

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B02C 19/06 (2006.01)

B05D 1/04 (2006.01)

B05B 5/00 (2006.01)



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510040633.6

[45] 授权公告日 2009年3月18日

[11] 授权公告号 CN 100469452C

[22] 申请日 2005.6.20

[21] 申请号 200510040633.6

[73] 专利权人 张爱华

地址 210008 江苏省南京市太平北路122号18幢1205室

[72] 发明人 张爱华 张继中

[56] 参考文献

US20050048274A1 2005.3.3

US6110590A 2000.8.29

CN1715463A 2006.1.4

US2003150739A1 2003.8.14

CN1546754A 2004.11.17

US5873523A 1999.2.23

CN1493720A 2004.5.5

CN1493719A 2004.5.5

从电纺丝到电喷离子化制备核壳纳米粒子. 郝秀峰, 李振宇, 李冬妹, 王策. 高等学校化学学报, 第26卷第2期. 2005

电纺丝法制聚合物纳米纤维. 徐灿灿. 化工新型材料, 第32卷第12期. 2004

静电纺丝制备生物降解性聚合物超细纤维. 袁晓燕, 董存海, 赵瑾, 姚康德. 天津大学学报, 第36卷第6期. 2003

审查员 李晓丽

[74] 专利代理机构 南京天华专利代理有限责任公司

代理人 夏平 瞿网兰

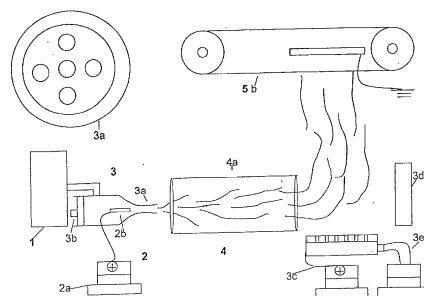
权利要求书2页 说明书20页 附图2页

[54] 发明名称

制备超细材料的高速流体电喷射的方法及系统

[57] 摘要

本发明公开了一种制备超细材料高速流体电喷射方法,其特征是包括以下步骤:a、首先使被加工材料流体化;b、其次使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动,包括使已流体化的被加工材料通过施加有压力的喷嘴喷出得到所需的超细化材料,其体积流速介于10毫升/小时~10升/秒,线流速介于1.5毫米/秒~1000米/秒,且流体的线流速在至少一个时间段大于0.5米/秒的速率高速流动,并在流体化的被加工材料的流动过程的全部或部分时间段内荷电,荷电电场介于0.1V/毫米~1000kV/毫米;c、通过收集装置将上述超细化加工后的被加工材料收集即得本发明的超细化材料。加工设备主要包括高速射流设备、荷电设备、收集设备。有利于提高超细材料的制造效率,降低制造成本。



- 1、一种制备超细材料高速流体电喷射方法，其特征是包括以下步骤：
  - a、首先使被加工材料流体化；
  - b、其次使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动，包括使已流体化的被加工材料通过施加有压力的喷嘴喷出得到所需的超细化材料，其体积流速介于 10 毫升/小时~10 升/秒，线流速介于 1.5 毫米/秒~1000 米/秒，且流体的线流速在至少一个时间段大于 0.5 米/秒的速率高速流动，并在流体化的被加工材料的流动过程的全部或部分时间段内荷电，荷电电场介于 0.1 V / 毫米~1000kV /毫米；
  - c、通过收集装置将上述超细化加工后的被加工材料收集即得本发明的超细化材料；

其中：

所述的在使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动过程中还包括荷电流体的运动控制、温度控制、超声波控制、化学反应、作用力控制或旋转控制进而使被加工进一步细化，所述的化学反应对被加工材料的改性，化学反应可以只有一种反应，也可以有多种反应，当有多种反应时，反应可以同时发生，也可以在不同时间、不同位置发生，化学反应包括聚合、交联、接枝、取代、加成、消除、配合、沉淀、分解、中和类有机或无机反应；所述的旋转控制包括旋转电场控制、旋转磁场技术及旋转轨道控制，旋转电场、旋转磁场的频率介于  $10^{-3}\text{Hz}$ ~ $10^9\text{Hz}$ ；所述的使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动还包括使荷有电荷的被加工材料在后续作用力的作用下进一步分散或者拉伸的过程，后续作用力包括电场作用力、磁场作用力、流体作用力及其它包括热、声的作用力，后续作用力其方向与荷电高速流体的方向有一定的夹角，角度介于 0~360 度，电场及磁场与使流体荷电的电场匹配使荷电流体能够受到特定的包括吸引或者排斥作用力在内的作用力，对荷电流体有吸引或者排斥作用力的电场强度介于 0.1 V/毫米~1000kV/毫米，磁场强度介于 0.001 毫特斯拉~30 特斯拉；后续作用力可以只有一种作用力，也可以有多种作用力共同作用；整个制备过程中可以不

包含、包含一次或一次以上的后续作用力过程。

2、根据权利要求1所述的制备超细材料高速流体电喷射方法，其特征是利用流体冲击对从喷嘴喷出的被加工材料进行超细化冲击加工；流体冲击是通过其它高速流体冲击、拉伸、分散被加工的材料流体组分，用于冲击的流体中可以包含能够溶解被加工材料的成分，也可以包含能够凝固被加工材料的成分，还可以包含能够与被加工材料进行化学反应或者物理反应的成分，流体冲击中的流体可以是气体、液体、超临界流体、等离子体、液态颗粒包含于载流体、固态颗粒包含于载流体，冲击流体可以荷有与被加工材料流体相同或者相反的电荷，也可以不带电荷；其压力范围介于1大气压至5000大气压，冲击流体的速度介于1.5毫米/秒~1000米/秒。

3、根据权利要求1所述的制备超细材料高速流体电喷射方法，其特征是所述的收集装置为收集鼓、收集传送带、收集板或收集池，可以是干的也可以包含有溶剂或者蒸汽的湿的收集装置；经过收集装置收集所得的超细化材料经过后续的针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、溶解去除部分成分或筛选后即进一步大规模地获得由小尺寸的实心、核壳、中空状或者多孔状的颗粒或者纤维所构成的颗粒、纤维、纤维束或者薄膜状超细化材料。

4、根据权利要求1所述的制备超细材料高速流体电喷射方法，其特征是所述的荷电包括电晕充电、感应充电、接触充电、摩擦充电、荷电流体充电；荷电可以在流体出口即喷嘴处、以前或者以后被荷上一定的电荷，荷电电场包括直流正电场、直流负电场或者交变电场，使流体荷电的电场介于0.1V/毫米~1000kV/毫米。

## 制备超细材料的高速流体电喷射的方法及系统

### 技术领域

本发明涉及一种超细材料的制备方法及系统，尤其是一种将高速流体技术与电流体力学喷射技术结合制备超细材料的方法及系统。

### 背景技术

目前，包括超细粉末及超细纤维在内的超细材料由于具有高的比表面积、细小的孔洞等特点因而在医药、催化、分离、防护、化妆品、纺织品等领域具有广泛的应用价值，从而受到了人们的高度关注。目前人们通过高速流体技术（包括撞击流技术）、电流体力学喷射技术包括电喷与电纺技术、溶胶—凝胶技术、气相共沉积技术、水热技术、球磨技术、自组装技术、牺牲模板技术来制备超细材料，其中高速流体技术、电喷技术、溶胶—凝胶技术、气相共沉积技术、水热技术及球磨技术已经在实际生产中得到广泛应用，而电纺技术、自组装技术及牺牲模板技术等尚处于研发阶段。然而目前高速流体技术所得到的超细材料或者尺寸尚太大，如通过高速流体所制备的无纺布，其纤维的直径尺寸在几十微米以上，或者制备方法复杂，如通过高速流体碰撞气相反应沉积制备超细粉体需要很复杂昂贵的系统。而电喷技术则广泛应用于质谱、发动机、材料干燥、颗粒制造、薄膜制造、农药喷洒等领域，但制备的颗粒或者尺寸太大如采用高速喷雾技术或者不能大规模制备超细材料如采用超声喷雾技术，因此应用领域局限于一定范围之内，而电纺技术制备的超细纤维则由于其产量低不能与工业化大生产相结合，因而尚难于获得大规模应用。

### 发明内容

本发明的目的是提供一种将高速流体技术与电流体力学喷射技术相结合以大规模制备超细颗粒或者纤维的方法及系统。

本发明的技术方案是：

一种制备超细材料高速流体电喷射方法，其特征是包括以下步骤：

a、首先使被加工材料流体化；

b、其次使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动，包括使已流体化的被加工材料通过施加有压力的喷嘴喷出得到所需的超细化材料，其体积流速介于 10 毫升/小时~10 升/秒，线流速介于 1.5 毫米/秒~1000 米/秒，且流体的线流速在至少一个时间段大于 0.5 米/秒的速率高速流动，并在流体化的被加工材料的流动过程的全部或部分时间段内荷电，荷电场介于 0.1 V/毫米~1000kV/毫米；

c、通过收集装置将上述超细化加工后的被加工材料收集即得本发明的超细化材料。

在使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动过程中还包括荷电流体的运动控制（如辅助带电流体的聚焦）、温度控制（包括：红外、微波、热辐射、制冷系统）、超声波控制（进行材料分散）、化学反应（改变被加工材料的性能）、作用力控制（通过平衡不同流体间的相互作用力以确保高速荷电流体平稳地运动）或旋转控制（通过使流体产生旋转作用力而控制被加工材料的特性）进而使被加工材料的性能进一步提高，其中化学反应对被加工材料的改性可以在喷射前、喷射过程中、收集期间或者以后进行；化学反应可以只有一种反应，也可以有多种反应，当有多种反应时，反应可以同时发生，也可以在不同时间、不同位置发生，化学反应包括聚合、交联、接枝、取代、加成、消除、配合、沉淀、分解、中和类有机或无机反应。

所述的旋转控制包括旋转电场控制、旋转磁场技术及旋转轨道控制，旋转电场、旋转磁场的频率介于  $10^{-3}\text{Hz}$ ~ $10^9\text{Hz}$ 。

所述的使上述已流体化的被加工材料荷电高速流动还包括使荷有电荷的被加工材料在后续作用力的作用下进一步分散或者拉伸的过程，后续作用力包括电场作用力、磁场作用力、流体作用力及其它包括热、声的作用力，后续作用力其方向与荷电高速流体的方向有一定的夹角，角度介于 0~360 度，优选 30~150 度；电场及磁场与使流体荷电的电场匹配使荷电流体

能够受到特定的包括吸引或者排斥作用力在内的作用力，对荷电流体有吸引或者排斥作用的电场强度介于 0.1 V/毫米~1000kV/毫米，磁场强度介于 0.001 毫特斯拉~30 特斯拉；后续作用力可以只有一种作用力，也可以有多种作用力共同作用；整个制备过程中可以不包含、包含一次或一次以上的后续作用力过程。

利用流体冲击对从喷嘴喷出的被加工材料进行超细化冲击加工；流体冲击是通过其它高速流体冲击、拉伸、分散被加工的材料流体组分，用于冲击的流体中可以包含能够溶解被加工材料的成分，也可以包含能够凝固被加工材料的成分，还可以包含能够与被加工材料进行化学反应或者物理反应的成分，流体冲击中的流体可以是气体、液体、超临界流体、等离子体、液态颗粒包含于载流体、固态颗粒包含于载流体，冲击流体可以荷有与被加工材料流体相同或者相反的电荷，也可以不带电荷；其压力范围介于 1 大气压至 5000 大气压，冲击流体的速度介于 1.5 毫米/秒~1000 米/秒。

所述的收集装置为收集鼓、收集传送带、收集板或收集池，可以是干的也可以包含有溶剂或者蒸汽的湿的收集装置；经过收集装置收集所得的超细化材料经过后续的针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、溶解去除部分成分或筛选后即进一步大规模地获得由小尺寸的实心、核壳、中空状或者多孔状的颗粒或者纤维所构成的颗粒、纤维、纤维束或者薄膜状超细化材料。

所述的荷电包括电晕充电、感应充电、接触充电、摩擦充电、荷电流体充电；荷电可以在流体出口即喷嘴处、以前或者以后被荷上一定的电荷，荷电电场包括直流正电场、直流负电场或者交变电场，使流体荷电的电场介于 0.1 V/毫米~1000kV/毫米。

一种制备超细材料的高速流体电喷射系统，其特征是它至少由高速射流设备、荷电设备、收集设备组成。

上述系统还包括辅助运动控制装置，所述的辅助运动控制装置安装在收集设备与荷电设备之间。

还包括后续处理装置，后续处理装置安装在收集设备之前。

详述如下：

被加工材料的流体化及存储方法包括溶解、熔融、蒸发、等离子体化、粉碎使被加工材料成为包括气态、液态、超临界流体、等离子态、及流体中含有相对主流体成分高密度的成分如固态颗粒包含于载流体、液态颗粒包含于载流体在内的流体形式。对于不能通过溶解、熔融、蒸发、等离子体化、粉碎而流体化的被加工材料则通过使用可以流体化并且能够通过化学反应或者物理效应在高速电流体喷射前或者过程中或者后生成被加工材料或者反应中间体的方法使被加工材料流体化。

使被加工材料荷电高速流动可包括使被加工材料荷电、驱动被加工材料高速流动及荷电高速流体辅助运动。

被加工材料的荷电是通过采用电晕充电、感应充电、接触充电、摩擦充电、荷电流体充电等方法中的一种或者多种使被加工材料荷电。使被加工材料荷电需要相应的电源和电极。被加工材料荷电可以在流体出口即喷嘴处、以前或者以后被荷上一定的电荷。荷电电场可以是直流正电场、直流负电场或者交变电场。

驱动被加工材料高速流动是通过选用施加在喷嘴处被加工材料流体上的压力包括机械作用力、加压系统、负压系统或者流体冲击及后续作用力包括高压电场、强磁场、流体冲击中的一种或者多种来实现。其中流体冲击是由压力产生的其它材料高速流体对被加工材料冲击而实现。

使被加工材料高速流动喷嘴包括单喷头、同轴双喷头、轴向平行多喷头。喷嘴的喷头的截面包括圆形、长方形、异形等各种平面几何形状。喷嘴可以根据需要由超过一个喷嘴组成具有四维时空分布的喷嘴阵列。不同喷嘴喷出的高速流体可以荷有相同电荷也可以荷有相反电荷还可以不荷有电荷。不同喷嘴喷出的高速流体可以是同种材料，也可以是不同材料，还可以是部分相同的材料。不同喷嘴中的不同材料可以是互相不会发生反应的，也可以是发生化学反应或者物理效应的。

荷有电荷的高速流体可以通过后续作用力的方法被进一步分散或者拉

伸。后续作用力可以是电场作用力、磁场作用力、流体作用力或者其它包括热、声的作用力。后续作用力其方向与荷电高速流体的方向有一定的夹角，角度介于0~360度，但优选30~150度。电场及磁场与使流体荷电的电场匹配使荷电流体能够受到特定的包括吸引或者排斥作用力在内的作用力。

流体冲击是指通过其它高速流体冲击、拉伸、分散要加工的材料流体组分（如图3所示）。冲击流体中可以包含能够溶解待制备材料的成分也可以包含能够凝固待制备材料的成分还可以包含能够与待制备材料进行化学反应或者物理效应的成分。流体作用力中的流体可以是气体、液体、超临界流体、等离子体、液态颗粒包含于载流体、固态颗粒包含于载流体。后续作用力冲击流体可以荷有与被作用流体相同或者相反的电荷也可以不带电荷。

后续作用力可以只有一种作用力，也可以有多种作用力共同作用。高速流体电喷射方法中可以不包含，可以包含一次，也可以包含超过不止一次的后续作用力作用。后续作用力方法适用于电流体力学喷射方法及高速流体方法对材料的处理。

高速流体电喷射过程还可以通过辅助手段改善高速流体电喷射过程及材料被加工后的性能。辅助手段包括荷电流体的运动控制如辅助带电流体的聚焦、通过红外、微波、热辐射、制冷系统进行的温度控制、通过超声波进行材料分散、通过化学反应改变被加工材料的性能、通过平衡不同流体间的相互作用力以确保高速荷电流体平稳地运动、通过使流体产生旋转作用力而控制被加工材料的特性、通风以排出气态物质、对加工过程进行消音处理、对加工过程进行监控、加工过程采用自动化控制等。

荷电流体运动控制是指通过电场、磁场、声场、压力等能够对荷电流体发生作用力的能量场在荷电流体运动过程中对荷电流体进行包括聚焦、轨迹控制、范围控制在内的运动控制。荷电流体运动控制电磁场作用包括静电场作用、磁场作用或者同时采用静电场作用以及磁场作用。荷电流体运动控制电磁场作用在高速流体电喷射过程的不同区域，施加在荷电流体



上的场强可以是相同的也可以是不同的。当通过静电场作用控制荷电高速流体运动时，所施加的电场与对被加工材料荷电的电场相匹配，可以是直流正电场、直流负电场或者交流电场。当使被加工材料荷电的电场为直流电场时，通过静电场作用控制荷电高速流体运动的电场与使被加工材料荷电的电场极性相同；如果使被加工材料荷电的电场为交流电场，使被加工材料荷电的电场也为相位相当的交流电场。通过磁场作用控制荷电高速流体运动的磁场其相位变化与使被加工材料荷电的电场的相位相匹配。

被加工材料在通过高速流体电喷射方法处理过程中对被加工材料改性的化学反应可以在喷射前、喷射过程中、收集期间或者以后进行；化学反应可以只有一种反应发生，也可以有多种反应发生，当有多种反应发生时，反应可以同时发生，也可以在不同时间、不同位置发生。化学反应包括聚合、交联、接枝、取代、加成、消除、配合、沉淀、分解、中和等有机及无机反应。

流体作用力平衡调控可以确保高速流体的平稳运行。作用力平衡调控作用力包括压力如流体的压力、声压力等或者是吸引力、排斥力包括相位匹配的电场力、磁场力等。当采用流体压力调控时，在电流体力学喷射喷嘴边增加调控流经管。当采用电场力调控时，采用施加极性相同或者相位匹配的电场。当采用磁场力调控时，可以采用适当配置的时空磁场。对实心流体包括单一流体或者核壳流体等具有向外压力的流体，根据其内部压力大小及流速等参数施加相应的向内压力。向中空流体等同时具有向内及向外压力的流体施加相应的由内向外以及由外向内的两种作用力。当同时需要有两种或者两种以上调控作用力时，可以根据需要选取不同或者相同类型的调控作用力。作用力平衡调控的目的是通过控制喷嘴及后续作用力作用系统的流体内外作用力大小改善流体的流动稳定性及混合、分散性能。

通过流体旋转作用力可以有效改善通过高速流体电喷射方法所制备的超细材料的分散性能：对于颗粒可以提高分散均匀性而对于纤维则可同时提高分散均匀性及材料薄膜的机械性能。对荷电高速流体能够产生旋转作用力的方法包括旋转电场技术、旋转磁场技术及旋转轨道技术。

被加工材料的收集可以采用收集鼓、收集传送带、收集板、收集池等收集器件收集被加工材料。收集体系可以是干的体系也可以包含有溶剂或者蒸汽的湿的体系。

被加工材料的后加工包括增加所获得超细材料强度的针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、溶解去除部分成分等加工过程、超细材料的筛选等。

被加工材料经过准备及存储处理后以包括气态、液态、等离子态、固态颗粒包含于载流体、液态颗粒包含于载流体在内的流体形式被荷以一定的电荷并高速运动从而使得被加工材料能够拉伸、分散。在材料荷电高速运动过程中通过控制荷电流体的运动轨迹、红外、微波、热辐射、制冷系统等温度控制、超声波的分散、化学反应的化学改性处理、荷电高速流体作用力的平衡调控、旋转作用力对被加工材料的缠绕、分散及通风等处理改善高速电流体喷射过程及所获得被加工材料的性能。然后由收集鼓、收集传送带、收集板、收集池等收集器件进行收集。最后通过针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、溶解去除部分成分等加工及超细材料的筛选即可大规模地获得由小尺寸的实心、核壳、中空状或者多孔状的颗粒或者纤维所构成的颗粒、纤维、纤维束或者薄膜。

本发明的有益效果：

通过将高速流体大规模地对材料的拉伸、分散作用与电流体力学喷射对材料的拉伸、分散作用相乘从而可大规模、廉价地生产具有小尺寸的颗粒或者纤维超细材料。

#### 附图说明

图1是本发明的设备系统结构示意图。

图2是本图1的另一个结构形式示意图。

图3是本发明所述的对喷体系示意图。

图4是本发明的双系统结构示意图。

#### 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

如图 1、2、4 所示。

本发明的系统由高速射流设备(可选用天津格林泵业有限公司 C002 齿轮泵)、荷电设备(可选用 BMEI 公司 BGG40 直流高压发生器)、收集设备(可选用瑞士 HABASIT 高速平面传动带)、辅助运动控制装置、后续处理装置组成。各主要设备的连接关系可根据用途、目的、所加工材料的不同参见图 1、图 2、图 4 所示的结构进行组合即可。图 1 和图 2 的不同之处二者所采用的辅助运动控制装置不同,图 1 中采用是常规运动控制装置,图 2 中所对采用的是旋转运动控制装置,图 4 是本发明的双系统结构示意图。

本实施例所述的制备超细粉粒物料的方法具体还可概括为以下 4 个步骤:

- 1、 被加工材料的准备及存储;
- 2、 使被加工材料荷电高速流动;
- 3、 材料收集;
- 4、 后加工。

被加工材料的准备及存储的目的是使得被加工材料流体化。通常被加工材料准备及存储的方法包括溶解、熔融、蒸发、等离子体化、粉碎使被加工材料成为流体形式。相应单元为被加工材料的准备及存储部分 1。

被加工材料的荷电过程可以采用电晕充电、感应充电、接触充电、摩擦充电、荷电流体充电等方法使被加工材料荷电。使被加工材料荷电需要相应的电源 2a 和电极 2b。被加工材料荷电可以在流体出口即喷嘴处、以前或者以后被荷上一定的电荷。荷电电场可以是直流正电场、直流负电场或者交变电场。

驱动被加工材料高速流动是通过施加在喷嘴 3a 处被加工材料流体上的压力差系统 3b,它包括机械作用力、加压、负压或者流体冲击及后续作用力,后续作用力包括高压电场系统 3c、强磁场系统 3d、流体冲击系统 3e 来实现。其中流体冲击由压力差系统 3e' 产生的其它材料高速流体对被加工材料冲击而实现。

辅助加工包括荷电流体的运动控制如辅助带电流体的聚焦系统 4a、通

过红外、微波、热辐射、制冷系统进行的温度控制系统、通过超声波进行材料分散、通过化学反应改变被加工材料的性能、通过作用力平衡系统平衡不同流体间的相互作用力以确保高速荷电流体平稳地运动、通过使流体产生旋转作用力系统 4c 而控制被加工材料的特性、通风以排出气态物质、对加工过程进行消音处理、对加工过程进行监控、加工过程采用自动化控制等。

被加工目的材料的收集可以采用收集鼓 5a、收集传送带 5b、收集板、收集池等收集器件收集被加工材料。收集体系可以是干的体系也可以包含有溶剂或者蒸汽的湿的体系。

被加工材料的后加工包括增加所获得超细材料强度的针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、溶解去除部分成分等加工过程、超细材料的筛选等。

需要被纺制纤维或者被制备细小颗粒的材料经过准备及存储部分处理后以包括气态、液态、等离子态、固态颗粒包含于载流体、液态颗粒包含于载流体在内的流体形式被荷电部分荷上一定的电荷，并通过驱动被加工材料高速流动部分的施加在喷嘴处流体上的压力差包括机械作用力、加压、负压或者流体冲击及后续作用力包括高压电场、强磁场、流体冲击使荷电流体高速运动从而对被加工材料进行拉伸、分散。与此同时，辅助加工部分发挥作用：通过荷电流体运动控制如辅助带电流体由电场、磁场作用控制的聚焦、运动轨迹控制；通过红外、微波、热辐射、制冷系统等温控系统，对荷电高速流体进行温度控制；通过超声波等材料分散系统对荷电高速流体进行分散；通过化学反应系统进行化学反应；通过流体作用力平衡调控系统来调控流体间的相互作用力；通过荷电流体旋转作用力发生系统使得荷电高速流体中发生旋转作用力而使得被加工材料缠绕、分散；通过通风系统对高速荷电流体进行通风、干燥处理等。然后由收集部分的收集鼓、收集传送带、收集板、收集池等收集器件及收集材料状态控制系统对被加工材料进行收集。最后通过后加工部分包括增加所获得超细颗粒或者纤维薄膜强度的针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、

溶解去除部分成分等加工系统、超细颗粒或者纤维筛选系统进行后加工处理即可大规模地获得由小尺寸的实心、核壳、中空状或者多孔状的颗粒或者纤维所构成的颗粒、纤维、纤维束或者薄膜。现在参照下面的实施例来描述本发明，这些实施例仅用于解释本发明而不用来限定本发明的范围。

具体实施例：

实施例 1。

配制重均分子量为 20 万的聚乳酸 10 %（质量分数）的二甲基甲酰胺溶液，加入到储液罐中并施加 12MPa 的高压，用导管连接到高速电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为 0.8 毫米圆形喷孔的喷丝板，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速为 1l/min 左右，通过采集板即可获得聚乳酸超细纤维。

实施例 2。

配制重均分子量为 20 万的聚乳酸 10 %（质量分数）的二甲基甲酰胺溶液，加入到储液罐中并施加 12MPa 的高压，用导管连接到高速电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为 0.8 毫米异形喷孔的喷丝板，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右；喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速为 1l/min 左右，通过采集板即可获得具有高孔隙率的聚乳酸超细纤维。

实施例 3。

配制重均分子量为 20 万的聚乳酸 10 %（质量分数）的二甲基甲酰胺溶液，加入到储液罐中并施加 12MPa 的高压，用导管连接到高速电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为 0.8 毫米喷孔的喷丝板，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，在距离喷嘴 4 厘米处有直径依次从 50 厘米，30 厘米至 10 厘米且间距为 5

厘米的连接至另一高压电源的金属铜环组进行聚焦，金属铜环的对电极接地，金属铜环（正极）及其对电极（负极）上施加的电压为 5000 伏左右。电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min，通过采集板即可获得高密度聚乳酸超细纤维。

#### 实施例 4。

配制 10%（质量分数）重均分子量为 20 万的聚乳酸的二甲基甲酰胺溶液，加入到储液罐中并施加 12MPa 的高压，用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为长 10 厘米宽 2 毫米的喷孔，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，喷嘴的对电极为长度 10 厘米与喷嘴垂直，顶部尖锐的不锈钢条，喷嘴对电极与一电动马达相连并且以 1000 转/分的速度进行旋转以产生旋转电场。采集板介于喷嘴及对电极之间并且靠近对电极。电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min，通过采集板即可得到高度交连的聚乳酸超细纤维。

#### 实施例 5。

配制重均分子量为 20 万的聚乳酸 10%（质量分数）的二甲基甲酰胺溶液，加入到储液罐中并施加 12MPa 的高压，用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为长 10 厘米宽 2 毫米的喷孔，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，在距离喷嘴 4 厘米处有直径依次从 50 厘米，30 厘米至 10 厘米且间距为 5 厘米的连接至另一高压电源的金属铜环组进行聚焦，金属铜环的对电极接地，金属铜环（正极）及其对电极（负极）上施加的电压为 5000 伏左右。喷嘴的对电极为长度为 10 厘米与喷嘴垂直，顶部尖锐的不锈钢条，喷嘴对电极与一电动马达相连并且以 1000 转/分的速度进行旋转以产生旋转电场，旁边有一与空气泵相连的吹扫导管将超细纤维纱线吹往收集鼓。收集鼓介于喷嘴及对电极之间，与对电极的距离为 0.5 厘米。收集鼓与另一电动马达相连，以 3000 转/分的速度旋转收集高速电流体力学喷射产物。电流体

力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min, 得到的产物为聚乳酸超细纤维纱线。

#### 实施例 6。

将重均分子量为 100 万的聚苯乙烯通过螺杆挤压机熔融并施加 10MPa 的高压, 用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴, 喷嘴为 0.8 毫米圆形喷孔的喷丝板, 将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上, 负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右, 喷嘴(正极)与对电极(负极)间的电压为 40kv 左右, 电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min, 通过采集板即可得到聚苯乙烯超细纤维。

#### 实施例 7。

将重均分子量为 5 万的聚丙烯腈通过螺杆挤压机熔融并施加 10MPa 的高压, 用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴, 喷嘴为 0.8 毫米异形喷孔的喷丝板, 将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上, 负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右, 喷嘴(正极)与对电极(负极)间的电压为 40kv 左右, 电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min, 通过传送带即可得到聚丙烯腈中空超细纤维毡。将聚丙烯腈超细纤维毡经热粘合、拉伸、高温处理得超细中空碳纤维。

#### 实施例 8。

将硬质黏土熟料通过熔融炉熔融从喷嘴流出, 在喷嘴处熔融液被 40KV 高压电源荷以正电荷, 并通过 20MPa 的压缩空气对荷电熔融液以 60 度的角度进行喷吹, 在压缩空气与高压电场拉伸作用的共同作用下硬质黏土熟料被拉伸成数百纳米至数微米的硬质黏土纤维, 并通过在对电极前面 0.5 厘米处的网式集棉器集棉, 随后通过针刺机制毡并由直热式辊底热处理炉进行热定型, 最后通过剪切、打卷获得由硬质黏土超细纤维构成的纤维毡。

#### 实施例 9。

将重均分子量为 100 万的聚丙烯腈熔融, 加入到储液罐中并施加 30MPa 的高压, 用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴, 喷嘴为 0.8 毫米喷孔的喷丝板, 溶液流速控制在 10l/min, 将高压电源的正极接到喷丝板内

侧的电极上，负极与采集板相接。施加在聚苯乙烯熔融液上的电压为 10KV，熔融液喷出后被施加了 5KV 的相距从 50 厘米降致 5 厘米的与喷射方向倾斜的两块金属板的电场轨迹控制装置控制在一定空间内运动达 50 厘米后受到与喷射方向垂直的 0.5T 的强磁场作用及与原喷射方向及磁场方向垂直的 1KV/cm 的高压电场及荷有相同电荷的温度为 100 度的高速气态流体的冲击的共同作用，高速荷电流体在新方向上运动约 50 厘米后被一介于气体喷嘴与对电极之间运动速度为 10 米/分的采集传送带收集，得到聚丙烯腈超细纤维，经针刺处理、热黏附处理后即可获得聚丙烯腈超细纤维薄膜。该聚丙烯腈超细纤维薄膜经加热、拉伸碳化处理后成为超细碳纤维薄膜。

#### 实施例 10。

将重均分子量为 20 万 10%（质量分数）的聚乳酸丙酮溶液及 4%羟基磷灰石（ $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ）的丙酮溶液 5ml 混合，加入储罐中并施加 12MPa 的高压，喷嘴为 100 个 0.9mm 的金属喷头所组成的喷头阵列并且于 40KV 的高压直流电源的正极连接，溶液流速控制在 1l/min，在距离正极 40 厘米处一与负极相连的收集传送带以 10 米/分的速度收集所获得的超细纤维组合体。在收集传送带附近鼓风机将 60 度的空气吹扫超细纤维并对其进行干燥处理，经卷绕、裁剪后得到骨组织修复材料。

#### 实施例 11。

以质量浓度为 2%的醋酸水溶液为溶剂，配制质量浓度为 15%的胶原溶液；另外配制质量浓度为 5%聚羟基丁酸一戊酸酯（PHBV）的氯仿溶液；两种溶液分别置于不同储液装置中并分别施加 12MPa 的高压，两种溶液分别从两个相对相距 50 厘米的金属喷嘴中喷出，两个金属喷嘴上均施加 20KV 的正电压，在距离两金属喷嘴约 25 厘米即两金属喷嘴中央附近为一高压气体喷嘴，气体的流速为 3 米/秒，它能够对从两个金属喷嘴喷出的在附近交会的材料施加一与两喷嘴垂直的推力，从而将混合后的材料吹向收集装置，收集装置为一转速达 1000 转/分的收集鼓，它接地，并且距离气体喷嘴 50 厘米。在收集鼓附近有干燥气体鼓风装置，最后可以以 200 克/min 的速度获得聚羟基丁酸一戊酸酯（PHBV）与胶原的混合超细纤维，经卷绕、裁剪



后得到组织修复材料。

#### 实施例 12。

将重均分子量为 5 万的聚丙烯腈通过螺杆挤压机熔融并施加 10MPa 的高压，用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为 0.8 毫米圆形喷孔的喷丝板，喷嘴与一超声波发生装置相连，同时将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min，通过传送带即可得到聚丙烯腈超细颗粒薄膜。

#### 实施例 13。

配制 5%磺胺甲基异噁唑及 5%邻苯二甲酸醋酸纤维素的 5%氨水溶液，在加入适当的添加剂后注入储液罐并施加 10MPa 的高压，用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为 0.8 毫米圆形喷孔的喷丝板，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min，通过传送带即可得到含磺胺甲基异噁唑超细颗粒薄膜。

#### 实施例 14。

配制 2%的罗匹尼罗（Ropirinole）即 4-[2-(二丙氨基)乙基]-1,3-二氢-2H-吲哚-2-酮-盐酸盐, 5%聚乙二醇和 0.5%Tween 80 的水溶液，加压至 10MPa，用导管连接到电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴为 0.8 毫米圆形喷孔的喷丝板，将高压电源的正极接到喷丝板内侧的电极上，负极与采集板相接。喷嘴与采集板间的距离控制在 40cm 左右，喷嘴（正极）与对电极（负极）间的电压为 40kv 左右，电流体力学喷射装置的喷嘴处溶液流速 1l/min。通过传送带即可得到含罗匹尼罗的聚乙二醇超细纤维。该超细纤维经切割、压片等操作后，可以作为药物使用。

#### 实施例 15。

分别配制 10%（质量分数）的聚乙烯醇水溶液及 10%聚苯乙烯丙酮溶

液，分别注入储液罐并施加 10MPa 的高压后通过导管连接到各自电流体力学喷射装置的喷嘴，喷嘴均为 0.8 毫米圆形喷孔的喷丝板，将 30KV 的高压正电源的正极接到聚乙烯醇溶液喷丝板内侧的电极上，将-30KV 高压负电源的负极连接到聚苯乙烯溶液喷丝板内侧的电极上，两喷嘴相距 60 厘米。在两喷嘴的中间即距离两个喷嘴的距离均为 30 厘米为接地的以 5 米/分传送的棉布传送带，聚乙烯醇及聚苯乙烯超细纤维均以 1l/min 的速度在棉布上交连形成复合纤维布。该复合纤维布经与甲壳素纤维布及尼龙纤维布分别通过化学及热黏附后即成为具有病源微生物防护能力的防护材料。

#### 实施例 16。

将锌条通过电弧熔融后由压力为 20MPa 温度为 200 度的并且通过 40KV 高压电源荷有正电的高压气体将液态锌从喷嘴处以 1l/min 的速度喷出后经两块施加了 5KV 的金属板控制荷电的高速流体在一定范围内流动，在流动了约 50 厘米后由与对电极相连的传送带上的低碳钢板以 10 米/分的速度收集锌超细颗粒。

#### 实施例 17

配制 3%的环丙沙星氯仿溶液及 10%的明胶水溶液，两种试剂分别通过两个相对且内置与 10KV 电源连接的电极在 12MPa 的压力下以 1l/min 的速度相对喷射，与此同时被荷有同种电荷的两股高速空气以与两试剂喷嘴垂直的方向冲击试剂荷电流体，在四股高速荷电流体的下方有一与 40KV 高压电源连接并且连有 1m/s 通风管的冲击流及高压电场作用装置将冲击混合后的荷电流体通向上方颗粒收集装置及排风管道，超细药物胶囊颗粒被接地的收集传送带收集而气体则从收集传送带的上方排出经处理后用于循环使用。

#### 实施例 18。

将施加了高压的 200 度的四氯化钛蒸气从兼作电极与 10KV 高压电源的正极连接的互相垂直的两个喷嘴处喷射，在它们的对面施加了高压的 200 度的氧气从另外两个同样与 10KV 高压电源正极连接的喷嘴处喷射，气体在高速碰撞反应后受到其下方与 40KV 高压电源正极相连并且通有 1m/s 的高

速气体的冲击向上运动，反应的粒子被接地的收集传送带收集而未反应的气体即反应产生的气体则被分离后用于循环使用，则可获得二氧化钛超细粉末。

#### 实施例 19。

将 0.05M 的醋酸锌水溶液加压至 1MPa 后通过一内置了电极与 30KV 高压电源相连并且与超声波发生装置相连的喷嘴以 1l/min 的速度将醋酸锌超细液滴喷射到 40 厘米外接地的以 1m/min 速度运动的传送带上被加热至 400 度的导电玻璃上，即可获得透明的附着有氧化锌超细颗粒薄膜的复合导电玻璃材料。该材料经 450℃退火约 2 h 后即可用于传感器件的制作材料。

#### 实施例 20。

将 5%孔雀绿丁基醚液体石蜡溶液 17 份与 3000 份 5%羟乙基纤维素水溶液混合加压至 5MPa 通过一与 30KV 高压负电源的负电极相连的内置电极的喷嘴以 1l/min 的速度喷射，喷嘴两边有与喷射荷电流体呈 5 度夹角温度 130 度的 1m/s 的同样荷电的空气流对荷电样品流体冲击，超细羟乙基纤维素包裹的孔雀绿丁基醚微胶囊被 40 厘米外接地的传送带收集，气体则通过冷却，回收液体石蜡，除去大部分水而空气则循环使用。

#### 实施例 21。

将加有 1%w/v 添加剂的 10%的氧化钙水溶液加压到 5MPa 通过一与 30KV 高压负电源的负电极相连的内置电极的喷嘴以 1l/min 的速度喷射，从另一相距约 60 厘米处，二氧化碳气体以 500ml/min 的速度通过一与 30KV 高压正电源的正电极相连的内置电极的喷嘴喷出，在两股荷电流体相会的下方有一以 1m/s 流动的空气冲击流将空中颗粒吹向上方，通过旋风分选器将颗粒与气体分离并收集固体超细颗粒，而气体则循环使用。

#### 实施例 22。

配制重量/体积比为 1.88%茶碱、3.6%甲基丙烯酸、37.4%的甲基丙烯酸乙二醇酯及 0.4%的偶氮二异丁腈的 N,N-二甲基甲酰胺溶液在氮气保护下加压至 5MPa 后通过一与 30kV 高压正电源的正电极相连的内置电极的喷嘴以 1l/min 的速度在能够透过紫外光的空间罩内向上进行喷射，喷嘴两边有与

喷射荷电流体呈 5 度夹角温度 60 度的 1m/s 的同样荷电的氮气流对荷电样品流体冲击，同时荷电高速喷射流体罩的外面有紫外光对荷电高速流体进行照射，通过旋风分选器将颗粒与气体分离并收集固体超细颗粒，而气体则循环使用。固体超细颗粒经甲醇和乙酸抽提除去茶碱后干燥，得到能够用于分子印迹分离的具有茶碱分子印迹的聚合物超细颗粒。

下面结合方法与系统对本发明作进一步的描述。

被加工材料的准备及存储是通过包括溶解、熔融、蒸发、等离子体化、粉碎使被加工材料成为包括气态、液态、超临界流体、等离子态、及流体中含有相对主流体成分高密度的成分如固态颗粒包含于载流体、液态颗粒包含于载流体在内的流体形式使被加工材料流体化。对于不能通过溶解、熔融、蒸发、等离子体化、粉碎而流体化的被加工材料则通过使用可以流体化并且能够通过化学反应或者物理效应在高速电流体喷射前或者过程中或者后生成被加工材料的原材料或者反应中间体的方法使被加工材料流体化。

使被加工材料荷电高速流动被加工材料荷电、驱动被加工材料高速流动、改善高速流体电喷射过程及材料被加工后的性能的辅助手段等三个先后次序任选的组成部分

荷电是通过电晕充电、感应充电、接触充电、摩擦充电、荷电流体充电等方法使被加工材料荷电。使被加工材料荷电需要相应的电源和电极。被加工材料荷电可以在流体出口即喷嘴处、以前或者以后被荷上一定的电荷。荷电电场包括直流正电场、直流负电场或者交变电场，使流体荷电的电场介于 0.1 V/毫米~1000kV/毫米。

施加在喷嘴处被加工材料流体上的压力包括机械作用力、加压系统、负压系统或者流体冲击及后续作用力包括高压电场、强磁场、流体冲击来实现。其中流体冲击由压力产生的其它材料高速流体对被加工材料冲击而实现。加压的压力范围介于 1 大气压至 5000 大气压，冲击流体的速度介于 1.5 毫米/秒~1000 米/秒。

使被加工材料高速流动的喷嘴包括单喷头、同轴双喷头、轴向平行多

喷头。喷嘴的喷头的截面包括圆形、长方形、异形等任选平面几何形状。喷嘴可以根据需要由超过一个喷嘴组成四维时空喷嘴阵列。不同喷嘴喷出的高速流体可以选择荷有相同电荷、荷有相反电荷或者不荷电荷。不同喷嘴喷出的高速流体可以选择同种材料、不同材料或者部分相同的材料。不同喷嘴中的不同材料可以是互相不会发生反应的，也可以是会发生化学反应或者物理效应的。

荷有电荷的高速流体可以通过后续作用力被进一步分散或者拉伸。后续作用力包括电场作用力、磁场作用力、流体作用力及其它包括热、声的作用力。后续作用力其方向与荷电高速流体的方向有一定的夹角，角度介于 $0\sim 360$ 度，但优选 $30\sim 150$ 度。电场及磁场与使流体荷电的电场匹配使荷电流体能够受到特定的包括吸引或者排斥作用力在内的作用力。对荷电流体有吸引或者排斥作用的电场强度介于 $0.1\text{ V/毫米}\sim 1000\text{ kV/毫米}$ ，磁场强度介于 $0.001\text{ 毫特斯拉}\sim 30\text{ 特斯拉}$ 。

流体冲击是指通过其它高速流体冲击、拉伸、分散要加工的材料流体组分。冲击流体中可以包含能够溶解待制备材料的成分也可以包含能够凝固待制备材料的成分还可以包含能够与待制备材料进行化学反应或者物理效应的成分。流体作用力中的流体可以是气体、液体、超临界流体、等离子体、液态颗粒包含于载流体、固态颗粒包含于载流体。后续作用力冲击流体可以荷有与被作用流体相同或者相反的电荷也可以不带电荷。

后续作用力可以只有一种作用力，也可以有多种作用力共同作用。高速流体电喷射方法中可以不包含，可以包含一次，也可以包含超过不止一次的后续作用力作用。后续作用力方法适用于电流体力学喷射方法及高速流体方法对材料的处理。

荷电流体的运动控制如辅助带电流体的聚焦、通过红外、微波、热辐射、制冷系统进行的温度控制、通过超声波进行材料分散、通过化学反应改变被加工材料的性能、通过平衡不同流体间的相互作用力以确保高速荷电流体平稳地运动、通过使流体产生旋转作用力而控制被加工材料的特性、通风以排出气态物质、对加工过程进行消音处理、对加工过程进行监控、

加工过程采用自动化控制等。

通过电场、磁场、声场等能够对荷电流体发生作用力的能量场对荷电流体进行包括聚焦、轨迹控制、范围控制在内的运动控制。荷电流体运动控制电磁场作用包括静电场作用、磁场作用或者同时采用静电场作用以及磁场作用。荷电流体运动控制电磁场作用在高速流体电喷射过程的不同区域施加在荷电流体上的场强可以是相同的也可以是不同的。当通过静电场作用控制荷电高速流体运动时，所施加的电场与对被加工材料荷电的电场相匹配，可以是直流正电场、直流负电场或者交流电场，场强介于 0.1V/毫米~1000kV/毫米，但优选 0.01KV/毫米~5kV/毫米。当使被加工材料荷电的电场为直流电场时，通过静电场作用控制荷电高速流体运动的电场与使被加工材料荷电的电场极性相同；如果使被加工材料荷电的电场为交流电场，使被加工材料荷电的电场也为相位相当的交流电场。通过磁场作用控制荷电高速流体运动的磁场强度介于 0.001 毫特斯拉~30 特斯拉，但优选 0.050~1 特斯拉,对于交流磁场其相位变化与使被加工材料荷电的电场的相位相匹配。

对被加工材料改性的化学反应可以在喷射前、喷射过程中，还可以在收集或者后加工期间。化学反应可以只有一种反应发生，也可以有多种反应发生，当有多种反应发生时，反应可以同时发生，也可以在不同时间、不同位置发生。化学反应包括聚合、交联、接枝、取代、加成、消除、配合、沉淀、分解、中和等有机及无机反应。

作用力平衡调控作用力包括压力如流体的压力、声压力等或者是吸引力、排斥力包括相位匹配的电场力、磁场力等。当采用流体压力调控时，在电流体力学喷射喷嘴边增加调控流经管。当采用电场力调控时，采用施加极性相同或者相位匹配的电场。当采用磁场力调控时，可以采用适当配置的时空磁场。对实心流体包括单一流体或者核壳流体等具有向外压力的流体根据其内部压力大小及流速等参数施加相应的向内压力。向中空流体等同时具有向内及向外压力的流体施加相应的由内向外以及由外向内的两种作用力。当同时需要有两种或者两种以上调控作用力时，可以根据需要

选取不同或者相同类型的调控作用力。作用力平衡调控可以通过控制喷嘴及后续作用力作用系统的流体内外作用力大小改善流体的流动稳定性及混合、分散性能。

流体旋转作用力可以有效改善通过高速流体电喷射方法所制备的超细材料的分散性能：对于颗粒可以提高分散均匀性而对于纤维则可同时提高分散均匀性及材料薄膜的机械性能。对荷电高速流体能够产生旋转作用力的方法包括旋转电场技术、旋转磁场技术及旋转轨道技术。旋转电场、旋转磁场的频率介于  $10^{-3}\text{Hz}\sim 10^9\text{Hz}$ 。

荷电流体运动控制方法、流体作用力平衡调控方法及旋转作用力发生方法适用于电流体力学喷射方法及高速流体方法在材料处理中的应用。

本发明的超细化材料的收集可以采用收集鼓、收集传送带、收集板、收集池等收集器件收集被加工材料。收集体系可以是干的体系也可以包含有溶剂或者蒸汽的湿的体系。

由收集装置收集后的被加工材料还可进行后加工，后加工可采用包括增加所获得超细材料强度的针刺、水刺、编织、热黏附、化学黏附、包被其它材料、溶解去除部分成分等加工过程、超细材料的筛选等。

高速流体电喷射加工材料的过程中流体体积流速介于 10 毫升/小时~10 升/秒，线流速介于 1.5 毫米/秒—1000 米/秒，但流体的线流速在至少一个时间段大于 0.5 米/秒。高速流体的高速可以是短时间的如小于 1 秒也可以是长时间的。流体的速度可以变化如可以先低速后高速，也可以先高速后低速，还可以先低速后高速再低速等。

本发明可制备的材料可以是超细颗粒、超细纤维、超细颗粒与超细纤维的混合物还可以是超细颗粒或者超细纤维的组合体如无纺布。超细颗粒、超细纤维或者其组合体可以是实心的、中空的、核壳结构的、多孔结构的。超细材料的尺寸介于 1 纳米~500 微米。

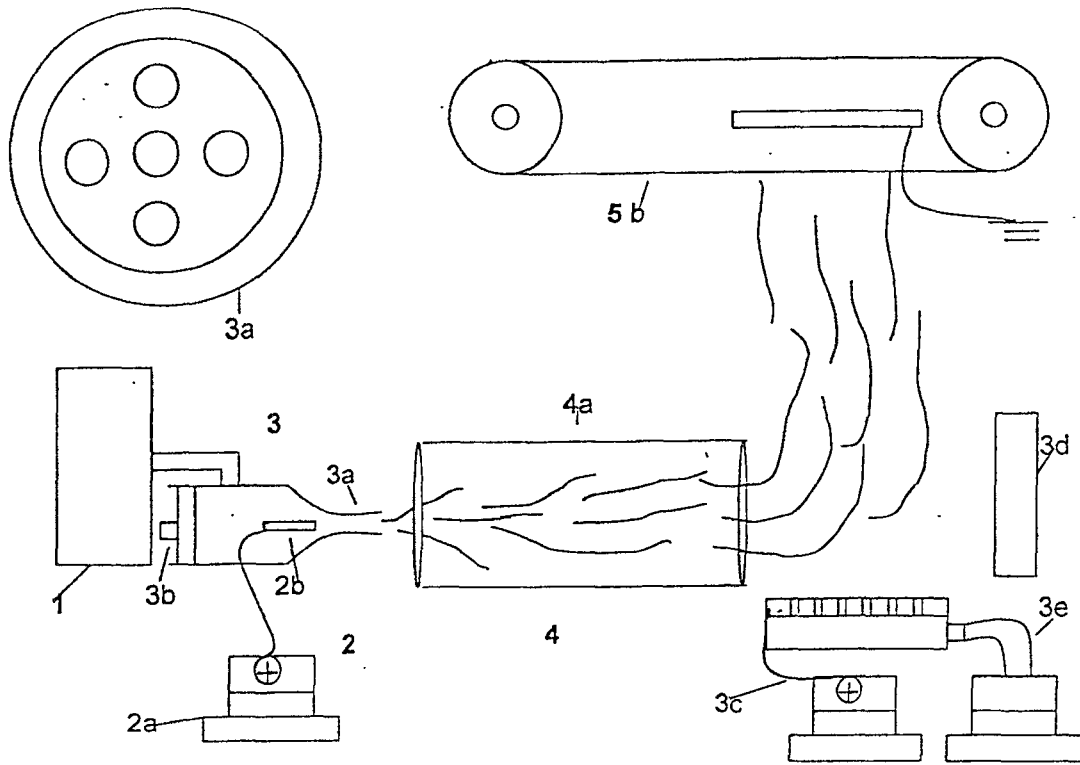


图 1

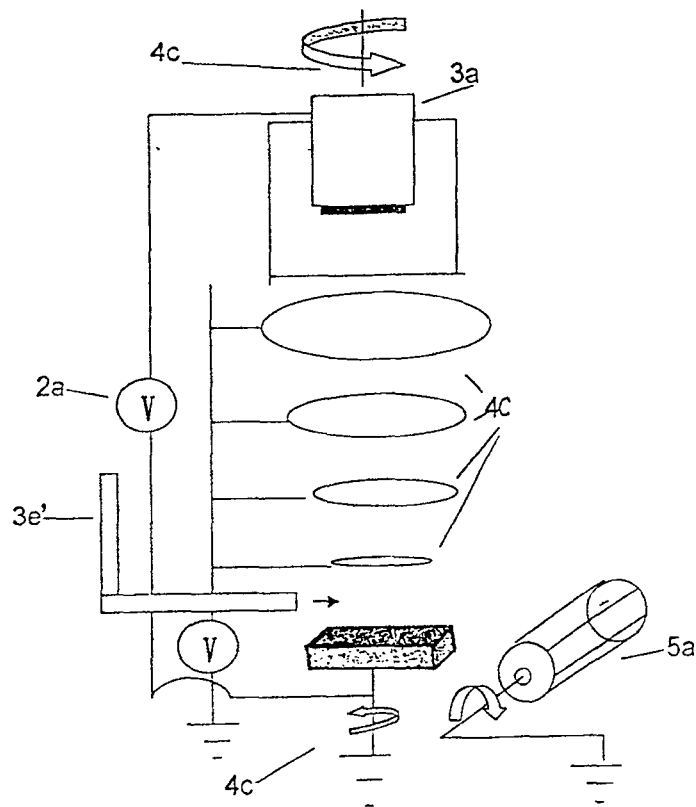


图 2



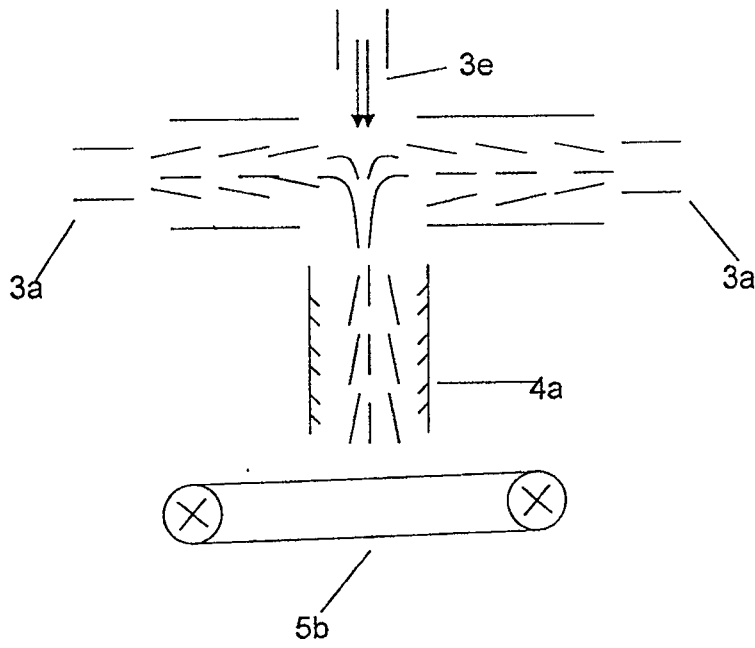


图 3

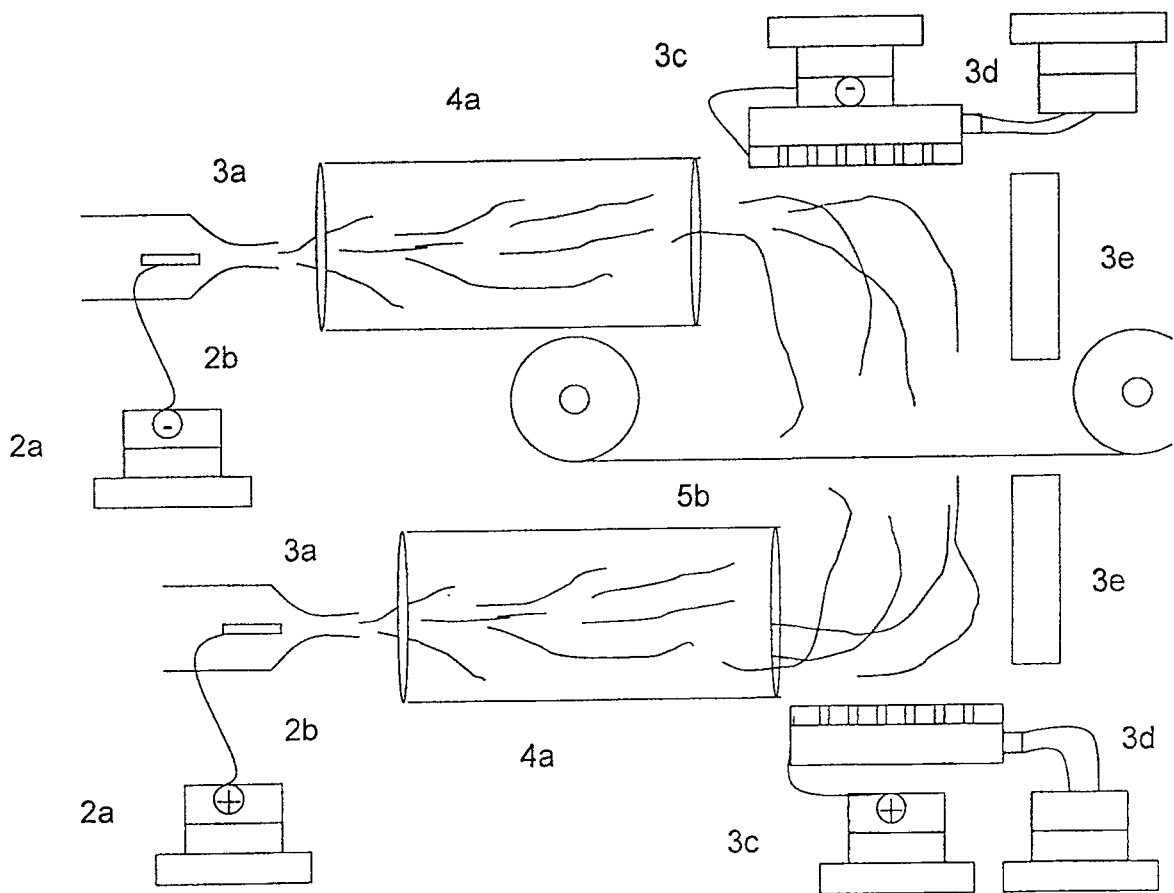


图 4