



基于能耗总量控制的建筑节能标准及 实施机制研究

（第一期 建筑节能设计标准及实施机制研究）

住房和城乡建设部标准定额研究所
二〇一七年三月

项目资助号: G-1502-22635

Grant Number: G-1502-22635

项目期: 02/1/2015-08/31/2016

Grant period: 02/1/2015-08/31/2016

所属领域:建筑节能

Sector: Building Energy Efficiency

项目概述:见执行摘要

Project Discription: See Executive Summary

关键词: 能耗总量、建筑节能、标准、实施机制

Key Word: Total Energy Consumption; Building energy efficiency ; Standard; Implementation Roadmap

本报告由能源基金会资助。

报告内容不代表能源基金会观点。

This report is funded by Energy Foundation.

It does not represent the views of Energy Foundation.

摘要

我国的建筑节能减排已进入总量控制阶段，进一步研究和完善建筑节能实施机制，量化减排目标，对于应对全球气候变化，实现国家的节能减排承诺具有重要意义。

课题采用“从上而下”和“由下而上”相结合的方法，分析了“建筑面积”和“建筑能耗强度”整体控制思路，提出了设计阶段实施“能耗控制”与“能效提升”并行的建筑节能“双控”技术路线。计算了未来中长期各省市建筑节能能耗总量控制目标和能效提升的工作重点，并为未来建筑建筑技术路线实施提出了建议。

主要研究内容包括：

1、基于考虑二孩政策的人口预测，根据假定的未来城镇化情景和人均建筑面积增长情景，测算 2020 年、2025 年和 2030 年城镇住宅、公共建筑和农村住宅的总建筑面积，并给出全国各省市 2030 年的公共建筑面积、城镇居住面积和农村住宅建筑面积的预测结果。

2、分析当前气象参数、计算依据、计算软件等主客观因素对建筑能耗计算结果的影响，建议国家层面制定统一的建筑能耗模拟计算软件，并统一化、标准化软件气象参数输入。同时，给出全国 338 个地级区划的采暖度日数（HDD18）和空调度日数（CDD26）。

3、系统介绍了能耗总量控制思路、方法，基于未来建筑用能面积增长的情景假设，以典型气候区、典型城市、典型功能建筑为例，规定了具体的建筑能耗计算参数和计算方法。采用统一计算工具，测算了典型城市 2020 年、2025 年和 2030 年城镇住宅、城镇公共建筑在设计阶段的用能指标和年耗能指标。

4、以 2020 年热工参数为基准，测算典型城市、典型功能建筑的关键节能技术及其节能潜力（包括建筑围护结构、用能设备）。

5、与德国、法国、丹麦、美国、日本等不同国家建筑节能标准的编制思路进行比较，建议采用以丹麦为代表的建筑节能标准模式，规定所有类型新建建筑的能耗强度限值，同时设置两种自愿执行的低能耗等级，例如 2020 年强制标准发布时，同时公布 2025 年低能耗等级和 2030 年低能耗等级的要求，突出建筑节能设计标准的引领作用。

目录

摘要.....	III
第一章 引言.....	7
1.1 课题研究背景.....	7
1.2 课题亟待解决的问题.....	8
1.3 研究目的和主要内容.....	9
第二章 研究现状.....	10
2.1 国外建筑节能标准发展.....	10
2.1.1 美国.....	10
2.1.2 德国.....	11
2.1.3 丹麦.....	16
2.1.4 日本.....	20
2.2 国内建筑节能发展回顾.....	25
2.3 小结.....	26
第三章 建筑能耗总量及限值分析.....	28
3.1 思路与方法.....	28
3.1.1 整体思路.....	28
3.1.2 能耗计算方法.....	29
3.1.3 建筑物理模型.....	35
3.1.4 室内温湿度控制.....	36
3.2 建筑面积.....	36
3.2.1 考虑“二孩”政策的修正.....	36
3.2.2 总建筑面积计算.....	38
3.2.3 各省市建筑面积计算.....	44
3.2.4 既有建筑存量与逐年竣工面积.....	59
3.3 居住建筑能耗计算.....	60
3.4 公共建筑能耗计算.....	66
3.4.1 宾馆建筑.....	66

3.4.2 办公建筑	71
3.4.3 学校建筑	75
3.4.4 医院建筑	86
3.5 小结	88
第四章 未来建筑用能指标和年用能指标	90
4.1 居住建筑	90
4.1.1 城镇住宅能耗	90
4.1.2 农村住宅能耗	94
4.2 公共建筑	95
4.2.1 宾馆建筑	95
4.2.2 办公建筑	96
4.2.3 学校建筑	98
4.2.4 医院建筑	98
4.3 能耗总量	99
第五章 关键节能技术对建筑能耗影响分析	101
5.1 城镇住宅节能潜力分析	101
5.1.1 建筑围护结构	101
5.1.2 用能设备	103
5.2 城镇公共建筑	105
5.2.1 宾馆建筑	105
5.2.2 校园建筑	105
5.2.3 办公建筑	118
5.2.4 医院建筑	118
5.3 小结及建议	120
第六章 建筑能耗计算模拟软件相关对比分析	122
6.1 建筑节能气象参数现状	122
6.1.1 气象数据的重要性	122
6.1.2 建筑节能用气象数据现状	123
6.1.3 存在的问题	126
6.1.4 解决思路	127

6.2 节能产品和材料数据库现状	128
6.3 国内外计算依据对比	129
6.4 计算模拟软件包对比	133
6.4.1 工具介绍	133
6.4.2 工具对比	133
6.5 小结	142
第七章 实施机制	144
7.1 实施机制	144
7.1.1 建立以建筑能耗总量控制为目标的建筑节能标准体系	144
7.1.2 统一国内建筑能耗计算方法	144
7.1.3 政府对能耗计算软件进行监管，规范能耗计算软件的使用	144
7.1.4 完善建筑气象数据库，并定期维护更新	145
7.1.5 建立我国节能产品和材料数据库	146
7.1.6 进一步加强建筑能耗和建筑面积的统计	146
7.2 建筑节能评估	146
7.2.1 国外经验借鉴	148
7.2.2 节能评估实施建议	154
第八章 结论与建议	156
8.1 结论	156
8.2 建议	156
附录 A 模拟工况热工参数设定	157
附录 B 全国 338 个地级区划气象参数表	170
附录 D 数据来源及术语	210
附录 E 数据处理说明	210
附录 F 参考文献	228

第一章 引言

1.1 课题研究背景

能源安全是实现国民经济持续发展和社会进步所必需的能源保障。建筑、工业和交通是我国的三大主要消耗大户。当前，建筑能源消耗约占我国能源总消耗的20%~25%。随着我国经济水平的发展，建筑能源消耗仍然呈现上升趋势。如何实现建筑领域的总量控制，量化建筑领域的能源消耗水平，对于实现不同阶段我国能源的总量消费目标，保障国民经济的可持续发展具有重要意义。

(1) 中国建筑节能减排目标的迫切需求

在新型城镇化的背景下，中国建筑业和房地产业将持续高速发展，建筑存量将快速增加，建筑能耗总量必然快速增长。2015年底，全国民用建筑面积已超过600亿 m^2 。按照《新型城镇化规划（2014—2020年）》提出的目标进行估算，到2030年，中国民用建筑面积将超过700亿 m^2 ，建筑总能耗将接近15亿tce。我国建筑领域面临更严峻的节能减排形势。

建筑节能主管部门及有关各方的工作重点是以建筑节能设计标准为依据，对新建建筑各部分的性能进行控制和把关。现行建筑节能设计标准对新建建筑各组成部分（围护结构、用能设备及系统等）的性能指标提出明确要求，在不能满足单项指标要求时，再采用耗热量指标、建筑能耗指标进行权衡判断的要求。现有节能模式简洁明了、易于操作和监督，并且有利于推广普及节能技术，成效明显。

影响建筑能耗的因素是多方面的，单纯从建筑本体及用能系统性能约束的角度已经难以实现我国建筑能耗的有效控制。为实现建筑领域的节能减排目标，量化建筑能耗指标，通过“目标总控”的思想，从供给侧对建筑能源消耗进行约束，引导社会各界提高节能意识，落实节能行动，课题提出了“能耗+总量”的建筑能耗双控路线，以满足我国建筑领域的节能减排要求。

(2) 建筑节能减排需要在确定中长期能耗总量控制目标的基础上，明确不同阶段的能耗控制目标，实现分阶段的控制

中美两国于2014年11月12日在北京发表了《中美气候变化联合声明》，中国计划2030年左右二氧化碳排放达到峰值且将努力早日达峰，并计划到2030年非化石能源占一次能源消费比重提高到20%左右。中国已明确提出“坚决控制能源消费总量、高度重

视城镇化节能”的要求。因此，建筑领域节能减排必须改变传统的工作模式，尽快在明确中长期建筑能耗控制目标的基础上，确定不同阶段的建筑用能指标和年能耗指标，实现分阶段的控制。

在住房城乡建设部建筑节能与科技司、能源基金会的共同支持下，住房和城乡建设部标准定额研究所于 2014 年完成了建筑节能顶层设计研究和国家标准《民用建筑能耗标准》的研究与编制。通过建筑节能顶层设计研究，初步测算出了到 2030 年中国建筑领域的能耗总量控制目标，以及不同阶段（2015、2020、2025、2030 年）的控制目标，并确定了总体的实施路线，奠定了实施建筑能耗总量控制的基础。国家标准《民用建筑能耗标准》发布实施后，将为当前一段时间内（通常为 5 年）中国民用建筑运行阶段实际能耗控制提供依据。

(3) 建筑领域需要尽快给出新建建筑设计环节的用能指标限值和既有建筑节能改造后的用能目标

对于大量即将新建的建筑（每年约 20 亿 m^2 ），需要根据建筑能耗总量控制目标，确定出设计环节的用能指标和年耗能指标，避免“达标建筑能耗高”的现象。通过建筑节能设计标准给出建筑设计环节的用能指标和年耗能指标（也就是典型气象条件、标准工况下的设计值），并且给出可操作性非常强的计算方法，可以便于建筑师、工程师、研发、建设方等执行，便于主管部门监督。在建筑设计环节就实施建筑能耗的控制，才能有利于运行环节的能耗强度指标的实现、有利于《民用建筑能耗标准》的实施。

中国城镇既有建筑（住宅、公共建筑）约 200 亿平方米，其中 70% 的没有执行建筑节能设计标准，因此存在巨大的节能改造潜力。对于这部分建筑实施节能改造时，同样需要根据建筑能耗总量控制目标，确定改造目标（即改造后的用能指标和年耗能指标），并通过修订《既有居住建筑节能改造技术规程》和《公共建筑节能改造技术规范》予以明确。

1.2 课题亟待解决的问题

实现全国建筑能耗总量控制是一项极其复杂的工作。课题在研究过程中，通过摸清我国不同功能建筑的能耗现状，明确未来不同功能建筑节能设计标准，达到量化不同阶段的建筑能耗总量控制的目标。

在课题实施过程中，拟解决全国不同省市、不同功能建筑面积统计。在未来新建建筑能耗水平预测过程中，采用统计建筑能耗模拟计算的方法，计算全国不同气候区

不同功能建筑的能源消耗水平，其中不同地区节能设计标准、建筑气象参数、模拟工具与人员操作等因素对建筑模拟能耗的高低均产生不同程度的影响。因此，在我国不同地区建筑能耗软件参数的标准化设置是保证结果有效的基础，统一和明确不同省市的建筑气象参数和软件的标准化应用问题。

其次，我国未来的城镇化水平和人均建筑面积需求和约束对未来建筑能耗产生直接影响。因此，在研究过程中，需进一步明确和细化不同城市的城镇化率和未来建筑增长情况。

另外，如何控制新建建筑的能耗水平，并落实到全国不同省市的不同功能建筑，正确引导我国建筑能耗向理性方向发展，是实现建筑领域节能减排目标和国家能源安全的重要举措。

1.3 研究目的和主要内容

(1) 测算不同气候区、不同阶段，城镇居住建筑设计环节的用能指标和年耗能指标（严寒和寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区）；

(2) 测算不同气候区、不同阶段，公共建筑设计环节的用能指标和年耗能指标（严寒和寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区）；

(3) 确定建筑设计阶段用能指标和年耗能指标的统一计算工具包（包括算法及参数）；

(4) 确定不同气候区、不同类型建筑的关键节能技术及其节能潜力（例如，严寒和寒冷地区窗户传热系数的最低要求）；

(5) 提出未来中国建筑节能设计标准的修订（升级）及实施机制与政策措施建议；

(6) 为中国下一步实施建筑能耗总量控制策略以及相应标准的编制与修订，培养一批技术骨干。

第二章 研究现状

本章对国内外建筑节能标准、模拟计算工具、气象参数设置等进行现状调研，分析探索注重各类单向性能指标与综合考虑建筑实际能耗水平两类指导思想的欧美建筑标准先进经验及对中国的启示，结合我国不同地区节能设计标准、建筑气象参数、模拟工具与人员操作等因素对建筑模拟能耗的影响现状，寻找适合我国实际情况的标准中指标值确定背景、方法依据等。

2.1 国外建筑节能标准发展

2.1.1 美国

美国建筑节能是以提高效率为核心，美国传统上没有建筑管理所对应的联邦机构，其政府在建筑节能中的角色并不显著，主要手段是制订行业和产品标准，开发和推荐新技术，其建筑节能的推动力量更多的来源于民间的各种行业、协会、电力公司和企业，因此其建筑节能所依靠的的市场力量强大，政府出台的能源政策多在于市场转型，以使得高能效技术在市场上取得成功的推广，因此其节能的基本出发点在于推广节能技术与产品，以建筑节能作为新的经济增长点。

从这个基本出发点，美国建筑节能的政策主要分为两类：一类是提高性能指标和建立新兴技术应用的统一标准，另一类是通过经济、非经济的措施，激励新技术的使用和推广。

美国建筑节能标准分别按照联邦、政府、州制定阶段目标。

联邦层面目标：

- " 零能耗住宅 " ， 2020 年达到市场可行 ；
- " 零能耗建筑 " ， 2025 年商业化 。

政府建筑目标：

- 2030 年，所有新建政府建筑为净零能耗建筑。

美国加州目标：

- 到 2020 年，所有新建独立和公寓住宅的新建筑物将达到“净零能”(ZNE)效果 ；
- 到 2030 年，50%既有商业建筑实现净零能耗，100%新建商业建筑为净零能耗建筑。

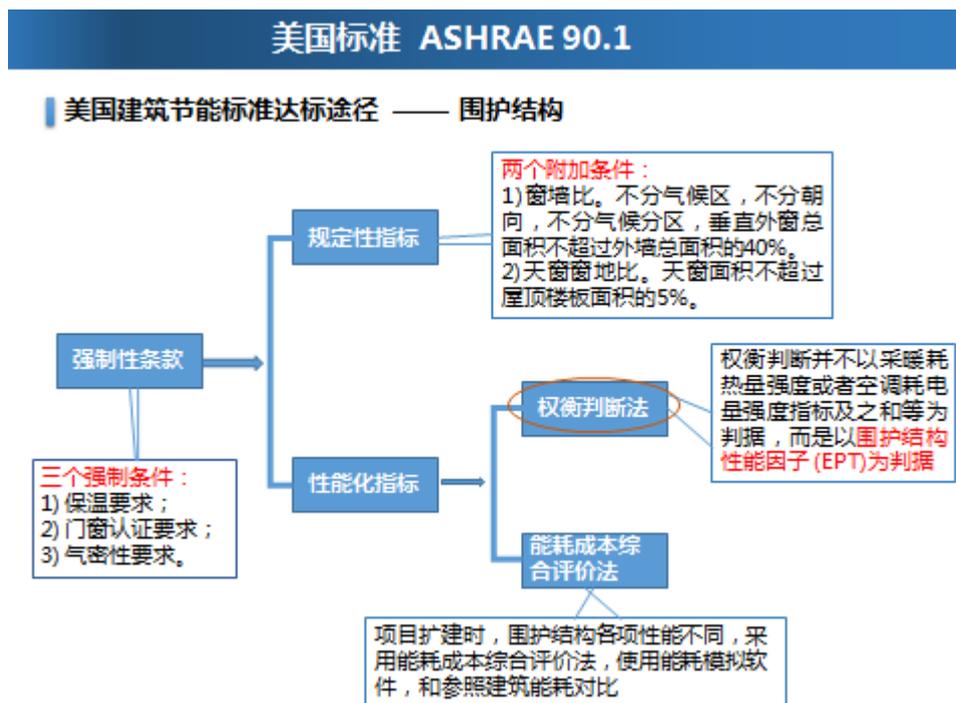


图 2.1 ASHRAE 90.1 标准节能路径

美国建筑节能标准主要以提高设备及构件效率为主，主要控制单一建筑构件及设备的性能参数，标准不过多要求整个建筑的能耗水平。

2.1.2 德国

德国建筑节能法规与标准的发展轨迹揭示了其建筑节能思想的变迁，从 1952 年《高层建筑保温》，在起步阶段关注围护结构构件的热阻和传热系数，到关注围护结构系统的平均传热系数，再到规定采暖终端能耗（新建建筑每平米居住建筑的年采暖终端能耗小于 10L 油），直到目前规定建筑的一次能源消耗量限值，反映了从关注做法到关注终端能耗的思想转变。对应着降低终端能耗的这个出发点，德国的建筑节能政策都是围绕着终端能耗来设计。

1) 德国建筑节能标准发展经历四个阶段

- 起步阶段：引入建筑节能标准

德国对建筑围护结构保温性能的规定可追溯到 1938 年版的《高层建筑保温》DIN4110 标准，规定外墙热阻值不得小于 $0.47(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ 。之后又于 1952、1960 与 1969 年分别修改，引入保温等级等。1974 年出台的《高层建筑保温》DIN4108 标准中，将最低保温要求提高一个级别，并限定窗户的传热系数不得大于 $3.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

- 第一阶段：控制建筑外围护结构、传热系数等指标；

1977 年的《建筑保温法规》详细规定了每种建筑构件的热传导系数。1981 年，德国再次修订了 DIN4108 标准，将最低保温要求在 1974 年基础上再提高一个级别。1982 年的第二版《建筑保温法规》对围护结构传热系数提出更高要求，如窗户的传热系数不得高于 $3.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ，外墙传热系数值不得大于 $0.6\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 。

- 第二阶段：控制建筑单位面积能耗指标；

1994 年的第三版《建筑保温法规》，在进一步提高建筑物围护结构传热系数要求的基础上，直接提出了总量控制的概念（新建建筑的理论油耗小于 10 升每平米年）。《建筑保温法规》对新建建筑的传热系数，不再单独规定外墙、外窗、屋顶等围护结构构件的限值，而是规定了综合指标——平均传热系数，这是为了适应新建建筑设计的灵活性。对既有建筑节能改造，则规定了外墙、外窗、屋顶等围护结构构件的限值，这是因为节能改造的措施基本一致，明确规定各自的限值，更有利于实际中的操作。

- 第三阶段：控制建筑整体的实际一次能源消费量（控制不同燃料类型）。

2002 年，《建筑节能法规》取代了《建筑保温法规》，提出了 30% 的节能目标，并在很多方面做出了重要的改进：

明确规定评估建筑物能效折算为一次能源需求量，以及新建建筑和既有建筑未来所应达到的能耗限值，将建筑围护结构保温和用能系统视为一个整体来综合评估，不再将单个的建筑构件和设备作为评判能效的关键标准，而且将建筑物能耗扩大到供暖、热水、通风和相关辅助能源等终端能耗。

一次能源需求量与建筑物的体形系数线性相关，即体形系数大的建筑，允许的一次能源需求量越大。2004 年，《建筑节能法规》进行了修订，并没有提高限值要求，而是对编辑和版式进行了修订，并注明适用的更新过的标准。

- 第四阶段：单项性能指标与整体能源消费限值并行

2007 年颁布了新一版的《建筑节能法规》(EnEV2007)，主要是为了符合欧盟的建筑准则，该准则要求大范围引入既有建筑能源证书制度，以及在计算方法中加入制冷能耗和照明电耗两个参数。为此，EnEV2007 中居住建筑的夏季能耗得到更多的重视。

2009 年，制定了最新版的《建筑节能法规》EnEV2009，相关要求进一步得到提高，旨在将建筑物的采暖和热水制备能耗降低 30% 左右。新建建筑所允许的年一次能源需求量平均降低 30%，围护结构保温隔热性能平均提高 15%；既有建筑围护结构改造的相关构件能效水平提高 30%（包括外立面、窗户、屋面等），或者按新建建筑节能水平的 1.4 倍进行改造，同时涉及对一次能耗量和围护结构保温隔热的要求。

2) 德国建筑节能标准发展目标:

- 2021年起实施新建建筑达到“近零能耗建筑”;
- 2050年所有存量建筑成为“近零能耗建筑”。

德国建筑节能标准中不是单纯从材料、单项技术出发,而是通过一系列技术手段,控制建筑实际消费一次能源消费量,实现有效节能。

表 2.1 德国建筑节能标准的发展概况

年份	标准	备注
起步阶段		
1952年	第1版《高层建筑保温》	引入了三个保温等级,1960年、1969年分别进行修订
1974年	《高层建筑保温》补充规定	将最低保温要求从I级提高到II级
1976年	第1版《建筑节能法》 (EnEG1976)	新建建筑或既有建筑改造时需达到保温要求,通过制订配套法规具体规定建筑采暖能耗。
第一阶段		
1977年	《保温条例》(WSchV77)	规定外墙和窗的平均传热系数限值
1981年	修订《高层建筑保温》	最低保温要求提高到III级
1982年	第2版《建筑保温法规》	对围护结构k值提出更高要求
第二阶段		
1994年	第3版《建筑保温法规》	提出年采暖终端能耗限值,提高围护结构K值
第三阶段		
2002年	《节能条例》(EnEV2002)	替代了《保温条例》(WSchV77)
2005年	修订	加入了能源证书的内容
第四阶段		
2007年	修订(EnEV2007)	以参考建筑的年一次能源量作为公共建筑的限值;引入能源证书
2009年	修订(EnEV2009)	年采暖和生活热水制备的终端能耗再降低30%
2014年	修订(EnEV2014)	主要针对新建建筑进行了修订,对于即有建筑的参数参见EnEV2009

3) 现行标准的规定内容

《建筑节能法规》规定居住建筑的采暖、热水供应和通风所需的年一次能耗以及围护结构散热损失不得超过表 2.2 规定的最高值。

表 2.2 居住建筑的采暖、热水供应和通风的年一次能耗与围护结构散热损失限值

计算用采暖期			采暖、热水供应和通风的年一次能耗 kW·h/(m ² ·a)		围护结构单位传热面积 散热损失 W/(m ² ·K)
天数	室外 平均 温度	HDD20	电加热生活热水的住宅建筑	其他的住宅建筑	
252	4.90	3805	68.74+75.29*S	50.94+75.29*S+2600/(100+A _N)	0.3+1.5/S
注：1) 德国采暖期较长的原因在于，在规定的采暖期 212 天（10 月 1 日至 4 月 30 日）外，夜间 22 点温度低于 12℃，而且持续一段时间，也要采暖。 2) S 是体形系数；A _N 是使用面积，等于 0.32 倍的采暖建筑物体积。					

对于公共建筑，年一次能源需求量的限定采用了与参考建筑物对比权衡的方法，对于围护结构，则规定了单位传热面积散热损失限值。《建筑节能法规》（EnEV2009）规定采暖、热水供应、通风、制冷以及固定安装的照明系统所需的年一次能耗不得超过体系、净使用面积、设施、用途、使用单元布局相同的参考建筑物的年一次能耗，并在附录中规定了参考建筑的计算方式。

$$Q_p = Q_{p,h} + Q_{p,c} + Q_{p,m} + Q_{p,w} + Q_{p,l} + Q_{p,aux}$$

式中：Q_p—一年一次能源需求量；

Q_{p,h}—用于采暖系统和室内通风设备供暖功能的年一次能源需求量；

Q_{p,c}—用于制冷系统和室内通风设备制冷功能的年一次能源需求量；

Q_{p,m}—用于蒸汽供应的年一次能源需求量；

Q_{p,w}—用于热水制备的年一次能源需求量；

Q_{p,l}—用于通风的年一次能源需求量；

Q_{p,aux}—用于辅助能源的一次能耗量，包括供暖系统和室内通风设备的供暖功能、制冷系统和室内通风设备的制冷功能、加湿功能、热水、照明和空气输送；

公共建筑围护结构传热系数不得超过表 2.3 规定的限值。

表 2.3 公共建筑围护结构平均传热系数

采暖温度 $\geq 19^{\circ}\text{C}$ 且窗墙比 ≤ 0.3	$0.3+0.15/\text{体形系数}$
采暖温度 $\geq 19^{\circ}\text{C}$ 且窗墙比 > 0.3	$0.35+0.24/\text{体形系数}$
$12^{\circ}\text{C} < \text{采暖温度} \leq 19^{\circ}\text{C}$	$0.70+0.13/\text{体形系数}$

《建筑节能法规》EnEV2009 对建筑物的气密性检验进行了规定，建筑内有通风设施 3.0/h；建筑内无通风设施 1.5/h。

纵观德国建筑节能法规，主要有以下五个特点：

一是将围护结构和用能系统视为一个整体，通过“终端能耗”综合评估。建筑能耗不再限于年采暖热需求，而是扩大到整个供暖、通风、热水制备以及相关的辅助能源。这反映了德国对建筑用能影响因素的认识，是标准设计思路的改变。

二是约束年一次能源需求量，将建筑节能与二氧化碳减排联系起来。这是《欧盟建筑物综合能效准则 2002》的要求，便于将建筑能耗与生态指标二氧化碳排放挂钩。同时，德国能源供应与需求的总体平衡有关（例如，在德国，虽然使用电能的热泵本身是节能的，但热泵运行带来的电耗增加可能会给能源供应带来问题。从国家的能源总体状况出发，一次能源与二次能源应维持一个合理的比例，否则将出现能源的分配与供应问题，导致电能需求再度上升。根据德国当前的技术发展水平，其结果是核电厂的大量扩建，会产生大量的政治和技术方面的问题。对德国来说，燃气热泵则不存在这方面的问题）。保持国家能源总体供应与分配的平衡，是德国建筑节能法律的目的之一。约束一次能源种类的标准制定方法，使得节能减排不仅是宣传和口号，而是用户看得到、摸得着的事。

三是根据体形系数确定居住建筑的年一次能源需求量和围护结构单位传热面积散热损失的限值。年一次能源需求量与体形系数线性相关，围护结构单位面积散热损失与体形系数的倒数线性相关。体形系数增加，年一次能源需求量限值相应放宽，但围护结构的单位传热面积散热损失要求却更严。承认体形系数对一次能耗的影响，但却对这种影响加以限制，而不是对不同体形系数的建筑物要求达到同样的一次能源需求量，这种标准制定方法反映了综合权衡的思想，有利于适应不同的情况。例如对单元式集合住宅的平面布局来说，卫生间的自然采光和通风要求可以通过拉长面宽、减少进深来解决，体形系数虽然较小，但会增加用地面积，也可以通过平面布局调整，增加体形系数来满足，虽然较高的体形系数，能耗要求放宽，但节省了土地。但是，这

种编制方法客观上鼓励了别墅等独立住宅增加一次能源需求量的倾向。相比集合住宅，别墅的体形系数更高，一般来讲，别墅的能耗限值要求应该更高，而不是更低，这不仅是标准制定者在节能上的要求，更是用户在经济上的要求，高级别的住宅质量更高是普遍的经济规律。

四是公共建筑根据参考建筑物确定一次能源需求量限值，围护结构传热系数则与体形系数的倒数线性相关，同时对窗墙比较高和采暖温度较低的建筑物，传热系数标准适当放宽。

五是能效标识（能源证书）加入到建筑节能法规当中。有利于市场对不同能效建筑或房产的定价，降低了市场搜寻能效质量的信息成本，有利于促进房地产的市场交易。

而最终的效果也表明，这种以终端能耗为核心的建筑节能思想与对应的节能体系实现了采暖能耗的逐步下降。如果说德国的基本出发点是以降低能耗为目标的话，那么德国相应的政策体系取得了较大的成功。

2.1.3 丹麦

从20世纪60年代开始，丹麦对新建建筑的能耗要求变得逐渐严格。近些年，为推动欧盟指令2002/91/EC在丹麦的实施，政府发布了数项标准，包括当前和未来的最大建筑热负荷。更进一步，丹麦建筑条例也对新建建筑外窗和既有建筑更换外窗进行了能源性能的规定。最新版本的标准计划对屋顶的更换、燃油和燃气锅炉、供热改造等进行要求。现行版本为《丹麦建筑条例2010（Danish Building Regulations 2010）》（BR10）。《丹麦建筑条例》对于减少新建建筑能耗作用明显。之前的版本具有较大的灵活性，体现在关注建筑总能耗需求而不是建筑构件的单独要求。2010版的建筑条例要求较之前严格许多，预计新版的建筑条例要求将更加严格。

丹麦建筑节能标准的发展历程：

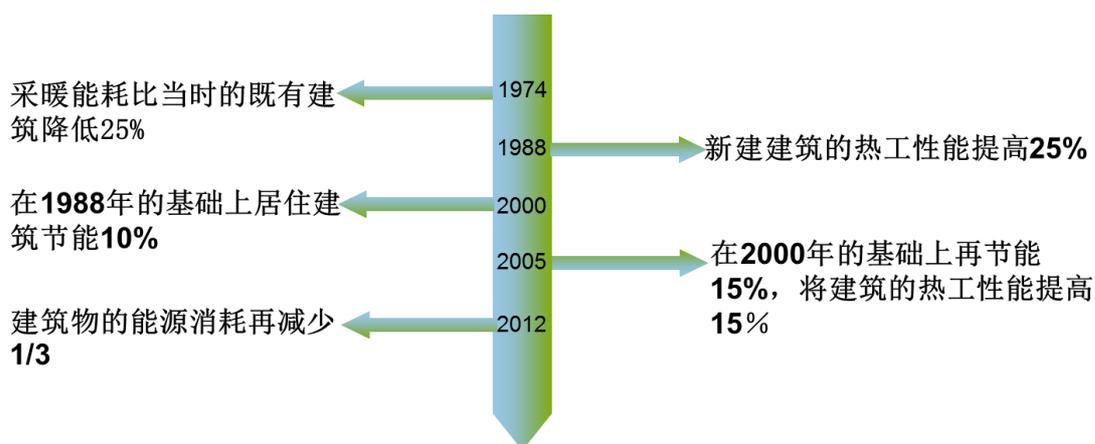


图 2.2 丹麦建筑节能标准发展历程

丹麦建筑节能的阶段目标：

- 2050 年温室气体排放降低 50% 。

丹麦标准 Denmark Building Regulation 2010，对新建和改造项目的要求分别如表 2.4 和表 2.5 所示。

(1) 新建建筑

表 2.4 新建建筑标准要求

指标	BR10		低能耗建筑 Low-energy Class 2015		近零能耗建筑 NZEB 2020
	空气渗透导致的换气效率	$\leq 1.5l/s \cdot m^2$	高大屋顶房间 $\leq 0.5l/s \cdot m^2$	$\leq 1.0l/s \cdot m^2$	高大屋顶房间 $\leq 0.3l/s \cdot m^2$
设计传递热损失	单层建筑 $5W/m^2$ 双层建筑 $6W/m^2$ 三层及以上 $7W/m^2$		单层建筑 $5W/m^2$ 双层建筑 $6W/m^2$ 三层及以上 $7W/m^2$		单层建筑 $3.7W/m^2$ 双层建筑 $4.7W/m^2$ 三层及以上 $5.7W/m^2$

从丹麦建筑节能发展的历程及目前节能标准中对新建和改造建筑的限值规定可以看出丹麦建筑节能标准中不仅给出现阶段能耗总量的控制要求，同时给出未来能耗总量的预期控制目标，引导市场开发使用符合未来更高节能控制指标的产品。

(2) 改造建筑

表 2.5 改造建筑节能要求

指标	供暖温度 5-15°C	供暖温度高于 15°C	影响围护结构的改造	度假村 (窗地比 ≤30%)
外墙 U 值	0.25W/m ² ·K	0.15W/m ² ·K	0.20W/m ² ·K	0.25W/m ² ·K
相邻房间温差超过 5K 的内墙 U 值	0.40W/m ² ·K	0.40W/m ² ·K	0.40W/m ² ·K	
外墙线性热损失	0.03W/m·K	0.03W/m·K	0.03W/m·K	0.03W/m·K
	2015.01.01 前改造建筑		2015.01.01 后改造建筑	
窗户得热	不少于-10kWh/m ² ·year		不少于-17kWh/m ² ·year	
天窗得热			不少于 0kWh/m ² ·year	
天窗 U 值			不少于 140W/m ² ·K	

表 2.6 丹麦建筑节能相关政策

名称	类型	状态	颁布时间
财政法 2009—国家的能源目标	管理体系	现行	2009
节电行动法 2008	资源协议	现行	2008
节能行动计划	政策	现行	2007
丹麦能源政策 2025	政策	废止	2007
促进建筑节能	管理体系	废止	2006
实施 EPBD	管理体系	现行	2006
建筑保温法修改	管理体系	现行	2006
促进公共建筑节能	管理体系	废止	2005
可再生能源节约行动计划	政策	现行	2005
促进节能协议	政策	现行	2005
国家可持续发展策略	政策	现行	2002
大型建筑能效标识	管理措施	废止	1996
小型建筑能效标识	管理措施	废止	1996
既有建筑能源管理	管理措施	废止	1992

名称	类型	状态	颁布时间
区域供暖和热电联产	政策	现行	1980
供暖法	管理措施	现行	1979 (2006 更新)

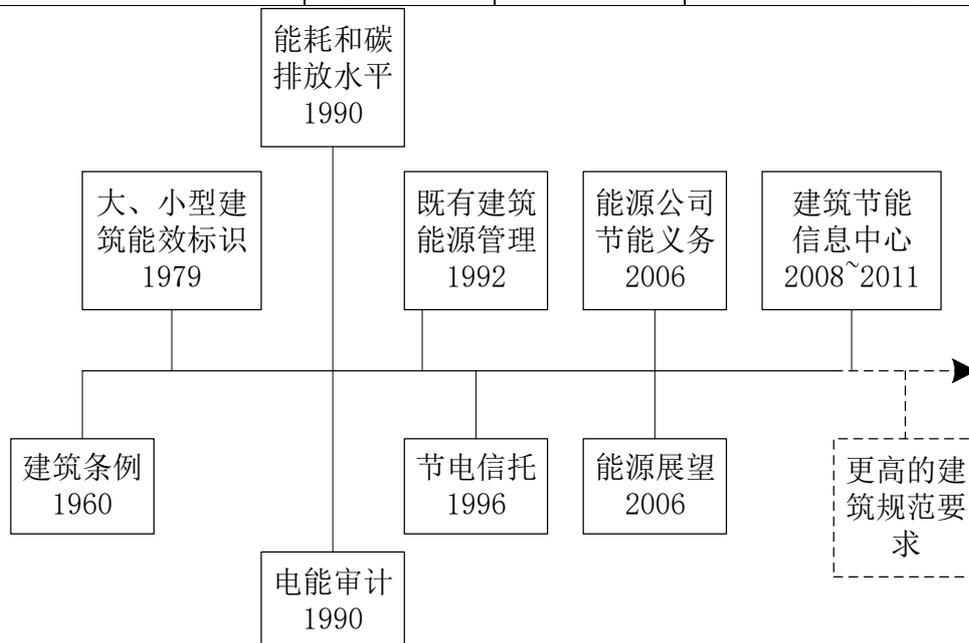


图 2.3 丹麦重要节能措施时间轴

丹麦最早一版有节能要求的《建筑条例》是 1961 年。从那以后，每版建筑条例都不断提高对建筑节能的要求，如图 2.4 所示。尤其最近的 08 版和 10 版，为推动欧盟指令 EPBD 的实施，丹麦建筑条例的修编更是注重了节能方面的要求。

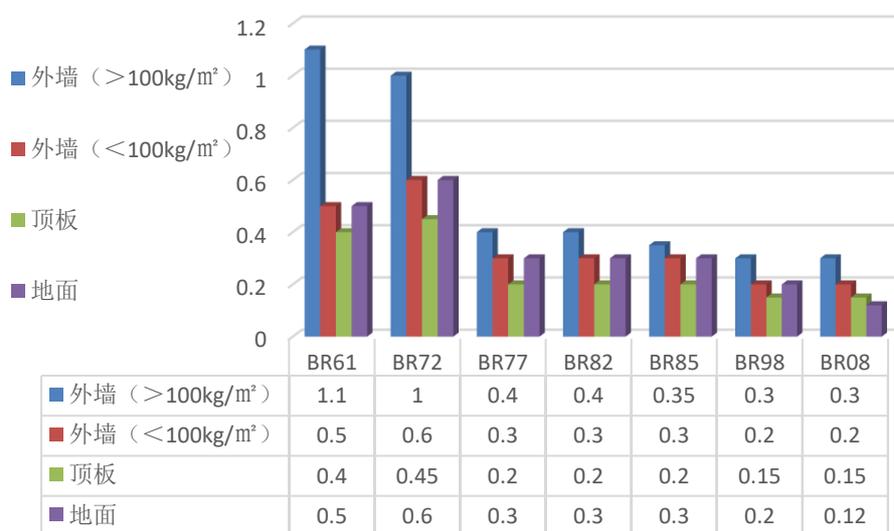


图 2.4 丹麦 BR 对建筑构件传热系数的要求比较

由图 2.4 可以看出，建筑条例对传热系数的要求越来越严格，尤其是从 BR61 到 BR77。BR82 仅改变了计算热负荷的方法。BR98 进一步降低了总热负荷。BR98 给出了可供选择的执行方式，或减少建筑构件的传热系数值，或减低建筑的总热负荷。用建

筑的总热负荷限制取代对建筑构件的限制实际给建筑设计带来了很大的灵活性。

BR10 规定了所有类型新建建筑的最低能耗要求，要求建筑必须同时满足降低能源消耗和保持健康室内环境的双重需求，其参数和要求的确定都是经过相关计算确定的（Energy calculation BE10），涉及到太阳得热、人员散热及其他关于建筑的能源负荷。除了基本要求外，BR10 还设置了两种自愿的低能耗等级：低能耗等级 2015（Low-energy Class 2015）和建筑等级 2020（Building Class 2020）。这两种等级都是其期望在 2015 年和 2020 年达到的最低能耗目标。与 2006 年的基准要求相比，新建建筑主要需求能源的能源结构缩减了 25%。低能耗等级 2015 中的能效要求与 2006 年相比缩减 50%。建筑等级 2020 中的能效要求与 2006 年相比将缩减达 75%。

2.1.4 日本

日本的建筑节能事业由工业节能延伸而来，因此对建筑节能的理念也是由工业延伸过来，建筑节能的基本出发点仍是提高效率，即在提高建筑物性能的同时推进建筑节能技术，例如居住建筑的节能标准《居住建筑设计与建造能源合理化利用导则》规定围护结构的传热系数，而对于公共建筑的标准《公共建筑用户能源合理化利用标准》是对建筑物全年的冷热总负荷系数和设备系统用能系数进行限制，这两个都是对建筑和系统的性能指标。

日本建筑节能标准发展目标：

- 2020 年新建独栋住宅超过 50%“净零能耗化”；
- 2020 年有技术实现公用建筑“净零能耗化”；
- 2030 年单位 GDP 能耗比 2010 年降低 35%；

日本的建筑节能标准中，不仅对围护结构及设备系统有性能指标的要求，同时对建筑的基准一次能耗量有限值要求，具体见表 2.7~表 2.9。

表 2.7 围护结构传热系数要求

楼房类型	隔热方法	部位		标准传热系数 (W/m ² *K)			
				气候分区			
				1,2	3	4,5,6,7	8
钢筋混凝土楼房	内隔热	屋顶或天花板		0.27	0.37	0.37	0.53
		墙		0.39	0.49	0.75	
		楼层地面	暴露部分	0.27	0.32	0.37	
			其它部分	0.38	0.46	0.53	
		一楼地面	暴露部分	0.38	0.46	0.53	
			其它部分	0.47	0.58	0.58	
	外隔热	屋顶		0.32	0.41	0.43	0.62
		墙		0.49	0.58	0.86	
		楼层地面	暴露部分	0.27	0.23	0.37	
			其它部分	0.38	0.46	0.53	
		一楼地面	暴露部分	0.47	0.51	0.58	
			其它部分	0.67	0.73	0.83	
复合墙壁楼房	填料隔热法	屋顶或天花板	屋顶	6.6	4.6	4.6	4.6
			天花板	5.7	4.0	4.0	4.0
		墙		3.6	2.3	2.3	
		楼层地面	暴露部分	4.2	4.2	3.1	
			其它部分	3.1	3.1	2.0	
		一楼地面	暴露部分	3.5	3.5	1.7	
			其它部分	1.2	1.2	0.5	
		木屋或钢筋混凝土复合墙壁楼房	外隔热或内隔热	屋顶或天花板		5.7	4.0
墙				2.9	1.7	1.7	
楼层地面	暴露部分			3.8	3.8	2.5	
	其它部分						
一楼地面	暴露部分			3.5	3.5	1.7	
	其它部分			1.2	1.2	0.5	

表 2.8 设备类型及效率

采暖方式	运行方式	采暖设备及效率	
		气候区分	
		1、2、3、4	5、6、7
共同住宅集体采暖		间歇式中央空调机，热泵作热源	
客厅取暖	连续运行	油热源机板式散热器， 热水供应热效率 83%以上	气热源机板式散热器，热 水供应热效率 82.5%以上
	间歇运行	强制对流式封闭油炉， 热效率 86%以上	由以下公式确定是否大于 等于 JIS B8615-1 规定的基准 值： $6.16-0.321 \times \text{热功率}$ （单位 KW）

表 2.9 基准一次能耗量（一户独栋住宅）

区别		基 准	区别		基 准
气 候 分 区	供暖制冷方式区别	一 次 能 耗 量	气 候 分 区	供暖制冷方式区别	一 次 能 耗 量
1	全房间供热或制冷	124	3	以房间空调为主，卧室间歇 供热和制冷	57
2	全房间供热或制冷	113	4	家庭中央空调，全房间连续 供热或制冷	102
3	家庭中央空调，全房间连续供热 或制冷	97		热水供暖、蓄热供暖，所有 卧室连续供热或制冷	102
	热水供暖、蓄热供暖，所有卧室 连续供热或制冷	99		以非房间空调为主，卧室间 歇供热或制冷	62
	以非房间空调为主，卧室间歇供 热或制冷	62		以房间空调为主，卧室间歇 供热和制冷	57
5	家庭中央空调，全房间连续供热 或制冷	92	7	家庭中央空调，全房间连续 供热或制冷	75
	以非房间空调为主，卧室间歇供 热或制冷	56		以非房间空调为主，卧室间 歇供热或制冷	46
	以房间空调为主，卧室间歇供热 和制冷	52		以房间空调为主，卧室间歇 供热和制冷	43

6	家庭中央空调，全房间连续供热或制冷	89	8	家庭中央空调，全房间连续制冷	72
	以非房间空调为主，卧室间歇供热或制冷	53		以非房间空调为主，卧室间歇供热或制冷	40
	以房间空调为主，卧室间歇供热和制冷	49		以房间空调为主，卧室间歇供热和制冷	38

以上各表可以看出，日本的建筑节能标准不仅对围护结构、设备系统的性能和效率有要求，同时针对不同气候区和不同供暖制冷运行模式，对参照建筑供暖和制冷一次能源消费量也有限值要求。

日本的领跑者制度也是对于电器类产品性能的要求，包括电视机，录相机，空调，电冰箱等，取得了成功。领跑者制度延伸至住宅建筑的标准是对于综合节能性能、外墙窗户等的隔热性能的规定。

政府也鼓励银行、财团对三联供系统等高效设备系统出资、融资，对城市集中三联供单位进行减税或免税，对节能设备投资和技术开发项目给予低息、贴息贷款和贷款担保，例如政府通过住户贷款公司为改善房屋节能效率的项目提供高达250万日元的贷款，企业购置节能设备、余热利用等建筑节能技术的项目贷款，政府给予贴息。日本政府还大力支持节能服务产业 ESCO，鼓励 ESCO 的发展。

除了对于各项节能技术、高效设备和节能服务的鼓励、支持以外，日本政府还特别注重利用多种形式和渠道向社会提供和传播节能信息。利用日本经济产业省开展的节能产品和节能技术评选活动，对于加深节能产品在民众中的印象，增进民众对节能产品和技术的认识起到了很好的宣传作用。对于行为节能的鼓励，日本政府也是以身作则。日本的节能降耗运动是由各政府部门、企业界、民间团体和社会公众相互合作，共同努力，才顺利实施与运行的。例如：“Cool biz”是日本小泉纯一郎内阁于2005年夏天开始，为了减少能源消耗，以调高空调温度，由环境省推行的衣物轻量化运动，乃至以此为方向的轻装。这项运动是因为日本上班族工作时普遍穿西装，夏天也不例外。根据环境省提出，中央政府部门应设置空调至28°C直至九月。日本政府称，2005年日本的二氧化碳排放量减少了46万吨。日本当年冬季还发起了“Warm Biz”（暖装）运动。再如东日本大地震后，日本的核能发电受到严重影响，造成了全社会的电力供应紧张，为了缓解用电紧张，日本通过推广“家庭节能措施（Measures for Energy Conservation in Households）”，来推行家庭、住宅范围内的节能，各种节能行为的实施率都很高，图。

而实际的效果也很明显，调研显示，如图，样本家庭的电耗与 2010 年相比有了明显下降，平均水平由 382kWh/m²降低至 323 kWh/m²。

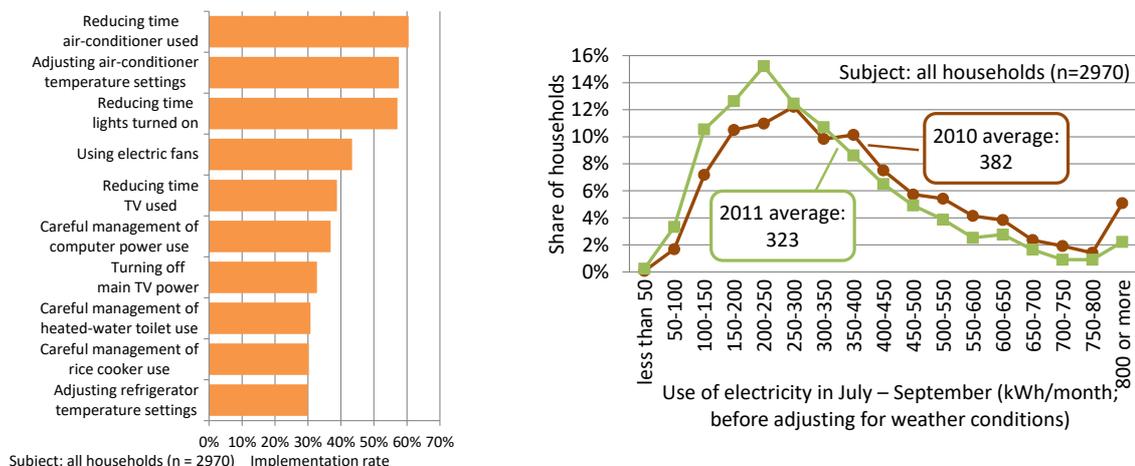


图 2.5 各项节能行为的实施率

图 2.6 住宅能耗的降低（2011 年与 2010 年相比）

可以发现，尽管领跑者计划等类似的标识、能效标准得到了良好的实施，产品、设备的性能和效率得到了大幅提高，如图 2.7，但是日本单位面积的建筑能耗仍然大幅增长，如图 2.8。即以提高能效为导向的建筑节能思路，能够有效地提高能效，但由于建筑能耗作为消费领域的能耗，与人们的生活方式、使用模式密切相关，因此尽管技术水平、系统效率提高，人们的服务水平也相应的提高，甚至远远超过了技术水平上升造成的能耗下降，所以最终的结果是能效提高了，能耗也增长了。

设备名称	能源消费效率的改善 (实绩)	当初预计的能源消费效率的改善 (设定目标时)
电视机 (晶体管电视机)	25.7% (1997 → 2003 年)	16.4%
录像机	73.6% (1997 → 2003 年)	58.7%
冷暖空调 (室内空调)	67.8% (1997 → 2004 冷冻年)	66.1%
电冰箱	55.2% (1998 → 2004 年)	30.5%
电冰柜	29.6% (1998 → 2004 年)	22.9%
汽油轿车	22.8% (1995 → 2005 年)	22.8% (1995 → 2005 年)
柴油货车	21.7% (1995 → 2005 年)	6.5%
自动售货机	37.3% (2000 → 2005 年)	33.9%
电子计算机	99.1% (1997 → 2005 年)	83.0%
磁盘装置	98.2% (1997 → 2005 年)	78.0%
荧光灯器具	35.6% (1997 → 2005 年)	16.6%

图 2.7 领跑者计划带来的效率提升

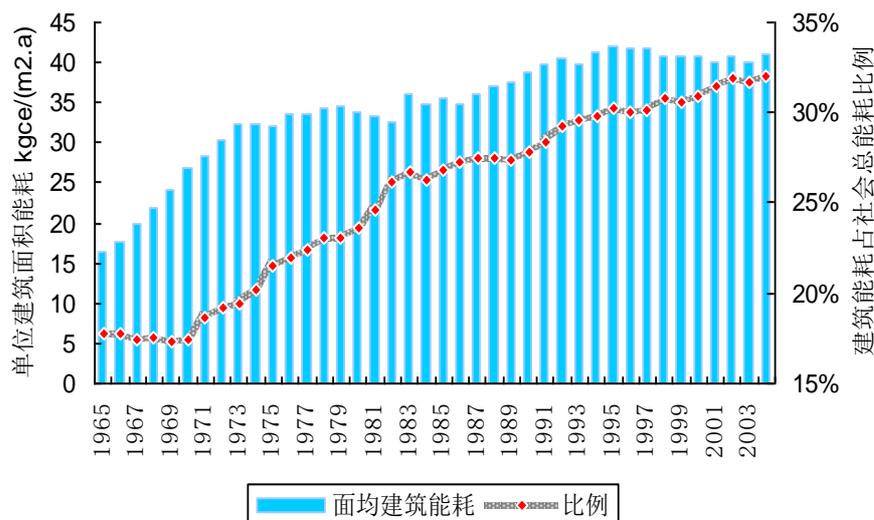


图 2.8 日本单位建筑面积能耗发展

2.2 国内建筑节能发展回顾

我国从上世纪八十年代起，开始为民用建筑建立相应的建筑节能标准，大致可分为三个阶段：

第一阶段：1986年建设部发布了我国第一部民用建筑节能设计标准，即《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26-86）。该标准的基本目标是，在保证使用功能和室内舒适度的前提下，通过在建筑物围护结构和供暖供热系统设计中采用适当的技术措施，使采暖能耗在1980~1981年当地通用设计的居住建筑采暖能耗基础上，降低30%。后来被称为第一步节能（即30%节能）。

第二阶段：1995年12月7日，建设部批准发布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》JGJ26-95，要求采暖能耗在1980~1981年当地通用设计的居住建筑采暖能耗基础上，降低50%。后来被称为第二步节能（即50%节能）。随后相继发布了《既有采暖居住建筑节能改造技术规程》JGJ129-2000、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2001、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2003、《公共建筑节能设计标准》GB50189-2005。这期间还制订了国家标准《民用建筑热工设计规范》、《建筑气候区划标准》等。

第三个阶段是在第二个阶段节能50%的基础上再节能30%，即达到65%节能的目标。目前，我国许多地区已在推进建筑节能第三阶段节能65%的目标，行业标准《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ26-2010）于2010年3月18日公布，2010年8月1日实施，规定严寒及寒冷地区居住建筑需实现节能65%的目标。由于气候条

件、节能技术的节能效果、节能率计算方法以及不同地区经济发展差异的影响，夏热冬冷与夏热冬暖地区，尚未大规模推进节能 65%设计标准，仅重庆、上海等地颁布了居住建筑节能 65%设计标准，其实施时间分别为 2008 年 1 月和 10 月。新修订的《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ134-2010)与《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JG75-2012)仍是节能 50%为目标。

到目前为止，我国民用建筑节能标准体系已取得显著成效，已扩展到覆盖全国各个气候区的居住和公共建筑节能设计，从采暖地区既有居住建筑节能改造,全面扩展到所有既有居住建筑和公共建筑节能改造，从建筑外墙外保温工程施工，扩展到了建筑节能工程质量验收、检测、评价、能耗统计、使用维护和运行管理，从传统能源的节约，扩展到了太阳能、地热能、风能和生物质能等可再生能源的利用。但是，我国的民用建筑节能标准体系主要注重用能设备的效率提升，而没有过多关注建筑能耗总量控制的目标，无法与我国能源的总量长期控制目标想协调。

2.3 小结

综上所述，可以发现目前德国、丹麦、法国等欧洲国家的建筑节能基本出发点是关注建筑终端能耗，从这个方面出发，就需要关注影响能耗的各种因素，包括：生活习惯，建筑物使用模式与追求标准、建筑与系统形式、运行管理模式等。而美国、日本的建筑节能是为了推广普及节能技术，扩大市场，从这种角度出发就需要考虑应该推广及普及哪些节能技术措施，通过何种政策手段来支持和推广。这两种出发点并不对立，反映的是对应于不同国情的不同解决之路。

比较欧洲（德国、丹麦、英国）、日本和美国等的建筑节能相关标准体系的发展情况，当前的各国建筑节能标准包括两类：一种是已经发展到以整体能耗为指标，对建筑运行能耗进行约束；一种则仍然是以各类技术参数作为指标，指导节能建筑设计。前者往往起到控制能源消耗量的作用，并与碳减排直接联系，代表为德国、丹麦；后者以美国为主的建筑节能标准，起到的效果是推广普及节能技术、以扩大产品市场为目标，意在使建筑节能成为新的经济增长点。

中国的建筑节能工作不能是盲目地以发达国家既定的建筑舒适性和服务质量标准为目标，然后通过最好的技术条件去实现这样的需求；而应该先明确建筑能耗上限，然后量入为出，通过技术创新力争在这样的能耗上限之内营造最好的室内环境和提供最好的服务。

德国和丹麦等以能耗为约束指标，同时规定各项节能技术标准限值，以此编制的建筑节能标准，对我国更具有借鉴价值。

第三章 建筑能耗总量及限值分析

3.1 思路与方法

3.1.1 整体思路

建筑能源消耗总量由用能建筑面积和能耗强度两方面共同决定，在满足建筑功能和室内健康环境要求的前提下，“从上而下”实现建筑能耗总量的合理分配，并“由下而上”通过建筑单体能耗限额，制定科学的建筑用能顶层设计路线，对于保证我国能源安全、实现建筑领域的节能减排目标具有重要意义，建筑能耗总量控制路线图如图 3.1 所示。

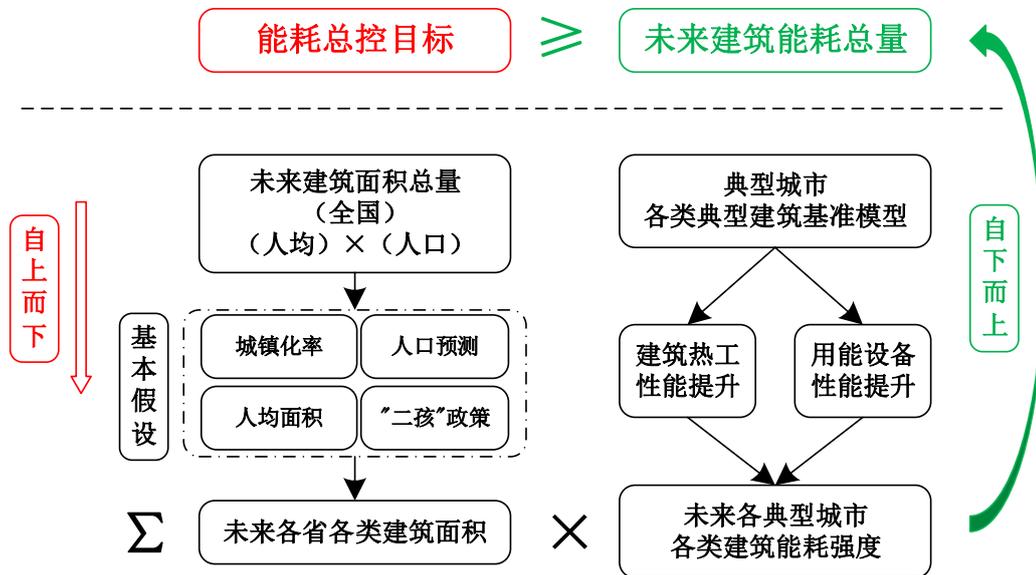


图 3.1 建筑能耗总量控制思路

建筑能耗总量的两个方面：

(1) 建筑用能面积控制。

近年来我国城镇化发展迅速，人们对建筑空间需求提出更高要求。在社会人员总量不变的情况下，建筑用能面积的增加，同样会增加人均建筑围护结构的采暖空调能耗负荷，增加建筑照明面积、降低建筑设备使用效率和建筑输配系统输运效率等等，都将导致建筑能耗总量的上升，因此，建筑能耗总量控制的重要一步是人均建筑面积需求的合理控制。下文对我国各省既有建筑面积进行了分类划分，对未来建筑面积增长假设了不同情景，详见下文 3.2 节。

(2) 单体建筑能耗控制。

建筑的单体能耗包括供暖、空调能耗、照明、设备、电梯、插座等等，为便于不同气候区建筑能耗的分类计算和比较，本文将建筑能耗分为供暖能耗、空调能耗和其

他能耗（满足建筑功能需求的基本能耗，包括照明、设备、插座等），分别用 E_h 、 E_c 和 E_o 。其中单体建筑的供暖空调能耗采用不同气候区供暖度日数 HDD 和空调度日数 CDD 标准计算方法。

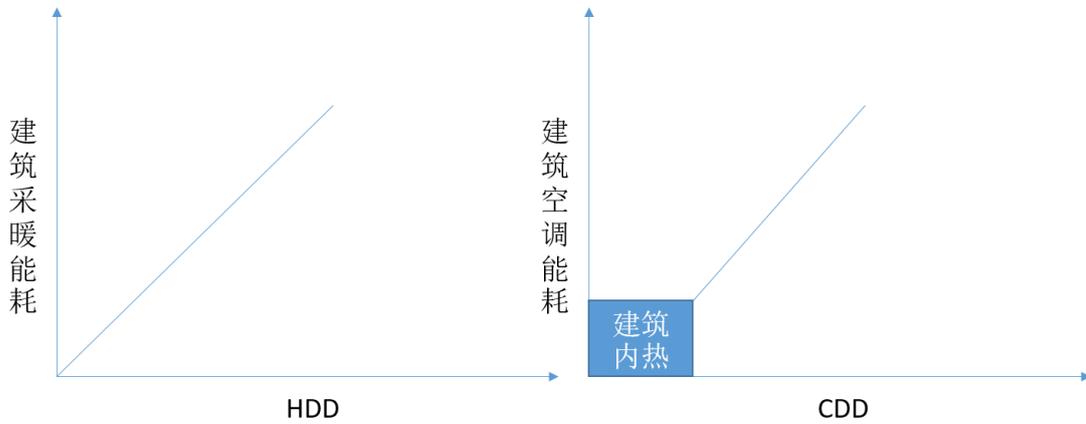


图 3.2 建筑采暖空调能耗与 HDD 和 CDD 关系示意图

(3) 民用建筑能耗总量计算方程

按照“从上而下”对全国各省市的建筑面积按功能进行了统一分类：分为城镇公建、城镇住宅和农村住宅；其中公共建筑分为商业、居民服务用房、办公用房、科研、教育和医疗用房、文化、体育和娱乐用房等。

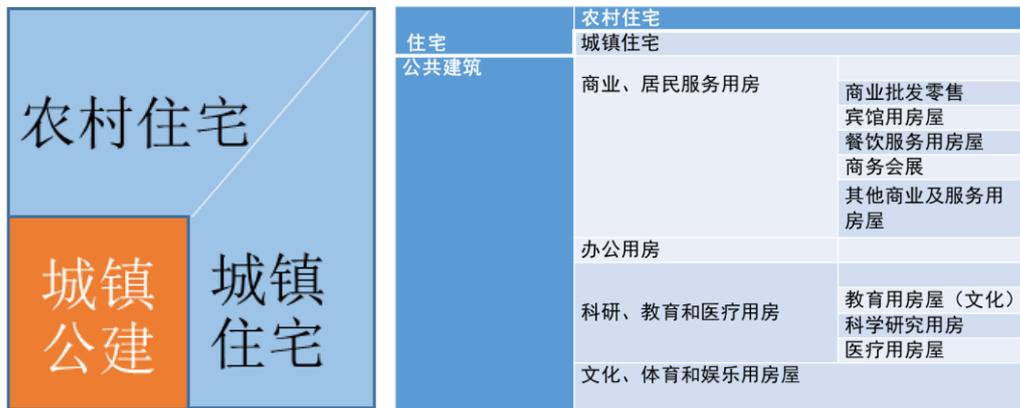


图 3.3 建筑分类示意图

能耗计算方程如公式 1-2 所示，

$$E = E_{住宅} + E_{公建} = E_{农村住宅} + E_{城镇住宅} + E_{公建} \quad (1)$$

$$E = \sum_{n=1}^{31} (S_{i,n} \times e_{i,n}) \quad (2)$$

式中，n 代表不同省市区域，i 代表不同功能建筑类型。

3.1.2 能耗计算方法

(1) 气象参数

国内常用气象参数主要有《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014、国家标准

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012、《中国建筑热环境分析专用气象数据集》三种。

三者所采用的气象参数来源均不同，Designbuilder 能耗模拟软件所采用的气象数据与《中国建筑热环境分析专用气象数据集》相同，均为 CSWD 提供的 1971 年~2003 年的 270 个站台的数据，而《建筑节能气象参数标准》中气象参数来源 1987~2004 年 450 个站台的数据，另外《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》中的气象数据是 1971~2000 年的 294 个站台数据。本课题研究过程中选择 energyplus 官网提供的 CSWD 气象数据。

根据采暖度日数和空调度日数，我国共分为五大气候区（十一个子区）。五大气候区分别是严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区。

1、严寒地区的分区指标是 $HDD18 \geq 3800$ ，气候特征是冬季严寒，根据冬季严寒的不同程度，又可细分成严寒(A)、严寒(B)、严寒(c)三个子区：

1) 严寒(A)区的分区指标是 $6000 \leq HDD18$ ，气候特征是冬季异常寒冷，夏季凉爽；

2) 严寒(B)区的分区指标是 $5000 \leq HDD18 < 6000$ ，气候特征是冬季非常寒冷，夏季凉爽；

3) 严寒(C)区的分区指标是 $3800 \leq HDD18 < 5000$ ，气候特征是冬季很寒冷，夏季凉爽。

2、寒冷地区的分区指标是 $2000 \leq HDD18 < 3800$ ， $CDD26 > 0$ ，气候特征是冬季寒冷，根据夏季热的不同程度，又可细分成寒冷(A)，寒冷(B)两个子区。

1) 寒冷(A)区的分区指标是 $2000 \leq HDD18 < 3800$ ， $0 < CDD26 \leq 90$ ，此外将 $1500 \leq HDD18 < 2000$ ， $CDD26 \leq 90$ 的区域也算作寒冷(A)区气候特征是冬季寒冷，夏季凉爽；

2) 寒冷(B)区的分区指标是 $2000 \leq HDD18 < 3800$ ， $CDD26 > 90$ ，气候特征是冬季寒冷，夏季热。

3、夏热冬冷地区的分区指标 $1000 \leq HDD18 < 2000$ ， $CDD26 > 90$ ，气候特征是夏季炎热，冬季寒冷，根据夏季热的不太程度，又可细分成夏热冬冷(A)、夏热冬冷(B)两个子区：

1) 夏热冬冷(A)区分区指标是 $1000 \leq HDD18 < 2000$ ， $90 < CDD26 \leq 210$ ；

2) 夏热冬冷(B)区分区指标是 $1000 \leq HDD18 < 2000$ ， $CDD26 > 210$ 。

4、夏热冬暖地区的分区指标 $0 \leq HDD18 < 1000$ ，气候特征是夏季炎热，冬季温暖，根据夏季热的时间长短，又可细分成夏热冬暖(A)、夏热冬暖(B)两个子区：

1) 夏热冬暖(A)区分区指标是 $0 \leq HDD18 < 1000$ ， $90 < CDD26 \leq 300$ ；

2) 夏热冬暖(B)区分区指标是 $0 \leq HDD18 < 1000$ ， $DD26 > 300$ 。

5、温和地区的分区指标是 $0 \leq HDD18 < 1000$ ， $0 < CDD26 \leq 90$ ，气候特征是全年温和。



图 3.4 气候区分区图

各个气候区不同建筑的能耗值存在差异，为保证建筑能耗计算过程中包含以上各个气候区域，研究选择嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州 9 个气候区的典型城市进行能耗模拟计算（表 3.1）。

表 3.1 不同气候区各城市采暖度日数与空调度日数

气候区	省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)
严寒地区 A	黑龙江	嫩江	6805	4
严寒地区 B	黑龙江	哈尔滨	5032	14
严寒地区 C	新疆维吾尔自治区	乌鲁木齐	4329	36
寒冷地区 A	宁夏	银川	3472	11
寒冷地区 B	北京	北京	2699	94
夏热冬冷地区 A	江苏省	南京	1775	176
夏热冬冷地区 B	重庆	重庆	1089	217
夏热冬暖地区 A	福建省	福州	681	267
夏热冬暖地区 B	广东省	广州	373	313

(2) 室内环境设计参数

不同室内环境和空气品质的营造需要不同的能源消耗，因此，对于建筑使用者来说，建筑功能水平和室内环境品质在一定程度上决定了建筑的能耗高低，在能耗计算和预测过程中，新建建筑室内环境参数设置按照节能设计标准的基准值设定。

各功能建筑节能设计参数依据我国民用建筑节能设计标准设置，主要包括居住建筑节能设计标准和公共建筑节能设计标准（表 3.2）。

表 3.2 民用建筑节能设计标准

标准类型	标准名称	标准号
居住建筑	严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准	JGJ 26-2010
	夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准	JGJ 34-2010
	夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准	JGJ 75-2012
公共建筑	公共建筑节能设计标准	GB50189-2015

建筑节能的前提是保证室内人员健康和建筑功能的实现，室内环境参数设计必须满足人员健康要求，例如室内热环境质量指标体系包括温度、湿度、风速、壁面温度等要求。《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 34-2010 中规定了室内温度和换气次数等指标，一般住宅极少控制湿度、风速等因素。表 3.3 总结了不同气候区居住建筑的室内设计温度和换气次数。

表 3.3 居住建筑室内热环境设计计算指标

	设计参数			
	冬季		夏季	
	居室设计温度	换气次数	居室温度	换气次数
严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准	18℃	0.5 次/h	/	/
夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准	18℃	1.0 次/h	26℃	1.0 次/h
夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准	16℃	1.0 次/h	26℃	1.0 次/h

表 3.4 公共建筑室内环境设计计算温度（按照节能建筑设计标准）

建筑房间类型及名称	室内温度（℃）	建筑房间类型及名称	室内温度（℃）
1.办公建筑：	16	4.旅馆	
门厅、楼（电）梯	20	大厅、接待	16
办公室	18	客房、办公室	20
会议室、接待室、多功能厅	18	餐厅、会议室	18

走道、洗手间、公共食堂	16	走道、楼（电）梯间	16
车库	5	公共浴室	25
2.餐饮:		5.图书馆	
餐厅、饮食、小吃、办公	18	大厅	16
洗碗间	16	洗手间	16
制作间、洗手间、配餐	16	办公室、阅览室	20
厨房、热加工间	10	报告厅、会议室	18
干菜、饮料库	8	特藏、胶卷、书库	14
3.商业		6.体育	
营业厅（百货、书籍）	18	比赛厅、练习厅	18
鱼肉、蔬菜营业厅	14	休息厅	18
副食（油、盐、杂货）、洗 手间	16	运动员、教练员更衣、休息	20
办百货仓库	10	游泳馆	26

室内环境温湿度、新风量/换气次数与建筑能耗密切相关,《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ34-2010 规定居室温度夏季控制在 26~28℃,冬季控制在 16~18℃;冬夏季换气次数取 1.0h⁻¹。假设住宅建筑的层高为 2.5 m,按人均居住面积 15m²计算,每 h 换气 1 次,则居室人均占有新风量为 50m³/h。潮湿是夏热冬冷地区气候的一大特点,在室内热环境主要设计指标中尽管没有明确提出相对湿度设计指标,下文在典型气候区建筑模型参数设置中,给出了建筑模型统一室内环境参数值,不同气候区各功能类型建筑在能耗模拟计算过程中均严格按照相应气候区指定室内参数设定。

(3) 建筑物理模型热工参数

建筑与围护结构热工设计应遵循良好的环境关系,除满足地址安全和生态环境保护的基本要求外,建筑周围应具有获得良好日照、天然采光和自然通风的卫生条件;建筑周边空气、土壤、水体等不应对人体的构成危害;建筑整体布局、单体建筑平面、立面设计和门窗设置应考虑利用与日照和冬季通风、供暖、空调负荷的关系,建筑节能的设计参数包括建筑朝向、体形系数、围护结构热工性能参数(外墙、外窗、屋面、架空楼板或外挑楼板传热系数 K、热惰性 D 等)均应满足节能标准的要求。

未来建筑能耗值的预测模拟过程中,除满足相关标准要求外,根据课题组专家讨论,研究给出了未来 2020 年、2025 年、2030 年不同气候区典型建筑热工参数表。对各种类型的建筑进行能耗模拟时,围护结构和 HVAC 的设定进行统一设定,围护结构的热工指标见表 3.5。

同时,为满足不同地区能耗模拟需要,研究选取 9 个子气候区的 9 个典型城市进行

模拟分析。并根据课题专家组讨论，考虑未来节能技术的进步情况，确定了不同地区建筑外墙、外窗、屋顶等热工系数以及太阳辐射得热系数（SHGC）等（表 3.5）。

表 3.5 建筑物理模型热工参数表 W/（m².K）

气候区	城市	2020				2025				2030			
		外窗	SHGC	外墙	屋顶	外窗	SHGC	外墙	屋顶	外窗	SHGC	外墙	屋顶
严寒地区 A	嫩江	1.5	0.44	0.25	0.2	1.3	0.44	0.2	0.15	1	0.44	0.15	0.1
严寒地区 B	哈尔滨	1.6	0.44	0.27	0.22	1.35	0.44	0.24	0.19	1.1	0.44	0.18	0.13
严寒地区 C	乌鲁木齐	1.7	0.44	0.3	0.25	1.4	0.44	0.28	0.23	1.15	0.44	0.2	0.15
寒冷地区 A	银川	1.8	0.44	0.35	0.3	1.5	0.44	0.3	0.25	1.2	0.44	0.25	0.2
寒冷地区 B	北京	2	0.44	0.4	0.35	1.8	0.44	0.35	0.3	1.35	0.44	0.28	0.23
夏热冬冷地区 A	南京	2.5	0.35	0.8	0.75	2	0.35	0.7	0.65	1.5	0.35	0.6	0.55
夏热冬冷地区 B	重庆	3	0.35	1	0.95	2.5	0.35	0.9	0.85	2	0.35	0.7	0.65
夏热冬暖地区 A	福州	4	0.30	1.3	1.25	3	0.22	1	0.95	2	0.17	0.8	0.75
夏热冬暖地区 B	广州	5	0.30	1.5	1.45	4	0.22	1.2	1.15	3	0.17	1	0.95

注：

- a. 外窗的 SHGC 根据遮阳系数乘以 0.87 进行计算。
- b. 屋顶传热系数均比外墙低 0.05 W/（m².K），屋顶热反射系数为 0.30。
- c. 南北方内墙传热系数不同，北方内墙均为 1.0 W/（m².K），南方为 2.0 W/（m².K）。南北方内窗传热系数均为 6.0 W/（m².K），内门均为 3.0 W/（m².K）。
- d. 外窗综合遮阳系数：严寒地区为 0.5，寒冷地区为 0.50，夏热冬冷为 0.40，夏热冬暖地区 2020 为 0.35、2025 年为 0.25、2030 年为 0.20。

（4）模拟软件

根据目前国家建筑节能标准的要求，建筑节能评判的依据主要分为两种，第一种

是建筑热工性能参数法，即建筑各部件热工性能均需满足标准的规定；另外一种是根据能耗权衡判定法，该方法需结合具体软件进行能耗综合权衡计算。DEST、PKPM-PBEC (PKPM-CHEC)、天正-TBEC、斯维尔、TRNSYS、EnergyPlus 和 Designbuilder 等均为比较成熟的能耗计算软件（详见能耗计算工具对比）。

为避免不同软件之间的差异，课题选用 EnergyPlus 的商业版本 Designbuilder 能耗模拟软件进行能耗模拟，采暖空调能耗计算时，空调系统形式暂不设定，最终使用季节性 COP 进行计算耗电量，各地区冬季和夏季的季节性 COP 见下表 3.6。

表 3.6 各地区夏季和冬季 HVAC 季节性 COP

城市	地区	夏季	冬季
广州 福州	夏热冬暖	3.0	3.8
南京 重庆	夏热冬冷	3.5	3.0
北京 银川	寒冷	3.5	3.0
哈尔滨 嫩江 乌鲁木齐	严寒	3.8	2.4

3.1.3 建筑物理模型

建筑物理模型在设计阶段是决定建筑能耗水平高低的主要因素之一。建筑物理模型经过课题组成员及相关专家的论证，最终采用被动技术优先，主动技术优化的建筑节能理念，同时结合建筑物理模型的可操作性综合确定。

首先，各功能建筑的基本功能区域划分和比例是影响建筑总能耗的基本保证，在不同功能建筑物理模型的建立过程中，按照建筑功能面积比例，结合各气候区节能标准中对建筑朝向、体型系数、窗墙比等各项要求，进行了优化选择。例如，在居住建筑物理模型的选择过程中，建筑单层面积为 400 m²，共六层，建筑总面积为 2400 m²，其中空调面积 2300 m²。建筑体型系数为 0.3，窗墙比为 0.25，南北朝向。建筑内部设置了步行楼梯。从被动优先的角度，住宅建筑物理模型中并未设置电梯。关于未来建筑实际运行过程中，老年人出入步行楼梯的人性化设计问题，从设计阶段考虑预留电梯安装的设计空间，在设计阶段的电梯能耗仅仅作为建筑基础能耗的形式进行参数化考虑，在设计中不做要求。

关于建筑面积大小、体形系数、窗墙比等参数的选择和设置，本课题根据典型建筑面积和朝向的对建筑单位面积能耗的影响角度分析，结果显示，该建筑物理模型的长、宽、高、窗墙比等参数设置下，建筑的单位面积能耗与其他建筑能耗相比具有较强的代表性。

根据国家统计年鉴中，对我国建筑类型的分类，课题组对相关、相似功能的建筑类型进行了合并，选择了居住建筑、旅馆建筑、办公建筑、学校建筑、医院建筑作为典型建筑进行模拟分析。关于宾馆建筑、办公建筑、学校建筑、医院建筑等模型的选

择和工况参数的设置，均按照以上原则，并结合实际情况逐一经专家讨论后，综合设定，并对其采暖能耗、空调能耗、其他能耗进行了分析。

3.1.4 室内温湿度控制

室内温湿度的工况参数的设置对建筑设计能耗影响较大，本课题研究过程中，除满足各地节能标准的基本要求外，在夏热冬冷地区的冬季室内热湿环境的工况设置和北方地区的夏季供冷问题工况设置过程中，综合考虑当地气候区的生活习惯和室内热舒适程度两个方面，对部分温湿度工况参数进行了相应调整。例如夏热冬暖地区的冬季供暖问题，居住建筑室内设计温度为 $15^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 。

相关研究表明，北方冬季供暖季节室内温度每增加 1°C ，建筑供暖能耗将提高5%-8%，将夏热冬暖地区的冬季供热工况适当降低，既有利于缓解能源和环境的需求，也符合该地区建筑整体气密性较差和居民生活习惯的实际情况，有利于居住建筑节能减排。

3.2 建筑面积

基于《中国民用建筑能耗总量控制策略——民用建筑节能顶层设计》成果，建筑能耗影响因素的敏感性因素既有宏观因素也有微观因素，宏观因素主要包括城镇化率、生产力、建筑面积、人口、人民生活水平及各类电器拥有率等。建筑最终目的是为人服务，自2015年10月，中国共产党第十八届中央委员会第五次全体会议公报指出：坚持计划生育基本国策，积极开展应对人口老龄化行动，全面实施二孩政策。这对于我国未来人口规模会有一定影响，因此，本节将基于考虑二孩政策后的人口预测修订，分析我国未来总建筑面积和人均建筑面积需求。

3.2.1 考虑“二孩”政策的修正

基于建筑服务于民的基本理念，人口的增长和人们对建筑空间的需求共同决定了未来我国建筑面积的整体趋势。因此，关于未来我国建筑面积的整体需求预测的主要依据包括以下两个方面：

依据一：参考中国人民大学人口与发展研究中心翟振武教授关于我国实行“二孩”政策后未来人口发展的预测结果。全面放开二胎后明显改变我国未来人口的发展轨迹，有效延缓总人口在未来的缩减趋势（见图3.5）。在此情境下，我国人口总量在2027年左右达到峰值15.1亿，比原政策预测多出1亿人左右。

依据二：国家发展改革委员会能源研究所的《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》对城镇化率的假设。

综合以上各依据，在本课题研究中，对于未来我国人口情景的预测，采用《人口研究》中翟振武教授所提供的数据，同时结合《中国统计年鉴》中 2000~2015 年的人口数据进行修正，如图 3.5 所示。国家“二孩”政策对于人均建筑面积等指标为突发的影响因素，当二孩出生后会使得人均建筑面积突然减少，但对于建筑总量的影响则不会立即显现，因此假设出如图中虚线所示的对建筑有需求的人口预测曲线（2015 年刚出生的二孩对家庭建筑总面积无影响，10 岁左右部分家长开始考虑为增加的第二个孩子增加住房面积，到 20 岁左右独立生活则对建筑面积有完全的需求）。

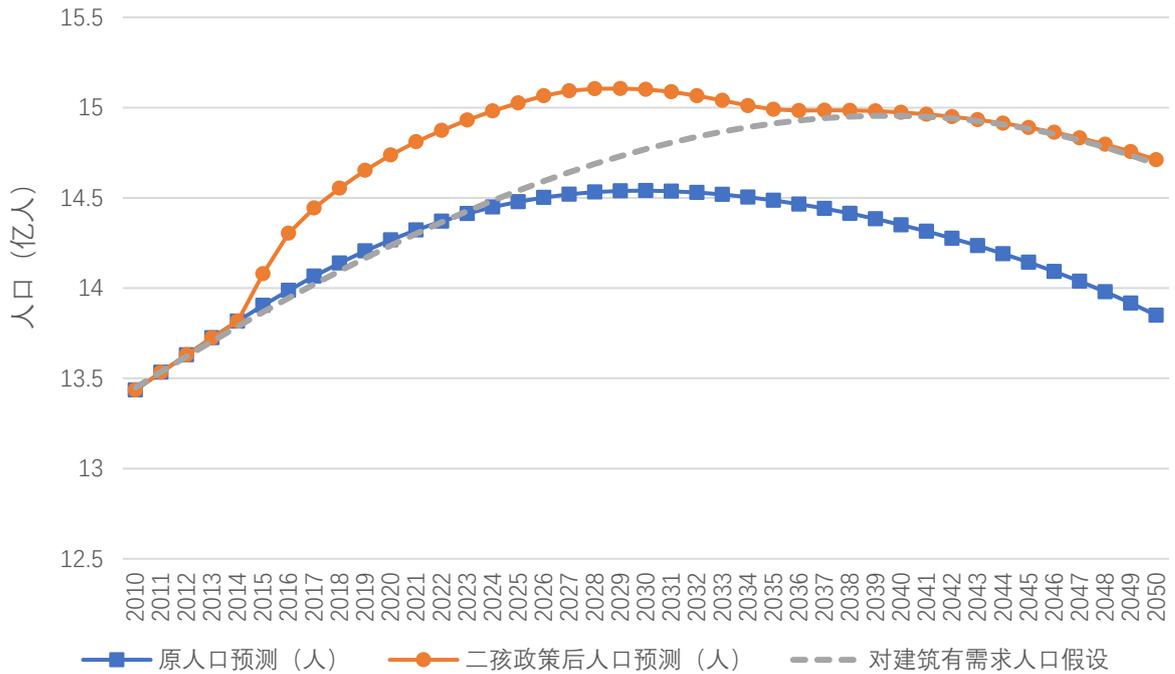


图 3.5 不同情景下未来我国人口规模与变化趋势

假设未来可能发生较快的城镇化发展，即到 2020 年我国城镇化率（注：按常住人口的城镇化率，下同）将达到 63%，2030 年达到 70%，最终 2050 年将达到发达国家当前的平均水平（达到 80%）。

上述城镇化情景下，我国相应人口规模变化情况见表 3.7 和图 3.6。

表 3.7 未来我国城镇化发展情景及相应人口规模变化情况

年度	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
对建筑有需求人口 (亿人)	13.45	13.87	14.24	14.54	14.77	14.91	14.95	14.88	14.69
城镇化率 (%)	50.0%	56.3%	63.0%	66.6%	70.0%	72.6%	75.2%	77.6%	80.0%
城镇人口 (亿人)	6.72	7.81	8.97	9.68	10.34	10.83	11.24	11.55	11.75

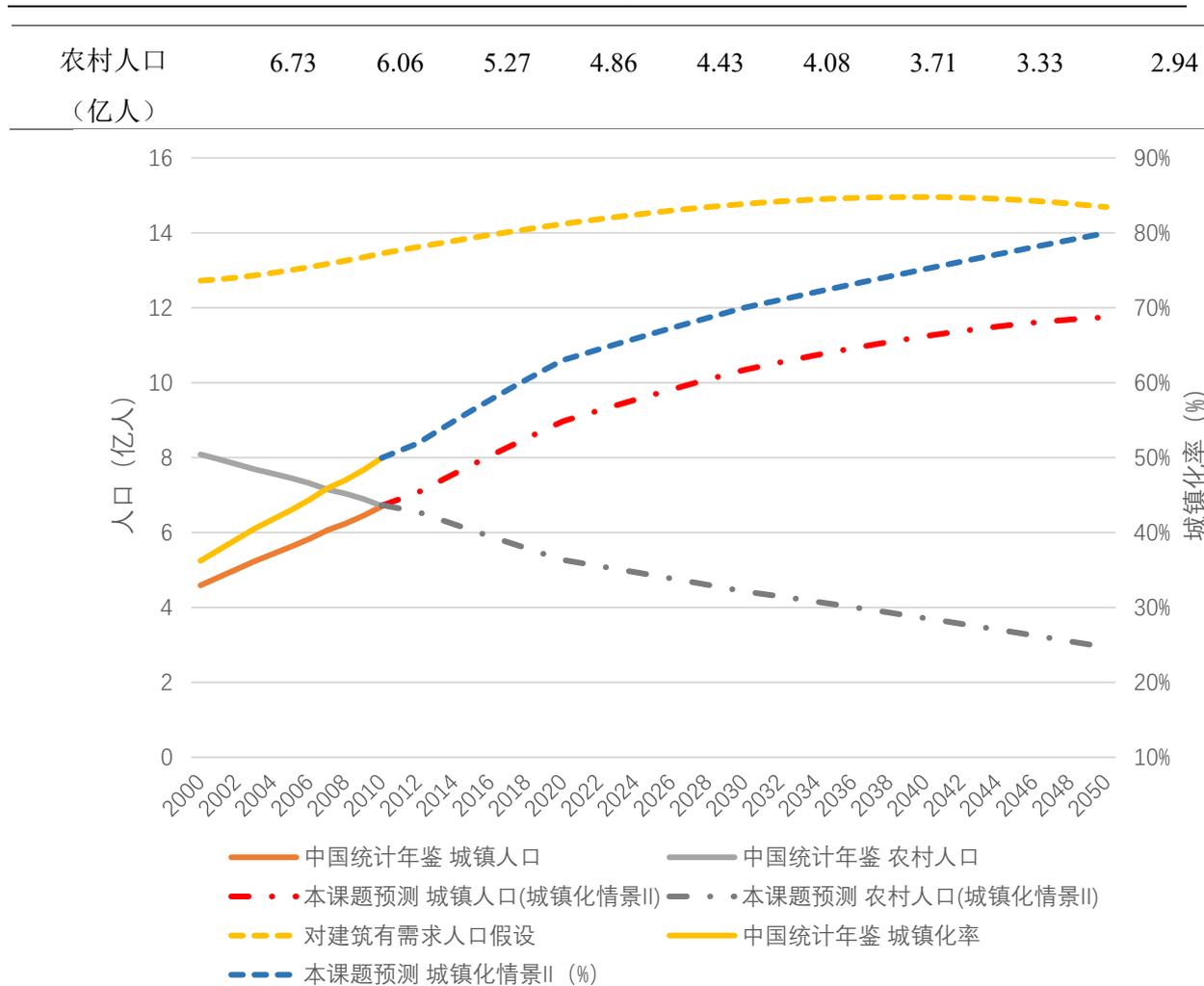


图 3.6 未来我国城镇化率及相应人口规模变化趋势

3.2.2 总建筑面积计算

1. 分析依据

依据一：建筑存量。这是影响我国未来建筑能耗总量的关键指标之一，不同机构进行过估算和预测，但结果差异较大。本课题采用历年面积累计法（注：利用历年面积累计法折算出人均面积）统计了 1949~1980 年的建筑存量、1981 年及以后历年竣工面积、拆除（倒塌）面积，并重点测算出了 2002~2013 年的建筑增量（表 3.8）。

表 3.8 采用历年面积累计法测算的建筑增量（亿 m²）

年代	城镇公共建筑	城镇住宅	农村住宅
1981	1.4301	9.412	4.6698
1982	1.4479	10.475	4.5085
1983	1.8116	11.210	5.7646

第三章 建筑能耗总量及限值分析

1984	1.721	1.1422	4.8126
1985	1.9713	1.4583	5.6855
1986	2.4994	1.7132	7.7564
1987	2.3323	1.6917	6.9145
1988	2.2227	1.8118	6.5329
1989	1.7952	1.5278	5.3515
1990	1.7392	1.344	5.4308
1991	1.8646	1.4281	5.7142
1992	1.7081	1.6492	4.4368
1993	1.8375	2.0991	3.4528
1994	2.4719	2.6672	4.7989
1995	2.47	2.8561	5.6398
1996	2.2463	3.0793	6.4732
1997	2.6433	3.1723	6.2874
1998	2.5634	3.6361	6.1768
1999	2.8993	4.3209	6.469
2000	2.7068	4.1892	6.0057
2001	2.7072	4.3787	5.5665
2002	3.3436	4.5553	5.7956
2003	3.647	4.188	5.8688
2004	3.8355	4.3347	5.3064
2005	4.5618	5.039	5.1524
2006	3.1946	4.8032	5.3359
2007	3.5561	5.2431	6.0461
2008	3.964	5.7875	6.4954
2009	5.2526	6.2548	7.9698
2010	3.6492	6.6188	6.8472
2011	5.3981	7.8099	7.4103
2012	5.9399	8.1766	6.8513
2013	8.4943	8.0497	6.7679
2014	7.464	11.938	5.073

历年面积累计法和人均面积法（注：《中国统计年鉴》公布的历年人均面积）测算出的建筑存量差异较大。以2010年为例，两种方法的测算结果差异见表3.9。造成两者差一点原因很多，统计口径和数据来源的其中的原因之一，但建筑拆除（倒塌）

面积的考虑与否也是造成巨大差异的重要原因，根据目前掌握的实际数据，课题组结合《国家统计年鉴》和建筑业协会历史统计数据，历时两年对我国建筑面积进行了系统统计和分析，计算了截止 2010 年既有建筑的存量情况（表）

表 3.9 两种方法测出的 2010 年建筑存量

建筑类型	指标	历年面积累计法	人均面积法	差值
城镇住宅	建筑面积合计 (亿 m ²)	116.55	211.65	-95.1
	人均面积 (m ² /人)	17.4 (折算)	31.6	-14.2
	人口数 (亿人)	6.71	6.71	—
农村住宅	建筑面积合计 (亿 m ²)	246.71	228.85	+17.86
	人均面积 (m ² /人)	36.8 (折算)	34.1	+2.7
	人口数 (亿人)	6.72	6.72	—
公共建筑	建筑面积合计 (亿 m ²)	101.30	84.39	+16.91
	人均面积 (m ² /人)	15.1 (折算)	12.6	+2.5
	人口数 (亿人)	6.71	6.71	—
存量建筑面积合计 (亿 m²)		464.56	524.9	-60.34
注：1) 历年面积累计法中的人均面积数据由测算的总面积除以相应人口数得到； 2) 人均面积法中，城镇住宅和农村住宅的人均面积数据来自《中国统计年鉴 2013》，城镇公共建筑人均面积数据的来自清华大学建筑节能研究中心的《中国建筑节能年度发展报告 2012》； 3) 差值为历年面积累计法的数据减去人均面积法的数据。				

房屋建筑存量面积=房屋建筑竣工面积-房屋建筑倒塌面积。

依据二：人均建筑面积。《中国统计年鉴 2013》的数据显示，2002 年~2012 年间，城镇人均住宅面积从 24.5m²/人增加到 32.9m²/人，增长了 34.3%，年均增长率 3.0%；农村人均住宅面积从 26.5m²/人增加到 37.1m²/人，增长了 40.0%，年均增长 3.4%。

历年面积累计法折算出的人均住宅面积为，2002 年~2010 年，城镇人均住宅面积从 14.1m²/人增加到 18.9m²/人，增长了 34.0%，年均增长 2.9%；农村人均住宅面积从 24.6m²/人增加到 40.9m²/人，增长了 66.3%，年均增长 5.2%。公共建筑面积从 13.2m²/人增加到 16.0m²/人，增长了 21.2%，年均增长 2.0%左右。

依据三：清华大学建筑节能中心的《中国建筑节能年度发展研究报告 2011》关于城镇人均公共建筑面积的数据“1996 年~2008 年间，城镇人均公共建筑面积则从 7.4m²/人增长到 11.7m²/人，到 2010 年达到 12.6m²/人左右”，增长了 70.3%，年均增长 3.5%。

2002 年~2013 年的历年人均建筑面积与增长率见表 3.10。

表 3.10 2002 年~2013 年的历年人均建筑面积及增长率 (m²/人)

年度	历年面积累计法						人均面积法					
	城镇住宅		农村住宅		公共建筑		城镇住宅		农村住宅		公共建筑	
	人均 (m ² / 人)	年增 (%)	人均 (m ² / 人)	年 增 (%)	人均 (m ² /人)	年增 (%)						
2002	14.1	—	24.6	—	13.2	—	24.5	—	26.5	—	9.6	—
2003	14.5	2.8	25.9	5.2	13.3	1.3	25.3	3.3	27.2	2.6	10.0	4.2
2004	14.8	2.1	27.2	4.9	13.6	2.2	26.4	4.3	27.9	2.6	10.4	4.0
2005	15.2	2.4	28.4	4.5	13.9	2.2	27.8	5.3	29.7	6.5	10.7	2.9
2006	15.6	2.7	29.8	4.7	14.3	2.8	28.5	2.5	30.7	3.4	11.1	3.7
2007	16.0	2.6	31.3	5.1	14.3	0.3	30.1	5.6	31.6	2.9	11.5	3.6
2008	16.5	3.1	32.7	4.6	14.6	2.1	30.6	1.7	32.4	2.5	11.8	2.6
2009	17.0	3.0	34.5	5.4	14.8	1.4	31.3	2.3	33.6	3.7	12.2	3.4
2010	17.4	2.4	36.8	6.6	15.1	2.0	31.6	1.0	34.1	1.5	12.6	3.3
2011	18.1	4.0	38.8	5.4	15.5	2.6	32.7	3.5	36.2	6.2	—	—
2012	18.9	4.4	40.9	5.4	16.0	3.2	32.9	0.6	37.1	2.5	—	—
2013	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2014	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均	—	2.9	—	5.2	—	2.0	—	3.0	—	3.4	—	3.5

表 3.10 对比结果显示,两种方法得出的农村人均住宅面积基本接近,但城镇人均住宅面积差异较大,中国统计年鉴 2010 年公布的结果约为历年面积累计法的 1.8 倍。考虑到人均面积法中获得的人均面积为抽样调查结果,由此计算建筑存量时会产生二次误差,所以在后续的计算中均采用历年面积累计法的结果进行预测计算。

依据四:国家发展改革委员会能源研究所的《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》给出 2004 年美国人均建筑面积、日本城镇人均住宅面积,中国工程院《中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究》统计的其他一些发达国家当前的人均住宅面积,详见图 3.7。未来随着我国房地产业的发展,我国城镇人均住宅面积有望达到欧洲大部分国家的水平,即 30~33m²/人,按得房率 0.8 计算,则人均建筑面积为 40m²/人。

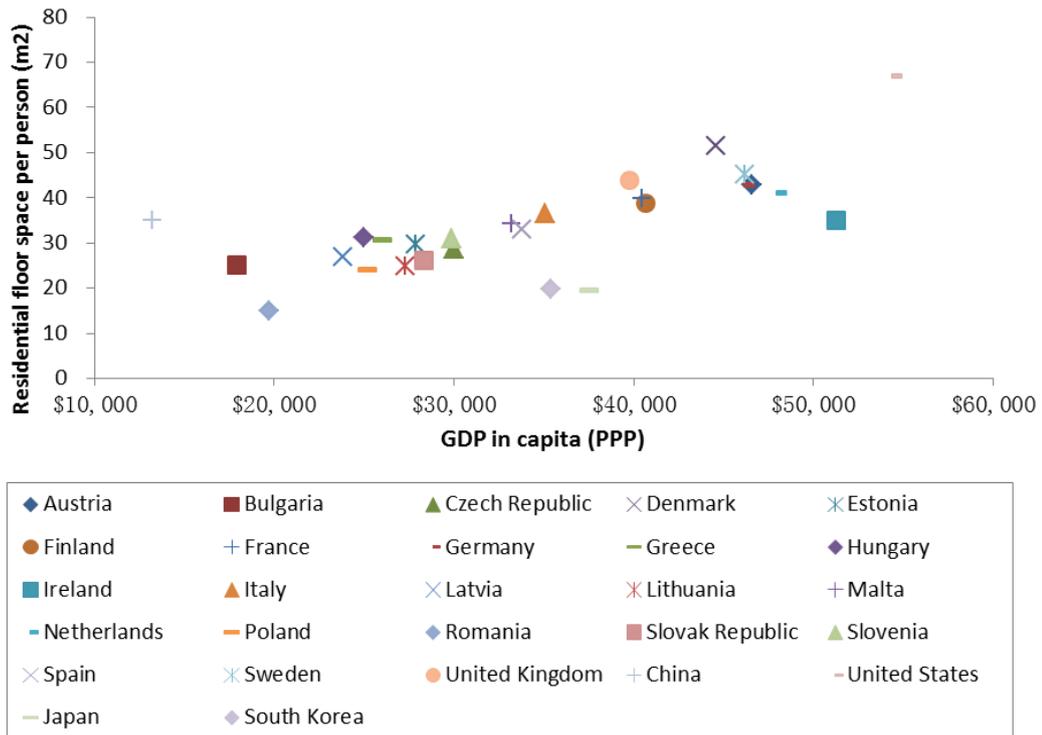


图 3.7 其他国家的人均住宅（建筑）面积

依据五：未来的人均面积预测。中国工程院《中国能源中长期（2030、2050）发展战略研究》预测“2030 年人均住宅面积需要控制在 40m² 以内”。

2. 未来人均建筑面积情景假定

综合分析上述有关依据，按历年面积累计法的增长规律，对未来我国城镇人均住宅面积、农村人均住宅面积、人均公共建筑面积的增长趋势进行预测：

对于城镇住宅经历了近 10 年的快速发展，到 2020 年增速将降低，在严格控制情景下，2030 年将达到 30m²/人，而到 2050 年达到 33m²/人，即三口之家在 100m² 左右，在常规发展下，可达到 40m²/人；

对于农村住宅，由于未来进一步城镇化发展，农村人均住宅的增长速率将有所降低，2030 年在常规情景下到可能达到 50m²/人左右，在严格控制情景下可能为 46m²/人左右，而后的二十年增速将放缓。

对于公共建筑，根据当前的增长速度，到 2030 年可能为 20m²/人，在严格控制下控制在 18m²/人左右，而后的二十年增速将放缓。

根据人均建筑面积的的假定，未来我国人均建筑面积的增长趋势和数值见图 3.8 和表 3.11 所示。

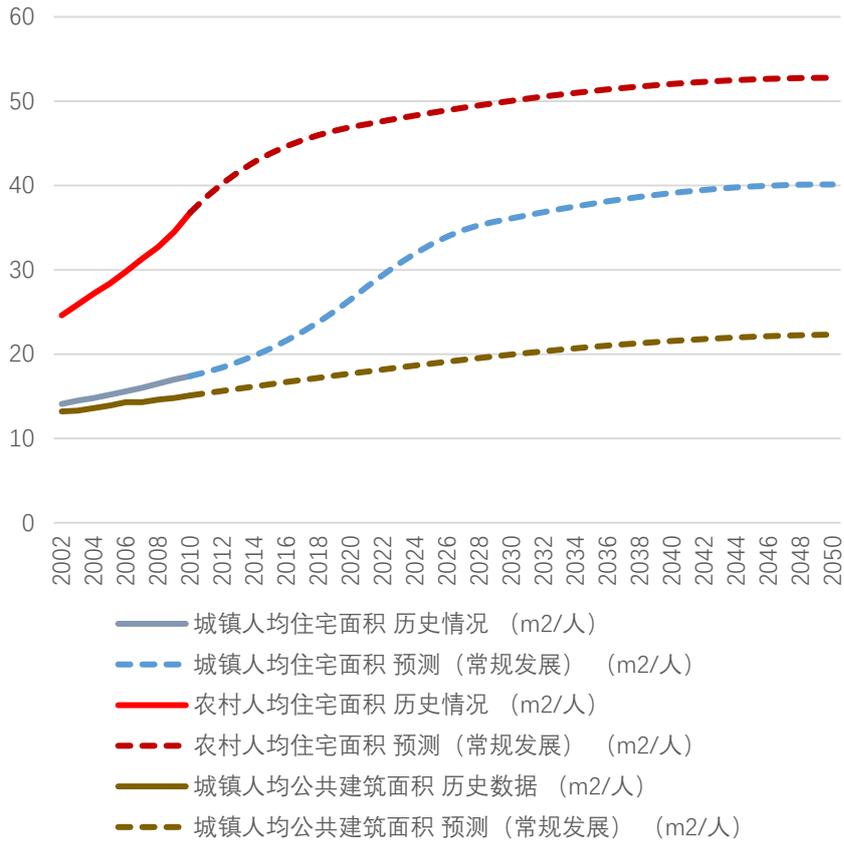


图 3.8 未来我国各类建筑人均面积预测

表 3.11 未来我国人均建筑面积增长情况预测 (m²/人)

各类建筑	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
城镇住宅人均面积	17.4	20.7	26.5	33.0	36.1	37.8	39.1	39.9	40.1
农村住宅人均面积	36.8	43.8	46.9	48.6	50.1	51.2	52.1	52.6	52.8
城镇公共建筑人均面积	15.1	16.4	17.7	18.9	20.0	20.9	21.6	22.1	22.3

3. 未来的总建筑面积（以历年面积累计法的预测结果为基准）

以历年面积累计法的预测结果作为的基准，根据假定的未来城镇化情景和人均建筑面积增长情景，对我国未来的建筑面积情况进行了估算，结果见表 3.12。

表 3.12 我国未来的总建筑面积 (亿 m²)

建筑类型	预测情况		
	2030	2040	2050
总计	801.43	875.36	888.66
城镇住宅	373.38	439.64	471.42
公共建筑	206.28	242.43	262.20
农村住宅	221.77	193.29	155.04

根据建筑面积估算结果，确定将“城镇化较快发展+人均建筑面积常规发展”和“城镇化稍缓发展+人均建筑面积严格控制”的情景下的总建筑面积（2030 年分别为 801.43m²和 698.17m²）及对应的各类建筑面积，作为后续测算的参数。

在此种情景下，城镇化较快发展，人均面积常规发展不加以控制，总建筑面积的峰值将在 2047 年左右达到 892.0m²，而后略微下降，到 2050 年为 888.7 m²。如果假设未来城镇住宅普遍存在 10%左右的空置率，则建筑总面积峰值将达到 920 亿 m²左右。

3.2.3 各省市建筑面积计算

1.计算方法

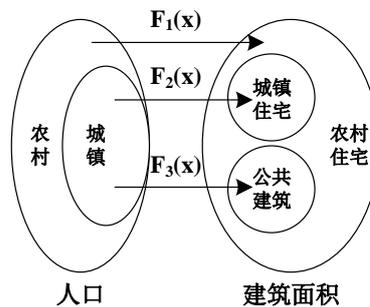


图 3.9 根据人口对各省各类建筑拆解思路示意图

根据前期项目的研究，已经采用人均建筑面积法结合全国未来人口的预测计算出全国各类建筑面积的总统情况。在本课题中由于需要对各省情况进行更为细致的分析，所以根据相应的历史统计数据对分省的各类建筑面积情况进行拆解，从而便于对不同地域、不同气候区的各城市建筑能耗情况进行分析。

整体的拆解思路如图 3.9 所示。根据统计年鉴中各省各类人口情况，通过相应的函数关系式映射到各类建筑面积上，从而实现了对全国总建筑面积向各省各类使用功能的建筑面积进行拆解。这其中对于细分的各类公共建筑面积，同样借助于统计年鉴中关于相关行业的从业人口间的比值关系进行近似的拆解。

根据上述的拆解思路，分别对全国各省市的人口数量和一、二、三产业发展情况进行了分析。公共建筑中各类不同功能建筑面积的年度增量与相应新增就业人员呈现线性关系。

(1) 各省城镇居住建筑和农村住宅建筑

考虑到居住建筑面积直接与人口是成正比例相关。因此，直接根据各省的人口在全国所占比例 $R_{popu.j,k}$ 和各省人均面积系数 $R_{aver.,j,k}$ 进行拆分，拆分表达式如下：

$$A_{j,k} = R_{popu.j,k} R_{aver.,j,k} A_{total,k} \quad (1)$$

其中， j 为全国 31 个省份（除港澳台以外）的排序； k 表示年份，根据收集到的相关数据，将 2010 年设置为元年进行预测，而后将 2010 年~2014 年 5 年的历史相关数据与预测结果进行比较，作为对预测结果的验证； $R_{aver.,j,k}$ 表示相应省份相应年份的城

镇人均居住建筑面积或农村住宅人均面积与全国平均的比值（经过归一化处理后的）。

(2) 对于各省各类公共建筑：

经过对统计年鉴中历史以往数据的分析，各省历年总人口与各省非第一/二产业历年从业人数间的明显线性拟合关系，如图 3.10 所示：

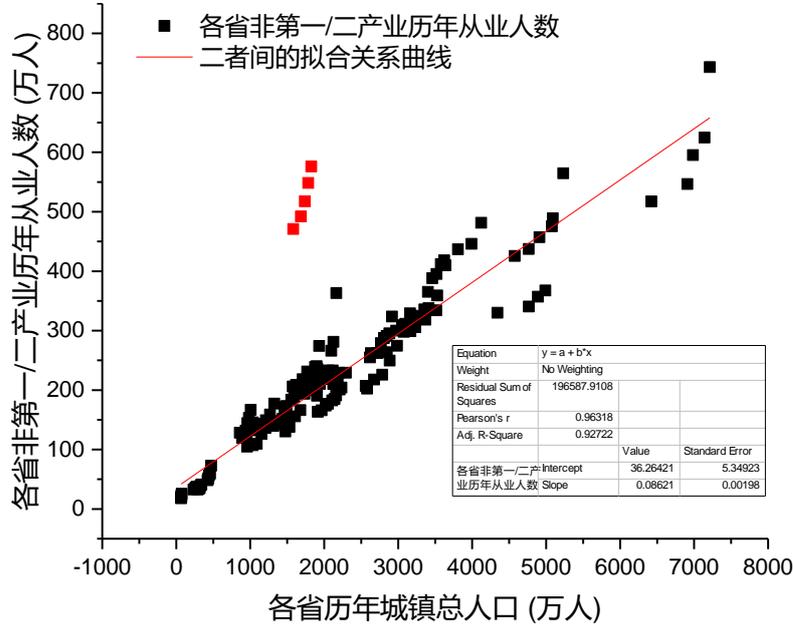


图 3.10 各省历年城镇总人口与相应产业从业人口间的关系

同时，各省非第一/二产业各类建筑年竣工面积与相应行业从业人数年增长量间的关系大致遵循如下的线性关系如图 3.11 所示。

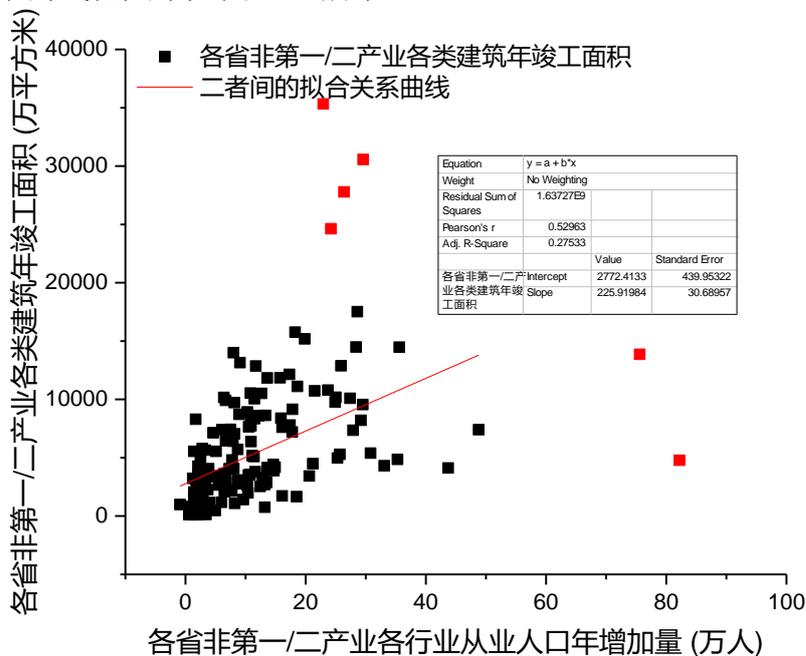


图 3.11 各省相关行业从业人口年增加量与相应功能建筑年竣工面积的关系

由此，对于各省各公共类建筑面积，构建与年竣工面积 A_{comp} 、各产业年从业人数 $P_{workers}$ 、年城镇总人口 P_{urban} 相关的函数关系式：

$$Y = F(A_{comp.}, P_{workers}, P_{urban}) \quad (2)$$

具体，对于各省各类建筑年竣工面积可以由如下关系式进行计算：

$$\Delta A_{i,j,k} = a_{i,j} + b_{i,j} x_{i,j,k} \quad (3)$$

其中， i 表示各类公共建筑类型， j 为省份的排序， k 表示年份，具体解释同上。

由此，得出各省建筑年竣工面积之间的比值 $R_{comp.,j,k}$ ，

$$R_{comp.,j,k} = \frac{\sum_{i=1} \Delta A_{i,j,k}}{\sum_{i=1, j=1} \Delta A_{i,j,k}} \quad (4)$$

同样， j 省内各类建筑年竣工面积之间的比值 $R_{comp.,i,j,k}$ ，

$$R_{comp.,i,j,k} = \frac{\Delta A_{i,j,k}}{\sum_{i=1} \Delta A_{i,j,k}} \quad (5)$$

而后，对各类建筑面积的拆分，则假设各省各类建筑年净增面积的比值，即：

$$R_{built,j,k} \approx R_{comp.,j,k} \quad (6)$$

同样，省内各类建筑年净增面积的比值，即：

$$R_{built,i,j,k} \approx R_{comp.,i,j,k} \quad (7)$$

由此，各省建筑面积保有量按如下计算式进行拆分：

$$A_{built,j,k+1} = A_{built,j,k} + (A_{total,j,k+1} - A_{total,j,k}) R_{built,j,k+1} \quad (8)$$

对于特定省内各类建筑面积保有量按如下计算式进行拆分：

$$A_{built,i,j,k+1} = A_{built,i,j,k} + R_{built,i,j,k+1} (A_{built,j,k+1} - A_{built,j,k}) \quad (9)$$

拆解过程中，主要涉及到未来全国及各省的城镇化率情况，在此采用情景描述的方法进行相应的假设。

对于全国，根据《国家新型城镇化规划（2014—2020年）》显示，1978~2013年，城镇常住人口从1.7亿人增加到7.3亿人，城镇化率从17.9%提升到53.7%，年均提高1.02个百分点。该《规划》同时指出，根据世界城镇化发展普遍规律，我国仍处于城镇化率30%~70%的较快发展区间。同时，国家发展改革委员会能源研究所的《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》对城镇化率的假设。在此参考《中国低碳建筑情景和政策路线图研究》中所采取的情景设置，假设未来可能发生较快的城镇化发展，即到2020年我国城镇化率（注：按常住人口的城镇化率，下同）将达到63%，2030年达到70%，最终2050年将达到发达国家当前的平均水平（达到80%）。

对于全国各省份，根据各自当前所处的发展水平，参考全国的假设，对各省份未来的城镇化率假设如表3.12所示。

其中，对于北京、天津和上海等特大型城市，当前的城镇化率已经高于85%，假设未来2050年左右最高也仅能达到90%~95%，接近西方发达国家城镇化率较高的城

市；而对于当前城镇化率水平略高于全国平均水平的省份，如辽宁、江苏、浙江、福建和广东等，则假设未来同样会略高于平均水平，达到 85%左右；对于当前与全国城镇化率平均水平相当的大多数省份，如山西、吉林、山东等，则未来同样维持在全国平均水平左右，即 78%~80%左右；对于当前低于全国水平的西部偏远省份，假设未来会有快速的增长，但仅达到 70%左右，甚至更低，如西藏、贵州、云南和甘肃等。

表 3.13 全国各省未来城镇化率水平情景假设

省 份	2013 (当前)	2015	2020	2030	2040	2050
北 京	86.30%	86.61%	87.38%	88.92%	90.46%	92.00%
天 津	82.01%	82.44%	83.52%	85.68%	87.84%	90.00%
河 北	48.12%	49.74%	53.77%	61.85%	69.92%	78.00%
山 西	52.56%	54.04%	57.75%	65.17%	72.58%	80.00%
内 蒙 古	58.71%	59.86%	62.74%	68.49%	74.25%	80.00%
辽 宁	66.45%	67.45%	69.96%	74.97%	79.99%	85.00%
吉 林	54.20%	55.59%	59.08%	66.05%	73.03%	80.00%
黑 龙 江	57.40%	58.73%	62.05%	68.70%	75.35%	82.00%
上 海	89.60%	89.89%	90.62%	92.08%	93.54%	95.00%
江 苏	64.11%	65.24%	68.06%	73.71%	79.35%	85.00%
浙 江	64.00%	65.14%	67.97%	73.65%	79.32%	85.00%
安 徽	47.86%	49.49%	53.56%	61.71%	69.85%	78.00%
福 建	60.77%	61.92%	64.79%	70.52%	76.26%	82.00%
江 西	48.87%	50.44%	54.38%	62.25%	70.13%	78.00%
山 东	53.75%	55.28%	59.09%	66.73%	74.36%	82.00%
河 南	43.80%	45.32%	49.14%	56.76%	64.38%	72.00%
湖 北	54.51%	55.89%	59.33%	66.22%	73.11%	80.00%
湖 南	47.96%	49.58%	53.64%	61.76%	69.88%	78.00%
广 东	67.76%	68.69%	71.02%	75.68%	80.34%	85.00%
广 西	44.81%	46.28%	49.95%	57.30%	64.65%	72.00%
海 南	52.74%	54.21%	57.90%	65.26%	72.63%	80.00%
重 庆	58.34%	59.62%	62.82%	69.21%	75.61%	82.00%
四 川	44.90%	46.53%	50.59%	58.73%	66.86%	75.00%
贵 州	37.83%	39.57%	43.92%	52.61%	61.31%	70.00%
云 南	40.48%	42.18%	46.44%	54.96%	63.48%	72.00%
西 藏	23.71%	25.67%	30.58%	40.38%	50.19%	60.00%

陕 西	51.31%	52.86%	56.74%	64.49%	72.25%	80.00%
甘 肃	40.13%	41.85%	46.16%	54.77%	63.39%	72.00%
青 海	48.51%	49.94%	53.52%	60.68%	67.84%	75.00%
宁 夏	52.01%	53.41%	56.93%	63.95%	70.98%	78.00%
新 疆	44.47%	46.12%	50.25%	58.50%	66.75%	75.00%

2. 各类建筑面积（按省市）

（1）各省市公共建筑面积

各省市公共建筑面积预测情况见表 3.14、图 3.12~图 3.17 所示。

表 3.14 全国各省未来公共建筑面积预测情况（单位：亿平方米）

年份	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总计	116.46	128.35	158.69	182.79	206.28	225.89	242.43	254.84	262.20
北 京	5.60	6.18	7.66	8.78	9.87	10.68	11.35	11.71	11.85
天 津	3.52	3.88	4.83	5.60	6.36	7.02	7.58	8.04	8.34
河 北	3.25	3.61	4.42	5.01	5.56	5.97	6.26	6.42	6.43
山 西	3.08	3.38	4.16	4.78	5.37	5.88	6.30	6.62	6.81
内 蒙 古	1.98	2.17	2.63	2.98	3.31	3.57	3.78	3.93	3.99
辽 宁	5.33	5.77	7.03	7.99	8.93	9.70	10.34	10.83	11.11
吉 林	3.73	4.08	4.96	5.60	6.21	6.67	7.02	7.25	7.31
黑 龙 江	3.51	3.83	4.64	5.25	5.82	6.27	6.62	6.86	6.95
上 海	5.69	6.25	7.66	8.76	9.83	10.72	11.46	12.03	12.37
江 苏	7.54	8.24	10.00	11.32	12.58	13.60	14.42	15.00	15.28
浙 江	6.65	7.27	8.81	9.96	11.04	11.92	12.62	13.11	13.34
安 徽	4.84	5.41	6.81	7.98	9.14	10.15	11.04	11.75	12.24
福 建	3.89	4.29	5.32	6.16	7.00	7.74	8.38	8.91	9.28
江 西	3.51	3.89	4.87	5.68	6.48	7.16	7.76	8.23	8.54
山 东	7.16	7.89	9.75	11.24	12.69	13.93	14.98	15.80	16.32
河 南	5.41	5.98	7.40	8.52	9.58	10.45	11.14	11.62	11.85
湖 北	4.80	5.28	6.50	7.47	8.41	9.19	9.84	10.34	10.63
湖 南	4.16	4.64	5.89	6.94	8.01	8.97	9.83	10.55	11.08
广 东	7.52	8.24	10.06	11.46	12.81	13.92	14.84	15.51	15.89
广 西	3.63	4.04	5.13	6.06	7.01	7.86	8.64	9.31	9.80
海 南	1.94	2.15	2.68	3.12	3.56	3.95	4.29	4.57	4.77

第三章 建筑能耗总量及限值分析

重庆	3.95	4.35	5.38	6.20	7.01	7.71	8.31	8.78	9.10
四川	3.92	4.34	5.39	6.23	7.05	7.73	8.30	8.74	8.99
贵州	2.60	2.87	3.58	4.15	4.72	5.20	5.62	5.95	6.16
云南	2.20	2.48	3.21	3.86	4.52	5.13	5.69	6.18	6.56
西藏	0.23	0.27	0.38	0.49	0.61	0.73	0.85	0.96	1.05
陕西	3.40	3.74	4.59	5.24	5.87	6.38	6.79	7.08	7.23
甘肃	1.56	1.73	2.17	2.52	2.86	3.15	3.38	3.56	3.65
青海	0.24	0.27	0.35	0.41	0.48	0.54	0.59	0.64	0.68
宁夏	0.59	0.66	0.98	1.26	1.57	1.79	2.01	2.09	2.13
新疆	1.01	1.15	1.48	1.75	2.02	2.22	2.38	2.45	2.47

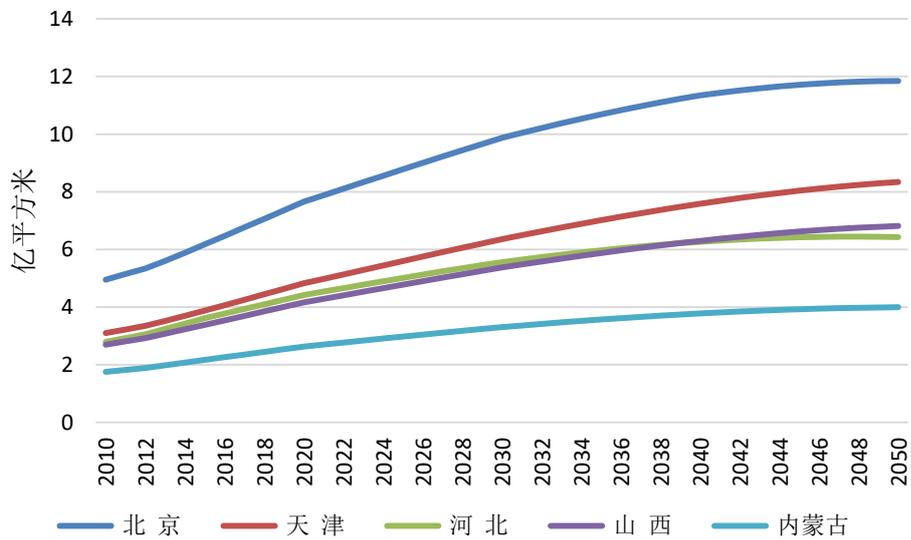


图 3.12 华北地区省市公共建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

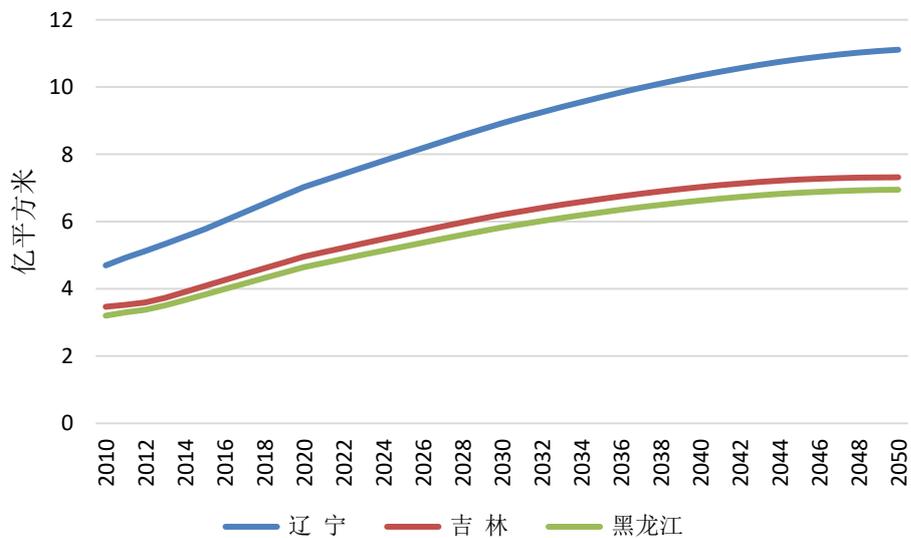


图 3.13 东北地区省市公共建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

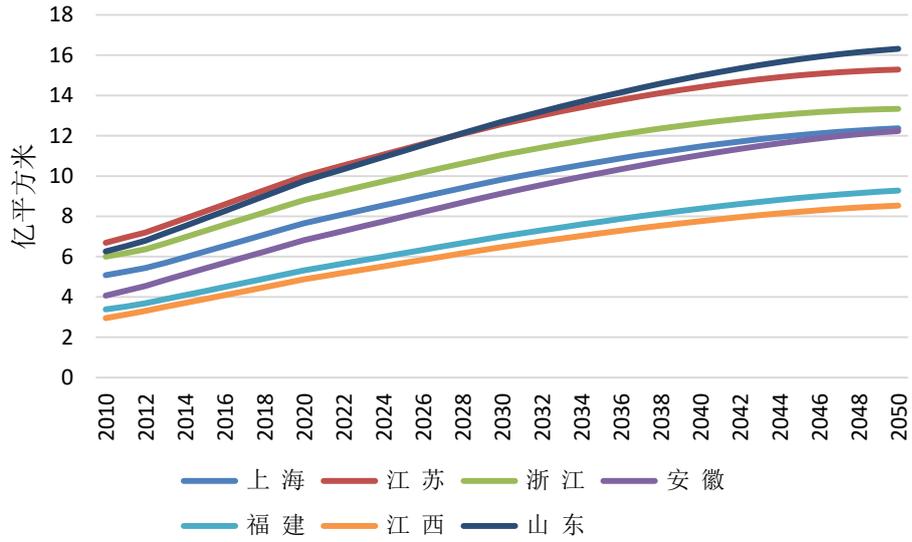


图 3.14 华东及东南地区省市公共建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

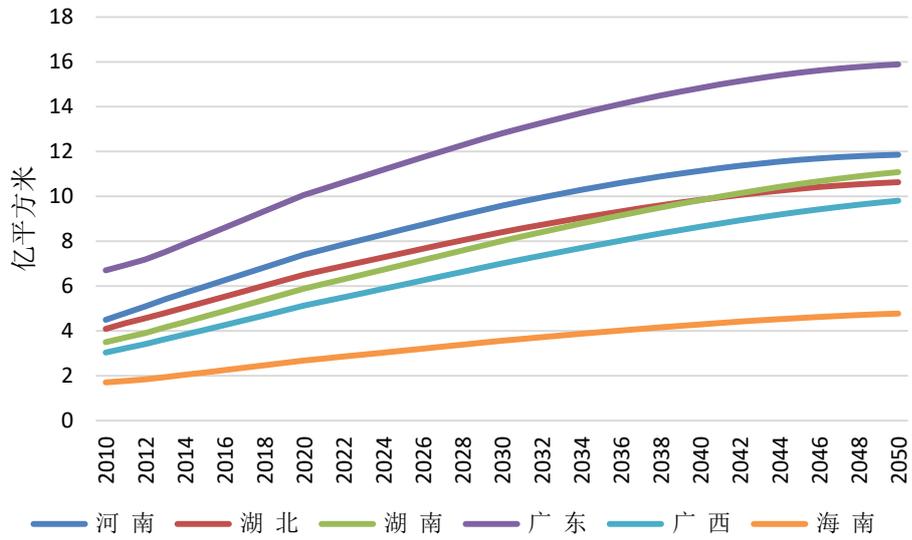


图 3.15 华中及华南地区省市公共建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

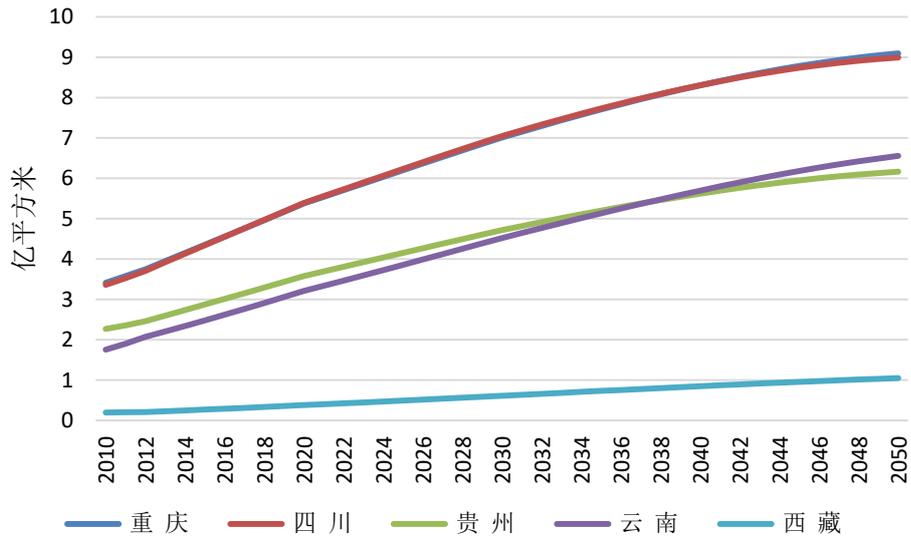


图 3.16 西南地区省市公共建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

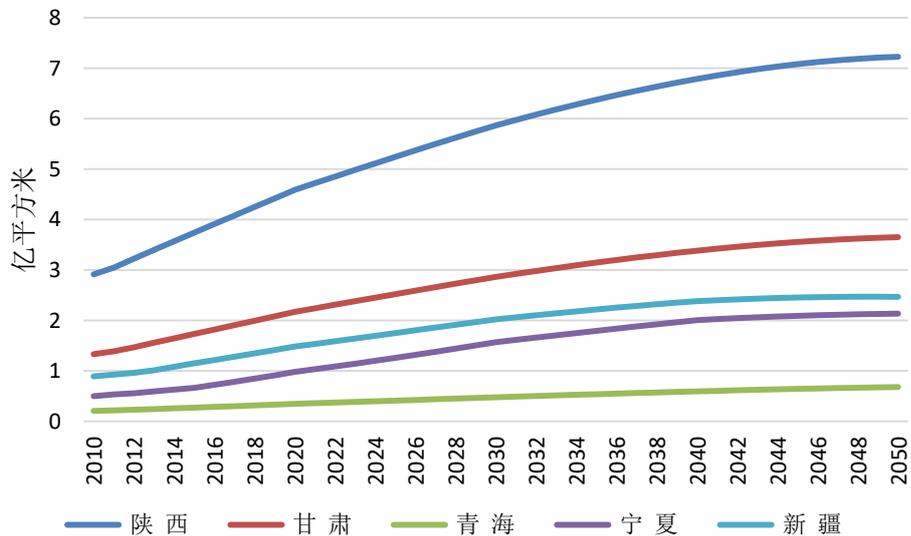


图 3.17 西北地区省市公共建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

(2) 各省市城镇居住建筑面积

各省市城镇居住建筑面积预测情况见表 3.15、图 3.18~图 3.23 所示。

表 3.15 全国各省未来城镇居住建筑面积预测情况 (单位: 亿平米)

年份	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总计	149.48	172.75	254.41	342.07	399.52	438.48	470.42	493.02	504.42
北京	3.71	4.33	6.56	8.85	10.37	11.11	11.66	11.65	11.39
天津	2.46	2.97	5.10	7.76	10.03	12.03	13.94	15.67	17.07
河北	7.18	8.37	12.09	15.92	18.15	19.40	20.22	20.54	20.31
山西	3.88	4.49	6.64	8.98	10.54	11.64	12.57	13.28	13.69
内蒙古	2.98	3.41	4.88	6.40	7.31	7.86	8.27	8.52	8.57
辽宁	5.93	6.71	9.67	12.75	14.65	15.88	16.85	17.51	17.80

基于能耗总量控制的建筑节能设计标准研究

吉林	3.03	3.47	4.98	6.53	7.44	7.98	8.36	8.56	8.56
黑龙江	4.48	5.11	7.32	9.60	10.94	11.74	12.32	12.65	12.68
上海	4.40	5.06	7.38	9.85	11.44	12.53	13.42	14.09	14.44
江苏	10.35	11.80	16.87	22.11	25.21	27.10	28.52	29.40	29.61
浙江	7.16	8.18	11.71	15.36	17.53	18.86	19.87	20.50	20.67
安徽	5.87	6.86	10.21	13.87	16.35	18.11	19.59	20.72	21.37
福建	4.66	5.37	7.88	10.59	12.38	13.64	14.70	15.53	16.01
江西	4.49	5.21	7.72	10.43	12.24	13.50	14.55	15.33	15.75
山东	10.64	12.32	18.21	24.60	28.87	31.89	34.42	36.34	37.46
河南	8.39	9.68	14.18	18.94	21.92	23.83	25.28	26.20	26.46
湖北	6.43	7.40	10.77	14.35	16.62	18.11	19.31	20.14	20.51
湖南	6.53	7.64	11.49	15.76	18.77	21.00	22.96	24.52	25.55
广东	14.67	16.73	24.13	31.90	36.74	39.90	42.44	44.23	45.06
广西	4.30	5.03	7.61	10.51	12.60	14.20	15.62	16.80	17.62
海南	0.96	1.12	1.70	2.35	2.82	3.18	3.51	3.79	3.99
重庆	3.52	4.08	6.04	8.19	9.66	10.72	11.64	12.37	12.84
四川	7.40	8.61	12.76	17.24	20.19	22.21	23.84	25.00	25.57
贵州	2.69	3.17	4.86	6.77	8.16	9.21	10.14	10.89	11.40
云南	3.86	4.53	6.94	9.68	11.68	13.22	14.60	15.74	16.53
西藏	0.15	0.19	0.31	0.47	0.60	0.71	0.82	0.92	1.00
陕西	3.93	4.54	6.60	8.76	10.10	10.95	11.60	12.00	12.11
甘肃	2.11	2.46	3.66	4.97	5.83	6.41	6.87	7.18	7.32
青海	0.57	0.66	1.00	1.38	1.65	1.86	2.04	2.19	2.30
宁夏	0.69	0.81	1.41	2.10	2.70	3.07	3.42	3.54	3.58
新疆	2.05	2.43	3.71	5.08	6.03	6.61	7.06	7.22	7.20

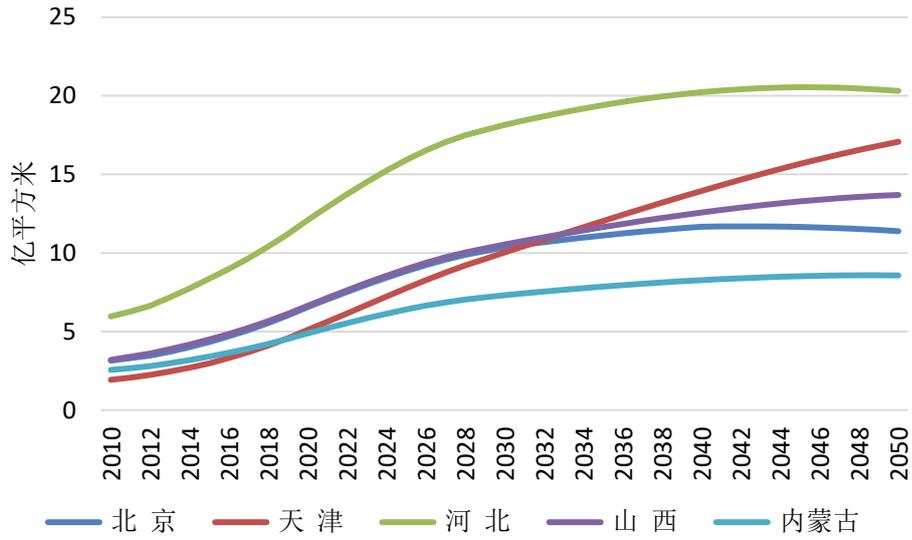


图 3.18 华北地区省市居住建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

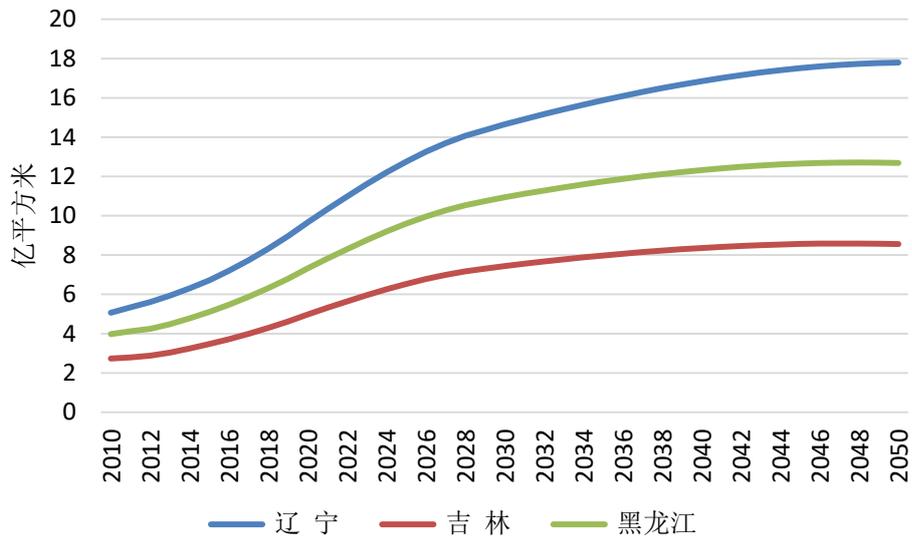


图 3.19 东北地区省市居住建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

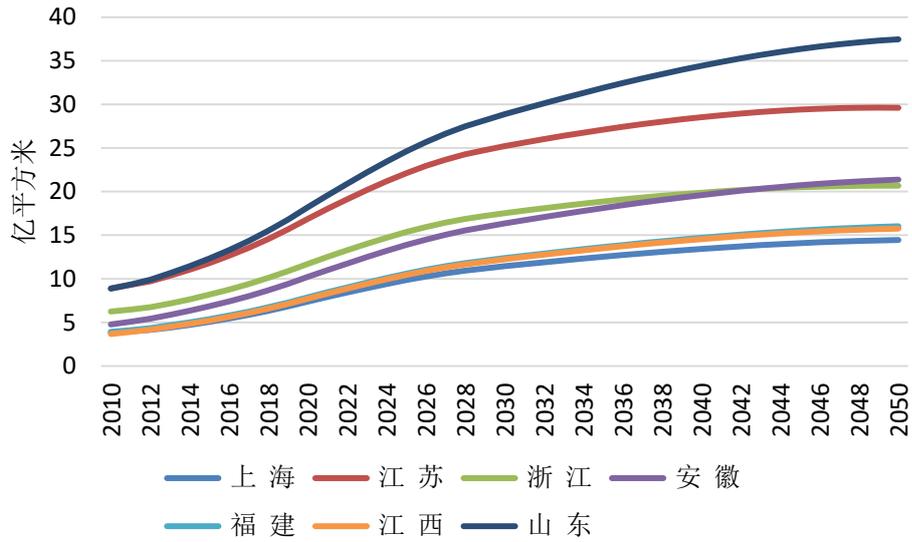


图 3.20 华东及东南地区省市居住建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

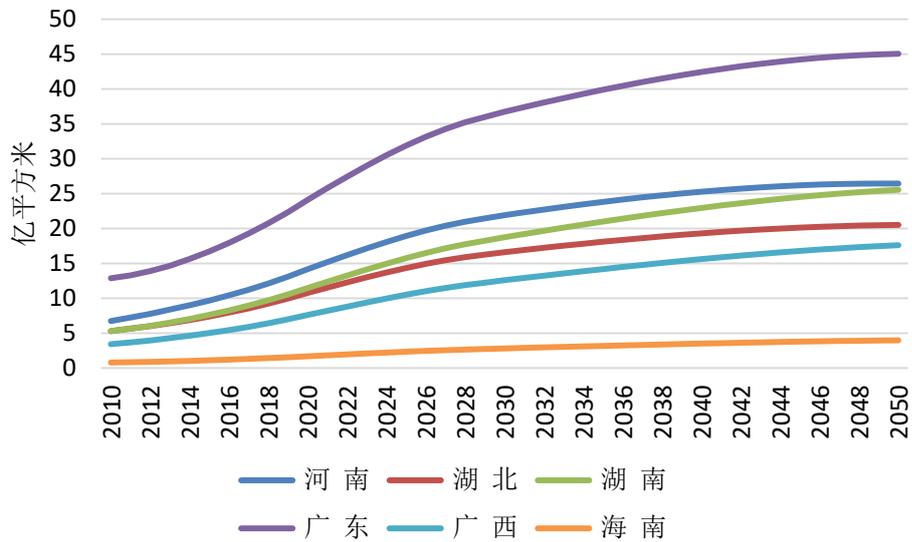


图 3.21 华中及华南地区省市居住建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

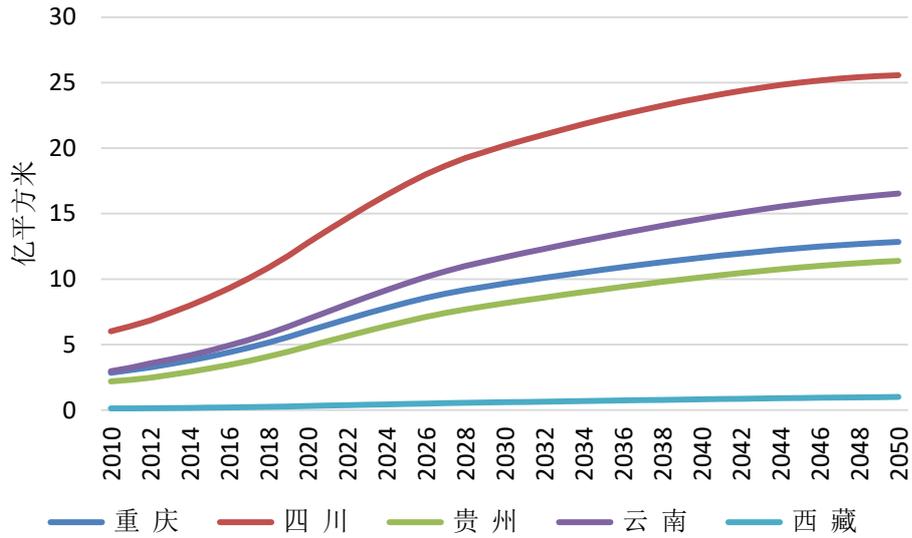


图 3.22 西南地区省市居住建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

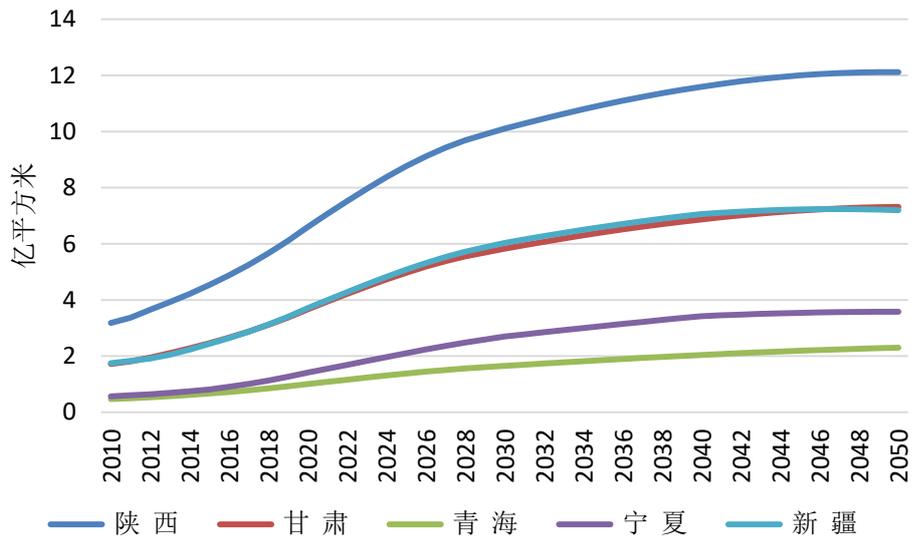


图 3.23 西北地区省市居住建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

(3) 各省市农村住宅建筑面积

各省农村住宅建筑面积预测情况如表 3.15、图 3.24~图 3.29 所示。

表 3.16 全国各省未来农村住宅建筑面积预测情况 (单位: 亿平米)

年份	2013	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
总计	263.09	267.20	267.99	257.77	239.81	217.43	193.99	172.97	157.96
北京	1.23	1.30	1.45	1.51	1.52	1.46	1.39	1.29	1.24
天津	1.12	1.23	1.54	1.79	1.98	2.10	2.17	2.25	2.38
河北	16.14	16.41	15.90	14.75	13.21	11.49	9.80	8.32	7.19
山西	7.30	7.41	7.43	7.15	6.65	6.02	5.35	4.75	4.29

基于能耗总量控制的建筑节能设计标准研究

内蒙古	4.37	4.44	4.44	4.26	3.97	3.61	3.23	2.91	2.69
辽宁	6.25	6.29	6.35	6.16	5.77	5.28	4.75	4.28	3.94
吉林	5.35	5.38	5.27	4.96	4.51	4.00	3.48	3.02	2.69
黑龙江	6.93	6.96	6.85	6.46	5.88	5.22	4.54	3.94	3.49
上海	1.07	1.10	1.17	1.18	1.16	1.11	1.04	0.98	0.95
江苏	12.09	12.20	12.11	11.53	10.61	9.51	8.36	7.34	6.56
浙江	8.40	8.49	8.44	8.04	7.40	6.63	5.84	5.12	4.58
安徽	13.34	13.58	13.54	12.95	11.97	10.78	9.53	8.41	7.56
福建	6.28	6.41	6.55	6.43	6.10	5.65	5.16	4.71	4.41
江西	9.81	9.93	9.90	9.47	8.76	7.89	6.98	6.17	5.58
山东	19.10	19.33	19.28	18.42	16.98	15.23	13.37	11.67	10.32
河南	22.44	22.67	22.46	21.38	19.70	17.74	15.76	14.06	12.91
湖北	11.19	11.33	11.30	10.81	10.00	9.02	8.00	7.10	6.44
湖南	14.77	15.06	15.18	14.68	13.71	12.47	11.15	9.94	9.04
广东	14.56	14.79	15.06	14.72	13.93	12.86	11.70	10.67	9.98
广西	11.05	11.32	11.66	11.55	11.08	10.39	9.62	8.96	8.60
海南	1.79	1.84	1.89	1.86	1.77	1.64	1.49	1.35	1.25
重庆	5.25	5.36	5.47	5.36	5.07	4.67	4.23	3.83	3.54
四川	18.95	19.21	19.07	18.17	16.74	15.05	13.31	11.79	10.69
贵州	9.24	9.40	9.50	9.22	8.67	7.96	7.21	6.55	6.13
云南	11.83	12.06	12.25	11.95	11.29	10.41	9.46	8.62	8.07
西藏	1.01	1.05	1.09	1.08	1.05	0.99	0.92	0.87	0.84
陕西	7.77	7.85	7.70	7.23	6.56	5.80	5.02	4.33	3.80
甘肃	6.56	6.63	6.54	6.20	5.68	5.08	4.47	3.94	3.57
青海	1.26	1.29	1.33	1.32	1.26	1.18	1.09	1.01	0.96
宁夏	1.33	1.37	1.63	1.75	1.79	1.70	1.58	1.40	1.27
新疆	5.33	5.52	5.62	5.41	5.05	4.51	3.96	3.42	3.01

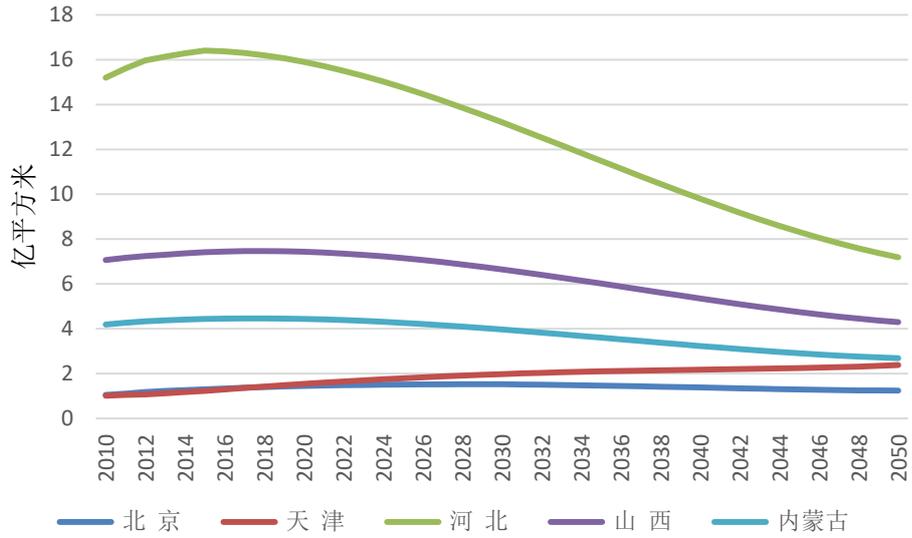


图 3.24 华北地区省市农村住宅建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

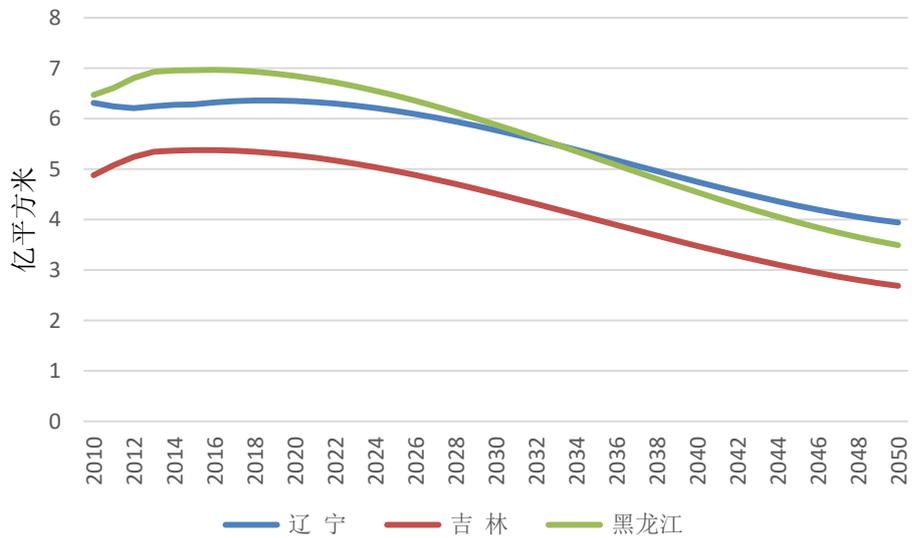


图 3.25 东北地区省市农村住宅建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

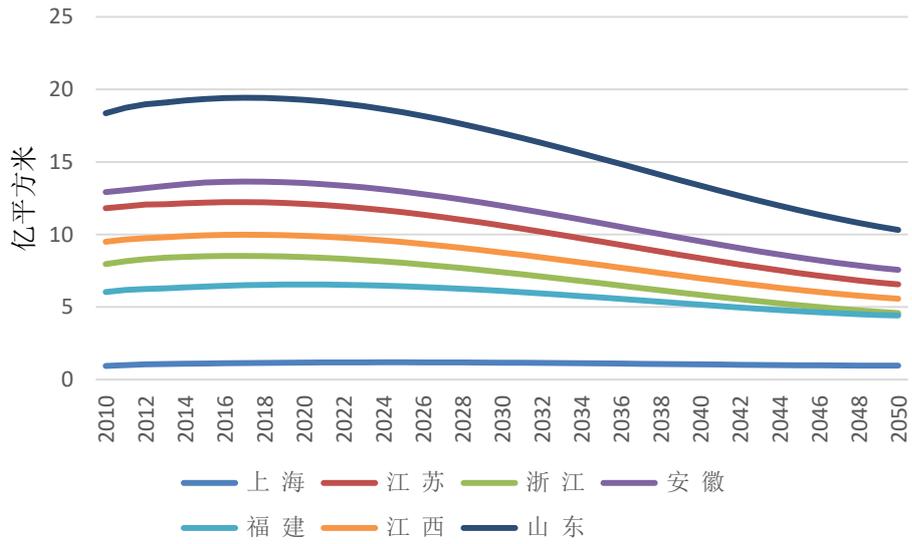


图 3.26 华东及东南地区省市农村住宅建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

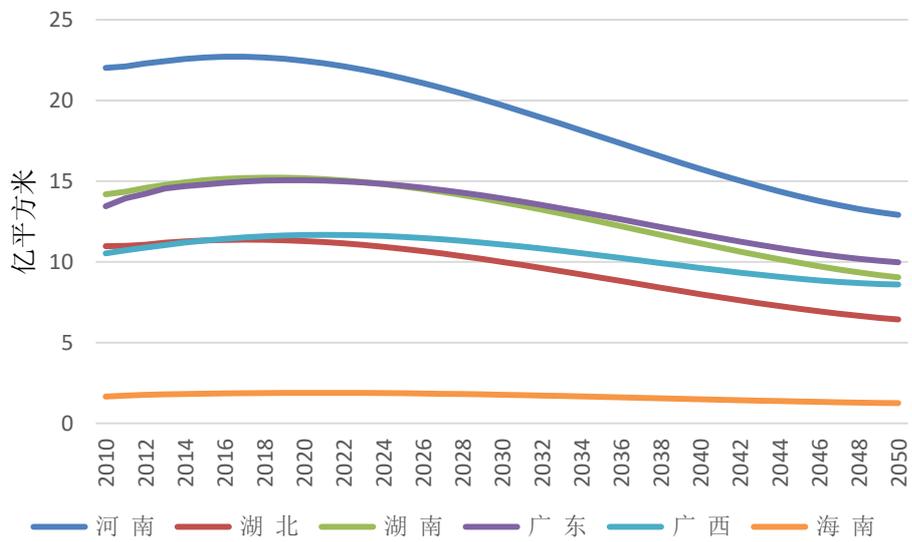


图 3.27 华中及华南地区省市农村住宅建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

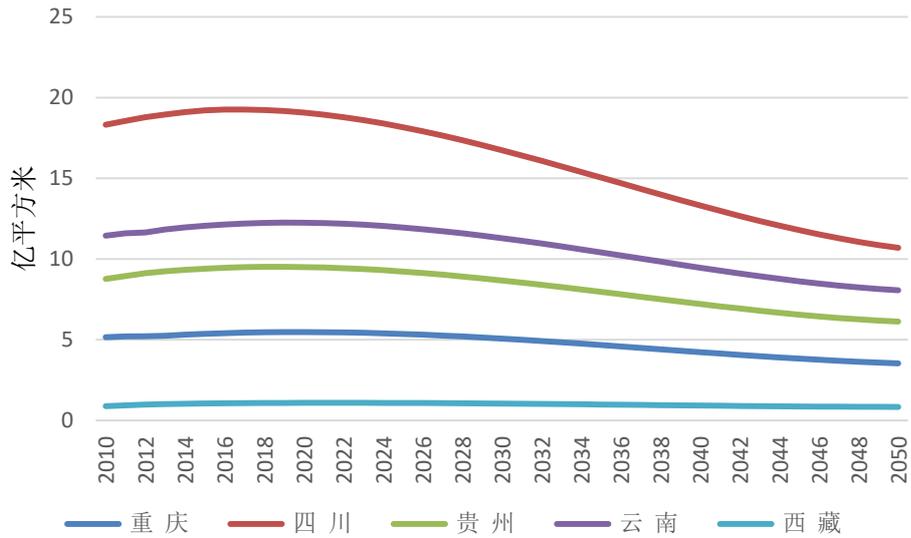


图 3.28 西南地区省市农村住宅建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

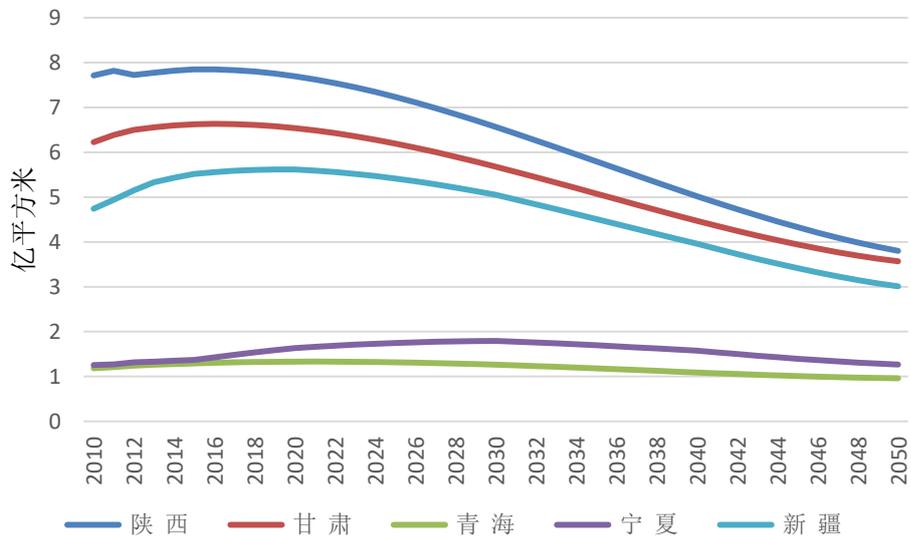


图 3.29 西北地区省市农村住宅建筑面积发展趋势 (2010-2050 年)

3.2.4 既有建筑存量与逐年竣工面积

根据以上假设和未来城镇化发展趋势，结合既有存量建筑的基础数据分析，在未考虑既有建筑空置率情景下，我国未来逐年建筑竣工面积与既有建筑存量之间的变化趋势，如图 3.30 所示。

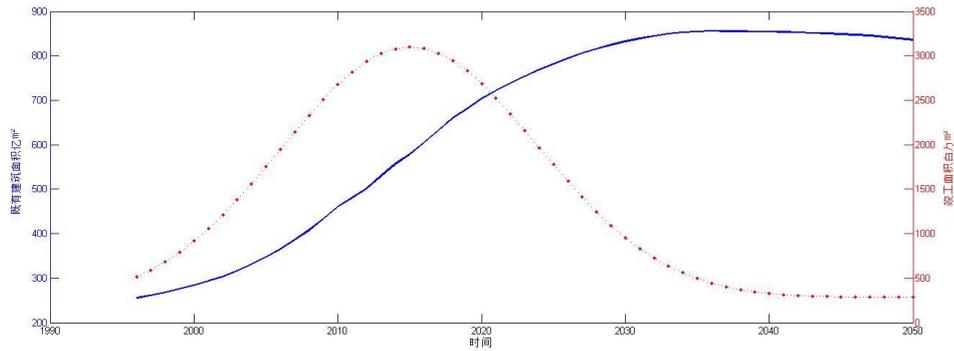


图 3.30 逐年竣工建筑面积与建筑存量比对图（未考虑空置率）

在考虑 10%空置率情况下，逐年建筑竣工面积与既有建筑存量发展趋势如图 3.31 所示。

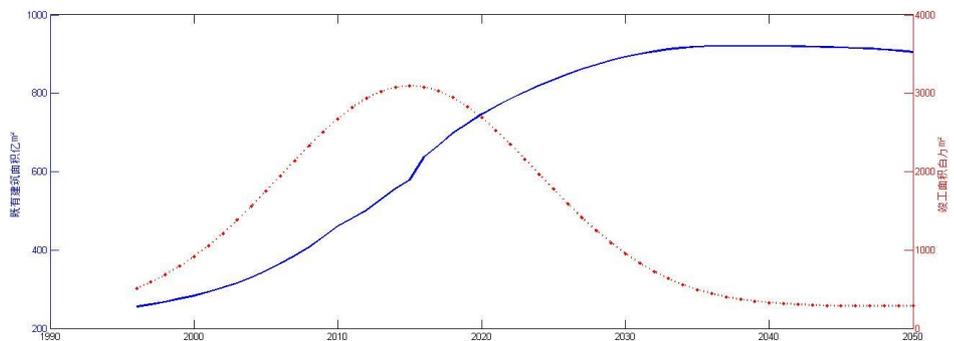


图 3.31 逐年竣工建筑面积与建筑存量比对图（考虑空置率 10%）

注：图中建筑竣工面积为根据国家统计局统计数据拟合后曲线。

3.3 居住建筑能耗计算

设计阶段新建建筑的能耗主要依靠能耗软件模拟计算，影响能耗计算结果因素较多，例如气象参数、建筑围护结构热工性能、设备能效、室内环境参数、用能时间表以及人为操作等。为保证计算过程和工况的统一，课题组经对物理模型的建立进行了统一论证后，分别对居住建筑、办公、医院、宾馆、学校等建筑模型的输入参数进行了统一规定。嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州 9 个典型城市的建筑能耗计算模型和相关规定。

1 模型建立

1) 物理模型

单体建筑物能耗的因素很多，包括建筑物的围护结构传热系数、窗墙比、体形系数、通风换气次数及太阳辐射、室外温度等，这些因素对建筑能耗的影响存在非线性耦合的关系。前人利用线性回归的方法对建筑采暖能耗、空调能耗以及总能耗与建筑各因素的相关性分析进行了研究，考虑的主要影响因素为建筑类型，气候条件，围护

结构性能三个方面。

本课题居住建筑物理模型体型系数为 0.3，窗墙比为 0.25，南北朝向，该系数选择一是兼顾了五大气候区居住建筑节能标准设计的节能设计要求，二是为适应居民的活动规律，综合考虑日照、采光、通风、防灾、配建设施及管理要求，创造安全、卫生、方便、舒适和优美的居住生活环境，以及一二三线城市之间综合发展，本建筑模型选择建筑层高为 21 米，6 层住宅，单层建筑面积 400 m²，建筑总面积为 2400 m²，其中空调面积 2300 m²（图 3.31）。

另外从建筑节能角度考虑，居住建筑体量不宜太大，层高不宜太高。体量大、层高高、进深增大会影响建筑室内采光、通风、以及上下班便捷性等，不利于居住建筑的节能。

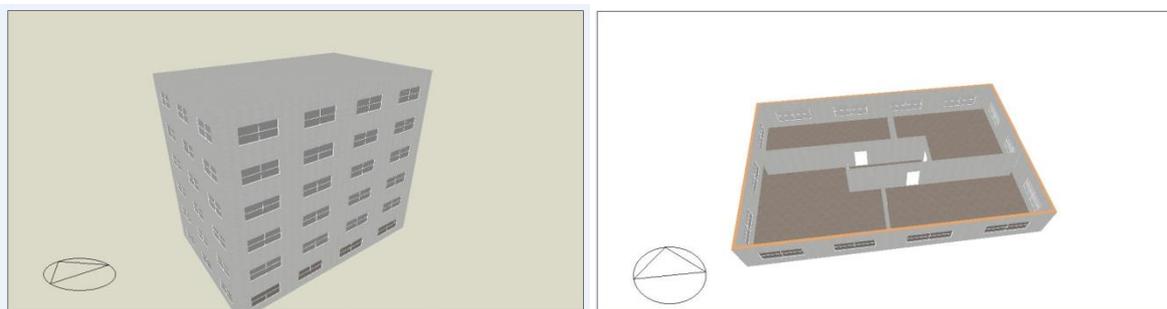


图 3.31 城镇住宅建筑模型平面图

(1) 模型热工性能参数设置

典型城市建筑热工性能参数的选择是基于现有建筑节能设计标准指标要求，同时权衡考虑了对未来建筑技术进步的要求。建筑围护结构热工性能指标如表 3.18 所示。

表 3.17 物理模型热工参数表 W/(m².K)

城市	2020 年		2025 年		2030 年	
	外窗	外墙	外窗	外墙	外窗	外墙
嫩江	1.5	0.25	1.3	0.20	1.0	0.15
哈尔滨	1.6	0.27	1.35	0.24	1.1	0.18
乌鲁木齐	1.7	0.30	1.4	0.28	1.15	0.20
银川	1.8	0.35	1.5	0.30	1.2	0.25
北京	2.0	0.40	1.8	0.35	1.35	0.28
南京	2.5	0.8	2.0	0.70	1.5	0.60
重庆	3.0	1.0	2.5	0.9	2.0	0.7
福州	4.0	1.3	3.0	1.0	2.0	0.8
广州	5.0	1.5	4.0	1.2	3.0	1.0

注：①屋顶传热系数均比外墙低 0.05 W/(m².K)，屋顶热反射率 0.30。

②内墙传热系数北方为 1.0 W/(m².K)，南方为 2.0 W/(m².K)。内窗传热系数为 6.0 W/(m².K)，内门为 3.0 W/(m².K)。

③外窗综合遮阳系数：严寒地区 0.5，寒冷地区 0.50，夏热冬冷 0.40，夏热冬暖 0.35（2020）、0.25（2025）、0.20（2030）。

(2) HVAC 系统

供暖空调系统能效和设备能效指标的选择除满足现有标准要求外，还考虑了南北方供暖空调习惯和基础条件。例如北方冬季供暖采用散热器，而南方采暖采用分体空调。同时，空调系统的能效值设置除满足国家标准外，也考虑当地气候条件对设备的实际性能影响。例如夏季空调的实际能效值从北到南依次降低。

a) 供热：严寒、寒冷地区采用散热器(效率 80%)，严寒、夏热冬冷、夏热空调供热设备能效值 3.0,夏热冬暖地区空调能效 3.8。

b) 空调：严寒地区空调能效值 3.8，寒冷、夏热冬冷空调地区能效值 3.5，夏热冬暖地区制冷 3.0。

c) 通风：居住建筑过渡季节自然通风工况设计，按室外温度低于室内 2℃时，即可开启。

d) 新风量：居住建筑新风量按冬季 0.5，夏季 1.0 次/h。

(3) 人员活动：

人员活动指标的设置，依据城镇居民的日常生活习惯和作息规律进行设置，例如人员在室率按借节日和非节假日进行了系统的统计分析结合专家经验，综合确定了其具体数值。

a) 人员密度

人员密度 0.03 人/m²，人员活动以静坐为主，冬季着装系数 1.0，夏季着装系数 0.5。

表 3.18 室内人员在室率（非假期时间）

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	1	1	1	1	1	0

表 3.19 室内人员在室率（节假日）

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	0

a) 生活热水使用量：1L/m³.天。

b) 室内环境温度：冬季供暖期北方地区室内环境温度 18℃~20℃，南方地区室内

温度 15℃~18℃；夏季空调期北方室内环境 26℃~28℃。

c) 设备得热功率 2.0 W/m²。3-5w/m²（2020 年、2025 年、2030 年分别为 3 w/m²,4w/m², 5w/m², 电梯能耗值按照各建筑功能适当调整）。

表 3.20 室内设备使用计划时间表

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0	0	0	0	0	0	1	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	1	1	1	1	1	0

e) 照明功率密度：控制方式采用 300LX 目标照明，或者单位面积照明密度白天 2~3 W/m²（2020 年 3 w/m², 2030 年 2 w/m²）。

表 3.21 照明开启计划时间表

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

因农村建筑的地域特征明显，且不同省市的分布情况不同，考虑到未来城镇化发展，本研究重点对城镇居住建筑进行模拟分析，农村住宅的建筑能源总量根据以历史统计能耗数据为依据，详见 4.1.2 节。

2 能耗计算结果

根据上述模型，居住建筑的采暖、空调和其他能耗计算结果如下表 3.22 所示。

表 3.22 城镇住宅模拟计算结果 (kgce/m².a)

地区	2020 年 (基准)				2025 年				2030 年			
	总能耗	kgce/m ² .a			总能耗	kgce/m ² .a			总能耗	kgce/m ² .a		
		采暖	空调	其他		采暖	空调	其他		采暖	空调	其他
嫩江	14.99	6.56	0.18	8.25	13.36	4.27	0.23	8.86	11.65	1.83	0.35	9.47
哈尔滨	14.65	5.84	0.51	8.3	13.68	4.16	0.62	8.9	12.42	2.11	0.79	9.52
乌鲁木齐	14.82	5.15	1.67	8	14.32	3.79	1.88	8.65	13.39	1.81	2.25	9.33
银川	11.75	2.65	0.84	8.26	11.31	1.41	1.04	8.86	11.2	0.39	1.33	9.48
北京	12.42	1.88	2.27	8.27	12.46	1.07	2.52	8.87	12.5	0.2	2.81	9.49
南京	14.63	2.7	3.49	8.44	14.03	1.39	3.63	9.01	14.1	0.5	3.98	9.62

重庆	13.81	1.73	3.71	8.37	13.75	0.94	3.86	8.95	13.88	0.37	3.94	9.57
福州	16.17	0.27	7.52	8.38	15.76	0.1	6.69	8.97	15.9	0.01	6.31	9.58
广州	18.86	0.03	10.52	8.31	18.02	0.01	9.09	8.92	18.05	0	8.52	9.53

注：其他能耗是指除采暖、空调之外的所有能耗之和。

3 与《民用建筑能耗标准》约束值比较

根据国家标准《民用建筑能耗标准》居住建筑非供暖能耗约束值的规定，如表

3.23，经能源转化后，除供暖能耗外，居住建筑的用能约束值如表 3.24 所示。

表 3.23 居住建筑非供暖能耗指标约束值

气候分区	综合电耗指标 约束值	燃气消耗指标 约束值	综合电耗制表 约束值	燃气消耗指标 约束值	总能耗
	[kWh/ (a·H)]	[m ³ / (a·H)]	(kgce/m ² ·a)	(kgce/m ² ·a)	(kgce/m ² ·a)
严寒地区	2200	150	5.56	8.33	13.89
寒冷地区	2700	140	6.82	7.78	14.60
夏热冬冷地区	3100	240	7.83	13.33	21.16
夏热冬暖地区	2800	160	7.07	8.89	15.96
温和地区	2200	150	5.56	8.33	13.89

表 3.24 建筑耗热量指标的约束值和引导值[kgce/(m²·a.H)]

省份	城市	建筑折算耗热量指标[GJ/(m ² ·a)]		建筑折算耗热量指标 kgce/(m ² ·a)]	
		约束值	引导值	约束值	引导值
北京	北京	0.26	0.19	27.66	20.21
天津	天津	0.25	0.2	26.60	21.28
河北省	石家庄	0.23	0.15	24.47	15.96
山西省	太原	0.29	0.21	30.85	22.34
内蒙古自治区	呼和浩特	0.36	0.27	38.30	28.72
辽宁省	沈阳	0.33	0.27	35.11	28.72
吉林省	长春	0.37	0.34	39.36	36.17
黑龙江省	哈尔滨	0.39	0.34	41.49	36.17
山东省	济南	0.21	0.14	22.34	14.89
河南省	郑州	0.2	0.12	21.28	12.77
西藏自治区	拉萨	0.29	0.15	30.85	15.96
陕西省	西安	0.21	0.12	22.34	12.77
甘肃省	兰州	0.28	0.2	29.79	21.28
青海省	西宁	0.35	0.24	37.23	25.53
宁夏回族自治区	银川	0.31	0.24	32.98	25.53

第三章 建筑能耗总量及限值分析

新疆维吾尔自治区	乌鲁木齐	0.36	0.29	38.30	30.85
----------	------	------	------	-------	-------

表 3.25 居住建筑能耗指标[kgce/(m²•a)]

省份	城市	建筑供暖能耗指标[kgce/(m ² •a)]					
		约束值			引导值		
		区域集中供暖	小区集中供暖	分栋分户供暖	区域集中供暖	小区集中供暖	分栋分户供暖
北京	北京	23.6	24.7	23.3	19.5	21.2	20.7
天津	天津	23.3	24.3	23	19.7	21.5	21
河北省	石家庄	22.6	23.6	22.3	18.5	19.9	19.4
山西省	太原	24.6	25.8	24.3	19.9	21.9	21.3
内蒙古自治区	呼和浩特	27	28.5	26.7	21.4	23.9	23.2
辽宁省	沈阳	25.29	26.59	24.99	20.69	23.19	22.49
吉林省	长春	26.59	28.09	26.29	22.39	25.59	24.79
黑龙江省	哈尔滨	27.29	28.89	26.99	22.39	25.59	24.79
山东省	济南	22	22.8	21.7	18.2	19.5	19.1
河南省	郑州	21.6	22.5	21.3	17.7	18.8	18.4
西藏自治区	拉萨	24.6	25.8	24.3	18.5	19.9	19.4
陕西省	西安	22	22.8	21.7	17.7	18.8	18.4
甘肃省	兰州	24.3	25.5	24	19.7	21.5	21
青海省	西宁	26.6	28.1	26.4	20.7	22.9	22.3
宁夏回族自治区	银川	25.3	26.6	25	20.7	22.9	22.3
新疆维吾尔自治区	乌鲁木齐	27	28.5	26.7	21.9	24.6	23.9

根据计算结果和能耗标准的约束值（假设建筑单栋分户供暖）比较可知，未来新建住宅建筑能耗值将远低于能耗标准约束值。

两者差异也体现了设计标准与实际能耗的偏离问题。造成以上差异的原因主要包括以下几点：

- （1）标准不一致：《民用建筑能耗标注》体现的是建筑能耗的实际能源消耗，建筑消费体包括了不同年代建筑的实际能源消耗情况，而未来新建建筑能耗值仅为现有建筑能耗约束值的 47% -60%。
- （2）工况差异：设计工况与建筑的实际运行工况差异很大，原有设计工况、运行模式、时间表等与实际相差较大，不能很好的反映建筑的实际能源消费情况，基于此，课题在模拟过程中充分考虑了不同功能建筑的实际使用时间和行为模式，制定了与未来建筑相匹配的设计工况。

表 3.26 典型地区居住建筑能耗比较

地区	2020 年设计值	约束值	2030 年设计值	约束值
哈尔滨	14.65	26.7	12.42	24.79
乌鲁木齐	14.82	26.7	13.39	22.30

银川	11.75	25.00	11.20	23.90
北京	12.42	23.3	12.50	20.70

注：热源为建筑供暖所消耗的能源以燃煤为主要燃料时，以标煤作为能耗计量单位计算热能耗率，用电量应按照 0.320kgce/kWh 供电标准煤耗值折算为标煤量；当热源以燃气为主要燃料时，以燃气作为能耗计量单位，用电量应按照 0.2Nm³/kWh 供电耗气量折算为燃气量（该折算以终端能耗为准）。

《民用建筑能耗标准》中能耗指标约束值如表 3.26 所示。北京地处寒冷地区居住建筑综合电耗指标约束值为 2700 kWh/（a·H），燃气消耗指标约束值为 140 m³/（a·H）。进行建筑能耗单位换算，根据供电煤耗法（320gce/kWh）与供电气耗法（0.2Nm³/kWh）分别计算得到，该居住建筑综合电耗指标约束值对应的标煤数为 864kgce /（a·H），燃气消耗指标约束值对应的标煤数为 224kgce /（a·H），相加得到总和为 1088kgce /（a·H）。根据标准为三口之家，人均建筑面积为 30m²，则总建筑面积为 90m²，由此计算得到该家庭单位建筑面积能耗的约束值为 12.09kgce/(m²·a)。按照本课题研究的标准设计参数设置，模拟结果为 12.42 kgce/(m²·a)，总体能耗值差异不大，但两者的能耗范围不同。除包括生活热水、炊事用能外，还包括插座用电。2020 年新建建筑的采暖能耗值仅为 1.88*120/90=2.504 kgce/(m²·a)，远低于《民用建筑能耗标准》约束值。

3.4 公共建筑能耗计算

3.4.1 宾馆建筑

（1）模型简介

根据国家旅游局对星级宾馆的统计，三星级宾馆的数量最多，占比约一半，同时根据《旅馆建筑设计规范》（JGJ 62-2014）1.0.3，旅馆建筑由低至高划分为 5 个级别，如下表 3.27 所示，该 5 个级别与国家《旅游饭店星级的划分与评定》GB / T 14308 的等级高低顺序相协调，所以本课题中的旅馆建筑以三级旅馆设计的要求作为参考进行设定。

表 3.27 我国对星级旅馆的具体分类

指标	单位	五星级	四星级	三星级	二星级	一星级	合计
饭店数量	家	789	2375	5098	2197	91	10550
客房数	万间/套	26.91	47.06	57.15	14.69	0.44	146.25
床位数	万张	39.88	79.00	105.70	34.01	0.77	259.36

1) 建筑平面图

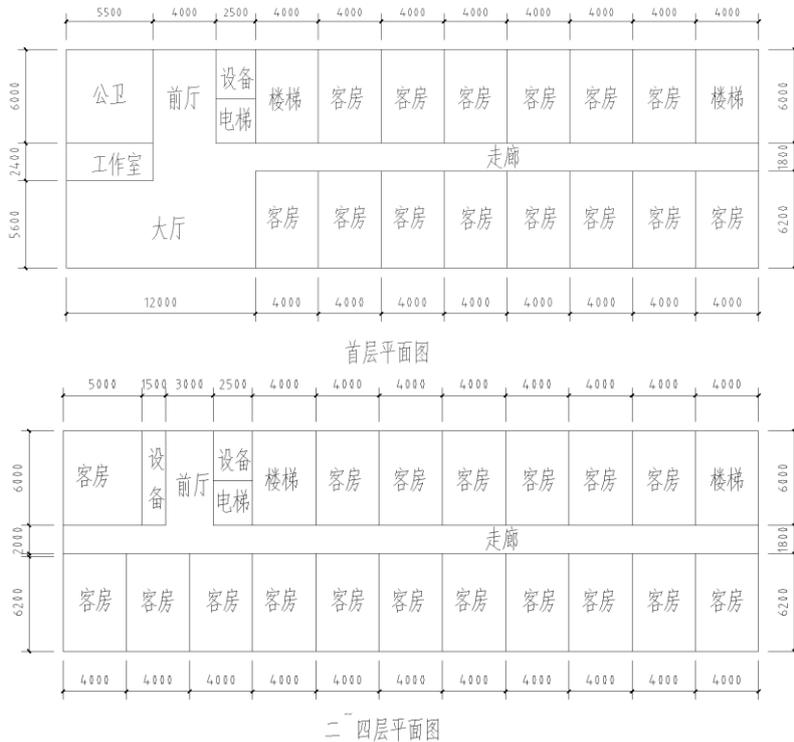


图 3.32 模型平面图

每层建筑面为 616 m²，总建筑面积 2464 m²（单层实际使用面积约 545 m²）。全楼总公共区域面积 781.2 m²，其中，首层公共区域面积 273.6 m²，二~四层公共区域面积 169.2 m²。全楼总客房面积 1682.8 m²，全楼总客房面积比例为 68.3%。

首层设置大厅、工作室、公卫、电梯各一处，客房 14 间，楼梯一处与电梯相邻，一处位于走廊尽头。二~四层各有 18 间客房数，建筑体形系数为 0.28。

本模拟不考虑电梯能耗。

2) 建筑模型

建筑共四层，开窗率为 25%。

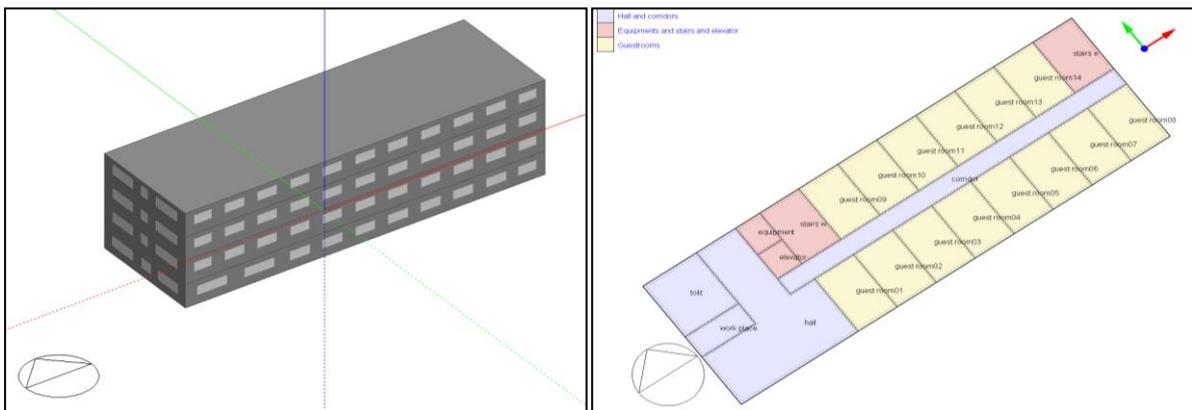


图 3.33 建筑物理模型

3) 新风参数

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015) 表 B.0.4-7 不同类型房间人均新风量 (m³/h·人)，旅馆建筑人均新风量为 30m³/h(17m³/h·人 下限)。模拟换气次数设置：

冬季 0.5 次，夏季 1.0 次（大厅、走廊 2 次，楼梯间设备房 5 次）。新风运行时间为 7/24 开启（建筑不考虑自然通风）。

4) 空调系统设定

工作时间：7 天/24h 开启。

室内设计温度设计依据《旅馆建筑设计规范》，选择客房和大厅两种类型功能区域进行设定，如下表 3.28 所示：

表 3.28 房间温度及相对湿度设定

	模式	温度	相对湿度 (软件中不控制)
客房	空调	25~27	≤60%
	供暖	严寒寒冷 20, 夏热冬冷 18, 夏热冬暖 16	≥35%
大厅(洗手间)	空调	26~28	≤65%
	供暖	严寒寒冷 18, 夏热冬冷 16, 夏热冬暖 14	/

楼梯间、设备房和电梯间均未设空调系统。

5) 人员设定

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015) 表 B.0.4-5 和表 B.0.4-6，人均占有建筑面积为 25 m²/人，人员在室率如下表 3.29：

考虑旅馆的平均入住率，以及考虑白天出门活动的较多，将夜间 70%修改为 60%，白天修改为 20%。

表 3.29 人员作息时间表

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
在室率	60	60	60	60	60	60	60	60	20	20	20	20
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
在室率	20	20	20	20	20	20	60	60	70	70	70	70

6) 设备设定

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015) 表 B.0.4-9 和表 B.0.4-10，旅馆建筑设备功率为 15w/m²，逐时使用率如下表 3.30：

表 3.30 设备使用率设定

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80	0	0

7) 照明设定

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015)表 B.0.4-3 和表 B.0.4-4, 旅馆建筑照明功率密度值为 $5.4\text{w}/\text{m}^2$ ($7.0\text{w}/\text{m}^2$), 逐时照明开关时间如下表 3.31:

表 3.31 照明开关时间设定

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
开启百分率%	10	10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
开启百分率%	30	30	50	50	60	90	90	90	90	80	10	10

依据《建筑采光设计标准》(GB 50033-2013)表 4.0.10, 旅馆建筑大厅、客房采光系数标准值为 300lx, 卫生间和走廊为 150lx。

8) 生活热水

依据《旅馆建筑设计规范》2014 表 6.1.2 和 6.1.3, 按三级旅馆建筑的要求, 最高日生活用水定额和客房最高日生活热水 (50°C) 用水量如下表:

生活热水 $2.73/\text{m}^2/\text{天}$

以及日常用水经验, 一个人一个月 4 吨, 每人每天 100L 生活用水, 生活热水减半即 50L 热水 (掺入冷水的温水), 那么 50°C 的热水可按 65% 计算, 则为 35L。旅馆的用水量稍微加大, 生活热水为 70, 50°C 热水设为 45L 热水/每人每天。

可按 65% 用水量计算 按房间算 $45 \times 2 \text{人} \times 0.65$ (入住率) $/21.4 = 2.73\text{L}/\text{m}^2/\text{天}$ 。

表 3.32 生活用水量设定

用水参数	用水量
生活用水 (三级标准)	100L/d·每床
生活热水	45L/d·每床

生活热水电加热, 能效比为 3.5。生活热水的使用时间表与人员在室率一致。

水源温度: 二次供水, 管道保温, 室内水池, 22°C

出水温度: 50°C (45°C 为最低出水温度《民用建筑节能设计规范》)。

(2) 建筑能耗计算结果

表 3.33 旅馆建筑能耗模拟结果 (单位: $\text{kgce}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$)

典型地区	2020 年				2025 年				2030 年			
	总能耗	$(\text{kgce}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$			总能耗	$(\text{kgce}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$			总能耗	$(\text{kgce}/\text{m}^2 \cdot \text{a})$		
		采暖 能耗	空调 能耗	其他 能耗		采暖 能耗	空调 能耗	其他 能耗		采暖 能耗	空调 能耗	其他 能耗
嫩江	22.7	9.1	0.5	13.1	21.8	8.4	0.5	12.9	20.9	7.6	0.6	12.7
哈尔滨	20.3	6.6	0.9	12.8	19.9	6.2	0.9	12.8	19.2	5.5	0.9	12.8

乌鲁木齐	19.4	5.4	1.2	12.8	18.8	5.1	1.2	12.5	17.4	4.4	1	12
银川	15.7	2.7	1	12	15.3	2.4	1	11.9	14.9	2.1	1	11.8
北京	16.3	2.3	2	12	16.1	2.1	2	12	15.6	1.8	1.9	11.9
南京	16.6	2	2.71	11.89	16.29	1.77	2.68	11.84	16	1.49	2.71	11.8
重庆	15.58	0.91	2.87	11.8	15.41	0.8	2.83	11.78	15.05	0.6	2.73	11.72
福州	16.62	0.31	4.67	11.64	16.12	0.27	4.27	11.58	15.6	0.16	3.94	11.5
广州	18.59	0.05	6.69	11.85	17.74	0.03	5.96	11.75	17.26	0.02	5.55	11.69

(3) 与能耗标准比较

表 3.34 宾馆非采暖能耗约束值和引导值 (kWh/m².a)

建筑分类		严寒和寒冷地区		夏热冬冷地区		夏热冬暖地区		温和地区	
		约束值	引导值	约束值	引导值	约束值	引导值	约束值	引导值
A类	三星级及以下	70.00	50.00	110.00	90.00	100.00	80.00	55.00	45.00
	四星级	85.00	65.00	135.00	115.00	120.00	100.00	65.00	55.00
	五星级	100.00	80.00	160.00	135.00	130.00	110.00	80.00	60.00
B类	三星级及以下	100.00	70.00	160.00	120.00	150.00	110.00	60.00	50.00
	四星级	120.00	85.00	200.00	150.00	190.00	140.00	75.00	60.00
	五星级	150.00	110.00	240.00	180.00	220.00	160.00	95.00	75.00
平均	kWh/m ² .a	104.17	76.67	167.50	131.67	151.67	116.67	71.67	57.50
平均	kgce/m ² .a	31.57	23.23	50.76	39.90	45.96	35.35	21.72	17.42

通过与典型气候区新建宾馆建筑能耗比较可知，新建筑建筑整体能耗与《民用建筑能耗标准》中规定的非供暖能耗相近，约为非供暖能耗引导值平均值的 50%~85%。新建建筑能耗远低于《民用建筑能耗标准》规定的引导值。

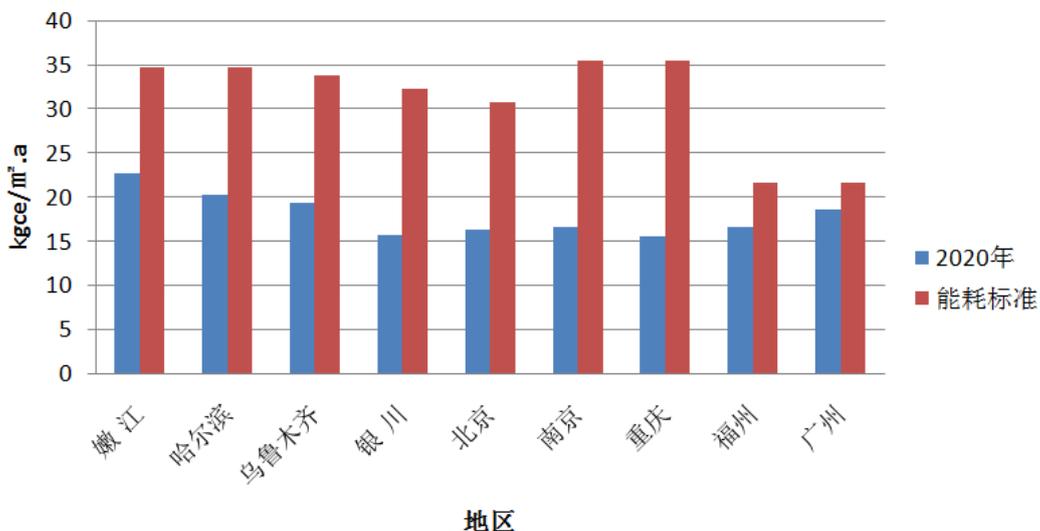


图 3.34 宾馆建筑能耗比较

3.4.2 办公建筑

(1) 建筑模型

1) 基本信息

模型基本信息如表 3-35 所示：

表 3.35 办公建筑基本信息表

项目	参数
体形系数	0.292;
各向窗墙比	0.25;
层高	3m;
层数	6层
每层面积	462 m ² ;
总面积	2772 m ²
办公室面积	16.2 m ² ;
会议室面积	29.7 m ² ;
首层布局	办公室 17 间，会议室 1 间
第二至六层布局	办公室 18 间，会议室 1 间
首层功能区面积比	0.66;
第二至六层功能区面积比	0.695;
整体功能区面积比	0.69。

办公建筑平面图如下图所示：

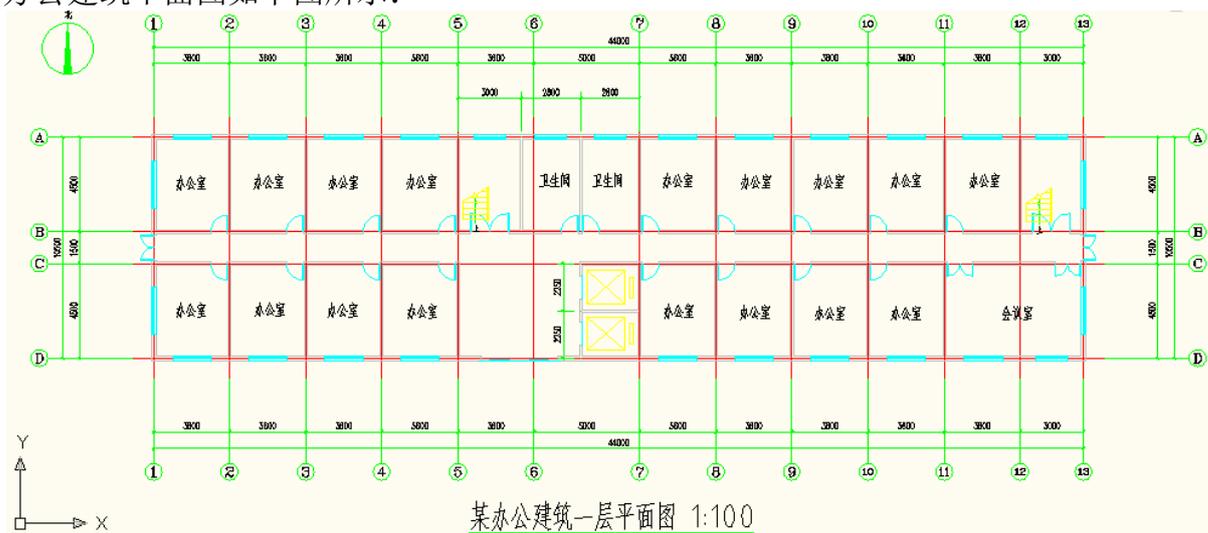


图 3.35 第二层至第六层设计平面图

2) 物理模型

采用 DesignBuild 软件所建立的物理模型如图 3.36 所示：

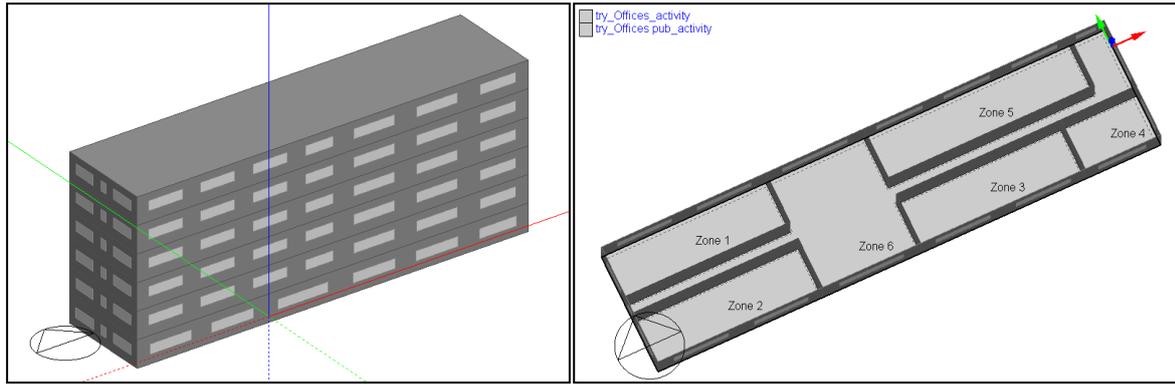


图 3.36 办公建筑物理模型

考虑到走廊和办公室不同的设置参数，所以将每层分为如下六个区域进行分别模拟计算。

3) 体形系数

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.2.1 严寒和寒冷地区公共建筑体形系数限值，黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的体形系数均为 0.29，满足标准要求。

同样，依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.3.1-4 夏热冬冷地区甲类公共建围护结构热工性能限值和表 3.3.1-5 夏热冬暖地区甲类公共建围护结构热工性能限值，认为在南京、重庆、福州、广州等四个地区的建筑体形系数为 0.29，满足标准要求。

4) 窗墙比

窗墙比依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.3.1-1~3 严寒 A、B、C 区及寒冷地区甲类公共建围护结构热工性能限值，黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区各朝向的窗墙比为 0.25。

同样，依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.3.1-4 夏热冬冷地区甲类公共建围护结构热工性能限值和表 3.3.1-5 夏热冬暖地区甲类公共建围护结构热工性能限值，在南京、重庆、福州、广州等四个地区的各向窗墙比为 0.25。

5) 新风参数

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-7 不同类型房间人均新风量 ($m^3/h \cdot \text{人}$) 及《办公建筑设计规范》(JGJ 67-201X) (征求意见稿)，黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州等九个地区的人均新风量定为 $30 m^3/h \cdot \text{人}$ 。

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-8 新风运行情况，如表 3.36:

表 3.36 办公建筑新风运行情况 (1 表示新风开启, 0 表示新风关闭)

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

工作日	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时 间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
工作日	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6) 供暖空调设定

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-1 空气调节和供暖系统的日调节时间,黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区采暖和空调的运行时间设置为:工作日 7:00-19:00,节假日不运行。

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-1 空气调节和供暖系统的日调节时间,南京、重庆、福州、广州等四个地区采暖和空调的运行时间设置为:工作日 7:00-19:00,节假日不运行。

7) 人员密度

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-5 不同类型房间人均占有的建筑面积及《办公建筑设计规范》(JGJ 67-201X)(征求意见稿)4.2 办公用房相关规定,设置黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州等九个地区人员密度为 8 m²/人(公共区域 15 m²/人)。

人员逐时在室率见表 3.37:

表 3.37 房间人员逐时在室率(%)

时 间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工作日	0	0	0	0	0	0	10	50	80	80	80	60
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时 间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
工作日	60	80	80	80	80	30	30	0	0	0	0	0
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

8) 照明密度

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-3 和表 B.0.4-4,黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州等九个地区的照明功率密度值为 6.0w/m²。逐时照明开关时间如表 3.38:

表 3.38 照明开关时间(%)

时 间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工作日	0	0	0	0	0	0	10	50	50	50	50	80
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时 间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

工作日	50	50	50	50	50	30	30	0	0	0	0	0
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

9) 设备功率

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015)表 B.0.4-9 不同类型房间电器设备功率密度 (W/m^2), 黑河、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州等九个地区办公建筑设备功率密度值确定为 $15W/m^2$ 。电器设备逐时使用率如表 3.39:

表 3.39 电器设备逐时使用率 (%)

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工作日	0	0	0	0	0	0	0	50	95	95	95	50
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
工作日	50	95	95	95	95	30	0	0	0	0	0	0
节假日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(2) 建筑能耗计算结果

表 3.39 办公建筑能耗模拟结果 (单位: $kgce/m^2 \cdot a$)

典型地区	2020 年				2025 年				2030 年			
	$(kgce/m^2 \cdot a)$				$(kgce/m^2 \cdot a)$				$(kgce/m^2 \cdot a)$			
	总能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	总能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	总能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗
嫩江	34.97	14.10	2.38	18.49	31.92	10.97	2.60	18.35	28.43	3.00	3.00	22.43
哈尔滨	33.24	12.17	2.54	18.53	31.24	9.99	2.73	18.52	26.93	5.38	3.38	18.18
乌鲁木齐	31.12	9.16	3.38	18.58	29.57	7.45	3.54	18.58	26.49	4.01	3.92	18.56
银川	25.17	3.57	4.59	17.00	25.17	2.43	3.19	19.55	23.44	1.27	3.53	18.64
北京	25.60	2.32	4.59	18.70	25.13	1.65	4.79	18.69	24.49	0.65	5.18	18.66
南京	25.52	3.90	3.43	18.18	25.52	2.64	3.43	19.45	23.28	2.64	3.58	17.07
重庆	23.54	1.97	3.35	18.22	23.00	1.33	3.44	18.22	22.49	0.66	3.61	18.22
福州	23.43	0.60	4.32	18.51	23.43	0.34	4.21	18.89	22.81	0.13	4.27	18.41
广州	24.30	0.11	5.66	18.53	23.85	0.06	5.30	18.50	23.68	0.03	5.19	18.47

3.4.3 学校建筑

3.4.3.1 教学楼

(1) 南方中学教学楼能耗模拟分析

1) 建筑模型及概况

中学教学楼在南方采用单向建筑，本建筑规划占地面积 729 m²，建筑面积约 1849 m²，净空调使用面积约 1429 m²。教学楼共四层，层高 3.9m，每层配备四个普通教室（单个教室面积 72 m²，计划供 40 人使用）和一大一小两个教师办公室，第四层配备中小学专用教室：计算机教室、美术教室、音乐教室、科学教室。

a) 物理模型

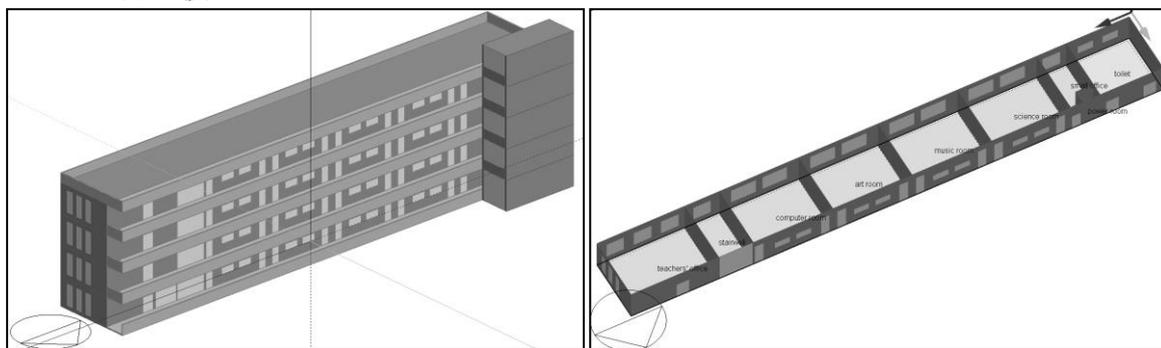


图 3- 南方教学楼模型图

b) 体形系数

体型系数依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.3.1-3 夏热冬冷地区甲类公共建围护结构热工性能限值 and 表 3.3.1-4 夏热冬暖地区甲类公共建围护结构热工性能限值，经计算，南京、重庆、福州、广州等四个地区的建筑体型系数均为 0.28，满足标准要求。

c) 窗墙比

窗墙比依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.3.1-3 夏热冬冷地区甲类公共建围护结构热工性能限值 and 表 3.3.1-4 夏热冬暖地区甲类公共建围护结构热工性能限值，南京、重庆、福州、广州等四个地区的北向窗墙比为 0.07，南向窗墙比为 0.29，东向窗墙比为 0.22，西向窗墙比为 0.08，据满足标准要求。

2) 新风参数

依据《中小学校设计规范》(GB50099-2011)表 10.1.8 主要房间人员所需新风量 (m³/h·人)，南京、重庆、福州、广州等四个地区的人均新风量定为 19m³/h·人。

新风开启时间为 7:00-21:00，节假日不运行。

3) 空调设定

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-1 空气调节和供暖系统

的日调节时间，南京、重庆、福州、广州等四个地区采暖和空调的运行时间设置为：工作日 7:00-21:00，节假日不运行。

中学节假日设定为：法定节假日按 2016 年设定，暑假设为从 7 月 1 日开始，共 60 天，寒假设为从 1 月 30 日开始，共 30 天。

空调形式：变频分体空调，夏季空调设计温度为 26℃，冬季空调设计温度夏热冬冷地区为 16℃、夏热冬暖地区为 15℃。

夏季空调季节能效比：夏热冬冷地区取 3.5、夏热冬暖地区取 3.0；冬季空调供热季节能耗比夏热冬冷地区取 3.0、夏热冬暖地区取 3.8；

人均占有建筑面积：2.5 m²/人；

教学楼均采用自然通风方式，自然通风工况设计按室外温度低于室内 2℃时，即可开启。

根据表 B.0.4-6 房间人员逐时在室率，南京、重庆、福州和广州等四个地区采暖和空调房间人员逐时在室率见表 3.41：

表 3.40 人员在室率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
在室率	0	0	0	0	0	0	10	50	80	80	80	80
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
在室率	30	80	80	80	80	30	30	80	80	0	0	0

4) 照明密度

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015) 表 B.0.4-3 和表 B.0.4-4，考虑照明功率逐年递减，南京、重庆、福州、广州等四个地区的照明功率密度值取为 5.0w/m² (2020)、4.0w/m² (2025)、3.0w/m² (2030)，根据使用性质的不同，单独对卫生间照明功率密度进行设置，设定为 3W/m² (2020)、2.5W/m² (2025)、2W/m² (2030)。照明时间均为 7:00-21:00，节假日不使用。逐时照明开关时间如表 3.42：

表 3.41 照明开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
教室、办公室	0	0	0	0	0	0	10	50	95	95	95	80
楼梯、卫生间	0	0	0	0	0	0	95	95	95	95	95	95
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
教室、办公室	80	95	95	95	95	30	30	95	95	0	0	0
楼梯、卫生间	95	95	95	95	95	95	95	95	95	0	0	0

依据《中小学校设计规范》(GB50099-2011) 表 9.3.1 教学用房的照明标准，教室的照度为 300lx，卫生间照度为 150lx。

5) 设备功率

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189 2015)表 B.0.4-9 不同类型房间电器设备功率密度 (W/m^2)，考虑到设备功率逐年递增的趋势，南京、重庆、福州、广州等四个地区设备功率密度值确定为 $3W/m^2$ (2020)、 $4W/m^2$ (2025)、 $5W/m^2$ (2030)，根据使用性质的不同，单独对卫生间设备功率进行设置，设定为 $2W/m^2$ (2020)、 $2.5W/m^2$ (2025)、 $3W/m^2$ (2030)。设备使用时间均为 7:00-21:00，节假日不使用。电器设备逐时使用率如表 3.43 所示。

表 3.42 设备开启率

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
教室、办公室	0	0	0	0	0	0	10	50	80	80	80	0
卫生间	0	0	0	0	0	0	95	95	95	95	95	95
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
教室、办公室	0	80	80	80	80	30	0	80	80	0	0	0
卫生间	95	95	95	95	95	95	95	95	95	0	0	0

(2) 北方中学教学楼能耗模拟分析

1) 建筑模型及概况

中学教学楼在北方采用围合形式建筑，本建筑规划占地面积 $2224 m^2$ ，建筑面积约 $6032 m^2$ ，净空调使用面积约 $4969 m^2$ ，净供暖面积约为 $5441 m^2$ 。教学楼共四层，层高 $3.9m$ ，每层配备 16 个普通教室（单个教室面积 $72 m^2$ ，计划供 40 人使用）和两大两小四个教师办公室，第四层配备中小学专用教室：计算机教室、美术教室、音乐教室、科学教室。

a) 物理模型

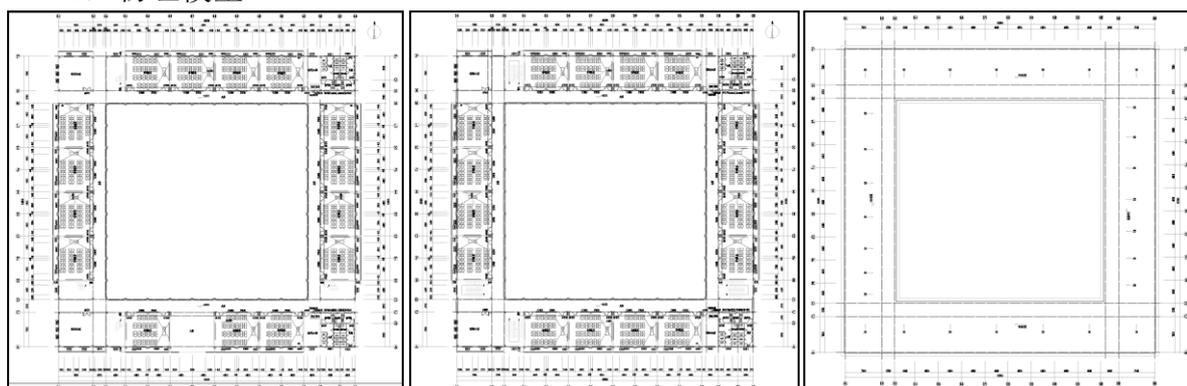


图 3.37 一层、二~四层、屋顶平面图

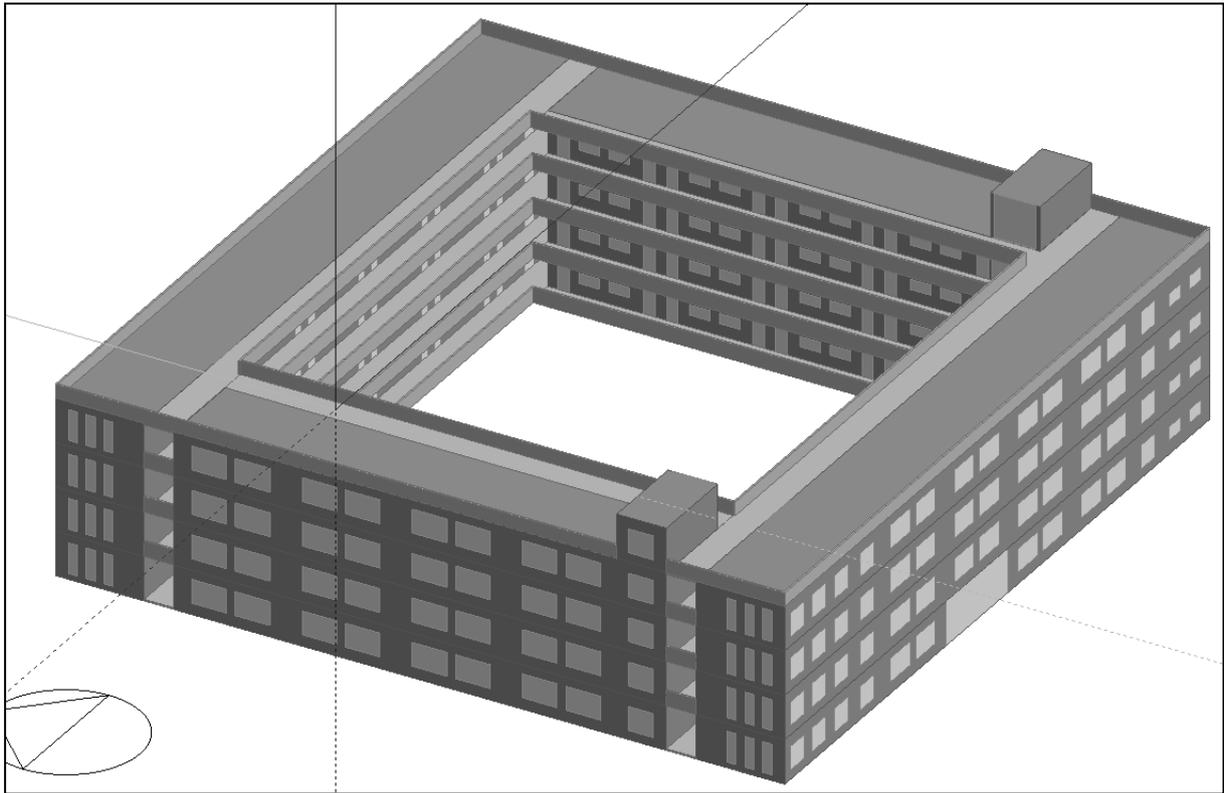


图 3.38 北方教学楼模型图

b) 体形系数

体型系数依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.2.1 严寒和寒冷地区公共建筑体型系数限值, 据计算, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的体型系数均为 0.27, 满足标准要求。

c) 窗墙比

窗墙比依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 3.3.1-1~3 严寒 A、B、C 区及寒冷地区地区甲类公共建围护结构热工性能限值, 据计算, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的北向窗墙比为 0.18, 南向窗墙比为 0.18, 东向窗墙比为 0.18, 西向窗墙比为 0.21, 均满足标准要求。

2) 新风参数

依据《中小学校设计规范》(GB50099-2011)表 10.1.8 主要房间人员所需新风量 ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$), 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的人均新风量均定为 $12 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ 。

3) 空调设定

依据《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2015)表 B.0.4-1 空气调节和供暖系统的日调节时间, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区采暖和空调的运行时间设置为: 工作日 7:00-21:00; 节假日不运行。

中学节假日设定为: 法定节假日按 2016 年设定, 寒冷地区(北京、银川)寒暑假

时间与南方相同，严寒地区（嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐）暑假设为从 7 月 15 日开始，共 45 天，寒假设为从 1 月 15 日开始，共 45 天。

空调形式：变频分体空调；

季节能效比：夏季严寒地区取 3.8、寒冷地区取 3.5，冬季均取 2.4（散热器），夏季空调设计温度为 26℃，冬季散热器供暖设计温度为 18℃；北方考虑值班供暖，设计温度定为 5℃。

人均占有建筑面积：2.5 m²/人；

教学楼均采用自然通风方式，自然通风工况设计按室外温度低于室内 2℃时，即可开启。

根据表 B.0.4-6 房间人员逐时在室率，嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区采暖和空调房间人员逐时在室率见表 3.44：

表 3.43 人员在室率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
在室率	0	0	0	0	0	0	10	50	80	80	80	80
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
在室率	30	80	80	80	80	30	30	80	80	0	0	0

4) 照明密度

依据《公共建筑节能设计标准》（GB50189 2015）表 B.0.4-3 和表 B.0.4-4，考虑照明功率逐年递减，嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的照明功率密度值取 5.0w/m²（2020）、4.0w/m²（2025）、3.0w/m²（2030），根据使用性质的不同，单独对卫生间照明功率密度进行设置，设定为 3W/m²（2020）、2.5W/m²（2025）、2W/m²（2030）。照明时间为 7:00-21:00，节假日不使用。教学用房逐时照明开关时间如表 3.45：

表 3.44 照明开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
教室、办公室	0	0	0	0	0	0	10	50	95	95	95	80
楼梯、卫生间	0	0	0	0	0	0	95	95	95	95	95	95
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
教室、办公室	80	95	95	95	95	30	30	95	95	0	0	0
楼梯、卫生间	95	95	95	95	95	95	95	95	95	0	0	0

依据《中小学校设计规范》（GB50099-2011）表 9.3.1 教学用房的照明标准，教室的照度为 300lx，卫生间和走廊为 150lx。

5) 设备功率

据《公共建筑节能设计标准》（GB50189 2015）表 B.0.4-9 不同类型房间电器设备

功率密度 (W/m^2)，考虑到设备功率逐年递增的趋势，嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区设备功率密度值确定为 $3W/m^2$ (2020)、 $4W/m^2$ (2025)、 $5W/m^2$ (2030)，根据使用性质的不同，单独对卫生间设备功率进行设置，设定为 $2W/m^2$ (2020)、 $2.5W/m^2$ (2025)、 $3W/m^2$ (2030)，设备使用时间均为 7:00-21:00，节假日不使用。电器设备逐时使用率见表 3.46:

表 3.45 设备开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
教室、办公室	0	0	0	0	0	0	10	50	80	80	80	0
卫生间	0	0	0	0	0	0	95	95	95	95	95	95
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
教室、办公室	0	80	80	80	80	30	0	80	80	0	0	0
卫生间	95	95	95	95	95	95	95	95	95	0	0	0

(3) 中学教学楼能耗预测

由于南北方的教学楼建筑不同，故将南北方分开进行讨论。教学楼人员活动以静坐为主，冬季着装系数 1.0，夏季着装系数 0.5，运行时间为 7:00-21:00。

1) 南方典型城市中学教学楼能耗

表 3.46 南方中学教学楼面积

项目	面积[m ²]
总建筑面积	1849.16
净空调供暖建筑面积	1429.18

表 3.48 南方典型城市中学教学楼能耗 (单位: $kgce/m^2 \cdot a$)

地区	2020 年 (基准)			2025 年			2030 年		
	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗
南京	0.04	1.25	2.54	0.02	1.29	2.61	0.01	1.37	2.76
重庆	0.02	1.49	2.99	0.01	1.52	2.97	0.00	1.56	3.02
福州	0.00	0.41	2.74	0.00	0.54	2.84	0.00	0.68	2.93
广州	0.00	0.41	2.32	0.00	0.55	2.50	0.00	0.68	2.69

2) 北方典型城市中学教学楼建筑能耗

表 3.49 北方中学教学楼面积

项目	面积[m ²]
总建筑面积	1869.80
净空调建筑面积	4969.65

净供暖面积	5441.65
-------	---------

表 3.47 北方典型城市中学教学楼能耗（单位：kgce/m²·a）

地区	2020年（基准）			2025年			2030年		
	采暖 能耗	空调 能耗	其他 能耗	采暖 能耗	空调 能耗	其他 能耗	采暖 能耗	空调 能耗	其他 能耗
嫩江	6.22	3.04	7.72	4.79	3.30	8.17	3.29	3.68	8.57
哈尔滨	4.34	3.81	8.00	3.52	4.03	8.41	2.44	4.39	8.79
乌鲁木齐	3.09	5.47	7.36	2.60	5.69	7.93	1.72	6.15	8.45
银川	1.72	3.90	8.25	1.26	4.18	8.60	0.84	4.55	9.00
北京	0.91	8.00	6.96	0.69	8.35	7.64	0.39	8.88	8.28

3.4.3.2 学校宿舍楼

(1) 南方中学宿舍楼能耗模拟设置

1) 建筑模型

a) 基本信息

占地面积：280.8 m²，建筑层数 6 层，建筑面积 1684.8 m²。

b) 模型图

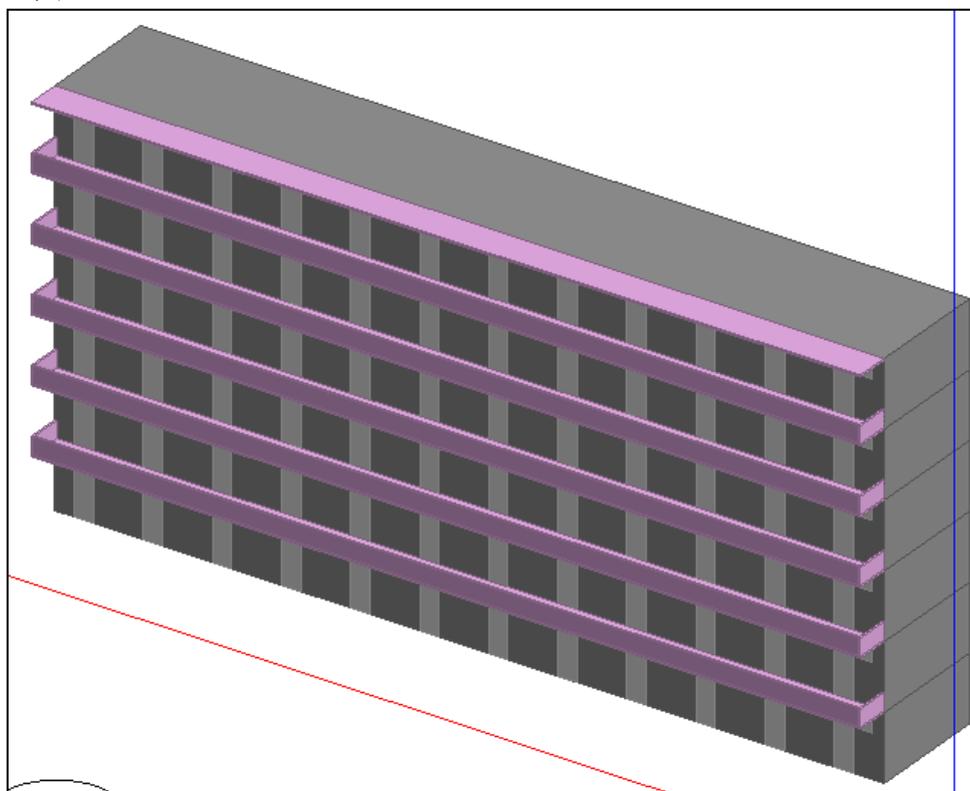


图 3.39 模型立体示意图

c) 体形系数

依据《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134-2010) 4.0.3 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75-2012) 4.0.3, 南京、重庆、福州、广州等四个地区的体形系数限值设置为 ≤ 0.30 。

d) 窗墙比

依据《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134-2010) 4.0.5 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75-2012) 4.0.4, 南京、重庆、福州、广州等四个地区的四个朝向的窗墙比限值设置为 ≤ 0.25 。

2) 换气次数

依据《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134-2010) 3.0.1、3.0.2 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75-2012) 3.0.2、3.0.3, 南京、重庆、福州、广州等四个地区的计算换气次数设置为 1.0 次/h。

3) 空调设定

依据《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134-2010) 6.0.8 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75-2012) 6.0.7, 南京、重庆、福州、广州等四个地区采暖和空调运行时间为: 工作日 1:00~7:00、13:00~14:00、22:00~24:00; 节假日不运行。

中学节假日设定为: 法定节假日按 2016 年设定, 暑假设定为从 7 月 1 日开始, 共 60 天, 寒假设定为从 1 月 30 日开始, 共 30 天。

空调形式: 变频分体空调, 夏季空调设计温度为 26℃, 冬季空调设计温度夏热冬冷地区为 16℃、夏热冬暖地区为 15℃。

宿舍均采用自然通风方式, 自然通风工况设计按室外温度低于室内 2℃时, 即可开启。

4) 人员密度

由于《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134-2010) 和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75-2012) 中未规定人员密度, 因此根据实际情况, 南京、重庆、福州、广州等四个地区人员密度设置为 4 人/间, 人员逐时在室率见表 3.51。

表 3.48 房间人员逐时在室率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
在室率	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
在室率	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

5) 照明密度

依据《建筑照明设计标准》(GB50034-2013) 6.3.1, 南京、重庆、福州、广州等四

个地区，照明功率密度限值设置为 $4\text{W}/\text{m}^2$ 。照明时间为：工作日 1:00~7:00、13:00~14:00、22:00~24:00；节假日不运行。

表 3.49 照明开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
开启率	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
开启率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0

6) 设备功率

由于《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 134-2010)和《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 75-2012)中未规定设备功率密度，因此根据实际情况，南京、重庆、福州、广州等四个地区设备功率密度限值设置为 $2\text{W}/\text{m}^2$ 。设备运行时间为：工作日 1:00~7:00、13:00~14:00、22:00~24:00；节假日不运行。

表 3.50 照明开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
开启率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
开启率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0

(2) 北方学校宿舍楼能耗模拟设置

1) 建筑模型

a) 基本信息

占地面积： 865m^2 ，建筑层数 6 层，建筑面积 4410m^2 。

b) 模型图

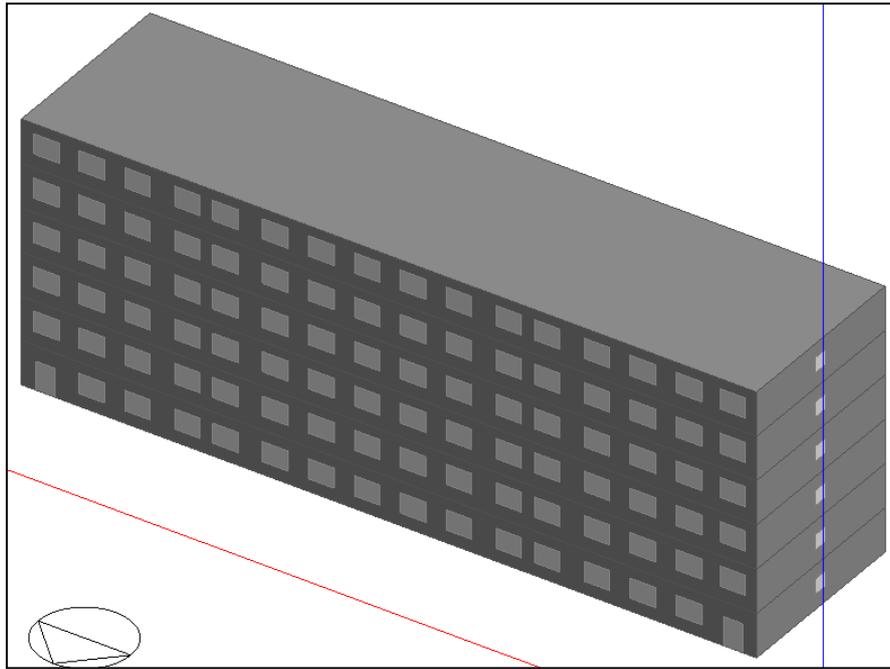


图 3.40 北方学生宿舍模型

c) 体形系数

依据《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010) 4.1.3, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的体形系数限值设置为 ≤ 0.30 。

d) 窗墙比

依据《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010) 4.1.4, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的四个朝向的窗墙比限值设置为 ≤ 0.25 。

3) 换气次数

依据《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010) 3.0.2, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区的冬季采暖计算换气次数设置为 0.5 次/h。

4) 空调设定

依据《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010) 5.1~5.4, 嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区采暖和空调运行时间为: 工作日 1:00~7:00、13:00~14:00、22:00~24:00; 节假日不运行。

中学节假日设定为: 法定节假日按 2016 年设定, 寒冷地区(北京、银川)寒暑假时间与南方相同, 严寒地区(嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐)暑假设定为从 7 月 15 日开始, 共 45 天, 寒假设定为从 1 月 15 日开始, 共 45 天。

夏季空调形式: 变频分体空调, 空调设计温度为 26°C ; 冬季采暖形式: 散热器, 供暖设计温度为 18°C , 考虑值班供暖, 设计温度定为 5°C 。

宿舍均采用自然通风方式, 自然通风工况设计按室外温度低于室内 2°C 时, 即可开启。

5) 人员密度

由于《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010)中未规定人员密度,因此根据实际情况,嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区人员密度设置为4人/间,人员逐时在室率见表3.54。

表 3.51 房间人员逐时在室率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
在室率	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
在室率	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

6) 照明密度

依据《建筑照明设计标准》(GB50034-2013)6.3.1,嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区,照明功率密度限值设置为4W/m²。照明时间为:工作日1:00~7:00、13:00~14:00、22:00~24:00;节假日不运行。

表 3.52 - 照明开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
开启率	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
开启率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0

7) 设备功率

由于《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》(JGJ 26-2010)中未规定设备功率密度,因此根据实际情况,嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川和北京等五个地区,设备功率密度限值设置为2W/m²。设备运行时间为:工作日1:00~7:00、13:00~14:00、22:00~24:00;节假日不运行。

表 3.53 照明开启率%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
开启率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
开启率	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0

(3) 中学宿舍楼建筑能耗模拟及预测

1) 典型城市中学宿舍楼建筑能耗

表 3.54 能耗计算结果 (kgce/m²·a)

地区	2020 年 (基准)			2025 年			2030 年		
	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗
嫩江	47.68	0.03	6.93	44.42	0.03	6.93	39.56	0.03	6.93
哈尔滨	36.64	0.17	6.94	34.32	0.17	6.94	30.63	0.16	6.94
乌鲁木齐	26.82	0.29	6.95	25.18	0.28	6.95	22.15	0.26	6.95
银川	18.81	0.05	6.99	16.81	0.05	6.99	14.68	0.05	6.99
北京	14.78	0.42	6.99	13.55	0.41	6.99	11.38	0.39	6.99
南京	1.88	0.37	1.32	1.75	0.36	1.32	1.55	0.36	1.32
重庆	0.97	0.58	1.35	0.90	0.57	1.35	0.78	0.56	1.35
福州	0.22	1.21	1.35	0.18	1.09	1.35	0.15	1.00	1.35
广州	0.04	2.57	1.36	0.03	2.33	1.36	0.02	2.15	1.36

3.4.4 医院建筑

(1) 建筑模型

1) 物理模型

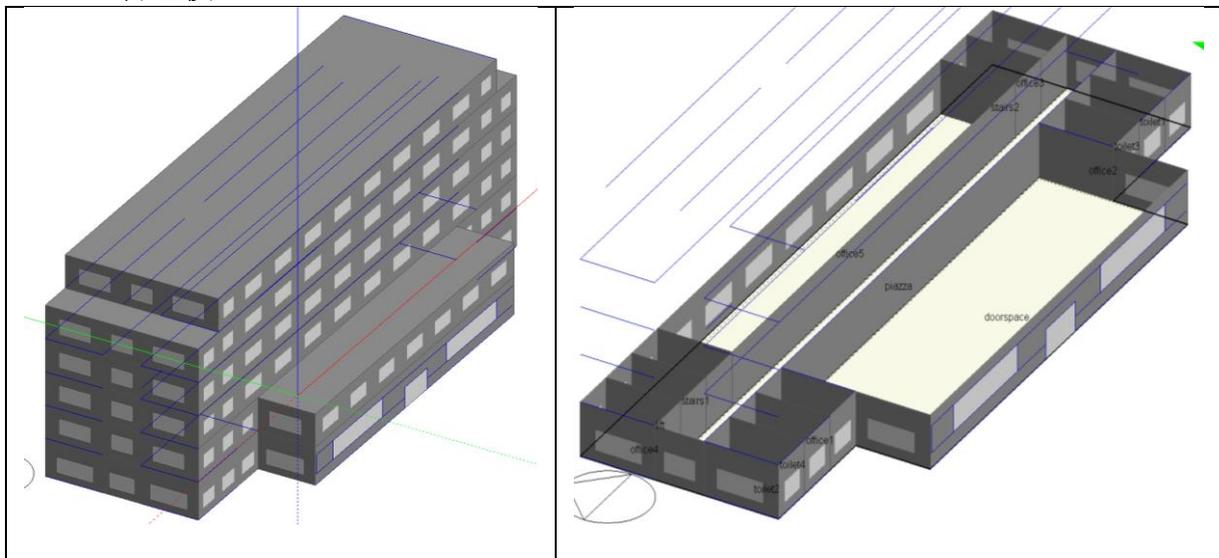


图 3.41 建筑物理模型

建筑体型系数 0.3, 窗墙比 0.25, 建筑总面积 5374 m², 空调面积 4215 m²。建筑南北朝向。建筑基本信息参数设置如下:

2) 室内人员活动情况

人员密度 0.125 人/m², 人员活动以静坐办公为主。

表 3.58 室内人员在室率（诊疗室）%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0	0	0	0	0	0	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.5
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.5	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	0.3	0	0	0	0	0

表 3.59 室内人员在室率（急诊室）%

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

3) 室内环境温度:

冬季供暖期北方地区室内环境温度 18℃~20℃，南方地区室内温度 15℃~18℃；夏季空调期北方室内环境 26℃~28℃。

4) 室内设备情况

设备得热功率 15W/m²。

表 3.60 室内设备使用计划时间表（诊疗室）

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.3
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.5	0.2	0	0	0	0	0

表 3.61 室内设备使用计划时间表（急诊室）

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.8	0.8	0.9	0.9	0.3
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.3	0.8	0.9	0.9	0.9	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

5) 照明功率密度

单位面积照明密度 6W/m²。照明时间表如表 3.62 所示。

表 3.62 照明开启计划时间表（诊疗室）

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

表 3.55 照明开启计划时间表（急诊室）

时间	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
使用率	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
时间	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
使用率	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

7) HVAC 系统通风

医疗建筑按换气次数确定 1.4ac/h，依据《综合医院建筑设计规范》(GB51039-2014) 7.1.13，医疗建筑换气次数 2 ac/h，实际开启率约 70%，因此确定为 1.4ac/h。

(2) 建筑能耗模拟计算结果

表 3.56 医院建筑能耗结果 kgce/m²·a

地区	2020 年（基准）			2025 年			2030 年		
	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗	采暖能耗	空调能耗	其他能耗
嫩江	27.52	2.28	28.25	21.89	2.31	22.51	25.90	2.34	22.38
哈尔滨	22.12	1.85	25.48	21.44	1.83	24.84	20.89	1.86	23.03
乌鲁木齐	13.39	1.47	21.44	12.10	1.47	21.44	11.56	1.35	20.76
银川	13.02	1.75	22.68	12.47	1.77	22.65	11.65	1.67	22.61
北京	11.79	3.09	24.97	11.06	3.70	22.64	10.55	3.42	22.07
南京	1.86	5.59	22.71	1.71	5.52	22.44	1.54	5.53	22.35
重庆	0.80	6.21	22.50	0.74	6.24	22.47	0.64	6.28	22.40
福州	0.42	8.18	22.64	0.37	8.12	22.62	0.30	8.17	22.57
广州	0.13	9.02	22.66	0.11	8.97	22.64	0.10	8.49	22.62

注：其他能耗是指除采暖、空调之外的所有能耗。

3.5 小结

本章节系统介绍了能耗总量控制思路、方法。总结了建筑面积控制和单体能耗控制两个关键因素。以人口增量与产业发展的相关性为依据，对未来建筑面积增长情景进行了预测分析，并以典型地区、典型功能建筑能耗的计算为例，给规定了具体的能

耗计算参数和计算方法。

居住建筑、宾馆、办公建筑、学校建筑、医院建筑等建筑功能特征明显，而商业建筑的功能特征更为显著，主要以商业效益为首位，因此，在满足建筑基本功能的前提下，建筑围护结构、照明、空调采暖能耗节能潜力较小，主要是通过运行节能和提高设备能效为主，且未来商业建筑的发展趋势和消费模式上不明朗，因此，本研究中以商业建筑的实际能耗为基础能耗，按照建筑能效提升水平，在第四章对商业建筑能耗总量进行了预测计算，未建立物理模型进行模拟分析。

第四章 未来建筑用能指标和年用能指标

第三章介绍了建筑能耗总量控制的计算方法，并对全国不同功能建筑面积和能耗进行了拆分和计算。依据典型建筑的能耗计算方法，本章节重点对全国各省市不同功能建筑的能耗和总量进行计算。

典型建筑能耗与不同气候区建筑能耗计算方法较为简单，假设在设计工况一定的情况下，忽略气候区间不同模型热工参数的不显著因素的影响，为便于计算拆分，认为建筑的采暖空调能耗分别与 HDD 和 CDD 呈线性关系，按照前人研究成果，采用能耗替代系数法进行计算分析。

4.1 居住建筑

4.1.1 城镇住宅能耗

(1) 耗热量指标 (w/m^2)

根据模型围护结构设定的热工参数及当地气象条件等，计算出各 9 个典型城市的冬季建筑耗热量指标 (w/m^2)，如表 4.1 所示。

表 4.1 典型城市冬季建筑耗热量指标 (w/m^2)

	2002 年	2025 年	2030 年
嫩江	85.95	67.98	63.76
哈尔滨	71.08	60.05	53.87
乌鲁木齐	62.11	53.72	49.58
银川	38.55	27.18	26.63
北京	28.60	20.88	17.54
南京	19.71	14.06	11.90
重庆	18.93	13.38	11.47
福州	5.66	3.61	2.65
广州	2.20	1.54	1.21

(2) 采暖空调能耗

根据第三章计算结果，依据采暖空调度日数与采暖空调能耗的相关性进行计算，预测全国不同地区城镇居住建筑能耗，如表 4.2。

表 4.2 典型城市模拟能耗 kgce/m².a

省份	城市	采暖度日数 (HDD 18)	空调度日数 (CDD 26)	2020 年		2025 年		2030 年	
				采暖能耗	空调能耗	采暖能耗	空调能耗	采暖能耗	空调能耗
黑龙江	嫩江	6805	4	6.56	0.18	4.27	0.23	1.83	0.35
黑龙江	哈尔滨	5032	14	5.84	0.51	4.16	0.62	2.11	0.79
新疆维吾尔自治区	乌鲁木齐	4329	36	5.15	1.67	3.79	1.88	1.81	2.25
宁夏	银川	3472	11	2.65	0.84	1.41	1.04	0.39	1.33
北京	北京	2699	94	1.88	2.27	1.07	2.52	0.20	2.81
江苏省	南京	1775	176	2.70	3.49	1.39	3.63	0.50	3.98
重庆	重庆	1089	217	1.73	3.71	0.94	3.86	0.37	3.94
福建省	福州	681	267	0.27	7.52	0.10	6.69	0.01	6.31
广东省	广州	373	313	0.03	10.52	0.01	9.09	0.00	8.52

2020 年典型城市采暖空调能耗与 HDD 和 CDD 拟合关系图。其中，单位采暖度日数采暖能耗指数为 0.001kgce/HDD，单位空调度日数空调能耗指数为 0.0272 kgce/CDD。

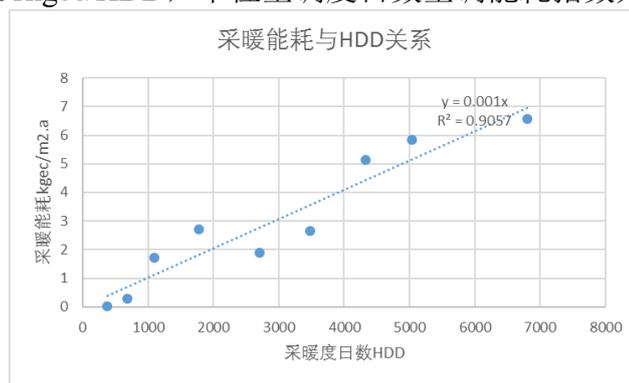


图 4.1 2020 年采暖能耗与 HDD 线性关系图

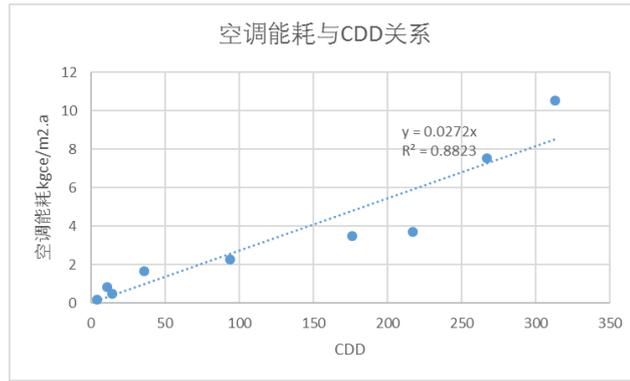


图 4.2 2020 年空调能耗与 CDD 线性拟合关系图

同理，2025 年采暖度日数替代系数为 0.0007 kgce/HDD，空调度日数空调能耗指数为 $0.0235+0.32$ kgce/CDD。

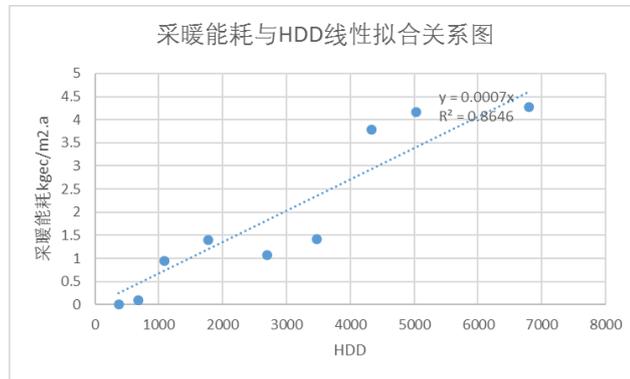


图 4.3 2035 年采暖能耗与 HDD 线性关系图

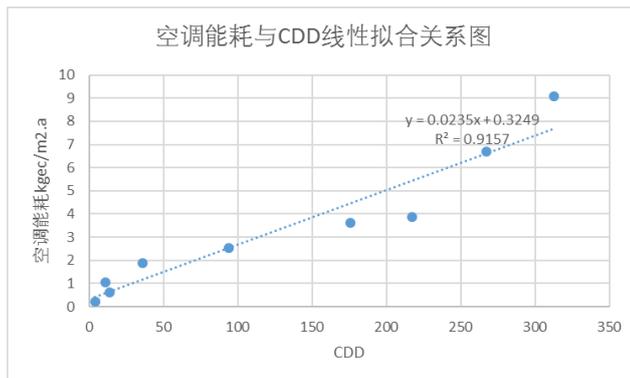


图 4.4 2025 年空调能耗与 CDD 线性拟合关系图

2030 年采暖度日数替代系数为 0.0003 kgce/HDD，空调度日数空调能耗指数为 $0.0214+0.67$ kgce/CDD。

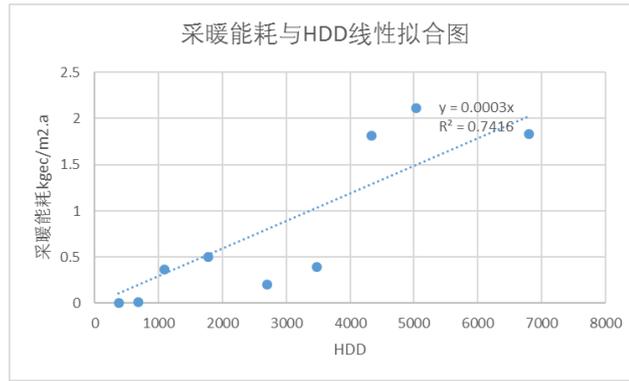


图 4.5 2030 年采暖能耗与 HDD 线性关系图

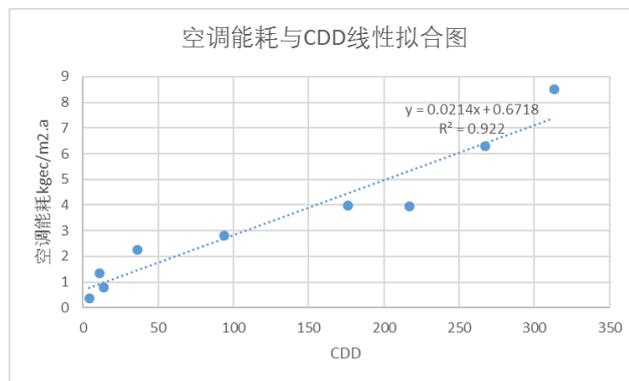


图 4.6 2030 年空调能耗与 CDD 线性拟合关系图

(3) 其他能耗

表 4.2 其他能耗 (kgce/m².a)

	2002 年	2025 年	2030 年
嫩江	8.25	8.86	9.47
哈尔滨	8.3	8.9	9.52
乌鲁木齐	8	8.65	9.33
银川	8.26	8.86	9.48
北京	8.27	8.87	9.49
南京	8.44	9.01	9.62
重庆	8.37	8.95	9.57
福州	8.38	8.97	9.58
广州	8.31	8.92	9.53
平均值	8.29	8.89	9.51

不同地区典型城市居住建筑其他能耗的差异不大，随着经济的发展，家用电器数量的增多，其他建筑能耗整体呈现逐年上升趋势。2020 年、2025 年、2030 年城镇居住

建筑其他能耗分别为 8.29、8.89、9.51 kgce/m².a，该值作为城镇居住建筑其他能耗总量控制的计算参考值，不同地区新建居住建筑的实际建筑能耗，应严格按照设计参数、用能模式、用能时间表等参数经软件计算获得为准。

(4) 能耗指标

表 4.3 城镇新建居住建筑年能耗指标 (kgce/m².a)

地区	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	13.57	13.65	13.73	13.82	13.90	13.02	13.11	13.20	13.29	13.31	12.33
黑龙江	14.41	14.50	14.58	14.66	14.74	13.21	13.30	13.39	13.48	13.51	11.40
江苏	14.13	14.21	14.29	14.38	14.46	13.63	13.72	13.81	13.90	13.92	13.15
福建	15.90	15.98	16.07	16.15	16.23	15.37	15.46	15.55	15.64	15.67	15.16
广东	18.33	18.41	18.49	18.58	18.66	17.52	17.61	17.69	17.78	17.81	17.22
重庆	15.30	15.38	15.47	15.55	15.63	14.78	14.87	14.96	15.05	15.08	14.48
宁夏	12.07	12.16	12.24	12.32	12.41	11.60	11.69	11.78	11.87	11.90	10.78
新疆	14.78	14.86	14.95	15.03	15.11	13.89	13.98	14.07	14.15	14.18	12.75

(4) 城镇居住建筑能耗预测

表 4.4 未来全国各省市城镇居住建筑能耗总量(百万 tce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	5.04	5.47	5.95	6.49	7.08	7.21	7.90	8.66	9.36	10.06	9.85
黑龙江	6.45	6.93	7.45	8.03	8.66	8.34	9.04	9.80	10.54	11.26	9.99
江苏	14.62	15.69	16.86	18.17	19.60	19.85	21.49	23.30	25.03	26.74	26.54
福建	7.42	7.99	8.63	9.34	10.12	10.35	11.25	12.25	13.22	14.19	14.51
广东	26.89	28.81	30.94	33.34	35.99	36.36	39.38	42.69	45.89	49.05	49.96
重庆	5.39	5.83	6.31	6.85	7.44	7.61	8.29	9.04	9.78	10.51	10.69
宁夏	0.84	0.91	0.99	1.11	1.25	1.31	1.48	1.66	1.84	2.02	1.97
新疆	3.03	3.32	3.64	3.97	4.34	4.34	4.75	5.22	5.66	6.10	5.81
合计	215.29	232.51	251.55	272.59	295.79	300.48	327.13	356.48	384.99	413.38	411.17

以上表中的各省市建筑能耗限定值是按照典型建筑能耗与 HDD 和 CDD 之间的线性关系计算获得，各省市地区设计建筑的基准能耗值应按照上文 3.1 中的计算方法，采用相应建筑物理模型计算获得设计的实际能耗限值。以上各限值可作为能耗总量控制的参考依据，指导未来国家能源总量控制限额分配。

4.1.2 农村住宅能耗

农村住宅能耗强度，由于用能习惯的改变，农村对商品能源的需求和实际使用量均在不断增加，同时由于农村家用电器以及采暖需求的增加等方面原因，如果不采取

一定的措施进行引导，假设到 2030 年该部分能耗强度将上升 30%，到 2050 年城镇化达到较高水平时，能够留守农村则意味着生活水平应当与城市相当或差距不大，则在此 20 年间，假设农村能耗水平应当还会上涨 10%，但同时由于人均建筑面积较城市大且包含分户采暖能耗。农村建筑能耗预测值如下表所示。

表 4.5 未来农村建筑能耗预测（亿 tce）

年代	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
能耗	2.15	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.16	2.16	2.15

4.2 公共建筑

与城镇居住建筑能耗预测方法一致，公共建筑中的宾馆、办公、学校、医院建筑均采用与城镇住宅相同的方法，进行计算预测。

4.2.1 宾馆建筑

2020 年~2030 年各地区宾馆建筑采暖、空调和其他能耗设计值（kgce/m².a）。

表 4.6 采暖空调能耗替代系数（kgce/m².a）

年份	HDD	CDD
2020	0.0012	0.0182
2025	0.0011	0.014X+0.5575
2030	0.0010	0.0134+0.5783

表 4.7 未来宾馆建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	16.89	17.02	17.14	17.26	17.38	16.43	16.55	16.67	16.80	16.83	3.96
黑龙江	18.89	19.01	19.13	19.25	19.38	18.75	18.87	18.99	19.11	19.15	2.57
江苏	16.69	16.82	16.94	17.06	17.18	16.29	16.41	16.53	16.65	16.69	2.49
福建	17.56	17.69	17.81	17.93	18.05	16.50	16.62	16.74	16.87	16.90	3.61
广东	19.06	19.18	19.31	19.43	19.55	17.62	17.74	17.86	17.98	18.02	4.79
重庆	17.35	17.47	17.60	17.72	17.84	16.43	16.55	16.67	16.80	16.83	3.23
宁夏	16.23	16.35	16.47	16.60	16.72	16.08	16.20	16.32	16.44	16.48	1.19
新疆	18.19	18.31	18.43	18.56	18.68	17.71	17.83	17.95	18.07	18.11	2.46

4.2.2 办公建筑

(1) 办公建筑采暖、空调能耗计算

表 4.8 办公建筑采暖、空调能耗

省份	城市	采暖度日数 (HDD 18)	空调度日数 (CDD 26)	2020 年		2025 年		2030 年	
				采暖能耗	空调能耗	采暖能耗	空调能耗	采暖能耗	空调能耗
黑龙江	大兴安岭地区	6805	4	14.10	2.38	2.38	2.60	18.49	3.00
黑龙江	哈尔滨	5032	14	12.17	2.54	2.54	2.73	18.53	3.38
新疆维吾尔自治区	乌鲁木齐	4329	36	9.16	3.38	3.38	3.54	18.58	3.92
宁夏	银川	3472	11	3.57	4.59	4.59	3.19	17.00	3.53
北京	北京	2699	94	2.32	4.59	4.59	4.79	18.70	5.18
江苏省	南京	1775	176	3.90	3.43	3.43	3.43	18.18	3.58
重庆	重庆	1089	217	1.97	3.35	3.35	3.44	18.22	3.61
福建省	福州	681	267	0.60	4.32	4.32	4.21	18.51	4.27
广东省	广州	373	313	0.11	5.66	5.66	5.30	18.53	5.19

2020 年、2025 年和 2030 年办公建筑的逐年能耗拟合函数分别如下图所示。

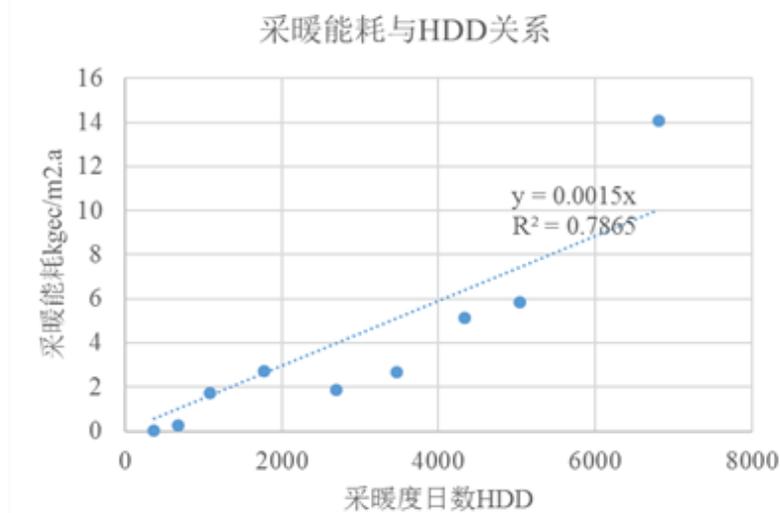


图 4.7 采暖能耗与 HDD 线性拟合关系图

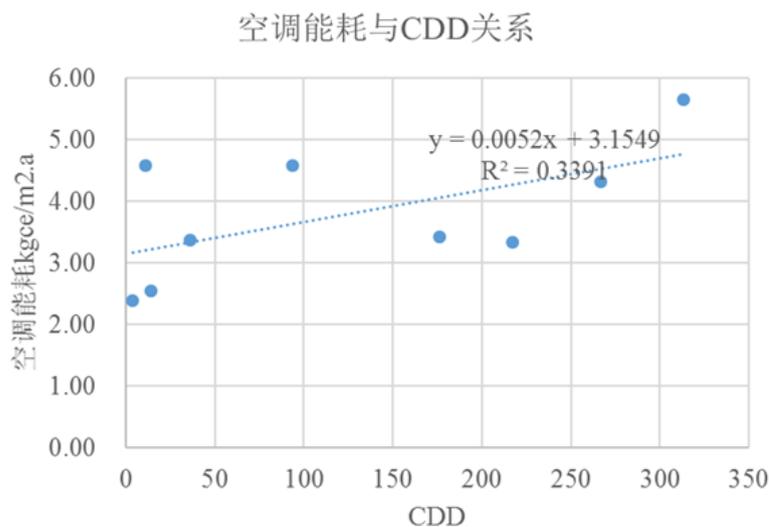


图 4.8 2020 年空调能耗与 CDD 之间的关系

通过计算可知，冬季供暖单位 HDD 能耗量为 $0.0015 \text{ kgce/m}^2 \cdot \text{a}$ ，单位 CDD 空调能耗为 $0.0052X+3.15 \text{ kgce/m}^2 \cdot \text{a}$ ，其中 3.15 为建筑室内内热空调能耗。同理 2025 年、2030 年单位 HDD 和单位 CDD 能耗计算系数分为为 0.0013、 $0.0053X+3.02$ ，0.0007、 $0.0036X+3.5 \text{ kgce/m}^2 \cdot \text{a}$ 。

表 4.9 采暖空调能耗替代系数 ($\text{kgce/m}^2 \cdot \text{a}$)

年份	HDD	CDD
2020	0.0015	$0.0053X+3.15$
2025	0.0013	$0.0052X+3.02$
2030	0.0007	$0.0036X+3.5$

通过计算可知，办公建筑单位 HDD 能耗由于新风量增加，能耗替代系数较居住建筑计算值增大，同理，由于建筑内热的影响，单位 CDD 的能耗计算系数也发生了变化。

表 4.10 2020 年-2030 年全国办公建筑年能耗指标 ($\text{kgce/m}^2 \cdot \text{a}$)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	26.00	26.19	26.37	26.55	26.74	25.78	25.97	26.15	26.34	26.40	24.80
黑龙江	30.44	30.62	30.81	30.99	31.17	29.56	29.75	29.94	30.12	30.18	26.77
江苏	25.10	25.29	25.47	25.65	25.84	25.03	25.22	25.41	25.60	25.65	24.43
福建	23.79	23.97	24.16	24.34	24.52	23.97	24.16	24.35	24.54	24.59	23.95
广东	23.88	24.06	24.25	24.43	24.61	24.12	24.31	24.50	24.69	24.74	24.10
重庆	24.24	24.42	24.61	24.79	24.97	24.34	24.52	24.71	24.90	24.96	24.11
宁夏	26.71	26.90	27.08	27.26	27.44	26.33	26.52	26.71	26.90	26.95	25.04
新疆	27.68	27.87	28.05	28.23	28.42	27.24	27.43	27.61	27.80	27.86	25.59

4.2.3 学校建筑

学校建筑包括教学楼、学生宿舍楼、图书馆、教师办公楼等，为便于计算，本研究过程中，采用教学楼和学生宿舍楼能耗作为学校建筑的能耗基准值进行计算。2020年-2030年各地区学校建筑采暖、空调和其他能耗设计值（kgce/m².a）。

表 4.5 采暖空调能耗替代系数（kgce/m².a）

年份	HDD	CDD
2020	0.0013	0.0087
2025	0.0012	0.0092
2030	0.0011	0.01

表 4.6 学校建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	11.32	11.38	11.43	11.49	11.55	10.02	10.08	10.14	10.19	10.21	9.06
黑龙江	13.47	13.52	13.58	13.64	13.69	12.94	13.00	13.06	13.12	13.13	12.41
江苏	9.41	9.47	9.52	9.58	9.64	9.36	9.42	9.48	9.53	9.55	9.34
福建	8.73	8.79	8.84	8.90	8.96	8.87	8.92	8.98	9.04	9.05	9.06
广东	9.22	9.28	9.33	9.39	9.45	9.43	9.49	9.55	9.61	9.62	9.74
重庆	8.96	9.02	9.08	9.13	9.19	9.04	9.09	9.15	9.21	9.23	9.16
宁夏	10.26	10.32	10.37	10.43	10.49	9.99	10.05	10.11	10.16	10.18	9.71
新疆	11.46	11.52	11.57	11.63	11.69	11.20	11.26	11.32	11.37	11.39	10.96

4.2.4 医院建筑

2020年~2030年各地区医院建筑采暖、空调和其他能耗设计值（kgce/m².a）。

表 4.7 采暖空调能耗替代系数（kgce/m².a）

年份	HDD	CDD
2020	0.0035	0.034X+1.5
2025	0.0034	0.028X+1.5
2030	0.0030	0.023X+1.5

表 4.84 医疗建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	36.80	37.03	37.26	37.48	37.71	36.00	36.23	36.46	36.68	36.75	34.07
黑龙江	45.23	45.45	45.68	45.91	46.13	44.64	44.86	45.09	45.32	45.38	41.84

江苏	35.77	35.99	36.22	36.45	36.67	34.75	34.98	35.20	35.43	35.50	32.88
福建	35.12	35.35	35.58	35.80	36.03	33.56	33.79	34.02	34.24	34.31	31.64
广东	37.50	37.72	37.95	38.18	38.40	35.37	35.59	35.82	36.05	36.11	33.06
重庆	35.35	35.58	35.80	36.03	36.26	33.97	34.20	34.43	34.65	34.72	32.07
宁夏	36.66	36.89	37.11	37.34	37.57	36.28	36.51	36.74	36.96	37.03	34.46
新疆	40.81	41.04	41.27	41.49	41.72	39.88	40.11	40.33	40.56	40.63	37.48

4.3 能耗总量

按照《统计年鉴》中，公共建筑分类（表 4.18 左侧），模型计算无法一一进行模拟，由于其他建筑能耗与以上建筑功能相似或相近，其他建筑能耗计算基准值按照下表所示。

表 4.9 其他建筑能耗计算取值

	建筑功能类型	能耗计算值
1	商业及服务用房屋	
	商厦房屋（批发和零售用房）	商场建筑能耗
	宾馆用房屋（住宿用房）	宾馆建筑能耗值
	餐饮用房屋（餐饮用房）	宾馆建筑能耗值
	商务会展用房屋	办公建筑能耗值
	其他商业及服务用房屋（居民服务业用房）	商场建筑能耗值
2	办公用房屋	办公建筑能耗值
3	科研、教育和医疗用房屋	
	科学研究用房屋	办公建筑能耗值
	教育用房屋	学校建筑能耗值
	医疗用房屋（卫生医疗用房）	医疗建筑能耗值
4	文化、体育和娱乐用房屋	办公建筑能耗值

大中型商业建筑的能耗与其他建筑不同，其首要功能是实现商业效益，从建筑节能角度考虑的问题相对较少，其能耗水平主要受建筑体量和功能限制较大。本研究根据国家标准《绿色商店建筑评价标准》编制组调研能耗数据，选择全国不同气候区典型商场建筑的平均能耗约为 230 kWh/m²·a。

表 4.10 2008-2010 年零售业的耗电强度比较

	2008 年单位营业面积 耗电量(KWH/m ²)	2009 年单位营业面积 耗电量(KWH/m ²)	2010 年单位营业面积 耗电量 (KWH/m ²)

百货店	248.2	263.9	246.7
超市	270.6	316.9	312.1
大型超市	327.6	307.9	279.0
便利店	240.3	279.1	278.6
专业店	285.6	204.0	194.2
均值	274.46	274.36	262.12

计算过程中，选择 2020 年全国商业零售建筑平均能耗为 80kgce/m².a。假设 2030 年由于技术进步建筑能效提升后，建筑能耗为 61.19 kgce/m².a。

表 4.11 商业建筑年能耗 (kgce/m².a) 指标

年代	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
能耗	80.00	79.20	78.40	76.82	75.26	72.98	70.75	67.87	65.80	63.12	61.19

按照全国各地区的建筑面积 S_{in} 和单体建筑基准计算能耗 E_{in} ，相乘累加后计算获得建筑总能耗。预计我国 2030 年全国城镇住宅能耗约为 7.81 亿吨标煤，公共建筑约为 6.78 亿吨标煤，农村住宅大约 3.76 亿吨标煤，全国民用建筑能耗约为 14.51 亿吨标煤。

表 4.12 未来民用建筑能耗总量预测 (亿吨标煤)

能耗 (亿吨标煤)	2020 年	2025 年	2030 年
城镇住宅	4.31	5.53	7.18
公共建筑	6.24	6.73	6.78
农村住宅	3.76	3.78	3.76
合计	11.1	12.82	14.51

第五章 关键节能技术对建筑能耗影响分析

5.1 城镇住宅节能潜力分析

5.1.1 建筑围护结构

以 2020 年热工参数为基准，按照表 3.5 建筑物理模型热工性能表作为技术应用，进行能耗模拟分析，城镇住宅建筑节能技术应用和建筑全年能耗量如表 5.1 所示。

表 5.1 住宅建筑节能技术与节能量 (kWh/m².a)

年代	嫩江	哈尔滨	乌鲁木齐	银川	北京	南京	重庆	福州	广州
2020	14.98	14.65	14.82	11.75	12.42	14.63	13.80	18.86	16.17
2025C	14.04	13.72	13.98	11.19	12.16	14.21	13.65	17.72	15.46
2030C	12.61	12.81	13.31	10.92	11.59	13.84	13.51	17.22	15.09
2025Q	14.13	14.23	14.61	11.40	12.15	14.29	13.59	18.50	15.86
2030Q	13.30	13.44	13.76	11.05	11.80	13.94	13.11	18.26	15.63
2025W	14.67	14.50	14.74	11.62	12.30	14.49	13.70	18.67	16.00
2030W	14.34	14.19	14.40	11.48	12.14	14.35	13.49	18.57	15.89

表 5.2 建筑围护结构节能技术应用节能量统计表

年代	嫩江	哈尔滨	乌鲁木齐	银川	北京	南京	重庆	福州	广州
2025C	0.94	0.93	0.84	1	0.56	0.26	0.42	0.15	1.14
2030C	2.37	1.84	1.67	1.67	0.83	0.83	0.79	0.29	1.64
2025Q	0.85	0.42	0.37	0.37	0.35	0.27	0.34	0.21	0.36
2030Q	1.68	1.21	1.22	1.22	0.7	0.62	0.69	0.69	0.6
2025W	0.31	0.15	0.24	0.24	0.13	0.12	0.14	0.1	0.19
2030W	0.64	0.46	0.58	0.58	0.27	0.28	0.28	0.31	0.29

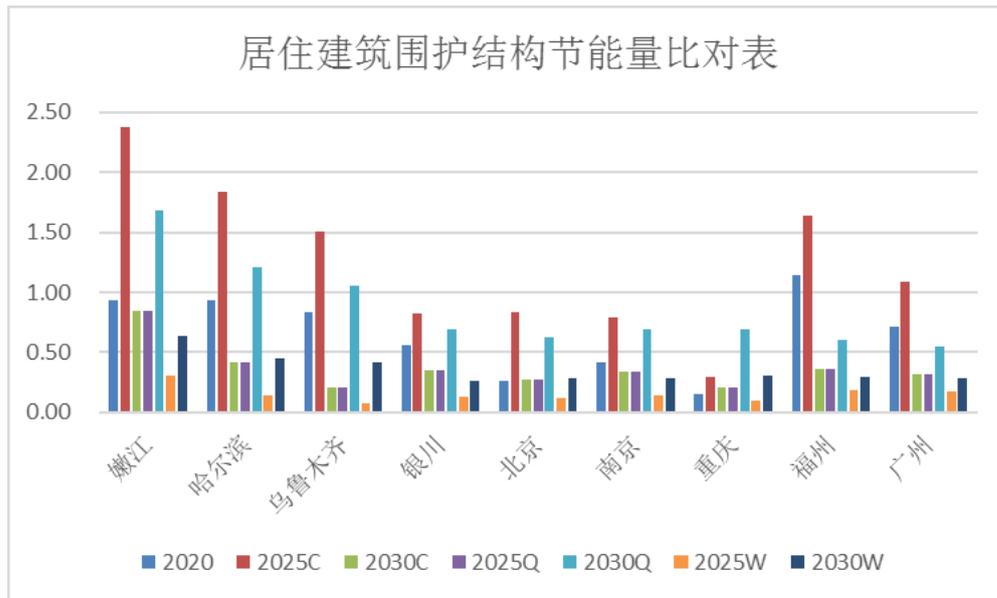
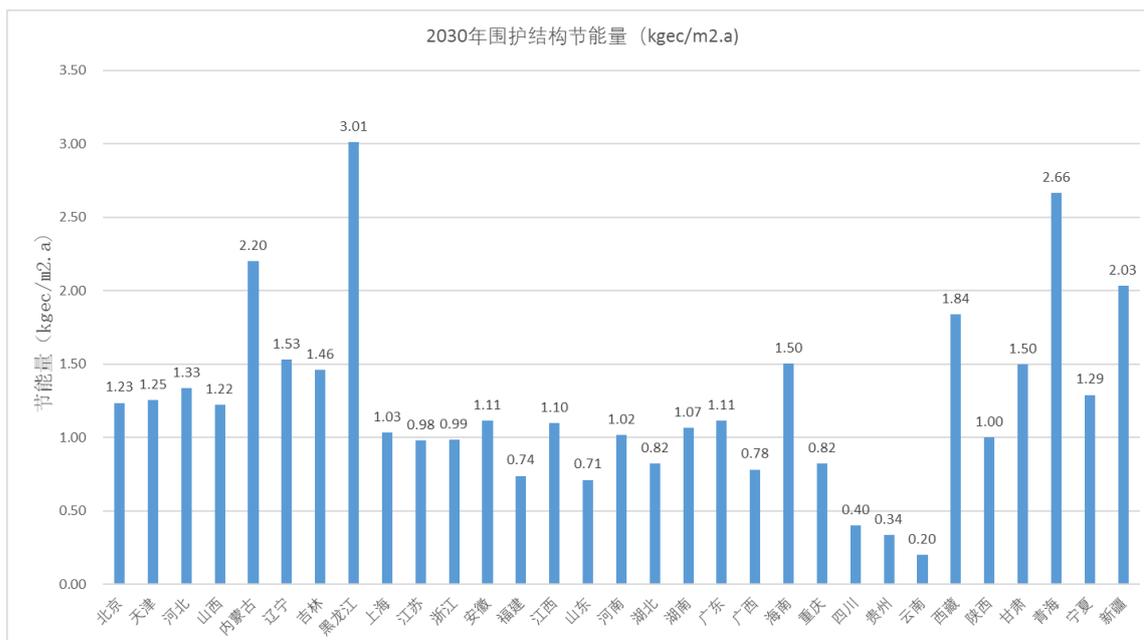


图 5.1 建筑围护结构节能量比对表

建筑外围护结构性能提升，对于不同气候区不同城市居住建筑的节能贡献不同。2025 年、2030 年建筑外窗对严寒、寒冷地区和夏热冬暖地区的建筑能源消耗的影响较大，严寒地区嫩江的节能量 $2.27\text{kgce}/\text{m}^2.\text{a}$ ，福州地区节能量为 $1.64\text{kgce}/\text{m}^2.\text{a}$ 。节能贡献分别达到 15.84%和 6.7%；但是对于夏热冬冷地区的节能贡献较小，重庆地区的节能贡献仅为 1.08%。

外墙和屋顶的节能规律与外窗相似，对不同气候区的影响为：严寒地区>寒冷地区>夏热冬暖地区>夏热冬冷地区。2030 年，不同气候区典型城市嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京、南京、重庆、福州、广州外墙节能量分别为： 0.64kgce 、 0.45kgce 、 0.42kgce 、 0.27kgce 、 0.29kgce 、 0.28kgce 、 0.31kgce 、 0.29kgce 、 0.29kgce 。

外墙、屋顶的节能规律和外窗相似，但从整体节能贡献看，该节能路线情况下，外窗的节能潜力>外墙>屋顶。

图 5.2 全国各地建筑围护结构年节能量 (kgce/m².a)

若以 2020 年建筑围护结构热工作为基准建筑，按照第三章的节能技术路线进行指导全国建筑节能，则到 2030 年不同地区建筑围护结构节能技术应用可节约的单位面积能耗分布如图 5.2 所示。节能潜力从北到南依次递减。其中黑龙江地区住宅建筑的节能潜力最大，可在现有建筑能耗基础上节能 3.01 kgce/m².a。

5.1.2 用能设备

空调用能设备能效提升（按照建筑采暖空调能耗和能效的关系，计算能效提升后的节能量，COP 夏季 3.0,制热 3.5，严寒地区冬季空调能效 2.4，空调 3.8，夏热冬暖地区空调采暖都是 3.0），选择自己所在城市建筑功能类型进行分析，假设建筑室内设备能效每五年提升 6%，如图 5.3 所示，不同地区建筑的节能量如表 5.3 所示。

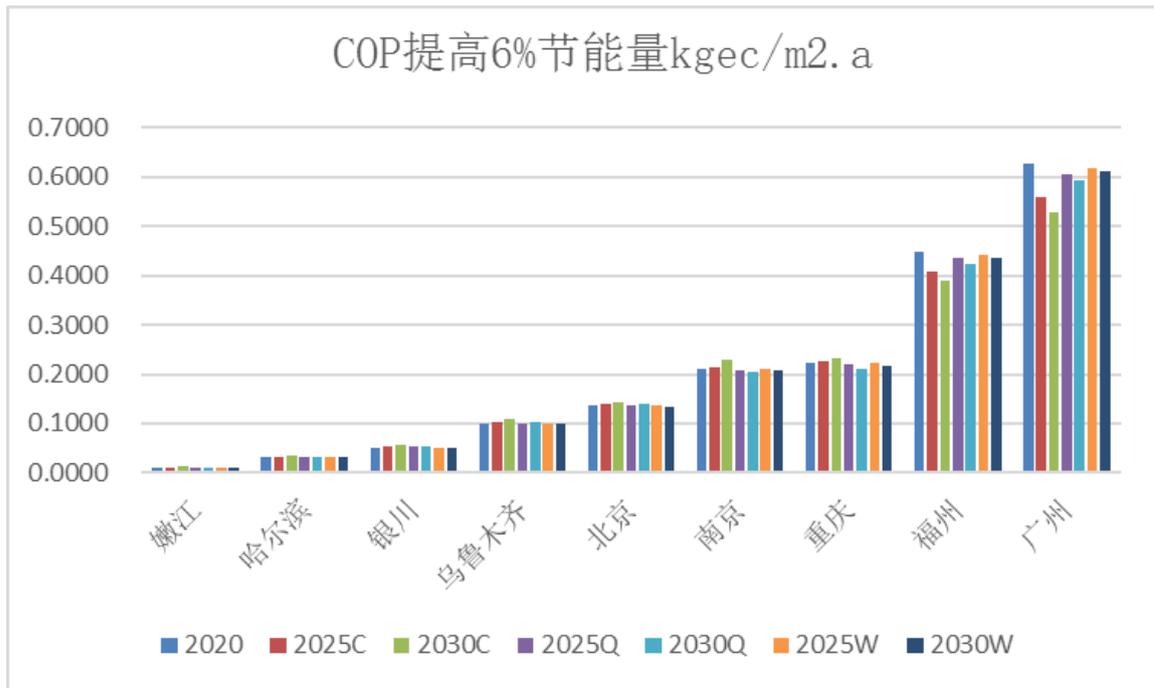


图 5.3 典型城市节能量

表 5.3 COP 提高 6%后建筑节能贡献率

	嫩江	哈尔滨	银川	乌鲁木齐	北京	南京	重庆	福州	广州
2020	0.07%	0.21%	0.43%	0.68%	1.10%	1.44%	1.62%	2.78%	3.32%
2025C	0.08%	0.23%	0.47%	0.73%	1.15%	1.51%	1.66%	2.64%	3.15%
2030C	0.10%	0.27%	0.53%	0.82%	1.24%	1.65%	1.71%	2.59%	3.07%
2025Q	0.08%	0.22%	0.46%	0.69%	1.13%	1.46%	1.62%	2.74%	3.28%
2030Q	0.09%	0.24%	0.49%	0.76%	1.17%	1.47%	1.62%	2.71%	3.24%
2025W	0.07%	0.21%	0.43%	0.68%	1.10%	1.45%	1.62%	2.76%	3.30%
2030W	0.07%	0.22%	0.44%	0.70%	1.11%	1.45%	1.61%	2.75%	3.29%

空调系统制冷设备 COP 的提升会节约大量能源，典型城市的 COP 提升 6%后，不同节能路线下的建筑能耗总量提升情况如表 5.3 所示。COP 提高后对建筑空调能耗产生直接影响，按照空调能耗的多少，节能量不同，从北到南逐渐增大，其中广州地区的节能量最高约为 0.6 kgce。

2020 年的基准节能量约占 0.07%~3.32%，不同地区的采暖空调负荷大小成正比，从北方到南方，随着空调负荷的增大，节能量比例逐渐提高。2025 年，提高外窗性能，节能量分别约占 0.08%~3.15%；提高外墙性能后，节能量约占 0.08%~3.28%；屋顶的节能改善后，节能量约占 0.07%~3.29%。

5.2 城镇公共建筑

城镇公共建筑与居住建筑不同，城镇公建往往内热量比较大，且用能时间较为集中，因此，建筑围护结构热工性能提升对于建筑采暖能耗的影响较居住建筑小。与严寒和寒冷地区不同，夏热冬冷地区的公共建筑的保温与隔热问题更为凸出，围护结构热工性能的提升会增加全年室内空调运行时间，增加空调系统能耗。下文分别对宾馆建筑、校园建筑、医院建筑的节能量进行了分析。

5.2.1 宾馆建筑

按照前文建筑围护结构节能技术路线，宾馆建筑的节能量如表 5.4 所示。

表 5.4 宾馆建筑节能量 (kgce/m².a)

	嫩江	哈尔滨	乌鲁木齐	银川	北京	南京	重庆	福州	广州
2025C	0.94	0.93	0.43	0.56	0.26	0.42	0.15	0.71	1.14
2030C	2.37	1.84	0.27	0.83	0.83	0.79	0.30	1.12	1.60
2025Q	2.27	1.84	0.27	0.83	0.83	0.79	0.30	1.08	1.64
2030Q	0.85	0.41	0.28	0.35	0.27	0.34	0.21	0.31	0.36
2025W	1.69	1.21	0.14	0.70	0.63	0.69	0.70	0.55	0.60
2030W	0.31	0.15	0.15	0.13	0.12	0.14	0.10	0.17	0.19

如上表所示，宾馆建筑围护结构外窗、外墙和屋顶的节能量各不相同，2025 年严寒地区的外墙和 2030 年的外窗节能量较大，嫩江地区分别节能 2.37、2.27 kgce/m².a。寒冷地区、夏热冬冷地区的建筑节能贡献量逐渐降低，但夏热冬暖地区的节能量也较为理想，约为 1.08-1.64 kgce/m².a。

5.2.2 校园建筑

校园建筑与其他建筑不同，因学校在冬夏季主要用能季节均放假，因此，建筑的空调、采暖能耗相对较少，下文重点对中学教学楼、中学宿舍的节能情况进行分析。

(1) 中学教学楼

对于中学教学楼，以 2020 年热工参数为准，对围护结构和设备进行单因素分析，南北方九个城市的单因素分析结果见表 5.5，以每个城市 2020 年的模拟结果为基准，每次仅改变外墙(2025Q/2030Q)、外窗(2025C/2030C)和屋顶(2025W/2030W)的结构，分析对比不同结构对教学楼能耗的影响。

表 5.5 南北方教学楼单因素分析结果

	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	重庆 2020	2020	10935.84	7505.04	9161.96	100.44	27703.28
2025C		10935.84	7505.04	9251.77	87.08	27779.73	14.86
2030C		10935.84	7505.04	9355.37	71.63	27867.88	14.90
2025Q		10924.00	7497.99	9151.97	87.86	27661.82	14.81
2030Q		10884.73	7474.52	9119.23	58.32	27536.80	14.80
2025W		10935.84	7505.04	9163.16	90.76	27694.80	14.81
2030W		10935.84	7505.04	9169.25	71.10	27681.23	14.80
南京 2020		年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)
	2020	8173.24	7486.26	7722.20	261.95	23643.65	12.68
	2025C	8173.24	7486.26	7824.88	205.12	23689.50	12.71
	2030C	8173.24	7486.26	8153.45	137.65	23950.60	12.85
	2025Q	8158.38	7474.52	7730.34	215.03	23578.28	12.67
	2030Q	8137.85	7458.10	7725.77	170.86	23492.58	12.66
	2025W	8173.24	7486.26	7733.51	226.76	23619.77	12.67
	2030W	8173.24	7486.26	7744.60	193.14	23597.25	12.66
广州 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	6626.01	7658.03	25446.27	1.39	39731.70	20.75
	2025C	6670.38	7658.03	23941.90	1.47	38271.78	19.99
	2030C	6723.63	7658.03	23298.51	1.47	37681.64	19.68
	2025Q	6609.54	7641.52	25389.15	1.13	39641.33	20.76
	2030Q	6593.08	7625.03	25330.81	0.95	39549.87	20.76
	2025W	6626.01	7658.03	25436.98	1.19	39722.21	20.75
	2030W	6626.01	7658.03	25425.74	1.03	39710.81	20.74
福州 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	9263.16	7646.24	15159.77	0.00	32069.17	16.78
	2025C	9319.12	7646.24	14580.98	0.00	31546.34	16.51
	2030C	9319.12	7646.24	14394.93	0.00	31360.29	16.41
	2025Q	9233.47	7625.03	15247.98	0.00	32106.48	16.85

第五章 关键节能技术对建筑能耗影响分析

	2030Q	9197.25	7599.11	15328.28	0.00	32124.64	16.93
	2025W	9263.16	7646.24	15190.30	0.00	32099.70	16.79
	2030W	9263.16	7646.24	15210.66	0.00	32120.06	16.81
北京 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	18585.57	24802.43	49861.06	5648.45	98897.51	16.22
	2025C	18585.57	24802.43	50618.80	5156.73	99163.53	16.26
	2030C	18377.49	24802.43	51837.42	4186.44	99203.78	16.27
	2025Q	18533.42	24733.78	50420.05	4950.85	98638.09	16.22
	2030Q	18429.38	24596.58	51223.36	4075.78	98325.10	16.26
	2025W	18585.57	24802.43	50008.65	5386.01	98782.67	16.20
	2030W	18585.57	24802.43	50206.19	5061.48	98655.67	16.18
银川 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	26667.58	24733.78	24337.18	10745.70	86484.24	14.22
	2025C	26234.68	24733.78	24921.05	9436.58	85326.09	14.03
	2030C	26076.51	24733.78	25910.47	8086.51	84807.27	13.95
	2025Q	26568.70	24642.29	24920.26	9396.17	85527.42	14.12
	2030Q	26429.49	24512.81	25426.93	8128.38	84497.61	14.03
	2025W	26667.58	24733.78	24419.98	10311.58	86132.92	14.16
	2030W	26667.58	24733.78	24550.56	9890.27	85842.19	14.12
嫩江 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	23528.82	24617.62	18966.87	38736.71	105850.02	17.59
	2025C	23392.87	24617.62	19525.21	35416.80	102952.50	17.11
	2030C	23392.87	24617.62	20592.17	30339.96	98942.62	16.44
	2025Q	23308.35	24388.22	19441.75	34504.40	101642.71	17.06
	2030Q	22936.23	24006.79	19859.32	30675.66	97478.00	16.63
	2025W	23528.82	24617.62	19098.77	37225.13	104470.33	17.36
	2030W	23528.82	24617.62	19236.17	35732.87	103115.48	17.14
哈尔滨 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	25176.34	24678.86	23735.34	27060.75	100651.29	16.68
	2025C	24840.84	24678.86	24324.62	24259.23	98103.56	16.26

基于能耗总量控制的建筑节能设计标准研究

	2030C	24840.84	24678.86	25256.72	21378.46	96154.88	15.94
	2025Q	25066.84	24571.71	24037.74	25263.13	98939.42	16.48
	2030Q	24739.80	24250.77	24530.56	21980.17	95501.30	16.12
	2025W	25176.34	24678.86	23822.23	26444.40	100121.83	16.60
	2030W	25176.34	24678.86	23974.97	25224.65	99054.82	16.42
乌鲁木齐 2020	年份	照明 (KWh)	设备 (KWh)	制冷 (KWh)	供热 (KWh)	合计 (KWh)	单位面积 (KWh/m ²)
	2020	21089.06	24763.11	34107.07	19231.81	99191.05	16.38
	2025C	20811.43	24763.11	34639.11	17172.58	97386.22	16.09
	2030C	20811.43	24763.11	35689.43	15327.54	96591.51	15.96
	2025Q	21043.43	24709.50	34282.64	18421.85	98457.42	16.30
	2030Q	20768.49	24388.22	35008.98	15447.06	95612.75	16.05
	2025W	21089.06	24763.11	34142.26	18955.04	98949.47	16.34
	2030W	21089.06	24763.11	34309.92	17823.67	97985.76	16.19

1) 外墙节能技术节能量

表 5.6 各城市外墙改变的能耗变化率

变化率	广州	福州	重庆	南京	北京	银川	乌鲁木齐	哈尔滨	嫩江
外墙 2025Q	0.03%	0.44%	-0.04%	-0.09%	0.03%	-0.73%	-0.52%	-1.26%	-3.04%
2030Q	0.05%	0.90%	-0.12%	-0.20%	0.29%	-1.38%	-2.07%	-3.38%	-5.47%

外墙厚度的变化会导致建筑面积发生微小改变，从而使照明和设备能耗发生改变，但改变值很小且单位面积的照明和设备能耗基本不变，以南方为例，福州 2030 年建筑面积变化最大，面积改变量 13.86m²，占比 0.7%，单位面积照明和设备能耗改变量 0.004 KWh/m²，占比 0.01%，此处不予考虑。

通过分析外墙改变后的能耗变化率（正值代表单位能耗增加，负值代表单位能耗减小）可以得到，改变外墙结构，单位面积制冷能耗均有不同程度上升，同时供暖能耗大幅下降。改变外墙结构对南方能耗影响有限，除以福州为代表的夏热冬暖地区 A 以外，夏热冬暖地区 B 和夏热冬冷地区的能耗变化率均不超过 0.2%，福州地区能耗变化率稍大，但尚未超过 1.0%；北方地区供暖占据主导，除以北京地区为代表的寒冷地区 B 单位面积能耗稍有增大外，以银川为代表的寒冷 A 区及其他严寒地区，随着外墙围护结构的变化，单位面积能耗均有减小，寒冷地区能耗变化率均不超过 1.5%，气候越寒冷的地区，单位面积能耗下降幅度越大，嫩江地区能耗变化率最大，达到了 5.47%。

2) 外窗节能技术量

表 5.7 各城市外窗改变的能耗变化率

	变化率	广州	福州	重庆	南京	北京	银川	乌鲁木齐	哈尔滨	嫩江
外窗	2025C	-3.67%	-1.63%	0.28%	0.19%	0.27%	-1.34%	-1.82%	-2.53%	-2.74%
	2030C	-5.16%	-2.21%	0.59%	1.30%	0.31%	-1.94%	-2.62%	-4.47%	-6.53%

夏热冬暖地区的外窗设置不仅考虑了传热系数的变化，同时外窗的 SHGC 系数逐年减小，对单位面积能耗的影响显著，广州地区能耗变化率最高，达到 5.16%；夏热冬冷地区及寒冷地区 B 外窗传热系数减小时，制冷能耗增大，供暖能耗减小，由于该地区制冷能耗占主导地位，单位面积能耗少量增加，但在 2025 年的外窗结构下能耗变化均不超过 0.5%；在寒冷地区 A 及严寒地区，随着外窗传热系数减小，同样是制冷能耗增大，供暖能耗减小，但供暖能耗减小量大于制冷能耗增加量，因此单位面积能耗下降，且气候越寒冷地区，单位面积能耗下降幅度越大，2025 年外窗结构下能耗变化率均不超过 3%，2030 年外窗结构下能耗变化率最高达到 6.53%。

3) 屋顶

表 5.8 各城市屋顶改变的能耗变化率

	变化率	广州	福州	重庆	南京	北京	银川	乌鲁木齐	哈尔滨	嫩江
屋顶	2025W	-0.02%	0.10%	-0.03%	-0.10%	-0.12%	-0.41%	-0.24%	-0.53%	-1.30%
	2030W	-0.05%	0.16%	-0.08%	-0.20%	-0.24%	-0.74%	-1.22%	-1.59%	-2.58%

屋顶传热系数变小时，对各城市单位面积能耗改变有限。2025 年的屋顶结构下，嫩江地区能耗变化率尚未达到 1.5%，其余地区能耗变化率均未超过 0.6%；2030 年屋顶结构下，除严寒地区外的其他地区能耗变化率均未超过 1%，严寒地区随着气候严寒程度加深，供暖需求变大时，单位面积能耗下降幅度变大，嫩江地区能耗变化率最大到 2.58%。

(2) 中学宿舍

通过与 2020 年的计算结果相比，对于中学宿舍围护结构性能适当提升，可得出如下节能率，如下表 5.10 所示。

表 5.9 围护结构节能率

地区	2025 年			2030 年		
	空调节节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节节能率	采暖节能率	总节能率
						率

基于能耗总量控制的建筑节能设计标准研究

嫩江	0.002%	5.964%	5.966%	0.003%	14.870%	14.872%
哈尔滨	0.007%	5.305%	5.312%	0.022%	13.737%	13.760%
乌鲁木齐	0.030%	4.829%	4.859%	0.071%	13.728%	13.799%
银川	0.011%	7.714%	7.725%	0.015%	15.945%	15.960%
北京	0.038%	5.565%	5.604%	0.123%	15.314%	15.437%
南京	0.057%	3.807%	3.864%	0.085%	9.318%	9.403%
重庆	0.615%	2.487%	3.102%	0.797%	6.720%	7.517%
福州	4.229%	1.489%	5.718%	7.534%	2.621%	10.155%
广州	6.113%	0.188%	6.301%	10.596%	0.336%	10.932%

通过典型城市建筑能耗模拟计算可以看出，通过提高建筑围护结构的性能，与2020年基准年相比，9个典型城市2025年和2030年的建筑能耗均整体下降，且围护结构性能越高建筑能耗下降越快。2020~2025年，9个典型城市的建筑节能率介于3.102%~7.725%之间；2020~2030年，9个典型城市的建筑节能率介于7.517%~15.960%之间。

同时，对比空调节能率和采暖节能率可以看出，对于严寒、寒冷地区（嫩江、哈尔滨、乌鲁木齐、银川、北京）建筑能耗主要以采暖能耗为主，通过改变围护结构的性能，建筑节能率主要体现为采暖节能率。对于夏热冬暖地区（福州、广州）建筑能耗主要以空调能耗为主，通过改变围护结构的性能，建筑节能率主要体现为空调节能率。对于夏热冬冷地区，南京主要以采暖能耗为主，通过改变围护结构的性能，建筑节能率主要体现为采暖节能率；重庆采暖能耗占33.5%、空调能耗占20.1%，通过改变围护结构的性能，虽然建筑节能率主要体现为采暖节能率，但空调节能率的比重有所增加。

1) 外墙节能量

表 5.10 外墙节能模拟计算结果

地区	2020 年 (基准) (Kwh)					2025 年 (Kwh)					2030 年 (Kwh)				
	空调能 耗	采暖能 耗	插座能 耗	总能耗	单位面 积能耗	空调能 耗	采暖能 耗	插座能 耗	总能耗	单位面 积能耗	空调能 耗	采暖能 耗	插座能 耗	总能耗	单位面 积能耗
嫩江	162	267774	38925	306861	59.19	160	260700	38925	299785	57.83	156	249204	38925	288285	55.61
哈尔滨	947	205755	38997	245699	47.40	936	201577	38997	241510	46.59	917	192630	38997	232544	44.86
乌鲁木齐	1603	150648	39035	191286	36.90	1592	148598	39035	189225	36.50	1547	140965	39035	181547	35.02
银川	276	105614	39255	145144	28.00	271	101668	39255	141193	27.24	269	97428	39255	136952	26.42
北京	2362	83011	39243	124615	24.04	2324	80175	39243	121742	23.48	2284	76180	39243	117707	22.71
南京	2061	10577	7410	20047	11.90	2024	10135	7410	19568	11.61	1969	9751	7410	19129	11.35
重庆	3280	5464	7589	16333	9.69	3181	5297	7589	16067	9.54	3070	4907	7589	15566	9.24
福州	6799	1253	7604	15656	9.29	6563	1063	7604	15230	9.04	6452	990	7604	15046	8.93
广州	14436	205	7619	22259	13.21	13921	174	7619	21714	12.89	13393	152	7619	21165	12.56

表 5.11 外墙节能率

地区	2025 年			2030 年		
	空调节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节能率	采暖节能率	总体节能率
嫩江	0.00%	5.96%	5.97%	0.00%	2.31%	2.31%
哈尔滨	0.01%	5.31%	5.31%	0.00%	1.70%	1.71%
乌鲁木齐	0.03%	4.83%	4.86%	0.01%	1.07%	1.08%
银川	0.01%	7.71%	7.73%	0.00%	2.72%	2.72%
北京	0.04%	5.57%	5.60%	0.03%	2.28%	2.31%
南京	0.06%	3.81%	3.86%	0.19%	2.21%	2.39%
重庆	0.62%	2.49%	3.10%	0.60%	1.02%	1.63%
福州	4.23%	1.49%	5.72%	1.51%	1.21%	2.72%
广州	6.11%	0.19%	6.30%	2.31%	0.14%	2.45%

与建筑围护结构节能模拟计算类似，通过提高建筑外墙的性能，与 2020 年基准年相比，9 个典型城市 2025 年和 2030 年的建筑能耗均整体下降，且外墙性能越高建筑能耗下降越快。2020~2025 年，9 个典型城市的建筑节能率介于 1.077%~2.722%之间；2020~2030 年，9 个典型城市的建筑节能率介于 3.893%~6.054%之间。

表 5.12 能耗汇总

地区	2020 年 (基准) (kgce/m ² .a)					2025 年 (kgce/m ² .a)					2030 年 (kgce/m ² .a)				
	空调 能耗	采暖 能耗	插座 能耗	总能 耗	单位 面积 能耗	空调 能耗	采暖 能耗	插座 能耗	总能 耗	单位 面积 能耗	空调 能耗	采暖 能耗	插座 能耗	总能 耗	单位 面积 能耗
嫩江	49.09	81143.64	11795.45	92988.18	17.94	48.48	78846.67	11795.45	90690.30	17.49	49.70	76494.55	11795.45	88339.39	17.04
哈尔滨	286.97	62350.00	11817.27	74454.24	14.36	286.06	60126.36	11817.27	72229.70	13.93	286.97	57621.21	11817.27	69725.45	13.45
乌鲁木齐	485.76	45650.91	11828.79	57965.45	11.18	474.85	43771.52	11828.79	56075.15	10.82	476.36	41916.97	11828.79	54222.42	10.46
银川	83.64	32004.24	11895.45	43983.03	8.48	81.21	30357.27	11895.45	42333.64	8.17	81.82	28475.15	11895.45	40452.42	7.80
北京	715.76	25154.85	11891.82	37762.12	7.28	715.45	24275.15	11891.82	36882.42	7.12	706.97	22400.00	11891.82	34998.79	6.75
南京	624.55	3205.15	2245.45	6074.85	3.61	625.76	3087.88	2245.45	5958.79	3.54	642.12	2908.79	2245.45	5796.36	3.44
重庆	993.94	1655.76	2299.70	4949.39	2.94	998.18	1606.67	2299.70	4904.24	2.91	1003.64	1553.33	2299.70	4856.36	2.88
福州	2060.30	379.70	2304.24	4744.24	2.82	2020.30	359.09	2304.24	4683.64	2.78	2027.58	317.58	2304.24	4649.39	2.76
广州	4374.55	62.12	2308.79	6745.15	4.00	4268.48	58.18	2308.79	6635.15	3.94	4202.73	53.64	2308.79	6565.15	3.90

2) 外窗节能技术量

表 5. 13 外窗节能量计算

地区	2025 年			2030 年		
	空调节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节能率	采暖节能率	总体节能率
嫩江	0.001%	2.470%	2.471%	-0.001%	5.000%	4.999%
哈尔滨	0.001%	2.987%	2.988%	0.000%	6.351%	6.351%
乌鲁木齐	0.019%	3.242%	3.261%	0.016%	6.442%	6.458%
银川	0.006%	3.745%	3.750%	0.004%	8.024%	8.027%
北京	0.001%	2.330%	2.330%	0.023%	7.295%	7.318%
南京	-0.022%	1.932%	1.910%	-0.292%	4.878%	4.587%
重庆	-0.089%	0.997%	0.908%	-0.197%	2.075%	1.878%
福州	0.843%	0.434%	1.278%	0.685%	1.310%	1.995%
广州	1.573%	0.058%	1.631%	2.547%	0.123%	2.669%

与建筑围护结构节能模拟计算类似，通过提高建筑外窗的性能，与 2020 年基准年相比，9 个典型城市 2025 年和 2030 年的建筑能耗均整体下降，且外墙性能越高建筑能耗下降越快。2020~2025 年，9 个典型城市的建筑节能率介于 0.908%~3.750%之间；2020~2030 年，9 个典型城市的建筑节能率介于 1.878%~8.027%之间。

3) 屋顶节能技术量

表 5.14 屋顶节能模拟计算结果

地区	2020年(基准)(Kwh)					2025年(Kwh)					2030年(Kwh)				
	空调能 耗	采暖能 耗	插座能 耗	总能耗	单位面 积能耗	空调能 耗	采暖能 耗	插座能 耗	总能耗	单位面 积能耗	空调能 耗	采暖能 耗	插座能 耗	总能耗	单位面 积能耗
嫩江	162	267774	38925	306861	59.19	160	264193	38925	303277	58.50	158	261011	38925	300094	57.89
哈尔滨	947	205755	38997	245699	47.40	939	204252	38997	244188	47.10	925	200932	38997	240854	46.46
乌鲁木齐	1603	150648	39035	191286	36.90	1593	149673	39035	190301	36.71	1558	146462	39035	187056	36.08
银川	276	105614	39255	145144	28.00	270	103854	39255	143379	27.66	262	102106	39255	141622	27.32
北京	2362	83011	39243	124615	24.04	2342	81789	39243	123375	23.80	2319	79898	39243	121461	23.43
南京	2061	10577	7410	20047	11.90	2053	10482	7410	19944	11.84	2044	10390	7410	19843	11.78
重庆	3280	5464	7589	16333	9.69	3263	5410	7589	16263	9.65	3234	5292	7589	16115	9.57
福州	6799	1253	7604	15656	9.29	6787	1199	7604	15591	9.25	6777	1163	7604	15544	9.23
广州	14436	205	7619	22259	13.21	14529	193	7619	22341	13.26	14465	185	7619	22270	13.22

表 5.15 屋顶节能率

地区	2025 年			2030 年		
	空调节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节能率	采暖节能率	总体节能率
嫩江	0.00%	1.17%	1.17%	0.00%	2.20%	2.21%
哈尔滨	0.00%	0.61%	0.62%	0.01%	1.96%	1.97%
乌鲁木齐	0.01%	0.51%	0.52%	0.02%	2.19%	2.21%
银川	0.00%	1.21%	1.22%	0.01%	2.42%	2.43%
北京	0.02%	0.98%	1.00%	0.03%	2.50%	2.53%
南京	0.04%	0.48%	0.51%	0.08%	0.94%	1.02%
重庆	0.10%	0.33%	0.43%	0.28%	1.05%	1.33%
福州	0.07%	0.34%	0.42%	0.14%	0.58%	0.71%
广州	-0.42%	0.05%	-0.37%	-0.13%	0.09%	-0.05%

与建筑围护结构节能模拟计算类似，通过提高建筑屋顶的性能，与 2020 年基准年相比，9 个典型城市 2025 年和 2030 年的建筑能耗均整体下降，且外墙性能越高建筑能耗下降越快。2020~2025 年，9 个典型城市的建筑节能率介于 0%~1.216%之间；2020~2030 年，9 个典型城市的建筑节能率介于 0%~2.532%之间。

4) 节能技术总体分析

表 5.16 节能率汇总表

地区	年份	围护结构节能率			外墙节能率			外窗节能率			屋顶节能率		
		空调节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节能率	采暖节能率	总体节能率	空调节能率	采暖节能率	总体节能率
嫩江	2025	0.002%	5.964%	5.966%	0.001%	2.305%	2.306%	0.001%	2.470%	2.471%	0.001%	1.167%	1.168%
哈尔滨	2025	0.007%	5.305%	5.312%	0.004%	1.701%	1.705%	0.001%	2.987%	2.988%	0.003%	0.612%	0.615%
乌鲁木齐	2025	0.030%	4.829%	4.859%	0.006%	1.072%	1.077%	0.019%	3.242%	3.261%	0.005%	0.510%	0.515%
银川	2025	0.011%	7.714%	7.725%	0.004%	2.718%	2.722%	0.006%	3.745%	3.750%	0.004%	1.213%	1.216%
北京	2025	0.038%	5.565%	5.604%	0.030%	2.275%	2.306%	0.001%	2.330%	2.330%	0.016%	0.980%	0.996%
南京	2025	0.057%	3.807%	3.864%	0.185%	2.206%	2.391%	-0.022%	1.932%	1.910%	0.037%	0.476%	0.513%
重庆	2025	0.615%	2.487%	3.102%	0.602%	1.024%	1.625%	-0.089%	0.997%	0.908%	0.099%	0.331%	0.430%
福州	2025	4.229%	1.489%	5.718%	1.506%	1.214%	2.720%	0.843%	0.434%	1.278%	0.072%	0.344%	0.416%
广州	2025	6.113%	0.188%	6.301%	2.310%	0.139%	2.448%	1.573%	0.058%	1.631%	-0.418%	0.052%	-0.367%
嫩江	2030	0.003%	14.870%	14.872%	0.002%	6.052%	6.054%	-0.001%	5.000%	4.999%	0.001%	2.204%	2.205%
哈尔滨	2030	0.022%	13.737%	13.760%	0.012%	5.342%	5.354%	0.000%	6.351%	6.351%	0.009%	1.963%	1.972%
乌鲁木齐	2030	0.071%	13.728%	13.799%	0.029%	5.062%	5.091%	0.016%	6.442%	6.458%	0.023%	2.188%	2.212%
银川	2030	0.015%	15.945%	15.960%	0.005%	5.639%	5.644%	0.004%	8.024%	8.027%	0.010%	2.417%	2.427%
北京	2030	0.123%	15.314%	15.437%	0.062%	5.481%	5.544%	0.023%	7.295%	7.318%	0.034%	2.498%	2.532%
南京	2030	0.085%	9.318%	9.403%	0.456%	4.124%	4.580%	-0.292%	4.878%	4.587%	0.084%	0.935%	1.020%
重庆	2030	0.797%	6.720%	7.517%	1.284%	3.414%	4.697%	-0.197%	2.075%	1.878%	0.279%	1.053%	1.331%
福州	2030	7.534%	2.621%	10.155%	2.215%	1.678%	3.893%	0.685%	1.310%	1.995%	0.137%	0.575%	0.713%
广州	2030	10.596%	0.336%	10.932%	4.684%	0.234%	4.918%	2.547%	0.123%	2.669%	-0.131%	0.086%	-0.045%

通过整体对比围护结构节能率、外墙、外窗、屋顶分项节能率，可以看出，通过提高建筑外墙和外窗围护结构性能对建筑能耗的提升贡献大于提高屋顶围护结构性能，2020~2025年，外墙节能率介于1.077%~2.722%之间，外窗节能率介于0.908%~3.750%之间，屋顶节能率介于0%~1.216%之间；2020~2030年，外墙节能率3.893%~6.054%之间，外窗节能率介于1.878%~8.027%之间，屋顶节能率介于0%~2.532%之间。分析原因主要在于，由于建筑为多层建筑，屋顶对建筑能耗的影响主要为顶层房间，提高建筑外墙、和外窗的围护结构性能节能效率高于提高屋顶的围护结构性能。

5.2.3 办公建筑

办公建筑围护结构单项节能技术与居住建筑的节能路线相似，本文不做重复分析，重点分析2025年、2030年建筑节能量(kgce/m².a)。通过表5.17可知，建筑节能围护节能热工性能的提升，可减少采暖能耗，且随着HDD的减小，节能潜力逐渐降低，其中严寒地区的节能量最大，2025年嫩江可节能3.13 kgce/m².a，但夏热冬冷地区和节能量非常有限，且空调能耗增加，但整体将提高热工性能利于整体节能。

表 5.17 办公建筑节能量(kgce/m².a)

	2025年		2030年	
	采暖能耗	空调能耗	采暖能耗	空调能耗
嫩江	3.13	-0.22	11.10	-0.61
哈尔滨	2.17	-0.18	6.79	-0.83
乌鲁木齐	1.71	-0.16	5.14	-0.54
银川	1.14	1.41	2.30	1.06
北京	0.66	-0.20	1.66	-0.59
南京	1.27	0.00	1.27	-0.15
重庆	0.64	-0.09	1.31	-0.27
福州	0.27	0.11	0.47	0.05
广州	0.05	0.36	0.08	0.47

5.2.4 医院建筑

(1) 外墙节能技术节能量

表 5.18 哈尔滨地区外墙传热系数对建筑能耗影响

外墙 K	采暖	空调	其他	总和	单位面积
------	----	----	----	----	------

0.27	391214	32716	450569	874499	163
0.24	389416	31793	450424	871634	162
0.18	381411	31048	450578	863038	161

由模拟结果可知，在北方严寒及寒冷地区，外墙传热系数对建筑能耗影响较大，提升外墙的保温性能仍具有较大节能潜力。但是在工程中应综合考虑施工、维护方便、性能合理、经济等因素选择适当的外墙传热系数。

(2) 外窗节能技术节能量

表 5.19 哈尔滨地区外窗传热系数对建筑能耗影响

外窗 K	采暖	空调	其他	总和	单位面积
1.60	391214	32716	450569	874499	163
1.35	389985	31953	450570	872508	162
1.10	388102	31633	450570	870306	162

由模拟结果可知，在北方严寒及寒冷地区，外窗传热系数对建筑能耗有一定影响，但是降低外窗传热系数对建筑节能贡献较小，应综合考虑经济等合理性因素选择外窗传热系数。

(3) 屋顶节能技术节能量

表 5.20 哈尔滨地区屋顶传热系数对建筑能耗影响

屋顶 K	采暖	空调	其他	总和	单位面积
0.22	391214	32716	450569	874499	163
0.19	380769	33247	450570	864586	161
0.13	375475	34024	450570	860069	160

由模拟结果可知，在北方严寒及寒冷地区，屋顶传热系数对建筑能耗有一定影响，但是屋顶传热系数降低到 $0.19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以下之后继续降低传热系数建筑能耗几乎不再降低，节能率在 0.1% 左右，因此屋顶传热系数不必一味降低，选择合理值即可。

(4) 设备能效提升

由于软件问题，调整 COP 值模拟结果不发生变化，但是 COP 值对能耗的影响易计算得出。

(5) 可再生能源应用选择

地热能是以土壤和水为热源，水为载体在封闭环路中循环进行热交换。地源热的应用通常包括地下埋管、井水抽灌、地表水盘管等系统。地源热泵技术利用地球表面浅层（通常小于 400m 深）地热资源作为冷热源进行冷量转换，地表浅层收集了 47% 的太阳能量，比人类利用能量的 500 倍还多。使用地源热泵没有燃烧过程，对周围环境无污染排放，不想周围环境排热，没有热岛效应没有噪音。

土壤源热泵系统是用土壤作为热源，由地热转换器和热泵机组形成的封闭环路，

系统 COP 通常大于 4，运行费用低，但是应用时宜综合环境因素制定施工方案，将对环境的影响降低到最小。

5.3 小结及建议

5.3.1 居住建筑

(1) 全国不同地区建筑围护结构的平均潜力不同，黑龙江地区节能潜力最大，约为 $3.01\text{kgce}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ ，云南地区节能潜力最小约为 $0.2\text{kgce}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ 。全国各省市地区居住建筑的平均节能量为 $1.23\text{kgce}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ 。寒冷地区、夏热冬冷地区的人口密集居住区的建筑节能空间有限。

(2) 按照假定节能技术路线，2030 年全国城镇居住建筑的总体能源消耗约为 4.1 亿 $\text{tec}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ 。

(3) 通过对居住建筑能耗的模拟分析可知，全国居住建筑除严寒地区提升围护结构性能节能潜力较大外，其余气候区的围护结构建筑节能率已接近瓶颈。下一步建筑节能的重点路线是通过加强人员行为节能和增加可再生能源应用为主。

(4) 我国居住建筑的建筑能耗与室内环境的现状情况不详细，应进一步结合建筑节能情况，分析不同室内舒适度情况下的建筑节能潜力，以提高我国居民的室内环境品质，提高居住建筑室内舒适能效。

5.3.2 公共建筑

(1) 改变外墙围护结构的热工性能，对南方能耗影响有限，对于北方则有一定的效果；从建筑节能整体效果来看，提高建筑围护结构热工性能是有助于建筑节能的，但南北方的节能关注点差异很大。

(2) 对于外窗的性能提升，在夏热冬暖地区对单位面积能耗的影响显著，广州地区能耗变化率最高，夏热冬冷地区及寒冷地区 B 外窗传热系数减小时，制冷能耗增大，供暖能耗减小，由于该地区制冷能耗占主导地位，单位面积能耗少量增加，但在寒冷地区 A 及严寒地区，随着外窗传热系数减小，同样是制冷能耗增大，供暖能耗减小，但供暖能耗减小量大于制冷能耗增加量，因此全年并不显著。

(3) 对于屋顶传热系数变小时，对各城市单位面积能耗改变有限。

(4) 通过整体对比围护结构节能率、外墙、外窗、屋顶分项节能率，可以看出，通过提高建筑外墙和外窗围护结构性能对建筑能耗的提升贡献大于提高屋顶围护结构性能。分析原因主要在于，由于建筑为多层建筑，屋顶对建筑能耗的影响主要为顶层房间，提高建筑外墙、和外窗的围护结构性能节能效率高于提高屋顶的围护结构性能。

本课题是从建筑能源消耗的末端能耗进行预测，在国家未来能源结构调整过程中，一次化石能源的比例会逐渐降低，可再生能源、生物质能和核能的比例会逐渐

升高，但从建筑能源末端需求角度分析，建筑末端能源的整体需求总量是不会发生改变的，因此，本课题研究过程中，不将可再生能源在建筑中的应用、以及未来建筑的“煤改电”或“煤改气”作为建筑能源总量的计算分析内容。

第六章 建筑能耗计算模拟软件相关对比分析

对建筑能耗计算结果的影响，不单单是计算方法或求解方法的区别，同时更应当注重对基本输入参数（如气象参数、选用的节能方式或产品形式，建筑围护结构材料等）及计算依据等进行规范和统一，由此形成相应的计算软件包，使得计算结果具有一定的可比性，才可适用于不同方案的优劣评价、相关节能政策与标准规范的实施。

6.1 建筑节能气象参数现状

6.1.1 气象数据的重要性

气象参数作为建筑能耗模拟计算的基本输入参数，对整个计算过程及计算结果均起着至关重要的影响。

我国地域辽阔，按照现行的气候分区指标，有严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区以及温和地区。建筑用能与气候关系紧密，各地气候条件差别很大，采暖与制冷需求各有不同。在目前我国倡导节能减排、可持续发展的大背景下，国家从上到下均非常重视建筑节能工作。随着建筑节能工作的发展，一系列建筑节能设计标准相机进行了修编，并陆续颁布执行。一方面，提高了节能潜力较大地区和建筑类型的节能设计目标；另一方面，对能耗计算的方法进行了修改，使之更加合理和完善。从目前颁布的各类建筑节能设计标准来看，评判设计建筑是否达到标准规定要求都采用了规定性指标和性能化方法相结合的途径。其中，采用性能化指标进行判定时，需要通过计算设计建筑和参照建筑的能耗作为判定的依据。而计算时所选用的气象参数和软件将直接影响最终的计算结果。

狭义的建筑能耗是指维持建筑功能所消耗的能量，包括采暖、空调、照明、热水供应、电梯、炊事、家电以及办公设备等的能耗，采暖和空调能耗占比最大。因此，建筑能耗模拟所涉及的内容主要包括采暖和空调能耗的模拟，也包括常规建筑物中其他用能系统的能耗模拟。无论是哪种用能系统的能耗模拟，其能耗模拟的模型都可以抽象为图 6.1 所示。其中，输入外界影响参数包括所有无法控制的变量，比如对于空调系统能耗模拟，天气参数就是重要的外界影响参数。

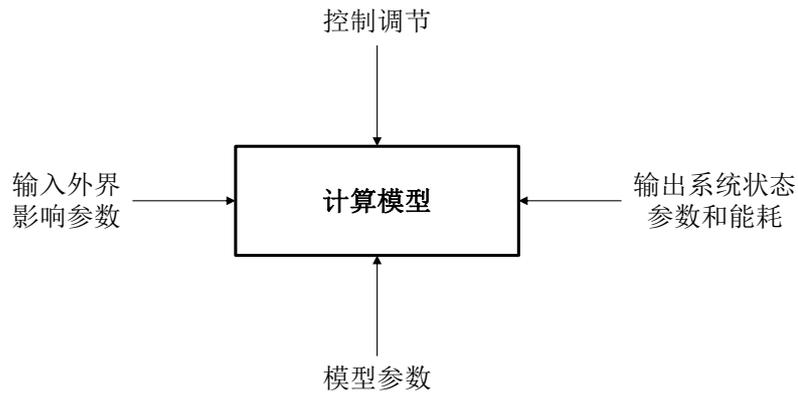


图 6.1 建筑能耗模拟的模型示意

由于建筑室内环境和能耗受建筑所在地气象条件的影响非常大。有研究显示，即使是相同的建筑，利用完全相同的能耗模拟软件与方法，当室外气象数据不同时，得到的全年或季节负荷差异非常大：北京全年冷负荷最大差异为 84.15%，成都全年冷负荷最大差异为 78.98%；对应的全年热负荷最大相对误差分别为北京 24.77%、成都 72.65%。成都的冷、热负荷全年相对误差绝对值普遍高于北京，这是由于成都辐射数据误差较大。可见，输入参数误差越大，能耗模拟结果误差越大。

6.1.2 建筑节能用气象数据现状

(1) 标准中的气象数据现状

由于气象数据对建筑能耗模拟的重要影响，对建筑用气象数据的研究工作很早就受到特别的重视。1987 年，当时的城乡建设环境保护部颁布实施了《建筑节能气象参数标准》JGJ35-87，选取了 209 个城镇，每个城镇列出 55 项常用的气象参数及气候特征分析，供工业与民用建筑工程设计、施工中使用；1993 年，国家技术监督局和建设部联合发布了《建筑气候区划标准》GB50178-93，主要为了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。

现行标准中，气象参数主要参考《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014、《建筑气候区划标准》GB50178-93、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010、《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2012、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2010、《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012 以及《中国建筑热环境分析专用气象数据集》等。

其中，《建筑气候区划标准》GB50178-93 列出了全国 203 个主要城镇的建筑气象参数，并将全国划为 7 个一级区、20 个二级区，并提出相应的建筑基本要求。但该标准

数据年代比较久远，其数据不在本报告参考之列。研究组主要梳理了以下四本标准及专著所列的数据概况。

1) 行业标准《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014

该标准给出了 450 个全国主要城镇的采暖度日数 HDD18 和空调度日数 CDD26 及其他约 48 项建筑气象参数，同时给定了 164 个主要城镇的参考城镇。共包括 614 个城镇、涵盖 280 个地级区划。部分台站数据源于《建筑节能气象参数标准》JGJ35-87，数据统计年限为 1951 年-1980 年。另有部分手工记录数据，如采暖度日数、空调度日数所采用有原始观测数据的年份为 1995-2004 年。

2) 国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012

本标准提供了除香港、澳门、台湾地区以外 28 个省级行政区、4 个直辖市所属的 294 个台站的室外空气计算参数。个别台站如咸阳、黔南州、新疆塔城地区等的湿球温度无记录。大部分台站基础数据统计年限为 1971 年 1 月 1 日至 2000 年 12 月 31 日。

3) 行业标准《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010

该标准一共列出了 211 个城市的采暖度日数(HDD18)、空调度日数(CDD26)以及计算采暖期室外平均温度等建筑节能计算用气象参数，涵盖 21 个省、131 个市、州及地区。

4) 《中国建筑热环境分析专用气象数据集》

本书以中国气象局气象信息中心气象资料室提供的全国 270 个地面气象台站 1971~2003 年的实测气象数据为基础，通过分析、整理、补充源数据以及合理的插值计算，获得了全国 270 个台站的建筑热环境分析专用气象数据集，其数据内容包括根据观测资料整理出的设计用室外气象参数，以及由实测数据生成的动态模拟分析用逐时气象参数。

(2) 软件中的气象数据现状

详细的逐时能耗模拟需要采用逐时天气参数。由于天气参数逐年变化，通常采用能够代表某地区或城市长期气象条件的逐时气象数据文件——典型年，作为建筑全年能耗模拟计算的天气输入条件。用于 DOE-2、eQUEST、DeST、EnergyPlus 和 TRNSYS 等建筑能耗模拟软件的天气参数文件类型各不相同，如 BIN、EPW 和 TM2 等，其包含的主要气象参数也有所不同，但典型气象年的生成方法基本一致，即挑选 12 个具有气候代表性的典型气象月组成一个假想的典型气象年，从而代表当地的长期气候特征。

典型气象年 TMY 是建筑能耗模拟软件中使用较多的气象输入参数文件类型。我国

城市的 TMY 文件有 IWECC、CSWD、SWERA 和 CTYW 四个版本。

表 2.6 典型气象年气象输入参数文件类型说明

文件类型	说明	涵盖城市数	数据年份
IWECC	IWECC 是 ASHRAE 和 NCDC 利用 DATSAV3 数据库生成的除美国和加拿大之外的 227 个城市的典型气象参数文件，历史数据年份跨度是 1982-2003 年	227	1982-2003
CSWD	清华大学基于中国气象局收集的中国 270 个地面气象台站 1971-2003 年的实测气象数据开发的中国建筑热环境分析专用气象数据集，包括了设计用室外气象参数、TMY 全年逐时数据	270	1971-2003
SWERA	由联合国环境规划署支持的资源评估项目针对包括中国在内的 14 个发展国家进行太阳能和风能资源评估，开发了 156 个城市的逐时典型年数据	156	--
CTYW	由日本筑波大学与 LNBL 基于美国 NCDC 资料库里我国 57 个台站 1982-1997 年的气象数据建立的中国建筑用标准气象数据库	27	1982-1997

为了满足动态模拟的需求，DeST 提出基于实测定时和日极值、日累计值观测数据的气象模型，建立了全国 270 个站点多种典型年的逐时气象数据集，有效地解决了我国建筑能耗分析中由于缺乏气象数据造成的瓶颈。不同模拟软件对气象参数的输入要求不完全相同，但核心要素是一致的。以 DeST 为例，其输入气象参数的用途如表 6.1 所示，这些参数输入均为逐时气象参数。

表 6.1 DeST 基本气象参数说明

参数	说明
干球温度 (°C)	用于围护结构传热计算、室内外通风计算等与室外空气温度有关的计算
含湿量 (g/kg·干空气)	用于室内空气湿度计算、空气处理过程计算等与室外空气湿度相关的计算
水平面总辐射 (W/m ²)	用于建筑物的围护结构内外表面的太阳辐射得热计算
水平面散射辐射 (W/m ²)	主要用于建筑物的围护结构内外表面的太阳辐射得热计算，见解用于建筑围护结构的内外面的阴影计算（遮阳和日照分析）

地表温度 (°C)	用于楼地、地下建筑物等涉及土壤传热的相关计算
太空有效温度 (K)	用于计算建筑物围护结构表面与天空的长波辐射换热
风速 (m/s)	用于建筑物的室外风环境和自然通风计算
风向	用于建筑物的室外风环境和自然通风计算
大气压力 (Pa)	用于不同气象要素之间的换算

6.1.3 存在的问题

研究证明建筑能耗对气象数据敏感性很强，应与实际相结合选用气象数据。然而，在一些设计标准、规范中，如《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2012、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2010、《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015 以及大部分省市地方标准等，仅就相关计算需要用到气象数据进行了规定，并未给出进行节能设计所必须的气象数据。在标准的实际实施中，各种计算软件、设计机构往往选择自己可以得到的气象数据进行节能设计计算工作。这样就不可避免地出现了由于计算基础不统一，影响计算结果，造成计算结果缺乏可比性的情况。甚至，出现选择有利于自身建筑能耗性能的气象数据，扰乱建筑节能工作的推动。

例如，《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014 中，北京、天津、上海等直辖市仅有一个气象台站数据，而重庆市给出了沙坪坝、奉节、梁平、酉阳等4个气象台站数据，数据密度、区域代表性等具有较大差异。在实际建筑能耗模拟过程中，建筑所在地气象数据可选择性、可比性存疑。

同时，通过对现行建筑节能气象参数相关标准、软件的数据梳理，研究组发现现有数据存在以下几点问题：（1）缺少中小城市的数据；（2）缺少市中心区及郊区数据；（3）缺少太阳辐射强度、最大频率风向、风速等；（4）数据年代久远，原始数据获取渠道有障碍。

因此，本报告的主要目的就是为建筑节能设计提供完整、统一的气象参数数据。在按照节能设计标准对设计建筑进行节能计算，统一节能设计计算的基础条件，消除由于气象参数取值不同而带来的计算结果误差与不公平，使得不同软件、设计机构进行的节能计算结果具有可比性、公平性，便于进行方案比选、设计优化、改造提升等工作。从而进一步提高节能设计质量，促进节能设计标准、节能减排等工作的顺利进行。

6.1.4 解决思路

(1) 规范统一输入气象数据

1) 原始数据来源统一

根据前文对现行主要建筑节能气象数据涵盖站点的对比,《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014 给出了 450 个全国主要城镇、164 个参考城镇的气象台站数据,可覆盖全国所有气候区的绝大多数城镇。因此,本研究将以《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014 作为主要的气象数据参考来源。

表 6.2 本研究采用的气象参数情况

气象站点数	明确参考站点数	涵盖地级区划
450	164	280

2) 数据行政级别统一

根据《中华人民共和国气象法》、《气象设施和气象探测环境保护条例》等有关法律法规,气象台站选址原则为:地面气象观测场应设在能较好地反映本地较大范围的气象要素特点的地方,避免局部地形的影响;观测场四周必须空旷平坦,避免建在陡坡、洼地或邻近有铁路、公路、工矿、烟囱、高大建筑物的地方;避开地方性雾、烟等大气污染严重的地方。即早期气象台站较少设置于城区中心,均以乡镇、城镇为主,而大量的建筑模拟需求却集中在城市。因此,研究组将统一数据级别至地区级(市、自治州、盟、地区等),补充中小城市数据,以求更准确的获取数据。截止 2015 年 4 月,全国共有 338 个地级区划(包括直辖市、副省级市、地级市、自治州、地区、盟)。

3) 数据引用目标唯一

前文提到的标准及专著,如行业标准《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014、国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012、行业标准《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010、《中国建筑热环境分析专用气象数据集》等,均给出不同数量城镇的气象数据。有的省份气象台站数量多、数据全,而有的省份气象台站数量少、数据缺乏。研究组将打破数据引用行政边界,对数据条件不完善、满足数据引用条件的城市进行数据补缺,按照统一原则唯一指定参考的目标气象台站数据。

4) 数据参数统一

衡量一个地方的寒冷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，以前的相关标准用的基本上都是温度指标。但《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014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，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，本报告与《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014保持一致，选取采暖度日数(HDD18)结合空调度日数(CCD26)作为气候参数指标，同时列出严寒和寒冷地区城市的计算采暖期不同朝向平均太阳总辐射照度。空气温度、相对湿度、太阳辐射、风速风向、地表温度、日照时数、大气压力等逐时气象数据等同样参考《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014。

(2) 规范统一模拟软件

为了提高全市公共建筑节能（绿色建筑）设计和管理水平，重庆市城乡建设委员会于 2013 年底发布了重庆市建筑节能（绿色建筑）设计分析软件（PBECA），相关单位和个人可在网站自行免费下载使用该软件。在使用过程中任何单位和个人都不能改变该软件的计算功能和材料数据库内容，重庆城乡建委定期发布软件的后续升级更新程序，目前已升级至 2015 年 8 月版。

重庆市如此举措，可为解决全国建筑能耗模拟软件输入参数统一、软件工具统一等两大规范化工作提供思路借鉴。因此，本报告旨在规范统一软件工具的气象输入数据，全国 338 个地级区划（包括直辖市、副省级市、地级市、自治州、地区、盟）建筑节能气象参数表见附录 B。

6.2 节能产品和材料数据库现状

作为建筑能耗计算模拟基本输入参数之一的节能产品和材料数据库对计算结果的影响同样重要。

当前，各地方为配合国家建筑节能技术推广和绿色建筑发展工作，促进行业科技

进步，根据住建部相关文件精神和中国建筑节能协会要求，部分省市和地区面向当地建筑设计及用能特点，将部分优秀的建筑节能企业和生产、销售、应用的建筑节能设备、材料系统等进行了集中收录，并通过专家委员会进行评定，面向全国公开出版发行各省市自己的《建筑节能与绿色建筑推荐企业及产品数据库》或类似的产品目录与丛书，如《江苏省建筑节能与绿色建筑推荐企业及产品数据库》。同时，部分省市也建立了建筑节能企业及产品数据库管理系统，以供当地设计院、开发企业、建设单位选用。

但就全国范围而言，并没有形成统一的数据库形式，缺乏统一的管理平台，使得在计算建筑能耗时，操作人员可选择性相对较广、随意性较大，计算出的能耗结果没有横向可比性。

因此，当前需要尽快将我国优秀的建筑节能产品、节能设备、材料系统等，集中收录，并通过专家委员会进行评定，面向全国公开出版发行我国节能产品和材料数据库。同时，建立节能产品和材料数据库管理系统，以开源的方式配合我国节能设计标准的修订，及时更新增补数据库中节能产品，以供全国各单位选用。

节能产品和材料数据库管理系统的建立，将有力推动我国建筑节能行业产品的提档升级，促进新产品的推广应用，方便建筑设计、施工选型、招标采购与运营维护，从而推进我国建筑节能事业的快速发展。

6.3 国内外计算依据对比

中国建筑节能计算软件在各地使用和实施情况也不相同，因为我国现行的节能设计标准并没有指定专门的计算软件，市场上所采用的节能计算软件是以 DOE2 为核心的商业软件（如 PKPM、天正、斯维尔）和 DesT。因我国几本建筑节能设计标准实施时并没有指定相应的节能计算软件，目前各地施工图审查、节能审查所采用的软件也没有指定。而社会上这几款软件的结果差异较大，模拟软件中的默认设定参数也不统一。目前各地方的做法也不一样，有的省份就不作规定，由设计单位自己来选；也有些地方干脆取消了节能计算性能化设计，完全走规定性指标，另外还有些省份（如重庆、浙江、江苏、天津等）的建设行政主管部门指定了专门的软件，具体做法是由主管部门委托一个软件公司就本省的建筑节能设计标准的具体参数和计算规则，为当地开发一款专门的软件，免费提供给设计院和审图机构使用。这种做法在一定程度上解决了不同软件的计算差异性问题的。现在还存在的问题是如何进一步改进和完善建筑节能计算，逐步形成一套节能计算的技术体系（包括统一软件算法和处理模式、统一的

建筑材料和设备系统参数设定、统一的外部气象参数等)。这一方面国外发达国家的经验也值得我们学习和借鉴:

(1) 德国, 通过能源证书明确建筑物的节能目标和手段

德国的建筑节能系统是最先进、最高效的系统之一。学习研究德国的建筑节能证书体系, 对在中国形成自己的建筑节能体系和推动建筑节能工作会有很大的借鉴作用。

德国早在 1978 年就实施了建筑保温条例(WSVO1978), 规定了建筑墙体的最大允许传热系数、窗墙比、体型系数等指标来控制建筑物的热能消耗。随着研究的更加深入, 德国逐渐完善了这一整套系统。德国 2007 建筑节能条例(EnEv2007)于 2007 年 10 月 1 日生效, 并逐步在德国强制性推行建筑能源证书体系。经过 5 年多的实践操作, 2007 年德国在 DIN 18599 的基础上, 颁布了建筑节能条例的第二次修订版 (EnEv2007), 其中完善了公建部分的计算方法。EnEv2007 确定了控制一次性能源的消耗的先进理念, 使节能工作有了最明确的目标。一些刚接触建筑节能的人认为, 简单加保温层以及使用双层玻璃窗就能达到节能的目的。但建筑节能是一个系统工程, 建筑节能计算改善外维护结构保温隔热等性能只是一部分工作, 采暖设备和能源传输体系能耗和能效的分析也十分重要, 需要综合考虑总体实际节能效果和投入产出比。

德国能源咨询师需要使用能源联邦署指定的软件(EnEV-Warme&Dampf 等)进行计算, 每次计算得到的结果, 在打印之前, 在软件的强制要求之下, 必须通过互联网发送到能源联邦署的数据库中。建筑师、暖通工程师等需要进行专业培训合格之后才能拿到资格证书, 并且在官方机构网页上公示供公众随时核查, 而这恰好保证了能源证书的准确和公证性, 因为客户以及政府可以通过数据库, 随时查看咨询人员核发的能源证书的准确和公证性。咨询人员不需要自己做广告, 统一由能源联邦署发放宣传手册, 手册上面写着全德国统一的咨询费用价格表。

(2) 美国, “能源之星”建筑能效标识

美国当前推行建筑节能的一项重要手段是实施建筑能效标识制度。能源部和环保局在开始实施能源之星计划时, 它是一种自愿性保证标识, 现已覆盖三十多类耗能产品, 他们建立了一个机构专门负责对高效产品进行评定, 1998 年开始实施能源之星建筑标识, 其主要对象是商用建筑和新建住宅建筑。能源效率经第三方认证机构的评估在同类建筑中领先的 25% 范围内, 室内环境质量达标的建筑, 或经查验遵循一定的质量管理程序而建造的建筑, 授予能源之星建筑标识。建筑物能源之星 标识主要目的之

一是用来比较商业建筑之间的能耗性能，并认证这个国家的最有效的能源利用和费用效益的商业建筑物。建筑能效标识试图影响建筑物的设计和运行，这主要是通过：提供一套商业建筑能耗性能测量分级办法；确定了全国范围的商业建筑能源效率目标，建立起一种认证标识以体现商业建筑节能所取得的成绩。

同时，作为建筑能效标识核心基础性研究，美国 ASHRAE 学会制定了非常完备的计算规则和计算手段。例如 ASHRAE 90.1 标准中十分详细地列出了在建立设计建筑和参照建筑的计算模型时的各项要求，还要求输入建筑所用能源的购买价格（注：不包含可再生能源）。标准还对用于模拟计算的软件的性能提出了要求。也就是说，采用本途径才会用到能耗模拟软件（simulation program）。其节能计算的软件核心为 DOE2 或 EnergyPlus 软件。第二种达标途径还会使用 ComCheck 或 ResCheck 达标检查工具，也就是数据核对的工作。美国建筑节能计算的核心、达标方法与我国标准中权衡判断法或者对比评价法相比有以下不同：

1) ASHRAE 90.1 的能耗计算与达标途径时使用动态模拟程序进行能耗水平的计算。我国标准中没有与 Energy Cost Budget Method 达标途径相对应的方法；

2) 美国建筑节能标准中的设计计算需全面考核设计建筑的大部分能耗，不仅考核通过围护结构的能耗和 HVAC 系统的能耗，还考核照明、热水系统、电梯等的能耗；我国节能设计中的权衡判断法或者对比评价法均只考核采暖和空调能耗中的一项或两项；

3) 美国建筑节能计算的 Energy Cost Budget Method 建立计算模型的要求比我国标准中对参照建筑的设定要求要详细的多。

(3) 丹麦，Danish Building Regulations 2010 (BR10)

丹表现有建筑法规为 Danish Building Regulations 2010 (BR10)。BR10 规定了所有类型新建建筑的最低能耗要求，要求建筑必须同时满足降低能源消耗和保持健康室内环境的双重需求，其参数和要求的确定都是经过相关计算确定的 (Energy calculation BE10)，涉及到太阳得热、人员体温及其他关于建筑的能源负荷。Be10 是符合建筑法规 BR10 的建筑能效计算软件，由丹麦能源署出资开发。通过该软件得出的计算结果可以用于标准的符合度检查和能效认证，以保证建筑能效计算的统一性。与之前的版本 Be06 相比，Be10 在以下方面进行了改良和更新。主要包括对能源结构和能耗要求，将建筑供热调整至新的区域供热能源方式，提出 5-15℃ 的新的能源结构，将低能耗等级 2015 向建筑等级 2020 转变；对多级生活热水储水罐、同栋建筑/空间的多级热泵、多级

太阳能组件系统等技术手段的计算考虑进来；同时改良制冷需求计算和区域风力涡轮发电量计算。

相关建议：

(1) 建议加强对建筑能耗分析基础性研究的支持

通过对比发现，相比 10 多年前，我国建筑节能事业已经得到了长足发展，在很多方面已经走到了世界前列。但也应看到同欧美发达国家相比，我国在基础研究工作方面尚存在不小的差距。建筑能耗计算软件是进行建筑能耗计算的重要工具，也是目前进行建筑能效测评、建筑节能设计、绿色建筑评价等工作的重要技术支撑手段。而目前国内外用于建筑能耗动态计算分析的软件种类繁多，所采用的参数标准和计算条件各不相同，计算原理也不尽相同，需加强建筑能耗计算结果统一性，因此需强化对建筑能耗分析计算的基础性研究的支持。必要建立一套统一的建筑能耗计算软件评价方法和评价指标。同时构建建筑节能设计基本气象和材料数据库、气候变化条件下建筑能耗数据库，为我国超低能耗建筑集成与发展提供准确科学的基础数据。

通过组织国内外不同建筑能耗计算软件的认定工作,找出对建筑能耗计算软件核心参数和输入输出参数影响较大的敏感性因素作为主要控制条件,并对建筑能耗计算过程中各类边界条件的界定进行标准化或统一化处理,制定和设计出合理的建筑能耗计算参数和算例标准,通过一定的判定原则,筛选出符合要求的建筑能耗计算软件,为建筑节能设计和审查以及建筑能效测评等提供技术支撑,促进建筑节能发展。

(2) 建议强化第三方机构的重要作用

建议研究以节能减碳为目标的建筑节能第三方核证机构准入制度，培育国家级和地方两级建筑节能第三方核证机构；研究制定符合我国国情的碳排放认证核查标准，规范节能减碳认证核查的工作流程；构建和完善对节能减碳第三方机构的监管体系，加强对第三方机构的管理；加强对节能减碳监管的立法，规范碳排放的监管工作；夯实建筑节能减碳监测核算基础。

从美国实施建筑能效标识认证的实践来看，能效认证是一种促进建筑节能市场化运作的有效机制，它解决市场中存在的信息不对称问题，充分调动了生产商、建设单位等作为市场责任主体的积极性，减少了政府过多的行政干预，强化了第三方认证机构的重要作用。因此，在我国建立建筑能效标识认证制度的过程中，应尽可能加强政府的宏观管理，并积极发挥建设单位、第三方认证机构的重要作用。作为一种降低交易费用的制度安排，第三方认证制度在现代经济活动中发挥了越来越重要的作用。第

三方认证制度的出现，主要原因在于交易双方的信息不对称。该制度安排的机理在于，第三方认证机构为交易者提供了有效而可靠的信号，这既可有效地降低购买者的信息成本，又有利于卖方或生产者更好地与竞争者区别开来，争取更多的消费者。为了保证认证信号的真实性和可信性，政府对第三方认证机构进行必要的监管是必要的。在项目层面的建筑节能软件开发和认证领域，国内对第三方机构的监管不尽完善。国内大小中介机构充斥着整个市场，却没有一个相对应的规范准则，国家也没有出台相关的咨询认证资质标准。由于我国低碳认证制度还处在研究建立阶段，碳排放领域的第三方机构管理体系有待建立。

(3) 建议加强政府对第三方认证机构的监管

目前，我国第三方机构相关监管机构缺失，管理体系尚未建立。为防止第三方认证机构提供虚假的市场信号，政府必须对第三方认证机构进行监管。要通过划分认证机构的信用等级，提高认证机构的准入标准，把有不良记录的认证机构排除在外。缺乏对碳排放认证认可的标准和规范。另外，要不断强化认证机构的自律，加强对认证机构的监管，打击恶意违法违规行。此外，还应该加强认证许可方面的法律法规建设，提高造假成本，保证第三方认证制度的正常运行。

6.4 计算模拟软件包对比

6.4.1 工具介绍

建筑能耗模拟分析软件是研究建筑能耗特性和评价建筑设计的有力的工具，也是建筑节能设计的一项重要技术依托。采用能耗分析软件可以突破传统建筑设计的手工计算负荷能耗的限制，通过各种措施的调整，达到节能目标，具有很强的灵活性和适用性。类似的方法已在居住建筑节能设计标准和公共建筑节能设计标准中大量使用。

首先，软件评估可以模拟建筑能耗的基础理论值。建筑物能耗受气候参数及人员活动的随机影响很大，关系复杂，难以用简单工具描述。在建筑节能设计中采用软件进行评估，可以通过输入不同的性能参数，得到不同工况下的建筑能耗值，便于建筑节能设计的优化。

6.4.2 工具对比

(1) 软件比对内容与方法

目前国内应用较多的能耗模拟计算软件主要有 DEST、PKPM-PBEC (PKPM-CHEC)、天正-TBEC、斯维尔、TRNSYS 和 EnergyPlus。这些软件均通过国家有关部门的技术认定。比对工作的预期目标是在保证建筑能效测评结果的可比性、公证性、合理性的基础上, 评判并筛选出能够用于建筑能耗模拟的适用软件, 确保适用软件的计算结果基本一致。同时也为今后制定节能设计标准中统一的节能审查计算软件做准备。软件比对主要包括软件基本功能的比对及输出报告格式的比对两方面。基本功能的比对主要包括软件的适用范围与特点、工作界面、输入输出、基础数据库、可扩展性等方面。

按照比对方案, 比对分析分为两个层次: 输入参数比对分析和计算结果分析。输入参数比对分析主要考察各个软件对工程图纸的简化方式、与能耗计算结果相关的输入参数(建筑面积、立面面积、窗墙面积比以及围护结构传热系数、设备容量效率等)的准确程度。

(2) 软件基本功能对比

表 6.3 6 种计算软件各项基本功能的综合比较

A、适用范围与特点

	PKPM	天正	斯维尔	DEST	TRNSYS	EnergyPlus
适用的建筑类型	公建/居建	公建/居建	公建/居建	公建/居建	公建/居建	居建/公建
开发时间	CHEC 于 2004 年 3 月通过建设部科技司鉴定；PBEC 于 2005.12 月通过建设部的课题验收	TBEC 于 2004 年 3 月通过建设部科技司组织的技术鉴定	2004 年 10 月~2007 年 11 月	DEST 于 2004 年 4 月通过建设部科技司组织的技术鉴定	V15: 1998 年~2000 年 V16: 2002 年~2004 年	1995 年~至今
开发单位	建研院软件所	北京天正软件公司	深圳斯维尔软件公司	清华大学	美国威斯康星大学太阳能实验室、法国 CSTB	美国 LNBL 实验室
是否能结合节能设计标准，进行权衡判断	是	是	是	是	是	无
与建筑（或结构）设计软件接口	有	有	无	无	无	无
计算内核	本身为第三方软件，核心为 DOE2.1E	本身为第三方软件，核心为 DOE2.1E	本身为第三方软件，核心为 DOE2.1E	独立核心	独立核心	独立核心
参加过国际间的权威对比试验	DOE2 本身参加过 BESTTEST 验证过程	DOE2 本身参加过 BESTTEST 验证过程	DOE2 本身参加过 BESTTEST 验证过程	参加过 BRE 等组织的对比验证	参加过 BESTTEST 验证过程	参加过 BESTTEST、

						ASHRAE140 验证过程
手册	有中文用户手册和参考指南 DOE-2 basics, user's manual, reference manual, engineer's manual	有中文用户手册 DOE-2 basics, user's manual, reference manual, engineer's manual	有中文用户手册和参考指南 DOE-2 basics, user's manual, reference manual, engineer's manual	有中文用户手册和参考指南, 技术手册	TRNSYS user's manual, reference manual, engineer's manual	EnergyPlus user's manual, reference manual, engineer's manual
计算方法	围护结构: 逐时反应系数法 空间热平衡: 逐时加权系数法	围护结构: 逐时反应系数法 空间热平衡: 逐时加权系数法	围护结构: 逐时反应系数法 空间热平衡: 逐时加权系数法	围护结构: 逐时状态空间法 空间热平衡: 热平衡法	围护结构: 逐时反应系数法 空间热平衡: 热平衡法	围护结构: 逐时反应系数法 空间热平衡: 热平衡法

B、工作界面

	PKPM	天正	斯维尔	DEST	TRNSYS	EnergyPlus
用户界面	windows 界面, 以 CAD 为平台	windows 界面, 以 CAD 为平台	windows 界面, 以 CAD 为平台	windows 界面, 以 CAD 为平台	windows 界面, 有第三方 CAD 软件 SimCAD	windows 界面
对计算机要求	Win98/2000/NT/XP, 64 MB of RAM, 400 M 硬盘	Win98/2000/NT/XP	Win98/2000/NT/XP, 64 MB of RAM, 400 M 硬盘	Win98/2000/NT/XP	Win98/2000/NT/XP	Win98/2000/NT/XP

第六章 建筑能耗计算模拟软件相关对比分析

建筑模型	按建筑实际外形建模	按建筑实际外形建模	按建筑实际外形建模	按建筑实际外形建模	窗墙屋顶按朝向，而非按外形建模	窗墙屋顶按朝向，而非按外形建模
模型及参数的输入方式	CAD 平台下建模；对话框模式下输入参数	CAD 平台下建模；对话框模式下输入参数	CAD 平台下建模；对话框模式下输入参数	CAD 平台下建模；对话框模式下输入参数	对话框模式下建模及输入参数	对话框模式下建模及输入参数
是否支持 CAD 读图功能	是	是	是	否	否	是
终端用户的熟练程度要求	需要训练并大量使用才能熟练掌握	需要训练并大量使用才能熟练掌握	需要训练并大量使用才能熟练掌握	需要训练并大量使用才能熟练掌握	专业工具 ，需要训练并大量使用才能熟练掌握	需要训练并大量使用才能熟练掌握
建模时子模块连接方式	自动连接	自动连接	自动连接	自动连接	手动连接信号流图	建筑冷热负荷计算时自动连接，计算能耗时需制定好连接信号流图
结果输出类别	能按设定输出输入参数校验报告，设备性能报告，详细的能耗报告，及逐时输出	能按设定输出输入参数校验报告，设备性能报告，详细的能耗报告，及逐时输出	能按设定输出性能报告，详细的能耗报告，及逐时输出	能按设定输出性能报告，详细的能耗报告，及逐时输出	能按设定输出详细的能耗报告，及逐时输出	能按设定输出输入参数校验报告，详细围护结构热工性能报告，简单的能耗报告及逐时输出
默认值	提供默认值	提供默认值	提供默认值	提供默认值	不提供	提供默认值

基于能耗总量控制的建筑节能设计标准研究

设备自动选型	有	有	有	有	无	无
输入错误检查	有	有	有	有	有	有

C、基础数据库

	PKPM	天正	斯维尔	DEST	TRNSYS	EnergyPlus
支持的气象数据格式、气象数据来源	TMY, TRY, CTZ, WYEC, CD144, 1440, 9685 formats	TMY, TRY, CTZ, WYEC, CD144, 1440, 9685 formats	TMY, TRY, CTZ, WYEC, CD144, 1440, 9685 formats	单独的气象数据（中央气象局提供转成 TMY）	TMY, TRY, CTZ, WYEC formats	TMY, TRY, CTZ, WYEC, CD144, 1440, 9685 formats
预定义材料库	有预定义的国内建筑材料库	有预定义的国内建筑材料库	有预定义的国内建筑材料库	有预定义的国内建筑材料库	无	无
预定义构造库	有预定义的国内建筑构造库	有预定义的国内建筑构造库	有预定义的国内建筑构造库	有预定义的国内建筑构造库	无	无
内热源模式库	128种灯、人员、办公设备运行模式定义	128种灯、人员、办公设备运行模式定义	128种灯、人员、办公设备运行模式定义	100种灯、人员、办公设备运行模式定义	有灯、人员、办公设备运行模式定义	224种灯、人员、办公设备运行模式定义
空调系统类型库	共预定义 Terminal reheat Single zone 等 14种系统类型模块	共预定义 Terminal reheat Single zone 等 14种系统类型模块	共预定义 Terminal reheat Single zone 等 14种系统类型模块	多种空调类型	共预定义 solar energy system,	共预定义 Terminal reheat

第六章 建筑能耗计算模拟软件相关对比分析

					cooling coil 等 11 种 空调系统类型模块	Single zone 等 14 种系统类型模块
冷热源类型库	3 类锅炉、4 类冷 机、2 类冷却塔、2 类蓄能装置	3 类锅炉、4 类冷机、2 类冷却塔、2 类蓄能装 置、	3 类锅炉、4 类冷机、2 类冷却塔、2 类蓄能装 置	3 类锅炉、5 类冷机、2 类冷却塔	2 类锅炉、6 类冷 机、2 类冷却塔、2 类蓄能装置、	3 类锅炉、4 类冷 机、2 类冷却 塔、2 类蓄能装 置
冷热源效率曲线库	DOE2 预定义大量设 备效率曲线，可直接 调用	DOE2 预定义大量设备 效率曲线，可直接调用	DOE2 预定义大量设备 效率曲线，可直接调用	预定义许多国内设备效 率曲线	无	无

D、可扩展性

	PKPM	天正	斯维尔	DEST	TRNSYS	EnergyPlus
地源耦合模型	无	无	无	无	可以定义地源耦合模 型，模拟地源热泵	可以定义地源耦合模 型，模拟地源热泵
遮阳	固定外遮阳、活动 外遮阳、内遮阳	固定外遮阳、内 遮阳	固定外遮阳、活动 外遮阳、内遮阳	固定外遮阳、活动外 遮阳、内遮阳	固定外遮阳、内遮阳	固定外遮阳、活动外 遮阳、内遮阳、可以 与 Window、Therm 等软件联合使用

基于能耗总量控制的建筑节能设计标准研究

自然通风	可以, 但仅对 residential systems 有效	无	可以, 但仅对 residential systems 有效	可定义可变换气次数的通风模式	无	可定义可变换气次数的通风模式, 可与 Contaim 等软件联合使用
空调系统类型可扩充	目前国内尚无人扩充	目前国内尚无人扩充	目前国内尚无人扩充	可扩充	可扩充	可扩充
空调设备控制器模式	反馈控制, 风机优化启动等	反馈控制, 风机优化启动等	反馈控制, 风机优化启动等	反馈控制	用户可自己选择控制器模式	反馈控制, 风机优化启动等用户可自己选择控制器模式
Daylighting 或室外照明节能	无	无	无	可以进行 Daylighting 分析	无	可以进行 Daylighting 分析

(3) 软件模拟结果对比

软件比对主要参照了美国 ASHRAE Standard 140-2004 标准，采用了标准测试法 (SMOT)，软件比对结果判定采用专家判定和定量化计算相结合的方式。专家判定根据测评软件基本功能情况表，进行综合评价比对；定量化计算以全年能耗相对值是否大于 50% 为主要对比评判依据，取所有软件的计算结果平均值作为真值。要求各软件所得值与真值之间相对误差小于 15%。计算结果的综合判定采用了均方根误差、节能率离差判定方法。给出定量化的判定指标。

通过引入均方根误差(RMSE)，对 6 种软件计算冷负荷、热负荷和一次能耗量的离差程度进行排序(均方根误差值小的性能好)。

表 6.4 算例介绍

	公共建筑算例				居住建筑算例			
	冷负荷均方根误差	热负荷均方根误差	一次能耗量均方根误差	各项方均根误差的总和	冷负荷均方根误差	热负荷均方根误差	一次能耗量均方根误差	各项方均根误差的总和
A	0.55	1.06	0.41	2.02	0.21	0.82	0.13	1.15
B	0.29	0.56	0.30	1.16	0.21	0.58	0.53	1.32
C	0.39	0.68	0.39	1.45	0.23	0.40	0.19	0.82
D	0.29	0.66	0.21	1.17	0.13	0.42	0.26	0.81
E	0.37	0.56	0.72	1.64	0.82	0.83	0.69	2.34
F	0.42	0.59	0.58	1.59	0.29	0.45	0.58	1.32

根据结果直接比对可以看出：

不同软件进行绝对能耗量计算比对时，公共建筑和居住建筑的单位建筑面积冷热均负荷存在差异，各种设备绝对能耗量存在差异。但用相对法计算时，差异不大；

重在对比相同条件下各软件的计算结果是否满足节能设计标准的要求，而淡化由于软件算法本身带来的绝对值差异。

另外，对节能率离差的判定采用了两种均值作为基准值：1、取 6 种软件节能率的均值；2、去掉一个最高值，去掉一个最低值，取其余 4 个软件节能率的均值。两种情况下的 6 种软件的节能率离差如图 6.2 所示。可以看出：6 种软件优劣程度的排序是：D、B、C、A、E、F。

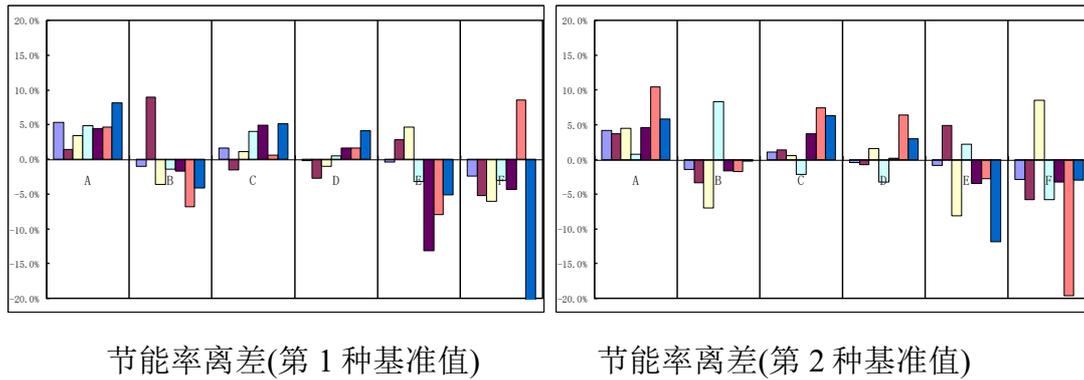


图 6.2 6 种软件计算节能率离差对比

通过不同模拟计算软件的模拟分析可以看出，不同的计算软件由于输入参数、采用的气象参数等不同，导致计算结果差异很大。由于不同模拟计算软件的差异，导致建筑能耗的计算存在较大的误差，对同一建筑无法得到客观准确的建筑能耗模拟值。

国外发达国家为了避免不同模拟计算软件对计算结果产生的误差，采取了不同的应对措施。以美国为代表，由政府统一制定模拟计算软件，并定期维护更新，免费提供给公众及机构，有效避免了模拟计算软件不同造成的模拟计算结果差异。另外，以丹麦为代表，由政府组织制定统一的模拟计算规程，委托专门测评机构对市场上开发的软件进行测评，测评通过后的模拟计算软件允许在市场上使用，这也有效避免了不同软件输入参数不同对模拟计算结构的影响，使不同模拟计算软件的模拟计算结果具有很好的重复性。

6.5 小结

软件输入参数统一化、标准化，推动软件工具规范化，在目前的数据条件下仍存在不尽完善的地方。设计者使用不同的模拟计算软件模拟相同的建筑，由于软件之间无法完全统一，导致结果偏差较大，无法正确指导建筑节能设计及能耗预测。

另外，建筑能耗与气象关系密切，一栋建筑从设计到使用是否节能，气象都起着关键性作用，室外气象参数直接决定着冬季供暖、夏季制冷能源消耗量。我国现行的建筑节能设计标准都是基于 1970~2000 年作为统计期的历史气象数据计算制订的，这些气象数据已不能代表当前气候的状况及未来气候发展趋势。加之中国南北差异显著，气候特性、舒适度体验、人群习惯等均会对建筑能耗产生影响。从标准角度出发，是否全国各地都采用同样的 HDD18 和 CDD26 有待进一步讨论。本报告仅给出一种统一输入参数下标尺作用的处理方式之一，从建筑节能的角度反过来看建筑节能气象参数的问题，诸多有待讨论、完善之处。

下一步建议：

1) 国家层面制定我国统一的建筑能耗模拟计算软件，规范建筑能耗模拟计算软件市场，使模拟计算结果具有良好的重复性和准确率；

2) 国家出台建筑能耗模拟计算的统一规程，授权第三方测评机构对市场上开发的建筑能耗模拟计算软件进行测评，模拟计算软件测评通过后，允许在市场上使用；

3) 考虑水平距离、海拔高差、热岛效应等因素下，使气象参数将不断接近建筑所在地的实际气候条件，为未来标准的修订提供更多数据支持。比如一项“气候变化对城市建筑能耗的影响及对策”的研究项目已在天津市气象局展开，那里的气象专家们试图建立气候变化对建筑能耗影响评估模型的方法，分析气候变化对建筑节能气象参数和建筑能耗的影响，从建筑设计和运行两个方面为节能减排献计献策。

第七章 实施机制

7.1 实施机制

7.1.1 建立以建筑能耗总量控制为目标的建筑节能标准体系

中国未来的建筑节能设计标准必须建立在以能耗总量控制目标的基础上,《居住建筑节能设计规范》和《公共建筑节能设计规范》中应明确建筑能耗的总量,在其他通用技术规范中提供节能的技术路径和解决措施,同时给出未来若干年的控制目标,引导新的建筑节能技术和产品的研发,这不仅符合当前国际上的成功做法,也适应我国未来标准化改革的发展,使中国的建筑节能标准在国际上占据先机。

7.1.2 统一国内建筑能耗计算方法

国家层面编制统一的建筑能耗计算方法规程或标准,规范建筑能耗的计算,使能耗计算参数的输入有据可依,保证能耗计算结果的可重复性和可追溯性。

7.1.3 政府对能耗计算软件进行监管,规范能耗计算软件的使用

国家层面制定我国统一的建筑能耗模拟计算软件,规范建筑能耗模拟计算软件市场,使模拟计算结果具有良好的重复性和准确率;或者授权第三方测评机构对市场开发的建筑能耗模拟计算软件进行测评,模拟计算软件测评通过后,方允许在市场上流通使用,鼓励地方在不违反市场竞争关系的前提下,建立本地区建筑能耗工具的市场准入政策或技术条文要求。

中国建筑节能计算软件在各地使用和实施情况也不相同,我国现行的节能设计标准并没有指定专门的计算软件,市场上流通的节能计算软件主要以 DOE2 为核心的商业软件(如 PKPM、天正、斯维尔)和 DesT 等为主。节能设计标准实施时并没有指定相应的节能计算软件,各地施工图审查、节能审查所采用的软件也没有指定。由于模拟软件中的默认设定参数也不统一问题,导致不同软件之间的计算结果差异较大。目前各地方的做法也不一样,有的省份就不作规定,由设计单位自己来选;也有些地方直接取消了节能计算性能化设计,完全走规定性指标,另外还有些省份(如重庆、浙江、江苏、天津等)的建设行政主管部门指定了专门的软件,具体做法是由主管部门委托一个软件公司就本省的建筑节能设计标准的具体参数和计算规则,由当地政府或

公益机构开发一款专用节能审计软件，免费提供给设计院和审图机构使用。这种做法在一定程度上解决了不同软件的计算差异性问题的。

7.1.4 完善建筑气象数据库，并定期维护更新

建立完整的建筑气象数据库，尽可能多的收集更多城市的气象数据，可以为各地区建筑的设计能耗提供更为精确的指导。建议气象数据的收集不仅以城市近郊区数据为主，同时还应补充完整小城市及偏远地区建筑用气象数据，增加太阳辐照度（尤其是直射和散射）、最大频率风向风速等气象参数，并根据近年历史数据变化进行定期数据更新。

研究证明建筑能耗对气象数据敏感性很强，应与实际相结合选用合适的气象数据。在一些设计标准、规范中，如《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2012、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2010、《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015 以及大部分省市地方标准等，仅就相关计算需要用到气象数据进行了规定，并未给出进行节能设计所必须的气象数据。在标准的实际实施中，各种计算机软件、设计机构往往选择自己可以得到的气象数据进行节能设计计算工作。这样就不可避免地出现了由于计算基础不统一，影响计算结果，造成计算结果缺乏可比性的情况。甚至，出现选择有利于自身建筑能耗性能的气象数据，扰乱建筑节能工作的推动。例如《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014 中，北京、天津、上海等直辖市仅有一个气象台站数据，而重庆市给出了沙坪坝、奉节、梁平、酉阳等4个气象台站数据，数据密度、区域代表性等具有较大差异。对于缺乏或多余的建筑气象数据的城市或地区，应按照本课题规定的建筑气象参数地区规定，选用统一计算气象数据，避免该类地区因缺少气象数据造成的建筑能耗混乱问题，以此加强和规范建筑节能气象数据包的应用和管理。

同时，通过对现行建筑节能气象参数相关标准、软件的数据梳理，研究组发现现有数据存在以下几点问题：（1）缺少中小城市的数据；（2）缺少市中心区及郊区数据；（3）缺少太阳辐射强度、最大频率风向、风速等；（4）数据年代久远，原始数据获取渠道有障碍。

因此，本报告的主要目的就是为建筑节能设计提供完整、统一的气象参数数据（参考附表 B）。在按照节能设计标准对设计建筑进行节能计算，统一节能设计计算的基础条件，消除由于气象参数取值不同而带来的计算结果误差与不公平，使得不同软

件、设计机构进行的节能计算结果具有可比性、公平性，便于进行方案比选、设计优化、改造提升等工作。从而进一步提高节能设计质量，促进节能设计标准、节能减排等工作的顺利进行。

7.1.5 建立我国节能产品和材料数据库

将我国优秀的建筑节能产品、节能设备、材料系统等，集中收录，并通过专家委员会进行评定，面向全国公开出版发行我国节能产品和材料数据库，同时，建立节能产品和材料数据库管理系统，配合我国节能设计标准的修订，及时更新数据库中节能产品，以供全国各单位选用。节能产品和材料数据库管理系统的建立，将有力推动我国建筑节能行业产品的提档升级，促进新产品的推广应用，方便建筑设计、施工选型、招标采购与运营维护，从而推进我国建筑节能事业的快速发展。

7.1.6 进一步加强建筑能耗和建筑面积的统计

通过建筑能耗统计工作，加强对全国各气候分区的建筑状况、能耗状况进行调查，收集各地建筑节能和能耗数据。由于受现阶段建筑能耗统计工作进展的程度限制，目前调查研究的建筑节能和能耗状况主要集中的各大城市，调查研究的城市数量有限，应扩大建筑节能和能耗调查研究的区域，覆盖中小型城市，甚至农村，完善全国各地的建筑节能和能耗状况数据，为我国建筑节能工作提供基础数据支撑。继续加强建筑基础数据的统计工作，特别是对我国建筑总能耗影响最大的建筑面积的统计。

建立民用建筑能耗及建筑面积统计调查工作联席会议制度，明确具体的职能部门和专人，负责承担各自的民用建筑能耗及建筑面积统计工作，做到各尽其能、各负其责，加强沟通、步调一致、形成合力，科学有效地整合社会公共信息资源，为我国民用建筑能耗及建筑面积统计工作建立长效机制提供可靠的保障。

7.2 建筑节能评估

建筑节能评估，是指根据节能法规、标准，对被评估建筑的能源利用是否科学合理进行分析评估，是检验新建建筑节能标准实施，控制能源消耗总量是否达标的重要措施。

民用建筑的节能评估是一项基于建筑、暖通、电气等多专业的工作，应使用综合的评价方法来进行评估。评估方法大致可分为三类：基于专家知识的主观评价法；基

于**统计数据的客观评价方法**；**基于系统模型的综合评价方法**。评估主要内容主要有三个部分组成，即能耗总量的估算、节能方案的评估及能评阶段提出的节能措施及建议。

经过长期的经验积累和研究分析，人们开始对建筑的各项性能指标做出相应的评价，以确定建筑的优越程度，各种评价方式也应运而生。当前，国际上关于建筑节能方面的相关评估以**列表清单法、生命周期评估方法及基于建筑能耗计算和模拟法三类为主**。列表清单法实际上是将不同的问题进行标记并赋予这些问题相应的权重，然后分项评分，最终结果就会根据各项问题计算出来；生命周期评估方法是对建筑的物质和能量的输入和输出的作清单分析；以建筑能耗计算和模拟为基础的建筑评估方法通常以建筑运行阶段的能耗作为最终的评估指标，如单位面积能耗指标等，在此基础上进行评估。

要做好民用建筑节能评估，必须建立完善的法律法规和标准规范体系。中国建筑节能经过近 30 年的发展，已经形成了法律、法规、规范性文件三个层次的法规体系。

一栋建筑从可行性研究开始，直到最终的施工验收，都必须遵循相应的法律法规、标准规范。对民用建筑进行节能评估时，应首先将项目的各单项指标对照规范，对于标准中所列出的强制性条文，必须无条件符合。对于标准中提及可权衡计算指标，在不满足规定指标范围时，应通过综合权衡计算满足建筑节能的要求。这是对建筑节能评估的前提与必要工作，只有在满足标准规范的前提下，才能进行下一步评估。因此，标准对照法是民用建筑节能评估中不可替代的一种重要方法手段。

前文已经介绍了基于整体能耗指标限值和规定性能指标的评估方法，即允许建筑不满足部分规定性指标，但是对整体的能耗指标进行限定。当部分指标不被满足时，可以通过其他部分加以弥补。此方法就是通过权衡计算来实现的。

权衡计算是一种对建筑物节能性能的判断方法。当建筑物各项评价指标中有任何一项不能够满足节能设计标准中的指标规定值或范围时，需要对该建筑进行权衡计算。具体做法就是构造出一栋虚拟的参照建筑，将其能耗计算结果与实际建筑能耗计算结果对比分析，并作出判断。权衡计算一般采用动态模拟的方法，利用能耗模拟软件来完成。

由于建筑环境的变化是一个多因素共同决定的复杂过程，传热过程是一个动态非稳态过程，运用人力很难准确计算建筑物的传热过程。因此需要借助计算机模拟的方法才能分析出建筑物在变化的环境状况下采暖、空调系统的逐时负荷变化，进而得出建筑物全年能耗量。建筑能耗模拟软件用于建筑的动态模拟分析，如 DeST、EnergyPlus 及 DOE 等。此类软件通过模拟建筑的长期动态热特性计算建筑物全年的运行能耗。

7.2.1 国外经验借鉴

1、美国—政府出资研发和监管、市场主导应用

同时，作为建筑能效标识核心基础性研究，美国 ASHRAE 学会制定了非常完备的计算规则和计算手段。例如 ASHRAE 90.1 标准中十分详细地列出了在建立设计建筑和参照建筑的计算模型时的各项要求，还要求输入建筑所用能源的购买价格（注：不包含可再生能源）。标准还对用于模拟计算的软件的性能提出了要求。也就是说，采用本途径才会用到能耗模拟软件（simulation program）。其节能计算的软件核心为能源部出资研发的 DOE2 或 EnergyPlus 软件。第二种达标途径还会使用以市场力量为主导的商业化软件 ComCheck 或 ResCheck 达标检查工具，也就是数据核对的工作。美国建筑节能计算的核心、达标方法与我国标准中权衡判断法或者对比评价法相比有以下不同：

- 1) ASHRAE 90.1 的能耗计算与达标途径时使用动态模拟程序进行能耗水平的计算。我国标准中没有与 Energy Cost Budget Method 达标途径相对应的方法；
- 2) 美国建筑节能标准中的设计计算需全面考核设计建筑的大部分能耗，不仅考核通过围护结构的能耗和 HVAC 系统的能耗，还考核照明、热水系统、电梯等的能耗；我国节能设计中的权衡判断法或者对比评价法均只考核采暖和空调能耗中的一项或两项；
- 3) 美国建筑节能计算的 Energy Cost Budget Method 建立计算模型的要求比我国标准中对参照建筑的设定要求要详细的多。

本文以ASHRAE 90.1 标准为重点分析美国同类标准中的节能达标途径。自2004版以后，ASHRAE 90.1达标途径没有变化。



图 7.1 ASHRAE 90.1 围护结构达标途径

与我国标准中的规定性指标法的重要区别是，ASHRAE 90.1 为使用拟建建筑的符合性达标程序设定了更为严格的前提条件，也就是强制性条款Mandatory Provisions，

这与我国的标准中的强制性条文是有区别的。在我国的标准当中，自JGJ134-2001标准开始，我国的建筑节能设计标准就制定了“黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行”的规定。而实际上这个强制性条文的含义有“无条件执行”和“可选择性执行”两方面的含义。例如气密性指标就属于无条件执行，而体形系数、窗墙比、传热系数等指标就属于选择性执行。因为即便是不满足，还可以走第二条道路，权衡判断或对比评价等。而美标ASHRAE90.1中强制性条文Mandatory Provisions是除了标准明确例外的情况下，必须要遵守的，无论最后是采取哪种达标途径，这是前提。对围护结构的设计要求如此，对设备系统和照明设计以及生活热水供应系统的设计也同样如此。

同时可以看出，在满足了强制性条款后，围护结构有3种达标路径：

1. Prescriptive Path 围护结构规定性达标路径
2. Building Envelope Trade-Off Option 围护结构权衡判断达标路径
3. Energy Cost Budget Method 能耗成本综合评价法

从实施层面，美国市场化体制确定了实施环节中的4个步骤：确定建模的范围和基本原则、建筑和能耗系统的组成部分、建筑中能耗模型的应用、能耗模拟结果的解释与应用。确定建模的范围和基本原则考察建模的目的、分析方法、软件和工具的选择、如何依据项息提取建筑能耗模拟所需要信息的能力，包括气象数据的选择、建筑围护结构的确定和建筑形体的简化、暖通空调系统末端和输送系统及通风的模拟、照明系统的模拟、区域能源和可再生能源的模拟、自动控制方案在建筑模型中的体现等。建筑中能耗模型的应用考察建筑模型同建筑相关标准的一致性、能耗计算结果的修正、模拟中能源效率的选择以及根据项目的实际进展对模拟方案进行修改的能力等。

能耗模拟结果的解释与应用考察对建筑模拟结果的验证和改进、分析和比对模拟结果、经济性分析、相关技术的敏感性分析、向业主提交完整可靠的模拟方案并对相关技术的使用提供建议的能力。

ASHRAE BEMP 认证成功地通过考察工程师各方面的专业能力来提高整个建筑能耗模拟行业的水平，其成功经验非常值得我国参考和学习。我国标准中的权衡判断法或者对比评定法可以说是 Energy Cost Budget Method 的简化版本。如果设计者想详细了解设计的建筑的详细能耗水平，以及到底超过标准设定的基准多少，就需要使用其它的方法。ASHRAE 90.1 还提供了 Performance Rating Method 性能评定方法，它可以评价超过本标准设定的能效水平的建筑设计的性能指数，但它不是一种达标方法。

2、德国---政府出资研发和监管、全社会法律体系保障应用

德国的建筑节能系统是最先进、最高效的系统之一。学习研究德国的建筑能源证书体系，对在中国形成自己的建筑节能体系和推动建筑节能工作会有很大的借鉴作用。

德国早在1978年就实施了建筑保温条例(WSV01978)，规定了建筑墙体的最大允许传热系数、窗墙比、体型系数等指标来控制建筑物的热能消耗。随着研究的更加深

入，德国逐渐完善了这一整套系统。德国 2007 建筑节能条例(EnEv2007)于 2007 年 10 月 1 日生效，并逐步在德国强制性推行建筑能源证书体系。经过 5 年多的实践操作，2007 年德国在 DIN 18599 的基础上，颁布了建筑节能条例的第二次修订版

(EnEv2007)，其中完善了公建部分的计算方法。EnEv2007 确定了控制一次性能源的消耗的先进理念，使节能工作有了最明确的目标。一些刚接触建筑节能的人认为，简单加保温层以及使用双层玻璃窗就能达到节能的目的。但建筑节能是一个系统工程，建筑节能计算改善外维护结构保温隔热等性能只是一部分工作，采暖设备和能源传输体系能耗和能效的分析也十分重要，需要综合考虑总体实际节能效果和投入产出比。

通过比较发现，德国建筑节能标准规定的建筑能耗一般基于理论能耗，并有基于实测能耗的能源证书。一般对围护结构的分类较为细致，且围护结构的传热系数限值普遍比我国要求严格。

德国从 2002 年第一版《建筑节能条例》起（原《建筑保温条例》和《供暖设备条例》修改汇编而成），就要求对设计的建筑物作整体节能设计与计算，通过全面的节能设计措施，计算出建筑物所需一系列的能耗值；据此，考虑不同能源形式的能量与转化系数，反推出一性能源消耗量，要求建筑在使用期间的能耗不超过条例规定的限值。该条例强调的是对每一栋建筑物作具体的整体的量化计算，而不仅是遵守条例一条条量化的条文。

从规定要求的类型上看，德国更强调准入条件和性能要求，我国更强调的是影响节能的各种细节指标规定及其性能要求。相对中国的建筑设备规定，德国更强调了热水供应，中国公共建筑节能改造时考虑了供配电与照明系统。另外，德国要求建筑的能效标识中必须有对建筑设备（主要是供暖和热水）的能耗展示。我国对建筑设备系统的规定多为性能性指标。

笔者查阅了相关德国建筑节能标准，未发现标准或其他文件中明确提出权衡判断计算的术语，但可以肯定在实际设计中存在权衡判断计算的过程。同中国目前的做法相类似，强调的是建筑物的整体量化计算，而且德国人的技术基础条件、准入门槛较高，相应的经济处罚法规非常健全，所以实际设计中的权衡判断计算过程不是其关注的重点。

德国能源咨询师需要使用能源联邦署指定的软件(EnEV-Warme&Dampf 等)进行计算，每次计算得到的结果，在打印之前，在软件的强制要求之下，必须通过互联网发送到能源联邦署的数据库中。建筑师、暖通工程师等需要进行专业培训合格之后才能拿到资格证书，并且在官方机构网页上公示供公众随时核查，而这恰好保证了能源证书的准确和公证性，因为客户以及政府可以通过数据库，随时查看咨询人员核发的能源证书的准确和公证性。咨询人员不需要自己做广告，统一由能源联邦署发放宣传手册，手册上面写着全德国统一的咨询费用价格表。

3、丹麦---市场开发、政府引导

丹麦现有建筑法规为 Danish Building Regulations 2010 (BR10)。BR10 规定了所有类型新建建筑的最低能耗要求, 要求建筑必须同时满足降低能源消耗和保持健康室内环境的双重需求, 其参数和要求的确定都是经过相关计算确定的 (Energy calculation BE10), 涉及到太阳得热、人员体温及其他关于建筑的能源负荷。Be10 是符合建筑法规 BR10 的建筑能效计算软件, 由丹麦能源署出资开发。通过该软件得出的计算结果可以用于标准的符合度检查和能效认证, 以保证建筑能效计算的统一性。与之前的版本 Be06 相比, Be10 在以下方面进行了改良和更新。主要包括对能源结构和能耗要求, 将建筑供热调整至新的区域供热能源方式, 提出 5-15℃ 的新的能源结构, 将低能耗等级 2015 向建筑等级 2020 转变; 对多级生活热水储水罐、同栋建筑/空间的多级热泵、多级太阳能组件系统等技术手段的计算考虑进来; 同时改良制冷需求计算和区域风力涡轮发电量计算。

通过分析发现, 丹麦在《节能法》中对所建建筑有明确的节能要求和节能标准 (PAL, CEC), 因此, 设计工程师必须协同建设方一起在建筑节能设计方面下功夫, 从建筑、设备、将来的运行管理方式等各个方面采取措施(例如, 对光和热的控制、充分利用大自然的能源、提高能源的利用效率等), 以保证所设计的建筑物的 PAL、CEC 等节能指标值均控制在《节能法》规定的标准以内。这与我国建筑节能设计标准要求 (特别是公共建筑节能设计要求) 完全不同, 在设计标准中也没有权衡判断计算一类的内容, 但同德国标准一样, PAL、CEC 等节能指标值是其控制的总体目标, 实际设计过程中虽然没有权衡判断计算的条文, 但一定会有“权衡判断计算”的设计过程。因此, 未来对两国标准的比较, 不能仅仅比较条文及限值要求, 而应辅以实际案例的设计过程, 辅助说明各自的设计过程和设计要点。

4、国内建筑节能评估模式和现状

多年以来, 中国节能设计标准一直是国家主导, 并在各地建设行政主管部门强制推行。节能设计标准实施时可采取两种指标, 一类是定性的指标, 另一类是定量的要求。在满足定性设计要求的前提下, 我国的建筑节能的达标途径有两种, 一种是被称为规定性指标法, 第二种被称为性能化方法。这两种方法或途径是随着节能设计标准的发展而逐渐明确的, 这两种途径均需达到定量的设计要求。

第一种方法是当拟建建筑的围护结构性能满足了节能设计标准中的规定性指标限值时, 即认为该建筑满足了该标准所设定的节能率目标, 无需设计者再进行复杂的计算校核, 因为这些规定性指标及其组合是经过标准编制者反复计算过的, 可以达到该标准既定的节能目标。这些规定性指标依气候区和建筑类型不同而不同。第二种方法是当设计无法满足规定性指标的某一项时, 就需要采用计算的方法来进行评价和验证, 用规定的考核指标来衡量和判断, 这个考核指标也依标准不同而不同。值得强调的是, 以上两种达标途径均只针对围护结构部分, 即围护结构部分应单独完成的节能任务, 即便是采暖空调设备系统因能效的提高已经相对于基准建筑承担了更多比例的节能贡献, 或者利用了可再生能源而减少了购买的能源, 也不能因此降低对围护结构

部分的保温隔热设计要求。在我国的建筑节能设计标准当中，设备系统和建筑围护结构部分是两个单独的考核体系。我国现行建筑节能设计标准中的国家标准和行业标准均采用以上两种达标途径，绝大部分地方标准沿袭了这种做法，但也有例外。

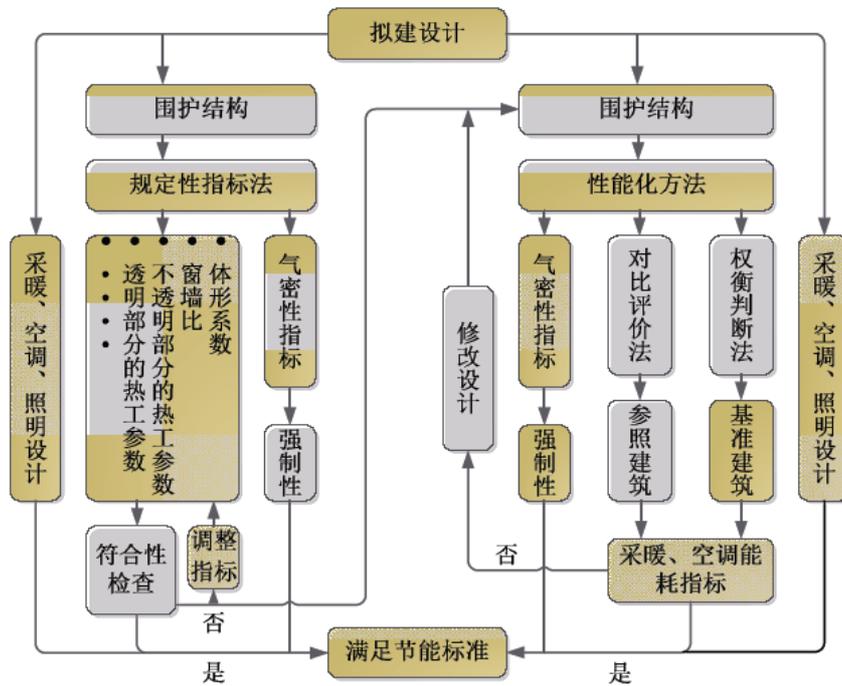


图 7.2 我国节能设计评估达标路径示意图

与上述标准的技术特点相适应的是，在我国大多数省份，标准更新后的采用和实施并非自动的。多数情况下，各省和地方会以国标或行标为基础，根据本地的偏好和地方建筑实践的特点对模式标准规范做出一些调整。标准节能率水平与国标或行标设定值相同。而北京、天津等发达地区，因其能耗需求以采暖为主，同时其自身强大的经济和技术实力，所以当地建设主管部门要求编制执行适用于本市的标准，其执行的标准节能率水平和要求也往往高国标或行标设定值。

中国建筑节能计算软件在各地使用和实施情况也不相同，因为我国现行的节能设计评估并没有指定专门的计算软件，市场上所采用的节能计算软件是以 DOE2 为核心的商业软件（如 PKPM、天正、斯维尔）和 DesT。因我国几本建筑节能设计标准实施时并没有指定相应的节能计算软件，目前各地施工图审查、节能审查所采用的软件也没有指定。而社会上这几款软件的结果差异较大，模拟软件中的默认设定参数也不统一。国家层面对流通的软件缺乏统一实施监管，现行软件比对误差 30-150%。目前各地方的做法也不一样，有的省份就不作规定，由设计单位自己来选；也有些地方干脆取消了节能计算性能化设计，完全走规定性指标，另外还有些省份（如重庆、浙江、江苏、天津等）的建设行政主管部门指定了专门的软件，具体做法是由主管部门委托一个软件公司就本省的建筑节能设计标准的具体参数和计算规则，为当地开发一款专门的软件，免费提供给设计院和审图机构使用。这种做法在一定程度上解决了不同软件的计算差异性问题的。

现在首要解决的问题是如何进一步改进和完善建筑节能计算，逐步形成一套节能计算的技术体系（包括统一软件算法和处理模式、统一的建筑材料和设备系统参数设定、统一的外部气象参数等）。

现阶段我国建筑能耗模拟软件的应用已经非常广泛。但由于工程师的专业知识和专业能力参差不齐，导致在实际使用过程中，相同的技术人员应用不同的建筑能耗模拟软件或不同的技术人员应用相同的建筑能耗模拟软件的计算结果差异很大，或者存在计算错误，最终无法提供准确(有效的计算结果。所以，急需开展建筑能耗模拟计算专业能力的认证工作，提高行业水平，保证计算结果的准确性。建筑能耗模拟的计算结果是建筑节能审计（建筑围护结构权衡判断）建筑能效标识和绿色建筑评价等工作的基础和依据。目前我国建筑能耗模拟计算过程中无质量控制机制，导致计算结果精度较差和本来不达标的建筑却通过认证的情况时有发生。建筑能耗模拟计算专业能力的评价目的在于提高建筑能耗模拟计算工程师的技术水平，测试其计算/评估使用和理解建筑能耗模拟结果的能力，提高其模拟新建建筑和既有建筑能耗并进行各种分析的专业能力，从而提升我国相关机构的建筑能耗模拟计算能力和水平。

施工图审查机构建筑节能专项审查把关不严是相对节能率计算达不到标准要求的主要原因。而导致这一情况发生的主要原因有以下两点：一是审查人员自身对于相关标准的认识不够全面深入；二是审查人员缺乏责任感或者受一些利益因素影响，未有效履行审查职责，使某些达不到节能标准的项目得以通过审查。

基础项测评使用的性能参数以施工过程中见证取样报告为主，并辅以现场抽查的检测数据。在项目施工过程中，存在修改或变更原施工图设计文件规定的建筑节能技术措施的情况，然而大多数项目的节能设计变更并不受重视，导致很多项目缺乏原设计单位出具的设计变更文件，变更行为不规范。

我国现行建筑节能设计标准中，建筑节能材料的热物性指标为及时更新，与目前使用材料的实际情况存在不符，且很多新型节能材料的热物性指标未列入节能标准。对于现行的节能设计标准及规范，同一节能材料的热物性指标的取值也存在互相不一致的情况。这些因素导致在建筑节能设计和能效测评软件模拟时节能材料性能参数取值不明确，影响了建筑能耗的计算结果。

节能测评工作都是参照或者依据现行的节能标准进行评价的，而有部分项目，特别是对于时间周期较长的大型项目而言，存在项目竣工验收时原先设计参照的标准已经作废的情况。这就要求测评人员在熟悉标准的同时，对项目设计过程依据的各个标准也有一定的了解，尤其是对于这些标准的废止以及实行日期要完全掌握。并且在测评过程中能够根据实际情况进行调整，做到有理有据，符合实际。制定能耗计算标准规则，可采用欧洲模式对流通软件进行第三方测评。

7.2.2 节能评估实施建议

(1) 建议加强政府或公共基金对建筑能耗分析基础性研究的支持

相比 10 多年前,我国建筑节能事业已经得到了长足发展,在很多方面已经走到了世界前列。但也应看到同欧美发达国家相比,我国在基础研究工作方面尚存在不小的差距。建筑能耗计算软件是进行建筑能耗计算的重要工具,也是目前进行建筑能效测评、建筑节能设计、绿色建筑评价等工作的重要技术支撑手段。而目前国内外用于建筑能耗动态计算分析的软件种类繁多,所采用的参数标准和计算条件各不相同,计算原理也不尽相同,需加强建筑能耗计算结果统一性,因此需强化对建筑能耗分析计算的基础性研究的支持。必要建立一套统一的建筑能耗计算软件评价方法和评价指标。同时构建建筑节能设计基本气象和材料数据库、气候变化条件下建筑能耗数据库,为我国超低能耗建筑集成与发展提供准确科学的基础数据。从技术层面,开发软件过程中需要将部分参数进行固化。气象参数、材料参数,不同计算方法误差控制在合理范围内。

根据相关研究报告,目前可以确定 30 个影响参数的弹性系数及参数变化时能耗的变化情况来确定用于建筑节能的多元分析。以此最终确定了 17 个影响参数:窗墙比、外墙传热系数、外窗传热系数、遮阳系数、照明功率密度、设备功率密度、人员密度、建筑运行时间、房间供暖设定温度、房间供冷设定温度、空调面积比例、锅炉效率、冷水机组性能系数、风机效率、水泵控制方式和冷冻水供回水温差。此外,根据能耗对各个参数的弹性系数及在参数变化范围内能耗的变化情况两个方面最终确定了 17 个用于进一步分析的参数,如对上述参数进行聚类可得,影响空调能耗的 5 类综合参数:总传热系数 OTTV、内部负荷率 ILR、水输送系数 WTF、空气输送系数 ATF、冷热源的综合能效系数、运行时间表等综合参数。

通过组织国内外不同建筑能耗计算软件的认定工作,找出对建筑能耗计算软件核心参数和输入输出参数影响较大的敏感性因素作为主要控制条件,并对建筑能耗计算过程中各类边界条件的界定进行标准化或统一化处理,制定和设计出合理的建筑能耗计算参数和算例标准,通过一定的判定原则,筛选出符合要求的建筑能耗计算软件,为建筑节能设计和审查以及建筑能效测评等提供技术支撑,促进建筑节能发展。要统一能耗计算软件的算法数据包,不一定要上线,但可以在监管方法上,学习国外软件实施监管先进经验和操作路径:1、政府出资、市场主导。学习国外(美国为代表)政府做法,政府出钱委托研究机构开发计算核心;2、社会出资、政府引导。如欧盟丹麦等国为代表,政府出台技术法规规程作为计算的标准,要求所有软件必须强制满足软件计算的标准规定,能源部出钱开发一个测评软件,并授权第三方机构开展测评,测评合格均可使用。

(2) 建议强化第三方机构的重要作用

建议研究以节能减碳为目标的建筑节能第三方核证机构准入制度，培育国家级和地方两级建筑节能第三方核证机构；研究制定符合我国国情的碳排放认证核查标准，规范节能减碳认证核查的工作流程；构建和完善对节能减碳第三方机构的监管体系，加强对第三方机构的管理；加强对节能减碳监管的立法，规范碳排放的监管工作；夯实建筑节能减碳监测核算基础。

从美国实施建筑能效标识认证的实践来看，能效认证是一种促进建筑节能市场化运作的有效机制，它解决市场中存在的信息不对称问题，充分调动了生产商、建设单位等作为市场责任主体的积极性，减少了政府过多的行政干预，强化了第三方认证机构的重要作用。因此，在我国建立建筑能效标识认证制度的过程中，应尽可能加强政府的宏观管理，并积极发挥建设单位、第三方认证机构的重要作用。作为一种降低交易费用的制度安排，第三方认证制度在现代经济活动中发挥了越来越重要的作用。第三方认证制度的出现，主要原因在于交易双方的信息不对称。该制度安排的机理在于，第三方认证机构为交易者提供了有效而可靠的信号，这既可有效地降低购买者的信息成本，又有利于卖方或生产者更好地与竞争者区别开来，争取更多的消费者。为了保证认证信号的真实性和可信性，政府对第三方认证机构进行必要的监管是必要的。在项目层面的建筑节能软件开发和认证领域，国内对第三方机构的监管不尽完善。国内大小中介机构充斥着整个市场，却没有一个相对应的规范准则，国家也没有出台相关的咨询认证资质标准。由于我国低碳认证制度还处在研究建立阶段，碳排放领域的第三方机构管理体系有待建立。

（3）建议加强政府对第三方认证机构的监管

目前，我国第三方机构相关监管机构缺失，管理体系尚未建立。为防止第三方认证机构提供虚假的市场信号，政府必须对第三方认证机构进行监管。要通过划分认证机构的信用等级，提高认证机构的准入标准，把有不良记录的认证机构排除在外。缺乏对碳排放认证认可的标准和规范。另外，要不断强化认证机构的自律，加强对认证机构的监管，打击恶意违法违规行。此外，还应该加强认证许可方面的法律法规建设，提高造假成本，保证第三方认证制度的正常运行。

第八章 结论与建议

8.1 结论

1、在能源供应和环境保护的双重约束下，借鉴德国、丹麦建筑节能的先进做法，实行能耗控制和能效提升的“双控”技术路线是我国建筑节能的大势所趋。

2、在现行建筑节能标准编制思路的基础上，增加不同阶段（2020年、2025年和2030年）的能耗强度指标和关键技术的能效指标是可行的。这既可以从源头解决建筑能耗量化考核的难题，又可以引导相关产业、技术及产品的发展和性能提升。

3、统一的能耗计算规则及气象参数、材料（产品）库是决定建筑节能标准实施效果的基础。

8.2 建议

1、住房城乡建设主管部门会同能源主管部门共同发布建筑领域的能耗总量控制目标（2020年、2025年和2030年）。在此基础上尽快制定并实施能耗加能效“双控”的建筑节能设计标准，以及配套的能耗计算规程等。

2、借鉴国内外的成功经验，政府主管部门应尽快组织开发统一的建筑能耗计算工具或组织开展相关计算工具的第三方测评工作，规范能耗计算。

3、室外气象参数、材料（产品）库等作为基本的输入参数，直接决定着建筑能耗的准确性或可信度。建议软件输入气象参数、材料（产品）库等统一化、标准化，并及时更新完善。

附录 A 模拟工况热工参数设定

1.北方地区热工参数模拟工况设定（外窗、外墙、屋顶传热系数）。

表 A-1 建筑物理模型热工参数表 W/ (m².K)

气候区	城市	2020 年		2025 年		2030 年	
		外窗	外墙	外窗	外墙	外窗	外墙
严寒地区 A	嫩江	1.5	0.25	1.3	0.20	1.0	0.15
严寒地区 B	哈尔滨	1.6	0.27	1.35	0.24	1.1	0.18
严寒地区 C	乌鲁木齐	1.7	0.30	1.4	0.28	1.15	0.20
寒冷地区 A	银川	1.8	0.35	1.5	0.30	1.2	0.25
寒冷地区 B	北京	2.0	0.40	1.8	0.35	1.35	0.28

表 A-2 外墙构造 W/ (m².K)¹

城市	时间	传热系数	外墙构造
嫩江	2020 年	0.25	挤塑聚苯板（干密度 30kg/m ³ ，导热系数 0.030W/(m*k)，比热容 1.386 (KJ/Kg*K)）82mm+加气混凝土泡沫混凝土 500（干密度 500kg/m ³ ，导热系数 0.190W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)）200mm+白灰砂浆（干密度 1600kg/m ³ ，导热系数 0.810W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)）20mm
	2025 年	0.20	挤塑聚苯板 112mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm

¹ 源自鸿业负荷计算软件 8.0 外墙设置中的“加气混凝土砌块（挤塑聚苯板）”及“钢筋混凝土（聚氨酯）”

附录

	2030年	0.15	挤塑聚苯板 162mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
哈尔滨	2020年	0.27	挤塑聚苯板 74mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
	2025年	0.24	挤塑聚苯板 88mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
	2030年	0.18	挤塑聚苯板 130mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
乌鲁木齐	2020年	0.30	挤塑聚苯板 63mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
	2025年	0.28	挤塑聚苯板 70mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
	2030年	0.20	挤塑聚苯板 112mm+加气混凝土泡沫混凝土 500 200mm+白灰砂浆 20mm
银川	2020年	0.35	聚苯颗粒保温浆料（干密度 230kg/m ³ ，导热系数 0.060W/(m*k)，比热容 0.750 (KJ/Kg*K)）15mm+聚氨酯硬泡沫塑料40（干密度 40kg/m ³ ，导热系数 0.025W/(m*k)，比热容 1.380 (KJ/Kg*K)）34mm+钢筋混凝土（规范组）（干密度 500kg/m ³ ，导热系数 0.190W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)）200mm+白灰砂浆（干密度 1600kg/m ³ ，导热系数 0.810W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)）20mm
	2025年	0.30	聚苯颗粒保温浆料 15mm+聚氨酯硬泡沫塑料 40 46mm+钢筋混凝土（规范组）200mm+白灰砂浆 20mm
	2030年	0.25	聚苯颗粒保温浆料 15mm+聚氨酯硬泡沫塑料 40 63mm+钢筋混凝土（规范组）200mm+白灰砂浆 20mm
北京	2020年	0.40	聚苯颗粒保温浆料 15mm+聚氨酯硬泡沫塑料 40 25mm+钢筋混凝土（规范组）200mm+白灰砂浆 20mm
	2025年	0.35	聚苯颗粒保温浆料 15mm+聚氨酯硬泡沫塑料 40 34mm+钢筋混凝土（规范组）200mm+白灰砂浆 20mm
	2030年	0.28	聚苯颗粒保温浆料 15mm+聚氨酯硬泡沫塑料 40 52mm+钢筋混凝土（规范组）200mm+白灰砂浆 20mm

表 A-3 外窗参数设置

城市	时间	传热系数	太阳辐射得热系数 SHGC	透射率
嫩江	2020 年	1.5	0.435	0.5
	2025 年	1.3	0.435	0.5
	2030 年	1.0	0.435	0.5
哈尔滨	2020 年	1.6	0.435	0.5
	2025 年	1.35	0.435	0.5
	2030 年	1.1	0.435	0.5
乌鲁木齐	2020 年	1.7	0.435	0.5
	2025 年	1.4	0.435	0.5
	2030 年	1.15	0.435	0.5
银川	2020 年	1.8	0.435	0.5
	2025 年	1.5	0.435	0.5
	2030 年	1.2	0.435	0.5
北京	2020 年	2.0	0.435	0.5
	2025 年	1.8	0.435	0.5
	2030 年	1.35	0.435	0.5

表 A-4 屋顶构造 $W/(m^2 \cdot K)^2$

² 源自鸿业负荷计算软件 8.0 屋面设置中的“平屋顶（人上屋面）（PU 板）”

附录

城市	时间	传热系数	屋顶构造
嫩江	2020年	0.20	水泥砂浆（规范组）（干密度 1800kg/m ³ ，导热系数 0.930W/(m*k)，比热容 1.051 (KJ/Kg*K)）40mm+防水层（干密度 600kg/m ³ ，导热系数 0.170W/(m*k)，比热容 1.470 (KJ/Kg*K)）4mm+水泥砂浆（规范组）（干密度 1800kg/m ³ ，导热系数 0.930W/(m*k)，比热容 1.051 (KJ/Kg*K)）20mm+硬泡聚氨酯板（干密度 40kg/m ³ ，导热系数 0.024W/(m*k)，比热容 1.386(KJ/Kg*K)）102mm +水泥膨胀珍珠岩 400（二）（干密度 400kg/m ³ ，导热系数 0.180W/(m*k)，比热容 1.176(KJ/Kg*K)）55mm+钢筋混凝土（干密度 2500 kg/m ³ ，导热系数 0.590 W/(m*k)，比热容 1.220 (KJ/Kg*K)）100mm+石灰、水泥、砂、砂浆（干密度 1700kg/m ³ ，导热系数 0.870W/(m*k)，比热容 1.050(KJ/Kg*K)）20mm
	2025年	0.15	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 142mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2030年	0.10	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 222mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
哈尔滨	2020年	0.22	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 91mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2025年	0.19	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 108mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2030年	0.13	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 166mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
乌鲁木齐	2020年	0.25	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 78mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm

附录

	2025 年	0.23	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 86mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2030 年	0.15	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 142mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
银川	2020 年	0.30	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 62mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2025 年	0.25	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 78mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2030 年	0.20	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 102mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
北京	2020 年	0.35	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 51mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2025 年	0.30	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 62mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm
	2030 年	0.23	水泥砂浆（规范组）40mm+防水层 4mm+水泥砂浆（规范组）20mm+硬泡聚氨酯板 86mm+水泥膨胀珍珠岩 400（二）55mm+钢筋混凝土 100mm+石灰、水泥、砂、砂浆 22mm

表 A-5 地面构造 $W/(m^2.K)^3$

城市	传热系数	地面构造
----	------	------

³ 源自鸿业负荷计算软件 8.0 地面设置

附录

嫩江	0.6	花岗岩、玄武岩 30mm+空气间层 100mm+矿棉、岩棉、玻璃棉板（干密度 150kg/m ³ ，导热系数 0.045W/(m*k)，比热容 1.22(KJ/Kg*K)）34mm+水泥砂浆 12mm+蒸压加气混凝土砌块（B07）93mm+混合砂浆 20mm
哈尔滨	0.6	花岗岩、玄武岩 30mm+空气间层 100mm+矿棉、岩棉、玻璃棉板 33mm+水泥砂浆 12mm+蒸压加气混凝土砌块（B07）90mm+混合砂浆 20mm
乌鲁木齐	0.6	花岗岩、玄武岩 30mm+空气间层 100mm+矿棉、岩棉、玻璃棉板 33mm+水泥砂浆 12mm+蒸压加气混凝土砌块（B07）90mm+混合砂浆 20mm
银川	1.1	花岗岩、玄武岩（干密度 2800kg/m ³ ，导热系数 3.49W/(m*k)，比热容 0.92(KJ/Kg*K)）30mm+空气间层（干密度 70kg/m ³ ，导热系数 0.556W/(m*k)，比热容 1.010(KJ/Kg*K)）100mm+水泥砂浆（干密度 1800kg/m ³ ，导热系数 0.93W/(m*k)，比热容 1.05(KJ/Kg*K)）12mm+蒸压加气混凝土砌块（B07）（干密度 750kg/m ³ ，导热系数 0.18W/(m*k)，比热容 1.05(KJ/Kg*K)）65mm+混合砂浆（干密度 1700kg/m ³ ，导热系数 0.87W/(m*k)，比热容 1.05(KJ/Kg*K)）20mm
北京	1.1	花岗岩、玄武岩 30mm+空气间层 100mm+水泥砂浆 12mm+蒸压加气混凝土砌块（B07）65mm+混合砂浆 20mm

表 A-6 内墙构造 W/（m².K）⁴

地区	传热系数	内墙构造
北方	1.0	水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ ，导热系数 0.930W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 20mm+加气混凝土泡沫混凝土 700 (干密度 700kg/m ³ ，导热系数 0.220W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 154mm+水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ ，导热系数 0.930W/(m*k)，比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 20mm

⁴ 北方地区内墙选自鸿业负荷计算软件 8.0 供暖空调内墙“加气混凝土板(008001)”；

2.南方地区热工参数模拟工况设定（外窗、外墙、屋顶传热系数）。

表 A-7 建筑物理模型热工参数表 W/ (m².K)

气候区	城市	2020 年		2025 年		2030 年	
		外窗	外墙	外窗	外墙	外窗	外墙
夏热冬冷地区 A	南京	2.5	0.8	2.0	0.70	1.5	0.60
夏热冬冷地区 B	重庆	3.0	1.0	2.5	0.9	2.0	0.7
夏热冬暖地区 A	福州	4.0	1.3	3.0	1.0	2.0	0.8
夏热冬暖地区 B	广州	5.0	1.5	4.0	1.2	3.0	1.0

表 A-8 外墙构造 W/ (m².K)⁵

城市	时间	传热系数	外墙构造
南京	2020 年	0.8	高弹涂料(干密度 1200kg/m ³ , 导热系数 930W/(m*k), 比热容 1.000 (KJ/Kg*K)) 0mm+聚合物砂浆(网格布) (干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.930W/(m*k), 比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 3mm+挤塑聚苯板 1 (XPS) (干密度 28kg/m ³ , 导热系数 0.030W/(m*k), 比热容 2.100 (KJ/Kg*K)) 19mm+胶粘剂(干密度 1200kg/m ³ , 导热系数 930W/(m*k), 比热容 1.000 (KJ/Kg*K)) 0mm+水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.930W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 20mm+粘土多孔砖(干密度 1400kg/m ³ , 导热系

⁵南京、重庆地区外墙选自鸿业负荷计算软件 8.0 江苏省外墙外保温“外保温 5b_挤塑聚苯板”；广州、福州地区外墙选自广东省外墙“钢筋混凝土剪力墙(增强粉刷石膏模塑聚苯板内保温)”

附录

			数 0.580W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 240mm+混合砂浆(干密度 1700kg/m ³ , 导热系数 0.870W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 20mm
	2025 年	0.7	高弹涂料 0mm+聚合物砂浆(网格布) 3mm+挤塑聚苯板 1 (XPS) 24mm+胶粘剂 0mm+水泥砂浆 20mm+粘土多孔砖 240mm+混合砂浆 20mm
	2030 年	0.6	高弹涂料 0mm+聚合物砂浆(网格布) 3mm+挤塑聚苯板 1 (XPS) 31mm+胶粘剂 0mm+水泥砂浆 20mm+粘土多孔砖 240mm+混合砂浆 20mm
重庆	2020 年	1.0	高弹涂料 0mm+聚合物砂浆(网格布) 3mm+挤塑聚苯板 1 (XPS) 11mm+胶粘剂 0mm+水泥砂浆 20mm+粘土多孔砖 240mm+混合砂浆 20mm
	2025 年	0.9	高弹涂料 0mm+聚合物砂浆(网格布) 3mm+挤塑聚苯板 1 (XPS) 14mm+胶粘剂 0mm+水泥砂浆 20mm+粘土多孔砖 240mm+混合砂浆 20mm
	2030 年	0.7	高弹涂料 0mm+聚合物砂浆(网格布) 3mm+挤塑聚苯板 1 (XPS) 24mm+胶粘剂 0mm+水泥砂浆 20mm+粘土多孔砖 240mm+混合砂浆 20mm
福州	2020 年	1.3	石灰、水泥、砂、砂浆(干密度 1700kg/m ³ , 导热系数 0.870W/(m*k), 比热容 1.050(KJ/Kg*K)) 20mm+钢筋混凝土(干密度 2500 kg/m ³ , 导热系数 0.590 W/(m*k), 比热容 1.220 (KJ/Kg*K)) 200mm+模塑聚苯板(干密度 30kg/m ³ , 导热系数 0.042W/(m*k), 比热容 1.386 (KJ/Kg*K)) 10mm+粉刷石膏抹灰压入网格布(干密度 1500kg/m ³ , 导热系数 0.760W/(m*k), 比热容 1.050(KJ/Kg*K)) 4mm
	2025 年	1.0	石灰、水泥、砂、砂浆 20mm+钢筋混凝土 200mm+模塑聚苯板 19mm+粉刷石膏抹灰压入网格布 4mm
	2030 年	0.8	石灰、水泥、砂、砂浆 20mm+钢筋混凝土 200mm+模塑聚苯板 30mm+粉刷石膏抹灰压入网格布 4mm
广州	2020 年	1.5	石灰、水泥、砂、砂浆 20mm+钢筋混凝土 200mm+模塑聚苯板 5mm+粉刷石膏抹灰压入网格布 4mm
	2025 年	1.2	石灰、水泥、砂、砂浆 20mm+钢筋混凝土 200mm+模塑聚苯板 12mm+粉刷石膏抹灰压入网格布

附录

			4mm
	2030年	1.0	石灰、水泥、砂、砂浆 20mm+钢筋混凝土 200mm+模塑聚苯板 19mm+粉刷石膏抹灰压入网格布 4mm

表 A-9 外窗参数设置

城市	时间	传热系数	太阳辐射得热系数 SHGC	透射率
南京	2020年	2.5	0.348	0.5
	2025年	2.0	0.348	0.5
	2030年	1.5	0.348	0.5
重庆	2020年	3.0	0.348	0.5
	2025年	2.5	0.348	0.5
	2030年	2.0	0.348	0.5
福州	2020年	4.0	0.305	0.5
	2025年	3.0	0.218	0.5
	2030年	2.0	0.174	0.5
广州	2020年	5.0	0.305	0.5
	2025年	4.0	0.218	0.5
	2030年	3.0	0.174	0.5

表 A-10 屋顶构造 $W/(m^2.K)^6$, 反射率=0.3

⁶ 南京、重庆地区屋顶选自鸿业负荷计算软件 8.0 夏热冬冷地区屋面“平屋面（聚氨酯硬泡防水保温层）”；广州、福州地区屋顶选自夏热冬暖地区屋面“刚性防水屋面（泡

附录

城市	时间	传热系数	外墙构造
南京	2020年	0.75	水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.930W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 25mm+聚氨酯硬泡沫塑料 40 (干密度 40kg/m ³ , 导热系数 0.025W/(m*k), 比热容 1.380 (KJ/Kg*K)) 21mm+水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.930W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 20mm+轻骨料混凝土(干密度 1600kg/m ³ , 导热系数 0.890W/(m*k), 比热容 0.600 (KJ/Kg*K)) 80mm+钢筋混凝土(干密度 2500 kg/m ³ , 导热系数 0.590 W/(m*k), 比热容 1.220 (KJ/Kg*K)) 120mm
	2025年	0.65	水泥砂浆 25mm+聚氨酯硬泡沫塑料 26mm+水泥砂浆 20mm+轻骨料混凝土 80mm+钢筋混凝土 120mm
	2030年	0.55	水泥砂浆 25mm+聚氨酯硬泡沫塑料 33mm+水泥砂浆 20mm+轻骨料混凝土 80mm+钢筋混凝土 120mm
重庆	2020年	0.95	水泥砂浆 25mm+聚氨酯硬泡沫塑料 14mm+水泥砂浆 20mm+轻骨料混凝土 80mm+钢筋混凝土 120mm
	2025年	0.85	水泥砂浆 25mm+聚氨酯硬泡沫塑料 17mm+水泥砂浆 20mm+轻骨料混凝土 80mm+钢筋混凝土 120mm
	2030年	0.65	水泥砂浆 25mm+聚氨酯硬泡沫塑料 26mm+水泥砂浆 20mm+轻骨料混凝土 80mm+钢筋混凝土 120mm
福州	2020年	1.25	水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.930W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 15mm+碎石卵石混凝土 2100(干密度 2100kg/m ³ , 导热系数 1.280W/(m*k), 比热容 0.920 (KJ/Kg*K)) 40mm+白灰砂浆(干密度 1600kg/m ³ , 导热系数 0.810W/(m*k), 比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 10mm+粉煤灰陶粒混凝土

沫玻璃) 2”

附录

			1100(干密度 1100kg/m ³ , 导热系数 0.440W/(m*k), 比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 80mm+泡沫玻璃(干密度 30kg/m ³ , 导热系数 0.058W/(m*k), 比热容 0.840 (KJ/Kg*K)) 14mm+钢筋混凝土(干密度 2500 kg/m ³ , 导热系数 0.590 W/(m*k), 比热容 1.220 (KJ/Kg*K)) 100mm
	2025 年	0.95	水泥砂浆 15mm+碎石卵石混凝土 2100 40mm+白灰砂浆 10mm+粉煤灰陶粒混凝土 1100 80mm+泡沫玻璃 29mm+钢筋混凝土 100mm
	2030 年	0.75	水泥砂浆 15mm+碎石卵石混凝土 2100 40mm+白灰砂浆 10mm+粉煤灰陶粒混凝土 1100 80mm+泡沫玻璃 45mm+钢筋混凝土 100mm
广州	2020 年	1.45	水泥砂浆 15mm+碎石卵石混凝土 2100 40mm+白灰砂浆 10mm+粉煤灰陶粒混凝土 1100 80mm+泡沫玻璃 8mm+钢筋混凝土 100mm
	2025 年	1.15	水泥砂浆 15mm+碎石卵石混凝土 2100 40mm+白灰砂浆 10mm+粉煤灰陶粒混凝土 1100 80mm+泡沫玻璃 18mm+钢筋混凝土 100mm
	2030 年	0.95	水泥砂浆 15mm+碎石卵石混凝土 2100 40mm+白灰砂浆 10mm+粉煤灰陶粒混凝土 1100 80mm+泡沫玻璃 29mm+钢筋混凝土 100mm

表 A-11 地面构造 W/ (m².K) ⁷

城市	传热系数	地面构造
南京	2.05	水泥砂浆(干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.930W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 40mm+混合砂浆(干密度 1700kg/m ³ , 导热系数 0.870W/(m*k), 比热容 1.051 (KJ/Kg*K)) 20mm+C20 细石混凝土(干密度 2300kg/m ³ , 导热系数 1.510W/(m*k), 比热容 0.920 (KJ/Kg*K)) 60mm+ 轻质粘土(干密度 1200kg/m ³ , 导热系数 0.470W/(m*k), 比热容 1.010 (KJ/Kg*K)) 100mm

⁷ 南京、重庆地区地面选择鸿业负荷计算 8.0 江苏省公建地面“水泥砂浆地面”；福州、广州地区地面选择福建省和广东省常用地面“保温防潮地面”

附录

重庆	2.05	水泥砂浆 40mm+混合砂浆 20mm+C20 细石混凝土 60mm+轻质粘土 100mm
福州	1.48	C20 细石混凝土(干密度 2300kg/m ³ , 导热系数 1.510W/(m*k), 比热容 0.920 (KJ/Kg*K)) 40mm+挤塑聚苯板(干密度 30kg/m ³ , 导热系数 0.030W/(m*k), 比热容 1.386 (KJ/Kg*K)) 10mm+环保型防水涂料(干密度 1kg/m ³ , 导热系数 1.000W/(m*k), 比热容 0.001 (KJ/Kg*K)) 0mm+C15 砼(干密度 2100kg/m ³ , 导热系数 1.280W/(m*k), 比热容 0.920 (KJ/Kg*K)) 80mm+夯实粘土 1(干密度 2000kg/m ³ , 导热系数 1.160W/(m*k), 比热容 1.010 (KJ/Kg*K)) 100mm
广州	1.48	C20 细石混凝土 40mm+挤塑聚苯板 10mm+环保型防水涂料 0mm+C15 砼 80mm+夯实粘土 1 100mm

表 A-12 内墙构造 W/ (m².K) ⁸

地区	传热系数	内墙构造
南方	2.0	石灰、水泥、砂、砂浆(干密度 1700kg/m ³ , 导热系数 0.870W/(m*k), 比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 20mm+烧结页岩砖(干密度 1800kg/m ³ , 导热系数 0.870W/(m*k), 比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 170mm+石灰、水泥、砂、砂浆(干密度 1700kg/m ³ , 导热系数 0.870W/(m*k), 比热容 1.050 (KJ/Kg*K)) 20mm

表 A-13 内窗构造 W/ (m².K) ⁹

地区	传热系数	内窗构造
南、北方	5.84	平板玻璃(干密度 2500kg/m ³ , 导热系数 0.760W/(m*k), 比热容 0.840 (KJ/Kg*K)) 1mm

⁸ 南方地区内墙选自鸿业负荷计算软件 8.0 夏热冬冷地区分户墙“烧结页岩砖”;

⁹ 南方、北方地区内窗选自鸿业负荷计算软件 8.0 技术措施窗结构“单层透明玻璃”

表 A-14 内门构造 $W/(m^2.K)^{10}$

地区	传热系数	内门构造
南、北方	3.0	松木云杉热流方向顺木纹(干密度 $500kg/m^3$, 导热系数 $0.290W/(m*k)$, 比热容 $2.510 (KJ/Kg*K)$) 10mm+热流水平(垂直)(干密度 $1.164kg/m^3$, 导热系数 $0.210W/(m*k)$, 比热容 $1.013 (KJ/Kg*K)$) 20mm+松木云杉热流方向顺木纹(干密度 $500kg/m^3$, 导热系数 $0.290W/(m*k)$, 比热容 $2.510 (KJ/Kg*K)$) 10mm

¹⁰ 南方、北方地区内门选自鸿业负荷计算软件 8.0 常用门“木或塑料夹层门”

附录 B 全国 338 个地级区划气象参数表

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
安徽省	安庆	1504	253										
安徽省	蚌埠	1852	185										
安徽省	亳州	2030	154				74	2.5	83	88	28	47	45
安徽省	池州	1504	253										
安徽省	滁州	1947	144										
安徽省	阜阳	1931	154										
安徽省	合肥	1725	210										
安徽省	淮北	2090	137										
安徽省	淮南	1985	135										
安徽省	黄山	1630	171										
安徽省	六安	1815	151	寿县	1985	135							
安徽省	马鞍山	1775	176										
安徽省	铜陵	1504	253										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
安徽省	芜湖	1699	186											
安徽省	宿州	2147	148											
安徽省	宣城	1699	186											
北京	北京	2699	94				114	0.1	102	120	33	59	59	
福建省	福州	681	267											
福建省	龙岩	606	162	长汀	1035	81								
福建省	南平	816	241	浦城	1257	116								
				邵武	1145	138								
				武夷山市	1084	133								
福建省	宁德	918	273	台山	1217	50								
福建省	莆田	681	267											
福建省	泉州	490	178											
福建省	三明	814	193	泰宁	1290	153								
福建省	厦门	490	178											
福建省	漳州	490	178											
甘肃省	白银	3459	3											
甘肃省	定西	3797	32	华家岭	4997	0	170	-1.5	134	132	41	73	70	

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
				岷县	4383	0								
甘肃省	嘉峪关	3971	3											
甘肃省	金昌	4589	0											
甘肃省	酒泉	3971	3	鼎新	3808	18	152	-3.4	135	146	43	77	74	
				敦煌	3518	40								
				马鬃山	4937	1								
				玉门镇	4083	3								
甘肃省	兰州	3094	16				126	-0.6	116	125	38	64	64	
甘肃省	陇南	1776	65											
甘肃省	平凉	3334	1				139	-0.3	107	112	35	57	58	
甘肃省	庆阳	3364	1	环县	3580	4	141	-0.3	106	111	35	59	57	
甘肃省	天水	2729	13				110	1	98	99	33	54	53	
甘肃省	武威	3715	17	乌鞘岭	6329	0	245	-4	157	139	47	84	81	
甘肃省	张掖	4001	9				155	-3.6	136	146	43	75	75	
甘肃省	甘南藏族	5432	0											

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
	自治州												
甘肃省	临夏 回族自治州	5432	0										
广东省	潮州	306	302										
广东省	东莞	373	313										
广东省	佛山	373	313										
广东省	广州	373	313	从化	546	216							
广东省	河源	436	290	连平	673	160							
广东省	惠州	373	313										
广东省	江门	373	313	上川岛	229	201							
广东省	揭阳	306	302										
广东省	茂名	277	286										
广东省	梅州	484	278										
广东省	清远	546	216	连州	863	251							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
广东省	汕头	306	302										
广东省	汕尾	243	265										
广东省	韶关	747	249										
广东省	深圳	223	374										
广东省	阳江	241	301										
广东省	云浮	350	334										
广东省	湛江	183	399										
广东省	肇庆	350	334										
广东省	中山	373	313										
广东省	珠海	373	313										
广西	百色	389	295	那坡	673	17							
广西	北海	318	346	涠洲岛	239	382							
广西	崇左	344	284										
广西	防城港	365	315										
广西	贵港	466	291										
广西	桂林	989	195										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
广西	河池	613	253										
广西	贺州	775	152										
广西	来宾	684	326										
广西	柳州	684	326	融安	936	260							
广西	南宁	473	259										
广西	钦州	365	315										
广西	梧州	551	232	蒙山	775	152							
广西	玉林	466	291										
贵州省	安顺	1703	3										
贵州省	贵阳	1703	3										
贵州省	六盘水	2636	0				75	3	109	108	34	57	57
贵州省	遵义	1606	30	赤水	1134	144							
贵州省	毕节	2125	0				70	3.7	102	101	33	54	54
贵州省	黔西南布依族	1430	0										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
	苗族自治州												
贵州省	黔东南苗族侗族自治州	1069	102	榕江	1069	102							
				三穗	1778	19							
贵州省	黔南布依族苗族自治州	1608	1	罗甸	741	112							
贵州省	铜仁	1293	127										
贵州省	威宁	2636	0				75	3	109	108	34	57	57
海南省	海口	75	427										
海南省	三亚	3	498										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
海南省	三沙	0	721										
海南省	儋州	119	281										
海南省	琼海	61	379										
海南省	万宁	61	379										
海南省	东方	42	530										
河北省	保定	2564	129				108	0.4	94	102	32	55	52
河北省	沧州	2652	92	泊头	2593	126	115	0.3	102	107	35	58	58
河北省	承德	3783	20	丰宁	4167	5	150	-3.4	107	112	35	60	60
				围场	4602	3							
河北省	邯郸	2268	155				93	1.4	96	102	33	56	53
河北省	衡水	2527	97				115	1	113	119	37	65	62
河北省	廊坊	2699	94										
河北省	秦皇 岛	3532	23				143	-1.8	105	117	36	61	59
河北省	石家 庄	2388	147				97	0.9	95	102	33	54	54
河北省	唐山	2853	72	乐亭	3080	37	120	-0.6	100	108	34	58	56

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
河北省	邢台	2268	155				93	1.4	96	102	33	56	53
河北省	张家口	3637	24	怀来	3388	32	145	-2.7	106	118	36	62	60
				蔚县	3955	9							
河南省	安阳	2309	131				93	1.3	99	105	33	57	54
河南省	鹤壁	2309	131				93	1.3	99	105	33	57	54
河南省	焦作	2698	21										
河南省	开封	2106	125				88	2.5	99	106	33	56	56
河南省	洛阳	2221	89										
河南省	漯河	2096	110										
河南省	南阳	1967	123										
河南省	平顶山	1977	115										
河南省	濮阳	2309	131										
河南省	三门峡	2267	185										
河南省	商丘	2030	154										
河南省	新乡	2309	131										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
河南省	信阳	1863	137										
河南省	许昌	2096	110										
河南省	郑州	2106	125				88	2.5	99	106	33	56	56
河南省	周口	2096	110										
河南省	驻马店	1956	142										
河南省	固始	1803	168										
黑龙江	大庆	5291	15										
黑龙江	哈尔滨	5032	14	尚志	5467	3	167	-8.5	83	86	28	49	48
				通河	5675	3							
黑龙江	鹤岗	5594	6										
黑龙江	黑河	6310	4	孙吴	6517	2	193	-11.6	80	83	27	47	47
黑龙江	鸡西	5105	7	虎林	5351	2	175	-7.7	91	92	31	53	53
黑龙江	佳木斯	5594	6										
黑龙江	牡丹江	5066	7	绥芬河	5422	1	168	-8.2	93	97	32	56	54

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
黑龙江	七台河	5105	7										
黑龙江	齐齐哈尔	5259	23	克山	5888	7	177	-8.7	90	94	31	54	53
				泰来	5005	26							
黑龙江	双鸭山	5190	9										
黑龙江	绥化	5798	5	安达	5291	15							
黑龙江	伊春	6100	1				188	-10.8	77	78	27	46	45
黑龙江	大兴安岭地区	6805	4	漠河	7994	0							
湖北省	鄂州	1525	277										
湖北省	黄冈	1525	277										
湖北省	黄石	1525	277	英山	1637	199							
湖北省	荆门	1637	181										
湖北省	荆州	1528	203	石首	1621	197							
湖北省	十堰	2014	49	丹江口	1741	157							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
湖北省	随州	1836	172										
湖北省	武汉	1501	283										
湖北省	咸宁	1525	277										
湖北省	襄阳	1741	157										
湖北省	孝感	1501	283	安陆	1836	172							
湖北省	宜昌	1437	159	五峰	2102	20							
				枝江	1528	203							
湖北省	恩施土家族苗族自治州	1554	81	来凤	1656	85							
				绿葱坡	3601	0							
湖南省	常德	1420	239	石门/津市	1574	177							
湖南省	郴州	1255	274										
湖南省	衡阳	1410	334										
湖南省	怀化	1490	108	沅陵	1451	141							
湖南省	娄底	1562	260										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
湖南省	邵阳	1418	172	武冈	1461	114							
湖南省	湘潭	1466	230	湘乡	1562	260							
湖南省	益阳	1535	240	南县	1621	197							
湖南省	永州	1303	221	道县	1228	319							
湖南省	岳阳	1426	242	平江/汨罗	1556	222							
湖南省	张家界	1556	98										
湖南省	长沙	1466	230										
湖南省	株洲	1466	230										
湖南省	湘西土家族苗族自治州	1501	152										
吉林省	白城	5225	0										
吉林省	白山	4736	4	长白	5542	0	186	-7.8	96	92	31	54	53
吉林省	吉林	5007	4										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
吉林省	辽源	4308	15				162	-5.5	94	97	32	55	53
吉林省	四平	4308	15				162	-5.5	94	97	32	55	53
吉林省	松原	4800	17	长岭	4718	15	165	-7.6	93	98	32	55	54
吉林省	通化	4142	9										
吉林省	长春	4642	12				165	-6.7	90	93	30	53	51
吉林省	延边 自治州	4687	5	敦化	5221	1							
江苏省	常州	1757	194	溧阳/金坛	1726	187							
江苏省	淮安	2100	105	盱眙	1997	134							
江苏省	连云港	2226	83										
江苏省	南京	1775	176										
江苏省	南通	1792	151	吕泗/启东	1772	105							
江苏省	苏州	1734	171	昆山/太仓	1540	199							
江苏省	泰州	1934	120	靖江	1757	194							
江苏省	无锡	1757	194										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
江苏省	宿迁	2100	105										
江苏省	徐州	2090	137				84	2.5	88	94	30	50	49
江苏省	盐城	2083	92	东台/大丰	1934	120							
江苏省	扬州	1947	144	仪征	1775	176							
江苏省	镇江	1757	194	句容	1775	176							
江西省	抚州	1287	208	广昌	1170	212							
江西省	赣州	984	280	寻乌	873	99							
江西省	吉安	1190	279	宁岗	1402	203							
江西省	景德镇	1322	238										
江西省	九江	1543	140										
江西省	南昌	1326	250										
江西省	萍乡	1380	185										
江西省	上饶	1431	273	波阳	1487	299							
江西省	新余	1380	185										
江西省	宜春	1380	185	樟树/高安	1440	336							
江西省	鹰潭	1301	382										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
辽宁省	鞍山	3929	25										
辽宁省	本溪	4046	16				157	-4.4	90	91	30	52	50
辽宁省	朝阳	3559	53				143	-3.1	96	103	35	56	55
辽宁省	大连	2924	16				125	0.1	104	108	35	57	60
辽宁省	丹东	3566	6	宽甸	4095	4	145	-2.2	91	100	32	51	55
辽宁省	抚顺	3929	25	清原	4598	8							
辽宁省	阜新	4134	13										
辽宁省	葫芦岛	3458	26										
辽宁省	锦州	3458	26				141	-2.5	91	100	32	52	52
辽宁省	辽阳	3929	25										
辽宁省	盘锦	3526	29				142	-2.9	89	95	31	51	51
辽宁省	沈阳	3929	25				150	-4.5	94	97	32	54	53
辽宁省	铁岭	3929	25										
辽宁省	营口	3526	29				142	-2.9	89	95	31	51	51
内蒙古	巴彦 淖尔	3777	30	海力素	4780	14	176	-5.8	136	140	43	76	75
				乌拉特后	4675	10							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇 旗	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
内蒙古	包头	4746	20	达尔罕茂 明安联合 旗	4969	5								
内蒙古	赤峰	4196	20	巴林左旗	4704	10	161	-4.5	116	123	38	66	64	
				林西	4858	7								
内蒙古	鄂尔多斯	4226	3	鄂托克旗	4045	9	160	-3.8	128	133	41	70	73	
内蒙古	呼和浩特	4186	11				158	-4.4	116	122	37	65	64	
内蒙古	呼伦贝尔	6713	3	博克图	6622	0	206	-12	77	82	27	47	46	
				诺敏	6558	2								
				图里河	8023	0								
				新巴尔虎 右旗	6157	13								
内蒙古	通辽	4376	22	朱日和	4810	16	164	-5.7	105	111	35	62	60	
内蒙古	乌海	3189	0											

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
内蒙古	乌兰察布	4873	0	化德	5366		177	-5.4	128	129	41	73	70	
内蒙古	锡林郭勒盟	5545	12	阿巴嘎旗	5892	7	188	-9.9	109	111	36	62	61	
				东乌珠穆沁旗	5940	11								
				多伦	5466	0								
				二连浩特	5131	36								
				那仁宝拉格	6153	4								
				西乌珠穆沁旗	5812	4								
内蒙古	兴安盟	7372	0											
内蒙古	阿拉善盟	3758	34	巴音毛道	4208	30	158	-4.7	137	149	44	75	78	
				额济纳旗	3884	130								
				拐子湖	3836	173								

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
				吉兰太	3746	68							
宁夏	固原	3334	1				139	-0.3	107	112	35	57	58
宁夏	石嘴山	3472	11				140	-2.1	117	124	40	64	67
宁夏	吴忠	3700	10										
宁夏	银川	3472	11				140	-2.1	117	124	40	64	67
宁夏	中卫	3349	22										
青海省	西宁	4478	0				161	-3	138	140	43	77	75
青海省	海东	4478	0				161	-3	138	140	43	77	75
青海省	海西蒙古族藏族自治州	4874	0	茶卡	5630	0							
				大柴旦	5616	0	196	-5.8	148	155	46	82	83
				都兰	5161	0	191	-3.6	154	152	47	84	82
				冷湖	5395	0	193	-5.6	145	154	45	80	81
				托托河	7878	0	276	-7.2	178	156	52	98	93
青海省	果洛	7683	0	达日	6721	0	251	-4.5	170	148	49	88	89

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
	藏族自治州			久治	6031	0							
青海省	海北藏族自治州	6029	0	托勒	7373	0							
青海省	海南藏族自治州	4873	0	同德	6191	0	218	-5.5	161	160	49	88	85
青海省	黄南藏族自治州	6591	0				246	-4.5	168	155	50	89	88
青海省	玉树	5154	0	囊谦	4752	0	191	-2.2	162	149	48	84	86

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
	藏族自治州													
山东省	滨州	2604	94											
山东省	德州	2527	97	陵县/禹城	2613	103	115	1	113	119	37	65	62	
山东省	东营	2507	109											
山东省	菏泽	2396	116				111	2	104	107	34	57	58	
山东省	济南	2211	160				92	1.8	97	104	33	56	53	
山东省	济宁	2232	130											
山东省	莱芜	2509	74											
山东省	聊城	2474	92	莘县	2521	90								
山东省	临沂	2375	70	费县	2278	82	100	1.7	102	104	33	56	56	
山东省	青岛	2401	22				99	2.1	118	114	37	65	63	
山东省	日照	2361	39				98	2.1	125	119	41	70	66	
山东省	泰安	2494	71											
山东省	威海	2490	29	乳山	2613	20								

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
山东省	潍坊	2735	63				117	0.3	106	111	35	58	57
山东省	烟台	2432	47	长岛/蓬莱	2570	20	106	1.4	105	110	35	59	60
				龙口/招远	2551	60	108	1.1	104	108	35	57	59
山东省	枣庄	2165	107										
山东省	淄博	2266	176										
山西省	大同	4120	8				158	-4	119	124	39	67	66
山西省	晋城	2698	21										
山西省	晋中	3160	11	介休	2978	24	121	-0.3	109	114	36	60	61
				榆社	3529	1	143	-1.7	111	118	37	62	62
山西省	临汾	3048	13.3										
山西省	吕梁	3424	16	孝义	2978	24	140	-1.8	102	108	34	56	57
山西省	朔州	4007	4										
山西省	太原	3160	11				127	-1.1	108	118	36	62	60
山西省	忻州	3399	14	河曲	3913	18	150	-4	120	126	38	64	67
山西省	阳泉	3042	13.5										
山西省	运城	2267	185				84	1.3	91	97	30	50	49
山西省	长治	3268	3.1										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
陕西省	安康	1743	135										
陕西省	宝鸡	2301	86				91	2.1	93	97	31	51	50
陕西省	汉中	1945	63	佛坪	2601	2							
陕西省	商洛	2175	39										
陕西省	铜川	3073	9										
陕西省	渭南	2178	153				82	2.1	87	91	29	48	47
陕西省	西安	2178	153				82	2.1	87	91	29	48	47
陕西省	咸阳	2178	153	长武	3396	3							
陕西省	延安	3127	15	吴旗	3776	1	127	-0.9	103	111	34	55	57
陕西省	榆林	3672	19				143	-2.9	108	118	36	61	59
上海	上海	1540	199										
四川省	巴中	1307	156										
四川省	成都	1344	56										
四川省	达州	1368	142	万源	1804	30							
四川省	德阳	1392	82										
四川省	广安	1307	156										
四川省	广元	1307	156										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
四川省	乐山	1344	56										
四川省	泸州	1134	144										
四川省	眉山	1344	56										
四川省	绵阳	1392	82	平武	1710	12							
四川省	南充	1307	156	阆中	1384	120							
四川省	内江	1190	145										
四川省	攀枝花	1884	0										
四川省	遂宁	1307	156										
四川省	雅安	1372	42										
四川省	宜宾	1099	122										
四川省	资阳	1344	56										
四川省	自贡	1190	145										
四川省	甘孜 藏族 自治	3873	0	巴塘	2100	0	173	-0.2	162	163	52	93	93
				稻城	4762	0							
				德格	4088	0							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
	州			甘孜	4414	0							
				九龙	3191	0							
				色达	6274	0							
四川省	阿坝藏族羌族自治州	3390	0	红原	5846	0	141	0.6	119	117	37	61	62
				若尔盖	5972	0							
				松潘	4218	0							
四川省	凉山彝族自治州	983	6	会理	1394	0							
				雷波	1974	1							
天津	天津	2743	92										
西藏自治区	拉萨	3425	0				126	1.6	148	147	46	80	79
西藏自 治区	那曲 地区	6722	0	安多	7061	0	242	-4.8	147	127	43	80	75
				班戈	6699	0							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
				申扎	6402	0								
				索县	5775	0								
西藏自 治区	昌都	3764	0	丁青	5197	0	140	0.6	120	115	37	64	64	
西藏自 治区	林芝	3191	0				100	2.2	170	169	51	94	90	
西藏自 治区	山南 地区	4473	0											
西藏自 治区	日喀 则	4047	0	定日	5305	0	157	0.3	168	153	51	91	87	
				帕里	6435	0								
西藏自 治区	阿里 地区	5156	0	改则	6339	0	232	-5.7	255	148	74	136	130	
新疆维 吾尔自 治区	克拉 玛依	4234	196				144	-7.9	95	116	33	56	57	
新疆维 吾尔自	乌鲁 木齐	4329	36				149	-6.5	101	113	34	59	58	

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
治区													
新疆维吾尔自治区	哈密地区	3496	222				143	-4.1	120	136	40	68	69
新疆维吾尔自治区	阿克苏地区	3162	42										
新疆维吾尔自治区	喀什地区	2767	46				109	-1.3	130	150	42	72	72
新疆维吾尔自治区	和田地区	2595	71	伊吾	5042	0	107	-0.6	128	142	42	70	72
新疆维吾尔自治区	塔城地区	4143	20	和布克赛尔	5066	1	148	-5.1	90	111	32	52	54

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
新疆维吾尔自治区	阿勒泰地区	5081	11	安德河	3342	78	174	-7.9	109	123	36	63	64
新疆维吾尔自治区	伊犁哈萨克自治州	3501	9										
新疆维吾尔自治区	克孜勒苏柯尔克孜自治州	2767	46										
新疆维吾尔自治区	巴音郭楞蒙古自治	3115	123	巴音布鲁克	7952	0							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
	州												
新疆维吾尔自治区	博尔塔拉蒙古自治州	4289	177										
新疆维吾尔自治区	昌吉回族自治州	4989	10										
新疆维吾尔自治区	吐鲁番	2758	579				109	-2.5	102	121	35	58	60
新疆维吾尔自治区	图木舒克	2892	77										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (℃)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
治区													
新疆维吾尔自治区	五家渠	5434	2										
云南省	保山	973	0	腾冲	1130	0							
云南省	昆明	1103	0										
云南省	丽江	1884	0										
云南省	临沧	627	0	孟定	161	116							
云南省	普洱	413	0										
云南省	曲靖	1455	0	会泽	1954	0							
云南省	玉溪	121	364										
云南省	昭通	2394	0				73	3.1	135	136	42	69	74
云南省	楚雄彝族自治州	971	0	元谋	343	104							

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
云南省	大理白族自治州	1295	0										
云南省	迪庆藏族自治州	4266	0										
云南省	文山壮族苗族自治州	1046	3										
云南省	西双版纳傣族自治州	90	59										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期						
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)				
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向
	州												
云南省	红河哈尼族彝族自治州	547	2	泸西	1330	0							
云南省	德宏傣族景颇族自治州	272	8										
云南省	怒江傈僳族自治州	1884	0										

附录

省份	城市	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)	备注			计算采暖期							
							天	室外平均温度 (°C)	不同朝向平均太阳能总辐射照度 (W/m ²)					
				城镇	采暖度日数 (HDD18)	空调度日数 (CDD26)			水平	南向	北向	东向	西向	
浙江省	杭州	1509	211											
浙江省	湖州	1734	171											
浙江省	嘉兴	1708	180											
浙江省	金华	1463	302											
浙江省	丽水	1178	257											
浙江省	宁波	1493	235											
浙江省	衢州	1383	211											
浙江省	绍兴	1509	211											
浙江省	台州	1343	169	大陈岛	1237	73								
浙江省	温州	1117	175	乐清	1326	93								
浙江省	舟山	1403	118	嵊山	1596	24								
				嵊泗	1431	81								
重庆	重庆	1089	217	奉节	1457	126								
				梁平	1435	102								
				酉阳	1731	22								

附录 C 各省详细计算结果

表 C-1 未来城镇新建居住建筑年能耗指标 (kgce/m².a)

地区	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	13.57	13.65	13.73	13.82	13.90	13.02	13.11	13.20	13.29	13.31	12.33
天津	13.56	13.64	13.72	13.80	13.89	13.00	13.09	13.18	13.27	13.30	12.30
河北	13.73	13.81	13.89	13.98	14.06	13.14	13.22	13.31	13.40	13.43	12.39
山西	12.28	12.36	12.45	12.53	12.61	11.82	11.91	12.00	12.09	12.11	11.06
内蒙古	13.41	13.49	13.58	13.66	13.74	12.55	12.64	12.73	12.82	12.84	11.21
辽宁	12.67	12.75	12.83	12.92	13.00	12.08	12.17	12.25	12.34	12.37	11.13
吉林	14.74	14.82	14.91	14.99	15.07	14.04	14.13	14.22	14.31	14.34	13.28
黑龙江	14.41	14.50	14.58	14.66	14.74	13.21	13.30	13.39	13.48	13.51	11.40
上海	15.26	15.35	15.43	15.51	15.60	14.67	14.76	14.85	14.94	14.97	14.23
江苏	14.13	14.21	14.29	14.38	14.46	13.63	13.72	13.81	13.90	13.92	13.15
浙江	15.27	15.35	15.44	15.52	15.60	14.70	14.79	14.88	14.97	14.99	14.29
安徽	15.04	15.12	15.20	15.28	15.37	14.43	14.52	14.61	14.70	14.73	13.92
福建	15.90	15.98	16.07	16.15	16.23	15.37	15.46	15.55	15.64	15.67	15.16
江西	16.08	16.16	16.24	16.33	16.41	15.41	15.50	15.59	15.68	15.71	14.98
山东	11.74	11.82	11.90	11.99	12.07	11.48	11.57	11.66	11.75	11.78	11.03
河南	13.82	13.90	13.99	14.07	14.15	13.33	13.42	13.51	13.60	13.63	12.81
湖北	15.30	15.38	15.47	15.55	15.63	14.78	14.87	14.96	15.05	15.08	14.48
湖南	15.63	15.72	15.80	15.88	15.97	15.01	15.10	15.19	15.28	15.30	14.57
广东	18.33	18.41	18.49	18.58	18.66	17.52	17.61	17.69	17.78	17.81	17.22
广西	16.38	16.46	16.54	16.63	16.71	15.80	15.89	15.98	16.07	16.10	15.60
海南	20.87	20.96	21.04	21.12	21.21	19.77	19.85	19.94	20.03	20.06	19.37
重庆	15.30	15.38	15.47	15.55	15.63	14.78	14.87	14.96	15.05	15.08	14.48
四川	12.32	12.40	12.48	12.57	12.65	12.13	12.22	12.31	12.40	12.43	11.92
贵州	11.30	11.38	11.46	11.55	11.63	11.20	11.29	11.38	11.47	11.49	10.96
云南	10.25	10.34	10.42	10.50	10.58	10.40	10.49	10.58	10.67	10.69	10.45
西藏	12.65	12.73	12.82	12.90	12.98	11.96	12.05	12.14	12.23	12.25	10.81
陕西	13.02	13.11	13.19	13.27	13.36	12.59	12.68	12.77	12.86	12.88	12.02
甘肃	12.37	12.45	12.54	12.62	12.70	11.81	11.90	11.99	12.08	12.11	10.87

附录

地区	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
青海	13.83	13.91	14.00	14.08	14.16	12.78	12.87	12.96	13.05	13.08	11.17
宁夏	12.07	12.16	12.24	12.32	12.41	11.60	11.69	11.78	11.87	11.90	10.78
新疆	14.78	14.86	14.95	15.03	15.11	13.89	13.98	14.07	14.15	14.18	12.75

表 C-2 未来全国各省市城镇居住建筑能耗总量(百万 tcc/m².a)

地区	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	5.04	5.47	5.95	6.49	7.08	7.21	7.90	8.66	9.36	10.06	9.85
天津	3.33	3.68	4.08	4.58	5.13	5.35	6.00	6.72	7.46	8.22	8.23
河北	9.85	10.69	11.63	12.56	13.59	13.67	14.83	16.10	17.33	18.54	17.99
山西	4.77	5.16	5.59	6.07	6.60	6.69	7.30	7.97	8.63	9.28	8.95
内蒙古	4.00	4.30	4.63	4.99	5.39	5.29	5.73	6.21	6.68	7.14	6.55
辽宁	7.51	8.04	8.62	9.30	10.05	10.05	10.90	11.84	12.75	13.66	12.93
吉林	4.47	4.80	5.17	5.57	6.02	6.03	6.53	7.08	7.61	8.13	7.92
黑龙江	6.45	6.93	7.45	8.03	8.66	8.34	9.04	9.80	10.54	11.26	9.99
上海	6.72	7.24	7.81	8.45	9.14	9.28	10.08	10.96	11.82	12.66	12.70
江苏	14.62	15.69	16.86	18.17	19.60	19.85	21.49	23.30	25.03	26.74	26.54
浙江	10.93	11.74	12.63	13.60	14.67	14.85	16.07	17.42	18.71	19.99	20.02
安徽	8.83	9.58	10.43	11.32	12.31	12.53	13.67	14.92	16.15	17.38	17.39
福建	7.42	7.99	8.63	9.34	10.12	10.35	11.25	12.25	13.22	14.19	14.51
江西	7.23	7.82	8.47	9.18	9.97	10.13	11.04	12.03	13.00	13.97	14.10
山东	12.49	13.52	14.66	15.92	17.32	17.82	19.44	21.24	22.99	24.74	24.47
河南	11.59	12.52	13.55	14.67	15.91	16.18	17.60	19.16	20.67	22.18	21.98
湖北	9.84	10.60	11.44	12.37	13.39	13.65	14.82	16.12	17.37	18.61	18.85
湖南	10.20	11.09	12.06	13.13	14.30	14.59	15.95	17.44	18.91	20.38	20.59
广东	26.89	28.81	30.94	33.34	35.99	36.36	39.38	42.69	45.89	49.05	49.96
广西	7.04	7.65	8.32	9.06	9.88	10.16	11.11	12.16	13.20	14.24	14.67
海南	2.00	2.17	2.36	2.57	2.80	2.83	3.10	3.39	3.67	3.96	4.07
重庆	5.39	5.83	6.31	6.85	7.44	7.61	8.29	9.04	9.78	10.51	10.69
四川	9.12	9.89	10.75	11.68	12.71	13.19	14.39	15.71	17.00	18.30	18.54
贵州	3.04	3.33	3.64	3.98	4.37	4.58	5.03	5.53	6.03	6.53	6.62
云南	3.96	4.32	4.72	5.17	5.67	6.07	6.68	7.35	8.01	8.68	9.02
西藏	0.19	0.21	0.24	0.27	0.30	0.30	0.34	0.38	0.42	0.46	0.44
陕西	5.12	5.53	5.98	6.47	7.01	7.13	7.74	8.42	9.08	9.74	9.57

地区	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
甘肃	2.61	2.83	3.08	3.35	3.65	3.68	4.02	4.39	4.76	5.13	4.87
青海	0.79	0.86	0.93	1.01	1.11	1.08	1.19	1.30	1.41	1.52	1.38
宁夏	0.84	0.91	0.99	1.11	1.25	1.31	1.48	1.66	1.84	2.02	1.97
新疆	3.03	3.32	3.64	3.97	4.34	4.34	4.75	5.22	5.66	6.10	5.81
合计	215.29	232.51	251.55	272.59	295.79	300.48	327.13	356.48	384.99	413.38	411.17

表 C-3 未来宾馆建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	16.89	17.02	17.14	17.26	17.38	16.43	16.55	16.67	16.80	16.83	3.96
天津	16.91	17.03	17.15	17.27	17.39	16.45	16.57	16.69	16.82	16.85	3.15
河北	17.06	17.18	17.30	17.43	17.55	16.59	16.72	16.84	16.96	16.99	3.26
山西	16.27	16.39	16.51	16.63	16.76	16.06	16.18	16.30	16.42	16.46	1.33
内蒙古	18.36	18.48	18.60	18.72	18.84	17.52	17.64	17.76	17.88	17.92	1.60
辽宁	16.73	16.85	16.97	17.10	17.22	16.53	16.65	16.77	16.89	16.93	1.88
吉林	17.66	17.78	17.90	18.02	18.15	17.03	17.15	17.27	17.39	17.43	2.98
黑龙江	18.89	19.01	19.13	19.25	19.38	18.75	18.87	18.99	19.11	19.15	2.57
上海	17.52	17.65	17.77	17.89	18.01	16.67	16.79	16.91	17.03	17.07	3.13
江苏	16.69	16.82	16.94	17.06	17.18	16.29	16.41	16.53	16.65	16.69	2.49
浙江	17.49	17.61	17.73	17.85	17.97	16.62	16.74	16.86	16.98	17.02	3.15
安徽	17.49	17.61	17.73	17.85	17.97	16.70	16.82	16.94	17.06	17.10	2.97
福建	17.56	17.69	17.81	17.93	18.05	16.50	16.62	16.74	16.87	16.90	3.61
江西	17.97	18.09	18.22	18.34	18.46	16.97	17.10	17.22	17.34	17.37	3.57
山东	15.55	15.67	15.79	15.92	16.04	15.31	15.43	15.55	15.67	15.71	1.22
河南	16.82	16.94	17.06	17.19	17.31	16.25	16.37	16.49	16.61	16.65	2.30
湖北	17.35	17.47	17.60	17.72	17.84	16.43	16.55	16.67	16.80	16.83	3.23
湖南	17.73	17.85	17.98	18.10	18.22	16.81	16.93	17.06	17.18	17.21	3.33
广东	19.06	19.18	19.31	19.43	19.55	17.62	17.74	17.86	17.98	18.02	4.79
广西	17.83	17.95	18.08	18.20	18.32	16.69	16.81	16.93	17.05	17.09	3.77
海南	20.63	20.75	20.87	20.99	21.12	18.79	18.91	19.03	19.15	19.19	6.17
重庆	17.35	17.47	17.60	17.72	17.84	16.43	16.55	16.67	16.80	16.83	3.23
四川	15.55	15.67	15.79	15.92	16.04	15.11	15.23	15.35	15.47	15.51	1.68
贵州	15.00	15.13	15.25	15.37	15.49	14.74	14.87	14.99	15.11	15.14	1.12
云南	14.03	14.15	14.27	14.39	14.51	13.83	13.95	14.07	14.19	14.23	0.72

西藏	17.00	17.12	17.24	17.36	17.48	16.88	17.01	17.13	17.25	17.28	1.30
陕西	16.43	16.55	16.67	16.79	16.91	16.01	16.13	16.25	16.37	16.41	1.85
甘肃	16.56	16.68	16.80	16.92	17.04	16.41	16.53	16.65	16.77	16.81	1.28
青海	18.30	18.42	18.54	18.67	18.79	18.18	18.30	18.42	18.55	18.58	1.66
宁夏	16.23	16.35	16.47	16.60	16.72	16.08	16.20	16.32	16.44	16.48	1.19
新疆	18.19	18.31	18.43	18.56	18.68	17.71	17.83	17.95	18.07	18.11	2.46

表 C-4 未来办公建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	26.00	26.19	26.37	26.55	26.74	25.78	25.97	26.15	26.34	26.40	24.80
天津	26.06	26.24	26.42	26.61	26.79	25.82	26.01	26.20	26.39	26.44	24.82
河北	26.21	26.39	26.58	26.76	26.94	25.96	26.15	26.33	26.52	26.58	24.90
山西	26.45	26.64	26.82	27.00	27.19	26.12	26.31	26.50	26.68	26.74	24.93
内蒙古	28.64	28.83	29.01	29.19	29.38	28.01	28.20	28.38	28.57	28.63	25.94
辽宁	27.14	27.32	27.50	27.69	27.87	26.71	26.90	27.09	27.27	27.33	25.25
吉林	26.17	26.35	26.53	26.72	26.90	25.95	26.14	26.33	26.51	26.57	24.93
黑龙江	30.44	30.62	30.81	30.99	31.17	29.56	29.75	29.94	30.12	30.18	26.77
上海	24.82	25.00	25.19	25.37	25.55	24.83	25.02	25.20	25.39	25.45	24.36
江苏	25.10	25.29	25.47	25.65	25.84	25.03	25.22	25.41	25.60	25.65	24.43
浙江	24.69	24.88	25.06	25.24	25.42	24.72	24.91	25.09	25.28	25.34	24.31
安徽	25.12	25.30	25.48	25.67	25.85	25.07	25.26	25.45	25.64	25.69	24.48
福建	23.79	23.97	24.16	24.34	24.52	23.97	24.16	24.35	24.54	24.59	23.95
江西	24.69	24.88	25.06	25.24	25.42	24.74	24.93	25.12	25.31	25.36	24.35
山东	25.29	25.47	25.65	25.83	26.02	25.12	25.30	25.49	25.68	25.73	24.40
河南	25.32	25.51	25.69	25.87	26.05	25.21	25.40	25.58	25.77	25.83	24.51
湖北	24.24	24.42	24.61	24.79	24.97	24.34	24.52	24.71	24.90	24.96	24.11
湖南	24.77	24.96	25.14	25.32	25.51	24.80	24.99	25.17	25.36	25.42	24.36
广东	23.88	24.06	24.25	24.43	24.61	24.12	24.31	24.50	24.69	24.74	24.10
广西	23.73	23.91	24.09	24.27	24.46	23.93	24.12	24.31	24.50	24.55	23.94
海南	23.97	24.15	24.34	24.52	24.70	24.28	24.46	24.65	24.84	24.89	24.26
重庆	24.24	24.42	24.61	24.79	24.97	24.34	24.52	24.71	24.90	24.96	24.11
四川	24.24	24.42	24.60	24.79	24.97	24.25	24.43	24.62	24.81	24.86	23.97
贵州	24.45	24.63	24.81	25.00	25.18	24.39	24.58	24.77	24.95	25.01	24.01
云南	23.41	23.59	23.78	23.96	24.14	23.48	23.67	23.86	24.05	24.10	23.51

西藏	27.97	28.15	28.33	28.52	28.70	27.41	27.60	27.79	27.98	28.03	25.61
陕西	25.58	25.76	25.95	26.13	26.31	25.41	25.59	25.78	25.97	26.02	24.59
甘肃	27.16	27.34	27.52	27.71	27.89	26.72	26.91	27.09	27.28	27.34	25.24
青海	29.74	29.92	30.10	30.29	30.47	28.95	29.13	29.32	29.51	29.57	26.43
宁夏	26.71	26.90	27.08	27.26	27.44	26.33	26.52	26.71	26.90	26.95	25.04
新疆	27.68	27.87	28.05	28.23	28.42	27.24	27.43	27.61	27.80	27.86	25.59

表 C-5 未来学校建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	11.32	11.38	11.43	11.49	11.55	10.02	10.08	10.14	10.19	10.21	9.06
天津	10.03	10.08	10.14	10.20	10.25	9.87	9.93	9.99	10.04	10.06	9.73
河北	10.17	10.23	10.28	10.34	10.40	10.01	10.06	10.12	10.18	10.20	9.86
山西	10.10	10.16	10.21	10.27	10.33	9.86	9.92	9.98	10.04	10.05	9.62
内蒙古	11.94	12.00	12.06	12.11	12.17	11.55	11.61	11.66	11.72	11.74	11.14
辽宁	10.68	10.74	10.80	10.85	10.91	10.40	10.45	10.51	10.57	10.59	10.10
吉林	10.31	10.37	10.43	10.48	10.54	10.19	10.25	10.31	10.36	10.38	10.09
黑龙江	13.47	13.52	13.58	13.64	13.69	12.94	13.00	13.06	13.12	13.13	12.41
上海	9.39	9.45	9.51	9.56	9.62	9.41	9.47	9.53	9.58	9.60	9.47
江苏	9.41	9.47	9.52	9.58	9.64	9.36	9.42	9.48	9.53	9.55	9.34
浙江	9.30	9.35	9.41	9.47	9.52	9.33	9.39	9.44	9.50	9.52	9.40
安徽	9.58	9.63	9.69	9.75	9.80	9.56	9.62	9.68	9.73	9.75	9.58
福建	8.73	8.79	8.84	8.90	8.96	8.87	8.92	8.98	9.04	9.05	9.06
江西	9.44	9.49	9.55	9.61	9.66	9.50	9.55	9.61	9.67	9.69	9.61
山东	9.13	9.19	9.24	9.30	9.36	8.98	9.04	9.09	9.15	9.17	8.82
河南	9.52	9.58	9.63	9.69	9.75	9.44	9.50	9.56	9.61	9.63	9.38
湖北	8.96	9.02	9.08	9.13	9.19	9.04	9.09	9.15	9.21	9.23	9.16
湖南	9.42	9.48	9.53	9.59	9.65	9.46	9.52	9.57	9.63	9.65	9.54
广东	9.22	9.28	9.33	9.39	9.45	9.43	9.49	9.55	9.61	9.62	9.74
广西	8.76	8.82	8.88	8.93	8.99	8.92	8.98	9.04	9.09	9.11	9.15
海南	9.73	9.78	9.84	9.90	9.95	10.03	10.08	10.14	10.20	10.22	10.45
重庆	8.96	9.02	9.08	9.13	9.19	9.04	9.09	9.15	9.21	9.23	9.16
四川	8.44	8.50	8.56	8.61	8.67	8.41	8.47	8.52	8.58	8.60	8.39
贵州	8.42	8.48	8.54	8.59	8.65	8.33	8.39	8.45	8.51	8.52	8.24
云南	7.47	7.52	7.58	7.64	7.69	7.43	7.49	7.55	7.60	7.62	7.39

西藏	11.30	11.36	11.42	11.47	11.53	10.94	11.00	11.06	11.11	11.13	10.56
陕西	9.58	9.63	9.69	9.75	9.80	9.45	9.50	9.56	9.62	9.63	9.32
甘肃	10.65	10.70	10.76	10.81	10.87	10.35	10.40	10.46	10.52	10.54	10.04
青海	12.84	12.89	12.95	13.01	13.06	12.36	12.41	12.47	12.53	12.55	11.86
宁夏	10.26	10.32	10.37	10.43	10.49	9.99	10.05	10.11	10.16	10.18	9.71
新疆	11.46	11.52	11.57	11.63	11.69	11.20	11.26	11.32	11.37	11.39	10.96
北京	11.32	11.38	11.43	11.49	11.55	10.02	10.08	10.14	10.19	10.21	9.06
天津	10.03	10.08	10.14	10.20	10.25	9.87	9.93	9.99	10.04	10.06	9.73

表 C-6 未来医疗建筑年能耗指标(kgce/m².a)

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
北京	36.80	37.03	37.26	37.48	37.71	36.00	36.23	36.46	36.68	36.75	34.07
天津	36.89	37.12	37.34	37.57	37.80	36.10	36.32	36.55	36.78	36.85	34.15
河北	37.31	37.53	37.76	37.99	38.21	36.49	36.71	36.94	37.17	37.24	34.49
山西	36.40	36.63	36.86	37.08	37.31	35.95	36.18	36.41	36.63	36.70	34.14
内蒙古	41.21	41.44	41.67	41.89	42.12	40.69	40.92	41.15	41.38	41.44	38.35
辽宁	37.94	38.16	38.39	38.62	38.84	37.46	37.68	37.91	38.14	38.21	35.47
吉林	38.16	38.38	38.61	38.84	39.06	37.09	37.32	37.55	37.77	37.84	34.95
黑龙江	45.23	45.45	45.68	45.91	46.13	44.64	44.86	45.09	45.32	45.38	41.84
上海	36.32	36.54	36.77	37.00	37.22	35.00	35.23	35.46	35.68	35.75	33.01
江苏	35.77	35.99	36.22	36.45	36.67	34.75	34.98	35.20	35.43	35.50	32.88
浙江	36.10	36.33	36.56	36.78	37.01	34.77	35.00	35.23	35.46	35.52	32.80
安徽	36.62	36.85	37.07	37.30	37.53	35.39	35.62	35.84	36.07	36.14	33.38
福建	35.12	35.35	35.58	35.80	36.03	33.56	33.79	34.02	34.24	34.31	31.64
江西	36.84	37.06	37.29	37.52	37.74	35.32	35.55	35.77	36.00	36.07	33.22
山东	33.90	34.12	34.35	34.57	34.80	33.47	33.69	33.92	34.15	34.21	31.93
河南	35.86	36.09	36.32	36.54	36.77	34.94	35.17	35.39	35.62	35.69	33.08
湖北	35.35	35.58	35.80	36.03	36.26	33.97	34.20	34.43	34.65	34.72	32.07
湖南	36.57	36.80	37.03	37.25	37.48	35.17	35.39	35.62	35.85	35.91	33.12
广东	37.50	37.72	37.95	38.18	38.40	35.37	35.59	35.82	36.05	36.11	33.06
广西	35.45	35.67	35.90	36.13	36.35	33.77	33.99	34.22	34.45	34.52	31.78
海南	39.98	40.21	40.43	40.66	40.89	37.25	37.47	37.70	37.93	38.00	34.54
重庆	35.35	35.58	35.80	36.03	36.26	33.97	34.20	34.43	34.65	34.72	32.07
四川	32.62	32.84	33.07	33.30	33.52	31.95	32.18	32.41	32.63	32.70	30.50

附录

贵州	32.05	32.27	32.50	32.73	32.95	31.64	31.87	32.10	32.32	32.39	30.31
云南	29.31	29.53	29.76	29.99	30.21	29.06	29.28	29.51	29.74	29.81	28.05
西藏	39.35	39.58	39.80	40.03	40.26	38.95	39.18	39.40	39.63	39.70	36.83
陕西	35.58	35.81	36.03	36.26	36.49	34.87	35.10	35.33	35.55	35.62	33.09
甘肃	37.70	37.92	38.15	38.38	38.60	37.29	37.52	37.74	37.97	38.04	35.35
青海	43.48	43.71	43.93	44.16	44.39	42.96	43.19	43.42	43.64	43.71	40.37
宁夏	36.66	36.89	37.11	37.34	37.57	36.28	36.51	36.74	36.96	37.03	34.46
新疆	40.81	41.04	41.27	41.49	41.72	39.88	40.11	40.33	40.56	40.63	37.48

附录 D 数据来源及术语

一、数据来源

1. 未标注的数据默认来源于行业标准《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014；
2. *来源于所在省市地方标准；
3. **由研究组确定引用数据。

二、术语

2.1 采暖度日数（HDD18）

一个从需要采暖的强度和需要采暖的天数两个方面反映一地气候寒冷程度的指标。一年中，当室外日平均温度低于冬季采暖室内计算温度时，将日平均温度与冬季采暖室内计算温度的差值累加，得到一年的采暖度日数。

2.2 空调度日数（CDD26）

一个从需要空调降温的强度和需要空调降温的天数两个方面反映一地气候炎热程度的指标。一年中，当室外日平均温度高于夏季空调室内计算温度时，将日平均温度与夏季空调室内计算温度的差值累加，得到一年的空调度日数。

附录 E 数据处理说明

一、数据处理原则

根据行业标准《建筑节能气象参数标准》（JGJ/T 346-2014）3.2.6 条规定，标准未涉及地区的气象参数可通过两种方式获得：（1）当能够获得满足要求的气象观测数据时，可依照标准计算得到该地区的节能计算用气象参数；（2）按照标准规定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。即当建筑所在地与临近气象台站水平距离在 50km 以内、海拔高差在 100m 以内时可直接引用。

本报告基于“有胜于无”的原则，当建筑所在地行政区划内未设置气象台站时，对临近台站水平距离和海拔高差放宽限制，直接引用范围内距离相对较近，且气候条件相似的临近台站数据。主要归纳为以下四项原则：

（1）以行业标准《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014 为主，缺失地区参考当地地方标准；

（2）当某一行政区中有多个气象台站数据时，则以就近原则和能够代表该地级区划气象条件的数据为主，同时列出特殊点数据；

(3) 当某一行政区中仅有一个气象台站数据时，则该地级区划统一使用该气象台站数据；

(4) 当某一行政区划中没有气象台站数据时，则以海拔高差为优先原则，选取临近行政区划中距离最近、海拔高差最小的气象台站数据，可不限于行政省边界。

二、引用城镇表

(1) 地势平坦的区域

建筑地点与拟引用数据的气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；否则，使用与建筑地点相邻的 2 个以上气象台站数据，按内插值法取值（内插法可视情况采用直线内插或平面内插）。

(2) 地势崎岖的区域

地势崎岖的区域，地方性差异较大，选取参数值时可依据临近台站的数据与地标数据对比取值。

附录

省份	城市	参考城市	说明
安徽省	六安	霍山	六安范围内，有两个气象站点：霍山和寿县，就近选择，为霍山
安徽省	铜陵	池州	铜陵范围内，没有气象站点，依据最近原则选取池州(国标参考安庆)
福建省	莆田	福清	莆田范围内，没有气象站点，依据最近原则选取福清
福建省	泉州	厦门	泉州范围内，没有气象站点，依据最近原则选取厦门
福建省	漳州	厦门	漳州范围内，没有气象站点，依据最近原则选取厦门
甘肃省	定西	定西	定西范围内，有三个气象站点：定西、华家岭、岷县，依据最近原则选取定西
甘肃省	武威	民勤	武威范围内，有两个气象站点：民勤、乌鞘岭，依据最近原则选取民勤
广东省	惠州	东莞	惠州范围内，没有气象站点，依据最近原则选取东莞
广东省	江门	东莞顺德	江门范围内，仅有一个气象站点：上川岛，但是上川岛离岸较远，气候条件不能完全代表江门城区，因此就近参考顺德
广东省	清远	佛冈	清远范围内，有三个气象站点：英德、连州、佛冈(国标参考佛冈)，依据最近原则选取佛冈
广东省	中山	江门	中山范围内，没有气象站点，依据最近原则选取江门
广东省	珠海	中山	珠海范围内，没有气象站点，依据最近原则选取中山
广西壮族自治区	贺州	梧州蒙山	贺州范围内，没有气象站点，依据最近原则选取梧州蒙山
广西壮族自治区	来宾	柳州	来宾范围内，没有气象站点，依据最近原则选取柳州
广西壮族自治区	玉林	贵港/信宜	最终选择贵港

附录

省份	城市	参考城市	说明
贵州省	安顺	贵阳	安顺范围内，没有气象站点，依据最近原则选取贵阳
贵州省	六盘水	威宁	六盘水范围内，没有气象站点，依据最近原则选取威宁
贵州省	黔东南苗族侗族自治州	榕江/三穗	最终选择榕江
海南省	三沙	珊瑚岛/南沙岛/永暑礁	最终选择珊瑚岛
河北省	邯郸	邢台	邯郸范围内，没有气象站点，依据最近原则选取邢台
河北省	衡水	山东德州	衡水范围内，没有气象站点，依据最近原则选取山东德州
河北省	廊坊	北京/天津	最终选择北京
河南省	鹤壁	安阳	鹤壁范围内，没有气象站点，依据最近原则选取安阳
河南省	焦作	山西晋城	焦作范围内，没有气象站点，依据最近原则选取山西晋城，山西晋城国标参考阳城
河南省	开封	郑州	开封范围内，没有气象站点，依据最近原则选取郑州
河南省	漯河	周口/平顶山	最终选择周口，周口国标参考西华
河南省	濮阳	安阳/菏泽	最终选择安阳
河南省	商丘	菏泽/亳州	最终选择亳州
河南省	新乡	鹤壁	新乡范围内，没有气象站点，依据最近原则选取鹤壁
河南省	许昌	漯河/郑州	最终选择漯河
黑龙江省	鹤岗	佳木斯富锦	鹤岗范围内，没有气象站点，依据最近原则选取佳木斯

附录

省份	城市	参考城市	说明
黑龙江省	七台河	鸡西	七台河范围内，没有气象站点，依据最近原则选取鸡西
黑龙江省	大兴安岭地区	呼玛	大兴安岭地区范围内，有两个气象站点：呼玛、漠河，依据最近原则选取呼玛
湖北省	十堰	十堰	十堰范围内，有两个气象站点：房县和丹江口(国标参考老河口)，依据就近原则选择房县
湖北省	咸宁	黄石大冶	咸宁范围内，没有气象站点，依据最近原则选取黄石
湖南省	株洲	湘潭	株洲范围内，没有气象站点，依据最近原则选取湘潭
吉林省	白城	内蒙兴安盟索伦	白城范围内，没有气象站点，依据最近原则选取兴安盟索伦
吉林省	白山	长白	白山范围内，有三个气象站点：白山(国标参考临江)、临江、长白，依据就近原则选择长白
吉林省	辽源	四平	辽源范围内，没有气象站点，依据最近原则选取四平
江苏省	泰州	东台	泰州范围内，有三个气象站点：姜堰(国标参考东台)、靖江(国标参考常州)、兴化(国标参考高邮)，依据就近原则选择姜堰
江苏省	宿迁	淮安/徐州	最终选择淮安
江苏省	镇江	常州	镇江范围内，有三个气象站点：丹阳(国标参考常州)、句容(国标参考南京)、扬中(国标参考常州)，依据就近原则选择丹阳
江西省	抚州	南城	抚州范围内，有两个气象站点：南城、广昌，依据就近原则选择南城
江西省	萍乡	宜春	萍乡范围内，没有气象站点，依据最近原则选取宜春
江西省	新余	宜春/樟树	最终选择宜春

附录

省份	城市	参考城市	说明
辽宁省	鞍山	辽阳	鞍山范围内，没有气象站点，依据最近原则选取辽阳
辽宁省	盘锦	营口	盘锦范围内，没有气象站点，依据最近原则选取营口
辽宁省	铁岭	抚顺	盘锦范围内，没有气象站点，依据最近原则选取抚顺
内蒙古自治区	包头	满都拉	包头范围内，有两个气象站点：满都拉、达尔和茂明安联合旗，依据就近原则选择满都拉
内蒙古自治区	锡林郭勒盟	锡林浩特	锡林郭勒盟范围内，有七个气象站点：阿巴嘎旗、东乌珠穆沁旗、多伦、二连浩特、那仁宝拉格、西乌珠穆沁旗、锡林浩特，依据就近原则选择锡林浩特
宁夏回族自治区	固原	甘肃平凉	固原范围内，没有气象站点，依据最近原则选取甘肃平凉
宁夏回族自治区	石嘴山	银川	石嘴山范围内，没有气象站点，依据最近原则选取银川
青海省	海东	西宁	海东范围内，没有气象站点，依据最近原则选取西宁
青海省	海西蒙古族 藏族自治州	德令哈	海西蒙古族藏族自治州范围内，有十个气象站点：茶卡、大柴旦、德令哈、都兰、格尔木、冷湖、茫崖、诺木洪、塔尔丁、托托河，依据就近原则选择德令哈
青海省	果洛藏族自 治州	玛多	果洛藏族自治州范围内，有三个气象站点：达日、久治、玛多，依据就近原则选择玛多
青海省	海北藏族自 治州	门源	海北藏族自治州范围内，有三个气象站点：刚察、门源、托勒，依据就近原则选择门源
青海省	海南藏族自 治州	共和	海南藏族自治州范围内，有两个气象站点：共和、同德，依据就近原则选择共和
陕西省	渭南	西安	渭南范围内，没有气象站点，依据最近原则选取西安

附录

省份	城市	参考城市	说明
四川省	巴中	南充	巴中范围内，没有气象站点，依据最近原则选取南充
四川省	达州	达县	达州范围内，有两个气象站点：达县、万源，依据就近原则选择达州
四川省	德阳	绵阳	德阳范围内，有两个气象站点：德阳(国标参考绵阳)、广汉(国标参考成都)
四川省	广安	南充	广安范围内，没有气象站点，依据最近原则选取南充
四川省	广元	南充	广元范围内，没有气象站点，依据最近原则选取南充
四川省	乐山	眉山	乐山范围内，没有气象站点，依据最近原则选取眉山
四川省	眉山	成都	眉山范围内，没有气象站点，依据最近原则选取成都
四川省	攀枝花	云南丽江	攀枝花范围内，没有气象站点，依据最近原则选取云南丽江
四川省	遂宁	南充	遂宁范围内，没有气象站点，依据最近原则选取南充
四川省	资阳	成都	资阳范围内，没有气象站点，依据最近原则选取成都
四川省	甘孜藏族自治州	康定	甘孜藏族自治州范围内，有九个气象站点：巴塘、道孚、稻城、德格、甘孜、九龙、康定、理塘、色达，依据就近原则选择康定
四川省	阿坝藏族羌族自治州	马尔康	阿坝藏族羌族自治州范围内，有四个气象站点：红原、马尔康、若尔盖、松潘，依据就近原则选择马尔康
四川省	凉山彝族自治州	西昌	凉山彝族自治州范围内，有三个气象站点：会理、雷波、西昌，依据就近原则选择西昌

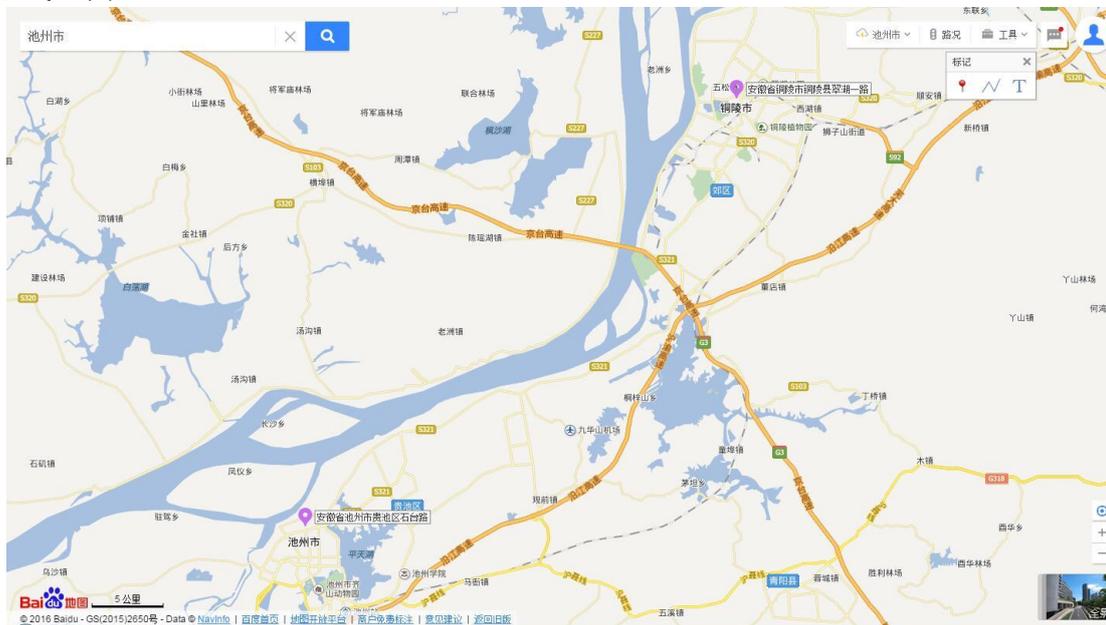
附录

省份	城市	参考城市	说明
西藏自治区	阿里地区	普兰	阿里地区范围内，有三个气象站点：改则、普兰、狮泉河，依据就近原则选择普兰
新疆维吾尔自治区	克孜勒苏柯尔克孜自治州	喀什	克孜勒苏柯尔克孜自治州范围内，有三个气象站点：阿合奇、乌恰、阿图什(州府，国标参考喀什)，依据就近原则选择喀什
新疆维吾尔自治区	巴音郭楞蒙古自治州	库尔勒	巴音郭楞蒙古自治州范围内，有六个气象站点：巴伦台、巴音布鲁克、库尔勒、且末、若羌、铁干里克，依据就近原则选择库尔勒
新疆维吾尔自治区	博尔塔拉蒙古自治州	阿拉山口	博尔塔拉蒙古自治州范围内，有两个气象站点：阿拉山口、精河，依据就近原则选择阿拉山口
云南省	西双版纳傣族自治州	景洪	西双版纳傣族自治州，共有两个气象站点：景洪和勐腊，依据就近原则选取景洪
云南省	红河哈尼族彝族自治州	蒙自	红河哈尼族彝族自治州，共有三个气象站点：蒙自、屏边、泸西，依据就近原则选取蒙自
云南省	怒江傈僳族自治州	丽江	怒江傈僳族自治州范围内，没有气象站点，依据就近原则选取丽江

三、各省数据引用情况（以部分省市为例）

1、安徽

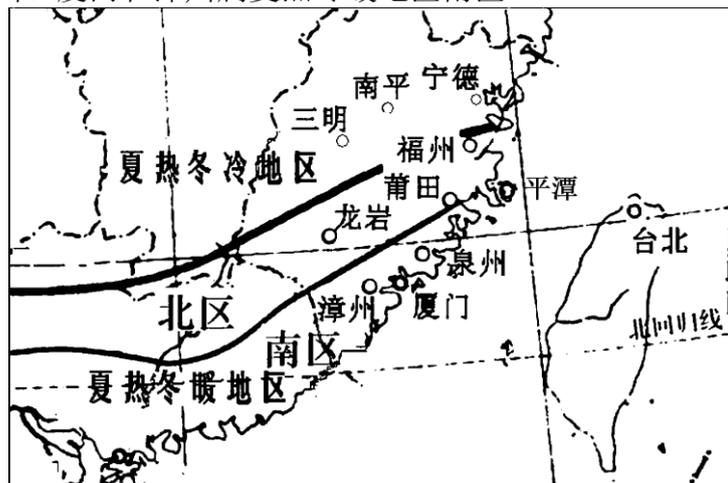
铜陵行政区划内没有气象台站，依据最近原则选取参考城镇为池州(行标参考安庆)。两地直线距离 42km，



铜陵参考池州

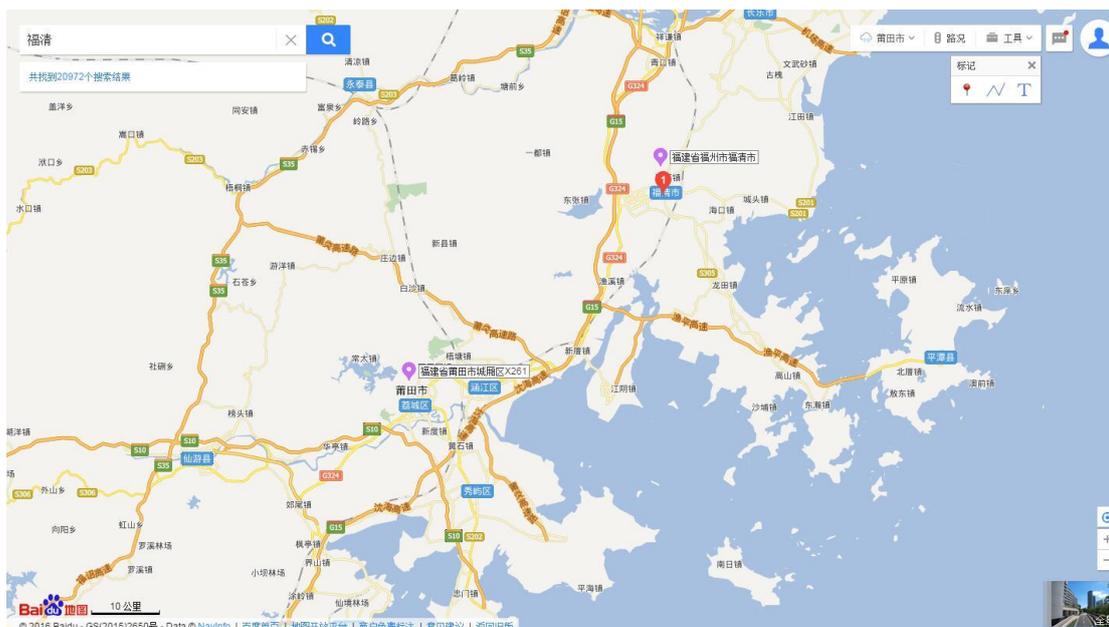
2、福建：福建省居住建筑节能设计标准

福建省居住建筑节能设计气候区划分为夏热冬冷地区、夏热冬暖地区北区和夏热冬暖地区南区；宁德、南平和三明属夏热冬冷地区，福州、平潭、莆田和龙岩属夏热冬暖地区北区，泉州、厦门和漳州属夏热冬暖地区南区。

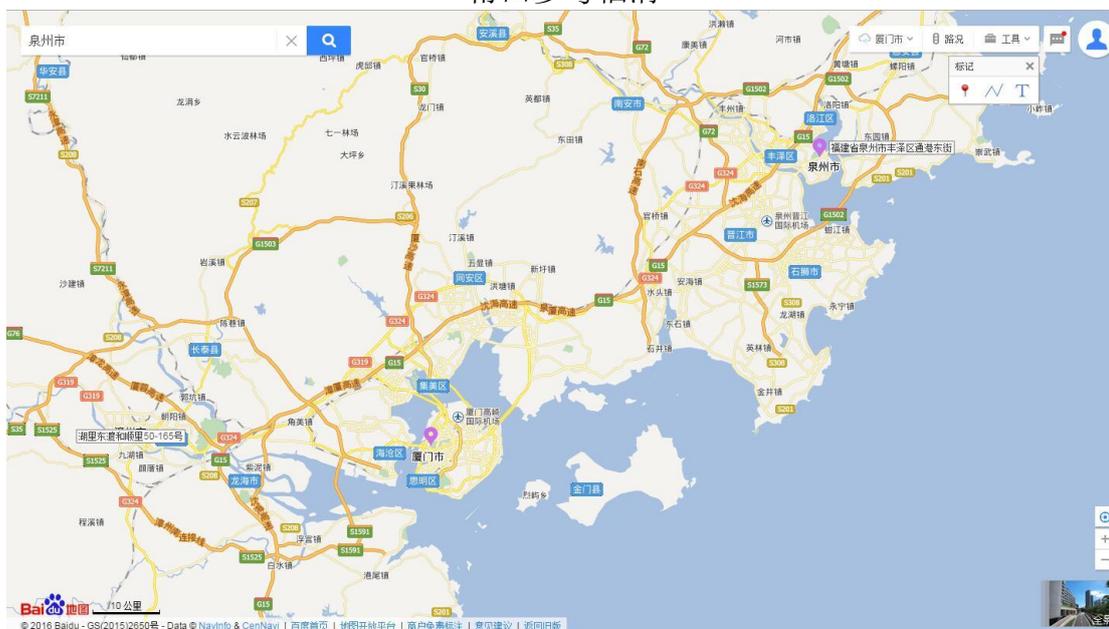


【标准条文】5.0.5 建筑节能综合评价指标的计算条件应符合下列规定：

2 室外气象计算参数采用典型气象年；



莆田参考福清



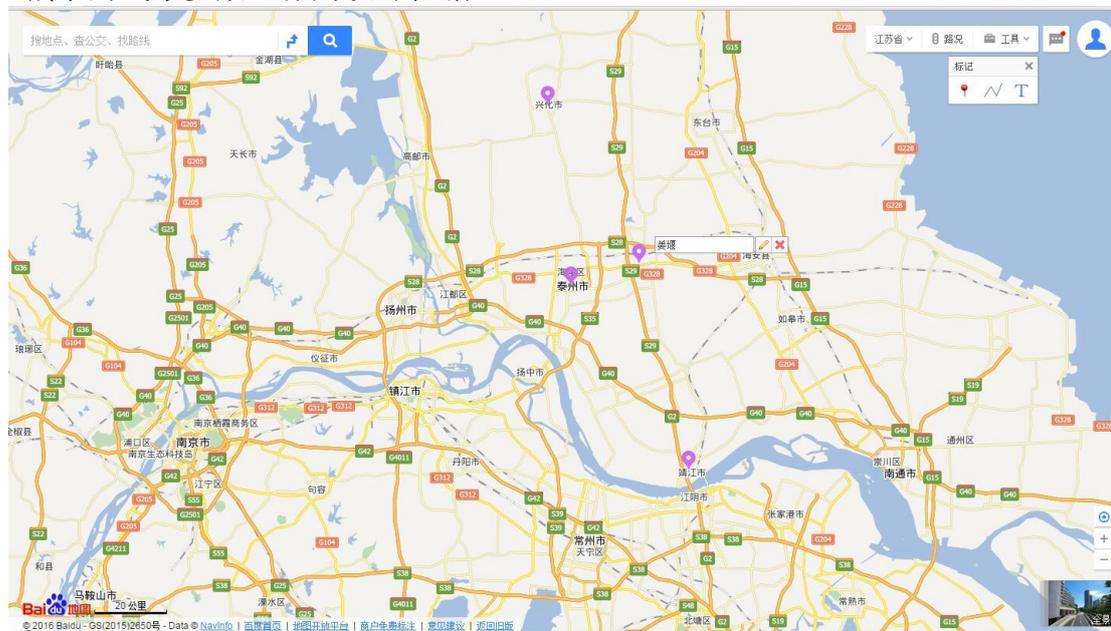
泉州参考厦门

3、江苏：江苏省公共建筑节能设计标准

【标准条文】2.0.17 自我省执行建筑节能设计标准以来，我省徐州市、连云港市、淮安市、宿迁市和盐城市建筑热工设计分区被划分为寒冷地区。根据近5年来的气象统计资料，对照《建筑气候区划标准》（GB50178-1993）、《民用建筑热工设计规范》（GB50176-1993），淮安市、宿迁市和盐城市最冷月（1月）平均气温均高于 0°C ，年日平均温度低于或等于 5°C 的日数均不足90日，气候特征与夏热冬冷地区更为符合；而且随着全球变暖的趋势的进一步影响，三地的气温还将有所提高。2005年国家标准《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005）已经将盐城划为夏热冬冷地区。为使建筑

热工设计更科学、合理，将淮安、盐城和宿迁三地区的建筑热工设计分区统一调整为夏热冬冷地区。徐州市、连云港市仍属寒冷地区。

【标准条文】3.7.3 在进行权衡计算时，气象参数应采用本标准配套提供的江苏省各地气象参数。当建筑所处地区未列入本标准配套的气象参数时，应参照地理位置最邻近城市的气象参数，作为设计依据。



泰州参考姜堰（航标参考东台）

四、引用误差分析

省份	城市	海拔 (m)	参考城市	与参考地之间球面距离 (km)	与参考地之间海拔高差 (m)
安徽省	六安		霍山		
安徽省	铜陵		池州		
福建省	莆田		福清		
福建省	泉州		厦门		
福建省	漳州		厦门		
甘肃省	定西		定西		
甘肃省	武威		民勤		
广东省	惠州		东莞		
广东省	江门		东莞顺德		
广东省	清远		佛冈		
广东省	中山		江门		
广东省	珠海		中山		
广西壮族自治区	贺州		梧州蒙山		

附录

省份	城市	海拔 (m)	参考城市	与参考地之间球面距离 (km)	与参考地之间海拔高差 (m)
广西壮族自治区	来宾		柳州		
广西壮族自治区	玉林		贵港/信宜		
贵州省	安顺		贵阳		
贵州省	六盘水		威宁		
贵州省	黔东南苗族侗族自治州		榕江/三穗		
海南省	三沙		珊瑚岛/南沙岛/永暑礁		
河北省	邯郸		邢台		
河北省	衡水		山东德州		
河北省	廊坊		北京/天津		
河南省	鹤壁		安阳		
河南省	焦作		山西晋城		
河南省	开封		郑州		
河南省	漯河		周口/平顶山		
河南省	濮阳		安阳/菏泽		
河南省	商丘		菏泽/亳州		

附录

省份	城市	海拔 (m)	参考城市	与参考地之间球面距离 (km)	与参考地之间海 拔高差 (m)
河南省	新乡		鹤壁		
河南省	许昌		漯河/郑州		
黑龙江省	鹤岗		佳木斯富锦		
黑龙江省	七台河		鸡西		
黑龙江省	大兴安岭地区		呼玛		
湖北省	十堰		十堰		
湖北省	咸宁		黄石大冶		
湖南省	株洲		湘潭		
吉林省	白城		内蒙兴安盟索伦		
吉林省	白山		长白		
吉林省	辽源		四平		
江苏省	泰州		东台		
江苏省	宿迁		淮安/徐州		
江苏省	镇江		常州		

附录

省份	城市	海拔 (m)	参考城市	与参考地之间球面距离 (km)	与参考地之间海拔高差 (m)
江西省	抚州		南城		
江西省	萍乡		宜春		
江西省	新余		宜春/樟树		
辽宁省	鞍山		辽阳		
辽宁省	盘锦		营口		
辽宁省	铁岭		抚顺		
内蒙古自治区	包头		满都拉		
内蒙古自治区	锡林郭勒盟		锡林浩特		
宁夏回族自治区	固原		甘肃平凉		
宁夏回族自治区	石嘴山		银川		
青海省	海东		西宁		
青海省	海西蒙古族藏族 自治州		德令哈		
青海省	果洛藏族自治州		玛多		
青海省	海北藏族自治州		门源		
青海省	海南藏族自治州		共和		

附录

省份	城市	海拔 (m)	参考城市	与参考地之间球面距离 (km)	与参考地之间海拔高差 (m)
陕西省	渭南		西安		
四川省	巴中		南充		
四川省	达州		达县		
四川省	德阳		绵阳		
四川省	广安		南充		
四川省	广元		南充		
四川省	乐山		眉山		
四川省	眉山		成都		
四川省	攀枝花		云南丽江		
四川省	遂宁		南充		
四川省	资阳		成都		
四川省	甘孜藏族自治州		康定		
四川省	阿坝藏族羌族自治州		马尔康		
四川省	凉山彝族自治州		西昌		

附录

省份	城市	海拔 (m)	参考城市	与参考地之间球面距离 (km)	与参考地之间海拔高差 (m)
西藏自治区	阿里地区		普兰		
新疆维吾尔自治区	克孜勒苏柯尔克孜自治州		喀什		
新疆维吾尔自治区	巴音郭楞蒙古自治州		库尔勒		
新疆维吾尔自治区	博尔塔拉蒙古自治州		阿拉山口		
云南省	西双版纳傣族自治州		景洪		
云南省	红河哈尼族彝族自治州		蒙自		
云南省	怒江傈僳族自治州		丽江		



附录 F 参考文献

1. 《建筑能耗模拟及 eQUEST & DeST 操作教程》，中国建筑工业出版社 2014
2. 《建筑环境系统模拟分析方法——DeST》，中国建筑工业出版社 2005
3. 《建筑节能气象参数标准》JGJ/T 346-2014
4. 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736-2012
5. 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ26-2010
6. 《中国建筑热环境分析专用气象数据集》，中国建筑工业出版社 2005
7. 典型气象年和典型代表年的选择及其对建筑能耗的影响. 杨洪兴
8. 建筑能耗分析逐时气象资料的开发研究. 郎四维
9. 气候变化下建筑能耗模拟气象数据研究. 刘大龙
10. 《公共建筑节能设计标准》GB50189-2015
11. 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ134-2010
12. 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ75-2012
13. 《山东省居住建筑节能设计标准》(报批稿)
14. 《安徽省公共建筑节能设计标准》DB34-1467-2011
15. 《江苏省居住建筑热环境和节能设计标准》(报批稿)
16. 《江苏省公共建筑节能设计标准》
17. 《内蒙古居住建筑节能设计标准》DBJ03-35-2011
18. 《公共建筑节能(绿色建筑)设计标准》DBJ50-052-2013
19. 《福建省居住建筑节能设计标准》DBJ 13-62-2014