



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115217775 B

(45) 授权公告日 2023. 02. 28

(21) 申请号 202210780897.9

F04D 25/06 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.05

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

JP H0949498 A, 1997.02.18

申请公布号 CN 115217775 A

WO 2022013069 A1, 2022.01.20

US 2017022997 A1, 2017.01.26

(43) 申请公布日 2022.10.21

CN 104653496 A, 2015.05.27

(73) 专利权人 天津乐科节能科技有限公司

审查员 王明杨

地址 300392 天津市滨海新区华苑产业区

华天道8号海泰信息广场C座714

专利权人 江苏乐科节能科技股份有限公司

(72) 发明人 夏君君 朱昌允 彭涛

(51) Int. Cl.

F04D 17/12 (2006.01)

F04D 29/44 (2006.01)

F04D 29/28 (2006.01)

F04D 29/30 (2006.01)

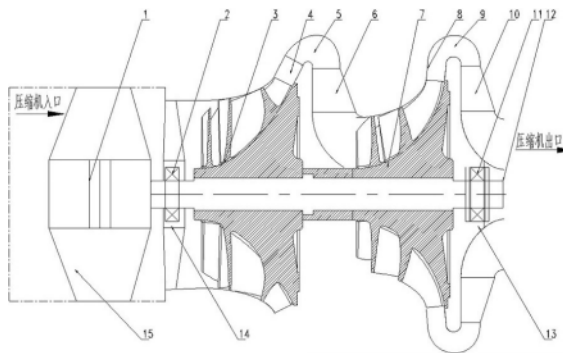
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机

(57) 摘要

本发明公开了一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,包括混流级,离心级和电机,所述第一级混流叶轮的出口和第一级扩压器的入口相连接,第一级扩压器的出口和第一级弯道的一端相连接,第一级弯道的另一端和第一级回流器的入口连接,第一级回流器的出口和二级叶轮的入口相连接,二级叶轮的出口和二级扩压器的入口相连接,二级扩压器的出口和二级弯道的一端相连接,二级弯道的另一端和二级气体收集器的入口相连接。本发明可以解决在以水为制冷剂的制冷空调领域,压缩机尺寸过大、成本过高、效率低下的问题。



1. 一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,其特征在于:包括混流级,离心级和电机,所述混流级为第一级,所述离心级为第二级;混流级包括第一级混流叶轮、第一级扩压器、第一级弯道和第一级回流器;离心级包括二级叶轮、二级扩压器、二级弯道和二级气体收集器;

所述第一级混流叶轮的出口和第一级扩压器的入口相连接,第一级扩压器的出口和第一级弯道的一端相连接,第一级弯道的另一端和第一级回流器的入口连接,第一级回流器的出口和二级叶轮的入口相连接,二级叶轮的出口和二级扩压器的入口相连接,二级扩压器的出口和二级弯道的一端相连接,二级弯道的另一端和二级气体收集器的入口相连接;

第一级混流叶轮和二级叶轮通过一压缩机主轴与所述电机相连;

第一级混流叶轮与二级叶轮均为含分流叶片的开式叶轮,所述第一级混流叶轮与二级叶轮同轴且同进口方向;

所述第一级混流叶轮的出口盘侧固壁和轴线的夹角为 $60-85^{\circ}$ ;

所述第一级扩压器是倾斜的,其进口和出口的宽度一致,其中心线和压缩机轴线的夹角为 $60-85^{\circ}$ ;

所述第一级混流叶轮的出口宽度为 $b_2$ ,第一级混流叶轮的出口直径为 $D_2$ , $b_2/D_2$ 为 $0.08-0.1$ ;

所述电机的转子、第一级混流叶轮、二级叶轮共同构成压缩机的转子,所述电机没有轴承,所述电机的支撑为单悬臂支撑,所述压缩机的转子的支撑为分布于其两端的磁悬浮轴承和带有双向推力轴承的复合轴承;

所述压缩机的扩压器后不存在S弯;

所述第一级回流器的出口面积大于其入口面积,二级气体收集器的出口面积大于其入口面积,所述第一级回流器的叶片和二级气体收集器的叶片均为三维任意空间扭曲叶片。

2. 根据权利要求1所述的一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,其特征在于:所述第一级弯道的入口是倾斜的,和轴线夹角为 $5-30^{\circ}$ ,所述第一级弯道的出口和轴线平行。

3. 根据权利要求1所述的一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,其特征在于:所述第一级混流叶轮采用三维任意空间叶片。

4. 根据权利要求1所述的一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,其特征在于:所述第一级混流叶轮为分流叶片,盘侧的分流叶片位于总流道长度的 $10\%-20\%$ 处,盖侧的分流叶片位于总流道长度的 $15\%-25\%$ 处。

5. 根据权利要求1-4任一所述的一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机在以水为制冷剂的制冷空调上的应用。

## 一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机

### 技术领域

[0001] 本专利涉及一种同轴多级离心压缩机,尤其涉及一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,属于离心压缩机技术领域。

### 背景技术

[0002] 同轴多级离心式压缩机用于气体的输运和压力提高,该压缩机中,主要部件是叶轮和与其配合的扩压器、回流器。在该压缩机中,介质通过上一级叶片、扩压器、弯道和回流器进入到下一级中。目前该压缩机每一级的叶轮多采用离心式叶轮,这导致多级离心式压缩机径向尺寸比较大,从而造成压缩机体积大、重量大、造价高和占地面积大。采用离心式叶轮还存在的问题包括,叶轮的通流能力不如混流式,效率也不如混流式。

[0003] 在采用以水为工质的制冷场合,此时压缩机的工质为7-12℃的水蒸气,气体密度为0.0077566-0.01067kg/m<sup>3</sup>,如果要制造出具有一定制冷量的同轴离心式压缩机,由于该机器每一级均采用了离心式叶轮,水蒸气制冷同轴多级离心压缩机径向尺寸会非常大,以400kw制冷量为例,此时压缩机外径可达1400mm。针对上述问题,本发明中双级离心式压缩机第一级采用混流叶轮,可以减小径向尺寸,提高通流能力和提高效率,使其满足大流量、小机器尺寸的使用场合。

[0004] 从第一级混流叶轮出来的气流,经过扩压器和弯道后,气体的流速仍然比较高,需要进一步的使其中的动能转化成静压,本发明提出了具有扩压能力的回流器,回流器的入口通流面积小于出口通流面积,这样气动的动能会进一步的转化为静压,因此可以缩小扩压器的径向尺寸。

[0005] 由于回流器具有扩压作用,如果采用传统形式的二元叶片回流器,气流难免分离,流动损失增加,本发明的压缩机采用基于控制回流器的叶片载荷而设计的三维空间任意扭曲叶片,这样使得机器在采用混流叶轮缩小径向尺寸的基础上,更进一步的缩小了机器的径向尺寸。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的是针对上述已有技术的不足,提供了一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机及其应用。

[0007] 一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,其特征在于:包括混流级,离心级和电机,所述混流级为第一级,所述离心级为第二级;混流级包括第一级混流叶轮、第一级扩压器、第一级弯道、第一级回流器;离心级包括二级叶轮、二级扩压器、二级弯道、二级气体收集器;

[0008] 所述第一级混流叶轮的出口和第一级扩压器的入口相连接,第一级扩压器的出口和第一级弯道的一端相连接,第一级弯道的另一端和第一级回流器的入口连接,第一级回流器的出口和二级叶轮的入口相连接,二级叶轮的出口和二级扩压器的入口相连接,二级扩压器的出口和二级弯道的一端相连接,二级弯道的另一端和二级气体收集器的入口相连

接;

[0009] 第一级混流叶轮和二级叶轮通过一压缩机主轴与所述电机相连;

[0010] 第一级混流叶轮与二级叶轮均为含分流叶片的开式叶轮,所述第一级混流叶轮与二级叶轮同轴且同进口方向。

[0011] 进一步的,所述第一级回流器的出口面积大于其入口面积,二级气体收集器的出口面积大于其入口面积,所述第一级回流器的叶片和二级气体收集器的叶片均为三维任意空间扭曲叶片。

[0012] 进一步的,所述第一级混流叶轮的出口盘侧固壁和轴线的夹角为 $60-85^{\circ}$ 。

[0013] 进一步的,所述第一级扩压器是倾斜的,其进出口宽度一致,其中心线和压缩机轴线的夹角为 $60-85^{\circ}$ 。

[0014] 进一步的,所述第一级弯道的入口是倾斜的,和轴线夹角为 $5-30^{\circ}$ ,所述第一级弯道的出口和轴线是平行的。

[0015] 进一步的,所述第一级混流叶轮的出口宽度为 $b_2$ ,第一级混流叶轮的出口直径为 $D_2$ , $b_2/D_2$ 为 $0.08-0.1$ 。

[0016] 进一步的,所述第一级混流叶轮采用三维任意空间叶片。

[0017] 进一步的,所述第一级混流叶轮为分流叶片,盘侧的分流叶片位于总流道长度的 $10\%-20\%$ 处,盖侧的分流叶片位于总流道长度的 $15\%-25\%$ 处。

[0018] 进一步的,所述电机的转子、第一级混流叶轮、二级叶轮共同构成压缩机的转子,所述电机没有轴承,所述电机的支撑为单悬臂支撑,所述压缩机的转子的支撑为分布于其两端的磁悬浮轴承和带有双向推力轴承的复合轴承。

[0019] 上述一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机在以水为制冷剂的制冷空调上的应用。

[0020] 本发明的离心压缩机的工作方法:气流首先流过电机,带走部分电机的发热量,电机转子和定子经过防冲蚀处理,然后流过前轴承,带走前轴承的发热量,进入第一级混流叶轮,在第一级混流叶轮中加压提速后进入倾斜的第一级扩压器,在第一级扩压器减速增压后,进入第一级回流器,在第一级回流器内进一步的减速增压,然后依次进入二级叶轮增速增压、二级扩压器减速增压、二级弯道和二级气体收集器,在二级气体收集器内减速增压并排出。

[0021] 相对于现有技术,本发明能取得以下有益效果:

[0022] 1. 本发明的压缩机能够实现以小尺寸满足大流量的需求,以水制冷为例,当制冷量为 $400\text{kW}$ ,压缩机入口为 $12^{\circ}\text{C}$ 时,此时的容量流量为 $909\text{m}^3/\text{min}$ ,本发明能以很小的机器尺寸满足要求,即叶轮直径仅 $420\text{mm}$ ,压缩机最大外径仅 $650\text{mm}$ 。对于同样的流量,如果采用离心式叶轮,当扩压器出口直径 $D_4$ 与叶轮外径 $D_2$ 比值相同时,压缩机最大直径将是本发明压缩机的 $1.15$ 倍。

[0023] 2. 本发明的压缩机的回流器具有扩压作用,气体的动能一部分在回流器中转化为静压升,因此可以进一步减小叶轮和扩压器的直径,如果回流器不具备扩压作用,获得同样的压力,则需要进一步增加机器尺寸,同样的设计参数,压缩机尺寸会达到本发明机器尺寸的 $1.389$ 倍左右,同时机器的重量和体积也会相应增加,进而提高机器成本,在建筑物承重或者安装空间受限的场合,导致压缩机无法安装使用。

[0024] 3. 现有技术中气流从扩压器出来后要经过“S”弯管,会导致很大的局部阻力损失,所以本发明取消了该“S”弯。当压缩机应用于以水为工质的空调系统时,介质密度很小,一级入口密度为 $0.0077566-0.01067\text{kg/m}^3$ ,此时由于Re数小,摩擦损失占压缩机损失的主导,压缩机效率已经比较低,再经过“S”弯道,则压缩机效率进一步降低,整个制冷系统的COP会跟着降低,和以氟利昂、二氧化碳等为工质的制冷系统相比,以水为制冷剂的制冷空调系统COP会比较小,带有“S”弯的离心压缩机不适用于此参数。

[0025] 4. 混流叶轮叶片和回流器叶片设计时统一造型,考虑二者的气动耦合,减小了混流级内部流动损失,包括叶轮流动损失、回流器入口的冲击损失及回流器内部的分离损失。

[0026] 5. 大流量系数的压缩机,有时会采用轴流压缩机,或者轴流加离心组合的压缩机,和离心压缩机相比较,这类压缩机制造复杂,成本太高,以轴流的级为例,一级动叶片数量在30以上,静叶片数量可达100以上,和离心压缩机相比,制造成本急剧升高;轴流压缩机的性能曲线和离心压缩机相比,流量范围窄,易失速,狭窄的流量范围不适应空调系统应用场景。

## 附图说明

[0027] 图1为本发明实施例1的离心压缩机的结构图。

[0028] 图2为本发明实施例1的具有扩压作用回流器的具有三维任意空间曲面叶片。

[0029] 图3本发明实施例1的具有扩压作用回流器叶片沿流动方向的叶片中部吸力面和压力面上的压力分布图。(图中上方曲线为压力面压力分布线,下方曲线为吸力面压力分布线)。

[0030] 图4a为本发明实施例1的具有三维任意空间扭曲叶片的混流叶轮。

[0031] 图4b为本发明实施例1的具有三维任意空间扭曲叶片的混流叶轮的侧视图。

[0032] 图5为本发明对比例1的离心式压缩机级(其中Z为轴向长度,R为径向长度)。

[0033] 图6为本发明实施例2的混流式压缩机级(其中Z为轴向长度,R为径向长度)。

[0034] 图7为本发明实施例2的离心压缩机级效率和对比例1的压缩机级效率对比图。

[0035] 其中,1为电机,2为前轴承,3为第一级混流叶轮,4为第一级扩压器,5为第一级弯道,6为第一级回流器,7为二级叶轮,8为二级扩压器,9为二级弯道,10为二级气体收集器,11为复合轴承,12为压缩机主轴,13为后轴承支撑,14为前轴承支撑,15为电机支撑。

## 具体实施方式

[0036] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细说明,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0037] 实施例1

[0038] 一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机,包括混流级,离心级,电机1、前轴承2,复合轴承11、压缩机主轴12,其中混流级为第一级,离心级为第二级;混流级包括第一级混流叶轮3、第一级扩压器4、第一级弯道5、第一级回流器6;离心级包括二级叶轮7、二级扩压器8、二级弯道9、二级气体收集器10;

[0039] 其中电机1外部设置有电机支撑15,中心设置有和压缩机公用的压缩机主轴12,前轴承2设置有前轴承支撑14,后端的复合轴承11设置有后轴承支撑13,后端的复合轴承11为

支撑和推力复合轴承,设置有左右两个推力面,平衡压缩机叶轮的轴向推力,前轴承2和复合轴承11共同支撑起压缩机主轴12,第一级混流叶轮3和二级叶轮7在压缩机主轴12上。

[0040] 第一级混流叶轮的出口和第一级扩压器的入口相连接,第一级扩压器的出口和第一级弯道的一端相连接,第一级弯道的另一端和第一级回流器的入口连接,第一级回流器的出口和二级叶轮的入口相连接,二级叶轮的出口和二级扩压器的入口相连接,二级扩压器的出口和二级弯道的一端相连接,二级弯道的另一端和二级气体收集器的入口相连接;

[0041] 第一级混流叶轮与二级叶轮均为含分流叶片的开式叶轮,第一级混流叶轮与二级叶轮同轴且同进口方向。

[0042] 第一级回流器的出口面积大于其入口面积,二级气体收集器的出口面积大于其入口面积,第一级回流器的叶片和二级气体收集器的叶片均为三维任意空间扭曲叶片。

[0043] 第一级混流叶轮的出口盘侧固壁和轴线的夹角为 $60-85^{\circ}$ 。

[0044] 第一级扩压器是倾斜的,其进出口宽度一致,其中心线和压缩机轴线的夹角为 $60-85^{\circ}$ 。

[0045] 第一级弯道的入口是倾斜的,和轴线夹角为 $5-30^{\circ}$ ,第一级弯道的出口和轴线是平行的。

[0046] 第一级混流叶轮的出口宽度为 $b_2$ ,第一级混流叶轮的出口直径为 $D_2$ , $b_2/D_2$ 为 $0.08-0.1$ 。

[0047] 第一级混流叶轮采用三维任意空间叶片。

[0048] 第一级混流叶轮为分流叶片,盘侧的分流叶片位于总流道长度的 $10\%-20\%$ 处,盖侧的分流叶片位于总流道长度的 $15\%-25\%$ 处。

[0049] 电机的转子、第一级混流叶轮、二级叶轮共同构成压缩机的转子,电机没有轴承,电机的支撑为单悬臂支撑,压缩机的转子的支撑为分布于其两端的磁悬浮轴承和带有双向推力轴承的复合轴承。

[0050] 在本发明中气流从第一级混流叶轮出来后,经过了倾斜的第一级扩压器,不再强制转弯成径向,这样可以减少流动损失,并且减小了径向尺寸。

[0051] 对比例一

[0052] 压缩机设计参数:工作介质为水蒸气,入口温度 $12^{\circ}\text{C}$ ,入口压力 $1.402\text{KPaA}$ ,出口静压 $3.033\text{KPaA}$ ,质量流量为 $582\text{kg/h}$ ,入口容积流量 $909\text{m}^3/\text{min}$ ,设计转速 $n=21600\text{rpm}$ ,叶轮叶片出口安装角 $\beta_{2A}=65^{\circ}$ 。采用现有技术的离心式叶轮,并且回流器没有扩压作用,设计结果为叶轮直径 $D_2=444\text{mm}$ ,此时,压缩机级弯道最大外径 $D_{42}$ 为 $815\text{mm}$ ,如图5所示。

[0053] 实施例二

[0054] 将实施例1的一种带有扩压作用回流器的混流-离心组合式离心压缩机应用在以水为制冷剂的制冷空调上。本实施例与对比例一有同样的气动设计参数,同样的设计转速 $n=21600\text{rpm}$ ,同样的叶轮叶片出口安装角 $\beta_{2A}=65^{\circ}$ 。采用本发明实施例1的压缩机,如图1所示,第一级混流叶轮出口盘侧固壁和压缩机轴线的夹角为 $60$ 度,第一级混流叶轮入口端保持了离心叶轮的形状,这样缩短了叶轮的轴向尺寸。气流从第一级弯道直接进入第一级回流器,这样最大限度的缩短了通流距离,减少了沿程摩擦损失和多绕弯道带来的局部阻力损失,这些损失会导致压缩机在以水为制冷剂的制冷空调领域失效。气流在第一级回流器内继续扩压,第一级回流器承担了扩压器的部分功能,第一级回流器出口相对其进口获得静-静压

比为1.1,此时压缩机级弯道最大外径 $D_{42}$ 为590mm,如图6所示,和对比例一相比较,外径仅为其约72%,大幅减小了压缩机的径向尺寸。通过CFD计算结果表明,本发明的压缩机(混流式压缩机)级效率略高于对比例一压缩机(离心式压缩机)级效率,如图7所示。

[0055] 本发明大幅减小了机器的径向尺寸,又提高了机器的效率。在制冷空调领域,当制冷剂为纯水时,本发明的压缩机尺寸小,能满足降低制造成本的需求;同时,本发明的压缩机保持了较高的效率,保证了整个制冷系统的COP。

[0056] 以上所述仅为本发明较佳的具体实施例,任何熟悉本技术领域的技术人员利用本发明书内容所做的等效结构变换,或直接或间接运用附属在其他相关产品的技术领域,尤其以水为制冷剂的空调领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

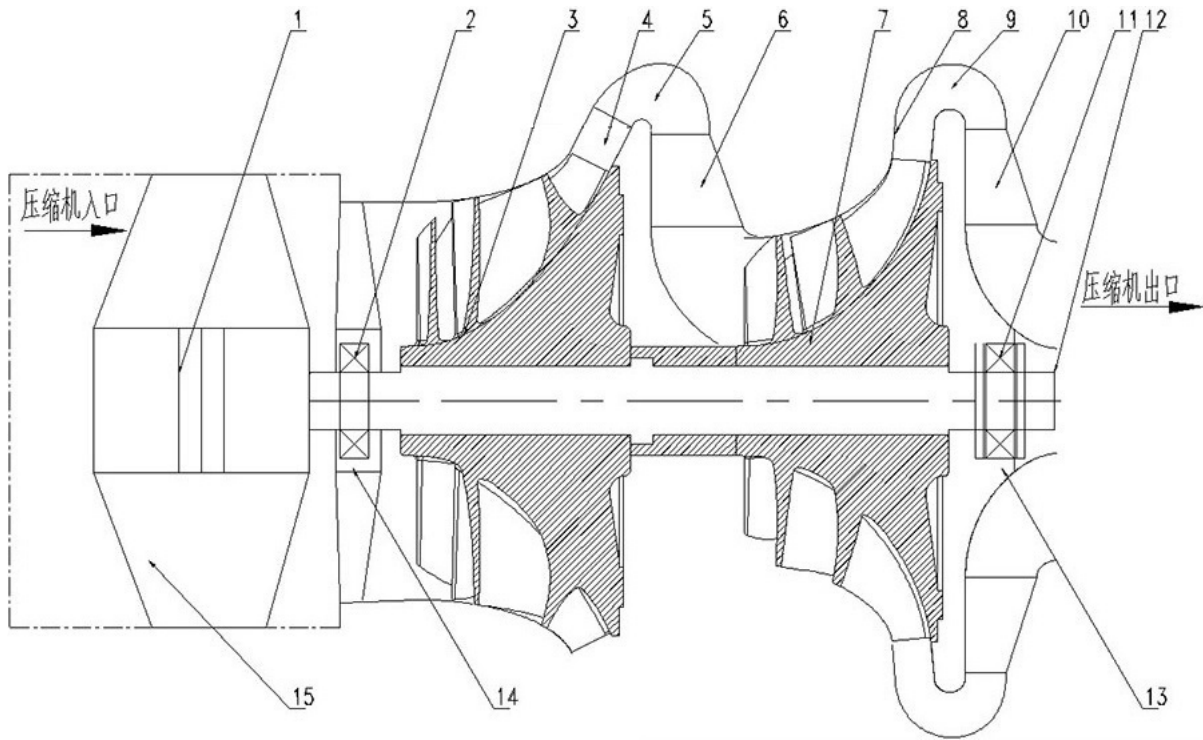


图1

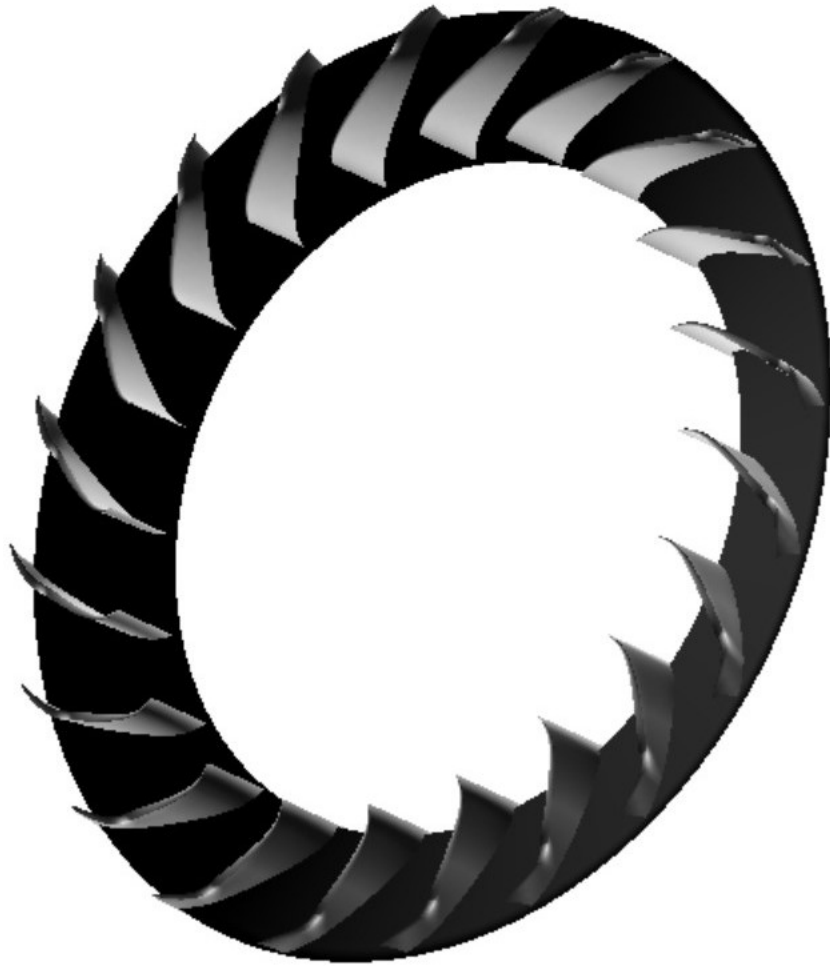


图2

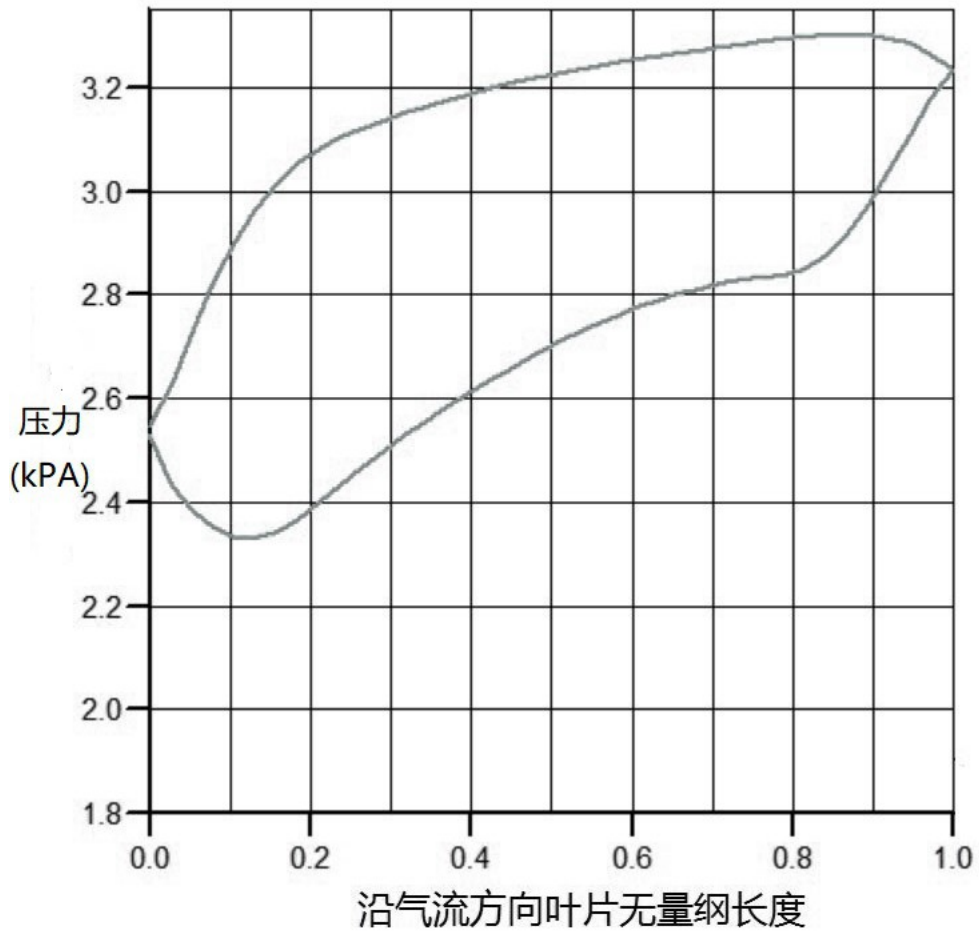


图3

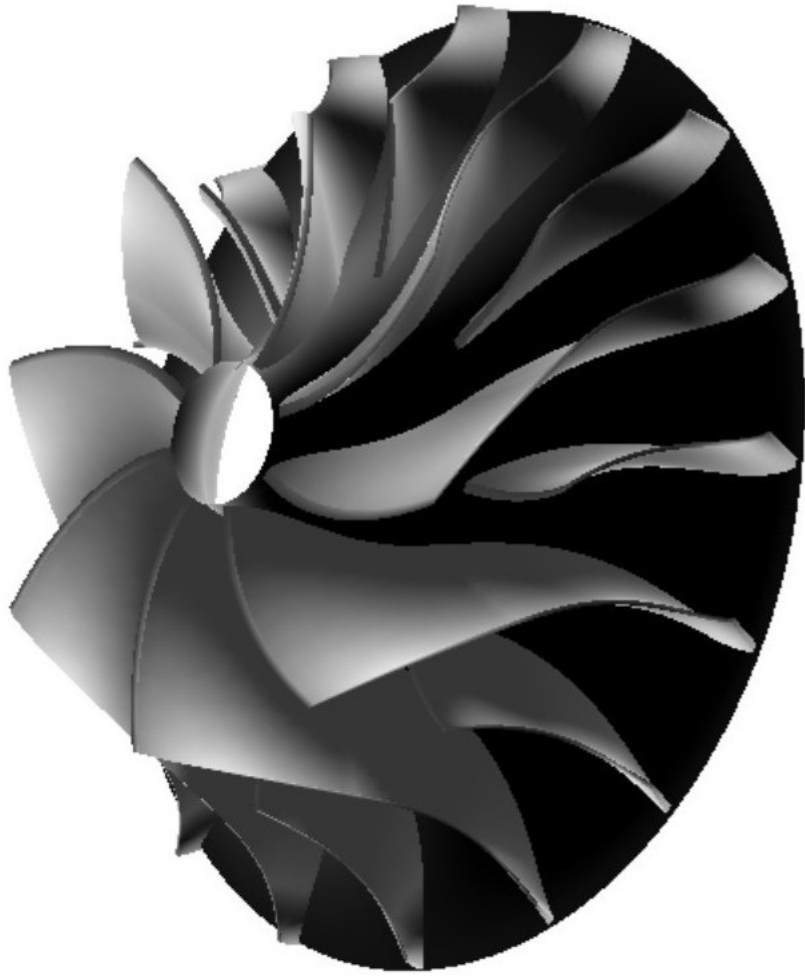


图4a

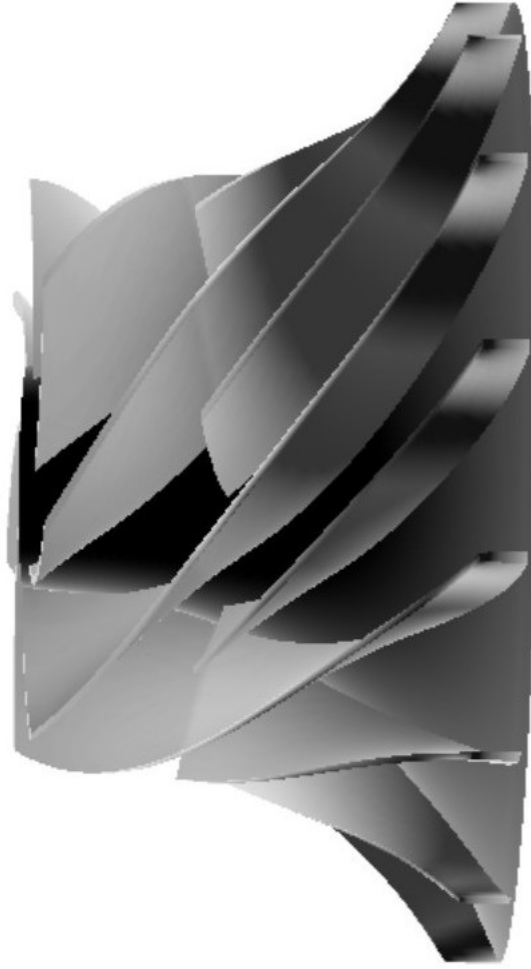


图4b

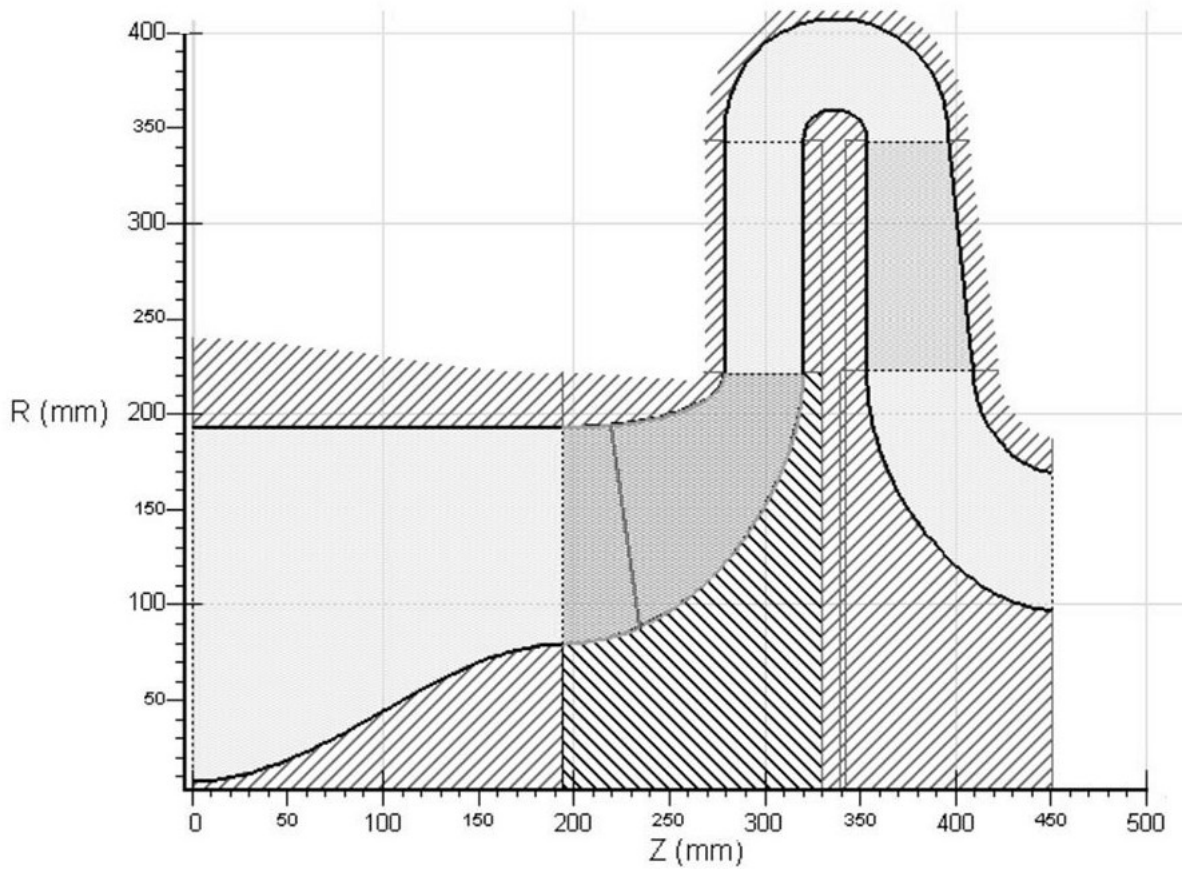


图5

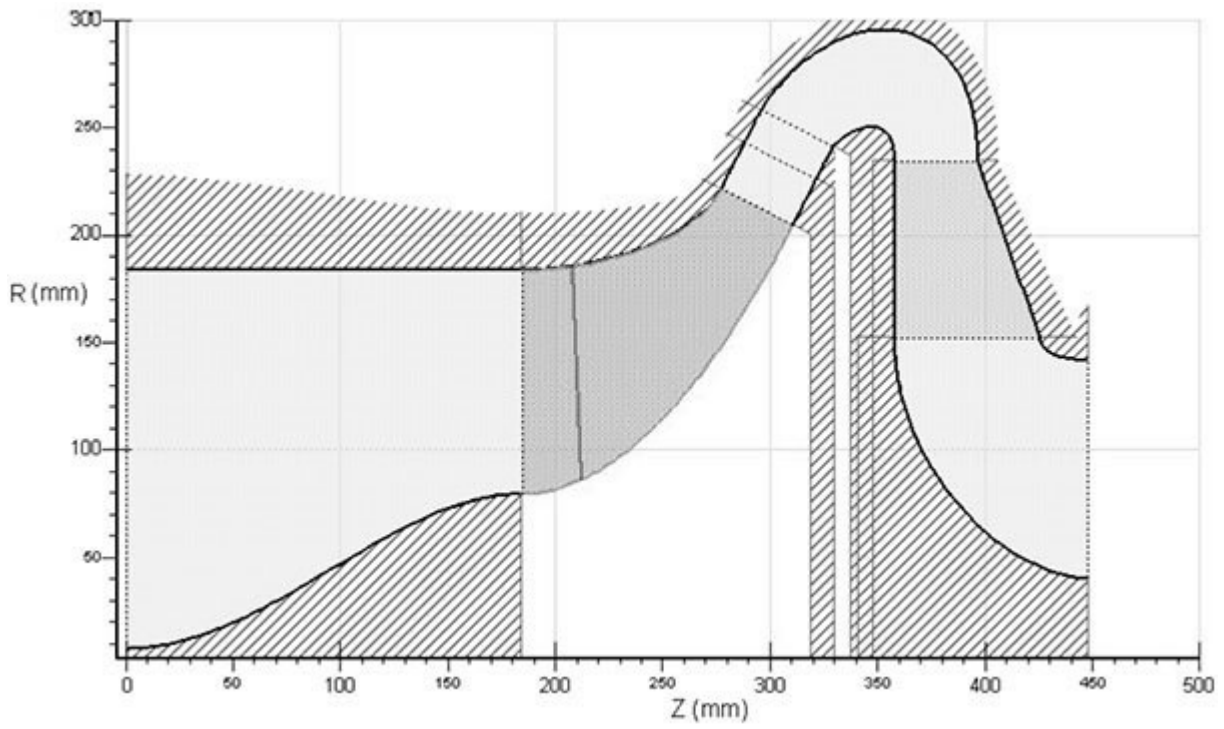


图6

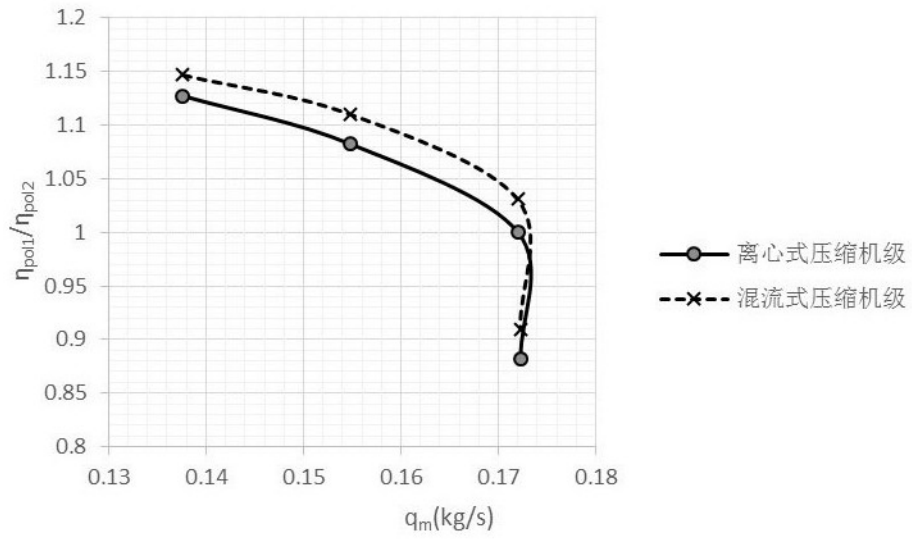


图7