



跨学科的可持续建筑课程与教育体系

绿色建筑与集成化设计

——被动式建筑技术



主要内容

7.1 引言

7.2 保温与被动式太阳能技术

7.3 隔热与被动式冷却技术

7.4 自然采光

7.5 自然通风

7.6 气候特征与被动式建筑设计原则

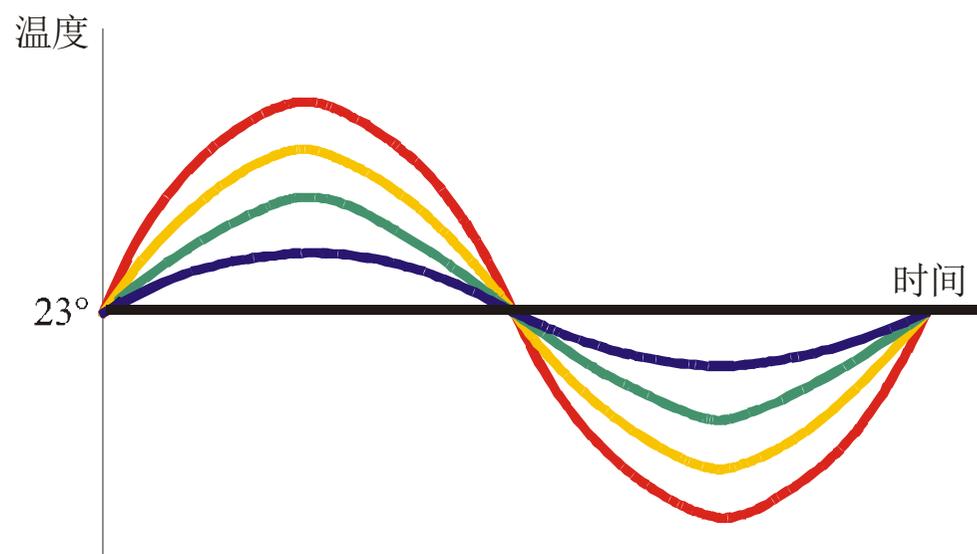
7.1 引言

1. 被动式技术与气候的关系

气候作为一种外界因素，很多情况下会对建筑物室内热环境带来不利影响，为了获得较为舒适的室内微气候，人为地对建筑系统输入其它能量是必要的手段，这也就是建筑能耗形成的原因。

气候条件的多样性和变化也使得我们可以采用一些使用过程中不消耗能量技术措施，利用气候条件中的有利因素，抵御其中的不利因素，从而在创造较为舒适的室内微气候的同时降低能量的输入，降低建筑能耗，这些技术手段就是建筑被动式技术。

气候、建筑、设备的关系



室外气候条件

建筑设计与微气候

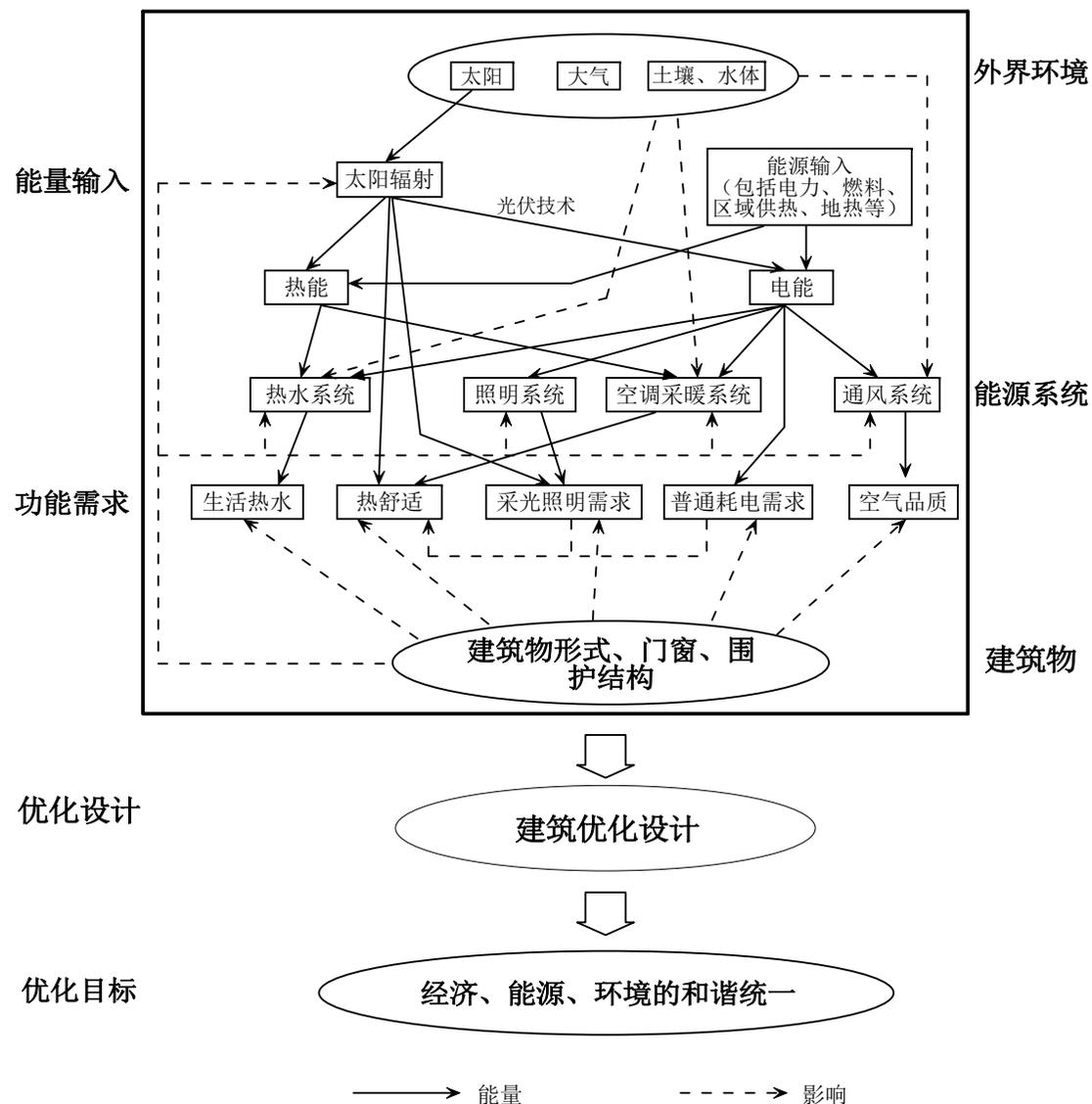
自然通风、自然采光、
被动式制热制冷

辐射加热、机械通风、
机械制冷

7.1 引言

广义建筑系统

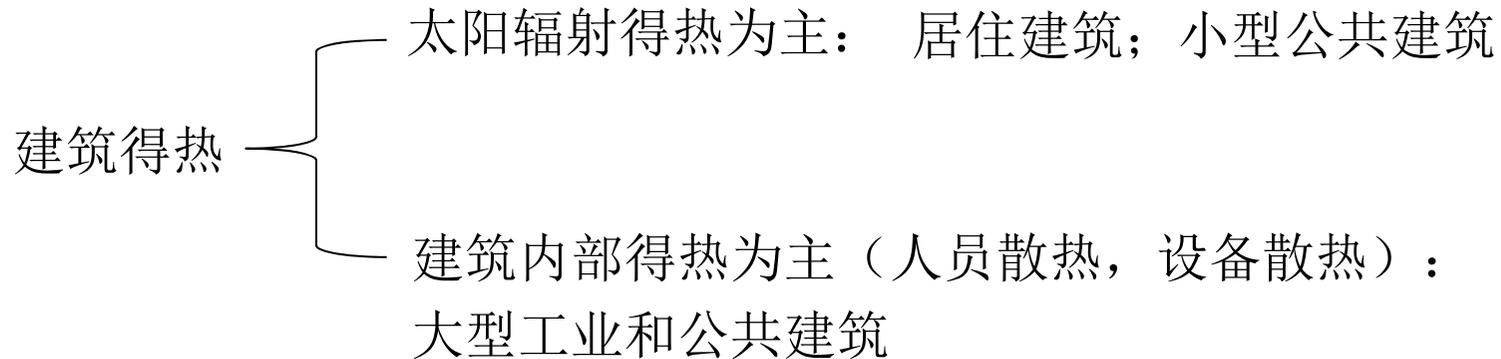
- 1) 降低居住人员的需求；
- 2) 尽量多地采用被动式技术；
- 3) 提高主动式技术手段的能源利用效率。



7.1 引言

2. 被动式技术与建筑类型的关系

不同类型的建筑，由于其使用性质的不同而造成得热量的差异，其能耗也会有显著的不同。



对于不同得热方式的建筑，即便是处于相同的气候带，在被动式设计上也需要考虑到建筑得热的不同来源，并采用相应的不同做法。

7.1 引言

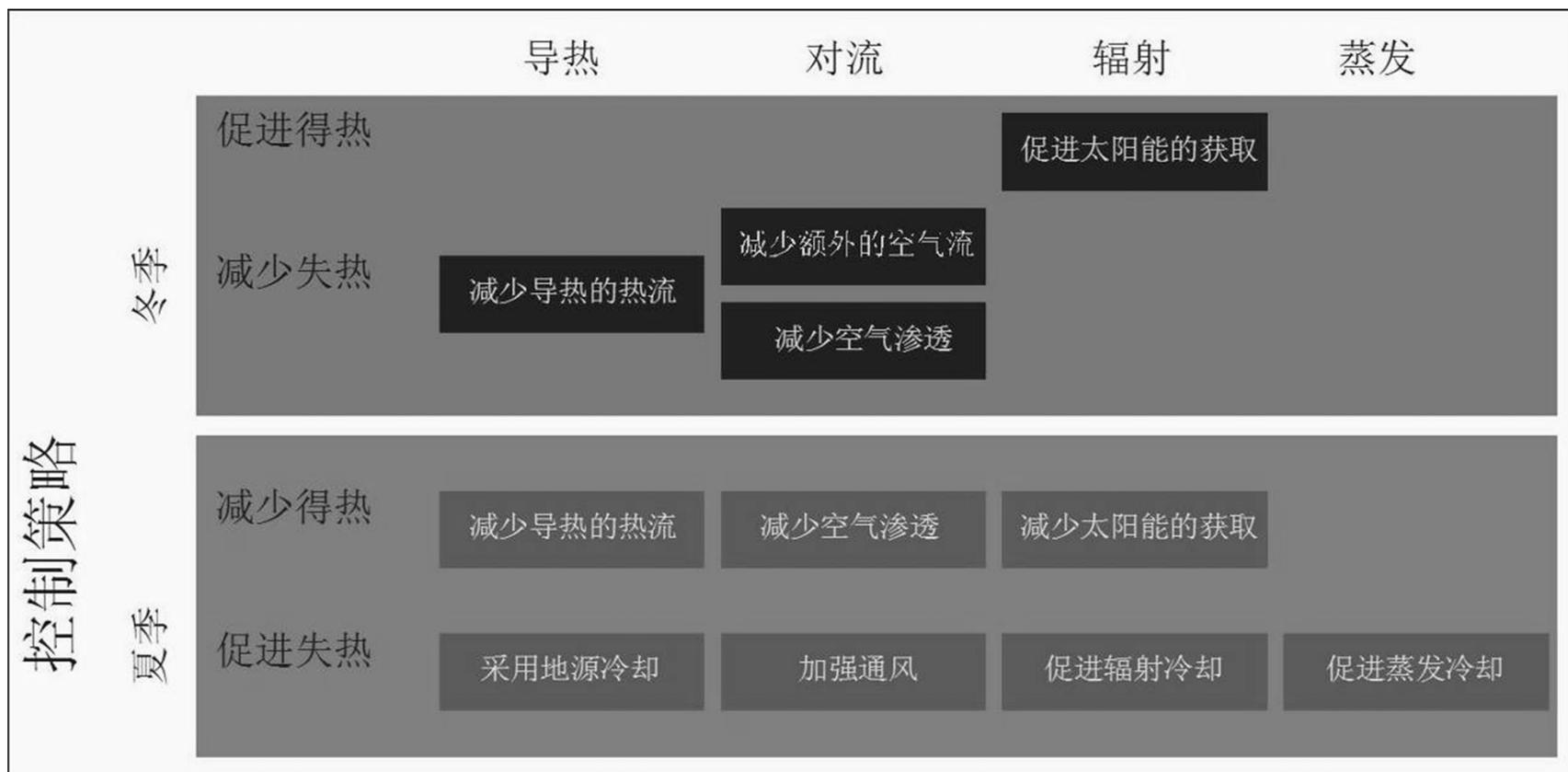
3.被动式技术的概念

“被动式设计”由英文Passive design转译过来。Passive英文原意为诱导、被动、顺从，有顺其自然之意。

被动式技术设计就是应用自然界的阳光、风力、气温、湿度的自然原理，尽量不依赖常规能源的消耗，以规划、设计、环境配置的建筑手法来改善和创造舒适的居住环境。

7.1 引言

3. 被动式技术的概念



7.1 引言

4. 被动式技术的意义

根据美国能源部的统计，采用被动式技术的建筑能耗比常规新建筑能耗降低**47%**，比常规旧建筑降低**60%**。被动式建筑可以广泛的适用于大多数大型建筑和所有的小型建筑，尤其是住宅建筑。

被动式技术的合理设计可以为建筑所有者和使用者提供了诸多益处，包括：

- (1) 全年较低的能源消耗；
- (2) 更好的热舒适性，减少对产生噪音的机械设备的依赖；
- (3) 低维护费用：减少对机械系统的依赖，从而降低建筑维护成本；
- (4) 环保：降低能源利用和对化石燃料的依赖。

7.2 保温与被动式节能技术

1. 保温技术概述

建筑围护结构的导热系数是决定建筑稳定条件下耗热量的关键因素。通过恰当的保温设计以降低建筑围护结构的导热系数，有助于减少采暖负荷，达到建筑节能的目的。一般来说，保温与被动式太阳能技术适用于严寒和寒冷地区或者温和地区的冬季。

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

常规保温设计方法与措施可概括为体形系数控制和外围护结构保温。其中外围护结构保温又可分为外墙保温、屋面保温、门窗保温三个方面。

(1) 体型系数控制

所谓体形系数（**Building Shape Coefficient**），是指建筑物与室外大气接触的外表面积与其所包围的体积之比，即单位建筑体积所占有的外表面积。体形系数越大，说明单位建筑空间的热散失面积越大，能耗就越高。

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(1) 体型系数控制

$$C_p = \frac{F_0}{V_0} = \frac{nhL_0 + S_0}{nhS_0} = \frac{L_0}{S_0} + \frac{1}{nh}$$

C_p 为体形系数； F_0 为建筑外表面积； V_0 为建筑包围的体积； L_0 为建筑底面周长； S_0 为建筑底面面积； n 为建筑层数； h 为建筑层高。由此可见，体形系数与建筑物的长、宽、高三维度量密切相关。

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(1) 体型系数控制

a. 建筑体形整体原则：

当条形建筑物的长：宽：高=1：1：0.5时，建筑的体形系数最小，此时的建筑为最佳节能体形。

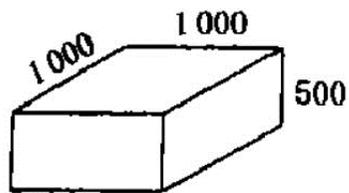
当表面积一致，高度一致，圆形的体形系数最小，三角形最大。换言之，对于节能有利的顺序为：圆形、多边形、正方形、长方形和三角形。圆形和多边形为推荐形状，三角形则对节能不利

7.2 保温与被动式节能技术

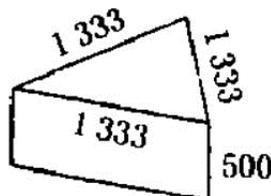
2. 常规保温设计方法与措施

(1) 体型系数控制

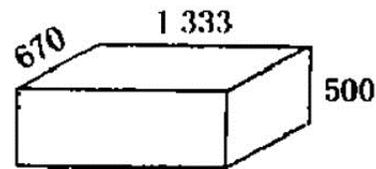
a. 建筑体形整体原则:



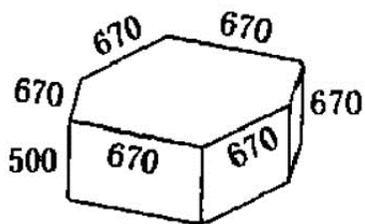
a 正方形



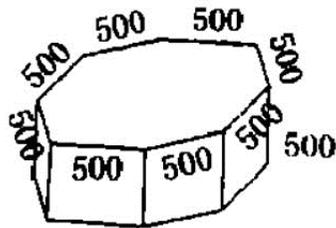
b 三角形



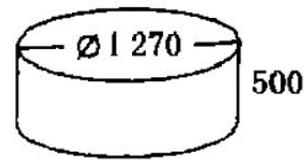
c 长方形



d 六边形



e 八边形



f 圆形

7.2 保温与被动式节能技术

2.常规保温设计方法与措施

(1) 体型系数控制

b.建筑体形组合原则:

建筑平面做到各单元的有机结合，尽量使外墙面重叠，以此减少外墙面积，尤其对住宅小区规划设计，在满足消防、景观等要求的前提下，对住宅单元进行有序、有致的组合，并且注意西山墙面积的有效控制，以减少夏季西晒。

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(1) 体型系数控制

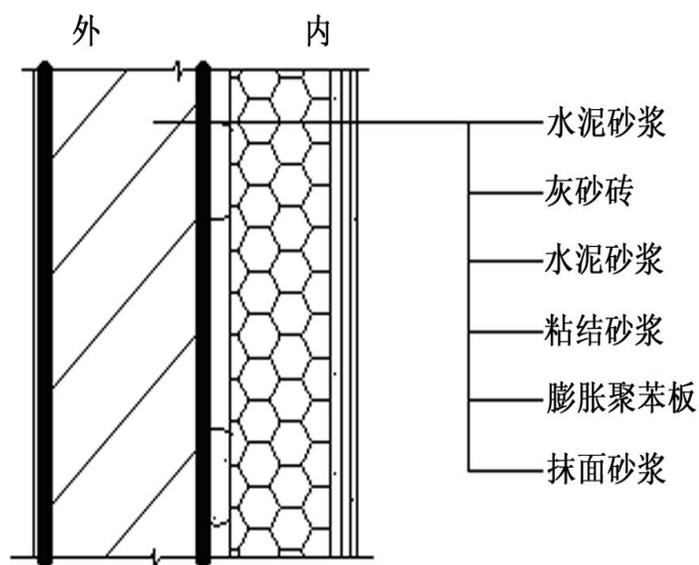
c. 建筑体形定量原则:

高层建筑的 F_0 / V_0 一般控制在0.10~0.15之间，多层建筑的 F_0 / V_0 应定位在0.30~0.35之间，并以0.32作为建议上限。

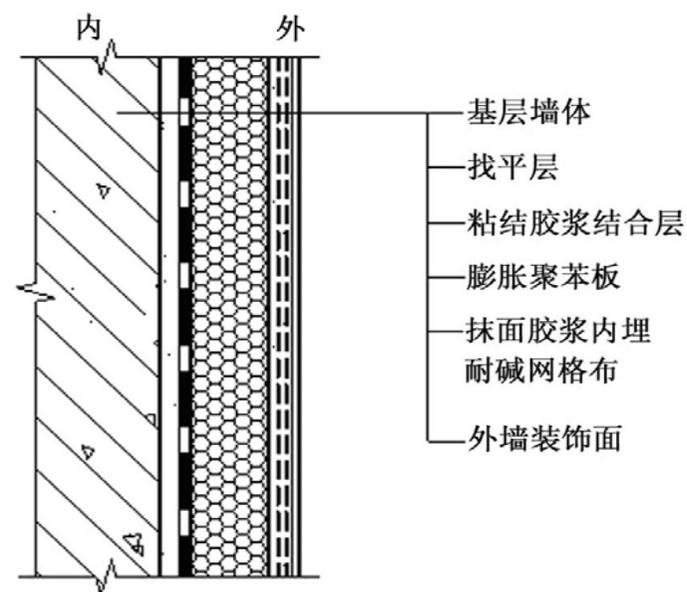
7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(2) 围护结构保温 -- 外墙



外墙内保温

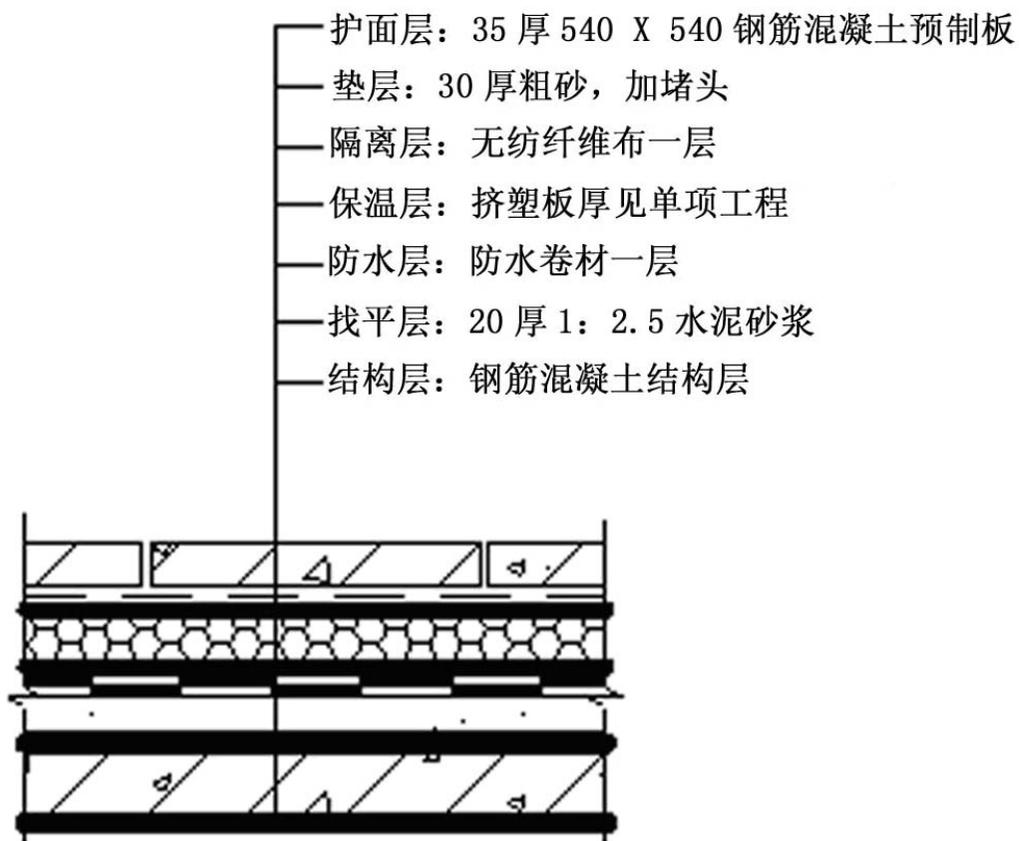


外墙外保温

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(3) 围护结构保温-- 屋面



7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(3) 围护结构保温 -- 门窗

建筑门窗是建筑外围护结构中保温性能最薄弱的部位，它的长期使用能耗约占整个建筑物的**50%**。显然，提高门窗保温性能，是降低建筑物长期使用能耗的重要途径。

提高门窗保温性能的措施：

- a. 窗框型材及断面设计
- b. 提高玻璃的保温性能

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

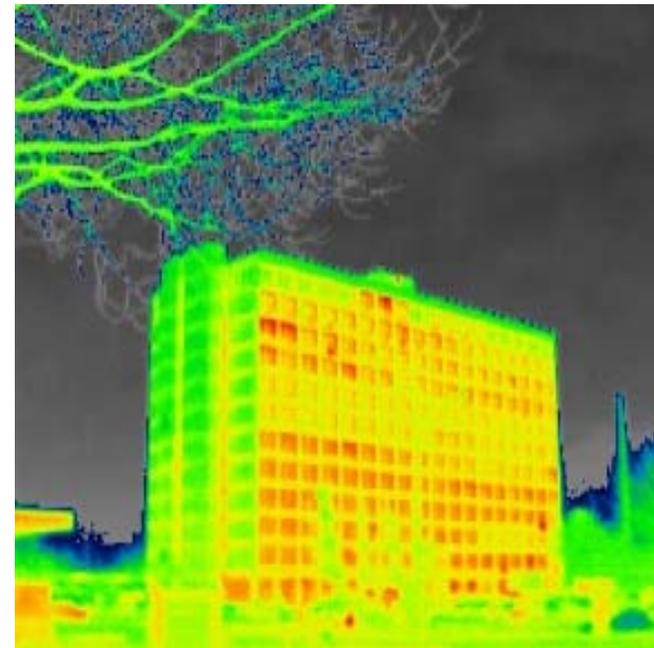
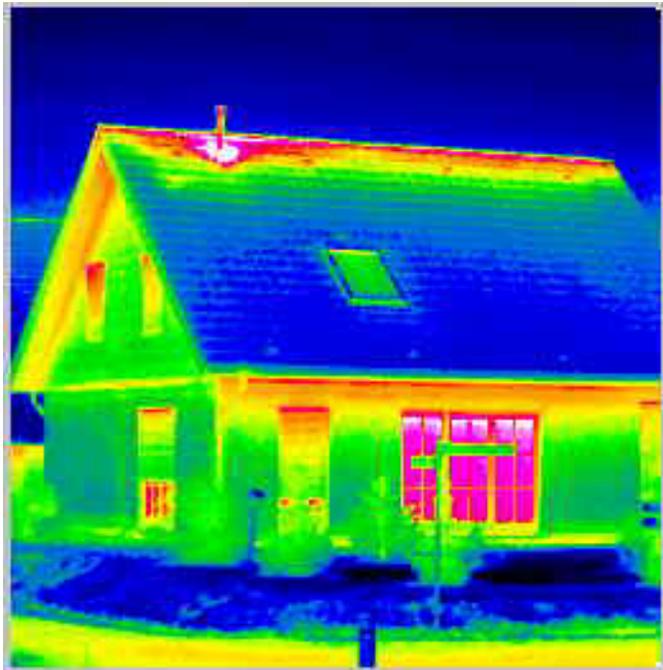
(3) 围护结构保温 -- 门窗 各类窗的节能效果（与单玻金属窗比较）

型材类型	名称	导热系数W/ (m ² ·k)	节能效果 (%)
金属窗	单层玻璃窗	6.4	0
	中空玻璃窗	3.9~4.9	31~23
	铝合金断热中空玻璃窗	3.0~3.4	53~47
PVC塑料窗	单层玻璃窗	3.3~5.4	33~16
	低能耗中空玻璃窗	1.7	75
复合窗	钢塑双玻窗	2.9~3.2	55~50
	铝塑双玻窗	2.9	55
	钢木双玻窗	3.3	48
	铝木双层窗（单框）	2.5	61

7.2 保温与被动式节能技术

2. 常规保温设计方法与措施

(3) 围护结构保温 -- 门窗



热成像仪拍摄的建筑图片，门窗部分有大量的热向外散失。

7.2 保温与被动式节能技术

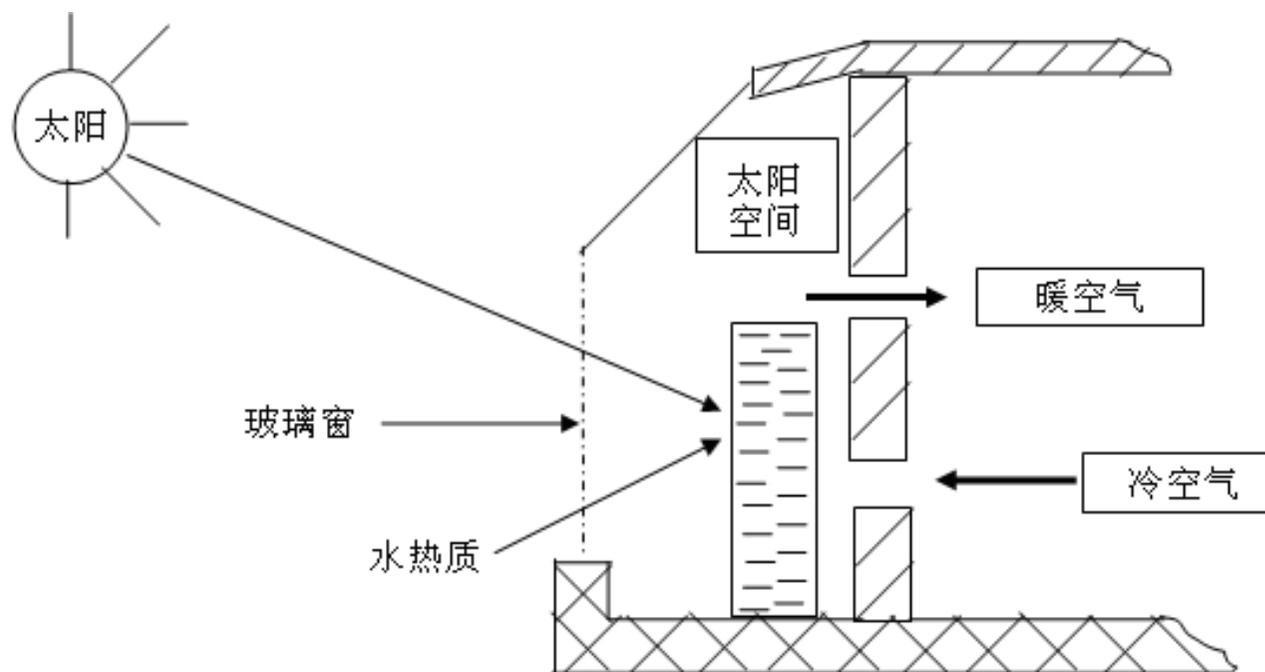
3. 被动式太阳能技术

被动式太阳能供热技术的核心是如何最大程度的获取太阳能，并使之在室内得以保持，进而优化建筑保温效果。常用的是被动式太阳房。

被动式太阳房是通过建筑朝向和周围环境的合理布置，内部空间和外部形体的巧妙处理，以及建筑材料和结构、构造的恰当选择，使其在冬季能采集、保持、储存和分配太阳热能，从而解决建筑的采暖问题。

7.2 保温与被动式节能技术

3. 被动式太阳能技术



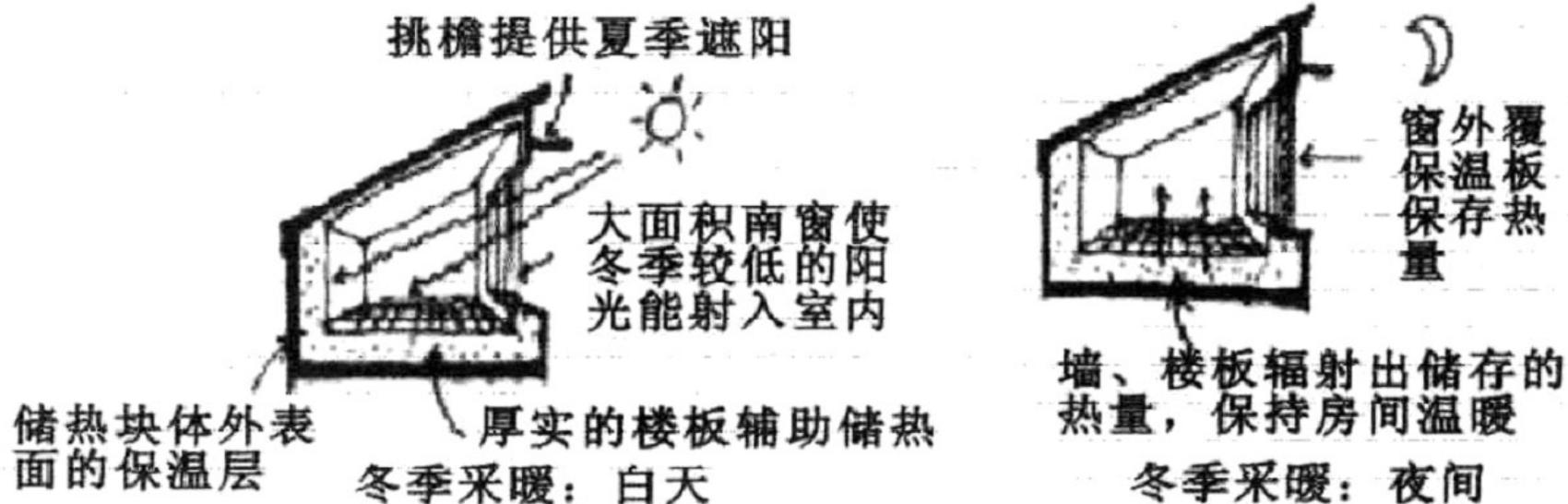
太阳房原理图

7.2 保温与被动式节能技术

3. 被动式太阳能技术

被动式太阳房的形式

(1) 直接获取式

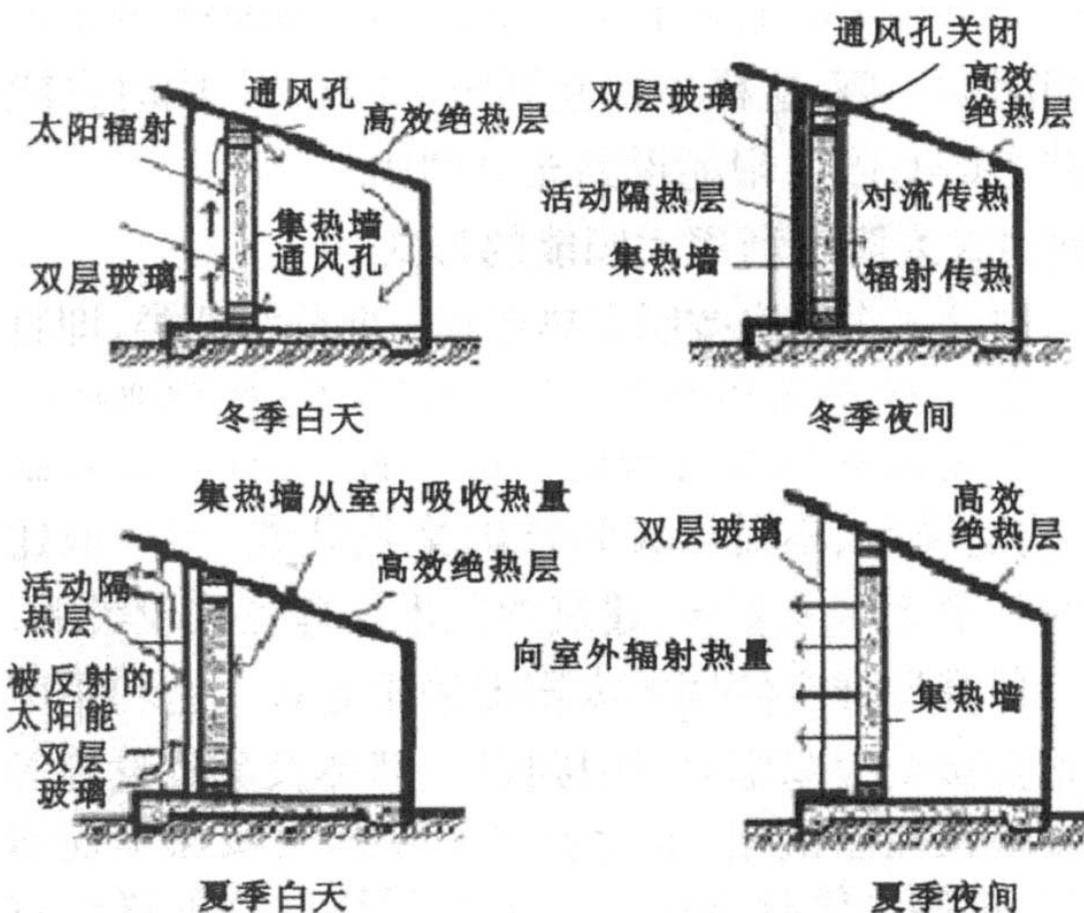


7.2 保温与被动式节能技术

3. 被动式太阳能技术

被动式太阳房的形式

(2) 集热蓄热墙式

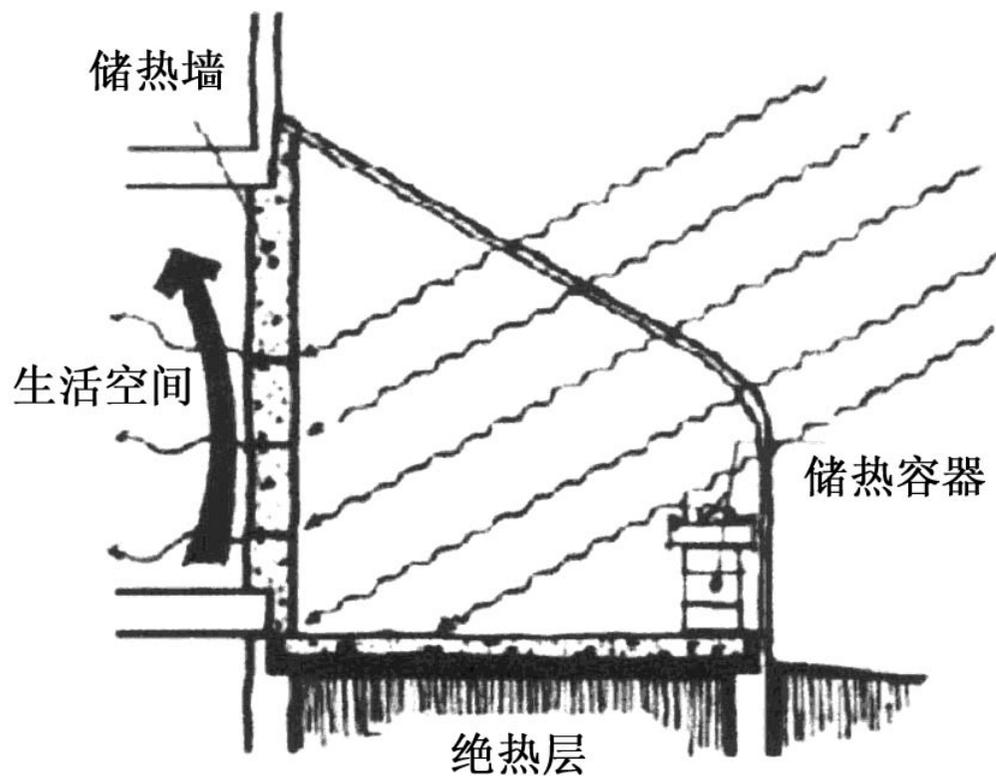


7.2 保温与被动式节能技术

3. 被动式太阳能技术

被动式太阳房的形式

(3) 附加阳光间式



7.3 隔热与被动式冷却技术

1. 保温与隔热的区别

(1) 传热过程不同

保温指冬季的传热过程，通常按稳定传热考虑，同时考虑不稳定传热的一些影响；隔热是指夏季的传热过程，通常以24h为周期的周期性传热考虑；

(2) 评价指标不同：

保温性能通常用导热系数值或传热阻值来评价。隔热性能通常用夏季室外计算温度条件下（即较热天气）围护结构内表面最高温度值来评价。如果在同一条件下其内表面最高温度低于或等于240mm厚砖墙（即砖墙）的内表面最高温度，则认为符合隔热要求；

7.3 隔热与被动式冷却技术

1. 保温与隔热的区别

(3) 构造措施也有差异:

由于保温性能主要取决于围护结构的导热系数或传热阻值的大小，由多孔轻质保温材料构成的轻型围护结构（例如彩色钢板聚苯或聚氨酯泡沫夹芯屋面板或墙板），其导热系数较小，传热阻较大，因而其保温性能较好，但由于其质轻、热稳定性较差，易受太阳辐射和室内外温度波动的影响，内表面温度容易上升，故其隔热性能的往往较差。

7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计与措施

(1) 门窗隔热

玻璃种类	单片K值 W/ (m ² ·K)	中空组合	组合K值 W/ (m ² ·K)	遮阳系数 (SC)
透明玻璃	5.8	6白玻+12A+6白玻	2.7	0.72
吸热玻璃	5.8	6蓝玻+12A+6白玻	2.7	0.43
热反射玻璃	5.4	6反射+12A+6白玻	2.6	0.34
Low-E玻璃	3.8	6Low-E+12A+6白玻	1.9	0.42

7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

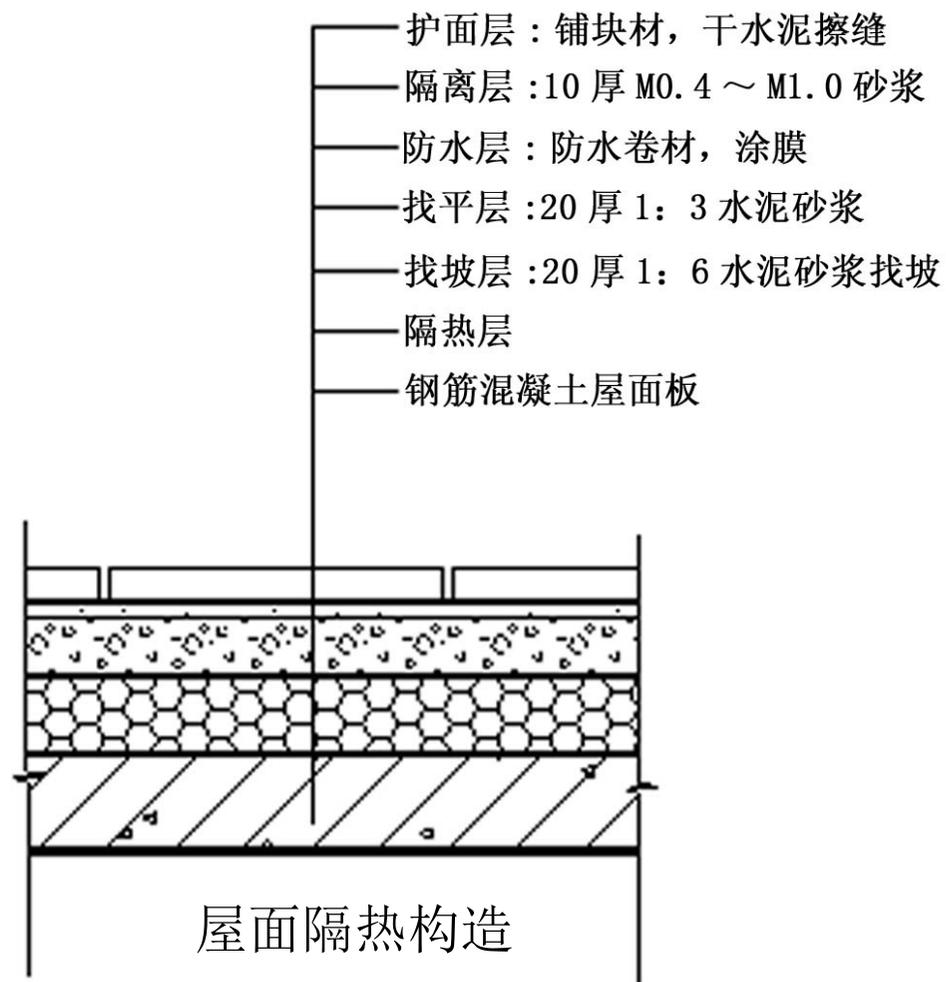
(2) 屋面隔热

建筑物的屋面是房屋外围所受室外综合温度最高的地方，面积也比较大，因此，在夏热冬冷和炎热地区，屋面的隔热对改善顶层房间的室内小气候极为重要。依据建筑热工原理，结合建筑构造的实际情况，隔热屋面一般有以下四种形式：

7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

a. 实体材料隔热屋面



7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计与措施

a. 实体材料隔热屋面

此外，利用屋面材料外表面的浅颜色和光滑程度对太阳辐射热的反射作用，也可以降低其内表面的温度和传入室内的热量。

各种屋面材料的反射率

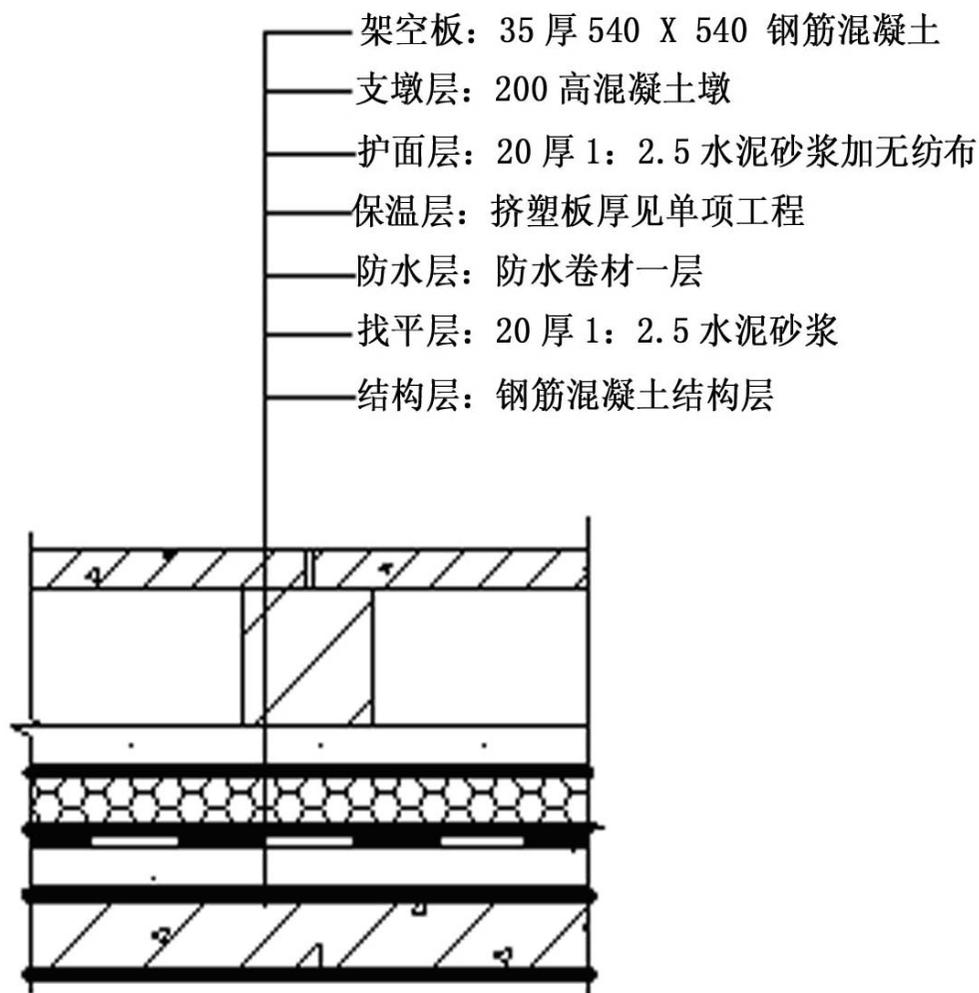
屋面材料与颜色	反射率 (%)	屋盖表面材料与颜色	反射率 (%)
沥青、玛蒂脂	15	石灰刷白	80
油毡	15	砂	59
镀锌薄钢板	35	红	26
混凝土	35	黄	65
铝箔	89	石棉瓦	34

7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

b. 通风屋面

通风屋面构造

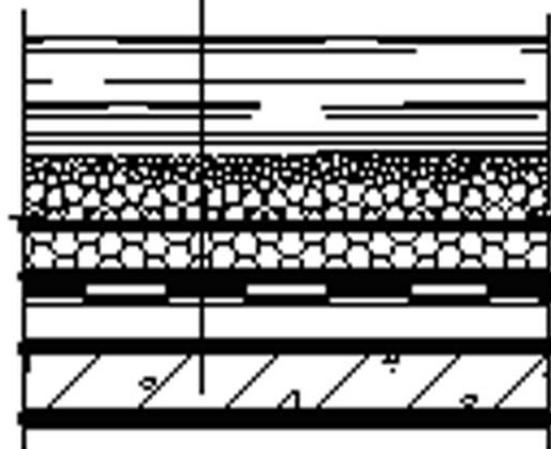


7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

c. 蓄水屋面

- 蓄水层：200 厚蓄水池
- 隔离层：无纺纤维布一层
- 排水层：20 厚 5 ~ 10 细卵石层，下铺粗卵石层
- 保温层：挤塑板厚见单项工程
- 防水层：防水卷材，涂膜
- 找平层：20 厚 1：2.5 水泥砂浆
- 结构层：钢筋混凝土结构层



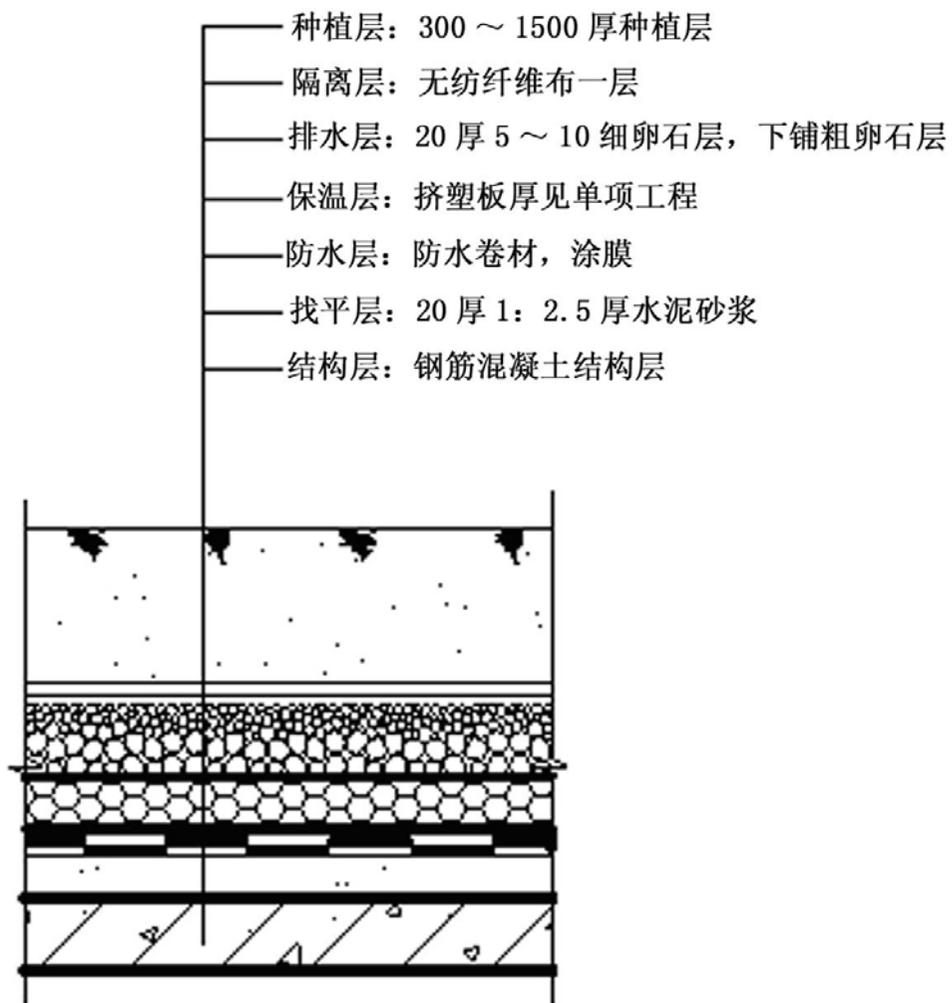
蓄水屋面构造

7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计与措施

d. 种植屋面

种植屋面构造



7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

(3) 遮阳

遮阳的形式一般分为四大类：绿化遮阳、室外遮阳、透光材料遮阳、室内遮阳。



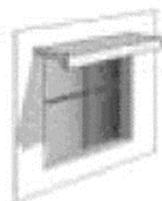
7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

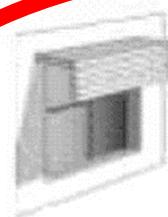
(3) 遮阳



标准的水平挑板



外沿突出的
水平挑板



附带垂直百叶的
水平挑板



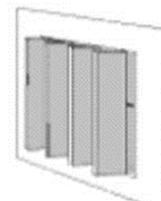
多层的水平挑板



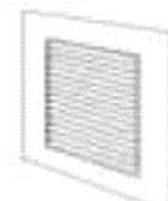
向下倾斜的
水平挑板



百叶状的
水平挑板



百叶状的
垂直板



百叶状窗板

7.3 隔热与被动式冷却技术

2. 常规隔热设计方法与措施

(3) 遮阳



7.3 隔热与被动式冷却技术

3. 被动式冷却技术

(1) 蒸发冷却

当水分蒸发时，它会从周围吸收大量的显热，并以水蒸气的形式把显热转变成潜热，随着显热转变成潜热，温度也随之下下降，从而达到降温的目的。

蒸发冷却又分为两种形式：**a** 直接蒸发冷却 **b** 间接蒸发冷却

(2) 通风冷却

在白天和夜晚通风，加速皮肤水分的蒸发，从而提高热舒适度，这就是“通风增加舒适度”的原理。这一被动式冷却方法在大多数气候类型地区的某一段时期都能适用，尤其适合气候炎热潮湿的地区。

7.3 隔热与被动式冷却技术

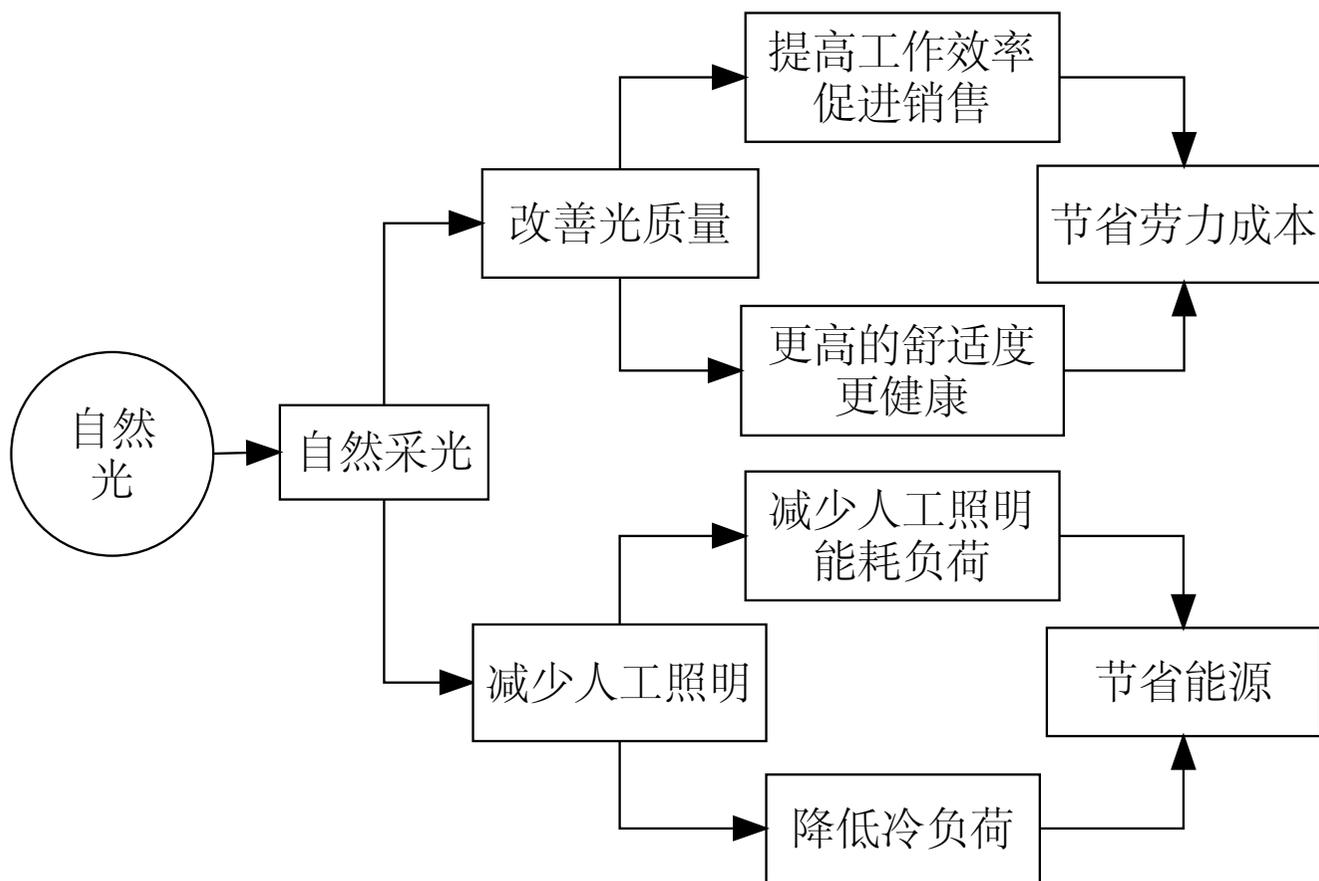
3. 被动式冷却技术

(3) 辐射冷却

所有物体都会散发和吸收辐射的能量。如果物体辐射的净流量是往外的，它就可以通过辐射（散热）来降温。

7.4 自然采光

1. 概述



7.4 自然采光

1. 概述

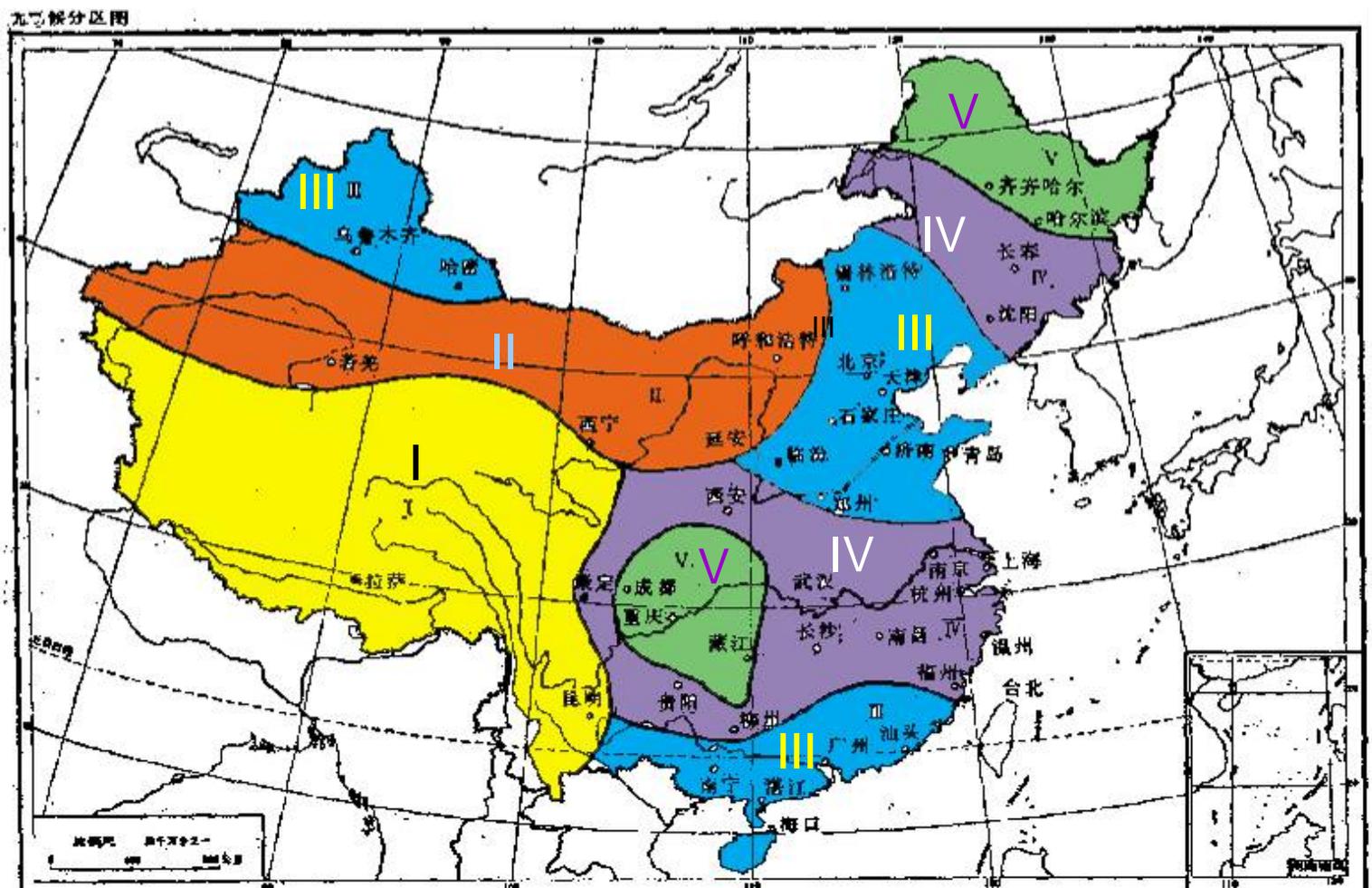
在进行电气照明系统的设计以前，建筑师应当结合建筑物的朝向、形式以及门窗等其他因素充分利用自然采光。

我国的光气候有很大的区别，例如西北广阔高原地区室外总照度年平均
值高达**31.46klx**，而四川盆地及东北部地区只有**21.18klx**。相差高达**50%**。为
此，在采光设计标准中，将全国划分为五个光气候区

7.4 自然采光

1. 概述

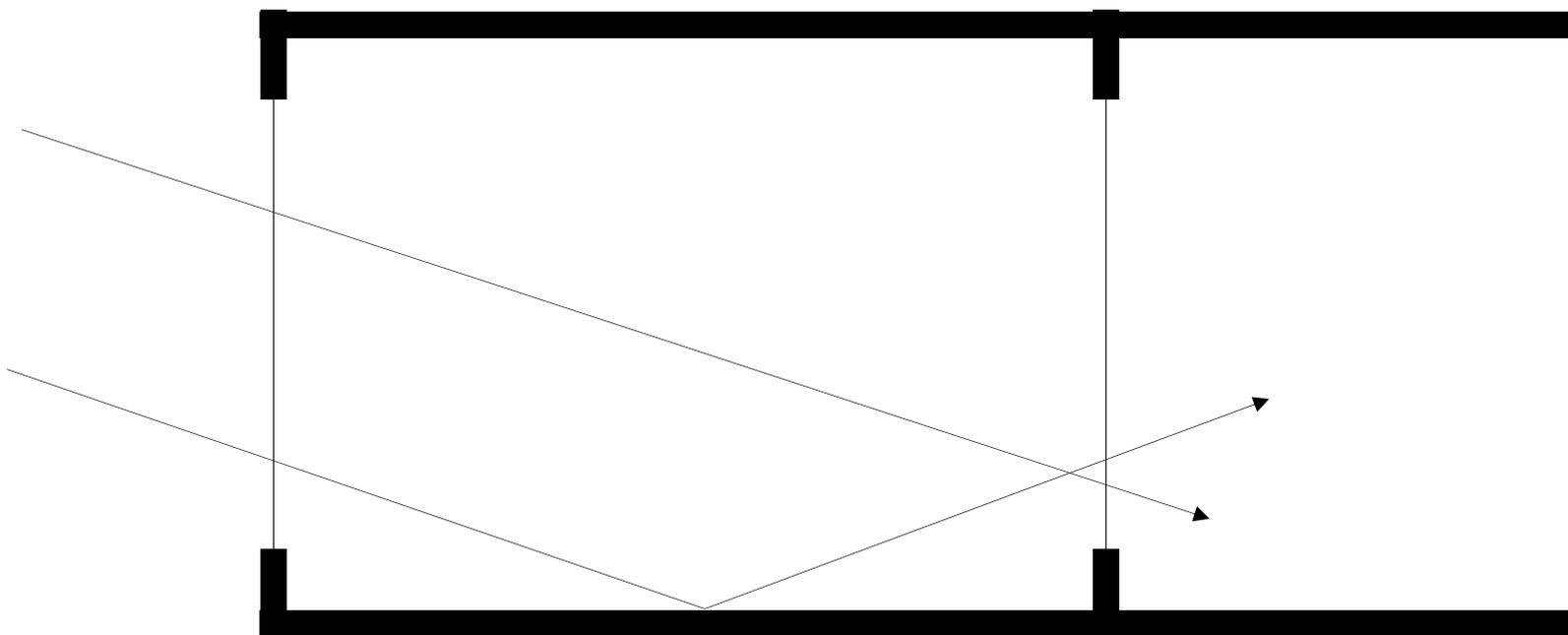
中国光气候图



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

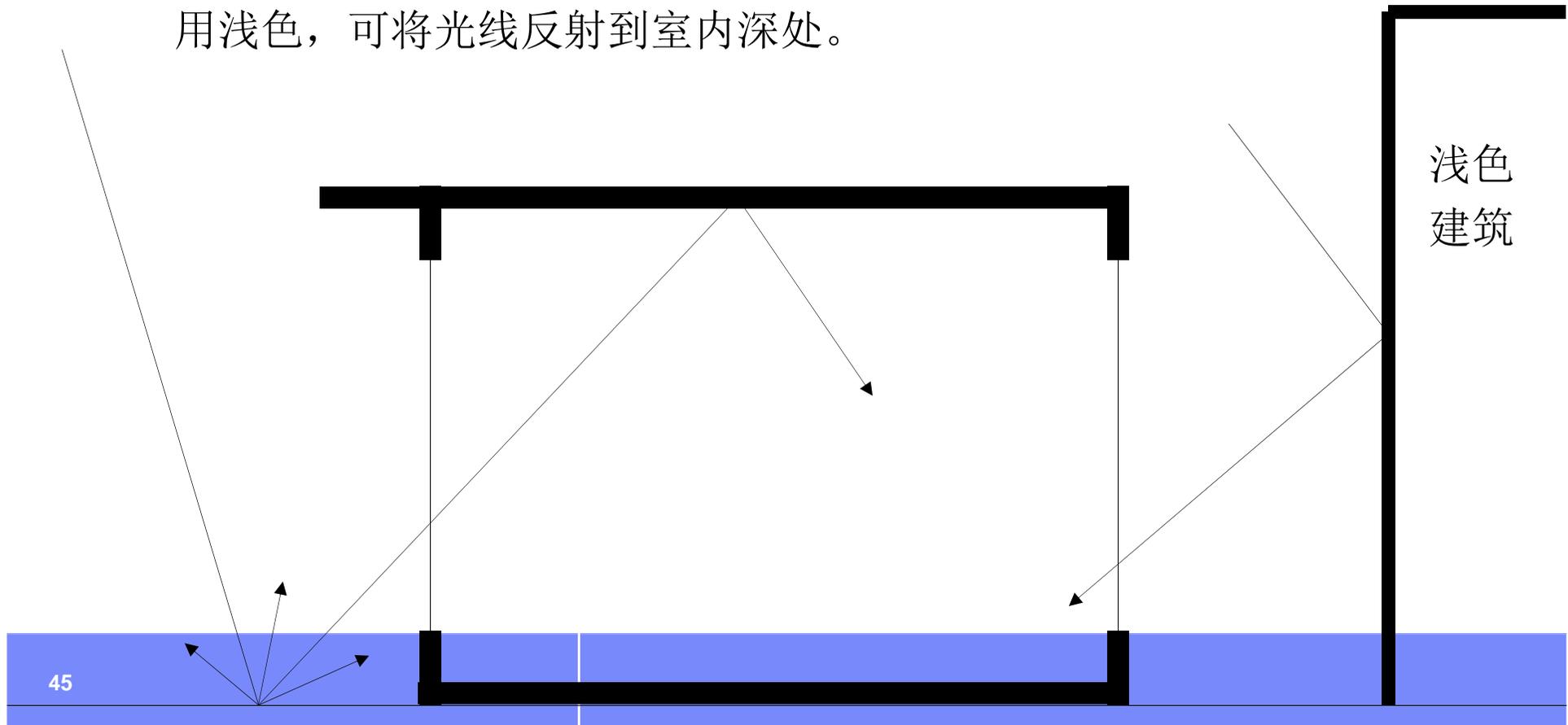
1) 开放的空间布局对于自然光进入室内深处非常有利。



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

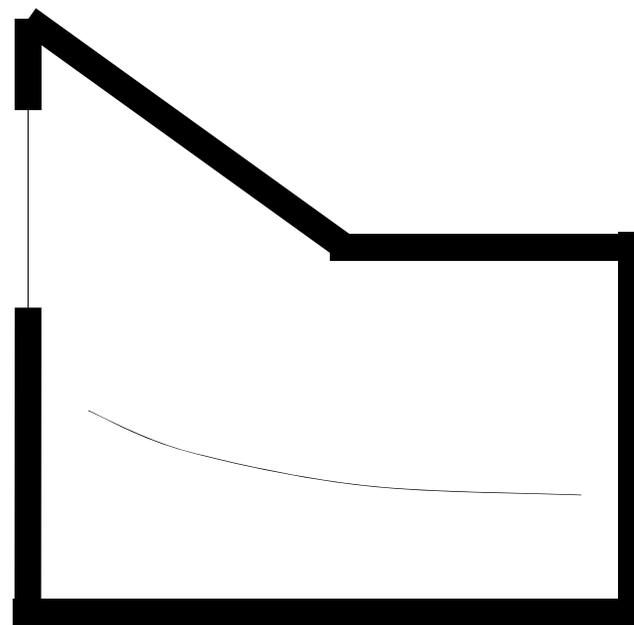
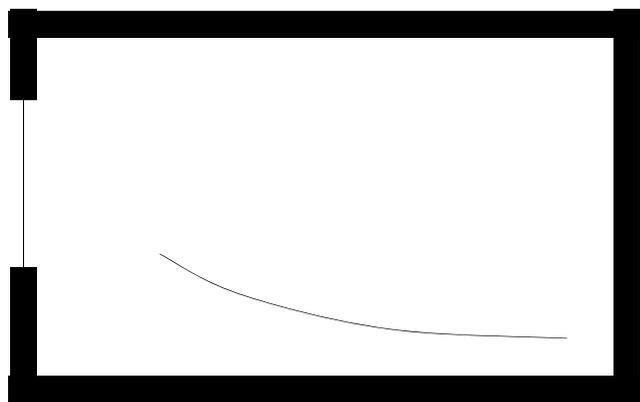
2) 建筑外部使用浅色，使更多光线可以反射入室内建筑内部使用浅色，可将光线反射到室内深处。



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

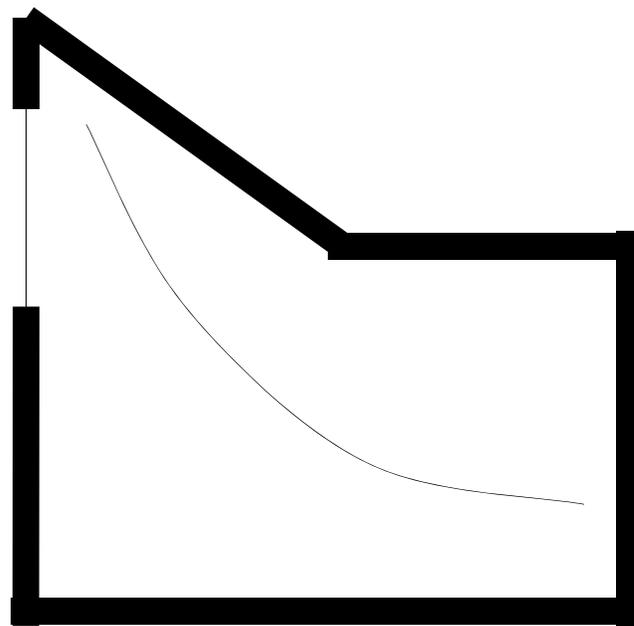
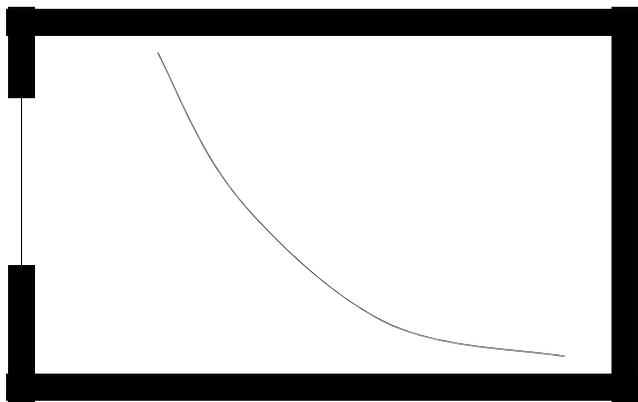
3) 将窗户安装在外墙上方较高位置处



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

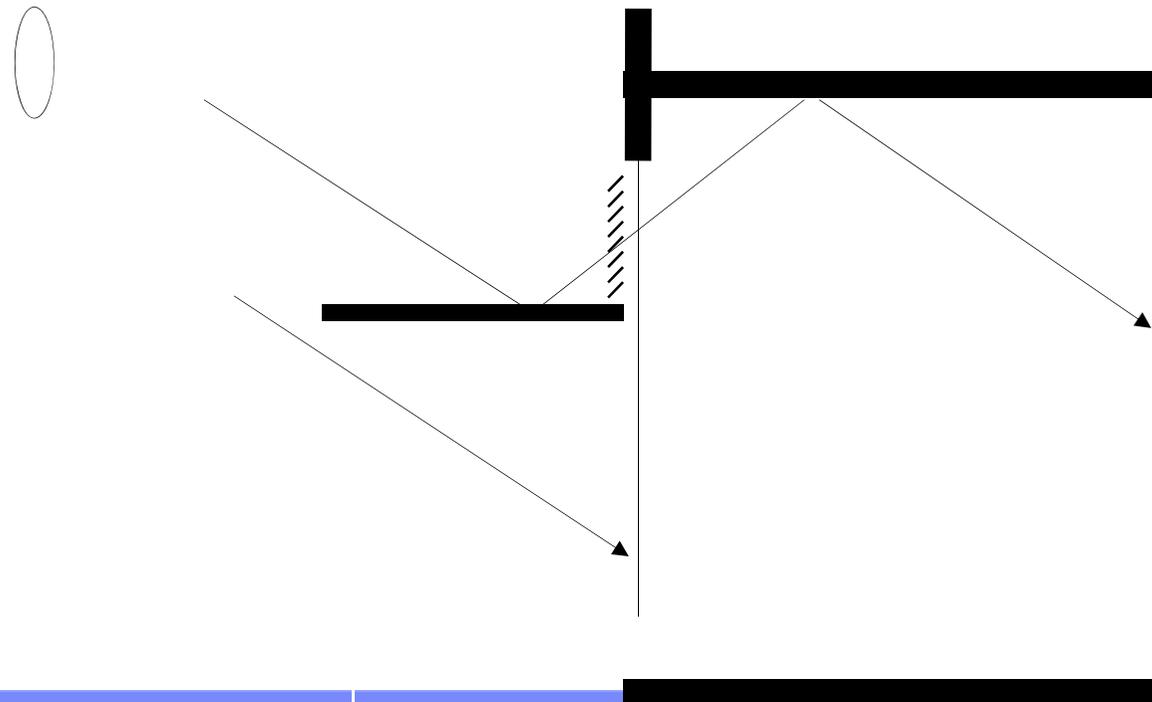
3) 将窗户安装在外墙上方较高位置处



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

4) 用百叶或者反光的遮光板，可将光线反射到室内深处



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

4) 用百叶或者反光的遮光板，可将光线反射到室内深处



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

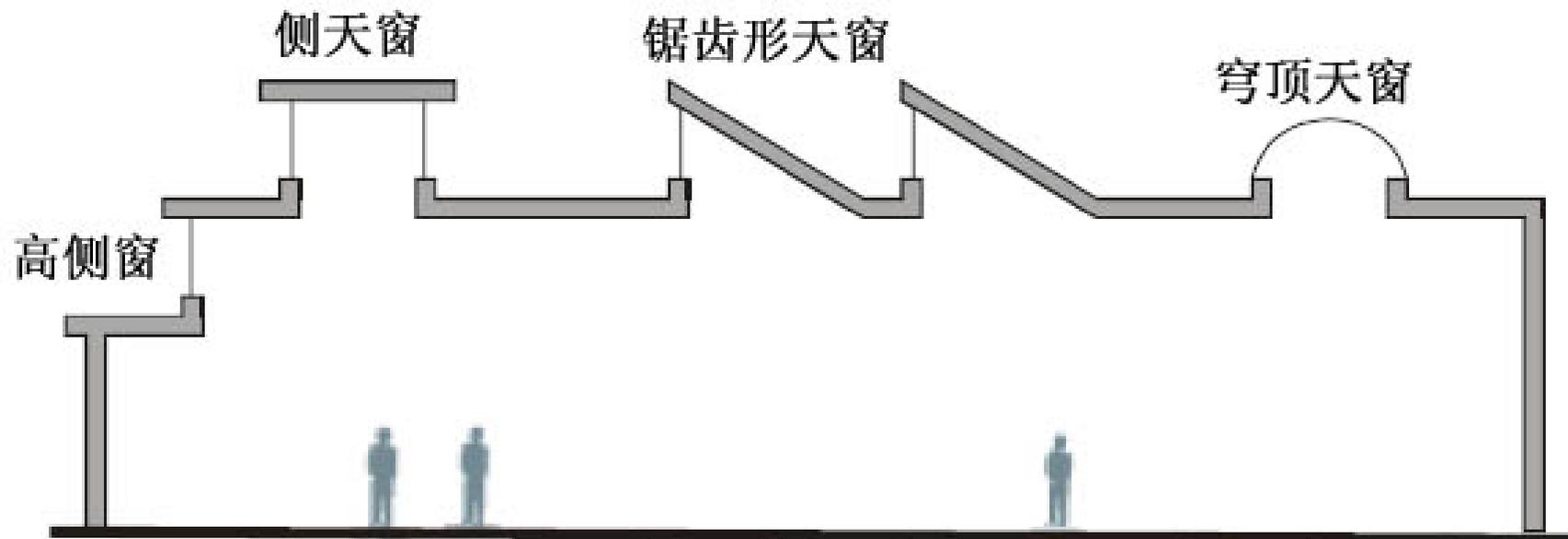
4) 用百叶或者反光的遮光板，可将光线反射到室内深处



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

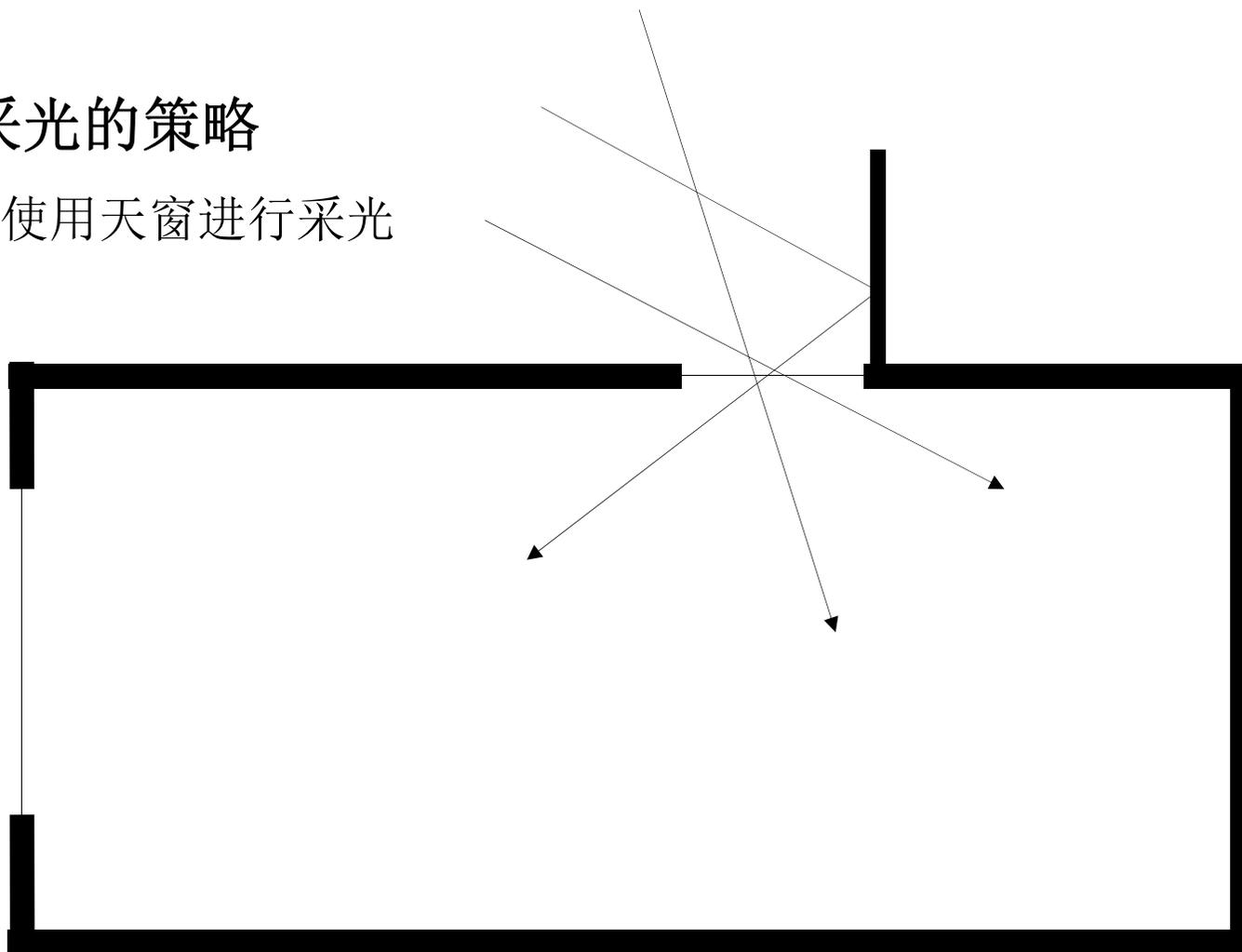
5) 使用天窗进行采光



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

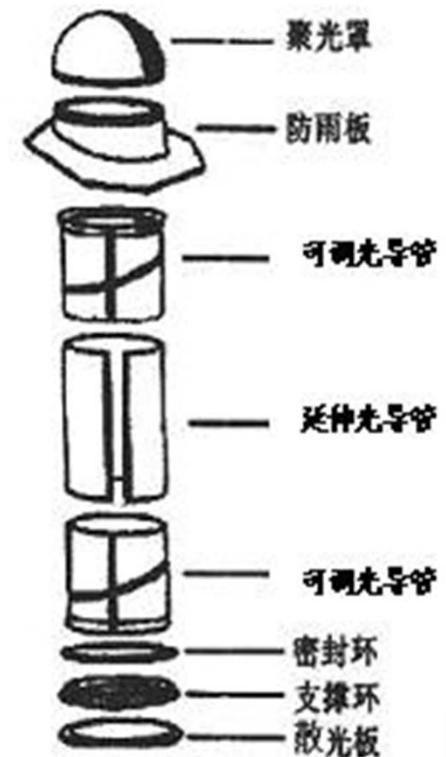
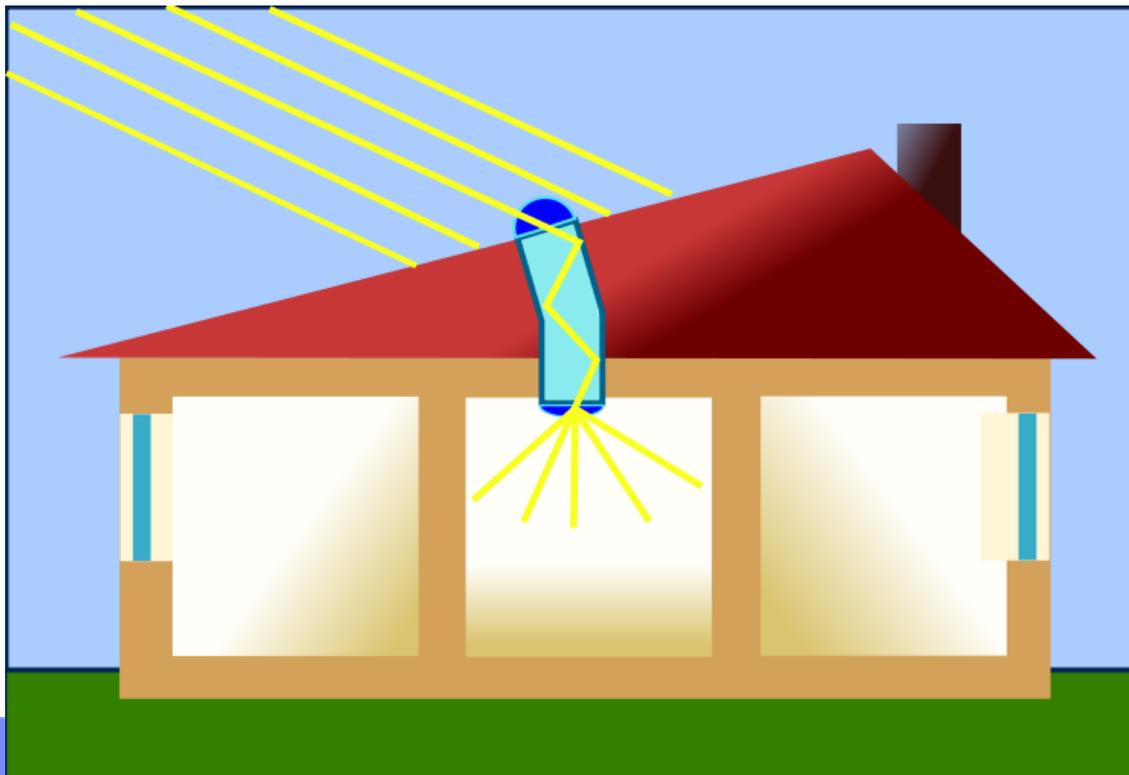
5) 使用天窗进行采光



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

6) 光导管技术



7.4 自然采光

2. 自然



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

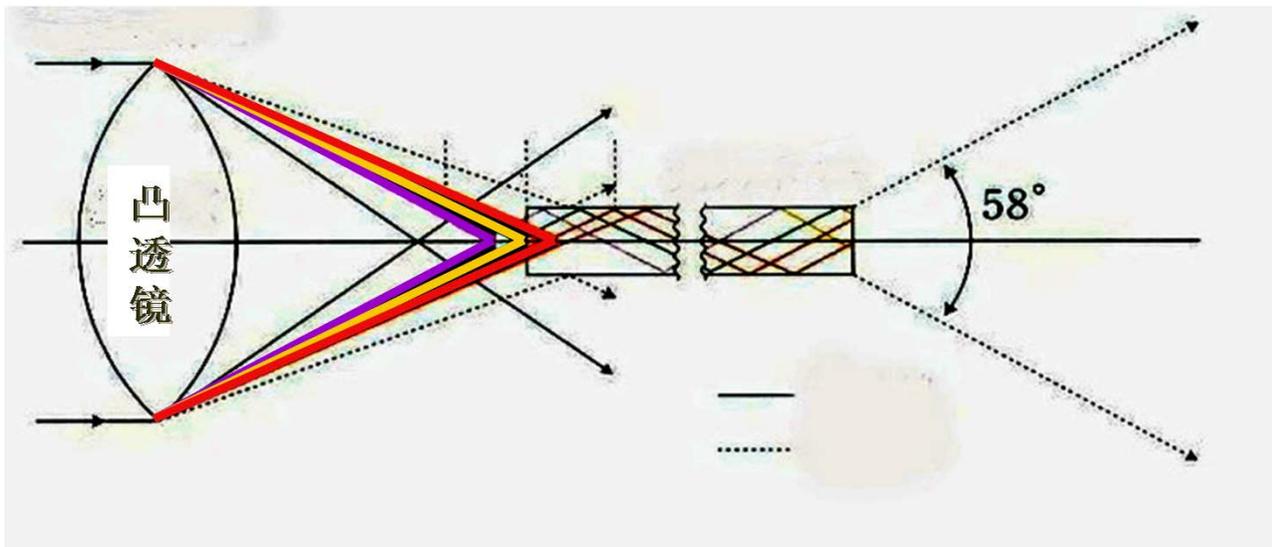
6) 光导管技术



7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

7) 凸透镜+光纤集光系统

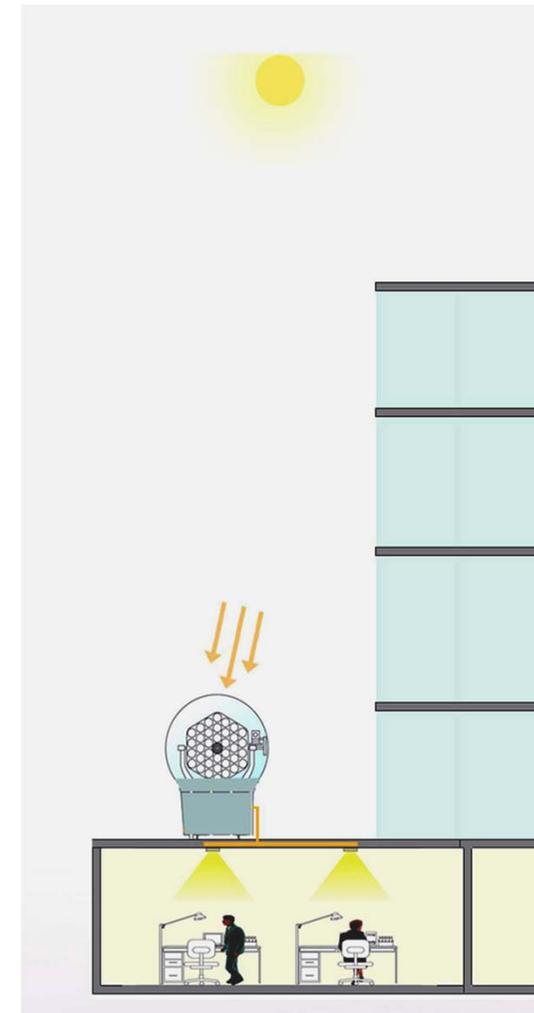


凸透镜可追踪太阳光线，利用紫外线、可见光与近红外线的聚焦点不同而单独采集可见光并进行传导

7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

7) 凸透镜+光纤集光系统

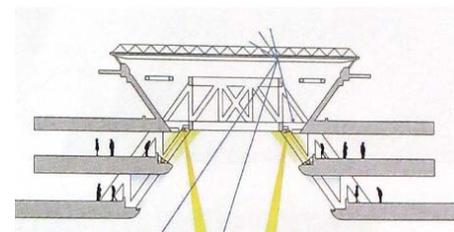
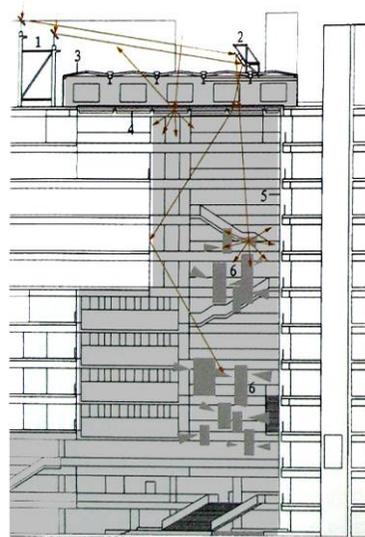
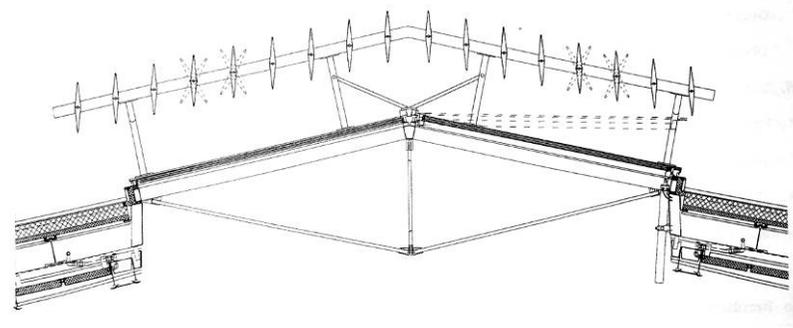


7.4 自然采光

2. 自然采光的策略

7) 凸透镜+光纤集光系统

高级自然采光系统精密复杂，
造价高且难于维护，运用时需
要综合权衡



7.5 自然通风

1. 概述

1) 自然通风定义及意义

自然通风是一种不需要消耗能源，完全由自然力驱动的被动式通风方式。

应用自然通风技术的意义在于两方面：一是自然通风带来的被动式冷却可以减少能源消耗；二是它可以清除潮湿和污浊的空气，提供新鲜清洁的天然空气，这对人体的生理和心理健康都有好处。

7.5 自然通风

1. 概述

2) 自然通风优点

- a. 相对于机械通风，自然通风不但节约设备投资，而且不需要消耗能量；
- b. 适用地域广、时间长。在气候比较温和的地区，或是有较长过渡季节的冬冷夏热地区，适合采用自然通风；
- c. 相对于空调或供热系统，自然通风带来更好的室内空气品质；

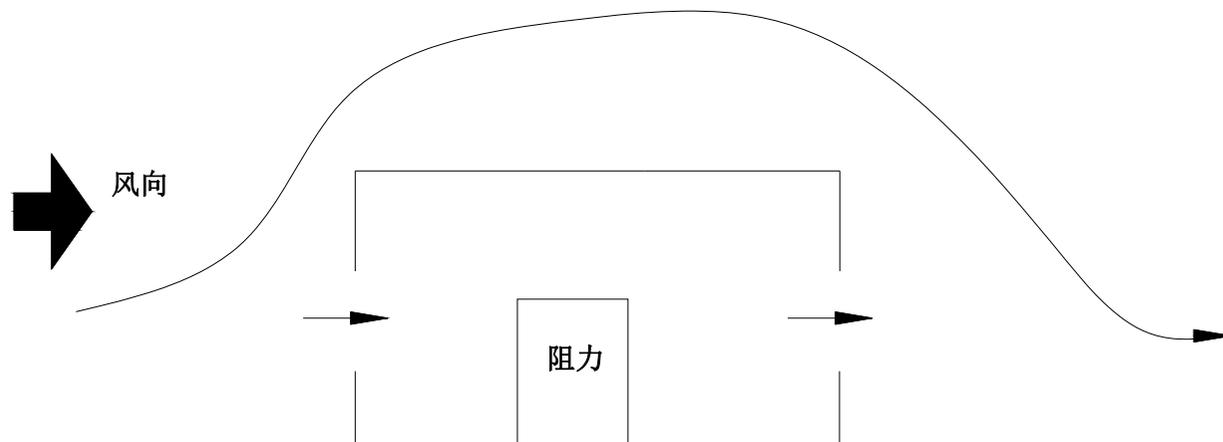
7.5 自然通风

2. 自然通风的基本原理

a. 风压通风

“风压通风”主要源于大气气流作用于建筑物表面，在建筑物迎风面与背风面产生压差，进而导致建筑物内的气流流动。

平时所说的“穿堂风”就是利用风压通风的例子。

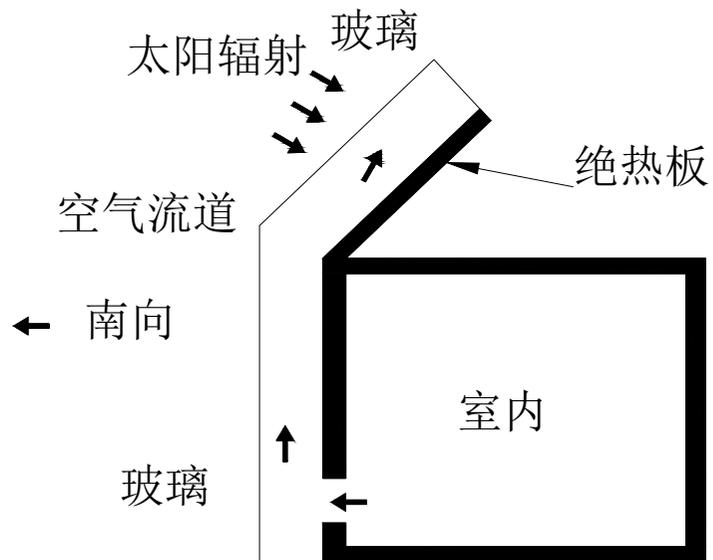


7.5 自然通风

2. 自然通风的基本原理

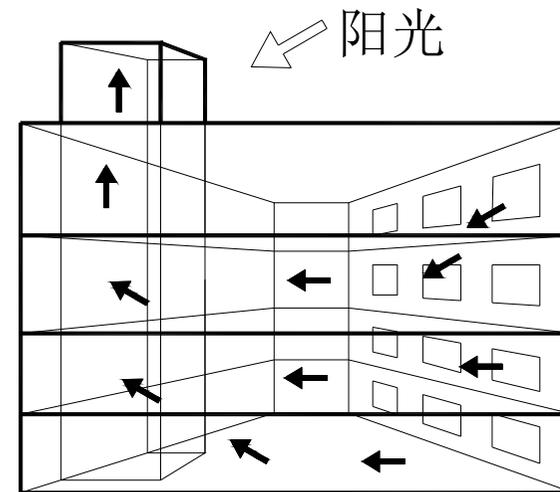
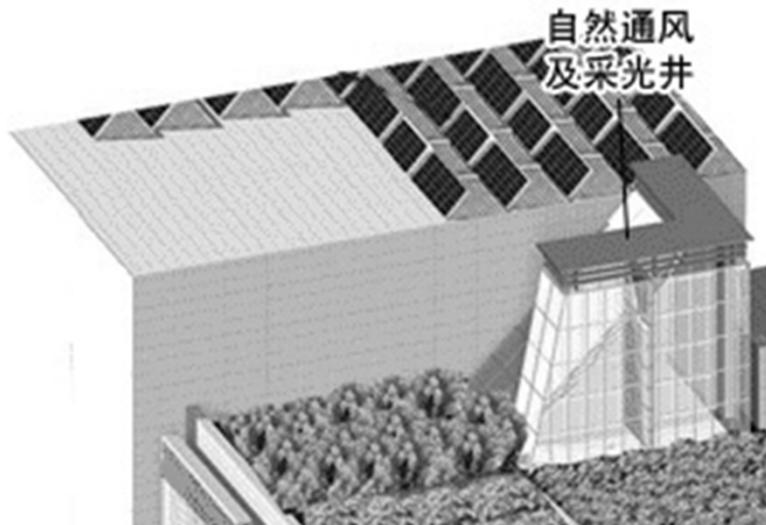
b. 热压通风

所谓“热压通风”，是利用热空气上升、冷空气下降的热浮力原理进行通风的方式（即通常所讲的烟囱效应）。



7.5 自然通风

2. 自然通风的基本原理



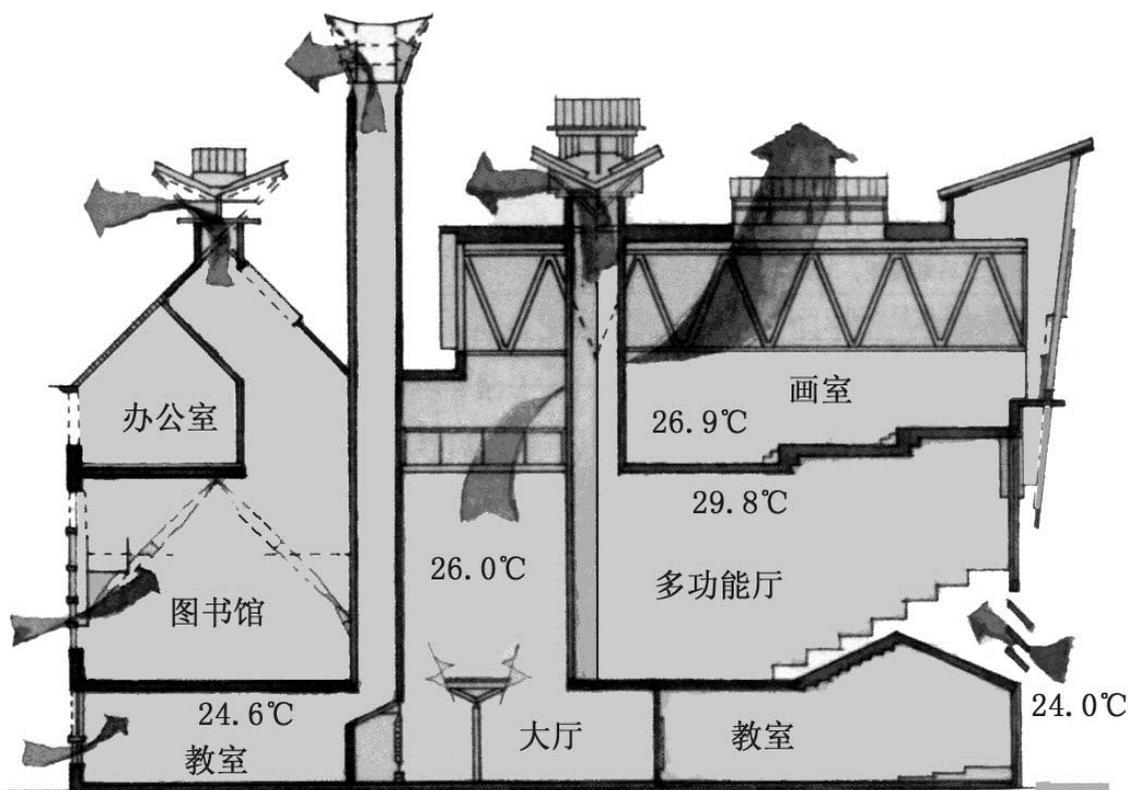
清华大学超低能耗通过楼梯间与通风井道组合的自然通风

7.5 自然通风

2. 自然通风的基本原理

由肖特·福德和工程师马克思·福德汉姆设计的位于莱彻斯特的德·蒙特福德大楼，使用了中庭空气热浮力的自然通风设计。

该楼利用高室内发热量进行自然通风，从而减少或不使用空调系统。建筑的入风闸口，设在一楼的教室以及二楼的演讲厅之间，并于屋面烟囱的出风闸口排出。



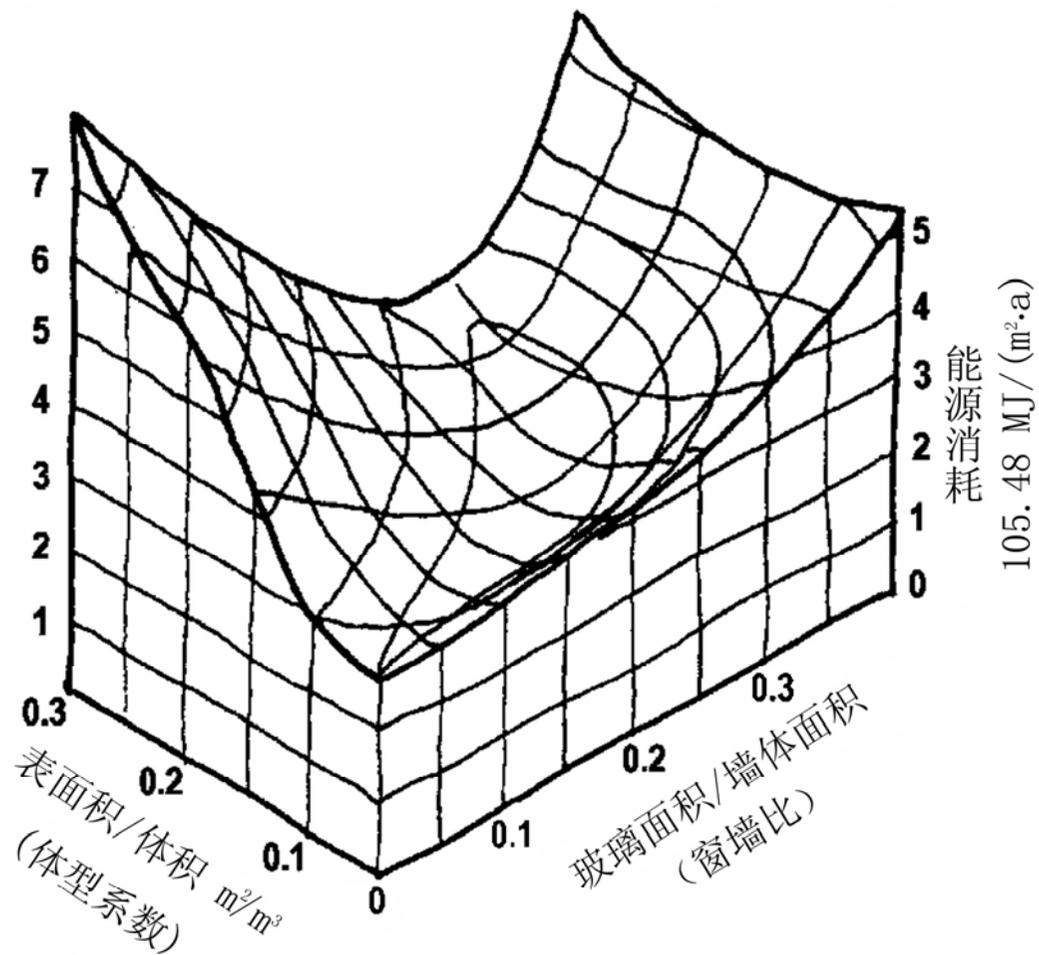
7.6 气候特征与被动式建筑设计原则

气候类型特点要求		湿 热 气 候 区	干 热 气 候 区
气候特点		温度日较差小，气温最高 38℃ 以下，温度日振幅 7℃ 以下。湿度大，相对湿度一般在 75% 以上，雨量大，吹和风，常有暴风雨	温度日较差大，气温常达到 38℃ 上，且日振幅常在 7℃ 以上。湿度小、干燥，降雨少，常吹热风并带沙
设计原则	群体布置	争取自然通风好的朝向，间距稍大些，布局较自由，房屋要防西晒，环境要有绿化、水域	布局较密形成小巷道，间距较密集，便于相互遮挡；要防止热风，注意绿化
	建筑平面	外部较开敞，亦有设内天井，注意庭园布置。设置凉台；平面形式多条形或竹筒形，多设外廊或底层架空，进深较小	外封闭、内开敞，多设内天井平面形式有方块式、内廊式，进深较深。防热风，开小窗。防晒隔热
	建筑措施	遮阳、隔热，防潮、防霉，防雨、防虫，并争取自然通风	防热要求较高，防止热风和风沙的袭击，宜设置地下室或半地下室以避暑
	建筑形式	开敞轻快，通透淡雅	严密厚重，外闭内敞
	材料选择	现代轻质隔热材料、铝箔、铝板及其复合隔热板	热容量大、外隔热、白色外表面、混凝土、砖、石、土
	自然能源利用	夜间强化通风、被动蒸发冷却、地冷空调	被动蒸发冷却、长波辐射冷却、夜间通风、地冷空调

绿色建筑设计步骤

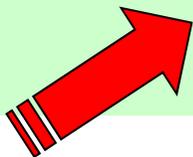
	采暖	冷却	照明	通风
步骤1	保温	隔热	自然采光	自然通风
基础设计	1. 体形系数 2. 绝热 3. 空气渗透	1. 遮阳 2. 外表面颜色 3. 绝热	1. 窗 2. 玻璃装配 3. 室内装修	1. 建筑形式 2. 窗与开口 3. 烟囱效应
步骤2	被动式太阳能	被动式冷却	自然采光	自然通风
基于气候的设计	1. 直接获得 2. 墙体蓄热 3. 太阳房	1. 蒸发冷却 2. 对流降温 3. 辐射冷却	1. 天窗 2. 采光棚 3. 采光井	1. 单侧通风 2. 穿堂或热压通风 3. 气流组织 4. 控制策略
步骤3	制热系统	制冷系统	人工照明	机械通风
设备系统设计	1. 散热器 2. 辐射采暖 3. 空调采暖	1. 机械制冷 2. 辐射供冷 3. 空调制冷	1. 灯 2. 照明设备 3. 设备定位	1. 机械送风 2. 机械排风 3. 混合或置换通风

建筑形式特征与其总能量消耗的相关性

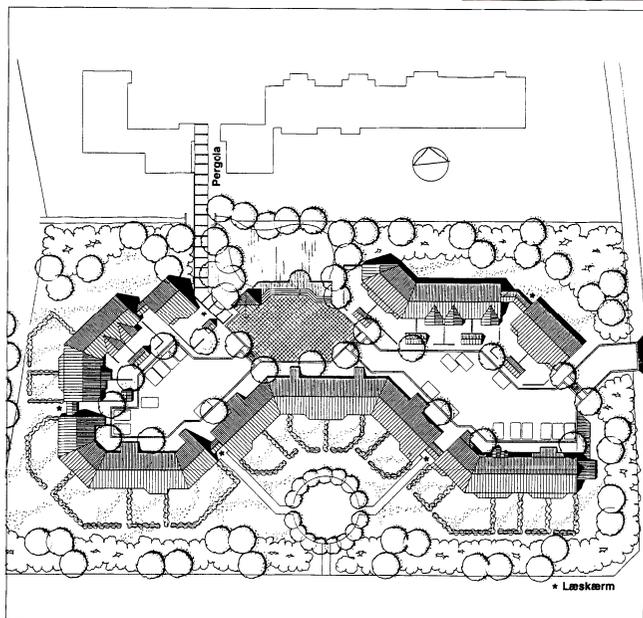


实例分析

	采暖	冷却	照明	通风
步骤1	保温	隔热	自然光	自然通风
基础设计	1. 体形系数 2. 绝热 3. 空气渗透	1. 遮阳 2. 外表面颜色 3. 绝热	1. 窗 2. 玻璃装配 3. 室内装修	1. 建筑形式 2. 窗与开口 3. 通风管
步骤2	被动式太阳能	被动式冷却	自然采光	自然通风
气候上的设计	1. 直接获得 2. 墙体蓄热 3. 阳光房	1. 蒸发冷却 2. 对流冷却 3. 辐射冷却	1. 天窗 2. 采光棚 3. 采光井	1. 单面通风 2. 交叉或重叠通风 3. 空气分配 4. 控制策略
步骤3	制热系统	制冷系统	人工照明	机械通风
机械系统设计	1. 散热器 2. 散热板 3. 空气加热系统	1. 机械制冷装置 2. 天棚制冷 3. 空气制冷系统	1. 灯 2. 照明装置 3. 装置定位	1. 机械供风 2. 机械排气 3. 混合或置换的原则

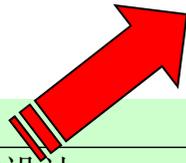


Suderbo, Frederikshavn

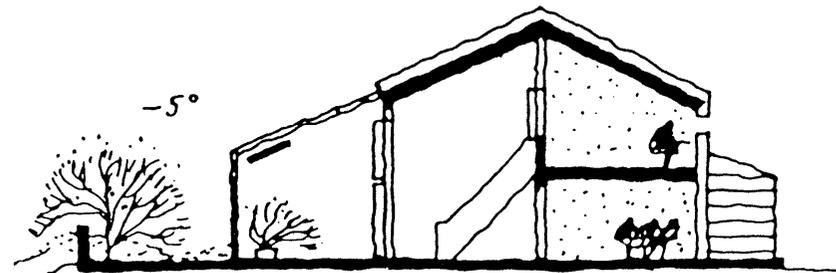
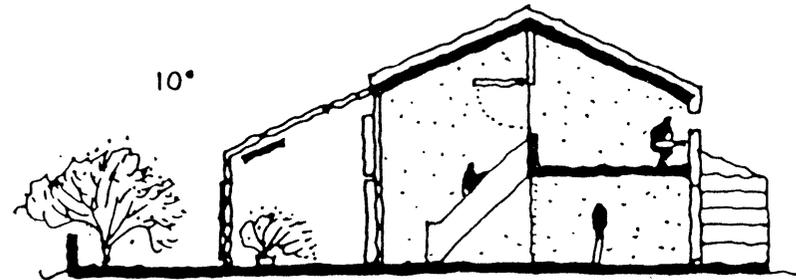
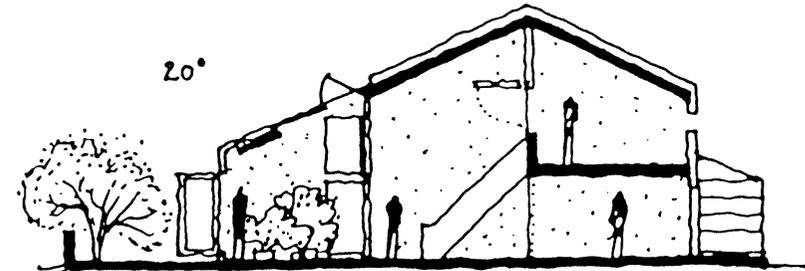


实例分析

	采暖	冷却	照明	通风
步骤1	保温	隔热	自然光	自然通风
基础设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 体形系数 2. 绝热 3. 空气渗透 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遮阳 2. 外表面颜色 3. 绝热 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 窗 2. 玻璃装配 3. 室内装修 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建筑形式 2. 窗与开口 3. 通风管
步骤2	被动式太阳能	被动式冷却	自然采光	自然通风
气候上的设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直接获得 2. 墙体蓄热 3. 阳光房 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒸发冷却 2. 对流冷却 3. 辐射冷却 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天窗 2. 采光棚 3. 采光井 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单面通风 2. 交叉或重叠通风 3. 空气分配 4. 控制策略
步骤3	制热系统	制冷系统	人工照明	机械通风
机械系统设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 散热器 2. 散热板 3. 空气加热系统 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机械制冷装置 2. 天棚制冷 3. 空气制冷系统 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯 2. 照明装置 3. 装置定位 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机械供风 2. 机械排气 3. 混合或置换的原则



Bøgehusene, Greve



实例分析

	采暖	冷却	照明	通风
步骤1	保温	隔热	自然光	自然通风
基础设计	1. 体形系数 2. 绝热 3. 空气渗透	1. 遮阳 2. 外表面颜色 3. 绝热	1. 窗 2. 玻璃装配 3. 室内装修	1. 建筑形式 2. 窗与开口 3. 通风管
步骤2	被动式太阳能	被动式冷却	自然采光	自然通风
气候上的设计	1. 直接获得 2. 墙体蓄热 3. 阳光房	1. 蒸发冷却 2. 对流冷却 3. 辐射冷却	1. 天窗 2. 采光棚 3. 采光井	1. 单面通风 2. 交叉或重叠通风 3. 空气分配 4. 控制策略
步骤3	制热系统	制冷系统	人工照明	机械通风
机械系统设计	1. 散热器 2. 散热板 3. 空气加热系统	1. 机械制冷装置 2. 天棚制冷 3. 空气制冷系统	1. 灯 2. 照明装置 3. 装置定位	1. 机械供风 2. 机械排气 3. 混合或置换的原则



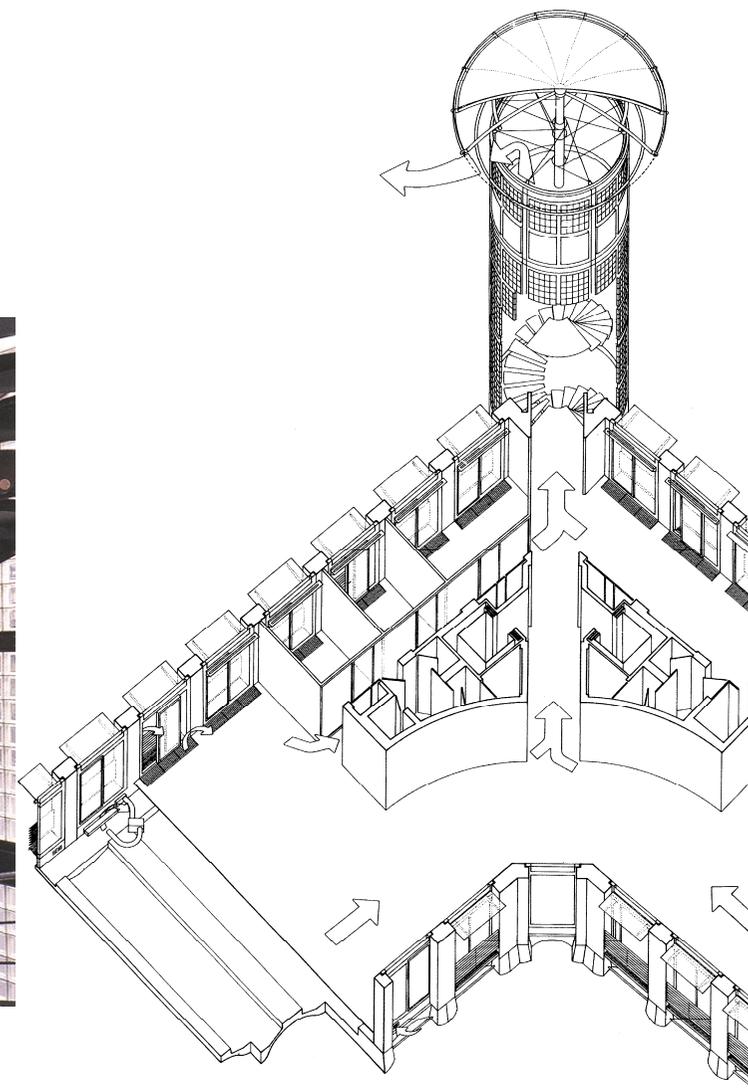
Inland Revenue HQ



Inland Revenue HQ



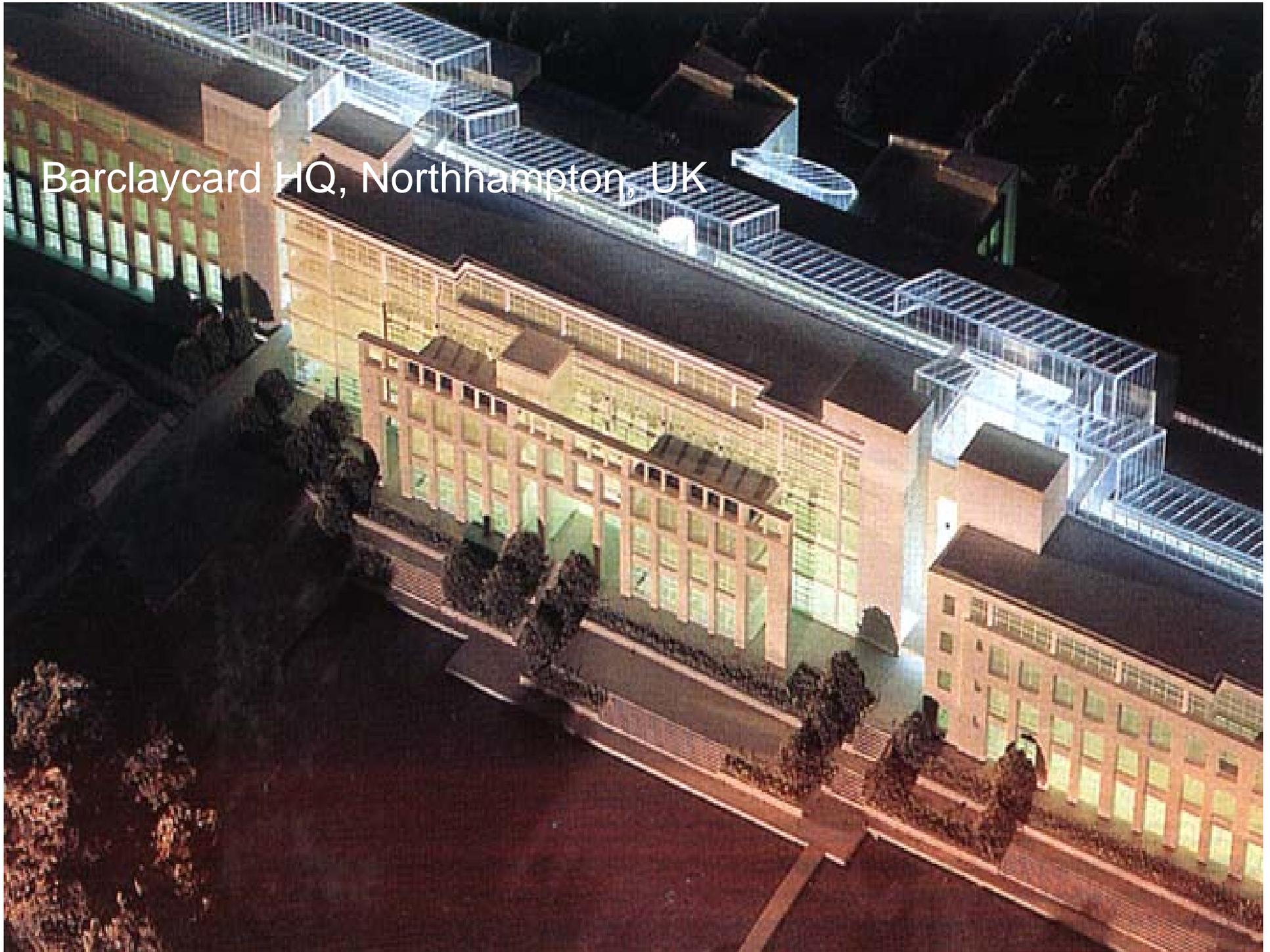
Inland Revenue HQ



实例分析

	制热	制冷	照明	通风
步骤1	保温	隔热	自然光	自然通风
基础设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 体形系数 2. 绝热 3. 空气渗透 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遮阳 2. 外表面颜色 3. 绝热 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 窗 2. 玻璃装配 3. 室内装修 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建筑形式 2. 窗与开口 3. 通风管
步骤2	被动式太阳能	被动式冷却	自然采光	自然通风
气候上的设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直接获得 2. 墙体蓄热 3. 阳光房 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蒸发冷却 2. 对流冷却 3. 辐射冷却 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 天窗 2. 采光棚 3. 采光井 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 单面通风 2. 交叉或重叠通风 3. 空气分配 4. 控制策略
步骤3	制热系统	制冷系统	人工照明	机械通风
机械系统设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 散热器 2. 散热板 3. 空气加热系统 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机械制冷装置 2. 天棚制冷 3. 空气制冷系统 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 灯 2. 照明装置 3. 装置定位 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机械供风 2. 机械排气 3. 混合或置换的原则

Barclaycard HQ, Northhampton, UK



Barclaycard HQ, Northhampton, UK

利用空气处理机组在冬季加热屋顶

