

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014 年 2 月 20 日 (20.02.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/026439 A1

- (51) 国际专利分类号:
F04C 29/00 (2006.01) *F04C 25/02* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/084110
- (22) 国际申请日: 2012 年 11 月 6 日 (06.11.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210290602.6 2012 年 8 月 14 日 (14.08.2012) CN
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): **东北大学 (NORTHEASTERN UNIVERSITY)** [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。 **辽阳博仕流体设备有限公司 (LIAOYANG BOSHI FLUID EQUIPMENT CO., LTD)** [CN/CN]; 中国辽宁省辽阳市太子河区沙岭镇范家村村北街 9 号, Liaoning 111218 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人 (仅对美国): **张世伟 (ZHANG, Shiwei)** [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。 **王德喜 (WANG,**

Dexi) [CN/CN]; 中国辽宁省辽阳市宏伟区光华街 30 号, Liaoning 111003 (CN)。 **赵晶亮 (ZHAO, Jingliang)** [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。 **张志军 (ZHANG, Zhijun)** [CN/CN]; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。

(74) 代理人: **沈阳东大专利代理有限公司 (SHENYANG DONGDA PATENT AGENCY CO., LTD)**; 中国辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号, Liaoning 110819 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: SINGLE-HEAD VARYING PITCH SCREW ROTOR WITH UNIFORM TOOTH TOP WIDTH

(54) 发明名称: 一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子

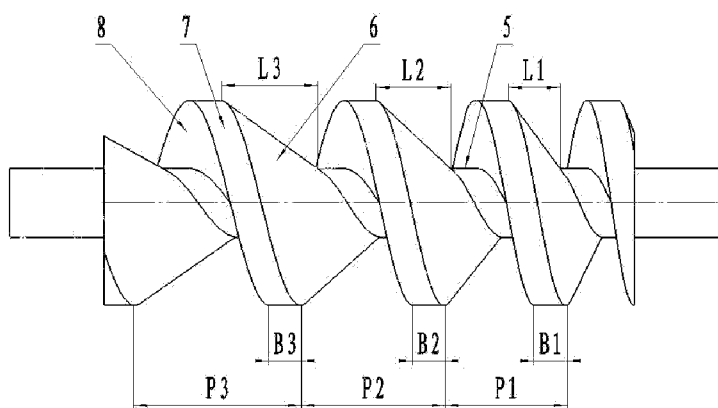


图 2 / FIG. 2

(57) Abstract: A single-head varying pitch screw rotor with uniform tooth top width consists of a tooth root face (5), an oblique tooth face (6), a tooth top face (7) and a transitional tooth face (8) that are sequentially connected. A rotor helical lead is linearly increased from an exhaust end to a suction end along with a helical angle of spread, so that the axial width of the oblique tooth face (6) is gradually increased correspondingly, and the width of the tooth top face (7) remains unchanged. Compared with various existing single-head varying pitch screw rotors, the molded line rotor has a relatively smaller tooth top face width at the suction end, so that a bigger inter-stage suction volume is formed, and the molded line rotor has a big volume utilization rate, so that a bigger theoretic pumping speed is achieved under the same structural parameters; on the contrary, the molded line rotor has a relatively bigger tooth top width at the exhaust end, has stronger inter-stage leakage resistance and can reduce the gas inter-stage leakage backflow rate, so that the improvement of the limit vacuum degree and the actual effective pumping speed of the vacuum pump are facilitated.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/026439 A1

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则 4.17 的声明:

— 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
— 包括经修改的权利要求及声明(条约第 19 条(1))。

一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子, 由齿根面(5)、齿斜面(6)、齿顶面(7)和过渡齿面(8)依次连接构成, 转子螺旋导程随螺旋展开角由排气端向吸气端成线性增大, 斜齿面(6)的轴向宽度随之逐渐变大, 而齿顶面(7)的宽度始终保持不变。与已有的各种单头变螺距螺杆转子相比, 该型线转子在吸气端的齿顶宽度相对较小, 从而形成更大的级间吸气容积, 有较大的容积利用系数, 因此在相同的结构参数下具有更大的理论抽速; 反之, 该型线转子在排气端的齿顶宽度却相对较大, 具有更强的级间泄漏阻挡能力, 能够使气体级间泄漏返流量降低, 从而有利于提高真空泵的极限真空度和实际有效抽速。

一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子

技术领域

本发明涉及螺杆式无油真空泵技术领域，特别涉及一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子。

背景技术

无油螺杆泵具有抽速范围宽、结构简单紧凑、抽气腔元件无摩擦、寿命长、能耗低、无油污染等特点，广泛应用于半导体、医药、食品、化工等工业领域。螺杆转子是螺杆真空泵中最关键的抽气部件，直接决定着泵的工作性能和使用寿命，其加工制造成本约占整个螺杆泵总成本近一半。螺杆转子的型线设计则是整个螺杆泵设计中的最关键技术。其中单头变螺距的螺杆转子，因其具有内部预压缩的排气方式，与等螺距螺杆转子相比，具有突出的节能降噪优点，因此备受无油螺杆真空泵的设计者和使用者的青睐。已有许多技术人员设计出了多种结构形式的单头变螺距螺杆转子型线。

尽管已有的单头变螺距螺杆转子型线的结构构成多种多样，但其共同的结构特征是：随着螺杆转子的导程（节距）由吸气端向排气端逐渐变小的过程中，转子齿型中的齿顶宽（以及对应的齿根宽）也随之等比例地逐渐变窄。由于转子齿顶面与泵体内表面之间的间隙是转子排气过程中气体级间返流的最主要泄漏通道，而转子齿型的齿顶宽则相当于该泄漏通道的深度，齿顶宽越宽，泄漏通道越深，对级间泄漏的阻挡能力越强，则相邻两级之间的气体返流量就越小。已有的单头变螺距螺杆转子型线的齿顶宽由吸气端向排气端逐渐变窄，则对级间泄漏的阻挡能力越来越弱。而螺杆真空泵在工作过程中，越靠近排气端，气体压力和级间压力差就越大，结果出现在吸气端级间压力差小时，齿型齿顶宽不必要地很大，反而导致泵的容积利用系数偏小；而在排气端级间压力差很大时，齿型齿顶宽反倒变小导致气体返流量增大的不合理状况。这直接造成螺杆真空泵的吸气容积利用系数小和总体返流泄漏量大，从而导致螺杆真空泵的主要性能指标极限真空度降低和实际抽气速率下降的后果。

如果在螺杆转子型线设计过程中，有意保持转子齿型齿顶宽始终不变，则可以有效地避免上述问题的出现，从而提高螺杆真空的抽气性能指标。

发明内容

针对现有技术存在的问题，本发明的目的是提供一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，保证在转子导程由排气端的最小值随螺旋展开角线性增大的过程中，转子的齿顶宽始终保持不变，以使转子具有更强的级间泄漏阻挡能力，降低气体级间泄漏返流量，从而达到有利于提高真空泵的极限真空度和实际有效抽速的目的。

本发明的技术方案是这样实现的：一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，由齿根面、斜齿面、齿顶面和过渡齿面依次连接构成，转子螺旋导程随螺旋展开角由排气端向吸气端成线

性增大,斜齿面的轴向宽度随之逐渐变大,而齿顶面的宽度始终保持不变。

所述的齿根面、斜齿面、齿顶面和过渡齿面,是由齿根圆曲线、渐开线曲线、齿顶圆曲线和过渡段曲线依次连接构成的端面型线作变螺距螺旋展开而生成。

以螺杆转子排气端面的轴心作为坐标原点,以转子轴线指向转子吸气端方向为Z轴正向,建立描述转子型线的直角坐标系Oxyz,本发明的齿根圆曲线、渐开线曲线、齿顶圆曲线和过渡段曲线满足如下条件:

所述的齿根圆段曲线,满足如下公式:

$$\begin{aligned} x &= \frac{d}{2} \cos(t_1 + \tau) \\ y &= \frac{d}{2} \sin(t_1 + \tau) \end{aligned} \quad (1)$$

式中, x 为横坐标, y 为纵坐标, d 为齿根圆直径, τ 为螺旋展开角, t_1 为形式参数。

所述的渐开线曲线,满足如下公式:

$$\begin{aligned} x &= \frac{a(\tau)}{2} \cdot [\cos(t_2 + \tau) + t_2 \cdot \sin(t_2 + \tau)] \\ y &= \frac{a(\tau)}{2} \cdot [\sin(t_2 + \tau) - t_2 \cdot \cos(t_2 + \tau)] \end{aligned} \quad (2)$$

式中 $a(\tau)$ 为渐开线基圆直径, t_2 为形式参数。

所述的齿顶圆曲线,满足如下公式:

$$\begin{aligned} x &= \frac{D}{2} \cos(t_3 + \tau) \\ y &= \frac{D}{2} \sin(t_3 + \tau) \end{aligned} \quad (3)$$

式中, D 为齿顶圆直径, t_3 为形式参数。

所述的过渡段曲线,是指具有自啮合特性的连接齿顶圆与齿根圆的任意一种曲线,该过渡曲线选择的最优方案为单一摆线过渡曲线或双摆线过渡曲线,其中,

所述的单一摆线过渡曲线,满足如下公式:

$$\begin{aligned} x &= \frac{d+D}{2} \cos(t_{41} + \tau) - \frac{D}{2} \cos(2t_{41} + \tau) \\ y &= \frac{d+D}{2} \sin(t_{41} + \tau) - \frac{D}{2} \sin(2t_{41} + \tau) \end{aligned} \quad (4)$$

式中, t_{41} 为形式参数。

所述的双摆线过渡曲线, 包括内摆线和外摆线, 其中, 内摆线, 满足如下公式:

$$\begin{aligned} x &= \frac{d+D}{2} \cos(t_{421} + \beta_{421} + \tau) - \frac{D}{2} \cos(2t_{421} + \beta_{421} + \tau) \\ y &= \frac{d+D}{2} \sin(t_{421} + \beta_{421} + \tau) - \frac{D}{2} \sin(2t_{421} + \beta_{421} + \tau) \end{aligned} \quad (5)$$

式中, t_{421} 为形式参数, β_{421} 为调节角。

外摆线方程

$$\begin{aligned} x &= \frac{d+D}{2} \cos(t_{422} + \tau) - \frac{D+d}{4} \cos(2t_{422} + \tau) \\ y &= -\frac{d+D}{2} \sin(t_{422} + \tau) + \frac{D+d}{4} \sin(2t_{422} + \tau) \end{aligned} \quad (6)$$

式中, t_{422} 为形式参数。

采用圆柱坐标系或者其它形式坐标系所表述的上述型线的计算公式亦属于本发明之列。

所述的端面型线在变螺距展开过程中, 渐开线曲线的基圆直径由排气端向吸气端呈逐渐变小, 渐开线曲线所占据的角度逐渐增大, 而齿顶圆曲线及齿根圆曲线所占据的角度逐渐减小, 在转子的螺旋导程随螺旋展开角成正比变化的情况下, 转子齿形面的齿顶宽和齿根宽始终不变。

齿根圆曲线、渐开线曲线、齿顶圆曲线和过渡段曲线在轴向螺旋展开过程中, 轴向坐标均满足如下公式:

$$z = \frac{p_0}{2\pi} (\tau + \lambda \tau^2) \quad (7)$$

所述的螺旋导程 p 与螺旋展开角 τ 之间的关系满足:

$$p = p_0 (1 + 2\lambda \tau) \quad (8)$$

端面型线中的渐开线曲线连接于齿根圆曲线和齿顶圆曲线之间, 该渐开线曲线的发生圆直径 $a(\tau)$ 由排气端向吸气端随螺旋展开角 τ 逐渐变小, 公式如下:

$$\begin{aligned}
 & \arctan \sqrt{\left(\frac{D}{a(\tau)}\right)^2 - 1} - \arctan \sqrt{\left(\frac{e}{a(\tau)}\right)^2 - 1} - \sqrt{\left(\frac{D}{a(\tau)}\right)^2 - 1} + \sqrt{\left(\frac{e}{a(\tau)}\right)^2 - 1} \\
 & = 3\pi - \tau - \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{2\lambda} \sqrt{1 - \frac{8\pi B\lambda}{p_0} + 4\lambda\tau + 4\lambda^2\tau^2}
 \end{aligned} \tag{9}$$

式中, e 为转子节圆直径, B 为齿顶宽, λ 为变螺距系数, p_0 为排气端面处的转子初始导程。

所述转子螺旋展开方向为左旋或右旋;

本发明的有益效果: 本发明所提出的齿型齿顶宽恒定的单头变螺距螺杆转子结构, 在转子导程由排气端的最小值 p_0 随螺旋展开角线性增大的过程中, 转子的齿顶宽始终保持不变。与已有的各种单头变螺距螺杆转子相比, 该型线转子在吸气端的齿顶宽度相对较小, 从而形成更大的级间吸气容积, 有较大的容积利用系数, 因此在相同的结构参数下具有更大的理论抽速; 反之, 该型线转子在排气端的齿顶宽度却相对较大, 具有更强的级间泄漏阻挡能力, 能够使气体级间泄漏返流量降低, 从而有利于提高真空泵的极限真空度和实际有效抽速。

附图说明

图 1 是以单一摆线为过渡曲线的等齿顶宽单头变螺距螺杆转子的排气端面型线视图;

图 2 是依据图 1 所示转子端面型线所生成的螺杆转子主视图;

图 3 是以双摆线为过渡曲线的等齿顶宽单头变螺距螺杆转子的排气端面型线视图;

图 4 是依据图 3 所示转子端面型线所生成的螺杆转子主视图;

图中, 1. 齿根圆曲线; 2. 渐开线曲线; 3. 齿顶圆曲线; 4. 单一摆线构成的过渡曲线; 5. 齿根面; 6. 斜齿面; 7. 齿顶面; 8. 凹齿面; 9. 双摆线构成的过渡曲线; 10. 直齿面。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的实施方式作一步详细的说明。

实施例一:

本实施方式给出一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子, 在其某一横截面处的端面型线如图 1 所示。曲线 abc 段为齿根圆曲线 1, 曲线 cde 段为渐开线曲线 2, 曲线 efg 段为齿顶圆曲线 3, 曲线 gha 段为由单一摆线构成的过渡曲线 4, 四段曲线按顺序相接(如齿根圆曲线 abc 的末端 c 与渐开线曲线 cde 的起始端 c 连接, 渐开线曲线 cde 的末端 e 与齿顶圆曲线 efg 的起始端 e 连接, 齿顶圆曲线 efg 的末端 g 与单一摆线构成的过渡曲线 gha 的起始端 g 连接, 单一摆线构成的过渡曲线 gha 的末端与齿根圆曲线 abc 的起始端 a 连接, 构成端面型线)。

基于该端面型线作右旋变螺距螺旋展开所生成的等齿顶宽单头变螺距螺杆转子的结构图如图 2 所示。由图 2 中可以看出, 该螺杆转子的齿型面包括齿根面 5、斜齿面 6、齿顶面 7 和凹齿面 8 (由单一摆线所生成的过渡曲面) 8。转子的螺旋导程 (节距) 由右侧排气端向左侧吸气端逐渐变大, 如图 2 中所示 $P_3 > P_2 > P_1$, 与螺旋展开角成正比; 但其齿顶面 7 的宽度 B 却始终不变, 如图 2 中所示 $B_3 = B_2 = B_1 = B$; 而斜齿面 6 所占据的轴向长度则越来越长, 如图 2 中所示 $L_3 > L_2 > L_1$ 。

依据公式 (1)~公式 (9) 的计算公式, 本实施例给出某种型号无油螺杆真空泵的等齿顶宽单头变螺距螺杆转子的结构参数如下: 齿顶圆直径 $D = 186 \text{ mm}$; 齿根圆直径 $d = 62 \text{ mm}$; 节圆直径 $e = (d + D)/2 = 124 \text{ mm}$; 排气端面处的转子初始导程 $p_0 = 80 \text{ mm}$; 变螺距系数 $\lambda = 0.0198944$; 齿顶宽 $B = 28 \text{ mm}$; 转子工作区总长度 $L = 480 \text{ mm}$ 。其结构图如图 2 所示, 其螺旋圈数为 4 圈。

实施例二:

本实施方式给出一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子, 在其某一横截面处的端面型线如图 3 所示, 曲线 abc 段为齿根圆曲线 1, 曲线 cde 段为渐开线曲线 2, 曲线 efg 段为齿顶圆曲线 3, 曲线 gha 段为双摆线构成的过渡曲线 9, 四段曲线按顺序相接 (如齿根圆曲线 abc 的末端 c 与渐开线曲线 cde 的起始端 c 连接, 渐开线曲线 cde 的末端 e 与齿顶圆曲线 efg 的起始端 e 连接, 齿顶圆曲线 efg 的末端 g 与单一摆线构成的过渡曲线 gha 的起始端 g 连接, 单一摆线构成的过渡曲线 gha 的末端与齿根圆曲线 abc 的起始端 a 连接, 构成端面型线)。

基于该端面型线作左旋变螺距螺旋展开所生成的等齿顶宽单头变螺距螺杆转子的结构图如图 4 所示。由图 4 中可以看出, 该螺杆转子的齿型面包括齿根面 5、斜齿面 6、齿顶面 7 和直齿面 (由双摆线构成的过渡曲线所生成的过渡曲面) 10。转子的螺旋导程 (节距) 由右侧排气端向左侧吸气端逐渐变大, 如图 4 中所示 $P_3 > P_2 > P_1$, 与螺旋展开角成正比; 但其齿顶面 7 的宽度 B 却始终不变, 如图 2 中所示 $B_4 = B_3 = B_2 = B_1 = B$; 而斜齿面 6 所占据的轴向长度则越来越长, 如图 2 中所示 $L_4 > L_3 > L_2 > L_1$ 。

依据公式 (1)~公式 (9) 的计算公式, 本实施方式给出某种型号无油螺杆真空泵的等齿顶宽单头变螺距螺杆转子的结构参数如下: 齿顶圆直径 $D = 188 \text{ mm}$; 齿根圆直径 $d = 62 \text{ mm}$; 节圆直径 $e = (d + D)/2 = 125 \text{ mm}$; 排气端面处的转子初始导程 $p_0 = 80 \text{ mm}$; 变螺距系数 $\lambda = 0.0198944$; 齿顶宽 $B = 28 \text{ mm}$; 转子工作区总长度 $L = 562.5 \text{ mm}$ 。其结构图如图 4 所示, 其螺旋圈数为 4.5 圈。

虽然以上描述了本发明的具体实施方式, 但是本领域内的熟练技术人员应当理解, 这些仅是举例说明, 可以对这些实施方式做出多种变更或修改, 而不背离本发明的原理和实质。本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

1、一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：该螺杆转子的齿型面由齿根面(5)、斜齿面(6)、齿顶面(7)和过渡齿面(8)依次连接构成，转子螺旋导程(P1, P2, P3)随螺旋展开角由排气端向吸气端成线性增大，斜齿面(6)的轴向宽度(L1, L2, L3)随之逐渐变大，而齿顶面(7)的宽度(B1, B2, B3)始终保持不变。

2、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：所述的齿根面(5)、斜齿面(6)、齿顶面(7)和过渡齿面(8)，是由齿根圆曲线(abc)、渐开线曲线(cde)、齿顶圆曲线(efg)和过渡段曲线(gha)依次连接构成的端面型线作变螺距螺旋展开而生成。

3、根据权利要求2所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：所述的端面型线在变螺距展开过程中，渐开线曲线(cde)的基圆直径由排气端向吸气端呈逐渐变小，渐开线曲线(cde)所占据的角度逐渐增大，而齿顶圆曲线(efg)及齿根圆曲线(abc)所占据的角度逐渐减小，在转子的螺旋导程随螺旋展开角成正比变化的情况下，转子齿形面的齿顶宽和齿根宽始终不变。

4、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：所述的螺旋导程 P 与螺旋展开角 τ 之间的关系满足如下公式：

$$p = p_0(1 + 2\lambda\tau)$$

式中， p_0 为排气端面处的转子初始导程， λ 为变螺距系数， τ 为螺旋展开角。

5、根据权利要求2所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：端面型线中的渐开线曲线(cde)连接于齿根圆曲线(abc)和齿顶圆曲线(efg)之间，该渐开线曲线(cde)的发生圆直径 $a(\tau)$ 由排气端向吸气端随螺旋展开角 τ 逐渐变小，满足如下公式：

$$\begin{aligned} & \arctan \sqrt{\left(\frac{D}{a(\tau)}\right)^2 - 1} - \arctan \sqrt{\left(\frac{e}{a(\tau)}\right)^2 - 1} - \sqrt{\left(\frac{D}{a(\tau)}\right)^2 - 1} + \sqrt{\left(\frac{e}{a(\tau)}\right)^2 - 1} \\ & = 3\pi - \tau - \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{2\lambda} \sqrt{1 - \frac{8\pi B\lambda}{p_0} + 4\lambda\tau + 4\lambda^2\tau^2} \end{aligned}$$

式中： D 为转子齿顶圆直径， e 为转子节圆直径； B 为齿顶宽， $a(\tau)$ 为渐开线基圆直径。

6、根据权利要求2所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：端面型线中连接齿顶圆曲线(efg)和齿根圆曲线(abc)的过渡段曲线(gha)为具有自啮合特性的任意曲线。

7、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：转子螺旋展开方向为左旋或右旋。

经修改的权利要求

国际局收到日：2013年08月08日

1、一种等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：该螺杆转子的齿型面由齿根面(5)、斜齿面(6)、齿顶面(7)和过渡齿面(8)依次连接构成，转子螺旋导程(P1, P2, P3)随螺旋展开角由排气端向吸气端成线性增大，斜齿面(6)的轴向宽度(L1, L2, L3)随之逐渐变大，而齿顶面(7)的宽度(B1, B2, B3)始终保持不变；所述的齿根面(5)、斜齿面(6)、齿顶面(7)和过渡齿面(8)，是由齿根圆曲线(abc)、渐开线曲线(cde)、齿顶圆曲线(efg)和过渡段曲线(gha)依次连接构成的端面型线作变螺距螺旋展开而生成；所述的端面型线在变螺距展开过程中，渐开线曲线(cde)的基圆直径由排气端向吸气端呈逐渐变小，渐开线曲线(cde)所占据的角度逐渐增大，而齿顶圆曲线(efg)及齿根圆曲线(abc)所占据的角度逐渐减小，在转子的螺旋导程随螺旋展开角成正比变化的情况下，转子齿形面的齿顶宽和齿根宽始终不变。

2、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：所述的螺旋导程 P 与螺旋展开角 τ 之间的关系满足如下公式：

$$p = p_0(1 + 2\lambda\tau)$$

式中， p_0 为排气端面处的转子初始导程， λ 为变螺距系数， τ 为螺旋展开角。

3、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：端面型线中的渐开线曲线(cde)连接于齿根圆曲线(abc)和齿顶圆曲线(efg)之间，该渐开线曲线(cde)的发生圆直径 $a(\tau)$ 由排气端向吸气端随螺旋展开角 τ 逐渐变小，满足如下公式：

$$\begin{aligned} & \arctan \sqrt{\left(\frac{D}{a(\tau)}\right)^2 - 1} - \arctan \sqrt{\left(\frac{e}{a(\tau)}\right)^2 - 1} - \sqrt{\left(\frac{D}{a(\tau)}\right)^2 - 1} + \sqrt{\left(\frac{e}{a(\tau)}\right)^2 - 1} \\ &= 3\pi - \tau - \frac{1}{2\lambda} + \frac{1}{2\lambda} \sqrt{1 - \frac{8\pi B\lambda}{p_0} + 4\lambda\tau + 4\lambda^2\tau^2} \end{aligned}$$

式中： D 为转子齿顶圆直径， e 为转子节圆直径； B 为齿顶宽， $a(\tau)$ 为渐开线基圆直径。

4、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：端面型线中连接齿顶圆曲线(efg)和齿根圆曲线(abc)的过渡段曲线(gha)为具有自啮合特性的任意曲线。

5、根据权利要求1所述的等齿顶宽的单头变螺距螺杆转子，其特征在于：转子螺旋展开方向为左旋或右旋。

条约第19条第(1)款的声明

申请人根据 PCT 第 19 条修改了权利要求书，具体修改说明如下：

- 一、 根据国际检索报告及书面意见修改了权利要求书。合并了原权利要求的 1、2、3 项，变为修改后的权利要求 1，对说明书及附图没有影响。
- 二、 检索报告及书面意见指出：原权利要求 1 没有创造性，权利要求 3 有创造性。修改后的权利要求 1 具有创造性，后面的从属权利要求也具有创造性。

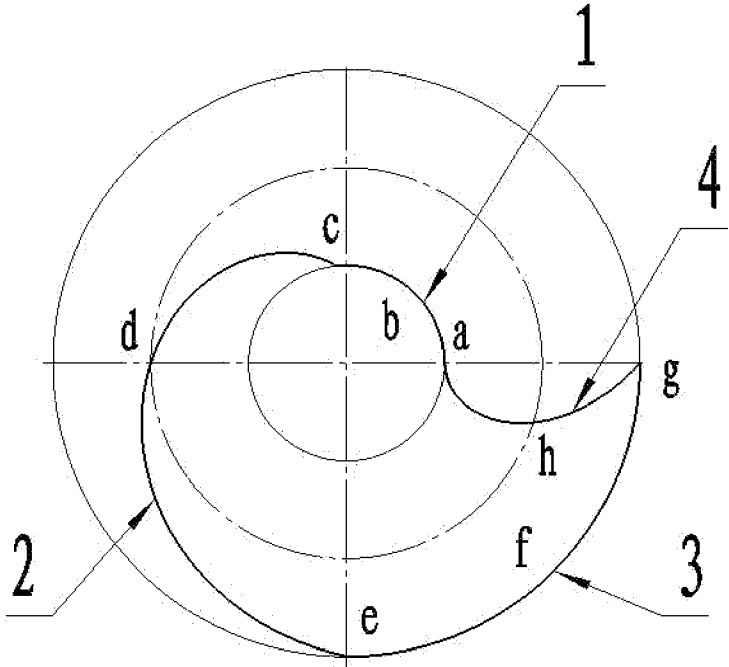


图 1

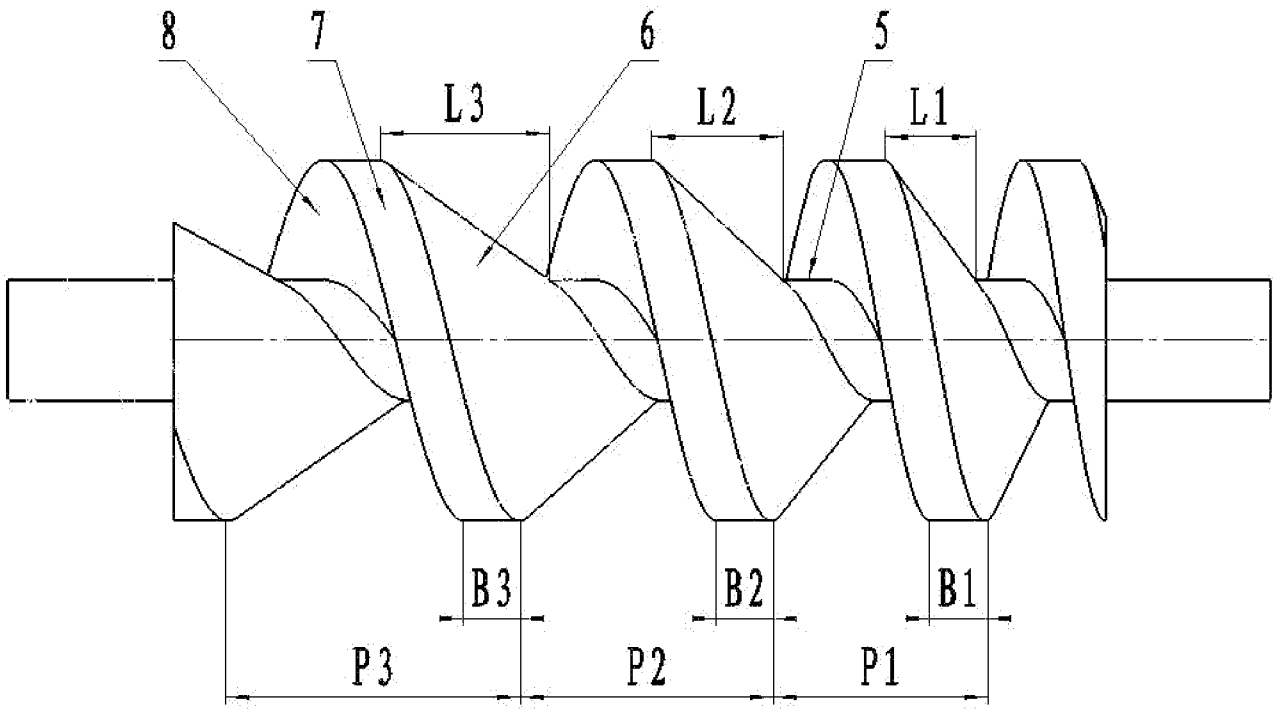


图 2

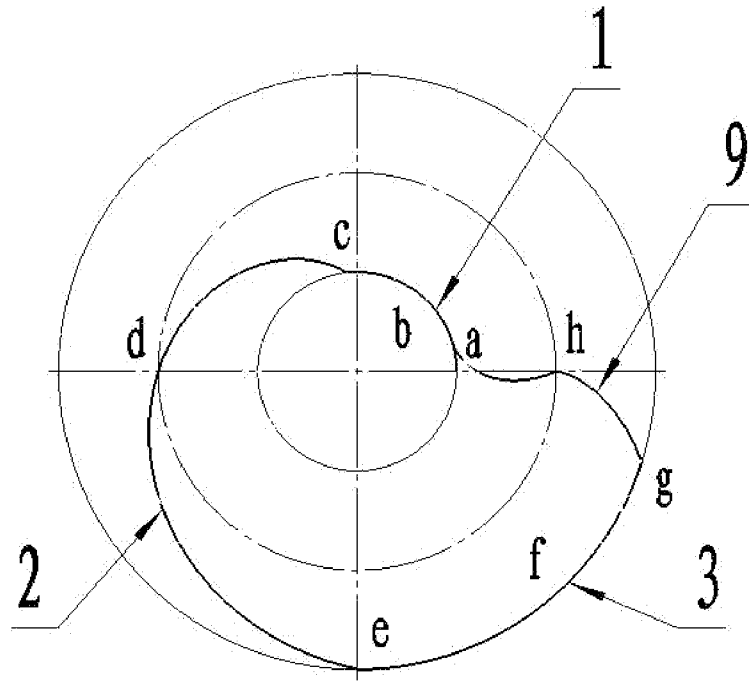


图 3

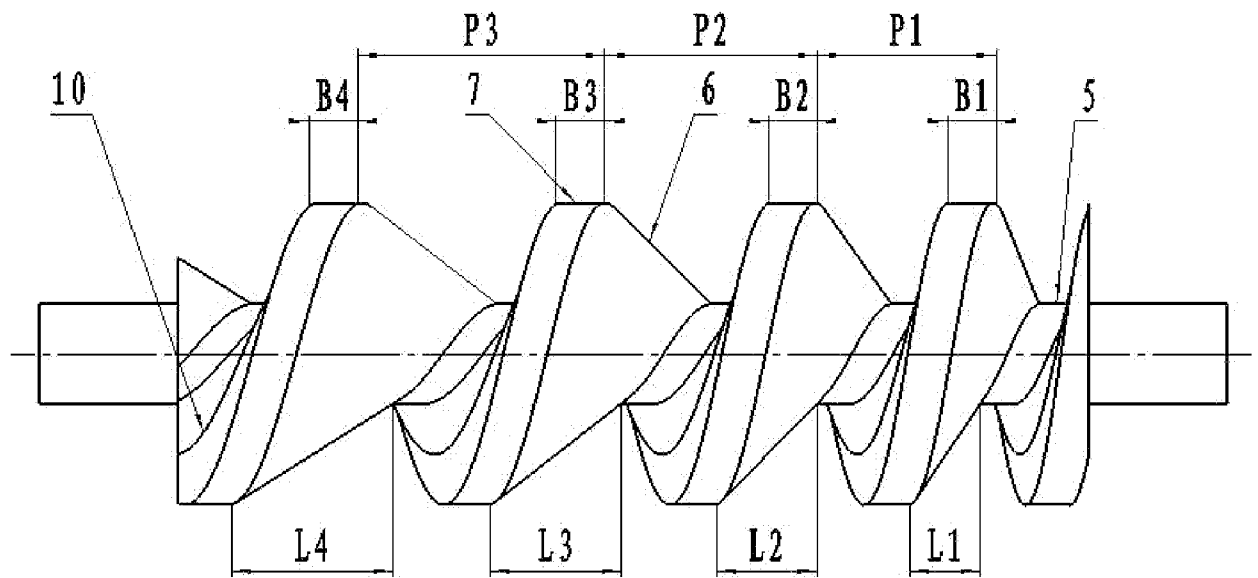


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2012/084110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: F04C 29/+; F04C 25/+; F04C 18/+; F04C 19/+; F04C 1/+

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: vacuum w pump, screw, rotor, chang+, vary+, pitch+, increase+, reduce+, tooth, teeth, helical

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5667370 A (KOWEL PRECISION CO., LTD.) 16 September 1997 (16.09.1997) description, column 3, and figures 1-4	1, 2, 4, 6, 7
E	CN 202756246 U (LIAOYANG BOSHI FLUID EQUIPMENT CO., LTD. et al.) 27 February 2013 (27.02.2013) the whole document	1-8
A	CN 1258817 A (JIANG, Zigang) 5 July 2000 (05.07.2000) the whole document	1-8
A	CN 2893231 Y (LIANG, Boshun et al.) 25 April 2007 (25.04.2007) the whole document	1-8
A	JP 6-123291 A (TOSHIBA CORP.) 6 May 1994 (06.05.1994) the whole document	1-8
A	JP 2004-132346 A (ETO, Tadakatsu et al.) 30 April 2004 (30.04.2004) the whole document	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 April 2013 (03.04.2013)

Date of mailing of the international search report
02 May 2013 (02.05.2013)

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
LIU, Wenhao
Telephone No. (86-10) 62413087

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2012/084110

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 5667370 A	16.09.1997	GB 2292589 A	28.02.1996
		DE 19530662 A1	29.02.1996
		FR 2723766 A1	23.02.1996
		JP 8074765 A	19.03.1996
		IT 1277912 B1	12.11.1997
		KR 0133154 B1	20.04.1998
CN 202756246 U	27.02.2013	None	
CN 1258817 A	05.07.2000	WO 01/66950 A1	13.09.2001
		AU 2343801 A	17.09.2001
CN 2893231 Y	25.04.2007	None	
JP 6-123291 A	06.05.1994	None	
JP 2004-132346 A	30.04.2004	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/084110

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

F04C 29/00 (2006. 01) i

F04C 25/02 (2006. 01) i

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2012/084110

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: F04C29/+, F04C25/+, F04C18/+, F04C19/+, F04C1/+

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

中国期刊网全文数据库,CNPAT,WPI,EPODOC: 真空泵,螺杆,螺距,转子,变化,增大,减小,齿,导程,vacuum w pump, screw, rotor, chang+, vary+, pitch+, increase+, reduce+, tooth, teeth, helical

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	US5667370A(KOWEL PRECISION CO., LTD.) 16.9 月 1997 (16.09.1997) 说明书第 3 栏, 附图 1-4	1-2, 4, 6-7
E	CN202756246U(辽阳博仕流体设备有限公司等) 27.2 月 2013 (27.02.2013) 全文	1-8
A	CN1258817A(蒋子刚) 5.7 月 2000 (05.07.2000) 全文	1-8
A	CN2893231Y(梁伯顺等) 25.4 月 2007 (25.04.2007) 全文	1-8
A	JP 特开平 6-123291A(东芝株式会社) 06.5 月 1994 (06.05.1994) 全文	1-8
A	JP 特开 2004-132346A(江藤忠胜等) 30.4 月 2004(30.04.2004) 全文	1-8



其余文件在 C 栏的续页中列出。



见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

03. 4 月 2013 (03. 04. 2013)

国际检索报告邮寄日期

02.5 月 2013 (02.05.2013)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

刘文镐

电话号码: (86-10) 62413087

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/084110

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
US5667370A	16.09.1997	GB2292589A	28.02.1996
		DE19530662A1	29.02.1996
		FR2723766A1	23.02.1996
		JP8074765A	19.03.1996
		IT1277912B1	12.11.1997
		KR0133154B1	20.04.1998
CN202756246U	27.02.2013	无	
CN1258817A	05.07.2000	WO01/66950A1	13.09.2001
		AU2343801A	17.09.2001
CN2893231Y	25.04.2007	无	
JP 特开平 6-123291A	06.05.1994	无	
JP 特开 2004-132346A	30.04.2004	无	

续:

主题的分类:

F04C29/00 (2006.01) i

F04C25/02 (2006.01) i