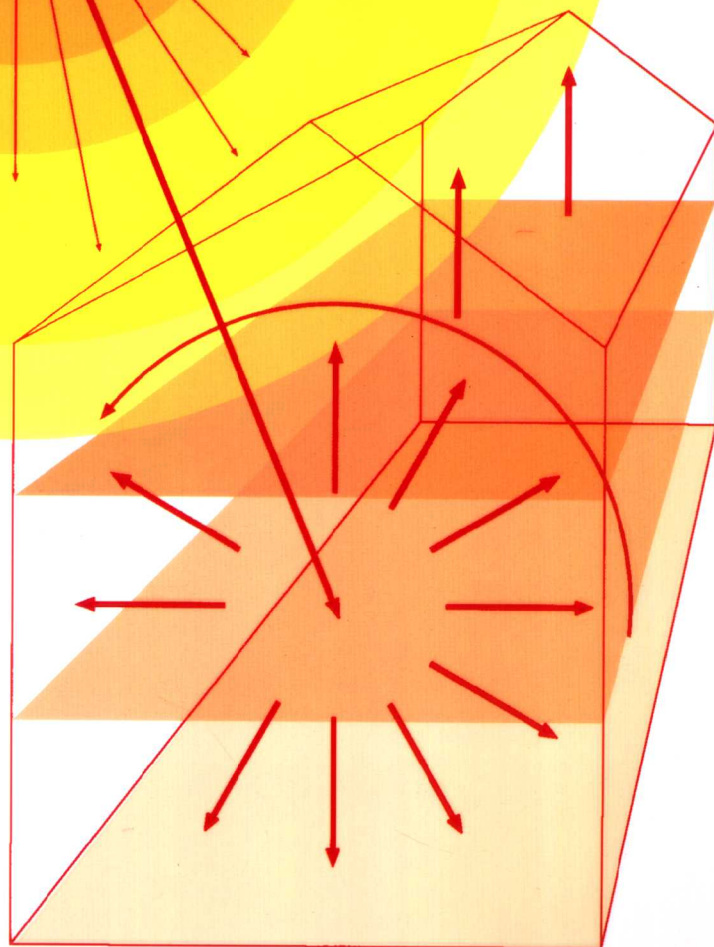


国外建筑设计详图图集 13

被动式太阳能建筑设计

〔日〕彰国社 编



中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字: 01-2002-3925 号

图书在版编目 (C I P) 数据

被动式太阳能建筑设计 / [日]彰国社编; 任子明等译.
北京: 中国建筑工业出版社, 2004
(国外建筑设计详图图集 13)
ISBN 7-112-06704-9

I. 被… II. ①彰…②任… III. 太阳能住宅-建筑设计-世界-图集 IV. TU241.91-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059239 号

责任编辑: 白玉美 丁洪良
责任设计: 郑秋菊
责任校对: 赵明霞

Copyright © 2001 by SHOKOKUSHA Publishing Co., Ltd.
Original Japanese edition
Published by SHOKOKUSHA Publishing Co., Ltd., Tokyo, Japan

本书经日本彰国社授权我社在中国范围内翻译、出版、发行中文版

国外建筑设计详图图集 13

被动式太阳能建筑设计

[日] 彰国社 编
任子明 庞玮 马俊 译
马俊 卢春生 校

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
新华书店经销
北京海通创为图文设计有限公司制作
北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 880 × 1230 毫米 1/16 印张: 7 1/4 字数: 270 千字
2004 年 9 月第一版 2004 年 9 月第一次印刷
定价: 25.00 元
ISBN 7-112-06704-9
TU · 5858 (12658)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换
(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

《国外建筑设计详图图集》丛书

- | | |
|-----------------|------------------|
| 国外建筑设计详图图集 1 | 建筑细部 |
| 国外建筑设计详图图集 2 | 楼梯 |
| 国外建筑设计详图图集 3 | 无障碍建筑 |
| 国外建筑设计详图图集 4 | 竹中工务店设计实例 |
| 国外建筑设计详图图集 5 | 清水建设设计实例 |
| 国外建筑设计详图图集 6 | 日建设计公司设计实例 |
| 国外建筑设计详图图集 7 | 坂仓建筑研究所东京事务所设计实例 |
| 国外建筑设计详图图集 8 | 减震建筑设计与细部 |
| 国外建筑设计详图图集 9 | 伊东丰雄 / 轻型结构建筑细部 |
| 国外建筑设计详图图集 10 | 教育设施 |
| 国外建筑设计详图图集 11 | 旅游住宿设施 |
| 国外建筑设计详图图集 12 | 集合住宅 |
| ● 国外建筑设计详图图集 13 | 被动式太阳能建筑设计 |

国外建筑设计详图图集 13

被动式太阳能建筑设计

〔日〕彰国社 编
任子明 庞玮 马俊 译
马俊 卢春生 校

中国建筑工业出版社

《被动式太阳能建筑设计》一书于1983年出版发行，本书是其修订版。

被动式太阳能建筑的设计思想是在建筑中不使用特殊的动力设备，而是利用太阳的光和热、风、雨水、大地等自然因素的特点调节室内的空气。

自古以来，日本的基本建筑设计思想一直贯穿着上述观点。然而随着丰富的能源的供应和以此为前提的设备技术的发展，这种建筑设计方法以及这种设计方法的优点已在渐渐地被人们遗忘了。

可以说，被动式太阳能建筑设计思想的建立，是由于出现了环境问题或石油危机带来的节能问题，人们又回到了以人为本的根本立场，需要重新考虑过于依赖高新技术的建筑和城市的应有状态。

应该把自然作为与人类共存的对象，基于这种认识而产生了被动式这一词汇。其目的在于形成更主动的生活空间。当然，这并不是要回归到单纯的原始的技术上，而是要在现代科学和技术的积累上寻求新的发展。

本书将被动式太阳能建筑设计方法分为“屋顶的形状和热的控制”等35个方面，每一个方面都是由①基础资料，②方法与原理，③设计要点，④实例，⑤补充事项等内容构成，可作为在用该方法进行设计时的入门书或指导书。此外，为适应21世纪的新时代要求，书中尽量多地收集最新的基础资料和实例。

本书的编辑过程是通过与执笔者的协同作业来完成的。因此，目录中各种设计方法的执笔者就是该项目的主要负责人。

小玉祐一郎和堀越哲美先生担任本书的主编并对细小部分的完善做了大量工作。在此对他们深表谢意。

编辑部

■执笔者（按日文字母顺序排列）

石田 信男（石田信男设计事务所）
伊藤 昭（日建设计）
绘内 正道（北海道大学）
小玉祐一郎（神户艺术工科大学）
小室 大辅（侨居在德国）
泽地 孝男（建设省建筑研究所）
宿谷 昌则（武藏工业大学）
须永 修通（东京都立大学）
武政 孝治（广岛县立保健福利短期大学）
井木 裕（大成建设）
堀越 哲美（名古屋工业大学）
松原 斋树（京都府立大学）

■协作人员（按日文字母顺序排列）

井山武司（太阳建筑研究所）
加藤义夫（加藤义夫工作室）
木村建一（早稻田大学）
野泽正光（野泽正光设计工作室）
福島俊介（琉球大学）
梅干野晁（东京工业大学）

■策划编辑

株式会社 [日]彰国社

被动式太阳能建筑序论

——从民居的经验到高新技术的运用——

小玉祐一郎

■ 被动式太阳能建筑的诞生

遮风挡雨，避暑御寒乃是住宅建筑的基本性能之一。自古以来，建筑住宅时要考虑以太阳为主的自然因素，这在任何地方都是一样的，只是程度不同而已。约在 80 年前，即 1920 年前后，芝加哥的一家报社创造了一个新的词汇，叫做太阳能住宅。这种住宅与传统的民居不同，它是以热水供应和采暖为目的，更积极更科学地把太阳能应用在住宅上。由此可知，太阳能住宅的突出特点是，为住宅的热水供应设备和采暖设备，向太阳索取热源。

此后，住宅设备得到不断的进步、普及。在美国有丰富的能源作支持，制冷设备也迅速地得到推广应用。第一次能源危机发生于 1973 年，太阳能住宅因此而受到关注。太阳能技术主要是以太阳能为热源，通过能量交换而实现采暖制冷和热水供应。

住宅设备所依赖的能源，可以用太阳作为替代能源，很受人们的关注。不久之后，约在 1976 年人们把这种探索性的太阳能住宅就叫作主动式太阳能住宅，与此同时又另外创造了一个被动式太阳能的概念，叫作被动式太阳能住宅。

这种概念逐渐被社会接受，由此也可以看出当时的时代潮流。从主动式改变为被动式的理由主要是主动式太阳能系统的能量效率还不能满足成本分析的要求，同时还必须看到，在这里还有建筑学上的问题，如居住环境的应有状态以及住宅的舒适度等基本观念的变化问题等等。

■ 自然环境的潜能

关于主动式系统与被动式系统的区别，简单地讲，前者是用太阳能代替以往驱动冷暖空调设备的热源，而后者则是以不使

用机械设备为前提，完全依靠加强建筑物的遮挡功能，通过建筑上的方法达到形成室内环境的目的。主动式(能动性)与被动式(受动性)两个词汇的细微差别，可以理解为两种姿态的不同，一种是以积极的手段形成人造环境，另一种是在适应自然环境的同时对其潜能进行灵活应用。通过不间断地供给能源而形成的单纯的人造居住环境和与自然形成一体，并能够实际感受到自然脉搏的居住环境、在本质上是不同的。在明确了这一点之后，重要的就是哪种居住环境将成为主要被选择的对象。

上述认识无疑意味着这样的现代神话的破灭，即把大量的能源投入到住宅里就是最舒适的居住环境，或者用复杂而又有高新技术的机械创造的人造环境就是优质的居住环境。

正是在这样的背景之下，利用太阳能采暖的被动式太阳能建筑系统，还包括为了获取与利用太阳能无关的夏季制冷效果而采取的建筑上的措施(冷却方法)。

传统的日本住宅为了遮挡夏日照射都有很厚的屋顶，但是，对墙体、地板的隔热性和气密性却不加重视。当然并不是因为有玻璃，而是因为还没有保存太阳辐射热的技术。除去泥土墙结构和室内土地面等例外情况之外，一般在室内并未使用能够大量蓄热的材料。

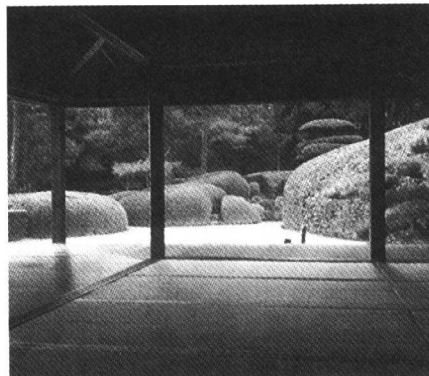
如果这样的住宅是“以夏季为主”，对于度夏的效果还是很好的。当然，对于冬季就不适合了。从某种意义上说，日本住宅的悠久传统就是积累被动式冷却方法的历史。

另一方面，被动式加热是充分利用建筑物自身的蓄热性能，把冬季白天的太阳辐射热以某种形式积蓄起来直至夜间，所以，为了防止产生从室内向室外的热损失，在确保建筑物自身的隔热、保温性和气密性的同时，还要采用蓄热量的构件。

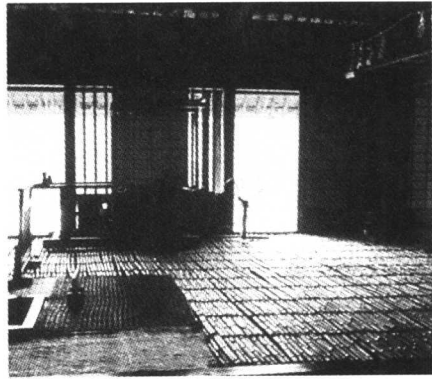
综上所述，要在日本推广被动式太阳能建筑系统，就要挖掘和改进历史上形成的冷却技术，同时还涉及到如何使该项冷却技术与被动式加热技术顺利地结合起来。



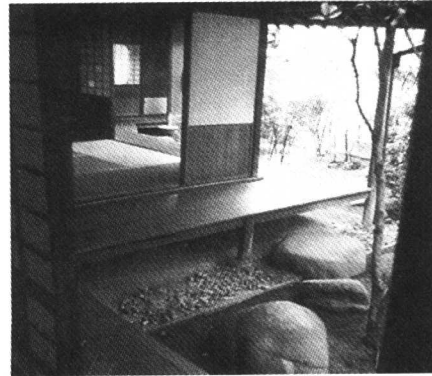
田麦股民居。大屋顶是适应当地风土的第一特征



奈良慈光院。与庭院连成一体的室内空间



厚茅草屋顶。大敞开口，竹帘地面。神奈川民居



檐廊是与中庭的缓冲空间。竹厚的前店后宅建筑

■ 传统民居的经验

被动式太阳能建筑系统的定义为，不采用特殊的机械设备而是利用辐射、对流和传导使热能自然流经建筑物，并通过建筑物本身的性能控制热的流向，从而得到采暖或制冷的效果。建筑物本身是系统的一个组成部件，因此该部件的最大特点是不能像一般的采暖制冷设备那样，可以和建筑物分离开而成为独立的系统。根据这样的被动式太阳能建筑系统的定义而采取的技术方法，可以说是与人工环境调节技术出现之前的建筑方法，即所谓传统建筑方法极为相似。

各地的传统建筑方法反映着当地的气候特点。在寒冷的欧洲，密闭型的建筑方法已经发展成熟。其基本要点是防御严寒的侵入和驱除室内严寒。与室外隔热极其重要，有必要加大墙体厚度，尽量缩小门窗的面积。花费很长时间才考虑成熟的各种采暖方法都是与建筑物结为一体的形式，而且对采暖过程中在室内产生的浊气和室内的换气问题，早就被定为科研的课题。

与此相反，在“以夏季为主”的温暖地区，开放型的建筑方法十分发达。这种方法

与其说是将室内与室外隔开，还不如说是将两者结合为一个整体，如何将室外空气引入到室内是关键。人们向住宅这个遮阳挡雨的掩体所寻求的并非只是有坚固的墙体与外界隔开，而是内外空间的融通关系，或者说允许某种程度隔开时还要保持室内的舒适度。厚屋顶、宽屋檐，有利于通风的开放性平面以及将庭院和树木衔接起来的建筑设计，在某种意义上可以说是最大限度地享受自然资源的方法。

■ 可持续的设计

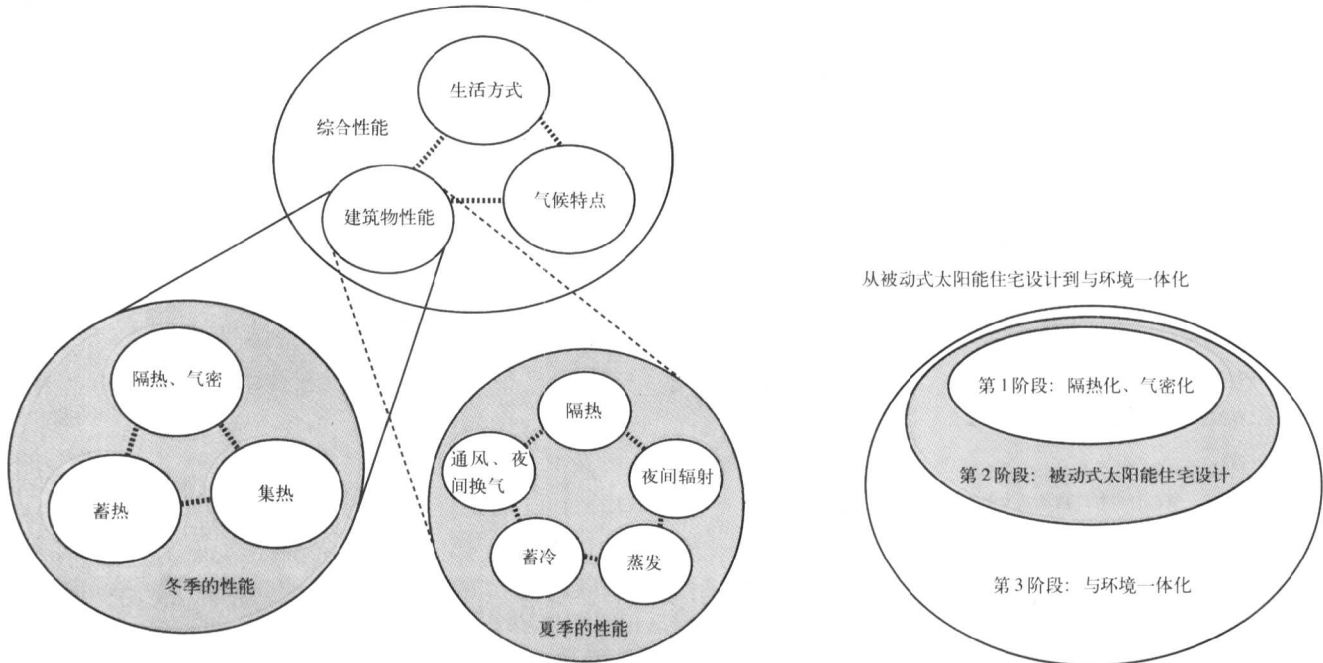
被动式太阳能建筑设计是在适应自然环境的同时利用自然环境的潜能。这种设计能否成立，取决于该地区的自然环境条件，有时根据气候条件还会改变采用的设计。如果日照条件不好，噪声和空气污染严重，为了保护隐私和安全而又不能打开窗户时，就不宜采用被动式太阳能建筑设计。这就意味着在大城市的环境中，被动式太阳能建筑设计难以成立，只能依靠采暖制冷设备。越是使用依靠能源的设备，废气和废热就会越多，环境负荷也增大，从而陷入不得不依靠人造环境技术的恶性循环中。

换句话说，就是自然环境越来越差的系统，距离可持续发展的系统还很遥远。如何切断这种恶性循环呢？这将是地球环保时代可持续发展的社会目标之一。

上述观点并非是否定采暖制冷设备的可用性。减轻环境负荷的有效方法很多，诸如减少采暖制冷负荷的建筑方法，提高机械设备装置的效率，太阳能发电和风力发电等自然能源的利用等等。在确实需要采暖制冷设备时，如果能够很好地使用这种设备固然好，但不能因为是效率高的设备就使用。虽然采暖制冷的负荷很小，由于住宅在任何时候都必须依靠采暖制冷设备，最终总的能源消耗量还是增加了。这样的例子很多。

如前所述，被动式太阳能住宅是在能源危机时应运而生的，但其涉及的范围不仅限于能源问题。被动式太阳能住宅设计，既不是把过去在人工环境中使用的能源更换为太阳能的太阳能利用技术，也不是在人工环境中把采暖制冷负荷降到最小的建筑补充方法。虽然被动式太阳能住宅设计与这些方面有关联，但其本质还是建筑固有的设计问题。

决定住宅热性能的因素



被动式太阳能建筑系统的设计过程

——气候特点的掌握及其控制——

© 调节各种技术方法之间的矛盾。

小玉祐一郎

基本思路

被动式太阳能建筑系统的设计目的是以地区的自然环境为对象，最大限度地利用自然环境的潜能。每个地区的自然潜能都各有特点，像日照充足的地方就容易采用被动式太阳能采暖的设计，而多风的地方则容易采用通风设计。虽然利用自然潜能的方法各不相同，但设计的基本程序都一样。第一，分析地区的气候特点；第二，找出各个气候因素的潜能强度，想方设法在建筑上采取措施，对能够利用的因素积极地利用，对产生不利的因素则极力地避免。这就是设计的基本程序。

建筑物的设计，可以说是各种技术方法的综合作业，不言而喻，气候因素很多，控制方法也不一样。因此，关于技术方法的组合会有很大的难度，必须调节各种技术方法之间的矛盾和对立。在矛盾的调节方面有两种类型，即①冬季的技术方法(被动式太阳能供热)和夏季的技术方法(被动式太阳能制冷)的矛盾调节；②目的相同的技

术方法之间的矛盾调节。

例如在冬天，为了采暖就必须把太阳辐射热引入到室内，而在夏天又必须遮挡太阳辐射热。很多气候因素的利用和防御是两种截然不同的做法。可以说，最为理想的做法是在夏季和冬季，能够突然改变建筑物的热能特性。在南北狭长的日本，有的地方夏天酷热，有的地方冬天严寒，气候差别极大。尽管说夏冬的技术方法可以共同存在，但其做法应是多种多样的，而不是一律相同。

就上述②而言，可以举出这样的例子。为了增加室内的太阳辐射量而扩大朝南的窗户面积，但如此一来，也增加了建筑物向室外的热损失。在这种地方，有时要对太阳辐射量和室外气温进行缜密调查，最好夜间使用隔热门或采取其他措施。

由此可见，被动式太阳能建筑系统的设计程序可大致分为3个阶段。即，

④掌握地区的气候特点，明确应当控制的气候因素；

⑤研究控制每种气候因素的技术方法；

本书的主要目的是介绍控制不同气候因素的技术方法，相当于上述④阶段。如目录所示，技术方法分为35项，分别由基础资料，设计方法原理和设计实例构成。当然，所列举的实例仅仅是大量实例中的一小部分。另外，对实例要进行科学的定量的说明还比较困难，读者可以从基础资料、技术方法的原理以及实例当中的任何一部分开始阅读，这些内容都是相互补充的。

如前所述，气候条件对各种技术方法的有效性和效果都将产生很大的影响，而且矛盾的技术方法之间的调和也会因地区的气候条件不同而有很大差别。亦即在决定了具体的地区并给出气候条件之后，才能开始上述④和⑤阶段的工作。读者必须根据自己的判断，选择适用于个别气候条件的技术方法，并预测效果，边对多种技术方法进行调整，边向最终的设计方案靠拢。

为了补充说明上述内容，下面用若干实例介绍如何解读设计对象地区的气候条件。关于被动式太阳能加热的性能预测，近年来进行了大量的研究，出现了使用微机

的方法以及更简单的手工计算方法等。

图-1-1 被动式太阳能加热的设计方法

基本由以下3个方面组成：

- 最大限度地获取热量——有效的太阳能集热——生成热的回收和再利用
- 将热损失降到最小程度——将辐射产生的热损失降到最小程度——将传导产生的热损失降到最小程度——将对流产生的热损失降到最小程度(密闭化)——将换气产生的热损失降到最小程度
- 适当的蓄热——蓄热构件——蓄热池

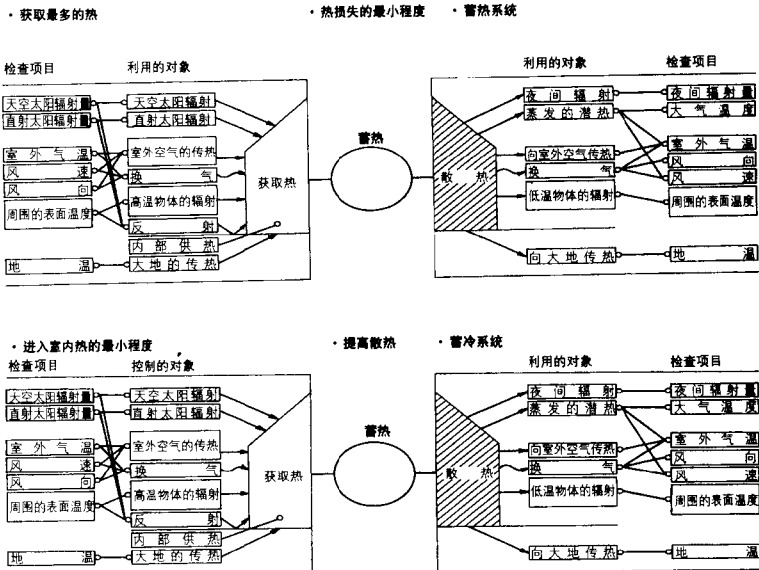
以上顺序可称之为设计。组合方法有多种多样，将组合的主要方案(为了单一目的的技术方法——个别的技术方法)加以整理，可以作为设计词汇提出。个别的技术方法有时会相互矛盾，如何将它们组合起来，则要取决于设计人员的判断。

图-1-2 被动式太阳能制冷的的设计方法

基本由以下3个方面组成：

- 将进入室内的热能降到最小程度——遮挡直射太阳光(室内采光用天空光、反射光)——防止反射太阳辐射——屋顶、墙体要隔热
- 提高散热——引入冷空气——利用冷辐射——迅速排出室内热空气(排气、换气)——利用通风提高体感效果——利用夜间辐射提高冷却效果——利用潜热蒸发提高冷却效果——吸收地面热
- 适当地蓄冷——利用蓄冷构件——利用蓄冷池

在各种制冷的技术方法中，虽然相互矛盾的东西很少，但在与被动式太阳能加热技术方法组合时会有很多矛盾的地方。在对双方可以相互变化、可以相互适应的方法进行开发的同时，还有一种设想，称之为建筑物自身的外饰面改换系统。



被动式太阳能建筑序论 / 小玉祐一郎	3
被动式太阳能建筑系统的设计过程 / 小玉祐一郎	5
方法— 1 屋顶的形状和热的控制 / 石田信男	8
方法— 2 屋顶的表面和热的控制 / 石田信男	10
方法— 3 屋顶的隔热、保温 / 泽地孝男	12
方法— 4 屋顶的冷却 / 须永修通	14
方法— 5 墙体的形状和热的控制 / 小玉祐一郎	18
方法— 6 墙体的表面和热的控制 / 小玉祐一郎	20
方法— 7 墙体的隔热、保温 / 须永修通	22
方法— 8 墙体的蓄热 / 须永修通	24
方法— 9 地板的隔热、保温 / 绘内正道	28
方法— 10 地板的蓄热 / 小玉祐一郎	32
方法— 11 窗户的隔热、保温 / 小室大辅, 宿谷昌则	36
方法— 12 出入口与热的控制 / 小室大辅, 松原斋树, 宿谷昌则	40
方法— 13 太阳辐射的控制 / 小室大辅, 宿谷昌则	42
方法— 14 白昼光的有效利用 / 小室大辅, 宿谷昌则	46
方法— 15 传热时间滞后的利用 / 武政孝治	50
方法— 16 热能和结露 / 绘内正道	52
方法— 17 建筑物的表面积和热 / 伊藤昭	54
方法— 18 空间形状和热负荷 / 小室大辅, 宿谷昌则	56
方法— 19 空间构成和采暖方式 / 绘内正道	58
方法— 20 利用热能特性的空间构成 / 绘内正道	62
方法— 21 屋顶的形状和风的控制 / 小玉祐一郎	66
方法— 22 墙和风的控制 / 伊藤昭	68
方法— 23 地板下面空间和通风透气 / 泽地孝男	70
方法— 24 换气 / 泽地孝男, 松原斋树	72
方法— 25 开口部位和通风 / 伊藤昭	76
方法— 26 室内空间形状和通风 / 伊藤昭	80
方法— 27 建筑物的形状与周边气流 / 堀越哲美	84
方法— 28 辐射阳光的反射控制 / 堀越哲美	88
方法— 29 地下温度的利用 / 堀越哲美	90
方法— 30 地形的利用 / 堀越哲美	94
方法— 31 树木对光和热的控制 / 武政孝治	98
方法— 32 树木和风的控制 / 武政孝治	100
方法— 33 湖泊沼泽地的利用 / 并木裕	102
方法— 34 建筑空间和水的利用 / 石田信男	106
方法— 35 材料和湿气的控制 / 泽地孝男	108
插图来源和照片拍摄人员名单	112

方法—1

屋顶的形状和热的控制

对于建筑而言,屋顶是其最本质的部分。屋顶具有各种各样的功能,可以通过屋顶的坡度、方向、方位、表面积、材料和颜色等与外部环境进行协调,最好在高温季节能使屋顶尽量不吸收热能,而在寒冷季节又能尽量避免热能散失。同时,在设计上必须追求极为简练的形态。

根据形态而变化的多种多样的热交换关系是本文的主题。从中可以看到很多地区具有历史性的优美的屋顶形状,之所以形成这样的形态,必定有其原因。从多种多样的屋顶形态中,我们可以了解到先人为了确保生活的舒适,在有效利用能源,或者说抵抗自然的严酷性,利用自然力量等方面所做的尝试。

方法的原理

◆屋顶的坡度和集热

屋顶的倾斜面坡度不同,其接收的太阳辐射量也会有差别,所以,在采用屋面集热时,必须注意集热管的安装角度。

最佳安装角度如图-1所示,采暖用的角度为纬度加 15° ,制冷用的角度为纬度加 5° 。

这是受热面朝向正南时的原则,受热面朝东或朝西倾斜时就需要调整其角度。如图-2所示,在朝南时受热量很大,然而在东西两面也能够有相当量的受热,所以东西两面也有利用的价值。

图-1

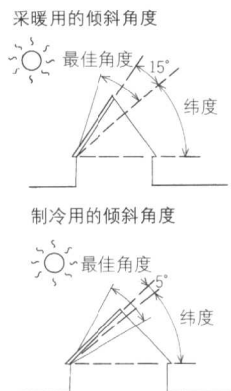
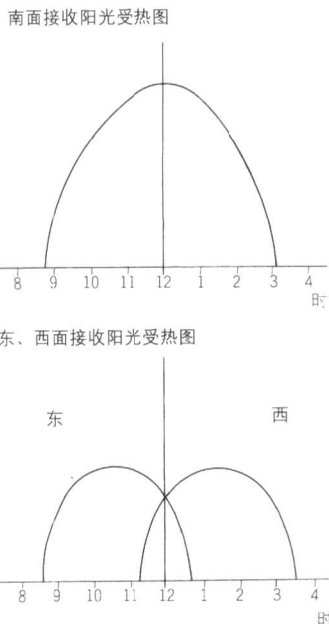


图-2



设计要点

◆屋顶采光和引入太阳辐射

在南面不能设开口采光时,可以从屋顶采光,把太阳辐射引入室内。如图-3所示,大致可分为3种形式,即平屋顶,坡屋顶和垂直面开口式天窗,分别按照这些形式很好地控制冬天和夏天的太阳辐射。

◆容易获得热的形状和热不容易散失的形状

获得热的面积要比地板面积大,而且在面对的方向(主要是南面)上开口越大,就越容易获得热。反之,热损失的面积要比地板面积小,不面对热损失方向(冬季主导风向等)的形状就不容易散失热。

只要能够将这些基本事项的特点很好地组合利用,就会更好地提高效率(图-4)。

图-3 接收太阳热的受热形式

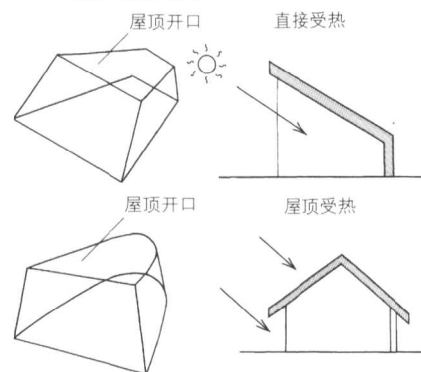
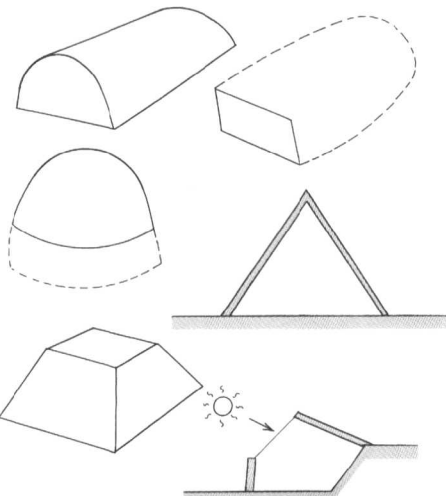


图-4 接收太阳光的受热形式



参看方法—2、3和24

方法—2

屋顶的表面和热的控制

屋顶的表面是在太阳辐射、雨、风和落下物体等严酷条件下直接与外界接触的部分。所以，对于屋顶的表面，不仅仅是热能问题，还要综合性考虑到对于上述外来因素的遮挡作用和对周围的影响，有必要将力学问题、防水、景观等问题，一并加以考虑。

本文不谈屋顶的形状和剖面上的问题，仅以屋顶表面(包括选择材料)的热能问题为中心考虑建筑上的处理方法。

如果以夏季为例考虑热能问题，主要有①关于热对室内的影响，要尽力在屋顶表面上防止太阳辐射热向室内的传递；②关于热对周围的影响，要防止太阳辐射的反射和表面温度升高产生的长波长辐射。即，热能问题的关键是如何合理地在一年四季或一天当中的每个时间段控制住屋顶表面的热平衡。

方法的原理

根据下列传热原理控制热平衡。

• 对流

根据屋顶表面的对流传热系数大小控制散热量。风速大时，散热量大。此外，还依赖于屋顶表面材料的光滑与凹凸的程度。明显的凹凸具有散热片的冷却效果。

• 辐射

散热与表面温度的4次方成正比，而且依赖于表面的辐射率。太阳辐射的辐射率(或反射率)和温度辐射(长波长)的辐射率未必一致。

对于长波长来说，与表面颜色无关，粗糙面的辐射率大，接近于1，而铝箔那样的光滑面则很小。对于太阳辐射(短波长)来说，白色的反射率大，黑色的反射率小。白色的无光泽涂料容易反射太阳辐射，但是，长波长则完全吸收。

• 蒸发

这是利用水从液态变成气态的水蒸气时，从周围带走汽化热的冷却作用。在屋顶洒水或屋顶用保水性高的材料，水从屋顶蒸发即能冷却屋顶，而且冷却效率很高。

• 机械操作

使屋顶随着外界的状况变化。例如，设置屋顶水池，将水面暴露或覆盖起来，以适应不同的外部条件。或者设置通风格栅，采用开关操作，以达到不同目的。除此之外，还有其它方法。

设计的要点

◆ 利用空气对流的设计方法

积极地使空气在屋顶表面或屋顶里面流动，控制空气产生的热。从而进一步减少屋顶受热的影响，使室内的冷热环境变为良好的状态。图-3、图-4即表示使用这种方法。

◆ 利用太阳辐射的设计方法

屋顶材料的颜色、形状对建筑物的设计有很大的影响。太阳辐射热的吸收和反射的特性，因屋顶材料的颜色和表面性状的不同而有很大的差异，充分地利用好太阳辐射热的吸收和反射的特性是设计的基本要求。材料的选用固然最为重要，但是，与屋顶的形状也有关系。

◆ 利用蒸发潜热的设计方法

这是众所周知的方法。即在屋顶上洒水或栽种植物，水分从土和植物中蒸发出来时携走了汽化热，从而达到热的控制。这种方法不单单是涉及热的问题，从肉眼视觉上的凉爽性以及绿色和水构成的空间等，在视觉上的效果也很重要。

◆ 利用活动装置的设计方法

在屋顶上安装各种装置，按季节控制室内温度。这样的装置有活动的百叶窗、开闭式屋顶天窗和屋顶水池等。通过水的蒸发进行间接冷却，或者通过蓄热得到蓄冷效果。

图-1

原 理	方 法	基 础 数 据
利用空气对流的方法	● 材料的表面形状 ● 利用百叶板	● 利用建筑物高度决定屋顶风速 ● 风速和导热率
利用热辐射的方法(长波长、短波长)	● 利用材料的表面特性和形状吸收太阳能、控制长波长辐射 ● 利用夜间热辐射	● 材料的光谱辐射率(太阳辐射吸收率和长波长辐射率) ● 利用选择性吸收面
利用水等蒸发热的方法	● 屋顶洒水 ● 栽种植物	● 蒸发量的计算方法 $M=f(v)(H_w-H_a)$ H_w : 与水温相同的饱和空气的蒸汽压 H_a : 空气中的蒸汽压力 $f(v)$: 风速的函数
利用材料的移动或拆卸等机械性操作的方法	● 屋顶水池 ● 通过百叶窗控制	

参见方法—1、3、6和13

利用种植草木控制热

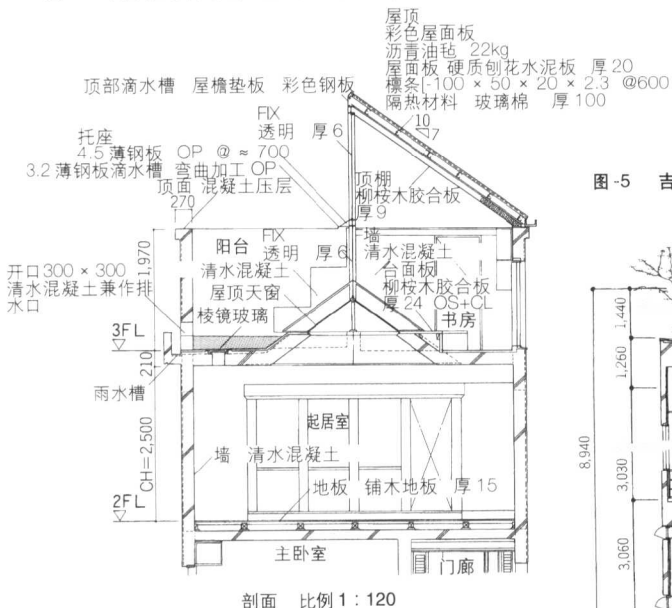
今归仁村中央公民馆(象设计集团+动感工作室, 参见方法一31)是典型的被动式太阳能建筑设计。这种设计使屋顶表面免遭了冲绳特有的强烈的太阳照射。

在混凝土和防水砂浆压层的坡屋顶上, 放置木龙骨类的木框架, 使爬山虎类植物攀绕其上。当地常将紫檀、花叶树和金桂等混种在一起。利用植物的遮荫效果, 使屋顶表面不受阳光直射, 并利用风在钢筋混凝土屋面上吹过, 使热散掉。这就相当于把泥土结构的屋顶换成了种植植物的屋顶。

利用屋顶水池的设计方法

正如西原宅的剖面图所示, 用2个金字塔形的屋顶天窗将屋顶部分和约1/2的室内部分连接起来。夏季将井水注入到屋顶上存放起来具有隔热效果, 而且由于蓄热量很大, 还会有蓄冷效果。照射在屋顶水面上的阳光形成水影映入室内, 还可以欣赏到水和光的乐趣。

图-2 西原住宅(东京都涩谷区, 室伏次郎)



利用太阳辐射热和吸收热的设计方法

下多贺住宅的屋顶是用涂有选择性吸收膜的不锈钢板(0.4mm)。屋顶材料的里面全部采用约30mm的通风管道, 用供气风扇

图-3 下多贺住宅(石田信男+综合设计机构)

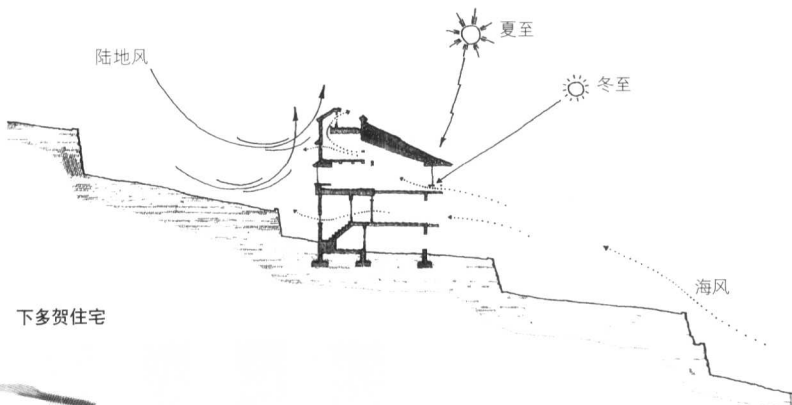


图-4 下多贺住宅



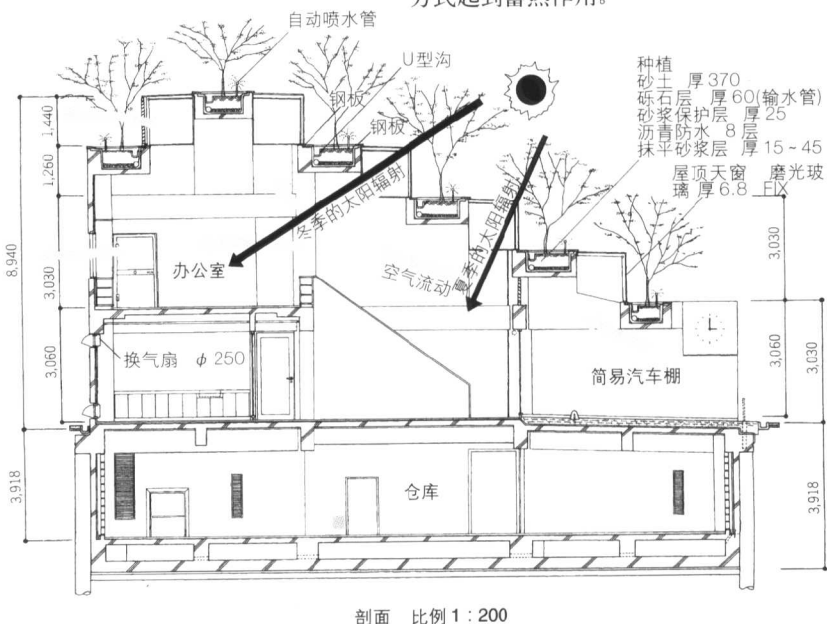
将太阳辐射热送入到室内。

夏季的夜间, 利用自然通风把室内的热排出到室外, 也有降温的效果。

利用栽种植物产生的蒸发和土隔热的设计方法

在吉冈山山上有许多梯田式的植物种植沟, 沟内种植了落叶树。除了冬季之外, 平时都是用自动喷水方式给沟内的土地及植物补充水分; 利用植物和土中的水分蒸发携走热之后, 室内变得凉爽。夏季时, 树叶遮挡了太阳辐射, 从室内可以观赏到绿色, 具有良好的视觉效果。冬季时, 土变干燥, 可作为隔热材料使用。冬天从屋顶天窗进入室内的太阳辐射, 可以作为直接受热方式起到蓄热作用。

图-5 吉冈山(石井修)



方法—3

屋顶的 隔热、保温

热的传递有3种类型,即:辐射、对流和传导。所谓隔热就是阻止由辐射、对流和传导产生的热的传递。从这个意义上讲,降低屋顶外表面的太阳辐射吸收率和减少辐射率,也属于隔热。最重要的是要另外使用一种隔热材料,它比一般的内、外装修材料和结构材料更难传热,而且要有足够的厚度。因此对隔热的评价不是指被使用的材料的导热率大小,而是由材料的种类及其厚度的总传热系数的大小来决定。

保温有两种方式。一是在某种有限制的供热条件下,为了能够保持室内的温度、墙体内表面温度或墙体内温度,就要减少热向墙体等的流进流出;二是通过热供应适当地保持室内温度。

保温既不是只依靠隔热来实现,也不是只依靠热供应来完成,而是要通过这两种方式的相互补充才能保持需要的热环境。可以说,充分发挥建筑上的处理措施,在这里是有用武之地的。

参见方法—1, 2, 13 和 21

方法的原理

通常,屋顶包括近于水平的外表面,因此可以说,在接受太阳和天空的辐射热以及在接受与室外空气的热能上,屋顶是被暴露在最严酷条件下的部位。屋顶隔热、保温的基本原理可归纳为以下几点:

- 用隔热材料控制热的流进流出;
- 通过屋顶里层的通风换气进行排热(夏季)和防止结露;
- 利用防潮片材防止湿气进入屋顶里层以及防止室内向外漏气。

图-1 表示典型的屋顶、顶棚剖面的总传热系数。

图-1 典型的屋顶、顶棚剖面的总传热系数

屋 顶、顶 棚	
木 结 构	瓦(厚 22) $R=0.28$ $K=3.61$
	屋面板(厚 10) 镀锌薄钢板(厚 0.5) 屋面板(厚 10) 玻璃棉(厚 50) $R=1.05$ $K=0.96$
	空气层(厚 100) 顶棚胶合板(厚 10) 空气层 石棉水泥瓦(厚 5) $R=2.40$ $K=0.42$
	胶合板(厚 10) 空气层(厚 100) 玻璃棉(厚 75) 顶棚(厚 10)
加 气 混 凝 土 砌 块	防水层片材(厚 5) 加气混凝土(厚 100) $R=0.98$ $K=1.02$
	抹灰层(厚 20) 防水层片材(厚 5) 加气混凝土(厚 100) 铝箔(厚 0.2) $R=1.33$ $K=0.75$
	胶合板(厚 4) 防水层片材(厚 5) 加气混凝土(厚 100) $R=1.66$ $K=0.60$
	玻璃棉(厚 50) 石膏板(厚 9)
混 凝 土	砂浆(厚 30) 混凝土(厚 150) $R=0.29$ $K=3.48$
	抹灰(厚 20) 砂浆(厚 30) 混凝土(厚 150) 空气层 铝箔 $R=0.57$ $K=1.75$
	石膏板(厚 9) 砂浆 混凝土(厚 150) 玻璃棉(厚 50) $R=1.42$ $K=0.71$
	石膏板(厚 9)

设计的要点

◆ 隔热层的厚度

屋顶、顶棚的隔热所需要的隔热层厚度,可以参考图-2 所示的总传热系数。

由此可知,虽然在寒冷地区需要特别高的隔热性,但在比较温暖的地区,还要考虑防暑,所以,制定了隔热标准值。

图-2 顶棚、屋顶隔热所需隔热层的厚度标准

- 1992 年标准(通称《新节能标准》)

顶棚或屋顶隔热时

	地区划分		
	I	II	III ~ VI
热阻值 (m^2K/W)	4.4	2.8	1.9
需要厚度, 例 1	199	129	86
需要厚度, 例 2	82	79	53

- 1999 年标准(通称《新一代节能标准》)

屋顶隔热时

	地区划分	
	I	II ~ VI
热阻值 (m^2K/W)	6.6	4.6
需要厚度, 例 1	300	210
需要厚度, 例 2	185	130

顶棚隔热时

	地区划分	
	I	II ~ VI
热阻值 (m^2K/W)	5.7	4.0
需要厚度, 例 1	260	180
需要厚度, 例 2	160	115

注 厚度单位: mm

例 1: 玻璃棉(16kg/m³)

例 2: 挤压成型泡沫聚苯乙烯(3 种)

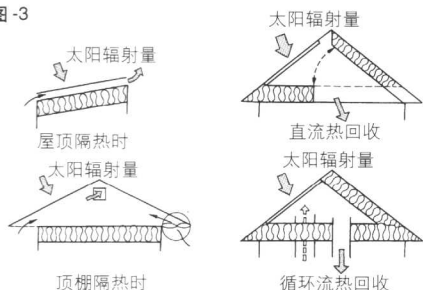
◆ 屋顶里层的换气

在夏季,屋顶里层的气温有时会高达 60~70℃。在这种情况下,即使有顶棚隔热,也会有大量的热气进入室内,使上层的卧室酷热难寐。为了防止这种情况的出现,就要把屋顶里层的高温空气排出屋外,即采用屋顶里层换气就会很有效果。屋顶里层的通风换气不仅仅是为了防暑,在冬季还可以排出从居室进入屋顶里层的湿气,起到防止结露的作用(图-3)。

换气口的开口面积,一般是用对屋顶里层面积的比例表示;在坡屋顶和顶棚隔

热的情况下,下方换气口(檐口底部)与上方换气口(屋脊换气口等)的间隔约在90cm以上时,这些开口的总面积最好大于屋顶里层面积的1/300。

图-3

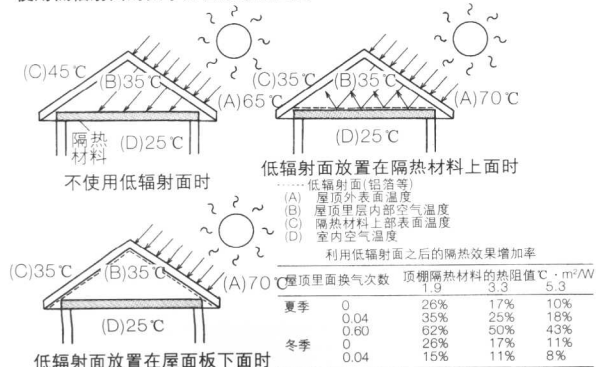


防止辐射传热

抑制热流穿过空气层的方法,是通过降低隔离空气层材料的任何一个表面的辐射率来减少辐射的传热。为此,可以使用铝箔或辐射率低的涂料。下面把低辐射率的饰面称为低辐射面。

图-4是用模式化的方法表示出的使用低辐射面的屋顶里层的隔热方法。太阳辐射量大的时候,屋顶外表面温度高达60℃以上,不使用低辐射面的时候,是在屋面板下面和隔热材料上面接受辐射热,隔热材料上面的温度比屋顶里层内部的空气温度还要高,因此也就增加了向室内的传热量。与此相比,将低辐射面放在隔热材料上面或者放在屋面板下面时,辐射热的受热也会减少,隔热材料上面的表面温度与屋顶里层的空气温度基本相等,结果表明,这种方法可以抑制辐射热向室内的传热。把顶棚上的隔热材料作成防潮性的低辐射面来使用时,一定要在隔热材料下面放置防潮层,对此必须加以注意。

图-4 使用低辐射面的夏季防暑效果模式图

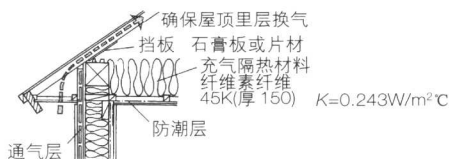


坡屋顶的顶棚隔热

在隔热上最需要注意的是屋顶的周围与墙体上端的接合部分。在要保证隔热材料的厚度时,还要注意屋顶的形式(图-5)。

在隔热材料的室内一侧要有防潮层,以免室内的湿气进入隔热材料内部和屋顶里层,防止出现结露。屋顶里层的换气是为了排出湿气和在夏季时降低屋顶里层的温度。

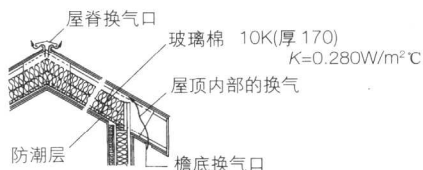
图-5



坡屋顶的屋顶隔热

坡屋顶也必须注意防潮和通风换气。它与顶棚隔热相比,虽然放置隔热材料的空间有限制,但在隔热材料的上部,还应确保屋顶里层换气用的空间(图-6)。

图-6



在设计上必须注意的是,不能用隔热材料把布线或顶棚嵌入型照明灯具覆盖起来。布线类材料或在隔热材料的上面通过,或在隔热材料的下面设置布线空间穿过。

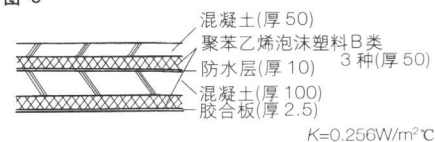
平屋顶

在平屋顶的顶棚里面换气比在坡屋顶更困难。因此,檐底换气口的开口面积和通气层的厚度都要有充足的余地。例如换气口,建议采用连续的宽25mm的开口;通气层的厚度,建议要大于50mm(图-7、图-8)。

图-7



图-8



屋顶的冷却

在夏季,屋顶会受到强烈的太阳辐射。正如冲绳的建筑家所说:“遮挡太阳辐射并通风是建筑设计的基本”。为了防止夏季的酷热,首先必须考虑太阳辐射热不能侵入到室内,而且,被动式太阳能建筑设计不是单纯地遮挡太阳辐射和向外排热,而是要积极地利用太阳辐射热。

从城市的街道来看,有时南面的窗户因受到相邻建筑物的影响而得不到阳光照射,不能用窗户集热和通风。但在这种情况下,还可以从屋顶得到充足的太阳辐射,可以面向大气开放,可以利用各种自然能源。

也就是说,只要在屋顶上积极地想办法,就不会只有利用太阳辐射热,还可以将自然能源作为夏季的制冷源来使用;而且包括雨水的利用以及由光导管产生的光的利用等,可以同时利用多种自然能源。

通过屋顶利用自然能源时,虽然需要有简单的装置和风机的动力等少许的人工能量,但是其效果非常大。我们要充分地利用降临在屋顶上的热、光、水等自然恩赐。

在使用屋顶自然能源的方法中,这里主要介绍几种被动式太阳能制冷方法。

方法的原理

屋顶被动式太阳能制冷方法,可大致分为使用空气的方法和使用水的方法。

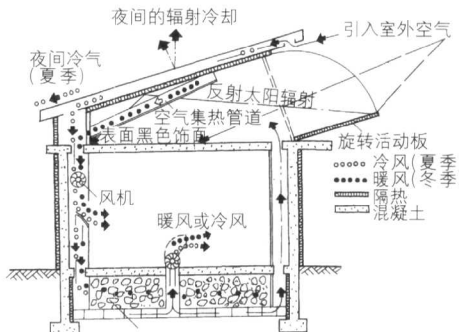
使用空气的方法

用屋顶上的辐射冷却板冷却空气,把被冷却的空气送到居室或蓄热部分进行制冷或蓄冷。考虑到成本核算,通常要把冬季集热和夏季排热的装置合并在一起进行设计。

制冷方式有两种,一种是将室外空气引入到辐射冷却板上进行冷却,然后送入室内;另一种是让室内空气在辐射冷却板内循环后,送入室内。

下面是 B. Givoni 的设计实例。夏季在夜间用屋顶的辐射冷却板冷却室外空气,然后用风机把冷空气送入到室内和地板下面的岩棉垫床内进行制冷或蓄冷。冬季在白天打开隔热板,在屋顶里层进行空气集热,然后把热空气送入到室内和岩棉垫床内进行采暖或蓄热。

图-1 利用辐射冷却板的形象示意图(B. Givoni)



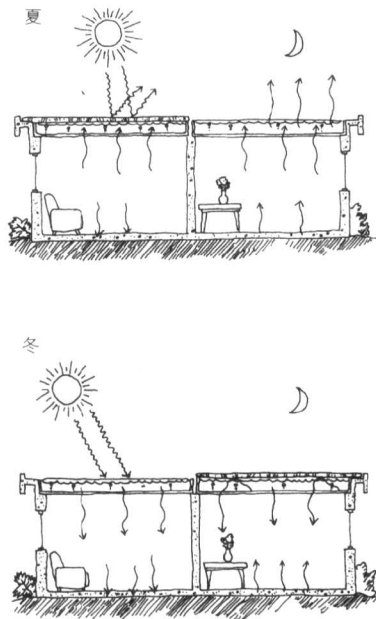
使用水的方法

使用水的方法有以下两种。

• 屋顶水池

屋顶水池是将水箱放在顶棚的上面,夜间把屋顶(活动隔热窗)打开。通过向空气中散发辐射热而冷却进行蓄冷;白天关闭屋顶,让水箱里的水吸收室内的热,从而获得冷却的效果。在冬季,白天让水箱里的水吸收太阳能,夜间关闭隔热窗,从顶棚上采暖。

图-2 屋顶水池示意图



• 利用水的蒸发冷却作用(屋顶洒水)

夏季的白天往屋顶上洒水能够完全隔断强烈的太阳辐射热往室内侵入。

最近的研究实例是让水从屋顶上流下来,遮挡住太阳的辐射热,同时使冷却水在室内的辐射板内循环,进行辐射制冷。水流下的状态与平时风在静止水面上吹的状态一样,促进了水的蒸发冷却作用。

另外,把雨水储存起来,晴天时用于屋顶洒水降温,这是用“水”的稳定形态储存“冷热”,可以说是非常聪明的方法。再有,如果各家各户都能储存雨水,对于防止出现城市洪水也是有效的。还可以考虑将雨水作为饮用水来利用。很早以前,在世界各地就有储存降在屋顶上的雨水的方法。

国吉住宅是在拱顶状屋顶的顶部设置屋顶洒水用的配管设备,利用蒸发潜热冷却屋顶。此外,在拱顶状屋顶的顶部附近有换气风机进行室内的通风、换气。