



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 96199577.7

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1140232C

[22] 申请日 1996.9.30 [21] 申请号 96199577.7

[30] 优先权

[32] 1995.11.20 [33] US [31] 08/560,863

[86] 国际申请 PCT/US96/15688 1996.9.30

[87] 国际公布 WO97/18779 英 1997.5.29

[85] 进入国家阶段日期 1998.7.9

[71] 专利权人 豪斯耳科学会

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 P·J·莫布莱 张朝英

S·D·索利 C·约翰逊

D·奥肯内尔

审查员 邱绛雯

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

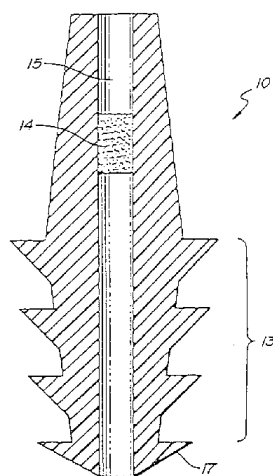
代理人 赵 辛 章社杲

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 11 页

[54] 发明名称 调压耳塞及其制造方法

[57] 摘要

一个用于调节耳内压力变化率,以便将中耳和紧邻鼓膜的外耳腔之间的压差降到最小的调压耳塞(10),由能与外耳腔紧密配合以便没有或只有很小的空气泄漏的耳塞(10)构成的,该耳塞(10)内配置了一个具有缓慢的泄漏率的压力调节器(14)。该压力调节器(14)优选地由有孔的陶瓷材料制成。



1. 一种制造调压耳塞的方法, 包括:
形成一个具有一个贯通孔的耳塞壳体, 当该耳塞壳体插入耳道时, 适于形成气密性封闭;
- 5 通过在压力下烧结氧化硅粉末形成一个圆柱体的陶瓷插入体, 以便使该陶瓷插入体在轴向具有 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 范围内的气流速率;
将陶瓷插入体装入耳塞壳体的孔内。
2. 根据权利要求 1 的方法, 其特征在于形成陶瓷插入体的步骤包
10 括:
提供一种自由流动的氧化硅粉末;
在压力下将该粉末同轴地压缩到第一密度;
烧结该粉末以便形成一个固体有孔体。
3. 根据权利要求 1 的方法, 进一步包括在一个试验装置内测量气
15 流通过陶瓷插入体的速度, 以便确定该气流速度在 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 范围内。
4. 一种空气调压耳塞, 包括: 具有一个贯通孔的一个耳塞壳体, 当耳塞壳体插入耳道内时, 适于形成气密性封闭; 以 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 范围内的泄漏率封闭该孔的一个空气压力调节器。
- 20 5. 根据权利要求 4 的耳塞, 其特征在于该空气压力调节器是由有孔的金属材料组成的。
6. 根据权利要求 4 的耳塞, 其特征在该空气压力调节器是由有孔的陶瓷材料组成的。
7. 根据权利要求 4 的耳塞, 其特征在于该耳塞包括一个细长的在
25 外表面配置有很多用于加固该耳塞, 以便在使用者的耳内不产生显著的空气泄漏的肋的外壳。
8. 根据权利要求 5 或 6 的耳塞, 其特征在于该有孔的陶瓷包括由粘接剂接合并且形成一个正圆柱体的 99% 的三氧化硅 Al_2O_3 。
9. 一种暂时减缓处在周围空气压力下降和上升中的耳道内的压
30 力变化率的方法, 该方法包括:
将一个调压耳塞插入耳道, 该耳塞包括:
具有一个贯通的孔的一个耳塞壳体, 当该耳塞壳体插入受验

者耳道内时，适于形成气密性封闭；

以 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 范围内的泄漏率封闭该孔的一个空气压力调节器；

并且允许中耳内压力随周围空气压力的改变而缓慢地均衡。

- 5 10. 根据权利要求 9 的方法，其特征在于空气压力调节器是由有孔的陶瓷材料组成的。

11. 根据权利要求 9 的方法，其特征在于空气压力调节器是由有孔的金属材料组成的。

调压耳塞及其制造方法

发明背景

5 本申请是 1994 年 8 月 16 日递交的流水号为 08/291,165 的专利的部分继续申请。

1. 发明领域

 本发明涉及在飞机起飞和降落过程中用于控制人耳内的压力变化率的调压耳塞，更具体的说，本发明涉及用于当飞机的高度变化时
10 减轻飞机乘客咽鼓管的阻塞作用的耳塞。

2. 技术背景

 中耳是一个通过咽鼓管与外部环境相通的充有空气的空腔。在正常情况下，外部环境和
15 中耳的空气压力是没有差别的。上述情况在图中示出，图 1 是耳的示意图，说明在正常情况下，鼓膜两侧的压力是没有差别的。可是当存在例如飞机乘客在飞机起飞和降落过程中体验到的压力变化时，中耳和外部环境的空气压力就有差别，这种差别随时间逐渐消失。在存在压差的情况下，咽鼓管可以起到外部环境和
20 中耳之间的阀门作用。咽鼓管由于吞咽或打哈气而打开零点几秒，使气流通过，以便使外部环境和
25 中耳之间的压力均衡。

 当飞机上升时，外部环境的空气压力，即飞机内部和中耳外部的环境空气压力小于中耳内部的压力。在这种情况下，中耳内的相对正压力使空气流过咽鼓管，由此使中耳的压力降低到与外部环境相同。如果咽鼓管象以下详细描述的那样被阻塞，如图 2 所示，中耳内的正压力将作用在鼓膜上，使鼓膜向外耳腔弯曲。

25 相反，当飞机下降时，外部环境的空气压力大于中耳内的压力。在这种情况下，中耳内的相对负压力使气流从外部环境通过咽鼓管进入中耳，由此使中耳内压力增加到与外部环境相同。在咽鼓管阻塞的情况下，中耳的负压力使鼓膜变形，如图 3 所示鼓膜向中耳弯曲。

 在正常环境中，咽鼓管没有或有一点阻塞，而中耳和外部环境之间的鼓膜两侧的压力差增加时，随意的吞咽和/或咀嚼可以通过咽鼓管减小压力。
30

 有时，当人们患感冒，过敏反应，呼吸感染或其他疾病时，咽鼓

管肿胀，因此部分阻塞了气流的通过。在飞机旅客和其他体验高度变化的人中，气流通过咽鼓管受阻，以致外部环境和外耳之间的压差可能持续更长的时间。象上面说明的那样，该压差主要影响鼓膜，根据中耳和外部环境之间的压力差别，引起鼓膜如图 2 所示的扩张，或如图 3 所示的向中耳道弯曲。咽鼓管的阻塞妨碍或延迟了中耳和外部环境之间压力的均衡。在这个压差下，鼓膜变形的结果是使飞机乘客感到疼痛，或至少是感到不适。

因而人们希望调节外部环境的压力以便减少鼓膜变形的时间和变形产生的疼痛，迄今为止，还没有人尝试控制中耳和外部环境之间的压差，以便减轻如上所述的压差所引起的疼痛。

人们已经设计了许多不同类型的用来降低音量的耳塞，以便保护使用者不受很大的声音，音乐等引起的伤害。其中一些耳塞是用硅树脂制成，并且可以在耳道内形成气密性封闭。另一些耳塞是用不能封闭耳道的具有开放和封闭小室的泡沫混合物制成的。当耳塞插入耳道并且周围压力发生变化时，现有工艺的耳塞中的少数几种可以快速均衡空气压力，以便减轻由于耳道和周围环境之间的压差引起的不适。可是，没有一个耳塞能象本发明那样，被设计成可以调节耳道内的压力变化率。

授权给 AllenWilliamMills 的美国专利 3, 7 3 6, 9 2 9 号 (“ ‘9 2 9 专利”)代表了能够快速均衡空气压力的现有技术。‘9 2 9 专利公开了具有一个用硅油部分阻塞的中空管或一个沿耳塞纵轴放置的泡沫塑料杆的，由高弹性塑料制成的一种耳塞。该中空管或杆可以使空气压力通过耳塞快速均衡。可是，当使用硅油时，该装置不能调节由于高度引起的压力差，因为根据如图所示的该系统的几何结构，硅油将会从管中喷出。

授权 NormanA.Watson 等的美国专利 2, 437, 490 号 (“ ‘490 专利”)也可以代表现有技术。‘490 专利公开了一个具有一个阻塞该耳塞中空部分的插入物的中空细长的耳塞。该插入物是由可以减弱声音的隔音材料制成的，并且可以快速均衡塞子两端的空气压力。

这样，从以上的背景技术可以清楚地看出，没有一个现有技术的耳塞装置能够调节中耳和外部环境之间的压力变化，这就是本发明的目的和应用。

发明概述

本发明的调压耳塞设计用来在外耳道形成一个气密性封闭，当使用者处于相当快的大气压力变化中时，该耳塞可以调节外耳道和中耳之间的空气压力变化率。这样，该耳塞可以抑制由鼓膜分开的外耳道和中耳之间的空气压力差的增加。结果，即使是咽鼓管部分阻塞的旅客也可以有一段延长的时间均衡外部环境中耳之间的压力。一般来说，上述压差都可以被使中耳通到咽喉中的咽鼓管均衡。该调压耳塞在外部环境和鼓膜之间形成一个封闭的环境。经过一段时间，该调压耳塞慢慢地使空气泄漏进或泄漏出紧靠鼓膜外的空间，从而使该空间内的压力与耳塞外的空气压力均衡。

可调压耳塞应用的典型情况是当飞机上升或下降时。当一个人在地面时，通过咽鼓管，中耳压力和大气压力是均衡的。咽鼓管为中耳提供了通过咽喉与大气连通的通道。

当飞机停在机场的地面上，机舱是开放的并且机舱是处在当地的大气压力下，用机场术语表示，即，处于“零高度”。也就是说，虽然飞机可能处于海拔 5000 英尺的科罗拉多州首府丹佛，但飞机仍然处在“零高度”。当飞机上升时，机舱内的压力逐渐下降，直到压力达到一个稳定值。在 8000 英尺到 10000 英尺的高度之间，确定的机舱压力稳定。绝对的机舱压力是根据飞机的类型而定，一般来说，对于商用飞机，机舱压力下降到大约 10.7 到 9.7 磅/英寸² (psi)。如果机场处于大气压力约为 14.7psi 的海平面上，那么，压力将会下降 4 到 5psi。

如果机场处于海平面以上大约 5000 英尺的当地大气压力为 12.2psi 的丹佛，那么机舱的压力将只下降 1.5 到 2.5psi。如果咽鼓管正常发挥作用，即，在咀嚼、打呵气或吞咽过程中，咽鼓管使中耳与咽喉相通，以便使中耳内的空气流进咽喉，鼓膜两侧的压力保持平衡，减小旅客的不适。一般来说，咀嚼，打呵气使咽鼓管打开并且使机舱室和中耳之间的压力均衡。如果咽鼓管没有打开，引起鼓膜向外耳道凸出，不适感逐渐增加（见图 2）的中耳内的压力就不能降低。在飞机下降的过程中，机舱中的压力从 8000 英尺的正常高度的稳定压力逐渐增加到目的地机场的标准大气压力。在下降过程中，正常的咽鼓管再次打开，空气流入中耳以便平衡鼓膜两侧的压力。如果咽鼓管没有

管没有打开，机舱中的压力将使鼓膜向内耳弯曲变形，旅客的不适感逐渐增加直到感到痛苦（见图3）。该压力可调节的耳塞可以控制与耳膜相邻的外耳道内的压力变化率。咽鼓管具有比较多的响应压力变化的时间，借此减轻不适。耳咽鼓管所具有的附加时间的数量，取决于耳塞内的调节元件的孔隙度。

根据本发明的耳塞是一个典型的用于衰减声音的细长管耳塞，该管的内部配置了具有缓慢泄漏的有孔的介质。这些有孔的介质的例子包括有孔的金属材料和有孔的陶瓷材料，并且该陶瓷材料是目前用于压力调节的优选材料。该耳塞的气流泄漏率优选地在大约 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 的范围内。

本发明的一个目的是提供一个耳塞，该耳塞既在耳道内形成气密性，又能调节通过耳塞的气流速率。

本发明的另一个目的是降低外耳道的压力变化率，以便减轻由于咽鼓管阻塞而被限制的气流引起的鼓膜两侧的压差，导致旅客疼痛和不适。这样，该系统实质上可以增加平衡耳道内的压力与使用者所处环境的压力之差所需的时间。

本发明还可以用于有效衰减声音的目的。

更具体地，本发明的目的在于提供一种制造调压耳塞的方法，包括：形成一个具有一个贯通孔的耳塞壳体，当该耳塞壳体插入耳道时，适于形成气密性封闭；通过在压力下烧结氧化硅粉末形成一个一般为圆柱体的陶瓷插入体，以便使该陶瓷插入体在轴向具有 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 范围内的气流速率；并将陶瓷插入体装入耳塞壳体的孔内。

本发明的另一个目的在于提供一种暂时减缓处在周围空气压力下降和上升中的耳道内的压力变化率的方法，该方法包括：将一个调压耳塞插入耳道，该耳塞包括：具有一个贯通的孔的一个耳塞壳体，当该耳塞壳体插入受验者耳道内时，适于形成气密性封闭；一般以 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 范围内的泄漏率封闭该孔的一个空气压力调节器；并且允许中耳内压力随周围空气压力的改变而缓慢地均衡。

附图简述

图1是外部环境 with 中耳之间没有压差的耳部示意图，

图2是外部环境 with 中耳之间存在压差的耳部示意图，中耳内的压

力大于外部环境的压力，其中咽鼓管是阻塞的，

图 3 是外部环境 with 中耳间存在压差的耳部示意图，中耳内的压力小于外部环境的压力，其中咽鼓管是阻塞的，

图 4 是放置有根据本发明的调节耳塞的耳部示意图，外部环境和
5 中耳之间存在压差，中耳内的压力比外部环境的压力小，说明了飞机下降的情况，其中咽鼓管是阻塞的，

图 5 是放置有根据本发明的调节耳塞的耳部示意图，其中，外部
环境中与中耳之间存在压差，中耳内的压力比外部环境的压力大，说明了飞机上升的情况，其中咽鼓管是阻塞的，

10 图 6 是本发明的一个优选实施例的透视图，

图 7 是沿图 6 的 7-7 线剖切的本发明优选实施例的剖视图，

图 8 是本发明的压力可调节耳塞的一个可供选择实施例的分解侧

15

20

25

30

剖视图,

图 9 是本发明的压力可调节耳塞的另一个可供选择实施例的分解侧剖视图,

图 10 示出了用有孔的金属作为耳塞内的有孔材料的本发明一个
5 实施例在模拟高度上升引起的压力降低过程中的工作曲线,

图 11 示出了用有孔的金属作为该耳塞中的有孔材料的本发明一个实施例在模拟高度下降引起的压力增加过程中的工作曲线,

图 12 示出了用有孔的陶瓷作为该耳塞中的有孔材料的本发明一个实施例在模拟高度上升引起的压力下降过程中的工作曲线,

10 图 13 示出了用有孔的陶瓷作为该耳塞中的有孔材料的本发明一个实施例在模拟高度下降引起的压力增加过程中的工作曲线,

图 14 示出了例 4 的结果曲线, 包括被称为耳翼的本发明的三个耳塞被测试并且比较其衰减声音的能力,

15 图 15 说明了一个用于测量根据本发明的耳塞的泄漏率的实验室模拟器。

发明详述

下面以图 4 和图 5 为例说明本发明。图 5 是本发明的调压耳塞的操作示意图, 与图 2 相比除了使用了本发明的耳塞之外, 其他条件相同。更具体地说, 在图 5 中模拟了当飞机上升, 外部环境的压力为 8000
20 英尺的高度的压力, 而中耳 28 内的压力仍然是地面标高的大气压力时的效果。中耳内的压力是中耳被加压和充满地面标高的空气的结果, 由于咽鼓管 26 被阻塞 (在图中用 27 示意出), 而使该压力不能与舱内压力平衡, 中耳 28 内的空气不能通过咽鼓管逸出, 即至少不能以使中耳所要求的减压速度逸出。可是由于安装了图 4 和图 5 中示出的根据
25 本发明的装置 24, 鼓膜 20 和调压耳塞 24 之间的空间的压力和中耳内的压力都保持在地面标高的大气压力。该调压耳塞通过外耳道 22 缓慢使空间 30 内的空气泄漏到外部环境, 气流方向为图中标为 A 的箭头方向。同样, 倘若咽鼓管只是部分阻塞, 则通过阻塞 27 的气流沿箭头 B 方向流动, 这样, 中耳内的压力可以和周围环境的压力均衡。

30 同样地, 图 4 是本发明的调压耳塞操作的图示说明, 与图 3 相比, 图 4 除了使用本发明的耳塞外, 其他条件与图 3 相同, 更具体地说, 在图 4 中, 模拟了飞机下降的效果。外部环境具有与地面标高高度大气压均衡的大气压力, 而中耳 28a 内的压力仍为 8000 英尺标高高度的

大气压,为了说明的目的,假设外部环境的压力就是飞机机舱的压力。中耳内的压力是中耳被加压并且充满 8000 英尺标高的空气的结果,由于咽鼓管 26a 阻塞(标为 27a),中耳 28a 不能通过咽鼓管导入空气,即至少不能以中耳所需要的增压的速度导入空气。可是,由于本发
5 明的装置 24a,鼓膜 20a 和调压耳塞 24a 之间的空间 30a 的压力与中耳的压力相同都保持在 8000 英尺高度的压力。该调压耳塞通过外耳道 22a 使气流缓慢地流入空间 30a,气流方向为图中标为 C 的箭头方向。同样,倘若咽鼓管只是部分阻塞,则通过阻塞 27a 的气流沿标为箭头 D 的方向流动,这样中耳内的压力可以和周围环境的压力均衡。

10 本发明的优选实施例在图 6 和图 7 中示出。图 7 示出了根据本发明的均衡压力耳塞 10 优选实施例的放大横截面视图,它具有相同的各个部件。该优选实施例具有包括一个与使用者的耳道壁形成气密密封的用肋材加固的耳塞颈部 13 的形似普通衰减声音的耳塞的壳体 12。形成封闭对于保证压力调节由压力调节器 14 控制并且不受密闭差的
15 耳塞影响是很重要的。孔 15 延伸穿过该耳塞使气流通过。优选地由有孔的金属或有孔的陶瓷,最优选地由有孔的陶瓷材料制成的压力调节器 14,优选地是以 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{sec}$ 的速率允许缓慢的气流泄漏通过。图 6 示出了本发明优选实施例的透视图,该实施例具有使耳塞牢固地保留在耳道内,而且除了通过有孔的金属外,防止气体任
20 何其他泄漏的许多肋条 17。

在图 8 示出的本发明的另一个实施例中,调压耳塞是通过在一个紧密配合的(需要气密性)传统的隔音保护耳塞壳体 1 的长度上钻一个孔 3,并且把一个有孔的塞子 2 放置在该孔内制成的。一个具有内
25 螺纹配合的小塑料锥 4 插入耳塞的孔内。将一端有螺纹,另一端有管状倒钩的管状适配器 5 拧入孔 4 中。一段内部具有有孔的陶瓷空气调压器 2 的硅树脂管 6 与倒钩管状连接在一起。根据有孔调节器 2 的特性可以改变流动速度或“泄漏”速度,以便控制均衡耳塞两侧压力所需的时间。流动速率最好在 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{cm}^3/\text{sec}$ 的范围内。

30 为了保证均衡时间足够长,以便给使用者提供充分的保护,有孔的材料必须提供足够慢的泄漏速率。在这方面,对使用具有开放和封闭小室混合物的泡沫耳塞进行了检验,发现它们作为一个调节器件是不成功的,由于气流通过这些材料太快,以至于不能调节耳塞两侧的

压力。

图 8 所示的实施例中，硅树脂管 6 的外直径是大约 0.125 英寸，其内直径大约为 0.078 英寸。有孔调节器 2 的外直径是大约 0.083 英寸，所以在该管和有孔调节器 2 之间具有气密摩擦配合。

5 图 9 示出了本发明的另一个实施例。除了有孔的调节器 7 是由一个或多个有孔的金属调节器薄片制成外，该实施例具有与图 8 相同的基本结构。

在现有的优选实施例中，有孔的调节器 14 是由有孔的陶瓷（99% 氧化铝 Al_2O_3 ）制成并且形成一个长大约 0.110 英寸（28mm），直径为
10 大约 0.080 英寸（2.0mm）的小直圆柱体。将自由流动的氧化铝粉末通过烧结和压缩手段结合并且装入圆柱体的模具中。粉末在一个压力下被同轴地压缩到“半成品的”密度，然后在高温下烧结，以便进一步使粉末致密化并且形成一个固体的有孔体。陶瓷的孔隙度是通过调节颗粒的大小烧结和压缩的手段，控制烧结温度曲线来控制的。经过加工
15 的陶瓷材料最好具有大约 2.6 到 3.4 微米大小的孔。一种适合的陶瓷调节器 14 可以从根据 AHP-99 产品规格生产上述调节器的 CoorsCeramicsCompanyofGolden, Colorado 购买。

成品的陶瓷调节器被压入内直径为大约 0.072 英寸（1.8mm）的耳塞
15 的孔内。通过压配合在该陶瓷和耳塞之间提供气密封闭。

20 如上所述，根据本发明的耳塞具有相当低的泄漏率。在所希望的 6.1×10^{-5} 到 $1.4 \times 10^{-4} \text{ cm}^3/\text{sec}$ 的范围内的泄漏率，用传统的仪器是很难精确测量的。于是，为了制做具有所希望的泄漏率的耳塞，而制造了一种特殊的实验室模拟器。该模拟器是由两个室组成的，一个内室和一个外室。该内室模拟耳道，并且具有与耳道大约相等的体积，在耳
25 塞周围形成气密性封闭，以便内室的空气压力与外室空气压力通过该耳塞均衡。外室完全包围内室并且模拟“机舱”室。

图 15 详细描述实验室模拟器结构。内室 102 是内直径为 1.3cm，高大约为 0.65cm 的具有与普通耳道大约相同的空间的聚丙烯管。管
104 粘接在聚丙烯底板 106 上，以便达到气密性封闭。底板 106 包括
30 一个大约 4.5 英寸×3.5 英寸×0.5 英寸厚的聚丙烯板。内室 102 的顶部由另一块大约 1.5 英寸×1.5 英寸×0.75 英寸厚的聚丙烯板 108 封闭。用于实验的耳塞 112 可以插入板 108 的孔 110 中。

5 外室即机舱室 114 是由另一个内直径为大约 2.5 英寸，高大约为 3.0 英寸的聚丙烯管 116 限定的。外室 114 在顶部由大约 3.5 英寸×3.5 英寸×0.5 英寸厚的聚丙烯板 118 封闭。在实验中，一个夹紧装置（未示出）放在板 106 和板 118 之间，以便使板 118 与外面的管 116 形成气密性的封闭。

管 120 通过板 108 与内室 102 连通，并且延伸穿过外管 116 与压力传感器 122 相连。管 124 通过外管 116 与外室 114 连通并且与压力传感器 126 相配合。管 120 和 124 分别具有大约为 0.125 英寸和 0.250 英寸的外管径。压力传感器 122 和 126 包括与 SenSymSCX-E1 评价单元块连接的 SenSymSCX05-DNC 传感器。这些传感器可以检测到与周围空气压力相差 ± 5 psi 的压力。该传感器的输出与例如 ComputerBoardsC10-8DAS 的数据采集块单元 134 连接。具有一个 SenSymSCX-E1 评价单元的一个 SenSymSCX15-ANC 传感器的第三个压力传感器，用于检测周围的压力并且与数据采集模块相连。

15 从模拟“机舱”室 114 引出的管 124 也通过一个 T 型连接器与注射器 130 相连接。该注射器使该“机舱”室相对于周围环境增压或减压。一个例如 ComputerPlus 的步进电机 132 与该注射器的活塞操纵杆相连。该电机的速度和旋转方向是由计算机 136 控制的。在旋转的一个方向，该注射器的活塞被推入以便增加室 114 内的“机舱”压力，
20 由此模拟飞机下降过程中机舱压力变化。在旋转的另一个方向，该注射器的活塞被拉出以便降低室 114 内的压力，由此模拟飞机上升过程中机舱压力的变化。

实验室模拟器，即一个等效的对泄漏率非常灵敏的测量装置，对于选择一个具有所希望的泄漏率的适合的压力调节器是必须的。尽管
25 这里已经描述了特别优选的实施例，应该明确的是具有所希望的泄漏率和可以插入人耳的尺寸的稳定材料都可能用于本发明。

例 1

在以上描述的实验室模拟器内测试有孔的金属调节器耳塞。“机舱”室内的压力由一台计算机控制，以便模拟飞机上升和下降到 10000 英尺的情况。图 10 和 11 中将机舱室的空气压力和耳室内的空气压力
30 进行比较。假设达到 10000 英尺的飞行时间是 20 分钟。

当飞机上升时耳室内空气压力滞后于机舱室内的空气压力 10 到

15 分钟, 并且随着机舱空气压力下降(高度更高)滞后时间增加。同样, 当飞机下降时, 耳室内的空气压力滞后于机舱室的空气压力 5 到 10 分钟, 并且随着机舱空气压力增加(高度更低)滞后时间增加。

例 2

- 5 在与例 1 描述的相同的条件下, 在相同的模拟器内测试陶瓷调节器耳塞。陶瓷调节器的测试结果在图 12 和图 13 中示出。在上升和下降过程中, 使用陶瓷调节器的耳室内的空气压力比机舱室内的空气压力滞后 4 到 5 分钟。

例 3

- 10 让受验者带上有孔陶瓷材料的调压器耳塞在一个室内进行测试。受验者的一只耳内带有有孔的陶瓷调压器耳塞, 另一耳内带有安慰性的耳塞。两只耳塞是难以辨别的, 受验者和实验者都不知道哪只是哪只。

- 15 该实验对处在周围空气压力变化中的人耳内的耳塞的安全性和舒适性进行评价。所有受验者都有正常的中耳和咽鼓管功能, 而且在测试时都没有鼻部肿胀。该试验模拟了包括在 16 分钟内上升到 8000 英寸, 然后在 23 分钟内下降到海平面的典型的商用飞机的机舱压力变化。在试验过程中受验者带着两只耳塞。

- 20 受验者一般都毫无困难地插入耳塞并且在模拟飞行过程中都保持压力封闭。在模拟飞行后, 他们可以毫无困难的将耳塞取出。所有受验者在配带耳塞时, 在听和相互交谈中都只有很小的困难。

试验结果显示该耳塞可以用于调节在飞行中由于压力变化引起的鼓膜两侧的压差。

例 4

- 25 对用有孔的陶瓷材料作为压力调节材料的本发明结构的衰减声音的能力也进行测试。如图 14 所示, 在图中被称为调节耳塞的根据本发明的有孔陶瓷材料调压耳塞, 与泡沫耳塞和硅耳塞等两种在市场上能买到的衰减声音的耳塞进行比较。有几个受验者参加的试验证明, 在 250 到 8000Hz 的频率范围内, 本发明与用于衰减声音的在市场上可以买到的耳塞在衰减声音方面同样有效。每个与本发明进行比较的在
- 30 市场上可以买到的耳塞的结构都没有压力调节的功能。

对于本技术领域的普通技术人员, 很明确的是可以对以上装置采取很多改进和改变, 以便完成相同的功能而不背离本发明的精神和范围。

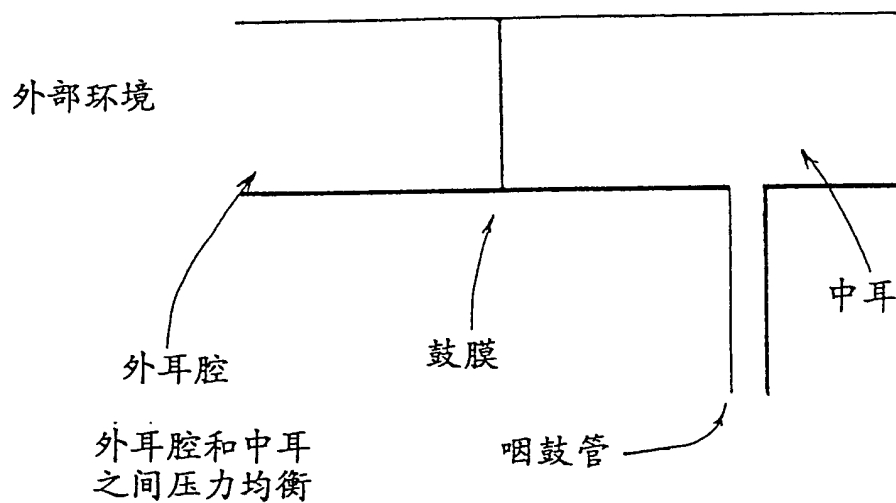


图 1

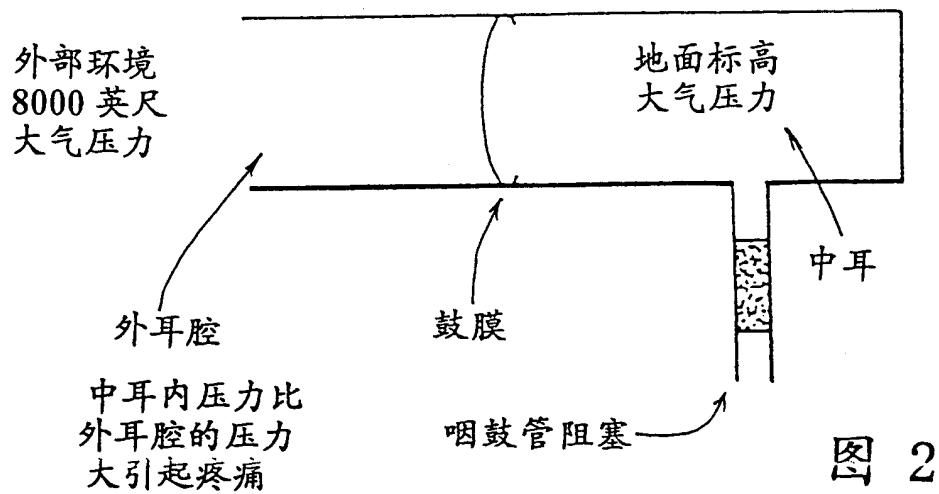


图 2

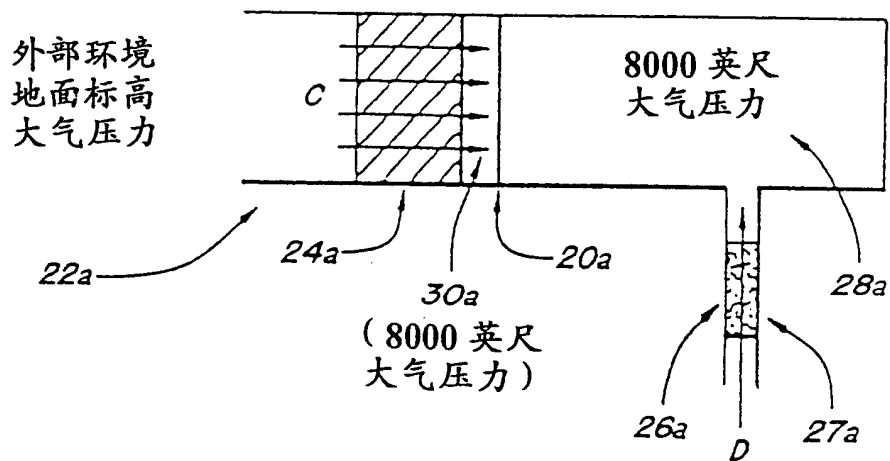
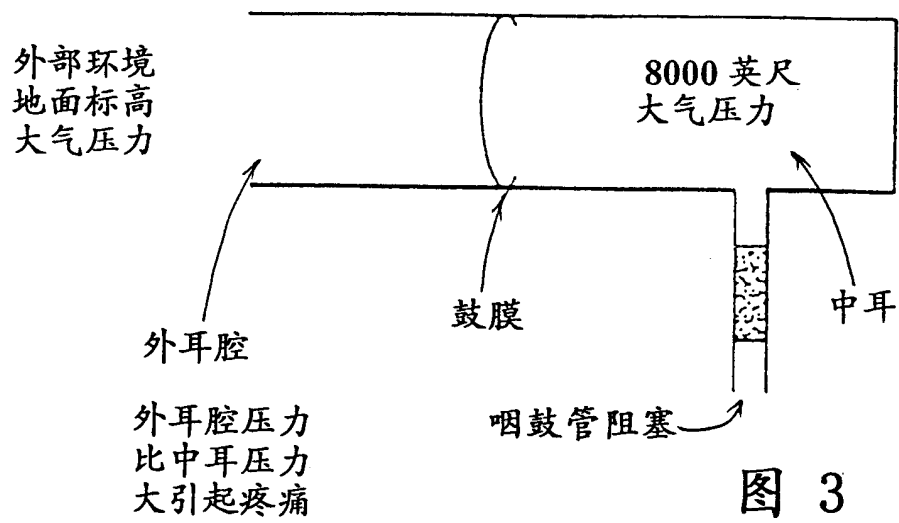
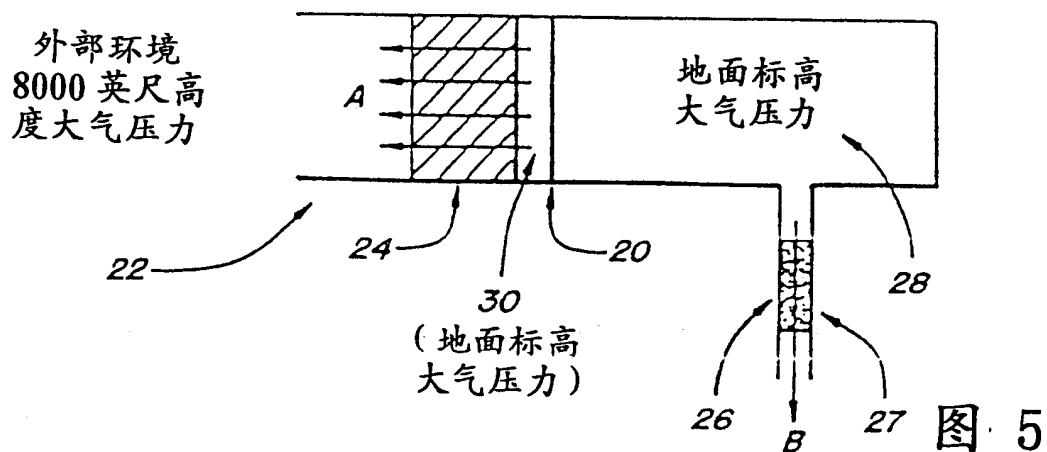


图 4



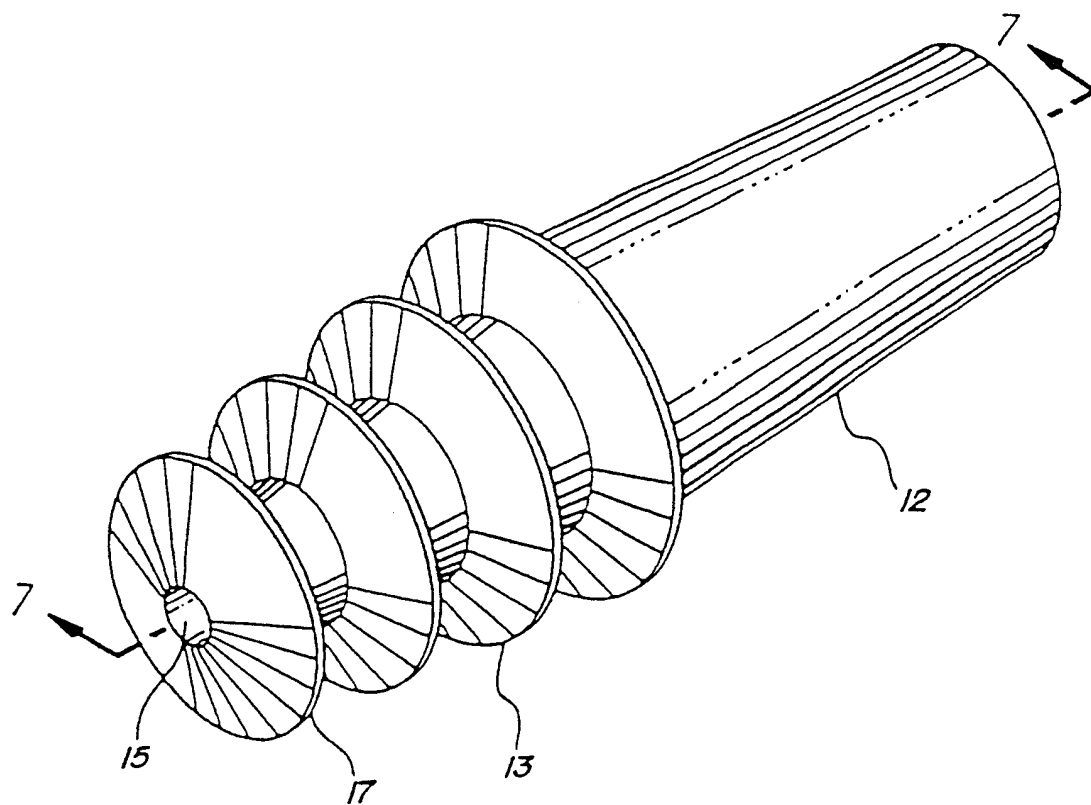


图 6

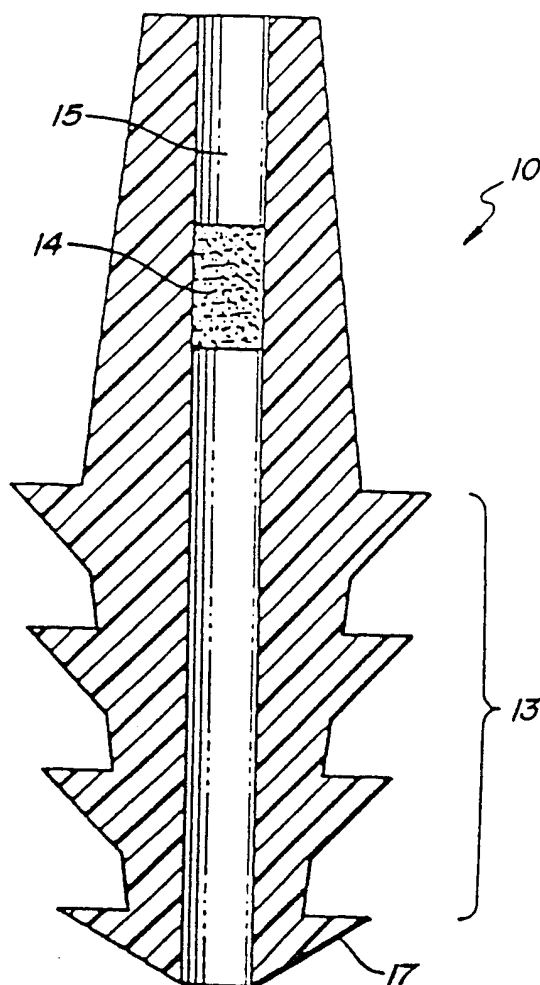


图 7

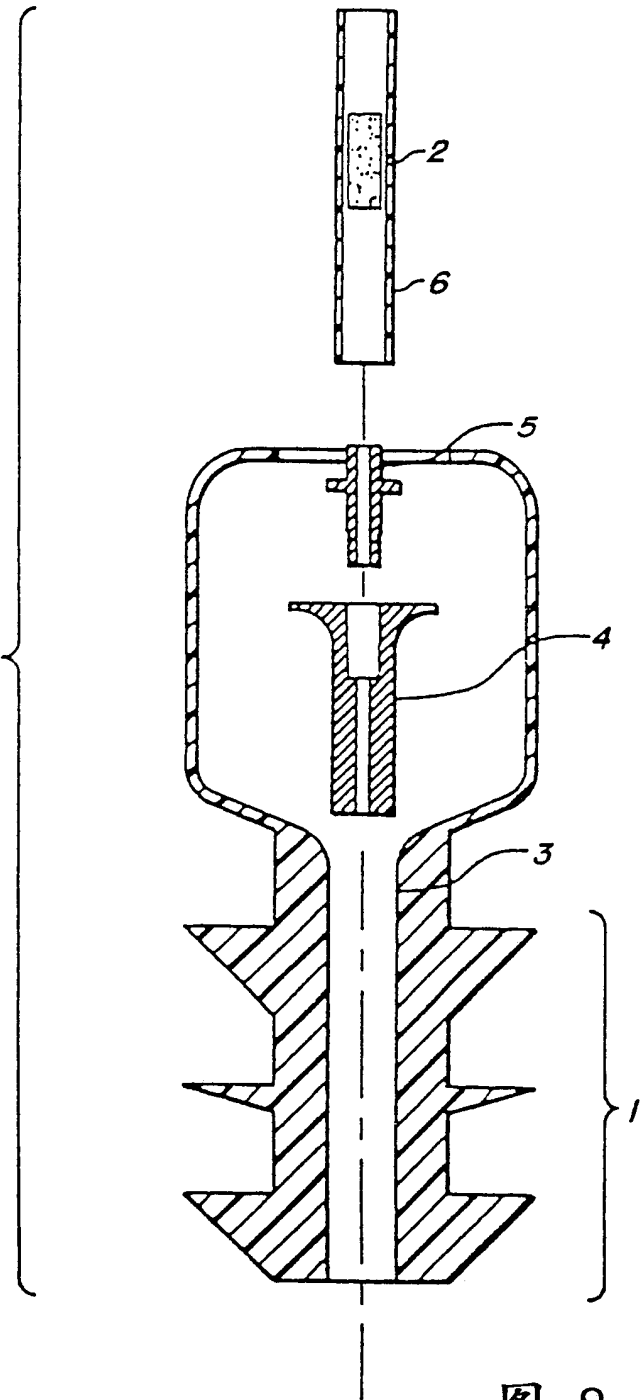


图 8

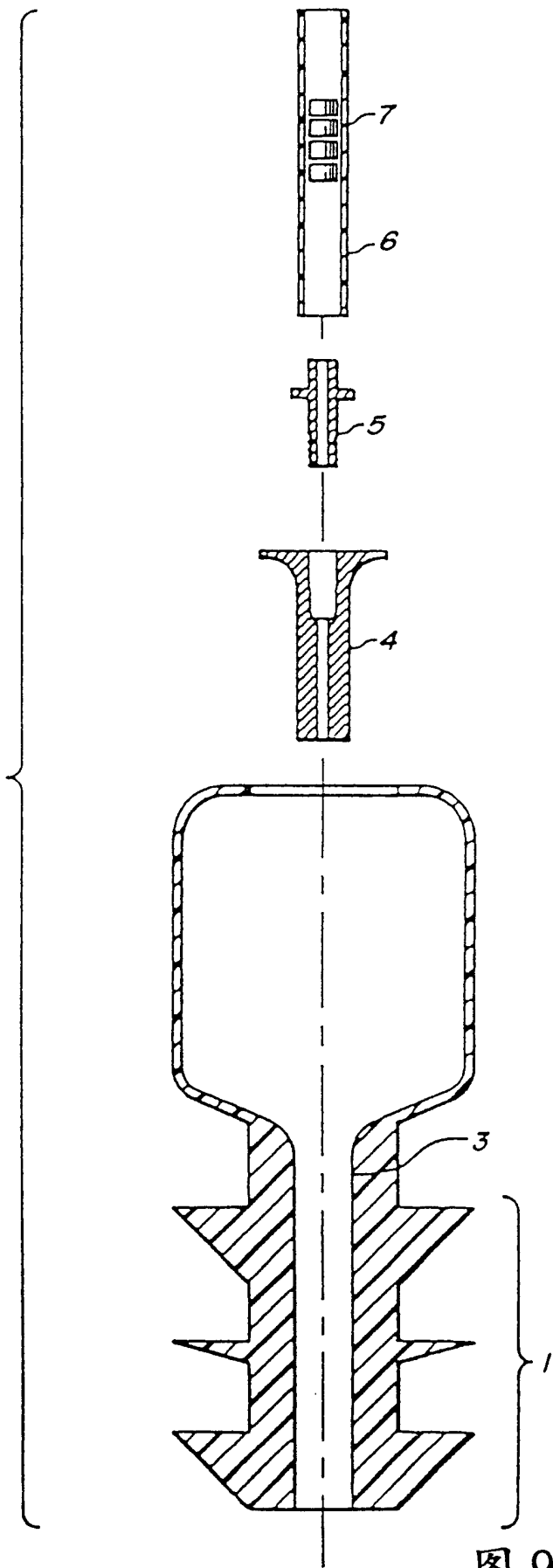


图 9

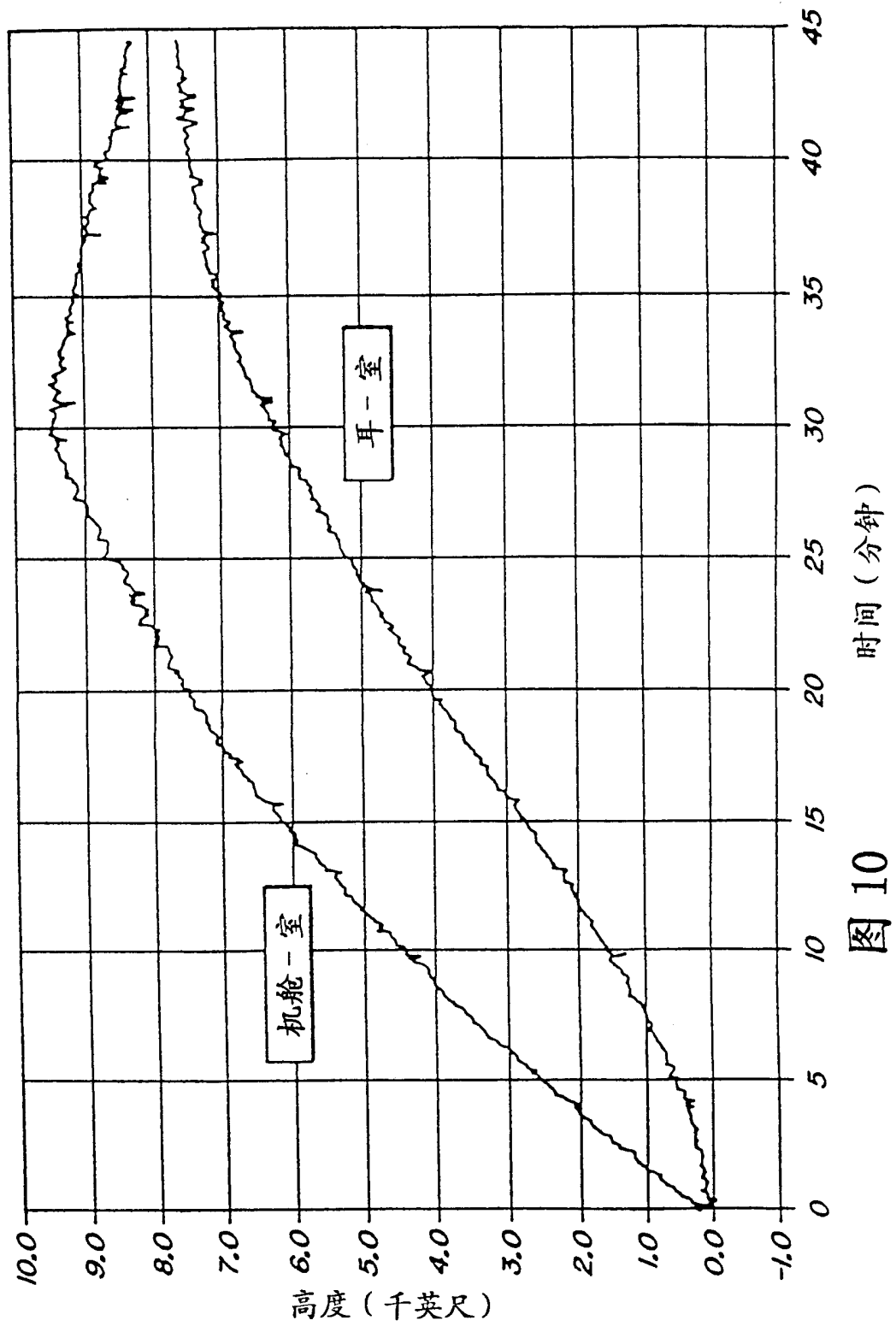


图 10

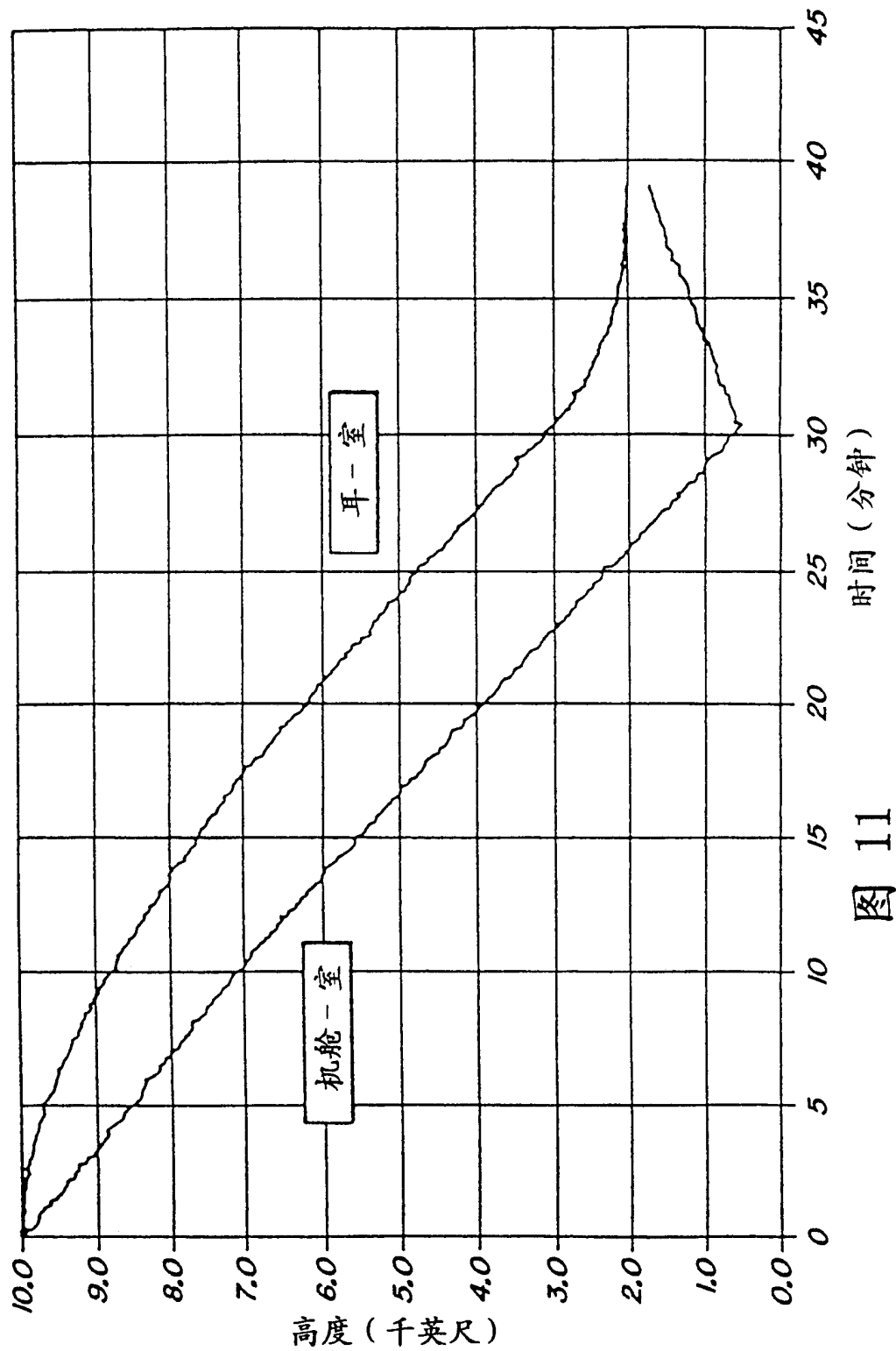


图 11

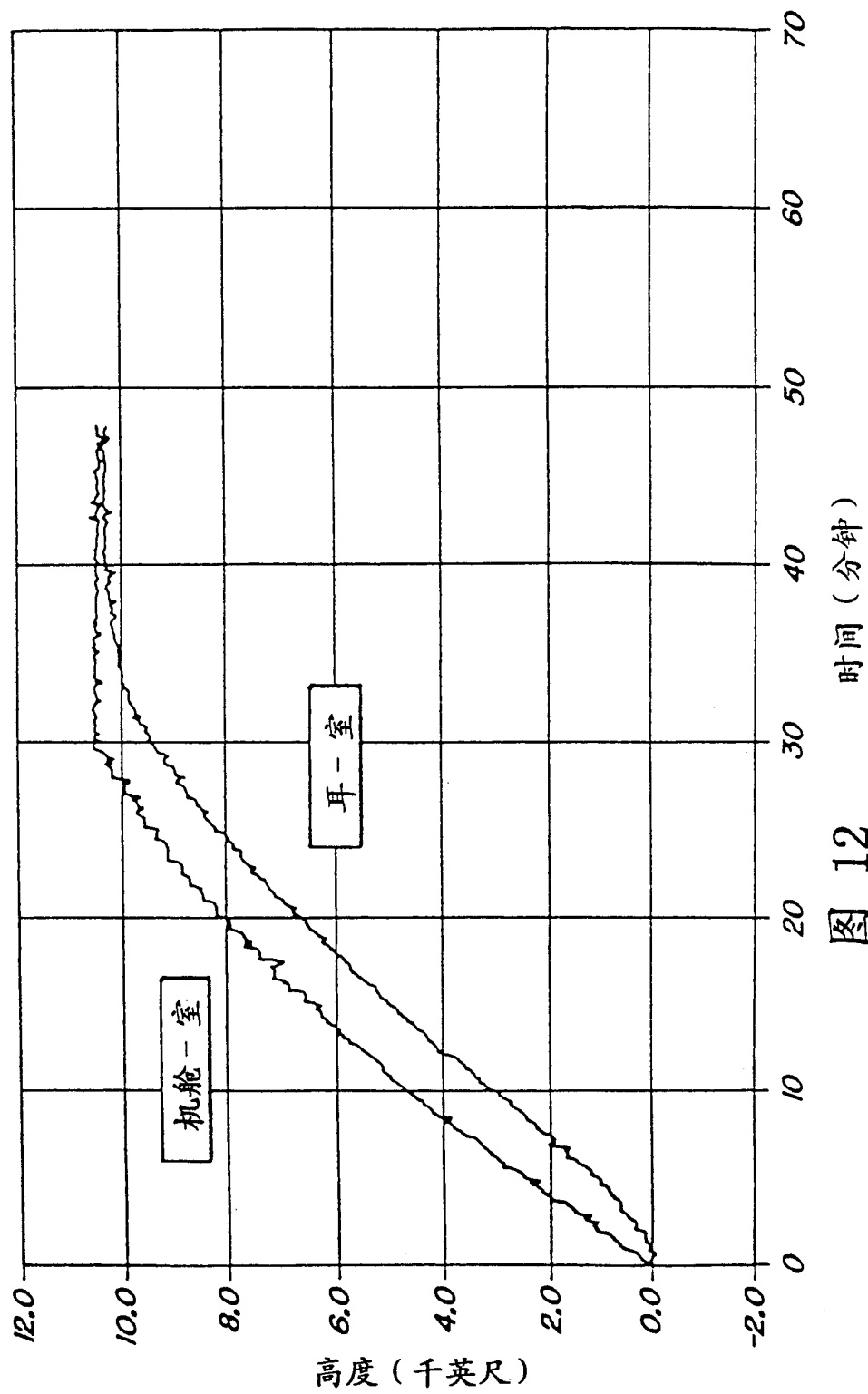


图 12

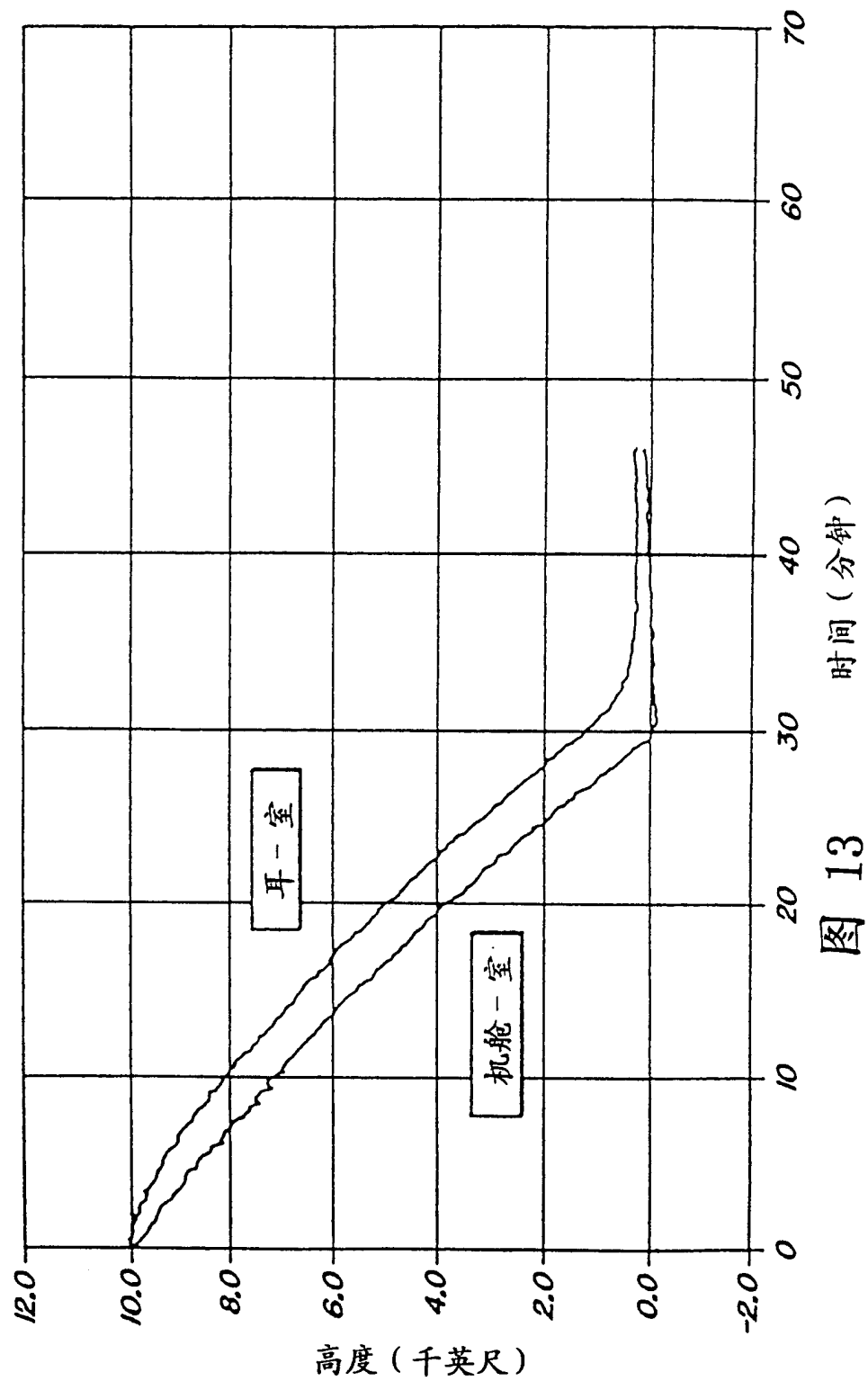


图 13

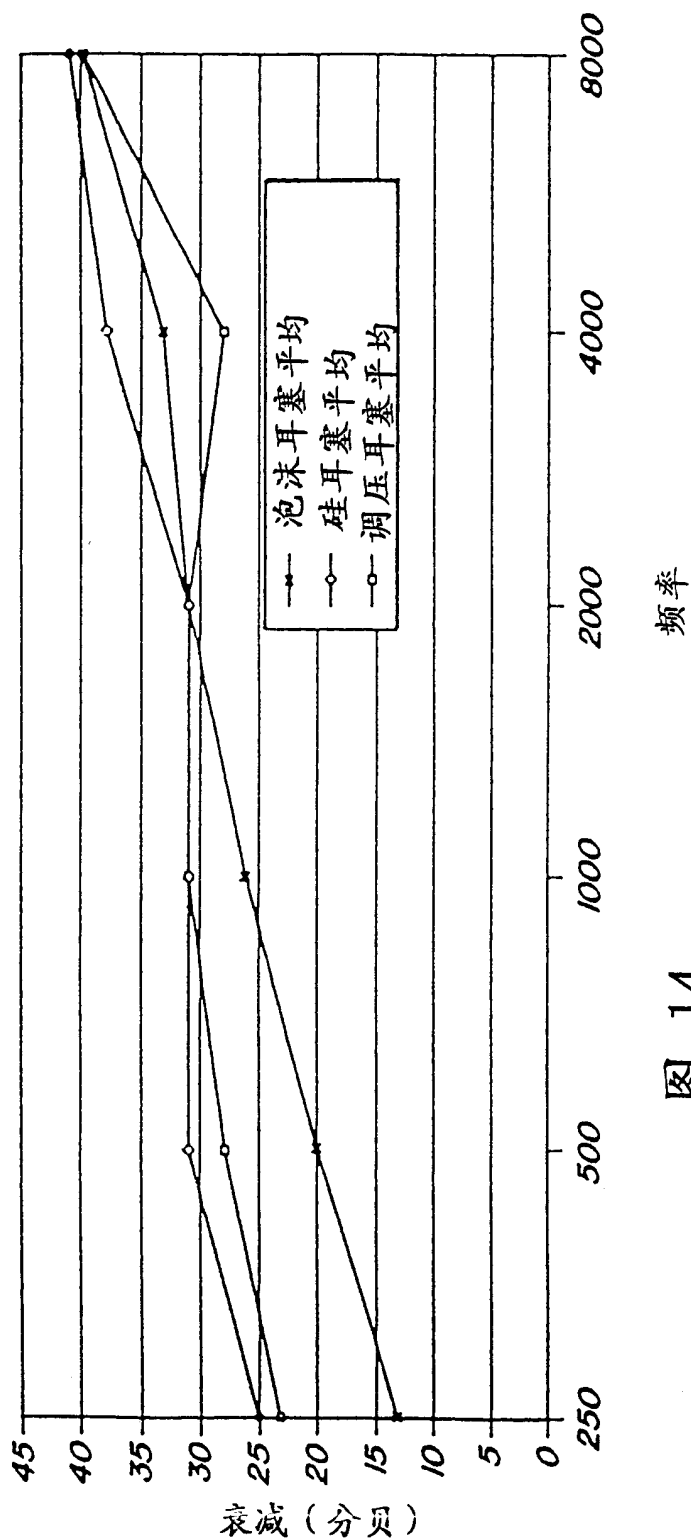


图 14

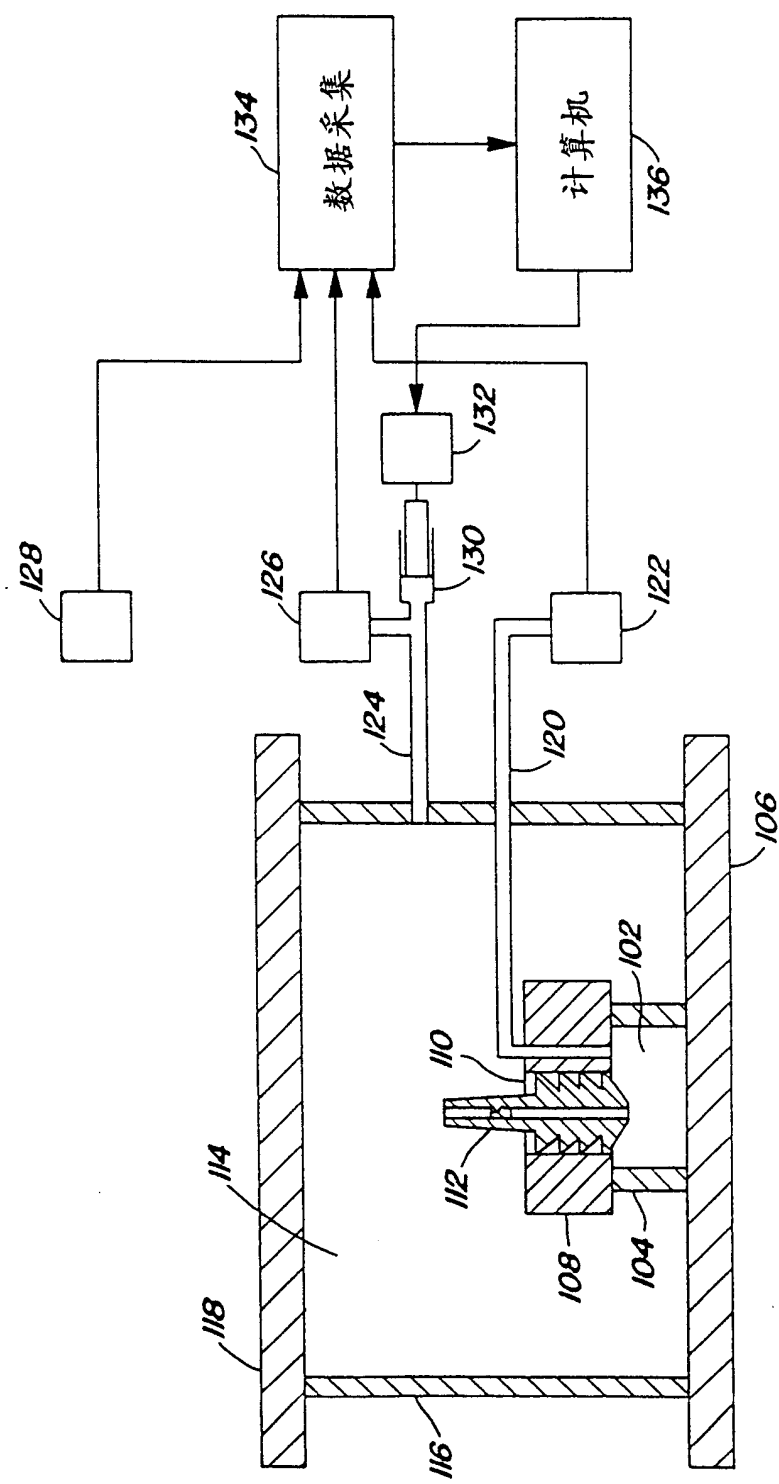


图 15