,3963	2,1267	1,9230	1,7842
-22,50			5,9734	5,2822	4,6661	4,1204	3,6421	3,2307	2,8863	2,6088	2,3977	2,2523
-25,00				5,8718	5,2476	4,6935	4,2065	3,7867	3,4340	3,1486	2,9302	2,7785
-27,50					5,8883	5,3249	4,8290	4,4008	4,0401	3,7470	3,5216	3,3637
-30,00						6,0147	5,5100	5,0736	4,7053	4,4051	4,1731	4,0089

图9 (续)

0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00	22,50	25,00	27,50	30,00
3,6869	3,6789	3,7336	3,8491	4,0228	4,2534	4,5400	4,8815	4,6907				
3,1023	3,0959	3,1514	3,2670	3,4407	3,6708	3,9564	4,2966	4,1571	4,6037			
2,5683	2,5639	2,6206	2,7368	2,9107	3,1404	3,4250	3,7641	3,6755	4,1208	4,6194		
2,0845	2,0826	2,1410	2,2582	2,4325	2,6620	2,9458	3,2838	3,2453	3,6887	4,1852	4,7352	4,9531
1,6509	1,6520	1,7126	1,8311	2,0059	2,2352	2,5182	2,8550	2,8655	3,3070	3,8012	4,3491	4,6165
1,2674	1,2720	1,3351	1,4553	1,6306	1,8594	2,1416	2,4770	2,5358	2,9754	3,4678	4,0141	4,3316
0,9334	0,9423	1,0084	1,1303	1,3060	1,5342	1,8152	2,1490	2,2559	2,6942	3,1855	3,7308	4,0975
0,6486	0,6628	0,7323	0,8558	1,0316	1,2589	1,5386	1,8708	2,0263	2,4634	2,9540	3,4984	3,9130
0,4141	0,4338	0,5065	0,6313	0,8069	1,0334	1,3117	1,6426	1,8470	2,2829	2,7725	3,3158	3,7780
0,2318	0,2559	0,3311	0,4564	0,6315	0,8573	1,1347	1,4644	1,7173	2,1520	2,6401	3,1821	3,6934
0,1025	0,1293	0,2054	0,3306	0,5054	0,7304	1,0070	1,3358	1,6363	2,0699	2,5570	3,0981	3,6594
0,0256	0,0529	0,1290	0,2538	0,4281	0,6526	0,9282	1,2558	1,6039	2,0370	2,5239	3,0645	3,6754
0,0000	0,0258	0,1012	0,2257	0,3997	0,6236	0,8981	1,2245	1,6214	2,0541	2,5408	3,0812	3,7415
0,0259	0,0487	0,1229	0,2467	0,4201	0,6433	0,9171	1,2427	1,6892	2,1213	2,6075	3,1476	3,8581
0,1045	0,1233	0,1953	0,3177	0,4901	0,7127	0,9860	1,3112	1,8072	2,2384	2,7238	3,2637	4,0252
0,2367	0,2509	0,3196	0,4397	0,6105	0,8322	1,1051	1,4298	1,9751	2,4053	2,8900	3,4299	4,2422
0,4223	0,4314	0,4961	0,6134	0,7823	1,0026	1,2745	1,5985	2,1934	2,6227	3,1068	3,6465	4,5095
0,6617	0,6654	0,7256	0,8397	1,0062	1,2246	1,4950	1,8178	2,4633	2,8917	3,3749	3,9140	4,8279
0,9554	0,9536	1,0091	1,1195	1,2831	1,4990	1,7675	2,0888	2,7859	3,2132	3,6954	4,2334	
1,3043	1,2967	1,3474	1,4538	1,6139	1,8269	2,0931	2,4126	3,1626	3,5886	4,0694	4,6057	
1,7093	1,6959	1,7415	1,8434	1,9995	2,2093	2,4730	2,7907	3,5945	4,0189	4,4977		
2,1714	2,1522	2,1923	2,2892	2,4411	2,6474	2,9085	3,2243	4,0829	4,5052			
2,6916	2,6664	2,7006	2,7923	2,9396	3,1425	3,4008	3,7146	4,6288				
3,2708	3,2393	3,2674	3,3536	3,4965	3,6958	3,9513	4,2628					
3,9096	3,8716	3,8936	3,9745	4,1131	4,3087	4,5611	4,8696					

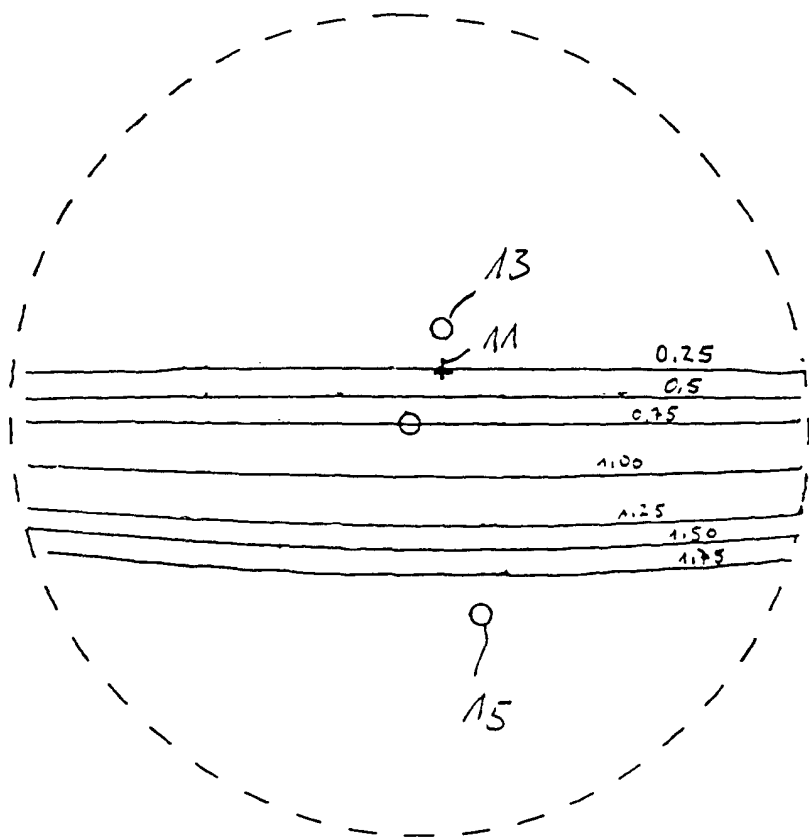


图10

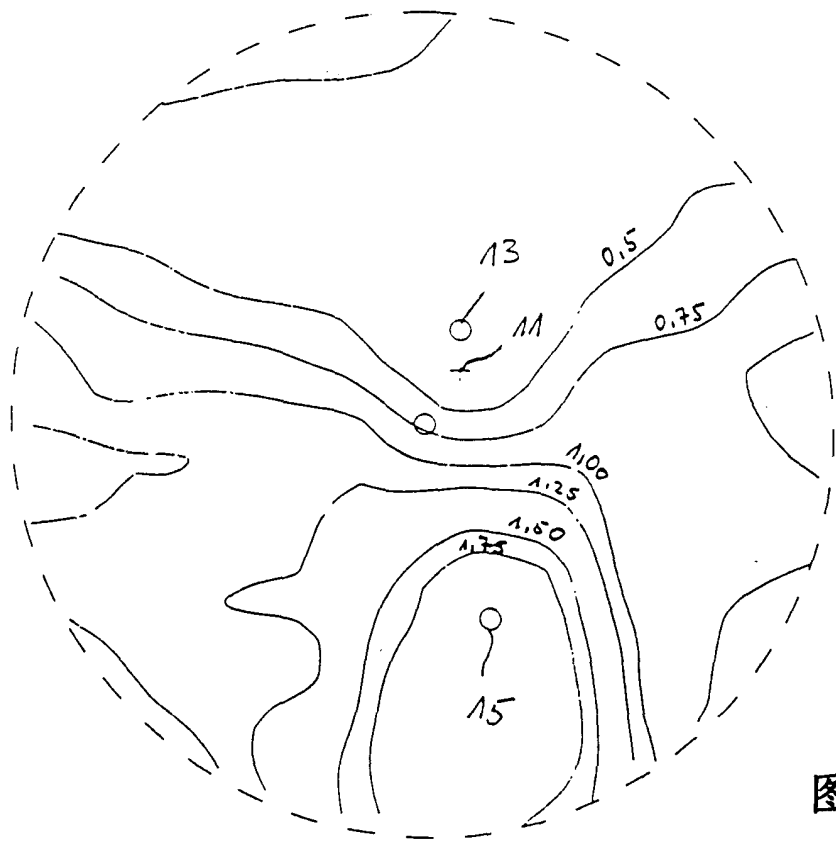


图11