

建筑物健康证明 + FOR HEALTH 健康建筑 9 项基本原理



SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

+ FOR HEALTH
forhealth.org

健康建筑 9 项基本原理 © 2017

作者

JOSEPH G. ALLEN

ARI BERNSTEIN

XIADONG CAO

ERIKA SITA EITLAND

SKYE FLANIGAN

MAIA GOKHALE

JULIE M. GOODMAN

SKYLAR KLAGER

LACEY KLINGENSMITH

JOSE GUILLERMO CEDENO LAURENT

STEVEN W. LOCKLEY

PIERS MACNAUGHTON

SEPIDEH PAKPOUR

JOHN D. SPENGLER

JOSE VALLARINO

AUGUSTA WILLIAMS

ANNA YOUNG

JIE YIN

详情请联络：

Joseph G. Allen

助理教授

哈佛大学陈曾熙公共卫生学院

jgallen@hspf.harvard.edu



SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment



健康建筑 9 项基本原理

“健康建筑 9 项基本原理”这一构思，源自过去几年中我们与众多房地产专业人士、建筑工程业主、医院管理人员、设备主管、房主以及学术界同仁之间的诸多互动。其中凸显了两件事。首先，在这些讨论中，我们常说，“人们已把健康建筑的构思过分复杂化了。我们知道如何实现健康建筑。健康建筑要立足于一些朴素的基本原理。”所以，就有人呼吁我们列出健康建筑的这几项基本原理。在之后的讨论和辩论中，我们意识到身为公共卫生界的研究人员未能把研究成果转化成实用信息；公共卫生领域文献极其丰富，然而重要决策者们却无从知晓。其次，在这些演讲和会议中，我们常听到人们说：“您这项研究很有趣，可是我周一开会时没法引用一整篇科研论文去说服建筑工程业主或管理人员采用不同的施工方法。我所需要的是一篇摘要。”于是“健康建筑 9 项基本原理”项目应运而生。

“健康建筑 9 项基本原理”由哈佛大学陈曾熙公共卫生学院健康建筑项目多学科团队的专家们共同撰写。您可以从 www.ForHealth.org 了解更多有关该团队和本项研究的信息。本文中源自

“健康建筑 9 项基本原理”的各篇摘要，表述清晰，有实用价值，并精心提炼出了健康室内环境的各项核心要素。我们在研究该领域主要文献的基础上为每项核心要素撰写了一篇两页的基础科学摘要。本文后续页面收录了这些摘要，同时收录了一篇简短的指南，对如何确保每项基本原理取得成功进行了讲解。这 9 项基本原理可广泛应用于包括住宅在内的所有建筑类型，不过文中所引文献主要聚焦在商业办公环境。

这 9 项基本原理，揭开了我们称为“建筑物健康证明 (Building Evidence for Health)”的文献策展的序幕。此策展包括一系列有关建筑与健康的重大主题的两页科研文献摘要。我们先从这 9 项基本原理开始，后续还打算继续为本系列策展添加别的内容。我们欢迎读者提供反馈，因为我们一向愿意对该构思做出改进、进行提炼。如果您有关于主题的观点、要发表评论或有疑问，请致函我们。我们将运用您的反馈和新的研究成果，定期对建筑物健康证明的各项摘要做出更新。

希望本文中的信息对您有帮助。我们的目标是每时每地改善居住在各种建筑中的人们的生活。各位身处世界各地，掌控、管理着形形色色的建筑，并生活在这些建筑中。如果我们科研界的知识对您来说无从知晓，我们的目标也无从实现。这 9 项基本原理旨在让我们跨越这条鸿沟。

砥砺前行！



Joseph G. Allen

助理教授

哈佛大学陈曾熙公共卫生学院

健康建筑 9 项基本原理



健康建筑 9 项基本原理

目录

如何确保健康建筑 9 项基本原理取得成功	6
通风	8
空气质量	11
热健康	14
潮湿	17
灰尘与害虫	20
安全	23
水质	26
噪声	29
照明与视觉	33

如何确保： 健康建筑的 9 项基本原理取得成功



通风

满足或超出当地室外通风率准则的要求，以实现对室内异味、化学物质和二氧化碳来源的控制。针对包括纳米级在内的所有粒度级，使用最低去除效率为 75% 的标准，对室外空气和再循环空气进行过滤。避免让街道路面高度或邻近其他室外污染源的室外空气进入室内。对各种系统进行调试和定期保养并实时监控通风情况，以防范并迅速解决通风问题。



空气质量

选用化学物质排放量较低的日用品、办公用品、装饰和建筑材料，以限制挥发性、半挥发性的有机化合物散发。针对铅、印刷电路板和石棉之类的遗留污染物进行检查。使用蒸汽屏蔽层，限制蒸汽入侵。让湿度水平保持在 30-60% 之间，以减轻异味。每年检测空气质量。对楼内住户关注的事宜作出回应并进行评估。



水质

饮用水质量满足美国国家饮用水标准。定期检测水质。有必要时安装净水系统来去除污染物。确保消毒剂残留水平足以控制微生物数量，但又不会过量。防止水管积水。



热健康

满足热舒适度标准中温度和湿度的最低要求，并让热舒适度条件在一天当中保持稳定。在可能的情况下，提供单独的热舒适度水平控制。定期对楼内住户进行调查，找出楼内热舒适度表现欠佳的区域。对楼内住户关注的事宜，作出回应并进行评估。对各种系统进行调试和定期保养并实时监控温度和湿度，以防范并迅速解决热舒适度问题。



灰尘与害虫

定期用高效真空过滤器清理各种表面来防止尘垢积聚。尘垢会给化学物、过敏原和金属提供容身之所。进家门前先脱鞋，以防把泥土带进家里。开发一体化的害虫管理计划，聚焦于封死入口、防范潮气积聚和清除垃圾之类的预防措施。尽量避免使用杀虫剂。就如何处理害虫问题、如何回应相关投诉，为建筑物管理人员提供培训。



照明与视觉

白天尽可能提供日光照明和/或高亮度富含蓝光的照明(480nm)。同时保持视觉舒适度，避免眩光。让人们经常到户外感受自然采光。为必需具有视觉舒适度的场合，提供富含蓝光的照明。在人们睡前，光强度尽可能低的时段越长越好。可使用不含蓝光的照明促进睡眠。

力求让所有工位的人员都能直接感受到来自外窗的自然采光。室内设计融入自然元素和自然带来的灵感。



噪声

隔绝交通、飞机和施工现场产生的室外噪声，为室内声环境提供保护。控制机械设备、办公设备和机器之类的室内噪声源。划出无人占据的工作和学习区域。这些空间可将背景噪声最小化至35db，并能得到0.7秒的最大残响时间。



潮湿

定期对屋顶、水管、天花板以及采暖通风和空调(HVAC)设备进行检查，以找出湿度源和潜在的凝结点。找到潮湿处或发霉物时，立即处理湿度源，对受污染材料进行干燥处理或更换。找出导致潮湿问题的主要来源，并加以修复。



安全

满足消防安全和一氧化碳监控标准。在公用区域、楼梯井、应急出口、停车场和建筑物入口通道提供充足照明。管理出口和外围周边。通过视频监控、互动巡逻和事故报告，时刻对不同区域的情况保持警惕。维护全面的应急救援预案和楼内住户的沟通机制。

禁止吸烟



禁烟政策

制定并执行在室内和建筑物周围20英尺范围内无烟的政策。

主动式设计

融入能促进和鼓励人们活动的设计元素，例如无障碍楼梯和休闲娱乐区。提供符合人体工程学且能把不适感降至最低，并限制形成慢性肢体损伤的家具。遵循适用职业安全准则，以确保营造安全的工作环境。

建筑物健康证明 FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

通风



通风为何重要？

建筑物需要通风，新鲜空气方可从外部涌入，并稀释楼内住户产生的污染物（例如二氧化碳）和楼内产品产生的污染物（例如挥发性有机化合物）。如采用机械通风，一栋建筑物的机械系统会被设计成引入外部空气、过滤这些空气，并向楼内住户供应这些空气。即便在妥善通风的情况下，室内污染物浓度还是可能高于室外污染物浓度。^{2,3}PM2.5这样的室外污染物可能经由几条途径进入室内。在机械送风气流未能妥善过滤的情况下，机械系统就成了室外污染物进入室内的途径之一。由于人们大多数时间是在室内度过（对90%乃至更多人而言是如此），因此人们可能在室内会接触到大部分的室外空气污染。⁴

通风系统还影响温度、湿度和气压。⁷为确保建筑物空间中室内空气质量（IAQ）更优，目前美国采暖、制冷与空调工程师学会（ASHRAE）标准要求，建筑物中每人每分钟至少应占据20立方英尺（cfm/人）建筑物空间。⁸就该定义而言，该标准旨在提供勉强“够格”的室内空气质量，而非为实现几十年来研究表明的更高通风率的优点。

除指定更高通风率，还需对采暖通风和空调（HVAC）设备进行改进的保养维护。这是由于在HVAC系统受到忽视或者保养不足的建筑内部，通风质量往往也不合格。⁹

室外污染物可进入室内。由于人们大多数时间是在室内度过（对90%乃至更多人而言是如此），因此一个人实际上是在室内接触到大部分的室外空气污染。

通风如何影响我们的健康？

在通风率较低的建筑中，空气质量常常令人气闷、不快。这不但使室内环境不舒适，不适合人们工作，而且污染物也会增多，造成多种祸患。

在通风不良的空间里，人们容易出现头痛、疲劳、呼吸急促、鼻窦阻塞、咳嗽、打喷嚏、眼鼻喉和皮肤发炎、头晕和恶心之类的症状。^{6,10}这一系列症状都是人们长时间身处通风不良的空间所致。它们已被统称为病态建筑综合症（SBS）。¹¹根据世界卫生组织1984年的定义，SBS指有多种致病可能的、与身处某一特定建筑物的时长有关的一组健康影响。¹²越来越多的研究已经发现，身处新鲜空气充分流通的建筑物中的员工或学生，相比身处通气不良空间中的人，工作学习更有成效，也更加健康。^{5,6}加利福尼亚州进行

就该定义而言，当前通风标准的设定是为提供勉强“够格”的室内空气质量的最低标准，而非为实现几十年来研究表明的更高室外通风率的优点。

8 FORHEALTH.ORG



的一项校园研究发现，在高通风率的教室里，学生的注意力更持久、心情更平静。²⁴通风不良还被发现与缺勤增多、效率低下以及更高的营运成本有关。^{7,25}多项开展于办公空间的研究已表明，在建筑物住户中，所处建筑的低通风率与短期病假、哮喘和呼吸道感染情况增多有关（表 1）。¹⁷

表 1. 中型办公室原型建筑中通风率对人们健康的影响[#]

参考文献	结果	通风率 (cfm/人)		相对风险
		低	高	
Milton 等人 2000 ¹⁹	短期病假	12.9	25.8	1.5
Brundage 等人 1988 ²⁰	常年患病	4.5	30	1.5
Brundage 等人 1988 ²⁰	患病 (1983 年数据)	4.5	30	1.9
Drinka 等人 1996 ²¹	患病	48	120	2.2
Drinka 等人 1996 ²¹	流感	48	120	4.7
Knibbs 等人 2011 ²²	流感	15	45	3.1
Knibbs 等人 2011 ²²	鼻病毒	15	45	2.1
Knibbs 等人 2011 ²²	结核病	15	45	3.3
Hoge 等人 1994 ¹⁵	肺炎	20.4	30	2.0
Stenberg 等人 1994 ²³	SBS 综合症	8.5	42.4	5.0

[#]以 Fisk 等人的资料为基础进行改写并更新，2003¹⁸

通风与人们的能力表现之间有何关系？

已有几项研究表明，不合格的通风率对人的认知能力产生了负面影响。例如，在哈佛大学陈曾熙公共卫生学院进行的研究中，使用了一种工具对真实环境进行模拟，以测试身处标准规定的最低室外通风率（20 cfm/人）环境中的上班族的高阶认知能力，并与身处更高通风率（40 cfm/人）环境中者做对比。²⁶在与此前参加过认知能力测试的 7 万人的常模分数进行比较时，参与者在认知能力方面的表现从 62 个百分点升至 70 个百分点。认知能力上的这一变化，对应每人每年 6500 美元的加薪幅度，而在通风方面达到相同变化所需的能源成本每人每年不到 40 美元，且在采用能效良好的系统时，能源成本会低至只需每人每年 1 美元。²⁷如表 1 所示，把病态建筑综合症的症状和缺勤率，与共病结合考虑时，更高通风率的各项优点远高于能源成本几个数量级。投资于先进的通风系统，能进一步降低能源成本、减轻对环境的破坏；实际上，在某些情况下，这些系统提供的室外空气高达传统策略的两倍，与此同时能耗却更低。



参考文献

1. Li, Y., G. M. Leung, J. W. Tang, X. Yang, C. Y. H. Chao, J. Z. Lin, J. W. Lu, et al. "Role of Ventilation in Airborne Transmission of Infectious Agents in the Built Environment ? A Multidisciplinary Systematic Review." *Indoor Air* 17, no. 1 (February 2007): 2–18. doi:10.1111/j.1600-0668.2006.00445.x.
2. Parthasarathy, Srinandini, William J Fisk, and Thomas E McKone. "Effect of Ventilation on Chronic Health Risks in Schools and Offices." *Lawrence Berkeley National Laboratory* January 4, 2013.,
3. Shendell, D. G., A. M. Winer, R. Weker, and S. D. Colome. "Evidence of Inadequate Ventilation in Portable Classrooms: Results of a Pilot Study in Los Angeles County." *Indoor Air* 14, no. 3 (June 2004): 154–58. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00235.x.
4. Logue, J. M., T. E. McKone, M. H. Sherman, and B. C. Singer. "Hazard Assessment of Chemical Air Contaminants Measured in Residences." *Indoor Air* 21, no. 2 (March 10, 2011): 92–109. doi:10.1111/j.1600-0668.2010.00683.x.
5. Allen, J., MacNaughton, P., Laurent, J. G. C., Flanigan, S. S., Eitland, E. S., & Spengler, J. D. (2015). Green Buildings and Health. *Current Environmental Health Reports*, 2(3), 250-258. doi: 10.1007/s40572-015-0063-y
6. Daisey, J. M., W. J. Angell, and M. G. Apte. "Indoor Air Quality, Ventilation and Health Symptoms in Schools: An Analysis of Existing Information." *Indoor Air* 13, no. 1 (March 2003): 53–64. doi:10.1034/j.1600-0668.2003.00153.x.
7. Haverinen-ShaughnessyU, DJ Moschandreas, and RJ Shaughnessy. "Association Between Substandard Classroom Ventilation Rates and Students' Academic Achievement." *Indoor Air* 21, no. 2 (April 1, 2011): 121–31. Accessed July 7, 2016. doi:10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x>.
8. ASHRAE. *ASHRAE Standard 62.1 - 2013: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2013.
9. Hanssen, S. O. "HVAC-the Importance of Clean Intake Section and Dry Air Filter in Cold Climate." *Indoor Air* 14, no. s7 (August 2004): 195–201. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00288.x.
10. Mendell, M. J., Q. Lei-Gomez, A. G. Mirer, O. Seppnen, and G. Brunner. "Risk Factors in Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems for Occupant Symptoms in US Office Buildings: The US EPA BASE Study." *Indoor Air* 18, no. 4 (August 2008): 301–16. doi:10.1111/j.1600-0668.2008.00531.x.
11. Wargocki, Pawel, David P. Wyon, Jan Sundell, Geo Clausen, And P. Ole Fanger. "The Effects of Outdoor Air Supply Rate in an Office on Perceived Air Quality, Sick Building Syndrome (SBS) Symptoms and Productivity." *Indoor Air* 10, no. 4 (December 2000): 222–36. doi:10.1034/j.1600-0668.2000.010004222.x.
12. Jafari, Mohammad Javad, Ali Asghar Khajevandi, Seyed Ali Mousavi Najarkola, Mir Saeed Yekaninejad, Mohammad Amin Pourhoseingholi, Leila Omidi, and Saba Kalantary. "Association of Sick Building Syndrome with Indoor Air Parameters." *Tanaffos* 14, no. 1 (2015): 55–62.
13. Janssen, John E. "The History of Ventilation and Temperature Control." *ASHRAE Journal* 1999.; 1–6.
14. Luongo, Julia C., Kevin P. Fennelly, Julia A. Keen, Zhiqiang John Zhai, Byron W. Jones, and Shelly L. Miller. "Role of Mechanical Ventilation in the Airborne Transmission of Infectious Agents in Buildings." *Indoor Air* November 2015.; n/a–n/a. doi:10.1111/ina.12267.
15. Hoge, Charles W., Mary R. Reichler, Edward A. Dominguez, John C. Bremer, Timothy D. Mastro, Katherine A. Hendricks, Daniel M. Musher, et al. "An Epidemic of Pneumococcal Disease in an Overcrowded, Inadequately Ventilated Jail." *New England Journal of Medicine* 331, no. 10 (September 8, 1994): 643–48. doi:10.1056/nejm199409083311004.
16. Kak, Vivek. "Infections in Confined Spaces: Cruise Ships, Military Barracks, and College Dormitories." *Infectious Disease Clinics of North America* 21, no. 3 (September 2007): 773–84. doi:10.1016/j.idc.2007.06.004.
17. Sundell, J., H. Levin, W. W. Nazaroff, W. S. Cain, W. J. Fisk, D. T. Grimsrud, F. Gyntelberg, et al. "Ventilation Rates and Health: Multidisciplinary Review of the Scientific Literature." *Indoor Air* 21, no. 3 (February 1, 2011): 191–204. doi:10.1111/j.1600-0668.2010.00703.x.
18. Fisk, W.J., et al., *Economizer System Cost Effectiveness: Accounting for the Influence of Ventilation Rate on Sick Leave*. 2003, <http://escholarship.org/uc/item/2px1f1mw>.
19. Milton, D.K.; Glencross, P.M.; Walters, M.D. Risk of Sick Leave Associated with Outdoor Air Supply Rate, Humidification, and Occupant Complaints. *Indoor Air* 2000, 10, 212–221.
20. Brundage, J.; Scott, R.M.; Lednar, W.; Smith, D.; Miller, R. Building-Associated Risk of Febrile Acute Respiratory Diseases in Army Trainees. *JAMA* 1988, 259, 2108–2112
21. Drinka, P.; Krause, P.; Schilling, M.; Miller B.; Shult, P.; Gravenstein, S. Report of an Outbreak: Nursing Home Architecture and Influenza—Attack Rates. *J. Am. Geriatr. Soc.* 1996, 44, 910–913.
22. Knibbs, L.; Morawska, L.; Bell, S.; Grzybowski, P. Room Ventilation and the Risk of Airborne Infection Transmission In 3 Health Care Settings Within a Large Teaching Hospital. *Am. J. Infect. Control* 2011, 10, 866–872.
23. Stenberg, B.; Eriksson, N.; Hoog, J.; Sundell, J.; Wall, S. The Sick Building Syndrome (Sbs) in Office Workers. A Case-Referent Study of Personal, Psychosocial and Building-Related Risk Indicators. *Int. J. Epidemiol.* 1994, 23, 1190–1197.
24. Coley, David A and Rupert Greeves. "The Effect of Low Ventilation Rates on the Cognitive Function of a Primary School Class." *University of Exeter* 2004.; 1–9.
25. Chan, W. R., S. Parthasarathy, W. J. Fisk, and T. E. McKone. "Estimated Effect of Ventilation and Filtration on Chronic Health Risks in U.S. Offices, Schools, and Retail Stores." *Indoor Air* 26, no. 2 (February 19, 2015): 331–43. doi:10.1111/ina.12189.
26. Allen, Joseph G, Piers MacNaughton, Usha Satish, Suresh Santanam, Jose Vallarino, and John D Spengler. "Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments." *Environmental Health Perspectives* 2016.; 1.
27. MacNaughton, P., Pegues, J., Satish, U., Santanam, S., Spengler, J. D., & Allen, J. (2015). Economic, Environmental and Health Implications of Enhanced Ventilation in Office Buildings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12. doi: 10.3390/ijerph120x0000x

建筑物健康证明 FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

空气质量

什么是室内空气质量 (IAQ) ?

室内空气质量 (IAQ) 取决于室内环境中可能导致损害的污染物的存在与否、数量多寡。它涵盖我们在室内接触的气态、液态或固态下的化学污染物和生物污染物。IAQ 不良时，住户可能患上与建筑物有关的疾病，如哮喘、疲劳、发炎和头痛。由于人们高达 90% 的时间在办公室、学校和家中度过，同时呼吸接触从不间断。所以身处室内时接触污染物最广（既有来自室内的污染物，也有来自室外的污染物）。^{1,2}



哪类室内空气污染物关乎我们的健康？

在世界各地的所有室内空间中，空气污染物无处不在。我们在呼吸空气、吞咽食物时，它们都会被带进我们体内。有些污染物则透过皮肤进入体内。人们对室外污染物所能产生的影响已有广泛研究。越来越多的研究已经表明，室内空气污染物一样有害。^{2,3}美国环境保护署称，相比室外污染物，室内污染物对人的健康构成的风险更高。这是由于，为控制光化学烟雾

人们发现，可商用的化学物质有 82000 种之多，而其中 85% 的化学物质，我们对其健康数据一无所知。

和颗粒物的形成，室外污染源受到更严格的监管。常见的会对人的健康构成风险的室内污染物包括氮氧化物、一氧化碳、臭氧、颗粒物 (PM) 和挥发性有机化合物 (VOC)（例如甲醛、柠檬烯和苯）。⁴在办公室、学校以及住宅这类室内环境中，这些污染物可能来自于打印机排放物、害虫和杀虫剂、清洁用品、个人护理用品、油漆、花粉以及真菌孢子。^{5,6}像氡气这样具有辐射危害性的致癌物质，是从土壤和岩石中自然散发出的，能通过地基的裂缝和裂纹进入建筑物。氡气被视作肺癌的第二大病因，仅次于吸烟。⁷尽管我们对与室内空气污染物的接触和相关风险知之甚多，但可商用的化学物质有 82000 种之多。我们对其中 85% 的化学物质的健康数据一无所知。

不良室内空气质量如何影响人的健康？

挥发性有机化合物 (VOC) 是一类常与 IAQ 问题相关的化学物质。VOC 是高蒸汽压的化学物质，会向空气中排放气体，可能来自建材、消费品、油漆、个人护理用品、家具以及很多其他产品。现已证明，从眼部轻微刺激到某些形式的癌症，都与患者曾经接触 VOC 有关。室外空气污染物对呼吸道会有不利健康影响的证据虽已有广泛记载，但近来越来越多的研究已表明，室内空气污染物也会造成类似后果。例如，心律不齐、肺功能低下以及眼、鼻、喉、皮肤发炎与室内存在大量臭氧有关。^{4,8}EPA 已有研究成果表明，在某些情况下，室内污染物的浓度高达室外两倍。

哮喘、各种过敏、支气管炎以及慢性阻塞性肺病，已被反复证明与接触室内空气污染物有关。^{4,9,10}在对食品服务业室内污染物的调查中发现，厨房内的颗粒物 (PM)、挥发性有机化合物 (VOC)、多环芳烃（烤肉、燃料燃烧过程中产生的空气污染物）与肾脏炎症之间存在正相关性。¹¹不论对于敏感体质还是非敏感体质的个



人，各种过敏反应也常与接触室内空气污染物相关。¹²

“人们接触室内空气污染物后，健康影响可能很快就会开始出现，也有可能数年之后才出现。”²

不良 IAQ 会对虚弱的人产生极大影响 (WHO 2010)。³年长者在室外度过的时间有限，所受影响尤为严重。在一项全面的欧洲老年病研究 (GERIE) 中发现，建筑物住户接触室内颗粒物这一情况与这些人出现哮喘、哮喘相关症状之间存在相关性。¹³所收集到的大量证据表明，由于儿童呼吸道较小、相比成人其体型幼小呼吸频率更高，故而儿童会对不良空气质量过敏。¹⁴针对校园人口进行的研究发现，地毯清洁剂（甲苯）、清洁用品（柠檬烯常用于提供柠檬香味）中的 VOC 和害虫防治机制都可能危害儿童的肺。^{14,15}

不良空气质量的代价是什么？

不良 IAQ 不但危害建筑物住户的健康和幸福感，还对人们的工作效率产生负面影响。室内污染物的积聚，使得建筑物中人们病态建筑综合症的症状愈演愈烈，进而导致缺勤率上升。^{16,17}接触 VOC 和二氧化碳之类的室内污染物，还可能对人们的认知能力产生直接影响。^{1,18}2009 年进行的一项荟萃分析对室内空气污染物各种相关危害的货币与社会成本做出了评估，并观察到了所报道的与不良 IAQ 相关的一系列危害。这些危害包括工作效率损失、医疗费用以及建筑物所受损害（由湿气和霉变造成）。每项研究估计的每年“空气污染成本”都高于 1000 万美元。¹⁹更清洁的室内环境还会带来显著的经济优势。据估计，单单在美国，通过改善室内环境，就会带来每年 250 亿至 1500 亿美元的节约和效率提升。²⁰

据估计，单单在美国，通过改善室内环境，就会带来每年 250 亿至 1500 亿美元的节约和效率提升。

何为“受关注化学物质”？

“受关注化学物质”是被用于某些建材和消费品且有损人们健康的物质。这些物质引发的关注与日俱增。很多此类化学物质被称作“半挥发性”化合物，意即其既能存在于空气中，又能存在于灰尘中。我们选择把这些内容放在有关 IAQ 的本节，不过这些内容也同样适合放在有关灰尘的那一节。

受关注化学物质中，有三类尤为值得一提：它们是用作阻燃剂、防污剂和塑化剂的化学物质。学校中使用的很多常见家具和建材中，都有阻燃剂类化学物质存在。其中大多数化学物质并不会留在产品中。随着时间推移，它们会脱离产品本身，转移到空气和灰尘中，并在我们体内越积越多。很多阻燃剂类化学物质会干扰人的内分泌系统，它们干扰人的生殖系统且与甲状腺疾病有关。^{21,22}防污剂类化学物质可防水、防油脂，因而被广泛用于多种产品。这些类型的化学物质称为多氟烷基化合物 (PFAS) 或多氟化合物 (PFC)，用于家具、地毯、服装、不粘厨具和油漆等等。空气、灰尘和饮用水这些介质都会让人们暴露在这些化学物质中。²³实际上，一项发表于 2016 年的研究发现，600 多万美国居民的饮用水 PFAS 含量超标，高于 EPA 设定的上限。²⁴邻苯二甲酸酯是一类可用作塑化剂的化学物质，能让各种产品柔软、有弹性。学校里使用的很多产品如乙烯地砖、聚氯乙烯 (PVC)、学校用品以及人造革，都含有邻苯二甲酸酯。这些只不过是一部分而已（常用的个人护理用品如指甲油、发胶和爽肤水中也常含有邻苯二甲酸酯）。²⁵此外，如同阻燃剂类化学物质和防污剂类化学物质，邻苯二甲酸酯也会渗出本来的产品，进入我们家中、办公室和校园的空气和灰尘。“建筑物健康证明”的未来版本将包含更多有关这些“受关注化学物质”和其他特定 IAQ 主题的细节。



参考文献

1. Allen, Joseph G., Piers MacNaughton, Usha Satish, Suresh Santanam, Jose Vallarino, and John D. Spengler. "Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments." *Environ Health Perspect* 124, no. 6 (2015)
2. EPA, US and ORIA. "An Introduction to Indoor Air Quality." July 21, 2016.
3. WHO Regional Office for Europe. *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants*. Copenhagen, Denmark: World Health Organization, 2010. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf?ua=1.
4. Glas, Bo, Berndt Stenberg, Hans Stenlund, and Anna-Lena Sunesson. "Exposure to Formaldehyde, Nitrogen Dioxide, Ozone, and Terpenes Among Office Workers and Associations with Reported Symptoms." *International Archives of Occupational and Environmental Health* 88, no. 5 (October 2, 2014): 613–22. doi:10.1007/s00420-014-0985-y.
5. Shi, Xiaofei, Rui Chen, Lingling Huo, Lin Zhao, Ru Bai, Dingxin Long, David Y. H. Pui, Weiqing Rang, and Chunying Chen. "Evaluation of Nanoparticles Emitted from Printers in a Lean Chamber, a Copy Center and Office Rooms: Health Risks of Indoor Air Quality." *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 15, no. 12 (December 1, 2015): 9554–64.
6. Kanchongkittiphon, Watcharoot, Mark J. Mendell, Jonathan M. Gaffin, Grace Wang, and Wanda Phipatanakul. "Indoor Environmental Exposures and Exacerbation of Asthma: An Update to the 2000 Review by the Institute of Medicine." *Environmental Health Perspectives* October 10, 2014,. doi:10.1289/ehp.1307922.
7. WHO. 2009. WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective: World Health Organization.
8. Song, Xuping, Yu Liu, Yuling Hu, Xiaoyan Zhao, Jinhui Tian, Guowu Ding, and Shigong Wang. "Short-Term Exposure to Air Pollution and Cardiac Arrhythmia: A Meta-Analysis and Systematic Review." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13, no. 7 (June 28, 2016): 642. doi:10.3390/ijerph13070642.
9. Arif, Ahmed A. and Syed M. Shah. "Association Between Personal Exposure to Volatile Organic Compounds and Asthma Among US Adult Population." *International Archives of Occupational and Environmental Health* 80, no. 8 (March 15, 2007): 711–19. doi:10.1007/s00420-007-0183-2.
10. Simoni, Marzia, Antonio Scognamiglio, Laura Carrozza, Sandra Baldacci, Anna Angino, Francesco Pistelli, Francesco Di Pede, and Giovanni Viegi. "Indoor Exposures and Acute Respiratory Effects in Two General Population Samples from a Rural and an Urban Area in Italy." *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 14 (April 2004): S144–52. doi:10.1038/sj.jea.7500368.
11. Singh, Amarnath, Ritul Kamal, Mohana Krishna Reddy Mudiam, Manoj Kumar Gupta, Gubbala Naga Venkata Satyanarayana, Vipin Bihari, Nishi Shukla, Altaf Hussain Khan, and Chandrasekharan Nair Kesavachandran. "Heat and PAHs Emissions in Indoor Kitchen Air and Its Impact on Kidney Dysfunctions Among Kitchen Workers in Lucknow, North India." Edited by Zhanjun Jia. *PLOS ONE* 11, no. 2 (February 12, 2016): e0148641. doi:10.1371/journal.pone.0148641.
12. Baldacci S, Maio S, Cerrai S, Sarno G, Baiz N, Simoni M, Annesi-Maesano I, Viegi G. 2015. Allergy and Asthma: Effects of the Exposure to Particulate Matter and Biologic Allergens. *Respiratory Medicine*, 109(9), 1089-1104.
13. Maio, S, G Sarno, S Baldacci, I Annesi-Maesano, and G Viegi. "Air Quality of Nursing Homes and Its Effect on the Lung Health of Elderly Residents." *Expert Review of Respiratory Medicine* 9, no. 6 (November 2, 2015): 671–73. doi:10.1586/17476348.2015.1105742.
14. Annesi-Maesano, Isabella, Nour Baiz, Soutrik Banerjee, Peter Rudnai, Solenne Rive, and the SINPHONIE Group. "Indoor Air Quality and Sources in Schools and Related Health Effects." *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 16, no. 8 (November 17, 2013): 491–550. doi:10.1080/10937404.2013.853609.
15. de Gennaro, Gianluigi, Genoveffa Farella, Annalisa Marzocca, Antonio Mazzone, and Maria Tutino. "Indoor and Outdoor Monitoring of Volatile Organic Compounds in School Buildings: Indicators Based on Health Risk Assessment to Single out Critical Issues." *Int J Environ Res Public Health* 10, no. 12 (November 25, 2013): 6273–91. doi:10.3390/ijerph10126273.
16. Brundage, J.; Scott, R.M.; Lednar, W.; Smith, D.; Miller, R. Building-Associated Risk of Febrile Acute Respiratory Diseases in Army Trainees. *JAMA* 1988, 259, 2108–2112.
17. Mendell, Mark J, Ekaterina A Eliseeva, Michael Spears, Wanyu R Chan, Sebastian Cohn, Douglas P Sullivan, and William J Fisk. *A Prospective Study of Ventilation Rates and Illness Absence in California Office Buildings*. 2014.
18. Al Horr, Yousef, Mohammed Arif, Amit Kaushik, Ahmed Mazroei, Martha Katafygiotou, and Esam Elsarrag. "Occupant Productivity and Office Indoor Environment Quality: A Review of the Literature." *Building and Environment* 105 (August 2016): 369–89. doi:10.1016/j.buildenv.2016.06.001.
19. Pervin, Tanjima, Ulf-G Gerdtham, and Carl Lyttkens. "Societal Costs of Air Pollution-Related Health Hazards: A Review of Methods and Results." *Cost Effectiveness and Resource Allocation* 6, no. 1 (2008): 19. doi:10.1186/1478-7547-6-19.
20. Fisk, W.J. and Rosenfeld, A.H., 1997. Estimates of Improved Productivity and Health from Better Indoor Environments. *Indoor Air*, 7(3), pp.158-172.
21. Meeker, J.D. and Stapleton, H.M., 2010. House dust concentrations of organophosphate flame retardants in relation to hormone levels and semen quality parameters. *Environmental health perspectives*, 118(3), p.318.
22. Allen J, Gale S, Zoeller RT, Spengler JD, Birnbaum L, McNeely E. 2016. PBDE Flame Retardants, Thyroid Disease, and Menopausal Status in U.S. Women. *Environmental Health*. DOI 10.1186/s12940-016-0141-0
23. Trudel, D., Horowitz, L., Wormuth, M., Scheringer, M., Cousins, I.T. and Hungerbühler, K., 2008. Estimating consumer exposure to PFOS and PFOA. *Risk Analysis*, 28(2), pp.251–269.
24. Hu, X.C., Andrews, D.Q., Lindstrom, A.B., Bruton, T.A., Schaider, L.A., Grandjean, P., Lohmann, R., Carignan, C.C., Blum, A., Balan, S.A., Higgins, C.P., Sunderland, E.M. 2016. Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants. *Environ Sci Technol Letters* DOI: 10.1021/acs.estlett.6b00260
25. Lowell Center for Sustainable Production. Phthalates and Their Alternatives: Health and Environmental Concerns. Technical Briefing. January, 2011.

建筑物健康证明 + FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

热健康



何为热健康？热健康为何重要？

热健康是 ForHealth 团队建议使用的术语，我们希望其可以取代较常用、也比较狭义的“热舒适度”一词。热健康这个术语，涵盖了热条件对人的健康的所有影响，其中包括致人死亡，并不局限于“舒适度”。在过去，建筑环境的重点一直放在热舒适度上，热舒适度被定义为“对热环境表达满意度时的内心状态，是一项主观评估”。¹热舒适度受气温、平均辐射温度、空气流速以及湿度之类客观因素的影响，还受到新陈代谢活动水平和衣服隔热之类个人因素的影响。²Ole Fanger 在 20 世纪 70 年代开发的一个模型被沿用至今。该模型提供了一种方法，可基于这些参数，预测身在一处空间中的人是否会对热舒适度表示满意。³目前管控建筑物中热舒适度的标准便是基于该模型制定的。该标准中规定的目标，是提供让其中至少 80% 的人感到满意的环境。⁴很多研究业已表明，当各项热舒适度参数落在这些容许范围以外，人们在办公室、学校和家中的能力表现会受到显著影响。不过热条件的影响并不局限于舒适度。温度和湿度也能对人的健康造成巨大影响。2003 年爆发的法国热浪，夺走近 15000 条生命，便已证明了这种巨大影响。⁵当人类面临全球升温的局面，此类事件将愈发频繁地出现。鉴于此，我们建议使用术语“热健康”，以突出热条件对人造成的所有健康影响。

在建筑物中，机械系统扮演着怎样的角色？

1902 年，Willis Carrier 发明了第一台现代空调系统。人们从此拥有了完全掌控建筑物内部热稳定环境的能力。有史以来，我们首次能够在严格定义的容许范围内，调节室内的温度和湿度条件。人们的工作场合和工作时间，因而永远得以改变。室内温度受到包括建筑设计、建筑地形与朝向、住户密度、通风策略、建筑结构以及通风模式在内多种因素的影响。^{5,6}在当今的多数建筑中，通风系统担负着管控室内温度和湿度的职责。不过，有人试图通过提供专门制热/制冷但并不依赖通风功能的系统，把机械系统目前承担的、既控制通风又要控制制热/制冷的双重职能角色分开。

热条件的影响并不局限于舒适度。温度和湿度也能对人的健康造成巨大影响。2003 年爆发的法国热浪，夺走近 15000 条生命，便已证明了这种巨大影响……鉴于此，我们建议使用术语“热健康”，以突出热条件对人造成的所有健康影响。

热条件会怎样影响人体？

人体的热调节功能受一套自我平衡系统控制。该系统会对身体外部的热信号和体内的荷尔蒙信号做出响应，以便把核心体温保持在大约 37° 摄氏度。这主要通过扩张或收缩血管实现。扩张或收缩血管会通过对流和传导，以及出汗和颤抖之类其他热效应机制，改变热量从人体消散的速度。湿度会对人体生理机能中的蒸发冷却机制产生影响。也即，如果湿度过高且空气较为饱和，身体通过出汗降低自身体温的能力便会减弱。



热条件能如何影响人的健康？

大量文献记载表明，就建筑物住户的体验而言，热条件是其中不可或缺的一部分。在一项目于欧洲多地针对办公楼所进行的研究中，员工对工作空间中热舒适度的不满，在各种抱怨中居于首位。很多员工表示，自己在工作空间中体验和完成工作任务的能力，基本完全取决于通风、温度控制和湿度这些因素。⁷重要的是，越来越多证据表明，除热舒适度外，健康影响可能与室内热条件有关。在一项目针对工作空间热条件以及影响健康的因素

的研究中发现，通风、湿度和热量之类的热因素令人不适时，工作者会出现发痒、流眼泪、头疼、喉咙发炎这样的症状。⁸室内环境太热时，有证据表明，人们表现出的病态建筑综合症的症状、负面情绪、呼吸道疾病症状、以及疲劳感都会增多，心率会升高。⁹温度和湿度对疾病传播可能也有影响。¹⁰已有发现表明，又冷又干燥的环境便于流感病毒传播。这是

湿度会对人体生理机能中的蒸发冷却机制产生影响。也即，如果因空气较为饱和而导致湿度过高，身体通过出汗降低自身体温的能力便会减弱。

由于，低湿度水平延长了病毒颗粒存在于空气中的时间，低温也延长了病毒释放期。而在完全相反的情况下，即温暖潮湿的环境，则会促进霉菌和真菌生长。¹¹

热条件能影响人们的能力表现和学习吗？

热条件对学龄儿童的能力表现和学习有影响。在一次全国范围的有 4000 多名六年级学生参加的数学测试中，自称从未有过室内高温体验的学生们，比每天都在高温中煎熬的学生们，多答对了 4% 以上的题目。¹²另一项有 3000 多名学龄儿童参加、涉及 140 间五年级教室的研究发现，在 20-25° 摄氏度（68-77 华氏度）范围内，温度每降低 1°C，学生的数学测试平均成绩都会有提升。¹³关于纽约市高中生参加美国纽约州会考的成绩，近来有一项研究表明，当考试在热天举行时，学生们的成绩大受影响。相比在 72° 华氏度的日子举办的考试，在 90° 华氏度的日子举办考试时，学生通过考试的可能性降低了 6.2%。研究报告的撰写者得出结论认为，不论就短期还是就长期而言，这都可能对学生们在经济上构成深远影响。¹⁴

极端炎热情况会伴随哪些风险？

热浪在全球范围内都是一项主要的致死原因，每年都会夺走数千条生命。2003 年发生的一次热浪备受关注，仅在法国就夺走了近 15000 条生命。¹⁵建筑物有可能减轻这种热暴露，但也有可能使其加剧。热浪夺人性命的风险因素包括年龄、社会经济状态、城市化程度和空调。使用空调的空间，可以成为温度稳定、免受炎热侵袭的避难所。身处其中者可免于被热浪夺走性命。而不使用空调的建筑物，由于内部本身就有热负荷，室内温度实际上可能高于室外温度。此外，由于建筑物自身具有热容量，室内温度在夜间或热浪过后可能继续升高。由于全球气候变化，炎热情况发生的频率和严重程度都在显著升高。这增加了炎热致死的可能性，也使得控制建筑物热力参数成为一个不断向前发展的关键公共卫生问题。

研究人员已发出过建议，热舒适度对上班族的能力表现的影响，远比工作压力或工作满意度对其的影响重要得多。



参考文献

1. ASHRAE. ASHRAE Standard 55-2013. Accessed August 4, 2016. <https://www.ashrae.org/resources--publications/bookstore/standard-55>.
2. De Dear, R. "Thermal Comfort in Practice". *Indoor Air* 14, suppl. 7 (August, 2004): 32-39. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00270.
3. Fanger, P Ole (1970). *Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. McGraw-Hill
4. Hémon D, Jougla E, Clavel J, Laurent F, Bellec S, Pavillon G. Sur mortalité liée à la canicule d'août 2003 en France. *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*. 2003;45-46:221-5.
5. Salthammer, Tunga, Erik Uhde, Tobias Schripp, Alexandra Schieweck, Lidia Morawska, Mandana Mazaheri, Sam Clifford, et al. "Children's Well-Being at Schools: Impact of Climatic Conditions and Air Pollution." *Environment International* 94 (September 2016): 196–210. doi:10.1016/j.envint.2016.05.009.
6. Chatzidiakou, L., D. Mumovic, and A. Summerfield. "Is CO₂ a Good Proxy for Indoor Air Quality in Classrooms? Part 1: The Interrelationships Between Thermal Conditions, CO₂ Levels, Ventilation Rates and Selected Indoor Pollutants." *Building Services Engineering Research and Technology* 36, no. 2 (January 9, 2015): 129–61.
7. Sakellaris IA, Saraga DE, Mandin C, Roda C, Fossati S, de Kluizenaar Y, Carrer P, Dimitroulopoulou S, Mihucz VG, Szigeti T, Hänninen O, de Oliveira Fernandes E, Bartzis JG, Bluysen PM. Perceived Indoor Environment and Occupants' Comfort in European "Modern" Office Buildings: The OFFICAIR Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2016 Apr 25;13(5). pii: E444
8. Bluysen, P. M., C. Roda, C. Mandin, S. Fossati, P. Carrer, Y. de Kluizenaar, V. G. Mihucz, E. de Oliveira Fernandes, and J. Bartzis. "Self-Reported Health and Comfort in 'modern' Office Buildings: First Results from the European OFFICAIR Study." *Indoor Air* 26, no. 2 (March 14, 2015): 298–317. doi:10.1111/ina.12196.
9. Lan, L., P. Wargocki, D. P. Wyon, and Z. Lian. "Effects of Thermal Discomfort in an Office on Perceived Air Quality, SBS Symptoms, Physiological Responses, and Human Performance." *Indoor Air* 21, no. 5 (April 18, 2011): 376–90.
10. Lowen, A. C., Mubareka, S., Steel, J., & Palese, P. (2007). Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog*, 3(10), e151. <http://journals.plos.org/plospathogens/article?id=10.1371/journal.ppat.0030151>
11. Spengler, JD, Samet, JM, McCarthy JF, Eds. Indoor Air Quality Handbook, New York, McGraw-Hill 2001 Fang, L., Wyon, D. P., Clausen, G., & Fanger, P. O. (2004). Impact of Indoor Air Temperature and Humidity in an Office on Perceived Air Quality, SBS Symptoms and Performance. *Indoor Air*, 14(s7), 74-81.
12. Haverinen-Shaughnessy, Ulla, Mari Turunen, Jari Metsämuuronen, Jari Palonen, Tuula Putus, Jarek Kurnitski, and Richard Shaughnessy. *Sixth Grade Pupils' Health and Performance and Indoor Environmental Quality in Finnish School Buildings*.
13. Haverinen-Shaughnessy, Ulla and Richard J. Shaughnessy. "Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores." Edited by Jeffrey Shaman. *PLOS ONE* 10, no. 8 (August 28, 2015): e0136165. doi:10.1371/journal.pone.0136165.
14. Park, J, Temperature Test Scores, and Educational Achievement, 2016, in preparation.

建筑物健康证明 FOR HEALTH



SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

潮湿



建筑物的潮湿情况为何重要？

建筑物水损的范围及其形成后人们与水损区域的接触，都是很广泛课题；一些在欧洲、加拿大和美国进行的研究已在多达 36% 的住宅中观察到了发霉、霉菌或建筑物水损。¹美国环境保护署在全美范围内进行的一项调查发现，美国各地 85% 的办公楼中都存在水损，45% 的办公建筑在接受调查时依然存在主动漏水的情况。²2000-2013 年间的众多出版物都对人们接触室内水损区域这一情况进行过报道。在一份回顾这些出版物的报告中，研究人员确认，就防治哮喘和其他呼吸道疾病的方法而言，不论是在敏感人群当中，还是在不敏感人群当中，对室内湿气和潮湿处的接触进行控制这一方法，受到的关注度最高。³在一个人过敏之前，接触高浓度的过敏原可能不会造成过敏反应。但是一旦人已经过敏，哪怕只是低浓度的过敏原，也可能使其出现过敏反应。

潮湿如何影响室内环境？

美国职业安全与卫生管理局 (OSHA) 在回顾 1994 至 2001 年间发布的超过 12 万份室内空气质量文档时，将有损伤、设计不良且维护不当的建筑物发生进水确认为因接触霉菌而引发建筑物相关疾病的首要来源。⁴建筑物中常见的潮湿来源可包括：水管泄漏、屋顶漏水和窗户进水；淹水；形成于各种低温表面的冷凝（如隔热不良的墙体和窗户、未经隔热处理的冷水管、洗手间）；维护不良的排水盘；或因建筑外围景观或天沟排水沟方面的原因而使建筑物周围或内部积水导致的湿地基。潮湿的次要来源包括厨房通风不足产生的水蒸汽、淋浴器或燃烧器具。⁵过量潮气聚积在建筑物中会形成有利于霉菌生长的条件。若不加以控制，可能会毁掉其生长所依托的各种表面。⁶潮气凝聚和霉菌生长若未被注意到，便可能在墙板、室内铺设的地毯之类材料处逐渐增加。即便在那些有专人精心照料和保养的建筑物中，情况亦是如此。

EPA 进行的一项全国性调查表明，全美各地 85% 的办公楼都存在水损，45% 的办公建筑存在主动漏水的情况。

在建筑物中，霉菌借助室内和室外空气不断漂浮的孢子和微小细胞的逐渐增加进行繁殖。⁶霉菌孢子遇到潮湿的室内表面时，就开始在宿主表面上生长并侵蚀宿主表面。建筑物中会接触霉菌的，通常是地毯、天花板、隔热材料、木材、壁纸后面或 HVAC 系统中的区域。⁷这些菌类可能产生大量会刺激皮肤的物质，包括各种孢子和挥发性有机化合物 (VOC)。挥发性有机化合物是霉味的起因。人们接触这些化合物后，其健康状况也会受到不利的影响。⁷最常见的室内霉菌是枝孢菌、青霉菌、链格孢属真菌和曲霉菌。⁵

室内潮湿如何影响人的健康？

婴儿、儿童、老年人和免疫系统低下者，尤其容易遭受与霉菌有关的健康影响。霉菌引发哮喘是最常见的、室内潮湿导致的健康影响。据 EPA 与美国劳伦斯伯克利国家实验室共同获得的研究成果估计，



每年 2180 万哮喘病例中，源于接触住宅中湿气和霉菌的情况，占到 21%。³几项研究已发现，对于患有过敏性哮喘和非过敏性哮喘的儿童，住宅中出现高浓度的霉菌会使这些患者的哮喘加重。^{8,9,10}在患有先天性严重哮喘的人群中，已观察到严重性更甚的影响如哮喘发病。⁶对于并未患有呼吸性疾病或过敏症的人，接触霉菌污染可能引发大量与过敏有关的症状，如打喷嚏、流鼻涕、眼睛发炎、咳嗽、鼻塞和皮疹。⁵过敏性肺炎、过敏性鼻炎、湿疹、有毒霉菌综合症、支气管炎以及肺部肿瘤的发育，都与接触霉菌有关。^{2,7,11}

室内潮湿如何影响人的工作效率和学习？

正如前面一节所提到的，学校和办公楼之类的大型公共建筑，一旦存在水损和霉菌，便会让其中的用户染上大量与建筑物相关的疾病。这种接触带来的各种健康影响，将干扰工作场所中的效率、影响工作绩效，并形成令人不快的工作环境。2000 年于瑞典进行的一项研究发现，人们自报的各项有关办公楼潮湿的问题与哮喘、过敏症状和呼吸道感染相关。采用自然通风的老建筑，更常出现楼内潮气，在其中工作的雇员投诉也更频繁。¹²在美国进行的多项研究中发现，确诊的 21% 成人新发病哮喘病例，与职业环境中接触潮气、霉菌有关。¹³

每年 2180 万哮喘病例中，源于接触住宅中湿气和霉菌的情况，占到 21%。

在校园中，儿童和教师都承担着因接触霉菌而遭受健康影响的高风险。实际上，近来的多项研究已确认，教师们罹患哮喘的患病率高于其他非工业职业的从业者，与蓝领工人们的患病率相类似。¹⁴这项研究还表明，教师群体出现的这些日渐增多的哮喘类症状，可能降低其生活质量、导致工作效率变差并干扰课堂教学。研究人员已发现，在存在水损的建筑物中，教师的声带功能障碍以及咳嗽、胸闷、哮喘和声音嘶哑患病率显著提高。¹⁵学生每年在教学楼中度过的时间高达 12000 小时。¹⁶教室中出现的有害物质，直接影响着这些学生的缺勤率和学习效率。在一项有关呼吸道疾病症状发病频率的调查中，调查人员观察到，在受到潮气损害的校园中，师生在周末和假期出现流鼻涕、干咳、吐痰、声音嘶哑、咽喉肿涨或眼睛发痒、头痛这些症状的发作明显轻于在校期间，疲劳程度也比在校期间轻。¹⁷



参考文献

1. Cho, Seung-Hyun, Tiina Reponen, Grace LeMasters, Linda Levin, Jian Huang, Teija Meklin, Patrick Ryan, Manuel Villareal, and David Bernstein. "Mold Damage in Homes and Wheezing in Infants." *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 97, no. 4 (October 2006): 539–45. doi:10.1016/s1081-1206(10)60947-7.
2. U.S. Environmental Protection Agency. *Moisture Control Guidance for Building Design, Construction and Maintenance Indoor Air Quality (IAQ)*. n.p., 2014. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/moisture-control.pdf>.
3. Kanchongkittiphon, Watcharoot, Mark J Mendell, Jonathan M Gaffin, Grace Wang, and Wanda Phipatanakul. *EHP – Indoor Environmental Exposures and Exacerbation of Asthma: An Update to the 2000 Review by the Institute of Medicine*. October 2012. Accessed July 29, 2016. doi:10.1289/ehp.1307922. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1307922>.
4. OSHA. *Preventing Mold-Related Problems in the Indoor Workplace: A Guide for Building Owners, Managers, and Occupants*. n.d.: 1–32.
5. CDC. "Indoor Environmental Quality: Dampness and Mold in Buildings." October 31, 2013. Accessed July 25, 2016. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/mold.html>.
6. Baxi, Sachin N., Jay M. Portnoy, Désirée Larenas-Linnemann, and Wanda Phipatanakul. "Exposure and Health Effects of Fungi on Humans." *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* March 2016, . doi:10.1016/j.jaip.2016.01.008.
7. Pettigrew, H. David, Carlo F. Selmi, Suzanne S. Teuber, and M. Eric Gershwin. "Mold and Human Health: Separating the Wheat from the Chaff." *Clinical Reviews in Allergy & Immunology* 38, no. 2-3 (August 28, 2009): 148–55. doi:10.1007/s12016-009-8175-5.
8. Dannemiller, Karen C., Janneane F. Gent, Brian P. Leaderer, and Jordan Peccia. "Indoor Microbial Communities: Influence on Asthma Severity in Atopic and Nonatopic Children." *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 138, no. 1 (July 2016): 76–83. e1. doi:10.1016/j.jaci.2015.11.027.
9. Polyzois, Dimos, Eleoussa Polyzoi, John A Wells, and Theo Koulis. "Poor Indoor Air Quality, Mold Exposure, and Upper Respiratory Tract Infections—Are We Placing Our Children at Risk?" *Journal of Environmental Health* 78, no. 7 (March 2016): 20–27.
10. Jaakkola, Jouni J. K., Bing-Fang Hwang, and Niina Jaakkola. "Home Dampness and Molds, Parental Atopy, and Asthma in Childhood: A Six-Year Population-Based Cohort Study." *Environmental Health Perspectives* 113, no. 3 (December 9, 2004): 357–61. doi:10.1289/ehp.7242.
11. Fisk, WJ, EA Eliseeva, and MJ Mendell. "Association of Residential Dampness and Mold with Respiratory Tract Infections and Bronchitis: A Meta-Analysis." *Environmental Health* 9, no. 1 (November 15, 2010): 1. Accessed July 26, 2016. doi:10.1186/1476-069X-9-72. <http://dx.doi.org/10.1186/1476-069X-9-72>.
12. Bornehag, C. -G., J. Sundell, and T. Sigsgaard. "Dampness in Buildings and Health (DBH): Report from an Ongoing Epidemiological Investigation on the Association Between Indoor Environmental Factors and Health Effects Among Children in Sweden." *Indoor Air* 14, no. s7 (August 2004): 59–66. doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00274.x.
13. Fletcher, Alicia M., Matthew A. London, Kitty H. Gelberg, and Anthony J. Grey. "Characteristics of Patients with Work-Related Asthma Seen in the New York State Occupational Health Clinics." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 48, no. 11 (November 2006): 1203–11. doi:10.1097/01.jom.0000245920.87676.7b.
14. Angelon-Gaetz, Kim A., David B. Richardson, Stephen W. Marshall, and Michelle L. Hernandez. "Exploration of the Effects of Classroom Humidity Levels on Teachers' Respiratory Symptoms." *International Archives of Occupational and Environmental Health* 89, no. 5 (January 27, 2016): 729–37. doi:10.1007/s00420-016-1111-0.
15. Cummings, Kristin J., Jordan N. Fink, Monica Vasudev, Chris Piacitelli, and Kathleen Kreiss. "Vocal Cord Dysfunction Related to Water-Damaged Buildings." *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice* 1, no. 1 (January 2013): 46–50. doi:10.1016/j.jaip.2012.10.001.
16. NCES. "Schools and Staffing Survey (SASS)." December 2011. Accessed July 28, 2016. <https://nces.ed.gov/surveys/sass/question1112.asp>.
17. Casas, L., A. Espinosa, J. Pekkanen, A. Asikainen, A. Borràs-Santos, J. Jacobs, E. J. M. Krop, et al. "School Attendance and Daily Respiratory Symptoms in Children: Influence of Moisture Damage." *Indoor Air* June 2016,. doi:10.1111/ina.12311.

建筑物健康证明 + FOR HEALTH



SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

灰尘与害虫



灰尘对人们的健康有何重要影响？

很多污染物藏身于灰尘中，人们接触灰尘的方式有三种：1) 吸入再悬浮尘；2) 直接皮肤吸收；3) 通过手口接触行为摄入。第一条途径：人们在室内走动、用真空吸尘器清扫房间或叠衣服这些正常活动发生时，人的衣服、家具和其他带软垫的材料表面的灰尘（又称颗粒）会持续不断地悬浮和再悬浮。¹实际上，在每个人的日常活动中，其周围都存在一团再悬浮尘形成的“云”，与卡通片《查理布朗与史努比》中那个有名的“邋遢王(Pigpen)”人物别无二致。²再悬浮的过程中，颗粒就可能被人吸入，从而发生了接触。第二条途径：空气和灰尘中的化学物质可能脱离空气和灰尘、落在皮肤上，通过皮肤吸收进入我们体内。第三条途径：有时被称为“伴随摄入灰尘”。落在我手上的泥土和灰尘，转移到食物上后被摄入，或直接在手口接触的过程中被摄入。据估计成人每天摄入的室内灰尘可多达100毫克，儿童则可多达200毫克。³儿童的灰尘摄入率更高，这是由于儿童们接触地板和其他表面的时间更长，手口接触行为也更频繁。

每天进入我们体内的这大量灰尘与我们的健康息息相关。这是由于灰尘扮演着藏污纳垢的角色，各种可能会对人体构成危害的动因包括：可进入室内的室外颗粒、病毒、细菌、化学物质、过敏原（虫害、螨虫、霉菌孢子、花粉）、建筑材料、皮屑、织物纤维以及含铅油漆片都在灰尘中找到了容身之所。这些动因中的某一些（如病毒），可能只存在于灰尘中几小时，而另一些却可能存在于灰尘中几十年。室内灰尘是人们通过含铅油漆接触铅的首要途径。灰尘中积聚的这些铅可能来自油漆片，或是来自室外带进家里的泥土。与空气中的化学物质不同，灰尘中的化学物质即便在源头已被除去后，仍能持续与住户发生接触。人们把这种不在环境中分解、因而会在灰尘中持续存在多年的化学物质，称为持久性有机污染物(POP)。这种化学物质尤其引人关注。⁴例如，用在消费品中的阻燃剂类化学物质，便会脱离产品本身，转移到空气和灰尘中。⁵据多项研究记载，室内灰尘中的化学物质的数量，与居住、工作在那些环境中的人们血液中的化学物质的数量直接相关。⁶在研究人们接触化学物质的过程中，这为从整体上研究室内灰尘所扮演的重要角色提供了定量证据。

害虫对人们的健康有何重要影响？

对于害虫和家畜，人们最关注的一点是，它们把各种过敏原带进室内环境。这会导致成人和儿童的免疫反应。在大多数室内位置，过敏原最常来自于：尘螨、蟑螂、老鼠、家鼠、猫和狗。



尘螨是微生物害虫，以脱落自人体和动物的皮屑为食，通常孳生在寝具、床垫和家具装饰品中。虽然尘螨不咬人、不蛰人，其排泄物和身体却会产生有害过敏原(Der p1)。该过敏原会严重影响人的健康。⁷人们已经发现，螨虫与哮喘、⁸免疫反应如过敏性鼻炎(花粉症)、过敏反应(从轻度症状如流鼻涕和流眼泪，到更严重的反应如哮喘发作)之间有关联。在儿童哮喘患者中，尘螨过敏原的过敏率在48-63%之间。^{9,10}由于接触了高浓度过敏原，这些儿童需要入院治疗的风险更高了。¹¹在一项于全美各地进行的研究中，每五个家庭中，至少有四家检测到了尘螨过敏原。而这四家中，每家至少有一张床被检测到了过敏原。¹²蟑螂之类昆虫也能把过敏原(Bla g1 和 Bla g2)带进室内环境。人们接触这些过敏原后就可能过敏。¹³在一项有关儿童哮喘患者的研究中，接触蟑螂过敏原被确认为住院治疗的风险因素。¹⁴老鼠和家鼠这样的害虫，通过鼠尿释放过敏原(Mus m1 和 Rat n1)。鼠尿干燥后，含有过敏原的灰尘成为再悬浮尘并被人吸入，从而导致过敏反应。狗和猫这样的家畜也会产生过敏原(Fel d1 和 Can d1)。¹⁵因会导致某些体质敏感的人们出现过敏反应，猫过敏原尤为知名，其具有“挥之不去”的特性。意思是它会粘附在衣服、墙壁、家具和地毯上。¹³多项有关养猫家庭和不养猫家庭的研究表明，养猫家庭里猫过敏原的浓度更高。不过出人意料的是，不养猫家庭和学校、办公室以及飞机当中经常检测出猫过敏原。正是由于该过敏原粘附在人衣服上便“挥之不去”的特性，才会被携带到没有猫的地方。¹⁵

灰尘扮演着藏污纳垢的角色，各种会对人体构成危害的动因：可进入室内的室外颗粒、病毒、细菌、化学物质、过敏原(虫害、螨虫、霉菌孢子、花粉)、建材、皮屑、织物纤维以及含铅油漆片都在灰尘中找到了容身之所。

杀虫剂是解决问题还是带来问题？

讨论建筑环境中的虫害防治时，人们最关注的一点就是化学杀虫剂的使用。杀虫剂被用于杀死昆虫(杀虫剂)、去除杂草(除草剂)、杀死啮齿动物(灭鼠剂)，以及用于对霉菌和真菌的生长进行防控(杀真菌剂和灭微生物剂)。尽管在妥善使用的情况下，这些化合物可能有一些潜在优点，但其作为毒剂使用所具有的潜在风险，还是受到了EPA和CDC等机构的关注。^{16,17,18,19}据EPA于2014年进行的一项调查报道，接受调查的家庭中有75%在家中使用杀虫剂。这些家庭使用的通常是杀昆虫剂或消毒剂。该调查还发现在80%的情况下，大多数人是在室内与杀虫剂发生接触。对十几种杀虫剂的统计都达到该显著性水平。而相关统计数据都测量自室内空气。²⁰拟除虫菊酯和有机磷酸酯类(OP)这样的虫害防治化合物是有毒物质，有可能导致长期影响，即便以低剂量使用也是如此。多项研究已记载了接触拟除虫菊酯导致的致癌效应。²¹在一项儿童健康荟萃分析中，分析人员观察到，室内杀虫剂污染物与尿路感染、内耳感染、急性淋巴细胞白血病、急性骨髓性白血病和非霍奇金淋巴瘤有关。²²人与OP的接触，已被证明与不利的生殖系统健康影响和甲状腺疾病有关。²³摄入或吸入人体的灭鼠剂有剧毒是由于灭鼠剂含有抗凝血剂，会让接触灭鼠剂的人置于内出血风险。²⁴



参考文献

1. Ferro, A.R., Kopperud, R.J. and Hildemann, L.M., 2004. Elevated Personal Exposure to Particulate Matter from Human Activities in a Residence. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 14, pp.S34-S40.
2. Rodes, Charles E., Richard M. Kamens, and Russell W. Wiener. "The Significance and Characteristics of the Personal Activity Cloud on Exposure Assessment Measurements for Indoor Contaminants." *Indoor Air* 1, no. 2 (July 1991): 123–45. doi:10.1111/j.1600-0668.1991.03-12.x.
3. USEPA. *Exposure Factors Handbook*; National Center for Environmental Assessment: Washington, DC, 1997.
4. World Health Organization. *Persistent Organic Pollutants: Impact on Child Health WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Persistent Organic Pollutants: Impact on Child Health*. 2011,. Accessed August 16, 2016. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44525/1/9789241501101_eng.pdf.
5. Allen, J.G., McClean, M.D., Stapleton, H.M. and Webster, T.F., 2008. Critical Factors in Assessing Exposure to PBDEs Via House Dust. *Environment international*, 34(8), pp.1085-1091.
6. Zota, A.R., Rudel, R.A., Morello-Frosch, R.A. and Brody, J.G., 2008. Elevated House Dust and Serum Concentrations of PBDEs in California: Unintended Consequences of Furniture Flammability Standards? *Environmental Science & Technology*, 42(21), pp.8158-8164.
7. American Lung Association. "Dust Mites." Accessed July 20, 2016. <http://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/indoor/indoor-air-pollutants/dust-mites.html?referrer=https://www.google.com/?referrer=http://www.lung.org/our-initiatives/healthy-air/indoor-air-pollutants/dust-mites.html>.
8. Williams, Ann Houston, James Travis Smith, Edward E. Hudgens, Scott Rhoney, Halük Özkaynak, Robert G. Hamilton, and Jane E Gallagher. "Allergens in Household Dust and Serological Indicators of Atopy and Sensitization in Detroit Children with History-Based Evidence of Asthma." *Journal of Asthma* 48, no. 7 (August 10, 2011): 674–84. doi:10.3109/02770903.2011.599909.
9. Brugge, D., C. Rioux, T. Groover, J. Peters, A. Kosheleva, and J. I. Levy. "Dust Mites: Using Data from an Intervention Study to Suggest Future Research Needs and Directions." *Reviews on Environmental Health* 22, no. 3 (January 2007). doi:10.1515/reveh.2007.22.3.245.
10. Schram-Bijkerk, D., G. Doekes, M. Boeve, J. Douwes, J. Riedler, E. Üblagger, E. von Mutius, et al. "Exposure to Microbial Components and Allergens in Population Studies: A Comparison of Two House Dust Collection Methods Applied by Participants and Fieldworkers." *Indoor Air* 16, no. 6 (December 2006): 414–25. doi:10.1111/j.1600-0668.2006.00435.x.
11. Gore, Robin B., Lisa Curbishley, Nicholas Truman, Elizabeth Hadley, Ashley Woodcock, Stephen J. Langley, and Adnan Custovic. "Intranasal Air Sampling in Homes: Relationships Among Reservoir Allergen Concentrations and Asthma Severity." *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 117, no. 3 (March 2006): 649–55. doi:10.1016/j.jaci.2005.12.1351.
12. Arbes SJ Jr, Cohn RD, Yin M, Muilenberg ML, Burge HA, Friedman W, Zeldin DC. House Dust Mite Allergen in US Beds: Results from the First National Survey of Lead and Allergens in Housing. *J Allergy Clin Immunol*. 2003 Feb;111(2):408-14.
13. Spengler, J.D., Samet, J.M. and McCarthy, J.F., 2001. Indoor Air Quality Handbook.
14. Rosenstreich, D.L., Eggleston, P., Kattan, M., Baker, D., Slavin, R.G., Gergen, P., Mitchell, H., McNiff-Mortimer, K., Lynn, H., Ownby, D. and Malveaux, F., 1997. The Role of Cockroach Allergy and Exposure to Cockroach Allergen in Causing Morbidity Among Inner-City Children with Asthma. *New England Journal of Medicine*, 336(19), pp.1356-1363.
15. Custovic, A., Green, R., Taggart, S.C.O., Smith, A., Pickering, C.A.C., Chapman, M.D. and Woodcock, A., 1996. Domestic Allergens in Public Places II: Dog (Can f 1) and Cockroach (Bla g 2) Allergens in Dust and Mite, Cat, Dog and Cockroach Allergens in the Air in Public Buildings. *Clinical & Experimental Allergy*, 26(11), pp.1246-1252.
16. EPA. "Pesticides' Impact on Indoor Air Quality." October 15, 2015. Accessed July 1, 2016. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/pesticides-impact-indoor-air-quality>.
17. CDC. "Indoor Environmental Quality." June 18, 2013. Accessed July 21, 2016. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/constructionieq.html>.
18. CDC. "Particle Pollution." April 1, 2014. Accessed July 19, 2016. http://www.cdc.gov/air/particulate_matter.html.
19. CDC. "Pesticide Illness & Injury Surveillance." August 14, 2015. Accessed July 1, 2016. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pesticides/>.
20. EPA, US and ORIA. "Pesticides' Impact on Indoor Air Quality." October 15, 2015. Accessed July 1, 2016. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/pesticides-impact-indoor-air-quality>; EPA "Pesticides' Impact on Indoor Air Quality." October 15, 2015. Accessed July 1, 2016. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/pesticides-impact-indoor-air-quality>.
21. Chen, M., C. -H. Chang, L. Tao, and C. Lu. "Residential Exposure to Pesticide During Childhood and Childhood Cancers: A Meta-Analysis." *Pediatrics* 136, no. 4 (September 14, 2015): 719–29. doi:10.1542/peds.2015-0006.
22. Wigle, Donald T, Tye E Arbuckle, Michelle C Turner, Annie Berube, Qiuying Yang, Shiliang Liu, and Daniel Krewski. "Epidemiologic Evidence of Relationships Between Reproductive and Child Health Outcomes and Environmental Chemical Contaminants." *Journal of Toxicology and Environmental Health* 11 (May 2008): 373–517.
23. Tapia, Beatriz, Patsy G Bortoni, Enrique Escobedo, David Camann, Lynn P Heilbrun, Robin M Whyatt, and Claudia S Miller. "A Comparative Study of Pesticide Use in Homes of Pregnant Women Living at the TexasMexico Border and in New York City." *TPHA Journal* 64, no. 3 n.d.: 18–23.
24. National Pesticide Information Center. "Rodenticides." Accessed July 1, 2016. <http://npic.orst.edu/factsheets/rodenticides.html>

建筑物健康证明 + FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

安全



健康建筑 9 项基本原理为何包括“安全”？

马斯洛的需求层次论告诉我们，安全是我们的一种基本需求，仅次于对食物和水的生理需求。安全是我们茁壮成长的基础。我们在社会中理解这一点。作为个人，我们通过与警察互动、警戒线、安防摄像头以及给自己的车子、房子和办公室锁门与开锁，了解到了安全在我们日常生活中的角色。在抢劫和犯罪之类严重安全事件发生时确保自身安全的过程中，我们认识到这些行为的重要性。我们可能尚未清楚认识到的，是这些安全感直接影响我们的健康，并且在我们确保自身安全的过程中，建筑物扮演着关键角色。

自我保护的愿望如此强烈，寻求安全如此重要。在我们的基因遗传中天生就带有‘紧贴着墙走’行为特征：趋触性。因为从来无法预测拐角的另一侧迎面而来的是什么，我们倾向于紧贴着墙向拐角走去。趋触性描述的就是我们的这种倾向。³ 神经生物学家们猜想，我们大脑中的‘安全激励系统’发展成了一种适应性反应，以便让我们在监视周围环境时，处于高度警觉状态，从而处理好各种罕见、极端的威胁。而在缺乏令人满意的提示时，或许只有当我们表现出了确信自己安全的行为，这种警觉状态才能消解。⁴

即便在自己未成为受害者的情况下，生活在一个存在犯罪的世界里，人们的健康还是会以很多途径受到影响。

不安全感如何影响人们的健康？

当我们的安全感受到威胁，一连串生物应付威胁时的“或战或逃”生理反应会被触发，我们的生理和心理机能随之会发生改变。⁵ 我们感觉安全受到了威胁。不安全感席卷全身。在压力下分泌出的荷尔蒙如肾上腺素和可的松，会提升心率和增高血压。⁵ 虽然不同的人反应各异，心理压力还是会对免疫功能产生负面影响。短短五分钟就会发生免疫功能病变。⁶ 慢性增加的压力荷尔蒙抑制了免疫功能，这会使自身免疫性疾病和其他炎症恶化。而血压水平增高最终可能导致动脉损伤和空斑形成，从而使受到压力的人承受更高罹患高血压和心血管疾病的风险。⁵ 时间越久，身体承受了来自这些反应的损耗，会使疾病易感性升高。⁷

财物和资源方面的损失，以及感觉自身有生命危险，都与人们的创伤后应激障碍和其他心理健康障碍发病有关联。⁵ 然而即便并未成为受害者，单是认为自己可能会受害，就能引起压力、抑郁、难以入睡以及在公共空间感觉不自在。⁸ 它还能使人远离社会活动。¹⁰ 而这些都可能间接危害健康。这是由于社会支持的缺乏与心血管疾病风险的升高密切相关。⁷ 归根结底，预防性的举止和行为的改变源自害怕遭遇犯罪，可能对自己的心理和生理健康造成不利影响，并会降低一个人的生活质量。^{9,10} 已有证据表明，在学校感觉不安全会对学生的学业成绩产生负面影响。²⁰ 研究人员调查了害怕遭遇犯罪、健康两者间的关系。从多项此类研究获得的样本总体发现：

- 关于害怕遭遇犯罪，受害者和非受害者都自称遭受了负面心理影响。对非受害者而言，害怕遭遇犯罪引发了焦虑感和压力感(65.1%)、难以入睡(27.4%)、抑郁(10%)和无端恐惧症(8%)。¹¹
- 相比不怎么害怕遭遇犯罪的人，比较害怕遭遇犯罪的人越来越少参与社会活动，越来越不锻炼，患常见精神



障碍的几率是前者的 1.5 倍，患抑郁症的几率几乎是前者的两倍。⁸

- 对犯罪‘非常忧虑’与更高的心理压力水平呈显著相关。¹²
- 一旦人们意识到社区暴力行为的存在，便明显害怕去室外散步。人们的恐惧感越强烈，其自行上报的身体健康指标得分就越低。¹³
- 邻里环境的安全程度与居民的体质指数呈显著相关。认为邻里环境更安全、犯罪情况少的人，体质指数(BMI)较低。¹⁴

这些例子取自有关成人的研究。此外还有证据表明，害怕遭遇犯罪也能影响儿童。学生在校园环境感受到的安全感，能对其心理健康、对学校活动的参与程度和学业成就产生影响。学校周边存在暴力行为，与小学生和中学生的英语、数学考试分数较低有关。²⁴城市低收入地区邻里环境不安全。那里的儿童更可能遭遇哮喘控

“人们健康水平下降、越发感到无助、然后更进一步忧虑可能会遭遇犯罪。这三者周而复始，形成了循环。”¹⁵

制不佳、呼吸困难和急救药品的使用增多、活动受到更多限制以及夜间哮喘症状多发。²⁵

害怕遭遇犯罪与健康，可能呈互相影响的关系。这是由于害怕遭遇犯罪会对人的健康产生负面影响。而人的健康状况越糟糕，在可能受害时就感觉越无助，就更感到焦虑。人们如果有长期抑郁症状、生理机能较差或心理机能较差，就更倾向于随之自称害怕遭遇犯罪。¹⁵尤其是对于妇女和老人，有越来越多的证据表明，在认为邻里环境不安全、有犯罪发生的人们当中，运动量不足的情况越来越多。⁹而由于某些人群因年龄、种族地位或残疾几方面原因，受到不成比例的迫害，害怕遭遇犯罪就可能使现有的健康不公平发生恶化。¹⁶

对于人们的安全和健康，建筑环境扮演着何种角色？

当我们进入 21 世纪，室内安全威胁一直在持续演变。房屋管理者们必须考虑并应对多种复杂的现有风险和新出现的风险。这些风险可能来自未经授权的闯入者、持有枪械或爆炸装置的楼内住户、网络安全攻击，也来自大规模杀伤性化学武器、生物武器或放射性武器的威胁。我们可能理所当然地认为，建筑物中的消防安全系统和生命安全系统一直在运转，不料不完善的系统或故障却会导致各种灾难性后果。有关闭路电视监控系统(CCTV)功效的研究仍然有限。¹⁹不过，已有研究表明，设置在城市街道上的安防摄像机对人们的安全感有正面影响。²²身着制服的保安人员也可能影响人们的安全感。不过有些研究表明，如果人们认为某个场所是安全的，保安人员的出现也不会让人们更有安全感。²¹

有证据表明，围墙、锁具或安全门禁系统之类设计良好的安防措施，有可能让人们不再那么害怕遭遇犯罪。

¹⁷英国利物浦的高层塔楼引入增强型安防措施后，楼内居民就不再像其他地方的英国人那么害怕家中遭遇犯罪了。其中一些楼内居民也称，不像以前那么害怕夜晚在楼外街区邻里环境中成为犯罪活动的受害者了。这些居民获得的一项心理健康复合指标评分有显著改善。¹⁸这些初步发现揭示出，安全以一些此前未被意识到的方式，对人们的健康产生了正面影响。新出现的证据表明，害怕遭遇犯罪会侵害我们的身心健康。这意味着，从策略上通盘考虑安防措施与公共卫生目标，以便在建筑环境中保护并增强我们的幸福感，是大有潜力可挖的。



参考文献

1. Dolan, Paul and Peasgood, Tessa (2006) Estimating the Economic and Social Costs of the Fear of Crime. *The British Journal of Criminology*, 47 (1). pp. 121-132. ISSN 0007-0955.
2. Allen, J., MacNaughton, P., Cedeno Laurent, J.G., Flanigan, S., Eitland, E., & Spengler, J. (2015). "Green buildings and health". *Current Environmental Health Reports*, Volume 2, Issue 3, Pages: 250-258.
3. Sussman, A. & Hollander, J. (2015). Cognitive Architecture: Designing for How We Respond to the Built Environment. Routledge Press, New York. 2015.
4. Woody, E. & Szechtman, H. (2011). Adaptation to Potential Threat: The Evolution, Neurobiology, and Psychopathology of The Security Motivation System. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35 (2011) 1019-1033.
5. Schneiderman, N., Ironson, G. & Siegel, S. (2005). Stress and Health: Psychological, Behavioral, and Biological Determinants. *Annual Review of Clinical Psychology* 2005; 1: 607-678. doi10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.144141.
6. Marsland, A.L., Bachen, E.A., Cohen, S., Rabin, B., & Manuck, S.B. (2002). Stress, Immune Reactivity and Susceptibility to Infectious Disease. *Physiology & Behavior*, 77:711-16.
7. American Psychological Association (2015). How Stress Affects Your Health. Retrieved 10 November 2015. <http://www.apa.org/helpcenter/stress.aspx>
8. Stafford, M., Chandola, T., & Marmot, M. (2007). 'Association Between Fear of Crime and Mental Health and Physical Functioning'. *American Journal of Public Health*, 97:2076-81.
9. Foster, S., & Giles-Corti, E. (2008). The Built Environment, Neighborhood Crime, and Constrained Physical Activity: An Exploration of Inconsistent Findings. *Preventive Medicine*, 47: 241-51.
10. Robinson, F. & Keithley, J. (2000). The Impacts of Crime on Health and Health Services: A Literature Review. *Health, Risk & Society*, 2, 253-256.
11. Morrall, P., Marshall, P., Pattison, S. & MacDonald, G. (2010), Crime and Health: A Preliminary Study into the Effects of Crime on the Mental Health of UK University Students. *Journal of Psychiatric and Mental Health Nursing*, 17: 821-828.
12. Roberts, B., Stickley, A., Petticrew, M. & McKee, M. (2010). The Influence of Concern About Crime on Levels of Psychological Distress in the Former Soviet Union. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 66: 433-439. doi:10.1136/jech.2010.118901.
13. Roman, C., Knight, C., Chalfin, A., & Popkin, S. (2009). The Relation of the Perceived Environment to Fear, Physical Activity, and Health in Public Housing Developments: Evidence from Chicago. *Journal of Public Health Policy*, (2009), 30: S286-S308. doi:10.1057/jphp.2008.62.
14. Christian, H., Gilles-Corti, B., Knuiman, M., Timperio, A., & Foster, S. (2011). The Influence of the Built Environment, Social Environment and Health Behaviors on Body Mass Index. Results from RESIDE. *Preventative Medicine*, Volume 53, Issues 1-2, July-August 2011, Pages 57-60.
15. Jackson, J. & Stafford, M. (2009). Public Health and Fear of Crime: A Prospective Cohort Study. *The British Journal of Criminology*, 49(6): 832-847.
16. Lorenc, T., Petticrew, M., Whitehead, M., Neary, D., Clayton, S., Wright, K., Thomson, H., Cummins, S., Sowden, A. & Renton, A. (2013a). Fear of Crime and the Environment: Systematic Review of UK Qualitative Evidence. *BMC Public Health*, 2013, 13:496. doi:10.1186/1471-2458-13-496.
17. Lorenc, T., Petticrew, M., Whitehead, M., Neary, D., Clayton, S., Wright, K., Thomson, H., Cummins, S., Sowden, A., & Renton, A. (2013b). Environmental Interventions to Reduce Fear of Crime: Systematic Review of Effectiveness. *Systematic Reviews*, 2013, 2:30.
18. Green, G., Gilbertson, J., & Grimsley, M. (2002). Fear of Crime and Health in Residential Tower Blocks: A Case Study in Liverpool, UK. *The European Journal of Public Health*. 12(1): 10-15.
19. Welsh, B. C., Farrington, D. P., & Taheri, S. A. (2015). Effectiveness and Social Costs of Public Area Surveillance for Crime Prevention. *Annual Review of Law and Social Science*, 11, 111-130.
20. Lacoé, J. (2013). Too Scared To Learn? The Academic Consequences of Feeling Unsafe at School. *Institute for Education and Social Policy Working Paper*, (02-13).
21. Doyle, M., Frogner, L., Andershed, H., & Andershed, A. K. (2016). Feelings of Safety In The Presence of the Police, Security Guards, and Police Volunteers. *European Journal on Criminal Policy and Research*, 22(1), 19-40.
22. Rompay, T. J., Vries, P. W., & Damink, M. T. (2015). "For Your Safety" Effects of Camera Surveillance on Safety Impressions, Situation Construal and Attributed Intent.
23. National Institute of Building Sciences (2015). Whole Building Design Guide. Security for Building Occupants and Assets. Retrieved from https://www.wbdg.org/design/provide_security.php
24. Chen, J. (2013). Leave No Crime Behind: Exposure to Violence and School Performance in New York City. Doctoral Dissertation. Columbia University. Retrieved from <http://academiccommons.columbia.edu/catalog/ac:182006>
25. Kopel, L. S., Gaffin, J. M., Ozonoff, A., Rao, D. R., Sheehan, W. J., Friedlander, J. L., ... & Gold, D. R. (2015). Perceived Neighborhood Safety and Asthma Morbidity in the School Inner-City Asthma Study. *Pediatric Pulmonology*, 50(1), 17-24.

建筑物健康证明 FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

水质

水质何以重要？

我们都知道，水是生命不可或缺的重要营养物质。¹ 同时水是保持正常体温、润滑关节、保护敏感器官的必需物质。水也是通过出汗、小便和大便，将废物排出体外，保持人体健康必需的物质。² 人们并不熟知的是，被污染的饮用水，在全球范围内都是首要病因之一。被污染的饮用水携带了病原体（即霍乱、痢疾、伤寒、脊髓灰质炎的病原体），导致了近 85 万人因腹泻病而死亡；水中的血吸虫寄生虫影响了 2.4 亿人；数百万人接触了像铅这样含量超标会毒害神经的重金属。人们要耗费大量时间和精力，才能获取安全的饮用水。⁴ 世界卫生组织称，2015 年有 42 亿人通过连接管道获取饮用水，有 24 亿人使用经改善的水源如公共水龙头、有保护的水井和钻井。⁴ 到目前为止，微生物污染可能是造成全球水传播病防治重担的最主要因素。尽管美国公共饮用水设施的安全度在全球屈指可数，⁵ 但水传播病仍在美国持续爆发。来自 CDC 的监控数据表明，2011-2012 年间，据报道全美各地有三十二起饮用水相关疾病爆发，患者共有 431 例，102 例住院治疗，14 例死亡。⁶ 这些疾病爆发中有 78% 以上与社区供水系统有关。

建筑物中的水怎么会不达标？

美国的所有普通饮用水中，约有 61% 直接来自水龙头。⁵ 然而我国的供水基础设施已严重老化，其使用寿命已近尾声。很多水管和干管已经使用了百年以上。⁷ 美国土木工程师协会在 2013 年的一项评估中发现，美国的供水基础设施“要么不良，要么尚可，大多不达标”，“出故障的风险很大”。导致数千儿童喝下铅含量超标水的密歇根州弗林特市饮水危机爆发后，这条评估信息引起了全国广泛关注。⁸ 水质不达标可能有几方面的主要原因。首先，水管的损耗会加剧腐蚀，水和水管固定装置之间发生化学反应，会导致金属溶解。受其影响，铅、铜和其他金属都能不同程度污染饮用水。⁹ 例如，水管中的铅可能来自铅水管和含铅焊料，在强酸性水、低矿物质水和热水系统中尤其如此。⁸ 其次，处理不当，保养欠佳的配水系统，出故障的废水处理系统，意外的污水排放，杀虫剂、化肥和来自农业径流的家畜排泄物，来自制造过程的重金属，都有可能污染饮用水。¹⁰ 再者，水在使用前被

到目前为止，微生物污染可能是造成全球水传播病防治重担的最主要因素。尽管美国公共饮用水设施的安全度在全球屈指可数，水传播病仍在美国持续爆发。

美国环境保护署制定了国家饮用水基本规则 (NPDWR)，其中规定了水质监测计划，还对饮用水中 90 多种污染物做出了法律限制。





储存在管道系统里的时间长短也有可能影响水质。长期储存的水能损毁管道材料，并会因消毒剂（如氯）的功效减弱而使饮用水安全不达标，还会造成微生物滋长，这些都对人的健康构成风险。¹¹ 改用其他方法为铅水管消毒，也可能增加饮用水的铅含量。^{12,13,14}

不良水质如何影响人的健康？

美国环境保护署制定了国家饮用水基本规则 (NPDWVR)，其中规定了水质监测计划，还对饮用水中 90 多种污染物做出了法律限制。¹⁵ 对下列类型的潜在污染物进行了限制：微生物、消毒剂、消毒剂副产物、无机化合物、有机化合物以及放射性核素。EPA 对其中每一项都规定了污染物残留最高限量 (MCLG) 和污染物最大浓度值 (MCL)。其中后者是有法律效力的限值。有时候水质监测值无法满足这些限值的要求。人们从 2004-2009 年间的 2000 多万项自来水水质监测结果调查分析中¹⁶发现，即便是受到监管的污染物中，也有 87 种化学物质至少有一次被监测出含量超标。水质是博大精深的主题，两页内容无法尽窥其妙。因此我们具体提供了几个有关水质和健康的实例，涵盖三类污染物：无机化合物（铅）、有机物（多氟化合物）和微生物（军团菌）。

例 1 - 无机化合物 - 铅

据估计，有 4000 万至 4500 万美国人从小型私有供水系统获取饮用水。这些私有供水系统不受“美国饮用水安全法案”中的“铅和铜条例”监管，也不接受对铅的例行监测。¹⁷ 铅会在人体中蓄积。已有大量研究证实，¹⁸即便是低浓度的铅，也能影响儿童的认知能力发育¹⁹（高剂量的铅能导致眼口鼻发炎、恶心、呕吐、胃痉挛和腹泻之类症状）。²⁰研究已发现，铅水管和水中高浓度的铅与幼龄儿童血铅含量呈显著相关。^{14,21}2016 年，全美各地很多公立学校的饮用水都被检测出铅超标。^{22,23,24,25}这是由于年代久远的学校建筑基础设施在“铅和铜条例”颁布前就已存在。由于发育期儿童在与铅的接触中受到污染，倍感无助，美国环境保护署已与整个科学界共同声明：“目前尚不知晓儿童血铅含量的安全值。”¹⁵ 饮用水中的铅，不止是儿童的健康隐患；它同样也伤害成人的健康。研究也已发现，成人血铅含量升高与心血管疾病的风险因子之一收缩压变异性，²⁶以及高血压、神经紊乱、肾功能减退、生殖系统疾病以及孕妇的胎儿生长迟缓有关。²⁷

例 2 - 有机化合物 - 多氟化合物

高氟化合物，又称多氟化合物，近来也称多氟烷基物质 (PFAS)，是一类可用于厨具、长沙发、地毯和衣服之类消费品的耐污、不粘的化合物。这些化合物也可用于泡沫灭火剂。这些化学物质格外持久，在环境中不会分解。一旦它们从消费品或直接从工业设施中释放出来，就会转移到水源中。近来一项研究发现，美国 33 个州从饮用水设施中检测出了超过 EPA “终身健康建议量”的 PFAS 浓度，据估计影响了 6 百万美国人。研究已发现，对 PFAS 的接触，与癌症、高胆固醇、肥胖症、内分泌干扰²⁸和免疫抑制有关。免疫抑制可能降低儿童疫苗的功效。²⁹

例 3 - 微生物 - 军团菌

美国三分之二的水传播病爆发、26% 的患者染病以及全部 14 例死亡（其中 12 例与医疗设施有关）都是由建筑物供水系统中的军团菌所引起。“军团菌在建筑物水管系统的死水（这类水位于水管系统的“死角”或用水不频繁的区域）、热水中大肆繁殖。水中残余消毒剂浓度低的环境也适合军团菌大肆繁殖。这样的水从水龙头或淋浴器喷出散开后，军团菌开始与人接触，被吸入人体。军团菌会导致两类疾病：一类是类似感冒的自限性疾病，庞蒂雅克热；另一类是一种严重的肺炎，军团病。³⁰



参考文献

1. Kleiner, S. M. (1999). Water: an essential but overlooked nutrient. *Journal of the American Dietetic Association*, 99(2), 200-206.
2. Center for Disease Control. (2014). Water & Nutrition. <https://www.cdc.gov/healthywater/drinking/nutrition/>
3. Institute of Medicine. (2005). Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. The National Academies Press.
4. WHO. (2015). Drinking-Water. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>
5. U.S. Department of Agriculture (2011). Drinking Water Intake in the U.S. What We Eat in America, NHANES 2005-2008. USDA Food Surveys Research Group, Dietary Data Brief No. 7, September 2011.
6. Beer, K.D., Gargano, J.W., Roberts, V.A., Hill, V.R., Garrison, L.E., Kutty, P.K., Hilborn, E.D., Wade, T.J., Fullerton, K.E., & Yoder, J.S. (2015). Surveillance for Waterborne Disease Outbreaks Associated with Drinking Water - United States 2011-2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, Weekly, August 14, 2015, 64(31): 842-848. Centers for Disease Control and Prevention.
7. American Society of Civil Engineers (2013). 2013 Report Card for America's Infrastructure. *Drinking Water*.
8. Hanna-Attisha, Mona; LaChance, Jenny; Sadler, Richard Casey; Champney Schnepp, Allison. 2015. Elevated Blood Lead Levels in Children Associated With the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response. *American Journal of Public Health*. 106(2): 283–290. doi:10.2105/AJPH.2015.303003.ISSN 0090-0036.
9. U.S. Environmental Protection Agency (2016). Basic Information About Lead in Drinking Water. Retrieved from <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/basic-information-about-lead-drinking-water>
10. Centers for Disease Control and Prevention (2009). Water Quality and Testing: Water Quality.
11. Water Research Foundation (2015). Green Building Design: Water Quality Considerations Fact Sheet.
12. U.S. Environmental Protection Agency (2007b). Elevated Lead in D.C. Drinking Water—A Study of Potential Causative Events, Final Summary Report. Washington, DC.
13. Miranda ML, Kim D, Jull AP, Paul CJ, Overstreet Galeano MA. (2007). Changes in Blood Lead Levels Associated with Use of Chloramines in Water Treatment Systems. *Environ Health Perspect* 2007;115: 221–5.
14. Brown MJ, Raymond J, Homa D, Kennedy C, Sinks T. (2012). Association Between Children's Blood Lead Service Lines, and Water Disinfection, Washington, DC, 1998–2006. *Environ Res* 2012; 111:67–74.
15. U.S. Environmental Protection Agency (2015). Drinking Water Regulatory Information. Retrieved from <https://www.epa.gov/dwreginfo/drinking-water-regulatory-information>
16. Environmental Working Group (2009). National Drinking Water Database: 2004-2009.
17. Brown, M.J. & Margolis, S. (2012). Lead in Drinking Water and Human Blood Lead Levels in the United States. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, Supplements, August 10, 2012. 61(04): 1-9. Centers for Disease Control and Prevention.
18. Earl, R., Burns, N., Nettelbeck, T., & Baghurst, P. (2015). Low-Level Environmental Lead Exposure Still Negatively Associated with Children's Cognitive Abilities. *Australian Journal of Psychology*.
19. Bloom, M. (2016). Elevated Lead Levels Found at Half of Atlanta Schools Tested. *The Atlanta Journal-Constitution*. June 30, 2016. Retrieved from <http://www.myajc.com/news/news/local-education/elevated-lead-levels-found-at-half-of-atlanta-scho/nrqXh/>
20. National Institute of Environmental Health Sciences (2013). *Lead and Your Health*.
21. Nitkin, A. (2016, June 20). 26 CPS Schools Have Lead in Their Water: What Does This Mean for Kids? *DNAInfo*.
22. Chambers, J. & Lynch, J. (2016, April 4). Dangerous Lead Levels Detailed at Some DPS Schools. *The Detroit News*.
23. Ludden, J. (2016, March 16). Before Flint, Lead-Contaminated Water Plagued Schools Across U.S. *National Public Radio Morning Edition*. <http://www.npr.org/2016/03/16/470512927/before-flint-lead-contaminated-water-plagued-schools-across-u-s>
24. Hanna-Attisha, M., LaChance, J., Sadler, R. C., & Champney Schnepp, A. (2016). Elevated Blood Lead Levels in Children Associated with the Flint Drinking Water Crisis: A Spatial Analysis of Risk and Public Health Response. *American Journal of Public Health*, 106(2), 283-290.
25. Edwards M, Triantafyllidou S, Best D. 2009. Elevated Blood Lead in Young Children Due to Lead-Contaminated Drinking Water: Washington, DC, 2001-2004. *Environ Sci Technol* 43:1618-23.
26. Faramawi, M. F., Delongchamp, R., Lin, Y. S., Liu, Y., Abouelenien, S., Fischbach, L., & Jadhav, S. (2015). Environmental Lead Exposure is Associated with Visit-To-Visit Systolic Blood Pressure Variability in the US Adults. *International Archives Of Occupational And Environmental Health*, 88(3), 381-388.
27. Howard Hu, Martha María Téllez-Rojo, David Bellinger, Donald Smith, Adrienne S. Ettinger, Héctor Lamadrid-Figueroa, Joel Schwartz, Lourdes Schnaas, Adriana Mercado-García, Mauricio Hernández-Avila. 2006. Fetal Lead Exposure at Each Stage of Pregnancy as a Predictor of Infant Mental Development. *Environ Health Perspect*. 114(11): 1730-1735. doi: 10.1289/ehp.9067
28. Hu, X.C., Andrews, D.Q., Lindstrom, A.B., Bruton, T.A., Schaider, L.A., Grandjean, P., Lohmann, R., Carignan, C.C., Blum, A., Balan, S.A., Higgins, C.P., Sunderland, E.M. 2016. Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants. *Environ Sci Technol Letters* DOI: 10.1021/acs.estlett.6b00260
29. Grandjean, P., Andersen, E.W., Budtz-Jørgensen, E., Nielsen, F., Mølbak, K., Weihe, P. and Heilmann, C., 2012. Serum Vaccine Antibody Concentrations in Children Exposed to Perfluorinated Compounds. *JAMA*, 307(4), pp.391-397.
30. Centers for Disease Control and Prevention (2016b). Legionella (Legionnaire's Disease and Pontiac Fever): About the Disease. Retrieved from <http://www.cdc.gov/legionella/about/>
31. Centers for Disease Control and Prevention (2014b). Water-Related Diseases and Contaminants in Public Water Systems.

建筑物健康证明 FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

噪声



何为‘噪声’？

噪声的定义是：对工作、睡眠和对话之类正常活动构成干扰的，“不受欢迎或令人烦恼不安的声音”。¹飞机、道路交通、火车、割草机、吹雪机以及正在运转的建筑工地重型设备之类室外噪声源发出的噪声，会从室外进入建筑物室内。建筑物中的机械系统和HVAC系统、办公设备、真空吸尘器、工业机械或楼内人们的对话，是楼内产生的噪声。多数人知道接触噪声有可能直接造成听觉效应，即噪声性听力损失。噪声性听力损失能导致一连串其他下游效应，包括：产生沟通障碍、限制注意力集中以及重压之下人的压力和疲劳感增加。不过，接触噪声还会造成一些非听觉效应健康问题。例如，研究人员于2013年的估计表明，噪声水平(55-60 dBA)可能增加人患高血压的风险。而慢性接触该噪声水平的美国人多达1.455亿。²

噪声如何影响人的健康？

每年约有3000万美国人，因职业原因接触有害噪声水平。³另有年龄在20-69岁之间的2600万美国人，患有可能因工作空间或休闲活动中接触噪声而引起的听力损失。⁴背景噪声的出现，还可能引起混乱并干扰一个人以正常说话音量与其他人沟通并听清别人讲话的能力。因而，建筑物住户可能需要提高自己的声音，弥补噪声引起的干扰。已有研究发现，校外高噪声水平、教师们上报的工作空间传声效果不良与教师的噪音症状如发声疲劳、喉咙发干、声音嘶哑和失声呈显著相关。⁵

每年约有3000万美国人，因职业原因接触有害噪声水平。另有年龄在20-69岁之间的2600万美国人，患有可能因工作空间或休闲活动中接触噪声而引起的听力损失。

接触噪声可能改变人体很多内部器官和系统的机能。⁶关于接触噪声引起的非听觉效应，已有多项研究观察到，噪声水平的升高与收缩压和舒张压升高、心率变化以及高血压有关。⁸已有研究表明，儿童接触环境噪声与学生中出现的疲劳、易怒、⁹情绪症状、行为举止问题、多动症加剧、^{10,11,12}血压升高、^{13,14,15}压力荷尔蒙（如肾上腺素和去甲肾上腺素）水平升高、健康变差¹⁶以及噪声烦恼有关。^{17,18}噪声烦恼，作为心理压力的一种形式，包括了生气、不安、悲痛或挫败感这几种感觉。¹⁸已有研究表明，成人长期身处交通环境所致的噪声烦恼与体力活动减少有关。¹⁹

关于接触噪声引起的非听觉效应，已有研究观察到，噪声水平的升高与收缩压和舒张压升高、心率变化以及高血压有关。



接触噪声对儿童睡眠质量影响的相关研究尽管有限，仍有一些初步发现表明，夜间道路交通噪声可能与人们的日间嗜睡¹⁶和睡眠障碍有关。⁷研究人员发现的大量流行病学证据已表明，对于成人，夜间接触噪声与睡眠障碍有关。接触环境噪声还可能使人们患心血管疾病的风险恶化。^{6,20}已有研究表明，白天道路交通噪声与女性高血压死亡率升高有关，²¹与老年人中风入院治疗有关，还与成人接触噪声水平高于 60 dB 的区域引起的全因死亡率有关。²²所在住宅长期接触道路交通噪声与糖尿病风险的升高、²³腰围变粗和体质指数升高以及肥胖症有关。^{24,25,26}

噪声如何影响人的能力表现？

由于语言技能尚未发育成熟，15 岁以下儿童对不佳的聆听条件更为敏感。²⁷室外噪声源（如飞机）对教室内部造成的噪声干扰，可能损害儿童的说话能力和倾听理解能力²⁸以及聚精会神的能力、对口语信息的理解、⁹阅读理解的能力^{29,30,17,9}以及记忆力。^{16,31}非听觉的较高级认知过程，如作为阅读理解关键要素的记忆力和注意力，是发育缓慢的。³¹因而儿童对慢性接触噪声可能尤其敏感。⁹也有研究发现，噪声对阅读和写作会造成不利影响。且有研究表明，慢性接触噪声可能影响儿童的认知能力发育。²⁸截至 2014 年，已有 20 多项研究表明，接触环境噪声与儿童的学习成果和认知能力呈负相关。

^{32,7}在工作空间中，接触环境噪声可能导致事故多发³并能损害员工的业绩表现和工作效率，任务艰巨复杂时尤甚。³³约 70% 的美国办公室设有开放式空间。³⁴更多上班族在工作时容易受噪声影响，从而分散注意力。近来一项涉及 1200 多位高管和非高管员工的调查发现，53% 的员工称环境噪声降低了自己的工作满意度和工作效率。³⁵

近来一项涉及 1200 多位高管和非高管员工的调查发现，53% 的员工称环境噪声降低了自己的工作满意度和工作效率。



参考文献

1. United States Environmental Protection Agency (2016). Title IV: Noise Pollution. <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/title-iv-noise-pollution>.
2. Hammer, M. S., Swinburn, T. K., & Neitzel, R. L. (2014). Environmental Noise Pollution in the United States: Developing an Effective Public Health Response. *Environmental Health Perspectives (Online)*, 122(2), 115. <http://search.proquest.com/docview/1661375559?pq-origsite=gscholar>
3. Occupational Safety and Health Administration (n.d.). Safety and Health Topics: Occupational Noise Exposure. <https://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/>
4. National Institute on Deafness and Other Communication Disorders, National Institutes of Health (2015). Noise-Induced Hearing Loss. <https://www.nidcd.nih.gov/health/noise-induced-hearing-loss>
5. Cutiva, L. C. C., & Burdorf, A. (2015). Effects of Noise and Acoustics in Schools on Vocal Health in Teachers. *Noise and Health*, 17(74), 17.
6. Münzl, T., Gori, T., Babisch, W., & Basner, M. (2014). Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *European heart journal*, 35(13), 829-836.
7. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and Non-Auditory Effects of Noise on Health. *The Lancet*, 383(9925), 1325-1332.
8. Van Kempen, E., & Babisch, W. (2012). The Quantitative Relationship Between Road Traffic Noise and Hypertension: A Meta-Analysis. *Journal Of Hypertension*, 30(6), 1075-1086.
9. Seabi, J., Cockcroft, K., Goldschagg, P., & Greyling, M. (2015). A Prospective Follow-Up Study of the Effects of Chronic Aircraft Noise Exposure on Learners' Reading Comprehension in South Africa. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 25(1), 84-88.
10. Tiesler, C. M., Birk, M., Thiering, E., Kohlböck, G., Koletzko, S., Bauer, C. P., & Heinrich, J. (2013). Exposure to Road Traffic Noise and Children's Behavioural Problems and Sleep Disturbance: Results from the GINIplus and LISAplus Studies. *Environmental Research*, 123, 1-8.
11. Bergström, K., Spilski, J., Mayerl, J., Möhler, U., Lachmann, T., & Klatte, M. (2015). Effects of Aircraft Noise on Annoyance and Quality of Life in German Children Near Frankfurt/Main Airport: Results of the NORAH (Noise-Related Annoyance, Cognition, and Health)-Study.
12. Dreger, S., Meyer, N., Fromme, H., & Bolte, G. (2015). Environmental Noise and Incident Mental Health Problems: A Prospective Cohort Study Among School Children in Germany. *Environmental Research*, 143, 49-54.
13. Paunović, K., Stansfeld, S., Clark, C., & Belojević, G. (2011). Epidemiological Studies on Noise and Blood Pressure in Children: Observations and Suggestions. *Environment International*, 37(5), 1030-1041.
14. Liu, C., Fuertes, E., Tiesler, C. M., Birk, M., Babisch, W., Bauer, C. P., & Groups, S. (2014). The Associations Between Traffic-Related Air Pollution and Noise with Blood Pressure in Children: Results from the GINIplus and LISAplus studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 217(4), 499-505.
15. Belojevic, G., Zivojinovic, J. I., Paunovic, K., & Jakovljevic, B. (2015). The Relationship Between Exposure to Traffic Noise and Resting Blood Pressure in Children and Adolescents from Belgrade.
16. Stansfeld, S., & Clark, C. (2015). Health Effects of Noise Exposure in Children. *Current Environmental Health Reports*, 2(2), 171-178.
17. Clark, C., Head, J., & Stansfeld, S. A. (2013). Longitudinal Effects of Aircraft Noise Exposure on Children's Health and Cognition: A Six-Year Follow-Up of the UK RANCH Cohort. *Journal of Environmental Psychology*, 35, 1-9.
18. Seabi, J. (2013). An Epidemiological Prospective Study of Children's Health and Annoyance Reactions to Aircraft Noise Exposure in South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(7), 2760-2777.
19. Foraster, M., Eze, I. C., Vienneau, D., Brink, M., Cajochen, C., Caviezel, S., ... & Wunderli, J. M. (2016). Long-Term Transportation Noise Annoyance is Associated with Subsequent Lower Levels of Physical Activity. *Environment International*, 91, 341-349.
20. Babisch, W. (2014). Updated Exposure-Response Relationship Between Road Traffic Noise and Coronary Heart Diseases: A Meta-Analysis. *Noise and Health*, 16(68), 1.
21. Barceló, M. A., Varga, D., Tobias, A., Diaz, J., Linares, C., & Saez, M. (2016). Long Term Effects of Traffic Noise on Mortality in the City of Barcelona, 2004–2007. *Environmental Research*, 147, 193-206.
22. Halonen, J. I., Hansell, A. L., Gulliver, J., Morley, D., Blangiardo, M., Fecht, D., & Tonne, C. (2015). Road Traffic Noise is Associated with Increased Cardiovascular Morbidity and Mortality and All-Cause Mortality in London. *European Heart Journal*, 36(39), 2653-2661.
23. Sørensen, M., Andersen, Z. J., Nordsborg, R. B., Becker, T., Tjønneland, A., Overvad, K., & Raaschou-Nielsen, O. (2013). Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Incident Diabetes: A Cohort Study. *Environmental Health Perspectives (Online)*, 121(2), 217.
24. Christensen, J. S., Raaschou-Nielsen, O., Tjønneland, A., Overvad, K., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., & Sørensen, M. (2015). Road Traffic and Railway Noise Exposures and Adiposity in Adults: A Cross-Sectional Analysis of the Danish Diet, Cancer, and Health Cohort. *Environmental Health Perspectives*.



25. Dzhambov, A. M., & Dimitrova, D. D. (2015). Road Traffic Noise Exposure Association with Self-Reported Body Mass Index. *Noise Control Engineering Journal*, 63(6), 572-581.
26. Pyko, A., Eriksson, C., Oftedal, B., Hilding, A., Östenson, C. G., Krog, N. H., ... & Pershagen, G. (2015). Exposure to Traffic Noise and Markers of Obesity. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(8), 594-601.
27. Nelson, P.B., Soli, S.D., & Seltz, A. (n.d.). *Acoustical Barriers to Learning*. A Publication of the Technical Committee on Speech Communication of the Acoustical Society of America. Retrieved from http://acousticalsociety.org/sites/default/files/docs/classroom_acoustics_11.pdf
28. Klatte, M., Bergstrom, K. & Lachmann, T. (2013). Does Noise Affect Learning? A Short Review on Noise Effects on Cognitive Performance in Children. *Frontiers in Psychology*. August 2013, Volume 4, article 578.
29. Clark, C., Martin, R., Van Kempen, E., Alfred, T., Head, J., Davies, H. W., & Stansfeld, S. A. (2006). Exposure-Effect Relations Between Aircraft and Road Traffic Noise Exposure at School and Reading Comprehension The RANCH Project. *American Journal of Epidemiology*, 163(1), 27-37.
30. Stansfeld, S. A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E., & Berry, B. F. (2005). Aircraft and Road Traffic Noise and Children's Cognition and Health: A Cross-National Study. *The Lancet*, 365(9475), 1942-1949.
31. Sullivan, J. R., Osman, H., & Schafer, E. C. (2015). The Effect of Noise on the Relationship Between Auditory Working Memory and Comprehension in School-Age Children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(3), 1043-1051.
32. Evans, G. & Hygge, S. (2007). Noise and Performance in Adults and Children. L Luxon, D Prasher (Eds.), *Noise and Its Effects*, Whurr Publishers, London (2007).
33. Maxwell, L.E. (n.d.) Noise in the Office Workplace. *Facility Planning & Management Notes*, Volume 1, Number 11. Department of Design and Environmental Analysis, College of Human Ecology, Cornell University. http://www.human.cornell.edu/dea/outreach/upload/FPM-Notes_Vol1_Number11.pdf
34. International Facility Management Agency (2010). Space and project management benchmarks, research report #34. <http://www.ifma.org/publications/books-reports/space-and-project-management-benchmarks-research-report-34>
35. Oxford Economics (2015). When the walls come down: How smart companies are rewriting the rules of the open workplace. <http://www.oxfordeconomics.com/when-the-walls-come-down>

建筑物健康证明 + FOR HEALTH



HARVARD
T.H. CHAN

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
Center for Health and the
Global Environment

照明与视觉



照明与视觉为何重要？

人眼承担着双重角色：人眼觉察到光并让我们看到光；人眼觉察到光，并让我们的大脑得知此刻是晨昏午后哪一时分。光的这些视觉效应和‘非视觉’效应对于亮度、光谱、时机、图案和光线接触史有着不同的灵敏度。并且这些效应是由人眼中的不同光探测器（光感受器）来提供。评估建筑环境的质量时，人眼这双重角色是重要的考虑因素。在当今日益城市化的社会里，自然景观常常受到阻碍，无法进入我们的视线。室内空间通常是由电光源照亮。而电光源的亮度、光谱和接触光线的时机与室外日光是不同的。人们平均约有90%的时间在室内度过。¹这一事实对人们在建筑物中的健康有着重要影响。人们使用的任何电照明都应针对光的视觉响应和非视觉响应进行优化。

光的非视觉响应

与地球上多数其他生物一样，人类在进化过程中建立了与昼夜波动同步的生物节律。这些生物节律受人大脑中的昼夜节律钟控制，需每隔一昼夜24小时接触光线的明暗周期，进行同步。²如果未能正常感受到早晨的光线，我们体内的节律钟可能受到干扰或甚至偏离正常节律，从而导致睡眠障碍³。除了其昼夜节律恢复特性，光线还是能直接增强警觉性和能力表现的刺激因素。光线若在错误的时间出现，则会干扰睡眠。⁴

与地球上多数其他生物一样，人类在进化过程中建立了与昼夜波动同步的生物节律。这些生物节律受人脑中的昼夜节律钟控制，需每隔一昼夜24小时接触光线的明暗周期，进行同步。

尽管还存在其他一些因素如图案、接触光线的时机和接触史，在光效应的调节中，亮度和光谱是最重要的两个因素。一般而言，让室内光的亮度变高将提高非视觉效应的重要性。类似地，增加室内光中的短波长光线（蓝色）的含量也将提高其有效性。这是由于光的非视觉效应首先是用人眼中一种新发现的光感受器进行调节。这种光感受器对短波长蓝光（峰值波长480 nm）最敏感。因而通过影响亮度和光谱就能改变室内照明对人体生理的影响。

电照明如何影响我们的健康和幸福感？

人们在室内感受到的亮度级（几十到几百lux）通常就能产生非视觉响应。因而需要考虑昼夜期间我们所要接触的照明类型，以确保通过优化让我们在合适的时间接触合适的光线，避免在错误的时间接触错误的光线。

首要原则是，确保每隔一昼夜24小时我们接触到明确稳定的明暗周期，有白天有黑夜，以确保昼夜节律的妥善同步。在对人体生理、新陈代谢和行为的多方面调节中，节律系统扮演着关键角色。这些调节具体包括：荷尔蒙调节以及对睡眠-觉醒周期、警觉性、情绪与效率模式、免疫机能和生殖机能的调节。已有研究表明，昼夜节律受到干扰与多种负面健康结果有关。这种干扰比如，有些工作需要倒班。这些负面健康结果从事故



风险升高，到糖尿病和心脏病之类慢性病，到某些类型癌症都有。^{5,6,7}对一个健康的明暗周期保持光线接触，将确保节律系统及其控制的节律，会妥善与一天 24 小时保持一致。

光线能如何影响我们的认知能力和表现？

研究人员已观察到，相比没有窗户或窗口只看得到其他建筑物正面的教室，如果窗口看得到绿树成荫，教室中的学生们从压力和心理疲劳中恢复得快得多。并且在注意功能测试中得分高得多。

光线对我们的认知能力和睡眠有急性效应。让节律系统与睡眠-觉醒周期协调良好、步调一致，保持睡眠充足，是人们保持良好认知能力不可或缺的重要手段。人的基本认知过程如注意力、工作记忆和执行功能^{8,9} 都受昼夜节律影响。当睡眠-觉醒周期受到干扰，人的学习能力和记忆力都会受损害。^{7,9,10}

我们还可以在清晨醒来后、在校学习时段或在工作期间，提高室内光线亮度，增加短波长光线含量，积极主动用光线提升自身的警觉性。例如有研究表明，相比标准照明条件 (300 lux, 3000-3500K)，冬季清晨接触富含蓝光的白光 (300 lux, 5500K) 与认知处理速度更快和聚精会神能力更强有关。⁸一项面向 47 所大学在校生开展的实验室对照研究发现，有些参与者上报的警觉性水平显著提高。这些参与者在一項计算机化测试中的表现显著有所提高。相比之前身处冷白光 (4000K) 或暖白光 (3000K) 环境时的表现，这些参与者身处人造日光 (相关色温 = 6500K) 环境时打字错误更少。¹¹上班族的情况也类似。相比身处标准办公照明环境时的工作表现，这些人身处富含蓝光的荧光照明环境时上报的警觉性、情绪、注意力和睡眠状况都要更好¹²。更好的照明条件，使生活在护理院的人有了更好的认知能力、更优质的睡眠，这些人更少出现抑郁症状。¹³

一天中的有些时段，例如睡前，我们会希望降低光的警觉效应，让大脑平静下来，准备睡觉。降低亮度和短波长光线的含量，就能降低光的警觉效应。我们在夜晚的警觉性会降低，更容易入睡，深度睡眠时间也延长了。^{14,15}

日光和视觉能如何增强人们在室内的健康和幸福感？

据报道，已有多项研究发现了日光可能对人们健康有益的证据。这些益处包括：改善了视力和睡眠质量，减轻了近视、视觉疲劳、头痛和抑郁症状。低亮度级的室内光和在室外度过的时间太短这两项因素，共同导致人的近视风险升高。¹⁶而高亮度级的日光，对需要通过更多光线改善视觉效应的人有益。¹⁷ 工作时看得到窗户、接触得到日光，与睡眠持续时间和情绪的改善、嗜睡状况减轻、血压降低和体力活动增加有关。也已有研究表明，缺乏天然采光与多种生理、睡眠和抑郁症状有关。^{17,18,19,20}有的上班族既接触过电照明，也接触过天然采光条件。相比身处电照明时，这些人一天中早些时候接触天然采光时较少发生眩光和嗜睡。^{20,21}此外已有研究发现，光的亮度以及白天接触日光的时机，都对成人的 BMI 有影响。较早接触灿烂阳光的成人比晚些接触阳光的人的 BMI 要低。²²



自然景观常常受到阻碍，无法进入我们的视野。环境心理学领域的研究人员，对人们看到自然环境后的恢复性效应表现出日益浓厚的兴趣。研究人员已观察到，相比没有窗户或窗口只看得到其他建筑物正面的教室，如果窗口看得到绿树成荫，教室中的学生们从压力和心理疲劳中恢复得快得多。并且在注意功能测试中得分高得多。²³ 本研究支持 E.O. Wilson 设想的亲生命假说。该假说主张人类有种亲近自然世界的本能。²⁴通过亲生命设计，大自然可以融入建筑物。亲生命设计的目标是，在建筑设计中吸收自然元素，从而改善室内环境。²⁵

参考文献

1. Allen, J. G., MacNaughton, P., Laurent, J. G. C., Flanigan, S. S., Eitland, E. S., & Spengler, J. D. (2015). Green Buildings and Health. *Current Environmental Health Reports*, 2(3), 250-258.
2. Lockley, S.W. (2009). Circadian rhythms: Influence of light in humans. In: Squire, L.R., editor. *Encyclopaedia of Neuroscience*, Oxford, UK: Academic Press; (pp971-986.)
3. Flynn-Evans E.E., Tabandeh H., Skene D.J., & Lockley S.W. (2014) Circadian Rhythm Disorders and Melatonin Production in 127 Blind Women With and Without Light Perception. *Journal of Biological Rhythms*, 29(3), pp. 215-224.
4. Cajochen, C. (2007) Alerting effects of light. *Sleep Med Reviews*, ;11(6), pp/ 453-464.
5. International Commission on Illumination (CIE). A Computerized Approach to Transmission and Absorption Characteristics of the Human Eye, CIE 203:2012 incl. Erratum 1: Vienna, Austria, 2012.
6. Cho, Y., Ryu, S. H., Lee, B. R., Kim, K. H., Lee, E., & Choi, J. (2015). Effects of Artificial Light at Night on Human Health: A Literature Review of Observational and Experimental Studies Applied To Exposure Assessment. *Chronobiology International*, 32(9), 1294-1310.
7. Bedrosian, T. A., Fonken, L. K., Nelson, R. J., Dickson, R. P., Erb-Downward, J. R., Martinez, F. J., ... & Gribble, F. M. (2015). Endocrine Effects of Circadian Disruption. *Annu Rev Physiol*.
8. Keis, O., Helbig, H., Streb, J., & Hille, K. (2014). Influence of Blue-Enriched Classroom Lighting on Students' CognitivePerformance. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(3), 86-92.
9. Valdez, P., Ramírez, C., & García, A. (2014). Circadian Rhythms in Cognitive Processes: Implications for School Learning. *Mind, Brain, and Education*, 8(4), 161-168.
10. Wright Jr, K. P., Hull, J. T., Hughes, R. J., Ronda, J. M., & Czeisler, C. A. (2006). Sleep and Wakefulness Out of Phase with Internal Biological Time Impairs Learning in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(4), 508-521.
11. Shamsul, B. M. T., Sia, C. C., Ng, Y. G., & Karmegan, K. (2013). Effects of Light's Colour Temperatures on Visual Comfort Level, Task Performances, and Alertness Among Students. *American Journal of Public Health Research*, 1(7), 159-165.
12. Viola, A.U., James, L.M., Schlangen, L.J. and Dijk, D.J., (2008). Blue-enriched white light in the workplace improves self-reported alertness, performance and sleep quality. *Scandinavian journal of work, environment & health*, pp.297-306.
13. Riemersma-Van Der Lek, Rixt F., Dick F. Swaab, Jos Twisk, Elly M. Hol, Witte JG Hoogendoijk, and Eus JW Van Someren. Effect of Bright Light And Melatonin On Cognitive and Noncognitive Function In Elderly Residents of Group Care Facilities: A Randomized Controlled Trial. *JAMA* 299, no. 22 (2008): 2642-2655.
14. Chellappa, S.L., Steiner, R., Blattner, P., Oelhafen, P., Götz, T. and Cajochen, C., (2011). Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert?. *PloS one*, 6(1), p.e16429.
15. Chellappa, S.L., Steiner, R., Oelhafen, P., Lang, D., Götz, T., Krebs, J. and Cajochen, C., (2013). Acute exposure to evening blue-enriched light impacts on human sleep. *Journal of sleep research*, 22(5), pp.573-580.
16. Kocak, E. D., & Sherwin, J. C. (2015). Time Spent Outdoors and Myopia: Establishing an Evidence Base. *Eye Science*, 30(4), 143-146.
17. Aries, M. B. C., Aarts, M. P. J., & van Hoof, J. (2015). Daylight and Health: A Review of the Evidence and Consequences for the Built Environment. *Lighting Research and Technology*, 47(1), 6-27.
18. Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Kuo, N. W., Wang, C. H., & Zee, P. C. (2014). Impact of Windows and Daylight Exposure on Overall Health and Sleep Quality of Office Workers-A Case-Control Pilot Study 2. *Disclosure*, 19, 20.
19. Zadeh, R. S., Shepley, M. M., Williams, G., & Chung, S. S. E. (2014). The Impact of Windows and Daylight on Acute-Care Nurses' Physiological, Psychological, and Behavioral Health. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 7(4), 35-61.
20. Harb, F., Hidalgo, M. P., & Martau, B. (2015). Lack of Exposure to Natural Light in the Workspace Is Associated with Physiological, Sleep and Depressive Symptoms. *Chronobiology International*, 32(3), 368-375.
21. Borisuit, A., Linhart, F., Scartezzini, J. L., & Münch, M. (2014). Effects of Realistic Office Daylighting and Electric Lighting Conditions on Visual Comfort, Alertness and Mood. *Lighting Research and Technology*, 1477153514531518.
22. Reid, K. J., Santostasi, G., Baron, K. G., Wilson, J., Kang, J., & Zee, P. C. (2014). Timing and Intensity of Light Correlate with Body Weight In Adults. *PloS one*, 9(4), e92251.
23. Li, D., & Sullivan, W. C. (2016). Impact of Views to School Landscapes on Recovery from Stress and Mental Fatigue. *Landscape and Urban Planning*, 148, 149-158.
24. Wilson, EO. 1984. *Biophilia*. Cambridge: Harvard University Press. ISBN 0-674-07442-4.
25. Browning, W., Ryan, C., Clancy, J. 2014. 14 Patterns of Biophilic Design: Improving Health and Well-being in the Built Environment. *Terrapin Bright Green*. <http://www.terrapinbrightgreen.com/reports/14-patterns/>

