

中国可持续能源项目
The China Sustainable Energy Pro

能 源 基 金 会
The Energy Foundation

项目成果报告系列
Technical Report



多影响因素的建筑节能设计气候分区方法 和指标研究

Study on Climatic Regionalization's Method and Index for Building Energy Efficiency Design under Multiple Influencing Factors

中国建筑科学研究院
2013 年 7 月

项目信息

项目资助号：G-1205-16091

Grant Number: G-1205-16091

项目期：2012.6.1~2013.5.31

Grant period: 2012.6.1~2013.5.31

所属领域：建筑节能

Sector: Building energy efficiency

项目概述：项目借鉴了美国 ASHRAE 标准中气候分区的思路和方法，在综合考虑气候、行政区划等因素的基础上，对建筑热工气候分区进行细化和调整。并分析由此对建筑节能设计的要求、指标及节能潜力等方面产生的影响。项目由三部分内容组成：中美气候分区方法和指标比较研究；多因素气候分区细化研究；细化分区对建筑节能的影响研究。

Project Discription: The project fractionize and adjust the ‘Dividing region for building thermal design’ based on both climate and administrative division factors by learning the method of climatic regionalization in ASHRAE standard. Project also analyzes the impact on building energy efficiency design. There are three parts were included in the project: The comparison of regionalization’s method and index between U.S. and China, Regionalization’s method under multiple factors, Impact on building energy efficiency after climate zones changed.

项目成员：董宏、周辉、林海燕、郎四维、杨柳、高庆龙、党蓓、孙立新

Project team: DONG Hong, ZHOU Hui, LIN Haiyan, LANG Siwei,

YANG Liu, GAO Qinglong, DANG Bei, SUN Lixin

关键词：气候区划、多因素、建筑节能

Key Word: Climatic Regionalization, Multiple Factors, Building Energy Efficiency

摘要

气候参数中的温度项只是影响室内热环境参数的主要因素之一。中国标准中现有的气候分区主要考虑温度项，未考虑其它影响。且存在分区过大，不利于行政管理等问题。项目拟借鉴美国 ASHRAE 标准中气候分区的思路和方法，在综合考虑气候、行政区划等因素的基础上，对建筑热工气候分区进行细化和调整。并分析由此对建筑节能设计的要求、指标及节能潜力等方面产生的影响。

2012 年 8 月项目合同书正式签订后，项目承担单位按照前期制定的技术路线与项目组成员逐一进行了沟通交流，初步确定了研究计划和任务分工。9 月 12 日，项目组全体成员在呼和浩特金仕顿酒店举行了开题会，会议主要讨论确定了研究工作的关键技术问题，明确了“大区不动、细分子区”的分区原则，以及研究成果应符合《民用建筑热工设计规范》修编要求的总目标。12 月 18 日，项目组在建研院物理所二层会议室召开了第二次工作会议，主要讨论了参与分区的各指标项对区划调整的影响，确定从最冷、最热月平均温度和 HDD18、CDD26 两方面进行二级区划研究。2013 年 5 月 10 日，在中国建筑科学研究院主楼 607 会议室，项目组召开了第三次工作会议。项目组成员首先交流了各自的研究成果，在充分讨论的基础上提出了热工分区细部修改建议，并对项目结题尚需完善的工作做出了安排。

项目进行中，与项目专家郎四维顾问总工就项目总体研究思路、美国气候分区的特点等进行了咨询。同时，为了保证研究成果与现有标准相衔接，项目组还与《民用建筑热工设计规范》、《居住建筑节能设计标准》、《绿色建筑评价标准》的主编人林海燕副院长进行了多次讨论，保证了项目成果满足相关规范的采用要求。

通过本项目研究工作，取得的主要结论如下：

1) 中国的建筑热工分区主要依据温度值，区划用于建筑设计；美国气候分区除了考虑温度外，还考虑了冷热的时间长短、降雨量等参数，区划不仅供建筑设计用，还供相关设备标准用。中国热工分区完全依赖气候条件，美国分区在考虑气候条件的基础上，更多考虑了行政区划的影响。

2) 区划调整和细分的原则是：大区不动、细分子区，满足节能设计要求。

3) 区划调整和细分的备选指标是：最冷、最热月平均温度，HDD18、CDD26。

4) 最冷、最热月平均温度表征了一个地区的寒冷或者炎热的程度。该指标延用了热工分区一级区划指标，仅在一级区划内进行了细分，且与现行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》衔接。使用该指标细分子区时，由于气候变化造成了部分城市气候区属变化，与“大区不动”的指导思想冲突；划分的子区与现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》不一致，且分区未能区分不同区属建筑的能耗特点。

5) HDD18、CDD26 既反映了一个地区的冷热程度，又反映了冷热时间的长短，是反映建筑能耗高低较为合适的指标。该指标采用了新的二级区划指标，在热工一级区划内进行细分，一、二级区划指标不同，不会与“大区不动”的调整原则冲突，且分区结果与现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》一致。但确定的区划指标值更多地体现了“冷”的需求，“热”需求体现较少，且该指标与现行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》的二级区划指标不一致。

6) 与美国不同，中国的国界、省界都是在漫长的历史发展进程中自然形成的，人为确定的因素相对较小。行政区划的边界往往与地形、地貌，以及气候的变化相吻合。整体而言，按照行政区划调整气候区划的需求不突出。

7) 是否需要按照行政区划调整气候区划，应当区别对待。当地形变化小，气候状况无明显变化时，可以按照行政区划对气候分区进行调整；当地形变化大，气候状况变化剧烈时，不易进行区划调整。

8) 热工分区细化，有助于中国建筑节能标准中设计指标的进一步完善和细化；可以降低因标准原因造成的“实际节能率”不达标城市的比例；同时，在达到相同节能目标的前提下，降低了部分城市建筑节能建设的初投资。

Summary

Not only temperature but also other factors are important influencing factors for human thermal comfort. The index of Chinese climatic regionalization for building thermal only includes the air temperature, not any other factors. And the regionalization is too big to manage hardly. The project fractionize and adjust the 'Dividing region for building thermal design' based on both climate and administrative division factors by learning the method of climatic regionalization in ASHRAE standard. Project also analyze the impact on building energy efficiency design.

After the official signature of contract in Aug of 2012, members involved in this project fixed the detailed execution and division of proposal:

- In 12th Sep of 2012, all members had an opening meeting in Hohhot to define key technique issues and principle: the first grade regionalization would be consistent, and each of the first grade regionalization would be separated into several second grade regionalization. Results of project should be fit the demands of < Thermal design code for civil building>.
- In 18th Dec of 2012, we had the second workshop to discuss divisional indexes which will be used in region adjustment. And we settled the indexes of second grade regionalization: HDD18, CDD26 and average temperature in the coolest month & average temperature in the hottest month.
- In 10th May of 2013, the third meeting was conducted. Team members exchanged their research findings, discussed detail of dividing region for building thermal design and polished some works to be improved.

In the whole project, Mr. Lang (Lang Siwei) as consultant provided his ideas for research method and characteristic of climatic regionalization in US. For promising useful results to codes and standards, team members had many discussions with Mr. Lin (Lin Haiyan) who is chief editor of <Thermal design code for civil building>, <Design standard or energy efficiency of residential buildings> and <Evaluation standard for green building>).

Basic conclusions of investigations and analysis;

- 1) Chinese climatic regionalization for building thermal mainly use indexes of temperature, and be used in building-design. Indexes of US climatic regionalization use not only temperature but degree-day, precipitation, and so

on. Regionalization be used in building-design and related equipment standards. Chinese regionalization completely depends on weather conditions, but America's more considering the effect of administrative divisions.

- 2) Principles of the dividing and adjustment: the first grade regionalizations would be consistent, and each of the first grade regionalization would be separated into several second grade regionalization. Results of dividing should be fit the demands of building energy efficiency design.
- 3) Indexes that can be chosen are HDD18 & CDD26, average temperature in the coolest month & average temperature in the hottest month.
- 4) Average temperature in the coolest month & average temperature in the hottest month can character the cool\hot degree of a region. These indexes are as same as the first grade regionalization's. The second grade regionalization that was divided by these indexes is in accord with the regionalization of <Design standard for energy efficiency of residential buildings in hot summer and worm winter zone>. But several cities' first grade regionalization is changed because of climate change. These results are inconsistent with the principles of the dividing and adjustment. And these indexes are different with it of <Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zone>. At last, indexes failed to distinguish between energy consumption characteristics of different zone's buildings.
- 5) Indexes of HDD18 & CDD26 character not only the cool\hot degree but also length of cooling\heating period. These indexes are different with the first grade regionalization's indexes. So it fit the principles well. And these indexes are same with it of <Design standard for energy efficiency of residential buildings in severe cold and cold zone>. Of cause, those are different with the indexes of <Design standard for energy efficiency of residential buildings in hot summer and worm winter zone>.
- 6) Unlike in the United States, provincial boundaries of China are naturally formed thousands of years. It always coincides with landscape, topography and climate. So the demand of adjustment by administrative divisions in order to make management easily is not strong.
- 7) Regionalization is adjusted or not because of administrative divisions should be in accordance with the different circumstances distinction. The adjustment

is needed if two sides of boundary flat terrain and climate have no change.

Instead, the adjustment is not needed if climate change heavily.

- 8) Subdivided and adjustment for climate zones will improve and refine the design indexes of building energy efficiency standards in China. It can be reduced the numbers of city that "the actual energy saving rate" of these cities are not up to the goal of energy efficiency because the standard causes. At the same time, in order to achieve the same goal of energy efficiency, it will reduce the beginning investment of building energy-saving construction in some cities.

目 录

活动一：中美气候分区方法和指标比较研究报告	1
一、中国建筑气候区划概况	2
1、《建筑气候区划标准》（GB50178-93）	2
2、《民用建筑热工设计规范》（GB50176-93）	4
3、两个区划之间的关系	6
4、气候区划与地形（貌）、行政区划的关系	7
二、美国建筑气候区划概况	8
1、ASHRAE STANDARD 169—2006	8
2、气候区划与地形（貌）、行政区划的关系	10
三、中美气候区划比较	10
四、热工区划调整的思路和方向	12
五、结论与建议	13
 活动二：建筑热工设计气候分区细化研究报告	14
一、二级区划指标的选择	15
1、现行节能标准中的热工二级区划	15
2、二级区划备选指标	17
二、月平均温度分区结果	18
1、指标值的确定	18
2、分区结果	20
3、结果分析	22
三、度日数分区结果	22
1、指标值的确定	22
2、分区结果	23
3、结果分析	27
四、分区结果的选择	28
五、行政区划调整	29

六、参考台站的选择	31
七、结论与建议	37
活动三：细化分区对建筑节能的影响研究报告	38
一、气候分区对住宅节能影响分析	39
1、严寒、寒冷地区住宅节能分析	39
2、夏热冬冷和夏热冬暖地区住宅节能分析	42
二、公建标准总体节能率的评价分析	44
1、计算模型	44
2、公建标准单指标评价结果分析	45
3、典型建筑的节能效果	49
三、结论	50

能源基金会
中国可持续能源项目
多影响因素的建筑节能设计气候分区方法和指标研究

项目活动一

中美气候分区方法和指标比较研究报告

中国建筑科学研究院
二〇一三年七月

一、 中国建筑气候区划概况

在中国的建筑标准体系中，与气候区划相关的标准有两本，一是《建筑气候区划标准》（GB50178-93）；二是《民用建筑热工设计规范》（GB50176-93）。对中国建筑气候区划的研究均以上述两本标准中的区划为研究对象展开。

1、《建筑气候区划标准》（GB50178-93）

《建筑气候区划标准》中所做的建筑气候区划的分区目标是为区分我国不同地区气候条件对建筑影响的差异性，明确各气候区的建筑基本要求，提供建筑气候参数，从总体上做到合理利用气候资源，防止气候对建筑的不利影响。该区划适用于一般工业与民用建筑的规划、设计与施工。该标准是一个综合性很强的基础标准，主要对建筑的规划、设计与施工起宏观控制和指导作用。所以，标准规定的内容是各有关标准规范的共性部分，对于各个专业标准规范中特有的内容，标准未作规定，仅规定其达到某一专业技术方面的基本要求为止，而不代替相关专业的标准规范。因此，在执行该标准时，尚应符合国家现行有关标准规范的规定。

建筑气候区划属于应用性部门自然区划，其区划原则一般有主导因素原则、综合性原则及综合分析和主导因素相结合原则等三种不同的原则。该标准采用综合分析和主导因素相结合原则。

标准是基础性区划，主要用于宏观控制，为了便于应用，分级不宜过多，本标准按二级区划系统划分。一级区划为 7 个一级区，二级区划为 20 个二级区。一级区反映全国建筑气候上大的差异、二级区反映各大区内建筑气候上小的不同。

建筑气候区划的一级区划指标以最冷、最热月平均温度为主要指标，以年平均气温大于等于 25℃和小于等于 5℃的天数为辅助指标。在 I 区（东北和华北北部）、VII 区（西北地区）的主要指标中加入了 7 月平均相对湿度，在辅助指标中加入了年降水量，从而将全国分为 7 个一级气候区。在一级区内，又以一月、七月平均气温、冻土性质、最大风速、年降水量等指标，划分成若干二级区，并提出相应的建筑基本要求。建筑气候区划的一、二级区划指标及分区图如下表 1、表 2 及图 1 所示。

表 1 建筑气候区划一级区划指标

区名	主要指标	辅助指标	各区辖行政区范围
I	1 月平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 7 月平均气温 $\leq 25^{\circ}\text{C}$ 7 月平均相对湿度 $\geq 50\%$	年降水量 200~800mm 年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $\geq 145\text{d}$	黑龙江、吉林全境；辽宁大部；内蒙中、北部及陕西、山西、河北、北京北部的部分地区
II	1 月平均气温 $-10\sim 0^{\circ}\text{C}$ 7 月平均气温 $18\sim 28^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $< 80\text{d}$ 年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $145\sim 90\text{d}$	天津、山东、宁夏全境；北京、河北、山西、陕西大部；辽宁南部；甘肃中、东部以及河南、安徽、江苏北部的部分地区
III	1 月平均气温 $0\sim 10^{\circ}\text{C}$ 7 月平均气温 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $40\sim 110\text{d}$ 年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $90\sim 0\text{d}$	上海、浙江、江西、湖北、湖南全境；江苏、安徽、四川大部；陕西、河南南部；贵州东部；福建、广东、广西北部及甘肃南部的部分地区
IV	1 月平均气温 $> 10^{\circ}\text{C}$ 7 月平均气温 $25\sim 29^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $100\sim 200\text{d}$	海南、台湾全境；福建南部；广东、广西大部以及云南西南部和元江河谷地区
V	7 月平均气温 $18\sim 25^{\circ}\text{C}$ 1 月平均气温 $0\sim 13^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $0\sim 90\text{d}$	云南大部、贵州、四川西南部、西藏南部一小部分地区
VI	7 月平均气温 $< 18^{\circ}\text{C}$ 1 月平均气温 $0\sim -22^{\circ}\text{C}$	年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $90\sim 285\text{d}$	青海全境；西藏大部；四川西部、甘肃西南部；新疆南部部分地区
VII	7 月平均气温 $\geq 18^{\circ}\text{C}$ 1 月平均气温 $-5\sim -20^{\circ}\text{C}$ 7 月平均相对湿度 $< 50\%$	年降水量 10~600mm 年日平均气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的日数 $< 120\text{d}$ 年日平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 $110\sim 180\text{d}$	新疆大部；甘肃北部；内蒙西部

表 2 建筑气候区划二级区划指标

区名	指 标		
IA	1 月平均气温 $\leq -28^{\circ}\text{C}$	冻土性质	
IB	$-28\sim -22^{\circ}\text{C}$	永冻土	
IC	$-22\sim -16^{\circ}\text{C}$	鸟状冻土	
ID	$-16\sim -10^{\circ}\text{C}$	季节冻土	
IIA	7 月平均气温 $> 25^{\circ}\text{C}$	7 月平均气温日较差 $< 10^{\circ}\text{C}$	
IIB	$< 25^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	
IIIA	最大风速 $> 25\text{m/s}$	7 月平均气温日较差 $26\sim 29^{\circ}\text{C}$	
IIIB	$< 25\text{m/s}$	$\geq 28^{\circ}\text{C}$	
IIIC	$< 25\text{m/s}$	$< 28^{\circ}\text{C}$	
IV A	最大风速 $\geq 25\text{m/s}$		
IV B	$< 25\text{m/s}$		
VA	1 月平均气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$		
VB	$> 5^{\circ}\text{C}$		
VI A	7 月平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$	1 月平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	
VI B	$< 10^{\circ}\text{C}$	$\leq -10^{\circ}\text{C}$	
VI C	$\geq 10^{\circ}\text{C}$	$> -10^{\circ}\text{C}$	
VI A	1 月平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	7 月平均气温日较差 $\geq 25^{\circ}\text{C}$	年降水量 $< 200\text{mm}$
VI B	$\leq -10^{\circ}\text{C}$	$< 25^{\circ}\text{C}$	200~600mm
VI C	$\leq -10^{\circ}\text{C}$	$< 25^{\circ}\text{C}$	50~200mm
VI D	$> -10^{\circ}\text{C}$	$\geq 25^{\circ}\text{C}$	10~200mm



图 1 建筑气候区划图

2、《民用建筑热工设计规范》（GB50176-93）

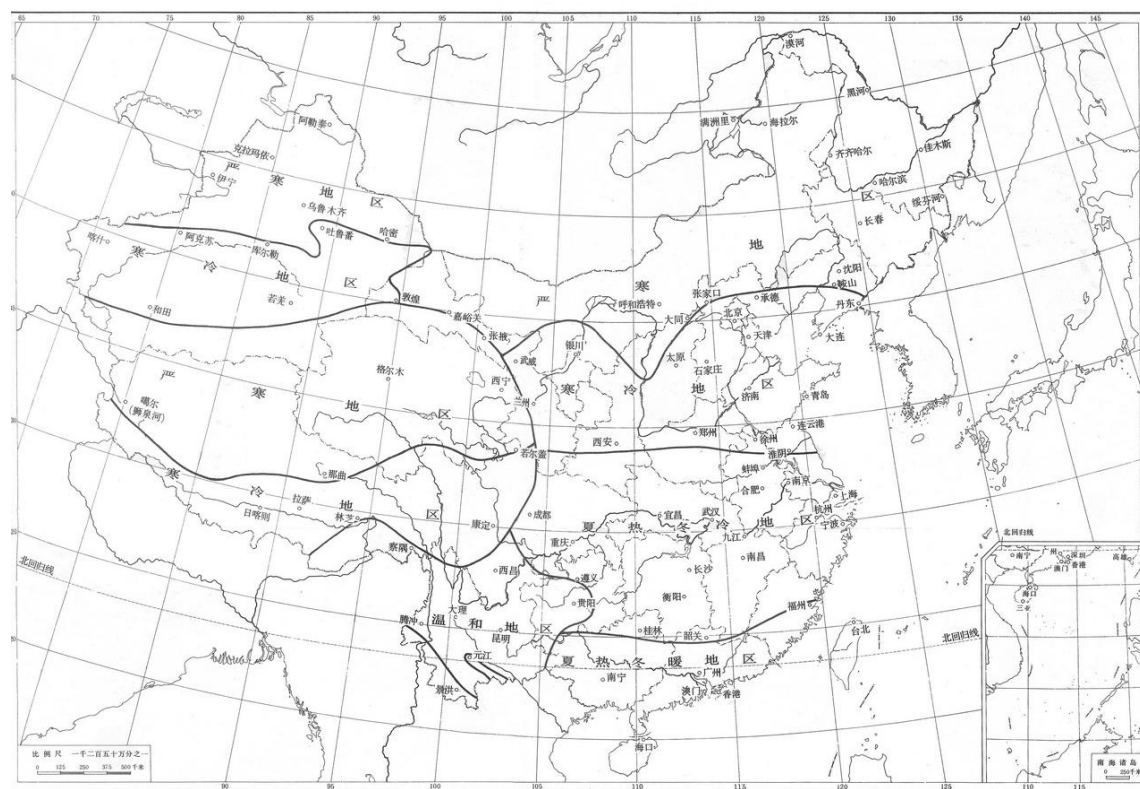
《民用建筑热工设计规范》中的建筑热工气候分区是为了使建筑热工设计与地区气候相适应，保证室内基本的热环境要求。由于这一分区主要适用于建筑热工设计，因此该区划是根据建筑热工设计的实际需要，以及与现行有关标准规范相协调，分区名称要直观贴切等要求制订的。

建筑热工设计主要涉及冬季保温和夏季隔热，主要与冬季和夏季的温度状况有关。因此，用累年最冷月（即一月）和最热月（即七月）平均温度作为分区主要指标，累年日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数作为辅助指标，将全国划分成五个区，即严寒、寒冷、夏热冬冷、夏热冬暖和温和地区，并提出相应的设计要求。

建筑热工设计分区的区划指标及设计要求如下表 3，分区图如图 2 所示：

表 3 建筑热工设计区划指标及设计要求

一级区划 名称	分区指标		设计要求
	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，一般可以不考虑夏季防热
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
夏热冬冷地区	$0^{\circ}\text{C} < t_{\min \cdot m} \leq 10^{\circ}\text{C}$ $25^{\circ}\text{C} < t_{\max \cdot m} \leq 30^{\circ}\text{C}$	$0 \leq d_{\leq 5} < 90$ $40 \leq d_{\geq 25} < 110$	必须满足夏季防热要求，适当兼顾冬季保温
夏热冬暖地区	$10^{\circ}\text{C} < t_{\min \cdot m}$ $25^{\circ}\text{C} < t_{\max \cdot m} \leq 29^{\circ}\text{C}$	$100 \leq d_{\geq 25} < 200$	必须充分满足夏季防热要求，一般可不考虑冬季保温
温和地区	$0^{\circ}\text{C} < t_{\min \cdot m} \leq 13^{\circ}\text{C}$ $18^{\circ}\text{C} < t_{\max \cdot m} \leq 25^{\circ}\text{C}$	$0 \leq d_{\leq 5} < 90$	部分地区应考虑冬季保温，一般可不考虑夏季防热



附图A.0.1 全国建筑热工设计分区图

本图由中国国界线系统中国地图出版社1989年出版的《中华人民共和国地形图》绘制

图 2 建筑热工设计分区图

3、两个区划之间的关系

《民用建筑热工设计规范》（GB50176-93）中的建筑热工气候分区主要是供热工设计使用，考虑的因素较少、较为简单。《建筑气候区划标准》（GB 50178-93）中的建筑气候区划，适用范围更广，涉及的气候参数更多。由于建筑热工设计分区和建筑气候一级区划的主要分区指标一致，因此，两者的区划是相互兼容、基本一致的。建筑热工设计分区中的严寒地区，包含建筑气候区划图中的全部 I 区，以及 VI 区中的 VIA、VIB，VII 区中的 VIIA、VIIB、VII C；寒冷地区，包含建筑气候区划图中的全部 II 区，以及 VI 区中的 VIC，VII 区中的 VII D；夏热冬冷、夏热冬暖、温和地区与建筑气候区划图中的 III、IV、V 区完全一致。

表 4 两个区划关系

热工分区	建筑气候分区
严寒地区	I A, I B, I C, I D, I A, VIA, VIB ; VIIA, VIIB, VII C
寒冷地区	II A, II B; VIC; VII D
夏热冬冷地区	III A, III B, III C
夏热冬暖地区	IV A, IV B
温和地区	V A, V B

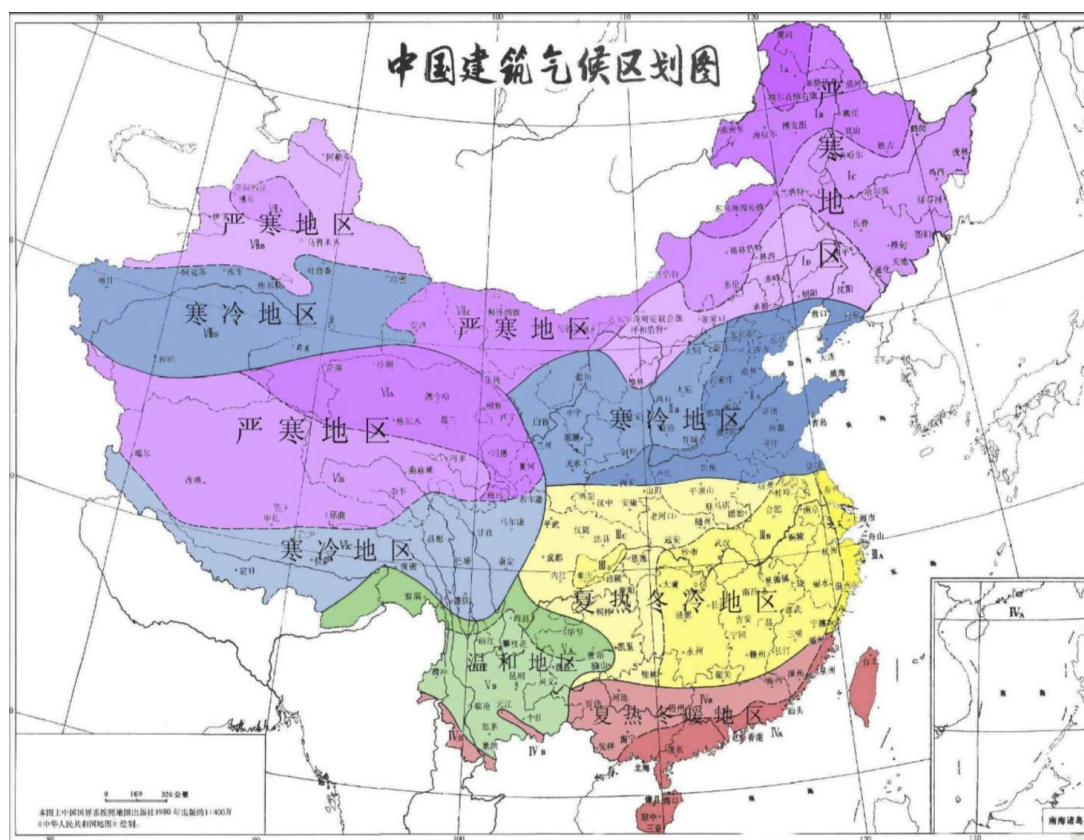


图 3 两个区划关系

4、气候区划与地形（貌）、行政区划的关系

为了进一步了解气候区划与中国地形、地貌以及行政区划的关系，我们将气候区划图与行政区划图、地形图重叠后进行比较。

从图 3 中对两个气候区划与行政区划的关系进行比较，可以看出：两个气候区划的边界与省级行政区划的边界较少重合，但在部分地区存在的走向大致相同的情况。例如：青海与甘肃之间、广东与江西、湖南之间等等。

图 4 是将热工区划与中国地形图重叠后的结果。从图中可以看出：热工区划的边界与中国的地形状况高度吻合。例如：东部严寒和寒冷地区的分界线基本与古代北方长城的走向一致，而长城常常是北方农牧区的分界。东部寒冷和夏热冬冷地区的分界线基本与秦岭——淮河走向一致，而秦岭——淮河通常被当做中国南方、北方的分界线。东部夏热冬冷和夏热冬暖的分界线则位于南岭一线。其它几条主要分界线则分别与青藏高原、云贵高原的边缘，以及天山山脉等地理分界线基本一致。

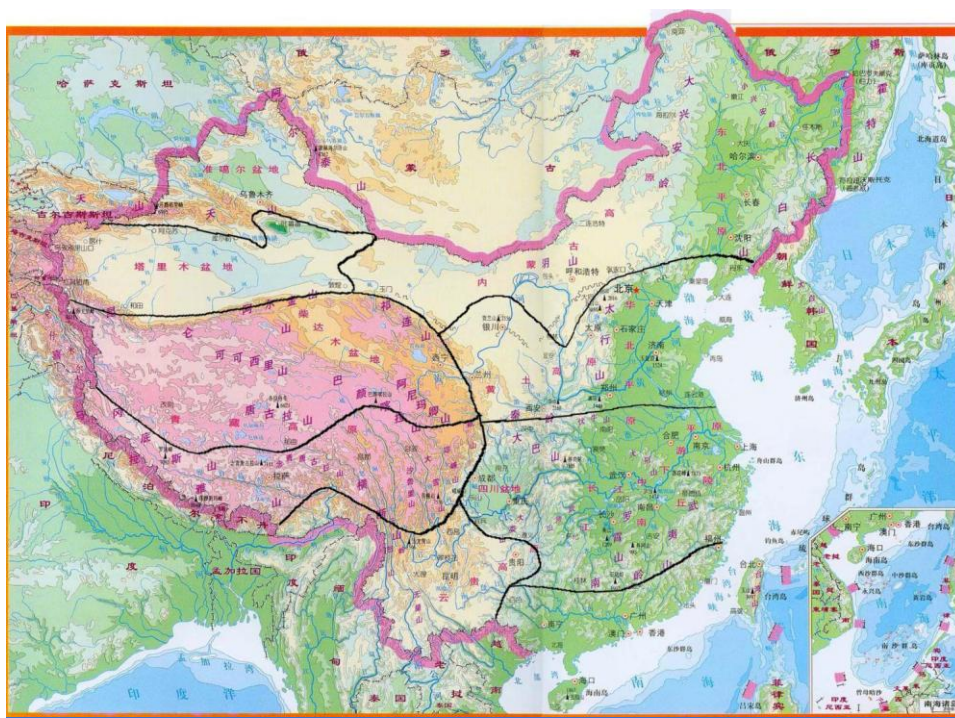


图 4 热工区划与中国地形、地貌关系

如果将每个热工区划中所包括的气候区划与地形图进行比较，同样可以发现气候区划与地形之间的直接关系。例如：VIIA 区与准格尔盆地范围一致、VIA 区主要是柴达木盆地及其东部祁连山与阿尼玛卿山之间的地带。

由此，我们不难看出：受地形对气候的影响，中国的两个气候区划基本是

按照气象参数所作出的划分， 基本没有考虑省级行政区划的因素。

二、 美国建筑气候区划概况

1、 ASHRAE STANDARD 169—2006

参与比较研究的美国建筑气候区划是 ‘Weather Data for Building Design Standards’ ASHRAE STANDARD 169-2006 中的气候分区。该标准编制的目的是为建筑设计和相关设备标准提供获得认可的气象数据。标准可以为设计、规划，以及建筑能源系统和设备的选型提供所需的气候信息。标准中的数据直接服务于 ANSI/ASHRAE/IESNA 标准 90.1、90.2，以及 ASHRAE Handbook - Fundamentals。

该标准中的建筑气候分区首先对气候类型进行了定义，将气候分为干气候、湿气候和海洋性气候三种，气候类型的划分方法如下表所示：

表 5 ASHRAE 气候类型定义

气候类型	定义
湿气候（A）	非干气候、非海洋性气候；
干气候（B）	满足式 $P < 2.0 \times (T + 7)$ 的地区； 式中：P——年降雨量，cm； T——年平均气温，℃；
海洋性气候（C）	同时满足以下 4 个条件的地区： (1) 最冷月平均温度在 -3℃~18℃ 之间； (2) 最热月平均温度小于 22℃； (3) 至少有 4 个月的平均温度超过 10℃； (4) 干季在夏天；冬季月最大降雨量至少是全年其它月降雨量最小值的三倍；北半球冬季在 10 月到 3 月间，南半球在 4 月到 9 月间。

在定义了气候类型后，该标准再按照不同的 HDD18 和 CDD10 数值划分出 8 个不同的区域，再加上三个不同气候类型的组合，最终得到 17 个不同的气候区（1A、1B、2A、2B、3A、3B、3C、4A、4B、4C、5A、5B、5C、6A、6B、7、8），每个气候区的名称中即体现了冷、热特性，也同时体现出了干、湿特性。

气候区划的定义方法详见下表 6，图 5 为美国气候区划图：

表 6 气候区划定义

气候区编号	区划名称	区划指标
1A	非常热——湿气候	5000<CDD10℃
1B	非常热——干气候	
2A	热——湿气候	3500<CDD10℃≤5000
2B	热——干气候	
3A	温和——湿气候	2500<CDD10℃≤3500
3B	温和——干气候	
3C	温和——海洋性气候	CDD10℃≤3500 且 HDD18℃≤2000
4A	混合型——湿气候	CDD10℃≤3500 且 HDD18℃≤3000
4B	混合型——干气候	
4C	混合型——海洋性气候	2000<HDD18℃≤3000
5A	凉爽——湿气候	3000<HDD18℃≤4000
5B	凉爽——干气候	
5C	凉爽——海洋性气候	
4A	冷——湿气候	4000<HDD18℃≤5000
4B	冷——干气候	
7	严寒气候	5000<HDD18℃≤7000
8	极地气候	7000<HDD18℃

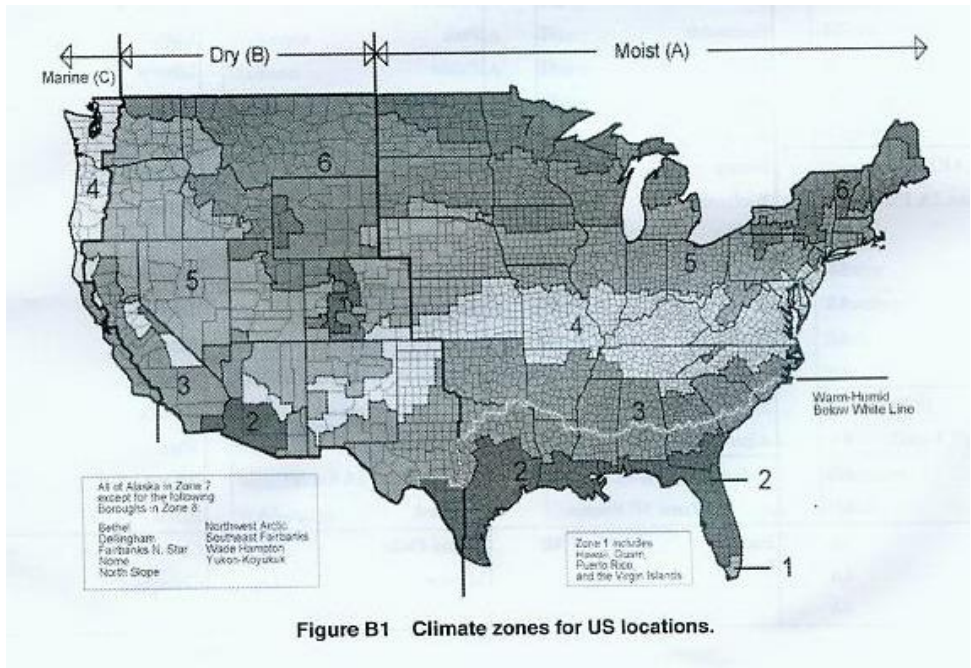


图 5 美国气候区划

2、气候区划与地形（貌）、行政区划的关系

将美国气候区划（图 5）与地形图（图 6）进行比较，可以看出：区划中三个不同气候类型的划分区域与地形走向大致吻合。湿气候区位于美国东部平原低海拔地带，海洋性气候区位于美国西海岸沿海的狭长地带，而干气候区则位于除沿海区域以外的美国西部科迪勒拉山系和落基山脉所在的高原地区。

将美国气候区划（图 5）与行政区划图（图 7）进行比较，可以看出：气候区划的边界显然与州行政区划的边界高度重合，分界线并没有随地形的变化呈现出曲线状，而是更多表现出与美国行政区划一致的直线状。特别是在干气候区与湿气候区之间分界线的北部，气候区划的分界线与蒙塔纳州、怀俄明州、科罗拉多州和北达科他州、南达科他州、内布拉斯加州、堪萨斯州之间的边界完全重合。



图 6 美国地形



图 7 美国行政区划

由此，我们可以判断：美国 ASHRAE 标准中的气候区划应该是在依据气象数据进行划分的基础上，又按照行政区划的边界进行了局部的调整。所形成的气候区划应该是既考虑了气候因素，又同时考虑了行政区划的因素。这一点是区别于中国气候区划方法最为明显的一个特点。

三、中美气候区划比较

通过前述中美三个不同气候区划的简单介绍，我们可以看到：在区划目的、区划级别、区划指标、区划数量、区划的表达方式、以及区划特点等方面，中美气候区划有相似之处，但也存在很大的不同。中美三个不同气候区划在上述各方面的比较结果列于下表 7 中：

表 7 中美气候区划比较

比较项	建筑气候区划	热工区划	ASHRAE 区划
区划目的	合理利用气候资源，防止气候对建筑的不利影响	建筑热工设计与地区气候相适应	为建筑设计和相关设备标准提供获得认可的气象数据
区划级别	2	1	2
一级区划指标	$T_{m \cdot 1}$, $T_{m \cdot 7}$, $RHM_{m \cdot 7}$, $d_{\leq 5}$, $d_{\geq 25}$	$T_{m \cdot 1}$, $T_{m \cdot 7}$ $d_{\leq 5}$, $d_{\geq 25}$	HDD18, CDD10
二级区划指标	$T_{m \cdot 1}$, $T_{m \cdot 7}$, WSP_{max}	无	$T_{m \cdot 1}$, $T_{m \cdot 7}$, T_m , P
一级区划个数	7	5	8
二级区划个数	20	无	17
表达形式	分区图、参数图表	分区图	分区图、参数表
区划特点	完全依赖气候因素，未考虑行政区划	完全依赖气候因素，未考虑行政区划	不完全依赖气候因素，考虑了行政区划

在表 7 的比较结果中，ASHRAE 区划与中国的建筑气候区划相比：两个区划在区划级别、区划个数、表达形式等方面基本相当。在区划指标方面，ASHRAE 区划用年降雨量作为湿度的表现，而中国建筑气候区则用最热月相对湿度来表现；ASHRAE 区划用 HDD、CDD 体现冷热时间的长短，而中国建筑气候区则用日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 和 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 来体现。此外，中国建筑气候区的二级区划指标中还考虑了最大风速项。

ASHRAE 区划与中国热工区划相比：热工区划只有一个级别将全国分为 5 个区划，区划的级别和个数较少。由于热工区划与建筑气候区划的一级区划指标一致，因此在热工区划中只提供区划图，没有给出相应的参数表，使用时尚需参阅建筑气候区划中的数据表。

ASHRAE 区划与中国两个气候区划相比：最大的不同在于 ASHRAE 区划不仅仅是按照气候因素进行的划分，在气候因素的基础上还按照行政区划进行了调整，使得分区结果与行政区划尽可能地一致。按照行政区划对气候区划进行调整，使得分区结果与行政区划尽可能地一致。按照行政区划对气候区划进行调整，使得分区结果与行政区划尽可能地一致。

整的优点在于标准的执行更加方便，缺点是区划边缘的真实气候状况得不到如实反映。未按照行政区划对气候区划进行调整的优缺点则与之相反。

四、热工区划调整的思路和方向

我们注意到，虽然热工分区从 1993 年《民用建筑热工设计规范》正式颁布就已开始实施。但在其后相当长的一段时期里，热工分区很少被提及和使用。这一现象直到 2000 年左右，随着建筑节能工作的深入开展，才有所改观。居住建筑节能设计标准是分气候区制定的，每个热工区划为一个单行本。公共建筑节能设计标准中则是按照不同气候区提出了规定性指标的限值要求。由于节能设计标准是强制性标准，有专项的审查制度。至此，每个城市属于那个热工区划开始成为设计阶段最先确定的问题。另一方面，由于节能是绿色建筑中 5 项主要内容之一，相关绿色建筑标准也成为热工分区的主要应用领域。随着近年来随着绿色建筑备受关注，热工区划的使用也更加广泛。因此，在进行热工区划的调整是，必须充分考虑建筑节能和绿色建筑工作的需求。

通过前述中美气候区划比较，可以看出中国热工区划在区划级别和区划个数方面与其它两个气候区划存在较大的差距。由于中国地域辽阔，相对于中国 960 万平方公里的国土面积，却仅有 5 个热工分区，每个热工区划的面积非常大。导致在同一热工区划内，由于地理跨度广，不同城市的气候状况差别很大。例如：同为严寒地区的黑龙江漠河和内蒙古额济纳旗，最冷月平均温度相差 18.3℃、HDD18 相差 4110。设计时，对于寒冷程度差别如此大的两个地区，采用相同的设计要求显然是不合适的。因此，对热工分区进行细化是非常必要的。

但是同时又应当考虑到，现有热工设计分区充分考虑了热工设计的需求，且区划与中国气候状况相契合，较好地区分了不同地区不同的热工设计要求。特别是近年来随着建筑节能、绿色建筑工作的开展，5 个热工分区的概念被广泛使用、深入人心。与节能、绿建相关的标准规范均将现行热工设计区划作为基础性依据，5 个热工分区已经成为这两个领域工作的基础。因此，对既有 5 个热工分区的调整需慎重，应避免由于热工区划的调整，给相关工作的开展带来过多的影响。因此，在满足了分区细化的要求后，尽量保持现有严寒、寒

冷、夏热冬冷、夏热冬暖、温和 5 个区划的延续和稳定是非常必要的。

由于热工分区是仅考虑气候因素的区划，省级行政区划的边界并不能完全与之重合，因此个别省份被划分成 2 个、甚至 3 个不同气候区。当这多个区划的面积在一个省份中相差不大时，对不同地区按照不同的区划进行管理从成本角度看是值当的。但是，当仅有很小的一部分被划分为其它气候区时，为分别管理付出的成本就显得没有必要了。特别是这种现象出现在一个城市的市域范围内时，矛盾就更为突出。

现行热工区划的边界的划定显然更多地考虑了地形的因素。但是，一条没有宽度、人为画出的分界线显然不能将连续的气候切割开。实际中，处于区划边界两边的地区，气候的差异通常是不显著的。因此，ASHRAE 标准中按照行政区划划分气候区划的做法是可以借鉴的。

五、 结论与建议

中美气候分区方法和指标比较研究得到的阶段性结论如下：

1、ASHRAE 区划与中国的建筑气候区划相比：两个区划在区划级别、区划个数、表达形式等方面基本相当。分区指标项虽有不同，但反映的气候要素基本一致。中国的建筑气候区划指标较 ASHRAE 区划多了风速。

2、相对于中国的国土面积和人口状况，中国热工区划的级别和个数偏少。区划只有分区图，没有直接给出参数表，不便于使用。

3、与中国气候区划主要区别在于：ASHRAE 区划不仅仅是按照气候因素进行的划分，在气候因素的基础上还按照行政区划进行了调整。

对于下一步开展多因素气候分区细化研究的建议如下：

- 1、区划调整应能够满足建筑节能、绿色建筑工作的需求。
- 2、区划调整宜遵循“大区不动、细分子区”的指导思想。
- 3、可以参考行政区划对分区进行调整，以便于规范的执行。

能源基金会
中国可持续能源项目
多影响因素的建筑节能设计气候分区方法和指标研究

项目活动二

建筑热工设计气候分区细化研究报告

中国建筑科学研究院
二〇一三年七月

一、 二级区划指标的选择

按照项目活动一中结论部分提出的“大区不动、细分子区”细化研究建议，本研究首先需要确定热工区划中的二级区划指标。前述研究已经提到，热工区划首先被节能设计标准广泛使用，区划过大的问题也首先在节能设计标准中被提出。截止本研究开始前，节能标准已经在“细分子区”方面有所尝试。

1、 现行节能标准中的热工二级区划

现行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2003 是以一月份的平均温度 11.5℃为分界线，将夏热冬暖地区进一步细分为两个区（图 1），等温线的北部为北区，区内建筑要兼顾冬季采暖。南部为南区，区内建筑可不考虑冬季采暖。在分区时，对整个区内的若干个城市进行了全年能耗模拟计算，模拟时设定的室内温度是 16~26℃。从模拟结果中发现，处在南区的建筑采暖能耗占全年采暖空调总能耗的 20%以下。处在北区的建筑的采暖能耗占全年采暖空调总能耗的 20%以上，福州市更是占到 45%左右，可见北区内的建筑冬季确实有采暖的需求。图 1 中的虚线为南北区的分界线，表 1 列出了夏热冬暖地区中划入北区的主要城市。

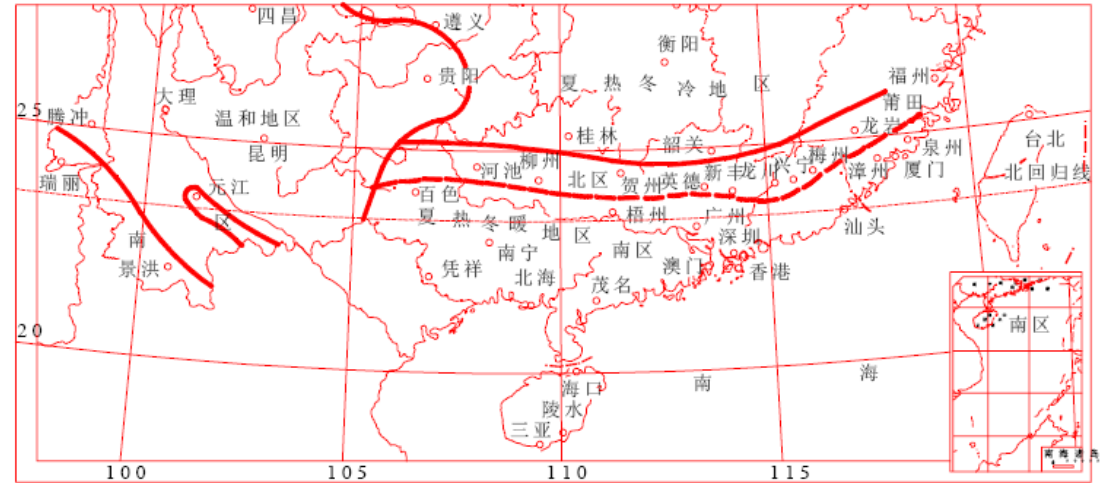


图 1 夏热冬暖地区的二级区划

表 1 夏热冬暖地区二级区划中划入北区的地区

省份	福建	广东	广西
划入北区的主要地区	福州、莆田、龙岩	梅州、兴宁、龙川、新丰、英德、怀集	河池、柳州、贺州

现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010 中，依据不同的采暖度日数（HDD18）和空调度日数（CDD26）范围，将严寒地区进一步划分成为 3 个气候子区，寒冷地区划分成 2 个气候子区。分区所用的区划指标和指标值见表 2：

表 2 严寒和寒冷地区二级区划指标

气候子区		分区依据
严寒地区 (I 区)	严寒(A)区	$6000 \leq \text{HDD18}$
	严寒(B)区	$5000 \leq \text{HDD18} < 6000$
	严寒(C)区	$3800 \leq \text{HDD18} < 5000$
寒冷地区 (II 区)	寒冷(A)区	$2000 \leq \text{HDD18} < 3800, \text{CDD26} \leq 90$
	寒冷(B)区	$2000 \leq \text{HDD18} < 3800, \text{CDD26} > 90$

标准中提出，将严寒和寒冷地区进一步细分成 5 个子区，目的是使得依此而提出的建筑围护结构热工性能要求更合理一些。我国地域辽阔，一个气候区的面积就可能相当于欧洲几个国家，区内的冷暖程度相差也比较大，客观上有必要进一步细分。

在分区指标的选择上，标准解释：衡量一个地方的寒冷的程度可以用不同的指标。从人的主观感觉出发，一年中最冷月的平均温度比较直接地反映了当地的寒冷的程度，以前的几本相关标准用的基本上都是温度指标。但是本建筑节能设计标准的着眼点在于控制采暖的能耗，而采暖的需求除了温度的高低这个因素外，还与低温持续的时间长短有着密切的关系。比如说，甲地最冷月平均温度比乙地低，但乙地冷的时间比甲地长，这样两地采暖需求的热量可能相同。划分气候分区的最主要目的是针对各个分区提出不同的建筑围护结构热工性能要求。由于上述甲乙两地采暖需求的热量相同，将两地划入一个分区比较合理。采暖度日数指标包含了冷的程度和持续冷的时间长度两个因素，用它作为分区指标可能更反映采暖需求的大小。对上述甲乙两地的情况，如用最冷月的平均温度作为分区指标容易将两地分入不同的分区，而用采暖度日数作为分区指标则更可能分入同一个分区。因此，本标准用采暖度日数(HDD18)结合空调度日数(CDD26)作为气候分区的指标更为科学。欧洲和北美大部分国家的建筑节能规范都是依据采暖度日数作为分区指标的。

指标值的确定，标准认为：寒冷地区的(HDD18)取值范围是从 2000 到

3800, 严寒地区(HDD18)取值范围分三段, C区从3800到5000, B区从5000到6000, A区大于6000。从上述这4段分区范围看, 严寒C区和B区分得比较细, 这其中的原因主要有两个: 一是严寒地区居住建筑的采暖能耗比较大, 需要严格地控制; 二是处于严寒C区和B区的城市比较多。至于严寒A区的(HDD18)跨度大, 是因为处于严寒A区的城市比较少, 而且最大的(HDD18)也不超过8000, 没必要再细分了。

《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010中没有给出分区图, 只是给出了每个城市的气候区属和气象参数表。对此, 标准解释为: 采用新的气候分区指标并进一步细分气候子区在使用上不会给设计者新增任何麻烦。因为一栋具体的建筑总是落在一个地方, 这个地方一定只属于一个气候子区, 本标准对一个气候子区提供一张建筑围护结构热工性能表格, 换言之每一栋具体的建筑, 在设计或审查过程中, 只要查一张表格即可。

对于气候区划与行政区划之间的关系, 标准认为: 如何确定各气候子区(HDD18)的取值范围, 只能是相对合理。无论如何取值, 总有一些城市靠近相邻分区的边界, 如将分界的(HDD18)值一调整, 这些城市就会被划入另一个分区, 这种现象也是不可避免的。有时候这种情况的存在会带来一些行政管理上的麻烦, 例如有一些省份由于一两个这样的城市的存在, 建筑节能工作的管理中就多出了一个气候区, 对这样的情况可以在地方性的技术和管理文件中作一些特殊的规定。

2、二级区划备选指标

从中美两国三个不同的气候区划指标看, 所用到的分区指标主要是最冷(热)月平均温度和采暖(空调)度日数两种。同时, 这两种指标也都在中国节能标准中的热工设计二级区划中使用。

采用最冷(热)月平均温度作为二级区划指标, 优点是该指标与原热工区划指标一致, 便于确定合理的区划指标值; 指标与现行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》中的二级区划指标一致, 新分区与夏热冬暖地区节能标准中已有的二级区划易于统一。缺点是温度仅反映冷热的程度, 但无法体现冷暖时间的长短; 采用该指标的分区会与严寒和寒冷地区节能标准中已有的二级区划有所出入。

采用采暖(空调)度日数作为二级区划指标, 优点是度日数中包括了温度

和时间两个要素，可以弥补一级区划中将时间项（ $d_{\leq 5}$ ， $d_{\geq 25}$ ）作为辅助指标所导致的冷热时长没能得到充分体现的不足；指标与现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》中的二级区划指标一致，新分区与严寒和寒冷地区节能标准中已有的二级区划易于统一。缺点是采用该指标的分区会与夏热冬冷地区节能标准中已有的二级区划有所出入。

因此，无论是采用哪一种指标作为热工二级区划的指标，都有各自的优缺点，究竟哪个指标更合适仅通过简单的比较是无法确定的。应当对两种分区指标分别进行更深入研究后，才便于做出更合理的选择。

二、月平均温度分区结果

1、指标值的确定

采用最冷（热）月平均温度作为二级区划指标，由于该指标与一级区划指标一致，所以一级区划的指标值直接沿用原值。细分时，只需在一级区划指标值间确定出合理的二级区划指标值即可。

按照不同一级区划的温度范围，通过增加指标项、细分的方式，以人体热舒适为依据，分别将 5 个一级区划细化。

严寒和寒冷地区，采用最热月平均温度对这两个气候区的夏季状况进行了区分。选定的指标值 18°C 、 24°C 分别是人体有炎热感和是否需要开启降温设施的临界温度。

夏热冬冷地区，首先将最冷月平均温度是否大于 7°C 作为分界，该温度值是连续采暖与否的临界温度。其次用最热月平均温度 27°C 作为分界，该温度是连续空调的临界温度。

夏热冬暖地区则是将最冷月平均温度是否高于 13°C 作为分界，该温度常作为是否需要采暖的临界温度。

温和地区用最冷月平均温度 7°C 、 10°C 作为分界，用以区分冬季寒冷的程度高低。以此将温和地区划分为三个不同的二级区。

采用最热（冷）月平均温度进行二级区划时，将上述确定的指标值整理列表如表 3 所示：

表 3 二级区划指标

分区名称		分区指标		设计要求
		主要指标	辅助指标	
严寒地区	大区	$T_{m-1} \leq -10^{\circ}\text{C}$	$d_{\leq 5} \geq 145\text{d}$	-
	A	$T_{m-7} < 18^{\circ}\text{C}$	冬季严寒, 常年无夏	充分满足冬季保温要求, 不考虑防热
	B	$18 \leq T_{m-7} < 24^{\circ}\text{C}$	冬季严寒, 夏季温和	
	C	$T_{m-7} \geq 24^{\circ}\text{C}$	冬季严寒, 夏季炎热	同时保证冬季保温, 夏季防热
寒冷地区	大区	$-10 \leq T_{m-1} < 0^{\circ}\text{C}$	$90 \leq d_{\leq 5} < 145\text{d}$	-
	A	$T_{m-7} < 18$	冬季寒冷, 常年无夏	充分满足冬季保温要求, 不考虑防热
	B	$18 \leq T_{m-7} < 24^{\circ}\text{C}$	冬季寒冷, 夏季温和	
	C	$T_{m-7} \geq 24^{\circ}\text{C}$	冬季寒冷, 夏季炎热	同时保证冬季保温, 夏季防热
夏热冬冷地区	大区	$0 \leq T_{m-1} < 10^{\circ}\text{C},$ $25 \leq T_{m-7} < 30^{\circ}\text{C}$	$0 \leq d_{\leq 5} < 90\text{d},$ $40 \leq d_{\geq 25} < 110\text{d}$	-
	A	$0 \leq T_{m-1} < 7^{\circ}\text{C}$ $T_{m-7} > 27,$	冬季湿冷, 夏季炎热	必须满足夏季防热要求, 适当兼顾冬季保温
	B	$0 \leq T_{m-1} < 7^{\circ}\text{C},$ $24 \leq T_{m-7} < 27^{\circ}\text{C}$	偏冷	
	C	$7 \leq T_{m-1} < 10^{\circ}\text{C},$ $27 \leq T_{m-7} < 30^{\circ}\text{C}$	偏热	
	D	$7 \leq T_{m-1} < 10^{\circ}\text{C}$ $24 \leq T_{m-7} < 27^{\circ}\text{C}$	偏温和	
夏热冬暖地区	指标	$T_{m-1} \geq 10^{\circ}\text{C},$ $24 \leq T_{m-7} < 29^{\circ}\text{C}$	$110 \leq d_{\geq 25} < 200\text{d}$	-
	A	$10 \leq T_{m-1} < 13^{\circ}\text{C}$	偏热	必须充分满足夏季防热要求, 一般可不考虑冬季保温
	B	$T_{m-1} \geq 13^{\circ}\text{C}$	偏热	
温和地区	指标	$0 \leq T_{m-1} < 13^{\circ}\text{C},$ $18 \leq T_{m-7} < 24^{\circ}\text{C}$	$0 \leq d_{\leq 5} < 90\text{d},$	-
	A	$T_{m-1} < 7^{\circ}\text{C}$	偏冷	考虑冬季保温, 不考虑夏季防热
	B	$7 \leq T_{m-1} < 10^{\circ}\text{C}$	偏热	考虑冬季保温, 考虑夏季防热
	C	$10 \leq T_{m-1} < 13^{\circ}\text{C},$ $T_{m-7} < 24^{\circ}\text{C}$	温和	不考虑冬季保温和夏季防热

2、分区结果

按照上述指标完成的分区结果见表 4。

表 4 二级区划分区结果

地名	纬度	经度	海拔	分区	长春	43.9	125.22	238.5	严寒B	托里	45.93	83.6	1077.7	严寒B
博克图	48.77	121.92	741.9	严寒A	清原	42.1	124.92	235.3	严寒B	新巴尔虎左旗	48.22	118.27	644.4	严寒B
北塔山	45.37	90.53	1654.7	严寒A	安达	46.38	125.32	150.1	严寒B	东胜	39.83	109.98	1459	严寒B
巴里坤	43.6	93	1650.9	严寒A	福海	47.12	87.47	502	严寒B	靖宇	42.35	126.82	550.3	严寒B
小灶火	36.67	93.52	2771.5	严寒A	恒仁	41.27	125.35	242	严寒B	伊春	47.73	128.92	245.8	严寒B
冷湖	38.75	93.33	2770.05	严寒A	哈尔滨	45.75	126.77	143	严寒B	嫩江	49.17	125.23	243	严寒B
阿儿山	47.17	119.95	1027.8	严寒A	乌兰浩特	46.08	122.05	276	严寒B	黑河	50.25	127.45	166.9	严寒B
图里河	50.48	121.68	733.4	严寒A	塔城	46.73	83	536.6	严寒B	阿巴嘎旗	44.02	114.95	1127.9	严寒B
德令哈	37.37	97.37	2982.4	严寒A	奇台	44.02	89.57	794.2	严寒B	吉木乃	47.43	85.87	983.9	严寒B
塔什库勒干	37.78	75.23	3093.7	严寒A	三岔河	44.97	126	197.9	严寒B	呼玛	51.72	126.65	178.2	严寒B
大柴旦	37.85	95.37	3173.2	严寒A	翁牛特旗	42.95	119.03	633	严寒B	马鬃山	41.8	97.03	1770.1	严寒B
昭苏	43.15	81.13	1854.6	严寒A	吉林	43.95	127.13	184.4	严寒B	东岗	42.1	127.57	775.4	严寒B
奈卡	36.78	99.08	3088.7	严寒A	满都拉	42.53	110.13	1226.1	严寒B	敦化	43.37	128.2	525.8	严寒B
额济纳河	32.5	80.08	4279.3	严寒A	梅河口	42.53	125.63	341.3	严寒B	小二沟	49.2	123.72	287.2	严寒B
花崖	38.25	90.85	2944.8	严寒A	呼和浩特	40.82	111.68	1065	严寒B	那仁宝力格	44.62	114.15	1182.9	严寒B
松山	37.12	103.5	2726.6	严寒A	宽甸	40.72	124.78	261.5	严寒B	松江	42.53	128.25	591.6	严寒B
祁连	38.18	100.25	2788.5	严寒A	巴林左旗	43.98	119.4	485.9	严寒B	索伦	46.6	121.22	501	严寒B
兴海	35.58	99.98	3324.3	严寒A	朱日和	42.4	112.9	1151.9	严寒B	海拉尔	49.22	119.75	612.5	严寒B
改则	32.15	84.42	4414.9	严寒A	富裕	47.8	124.48	164.7	严寒B	五寨	38.92	111.82	1402	严寒B
门源	37.38	101.62	2851	严寒A	鄂托克旗	39.1	107.98	1381.3	严寒B	西乌珠穆沁旗	44.58	117.6	996.6	严寒B
同德	35.27	100.65	3290.4	严寒A	柞甸	42.98	126.75	263.9	严寒B	孙吴	49.43	127.35	235.1	严寒B
乌鞘岭	37.2	102.87	3043.9	严寒A	佳木斯	46.82	130.28	82.2	严寒B	罗子沟	43.7	130.25	466.7	严寒B
刚察	37.33	100.13	3302.4	严寒A	烟筒山	43.3	126.02	270.3	严寒B	四子王旗	41.53	111.68	1490.4	严寒B
巴音布鲁克	43.03	84.15	2458.9	严寒A	临江	41.8	126.92	332.8	严寒B	清州里	49.57	117.43	662	严寒B
若尔盖	33.58	102.97	3441.1	严寒A	绥化	46.62	126.97	180.4	严寒B	绥芬河	44.38	131.15	497.7	严寒B
杂多	32.9	95.3	4068.5	严寒A	富锦	47.23	131.98	65	严寒B	右玉	40	112.45	1347.2	严寒B
托勒	38.8	98.42	3368.3	严寒A	丰宁	41.22	116.63	660.8	严寒B	集宁	41.03	113.07	1421.5	严寒B
河南	34.73	101.6	3501	严寒A	蔚县	39.83	114.57	910.3	严寒B	温泉	44.97	81.02	1353.9	严寒B
久治	33.43	101.48	3630	严寒A	哈巴河	48.05	86.4	534	严寒B	和布克赛尔	46.78	85.72	1294.2	严寒B
果洛	34.47	100.25	3720	严寒A	通化	41.68	125.9	403.2	严寒B	大兴安岭	50.4	124.12	372.1	严寒B
色达	32.28	100.33	3895.8	严寒A	乌拉特中旗	41.57	108.52	1289.8	严寒B	多伦	42.18	116.47	1247	严寒B
申扎	30.95	88.63	4673.9	严寒A	红柳河	41.53	94.67	1701	严寒B	额尔古纳右旗	50.25	120.18	582.3	严寒B
五台山	39.03	113.53	2897.7	严寒A	海力素	41.4	106.4	1510.2	严寒B	化德	41.9	114	1484.6	严寒B
野牛沟	38.42	99.58	3320	严寒A	宝清	46.32	132.18	83.5	严寒B	青河	46.67	90.38	1220	严寒B
达日	33.75	99.65	3968.5	严寒A	明水	47.17	125.9	249.9	严寒B	张北	41.15	114.7	1394.2	严寒B
那曲	31.48	92.07	4508	严寒A	牡丹江	44.57	129.6	242.5	严寒B	塔河	52.32	124.72	358.9	严寒B
治多	33.85	95.6	4181	严寒A	依兰	46.3	129.58	101.1	严寒B	长白	42.35	128.17	1017.7	严寒B
曲麻莱	34.13	95.78	4176.4	严寒A	通河	45.97	128.73	110	严寒B	漠河	53.47	122.37	297.3	严寒B
泽库	35.03	101.47	3663.8	严寒A	苏尼特左旗	43.87	113.63	1036.7	严寒B	伊吾	43.27	94.7	1729.5	严寒B
班戈	31.37	90.02	4701	严寒A	富蕴	46.98	89.52	826.6	严寒B	新林	51.7	124.33	496.1	严寒B
石渠	32.98	98.1	4201	严寒A	尚志	45.22	127.97	191	严寒B	阿拉山口	45.18	82.58	286.4	严寒C
嘉黎	30.67	93.28	4489.8	严寒A	草河口	40.88	123.9	234.9	严寒B	克拉玛依	46.28	84.85	445.6	严寒C
天池	42.02	128.08	2623.9	严寒A	大同	40.1	113.33	1069	严寒B	拐子湖	41.37	102.37	960	严寒C
吐尔尕特	40.52	75.4	3507.2	严寒A	鸡西	45.28	130.95	238.1	严寒B	额济纳旗	41.95	101.07	941.3	严寒C
安多	32.35	91.1	4801	严寒A	克山	48.05	125.88	236.3	严寒B	乌苏	44.43	84.67	478.3	严寒C
玛多	34.92	98.22	4273.3	严寒A	阿勒泰	47.73	88.08	736.9	严寒B	哈密	42.82	93.52	737.9	严寒C
托托河	34.22	92.43	4534.3	严寒A	蛟河	43.7	127.33	294.5	严寒B	吉河德	41.93	99.9	965.6	严寒C
中心站	34.27	99.2	4212.1	严寒A	拜城	41.78	81.9	1230	严寒B	库米什	42.23	88.22	924	严寒C
清水河	33.8	97.13	4417.5	严寒A	铁力	46.98	128.02	213.4	严寒B	精河	44.62	82.9	321.2	严寒C
伍道梁	35.22	93.08	4614.2	严寒A	海伦	47.43	126.97	240.4	严寒B	察尔湖	44.2	87.53	441	严寒C
扎鲁特旗	44.57	120.9	265.8	严寒B	伊金霍洛旗	39.57	109.73	1330.5	严寒B	石河子	44.32	86.05	443.7	严寒C
双辽	43.5	123.53	116.1	严寒B	鹤岗	47.37	130.33	230.7	严寒B	沈阳	41.2	123.07	45.2	严寒C
前郭尔罗斯	45.12	124.83	137.8	严寒B	虎林	45.77	132.97	103.5	严寒B	新民	41.98	122.83	31.9	严寒C
乾安	45	124.02	148	严寒B	新巴尔虎右旗	48.67	116.82	555.6	严寒B	阜新	42.03	121.65	144.9	严寒C
开原	42.53	124.05	99	严寒B	延吉	42.88	129.47	178.2	严寒B	通辽	43.6	122.27	178.5	严寒C
乌鲁木齐	43.78	87.62	918.7	严寒B	扎兰屯	48	122.73	307.9	严寒B	巴音毛道	40.17	104.8	1325.9	严寒C
四平	43.18	124.33	165.4	严寒B	林西	43.6	118.07	800.3	严寒B	叶柏寿	41.38	119.7	422.5	严寒C
奎党	41.92	124.08	120.4	严寒B	图场	41.93	117.75	844	严寒B	彰武	42.42	122.53	84.2	严寒C
泰来	46.4	123.42	151.2	严寒B	锡林浩特	43.95	116.07	990.8	严寒B	开鲁	43.6	121.28	242.3	严寒C
河曲	39.38	111.15	861.5	严寒B	北安	48.28	126.52	272	严寒B	通榆	44.78	123.07	150.5	严寒C
赤峰	42.27	118.97	568	严寒B	汪清	43.33	129.77	242.5	严寒B	木溪	41.32	123.78	182.5	严寒C
长岭	44.25	123.97	190.1	严寒B	达尔罕茂明安	41.7	110.43	1377.1	严寒B	黑山	41.68	122.08	38.2	严寒C

分别将 5 个热工一级区划中的二级区划细分结果采用分区图的形式表达如图 2~5 所示：

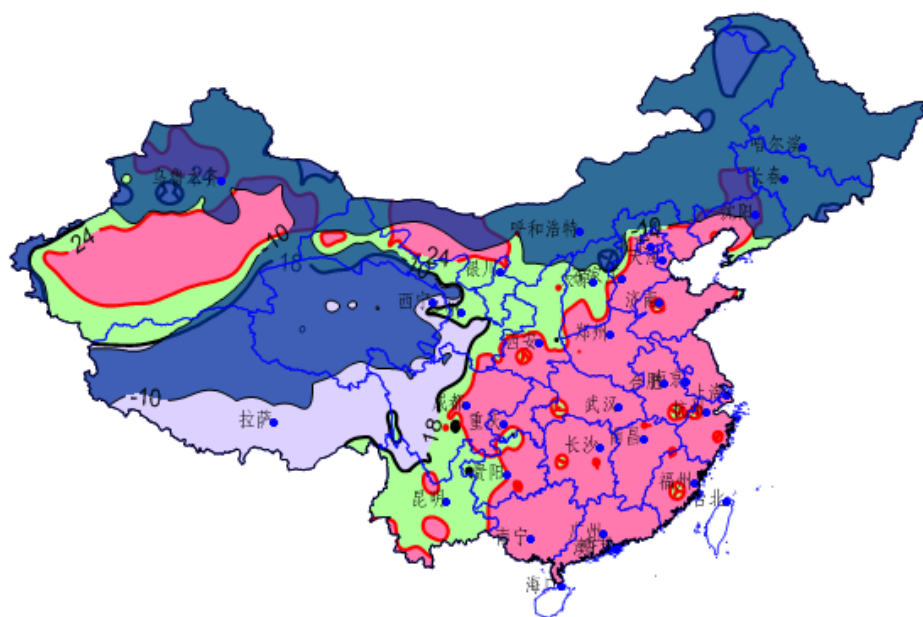


图 2 严寒地区的二级区划

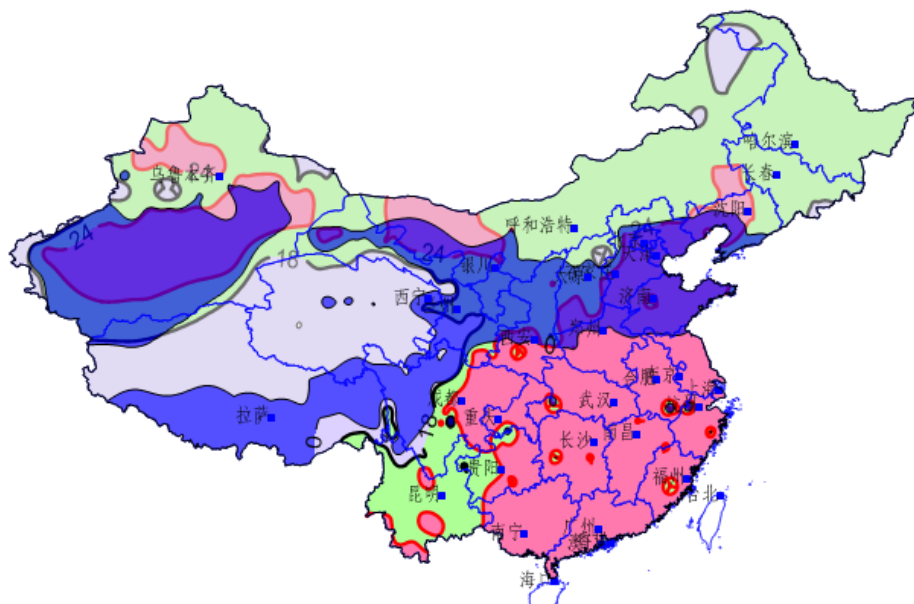


图 3 寒冷地区的二级区划

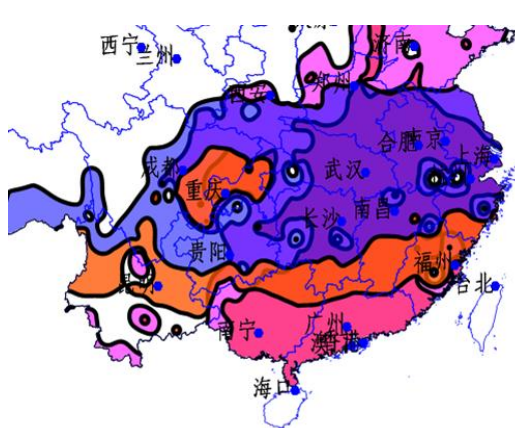


图 4 夏热冬冷、夏热冬暖地区的二级区划

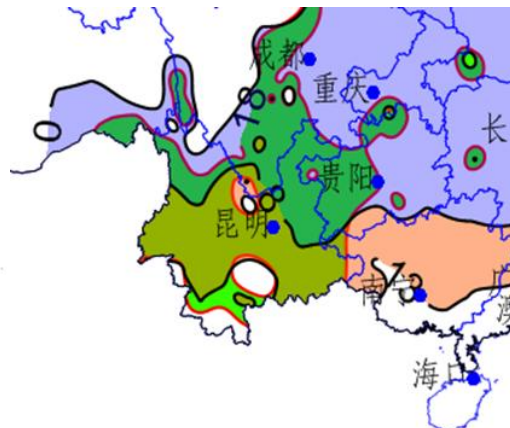


图 5 温和地区的二级区划

3、结果分析

从分区结果看，按照最冷（热）月平均温度作为二级区划指标，划分出的二级区划与原一级区划大致重合。但在部分地区存在较大的差别，例如：分区结果中，原属于严寒地区的张掖、西宁、张家口等被划入了寒冷地区；原属寒冷地区的青岛、日照、宝鸡、西安、徐州等被划入了夏热冬冷地区；原属夏热冬冷地区的韶关等被划入了夏热冬暖地区、原属寒冷地区的林芝被划入了温和地区。

分析其原因可以发现，多数区划出现变动的地区都在原区划分界线附近。受气候变暖的影响，区划边界都有向北偏移的趋势。于是出现了上述细分二级区划时出现的与原一级区划矛盾的问题。

三、度日数分区结果

1、指标值的确定

采用采暖（空调）度日数作为二级区划指标，由于该指标与一级区划指标不同，所以细分时，需要按照原一级区划的结果确定出合理的二级区划指标值即可。

确定指标值时，首先找出原一级区划分界线附近的城市，并分析其采暖（空调）度日数的分布，以此为据初步确定二级区划指标值。完成初步分区后，再对结果进行分析，并作出适当的调整，以确保细化分区与原一级区划不发生冲突。

采用采暖（空调）度日数进行二级区划时，调整确定的指标值整理列表如表 5 所示：

表 5 二级区划指标

二级分区名称	区划指标	设计要求
严寒 A 区（1A）	$6000 \leq \text{HDD}_{18}$	冬季保温要求极高
严寒 B 区（1B）	$5000 \leq \text{HDD}_{18} < 6000$	冬季保温要求非常高
严寒 C 区（1C）	$3800 \leq \text{HDD}_{18} < 5000$	冬季保温要求较高
寒冷 A 区（2A）	$2000 \leq \text{HDD}_{18} < 3800$ $\text{CDD}_{26} \leq 90$	冬季保温要求高，无夏季防热要求

寒冷 B 区 (2B)	$2000 \leq \text{HDD}18 < 3800$ $\text{CDD}26 > 90$	冬季保温要求高, 有夏季防热要求
夏热冬冷 A 区 (3A)	$1200 \leq \text{HDD}18 < 2000$	冬季保温、夏季防热兼顾
夏热冬冷 B 区 (3B)	$700 \leq \text{HDD}18 < 1200$	夏季防热为主、冬季保温为辅
夏热冬暖 A 区 (4A)	$500 \leq \text{HDD}18 < 700$	夏季防热为主, 有冬季保温要求
夏热冬暖 B 区 (4B)	$\text{HDD}18 < 500$	夏季防热为主, 无保温要求
温和 A 区 (5A)	$\text{CDD}26 < 10$ $700 \leq \text{HDD}18 < 2000$	有冬季保温需求, 无防热要求
温和 B 区 (5B)	$\text{CDD}26 < 10$ $\text{HDD}18 < 700$	保温、隔热要求不突出

2、分区结果

按照上述指标完成的分区结果见表 6~10。

表 6 严寒地区分区结果

站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26
Guaizihu	3836	173	泰来	5005	26	狮泉河	6048	0
康定	3873	0	桦甸	5007	4	伊春	6100	1
额济纳旗	3884	130	哈尔滨	5032	14	那仁宝拉格	6153	4
河曲	3913	18	伊吾	5042	0	杂多	6153	0
沈阳	3929	25	阿勒泰	5081	11	新巴尔虎右旗	6157	13
蔚县	3955	9	二连浩特	5131	36	色达	6274	0
张掖	4001	9	玉树	5154	0	黑河	6310	4
日喀则	4047	0	理塘	5173	0	乌鞘岭	6329	0
玉门镇	4083	3	丁青	5197	0	嫩江	6352	5
大同	4120	8	敦化	5221	1	五台山	6384	0
呼和浩特	4186	11	齐齐哈尔	5259	23	申扎	6402	0
松潘	4218	0	安达	5291	15	帕里	6435	0
克拉玛依	4234	196	定日	5305	0	刚察	6471	0
德钦	4266	0	化德	5366	0	孙吴	6517	2
乌鲁木齐	4329	36	冷湖	5395	0	河南	6591	0
通辽	4376	22	绥芬河	5422	1	博克图	6622	0
格尔木	4436	0	富蕴	5458	22	班戈	6699	0
西宁	4478	0	多伦	5466	0	海拉尔	6713	3
清原	4598	8	尚志	5467	3	达日	6721	0
长春	4642	12	长白	5542	0	那曲	6722	0

延吉	4687	5	锡林浩特	5545	12	呼玛	6805	4
巴林左旗	4704	10	富锦	5594	6	曲麻菜	7148	0
海力素	4780	14	大柴旦	5616	0	阿尔山	7364	0
朱日和	4810	16	通河	5675	3	玛多	7683	0
德令哈	4874	0	索县	5775	0	托托河	7878	0
马鬃山	4937	1	海伦	5798	5	漠河	7994	0
奇台	4989	10	阿巴嘎旗	5892	7	图里河	8023	0
华家岭	4997	0	若尔盖	5972	0	五道梁	8331	0

表 7 寒冷地区分区结果

站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26
巴塘	2100	0	承德	3783	20	朝阳	2521	90
毕节	2125	0	阳城	2698	21	射阳	2083	92
昭通	2394	0	青岛	2401	22	天津	2743	92
威宁	2636	0	阿拉尔	3296	22	北京	2699	94
林芝	3191	0	中宁	3349	22	惠民县	2622	96
九龙	3191	0	青龙	3532	23	兖州	2390	97
马尔康	3390	0	介休	2978	24	陵县	2613	103
拉萨	3425	0	张家口	3637	24	哈密	3682	104
道孚	3601	0	锦州	3458	26	定陶	2319	107
昌都	3764	0	莎车	2858	27	西华	2096	110
平凉	3334	1	营口	3526	29	库尔勒	3115	123
西峰镇	3364	1	卢氏	2516	30	郑州	2106	125
榆社	3529	1	怀来	3388	32	泊头	2593	126
丹东	3566	6	乐亭	3080	37	保定	2564	129
伊宁	3501	9	日照	2361	39	安阳	2309	131
海洋岛	2896	10	敦煌	3518	40	铁干里克	3353	133
盐池	3700	10	库车	3162	42	徐州	2090	137
太原	3160	11	喀什	2767	46	石家庄	2388	147
银川	3472	11	房县	2014	49	若羌	3149	152
天水	2729	13	安德河	2673	60	西安	2178	153
原平	3399	14	潍坊	2735	63	亳州	2030	154
延安	3127	15	皮山	2761	70	邢台	2268	155
大连	2924	16	和田	2595	71	济南	2211	160
兰州	3094	16	唐山	2853	72	运城	2267	185
离石	3424	16	巴楚	2892	77	十三间房	3496	222
民勤	3715	17	赣榆	2226	83	吐鲁番	2758	579

榆林	3672	19	宝鸡	2301	86
海阳	2631	20	孟津	2221	89

表 8 夏热冬冷地区分区结果

站名	HDD18	CDD26
罗甸	741	112
韶关	747	249
蒙山	775	152
永安	814	193
南平	816	241
连州	863	251
寻乌	873	99
福鼎	978	190
赣州	984	280
桂林	989	195
长汀	1035	81
榕江	1069	102
武夷山	1084	133
重庆	1089	217
宜宾	1099	122
温州	1104	180
泸州	1134	144
邵武	1145	138
广昌	1170	212
丽水	1178	257
内江	1190	145
吉安	1190	279

站名	HDD18	CDD26
临海	1235	212
大陈岛	1237	73
郴州	1255	274
南城	1287	208
思南	1293	127
零陵	1303	221
南充	1307	156
景德镇	1322	238
南昌	1326	250
成都	1344	56
达县	1368	142
雅安	1372	42
宜春	1380	185
衢州	1383	211
阆中	1384	120
绵阳	1392	82
石浦	1395	101
定海	1403	118
邵阳	1418	172
常德	1420	239
岳阳	1426	242
嵊泗	1431	81
宜昌	1437	159
沅陵	1451	141
奉节	1457	126
武冈	1461	114
长沙	1466	230
芷江	1490	108
武汉	1501	283
安庆	1504	253

站名	HDD18	CDD26
杭州	1509	211
荆州	1528	203
上海	1538	186
虹桥	1540	199
修水	1543	140
鄂西	1554	81
桑植	1556	98
麻城	1599	221
遵义	1606	30
钟祥	1637	181
芜湖	1699	186
平武	1710	12
合肥	1725	210
溧阳	1726	187
酉阳	1731	22
老河口	1741	157
安康	1743	135
枣阳	1773	171
南京	1775	176
武都	1776	65
三穗	1778	19
万源	1804	30
霍山	1815	151
蚌埠	1852	185
信阳	1863	137
阜阳	1931	154
东台	1934	120
汉中	1945	63
驻马店	1956	142
南阳	1967	123

表 9 夏热冬暖地区分区结果

站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26
三亚	3	498	信宜	277	286	佛冈	546	216
东方	42	530	汕头	306	302	梧州	551	232
琼海	61	379	北海	318	346	河池	613	253
海口	75	427	元谋	343	104	漳平	634	162
景洪	90	59	龙州	344	284	平潭	665	202
檐州	119	281	高要	350	334	那坡	673	17
元江	121	364	钦州	365	315	连平	673	160
勐腊	128	16	广州	373	313	福州	681	267
湛江	183	399	百色	389	295	柳州	684	326
深圳	223	374	河源	436	290			
上川岛	229	301	桂平	466	291			
阳江	241	301	南宁	473	259			
汕尾	243	265	梅县	484	278			
			厦门	490	178			

表 10 温和地区分区结果

站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26	站名	HDD18	CDD26
瑞丽	272	8	楚雄	971	0	大理	1295	0
澜沧	348	0	保山	973	0	泸西	1330	0
思茅	413	0	西昌	983	6	会理	1394	0
耿马	457	2	广南	1046	3	兴义	1430	0
江城	467	0	昆明	1103	0	曲靖	1455	0
蒙自	547	2	腾冲	1130	0	平塘	1608	1
临沧	627	0				贵阳	1703	3
						丽江	1884	0
						会泽	1954	0

分别将 5 个热工一级区划中的二级区划细分结果标示在一级区划图中如图 5~9 所示。

此外，新分区与原热工一级区划的关系如图 10 所示。

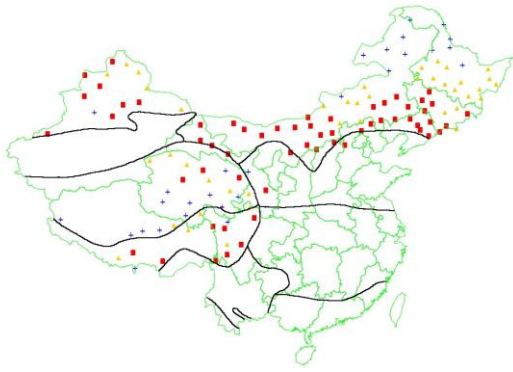


图 6 严寒地区的二级区划

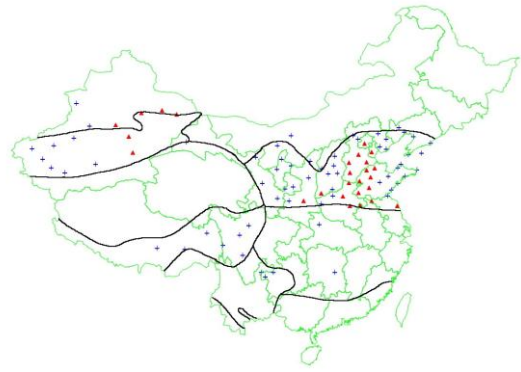


图 7 寒冷地区的二级区划



图 8 夏热冬冷地区的二级区划

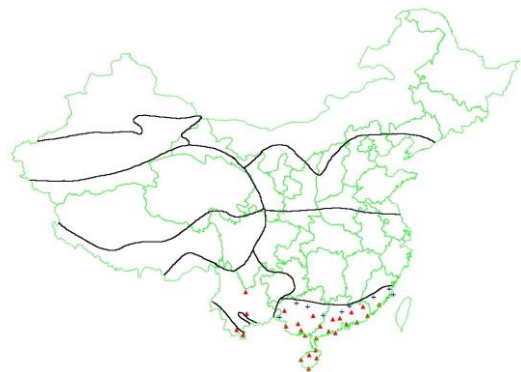


图 9 夏热冬暖地区的二级区划

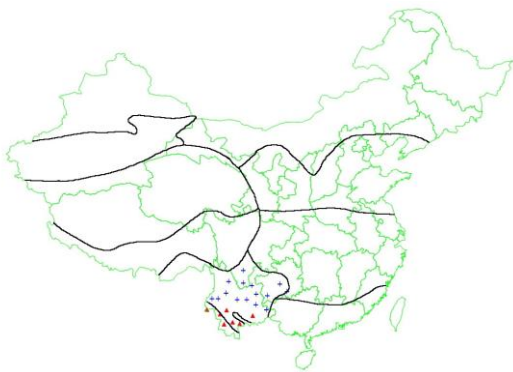


图 10 温和地区的二级区划



图 11 新旧热工区划关系

3、结果分析

由于采用了与原热工区划完全不同的分区指标，因此从图 11 中可以看到，细化分区完成后，新、旧分区之间（特别是边界）的变化不大。除了有部分地区的气候区属出现了明显的改变（例如：夏热冬冷地区有两个应属于寒冷地区的点）。经过核对，这些点通常是一些地形与周边相比发生急剧变化的地区。如：山岳等。

需要指出的是：影响气候的因素很多，地理距离的远近并不是造成气候差异的唯一因素。海拔高度、地形、地貌、大气环流等对局地气候影响显著。因此，各区划间一定会出现相互参差的情况。这在只有 5 个一级区划时已经有所表现，但由于一级区划的尺度较大，现象并不明显。当将一级区划细分后，这一现象被放大显现了出来。

因此，建议二级区划不再采用分区图的形式表达，改用表格的形式给出每个城市的区属。这样避免了复杂图形可能带来的理解偏差，各城市的区属明确且边界清晰。

四、分区结果的选择

采用最冷、最热月平均温度作为区划指标时，该由于该指标仅表征了一个地区的寒冷或者炎热的程度，未能体现冷热时长，分区未能区分不同区属建筑的能耗特点，不便于节能标准的使用。该指标延用了热工分区一级区划指标，仅在一级区划内进行了细分，子区与现行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》衔接，但与现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》不一致。使用该指标细分子区时，由于气候变化造成了部分城市气候区属变化，与“大区不动”的指导思想冲突。

采用采暖（空调度日数）作为区划指标时，因为 HDD18、CDD26 既反映了一个地区的冷热程度，又反映了冷热时间的长短，是反映建筑能耗高低较为合适的指标，划分的子区更适合节能标准使用。该指标采用了新的二级区划指标，在热工一级区划内进行细分，一、二级区划指标不同，不会与“大区不动”的调整原则冲突，且分区结果与现行《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》一致。为了做到分区时“不重不漏”，区划指标中 HDD18 的分量较重，造成形式上看确定出的区划指标值更多地体现了“冷”的需求，“热”需求体现较少，且该指标与现行《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》的二级区划指标不一致。

通过前述二级区划细分工作，我们可以看出无论采用哪一种参数作为区划指标，各有其优缺点。但如果从之前确定的三条区划细分原则看，选择采暖（空调度日数）作为二级区划指标更为合适。

五、 行政区划调整

如前所述，对已经完成的区划参考行政区划进行必要的调整，可以降低区划执行的难度，便于区划的应用。因此，需要明确的主要问题包括：有多少需要调整的地区？是否可以调整？以及如何调整？

为此，我们将热工区划的边界与中国行政区划图重叠在一起如图 12 所示，可以很清楚地发现两者之间的差异。按照之前确定的原则：当某个省级行政区被划分为多个不同气候区属，且个别区属的面积非常小时，属于有调整必要的地区。将符合上述标准的地区用红色块标注在图 12 中，可以发现：整个中国有调整需求的面积并不大，涉及的国土面积也很小。

究其原因，我们认为中国与美国在行政区划上的不同之处在于，中国的国界、省界都是在漫长的历史发展进程中自然形成的，人为划定的因素相对较小；行政区划的边界往往与地形、地貌，以及气候的变化相吻合；因此，反映出按照行政区划调整气候区划的需求不突出的现状。

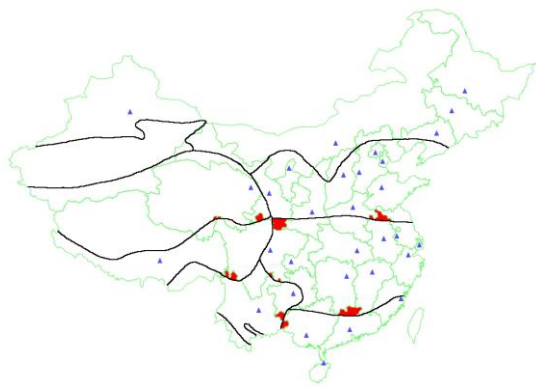


图 12 气候与行政区属的差异

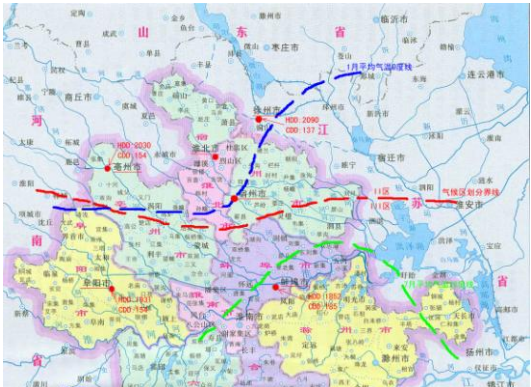


图 13 安徽北部区属关系

选取两种典型待调整区域进行分析。类型一：安徽北部。亳州位于安徽北部，与安徽省其它地区均被划为夏热冬冷地区不同，亳州一地被划入寒冷地区。这就为安徽省开展建筑节能等工作带来很多麻烦，地方标准、设计、施工、行业行政管理等都不得不为这一小块地区增加一套完整、配套的工作安排。如图 13 所示：图中蓝色虚线为 1 月平均气温 0℃线，红色虚线为气候区划分界线。可以看出：从气候条件上看，亳州的确应当被划入寒冷地区。但是，

如果我们分析一下亳州周围地区的气候状况，就会发现该地区刚好处于气候分界线的附近，且周围相当大范围内的气候并无太大差异（详见表 11）。

表 11 亳州与周边地区气候比较

地区	HDD18	CDD26	与亳州的位置关系	气候区属
亳州	2030	154	-	寒冷
徐州	2090	137	东偏北	寒冷
阜阳	1931	154	南	夏热冬冷
蚌埠	1852	185	东南	夏热冬冷

所以，这种边界线附近的地区，被划入边界线的那一边完全取决于人为设定的界限值。当界限值稍作调整，其区属就可能发生变动。更重要的是，将类似地区划入哪一个区属，其与周边地区的气候差异都可以被认为是微小的、接近的，无论将其如何划分都不会在直观体验方面带来明显的问题。因此，我们认为：当地形变化小，气候状况无明显变化时，可以按照行政区划对气候分区进行调整。

类型二：湖北西北部。房县位于湖北西北部，与湖北省其它地区均被划为夏热冬冷地区不同，房县也被划入了寒冷地区。但我们仔细分析房县的地形图可以看出：房县被北部武当山、西南方神农架和东南方的聚龙山所环绕，处于三山间的盆地中。房县的地理状况与湖北省的其它地区明显不同。因此，也体现在房县的气候区属上。

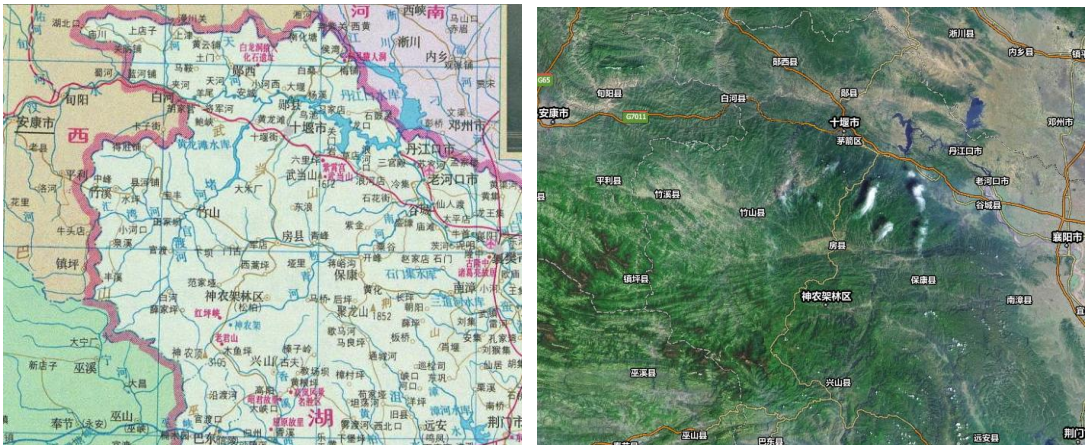


图 14 湖北房县行政区划和地形

对于这种状况，如果还是僵硬地按照行政区划对其气候区属进行调整，显然是不合适的。因此，当地形变化大，气候状况变化剧烈时，不宜按照行政区

划对对气候区属进行调整。

六、参考台站的选择

受所掌握气象观测资料的限制，分区时最多仅能提供表中所列的 450 个城镇的气象参数和区属。而在我国的行政区划中，至 2009 年底，全国 31 个省级行政区中（不包括港、澳、台地区），有 333 个地级行政区划单位，2858 个县级行政区划单位。从城市数量看，截至 2009 年，我国城市数量达到 654 个（其中：4 个直辖市、283 个地级市、367 个县级市）。因此，所给出的城镇数量远远不及城镇的数量，更无法覆盖全部行政区。

确定未涉及到地区的区属时，可以通过两种方式解决：当能够获得满足要求的气象观测数据时，可依照一定的方法，通过统计计算得到该地区的区划指标值，再按照本研究确定的指标值确定相应的区属。这种方式首先要获得可靠的、足够参数和数量的气象观测数据，其次还需要对原始数据进行预处理，并在掌握指标值的统计计算方法。更为重要的是，确定的区属必须得到建设主管部门的批准，方可采用。另一种方式是选用已有临近地点的气象参数作为替代以弥补气象数据缺乏的问题。

按照《建筑气象参数标准》JGJ35-87 中的规定，当建设地点与拟引用数据的气象台站水平距离在 50km 以内，海拔高度差在 100m 以内时可以直接引用。因此，本研究给出计算目标城镇与参考城镇之间的球面距离（即椭圆面上两点间的最短程曲线）的高斯平均引数反算公式及计算步骤如下：

1、计算 $S \cdot \sin A_m$ ， $S \cdot \cos A_m$ ：

$$S \cdot \sin A_m = r_{01} \Delta L'' + r_{21} \Delta B''^2 \Delta L'' + r_{03} \Delta L''^3$$

$$S \cdot \cos A_m = S_{10} \Delta B'' + S_{20} \Delta B'' \Delta L''^2 + S_{30} \Delta B''^3$$

$$\text{其中： } r_{01} = \frac{N_m}{\rho''} \cos B_m, \quad r_{21} = \frac{N_m \cos B_m}{24 \rho''^3} (1 - \eta_m^2 - 9 \eta_m^2 t_m^2),$$

$$r_{03} = \frac{N_m}{24 \rho''^3} \cos^3 B_m t_m^2, \quad S_{10} = \frac{N_m}{\rho'' V_m^2},$$

$$S_{20} = \frac{N_m \cos^2 B_m}{24 \rho''^3} (-2 - 3 t_m^2 + 3 \eta_m^2 t_m^2), \quad S_{30} = \frac{N_m}{8 \rho''^3} (\eta_m^2 - \eta_m^2 t_m^2)$$

S ——大地线长度，单位：m；

L ——经度，单位：°；

B——纬度，单位：°；

A_m ——平均方位角，单位：°。

2、计算 A_m ：

$$\operatorname{tg} A_m = \frac{S \cdot \sin A_m}{S \cdot \cos A_m} \quad (3)$$

3、计算 S。

$$S = \frac{S \cdot \sin A_m}{\sin A_m} = \frac{S \cdot \cos A_m}{\cos A_m} \quad (4)$$

设 M 点是两点之间的中点，则 A_m ， B_m ， L_m ， η_m ， t_m ， N_m ， V_m 都是 M 点的参数。

其中： $t = \operatorname{tg} B$ ， $\eta^2 = e'^2 \cos^2 B$ ， $V = \sqrt{1 + e'^2 \cos^2 B}$ ， $N = \frac{a}{W}$ ，

$$W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}，\rho'' = 206265''。e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}，e' = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{b^2}}$$

我国 80 国家大地坐标系参数：a：长半轴 6378140 m

b：短半轴 6356755.288157 m

e：椭圆第一偏心率

e' ：椭圆第二偏心率

$$e'^2 = 0.006\ 739\ 501\ 819\ 47$$

$$e^2 = 0.006\ 694\ 384\ 999\ 59$$

本研究以中国建制市为目标，按照上述方法确定了区划表中未涉及城镇的参考城镇表如表 12 所示：

表 12 参考城镇表

目标城镇	东经 (度)	北纬 (度)	海拔 (m)	参考城镇	与参考地之间球 面距离 (km)	与参考地之间海 拔高差 (m)
黑龙江省						
海林	129.38	44.57	262.2	牡丹江	17	20
宁安	129.46	44.34	272.4	牡丹江	28	30
大庆	125.01	46.60	150.1	安达	34	0
吉林省						
龙井	129.42	42.77	242.4	延吉	13	64
图们	129.84	42.97	141.0	延吉	32	37
白山	126.42	41.93	332.8	临江	48	0
辽宁省						
凌海	121.35	41.17	28.3	锦州	20	42
东港	124.14	39.88	8.1	丹东	25	6
大石桥	122.51	40.63	12.1	营口	27	8

目标城镇	东经 (度)	北纬 (度)	海拔 (m)	参考城镇	与参考地之间球 面距离 (km)	与参考地之间海 拔高差 (m)
盖州	122.37	40.40	31.1	营口	33	27
北票	120.76	41.81	177.6	朝阳	39	2
灯塔	123.32	41.42	42.8	沈阳	40	0
抚顺	123.94	41.87	120.4	沈阳	44	77
葫芦岛	120.84	40.75	26.0	锦州	48	44
山东省						
曲阜	116.98	35.59	69.1	兖州	12	16
蓬莱	120.76	37.81	48.4	长岛	14	8
昌邑	119.39	36.85	8.8	潍坊	21	13
邹城	116.97	35.40	78.9	兖州	22	26
济宁	116.59	35.41	45.2	兖州	30	8
招远	120.39	37.36	81.2	龙口	30	76
乳山	121.52	36.91	38.4	海阳	35	26
荣城	122.41	37.16	38.9	成山头	36	8
即墨	120.45	36.39	26.2	青岛	37	51
胶南	119.99	35.88	10.1	青岛	37	67
胶州	120.00	36.28	16.7	青岛	38	60
聊城	115.98	36.46	34.0	莘县	38	4
安丘	119.20	36.43	64.7	潍坊	38	43
乐陵	117.21	37.73	12.7	惠民县	38	1
滨州	118.01	37.38	11.4	惠民县	45	1
章丘	117.53	36.71	75.1	济南	45	94
禹城	116.63	36.93	25.0	陵县	45	6
莱阳	120.70	36.98	3.6	海阳	48	60
河北省						
鹿泉	114.31	38.09	81.2	石家庄	12	0
沙河	114.50	36.86	69.0	邢台	23	9
藁城	114.84	38.02	52.9	石家庄	37	28
新乐	114.69	38.35	75.2	石家庄	43	6
黄骅	117.33	38.37	7.2	沧州	44	3
任丘	116.09	38.70	10.4	保定	48	9
河南省						
周口	114.65	33.62	47.6	西华	22	5
荥阳	113.38	34.79	140.5	郑州	26	30
三门峡	111.19	34.78	411.8	运城	33	47
新郑	113.73	34.40	111.9	郑州	36	1
山西						
孝义	111.77	37.14	770.7	介休	18	26
晋中	112.73	37.69	831.4	太原	19	52
汾阳	111.78	37.27	748.9	介休	30	4
忻州	112.73	38.41	799.0	原平	38	39
晋城	112.85	35.49	743.5	阳城	41	85
陕西						
咸阳	108.71	34.34	472.8	西安	21	75

目标城镇	东经 (度)	北纬 (度)	海拔 (m)	参考城镇	与参考地之间球 面距离 (km)	与参考地之间海 拔高差 (m)
兴平	108.48	34.30	411.5	西安	41	14
甘肃						
嘉峪关	98.27	39.80	1478.2	酒泉	18	0
宁夏回族自治区						
灵武	106.33	38.10	1117.3	银川	43	5
中卫	105.19	37.52	1226.8	中宁	44	34
新疆维吾尔自治区						
阿图什	76.17	39.71	1299.3	喀什	31	8
图木舒克	79.08	39.86	1117.4	巴楚	44	0
安徽省						
淮南	117.01	32.65	36.9	寿县	24	14
宣城	118.75	30.95	34.0	芜湖县	28	13
马鞍山	118.50	31.70	20.1	南京	44	13
天长	119.00	32.69	21.0	高邮	44	16
池州	117.49	30.66	39.4	安庆	45	19
淮北	116.79	33.96	32.3	徐州	49	10
江苏省						
通州	121.07	32.09	5.4	南通	22	1
吴江	120.64	31.17	9.0	东山	23	9
连云港	119.17	34.60	4.1	赣榆	26	6
江阴	120.27	31.91	9.7	常州	28	6
启东	121.66	31.81	8.7	吕泗	30	3
海门	121.18	31.90	5.5	南通	30	1
苏州	120.58	31.31	10.7	东山	30	7
靖江	120.26	32.02	8.5	常州	31	5
宜兴	119.81	31.37	7.7	溧阳	32	0
泰兴	120.02	32.17	7.0	常州	33	3
太仓	121.11	31.45	6.3	上海	33	0
张家港	120.54	31.88	7.5	南通	34	2
句容	119.16	31.94	27.1	南京	35	20
金坛	119.57	31.75	10.1	溧阳	37	2
兴化	119.83	32.93	7.3	高邮	38	2
常熟	120.74	31.65	5.4	南通	39	1
大丰	120.46	33.20	7.3	东台	39	3
丹阳	119.57	32.00	9.3	常州	41	5
江都	119.56	32.43	10.3	高邮	43	5
扬中	119.82	32.24	5.8	常州	43	2
姜堰	120.14	32.51	6.3	东台	44	2
盐城	120.13	33.38	3.4	射阳	45	4
昆山	120.96	31.39	8.6	虹桥	47	3
扬州	119.42	32.38	11.1	高邮	47	6
仪征	119.18	32.27	14.9	南京	47	8
无锡	120.33	31.58	11.4	常州	47	7
浙江省						

目标城镇	东经 (度)	北纬 (度)	海拔 (m)	参考城镇	与参考地之间球 面距离 (km)	与参考地之间海 拔高差 (m)
兰溪	119.47	29.22	48.3	金华	21	15
奉化	121.42	29.67	8.6	宁波	27	4
瑞安	120.64	27.78	9.5	温州	28	19
温岭	121.37	28.37	6.5	台州	28	2
富阳	119.94	30.06	11.0	杭州	29	31
乐清	120.96	28.12	6.9	玉环	31	89
嘉兴	120.74	30.76	6.0	平湖	36	1
江山	118.62	28.74	95.8	玉山	37	20
海宁	120.69	30.53	11.1	平湖	39	6
湖州	120.09	30.87	4.1	吴县	39	14
永康	120.03	28.90	90.2	金华	44	27
余姚	121.15	30.05	13.0	宁波	45	8
慈溪	121.24	30.17	8.1	宁波	46	3
义乌	120.08	29.31	75.0	金华	47	12
上虞	120.86	30.02	15.6	嵊县	47	88
绍兴	120.58	30.00	8.0	杭州	47	34
湖北省						
大冶	114.96	30.10	38.2	黄石	16	6
鄂州	114.88	30.40	22.1	黄石	24	10
丹江口	111.52	32.57	135.8	老河口	25	46
汉川	113.83	30.65	25.9	武汉	29	3
黄冈	114.87	30.45	41.2	黄石	29	9
宜都	111.45	30.39	71.6	宜昌	37	61
荆门	112.20	31.04	112.3	钟祥	38	46
枝江	111.75	30.43	50.7	荆州	39	19
孝感	113.92	30.93	26.1	武汉	40	3
石首	112.40	29.73	36.7	南县	40	1
松滋	111.77	30.18	67.2	荆州	41	35
安陆	113.69	31.26	53.7	广水	42	39
随州	113.37	31.72	97.5	广水	44	5
当阳	111.78	30.83	91.5	宜昌	48	42
湖南省						
永州	111.60	26.44	109.6	零陵	24	63
资兴	113.23	25.98	135.6	郴州	28	49
益阳	112.35	28.59	46.3	沅江	29	9
怀化	109.97	27.55	250.4	芷江	31	22
娄底	111.99	27.74	151.0	双峰	37	51
临湘	113.46	29.48	55.1	岳阳	39	2
湘潭	112.90	27.87	63.9	长沙	39	4
湘乡	112.52	27.74	84.9	双峰	47	15
津市	111.87	29.63	39.6	石门	49	77
汨罗	113.07	28.81	46.7	平江	50	59
江西省						
鹰潭	117.03	28.24	54.6	贵溪	20	4

目标城镇	东经 (度)	北纬 (度)	海拔 (m)	参考城镇	与参考地之间球 面距离 (km)	与参考地之间海 拔高差 (m)
丰城	115.79	28.19	26.9	樟树	27	3
南康	114.75	25.66	127.0	赣州	34	11
乐平	117.13	28.97	35.0	景德镇	37	27
上饶	117.96	28.45	114.9	玉山	38	1
高安	115.37	28.42	45.7	樟树	43	16
四川省						
崇州	103.67	30.63	534.2	成都	34	28
彭州	103.94	30.98	583.3	成都	35	77
自贡	104.77	29.36	357.0	内江	37	10
江油	104.74	31.78	531.8	绵阳	37	9
广汉	104.28	30.98	474.9	成都	43	31
德阳	104.39	31.13	500.7	绵阳	48	22
贵州省						
清镇	106.47	26.57	1262.5	贵阳	26	39
赤水	105.70	28.59	294.3	泸州	42	41
仁怀	106.41	27.81	878.6	遵义	48	35
云南省						
安宁	102.48	24.92	1847.0	昆明	19	40
普洱	101.04	23.07	1321.4	思茅	33	19
福建省						
长乐	119.50	25.96	8.0	福州	26	76
建阳	118.11	27.33	196.1	建瓯	38	41
福清	119.38	25.72	38.0	福州	41	46
三明	117.63	26.27	213.0	永安	44	7
福安	119.64	27.09	46.4	宁德	48	14
广东省						
肇庆	112.47	23.05	12.4	高要	3	29
佛山	113.11	23.04	6.5	广州	27	35
潮州	116.62	23.66	11.3	汕头	30	8
陆丰	115.64	22.95	5.1	汕尾	32	12
雷州	110.09	20.91	22.2	湛江	35	31
从化	113.58	23.55	34.5	佛岗	36	35
揭阳	116.36	23.54	3.7	汕头	36	1
英德	113.40	24.19	44.4	佛岗	38	25
兴宁	115.73	24.14	123.0	梅县	40	35
阳春	111.78	22.17	17.1	阳江	43	73
四会	112.69	23.35	48.3	高要	43	7
云浮	112.04	22.93	99.6	高要	44	59
东莞	113.76	23.05	19.8	广州	46	21
高州	110.85	21.92	31.4	信宜	49	54
广西壮族自治区						
防城港	108.34	21.62	100.0	钦州	47	95
海南省						
万宁	110.39	18.80	9.6	琼海	49	14

七、 结论与建议

建筑热工设计气候分区细化研究得到的阶段性结论与建议如下：

1、 从确定的三条区划细分原则看，选择采暖（空调度日数）作为二级区划指标更为合适。

2、 建议二级区划不再采用分区图的形式表达，改用表格的形式给出每个城市的区属。

3、 中国按照行政区划调整气候区划的需求并不突出。

4、 按照行政区划调整气候区划的原则是：当地形变化小，气候状况无明显变化时，可以按照行政区划对气候分区进行调整；当地形变化大，气候状况变化剧烈时，不宜按照行政区划对气候区属进行调整。

5、 区划未明确的地区，建议按照报告中给出的高斯平均引数反算公式通过计算确定区属的参考地区。

能源基金会
中国可持续能源项目
多影响因素的建筑节能设计气候分区方法和指标研究

项目活动三

细化分区对建筑节能的影响研究报告

中国建筑科学研究院
二〇一三年七月

一、气候分区对住宅节能影响分析

1、严寒、寒冷地区住宅节能分析

在新的气候分区调整后，按照 JGJ26-2010 标准给出的耗热量指标计算方法，得出各城市按计算采暖期室外平均温度排序时多层、小高层和高层住宅的耗热量指标和不同节能率下的建筑物耗热量指标。如图 1~6。

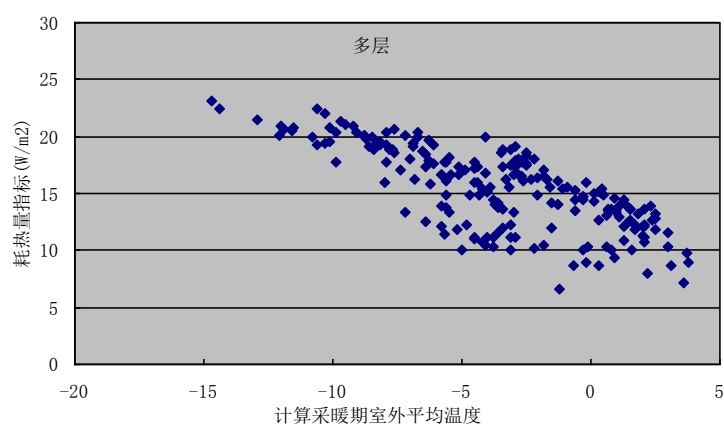


图 1 不同室外平均温度时多层住宅的耗热量指标

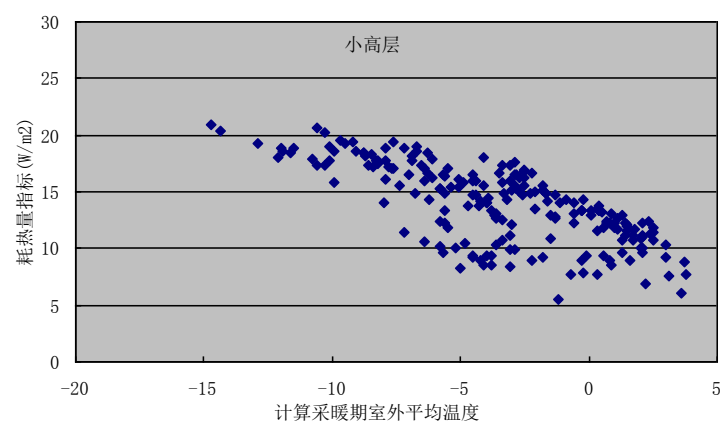


图 2 不同室外平均温度时小高层住宅的耗热量指标

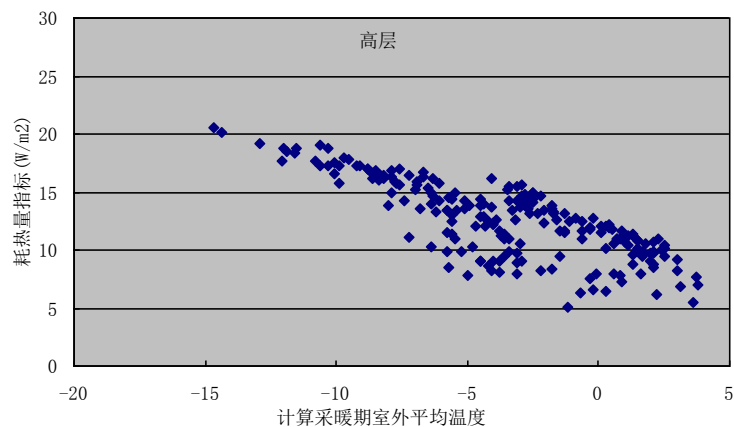


图 3 不同室外平均温度时高层住宅的耗热量指标

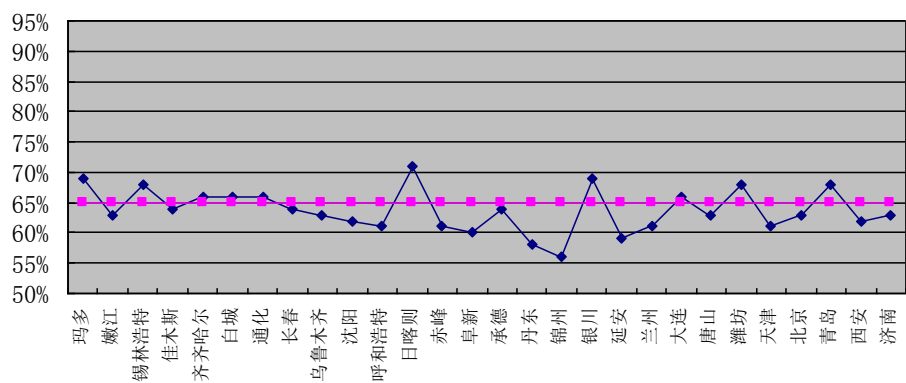


图 4 不同城市多层住宅建筑的节能率

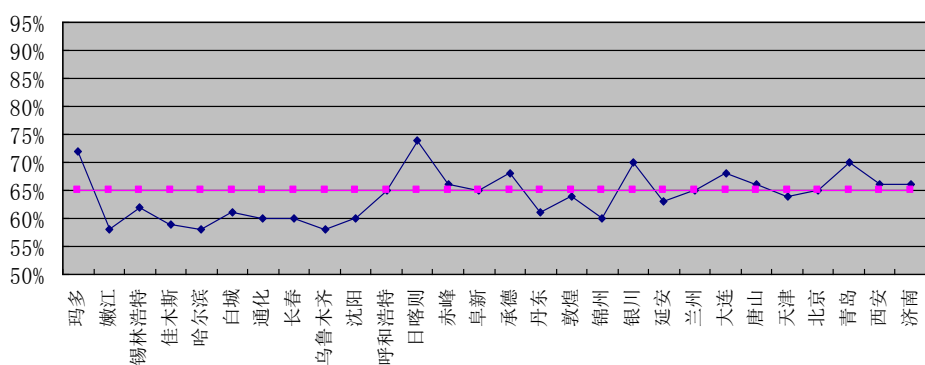


图 5 不同城市的小高层住宅的节能率

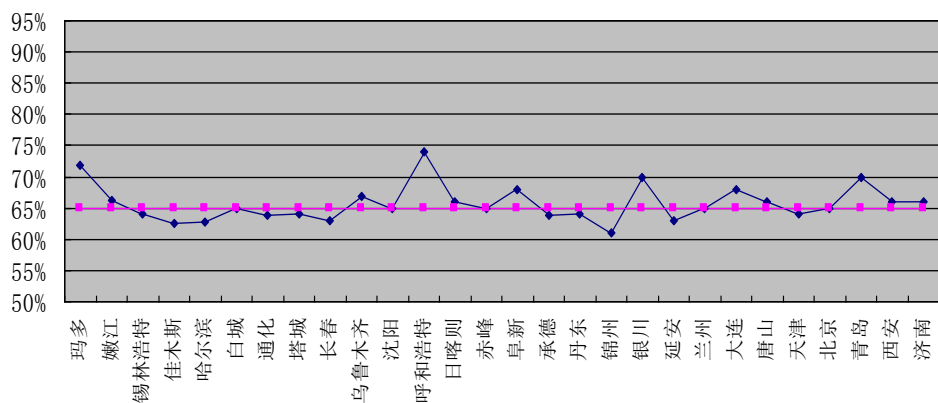


图 6 不同城市高层住宅的节能率

当气象区各城市多层建筑采用标准规定的传热系数限值时，多层住宅节能率的统计结果如表 1~3 所示：

表 1 各气候区不同城市多层住宅节能率的统计

区属	最小节能率	最大节能率	平均节能率	统计的城市数
严寒 A 区	0.55	0.71	0.65	5
严寒 B 区	0.61	0.78	0.66	6

严寒 C 区	0.61	0.69	0.64	19
寒冷 A 区	0.57	0.68	0.62	11
寒冷 B 区	0.54	0.63	0.62	3
总计	0.58	0.67	0.64	44

表 2 各气候区小高层建筑的节能率的统计

区属	最小节能率	最大节能率	平均节能率	统计的城市数
严寒 A 区	0.68	0.71	0.71	5
严寒 B 区	0.64	0.74	0.65	6
严寒 C 区	0.64	0.66	0.63	19
寒冷 A 区	0.6	0.66	0.64	11
寒冷 B 区	0.59	0.64	0.64	3
总计	0.63	0.69	0.65	44

表 3 各气候区高层建筑节能率的统计

区名	最小节能率	最大节能率	平均节能率	统计的城市数
严寒 A 区	0.66	0.70	0.67	5
严寒 B 区	0.65	0.72	0.67	6
严寒 C 区	0.63	0.69	0.65	19
寒冷 A 区	0.61	0.68	0.66	11
寒冷 B 区	0.59	0.63	0.63	3
总计	0.62	0.70	0.65	44

从图 4、图 5、图 6 中可以看出日喀则，玛多等几个城市的节能率较高，这是由于这三个城市太阳辐射强度大的缘故。从统计结果中可以看出：

- 可以看出，新的气候分区方式对原来的建筑能耗调整不大。
- 当多层建筑采用标准所给出的传热系数限值时，各个气候分区的节能率基本达到了第三步节能的目标。当高层建筑采用标准所给出的传热系数时，各个气象分区的节能率都超过了第三步节能的目标。因此对于高层建筑，可以用传热系数限值作为判断其是否达到第三步节能的依据。当小高层建筑采用标准

所给出的传热系数限值时，各个气候分区的节能率都达到甚至超过节能 65%的目标。这是由于小高层建筑体形系数小的缘故。因此对于小高层建筑，可以用传热系数限值作为判断其是否达到第三步节能的依据。

2、夏热冬冷和夏热冬暖地区住宅节能分析

节能建筑的能耗指标与采暖度日数、空调度日数之间呈近似的线性关系。分别计算出按采暖度数 HDD18 和空调度数 CD26 给出了采暖耗热量和空调年耗冷量指标，同时按建筑层数类型进行分类，见表 4、表 5。

表 4 采暖度数 HDD18 对建筑采暖年耗热量指标的影响

HDD18 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	多层耗热量 q_h (W/m^2)	小高层耗热量 q_h (W/m^2)	高层耗热量 q_h (W/m^2)
800	8.6	7.2	6.7
900	9.6	8.1	7.5
1000	10.5	8.4	7.6
1100	11.1	9.2	8.1
1200	11.7	10.0	8.8
1300	12.8	11.1	9.7
1400	13.1	11.7	10.2
1500	14.1	12.3	10.8
1600	14.6	12.6	11.1
1700	15.6	13.1	12.0
1800	16.2	13.7	12.2
1900	16.9	14.7	12.7
2000	17.4	15.9	13.7
2100	18.2	16.1	14.1
2200	19.0	17.0	14.8
2300	19.8	17.0	15.4
2400	20.9	18.1	15.6
2500	21.6	18.8	16.1

表 5 空调度数 CDD26 对建筑空调年耗冷量指标的影响

CDD26 ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$)	多层耗冷 q_c (W/m^2)	小高层耗冷 q_c (W/m^2)	高层耗冷 q_c (W/m^2)
25	15.1	14.7	13.6
50	16.4	15.9	14.7
75	17.7	17.0	15.8
100	19.0	18.2	16.9
125	20.4	19.4	18.0
150	21.7	20.6	19.1
175	23.1	21.8	20.2
200	24.4	23.0	21.3
225	25.8	24.2	22.4
250	27.1	25.4	23.5
275	28.5	26.6	24.6
300	29.8	27.8	25.8
325	31.1	29.0	26.8
350	32.5	30.2	27.9
375	33.8	31.4	29.0
400	34.4	32.6	30.1
425	35.5	33.8	31.3

➤ 气候分区界限的调整会影响围护结构热工性能的确定，从而导致耗热量指标 q_h 和耗冷量指标 q_c 的变化，而耗热量和耗冷量指标综合反映了建筑设计和围护结构热工性能的优劣，与采暖空调设备性能无关。它们是建筑 and 建筑热工设计的控制指标。即使建筑不采暖空调，也须满足这两个性能性指标要求。这将保证节能建筑在不配备采暖空调设备的条件下，室内冬夏热环境质量达到基本的卫生要求，具有可居住性；在配备能效比满足要求的采暖空调设备后在室内热环境质量和能耗两方面，都达到性能性指标。

➤ 夏热冬冷地区居住建筑能耗与外窗保温性能(K)和隔热性能(SC) 相关都

较大。而夏热冬暖地区居住建筑能耗与外窗隔热性能(SC)密切相关的。外窗保温性能提高(K 降低),对夏热冬冷地区居住建筑节能是有利的;外窗隔热性能提高(SC 降低),能较大幅度降低空调能耗,但也会增加冬季采暖能耗,因此夏热冬冷地区居住建筑采用活动外遮阳措施,夏季阻隔太阳辐射进入室内,冬季使太阳进入室内,对节能是比较有利的。

➤ 如调整夏热冬冷南区和夏热冬暖北区的分界线,会导致局部城市建筑外窗保温性能和隔热性能的调整。当外窗 K 值增大(保温性能减弱),住宅年总能耗也随之增大;外窗 K 值从 3.0 增大到 6.0 时,两个地区各地住宅年总能耗平均增大 5%左右,采暖能耗增加 10%左右,K 值变化对夏季空调能耗影响不大。当外窗 SC 值增大(隔热性能减弱),住宅年总能耗也随之增大;外窗 SC 值从 0.3 增大到 0.9 时,两个地区各地住宅年总能耗平均增大 8%左右;SC 值变化对住宅夏季空调能耗影响相当大,当 SC 从 0.3 增大到 0.9 时,全地区夏季空调能耗平均增大 67%。总之,外窗 SC 值的变化,不仅对住宅夏季空调能耗,而且对全年总能耗均有影响。

二、公建标准总体节能率的评价分析

办公建筑能耗应该包括建筑围护结构以及采暖、通风、空调和照明用能源消耗。50%的节能率也同样包含上述范围的节能成效。照明设备效率节能目标参数按 GB 50034-2004《建筑照明设计标准》确定。标准中对围护结构、暖通空调方面的规定值,就是在设定“基准建筑”全年采暖空调和照明的能耗为 100%情况下,调整围护结构热工参数,以及采暖空调设备能效比等设计要素,直至按这些参数设计建筑的全年采暖空调和照明的能耗下降到标准期望的规定值。在此前提下,对公建标准所能达到的总体节能率进行了评价分析。

1、计算模型

公建标准提出 50%节能目标的比较基准是以八十年代改革开放初期建造的“基准建筑”(Baseline)作为比较能耗的基础。“基准建筑”围护结构、暖通空调设备及系统、照明设备的参数,都按当时情况选取。在保持与目前标准约定的室内环境参数的条件下,(冬季室内设定温度为 20℃,夏季室内设定温度为 26℃),计算“基准建筑”全年的暖通空调和照明能耗,将它作为 100%。我们再将这“基准建筑”按公建标准的规定进行参数调整,即围护结构、暖通

空调、照明参数均按公建标准规定设定，计算其全年的暖通空调和照明能耗。

计算公建标准节能率的内容包括：总体节能率以及围护结构、照明和 HVAC 设备各组成部分在节能率中的百分比。

经仔细分析，总体节能率可以对比能耗量及各组成部分的节能贡献率均无法直接得出。这一方面是由于比较模型是建立在 80 年代和公建标准围护结构和采暖空调设备两个不同水平基础上的，各种因素的两种水平都对最后的总体节能率有影响。另一方面 DOE2 程序是按照从负荷到能耗的顺序进行计算，围护结构的改变只能影响到负荷侧，在设备能耗量中无法直接分解出来，不可能用单因素变化的方式直接求得。而要分解出各组成部分在节能率中的贡献，研究采用了对比分析法。建立“80 年代基准楼”加“公建设备”、“公建标准楼”加“80 年代设备”两个中间环节，再通过联立方程组逐次求解。

为了描述简单，设 80 年代的楼和公建标准楼分别用 b1、b2 表示，80 年代的设备 and 公建标准设备用 e1、e2 表示。上述中间差分的过程可以写成：

$$\Delta E_{env} = (C_{e2}^{b2} + H_{e2}^{b2}) - (C_{e2}^{b1} + H_{e2}^{b1}) \quad (1)$$

$$\Delta E_{equip} = (C_{e2}^{b2} + H_{e2}^{b2}) - (C_{e1}^{b2} + H_{e1}^{b2}) \quad (2)$$

式中：C 代表制冷能耗，H 代表供热能耗。

2、公建标准单指标评价结果分析

对于总体节能目标中围护结构、照明和 HVAC 设备所占的节能比例，可以根据公式（1）、（2）得出公建标准围护结构取值范围内，采暖空调负荷量的减少如表 6 所示。

表 6 公建标准中围护结构对采暖空调负荷减少量

所在 城市	80 年代		公建标准		采暖负荷 减少量 MWh	空调负荷 减少量 MWh	采暖空调负 荷减少量之 和 MWh
	采暖负荷 MWh	空调负荷 MWh	采暖负荷 MWh	空调负荷 MWh			
哈尔滨	815.51	260.74	512.41	308.45	303.1	-47.71	255.38
北京	365.65	473.64	199.31	451.01	166.34	22.63	188.97
上海	279.13	550.63	205.7	516.27	73.43	34.36	107.79
广州	51.94	919.36	23.11	846.47	28.83	72.89	101.72

表 7 HVAC 设备一次能耗节能量

所在城市	HVAC 设备一次能耗节能量		
	煤炉到油炉 MWh	水冷离心 MWh	水冷螺杆 MWh
哈尔滨	338.84	47.56	49.44
北京	138.91	73.19	76.31
上海	140.83	86.69	91.69
广州	23.25	125.22	127.72

将公建标准建中筑照明、围护结构与 HVAC 设备节能量整理成如表 8 的形式。

表 8 照明、围护结构与 HVAC 设备节能量综合列表

所在城市	照明能耗 减少 MWh	照明对采暖空调 能耗的减少量 MWh	围护结构 采暖空调能 耗减少量 MWh	HVAC 设备一次能耗节能量	
				煤炉到油炉 水冷离心 MWh	煤炉到油炉 水冷螺杆 MWh
哈尔滨	180.3	-34.71	255.38	386.4	388.28
北京	180.3	4.08	188.97	242.1	245.23
上海	180.3	22.22	107.79	227.51	232.51
广州	180.3	60.4	101.72	148.47	150.97

结合上面两组数据表，采用公建标准后各个地区围护结构负荷的减少量以及 HVAC 设备一次能耗节能量不同，从北方到南方围护结构负荷的减少依次递减，同时锅炉的一次能耗节能量也递减，而冷源的节能量递增。如果以 80 年代基准建筑为基础，可以得到公建标准的节能率。在逐项比较的基础上，可以得出公建标准参考建筑的节能比例。

表 9 公建标准中各地区参考建筑的节能率比例

所在城市	照明对 采暖空调能耗 节能率(A)	照明能耗节 能率(B)	围护结构对 采暖空调能 耗节能率(C)	HVAC 设备 一次能耗节 能率(D)	总节能率 (E)
哈尔滨	-1.70%	10%	23.70%	17.30%	49.10%
北京	0.30%	10%	22.50%	17.10%	49.70%
上海	1.60%	10%	13.00%	16.60%	41.30%
广州	4.80%	11%	10.50%	11.90%	38.00%
全国平均	1.20%	10%	17.40%	16.20%	44.40%

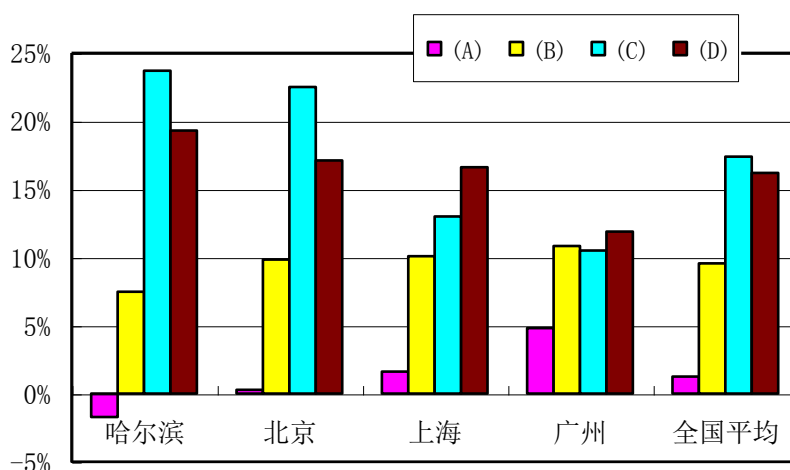


图 7 公建标准中各地区参考建筑的节能率

分析各个地区参考建筑的节能率比例变化情况可以看出：

➤ 公建标准在各个地区的总体节能率不同，哈尔滨、北京、上海和广州地的总体节能率分别为 48.7%、49.7%、41.3%和 38.0%。

➤ 照明对总体节能率的贡献包含两个方面，即由于提高照明效率，灯具本身的节能以及减少灯具（内热源）发热量对空调能耗的影响。这两方面效果相加，照明设备可分担约 7% -- 16%的节能率。虽然提高照明效率在哈尔滨会增加冬季的供热负荷，但从全国情况来看，减少照明功率对采暖空调能耗节能率是有利的。若算上照明本身能耗的节约，其对整体节能率的贡献约占 11.2%。因此节约照明用电的作用不可忽视。

➤ 围护结构分担节能率约 13%-- 24%，从南方至北方依次增大。这说明围护结构对总体节能率的贡献十分显著，改善围护结构热工性能的措施是非常必要的，同时也可看出各个地区围护结构提高的要求应是不同的。尽管公建标准已将各个地区围护结构进行分区限制，但从比例上来看，仍建议加强南方地区围护结构性能的限制水平，以提高对总体节能率的作用。

➤ 由于提高了设备效率，采暖空调系统可以分担的节能率约 19% -- 11%。同样存在着北方采暖空调系统节能率高的特点。可以认为当锅炉效率从 55%增加到 90%时，设备效率提高了 50%，使得系统能耗下降了 20%。而当空调冷水机组 COP 从 4.2 增加到 5.1 时，设备效率提高了 20%，使得系统能耗下降了 12%。

在总体节能率的基础上，又进一步分析了冷热源能耗中各个部分的比例。因为能耗量最终都是通过各种冷热源设备体现出来的，若将各个地区公建标准

楼的冷热源总能耗中各个组成部分的比例进行对比，那么这个比例关系可以反映出公建标准各项指标的节能潜力。按照从负荷到能耗的对应关系，分别求出冷热源主机能耗量和输送设备、附机的能耗量及其对应比例。

表 10 冷热源及输送设备能耗量构成分析

			哈尔滨	北京	上海	广州
冷热源 能耗 (MWh)	处理围护结构传热	对应能耗	348.82	296.39	269.82	272.75
	处理照明+设备散热	对应能耗	59.21	60.23	67.71	63.74
	处理人员散热	对应能耗	71.72	98.05	98.52	95.83
	处理新风	对应能耗	165.36	150.84	139.97	175.21
	风+水管道冷热损失	对应能耗	1.66	1.31	1.37	1.71
	冷热源能耗量合计		646.77	606.83	577.39	609.25
输送设备 及附机 能耗 (MWh)	风机	能耗	28.15	30.4	29.62	30.56
	采暖+冷冻水泵	能耗	102.78	105.34	99.04	100.24
	冷却水泵	能耗	35.13	58.81	70.68	79.25
	冷却塔风机	能耗	2.95	5.21	8.15	12.66
	输送设备及附机能耗量合计		169	199.76	207.48	222.7

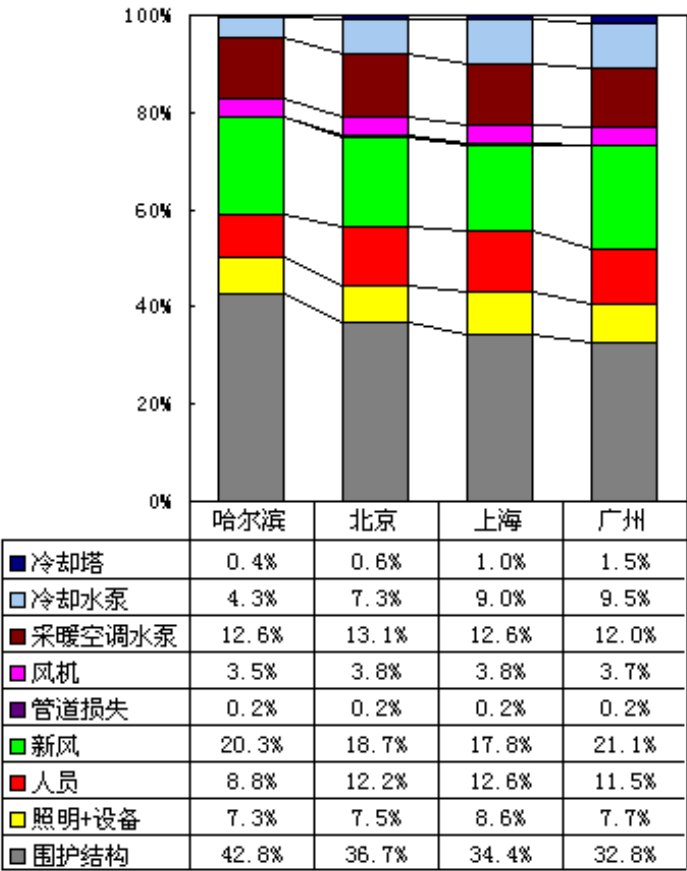


图 8 冷热源及输送设备能耗量的构成比例

在冷热源主机能耗量中，各个地区人员、照明和设备、管路损失所占的比例基本不变，而围护结构在采暖空调所占的比例北方地区比南方地区大 5%~10%。清华大学曾对北京十几幢办公楼进行过调查，空调能耗主要由以下几方面组成：补偿围护结构传热的能耗占 30%~40%，新风处理能耗占 20%~30%，空气、水输送能耗占 25%~30%。调查也从一个方面证明了上述计算的结果。

3、典型建筑的节能效果

大厦采用钢混框剪结构，根据建筑设计资料，外墙和外部窗间墙为混凝土剪力墙， $K=0.341 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ；屋面保温层 $K=0.568 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ；窗户为双层中空玻璃（外部反射玻璃视板 $K=1.817 \text{ W/m}^2\text{°C}$ 、外部透明玻璃视板 $K=2.782 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ）。整幢楼的窗墙比为 40%。

内热源及设备情况：大厦的平均出租率为 75%左右，人员平均密度约 $10 \text{ m}^2/\text{人}$ ；办公区照明亮度 300~500 lx，办公区照明安装功率为 25 W/m^2 ，走廊及生活区为 $5\sim10 \text{ W/m}^2$ ；设备发热量约为 20 W/m^2 。

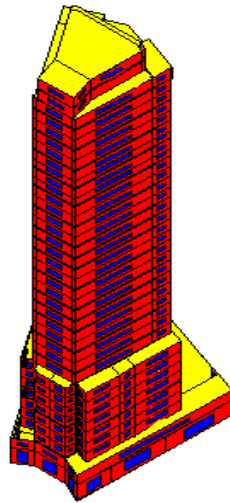


图 9 建筑示意图

采用公建标准后，改建筑所能达到的节能效果如下

表 11 算例的总体节能量

所在城市	照明电耗减少 MWh	照明对采暖空调 能耗的减少量 MWh	围护结构采暖空 调负荷减少量 MWh	HVAC 设备一次 能耗节能量 MWh
哈尔滨	2231.6	-322.27	6730.8	3669.9
北京	2231.6	38.45	6728.3	2382.8
上海	2231.6	209.49	5777.2	2534.8
广州	2231.6	569.52	4289.6	2236.1

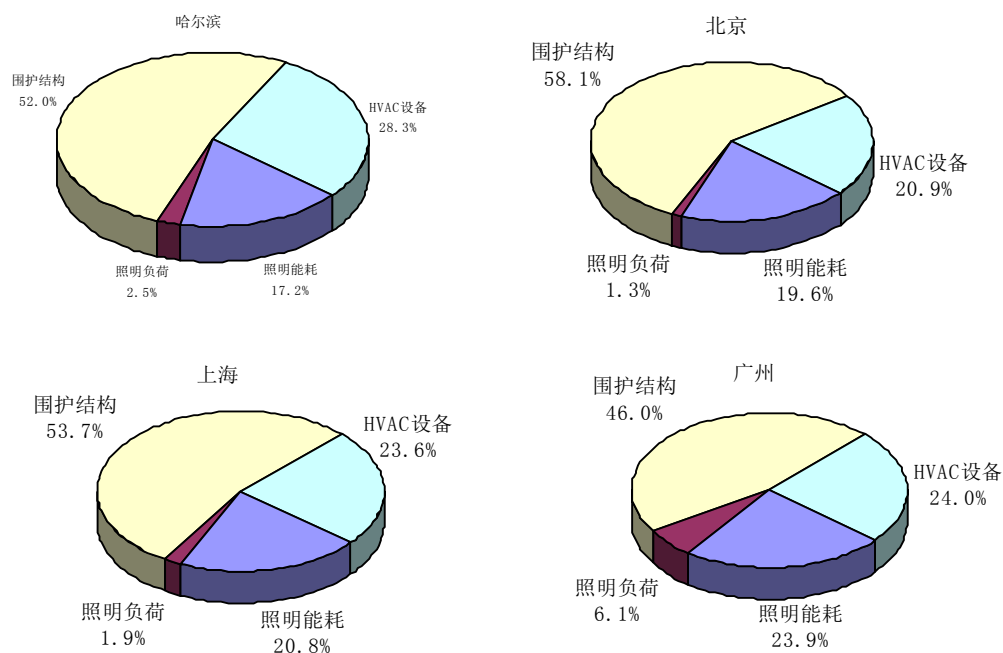


图 10 算例照明、围护结构和 HVAC 设备节能比例

如图 所示，将上述建筑按地区划分进行节能率对比，可以发现：

➤ 不同地区的节能率差别较大，上述 4 幢建筑在哈尔滨、北京、上海和广州等地的平均节能率分别为 47.6%，47.28%，43.28%，39.63%。不同地区建筑的节能率最大相差 10.2%。这说明地区差异对节能率的影响不可忽视。

➤ 围护结构和 HVAC 设备的总体节能贡献率随地区变化而变化。围护结构贡献率从南方到北方依次增加，而 HVAC 设备贡献率则依次与之相反，二者相加占总体节能率的 65%~80%。

三、 结论

通过前述分析，热工分区的细化将有助于中国建筑节能标准中设计指标的进一步完善和细化。从住宅和公建的节能率分析中可以看出：细化分区可以降低因标准原因造成的“实际节能率”不达标城市的比例；同时，在达到相同节能目标的前提下，降低了部分城市建筑节能建设的初投资。

从公建的节能率分析中可以看出：无论在哪个气候区中，围护结构在建筑能耗中所占比重都超过 30%，区划调整有助于降低围护结构的能耗，对建筑节能率的贡献不可忽视。