

建筑情报资料

第 7834 号

1978年10月

通风屋盖的设计与应用

四川省建筑科学研究所

提 要

15

通风屋盖(即架空屋盖,国外又叫遮阳屋盖)实质上是将隔热层放在防水层上的一种极其有效的“倒铺屋盖”形式。主要靠架空面层隔太阳辐射热,同时利用间层内流动的空气带走部分热量,具有隔热防水、构造简单、施工方便、经济适用等优点,已成为我国南方地区广泛采用的一种屋盖结构形式。

本文根据大量的实测和试验数据,通过理论计算分析,对影响通风屋盖热状况的各种因素作了详尽的讨论,提出了通风屋盖的传热计算方法。为便于实际应用,还对不同架空层的技术经济指标作了概括,提出了增强间层气流速度的一些构造措施,和通风屋盖适用范围几条建议,可供设计时进行比较和选择。

目 录

一、通风屋盖的优点

- (一)、夏天隔热、散热作用都较好
- (二)、冬天有一定的保温能力
- (三)、架空层很好地保护了防水层

二、通风屋盖热状况的实测结果

- (一)、各种类型通风屋盖的隔热能力
- (二)、通风空气间层内的温度分布
- (三)、不同间层高度的隔热能力
- (四)、间层内的气流速度

三、通风屋盖热状况的理论分析

- (一)、间层内的热平衡及上下表面温度和空气温度的计算式
- (二)、对间层热状况影响因素的分析

四、通风屋盖的传热计算

- (一)、通风间层相当热阻的计算

- 〈二〉、间层断气热阻的计算
 - 〈三〉、通风屋盖隔热指标的计算
 - 〈四〉、通风屋盖内表面最大温度及其出现时间的计算
 - 〈五〉、合理的间层高度和长度的计算
- 五、增强通风屋盖间层内气流速度的一些方法
- 〈一〉、设置通风屋盖或排气小楼
 - 〈二〉、利用支道或楼梯间作为进气风道
 - 〈三〉、簷口兜风
 - 〈四〉、利用纵梁承重空心板设置双层通风屋盖
 - 〈五〉、间层通风与室内换气结合
 - 〈六〉、合理选择气层的支层关系
- 六、各种不同架空层的经济分析
- 七、通风屋盖适用范围的几点建议

结 语

一. 通风屋盖的优点

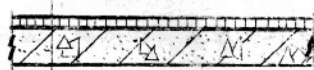
(一). 夏天隔热、散热作用都较好

实例结果表明, 由实体结构变为通风结构的隔热能力较好。
如表—1, 架空后, 其 $t_{n,max}$ 和 $t_{n,p}$ 都有显著的降低, $t_{n,max}$ 约降低 10°C , $t_{n,p}$ 约降低 5°C , 无论何种形式的通风屋盖, 都

实体与通风屋盖的隔热能力

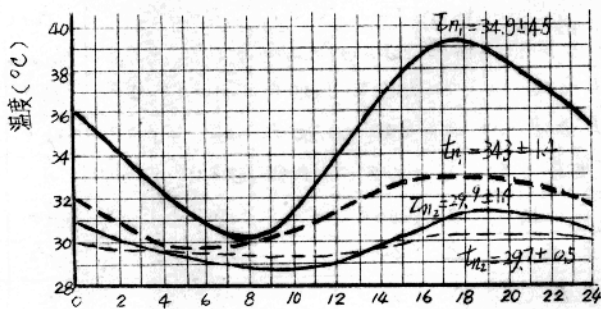
表—1

序号	屋盖形式	简图编号	$t_w (^{\circ}\text{C})$		$t_n (^{\circ}\text{C})$		$t_w (^{\circ}\text{C})$	
			$t_{w,max}$	$t_{w,p}$	$t_{n,max}$	$t_{n,p}$	$t_{w,max}$	$t_{w,p}$
1	实铺粘土方砖	1	56.0	36.5	39.4	34.9	34.0	29.5
	架空粘土方砖	2	49.6	30.9	31.1	29.9	34.0	29.5
	温度差 ($^{\circ}\text{C}$)		6.4	5.6	8.3	5.0	0	0
2	铝空芯板	3	64.5		46.1		35.5	
	架空石棉瓦	4	49.5		35.2		35.5	
	温度差 ($^{\circ}\text{C}$)		15.3		10.9		0	

屋盖构造简图	1	—25厚粘土方砖 —10厚水泥砂浆 —100厚钢筋混凝土板 	2	—25厚粘土方砖 —180厚通风空气间层 —100厚钢筋混凝土板 
	3	—绿豆砂保护层 —二毡三油防水层 —冷底子油一道 —1:3水泥砂浆找平层 —铝空芯板 	4	—石棉水泥瓦架空层 —架空高度240米 (以下同左) 

有较好的隔热能力，即使是间层高度 $h=40$ 毫米的双层石棉瓦通风屋盖，其隔热指标 $G>30$ ，内外表面最高温度差 $t_{n\cdot max}-t_{n\cdot max}$ 都大于 13°C 。

更主要的是通风屋盖在午后至夜间具有散热较快的特点。图—1是表—1中之“1”、“2”型屋盖的温度曲线，架空后的 t_{n2} ，全天都低于实体结构的 t_{n1} 。 t_{n2} 在夜间0时至次日4时还低于 t_w 。实测结果还表明，各种不同结构形式的通风屋盖的 $t_{n\cdot max}$ ，



图—1 通风屋顶与实体屋顶的温度比较

出现时间均在午后九点钟（即21时）以前，当基层上表面无油毡防水层时， $t_{n\cdot max}$ 的出现时间均在午后六时以前。而其它具有如此

隔热能力的屋盖，其 $t_{n\cdot max}$ 的出现时间一般都在夜间十一点钟（即23时）以后。就是与同类热阻的屋盖结构比较，通风屋盖午后和夜间的散热能力也是好的。

(二). 冬天有一定的保温能力

由于间层不直 大气作用，风速小于层外的 V_w ，因而间层内的平均气温 $t_{k\cdot p}$ 在冬季总是高于 $t_{w\cdot p}$ ，提高了室外计算温度，减小了室内外温差。同时基层上表面的热交换系数 α_w 亦小于 α_w ，有可能增大屋盖的总热阻，提高屋盖冬季的保温能力。这可用计算结果予以表示。

如图—2

未架空时屋盖的总热阻:

$$R_0 = R_w + R_1 + R_2 + R_n;$$

架空后屋盖的总热阻:

$$R'_0 = R_w' + R_1 + R_2 + R_n;$$

$$\text{令: } R_w = \frac{1}{\alpha_w} = \frac{1}{20} = 0.05$$

$$R_n = \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{7.5} = 0.133$$

$$R_1 = 0.03$$

$$\text{而 } R_w' = \frac{1}{\alpha_w'} = \frac{1}{10} = 0.1$$

从而:

$$R_0 = 0.05 + 0.03 + R_2 + 0.133 = 0.213 + R_2$$

$$R'_0 = 0.10 + 0.133 + R_2 = 0.233 + R_2;$$

即得到: $R'_0 > R_0$.

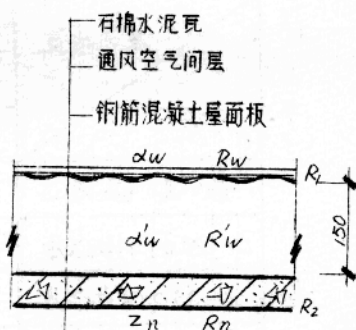
(三)、架空层很好的保护了防水层

一般刚性屋石和油毡屋石, 由于直接暴露于大气中, 经常反复地受太阳光(主要是紫外线光)的照射, 而且夏天日较差和冬天年较差也大, 促使防水层龟裂老化和破坏, 大大降低了油毡防水层和刚性屋石的耐久性。根据北京市建二局的调查, 油毡屋石一般使用4~5年, 防水层即老化破裂, 必须进行检修和更新。但在油毡屋盖上架空或铺砌石层后, 使用已14~16年仍完好不漏。产生这样的良好效果, 主要在于:

1. 架空后, 基层上表面处于较低的温度状态, 温度振幅大大减小(表—2), 避免了由于表面的骤生变化引起防水层破裂的危险性;

2. 一般沥青油毡和嵌缝材料的软化点都比较低, 油毡屋盖的 $t_{w, \max} > 70^\circ\text{C}$, 超过其软化点。架空后, 可有效地减少油毡

图—2



防水层流淌、下滑的可能性；

屋盖构造 项目	刚性(构件) 防水屋盖		
	空心板	空心板通风	差值
	外表石	基层外表石(°C)	(°C)
最高温度	53.0	38.1	14.9
0~23时平均温度	35.1	31.6	3.5
12~23时平均温度	42.3	34.8	7.5
温度波幅	17.9	6.5	11.4
室外气温	34.8	34.8	

3. 避免了雨、雪、风、日辐射的直接照射和侵蚀，同时也避免了上房维修时的机械损坏。

二. 通风屋盖热状况的实测结果

(一)、各种类型通风屋盖的隔热能力

1. 石层与基层都是薄结构的通风屋盖的隔热能力(表-3)

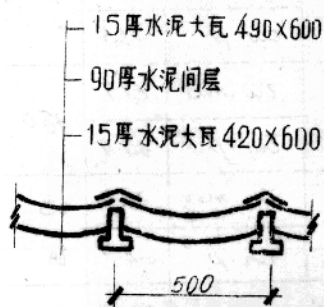
基层与面层都是轻质结构的隔热能力

表-3

屋盖结构简图

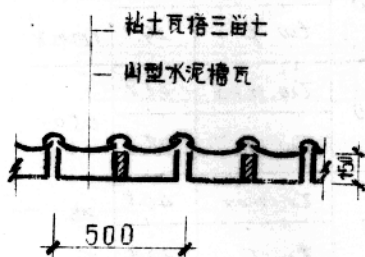
温度状况(°C)

备注



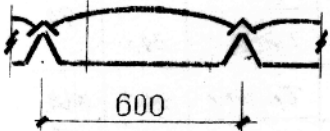
架空双层水泥大瓦

t_w	$t_w \cdot \max$	32.2	向层高度 (毫米)
	$t_w \cdot p$	28.6	
T_w	$T_w \cdot \max$	54.5	90
	$T_w \cdot p$	34.1	
T_n	$T_n \cdot \max$	36.4	测定地区
	$T_n \cdot p$	30.0	
$Z_{Tn \cdot \max}(\text{小时})$		14.00	广州
隔热指标 G		24.5	



山型槽板架空粘土瓦

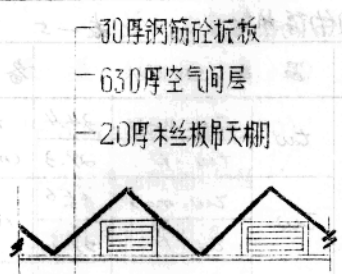
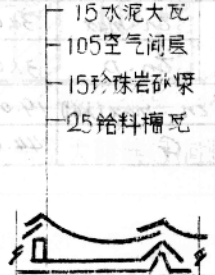
t_w	$t_w \cdot \max$	33.7	向层高度
	$t_w \cdot p$	29.4	
T_w	$T_w \cdot \max$	52.0	150
	$T_w \cdot p$	32.4	
T_n	$T_n \cdot \max$	30.0	测定地区
	$T_n \cdot p$	27.8	
$Z_{Tn \cdot \max}$		15.00	广东
G		29.6	

 25厚细粒石水泥筒瓦宽600 280厚空气间层 25厚钢筋砼料槽瓦 600 斜槽瓦架空筒瓦	t_w	$t_w \cdot \max$	30.6	h (mm)
		$t_w \cdot p$	25.4	
	Z_w	$Z_w \cdot \max$	61.9	280
		$Z_w \cdot p$	34.4	
	Z_n	$Z_n \cdot \max$	35.8	地
		$Z_n \cdot p$	28.7	区
	$Z_n \cdot \max$		15.00	广东
	G		33.9	
	t_w	$t_w \cdot \max$	34.3	h (mm)
		$t_w \cdot p$	29.9	
 30厚钢筋砼弧形瓦 630厚空气间层 30厚钢筋砼折板 板板架空弧形瓦	Z_w	$Z_w \cdot \max$	61.7	650
		$Z_w \cdot p$	38.1	
	Z_n	$Z_n \cdot \max$	40.5	地
		$Z_n \cdot p$	32.8	区
	$Z_n \cdot \max$		16.00	湖南
	G		28.7	

2. 瓦层热阻小于基层热阻的隔热能力 (表4)

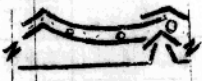
面层热阻小于基层热阻的通风屋盖的隔热能力

表-4

屋盖结构简图	温度状况			备注
 30厚钢筋砼板 630厚空气间层 20厚木丝板吊天棚 折板下吊木丝板	t_w	$t_{w \cdot max}$	29.1	h
		$t_{w \cdot p}$		(mm)
	t_w	$t_{w \cdot max}$	56.0	630
		$t_{w \cdot p}$		
	t_n	$t_{n \cdot max}$	32.8	地
		$t_{n \cdot p}$		区
	$\Sigma t_n \cdot max$		18.00	四
 25厚砼小板 120厚空气间层 水泥砂浆平 钢筋砼空心板 240 空心板架空砼小板	t_w	$t_{w \cdot max}$	31.5	h
		$t_{w \cdot p}$	27.6	(mm)
	t_w	$t_{w \cdot max}$	48.5	120
		$t_{w \cdot p}$	31.4	
	t_n	$t_{n \cdot max}$	31.0	地区
		$t_{n \cdot p}$	28.5	
	$\Sigma t_n \cdot max$		18.00	四
 15水泥大瓦 105空气间层 15珍珠岩砂浆 25铅料檐瓦	t_w	$t_{w \cdot max}$	34.4	h
		$t_{w \cdot p}$	29.3	(mm)
	t_w	$t_{w \cdot max}$	61.0	105
		$t_{w \cdot p}$	34.4	
	t_n	$t_{n \cdot max}$	35.0	地
		$t_{n \cdot p}$	31.1	区
	$\Sigma t_n \cdot max$		17.00	十
	G		30.7	

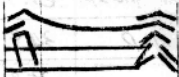
3. 面层热阻大于基层热阻的隔热能力 (表-5)

面层热阻大于基层热阻的隔热能力 表-5

屋盖结构简图	温度状况			备注	
15水泥大瓦 15珍珠岩给 105空气间层 25铅斜槽瓦 	t_w	$t_w \cdot \max$	34.4	h (mm)	
		$t_w \cdot p$	29.3		
	t_w	$t_w \cdot \max$	65.6	105	
		$t_w \cdot p$	37.5		
	t_n	$t_n \cdot \max$	35.0	地 区	
		$t_n \cdot p$	30.7		
	$Z t_n \cdot \max (小时)$			16.00	广 州
	G			29.8	

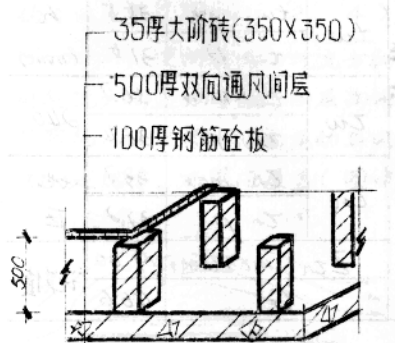
4. 双层通风屋盖的隔热能力 (表-6)

双层通风屋盖的隔热能力 表-6

屋盖结构简图	温度状况			备注	
15水泥大瓦 60空气间层 10水泥等板 25铅斜槽瓦 	t_w	$t_w \cdot \max$	34.4	h (mm)	
		$t_w \cdot p$	29.3		
	t_w	$t_w \cdot \max$	59.1		
		$t_w \cdot p$	36.1		
	t_n	$t_n \cdot \max$	34.6	地 区	
		$t_n \cdot p$	31.6		
	$Z t_n \cdot \max$ (小时)			19.00	广 州
	G			44.6	

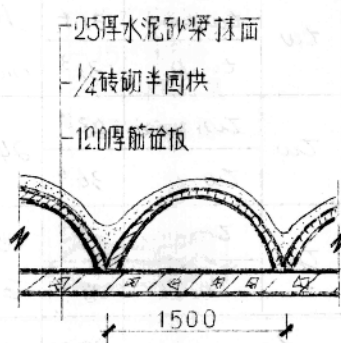
5. 安装方式不同的通风屋盖的隔热能力 (表-7)

单向通风与双向通风的通风屋盖的隔热能力 表-7

屋盖结构简图	温度状况			备注
 30厚大阶砖(350×350) 240厚单向通风间层 100厚钢筋混凝土板 240 架空大阶砖(单向通风)	t_w	$t_w \cdot \max$	35.5	h
		$t_w \cdot p$	31.3	(mm)
	t_w	$t_w \cdot \max$	48.8	240
		$t_w \cdot p$	36.6	
	t_n	$t_n \cdot \max$	28.8	地
		$t_n \cdot p$	28.8	正
 35厚大阶砖(350×350) 500厚双向通风间层 100厚钢筋混凝土板 500 架空大阶砖(双向通风)	t_w	$t_w \cdot \max$	35.5	h
		$t_w \cdot p$	31.3	(mm)
	t_w	$t_w \cdot \max$	56.0	500
		$t_w \cdot p$	36.6	
	t_n	$t_n \cdot \max$	32.8	地
		$t_n \cdot p$	31.0	正
	$\Sigma t_n \cdot \max$ (正)		18.00	正
	G		41.3	正

6. 砖拱通风屋盖的隔热能力 (表-8)

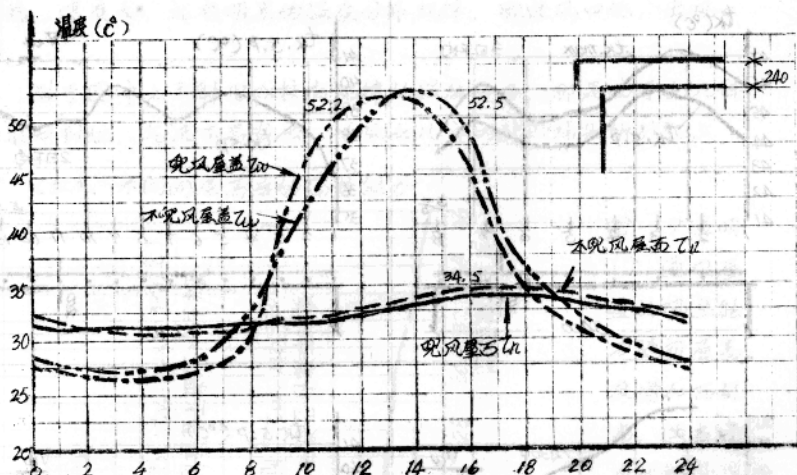
砖拱通风屋盖的隔热能力 (表-8)

屋盖结构简图	强度状况			备注
 25厚水泥砂浆抹面 1/4砖砌半圆拱 120厚筋砼板 1500 架空1/4砖拱〈两端通敞〉	t_w	$t_w \cdot \max$	34.9	h
		$t_w \cdot p$	31.1	(mm)
	t_w	$t_w \cdot \max$	59.5	350
		$t_w \cdot p$	38.4	
	t_n	$t_n \cdot \max$	33.8	地
		$t_n \cdot p$	32.3	区
	$Z_{t_n \cdot \max}(\text{小时})$		18.00	厂
	G		53.0	井
 双层砖拱通风屋盖型式	t_w	$t_w \cdot \max$	35.5	h
		$t_w \cdot p$	31.5	(mm)
	t_w	$t_w \cdot \max$	56.7	240
		$t_w \cdot p$	36.4	
	t_n	$t_n \cdot \max$	33.7	地
		$t_n \cdot p$	32.2	区
	$Z_{t_n \cdot \max}(\text{小时})$		19.00	计算值
	G		46.6	

7. 兜风与不兜风的通风屋盖的隔热能力 (图-3、表-9)

(二). 通风屋盖间层内的温度分布

图-4列出了一般通风屋盖间层内的空气温度沿沟槽方向的分布曲线, 表明结构形式和间层内的风速对其影响很大。一般形式



图—3

兜风与不兜风屋盖的内外表面温度变化曲线

的通风屋盖(图中1、2、4)由于檐口处气流的飞跌作用(如图—5),使间层内的气流方向与室外气流方向相反,加之于室外气流方向还不可能与间层沟槽的纵方向一致,形成间层内的气流紊乱,速度很小,间层的导风能力很弱,使间层内的温度分布无一定规律。而兜风屋盖(图中之5),由于有如图—6的气流

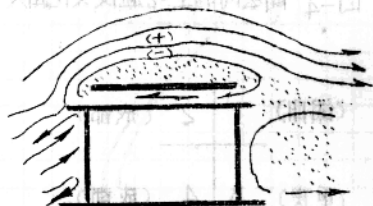


图-5 空气统流一般通风屋盖的特性

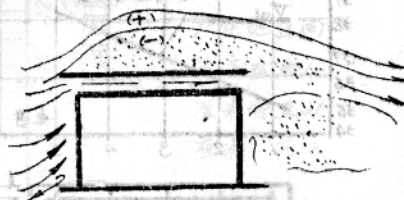


图-6 空气统流兜风屋盖的特性

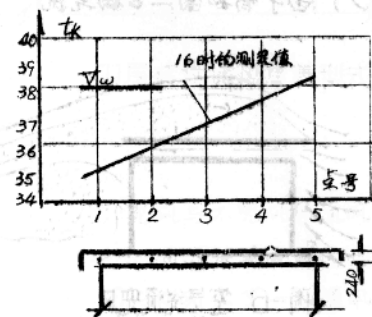
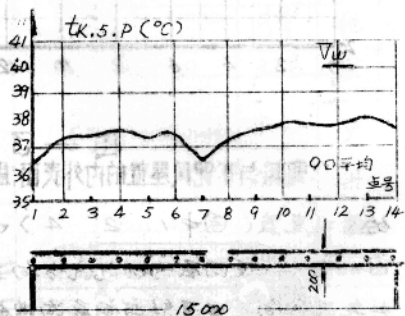
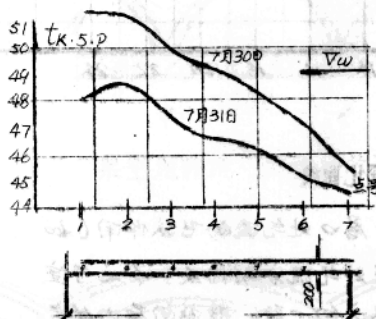
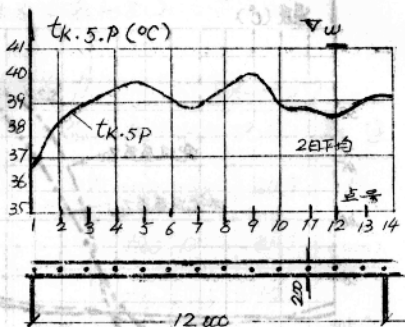
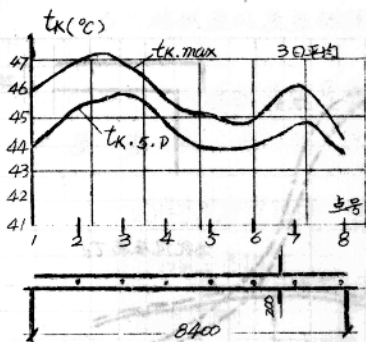


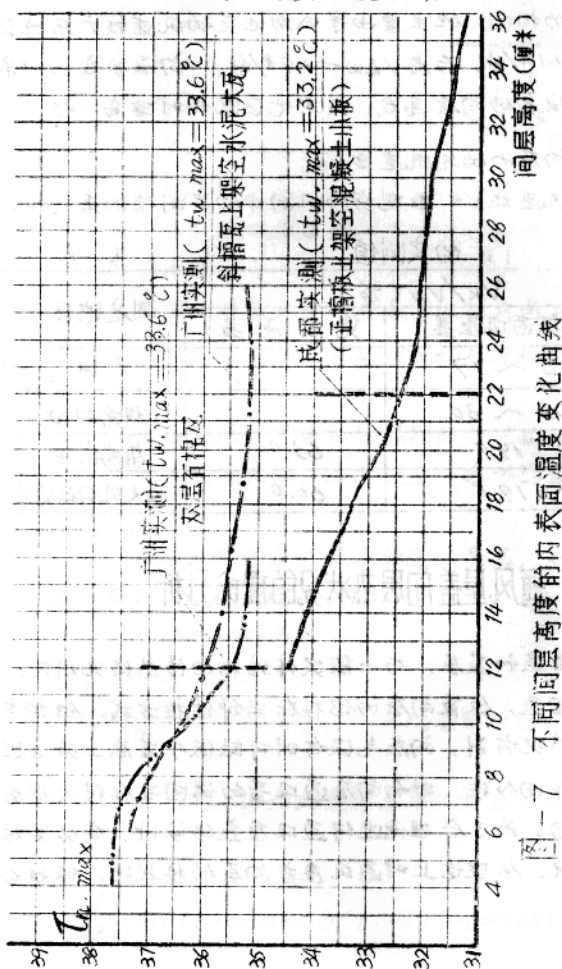
图-4 间层内的空气温度变化曲线

(邵阳)	1	2	(成都)
(重庆)	3	4	(成都)
(岳阳)	5		

动态，速度大，就有明显的温度分布规律，即进风口低，出风口高。

致于图中之3能形成较有规律的温度分布，那是由于女儿墙将窗口封住，气流不易散出，以及女儿墙内壁的辐射所引起。

(三). 不同间层高度的隔热能力



图一7表明
1. 通风屋盖的隔热能力随间层高度增加而提高，但并非成比例的提高，到一定高度后即趋于较定。如成都地区间层高度由22厘米增至36厘米，其内表面温度仅降低1.0°C，广东地区间层高度由12厘米增至26厘米，降低不到1°C。这是因为增

加有限的间层高度，不但不能使辐射热减少；而且也不可能使间层内的气流速度 V_K 有大幅度的提高。

2. 内表面温度 t_{ni} 趋于较定的间层高度与地区的风速和间层的长度有关。如广东的两种结构形式的通风屋盖，间层长度 $L=3$ 米， t_{ni} 趋于较定的间层高度基本相同；而成都地区仅管结构形式与广东的相同，但主要由于成都地区的风速较广东地区小（前者 $V_{\text{区}}=1.1$ 米/秒，后者 $V_{\text{区}}=1.9$ 米/秒，间层长度 $L=5$ 米），因此， t_{ni} 趋于较定的间层高度，成都地区就相对要高一些。

(四)、通风间层内的气流速度 V_K

间层内的气流速度 V_K 在现场和风洞中的实测值见表-10。

V_K 的实测值

表-10

测定场所	$V_K/V_w(\%)$		测定地区
	一般通风屋盖	兜风屋盖	
现场实测值	15 ~ 17		广州
	25 ~ 30		湖南邵阳
	19.0	63.0	湖南邵阳
风洞试验值	19.1	60.0	湖大风洞试验室

三 通风屋盖间层热状况的理论分析

通风屋盖的顶层和基层，与一般实体结构的传热情况相同。由于间层与室外相通，仅管间层内仍存在三种传热方式，但却与封闭间层的传热情况有别，间层气温有时可能低于基层上表面温度，对流的散热作用加强，影响间层通风量的诸因素在很大程度上起着较大的作用。为了合理地进行通风屋盖的设计，有必要根据前述的实际情况，从理论上对通风屋盖间层的热状况，作较为全面的分析。