

棉纺气流问题

张文旗 著

中国财政经济出版社

棉 紡 气 流 問 題

张 文 康 著

中 国 財 政 經 济 出 版 社

1964 年 • 北 京

內 容 提 要

本書敘述棉紡工程中气流問題的基本原理，并对生产实践中的一些重要問題，例如气力輸棉、除尘、纖維性質的气流測定等，作了系統的討論。書中特別对开清棉机与梳棉机的气流与落棉控制問題，諸如气流的流动情况、气流与隔距的关系、纖維与雜質的运动規律、控制气流的原則和方法等，作了比較詳尽的論述，并闡述了我国在这方面的主要經驗。本書在理論上还推导了流体中具有纖維介質时的一些基本方程和表示运动特性的一些基本数据。本書可供紡織科学研究人員和紡織院校师生参考，对紡織厂工程技术人員也有帮助。

棉 紡 气 流 問 題

張 文 廣 著

中國財政經濟出版社出版

(北京永安路18号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第111号

中國財政經濟出版社印刷厂印刷

新华書店北京發行所發行

各地新华書店經售

850×1168毫米1/32·7印張·172千字

1964年6月第1版

1964年6月北京第1次印刷 印數：1~1,750

定價：(科七)精裝1.60元 平裝1.10元

統一書號：15166·169

棉 紡 气 流 問 題

张 文 康 著

中国財政經濟出版社

1964年·北 京

內 容 提 要

本書敘述棉紡工程中气流問題的基本原理，并对生产实践中的一些重要問題，例如气力輸棉、濾尘、纖維性質的气流測定等，作了系統的討論。書中特別对开清棉机与梳棉机的气流与落棉控制問題，諸如气流的流动情况、气流与隔距的关系、纖維与雜質的运动規律、控制气流的原則和方法等，作了比較詳尽的論述，并闡述了我国在这方面的主要經驗。本書在理論上还推导了流体中具有纖維介質时的一些基本方程和表示运动特性的一些基本数据。本書可供紡織科学研究人員和紡織院校师生参考，对紡織厂工程技術人員也有帮助。

棉 紡 气 流 問 題

張 文 廣 著

中国財政經濟出版社出版

(北京永安路18号)

北京市書刊出版业營業許可証出字第111号

中国財政經濟出版社印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行

各地新华書店經售

850×1168毫米1/32·7印张·172千字

1964年6月第1版

1964年6月北京第1次印刷 印数：1~1,750

定价：(科七)精裝1.60元 平裝1.10元

統一書号：15166·169

序 言

在近代纺织技术科学的发展过程中，由于生产实践和科学研究的需要，有关流体力学或空气动力学的应用知识逐渐引起了纺织工程技术人员的重视。实际上，气流或流体的应用已经遍及于纺织工程中的开清、梳理、牵伸、加拈卷绕、上浆及织造各个主要工序，而且从生产辅助手段转为直接加工，成为纺织工艺理论和实践中不可缺少的一部分。近十年来，世界上纺织工业占重要地位的一些国家，都开始重视流体力学或空气动力学的应用研究，并把它作为纺织科学的重要发展方向之一，发表的文献也逐渐增多。

在这种情况下，如何概括地了解这一方面的知识和基本原理、纺织应用上的特殊问题以及已有的研究成果等，是纺织工程技术人员的共同愿望和要求。本书正是为了满足这一需要而作的一个尝试。

由于流体力学或空气动力学的纺织应用和研究范围极其广泛，要在比较简短的篇幅中从一般的知识叙述到基本原理和纺织工程中许多具体实际问题，是有困难的。在理论上，纤维介质和流体的两相流动，还处在发展阶段，系统性还不够，资料也比较零星分散，它与一般的流体力学也有所不同。在纺织应用的一些具体资料中，有的仅说明一些现象，有的是一些经验资料，数据的可靠性较差，有些理论上的论证也还有不同的意见。因此，本书着重在基本原理、基本现象和规律的阐述，作为进一步分析研究的基础。

从已有的文献及科学研究工作来看，纤维介质在流体中的运动和纺织加工，已经在客观上形成一项边缘学科，可称之为纤维介质流体力学。本书正是从这一观点来阐述棉纺工程中的气流问

題的，并企圖为更广泛的研究提供必要的参考材料。如果本书能在这方面起到拋砖引玉的作用，有助于我国纺织科学技术的发展，将是作者对本书的最大願望。

读者在阅读本书时应具备数学分析、一般物理和力学的基础知识。虽然书中数学公式较多，但只要掌握微分及偏微分方程的初步基础，阅读时就不会有多大困难。考虑到部分读者也许仅对气流问题的某一方面有兴趣或在工作上需要，本书在编写体例上将原理部分作了一定程度的分散，而与主要工程问题相结合。这在理论系统上虽然并不完全合适，但可使读者顺利地阅读一部分章节，从而了解有关的基本原理和实际问题。例如，书中将附面层理论插在梳棉气流的基本原理中，而这一理论也适用于清棉气流以及管道气流等问题。由于工程问题中许多现象和理论常混合在一起，因此在阅读时建议应先对绪论与第二章的内容有所了解。

由于工作上的需要，作者曾在1957年将一部分内容编成讲义。本书就是在这一基础上不断补充修改而成的。由于水平的限制，书中错漏之处在所难免，希读者们加以指正。本书在编写过程中曾得到许多同志的鼓励与帮助，完稿后承张永椿同志仔细审阅，郁履芳同志对前四章提出一些宝贵的意见，谨致以深切的谢意。

張 文 康

1963年于上海

应用符号说明

- A ——面积;
 A_m ——纤维介质、纤维束的截面积;
 a_f ——纤维的平均截面积;
 a, b, c ——公式推导时的常数或系数;
 C_D ——阻力系数;
 C_p ——定压比热;
 C_v ——定容比热;
 d 或 D ——直径;
 d_f ——纤维直径;
 d_e ——当量直径, $d_e = 3\sqrt{\frac{6V}{\pi}}$;
 D_f ——纤维的但尼尔数;
 E ——欧拉数, $E = \frac{P}{\rho v^2}$;
 F ——单位质量力; 三个轴上分力为 X 、 Y 、 Z , 圆柱座标中有分力 F_r 、 F_ϕ ;
 F_D ——流体阻力;
 F_{ra} ——弗罗德数, $F_{ra} = \frac{v^2}{gl}$;
 g ——重力加速度;
 g' ——在流体中的重力加速度, $g' = g(1 - \frac{\rho}{\rho_f})$;
 G ——质量流率;

H ——线时数, $H = \frac{vl}{l}$;

H_f ——阻力损失;

h ——高度, 如两板间的高度、水柱高度等;

I ——动量;

K ——常数;

K_c ——卡门常数;

L 或 l ——长度、特征长度或线性量度;

l_f ——纤维长度;

m ——质量;

m_f ——纤维质量;

M ——马赫数, $M = \frac{v}{v_a}$, 其中 v_a 为声速;

N ——公制支数;

n_f ——截面中纤维根数;

p ——流体压力;

Δp ——压力差;

$\frac{\Delta p}{l}$ ——比压降;

P_r ——浦朗特数;

Q ——单位时间流量或体积流率;

q ——单位面积体积流率或透风率;

r 或 R ——半径;

R_F ——单位面积上的阻力, $R_F = \frac{F_D}{A}$;

R_h ——水力半径;

Re ——雷诺数, $Re = \frac{vl\rho}{\mu} = \frac{vl}{\nu}$;

R_o ——气体常数;

S_o ——纖維介质的比面积;
 T ——绝对温度;
 $t^{\circ}C$ ——一般摄氏温度;
 t ——时间;
 v ——流体运动速度;
 v_f ——纖維运动速度;
 $\bar{v}$ ——平均流速;
 v_s ——悬浮速度;
 v_T ——终末速度 (均匀沉降速度);
 v_{Te} ——阻滞沉降时的终末速度;
 w ——加速度;
 W_f ——纖維重量;
 V ——容积;
 u ——回转体表面速度或来流速度;
 α, β ——系数或指数;
 β_n ——单位重量流体所输送的介质重量;
 δ ——附面层 (边界层) 厚度;
 δ_d ——排挤厚度;
 δ_m ——动量厚度;
 δ_o ——空隙孔径;
 ϵ ——空隙度;
 λ ——管线阻力系数或摩阻系数;
 $\kappa = \frac{C_p}{C_v}$;
 ζ ——局部阻力系数;
 η ——效率;
 ρ ——流体密度;
 ρ_f ——纖維密度;
 ρ_m ——纖維介质密度;

ρ_l ——线密度；

γ ——流体重度或体积重量；

γ_f ——纤维重度；

γ_m ——纤维介质重度；

μ ——粘性系数或动力粘性系数；

ν ——运动粘性系数， $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ；

τ ——切应力；

τ_R ——管壁（或半径为 R 时）切应力；

θ ——角度；

ω ——角速度。

目 录

緒論	(13)
第一节 纺纱工程中气流的应用	(13)
第二节 棉纖維介质和流体重要特性	(15)
第一章 纖維介质流体力学基本原理	(24)
第一节 平衡和靜力問題	(24)
一、无纖維介质时的流体靜压方程	(24)
二、浮力, 阿基米德定律	(25)
三、有纖維介质时的流体靜力問題	(26)
第二节 流体运动的一般讨论	(29)
一、欧拉方法	(29)
二、流綫, 流管, 連續方程	(30)
第三节 有纖維介质时的连续方程	(32)
第四节 能量方程, 伯努利定律	(37)
第五节 流体运动中的动量变化	(40)
第六节 流体的运动方程	(43)
一、平行平板間的层流定常运动	(46)
二、平行平板間的速度流动	(48)
三、圆形管道中的层流定常运动	(49)
第七节 相似原理和量纲分析	(52)
一、相似原理	(53)
二、量纲或因次分析	(56)
第八节 绕流与阻力	(58)
参考文献	(63)
第二章 纖維或杂质在气流中运动的基本特性	(64)

第一节	自由沉降和终末速度	(64)
第二节	强迫沉降	(74)
第三节	阻滞沉降	(77)
第四节	纖維或杂质在均匀气流中的运动轨迹	(78)
第五节	纖維在气流中所受的张力及运动时的方向性	(82)
	参考文献	(85)
第三章	纖維介質的管道流动和气力輸送	(87)
第一节	均匀介质在管道中的流动	(88)
第二节	纖維介质在管道中流动的形态和原理	(92)
	一、直立管道中气力輸送原理	(94)
	二、水平管道中气力輸送原理	(97)
第三节	管道輸送时的压力降	(99)
	参考文献	(103)
第四章	通过纖維介質的流动	(105)
第一节	通过空隙介质流动的一般原理	(105)
第二节	通过纖維介质流动时科仁纳-卡门公式的应用	(110)
第三节	利用气流通过纖維介质的流动来测定纖維或其集合体的性质	(115)
第四节	空气流经棉层时的阻力	(118)
第五节	滤尘问题	(120)
	一、滤尘基本理論	(121)
	二、滤尘設計的一般討論	(125)
	参考文献	(132)
第五章	开清棉机的气流	(134)
第一节	概述	(134)
第二节	尘棒结构和气流的测定方法	(137)
第三节	豪猪式开棉机的气流	(141)
第四节	立式开棉机的气流	(154)

第五节 清棉机的气流	(160)
第六节 尘笼气流的一般规律	(170)
参考文献	(181)
第六章 梳棉机的气流	(183)
第一节 梳棉机气流问题概述	(183)
第二节 附面层的基本理论	(185)
第三节 斜板间的速度流动	(193)
第四节 圆柱面间的速度流动	(198)
第五节 纤维和杂质在回转运动时的轨迹	(200)
第六节 刺辊部分的气流	(204)
一、除尘刀部分的气流	(207)
二、小漏底部分的气流	(210)
第七节 锡林和盖板间的气流	(215)
第八节 前上罩板的作用和气流	(216)
参考文献	(219)
名词索引	(221)

1. *Introduction*

2. *Methodology*

3. *Results*

4. *Discussion*

5. *Conclusion*

6. *References*

7. *Appendix*

8. *Index*

9. *Table of Contents*

10. *Table of Figures*

11. *Table of Tables*

12. *Table of Equations*

13. *Table of Symbols*

14. *Table of Abbreviations*

15. *Table of Acronyms*

16. *Table of Initials*

17. *Table of Greek Letters*

18. *Table of Mathematical Symbols*

19. *Table of Statistical Symbols*

20. *Table of Units*

21. *Table of Constants*

22. *Table of Formulas*

23. *Table of Diagrams*

24. *Table of Figures*

25. *Table of Tables*

26. *Table of Equations*

27. *Table of Symbols*

28. *Table of Abbreviations*

29. *Table of Acronyms*

30. *Table of Initials*

31. *Table of Greek Letters*

32. *Table of Mathematical Symbols*

33. *Table of Statistical Symbols*

34. *Table of Units*

緒 論

第一节 紡紗工程中气流的应用

在棉纺工程中，甚至在整个纺织工程中，对气流或流体力学问题的研究，日益成为一个重要的课题。早在手工纺纱发展为机械纺纱时，就已利用气流集棉制成棉层，并利用气流输棉。开清棉车间的除尘问题，实质上是纖維与杂质在气流中的沉降与过滤问题。在一般的开清机械应用机械方法打击原棉或纖維原料时，均有气流产生，加上气流吸棉，使开清棉机械中形成复杂的气流場，影响了开清作用及落棉的控制。在生产中要求提高质量又节约用棉，即既要充分排除原棉中的杂质斑点又要尽可能减少纖維的散失，这样，气流的控制便成为一个重要的环节。对于这一问题，国内工厂及有关研究单位曾经进行过广泛的研究。细纱机上的断头吸棉以及梳棉机上的真空抄针和吸尘等，也是气流应用的重要例子。随着科学技术的发展，气流的应用日益广泛。例如，在纺纱加工方面，利用气流建立新的纺纱加工方法，像用气流开棉，用气流除杂，用气流分离纖維丛使成为单纖維，以至用气流加拈和用气流纺纱；或者利用气流测量棉条或须条来控制梳理或牵伸过程，检验棉纖維的细度、成熟度、长度，以及检验棉块或棉层的开松度等等。在织造中，浆液的渗透，浆纱的热风干燥，无梭织机中喷气或喷水引纬，织物的透气、防雨、防辐射微粒等，也均与流体力学问题有关。

虽然在纺纱工程中很早就已经应用气流，但是对于这一问题过去却研究得很少。除对于织物的透气等性能研究较早外，其余在最近十年的文献中仅有少量的记载，至于在理论上进一步的研

究就更缺乏了。当气流在纺纱加工中作为辅助手段或仅在辅助设备应用时，这一方面的研究似乎属于另外一个科学技术的领域；而当气流直接用作纺纱加工的方法或提高它在原来辅助加工中的要求时，情况就显然不同了。于是，气流或流体力学的应用便成为纺纱工程技术的一个部分，在某些场合下或从发展方向来看，甚至成为其重要的技术内容。流体力学的飞速发展以及它在各工业中应用的日益广泛，为气流在纺织工程中的应用开辟了十分有利的前景。虽然如此，纺织工程中气流的应用，常遇到一些特殊的问题和具有特殊的性质，需要独立地或有区别地加以解决。一般说来，在纺纱工程中既要研究纤维或纤维介质的流动，又要研究气流或流体的流动，所以这是两相的或多相的流动。例如，在开清棉和梳棉过程中，需要研究棉块分成小棉块或棉束，直至分成单纤维，并将其中含有的杂质斑点分离除去，有时还须排除一部分短绒。棉束或单纤维在经过加工或分离之后，又须集合成均匀的棉层、棉网或棉条，有时直接纺成棉纱。一般的两相流动，常将固体作为松散的颗粒，这适合于纺纱工程中杂质的分离，但对纤维而言，却常考虑纤维在气流或流体中运动时及集合后的方向性，以组成一定结构的半制品或成品。可以想见，这些问题在理论上与实践上的解决，必然会使纺纱工程获得进一步的改善，甚至得到革新。

在纺纱工程中，由于气流应用的不同，以及理论讨论上的区别，可以简单地将气流问题划分成下列三种类型：

一、空气通过固定纤维介质时的流动。例如，尘笼上气流通过棉层的阻力与集棉均匀的问题，滤尘器中气流通过尘棉、布袋或尘笼的阻力与滤尘效率问题等等。这时纤维介质并不流动，由于空气中带有纤维或杂质，故纤维介质的厚度可以改变。利用气流测定纤维的细度等，亦属于这一类的流动问题。

二、利用气流使纤维介质转移或开始流动。例如，断头吸棉、吸尘、抄针等等。这里还包括纤维介质在趋近流动时的流化