

提高健康意识和 可持续的室内生态环境

新加坡市中心的高楼大厦，大部分都由国际知名建筑师操刀设计。摩登的建筑物，高耸云间，巍峨壮观，形成独一无二的天际线。新的商业大楼采用钢铁结构和玻璃外墙的建筑技术，不但有亮眼的外观设计，也能缩短建造时间。虽然建造成本较高，但企业更重视竣工时间的考量。

办公大楼的空间一般都是封闭式的，没有窗户，通过中央空调系统来调节室内空间的温度和湿度。人会因不健康的作息而生病，不健康的建筑也会影响人的健康。长期在密闭无窗，只开空调的办公楼里工作的人，常会感到不舒服，如眼睛刺痛、喉咙刺激、咳嗽，头痛、疲劳、注意力难以集中等。其他症状也包括呼吸道症状，如呼吸急促、咳嗽、喘鸣，和皮肤症状，如皮疹、干燥、瘙痒等。严重的能导致嗅觉异常、视力障碍。世界卫生组织在1982年首次检测出这些和建筑关联的症状，并把它们一概归纳为“病态建筑综合征”（Sick Building Syndrome, SBS）。

不健康室内工作空间的导因

首先，一般全职员工每天必须花上八到10小时，甚至更长时间，待在这样密闭的室内环境里。室内生态和空气质量会影响工作效率和专注力。因为员工群集，加上其他设备，如电脑和打印机等等，排放出大量二氧化碳，它的浓度会随着时间而增加。哈佛公共卫生学院的研究报告指出，二氧化碳浓度达到900ppm时，人的认知能力降低15%，浓度达到1400ppm时，人的认知能力降低50%。

如果中央空调的新风系统没法有效将二氧化碳排出建筑外，同时把足够的新鲜空气从外部引入室内，高浓度二氧化碳沉积的密闭空间会让这些上班族容易疲惫和困倦，以致常依赖喝咖啡来提神解困。空气中含有微量0.04%的二氧化碳（或百万分之400左右，parts per million, ppm）。成年人每小时呼出约22.6升的二氧化碳，高浓度二氧化碳会给人带来呼吸性酸中毒，导致亚健康。亚健康是指人体处于一种健康和疾病之间的状态。

据调查，城市里有相当高比率的成年人有亚健康症状，包括睡眠障碍，慢性疲劳、头痛头晕、记忆力减退等等。

其二，办公楼的租户流动非常普及，当租约到期时，常有新公司搬进、旧公司搬离的情况。新租户通常都会进行装修和改造室内空间布置，装修过程会污染室内环境，带来粉尘和挥发性有机化合物（TVOC）如甲醛等。

装修材料是室内环境的综合性污染源。由于大型建筑物都采用中央空调系统，装修材料内的甲醛和TVOC污染物很容易在整个建筑物内扩散。虽然使用新风系统可以暂时性解决问题，但还是治标不治本。开足马力将新冷风吹进室内，工作的人会因为室内温度过低，感到不舒服。

在超过25摄氏度的温度下，装修装饰材料中的甲醛和TVOC会轻易自然挥发掉。在刚装修好的住宅，只要在太阳升起后，打开门窗和家里的柜子和抽屉，这些污染物就会被风吹走。使用活性炭来吸收污染物也是一种方法。可是，在密闭的室内环境，这些污染物就不容易散发出去。TVOC的挥发期长达三至五年，甲醛可长达10至15年。二氧化碳高浓度甚至会长时间存在室内。

其三，在冠病疫情期间，冠病毒株可通过空气在人与人之间转播，同一栋大楼内的

员工受到病毒感染常常发生。办公大楼里的中央空调系统是相连互通的，冷风可通过管道输送到不同楼层的办公空间，没法有效把病毒隔绝开来。

在阻断措施期间，很多办公楼关闭和停止运作，没有循环的水长时间停留在水管内，如在空调的冷却塔、排水管、热水储存箱等等，细菌和霉菌会很快在建筑内滋生和扩散。这些被称为军团菌（Legionellosis）是“病态建筑综合征”里被发现的一种可怕病菌，吸入人体后会引发非典型肺炎。

除此，粉尘和各类生物污染物也会黏浊在地毯、墙壁和天花板上，会对一些人造成呼吸道敏感的问题。

打造健康和低碳室内环境的方法

我们该如何治理室内环境中的甲醛、TVOC和二氧化碳污染呢？开窗通风是效果最好且零成本的解决方案。但是，这个方法不适用于密闭式、以中央空调系统为主的办公大楼，必须三管齐下：

第一，从源头打造低碳和健康的建筑。政府可以发布政令来限制在室内使用有甲醛成分的原材料，并管制和设定空气污染标准。2021年9月26日，建设局、国家环境局、卫生部联合发布了室内环境中二氧化碳浓度的控制标准，建议把室内的二氧化碳浓度维持在700ppm以下，超过1100ppm是空气不流通的水平。

第二，可以利用机械化方法来强化在封闭式高楼内的空气流通性。这可以直接输入新风，并把二氧化碳和TVOC排出建筑物外。但是，因为二氧化碳是较沉的气体，不容易抽出建筑外，甲醛挥发性较慢，会连续从家具和材料内释放出来，新风没法彻底清除它。

第三，可以通过叶菜植物群落来调节室内生态系统的平衡。大型建筑物内的中央空调系统，不但降低室内气温和湿度，也提供一个适合叶菜生长的环境。不妨利用办公室内的空间来摆设室内智能生态系统，以水耕法种植各种可食用的叶菜。巧妙利用种菜来改善建筑物室内环境，不但低成本、也是一种零损耗的方法。

叶菜生长时的光合作用，不仅可快速降低室内的二氧化碳，也可以分解和转化室内的甲醛和TVOC。利用植物群落的生长过程减碳增氧，净化空气，其效果已获国际权威的TÜV南德意志集团认证：以室内智能生态系统产出2万7320吨叶菜全生命周期温室气体排放量，比美国开源的室内垂直水培农场产出相同重量叶菜全生命周期温室气体排放量，减少了15万8483吨。

同时，筛选不同种类的叶菜，利用分布式种植来实现“从农场到餐桌”的概念，让吃菜的人能“即采即食、即食即采”。上班族能参与叶菜收割的喜乐，也能吃到“最新鲜、无公害、免溯源”的叶菜。

在后疫情时代，如何打造健康的室内生态环境和重塑并强化室内空间的韧性，将会是可持续城市发展的主要策略之一。再者，在土地资源稀缺的新加坡，如有更多企业和大楼愿意推广和支持室内农耕的概念，将同时助力实现我国2030年的“30·30”农业自给自足的愿景。

作者程天富是新加坡国立大学
房地产系的教务长讲席教授
文章纯属作者个人观点
不代表大学和附属机构
李瑞武是本地科技型生态企业SINGRASS总裁
公司为建筑物提供室内生态解决方案