

BEIFANG

NONGCUN JIANZHU JIENENG

北方农村建筑节能

宋波 主编

中国建筑工业出版社

北方农村建筑节能

宋 波 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

北方农村建筑节能/宋波主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-112-19988-4

I. ①北… II. ①宋… III. ①农村住宅-节能-研究
IV. ①TU241.4②TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 244648 号

责任编辑: 田立平 毕凤鸣 李笑然

责任设计: 李志立

责任校对: 王宇枢 张 颖

北方农村建筑节能

宋 波 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

唐山龙达图文制作有限公司制版

环球东方 (北京) 印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 字数: 516 千字

2016 年 12 月第一版 2016 年 12 月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 978-7-112-19988-4

(29345)

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)

本书编委会

主 编：宋 波

编 写 人 员：宋 波 刘 晶 邓琴琴 张 景 金 虹 凌 薇
徐选才 焦 燕 冯爱荣 端木琳 王宗山 冯国会
张 青 栾景阳 杜永恒 任普亮 李 刚 杨占报
史殿臣 李 慧 刘永堂 曹 慧 杨 铭

审 核 人 员：邹 瑜 杨旭东 冯国会

指 导 单 位：住房和城乡建设部村镇建设司

主要编写单位：中国建筑科学研究院

参加编写单位：哈尔滨工业大学

中国建筑设计研究院

大连理工大学

河南省建筑科学研究院有限公司

陕西省建筑科学研究院

清华大学

提供资料单位：沈阳建筑大学

黑龙江省住房和城乡建设厅

山西省住房和城乡建设厅

甘肃省住房和城乡建设厅

河北省住房和城乡建设厅

内蒙古自治区住房和城乡建设厅

新疆维吾尔自治区住房和城乡建设厅

序

农房是农民家庭最大的财富，是农民生活水平最显著的标志，是农村地区主要的资本积累，每年大量的农房建设已成为我国城乡建设的重要组成部分。我国农村地区居住着 6.35 亿人，每年农房建设量高达 300~500 万户，农房总建筑面积为 257 亿 m^2 ，约占全国房屋建筑面积的 52%。

我国农房建设以农民自建为主，质量管理体系尚未适用农房，因此农房建设设计、建造施工水平较低，普遍存在建筑质量差、缺乏设计、不方便和不舒适等问题，亟待解决。同时，农房实际使用年限短、翻建更新频繁。随着我国农村经济的发展和农民生活水平的提高，农村的生活用能急剧增加，农村能源商品化倾向特征明显。北方地区农村建筑绝大多数未进行保温处理，建筑外门窗热工性能和气密性较差；供暖设备简陋、热效率低，室内热环境恶劣，造成大量的能源浪费；冬季供暖能耗约占生活能耗的 80%，农村建筑节能工作已成为农民建设的重中之重。

从“十一五”开始，国家和地方逐渐开始重视农村的建筑节能工作，在经济条件较好的省市相继建设了一些农村节能建筑的示范工程。2009 年 6 月，住房和城乡建设部、国家发展改革委、财政部联合下发了《关于 2009 年扩大农村危房改造试点的指导意见》（建村〔2009〕84 号），提出 2009 年，东北、西北和华北等“三北地区”试点范围内，结合农村危房改造开展 15 万户农户的建筑节能示范。目前农村危房改造建筑节能示范工作已连续开展了 7 年，中央财政共支持完成了 103 万户农房建筑节能示范项目，农房建筑节能示范县（县级市、区、旗）的数量均超过示范区域总县级行政区数量的一半以上。在此基础上进一步贯彻落实中央关于大力推进生态文明建设的总体要求，加快推进“安全实用、节能减排、经济美观、健康舒适”的绿色农房建设，2013 年 12 月，住房和城乡建设部、工业和信息化部联合发布了《关于开展绿色农房建设的通知》（建村〔2013〕190 号），要求各地推广绿色农房建设的方法和技术，提高农民绿色发展、循环发展、低碳发展意识，逐步建立并完善促进绿色农房建设的政策措施，建成一批绿色农房试点示范，带动一批绿色建材下乡。

目前我国主要在北方农村地区推进建筑节能，包括东北、华北、西北等地区，西藏自治区，京津地区，这些省份大多处于中国建筑气候分区的严寒和寒冷地区。冬季气候寒冷、时间漫长，是我国农村冬季能耗最大的地区，也是冬季室内热环境最差的地区，这些地区的农村建筑对节能的需求非常迫切。在中国北方农村地区推进建筑节能，有利于改善农村建筑的舒适性和安全性，减少冬季供暖能源消耗，强化节能减排；有利于延长农村建筑使用寿命，帮助农民减支增收，提升农村宜居性，加快美丽乡村建设；有利于带动绿色建材下乡，促进区域大气污染防治、产业结构调整和经济转型升级。

农房建筑节能是必须要走的路，今后住房和城乡建设部将加大力度推进。这本书是根据前几年在农村开展的实践经验研究提炼而成，为农村建筑节能适用技术的成熟化和标准化奠定了很好的基础，期待它发挥应有的作用。

住房和城乡建设部总经济师

2016 年 10 月 16 日

前言

我国农村地区人口众多,建筑面积庞大,农村用能主要以炊事、供暖、热水、照明和家电(含空调)等生活用能为主。随着我国农村经济的发展和农村生活水平的提高,农村地区生活消费用能增长迅猛。生活消费用能占社会总能源的消费比例逐年提高。根据《中国能源统计年鉴 2013》,2012 年底农村地区人均生活消费用能为 246kg 标准煤,农村地区生活消费用能已达 156 亿 t 标准煤。农村能源问题是全面建设农村小康社会的基础,解决农村能源问题是解决“三农问题”的前提条件,农村建筑节能是解决农村能源问题的重要途径,也是社会主义新农村建设的重要内容。

自 20 世纪 80 年代我国开始推行建筑节能和墙体改革以来,城市建筑围护结构节能已经取得了显著的成绩。国家标准《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26—2010 发布实施后,城市居住建筑节能已开始进入节能 65% 的第三步节能阶段,但农村建筑节能及室内环境一直未能得到应有的重视。农村建筑形式和经济技术条件不同于城市,不能盲目地效仿城市建筑节能做法,农村建筑节能工作相比城市建筑节能工作起步较晚。2000 年以后,北方地区农民开始意识到建筑节能对提高居住舒适性和节能的重要性,开始自发地进行墙体保温和使用节能门窗等。2005 年以后,黑龙江省出现了草砖墙和草板房,北京等地出现了复合节能墙板房等,更多地区开始关注农村建筑节能,在新农村建筑建设中开始应用适宜的节能技术,建设了一批农村建筑节能工程。随着农村经济水平的提高,农村建筑居住舒适性的需求日益强烈,能源消耗急剧增加。农村建筑节能开始受到国家重视,从“十一五”开始,科技部设立科技支撑计划课题进行村镇建筑节能技术与应用示范研究,形成了一些适合村镇建筑的节能技术和产品,并制定了国家标准《农村居住建筑节能设计标准》GB/T 50824—2013。2009 年开始在中国农村开展农村危房改造工程,农房建造质量有了明显提高,并在北方地区结合危房改造进行建筑节能示范,目前已完成了 103 万户节能示范项目,农村建筑节能已在北方地区大规模推广实施。

为了更好地指导农村建筑节能工作,自 2009 年开始,中国建筑科学研究院在住房和城乡建设部村镇建设司赵晖、王旭东和白正盛等同志的领导下,开展了全国范围内的调研、培训和指导工作,并就北方地区,组织农村建筑领域专家根据调研成果、以往农村建筑节能技术研究和实践中积累的经验,精心编写了本书。内容涵盖了农村建筑的设计、施工、质量验收、节能材料和产品选择及应用的全过程。

本书内容共有 4 部分和 1 个附录,第 1 部分为北方农村建筑节能理论基础;第 2 部分为北方农村建筑节能技术要点;第 3 部分为农村建筑节能设计方案示例;第 4 部分为农村建筑节能相关政策文件;附录包括与农村建筑节能相关的标准和技术导则。

本书既可以为广大农民、农村基层领导干部和农村科技人员提供具有实践性和指导意义的技术参考资料,以及解决问题的方法和相关知识;也可作为社会主义新型农民、农村建筑工匠的培训教材;还可作为从事农村建筑节能的设计单位、节能材料和产品生产厂商、建筑施工单位、监理单位以及所有参与农村建筑节能工作的单位和个人学习和应用的

参考资料。

本书在编写过程中，得到了很多专家和相关领导的关心、大力支持和指导，同时本书在编制中参考了一些公开发表的文献资料，在此一并表示深深的谢意！

由于编写时间紧以及编者水平和经验有限，书中难免有疏漏和不妥之处，而且随着农村建筑节能的不断深入、不断完善和不断发展，本书中的技术资料也许并不能全面地为农村建筑建设服务，敬请同行专家和广大读者批评指正，提出建议，以便再版时修订，促使本书更好地为社会主义新农村建设服务。

本书编委会

2016年11月11日

目 录

第 1 部分 北方农村建筑节能理论基础	1
1 建筑环境和建筑气候分区	3
1.1 建筑室内热湿环境	3
1.2 建筑外环境	5
1.3 建筑气候分区及对建筑热工设计的基本要求	12
2 建筑传热与建筑节能	14
2.1 传热方式	14
2.2 传热过程	20
2.3 农村建筑节能基本原理和节能途径	23
第 2 部分 北方农村建筑节能技术要点	27
第 1 篇 北方农村建筑节能设计	29
1 农村建筑节能材料	29
1.1 建筑材料的基本性质	29
1.2 砌体材料	34
1.3 保温材料	36
2 外墙保温技术	41
2.1 外墙热工性能要求	41
2.2 外保温技术	41
2.3 夹心保温技术	49
2.4 自保温技术	53
2.5 保温与结构一体化技术	57
3 门窗节能技术	64
3.1 门窗热工性能要求	64
3.2 节能门窗类型	64
3.3 节能门窗选择	72
3.4 门窗附加保温措施	73
4 屋面和地面的保温技术	75
4.1 屋面和地面热工性能要求	75
4.2 屋面的保温技术	75
4.3 地面保温技术	80
5 建筑用能系统节能技术和设备	83

5.1 供暖节能技术和设备	83
5.2 炊事节能技术和设备	105
5.3 照明节能技术	128
6 可再生能源利用技术	130
6.1 太阳能利用技术	130
6.2 地热能利用技术	136
6.3 生物质能利用技术	138
第2篇 北方农村建筑节能施工	145
7 外墙保温施工技术	145
7.1 外墙外保温施工技术	145
7.2 外墙夹心保温施工技术	158
7.3 外墙自保温施工技术	165
7.4 保温与结构一体化墙体施工技术	176
8 建筑节能门窗施工技术	180
8.1 铝合金门窗安装技术要点	180
8.2 塑钢门窗安装技术要点	182
8.3 木门窗安装技术要点	184
9 屋面和地面保温施工技术	186
9.1 屋面外保温施工技术	186
9.2 屋面吊顶板状材料保温层施工技术	188
9.3 地面保温施工技术	189
第3篇 农村建筑节能施工检查	190
10 基本规定	190
11 墙体保温	190
11.1 施工过程检查	190
11.2 竣工验收检查	191
12 门窗节能	191
12.1 施工过程检查	191
12.2 竣工验收检查	191
13 屋面和地面保温	191
13.1 施工过程检查	191
13.2 竣工验收检查	192
14 供暖	192
14.1 施工过程检查	192
14.2 竣工验收检查	193
15 照明	193
15.1 施工过程检查	193

15.2 竣工验收检查	193
16 太阳能热水系统	193
16.1 施工过程检查	193
16.2 竣工验收检查	194
17 地热能利用系统	194
17.1 施工过程检查	194
17.2 竣工验收检查	196
第4篇 农村建筑节能检测	197
18 基本规定	197
19 室内平均温度	197
20 外围护结构热工缺陷	198
21 外墙和屋面主体部位传热系数	198
22 外窗窗口气密性能	199
23 外窗窗口气密性能检测操作程序	201
第3部分 农村建筑节能设计方案示例	203
1 农房节能设计方案示例一	205
1.1 建筑设计说明	205
1.2 建筑设计方案	206
1.3 结构设计方案	210
1.4 给水排水设计方案	211
1.5 供暖设计方案	212
1.6 电气设计方案	213
2 农房节能设计方案示例二	215
2.1 建筑设计说明	215
2.2 建筑设计方案	215
2.3 结构设计方案	220
2.4 供暖设计方案	222
2.5 电气设计方案	223
3 农房节能设计方案示例三	226
3.1 建筑设计说明	226
3.2 建筑设计方案	226
3.3 供暖设计方案	229
4 农房节能设计方案示例四	232
4.1 建筑设计说明	232
4.2 建筑设计方案	233
5 农房节能设计方案示例五	234
5.1 建筑设计说明	234

5.2	建筑设计方案	234
5.3	结构设计方案	236
5.4	给水排水设计方案	237
5.5	供暖设计方案	238
5.6	电气设计方案	238
6	农房节能设计方案示例六	239
6.1	建筑设计说明	239
6.2	建筑设计方案	239
6.3	结构设计方案	242
6.4	给水排水设计方案	246
6.5	供暖设计方案	246
6.6	电气设计方案	247
附录		249
附录 1 严寒和寒冷地区农村住房节能技术导则		251
附录 2 农村居住建筑节能设计标准		280
附录 3 绿色农房建设导则（试行）		300
附录 4 农村建筑节能相关政策文件		304
附录 5 与农村建筑相关的节能材料和技术标准汇总		321
参考文献		322

第 1 部分

北方农村建筑节能理论基础

1 建筑环境和建筑气候分区

1.1 建筑室内热湿环境

1.1.1 室内热环境组成要素及其对人体热舒适的影响

人体的生理机能决定了要将体温保持在一个相当窄的范围内恒定才能保证人体的各项功能正常。健康状态下,人体的体温一般比较恒定,即大致保持在 $36.2^{\circ}\text{C}\sim 37.2^{\circ}\text{C}$ 范围内。体温超过变动范围上限,则相应会导致中暑甚至死亡。体温低于变动范围下限,相应会导致生病(感冒)甚至死亡。

人体为了维持正常的体温,必须使产热和散热保持平衡。热平衡与人体自身条件和室内热环境有关,人体自身条件包括人体产热量和衣着情况,室内热环境影响因素包括室内空气温度、室内空气湿度、室内气流速度、环境辐射温度。



图 1-1-1 人体与环境之间的热交换

如图 1-1-1 所示,人体与环境之间的热量交换包括人体产热、对流换热、辐射换热、蒸发和呼吸换热。

人体的热平衡方程式可用下式:

$$\Delta q = q_m - q_e \pm q_r \pm q_c \quad (1-1-1)$$

式中 Δq ——人体得失的热量, W;

q_m ——人体产热量, W;

q_e ——人体蒸发和呼吸散热量, W;

q_r ——人体与周围环境的辐射换热热量, W;

q_c ——人体与周围环境的对流换热热量, W。

在安静状态下,一个成年人的产热量为 $95\sim 115\text{W}$,重体力劳动时,人体的产热量为 $580\sim 700\text{W}$ 。人体在未出汗时,通过呼吸和无感觉的皮肤汗液蒸发;劳动强度变大或环境较热,皮肤出汗,汗液蒸发增加。

当 $\Delta q=0$ 时,人体处于热平衡,体温维持不变,但 $\Delta q=0$ 并不一定表示人体处于舒适状态,以为各种热量之间可能有许多不同的组合都可使 $\Delta q=0$,也就是说,人体会遇到各种不同的热平衡,只有那种使人体按正常比例散热的热平衡,才是舒适的。当辐射散热占 $45\%\sim 50\%$,对流换热占 $25\%\sim 30\%$,呼吸和无感觉蒸发散热占 $25\%\sim 30\%$ 时,达到的热平衡,人体才感觉舒适。

对于不舒适的热环境，可以通过调温设施来改变，但是可能存在经济上不合理，降低人体对环境变化的适应能力，不利于人体健康。

1.1.2 室内热环境的评价方法和标准

室内热环境标准是建筑热工设计的基本依据之一，如上节所述室内热环境四个影响因素包括室内空气温度、室内空气湿度、室内气流速度、环境辐射温度，通常最简单方便且应用最广泛的是以室内空气温度值为室内热环境的评价指标，但不很完善，应综合考虑室内热环境的四个影响要素形成的综合评价指标。

1. 有效温度 ET

有效温度 (ET)，也称“实感温度”，是根据空气温度、空气湿度、气流速度三个主要气象因素的相互制约作用，在人工控制的条件下，以人的主观感觉为基础而制定的。有效温度是通过受试者对不同空气温度、相对湿度、气流速度的环境的主观反映得出具有相同热感觉的综合指标，不同的空气温度、相对湿度和气流速度组合而成的室内热环境给人的主观热感觉可能是相同的。

以前的有效温度指标，未包括辐射热的作用。后来，美国供暖、供冷、空调工程师学会 (ASHRAE) 给出了新有效温度 ET^* ，用黑球温度代替了空气温度，如图 1-1-2 所示。黑球温度也叫实感温度，标志着在辐射热环境中人或物体受辐射和对流热综合作用时，以温度表示出来的实际感觉。所测的黑球温度值一般比环境温度也就是空气温度高一些。对应于不同的新有效温度 ET^* ，人体的主观热感觉见表 1-1-1。

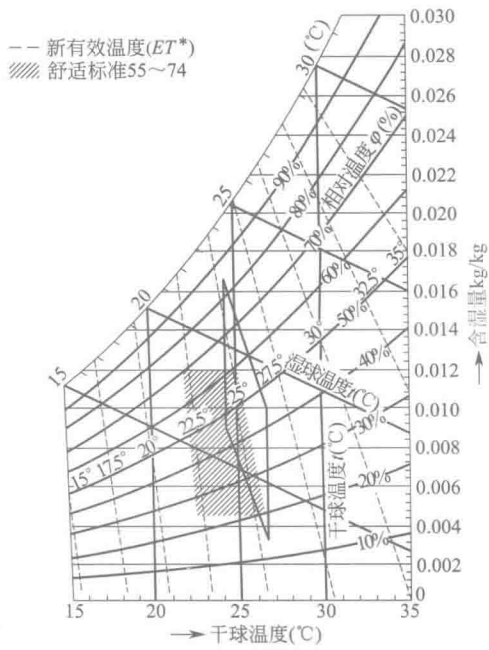


图 1-1-2 ASHRAE 舒适图 (ASHRAE 手册, 1977)

新有效温度 ET^* 对应的人体主观热感觉

表 1-1-1

新有效温度 ET^* ($^{\circ}\text{C}$)	43	40	35~30	25	20~15	10
主观热感觉	允许上限	酷热	炎热 热 稍热	适中	稍冷 冷 寒冷	严寒

注：表中的热感觉测试条件是人身着 0.6clo 服装 ($1\text{clo}=0.16\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)，流速为 0.15m/s，相对湿度为 50%。

2. PMV—PPD 指标

20 世纪 70 年代，丹麦 P. O. Fanger 收集了 1396 名美国和丹麦受试对象的冷热感觉资料，提出了表征人体冷热感的评价指标 PMV 指标， PMV 的分度见表 1-1-2。

PMV 热感觉标尺

表 1-1-2

热感觉	热	暖	微暖	适中	微凉	凉	冷
PMV 值	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

PMV 指标代表了对同一环境绝大多数人的冷热感觉, 因此可用 PMV 指标预测热环境下人体的热反应。由于人与人之间生理的差别, 故用预期不满意百分率 (PPD 指标) 来表示对热环境的百分数。

PPD 和 PMV 指标之间的关系可用图 1-1-3 表示。在 $PMV=0$ 处, PPD 为 5%。这意味着, 即使室内环境为最佳热舒适状态, 由于人们的生理差别, 还有 5% 的人感到不满意。ISO 7730 对 $PMV-PPD$ 指标的推荐值为: $PPD < 10\%$, 即 PMV 值在 $-0.5 \sim +0.5$ 之间。相当于在人群中允许有 10% 的人感觉不满意。目前市场上已有测量 PMV 、 PPD 指标的仪器——热舒适仪。

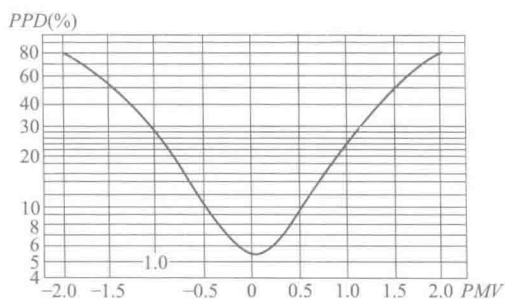


图 1-1-3 PPD 与 PMV 的关系

严寒和寒冷地区农村居住建筑冬季室内温度偏低, 普遍低于城市居住建筑的室内温度, 并且不同用户的室内温度差距大。根据调查与测试结果, 严寒和寒冷地区农村冬季大部分住户的卧室和起居室温度范围为 $5^{\circ}\text{C} \sim 13^{\circ}\text{C}$, 超过 80% 的农户认为冬季较舒适的供暖室内温度为 $13^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ 。由于农民经常进出室内外, 这种与城镇居民不同的生活习惯, 导致了不同的穿衣习惯, 因此农民对热舒适认同的标准与城市居民也不同, 因而对于严寒和寒冷地区农村居住建筑的卧室、起居室等主要功能房间, 节能计算冬季室内热环境参数应选取 14°C 。

1.2 建筑外环境

建筑室外热湿环境是指作用在建筑外围护结构上的一切热湿物理量的总称。建筑物所在地的气候因素会通过围护结构影响室内环境。建筑物外围护结构的功能之一就是抵御或利用室外热湿作用, 在室内创造舒适的热湿环境。人们必须熟悉作用在外围护结构上的各种热作用, 才能设计出安全、适用、经济、节能和耐久的外围护结构, 才可能创造出相关的新技术。

气候和天气是两个不同的概念。天气是指该地区时刻变化的冷、热、干、湿、风、雨等大气状况。气候是指某地区平均的大气状况, 是该地区多年天气状况的统计结果。与建筑密切相关的气候要素包括太阳辐射量、室外空气温度、室外空气湿度、室外风速和风向、降水量。

室外气候要素包括空气温度、湿度、风、太阳辐射、降水、日照、积雪、冻土等。从建筑热工与节能设计角度, 我们主要关心的是对室内热环境及建筑物耐久性和建筑整体能

耗起主要作用的几项因素,即室外空气温度、太阳辐射、室外空气湿度、风。

1.2.1 室外空气温度

室外空气温度是评价不同地区气候冷暖的依据。室外空气温度的年、日变化近似周期性。这是由于太阳辐射的周期性变化引起的。设计或研究围护结构的保温、隔热时,要根据室外气温的变化规律,尽可能采取有效利用自然气候特点、适用的与经济有效的技术措施。

1. 气温的日变化和年变化

气温有着明显的日变化和年变化特征。一年中,最高气温出现的季节大约在7月下旬至8月上旬,最低气温出现的季节大约在1月下旬至2月上旬。一天中的气温则有一个最高值和最低值,如图1-1-4所示。日气温最高值出现的时刻,不在正午太阳辐射照度最大的时刻,而是在午后2时前后,这是因为空气主要吸收地面热量而增温,当地面吸收了太阳辐射热后会在正午稍后时出现温度最大值,而地面热量再传给大气还要经历一个温度波的延迟过程;

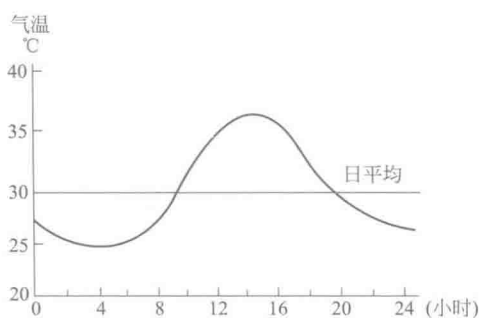


图 1-1-4 气温的日变化

气温的最低值也不在午夜出现,而是出现在日出前后,这是因为地面储存的热量因太阳辐射热的减弱而减少,气温随之逐渐下降,到了第二天日出之前,地面温度达到最低值,随后气温也达到最低值。日出后,太阳辐射逐渐加强,地面储热量又开始增加,气温也相应逐渐上升。

一天之内,气温最高值与最低值之差,称为气温日较差;而一年之内最热月平均气温和最冷月平均气温之差,叫做气温年较差。

气温的日变化一般用日较差表示,日较差的大小依地理纬度、地势、下垫面性质、天气状况和季节的不同而有所区别。我国的各地气温的日较差大小分布一般是从东南至西北逐渐增大;在谷地和盆地,由于空气流通不畅,白天有暖空气集聚,夜间有冷空气堆积,气温日较差较四周高地大;海洋上气温日较差比大陆的气温日较差小。不同的土壤,如砂土、深色土和松干土壤的气温日较差分别比黏土、湿润土壤上的气温日较差大,植物覆土也能减小其上气温日较差;云雨多的地区日较差较小,反之日较差则大,如四川盆地;由于各地的地理条件和气候条件差异,我国气温日较差的季节变化呈现多种类型。青藏高原冬季气温日较差最大,夏季最小;秦淮线以北的广大地区及西南地区,气温日较差都是春季最大,多雨的夏季最小;江南地区夏季日较差最大,冬季最小;新疆地区最小的日较差也出现在冬季,而最大日较差则发生在天高气爽的秋季。

气温的年变化也是用气温年较差来表示。我国气温年较差由南向北由沿海向内陆,逐渐增大,华南和云贵高原为10~20℃;长江流域增加到20~30℃;华北和东北的南部为30~40℃;东北的北部与西部则超出40℃。

2. 室外计算温度

因为对建筑起决定作用的是最热月和最冷月气温,所以,我国建筑气候区划是使用各