



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107860552 B

(45) 授权公告日 2023.10.24

(21) 申请号 201711432347.3  
 (22) 申请日 2017.12.26  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 107860552 A  
 (43) 申请公布日 2018.03.30  
 (73) 专利权人 中国空气动力研究与发展中心高速空气动力研究所  
 地址 621000 四川省绵阳市高新区二环路南段6号12信箱201分箱  
 (72) 发明人 熊能 林俊 范长海 章欣涛  
 刘会龙 陶洋 张诣 冯丽娟  
 郭秋亭  
 (74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569  
 专利代理师 王戈  
 (51) Int. Cl.  
 G01M 9/06 (2006.01)  
 G01L 11/00 (2006.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 105823615 A, 2016.08.03  
 JP 2005249614 A, 2005.09.15  
 RU 2287795 C1, 2006.11.20  
 WO 2010010724 A1, 2010.01.28  
 CN 104833475 A, 2015.08.12

CN 104848904 A, 2015.08.19  
 CN 106840591 A, 2017.06.13  
 JP 2017166870 A, 2017.09.21  
 RU 2334206 C1, 2008.09.20  
 RU 2339928 C1, 2008.11.27  
 US 2014373555 A1, 2014.12.25  
 US 4817422 A, 1989.04.04  
 CN 207717325 U, 2018.08.10  
 张兆, 陶洋, 黄国川. 发动机短舱溢流阻力的数值模拟. 航空学报. 2013, 第34卷(第3期), 547-553.

彭超, 史玉杰, 陈竹. 某飞机部件高速风洞测力天平研制. 试验流体力学. 2009, 第23卷(第4期), 98-101.

李尚斌, 焦予秦. 基于翼尖支撑和螺旋桨独立支撑的螺旋桨滑流影响实验研究. 工程力学. 2013, 第30卷(第7期), 288-293.

Carlo L. Bottasso, lippo Campagnolo, Vlaho Petrović. Wind tunnel testing of scaled wind turbine models: Beyond aerodynamics. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. 2014, 第127卷 11-28.

审查员 李超

权利要求书1页 说明书5页 附图4页

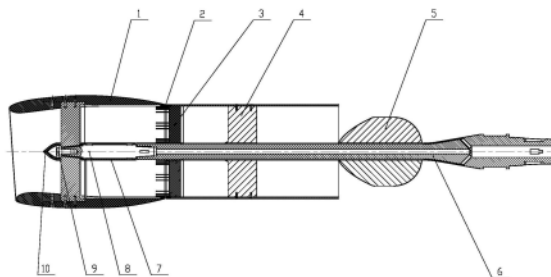
## (54) 发明名称

一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置

## (57) 摘要

本发明公开了一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置, 其特征在于, 包括: 短舱和节流锥之间设有隔离罩; 短舱和隔离罩之间设有隔离段; 隔离段的隔离区域设置环形凹槽; 凹槽的内表面设有密封铜皮, 密封铜皮用于对进入凹槽的气流进行密封; 测压耙与隔离区域相接触, 且测压耙设于隔离罩内, 所述测压耙用于测量短舱出口截面处多点的总压强和静压强; 支杆贯穿于短舱、隔离罩以及节流锥, 节流锥用于调节短舱内的气体流量; 支杆的顶端设于短舱内部, 且与天

平相接触; 天平的顶端设有螺栓; 整流锥固定在螺栓的外缘。采用本发明所提供的测量装置能够精确测量短舱的溢流阻力。



CN 107860552 B

1. 一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,其特征在于,包括:短舱、密封铜皮、测压耙、隔离罩、节流锥、支杆、天平、螺栓以及整流锥;

所述短舱和所述节流锥之间设有所述隔离罩;所述短舱具体包括短舱前部、短舱后部、十字支架以及第一销子;所述短舱后部的一端覆盖在所述短舱前部的一端,并通过第一螺钉固定所述短舱前部和所述短舱后部;所述第一销子依次穿过所述短舱后部和所述短舱前部,用于定位所述短舱前部和所述短舱后部;所述十字支架设于所述短舱后部,所述短舱后部通过第二螺钉固定所述十字支架,且所述十字支架的一端与所述短舱前部相接触;所述节流锥具体包括:上节流锥、下节流锥以及内六角螺钉;所述上节流锥和所述下节流锥通过所述内六角螺钉相连接;

所述短舱和所述隔离罩之间设有隔离段;

所述隔离段的隔离区域设置环形凹槽;所述凹槽的内表面设有所述密封铜皮,所述密封铜皮用于对进入所述凹槽的气流进行密封;

所述测压耙与所述隔离区域相接触,且所述测压耙设于所述隔离罩内,所述测压耙用于测量所述短舱出口截面处多点的总压强和静压强;

所述支杆贯穿于所述短舱、所述隔离罩以及所述节流锥,所述节流锥用于调节所述短舱内的气体流量;

所述支杆的顶端设于所述短舱内部,且与所述天平相接触;所述天平的顶端设有螺栓;所述整流锥固定在所述螺栓的外缘。

2. 根据权利要求1所述的测量装置,其特征在于,所述十字支架内部设有第一贯穿孔;所述第一贯穿孔与所述支杆相匹配。

3. 根据权利要求2所述的测量装置,其特征在于,所述螺栓通过所述第一贯穿孔紧固在所述十字支架上,所述螺栓用于将所述短舱以及所述十字支架固定在所述支杆上。

4. 根据权利要求2所述的测量装置,其特征在于,所述天平的顶端与所述第一贯穿孔相匹配;所述天平的外表面设有天平保护罩。

5. 根据权利要求1所述的测量装置,其特征在于,所述隔离罩的外表面设有套筒;

所述隔离罩的内部设有套筒支架,所述套筒支架内设有第二贯穿孔;所述套筒支架用于支撑所述套筒。

6. 根据权利要求5所述的测量装置,其特征在于,所述隔离罩还包括:第二销子、第三螺钉;

所述第二销子依次穿过所述套筒和所述套筒支架,所述第二销子用于定位所述套筒和所述套筒支架;

所述第三螺钉依次穿过所述套筒和所述套筒支架,所述第三螺钉用于连接所述套筒和所述套筒支架。

7. 根据权利要求1所述的测量装置,其特征在于,所述隔离罩为圆柱形。

8. 根据权利要求1所述的测量装置,其特征在于,所述隔离段采用迷宫密封的结构连接所述短舱和所述隔离罩。

## 一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及涡扇发动机短舱测量领域,特别是涉及一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置。

### 背景技术

[0002] 随着航空技术的飞速发展,需要更加精确地评估飞机和发动机的性能,尤其是进气道与发动机之间的匹配问题更是关系到飞机气动和动力性能的关键技术。发动机短舱作为飞机的主要阻力部件,针对其上的气动阻力进行准确的模拟研究是极其必要的。在实践中发现,当改变发动机的工作状态,即调节活门改变进气流量时,发动机短舱所受的气动阻力有明显变化,在跨超声速阶段尤为明显。在飞机气动分析中,通常将飞机发动机简化成通气短舱,通过壁面积分来进行阻力预测。而真实飞机发动机由于进气道和喷管流量可调节,其阻力值与飞机带通气短舱的总阻力值有明显的区别。飞机正常巡航飞行时,随着马赫数不同,飞机的流量系数变化范围大约在0.6~2.0。在此范围内,流量系数改变对飞机/发动机阻力影响较小。但当飞机流量系数远离巡航点,流量系数急剧减小时,进气道阻力急剧增加,从而飞机的总阻力急剧增加,尤其是发动机处于风车状态时,风车溢流阻力急剧增加。对安装大涵道比发动机的跨声速大型飞机而言,该现象尤为明显。

[0003] 溢流阻力是一个相对于发动机标准工作状态下的气动阻力的阻力增量,它是由于改变发动机工作时进气流量而引起的,准确测量出涡扇发动机短舱进气道的溢流阻力特性,为飞机整体设计提供参考,使得飞机飞行更加安全。目前溢流阻力主要采用计算流体力学数值方法计算得到,但是精度受计算方法及湍流模型等的限制,计算得到的溢流阻力的精度低。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,以解决现有技术中对涡扇发动机短舱的溢流阻力精度低的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供了如下方案:

[0006] 一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,包括:短舱、密封铜皮、测压耙、隔离罩、节流锥、支杆、天平、螺栓以及整流锥;

[0007] 所述短舱和所述节流锥之间设有所述隔离罩;

[0008] 所述短舱和所述隔离罩之间设有隔离段;

[0009] 所述隔离段的隔离区域设置环形凹槽;所述凹槽的内表面设有所述密封铜皮,所述密封铜皮用于对进入所述凹槽的气流进行密封;

[0010] 所述测压耙与所述隔离区域相接触,且所述测压耙设于所述隔离罩内,所述测压耙用于测量所述短舱出口截面处多点的总压强和静压强;

[0011] 所述支杆贯穿于所述短舱、所述隔离罩以及所述节流锥,所述节流锥用于调节所述短舱内的气体流量;

- [0012] 所述支杆的顶端设于所述短舱内部,且与所述天平相接触;所述天平的顶端设有螺栓;所述整流锥固定在所述螺栓的外缘。
- [0013] 可选的,所述短舱具体包括短舱前部、短舱后部、十字支架以及第一销子;
- [0014] 所述短舱后部的一端覆盖在所述短舱前部的一端,并通过第一螺钉固定所述短舱前部和所述短舱后部;
- [0015] 所述第一销子依次穿过所述短舱后部和所述短舱前部,用于定位所述短舱前部和所述短舱后部;
- [0016] 所述十字支架设于所述短舱后部,所述短舱后部通过第二螺钉固定所述十字支架,且所述十字支架的一端与所述短舱前部相接触。
- [0017] 可选的,所述十字支架内部设有第一贯穿孔;所述第一贯穿孔与所述支杆相匹配。
- [0018] 可选的,所述螺栓通过所述第一贯穿孔紧固在所述十字支架上,所述螺栓用于将所述短舱以及所述十字支架固定在所述支杆上。
- [0019] 可选的,所述天平的顶端与所述第一贯穿孔相匹配;所述天平的外表面设有天平保护罩。
- [0020] 可选的,所述隔离罩的外表面设有套筒;
- [0021] 所述隔离罩的内部设有套筒支架,所述套筒支架内设有第二贯穿孔;所述套筒支架用于支撑所述套筒。
- [0022] 可选的,所述隔离罩还包括:第二销子、第三螺钉;
- [0023] 所述第二销子依次穿过所述套筒和所述套筒支架,所述第二销子用于定位所述套筒和所述套筒支架;
- [0024] 所述第三螺钉依次穿过所述套筒和所述套筒支架,所述第三螺钉用于连接所述套筒和所述套筒支架。
- [0025] 可选的,所述隔离罩为圆柱形。
- [0026] 可选的,所述节流锥具体包括:上节流锥、下节流锥以及内六角螺钉;
- [0027] 所述上节流锥和所述下节流锥通过所述内六角螺钉相连接。
- [0028] 可选的,所述隔离段采用迷宫密封的结构连接所述短舱和所述隔离罩。
- [0029] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:本发明提供了一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,采用隔离罩减小节流锥对短舱的气动干扰,以获得变流量条件下不含任何干扰的溢流阻力,从而提高了溢流阻力的测量精度。

## 附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0031] 图1为本发明所提供的测量装置结构图;
- [0032] 图2为本发明所提供的天平结构示意图;
- [0033] 图3为本发明所提供的短舱结构示意图;
- [0034] 图4为本发明所提供的隔离罩内部结构示意图;

- [0035] 图5为本发明所提供的隔离段结构示意图；  
[0036] 图6为本发明所提供的节流锥结构示意图；  
[0037] 图7为本发明所提供的溢流阻力随流量系数变化规律曲线图。

### 具体实施方式

[0038] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 本发明的目的是提供一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,通过测量装置对短舱的溢流阻力进行测量,提高溢流阻力的测量精度。

[0040] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0041] 短舱是发动机与机体的桥梁,短舱内管道为发动机提供进气道和涵道,不同飞行状态下进气道工作特性既影响发动机风扇性能,也影响全机性能。短舱阻力随进气流量变化有所不同,通常将短舱阻力随流量变化的特性称为溢流阻力特性,是短舱性能基本性能之一,本发明提出了一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,该测量装置实际是在高速风洞中测量短舱溢流阻力的。

[0042] 测量装置包括目标短舱、测力天平及支撑、内阻测量装置、隔离罩、流量调节锥等。

[0043] 测量方法:风洞提供来流模拟条件,短舱直接通气模拟短舱进气,在隔离罩尾段布置流量调节锥改变进气流量;采用天平直接测量短舱气动力,在短舱出口布置总静压探测装置测量出口截面总静压,用于计算流量系数和内阻。

[0044] 图1为本发明所提供的测量装置结构图,如图1所示,一种涡扇发动机短舱溢流阻力的测量装置,包括:短舱1、密封铜皮2、测压耙3、隔离罩4、节流锥5、支杆6、天平保护罩7、天平8、螺栓9以及整流锥10;所述短舱1和所述节流锥5之间设有所述隔离罩4;所述短舱1和所述隔离罩4之间设有隔离段;所述隔离段的隔离区域设置环形凹槽;所述凹槽的内表面设有密封铜皮2,所述密封铜皮2用于对进入所述凹槽的气流进行密封;所述测压耙3与所述隔离区域相接触,且所述测压耙3设于所述隔离罩4内,所述测压耙3用于测量所述短舱1出口截面处多点的总压强和静压强;所述支杆6贯穿于所述短舱1、所述隔离罩4以及所述节流锥5,所述节流锥5用于调节所述短舱1内的气体流量;所述支杆6的顶端设于所述短舱1内部,且与所述天平8相接触;所述天平8的顶端设有螺栓9;所述整流锥10固定在所述螺栓9的外缘。

[0045] 在测量过程中,短舱1上受到的气动力传递到天平8上,图2为本发明所提供的天平结构示意图,如图2所示,通过天平8应变所产生的电流变化获取短舱1所受到的气动力,由于天平8内部结构比较精密和脆弱,天平8的外表面设有天平保护罩7,用于保护天平8内部结构。短舱1与隔离罩4靠近但不接触,在靠近端面均加工了凹槽中间通过密封铜皮2加入凹槽中进行气流的密封。测压耙3测量短舱1出口截面处多点的总压和静压,通过等熵关系式及动量定理等可以计算短舱1的内阻。节流锥5可以更换不同的直径,用以调节短舱1内的流量。支架用于与风洞的迎角机构相连接,实现短舱1迎角的调节。螺栓9用于将短舱1及十字

支架固定在支杆6上,整流锥10固定在螺栓9外缘,用以避免短舱1内流动出现较大的分离。

[0046] 图3为本发明所提供的短舱结构示意图,如图3所示,所述短舱1具体包括短舱前部11、十字支架12、短舱后部13、第一螺钉14以及第一销子15;所述短舱后部13的一端覆盖在所述短舱前部11的一端,并通过第一螺钉14固定所述短舱前部11和所述短舱后部13;所述第一销子15依次穿过所述短舱后部13和所述短舱前部11,用于定位所述短舱前部11和所述短舱后部13;所述十字支架12设于所述短舱后部13,所述短舱后部13通过第二螺钉16固定所述十字支架12,且所述十字支架12的一端与所述短舱前部11相接触;

[0047] 所述第一螺钉14包括两个或多个,所述第一销子15包括两个或多个,所述第二螺钉16包括两个或多个,所述第一螺钉14、所述第一销子15以及所述第二螺钉16成对出现。

[0048] 在实际应用中,所述螺栓9通过所述第一贯穿孔紧固在所述十字支架12上,所述螺栓9用于将所述短舱以及所述十字支架12固定在所述支杆6上。

[0049] 图4为本发明所提供的隔离罩内部结构示意图,如图4所示,所述隔离罩4的外表面设有套筒41;所述隔离罩4的内部设有套筒支架,所述套筒支架内设有第二贯穿孔;所述套筒支架用于支撑所述套筒;所述隔离罩4还包括:第二销子、第三螺钉;所述第二销子依次穿过所述套筒和所述套筒支架,所述第二销子用于定位所述套筒和所述套筒支架;所述第三螺钉依次穿过所述套筒和所述套筒支架,所述第三螺钉用于连接所述套筒和所述套筒支架;所述隔离罩4为圆柱形。

[0050] 采用圆柱形隔离罩减小流量调节锥对短舱的气动干扰,以获得变流量条件下“干净的”溢流阻力。隔离罩长度取2-3倍短舱出口直径长度,在与短舱交界处采用迷宫密封,图5为本发明所提供的隔离段结构示意图,如图5所示,隔离段将出口分为内部 $S_{ein}$ 、外部 $S_{eout}$ 流动,利用不同锥位改变内部 $S_{ein}$ 流量时,外部 $S_{eout}$ 的静压可基本保持不变。同时,隔离罩可部分模拟短舱出口流动。

[0051] 图6为本发明所提供的节流锥结构示意图,如图6所示,所述节流锥5具体包括:上节流锥51、下节流锥52以及内六角螺钉53;所述上节流锥51和所述下节流锥52通过所述内六角螺钉53相连接。

[0052] 用公式(1)对溢流阻力进行修正

$$[0053] \quad X_t(Ma, \phi, \dots) = X' - X_{ein} - X_{eout} - X_{in} \quad (1)$$

[0054] 其中, $X_t$ 为短舱轴向力; $X'$ 为天平轴向力测值; $X_{in}$ 为短舱内阻,利用出口截面总静

压测量值按照动量定理计算; $X_{ein}$ 为底部内端面阻力修正项; $X_{ein} = [P_\infty - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{in}] \times S_{ein}$ ,  $X_{eout}$

为底部外端面阻力修正项; $X_{eout} = [P_\infty - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{out}] \times S_{eout}$

[0055] 采用上述测量装置应用到实际生活中,例如:在某2米量级跨声速风洞开展试验,达到了预期效果,图7为本发明所提供的溢流阻力随流量系数变化规律曲线图,如图7所示,一是通过流量调节锥能够方便的调节流量,二是隔离罩及迷宫槽达到分离内外流动的功能,在相同来流条件下,通气流量改变时, $X_{eout}$ 基本保持恒定,说明短舱后段压力分布引入的干扰较小。

[0056] 采用本发明所提供的测量装置能够精确测量出短舱的溢流阻力,为飞机设计提供

参考。

[0057] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0058] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

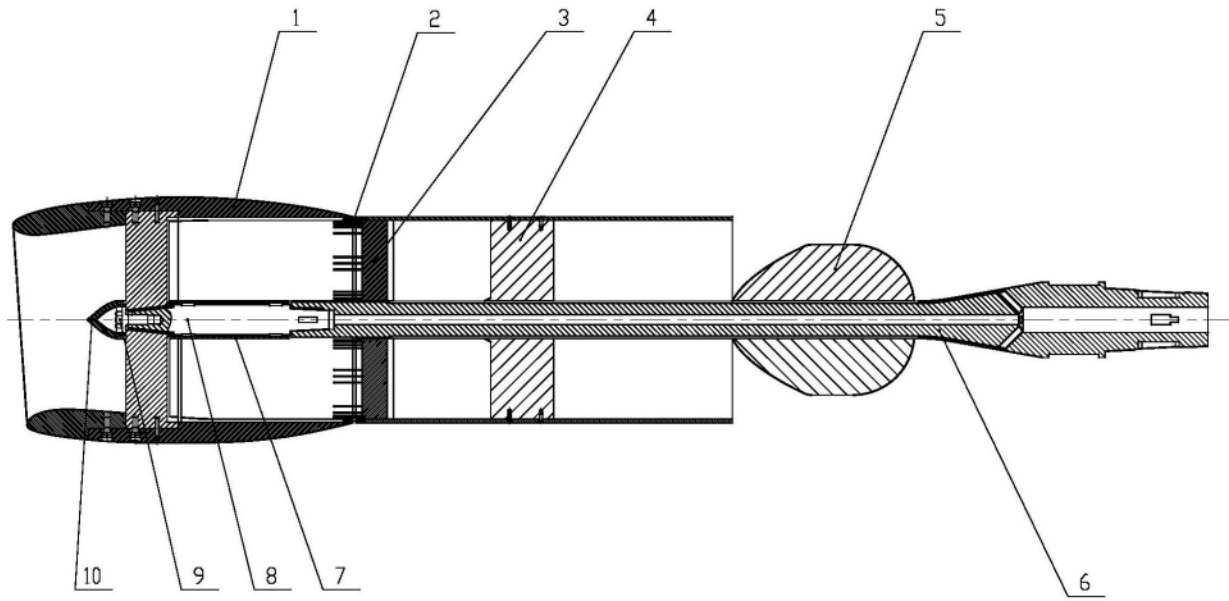


图1

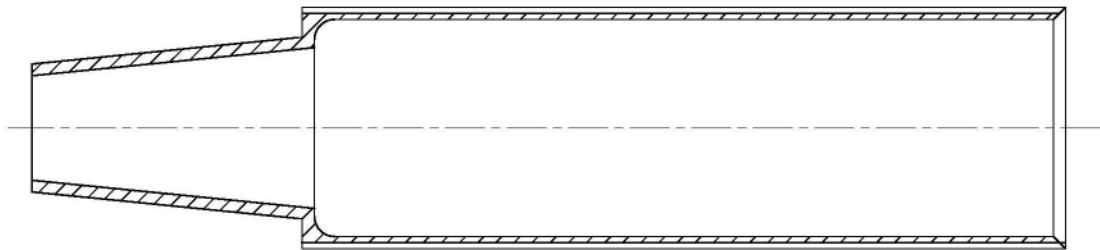


图2

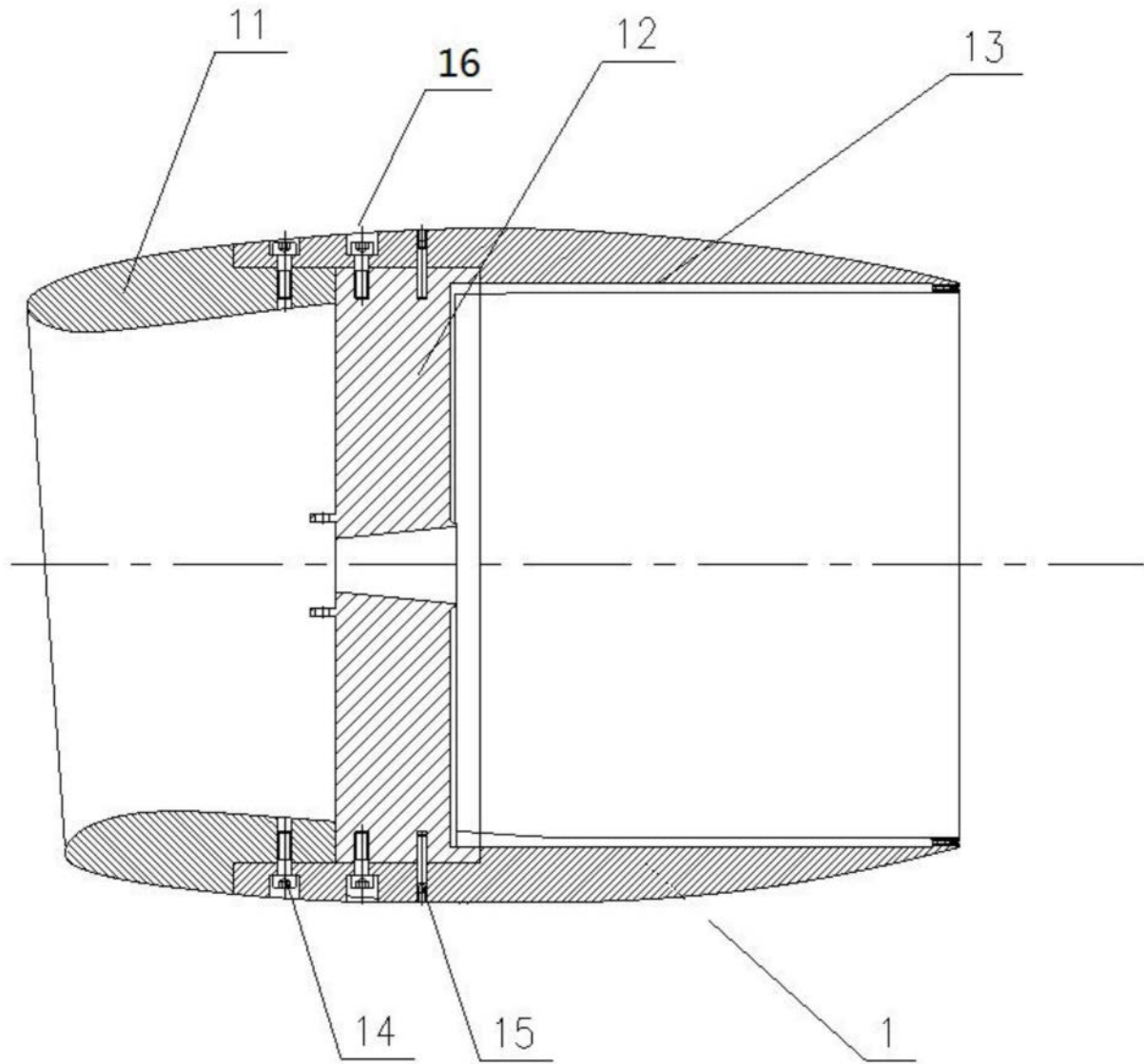


图3

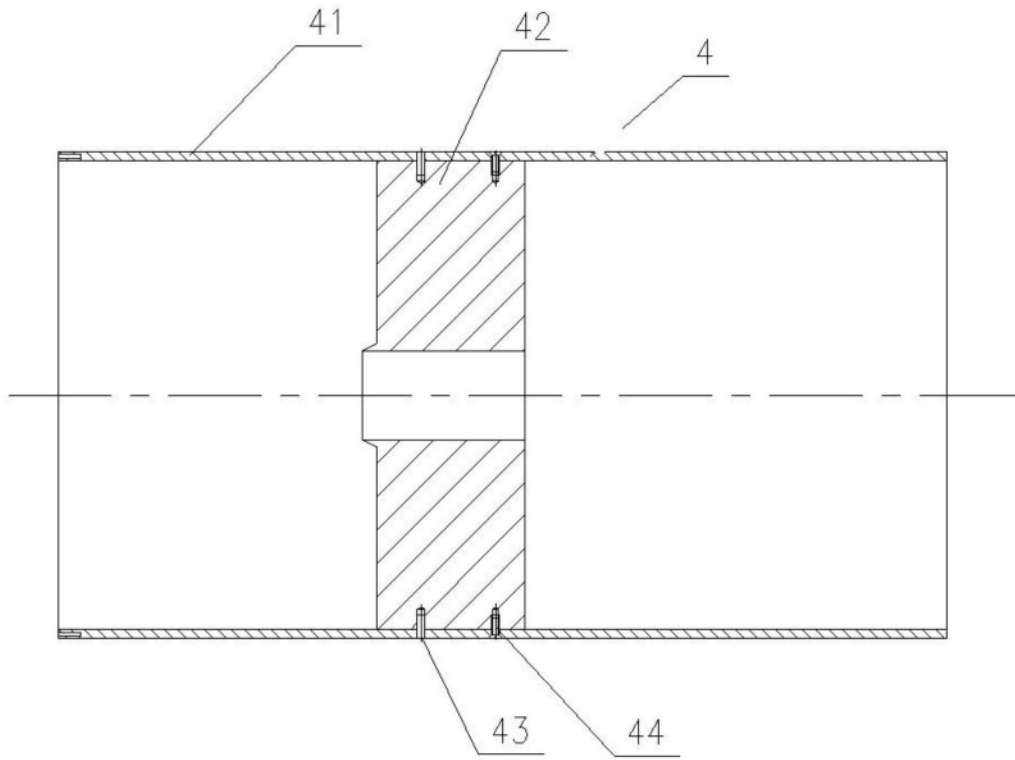


图4

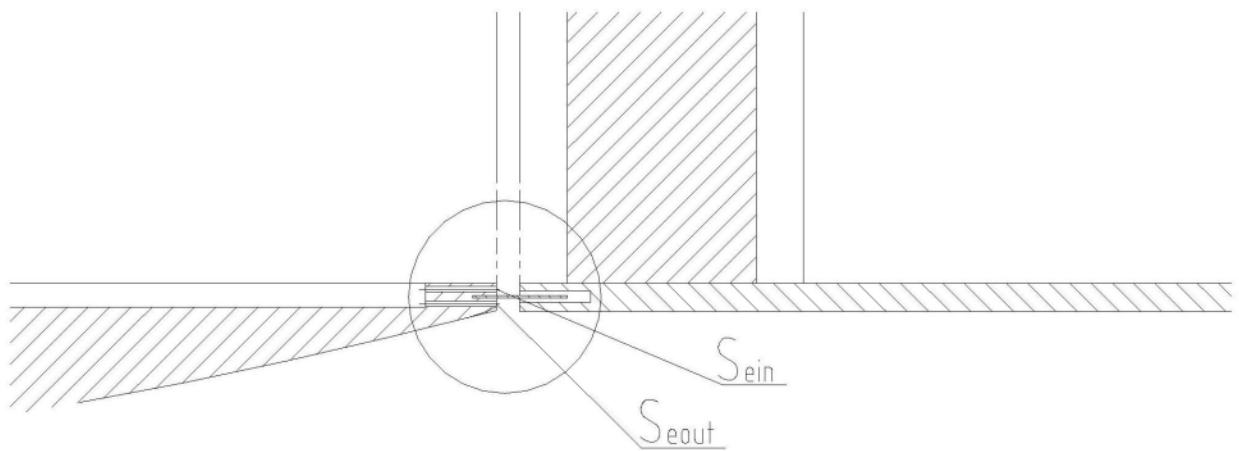


图5

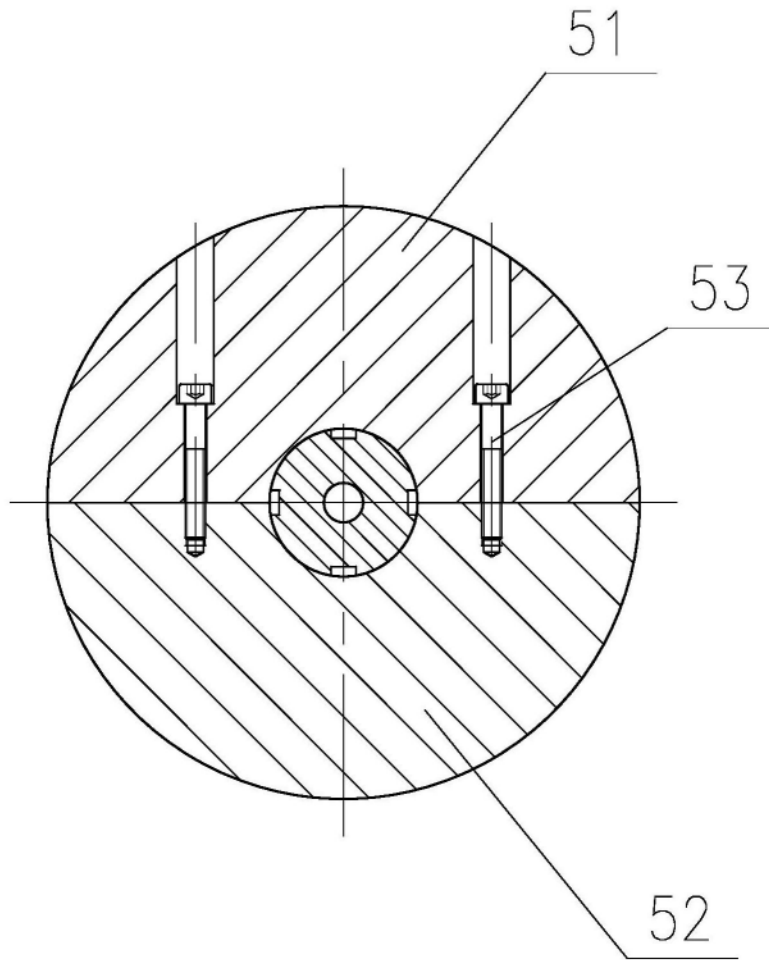


图6

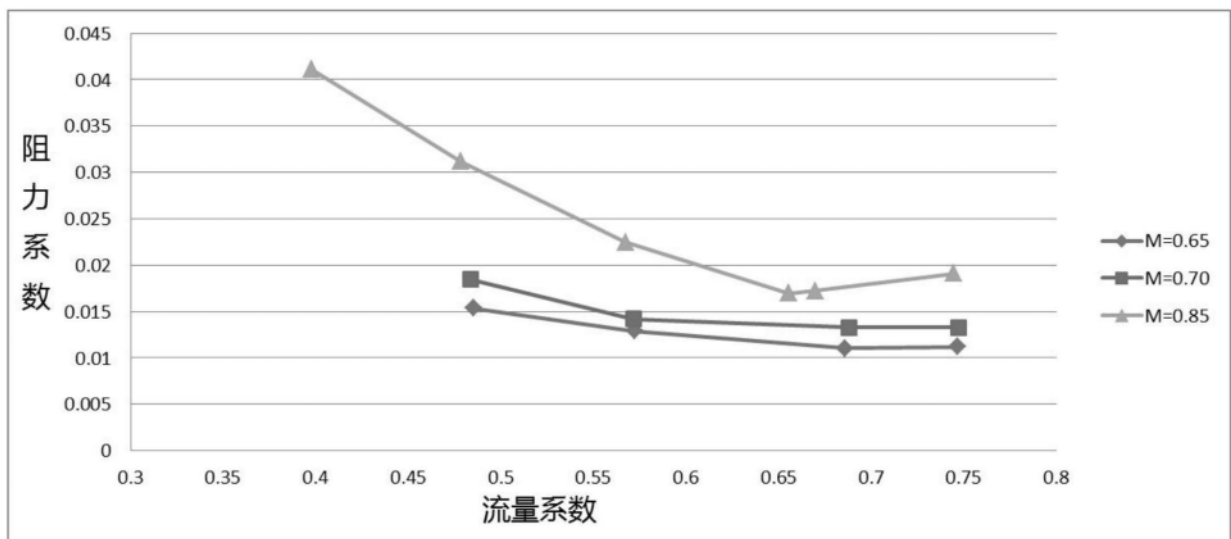


图7