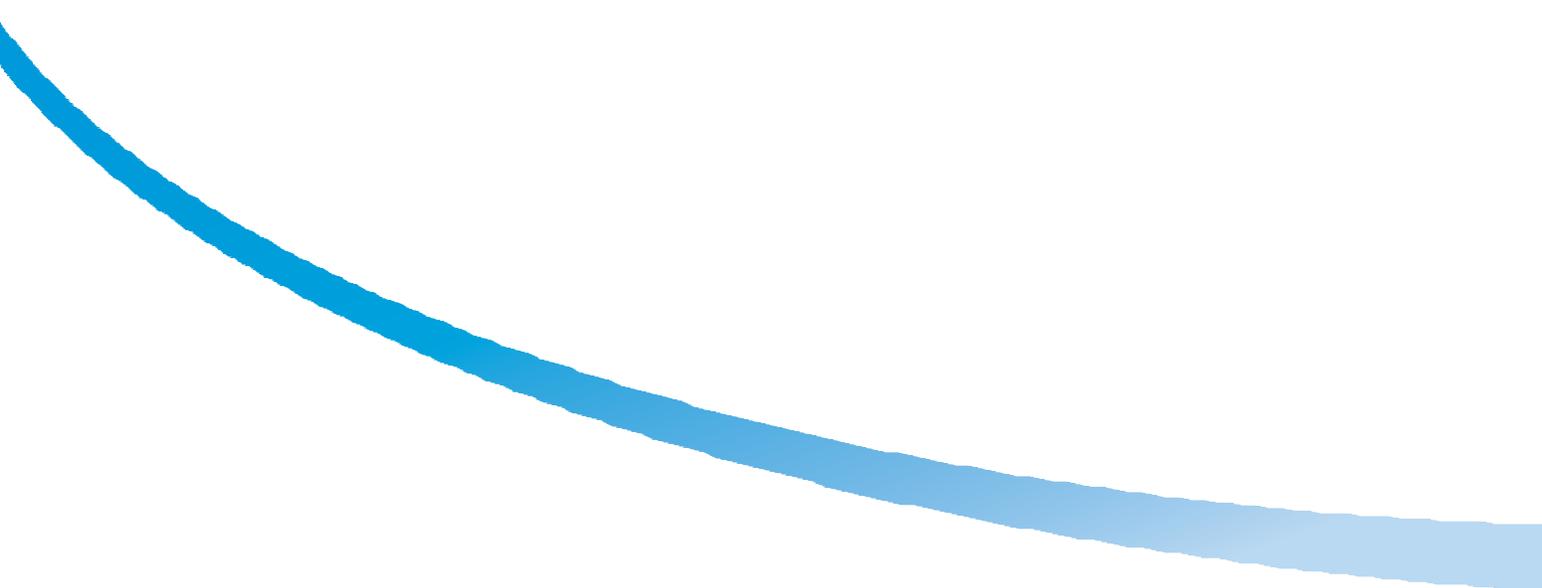


# 空气净化与过滤： 解决“新常态”中无形的

2020年6月



## 在全球COVID-19疫情发生后，世界发生了变化。商业领袖们正努力了解这种“新常态”，及其带来的员工管理和支持的变革。

对于所有建筑业主，减少疾病传播的需求将对建筑环境的所有方面带来改变。许多问题至今未得到解决。办公空间是否以社交距离来重新配置？办公人员如何进入如电梯等封闭空间，或如厨房和餐厅等公共区域？办公建筑是否需通过延长开放时间支持错峰上下班？

但有一点是肯定的：回到办公室的员工将对工作场所的卫生和安全有新的期望。

幸好，建筑业主和建筑工程师们正在努力应对这些挑战有效应对这些挑战。重新设计建筑空间布局来作为防止病毒传播的屏障，建筑业主通过采取措施来改善建筑环境，对办公人员的安全、健康和舒适性有充分保障。国际WELL建筑研究院（IWBI）总裁Rachel Gutter说：“我们的建筑及其维护人员是保护我们安全和健康的第一道防线。”该机构最近推出了《WELL健康-安全评价准则》，这是一个第三方验证评级的准则，适用于所有类型的建筑和设施，致力于解决后COVID-19时期的环境问题。<sup>1</sup>

本白皮书为建筑业主和工程师们提供了关于如何面对复工的办公空间的建议及参考，尤其针对暖通空调系统的优化，以预防导致新型冠状病毒肺炎COVID-19的新型冠状病毒SARS-CoV-2的传播。具体内容包括：

- 为复工空间规划提供全面指导建议的资源
- 提升健康建筑的推荐规范和资料
- 为改善建筑环境，可以快速实施及经济实惠的暖通空调系统和空气过滤技术:有哪些技术？如何使用这些技术？它们的优势和劣势是什么？

建筑已成为降低隐形而致命病毒传播的第一道防线。暖通空调系统在这方面起着关键作用。美国供暖、制冷和空调工程师协会（ASHRAE）的结论是：“供暖、通风和空调系统提供的通风和过滤可以降低空气中SARS-CoV-2的浓度，从而降低通过空气传播的风险。”<sup>2</sup>对于建筑业主和工程师来说，对这些系统进行总体优化，并采用特定的空气过滤解决方案，可以有效降低病原体传播的风险，改善办公人员的舒适度，保持建筑运营的盈利能力和竞争力。

# 复工办公建筑制定综合规划

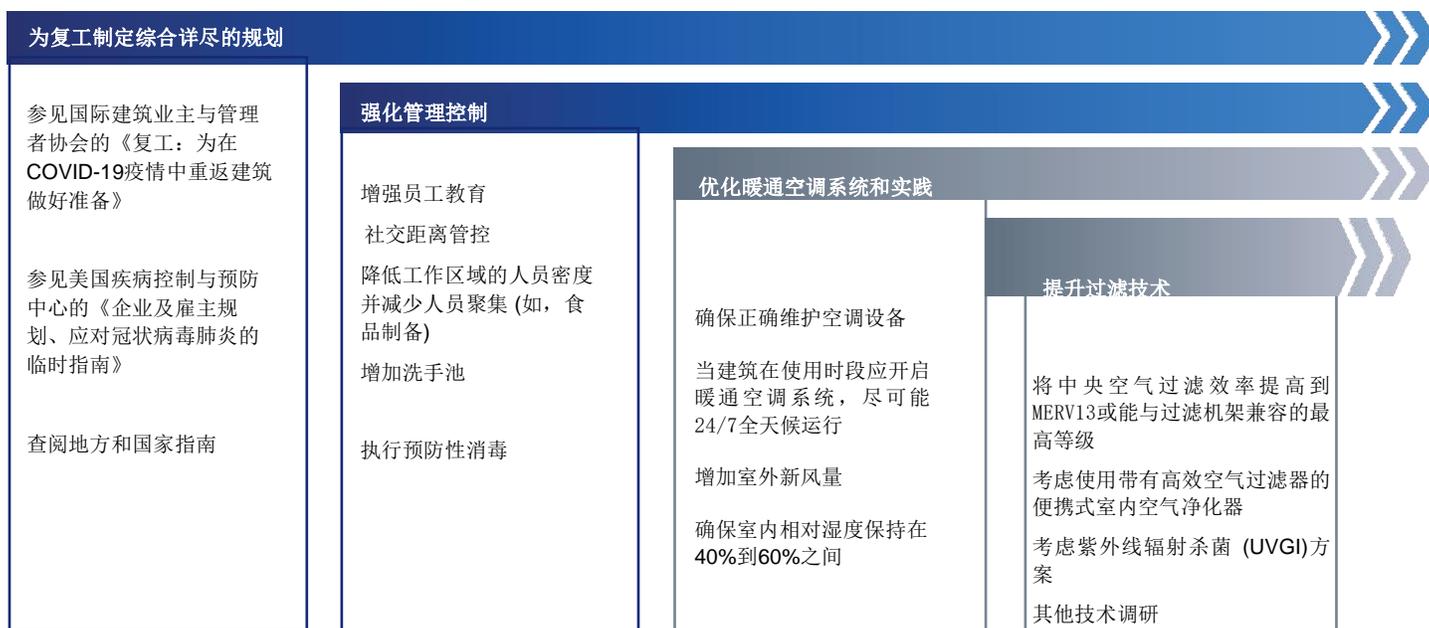
现在是建筑业主和工程师们为复工办公建筑进行全面规划的时候了。

国际建筑业主与管理者协会(BOMA)发布了一份复工建筑的操作指南《复工：为COVID-19疫情中重新进入的建筑做准备》，作为商业建筑做好复工准备的工作指南，以便办公租户、物业工作人员、访客、供应商和承包商顺利复工<sup>3</sup>。指南包括安全使用电梯、公共区域和活动空间、共享设备和用品、门卫服务、安保、标识、应急准备和保险等最佳操作步骤，法律建议和其他信息来源。组建团队，与利益相关者进行沟通，评估风险，保持信息畅通，按照国际建筑业主与管理者协会的建议，现在就开始策划。

除了国际建筑业主与管理者协会的指南外，美国疾病控制与预防中心(CDC)还提供了降低COVID-19在工作场所传播的策略<sup>4</sup>。美国疾病控制与预防中心的工作重点是维持健康的业务运作、健康的工作环境和保持灵活。“雇主应该计划用灵活的方式应对社区中不同程度的疾病传播状况”，美国疾病控制与预防中心建议，“并准备根据不同需要完善应对计划。”

国际建筑业主与管理者协会和疾病控制与预防中心都强调需要咨询州和地方卫生官员，并且根据新信息和最佳实践的发展定期更新指南。

## 在“新常态”建筑环境中优化健康和舒适



## 强化管理控制

建筑环境很复杂。病原体传播的风险与各种因素有关，如人员密度、个人对社交距离和洗手的态度、使用适当的个人防护设备和消毒措施。虽然在保障人员健康方面尚无万全之策，但建筑业主对居住者的规划、负责任的管理和警告是必不可少的。

哈佛T.H.Chan公共卫生学院的健康建筑项目提出了一个“分层”策略，来尽量减少疾病在工作场所的传播。<sup>5</sup> 第一层防御要求坚决执行居家办公的政策。然而，一旦主要工作人员获准重新进入建筑，强化管理控制就成为保障办公人员健康的关键。管理控制包括加强员工教育，社交距离管控，减少工作区域的人员密度，减少食品制备区和其他潜在的传播热点，增加洗手池，实施严格的预防消毒措施。<sup>6</sup>

关于建筑健康的分层方法，哈佛T.H.Chan公共卫生学院提供了“健康建筑的9大要素”<sup>7</sup>。此外，美国微生物学会（ASM）发布“2019年新型冠状病毒肺炎（COVID-19）大流行：降低传播的建筑环境考量”中基于最新的有关病原体在建筑环境中传播的研究，提供了有关SARS-CoV-2传播的调整策略的最新信息<sup>8</sup>。

除管理控制之外，业主和工程师还须关注如何提高建筑环境的潜在健康程度。这项工作的重点是强调改善通风、空气质量、湿度和热舒适。美国采暖、制冷与空调工程师学会得出结论，传染病控制策略的先决条件之一。“是一个精心设计、安装、调试和维护的暖通空调系统。”<sup>9</sup> 优化这些系统是应对COVID-19疫情威胁的重要任务。

## 优化暖通空调系统及实践

建筑业主和工程师可以采取一些常规的步骤<sup>10</sup>来提高暖通空调系统在减少疾病传播方面的有效性。这些步骤包括：

- 建筑在使用时段应开启暖通空调系统，包括非工作时间清洁、工程、安全和支持人员的使用时段。在可行的情况下应24小时运行空调系统, 确保最佳通风状态。
- 增加室外新风量（有污染的地区要谨慎使用），禁用按需控制通风策略，并在天气和其他因素允许的情况下，将新风阀开到最大。最近的一项研究表明，哪怕只提供最小新风量来改善通风，都可以减少流感的传播，其效果相当于为大楼内一半的人员接种流感疫苗。<sup>11</sup>
- 确保室内相对湿度保持在40%到60%之间，这个范围可限制SARS-CoV-2的传播和存活，“同时将霉菌生长的风险降至最低，并保持人体内水分充足和完整的黏膜屏障。”<sup>8</sup>
- 核查、升级并增加过滤技术来改善室内空气品质，减少颗粒物和疾病的传播。这些步骤可包括：
  - 提高中央空气过滤等级到MERV13或能与过滤机架兼容的最高等级，同时密封过滤器的边缘以防止降低过滤效率。
  - 使用带有高效过滤器的便携式室内空气净化器
  - 使用紫外线辐射杀菌方案

使用室外新风通风可能会受到极端天气和室外空气污染程度的限制，而空气过滤技术的采用充分认识到这一点。合适的过滤技术为建筑业主和工程师们提供一个能够显著改善室内空气品质(IAQ)的强有力手段。通过减少室外空气和再循环室内空气中的污染物，建筑业主在室内空气质量、能耗与办公人员的安全和舒适度之间达成最佳平衡。下面描述了这些空气过滤解决方案中一些最常见、最经济有效的方案。

## 提升过滤技术

虽然流行病学家现仍在研究**SARS-CoV-2**是如何传播的，但根据目前的研究并结合以往流感暴发的经验表明，该病毒最通常通过飞沫和气溶胶传播。飞沫的大小从**0.004微米**到**1.0微米**不等，在人与人之间通过接触受病毒污染的表面和空气传播<sup>12</sup>。

暖通空调系统使用各种密度的多孔材料制成的介质过滤器来捕捉空气中的颗粒物。过滤器的捕捉性能取决于过滤器的效率(以最小效率报告值或MERV来衡量)、过滤器的数量和位置、气流速度和捕获的颗粒尺寸大小。过滤器能捕获颗粒物、气体或能在空气中传播的生物污染物的混合物，常见的空气过滤解决方案是将不同效率的过滤器串联组合使用达到室内空气质量的要求。MERV评级提供了捕获直径从10微米到0.3微米颗粒物的过滤器效率等级。

作为一种颗粒物标准计量单位，PM2.5是指直径小于2.5微米的颗粒物，它对人类长期的健康有危害。美国采暖、制冷与空调工程师学会的Rick Karg说：“PM2.5通过过滤可以从室内环境中最直接去除的污染物”<sup>13</sup>。ASHRAE推荐使用MERV 13或更高等级的过滤器来捕捉这些超微粒子。其他研究表明，MERV16过滤器能够去除约95%的PM2.5微粒<sup>14</sup>。

大多数住宅和商业建筑使用MERV 12级及以下的过滤器，而洁净室、手术室、隔离病房和其他医疗、工业和商业高风险设施则使用MERV 13级或更高等级的过滤器。高效过滤器的MERV值为17至20，而MERV 17 高效过滤器能够去除99.97%的直径小至0.3微米的微粒。

过滤技术 <sup>15</sup>	应用	方法	病毒捕获方法的优势和局限性
<b>MERV 1-16级介质过滤器</b>	住宅、商业及工业建筑	捕获微粒	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 安装简单</li> <li>+ MERV 16级以上有效对抗PM2.5</li> <li>- 对 SARS-CoV-2病毒的微粒基本无效</li> </ul>
<b>MERV 17-20级高效空气过滤器</b>	洁净室、手术室、隔离病房和高风险设施	捕获微粒	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 对SARS-CoV-2病毒的微粒有效</li> <li>- 增加能耗</li> <li>- 需要改造暖通空调系统</li> </ul>
<b>紫外线辐射杀菌和介质过滤器</b>	商用建筑、医疗保健设施、住宅	过滤与杀灭病毒，捕获微粒	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ 适用于增强型HEPA过滤系统</li> <li>- 可能需要改造暖通空调系统</li> </ul>

## Air-Cleaning and Filtration

一项对空气过滤效率技术的核查表明，即使是最高效率的过滤器也不能捕获COVID-19病毒大小的粒子。然而，美国微生物学会指出，“病毒很少以单个颗粒的形式存在，而是与水、蛋白质、盐和其他成分结合后从人体内排出。” 迄今为止，据美国微生物学会报道，“在直径0.25至0.5微米的气溶胶中观察到SARS-CoV-2粒子”<sup>16</sup>。因此，配置等级高的MERV和HEPA过滤器在捕获被SARS-CoV-2感染的粒子和降低整个建筑环境中的疾病传播风险方面起着重要作用。

许多建筑使用廉价的过滤器，设计上只能捕捉到低于20%的病毒大小的粒子<sup>17</sup>。根据暖通空调系统安装的年代和类型，配置高效过滤器可能是一种快速和经济的改造方案。在做出这一决定时，建筑业主应该听取专家的工程建议。

改善空气质量和减少COVID-19传播的第二个有效方案是紫外线辐射杀菌，简称为紫外线杀菌，其作用是降解和灭活细菌、霉菌孢子、真菌和病毒。紫外线消毒的来源是低压汞蒸气灯，它提供光谱波段(UV-C) 200至280纳米的辐射能。一项研究表明，紫外线照射10分钟可灭活99.999%的CoVs病毒，包括SARS-CoV-2病毒<sup>18</sup>。

照明工程学会的研究人员得出结论，紫外线杀菌装置“在天花板高度允许的情况下，可以最有效地对上方空间(离地7英尺以上的空间)的空气进行消毒。” 医疗机构也在移动设备和暖通空调空气处理设备中使用了紫外线杀菌装置，来抑制冷却盘管上的霉菌滋生。<sup>19</sup> 紫外线杀菌装置也可安装在暖通空调系统进风侧、冷却盘管下游和排水盘上方，来有效抑制生物膜和微生物的滋生。<sup>20</sup>

紫外线杀菌是一个能够进一步提升全面优化后的暖通空调系统有效且专业的解决方案。

## 结论

专家认为，**COVID-19**的影响将是持久的。流行病学家马克·利普西奇(Marc Lipsitch)说：“到底会持续多长时间还不得而知，但现在并不像有些人认为的那样已处在一个拐点的状态。”<sup>21</sup> 建筑业主和暖通空调工程师正在采取措施，为办公人员重返建筑做好准备，为健康、可持续的建筑环境创造平台。

分层策略的采用反映建筑环境的复杂性，同时依靠建筑业主和用户为彼此的健康和福祉做出贡献。这项策略的重点在于，对建筑物的暖通空调系统进行核查和更新改造，包括增加空气过滤解决方案。哈佛商学院的约翰·马科姆伯(John Macomber)说：“现在我们没有理由在空气流通和过滤方面节省开支了。”“这是一种让人们更健康的实惠方式。”<sup>22</sup> 在新常态下，健康建筑是让建筑物业主保持竞争力的最低要求。

《美国采暖、制冷与空调工程师学会关于过滤和空气净化的立场文件》中描述了物理过滤、紫外线辐射杀菌和建筑物业主希望了解的其他空气过滤技术，如静电式空气净化器、吸附式空气净化器和光催化式空气净化器。<sup>23</sup>

工程师是优化暖通空调系统的关键，这些系统在优化能源消耗和用户舒适度的同时能减少疾病传播。<sup>24</sup>

---

## 附录

《复工：为在COVID-19疫情中重返办公建筑做好准备》，国际建筑业主与管理者协会，2020年4月28日，[https://www.boma.org/BOMA/Research-Resources/3-BOMA-Spaces/Newsroom/Press\\_Room/2020/Getting\\_Back\\_to\\_Work.aspx](https://www.boma.org/BOMA/Research-Resources/3-BOMA-Spaces/Newsroom/Press_Room/2020/Getting_Back_to_Work.aspx)

《企业和雇主计划和应对2019年冠状病毒病(COVID-19)的临时指南》，疾病控制与预防中心，2020年3月21日，<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/guidance-business-response.html>

《健康建筑的9大要素》，哈佛T.H.Chan公共卫生学院，2020年，<https://dev.forhealth.org/>

Leslie Dietz 等，《2019年新型冠状病毒(COVID-19)大流行：考虑建筑环境因素来减少传播》，mSystems，第5卷，第2期，2020年5月12日，<https://msystems.asm.org/content/5/3/e00375-20> & <https://msystems.asm.org/content/5/2/e00245-20>

Lawrence J. Schoen，《新冠病毒肺炎大流行期间建筑操作指南》，《ASHRAE日报通讯》，2020年3月20日，<https://www.ashrae.org/news/ashraejournal/guidance-for-building-operations-during-the-covid-19-pandemic>

“美国采暖、制冷与空调工程师学会关于空气传播传染病的立场文件”，美国采暖、制冷与空调工程师学会董事会于2014年1月19日批准，技术委员会于2020年2月5日重申，2020年8月5日到期，美国采暖、制冷与空调工程师学会，亚特兰大，佐治亚州，<https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/airborne-infectious-diseases.pdf>

## Air-Cleaning and Filtration

《如何操作、使用建筑设备来防止新冠病毒肺炎 (COVID-19) 及病毒 (SARS-CoV-2) 在工作场所的传播》，欧洲暖通空调学会 COVID-19 指导文件，2020年4月3日，[https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_guidance\\_document\\_ver2\\_20200403\\_1.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf)

《通过强化过滤满足室内空气质量要求：与建筑空气质量相关的ASHRAE标准回顾》，《开利工程通讯》，第5卷，第1期，开利公司，2017年，[https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0E/ENG\\_NEWS\\_5\\_1\\_1.pdf](https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0E/ENG_NEWS_5_1_1.pdf)

《美国采暖、制冷与空调工程师学会关于过滤和空气净化的立场文件》，美国采暖、制冷与空调工程师学会董事会于2015年1月29日批准，技术委员会于2018年1月13日重申，<https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/filtration-and-air-cleaning-pd.pdf>

《照明工程学会委员会报告：紫外线杀菌——常见问题》，照明工程学会光生物学委员会，照明工程学会，2020，2020年5月14日下载，<https://media.ies.org/docs/standards/IES%20CR-2-20-V1a-20200507.pdf>

## 参考文献

- 1 《国际WELL建筑研究院发布WELL各类建筑及设施健康-安全评价准则》，国际WELL建筑研究院，2020年6月8日，2020年6月23日下载，<https://resources.wellcertified.com/press-releases/international-well-building-institute-launches-well-health-safety-rating-for-all-building-and-facility-types/>。关于《抗污染屏障》，参见Joseph G. Allen，《你的居所会让你生病或保持健康》，《纽约时报》，2020年3月4日，2020年5月9日下载，<https://www.nytimes.com/2020/03/04/opinion/coronavirus-buildings.html>。
- 2 《COVID-19大流行和空气传播》，美国采暖、制冷与空调工程师学会环境卫生委员会，2020年4月17日批准，2020年4月23日下载<https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/eiband-airbornetransmission.pdf>。
- 3 《复工：在COVID-19疫情中重返办公建筑做好准备》，国际建筑业主与管理者协会，2020年4月28日，2020年5月10日下载，[https://www.boma.org/BOMA/Research-Resources/3-BOMA-Spaces/Newsroom/Press\\_Room/2020/Getting\\_Back\\_to\\_Work.aspx](https://www.boma.org/BOMA/Research-Resources/3-BOMA-Spaces/Newsroom/Press_Room/2020/Getting_Back_to_Work.aspx)
- 4 《企业和雇主计划和应对2019年冠状病毒病（COVID-19）的临时指南》，疾病控制与预防中心，2020年3月21日，2020年4月23日下载，<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/guidance-business-response.html>
- 5 Joseph G. Allen和John D. Macomber，《是什么让一座办公楼变得‘健康’》，《哈佛商业评论》，2020年4月29日，2020年5月7日下载，<https://hbr.org/2020/04/what-makes-an-office-building-healthy>
- 6 Lawrence J. Schoen，《COVID-19大流行期间建筑操作指南》，《ASHRAE日报通讯》，2020年3月20日，2020年5月7日下载：<https://www.ashrae.org/news/ashraejournal/guidance-for-building-operations-during-the-covid-19-pandemic>
- 7 《健康建筑的9大要素》，哈佛T. H. Chan公共卫生学院，2020年，2020年5月12日下载，<https://dev.forhealth.org/>
- 8 Leslie Dietz 等，《2019年新型冠状病毒（COVID-19）大流行：考虑建筑环境因素来减少传播》，mSystems，第5卷，第2期，2020年4月3日，2020年4月23日，2020年5月12日下载，<https://msystems.asm.org/content/5/3/e00375-20> & <https://msystems.asm.org/content/5/2/e00245-20>
- 9 《美国采暖、制冷与空调工程师学会关于空气传播传染病的立场文件》，美国采暖、制冷与空调工程师学会董事会于2014年1月19日批准，技术委员会于2020年2月5日重申，2020年8月5日到期，美国采暖、制冷与空调工程师学会，亚特兰大，佐治亚州，2020年5月8日下载，<https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/airborne-infectious-diseases.pdf>
- 10 报告总结了四个专业文献所推荐的建议和指南，可根据实际建筑需求而做出相应调整：Lawrence J. Schoen，《COVID-19大流行期间建筑操作指南》，《美国采暖、制冷与空调工程师学会关于空气传播传染病的立场文件》，《如何操作、使用建筑设备来防止新冠病毒肺炎(COVID-19)及病毒(SARS-CoV-2)在工作场所的传播》，欧洲暖通空调学会新冠肺炎指导文件，2020年4月3日，2020年5月8日下载，[https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_guidance\\_document\\_ver2\\_20200403\\_1.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_ver2_20200403_1.pdf)，以及 Dietz 《2019新型冠状病毒(COVID-19)大流行》

## Air-Cleaning and Filtration

- 11 Joseph G. Allen, 《你的建筑会让你生病或保持健康》, 《纽约时报》, 2020年3月4日, 2020年5月9日下载, <https://www.nytimes.com/2020/03/04/opinion/coronavirus-buildings.html>
12. Dietz 《2019新型冠状病毒(COVID-19)大流行》
- 13 《新住宅室内空气品质指南——包含有关使用高效过滤器的更改》, 美国采暖、制冷与空调工程师学会 2019, 2015年9月2日, 2020年5月18日下载, <https://www.ashrae.org/about/news/2015/new-residential-iaq-guideline-contains-changes-regarding-use-of-high-efficiency-filters>.
- 14赵丹等, 《评估住宅集中空气过滤对长期的健康与经济影响, 降低来源室外的室内PM2.5危害的过早死亡率》, 《国际环境研究和公共卫生杂志》, 2015年7月, 2020年5月18日下载, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4515730/>
- 15此表改编自《通过强化过滤满足室内空气质量需求: 与建筑空气质量相关的ASHRAE标准回顾》中表3——过滤方法, 《开利工程通讯》, 第5卷, 第1期, 开利公司, 2017年, 2020年5月8日下载, [https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0E/ENG\\_NEWS\\_5\\_1\\_1.pdf](https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0E/ENG_NEWS_5_1_1.pdf)
- 16 Leslie Dietz, 《对Dietz等人撰写论文的修正》, 首次发表后的修正, 2020年, 2020年5月14日下载, <https://msystems.asm.org/content/5/3/e00375-20>.
- 17艾伦, 《你的建筑可以让你生病或保持健康。》
- 18 Dietz, 《更正》。
19. 《照明工程学会委员会报告: 紫外线杀菌——常见问题》, 照明工程学会光生物学委员会, 照明工程学会, 2020, 2020年5月14日下载, <https://media.ies.org/docs/standards/IES%20CR-2-20-V1a-20200507.pdf>
- 20 《冠状病毒和UVC紫外线》, Steril-Aire, 2020年5月14日下载, <https://www.steril-aire.com/wp-content/uploads/2020/03/Coronavirus-and-UVC.pdf>
- 21 Siobhan Roberts, 《这就是大流行的未来》, 《纽约时报》, 2020年5月8日, 2020年5月14日下载, <https://www.nytimes.com/2020/05/08/health/coronavirus-pandemic-curve-scenarios.html>.
- 22 Kristen Senz, 《为什么 COVID-19 增加健康建筑的风险》, 《哈佛商学院实战新知》, 2020年4月20日, 2020年4月23日下载, <https://hbswk.hbs.edu/item/why-covid-19-raises-the-stakes-for-building-health>.
- 23 《美国采暖、制冷与空调工程师学会关于过滤和空气净化的立场文件》, 美国采暖、制冷与空调工程师学会董事会于2015年1月29日批准, 技术委员会于2018年1月13日重申, <https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/filtration-and-air-cleaning-pd.pdf>
- 24 《通过强化过滤满足室内空气质量要求: 与建筑空气质量相关的ASHRAE标准回顾》, 《开利工程通讯》, 第5卷, 第1期, 开利公司, 2017年, 2020年5月8日下载, [https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0E/ENG\\_NEWS\\_5\\_1\\_1.pdf](https://www.shareddocs.com/hvac/docs/1001/Public/0E/ENG_NEWS_5_1_1.pdf).



Posted: June 2020

©2020 Carrier. All rights reserved.