

## 建筑设备——一种实现中国可持续垂直城市主义的推动力



Malcolm Laverick

### 作者

**Malcolm Laverick**, Regional Director  
AECOM  
36-38F, Wheelock Square  
1717 West Nanjing Road  
Shanghai 200040  
China  
t: +86 021 6157 7888  
f: +86 021 6157 2345  
e: malcolm.laverick@aecom.com  
www.aecom.com

### Malcolm Laverick

Malcolm Laverick是AECOM中国区建筑工程部总监，已经在中国工作了5年。他在咨询和建设服务方面有着拥有超过40年的经验，他是注册工程师、香港工程师学会、英国CIBSE和ASHRAE的成员。他在香港，英国，中东地区有大量的建成作品，而现在主要是在中国大陆，他在此扮演的角色不仅仅是一个中国地区主管，同时也是大型跨专业建筑工程顾问团队的项目负责人。

他在亚洲的高层建筑实践经验包括：美国国际集团大厦、渣打大厦、瑞士联合银行从交易广场到IFC2部分的搬迁、新加坡亚洲广场1号塔及2号塔、深圳嘉里中心、南京西路上海688号，和上海金融中心大厦的谷歌新址。他目前在重庆一个面积475000平方米，包含五个塔楼最高达170米的综合体项目中担任MEP总监。同时在西安负责一个13000平方米的200米商务办公超高层项目。在中国，他引导了加强型工程设计的发展，不仅仅是在BIM的应用层面上，同时也在建成建筑的可持续发展上。

随着每平方千米地面容纳的人口密度的增加，“垂直城市主义”概念的引入对于支撑这种发展趋势的基本建筑工程体系和建筑设备都有着巨大影响。为解放地面，带来更多绿化和休闲空间，城市规划师们提倡垂直的人居环境，但对咨询方而言设备的集中化依旧是一个很大的技术难题。为了在与外部自然环境接触越来越少的建筑物中维持良好的室内舒适度，对于在水平向和垂直向运输人们的交通系统设备的尺度要求也越来越大。相比将上述目标视为一种负担，设备设计师更应该将其视为探索更高效节能、更可持续、适应性更强的方案的驱动力。

在国际和本地项目中整合入更智能和强化的施工技术，同时减小能耗和运营成本是中国当下一个迫在眉睫的问题。曾经在中国无法实施的设计方法现在有很多已经开始使用，尽管大部分建成环境使用的依旧是传统的方式，但出现了越来越多更有抱负的业主，他们能够认识到提高建筑性能上的投资所能取得的回报。从施工角度来看，想要自我提升并

追寻最新动向的承包商能够主动地拓展模型周边的业务，并培养团队来开发配备了更加高效建筑设备的新设计。他们能够从未来会占据更核心位置的建筑设备顾问公司那里快速地学到很多。

### 满足终端用户的需求: 建筑设备管理者的角色

### 优化现今工作环境的直接调研

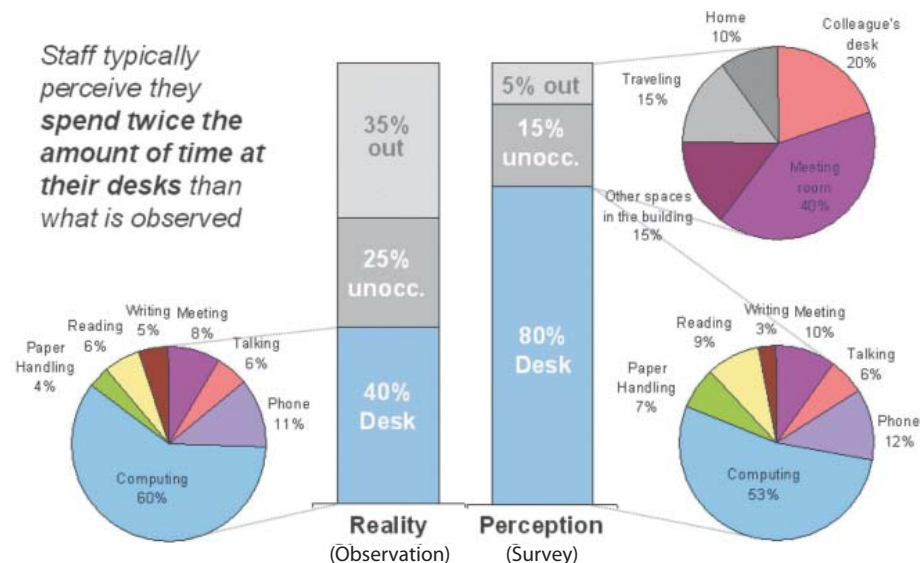
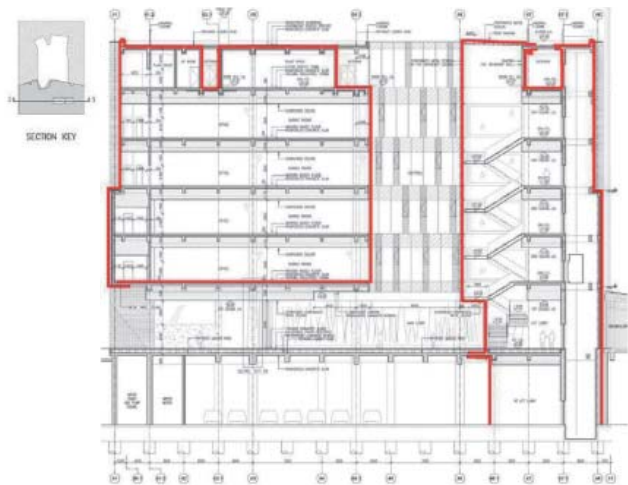
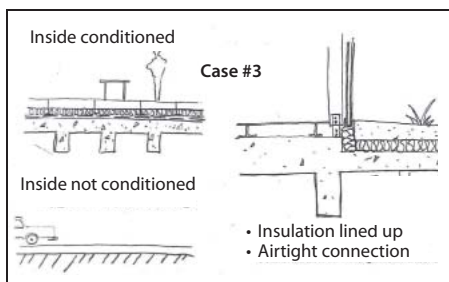


图1.工作模式——空间与设备是有价值的资产，但使用率不高。来源：AECOM工作环境管理部门



“有些在海外项目中常用的可持续的解决方案，在中国大陆应用时必须谨慎。在追求体系认证和业主期望建筑具有中国特色这两个目标之间潜在的矛盾也是需要考虑到的。”



- #1: Not conditioned above ground/conditioned below ground (85 mm PUR - U-value=0.3 KWh/m<sup>2</sup>k)
- #2: Conditioned above & below ground
- #3: Conditioned above ground/not conditioned below ground (50 mm PUR - U-value=0.5 KWh/m<sup>2</sup>k)
- #4: Not conditioned above & below ground. Walls and basement slab: (65 mm PUR - U-value=0.4 KWh/m<sup>2</sup>k)

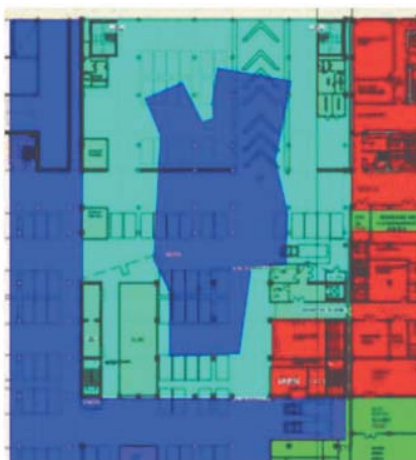


图2. 建筑围护结构——热工性能。来源: 上海校园多层研发中心项目

如果实现项目的可持续性，通过设备来为垂直化项目中居住和工作的人们提供健康的环境就成为设计过程中首要的任务。由于这些项目的造价都非常大，我们还必须考虑延长项目的生命周期。

在很多情况下，设计方案都是基于ASHRAE, CIBSE (英国建筑设备工程特许学会), GB (国标), 或是中国城市特定规范中给出的建议性或是强制性标准的。这些信息固然是必不可少的，在我们的设计中是需要遵循设计规范，但仍然有必要质疑在特定的一些设计中这些规范值是否是适用的。

举个例子，我们在办公空间中工作和行为的实际情况经常会与我们认为的不一样(如图1)。个人所理解的工作模式和测量值实际上是很不一样的。这个差异就影响了我们为使用者提供一个舒适的环境。这只有通过面对面的沟通才能得出一个最终的结果。设计的过程中就需要增加沟通。而不仅仅只是“照本宣科”地进行设计，建筑设备工程师需要在温度、湿度、通风、空气流动等多个层面上考量工作环境时，采用这些最有效的措施。对于设备工程师来说，就需要参与到设计流程中更早的阶段，更加主动，而

不是像惯常那样忽视对于用户需求的初步研究，仅仅照搬规范。

针对新一代用户的现代办公室设计，除去正常的工作空间外还需要有运动、餐饮等配套功能。体育锻炼用房、淋浴、厨房、讨论区等对于HAVC都有着不同的要求。工作时间变得越来越灵活，意味着系统也需要进行相应的调整。自动运行时间表定制的功能、运用实时活动感应器以及支持这些活动的工程系统都是必要的。

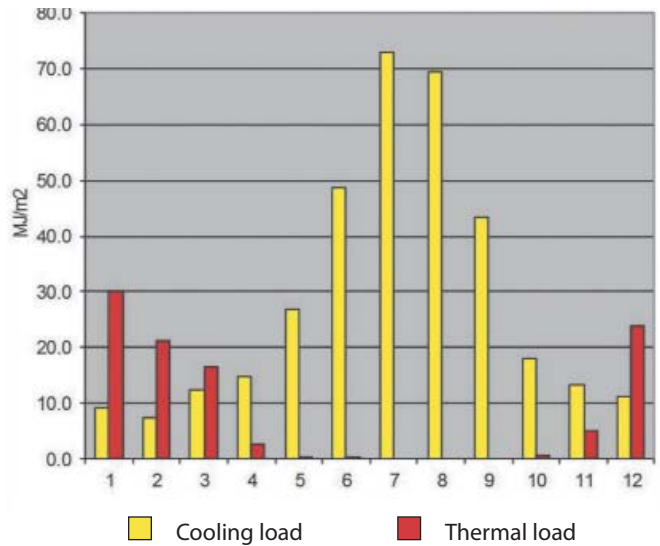
### 围护结构材料选择

考虑到建筑理念以及开发商希望他们的建筑能更加独树一帜，建筑的围护结构选择需要有精细的研究(如图2)。随着围护手段的多样化，室内的空间体系也需要与围护结构以及外部条件相适应。炫光、热工学性能、辐射效应、空调系统等都受到立面暴露程度的影响，因此需要对围护结构采取一定的保护措施。每年的运营成本也需要进行评估(如图3)。

### 垂直交通调整

在垂直都市化中，选择适合的垂

“上海的室外环境变化非常大，既有湿度很底的时候也有湿度非常高的时候。采用辐射制冷设备需要控制新鲜空气，以及天花板和冷却梁的工作温度。”



直交通系统是满足终端用户需求的必不可少的一点，包括垂直运输的容量和速度、施工和造价考虑、空间的利用率。通过一系列设计参数来衡量这些方面的先进技术是不可避免的，并提供适当的建议。图4中的案例就是南宁塔的基础设计以及两个在空间上、造价上、能耗上都更为节约的优化方案。

Energy relevant area (m <sup>2</sup> )	5,061												Quota (%)	100%
<b>HVAC Loads</b>														
<b>Thermal – Building envelope</b>	<i>MJ/m<sup>2</sup></i>												<i>GJ</i>	
<b>Monthly energy balancing</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	<b>Total</b>
Total gains Qg	20.7	14.0	3.9	-12.1	-26.7	-48.7	-72.9	-69.5	-43.5	-17.4	-8.1	12.9	-247.4	-1,252.0
Heating demand	30.0	21.2	16.4	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	5.1	24.0	100.1	506.9
Cooling demand	9.3	7.2	12.5	14.7	26.7	48.7	72.9	69.5	43.5	18.1	13.2	11.2	347.5	1,758.8

图3. 年度能耗评估。来源: 上海校园多层研发项目

在建筑业主/运营方的角度来看，项目在原计划预算内能够节省造价，并依旧保证视觉效果以及设备的有效性、高效率、易于维修以及更加可持续。

### 选择可持续性标准

企业客户往往需要项目通过某一个可持续性体系评估。在中国，有LEED、BREEAM、HKBEAM以及中国3星等等标准。这些体系各有侧重，建筑设备工程师的角色就是要仔细分析并协助业主选择最合适的体系。不管选择其中任何一个体系，不仅仅是拿到一个认证，更需要的是能够确实地提高建筑性能。这看起来应该是必然的，但是事实上“打了勾的勾选框”并不就代表在实际中都能得以实现。

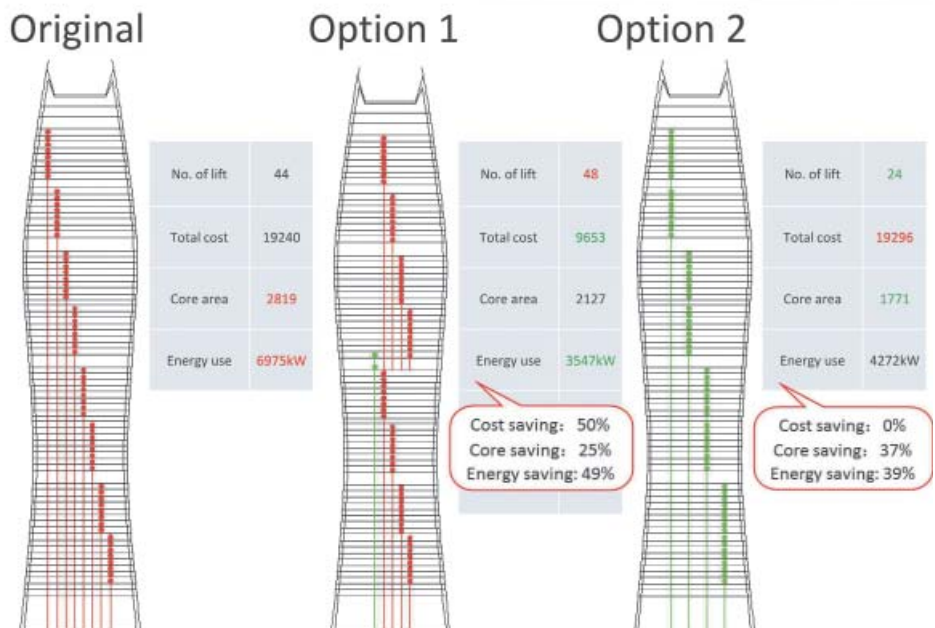


图4. 南宁塔垂直交通研究。来源: AECOM VT工作组



## 设计协调

与客户以及设计团队的沟通交流是实现这些以可持续性为标志的新设计的关键部分。实现“最佳”的同时又维持个人特色的设计往往都需要将国外设计师的才华与当地的智慧和规范相结合，这样才能保证整个设计的路线不仅独特和创新，并且能够顺利地通过中国规范的审查。这在安全系统上尤为明显，通常需要在当地的规范和国际保险要求比如美国国家防火协会 (NFPA) 或者美国工厂互保协会 (FM) 等中寻找平衡。有些在海外项目中常用的方法，在中国大陆应用时必须谨慎。在追求体系认证和业主期望建筑具有中国特色这两个目标之间潜在的矛盾也是需要考虑到。

## 解决方法

找寻并整合恰当的解决方案是一个复杂而庞大的过程。在建筑信息模型 (BIM) 的辅助下，设计协调的难度大大降低。

BIM能够帮助改善空间管理，在减小的楼板间距中确保足够的吊顶高度，整合结构和建筑设备方案，同时无缝衔接了图纸和实际 (如图5)。

下面的例子就展现 BIM如何应用到建筑设备设计中，确保建筑设备工程师能够在中国很多高层项目中提供项目总体指导。

## DZL项目，上海

上海的DZL高层项目需要将楼板间距减小100毫米变为每层3.9米，这使得在高层原有整体高度下能够再多出一个楼层，增加了总出租面积 (如图6)。每个楼层的外立面总面积就减小了，在

吊顶高度不变的情况下，楼面所获得的日照辐射量就减小了。进行这样的调整并评估其各方面的影响在没有BIM的情况下基本是不可能的。

## 南京西路688号项目，上海

这栋24层的“A”型办公楼包括了数个商用楼层，裙房部分作为零售和餐饮功能，地下有3层地下室 (如图7)。

在最初的概念设计中，开发商就考虑过在项目中整合进可持续性方案的可行性，然后确定了楼层高度。建筑采用了复合结构体系，包括混凝土核心筒和结构性钢框架。结构钢框架允许电管线开洞穿越，今天板中的空隙能够作为回流空气室并为管线提供了一个进出核心筒的便捷路径。轴网布置允许办公空间作为一个大空间，也可以成为带一个公共走道的不同单元布置。他们希望



From the BIM Model



From the Site Installation

图5. BIM模型和施工。来源: AECOM BIM工作组



图6. 上海DZL项目。来源: G.W./P.冯(上海)房地产开发有限公司



图7. 上海南京西路688号项目。来源: 恒基地产

外围护能够提升建筑性能，指导相应设备的选择以及性能控制。

在局部区域使用了包含建筑、结构和设备的BIM模型，比如所有的地下室、地区裙房、主要设备房以及标准层。在完工之后，会将竣工图导入BIM模型中，供将来建筑运营和管理商使用。

建筑同时考虑了使用者需求和可变性，在设计团队BIM的运用中进行了一系列的设计协调，并在数个标准上达到了可观的能量节约。这能够延长建筑使用寿命并且提升运营状况，最终都利于促进项目在商业上获得成功。

这是运用BIM的又一成功案例，BIM在这里以及其他很多项目中所充当的角色是增强沟通与提升设计的催化剂。设计与施工信息进行协调的同时，通过能量消耗分析保证建筑的性能达到预期目标(如表1)。

最后，由于在HVAC、照明、照明控制、生活热水、再生能源系统上的表现，建筑获得了LEED金奖认证以及香港BEAM认证。

## 上海国际金融中心建成楼面改建

这是上海国际金融中心的60层61层一个两层室内机电改建项目，除了单纯的办公功能外，再加入一个餐厅厨房全套设备，用餐和休闲设施，配备了淋浴和更衣室的健身房，服务机房，会议/培训室以及一个游乐区域，这些全部功能要压缩到5000平方米的面积内(如图8)。

改建项目聚焦于室内空气质量，达到并超过ASHRAE90.1-2007标准30%的新风率，对于循环空气和新风的过滤程度增强到了MERV13(美国标准)或F7(欧洲标准)。在主要的会议室和私人办公室中进行室内二氧化碳监测，以及挑选了VOC挥发量较小的材料。通过使用LED照明以及智能控制系统进一步减小了能耗，比起ASHRAE90.1-2007标准还要节省29.2%。在LEED的要求下使用了星级节能设备，比起之前使用情况测评明显在能耗上有所下降。

在已有的设备系统的限制下，这些改建顺利完成并获得了客户和

建筑总业主的肯定，在这个过程中为业主未来办公楼开发提供了一个基准案例。项目在达成设计可持续性的同时保证了未来使用中的可变性，能够提供适宜于不同终端用户活动的环境条件，达到FM标准以及当地规范的生命安全系统。

这个项目凸显了理解客户的运营需求并进行相应设计的重要性，为其提供一个友好、适应性强和灵活的工作环境，提高使用者工作效率和完成度。项目获得了LEED金奖认证。

## 多层研发中心项目

这个位于上海的开发项目由4栋办公楼、两栋实验楼和一个自助餐厅组成。地下室拥有各种设施，包括动物中心、能源中心、停车场、设备用房以及一个防空洞。

项目中使用的“绿色”技术措施包括变风量通风系统(VAV)，吊顶辐射制冷、冷梁辐射制冷、置换通风、地板空调系统、新风及排风的二氧化碳控制、雨水处理和循环、太阳能热水系统。为了保证设计的可维修性以及可达性5栋建筑都使用了BIM建模。设计交付成果需要达到国际级高标准，包括中英文档案以及整体满足规范要求。

设计最初的要求是对建筑外围护进行处理。为降低能耗，优化隔热系数和气密性就需要一个高质量、性能优良的外围护结构。上海的室外环境差异非常大，有的时候湿度非常低而有的时候湿度又会非常高。

使用辐射制冷设备需要控制新风量以及辐射吊顶和冷梁的温度。自然的排风以及楼梯间加压都是适用的策略，能够在建筑的安全

类别	基准1(锅炉系统)耗能量(kWh)	基准2(热泵系统)耗能量(kWh)	设计实例耗能量(kWh)
照明	2,049,337	2,049,337	1,407,423
设备	2,088,138	2,088,138	2,088,138
电梯	1,492,171	1,492,171	1,492,171
采暖	170,560(电力) 10,604 therm*(天然气)	265,813	433,754
制冷	1,402,791	1,402,650	1,012,125
排热量	30,854	30,852	23,391
泵	991,740	990,318	636,459
HVAC风扇	827,881	828,016	924,480
HVAC独立风扇	1,477,765	1,477,765	1,182,844
室外照明	255,132	255,132	255,132
总计	11,097,067	10,880,192	9,455,917
*1 therm约为29.3 kWh 设计实例与基准1比较之下能耗量下降率=14.79% 设计实例与基准2比较之下能耗量下降率=13.09%			

表1.上海南京西路688号项目能耗比较表





图8.上海金融中心60、61层的改建。来源: AECOM



性层面上简化设计。无柱的室内，通高的三层中空玻璃立面就要求使用CFD模型来确保内部百叶能够与周边空气环路系统、炫光和光测算以及调光系统相整合，在围墙旁创造出一个环境舒适的工作空间。为了满足外部环境排放要求，控制厨房排风和油烟的排放，使用了CFD模型来减少这些废气被二次夹带进入空气循环系统的可能性。

## 结论

本地和国际开发商尝试解决可持续设计中的问题是理所应当的，高层建筑由于协调难度更大，因而想要达到这一要求需要考虑更多参数。同样，设计师们也需要对这些措施如何整合到设计中有更深入的理解，并确保性能上的提升和造价上的节省。在设计开始阶段就需要有一个成体系的审查过程，得到更优和更易于控制的概念设计报告。影响到造价目标的核心参数必须被确定下来，由于设备在运营成本中占据了很大一部分并且对于能量使用效率有非常的影响，建筑设备工程师必须在这以过程中占据更

为重要的角色。BIM应该进行运用，不仅仅是作为一个设计工具，同样也催化了不同学科之间更好的设计协作。

使用新技术来辅助设计过程是非常有必要的，我们看到更多对于3D模型、建筑性能模型以及生命周期成本核算技术的运用来达到更好的效益。

追求可持续性的工程设计方案中会运用到多种创新性技术，下面这些因素是可持续性垂直都市化设计中必须考虑到的因素：

- 更关注终端用户的需求以及运营方式
- 考虑当下的设计需求，同时兼顾未来使用中的可变性
- 关注能够为设备系统提供更多空间的施工方法
- 尽管BIM能够优化设计提高空间效率，它同时需要减小建筑施工中的误差。■

## 笔者注解：

文中观点仅代表作者本人，并不等同于AECOM观点。

## CTBUH 2014

Shanghai Conference | 上海会议

AECOM的代表将会在上海会议中发言。其中，Simon Lay将在技术研讨会“消防与生命安全”（于9月16日星期二下午1:45 - 3:15举行）上发言，演讲的主题为“超高层建筑消防与生命安全解决方案”。

李红雨将在“分会6: 结构进步”（于9月17日星期三下午1:45 - 3:15举行）上发表题为“设计与施工解决方案的新水平”的演讲。