

Building Thermal Environment

建筑热环境

刘念雄 秦佑国 编著

Liu Nianxiong Qin Youguo



清华大学出版社

清华大学建筑学与城市规划系列教材

Building Thermal Environment

建筑热环境

刘念雄 秦佑国 编著

Liu Nianxiong Qin Youguo



清华大学出版社
北京

内 容 提 要

本书系统地介绍了建筑热环境的基础知识及其在设计上的应用,反映了近年来清华大学建筑学教学改革成果。作者基于人、技术、设计和未来四方面进行分析和阐述,并结合了建筑学学生的特点,基础部分着重说明物理概念,简化了繁杂的数学推导,目的是使学生更好地掌握营造舒适、健康、高效的建筑热环境的理念和相关知识。

本书适合高等院校建筑学、城市规划、建筑环境与设备等相关专业作为教材和教学辅导书之用,也适合土木建筑类专业技术人员作为参考资料用。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

建筑热环境/刘念雄,秦佑国编著. —北京:清华大学出版社,2005.8

ISBN 7-302-10280-5

I. 建… II. ①刘… ②秦… III. 建筑—热环境—研究 IV. TU111

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 143579 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编: 100084
社 总 机: 010-62770175 客 户 服 务: 010-62776969

责任编辑: 邹永华(yonghua@tsinghua.edu.cn)

印 刷 者: 三河市春园印刷有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 203×253 印 张: 23 字 数: 504千字

版 次: 2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

书 号: ISBN 7-302-10280-5/TU·249

印 数: 1~3000

定 价: 39.80元

序

清华大学建筑学院的建筑物理课程教材分成三册:《建筑热环境》、《建筑声环境》、《建筑光环境》,出版已有十几年了,期间,前两册已出过第二版,这次是对《建筑热环境》的重写,作者变了,内容也作了大量的补充和修改,可以算作一本新书了。

这几年,清华大学建筑学院对建筑学专业的技术类课程教学进行了改革,提出技术类课程要建筑(Architecture)化和人文性讲授,并安排建筑设计年轻教师担当技术类课程的授课,建筑热工亦如此要求,这时旧有的教材,包括全国统编的教材就难以适应。这就是这次重新编写《建筑热环境》一书的缘起。

建筑的本原是人类原始初民为了躲风雨、避寒暑适应气候的“遮蔽所”(Shelter),使建筑内的微气候适合人的生存与生活,这就是建筑为人提供的“热环境”。然而地球上各地的气候差异很大,但人作为一个体温恒定的动物,全世界的人类对冷暖的生理感觉和要求却相差很小,这就造成了世界各地建筑的气候策略的不同,再加上建筑材料(又间接与气候有关)和社会发展的差异,导致了世界各地建筑的地方性。建筑与气候的关系、建筑的气候策略应该纳入建筑热环境学科的范畴。

由于气候的严酷,当只通过建筑物被动式的(Positive)防护难以满足人们的生存和生活的要求时,主动式(Active)的技术就被采用,生火取暖早在几十万年前就被原始人类使用。但是,良好的被动式措施:保温、隔热、蓄热、通风等,一方面可以改善建筑内的热环境,另一方面当不得不采用主动式技术时,可以减少其消耗,实质上就是能源的消耗。上述原理在主动式技术高度发达的今天,即采用了现代暖通空调设备系统的时代,依然如此。所以,研究建筑及其围护结构的热工性能是建筑热环境学科的传统知识范畴,而和建筑节能联系起来,和被动式太阳能利用结合起来,则是建筑热环境学科需要扩展的方向。

建筑热环境关系到人的生存和生活,既有生理之必要,又要生活之舒适。事关生存是必须要做的,而事关舒适人们是可以“将就”的,热舒适的参数是可以有变化范围的,自然气候形成的室外热环境本来就有寒暑之分。人作为自然界的一种生物,几十万年以来在自然气候条件下进化,进化过程的时间尺度以千万年计,而近百年来技术和社会生产力的急速发展,可以采用人工环境技术为建筑室内造出一年四季恒温恒湿的“理想”的热环境,舒适可能是舒适了,但健康吗?生物进化的长时间尺度与技术进步的短时间尺度能匹配吗?那种依赖人工环境技术而抹杀建筑气候特征的“放之四海而皆可”的玻璃幕墙大楼合理吗?我们有理由提出疑问。舒

适不等于健康! 热舒适研究一直是建筑热环境重要的前沿研究领域,作为一本本科教材不可能深入讲述,但给学生一个思考的空间,还是需要的。

建筑学专业学生的知识结构和思维特点要求该课程更多地结合建筑学的特点,注重基本概念和原理的理解,注重总体的综合性把握,提供较多的工程范例和相关的设计作品,这都是本书编写中关注的方面。

因为进行这样的教学改革时间不长,作者在这个领域中工作的时间也不长,作为一种新的尝试,还不成熟,有待于今后在教学实践中检验和改进,也欢迎学界的批评和指正。

秦佑国

2005 年 1 月

于清华大学建筑学院

目 录

序(秦佑国)	I
--------	---

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	1

第1部分 人·建筑·气候——基于人的考虑

Part I Human · Building · Climate—Thinking of People

1 人与建筑/Human and Building	7
1.1 人的热舒适/Thermal Comfort	7
1.1.1 生存/Survival	7
1.1.2 热舒适/Thermal Comfort	9
1.2 影响人体热舒适性的因素/Thermal Comfort Factors	9
1.2.1 环境物理状况/Environmental Conditions	9
1.2.2 个体差异/Individual Difference	11
1.3 室内热舒适的量化表示及评价/Quantification and Evaluation of Indoor Thermal Comfort	13
1.3.1 量化参数及测量/Parameter and Measurement	15
1.3.2 热平衡方程/Thermal Balance Equation	19
1.3.3 热舒适指数/Thermal Comfort Indices	23
1.3.4 生物气候图/Bioclimatic Chart	27
1.4 室内热环境设计指标/Index of Indoor Environment Design	29
2 气候与建筑/Climate Oriented Building Design	33
2.1 气候与微气候/Climate and Micro-climate	37
2.1.1 气候分区/Climate Zones	37
2.1.2 我国气候特征与区划/Climatic Character and Patterns of China	41
2.1.3 大气温室效应/Atmospheric Greenhouse Effect	45
2.1.4 微气候/Microclimate	47
2.2 结合气候设计的要素/Elements of Climate	53

2.2.1	太阳辐射/Solar Radiation	55
2.2.2	空气温度/Air Temperature	57
2.2.3	气压与风/Air Pressure and Wind	61
2.2.4	空气湿度/Atmospheric Humidity	67
2.2.5	凝结和降水/Precipitation	69
2.3	结合气候的设计策略/Climate Oriented Design Strategies	71
2.3.1	区域性气候建筑设计策略/Meso Climate Oriented Design Strategies	71
2.3.2	微气候建筑设计策略/Microclimate Oriented Design Strategies	77
2.3.3	传统方法与现代策略/Traditional and Modern Technology	79

第2部分 材料·构造·围护结构——基于技术的考虑

Part II Material · Structure · Envelope—Thinking of Technology

3	传热学的基本概念和原理/Principles of Heat Transfer	107
3.1	辐射与辐射换热/Radiation	107
3.1.1	辐射的反射、吸收和透过/Reflection and Absorption and Transmission of Radiation	107
3.1.2	辐射换热/Radiation and Heat Transfer	111
3.2	对流与对流换热/Convection	117
3.2.1	自然对流和受迫对流/Free Convection and Forced Convection	119
3.2.2	表面对流换热/Convection and Heat Transfer	119
3.3	导热与导热换热/Conduction and Heat Transfer	121
3.3.1	导热/Conduction	121
3.3.2	导热换热/Conduction and Heat Transfer	121
4	建筑材料和构造的热工特性/Manipulating Building Materials	125
4.1	导热系数和热阻/Thermal Conductivity and Resistivity	125
4.2	蓄热系数和热惰性指标/Thermal Storage and Inertia Index	127
4.3	绝热建筑材料与构造/Insulation Materials	131
4.3.1	轻质成型材料及成品板材/Bulk Insulation Materials	131
4.3.2	空气间层构造及空心砌体/Air Space Insulation Materials	133

4.3.3	反射绝热材料与构造/Reflective Insulation Materials and Construction	135
5	建筑围护结构热工设计原理/Design Principles of Building Envelope	137
5.1	保温设计原理/Design Principles of Winter Insulation	137
5.1.1	围护结构传热过程和传热量/Heat Transfer Process and Heat Flow	137
5.1.2	围护结构的传热系数和传热阻/Heat Transfer Coefficient and Resistivity	141
5.1.3	围护结构内表面及内部温度/Surface Temperature and Inner Temperature	143
5.2	隔热设计原理/Design Principles of Summer Insulation	145
5.2.1	围护结构隔热过程和室外综合温度/Sol-air Temperature	145
5.2.2	围护结构的衰减倍数和延迟时间/Thermal Amplitude Decrement and Time Lag	147
5.2.3	围护结构内表面最高温度/Maximum Interior Surface Temperature	149
5.3	防潮设计原理/Design Principle of Dampproof	153
5.3.1	围护结构的热湿现象/Vapor Penetration and Condensation	153
5.3.2	围护结构内表面结露及防止/Control of Internal Condensation	153
5.3.3	围护结构内部蒸汽渗透/Vapor Penetration	155
5.3.4	围护结构内部冷凝的判别/Condensation Inside Walls	157
5.4	通风设计原理/Design Principle of Ventilation	159
5.4.1	建筑通风的功能/Functions of Ventilation	159
5.4.2	建筑自然通风的物理机理/Mechanisms of Ventilation	163
5.4.3	建筑通风设计/Design for Building Ventilation	165
5.4.4	建筑防风/Windbreak	175

第3部分 建筑·形式·细部——基于设计的考虑

Part III Building · Shape · Detail—Thinking of Design

6	建筑设计措施/Manipulating Building Design for Energy Efficiency	183
6.1	防寒设计综合措施/Integrated Design Methods for Energy Efficiency in Winter	183

6.1.1	建筑失热与得热——体形与朝向/Orientation and Shape of Building	185
6.1.2	建筑保温——热阻/Insulation and Thermal Resistance	187
6.1.3	建筑气密性——冷风渗透/Air-lock	189
6.1.4	保温层设置和热桥/Layout of Insulation Materials and Thermal Bridge	191
6.2	防热设计综合措施/Integrated Design Methods for Energy Efficiency in Summer	191
6.2.1	建筑得热——体形与朝向/Orientation and Shape of Building	193
6.2.2	建筑隔热——围护结构热惰性/Insulation and Mass	195
6.2.3	建筑散热——自然降温/Natural Cooling	195
6.2.4	隔热层设置/Layout of Insulation Materials	197
7	围护结构节能设计/Manipulating Envelope and Fenestration	199
7.1	墙体/Walls	199
7.1.1	保温外墙体/Insulated Wall	201
7.1.2	玻璃幕墙/Glazing Wall	205
7.1.3	特隆布墙/Trombe Wall	207
7.1.4	透明绝热墙/Transparent Insulated Wall	207
7.1.5	双层玻璃幕墙/Double Glazing Wall	213
7.1.6	绿化墙体/Plant Wall	213
7.2	门窗/Doors and Windows	215
7.2.1	保温门窗/Insulated Doors and Windows	215
7.2.2	窗用玻璃/Glazing	217
7.2.3	窗用薄膜/Membrane	221
7.2.4	绝热窗框/Insulation Frame	223
7.2.5	玻璃百叶调光窗户/Shutter	223
7.2.6	节能窗帘/Curtains	223
7.3	屋顶/Roofs	223
7.3.1	保温屋顶/Insulated Roofs	225
7.3.2	种植屋面/Roof Plants	225
7.3.3	蓄水屋面/Roof Ponds	227
7.3.4	通风屋顶和架空屋顶/Shaded Roof Terraces	227
7.4	楼地面/Floors	227
7.4.1	地面保温/Insulated Floors	233
7.4.2	低温辐射采暖地板/Radiation Heating Floor	233

7.5 阳光间/Sun Space	233
7.6 中庭空间/Atrium	235

第4部分 舒适·健康·高效——基于未来的考虑

Part IV Comfort · Health · Efficiency—Thinking of Future

8 太阳与建筑/Sun and Building	239
8.1 太阳运行规律/Sun Path and Sun Control	239
8.1.1 太阳位置计算方法/Calculation of Sun Path	239
8.1.2 日照图表及其应用/Sun Path Diagram	245
8.2 建筑日照/Sun Shining	247
8.2.1 日照间距的计算/Space Between Buildings for Sun Shining	249
8.2.2 日照间距与建筑布局/Building Arrangement and Sun Shining	249
8.3 建筑遮阳/Solar Shading Devices	251
8.3.1 建筑遮阳方式/Solar Shading Devices Types	251
8.3.2 遮阳构件计算/Calculating of Solar Shading Devices	257
8.3.3 遮阳与隔热、采光和通风/Insulation and Daylighting and Ventilation for Solar Shading Devices	259
8.3.4 现代遮阳构件/Advanced Solar Shading Devices	263
8.4 太阳能利用/Solar Energy Utilization	265
8.4.1 太阳能转换技术/Solar Energy Collection Technology	267
8.4.2 太阳能建筑/Solar Building	269
8.5 建筑物自然冷却/Passive Cooling	283
8.5.1 外逸长波辐射降温/Cooling by Outgoing Longwave Radiation	285
8.5.2 自然通风和夜间通风降温/Cooling by Natural Ventilation and Night Flush	285
8.5.3 蒸发冷却/Cooling by Evaporation	287
8.5.4 土壤供冷/Cooling by Earth	291
8.6 建筑的自然通风/Natural Ventilation	291
8.6.1 自然通风与空气质量/Natural Ventilation and IAQ	293
8.6.2 自然通风的形式/Types of Natural Ventilation	293
8.6.3 建筑自然通风间层/Air Circulation Space	297
9 建筑与能源/Building and Energy	299
9.1 建筑能耗/Building Energy Consumption	299

9.1.1	我国建筑能耗状况/Building Energy Consumption in China	299
9.1.2	国内外建筑能耗比较/Building Energy Consumption Comparison among Countries	301
9.1.3	建筑节能的必要/Energy Conservation Situation	305
9.2	建筑节能标准和立法/Design Standards and Laws for Energy Efficiency in Building	307
9.2.1	建筑节能政策与管理/Policy and Management	309
9.2.2	居住建筑节能设计标准/Design Standards for Energy Efficiency in Residential Buildings	315
9.3	节能建筑/Energy Conservation Building	325
9.3.1	优化能源利用/Optimizing Energy Utilization	327
9.3.2	被动式低能耗建筑/Passive Low Energy Architecture	331
10	可持续发展的建筑观/Sustainable Building View	337
10.1	建筑与自然关系简史/A Brief History of Building and Nature	337
10.2	不可持续的建筑/Unsustainable Building	339
10.3	可持续的建筑/Sustainable Building	341
10.3.1	生态建筑与城市/Ecological Architecture and City	345
10.3.2	绿色建筑/Green Architecture	347
10.3.3	生态住区与住宅/Ecological Community and House	349
10.3.4	绿色建筑技术评估体系/Green Building Rating System	351
10.4	舒适+健康+高效/Comfort+Health+Efficiency	353
10.4.1	舒适 $\neq$ 健康/Comfort $\neq$ Health	353
10.4.2	营造健康的室内热环境/Healthy Indoor Environment	355
	参考文献/References	358

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藉助机械设备系统,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

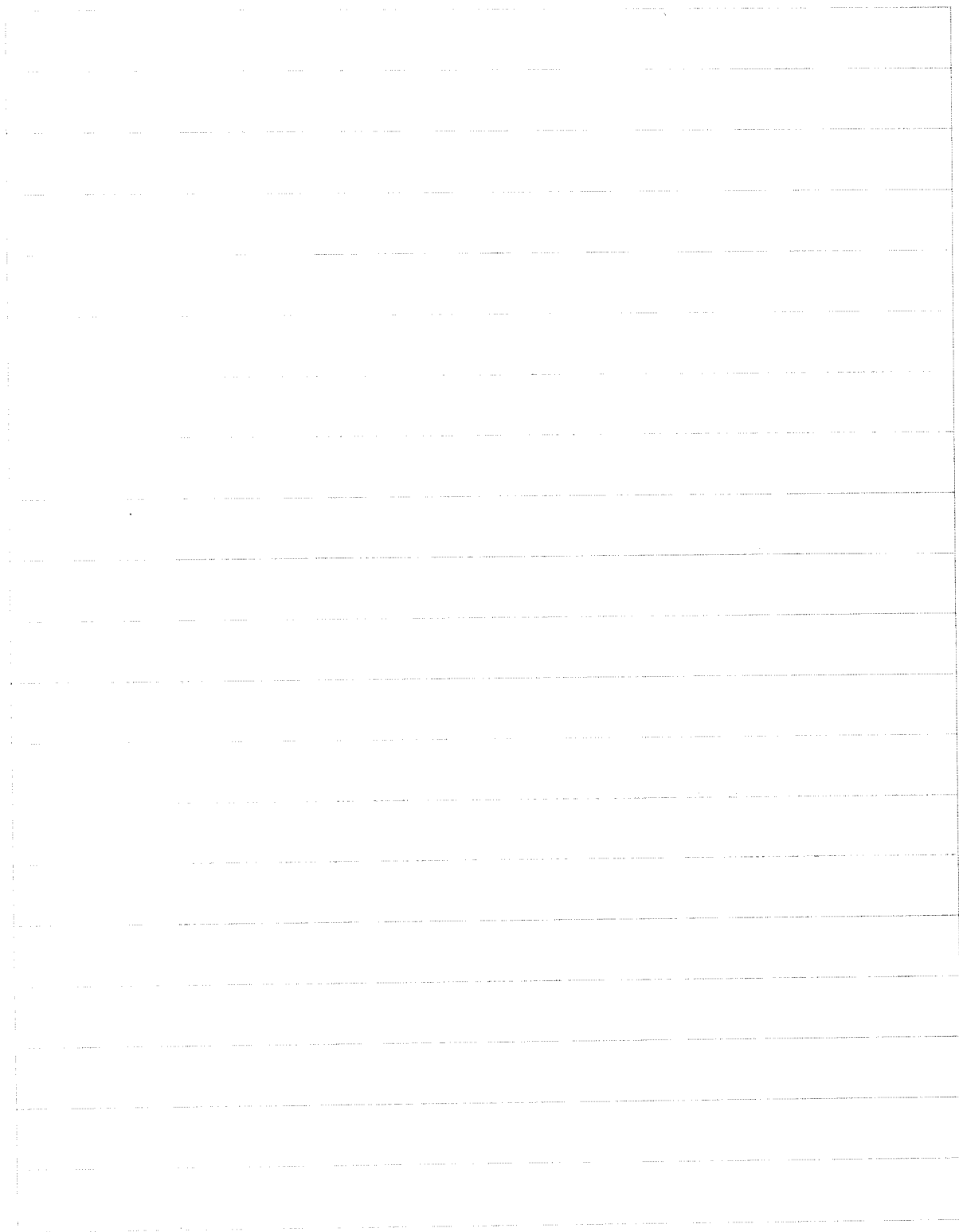
Human · Building · Climate—Thinking of People

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 would 极度难受,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,那么就可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,也不会在自然条件十分优越、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。

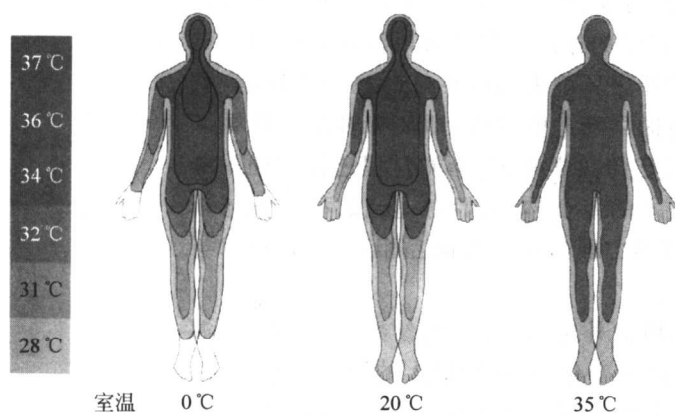


图 1-1 人体温度梯度图



图 1-2 不同气候下人的服装