

化学纤维 生产技术计算

[苏]E. B. 加尔弗 A. B. 帕克什维尔 著 蒋听培 译

纺织工业出版社

化学纤维生产技术计算

(苏) E.B. 加 尔 弗 著
A.B. 帕克什维尔

蒋 听 培 译

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书叙述了粘胶纤维、铜氨纤维、醋酯纤维、聚酰胺纤维、聚酯纤维、聚丙烯腈纤维及聚乙烯醇纤维生产的主要工艺过程和工艺计算方法。还介绍了有关化学纤维生产中的能量计算、物料运输及搅拌计算、机器设备的生产能力及配套机台数计算和废水净化及通风的计算方法。

本书可供从事化学纤维工业的工程技术人员、生产工人及设计人员参考，并可作为高、中等院校的化学纤维专业师生的教学参考用书。

化学纤维生产技术计算

E.B.加 尔 弗
〔苏〕A.B.帕克什维尔 著
蒋 听 培 译

*

纺织工业出版社出版
(北京阜成路8号)
广西漓江印刷厂印刷
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: $10^{16}/32$ 字数: 233千字

1981年12月 第一版第一次印刷

印数: 1—10,200 定价: 1.10元

统一书号: 15041·1160

译 序

本书根据苏联一九七八年E.B.加尔弗、A.B.帕克什维尔著《化学纤维生产技术计算》一书的第三版译出，它与前两版相比，有了较大的改进，其特点如下：

1. 本书例题所提供的生产厂规模较大，原材料消耗定额较低，计算数据也较系统化，符合现代化企业的工程计算，可供化纤专业的工程技术人员和院校师生参考。

2. 工艺计算中加大了合成纤维、特别是聚酰胺、聚酯、聚丙烯腈及聚乙烯醇等纤维的比例，并对上述纤维品种作了分章介绍。

3. 充实了能量计算的内容，并扩展了废水净化及通风的计算方法。

4. 计算中采用了国际单位制。

在本书翻译、校核过程中，对原著中的错误已作了更正。

本书的俄文第一版《化学纤维生产工艺计算》曾由印德麟、贾福兴、李崇理等译出，于1963年由中国工业出版社出版。在此次翻译俄文第三版的过程中，对内容相同的章节，主要参照了第一版的中译本。

本书的译稿由邬国铭(第1~8章)和焦荣璋(9~11章)同志进行了核算。

因水平有限，译本中难免有不少错误，请读者批评指正。

译 者

1980年

前 言

化学纤维工业的飞跃发展，伴随着生产工艺流程的不断革新和改进。因此，工厂的工程技术人员必将遇到各种设备生产能力、化工原料、蒸汽和水耗用量、运输机械的计算。

十二年前作为高等院校学生的教学参考用书而出版的《化学纤维生产工艺计算》^①业已陈旧，已不能满足上述要求。因此，有必要出版介绍有工程计算方法及例题在内的这种书籍。

本书的出版准备工作主要是由过早地离开了我们的E.B.加尔弗完成。C.П.多罗辛斯卡雅、E.E.加尔弗、C.H.克李诺娃、B.Γ.库李齐欣、K.Я.列兹尼克、A.H.谢林及B.И.海琴对编写计算和校对工作所给予的很大帮助，作者对此表示衷心的感谢。

作者对B.И.别列聂精心审阅手稿及所提宝贵意见也深表谢意。

A.Б.帕克什维尔

1978年2月

① 指1966年出版的第二版本，我国未翻译出版。——译者注

原 序

本书是为化学纤维工程技术人员及高等院校化学纤维专业高年级学生而编写的。书中介绍包括各种化学纤维生产的物料、工艺及设备的计算。部分计算是各种化纤品种所通用的，如有关纤度、断裂强度、拉伸力、喷头拉伸、纺丝机及加捻机的生产能力的计算等都设专门章节进行阐述。而其余的工艺计算则根据化学纤维生产的具体情况分述于相应的章节中。

同一种类型的计算，尽可能在其它章节中不重复，因此各种纤维相同的工艺流程(例如纺丝溶液的用量、容器及压滤机的台数)的计算仅在第二章中进行叙述。

书中以较大的篇幅介绍了有关热力、能量、流体力学及运输设备的计算，其中也介绍了加热与冷却面积及设备(蒸发及回收装置等)的计算。生产用蒸汽、冷能、电能的耗用量，管道的基本流体力学计算，生产用运输设备计算等。

鉴于大部分的计算都是概略性的，因此本书采用下列简化方法，可以减少很多工作量：

(1) 全部计算是用对数计算尺求得，其精确度达有效数三位，因为在多数情况下再高的精确度是不必要的。

(2) 在标准纤维内含有消光剂、染料及上油剂，在多数情况的计算中不予以考虑，因此而产生的误差不超出1~2%。

(3) 在标准纤维中或工业浆粕中的含水量是用对产品的总重的百分数表示。

(4) 在热量计算时水蒸气的热焓量和冷凝潜热相同；而冷凝液的热焓量的改变等于冷凝液由蒸汽冷凝温度冷却至被

加热液体的温度时放出的热量,在这种情况下误差可达10%,因此在工艺计算时把蒸汽热焓量计算得十分精确也是不必要的,因为由冷凝液向被加热液体传热所需要的加热面积要比蒸汽冷凝时传递同样热量所需的面积大9~19倍。

目前苏联在科学、技术及国民经济的各个领域内采用了最优越的国际单位制,因此计算例题所给的原始数据以及计算本身也均采用了国际单位制。

国际单位制与其它单位制的换算引于附录中。

本书所列举的计算例题,只能向读者介绍计算方法,供解决具体生产问题时参考。

封面设计：王允华

统一书号：15041·1160

定 价： 1.10元

目 录

第一章 通用性质的计算	(1)
一、纤维纤度的计算	(1)
二、纤维断裂强度的计算	(5)
三、喷丝头拉伸计算算	(8)
四、计量泵及纺丝机生产能力的计算	(14)
第二章 粘胶纤维、复丝及薄膜的生产	(22)
第三章 铜氨纤维的生产	(66)
第四章 醋酯纤维的生产	(83)
第五章 聚酰胺纤维的生产	(99)
第六章 聚酯纤维的生产	(112)
第七章 聚丙烯腈纤维的生产	(124)
第八章 聚乙烯醇纤维的生产	(151)
第九章 能量计算	(160)
一、热力计算	(160)
二、流体力学计算	(241)
三、冷能、水、压缩空气及真空的计算	(255)
第十章 物料运输及搅拌的计算	(271)
第十一章 废水净化及通风	(284)
参考文献	(322)
附录	(325)

第一章 通用性质的计算

本章介绍各种化学纤维(包括短纤维和长丝)生产的通用计算。变更纤维品种, 仅需改变生产中聚合物原料性能的参数、纤维在成形时的收缩率和滑动系数、成品纤维的含湿率及上油率、成形速度与其它参数等。

通用性质计算包括: 纤维的纤度、断裂强度及应力的计算, 以及纤维成形时喷丝头拉伸率、纺丝溶液或熔体的泵供量、纺丝机及纺织机器的生产能力、纺丝卷装重量等的计算。

一、纤维纤度的计算

纤维纤度的测定是比较复杂的, 因为纤维的横截面不呈圆形, 尤其是由聚合物溶液纺成的纤维。纤维横截面的形状, 不但受成形条件的影响, 而且还受后处理与干燥条件的影响。

必须指出, 在相同的条件下, 具有圆形截面纤维的抱合力与作功摩擦力, 比非圆形截面的纤维要小。

假定化学纤维在长度方向上, 截面的大小是不变的。

与国家标准(ГОСТ)●10878—70相适应, 纤维的线密度 T (纤度) 以特(tex)表示。特是指 1000 米长纤维的质量克数。

线密度(T)为

$$T = \frac{1000m}{L}$$

式中 m ——纤维的质量, 克

L ——纤维的长度, 米

● ГОСТ系苏联国家标准的缩写。——译者注

如果1000米长纤维重一克，则线密度 $T = 1$ 特。

如纤维线密度的单位为特时，则计算纤维截面面积 F (微米²，即 μm^2) 可按下式进行

$$F = \frac{T \cdot 10^6}{\rho}$$

式中 ρ ——纤维的密度，千克/米³

从上式可看出，在相同条件下，纤维的截面面积与密度有关。

当纤维的线密度为1特时，截面面积 F (微米²) 为

$$F = \frac{10^6}{\rho}$$

当 $T = 1$ 特时，粘胶纤维(密度为1520千克/米³)的截面为

$$F = \frac{10^6}{1520} = 658 \text{ 微米}^2$$

聚酰胺纤维的密度为1140千克/米³时，其截面面积为

$$F = \frac{10^6}{1140} = 877 \text{ 微米}^2$$

聚烯烃纤维的密度为920千克/米³时，其截面面积为

$$F = \frac{10^6}{920} = 1087 \text{ 微米}^2$$

已知 $T = 1$ 特的纤维的截面面积时，就容易算出任何线密度的纤维的截面面积。其值为 $T = 1$ 特时纤维截面面积的值，乘以纤维的实际特数。

例如 $T = 0.2$ 特时聚酰胺纤维的截面面积为

$$877 \times 0.2 = 175.4 \text{ 微米}^2$$

为了测定纤维的平均直径，假定纤维的截面是圆形的。

$$\text{则 } F = \frac{\pi D^2}{4} = 0.785 D^2$$

纤维的直径 D (微米)等于

$$D = \sqrt{\frac{F}{0.785}}$$

例如 $T = 0.4$ 特时粘胶纤维的平均直径等于

$$D = \sqrt{\frac{658 \times 0.4}{0.785}} = 18.3 \text{ 微米}$$

化学纤维的纤度也可以用旦(d)或公制支数(N)表示。

纤度旦(d)(克/米)等于

$$d = \frac{9000 \cdot m}{L}$$

如果9000米纤维的质量为1克,则该纤维的纤度为1旦。

纤维的公制支数 N (米/克)按下式进行计算

$$N = \frac{L}{m}$$

如果1米纤维的质量为1克,则它的公制支数为1。

由此 $N \cdot d = 9000$

$$\text{或 } d = \frac{9000}{N} \quad \text{及} \quad N = \frac{9000}{d}$$

同样 $N \cdot T = 1000$

$$T = \frac{1000}{N} \quad \text{及} \quad N = \frac{1000}{T}$$

$$\text{或 } d = 9T \quad \text{及} \quad T = \frac{d}{9}$$

将上述公式代入计算纤维截面面积 $F(\mu\text{m}^2)$ 的公式中,得

$$F = \frac{10^9}{N \cdot \rho} = \frac{d \cdot 10^6}{9 \cdot \rho}$$

$$\text{或 } F = \frac{10^9}{N \cdot \rho} = \frac{111 \times 10^3 \text{①} d}{\rho}$$

① 原文误为 10^4 。——译者注

在表1-1中列出了某些常见的纤维的截面面积。

表1-1 纤维截面面积

纤维	密度 (千克/米 ³)	纤维截面面积(微米 ²)	
		T = 1(特)	d = 1(旦)
聚丙烯纤维	920	1087	120.6
聚乙烯纤维	950	1052	117.0
聚己内酰胺纤维(锦纶)	1140	877	97.3
聚己二酰己二胺纤维(尼龙66)	1140	877	97.3
聚丙烯腈纤维(腈纶)	1180	850	94.0
聚乙烯醇纤维	1280	781	86.7
二醋酸纤维	1320	758	84.1
三醋酸纤维	1320	758	84.1
羊毛	1320	758	84.1
聚酯纤维(涤纶)	1380	730	80.4
蚕丝	1350	741	82.5
聚氯乙烯纤维	1380	730	80.4
过氯乙烯纤维	1440	694	77.0
粘胶纤维	1520	658	73.0
铜氨纤维	1520	658	73.0
玻璃纤维	2600	384	42.7
钢丝	7800	128	14.2

例题 1 计算纤维的线密度(特)。

已知 纤维的公制支数为4000。

计算 纤维的线密度为

$$\frac{1000}{4000} = 0.25 \text{特}$$

例题 2 计算粘胶纤维的截面面积与平均直径。

已知 纤维的线密度为0.167特。

计算 查表1-1后计算的纤维的横截面积为

$$658 \times 0.167 = 109.7 \text{微米}^2$$

平均直径为

$$\sqrt{\frac{109.7}{0.785}} = 11.8 \text{微米}$$

例题 3 计算经拉伸加捻机拉伸后锦纶复丝中的单丝的平均直径。

已知 拉伸前复丝的线密度, 特……………33.3
复丝的单丝根数……………28
拉伸倍数……………3.2

计算 拉伸后复丝的线密度为

$$\frac{33.3}{3.2} = 10.4 \text{特}$$

拉伸后单丝的线密度为

$$\frac{10.4}{28} = 0.372 \text{特}$$

单纤维的截面面积为

$$877 \times 0.372 = 326 \text{微米}^2$$

单纤维的平均直径为

$$\sqrt{\frac{326}{0.785}} = 20.4 \text{微米}$$

例题 4 计算涤纶复丝的横截面面积。

已知 丝条的线密度为20特。

计算 截面面积等于

$$730 \times 20 = 14600 \text{微米}^2$$

二、纤维断裂强度的计算

用来制作工业及民用制品的纤维, 应具有规定的性能, 其中包括纤维的断裂强度, 即纤维在经受不同形变(拉、挤及弯曲)时抗御破坏的性能。

与现代理论观点相应的极限强度是不存在的, 因为强度

取决于加载的延续时间，因此，用“耐久性”来表示比较确切。但是，对大多数化学纤维来说，在通常采用的变形速度范围内，样品加载的延续时间实际上对耐久性并无影响，因此，在本书介绍中采用强度这一通用名词。

纤维的断裂强度以牛顿/特(克力/特)表示，即断裂应力(牛顿或克力)除以纤度(特)。这些数值是用试样经预先测定的。

化学纤维的强度同样也可以用断裂长度表示。在这种情况下，纤维强度是以自身重力的作用而致断裂时的长度(千米)表示。

同样国外对纤维的强度也广泛应用克力/旦来表示。强度克力/旦是断裂应力(克力)除以纤度(旦)，该数据也是预先测定的。

如果知道纤维的断裂应力 P (千克力) 及它的截面面积 (毫米²)，那么强度 p (千克力/毫米²) 为

$$p = \frac{P}{F} \text{ (1)}$$

将已知的关系式 $F = \frac{m}{L \cdot \rho}$ 代入上式，得

$$p = \frac{P \cdot L \cdot \rho}{m}$$

式中 m ——纤维质量，千克

L ——纤维长度，米

ρ ——纤维密度，千克/米³

$$\text{或 } \frac{L}{m} = \frac{1}{T}$$

$$\text{因此 } p = \frac{P \cdot \rho}{T} \text{ 千克力/毫米}^2$$

● 原文多乘1000。——译者注

化学纤维的强度单位换算如下:

$$10^{-2} \text{ 牛顿/特} = 1 \text{ 克力/特} = 0.11 \text{ 克力/旦} = 1 \text{ 千米} \\ = \rho \text{ 千克力/毫米}^2$$

$$\text{或 } 9 \times 10^{-2} \text{ 牛顿/特} = 1 \text{ 克力/旦} = 9 \text{ 克力/特} \\ = 9 \text{ 千米} = 9\rho \text{ 千克力/毫米}^2$$

例题 5 计算粘胶复丝及单丝的强度(千克力/毫米²)及断裂应力(牛顿)。

已知 复丝的线密度, 特……………10
复丝的单丝根数, 根……………40
丝条的强度, 牛顿/特(克力/特)……0.162(16.2)

计算 单丝的线密度(纤度)为

$$\frac{10}{40} = 0.25 \text{ 特}$$

单丝的强度为

$$\frac{16.2 \times 1520}{1000} = 24.64 \text{ 千克力/毫米}^2$$

复丝的断裂应力为

$$0.162 \times 10 = 1.62 \text{ 牛顿(162 克力)}$$

单丝的断裂应力为

$$0.162 \times 0.25 = 0.0405 \text{ 牛顿(4.05 克力)}$$

例题 6 计算涤纶单丝的强度。

已知 单丝的断裂应力, 牛顿(克力)……………0.12(12)
截面面积, 微米²……………243.4

计算 由表1-1得到纤维的密度($\rho = 1380$ 千克/米³)及线密度为1特的纤维截面面积(730微米²)。

纤维的线密度(纤度)为

$$\frac{243.4}{730} = 0.333 \text{ 特}$$

单丝的强度为

$$\frac{0.12}{0.333} = 0.36 \text{ 牛顿/特 (36克力/特)}$$

$$\text{或 } \frac{0.36 \times 1380 \times 100}{1000} = 49.7 \text{ 千克力/毫米}^2$$

例题 7 计算聚酰胺纤维的强度(以牛顿/特,克力/特,克力/旦,断裂千米及千克力/毫米²表示)。

已知 纤维的断裂应力, 克力……………15

截面面积, 微米²……………291.9

计算 由表1-1得到纤维的密度($\rho = 1140$ 千克/米³)及线密度为1特时纤维的截面面积(877微米²)。

纤维的线密度为

$$\frac{291.9}{877} = 0.333 \text{ 特}$$

$$\text{或 } 0.333 \times 9 = 3 \text{ 旦}$$

纤维公制支数为

$$\frac{9000}{3} = 3000$$

纤维的强度为

$$\frac{15}{0.33} = 45 \text{ 克力/特} \quad \frac{0.15}{0.33} = 0.45 \text{ 牛顿/特}$$

$$\frac{15}{3} = 5 \text{ 克力/旦} \quad 5 \times 9 = 45 \text{ 千米}$$

$$\frac{45 \times 1140}{1000} = 51.3 \text{ 千克力/毫米}^2$$

三、喷丝头拉伸的计算

如果知道在成形中导丝零件接受丝条的速度, 那么从喷丝孔流出液流的速度还不能给以确切的计算。众所周知, 这将取决于在喷丝孔道里液体流动的状态是湍流还是层流。