



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101988570 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 20

(21) 申请号 200910055801. 7

C23F 17/00 (2006. 01)

(22) 申请日 2009. 07. 31

B64C 13/34 (2006. 01)

(73) 专利权人 中国商用飞机有限责任公司
地址 200122 上海市浦东新区世纪大道
1777 号第 10、11、12 层

专利权人 中国商用飞机有限责任公司上海
飞机设计研究所

(56) 对比文件

GB 0805599 D0, 2008. 04. 30, 全文.

CN 1965182 A, 2007. 05. 16, 全文.

CN 1137961 A, 1996. 12. 18, 全文.

GB 0816022 D0, 2008. 10. 08, 全文.

(72) 发明人 黄建国 赵京洲 麻建英 郭建伟
严少波

成大先主编. 机械设计手册 单行本 机械传动 第 13 篇 齿轮传动. 《机械设计手册 单行本 机械传动 第 13 篇 齿轮传动》. 2004, 第 60 页、第 138-143 页.

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

张展等. 渐开线内啮合圆柱齿轮传动. 《渐开线内啮合圆柱齿轮传动》. 国防工业出版社, 1991, 15 页倒数第 1 段至 25 页倒数第 1 段.

代理人 楼仙英

包敦永. 《民机缝翼机构可靠性若干问题分析与试验方法研究》. 《民机缝翼机构可靠性若干问题分析与试验方法研究》. 2008, 第 5-11 页.

(51) Int. Cl.

审查员 王小波

F16H 55/17 (2006. 01)

F16H 55/26 (2006. 01)

F16H 55/08 (2006. 01)

F16H 55/06 (2006. 01)

G21D 9/32 (2006. 01)

G21D 1/18 (2006. 01)

G23C 8/00 (2006. 01)

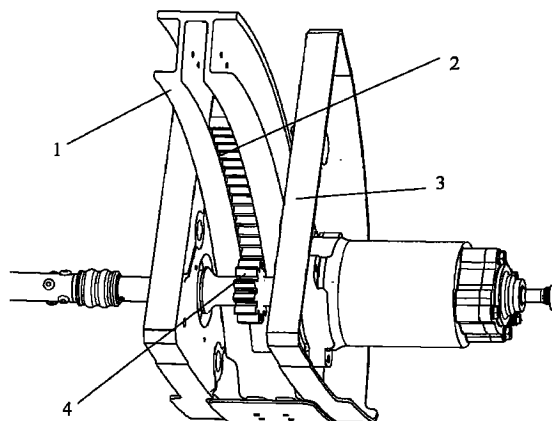
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条的设计方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条的设计方法, 包括如下步骤: 选取大齿形角, 使齿轮齿数少而不产生根切, 有利于齿轮精确制造和提高齿根抗弯曲强度; 选取齿轮齿数少, 可减少齿轮直径; 选取齿轮非标准模数, 在满足强度条件下, 使全机所有作动器的齿条与齿轮传动比相同或相近; 采用大小不同的齿轮齿条作动器, 按作动器位置选用大小各异的齿轮、齿条尺寸, 以适应在狭小空间内运动; 选取最佳齿条/齿轮传动比, 以实现多舵面多作动器同步作圆锥运动。本发明的用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条的设计方法, 很好地解决了机翼前缘空间狭小的难题, 可广泛应用在支线客机、干线飞机和小型飞机上, 还具有重量轻、结构简单、成本低等优点。



1. 一种用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条的设计方法,包括如下步骤:
 - (1) 选取齿形角,使齿轮齿数小而不产生根切;
 - (2) 选取齿轮齿数 z_1 ;
 - (3) 根据作用在齿条上的切向力,初定齿轮模数 m_1 ;
 - (4) 初定齿条 / 齿轮传动比,使其与相邻缝翼作动器的齿条 / 齿轮传动比相近;
 - (5) 根据上述步骤 (4) 中初定的齿条 / 齿轮传动比及步骤 (2) 选定的齿轮齿数 z_1 ,可得出齿条内啮合圆齿数,并将齿条内啮合圆齿数圆整为 z_2 ;从而确定出齿条 / 齿轮传动比 i ;
 - (6) 根据确定的齿条 / 齿轮传动比 i ,调整初定的齿轮模数 m_1 至确定的齿轮模数 m ,得到齿轮节圆直径 d_1 ;
 - (7) 根据确定的齿轮模数 m 、齿条内啮合圆齿数 z_2 ,得出齿条内啮合圆节圆直径 d_2 ;
 - (8) 根据齿轮齿数 z_1 、齿条内啮合圆齿数 z_2 及确定的齿轮模数 m ,可计算出齿轮、齿条的其它参数。
2. 如权利要求 1 所述的设计方法,其特征在于,步骤 (4) 按以下三种方式初定齿条 / 齿轮传动比:
 - a. 根据齿条所在位置的滑轨下表面距缝翼转轴长度确定齿条节圆半径,根据由上述选取的齿形角所确定的不产生根切的最少齿轮齿数与上述初定的齿轮模数 m_1 的乘积确定齿轮节圆半径,将齿条节圆半径与齿轮节圆半径相除,即得初定的齿条 / 齿轮传动比;
 - b. 根据舵面偏转角度及收放时间要求,确定齿条的偏转速度 n_2 ,根据预先确定的缝翼作动器齿轮箱的行星齿轮传动比及预先设定的扭力管转速可求出齿轮输出转速 n_1 ,则初定的齿条 / 齿轮传动比 $i = \text{齿轮输出转速 } n_1 / \text{齿条的偏转速度 } n_2$;
 - c. 根据齿条内啮合圆齿数与齿轮齿数之比来初定齿条 / 齿轮传动比,其中齿条内啮合圆齿数根据所在位置的滑轨半径及上述步骤 (3) 初定的齿轮模数来确定。
3. 如权利要求 2 所述的设计方法,其特征在于,所选取的齿形角在 $22.5^\circ \sim 28^\circ$ 之间。
4. 如权利要求 3 所述的设计方法,其特征在于,所选取的齿数为 10 ~ 15 个。
5. 如权利要求 4 所述的设计方法,其特征在于,所选取的齿数为 12 或 13 个。
6. 如权利要求 5 所述的设计方法,其特征在于,所初定的齿轮模数在 2.5 ~ 4.5 之间。
7. 如权利要求 6 所述的设计方法,其特征在于,所初定的齿轮模数为 4.2933。
8. 如权利要求 6 所述的设计方法,其特征在于,所初定的齿轮模数为 2.8182。
9. 如权利要求 8 所述的设计方法,其特征在于,所初定的齿条 / 齿轮传动比在 16 ~ 22 之间。
10. 如权利要求 9 所述的设计方法,其特征在于,所初定的齿条 / 齿轮传动比为 18.846。
11. 如权利要求 9 所述的设计方法,其特征在于,所初定的齿条 / 齿轮传动比为 18.833。
12. 如权利要求 1 至 11 之一所述的设计方法,其特征在于,齿轮齿条材料采用低碳合金钢,采用毛坯锻件加工,整体淬火,轮齿表面渗碳处理,表面硬度为 HRC52 ~ 58,齿轮精度为 6 组级,齿条为 7 级。

用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条的设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条的设计方法。

背景技术

[0002] 飞机有多块(6~12块)、左右对称的缝翼,由10多个作动器推动其运动。作动器除满足缝翼运动性能要求、确保多作动器驱动多舵面的同步运动外,还需尽可能体积小、重量轻。

[0003] 缝翼舵面的运动是由动力装置(电机、齿轮箱)通过传动杆系-扭力管,及大传动比的行星齿轮箱,将扭矩传至缝翼作动器:齿轮-齿条,由于齿条嵌入滑轨内,则齿条转动便驱动了与滑轨相连的舵面运动。

[0004] 通常的缝翼作动器为液压作动器和滚珠丝杠副,作直线往返运动驱动缝翼偏转。它们或位于缝翼滑轨上方,或在滑轨一侧,还需与滑轨连接件(滑轮架)相连。作动器加上连接件需占用机翼内部很大的空间,根本无法安装在机翼前缘狭小的区域内。

发明内容

[0005] 本发明提供的新型齿轮齿条缝翼作动器是为了解决了上述的空间问题,而且运动性能更佳。

[0006] 为此,本发明中用于飞机缝翼作动器的齿轮齿条是这样设计的:

[0007] 1. 选取大齿形角,如 $22.5^{\circ} \sim 28^{\circ}$,增大了齿根尺寸以提高齿根抗弯曲强度,这样使齿轮的齿数小于17个齿而不产生根切。优选地,选用齿形角 25° 。

[0008] 2. 选取尽可能少的齿轮齿数 z_1 ,如10~15个,以减少齿轮直径。但最小齿轮的齿数不应产生根切,否则将降低了抗弯强度和给制造带来麻烦。针对 25° 的齿形角,轮齿不产生根切的最少齿数为12,为适应作动器载荷偏大及大直径齿条内啮合圆,有利地齿轮采用12或13个齿。

[0009] 3. 选取初定的齿轮模数 m_1 ,在满足强度及扭矩限制器载荷条件下,采用最佳的非标准齿轮模数,齿轮模数有利地在2.5~4.5之间。例如,齿轮模数为4.2933、2.8182等。它除满足齿轮、齿条抗弯强度外,还有利于调整全机所有作动器的齿条/齿轮传动比保持相同或相近。

[0010] 4. 初定齿条/齿轮传动比,使其与相邻缝翼作动器的齿条/齿轮传动比相近,确保多舵面多作动器作同步圆锥运动,所述初定的传动比大小与电机转速、减速器传动比、缝翼偏角与收放时间、机翼前缘空间、滑轨、滚柱位置等相关;

[0011] 5. 根据上述步骤4中初定的齿条/齿轮传动比及步骤2选定的齿轮齿数 z_1 ,可得出齿条内啮合圆齿数,并将齿条内啮合圆齿数圆整为 z_2 ;从而确定出齿条/齿轮传动比 i ;

[0012] 6. 根据步骤5确定的齿条/齿轮传动比 i ,调整初定的齿轮模数 m_1 至确定的齿轮模数 m ,得到齿轮节圆直径 d_1 ;

[0013] 7. 根据步骤6确定的齿轮模数 m 、步骤5确定的齿条内啮合圆齿数 z_2 ,得出齿条内

啮合圆节圆直径 d_2 ；

[0014] 8. 当齿轮模数、齿条 / 齿轮传动比、齿条内啮合圆经过多次修改、迭代而最终确定之后，齿轮、齿条的其它参数可按普通齿轮机械设计手册中有关外、内啮合圆柱齿轮传动几何尺寸计算。

[0015] 有利地，初定的齿条 / 齿轮传动比由以下三种方法权衡决定：

[0016] a. 根据齿条所在位置的滑轨下表面距缝翼转轴长度确定齿条节圆半径，根据由上述选取的齿形角所确定的不产生根切的最少齿轮齿数与上述初定的齿轮模数 (m_1) 的乘积确定齿轮节圆半径，将齿条节圆半径与齿轮节圆半径相除，即得初定的齿条 / 齿轮传动比；

[0017] b. 根据舵面偏转角度及收放时间要求，确定齿条的偏转速度 (n_2)，根据预先确定的缝翼作动器齿轮箱的行星齿轮传动比及预先设定的扭力管转速可求出齿轮输出转速 (n_1)，则初定的齿条 / 齿轮传动比 (i) = 齿轮输出转速 (n_1) / 齿条的偏转速度 (n_2)；

[0018] c. 根据齿条内啮合圆齿数与齿轮齿数之比来初定齿条 / 齿轮传动比，其中齿条内啮合圆齿数根据所在位置的滑轨半径及初定的齿轮模数来确定；

[0019] 有利地，所初定的齿条 / 齿轮传动比在 16 ~ 22 之间，例如所初定的齿条 / 齿轮传动比为 18.846 或 18.833。

[0020] 齿轮齿条材料可采用低碳合金钢，采用毛坯锻件加工，需整体淬火，轮 齿表面渗碳处理，表面硬度为 HRC52 ~ 58，齿轮精度为 6 组级，齿条为 7 级。

[0021] 本发明的齿轮齿条作动器具有如下的优点：

[0022] 1. 根据缝翼偏度不大的特点，采用作旋转运动的齿轮齿条作动器直接驱动缝翼，省去了滑轮架。而且这种运动既与电机输出、传动件运动型式一致，齿条又与缝翼运动共圆心、同角度，使整个运动变得简单和灵活，作动器小巧轻盈，速度、载荷、偏度、时间等各项性能指标均达到设计与适航要求。

[0023] 2. 齿条外形（曲线、直线等）设计成与滑轨轨迹相似，使齿条嵌入滑轨的“Π”形凹槽内并与之相连（见图 1）。从而，齿条不必占用额外的空间，还由于齿条承受载荷（扭矩）因其曲率半径大（300 ~ 530 毫米），只需较小的齿条高度。（见图 2）

[0024] 3. 齿轮直径很小。在承受最大载荷下，齿轮的直径小到仅 33.8 毫米，满足了空间极小的要求，重量也很轻。（见图 3）

[0025] 4. 很好地解决了机翼前缘空间狭小的难题，可广泛应用在支线客机、干线飞机和小型飞机上，还具有重量轻、结构简单、成本低等优点。

附图说明

[0026] 图 1 为缝翼齿轮齿条作动器示意图；

[0027] 图 2 为嵌入滑轨内的齿条与固定在加强肋板上的齿轮轴示意图；

[0028] 图 3 为齿轮 / 齿条与滑轨的连接示意图。

具体实施方式

[0029] 以下结合实施例对本发明作进一步详细说明。

[0030] 1. 作动器的齿轮齿条计算（实施例 1）

- [0031] (1) 选取齿形角 25° ;
- [0032] (2) 选取齿轮齿数为 12(也是在 25° 齿形角下不成声根切的最少齿轮齿数) ;
- [0033] (3) 根据作用在齿条上的切向力, 初定齿数模数为 2.8 ;
- [0034] (4) 初定齿条 / 齿轮传动比 i 计算, 按以下三种方式择优选取齿条 / 齿轮传动比 ;
- [0035] a. 已知作动器所在转轴点距滑轨半径长为 318.455 ; 根据步骤 (2) 初取的模数 2.8, 齿轮节圆半径为 $2.8 \times 12 / 2 = 16.8$, 则传动比 $i_1 = 318.455 / 16.8 = 18.956$;
- [0036] b. 根据缝翼需在 17 秒偏转角度 20.855° , 求出齿条偏转速度为 : $17 : 20.855 = 60 : x$, 则 $x = 0.2044$ (rpm), 根据行星齿轮传动比 : $155.52 : 1$, 设定电机通过减速箱减速到扭力管转速在 $550 \sim 650$ (rpm), 则可计算出齿轮输出转速为 : $600 / 155.52 = 3.858$ (rpm) 此处设扭力管转速为 600rpm, 则 $i_2 = 3.858 / 0.2044 = 18.8747$;
- [0037] c. 根据齿条内啮合圆半径 318.455 及模数 2.8 得齿条内啮合圆齿数为 $318.455 \times 2 / 2.8 = 227.5$ 。齿条齿数必须为整数, 故齿条齿数圆整为 226 或 228。因齿轮齿数为 12, 则齿条内啮合圆齿数为 $i_3 = 228 / 12 = 19$ 或 $I_3 = 226 / 12 = 18.8333$
- [0038] (5) 考虑到相邻作动器的齿轮齿数为 13, 本实施例与相邻作动器的齿条 / 齿轮传动比应接近等因素, 综合分析, 最终取本实施例的齿条 / 齿轮传动比为 18.8333, 齿条内啮合圆齿数为 226。
- [0039] (6) 选取齿轮或齿条的模数 :
- [0040] 根据滑轨半径即为齿条节圆半径及齿数 226, 可得出模数 m
- [0041] $m = 318.455 \times 2 / 226 = 2.818$
- [0042] 齿轮节圆直径为
- [0043] $d_1 = 2.818 \times 12 = 33.818$ 毫米
- [0044] (7) 齿条内啮合圆节圆直径为 $d_2 = 2.818 \times 226 = 636.91$ 毫米。
- [0045] (8) 齿轮、齿条的其它参数可按普通齿轮机械设计手册中有关外、内啮合圆柱齿轮传动几何尺寸计算。
- [0046] 如 : 齿轮基圆直径 : $d_b = d_1 \cos \alpha = 33.818 \times \cos 25^\circ = 30.65$
- [0047] 周节 : $p = m \pi = 2.818 \times 3.1414 = 8.854$
- [0048] 基圆周节 $p_b = p \cos \alpha = 8.024$
- [0049] 齿顶高 $h_a = m \cdot h_a^* = 2.818 h_a^* = 2.818$
- [0050] 齿根高 $h_f = (h_a^* + c^*) \cdot m = (1 + 0.2) \cdot 2.818 = 3.38$
- [0051] 齿高 : $h = h_a + h_f = 6.20$
- [0052] 齿顶圆直径 : $d_a = d + 2h = 33.818 + 2 \times 2.818 = 39.454$
- [0053] 齿根圆直径 : $d_f = d - 2h_f = 27.054$
- [0054] 中心距 $a = (d_2 - d_1) / 2 = (636.91 - 33.818) / 2 = 301.544$
- [0055] 齿数比 $u = 226 / 12 = 18.8333$
- [0056] 齿顶压力角 $\alpha_a = \arccos(d_b / d_a) = \arccos(30.65 / 39.454) = 39.03^\circ$
- [0057] 其计算结果详见表 1。
- [0058] 在齿条设计中, 可根据缝翼偏转角度, 再考虑超行程角度, 需有一定的余量角度, 故取齿条内啮合圆 30° 圆心角为齿条。

[0059] 齿条的宽度应小于滑轨齿槽宽 2 ~ 3 毫米,以补偿气动载荷作用在滑轨与肋板上产生的变形差值。

[0060] 2. 作动器的齿轮、齿条的计算 (实施例 2)

[0061] 该作动器位于缝翼近机身内侧,相比外侧作动器,其与转轴交点距滑轨半径长度大,承载大。应采用较大的模数及增加齿轮齿数,并进行迭代调整,以达到与其它作动器相近的齿条 / 齿轮传动比,确保多舵面多作动器同步运动。其计算步骤:

[0062] 齿轮齿数选取 13 个;

[0063] 按作动器 1 齿条、齿轮计算方法初步确定该作动器齿条 / 齿轮传动比 i_1 , 并且使 i_1 接近作动器 1 中的 i ;

[0064] 根据该作动器齿条转轴距滑轨半径之长为 525.935, 齿轮齿数 13, $i = 18.8333$, 计算出齿条内啮合圆的齿数 (圆整后) 为 245;

[0065] 该齿条 / 齿轮传动比为 $i = 245 / 13 = 18.8462$,

[0066] 两作动器 i 的误差为 $\Delta = (18.8462 - 18.8333) / 18.8333 = 0.69\%$,

[0067] 齿轮 / 齿条模数为 $m = 525.935 * 2 / 245 = 4.293$,

[0068] 齿轮节圆直径 $d_1 = 4.293 * 13 = 55.81$ 毫米,

[0069] 齿条内啮合圆节圆直径 $d_2 = 525.937 * 2 = 1051.87$ 毫米,

[0070] 其它的齿轮、齿条参数可按普通齿轮机械设计手册中有关外、内啮合圆柱齿轮传动几何尺寸计算,其计算结果详见表 2。

[0071] 齿条设计中,可根据缝翼偏转角度,再考虑超行程角度,需有一定的角度余量,故取齿条内啮合圆 30° 圆心角为齿条。

[0072] 齿条的宽度应小于滑轨齿槽宽 2 ~ 3 毫米,以补偿气动载荷作用在滑轨与肋板上产生的变形差值。

[0073] 表 1 实施例 1 的齿轮 / 齿条作动器的相关几何参数

[0074]

参 数 \ 编 号	齿 轮	齿 条
齿数 z	12	226
模数 m	2.8182	2.8182
分度圆直径 d	33.818	636.91
基圆直径 d_b	30.650	577.23
周节 p	8.854	8.854
基圆周节 p_b	8.024	8.024
齿顶高 h_a	2.818	2.818
齿根高 h_f	3.382	3.382
齿高 $h=h_a+h_f$	6.200	6.200
齿顶圆直径 d_a	39.454	631.270
齿根圆直径 d_f	27.054	643.670
中心距 a	301.544	301.544
齿数比 u	18.8333	18.8333
齿顶压力角 α_a	39.03°	23.88°

[0075] 应当理解的是,本发明的实施例只是用于说明本发明而不是限制本发明,本发明不限于本文中描述的细节。只要在本发明的实质精神范围内,对以上所述实施例的变化、变型都将落在本发明的权利要求书范围内。

[0076] 表 2 实施例 2 的齿轮 / 齿条作动器的相关几何参数。

[0077]

编 号 参 数	齿 轮	齿 条
齿数 z	13	245
模数 m	4.2934	4.2934
分度圆直径 d	55.814	1051.87
基圆直径 d_b	50.584	953.32
周节 p	13.488	13.488
基圆周节 p_b	12.224	12.224
齿顶高 h_a	4.293	4.293
齿根高 h_f	5.152	5.152
齿高 $h=h_a+h_f$	9.445	9.445
齿顶圆直径 d_a	64.400	1043.29
齿根圆直径 d_f	45.510	1062.19
中心距 a	498.030	498.030
齿数比 u	18.8462	18.8462
齿顶压力角 α_a	38.24°	23.97°

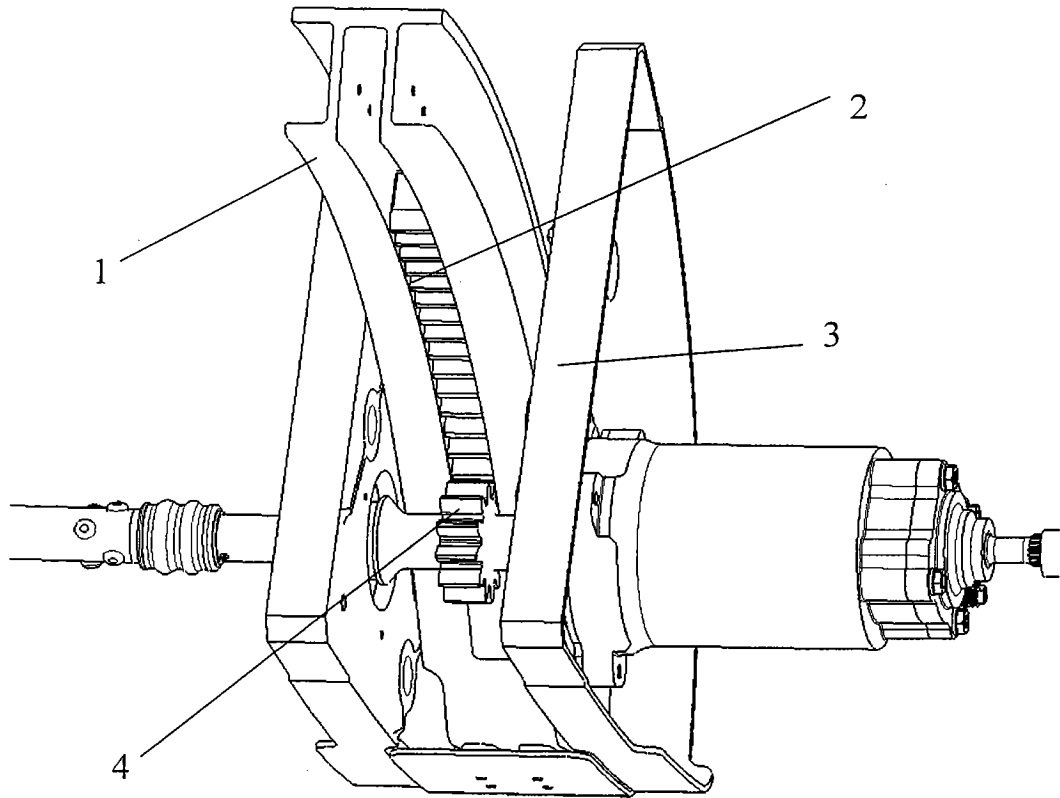


图 1

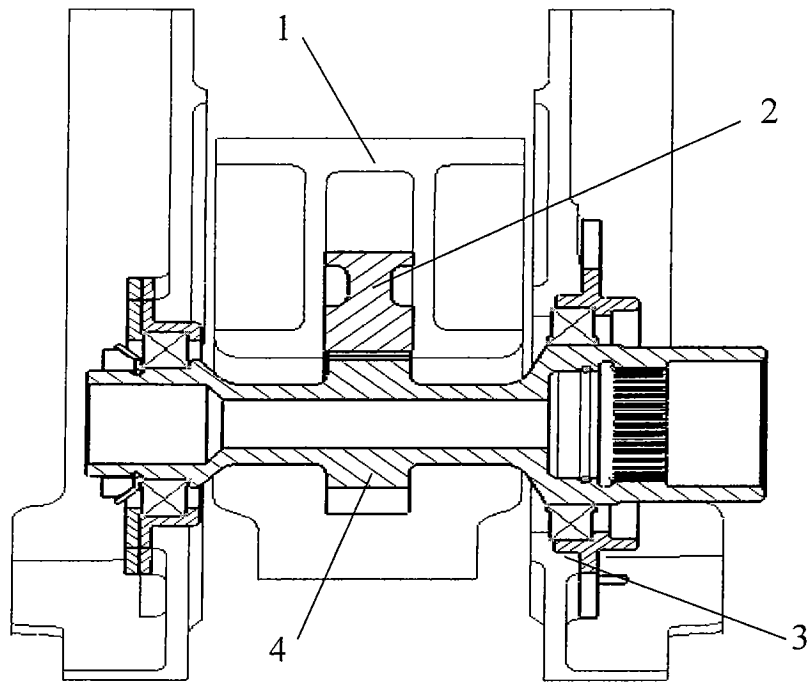


图 2

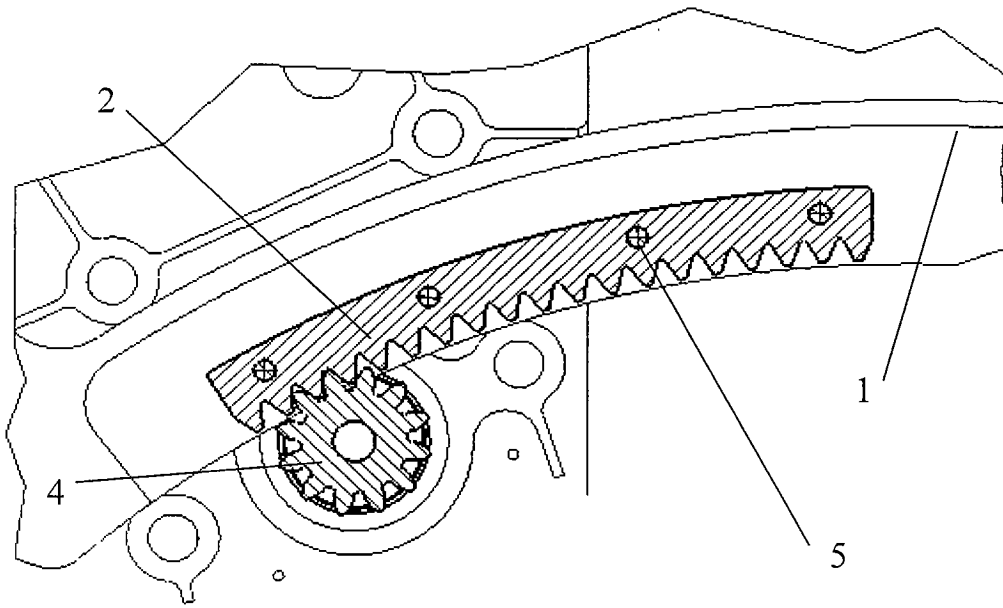


图 3