

空中花园

(美) 大卫·弗莱彻 编
吴宝强 译



GUANGXI NORMAL UNIVERSITY PRESS

广西师范大学出版社

images
Publishing

空中花园

(美) 大卫·弗莱彻 编

吴宝强 译

广西师范大学出版社
· 桂林 ·

images
Publishing

图书在版编目(CIP)数据

空中花园 / (美)大卫·弗莱彻 编;吴宝强 译. —桂林: 广西师范大学出版社, 2015.6

ISBN 978 - 7 - 5495 - 6507 - 8

I. ①空… II. ①大… ②吴… III. ①景观设计-作品集-世界-现代 IV. ①TU986

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 073949 号

出品人: 刘广汉

责任编辑: 肖莉 孟娇

装帧设计: 吴茜

广西师范大学出版社出版发行

(广西桂林市中华路 22 号 邮政编码: 541001)
(网址: <http://www.bbtpress.com>)

出版人: 何林夏

全国新华书店经销

销售热线: 021 - 31260822 - 882/883

利丰雅高印刷(深圳)有限公司印刷

(深圳市南山区南光路 1 号 邮政编码: 518054)

开本: 635mm × 1 016mm 1/8

印张: 28

字数: 54 千字

2015 年 6 月第 1 版

2015 年 6 月第 1 次印刷

定价: 258.00 元



如发现印装质量问题,影响阅读,请与印刷单位联系调换。

目录

2	前言
	第一章 引言
5	1.1 什么是屋顶花园
5	1.2 为什么屋顶花园有诸多益处
6	1.3 何时考虑建造屋顶花园
	第二章 设计要素
7	2.1 屋顶花园的设计
7	2.2 屋顶支撑结构
8	2.3 朝向
8	2.4 斜坡
8	2.5 防水膜
8	2.6 隔热建筑
9	2.7 雨水管理
9	2.8 模仿自然水文
9	2.9 暴雨水文
10	2.10 根障（需要时设置）
10	2.11 排水
11	2.12 生长培养基（土壤）
12	2.13 植物
15	2.14 光照提示
16	2.15 屋顶铺板
17	2.16 设计适应性
18	2.17 其他提示
	第三章 施工与维护
21	3.1 施工及维护方案
21	3.2 施工与维修的实施
23	3.3 屋顶花园的更换

目录

案例研究

24	码头街公寓	172	纽约州立大学环境科学与林业学院绿色屋顶
32	骑士桥屋顶露台	178	屋顶乐园
40	高山剧场新翼大楼	186	300 Ivy 大街大楼
46	余兆麒健康生活中心	192	特朗普大厦
54	莎丽生活区	204	SM 北部城市空中花园
62	交织大楼		
70	安东尼克·卢克西奇矿业开发中心	212	附录
76	屯门西北泳池	219	致谢
82	九栋环保泥屋	220	索引
90	上海大光明影院		
96	899 西伊芙琳办公楼		
104	好莱坞豪华公寓户外观景平台		
110	鹿特丹屋顶花园		
116	福能布洛克·科住宅		
120	开放的绿色花园		
128	特里贝克阁楼		
134	日本小松科学馆		
138	安德鲁路边平房		
144	顶楼遮篷与屋顶平台		
150	阿拉梅达狄茨屋顶		
156	明日屋顶工作间		
162	空中之家		
166	树之家		

空中花园

(美) 大卫·弗莱彻 编

吴宝强 译

广西师范大学出版社
· 桂林 ·

images
Publishing

前言

梁文杰

美国建筑师协会 2015 年度室内设计奖

美国注册建筑师学会纽约分会 2015 年度设计奖

气候变化、资源稀缺和生物多样性的丧失严重制约了环境的可持续发展。同时，快速发展的城市化进程和急剧增长的人口数量也加剧了这一现象的严重性。加强城市的绿色基础设施建设、创造更好的生活环境既十分必要，又迫在眉睫。现有建筑和新建筑的屋顶为建筑师和景观设计师提供了发挥的空间，使他们能够在人工地面上再造自然空间。虽然每一项创造性的工作都是独特的，但它们却都具备着一些共性的成功因素。

整体规划：屋顶花园需要与下方主体建筑的其他便利设施和公共设施相互连通，与周围的城市建筑环境相融合，这是整体规划的关键。正如 RLP 的 YWCA 梁绍荣度假村项目和书中精选的一些其他项目，这种建筑设计对地形具有很高的敏感性，它打造了一段从地面到屋顶的无缝衔接的绿色旅程。书中的其他项目，例如余兆麒健康生活中心项目，通过室内外空间的巧妙互动将绿色植物、庭院和室内设计和谐相融。

气候敏感：只有了解屋顶花园应对气候变化的弹性，才能采取有效措施减轻极端天气对屋顶花园的影响。通过对屋顶花园下方的主体建筑和周围环境进行综合的、特定的分析能够了解项目地点的微气候条件，进而为不同种类的软质和硬质景观区域的布局提供参考。这对于植物物种的选择、环境舒适度和户外空间的功能规划而言尤为重要。

以人为本：能否提供各种各样的绿色“呼气空间”直接影响屋顶花园的活力。当一处地点能够提供多种使用方式时，人们会更愿意参与其中。一些建筑细节的规模也会影响人们对花园的体验，宽敞的空间能够吸引更多的人聚集和逗留。

价值增值：除了规划的功能价值外，屋顶花园还能带来额外的效益。粗放式的绿化减少了城市热岛效应，屋顶的植被有效降低了建筑围护结构的热量传递。以社区为基础的食品生产最近开始变得流行，主要是因为越来越多的人逐渐认识到一个事实，城市农耕能够提高人们的营养和健康意识，推动社区建设，甚至促进地区经济的发展。

生态恢复：通过深入调查一个地区的生态潜力能够评估出一处生境是否适合所处的地理位置、周边的环境以及微气候。通过增加物种多样性以及以自然的方式种植本地物种能提高屋顶花园的生态价值。为了避免对屋顶花园内新建的生境造成不必要的干扰，应当规划适当的隔离区域用于进行展示或教育，并为花园提供更多的保护。

资源的有效利用：通过需求方面的解决方案（例如，选择本地耐旱植物物种、在种植器皿中设置保水层）和先进的供应系统（例如，节水灌溉系统、雨水集蓄和水的循环使用），屋顶花园能够减少甚至避免饮用水的消耗。为了尽量减少屋顶花园对主体建筑造成的结构性负荷，应当选用较浅的土壤深度，尽量降低屋顶的恒载。尽管这么做会缩小植物的选择范围，但能够降低屋顶花园使用阶段所需的资金和维护资源的投入。

总而言之，成功的屋顶绿化需要精心的设计和规划。尽管在建筑林立的城市中屋顶花园的占地面积受到限制，但它能使人们更亲近自然，在社区中重建自然生态，并提高人们对绿色和健康生活的意识。

目录

2	前言
	第一章 引言
5	1.1 什么是屋顶花园
5	1.2 为什么屋顶花园有诸多益处
6	1.3 何时考虑建造屋顶花园
	第二章 设计要素
7	2.1 屋顶花园的设计
7	2.2 屋顶支撑结构
8	2.3 朝向
8	2.4 斜坡
8	2.5 防水膜
8	2.6 隔热建筑
9	2.7 雨水管理
9	2.8 模仿自然水文
9	2.9 暴雨水文
10	2.10 根障（需要时设置）
10	2.11 排水
11	2.12 生长培养基（土壤）
12	2.13 植物
15	2.14 光照提示
16	2.15 屋顶铺板
17	2.16 设计适应性
18	2.17 其他提示
	第三章 施工与维护
21	3.1 施工及维护方案
21	3.2 施工与维修的实施
23	3.3 屋顶花园的更换

目录

案例研究

24	码头街公寓	172	纽约州立大学环境科学与林业学院绿色屋顶
32	骑士桥屋顶露台	178	屋顶乐园
40	高山剧场新翼大楼	186	300 Ivy 大街大楼
46	余兆麒健康生活中心	192	特朗普大厦
54	莎丽生活区	204	SM 北部城市空中花园
62	交织大楼		
70	安东尼克·卢克西奇矿业开发中心	212	附录
76	屯门西北泳池	219	致谢
82	九栋环保泥屋	220	索引
90	上海大光明影院		
96	899 西伊芙琳办公楼		
104	好莱坞豪华公寓户外观景平台		
110	鹿特丹屋顶花园		
116	福能布洛克·科住宅		
120	开放的绿色花园		
128	特里贝克阁楼		
134	日本小松科学馆		
138	安德鲁路边平房		
144	顶楼遮篷与屋顶平台		
150	阿拉梅达狄茨屋顶		
156	明日屋顶工作间		
162	空中之家		
166	树之家		

第一章 引言

1.1 什么是屋顶花园

屋顶花园是生态、可呼吸性屋顶绿化系统。该屋顶绿化系统为传统屋顶系统的可持续性替代品。屋顶花园是在全世界范围内日益觉醒的环境意识影响下，人们致力于推动环境可持续性发展以及减缓对空气、水源、能源及土壤的负面影响而做出的努力尝试。美国波特兰市在这场激动人心的建筑绿化潮流中发挥着模范引领作用。该市鼓励建设屋顶花园以促进环境可持续性发展。屋顶花园技术正处于不断发展之中。随着城市中屋顶花园不断出现，波特兰市对屋顶花园的理解也越来越深入，对可利用的相关技术信息推广力度也越来越大。

屋顶花园由轻型土壤系统（生长基质或基片）及植物组成。设计生长在屋顶花园中的植物应尽可能地由系统自主给养。成功的屋顶花



GEO 建筑事务所——太古汇绿色屋顶及广场



DLC 建筑集团——412 屋顶花园重建

园各组成元素之间具有协同性。花园里的土壤能够固定住植物的根茎部分并支持植物生长，反过来，植物能够防止土壤流失并能吸收热量。植物的根部与土壤能够滋养微生物，反过来，微生物能够使土壤与植物更加健康。通过水和阳光，土壤与植物获得养料。植物通过光合作用长出果实滋养着其他生物，而这些生物排出的废物又提高了土壤的质量。屋顶花园又称生态屋顶、开闭型绿屋顶或屋顶植物园。屋顶花园可以商务性利用、多户居民共用，还可以应用于工业建筑上、独立的居民楼上、车库顶上及其他设施的屋顶上。屋顶花园不但适宜建设于新建筑之上，还可建设在现有楼房的改造屋顶上；不但可以建设在平坦的屋顶之上，还可以建造在斜屋顶之上。建筑物的建材主要有木材、钢材、砖石、混凝土或上述两种或两种以上的建料结合物。如果设计方案恰当适宜，上述所有建材都适宜屋顶花园使用。

1.2 为什么屋顶花园有诸多益处

绿色屋顶能为环境带来至少三个非常重要的效益。这些环境效益包括改善城市热岛效应、减少能源需求和二氧化碳的排放（如减少了从空调中释放的二氧化碳），提高城市居民的健康状况和生产力，以及为微生物及大型生物提供栖息地。虽然绿色屋顶在虽然在一些国家仍是新鲜事物，但在欧洲、亚洲和北美洲已经越来越普遍。它对工业来说也切切实实是个机会。然而，已证实的能够适应严酷环境的植物种类仍然不足，尤其是适宜户外绿色墙壁和粗放式绿色屋顶及密集型屋顶花园种植的植被。这两种情况的特点是面积大，不

宜保养和维护，植物的生长介质（即储水量）浅，例如，大工厂屋顶的粗放式绿化。不过，通过周密的计划和维护，绿色基础设施可以成为可持续建筑设计的一个有益元素。

文献及研究资料表明，屋顶花园能够产生许多传统屋顶无法具备的益处。事实上，传统屋顶花园产生的诸多问题都被屋顶花园一一解决。

（1）环境上的益处

- 根据自 2002 年搜集到的检测数据，屋顶花园通常可以收集到或挥发掉屋顶上 60% 的雨水。这就会减少屋顶径流的流量及流速，还可以避免汇集的污水溢流 (CSOs) 进江河溪流。

- 屋顶花园还可以降低雨水径流的温度，维持适宜鱼类生长的水流温度。



BCQ 巴塞罗那建筑公司——巴塞罗那桑特·格瓦西图书馆

- 屋顶花园还可以通过降低大气温度、吸收空气中污染物而改善空气质量。

- 屋顶花园增加了城市环境中植物及野生动物的栖息地，使传统的生物禁地焕发生机。

- 屋顶花园可以减少城市热岛效应。

（2）为业主带来的利益

- 屋顶花园的使用寿命是传统屋顶的两倍，减少了翻修的成本及原材料的耗损。

- 屋顶花园给大楼设置了绿色保护层，减少了大楼制冷与制热的成本消耗。

- 通过修建屋顶花园使建筑物满足相关城市雨水贴现方案的规定，减少了污水排放费用。

- 可以利用屋顶花园发挥雨水管理技术降低基础设施上的支出。

- 屋顶花园比传统屋顶更能满足人们的审美需要，给大楼带来附加值。

1.3 何时考虑建造屋顶花园

为新建大楼建设屋顶花园的最佳时机就是大楼设计方案形成或理念产生的阶段。尽管屋顶花园建设在大楼的楼顶，但有许多设计元素需要予以关注。

许多屋顶花园也建在现有建筑之上，这样的屋顶花园遍布市区。为现有建筑建设屋顶花园的最佳时机是屋顶需要改建或翻新之际、提高大楼的地震震级之时与整个建筑需要改建之际。有些业主为延长大楼楼顶的使用寿命，将屋顶花园建于现有建筑的楼顶防水层之上。

第二章 设计要素

尽管屋顶花园的布局配置各不相同，但它们通常都包括下列元素：

- 屋顶支撑结构。
- 防水膜。
- 根障（如有所需）。
- 排水系统（如有所需）。
- 生长培养基（土壤）7厘米到15厘米。
- 植物（肉质植物，如景天属植物）。
- 碎石砂砾。
- 排水管。
- 朝向。
- 防水板。
- 防风或防雨水侵蚀的护根或其他材料。
- 雨水管理。

2.1 屋顶花园的设计

在设计之前，先确定基本的设计理念是非常重要的。这里的基本设计理念包括对建筑结构的分析评估以及拟建的屋顶花园施工及维护水平(O&M)。

对于屋顶花园规划中的多种选择方案基于屋顶的建造目的而定。大楼的业主与设计师可能希望建设一个实用性的屋顶花园，既能提供雨水管理又能设置保温隔热层；也有的业主希望屋顶花园不但是生物多样性汇集之所，而且看起来美观且使用便利，或者是希望上述特点都兼而有之。

成功的屋顶花园需要所有的要素运转良好，整体运转协调。这包括设计、建造、确立、施工及维护水平的方案及其实施。如果任何要素运转不周，整体方案就意味着失败。

大多数建筑物需要在屋顶设置通道以便对屋顶花园的机械装置进行操作与维修，以及对窗户保洁、电梯维护或其他设施进行维护之需。在设计阶段需要对通道的建材予以确定，以便明确设置的通道是砾石小径还是其他惰性材料。如果屋顶花园的通道只是偶尔使用，也许并不需要辟出小路，这是因为屋顶花园中栽植的植物可以忍受偶然的踩踏。



詹卡洛·马赞蒂和费利佩·梅萨，罗德里格·达威拉——V之家

屋顶花园的设计应该包括维护设备或器材的存储措施，对大型建筑尤其如此。

2.2 屋顶支撑结构

屋顶花园的重量从每平方米68公斤到136公斤左右，主要取决于上面生长的植物与生长培养基的重量。拟建屋顶花园的大楼必须能支撑这些附加重量。

对于新建建筑，屋顶花园的附加重量也许需要也许并不需要一个坚固的支撑结构。设计事项包括大楼的地基、梁架、梁柱、铺板及其他结构性要素。

对已建大楼而言，结构的加固升级可能包括加设的铺板、屋顶架、托梁、圆柱或基础。许多建筑建有每平米68公斤砾石、碎石屋顶，这样的屋顶通常足以支撑一个屋顶花园。

当这些材料干燥时，它们会飘在水面上，只有完全湿透时才沉入水中。如果这些材料是混合使用，那么它们就需要冲刷与脱水。如果这类材料大量使用，需考虑使用碎石、砾石（护根）或植被垫来应对雨水冲刷。

2.3 朝向

朝向是屋顶平面按罗经方位所指的方向。波特兰市典型的屋顶花园通常朝北。朝北最有利于减少水分蒸发并减缓阳光暴晒，对植物生长最为有利。此外，朝北的屋顶花园可以不需要灌溉。

朝东是第二优选方向，而朝西或朝东不是较好的选择。后两个朝向会受到最强烈的阳光照耀，并且需要加深土壤层、加大灌溉用水量。

2.4 斜坡

斜坡指的是屋顶花园设置的俯仰角。在朝北及朝东的屋顶花园上，设置坡度为 2 到 15 度的斜坡较为适宜，而朝南或朝西更适宜设置坡度为 2 度或更少的斜坡（因为缓坡受到的太阳照射较少，并且需要的灌溉量也较少）。

在波特兰市，大多数屋顶花园相对较为平缓，大约设有坡度为 2 度的斜坡，尽管有的斜坡坡度较陡，可能达到的坡度为 40 度。要注意避免水滞积并溢出排水层的情况发生，这种情况会危害植物的生

长。对于开阔型屋顶花园，更需注意防止水滞积并溢出排水层的情况发生。因为这种开阔式屋顶花园的排水层较浅，植物的生长培养基往往较薄。

然而，有时即便是经过最精心设计建造的屋顶铺板上，也会发生水滞积现象。坡度影响灌溉、苗木植被及所需的材料（例如设置格架以防土壤脱落）。

2.5 防水膜

（1）改良沥青防水膜

改良沥青（或沥青）通常是使用石油添加剂加以改良的沥青材料。改良沥青是多层次系统，可以呈薄片状、卷轴状和液体状。改良沥青可以加热使用、变冷使用、点燃使用或自身粘在一起使用。它还可以松散或紧密地用于屋顶板之上。

（2）热塑性塑料膜

热塑性材料膜包括：

- 聚氯乙烯。
- 热塑性聚烯烃。
- 三元乙丙橡胶。

这些沥青制品属于单层系统，可以制成卷状或大片状，可以松散或紧密地用于屋顶板之上。有多家公司生产适宜屋顶花园使用的防水膜。

2.6 隔热建筑

建筑隔热常常与屋顶花园的防水膜联系在一起，因此在设计的早期对此予以考虑就尤为重要。

设置建筑的隔热层可以在下列铺设位置任选一个，但这几种铺设位置都各有利弊：



亨利·拉尔森建筑事务所，拉森——伯恩尼茨日托中心

- 在建筑物内的天花板之上设置。这种设置方式不涉及到屋顶花园因素，并且不受重铺屋顶天台的影响。

- 设置在屋顶板之上，屋顶防水膜之下。这种绝缘隔热层会受到重铺屋顶天台的影响，可能会受到破坏。

2.7 雨水管理

在美国，人们越来越关注雨水处理及雨水对基础设施、环境与预算的影响。如今，越来越多的开阔原野上修筑了公路，建造了高楼大厦或停车场，而与此同时土地却变得越来越少。不但供雨水渗透的土地面积在日益变少，而且也难以保证土地上的降水最终可以安全顺利地进入江河水道之中。由于非渗透性土地的面积在不断增加，这样就可能导致有更多的雨水在管道中、池塘或水库中滞留。这样的问题并非今天才出现。早在 20 世纪 40 年代，为解决此类问题，美国就颁布了重要的联邦法律。到了 20 世纪 70 年代，这些法律最终形成了《清洁水法》，该法案的主要执法机关为新设立的环境保护署（EPA）。自此之后，美国环境保护署对相关问题进行了广泛的研究，并规划了解决方案。在过去几十年里受到环境保护署的委托，用于开发雨水管理技术的多项研究已经进行。屋顶绿化技术成为屋顶雨水管理中的最佳管理办法（BMP），并得到检测，还获得了美国环境保护署的认可。如今，在众多“低环境影响设计/开发”（LID）项目中，屋顶绿化已经树立了最佳雨水管理的标准，但该管理办法如何才能得到贯彻呢？

设计得当的屋顶花园系统能聚集一次降雨的全部或部分水量。降水被存储在几处：有的雨水储存在生长培养基的露天空隙中，有的存储在培养基下面的雨水/积水存储系统中。在这种屋顶花园中，雨水系统的各个组件以几种方式进行雨水处理。

- 在组件完全吸足雨水达到饱和之前，仍有一部分雨水会滞留。

- 多余的屋顶雨水被导入大楼的雨水系统中。

- 减少雨水径流量，并且通过植物的蒸发蒸腾效应将一部分水分变为能够排放到大气中的水蒸气。

- 酸雨中的一些颗粒物及化学物质经植物过滤，再经过栽培基质、系统过滤层和排水层之后得到有效处理。

通过上述方式，屋顶绿化系统模仿了类似湿地或其他相似结构的自然水文地理系统。同时，屋顶绿化系统在整体上作为一个可处理雨水的生物工程系统。

2.8 模仿自然水文

在功能上，屋顶植物的媒质起到路面上渗透性骨料的作用。水分就储存于粗细骨料与有机颗粒之间。此外，雨水还存储于花园下水镶板的凹槽之中。虽然透水路面系统和带有植被的屋顶都可以蓄水，但只有种植在屋顶的植被有助于更好的促进雨水管理措施的实施。植物、媒质及花园下水系统在功能上就像是一块海绵。一块干燥的海绵通过其内部的蜂窝结构展示出极大的吸水性能，当水量慢慢增加时，海绵接近饱和但不会排出水。随着水量被不断吸入，海绵终会达到饱和点，而无法再吸入更多水分。过了饱和点，如果继续加水，海绵上就会有水顺流而下，而不会再被吸收。如果没有更多水加入，也没有多余的水流出，浸湿的海绵体就达到了一种平衡状态。

在土壤学中，这种状态被称为媒质的持水容量，这包括构成媒质的粗细骨料基质中的水与空气混合体。一部分水被媒质所吸收，而另一部分雨水则通过植物的蒸腾作用及地球的重力作用的影响从媒质中排出。此外，通过光合作用中发生的正常蒸散效应，植物可以将水分湿气转化为水蒸气挥发掉，这样屋顶上水分和湿气的正常蒸发就受到生长在屋顶的植物的影响，因此栽植大量的植物就能加速屋顶上水分和湿气的挥发。自然环境发挥出的这些性能与屋顶花园系统内在的水处理性能相结合就形成了一种独特的雨水储存系统。

2.9 暴雨水文

在标准无碴屋顶上，雨水落在屋面上不久就会形成径流。在屋顶花园上，对形成径流有所延迟。正如上面对屋顶系统中类似海绵结构所做的介绍，在暴雨来临时，雨水会渗入媒质与屋顶花园下水铺板中直至达到饱和点。这种对雨水径流的延迟作用是雨水管理中的重要环节。它可以防止大量降水立即流入屋顶下水系统，并可防止下水管道发生溢流。屋顶花园植物的蒸发与蒸散功能有助于减少流入下水系统中的总水量。排入下水系统的雨水总量的减少以及延迟雨水流出，这样的双重功能通常体现在水文运算之中。土木工程师通过水文图来预测雨水最佳管理办法（BMP）的性能。对比绿化屋顶及非绿化屋顶的水文性能就可以判断最大径流的延迟时间及减少

量。要使屋顶花园成为一种最佳管理雨水的办法，就需保证其所使用的媒质与组件协调一致。屋顶系统必须经受检测，确定出水存储与流动特征，以便获得可接受的最佳管理办法应用数据。

2.10 根障（需要时设置）

根障用于防止植物的根部刺透膜层引起雨水渗漏。是否需要设置根障取决于所选的防水膜。建议咨询防水膜制造商之后再决定所用的特殊防水膜是否需要设置根障。

有两种根障制品，一种属于物理式制品，另一种属于化学式制品。

物理根障：由密实塑料制成。这种根障铺设在防水膜之上，在接缝处至少需铺设 1.5 米厚。聚氯乙烯（PVC）、三元乙丙橡胶（EPDM）与热塑性聚烯烃（TPO）防水膜本身起到物理性根障的作用。

化学根障：在波特兰市不准使用。供销商需要提供相关信息资料（迄今为止尚未有人提供相关信息），解决下列事项：

- 可能将根障中的化学成分带入屋顶花园的径流中，从而导致污染承受水体。
- 随着时间的推移，伴随水量减少而呈现的化工产品的长效性能问题。
- 化学制品或受到水浸渍的金属（例如铜）可能在水中发生溶解，导致最终丧失护根性能。
- 化学制品对植物会产生潜在的消极影响。

2.11 排水

（1）屋顶坡度

屋顶坡度越是陡峭，排水能力越强。大于等于 2 度的坡度（即使斜坡面不平）会利于屋顶排水，保证将屋顶积水降至最少。如果屋顶的坡度超过 20 度，必须采取措施，以便固定住屋顶花园中的土壤。

（2）碎石或砾石层

采用碎石或砾石可能算得上是最古老的屋顶花园与绿化型屋顶的排水方式。由于大量塑料排水产品的出现，屋顶花园较少使用碎石或砾石排水方式。然而，有些屋顶花园设计师依然青睐砾石排水方式。

（3）排水沟渠



BCQ 巴塞罗那建筑公司——巴塞罗那桑特·格瓦西图书馆

这种排水方式指沿屋顶坡度修出砂砾窄渠以便排放雨水。它不是某种次级排水系统。这种排水沟可独立设置，也可以和次级砂砾排水层一起使用。由于大多数屋顶花园中的土壤相对松散渗透性强，这种沟渠式排水方式在雨水多发时节有利于缓解雨水积滞。

（4）排水垫

建筑物基础排水系统中可以使用排水垫。这种排水垫有两层，中间可以设置空气排放孔隙。产生的问题之一在于在夏季，排放空隙中的干燥空气是否会对植物的根系产生消极影响。这种影响导致的结果是在夏季，屋顶花园需要更多的水量来满足植物的灌溉。这种情况促使人们对利用沟渠排水越来越有兴趣。

（5）垂直排水系统

如果设置屋顶花园的屋顶属于传统式的，花园就必须将雨水径流安全排下屋顶。任何朝向的屋顶花园或斜坡都可以设置传统式排水系统、雨水集蓄系统（雨水储存桶或水箱）或其他蓄水设施（如花盆或花架）。排水道内需铺设韧性钢管，其造价比外设落水管要多。



BCQ 巴塞罗那建筑公司——巴塞罗那桑特·格瓦西图书馆

在冬季，内设钢管有利于管道散热。根据实际需要，应设置外设排水管。

(6) 渗透性土壤

渗透性土壤在暴雨季节可以使水在土壤上水平流动，而无需使用其他排水器材。当土壤充分吸水后，雨水可以从其表面流过并直接排向垂直的排水管道内。

迄今为止，利用渗透性土壤排水只在波特兰市的中小型屋顶花园中使用。这种渗透性强的土壤也有弊端，那就是雨水管理很难取得最佳效果，并且在夏季，灌溉用水量会增大。

值得注意的是，在有些屋顶花园中，景天属植物下的砾石承托层往往不用设置任何灌溉系统。据推测，雨水管理实施的很少，不过这类屋顶花园在波特兰并未受到检测。

2.12 生长培养基（土壤）

植物生长培养基是屋顶花园成败的关键，但是若问在屋顶花园中什么样的土壤才能算得上是最佳的土壤，目前对此并未形成共识。

在波特兰市，专家们检测了大量屋顶花园的土壤构成，在这些屋顶花园中使用的混合性土壤五花八门，且土壤层设置的深浅也各不相同。

结果表明，在屋顶花园上生长的植物能够适应各种土壤与土质条件；不同种类的土壤有不同水平的雨水渗透能力。大多数土壤如果裸露在外时容易受到风力侵蚀。因此，确保充分的植物覆盖或设置充分的护根是至关重要的。

(1) 混合式土壤

用于波特兰市屋顶花园的土壤种类不一。最近建设的屋顶花园已经采用了一种含 75% 矿物质与 25% 混合肥 / 有机物的混合土。大多数矿物质是常见于太平洋西北海岸的轻石。波特兰市有专门生产屋顶花园使用的土壤。令人欣喜的是，土壤供应商会继续致力于探索与开发最佳的混合土壤。该市将一如既往地监测屋顶花园里土壤的性能，并会在将来规定屋顶花园使用土壤的最低规范，以确保屋顶花园可持续发展。

(2) 土壤深度

土壤达到一定深度可以保持较大的湿度，可以保持建筑物的温度并满足植物生长。对于新建屋顶花园而言，保持 10 厘米到 15 厘米的土壤厚度会满足植物成长。对于已建建筑的屋顶花园而言，根据建筑物的结构性能可以设置厚度为 7 厘米到 15 厘米的土壤。

(3) 土壤肥力

长期保持屋顶花园的土壤肥力在太平洋的西北地区并未受到充分理解。屋顶花园在使用多年之后可能需要为土壤施加肥料。波特兰市



佩塔尔·米斯克维克和瓦尼亚·里斯特，罗伯特·莱斯——郊区别墅

最古老的屋顶花园（迄今有 13 年）一直未给土壤施加肥料并且极少灌溉。另一个建造了 9 年的屋顶花园也从未给土壤施过肥料。

（4）护根

屋顶花园的土壤上如果设置砾石层就可以有效减缓由于光照引起的水分蒸发或减少从建筑物通风管道排出的干燥空气。景天属植物似乎更适应砂砾性土壤。树皮或木制护根易被风吹走，易于点燃或被分解。砾石护根经证实被认为最适宜保持土壤不会流失并防止植物受损伤。在波特兰市，河流砂砾与红色煤渣集料式护根可供人们选择。

（5）风

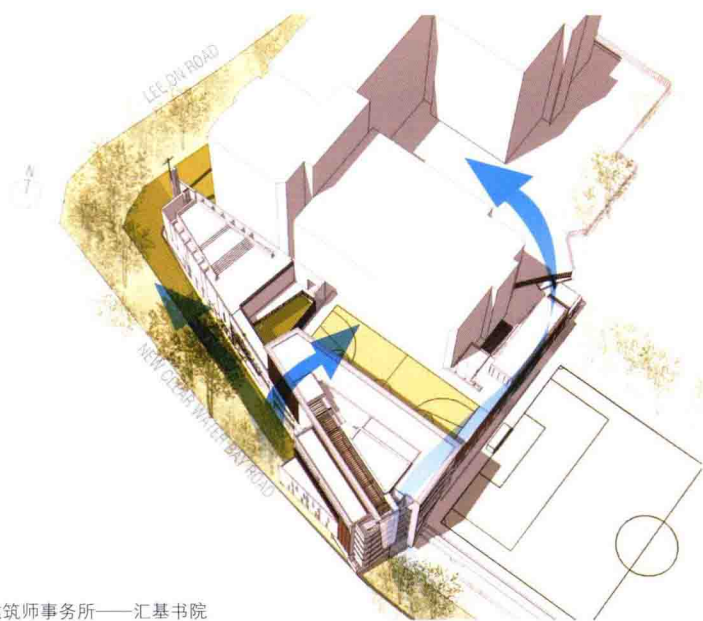
风对建筑物产生的多种影响取决于建筑物的选址、高度、外形结构及朝向。建筑物可能引起盘绕其外观或某一表面的气旋，这股气旋能增强风的强度与上举力。这种气旋在屋顶上更为常见。在解决风的上举力方面，下列众多因素必须给予考虑，这些因素包括但不限于：

- 屋顶花园风力设计时速。
- 建筑物的高度及朝向。
- 周围地理特征（都市 / 郊区；市中心；海岸）。
- 周边地形条件。
- 有效的扶栏设置高度（从栏杆顶端到碎石道碴面之间的距离）。

刮风时，施加给屋顶的上举力是一种有破坏性的吸升力，这种力作用于整个屋顶。这种上举力能造成某些屋顶材料松动，如碎石道碴、混凝土铺路材料等；对于绿化屋顶而言，植物、栽培介质以及水份保持与排水元素或隔热层都会受到由风产生的破坏性上举力的影响。简而言之，按破坏性的上举力影响，可以将屋顶表面分为三部分：周界区、转角及栽植区。当风刮上建筑物的屋顶，沿着屋顶周界线、周界线范围内或转角处产生的上举力最大。结果，需要在屋顶周界线及转角处加设松散的铺碴或加固材料。

疾风穿越与逆风上吹现象常常与设计的屋面系统有关，还与由于建筑物选址及规划设计而引起的风势有关。在波特兰市，许多屋顶花园尚未加设屋顶支撑结构用以加固屋顶花园，并应对逆风上吹现象。这些屋顶花园设计的较为隐秘，上面的设施也正常发挥作用。其他屋顶花园已经增设了加固设施，例如尼龙扎带。对屋顶花园如何防止风力侵蚀问题尚需更多了解更多信息，以避免采取相互矛盾的措施。

通风口及其他向屋顶植物排出冷热风的机械系统可能会危及植物，引起土壤流失。选择适宜的土壤、护根并实施恰当的栽植设计有



吕元祥建筑师事务所——汇基书院

助于解决此类问题。然而，建筑设计阶段是防止引起此类问题的首要环节。例如，设置的通风排气口要避免正对着屋顶花园上栽植的植物。

2.13 植物

屋顶花园栽植的植物应具有下列特点：

- 耐旱性，在栽植之后较少需要灌溉或无需灌溉。