

前沿

“垂直森林”空中景观

“垂直森林”将森林的植物生命汇集在城市空间中，是人、动物和植物共同的栖居之地，集环境可持续性、生物多样性与社会价值于一体。

■本报记者 史博臻

久在樊笼里，复得返自然。如若无法迁居森林，何不把它搬回家？种在阳台上，育于生活中。在生态建筑这个圈子，斯坦福·博埃里（Stefano Boeri）的名字总是与“垂直森林”如影随形。这也难怪，自米兰“垂直森林”大楼建成后，这位来自意大利的建筑设计师就有意将“垂直森林”的种子播撒到世界各地。“播种”进程表上，能窥见“垂直森林”落地亚洲甚至中国的端倪。继米兰“垂直森林”、洛桑雪松之塔、贵州山之酒店后，博埃里及其建筑设计事务所的第四座“垂直森林”大楼——南京“垂直森林”，将于明年完工建成。而在不久的将来，上海或有望成为博埃里版“垂直森林”的下一站。

采访斯坦福·博埃里和他的设计师伙伴，是一次“烧脑”却又让人豁然开朗的过程体验，博埃里对“垂直森林”的理解让人印象深刻。目前，在博埃里的“垂直森林”蓝图上，唯一建成并投入使用的，只有米兰“垂直森林”大楼，从这点来看，将自然状态中的森林移植到都市摩天大楼，难度之大超过想像，其背后是十年磨一剑的积累，以及对各种植物、结构、风洞和景观的技术研发。对于“垂直森林”这一创新理念，市场目前仍处在观望和期待阶段。正因为如此，米兰这组“垂直森林”双子建筑，才更值得人们仔细品味。

窗前即见会呼吸的“春夏秋冬”

如果你家所在的大楼每一层都铺满绿色植物，将会是一种怎样的体验？意大利米兰市中心的一些居民，或许能回答这个问题。

位于米兰伊索拉区的“垂直森林”于2007年动工，2014年竣工，是“垂直森林”01号，也即“母版”。两栋居民楼分别高110米和76米，包含113间公寓，视野非常开阔，城市风景尽收眼底。与周围建筑有所不同的是，它的阳台上总共种有730棵乔木、5000株灌木和1.1万株草本植物，藤蔓、花卉根据阳光、高度等条件分布在建筑的沟沟壑壑。要知道，这些植物相当于1公顷森林所拥有的绿化量。平均下来，居住在这里的每个人被对应分配了2棵大乔木、8棵大灌木和40棵小灌木。

你也许会感叹，怎么会有如此另类的居民楼。其实，它们正是博埃里践行“可持续建筑设计”理念的产物——把建筑和植物融合在一起。再准确点说，“垂直森林”是披着植物外衣、具有生命的高层建筑，它将森林的植物生命汇集在城市空间中，是人类、动物和植物共同的栖居之地，集环境可持续性、生物多样性与社会价值于一体。建筑师希望，这两栋居民楼有助于净化米兰糟糕的城市空气，增加周边区域的生物多样性，同时保护居民免受阳光和噪声污染……

值得一提的是，两幢大楼内种植的花草树木，其所有权并非由购房者所有，根据相关协议，它们的处置权归物业持

有及管理者。早在建设规划之初，设计师就根据建筑的层高及空间布局定好了相关树木及花草品种。也就是说，业主在选房的时候不单要考虑户型、朝向等传统要素，还要附加一项条件：未来将和什么样的植物生活在一起。

在真正播种植物之前，建筑师们曾花费两年左右时间和植物学家一道，决定适宜“垂直森林”使用的植物品种和尺寸，选出包括栓皮栎、欧洲山毛榉、星花木兰、常绿槭、大叶早樱、金链树、红皮柳、银杏、冬青树、常春藤、乔叶山麦冬等100多种本土植物。其中，最高的树木为9米，常绿植物33种，鸟儿喜爱的植物59种，适合昆虫繁衍的植物65种，宜于授粉昆虫的植物66种，吸引蝴蝶的植物62种。在米兰“垂直森林”建造过程中，树木被直接运送到外立面的阳台上。在居民楼里，最先被种下的是地被植物，然后是灌木、乔木，最后住进了人。

当人入住以后，鸟类、昆虫也开始筑巢，这两栋楼最后形成了一个完整的生态系统。当然，居民楼还采用了“抗植物蔓延”措施。据博埃里建筑设计事务所中国合伙人胥一波介绍，这样的“变形”所带来的土建建造成本，比同规格的普通摩天大楼只高出7%。

由于其独特的实验性质，第一座“垂直森林”在米兰一经建成，就引起了广泛关注。在建筑领域，它获得了2014年国际高层建筑大奖，还有世界高层建筑与都市人居学会授予的2015年欧洲最佳高层建筑奖。

来到中国后，“垂直森林”因时因地进行一系列改妆。在南京项目中，建筑师需要对南京当地气候、景观、植被、现场条件等要素进行多方面的考察和研究。南京“垂直森林”位于浦口区，两座塔楼的特点是绿色树池以及阳台的交替，这也是米兰“垂直森林”形态的翻版。不同之处在于，两座分别高200米和108米塔楼未来会承载商业、娱乐、教育等多种功能。

根据设计，沿着建筑外立面，600棵高大乔木、500棵中型乔木娉婷而立——它们皆选自当地26种树木品种，还有2500株植物和灌木层叠交错，共同覆盖6000平方米的建筑体表面积。根据估测，这些树木将每年吸收25吨的二氧化碳，同时每天可以释放60千克的氧气。

建筑师希望这座被植物包围的建筑能成为南京的新地标——不仅让人从室内向外望去，可以观赏景色，大楼的外观也将因植物多样性带来鲜明的季节颜色元素：春天，一片清淡柔和的色彩，而到秋季，生长季节结束之时，暖色调凸显出来……

安全问题专家早有考虑

建成三年后，米兰“垂直森林”一直运转有序，也没有传来令建筑师担心的信息。但这也不代表南京的“复制版”也能顺利落地，毕竟气候等自然环境不一样。

南京“垂直森林”被媒体大肆报道后，不少网友质疑这个由意大利人提出的“绿色建筑”更像一个噱头。让圈外人士担心的事情还有许多，比如将乔木植在200米的高层建筑上，远比花草难得多；蚊虫滋扰、树枝掉落等都是高空种树面临的问题。

安全，自然是人们最为关心的。胥一波介绍，风是被主要考虑的气候因素。一方面，由于风会对植物产生直接影响，另一方面，当树的大小和重量承受强风时，就会向建筑结构传导一系列巨大且复杂的力量。为此，在最初的规划阶段，他们就在米兰理工大学进行了“一比一”的风洞测试，以此确定出树木和建筑结构的应力分布……从中可以看出，“垂直森林”并不是一个单纯的建筑项目，而是由植物学家、昆虫学家、风



动力学家和材料学家联合的科技团队构筑而成的。

南京“垂直森林”当下还只见骨架，未见皮肉，但也可先从米兰“垂直森林”的大量实验中，窥见一斑。胥一波介绍，当时专家团队对种植盆、植物、锚、封装基板的实体模型进行了仔细计算与真实测试：测试真树在风速190千米/小时条件下，各部件的空气动力系数，以及在67米/秒的风速下，植物底部的力和力矩。同时，还要考虑当前和未来的建成城市形态，因为城市形态也会对风的流量起到决定性作用。

为了帮助树木抵抗住狂风的摧残，

米兰“垂直森林”的树木锚固系统具有三重安全防护措施——

临时安全装置：所有中型和大型植物的树根土球，被固定在种植盆中，里面有很多管柱组成的水平框架，而种植盆上会覆盖厚厚的草皮，草皮上面又用安全皮带来固定。这样一层又一层，可以防止树干倾斜或树木从草皮甚至从种植盆中翻出来。

基本固定装置：通过三根弹性安全皮带，所有中型和大型植物被固定在一



上图：米兰“垂直森林”大楼视野非常开阔，城市风景尽收眼底。

左图、左下图：第一座“垂直森林”在米兰一经建成，就引起了广泛关注。

下图：南京“垂直森林”项目蓝图

本报资料照片



植物的安全性与其布局是分不开的。胥一波介绍，考虑到风向及植物对于阳光的要求，常绿植物多置于西南方布置，落叶植物则种在东北方。

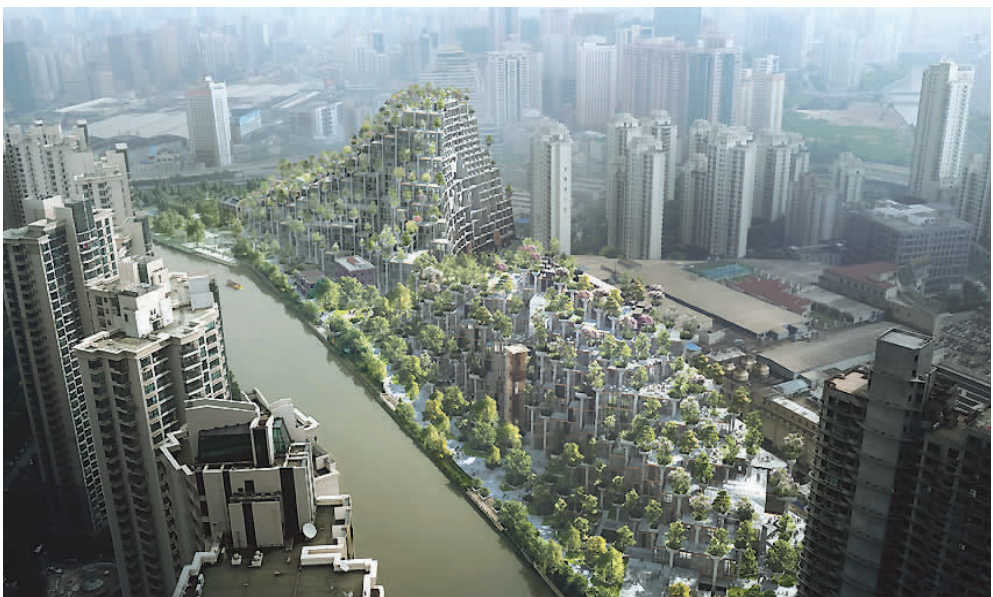
退役攀岩运动员将胜任“飞翔的园丁”

“垂直森林”能否最终呈现如效果图一般的美好景象，取决于植物的健康成长。在高楼上管理植被的难处在于，不仅要应付植物生长的普通需求，还需综合考虑日常管理养护。

在米兰的“垂直森林”大楼中，每一

个悬空的拉伸钢索上。钢索一端接在阳台地坪上，另一端固定在上层阳台上。这样可以预防植物在某些极端条件下倾覆或造成枝杆断裂，当然安全皮带富有弹性，可以根据树木的生长情况定期调整。

保险的安全装置：树木一旦遭遇极端恶劣的环境状况，比如风速超出了设计所允许的速度，那么还有最后一根“救命稻草”——钢制篮将树根球固定在混凝土结构上作为保护。这个体系由两根交叉的横梁组成，并束缚在垂直框架的上部，可以降低树根土球和草皮从种植盆倾覆而出的可能性。



考虑到上海气候条件和夏季的台风天气，植物的锚固系统也需要有针对性的设计：植物的根球通过放置在一个钢制篮里再固定在混凝土树缸上，并且植物种植管表面还会有弹性的安全皮带绑住固定。对于中大型树木，除了以

的钢结构承重系统，从地面贯穿到建筑顶部，形成了一个独立“垂直森林”空间。错落的绿色植物通过钢结构，形成一个平衡的、向两边悬挑的姿态，一边与老立面之间采取较接，一边则是垂直森林向外的阳台。在视觉上给老楼带来新生感的同时，也在结构上做到了“零负担”。

至于构件承受力设计，都是根据上海的气象参数来计算的，以对抗各种极端情况保证安全。在植物的选种方面也实现了本土化，结合实际的光照条件、高度、位置等因素排兵布阵。建筑师表示，这一“垂直森林”项目由于受制于现场的客观环境，既无法参考已有的成功案例，同时它也很难被复制到其他项目中，如果要对它进行归类，只能说它是垂直绿色理想在不同语境下新的变身。

“生命柱”上构建千树风貌

400个相互交错的路露，高低错落种植了1000棵树，远远看去宛如峭壁上一簇簇绿洲。近日，一组苏州河畔的另类建筑群效果图在网上广泛传播，引起不同声音的热评（左图），有的说好看，有的说怪异，有的网站直接冠上了“古代巴比伦空中花园惊现上海苏州河旁”的吸睛标题。

其实，所谓的“巴比伦空中花园”，真名是“天安阳光广场西块地区”。这一项目总建筑面积约为11万平方米，建筑整体构思设计为“山峰型”，建筑设计师为大名鼎鼎的英国人托马斯·赫斯维克——他的作品在中国引发热议并非首次，上海世博会英国馆、上海外滩金融中心就出自他的手笔。

记者在现场看到，一个个绿树覆盖的建筑单体，其实是参差排列的140个

“生命柱”——它们由一个个独立的水泥桩浇筑而成，桩径分别为70厘米、60厘米，柱高50多米，外观形似火炬，位于柱子顶端的每个露台花盆拥有五种规格，上面依不同尺寸，种着一棵体格相当的树木……从这点来看，它可以算是另一种版本的“垂直森林”。

针对高空种植以及抗风、抗旱两个问题，天安阳光广场项目的园林设计师提出了一套解决方案：首先，对土壤和树干采用钢丝绳固定，通过吊车牵引，将一株株树木种到“生命柱”内。其次，每个柱内均采用20厘米厚的鹅卵石做為蓄土层，为预防夏季高温时段土壤水分蒸发，及时给树木补水，确保树木能在狭小的水泥空间内良好生长。与此同时，在施工时还专门调配介质土追加营养，以提高苗木的存活率。景观配置方面，设计师选用了本地常见的桂花、青枫、红枫、紫荆等20多种常绿、色叶的树种。

上海建工一建集团项目经理张文军介绍，在今年5月底移植到现场之前，这些植物已经在苗圃里培育了整整3个春夏秋冬。目前，这批乔木的根须尚待培育，预计达到茁壮稳定状态还需要一年时间，所以在养护上要格外用心。他说，为了让这1000棵树健康成林，这座空中花园配备了先进的乔木固定、自动滴灌、雨水感应一体的现代种植系统。其中的自动滴灌系统，易控制精确施水深度，节水的同时，又可以有效湿润作物根部附近土壤，在一定程度上能够避免传统绿化浇水养护造成的土壤冲刷和板结等诸多不利。

本报资料照片

“垂直森林”在上海

■本报记者 史博臻

“垂直森林”虽然是一个这几年才流行起来的摩天大楼类型，但事实上在世界各地，一些楼层不是太高的高层建筑，早在几十年前就开始尝试绿色植物，垂直覆盖的设计，你能在新加坡、曼谷、台北见到许多类似的绿色大楼。

在上海，浦东机场T2航站楼的部分区域，就被改造成“候机室里的丛林”；市中心的九江路501号一幢其貌不扬的老建筑中庭，就藏着迷你版的“垂直森林”，至于近期的“网红”——位于苏州河畔的天安阳光广场，更是以“巴比伦空中花园”的名号，受到广泛关注。

从复杂性由深入浅来说，建筑采用大面积绿植布置的手法广泛出现在城市生活中，尽管它们的叫法有所不同——垂直绿化、立体绿化、空中花园……诸如此类，都体现了建筑师把绿意引入钢筋混凝土的决心和创意。

老房子的绿色改造实验

位于九江路501号的原上海华商证券交易所大楼，记载着当年上海滩金

融巨头的风云岁月。不过，它还有另一个不为人知的“标签”——上海首个以“垂直森林”手法进行改造的老建筑，而承担这一项目规划的，正是博埃里建筑设计事务所。

2014年，博埃里建筑设计事务所接手这一项目时，考虑到消防和文保风貌的有关规定，最终决定在建筑的西立面引入垂直绿化。“从城市区域建设的角度考虑，这一抹绿意有助于建筑开放原本‘封闭’的空间”。建筑师认为，这幢建筑所在区域的周边用地规划相对紧凑，尺度也显得十分拥挤，在如此高密度的区域内，几乎不可能有相应的公共绿化以供社会享用。因此，在建筑改造中，从立体维度出发引入绿化，可行性最高、投入产出比最合理的手段。因此，在引入“垂直森林”模式的指导原则下，建筑师们就技术、结构、规

范等适应性实施问题展开多层面的斟酌商榷。

考虑到建筑本身的特殊性，不能增加额外受力，改建时，建筑师的做法是给老建筑新做一件“外套”——在老建筑外墙间隔3米的地方建造一套独立