

项目 1

通风空调系统概述



微课视频 1

知识目标

1. 熟悉污染物的种类、来源，了解其对人体健康的危害。
2. 熟悉室内空气品质的影响因素，掌握改善室内空气品质的措施和方法。
3. 掌握通风空调的作用，熟悉通风空调的发展状况。
4. 掌握城市轨道交通通风空调系统的组成、功能及特点。
5. 熟悉城市轨道交通通风空调系统的设计规范、掌握城市轨道交通通风空调系统的制式。

能力目标

1. 具有随时了解通风空调发展情况和发展趋势的能力。
2. 具备检测并改善室内空气品质的能力。
3. 能正确认识城市轨道交通通风空调系统的制式。
4. 能正确指认城市轨道交通通风空调系统的各组成部分、掌握其功能及特点。

1.1 室内环境污染及其控制

环境是人类赖以生存的场所，室内环境包括居室、写字楼、办公室、交通工具（如地铁、

火车、公共汽车、飞机等)、文化娱乐体育场所、医院病房、商场、学校教室、活动室、饭店、旅馆、宾馆等场所。人的一生中有 2/3 的时间在室内度过，现代人生活和工作在室内环境中的时间占到全天的 80%~90%，室内环境是人们接触得最为密切、频繁的环境，也是人们生活、工作以及进行其他各种活动的重要场所。因此室内环境质量的好坏直接影响人们的身体健康和工作质量。

据美国环保机构估计，美国每年直接用在由室内空气污染物引起疾病的医疗费用高达 10 亿美元，由此而产生的直接或间接损失达 600 亿美元。据有关统计，我国每年由于室内空气污染引起的死亡人数达 11.11 万人，门诊次数达 22 万人次，急诊次数达 430 万人次。而发展中国家有近 200 万例死亡是由室内空气污染所致，全球 4%的疾病与室内环境有关。严重的室内环境污染不仅给人们的健康造成影响，而且造成了巨大的经济损失，室内空气污染已被列为影响公众健康的世界最大危害之一。

1.1.1 室内污染物

室内空气环境中对人体健康和舒适性产生不良影响的物质或能量称为室内污染物。有关室内污染物的调查研究表明，室内有毒、有害物质多达数千种，常见的也有几十种，主要包括颗粒物、有害气体、有毒气体、余热、余湿等。

按污染物的性质可以分为物理污染物、化学污染物和生物污染物。物理污染物是指因物理因素引起的污染，如微波辐射，振动，噪声，以及不适宜的温度、湿度、风速和照明等。化学污染物是指因化学物质引起的污染，如甲醛、氨气、氡及其子体和悬浮颗粒物等。生物污染物主要包括细菌、真菌、花粉、病毒、生物体有机成分等引起的污染。

按照污染物在空气中存在的状态可以分为悬浮颗粒物和气态污染物两大类。前者是指悬浮在空气中的固体粒子和液体粒子，包括无机和有机颗粒物、微生物及生物溶胶等；后者是以分子状态存在的污染物，包括无机化合物、有机化合物和放射性物质等。

1.1.2 室内污染物的来源

民用建筑室内空气污染物的来源是多方面的，少部分来源于室外空气污染，而大部分是由室内装饰、装修材料释放的空气污染物所致。

1. 室内建材及家具

建材家具是室内必需品，然而书桌、椅子、柜子等，包括墙壁墙板材料，都是造成室内环境污染的重要原因。建材生产商在制造家具材料时，使用超标的涂料、油漆等，含有大量有毒有害成分。建材家居所使用的劣质胶水，含有大量的甲醛及其他有害物质。而建材、混凝土外加剂等在国内，会释放大量氨和氡，在面积范围不大、空气流通情况不佳的室内，会造成恶劣的室内空气污染。

2. 室外空气侵入污染

不仅室内污染物会影响室内空气质量，室外侵入的有害空气，同样会对室内环境造成污染。室外污染主要来自汽车尾气、工厂生产排放的废气、室外燃烧产生的有害气体等等。这些有害气体散播在空气中，在空气的传播下侵入室内。而室内面积有限，有害气体侵入后，较难排放出去，进一步加重了室内空气污染。

3. 室内装修污染

室内不合格的装修装潢，往往是引发室内环境污染的主要原因之一，主要集中在：

(1) 装修室内时常用到的人造板材，是主要污染物之一，大部分集中在胶黏剂中。

(2) 装修时使用的油漆、涂料等含有的有害挥发性有机物，如苯类、醇类等，也会造成室内污染。

(3) 有时候为了美观，会在室内添加石材装饰，这些石材中含有放射性元素，会逐渐转化成氡气，也会影响室内环境。

(4) 室内装修时使用的一些增白剂或添加剂等，都含有部分氨水，氨挥发到空气中也会加重室内空气的污染程度。

4. 人类活动污染物

除了建材家居、装修材料、室外空气等污染源，人们自身也会给室内环境造成污染。

(1) 厨房油烟。人们在烹饪过程中，食物加热分解后会产生有害物质，散播于室内。也会降低室内空气质量。另外，油烟中含有醛、酮、芳香族化合物等有害成分，而厨房油烟问题将长期存在，对于室内空气污染也是长期的。

(2) 燃烧烟气。天然气、液化石油气等燃料在燃烧过程中将释放大量有毒物质。另外，吸烟室内的一氧化碳、二氧化碳、可吸入颗粒物的浓度，明显高于不吸烟的室内。

1.1.3 室内污染物的类型及危害

本书对于工业建筑中各种污染物的危害性不做讨论，只介绍一般民用建筑中经常遇到的污染物的成分及危害。

1. 甲 醛

甲醛是造成室内环境污染的主要物质之一，且对人体危害性较大。甲醛多来源于室内胶合板、人造板材、泡沫塑料或装修油漆等。甲醛是一种原生性毒物，通常易溶于水和乙醇。

甲醛无色，但具有刺激性气味。室内新装修后通常甲醛含量较高，人体吸入过多甲醛，对神经系统、呼吸系统都会造成毒害，引发呼吸道疾病，严重者甚至致癌。如今，甲醛已被列入一类致癌物列表中。

2. 微生物

室内空间比较狭窄，尤其在空气流通状况不佳的情况下，容易滋生微生物。本书主要讨论的微生物，是对人体有害的细菌及病毒，主要分为以下几种情况：第一，在潮湿环境下，室内放置的床褥被子、毛毯等，极易滋生细菌和真菌，包括大量尘螨。尘螨肉眼不可见，但很容易引发支气管炎和哮喘。长期接触滋生尘螨的床褥，皮肤会出现红肿、瘙痒。第二，厨房、垃圾桶、卫生间、便具等，是细菌容易繁殖的地方。在脏的环境下，人们容易被细菌感染。

3. 可吸入颗粒物

粉尘、烟雾等可吸入颗粒物，也是造成室内环境污染的重要原因。可吸入颗粒物通常以颗粒形式，大范围悬浮分散在空气中。通常汽车尾气、燃料不完全燃烧产生的烟雾，会形成PM₁₀和PM_{2.5}。这些细微颗粒被人体吸入鼻腔，进入肺部。粒径小于5 μm的颗粒物，会逐渐在肺泡中积累，长期下来人们将可能患上严重肺病。

4. 挥发性有机物（VOC）

室内的VOC主要来源于建筑材料、室内装饰材料及生活和办公用品等。例如，建筑材料中的人造板、泡沫隔热材料、塑料板材；室内装饰材料中的油漆、涂料、胶黏剂、壁纸、地毯；生活中用的化妆品、洗涤剂；办公用品主要是指油墨、复印机、打印机等；此外，家用燃料及吸烟、人体排泄物及室外工业废气、汽车尾气、光化学污染也是影响室内挥发性有机物（VOC）含有量的主要因素。

5. 放射性污染物

放射性污染物也是室内重要污染因素之一，主要来源于室内各种装饰装修材料，如瓷砖、陶瓷洁具、装饰石材等。其中各种放射性核素，包括铀、钍、镭等衰变的产物——氡气，是对人体危害最大的污染物之一，它在水泥、砂石、砖块中形成后，一部分释放到空气中，被人体吸入体内，在体内形成照射而致癌。世界卫生组织已经证实氡是当前已知的 19 种主要的环境致癌物质之一，并推测每年每百万人中因室内氡暴露而患肺癌者占 5%~15%，它已被认为是除吸烟以外引起肺癌的第二大因素。

1.1.4 室内污染物对人体健康的危害

室内污染对人体伤害的主要污染物为甲醛、苯系物、氨、氡和镭。

甲醛、苯系物、氨对人体的伤害基本上是相同的。当甲醛、苯系物、氨从建筑和装饰材料中释放到室内后，被人体组织吸收，然后通过血液循环扩散到全身各处，时间一长便会造成人的免疫功能失调，使人体组织产生病变而引起多种疾病；如果在通风不良的室内，人体在短时间内吸入上述污染物，则会产生急性中毒，严重的甚至出现呼吸衰竭、心室颤动及心脏停搏。氨由于是一种碱性物质，它对所接触的组织还具有腐蚀和刺激作用，它可以吸收组织中的水分，使组织蛋白变性，破坏细胞膜结构。

氡和镭对人体的伤害主要是通过电离辐射，包括体内辐射和体外辐射。电磁波对人体组织的作用分为两种：一种是致热效应，即电磁波会使人体发热。在电磁波辐射的作用下，人体内分子发生取向作用，进行重新排列，由于分子排列过程中相互碰撞摩擦，消耗了电磁能而转化为热能。电磁振荡的频率越高，体内分子取向作用越剧烈，热作用也就越突出，产生

的损伤也越严重。另一种是非致热效应，当超过一定强度的电磁波长时间作用在人体时，虽然人体的温度没有明显升高，但会引起人体细胞膜的共振，使细胞的活动能力受限。这种在分子及细胞一级的水平上发生的效应既复杂又精细，会使人出现诸如心率、血压的改变及神经、免疫系统等生理反应。

室内空气污染物对于人体健康的危害主要体现在下面几个方面：

1. 不良建筑综合征（Sick Building Syndrome, SBS）

不良建筑综合征，也称为病态建筑物综合征、建筑物相关病（Building-Related Illness, BRI）、密闭建筑物综合征（Tight-Related Syndrome, TRS）、办公室病（Office Illness）等。某些建筑物内房间由于空气污染、空气交换率低，以至在建筑物内生活、工作的人群产生一系列症状，而离开该建筑物后，症状即可消退。这种建筑物被称为“不良”建筑物，产生的系列症状被称为“不良建筑综合征”，其主要症状表现为眼、鼻、耳、喉部有刺激感，头痛，易疲劳，呼吸困难，皮肤刺激，嗜睡，哮喘等非特异症状。

目前认为病态建筑物综合征是多因素综合作用的结果，除了污染和不通风外，室内的温度、湿度、采光、声响等舒适因素的失调，包括精神、情绪等心理因素，协同作用的结果产生了不良建筑综合征。

2. 致 癌

室内致癌物主要是苯、多环芳烃及其衍生物、放射性废弃物等。在多环芳烃中，苯并（a）芘被认为是一种具有强致癌活性的物质，它可以通过呼吸进入人体，在不同部位沉积，诱发癌症。国际癌症研究机构已确认氡为 19 种致癌物之一，据美国环保局估计，美国每年大约有 2 000 名肺病死亡者与氡暴露有关。

3. 导致各种呼吸道、神经系统疾病

室内的刺激性气体会刺激呼吸道的神经末梢，引起支气管收缩，使呼吸道阻力增加。长期吸入室内受污染的空气，可以使黏膜分泌物增加，黏脆层变厚，纤毛运动受阻，从而导致呼吸道抵抗力降低，诱发各种炎症。刺激性物质（如 NH_3 、 SO_2 、 NO_x 、 HCHO 、 VOC ）、可吸入颗粒物、病菌等均可引发各种呼吸道疾病，甚至导致肺气肿、肺癌等。

有机污染物对人体健康的影响不仅是对免疫系统及各器官的毒害作用，而且还毒害大脑及嗅觉、扁桃体、角膜、视神经等。有机污染物对各种器官的直接或间接影响会产生各种症状，如记忆迟钝、精力难以集中、便秘、腹泻、恐惧症、头晕头痛、呕吐、疲劳症等。

4. 急慢性中毒

长期接触有毒物质或者某些毒性物质，当其浓度突然大幅超标时，均会使人中毒。比较典型的有： CO 中毒、氟中毒、酚中毒及由吸烟导致的慢性中毒。当血液中 CO 含量达到 0.02% 时，2~3 h 即可出现头晕、脑胀、耳鸣、心悸等症状。血液中 CO 含量高达 0.08% 时，2 h 即可发生昏迷。

由上述介绍的室内诸多空气污染物协同作用后对人体健康的危害可以看出，引起上述 4 方面症状的主要污染物依次为甲醛、烟草烟雾、挥发性有机物、苯系物和颗粒物、微生物等。另外，室内空气污染物对人体健康的危害具有多因素、低剂量、长时间的特点，而且受害人群范围广泛，特别是婴幼儿、青少年、老年人、慢性病人等敏感人群更易受到影响。

我国自 20 世纪 90 年代初，逐步开展了有关建筑和装饰材料中 VOC 的释放及其室内污染的研究。随着我国室内污染研究工作的迅速开展，我国相继成立了室内装饰协会和室内环境监测中心，1999 年 12 月，成立了“中国室内装饰协会室内环境检测中心”。此外，我国组织

进行了室内污染的调查研究及制订标准工作，卫建委所属中国预防医学科学院环境卫生监测所等开展了“建筑和装饰材料所致室内污染及其有害生物学作用”等研究和一系列调查工作，制定了《室内空气卫生监督管理办法》。2010年8月，国家住房和城乡建设部与国家质量监督检验检疫总局联合发布《民用建筑工程室内环境污染控制规范》(GB 50325—2020)。

1.1.5 室内空气品质

1. 室内空气品质的定义

空气品质的定义最初是用一系列污染物含量指标来衡量，近年来人们认识到这种纯客观的定义不能涵盖空气品质的全部内容。丹麦哥本哈根大学的 P. O. Fanger 提出：品质反映了满足人们要求的程度，即衡量室内空气的标准是人们的主观感受。1989年美国采暖制冷和空调工程师学会颁布的 ASHRAE62—1989 标准中提出了合格空气品质的新定义：合格的空气品质应当是空气中没有含量达到有关权威机构确定的有害程度指标的已知污染物，并且在这种环境当中人群的绝大多数（80%及以上）没有表示不满意。这个定义的前一句话的意思是用已知污染物的允许含量指标作为客观评价指标，后一句话是用人的感受作为主观评价指标，合格空气品质必须同时达到客观和主观评价指标。

2. 室内空气品质的评价

《室内空气质量标准》(GB/T 18883—2002) 是环境与健康方面的一项重要标准，是客观评价室内空气品质的主要依据。标准对室内空气中与人群健康密切相关因素，包括生物、物理、化学和放射性等四类因素的 19 个限值以及技术方法进行了规定，明确提出“室内空气应无毒、无害、无异常臭味”的要求，室内空气质量标准见表 1-1。2018年11月29日，国家卫生健康委员会召开《室内空气质量标准》修订工作会议，正式启动标准修订工作。

表 1-1 室内空气质量标准

序号	参数类别	参数	单位	标准值	备注
1	物理性	温度	°C	22~28	夏季空调
				16~24	冬季采暖
2		相对湿度	%	40~80	夏季空调
				30~60	冬季采暖
3		空气流速	m/s	0.3	夏季空调
				0.2	冬季采暖
4		新风量	m ³ /(h·p)	30	
5		二氧化硫 SO ₂	mg/m ³	0.50	1 小时均值
6		二氧化氮 NO ₂	mg/m ³	0.24	1 小时均值
7		一氧化碳 CO	mg/m ³	10	1 小时均值
8		二氧化碳 CO ₂	%	0.10	日平均值
9		氨 NH ₃	mg/m ³	0.20	1 小时均值
10		臭氧 O ₃	mg/m ³	0.16	1 小时均值
11		甲醛 HCHO	mg/m ³	0.10	1 小时均值
12		苯 C ₆ H ₆	mg/m ³	0.11	1 小时均值
13		甲苯 C ₇ H ₈	mg/m ³	0.20	1 小时均值
14		二甲苯 C ₈ H ₁₀	mg/m ³	0.20	1 小时均值
15	苯并[a]芘 B(a)P	mg/m ³	1.0	日平均值	
16	可吸入颗粒 PM ₁₀	mg/m ³	0.15	日平均值	
17	总挥发性有机物 TVOC	mg/m ³	0.60	8 小时均值	
18	生物性	氡 222Rn	cfu/m ³	2 500	依据仪器定
19	放射性	菌落总数	Bq/m ³	400	年平均值 (行动水平)

3. 影响室内空气品质的因素

表 1-2 分 5 大方面列举了影响室内空气品质的主要因素：建筑外环境、建筑设计、暖通空调系统、建筑装饰材料及设备、室内人员及其活动。

表 1-2 影响室内空气品质的主要因素

影响类别	主要因素
建筑外环境	气候、室外空气品质、土壤、水
建筑设计	外墙、结构、楼层和隔断、污染物路径和驱动力
暖通空调系统	通风系统运行程序和时间、设计参数、日常管理和清洁、设备维护
建筑装饰材料及设备	设备、材料、室内陈列、室内电器