

工业通风与空气调节

[日]林太郎 [美]R.H.豪厄尔

著

[日]柴田真为 [日]辻克彦

贾衡 王世洪 等译

施镒诺



北京工业大学出版社

工业通风与空气调节

[日]林太郎 [美]R.H. 豪厄尔

著

[日]柴田真为 [日]辻克彦

贾 衡 王世洪 等译

施镒诺 校

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书是根据美国CRC公司1985年出版的《INDUSTRIAL VENTILATION and AIR CONDITIONING》翻译的,它是一本理论和实用并重的工业通风与空气调节专著。内容包括工业通风中涉及的流体流动基础理论、通风系统、局部排气罩的气流流动特性、流量比法和工业空气调节等。由于内容较新,并列有大量计算公式、数据、图表、计算实例、系统设计的要求与步骤之内容,故实用性较好。

本书可供从事工业通风与空气调节工作的广大工程技术人员、科学工作者和与此专业有关的大学生、研究生、教师等参考。

工业通风与空气调节

[日] 林太郎 [美] R·H·豪厄尔

著

[日] 柴田真为 [日] 辻克彦

贾 衡 王世洪 等译

*

北京工业大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京工业大学印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开 $10\frac{9}{16}$ 印张 274千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷

印数: 1~5500册

ISBN 7-5639-0004-7/TU·1

定价: 3.70元

翻 译 说 明

美国CRC公司1985年出版的《INDUSTRIAL VENTILATION and AIR CONDITIONING》一书反映了日美近期在工业通风与工业空气调节方面的研究成果,并着重介绍了作者在工业通风领域中从事的基础研究、应用研究和实际应用等内容。作者将流量比法广泛应用在各类排气罩上是本书学术上的明显特点,而作者将吹吸流动与挠曲梁作比较的研究方法,得到实验验证。将本书介绍到我国,可供工业通风领域内从事工作、学习的人员参考,以促进我们的工作。书中还用了少量篇幅介绍了工业空气调节的内容,它反映了美国八十年代初的水平,从设计角度看,在步骤和方法上具有实用性的作用,故可供我们参考。

参加翻译工作的有贾衡(序言、作者介绍、第三章、中英名词对照)、王世洪(第一章、第四章)、王宁(第二章),第五章的翻译工作由杨象昭、韩丹青共同完成。全书校对工作由施鑑诺博士负责,另外本书主要译者协助校者通校了全书内容。

本书在翻译出版过程中始终得到钟佐华教授的指导与支持,并且获得曹耀明老师的大力帮助,在此我们深表谢意。

由于受到译者水平所限及多人参加工作,不妥之处在所难免,望专家、读者们批评指正。

译者 一九八七年十二月
于 北京工业大学

序 言

本书介绍了工业通风系统多年来的理论和实验分析的成果。此种研究的目的是提高工业通风罩和通风系统的捕集效能和能量效率。在进行分析的过程中,发展了已经应用于吹吸式通风装置的气流共存理论。这种理论可以应用于各种类型的工业通风系统、空气门、空气幕及空气闸门。这种组合气流技术已经在理论和实验上应用在实验室和工业实践中。

几年前,日本劳动省已正式采用这项设计技术作为日本工业的规范要求。在发展这项技术的过程中在日本发表了许多技术文章,这些文章已经被编译在本书的前四章中了。书中第一章概括介绍了用于发展这项设计过程的某些流体流动基础理论。第二章介绍了用于设计吹吸式通风罩的流动理论,并探究了理论和设计方法的一些细节。第三章运用这种流动理论设计和分析了常用类型通风系统的流动特性。第四章结束了各种工业通风系统的讨论,对流量比法的实际应用作了介绍。

由于通风系统一般影响到空气调节系统的运行和性能,于是写了第五章。这一章概述了做好工业空气调节系统设计所必需的步骤和技术要求。

我们希望本书介绍的这些成果,能给读者提供必要的工具,用以设计高效节能的通风与空气调节系统。

林太郎
R. H. 豪厄尔
柴田真为
辻克彦

作 者 介 绍

林太郎博士是日本大阪大学初级工程学院的一位名誉教授。于1944年取得旅顺技术学院工程学士学位，在大阪大学取得工学博士学位，并在大阪大学研究了10年环境工程学。他是三部有关工业通风著作的合著者和编辑。林太郎博士在日本劳动省工业卫生委员会担任重要职务。他还是日本七个专业学会或科学学会的会员，包括日本供热、空调和卫生工程师学会，并担任近畿分会的理事和主席。他是多项荣誉和工作奖励的获得者。

R. H. 豪厄尔博士是密苏里大学机械工程教授。豪厄尔博士在伊利诺斯大学取得机械工程科学学士、科学硕士和哲学博士学位。他是美国供暖制冷空调工程师协会，美国机械工程师协会，美国电气工程师协会以及 Pi Tau Sigma 和 Sigma Xi 组织的会员。豪厄尔博士自1959年开始从事机械工程领域的教学工作。在过去25年中，他讲授制冷、供热和空气调节，热分析及与其有关方面的课程。豪厄尔博士在发展教学和实验中使用的实验室设备方面具有经验，特别是在蒸汽压缩制冷，抽力测量装置，层流状态的热传递，空调过程模拟器，冷风幕试验装置，数字式和模拟式计算机的仿真技术方面。相应地，他在工业界和工程咨询方面，对于通风、冷凝问题，以至一种空气幕从研制到应用的全过程等内容也很有经验。豪厄尔博士1969年成为美国供暖制冷空调工程师协会的会员并在圣路易斯分会的教育协会，1.3、1.5、4.7技术委员会中任职。豪厄尔博士曾在1.3技术委员会和11.6 SPC委员会中任主席。他曾经主持或合作主持了由美国供暖制冷空调工程师协会提供经费的六项研究计划。豪厄尔博士是10篇技术论文的作者，也是“环境控制原理”第三版的作者之一。他还与人合著了“热泵系统”一书。他是多项荣誉和工作奖励的获

目 录

翻译说明

序言

作者介绍

第一章 流体流动的基础理论

I . 引言.....	(1)
II . 吹出流动.....	(2)
III . 吸入流动.....	(7)
A. 保角变换.....	(7)
B. 浅水箱法 (电模拟)	(13)
C. 有限差分法.....	(14)
D. 逐次超松弛法.....	(18)
参考文献.....	(21)

第二章 流体流动的共存现象

I . 引言.....	(23)
II . 界面线.....	(24)
III . 流动的合成.....	(25)
IV . 流量比法.....	(34)
V . 吹吸流与挠曲梁的比较.....	(34)
VI . 流动形式的比较.....	(37)
VII . 吹吸流的薄弱点.....	(41)

VIII.	侧向干扰气流的影响	(41)
IX.	在吹吸口处获得均匀气流速度的方法	(45)
	参考文献	(48)

第三章 局部排风和通风系统的流动特性

I.	引言	(49)
II.	分类	(49)
III.	罩的排气特性	(51)
A.	引言	(51)
B.	二维上吸罩(伞型罩)	(51)
C.	三维上吸罩	(54)
D.	各类罩的 K_L 方程	(55)
E.	上吸罩中温差的影响	(56)
F.	吸入口的压力损失与流量系数	(56)
G.	侧吸罩	(58)
H.	对上吸罩和侧吸罩的讨论	(59)
I.	环型罩	(60)
IV.	吹吸流	(61)
V.	吹吸流系统的经济设计方法	(67)
VI.	防火和隔断用的空气闸门	(73)
A.	本节所用术语	(73)
1.	设备与安全系数	(74)
2.	依赖于吹吸流的空气闸门	(74)
3.	空气闸门的特性	(75)
4.	实验模型和烟气浓度的测量	(76)
5.	结论	(77)
VII.	工业领域的全面通风	(78)
A.	本节所用术语	(78)

参考文献.....	(126)
-----------	---------

第四章 流量比法的实际应用

I. 引言.....	(129)
II. 设计步骤.....	(135)
A. 吸气罩.....	(135)
B. 吹吸式系统.....	(139)
1. 二维吹吸式系统的经济设计方法.....	(139)
2. 吹吸式局部排风装置的简便设计方法...	(141)
3. 吹吸式空气闸门的简便设计方法.....	(142)
4. 吹吸式层流通风装置的简便设计方法...	(142)
III. 实例.....	(143)
A. 上吸罩 (伞型罩)	(143)
1. 罩子的形状和尺寸的确定.....	(144)
2. Q_s 值的确定.....	(144)
3. 排风管道系统的设计.....	(144)
a. 达拉瓦莱方程.....	(146)
b. 汤姆孙方程.....	(147)
B. 侧吸罩.....	(147)
1. 罩的形状和尺寸的确定.....	(147)
2. Q_s 值的确定.....	(147)
C. 局部通风系统 (吹吸罩)	(148)
1. 污染气体的流量, Q_G	(148)
2. 吹风量, Q_1	(149)
3. 破裂极限流量比, K_B	(149)
4. 设计流量比, K_D	(149)
5. 吸风量, Q_s	(149)
D. 均匀流动的通风系统.....	(149)

E.	局部通风系统	(150)
F.	吹吸式隔断系统 (空气闸门)	(151)
1.	在给定条件下使吸风量 Q_3 为最小值的设计	(151)
2.	在给定条件下使送风量 Q_1 与吸风量 Q_3 之和为最小值的设计	(152)
3.	F_3 的长度	(153)
G.	车间出入口处的空气闸门	(153)
1.	讨论	(153)
	参考文献	(169)

第五章 工业空气调节

I.	引言	(171)
Ⅰ.	产品和工艺的要求	(172)
A.	温度和湿度要求	(172)
B.	含湿量	(172)
C.	吸湿材料	(173)
D.	调节和干燥	(173)
E.	化学反应速率	(173)
F.	结晶速率	(173)
G.	生化反应速率	(173)
H.	产品的精度与均匀性	(174)
1.	静电	(174)
J.	腐蚀、锈蚀和磨损	(174)
K.	空气的洁净度	(174)
Ⅱ.	人的舒适性要求	(175)
Ⅳ.	设计依据	(176)
V.	设计负荷计算	(178)

A.	热负荷	(178)
1.	室外设计气象条件的选取	(179)
2.	室内温度和湿度的选取	(179)
3.	不采暖邻室温度的估算	(179)
4.	传热系数的确定	(180)
5.	净表面积的确 定	(180)
6.	墙、屋顶和玻璃的传热损失的计算	(181)
7.	地板热损失的计算	(181)
8.	渗透热损失的计算	(181)
9.	通风热损失的计算	(182)
10.	总热损失的计算	(182)
B.	冷负荷	(183)
1.	设计条件的选择与确定	(183)
2.	外墙和屋顶得热的计算	(184)
3.	窗子得热计算	(185)
4.	内隔墙、天花板和地板的得热计算	(187)
5.	由室内热源得热的计算	(187)
6.	因通风和渗透的得热计算	(189)
Ⅶ.	设备与系统的选择	(189)
A.	系统介绍	(190)
B.	风管与管道尺寸的确定	(192)
1.	风管系统	(192)
2.	工业通风风管设计原则	(195)
a.	风管的坡度	(195)
b.	风管的形状	(195)
c.	支风管	(195)
3.	管道系统	(196)
C.	风机和泵	(196)

Ⅵ. 空气调节在工业上的应用.....	(197)
参考文献.....	(305)
中英名词对照.....	(307)

Ⅵ. 空气调节在工业上的应用·····	(197)
参考文献·····	(305)
中英名词对照·····	(307)

第一章 流体流动的基础理论

I 引言

人们都知道，有两种类型的自由气流：吹气流和吸气流。当吹气时在喷口产生吹气流。对于吸气流的情况，是在吸气时产生的。这两种类型的气流情况具有根本不同的特征。

让我们考察图 1 中所显示的蜡烛火焰，这个例子说明了它们的差别。尽管从肺中吸进的和呼出的空气量 Q_s 和 Q_e 是相等的（这意味着消耗了相同的能量），但一个人用嘴呼气能轻易地扑灭火焰，而用吸气想做到相同的事就困难了。

一条日本谚语说：“傻瓜和剪子将按照你如何使用它们进行工作”。通过考察图 2A 与 B 的理论结果可以更精确地证实这个事实。本图的要点概括如下。

1. 在图 2A 中的吹气流在很长距离上仍能保持其最初的速度。
例如，在二维流动情况下（当开口无限长，且长宽比 $D/L=0$ ），在孔径宽度 D 的 30 倍距离处保持了一个 40% 的速度，而在三维流动的情况下（当开口是方的，并且 $\nu=1$ ），在相同距离处它减少到 18%。
2. 与此相反，如图 2B 所示的三维吸气流情况，在距开口 $1D$ 处速度就急剧降到仅剩 7%。因此，在距开口 30 倍 D 处的速度自然接近零。

记住这些事实，让我们进一步从理论和实践两种见解来考察每一种流动。

II 吹出流动

有许多理论研究可以用于射流，为方便起见，对于二维及三维流动的分析，这里介绍理查德 (Reichardt) 的分析。为了开始这些分析，规定了下面三个假设。

1. 自由射流的动量保持恒定。
2. 在垂直于射流轴向的断面上的动量分配 (ρu^2) 可以用高斯误差函数来表达。
3. 射流的扩散角是常数。

一般地说，来自一个有限尺寸开口的射流由势核区、过渡区和下游较远的充分发展区组成，如图 3 所示。每个区的长度根据最初的开口形状而有所不同。

现在看图 4，对一个从一点出口流出的轴对称射流（用柱坐标 r 、 θ 、 z ），不考虑重力、压力以及粘性，并且假定密度是常数，由连续方程和那维尔—斯托克斯方程可得到下列方程。

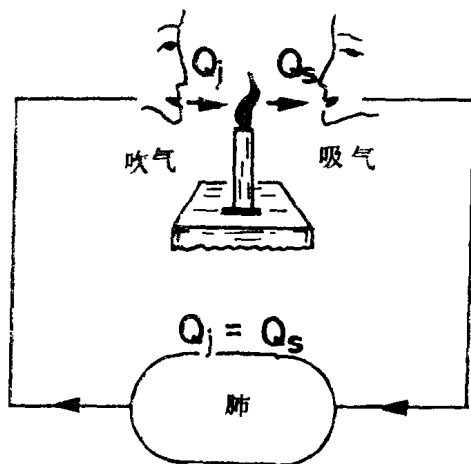


图 1 吹气流和吸气流

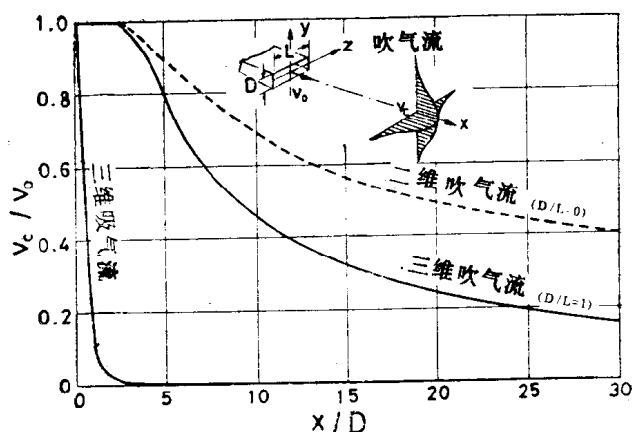


图 2 A 吹气流和吸气流之间的理论比较

$$\frac{\partial(u^2)}{\partial Z} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (ruv) = 0 \quad (1)$$

此处，如果射流满足下列方程

$$uv = -\Gamma \frac{\partial(u^2)}{\partial r}$$

式中， $\Gamma = \left(\frac{l}{2} \frac{dl}{dZ} \right)$ = 理查德扩散函数

方程 (1) 能改写成

$$\frac{\partial(u^2)}{\partial Z} - \frac{l}{2r} \frac{dl}{dZ} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r \frac{\partial(u^2)}{\partial r} \right\} = 0 \quad (2)$$

方程 (2) 的特解之一如下，这解满足前面提到的假设。

$$u^2 = \frac{K}{l^2} e^{-\left(\frac{r}{l}\right)^2} \quad (K = \text{常数}) \quad (3)$$

其次，考虑 l 为射流混合部分的宽度，则由第三条假定可得下面方程。

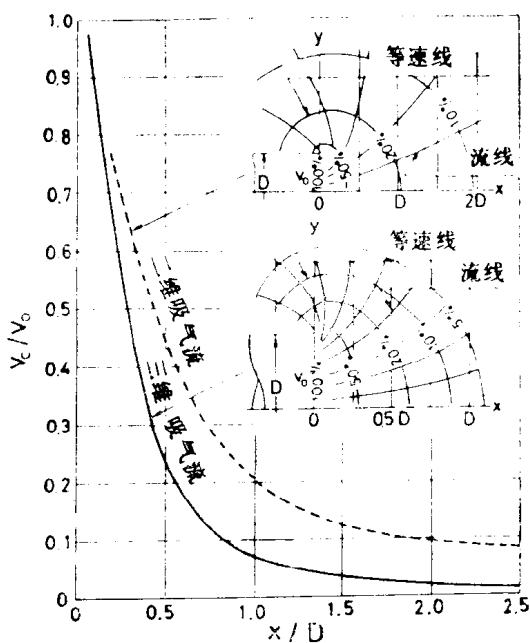


图 2B

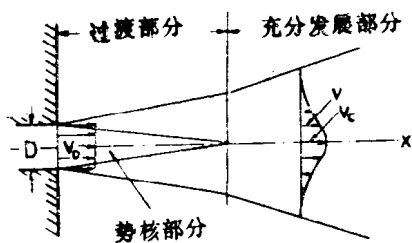


图 3 射流

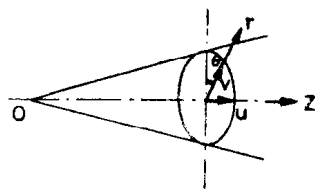


图 4 从一点射出的轴对称射流

$$l = CZ \quad (C = \text{常数}) \quad (4)$$

因此, 利用方程(4)、方程(2)和(3)能写成

$$\frac{\partial(u^2)}{\partial Z} - \frac{C^2 Z}{2r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial(u^2)}{\partial r} \right) = 0 \quad (2')$$