



Research
Architecture—Perspective

重新审视建筑物立面，将其作为基础设施

Doris Sung^{a,b}

^a School of Architecture, University of Southern California, Los Angeles, CA 90089, USA

^b DOSU Studio Architecture, Rolling Hills, CA 90274, USA

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 February 2016

Revised 1 March 2016

Accepted 9 March 2016

Available online 31 March 2016

关键词

建筑物立面基础设施

公共行人舒适度

建筑物立面与公众健康

摘要

如城市里街道和人行道的坚硬表面一样，城市建筑物的水平或垂直表面也造成了世界范围内大城市气温的不断上升。但是，人们并没有采取任何改善措施，而是把建筑物立面看作为室内人员提供舒适环境的结构，并忽略其对室外产生的影响，或是把它当做其所有者可识别美感的象征。本文提出了将建筑物立面作为“户外行人福利管家”的反思，以及将公共健康作为建筑物立面附加功能的概念，该概念强调要考虑户外行人的利益和健康。如果把一个城市建筑物的全部表面积看做是城市基础设施的一部分，那么它的作用不仅是使室外的空间更加舒适、卫生、宜人，还要有助于缓解城市气温上升这一更大的问题。

© 2016 THE AUTHORS. Published by Elsevier LTD on behalf of Chinese Academy of Engineering and Higher Education Press Limited Company. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. 引言：不仅仅是一张美丽的脸

动物，包括人类的基本生理功能只有一个目标，即维持生命。身体表面可缓和外部环境以确保内部机能的有效运作。从另一方面来说，树木和植物为地球气候做出了更多无私的贡献。植物通过光合作用(吸收二氧化碳并产生氧气)为其他生物提供各种养料，以维持动物界生物的生命。这种无私奉献的精神为建筑物的建设带来了深刻的启迪。随着城市建筑物坚硬表面的不断增加，我们应该考虑是否能够改变这些建筑物立面，使其为气候变化做出积极贡献。虽然一些设计师已经对建筑物立面进行了改造，使它们可以收集能源、应对环境变化、保护室内人员免受极端环境影响，但是绝大多数建筑物立面仅仅起到了美观的作用。这些相同的表面可以

被设计和改造，并且能够为公共利益做出贡献。建筑物外立面可以过滤空气、清洁水源、调节气温、制造微风以及促进公众健康。如果按照这个思路，建筑物外立面可被更好地归类为市政工程、私人开发，甚至是公共艺术或城市基础设施等交叉领域的一部分。

2. 背景：建筑物立面的演变

全球气候变暖的主要原因是人类产生的温室气体的增加。对有限化石燃料的开采和使用导致了对可再生能源新来源和零能耗生活的广泛需求。当前统计数据表明，美国的能源消耗问题已经十分严峻：建筑物约消耗了所有可用能源的47.6%[†](如图1)，明显超过工业和交通所消耗的能源量。从大规模基础设施项目到普通房屋，制暖或制冷设

E-mail address: doris@dosu-arch.com

[†] Source ©2013 2030, Inc./Architecture2030. Data Source: US Energy Information Administration (2012). Available from: http://architecture2030.org/buildings_problem_why/.

备消耗了大量的能源；现实情况表明，商务办公楼的最大支出在于能源的使用。世界上许多大城市的“热岛效应”使能源问题更加严峻。城市的人行道、街道和建筑物坚硬表面在夜晚释放出白天吸收的热量，使夜晚的气温一直居高不下。城市气温的上升导致居民打开空调降温，而空调的使用又会向大气排放更多热量，结果形成城市气温一直上升的恶性循环。因此，应该尽量减少加热、通风和空调系统的使用，降低建筑物的能源消耗。除此之外，城市步行区的气温变得让人难以忍受，也应被考虑在“能量方程”中。

20世纪以前，房屋的构造都是厚墙和小窗，可使室内和室外被很好地分隔。人们的自然倾向被密集承重墙带来的好处所取代，这是因为承重墙本身就是良好的天然绝缘体。此外，通过小窗只有很少的热量损失，所以室内冬暖夏凉。然而，到了20世纪30年代，随着平板玻璃和钢材的引入，建筑师们开始设计外墙全部布满玻璃落地窗的房子，引进了“形式跟随功能”的理念，即建筑物的各组成部分和空间功能可通过建筑物立面如实呈现，以寻求设计的真实与透明。虽然玻璃的使用在视觉、感受和美学上确有好处，但也带来了不少的副作用：建筑物立面对太阳光热量不断吸收，因缺乏绝缘结构造成室内温度的不稳定以及对人工制暖和制冷系统依赖性不断增强。随着结构钢材的演变和电梯技术的进步，商用建筑物的高度被不断刷新。空调系统的制造变得越来越复杂，消耗的能源以及向室外排出的热量也在不断增加。为达到超舒适标准，建筑物外壳被设计有密封和绝缘的内部空腔。出于对安全和空调使用的考虑，新建商用建筑物的窗户都无法被打开，使得这些建筑物在断电时不能被用于办公，揭露了我们对高耗能空调系统和胶

囊状建筑物外壳的无尽依赖。

当前，建筑物立面应被重新审视。建筑师们必须将建筑物立面概念化为室内与室外空间的重要协调界面。首先，出于零耗能人类居住目的，建筑物立面要有潜在应答系统；其次，建筑物立面要负责改善邻近的室外环境。建筑物外立面具有降温、隔音、降低反光度、改善空气质量以及风力驱动雨水的功能，从而使户外区域更加舒适和实用。此外，由于环境每时每刻都在改变，需要设计出动态、灵敏和智能的建筑物立面。

对建筑物立面的设计不是简单地仿照起保护作用的动物皮肤，而是要利用现代技术超越这个概念，设计出多功能的建筑物立面。在该设计中，建筑物实际上没有“外立面”，并且外立面可以起到与内立面完全不同的作用(如形式不跟随功能)。由于建筑物立面的表面积有时远远大于道路和人行道的面积，建筑物立面的建设对城市发展来说既可以是破坏者也可以是拯救者。换句话说，尽管建筑物立面的作用在过去城市“热岛效应”的形成中不容忽视，但其用途可被改变，从而在未来解决这些问题。鉴于现有的科学技术以及人们对城市环境更加浓厚的兴趣，建筑物外立面可以过滤空气、改善空气循环和清洁水资源——至多，促进整个社会的公共利益；至少，使得室外步行空间更加健康、舒适并且明显有益。由于建筑物外立面对城市环境的较大影响，除了保护室内人群，它还有责任扮演更积极、更重要的角色。

3. 建筑物内外立面功能不同

自从80多年前Ludwig Mies van der Rohe采用玻璃幕墙后，建筑物立面并没有得到很大的创新和改造。现在，革新技术、降低能耗和通过改变建筑物外立面控制气候变化以促进公众福利、公共卫生和行人舒适度的时机已经成熟。建筑物的内外两个立面需要分别承担其对内、外空间的责任。一旦这个概念成为现实，建筑界将发生一场巨大的变革，并且这种变革的速度将会像移动电话被普及后数量爆炸性增长的速度一样。在移动电话出现之前，电话技术的发展几乎停滞了100年。数字传输技术的进步使移动设备的使用率在很短时间内急剧上升，从而导致了智能设备、定位系统和手机软件的快速发展。现在，我们已经很难想起没有移动电话的生活是什么样子。同样，对于建筑物外壳来说，也可能发生类似的爆炸性增长。

建筑物外壳和立面的设计是目前欧洲的关注热点之

ENERGY USAGE

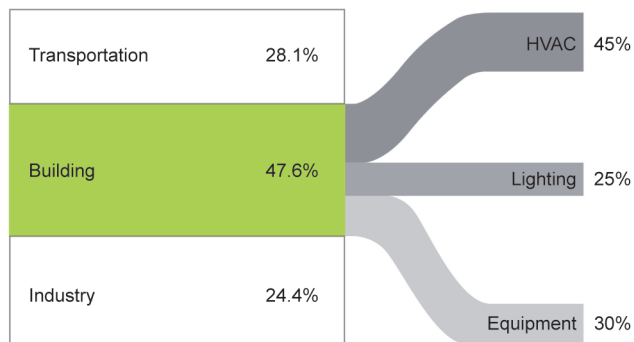


图1. 由于建筑物约消耗了全部可用能源的47.6%，所以建筑物能耗的降低将节省大量能源。(图片提供：DOSU建筑公司)

一。智能低耗能系统的使用也将不可避免地影响这些设计。负责马尼托巴水电总部大楼项目的工程师Thomas Auer对建筑物外壳的设计有浓厚的兴趣和丰富的经验。他相信，除了自通风功能外，建筑物立面还可以扮演除湿机的角色，把水分从空气中除掉，甚至还可以把收集的水用作多种用途。一些简单的材料组合，比如二氧化硅涂层，可以提高某些材料的功能，对综合智能立面系统产生局部作用[†]。同样，由美国铝业制造商生产的一种叫做“生态清洁”的产品可以被用于除雾。他们将铝制板面用二氧化钛涂层包裹，这种亲水性表面可以使水从建筑物表面流下，自动清洁建筑物表面的尘埃物质和各种雾气。此外，二氧化钛、阳光、水和氧气与建筑物表面氮氧化物的相互作用可以释放自由基，使氮氧化物转变成硝酸盐[‡]。该制造商的董事长Craig Belnap说：“如果将‘生态清洁’产品应用于一小部分北美和欧洲国家的建筑物表面，其效果相当于种植几百万棵树。”^{††} 如此，局部地区，甚至全球的空气质量都会改善。

一些工程师设计的建筑物，如本文作者和英国奥雅纳工程顾问公司的工程师Russell Fortmeyer合作的城市海胆工程，或本文作者和加利福尼亚大学伯克利分校Simon Schleicher及Julian Leinhard合作的TW/RL工程(如图2~5)，利用低技术策略，在过滤空气的同时，具有遮阳和改善建筑物周围空气循环的功能。在这两个案例中，热双金属太阳收集器的太阳烟囱中热气上升并被释放，使底部的冷空气进入。两个案例中的任何一个都没有使用人造能源。这些研究中的设计方案有助于建筑物立面的发展，在这些设计方案中，建筑物立面可以改善特定类型的空气流体运动，同时还可以吸收污染物颗粒(如图6)。关于这方面



图2. 为弥补以色列霍隆市区遮荫树木的移除，建立了城市海胆工程，以降低周围行人区域的温度。(图片提供：DOSU建筑公司)

的研究已经取得了很大进展。比如，由Carmen Trudell、San Luis Obispo以及加州理工大学学生完成的呼吸砖工程^{‡‡}。他们从真空吸尘器的漩涡系统中得到启发，在外墙腔内利用迷你旋风机清除空气尘埃(如图7、图8)。虽然这个系统的功能是过滤建筑物外部空气以供室内使用，但这种技术也可以被用于过滤建筑物外部空气以供室外使用。

在这种主动和被动共存的思维方式指导下，通常只为室内人员提供舒适的建筑物在控制城市景观的外部环境中也发挥了重要、积极和无私的作用。这种思维方式

Cooling sequence

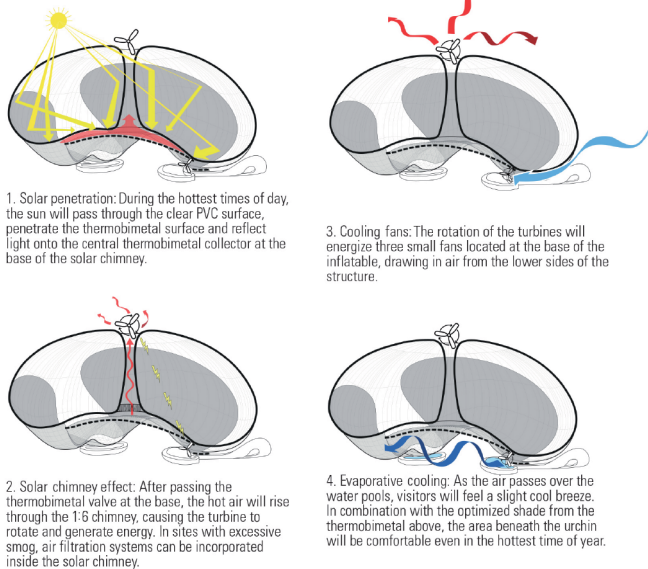


图3. 自动收集太阳能和热量，由太阳能烟囱和风扇系统产生微风。空气流动时还能过滤掉有害物质。(图片提供：DOSU建筑公司)



图4. 在美国芝加哥市，类似的小规模建筑可以在炎热的夏天提供遮阳和产生微风。(图片提供：DOSU建筑公司)

[†] Thomas Auer's lecture in the USC School of Architecture Workshop: Top Fuel 2012: Funnels, 2013 Mar 19–26.

[‡] Information obtained from http://alcoa.com/aap/north_america/pdf/ecoclean/EcoClean_Newsletter1.pdf.

^{††} Woody T. Alcoa's self-cleaning, smog-eating buildings. Tech, Forbes, 2011 May 9.

^{‡‡} Courtney Humphries, "Citation: Breathe Brick," 2015 R+D Awards, Architect Magazine, 2015 Aug 7.

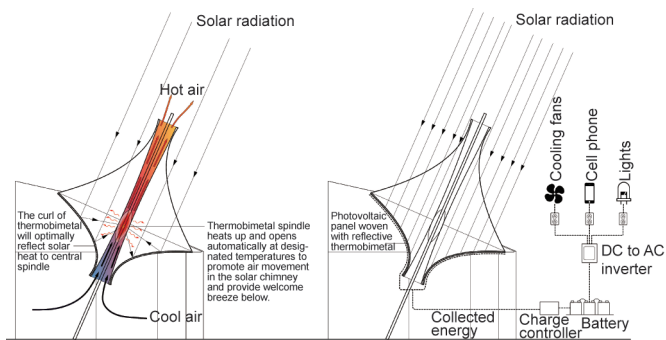


图5. 太阳能收集系统和太阳能烟囱系统的组合可使空气流动。使用者可以调整伞状建筑物到所需角度进行遮阳。(图片提供：DOSU建筑公司)

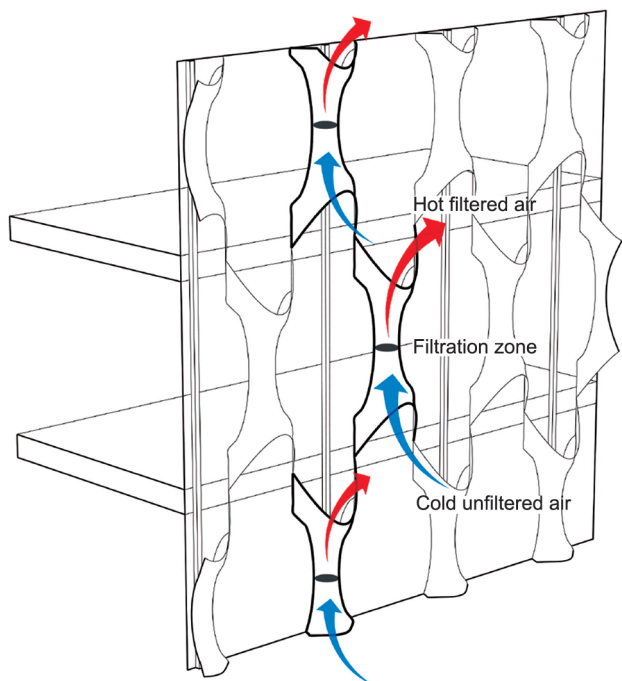


图6. 作为单一元件，前面的两个项目在城市降温和过滤空气悬浮物中的效果不明显。但是，当其结果被应用到大面积范围，如建筑物立面的时候，效果会非常明显。(图片提供：DOSU建筑公司)

的真正影响将贯穿整个设计和建筑界。以后，建筑物立面的外观和功能都将有很大改变，并且这种转变也将不可避免地影响我们设计、建造和使用室内外空间的方式。

4. 城市地区建筑物立面的新型典范

历史上，建筑物的首要和管理语义信息已经被建筑物外壳或立面外表面的处理指明，并且在墙体重要功能的显露以及价值观和权利主张的输送层次之间交替。早期的时候，人类居住在洞穴里，没有外在立面的保护。后来他们学会用石头和其他建筑材料堆砌成墙，使其能够在开放空间生活却不受侵犯。这种早期的石头墙只是起到承重作用。后来人类学会使用水泥、木

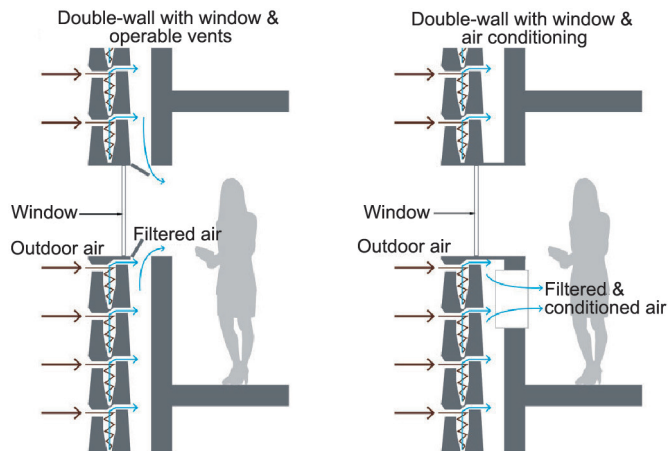


图7. 呼吸砖过滤外部空气以供内部使用。(图片来自：http://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citation-breathe-brick_o)

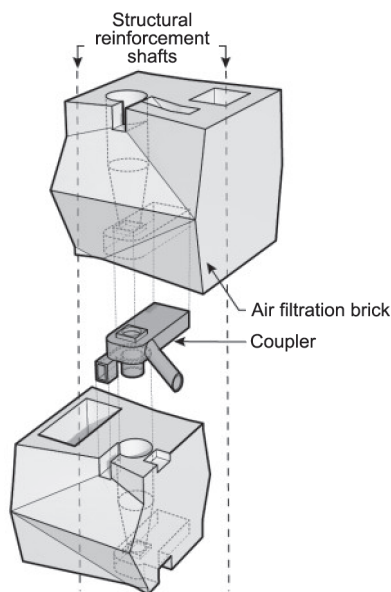


图8. 外墙腔内类似真空的迷你旋风器可以除掉空气的尘埃。(图片来自：http://www.architectmagazine.com/awards/r-d-awards/citation-breathe-brick_o)

材和其他材料建造光滑的墙壁，并且在上面雕刻和作画，充分发挥想象力。墙面上二维或三维的装饰展示了建筑物结构的使用、历史和重要性(如图9)。建筑物制热、制冷和排水系统的出现也是建筑史发展的一个体现。综合烟囱系统(如图10)和窗户底部的暖气就是典型例子。在20世纪，人们对通透性建筑物立面的兴趣有所增加，体现在特殊结构建筑外壳(如图11)或通透可视玻璃面(如图12)的建造上。之后，这种外壳被大量使用灯光、电力、广告牌、文字信息的非物质化建筑物外壳(如图13)代替，但是这种对灯光、电力、广告牌、文字信息的浪费不可持续且极度不负责任。所以当前很明显的问题是：建筑物外壳接下来将怎样发展？

在建筑物立面设计的当前趋势中，可自动感应环境



图9. 吴哥窟的立面雕刻是对其文化的叙述，与墙壁的表述特征以及结构无关。(图片来自：维基百科)



图12. 1951年由Ludwig Mies van der Rohe设计的范斯沃斯住宅。现代元素的典范，充分展示了“形式跟随功能”这个理念。(图片来自：<http://grshop.com/blog/tag/barcelona-chair/page/2/>)



图10. 14世纪中期英格兰威尔士的机械元素，比如烟囱加热系统，和其他功能元素开始影响建筑物立面的美学。(图片来自：<http://gotterdammerung.org/photo/travel/england/wells/071121-155330%20Wells%20Cathedral%20Towers%20over%20Vicars%20Close.html>)



图13. 世界各地许多城市中心的建筑物上安装有多媒体电子屏，展示各种广告、标语和信息。这些类型的立面需要大量的能量并在白天散发出多余的热量，可将这部分能量储存起来用于冷却城市。(图片来自：<http://lssmedia.com/news/a-preview-of-cherry-blossoms-in-times-square/>)



图11. 1977年由Renzo Piano和Richard Rogers建设的蓬比杜中心。所有的建筑物结构和机械系统都暴露在外面，成为建筑物立面美学的组成部分。(图片提供：DOSU建筑公司)

的立面系统已被日益普及。1978年，Jean Nouvel在阿拉伯世界博物馆(如图14、图15)首次提出这一概念，但这个想法与当时的文化存在冲突，所以并没有被采用。自那时起，时代已经改变，出现了更新的“智能化”材料和组件。建筑物立面可以自动遮阳、调节温度以及使建筑物内部通风。在某些情况下，这些过程甚至不需要被控制和消耗能



图14. 位于巴黎的阿拉伯世界博物馆的建筑物立面可以跟随阳光移动。(图片提供：DOSU建筑公司)

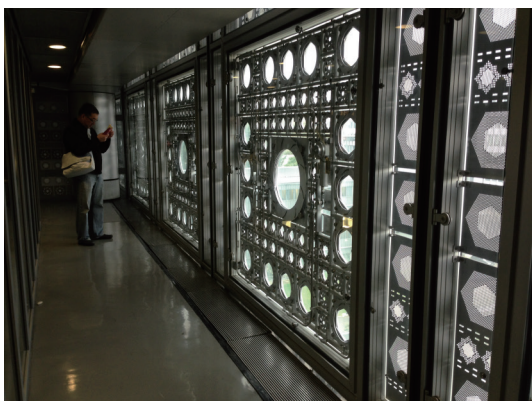


图15. 由于感应器过于脆弱，一些自动感应系统已经不再使用。(图片提供：DOSU建筑公司)

量就能完成[†]。然而，假设这种建筑方式成立，接下来要考虑的问题是建筑物对其外部环境甚至是整个城市的贡献。许多人口稠密条件下的气候在一年中的某个时段并不适合户外居住(如：靠近赤道或两极地区)，并且室外空气、水和生活方式的质量都与健康问题有关。

人们在减少能源使用和制造技术创新以及减缓经济衰退方面的兴趣勾起了发展建筑物立面的新兴趣。为了推进

建筑技术的发展，建筑师们必须对“建筑物外墙剖面”(包括建筑物外壳的内、外两个面)的概念产生新的认识。建筑物外壳的改变势必会影响整栋建筑物的设计，也会影响建筑物平面的组织方式，然而建筑物的内部会影响墙壁外部的街道使用。这种改变同时也会改变建筑物立面的“符号价值”，质疑“形式跟随功能”的建筑观点。建筑物立面的中间墙体部分是否是两个不同的墙(一个用于外部一个用于内部)? 其存在将会是一种趋势还是一种阻碍?“形式跟随功能”的建筑观点是否适用于外墙的内外两个部分? 在未来还继续适用吗? 我们是在挑战Mies van der Rohe的格言“少即是多”，并用“多即是好”来替换它吗?

赋予建筑物立面的外表面美学新功能是一项复杂的工程。然而，它复杂并不意味着不能实现，只是需要在以后的时间里对其认真考虑。经济将会是最大的挑战。也许这种改变的发生需要政府的参与，但很容易想象，“尽管学术上已经为实际操作提供了建筑模型，我们发现一些监管和审批机构愿意接受任何官方的原因[‡]。”尽管存在这些阻碍，把建筑物立面当作一种新型基础设施去建设，已经是新方向上迈出的一步。

[†] Doris Sung's work on thermo-bimetallic architecture components has produced window systems, structural walls, and even self-assembly systems.

[‡] Fortmeyer R. When good climates go bad. AR Technology, Australian Design Review, p. 54.