

聚酯纤维化学与工艺学

下 册

6.2

纺织工业出版社

聚酯纤维化学与工艺学

(下 册)

[德意志民主共和国] 赫尔曼·路德维希 著
天津市化学纤维研究所 译

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书根据赫尔曼·路德维希原著第一版的1968年版英译本翻译，后又根据德文原著1975年第二版核对，并相应地补充了新的内容。全书共十二章，分上、下两册，下册主要介绍聚酯长丝及短纤维后加工各工序的工艺及设备，聚酯废料的回收，聚酯纤维的纺织加工以及聚酯纤维的性能和用途。可供化学纤维厂工人、技术人员、科学研究人员以及化学纤维专业的院校师生参考。

聚酯纤维化学与工艺学 (下册)

[德意志民主共和国]赫尔曼·路德维希 著
天津市化学纤维研究所 译

纺织工业出版社
(北京阜成路3号)

北京印刷一厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张：7 28/32 字数：172千字
1978年4月 第一版第一次印刷

印数：1—6,600 定价：0.64元

统一书号：15041·1012

目 录

第六章 聚酯纺出丝的拉伸及其所需拉伸机	(1)
第一节 影响聚酯丝拉伸的最重要因素	(2)
一、聚酯丝拉伸曲线对温度的依赖关系	(2)
二、水对聚酯丝拉伸过程的影响	(6)
三、加热和膨润剂处理后聚酯丝的拉伸	(8)
四、聚酯丝拉伸时流动区的形状和空穴的形成	(14)
五、聚酯丝拉伸时的收缩率	(20)
六、拉伸比对聚酯丝性能的影响	(24)
第二节 拉伸机的一般任务和工作方法	(27)
一、聚酯长丝拉伸机	(28)
二、聚酯短纤维拉伸机	(50)
第七章 拉伸后聚酯丝的定型	(56)
第一节 拉伸条件对聚酯丝收缩性能的影响	(57)
第二节 定型条件对聚酯丝收缩率的影响	(58)
一、干热定型和湿热定型时收缩时间和收缩温度的影响	(58)
二、张力的影响	(63)
三、预处理的影响	(66)
第三节 定型条件对聚合度和纺织特性的影响	(69)
第四节 定型条件对不同结构特性的影响	(71)
一、密度对定型温度的依赖关系	(71)
二、不同定型条件的聚酯长丝的 X-射线微细结构研究	(72)
三、不同定型条件的聚酯长丝的染料吸收能力	(73)
四、不同定型条件的聚酯长丝的碘吸收值	(74)

五、不同定型条件的聚酯长丝的部分皂化值	(75)
六、不同定型条件的聚酯长丝的溶解度和临界溶解温度 ...	(75)
七、纤维纤度对某些性能的影响	(78)
第五节 定型条件对张力伸长行为和折皱行为的影响	(78)
一、定型时张力伸长行为的变化	(78)
二、定型条件对折皱行为和最适宜定型条件的影响	(79)
第六节 定型设备和定型工艺	(82)
第八章 聚酯长丝的加拈、络筒及整经	(86)
第一节 平卷络筒机和加拈机	(86)
一、倒筒机	(86)
二、双层加拈机	(90)
三、倍拈机	(95)
第二节 叉卷络筒机	(96)
一、卷绕的形状	(96)
二、叉卷筒子和叉卷络筒机	(97)
三、叉卷络筒机上的上油	(101)
四、叉卷络筒机上的上浆	(102)
第三节 整经机	(104)
第九章 聚酯长丝及短纤维的卷曲、切断、干燥、分 级和包装	(108)
第一节 聚酯长丝和短纤维的卷曲	(108)
一、丝束和长丝的卷曲 (齿轮卷曲)	(109)
二、短纤维的卷曲	(129)
第二节 聚酯长丝和纤维丝束的切断	(130)
一、聚酯长束的切断	(130)
二、拉伸切断	(132)
三、在拉伸长束中打断纤维制短纤维	(135)

第三节	聚酯长丝及短纤维的干燥	(140)
一、	聚酯长丝的干燥	(142)
二、	聚酯短纤维的干燥	(142)
第四节	聚酯长丝和短纤维的分级与包装	(147)
一、	聚酯长丝的质量分级、整理和包装	(148)
二、	聚酯短纤维的质量分级、整理和包装	(150)
第十章	聚酯废料的处理	(152)
第一节	聚对苯二甲酸乙二酯的加压水解	(153)
第二节	聚对苯二甲酸乙二酯的酸水解	(157)
第三节	聚对苯二甲酸乙二酯用苛性钠硷液皂化	(157)
第四节	聚对苯二甲酸乙二酯的加压甲醇分解	(159)
第五节	聚对苯二甲酸乙二酯用乙二醇处理加工成对 苯二甲酸二羟乙二酯	(165)
第六节	聚对苯二甲酸乙二酯各种回收法的 经济比较	(167)
第十一章	聚酯丝的性能	(169)
第一节	物理性能	(169)
一、	外观	(169)
二、	机械性能	(171)
三、	热性能	(176)
四、	耐光性	(179)
五、	吸水性	(181)
六、	耐气候性	(181)
七、	电性能	(182)
第二节	化学性能	(183)
一、	抗水性	(184)
二、	耐酸性	(185)
三、	耐碱性	(190)

四、抗氧化剂性	(194)
五、耐还原剂性	(196)
六、耐有机溶剂和膨润剂性	(196)
七、耐矿物油、工业用油脂和金属盐类性	(197)
八、聚酯丝与聚酰胺丝的特点试验	(199)
第三节 耐生物性	(199)
一、耐细菌、微生物和虫类性	(199)
二、生理行为	(202)
第四节 染色性能	(203)
一、概论	(203)
二、载体染色法	(206)
三、高温染色法 (HT 染色法)	(208)
四、热溶染色法	(211)
第十二章 聚酯丝的加工与用途	(213)
第一节 聚酯丝纺织加工的概况	(213)
一、聚酯纺织品的优点	(213)
二、聚酯纺织品加工和应用时的困难	(214)
三、聚酯纺织品的改变和改进	(221)
第二节 聚酯短纤维和长丝的应用范围	(230)
一、衣着织物与常洗织物(织物与针织物)	(230)
二、室内纺织品	(234)
三、工业用纺织品	(236)
四、医疗用聚酯丝	(244)

第六章 聚酯纺出丝的拉伸及其所需拉伸机

熔融纺丝纺出的丝，伸长率很高，强力低，因此不能在纺织方面应用。通过拉伸过程，可以达到已知的良好性能，如强力高，伸长率正常；同时使丝可以耐物理、化学和气候的作用。因此，拉伸过程有特别重要的意义，必须在最适宜的条件下进行，以制出使用性能良好的丝。

一般生产中纺成的聚酯丝可拉伸到其原长的几倍，这就产生了晶体或使大分子沿纤维轴线方向定向。这里也可以象聚酰胺那样采用所谓“冷拉”；然而加一点热可以使拉伸过程容易得多，因为聚对苯二甲酸乙二酯的玻璃化温度比聚酰胺高。

“冷拉性”是各种不同高聚物都具有的一种性质，并不与其特殊结构相联系。这里对一般原理不作介绍。缪勒 (Müller) 等人已有所叙述。

具体地说，张力伸长行为受物质的机械、热和化学性能的影响，也受外界条件的影响。例如，弹性模数、玻璃化温度、导热率、比热、柔软剂的种类和用量、比表面、介质温度等不同，对张力伸长图都有影响。下面将阐述一些影响聚酯丝拉伸的因素。

第一节 影响聚酯丝拉伸的最重要因素

一、聚酯丝拉伸曲线对温度的依赖关系

马歇尔 (Marshall) 和汤普森 (Thompson) 研究了特丽纶连续拉伸时张力、伸长和温度之间的关系；他们在喂入辊和拉伸辊之间用平板加热装置加热。

在不同温度下绘制张力伸长图，来评定温度对拉伸曲线的影响是非常恰当的。此时试样在进行拉伸之前先加热，这和热辊拉伸机上拉伸的情况大致相同。为了保证将拉伸的丝均匀加热，以及避免拉伸时丝从夹持口滑脱和移动而造成伸长率过大，采用一种特殊的研究方法。

试验仪器的拉伸速度可调范围为 90~1000 毫米/分。但所调的拉伸速度只在流动区有效；伸长的有效速度在开始与最后阶段都比较低。为了确定最适当的拉伸速度，绘制了聚酯丝在不同拉伸速度下的张力伸长图(见图 6-1)。

在室温下，拉伸速度为 90 毫米/分时，聚酯丝的拉伸张力呈现出周期性的上升与下降；以后将详细叙述这一现象。在 500 毫米/分和 1000 毫米/分下绘出有特征性的张力伸长图。张力峰后面出现的振动式波动，依仪器而异，只有用摆式试验仪才会发生。随着拉伸速度的增加，张力峰愈益显著，流动区稍有延长。

用 500 毫米/分的中等拉伸速度，作进一步的研究。

对不同粗细的纤维束进行试验后指出，总纤度只有很小的影响。下面的实验都用 800 纤的试样进行。

因为存放时间对张力伸长曲线也有一定影响，试样都在 20°C 和 65% 相对湿度的空气中放置三天。用聚酯丝 (385 公

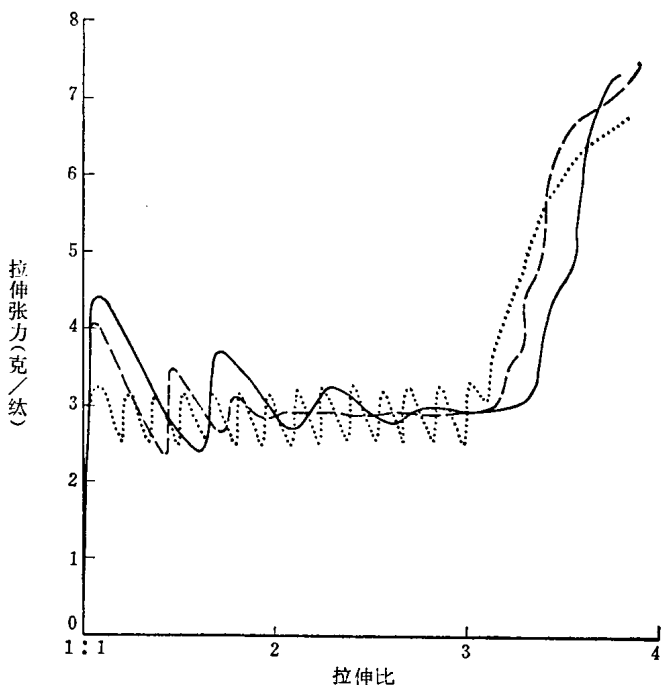


图 6-1 聚酯丝在不同拉伸速度下的张力伸长曲线

单纤维纤度 385 公支(2.6 纤)；拉伸温度 20°C

——拉伸速度为 1000 毫米/分

----拉伸速度为 500 毫米/分

.....拉伸速度为 90 毫米/分

支) 在不同温度下绘出的张力伸长图，示于图 6-2。

以 20°C 和 90°C 下绘出的图为例，再简短谈一谈已知的特点：由于弹性模数大，随着开始所加张力的提高，伸长并不显著。拉伸张力达到最大值时，丝的最弱位置形成肩颈，这与流动区的局部受热有关，它导致拉伸张力降低。张力伸长图中出现一个张力峰时就有这个“肩颈”。流动区形成后，在恒定条件下未拉伸丝拉成拉伸丝。此时拉伸张力保持不变，

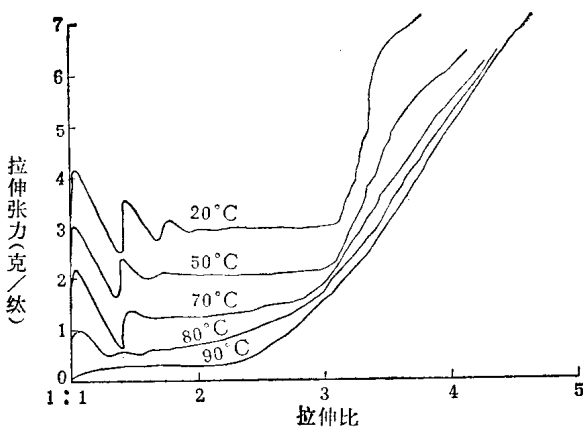


图 6-2 不同温度下聚酯丝的张力伸长曲线
 单纤维纤度 385 公支(2.6 纤)；拉伸速度 500 毫米/分

直到整个丝都越出流动区。

流动区结束时的伸长值，定义为自然拉伸比 ($VV_{\text{自然}}$)。随后，张力再进一步显著提高，将丝拉断时为最大拉伸比 ($VV_{\text{最大}}$)。

90°C 下拉伸的张力伸长曲线比较均匀；这里没有张力峰，尽管有一段张力几乎恒定，但看不到肩颈。

除了张力伸长曲线的特征形状有所变化之外，温度的增加，也会使产生拉伸过程所需的张力和流动区的张力降低。自然拉伸比随温度的增加而减小，而最大拉伸比却随之增大。由此得出，张力的最后升高部分往往随温度升高而较为平坦。这个事实对连续拉伸是重要的，因为要制得均匀的拉伸丝，拉伸机的拉伸比必须处于张力升高部分。

产生拉伸过程所需的张力对温度作图时看出，这些张力在温度升高到 70°C 以上，与 70°C 以下相比，下降得非常

多。温度在 80°C 以上时，几乎不形成张力峰(图 6-3)。可以认为，张力温度曲线中的这一不连续性与玻璃化温度有关。科尔布(Kolb)、伊泽德(Izard)和詹森(Jensen)认为无定形聚对苯二甲酸乙二酯的玻璃化温度为 $68\sim 69^{\circ}\text{C}$ ，晶形的为 $79\sim 81^{\circ}\text{C}$ (参看第二章第二节二)。

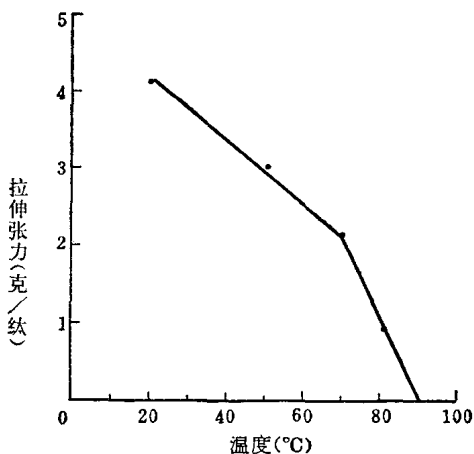


图 6-3 聚酯丝的拉伸张力(张力峰)对拉伸温度的依赖关系

缪勒和恩格尔特(Engelter)曾以聚酯丝拉伸中的恒定张力对温度作图，曲线在温度轴的 $270\sim 290^{\circ}\text{C}$ 处得一交点，这与拉伸时局部发生的温度有关。纽曼(Newmann)指出杨氏模数和剪切模量对温度的依赖关系，发现 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 以上时与这温度以下时相比，下降很多。这很可能也与玻璃化温度有关。

聚酯丝在拉伸机上以 $400\sim 800$ 米/分的速度拉出时，可以在拉伸区前用热辊或在拉伸区中用热板给予加热(参看本章第二节一)。丝在热辊上的停留时间取决于辊的圆周、绕

圈数、拉出速度，而拉伸比的影响不大。加热时间尽可能为1~1.5秒，但至少不低于0.7秒，这可通过绕圈数加以调节。按上述情况，热辊的温度必须在70°C以上，以80~90°C的温度为好。热板的温度可以高得多（180°C左右）。热辊和热板并用对聚酯长丝的运行和性能都有好处，例如强度提高，伸长率和收缩率降低。制造高强度聚酯帘子丝时，必须应用后热板。提高拉伸温度，也和降低拉伸速度一样，拉伸过程中定向度的增加量会减少，施罗思 (Schroth) 认为这是由于消定向的原因。

二、水对聚酯丝拉伸过程的影响

以上所述都是用经过调温调湿的丝，约含0.5%的水分。大家知道，含水量较高时拉伸功降低，从而使拉伸过程容易进行。张力伸长图中可以看出这些变化。

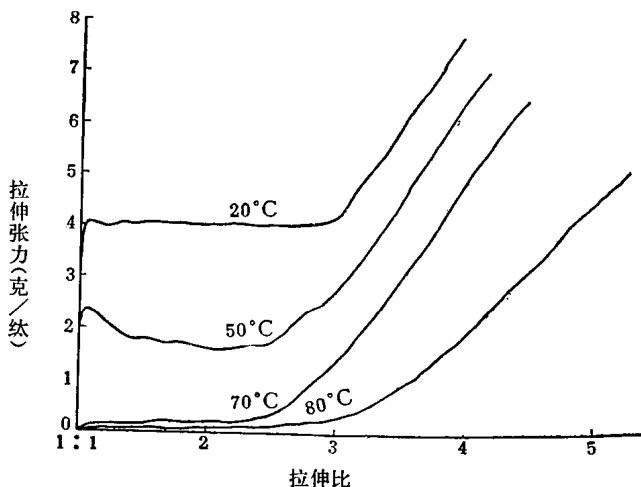


图 6-4 聚酯丝在不同温度水中拉伸的张力伸长曲线
单纤维纤度 385 公支(2.6 纤)；拉伸速度 500 毫米/分

例如在水中拉伸，可以使含水量较高而且恒定。图 6-4 表示在不同温度的水中得到的张力伸长图。为了避免不必要的收缩，必须在丝进入水中后立即拉伸。与图 6-2 比较表明，有水存在时张力伸长曲线就不同。首先看出，在 20°C 水中拉伸时，达到张力峰后，张力没有象在空气中那样的下降；而是直到流动区结束，张力始终保持着这样大小。这是由于在 20°C 的水中，有显著的导热效应；因而使流动区的温度下降，所需的拉伸功增加。在 50°C 及更高的温度下拉伸，拉伸张力反而比在空气中拉伸时低，因为水的软化效应随温度升高而增加，再加上导热的影响。

水中拉伸时，在所研究的拉伸速度范围内，拉伸速度的影响很小。例如在 20°C 水中以 500 和 90 毫米/分的速度拉伸的丝，张力伸长图实际上相同；都没有象空气中拉伸（图 6-1）那样的周期性波动。

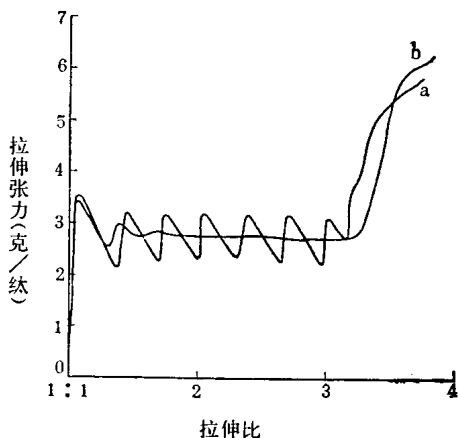


图 6-5 聚酯丝在不同气体中拉伸的张力伸长曲线
 拉伸温度 20°C；拉伸速度 500 毫米/分
 a—在氢气中 b—在空气中

用 P_2O_5 干燥的丝在空气中拉伸时,不但在用 90 毫米/分,而且在用 500 毫米/分的拉伸速度时都有周期性波动。这方面有意思的是,经过调温调湿的丝(含水 0.5%)在氢气中以 500 毫米/分的速度拉伸,也有周期性波动(图 6-5)。

周期性波动的出现是因为拉伸过程不断受到中断,必须重新起始。在 90 毫米/分的拉伸速度下,在流动区中放出的热量,在空气或氢气存在下迅速散失,以致使拉伸过程必须重新开始。

在较高的拉伸速度下(500 毫米/分),肩颈以足够的速度在丝上移动,在空气中没有那么大的热损失,往往不会使拉伸过程中断。在氢气中则不然,这种速度还是不够的;由于热传导良好而致热损失太大,往往使拉伸过程一再停止。

所需的拉伸功随含水量降低而增大,结果使流动区的温度较高,与此相联系的是热损失较大。因为含水量较低的丝缺少软化剂(润滑剂),必然使流动区的温度较高,产生波动现象的趋势就较大。此外,周期性波动的趋势随着预定向的增大而减少。

缪勒和恩格尔特发现,聚酰胺薄膜和聚酯薄膜的张力伸长图中的周期性波动,与周期性横条有关。

三、加热和膨润剂处理后聚酯丝的拉伸

(一) 热的影响

未拉伸聚酯丝热处理时所发生的结构变化,除表现在密度和收缩不同外(参阅第五章第四节二),也在张力伸长图中表现出来。张力伸长曲线的差异取决于拉伸温度和预处理温度。例如,聚酯丝在 90°C 下无张力或有张力热处理两分钟,随后在 20°C 下拉伸,得到如图 6-6 所示的张力伸长曲线。与

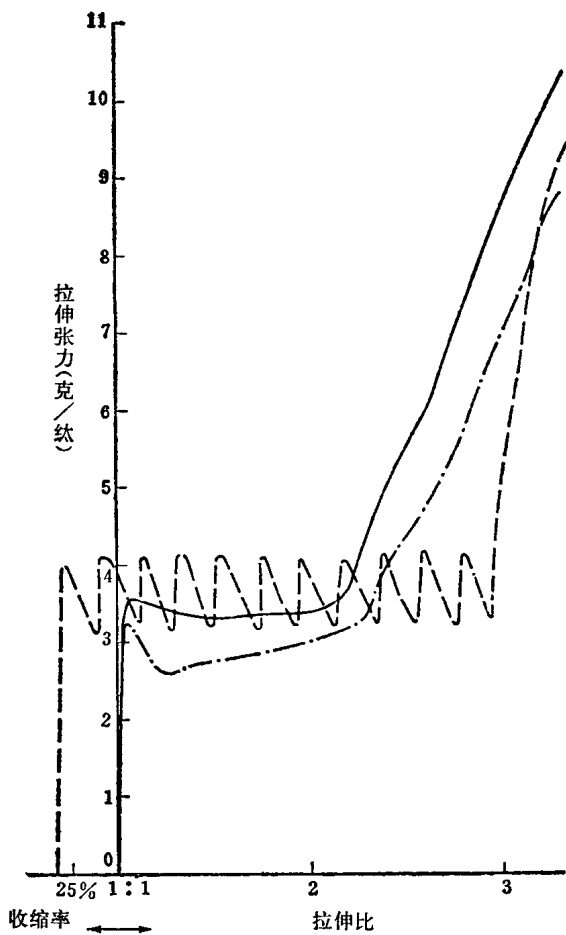


图 6-6 在 90°C 下无张力和有张力热处理两分钟后聚酯丝的
张力伸长曲线

拉伸温度 20°C ; 拉伸速度 90 毫米/分

- 未热处理
- 无张力热处理
- 有张力热处理

未处理的试样比较，说明在张力下热处理使拉伸功减小，纤维强度降低。

无张力处理时，首先引起众所周知的约 34% 的显著收缩。然而，如处理时间较短，随后的拉伸再完全消除这种收缩，可以得到相同的最大拉伸比。如果拉伸度不是按丝的原长计算，而是按热处理后的长度计算，在计入收缩的情况下最大拉伸比要高得多 (1:5)。纺丝过程所产生的预定向，在收缩过程中减少或消失。因此，张力伸长曲线的明显锯齿形特征与预定向较低的聚酯丝相类似。

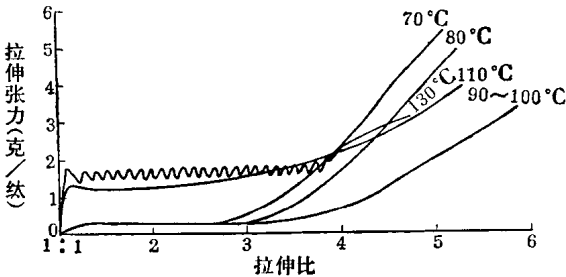


图 6-7 聚酯丝于不同温度的空气中有张力热处理 30 分钟后的张力伸长曲线

拉伸温度 90°C；拉伸速度 90 毫米/分

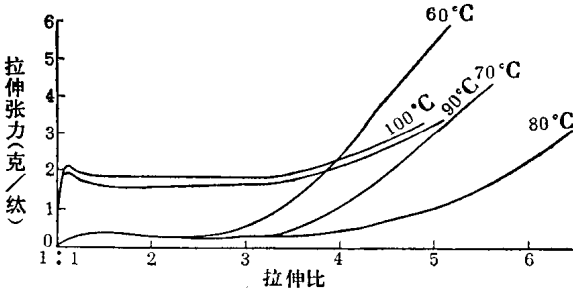


图 6-8 聚酯丝于不同温度的水中有张力热处理 30 分钟后的张力伸长曲线

拉伸温度 90°C；拉伸速度 90 毫米/分