

研究通讯

绿化屋顶热性能及效益分析

高伟骏

(浙江大学土木系)

沈珞婵

(浙江大学热物理系)

一、问题的提出

长江以南地区,夏季炎热,冬季较冷,例如杭州地区平均最高气温达 39.7°C ,最低气温为 -9.6°C 。但许多地区夏季无空调,冬季无采暖。如何从房屋结构上改进其热性能以加强舒适度是一个需解决的问题。特别是房屋顶层,除侧墙的热辐射外,还增加了屋顶的辐射。一些主要城市水平面太阳总辐射日累计量达 $25000\sim 30000\text{kJ}/\text{m}^2$,比东西墙大一倍以上,而数倍于西北墙,因此改善屋顶的热状况尤为重要。另一方面,由于城市人口的增长和密集及房屋、道路用地的扩大,城市绿化面积逐渐缩小。绿地是城市生态系统中最活跃,最富有生命力的组成部分,在环境污染日益严重的情况下更显出其重要性。绿地是天然的空气净化器,每天吸收大量的二氧化碳以及工业、交通、生活设施排出的烟尘和有害气体,经过复杂的光合作用^[1],向城市提供新鲜的氧气,使污浊的空气得以消除。据国外一些学者计算^[2],一般城市每个居民必须有 10m^2 的绿地面积,若考虑城市燃料产生的 CO_2 ,城市绿地面积还应相应增加 2—3 倍。另有文献认为城市绿地覆盖率必须达到城市面积的 30% 以上,但目前许多城市的发展已很难达到这样的要求。

如何增加城市的绿地面积?大力植树造林当然是最积极的措施。但由于城市绿化面

积毕竟有限,我们设想绿化屋顶不失为一种积极的措施。在有条件的屋顶上铺设 10—20cm 左右的泥层种植花草,这样不仅增加了城市的绿化面积,美化了城市环境,而且花草本身生长需吸收热量,叶片又有遮阳作用,减少了太阳对屋面的辐射,泥层又增加了屋面的热阻,可以降低屋面内表面的温度。当然这种做法对建筑来说也有缺点,加泥层种花后屋顶负荷将增加,初次投资费用必相应增加。为此,我们设置三组比较对象:普通屋面,隔热屋面及绿化屋面(见图 1)。利用计算机定量分析它们的热工性能优劣,并对其经济性作一粗略讨论。

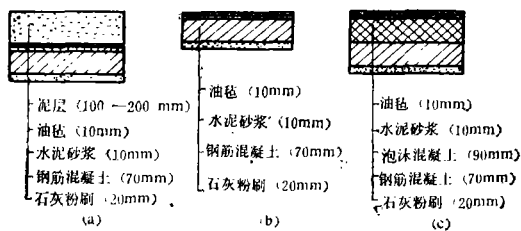


图 1 三种屋顶表面构造

二、室内外热状况

室内外气温对房间的热状况以及人体热舒适度有着较大的影响。夏季强烈的太阳辐射通过无所遮蔽的围护结构吸收而直接影响房间的热状况,同时夏季室外高温也以对流、渗透等方式增加室内的温度。各种影响因素

均随时间而变化,影响热舒适度的整个热传递过程处于“不稳定传热状态”。一般工程上将太阳辐射的热作用以温度的形式表示,把它与室外气温结合称为“室外综合温度”。图2为杭州市某平屋顶(混凝土)和各朝向的外墙(水泥砂浆外粉刷)的室外综合温度曲线。 t_N , t_W 为室内外气温。平屋顶的综合温度 $t_{Z\text{平}}$ 值最高(见图2),由此可见加强屋顶隔热的重要性。

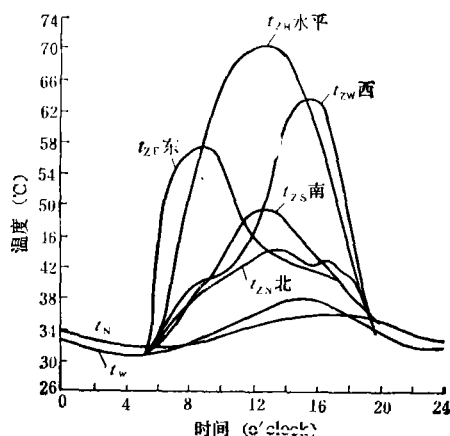


图2 杭州夏季某日各朝向的室内外综合温度及室内外气温

由图2还可看出,在自然通风条件下,室内气温 t_N 与室外气温随时间变化而接近。室内气温与室外气温约差 1—2°C,最大值比室外气温延时约 1—2h。

三、绿化屋面的环境效益^[1]

屋面因绿化而建立起来的“小气候”,其热状况更为复杂。首先,太阳照射到绿色植物的叶面上,10—15% 辐射能被叶片反射而返回大气中,80—85% 为植物吸收,其中大部分转变为热能。热能在蒸腾过程中使水分变成水蒸汽散失到空气中,极少部分能量为植物光合作用所利用。透过植物而到达屋面的太阳辐射能只有5%,因此植物起到了极好的遮阳作用。其次,植物具有调节气候的作用,绿地可以保持水分,提高空气的相对湿

度,在室外气候与室内气候之间造成一“过渡气候”,降低屋面周围的空气温度,减轻夏季的炎热程度。围护结构不仅需要隔热性能好,而且要求对周围影响小,即应避免对邻近建筑过大的热辐射和反射。因此,要求围护结构表面具有尽可能低的反射率,并降低外表面温度,减少表面的长波辐射。绿化屋顶兼有这方面的优点。

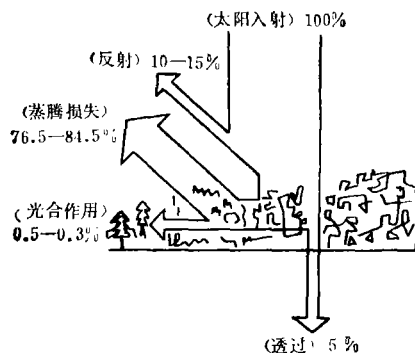


图3 太阳照射到植物上能量的分配

四、围护结构隔热评价

影响室内气候的因素,一般认为主要有四方面:室内气温、风速、相对湿度及内表面温度。对于一般居住建筑,在自然通风条件下,人们对室内气温的高低是无能为力的,主要随室外空气温度而变化。风速和相对湿度也取决于建筑设计时所考虑的气流组织,如门窗的布置等,与墙体构造隔热设计无密切的关系。当围护结构内表面所采用的饰面材料,其辐射系数一定时,内表面温度愈高,对人体的辐射量就愈大,人们的不舒适感就增加。而内表面温度是太阳辐射、室内外空气温度波动作用的综合结果。我们可以通过选择适当的材料,构造及外表面的色泽来降低太阳辐射,减少室内外空气温度波动对内表面的影响。由此可以认为围护结构内表面温度是评价建筑隔热好坏的一个重要指标^[2],即围护结构的隔热,实质上就在于采取种种措施来降低内表面温度。一般认为夏季隔热屋

面内表面的舒适界限为 35°C ^[3]。这主要考虑当温度低于 35°C 时,人体主要向墙体辐射散热。本文就是基于此点利用计算机计算来讨论图 1 中三种屋面的优劣,说明绿化屋面不仅对环境上,而且在热性能上都具有很好的效益。

五、绿化屋顶的热工效益

屋顶花草的种植,隔绝了太阳辐射,增加了屋顶的热阻,减少室外空气温度波动对房间的影响。图 4 及表 1 给出了应用计算机计算^[5,6]的结果。在普通构造上加设 10cm 泥层后,屋面热工特性已有所改善,内表面温度比普通构造下降 1.29°C 。种植植物后,效果更佳,10—20cm 泥层绿化屋面内表面温度比普通构造下降 $2.59—3.0^{\circ}\text{C}$ 左右,自然屋面内表面向人体的辐射也有所减弱。若取石灰粉刷的内表面辐射率为 0.87,则采用绿化屋面比普通构造减少向人体辐射量约 $54—63\text{kJ}/\text{m}^2$ 。当房间面积为 20m^2 时,可减少向人体辐射 $1089—1256\text{kJ}/\text{m}^2$ 。另外,以 35°C 为屋面内表面温度的舒适界限,此时,普通构造已远超出此限而绿化屋顶在同样气象条件下仍符合舒适条件(见图 4)。同时 10—20cm 绿化屋面与加设 9cm 的泡沫混凝土隔热构造热工性

能相近,甚至更好。

绿化屋面构造层外表面温度较低,这对增加屋面寿命是有好处的,可以避免防水层因高温热胀而造成屋面漏水,甚至破坏结构层。

另外从表 1 中还可看出,绿化屋面内表

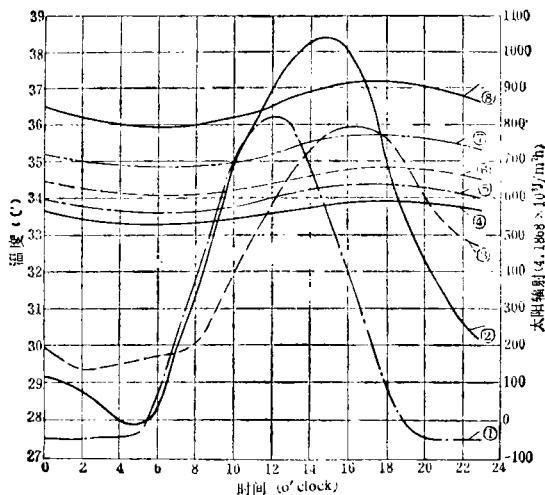


图 4 各种屋面内表面温度分布

①太阳辐射 ②室外空气温度 ③室内空气温度
④ 20cm 绿化屋面 ⑤ 10cm绿化屋面 ⑥隔热构造屋面 ⑦10cm 泥层屋面 ⑧ 普通构造屋面

面与室内换热量大大降低。对于空调建筑,有利于减轻空调设备负荷的负担。

表 1 各种构造内外表面温度及热流比较表

构 造		外表面 最高温度 $t_{w\max}(\text{℃})$	内 表 面		$>35\text{℃}$ 小时数 (H)	内表面与室内换热 最大换热量(平均值) $Q_{T\max}(Q_{Tp})\text{ kJ/m}^2\text{H}$
			平均温度 $T_{NP}(\text{℃})$	最高温度 $T_{NT\max}(\text{℃})$		
a	1	64.20	35.26	35.70	18	176(88)
	2	50.92	33.96	34.36	无	140(50)
	3	51.16	33.59	33.94	无	126(34)
b		63.76	36.55	37.18	24	211(127)
c		67.44	34.43	34.83	无	151(63)

a-1. 10cm 泥层屋面 a-2. 10cm 绿化屋面 c. 隔热构造 a-3. 20cm 绿化屋面 b. 普通构造

六、绿化屋面的经济性

在普通构造上加设泥层后,由于泥层本身的重量,结构处理费用增加。但据计算,在如图 1(b) 这样的构造上,覆盖 10cm 泥土若仅作为隔热层,而不考虑种花且无人员频繁走动,几乎不需要增加费用。尚若覆盖 20cm 泥层,且考虑种花及人员走动,对于普通住宅,二户合用一楼梯,经计算,约增加费用 10.3 元/m² 但必须看到,这样处理后,为建筑开辟了有效的利用面积,它不仅为顶层居民提供了较为舒适的室内气候,同时也起到了美化城市的作用,具有环境效益。

七、结语

根据上述粗略的分析,可以得出结论,绿化屋面对于改进建筑物的隔热性能及环境效

益都是有利的,同时其综合经济效益也是好的,它特别适用于夏季炎热地区的住宅密集区。

本文无论是数据还是分析都较粗略,只希望引起国内建筑界及环境保护部门对城市绿化的重视。

参 考 文 献

- [1] 潘瑞炽编,植物生理学(上册),人民教育出版社出版,1980年。
- [2] 杨善勤等,新型围护结构房屋的保温隔热,中国建筑工业出版社,1981年。
- [3] 傅肃科,华南土建,5(1979)。
- [4] 中国建科院物理所,建筑材料热物理性能,中国建筑工业出版社,1984年。
- [5] 俞昌铭,热传导及其数值分析,清华大学出版社,1982年。
- [6] 易大义等,数值分析,浙江科技出版社,1984年。
- [7] 林亚真等,城市环境与规划,中国建筑工业出版社,1981年3月。

砷在土壤中的蓄积与迁移特征

杨 居 荣*

(北京师范大学环科所)

砷是土壤中普遍存在的微量元素。过量的砷会阻滞植物的正常生长发育或使砷在可食部分累积^[1-3]。这种植物效应取决于砷在土壤中的蓄积量及其迁移、转化行为。由于砷易以砷酸根、亚砷酸根等阴离子态存在,其迁移行为与 Hg、Cd、Cu、Pb 等重金属元素有相似处,也有其独特性。因此研究砷在不同土壤环境条件下的分布与迁移规律,对于因地制宜地防治砷污染危害具有重要意义。本文通过对北京污灌区的调查和室内试验,分析了砷在褐土类土壤中的蓄积与迁移特征。

一、土壤环境条件及调查、试验方法

调查区土壤为典型褐土、草甸褐土及褐

化草甸土。呈弱碱性或碱性反应(pH 值 7.2—8.5)。全剖面或剖面中某些层次有石灰反应。碳酸钙含量可达 5—8%。有机质含量为 0.7—3.7%。阳离子代换总量为 10—35m.e/100g土。这些性质制约着砷在土壤中的活性及其对农作物的可给性。

调查样点设在永定河洪积、冲积平原的上、中、下部污灌区农田,采集 0—20cm 耕层土壤,并于东郊设 0—1m 土壤剖面样点,分别于 1981—1983 年测定了砷的含量。

盆栽试验**在直径为 1m,高 2m 的水泥

* 葛家瑞同志参加了部分试验工作。

** 盆栽试验的管理主要由植物所负责。