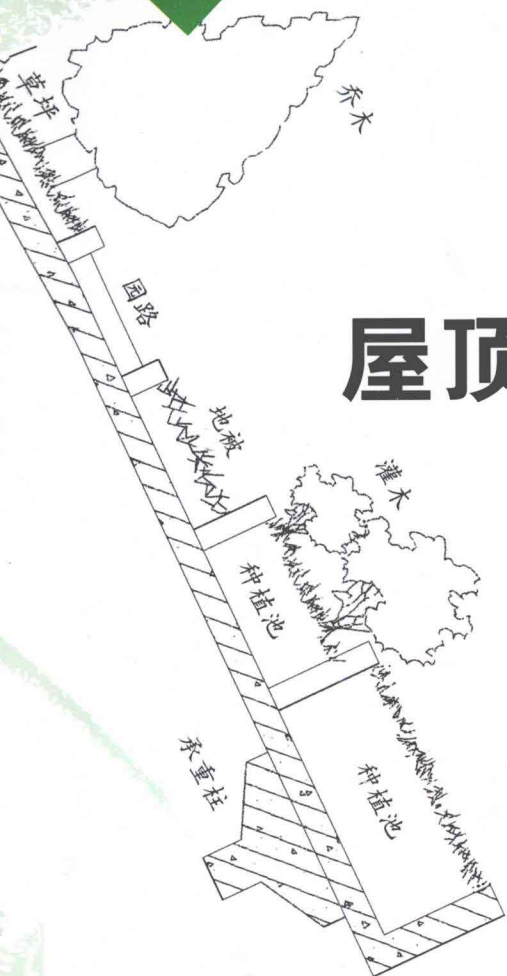




屋顶绿化

施工设计与实例解析

CONSTRUCTION DESIGN
AND CASE ANALYSIS OF ROOF GREENING

郝培尧 李冠衡 戈晓宇 编著



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

屋顶绿化施工设计与实例解析

郝培尧 李冠衡 戈晓宇 编著



 华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

屋顶绿化施工设计与实例解析 / 郝培尧, 李冠衡, 戈晓宇编著.

— 武汉 : 华中科技大学出版社, 2013.4

ISBN 978-7-5609-8563-3

I. ①屋… II. ①郝… ②李… ③戈… III. ①屋顶—绿化—基本知识 IV. ①S731.2②TU985.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第290841号

屋顶绿化施工设计与实例解析

郝培尧 李冠衡 戈晓宇 编著

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

地 址: 武汉市武昌珞喻路1037号(邮编:430074)

出 版 人: 阮海洪

责任编辑: 刘锐桢

责任监印: 秦 英

责任校对: 王孟欣

装帧设计: 张 靖

印 刷: 天津市光明印务有限公司

开 本: 889 mm×1194 mm 1/16

印 张: 7

字 数: 164千字

版 次: 2013年4月第1版第1次印刷

定 价: 45.00元



投稿热线: (010)64155588-8000 hzjztg@163.com

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

PREFACE

前言

随着城市化进程的加快，现代城市让人类生活更美好的同时，种种问题也伴随而生。随着城市规模的日益扩大，环境质量逐渐恶化，绿化面积急剧下降，热岛效应也越来越显著。城市环境所面临的这些日益尖锐、复杂的问题引起了社会的广泛关注和探讨。屋顶绿化作为城市可持续发展及改善生态环境的一个途径，以其优越的环境效益和社会效益为城市带来福祉。近年来，关于屋顶绿化的设计手法和设计理念的研究越来越多，其中包括屋顶绿化的设计、施工和植物的选择等方面，这些研究推动了屋顶绿化的不断发展。

本书结合国内外优秀的屋顶绿化设计案例，从屋顶绿化的设计与应用、屋顶绿化植物的选择与配置、屋顶绿化的构造与施工三个方面进行了较为系统的论述。本书不仅注重理论知识，而且辅以相关的案例进行分析，加强了本书的可借鉴性和实用性。

本书适用于风景园林设计人员及在校师生，也适用于相关设计行业的设计人员及园林爱好者。

本书在写作过程中得到了郭晨晓、刘自姣、宋爱春、霍锐、冯磊、刘吉华、张一康、梁斯佳、刘玺、白桦琳、吴泽英、王长宏、李长霖、赵文、厉超、魏菲宇及自由设计师章燕文等人的大力帮助，他们在专业实践中累积的经验为本书提供了很多宝贵的资料，在此对他们表示最诚挚的感谢。

由于本书的编者水平有限，成书仓促，书中的错误及疏漏之处还望各位读者斧正。

目 录

1 概论 / 1

1.1 屋顶绿化的概述 / 2

1.1.1 屋顶绿化的概念 / 2

1.1.2 屋顶绿化的历史与发展 / 3

1.2 屋顶绿化的分类与特征 / 5

1.2.1 按照建筑屋面承载力进行分类 / 5

1.2.2 按照屋顶绿化的使用者进行分类 / 6

1.2.3 国内屋顶绿化常用的分类方式 / 7

1.3 屋顶绿化的功能 / 8

1.3.1 改善城市生态环境 / 8

1.3.2 保护建筑, 延长建筑的使用寿命 / 9

1.3.3 美化环境, 将园林美融入硬质的建筑 / 9

1.4 屋顶绿化的意义及展望 / 9

2 屋顶绿化的设计与应用 / 11

2.1 屋顶绿化的规划与设计原则 / 12

2.1.1 融合安全性与科学性 / 12

2.1.2 兼顾特殊性与全面性 / 13

2.1.3 集美观与功能于一体 / 13

2.1.4 方便游憩与养护 / 15

2.1.5 严守设计规范与行业标准 / 15

2.2 屋顶绿化的设计探讨 / 16

2.2.1 屋顶绿化的设计立意 / 16

2.2.2 屋顶绿化的平面形式 / 19

2.2.3 屋顶绿化的空间塑造 / 23

2.2.4 屋顶绿化的景观元素组合 / 26

3 屋顶绿化植物的选择与配置 / 33

3.1 屋顶的生态条件与特性 / 34

3.1.1	屋顶的光照条件对植物的影响 / 34
3.1.2	屋顶的土壤、栽培基质对植物的影响 / 34
3.1.3	屋顶的温度变化对植物的影响 / 35
3.1.4	屋顶的风环境对植物的影响 / 35
3.2	屋顶绿化植物的选择要点 / 35
3.3	屋顶绿化的植物景观设计 / 40
3.3.1	简单式屋顶绿化的植物景观设计 / 40
3.3.2	花园式屋顶绿化的植物景观设计 / 40
3.4	屋顶绿化植物的养护管理 / 41
3.4.1	屋顶绿化的灌溉 / 41
3.4.2	屋顶绿化的施肥 / 42
3.4.3	屋顶绿化的修剪 / 42
3.4.4	屋顶绿化的防寒越冬 / 43
3.4.5	屋顶绿化的防风 / 43
4	屋顶绿化的基本构造及施工 / 45
4.1	耐穿刺防水层 / 46
4.2	分离滑动层 / 50
4.3	隔根层 / 50
4.4	排(蓄)水层 / 50
4.5	种植层 / 52
4.6	荷载的计算方法及参考指标 / 54
4.7	屋顶绿化的施工要点 / 55
4.7.1	屋顶通风口的处理 / 56
4.7.2	树木的固定方法 / 56
4.7.3	屋顶护栏的处理 / 57
4.7.4	屋顶绿化的施工工序及技术措施 / 58

5 案例解析 / 61

- 5.1 案例 1: 波士顿东港公园 (Eastport Park) 公共地下停车场库顶花园 / 62
- 5.2 案例 2: 波士顿某库顶花园 / 64
- 5.3 案例 3: 波士顿诺曼·B·莱文索尔公园 (The Norman B. Leventhal Park) 公共地下停车场库顶花园 / 66
- 5.4 案例 4: 费城康卡斯特中心 (Comcast Center) 公共地下停车场库顶花园 / 68
- 5.5 案例 5: 纽约林肯中心 (Lincoln Center) 餐厅的屋顶绿化 / 69
- 5.6 案例 6: 加州科学博物馆 (California Academy of Sciences) 的简单屋顶绿化 / 71
- 5.7 案例 7: 华盛顿国家雕塑馆 (National Gallery of Sculpture) 的中庭封闭式屋顶绿化 / 72
- 5.8 案例 8: 波士顿麻省理工学院剑桥中心 (MIT Cambridge Center) 的屋顶绿化 / 74
- 5.9 案例 9: 华盛顿航空航天博物馆 (National Air & Space Museum) 的屋顶绿化 / 76
- 5.10 案例 10: 纽约自然历史博物馆 (American Museum of Natural History) 的屋顶绿化
——阿瑟·罗斯台地园 (Arthur Ross Terrace) / 78
- 5.11 案例 11: 纽约大都会博物馆 (Metropolitan Museum of Art) 的屋顶绿化 / 81
- 5.12 案例 12: 辛辛那提大学罗兹礼堂 (Rhodes Hall) 的屋顶绿化 / 83
- 5.13 案例 13: 杭州某中学的屋顶绿化 / 84
 - 5.13.1 项目背景 / 84
 - 5.13.2 设计思路 / 85
- 5.14 案例 14: 波士顿罗丝肯尼迪绿道 (Rose Kennedy Green Way) / 89
- 5.15 案例 15: 纽约市私家屋顶花园 / 93
- 5.16 案例 16: 纽约高线公园 (High Line Park) / 94
- 5.17 案例 17: 费城瑞斯街码头公园 (St. Race Pier) / 99

参考文献 / 103

1 概 论

- 1.1 屋顶绿化的概述
- 1.2 屋顶绿化的分类与特征
- 1.3 屋顶绿化的功能
- 1.4 屋顶绿化的意义及展望

伴随着社会经济与文化的发展,人类也面临着前所未有的气候问题所带来的严峻挑战。全球气候变暖,资源过度消耗,城市热岛效应也越发明显,这些都威胁着人类的生存。如何在城市“钢筋水泥的森林”中改善已经恶化的城市环境?城市规划者提出了诸如“生态建筑”等诸多概念,以求通过各种形式增加城市的绿色空间,改善环境,创造经济效益和社会效益。屋顶绿化,或言屋顶花园,就是很好的途径,其充分利用建筑屋顶的灰色空间,将这一灰色空间转化为绿色的沃土,使建筑成为有生命的城市生态系统的重要组成部分,为城市生态环境的改善起到了极大的作用。现如今,人们已经认识到其重要的作用,愈发重视屋顶绿化的设计和建造,很多国家也纷纷立法推广屋顶绿化,以实际行动投入到城市环境的保护与改善之中。

1.1 屋顶绿化的概述

1.1.1 屋顶绿化的概念

屋顶绿化(roof garden),又名“屋顶花园”“立体绿化”;在北京市地方标准的《屋顶绿化规范》(DB11/T 281—2005)中对“屋顶绿化”的定义是:在高出地面以上,周边不与自然土层相连接的各类建筑、构筑物等的顶部及天台、露台上的绿化。也可将其理解为:在各类古今建筑(包括地下停车场等地下建筑在内)、构筑物、桥梁(立交桥)等的顶部、露台、天台、阳台或大型人工假山山体上建造园林,种植树木花卉,将建筑艺术与绿化艺术相结合的统称。同时需要注意的是,屋顶绿化与地面绿化的最大区别在于,其上的种植土壤不与大地土壤相连,植物景观是营造在建筑或者构筑物之上的。

随着时代的进步,屋顶绿化的形式和技术也迅速地发展。如何理解“屋顶绿化”的概念?从狭义的概念而言,屋顶绿化必须高出地面以上,是周边不与自然土层相连接的各类建筑、构筑物等的顶部和天台、露台上进行的绿化装饰,以及造园活动的总称;而从广义上来看,屋顶绿化是在各类建筑、构筑物、城墙、立交桥等的顶部、露台、天台、阳台、建筑立面和地下建筑顶板,以及人工假山山体上进行造园活动的总称。

在如今快速发展的城市中,屋顶绿化的形式丰富多样,现在较为多见的形式包括:建筑顶层绿化,它是最为基本、普通的形式;构筑物顶面绿化,这种屋顶绿化的样式更为丰富,包括车库顶板的绿化及覆土建筑的外立面绿化等多种形式。由于建造水平的进步,很多车库顶板的绿化有时与地面绿化别无他样,如果有些形式不详细区分很难辨别它是属于屋顶绿化还是地面绿化。很多著名的园林作品也属于屋顶绿化的范畴,典型案例如日本设计师佐佐木叶二在日本埼玉新都心(Saitama New Urban Center)设计的榉树广场,设计师以简洁的手法,化解了屋顶绿化的建造的局限性,创作出一个具有感染力的设计作品。

1.1.2 屋顶绿化的历史与发展

1.1.2.1 国外屋顶绿化的发展

早在古代（公元前 1500 年—公元 100 年），屋顶绿化就已经产生。提到屋顶绿化，人们的脑海中就会浮现出“空中花园”（Hanging Garden）的景象。这个充满浪漫色彩、类似神话的远古故事，其实是真实存在的。在古巴比伦时期，屋顶绿化，或者称为“屋顶花园”更为贴切，已经具有很成熟的设计和营造水平，这说明屋顶绿化这一园林形式是有着极其悠久的历史。在更为远古的时期，上溯到 4000 年前，古代苏美尔人最古老的名城——乌尔（UR）城中曾建造有雄伟的亚述古庙塔，或称“大庙塔”。这一宗教建筑就是屋顶绿化的发源。在考古发掘中，发现亚述古庙塔的阶梯式台面上有种植大树和建造花台的遗迹，虽然形式较为单一，但已经为 1500 年后的新巴比伦王国（公元前 604 年）建造“空中花园”奠定了基础。这座充满奇幻色彩的花园，已经成为一种文化的象征。建筑错综复杂，连廊众多，其上由沥青、铅皮等形成隔水层，由砖头、炉灰等形成滤水层，再在上面铺上泥土，以较大的种植密度种植各种树木，其所营造的植物景观令人赏心悦目。同时，为了充分地借景于城市景观，故意设计了一些瞭望口，保证了视线的畅通，让人们可以在此俯瞰城市、河流等。由于屋顶绿化的特殊性，这里还专门设计了相应的灌溉设施。总体而言，“空中花园”无论从设计、施工，还是从植物养护等各个方面，都给世人留下了无限的惊叹。

中世纪（476—1453）是西方历史中人们精神上最为苦痛的时期，也有人称其为“最黑暗的 1000 年”。在这一时期，典型的园林代表是修道园园林，这种园林都是由建筑围合而成的封闭的内向庭院，在建筑的顶部，也有屋顶绿化的实践，例如天主教圣地——法国圣米歇尔山（Mount-Saint-Michel）的教堂群的屋顶绿化。

文艺复兴时期（1200—1600），意大利园林独领风骚。园林史上著名的佛罗伦萨美第奇（Medici）家族的庄园中，很多植物材料都来源于一个种植了大量新优外来植物的苗圃。这个苗圃是一个医疗建筑的屋顶绿化，其内栽植了许多奇花异木。在其后的巴洛克时期（1700—1800）、自然风景式园林盛行时期（1800—1900），屋顶绿化也有一定的发展。北欧人很早就发现，在建筑屋顶种植草皮可以达到室内保温的效果，19 世纪中叶，这一种植形式被推广开来。虽然不是以景观效果为第一目的，但是从中可以看出，人们对于屋顶绿化功能的认知又达到了新的高度。在这一时期，美国的崛起改变了世界的格局。美国也出现了大量的屋顶绿化的优秀案例，例如位于百老汇的赌场剧院（Casino），在音乐氛围的熏陶下，屋顶绿化也兼顾了露天剧院的功能。

此后，屋顶绿化由于各种原因得到了飞速的发展，特别是第二次世界大战以后，涌现了大量优秀的作品。例如美国加利福尼亚州奥克兰市的凯泽中心（Oakland's Kaiser Center）的屋顶绿化、美国加州盖普总部（Gap Headquarters）第七层的屋顶绿化、美国纽约现代艺术博物馆（The Museum of Modern Art）的屋顶绿化、法国巴黎大西洋花园（Gare de Paris-Montparnasse）、日本横滨码头绿化设计、德国柏林索尼中心（Sony Center, Berlin）地下商场的屋顶绿化等。

目前,国外很多城市已经把屋顶绿化上升到政策、法律以及城市运动的层面。作为屋顶绿化的先行者,德国在法律上给任何新建筑的业主三种选择:第一,在其他地方新建一片与屋顶面积相同的绿地;第二,交罚款;第三,进行屋顶绿化。美国纽约市也正在大力推行屋顶绿化,这被称为新时代的“绿色革命”。此外,还有一些地方将屋顶绿化与廉租房结合在一起,出现了大量的“屋顶农场”,这体现未来城市发展的方向。

1.1.2.2 国内屋顶绿化的发展

在中国古典园林的滥觞时期,典型的园林形式之一便是“台”。在高台之上建造园林便是中国最早的屋顶绿化的体现。在春秋时期,江南古典园林中浓墨重彩的姑苏台上栽植有各色的花木,其可被视为屋顶绿化的雏形。

由于经济、政策、科学技术的影响,我国屋顶绿化起步较晚,与国外有一定的差距。开展屋顶绿化较早的城市有深圳、重庆、成都、北京、上海、长沙、武汉等。20世纪70年代,我国第一个大型屋顶绿化项目建在广州东方宾馆第十层,北方的第一座大型屋顶绿化项目于1983年建在北京长城饭店的主楼,在这里,人们可以休闲、交流、眺望城市景观。20世纪80年代末至90年代初,各地涌现了一些各具特色的屋顶绿化,但范围多局限在高档的宾馆酒店和社区。随着城市的发展,屋顶绿化也越来越受到重视。人们在宾馆、写字楼、商业大厦、医院等公共建筑以及居住小区开始陆陆续续建造精美的屋顶绿化,从而改善了城市环境。

近年来,一些大型的国际盛事在我国举行,从某种程度上推动了我国屋顶绿化的发展,例如2006年沈阳园博会期间的过街天桥、2008年为迎接奥运会而建造的北京奥林匹克森林公园生态廊道、2010年上海世博会中国馆屋顶绿化等,都是近年来我国屋顶绿化设计、施工、养护的成功案例。

从21世纪初开始,我国一些经济发达的城市的屋顶绿化不论从数量还是形式上都越来越丰富,各地均掀起建造屋顶绿化的热潮。大量屋顶绿化的建成有效地增加了城市的绿化面积,提升了生态和景观质量。同时,我国政府十分注重以立法的形式来引导和推广屋顶绿化。广东省深圳市人民政府于1999年11月发布了《深圳市屋顶美化绿化实施办法》(深府[1999]196号);2005年,北京市地方标准中的《屋顶绿化规范》(DB11/T 281—2005)开始实施,很好地规范了屋顶绿化的设计和施工,为实际工作提供了良好的指导。此外,上海、重庆等地也制定了相应的技术规程、技术导则等。2005年,成都市政府借鉴了德国的经验,在设计报建时便要求进行屋顶绿化,发布实施了《成都市屋顶绿化及垂直绿化技术导则(试行)》。同年,北京也出台了相应的补贴政策。2007年,杭州市建委、市绿化委员会、杭州市园文局等单位出台了关于屋顶绿化发展的政策,要求所有的新建建筑都必须进行屋顶绿化,而且屋顶绿化与主体建筑的设计、施工、验收同时进行,屋顶绿化被计入小区的绿化率,这使得杭州成为国内少数几个推出屋顶绿化强制性政策的城市之一。

1.2 屋顶绿化的分类与特征

1.2.1 按照建筑屋面承载力进行分类

目前在国际上,人们普遍接受德国景观研究发展建设协会(FLL)和瑞士建筑绿化协会(SFG)提出的三种屋顶绿化形式:开敞型,半密集型和密集型。这种分类取决于各种特性,如土壤深度、植被类型、承载能力、行人通道、所需的养护和排水系统的复杂性等。

1.2.1.1 开敞型(Extensive)

开敞型屋顶绿化又称“粗放型屋顶绿化”,是屋顶绿化中最简单的一种形式,因此也可以称为“简单型屋顶绿化”。在植物配置上,通常选择一些耐粗放管理以及根部所需空间小、抗性好的植物,如景天科植物。

开敞型的屋顶绿化仅仅需要少量的灌溉和简单的养护。适用的植被类型通常包括苔藓植物、肉质植物和其他抗性好的草本植物,以及很多能够自播繁衍的植物。这类屋顶绿化通常都是为了创造生态效益而设计的,对建筑结构以及屋顶绿化的建造、养护的费用要求是最低的。一般除了维修不允许人进入。虽然目前还没有相关的例子,如果屋顶的覆土层足够厚,屋顶绿化还可以以林地的形式呈现。开敞型屋顶绿化具有以下几个基本特征:

- (1) 低养护;
- (2) 免灌溉;
- (3) 适用的植被类型通常包括苔藓植物、肉质植物和其他抗性好的草本植物;
- (4) 植物的整体高度为 6~20 cm;
- (5) 载重为 60~200 kg/m²。

1.2.1.2 半密集型(Semi-intensive)

半密集型是介于开敞型和密集型屋顶绿化之间的一种形式,它所具备的特点是:

- (1) 适时养护;
- (2) 及时灌溉;
- (3) 植物的选择包括草坪、灌木;
- (4) 植物的整体高度为 12~25 cm;
- (5) 载重为 120~250 kg/m²。

1.2.1.3 密集型 (Intensive)

密集型屋顶绿化通常被称为“屋顶花园”，这是本文着重讨论的对象。

这种类型的屋顶绿化相当于建造在屋顶上的花园或公园。密集型的屋顶绿化空间中包含了草坪、种植床、灌木和乔木，甚至包括了水景，因此它对建筑屋顶荷载的要求很高。其通常建造在钢筋混凝土板上，而且大多数是允许游人进入的。这类屋顶绿化需要精心的养护，包括灌溉、施肥和除草等。随着土壤深度的增加，可供选择的植物品种也相应增加，大型植物如乔木也包括在其中，同时，植被绿化可以与亭台楼阁、溪流水榭完美组合。这样的屋顶绿化可以用作公共休憩空间。它具备以下几个特点：

- (1) 经常养护；
- (2) 经常灌溉；
- (3) 植物选择包括草坪、常绿植物、落叶灌木和乔木；
- (4) 植物的整体高度为 15~100 cm；
- (5) 载重为 150~1000 kg/m²。

1.2.2 按照屋顶绿化的使用者进行分类

1.2.2.1 公共游憩型屋顶绿化

公共游憩型屋顶绿化主要是为人们提供室外活动的场地，一般与城市的公共建筑和广场相结合。作为公共绿地，除了要考虑生态效益之外，还要满足人们休憩、活动等需要。植物配置应大气、简练，以草坪和花灌木为主，并注意植物的遮阴功能。此外，绿化空间中还要设置一些座椅等休息设施。

1.2.2.2 商业营利型屋顶绿化

在一些高档的宾馆、酒店的屋顶进行绿化可以吸引更多的顾客，也可以在这些屋顶绿化空间举办露天酒会等营利性活动。这类屋顶绿化一般不允许外人自由参观，布置精美，植物配置上也多考虑使用带有芳香气味或者姿态高雅的花卉。

1.2.2.3 居住区屋顶绿化

居住区屋顶绿化主要包括居住区停车场顶板上的屋顶绿化、住宅建筑上的屋顶绿化，以及出现在高层私人住宅中的类似花园形式的屋顶绿化，例如阳台花园、露台花园等。这些屋顶绿化的营造以人性化设计为基本原则，选择季相丰富、能够招引鸟类且有益人们身心健康的生态植物群落。

1.2.2.4 生产、科研型屋顶绿化

这是一类是既有生态效益又有一定的经济效益的屋顶绿化，一般采用地毯式种植方式种植蔬菜瓜果等经济作物，或者设置小型温室来培育珍奇花卉。种植区和步行道都是规则式的布局，观赏价值较低。

1.2.3 国内屋顶绿化常用的分类方式

北京市 2005 年制定的《屋顶绿化规范》（DB11/T 281—2005）中，将屋顶绿化分为简单式屋顶绿化和花园式屋顶绿化（表 1-1）。目前，这在国内业界具有一定的普适性。

表 1-1 《屋顶绿化规范》（DB11/T 281—2005）对屋顶绿化的分类

项目 \ 类型	花园式屋顶绿化	简单式屋顶绿化
特点	根据屋顶具体条件，选择小型乔木、低矮灌木和草坪、地被植物进行屋顶绿化植物配置，设置园路、座椅和园林小品等，提供一定的游览和休憩活动空间的复杂绿化	利用低矮灌木、草坪、地被植物进行屋顶绿化，不设置园林小品等设施，一般不允许非维护人员活动的简单绿化
荷载	建筑静荷载大于 250 kg/m^2	建筑静荷载大于 100 kg/m^2 且小于 250 kg/m^2
构造层厚度	25~100 cm	25~40 cm
排水坡度	< 10%	< 10%
绿化面积比例	占屋顶总面积的 60%~70% 以上	—
植物构成	乔、灌木：草坪、地被植物为 6：4 或 7：3	—

这种分类与前面国外的密集与非密集型的分类有点类似，但是在用词上更贴近实际和大众的认知。在分类的维度上，从种植形式和观赏价值两个方面着重考量。

简单式屋顶绿化是指利用低矮灌木、草坪、地被植物进行屋顶绿化，不设置园林小品等设施，一般不允许非维护人员活动的简单绿化。这类屋顶绿化主要强调的是屋顶绿化的生态效益，不以供人游览、休憩为目的，通常只采用植草式的单一绿化方式，设计形式也比较简单。其绿化形式可分为覆盖式、固定种植池式、可移动容器式绿化三类。简单式屋顶绿化具有荷载小、造价低廉、管理简单的优点，这使其更易普及和推广。

花园式屋顶绿化是指根据屋顶的具体条件，选择小型乔木、低矮灌木、各类草本花卉、草坪、地被植物进行屋顶的植物配置，设置园路、座椅和园林小品等，提供一定的游览和休憩活动空间的复杂绿化。这种屋顶绿化的设计比较复杂，可以给人们提供观赏、休闲或科研生产的场所。其中用于休闲的屋顶绿化是最常见的一种类型，它以提高人们生活质量为主要目的，在屋顶上建造园林小品、花架、廊亭、水池等园林设施，并配置合适的园林植物，营造出高雅、舒适的空间，从而为人们提供一个舒缓工作压力、

修身养性的优美场所。这类具有复杂功能的屋顶绿化主要建造在商业办公楼、医院和高档的酒店、公寓等各类公共建筑上, 以及一些大型的地下停车场顶板上。

1.3 屋顶绿化的功能

城市从低密度向高密度发展, 屋顶绿化也从城市居民自主地在屋顶空间进行植物种植, 到公共建筑开始进行屋顶绿化, 再到商业住宅屋顶上统一的屋顶绿化, 时至今日, 大规模进行屋顶绿化已经成为一种城市及园林发展的潮流。就屋顶绿化发展的原动力而言, 从最开始的以娱乐、生产为目的, 逐步转向了美化空间、改善居住条件、开阔城市绿化空间、实现建筑节能减排的方向上来, 实现了从生产到景观再到生态诉求的转换, 也暗合了城市发展的脉络。

从屋顶绿化发展由被动转变为主动的发展史中, 我们也可以看出屋顶绿化的功能与意义。

1.3.1 改善城市生态环境

对于城市生态环境而言, 如何缓解城市热岛效应、实现钢筋水泥建筑的节能减排等诸多难题是人们一直在思考的。

第一, 屋顶绿化具有良好的隔热和保温功能, 这一特性备受人们的关注。它能起到夏季降温、冬季保温的作用。屋顶绿化中的种植基质以及生长的植物, 是建筑顶面良好的隔热保温层。有研究证明, 采用简单式屋顶绿化时, 地被植物及其下的轻质种植土组成的“地毯”层, 完全可以取代屋顶的保温层。根据北京园林科学研究所最新研究结果, 在夏季, 北京地区进行屋顶绿化的室内温度比未进行屋顶绿化的室内温度平均低 $1.3\sim 1.9^{\circ}\text{C}$, 而冬季则比未进行屋顶绿化的室内温度平均高 $1.0\sim 1.1^{\circ}\text{C}$ 。

第二, 屋顶绿化能够实现雨水截留和回用。现在诸多城市都面临着缺水 and 城市内涝这两个相互矛盾的问题, 这一问题主要通过合理的城市规划以及管理来解决, 而通过屋顶绿化则可以实现硬质建筑、构筑物对雨水的截留和回用, 能极大地缓解城市水资源稀缺的问题。屋顶绿化可以大量截留雨水, 缓解暴雨对市政管网造成的雨洪压力, 减轻城市内涝; 通过屋顶绿化截留雨水, 进行雨水回用和管理, 可节约水资源; 同时通过绿地植物的蒸腾作用, 可以改善城市的空气质量和增加空气湿度。通过研究表明, 花园式屋顶绿化和简单式屋顶绿化可分别截留年降水的 64.6% 和 21.5%, 平均截留量可达到 43.1%。

第三, 屋顶绿化具有滞尘效益。城市里可吸入颗粒物漂浮在 $10\sim 100\text{m}$ 高度的空间中, 沉降到屋顶后, 又会产生二次扬尘的问题。现在, 可吸入颗粒物的问题深深地困扰着人们, 有报道称, 在 10 年内解决北京的空气中严重超标的可吸入颗粒物的问题是无法实现的, 此外还有 800 余亿元的资金被投入到津京地区的风沙防治中。可见, 不论从市民个人, 还是上及国家层面, 都对空气污染以及有害颗粒物极其重视。进行屋顶绿化与未进行绿化屋顶相比, 其滞尘效果极为显著。绿地空间内的植物、土壤、水体等都能有效地吸纳、降解可吸入颗粒物。同时, 研究还表明在立地条件基本相同的情况下, 乔木、灌木、草本植物相结合的花园式屋顶绿化的滞尘效果远远优于诸如铺满佛甲草等草本花卉的简单式屋顶绿化。

对屋顶绿化植物整个生长季节的滞尘结果分析表明,花园式屋顶绿化滞尘量平均为 12.3 g/m^2 ,滞尘比率平均为 31.13%;简单式屋顶绿化滞尘量平均为 8.5 g/m^2 ,滞尘比率平均为 21.53%。前者比后者滞尘率高约 10%。

第四,屋顶绿化能够减轻屋顶眩光所带来的光污染。现在,鳞次栉比的高层建筑的光污染问题日益得到人们的重视,除了建筑外皮所带来的光污染,高楼屋顶的混凝土、沥青以及各式硬质屋面也是光污染的来源。通过屋顶绿化,能够极大地减轻硬质表面的眩光,减轻城市光污染。

第五,屋顶绿化还极大地提升了城市的绿化面积。城市的发展会导致城市绿化面积的减少,进而使生态环境进一步恶化。屋顶绿化的面积与建筑占地面积等同,在一定程度上可以起到生态环境恢复和保护的作用。联合国环境规划署的研究表明:当一个城市屋顶绿化总量达到城市建筑的 70% 时,城市上空二氧化碳的含量将下降 80%,夏天的气温将下降 $5\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,城市热岛效应将基本消除。

1.3.2 保护建筑,延长建筑的使用寿命

首先,屋顶绿化能够保护屋顶的防水层,使得使用者免受漏水之苦,延长建筑的使用寿命。屋顶绿化对屋顶表面冬季的保温和夏季的降温作用,缓解了屋顶的温度巨变和辐射、腐蚀等问题,为保护建筑顶部外露的防水层、防止屋顶漏水,开辟了一条节能环保的新途径。特别在北方地区,屋顶绿化不但可延缓屋面材料因太阳紫外线照射而老化的进程,而且还可大大降低建筑结构及屋面材料因热胀冷缩所导致的安全隐患。根据北京市园林科学研究所测定,水泥屋顶表面年最大温差达到 $58.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,而绿化屋顶表面年最大温差仅为 $29.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,大大降低了建筑屋面结构及材料的热胀冷缩的变化幅度。

其次,屋顶绿化还具有一定的防火功能。由于种植基质和植物本身的含水量较大,在一定程度上可以预防火灾,延缓火势的蔓延。

1.3.3 美化环境,将园林美融入硬质的建筑

屋顶绿化通过提高城市绿化覆盖率,使得城市空间生机盎然。通过精心的设计,改变了屋顶原本僵硬的景观,使其富有生机。同时,通过植物景观的营造,赋予建筑第四个维度——季相美和时空美,植物的季相变化使建筑拥有更多的层次。

屋顶绿化体现的是一种极具张力的艺术感染力。僵直的建筑线条与屋顶绿化柔和的景观效果相互碰撞、融合,绿色空间与建筑的内外空间相互渗透,从室内空间、灰空间到室外空间,都被充分利用起来。屋顶绿化所带来的绿色空间,在改善城市生态环境的同时,也给人们带来了美的享受。

1.4 屋顶绿化的意义及展望

关于屋顶绿化能够缓解城市所面临的生态问题的论述,前文已多有提及。除此之外,屋顶绿化也是

展示建筑和园林绿化水平、树立城市形象的一个重要窗口。屋顶绿化为我们提供了认知“绿色城市”和“绿色建筑”的新视角。在国家“十一五”绿色建筑的创新技术和控制大气污染的城镇绿荫工程中，屋顶绿化亦被列入其中。可见，在国家层面上，屋顶绿化的重要性已经被上层所认知。

从城市角度看，如何建立绿色节约型城市主要是基于生态效益和环境质量两个方面去进行考量，屋顶绿化便很好地顺应了这个潮流。从合理开发资源的角度看，屋顶绿化在具有生态、美学效益的同时，还具有很高的经济价值。在国外，屋顶农场已经成为一种比较热门的形式，日内瓦有 7% 的食物都来自于屋顶绿化，极大地改善了城市生活，为城市带来了资源和财富。由此可见，人们应该要认识到屋顶绿化所具有的生态、经济和社会的多重效益。屋顶农场也是今后屋顶绿化发展的一个重要方向。

通过屋顶绿化，城市可以达到节约用地、节约能源、节减开支的目的。建筑和绿化的有机结合，可实现景观、环保的多重效益，构建循环经济，有利于实现社会的可持续发展。