

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



# 工业通风 空气调节

(第二版)

赵淑敏 主 编  
郭卫琳 刘丽莘 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材 (高职高专教育)  
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



# 工业通风 空气调节

(第二版)

主 编 赵淑敏  
副主编 郭卫琳 刘丽莘  
编 写 柳成文 苏德权  
主 审 李永安



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

## 内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”规划教材（高职高专教育）。全书共有十八章，内容包括工业通风和空气调节两大部分。

本书系统地介绍了通风、空调系统的组成，设备构造及工作原理，通风和空调系统的设计、测试与管理，以及空调系统的运行调节、消声减振和防火排烟等有关内容。

本书可作为高职高专工业通风与空调工程专业教材，也可作为空调行业的培训用书，以及相关专业的师生、技术人员自学参考书，还可作为土建类其他专业师生的参考用书。

## 图书在版编目（CIP）数据

工业通风空气调节/赵淑敏主编. —2版. —北京：中国电力出版社，2010

普通高等教育“十一五”规划教材. 高职高专教育  
ISBN 978-7-5083-9933-1

I. ①工… II. ①赵… III. ①工业生产-通风-高等学校：技术学校-教材②工业生产-空气调节-高等学校：技术学校-教材 IV. ①X962

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 239639 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2004 年 5 月第一版

2010 年 6 月第二版 2010 年 6 月北京第三次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 561 千字

定价 37.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



# 前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为修订教材。

“工业通风空气调节”是供热通风与空调工程专业的一门主要专业课,本书是根据普通高等教育“十一五”规划教材(高职高专教育)的编写要求进行编写的。

《工业通风与空气调节》第一版是在2004年出版的,由赵淑敏、郭卫琳、刘丽莘、柳成文和苏德权编写。经过5年的教材应用实践,编写组在第一版的基础上进行了调整改进,各章内容的深度与广度都有不同程度的扩展,从而形成了目前的第二版教材。

本书由山东建筑大学赵淑敏(绪论、第一、二、十、十二、十四、十五、十八章)、长春工程学院刘丽莘和赵麒(第五、六、七、九章)、浙江建设职业技术学院郭卫琳(第十三、十七章)、太原市电力高等专科学校柳成文(第四、八、十一章)、黑龙江省建筑职业技术学院苏德权(第三、十六章)共同编写。全书由赵淑敏主编,由山东建筑大学李永安教授主审。

本书为普通高等教育“十一五”规划教材(高职高专教育)。可供供热通风与空调工程专业的高职高专学生使用,也可作为空调行业的干部、职工专业培训用书,以及有关专业的师生、技术人员参考,还可供土建类其他专业的师生参考。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,调查研究不足,可能存在的不当之处敬请读者提出宝贵意见,使本教材在使用过程中不断得到完善。

# 第一版前言

“工业通风空气调节”是供热通风与空调工程专业的一门主要专业课，本书是根据高职高专“十五”规划教材的编写要求进行编写的。

本教材以实践能力和创新能力为重点，以培养在生产、建设、服务、经营、管理第一线的高素质实用人才为目标。教材的内容具有职业教育特色，并尽量反映本学科的新知识、新技术、新工艺和新方法。使学生通过学习，具有综合职业能力和适应职业变化的能力。

本教材由山东建筑工程学院赵淑敏（绪论、第一、二、十、十二、十四、十五、十八章）、长春工程学院刘丽莘（第五、六、七、九章）、浙江建设职业技术学院郭卫琳（第十三、十七章）、太原市电力高等专科学校柳成文（第四、八、十一章）、黑龙江省建筑职业技术学院苏德权（第三、十六章）共同编写。全书由赵淑敏主编，由山东建筑工程学院李永安教授主审。

本教材是高职高专“十五”规划教材，可供供热通风与空调工程专业的高职高专学生使用，也可作为空调行业的干部、职工专业培训用书，以及有关专业的师生、技术人员参考。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，调查研究不足，书中难免有疏漏之处，诚恳欢迎广大读者予以批评、指正。

# 目 录

前言

第一版前言

绪论..... 1

## 第一篇 工 业 通 风

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第一章 工业建筑中的污染物.....      | 4  |
| 第一节 污染物的一般概念.....       | 4  |
| 第二节 污染物的来源及危害.....      | 4  |
| 第三节 污染物含量及评价标准.....     | 7  |
| 第四节 防治工业污染物的综合措施.....   | 9  |
| 小结 .....                | 10 |
| 习题 .....                | 10 |
| 第二章 控制工业污染物的通风方法 .....  | 11 |
| 第一节 通风方式的分类 .....       | 11 |
| 第二节 通风系统的组成 .....       | 14 |
| 小结 .....                | 16 |
| 习题 .....                | 16 |
| 第三章 局部排风罩 .....         | 17 |
| 第一节 局部排风罩的分类及设计原则 ..... | 17 |
| 第二节 密闭罩 .....           | 19 |
| 第三节 通风柜 .....           | 21 |
| 第四节 接受式排风罩 .....        | 22 |
| 第五节 外部吸气罩 .....         | 24 |
| 第六节 槽边排风罩 .....         | 29 |
| 第七节 吹吸式排风罩 .....        | 31 |
| 小结 .....                | 32 |
| 习题 .....                | 32 |
| 第四章 全面通风 .....          | 34 |
| 第一节 概述 .....            | 34 |
| 第二节 全面通风设计原则及设计方案 ..... | 35 |
| 第三节 工业污染物量的计算 .....     | 36 |
| 第四节 全面通风量的计算 .....      | 38 |
| 第五节 全面通风的气流组织 .....     | 42 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 第六节 空气平衡与热平衡 .....            | 47         |
| 小结 .....                      | 50         |
| 习题 .....                      | 50         |
| <b>第五章 工业污染物的净化 .....</b>     | <b>52</b>  |
| 第一节 粉尘的特性 .....               | 52         |
| 第二节 除尘器的除尘机理、分类及性能指标 .....    | 53         |
| 第三节 重力除尘器和惯性除尘器 .....         | 55         |
| 第四节 旋风除尘器 .....               | 57         |
| 第五节 袋式除尘器 .....               | 60         |
| 第六节 静电除尘器 .....               | 65         |
| 第七节 湿式除尘器 .....               | 70         |
| 第八节 粉尘的收集与处理 .....            | 72         |
| 第九节 除尘器的选用 .....              | 74         |
| 第十节 有害气体净化处理 .....            | 76         |
| 小结 .....                      | 79         |
| 习题 .....                      | 79         |
| <b>第六章 局部通风与事故通风 .....</b>    | <b>81</b>  |
| 第一节 局部通风 .....                | 81         |
| 第二节 空气幕 .....                 | 84         |
| 第三节 事故通风 .....                | 88         |
| 小结 .....                      | 89         |
| 习题 .....                      | 89         |
| <b>第七章 自然通风 .....</b>         | <b>90</b>  |
| 第一节 自然通风基本原理 .....            | 90         |
| 第二节 热车间自然通风计算和隔热 .....        | 94         |
| 第三节 避风天窗及风帽 .....             | 98         |
| 小结 .....                      | 100        |
| 习题 .....                      | 100        |
| <b>第八章 通风系统管道设计 .....</b>     | <b>101</b> |
| 第一节 通风管道的材料与形式 .....          | 101        |
| 第二节 风道内的压力损失 .....            | 103        |
| 第三节 管道的设计计算 .....             | 109        |
| 第四节 风道中空气的压力分布 .....          | 115        |
| 第五节 均匀送风管道 .....              | 118        |
| 第六节 风道设计中的若干问题 .....          | 120        |
| 第七节 通风工程施工图 .....             | 124        |
| 小结 .....                      | 128        |
| 习题 .....                      | 129        |
| <b>第九章 通风系统的测试与维护管理 .....</b> | <b>130</b> |

|     |                |     |
|-----|----------------|-----|
| 第一节 | 风管内风压、风速和风量的测定 | 130 |
| 第二节 | 含尘浓度的测定        | 132 |
| 第三节 | 有害气体浓度测定       | 136 |
| 第四节 | 除尘器性能的测定       | 136 |
| 第五节 | 通风除尘系统的调试与维护管理 | 137 |
| 小结  |                | 142 |
| 习题  |                | 142 |

## 第二篇 空 气 调 节

|      |                      |     |
|------|----------------------|-----|
| 第十章  | 湿空气的物理性质及 $h-d$ 图的应用 | 143 |
| 第一节  | 湿空气的物理性质及 $h-d$ 图    | 143 |
| 第二节  | 湿空气 $h-d$ 图的应用       | 147 |
| 小结   |                      | 150 |
| 习题   |                      | 150 |
| 第十一章 | 空调房间负荷及送风量计算         | 151 |
| 第一节  | 室内外空气计算参数            | 151 |
| 第二节  | 空调房间冷(热)、湿负荷的计算      | 154 |
| 第三节  | 空调房间送风状态及送风量的确定      | 162 |
| 小结   |                      | 166 |
| 习题   |                      | 166 |
| 第十二章 | 空气热湿处理途径及设备          | 168 |
| 第一节  | 空气热湿处理途径             | 168 |
| 第二节  | 喷水室                  | 169 |
| 第三节  | 空气换热设备               | 171 |
| 第四节  | 空气加湿设备               | 182 |
| 第五节  | 空气减湿设备               | 188 |
| 第六节  | 空气净化设备               | 193 |
| 第七节  | 热回收装置                | 199 |
| 小结   |                      | 203 |
| 习题   |                      | 203 |
| 第十三章 | 空气调节系统               | 204 |
| 第一节  | 空气调节系统的分类            | 204 |
| 第二节  | 新风量的确定和风量平衡          | 205 |
| 第三节  | 集中式空气调节系统            | 208 |
| 第四节  | 半集中式空气调节系统           | 220 |
| 第五节  | 其他空调系统               | 223 |
| 第六节  | 空调工程施工图              | 226 |
| 小结   |                      | 229 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 习题                       | 229 |
| <b>第十四章 空调房间的气流组织</b>    | 231 |
| 第一节 送、回风口的空气流动规律         | 231 |
| 第二节 送、回风口的型式             | 233 |
| 第三节 气流组织的基本要求及分类         | 236 |
| 第四节 气流组织的基本形式及适用条件       | 237 |
| 第五节 气流分布的设计计算            | 239 |
| 小结                       | 245 |
| 习题                       | 245 |
| <b>第十五章 空调水系统</b>        | 247 |
| 第一节 空调冷冻水系统的分类           | 247 |
| 第二节 空调冷冻水系统的设计计算         | 250 |
| 第三节 空调冷却水系统              | 256 |
| 第四节 空调水系统的水质管理           | 261 |
| 小结                       | 262 |
| 习题                       | 262 |
| <b>第十六章 空调系统的消声与防火</b>   | 264 |
| 第一节 空调系统噪声的产生和传播         | 264 |
| 第二节 噪声的评价和室内噪声标准         | 265 |
| 第三节 空调系统的消声设备            | 266 |
| 第四节 隔振与设备房的噪声控制          | 269 |
| 第五节 空调系统的防火排烟            | 272 |
| 小结                       | 275 |
| 习题                       | 276 |
| <b>第十七章 空调系统的运行调节与控制</b> | 277 |
| 第一节 室内热、湿负荷变化时的运行调节      | 277 |
| 第二节 室外空气状态变化时的运行调节       | 279 |
| 第三节 变风量、变露点的运行调节         | 281 |
| 第四节 半集中式空调系统的运行调节        | 283 |
| 第五节 空调系统的自动控制            | 285 |
| 小结                       | 289 |
| 习题                       | 289 |
| <b>第十八章 空调系统的调试与运行管理</b> | 290 |
| 第一节 概述                   | 290 |
| 第二节 空调系统风量和送风参数的测定与调整    | 292 |
| 第三节 空调设备的试运转及调试          | 294 |
| 第四节 设备容量与效果的检验           | 296 |
| 第五节 空调系统的日常维护及运行管理       | 298 |
| 小结                       | 304 |

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 习题                                       | 304 |
| 附录                                       | 305 |
| 附录 1-1 居住区大气中有害物质的最高容许浓度 (摘录)            | 305 |
| 附录 1-2 车间空气中有害物质的最高容许浓度 (摘录)             | 305 |
| 附录 1-3 大气污染物综合排放标准 (GB 16297—1996)       | 307 |
| 附录 1-4 环境空气质量标准 (GB 3095—1996)           | 310 |
| 附录 3-1 通风柜的控制风速                          | 311 |
| 附录 3-2 镀槽边缘控制点的吸入速度 $v_x$                | 312 |
| 附录 8-1 通风管道单位长度摩擦阻力线算图                   | 313 |
| 附录 8-2 (a) 钢板圆形风管计算表                     | 314 |
| 附录 8-2 (b) 钢板矩形风管计算表                     | 315 |
| 附录 8-2 (c) 钢板非标准矩形风管计算表                  | 317 |
| 附录 8-3 部分局部构件的局部阻力系数                     | 319 |
| 附录 8-4 通风管道统一规格                          | 322 |
| 附录 8-5 通风工程图例                            | 324 |
| 附录 10-1 湿空气的密度、水蒸气压力、含湿量和焓               | 330 |
| 附录 10-2 湿空气焓湿图                           | 332 |
| 附录 11-1 部分城市室外气象参数                       | 333 |
| 附录 11-2 外墙、屋面瞬变传热引起冷负荷计算的有关数据            | 334 |
| 附录 11-2 (1) 外墙夏季热工指标及结构类型                | 334 |
| 附录 11-2 (2) 屋面夏季热工指标及构造类型                | 335 |
| 附录 11-2 (3) 外墙冷负荷计算温度 $t_{w1}$ (Ⅱ型外墙)    | 336 |
| 附录 11-2 (4) 屋面冷负荷计算温度 $t_{w1}$           | 336 |
| 附录 11-2 (5) 部分城市 I ~ IV 型结构地点修正值 $t_d$   | 337 |
| 附录 11-2 (6) 外表面放热系数修正值 $k_a$             | 337 |
| 附录 11-2 (7) 吸收系数修正值 $k_p$                | 337 |
| 附录 11-3 玻璃窗瞬变传热引起冷负荷计算的有关数据              | 338 |
| 附录 11-3 (1) 单层窗玻璃的 $K$ 值                 | 338 |
| 附录 11-3 (2) 双层窗玻璃的 $K$ 值                 | 338 |
| 附录 11-3 (3) 玻璃窗冷负荷计算温度 $t_{w1}$          | 339 |
| 附录 11-3 (4) 玻璃窗传热系数的修正值                  | 339 |
| 附录 11-3 (5) 玻璃窗的地点修正值 $t_d$              | 339 |
| 附录 11-4 透过玻璃窗日射得热形成冷负荷计算的有关数据            | 340 |
| 附录 11-4 (1) 夏季各纬度带的日射得热因数最大值 $D_{j,max}$ | 340 |
| 附录 11-4 (2) 窗玻璃的 $C_s$ 值                 | 340 |
| 附录 11-4 (3) 窗内遮阳设施的遮阳系数 $C_n$ 值          | 340 |
| 附录 11-4 (4) 窗的有效面积系数 $C_a$ 值             | 340 |
| 附录 11-4 (5) 北区无内遮阳窗玻璃冷负荷系数               | 341 |
| 附录 11-4 (6) 北区有内遮阳窗玻璃冷负荷系数               | 341 |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 附录 11-4 (7) 南区无内遮阳窗玻璃冷负荷系数 .....           | 342 |
| 附录 11-4 (8) 南区有内遮阳窗玻璃冷负荷系数 .....           | 342 |
| 附录 11-5 照明、人体、设备和用具散热冷负荷系数及成年男子散热散湿量 ..... | 343 |
| 附录 11-5 (1) 照明散热冷负荷系数 .....                | 343 |
| 附录 11-5 (2) 成年男子散热散湿量 .....                | 343 |
| 附录 11-5 (3) 人体显热散热冷负荷系数 $C_{CL}$ .....     | 344 |
| 附录 12-1 SRZ 型空气加热器技术数据 .....               | 345 |
| 附录 12-2 部分空气加热器的传热系数和阻力计算公式 .....          | 346 |
| 附录 12-3 水冷式表面冷却器的 $E_o$ 值 .....            | 346 |
| 附录 12-4 部分水冷式表面冷却器的传热系数和阻力试验公式 .....       | 347 |
| 附录 12-5 冷冻除湿机主要技术性能表 .....                 | 348 |
| 附录 14-1 盘式散流器性能表 .....                     | 349 |
| 附录 14-2 圆形直片式散流器性能表 .....                  | 351 |
| 附录 15-1 水管摩擦压力损失计算表 .....                  | 353 |
| 附录 15-2 水管路计算图 .....                       | 355 |
| 附录 15-3 阀门及管件的局部阻力系数 $\zeta$ .....         | 356 |
| 附录 15-4 三通的局部阻力系数 $\zeta$ .....            | 357 |
| <b>参考文献</b> .....                          | 358 |

## 绪 论

### 一、通风与空气调节的含义与任务

建筑是人们生活与工作的场所。人们已逐渐认识到,建筑环境对人类的寿命、工作效率、产品质量起着极其重要的作用。人类从穴居到居住现代建筑的漫长发展道路上,始终不懈地改善室内环境,以满足自身生活、工作对环境的要求以及生产、科学实验对环境的要求。人们对现代建筑的要求,应是一个温湿度宜人、空气清新、光照柔和、宁静舒适的环境。生产与科学实验对环境提出了更为苛刻的条件,如要求环境恒温、恒湿、无尘、无菌等。这些人类自身对环境的要求和生产、科学实验对环境的要求导致了建筑环境控制技术的产生与发展,并且已形成了一门独立的学科。通风与空气调节是控制建筑热湿环境、室内空气品质和噪声等的技术。

通风和空气调节是在长期的发展过程中自然形成的。虽然同为建筑环境的控制技术,但它们所控制的对象与功能有所不同。

通风——把室外的新鲜空气适当处理(如过滤、加热或冷却)后送进室内,把室内的污浊气体经消毒、除害后排至室外,从而改善室内空气品质,并使排放废气符合标准。通风的功能主要有:①提供人呼吸所需的氧气;②稀释室内污染物或气味;③排除室内工艺过程产生的污染物;④排除室内余热或余湿等。

空气调节(简称空调)——实现对某一房间或空间内的温度、湿度、洁净度和空气流动速度等的调节控制,并提供足够量的新鲜空气。空调可以实现对建筑热湿环境、空气品质的全面控制,包含了采暖功能(即向建筑物供给热量,保持室内一定温度)和通风的部分功能。

空调不仅要研究和解决对空气的各种处理方法,而且要研究并解决室内、外干扰量(即空调负荷)的计算,空气的输送和分配,为处理空气所需的冷、热源以及在干扰变化情况下的运行调节问题。空气调节应用于工业及科学实验过程一般称为“工艺性空调”,而应用于以人为主的空气环境调节则称为“舒适性空调”。

无论是在工业建筑中为保证工人的身体健康和提高产品质量,还是在公共建筑中为了满足各种人的活动和舒适的需要,都要求维持一定的空气环境标准。采用人工的方法创造和保持满足一定要求的空气环境,就是通风空气调节的任务。工业通风的任务主要在于消除工业生产过程中产生的粉尘、有害气体和蒸气、余热和余湿的危害;空气调节的任务是在任何自然环境下,将室内空气维持一定的温度、湿度、气流速度以及一定的洁净度等。

### 二、通风与空气调节技术的发展概况

通风技术有着悠久的历史。自然通风在古代已经被利用,如在古建筑的布局上利用穿堂风;利用气楼进行自然通风等。早在秦、汉年间,我国就有了以天然冰作冷源对房间进行冷却的“空调房间”,据《艺文志》记载:“大秦国有五宫殿,以水晶为柱拱,称水晶宫,内实以冰,遇夏开放。”

尽管我们古老文明创造了通风空调的应用技术,但现代意义上的通风空调技术的起源在

西方。通风空气调节技术的形成是在 20 世纪初,它随着工业发展和科学技术水平的提高而日趋完善。

19 世纪后半叶,随着发达国家纺织业的发展,促进了空调技术的发展。在空调系统方面,首先是全空气系统,随后又发展了空气—水系统。1904 年在纽约建成斯托克斯交易所空调系统(制冷量 1406kW),同一时间在德国一剧院建成类似的空调系统。到了 1940 年全美国制冷机总安装功率  $5 \times 10^6$  kW 中有 16% 用于空调。在空气—水系统方面,先是诱导器系统,这是 Carrier 在 1937 年发明的。在 60 年代,出现了风机盘管,由于其消除了诱导器噪声大和不易调节等主要缺点,使空气—水系统更加具有生命力,直至今天,世界各国仍然盛行。全空气系统的进一步发展则是变风量的应用,变风量起到了节能的作用。近 20 年来,各国采用变风量的全空气系统日渐增多。

在 20 世纪 20 年代末期出现了整体式的空调机组。它是将制冷机、通风机和空气处理装置等组合在一起的成套空调设备。60 多年来,空调机组发展迅速,现在通用的已有窗式、柜式和壁挂式等不同类型的机组,并发展了采用制冷剂的逆向循环在冬季供热的热泵型机组。

在我国,舒适性空调和工艺性空调几乎同时起步。1931 年,首先在上海纺织厂安装了带喷水室的空气调节系统,其冷源为深井水,采用离心式冷水机组。随后,在一些电影院、银行和高层建筑的大旅馆也先后设置了全空气空调系统。在 1949 年以前,只有在大城市的高级建筑物中才有空调的应用,设备都是舶来品。

新中国成立后,随着国民经济的发展,通风空调事业逐步发展壮大。1966 年,我国研制出第一台风机盘管机组。20 世纪 50 年代,迎来了工业建筑的第一次高潮,污染严重车间都装有除尘系统、机械排风和送风系统;高温车间的厂房设计考虑了自然通风;工艺性空调也得到了发展,大工厂中都建有恒温恒湿的计量室,纺织工厂设有以湿度控制为主的空调系统。在这段时期建立了主要仿制前苏联产品的通风与制冷设备制造厂。

20 世纪 60~70 年代,我国经济建设走“独立自主,自力更生”的发展道路,形成了通风空调技术发展的时代特点。从仿制前苏联产品转向自主开发。70 年代末,电子工业发展迅速,促进了洁净空调系统的发展,先后建立了十万级、万级、100 级的洁净室。舒适性空调也有一些应用,主要应用在高级宾馆、会堂、体育馆、剧场等公共建筑中。通风与空调设备的制造业也有相应的发展。

20 世纪 80~90 年代是通风与空调技术发展最快的时期。以空调来说,从原来主要服务对象工业转向民用。星级宾馆都装有空调,商场、娱乐场所、餐饮店、体育馆、高档办公楼中设空调已经很普遍,而且空调器也陆续进入家庭。

应用的增多,促进了通风空调产业的发展。产品的品种、规格与国际同步,大部分产品性能已达到国际同等产品的水平,有的产品生产量已在国际上名列前茅。

我国通风与空调的市场潜力很大,预示着行业的发展前景远大。现在,我们已能独立设计、制造和装配数以万计的空调系统。在全国范围内,从事暖通空调专业的设计、研究和施工管理队伍,已具有相当大的规模。展望 21 世纪通风与空调行业的发展,必将走向一个稳步的可持续发展的道路。

通风空调的广泛应用,也带来了一些新问题。首先是通风空调的能耗很大,在节能方面所采取的措施:一是热量的回收利用;二是节约热源和改善冷源。在空调系统方面,由定风

量系统发展到变风量系统，将逐渐在国内推广。其次是长期在空调环境中生活会使人产生“空调病”，如出现皮肤汗腺和皮脂腺收缩，腺口闭塞，导致血流不畅、神经功能紊乱等症状。2002年冬~2003年春，SARS疫情的出现给空调系统提出了新的课题。为了创造更有利于健康、适合人类工作和生活的内部空间环境，通风空调技术正在由解决空气环境的调节和控制，向内部空间环境质量的全面调节与控制发展。此外，通风与空调间接对环境造成的污染，空调冷源使用的 CEC 和 HCFC，对地球平流层（离地球 20~25km）内的臭氧（O<sub>3</sub>）层的破坏，这是当前全球环境问题之一。总之，通风空调技术的发展前景十分广阔。

# 第一篇 工业通风

## 第一章 工业建筑中的污染物

### 第一节 污染物的一般概念

空气中污染物按其物态来分有气体、蒸汽、固体粒子和液态粒子。气体污染物是指其状态满足理想气体状态方程式；蒸汽污染物是指接近凝结状态、不满足理想气体状态方程的气体；空气中粒子污染物是指悬浮于空气中的固体和液态粒子。

粒子在空气中的悬浮状态与粒径、密度有关。一般说粒径在  $100\mu\text{m}$  以下的粒子在空气中呈悬浮状态。固体粒子可分为粉尘，粒径在  $1\sim 100\mu\text{m}$ ，由研磨、破碎等人为产生和风化、刮风等自然产生；凝结固体烟雾，粒径约在  $0.1\sim 1\mu\text{m}$ ，金属熔化形成的气体在空气中冷却凝结成固体烟雾，如铅烟雾、锌烟雾等；烟，粒径约在  $0.5\mu\text{m}$  以下，如木材、煤、油等燃料的燃烧产物。液体粒子可分为霭，粒径在  $1\sim 100\mu\text{m}$ ，是液体破碎或蒸气凝结成的微小液滴；雾，粒径在  $5\sim 50\mu\text{m}$ ，大气中水蒸气凝结生成的液体粒子；烟雾，它是烟和雾的合成物，如工厂周围产生的浓雾。

根据危害程度，一般认为粒径小于  $10\mu\text{m}$  的粒子对人体有害，据实测，生产车间产尘点空气中的粉尘粒径大多在  $10\mu\text{m}$  以下，它们可以被吸入，称为可吸入粒子。据分析， $2\mu\text{m}$  以下的粉尘对人体的危害较大，因为粒径小于  $2\mu\text{m}$  的微粒能进入人体的肺泡，尘粒通过肺泡的吸收速度快，而且被肺泡吸收后，不经肝脏的解毒作用，直接被血液和淋巴液输送至全身。

另外，余热和余湿虽然不属于污染物，但它们是影响室内环境的重要因素。

### 第二节 污染物的来源及危害

#### 一、污染物的来源

工业建筑中的主要污染物是伴随生产工艺过程产生的，不同的生产过程有着不同的污染物。

##### 1. 铸造车间

铸造车间是机械工厂中污染严重的车间，一般有砂处理、砂准备和砂再生工部，熔化工部，造型、浇注和落砂工部，泥芯工部，清理工部，以及仓库、实验室和辅助部分。主要污染物有含二氧化硅的砂粉尘（固体粒子）、 $\text{CO}$ 、 $\text{SO}_2$ 、金属烟雾、烟气、水蒸气、大量的余热和辐射热等。

##### 2. 焊接车间

焊接车间中的剪切、冲压、焊接、清理、油漆等工序都有污染物产生。焊接的污染物主要是烟尘（其中含有锰、铬、硅、氟等化合物及氧化氮、臭氧等气体）；在等离子切割和氩

弧焊中有氧化氮、臭氧、CO、CO<sub>2</sub>、三氯乙烯和钨、铝、氟的化合物。

### 3. 表面处理车间

对金属表面的主要处理工艺有酸洗（清除表面氧化皮及污垢）、电镀（在金属表面镀上其他金属保护层）、氧化（除锈的一种方法）、钝化（一种提高防腐能力的化学处理方法）、皂化（用肥皂水洗涤，是氧化膜钝化）、磷化（用化学方法在钢铁表面上生成磷酸盐薄膜）、浸亮（镀锌层在溶液中进行化学处理）、铝合金制品光化（在酸溶液中进行光泽处理）、铝合金的阳极氧化（在电解液中氧化）、阳极氧化后的处理（在 90~100℃ 铬酸盐溶液中浸渍 15min）。主要污染物有氟化氢、硫酸、硝酸、氰化氢、氮氧化物、氯化氢、苛性钠、苛性钾、汽油等蒸气。

### 4. 热处理车间

热处理是将金属加热到一定温度，然后在各种介质中冷却，以提高金属的机械性能。热处理车间有燃烧燃料的加热炉、电热炉、电热盐浴炉、水槽、电热油槽、淬火油槽等。散发的主要污染物有油烟、水蒸气大量的对流热和辐射热、CO 及有害蒸气等。

### 5. 机械加工车间

采用干磨的磨床和砂轮机会产生大量金属粉尘。采用乳化液冷却切削机床的刀具及用苏打液、切削硫化油等冷却液冷却磨床的磨削加工时，会产生大量水蒸气、乳化液气溶胶。

### 6. 棉纺织厂

棉纺织厂的清棉、梳棉、纺纱、织布等车间都有棉尘产生，其中含有棉绒、灰尘、细菌等。

### 7. 油漆车间

有喷漆和刷漆两类生产方式。喷漆的漆雾易散发到空气中；刷漆时油漆中的溶剂（如苯、醋酸乙酯、乙醇等）易挥发到空气中。另外，油漆前产品的除锈会产生大量灰尘。

### 8. 水泥工业

水泥从原料开采、破碎、粉磨、烘干、煅烧到成品出厂，都会产生大量粉尘。

另外，在工业生产中的许多车间，如冶金工业的轧钢、冶炼，机械制造工业的铸造、锻压等车间，生产中都散发出大量热量，这是车间内余热的主要来源。而车间内的余湿主要是由浸泡、蒸煮设备等散发大量水蒸气造成的。余热和余湿直接影响到室内空气的温度和湿度。

## 二、污染物的危害

### 1. 粉尘的危害

粉尘对人体的危害程度取决于粉尘的性质、粒径大小、浓度、与人体持续接触的时间、车间的气象条件以及人的劳动强度、年龄、性别和体质情况等。

（1）无机、有机粉尘，人体长期接触会引起慢性支气管炎；

（2）游离硅石、石棉、炭黑等粉尘，被人体吸入会引起“矽肺”、“石棉肺”、“碳肺”等肺病，并可能并发肺癌；

（3）铅使人贫血，损害大脑；镉、锰损坏人的神经、肾脏；镍可以致癌等；

（4）沥青、焦油，人体长期接触会引起皮肤病。

粉尘还能大量吸收太阳紫外线短波部分，严重影响儿童的生长发育。

粉尘对生产的影响主要有以下几个方面：

(1) 降低产品质量、降低机器工作精度和使用年限。粉尘沉降在感光胶片、集成电路、化学试剂上,会影响产品质量,甚至使产品报废;降落在仪器、设备的运转部件上,会使运转部件磨损,从而降低工作精度,并缩短使用年限。

(2) 降低光照度和能见度,影响室内外作业的视野。

(3) 某些粉尘达到一定浓度时,遇到明火等会燃烧引起爆炸,如煤粉、面粉等。

粉尘对环境的危害表现在以下两方面:

(1) 粉尘对大气的污染。当空气中的粉尘超过一定浓度时,就会形成大气污染。大气污染对建筑物、自然景观、生态等都造成危害,进而影响人类的生存,如“煤烟型”污染及沙尘暴。

(2) 粉尘对水和土壤的污染。粉尘进入水中必将破坏水的品质,被人饮用会引起疾病,用于生产会降低产品质量。粉尘进入土壤将破坏土壤性质,从而影响植物的生长。如水泥厂附近的农作物干枯、树叶发黄等。

## 2. 有害气体和蒸气的危害

有害气体和蒸气对人体健康的危害也取决于有害物的性质、浓度、与人体持续接触的时间、车间的气象条件以及人的劳动强度、年龄、性别和体质情况等。下面介绍几种常见的有害气体和蒸气对人体产生的危害。

(1) 一氧化碳:其是一种无色无味气体。由于人体内红血球中所含血色素对一氧化碳的亲合力远大于对氧的亲合力,所以吸入一氧化碳后会阻止血色素与氧的亲合,使人体发生缺氧现象,引起窒息性中毒。

CO 浓度小于 100ppm 时,是安全的,对人体危害不大。CO 浓度大于 100ppm 时,被人体长期吸入,将造成脉搏减慢、头痛、眩晕、呕吐、呼吸困难,以至窒息死亡。

(2) 二氧化硫:是一种无色有硫酸味的强刺激性气体,是一种活性毒物,在空气中可以氧化成三氧化硫,形成硫酸烟雾,其毒性比二氧化硫大 10 倍。危害人体的皮肤,特别是对呼吸器官有强烈的腐蚀作用,造成鼻、咽喉和支气管发炎。

SO<sub>2</sub> 浓度小于 5ppm 时,对人体的危害不大。SO<sub>2</sub> 浓度大于 5ppm 时,对眼、鼻、喉及肺有很强的刺激性。

(3) 氮氧化物:如 NO<sub>2</sub> 是棕红色气体,对呼吸器官有强烈刺激,能引起急性哮喘病。实验证明,NO<sub>2</sub> 会迅速破坏肺细胞,疑是肺气肿和肺癌的病因之一。

浓度在 1~3ppm 时可闻到臭味;浓度为 13ppm 时,眼鼻有急性刺激感;浓度在 16.9ppm 条件下,呼吸 10min,会使肺活量减少,肺部气流阻力提高。

(4) 汞蒸气:汞在常温下即能大量蒸发,是一种剧毒物质,对人体的消化器官、肾脏和神经系统等造成危害。

汞蒸气浓度小于 0.0003mg/m<sup>3</sup> 时,是安全浓度。汞蒸气浓度大于 0.0003mg/m<sup>3</sup> 时,被人体吸入,可引起中毒,焦躁不安,易躁易怒,恐惧,忧郁及注意力不集中等症状。

(5) 苯蒸气:苯是一种挥发性极强的液体,苯蒸气是具有芳香味、易燃和麻醉性的气体。人体吸入苯蒸气,能危及血液和造血器官,对妇女影响较大。

苯蒸气的安全浓度在 25ppm 以内。吸入体内引起急性中毒时,中枢神经受抑制,直至死亡。慢性中毒可损坏造血器官,出现焦躁不安、乏力、流鼻血和牙齿出血等症状。

(6) 铅蒸气:人体通过呼吸道吸入铅蒸气后,会损害人体的消化道、造血器官和神经系