

绪论

建筑热环境设计的目标：舒适、健康、高效 Aim at Comfort and Health and Efficiency of Indoor Environment

建筑的产生,原本是人类为了抵御自然气候的严酷而改善生存条件的“遮蔽所(shelter)”,使其间的微气候适合人的生存,随着技术与文明的进步,在生存问题解决以后,人们追求的是舒适的居住环境。

建筑热环境的设计目标是舒适、健康、高效,以最少的能源消耗提供舒适、健康的工作和居住环境,提高生活质量。

建筑热环境直接影响我们的舒适性。不同的气候区有不同的气候特征。这些气候并非时时都能够让我们感到舒适,因此有必要利用建筑来加以改变,起到防寒避暑、遮风避雨的作用,形成有利于我们工作和居住的适宜的室内热环境。但是由于设计上的原因,建筑有时并没有达到我们预期的效果,如我国的长江流域夏热冬冷地区的住宅冬季不采暖,围护结构保温和密闭性差,室内温度达不到舒适标准,人感到阴冷潮湿。而在北方严寒和寒冷地区,合理的建筑朝向有助于充分利用太阳辐射采暖,避开冬季不利的风向,良好的平面设计和剖面设计有助于自然通风形成,围护结构良好的保温性能不仅有利于节能,而且可以避免冬季室内墙面结露。因此,合理的规划和建筑设计是塑造舒适的室内热环境的有效手段,从城市规划到建筑群体布局,从建筑平面设计、剖面设计到建筑构件的细部设计,都能够体现建筑师在建筑适应气候、合理选择围护结构和利用太阳能等可再生能源诸方面的技巧。由于气候直接影响建筑的群体布局、平面、剖面,乃至至于开窗大小和开窗方式等细部,建筑设计适应气候是营造舒适的热环境同时又节能的重要途径。

现代室内热环境技术,尤其是空调塑造的人工环境,虽然给我们带来了四季如春的舒适感,但往往使人体抵抗力下降,引发各种“空调综合征”,所以,舒适并不代表健康。长期在空调环境下工作、学习的人们,因室内空气不流通、氧气含量减少、有害气体和病菌含量增多,会出现头昏、乏力、皮肤过敏、记忆力减退等症状,甚至易于感冒,而贴近自然的日照和自然通风给人带来的才是真正的健康和舒适。

建筑热环境这门学科,早期着重于建筑环境的热舒适和围护结构的热工性能研究,随着能源问题的日益凸显,建筑节能逐渐成为重要的内容。在20世纪八九十

年代,对环境与生态问题的普遍关注,使可持续发展的理念进入建筑设计领域,可持续发展建筑(通常称为绿色建筑)成为世界建筑发展的一个趋势。可持续发展的建筑比节能建筑在视野、思路及所涉及的范围更为宽广,对设计手法的创新理念更具启发性,它所涉及的内容不拘泥于规范和计算,而是更着重于方案与设计的构思,更加强调建筑与气候的关系,强调建筑中对各类新技术的综合运用,以及对传统建筑设计手法中所蕴涵着的科学内容加以借鉴等。

今天,可持续发展建筑观点正在深入人心,得到越来越多建筑师的关注。建筑热环境与建筑能源消耗关系密切,采暖和空调直接依赖能源,而能源问题关系到人类的未来。利用最少的能源提供最舒适和健康的环境是建筑热环境的设计目标。为此,建筑师可以有很广的开拓空间,特别是充分利用被动式措施(Passive Techniques),通过建筑设计和构造措施而非借助机械设备系统,例如太阳能和自然通风,控制室内外的热能传递,达到节能和热舒适的目的。目前备受关注的绿色建筑是高舒适度、低能耗、可持续发展的建筑,它的能源和资源消耗少,对环境的污染程度小。绿色建筑通过设计组织建筑内外空间的各种因素,使物质能源在建筑生态系统内部有序地循环使用,并获得一种高效、低耗、少废、少污、生态平衡的建筑环境。“以人为本”是建筑设计所要遵循的基本法则,而建筑的功能首先是要满足人的生物特性,即节能也好,环保也罢,都应该是以不影响居住者的生活水平和降低居住者的生活舒适度为代价,而应是在保证具有相应的舒适条件下的低能耗,使之有相当长时间的发展并由此带来良性循环,具备了这种功能的建筑才能够被称作舒适、健康、节能的建筑。

这门课程的知识结构,第1部分是基于人来考虑的,重点探讨人、气候和建筑之间的关系。人在怎样的热环境中才能感到舒适呢?人的舒适局限在一定的温度、湿度和风速范围,我们将从人的舒适性出发,分别探讨人与建筑、人与气候、气候与建筑的关系,以及相应的建筑设计结合气候的策略;第2部分是基于技术的考虑,主要讨论传热学的基本原理,建筑材料、建筑构造的热工特性,在此基础上讨论围护结构的保温、隔热、防潮和通风设计原理;第3部分基于设计的考虑,将围护结构分解为屋顶、墙面、门窗、楼地面,分别讨论其热工与节能设计方法;第4部分是基于未来的考虑,着重讨论建筑与能源问题,对太阳与建筑和自然通风、在建筑设计中利用可再生能源来改善热舒适性问题进行了专门讨论,并在最后对建筑的未来进行了关注,倡导了一种有利于人类健康和生态效益的可持续发展的建筑观。

第 1 部分

人·建筑·气候——基于人的考虑

Human·Building·Climate—Thinking of People

大自然提供了阳光、空气和水,以及人类生存所需要的种种条件,但是自然环境中也有严酷的一面,从冰天雪地的北极到炙热干旱的撒哈拉沙漠,从暴雨倾盆的热带丛林到荒寂无边的沙漠戈壁,气候条件千差万别,在北极地区,一月份的平均气温经常达到 -40°C ,而在赤道地区的居民,则根本不知道冰雪为何物。在干旱的沙漠可能连续多年不下雨,而在南太平洋小岛上,几乎没有一天不下雨,在这些不同的环境,甚至在严寒酷暑的自然环境中都有人的生存,原因在于人与自然环境之间存在着两道屏障——建筑和服装,由于它们的存在,人才得以在各种不同的气候条件下生存,并且通过建筑室内环境的控制和增减衣物,达到人体与环境的热交换平衡,形成舒适的热环境。

人:人生活在一定的环境中,人的生存和舒适需要满足一定的热环境要求,因为人有不同的感觉器官,感受外界环境及其变化,并调节人的生理活动,以保持人的体温稳定在 37°C 左右很小的变化范围内。为了达到这个生理活动的最基本要求,人和环境之间要进行热量交换,人体新陈代谢会不断发出热量,如果这种热量不能通过导热(直接接触)、对流(温差引起的空气流动)和辐射(热量向邻近低温表面辐射)而散热的话,人体就会感到不适,严重时会上感难受,最终导致生理功能停止(死亡)。如果紧邻的外部环境引起过多的导热、对流和辐射热量交换,那也会产生不舒适感。人体向外界散热的多少,以及总散热量中通过导热、对流和辐射去散热的比例如何,对不同的个体是各不相同的,但是如果考虑到人都有个适应环境的过程,那么就定出对多数人都接近的“舒适区”。

服装:服装是外部环境中与人本身最贴近的部分,是人抵御自然气候的“第一道防线”,构筑了人体附近热环境最贴近的部分,对人的舒适性有直接的影响。正是因为有了服装(包括被褥)的存在,才使得“第二道防线”——“建筑”对气候的防护要求有了较大的“宽裕度”,为建筑形式和艺术创作留下了较大的空间。

建筑:由于建筑的存在,人体生活的环境可划分为室外热环境和室内热环境。室外热环境是室外气候的组成部分,是建筑设计的依据,太阳是室外热环境中的巨大热源,即便是气候最恶劣的时候,太阳也存在并持续地释放出能量。在室内,人

体并非惟一的热源,各种机器设备和人工照明都会产生很大的影响。建筑外围护结构的主要功能即在于抵御或利用室外热环境的作用。建筑可以看作是环境的过滤器,通过适当的设计,建筑能通过调节室外热环境来提供良好的室内热环境,满足不同的使用要求。建筑有时不能为我们提供舒适的环境,即使有时是受到经济条件的限制,但更多的情况是由于建筑师缺乏传热学知识,不能合理选择和使用围护结构材料和构造所致。建筑是艺术与技术的综合体,人们对建筑的科学性与审美上满意度并非全都不可量化,把建筑的审美方面与科学方面互相对立,将技术与艺术对立是毫无根据的。

气候:气候是人的热舒适和建筑热环境的外部条件,气候参数(太阳辐射、温度、湿度、风速)等动态变化,即气象条件的瞬态变化,直接影响人的热舒适感受,而气候参数的统计平均具有长时间尺度的稳定性,则影响到建筑设计的气候策略,在人工环境技术,尤其是空调技术没有出现以前,或尚未采用空调技术的地区,建筑呈现出明显的气候特征,成为形成建筑地方性的重要因素。

人类的文明发展不可能产生于气候条件十分严酷的难以生存的地区,也不会自然条件十分优越、人类无须与自然抗争即可生存下来的地区发展。人类文明发展主要在气候四季分明,寒暑节气变化明显但温和的中纬度带地区发生,并因为气候条件的宽松呈现出多样化的特征,而建筑则是人类文明的重要载体。

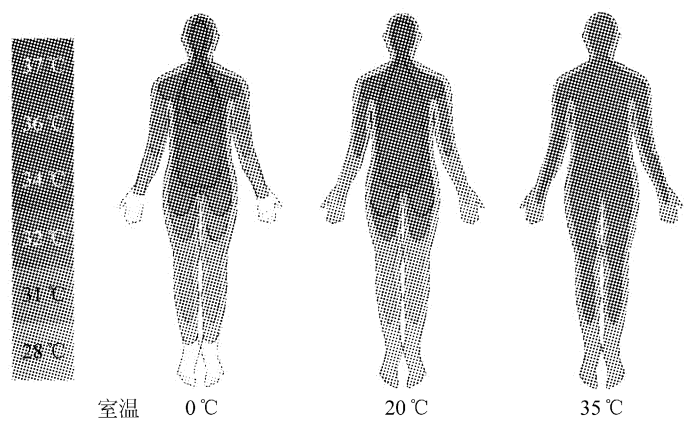


图 1-1 人体温度梯度图



图 1-2 不同气候下人的服装

1

人与建筑

Human and Building

1.1 人的热舒适/Thermal Comfort

由建筑塑造的室内热环境不仅为人的生存提供了保障,而且使人在此基础上可以获得更高的舒适度。

1.1.1 生存/Survival

人是一种高度复杂的恒温动物,好比一台精密的仪器,为了维持内部各种器官正常的新陈代谢,人体必须保持适宜的体温(37°C 左右)。

人有对环境的适应性生理反应。人在漫长的进化过程中,人体在生理上形成了许多与复杂气候相适应的机能,例如,在寒冷的气候条件下,人体会通过加速血液循环、肌肉产热等措施来弥补热量损失;而在炎热的环境中,则可以通过汗腺分泌汗液,通过汗液蒸发达到降温的目的。人体各个部位的温度还存在明显的梯度,以保护体内重点器官免受过冷过热的侵扰,但是这种适应性是局限在一定的范围之内,超出这个范围人就会感到不舒适,甚至会影响人的生存。

人类的祖先生活在热带丛林,因而人体更适应热带气候,即使在闷热潮湿的热带雨林气候条件下,人至多感到不适,一般不会造成生命危险。但是如果将人裸体置于 -5°C 以下的环境中,不出多久,人就会濒临死亡。因此,人类单纯依靠肌肉产热量来维持体温显得远远不够,需要其他方式进行补充。真正保障人类在各种环境下生存的应当归功于三项重要发明:生火取暖、缝制服装和建造原始遮蔽物。

服装为人体形成了第一道外部防线。在不同的气候条件下,人体对于服装有截然不同的需求,对于热带雨林中的人来说,衣服总是显得有些多余,他们需要的是尽可能多的自然通风和皮肤蒸发散热,而在极地生活的因纽特人(爱斯基摩人),羽绒内衣和海豹皮衣让身体发出的热量在衣服内循环,充分保暖,他们长期居住在冰雪建造的房子中,墙壁的温度总是低于 0°C ,此时服装作为第二层皮肤起到了巨大的作用。在应付关乎生死的极端寒冷气候方面,服装的作用要大于建筑。在热舒适标准中,一个重要而又模糊的因素就是服装,正是由于服装的存在,才使人们对于建筑热环境有一个相对比较宽泛的要求。

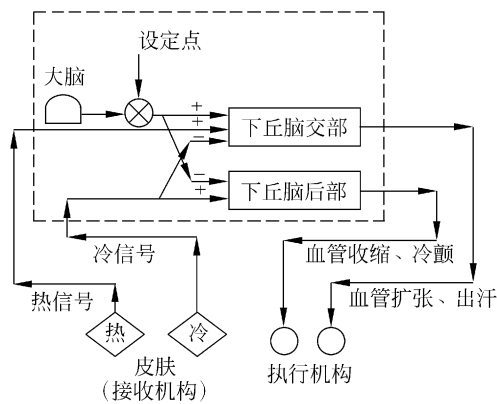


图 1-3 人体调节体温的机制

人体调节自身温度的机制是很复杂的，图示为冷、热感受如何被皮肤感知传至大脑，大脑自动地产生反应，例如打冷战或出汗，也可能开始执行意识上或行为上的反应，例如调整衣着，开、关窗户等。

人既不能像动物一样通过生长皮毛等生理变化来适应环境,也不通过迁徙来选择环境,作为一种高级生物,人类建造了建筑,建筑最本质的属性是提供一个遮风避雨、使人远离极端寒暑的遮蔽物,也就是说建筑首先要创造一个为人类生存提供基本保障的热环境,达到防寒避暑、遮风避雨的要求,同时兼有安全防御的功能。

1.1.2 热舒适/Thermal Comfort

热舒适是人的一种主观感觉特性,并且与气候有关,由于人与人之间反应存在差异,难以给出准确的定义。简言之,热舒适就是将人从热难受中解脱出来,建筑需要为人提供舒适,在舒适条件下人并不必然产生反应,但是,不舒适则常常会引起人的反应。

热平衡是人感到舒适的必备条件。人的热平衡即人体新陈代谢产生的热量必须与蒸发、辐射、导热和对流的失热代数和相平衡,对人体而言,与周围环境的辐射、对流以及导热是得热或失热过程,而蒸发则完全是失热过程。

人在不同的活动状况下,所要求的舒适温度是不同的。新陈代谢的产热量取决于活动程度,在周围没有辐射或导热不平衡的状况下,新陈代谢产热量有不同的平衡温度,例如在睡觉(产热量为 $70\text{W}\sim 80\text{W}$)时需要的空气平衡温度是 28°C ,这是人在熟睡时床铺里的温度;人在坐着(产热量为 $100\text{W}\sim 150\text{W}$)时,热舒适空气温度是 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$;在更高的新陈代谢产热量下要定出空气平衡温度就越来越困难了,例如马拉松运动员产热量达到 1000W ,体温可达 $40^{\circ}\text{C}\sim 41^{\circ}\text{C}$,此时,无论环境温度如何,他的热感觉都为极不舒适。

通常能够接受的热舒适标准是低耗能率、不出汗、不冷颤。在某种特定的情况下,热舒适可以与一定范围的环境因素联系起来,在这个范围内可以通过单独或者同时调节衣物或人的活动量来达到良好的热舒适。建筑的主要功能之一是调节好室内外环境,缓解由于过多地得热和失热而带来的不舒适,让人满意地从事各项工作。

1.2 影响人体热舒适性的因素/Thermal Comfort Factors

人的热舒适性受到环境因素的影响,包括环境物理状况和人的衣着状态与活动状态。

1.2.1 环境物理状况/Environmental Conditions

室内热环境状况包括物理上和心理上两个方面,与人的热舒适密切相关的环境物理因素包括空气温度、空气湿度、空气流动(风速)和平均辐射温度。

空气温度。在人的热舒适感觉指标中,空气温度给人冷热的感觉,对人体的舒适感最为重要,室内最适宜的温度是 $20^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ 。在人工空调环境下,冬季温度控制在 $16^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$,夏季控制在 $24^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ 时,能耗比较经济,同时又较为舒适。如

表 1-1 影响热舒适的因素

气候因素	指标	影响
空气温度	空气的平均温度 水平的温度梯度 垂直的温度梯度	通过对流方式的主要散热量
平均辐射温度	平均辐射温度 一定方向上的辐射温度	通过辐射方式的散热量
接触温度	表面温度(围护结构)	局部加热和冷却
含湿量	绝对湿度 相对湿度	潜热交换 主观上的凉爽感觉
空气流动	平均速度、脉动速度 主导方向上的气流速度 主导方向上的气流温度	主观上的凉爽感觉
气味	空气量 有害物质浓度	呼吸,主观上的凉爽感觉