



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108431385 B

(45)授权公告日 2020.04.10

(21)申请号 201680077349.2

(22)申请日 2016.12.20

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108431385 A

(43)申请公布日 2018.08.21

(30)优先权数据  
14/987125 2016.01.04 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.06.29

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2016/067756 2016.12.20

(87)PCT国际申请的公布数据  
WO2017/120029 EN 2017.07.13

(73)专利权人 卡特彼勒公司  
地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 R·E·安阿提 E·赖因哈特  
D·辛格

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

代理人 苏娟

(51)Int.Cl.  
F02B 39/00(2006.01)  
F01D 5/02(2006.01)

(56)对比文件  
US 2013251533 A1,2013.09.26,  
US 2013251533 A1,2013.09.26,  
US 2011173975 A1,2011.07.21,  
US 3904308 A,1975.09.09,  
US 5213473 A,1993.05.25,  
CN 103270310 A,2013.08.28,

审查员 康红艳

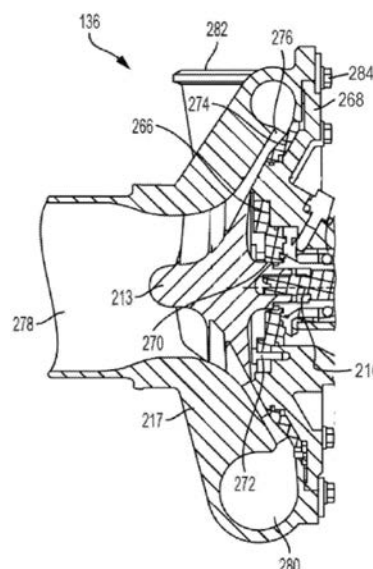
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54)发明名称

涡轮增压器压缩机和方法

(57)摘要

用于涡轮增压器(119)的压缩机叶轮(213)包括围绕中心轮毂(302)形成的第一、第二和第三多个叶片(308)。第二多个叶片(308)中的每一个叶片被设置在第一多个叶片(308)中的相邻叶片(308)之间,并且沿着中心轮毂(302)的中心线延伸比第一多个叶片(308)更短的距离。第三多个叶片(308)中的每一个叶片被设置在第一和第二多个叶片(308)中的相邻叶片(308)之间,并且沿着中心轮毂(302)的中心线延伸比第二多个叶片(308)更短的距离。总之,叶片(308)成组地分离,每一组随着压缩机叶轮(213)的旋转按顺序相对于压缩机叶轮(213)周围的任何径向位置包括第一、第二和第三多个叶片中的每一个的叶片(308)。



1. 一种用于与内燃机(100)一起使用的涡轮增压器(119),包括:  
涡轮(120)壳体(122),其围绕连接到轴(126)的可旋转涡轮叶轮;  
包括轴承装置的中心壳体(122),所述轴承装置可旋转地支撑所述轴(126),所述轴(126)延伸穿过所述中心壳体(122);  
压缩机壳体(217),其围绕所述轴(126)的端部;以及  
压缩机叶轮(213),其连接到所述轴(126)的所述端部且可旋转地设置在所述压缩机壳体(217)内,所述压缩机叶轮(213)包括:  
具有中心线、根部(316)和端部(304)的中心轮毂(302),所述根部与所述压缩机叶轮(213)和所述轴(126)的所述端部之间的连接相邻;  
围绕所述中心轮毂(302)形成的第一多个叶片(310),所述第一多个叶片中的每一个叶片沿着所述中心线从所述根部延伸到与所述端部相邻的第一区域(X1);  
围绕所述中心轮毂(302)形成的第二多个叶片(312),所述第二多个叶片中的每一个叶片被设置在与所述第一多个叶片中的相邻叶片之间并且沿着所述中心线(307)从所述轮毂的所述根部延伸到第二区域(X2),所述第二区域(X2)相对于所述中心线比所述第一区域(X1)短;以及  
围绕所述中心轮毂(302)形成的第三多个叶片(314),所述第三多个叶片中的每一个叶片沿着所述中心线(302)设置在所述第一多个叶片(310)和所述第二多个叶片(312)中的相邻叶片之间,所述第三多个叶片(314)中的每一个叶片沿着所述中心线从所述中心轮毂的所述根部延伸到第三区域(X3),所述第三区域相对于所述中心线比所述第二区域(X2)短;  
其中所述压缩机叶轮(213)包括多组叶片(308),每一组叶片(308)包括第一、第二和第三多个叶片(310、312、314)中的每一个的叶片,所述第一、第二和第三多个叶片(310、312、314)按顺序布置使得在操作期间在所述压缩机叶轮(213)周围的任何径向位置处,所述第一多个叶片(310)中的每一个叶片之后紧接着是所述第三多个叶片(314)中的叶片,所述第三多个叶片(314)中的每一个叶片之后紧接着是所述第二多个叶片(312)中的叶片,并且所述第二多个叶片中的每一个叶片之后紧接着是所述第一多个叶片中的叶片。
2. 根据权利要求1所述的涡轮增压器(119),其中所述中心轮毂(302)具有变化直径的大致圆形横截面,所述直径在从所述根部朝向所述端部的方向上非线性地减小。
3. 根据权利要求1所述的涡轮增压器(119),其中所述第一、第二和第三多个叶片中的每个叶片操作以将空气重新引导朝向形成在所述压缩机壳体(217)中的压缩机出口(128)。
4. 根据权利要求3所述的涡轮增压器(119),其中所述第一、第二和第三多个叶片中的每个叶片进一步操作以分流经过并围绕所述压缩机叶轮(213)的空气流以提高压缩机效率。
5. 根据权利要求1所述的涡轮增压器(119),其中所述第一多个叶片中的每一个叶片包括靠近所述端部设置的第一前边缘(318)。
6. 根据权利要求5所述的涡轮增压器(119),其中所述第一多个叶片(310)中的每一个叶片的所述第一前边缘(318)朝向所述根部后掠。
7. 根据权利要求6所述的涡轮增压器(119),其中所述第一多个叶片中的每一个叶片的所述第一前边缘(318)相对于垂直于所述中心线的轴线以锐角 $\alpha$ 延伸延伸。

8. 根据权利要求7所述的涡轮增压器(119),其中所述角度 $\alpha$ 约为9.5度。

9. 根据权利要求5所述的涡轮增压器(119),

其中所述第一多个叶片(310)中的每一个叶片在所述相应的第一前边缘(318)的径向外端处形成第一尖端(320),所述第一多个叶片(310)的所述第一尖端(320)相对于所述中心线轴向地对齐并且相对于所述中心轮毂(302)的根部直径(322)设置在第一距离 $X_1$ 处;

其中所述第二多个叶片(310)中的每一个叶片包括形成第二尖端(326)的第二前边缘(324),所述第二尖端(326)相对于所述中心线轴向对齐并且相对于所述中心轮毂(302)的所述根部直径(322)设置在第二距离 $X_2$ ;并且

其中所述第三多个叶片(314)中的每一个叶片包括形成第三尖端(330)的第三前边缘(328),所述第三尖端(330)相对于所述中心线轴向对齐并且相对于所述中心轮毂(302)的所述根部直径(322)设置在第三距离 $X_3$ 。

10. 根据权利要求9所述的涡轮增压器(119),其中 $X_2$ 在 $X_1$ 的55%到70%之间, $X_3$ 在 $X_1$ 的40%到55%之间,并且 $X_3$ 在 $X_2$ 的65%到80%之间。

## 涡轮增压器压缩机和方法

### 技术领域

[0001] 本专利公开内容总体上涉及与内燃机一起使用的涡轮增压器,并且更具体地涉及用作与内燃机一起使用的涡轮增压器的一部分的离心压缩机的推进器。

### 背景技术

[0002] 内燃机被供应有空气和燃料的混合物以在产生机械动力的发动机内燃烧。为了使该燃烧过程产生的动力最大化,发动机通常被配备有涡轮增压进气系统。

[0003] 涡轮增压进气系统包括涡轮增压器,其使用来自发动机的排气来压缩流入发动机的空气,由此强制比发动机否则可能吸入到燃烧室的空气要多的空气进入发动机的燃烧室中。这种增加的空气供应允许增加燃料供应,从而增加发动机动力输出。

[0004] 发动机的燃料能量转换效率可能取决于许多因素,包括发动机涡轮增压器的效率。涡轮增压器效率可能受操作以从排气中提取能量的涡轮结构以及操作以使用所提取的能量来压缩提供给发动机汽缸的压缩空气结构的影响。

[0005] 过去已经进行了各种尝试来通过调整压缩机推进器的设计特征来部分提高压缩机的操作效率以提高涡轮增压器的效率。压缩机推进器的一个示例可在DE102009007843A1 ('843参考文献)中找到,该参考文献描述了具有布置在两个连续的完整叶片之间的一组分流叶片的压缩机叶轮。如'843参考文献中所示,例如在图1和2中,压缩机叶轮包括相对于压缩机叶轮的旋转方向依次(如图2中所示从右向左)布置在全长叶片之间的较长叶片和较短叶片。然而,'843专利中描述的压缩机叶轮装置可能仅对于某些框架尺寸的压缩机以及也对于某些压缩机叶轮尺寸部分地实现显著的效率提高,并且可能不适用于需要大量空气通过压缩机同时还保持可接受的低端性能的大排量发动机。

### 发明内容

[0006] 在一个方面,本发明描述了一种用于与内燃机一起使用的涡轮增压器。涡轮增压器包括围绕连接到轴的可旋转涡轮叶轮的涡轮壳体。中心壳体包括可旋转地支撑轴的轴承装置,该轴延伸穿过中心壳体。压缩机壳体围绕轴的端部,并且压缩机叶轮连接到轴的端部并且可旋转地设置在压缩机壳体内。压缩机叶轮包括具有中心线、根部和端部的中心轮毂。根部与压缩机叶轮和轴的端部之间的连接相邻。

[0007] 在一个实施例中,围绕中心轮毂形成第一多个叶片,使得第一多个叶片中的每一个叶片从根部沿着中心线延伸到与端部相邻的第一区域。围绕中心轮毂形成第二多个叶片。第二多个叶片中的每一个叶片被设置在第一多个叶片中的相邻叶片之间,并且沿着中心线从轮毂的根部延伸到第二区域,该第二区域相对于中心线比第一区域短。围绕中心轮毂形成第三多个叶片,使得第三多个叶片中的每一个叶片沿着中心线设置在第一多个叶片和第二多个叶片中的相邻叶片之间。第三多个叶片中的每一个叶片沿着中心线从轮毂的根部延伸到第三区域,其中第三区域相对于中心线比第二区域短。

[0008] 因此,压缩机叶轮包括多组叶片,每一组叶片包括第一、第二和第三多个叶片中的

每一个的叶片,使得在操作期间在压缩机叶轮周围的任何径向位置处,第一多个叶片中的叶片之后是第二多个叶片中的叶片,并且第二多个叶片中的叶片之后是第三多个叶片中的叶片。

### 附图说明

- [0009] 图1是根据本发明的内燃机的框图。
- [0010] 图2是根据本发明的涡轮增压器组件的透视图。
- [0011] 图3是图2中所示的涡轮增压器组件的截面图。
- [0012] 图4和5分别说明了根据本发明的压缩机叶轮的正面和侧面透视图。
- [0013] 图6是根据本发明的压缩机推进器的局部截面。
- [0014] 图7和8分别是根据本发明的压缩机的压力比和效率的图表。

### 具体实施方式

[0015] 本发明涉及用于一种用于与内燃机一起使用的改进型涡轮增压器配置。更具体地,本发明涉及一种改进型压缩机,其中压缩机叶轮(也可被称为压缩机推进器)为离心式压缩机类型,其被布置有不同长度的叶片以提高压缩机效率并且降低压缩机瞬态响应时间,因此提高发动机性能。

[0016] 图1中示出了发动机100的简化的示例性框图。发动机100包括容纳多个燃烧汽缸106的汽缸壳体104。在所说明的实施例中,六个燃烧汽缸以直列或“I”配置示出,但是也可使用以不同配置(例如“V”配置)布置的任何其它数量的汽缸。多个燃烧汽缸106经由排气阀(未示出)流体地连接到排气导管108。排气导管108连接到涡轮增压器119的涡轮120。在所说明的实施例中,涡轮120包括具有气体入口124的壳体122,该气体入口124流体地连接到排气导管108并且被布置成从其中接收排气。提供给涡轮120的排气导致连接到轴126的涡轮叶轮(这里未示出)旋转。排气通过出口128离开涡轮120的壳体122。在出口128处的排气可选地在通过排气管或尾管134排出到环境之前先通过其它排气后处理部件和系统,诸如机械地和化学地从排气流中除去燃烧副产物的后处理装置130,和/或减弱发动机噪音的消音器132。

[0017] 轴126的旋转导致压缩机136的压缩机叶轮(这里未示出)旋转。如所示,压缩机136是径向压缩机,其被配置为通过压缩机入口140从空气过滤器138中接收新鲜的、经过滤的空气流。压缩机136的出口142处的加压空气在被提供给发动机100的进气歧管148之前经由增压空气导管144被引导到增压空气冷却器146。在所说明的实施例中,来自进气歧管148的空气被引导到燃烧汽缸106,在那里它与燃料混合并燃烧以产生发动机动力。

[0018] 可选的EGR系统102包括EGR冷却器150,该EGR冷却器150也是可选的,其流体地连接到排气导管108的EGR气体供应端口152。来自排气导管108的排气流可在经由EGR导管156供应到EGR阀154之前通过EGR冷却器150,在那里它被冷却。EGR阀154可被电子控制并且被配置为计量或控制通过EGR导管156的气体的流量。EGR阀154的出口流体地连接到进气歧管148,使得来自EGR导管156的排气可与来自增压空气冷却器146的压缩空气在发动机100的进气歧管148内混合。

[0019] 通常称为背压的排气导管108处的排气压力高于环境压力,这部分是由于涡轮120

所呈现的流量限制。由于压缩机136提供的压缩,通常称为增压压力的进气歧管148中的空气或空气/EGR气体混合物的压力也高于环境压力。在很大程度上,背压与增压压力之间的压力差与EGR系统102的部件的流量限制和流动面积相结合确定了可在各种发动机操作条件下实现的EGR气体的最大流量。

[0020] 图2中示出涡轮增压器119的简略图,并且图3中示出穿过压缩机的分解视图。参考这些附图并且在下面的描述中,与已经描述的对应结构和特征相同或类似的结构和特征有时可由与之前为了简单起见而使用的附图标记相同的附图标记表示。如所示,轴126在一端处连接到压缩机叶轮213。压缩机叶轮213被设置成在压缩机壳体217内旋转。

[0021] 压缩机136包括压缩机叶片环274,其具有围绕压缩机叶轮213径向设置的叶片276。叶片276将包含压缩机叶轮213的压缩机入口孔278与形成在压缩机壳体217中并且终止于压缩机出口开口282的压缩机蜗壳通道280流体地连接。螺栓284和圆形板段286将压缩机壳体217连接到压缩机安装板268。

[0022] 图4中以正面透视图且图5中以侧面透视图示出了压缩机转子或压缩机叶轮213的简略图。图6中示出了压缩机叶轮213的局部截面图。参考这些附图,压缩机叶轮213包括具有自由端304和连接端306的中心轮毂302,压缩机叶轮213可在该连接端306处连接到轴126(图3)。在所说明的实施例中,中心轮毂302具有大致圆形横截面,其直径在从中心轮毂302的连接端306到自由端304的方向上沿着轮毂中心线307非线性地减小,如图6中所示。

[0023] 围绕并且沿着中心轮毂302形成各种叶片308。叶片308操作以将进入压缩机的空气重新引导朝向压缩机出口,同时还压缩空气。在所说明的实施例中,示出了形成在压缩机叶轮213上的三个不同类型的叶片308。具体地,压缩机叶轮213包括第一多个叶片310、第二多个叶片312和第三多个叶片314。第一多个叶片310、第二多个叶片312和第三多个叶片314中的每个叶片操作以将空气重新引导朝向压缩机出口,和/或分流经过并围绕压缩机叶轮的空气流以提高压缩机效率。

[0024] 更具体地,与剩余的叶片308相比,第一多个叶片310中的每一个叶片是全尺寸叶片,这意味着全尺寸叶片从中心轮毂302的根部区域316延伸直到自由端304附近的区域,如图5中所示。第一多个叶片310中的每一个叶片包括前边缘318,前边缘318靠近自由端304设置并且后掠,相对于轮毂中心线307以约9.5度的锐角 $\alpha$ 延伸。每个前边缘318形成尖端320。如图5中所示,尖端320被设置在距中心轮毂302的根部直径322的第一距离X1处。如图4和5中所说明的压缩机叶轮213中的第一多个叶片310包括六个叶片。

[0025] 可被称为半叶片的第二多个叶片312中的每一个叶片比全尺寸叶片短,这意味着第二多个叶片312中的每一个叶片从中心轮毂302的根部区域316延伸直到比第一多个叶片310的前边缘318更接近根部直径322的区域。第二多个叶片312中的每一个叶片包括前边缘324,该前边缘324形成尖端326,该尖端326被设置在距中心轮毂302的根部直径322的第二距离X2处,如图5中所示。如图4和5中所说明的压缩机叶轮213中的第二多个叶片312包括六个叶片。

[0026] 类似于第二多个叶片312,可被称为,部分叶片的第三多个叶片314中的每一个叶片比全尺寸叶片短,这意味着第三多个叶片314中的每一个叶片从中心轮毂302的根部区域316延伸直到比第一多个叶片310的前边缘318以及第二多个叶片312的前边缘324更接近根部直径322的区域。第三多个叶片314中的每一个叶片包括前边缘328,该前边缘328形成尖

端330,该尖端330被设置在距中心轮毂302的根部直径322的第三距离 $X_3$ 处,如图5中所示。如图4和5中所说明的压缩机叶轮213中的第三多个叶片314包括六个叶片。

[0027] 从图5中可看出,第一多个叶片310、第二多个叶片312和第三多个叶片314分别被布置成组使得每一组都包括来自多个叶片中的每一个叶片的一个叶片,在所说明的实施例中总共18个叶片,但是其它取决于压缩机叶轮的尺寸和其它设计考虑,可使用具有不同倍数(例如,少于或多于6、9、12、15、21、24等等)的3叶片组的装置。

[0028] 此外,可使用长度 $X_1$ 、 $X_2$ 和 $X_3$ 的不同比例。在所说明的实施例中,选择 $X_1$ 使得 $X_1$ 等于 $X_2$ 的约1.6倍和 $X_3$ 的约2.2倍。换句话说,对于所说明的实施例, $X_2 \approx 0.62 * X_1$ 或 $X_1$ 的62%,但是它可在 $X_1$ 的55%到70%之间的任何范围内。类似地, $X_3 \approx 0.46 * X_1$ 或 $X_1$ 的46%,但是可在40%到55%之间的任何范围内。基于这种关系,可明白的是, $X_2 \approx 1.36 * X_3$ 或 $X_3 \approx 0.73 * X_2$ 或约 $X_2$ 的73%,但是它可在65%到80%之间的任何范围内。

[0029] 在叶轮的根部处,叶片被布置成使得在旋转方向R上,如图中所表示,第一多个叶片310中的叶片跟随第二多个叶片312中的叶片,然后当压缩机叶轮213旋转时,这两个叶片对于压缩机叶轮213的任何径向位置都跟随第三多个叶片314中的叶片。然而,靠近自由端304,叶片被不同地布置,使得第三多个叶片314中的叶片的前边缘328跟随第一多个叶片310中的叶片的前边缘318,然后第二多个叶片312中的叶片的前边缘324跟随。

[0030] 图4和5中示出了这些布置。参考图5,在也表示旋转方向R的情况下,可看出,随着压缩机叶轮213从附图的顶部朝向底部旋转,对于可见的叶片,第一多个叶片310中的叶片A跟随第二多个叶片312中的叶片B,并且这两个叶片A和B跟随第三多个叶片314中的叶片C。因此,关于叶片的根部,随着压缩机叶轮213的旋转,旋转期间叶片的顺序可被表达为C-B-A。关于前边缘,如从图4中可看出,叶片A的前边缘之后是叶片C的前边缘,然后是叶片B的前边缘。因此,关于叶片的前边缘,在靠近叶轮的自由端的旋转期间叶片的顺序可被表达为A-C-B。各种叶片特征与进入的空气(在图4中所示的定向上面向叶轮并且在图5中所示的定向上从左向右移动)相遇的顺序的差异有利地并且意外地已被发现显著提高压缩机效率。每个叶片308进一步包括侧边缘332,其被成形为大致上以预定间隙跟随压缩机壳体217(图3)的内部轮廓的轮廓,该预定间隙可被最小化以提高压缩机的操作效率。

[0031] 工业实用性

[0032] 本发明适用于内燃机的径向涡轮增压器压缩机,而且也可应用于具有旋转叶片的其它类型的压缩机。在本文所示的实施例中,意外地发现例如就压缩机两端的压力比而言以及就温度熵效率而言,具有压缩机叶轮或推进器的压缩机具有不同长度和形状的三个独立叶片组能够提高压缩机和涡轮增压器效率。

[0033] 图7中示出了定性图表,其示出了根据本发明的基线压缩机和具有压缩机叶轮的压缩机的两个压力比图。通常,压缩机的压力比被定义为压缩机出口处的流体的绝对压力除以压缩机入口处的流体的绝对压力的比。在图7的曲线图中,根据本发明的基线和改进型压缩机这两者的压力比沿着垂直轴线402绘制,而通过压缩机的校正流体流量(作为最大流量的百分比)沿着水平轴线404绘制。该曲线图示出了表示操作点的两个曲线族,其中表示基线压缩机的基线曲线406以实线示出,而表示根据本发明的压缩机的改进型曲线408以虚线示出。从图7中的曲线图可看出,由曲线408表示的改进型压缩机性能可实现比由曲线406表示的基线压缩机高出5%到15%的持续较高压力比。

[0034] 图8中示出了定性图表,其示出了根据本发明的基线压缩机和具有压缩机叶轮的压缩机的压缩机效率。通常,压缩机效率可被认为是理想的等熵压缩过程的功输出除以在压缩机入口和出口两端形成特定压力比所需的功输入的比。在图8的曲线图中,根据本发明的基线和改进型压缩机这两者的压缩机效率(被表达为最大选定能量效率的百分比,例如85%)沿着垂直轴线410绘制,而通过压缩机的校正流体流量(作为最大流量的百分比)沿着水平轴线412绘制。该曲线图示出表示操作点的两个曲线族,其中基线曲线族414表示基线压缩机相对于校正质量流量的各种效率曲线,并且以实线示出。

[0035] 以虚线示出的第二曲线族416表示相对于根据本发明的压缩机的校正质量流量的性能曲线。从图8中的曲线图中可看出,基线压缩机的峰值效率从在约大于55%的校正质量流量下约95%的选定效率基线的效率开始下降到在约80%最大流量的校正流量下的约85%的效率。相比之下,通过约80%的校正质量流量,改进型压缩机的峰值效率在最大流量的约80%下保持在选定基线效率的约95%以上,并且在最大流量的约90%以上下降到约选定效率的约90%。

[0036] 将明白的是,前述描述提供所公开系统和技术的示例。然而,可预期的是,本发明的其它实施方案可以在细节上不同于前述示例。所有对本发明或其示例的引用旨在提及特定示例在所述点被讨论并且不旨在暗示更一般的对本发明范围的任何限制。关于某些特征的差别和贬低的所有语言旨在指示缺乏对这些特征的偏好,但不是将这些完全排除在本发明范围之外,除非另有指示。

[0037] 在本文对数值范围的叙述仅仅旨在用作分别提及落入范围内的每个独立值的简略方法,除非在此另外说明,并且每个独立值被包含在说明书中,如同在此分别叙述一样。除非在本文另有说明或者由上下文明显矛盾,否则在本文所描述的所有方法可以任何合适的顺序执行。



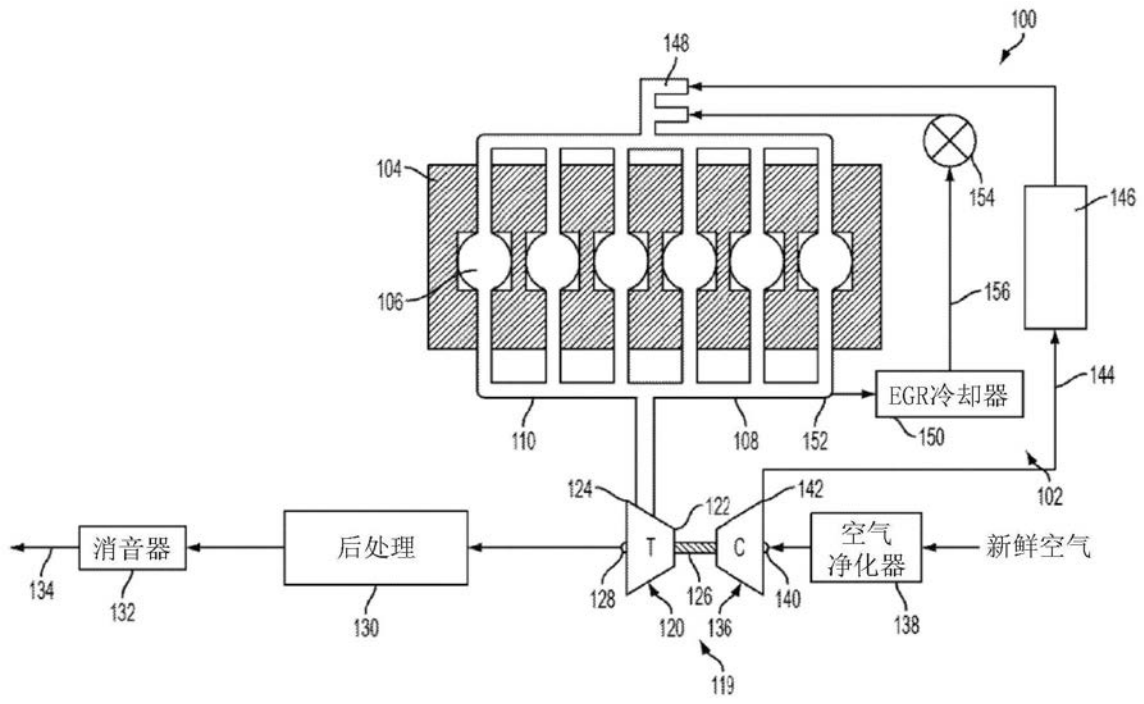


图1

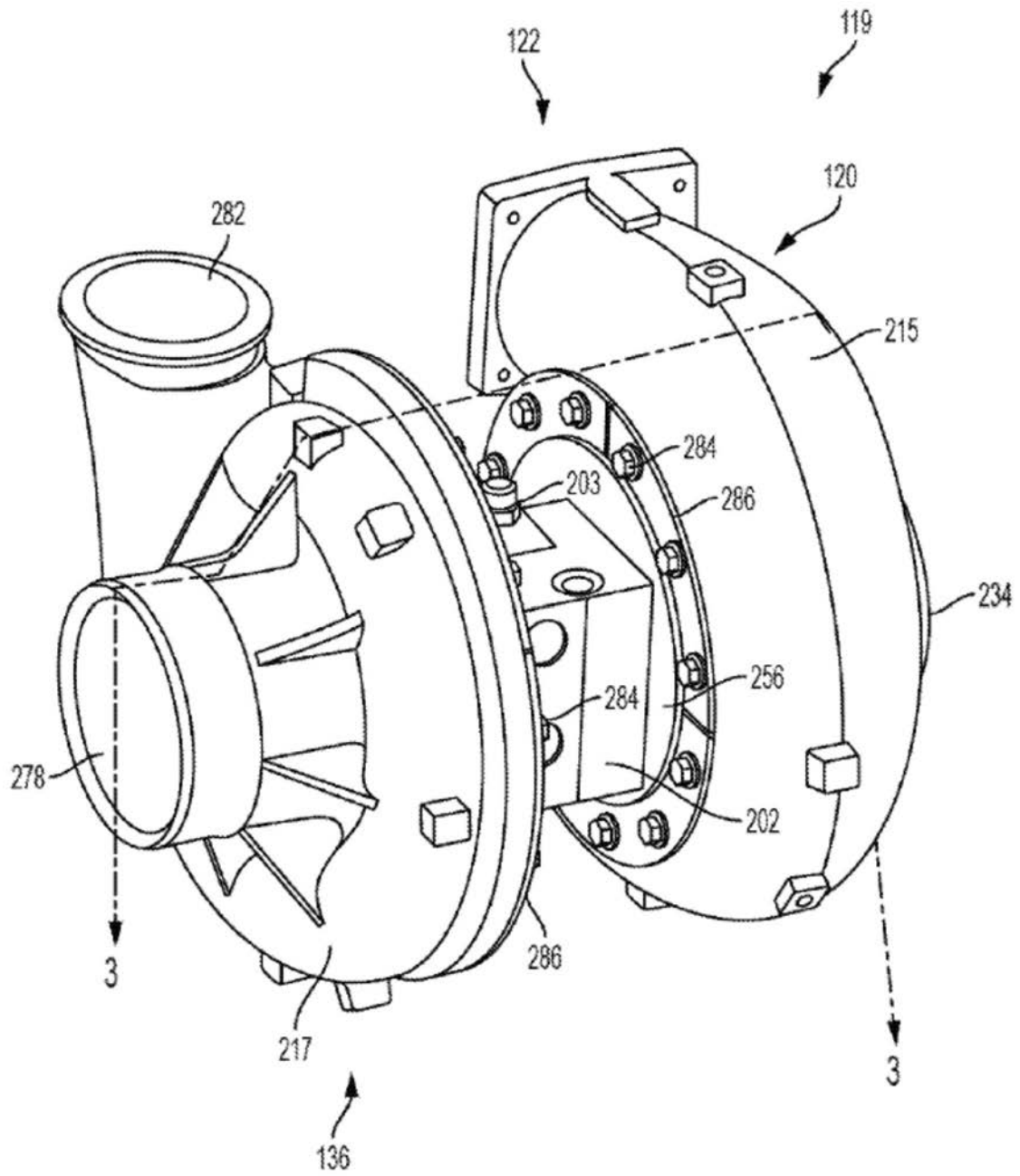


图2

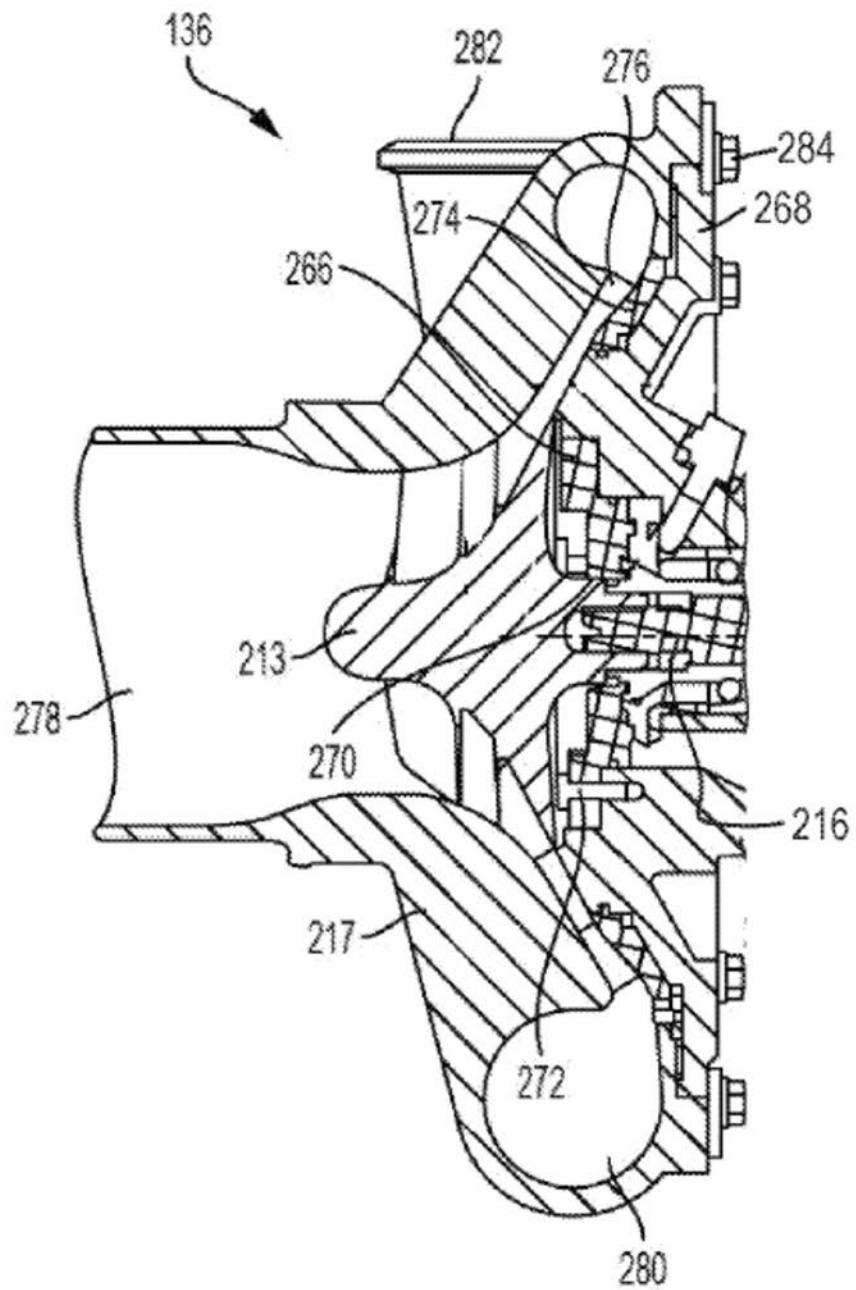


图3

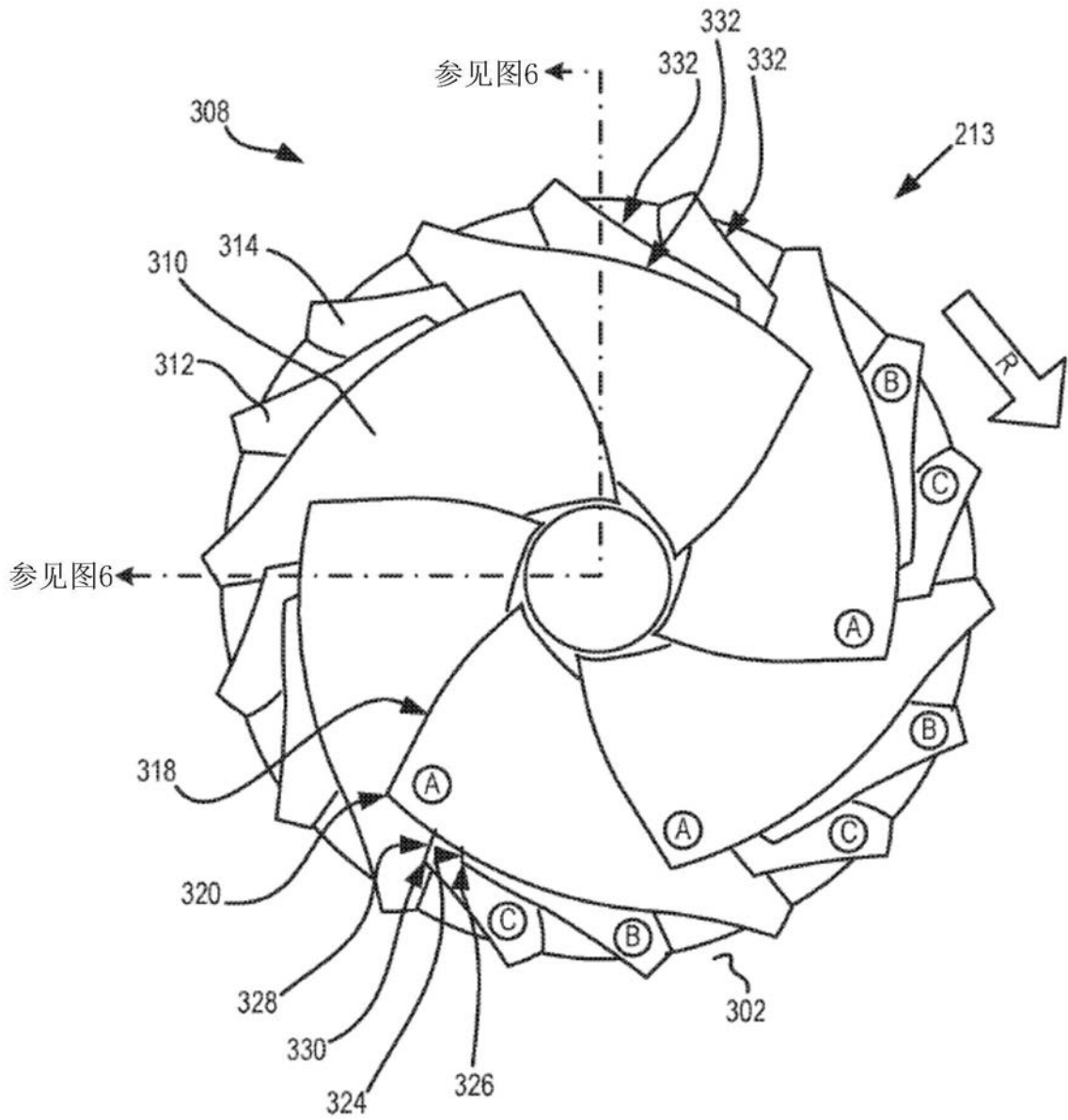


图4

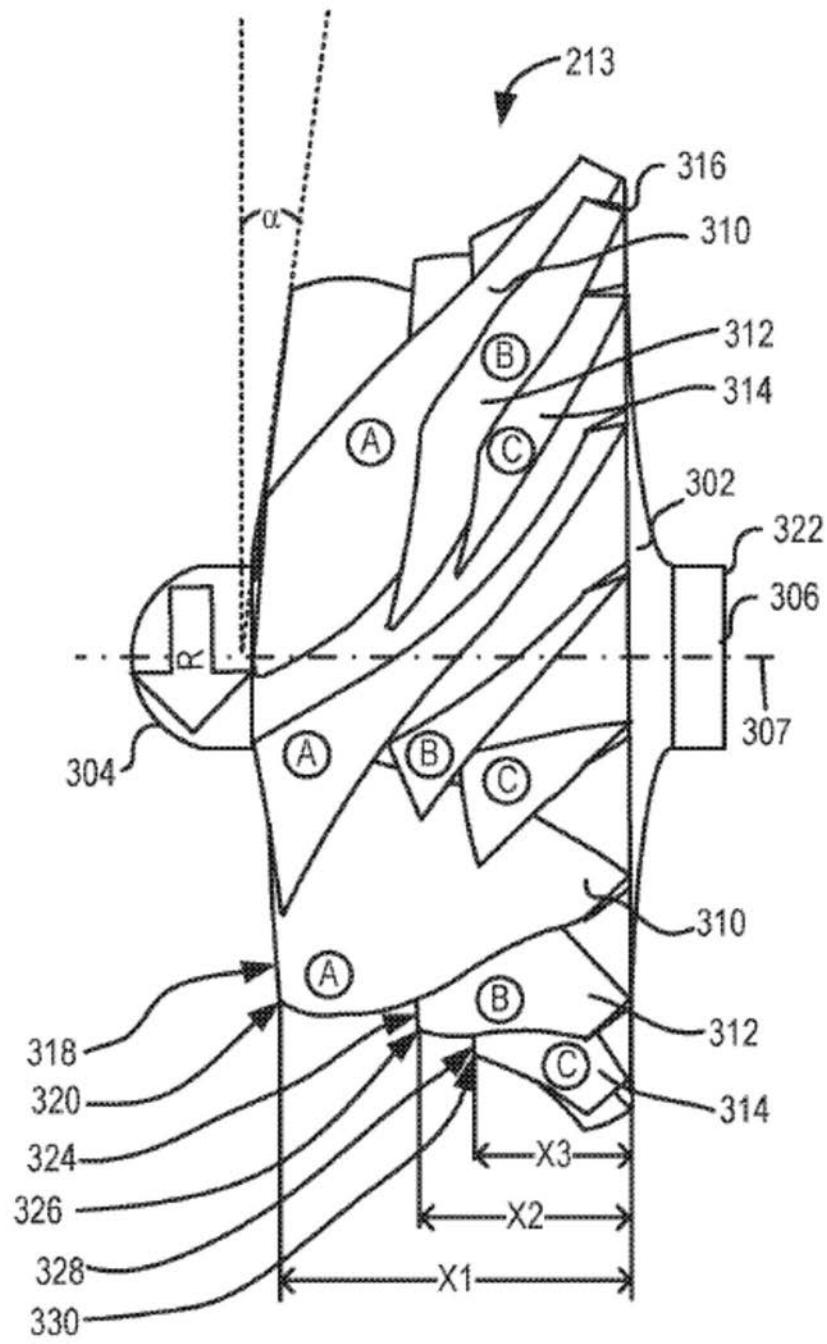


图5

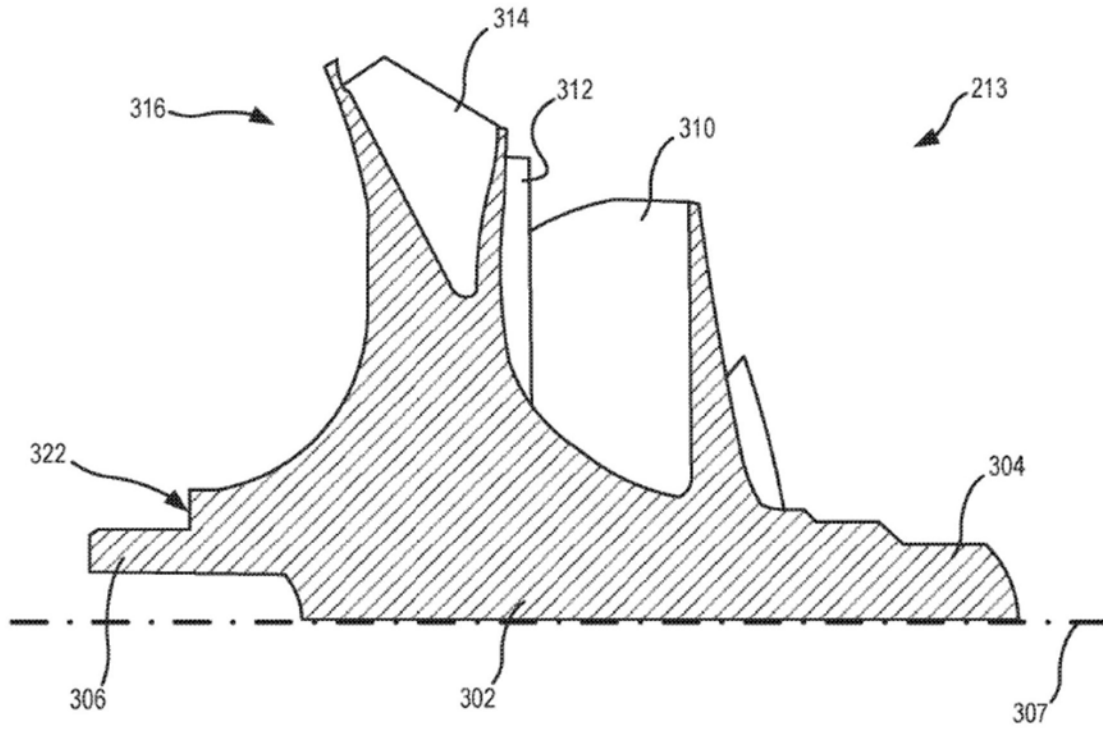


图6

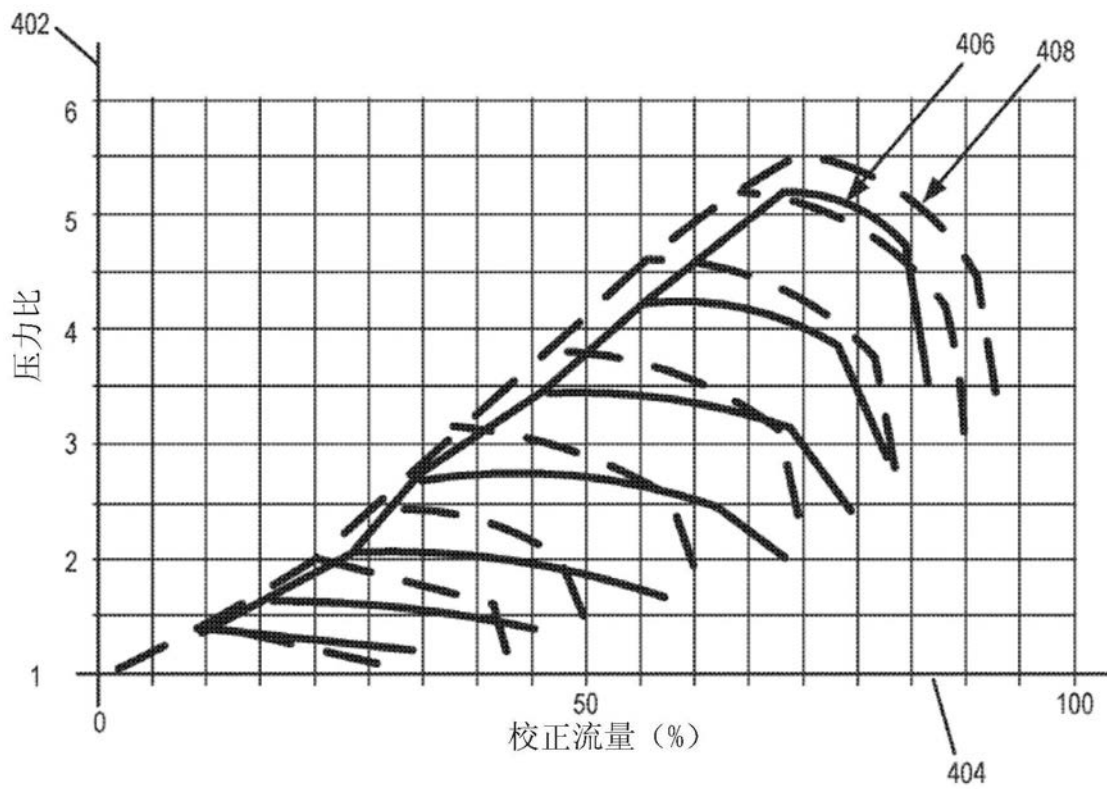


图7

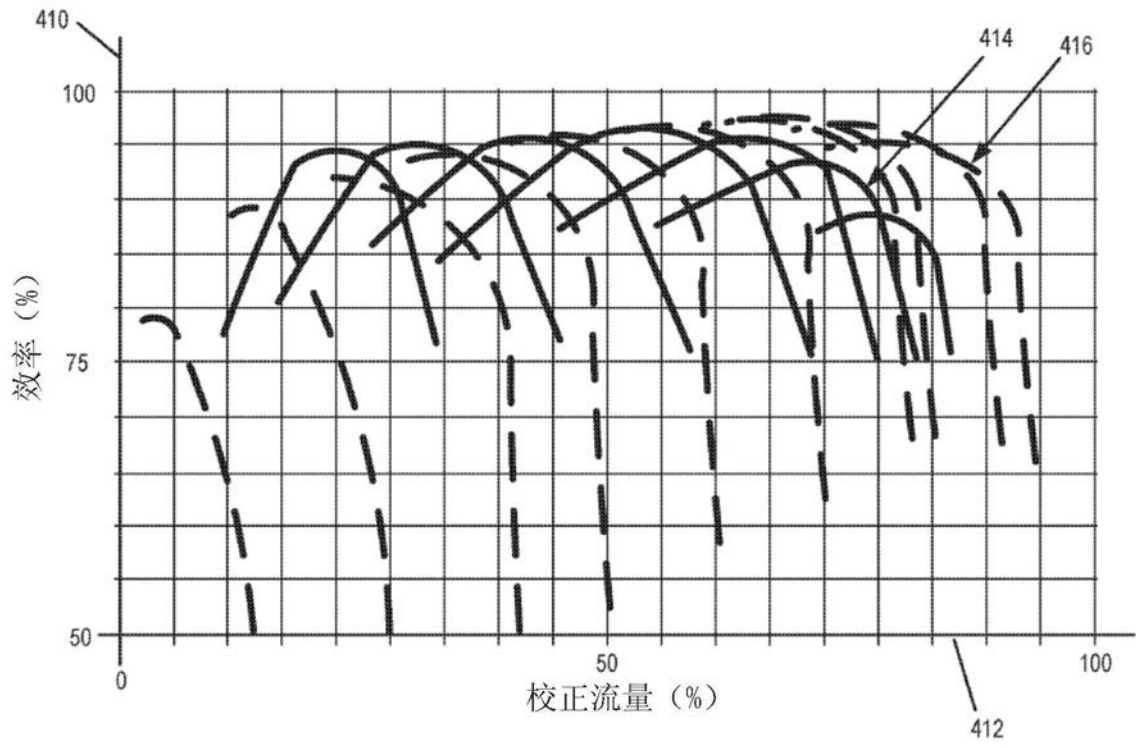


图8