

# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102434414 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 02

(21) 申请号 201110340955. 8

(22) 申请日 2011. 11. 02

(71) 申请人 北京理工大学

地址 100081 北京市海淀区中关村南大街 5 号北京理工大学

(72) 发明人 刘猛 武志文 刘向阳

(51) Int. Cl.

F03H 1/00 (2006. 01)

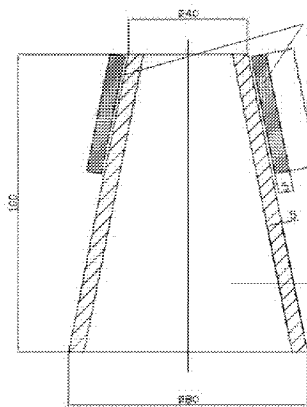
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管

## (57) 摘要

一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管是为了解决电推进系统中等离子体加速过程中的速度浪费问题。本发明涉及可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管设计技术,用于将等离子体的周向速度转化为轴向速度,属于磁流体技术领域。磁喷管作为可变比冲磁等离子体火箭的最后一级,安装在火箭发动机尾端,由喷管和超导线圈组成。其中,喷管安装在火箭发动机壳体的尾端,喷管的形状采用扩张型喷管,其喷管膨胀比(即出口面积与喷管喉部的面积比)为 40 : 1;喷管材料选用耐高温、抗烧蚀的合金材料,以减小烧蚀,减小推力偏心。



1. 一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管,其特征在于:包括喷管和超导线圈;  
其中,喷管的形状采用扩张型喷管,材料为合金材料;喷管安装在火箭发动机壳体的尾端;

超导线圈位于喷管的入口处,并环绕于喷管的前段;材料为合金材料;

磁喷管的磁场由超导线圈产生;从喷管入口到出口方向上超导线圈内的电流方向为顺时针方向,在喷管内部产生发散型强磁场,并利用航天器上的电源为超导线圈供电。

2. 如权利要求1所述的一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管,其特征在于:喷管材料选用3000k-5000k的耐高温、抗烧蚀的钨铜合金。

3. 如权利要求1所述的一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管,其特征在于:超导线圈的材料为铌钛合金。

4. 如权利要求1所述的一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管,其特征在于:喷管膨胀比为40:1。

## 一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管

### 技术领域

[0001] 本发明涉及可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管设计技术,用于将等离子体的周向速度转化为轴向速度,属于磁流体技术领域。

### 背景技术

[0002] 可变比冲磁等离子体火箭与其它推进方式相比,具有推力可变、比冲可调且无电极的优点,可作为未来载人火星计划首选推进方式之一。目前,将可控核聚变作为未来高功率的可变比冲磁等离子体火箭的电源供给方式,但较小功率的可变比冲磁等离子体火箭的电源仍可由太阳能装置供给。较小功率的可变比冲磁等离子体火箭可以用作卫星或空间站的轨道保持及转移用推力器。由于可变比冲磁等离子体火箭适合长时间工作的特点,也可将其用来清理太空垃圾,以及用来摧毁即将撞击地球的小行星、陨石等。

[0003] 可变比冲磁等离子体火箭由螺旋波等离子体源、离子回旋共振加热系统以及磁喷管三部分组成,选用氩气或氢气作为推进剂。氩气或氢气经过螺旋波等离子体源产生高密度的等离子体,然后等离子体流过离子回旋共振加热系统,等离子体温度升高、周向旋转速度变大,即通过离子回旋共振加热系统将等离子体的能量升高。最后经过磁喷管的磁场作用,将等离子体的周向速度在洛伦兹力的作用下转换为轴向速度,完成加速。

[0004] 当等离子体完成喷射而离开航天器的时候,等离子体的速度在周向上还有一部分分量。磁喷管作为可变比冲磁等离子体火箭非常重要的一部分,可以将热等离子体的周向旋转速度转换为轴向速度,而轴向速度正是所需要的速度(轴向速度可以提供给航天器所需的推力)。因此,为了高效地提高变比冲磁等离子体火箭的性能,迫切需要对磁喷管的尺寸、喷管面积膨胀比、线圈位置、喷管内磁场位形及磁场强度进行设计。

### 发明内容

[0005] 本发明目的是为了解决电推进系统中等离子体加速过程中的速度浪费问题,提出一种新的可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管。

[0006] 磁喷管作为可变比冲磁等离子体火箭的最后一级,安装在火箭发动机尾端,由喷管和超导线圈组成。其中,喷管安装在火箭发动机壳体的尾端。喷管的形状采用扩张型,膨胀比(即出口面积与喷管喉部的面积比)为 40 : 1 ;喷管材料选用 3000k-5000k 的耐高温、抗烧蚀的合金材料,例如钨铜合金,以减小烧蚀和推力偏心。

[0007] 磁喷管的磁场由超导线圈产生。超导线圈位于喷管的入口处,并环绕于喷管的前段。从喷管入口到出口方向上超导线圈内的电流方向为顺时针方向,在喷管内部产生发散型强磁场。超导线圈利用航天器上的电源供电。超导线圈采用合金材料,例如铌钛合金,从而使线圈具有良好的导电性能以及长期的工作时间。

[0008] 在火箭工作过程中,进入磁喷管的等离子体要求是完全电离的等离子体。此时,等离子体以高速的周向旋转,同时产生推力所需的轴向速度很小。由于磁喷管沿轴向发散磁场的存在,在洛伦兹力的作用下使周向速度变换为轴向速度,同时轴向速度显著增大,等离

子体沿着轴向喷射出去以后,从而产生航天器所需的推力。

[0009] 由于发散型磁场的存在,等离子体与喷管的内壁面没有直接接触,避免了高温等离子体流对喷管材料的腐蚀。

[0010] 有益效果

[0011] (1) 磁喷管的磁场由通电线圈产生,可以根据任务需求变换不同的工作电流,进而改变磁喷管的磁场强度,使得本发明具有工作范围广的优点;

[0012] (2) 喷管选用耐高温、抗烧蚀的合金材料,可以有效地减小等离子体对磁喷管的腐蚀,发散形磁场可以更进一步的减少等离子体对磁喷管的影响;

[0013] (3) 超导线圈采用铌钛合金,保证了线圈通电后发热问题的解决,使线圈具有良好的导电性及连续工作时间。

[0014] 本发明能明显提高可变比冲磁等离子体火箭的比冲、推力及效率,并为以后设计更大功率的载人火星用等离子体火箭的磁喷管提供设计思路。

#### 附图说明

[0015] 图 1 是本发明的可变比冲磁等离子体火箭磁喷管的结构示意图;

[0016] 其中,1- 喷管、2- 超导线圈。

#### 具体实施方式

[0017] 下面结合附图对本发明的优选实施例作进一步详细说明。

[0018] 实施例

[0019] 一种可变比冲磁等离子体火箭的磁喷管,作为可变比冲磁等离子体火箭的最后一级,安装在火箭发动机的尾端,用来加速 ICRH 级流出高速旋转等离子体。

[0020] 磁喷管由喷管和超导线圈组成,如图 1 所示。其中,喷管安装在火箭发动机壳体的尾端,喷管的形状采用扩张型喷管,其喷管膨胀比(即出口面积与喷管喉部的面积比)为 40 : 1 ;喷管材料选用钨铜合金,以减小烧蚀,减小推力偏心。

[0021] 喷管的入口端外径为 40cm,出口端外径为 80cm,入口端至出口端的距离为 100cm。喷管壁的厚度为 5cm。

[0022] 磁喷管的磁场由超导线圈产生。超导线圈外环绕于喷管的入口端,环绕的长度为 40cm,超导线圈本身的厚度为 5cm。从喷管入口到出口方向上,超导线圈内的电流方向为顺时针方向,工作电流的大小为 1000A。

[0023] 超导线圈利用航天器上的电源供电。超导线圈本身采用铌钛合金,使线圈具有良好的导电性能以及长期的工作时间。由于超导线圈的电流作用,在喷管内部产生发散型强磁场。在本实施例中,超导线圈在喷管内部产生的磁场,在入口处磁场强度是 0.7T,在出口处磁场强度是 0.05T。

[0024] 在火箭工作过程中,进入磁喷管的等离子体要求是完全电离的等离子体。此时,当等离子体流过 ICRH 级的时候,等离子体受到回旋共振的作用得到高速的周向速度旋转,同时产生推力所需的轴向速度很小。由于磁喷管沿轴向发散磁场的存在,在洛伦兹力的作用下周向速度变换为轴向速度,使轴向速度显著增大,等离子体沿着轴向喷射出去以后,从而产生航天器所需的推力。

[0025] 在仿真计算过程中,入口处等离子体以周向 1000m/s,轴向 10m/s 的速度进入喷管,采用同一喷管,在加外部磁场时,轴向速度在出口处加速到 5000m/s 以上,而没有外部磁场的情况下,轴向速度在出口处速度仅为 100m/s。由此可见采用磁喷管可以有效充分的利用磁场加速等离子体,提高了火箭发动机的性能。

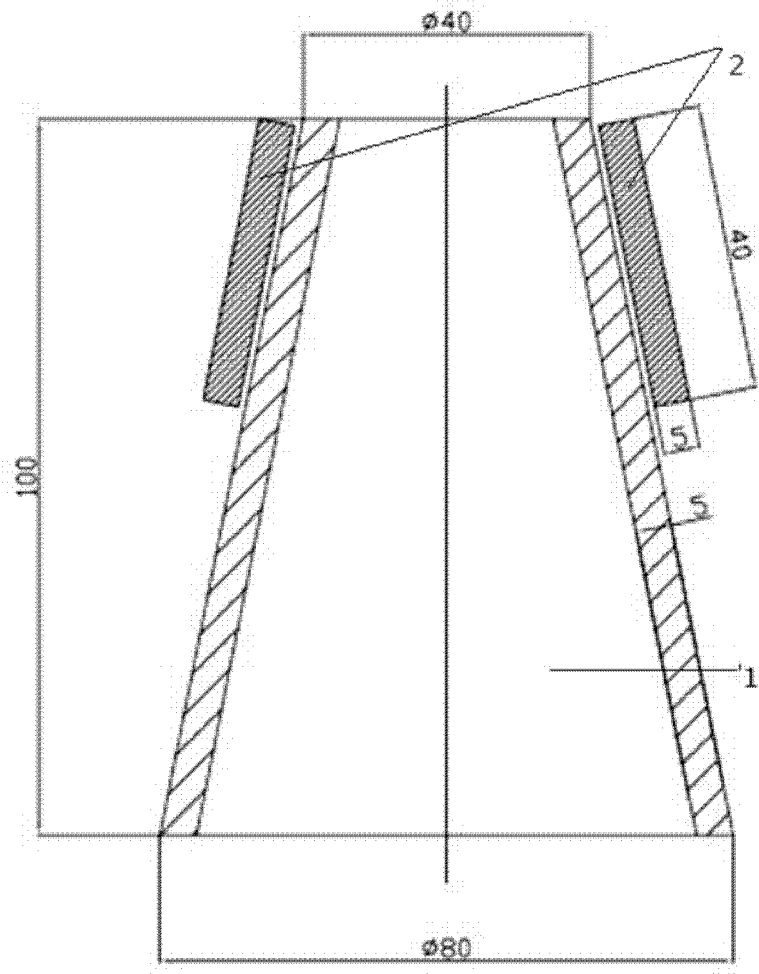


图 1