

寒冷气候类型与建筑热工设计对策

刘加平^{1,2}, 何知衡¹, 杨 柳^{1,2}

(1. 西部绿色建筑国家重点实验室, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘要:国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016)将我国陆地国土划分为五大热工设计分区,其中包含寒冷气候区和严寒气候区,并给出了原则性的设计要求。从建筑节能乃至绿色建筑设计角度来审视,发现既有的热工设计分区过于笼统,单一分区面积太大,分区指标太粗,不利于建筑的被动式太阳能利用和气候适应性设计。本文在回顾建筑气候区划的历史背景基础上,提出了将空气温度的日较差纳入到热工设计分区指标中,以便将现有寒冷气候区和严寒气候区的气候类型做进一步细化,行文中统称为寒冷气候类型,同时给出了每一个寒冷气候类型相应的建筑热工设计对策。本研究可为相关建筑气候区划标准及建筑设计标准规范的修订提供参考。

关键词:建筑热工设计分区;寒冷气候类型;设计对策

中图分类号: TU119.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2020)03-0309-06

Classification of China cold climate and the strategy in architectural thermal design

LIU Jiaping^{1,2}, HE zhiheng¹, YANG Liu^{1,2}

(1. The Key Lab of Green Building in Western China, Xi'an 710055, China;

2. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: The Code for thermal design of civil building (GB 50176-2016) divides China's mainland into five thermal design zones, including cold climate zone and severe cold climate zone, and gives the design requirements in principle. From the perspective of building energy conservation and green building design, it is found that the existing thermal design zoning is too general, the single zoning area is too large, and the zoning index is too coarse, which is not conducive to passive solar energy utilization and climate adaptive design of buildings. Based on the review of the historical background of building climate zoning, this paper puts forward that the diurnal temperature range should be included in the index of thermal design zoning, so as to further refine the existing climate types of cold climate area and severe cold climate area, which are collectively called cold climate type in this paper, and at the same time, the corresponding thermal design countermeasures for each cold climate type are given. This study can provide reference for the revision of relevant building climate zoning standards, building design standards and codes.

Key words: regional division of China's building thermal design; classification of China cold climate; strategy in architectural thermal design

1 建筑热工设计分区

气候区划是依据社会经济活动中不同行业受气候变化影响的程度和对气候参数的需求,将累年气象参数分布相近的区域划为同一个区,将一个国家或地区划为若干个气候分区的活动。气候对农业、建筑业、交通运输业等的作用和影响不同,因此,各个行业相对应的气候分区也有较大不同。

建筑气候区划,是依据气候要素对建筑的影响

和作用,将多个气候参数均相近的区域划分为同一个气候区,以利于建筑在设计、建造和运行使用中适应气候。我国幅员辽阔,地形复杂,各地气候差异悬殊,为了适应不同的气候条件,建筑应该反映出不同的特点和要求。为此,我国在上世纪 50 年代就开展了建筑气候区划的研究,在 1964 年提出了《全国建筑气候分区草案(修订稿)》,并在 1993 年颁布了全国统一的《建筑气候区划标准》(GB 50178-93)^[1],同时,两部国家标准《民用建筑热工

设计规范》(GB 50176-93)^[2]和《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ 19-87)^[3]的气候分区也与之协调一致. 依据建筑气候区划标准确定的一级和二级区划指标, 将我国陆地国土划分为7个主气候区、20个子气候区, 每个子气候区的建筑设计都提出了具体的要求. 这些条文和设计要求已反映在《民用建筑设计统一标准》(GB 50352-2019)^[4]之中.

建筑热工设计分区与我国建筑气候区划工作同时进行, 其结果最早反映在1986年版的《民用建筑热工设计规程(试行)》(JGJ 24-86)^[5]之中. 后经过试用和修改完善, 最终成为《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-93)^[2]的正式条文, 为提升我国民用建筑的热性能和室内热环境质量, 推动建筑节能事业发展起到了重要的技术支撑作用.

建筑热工设计分区的目的是服务于建筑适应气候以保证基本的室内热环境. 建筑热工设计主要包括建筑物及其围护结构的保温、防热和防潮设计. 所以, 建筑热工设计分区是依据气候要素对建筑的热作用将建筑设计中可采用相同设计对

策和技术措施的区域划为同一个区. 从“被动式”建筑节能设计, 甚至绿色建筑设计发展角度来看, 我国现行的建筑热工设计分区已经不能满足绿色建筑和建筑节能发展的需求, 主要问题表现在设计分区过大, 设计要求过于原则性等方面. 本文将就严寒和寒冷气候区的进一步区划和设计对策展开讨论.

2 寒冷气候分区与区划指标

我国陆地面积60%以上地区属于建筑热工设计分区中的严寒气候区和寒冷气候区, 这两类气候区也常被称为“采暖区”. 按我国现行《民用建筑供暖通风与空调设计规范》(GB 50736-2012)^[6]中的5.1条规定: 累年日平均温度稳定低于或等于5℃的日数大于或等于90 d的地区, 应设置供暖设施, 并宜采用集中供暖, 这与《建筑气候区划标准》(GB 50178-93)^[1]和《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016)^[7]依照室外气温最冷月平均值, 分别区划得到的建筑气候分区和建筑热工设计分区一致, 其中严寒和寒冷气候分区指标见表1.

表1 严寒和寒冷气候分区指标和设计要求

Tab. 1 Index and design requirements for severe cold and cold zones

分区名称	分区指标		设计原则
	主要指标	辅助指标	
严寒地区	$t_{\min \cdot m} \leq -10^{\circ}\text{C}$	$145 \leq d_{\leq 5}$	必须充分满足冬季保温要求, 一般可不考虑夏季防热
寒冷地区	$-10^{\circ}\text{C} < t_{\min \cdot m} \leq 0^{\circ}\text{C}$	$90 \leq d_{\leq 5} < 145$	应满足冬季保温要求, 部分地区兼顾夏季防热

从表1中可以看出, 严寒和寒冷气候区的分区主要指标为最冷月平均温度($t_{\min \cdot m}$), 辅助指标为日平均温度小于等于5℃的天数($d_{\leq 5}$), 但没有涉及到室外空气的含湿量或湿度指标. 也就是说, 现行的建筑热工设计分区, 没有将年均相对湿度较低的大陆性气候区与相对湿度较高的海洋性气候区分开来. 《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016)^[7]中给出的原则性设计要求, 既包括了大陆性严寒与寒冷气候区, 也包含了海洋性严寒与寒冷气候区, 例如, 同属寒冷地区的新疆维吾尔自治区吐鲁番地区与辽宁省丹东地区, 其建筑热工设计要求和原则是一致的. 长期从事建筑节能设计的业内人士都明白, 这种高度原则性的规定对于实际建筑设计、建筑节能设计几乎没有指导意义. 由于两地的室外气温年较差、冬季室外气温日较差和太阳总辐射条件差异巨大, 年降水量和时域分布差异巨大, 夏季室外气象参数

的均值和波动值也差异巨大, 故在建筑防寒(保温)设计、太阳能利用以及建筑防热设计对策上差异巨大. 这两个地区的传统建筑在形体、空间和构造上的巨大差异就是铁证.

造成这种结果的原因, 是区划指标中没有考虑气候参数的重要指标——空气相对湿度的地域性差异. 业内专业人士的普遍常识是, 对于严寒地区的采暖建筑来说, 只要在建筑设计中考虑了建筑围护结构的防潮设计, 确保不会出现围护结构表面结露和内部冷凝, 建筑设计中就不再考虑室外空气的湿度, 包括绝对湿度和相对湿度, 对建筑的影响. 对于热带气候区, 建筑设计应该主要考虑的, 一是防水, 二是防霉. 而对于室外空气湿度对建筑热环境的影响, 考虑较少, 至少在相关规范和标准的条文中, 没有明确反映.

一个地区室外空气相对湿度的时空分布, 与空

气温度的时空分布是一对偶关系，同时存在，周期性波动的相位相反。空气相对湿度直接表达的是空气中含湿量的多寡，而间接表达的则是降水量、大气下垫面(地表)的性质与蒸发量的时空分布。所以，室外空气温度周期性波动的幅度也可以间接描述一个地区室外空气相对湿度的变化，最常用的指标是空气温度的日较差，即一天中室外空气温度最

高值与最低值之差。气温日较差的大小与所处地理纬度、海拔、季节、地表性质等自然因素相关。基于“十三五”国家重点研发计划项目“建筑节能设计基础参数研究”和国家自然科学基金重点项目“中国建筑气候分区理论、方法与区划”研究成果，我国严寒气候区和寒冷气候区典型城市的月平均日较差见表 2。

表 2 严寒和寒冷气候区典型城市月平均气温日较差(1970-2017)

Tab. 2 Monthly average diurnal temperature range of typical cities in severe cold and cold zones(1970—2017)

城市	月平均日较差/℃												极大	极小
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月		
沈阳	11.7	11.6	11.0	12.4	12.1	10.4	8.6	9.3	11.9	11.9	10.1	10.6	25.6	1.1
大连	6.3	6.3	6.9	7.9	8.0	7.0	5.6	5.6	6.4	6.7	6.7	6.5	19.1	0.7
青岛	6.0	6.3	6.7	7.1	7.0	5.8	4.9	5.4	6.3	6.5	6.3	6.0	16.5	0.8
拉萨	16.0	15.0	14.4	14.0	13.9	13.1	11.9	11.5	12.0	14.6	16.0	16.4	27.6	4.2
日喀则	19.0	17.8	16.5	15.8	15.7	14.5	12.4	11.9	13.3	17.2	19.6	19.8	33.5	3.5
西宁	15.8	15.2	14.2	14.6	14.0	13.6	13.3	13.0	11.7	12.9	14.2	15.2	29.7	1.6
玉树	17.0	15.8	15.0	14.9	14.1	12.9	13.2	14.0	13.5	14.1	16.4	17.6	30.2	2.5
吐鲁番	9.1	11.3	12.8	14.0	14.5	14.5	14.4	14.9	15.1	14.2	11.1	8.2	25.6	1.2
哈密	12.8	14.2	15.2	15.9	16.1	15.8	15.7	16.5	17.3	16.4	12.9	11.5	26.7	1.7

表 2 中的日较差数据表明，青岛、大连、沈阳等城市，全年各月平均气温日较差均较小，具备海洋性气候特征。而拉萨、玉树、哈密等城市，虽然也被划分在严寒和寒冷气候区，但其全年月平均气温日较差都在 15℃ 左右，是大陆性气候的典型代表城市，而且，这些城市所在地域各个月份的太阳辐射资源丰富。

3 寒冷气候区细化与新气候区类型

如何将空气湿度纳入建筑热工设计分区指标之中，或采用哪个气象参数作为表征空气湿度的指标，需要做深入的分析。我们知道，空气绝对湿度相同时，由于温度的差异，此刻空气的相对湿度可能不同；而空气相对湿度相同时，其绝对湿度的差异可能会很大。因此，直接使用绝对湿度或相对湿度作为分区指标，是较为困难的。

然而，空气湿度的变化，不论是绝对湿度还是相对湿度，都会影响空气温度周期性波动的幅度，即一个地区的空气湿度平均值的高低与空气温度的周期性波幅成正比关系。所以，将空气温度的日较差作为气候分区的区划指标，可间接反映一个地区气候的湿度状况。对于严寒和寒冷气候区，将气温日较差作为二级区划指标，则会将严寒和寒冷气候区的地域性特征区分开来，得到如下不同的寒冷气候类型：

(1)低海拔海洋性寒冷气候，特征是：室外气温的年较差大，日较差小，气候湿润，冬季太阳辐射资源条件较差。这类气候区又包括《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016)^[7]中的严寒和寒冷气候区，哈尔滨和天津分别为其代表性城市，长城大致为其分界线。

(2)低海拔大陆性寒冷气候，特征是：室外气温的年较差、日较差都很大，气候干燥，冬季严寒，夏季酷热，全年太阳辐射资源丰富。吐鲁番、敦煌、银川、哈密等是典型代表，“早穿棉袄午穿纱，围着火炉吃西瓜”是其形象写照。

(3)高海拔大陆性寒冷气候，特征是：全年室外气温的日较差大，气候干燥，冬季寒冷，夏季凉爽，全年太阳辐射条件较好。其中在高纬度地区的内陆城市，如兰州、西宁、延安、榆林等，气温的年较差也较大。而在低纬度地区的内陆城市，如拉萨，昆明，日喀则等，气温的年较差较小。

这三类寒冷气候类型是对原有热工设计分区的严寒、寒冷气候的深化，《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016)^[7]中对严寒和寒冷气候区的热工设计原则、保温设计规定，也适应于这三类寒冷气候类型，但很显然，从建筑适应气候和建筑节能角度，已有的条文规定远远不能满足设计上的要求。

4 寒冷气候热工设计对策

《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-93)^[2]的第三章给出了严寒和寒冷气候区建筑保温设计的原

则性规定,见表 3.

《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-2016)^[7]版对增加了热工设计分区二级区划,见表 4.

表 3 建筑保温设计要求

Tab. 3 Requirements for building insulation design

编号	设计要求
1	建筑物宜设在避风和向阳的地段.
2	建筑物的体形设计宜减少外表面积,其平、立面的凹凸面不宜过多.
3	居住建筑,在严寒地区不应设开敞式楼梯间和开敞式外廊;在寒冷地区不宜设开敞式楼梯间和开敞式外廊.公共建筑,在严寒地区出入口处应设门斗或热风幕等避风设施;在寒冷地区出入口处宜设门斗或热风幕等避风设施.
4	建筑物外部窗户面积不宜过大,应减少窗户缝隙长度,并采取密闭措施.
5	外墙、屋顶、直接接触室外空气的楼板和采暖楼梯间的隔墙等围护结构,应进行保温验算,其传热阻应大于或等于建筑物所在地区要求的最小传热阻.
6	当有散热器、管道、壁龛等嵌入外墙时,该处外墙的传热阻应大于或等于建筑物所在地区要求的最小传热阻.
7	围护结构中的热桥部位应进行保温验算,并采取保温措施.
8	严寒地区居住建筑的底层地面,在其周边一定范围内应采取保温措施.
9	围护结构的构造设计应考虑防潮要求.

表 4 建筑热工设计二级区划指标及设计要求

Tab. 4 Secondary zoning index and design requirements for building thermal design

二级区划名称	区划指标	设计要求
严寒 A 区	$6\,000 \leq \text{HDD}18$	冬季保温要求极高,必须满足保温设计要求,不考虑防热设计.
严寒 B 区	$5\,000 \leq \text{HDD}18 < 6\,000$	冬季保温要求非常高,必须满足保温设计要求,不考虑防热设计.
严寒 C 区	$5\,000 \leq \text{HDD}18 < 6\,000$	必须满足保温设计要求,可不考虑防热设计.
寒冷 A 区	$2\,000 \leq \text{HDD}18 < 3\,800$	$\text{CDD}26 \leq 90$ 应满足保温设计要求,可不考虑防热设计.
寒冷 B 区		$\text{CDD}26 > 90$ 应满足保温设计要求,宜满足隔热设计要求,兼顾自然通风、遮阳设计.

表 4 中的二级区划,主要是按寒冷的程度(寒冷地区也参考了 CDD26,即夏季的炎热程度),将严寒和寒冷气候区做了进一步的区划.但由于热工设计分区指标依然没有考虑气温的年较差、日较差和太阳总辐射的季节性分布等指标,所以,设计原则亦无根本性改变.

严寒和寒冷气候区冬季普遍需要采暖,部分地区夏季需要空调.室外气温全年平均值、年较差、冬夏季日平均值、日较差、太阳总辐射等条件不同,热工设计的原则和对策差异亦较大.综合考虑

以上要素的影响,给出三个寒冷气候类型的热工设计对策.

4.1 低海拔海洋性寒冷气候区及热工设计对策

(1)气候参数分布特征:冬季日平均温度低($\leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的天数大于 90 d)、室外气温日较差小、连续阴寒和降雪频率高,元月份太阳总辐射值很小;夏季最热月平均气温较低.

(2)代表性地域:包括我国东北大部分区域和华北的东部区域等,典型城市哈尔滨的基本气候情况见表 5.

表 5 哈尔滨基本气候情况(1971—2000 年资料统计)

Tab. 5 Basic climatic conditions in Harbin (1971—2000 statistics)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均温度/ $^{\circ}\text{C}$	-18.3	-13.6	-3.4	7.1	14.7	20.4	23.0	21.1	14.5	5.6	-5.3	-14.8
平均最高温度/ $^{\circ}\text{C}$	-12.5	-7.2	2.3	13.7	21.3	26.1	27.9	26.3	20.7	11.7	-0.1	-9.4
平均最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	-24.1	-19.8	-9.7	0.4	7.9	14.5	18.3	16.2	8.7	0.1	-10.1	-19.8
平均降水量/mm	3.4	5.3	9.7	18.4	40.4	84.4	142.7	121.2	57.6	25.9	9.6	5.8
降水天数/日	5.8	5.7	5.7	6.7	10.3	13.5	14.2	12.3	9.9	7.1	6.0	7.2
平均风速/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	3.1	3.2	4.0	4.7	4.5	3.6	3.3	3.0	3.3	3.7	3.8	3.2

(3)建筑热工设计对策: 屋顶、外墙和外门窗应尽可能提高保温性能, 传热系数越小越好, 门窗气密性应尽可能高, 具体取值至少应满足建筑和节能设计标准的规定值^[8-9], 其中在华北东部地区应兼顾夏季防热设计要求。但这一区域冬季太阳辐射资源差, 既不适宜于冬季太阳能采暖, 不论是所谓被动式还是主动式系统, 夏季也不适宜于使用太阳能作为降温动力。但可安装春、夏、秋季使用的太阳能热水系统。

(4)在低海拔海洋性寒冷气候区, 冬季经常出现连续阴寒天气(阴天日数大), 冬季室内外会出现大于 40℃的温差, 被动式太阳能采暖的贡献率很小, 所以, 四个朝向的外墙须采取均衡的保温设计对策, 即外墙的热阻、传热系数和热惰性指标值相同, 可称其为“均衡性保温设计”, 也是现行建筑热工设计规范推荐的方法。

4.2 低海拔大陆性寒冷气候区(俗称冬季严寒、夏季酷热气候区)及热工设计对策

(1)气候参数分布特征: 冬季严寒、夏季酷

热、温度日较差大、全年阴天日数少, 降水(降雪)概率低。

(2)代表性地域: 新疆大部, 甘肃和宁夏局部。

(3)热工设计对策: 冬季宜采用被动式太阳能, 在满足高保温性能的同时, 应采用厚重型围护结构, 以削弱室外温度波动对室内热环境的影响; 夏季适宜采用蒸发冷却空调技术, 应注重建筑遮阳、夜间通风。

(4)作为低海拔大陆性寒冷气候区的典型代表, 吐鲁番室外气温的平均值的年较差为 51.7℃, 而极端气温的年较差达到了 72.1℃(见表 6)。这种典型的低海拔地区大陆性“夏热冬冷型”气候, 与长江流域的“夏热冬冷气候区”的主要差异是: 室外气温的日较差(昼夜温差)大(15℃左右), 日平均相对湿度低^[10]。针对这类气候特征, 传统民居建筑采取的是按照季节变化转换卧室和起居室, 这与徽派民居、江浙民居的夏季防热措施(变化室内空间大小)有异曲同工之处。

表 6 吐鲁番基本气候情况(1971—2000 年资料统计)

Tab. 6 Basic climatic conditions in Turpan (1971—2000 statistics)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均温度/℃	-7.6	-0.5	9.5	19.3	25.9	30.5	32.2	30.0	23.2	13.2	2.7	-5.8
平均最高温度/℃	-2.2	6.0	16.2	26.5	33.3	37.9	39.6	38.0	31.8	21.8	9.5	-0.8
极端最高温度/℃	7.3	16.5	28.6	39.4	43.2	45.4	47.7	46.6	42.8	32.9	20.7	9.6
平均最低温度/℃	-12.1	-6.0	3.0	12.3	18.6	23.2	25.0	22.8	16.2	7.0	-2.2	-9.7
极端最低温度/℃	-24.4	-22.8	-9.0	0.2	8.4	13.3	16.6	13.0	5.3	-4.8	-17.8	-25.2
平均降水量/mm	1.0	0.5	1.2	0.5	0.9	2.9	1.9	1.8	1.6	1.7	0.6	1.0
降水天数/日	1.5	0.3	0.3	0.6	0.9	2.3	2.0	1.9	1.2	0.7	0.3	1.1
平均风速/m·s ⁻¹	0.4	0.6	1.2	1.5	1.5	1.6	1.5	1.3	1.0	0.7	0.4	0.3

4.3 高海拔大陆性寒冷气候区及热工设计对策

(1)气候参数分布特征: 冬季漫长、冬季日平均温度偏高(≥-5℃)、温度日较差大、连续阴寒及降雪频率低; 夏季凉爽。

(2)代表性地域: 青藏高原和黄土高原的大部分区域, 云贵高原局部等。

(3)热工设计对策: 这部分地区太阳能资源丰富, 且冬季平均温度不是很低, 是太阳能采暖的最佳地区; 建筑应具备良好的蓄热性能; 因四个朝向太阳辐射的差异, 外墙应采取非平衡保温设计对策(保温性能各向异性); 不考虑夏季防热。

表 7 拉萨基本气候情况(1971—2000 年资料统计)

Tab. 7 Basic climatic conditions in Lhasa (1971—2000 statistics)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均温度/℃	-1.6	1.5	5.2	8.4	12.3	15.9	15.7	14.7	12.9	8.7	2.9	-1.2
平均最高温度/℃	7.2	9.2	12.7	15.9	19.9	23.2	22.5	21.4	19.9	17.0	12.0	8.1
平均最低温度/℃	-9.1	-5.9	-2.1	1.5	5.6	9.8	10.4	9.7	7.8	2.0	-4.2	-8.2
平均降水量/mm	0.8	1.2	2.9	6.1	27.7	71.2	116.6	120.6	68.3	8.8	1.3	1.0
降水天数/日	0.7	1.0	1.6	4.3	9.9	14.3	19.1	20.0	15.4	4.5	0.7	0.6
平均风速/m·s ⁻¹	1.9	2.4	2.4	2.4	2.2	2.0	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6

(4)太阳能采暖最佳地区: 累年气象参数统计表明, 在青藏高原等高海拔大陆性寒冷气候区: ①冬季经常出现连续阴寒天气少(阴天日数≤5%);

②冬季室内外温差较小(≤18℃); ③冬季太阳总辐射强度较高, 即被动式太阳能采暖的贡献率可以很高。所以, 围护结构保温设计应该采用“非平衡保

温设计“方法,即依据室外气温和太阳辐射共同热作用确定不同朝向围护结构保温性能的原则,各朝向热阻 R_j 与南向热阻 R_s 的关系式,即

$$\begin{aligned} q_s &= q_n = q_e = q_w \\ R_j &= R_s \cdot \frac{t_i - t_o}{t_i - (t_o + t_{jsun})} \\ &= R_s \cdot \left[1 + \frac{t_{jsun}}{t_i - (t_o + t_{jsun})} \right] \\ &= R_s + \Delta R_j \end{aligned}$$

式中, q_s 、 q_n 、 q_e 、 q_w 为建筑南向、北向、东向、西向外墙单位面积传热失热量, W/m^2 ; R_j 为其它朝向外墙热阻, $m^2 \cdot K/W$; R_s 为南向外墙热阻; $m^2 \cdot K/W$; t_i 、 t_o 为室内、室外温度, $^{\circ}C$; t_{jsun} 为太阳辐射当量温度, $^{\circ}C$ 。

在高海拔大陆性气候区,北向墙体保温性能应最好,其间差值取决于室内外设计计算温度和各朝向的太阳辐射当量温度。

5 结语

建筑热工设计分区研究是建筑节能和绿色建筑发展的基础性工作。既有的热工设计分区指标太粗,致使单一分区面积过大,分区指导原则过于笼统,不利于建筑的被动式太阳能利用和气候适应性设计。我国的建筑热工设计分区应该开展三级区划,区划指标宜采用室外空气温度的日较差,可反映空气湿度的地区性差异。

在进一步分区的基础上,可给出合理的气候适应性设计对策。每一个三级分区宜采用哪种热工设计措施,应该向传统地域建筑学习,因为其间蕴含着丰富的应对地域气候的经验和做法。

参考文献 References

- [1] 国家技术监督局,中华人民共和国建设部. 建筑气候区划标准:GB 50178—93 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
State Bureau of Technical Supervision, Ministry of Construction of the People's Republic of China. Standard of climatic regionalization for architecture: GB 50178—93 [S]. Beijing:China Architecture & Building Press, 1993.
- [2] 中华人民共和国建设部. 民用建筑热工设计规范:GB 50176—93 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1993.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. Code for thermal design of civil building: GB 50176—93 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1993.
- [3] 中国有色金属工业总公司. 采暖通风与空气调节设计规范:GBJ 19—87 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1987.
China Nonferrous Metals Industry Corporation. Code for design of heating ventilation and air conditioning: GBJ 19—87 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1987.
- [4] 中国建筑标准设计研究院有限公司. 民用建筑设计统一标准:GB 50352—2018 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2018.
China Institute of Building Standard Design & Research Co., Ltd. Uniform standard for design of civil buildings: GB 50352—2018 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.
- [5] 中国建筑科学研究院. 民用建筑热工设计规范(试行):JGJ 24—86 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1986.
China Academy of Building Research. Code for thermal design of civil building(Trial Scheme): JGJ 24—86 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 1986.
- [6] 中国建筑科学研究院. 民用建筑供暖通风与空调设计规范:GB 50736—2012 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,1987.
China Academy of Building Research. Design code for heating ventilation and air conditioning of civil buildings:GB 50736—2012 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2012.
- [7] 中国建筑科学研究院. 民用建筑热工设计规范:GB 50176—2016 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
China Academy of Building Research. Code for thermal design of civil building: GB 50176—2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 公共建筑节能设计标准:GB 50189—2015 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Design standard for energy efficiency of public buildings: GB 50189—2015 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准:JGJ 26—2010 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zones: JGJ 26—2010 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准:JGJ 134—2016 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Design standard for energy efficiency of residential buildings in hot summer and cold winter zone: JGJ 134—2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.

(编辑 吴海西 沈 波)