

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 11 月 16 日 (16.11.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/193507 A1

(51) 国际专利分类号:
B05B 7/12 (2006.01) **B05B 17/06** (2006.01)

国江苏省镇江市京口区江苏大学农业装备工程学院, Jiangsu 212013 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2016/097486

(74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (CN)。

(22) 国际申请日: 2016 年 8 月 31 日 (31.08.2016)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201610319946.3 2016 年 5 月 13 日 (13.05.2016) CN

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市京口区学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。

(72) 发明人: 高建民 (GAO, Jianmin); 中国江苏省镇江市京口区江苏大学农业装备工程学院, Jiangsu 212013 (CN)。 马俊龙 (MA, Junlong); 中

(54) Title: PIEZOELECTRIC TWO-PHASE FLOW ULTRASONIC ATOMIZATION NOZZLE

(54) 发明名称: 一种压电二相流超声雾化喷头

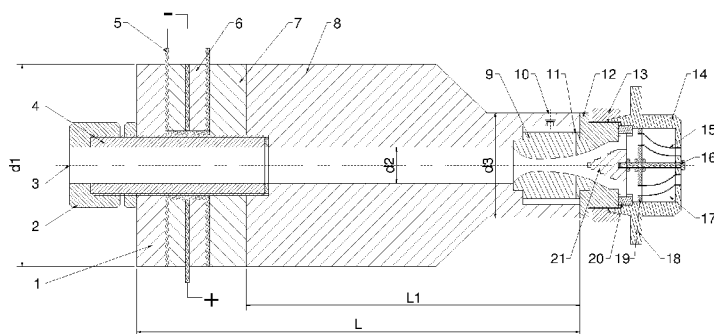


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a piezoelectric two-phase flow ultrasonic atomization nozzle, comprising a piezoelectric vibrator (6), an amplitude transformer (8), a second end cap (12) and a first end cap (14). The piezoelectric vibrator (6) and the amplitude transformer (8) are connected via a connecting bolt (4). An air inlet connector (2) is installed at a tail portion of the connecting bolt (4). The second end cap (12) is fixed to the front end of the amplitude transformer (8). A Laval type valve core (9) is fixed in a stepped hole of the amplitude transformer (8) and a groove of the second end cap (12). A liquid inlet hole (10) is arranged in a wall face of the stepped hole of the amplitude transformer (8). A plurality of flow guide holes (11) is formed at the positions, close to an outlet, of the Laval type valve core (9) in the radial direction. The second end cap (12) is connected to the first end cap (14) in a threaded manner. A radial positioning ring (20) is arranged at a snapping groove of the back end of the first end cap (14). A step type taper valve (21) is installed on the radial positioning ring (20). The step type taper valve (21) and a vibration baffle (19) are connected via an adjusting bolt (16). A resonance chamber (17) is formed between the vibration baffle (19) and the top end of the first end cap (14). A plurality of hoses (15) is arranged in the resonance chamber (17). According to the piezoelectric two-phase flow ultrasonic atomization nozzle, a large number of superfine fog droplets can be generated in a low-energy-consumption operating condition, and the shortcoming that

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

large atomization amount, small grain size, low energy consumption and directed spraying cannot be considered at the same time in the traditional technology is overcome.

(57) 摘要: 一种压电二相流超声雾化喷头, 包括压电振子(6)、变幅杆(8)、第二端盖(12)和第一端盖(14); 压电振子(6)和变幅杆(8)通过连接螺栓(4)连接; 连接螺栓(4)尾部安装进气口接头(2); 变幅杆(8)前端固定第二端盖(12); 拉瓦尔式阀芯(9)固定在变幅杆(8)的阶梯孔和第二端盖(12)的凹槽内; 变幅杆(8)阶梯孔的孔壁面上设有进液孔(10); 拉瓦尔式阀芯(9)靠近出口处沿径向开有多个导流孔(11); 第二端盖(12)螺纹连接第一端盖(14); 第一端盖(14)后端的卡槽处设置有径向定位圈(20); 径向定位圈(20)上安装阶梯型锥阀(21); 阶梯型锥阀(21)和振动隔板(19)通过调节螺栓(16)连接; 振动隔板(19)和第一端盖(14)顶端之间构成共鸣室(17); 共鸣室(17)内设置有多根软管(15)。所述压电二相流超声雾化喷头能够在低能耗工况下产生大量的超细雾滴, 克服传统技术无法同时兼顾雾化量大、粒径细、功耗低、定向喷雾的不足。

一种压电二相流超声雾化喷头

技术领域

本发明属于超声雾化喷头领域，尤其是涉及一种压电二相流超声雾化喷头。

背景技术

目前，在超声雾化技术领域，产生超声振动的方法主要有两种：一种是利用电声换能器产生超声，另一种是利用流体做动力来产生超声。这两种方法有各自的优缺点，利用电声换能器雾化喷头产生的雾滴均匀、能耗小，雾滴粒径随压电振子设计频率变化而变化，频率越高雾滴粒径越小，缺点是雾化量小，且雾滴随意飘散没有方向性；利用流体动力式超声雾化方式，雾化量大且可以定向将雾滴吹送到指定区域，其缺点是在气体压力较小时，其雾滴粒径粗大且不均匀，若想得到精细雾滴则需提供高压、大流量的压缩空气，能耗较高。

发明内容

针对现有技术中存在无法同时兼具雾化量大、粒径细、功耗低、定向喷雾的不足，本发明提供了一种压电二相流超声雾化喷头，通过将压电超声雾化和流体动力式超声雾化的有机结合，能够实现低能耗工况下产生大量的超细雾滴。

本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

一种压电二相流超声雾化喷头，包括进气口接头、连接螺栓、压电振子、变幅杆、拉瓦尔式阀芯、阶梯型锥阀、第二端盖和第一端盖；所述压电振子和变幅杆通过中空的连接螺栓固定连接；所述连接螺栓尾部与进气口接头连接；所述变幅杆前端固定连接第二端盖；所述拉瓦尔式阀芯的一端固定在变幅杆顶部的阶梯孔内，另一端固定在所述第二端盖后端面的凹槽内；所述变幅杆阶梯孔的孔壁面上设有进液孔；所述拉瓦尔式阀芯靠近出口处沿径向开有多个导流孔；拉瓦尔式阀芯外圆面和变幅杆阶梯孔的内圆面之间形成环型腔；所述第二端盖的中孔为圆锥形；所述第二端盖螺纹连接第一端盖；所述第一端盖后端的卡槽处设置有径向定位圈；所述径向定位圈上安装有阶梯型锥阀；所述阶梯型锥阀的底部开有螺纹孔，振动隔板中心开有螺纹孔，所述阶梯型锥阀和振动隔板通过调节螺栓连接；所述振动隔板和第一端盖顶端之间构成共鸣室；所述共鸣室内设置有多根软管；所述软管的一端连接振动隔板的通孔，另一端连接第一端盖的通孔。

进一步的，所述阶梯型锥阀锥角为 40° ，圆锥面为阶梯型，阶梯的高度和宽度均为

1.5mm，阶梯型锥阀的底部沿圆周均布 3 个定位键；所述径向定位圈沿圆周均匀开设有 3 个矩形槽；所述阶梯型锥阀的 3 个定位键分别位于径向定位圈的 3 个矩形槽中；所述第二端盖的圆锥孔锥角为 40° ，圆锥孔入口直径为 4.5mm。

进一步的，所述振动隔板为圆形板，且均匀开设有 5 个通孔；所述第一端盖为圆形端盖，且均匀开设有 5 个通孔；所述共鸣室内设置有 5 根软管，所述软管的入口和出口连线与第一端盖轴线成 21° 夹角，所述软管和振动隔板、第一端盖之间采用插拔插头连接。

进一步的，所述拉瓦尔式阀芯收缩段入口直径为 5mm，喉口直径为 2mm，扩张段出口直径为 3.5mm，拉瓦尔式阀芯入口端和出口端都设置有凸台，入口端凸台卡在变幅杆顶部阶梯孔后端内，出口端的凸台卡在第二端盖的凹槽内。

进一步的，所述进液孔位于变幅杆阶梯孔的孔壁面中心处，所述环型腔厚度为 1.3-1.7mm，所述导流孔的直径为 1.5-2mm；所述拉瓦尔式阀芯靠近出口处沿径向均匀开有 3 个导流孔。

进一步的，所述第一端盖开口端外圆面为圆锥形，所述第一端盖和第二端盖外侧套有防松螺母；所述防松螺母与第一端盖接触部位为内圆锥面，内圆锥面的圆锥角与第一端盖的外圆锥面的圆锥角相等，均为 $10-15^{\circ}$ 。

进一步的，所述防松螺母的内圆锥面为偏心结构，其轴心与第一端盖外圆锥面的轴心偏离 1-1.2mm；所述第一端盖外圆面上设有法兰。

进一步的，所述压电振子依次包括压电振子后盖板、铜片电极和压电振子前盖板；所述压电振子后盖板、铜片电极、压电振子前盖板、变幅杆和第二端盖之间均采用金属胶固定连接。

进一步的，所述第一端盖、第二端盖、振动隔板的材料为不锈钢 304；所述变幅杆为带圆锥过渡面的阶梯型变幅杆，材料为硬铝 7075。

进一步的，所述压电振子后端至变幅杆前端距离 L 为 94mm；所述变幅杆的长度 L1 为声波在变幅杆中的一个波长，即 66mm，变幅杆小端直径为 19mm；第二端盖下端面至第一端盖下端面的距离 L2 为声波在第二端盖和第一端盖内波长的一半，即 26mm；所述压电振子直径和变幅杆直径 d1 相同，均为 30mm；所述连接螺栓和变幅杆中心孔直径 d2 为 5mm。

本发明的有益效果：

(1) 利用本发明所述压电二相流超声雾化喷头，使得雾滴在受到超声雾化之前，在

超音波的强能量的作用下发生第一次雾化，又在超音速气流带动下撞击阶梯型锥阀发生第二次雾化，之后经过两次雾化的雾滴群在高压气体的作用下进入共鸣室内的软管中，共鸣室的本征频率和二相流体的脉动频率一致时产生共振，在共鸣室内液滴实现第三次雾化，经过三次雾化的雾滴，飞出喷嘴后打在第一端盖封闭端端面上，在超声振动作用下实现第四次雾化；而传统的压电式超声雾化器雾化的对象是液膜，所以本发明比传统压电式超声雾化喷头的雾化量更大，雾滴更小。

(2) 在变幅杆作用下，第二端盖和阶梯型锥阀会发生轴向振动，但由于两者振幅不同，使得环型通道的通道截面积发生周期性的变化，二流体射流通过拉瓦尔式阀芯扩张段出口进入阶梯型锥阀和第二端盖内圆锥面之间的环型通道时，产生压力波动，在周期性压力波动的作用下会变为超音速脉动流体，脉动气流对雾滴的进一步破裂起到积极作用；在喷头出口处增加了共鸣室，经过三次雾化的雾滴在共鸣室里在声波的作用下进一步破裂变小，使雾滴更加均匀。

(3) 在拉瓦尔式阀芯前端设置阶梯型锥阀，使得由拉瓦尔式阀芯出来的二相流体在高速通过环型通道时增加了与锥阀撞击的机会，有利于雾滴的进一步破碎。

(4) 与传统哈特曼式共振腔的共振方式不同，本发明中二相流体通过拉瓦尔式阀芯扩张段出口进入阶梯型锥阀和第二端盖内圆锥面之间的环型通道时，产生压力波动，引起二相流体的振荡，其振荡状态受供气压力、供液压力、供气量、液体密度等多种因素的影响。同时，在变幅杆作用下，第二端盖和阶梯型锥阀会发生轴向振动，但由于两者振幅不同，使得环型通道的横截面积发生周期性的变化，从而引起二相流体周期性的脉动。二相流体的脉动引起共鸣室振动隔板周期性的振动，当共鸣室的本征频率和二相流体的脉动频率一致时即发生共振。二相流体的脉动频率受环境温度影响较大，而共鸣室的本征频率是基本不变的，所以传统的流体动力式超声雾化喷头使共鸣室产生超声振动比较困难。而本发明所述的二流体脉动频率主要受变幅杆的轴向振动频率的影响，而在很大程度上减弱了对环境温度等因素的依赖。

附图说明

图 1 为本发明所述压电二相流超声雾化喷头的结构示意图。

图 2 为图 1 中 A 处局部放大图。

图 3 为图 2 中 B 处的爆炸图。

图 4 为阶梯型锥阀和径向定位圈的装配示意图。

图 5 为喷头截面位置与其对应轴向位移幅值关系。

附图标记说明如下：

1-压电振子后盖板，2-进气口接头，3-进气孔，4-连接螺栓，5-铜片电极，6-压电振子，7-压电振子前盖板，8-变幅杆，9-拉瓦尔式阀芯，10-进液孔，11-导流孔，12-第二端盖，13-防松螺母，14-第一端盖，15-软管，16-调节螺栓，17-共鸣室，18-法兰，19-振动隔板，20-径向定位圈，21-阶梯型锥阀。

具体实施方式

下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明，但本发明的保护范围并不限于此。

如图1和图2所示，一种压电二相流超声雾化喷头，包括进气口接头2、连接螺栓4、压电振子6、变幅杆8、拉瓦尔式阀芯9、阶梯型锥阀21、第二端盖12和第一端盖14；所述压电振子6和变幅杆8通过中空的连接螺栓4固定连接；所述连接螺栓4尾部与进气口接头2连接；所述变幅杆8前端采用金属胶固定连接第二端盖12。所述变幅杆8为带圆锥过渡面的阶梯型变幅杆，材料为硬铝7075；所述变幅杆8的长度L1为声波在变幅杆8的一个波长，即66mm，变幅杆8小端直径为19mm；变幅杆8的顶部开设有阶梯孔，阶梯孔的深度为10-13mm；变幅杆8的阶梯孔上端面中心处开有进液孔10，进液孔10与拉瓦尔式阀芯9轴线中点相对应；所述第二端盖12的后端面开设有凹槽，所述第二端盖12的中孔为圆锥形，所述第二端盖12的圆锥孔锥角为 40° ，圆锥孔入口直径为4.5mm。所述拉瓦尔式阀芯9收缩段入口直径为5mm，喉口直径为2mm，收缩段的轴向长度为喉口面积的4-6倍。扩张段出口直径为3.5mm，扩张段的设计形式是维托辛斯基曲线，喉口部位设计为圆弧。拉瓦尔式阀芯9入口端和出口端都设置有凸台，入口端凸台卡在变幅杆8顶部阶梯孔后端内，出口端的凸台卡在第二端盖12的凹槽内，这样就保证了拉瓦尔式阀芯9安装时与喷头外圆面的同心度。所述拉瓦尔式阀芯9靠近出口处沿径向均匀开有3个导流孔11，所述导流孔11的直径为1.5-2mm；拉瓦尔式阀芯9外圆面和变幅杆8阶梯孔的内圆面之间形成环型腔。

所述第二端盖12螺纹连接第一端盖14；所述第一端盖14开口端外圆面为圆锥形，所述第一端盖14和第二端盖12外侧套有防松螺母13；所述防松螺母13与第一端盖14接触部位为内圆锥面，内圆锥面的圆锥角与第一端盖14的外圆锥面的圆锥角相等，均为 $10-15^{\circ}$ ，防松螺母13的凹面是偏心的，这样防松螺母13像楔子一样将第一端盖14楔紧，以防止第一端盖14在高频振动时松动。所述环型腔厚度为1.3-1.7mm；第一端盖14端面为最大振幅位置，该通道内的液体形成一层液膜，液膜的厚度为1.3-1.7mm，液膜在

第一端盖 14 端面上发生超声雾化。

所述第一端盖 14 后端的卡槽处设置有径向定位圈 20；如图 3 和图 4 所示，阶梯型锥阀 21 锥角为 40° ，圆锥面为阶梯型，阶梯的高度和宽度均为 1.5mm，阶梯型锥阀 21 的底部沿圆周均布 3 个定位键；所述径向定位圈 20 沿圆周均匀开设有 3 个矩形槽；所述阶梯型锥阀 21 的 3 个定位键分别位于径向定位圈 20 的 3 个矩形槽中，并可通过调节螺栓 16 沿轴线调节阶梯型锥阀 21 相对于拉瓦尔式阀芯 9 出口的位置，拉瓦尔式阀芯 9 出口处的横截面积也随之发生变化，从而调节拉瓦尔式阀芯 9 出口处流体的速度；所述阶梯型锥阀 21 的轴向调节范围为 0-6mm，使得拉瓦尔式阀芯 9 出口处流体的速度在 1.8 至 2.2 马赫之间变化，其理论依据如下所述：

$Q = A\rho V$ ， Q 是流量， A 是管的截面积， V 是在截面 A 处的气流速度，

再由气体运动欧拉方程 $dP = -dV\rho V$ ，

推导出 $\frac{dA}{A} = (M^2 - 1)\frac{dV}{V}$ ， M 是马赫数，

因此当流体速度大于音速时，流体速度随截面积变大而变大，随截面积变小而变小；当流体速度小于音速时，流体速度随截面积变小而变小，反之亦然。

再由拉瓦尔喷管截面比公式：
$$\frac{A}{A^*} = \frac{1}{M} \left[\left(\frac{2}{\gamma+1} \right) \left(1 + \frac{\gamma-1}{2} M^2 \right) \right]^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}$$

其中 A 是管道任意位置截面积， A^* 是喉管截面积了， γ 是比热容比， M 是管道任意位置流体马赫数。取空气的比热容比 $\gamma=1.4$ ，拉瓦尔管扩张段出口初始直径为 3.5mm，喉口直径 2mm，得到拉瓦尔管扩张段出口处马赫数为 2.2，同时，通过调节阶梯型锥阀的轴向位置，使拉瓦尔管出口处的流道截面积发生变化，变化范围为 4.5-9.6mm²，从而出口处流体速度变化范围为 1.8-2.2 马赫。

所述阶梯型锥阀 21 的底部开有螺纹孔，振动隔板 19 中心开有螺纹孔，所述阶梯型锥阀 21 和振动隔板 19 通过调节螺栓 16 连接。所述振动隔板 19 为圆形板，且均匀开设有 5 个通孔；所述第一端盖 14 为圆形端盖，且均匀开设有 5 个通孔；所述振动隔板 19 和第一端盖 14 顶端之间构成共鸣室 17，所述共鸣室 17 的本征频率为 55-65kHz。所述共鸣室 17 内设置有 5 根软管 15，每根软管 15 的一端连接振动隔板 19 的通孔，另一端连接第一端盖 14 的通孔。所述软管 15 的入口和出口连线与第一端盖 14 轴线成 21° 夹角，所述软管 15 和振动隔板 19、第一端盖 14 之间采用插拔插头连接；当调节振动隔板 19

的轴向位置时，塑胶软管 15 会随着拉伸和压缩。所述第一端盖 14 外圆面上设有法兰 18，法兰 18 用以限制第一端盖 14 的轴向振幅，以减小由于变幅杆 8 的振动对共鸣室 17 本征频率的影响。

所述压电振子 6 依次包括压电振子后盖板 1、3 片铜片电极 5 和压电振子前盖板 7；由压电振子后盖板 1、3 片铜片电极 5、压电振子前盖板 7 和变幅杆 8 组成的超声雾化喷头的主体的振动频率为 55-65kHz；所述压电振子后盖板 1、3 片铜片电极 5、压电振子前盖板 7 和变幅杆 8 之间均采用金属胶固定连接。所述第一端盖 14、第二端盖 12、振动隔板 19 的材料为不锈钢 304。

如图 5 所示，所述压电振子 6 后端至变幅杆 8 前端距离 L 为 94mm；第二端盖 12 下端面至第一端盖 14 上端面的距离 L2 为声波在第二端盖 12 和第一端盖 14 内波长的一半，即 26mm；所述压电振子 6 直径和变幅杆 8 直径 d1 相同，均为 30mm；所述连接螺栓 4 和变幅杆 8 的内径 d2 为 5mm。本发明高压气体由空压机供给，进气管道与喷头尾部的进气孔 3 连接；待雾化液体由补液泵抽送至进液孔 10；超声雾化喷头的主体由驱动电源驱动，第一、三片铜片电极 5 接电源负极，第二片铜片电极 5 接电源正极，驱动频率为 55-65kHz。

工作过程：

高压气体（4.5-5.5bar）由喷头尾部的进气接口 2 进入，经过拉瓦尔式阀芯 9 后气体被加速至超音速（1.8-2.2 马赫），待雾化液体由补液泵抽送至进液孔 10 流入，液体充满拉瓦尔式阀芯 9 与变幅杆 8 阶梯孔内圆面之间的空隙后，经过导流孔 11，在拉瓦尔式阀芯 9 出口附近流入并与超音速气流汇合实现第一次雾化，雾化后的液滴随高速气流撞击阶梯型锥阀 21 实现第二次雾化；二相流体通过拉瓦尔式阀芯 9 扩张段出口进入阶梯型锥阀 21 和第二端盖 12 内圆锥面之间的环型通道时，产生压力波动，引起二相流体的振荡，同时，在变幅杆 8 作用下，第二端盖 12 和阶梯型锥阀 21 会发生轴向振动，但由于两者振幅不同，使得环型通道的横截面积发生周期性的变化，从而引起二相流体周期性的脉动，所述共鸣室 17 的本征频率和二相流体的脉动频率一致时产生共振，经过两次雾化的雾滴群在高压气体的作用下进入共鸣室 17 内的软管 15 中，在共鸣室 17 内液滴实现第三次雾化，需要说明的是，二相流体的脉冲状态及共鸣室的本征频率会受多种因素的影响，比如压力、温度、液体密度等，需要经过反复试验找到共振点；第一端盖 14 在压电振子 6 的作用下沿轴向超声振动，经过三次雾化的液滴由喷嘴飞出后，一部分液滴撞击到第一端盖 14 的端面，在超声振动作用下实现第四次雾化，同时，残留在第一端盖 14 端面

的液膜在超声振动作用下实现超声雾化。每一次雾化都使雾滴群中直径较大的雾滴粒径进一步变小，经过四次雾化后雾滴粒径更加均匀，雾化量显著提高。

所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的前提下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，包括进气口接头（2）、连接螺栓（4）、压电振子（6）、变幅杆（8）、拉瓦尔式阀芯（9）、阶梯型锥阀（21）、第二端盖（12）和第一端盖（14）；所述压电振子（6）和变幅杆（8）通过中空的连接螺栓（4）固定连接；所述连接螺栓（4）尾部与进气口接头（2）连接；所述变幅杆（8）前端固定连接第二端盖（12）；所述拉瓦尔式阀芯（9）的一端固定在变幅杆（8）顶部的阶梯孔内，另一端固定在所述第二端盖（12）后端面的凹槽内；所述变幅杆（8）阶梯孔的孔壁面上设有进液孔（10）；所述拉瓦尔式阀芯（9）靠近出口处沿径向开有多个导流孔（11）；拉瓦尔式阀芯（9）外圆面和变幅杆（8）阶梯孔的内圆面之间形成环型腔；所述第二端盖（12）的中孔为圆锥形；所述第二端盖（12）螺纹连接第一端盖（14）；所述第一端盖（14）后端的卡槽处设置有径向定位圈（20）；所述径向定位圈（20）上安装有阶梯型锥阀（21）；所述阶梯型锥阀（21）的底部开有螺纹孔，振动隔板（19）中心开有螺纹孔，所述阶梯型锥阀（21）和振动隔板（19）通过调节螺栓（16）连接；所述振动隔板（19）和第一端盖（14）顶端之间构成共鸣室（17）；所述共鸣室（17）内设置有多根软管（15）；所述软管（15）的一端连接振动隔板（19）的通孔，另一端连接第一端盖（14）的通孔。

2. 根据权利要求 1 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述阶梯型锥阀（21）锥角为 40° ，圆锥面为阶梯型，阶梯的高度和宽度均为 1.5mm，阶梯型锥阀（21）的底部沿圆周均布 3 个定位键；所述径向定位圈（20）沿圆周均匀开设有 3 个矩形槽；所述阶梯型锥阀（21）的 3 个定位键分别位于径向定位圈（20）的 3 个矩形槽中；所述第二端盖（12）的圆锥孔锥角为 40° ，圆锥孔入口直径为 4.5mm。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述振动隔板（19）为圆形板，且均匀开设有 5 个通孔；所述第一端盖（14）为圆形端盖，且均匀开设有 5 个通孔；所述共鸣室（17）内设置有 5 根软管（15），所述软管（15）的入口和出口连线与第一端盖（14）轴线成 21° 夹角，所述软管（15）和振动隔板（19）、第一端盖（14）之间采用插拔插头连接。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述拉瓦尔式阀芯（9）收缩段入口直径为 5mm，喉口直径为 2mm，扩张段出口直径为 3.5mm，拉瓦尔式阀芯（9）入口端和出口端都设置有凸台，入口端凸台卡在变幅杆（8）顶部阶梯孔

后端内，出口端的凸台卡在第二端盖（12）的凹槽内。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述进液孔（10）位于变幅杆（8）阶梯孔的孔壁面中心处，所述环型腔厚度为 1.3-1.7mm，所述导流孔的直径为 1.5-2mm；所述拉瓦尔式阀芯（9）靠近出口处沿径向均匀开有 3 个导流孔（11）。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述第一端盖（14）开口端外圆面为圆锥形，所述第一端盖（14）和第二端盖（12）外侧套有防松螺母（13）；所述防松螺母（13）与第一端盖（14）接触部位为内圆锥面，内圆锥面的圆锥角与第一端盖（14）的外圆锥面的圆锥角相等，均为 10-15°。

7. 根据权利要求 6 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述防松螺母（13）的内圆锥面为偏心结构，其轴心与第一端盖（14）外圆锥面的轴心偏离 1-1.2mm；所述第一端盖（14）外圆面上设有法兰（18）。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述压电振子（6）依次包括压电振子后盖板（1）、铜片电极（5）和压电振子前盖板（7）；所述压电振子后盖板（1）、铜片电极（5）、压电振子前盖板（7）、变幅杆（8）和第二端盖（12）之间均采用金属胶固定连接。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述第一端盖（14）、第二端盖（12）、振动隔板（19）的材料为不锈钢 304；所述变幅杆（8）为带圆锥过渡面的阶梯型变幅杆，材料为硬铝 7075。

10. 根据权利要求 1 或 2 所述的一种压电二相流超声雾化喷头，其特征在于，所述压电振子（6）后端至变幅杆（8）前端距离 L 为 94mm；所述变幅杆（8）的长度 L1 为声波在变幅杆（8）中的一个波长，即 66mm，变幅杆（8）小端直径为 19mm；第二端盖（12）下端面至第一端盖（14）上端面的距离 L2 为声波在第二端盖（12）和第一端盖（14）内波长的一半，即 26mm；所述压电振子（6）直径和变幅杆（8）直径 d1 相同，均为 30mm；所述连接螺栓（4）和变幅杆（8）中心孔直径 d2 为 5mm。

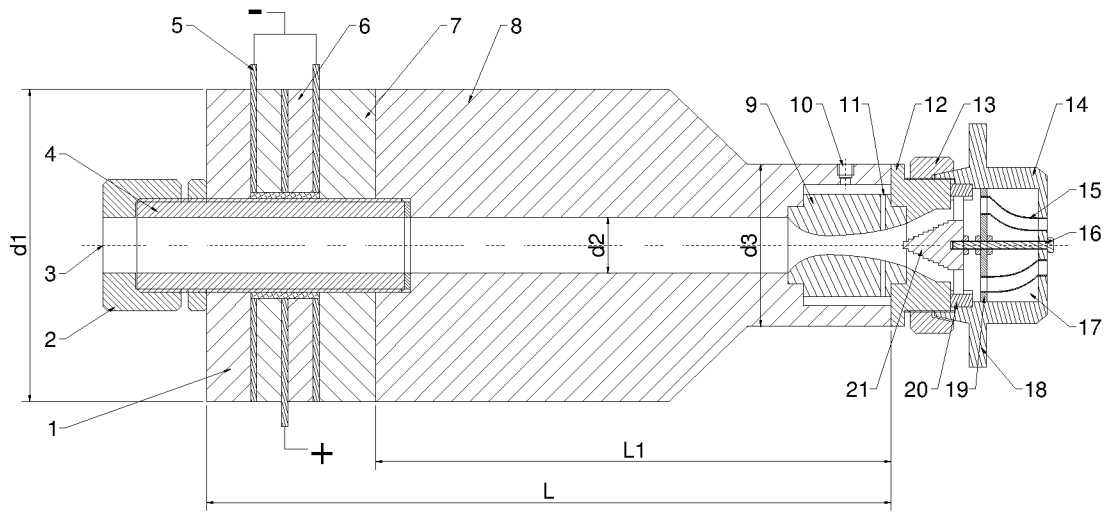


图 1

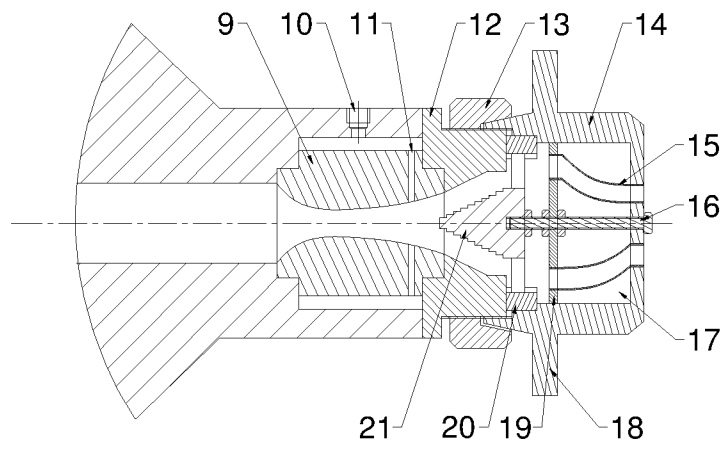


图 2

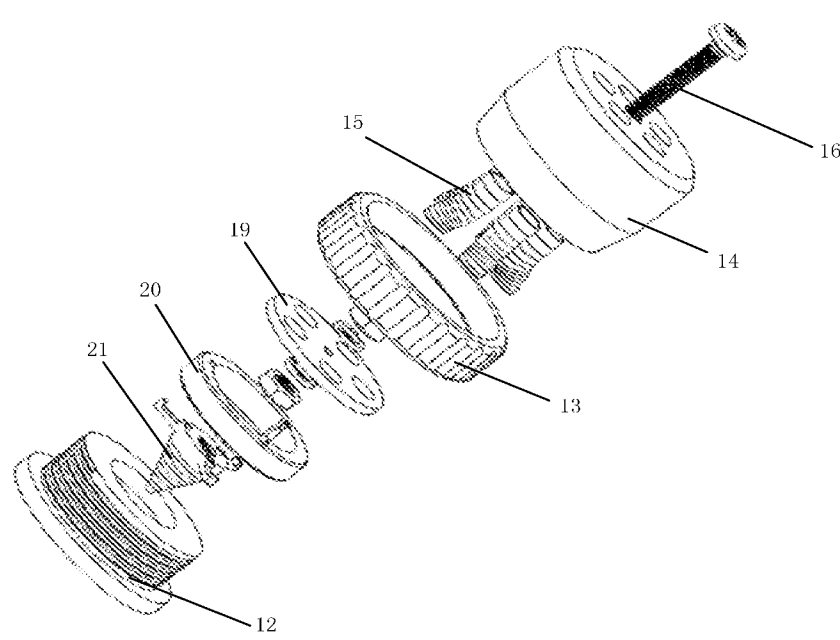


图 3

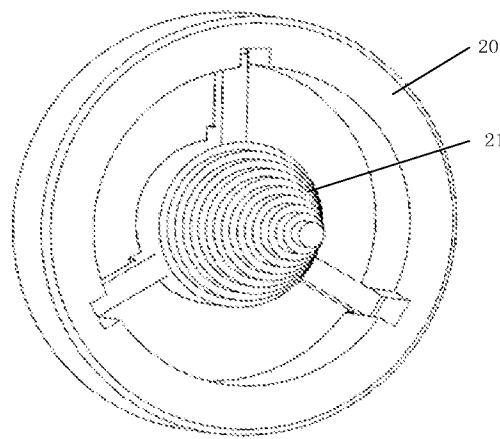


图 4

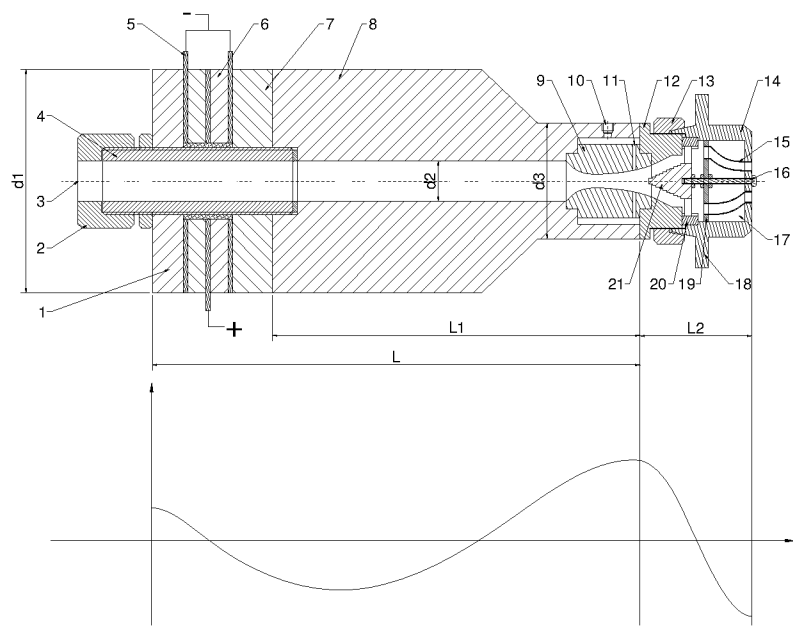


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/097486

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B05B 7/12 (2006.01) i; B05B 17/06 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B05B; F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI; CNABS; VEN: valve, cone, amplitude of variation, ultrasound, resonance, flexible pipe, pipe, separate, plate, separator, two-phase flow, gradual enlargement, gradual reduction, scaling, Laval, Rafal, conical, core, ladder+, step+, stage+, bench+, stair+, converg+, laval, convergent-divergent, diverg+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105834054 A (JIANGSU UNIVERSITY), 10 August 2016 (10.08.2016), claims 1-10	1-10
A	CN 205020305 U (DONGGUAN CHANGYUAN SPRAYING TECHNOLOGY CO., LTD.), 10 February 2016 (10.02.2016), description, paragraphs 11-14, and figures 1-2	1-10
A	CN 102500502 A (SUZHOU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY), 20 June 2012 (20.06.2012), the whole document	1-10
A	CN 201052492 Y (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY), 30 April 2008 (30.04.2008), the whole document	1-10
A	CN 1764505 A (HAIUN, J.), 26 April 2006 (26.04.2006), the whole document	1-10
A	DE 2330168 A1 (HENGESBACH, R.W.), 02 January 1975 (02.01.1975), the whole document	1-10
A	GB 767886 A (ALEXANDER, G.H.), 06 February 1957 (06.02.1957), the whole document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 04 January 2017 (04.01.2017)	Date of mailing of the international search report 08 February 2017 (08.02.2017)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer MA, Xiaoyan Telephone No.: (86-10) 62085259

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/097486

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105834054 A	10 August 2016	None	
CN 205020305 U	10 February 2016	None	
CN 102500502 A	20 June 2012	CN 102500502 B	10 February 2016
CN 201052492 Y	30 April 2008	None	
CN 1764505 A	26 April 2006	RU 2005132597 A	10 March 2006
		US 7753286 B2	13 July 2010
		DE 602004012985 T2	28 May 2009
		EP 1606064 A2	21 December 2005
		AT 391562 T	15 April 2008
		WO 2004085073 A2	07 October 2004
		CN 100525931 C	12 August 2009
		JP 2006521199 A	21 September 2006
		WO 2004085073 A3	28 October 2004
		US 2007176022 A1	02 August 2007
		FR 2852867 B1	03 June 2005
		CA 2519273 A1	07 October 2004
		BR PI0408776 A	28 March 2006
		DE 602004012985 D1	21 May 2008
		DK 1606064 T3	21 July 2008
		CA 2519273 C	19 May 2009
		PT 1606064 E	22 August 2008
		EP 1606064 B1	09 April 2008
		RU 2301710 C2	27 June 2007
		FR 2852867 A1	01 October 2004
		ES 2305751 T3	01 November 2008
		JP 4493647 B2	30 June 2010
DE 2330168 A1	02 January 1975	None	
GB 767886 A	06 February 1957	None	

A. 主题的分类 B05B 7/12 (2006.01) i; B05B 17/06 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) B05B; F16K 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNKI; CNABS; VEN: 阀, 锥, 芯, 变幅, 台阶, 阶梯, 楼梯, 超声, 共鸣, 共振, 共震, 软管, 管, 隔, 板, 隔板, 二相流, 两相流, 渐扩, 渐缩, 缩放, 拉瓦尔, 拉格尔, 拉法尔, conical, core, ladder+, step+, stage+, bench+, stair+, converg+, laval, convergent-divergent, diverg+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105834054 A (江苏大学) 2016年 8月 10日 (2016 - 08 - 10) 权利要求1-10	1-10
A	CN 205020305 U (东莞市长原喷雾技术有限公司) 2016年 2月 10日 (2016 - 02 - 10) 说明书第11-14段、附图1-2	1-10
A	CN 102500502 A (苏州科技学院) 2012年 6月 20日 (2012 - 06 - 20) 全文	1-10
A	CN 201052492 Y (中国矿业大学) 2008年 4月 30日 (2008 - 04 - 30) 全文	1-10
A	CN 1764505 A (约瑟夫 艾安) 2006年 4月 26日 (2006 - 04 - 26) 全文	1-10
A	DE 2330168 A1 (HENGESBACH ROBERT WILLIAMS) 1975年 1月 2日 (1975 - 01 - 02) 全文	1-10
A	GB 767886 A (GEORGE HERBERT ALEXANDER) 1957年 2月 6日 (1957 - 02 - 06) 全文	1-10
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2017年 1月 4日		国际检索报告邮寄日期 2017年 2月 8日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 马晓雁 电话号码 (86-10) 62085259

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/097486

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105834054	A	2016年 8月 10日	无			
CN	205020305	U	2016年 2月 10日	无			
CN	102500502	A	2012年 6月 20日	CN	102500502	B	2016年 2月 10日
CN	201052492	Y	2008年 4月 30日	无			
CN	1764505	A	2006年 4月 26日	RU	2005132597	A	2006年 3月 10日
				US	7753286	B2	2010年 7月 13日
				DE	602004012985	T2	2009年 5月 28日
				EP	1606064	A2	2005年 12月 21日
				AT	391562	T	2008年 4月 15日
				WO	2004085073	A2	2004年 10月 7日
				CN	100525931	C	2009年 8月 12日
				JP	2006521199	A	2006年 9月 21日
				WO	2004085073	A3	2004年 10月 28日
				US	2007176022	A1	2007年 8月 2日
				FR	2852867	B1	2005年 6月 3日
				CA	2519273	A1	2004年 10月 7日
				BR	PI0408776	A	2006年 3月 28日
				DE	602004012985	D1	2008年 5月 21日
				DK	1606064	T3	2008年 7月 21日
				CA	2519273	C	2009年 5月 19日
				PT	1606064	E	2008年 8月 22日
				EP	1606064	B1	2008年 4月 9日
				RU	2301710	C2	2007年 6月 27日
				FR	2852867	A1	2004年 10月 1日
				ES	2305751	T3	2008年 11月 1日
				JP	4493647	B2	2010年 6月 30日
DE	2330168	A1	1975年 1月 2日	无			
GB	767886	A	1957年 2月 6日	无			