

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61M 5/30 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01808275.0

[45] 授权公告日 2006年3月1日

[11] 授权公告号 CN 1243577C

[22] 申请日 2001.3.27 [21] 申请号 01808275.0

[30] 优先权

[32] 2000.4.19 [33] FR [31] 00/05031

[86] 国际申请 PCT/FR2001/000921 2001.3.27

[87] 国际公布 WO2001/078810 法 2001.10.25

[85] 进入国家阶段日期 2002.10.18

[71] 专利权人 克鲁斯杰克特公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 P·亚历山大 P·考格诺特

J·拉夫戈 D·洛勒

审查员 孙茂宇

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 郭建新

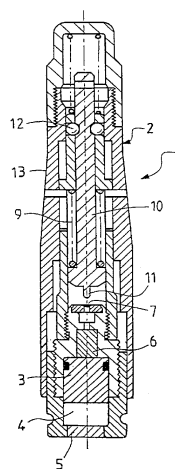
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 1 页

[54] 发明名称

由双组分烟火装料运行的无针注射器

[57] 摘要

本发明的技术领域是预充填式一次性无针注射器，用于皮内、皮下和肌肉内注射人或兽药中医疗用途的液体活性组分。本发明的注射器(1)的主要特征在于，它们由烟火装料(6)运行，所述烟火装料(6)由高燃烧速率的粉末与低燃烧速率的粉末的混合物组成。确实，具有高燃烧速率的粉末的燃烧能够立刻经活塞(3)向活性组分(4)传递很高的速度，而低燃烧速率的粉末的燃烧能够维持进行注射的阈值压力值，从而保证活性组分(4)穿过皮肤。因而，所述注射适当且均一地进行，不会有活性液体(4)的任何损失。



1. 一种无针注射器,其顺序包括烟火气体发生器(2)、至少一个活塞(3)、液体活性组分(4)的贮器、注射喷嘴(5),其特征在于,所述烟火气体发生器(2)包括由至少两种粉末的混合物组成的烟火装料(6)。
2. 如权利要求1的无针注射器,其特征在于所述烟火装料(6)由第一种粉末和第二种粉末的混合物组成。
3. 如权利要求2的无针注射器,其特征在于第一种粉末的动态活泼性大于 $8(\text{MPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 。
4. 如权利要求2的无针注射器,其特征在于第二种粉末的动态活泼性小于第一种粉末的动态活泼性。
5. 如权利要求4的无针注射器,其特征在于第二种粉末的动态活泼性小于 $16(\text{MPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 。
6. 如权利要求2-5中任一项的无针注射器,其特征在于所述两种粉末中的至少一种是基于硝化纤维素,其质量含量为0.45至0.99。
7. 如权利要求6的无针注射器,其特征在于基于硝化纤维素的各粉末还含有硝化甘油。
8. 如权利要求2的无针注射器,其特征在于所述第一种粉末选自多孔粉末。
9. 如权利要求3的无针注射器,其特征在于所述第一种粉末的燃烧厚度小于或等于0.5mm。
10. 如权利要求3的无针注射器,其特征在于所述第一种粉末的燃烧时间小于6ms。
11. 如权利要求4的无针注射器,其特征在于所述第二种粉末的燃烧厚度为0.1mm至1mm。
12. 如权利要求4的无针注射器,其特征在于所述第二种粉末的燃烧时间大于第一种粉末的燃烧时间。
13. 如权利要求12的无针注射器,其特征在于所述第二种粉末的燃烧时间大于4ms。

14. 如权利要求 2 的无针注射器, 其特征在于两种粉末的总质量小于 100mg。

15. 如权利要求 3 的无针注射器, 其特征在于所述第一种粉末的质量与所述两种粉末的总质量的比值大于 0.1。

16. 如权利要求 4 的无针注射器, 其特征在于所述第二种粉末的形状函数是渐进的。

17. 如权利要求 4 的无针注射器, 其特征在于所述第二种粉末的形状函数几乎是恒定的。

18. 如权利要求 1 或 2 的无针注射器, 其特征在于烟火气体发生器(2)包括烟火装料(6)的点火装置, 所述点火装置包括撞击装置和起爆剂(7)。

由双组分烟火装料运行的无针注射器

本发明的技术领域是由气体发生器运行的预充填式一次性无针注射器，用于皮内、皮下和肌肉内注射人或兽药中的医疗用途的液体活性组分。

对于本发明的注射装置，液体活性组分由或多或少有些粘性的液体、或液体混合物、或凝胶组成。所述活性组分可为溶于用于注射的适当溶剂中的固体。它也可呈固体粉末在适当液体中浓度或多或少的悬浮液。所述组分的颗粒尺寸必须与导管的直径相协调以避免堵塞。

本发明的无针注射器的具体特征是由烟火气体发生器运行，所述发生器包括由两种粉末混合物组成的烟火装料，其主要优点是当液体活性组分离开喷嘴时，在整个过程中控制液体活性组分的压力，以便使注射的各阶段在所需的条件下进行。

在用于注射液体活性组分的无针注射器领域，还未得知有涉及使用包括两种粉末混合物的烟火气体发生器的专利。作为对比，已有使用用于这种类型的注射器的单一烟火装料，并是一些专利的主题。举例来说，可提到的是专利 US 2,322,244，其涉及一种由空弹运行的皮下无针注射器。与弹药筒接触放置的要注射的液体在由燃烧气体产生的压力的作用下从注射器排出。另一专利，W098/31409 叙述了一种皮下注射系统，其包括由爆炸物或一种粉末组成的烟火装料。这种注射器的具体特征在于，其设计是试图控制与液体活性组分排出的动力学有关的问题，它不是针对烟火组成的特征，而是具有一种特殊几何形状，尤其是定义了一种有排气孔的邻接气体膨胀室。位置紧邻液体活性组分的烟火装料，通过给予所述组分很高的初始速度而直接并瞬时作用于所述组分，同时所述气体侵入主室和邻接室。然后施加于所述活性组分的压力减小并最终固定于几乎恒定的数值，该数值足以使活性组分穿透患者的皮肤。邻接室使得可以调节这种压力。最后，专利 US 2,704,542 涉及一种通过液体喷射

的注射方法。这种方法不明确涉及烟火装料，而是使用用来控制压力曲线的装置。在这种情况下，用于实现这种目的的所述方法是基于双部件活塞的两阶段滑动，所述活塞由位于空心圆柱体中的小截面中心圆柱体形成。上游压力首先引起中心圆柱体小幅度位移，以向要排出的液体传递一种短促但很强烈的推力，然后活塞整体位移以持续在适当压力下排出所述液体，从而保证适当的穿透。

本发明的无针注射器设计用来保证所有的液体活性组分经皮肤透过，不会由于速度不足而引起所述液体的任何损失，因为所述损失证实对注射质量是有害的。用于控制在喷嘴出口处的随时间变化的液体压力的方法在于，使用了由两种粉末的混合物构成的烟火装料，一种称为“快速燃烧”的，另一种称为“缓慢燃烧”的，这两种粉末的尺寸和化学特性由注射器的几何形状和尺寸所决定，并且还由注射系统所决定，所述注射系统包括液体活性组分的贮器，如适当，还包括用于推进所述活性组分的活塞、包含排出孔的喷嘴。当燃烧时，快速燃烧的粉末的主要功能是向液体活性组分几乎瞬时地传递一定数值的压力，使得所述活性组分立即获得每秒数百米的速度，使其当由注射器排出时穿透患者的皮肤。同时燃烧的缓慢燃烧的粉末能够使所述活性组分在整个注射过程中保证具有最低水平的压力，并足以持续经由通过快速燃烧的粉末的作用而在皮肤上产生的孔扩散。后面将对快速燃烧的粉末和缓慢燃烧的粉末的概念进行解释。

因而，与现有技术所述的注射装置相对比，本发明的无针注射器在保持其几何形状和其减小的尺寸的同时，能够保证可靠和准确的注射，而现有技术中最佳压力曲线的探索包括改变其结构，体现在添加辅助部件或附属的体积，从而增加其尺寸并使其运转机制更复杂。

再有，无论由与注射特征有关的规则所要求的注射器的结构如何，仍然可以确定适合于不必以任何方式改变所述的注射器而保证满意的注射的粉末混合物。这是因为在线型或紧凑构造的注射器中，液体活性组分可以以或大或小的数量存在，呈或大或小的粘性的形式。可考虑所有这些限制来限定粉末混合物。

本发明的无针注射器保证准确和可靠的注射，并且由于可以用作所述混合物的烟火装料有很大可变性，而充许非常高度的使用灵活性，并且所有这些均不会增加其尺寸。

本发明的主题是一种无针注射器，其顺序包括烟火气体发生器、至少一个活塞、液体活性组分贮器和注射喷嘴，其特征在于，所述烟火气体发生器包含由至少两种粉末的混合物构成的烟火装料。

所述烟火装料优选由第一种粉末和第二种粉末的混合物构成。

所述粉末的特征一方面在于它们的化学配方，另一方面在于其几何形状。化学配方概括了包含在所述粉末中的所有组分以及对应于所述组分的质量分数而必须添加的重量系数。粉末的几何形状反映了其所包含的各颗粒的几何形状。颗粒由其形状、尺寸和其具有的孔数所限定，所述孔有助于确定燃烧厚度。

当指出所述烟火装料由第一种粉末和第二种粉末的混合物构成时，这意味着所述两种粉末彼此不同，且其差别可仅在于上述的参数中的一种。换言之，所述两种粉末可例如具有相同的化学组成但具有几何形状略有差别的颗粒。

所述烟火装料有利地是由呈松散形态的两种粉末的混合物构成，也就是说，所述两种粉末所处的状态是，其中的颗粒随意混合，没有任何特别的次序，所得到的粉末与容纳它们的容器的形状匹配，同时形成颗粒之间的间隙。但也可想象到，所述两种粉末中的至少一种呈有序的或特定的形态，例如呈多股的集束形态或呈相当大尺寸的单一颗粒形态，或者甚至呈附聚物的形态。

按照本发明的另一种优选变例，所述烟火装料由两种粉末的混合物组成，所述两种粉末各呈密实块形态，且所述块状物可或者互相接触并呈连续形态，或者可为同心的从而仅构成单一块状物，在所述块状物的中心部分具有第一种粉末组分并在所述块状物的圆周部分具有第二种粉末组分，或根据点燃次序而顺序相反。

所述第一种粉末优选具有大于 $8(\text{MPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的动态活泼性 (dynamic vivacity)。

所述第二种粉末有利地是具有小于 $16(\text{MPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的动态活泼性, 且其系统地低于第一种粉末的动态活泼性。

这事实上是粉末颗粒在半燃烧时的动态活泼性数值。动态活泼性是反映粉末在整个燃烧过程中的活泼性的参数。

其由下式给出:

$$L(z) \frac{1}{P} \cdot \frac{1}{P_{\max}} \frac{(dP)}{dt}$$

其中 P 为相应于前面的状态 z 的瞬时压力。

P_{\max} 为所达到的最大压力。

dP/dt 为压力关于时间的导数

$$z = \frac{P}{P_{\max}}$$

其中得到动态活泼性值的条件如下:

- 这是在半燃烧时的动态活泼性值, 也就是说对应于 $z=0.5$ 的数值,
- 所述数值是在室容积为 27.8 cm^3 的测压室中点燃得到的,
- 装料密度为 0.036 g/cm^3 ,
- 粉末质量为 1 g 。

对于本发明的无针注射器, 所述烟火装料由一种具有高活泼性的粉末与一种具有低活泼性的粉末的混合物组成, 也就是术语快速燃烧粉末和缓慢燃烧粉末。具有高活泼性的粉末保证在约 1 ms 使压力快速增加, 而具有低活泼性的粉末使得在长达 4 至 8 ms 的注射过程中可持续产生气体以补偿由于活塞位移造成的燃烧室体积增加而导致的压力下降, 还可补偿在壁上的热量损失。使用两种不同活泼性的粉末还导致减小了运行的最大压力, 这意味着可降低装置的机械强度并因而减少生产成本。确实, 如果烟火装料仅由单一的快速燃烧的粉末组成, 在液体活性组分中的压力曲线类似于纯的释放。

为保证注射结束时的压力不低于阈值注射压力(低于该值, 液体不再能准确地穿过组织), 必须增加最大压力以向上补偿先前的曲线, 使得在整个注射过程中注射压力总是保持高于阈值压力。通过使用两种不同活

泼性的粉末的混合物，可保持注射压力高于阈值而不必因此增加最大压力。

为保证良好地穿透皮肤而不散失活性组分，在注射开始时压力的快速上升是必须的。

液体活性组分的推进优选由单一的活塞来保证，所述活塞向所述液体传递气体膨胀室的占优势的的压力，降低其强度但保持其作为时间函数的总体的变化曲线。更一般性地说，可根据推进液体活性组分的活塞数量、活塞形状、其性质、喷嘴的几何形状和其具有的孔的数量而改变烟火装料。由于粉末的特征在于众多的化学和结构参数，两种粉末的混合物提供了可满足任何类型情况的几乎无穷数量的组合。

两种粉末中的至少一种有利地是基于硝化纤维素，其质量含量为 0.45 至 0.99。组分的质量含量定义为这种组分的质量与所有组分的总质量的比值。硝化纤维素的质量含量有利地是 0.93 至 0.98。

由于其特定的性能，硝化纤维素构成了目前用于推进子弹、炮弹或在管式武器中的各种射弹体的粉末的主要基础。按照本发明的第一种实施方案，基于硝化纤维素的各种粉末还含有硝酸酯，例如硝化甘油。对于含有这两种组分的粉末，硝化纤维素的质量含量优选为 0.49 至 0.61，硝化甘油的质量含量优选为 0.35 至 0.49。第一种粉末有利地是选自多孔粉末。多孔的第一种粉末优选含有硝化纤维素，且硝化纤维素的质量含量为 0.93 至 0.98。在它们的制备过程的混合阶段中，通过引入随后通过溶解来除去的盐如硝酸钾，可使基于硝化纤维素的粉末变为多孔的。在粉末颗粒的表面上保留的硝酸钾晶体在点火器的作用下构成了热点。这样多孔表面可以特别改进粉末的点火。

第一种粉末有利地是具有小于或等于 0.5mm 的燃烧厚度。燃烧厚度对应于燃烧锋面前进然后停止的粉末颗粒的最小尺寸，从而使得可固定所述颗粒的燃烧时间。由于粉末颗粒同时在其所有表面上燃烧，燃烧厚度对应于其最小厚度的一半。燃烧厚度取决于颗粒的形状、其尺寸、其所具有的孔的数量和位置。

构成可混合以形成用于本发明无针注射器的烟火装料的粉末的颗粒

可呈各种形态。例如，它们可为单管状、多管状、球形、粉碎的球形、圆柱体，或可呈薄片或棒状。对于各种这些几何形状，燃烧厚度代表了完全区别的参数。

例如：

- 对于球形颗粒，燃烧厚度对应于所述颗粒的半径，
- 对于相当长的圆柱形颗粒，燃烧厚度对应于颗粒的半径，
- 对于单管状颗粒，燃烧厚度对应于沿径向方向上颗粒厚度的一半，
- 对于多个孔规则地彼此间隔开的多管状颗粒，燃烧厚度对应于分开两个连续孔的间隔长度的一半。

作为快速燃烧的粉末，特别建议选择具有低燃烧厚度的粉末。快速燃烧的粉末有利地是多孔的并基于硝化纤维素。其有利地是燃烧厚度等于0.3mm，并呈棒状或薄片状。

所述第一种粉末优选具有小于6毫秒的燃烧时间。这是对应于实际情况的时间，即对应于满足如下条件的“注射器”结构的时间：

- 粉末燃烧在最终体积为 1.6cm^3 的室中进行，
- 液体的推进由活塞形成的部件来提供。

第二种粉末优选具有0.1mm至1mm的燃烧厚度。

所述第二种粉末有利地是具有大于4ms的燃烧时间，并且该时间系统地大于第一种粉末的燃烧时间。在与确定第一种粉末的燃烧时间的条件相同的条件下，得到所述第二种粉末的燃烧时间。第二种粉末的燃烧时间必须总是超过第一种粉末的燃烧时间，因为第二种粉末在所述混合物中的存在仅是为了补偿在第一种粉末单独燃烧时观察到的压力不足。两种粉末的燃烧时间与注射的特异性有关，尤其是与所要注射的活性组分的体积与主要涉及排出通道数量、它们的分布及它们的直径的喷嘴的特性之间的结合有关。按照本发明的优选实施方案，所述两种粉末的总质量小于100mg。这一阈值极限一方面是由与注射有关的规则所要求，尤其要求作用于皮肤的液体的速度为100m/s至200m/s，另一方面，由与无针注射器尺寸有关的规则所要求，所述尺寸必须与尺寸小且轻便和易于操作的目的适应。第一种粉末的质量与两种粉末的总质量的比值有利地是

大于0.1。初始推力特性必须瞬时向液体活性组分传递很高速度的事实，使得必需具有某一最小数量的粉末，其不能小于所述粉末总质量的10%。

按照本发明的第一个优选变例，第二种粉末的形状函数是渐进的。粉末的形状函数事实上是基于制备它的颗粒的形状函数，假定所有颗粒是相同的。颗粒的形状函数由 S/S_0 比值来给出，其中 S_0 为颗粒的初始燃烧表面积， S 是所述燃烧的在给定状态前的燃烧表面积。这种形状函数反映了在燃烧过程中颗粒燃烧表面积随时间的进展。对于给定的粉末，燃烧表面积越大，则单位时间释放的气体的数量越大，在封闭体积内压力的上升越快。当活塞在注射开始时位移时，燃烧室的体积逐渐增加，从在所述增加的体积下保持基本上恒定的压力值的角度来看，需要使用具有渐进形状函数的第二种缓慢燃烧的粉末。

按照本发明的第二种优选变例，第二种粉末的形状函数几乎是恒定的。其原因是，在某些条件下，尤其是根据所使用的第一种快速燃烧的粉末的性质，具有恒定形状函数的第二种缓慢燃烧的粉末可能是足够的。由于形状函数基本上取决于粉末颗粒的几何形状，因而第二种缓慢燃烧的粉末颗粒优选具有多管状或单管状形状，因为其形状函数分别是渐进的和几乎是恒定的。

根据所需求的压力曲线，多管状粉末优选具有三个孔、七个孔或十九个孔。

烟火气体发生器有利地是包括烟火装料的点火装置，所述点火装置包括撞击装置和起爆剂。还可以使用基于压电晶体或粗糙表面的点火系统。

本发明的无针注射器的优点是保证了满意地注射所有液体活性组分，同时保持了简单的运行机制和减小的尺寸，既不需要提供作为附加加工和附加成本来源的特殊部件，也不需要所述注射器本体的几何形状进行任何彻底改变。

再有，因为可用作所述混合物的烟火组合物具有很大的可变性，可以获得很大变化的压力曲线，所述压力曲线可适应所有可能的结构。最后，烟火装料燃烧所产生的效应的精确控制结合已大量证实有效的点火系统，赋予本发明的无针注射器很大的可靠性和安全性。

下面参照图 1 和 2，以非限制性实施例对本发明进行说明。

图 1 是沿本发明无针注射器的纵轴剖面图。

图 2 是显示在本发明的注射器中由双组分装料的燃烧所产生的液体压力随时间变化的简化的典型曲线。

参照图 1，本发明的无针注射器 1 包括烟火气体发生器 2、活塞 3、液体活性组分 4 的贮器、注射喷嘴 5。术语“注射喷嘴”和“喷射喷嘴”是等同的。

烟火气体发生器 2 包括所述烟火装料 6 的点火装置，所述点火装置包括撞击装置和起爆剂 7。由按钮 8 触发的撞击装置包括预加应力的弹簧 9 和具有撞针 11 的延长的重物 10。所述重物 10 由至少一个挤入所述重物 10 与中空圆柱体 13 之间的固定球 12 所阻塞，在所述中空圆柱体 13 中重物 10 可移动。基本为圆柱形的起爆剂 7 和烟火装料 6 位于所述中空圆柱体 13 中，在重物 10 的下游。烟火装料 6 通向基本为圆柱形的加宽的空间，所述加宽空间的上游部分由活塞 3 占据，其下游部分由液体活性组分 4 的贮器所占据，所述加宽空间端部由喷射喷嘴 5 封闭，所述喷嘴 5 具有若干个通道，使得活性组分 4 与注射器 1 的外部联通。这些各种各样的部件相互以这样一种方式排布，即，它们互相连接：烟火装料 6 与活塞 3 相接触，活塞 3 本身与液体活性组分 4 相接触，液体活性组分 4 由喷嘴 5 所界定。为避免液体活性组分 4 由所述注射器 1 中逸出，在喷嘴 5 的平面上固定有阻塞物并阻塞其通道，所述阻塞物在使用前取出。所述烟火装料 6 由两种松散粉末的混合物所组成。

本发明的无针注射器 1 的运行方法如下。

使用者放置注射器 1 的方式为，使喷嘴 5 靠在被治疗的患者的皮肤上。

施加到按钮 8 上的压力使得中空圆柱体 13 移动直到其加宽部分位于面对固定球 12 的位置。固定球 12 从其基座中逸出，从而释出了重物 10，重物 10 受释放的弹簧 9 的作用以撞针 11 为先导突然向起爆剂 7 加速。起爆剂 7 的反应导致点燃烟火装料 6，其分解并释放出气体。

参照图 2，然后快速燃烧的粉末向活塞 3 传递高初始速度的位移，使得液体活性组分 4 一旦离开喷嘴 5，可立即被驱动以足够高的速度穿透皮

肤。缓慢燃烧的粉末在液体活性组分 4 内维持阈值压力值，使得一旦皮肤被穿透，可保持液体活性组分 4 经皮肤的扩散动力，以继续注射。以这种方式，准确地进行了注射，不会有任何液体活性组分 4 的损失。

如下的非限制性实施例对本发明的主要特征进行说明，其涉及烟火装料 6。

实施例 1:

下表概括了用作第一种混合物的两种粉末的主要特征。

I- 化学组成

快速燃烧的粉末

组分	质量分数 ×100
硝化纤维素	93.0
二硝基甲苯	2.0
邻苯二甲酸二丁酯	1.2
二苯胺	1.0
石墨	0.5
残余溶剂	0.2
残余盐	0.4
湿度	1.2
着色剂	痕量

缓慢燃烧的粉末

组分	质量分数 ×100
硝化纤维素	95
添加剂	5

II- 结构特征和与燃烧有关的参数

	多孔性	燃烧时间 (ms)	在半燃烧时的动态活性 (MPa·s) ⁻¹	燃烧厚度 (mm)	颗粒形状	形状函数
快速燃烧的粉末	有	0.8	24	0.2-0.5	薄片状	递减
缓慢燃烧的粉末	无	3.1	11	0.22	单管状	几乎恒定

所要注射的液体活性组分的体积为 0.5ml。因而粉末的数量根据喷嘴的特征、尤其是其注射通道的数量确定。以下给出的直径值对应于等效直径。这是因为，在实际上，通道是实际直径为 350 μm 的半圆柱形纵向凹槽。如果把所述通道比拟为相同截面的理想圆柱形，则其等效直径为 250 μm 。因而以下提到的直径是等效直径。

具有直径 250 μm 的 3 个通道的喷嘴

快速燃烧的粉末: 30mg

缓慢燃烧的粉末: 30mg.

具有直径 250 μm 的 6 个通道的喷嘴

快速燃烧的粉末: 31mg

缓慢燃烧的粉末: 25mg.

当通道数量减少时，注射的持续时间增加。因而必须增加缓慢燃烧的粉末与快速燃烧的粉末的比值以保持足够的注射结束时压力。当注射持续时间增加时，必须增加粉末的总质量，以限制热量损失的效果，然而以%和穿透深度计的推进效力随着通道数减少反而更好，这趋向于限制了所需的粉末的质量。

对于该实施例，粉末的这些数量对应于充许得到穿透深度为 12 至 15mm，穿透百分比为约 99%的最小装料，同时显著减少了注射器液体中的最大压力。

实施例 2:

下表概括了用作第二种混合物的两种粉末的主要特征:

I-化学组成

快速燃烧的粉末

组分	质量分数 $\times 100$
硝化纤维素	93.0
二硝基甲苯	2.0
邻苯二甲酸二丁酯	1.2
二苯胺	1.0
石墨	0.5
残余溶剂	0.2
残余盐	0.4
湿度	1.2
着色剂	痕量

缓慢燃烧的粉末

组分	质量分数 ×100
硝化纤维素	95
添加剂	5

II- 结构特征和与燃烧有关的参数

	多孔性	燃烧时间 (ms)	在半燃烧时的动态活泼性 (MPa. s) ⁻¹	燃烧厚度 (mm)	颗粒形状	形状函数
快速燃烧的粉末	有	0.8	24	0.2-0.5	薄片状	递减
缓慢燃烧的粉末	无	6	6	0.51	七管状	渐进

对于具有直径为 250 μm 的 6 通道的喷嘴，所使用的粉末的数量为：

快速燃烧的粉末：42.5mg

缓慢燃烧的粉末：23.5mg.

以这些数量的粉末，可获得大于 99% 的穿透百分比。

通过使烟火装料适应喷嘴，可在液体中获得三段式压力曲线。

由快速燃烧的粉末获得初始阶段的压力增加，其必须是快速的。

使用具有适当的显著燃烧厚度的粉末，使得可在第二阶段中经气体流速补偿由于燃烧室体积增加和热量损失所导致的压力下降。

最后，对应于燃烧气体的简单释放直到注射结束的第三阶段，不降低注射的质量。为了限制射流穿透皮肤的深度，第三阶段甚至需要的。

在如此改变了烟火装料的条件下，准确注射了 0.5ml 的液体活性组分。

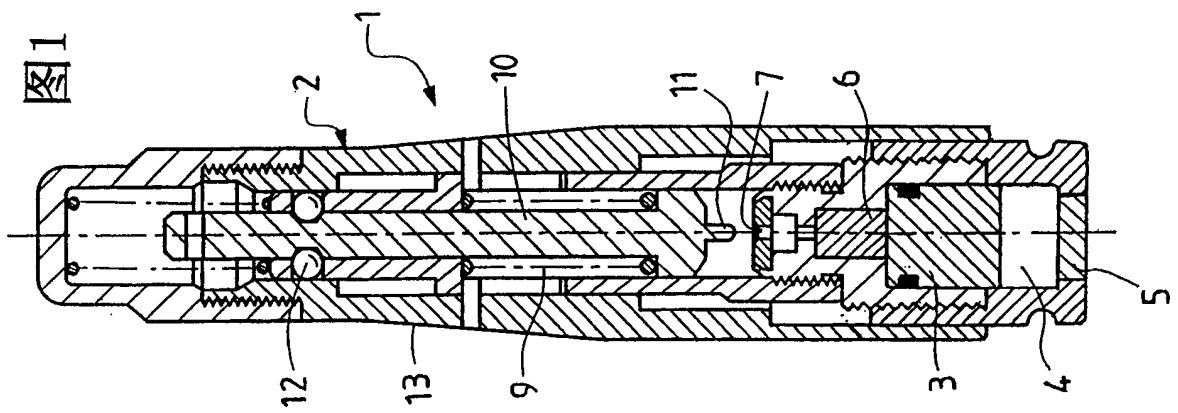


图1

