

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B62D 5/04 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03800038.5

[45] 授权公告日 2009年7月29日

[11] 授权公告号 CN 100519300C

[22] 申请日 2003.6.5 [21] 申请号 03800038.5

[30] 优先权

[32] 2003.2.20 [33] JP [31] 042287/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2003/007145 2003.6.5

[87] 国际公布 WO2004/074071 英 2004.9.2

[85] 进入国家阶段日期 2003.8.26

[73] 专利权人 日本精工株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 濑川徹

[56] 参考文献

US6491131B1 2002.10.10

JP2001-108025A 2001.4.20

JP2001-233225A 2001.8.28

CN1299325A 2001.6.13

US5347458A 1994.9.13

US2002/0121401A1 2002.9.5

CN1346320A 2002.4.24

US2002/0017420A1 2002.2.14

《电动式执行器在汽车上的应用》. 肖炳海, 周泉. 汽车电器, 第2期. 2001

审查员 孙红要

[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 王宪模

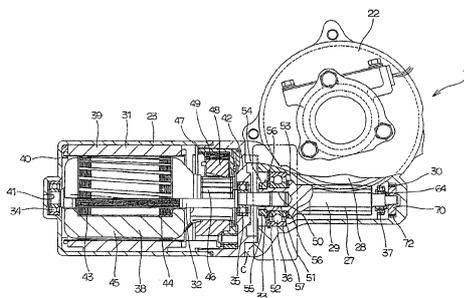
权利要求书2页 说明书42页 附图27页

[54] 发明名称

电动动力转向装置

[57] 摘要

本发明公开了一种用于电动动力转向装置的辅助装置, 其具有一扭矩传感器、转向轴、预载衬垫(70)、一扭转螺旋弹簧(30)、以及一电动机(31)。通过预载衬垫(70)和扭转螺旋弹簧(30), 可在朝向蜗轮(28)的方向上向蜗杆轴(29)施加一个弹性力, 从而可防止由于在蜗轮(28)、蜗杆轴(29)啮合部位处发生撞齿而产生噪音。



1、一种电动动力转向装置，其包括：

一转向轴，其后端上设置有一方向盘；

一电动机，包括一转动轴；

安装到转向轴一部分上、并与之固定的蜗轮；

一蜗杆轴，该蜗杆轴与所述电动机的转动轴利用一齿键接头或弹性部件相连接或者电动机的转动轴与蜗杆轴的一部分为一体，并具有一蜗杆被制在蜗杆轴的中间段上，该蜗杆与所述蜗轮相啮合；

所述蜗轮和所述蜗杆轴被设置在齿轮箱中；以及

在所述转向轴上施加一个扭矩，该扭矩是通过利用被设置在齿轮箱中的所述蜗轮和所述蜗杆轴将所述电动机的输出减速到某一幅度而获得的，该幅度与作用到所述方向盘上的转向力矩相对应；

其中，电动动力转向装置还包括：具有外座圈并用于在齿轮箱中支撑蜗杆轴的末端的滚珠轴承；一基本为圆形的保持器，该保持器的横断面形状为L形，其被连接到齿轮箱的内侧；所述滚珠轴承的外座圈被紧固到一大径段中，该大径段是沿着所述保持器轴向方向的一半的内周面制成的；

一弹性力施加装置给所述蜗杆轴的一端施加一个弹性力以将其顶压向所述蜗轮；

其中，所述弹性力施加装置包括：一个设置在所述齿轮箱内的预载衬垫，该预载衬垫的一部分上制有一个通孔，用于插入蜗杆轴的末端；以及在预载衬垫上套装着一个扭转螺旋弹簧，该扭转螺旋弹簧两端的两个径向相对侧的两个位置上设置了一对连接段，这对连接段与一对突起连接部分的一侧相连接，所述一对突起连接部分位于所述保持器的远离电动机一侧的那一端面上两个径向相对的位置处从而在轴向上突出；以及

其中，通过将扭转螺旋弹簧的内周边缘紧压到所述预载衬垫外周面的第一部分圆柱表面上，就在面向所述蜗轮的方向上向所述蜗杆轴的末端施加一个弹性力，其中，所述第一部分圆柱表面位于与所述蜗轮相反

的一侧。

2、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，所述扭转螺旋弹簧每一匝簧线的表面之间存在一个轴向间隙。

3、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，在所述预载衬垫的某一部分上制有一个臂状区域，其中，所述臂状区域用于在所述蜗杆轴穿插过预载衬垫上制出的所述通孔之前对所述预载衬垫在所述齿轮箱内的位移进行控制。

4、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，所述预载衬垫的所述外周面与所述扭转螺旋弹簧之间的接触区是弧形的，所述预载衬垫的所述外周面上与所述接触区分离开的部分的曲率半径小于所述接触区的曲率半径。

5、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，在所述预载衬垫的所述外周面的一个部分上制有一个外凸的装配部分，用于防止所述扭转螺旋弹簧从环绕着所述预载衬垫的位置脱落出去。

6、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，在预载衬垫两轴向端的多个位置处制有突起，用于控制预载衬垫在齿轮箱内的轴向位移。

7、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，在所述齿轮箱或固定到所述齿轮箱上的部件与所述预载衬垫的所述外周面之间设置了弹性材料，用于防止所述预载衬垫在所述齿轮箱内转动。

8、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，在蜗杆轴末端表面与蜗杆轴的小径段（68）之间的一连续段上形成一个锥形面（143），用于引导蜗杆轴的端部插入所述通孔。

9、如权利要求 1 所述的电动动力转向装置，其特征在于，在所述预载衬垫的所述通孔上制有一个锥形面，用于引导位于预载衬垫的所述通孔内的蜗杆轴的末端；该锥形面的开孔直径大于所述蜗杆轴被插入到该开孔中的那一部分的直径，直径差为 0.5mm 或更大。

## 电动动力转向装置

### 技术领域

本发明涉及一种电动动力转向装置，其安装在汽车的转向装置中，其利用一电动机的辅助动力降低了驾驶人员控制方向盘时所需要的力量。

### 背景技术

转向辅助装置被广泛地用作这样的装置：其可减小驾驶员在向转向轮（除了叉车等一些特殊车辆，通常为车辆的前轮）施加一转角时控制方向盘所需的动力。另外，在近些年来，作为这种类型的转向辅助装置，采用辅助动力源的电动动力转向装置开始获得普遍的应用。与液压转向辅助装置相比，电动动力转向装置的优点在于：其结构更紧凑，重量更轻，且易于控制辅助动力的力度（扭矩），且对发动机的功率消耗更小。图 40 表示了一种常规电动动力转向装置的基本构造。

在由方向盘 1 进行转动的转向轴 2 的中间段设置了一个扭矩传感器 3 和一减速器 4，传感器 3 可检测出方向盘对转向轴 2 所施加的力矩的方向和大小。减速器 4 的输出侧与转向轴 2 的中间段相连接，类似地，其输入侧与一电动机 5 的转动轴相连接。另外，从扭矩传感器 3 输出的检测信号与一个代表车速的信号一道被输入到一控制器 6 中，用于对输送给电动机 5 的电能进行控制。另外，在现有技术中，一般采用大导程角、且可在传动方向上反转的蜗轮减速器作为所述的减速器 4。换言之，在转向轴 2 的中间段上固定一个被动的蜗轮，该蜗轮在一蜗杆轴上蜗转，且与之啮合，其中的蜗杆轴与电动机 5 的转动轴相连接，并与之固定。

当对方向盘 1 进行操作时，转向轴 2 被转动，以此来向转向轮 14 施加一个转角，扭矩传感器 3 检测出转向轴 2 的转动方向和扭矩，并将代表所检测到数值的信号传送给控制器 6。控制器 6 然后向电动机 5 输送电力，并利用减速器 4 在与方向盘 1 相同的转动方向上对转向轴 2 进

行驱动。结果就是，转向轴 2 的末端（图 40 中的基端）被一个扭矩所转动，该扭矩大于由方向盘 1 所施加的作用力产生的力矩。

转向轴 2 末端的转动通过万向节 7 和中间轴 8 传递给转向机 9 的输入轴 10。该输入轴驱动转向机 9 的小齿轮 11，从而利用齿条 12 而推动或拉动转向横拉杆 13，以此向转向轮 14 施加理想的转角。从上文的介绍可清楚地看出，通过万向节 7 从转向轴 2 的末端传递到中间轴 8 的扭矩大于由方向盘 1 作用在转向轴 2 基端（图 40 中的顶端）上扭矩，其中，扭矩的增大量即为由电动机通过减速器 4 提供的辅助动力。因而，驾驶员操作方向盘 1、从而向转向轮 14 施加一个转角时所需的作用力就减小了该辅助动力量。另外，现有技术中与本发明相关的公开文献如下：

(1) 国际公开单行册 (Pamphlet) 99/65758; (2) 国际公开单行册 99/11502; (3) 日本专利公开文件特开平 3—112784; (4) 日本实用新型文件实用开昭 63—46281; (5) 日本专利公开文件特开平 11—43062; (6) 国际公开单行册 02/32741; (7) 日本专利公开文件特开 2002—98198; (8) 日本专利公开文件特开平 10—281235; (9) 日本专利公开文件特开 2000—43739; (10) 日本专利公开文件特开 2002—21943; (11) 日本专利公开文件特开 2002—29434; (12) 日本专利公开文件特开平 9—30432; (13) 日本专利公开文件特开 2001—233224; (14) 日本专利公开文件特开 2001—233225。

在通常所用的、具有上述结构的电动动力转向装置的情况中，在电动机 5 与转向轴 2 之间设置了蜗轮减速器作为所述的减速器 4。但是，在这种蜗轮减速器中，不可避免地会出现游隙。随着蜗轮减速器中各个构件的尺寸误差和装配误差增大，该游隙会变得更大，其中的构件例如为蜗杆轴、蜗轮、以及用于支撑这些部件的轴承。如果存在这样大的游隙，则在蜗轮与蜗齿轮的某些齿面之间就会产生很大的撞击，这将会造成很大的声响、以及令人烦躁的噪音。

可以考虑通过将蜗轮减速器的各个构件适当地装配到一起、以及采用更高的尺寸精度来减小该游隙。但是，在减小该游隙时，对尺寸精度进行控制的工作、以及构件的装配工作将变得很棘手，并会提高成本。

## 发明内容

考虑到上述的问题，本发明提供了一种结构，该结构可被经济地制出，并能抑制齿轮啮合部分中由于齿牙撞击而产生的烦扰噪音。

根据本发明，提供一种电动动力转向装置，其包括：一转向轴，其后端上设置有一方向盘；一电动机，包括一转动轴；安装到转向轴一部分上、并与之固定的蜗轮；一蜗杆轴，该蜗杆轴与所述电动机的转动轴利用一齿键接头或弹性部件相连接或者电动机的转动轴与蜗杆轴的一部分为一体，并具有一蜗杆被制在蜗杆轴的中间段上，该蜗杆与所述蜗轮相啮合；所述蜗轮和所述蜗杆轴被设置在齿轮箱中；以及在所述转向轴上施加一个扭矩，该扭矩是通过利用被设置在齿轮箱中的所述蜗轮和所述蜗杆轴将所述电动机的输出减速到某一幅度而获得的，该幅度与作用到所述方向盘上的转向力矩相对应；其中，电动动力转向装置还包括：具有外座圈并用于在齿轮箱中支撑蜗杆轴的末端的滚珠轴承；一基本为圆形的保持器，该保持器的横断面形状为L形，其被连接到齿轮箱的内侧；所述滚珠轴承的外座圈被紧固到一大径段中，该大径段是沿着所述保持器轴向方向的一半的内周面制成的；一弹性力施加装置给所述蜗杆轴的一端施加一个弹性力以将其顶压向所述蜗轮；其中，所述弹性力施加装置包括：一个设置在所述齿轮箱内的预载衬垫，该预载衬垫的一部分上制有一个通孔，用于插入蜗杆轴的末端；以及在预载衬垫上套装着一个扭转螺旋弹簧，该扭转螺旋弹簧两端的两径向相对侧的两个位置上设置了一对连接段，这对连接段与一对突起连接部分的一侧相连接，所述一对突起连接部分位于所述保持器的远离电动机一侧的那一端面上两个径向相对的位置处从而在轴向上突出；以及其中，通过将扭转螺旋弹簧的内周边缘紧压到所述预载衬垫外周面的第一部分圆柱表面上，就在面向所述蜗轮的方向上向所述蜗杆轴的末端施加一个弹性力，其中，所述第一部分圆柱表面位于与所述蜗轮相反的一侧。

本发明的电动动力转向装置被设计成如下的结构：

(1) 一种用于电动动力转向装置的辅助装置，其具有一扭矩传感器、辅助轴、蜗轮、蜗杆轴、弹性力施加装置、以及电动机，该辅助装

置包括:

第一到第四的四个轴承; 其中:

扭矩传感器环绕着转向轴或小齿轮设置; 所述辅助轴是转向轴、小齿轮和一个副小齿轮中的之一; 蜗轮被固定到转向轴、小齿轮以及副小齿轮中的之一上; 蜗杆轴上制有一段蜗杆, 其与蜗轮相啮合; 电动机包括一转动轴、一套装在转动轴外径一侧的转子、一定子, 定子被设置成在径向方向上与转子相对; 以及, 转动轴与蜗杆轴利用一齿键接头或弹性部件相互连接起来。第一轴承在壳体内支撑着转动轴与蜗杆轴相反的那一端部; 第二轴承在壳体内支撑着位于接头与转子之间的部分, 其中的接头与蜗杆轴和转动轴相连接; 第三轴承在齿轮箱内支撑着蜗杆轴的一端, 使得蜗杆轴可在一个特定的范围内自由地倾斜, 其中蜗杆轴的这一端位于转动轴一侧; 以及, 第四轴承在齿轮箱内支撑着蜗杆轴的另一端, 这一端位于与转动轴相反的一侧。此外, 或者是在第四轴承外座圈的外周面与齿轮箱内表面之间留有径向间隙, 或者是在第四轴承内座圈的内周面与蜗杆轴的外周面之间留有间隙。弹性力施加装置包括一弹性部件, 该部件具有可变的弹性系数, 该弹性系数可从  $1\text{N/mm}$  到  $20\text{N/mm}$  的小弹性系数变为高达  $180\text{N/mm}$  或更大的弹性系数, 弹性部件被设置在第四轴承和齿轮箱之间、第四轴承和蜗杆轴之间、和/或齿轮箱与蜗杆轴之间, 从而可产生一个与蜗杆轴的径向位移相对应的弹性力。另外, 当不用电动机进行辅助时, 一个低弹性系数的弹性力向蜗杆和蜗轮的部分齿牙面施加一个预载, 以使它们保持接触; 以及, 当电动机以最大输出进行驱动时, 由于从蜗轮向蜗杆轴施加的反作用力, 蜗杆轴会在远离蜗轮的方向上移动, 且啮合区域相对于未被驱动时的情况在蜗杆轴的径向方向上只移动了  $0.1\text{mm}$  到  $1.0\text{mm}$ , 一个高弹性系数的弹性力向蜗杆与蜗轮的部分齿牙面上施加一个预载, 以使各部分发生接触。另外, 辅助轴扭矩的增大量被局限在  $0.4\text{Nm}$  到  $5\text{Nm}$  的范围内, 该扭矩增大的原因是: 由于向蜗杆轴施加了一个低弹性系数的弹性力, 而在蜗杆轴与蜗轮啮合的区域处产生了摩擦力。

(2) 根据上述第(1)项所述的、用于电动动力转向装置的辅助装

置，其中，存在于第二轴承内的、位于第二轴承内座圈与转动轴之间装配区域中的以及位于第二轴承外座圈与壳体内表面之间装配区域中的总径向间隙量 $\delta_1$ 小于存在于第三轴承内的、位于第三轴承外座圈与齿轮箱内表面之间装配区域中的、以及位于第三轴承内座圈与蜗杆轴之间装配区域中的、以及蜗杆轴与转动轴之间连接区域中的总径向间隙量 $\delta_2$ 。

(3) 根据上述第(1)项所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置，其中，如果在转动轴中心轴线上位置点处施加了一20N径向作用力时、该位置点在径向方向上的位移量被设定为 $x_1$ ，其中，转动轴上的所述位置点在轴向上与第二轴承重合；将在蜗杆轴中心轴线上位置点处施加了一20N径向作用力时、该位置点在径向方向上的位移量被设定为 $x_2$ ，其中，蜗杆轴上的所述位置点在轴向上与第三轴承重合；如果在转动轴的某个部分上施加了一个20N的径向作用力，且在该部分处将蜗杆轴和转动轴相互连接起来，则将在某一部分处转动轴中心轴线相对于蜗杆轴中心轴线的径向位移量设定为 $x_3$ ，其中，在该部分处，蜗杆轴的中心轴线与转动轴的中心轴线连接起来，且则满足这样的关系 $x_1 < (x_2 + x_3)$ 。

(4) 根据上述第(1)到第(3)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置，其中，当用电动机进行驱动时，蜗杆轴与转动轴之间的夹角小于不用电动机进行驱动时二者之间的夹角。

(5) 根据上述第(1)到第(4)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置，其中，当由电动机驱动时，蜗杆轴中心轴线与转动轴中心轴线之间的夹角为10分或更小。

(6) 根据上述第(1)到第(5)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置，其中，第三轴承是一个深槽型滚珠轴承，该轴承具有C2或C3等级的内间隙。

(7) 根据上述第(1)到第(6)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置，其中，第三轴承是一个四点接触型球轴承。

(8) 根据上述第(1)到第(7)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置，其中，第三轴承与第四轴承中至少之一的滚珠在轴

向上受到 20N 到 200N 作用力的预压。

(9) 根据上述第 (1) 到第 (8) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 蜗杆轴与转动轴之间的连接部位于某一位置处, 该位置在轴向上与第三轴承重合;

(10) 根据上述第 (1) 到第 (9) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 利用一个花键接头将蜗杆轴的端部与转动轴的端部连接起来, 而且, 由于花键接头在径向上存在间隙而使两转轴中心所产生的位移在  $10\mu\text{m}$  到  $200\mu\text{m}$  之间。

(11) 根据上述第 (1) 到第 (10) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 蜗杆轴的端部与转动轴的端部通过一花键接头而被连接起来, 且蜗杆轴中心和转动轴中心由于对接部分存在间隙而产生的位移小于这两转轴的中心由于花键接头中存在径向间隙而产生的位移, 其中的对接部分位于支撑着转动轴端部的壳体与支撑着蜗杆轴端部的齿轮箱之间。

(12) 根据上述第 (1) 到第 (11) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 转子包括一永磁体, 定子包括一线圈绕组, 且矢量控制装置可改变定子的磁力。

(13) 根据上述第 (1) 到第 (12) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 一控制器根据蜗杆轴在径向上的位移量而对电动机的输出进行控制。

(14) 根据上述第 (1) 到第 (13) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 在蜗杆轴上受 20N 径向力作用、且在轴向上与第二轴承重合的位置处, 蜗杆轴中心轴线在径向上的位移量在  $5\mu\text{m}$  到  $200\mu\text{m}$  之间。

(15) 根据上述第 (1) 到第 (14) 项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置, 其中, 当由电动机进行驱动时, 转动轴对第二轴承的作用力小于蜗杆轴对第三轴承的作用力, 其中, 前者的作用力是由于在蜗轮与蜗杆轴的啮合区域处作用了力而产生的, 后者的作用力是由于在同一啮合区域施加了力而产生的。

(16) 根据上述第(1)到第(15)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,位于蜗杆轴与转动轴之间的花键接头的轴向中点位置比第二轴承与第三轴承在轴向上的中点位置更靠近第三轴承。

(17) 根据上述第(1)到第(3)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,无需通过第四轴承,由设置在齿轮箱内的弹性力施加装置直接向蜗杆轴施加一个弹性力。

(18) 根据第(17)项所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,弹性力施加装置包括一扭转螺旋弹簧,其套装在蜗杆轴上。

(19) 一种用于电动动力转向装置的辅助装置,其具有一扭矩传感器、辅助轴、蜗轮、蜗杆轴、弹性力施加装置、以及电动机,该辅助装置包括:

第一到第四的四个轴承;其中:

扭矩传感器环绕着转向轴或小齿轮设置;所述辅助轴是转向轴、小齿轮和一个副小齿轮中的之一;蜗轮被固定到转向轴、小齿轮以及副小齿轮中的之一上;蜗杆轴上制有一蜗杆,其与蜗轮相啮合;电动机包括与蜗杆轴的一部分为一体的一转动轴、一套装在转动轴外径一侧的转子、以及一定子,定子被设置成在径向方向上与转子相对;另外,第一轴承在壳体内支撑着转动轴位于一侧的那一端部,这一侧与蜗杆轴所在的那一侧相反,使得转动轴可在一个特定的范围内自由地倾斜;第四轴承在齿轮箱内支撑着蜗杆轴与转动轴相反一侧的那个端部;另外,或者是在第四轴承外座圈的外周面与壳体内表面之间留有径向间隙,或者是在第四轴承内座圈的内周面与蜗杆轴的外周面之间留有间隙。

(20) 根据第(19)项所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,环绕着蜗杆轴的外周面固定了一个圆筒形部件,并环绕着该圆筒部件的外周面制出蜗齿,以便于与蜗轮进行啮合。

(21) 根据上述第(19)、第(20)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,当用电动机进行驱动时,电动机定子中心轴线与转动轴之间的夹角小于不用电动机进行驱动时二者之间的夹角。

(22) 根据上述第(19)到第(21)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,第四轴承内座圈的内周面隔着一间隙或弹性材料与蜗杆轴的外周面相对。

(23) 根据上述第(19)到第(21)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,第四轴承是一滑动轴承,且该滑动轴承的内周面与蜗杆轴的外周面相对。

(24) 根据上述第(19)到第(23)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,在齿轮箱上与第四轴承相对的部分处制有一个孔洞,其用于将第四轴承装配到齿轮箱中,其中的齿轮箱支撑着第四轴承,且该孔洞被一端盖所堵塞;

(25) 根据上述第(19)到第(24)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,电动机采用了无电刷结构。

(26) 根据上述第(19)到第(25)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,在壳体的一个部分中设置有支撑衬套,用于在蜗杆轴被安装到齿轮箱中之前,对其进行支撑。

(27) 根据上述第(19)到第(26)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,沿轴向方向,向第一轴承和第四轴承中至少之一的滚珠施加一个预载。

(28) 根据上述第(19)到第(27)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置,其中,第一轴承是一个四点接触型球轴承。

(29) 一种电动动力转向装置,其包括:一转向轴,其后端上设置有一方向盘;一小齿轮,其位于转向轴的前端处;一齿条,该齿条的齿牙与所述小齿轮或由小齿轮支撑着的一个部件相啮合;如上述第(1)到第(28)项之一所述的、用于电动动力转向装置的辅助装置;以及一控制器,用于对电动机的驱动状态进行控制。

(30) 一种电动动力转向装置,其中,在转向轴上施加一个扭矩,该扭矩是通过利用一蜗轮减速器将电动机的输出减速到某一幅度而获得的,该幅度与作用到方向盘上的转向力矩相对应;而且,弹性力施加装置向蜗杆轴的一端、或用于支撑蜗杆轴端部的轴承施加一个弹性力,

以将其顶压向蜗轮。

(31) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置是一个设置在齿轮箱内的预加载衬垫,且有一扭转螺旋弹簧环绕该预载衬垫进行布置,该预载衬垫是由合成树脂制成的。

(32) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置是一个设置在齿轮箱内的预加载衬垫,且有一扭转螺旋弹簧环绕该预载衬垫进行布置,扭转螺旋弹簧每一匝簧线的表面之间存在一个轴向间隙。

(33) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置是一个设置在齿轮箱内的预加载衬垫,且有一扭转螺旋弹簧环绕该预载衬垫进行布置,在预载衬垫的某一部分上制有一个臂状区域,其中,所述臂状区域用于在蜗杆轴穿插过预载衬垫上制出的一个通孔之前对预载衬垫在齿轮箱内的位移进行控制。

(34) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置是一个设置在齿轮箱内的预加载衬垫,且有一扭转螺旋弹簧环绕该预载衬垫进行布置,预载衬垫的外周面与扭转螺旋弹簧之间的接触区是弧形的,预载衬垫外周面上与接触区分离开的部分的曲率半径小于接触区的曲率半径。

(35) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置是一个设置在齿轮箱内的预加载衬垫,且有一扭转螺旋弹簧环绕该预载衬垫进行布置,而且在预载衬垫外周面的一个部分上制有一个外凸的装配部分,用于防止扭转螺旋弹簧从环绕着预载衬垫的位置脱落出去。

(36) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置是一个设置在齿轮箱内的预加载衬垫,且在预载衬垫两轴向端的一两或多个位置处制有突起,用于控制预载衬垫在齿轮箱内的轴向位移。

(37) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置,其中,所述弹性力施加装置具有一个设置在齿轮箱内的预载衬垫,且在齿轮箱或固

定到齿轮箱上的部件与预载衬垫的外周面之间设置了弹性材料，用于防止预载衬垫在齿轮箱内转动。

(38) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置，其中，所述弹性力施加装置具有一个设置在齿轮箱内的预载衬垫，在预载衬垫的某个部分上制有一个通孔，用于插入蜗杆轴的末梢端，并在预载衬垫的一部分上制有一个锥形面，用于引导插入到通孔中的那一部分蜗杆轴。

(39) 根据上述第(30)项所述的电动动力转向装置，其中，所述弹性力施加装置具有一个设置在齿轮箱内的预载衬垫；在预载衬垫或轴承的一部分上制有一个锥形面，用于引导位于预载衬垫内的蜗杆轴或整个蜗杆轴；该锥形面的开孔直径大于蜗杆轴被插入到该开孔中的那一部分的直径，直径差为 0.5mm 或更大。

在本发明具有上述特征的电动动力转向装置的情况中，通过利用弹性力施加装置在朝向蜗轮的方向上向蜗杆轴施加一个弹性力，就可以对蜗轮与蜗杆轴之间的啮合区域施加一个预载，这样就可以经济地制出电动动力转向装置，并能抑制由于在啮合区域中齿牙撞击而产生的烦扰噪音。

#### 附图说明

图 1 是一个局部剖开的视图，表示了本发明的第一实施例；

图 2 是沿图 1 中的 A-A 线所作的局部剖面图；

图 3 是对图 2 中的左侧部分所作的放大剖视图；

图 4 是对图 2 中的右侧部分所作的放大剖视图；

图 5 是沿图 4 中的 B-B 线所作的剖面图；

图 6 表示了一种示例性的结构，在该结构中，辅助装置被设置在小齿轮的周边部分；

图 7 表示了一种示例性的结构，在该结构中，辅助装置被设置在副小齿轮的周边部分；

图 8 与图 3 类似，表示了一种具有无电刷结构的电动机的实例；

图 9 中的图线表示了各种形式的弹性系数；

图 10 与图 4 类似，表示了本发明实施方式的第二种实例；

图 11 表示了本发明实施方式的第三种实例，图中所示结构对应于图 2 中的 C 部分；

图 12 是与图 11 类似的视图，表示了本发明实施方式的第四种实例。

图 13 表示了本发明实施方式的第五种实例，图中所示结构对应于图 4 中右半部分；

图 14 是沿图 13 中的 D-D 线所作的剖面图；

图 15 是与图 13 类似的附图，表示了本发明实施方式的第六种实例；

图 16 类似于图 13，表示了本发明实施方式的第七种实例；

图 17 是沿图 16 中的 E-E 线所作的剖视图；

图 18 类似于图 17，表示了一种示例性的结构，在该结构中，突起的位置可防止片簧发生转动；

图 19 表示了本发明实施方式的第八种实例，图中所示结构对应于图 4 中的 F 部分；

图 20 是沿图 19 中的 G-G 线所作的剖视图。

图 21 类似于图 13，表示了本发明实施方式的第九种实例；

图 22 是沿图 21 中的 H-H 线所作的剖视图；

图 23 是与图 22 类似的视图，表示了蜗杆轴的末端被插入到预载衬垫的通孔中之前的状态；

图 24 类似于图 13，表示了本发明实施方式的第十种实例；

图 25 类似于图 13，表示了本发明实施方式的第十一种实例；

图 26 是沿图 25 中的 I-I 线所作的剖面图；

图 27 类似于图 13，表示了本发明实施方式的第十二种实例；

图 28 中的放大视图仅表示了从图 27 所示结构中取出的预载衬垫；

图 29 是从图 28 的右侧所作的侧视图；

图 30 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第十三种实例；

图 31 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第十四种实例；

图 32 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第十五种实例；

图 33 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第十六种实例；

图 34 类似于图 4，表示了本发明实施方式的第十七种实例；

图 35 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第十八种实例；  
图 36 类似于图 2 中的下部，表示了本发明实施方式的第十九种实例；  
图 37 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第二十种实例；  
图 38 类似于图 19，表示了本发明实施方式的第二十一实例；  
图 39 类似于图 4，表示了本发明实施方式的第二十二种实例；以及  
图 40 是一个示意图，表示了电动动力转向装置的总体结构，该转向装置应用了本发明的设计。

### 具体实施方式

图 1 到图 5 表示了本发明实施方式的第一种实例。该实施例的电动动力转向装置包括：一转向轴 2，其后端被固定到方向盘 1 上；一转向柱 15，转向轴自由地从该转向柱中穿过；以及一辅助装置 16，其用于向转向轴 2 施加一辅辅助矩。

在这些构件中，转向轴 2 包括一外轴杆 17 和一内轴杆 18，二者通过一花键接头对接在一起，从而可自由地传递扭矩，并使得它们可在轴向上移动。另外，在该实例中，外轴杆 17 的前端与内轴杆 18 的后端通过一花键接头和合成树脂而被连接起来。因而，在发生撞车的情况下，通过将这些合成树脂破断而使外轴杆 17 和内轴杆 18 的长度缩短。

另外，转向轴 2 所穿插过的圆筒形转向柱 15 被制成这样：通过将外柱体 19 与内柱体 20 连接成伸缩套筒的形状而使转向柱成为可折叠的，从而当在轴向上存在冲击作用时，转向柱可吸收冲击，且其总长可缩短。另外，内柱体 20 的前端与齿轮箱 22 的后端相连接，并固定在此，内轴杆 18 的前端从齿轮箱 22 中穿过，并从齿轮箱 22 的前端面突伸出。在该实例的情况下，内轴杆 18 对应于权利要求中所述的辅助轴。

转向柱 15 利用位于其中段的一个支架 24，在局部上被汽车车体的一部分支撑着，这部分车体例如为仪表盘的底面。此外，在支架 24 和汽车车体 26 之间还存在一装配区域（图中未示出），如果在朝向支架 24 的方向上存在冲击作用，则支架 24 就会与该装配区域脱离。另外，齿轮箱 22 的顶端也被车体的一部分支撑着。在该实例的情况下，通过

采用倾斜机构和套筒机构，就可以自由地调节方向盘 1 的前后位置和高度。这样的倾斜结构和套筒机构在现有技术中是公知的，且与本发明的特征并不相关，因而将不对此作详细描述。

从齿轮箱 22 的前端面突伸出的内轴杆 18 前端通过一万向节 7 与中间轴 8 的后端相连接。另外，该中间轴的前端通过一万向节 7 与转向机 9 的输入轴 10 相连接。此外，在输入轴 10 上连接了小齿轮 11，其与齿条 12（见图 40）相啮合。还可在万向节 7 中安装一消振装置，以防止从地面通过车轮传到中间轴 8 的振动再被传递到方向盘 1 上。

另外，辅助装置 16 包括：一扭矩传感器 3（见图 40）；内轴杆 18；安装到内轴杆 18 某一部分上、并与之固定的蜗轮 28；一蜗杆轴 29；电动机 31；一扭转螺旋弹簧 30，其对应于权利要求中所述的弹性力施加装置；以及一预载衬垫 70。另外，辅助装置 16 还包括：第一个到第四个的四个滚珠轴承 34 到 37，它们分别为所述的第一轴承到第四轴承。

扭矩传感器 3 环绕着转向轴 2 的中间段设置，其可检测出由方向盘 1 向转动轴 2 施加的扭矩的方向和大小，并向一控制器 6（见图 40）发送代表这些检测值的信号（检测信号）。此外，所述控制器 6 还基于该检测信号而发出一个信号，用于驱动电动机 31，以此在特定方向上产生出一个特定大小的辅助扭矩。

蜗轮 28 和蜗杆轴 29 被设置在齿轮箱 22 中，且蜗轮 28 与蜗杆 27 相啮合，其中的蜗杆 27 被制在蜗杆轴 29 的中间段上。另外，电动机 31 包括：一壳体 23，其与齿轮箱 22 连接并固定在齿轮箱 22 上；一永磁体定子 39，其环绕着壳体 23 的内周面进行布置；一转动的轴 32，其被设置在壳体 23 内；以及一转子的 38，其套装在转动轴 32 的中间段上，从而与定子 39 相正对。

第一滚珠轴承 34 被设置在一凹孔 41 的内周面与蜗杆轴 29 基端的外周面之间，其中的凹孔 41 被制在壳体 23 底板部分 40 的中央位置处，该轴承支撑着转动轴 32 的基端（图 2、3 中的左端），使得转动轴可相对于凹孔 41 自由地转动。第二滚珠轴承 35 被设置在一隔板部分 42 的内周面与转动轴 32 中间段的外周面之间，其中的隔板部分环绕着壳体

23 中间段的内周面设置，轴承 35 支撑着转动轴 32 的中间段，从而使其可相对于隔板部分 42 自由转动。转子 38 被设置在转动轴 32 的中间段上，且带有一个用叠层钢片组成的磁芯 43 和一线圈 45，线圈 45 缠绕到磁芯 43 外周面上制出的槽缝 44 中，这些槽缝位于沿磁芯外周面的圆周方向分布的多个位置处。另外，在靠近转动轴 32 末端的位置处（靠近图 2、3 中的右端），转子 38 和隔板部分 42 之间设置了一个换向器 46，用于在线圈 45 中形成电流。

在另一方面，在环绕着壳体 23 内周面的区域处固定了一个电刷保持器 47，其面对着所述换向器 46。另外，在电刷保持器 47 中夹持着一个电刷 48，并使得电刷可在壳体 23 的径向方向上自由地移动。电刷 48 穿过一联接接线端（图中未示出），该接线端套装在壳体 23 的外周面上。利用一弹簧 49 在该电刷 48 上施加了一个弹性力，将其在壳体 23 的径向方向上向内压，弹簧被支撑在电刷保持器 47 内。电刷 48 内侧端的表面与换向器 46 的外周面保持弹性的滑动接触。换向器 46 与电刷 48 构成了一个转子相位检测器，用于改变线圈 45 中励磁电流的方向。

在该实例的情况下，环绕着蜗杆轴 28 基端（图 2、4 中的左端）内周面制出的内花键部分 50 通过一花键接头与制在转动轴 32 末端上的外花键部分 51 相连接。该花键接头 33 连接了两转轴 29、32 的末端。采用这样的结构，蜗杆轴 29 可与转动轴 32 一道转动。

第三滚珠轴承 36 在齿轮箱 22 中支撑着蜗杆轴的基端，使其可自由转动。该第三滚珠轴承 36 是一个深槽型滚珠轴承，滚珠 81 的滚动接触表面与环绕着外座圈 57 内周面制出的外滚道 133、以及沿内座圈的外周面制出的内滚道 134 相接触，并使得每个滚珠 81 与滚道的接触只是单点接触。另外，内座圈 52 套装在蜗杆轴 29 基端的外周面上，使得蜗杆轴在轴向上与花键接头 33 对齐。花键接头 33 轴向中心所在位置近乎于与第三滚珠轴承 36 轴向中心所在位置重合。另外，通过在内座圈 52 内周面与蜗杆轴 29 外周面之间形成一个很小的间隙，蜗杆轴 29 可相对于第三滚珠轴承 36 在一定的范围内自由地倾斜。另外，在该第三滚珠轴承 36 的内座圈 52 的两轴向端与凸缘部分 53 的侧面、以及螺帽 55 内侧

端的表面之间设置了多个盘簧 56, 其中的凸缘部分环绕着靠近蜗杆轴 29 基端的外周面制出, 螺帽 55 与制在蜗杆轴 29 基端上的外螺纹段 54 相连接, 并固定在该螺纹段上。内座圈 52 被弹性地保持在凸缘部分 53 的侧面与螺帽 55 内侧端面 (位于图 2、4 中左端的表面) 之间。另外, 蜗杆轴 29 可在轴向上相对于第三滚珠轴承 36、在一定范围内自由地移动。另外, 在该实例中, 在第三滚珠轴承 36 中, 径向方向上的间隙为 C2 或 C3 等级。

第三滚珠轴承 36 的外座圈 57 环绕着一支撑孔 59 的内周面进行安装, 其中的支撑孔 59 制在齿轮箱 22 的一个部分上。该外座圈 57 的一个轴向端 (图 2、4 中的右端) 与一台阶部分 58 相接触, 其中的台阶部分是环绕着支撑孔 59 的内周面制出的, 外座圈 57 的另一轴向端 (图 2、4 中的左端) 通过一保持环 164 (见图 4) 而被定位, 保持环 164 被固定到该内周面上。

第四滚珠轴承 37 用于在齿轮箱 22 中支撑蜗杆轴 29 (图 2、4 的右端) 的末端, 使其可自由地转动。该第四滚珠轴承 37 是一个深槽型轴承, 且滚珠 81 的滚动接触面与沿外座圈 60 内周面制出的外滚道、以及沿内座圈 65 外周面制出的内滚道相接触, 且使得滚道与各个滚珠的接触为单点接触。第四滚珠轴承 37 外座圈 60 被紧固到一大径段 62 中, 该大径段是沿着一基本为圆形的保持器 61 一半的内周面制成的, 保持器的横断面形状为 L 形, 其被连接到齿轮箱 22 的内侧。另外, 在大径段 63 上安装了一个衬套 64, 其被制在靠近蜗杆轴 29 末端的外周面区域上, 蜗杆轴的末端与蜗杆 27 分离。该衬套 64 被制成基本上为圆筒形, 并具有曲柄状的断面结构。此外, 蜗杆轴 29 的末端能轻松地该衬套 64 中穿过, 且该末端从凸缘部分 66 的外侧面突伸出, 凸缘部分制在衬套 64 的一轴向端 (图 2、4 中的右端), 并面向内侧。另外, 第四滚珠轴承 37 的内座圈 65 套装在该衬套 64 轴向中间段上。内座圈 65 一轴向端 (图 2、4 中的左端) 的表面与一凸缘部分 67 的内侧面相接触, 凸缘部分 67 制在衬套 64 的另一轴向端 (图 2、4 中的左端) 上, 并面向外侧延伸。另外, 在该实例的情况中, 通过在衬套 64 内周面与蜗杆轴 29

大径段 63 的外周面之间留出细微的间隙,可使蜗杆轴 29 相对于衬套 64 在特定的范围内自由地倾斜。

另外,在一台阶部分 69 与内向凸缘部分 66 的内侧面之间形成了一个细微的空隙,其中的台阶部分 69 是位于蜗杆轴 29 上大径段 63 与小径段 68 之间的一个连续段,其中的小径段 68 被制在与大径段 63 离开的末端一侧。还可在蜗杆轴 29 末端表面与小径段 68 之间的该连续段上形成一个锥形面 143。

小径段 68 上从衬套 64 上制出的内向凸缘部分 66 的外侧面突伸出的那一部分插入到预载衬垫 70 的一部分中。如图 5 中详细表示的那样,该预载衬垫 70 是由混有固态润滑材料的合成树脂材料制成的,并被制成从圆柱形外周面的两径向相对侧去除两个部分,并在预载衬垫 70 外周面的两径向相对侧形成了平直区域 138 和臂形区域 139。而且,预载衬垫 70 被设置在保持器 61 的另一端面(即图 2、4 中的右端面)与一凹孔 72 的底面之间,其中的凹孔 72 被制在齿轮箱 22 的一部分中。在预载衬垫 70 上制有一个通孔 71,并使得该通孔在轴向上穿过预载衬垫的中心,从而使蜗杆轴 29 的小径段 68 可被自由地插入到该通孔 71 中。该通孔 71 的内周面起到了一个滑动轴承的作用,其支撑着蜗杆轴 29 的小径段 68。在该通孔 71 中,位于电动机 31 一侧的那一半内周面是一个锥形面 137,其直径在朝向开口端的方向上逐渐增大。另外,该锥形面 137 的开口直径比制在蜗杆轴 29 末端上的小径段 68 的直径大 0.5mm 或更大。

另外,在预载衬垫 70 上套装着一个扭转螺旋弹簧 30,并在该扭转螺旋弹簧 30 两端的两径向相对侧的两个位置上设置了一对连接段 73,这对连接段与一对突起连接部分 74 相连接,或在一侧(在图 2、4、5 中为上侧)面对着一个空隙,其中的一对突起连接部分 74 位于保持器 61 另一端面上两个径向相对的位置处,从而在轴向上突出。另外,这些突起连接部分 74 的末端装配到凹孔 72 底面上两位置处制出的孔洞(在图中未示出)中。这些突起连接部分 74 的位置可在一定范围内相对于齿轮箱 22 进行调整。通过将扭转螺旋弹簧 30 的内周边缘紧压到预载衬

垫 70 外周面的第一部分圆柱表面 140 上,就可利用预载衬垫 70 在面向蜗轮 28 的方向(图 2、4、5 中向上的方向)上向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力,其中,第一部分圆柱表面位于与蜗轮 28 相反的一侧(图 2、4、5 中的下侧)。通过向末端施加该弹性力,就可缩短蜗杆轴 29 中心轴线与蜗轮 28 所围绕的内轴杆 18 之间的距离。另外,在蜗杆轴 29 的蜗杆 27 与蜗轮 28 之间施加了一个预载,使蜗杆与蜗轮相互接触。

在该实例的情况下,预载衬垫 70 外周面与扭转螺旋弹簧 30 内周面之间的接触区形成了一个弧形,且该接触区的弧长相对于扭转螺旋弹簧 30 单匝的长度足够地小。另外,在预载衬垫 70 的外周面上,位于蜗轮 28 一侧(图 2、4、5 中的上侧)的第二部分圆柱表面 141 的曲率半径被制成小于第一部分圆柱表面 140 的曲率半径。

在该实例的情况中,位于预载衬垫 70 上的臂形区域 139 的一侧(图 5 中的上侧)面对者突起连接部分 74 的另一侧(图 2、4、5 中的下侧),且两者之间留有一个很小的空隙。另外,在第一部分圆柱表面 140 的一轴向端上还设置有一个突起连接部分 142,其中的第一圆柱表面 140 被制成环绕着预载衬垫 70 的外周面,连接部分 142 可防止扭转螺旋弹簧 30 从预载衬垫 70 上脱离。在该实例的情况下,当扭转螺旋弹簧 30 被套装到预载衬垫 70 上之后,在扭转螺旋弹簧 30 每匝簧线的表面(即簧线之间)存在一轴向间隙。

另外,通过将扭转螺旋弹簧 30 的弹性力施加到蜗杆轴 29 上,则由于在蜗杆轴 29 与蜗轮 28 之间啮合区域中的磨擦力增大,内轴杆 18 中扭矩量也增大,且该增大量被调节为 0.4Nm 到 5Nm。更具体来讲,如果该扭矩的增大量为 0.4Nm 到 5Nm,则所要调节的弹性力 F 满足如下的公式:

$$F = (TL_1 \sin \alpha) / (\mu \cos \gamma R \tau L_2) \quad \dots \dots \text{(公式 1)}$$

在该公式中,内轴杆 18 中扭矩的增大量被设定为 T,啮合区域的压力角被设定为  $\alpha$ ,摩擦系数为  $\mu$ ,导程角为  $\gamma$ ,在啮合区域处蜗杆轴 29 的节圆半径为 R,在该啮合区域处的齿轮比为  $\tau$ ,啮合区域与第三滚珠轴承 36 之间的轴向距离为  $L_1$ ,第三滚珠轴承 36 与第四滚珠轴承 37 之间的

轴向距离为  $L_2$ 。另外，在该实施例中，在与蜗轮 28 啮合的区域处，由于弹性力而作用到二者上的压紧力为 12.8N 到 160N。

在该实例中，当电动机 31 以额定输出功率进行驱动时，蜗杆轴 29 就会受到蜗轮 28 的反作用力作用，从而在与蜗轮 28 啮合的位置处其要离开该蜗轮 28。另外，当电动机 31 以额定输出功率进行驱动时，电动机 31 转动轴 32 与蜗杆轴 29 之间的夹角将小于不用电动机 31 进行驱动（输出为零）时二者之间的夹角。另外，在该实例中，当电动机 31 以额定功率进行驱动时，转动轴 32 与蜗杆轴 29 之间的夹角为 0 分到 50 分，更为优选地是在 0 分到 100 分之间。

另外，在该实例中，由于花键接头 33 中存在径向间隙，而使转动轴 32 的中心与蜗杆轴 29 的中心之间存在一定的偏移，该偏移量被设定为  $10\mu\text{m}$  到  $200\mu\text{m}$ ，其中花键接头中的径向间隙是指转动轴 32 末端上外花键部分 51 与蜗杆轴 29 基端上内花键部分 50 之间的间隙。另外，由于电动机 31 壳体 23 的各个构件在对接部分存在的间隙、以及由于在齿轮箱 22 和该壳体 23 的对接部分存在间隙而使转动轴 32 中心与蜗杆轴 29 中心出现一定偏移，该偏移量小于两转轴 32、29 由于花键接头 33 中存在径向间隙而出现的中心偏移。

如上所述，本发明的电动动力转向装置具有一辅助装置 16，其包括一扭矩传感器 3、作为辅助轴的内轴杆 18、蜗轮 28、蜗杆轴 29、扭转螺旋弹簧 30、用于施加弹性力的预载衬垫 70、以及电动机 31。因而，在上述实例的情况中，当扭转螺旋弹簧 30 在朝向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 施加一个弹性力时，就可以在蜗轮 28 与蜗杆轴 29 之间的啮合区域处施加一个预载，因而就可以防止在该啮合区域中由于齿牙撞击而产生噪音，并能保持装置的成本。

另外，在该实例的情况中，在齿轮箱 22 中，扭转螺旋弹簧 30 的弹性力施加在蜗杆轴 29 的末端上，而并没有经过第四滚珠轴承 37。因而，就可以使扭转螺旋弹簧 30 所在的凹孔 72 的内部空间很小。但是，也可以考虑将第四滚珠轴承 37 设置在蜗杆轴 29 末端的外周面上，并在齿轮箱 22 或与齿轮箱相连接的其它部件与第四滚珠轴承 37 之间设置一螺旋

弹簧，以便于利用该螺旋弹簧向蜗杆轴 29 施加一个径向弹性力。但是，在这种结构的情况下，螺旋弹簧突出于蜗杆轴 29 外周面之外的突出量将很大，因而，齿轮箱 22 将会造成装置的尺寸增大。在本实例的情况下，扭转螺旋弹簧 30 的弹性力作用在蜗杆轴 29 的末端上，而不经第四滚珠轴承 37，因而不会出现上述的问题。

此外，在该实例的情况中，由扭转螺旋弹簧 30 作用到预载衬垫 70 上的弹性力被调节到上述的范围内。因而，当装置不由电动机 31 进行驱动时，可以保持预加的载荷，并保持蜗轮 28 与蜗杆轴 29 的齿牙面在啮合区域内的相互接触，从而就可以有效地抑制由于齿牙撞击而产生的噪音，并防止电动机 31 由于扭矩增大而出现问题。按照由本发明人进行的试验：通过将弹性力调节到上述的范围内，就可消除由齿牙撞击而产生的噪音，且扭矩的增大量也足够地小。另外，在该实例的情况中，预载衬垫 70 外周面与扭转螺旋弹簧 30 内周边缘之间接触区的弧长相对于扭转螺旋弹簧 30 单匝的长度是足够小的。因而，扭转螺旋弹簧 30 就可以在朝向蜗轮 28 的方向上有效地对预载衬垫 70 施加弹性力。另外，在该实例中，在预载衬垫 70 的外周面上，位于蜗轮 28 一侧的第二部分圆柱表面 141 的曲率半径（该区域的半径）小于位于与蜗轮 28 相反一侧的第一部分圆柱表面 140 的曲率半径（即该区域的半径）。因而，即使在扭转螺旋弹簧 30 的尺寸误差变大、以及扭转螺旋弹簧 30 的直径由于蜗杆轴 29 的位移而增大的情况下，也可以使扭转螺旋弹簧 30 与预载衬垫 70 的第一部分圆柱表面 140 很好地接触着，因而可向蜗杆轴 29 施加一个稳定的弹性力。

由于电动机 31 转动轴 32 和蜗轮 28 的转动，其末端穿入到预载衬垫 70 上通孔 71 中的蜗杆轴 29 会在第四滚珠轴承 37 的径向上移动。如果该运动造成了预载衬垫 70 移动，并造成套装在预载衬垫 70 上的扭转螺旋弹簧 30 发生扭转，则就存在这样的趋势：预载衬垫 70 与扭转螺旋弹簧 30 之间的摩擦力就会增大。按照预载衬垫 70 运动方向的不同，该摩擦增大量也是不同的。摩擦的增大会使得由扭转螺旋弹簧 30 作用在蜗杆轴 29 上的弹性力出现不适当的改变，而这样的改变是不利的。但

是，在该实例中，由于预载衬垫 70 是由混有固态润滑材料的合成树脂制成的，所以其可抑制摩擦力的增大，因而就能稳定地向蜗杆轴 29 施加指定的弹性力。另外，如果扭转螺旋弹簧 30 每匝簧线的表面在轴向上相互接触，则在接触区域产生的摩擦也会造成由扭转螺旋弹簧 30 向蜗杆轴 29 施加的弹性力出现不适当的改变。但是，在本实例的情况中，由于在每匝簧线的表面之间留有轴向间隙，所以可稳定地向蜗杆轴 29 施加特定的弹性力。

如同在该实例中那样，在国际公开单行册 99/65758 所公开的电动动力转向装置中，弹性力施加装置也是在朝向蜗轮的方向上向蜗杆轴施加一个弹性力。但是，在 99/65758 号文件所公开结构的情况下，支撑着电动机转动轴末端的滚动轴承、以及支撑着蜗杆轴基端的滚动轴承被合并成一个滚动轴承。因而，在 99/65758 号文件所公开结构的情况下，即使电动机的转动轴未被电动机驱动，并被同心地支撑在电动机壳体内，当用电动机进行驱动时，由于蜗杆轴受到蜗轮的反作用力作用，蜗杆轴会相对于滚动轴承倾斜向远离蜗轮的方向。另外，由于出现了这样的现象，转动轴也变得易于相对于滚动轴承发生倾斜。当发生了这样的情况时，转动轴中间段上转子与定子之间的距离就会改变，从而很难从电动机获得稳定的功率输出。

但是，在该实例的情况下，第一、第二滚珠轴承 34、35 支撑着转动轴 32 的两端，第三、第四滚珠轴承 36、37 支撑着蜗杆轴 29 的两端，且第一到第四的四个轴承 34—37 是相互分开的。因而，在该实例的情况下，即使蜗杆轴 29 在被电动机 31 驱动时相对于第三滚珠轴承 36 发生了倾斜，也可以防止转动轴 32 相对于第三滚珠轴承 36 出现倾斜，因而就可以从电动机获得稳定的功率输出。另外，在该实例的情况下，由于在第三滚珠轴承 36 中的间隙为 C2 或 C3 等级，所以能容易地保持第三滚珠轴承 36 中的间隙角，因而易于使蜗杆轴 29 相对于第三滚珠轴承 36 产生倾斜。

另外，在该实例的情况下，如果电动机 31 以额定输出功率进行驱动，在蜗杆轴 29 变得远离蜗轮 28 时，电动机 31 转动轴 32 与蜗杆轴 29

之间的夹角就小于电动机 31 不进行驱动时二者之间的夹角。因而，在该实例的情况下，当用电动机进行驱动时，可以平稳地将电动机 31 的输出传递给蜗杆轴 29，因而就可以防止转动轴 32 与蜗杆轴 29 之间花键接头 33 中摩擦增大。另外，由于可以防止转动轴 32 发生摆动，所以可电动机 31 获得更为稳定的输出，并防止发生振动。另外，在该实例的情况下，当由电动机以额定功率进行驱动时，两转轴 32、29 之间的夹角足够地小，处于 0 分到 50 分之间（优选为在 0 分到 10 分之间）。因而，在花键接头 33 的外花键 50 与内花键 51 之间具有良好的配合，从而能更为平稳地将电动机 31 的功率输出传递给蜗杆轴 29，有效地防止电动机 31 的转动轴 32 发生摆振。

另外，在该实例的情况下，花键接头 33 处于在轴向上与第三滚珠轴承 36 重合的位置上。因而，即使蜗杆轴 29 相对于第三滚珠轴承 36 发生了倾斜，也能有效地防止转动轴 32 上制出外花键部分 51 的那一部分在径向上移动，因而就可以从电动机 31 获得更为稳定的输出，并防止出现振动。

另外，在该实例的情况下，蜗杆轴 29 的中心轴线与转动轴 32 的中心轴线之间由于在花键接头 33 中存在径向间隙而产生的偏移被保持在  $10\mu\text{m}$  到  $200\mu\text{m}$  之间。因而，就可以防止蜗杆轴 29 相对于第三滚珠轴承 36 的倾斜受到蜗杆轴 29 上内花键部分 50 与转动轴 32 上外花键部分 51 相互干涉的阻碍，因而就可以防止花键接头 33 中由于蜗杆轴 29 倾斜而发出齿牙撞击噪音的问题。

另外，在该实例的情况下，通过在蜗杆轴 29 的基端与第三滚珠轴承 36 之间设置盘簧 56，就可以使蜗杆轴 9 相对于第三滚珠轴承 36 在特定范围内产生轴向位移。因而，蜗杆轴 29 很难会受到第三滚珠轴承 36 自身空转的影响，因而易于使蜗杆轴 29 相对于第三滚珠轴承 36 产生足够的倾斜。

另外，在该实例的情况下，转动轴 32 与蜗杆轴 29 之间由于某一原因而出现的中心偏移小于两转轴 32、29 之间由于在花键接头 33 中存在径向间隙而出现的中心偏移，其中，所述原因是指：在电动机 31 壳体

23 各个构件之间的对接部分内存在空隙、以及在齿轮箱 22 与壳体 23 之间对接部分内存在空隙。因而，当两转轴 32、29 之间出现偏心时，可不与内、外花键部分 50、51 发生干涉地将两转轴 32、29 安装到壳体 23 和齿轮箱 22 中，因而就可以将扭矩从转动轴 32 平稳地传递给蜗杆轴 29。另外，还可从电动机 31 获得稳定的功率输出。

可按照如下的方法对由扭转螺旋弹簧 30 施加给蜗杆轴 29 的弹性力进行调节。也就是说，在该电动动力转向装置中，利用内轴杆 18 或方向盘 1 检测出的扭矩（测得扭矩）是这样来找出的：在齿条 12 与小齿轮 11 脱开、且停止向电动机 31 输送电流的情况下，克服啮合区域中的摩擦力转动内轴杆 18。然后，这样来调节弹性力：在将扭转螺旋弹簧 30 未被安装时的测得扭矩值（最大扭矩增量）与扭转螺旋弹簧 30 被安装后的测得扭矩进行相减之后，所得数值为 0.4Nm 到 5Nm。

另外，当装配该实例的装置时，必须要将蜗杆轴 29 的末端插入到齿轮箱 22 内预载衬垫 70 上的通孔 71 中。但是，如果在末端被插入到通孔 71 中之前的状态下，通过从扭转螺旋弹簧 30 向预载衬垫 70 施加弹性力，则就可以使通孔 71 的中轴线相对于第四滚珠轴承 37 向蜗轮 28 一侧移动。另外，当蜗杆轴 29 末端附近部分上大径段 63 被插入到支撑在第四滚珠轴承 37 内的衬套 64 中时、以及当末端附近部分上小径段 68 被插入到通孔 71 中时，该小径段 68 使得预载衬垫 70 克服扭转螺旋弹簧 30 的弹性力移向蜗轮 28 一侧。在蜗杆轴 29 是以这样的方式被安装到齿轮箱 22 中的情况下，扭转螺旋弹簧 30 指向蜗轮 28 的弹性力通过预载衬垫 70 施加到小径段 68 上。因而，在该实例的情况下，可向蜗杆轴 29 施加特定的弹性力，且无需进行棘手的工作就可以容易地完成装配，其中的棘手工作例如为：执行特殊的调整、或装配一个弹性部件，目的在于将蜗杆轴 29 装配到齿轮箱 22 之后，可施加特定的弹性力。另外，在该实例的情况中，在电动机 31 一侧，预载衬垫 70 的通孔 71 中的那一半内周面上制有一锥形表面 137，并使得其直径在朝向开口端的方向上逐渐增大，并在一连接部分中制有一锥形面 143，其中的连接部分将蜗杆轴 29 的端面与小径段 68 连接起来。因而，在该实例中，可容易地将小径段 68 插入到通孔 71 中，从而能更为

容易地进行装配。

为了能利用扭转螺旋弹簧30抑制蜗杆轴29与蜗轮28之间啮合部分中的撞齿噪音，必须要向蜗杆轴29施加一个具有特定值或更大（例如为20N或更大）的弹性力。因而，存在这样的趋势：在蜗杆轴29的末端被插入到齿轮箱22中所安装的预载衬垫70上通孔71中之前的状态中，预载衬垫70会向蜗轮28一侧移动很大的量。但是，随着该位移变得过大（如果弹性力被设为20N或更大时能达到4mm），则当蜗杆轴29被安装到齿轮箱22中时，通孔71的中心轴线就会相对于蜗杆轴29的中心轴线向蜗轮28一侧产生很大的移位，因而将很难将蜗杆轴29的末端插入到通孔71中。另外，在该实例的情况下，在预载衬垫70的一部分上制有一对臂形部分139，这些臂形部分面对着保持器61上制出的突起连接部分74。因而，无论弹性力是否为特定值或更大，都可以防止预载衬垫70上通孔71在蜗杆轴29的末端尚未插入到该通孔71中之前已向蜗轮28一侧过量地移动，并能容易地执行装配。例如，通过采用一对臂形部分139，就可以将预载衬垫70在朝向蜗轮28方向上的位移保持在很小的数值上，或约为0.5mm。

另外，在该实例的情况下，小齿轮11与齿条直接进行啮合，但是，本发明并不仅限于这样的结构。例如，还可以这样一种结构：其采用了所谓的变速比转向机构（VGS），在该机构中，小齿轮11的下端被安装到一长孔中，该长孔与小齿轮11是分开的，因而使小齿轮可在长孔的纵长方向上自由地移动，且在该长孔中，小齿轮与齿条相啮合，并可根椐汽车的速度来改变齿条相对于转向轴的转角位移量，因而可将这种结构与本实例的结构结合起来。

另外，本发明并不仅限于这样的结构：辅助装置的辅助轴是转向轴2的一部分。例如，如图6所示，可以使与齿条12啮合的小齿轮11（见图40）作为辅助轴，并将电动机31设置在该小齿轮11的附近。在图6所示结构的情况下，可将扭矩传感器40设置在小齿轮11的附近，而非设置在转向轴2的附近。同样，如图7所示，也可以使与部分齿条12在与小齿轮11接合部相分开的位置处啮合的副小齿轮75作为辅助轴。

在图7所示的结构中，连接到副小齿轮75上的蜗轮与蜗杆轴29相啮合。此外，电动机31被设置在靠近该副小齿轮的位置处。同样，在图7所示结构的情况下，可以将扭矩传感器3设置在小齿轮11的附近。在图7所示结构的情况下，可在中间轴8的中间段中设置一减振装置76，以防止经车轮从路面传到小齿轮11的振动被传递到方向盘1。例如，可通过将内轴杆与外轴杆以伸缩套筒的形式进行组合、并用弹性材料连接在这些轴杆的端部周面之间来形成该减振装置76。

另外，在该实例的情况下，对电动机31线圈45的励磁电流方向进行切换的转子相位检测器包括一电刷48和一换向器46。但是，本发明并不限于这种结构，如图8所示那样，电动机31可采用所谓的无电刷结构，在该结构中，转子相位检测器包括：一永磁体编码器78，其被固定到转动轴32上，以及一霍尔(Hall)集成电路77。此外，在图8所示结构的情况下，定子39a还包括一叠层钢片磁芯82和线圈83，磁芯被固定到壳体23的内周面上，而线圈83则被缠绕到磁芯82上的多个位置处；转子38a包括环绕着转动轴32中间段外周面进行固定的永磁体84。另外，当采用这种结构时，通过采用一个可对定子39a中电流的增减进行控制的向量控制器，就可以改变定子39a的磁力。

另外，在该实例的情况下，第二滚珠轴承35中的、第二滚珠轴承35的内座圈79与转动轴32之间的装配区域中的、以及第二滚珠轴承35外座圈80与壳体23内周面之间的装配区域中的总径向间隙量 $\delta_1$ 小于第三滚珠轴承36中的、第三滚珠轴承36的外座圈57与齿轮箱22之间的装配区域中的、第三滚珠轴承36内座圈56与蜗杆轴29之间的装配区域中的、以及装配区域33中的总径向间隙量 $\delta_2$  ( $\delta_1 < \delta_2$ )。在按照这样的方式对间隙进行调整的情况下，无论蜗杆轴29如何倾斜，都可以从电动机31获得稳定的输出，并可抑制电动机31的振动。另外，在连接着转动轴32的末端部分与蜗杆轴29基端的连接部分中存在多个接头的情况下，上述的总间隙量 $\delta_1$ 小于存在于这些接头的径向的、位于第三滚珠轴承36中的、第三滚珠轴承36的外座圈57与齿轮箱22之间的装配区域中的、以及第三滚珠轴承36内座圈56与蜗杆轴29之间的装

配区域中的间隙总和 $\delta_3$  ( $\delta_1 < \delta_3$ )。

同时，无须调整第二、第三滚珠轴承 35、36 中间隙、以及各个装配区域的间隙之间的关系，而是可调整下列位移量  $x_1$  到  $x_3$  之间的关系。也就是说，当在转动轴 32 上、与第二滚珠轴承 35 在轴向上重合的那一部分上施加一个 20N 的径向载荷时，转动轴 32 中心轴线在受力位置处的径向位移量为  $x_1$ ；当在蜗杆轴 29 上、与第三滚珠轴承 36 在轴向上重合的那一部分上施加一个 20N 的径向载荷时，蜗杆轴 29 中心轴线在受力位置处的径向位移量为  $x_2$ ；以及在花键接头 33 中的转动轴 32 部分上施加 20N 的径向载荷时，花键接头 33 中转动轴 32 的中心轴线相对于蜗杆轴 29 的中心轴线所产生的径向位移量为  $x_3$ 。在此情况下，将各个位移量之间的关系调整为  $x_1 < (x_2 + x_3)$ 。在按照这样的方式来对这些位移量  $x_1$  到  $x_3$  进行调节的情况下，则即使蜗杆轴 29 发生了倾斜，也可以从电动机 31 获得稳定的输出，并能抑制电动机 31 的振动。另外，更为优选地是，在这样的情况下：向蜗杆轴 29 上与第二滚珠轴承 35 轴向重合的部分施加 20N 径向载荷，蜗杆轴 29 中心轴线在受力部分处的径向位移被调整到  $5\mu\text{m}$  到  $200\mu\text{m}$  之间。在这样进行调整的情况下，就可以容易地防止从蜗轮 28 传给蜗杆轴 29 的振动被传递到电动机 31 的转动轴 32 处。

另外，更为优选地是：当用电动机 31 进行驱动时，由于在蜗轮 28 与蜗杆轴 29 啮合的区域处作用有驱动力，所以转动轴 32 会向第二滚柱轴承 5 施加一个作用力，该作用力小于第三滚珠轴承 36 受到蜗杆轴 29 的作用力，该作用力也是由于在啮合区域存在作用力而产生的。在该实例的情况中，蜗杆轴 29 与转动轴 32 之间花键接头 33 的轴向中心位置近乎于与第三滚珠轴承 36 的轴向中心位置重合。在另一方面，也可以使花键接头 33 的轴向中心从第三滚珠轴承 36 的轴向中心位置处移位。但是，即使在这样的情况下，为了能在蜗杆轴 29 发生倾斜的情况下从电动机 31 获得稳定的功率输出，最好将花键接头 33 轴向中心的位置设置成比第二滚珠轴承 35 与第三滚珠轴承 36 之间轴向中心位置更靠向第三滚珠轴承 36 一侧。

另外,在该实例的情况下,扭转螺旋弹簧 30 与弹性力施加装置的预载衬垫 70 被设置在齿轮箱 22 与蜗杆轴 29 的末端之间。但是,弹性力施加装置并不仅限于以这样的方向进行布置的扭转螺旋弹簧 30 和预载衬垫 70。例如,可至少在第四滚珠轴承 37 的外座圈 60 与齿轮箱 22 之间、第四滚珠轴承 37 的内座圈 65 与蜗杆轴 29 之间、或齿轮箱 22 与蜗杆轴 29 之间设置弹性力施加装置,从而可在径向上向蜗杆轴 29 施加与蜗杆轴 29 径向位移对应的弹性力。

对于蜗杆轴 29 的两相对端,用于在齿轮箱 22 中支撑着蜗杆轴 29 与转动轴 32 相反一侧端部的第四轴承可以是除上述第四滚珠轴承 37 之外的其它轴承。例如,该第四轴承并不仅限于滚珠轴承,也可以是诸如圆柱滚子轴承等的其它滚动轴承或滑动轴承,只要其能满足如下的要求即可:支撑着蜗杆轴 29 末端附近部位,使其在齿轮箱 22 中可自由转动,并能在蜗杆轴 29 径向上产生特定范围的位移,另外,还至少在第四轴承外座圈与齿轮箱之间装配区域、或第四轴承内座圈与蜗杆轴之间装配区域中留有径向间隙。

对于蜗杆轴 29 的两相对端,用于在齿轮箱 22 中支撑着蜗杆轴 29 位于转动轴 32 一侧端部的第三轴承可以是除上述第三滚珠轴承 36 之外的其它轴承,只要其能支撑着蜗杆轴 29 的端部,使其相对于该第三轴承能自由地倾斜即可。

另外,用于在壳体 23 内支撑转动轴 32 上某一段的第二轴承也可以是除第二滚珠轴承 35 之外的其它轴承,只要其能防止转动轴 32 发生倾斜即可—即使在蜗杆轴 29 相对于第三轴承发生倾斜的情况下,其中,转动轴 32 上的这一段位于连接部分的花键接头 33 与电动机 31 的转子 38 之间。同样,转动轴 32 的末端与蜗杆轴 29 的基端也并不限于通过使花键接头 33 或锯齿接头中的键齿进行啮合而进行连接,也可以用弹性材料将该末端与基端连接起来。

另外,弹性力施加装置也可包括一种弹性材料,该弹性材料的弹性系数可根据蜗杆轴 29 在径向上的位移而在各个数值之间进行变化;例如可在 1N/mm—20N/mm 的低弹性系数到 180N/mm 或更大数值(例如

360N/mm)的高弹性系数之间进行变化。例如,可采用图9所示的弹性系数类型。图9中的水平轴代表在蜗杆轴29与蜗轮28的啮合区域处,当不用电动机31进行驱动时,蜗杆轴29在径向上相对于蜗轮28的位移量,竖轴代表载荷。另外,图中的实线a、b表示了低的弹性系数,而虚线则代表很高的弹性系数。实线所示的弹性系数分别为1N/mm和20N/mm。另外,在虚线c到虚线f中,虚线c代表了当蜗杆轴29与蜗轮28内径侧的齿牙进行啮合时的弹性系数,该弹性系数为180N/mm。虚线d指代了当蜗杆轴29与蜗轮28外径侧的齿牙进行啮合时的弹性系数,该弹性系数为360N/mm。在0.5mm的位移量处,虚线e、f与低弹性系数20N/mm的图线重合,它们分别代表340N/mm的弹性系数和无穷大的弹性系数。

在采用其弹性系数可在两个数值之间变化的弹性力施加装置的情况下,当转动轴32不由电动机31进行驱动时,可利用一低弹性系数的弹性力施加预载,以使蜗杆轴29的齿牙与蜗轮28的齿牙接触到一起。另外,当电动机31以最大输出功率进行驱动时,由于蜗杆轴29会受到蜗轮28的反作用力作用,所以蜗杆轴29将会在远离蜗轮28的方向上移动,因而需要用高弹性系数的弹性力来平衡该反作用力,并在该位置处,使蜗杆轴29与蜗轮28相啮合。在此情况下,优选地是:当电动机31以最大功率驱动时,啮合区域的位置相对于电动机31未驱动时啮合区域的位置在蜗杆轴29的径向上移动了0.1mm到1.0mm。

在这样的情况下:采用了其弹性系数可按照这样的方式在至少两级之间变化的弹性材料,当用电动机31进行驱动时,就可以在蜗杆轴29与蜗轮28的啮合区域处使它们处于合适的位置,这样就可以使两部件29、28啮合到一起,并留有适当的齿隙量。因而,就可以将啮合区中由于摩擦而造成的扭矩损失保持在很小的数值上。在采用了其弹性系数可按照这样的方式在两个数值之间变化的弹性材料的情况下,可使用一控制器,其可对应于蜗杆轴29在径向上的位移量对电动机31的功率输出的大小进行控制。

下面将对由本发明人执行试验所获得的结果进行介绍,执行这些试

验的目的是为了检验在如下条件下所获得的结果：当向蜗杆轴 29 施加一个低弹性系数的弹性力时，在啮合区域中将内轴杆 18 由于摩擦力增大而增大的扭矩量调节到 0.4Nm 到 5Nm。在这些试验中，使用了五个相同的电动动力转向装置（No.1 到 No.5），并对齿牙撞击噪音和电动机 31 的响应性进行测量。以这样方式执行的试验的结果表示在表 1-1 和 1-2 中。

表 1-1

		<u>撞齿噪音</u>				
扭 矩		<u>No.1</u>	<u>No.2</u>	<u>No.3</u>	<u>No.4</u>	<u>No.5</u>
的增大量	0.2	△	×	×	×	×
(Nm)	0.3	○	△	△	△	×
	0.4	○	△	○	○	△
	0.5	○	○	○	○	○
	1.0	○	○	○	○	○
	2.0	○	○	○	○	○
	3.0	○	○	○	○	○
	4.0	○	○	○	○	○
	5.0	○	○	○	○	○
	5.3	○	○	○	○	○
	5.7	○	○	○	○	○
	6.0	○	○	○	○	○
	6.5	○	○	○	○	○

表 1-2

		<u>电动机响应性</u>					评价
		<u>No.1</u>	<u>No.2</u>	<u>No.3</u>	<u>No.4</u>	<u>No.5</u>	
扭 矩 的增大量 ( Nm )	0.2	O	O	O	O	O	×
	0.3	O	O	O	O	O	×
	0.4	O	O	O	O	O	O
	0.5	O	O	O	O	O	O
	1.0	O	O	O	O	O	O
	2.0	O	O	O	O	O	O
	3.0	O	O	O	O	O	O
	4.0	O	O	O	O	O	O
	5.0	O	O	O	O	O	O
	5.3	△	O	O	△	O	×
	5.7	×	O	△	△	O	×
	6.0	×	△	×	×	△	×
	6.5	×	×	×	×	△	×

在表 1 中，标志 O 代表撞齿噪音被设计得足够地小，或代表电动机 31 的响应性非常好，而 △ 则代表撞齿噪音有点大，或电动机 31 的响应性有点差，而 × 代表撞齿噪音非常嘈杂，或电动机 31 的响应性非常差。从表 1 所示的试验结果可以清楚地看出，如果扭矩的增大量为 0.4Nm 或更小时，则撞齿噪音非常大。在另一方面，如果扭矩的增大量超过 5.0Nm，则电动机 31 的响应性将变得很差。但是，如果扭矩的增大量在 0.4Nm 到 5.0Nm 之间，则撞齿噪音很小，电动机 31 的响应性也很好。这些试验结果验证了通过调节扭矩增大量所能获得的效果。

下面，将对图 10 所示的本发明实施方式的第二种实例进行描述。该实例区别于上述第一实例之处在于：蜗杆轴 29 基端（图 10 中的左端）的外周面是一个台阶形的圆柱面，在该圆柱面上未制有阳螺纹段 54（见图 2 和图 4）。该圆柱面被制成环绕着圆筒段 85 的外周面，并在靠近该

圆筒段 85 基端的一个部位上装配了一个支撑部件 86。支撑部件 86 基本上为圆筒状，并环绕着基端的外周面制有一个向外延伸的凸缘部分 87。另外，环绕着支撑部件 86 中间段的整个内周面制有一个向内的凸缘部分 88，其在径向上向内突出。另外，通过旋压卷边等方法将圆筒段 85 的基端在径向上向外扩而形成一卷边部分 90。当支撑部件 86 被套装到圆柱面上时，可使得支撑部件 86 上内向凸缘部分 88 的端面（图 10 中的右端面）会与台阶部分 89 的表面相接触，其中的台阶部分是环绕着圆柱面的中间段制出的。卷边部分 90 通过支撑着支撑部件 86 内向凸缘部分 88 的另一端面（图 10 中的左端面），而将支撑部件 86 连接、固定到圆筒段 85 上。

该实例的其它结构和功能均与第一实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，将对图 11 所示的本发明实施方式的第三种实例进行描述。在该实例的情况中，基于图 10 所示第二实例的结构，支撑着蜗杆轴 29 位于电动机 31 一侧的基端的第三滚珠轴承 36a 是一个四点接触型轴承。换言之，环绕着第三滚珠轴承 36a 外座圈 57 的内周面制有外圈滚道 133a，并环绕着内座圈 52 的外周面制有内圈滚道 134a，两滚道的横截面为所谓的哥特尖拱形状，这样的形状是通过将一对圆弧连接起来而形成的，这对圆弧的曲率半径大于滚珠 81 滚动接触表面的曲率半径。另外，每个滚珠 81 的滚动接触表面与外圈滚道 133a 和内圈滚道 134a 的接触都各有两个点。

在该实例的情况中，由于第三滚珠轴承 36a 是四点接触型轴承，所以就可以增大该第三滚珠轴承 36a 在轴向上的刚性。因而，就可以抑制该第三滚珠轴承 36a 中的振动，进而可防止发生异常振动。

该实例的其它结构和功能均与图 10 所示第二实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，将对图 12 所示的本发明实施方式的第四种实例进行描述。在该实例的情况中，基于图 11 所示第三实例的结构，在第三滚珠轴承 36a 内座圈 52 的内周面与蜗杆轴 29 端部的外周面之间弹性地间置了一

个圆筒形部件 135，该部件是用橡胶等弹性体部件制成的。另外，该实例与上述其它实例的区别在于：在第三滚珠轴承 36a 内座圈 52 两轴向端面与凸缘部分 53 一个表面（图 12 中的左侧面）、以及支撑部件 86 内侧端面（图 12 中的右侧面）之间未设置盘簧 56（见图 2 和图 4），从而在这些部件 52、53、86 之间留有空隙 136，其中的凸缘部分 53 是环绕着蜗杆轴 29 基端附近部位的外周面而制成的。

与上述的实例类似，在该实例的情况中，也同样易于使蜗杆轴 29 相对于第三滚珠轴承 36a 在特定范围内倾斜。

该实例的其它结构和功能均与图 11 所示第三实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

不同于图 11、12 所示第三、第四实例的情况，第三滚珠轴承 36a 也可以如图 1 到图 5 所示第一实例那样，是典型的深槽型轴承，用于支撑蜗杆轴 29 在与电动机 31 相反一侧的末端的第四滚珠轴承 37（见图 2 和图 4）可以是一个四点接触型轴承，或者，第三滚珠轴承 36a 和第四滚珠轴承 37 都可以是四点接触型轴承。

下面，图 13 和图 14 表示了本发明实施方式的第五实例。在本发明的该实例中，第四滚珠轴承 37 的外座圈 60 被套装到一圆筒形保持器 92 的一半内周面（图 13 中的右一半）中，该保持器 92 固定到齿轮箱 22 内侧的某一部分上。另外，蜗杆轴 29 末端上制出的小径段 68 的末端附近部分被装配到圆筒形套筒 93 的内周面中，套筒 93 被固定到第四滚珠轴承 37 内座圈 65 的内径侧上，并在该部分与内周面之间留有间隙。另外，在保持器 92 的另一半（图 13 中的左一半）上设置了一个半圆柱形的固定器 94，在蜗轮 28 一侧，该固定器的断面是不连续的。在一平面部分 95 上连接了一个板簧 96，该板簧的中间段作为所述的弹性力施加装置，其中的平面部分 95 为该固定器 94 的一部分，并位于与蜗轮 28 相反的一侧。该板簧 96 的中间区域具有一根部 97，其用于与平板 95 相连接，并具有一对位于两端部处的支撑部分 98，这两个部分在横截面上形成了一个 V 形结构，该结构向蜗轮 28 的一侧开口向上。板簧 96 在使支撑部分 98 末端之间空间减小的方向上存在一个弹性力。另外，在蜗

杆轴 29 小径段 68 的基端部分上套装着一第五滚珠轴承 99 的内座圈 100, 支撑部分 98 基端处的表面弹性地顶压到第五滚珠轴承 99 外座圈 101 外周面上的两个位置处。

另外, 在固定器 94 的某一部分上制有一些 C 形或 U 形的切口 102, 它们制在面向支撑部分 98 末端的两个位置处, 并通过将这些切口 102 的内侧弯向第五滚珠轴承 99 而形成了一对装配部分 103。板簧 96 上支撑部分 98 上位于其末端的一个表面 (图 14 中的上表面) 面向装配部分 103 上位于其基端的一个表面 (图 14 中的下表面), 并在二者之间留有一个间隙。

在将蜗杆轴 29 的末端插入到第四滚珠轴承 37 中之前, 两支撑部分 98 末端之间的空间会从图 14 所示状态减小。另外, 当这些末端与装配部分 103 接触时, 就可对支撑部分 98 的位置进行调节。在此状态中, 当蜗杆轴 29 (其小径段被第五滚珠轴承 99 支撑着) 的末端被插入到第五滚珠轴承 37 中时, 支撑部分 98 的末端就会被第五滚珠轴承 99 的外座圈 101 弹性地撑开。另外, 当蜗杆轴 29 的末端被插入到第四滚珠轴承 37 中时, 蜗杆轴 29 会受到一个弹性力的作用, 该弹性力将其顶向蜗轮 28。

如在上述实例中那样, 在该实例的情况中, 也可以抑制在蜗轮 28 与蜗杆轴 29 啮合的区域处产生撞齿噪音。另外, 在该实例中, 当向蜗杆轴 29 施加一个指向蜗轮 28 的特定弹性力时, 也易于完成将蜗杆轴 29 安装到齿轮箱 22 中的工作。

该实例的其它结构和功能均与图 1 到图 5 所示第一实例基本上相同, 从而用相同的数字标号指代相同的部件, 并略去多余的描述。

下面, 图 15 表示了本发明实施方式的第六种实例。在该实例中, 在被制成圆筒状保持器 92a 一个端面 (图 15 中的左端面) 的部分圆周上延伸出一长的装配板 104, 其在蜗杆轴 29 的纵长方向上延伸。在该装配部分 104 的末端上固定了一板簧 105 的基端 (图 15 中的左端)。该板簧 105 可产生一弹性力, 该弹性力作用方向为将蜗杆轴的末端 (图 15 中的右端) 压向蜗轮 28。该板簧 105 的末端顶压在第五滚珠轴承 99 外

座圈 101 外周面的一个圆周位置上，从而向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力，将其推向蜗轮 28。另外，在该实例的情况中，在装配板 104 长度方向的中间段上设置有一个限位部分 106，且该限位部分 106 可调节板簧 105 在长度方向上的中间段朝向蜗轮 28 的位移。

在上述实例的情况中，当在指向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 施加一个特定的弹性力时，就易于完成将蜗杆轴 29 组装到齿轮箱 22 中的工作。另外，在该实例的情况中，可以在蜗杆轴 29 的长度方向上将板簧 105 的尺寸增加得足够大，从而可降低该板簧 105 的弹性系数，进而可向蜗杆轴 29 施加一个合适的弹性力。

该实例的其它结构和功能均与图 13、图 14 所示第五实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 16 和图 17 表示了本发明实施方式的第七种实例。在该实例中，第四滚珠轴承 37 的外座圈 60 环绕着凹孔 72 内周面直接（而不通过其它的部件）装配到靠近开口的部位处，其中的凹孔 72 如在图 1 到图 5 所示的第一实例中那样，是制在齿轮箱 22 的一部分内表面中的。另外，在该凹孔 72 轴向中间段的内周面中安装、固定了一个保持器 107，其中心处制有一轴向通孔 113。另外，在该保持器 107 位于蜗轮 28 一侧的那一半的表面（图 16 中的右侧面）上，存在一个半柱形的外凸装配部分 108，其在轴向上突伸。在与蜗轮 28 相反的一侧（图 16、17 中的下侧），外凸装配部分 108 中间段的侧面上制有一凹槽 109，该凹槽在轴向上贯穿其全长。在凹孔 72 的内部，在与外凸装配部分 108 侧面相对的位置处，制有一个半柱状的预载衬垫 110。在该预载衬垫 110 上，在与外凸装配部分 108 中凹槽 109 相对的位置处，制有一个突伸部分 111，其在轴向上延伸贯穿于该凹槽的全长。在预载衬垫 110 上的突起部分 111 被装配到外凸装配部分 108 上凹槽 109 中的情况下，外凸装配部分 108 就与预载衬垫 110 结合到一起，并使得外凸装配部分 108 与预载衬垫 110 的组合体为圆柱形。

另外，在预载衬垫 110 的一部位处制有一个通孔 112，并使得该通孔在轴向上穿过包括突起部分 111 的那一部分。制在蜗杆轴 20 末端上

的小径段 68 被自由地从该通孔 112、以及制在保持器 107 中插过。另外，在外凸装配部分 108 和预载衬垫 110 的外周面上安装了一个 C 型断面的板簧 114。该板簧 114 的弹性力作用在使直径变小的方向上。另外，当外凸装配部分 108 的侧面与预载衬垫 110 的侧面紧密接触时，制在预载衬垫 110 上的通孔 112 的中心轴线相对于第四滚珠轴承 37 的中心轴线向蜗轮 28 一侧移位。另外，当蜗杆轴 29 的末端部分被插入到预载衬垫 110 的通孔 112 中时，该板簧 114 通过预载衬垫 110、在指向蜗轮 28 的方向上向该末端施加一个弹性力。在该实例中，在外凸装配部分 108 部分圆柱面的圆周方向一端上、以及预载衬垫 110 部分圆柱面上与该端部相对的一个周向端上，沿轴向方向制有全长的突起 115、116。利用这两个突起 115、116 可防止板簧 114 绕着外凸装配部分 108 和预载衬垫 110 发生转动。

在上述实例的情况中，当在朝向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 施加一个特定的弹性力时，执行将蜗杆轴 29 装配到齿轮箱 22 中的工作就变得容易了

该实例的其它结构和功能均与图 13、图 14 所示第五实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

如图 18 所示，用于防止板簧 114 绕外凸装配部分 108 和预载衬垫 110 转动的突起也可以是这样一个突起 116a：其只制在预载衬垫 110 部分圆柱面的中间段上，或者也可以是这样一个突起：其只制在外凸装配部分 108 部分圆柱面的中间段上。另外，也可以不采用板簧 114，而是采用 C 型的钢丝弹簧。

下面，图 19 和图 20 表示了本发明实施方式的第八种实例。在该实例中，在图 16 所示第七实例中、保持器 107 的外凸装配部分 108 和预载衬垫 110 的外周面上套装了一个圆筒部件 117，该部件是用诸如橡胶等弹性体的弹性材料制成的，其所产生的弹性力作用在指向内径一侧的方向上。该圆筒部件 117 在朝向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 施加一个弹性力。

该实例的其它结构和功能均与图 16、图 17 所示第七实例基本上相

同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 21 到图 23 表示了本发明实施方式的第九种实例。该实例与图 16、17 所示第七实例的区别在于：在保持器 107a 的一个表面（图 21 中的右侧面）上设置了一个外凸装配部分 108a，其在周向上位于与蜗轮 28 相反的一侧（图 21 到图 23 中的下侧），其中的保持器 107a 被固定在齿轮箱 22 中凹孔 72 的内周面上。另外，在凹孔 72 中，具有隧道形断面的板簧 118 的两端与预载衬垫 110a 和外凸装配部分 108a 相连接，且预载衬垫 110a 与外凸装配部分 108a 相对。该板簧 118 的弹性力作用在使两端部之间空间张开的方向上。在朝向蜗轮 28 的方向上，板簧 118 向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力。

换言之，在该实例中，如图 23 所示，当蜗杆轴 29 的末端未被插入到预载衬垫 110a 中制出的通孔 112 时，位于预载衬垫 110a 侧面一端（图 23 中的左端）与外凸装配部分 108a 侧面一端（图 23 中的左端）之间的空间被板簧 118 弹性地张开。在此情况下，制在预载衬垫 110a 中的通孔 112 的中心轴线就会相对于第四滚珠轴承 37 的中心轴线向蜗轮 28 一侧移位。另外，当蜗杆轴 29 的末端将预载衬垫 110a 移向与蜗轮 28 相反一侧、并插入到第四滚珠轴承 37 以及预载衬垫 110a 上制出的通孔 112 中时，板簧 118 就在朝向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力。

在该实例具有上述结构的情况下，如果在朝向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 施加一个特定的弹性力，则就易于将蜗杆轴 29 装配到齿轮箱 22 中。

该实例的其它结构和功能均与图 16、图 17 所示第七实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 24 表示了本发明实施方式的第十种实例。在该实例中，在图 16、17 所示第七实例中的齿轮箱 22 的外侧旋有一个螺帽部件 120，该部件旋拧到齿轮箱 22 一部分上制出的一个螺纹孔 119 中，齿轮箱的这一部分位于与蜗轮 28 相反的一侧。另外，在该螺帽部件 120 末端表面（图 24 中的上端表面）上制有一个凹孔 121，且在该凹孔 121 中装入

了一个棒状预载衬垫 122 位于末端的一半（图 24 中的下半段），并使得其可在轴向上自由地移动。另外，在一头部 123 的侧面（图 24 中的底侧面）与螺帽部件 120 的末端面之间设置了一个螺旋弹簧 124，其被用作弹性力施加装置，其中的头部带有一个部分的凸球端面，该头部制在预载衬垫 122 基端（图 14 中的顶端部分）的末端面上。此外，头部 123 与制在蜗杆轴 29 末端部分外周面上的一个凹面部分 125 相接触，该凹面部分被制成局部的凹球面形状。采用这样的结构，就可以向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力，该弹性力的作用方向指向蜗轮 28。

该实例的其它结构和功能均与图 16、图 17 所示第七实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 25 和图 26 表示了本发明实施方式的第十一种实例。在该实例中，蜗杆轴 29 上从蜗杆 27 向末端的长度段是一轴杆段 126，其轴向长度很短。该轴杆段 126 的外周面是不带有台阶的简单圆柱面，另外，在凹孔 72 中设置了一个保持器 27，其中的凹孔 72 被制在齿轮箱 22 的一个部位中，一圆筒状的弹性部件 128 被连接、固定到保持器 127 末端一半部分（图 25 中的左半部分）的外周面上。另外，在该弹性部件 128 的外周面与凹孔 72 的内周面之间留有一个很小的间隙。第四滚珠轴承 37 的外座圈 60 被装入到保持器 127 末端一半部分内周面上，并固定在此，该第四滚珠轴承 37 的内座圈 65 被套装、固定到轴杆段 126 上。

另外，在保持器 127 基端半部（图 25 中的右半部分）中制有一个插入孔 129，其垂直于第四滚珠轴承 37 的中心轴线延伸。一销杆部件 130 末端半部被插入到该插入孔 129 中，销杆部件 130 的基端被连接、固定到齿轮箱 22 一部位处制出的螺纹孔 119 中。保持器 127 可在销杆部件 130 的长度方向上、在特定的范围内自由地移动。另外，通过将一螺旋弹簧 124 设置在一台阶部分 131 与另一台阶部分 132 之间，可在朝向蜗轮 28 的方向上向保持器 127 施加一个弹性力，台阶部分 131 被制在插入孔 129 的中间段中，台阶部分 132 则被制在销杆部分 130 的中间段中。采用这样的结构，就可以在朝向蜗轮 28 的方向上向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力。此外，在该实例中，当用电动机 31 进行驱动时

(见图1), 环绕着保持器127末端半部外周面进行固定的弹性部件128起到了一个止挡的作用, 其可调节蜗杆轴29的位移。

该实例的其它结构和功能均与图24所示第十实例基本上相同, 从而用相同的数字标号指代相同的部件, 并略去多余的描述。

下面, 图27到图29表示了本发明实施方式的第十二种实例。在该实例中, 基于图1到图5所示第一实例的结构, 利用一锥形面144将制在蜗杆轴29末端附近外周面上的大径段63与小径段68连接起来。另外, 大径段63被安装到一衬套64a中, 该衬套具有一向外延伸的凸缘部分67a, 其环绕着中间段的外周面制出。另外, 在预载衬垫70a的两轴向端的三个位置处制有在轴向上突伸的突起部分146, 其中的预载衬垫70a被设置在齿轮箱22的凹孔72中。在一对外凸装配部分74上连接了诸如橡胶等弹性体的弹性材料147, 外凸装配部分74被制在保持器61的表面上, 保持器61被固定到齿轮箱22上, 并与预载衬垫70a相对, 从而使得外凸装配部分74在轴向上突伸, 并位于与预载衬垫70a上平面部分138相对的部分处。

在该实例具有上述结构的情况下。在预载衬垫70a两轴向端面制有多个突起部分146, 因而可利用这些突起146更好地控制预载衬垫70a在凹孔72内的轴向位移。另外, 由于突起146与相对面之间的接触面积是很小的, 所以作用在该接触区上的摩擦力很小, 因而预载衬垫70a在凹孔72底面所在平面内的位移将是很光滑的。尤其是, 在低温下齿轮箱22中润滑脂的粘度将变得很大, 但是, 由于作用在接触区上的摩擦力很小, 所以即使在低温下, 预载衬垫70a也能始终平滑地进行移动。

在该实例中, 由于在预载衬垫70a的一部分与保持器61的外凸装配部分74之间设有弹性材料147, 所以可防止预载衬垫70a在凹孔72中转动, 从而可向蜗杆轴29施加稳定的弹性力。

该实例的其它结构和功能均与图1到图5所示第一实例基本上相同, 从而用相同的数字标号指代相同的部件, 并略去多余的描述。

制在预载衬垫70a两轴向端面上的突起部分146并不仅限于在每侧的三个位置上制出, 也可以在每侧的两个或多个位置上制出突起部分。

下面，图 30 表示了本发明实施方式的第十三种实例。在该实例中，图 1 到图 5 所示第一实例中的第四滚珠轴承 37 的外座圈 60 被直接安装到齿轮箱 22 中凹孔 72 的内周面上。此外，蜗杆轴 29 的末端被一衬套 64b 支撑在第四滚珠轴承 37 的内座圈 65 中。该衬套 64b 是由橡胶等弹性体的弹性材料制成的，其被制成圆筒状，并在其内部的多个位置处制有多个空腔 148。环绕着衬套 64b 一端（图 30 中的右端）的外周面制有一个凸缘部分 149，且该凸缘部分 149 的一个表面与内座圈 65 的端面相接触。在朝向蜗轮 28 的方向上，衬套 64b 向蜗杆轴 29 的末端施加一个弹性力。在该实例的情况中，当衬套 64b 内制出的所有的空腔 148 都未被合闭时，该衬套 64b 的弹性系数很低，但是，如果在周向上一部分空腔 148 被合闭，则衬套 64b 的弹性系数就会变大。

该实例的其它结构和功能均与图 1 到图 5 所示第一实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 31 表示了本发明实施方式的第四种实例。在该实例中，第四滚珠轴承 37 的外座圈 60 被安装到一个封底的圆筒形保持器 150 中，该保持器 150 位于齿轮箱 22 的凹孔 72 中，且蜗杆轴 29 的末端被支撑在第四滚珠轴承 37 的内座圈 65 中。此外，还设置有一个圆筒形的带底支撑部件 151，该部件连接、固定到一螺纹孔 119 中，螺纹孔制在齿轮箱 22 与蜗轮 28 相反一侧的部分中。该支撑部件 151 的外周面上制有一外螺纹段 152，该螺纹段被旋入到螺纹孔 119 中。此外，在支撑部件 151 基端表面（图 31 中的下表面）的中心处制有一断面为多边形的装配部分 153，以便于用扳手等工具进行装配。另外，通过在支撑部件 151 的底面与保持器 150 的一部分外周面之间设置一螺旋弹簧 154，就向保持器 150 施加了一个指向蜗轮 28 的特定弹性力。此外，支撑部件 151 的末端面（图 31 中的上端面）隔着一个间隙与保持器 150 的一部分外周面相互正对。

在这种实例的情况中，通过改变螺纹孔 119 与支撑部件 151 外螺纹段之间连接部分的轴向长度，就可以容易地调节由螺旋弹簧 154 施加到蜗杆轴 29 末端上的弹性力的大小。

该实例的其它结构和功能均与图 1 到图 5 所示第一实例基本上相

同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 32 表示了本发明实施方式的第十五种实例。在该实例中，基于图 31 所示第十四实例的结构，在支撑部件 151 中设置了一螺旋弹簧 154，使得螺旋弹簧 154 的端部无需借助于保持器 150（见图 31），直接顶压着第四滚珠轴承 37 外周面上的某个部分，第四滚珠轴承 37 被支撑在蜗杆轴 29 的末端上。此外，该螺旋弹簧 154 向蜗杆轴 29 的末端施加一个特定的弹性力。

该实例的其它结构和功能均与图 31 所示第十四实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 33 表示了本发明实施方式的第十六种实例。在该实例中，基于图 32 所示第十五实例中的结构，将一滑动轴承 155 安装到蜗杆轴 29 的末端部分上，该轴承即为所述的第四轴承。另外，在支撑部件 151 中设置了一螺旋弹簧 154，并使得螺旋弹簧 154 的末端可直接顶压着该滑动轴承 155 的一部分外周面。在该实例的情况中，在支撑部件 151 末端表面（图 33 中的上端面）与滑动轴承 155 外周面之间设置有一个消振部件 156，该部件是由橡胶等弹性体的弹性材料制成的。该消振部件 156 可吸收从滑动轴承 155 传来的冲击。

该实例的其它结构和功能均与图 32 所示第十五实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 34 表示了本发明实施方式的第十七种实例。在该实例中，在衬套 64 基端附近部分（图 34 中靠近左端的部分）的外周面上制有一向外延伸的凸缘部分 67a，衬套 64 被安装到图 1-5 所示第一实例中第四滚珠轴承 37 的内径一侧。此外，在外向凸缘部分 67a 的一侧面（图 34 中的左侧面）与蜗杆轴 29 上制出的蜗杆 27 的一侧面（图 34 中的右侧面）之间设有螺旋弹簧 91，其作为一弹性部件，可在轴向上向第四滚珠轴承 37 中的滚珠施加 20N 到 200N 的预载。此外，在该实例中，当不用电动机 31 进行驱动时，蜗杆轴 29 中心轴线上与第四滚珠轴承 37 轴向中心重合的位置 x 可在 1mm 或更小的范围内、在第四滚珠轴承 37 的径向上自由地移动。同时，在该实例中，螺旋弹簧 91 在第四滚珠轴承

37 径向上的刚度小于其在第四滚珠轴承 37 轴向上的刚度。

在该实例具有上述结构的情况下，就可以抑制第四滚珠轴承 37 的空转，并将噪音和振动限制在最小的程度上。另外，在该实例中，螺旋弹簧 91 在第四滚珠轴承 37 径向上的刚度小于其在第四滚珠轴承 37 轴向上的刚度。因而，这样就可以防止螺旋弹簧 91 阻碍蜗杆轴 29 相对于第三滚珠轴承 36 发生倾斜。

该实例的其它结构和功能均与图 1 到图 5 所示第一实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 35 表示了本发明实施方式的第十八种实例。在该实例中，在图 32 所示第十五实例中第四滚珠轴承 37 外座圈 60 的一轴向端面（图 35 中的右端面）与齿轮箱 22 中凹孔 72 的底面之间设置有一螺旋弹簧 91，该螺旋弹簧 91 可在轴向上向第四滚珠轴承 37 中的滚珠施加一个预载。在该实例中，在蜗杆轴 29 末端附近部分的外周面上套装了一个保持环 157，且该保持环 157 的一个表面（图 35 中的右侧面）与第四滚珠轴承 37 一轴向侧的端面（图 35 中的左端面）相接触，该端面处于与螺旋弹簧 91 相反的一侧。

与图 34 所示的第十七实例类似，在该实例的情况下，也能抑制第四滚珠轴承 37 的空转，并将噪音和振动保持在很小的程度内。

该实例的其它结构和功能均与图 32 所示第十五实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

下面，图 36 表示了本发明实施方式的第十八种实例。该实例与其它实例的区别在于：蜗杆轴 29a 基端附近部位即为电动机 31 的转动轴 32。换言之，蜗杆轴 29a 和转动轴 32 是同一部件。此外，在该实例中，未设置第二滚珠轴承 35 和第三滚珠轴承 36（见图 2）。另外，在齿轮箱 22 中，第一滚珠轴承 34 和第四滚珠轴承 37 支撑着蜗杆轴 29a 的两端。此外，蜗杆轴 29a 可在一特定范围内相对于第一滚珠轴承 34 自由地倾斜。另外，在该实例的情况中，蜗杆轴 29a 于转子 38a 连接部的一轴向端（图 36 中的右端）可在蜗杆轴 29a 的径向上自由地移动，移动范围可达到 0.05mm，且蜗杆轴 29a 与蜗轮 28 的啮合区域可在一定范围

内、在蜗杆轴 29a 的径向上移动, 该移动范围达 0.15mm。另外, 与图 8 所示的结构类似, 在该实例的情况中, 采用了无电刷结构的电动机 31。

在这种类型的实例中, 通过去掉第二滚珠轴承 35 和第三滚珠轴承 36, 而使整个装置的结构更紧凑, 重量更轻。

该实例的其它结构和功能均与图 1 到图 5 所示第一实例、以及图 8 所示的结构基本上相同, 从而用相同的数字标号指代相同的部件, 并略去多余的描述。

在该实例中, 在蜗杆轴 29 末端附近的部分(靠近图 36 中右端的部分)上套装了一圆筒形部件, 且环绕着该圆筒部件的外周面制有蜗齿。此外, 当由电动机 31 进行驱动时, 电动机 31 定子 39a 的中心轴线与转动轴 32 之间的夹角小于当不用电动机 31 进行驱动时二者之间夹角。如果采用这种结构, 则就可抑制电动机 31 的振动。

在该实例的情况中, 第四滚珠轴承 37 的内座圈 65 套装在衬套 64 上, 在衬套 64 的内周面与蜗杆轴 29 末端的外周面之间留有一个间隙, 因而可在内座圈 65 的内周面与蜗杆轴 29a 末端的外周面之间设置弹性材料。另外, 在该实例的情况下, 设置了一个转子相位检测器, 其利用一霍尔集成电路 77 和编码器 78 来检测转子 38a 的相位, 也可与图 1 到图 5 所示的第一实例相类似, 用电刷 48 和换向器来构成转子相位检测器。

下面, 图 37 表示了本发明实施方式的第二十种实例。在该实例中, 环绕着蜗杆轴 29a 末端的外周面被支撑在一滑动轴承 155 的内部, 该轴承是第四轴承, 其被固定到保持器 150 中。另外, 在该实例中, 在齿轮箱 22 上与保持器 150 底面正对的部分处设置有一螺纹孔 158, 且在该螺纹孔 158 中连接并固定了一个端盖 159。该端盖 159 上带有外螺纹段 160, 用于旋拧到环绕其外周面制出的螺纹孔 158 中。另外, 端盖 159 的底面与保持器 150 的底面相对。此外, 螺纹孔 158 的内径大于保持器 150 的外径。

在该实例的情况下, 可经过螺纹孔 158 将保持器 150 组装到齿轮箱 22 中。

该实例的其它结构和功能均与图 31 所示第十四实例、以及图 36 所示第十九实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

也可如图 38 所示第二十一实例那样，用于支撑蜗杆轴 29a 末端的第四轴承是一个第四滚珠轴承 37。

下面，图 39 表示了本发明实施方式的第二十二种实例。在该实例中，蜗杆轴 29a 的中间段从一通孔 161 中穿过，通孔 161 制在电动机 31 壳体 23 的一轴向端（图 39 中的右端）上。另外，还设置了一金属保持环 162 和一支撑衬套 163，其中的支撑衬套 163 是用弹性材料制成的，并被连接到通孔 161 的内周面上，从而在将蜗杆轴 29a 装配到齿轮箱 22 中之前可对其进行支撑。

该实例的其它结构和功能均与图 36 所示第十九实例基本上相同，从而用相同的数字标号指代相同的部件，并略去多余的描述。

类似于图 34 和图 35 所示的第十七、十八实例，在图 36 到图 39 所示的第十九到第二十二实例中，在支撑着蜗杆轴 29a 两端的第一滚珠轴承 34、第四滚珠轴承 37 之间，以及齿轮箱等被连接部件与这些滚珠轴承 34、37 之间设置了螺旋弹簧等弹性材料，从而可利用该弹性材料向滚珠轴承 34、37 中的滚珠 81 施加预载。另外，与用在图 11 和图 12 所示第三、第四实例中的第三滚珠轴承 133a 类似，用于支撑蜗杆轴 29a 基端的第一滚珠轴承 34 也可以是四点接触型轴承。在采用这种结构的情况下，可以使第一滚珠轴承 34 在轴向上的刚度很高，从而可以抑制异常振动的发生。

本发明具有上述结构和功能的电动动力转向装置在成本上是经济的，且能抑制在蜗轮与蜗杆轴啮合区域处发生齿牙撞击而产生的烦扰噪音。

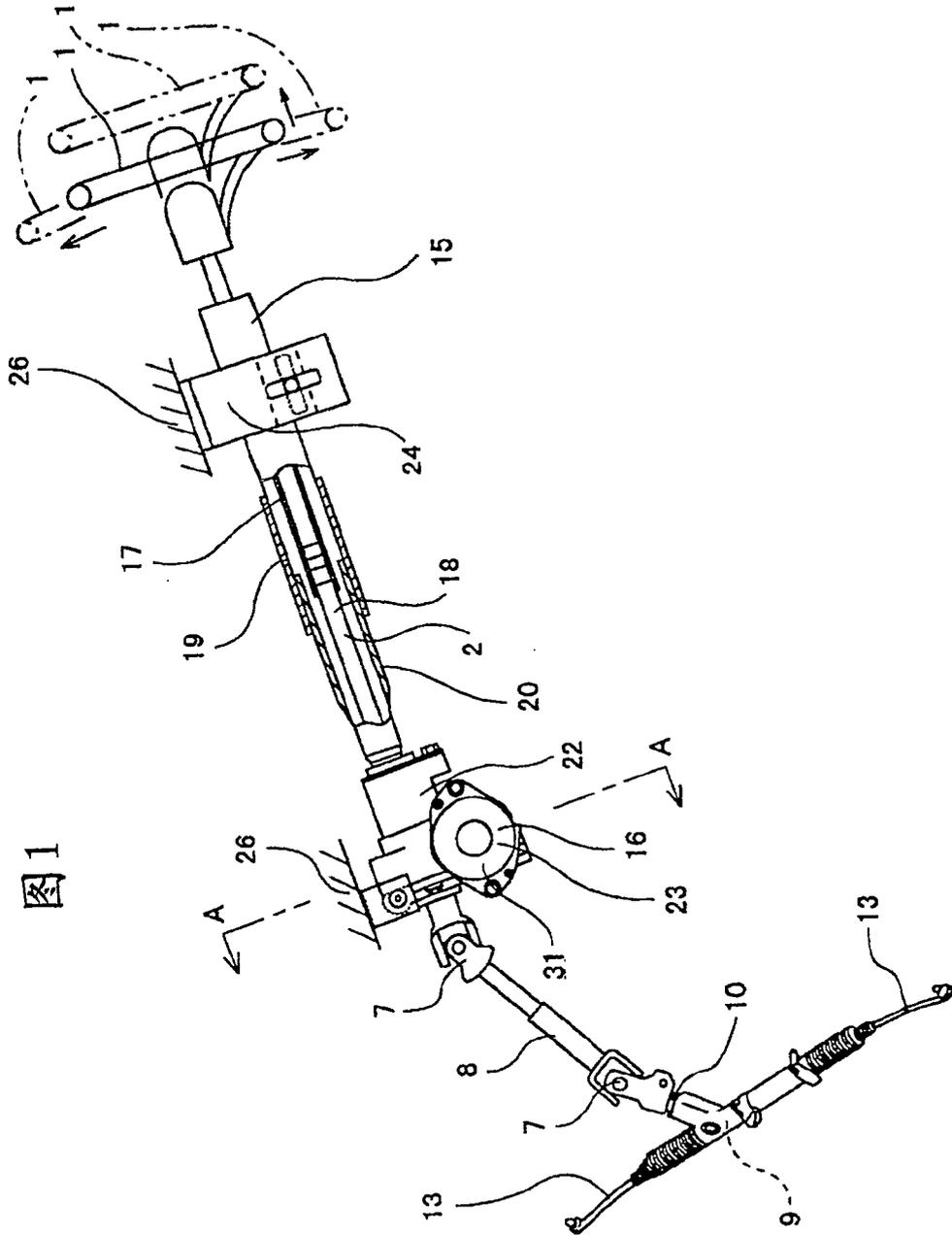


图1

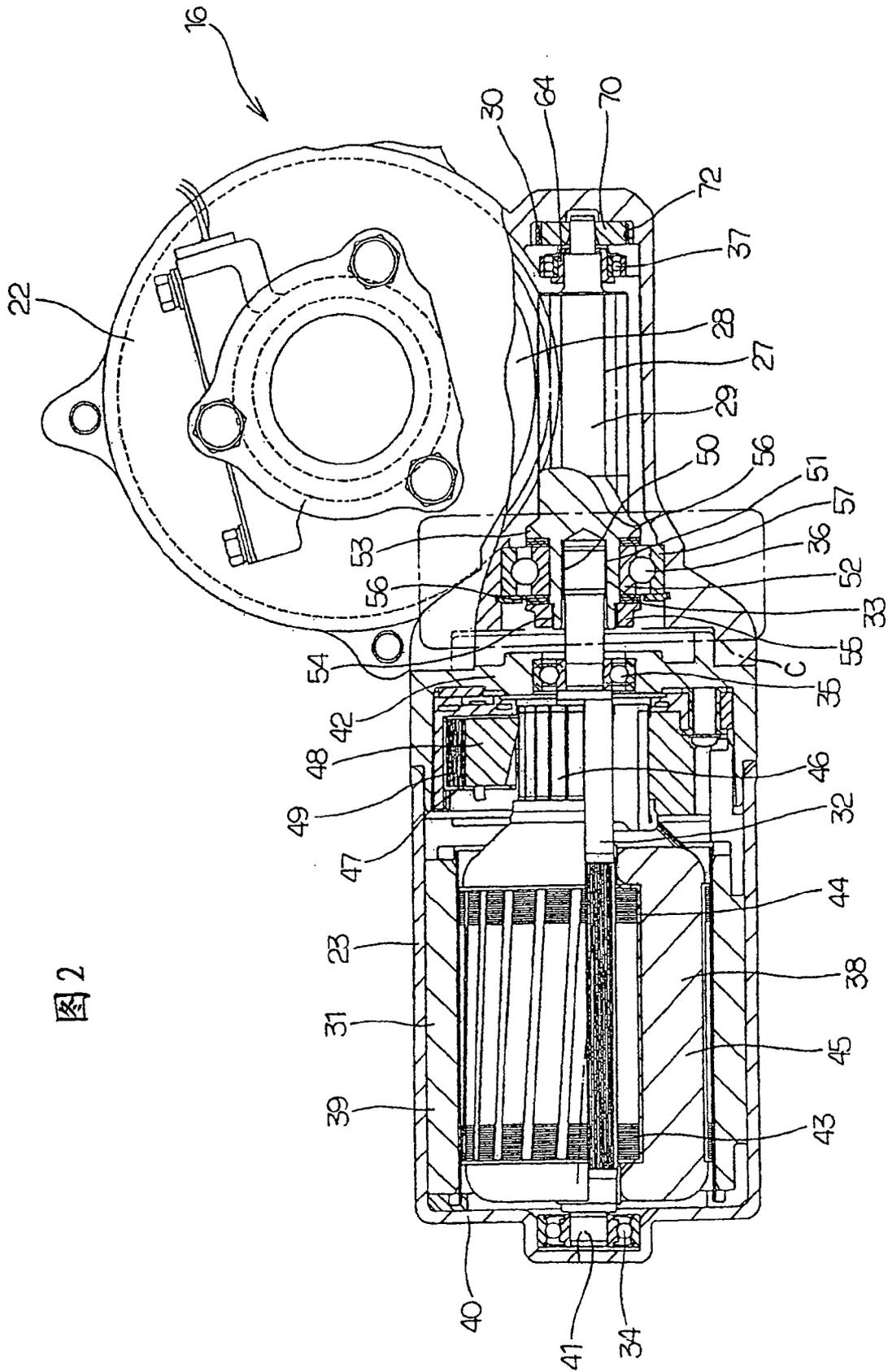


图 2

图3

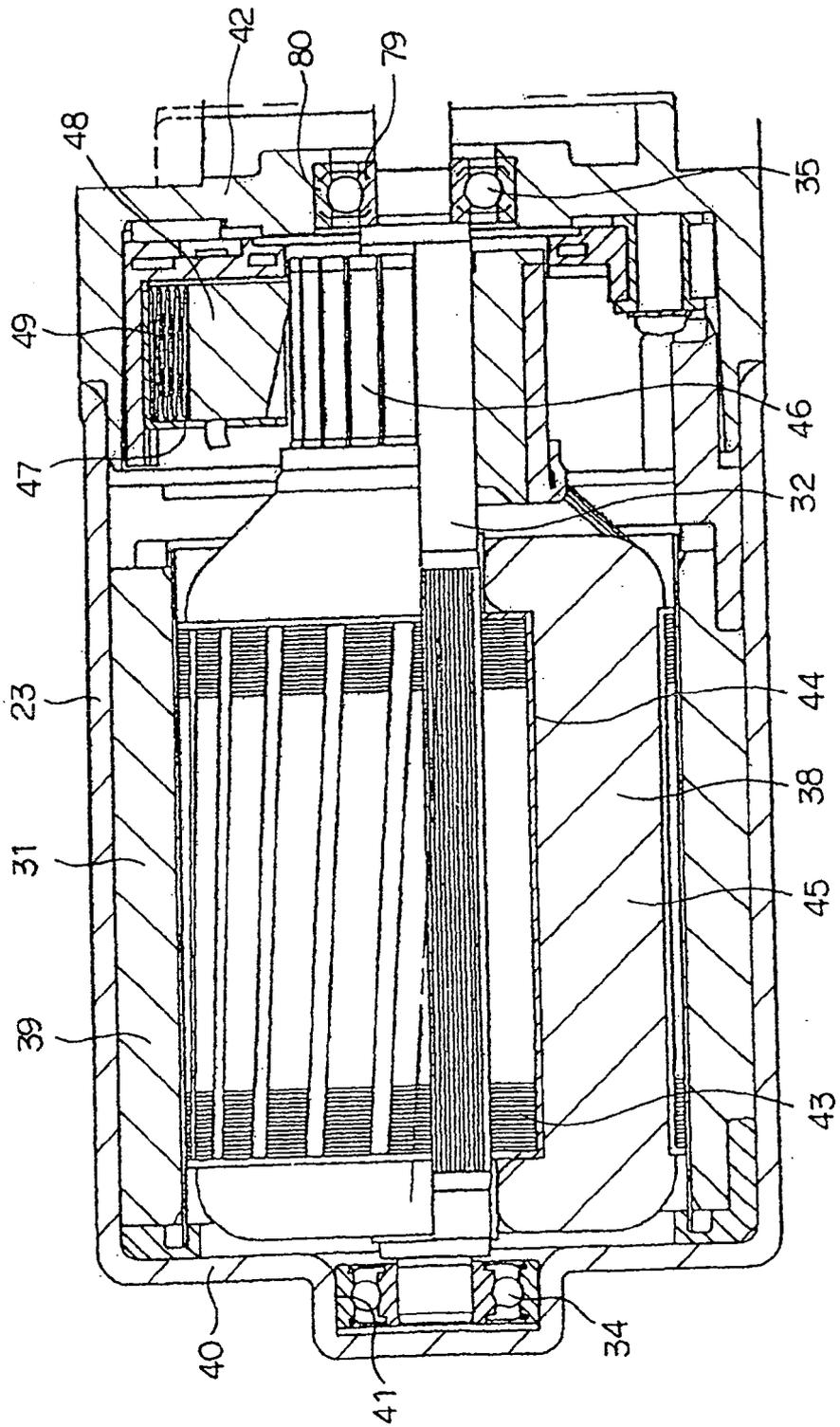


图4

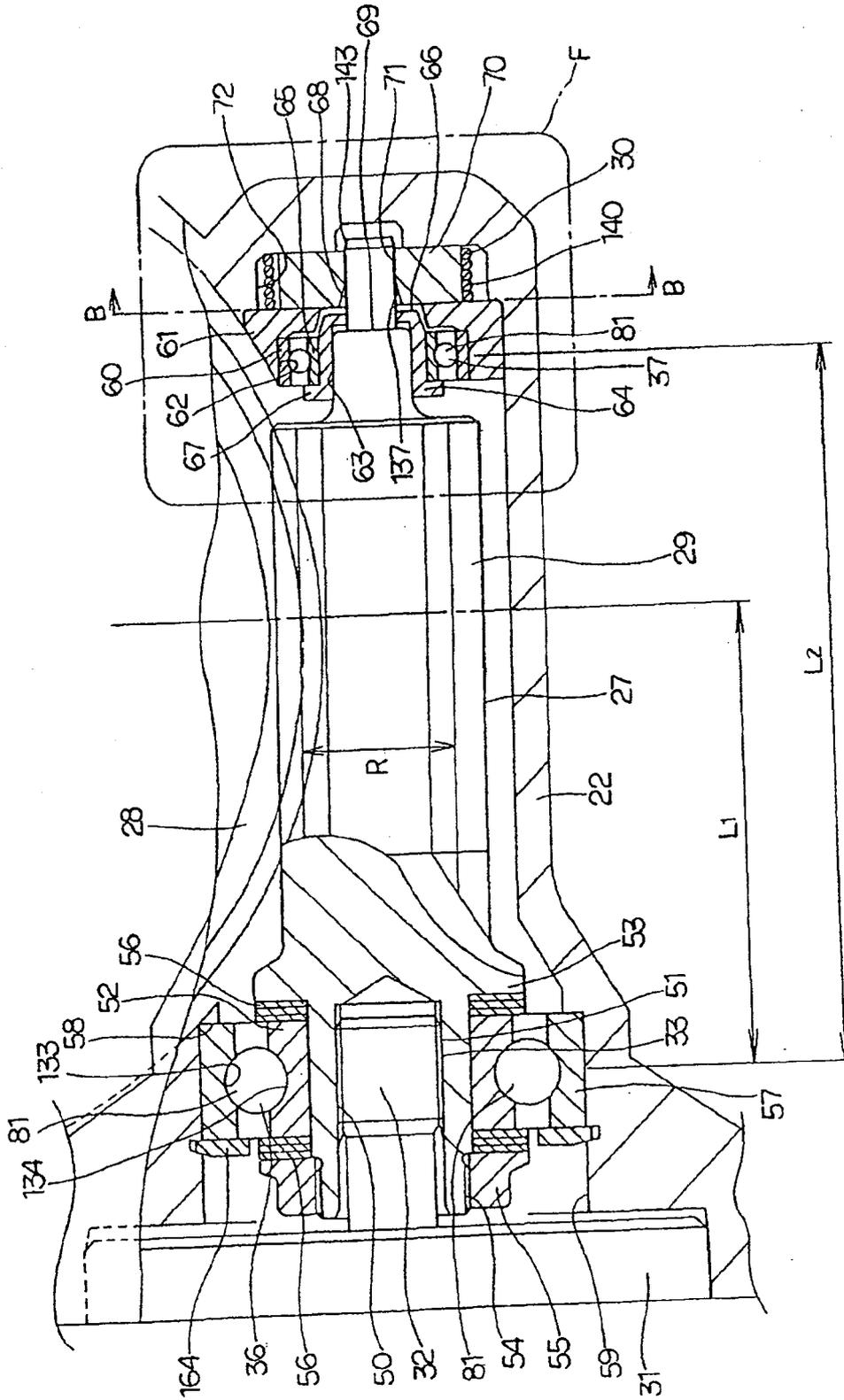
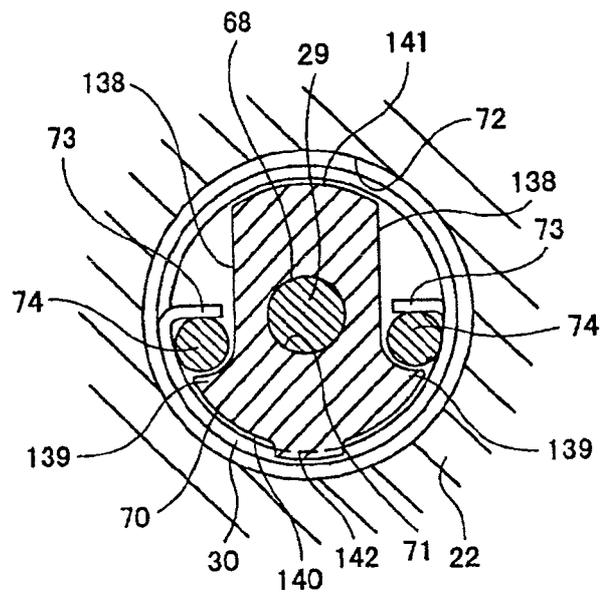


图5



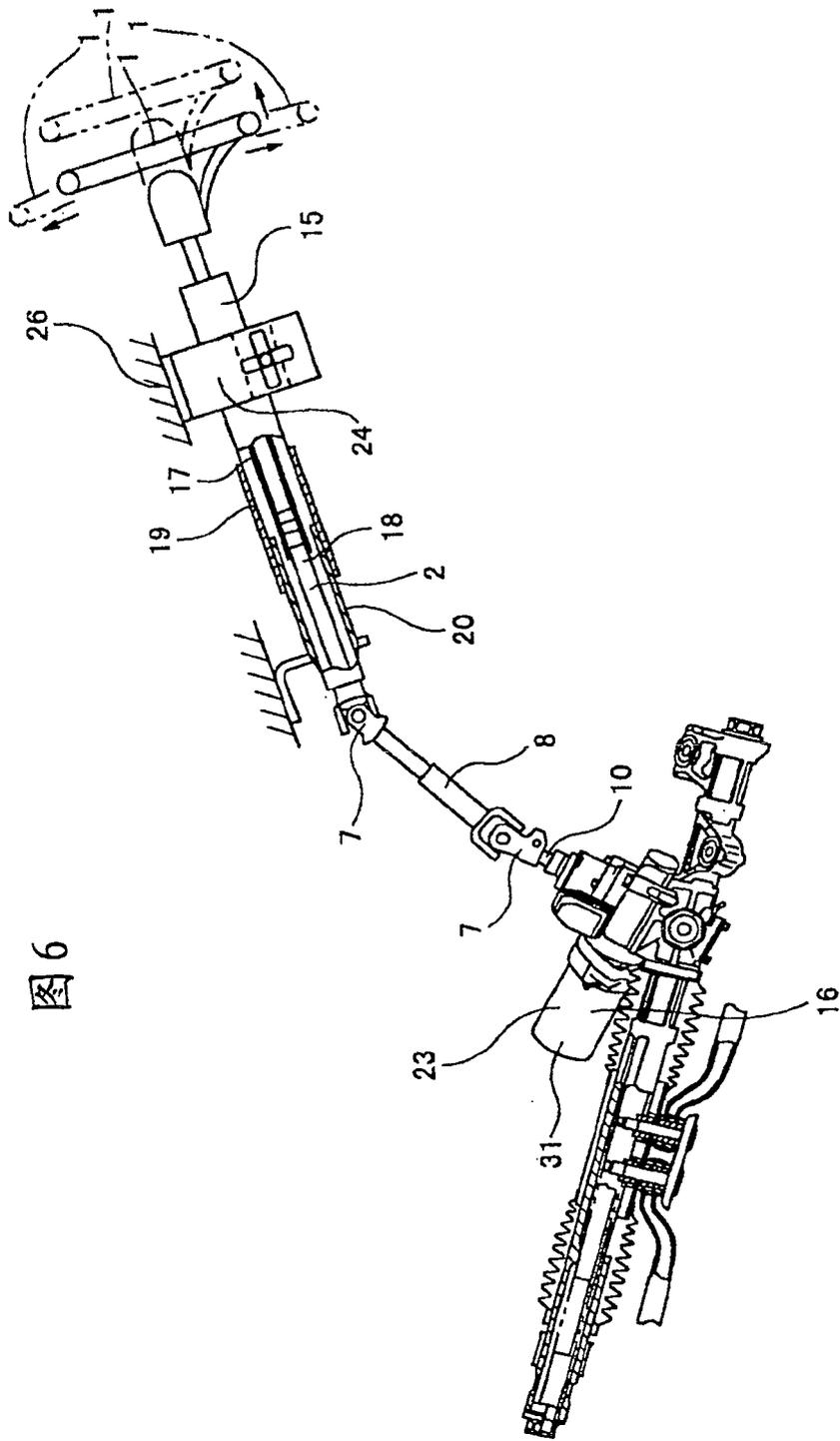


图6



图 8

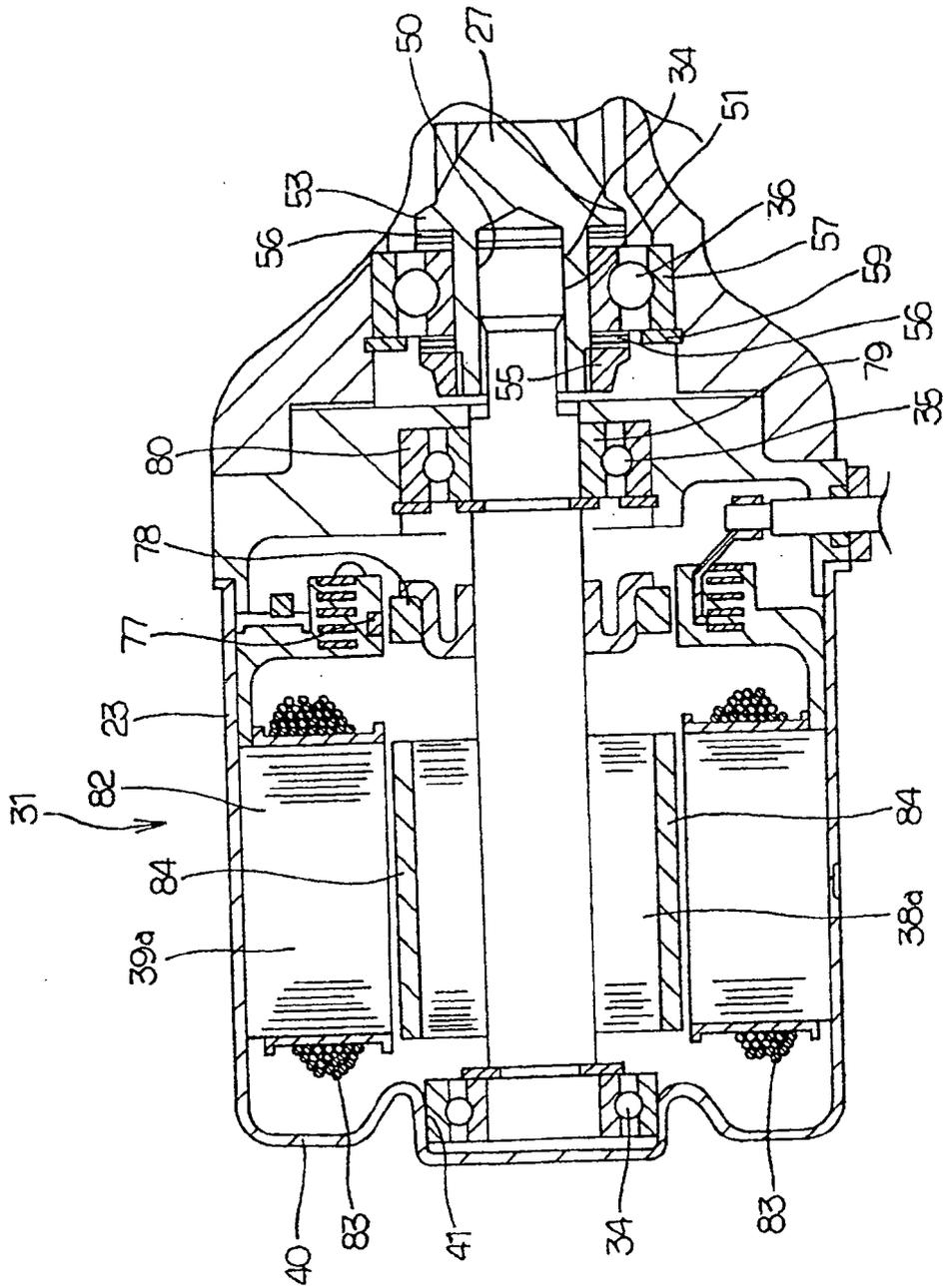
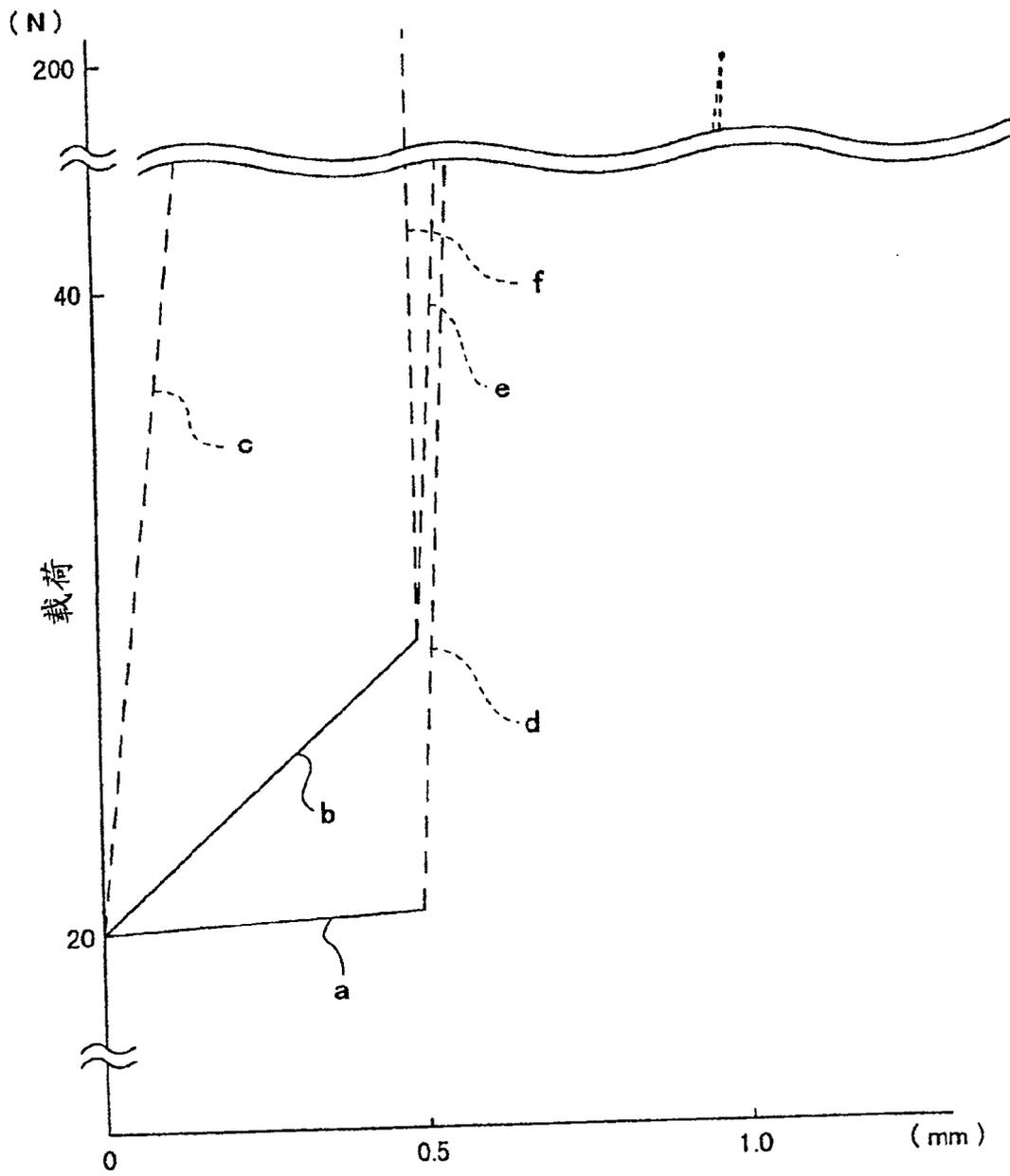


图9



当不用电动机进行驱动时，  
蜗杆轴在蜗轮径向方向上的位移量



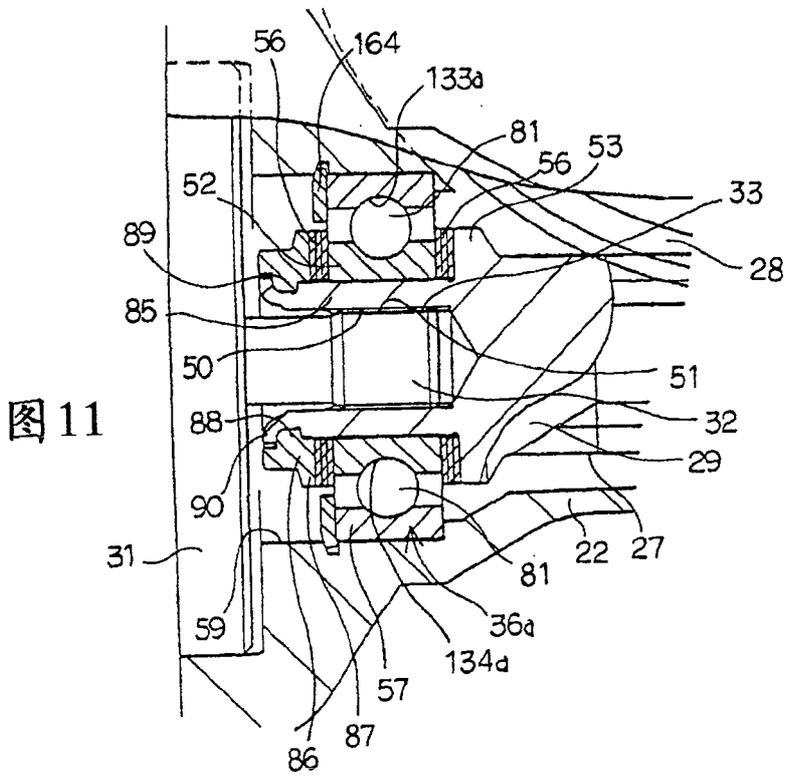


图 11

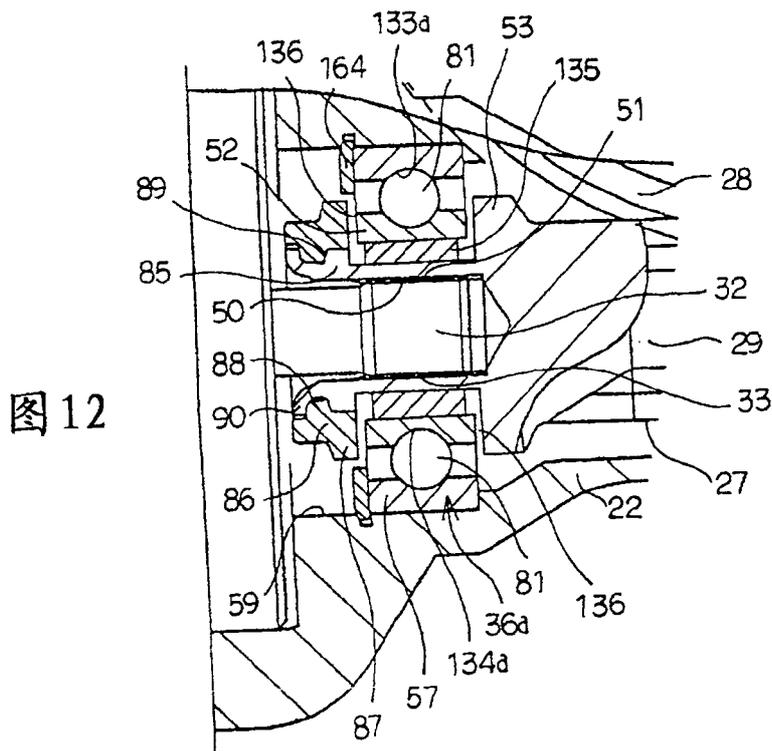


图 12

图13

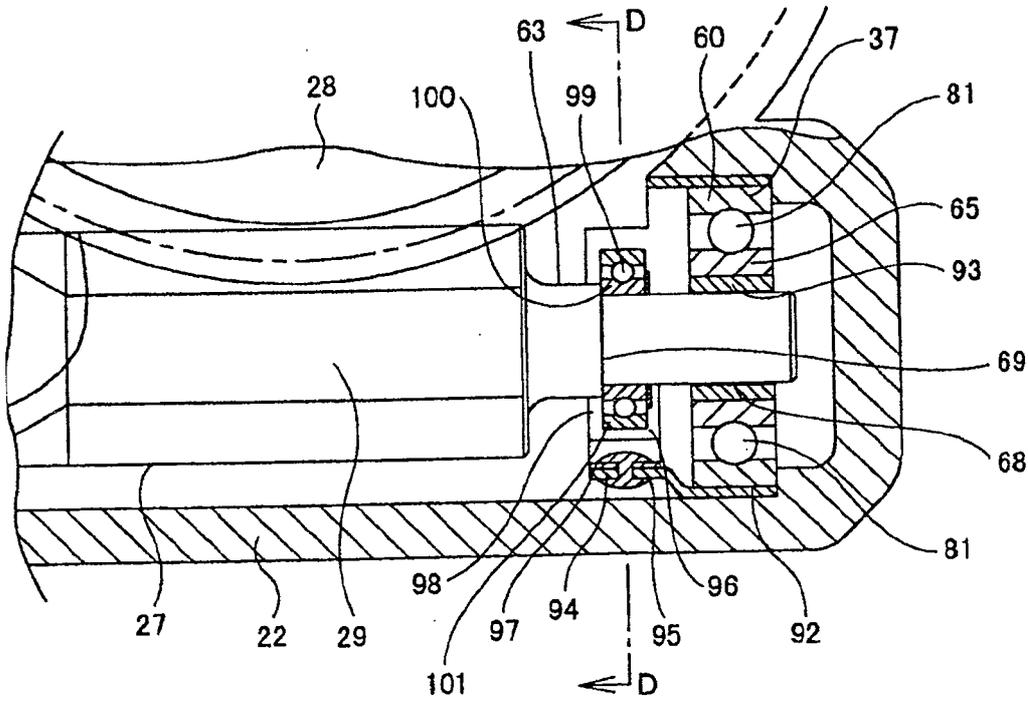


图14

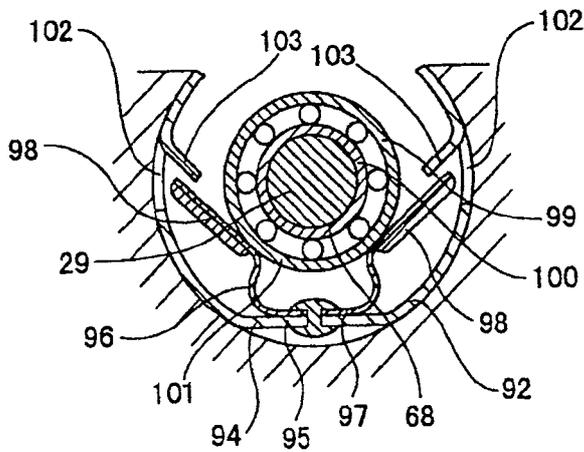


图15

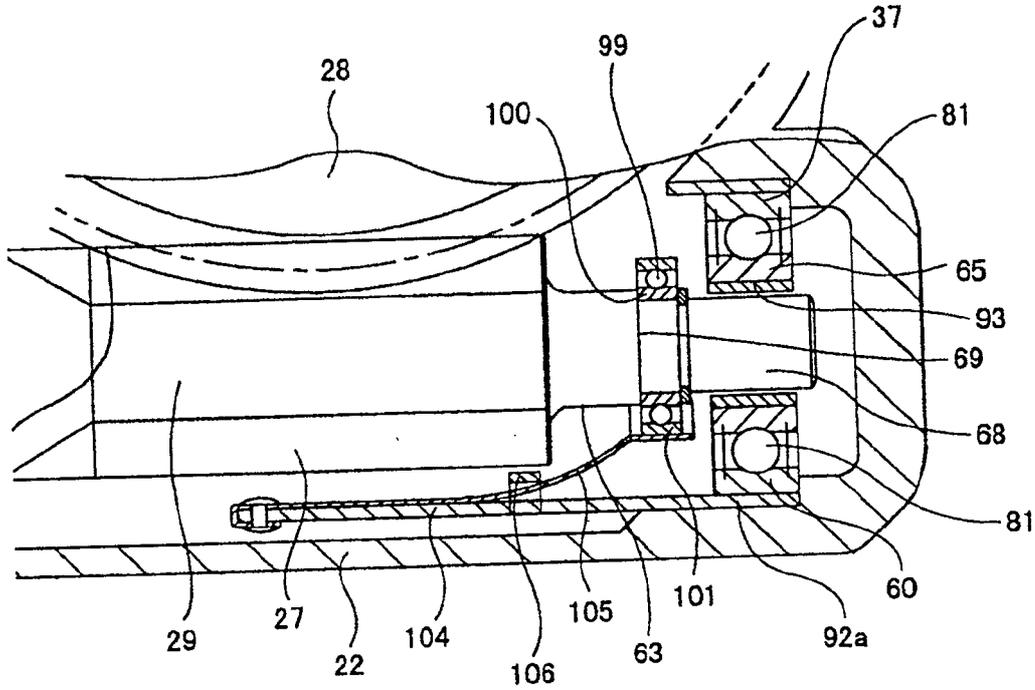


图16

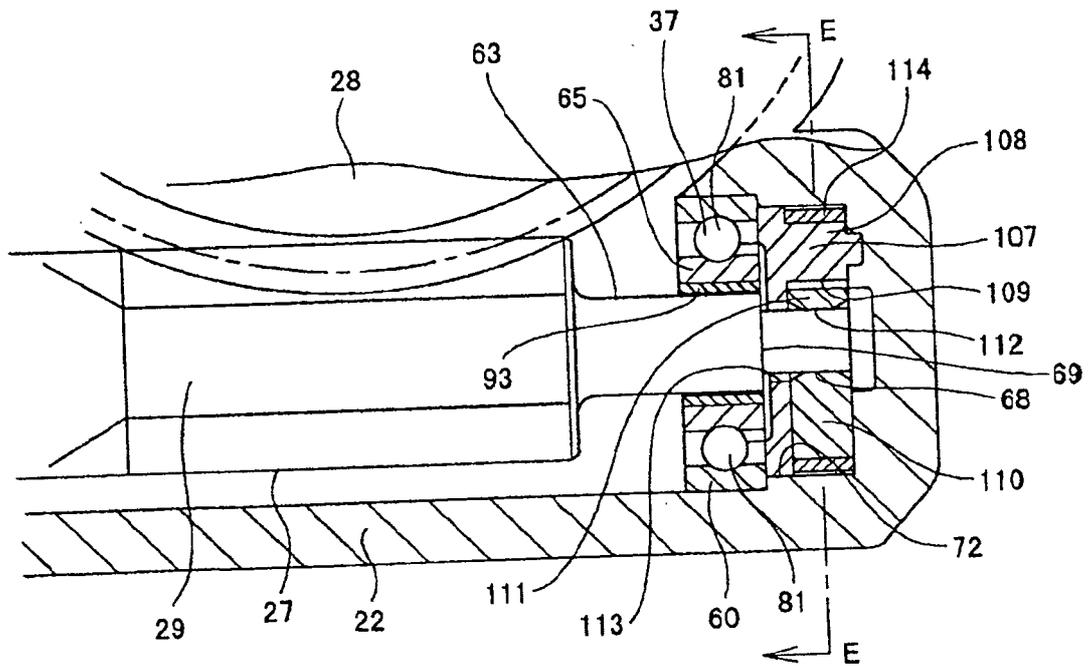


图 17

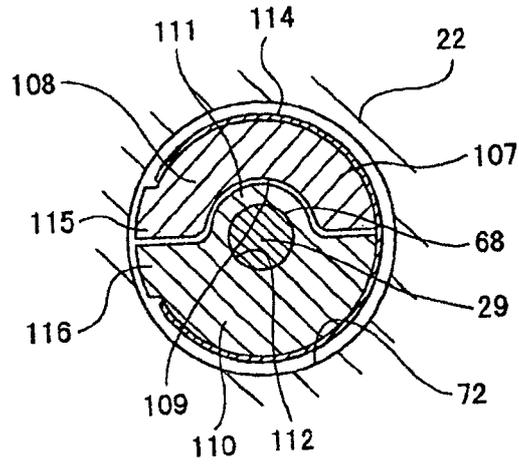


图 18

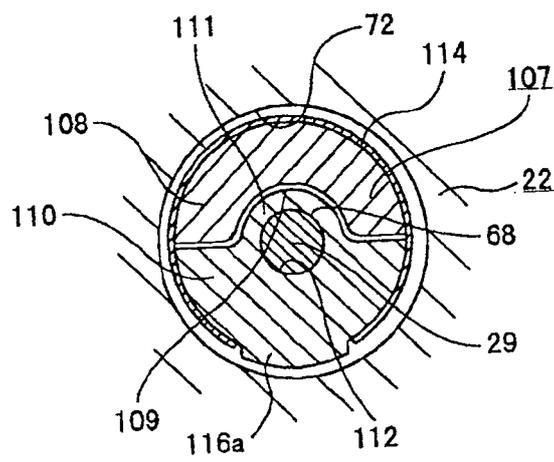


图19

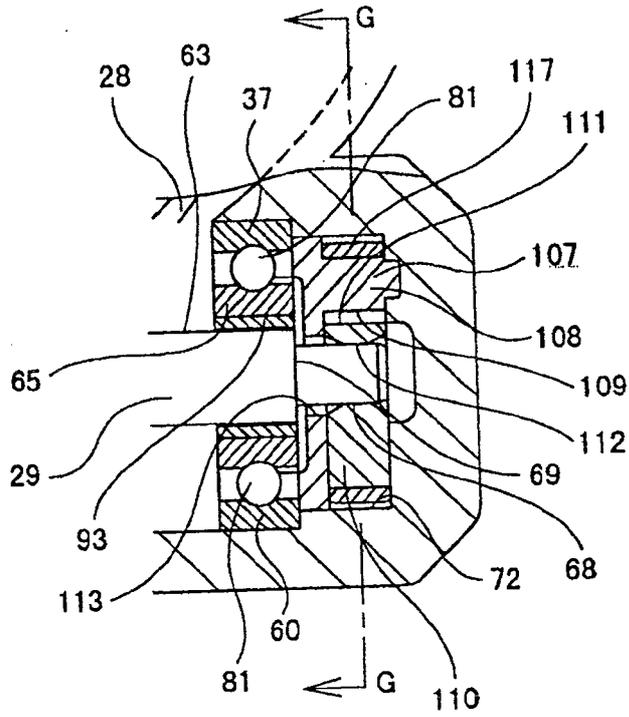


图20

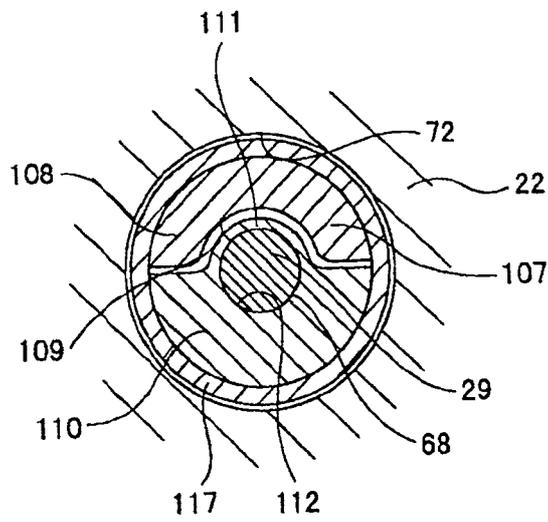


图 21

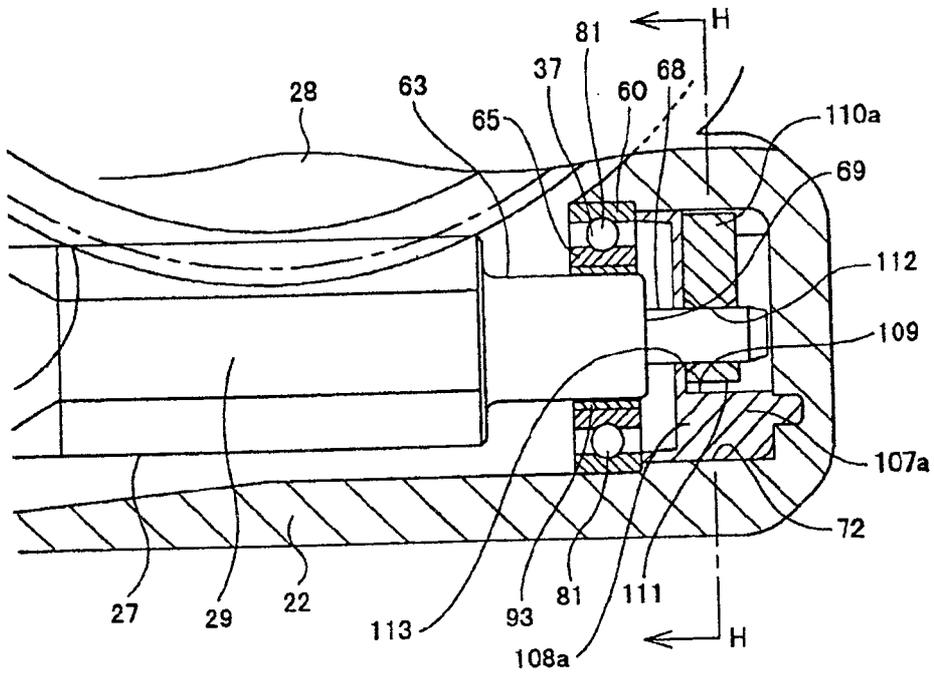


图 22

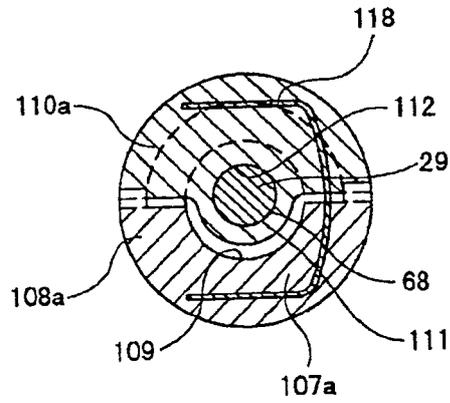


图 23

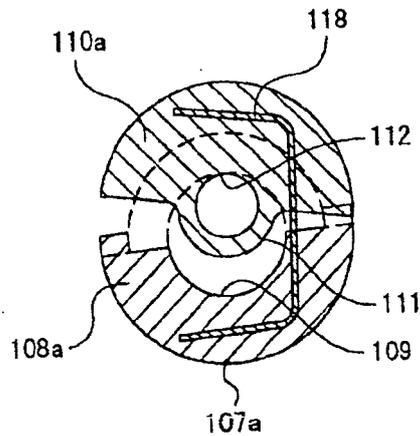


图 24

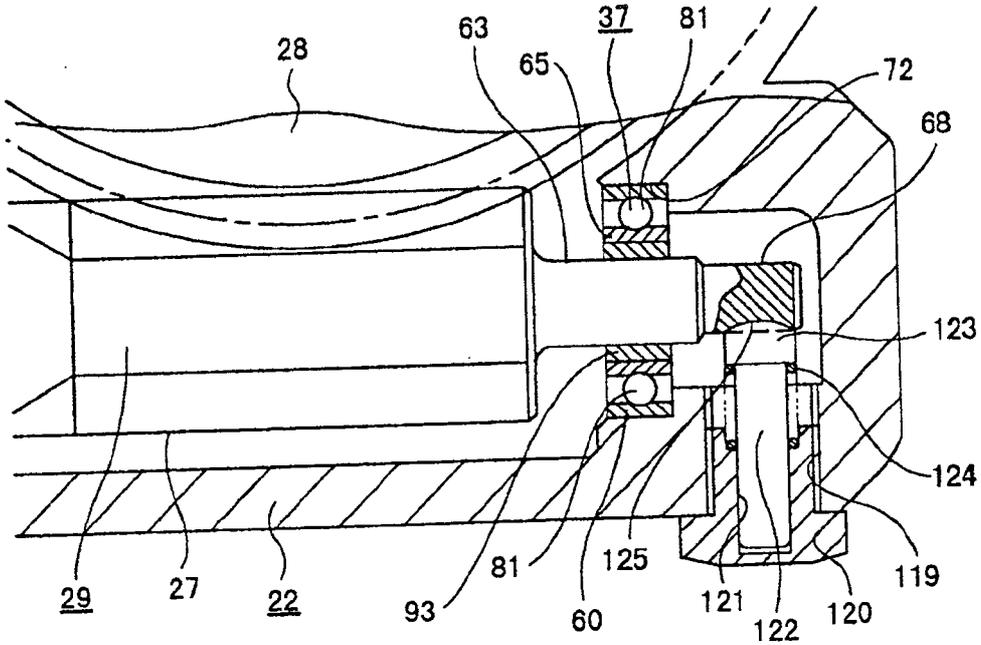


图 25

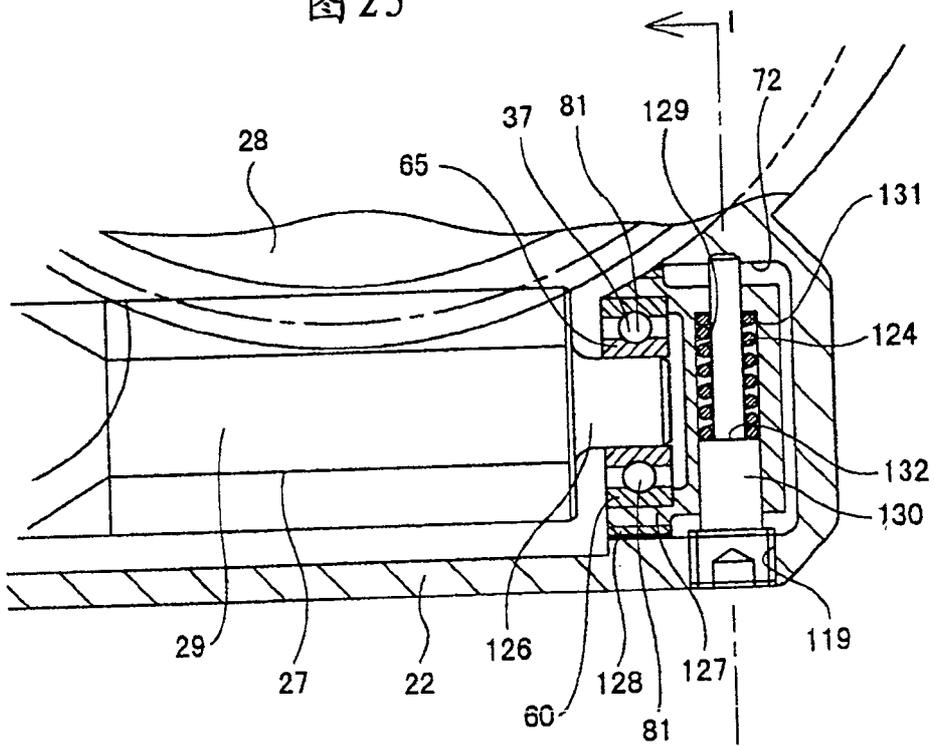


图 26

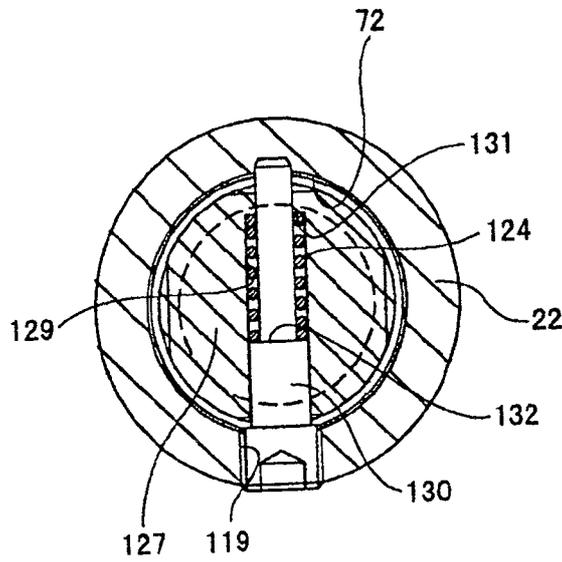


图 27

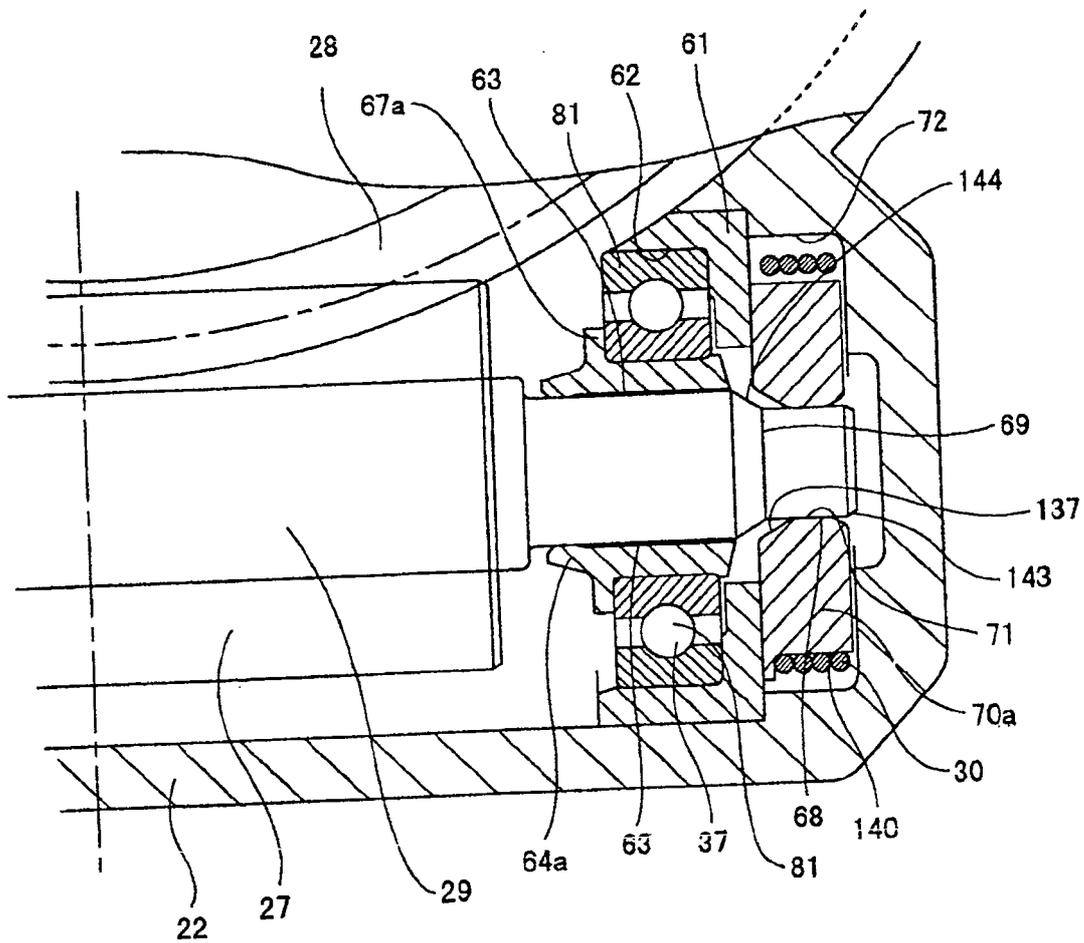


图 28

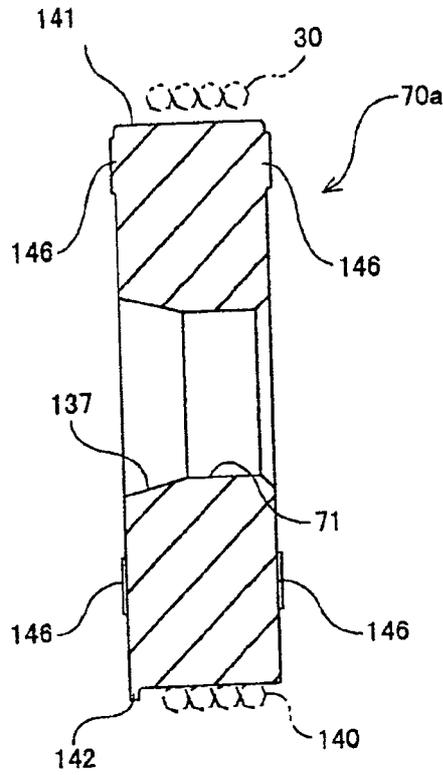


图 29

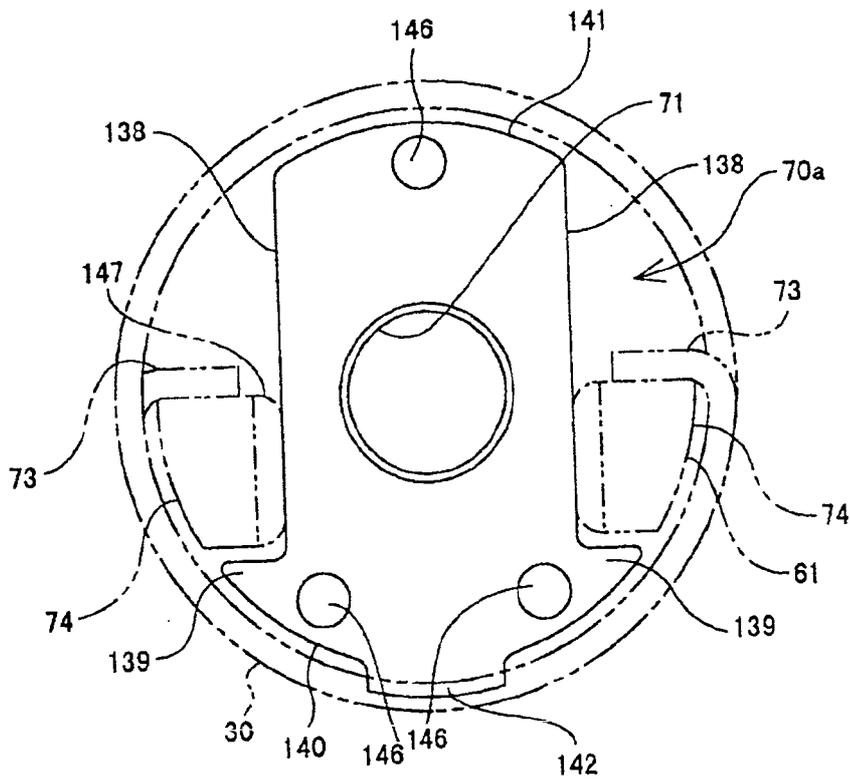


图 30

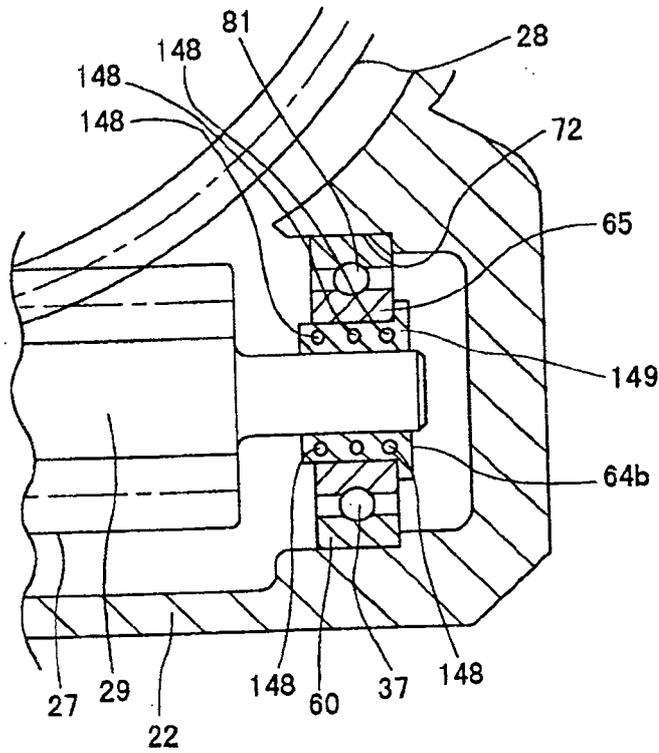


图 31

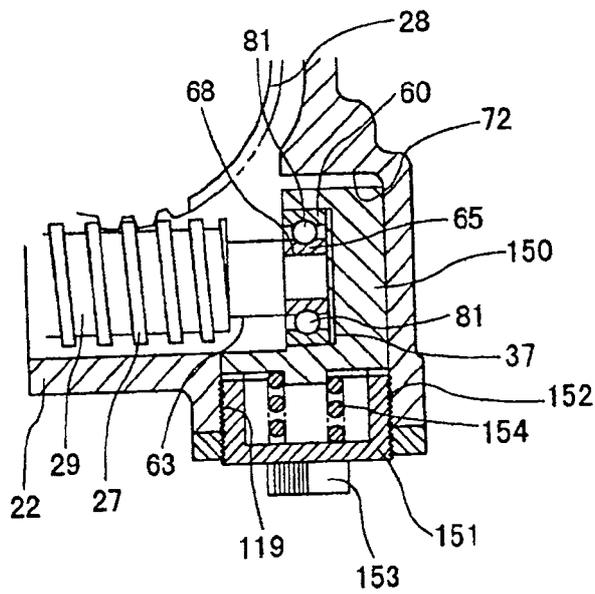


图 32

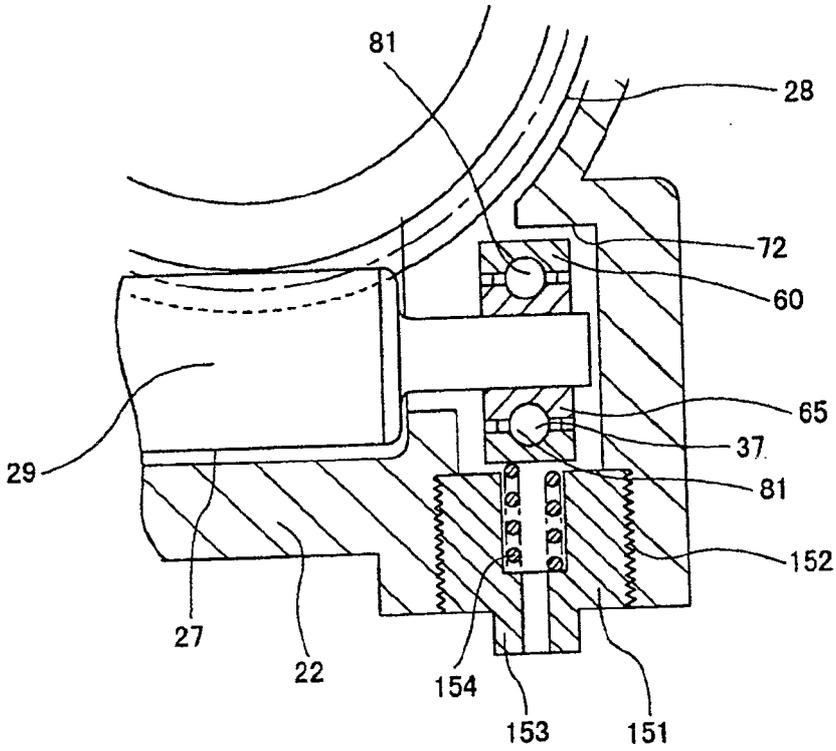


图 33

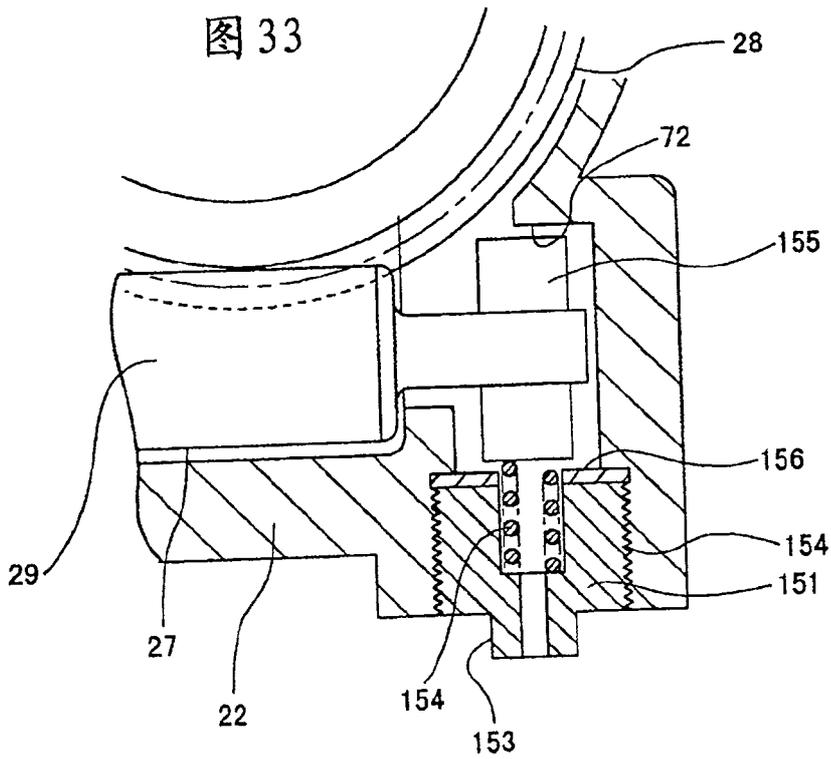


图 34

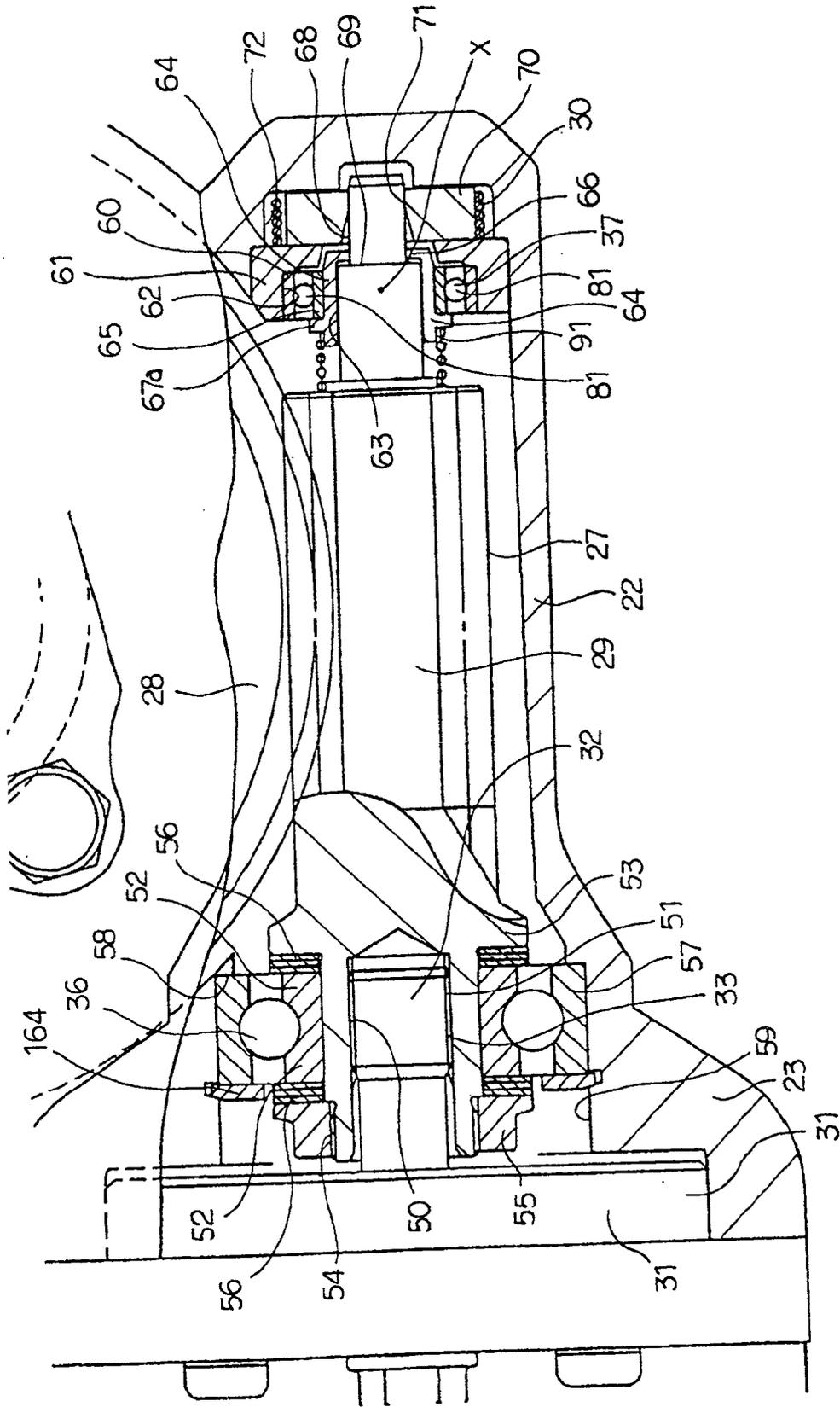


图 35

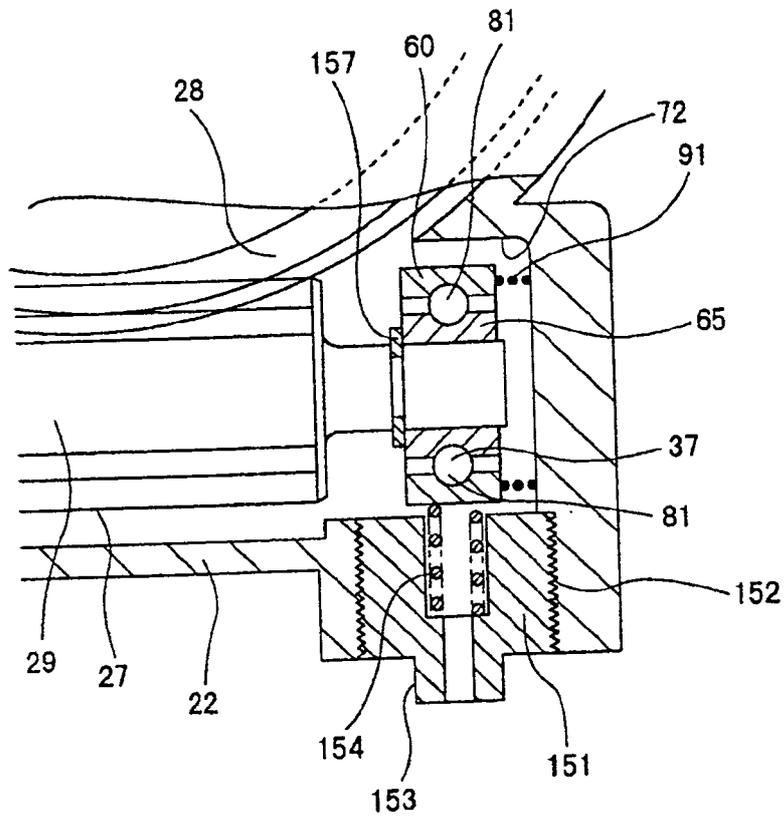


图 36

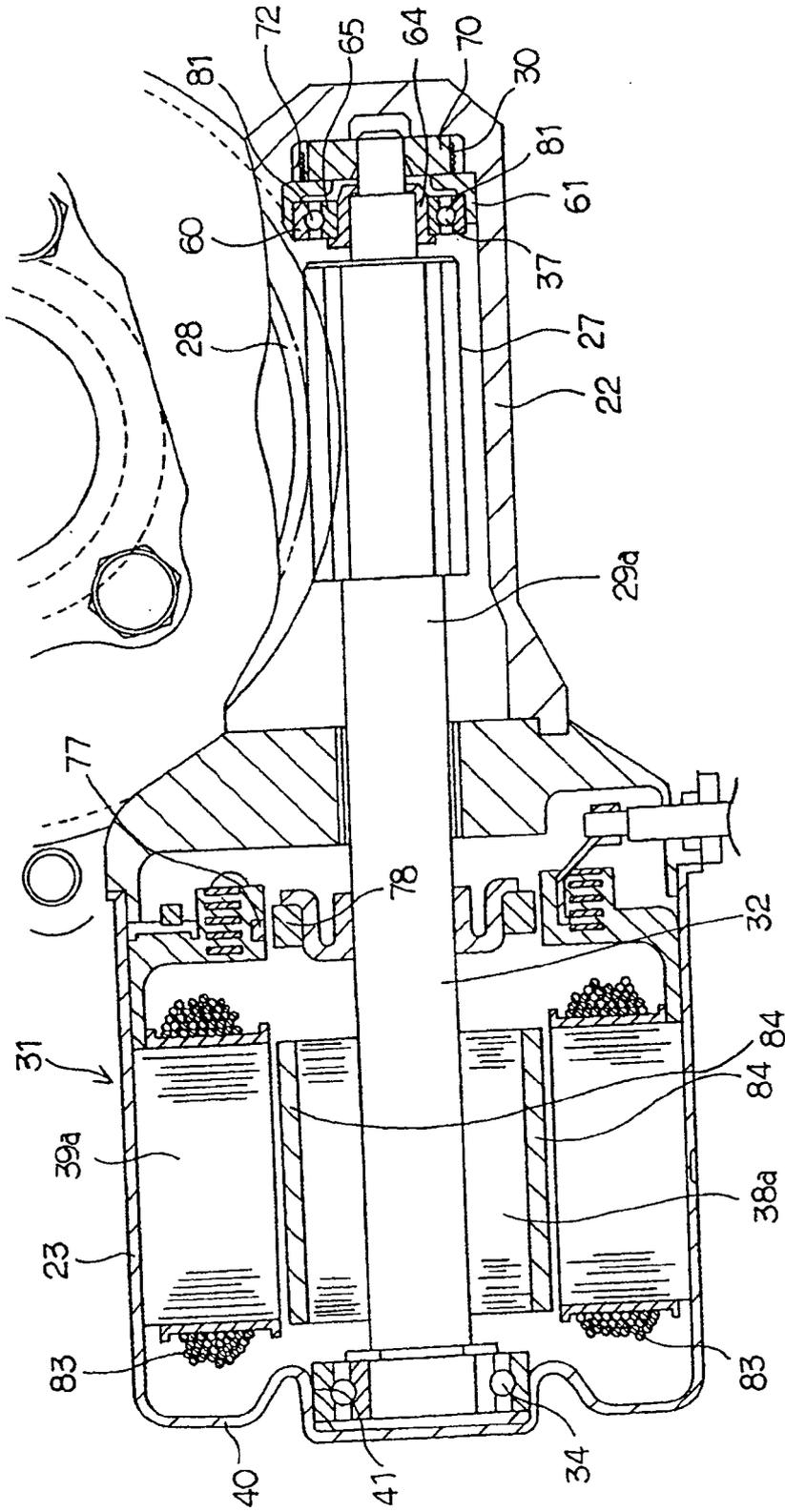


图 37

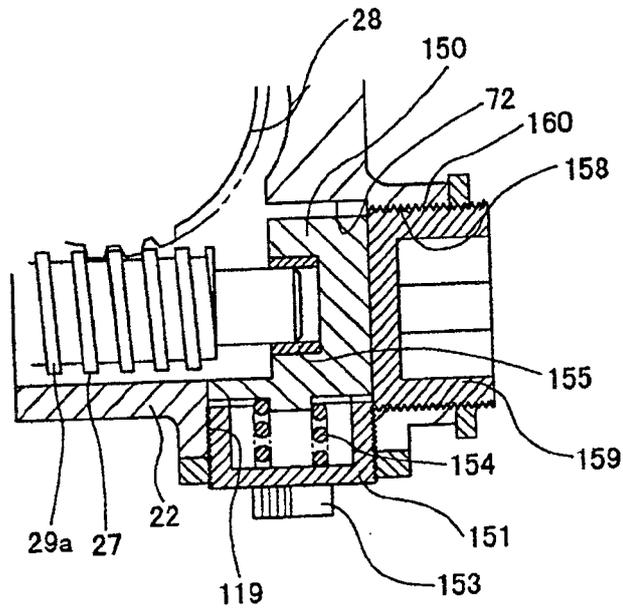


图 38

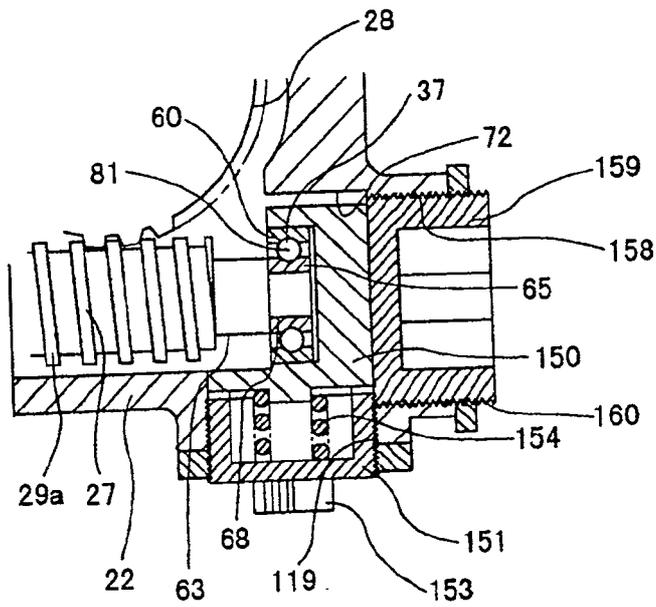


图 39

