



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113571747 B

(45) 授权公告日 2022.06.03

(21) 申请号 202110780490.1

(22) 申请日 2021.07.10

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113571747 A

(43) 申请公布日 2021.10.29

(73) 专利权人 上海申风投资管理有限公司
地址 202150 上海市崇明区横沙乡富民支
路58号D1-5302室(上海横泰经济开发
区)

(72) 发明人 张大陆 阮磊 范立宁

(51) Int.Cl.
H01M 8/04992 (2016.01)

审查员 朱科

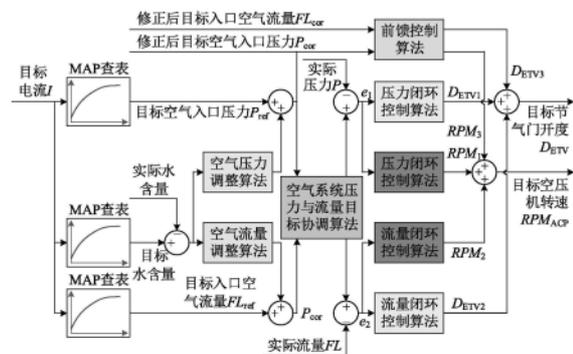
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种燃料电池空气系统控制方法

(57) 摘要

本发明提供了一种燃料电池空气系统控制方法,属于燃料电池技术领域。它解决了现有燃料电池堆电化学反应生成水的排出速率较低等技术问题。本燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,包括根据燃料电池堆输出电流I查表得到燃料电池堆的目标入口空气流量FLref、目标空气入口压力Pref和目标水含量;根据目标水含量与实际水含量差异,执行空气压力调整算法、空气流量调整算法,对目标入口空气流量和目标空气入口压力进行修正。本发明具有在大幅度加载过程中燃料电池堆电化学反应生成的水排出速度快。



1. 一种燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,包括根据燃料电池堆输出电流 I 查表得到燃料电池堆的目标入口空气流量 FL_{ref} 、目标空气入口压力 P_{ref} 和目标水含量;根据目标水含量与实际水含量差异,执行空气压力调整算法、空气流量调整算法,对目标入口空气流量和目标空气入口压力进行修正,所述的目标入口空气流量与目标空气入口流量修正值求和得到修正后目标入口空气流量 FL_{cor} ,目标空气入口压力与目标空气入口压力修正值求和得到修正后目标空气入口压力 P_{cor} ,所述的修正后目标入口空气流量 FL_{cor} 和修正后目标空气入口压力 P_{cor} ,执行前馈控制算法,计算得到目标节气门开度前馈量 $DETV3$ 、目标空压机转速前馈量 $RPM3$,所述的修正后目标入口空气流量 FL_{cor} 和修正后目标空气入口压力 P_{cor} ,执行空气入口压力和入口空气流量目标协调控制算法,规划入口空气流量和空气入口压力移动路径,即 $A \rightarrow D \rightarrow B$ 路径,以优化燃料电池堆动态水平衡,所述的 $A \rightarrow D \rightarrow B$ 路径是从A点、经D点到B点,B点空压机转速与D点空压机转速相同,但D点燃料电池堆的输出性能略低于B点。

2. 根据权利要求1所述的燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,所述的修正后目标入口空气流量 FL_{cor} 和实际入口空气流量 FL 差异,执行流量闭环控制算法,计算得到目标节气门开度第二修正量 $DETV2$ 、目标空压机转速第二修正量 $RPM2$ 。

3. 根据权利要求2所述的燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,所述的修正后目标空气入口压力 P_{cor} 和实际空气入口压力 P 差异,执行压力闭环控制算法,计算得到目标节气门开度第一修正量 $DETV1$ 、目标空压机转速第一修正量 $RPM1$ 。

4. 根据权利要求3所述的燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,所述的目标节气门开度第一修正量、第二修正量、前馈量求和,得到目标节气门开度命令值 $DETV$,将目标空压机转速第一修正量、第二修正量、前馈量求和,得到目标空压机转速命令值 RPM_{ACP} ,分别输出给节气门和空压机。

5. 根据权利要求1所述的燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,所述的空气系统是为质子交换膜燃料电池堆源源不断提供新鲜氧气、排出废弃低浓度氧气和电化学反应生成水的一套装置,并满足质子交换膜燃料电池堆入口空气压力和入口空气流量的要求。

一种燃料电池空气系统控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于燃料电池技术领域,涉及一种控制方法,特别是一种燃料电池空气系统控制方法。

背景技术

[0002] 氢质子交换膜燃料电池因其效率高、无污染、运行温度低、低噪声等优点而被广泛应用于交通运输领域,尤其是公交车、物流车、重型卡车等。车载燃料电池系统必须满足使用客户对于整车动力性能要求,即短时间内从怠速输出功率提高到峰值输出功率,那么燃料电池系统中的燃料电池堆必须在相同时间内从怠速输出电流提高到峰值输出电流,即大幅度加载。在大幅度加载过程中,燃料电池堆电化学反应生成水快速聚集在膜电极和气体扩散层内,大量聚集的液态水阻碍新鲜氧气到达膜电极并参与电化学反应、致使燃料电池堆输出性能恶化。尽管无法通过空气系统“完全同步地”实现“与燃料电池堆电化学反应生成水速率相同的”燃料电池堆电化学反应生成水的快速排出,但可以通过空气系统“部分提高”燃料电池堆电化学反应生成水的排出速率。

[0003] 经检索,如中国专利文献公开了一种燃料电池的空气系统控制方法【公开号:CN111628196A】,提供了一种燃料电池的空气系统控制方法包括根据燃料电池的运行状态获得目标空气压力和目标空气流量;采样当前电堆内的实际空气压力和实际空气流量;根据实际空气压力和目标空气压力计算解耦转速和偏差开度;根据实际空气流量和目标空气流量计算解耦开度和偏差转速;根据解耦转速、偏差转速和通过标定得到的前馈补偿转速计算调整转速;根据解耦开度、偏差开度和通过标定得到的前馈补偿开度计算调整开度;根据调整转速调整燃料电池的空气压缩机的转速并根据调整开度调整燃料电池的背压阀的开度。

[0004] 尽管上述方案实现了对空气流量和空气压力目标值的精确跟踪控制和提高了燃料电池用空气系统的响应速度,但该技术方案实际控制效果是完全偏离了“满足大幅度加载过程中燃料电池堆电化学反应生成水快速排出需求”的。满足燃料电池堆电化学反应生成水快速排出需求,必须提高燃料电池堆入口空气流量、同时降低燃料电池堆入口空气压力,而现有技术实际控制效果是燃料电池堆入口空气压力升高先于入口空气流量升高,如图1中曲线轨迹A→C→B,违背了燃料电池堆电化学反应生成水快速排出的需求。

[0005] 因此,必须要提出一种燃料电池空气系统控制方法,以满足大幅度加载过程中燃料电池堆电化学反应生成水快速排出的需求。

发明内容

[0006] 本发明的目的是针对现有的技术存在上述问题,提出了一种燃料电池空气系统控制方法,具有在大幅度加载过程中燃料电池堆电化学反应生成的水排出速度快等优点。

[0007] 本发明的目的可通过下列技术方案来实现:一种燃料电池空气系统控制方法,其特征在于,包括根据燃料电池堆输出电流 I 查表得到燃料电池堆的目标入口空气流量

FLref、目标空气入口压力Pref和目标水含量；根据目标水含量与实际水含量差异，执行空气压力调整算法、空气流量调整算法，对目标入口空气流量和目标空气入口压力进行修正。

[0008] 再次，目标入口空气流量与目标空气入口流量修正值求和得到修正后目标入口空气流量FLcor，目标空气入口压力与目标空气入口压力修正量修正值求和得到修正后目标空气入口压力Pcor。

[0009] 再次，根据修正后目标入口空气流量FLcor和修正后目标空气入口压力Pcor，执行前馈控制算法，计算得到目标节气门开度前馈量DETV3、目标空压机转速前馈量RPM3。

[0010] 再次，根据修正后目标入口空气流量FLcor和修正后目标空气入口压力Pcor，执行空气入口压力和入口空气流量目标协调控制算法，规划入口空气流量和空气入口压力移动路径，即A→D→B路径，以优化燃料电池堆动态水平衡。

[0011] 所述的A→D→B路径是从A点、经D点到B点，B点空压机转速与D点空压机转速相同，相较于第一和第二种路径，燃料电池堆的排水能力增强，允许燃料电池堆输出电流加载速率有所增加，但D点燃料电池堆的输出性能略低于B点。

[0012] 再次，根据修正后目标入口空气流量FLcor和实际入口空气流量FL差异，执行流量闭环控制算法，计算得到目标节气门开度第二修正量DETV2、目标空压机转速第二修正量RPM2。

[0013] 再次，根据修正后目标空气入口压力Pcor和实际空气入口压力P差异，执行压力闭环控制算法，计算得到目标节气门开度第一修正量DETV1、目标空压机转速第一修正量RPM1。

[0014] 最后，将目标节气门开度第一修正量、第二修正量、前馈量求和，得到目标节气门开度命令值DETV，将目标空压机转速第一修正量、第二修正量、前馈量求和，得到目标空压机转速命令值RPMACP，分别输出给节气门和空压机。

[0015] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：在大幅度加载过程中满足燃料电池堆电化学反应生成水快速排出的需求，优化燃料电池堆输出性能。

附图说明

[0016] 图1是本发明的空气系统控制方法原理图。

[0017] 图2是本发明的燃料电池空气系统基本原理图。

[0018] 图3是本发明的入口空气压力和入口空气流量路径规划示意图。

具体实施方式

[0019] 以下是本发明的具体实施例并结合附图，对本发明的技术方案作进一步的描述，但本发明并不限于这些实施例。

[0020] 如图1所示，本燃料电池空气系统控制方法，在本实施例中，包括根据燃料电池堆输出电流I查表得到燃料电池堆的目标入口空气流量FLref、目标空气入口压力Pref和目标水含量；根据目标水含量与实际水含量差异，执行空气压力调整算法、空气流量调整算法，对目标入口空气流量和目标空气入口压力进行修正。

[0021] 再次，目标入口空气流量与目标空气入口流量修正值求和得到修正后目标入口空气流量FLcor，目标空气入口压力与目标空气入口压力修正量修正值求和得到修正后目标

空气入口压力 P_{cor} 。

[0022] 再次,根据修正后目标入口空气流量 FL_{cor} 和修正后目标空气入口压力 P_{cor} ,执行前馈控制算法,计算得到目标节气门开度前馈量 $DETV3$ 、目标空压机转速前馈量 $RPM3$ 。

[0023] 再次,根据修正后目标入口空气流量 FL_{cor} 和修正后目标空气入口压力 P_{cor} ,执行空气入口压力和入口空气流量目标协调控制算法,规划入口空气流量和空气入口压力移动路径,即 $A \rightarrow D \rightarrow B$ 路径,以优化燃料电池堆动态水平衡。

[0024] 如图3所示, $A \rightarrow D \rightarrow B$ 路径是从A点、经D点到B点,B点空压机转速与D点空压机转速相同,相较于第一和第二种路径,燃料电池堆的排水能力增强,允许燃料电池堆输出电流加载速率有所增加,但D点燃料电池堆的输出性能略低于B点。

[0025] 再次,根据修正后目标入口空气流量 FL_{cor} 和实际入口空气流量 FL 差异,执行流量闭环控制算法,计算得到目标节气门开度第二修正量 $DETV2$ 、目标空压机转速第二修正量 $RPM2$ 。

[0026] 再次,根据修正后目标空气入口压力 P_{cor} 和实际空气入口压力 P 差异,执行压力闭环控制算法,计算得到目标节气门开度第一修正量 $DETV1$ 、目标空压机转速第一修正量 $RPM1$ 。

[0027] 最后,将目标节气门开度第一修正量、第二修正量、前馈量求和,得到目标节气门开度命令值 $DETV$,将目标空压机转速第一修正量、第二修正量、前馈量求和,得到目标空压机转速命令值 RPM_{ACP} ,分别输出给节气门和空压机。

[0028] 如图2所示,按照空气流动方向由空气滤清器、空气流量计、空压机、中冷器、进气温压一体传感器、电控三通阀1、电控三通阀2、增湿器的干通路、燃料电池堆空气腔体、增湿器的湿通路、排气节气门、混合排气管路和消音器。其中,空气滤清器滤除空气中的氮氧化物、硫化物、一氧化碳、微颗粒等,空气流量计测量干空气的流量和温度,空压机将当前环境温度和压力的气体压缩成高温、高压、高流速气体,中冷器将空压机出口气体温度冷却或加热为与燃料电池堆冷却液入口温度相当的温度。中冷器后端降温的空气,一部分被引导进入空压机轴承处实现轴承降温,一部分被引导进入燃料电池堆外部壳体实现壳体内部通风、并从壳体排出且经由鸭嘴单向阀进入混合排气管路。

[0029] 电控三通阀1在无供电或无驱动状态气体按照从左到下方向(中冷器到混排管路方向)流通、避免空压机出现喘振,电控三通阀1有驱动状态气体同时按照从左到下方向(中冷器到混排管路方向)和从左到右方向(中冷器到电控三通阀2方向)流通、直到电控三通阀1全开状态气体按照从左到右方向(中冷器到电控三通阀2方向)流通。电控三通阀2在无供电或无驱动状态气体按照从下到左方向(电控三通阀1到电堆方向)流通、完全旁通掉增湿器的干通路,电控三通阀2有驱动状态气体同时按照从下到左方向(电控三通阀1到电堆方向)和从下到上方向(电控三通阀1到增湿器方向)流通、直到电控三通阀2全开状态气体按照从下到上方向(电控三通阀1到增湿器方向)流通。

[0030] 流经增湿器的干通路和电控三通阀2左侧的通路的气体混合后进入燃料电池堆空气腔体,燃料电池堆空气腔体出口排出的湿空气流经空出温度传感器、空出压力传感器进入增湿器的湿通路,增湿器的干通路和湿通路实现气-气增湿,增湿器的湿通路出口气体经由排气节气门到达混合排气管路,电控三通阀1下侧流出的空气也进入混合排气管路,混合后气体全部进入消音器进行降噪处理,然后排入环境中。

[0031] 如图3所示,本坐标系中横坐标为燃料电池堆入口空气质量流量、纵坐标为燃料电池堆空气入口压力,粗实线为空压机恒定转速曲线,将每一条空压机恒定转速曲线起点(空气质量流量最低)串联形成喘振限制曲线,将每一条空压机恒定转速曲线终点(空气质量流量最高)串联形成壅塞限制曲线。记A点为与燃料电池堆输出电流 I_1 对应的稳态空气系统工况条件、B点为与燃料电池堆输出电流 I_2 对应的稳态空气系统工况条件。

[0032] 随着燃料电池堆输出电流升高,空气系统工况条件是难以完全跟随燃料电池堆输出电流变化速率的,除非燃料电池堆输出电流加载斜率被空气系统调控速率涵盖。空气系统工况条件调整有三种可选路径:第一种是从A点、经C点到B点,C点空气出口压力与B点相同,由于空气出口压力先于空气质量流量达到目标值、并且曲线工作点对应空气出口相对湿度都高于100%,因此该路径不利于燃料电池堆的排水过程,并且C点靠近空压机喘振曲线而不利于空压机使用寿命。

[0033] 第二种路径是从A点、经E点到B点,相较于第二种路径有所优化,较为适合燃料电池堆输出电流缓慢加载的过程,通过试验分析和建模等完成具体工况点规划。第三种路径是从A点、经D点到B点,B点空压机转速与D点空压机转速相同,相较于第一和第二种路径,燃料电池堆的排水能力增强,允许燃料电池堆输出电流加载速率有所增加,但D点燃料电池堆的输出性能略低于B点的。

[0034] 质子交换膜燃料电池是一种电化学反应装置。在交通运输领域较为常见的是氢质子交换膜燃料电池,可以将氢气和氧气中存储的化学能转换为电能并生成水,氢气往往来自氢气存储装置(比如高压氢气瓶),而氧气可来自空气或者存储有氧气的气瓶。将多片质子交换膜燃料电池单片串联在一起,形成质子交换膜燃料电池堆。

[0035] 空气系统是为质子交换膜燃料电池堆源源不断提供新鲜氧气、排出废弃低浓度氧气和电化学反应生成水的一套装置,并满足质子交换膜燃料电池堆入口空气压力和入口空气流量的要求。

[0036] 大幅度加载是质子交换膜燃料电池堆输出电流快速且大幅度地升高,比如从零输出电流短时间内快速升高到峰值输出电流。

[0037] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

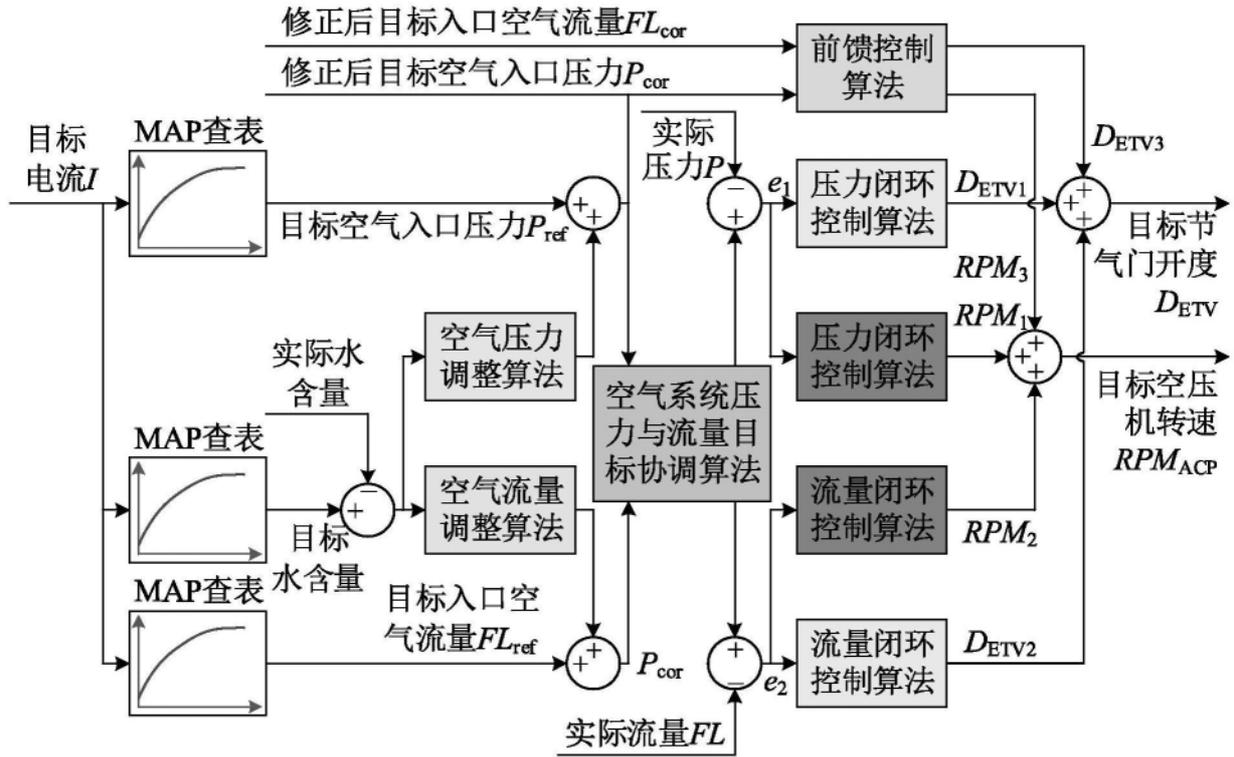


图1

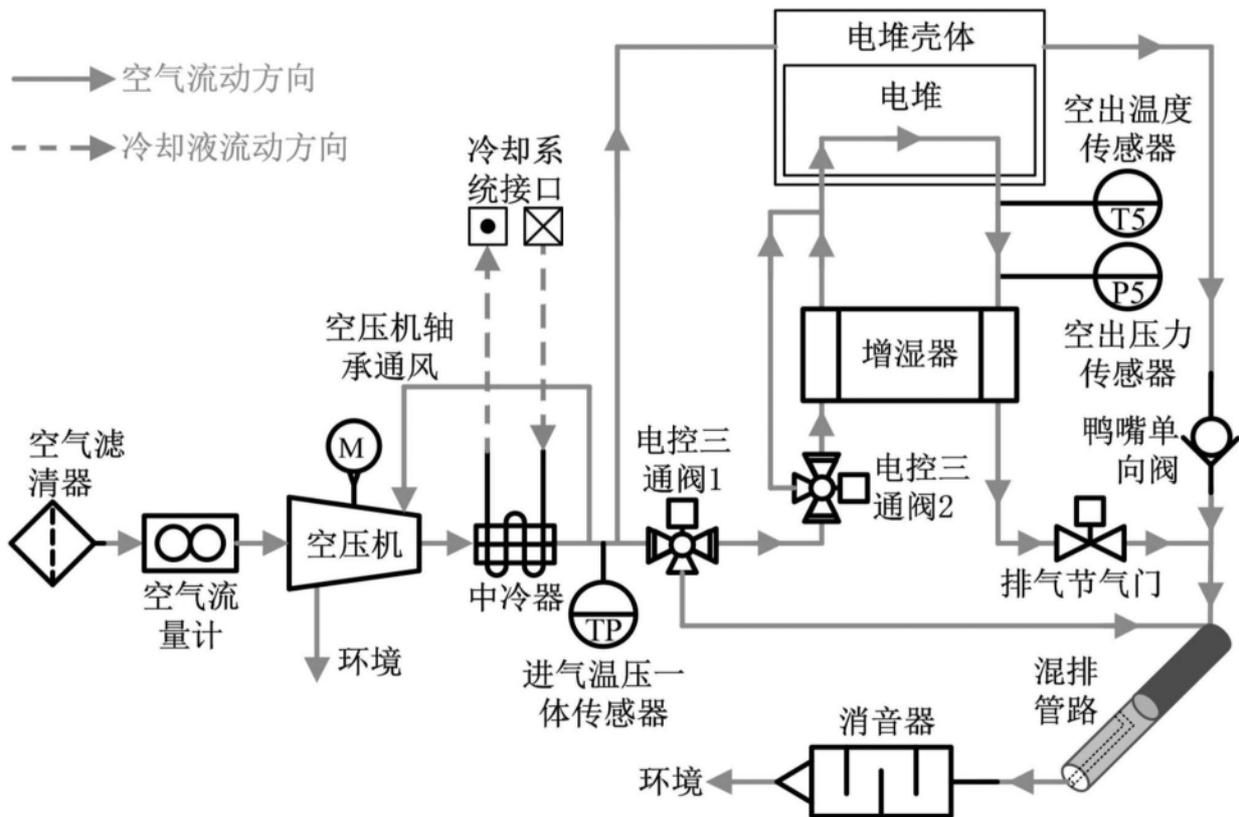


图2

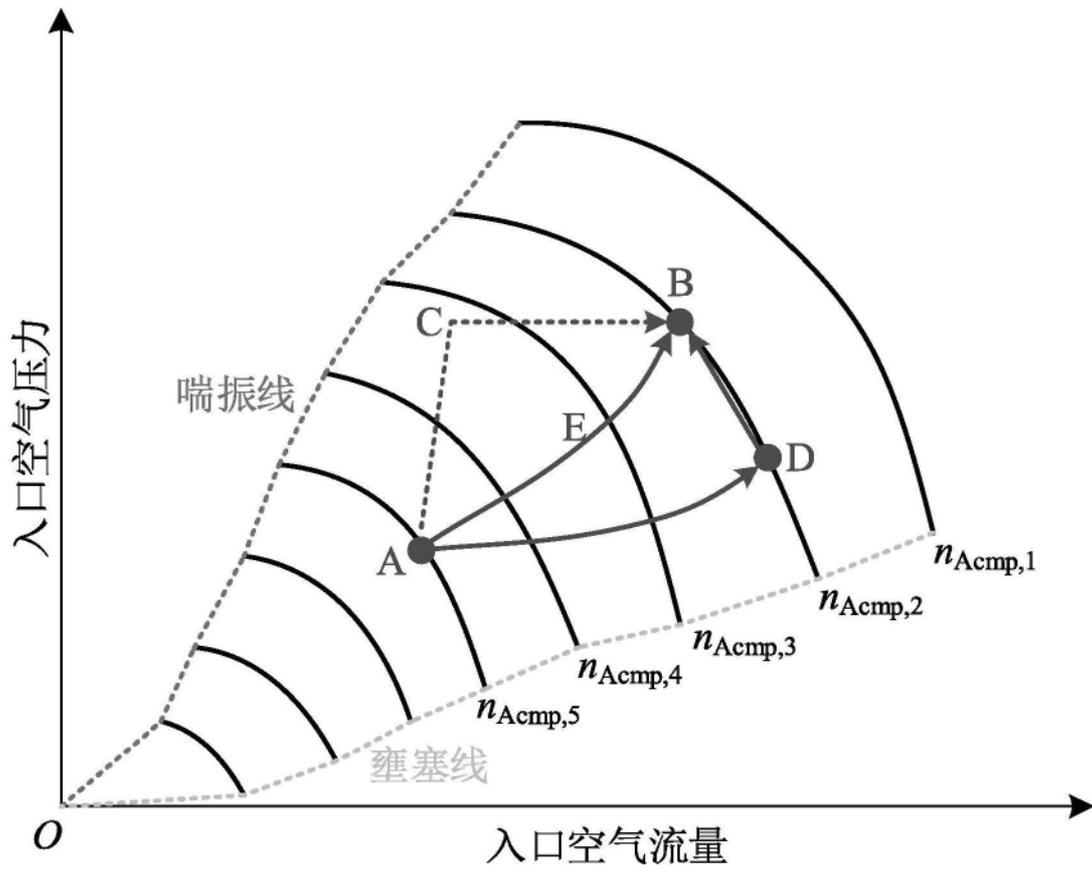


图3