

序 言

太阳能将是二十一世纪的重要开发能源,这一点恐怕已是世所公认的了。随着世界人口的增多、经济的发展、常规能源的枯竭、环境污染的泛滥,人们将越来越依靠能够维持生态平衡的再生能源。科学技术的进步也将使太阳能的利用效率日益提高,成本日益下降,从而不断扩大其应用范围,特别是在建筑环境中的应用。

太阳能应用可以说既是最古老、又是最新颖的一种技术。在基督教的《圣经》中,上帝创世第一件事就是创造光——太阳。这就是说,在人的意识中居第一位的就是给予我们光和热的太阳。有过一段时间,有人以为,依靠机械及电气科学的成就,可以创造出不依赖于太阳的人造环境——人工空调、人工照明。但是,实践证明,这种人造环境不但能源消耗大,造成难以忍受的经济负担,而且,从生理及心理效应来说,也是不适宜的,甚至是不卫生的。于是,在经济最发达的国家中,又出现了返回自然——自然采光、自然通风、自然供热——的强烈呼声。人们发现,把最丰富的太阳能摒弃于人类生活之外,是最大的浪费,也是最大的愚蠢。这种既新又老的观点,实是颠扑不破的真理。

我国是一个发展中的国家,尽管常规能源储藏丰富,但对庞大的人口来说,这种能源还是相对匮乏的,特别是在广大农村中。我们不可能象一些西方工业化国家那样,走大量采用常规能源来制造人造环境的老路。我国的建筑——特别是量大面广的农村建筑——应当逐步转移到以利用再生能源为主,不足时再以人工能源补充的轨道上来。

建筑设计师(包括建筑师、规划师、工程师、园林师、经济师等)是人造环境的创编者,首先需要在观念、方法和手段上去旧创新。有效地利用自然再生能源,应是设计观念更新中的一个重要方面。当然,只有观念更新,没有相应的客观条件(技术、材料、设备)也是枉然的。值得高兴的是,我国已经有了一支献身于太阳能在建筑中应用的科技力量。他们用先进的技术理论,结合我国的国情特点,有的还与国外友好组织及人士开展合作,经过辛勤的劳动,已经开发成功了一批适用的新技术,取得了可喜的成就。本书就是他们多年来劳动成果及经验的结晶。作为一名建筑工作者及公民,我愿意在此向广大建筑设计人员推荐这本书,并借此机会向多年来从事于太阳能开发的我国科技工作者,向来到我国传授扩散太阳能技术的外国专家、学者们,表示深切的感谢和敬意。

张纹楠

1987年1月

概 述

在我们生活的这个地球上,无论是风云的变幻、江河的奔流,还是一切生物的生存、生长和繁衍,无不依赖于太阳。太阳给人类带来了温暖,带来了光明,提供了维持生命的食粮。因此从人类诞生的那天起,就无时无刻不在利用着太阳能。在建筑领域中也不例外。自原始社会的洞穴、巢居到现代的高楼大厦,都自发或自觉地利用着太阳的光和热。

早在公元前五世纪,著名哲学家苏格拉底(Socrates)就曾提出了借助太阳使房屋温暖复凉的学说。古希腊人根据这一学说在北部的奥林萨斯(Olynthus)建成了一座太阳城——北丘,使街道上的所有主要建筑都能接受南向阳光的照射。图1是北丘的典型街道平面;图2是住宅模型。我国古代的宫殿、庙宇也多背阴向阳修建。特别是北方的传统民居大都坐北朝南;房屋的北面和东西两端多筑以厚墙,以减少热耗;而南立面则满开绿花门窗,以增加采光和得热。可以说它们就是现代太阳能建筑的原型(图3)。由此看来,在建筑中利用太阳能,并不是近代的新发现。

随着生产力的不断发展,埋藏在地下的非再生能源越来越多地被人们开发利用,同时,相应地减少了对太阳能的依赖。特别是到了十八世纪中叶,产业革命使生产力产生了大的飞跃,煤、石油、天然气成了世界能源的主要支柱。此后,被人们称为常规能源。人们无忧无虑地进行开采,就像天真的孩子从食品盒里掏取饼干一样随心所欲。这就使得在漫长的历史岁月中,太阳能在建筑中的利用技术发展比较缓慢。

到了二十世纪初人们才意识到,正像食品盒里的饼干总有一天会取空一样,蕴藏在地下的常规能源也总有一天会枯竭。而且可怕的是这一天的到来并不遥远。于是太阳能等可再生能源的研究和利用又重新受到了人们的重视。特别是1973年的能源危机,使这项工作在很多国家得到了蓬勃的发展,并取得了显著的成绩。因此,“太阳能建筑学”在人们的心目中又变成了一门新兴的科学技术。难怪在我们的建筑师、工程师中,不少人对这门古老而新兴的科学技术至今还感到陌生。

太阳能是取之不尽,用之不竭,巨大而又无污染的能源。太阳无私地

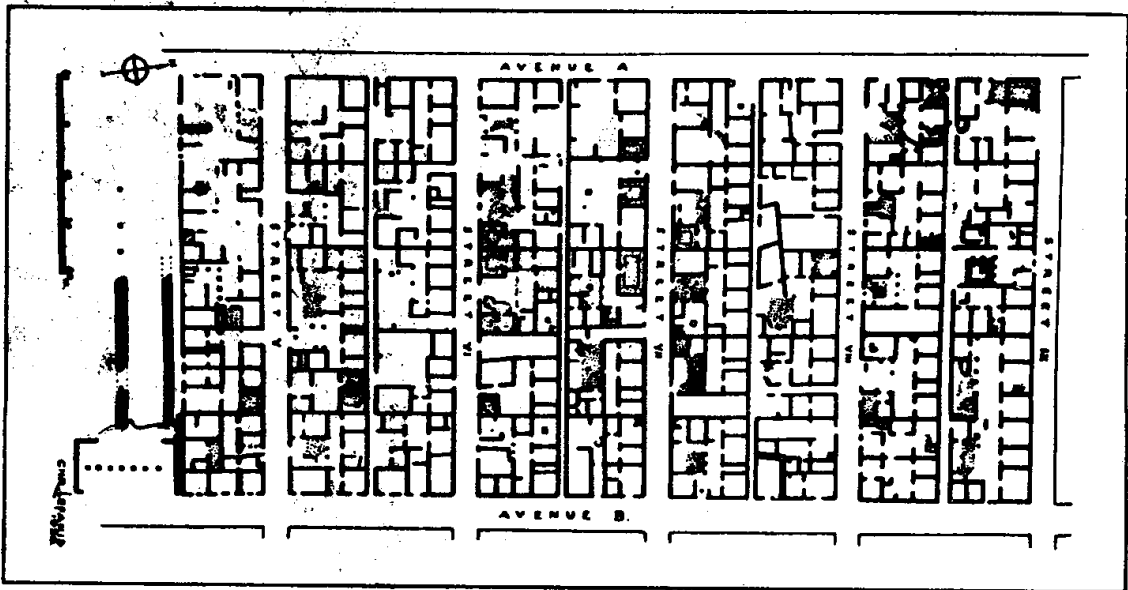


图1 北丘的典型街区平面

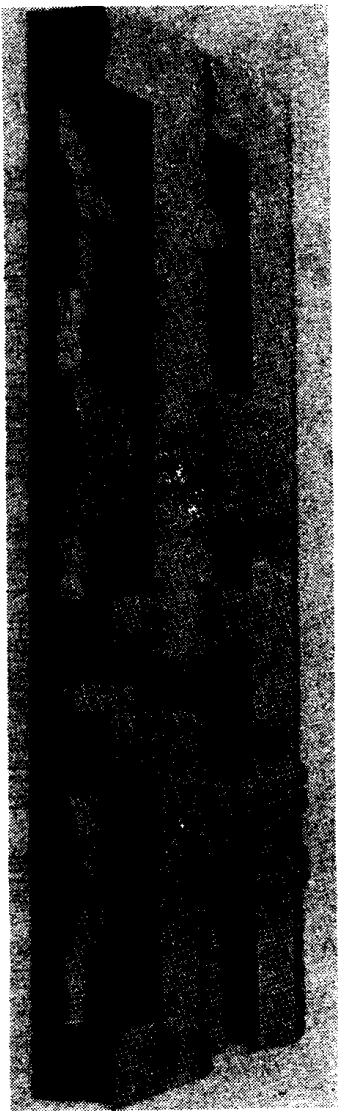


图 2 住宅模型南立面



图 3 我国北方的传统民居

赐予地球的能量大得惊人,以功率计算为173 万亿千瓦。在地球大气层外的太阳辐射能高达 $1353\text{w}/\text{m}^2$ (太阳常数)。但是经过大气层的吸收和反射后,能量密度大大降低,以致人们要利用无代价的太阳能,也不得不付出一定的代价和努力。

太阳能在建筑中的利用,包括采暖、降温、热水、干燥、以及养护混凝土预制构件等很多方面。通常把主要利用太阳能采暖或空调的建筑物称为“太阳房”(Solar House)或“太阳能建筑”(Solar Building)。

近代太阳房的发展历史可以追溯到十九世纪八十年代。1881 年,美国马萨诸塞州的 E.S. 莫尔斯(Edward S. Morse)发现,当关闭受阳光照射窗户后面的暗色窗帘时,它变得非常热,并且在窗帘和玻璃之间产生了热气流。他想,能否利用这一原理为房间供暖呢?于是莫尔斯建造了一个实验装置并获得了成功。1882 年,莫尔斯的第一个空气加热器安装在赛伦的皮博迪博物馆(Peabody Museum)(图 4)。虽然 13 英尺(3.96 米)高、4 英尺(1.22 米)宽的空气加热器相对于 4000 平方英尺(371.6 平方米)的大厅显得太小了,但莫尔斯注意到空气流经加热器后至少上升了 $26\text{F}(14.44\text{ }^{\circ}\text{C})$ 。后来,法国的费利克斯·特隆布(Felix Trombe)和建筑师雅克·米歇尔(Jacques Michel),于 1967 年利用这种原理在奥德依奥(Odeillo)建造了几幢太阳能住宅,并使这种采暖方式得到了进一步的提高。

到了二十世纪三、四十年代以后,太阳房的设计研究工作在欧洲、美洲等地得到了广泛的开展。特别是 1973 年能源危机以后,太阳能采暖空调的方式逐渐增多并更加完善。

目前世界上有几十万栋各式各样的太阳房,总的来说可分为两大类,即主动式太阳房(Active Solar House)和被动式太阳房(Passive Solar House)。

主动式太阳房是以太阳能集热器、散热器、管道、风机或泵、以及贮热装置组成的强制循环太阳能采暖系统;或者是由上述设备与吸收式制冷机组成的太阳能空调系统。这种系统控制调节比较灵活方便,应用范围也比较广泛,除居住建筑外,还可用于公共建筑和生产性建筑。但主动式太阳房的一次投资较高,技术较复杂,维修工作量也比较大,并需消耗一定数量的常规能源。因而目前主要在一些有专人管理的大中型建筑中继续研究

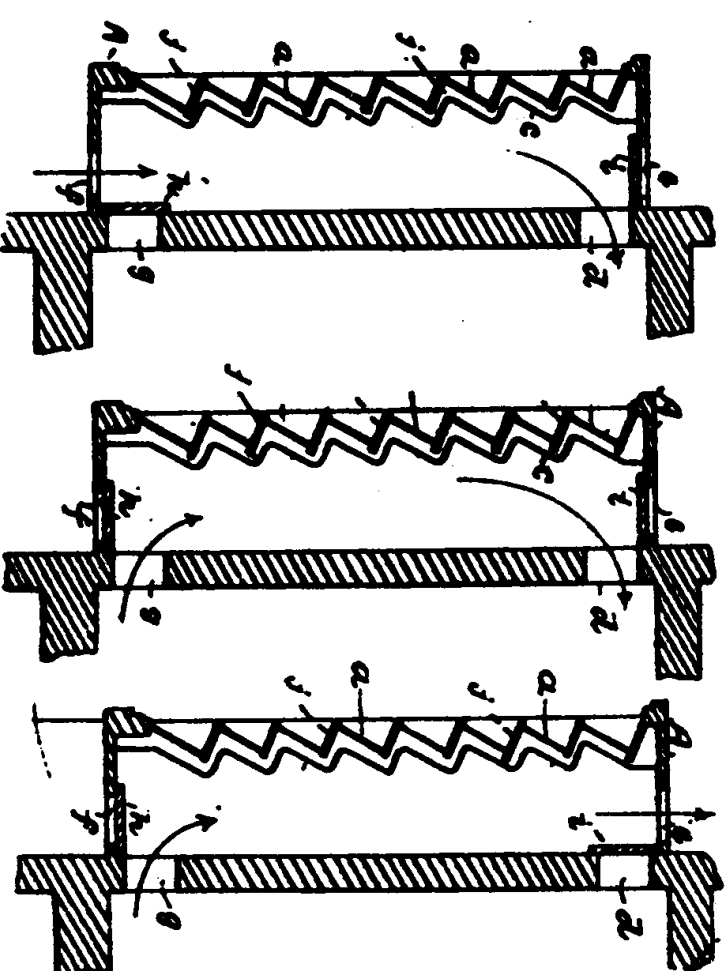


图 4 莫尔斯的第一个试验性空气加热器的三种运行方式

和应用,而对于小型建筑特别是居住建筑来说,已逐渐由被动式太阳房所代替。

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,以及结构构造和建筑材料的恰当选择,使建筑物冬季能集取、保持、贮存、分布太阳能,从而解决采暖问题;同时夏季能遮蔽太阳辐射,散逸室内热量,从而使建筑物降温。被动式太阳房是一种让太阳射进房屋并自然地加以应用的途径,整个建筑本身就是一个太阳能系统,不像主动式太阳房那样需要另外附加一套采暖设备。因此它的许多构件都具有双重功能。例如窗户不仅是为了采光和观景,同时也靠它集取太阳能;隔热、分隔空间的墙体,同时也用来贮存并辐射热量。如果说主动式太阳能系统主要是采暖通风工程师的工作,那末被动式太阳房设计则主要是建筑师的事情。当然,两者都需要各专业的密切配合。

被动式太阳房不需要或仅使用很少的动力和机械设备,几乎没有什么运行费用,维修费用也很小。它的一次投资的多少并不取决于设备造价,而是在很大程度上取决于建筑设计水平和建筑材料选择。建造人可以从利用太阳能采暖降温、节约常规能源方面获得经济效益,而几乎没有任何风险。世界各国已经修建了许多经济效益很好的被动式太阳房,随着常规能源价格的不断上涨,它们的经济效益将越来越高。

被动式太阳房的采暖方式主要有以下几种:

一、直接受益(Direct Gain)

建筑物利用太阳能采暖的最普通、最简单的方法,就是让阳光透过窗户照进来(图5)。安装不严密的一般单层玻璃窗,由它损失的热量有可能大于它接受的太阳能;而设计安装较好、设有夜间保温装置的南向双层玻璃窗,大致可以和同样面积的主动式太阳能集热系统提供同样多的热量。

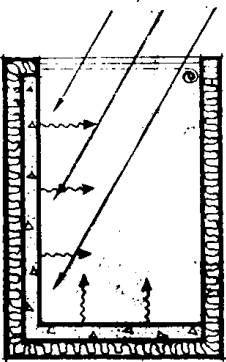


图5 直接受益采暖方式

玻璃窗应尽量朝向正南,东西向的窗户夏季遮阳比较困难。窗户的最大面积应考虑冬季晴天时室内温度的允许波动范围,超过需要的玻璃面积对提高节能率作用不大,而且会造成令人不快的过热现象和产生眩光。

在直接受益采暖方式中,应恰当选择窗玻璃的类型。净片玻璃有它的优点,但很多人不喜欢在阳光直接照射下工作,同时建筑空间内部的隐秘感也会被它造成的“鱼缸”效果所破坏。在这种情况下,采用半透明的漫射玻璃、耐老化玻璃钢、以及聚丙烯类透光材料等,可以弥补这方面的不足。

考虑窗户位置的一个基本因素,是要增加阳光对贮热体如地板、墙体等的照射。透过性能较好的半透明玻璃可以扩散射进房间的光线,将热量直接分布到很多表面上。要使阳光照进北向房间,可采用易于夏季遮阳的天窗。

直接受益方式升温快,构造简单,且与常规建筑的外貌相似,建筑艺术处理比较灵活。但要保持比较稳定的室内温度,需要布置足够的贮热材料,如砖、土坯、混凝土等。贮热体可以和建筑结构结合为一体,也可以在室内单独设置,例如安放若干装满水的容器等。当大量阳光射入建筑物时,贮热体可以吸收过剩的热量,随后用于没有阳光射入建筑物时,从而调节室内温度,减小波动幅度。贮热体应尽量布置在受阳光直接照射的地方。根据一般经验,要贮存同样数量的热能,非直接照射的贮热体需要比被直接照射的贮热体大四倍。在一般情况下,每平方米集热玻璃面积,需要能贮存 $600\text{KJ} / ^\circ\text{C}$ ($143\text{kcal} / ^\circ\text{C}$) 的受直接照射贮热体。

减少通过玻璃损失的热量,是改善直接受益系统特性的最好途径之一。增加玻璃层数只是可供选择的一种办法;而夜间对窗玻璃进行保温,是正在被广泛采用的较好措施。窗户的夜间保温装置如保温帘、保温板等,应尽可能放在窗户的外侧,并尽可能地严密。

二、对流环路(Convective Loops)

对流环路是国外广泛采用的一种太阳能采暖方式,也是在太阳不照射时集热部件不损失热量或损失热量很少的一种方式。在我国,目前这种采暖方式的实例正在逐渐增多,习惯上称它为集热墙(图6)或空气集热器(图7)。

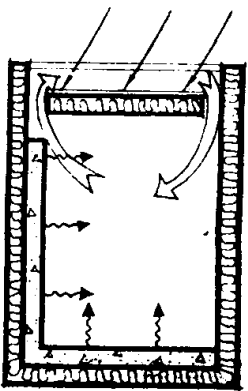


图 6 集热墙对流环路采暖方式

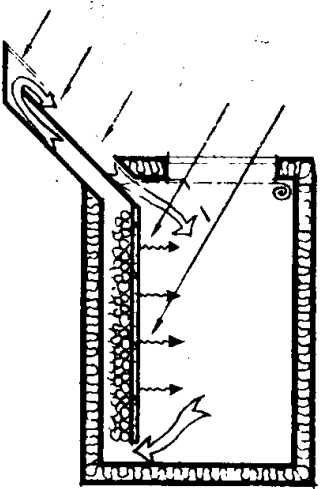


图 7 空气集热器对流环路采暖方式

对流环路的原理,类似太阳能家用热水系统,依靠热虹吸作用进行循环。对流环路板是一个平板空气集热器。它是由一层或两层玻璃复盖着一个黑色的金属吸热板组成。空气可以流过吸热板前面或后面的通道;如果吸热板是钢板网等多孔材料,空气也可穿过吸热板流动。对流环路板的后面设有保温材料。集热器内的空气,被吸热板吸收的太阳能加热后上升,经过上部风口进入房间;同时房间下部温度较低的空气由下部风口进入集热器继续被加热,如此形成循环(图 6)。

对流环路板可以和建筑物南墙组合为集热墙,也可以单独制成空气集热器,附加到新建或原有建筑的南墙外面或下方(图 7)。吸热板可采用瓦垄钢板、折线形钢板、或几层金属板拉网。慢慢移动的空气必须和面积尽可能大的吸热板表面相接触。吸热板的温度越高,热损失越大,效率越低。通畅的气流循环可以使吸热板保持较低的温度,而把尽可能多的热量传送到房间。在对流环路系统中,集热墙的高度应不小于 1.8m;吸热板与玻璃之间的空气流动厚度,一般为 75 ~ 150mm,或者取其垂直高度的 1/15 ~ 1/20;上下风口横断面积之和,一般取集热玻璃面积的 5% 左右。

在对流环路系统中,夜间当集热墙变冷时,可能产生反向对流。一个晴天所获热量的 20%,可以在第二天日出前的逆循环中损失掉。在风口上设置手动逆止风门将增加管理上的麻烦。最常用的自动防止反向对流的逆止风门,是在风口上悬挂一层又轻又薄的塑料薄膜,热气流可以轻轻地使风门推开进入房间,反向气流则使塑料薄膜落回原来的位置遮住风口,阻止气流逆循环。

对流环路采暖方式,最适用于学校、办公楼这类建筑。因为这类建筑物主要的特点是白天使用,与集热墙运行周期相一致。它也可以用于住宅,但应根据需要加设贮热体。

三、蓄热墙 (Thermal Storage Walls)

蓄热墙有两种形式:

一种是采用混凝土、土坯、砖等作为贮热体,厚度约 300mm 左右,当阳光投射到它上面时便被加热。像对流环路系统一样,对流风口设在墙的底部和顶部,房间的冷空气下降进入底部风口,在贮热墙体与玻璃之间的空间中受热上升,经由顶部风口进入房间(图 8)。同时墙体吸收的太阳能慢慢向内传导,随后在没有太阳照射时辐射给房间;或者不设风口,完全靠吸收、传导和辐射向室内供暖。这种称为特隆布墙 (Trombe Wall) 的采暖方式我国用得较多,习惯上称为集热蓄热墙。

另一种蓄热墙型式是水墙 (Water Wall) (图 9)。因为水可以通过对流使其整个厚度保持较均匀一致的温度,因而它的吸收表面所保持的温度可以比特隆布墙的吸收表面低,这是水墙的效率一般高于特隆布墙的主要原因。但遗憾的是目前我国水墙的实例很少。

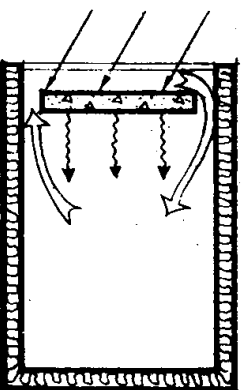


图 8 集热蓄热墙采暖方式

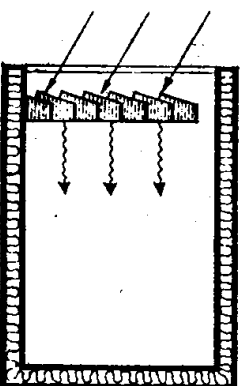


图 9 水墙采暖方式

夏季,集热蓄热墙还可促进房间的自然通风,从而降低室内温度。这是由于当玻璃与墙体之间的空气被太阳能加热后,通过开向室外的上部排风口被抽出,产生“烟囱效应”。这样,室内的热空气被徐徐排出室外,而房屋北侧或地下的凉爽空气不断补充进来(图 10)。但是如果开向室外的排风口冬天不能严密关闭的话,这种降温系统不应考虑。

在比较寒冷的气候条件下,蓄热墙都应当至少设两层玻璃。夜间保温装置可以惊人地改进蓄热墙的性能,特别是在寒冷地区。

集热蓄热墙的上下风口应靠近天花板和地板,上风口加下风口的总

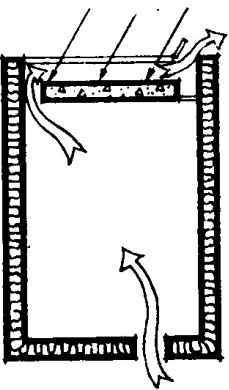


图 10 集热蓄热墙夏季降温时的空气流程

横断面积,约为该墙面积的 1%;上下风口的垂直距离不宜小于 1.8m。和对流环路(集热墙)系统一样,风口应安装塑料薄膜自动逆止风门。外侧玻璃与贮热墙体之间的空腔或流道宽度,一般为 75~100mm。

由于热波自贮热墙体室外一侧向室内一侧的传导需要一个过程,因而内表面峰值温度出现的时刻,将随墙厚和材料的不同,较外表面产生不同的时间延迟,所以它能够把白天吸收的太阳热能贮存到夜晚使用。蓄热墙系统常常和直接受益系统组合应用;白天由直接受益窗供暖,夜间由蓄热墙供暖,从而使房间获得稳定而舒适的温度。

集热蓄热墙的贮热墙体外侧,一般喷涂黑色吸热涂料。如能涂刷吸收率高而发射率低的选择性涂层,可以提高它的热效率。但是建筑立面上大片黑色常常使人们的心情感到沉闷和压抑,所以有时改用墨绿、暗红、深棕等色,但热效率毕竟不及黑色。

四、附加日光间(Ateched Sunspace)

“附加日光间”,是指那些由于直接获得太阳热能而使温度产生较大波动的空间。过热的空气可以立即用于加热相邻的房间,或者贮存起来留待没有太阳照射时使用。在一天的所有时间内,附加日光间的温度都比室外高,这一较高的温度使其作为缓冲区减少了建筑的热损失。除此之外,附加日光间还可以作为温室(Green House)栽种花卉,以及用于观赏风景、交通联系、娱乐休息等多种功能。它为人们创造了一个置身大自然之中的室内环境。

普通的南向缓冲区如南廊、封闭阳台、门厅等,把南面做成透明的玻璃墙,即可成为日光间(图 11)。它的屋顶如做成倾斜玻璃,集热量将大大增加。但斜面玻璃容易积灰,且必须具有足够的强度,以保证人的安

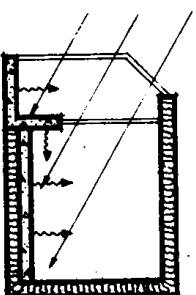


图 11 附加日光间采暖方式

全。

大多数日光间采用双层玻璃建造,且不再附加其它减少热损失的措施。如为了容许最大限度的太阳照射并使夜间的热损失最小,也可安装上卷式保温帘。

那怕是设计得最好的日光间,在日照强烈、气候炎热期间也需要通风。大多数日光间每 20~30m²玻璃需要 1m²的排风口。排风口应尽可能靠近屋脊,而进风口应尽可能低一些。

日光间中的地板,是布置贮热体的最容易、最明显的位置。不论是土壤还是混凝土或缸砖,都有很大的贮热容量,可以减小日光间的温度波动。玻璃外墙的基础,应当向下保温到大方脚。日光间与房间之间的墙体,也是设置贮热体的好位置。这些墙体冬季可以充分接受太阳照射,并把其热量的一部分传给房间,其余的热量温暖日光间。

由日光间到相邻房间的热量传递方法有以下四种(图 12):1)太阳热能通过日光间与房间之间的玻璃门窗直接射入室内;2)日光间的热量借助于自然对流或小的风扇直接传送到房间;3)通过日光间与房间之间的墙体传导、辐射给房间;4)先贮存在卵石床,然后再传给建筑物。

以上四种是国内、外采用较多的被动式太阳能采暖方式。至于其它采暖方式如蓄热屋顶等(Thermal Storage Roofs),它兼有冬季采暖、夏季降温的双重功能,使室内温度较为稳定。但由于传热顶棚、支撑结构和绝热盖板的构造、操作比较复杂,投资比较高,在国外实例也不多。看来近期内国内还不具备广泛采用的条件。因而这里暂不详细介绍。

被动式太阳房建筑设计,除考虑采暖效果外,和常规建筑一样,还必须做到功能适用,造型美观,结构安全合理,维护管理方便,以及节约用料、减少投资等等,因而需要反复进行方案比较。在很多情况下,一幢太阳房

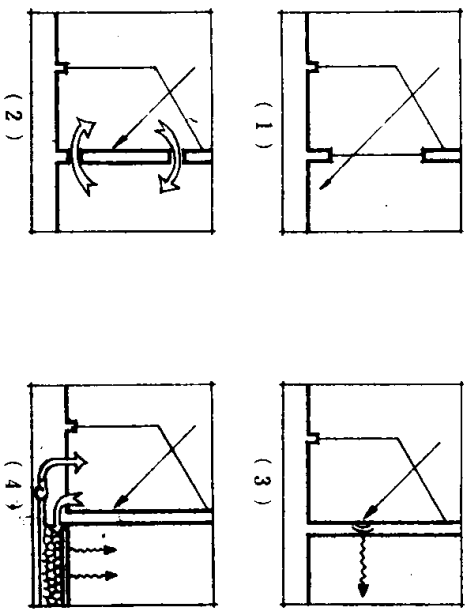


图 12 日光间与相邻房间的热量传递方式

常常组合应用两、三种采暖方式。

由于太阳能的密度低,集取不易,所以加强外围护结构的保温性能,减少热损失,无论对于那一种被动式系统都是至关重要的。至于保温材料的选择和各部构造的做法,应因地因材制宜,并可参阅本图集的各个实例,这里不再详细介绍。

我国是一个发展中国家。在能源问题受到举世瞩目的今天,我国的能源供需矛盾也日趋尖锐。我国国民经济不能保持较高的增长速度,不能出现一个新的发展局面,在很大程度上取决于能源交通问题能否得到恰当的解决。因而,开发新能源,节约常规能源的工作正面临新的考验和挑战。

我国地域辽阔,大部分地区都有着丰富的太阳能资源。特别是西部地区,年太阳能辐射总量高达 $627 \sim 836 \text{ kJ} / \text{cm}^2$ ($150 \sim 200 \text{ kcal} / \text{cm}^2$),年日照率达 70% 左右;华北地区和山东、河南等省的日照条件也很好,为我们大量推广被动式太阳房创造了良好的条件。虽然我国从七十年代中期才开始被动式太阳房的设计研究工作,但发展速度还是比较快的。据粗略统计,目前全国已建成各种类型的太阳房 300 多栋,大部份是 83 年以来竣工的。其中数量较多且比较集中的,有中外合作修建的北京新能源村、兰州太阳能基地,北京的大兴、昌平,甘肃的敦煌,西藏的阿里地区等。在这一批太阳房的示范和影响下,使越来越多的人认识到,修建被动式太

阳房不仅可以节约常规能源,保持生态平衡,减少环境污染,而且可以改善生活条件。特别是在广大农村和那些气候寒冷、交通困难、燃料昂贵的边远地区,对建造太阳房的要求更加迫切。有些地区虽为非采暖区,但冬季也较寒冷,太阳房也具有很好的发展前景。目前一个更加广阔的修建太阳房的热潮正在兴起,一个个新的太阳村、太阳城即将和正在展现在我们的国土上。

为了交流信息,总结经验,扩大影响,我们把我国已建成的被动式太阳房和有特色的设计方案选编成册,供有关单位和人员参考。同时作为中国建筑学会建筑热能动力学术委员会太阳能建筑学组奉献给广大读者的礼品。

经认真研究和反复讨论,本图集共选编了 54 个已建成使用的被动式太阳房和 4 个设计方案,并按居住建筑、公共建筑、生产性建筑的次序排列。选择的原则是从建筑功能、技术经济、采暖效果、艺术造型等各方面加以全面考虑,并照顾到建筑类型、建造地区、设计特点的丰富多样。由于编者的水平和图集的篇幅所限,不可能把比较好的太阳房全部编入;已选进本图集的太阳房,也可能还存在这样或那样的问题。随着太阳能利用事业的蓬勃发展,相信优秀的太阳房设计和实例一定会不断涌现。我们希继续这本图集之后,第二集、第三集……在大家的共同努力下陆续问世。

图集所列外围护结构的热阻值,绝大部分为设计计算数据,在实际施工中不同程度地打了折扣,有的甚至相差很多;图集中所列建筑造价,虽多数为施工决算数字,但由于受各种客观和人为因素的影响很大,不能作为进行类比的可靠依据,也不能确切反映太阳房与同类一般建筑的造价关系。这些数据仅供读者参考。

被动式太阳房的设计、研究和建设工作涉及的面很广。它需要各级领导的关怀支持,建设单位的积极采用,设计研究单位的精心设计,施工、材料部门的密切配合等等。但目前从事这项工作的单位和人员还很少,与形势发展的需要已越来越不适应。我们希望更多的建筑设计、建筑节能和太阳能利用工作人员,乡村建设和农村能源工作者,以及高等、中等院校的师生,投入到这项有益国家、造福人民的事业中来。尤其希望广大建筑师们,肩负起这一神圣职责。

让普照全球的太阳更好地为人类服务!

北京新能源村改建住宅之一

建设地点:北京市大兴县义和庄

建成时间:1981年

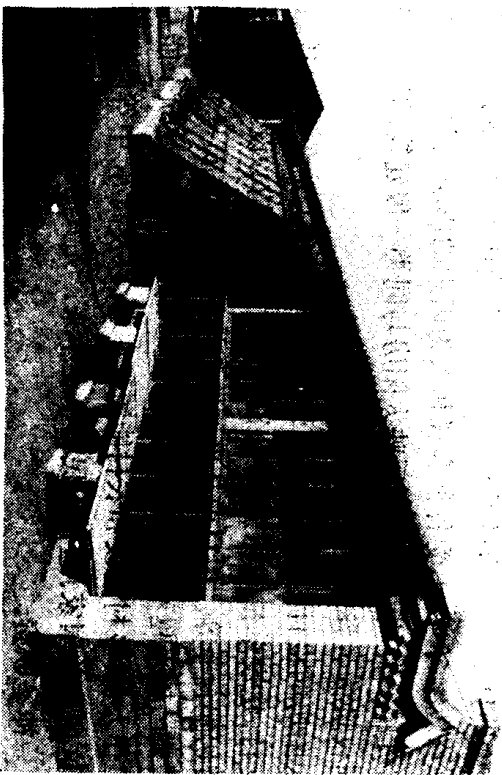
设计单位:清华大学建筑系、热能系

义和庄位于北纬 $39^{\circ}48'$, 海拔 39m。元月份水平面平均日辐射值 $9191.2\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ ($219.8\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{day}$) 采暖期4个月。当地元月份日照时数 209.2 小时, 日照率 75%, 元月份平均气温 -4.7°C 。

该太阳房为利用原有农村住宅改建而成, 把它做为研究农村太阳房的试点工程。改建后的建筑面积为 119m^2 , 该太阳房已于1983年3月通过北京市科委主持的鉴定会。

该太阳房改建要求: 冬季采暖期室温日平均值 12°C , 在不低于 8°C 条件下, 太阳能采暖率不低于 60%, 用于太阳能的措施费用 $25\text{元}/\text{m}^2$ 。改建后的太阳房其围护结构保温效果较好, 实际热阻值 R 为 $1.57-1.64\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{w}$ ($1.83-1.91\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$)。

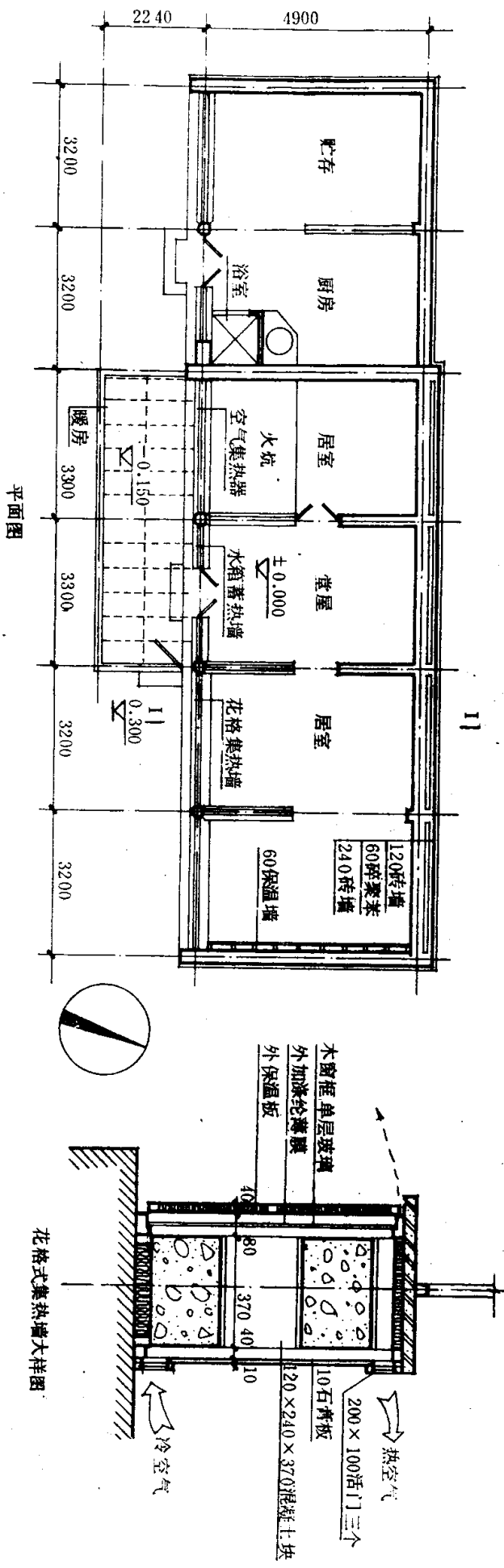
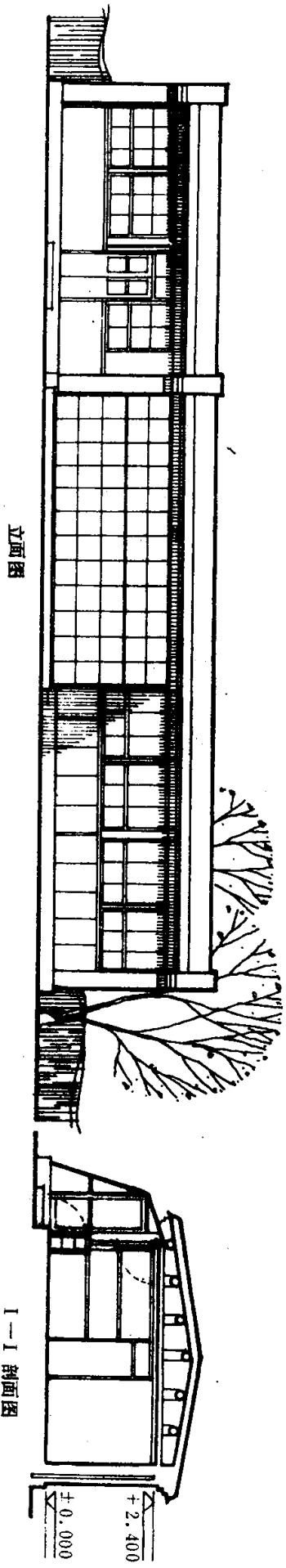
太阳房采用了多种采暖方式, 其中效果最好的是南墙, 它采用了上部直接受益窗与下部花格式集热蓄热墙相结合的形式, 白天可以利用直接受益窗提高室温, 夜间用花格混凝土蓄热墙向室内供热, 提高夜间室温。它还可以在阴天时延长供热时间。夏季或阴天利用关闭外保温板以减少与外界的热交换。从 1982 年 11 月 16 日至 1983 年 3 月 15 日的测试结果可以看出: 房间最低温度为 8°C 以上的时数为总采暖时数的 95.9%, 10°C 以上的时数为 69.6%。夏季最高室温低于传统住宅室温。用于该太阳房的太阳能措施费用 $26\text{元}/\text{m}^2$ 。由于采用了太阳能采暖, 该太阳房相当于每平方米建筑面积节约标准煤 28.8kg 。



改建后外景



改建前外景



北京新能源村改建住宅之一

北京新能源村改建住宅之二

建设地点:北京市大兴县义和庄

建成时间:1981年

设计单位:天津大学建筑系、土木系

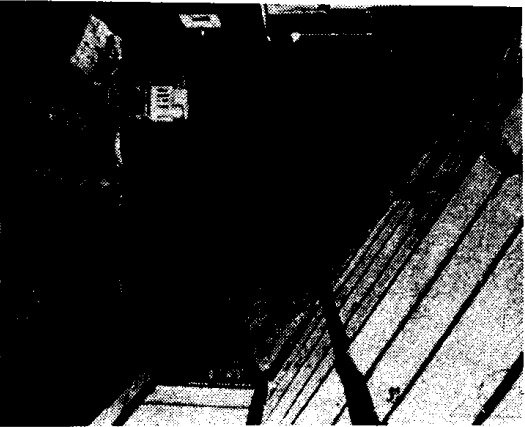
义和庄位于北纬 $39^{\circ}48'$, 海拔 39m。当地元月份日照时数 209.2 小时, 日照率 75%; 元月份水平面平均日辐射值 $9191.2\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ ($219.8\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{day}$); 元月份平均气温 -4.7°C , 采暖期 4 个月。

该太阳房为利用原有农村住宅改建而成, 作为研究农村太阳房的试点工程。改建重点为东居室, 采用了复合被动式温度分区型采暖方案, 在居室南侧附加日光间 (20.23m^2), 北侧增建辅助房 (16.17m^2), 改建后建筑面积为 75.68m^2 。该太阳房已于 1983 年 3 月通过北京市科委主持的鉴定会。

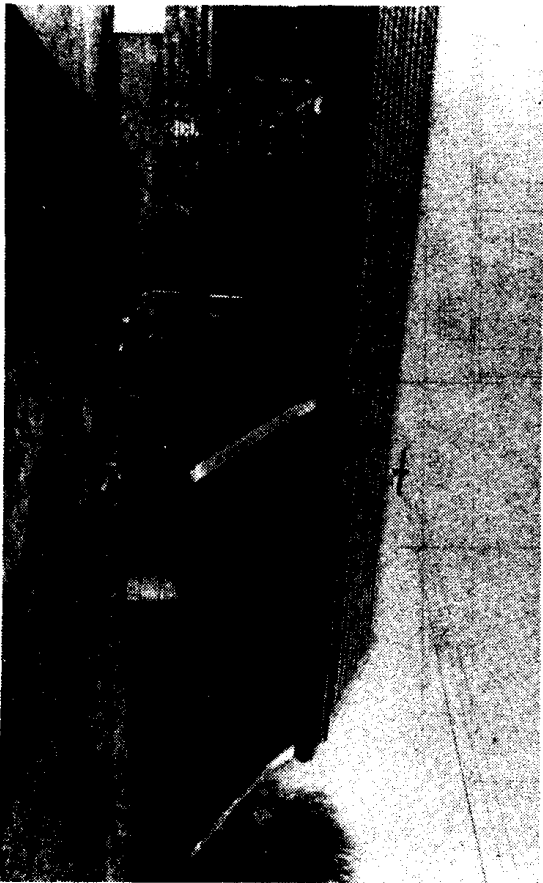
该太阳房改建要求: 冬季采暖期室温日平均值为 12°C , 在不低于 8°C 的条件下, 太阳能采暖率不低于 60%; 无辅助热源情况下不低于 5°C ; 改建费用为 25 元 / m^2 。

改建中对东山墙和顶棚采取了保温措施, 附加日光间采用双层麻袋布、一层苇帘做的简易保温卷帘。经 1981、1982 年两冬的测试, 该太阳房在无热源情况下, 居室温度达到设计要求, 低于 8°C 的小时数仅占总时数的 6% (最低温度为 6.5°C); 与当地农民无热源无人使用的类似住宅 (作为对比房) 相比, 室温一般高出 10°C 左右。由于有了附加日光间, 居室内日温度波幅较小, 中值为 1.36°C , 较直接受益等采暖形式所获得的室内温度稳定。附加日光间在采暖期的日平均温度约 12°C , 波幅约 6°C 。辅助房日平均温度中值 2.75°C , 最小值 0°C , 最高值 9.15°C , 适合于冬季存放食品。

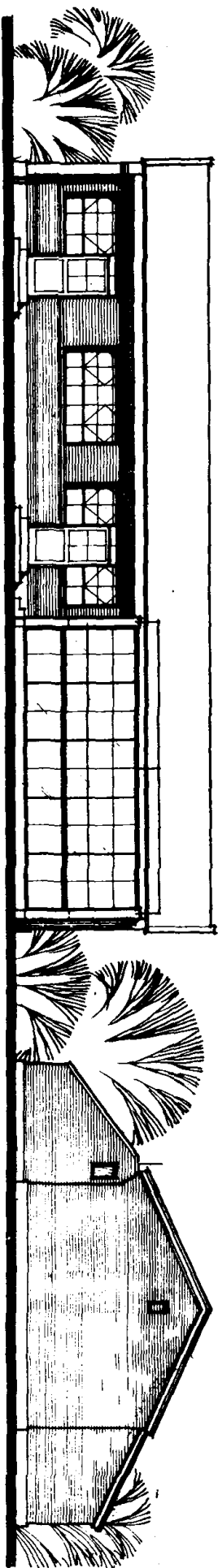
夏季, 可将附加日光间玻璃扇面积的 3/4 部分卸下, 不影响居室通风。
该太阳房用于太阳能措施费 22.74 元 / m^2 。



日光间内景

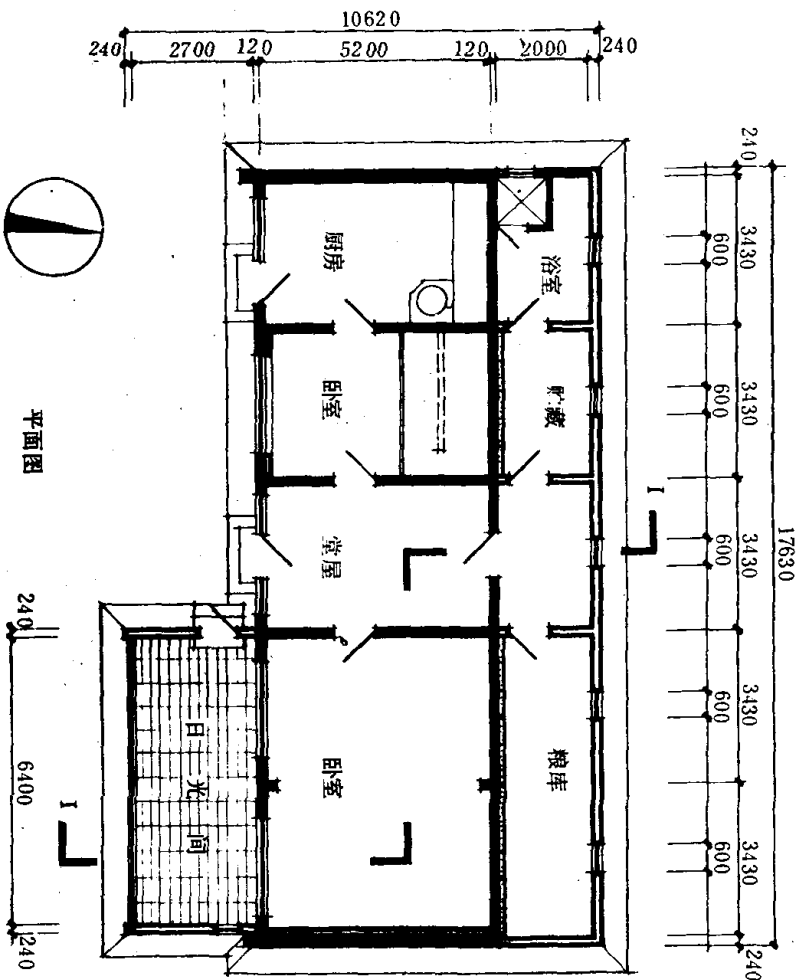


外景



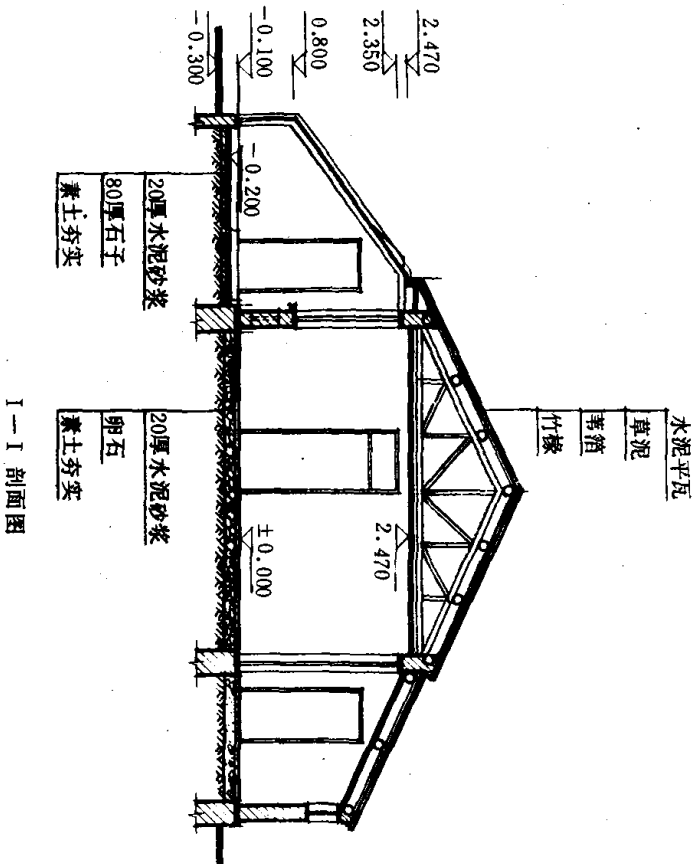
南立面图

东立面图



平面图

北京新能源村改建住宅之二



I—I 剖面图

北京新能源村改建住宅之三

建设地点:北京市大兴县义和庄

建成时间:1982 年

设计单位:北京市太阳能研究所

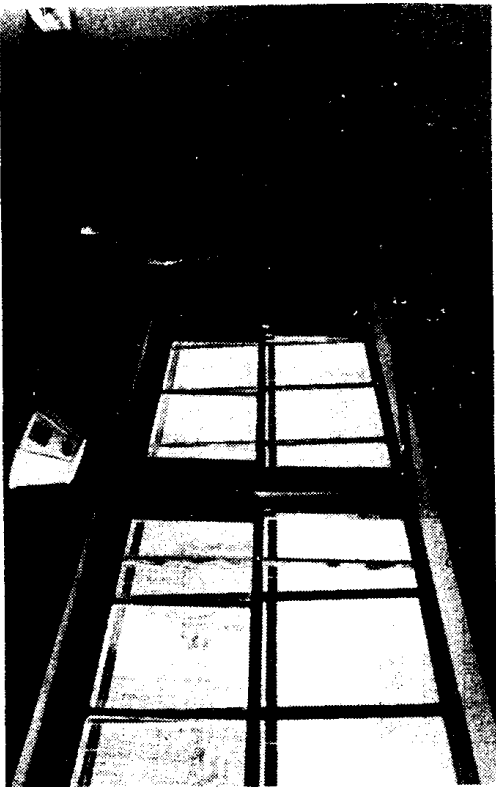
义和庄位于北纬 $39^{\circ}48'$, 海拔 39m。元月份水平面平均日辐射值 $9191.2\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ ($219.8\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{day}$), 采暖期为4个月。当地元月份日照时数 209.2 小时, 日照率 75%。元月份平均气温 -4.7°C 。

该太阳房原为已建典型北京郊区农村住房, 共四开间呈一字形, 建筑面积为 75m^2 。从1981—1982年将它改建成了太阳能住宅, 通过测试, 效果较好, 已于1983 年3月通过北京市科委主持的鉴定会。

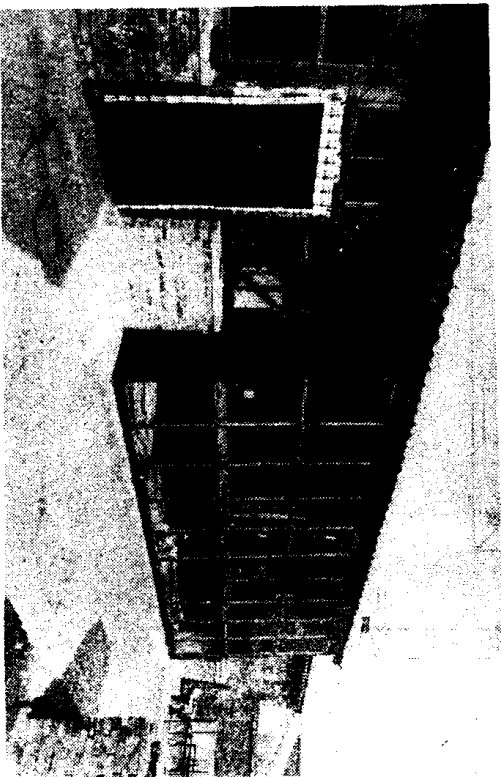
该太阳房改建要求: 冬季采暖期室温日平均值为 12°C , 在不低于 8°C 的条件下, 太阳能采暖率不低于 60%, 改建费用为 25 元 / m^2 。
改建中, 对外围护结构采取了以下保温措施: 北墙外加砌一道 120mm 砖墙, 中间夹 80mm 聚氨酯泡沫塑料块, 热阻值 R 为 $2.84 \sim 3.44\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{w}$ ($3.3\text{--}4\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$); 东二间吊顶采用苇箔抹灰上铺 150mm 厚聚苯泡沫塑料碎块, R 为 $3.44\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{w}$ ($4\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$); 东山墙用聚氨酯泡沫块和石膏板做内保温, R 为 $4.3\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{w}$ ($5\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$), 从而提高了保温性能。

南立面既是集热面又是外围护面, 堂屋不住人, 对东、西两屋可起门斗作用, 室温可稍低一些, 因此只挂一个棉门帘; 西屋有火炕, 做为辅助热源, 仅加一层直接受益玻璃窗。东二间附加了一个小日光间, 原建筑槛墙做为集热蓄热墙使用, 墙外表刷绿色脂胶漆, 上部窗户装了可折叠的保温窗。

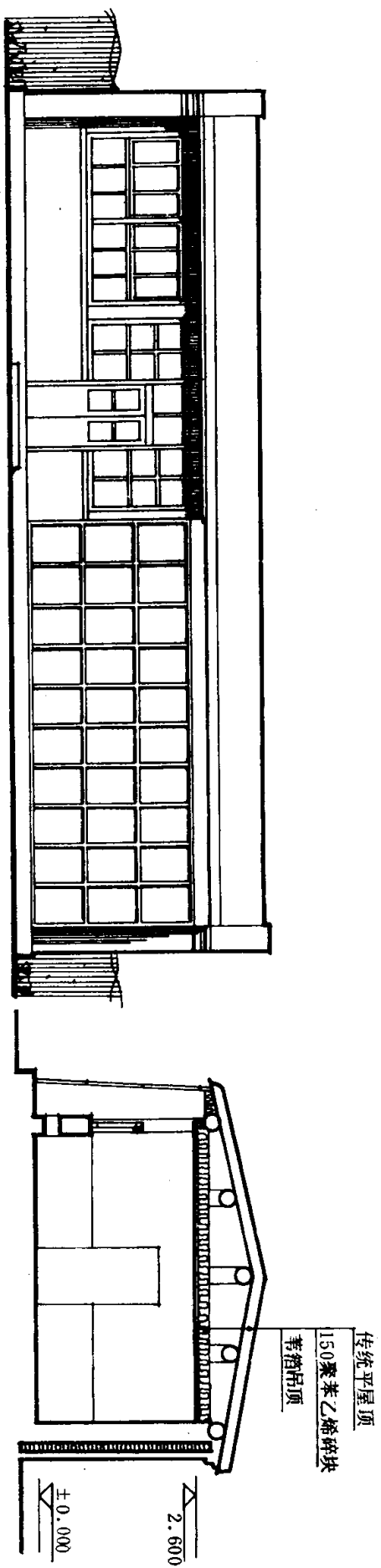
1983 年 1 月 15 日至 2 月 21 日对太阳房进行了测试, 东二间在无辅助热源有一人居住情况下, 当环境气温平均值 -2.8°C , 最低 -13.5°C 时, 太阳房室温平均值 13.9°C , 最低 8.5°C , 达到了改建要求。



内景

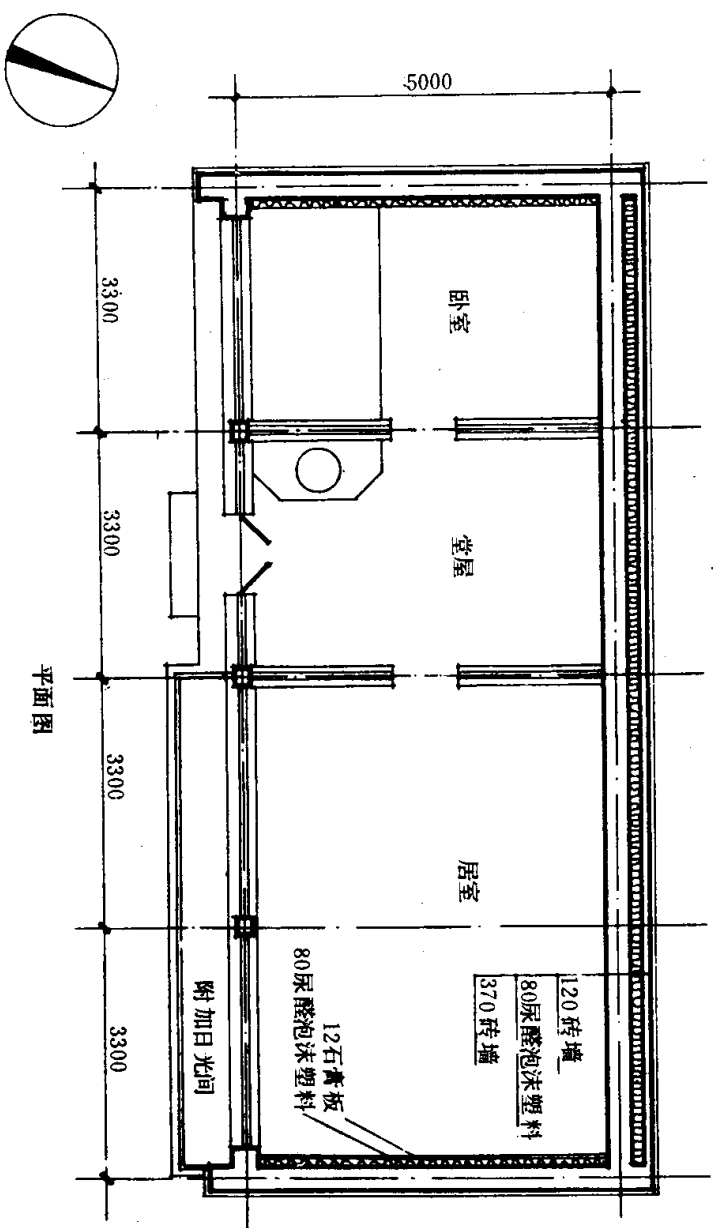


外景

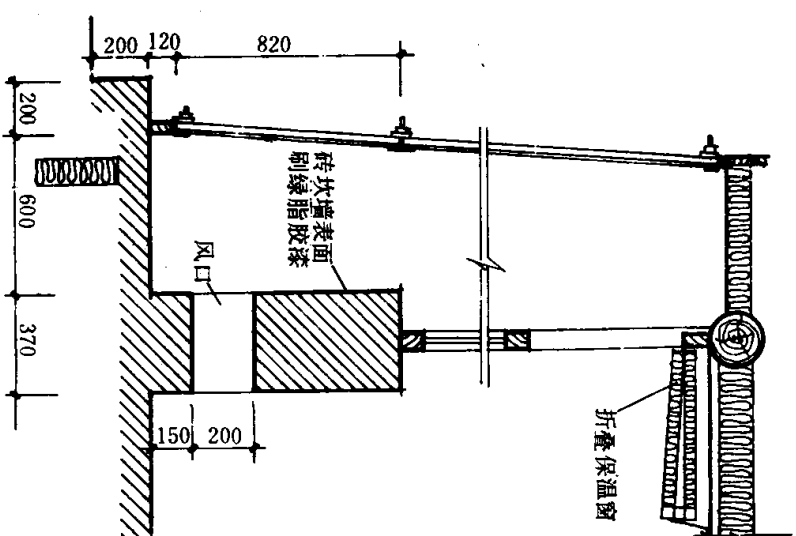


立面图

剖面图



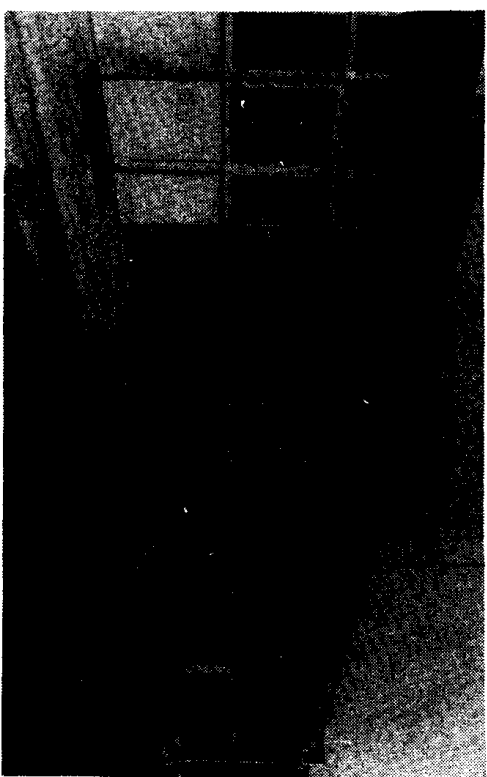
平面图



日光间大样图

北京新能源村单层三居室住宅

建设地点:北京市大兴县义和庄
建成时间:1983 年
设计单位:天津大学建筑系



南立面

义和庄位于北纬 $39^{\circ}48'$, 海拔 39m。当地元月份日照时数 209.2 小时,日照率 75%;元月份水平面平均日辐射值 $9191.2\text{kJ}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ ($219.8\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{day}$)元月份平均气温 -4.7°C ,采暖期4个月。

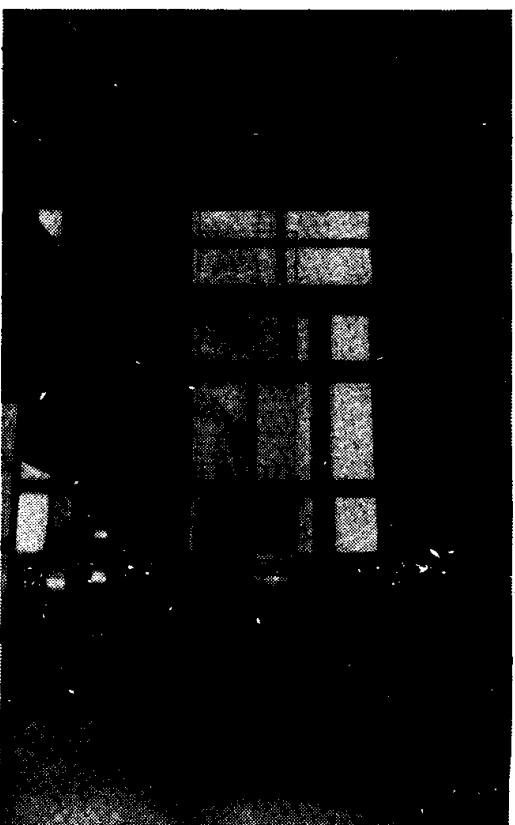
该住宅为中、联邦德国再生能源合作项目新能源村太阳房之一。每户占地面积 300m^2 ,建筑面积 104m^2 ,建筑施工决算造价 203.64 元/ m^2 。

该太阳房设计要求:在冬季采暖期,室温日平均值为 12°C ,在其不低于 8°C 条件下,太阳能采暖率不低于 60%,用于太阳能的措施费为 25 元/ m^2 。

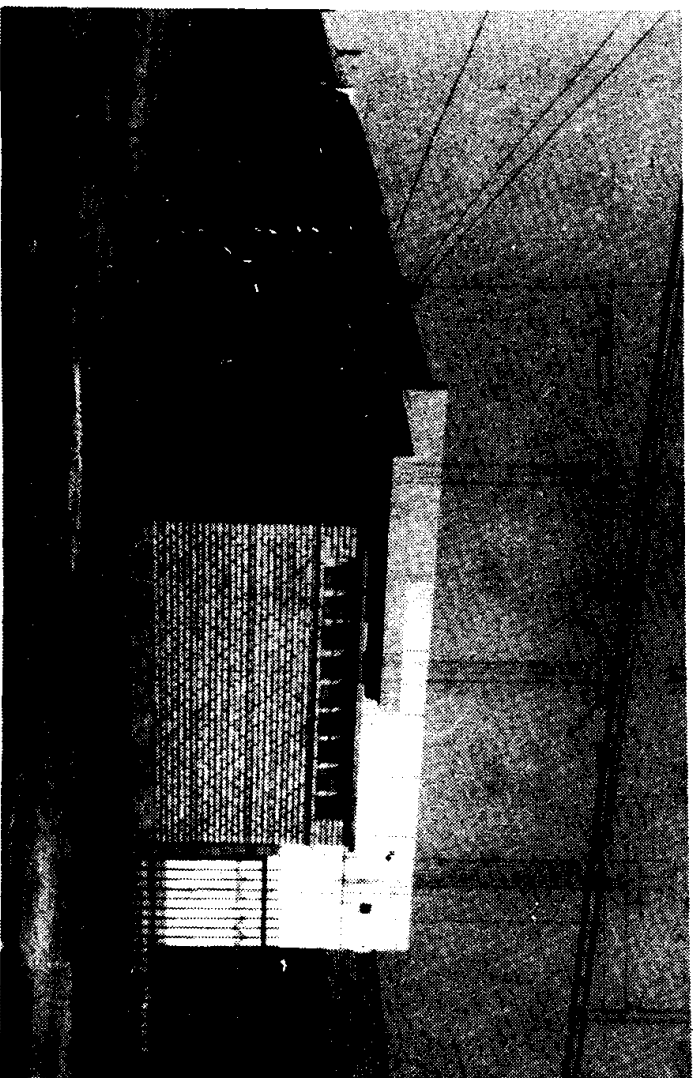
该太阳房设计成两户毗邻式。由于总体规划要求,院落必须设北入口,故在平面布局上需缩小房屋东西长度,而加大进深。按照温度分区的原则,将每户的南面设计成三个 3.6m 大开间的居室,北面布置厨房、浴室和贮藏室。南立面除门、窗外全部为集热墙,为简化保温墙每天早晚启闭的操作程序,将集热端设计成无蓄热性能的纯空气集热器(外罩为一层玻璃、一层涤纶薄膜,内壁为可开启的填矿棉保温扇)。北墙上仅开设两个小窗。所有外门、窗均为双玻。东、西、北三面为中间填袋装泡沫尿醛的夹层保温墙。平屋顶采用北京产的 150mm 厚的加筋加气混凝土屋面板,其下面的吊顶之上也铺设袋装泡沫尿醛。

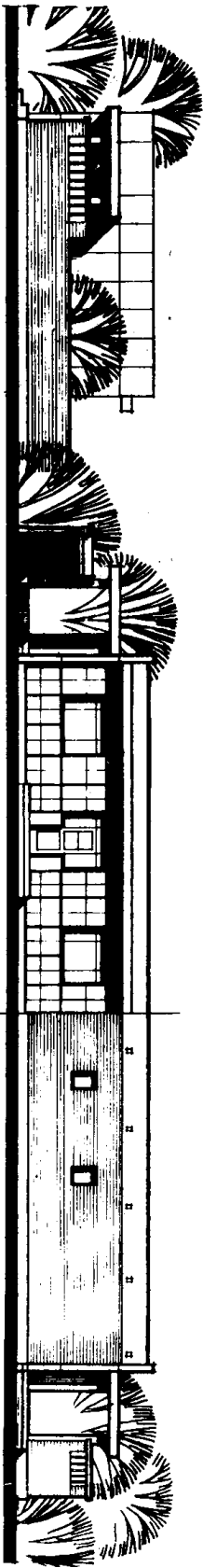
经 1983 ~ 1985 年两冬和 1984 年夏季热工测试,结果:采暖期室内平均温度不低于 12°C ;在不低于 8°C 的条件下,太阳能采暖率达 86% 以上;日平均最低温度 6.73°C ,日平均温度低于 7°C 的天数为 2 天,从未低过 6°C 。每日温度波幅:采暖期平均 1.6°C ,个别天超过 2.5°C ,最高达 2.95°C 。夏季最热月份中平均温度不高于 31°C 。

内景



北立面

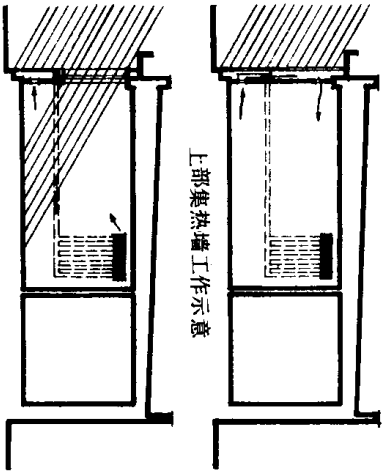




侧立面图

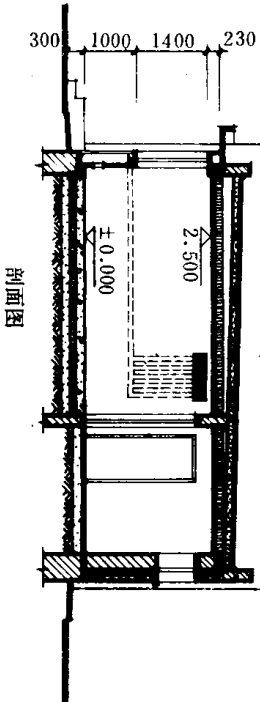
南立面图

北立面图

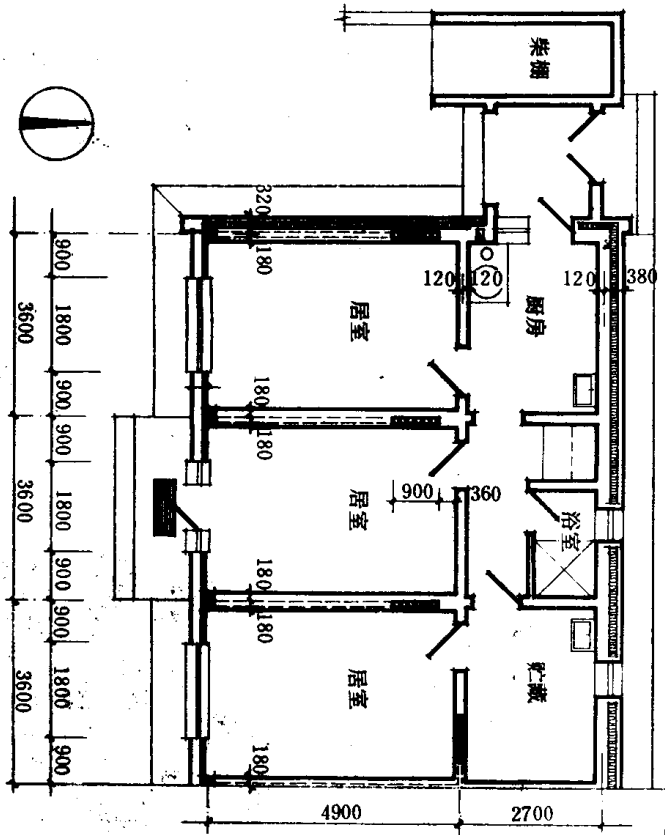


上部集热墙工作示意

窗与下部集热墙工作示意



剖面图



平面图

北京新能源村单层三居室住宅