

通风与除尘技术

TONGFENG YU CHUCHEN JISHU

主编 吴爱军



重庆大学出版社

<http://www.cqsp.com.cn>

通风与除尘技术

主 编	吴爱军					
副主编	魏 勇	王永强	李仕雄			
参 编	徐中慧	林龙沅	谭汝媚	周煜琴	许秦坤	刘建平
	刘年平	何友芳	胡文义	蒋婉筱	但胤璠	杨再高
主 审	谭钦文					

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是根据作者所在通风教研组的同仁们多年的教学经验,专门为高等院校工科学生及研究生编写的“通风与除尘技术”教材。本书理论严谨,逻辑清晰,由浅入深,易于学习。教材涵盖内容较广,全书分为两个部分:第一部分介绍了通风基本理论,这一部分包括矿井的通风理论和工业除尘通风理论,考虑到学生将来就业实际情况,所以将这两个内容结合起来进行编写;第二部分内容是粉尘及其防治技术,主要内容有粉尘的基本性质和危害和粉尘防治技术。

全书按照“通风与除尘理论”课程和教学需要进行编写,可作为高等院校工科本科生及研究生教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

通风与除尘技术/吴爱军编.—重庆:重庆大学出版社,2015.7

ISBN 978-7-5624-9155-2

I.①通… II.①吴… III.①矿山通风—高等学校—教材②矿井—除尘—高等学校—教材 IV.①TD72

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第126500号

通风与除尘技术

主 编 吴爱军

副主编 魏 勇 王永强 李仕雄

责任编辑:文 鹏 关德强 版式设计:文 鹏

责任校对:秦巴达 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

POD:重庆书源排校有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14 字数:332千

2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

ISBN 978-7-5624-9155-2 定价:28.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

随着我国经济的快速发展,许多行业日益受到粉尘的威胁,特别是像矿山、水泥建材、化工、食品等行业,粉尘造成的职业病发病率和发病人数在快速增加,并且发病周期迅速缩短,恶劣的工作环境对广大工人的健康是一大威胁,同时,尘肺病带来的不仅仅是一个经济问题,也是一个严重的社会问题,国家和全社会越来越重视这一问题。不断净化工作环境,维护工人的健康权益,也是我们技术工作者的一个重要义务和责任。

通风与除尘技术作为一门传统学科,也是高校工科学生常选修的一门课程,这门课程有着较强的实用性、实践性,对学生未来职业选择也有着较强的指导作用。作者为高校本科生和研究生讲授这门课程多年,一直苦于没有较好的教材,通过总结教学经验、查阅并参考了多部教材、资料,在此基础上编写了这本教材。

本书重点讲述了矿井通风、工业管道通风理论,主要包括通风风流能量方程、全面通风理论、通风管道系统阻力和风量理论、矿井通风网络风量分配基本规律与计算以及局部通风和自然通风基本理论。这些知识点为重点掌握,这是掌握通风基本理论的重要节点。同时还重点讲述了粉尘产生、性质及其危害,工业场所粉尘的测定、通风净化、除尘原理及其防治技术、个体防护等。

由于本书主要作为本科生和研究生使用的教材,因此根据这一要求,一直坚持理论严谨、逻辑清晰、由浅入深、易懂易学。编写过程中,研究生胡文义、杨再高、但胤璠、蒋婉筱、吴大伟、张喜涛、吕燕丽等同学在文字编辑和插图绘制等方面做了大量的工作,在此表示感谢;同时感谢西南科技大学安全工程系全体教师给予的帮助,在人力、物力上给予的大力支持,在此深表感谢。由于时间仓促,错误之处在所难免,请谅解。

编 者

2014 年 12 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 矿井空气与有害物	1
1.2 工业粉尘、有毒有害物	3
本章练习题	7
2 通风风流能量方程及压力测定	8
2.1 风流能量与压力	8
2.2 能量方程	16
本章练习题	18
3 全面通风	20
3.1 全面通风量的计算	20
3.2 车间送排风方式	22
3.3 空气平衡和热平衡	24
本章练习题	27
4 通风管道系统、矿井通风网络中的阻力与风量计算 ...	29
4.1 通过管道系统阻力和风量计算	29
4.2 空气在风管中流动	40
4.3 矿井通风网络风量分配基本规律	43
4.4 风网的基本形式	45
4.5 矿井风量调节	51
4.6 复杂风网解算	58
本章练习题	61
5 局部通风	64
5.1 工业局部通风	64
5.2 排风罩	65
本章练习题	90

6	自然通风	91
6.1	热压作用下的自然通风	92
6.2	风压作用下的自然通风	93
6.3	风压和热压共同作用下的自然通风	94
6.4	自然通风的计算	94
	本章练习题	97
7	粉尘的产生、性质及其危害	98
7.1	粉尘的产生、性质和分类	98
7.2	粉尘的危害	101
	本章练习题	103
8	尘肺病及其预防	104
8.1	尘肺病的分类及我国现状	104
8.2	矽肺	106
8.3	其他几种常见多发尘肺病	109
8.4	尘肺病的预防措施	110
	本章练习题	112
9	作业场所空气中粉尘测定	113
9.1	粉尘浓度测定	113
9.2	粉尘粒度和粒度分布测定	116
9.3	粉尘中游离二氧化硅含量的测定	119
	本章练习题	124
10	通风净化与除尘技术	125
10.1	除尘装置的除尘机理	125
10.2	除尘设备简介	129
10.3	袋式除尘器	139
10.4	湿式除尘	156
10.5	电除尘器	173
	本章练习题	189
11	综合防尘技术	191
11.1	矿山粉尘防治	191

11.2 建筑工程粉尘及其防治	194
11.3 个体防护	200
本章练习题	202
附 录	204
参考文献	211

1

绪 论

随着我国经济的快速发展,工业生产规模越来越大,各种类型的厂矿企业越来越多,人们对工作环境的要求也越来越高,同时国家相继出台了许多严格的相关法律,对作业环境严格地进行规范和约束,而在实际生产中,通风与除尘技术是治理作业环境的一个重要措施,可见通风与除尘技术在工业、矿业生产中占有极其重要的地位。

在工业生产过程中会产生大量的有毒有害、易燃易爆气体,有毒易爆燃的粉尘和高温、高湿的空气,这些工业有害物质会恶化生产工作环境,对工人的健康产生极大的威胁,因此在工业生产中,通常采用通风、除尘、过滤的方式进行处理,并引入新鲜空气,这样可以大大减少对生产工人健康的危害,改善工作环境,同时保障安全生产的进行。

在矿井生产中,对通风的要求更加严格,如煤矿中,要求空气中的含氧量不低于 20%,因为新鲜空气中的氧气含量在 21% 左右,所以煤矿的安全生产要求提出了“以风定产”的指导方针。并且矿井空气环境地面的工业厂房空气环境更加复杂,主要是含有大量的有毒、易燃易爆气体、煤尘、岩尘等粉尘,对生产工人的职业健康是一大威胁,因此以风定产说明了通风在矿井生产中的重要位置。对于金属矿山和非金属矿山,矿井生产过程中会伴随着大量的有毒有害气体的产生,如 CO 、 CO_2 、 H_2S 、 NH_3 、氮氧化物、岩尘、炮烟等,都需要及时通风,防止中毒的发生。若发生瓦斯爆炸、煤尘爆炸事故时,应及时进行反风,减小灾害的蔓延,缩小事故发生的范围,排出有毒有害气体,最大限度地限制灾害的破坏力。

本书重点研究内容集中在工业通风与矿井通风两个方面,其中工业通风为重点。主要讲解基本通风理论、通风除尘相关技术和设备等。

1.1 矿井空气与有害物

井下空气的主要来源是地面空气,但地面空气进入井下后,会发生物理和化学两种变化,因而井下空气和地面空气的成分有较大的区别。

1.1.1 物理变化

气体混入沼气(CH_4)、二氧化碳(CO_2)和硫化氢(H_2S)等气体从地层中涌出到井下空气

中。多数矿井有沼气涌出。各矿沼气涌出量的大小不同,有些矿井,瓦斯涌出量高达 $40 \sim 50 \text{ m}^3/\text{min}$;有些矿井还伴随瓦斯涌出氮气(N_2)、二氧化硫(SO_2)和氢气(H_2)等气体。

固体混入——井下各种作业所产生的岩尘、煤尘和其他杂尘浮游在井下空气之中。

气象变化——主要是由于井下空气的温度、气压和湿度的变化引起井下空气的体积和浓度变化。

以上物理变化的结果,不仅使得井下空气成分种类增多,而且各种成分的浓度也发生变化。

1.1.2 化学变化

井下的化学变化有:井下一切物质(煤体、岩石、坑木、电缆、电气设备等)的缓慢氧化、爆破作业、煤炭自燃发火区的氧化和人员的呼吸都会产生二氧化碳;井下的爆破工作、火区氧化和机械润滑油高温分解等都产生一氧化碳(CO);井下火区氧化和含硫煤的水解都能产生硫化氢、二氧化硫;井下爆破工作能产生氧化氮(NO_2 及 N_2O_5);井下火区氧化能产生氨(NH_3)。

以上化学变化的结果,不仅使井下空气的成分和浓度发生变化,而且各种化学变化都要消耗空气中的氧气而产生二氧化碳,使井下空气中的氧气量减少,二氧化碳量的增加。

在上述成分中,氧气是井下人员呼吸所必需的,必须保证足够的浓度,其余(水蒸汽除外)气体和粉尘,超过一定浓度时,对人体都是有害的,必须把它们浓度降低到没有危害的程度。在这九种气体中 CO 、 H_2S 、 SO_2 和 NO_2 (或 N_2O_5)超过一定浓度时,还能使人体中毒。这九种气体为有害有毒气体,又称为矿井瓦斯,而狭义的矿井瓦斯则专指 CH_4 。 CH_4 是煤矿井下普遍存在的气体,在一定浓度范围内, CH_4 具有爆炸性,其爆炸界限为 $5\% \sim 16\%$,爆炸之前必然先燃烧,需要累积一定的热量才会爆炸,当 CH_4 的浓度小于 5% 时,因空气中的 CH_4 少氧气多,虽然能燃烧,但是热量不够,不足以引起爆炸,也不足以引起燃烧,但在高浓度的 CH_4 和新鲜空气的接触面上,点火便可燃烧; CH_4 的浓度约为 9.5% 时,能起完全的化学反应,产生的热量最多,爆炸威力最猛。所以 CH_4 是煤矿井下最危险的气体。煤矿井下经常出现且较多的气体是 CH_4 和 CO_2 ,这是计算矿井所需风量的主要依据。

对人体有害的气体有五种。其中 NO_2 是最毒的气体,它能强烈地刺激眼睛和呼吸系统,能和呼吸道上的水分化合形成硝酸(HNO_3),可使肺浮肿而致命。且初期不易发觉,有时数小时后才中毒征兆。 SO_2 能较强地刺激眼睛和呼吸系统,使眼睛红肿,俗称害眼气体,此时,这种气体能和呼吸道上的水分化合生成硫酸,使肺浮肿而致命。 H_2S 能刺激眼睛和呼吸系统,且能使人体血液中毒致命。 CO 能驱逐人体中血液中的氧气,使血液缺氧致命。这是因为 CO 比氧气对血素的亲和力大 $250 \sim 300$ 倍。一般煤气中毒就是 CO 中毒。 NH_3 能刺激眼睛、皮肤和呼吸系统。

粉尘的危害性表现在空气中岩尘或煤尘的浓度超过一定的界限时,人们呼吸了这种含尘空气,经过一段时间,就会得尘肺病。此外有些煤尘还具有爆炸性,其爆炸界限为 $30 \sim 2\,000 \text{ g/m}^3$ 。

1.2 工业粉尘、有毒有害物

1.2.1 工业粉尘、有害物质来源

1. 粉尘来源

粉尘是指能在空气中浮游一定时间的固体颗粒。电力、冶金、机械、轻工和建材等工业部门均能产生大量的粉尘。粉尘产生的原因主要有以下几个方面。

(1) 固体物料的机械粉碎和研磨,例如选矿、耐火材料车间的破碎过程和机械工业研磨加工过程;

(2) 粉状物料的混合、筛分、运输机包装;

(3) 物质的燃烧,例如煤燃烧时产生的烟尘量,占燃煤量的 10% 以上;

(4) 物质被加热时产生的蒸气在空气中的氧化和凝结,例如在矿石烧结、金属冶炼等过程中产生的锌蒸气,在空气中冷却时,会凝结、氧化成氧化锌固体颗粒。

一般的,把由金属蒸气的凝结、氧化等产生的主要是 $1\ \mu\text{m}$ 以下的固体微粒称为烟。

任何粉尘都要经过一定的扩散过程,才能以空气为媒介侵入人的机体组织。粉尘从静止状态变为悬浮于空气中的过程,称为尘化作用,造成尘化作用主要有以下几个环节:剪切、诱导空气、热气流上升,此外还有综合性的尘化作用。

使尘粒由静止状态进入空气中浮游的尘化作用,称为一次尘化作用,一次尘化作用只造成局部地点的空气污染,造成粉尘进一步扩散,污染车间空气环境的主要原因是室内的二次气流。二次气流带着局部地点的含尘空气在整个车间内流动,使粉尘散布到整个车间。

2. 有害蒸气和气体的来源

在化工、造纸、纺织物漂白、金属冶炼、浇铸、电镀、酸洗、喷漆等过程中,均产生大量的有害蒸气和气体。主要有一氧化碳、二氧化硫、氮氧化合物、氯化氢和氟化氢等气体以及汞、苯、铅等蒸气。有害气体在车间内的扩散,也是由于室内空气的流动所造成的。

3. 余热和余湿的来源

在工业生产中,各种工业炉和其他加热设备、热材料和热成品等散发的大量热量,浸洗、蒸煮设备等散发的大量水蒸汽,是车间内余热和余湿的主要来源。余热和余湿直接影响到空气的温度和相对湿度。

粉尘在爆炸极限范围内,遇到热源(明火或温度),火焰瞬间传播于整个混合粉尘空间,化学反应速度极快,同时释放大量的热,形成很高的温度和很大的压力,系统的能量转化为机械功以及光和热的辐射,具有很强的破坏力。

1.2.2 工业有害物的危害

1. 粉尘的危害

粉尘不仅对生产工人的健康有害,长期吸入粉尘容易患上尘肺病,而且有的粉尘具有可

燃性、爆炸性,其破坏威力巨大。

1) 粉尘对身体健康的影响

根据粉尘的性质,可以分为3类:无机性粉尘(矿物性粉尘,如硅石、石棉、煤等;金属性粉尘,如铁、锡、铝等及其化合物;人工无机粉尘,如水泥、金刚砂等)。有机性粉尘(包括植物性粉尘,如棉、麻、面粉、木材;动物性粉尘,如皮毛、丝、骨质粉尘;人工合成有机粉尘,如有机染料、农药、合成树脂等)。混合性粉尘(上述2种粉尘及以上混合在一起)。

根据化学性质不同,粉尘对人体有致纤维化、中毒、致敏等作用,如:游离二氧化硅粉尘的致纤维化作用。直径小于 $5\text{ }\mu\text{m}$ (空气动力学直径)的粉尘对机体危害性较大,也易达到呼吸器官的深部。粉尘的浓度大小,与对人危害程度也有关系。

主要危害可以分为以下几个种类。

①全身作用:长期吸入较高浓度粉尘可引起肺部弥漫性、进行性纤维化为主的全身疾病(尘肺);如吸入铅、铜、锌锰等毒性粉尘,可在支气管壁上溶解而被吸收,由血液带到全身各部位,引起全身性中毒。铅中毒是慢性的,但中毒者如果发烧,或者吃了某些药物和喝了过量的酒,也会引起中毒的急性发作;过量吸入铜的烟尘可能导致溶血性贫血;锌在燃烧时产生氧化锌烟尘,人吸入后产生一种类似疟疾的“金属烟雾热”疾病;长期吸入锰及其氧化物粉尘或烟雾,对中枢神经系统、呼吸系统及消化系统发生不良作用。

②局部作用:接触或吸入粉尘,首先对皮肤、角膜、黏膜等产生局部的刺激作用,并产生一系列的病变。如粉尘作用于呼吸道,早期可引起鼻腔黏膜机能亢进,毛细血管扩张,久之便形成肥大性鼻炎,最后由于黏膜营养供应不足而形成萎缩性鼻炎。还可形成咽炎、喉炎、气管及支气管炎。作用于皮肤,可形成粉刺、毛囊炎、脓皮病,如铅尘浸入皮肤,会出现一些小红点,称为“铅疹”等。

③致癌作用:接触如镍、铬、铬酸盐的粉尘,可引起肺癌;接触放射性矿物粉尘,容易生成肺癌;石棉粉尘可引起皮肤癌。

④感染作用:有些有机粉尘如破烂布屑、兽皮、谷物等粉尘常附有病原菌,如丝菌、放射菌属等,随粉尘进入人肺内,可引起肺霉菌病等。

⑤粉尘对肺部的作用:由于长期吸入生产性粉尘而产生的尘肺病,是一种常见的危害性较大的职业病。由于粉尘的性质不同,对肺组织引起病理改变也有差异,粉尘所引起的肺部疾病可分为三大类。

a.尘肺。2004年4月18日卫生部、劳动保障部颁布的《职业病目录》中按其病因分为矽肺、电焊肺、铸工肺等13种尘肺病。尘肺从目前的医学水平来说是不可治愈的疾病,因而在《机械制造企业安全质量标准化考评标准》中,把接触生产性粉尘作业危害程度分级(四项分级之一)和职业健康监护作为重要的考评内容之一。

b.肺粉尘沉着症。有些生产性粉尘,如锡、钡、铈等粉尘吸入后可沉积于肺部组织中,呈现一般的异物反应,对人体健康危害较小或无明显影响,经治疗或脱离粉尘后病变可逐渐减轻或消失。

c.有机性粉尘引起的肺部病变。有机性粉尘所引起的肺部炎症,尘肺等病变在机械制造企业极为少见,由于对有机粉尘致病的原因研究较少,致病机理的看法不一致,目前尚未定为职业病。

2) 粉尘爆炸

粉尘爆炸的条件一般有三个:

- ①可燃性粉尘以适当的浓度在空气中悬浮,形成人们常说的粉尘云;
- ②有充足的空气和氧化剂;
- ③有火源或者强烈振动与摩擦。

凡是呈细粉状态的固体物质均称为粉尘。能燃烧和爆炸的粉尘叫作可燃粉尘;浮在空气中的粉尘称为悬浮粉尘;沉降在固体壁面上的粉尘称为沉积粉尘。

具有爆炸性的粉尘有:金属(如镁粉、铝粉);煤炭;粮食(如小麦、淀粉);饲料(如血粉、鱼粉);农副产品(如棉花、烟草);林产品(如纸粉、木粉);合成材料(如塑料、染料)。

近年来我国的粉尘爆炸事故频发,如1987年3月,哈尔滨亚麻纺织厂因粉尘爆炸引起火灾,造成58人死亡、177人受伤;2010年2月,河北省秦皇岛骊骅淀粉股份有限公司发生的玉米淀粉粉尘爆炸事故,造成19人死亡、49人受伤;2011年4月1日,浙江缙云某车业公司铝粉尘零件抛光车间,车间内发生爆炸,5死1伤。2011年4月19日,浙江嘉善木材厂粉尘爆炸,6人烧伤;2011年5月,富士康集团成都公司抛光车间发生可燃粉尘意外爆炸事故,造成3人死亡、16人受伤;2012年8月,温州市瓯海区一幢民房在生产中发生铝粉尘爆炸,导致坍塌并燃烧,造成13人死亡、15人受伤;2014年4月,江苏省南通市如皋市东陈镇双马化工有限公司发生硬脂酸粉尘爆炸事故,造成8人死亡、9人受伤;2014年8月,江苏省昆山市开发区中荣金属制品有限公司汽车轮毂抛光车间在生产过程中发生爆炸事故,导致75人遇难,近200名伤者在医院接受救治。

2. 工业有害气体和蒸气的危害

1) 对人体的危害

根据有害气体和蒸气的危害不同,将其分为刺激性、中毒性、麻醉性和窒息性。

工业生产中有毒气体的危害和矿井中的差不多,CO、CO₂、SO₂等气体在这里不再赘述。工业生产中还有其他几种有毒有害气体,简要描述如下:

①苯(C₆H₆):苯是一种具有芳香味、易燃的麻醉气体,常温下极易挥发。它主要来源于焦炉煤气和以苯为原料和溶剂的生产过程中。

②汞(Hg):汞是一种液态金属,具有毒性。在常温下易挥发。

③铅(Pb):在有色金属冶炼、红丹、蓄电池、橡胶等生产过程中有铅蒸气及铅尘产生,铅在进入人体后会造成人血液色素下降,头晕、眼花、食欲不振等现象,严重时会出现中毒性脑病。

④氮氧化物(NO_x):氮氧化物主要来源于燃料的燃烧及化工、电镀等生产过程。

2) 对环境的危害

有害气体排入大气,会使大气产生一系列不正常气候变化,如温室效应和酸雨现象,对人类生活和工农业生产产生很大的不利影响。

3) 对生产的危害

有害气体可危害农作物,对农作物危害较普遍的有害气体有:二氧化硫、氟化氢、二氧化氮和臭氧等。有害气体对农作物的危害主要表现为以下三种情况:

①在高浓度有害气体影响下,产生急性危害,使植物叶表面产生伤斑或者直接使植物叶片枯萎脱落;

②在低浓度有害气体长期影响下,产生慢性危害使植物叶片退绿;

③在低浓度有害气体影响下产生所谓看不见的危害。

4) 余热和余湿对人体的危害

人体对冷热的感知和周围环境空气的温度、湿度、空气流速以及周围物体的表面温度有关,在正常条件下,人是依靠自身的调节使人体的温度稳定,也就是说人体的得热量和失热量相等。

人体散热是通过以下几种方式来完成:

①对流散热:人体的对流散热取决于空气的温度和湿度。

②辐射散热:人体的辐射散热与空气的温度和流速无关,只与周围物体的表面温度有关。

③汗的蒸发:汗的蒸发是一个综合作用过程,是空气温度、相对湿度、流动速度及周围表面温度等因素相互作用的结果。

因此,在生产车间内必须防止和排除生产中大量散发的热和水蒸汽,并使室内空气具有适当的流动速度。

1.2.3 粉尘与有害物的防治方法

1. 改革工艺设备和工艺操作方法,从根本上防止和减少有害物的产生

改革生产工艺能有效地解决防尘、防毒问题。例如:用湿式作业代替干式作业可以大大减少粉尘的产生。在石粉加工厂用水磨石英工艺代替干磨石英工艺后,车间空气中的硅尘浓度由几百毫克降至几毫克甚至2毫克以下;在产尘车间内坚持湿法清扫可以防止二次尘源的产生;采用氟碳表面活性剂,能有效抑制镀液的蒸发;用无毒原料代替有毒或剧毒原料,能从根本上防止有害物的产生,如油漆工业中用锌白代替铅白,可以消除铅中毒的危害;采用无氰电镀、无汞仪表,解除了剧毒物质的危害等。改革工艺时,应尽量使生产过程自动化、机械化、密闭化,避免有害物与人体直接接触。

2. 采用通风措施控制有害物

在我国,生产过程中产生粉尘的行业与工种有很多,如铸造业的破碎、磨粉、包装、运输等环节。在众多粉尘中,以石棉尘和含游离 SiO_2 的粉尘对人体危害最为严重。在通过工艺设备和工艺操作方法的改革后,如仍有有害物散入室内,则应采取通风措施,使车间空气中的有害物浓度不超过相关卫生标准。通风方法就是在局部地点或整个车间把不符合卫生标准的污浊空气排至室外,把新鲜空气或经过净化符合相关卫生要求的空气送入室内。下面介绍几种通风的方法。

(1) 自然通风

自然通风不消耗机械动力,是一种经济的通风方式。对于产生大量余热的车间,利用自然通风可达到巨大的通风换气量。由于自然通风易受气象条件的影响,特别是风力的作用,很不稳定,所以自然通风主要用于热车间排除余热,另外某些热设备的局部排风也可采用自然通风。

(2) 局部通风

局部通风系统分为局部进风和局部排风两大类,它们利用局部气流,使局部工作地点不受有害物的污染,创造良好的空气环境。

对于面积大、操作人员较少的生产车间,用全面通风的方式改善整个车间的空气环境既困难又不经济。只需向个别的局部工作地点送风,即采用局部送风措施,在局部地点创造良好的空气环境。例如:高温车间采取了工艺改革、隔热、全面通风降温措施后,如果在工人长期停留的工作地点,空气温度仍达不到卫生标准的要求,或辐射强度超过 350 W/m^2 时,应设置局部送风以改善工作地点的空气环境。局部通风主要是利用局部排风罩来捕集有害物质的一种措施。只需要较小的风量就可以获得良好的工作效果。

(3) 全面通风

全面通风又称稀释通风。它一方面用清洁空气稀释空气中的有害物浓度,同时不断把污染空气排出室外,使室内空气中有害物浓度不超过卫生标准规定的最高允许浓度。要使全面通风的效果良好,不仅需要足够的通风量,而且要有合理的气流组织。

3. 加强个人防护

由于工艺、技术上的原因,通风和除尘设施无法达到职业卫生标准要求的有尘作业场所,操作人员必须佩戴防尘口罩(工作服、头盔、呼吸器、眼镜)等个人防护用品。

4. 管理措施

采取防尘教育、定期检测、加强防尘设施维护检修、定期体检和检查等管理措施。

本章练习题

1. 地面空气进入矿井后发生哪些变化?
2. 简述矿井粉尘的来源及其危害。
3. 简述工业粉尘的来源及其危害。
4. 简述工业粉尘防治的基本方法。
5. 查阅有关资料,对我国近年来发生粉尘爆炸事故及其基本原因进行简要分析。

2

通风风流能量方程及压力测定

风流在井巷断面上所具有的总机械能(包括静压能、动能和位能)及内能之和叫作风流的能量。

风流之所以能够流动,其根本原因是系统中存在着能量差,所以风流的能量是风流流动的动力。

能量与压力即有区别又有联系,除了内能是以热的形式存在于风流中外,其他三种能量一般通过压力来体现,也就是说井巷任一通风断面上存在的静压能、动能和位能可用静压、动压、位压来呈现。

2.1 风流能量与压力

能量与压力是通风工程中两个重要的基本概念,压力可以理解为:单位体积空气所具有的能够对外做功的机械能。

2.1.1 风流的能量与压力

2.1.1.1 静压能-静压

(1) 静压能与静压的概念

空气的分子无时无刻不在做无秩序的热运动。这种由分子热运动产生的分子动能的一部分转化的能够对外做功的机械能叫静压能。在矿井通风中,压力的概念与物理学中的压强相同,即单位面积上受到的垂直作用力。静压也可称为静压能。

(2) 静压特点

- a. 无论静止的空气还是流动的空气都具有静压力;
- b. 风流中任一点的静压各向同值,且垂直于作用面;
- c. 风流静压的大小(可以用仪表测量)反映了单位体积风流所具有的能够对外做功的静压能的多少。如风流的压力为 P_a ,则指风流 1 m^3 具有 $1.013\ 32\times 10^3\text{ J}$ 的静压能。

(3) 压力的两种测算基准(表示方法)

根据压力的测算基准不同,压力可分为:绝对压力和相对压力。

a.绝对压力:以真空为测算零点(比较基准)而测得的压力称为绝对压力,用 P 表示。

b.相对压力:以当地当时同标高的大气压力为测算基准(零点)测得的压力称为相对压力,即通常所说的表压力,用 h 表示。

风流的绝对压力(P_i)、相对压力(h)和与其对应的大气压(P_o)三者之间的关系如图 2.1 所示:

$$h_i = P_i - P_o \quad (2.1)$$

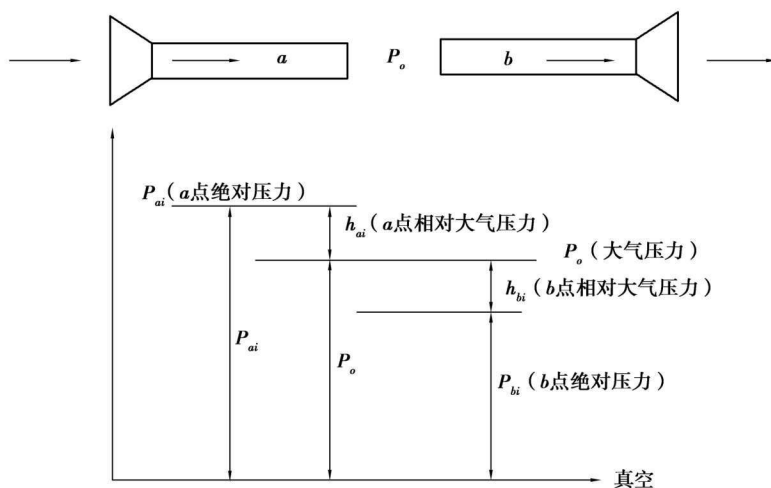


图 2.1 绝对压力、相对压力及其对应的大气压的关系

P_i 与 h_i 比较:

- a.绝对静压总是为正,而相对静压有正负之分;
- b.同一断面上各点风流的绝对静压随高度的变化而变化,而相对静压与高度无关;
- c. P_i 可能大于、等于或小于与该点同标高的大气压(P_{oi})。

2.1.1.2 重力位能

(1) 重力位能的概念

物体在地球重力场中因地球引力的作用,由于位置的不同而具有的一种能量叫重力位能,简称位能,用 E_{po} 表示。

如果把质量为 m 的物体从某一基准面提高 Z ,就要对物体克服重力做功 mgZ ,物体因而获得同样数量的重力位能 mgZ 。即

$$E_{po} = mgZ$$

重力位能是一种潜在的能量,它只有通过计算得其大小,而且是一个相对值。在实际工作中一般计算位能差。

(2) 位能计算

重力位能的计算应有一个参照基准面。如图 2.2 中的 1—2 两断面之间的位能差:

$$E_{\rho_{012}} = \int_2^1 \rho_i g dZ, \text{J/m}^3 \quad (2.2)$$

(3) 位能与静压的关系

当空气静止时($v=0$),由空气静力学可知:各断面的机械能相等。设以 2—2 断面为基准面:

1—1 断面的总机械能: $E_1 = E_{\rho_{01}} + P_1$

2—2 断面的总机械能: $E_2 = E_{\rho_{02}} + P_2$

由 $E_1 = E_2$ 得: $E_{\rho_{01}} + P_1 = E_{\rho_{02}} + P_2$

因为 $E_{\rho_{02}} = 0$ (2—2 断面为基准面)

又 $E_{\rho_{01}} = \rho_{12} \cdot g \cdot Z_{12}$,

所以 $P_2 = E_{\rho_{01}} + P_1 = \rho_{12} \cdot g \cdot Z_{12} + P_1$

说明:①位能与静压能可以互相转化。

②在矿井通风中把某点的静压和位能之和称之为势能。

(4) 位能的特点

a.位能是相对某一基准面而具有的能量,它随所选基准面的变化而变化。但位能差为定值。

b.位能是一种潜在的能量,它在本处对外无力的效应,即不呈现压力,故不能像静压那样用仪表进行直接测量。

c.位能和静压可以相互转化,在进行能量转化时遵循能量守恒定律。

2.1.1.3 动能-动压

(1) 动能与动压的概念

当空气流动时,除了位能和静压能外,还有空气定向运动的动能,用 E_v 表示,Pa;其动能所转化显现的压力叫动压或称速压,用符号 h_v 表示,单位为 Pa。

(2) 动压的计算

单位体积空气所具有的动能为

$$E_{vi} = \frac{1}{2} \rho_i v_i^2, \text{Pa} \quad (2.3)$$

式中 ρ_i —— i 点的空气密度, kg/m^3 ;

v_i —— i 点的空气流速, m/s ;

E_{vi} ——对外所呈现的动压 h_{vi} ,其值相同。

$$h_{vi} = \frac{1}{2} \rho_i v_i^2, \text{Pa} \quad (2.4)$$

(3) 动压的特点

a.只有做定向流动的空气才具有动压,因此动压具有方向性。

b.动压总是大于零。垂流动方向的作用面所承受的动压最大(即流动方向上的动压真值);当作用面与流动方向有夹角时,其感受到的动压值将小于动压真值。

c.在同一流动断面上,由于风速分布的不均匀性,各点的风速不相等,所以其动压值不等。

d.某断面动压即为该断面平均风速计算值。

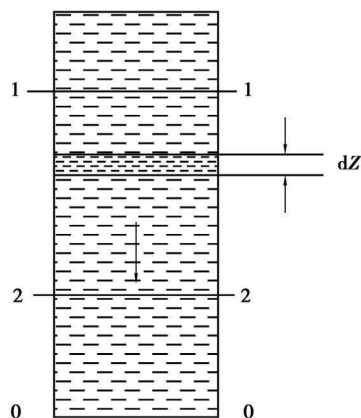


图 2.2 位能计算图