

超短纤维的用途及美国 DM&E 超短切断技术

伟事达企业 周毅

一、超短纤维的用途：

超短纤维一般指切断长度小于 20mm 的任何短纤维。这些产品的规格要求纤维形式和切断长度的多样性。据我所知，其应用范围是卫生产品、无纺用品、造纸、油漆及混凝土等可塑性材料增强等。

超短纤维的特性：

- ◇ 较高的断裂强度和较低的断裂伸长
- ◇ 沸水或热空气中的低收缩率
- ◇ 小于常规短纤的切断长度
- ◇ 在介质中的高程度可分散性
- ◇ 抗静电性
- ◇ 特殊性，如：低熔点复合、抗菌、防伪、有色

（一）、聚丙烯（PP）超短纤维的应用领域：

就丙纶 PP 产品来说，主要用于工程材料的增强、造纸（干法和湿法）以及无纺产品等。

1. 工程纤维：

主要用于提高砂浆、混凝土的抗渗、抗裂能力。该种超短纤维的特点是直径小，一般不带卷曲度，对分散性要求要求比较高，一般采用特殊的纤维表面处理技术（如三叶型等），以提高纤维与混凝土等的物理接触力。目前该超短纤维在国内的生产厂家比较多，主要是因为该产品对切断长度的精确性要求相对较低，设备的投入相对较少，以至于产品质量良劣不齐。

工程纤维的一般性能指标如下：

- ◇ 密度：0.91
- ◇ 长度：3mm、6mm、10mm、12mm、15mm、20mm
- ◇ 弹性模量：>3500MPa
- ◇ 抗拉强度：>400MPa

- ◇ 抗碱性： 强
- ◇ 包装形式： 袋装
- ◇ 一般掺加量： 平均 0.9 kg/m^3 混凝土

由于聚丙烯纤维本身具有的不吸水、抗酸碱能力强和弹性模量与混凝土相当等特性，因此添加后能大大提高混凝土的抗渗性、耐磨性、抗裂性和抗冲击抗疲劳能力。在国外发达国家已经被广泛推广，可用于混凝土路面、桥面、机场道面、河道、水坝、蓄水池、隧道矿井的墙面等特殊施工方法的工程，能使工程的使用寿命得以延长。

2. 纸用纤维：

纸用纤维分干法造纸和湿法造纸两种。一般聚丙烯纤维主要应用于干法造纸领域，即膨化软纸。膨化软纸是一种新型的一次性卫生用材料，可以制成高密度无尘纸吸收芯材，用于满足特殊需要的高吸收能力和改善持液效果。也可制成低密度吸收芯材，用于医用材料。干法造纸所用的聚丙烯纤维是一种皮芯式的复合纤维，表层是低熔点材料，芯层是 PP 或其它材料。在干法造纸时用一定的温度使其低熔点的皮层熔化，从而与木浆纤维等吸水材料均匀地粘结在一起形成基材。该超短纤维的特点是双组份结构，带较少的卷曲度或不带卷曲，抗静电性和分散性要求较高。

该产品主要应用于一次性医疗用具（床垫、外科手术衣、敷料等）、卫生巾和尿垫、化妆纸、高档家庭生活用品等。据海外资料介绍，仅美国一个国家，其膨化软纸的消耗量将接近 100 万吨/年，并且在每年递增。

在湿法造纸方面，聚丙烯超短纤维主要是和其它纤维充分混合，制成有湿强要求的纸张，如过滤用纸、袋泡茶袋用纸等。

3. 无纺布纤维：

以前，一般无纺布用纤维大都是常规长度纤维产品。但随着汽车内饰等特殊的要求，现在无纺布纤维也有要求是小于 20mm 长度的超短纤维。该超短纤维的特点是低强、高伸、长度一般在 6mm-20mm 以上，不带卷曲或带较小的卷曲。该产品主要应用于汽车内饰材料，也用于家具装饰等其它基材的制造。目前，已有将超短纤维与聚酯、粘胶或聚酰胺/木浆等纤维按比率混合应用于擦地板布、汽车用抛光布等工业擦布方面，以提高其耐磨性。

（二）、聚酯（PET）超短纤维的应用领域：

就 PET 产品来说，主要用于造纸以及沥青材料的增强等。一般纤维的单丝旦数范围在 6 旦左右，低的也有达 0.5 旦。应用情况如下：

3-6mm： 一般用于造纸、卫生用品、医用产品等

6-20mm：一般汽车零件（如蓄电池滤纸），过滤材料、可塑性材料（沥青）增强、无纺布用品等。

1. 纸用纤维：

聚酯超短纤维主要用于湿法造纸业，该种超短纤维的特点是抗静电性和分散性好，具有良好的亲水性，强度高、韧性好，热收缩低，一般不带卷曲，长度范围 3mm-12mm。采用这种聚酯超短纤维与植物纤维交互造纸，可以增强纸张的强度，改善纸的性能，扩大其用途。可用于制造再生纸、过滤纸、防伪票证及其它特种纸张等。

2. 工程纤维：

聚酯超短纤维由于其较高的熔点，主要应用于高等级公路沥青的抗裂和增强。一般性能指标如下：

- ✧ 长度： 4mm-20mm
- ✧ 比重： 1.36/g.cm⁻³
- ✧ 熔点： >250 度
- ✧ 断裂强度： >700MPa
- ✧ 断裂伸长率： 18-35%
- ✧ 卷曲度： 无

添加聚酯超短纤维后，可以使沥青路面的热稳定性、疏水性抗疲劳性大大增强，大大延长高速公路的使用寿命并降低维护成本。

3. 其它工业用途：

聚酯超短纤维还可应用于工业蓄电池极板和隔板的制造，船舶舰艇用油漆填料，可应用与植绒和取代石棉作为建筑增强材料等其它用途。

二、超短纤维的切断技术：

超短纤维产品最主要的质量就是纤维的切断长度的均匀和准确，这很容易理解，如果切 38mm 长时，可能 39mm 长度也属正常，但 3mm 和 4 mm 就是两个品种了。但如果是用于增强材料的超短纤维，除了切断长度的精确性外，分散性是其最主要的指标。但分散性一般是通过添加分散剂的方法来保证。因此作为生产超短纤维的设备，最关键的就是如何能连续稳定的精确的切断到所需要的纤维长度。

（一）几种超短纤维切断技术：

1. 铡刀式切断机：

铡刀式切断机是采用 1 对垂直平面方向进行直线运动的刀片，同步带动进给装置的送料导辊将被切的丝束喂入切断口，采用挡块固定所需的切断长度，完成剪切工作。

特点：

- (1)、设备结构简单，切断长度的调整范围广范（最短甚至可达 0.1mm）；
- (2)、对所切断的丝束要求不高，可加工各种规格形式的材料，甚至是各种不同类型的边角余料。
- (3)、切断效率较低，切断长度的精确性较差；

由于该切断机结构简单，价格较低，目前，国内许多工程纤维生产厂家大都使用这种切断设备。

2. 平行刀片式切断：

即刀盘上切断刀片的刃口是在一个平面方向上排布，刃口朝上，刃口之间的距离即是所需的切断长度，采用一个倾斜的压轮将丝束喂入刀盘，刀盘回转，碾压式地将丝束切断成所需要的切断长度。

特点：

- (1)、纤维被切断后以自由状态垂直落下，落棉比较顺畅；
- (2)、采用压轮带动丝束喂入，切断精度较高；
- (3)、压轮同时和多把刀片接触，形成切断，切断效率高；
- (4)、设备结构复杂，维护要求较高；
- (5)、刃口外边和内边长度有差异，使刀片实际可工作长度不得不降低，影响其切断能力；

目前世界上主要是德国纽玛格（NEUMAG）的切断机采用这种切断技术，国内也有一些制造厂在仿制这种超短切断机。

1. 放射式切断刀盘切断技术：

即刀盘上所有刀片沿圆周垂直排列，刃口朝外，呈放射式排布，刀片刃口之间的距离即是所需的切断长度。刀盘回转带动丝束喂入，平行的压轮与刀片刃口接触产生切断。

特点：

- (1)、刀片的刃口相互平行，切断长度没有差异，切断精度较高；
- (2)、刀片工作长度较大，切断能力较高；
- (3)、刀盘设计简单，维护容易，可适合各种切断要求；
- (4)、同样的规模下刀盘所需要的刀片数量较少；

目前世界上绝大多数的切断机制造商都采用这种放射式刀盘切断技术,包括美国 DM&E, 鲁姆斯 (LUMMUS), 德国 FLIESSNER, 意大利 FARE, 日本帝人、东洋纺等等。

(二) 美国 DM&E 的超短切断技术:

美国丹姆意 (DM&E) 公司是世界上唯一一家以短纤维丝束切断技术为主要研究中心的专业制造公司,特别在超短纤维(指切断长度小于 20mm)的切断技术上,拥有其专有的技术,可保证最短 3 mm 的切断长度。目前在美国 DM&E 的实验室中,已经完成了最短 1.5mm 的切断长度的刀盘设计,并可达到相当的生产能力。

丹姆意切断机的最大特点就是可以提供非常柔性化的生产条件,其切断长度的适用范围非常广泛,可切断从最短 3mm 到 200mm 长度的纤维,并能保证非常均匀的切断长度,保证您短纤维产品的切断质量。

超短纤维产品最主要的质量控制之一就是纤维的切断长度的均匀和准确,这很容易理解,如果切 38mm 长时,可能 39mm 长度也属正常范围,但 3mm 长和 4 mm 长就是两个品种了。作为生产超短纤维的设备,最关键的就是切断设备和张力控制。

丹姆意公司自 70 年代起,就加工制造切断机刀盘,其采用的是放射式刀盘的切断原理,该原理是目前在短纤维切断方面使用最普遍、最成熟的技术。目前其铸铝合金的放射式刀盘结构设计,已获得美国的专利,尤其是其用于超短切断 (3mm, 4mm, 5mm, 6mm 等) 的刀盘——聚集式刀盘 (Flock Reel) 设计,该刀盘的刀片直接安放在刀盘的圆周上,整个刀盘通过几个单独的支持柱固定,独特设计的刀片和内腔结构可避免被切断纤维的熔合堵塞。而且通过调整刀片的数量,一个刀盘可切断多种长度的纤维,具有很大的灵活性。

德国 NEUMAG 的超短切断机大家应该很熟悉了,他是采用平行刀片的设计结构。据 NEUMAG 介绍,之所以采用此结构,主要是为保证被切断的超短纤维不会在刀盘中被堵住,使其能以自由状态落下。但我们可以分析,为什么纤维会在刀盘中被堵住?丹姆意认为:纤维之所以会在刀盘中被堵住,两刀片的间距小并不是最主要问题,因为纤维是有弹性的,而且经压力轮挤压后,被切断的纤维是被一股力量推向刀盘中心的,只要刀盘的制造保证不挂丝,纤维将自然而然地落下。丹姆意认为,纤维之所以被堵,最大的问题应该是纤维被粘结在一起,而产生了堵塞。而纤维的粘结主要原因有:

1. 刀片钝了,使切断负载增大,切断产生大量热量,使纤维因热而熔融粘结在一起;特别是处理低熔点纤维时,这是很容易产生的问题。
2. 切断机或刀盘的质量问题,使切断时有多次切割,切口使纤维被挂住,产生粘结。
3. 切断机或刀盘设计有问题,使切断时超长、倍长纤维很多,而使狭小的刀缝被堵住。

可以理解，如果是以上的原因而产生堵塞，我想平行刀片的设计也是不能避免这个问题的。我们的刀盘的内腔是上下开放的，这使正常的纤维被切断后，很容易通过刀缝而落下。而且，在实际生产中也证明了，丹姆意的放射式刀盘设计，完全能保证纤维通过刀缝而无困难地落下。虽然它是经过了一个直角路线。

对于超短纤维的切断，丹姆意认为：最关键的技术，是精确控制丝束的张力，以防止超长、倍长纤维的产生。而这些，主要是通过以下设计来达到的：

1. 丹姆意的切断机中是采用了大直径的气控压力轮技术，其压力轮直径比通常的压力轮大了近一倍。大直径的压力轮将能减少超长纤维的产生。一般，超长纤维主要是由于丝束在进入切断前有蓬松态，因此一般在普通切断时我们会将丝束在刀盘上多绕 2-3 圈，且通过自紧方式以降低这个蓬松态。但在超短纤维切断时，我们最多仅仅能绕 1 圈半在刀盘上，如果张力再控制不好，蓬松态会使超长大量产生，超长纤维就会使纤维堵在刀盘中。而大直径的压力轮就可改善这个蓬松态区域。降低超长的产生。

2. 丹姆意的切断机还设计了精密的导丝系统，通过一个特别设计的喇叭口导丝器，能使丝束紧贴于切断外圆上，以帮助防止超长的产生。

3. 丹姆意设计了一套独特的张力站系统--310 系列张力站，以保证精确的张力控制。310 系列张力站是丹姆意参照造纸工业中的纸张张力控制技术而设计的，非常精确。310 系列张力站中共有三组气缸，包括张力气缸、夹持气缸和刹车气缸。2 个张力辊是整合在一根支杆上，并用一个张力气缸拉动，以提供所需的张力要求（最大可提供 110kg 的张力）。并且张力辊支杆中心还装有一个电位器，用于检测输入的张力大小变化，并反馈到控制系统中，以控制刹车气缸动作以调整进入的张力大小。夹持气缸则提供丝条一定的阻力，以增加张力。通过张力杆摆动的信号反馈及刹车气缸的配合动作，310 系列张力站能提供非常稳定均衡的输出张力到切断机，保证切断长度的均匀性。另外，如果输入输出的张力差距很大，丹姆意公司的 310 系列张力站还能采用电机主动式驱动，以提供更大的张力调整范围。

另外，丹姆意公司还可提供一套非常有特色的在线切断负载实时显示（CLI）电脑系统，它的原理是：通过一个安装在刀盘上的非常敏感的压力传感器，可以将每把刀片实际切断时的力的大小，即负载情况通过计算机中专门的软件进行显示和监控。因此，甚至是哪把刀片断了或钝了，都可提供警报并作停机处理。由于一般在做超短纤维切断生产时，一个刀盘上将会有几百把刀片。有了丹姆意的 CLI 系统，就能实时检测每一把刀片在做切断时的受力情况，防止断刀等意外事故。而且可以提高刀片的使用寿命。另外，它还可辨别其它一些工艺的变化情况，如丝束张力的变化、总的丝束旦数的变化、单纤旦数的变化、卷曲的变化、伸

长强度的变化和上油型号及上油量的变化等情况。总之，对于短纤维的生产工艺监控来说，它是一个非常有用的工具。

纤维切断的产量问题，应该是大家比较关心的。因为这和生产的成本有很大关系。对于切断产量的问题，可以说，就算在切断 3mm 长度的超短纤维的条件下，丹姆意公司也能保证最大可处理 70 万旦的丝束。这主要是我们特殊的超短刀盘设计来保证的。丹姆意的刀盘是采用铝合金的材料，不仅强度保证，而且重量降低。这使我们的超短刀盘的刀位宽（即刀片实际的工作宽度）最大可达 19mm（3、4mm）和 25mm（5mm 以上）。另外，我们的切断原理与 NEUMAG 不同，由于 NEUMAG 的刀片是在一个平面呈放射状排列，特别在间距很小的情况下（如 3mm 时），由于放射式排列使其两刀片间的一头宽度（外径）要大与另一头（内径）的宽度，为保证切断长度的精确性，其能用于切断的刀片实际工作宽度将不得不降低。而我们的刀片是竖直排列的，上下刀片的间距是完全一致的，因此，我们能保证最大的 19mm 宽的刀片实际工作宽度，从而能保证处理更大的丝束总旦数。在实际生产中已经被证实，同样的切断条件下，我们的切断机所能处理的最大总旦数将比 NEUMAG 高 20-30% 以上。并且，在我们丹姆意的美国实验室内，切 3mm 时，最大的丝束总旦数可达 200 万旦。如果在处理 38mm 以上的普通长度纤维切断时，丹姆意公司最大的 1200 系列切断机，能保证处理最大 800 万旦的纤维丝束，完全可满足单条 6 万吨年生产线的切断要求。目前世界上许多著名的化纤企业，如杜邦，Wellman，三菱人造丝等都在使用其制造的切断设备，美国康泰斯（Chemtex）工程公司甚至德国纽玛格（Neumag）公司都在其提供的生产线中选用了丹姆意的切断设备。在中国，目前丹姆意公司的切断设备的使用厂家包括：上海金山石化塑料事业部，上海泽太化纤企业、江阴长隆化纤、甘肃兰港石化，广州艺爱丝纤维，苏州维顺、宁波丽阳化纤、山东齐鲁石化腈纶厂、洛阳实华合纤等。

（三）、超短纤维生产的其它注意要求：

- 1、打包要考虑密封的要求
- 2、卷曲
- 3、油剂
- 4、刀片质量
- 5、张力控制