

THE RESEARCH OF TREATMENT TECHNOLOGY AND

木材加工粉尘治理技术 与综合利用研究

COMPREHENSIVE UTILIZATION FOR WOOD WORKING DUST

周玉申 主 编

潘淑清 刘志武 陈雄伟 罗发民 副主编

中国林业出版社

China Forestry Publishing House

THE RESEARCH OF TREATMENT TECHNOLOGY AND
COMPREHENSIVE UTILIZATION FOR WOOD WORKING DUST

木材加工粉尘治理技术与综合利用研究

周玉申 主编

潘淑清 刘志武 陈雄伟 罗发民 副主编

中国林业出版社
China Forestry Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

木材加工粉尘治理技术与综合利用研究/周玉申 主编. —北京:中国林业出版社,2006.3
ISBN 7-5038-4342-X

I. 木… II. 周… III. ①木材加工-除尘②木材加工-粉尘-废物综合利用 IV. X72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 018160 号

本书编委会

主 编:周玉申

副主编:潘淑清 刘志武 陈雄伟 罗发民

编 委:彭福坦 马延军 谭文雄 何莹泉

陈富强 郑镜明 丁 丹 张 杰

叶桂彬 刘仕斌

中国林业出版社·环境景观与园林园艺图书出版中心

电话:66176967 66189512 传真:66176967

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话:66176967

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京地质印刷厂

版次 2006年3月第1版

印次 2006年3月第1次

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 8

字数 190千字

定价 60.00元

凡本书出现缺页、倒页、脱页等质量问题,请向出版社图书营销中心调换。

版权所有 侵权必究

序

改革开放以来,我国国民经济的快速增长极大地推动了木材工业的高速发展。2005 年与 1989 年相比,生产规模增长了近 18 倍,产值增长了近 30 倍,已成为世界木材工业的生产大国,在国民经济建设中发挥举足轻重的作用。然而木材工业的高速发展,大量生产性粉尘排放给环境造成了严重的污染,常引起火灾隐患,直接威胁安全生产。由于生产性粉尘具有黏附、爆炸等特殊性质,给治理和利用带来很大的困难,这一问题长期以来没有得到很好的解决。广东省岭南综合勘察设计院的课题组研究人员历时十余年对粉尘的治理与利用进行了系统的研究,所撰写的《木材加工粉尘治理技术与综合利用研究》一书是我国木材工业第一部系统论述生产性粉尘治理与综合利用的理论与实践的技术专著。本书系统地论述了生产性粉尘的基本物化特性、悬浮流动规律和粉尘在治理过程中所存在的疑难问题;提出了“粉尘连续化治理工艺”等技术思路;废除了“集尘间”间断环节,提出了“临界速度试验法”,用此方法确定输送速度,科学、简明、实用,符合粉尘悬浮输送的运行规律。通过试验研究解决了长期困扰设计人员的粉尘过程理论问题、连续化供排料技术疑难问题、粉尘连续化治理工艺和粉尘作为生物质能燃烧利用等一系列技术问题,形成了系统的粉尘治理和利用的技术理论和方法,具有重要的学术价值和广泛的推广应用价值。

在全球密切关注环境保护,推进循环经济建设的今天,用科学发展观和生态学规律来引导人类社会的经济建设,在工业生产和消费中资源循环利用,减少废物,降低污染,实现“低资源、高利用、低排放”的良性循环,是科技工作者的努力方向。本书的出版将对我国的人造板企业、木质家具企业规范性建设提供技术支持,对全国木材工业系统大力推进洁净生产,进行环境污染治理和开展废物综合利用具有重要的示范和推广指导作用;对推动木材工业可持续发展具有十分重要的意义。同时大量生产性粉尘作为生物质燃料利用对于缓解目前国内外十分紧张的能源危机具有重大意义,其理论和技术方法为生物质能的开发利用也有借鉴作用。

中国工程院院士

張奇生

2006 年 2 月 16 日

PREFACE

The rapid growth of national economy has promoted wood industry to develop at a high speed since China implemented the reform and opening policy, production capacity has increased approximately eighteen times and output value of wood industry has reached thirty times in 2005 compared to it in 1989, and we have become a giant manufacture of forest products industry in the world and have played a decisive role in the construction of China's national economy.

However, the emission of mass productive dust increasingly aggravates the environmental problems, thus endangers work safety directly with constant fire hidden-trouble. As the special properties of viscousness, explosion that productive dust have, which makes it very difficult for treatment and utilization, and this leads to the lack of solution to this problem. Treatment and utilization for dust has been researched and studied systematically for decades by members of the subject group of Linnang Comprehensive Surveying and Designing Institute of Guangdong Province, The book composed of ***TREATMENT TECHNOLOGY AND RESEARCH OF COMPREHENSIVE UTILIZATION FOR WOOD MACHINERYWORKING DUST*** is the first technique monograph of its kind in national wood industry, which discusses systematically both in theory-oriented and practice-oriented studies in treatment technology and comprehensive utilization research for productive dust. In present book, the basic physical and chemistry properties and the principal of suspension flow of productive dust, and the facing difficulties in the processing of dust treatment were discussed; the methods and techniques of "continuous treatment technology for dust" were presented; the interrupting procedure of "dust collected room" was cancelled. This book put forward "examination of critical velocity", to determinating the transporting velocity of dust by this way is scientific, concise and practical, as well as according with running rule of suspension transport of dust. It also presented the solutions to a series of technical problems including theory of problem solving for dust treatment, the difficulty of technique of continuous feeding and discharging, the technology of dust treatment continuously and the utilization of combustion from dust used as a biomass energy through experiment and research, which designers and engineers obsessed about them for a long time, thus, formed a systematic technique theories and methods for the treatment and utilization of dust, which have an important academic values and great potential for extension.

Keeping a close watch on global environmental protection and promoting construction of circular economy is a contemporary issue and the economic construction should be lead through scientific concept of development and ecological laws that science and technology workers should work hard on it in a right future direction, that is, to promoting circulative utilization of resource and reduc-

tion of pollution, to “minimizing waste discharge by making more efficient use of resources and energy” so as to achieve virtuous circle in industrial production and consumption. This book will provide technical support for criterion construction of national wood-based panel enterprises and wood-based furniture factories, and will play an important demonstration and guidance role in carrying through cleaning production in wood industry departments of the whole country and environmental pollution treatment, in developing colligated utilization of waste; it have great significance for promoting sustainable development of wood industry as well. Also, the mass productive dust will be the most hopeful solution used as biomass energy fuel to alleviating energy crisis both domestically and abroad, plus, its theories and techniques will provide useful reference for the development and utilization of biomass energy.

Academician of Chinese Academy of Engineering

Zhang Qisheng

2006.2.16

目 录

序

第 1 章 绪 论	(1)
一、问题的提出	(1)
二、研究的目的和意义	(2)
三、国内外研究现状	(4)
四、本课题研究方向	(5)
第 2 章 粉尘的特性研究	(6)
一、粉尘的物理化学特性	(6)
二、粉尘的力学特性	(8)
三、粉尘的流动特性	(10)
第 3 章 粉尘悬浮输送速度问题的研究	(15)
一、粉尘悬浮状态流动轨迹	(15)
二、粉尘输送的混合比和混合密度	(17)
三、粉尘颗粒的悬浮速度理论计算式	(20)
四、悬浮速度的确定方法	(21)
五、临界速度试验法	(22)
第 4 章 粉尘废料的连续化供排料技术	(24)
一、连续化供排料概念	(24)
二、连续化供排料装置	(25)
三、连续化供排料中的贮存和缓冲装置	(28)
四、起拱、搭桥、堵塞等问题的处理技术	(31)
第 5 章 料仓的受力分析与计算	(36)
一、料仓的受力分析与计算方法	(36)
二、料仓主要参数的计算	(38)
三、料仓的强度计算	(41)
四、料仓的稳定性计算	(43)
五、料仓顶端挠度的计算与控制	(44)

第 6 章 粉尘的综合治理	(47)
一、粉尘连续化治理工艺	(47)
二、典型工艺流程及其应用	(57)
三、治理效果和检测	(62)
第 7 章 粉尘的综合利用	(66)
一、粉尘综合利用现状和存在的问题	(66)
二、粉尘作生物质能燃料利用	(67)
三、粉尘燃烧利用工艺	(74)
四、粉尘喷射燃烧工艺装置	(76)
五、典型工艺流程及其应用	(81)
六、粉尘燃烧对环境的影响与处理措施	(90)
第 8 章 推广应用与效益分析	(93)
一、项目的推广应用	(93)
二、环境效益分析	(93)
三、经济效益分析	(95)
四、结 论	(95)
附件 1 空气射流基本参数计算方法	(97)
附件 2 热能中心工艺设计	(103)
附件 3 典型燃料特性分析及环境污染技术指标	(112)
参考文献	(117)

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	(1)
1 Derivation of question	(1)
2 Objective and Significance of Item Researching	(2)
3 Worldwide Research Advances	(4)
4 Research Tendency of Present Subject	(5)
Chapter 2 Research for Dust Properties	(6)
1 Physical and Chemical Properties of Dust	(6)
2 Mechanics Property of Dust	(8)
3 Flow Property of Dust	(10)
Chapter 3 Research for the Problem of Suspension Transport Velocity of Dust	(15)
1 Track of Dust under Suspension Flow	(15)
2 Mix – ratio and Mix – density of Dust Transported	(17)
3 Theoretical Formula for Suspension Velocity of Dust Powder	(20)
4 The Way of Definition for The Suspension Velocity of Dust	(21)
5 Examination of Critical Velocity	(22)
Chapter 4 Continuous Feeding and Discharging Techniques for Dust Waste	(24)
1 Definition of Continuous Feeding and Discharging	(24)
2 Equipment of Continuous Feeding and Discharging	(25)
3 Equipment of Storage and Buffer	(28)
4 Techniques for Arch Camber, Building Bridge, Obstruction	(31)
Chapter 5 Stress Analysis and Calculation on Silo	(36)
1 Stress Analysis and Method of Calculation On Silo	(36)
2 Calculation of Key Parameter Of Silo	(38)
3 Strength Calculation of Silo	(41)
4 Stability Calculation of Silo	(43)
5 Calculation and Control of Top Deflection of Soli	(44)

Chapter 6 Comprehensive Treatment of Dust	(47)
1 Continuous Treatment Technology for Dust	(47)
2 A Representative Technology Flow and Application	(57)
3 Effect of Treatment and Checking	(62)
Chapter 7 Comprehensive Utilization of Dust	(66)
1 Research Advances and Problems of Comprehensive Utilization of Dust	(66)
2 The Utilization for Dust Used As A Biomass Energy Fuel	(67)
3 Technology for Combustion Utilization of Dust	(74)
4 Designing of Facilities for Dust Spray Combustion Technology	(76)
5 A Representative Technology Flow and Application	(81)
6 Effect of Dust Combustion on Environment and Disposal Measurement	(90)
Chapter 8 Application and Extension, Analysis of Benefit	(93)
1 Application and Extension of Item	(93)
2 Analysis of Environmental Benefit	(93)
3 Analysis of Economic Benefit	(95)
4 Conclusion	(95)
Appendix 1 Calculation Method for basic Parameter of Air Jet	(97)
Appendix 2 Technology Designing for Energy Plant	(103)
Appendix 3 Property Analysis of Typical Fuel and Technical Index for Environmental Pollution	(112)
References	(117)

第1章

绪论

一、问题的提出

我国木材工业的高速发展起于20世纪80年代末90年代初期,在沿海的广东地区一批大型胶合板厂在我国建成投产,国外进口的6条中密度纤维板生产线也相继在广东落户,这在当时是走在全国的前列。由于正赶上经济发展的好时机,规模大、产品新、质量好、售价高,使企业连年取得了很好的经济效益。特别是中密度纤维板项目,在高效益的示范效应影响下,广东省内其他市和全国各地都积极建厂,全国掀起了人造板工业的发展高潮。到目前为止全国拥有各类人造板企业4600家,生产规模4850万 m^3/a ,拥有木质家具企业26000家,生产规模39000万件/a,为世界之最,合计生产产值为人民币1500亿元/a,在国民经济中有着举足轻重的地位。

木材工业在我国的高速发展也伴生出一些重大问题,大量生产性粉尘废料排放给环境造成严重污染就是其中之一。木材加工企业在生产过程中排放的粉尘废料主要有砂光粉、锯屑和纤维碎末等生产性粉尘,传统的处理办法是采用气力除尘系统将生产性粉尘废料集中收集到集尘间,然后用人工对集尘间的粉尘进行定期清理外运。过去企业生产规模比较小,砂光粉、锯屑等粉尘废料相对比较少,虽然采用这种办法收集处理工艺比较落后,作业环境差,劳动强度大,但不至于影响企业的正常生产。1990年8月广东省岭南综合勘察设计院设计的广州南洋胶合板厂年产6万 m^3 胶合板项目建成投产,这是我国最早出现的大规模人造板项目。紧接着一批规模更大的胶合板项目建成投产和一批中密度纤维板项目首先在广东省内建成投产。由于这些企业生产规模大,所产生的砂光粉等粉尘废料特别多,粉尘废料治理这一问题最早暴露出来。以中密度纤维板生产企业为例,每年所产生的砂光粉约占产品产量的8.5%~10.5%,锯屑量约占产品产量的5%~8%,纤维碎末约占产品产量的5%,粉尘废料合计约占产品产量的20%以上。以3万 m^3/a 规模计算,每年有约6000t粉尘废料排出。将这些废料简单作为粉尘看待,采用传统的设计方法、技术标准和处理办法,是不能满足企业正常生产要求的。所以项目投产后,粉尘废料排放不畅,经常出现卡轴、裂袋、堵塞等现象,严重影响生产线的正常生产,也对生产环境和周边环境造成严重的污染,常引起周边单位或居民的投诉。由于粉尘废料排放不畅,大量粉尘废料不能有效处理,还容易引起火灾隐患,给企业的安全生产造成很大威胁。所以粉尘的治理和粉尘废料合理处理问题成为企业急需解决的一大课题。1993年,受广州南洋胶合板厂和广

东封开中密度纤维板厂等企业的委托,在广东省林业厅的支持下,设计院承担了这一课题的研究。针对不同企业的生产特点,我们提出了治理与利用连续化运行思路,但在理论与工艺技术不成熟的情况下,为了不影响企业的正常生产,首先采用了多种临时性工艺和技术方法。经过对南洋、封开厂等企业生产线反复不断的研究试验,取得了丰富的技术数据和良好的运行效果。1995年6月已基本形成多种不同用途的连续化治理工艺方案,包括用于胶合板企业、中密度纤维板企业、刨花板企业和木质家具企业的治理工艺方案,直接投入到新建项目中应用。根据应用所暴露出的问题进行不断的调整、修改和完善,并逐步向全国同类项目推广应用。但由于一些技术和理论问题没有彻底完善,对其全面推广造成了一定的影响。为了加大推广力度,在国家林业局基建部门、中国林业科学研究院、经贸部中国林学会和广东省林业厅等有关部门支持下,正式立项研究,完善并形成系统的理论和技术工艺体系。

二、研究的目的是和意义

木材加工企业生产过程中对环境可能造成污染的粉尘主要有:①生产过程及其半成品加工中所产生的锯屑、纤维碎末、砂光粉和木质粉尘等切削碎料;②生产工艺及其半成品加工系统中排出的操作性粉尘。这些锯屑、纤维碎末、砂光粉和木质粉尘等碎料颗粒直径约为 $5\mu\text{m}$ 至 1.5mm ,在本研究中统称粉尘,对企业的生产环境和周边环境会造成严重污染。粉尘对环境的污染主要是对车间内部作业环境和车间外部大气环境两个方面。在室内环境中,粉尘的危害不仅对人体健康有害,也易引发粉尘爆炸,影响安全生产;悬浮性粉尘长时间滞留在空气中会增加生产设备的非正常磨损,从而增加设备的维护成本,缩短设备的使用寿命,这对企业的经济效益产生不可低估的影响。排放或扩散到车间外的生产性粉尘严重地影响周边单位和居民的卫生环境,引发纠纷和麻烦,造成很坏的影响,直接影响企业的形象。

粉尘以木质成分为主,还有少量碳氢化合物和游离的二氧化硅。有研究资料表明,当车间粉尘浓度平均低于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 时,在8h内对人体无害;如果粉尘浓度达到 $1\sim 3\text{mg}/\text{m}^3$ 范围内时,会有一定危害;如浓度高于 $3\text{mg}/\text{m}^3$ 时,则有较大的危害;最高允许浓度为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。实际生产中如果不对粉尘污染进行科学而彻底的治理,车间粉尘排放浓度严重超标,使环境变得极为恶劣,严重影响员工的身心健康。粉尘中直径小于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒,长期飘浮在空气中,很容易被人吸入体内被肺泡吸收而侵害呼吸系统,对人体健康有很大危害。根据化学分析,粉尘中含有一定量的木焦油,木焦油是一种黑色油状物,由各种酚类与烃类组成,其中还含有致癌性较强的物质。长时间在含有高浓度粉尘的环境中工作的人员,鼻腔内常滞留粉尘,刺激呼吸道,导致相当多的工人患有不同程度的支气管炎、哮喘和肺气肿等病症。国际癌症研究中心经长期研究认为,各种硬质木材产生的木质粉尘如处理不当可使人致癌,且潜伏期长;对12个国家调查统计,在2083例鼻癌患者中,有 $1/6$ 是木器制作和木材加工行业的操作工。比利时的一次调查统计更令人震惊,在鼻癌患者中出身于木工的所占比例竟高达63%^[33]。粉尘尘粒降低空气可见度,减弱太阳紫外线照射,引起儿童佝偻病;粉尘尘粒还刺激眼睛,导致眼结膜炎等眼疾病。

环境污染所造成的巨大危害引起我国政府的高度重视,将环境保护作为一项基本国策,把实现可持续发展作为一个重大的战略目标,制定并实施了一系列保护环境的方针政策和法律法规,逐步完善法律体系和管理体制,已形成以《中华人民共和国环境保护法》为主体的环境法律体系。对于粉尘污染控制,我国已有大气污染排放和室内空气质量两个方面的规定,即控制大气中粉尘排放总量和限制车间空气中的粉尘浓度。在我国现有的国家大气污染物排放标准体系中,针对粉尘污染治理的特定对象,还制定颁布了一系列有关粉尘污染控制的标准和行业法规。颁布了《生产性粉尘作业危害程度分级》GB5817—1986、《工业企业设计卫生标准》GBZ1—2002 和《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ2—2002。1996 年国家环境保护局根据《中华人民共和国大气污染防治法》的有关规定,在原《工业“三废”排放标准》废气部分和大气污染排放标准的基础上,发布了国家强制性标准《大气污染物综合排放标准》GB16297—1996。根据现行的《大气污染物综合排放标准》中颗粒物的定义,粉尘属于 SiO_2 含量低于 10% 的其他颗粒物。该标准对粉尘作为污染源的大气颗粒污染物排放限制作了明确的规定,以控制木材加工粉尘的排放总量和排放浓度。

从保护从业人员的健康角度出发,新的《工业企业设计卫生标准》GBZ1—2002 和《工作场所有害因素职业接触限值》GBZ2—2002 中规定了车间空气中容许的粉尘卫生标准。对于木质粉尘,各类木材加工车间内作业区的粉尘浓度应低于 $3\text{mg}/\text{m}^3$,短时间接触容许质量浓度应低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。国家于 2002 年 7 月 1 日实施的《劳动法》也将促进有关保护劳动者健康法规的执行力度。为了提高资源利用效率,减少和避免污染物的产生,保护和改善环境,保障人体健康,促进经济与社会的发展,我国于 2002 年 6 月 29 日颁布了《清洁生产促进法》,并于 2003 年 1 月 1 日施行。该法要求不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料,采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放,以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。2004 年 12 月 29 日修订的《固体废物污染环境防治法》并于 2005 年 4 月 1 日起施行。对于固体废物的利用问题,国家十分重视,广东省 2003 年 11 月 1 日施行《广东省资源综合利用管理办法》。针对新建项目,为了控制新的粉尘污染,《中华人民共和国环境保护法》中规定了新建建设项目的审定内容,在项目环境影响报告书中,必须对产生的污染和对环境的影响进行评价,规定防治措施,经批准后,方可批准建设项目设计任务书。防治污染的设施,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。新建工业企业和现有企业的技术改造,应当采用资源利用率高、污染物排放量少的设备和工艺,采用经济合理的废弃物综合利用技术和污染物处理技术。

企业生产过程产生的粉尘废料进行彻底治理后,大量的粉尘废料必须寻找合理的出路。粉尘属于生产性木质废料,从保护人类赖以生存的大自然环境,保护森林资源,保护生态环境和资源可持续利用意义上来说,木质废料特别是具有相当规模企业所排放的木质废料,应该作为资源加以综合利用,但粉尘废料作为工业、农业原料的综合利用已经开展了 50 多年,实际效益并不显著。由于粉尘废料的特性和作为工业原料所要求的原料特性存在相当大的差距和不足,要解决粉尘废料作为工业原料中的不足因素,则需要投入辅料、设备、技术和资金,而往往产出的工业产品又不如非废料所生产出的产品质量好、技术性

能佳和经济效益好。长期的实践证明,粉尘废料作为工业原料利用不是一种最好的方案。而粉尘废料用于农业,因规模小、分散不便管理,不利于规模化利用,经济效益大多不明显。然而粉尘属于生物质能,从环境保护角度来说,是一种相对洁净能源。而企业生产需要大量热能,必须消耗大量的原煤,粉尘废料作为能源燃料利用却能产生显著的经济效益。通过科学论证和实践证明,粉尘废料作为能源燃料利用比其他综合利用方式具有更显著的效益优势,合理的处理利用能为企业降低数额相当大的燃料成本和粉尘废料处理贮存成本,体现出显著的经济效益和环保效益。

本研究的主要目的:

(1) 提出可靠的治理粉尘的技术和方法,彻底解决企业粉尘污染问题。

(2) 探索粉尘的连续化处理技术和有效合理的利用技术与方法。

(3) 通过试验研究形成系统的粉尘治理与利用的技术体系,为设计单位和生产企业提供完善的环境治理与粉尘利用的技术方法,为政府对项目评估、环境监督和决策提供科学依据。

本研究将对我国木材加工企业的设备装备、环保建设和整体素质的提高产生重大影响,对推动木材加工可持续发展具有十分重要的意义,其具体体现在如下方面。

(1) 为企业治理生产过程中所排放的粉尘废料提供可靠的技术和方法,有利于控制企业生产环境和周边环境污染,有效保障国家有关法规所要求的工作环境和卫生条件。为全国木材加工系统开展清洁生产、执行国家环境保护法提供技术保证。

(2) 粉尘废料作为生物质能燃料利用,为企业节约原煤燃料,减少燃料费用支出,有效地降低生产成本,提高市场竞争力;废料回收利用,充分利用资源,符合国家产业政策,其项目的改造或建设将得到政府的支持。

(3) 节省企业处理粉尘废料的的生产成本,也避免大量粉尘废料而可能引起的火灾隐患。该研究推广应用后,将给企业带来可观的经济效益和良好的社会效益。

(4) 粉尘作为生物质能燃料利用对于缓解目前国内外十分紧张的能源危机具有重大意义,其理论和技术方法为生物质能的推广应用具有借鉴作用。

(5) 该研究对全国木材加工系统进行环境污染治理和开展废物综合利用具有重要的示范作用和推广指导意义;为全国的人造板企业规范性建设提供科学依据;为全国制定相关技术规程提供技术依据。

三、国内外研究现状

粉尘污染问题在木材加工企业中历来存在,但被高度重视则起于20世纪80年代末90年代初期我国木材工业的高速发展期。90年代以前由于木材加工企业的规模比较小,生产过程中产生的粉尘废料比较少,问题不太严重,也不至于危及正常生产,所以这一问题并不被重视,从事粉尘处理技术研究的人很少,连最基本的工程设计资料也是沿用国外或其他工业部门的技术资料。90年代以来规模化的企业遍布全国,生产规模是过去的几倍至十几倍,相应的企业排放出的粉尘废料呈几倍至几十倍的增大。

面对这种情况,我国木材加工企业还没有做好相应的准备。主要原因是:

(1) 没有技术支持, 全国至今没有一份系统介绍粉尘处理技术的资料。

(2) 没有设计规程规范、相关的指导性技术标准以及试验数据进行指导, 工程设计只能由工程技术人员自己摸索。

(3) 没有可供参考的应用实例, 在国外作技术考察中, 发现其粉尘处理也不太理想, 但欧美国家的大型人造板企业多建在林区, 对环境的影响相对较小。

在这种条件下, 设计单位为了控制大量粉尘而采取的技术措施和方法, 多从其他行业中借鉴。在这样的条件下所建成的企业, 自然不适应生产现状要求, 落后的工艺技术条件适应不了繁忙的工艺要求, 粉尘处理不过关, 排放不畅, 不但企业和周边环境污染严重, 主生产线也无法正常运行。针对此情况, 设计院加大力度对粉尘回收与利用进行试验研究。十几年来为配合建设单位的正常生产, 从建设单位的实际出发, 研究出多种回收与利用方案, 形成了比较完善的粉尘回收与利用技术, 并推广到全国各地, 在企业中产生了巨大的经济效益和社会效益。

与此同时, 国内许多学者和企业也在进行探索研究, 做了许多试验。但技术范围和内容仅停留在粉尘的气力输送改造应用和粉尘的直接燃烧方法上, 重复试验和研究的现象比较普遍, 在理论上和技术工艺上没有新内容。

在国外由于大型木材加工企业的发展也较晚, 粉尘处理技术因涉及到粉尘出路问题, 发达地区的欧美国家由于大型木材加工企业多建在林区, 热能由燃木锅炉提供, 燃烧的是大量过剩的采伐剩余物, 粉尘处理技术的研究的确滞后。关于粉尘治理与利用技术的研究在国外很少报道。我国是一个资源和能源的消耗大国, 而且多数木材加工规模企业由于装备条件所限多设在与居民共存的城镇, 所以粉尘治理与利用研究问题在我国变得十分迫切和必要。但近些年来粉尘处理技术在欧美一些国家研究发展很快, 这从他们提供的热能中心设备中就能看出, 各种粉尘均纳入燃烧利用之中, 这说明在粉尘利用技术上国内外都给予极大的关注, 但在粉尘治理与综合利用上的系统技术目前在国内外均未见有发表。

四、本课题研究方向

基于我国木材加工企业现状和生产中所存在的问题, 本课题研究的主攻方向为如下五个方面。

- (1) 研究粉尘的特性、形成机理和悬浮流动原理。
- (2) 研究治理粉尘污染的技术和方法。
- (3) 研究粉尘处理过程的连续化技术和方法。
- (4) 研究粉尘作为生物质能燃烧利用的技术和方法。
- (5) 形成系统的粉尘治理与利用的技术与工艺体系。

第2章

粉尘的特性研究

一、粉尘的物理化学特性

1. 粉尘的组成元素和热值

木材加工的粉尘以人造板企业（包括胶合板、中高密度纤维板、刨花板、细木工板厂等）砂光机砂削人造板板面而产生的砂光粉尘和各类锯屑为主，包括纤维碎末等粉状碎料。粉尘的元素组成是由人造板的材料决定的，如木质人造板是以木质成分为主，秸秆人造板是以秸秆成分为主。但无论是木质板还是秸秆板，其砂光粉尘均由可燃质、无机物和水以及少量杂质所组成，主要由碳、氧、氢、氮和极少量的硫等元素所组成。不同的材料种类其元素组成是不相同的。为了研究粉尘处理工艺、环境污染分析和其综合利用等问题，我们对其主要板种的组成元素和热值进行了测定。以胶合板砂光粉、中密度纤维板砂光粉和刨花板砂光粉为试样测定的木质粉尘的组成元素和热值如表 2-1 所示。

表 2-1 粉尘基本元素分析

样品名称	热值 Q_w^* (kJ/kg)	元素成分 (%)						
		C [*]	O [*]	H [*]	N [*]	S [*]	W [*]	A [*]
胶合板砂光粉	18 150	48.33	36.91	5.78	0.35	0.11	5.89	2.63
中密度纤维板砂光粉	17 840	47.30	36.56	5.86	0.46	0.16	6.76	2.90
刨花板砂光粉	17 400	46.43	38.95	6.24	0.41	0.24	5.53	2.20

注：表中 C^{*}、O^{*}、H^{*}、N^{*}、S^{*}、W^{*}、A^{*} 分别表示粉尘中碳、氧、氢、氮、硫、水分、灰分应用基。

综合多种测定，木质粉尘的组成元素为：含碳（C）量 43% ~ 49%，含氧（O）量 36% ~ 40%，含氢（H）量 5.0% ~ 6.5%，含氮（N）量 0.3% ~ 0.5%，含硫（S）量 0.1% ~ 0.3%。木质粉尘的热值为：17 000 ~ 18 500kJ/kg。

2. 粉尘的成分组成与工业分析

粉尘的成分组成与工业分析是指粉尘含有挥发分、固定碳、水分和灰分的多少。同样，不同的材料种类其组成成分也是不相同的。对粉尘的成分组成与工业分析进行研究和

掌握,有利于科学研究粉尘处理工艺、环境污染分析和其综合利用等问题。如木质粉尘的主要成分碳、氧、氢、氮约占97%以上,灰分约占0.6%~3%,碳氧氢中有少量水、水蒸气或有机溶剂的提取物,大约占绝干材的2%~10%,在燃烧过程中同样被燃烧蒸发。木材的灰分有两类,溶于水部分占10%~25%,其中钾、钠碳酸盐又占溶解部分的60%~70%;不溶于水部分主要是钙、镁碳酸盐、硅酸盐和磷酸盐。

以胶合板砂光粉、中密度纤维板砂光粉和刨花板砂光粉为试样测定的木质粉尘的成分组成与工业分析数据如表2-2所示。

表2-2 粉尘成分组成与工业分析

样品名称	平均 粒径 (μm)	堆积 密度 (kg/m^3)	成分组成(%)			工业性分析(%)			
			木质	胶料	杂质	挥发分	固定碳	灰分	水分
胶合板砂光粉	5~180	230	92.2	7.20	0.60	78.34	17.63	2.10	1.93
中密度纤维板	5~200	210	89.9	9.60	0.50	77.80	16.95	3.45	1.80
刨花板砂光粉	30~230	195	90.6	9.10	0.30	79.63	16.35	2.18	1.84

综合多种测定木质砂光粉尘的成分组成与工业分析数据为:木质占89.0%~92.5%,胶料占7.0%~9.6%,杂质占0.3%~0.6%。挥发分占77.5%~80.0%,固定碳占16.03%~18.0%,灰分占2.0%~3.0%,水分占1.8%~2.2%。

3. 粉尘的粒径

经测定砂光粉的颗粒直径为5~230 μm ,锯屑的颗粒直径为50 μm 至1.5mm。

4. 粉尘的密度

粉尘自然堆积状态下,单位体积粉尘的质量称为粉尘的堆积密度(容积密度) ρ_b ,经试验测定木质粉尘的堆积密度为190~260 kg/m^3 。这里指的粉尘体积,不包括粉尘之间的空隙。但是由于粉尘颗粒表面不光滑和内部存在空隙,颗粒表面和内部吸附着一定的空气,设法将吸附在颗粒表面和内部的空气排出后,这种致密状态下测得的单位体积所具有的质量称为真密度 ρ_p ,粉尘的真密度用于研究粉尘颗粒的运动规律,而堆积密度则用于研究粉尘供排料连续化设备的合理设计等问题。设备的选择不仅要考虑粉尘的粒径大小,而且要考虑粉尘的真密度。

5. 粉尘的安息角和滑动角

粉尘自漏斗连续落到水平板上堆积成圆锥体,圆锥体的母线同水平面的夹角称为粉尘的安息角,又称休止角、堆积角等。滑动角指光滑平面倾斜时粉尘开始滑动时的倾斜角。安息角与滑动角表达同样的性质,但通常滑动角比安息角大。粉尘的安息角和滑动角是评价粉尘流动特性的重要指标,安息角小的粉尘,其流动性好;相反,安息角大的粉尘,其流动性就差。