

# 第 1 部分 建筑光学

## 学习情境 1 建筑光学基本知识

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

(1) 光的本质是什么？可见光的波长范围是多少？

答：

“光”的本质包含三层含义：一是波长范围为 380nm~780nm 的可见辐射波；二是视觉器官的视觉特点；三是两者作用所引起的感觉效果。

(2) 人眼有哪些视觉特性，什么是明视觉，什么是暗视觉？

答：

人眼的视觉特性：

1) 人双眼不动的视野范围为：水平面 180°；垂直面 130°，向上为 60°，向下为 70°。

2) 明暗视觉：

明视觉指在明亮环境中，锥状细胞起作用，人眼具有颜色感觉，且对外界亮度变化适应能力强。

暗视觉指在黑暗环境中，杆状细胞起作用，人眼无颜色感觉，也无法分辨物件细节，对外部亮度变化的适应能力低。

3) 辨色感觉：明视觉时，人们对 380nm~780nm 范围内的电磁波产生不同的颜色感觉。

4) 人眼对不同波长光的敏感程度是不同的。观看辐射通量相同、波长不同的可见光辐射，感到明亮程度不一样。

5) 视力：人们眼睛辨认物体形状细部的能力称为视觉敏锐度，在医学上称为视力。

(3) 简述人眼的构造和功能。

答：

眼睛主要由瞳孔、水晶体、视网膜和视神经构成。

瞳孔的功能：虹膜中央的圆形孔称为瞳孔，它类似于照相机的光圈。

水晶体的功能：类似照相机的镜头，但人能自动聚焦。水晶体受睫状肌收缩或放松的影响而改变形状，从而改变其焦距，使远近不同的景物都能在视网膜上成清晰的像。

视网膜和视神经：类似于照相机的胶卷。光线经过瞳孔、水晶体和房水在视网膜上聚集成清晰的影像。视网膜上面布满感光细胞，光线射到上面能产生神经冲动，冲动再通过视神经传至大脑，人便产生了视感觉。

(4) 试说明光通量与发光强度、照度与亮度之间的区别和联系。

答：

光源在单位时间内，向周围空间辐射出的使眼睛引起光感的能量，称为光通量，符号为  $\Phi$ ，单位为流明 (lm)。其中某一波长为  $\lambda$  的光的光通量用  $\Phi_\lambda$  表示。

光源在某一方向的发光强度是光源在该方向单位立体角内所发出的光通量，即光通量的空间密度。发光强度常用符号  $I$  表示。

物体表面单位面积上接受到的光通量称为照度，常用符号  $E$  表示。

视网膜上物像的照度和发光体在视线方向的投影面积成反比。与发光体朝视线方向的发光强度成正比。这一比值称为亮度。

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

照度与发光强度满足距离平方反比定律：

照度和亮度满足立体角投影定律  $E = L_o \Omega \cos i$

(5) 看电视时，房间是完全黑暗好，还是有一定亮度好，为什么？

答：

有一定亮度好，主要是为了保护眼睛。

漆黑的空间，明亮的屏幕，形成强烈的光反差，这对人的神经系统及视力显然是一个不良刺激，易引起健康危害，主要表现是眼睛发酸、疼痛、视物不清，严重者出现夜盲症，研究者发现，看电视时，开一盏 5~8 瓦的灯，对

保护视力有好处，如果开一盏红色的灯，效果就更好，会使眼睛感到舒服。因此，夜间最好不要黑着灯看电视。

**(6) 影响视度的主要因素，明适应和暗适应有何差别？**

答：

影响视度的主要因素有：亮度、物件尺寸、亮度对比、识别时间与面积眩光

人从明处到暗处（或从暗处到明处）时，会产生由原来看得清，突然变得看不清，经过一段时间才由看不清到逐渐又看得清的变化过程，这叫做“视觉适应”。从暗到明的适应时间短，称“明适应”。从明到暗的适应时间长，称“暗适应”。

**(7) 材料按光学性质如何分类？**

答：

材料按光学性质可分为定向反射和透射材料和扩散反射和透射材料。

**(8) 为什么有的商店大玻璃橱窗能像镜子似地照出人像，却看不清里面陈列的展品？**

答：

玻璃既能透光又能反射光。当反射光强时就不到到另一侧的物体，当透射光强时，就能看清另一侧的物体。问题所示的场合是白天的情景，是室外光强，所以在室外看到的反射影像比较清晰，且室内外光强差越大越清晰。反之晚上在室内点灯时，透射光强，就能看清玻璃橱窗里面的物体。

### 3. 完成下面的任务

**(1) 波长为 540nm 的单色光源，其辐射通量为 5W，试求：1) 此光源发出的光通量；2) 如它向四周均匀发射光通量，求其发光强度；3) 离它 2m 处垂直于光线方向的表面上的照度。**

解：

1) 由图 1-4 可以查出明视觉下，540nm 的单色光，光谱光视效率  $V(540)=0.96$ ，由式 (1-1) 有：

$$\Phi_v = K_m V(\lambda) \Phi_e(\lambda) = 683 \times 0.96 \times 5 \text{ (lm)} = 3278 \text{ (lm)}$$

$$2) I = \frac{\Phi}{\Omega} = \frac{3278}{4\pi} \text{ (cd)} = 260 \text{ (cd)}$$

$$3) E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{260}{2^2} \cos 0^\circ \text{ (lx)} = 65 \text{ (lx)}$$

**(2) 一房间平面尺寸为 6.96m×14.76m，净空高为 3.6m。在顶棚正中布置一盏各方向发光强度均为 500cd 的点光源，求房间正中和四角处的地面照度（不考虑室内各表面的反射光）。**

解：

根据距离平方反比定律有：房间正中地面的照度为：

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{500}{3.6^2} \cos 0^\circ \text{ (lx)} = 39 \text{ (lx)}$$

根据距离平方反比定律和勾股定理有：房间四角地面的照度为：

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{500}{3.6^2 + \left(\frac{6.96}{2}\right)^2 + \left(\frac{14.76}{2}\right)^2} \times \frac{3.6}{\sqrt{3.6^2 + \left(\frac{6.96}{2}\right)^2 + \left(\frac{14.76}{2}\right)^2}} \text{ (lx)} = 2.45 \text{ (lx)}$$

## 学习情境 2 天然采光

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

**(1) 简述晴天和全云天天空亮度分布特点。**

答：

1) 晴天 晴天指云量为 0~3 级的天气。地面照度由太阳直射光和天空漫射光形成，它们的照度值都随太阳高度角增大而增加，只是天空漫射光的照度在太阳高度角较大时增长速度逐渐减慢。因此太阳直射光照度在总照度中所占的比例随太阳高度角增大而加大，地面上物体的阴影也就越明显。两种光的比例还受大气透明度影响，透明度愈高，直射光所占的比例愈大。

2) 全云天 在全云天，天空全部被云遮盖，室外天然光全部为天空漫射光。全云天顶亮度为地平线附近的 3

倍。全云天虽然亮度低，但分布相对稳定。全云天建筑朝向对室内照度的影响较小，室内外照度具有值低但稳定的特点。

#### **(2) 影响全云天地面照度的主要因素有哪些？**

**答：**

影响全云天地面照度的主要因素有：

- 1) 太阳高度角。太阳高度角越大，地面的照度越高，因此全云天中午比早晚照度高。
- 2) 云状。不同的云反射、折射和透射光的能力不同，因此在地面形成的照度也不同。
- 3) 地面反射能力。光在云层和地面之间多次反射，若地面反射能力强，则地面照度显著提高（如雪地地面照度比无雪时可提高1倍以上）。
- 4) 大气透明度。大气透明度高则照度高，透明度降低，则室外照度也大大降低。

#### **(3) 什么是采光系数，什么是室外临界照度？**

**答：**

照度相对值称为采光系数，它是采光的数量评价指标，也是采光设计的依据，室内某一点的采光系数可按下式确定：

$$C = \frac{E_n}{E_w} \times 100\%$$

把室内照度值达到标准最低值时的室外照度值，称为室外临界照度，也就是需要采用人工照明时的室外照度极限值。室外临界照度值将影响采光口的大小、人工照明使用时间等，规范规定其值为15000 lx。

#### **(4) 《建筑采光设计标准》(GB/T 5033—2013) 对采光系数标准值有何规定？**

**答：**

我国将视觉作业分为I～V级，各级要求的天然采光照度最低值分别为250 lx、150 lx、100 lx、50 lx、25 lx。

由于不同类型的采光口在室内形成不同的光分布，故采光标准按采光口类型不同，分别提出不同的要求。顶部采光时，室内照度分布均匀，采光系数采用平均值。侧面采光时，室内光线变化大，故用采光系数最低值。对兼有侧面采光和顶部采光的房间，可将其简化为侧面采光区和顶部采光区，并应分别取采光系数最低值和采光系数的平均值。

#### **(5) 如何提高采光质量？**

**答：**

- 1) 保证合适的采光均匀度；
- 2) 防止眩光；
- 3) 室内各表面采用合适的光反射比；
- 4) 采光设计应注意光的方向性，应避免对工作产生遮挡和不利影响；
- 5) 白天天然光线不足而需要补充人工照明的场所，补充的人工照明光源宜选择接近天然光色温的高色温光源；
- 6) 对于需识别颜色的场所，宜采用不改变天然光光色的采光材料；
- 7) 对于博物馆和美术馆建筑天然采光设计，宜消除紫外辐射、限制天然光照度值和减少照射时间，以防止对展品的危害；
- 8) 对具有镜面反射的观看目标，应防止产生反射眩光或看见光源的映像。

#### **(6) 采光口的主要形式及其采光特点？**

**答：**

围护结构开洞口安上透光材料，称采光口。采光口可分为侧窗和天窗两种形式。

##### **1) 侧窗：**

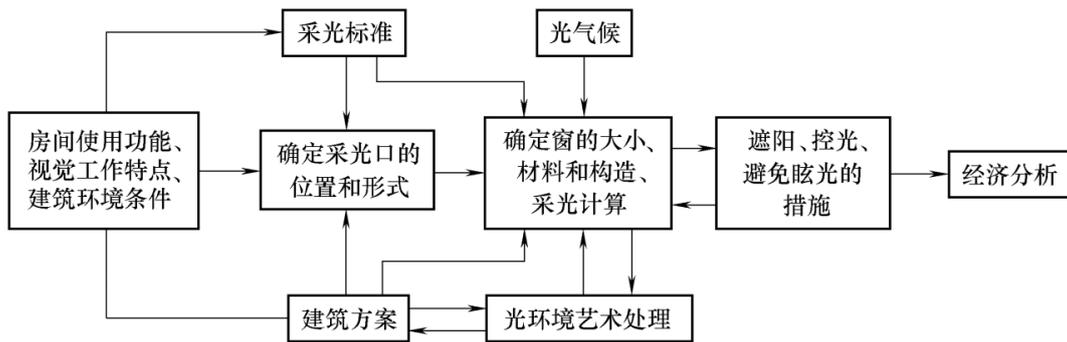
在房间的侧墙上开窗以获取天然光线称为侧窗采光。其特点为：布置灵活方便、构造简单、不受建筑层数限制、开启方便、有利通风换气、造价低，光线具有强烈的方向性，使物体有立体感，并可通过它看到外界景物，扩大视野，与外界取得联系。

##### **2) 天窗**

房屋屋顶设置采光口采光称为天窗采光。天窗采光与侧窗采光相比，具有以下特点：采光效率高，约为侧窗的8倍；一般具有较好的照度均匀性；天窗采光一般很少受到遮挡。

#### **(7) 画图说明采光设计的内容和过程。**

答：采光设计的内容和过程如下图所示。



**(8) 窗地面积比在采光设计中有何作用？**

答：

窗地面积比即同一房间窗洞口的净面积与地面净面积之比。GB/T 5033—2013《建筑采光设计标准》中的附录 C 规定了不同建筑房间尺寸及对应的窗地面积比，按相应的窗地面积比和房屋面积，即可计算出所需的最小窗口面积，进而进行房屋的采光设计。

**(9) 你所在的教室是否存在窗口眩光或直射阳光？如有，如何改善？**

答：

存在窗口眩光和直射阳光的情况。

学校教室安装了窗帘，以防止在某些时段直射阳光射入室内。教学楼设计时还从建筑朝向方面考虑了避免窗口眩光的问题，在教室布置时从黑板位置、坐位方向等方面都考虑了尽量避免窗口眩光。

**3. 完成下面的任务**

某会议室尺寸为 5.1m×7.2m，净空高 3.6m，南北朝向，采光要求为 II 级，试进行采光设计，估算出需要的窗口面积，并画出所作设计方案的平面图和剖面图。

解：（由于是设计问题，仅供参考）

1) 选择采光口的形式

选择采光口形式的基本原则是以侧窗为主，天窗为辅，会议室设计为侧窗采光。

2) 采光要求

假设该会议室位于沈阳地区，按《建筑采光设计标准》(GB 50033-2020)，沈阳地区为 III 类光气候分区，光气候系数 K=1，室外天然光照片标准值为 15000lx。采用侧窗采光，由表 2-1 可查出 II 级采光室内天然光照度标准值为 600lx，采光系数标准值为 4%。

3) 确定采光口位置及能开窗的面积

本设计中侧窗开在南面的侧墙上，窗口朝南。设计窗台高度为 0.9m，假设窗上过梁距室内顶棚高度为 0.3m，暂定窗两侧墙最小宽度为每侧各为 0.3m，如果平面尺寸为轴线尺寸，内墙为 0.24m 厚，外墙为 0.37m 厚，则南侧墙上最大可开窗为开一个大窗，开窗的最大面积为

$$A_{窗max} = [7.2 - 2 \times (0.12 + 0.3)] \times (3.6 - 0.9 - 0.3) = 15.264m^2$$

4) 估算采光口尺寸

会议室采用 II 级采光，由表 2-12 可查出所需窗地面积比为 1/4。

按照前述假设，室内地面净面积为

$$A_{地净} = (7.2 - 2 \times 0.12) \times (5.1 - 2 \times 0.12) = 33.8256m^2$$

故可开窗的最小面积为

$$A_{窗min} = A_{地净} \times 窗地面积比 = 33.8256 \times 1/4 = 8.4564 m^2$$

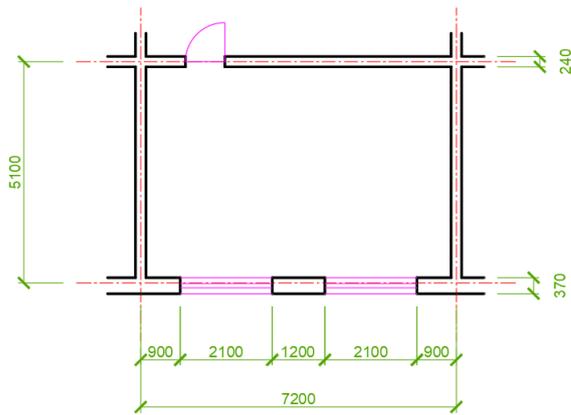
这个面积远小于可开窗的最大面积。

按前述假设，窗口的最小宽度为：

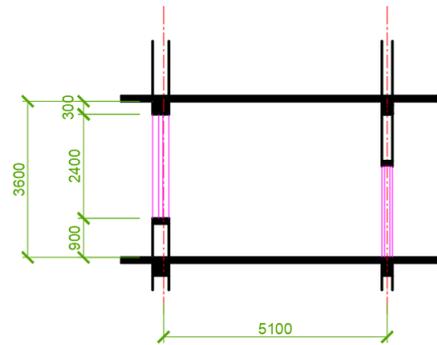
$$A_{窗min} / (3.6 - 0.9 - 0.3) = 3.5 (m)$$

设计为双窗，保证两个窗中每个窗的净有效宽度大于最小宽度的一半 1.75m 即可，考虑窗框等影响，窗口可适当大一些尺寸，故可做出如图所示的双窗设计，每个窗的宽度设计为 2.1m，即能满足该会议室的采光要求。

注意在实际工作中，在进行采光设计时一定要同时考虑建筑节能，考虑建筑保温和隔热防热的要求，窗口面积不宜过大。



办公室平面图



办公室剖面图

## 学习情境 3 建筑照明

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

(1) 简述白炽灯和荧光灯的发光机制。

答：

1) 白炽灯的发光机制：当金属加热到 1000K 以上时，就发出可见光，温度愈高，可见光在总辐射中所占的比例愈大。

2) 荧光灯的发光机制：利用汞原子原子被电子激发产生可见光。

(2) 为什么一些功效高的灯在一些小空间中难以应用？

答：光效高的灯，往往单灯功率大，因此光通量很大，这样在一些小空间（如住宅）中就难以应用。

(3) 描述灯具光电特性的主要技术指标有哪些？

答：描述灯具光电特性的主要技术指标有配光曲线、灯具遮光角、灯具效率

(4) CIE 按光通量在上下半球的分布，将灯具分为哪几类，这些类型的灯具各有何特点？

答：

国际照明委员会（CIE）按光通量在上、下半球的分布将灯具划分为五类：直接型灯具；半直接型灯具；均匀扩散型灯具；半间接型灯具；间接型灯具。

直接型灯具效率较高，但易形成眩光，光线方向性强，阴影浓重。

半直接型灯具既能将较多的光线照射到下方的工作面上，又使部分光通量射向上半球，空间环境得到适当的亮度，改善了室内的亮度对比。

扩散型灯具造型美观，光线柔和均匀。但光通量损失较多。

半间接型灯具由于增加了反射光的比例，房间的光线更均匀、柔和，这种灯具透明部分易积尘，会降低灯具的效率。

间接型灯具扩散性好，光线柔和均匀，且避免了眩光。但利用效率低，在照度要求较高时，不宜使用这种灯具。

(5) 正常照明系统分为哪几类？

答：正常照明系统分为一般照明、分区一般照明、局部照明和混合照明四种类型。

(6) 如何提高室内工作照明的质量，灯具的选择与布置应注意哪些问题？

答：

1) 从如下几方面提高室内工作照明的质量：提高照度均匀度、限制眩光、注意光源颜色、室内各表面均匀的反射比、适当利用或控制阴影的影响、保证照度的稳定性、消除频闪效应

2) 灯具的选择与布置应注意如下问题：光的技术特性、经济性、周围环境条件、灯具的外形与建筑物是否协调等。

**(7) 简述不同的照明环境对视觉与心理的作用。**

答：

同一空间，照明方式不同，给人的感觉不同，进而影响人们的情绪和行为。环境照明设计必须考虑人的视觉与心理作用。

- 1) 均匀的高亮度表面给人以透明感，当室内其他部分很暗时，透明感更加明显。
- 2) 为使室内具有活力感，可采用突出周边墙的不均匀照明方式，如用白炽灯以擦射方式照明墙。
- 3) 如果室内亮度较低且无眩光，人会感到轻松。
- 4) 如果房间中间较暗、周围较亮，照明不均匀，可使人产生亲切私密的感觉。
- 5) 当室内有适当的照度，周边采用明亮有序的浅色照明（如墙照明）时，空间显得开敞。一般暖色调表面显得往前，冷色调表面显得后退。室内使用镜面，更能增加开敞感。
- 6) 如一个大房间中间区域具有高亮度，而周围是黑暗环境，人会产生恐怖的感觉。
- 7) 晚上，如室内照度很高，窗玻璃上就会出灯具和室内环境的反影，使人们认为外面深不可测。

照明环境对视觉与心理的作用还与个人感受、爱好和性格有关，同样的环境，不同人的感觉却可能完全不同。

**(8) 简述室内环境照明设计的一般方法。**

答：

- 1) 利用灯具本身的艺术装饰美化室内照明环境
- 2) 将多个灯具有机组合，取得装饰效果
- 3) 和建筑构造相结合，进行大面积照明处理

**(9) 建筑物立面照明有哪三种方式？**

答：建筑立面照明可采取三种方式：轮廓照明、泛光照明和透光照明。

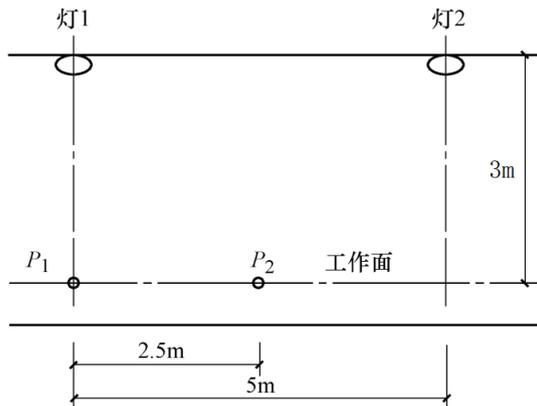
**(10) 简述你对“绿色照明”的认识。**

答：绿色照明是节约能源、保护环境、有益于提高人们生产、工作、学习效率和生活质量，保护身心健康的照明。

**3. 完成下面的任务**

(1) 扁圆吸顶灯的布置如图 3-5 所示，但灯至工作面的距离为 3.0m，灯具内光源为 200W 的白炽灯，求 P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 点的照度（不计反射光影响）。

解：



1) P<sub>1</sub> 点的照度

①求灯 1 在 P<sub>1</sub> 点形成的照度

由表 3-1 可查出，200W 的白炽灯的光通量为 2920lm，由配光曲线(图 3-3)可查出，当 α = 0° 时 I<sub>0</sub> = 130cd，灯至工作面距离为 3m，则由距离平方反比定律有

$$E_{11} = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{130 \times \frac{2920}{1000}}{3^2} \cos 0^\circ (\text{lx}) \approx 42.2 (\text{lx})$$

②求灯 2 在 P<sub>1</sub> 点形成的照度

$$\tan \alpha = \frac{5}{3}, \alpha \approx 59^\circ \quad I_{59}=76\text{cd}$$

同理有

$$E_{11} = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{76 \times \frac{2920}{1000}}{3^2 + 5^2} \cos 59^\circ (\text{lx}) \approx 3.4 (\text{lx})$$

P<sub>1</sub>点的照度为两灯形成的照度之和，并考虑灯的修正系数，则有

$$E_1 = 42.2\text{lx} + 3.4\text{lx} = 45.6\text{lx}$$

2) P<sub>2</sub>点的照度：由对称性可知，两灯对该点形成的照度应该是相同的。

$$\tan \alpha = \frac{2.5}{3}, \alpha \approx 40^\circ$$

$I_{40}=102\text{cd}$ ，同理有

$$E_{12} = E_{22} = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{102 \times \frac{2920}{1000}}{3^2 + 2.5^2} \cos 40^\circ (\text{lx}) \approx 15.0 (\text{lx})$$

$$E_2 = 2 \times 15.0\text{lx} = 30\text{lx}$$

(2) 任务(1)中的其他条件不变，P<sub>1</sub>点位置不变，但P<sub>2</sub>点在原来的下方，下移0.5m，求P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>点的照度（不计反射光影响）。

解：

1) P<sub>1</sub>点的照度不变，与上一题目的结果相同：

$$E_1 = 45.6\text{lx}$$

2) P<sub>2</sub>点的照度：由对称性可知，两灯对该点形成的照度应该是相同的。

$$\tan \alpha = \frac{2.5}{3+0.5}, \alpha \approx 35.5^\circ$$

$I_{35.5}=95\text{cd}$ ，则：

$$E_{12} = E_{22} = \frac{I}{r^2} \cos \alpha = \frac{95 \times \frac{2920}{1000}}{(3+0.5)^2 + 2.5^2} \cos 35.5^\circ (\text{lx}) \approx 12.2 (\text{lx})$$

$$E_2 = 2 \times 12.2\text{lx} = 24.4\text{lx}$$

## 第 2 部分 建筑声学

### 学习情境 4 建筑声学基本知识

#### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

(1) 产生声音的必要条件是什么？声音的频率、周期、波长和声速之间有何关系？

答：

1) 产生声音的两个必要条件是声源和传声介质。

2) 声音的周期、频率、声速和波长有如下关系：

$$T = \frac{1}{f}, f = \frac{1}{T}, c = \frac{\lambda}{T}$$

(2) 常温下空气中的声速为多少？空气中可闻声的波长范围是多少？

答：通常室温下空气中的声速约为 340m/s，空气中可闻声的频率范围大致在 20~20000Hz 之间。

(3) 为什么夜间声音传播较远？

**答:** 由于离地面高度不同, 空气的密度不同, 声波在空气中传播时, 会改变传播方向。白天近地面处的气温较高, 声速较大, 声速随离地面高度的增加而减小, 导致声音传播方向向上弯曲; 夜晚地面温度较低, 声速随离地面的高度的增加而增加, 声波的传播方向向下弯曲, 这就是在夜晚声波传播得比较远的原因。

**(4) 声音为何常用“级”来度量? 级的运算是按算术法则进行的吗? 说明理由。**

**答:** 人耳听觉分辨能力的灵敏度与声压、声强和声功率不成正比例关系。在声压较低时, 空气压强的稍许变动人耳就可区别; 在声压高时, 空气压强的变化却必须很大时才能区别。所以, 用声压、声强和声功率来表示声音的强弱极不方便, 因此, 常采用将声压、声强或声功率的倍数取对数的方式来描述声音, 对声音计量常用的单位是分贝 (dB)。对应的物理量有声强级、声压级和声功率级三种, 这几个量全是用对数的方式定义的, 因此必须用对数的计算法则进行叠加计算, 不能按简单的算术叠加进行运算。

**(5) 举例说明你对声音单位分贝 (dB) 量值的感受。**

**答:** 风动铆钉机旁的声压级约为 110dB, 相距 1m 处交谈的声压级约为 60dB。

**(6) 简述音乐和噪声的本质区别。**

**答:** 音乐声 (即乐音) 只含有基频和谐频, 所以音乐的频谱是线状谱。噪声是频率成分更复杂的声音, 甚至包含有可闻声之外的频率成分。人耳听不出其中包含有任何谐音或是音调的特征, 噪声大多数是连续谱。

**(7) 人耳有哪些听觉特性?**

**答:** 关于人耳的听闻特性有听阈和痛阈、响度感觉、音色和音质的感觉。除此之外, 人耳还有如下的听闻特性。

1) 时差效应与回声感觉

如声音已经消失, 作用于人耳的效果并不消失, 感觉会持续一个短暂的时间。声源在室内发声后, 直达声和反射声先后到达人耳, 若时间相差在 50ms 以内, 则人耳分辨不出是不同的声音, 似乎后面的声音是前一个声音的继续, 感觉到的仅是音色和响度的变化, 这种现象称为时差效应。

在直达声到达后约 50ms 之内到达的反射声, 可以加强直达声, 而在 50ms 之后到达的反射声, 不会加强直达声, 但如果它的强度比较大, 人便能感觉到, 形成“回声”。

2) 听觉定位

人能根据两耳听到声音的强度差、到达的时间差和相位差判断声源的方位和远近, 这是人耳的一个重要特性。双耳水平方向上的分辨力要比竖直方向强得多。正常人在水平方向  $0^\circ \sim 60^\circ$  的范围内, 可辨别声源方位  $1^\circ \sim 3^\circ$  的变化, 具有良好的方位辨别力。对竖直方向, 要在声源方位变化  $10^\circ \sim 15^\circ$  以上时才能辨别。

3) 掩蔽效应

人在倾听一个声音时, 如果存在其他的声音 (称为掩蔽声), 对所听声音的听阈就要提高, 人耳的听觉灵敏度降低, 这种现象称为掩蔽效应。

**(8) 简述室内声场的形成及变化过程。**

**答:**

1) 室内声场的形成

声源在室内发声, 室内形成复杂的声场。房间中任一点陆续接收到的声音都可看成由三部分构成: 直达声、近次反射声和混响声。

2) 室内声音的增长和衰减过程

① 增长过程。声源在室内发声时, 由于反射和吸收的共同作用, 室内声能密度逐渐增长。

② 稳态过程。一般情况下, 声源发声经过  $1 \sim 2$ s 后, 室内声能密度不再继续增加, 处于动态平衡, 即室内声场的稳态过程。

③ 衰减过程 (混响过程)。当声音达到稳态后, 若声源停止发声, 声音不会立即消失, 而有一个衰减的过程, 这个过程称为衰减过程 (混响过程)。

**(9) 何为“简并”? 如何克服?**

**答:** 在房间对声音共振时, 某些振动方式的共振频率相同, 即共振频率重叠, 这种现象称为共振频率的“简并”。为防止简并现象, 在设计房间的形状时, 应避免房间的边长相同或形成简单的整数比。

### 3. 完成下面的任务

**(1) 某房间有三个声源, 它们的声压级分别为 83dB、92dB、88dB, 房间的总声压级为多少?**

**解:** 可以利用表 4-4 依次进行叠加:



(2) 求下列纯音的响度级, 并说明哪个纯音最响。

- ①90dB, 30Hz; ②80dB, 1000Hz; ③75dB, 500Hz; ④83dB, 2000Hz。

解:

根据纯音的等响曲线(图 4-1)可以查出

- ①90dB, 30Hz 的声音, 响度级为 60Phon;  
 ②80dB, 1000Hz 的声音, 响度级为 80Phon;  
 ③75dB, 500Hz 的声音, 响度级为 78Phon;  
 ④83dB, 2000Hz 的声音, 响度级为 90 Phon。

根据响度级比较, 上述几个纯音, 83dB, 2000Hz 的声音响度级最大, 声音最响。

(3) 某观众厅体积为 15000m<sup>3</sup>, 室内总表面积为 4934m<sup>2</sup>, 已知 500Hz 的平均吸声系数为 0.225, 演员声功率为 330 μW, 在舞台上发声。求距声源 31m 处的最后一排座位处的声压级。

解:

根据已知条件, 求出房间常数。

$$R = \frac{S\bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}} = \frac{4934 \times 0.225}{1 - 0.225} (\text{m}^2) \approx 1432\text{m}^2$$

指向性因数 Q=1, 计算室内声音级

$$L_p = \left[ 10 \lg 0.00033 + 10 \lg \left( \frac{1}{4\pi \times 31^2} + \frac{4}{1432} \right) \right] \text{dB} + 120\text{dB} = 60.0\text{dB}$$

## 学习情境 5 建筑材料及结构的吸声与隔声

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

(1) 多孔吸声材料的吸声机理是什么, 有什么吸声特性及影响吸声特性的因素?

答:

1) 多孔吸声材料的吸声机理是: 由于多孔吸声材料具有大量内外连通的微小间隙和气泡, 声波能沿微孔进入材料内部, 引起空隙中空气振动。由于空气的粘滞阻力、空气与孔壁和纤维间的磨擦及热传导作用, 使一部分声能转化为热能而被吸收。

2) 多孔吸声材料对中高频声音的吸声系数大, 而对低频声音的吸声系数小。

3) 影响多孔吸声材料吸声特性的主要因素有材料的表观密度  $\gamma$  和空气的流阻、材料背后有无空气层、材料的厚度、饰面和材料吸湿。

(2) 穿孔板吸声结构的吸声特性及影响因素?

答: 穿孔板吸声结构如不做其他处理, 最大吸声系数约在 0.3~0.5 之间。在穿孔板后设置多孔吸声材料, 可在较宽的频率范围内提高吸声系数。穿孔板吸声结构的吸声系数还随穿孔率的提高而提高。当穿孔板吸声结构背后空气层厚度很大时, 往往具有两个共振频率, 并具有相当宽的吸声频率范围。

(3) 薄膜吸声结构、薄板吸声结构的吸声特性?

答: 薄膜材料连同背后封闭的空气层共同形成薄膜吸声结构。薄膜吸声结构一般用于吸收中频声音, 吸声频率通常在 200~2000Hz, 吸声系数约为 0.3~0.4。

周边固定于龙骨上的薄板与背后的空气层共同构成薄板共振吸声结构。薄板吸声结构更容易吸收低频声, 其吸声系数约为 0.2~0.5, 吸声频率通常在共振频率附近, 约在 80~300Hz 之间。

(4) 何谓质量定律?

答:

质量定律：对于某一频率，单层匀质密实墙的隔声量随单位面积质量的增加而增加，而对于某一单位面积质量不变的墙板而言，隔声量又随着频率的增加而增加。公式为：

$$R_0 = 20\lg m + 20\lg f - 47.2\text{dB}$$

其中  $R_0$ ——墙体隔声量，单位为 dB；

$m$ ——墙体单位面积质量（即面积密度），单位为  $\text{kg}/\text{m}^2$ ；

$f$ ——入射声的频率，单位为 Hz。

**(5) 双层匀质密实墙的共振频率如何计算？**

答：

双层墙的隔声量会因发生共振而下降，双层墙与空气间层共同组成一个振动系统，其固有频率  $f_0$  由下式得出：

$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{l}} \sqrt{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}}$$

式中  $m_1, m_2$ ——每层墙的单位面积质量，单位为  $\text{kg}/\text{m}^2$ ；

$l$ ——空气间层厚度，单位为 cm。

**(6) 如何提高轻质墙的隔声能力？**

答：提高轻质墙隔声量的主要措施有①多层复合；②薄板叠合；③弹性连接、双墙分立，避免声桥传声。

**(7) 如何提高门窗的隔声效果？**

答：提高门的隔声能力关键在于门扇及其周边缝隙的处理。提高门隔声量的主要措施有：多层复合，做成夹层门，内填多孔吸声材料；如有可能，选用密实厚重的材料做门。门边缘、门槛或门框上可加橡胶条或密封条以密封门缝。

### 3. 完成下面的任务

一墙体隔声量为 50dB，现在墙上开一孔洞，大小为整个墙面积的千分之一。问该墙的隔声量下降多少 dB？[提示：先应用隔声量的定义式 (5-2)，求出开孔前的透射系数，再求出开孔后的透射系数，进而求出开孔后的隔声量，开孔前后隔声量的差值即为隔声量的下降值。]

解：

开孔前，由式 5-2 变形后可求出开孔前的透射系数：

$$\tau_1 = \frac{1}{\frac{R_{01}}{10^{10}}} = \frac{1}{\frac{50}{10^{10}}} = 0.00001$$

开孔后的透射系数为：

$$\tau_2 = \tau_1 + \frac{1}{1000} = 0.00101 \approx 0.001$$

开孔后的隔声量为

$$R_{02} = 10 \lg \frac{1}{\tau_2} = 10 \lg \frac{1}{0.001} = 30(\text{dB})$$

下降的隔声量值为：

$$\Delta R = R_{01} - R_{02} = 50\text{dB} - 30\text{dB} = 20\text{dB}$$

## 学习情境 6 噪声控制与建筑隔振

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

**(1) 噪声有哪些危害？**

答：噪声会对听觉器官造成损害，能引起多种疾病，会对正常生活造成影响，能降低劳动生产率，增加事故率，强噪声波甚至能破坏建筑物或物质的结构。

**(2) 常用的噪声评价量有哪些？**

答：噪声的评价量有：

1) 等效连续 A 声级  $L_{eq} = 10 \lg \left( \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1L_{Ai}} dt \right)$ ;

- 2) 昼间等效声级和夜间等效声级;  
 3) 累计百分声级;  
 4) 噪声评价曲线 NR 和噪声评价指数 N。

**(3) 噪声的来源和控制原则?**

答:

- 1) 噪声的来源有交通运输噪声、工业机械噪声、建筑噪声、社会生活和公共场所噪声及家用电器噪声。  
 2) 噪声的控制原则: 从声源控制噪声、从传播途径上控制噪声、接受者采取防护措施。

**(4) 控制噪声的方法有哪些?**

答:

- 1) 城市噪声控制方法: 制定和完善噪声控制法规、城市规划和建筑布局中的降噪措施、控制道路交通噪声。  
 2) 居住区规划中的噪声控制: 与噪声源保持必要的距离、利用屏障降低噪声、利用绿化减弱噪声、合理的总图布置及单体建筑设计

**(5) 试述隔绝撞击声的措施。**

答: 隔绝撞击声的方法有面层法、垫层法和吊顶法。

### 3. 完成下面的任务

(1) 某房间原来的混响时间为 1.2s, 现欲降低到 1.0s, 原来房间的总吸声量为 30m<sup>2</sup>, 如进行吸声降噪处理, 试计算处理后总吸声量应达到多少?

解: 由吸声降噪量的计算公式

$$\Delta L_p = 10 \lg \frac{\bar{\alpha}_2}{\bar{\alpha}_1} = 10 \lg \frac{A_2}{A_1} = 10 \lg \frac{T_1}{T_2}$$

有:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{T_1}{T_2}$$

故处理后的总吸声量:

$$A_2 = \frac{T_1}{T_2} A_1 = \frac{1.2}{1} \times 30 \text{m}^2 = 36 \text{m}^2$$

(2) 要求一房间与邻室的 A 声压之差至少为 50dB(A), 该房间的吸声量为 30 m<sup>2</sup>, 分户墙的面积 of 18 m<sup>2</sup>, 问分户墙的隔声量 R<sub>0</sub> 最小为多少才能满足要求?

解: 由式 6-4 可求出分户墙的隔声量最小值为:

$$R_0 = D - 10 \lg \frac{A}{S} = 50 \text{dB} - 10 \lg \frac{30}{18} (\text{dB}) = 47.8 \text{dB}$$

## 学习情境 7 室内音质设计

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

(1) 描述室内音质的声学指标有哪些, 对室内音质有哪些要求?

答:

- 1) 描述室内音质的声学指标有混响时间、声级分布和反射声的时间与空间分布。  
 2) 对室内音质的要求: 合适的响度、令人满意的清晰度、足够的丰满度、良好的空间感、没有声缺陷和噪声干扰。

(2) 从建筑声学角度, 确定厅堂容积需考虑哪些问题?

答: 从声学角度考虑房间的容积, 要保证有足够的响度与合适的混响时间。

(3) 厅堂体形设计的基本原则?

**答：**厅堂形体设计的基本原则：缩短房间的前后距离并考虑声源的方向性、避免直达声被遮挡和被观众掠射吸声、争取和控制近次反射声、避免各种室内声学缺陷。

**(4) 为什么要求音乐用房间的混响时间比语言用房间的混响时间长些？**

**答：**如果房间的混响时间过长，会导致听音的清晰度下降。但混响时间过短，就会影响声音的丰满度。一般来讲，对以语言声为主的房间，如教室、演讲厅、话剧院，混响时间不可过长，以1s左右为宜，而对听音乐为主的房间，如音乐厅等，则希望混响时间稍长些，如达到1.5s~2.0s。必须针对具体房间的主要用途选择最佳混响时间，才能达到丰满度和清晰度之间的适当平衡。

**(5) 简述室内混响设计的基本步骤？**

**答：**室内混响设计的基本过程：选择最佳混响时间、确定需要增加的吸声量、选择适当的吸声材料和面积并确定其布置方案、调整与修改。

**(6) 各类厅堂音质设计应分别注意哪些问题？**

**答：**

1) 音乐厅音质设计要点

音乐厅要求较长的混响时间和丰富的侧向反射声。在音质设计中应在保证没有回声、声聚集等音质缺陷的同时尽量少用吸声材料。

2) 剧院音质设计要点

可在舞台后墙或顶部布置吸声材料，使舞台空间的混响时间与观众厅基本相同。

歌剧院一般用自然声演出，允许歌剧院有较大的容积。以自然声为主的大厅，应控制其规模。大厅可设楼座、包厢，以缩短直达声距离。争取尽量多的前期反射声。大厅后墙可作一些吸声或扩散处理。大厅尽量少用吸声材料，宜通过降低大厅每座容积来控制混响时间及提高大厅内的声压级。

话剧院话剧演出以对白为主，声功率小，故观众厅规模不宜过大。设计话剧院时，应尽可能缩短最后一排观众至舞台的距离。以争取一次反射声。

3) 多功能剧场音质设计要点

多功能剧场在确定混响时间时，可采用折衷的办法。但更好的办法是将侧墙做成可调式吸声结构，根据房间使用时的情况，主动调节混响时间。为更好满足音乐演出要求，多功能剧场宜配置活动的声反射罩。

多功能剧场一般安装电声系统。这时剧场的容积不受响度要求限制，但对清晰度、避免声学缺陷等方面的问题仍需引起足够重视。

4) 电影院音质设计要点

电影院有普通电影院、立体声电影院、环幕电影院等几种。电影胶片上记录的声音已加工处理，还原重放时不需要室内空间来对它进行“润色”

立体声影院不应设楼座，无需争取反射声来提高响度。吸声材料的用量以满足混响时间为宜。

5) 体育馆音质设计要点

体育馆有综合馆和专业馆之分。

综合性体育馆是名副其实的多功能厅。体育馆都装有电声系统，对音质要求相对较低。只要具有良好的清晰度和一定的丰满度，且没有噪声干扰和回声、声聚集等声缺陷即可。

从声学角度考虑，体育馆上部宜满做吊顶并在网架空间内悬吊空间吸声体以增加大厅吸声量。

主席台及裁判员席附近的墙面宜做吸声处理，以便减少进入话筒的反射声，有利于提高扩声系统的传声增益。

6) 录播室、演播室音质设计要点

录播室一般规模较小，设计不当很容易产生低频共振频率的“简并”。为此，房间长、宽、高应避免彼此相等或成整数比。录播室吸声材料的布置应符合“分散、均匀”的原则。录播室内不应出现大面积平行相对的声反射面，以避免颤动回声等音质缺陷。

为满足多声轨录音时各声道高隔离度的要求，可将录音室做成强吸声多室式录音室。这种做法是在录音室内划分很多小室。每个小室对应一种乐器。小室内都做强吸声处理。

演播室的用途是制作电视和录像节目。一般演播室的顶棚及四壁应做吸声处理。但必须采用非燃性吸声材料。

7) 歌舞厅、卡拉OK厅音质设计要点

歌舞厅、卡拉OK厅具有观演大厅的性质，只是对音质的要求比较低。除需达到合适的混响时间外，在舞台后墙做吸声处理，有利于防止电声系统的“啸叫”。歌舞厅、卡拉OK厅不仅要控制外部噪声的传入，而且需防止它对周围环境的噪声影响。

### 8) 听音室、家庭影院音质设计要点

听音室要求在重放各种音质的节目时都有较好的音质效果。听音室混响时间可取 0.3 s~0.4s, 音箱背后应布置强吸声材料。两侧墙可一侧或交叉进行吸声处理。地板和顶棚也应进行相应的吸声处理。听众背后宜作扩散反射面。扬声器与侧墙应有 1m 以上的间距。双声道立体声两扬声器之间宜有 2.5m 的间距。只有在扬声器前方的一定范围内, 才能获得良好的立体声效果。因此, 听音室面积不可过小。

家庭影院要求比双声道立体声听音室具有更大的面积。住宅客厅虽然比理想的听音室小, 但通过合理的布置, 也可获得良好的听音效果。如大厅用做唱卡拉 OK, 则应在座椅背后的墙面(话筒指向的墙面)做吸声处理, 可防止“啸叫”的产生。当主要作为家庭影院或进行立体声音乐欣赏时, 可在主音箱后的墙面做吸声处理。

## 第 3 部分 建筑热工学

### 学习情境 8 建筑热工学基本知识

#### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

##### (1) 简述三种传热方式的基本规律。

答: 热量的传递方式有导热、对流和辐射三种。

1) 导热: 是指在同一物体内部各部分温度不同、或温度不同的物体直接接触时, 材料内部发生的热量转移的过程。

单层匀质密实材料导热的面积热流量为  $q = \frac{\theta_i - \theta_e}{\frac{d}{\lambda}} = \frac{\theta_i - \theta_e}{R}$ 。

2) 对流: 是指依靠流体的宏观流动, 把热量由一处传递到另一处的现象。工程上大量遇到的是流体流过一个固体壁面时发生的热量交换过程, 称为表面换热或对流换热。对流传热的面积热流量为  $q_c = \alpha_c(t - \theta)$ 。

3) 辐射传热: 辐射传热不需要物质间相互接触, 也不需要任何中间媒介。全辐射体辐射的斯蒂芬-波尔兹曼定律  $E_b = C_b \left(\frac{T_b}{100}\right)^4$ ; 灰体辐射的斯蒂芬-波尔兹曼定律  $E = C \left(\frac{T}{100}\right)^4$ 。

##### (2) 自然对流表面传热系数的经验公式中, 系数分别为 2.0、2.5 和 1.3, 为什么系数各不相同?

答:

1) 自然对流表面传热系数的经验公式为:

$$\text{垂直表面 } \alpha_c = 2.0 \sqrt{\Delta t}$$

$$\text{水平表面 (热量流动方向由下而上) } \alpha_c = 2.5 \sqrt{\Delta t}$$

$$\text{水平表面 (热量流动方向由上而下) } \alpha_c = 1.3 \sqrt{\Delta t}$$

式中  $\Delta t$ ——壁面与室内空气的温度差, 单位是  $^{\circ}\text{C}$ 。

2) 自然对流传热的强度主要取决于流体(通常是空气)的流动速度, 由于热胀冷缩的作用, 空气受热膨胀后密度变小会向上流动, 因此如果热量流动方向由下而上, 形成最强的自然对流, 传热强度最大, 系数取 2.5。反之, 如果热量流动方向由上而下, 流体很难对流, 传热的强度是最小的, 系数取 1.3。竖直的表面则介于这两种情况之间, 系数取 2.0。

##### (3) 一维稳定传热过程有哪些基本特征?

答: 一维稳定传热具有两点主要特征: 一是通过平壁的面积热流量  $q$  处处相同; 二是同一材质的平壁内部各界面间温度分布呈直线关系, 即温度随距离的变化规律为直线。

##### (4) 为什么围护结构的传热阻与厚度成正比, 而空气间层就不这样?

答:

1) 围护结构多为实心平壁, 平壁内的传热方式只有导热一种方式, 导热的热阻  $R = \frac{d}{\lambda}$ , 故围护结构的传热

阻  $R$  与厚度  $d$  成正比。

2) 空气间层的传热非常复杂, 其热阻是综合考虑了空气间层的导热、对流和辐射三种传热方式的统计结果, 传热过程是一个有限空间内的两个表面之间的热转移过程, 空气间层的方向、热量传递方向、厚度等对传热的影响非常大, 传热强度主要取决于对流及辐射的强度, 故其传热阻不与空气间层的厚度成正比。

**(5) 周期性不稳定传热有何特点?**

答: 周期性不稳定传热的基本特点: 温度波动过程的延迟、温度波的“衰减”。

**(6) 试举例说明结露现象产生的原因。**

答: 空气在含湿量和大气压不变的情况下, 冷确到饱和状态 (即相对湿度  $\phi=100\%$ ) 所对应的温度, 称为该状态下空气的露点温度, 以符号  $t_d$  表示。气温如低于露点温度, 空气中的水份就会凝结析出, 发生结露或结霜现象。

简单举例: ①在冬天, 如果窗玻璃的温度低于室内空气的露点温度, 窗玻璃就会结露或结霜; ②秋天的早晨, 由于夜间降温, 气温低于室外空气的露点温度, 就会在植被上结露。

**(7) 为什么在室内温度相同的情况下, 冬天会感到冷一些? 为何海拔越高, 气温越低?**

答:

1) 人体的冷热感觉主要取决于人体和外界的热平衡情况, 如果人体散热慢就会感觉到热, 散热快就会感觉到冷。热量的传递有三种导热、对流和辐射三种, 人体表面与室内环境对流与辐射的复合换热量冬夏之间差别巨大。夏天围护结构的温度高, 向人体的热辐射就多一些, 同时室内空气与围护结构的温差小, 对流也不明显。而冬天正好相反。这就造成了室内温度相同的情况下, 冬天会感到冷一些。

2) 海拔越高温度越低的原因有:

第一个原因, 海拔越高的地方空气越稀薄, 空气储热能力较差, 热量散失较快。

第二个原因: 从太阳辐射到地球的热能, 38% 会被大气层以及地面反射回宇宙空间, 只有 12% 会被大气层吸收。而剩下的 50% 都会被地面吸收, 所以地面也是空气温度一个重要的热源。地面反射热能的多少对温度很大影响, 海拔越高的地方, 空气接收地面反射的热能越少。

**(8) 与建筑物密切相关的气候因素有哪些?**

答: 与建筑物密切相关的气候因素为太阳辐射、气温、空气湿度、风及降水等。

**(9) 是否所有使人体得失热量为零的气候因素都使人感到舒适?**

答: 并非所有使人体得失热量为零的气候因素都使人感到舒适。人体达到热平衡时, 如对流传热量占总散热量的 25%~30%, 辐射散热量占 45%~50%, 呼吸和有感觉蒸发散热量占 25%~30%, 这种适宜比例的环境是人体热舒适的充分条件。

**(10) 试分析, 人总处在舒适的环境中, 对人体是否有利?**

答: 我们所生活的室外环境是一个不断变化的环境, 它要求人有很强的适应能力。人总处在舒适的环境中会导致身体的生理功能降低和免疫力的下降, 使人逐渐丧失适应环境的能力, 当换一个环境时, 就更容易引起应激反应, 增加感冒或患病的风险, 危害人的健康。

### 3. 完成下面的任务

(1) 已知室内气温为  $18^{\circ}\text{C}$ , 室外气温为  $-15^{\circ}\text{C}$ , 试计算通过图 8-11 所示砖墙的表面和内部温度分布。已知  $R_i=0.11\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ;  $R_e=0.04\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ; 内外石灰粉刷的热导率  $\lambda=0.81\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ; 砖砌体的热导率  $\lambda=0.76\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 。图中单位为 mm。

解:

砖墙的传热阻:

$$R_o = 0.11 + 2 \times \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.24}{0.76} + 0.04 = 0.515\text{m}^2\cdot\text{K} / \text{W}$$

内表面温度:

$$\theta_i = 18 - \frac{0.11}{0.515}(18 + 15) = 10.95^{\circ}\text{C}$$

分界面处温度:

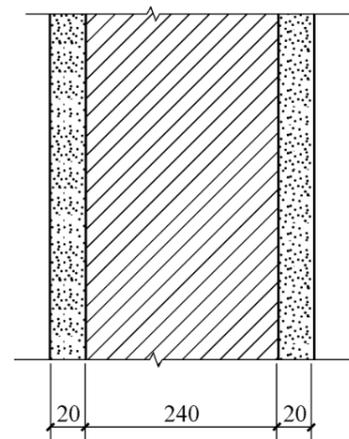


图 8-11 砖墙示意图

$$\theta_2 = 18 - \frac{0.11 + \frac{0.02}{0.81}}{0.515} (18 + 15) = 9.37^\circ\text{C}$$

$$\theta_3 = 18 - \frac{0.11 + \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.24}{0.76}}{0.515} (18 + 15) = -10.87^\circ\text{C}$$

外表面温度:

$$\theta_e = -15 + \frac{0.04}{0.515} (18 + 15) = -12.44^\circ\text{C}$$

(2) 已知某房间气温  $t_i=20^\circ\text{C}$ , 相对湿度为 62%, 试计算室内水蒸汽分压力和空气的露点温度。

解:

查教材附录 G,  $20^\circ\text{C}$  时, 饱和水蒸汽分压力为 2337.1Pa,

故该空气实际水蒸汽分压力为:

$$P = P_s \times \varphi = 2337.1 \times 0.62 = 1449.0\text{Pa}$$

查附录 G,  $P_s=1449.0\text{Pa}$  时, 对应的温度约为  $12.5^\circ\text{C}$ 。即该空气的露点温度为:

$$t_d = 12.5^\circ\text{C}$$

## 学习情境 9 建筑保温与防潮

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

(1) 简述建筑保温设计的基本原则?

答: 建筑保温设计的基本原则: 充分利用日照、增加房间的密闭性、合理选择建筑体形与平面形式、使房间具有良好的热特性与合理的供热系统。

(2) 内保温和外保温各有何优缺点?

答:

1) 内保温的主要优点是当室内加热时温度上升得快, 这对间歇使用的房间如影剧院、体育馆和人工气候室比较合适。这种构造方式不存在雨水渗入保温材料的危险, 假如承重层有适当的厚度, 那就不必设置防水层。

2) 外保温主要优点是能避免建筑物的主要结构产生过大热应力。同时, 对房间的热稳定性有利。此外, 保温层放在外侧, 也减少了内部结露的可能性。其缺点是要求保温材料不受雨水冲刷和大气污染的影响, 最好的办法是在外表面设防水层。

(3) 如何改善窗户的保温性能?

答: 窗户的保温设计要点: 控制窗墙面积比; 提高窗户的密闭性, 减少冷风渗透; 提高窗户自身的保温能力。

(4) 何为热桥? 热桥保温的处理方法有哪些?

答: 围护结构中某些部位的热损失比相同面积主体部分的热损失要多, 其内表面温度比主体部分低, 这类容易传热的部位称为“热桥”。处理方法是: 贯通式热桥是最不合适的, 必须避免, 至于非贯通式热桥, 热桥布置在冷侧比布置在热侧好。

(5) 被动式太阳房的主要集热方式有哪些?

答: 被动式太阳房的主要集热方式有直接受益式、集热墙式和附加日光间式。

(6) 简述检验表面冷凝的步骤。

答: 表面冷凝的检验步骤为: ①计算室内空气的露点温度  $t_d$ 。②计算围护结构薄弱部位的热阻。③计算围护结构内表面的温度  $\theta_i$ 。④根据  $\theta_i$  的  $t_d$  大小判断是否出现表面冷凝, 如  $\theta_i \leq t_d$  则出现表面冷凝。

(7) 简述检验内部冷凝的步骤, 并说明什么是冷凝界面。

答:

1) 内部冷凝的检验步骤为: ①根据室内外空气的温湿度, 确定水蒸汽分压力  $P_i$  和  $P_e$ , 并依次计算出围护结构各层的水蒸汽分压力, 画出围护结构内的水蒸汽分压力  $P$  的分布曲线。②根据室内外空气温度  $t_i$  和  $t_e$ , 确定围护结构各层的温度, 并从附录 H 中查出相应的饱和水蒸汽分压力  $P_s$ , 作出  $P_s$  分布曲线。③根据  $P$  线与  $P_s$  线相交与否来判断围护结构内部是否会出现冷凝现象。如两线相交, 则内部出现冷凝, 如两线不相交, 则不出现内部冷凝。

2) 在围护结构蒸汽渗透的途径中, 若材料的蒸汽渗透系数出现由大变小的界面, 水蒸汽在此将遇到较大的阻碍, 最易发生冷凝现象。习惯上把这个最易出现冷凝、而且凝结最严重的界面, 称为围护结构内部的“冷凝界面”。

**(8) 简述防止和控制表面冷凝和内部冷凝的措施。**

答:

1) 防止和控制表面冷凝的措施: ①对正常湿度的采暖房间, 应尽可能使外围护结构内表面附近的气流畅通。围护结构内表面层宜采用蓄热大的材料。②对高湿房间, 即冬季室温在 18~20℃ 以上, 相对湿度高于 75% 的房间, 应尽量防止表面冷凝和滴水现象。高湿房间围护结构的内表面应设防水层。③对间歇性处于高湿条件的房间, 围护结构内表面可增设吸湿能力强且本身耐潮湿的饰面层或涂层。④对于那种连续处于高湿条件下, 又不允许屋顶表面的凝水滴到设备和产品上的房间, 可设吊顶将滴水有组织地引流, 或加强屋顶内表面处的通风。

2) 防止和控制内部冷凝的措施: 材料层次的布置应符合“进难出易”的原则; 设置隔汽层; 设置通风间层或泄汽沟道; 外侧设置密闭空气层。

**(9) 简述夏季结露的成因及防止方法。**

答:

1) 夏季结露的成因是“差迟凝结”, 即气温和湿度骤然变化, 物体表面温度变化缓慢造成表面结露。

2) 防止夏季结露的方法: 利用架空层或空气层; 用热容量小的材料装饰房屋内表面和地面; 利用有控制的通风防止夏季结露; 利用多孔材料的吸附冷凝原理和对空气中水分的呼吸作用防止结露; 利用空调防止室内夏季结露; 在暴雨将至和久雨初晴时, 应尽量紧闭门窗。

## 学习情境 10 建筑防热

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

**(1) 简述夏季室内过热的原因及防热途径。**

答:

1) 建筑物室内热量的主要来源为: ①围护结构传入热量; ②太阳辐射; ③自然通风过程中热空气的传入; ④邻近建筑物、地面、路面对房间围护结构的反射辐射及长波辐射; ⑤室内生产、生活及设备产生的余热。

2) 建筑防热的途径: 隔热、遮阳、通风、绿化。

**(2) 室外综合温度有哪些特点?**

答:

室外综合温度 = 太阳辐射当量温度 + 室外空气温度 - 外表面长波辐射温度。

室外综合温度有以下特点:

1) 室外综合温度以 24 小时为周期波动。

2) 在夏季, 同一天中不同时刻, 同一地点各朝向的室外综合温度不同。

3) 室外综合温度代表了室外热作用的大小。南方夏季时, 除南北墙外, 其他方向的墙表面, 所受室外热作用较大, 室外综合温度较高。因此在设计中必须进行隔热处理。

**(3) 简述隔热设计标准。**

答:

《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016) 规定, 在给定两侧空气温度及变化规律的情况下, 外墙和屋面内表面最高温度  $\theta_{i,max}$  应符合下表的规定。

围护结构位置	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构 ( $D \geq 2.5$ )	轻质围护结构 ( $D < 2.5$ )
外墙	内表面最高温度 $\theta_{i,max} \leq t_{e,max}$	$\theta_{i,max} \leq t_i + 2$	$\theta_{i,max} \leq t_i + 3$
屋面	内表面最高温度 $\theta_{i,max} \leq t_{e,max}$	$\theta_{i,max} \leq t_i + 2.5$	$\theta_{i,max} \leq t_i + 3.5$

为创造良好的室内热环境, 建筑隔热设计必须验算围护结构内表面的温度。外墙、屋面内表面温度可采用《民用建筑热工设计规范》(GB50176—2016) 配套光盘中提供的一维非稳态传热计算软件计算。

**(4) 围护结构隔热设计的原则有哪些?**

答: 外围护结构隔热设计的原则: ①隔热重点在屋面, 其次是西墙与东墙; ②外表面浅色处理; ③在外围护结构内部设置通风间层, 靠空气对流散热; ④围护结构的热工性能应适合地区特点; ⑤利用水的蒸发和植被对太阳能的转化作用降低建筑物的温度; ⑥应充分利用自然能源降温; ⑦空调房间的传热系数应符合相应的规范要求。

(5) 试分析实体隔热层围护结构、有封闭空气间层的围护结构和带通风间层的围护结构三种隔热处理方法的隔热机理及适用性。

答:

1) 实体隔热层围护结构: 其隔热机理是增加围护结构热阻和热惰性, 减少或减缓外面的热量传入室内, 达到隔热的作用。实体隔热层围护结构特别适用于承重墙体隔热, 如用于屋面会增加屋面的自重, 如果配合封闭空气间层使用, 效果会更好。

2) 有封闭空气间层的围护结构: 其隔热机理是, 当热量由上向下传递时, 空气不能形成对流, 主要靠导热传热, 而空气的热导率非常小, 这时的热阻非常大, 起到隔热的作用, 特别适用于屋面隔热。也可用于非承重的外墙, 但效果没有用于屋面的隔热效果好, 为提隔热效果可以在封闭空气间层中填塞多孔隔热材料。

3) 带通风间层的围护结构: 其隔热机理是利用空气对流将热量带走, 可及时带走白天外面传入的热量, 夜间也可以起到散热降温作用。主要适用于屋面。通风屋顶的设计要注意利用朝向形成空气流动的动力, 间层内表面不宜过分粗糙, 以降低空气流动阻力, 并组织好气流的进、出路线。

上述三种隔热结构, 外表面浅色处理可大大降低外表面的温度, 更有利于提高隔热效果。

(6) 简述建筑遮阳板的布置方式和适用范围?

答: 遮阳板一般有四种形式: 水平式、垂直式、综合式和挡板式。

(7) 通风的种类? 自然通风的成因有哪些?

答: 通风分为机械通风和自然通风。自然通风的成因主要有热压作用和风压作用。

(8) 合理组织自然通风的手段有哪些?

答: 合理组织自然通风, 必须做好如下工作: ①合理选择建筑物朝向; ②合理选择建筑物的间距; ③合理选择建筑群体布置方式; ④适当选择房间的开口位置和大小。

(9) 空调建筑节能的基本原则?

答: 空调建筑节能的基本原则: ①合理确定室内环境标准; ②增加围护结构的隔热性能; ③春秋过渡或阴雨天气适当利用室外的新风; ④合理设计建筑的朝向与平面形式。

## 学习情境 11 建筑日照

### 2. 思考下面的问题

(1) 简述建筑对日照的要求。

答: 日照就是物体表面被阳光直接照射的现象。建筑日照就是阳光直接照射到建筑地段、建筑物围护结构表面和房间内部的现象。对建筑日照的要求依建筑的使用性质而定, 可概括为争取日照和避免日照。

(2) 什么是太阳高度角, 什么是太阳方位角?

答: 太阳光线与地平面之间的夹角  $h_s$  称为太阳高度角。太阳光线在地平面上的投影线与地平面正南线之间的夹角  $A_s$  称为太阳方位角。

### 3. 完成下面的任务

(1) 试求大连地区 (东经  $121^\circ 48'$ ) 地方平均太阳时的 12 点, 相当于北京标准时间多少? 两地时差多少?

解: 由式(11-8)有

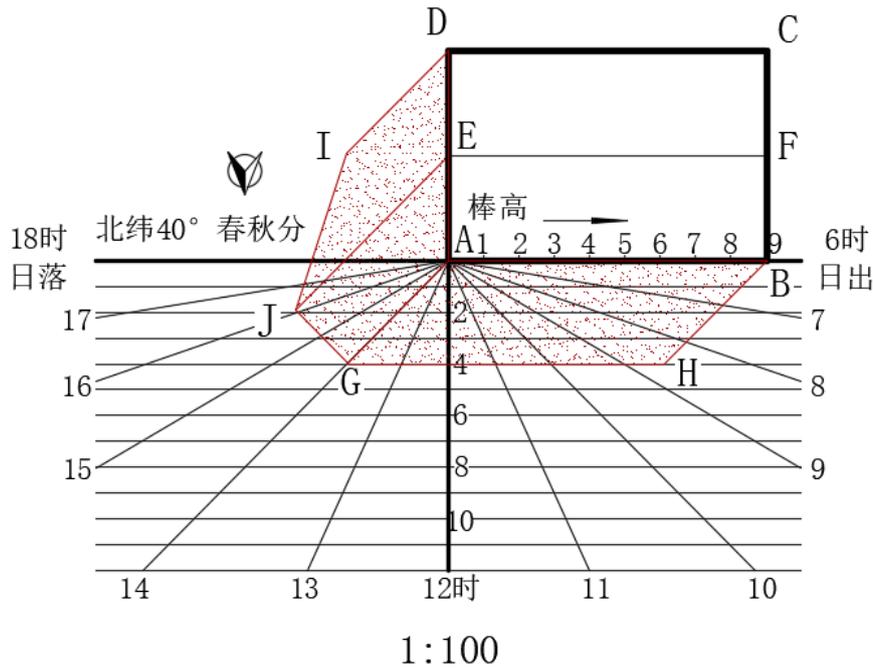
$$T_0 = T_m + 4(L_0 - L_m) = 12 \text{ 时} + 4 \text{ 分钟} \times (120^\circ - 121^\circ 48') = 12 \text{ 时} + (-7 \text{ 分钟 } 12 \text{ 秒}) = 11 \text{ 时 } 52 \text{ 分 } 48 \text{ 秒}$$

即大连地区地方平均太阳时 12 时相当于北京时间 11 时 52 分 48 秒, 两地时差为 -7 分钟 12 秒。

(2) 北纬  $40^\circ$  地区有一双坡顶房屋, 南北朝向, 东西长 9m, 南北宽 6m, 地面至屋檐高 4m, 檐口至屋脊高 2m, 试用棒影日照图求该房屋于春 (秋) 分日下午 14 时投于地面上的日照阴影。

首先将绘于透明纸上的双坡顶房屋的平面图覆盖于棒影日照图上, 使平面图上 A 点与棒影日照图上的立棒点重合, 并使两图的指北针方向一致。此例中平面图的比例与棒影日照图比例一致, 均为 1:100。A 点 (高度 4m) 的落影应在 14 点这根时间线的 4cm 的影点 G 处, 连接 AG 线即为建筑物过 A 处外墙角的影。

用相同的方法 (注意 E 点处屋脊的高度为 6m), 画出 B、D、E 诸点的影 H、I、J。根据房屋的形状, 依次连接 GHBADIJG 即求得房屋阴影区的边界, 图中填充部分即为这个房屋春 (秋) 分日下午 14 时投于地面上的日照阴影。



## 学习情境 12 绿色建筑的评价

### 课后任务

#### 2. 思考下面的问题

##### (1) 什么是绿色建筑？

答：绿色建筑是在建筑的全寿命周期内，最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染，为人们提供健康、适用和高效的使用空间，与自然和谐共生的建筑。

##### (2) 《绿色建筑评价标准》对绿色建筑如何分级？

答：绿色建筑应满足住宅建筑或公共建筑所有控制项的要求，并按满足一般项数和优选项数的程度，划分为三个等级，等级划分按表 12-1 确定。

表 12-1 划分绿色建筑等级的项数要求（住宅建筑/公共建筑）

等级	一般项数（共 40/43 项）						优选项数 (共 9/14 项)
	节地与 室外环境 (共 8/6 项)	节能与 能源利用 (共 6/10 项)	节水与水 资源利用 (共 6/6 项)	节材与材料 资源利用 (共 7/8 项)	室内环境质量 (共 6/6 项)	运营管理 (共 7/7 项)	
★	4/3	2/4	3/3	3/5	2/3	4/5	-
★★	5/4	3/6	4/4	4/6	3/4	5/5	3/6
★★★	6/5	4/8	5/5	5/7	4/5	6/6	5/10

当标准中某条文不适应建筑所在地区、气候与建筑类型等条件时，该条文可不参与评价，这时，参评的总项数会相应减少，表中对项数的要求可按原比例调整。《绿色建筑评价标准》中定性条款的评价结论为通过或不通过；对有多项要求的条款，各项要求均满足时方能评为通过。

##### (3) 绿色建筑评价的指标体系主要有哪些方面的内容？

答：绿色建筑评价的指标体系主要规定了如下六个方面的内容。

- 1) 节地与室外环境的基本要求；
- 2) 节能与能源利用的基本要求；
- 3) 节水与水资源利用的基本要求；
- 4) 节材与材料资源利用的基本要求；
- 5) 室内环境质量的基本要求；
- 6) 运营管理的基本要求。