

Prediction and Control Technology for Wind-blown Power Pollution

露天尘源风蚀污染的 预测与控制技术

● 丛晓春 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

Prediction and Control Technology for Wind-blown Power Pollution

露天尘源风蚀污染的 预测与控制技术

● 丛晓春 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

露天尘源风蚀污染的预测与控制技术/丛晓春著. —徐州:中国矿业大学出版社, 2009. 3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0196 - 6

I. 露… II. 丛… III. ①露天开采—粉尘—环境污染—预测②露天开采—尘源控制 IV. X513

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 000518 号

书 名 露天尘源风蚀污染的预测与控制技术
著 者 丛晓春
责任编辑 齐 畅 刘红岗
责任校对 李 敬
出版发行 中国矿业大学出版社
(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
排 版 中国矿业大学出版社排版中心
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
经 销 新华书店
开 本 880×1230 1/32 印张 7 字数 182 千字
版次印次 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷
定 价 28.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

内 容 提 要

本书分上下两篇,全面介绍了露天尘源风蚀污染的预测方法及防治技术。详细阐述了露天尘源的特点,风蚀污染的模型和算法,以及相关的防治应用技术与措施等。全书包括:概论,颗粒粉尘的力学性质,风蚀颗粒起尘规律研究,粉尘源风蚀污染的预测模型,露天尘源风蚀污染预测分析,防风抑尘网的防治技术,防护林对露天尘源的防治技术,隔离防护墙的防护效应,化学抑尘的控制技术,湿式喷雾的控制技术等,共 10 章。本书是露天开放性尘源风蚀污染防治领域第一部比较系统的专著。

本书在撰写时力求兼顾理论与实践,分析与应用的有机结合,突出系统性、实用性和新颖性。本书可供从事环境工程、安全工程、通风与空调工程、土木工程、职业卫生、矿冶工程、港口工程等领域的科研人员、工程技术人员等参考和使用,也可作为上述有关学科的大学教师、研究生及高年级本科生的教学参考书。

序

可吸入的粉尘颗粒物(指颗粒尺寸在几个到几百个微米左右的)是大气污染中的严重问题,它来源于大气中风沙流动(浮尘和沙尘暴天气等)、裸露的土地面、暴露的建筑工地、港口堆放物、采矿等工业的扬尘,各种能源、动力、化工、冶金以及航天航空燃烧装置排气产生的烟粒等。可吸入粉尘给人类健康造成严重的危害,是诱发肺癌的原因之一。本书作者经过仔细的调研,详细分析了可吸入粉尘颗粒物,特别是城市颗粒物和港口颗粒物的形成来源、种类及其性质。

颗粒物运动的基本规律是预报颗粒物生成及其防治的重要依据。基本规律包括颗粒的物理、化学性质和颗粒的运动。本书总结了单个颗粒运动中的受力,颗粒的重力沉降,粉尘的起动及其受力,开放性尘源强度,颗粒流运动规律等。

结合作者的研究成果,本书报道了作者从事的粉尘起动规律的实验研究,得到了起动风速和粉尘颗粒尺寸以及起尘量和风速之间的变化规律。

本书阐述了作者利用欧拉—拉氏湍流两相流动的计算流体力学方法,对粉尘的运动、弥散和污染进行的预报;详细阐述了数学模型和计算方法的内容,给出了预报的颗粒运动轨道、飞扬距离、地面以及大气中颗粒物浓度

分布等随风速变化的预报结果,进一步利用这种计算流体力学方法对露天尘源进行预报,得到了扬尘量和粉尘扩散等规律。其预报结果为粉尘污染物的防治提供了依据。

更重要而有实际意义的是,本书详细论述了防风抑尘的技术。其中包括作者对防风抑尘网技术的数值模拟和风洞实验研究及其在港口煤堆场的应用,探讨了不同方案的抑尘效果和经济性以及防风网的材质。本书仔细讨论了防护林技术,其中包括构造树木模型,对穿过防风林的气体流动和吸尘效应的数值模拟分析;给出了防护林带设计的实例;讨论了隔离防护墙,包括不同设置方案的隔离防护墙绕流的数值模拟及其应用实例。

纵观全书,作者对所研究的问题,应用了湍流模型理论和气体—颗粒两相流动理论进行了深入的分析,并且将其本人的实验研究、数值模拟研究结果和工程应用研究密切结合起来,既有较高的理论深度,又能从实际出发进行理论和实验研究,再回到应用中去。

作者虽然是一位年轻的教师和科研工作者,但是从本书来看,其多年在本领域的系统和创造性研究已经取得了深入的认识和重要成果。本书是国内本领域不可多得的专业著作,可以促进环境保护的研究工作及其应用。预祝作者能在今后的教学和科研工作中取得更辉煌的成就。

清华大学教授、博士生导师

周力行

2008年12月

前 言

工矿企业的粉尘污染及大气颗粒物污染一直是我国空气污染治理的重要方面。采矿场、码头散货堆场、火力发电厂、供热厂、采石场、水泥厂、石料加工厂、金属冶炼厂、沥青厂等企业都是粉尘产生的大户。这种粉尘多数情况下是开放性和随机性的,其治理控制非常困难。

目前,在大气污染的治理中,成熟的技术主要集中在有组织排放尘源中,而对于露天粉尘的风蚀污染的控制尚未进行系统的研究,使得这类排放源所引起的扬尘长期处于失控状况,很难采取有效的防治措施。现在各种防护治理措施不断发展,其理论也不断完善和补充。作者从2000年博士论文选题开始涉足此方面的研究,8年来一直从事露天粉尘的风蚀污染治理方面的研究工作。在露天粉尘微尺度动力学扩散运动、粉尘起尘规律测定、粉尘风蚀污染预测方法、污染区域气象参数测定以及防风网防治、防护林带抑尘应用、化学抑尘剂使用效果测定等方面开展了一系列研究。作者先后发表论文30余篇,并与交通部天津水运工程研究院合作,对国内部分港口的露天粉尘的风蚀污染控制方面进行了有益的尝试,为港区粉尘的治理献计献策。

按照节能减排形势的要求,各工矿企业纷纷把露天粉尘的污染控制列入议事日程。在此情况下,作者将在

该领域中的研究成果加以整理和归纳,将其付梓。若本书能对社会及同行有所帮助,将是对作者的最大肯定和鼓励。

由于时间紧迫和作者水平有限,文中难免有疏漏和不妥之处,恳请大家批评指正。

作 者

2008 年 12 月

目 录

序.....	1
前 言.....	1

上篇 露天尘源风蚀污染的预测分析

1 概 论	3
1.1 大气污染	3
1.2 大气污染物	4
1.3 大气粉尘	6
1.4 城市颗粒物源解析	7
1.5 港口露天尘源的风蚀粉尘污染.....	10
参考文献	12
2 颗粒粉尘的力学性质.....	18
2.1 颗粒物在大气中的行为.....	18
2.2 气溶胶粒子的运动.....	21
2.3 开放性尘源的研究现状.....	24
2.4 风蚀粉尘颗粒起尘受力分析.....	29
参考文献	30

3 风蚀颗粒起尘规律研究	32
3.1 风蚀粉尘颗粒.....	32
3.2 起动风速的实验测定.....	34
3.3 风速一起尘量的测定.....	39
参考文献	40
4 粉尘源风蚀污染的预测模型	42
4.1 起动尘粒运动轨迹的数值模拟.....	42
4.2 尘粒的污染影响范围.....	49
4.3 尘粒的污染浓度分布.....	53
参考文献	58
5 露天尘源风蚀污染预测分析	62
5.1 区域气象.....	63
5.2 矿石粉尘特征.....	65
5.3 环境敏感目标.....	66
5.4 风蚀粉尘污染源强的预测分析.....	66
5.5 矿石粉尘污染影响预测.....	73
参考文献	77

下篇 露天尘源风蚀污染的控制技术

6 防风抑尘网的防治技术	81
6.1 防风网多孔动力效应的数值分析.....	81
6.2 防风抑尘网在港口煤炭堆场中的应用研究.....	87
6.3 防风网的安装形式.....	96

参考文献	103
7 防护林对露天尘源的防治技术	106
7.1 防护林带防风效应的研究现状	106
7.2 防护林带动力效应的数学模型	112
7.3 防护林带的动力分析	122
7.4 防护林带防风效应研究	123
7.5 防护林带吸尘效应分析	132
7.6 减尘防护林带的设计	134
参考文献	138
8 隔离防护墙的防护效应	144
8.1 近地面层内的钝体绕流	145
8.2 隔离防护墙绕流场的计算	146
8.3 隔离防护墙的设置方案分析	150
8.4 隔离防护墙的实例应用	157
参考文献	159
9 化学抑尘的控制技术	163
9.1 化学抑尘概述	163
9.2 润湿现象	165
9.3 固体表面的润湿	169
9.4 表面活性剂的润湿作用	174
9.5 抑尘剂化学性能的测定	177
9.6 抑尘剂抑尘性能的测定	180
参考文献	191

10 湿式喷雾的控制技术	194
10.1 湿式喷雾.....	194
10.2 喷雾系统中颗粒凝并的机理分析.....	195
10.3 煤尘露天含水率的全年变化.....	198
10.4 湿润剂喷雾系统中提高抑尘效率的分析.....	204
参考文献.....	206

CONTENTS

CONTENTS

Preface	1
Foreword	1

Part I The Prediction and Analysis of Wind-blown Pollution of Open-air Powder Sources

Chapter I Introduction	3
1.1 Air pollution	3
1.2 Air pollutant	4
1.3 Atmospheric particle	6
1.4 The source analysis of urban air particle	7
1.5 Wind erosion pollution of powder in the ports	10
References	12
 Chapter II The mechanical properties of particle	18
2.1 The behavior in the atmosphere of particulate	18
2.2 The motion of aerosol particles	21
2.3 The research review of open-air powder sources	24
2.4 The force analysis of wind-blown particle	29
References	30

Chapter III The study on particle critical condition	32
3.1 Wind-blown powder particles	32
3.2 The experiment on threshold velocity of particle	34
3.3 The determination of wind-blown particle quantity	39
References	40
Chapter IV The prediction model of wind-blown pollution	42
4.1 The numerical simulation of the moving particles' trajectory	42
4.2 The pollution influence scope of particles	49
4.3 The concentration distribution of particles	53
References	58
Chapter V The analysis of wind-blown erosion pollution	62
5.1 Regional meteorology	63
5.2 The characteristics of mineral particle	65
5.3 Environmental sensitive target	66
5.4 Analysis of wind-blown pollution sources	66
5.5 The pollution influence analysis on mineral particle	73
References	77

Part II The Control Technology of Wind-blown Pollution of Open-air Powder Sources

Chapter VI The control technique on porous windbreak	81
6.1 The numerical analysis on porous dynamic effect of windbreak	81

CONTENTS

6.2	The application research of windbreak in the port	87
6.3	The installation forms of windbreak	96
	References	103
Chapter VII	The control technique on shelter belt	106
7.1	The research review on shelter belt	106
7.2	The mathematical model of dynamic effect on shelter belt	112
7.3	Dynamic analysis on shelter belt	122
7.4	Study on the preventing wind effect of windbreak	123
7.5	Analysis on particle absorption effect of shelter belt	132
7.6	The design of suppression of dust adhesion	134
	References	138
Chapter VIII	The protection technique of protection wall	144
8.1	Flow around bluff body in the air layer	145
8.2	The calculation on flow field around protection wall	146
8.3	Analysis of construction schedule on the protection wall	150
8.4	The application example of the protection wall	157
	References	159

Chapter IX The control technique on chemical suppression	163
9.1 Introduction of chemical suppression of dust	163
9.2 Wetting phenomena	165
9.3 Wetting on solid surface	169
9.4 Wetting function of chemical suppression	174
9.5 The experiment on the chemical properties of suppression	177
9.6 The experiment on the suppressive effect of suppression	180
References	191
 Chapter X The control technology on wetting spray	194
10.1 Wetting spray	194
10.2 Mechanism analysis on particle coagulation in spray system	195
10.3 the experiment on annual change in moisture content of coal dust	198
10.4 The analysis on the improvement efficiency of the wetting spray system	204
References	206

上 篇

露天尘源风蚀 污染的控制技术