

# 屋顶草皮在咸阳老旧楼房屋顶绿化中的试验研究

王军利<sup>1</sup>, 仝玉琴<sup>1</sup>, 刘建海<sup>1</sup>, 张涛<sup>1</sup>, 韩春妮<sup>1</sup>, 韩振江<sup>2</sup>

(1. 咸阳职业技术学院, 陕西 西咸新区沣西新城 712046; 2. 咸阳市城建局绿化处, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** 利用佛甲草、垂盆草做成的混合型屋顶草皮, 对比研究了简易屋顶绿化、裸露屋面及屋顶架置水泥板块三种处理措施对楼房顶层房屋室内温度、噪音等的影响, 同时研究了采用这三种措施时楼顶荷载增加、屋面温度、蓄排水及屋顶维护等方面的差异, 得出在未设计屋顶绿化的老旧楼房屋顶可以铺设简易屋顶草皮、其环境生态效益及景观效益十分显著、值得大面积推广等结论。

**关键词:** 屋顶绿化; 简易屋顶绿化; 简易屋顶草皮; 老旧楼房; 咸阳市; 关中地区

**中图分类号:** S731.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 94047-(2017)04-035-06

上世纪八十年代至本世纪初, 关中地区的城市建设主要以7层以下的楼房为主, 目前, 这些楼房的房龄大约二三十年, 以平顶为主。在设计之初, 由于当时社会经济条件的制约, 加之人们的环保意识不强以及环境污染尚未恶化, 这些楼房在设计之初就未考虑屋顶绿化。随着我国国民经济的不断发展, 人民的物质生活水平越来越高, 精神追求愈来愈丰富, 城市规模越建越大, 同时, 伴随城市规模的扩大, 城市热岛效应加剧, 雾霾、飞尘等污染也越来越严重, 森林、草地和农田等植被面积逐年减少, 人们迫切需要增加绿地来净化空气、降低热岛效应、减少雾霾飞尘等污染、降低二氧化硫等有害气体在空气中的含量。<sup>[1-3]</sup>

为了增加绿化面积, 增加氧气排放量, 减少污染, 增加城市蓄排水能力, 降低排洪压力等, 世界各地特别是发达国家都在努力寻找各种措施。<sup>[4-6]</sup> 屋顶绿化、屋顶花园、墙体绿化等第五立面绿化措施已在世界各地蓬勃发展; 在意大利的米兰, “垂直森林”建筑已经竣工, 这是把森林和城市人居环境相结合的未来城市建筑方向之一;<sup>[7]</sup> 在我国, 也有园林建筑专家提出“山水城市”等概念, 把城市建设和山水园林相结合<sup>[8-9]</sup>。这些新的科技、园林措施如何运用到老旧楼房的绿化、美化上, 使它们能在环境和生态优化的过程中, 为治理污染作出贡献,

值得各方立项研究。

## 1 研究背景

屋顶绿化在我国呈现蓬勃发展的态势, 北京、上海、深圳、广州、杭州、成都等一线城市都在大面积建造<sup>[10-13]</sup>, 同时, 很多顶楼的住户, 也在其屋顶平台上自建屋顶花园。但老旧楼房的屋顶, 大多未设计屋顶绿化的恒荷载, 只设计了屋顶检测、维修的国家标准荷载, 留给屋顶绿化的荷载有限。而老旧楼房在社会上存量很多, 占比很大, 如果能实现这些房屋的屋顶绿化, 就能够美化环境、降低污染, 减少城市热岛效应, 为环境优化做出极大的贡献。

### 1.1 咸阳市老旧房屋的社会存量

咸阳市规模较大的老旧小区有很多: 建设小区, 国棉一厂、二厂、八厂小区, 彩虹小区, 偏转小区, 中华小区, 注剂厂小区, 西橡小区等。这些小区大多数楼房建于上世纪八十年代改革开放以后到本世纪初, 时间跨度约三十年。根据项目组的调查, 整个咸阳市城区这种楼房的总量超过1500栋, 总屋顶面积超过 $9 \times 105\text{m}^2$ 。

### 1.2 咸阳市老旧房屋的设计、建造特点

这部分老旧楼房的总体特点是楼层低(多为4~7层)、平顶、非电梯房、沥青卷材防渗、楼梯间屋顶部留检测口、屋顶荷载(roofload)小。其楼

收稿日期: 2017-11-29

基金项目: 1. 咸阳市科技局社会发展攻关项目(2016k02-105) 2. 咸阳职业技术学院科研基金项目(2016KYB04)

作者简介: 王军利(1967—), 男, 陕西蓝田人, 副教授, 主要从事农业方面的教学与研究工作。

层低及平顶的特点很适合屋顶绿化的改造,但其有效荷载(payload)有限,预留积雪、雨水回流及建筑物修缮、维护等工作需要的活荷载(temporaryload)较低,不适合建造重量较重的屋顶花园,但重量较轻的屋顶草皮等绿化形式是否可行,需要具体研究,得出科学结论。

## 2 实验设计

实验设3种屋顶处理方式进行对比研究:1、屋顶草皮,2、水泥板做成的架空结构,3、裸屋顶。其中,后两种为当前既有屋顶处理模式,屋顶草皮为欲用实验进行对比研究的模式。

盛夏期间,分别测取3种处理的每平方米结构重量、屋面温度、暴雨情况下每平方米蓄排水量、隔音效果、降温效果、造价、维护成本等数据,对3种处理增加的额外荷载的安全性等指标进行评估和对比,同时也调查统计了小区住户对3种处理的

不同意见。

## 3 研究过程

### 3.1 实验进行的场所

实验分别在咸阳市城区的彩虹小区及建设小区进行。彩虹小区实验楼房为4层,建于上世纪九十年代,房龄26年;建设小区实验楼房为7层,建于上世纪末,房龄19年。

### 3.2 实验的内容及过程

3.2.1 实验用楼房基本情况 彩虹小区实验楼屋顶为平顶,防渗措施为沥青卷材,屋面平整,中央稍鼓起约成5°坡。建设小区实验楼屋顶为平面,防渗措施为沥青卷材,为了防晒、降温,其上有水泥板架空形成的隔热层,水泥板的规格大约为350mm×400mm,铺架方式为:首先用水泥板两两靠合形成一层“人”字形底架,然后在该底架上平铺一层同规格水泥板。实验用楼房的基本参数见表1。

表1 实验楼房基本情况

楼房所在 小区	房屋基本情况					
	房龄 (a)	楼层数	屋顶基本情况	防渗 措施	设计荷载 (kN/m <sup>2</sup> )	可用荷载(kN/m <sup>2</sup> )
彩虹小区	26	4	平顶、裸屋面	沥青 卷材	2.0	1.0(约100 kg/m <sup>2</sup> )以下
建设小区	19	7	平顶、水泥板格架 防晒	沥青 卷材	2.3	1.5(约150 kg/m <sup>2</sup> )以下

3.2.2 实验用屋顶草皮基本情况 在两处实验小区,屋顶采取相同的处理方式:

第一步,栽培基质处理。由于栽培基质之一的泥炭在采挖和堆放时有混入杂草、草种和地下害虫的可能,为杜绝屋顶绿化的栽培基质滋生杂草及遭受地下害虫为害,在栽培基质上屋顶之前对其进行堆放沤制,具体做法为:预算好实验所需泥炭和珍珠岩总量,按各50%的比例进行混合,然后浇透水,在干净的水泥地面上堆放,其上用塑料纸严密覆盖,高温季节30d即可对草籽、成虫及虫卵进行灭活。

第二步,清理、打扫屋面。彩虹小区屋面无覆盖物,只需要简单打扫。建设小区屋面有防晒、隔热的水泥板,先将水泥板层拆除,运到楼下暂放,然后清理、打扫。

第三步,加做防水层。为节约费用,加快工期,项目实验均未揭除原防水层,只对屋面进行彻底打扫后,将一层新的沥青卷材铺设到屋顶上,接缝处用热沥青灌胶。

第四步,铺设屋顶草皮各层结构。由下往上,屋顶草皮的各层结构为:排水层、过滤层、栽培基质层、草皮植物层。其中,排水层为一层厚度为2mm的陶粒,过滤层为规格150g/m<sup>2</sup>的无纺布,栽培基质由泥炭和珍珠岩各50%组成,铺设厚度为100mm,草皮植物层为佛甲草和垂盆草各50%的茎段切段撒播形成,茎段切段长度约为30~40mm,撒播量为3Kg/m<sup>2</sup>(佛甲草、垂盆草各1.5Kg)。撒播后65d,佛甲草和垂盆草形成的屋顶草皮厚度约为180mm时,测取各项实验数据。过程见表2。

表2 实验草皮建造的基本情况

结构分层	各层内容	容重	
		干容重 (Kg/m <sup>2</sup> )	水容重 (Kg/m <sup>2</sup> )
防渗、阻根层	沥青卷材		
排水层	陶粒 (铺设厚度 20mm)		
过滤层	无纺布 (规格 150g/m <sup>2</sup> )		
栽培基质层	组成: 泥炭 (50%) + 珍珠岩 (50%); 铺设厚度 100mm	19.2	57.1 (成坪后所测数据)
草皮层	佛甲草 (50%) + 垂盆草 (50%) (成坪后植物层厚度 180mm)		

#### 4 实验结果

屋顶草皮建造时,佛甲草和垂盆草茎段切段撒播后正常浇水管理,每天早、午、晚各洒水十分钟,做到浇后栽培基质基本水饱和,阴雨天不浇水。约7d后,茎段萌生大量新芽,20d后,新芽铺满栽培基质表层。此后每隔天浇一次水,每一周随着浇水薄施碳酸氢铵肥料一次,用量为5g/m<sup>2</sup>。铺设65d距最后一次浇水3d后,开始有关实验数据的测取。

实验于8月7日~8月20日,连续14d进行。期中,暴雨时各处理蓄排水数据的测取,是连续4个

晴天后,于第5天模拟暴雨水量进行微喷测取,喷水量控制为16mm/h(暴雨降水量标准之一)。

##### 4.1 降噪效果实验

在2处实验地分别测试了3种不同处理的室内降噪效果。具体做法是:用电锤在屋面钻同批次建筑用红砖形成噪音,红砖平放于屋顶处理后的设施上。距离钻孔距离2m处测取户外屋顶噪音数据,顶层室内距离天花板1m处同步测取楼顶室内数据,测室内数据时,所有窗户关闭、窗帘闭合。噪音测量仪器为长沙腾扬仪器仪表有限公司制造的多功能噪音计,型号为SL-5866。实验数据见表3。

表3 降噪效果测试结果

试验小区	屋面类型	测量位置	噪音量 (dB)	降噪率 (%)	相对降噪率 (%)
彩虹小区	屋顶草皮	户外屋顶	102	57	18
		顶楼室内	52		
	裸露屋面	户外屋顶	103	39	
		顶楼室内	79		
建设小区	屋顶草皮	户外屋顶	107	53	23
		顶楼室内	50		
	水泥板格架	户外屋顶	101	30	
		顶楼室内	71		

注:其中,降噪率=100%-室内噪音值÷户外噪音值×100%;相对降噪率=参照试验降噪率-试验(屋顶草皮)降噪率。

由表3可知,屋顶草皮的降噪效果非常明显,可降低噪音53%以上,相对其他2种处理措施,能更降低20%左右的噪音值。

##### 4.2 降温效果实验

2017年夏季,关中地区的连续高温天数突破五

十年记录,连续多日高温难耐。降温效果测试当天天气温高达41℃,测试时间为下午14:30。测温设施为郑州博洋仪器仪表公司生产的便携式气温计,型号为逸品博洋 HTC-1 HTC-1。测试结果见表4。

表4 降温效果测试结果

试验小区	屋面类型	测量位置	温度值 (°C)	同处理室内外相对温差 (°C)	不同处理屋面温差 (°C)	不同处理室内温差 (°C)	不同处理室内外温差 (°C)
彩虹小区	屋顶草皮	屋顶草皮	37	2	24	16	26
		顶楼室内	35				
	裸露屋面	户外屋顶	61				
		顶楼室内	51				
建设小区	屋顶草皮	屋顶草皮	37	-1	25	9	24
		顶楼室内	38				
	水泥板格架	户外屋顶	62				
		顶楼室内	47				

注: 1. 采集数据当天气温为41°C; 2. 作为对照的裸露屋面及水泥板格架屋面数据, 测取于同小区同位置的空置房。

由表4可知, 在气温为41°C时, 裸露屋顶及水泥板格架屋顶的表面温度可高达61°C以上, 其相对应的楼房顶层室内温度在关闭窗户、关严窗帘、不采取任何降温措施时, 高达47°C以上。而屋顶草皮的温度只有37°C, 其对应的顶下室内温度降低到38°C以下, 相对于2种对照处理的最低47°C, 降温效果非常明显。

彩虹小区室外与室内的温度差为2°C, 而建设小区的室外与室内温度差为-1°C, 产生这样的结果, 可能是由于楼层高低造成的。彩虹小区楼层为

4层, 其顶层房屋的部分墙体及屋顶会被法国梧桐遮蔽, 温度相对较低, 而建设小区的试验楼为7层, 其顶层房屋墙体及屋顶暴露在树冠以外, 遮阴少, 室内温度受到气温影响更大, 所以出现屋顶草皮实验条件下, 室内温度比户外楼顶实验设施——草皮温度高的现象。

#### 4.3 各处理产生的额外荷载安全性评估

由表5可知, 3中处理增加的荷载小于屋顶的可用荷载, 设施产生的额外重量在安全范围以内。

表5 3种处理产生的额外荷载及安全性评估

试验小区	屋面类型	荷载增加值 (kN/m <sup>2</sup> )	可用荷载 (kN/m <sup>2</sup> )	增加荷载与可用荷载对比	设施建设安全性评估
彩虹小区	屋顶草皮	0.571(成坪后所测数据)	1.0 (约 100 kg/m <sup>2</sup> )	<	安全
	裸露屋面	0.192	以下	<	安全
建设小区	屋顶草皮	0.571(成坪后所测数据)	1.5 (约 150 kg/m <sup>2</sup> )	<	安全
	裸露屋面	0.192		<	安全
	水泥板格架	0.45		<	安全

#### 4.4 各设施建设及维护过程产生的费用对比

由表6可知, 屋顶草皮的造价及维护费用比水泥板格架略低。水泥板格架的维护费主要产生方式

是每过3~5年, 水泥板要更换一部分。裸露屋面的维护费主要产生方式为每过5年左右, 需要重新铺设一次防渗卷材。

表6 各设施产生的费用对比

试验小区	屋面类型	设施造价 (元/m <sup>2</sup> )	维护费用 (元/m <sup>2</sup> /a)	近期影响	远期影响
彩虹小区	屋顶草皮	240	13	造价高, 隔热、景观效益好	对屋顶保温、防渗层提供保护, 延长翻修时间间隔
	裸露屋面	50	10	不产生额外费用	屋顶保温、防渗层易老化, 翻修时间间隔短
建设小区	屋顶草皮	270	13	造价高, 隔热、景观效益好	对屋顶保温、防渗层提供保护, 延长翻修时间间隔
	水泥板格架	310	20	造价高, 有一定隔热效果	翻修困难

#### 4.5 各设施的蓄排水能力对比

实验在连续4个晴天、屋顶草皮未浇水的情况下,于第5日早上模拟暴雨进行,方法为自来水定量喷淋。试验按照国家暴雨(torrential rain)标准(16mm/h)模拟:调定微喷对裸露屋面、水泥板格架屋面及屋顶草皮屋面进行喷淋。实验数据显示,83分钟后,屋顶草皮水饱和,开始向外稳定滴水,

流向落水管,而其他2种对照措施中,裸露屋面只有90s就形成屋面液流流向落水管,水泥板格架在喷水174s后开始形成屋面液流。实验时,原草皮基质中仍含有大约饱和持水量40%的水量,所以测得其蓄水量为22.23 Kg/m<sup>2</sup>,小于屋顶草皮的设施饱和蓄水量37.16 Kg/m<sup>2</sup>。见表7。

表7 各处理设施蓄排水对比

试验小区	屋面类型	模拟暴雨标准 (mm/h)	有稳定雨水流入落水口时间	实验持水量 (Kg/m <sup>2</sup> )	设施水饱和蓄水量 (Kg/m <sup>2</sup> )
	屋顶草皮		83min	22.23	37.16
彩虹小区	裸露屋面	16	90s	0.404	0.404
	水泥板格架		174s	0.778	0.778

#### 4.6 小区居民对3种设施的不同意见调查

为了掌握当前咸阳市老旧小区居民对该3种

屋顶处理措施的意见,项目组设计了一份调查表,见表8。

表8 小区居民对三种屋顶处理方式的意见调查表

屋顶处理措施	意见种类					
	赞成	理由	反对	理由	无所谓	理由
屋顶草皮						
屋顶水泥砖格架						
裸露屋顶						

调查共发放问卷400份,回收有效问卷345份,意见统计结果见表9。

表9 小区居民对3种处理设施的意见

试验小区	屋面类型	调查问卷发放数	回收有效调查问卷数	赞成人数	反对人数	无所谓人数
	屋顶草皮			161	145	
彩虹小区	裸露屋面	400	345	83	72	69
	水泥板格架			71	86	

从表9种可见,对于屋顶草皮选项,赞成人数和反对人数都为第一,达到调查票数的35%左右,这反映出居民对屋顶草皮的在意程度大,但对其认识存在矛盾心理。赞成的原因主要有美观、环保、制造氧气等,反对的理由是费钱、在楼顶无用、难管理等。而对于裸露屋顶和水泥板格架屋顶,居民的赞成和反对都只占25%左右。赞成的原因主要是简单、不用太多管理维护等,反对的理由主要有不美观、隔热差等。有20%左右的被调查居民对屋顶处理措施持无所谓态度。

## 5 结论

通过实验研究,得出以下结论:①.在未设计屋顶绿化荷载的老旧楼房屋顶建设屋顶草皮是安全的,其增加的荷载小于屋顶可用荷载;②.建成的屋顶草皮具有蓄水保水、降低城市热岛效应、增加城市绿色、降低污染、保护屋顶保温防渗层等效益;③.该措施值得大面积推广。

### 参考文献

[1]王军利.关中地区屋顶绿化中景天科植物色彩搭配的



- 相融性研究[J].中国农学通报, 2010(19):201-205.
- [2]王军利.屋顶花园中佛甲草的速繁成坪试验初报[J].中国农学通报,2005(11):288-289.
- [3]王军利.屋顶绿化的简史、现状与发展对策[J].2005(12),pp:306-306.
- [4]赵红霞,姜太昊.韩国屋顶绿化的激励制度和技术[J].中国园林,2013(2):113-117.
- [5]谭一凡.国内外屋顶绿化公共政策研究[J].中国园林,2015(11):5-8.
- [6]李树华,殷丽峰.世界屋顶花园的历史与分类[J].中国园林,2005(5):57-61.
- [7]胥一波.从“未来主义”到“生态多样性”——“垂直森林”背后的意大利传统与激进理念的发展简史[J].建筑学报,2015(05):17-27.
- [8]傅礼铭.钱学森山水城市思想及其研究[J].西安交通大学学报(社会科学版),2005(03):65-75.
- [9]吴人韦,付喜娥.“山水城市”的渊源及意义探究[J].中国园林,2009(06):39-44.
- [10]艾丽蛟,冯义龙,谭兴晏.重庆地区屋顶绿化现状调查与分析[J].中国园林,2015(11):27-30.
- [11]张桂媛,黄思成,李运远.北京地区屋顶花园设计的创新性探析[J].华中建筑,2017(10):32-37.
- [12]胡明.我国屋顶花园的研究进展[J].安徽建筑,2016(06):39-42.
- [13]郭晓园,唐岱.我国屋顶花园的发展现状与趋势[J].山东林业科技,2011(06):118-121.

[责任编辑、校对: 仝玉琴]

## The Application of Roof Turf in the Roof Greening of Old Buildings in Xianyang District

WANG Jun-li<sup>1</sup>, TONG Yu-qin<sup>1</sup>, LIU Jian-hai<sup>1</sup>, ZHANG Tao<sup>1</sup>, HAN Chun-ni<sup>1</sup>, HAN Zhen-jiang<sup>2</sup>

( 1. Vocational & Technical College, Xianyang, shanxi 712046;

2. Xianyang greening office of Urban construction bureau, Xianyang, shanxi 712000 )

**Abstract:** Using the Sedum lineare and Sedum Sarmmentosum to make a mixed roof turf to study the feasibility of the application of the roof turf on the roof of the old buildings, the rare roof and the the roof boarded of Cement flat piece served as control. Roof temperature, the Increased load and the water storage were Contrasted. furthermore the influence of the three deals to the Indoor temperature, the change of noise of top floor apartment were also studied. The results show that the simple mixed roof turf can be applied on the roof of the old buildings, Its environmental and ecological benefits and landscape benefits are very significant and deserve to be popularized in a large area.

**Keywords:** Roof greening; Simple roof greening; roof turf; Old buildings; Xianyang city; Guanzhong region