



同濟大學

TONGJI UNIVERSITY

硕士学位论文

基于能耗模拟的上海住宅小区
空间形态优化研究

姓名：郁丛

学号：1232849

所在院系：机械与能源工程

学科门类：工学

学科专业：供热、供燃气、通风及空调工程

指导教师：潘毅群

二〇一五年三月



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

A dissertation submitted to
Tongji University in conformity with the requirements for
the Degree of Master of Philosophy

**A Study on Shanghai Residential
Morphology at a Neighborhood Scale based
on Energy Consumption Simulation**

Candidate: Yu Cong
Student Number: 1232849
School/Department: College of Mechanical Engineering
Discipline: Engineering
Major: Heating, Gas Supplying, Ventilation
and Air Conditioning Engineering
Supervisor: Prof. Yiqun Pan

基于能耗模拟的上海住宅小区空间形态优化研究

郁丛

同济大学

学位论文版权使用授权书

本人完全了解同济大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，同意如下各项内容：按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；学校有权保留学位论文的印刷本和电子版，并采用影印、缩印、扫描、数字化或其它手段保存论文；学校有权提供目录检索以及提供本学位论文全文或者部分的阅览服务；学校有权按有关规定向国家有关部门或者机构送交论文的复印件和电子版；在不以赢利为目的的前提下，学校可以适当复制论文的部分或全部内容用于学术活动。

学位论文作者签名：

年 月 日

同济大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文，是本人在导师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或者没有公开发表的作品的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：

年 月 日

摘要

区域建筑的形态体现了美学的思想。不同的形态有着不同的格局，不同格局有着不同的热风湿环境，从而影响到建筑能耗。可以说，能耗与形态之间存在着一定的关系。区域建筑形态中的单体建筑对能耗的影响发挥着重要的作用，比如建筑的窗墙比、建筑的体形系数以及朝向等。这些因素会影响建筑的采光和自然通风进而影响能耗。但区域特有因素的影响也是不容忽视的，比如建筑群的开发密度和位置布置等。本论文从建筑单体和建筑群这两方面来研究区域形态是如何对区域建筑能耗产生影响的，包括建筑单体中的建筑紧凑度、建筑高度、建筑间距、建筑朝向以及建筑群的容积率和建筑类型这几个因素对能耗的影响。

区域建筑能耗的预测基本方法有自下而上法和自上而下法。国内的通常做法是用面积指标法或软件模拟法来预测区域建筑能耗。然而，这两种预测方法存在局限性。比如使用面积指标法时估算偏大，使用软件模拟法时对区域单体建筑进行模拟工作量很大等。而且规划初期区域内的单体建筑的具体方案通常没有形成，建筑的具体设计、使用情况、内扰变化规律等许多方面因素都是不确定的，往往缺乏详细的数据资料。对于此，本论文选择上海作为研究区域，采用自下而上方法结合情景分析法对区域建筑中不同的参数进行情景设定。同时本论文还考虑了区域建筑间的同时使用系数。

本论文通过调研和模拟相结合的手段进行模拟，评价现有住宅小区的形态以及该形态下的能耗，研究内容主要分为以下两个方面：

一是研究上海地区现有典型住宅小区形态以及能耗，调研上海地区现有住宅小区并按照小区不同的类型归纳整理，建立 7 类住宅小区典型模型，分析这几种住宅小区形态与能耗的关系和这几种形态下的被动措施对能耗的影响（自然光获取、自然通风等）。

二是研究同一容积率下小区类型和形态因素（建筑高度、密度、朝向）对能耗的影响。分为两块内容研究：

a.在相同尺度相同容积率下选择点式、行列式和围合式住宅小区作为研究对象，每种小区按照体形系数由高到低建立三种模型，共九类模型进行研究。研究相同容积率下不同类型住宅小区对能耗的影响以及同类住宅小区下不同体形系数对能耗的影响。

b.提取相关形态指标参数（建筑高度，建筑密度，建筑朝向），通过变化指标参数对比同一住宅小区的能耗，判断形态因素对能耗的影响。

本文的研究成果旨在为规划师进行住宅小区的规划设计提供参考，达到量化

形态和能耗等各个指标的目的，从而使区域规划更加合理，更符合可持续发展目标。

关键词：住宅小区、形态、能耗

ABSTRACT

Urban morphology not only embodies the aesthetic ideas but affects the district energy consumption. Different forms have different pattern, so that cause different thermal environment, thereby affecting the energy consumption. It can be concluded that it has some relationships between energy consumption and district morphology. Monomer construction factors play an important role, such as window-to-wall ratio, orientation and so on. But the regional characteristic factors can not be ignored, such as the building density and position arrangement, etc.

At present there is no mature technology or software of regional energy consumption calculation. Area index method and software simulation method are always used to calculate regional energy consumption in China. However, these two ways have some limits. For instance, area index method may cause the higher estimations, while the software simulation method needs more labor work. Thus, this study adopts bottom-up method combined with scenario analysis method to calculate the regional building energy consumption. In addition, this study considers the simultaneous coefficient among different buildings in one district.

This thesis studies the relationship between the energy consumption and the morphology of residential district in Shanghai mainly from two aspects. One is to study the existing typical residential area forms and their energy consumption, via investigating the existing residential districts and selecting the typical ones. At the 200m×150m scale, based on Shanghai's common residential forms, seven residential districts are selected: garden houses, 6-storey flats, 14-storey flats, 28-storey flats, lane houses and two mixed communities. The effect of residential morphology (e.g. building distance, density) and microclimatic (e.g. wind speed, temperature) on building energy consumption is quantitatively assessed using a whole-building energy simulation program, EnergyPlus.

The other one is the study of the morphology index (building height, building density, orientation) of the residential district under the same FAR. It includes two aspects. a) Study the relationship between different residential types (point-style, determinant-style, wall clamp courtyard) of residential district and energy consumption. b) Analyze the effects of different morphology index (building height, density, orientation) on the energy consumption of 14-storey residential districts in the

same Floor-area Ratio (FAR).

Key Words: residence district, morphology, energy consumption

目录

摘要.....	1
ABSTRACT.....	111
主要符号表.....	7
第 1 章 绪论.....	8
1.1 概述.....	8
1.2 上海形态发展与碳排放.....	8
1.3 区域形态对能耗的影响.....	10
1.3.1 影响建筑能耗的区域形态特征	11
1.3.2 自然采光	16
1.3.3 自然通风	16
1.4 区域形态研究方法.....	17
1.4.1 定性研究方法	17
1.4.2 定量研究方法	18
1.5 区域建筑能耗预测方法.....	18
1.5.1 区域建筑能耗模拟方法概述	19
1.5.2 区域建筑负荷与能耗预测应用实例	21
1.5.3 国内常用模拟方法及应用实例	23
1.6 研究目的、意义和主要研究内容.....	24
1.6.1 研究目的和意义.....	24
1.6.2 主要研究内容.....	24
1.6.3 研究路线.....	25
第 2 章 基于能耗模拟的住宅小区形态优化研究方法及参数选择.....	27
2.1 研究现状及问题.....	27
2.2 能耗与区域形态分析方法.....	28
2.2.1 自下而上法与情景分析法	28
2.2.2 同时使用系数的考虑	33
2.2.3 自然通风	34
2.2.4 自然采光	34
2.3 研究尺度.....	34
2.4 气象条件.....	34
2.5 区域形态特征的选择.....	35
2.5.1 区域形态——建筑单体影响	35
2.5.2 区域形态——街区空间结构	36
2.6 建筑恒量的确定.....	36
2.7 区域形态建模软件与能耗模拟软件.....	37
2.8 研究的输入输出参数.....	38
2.9 小结.....	39
第 3 章 上海典型住宅小区形态与能耗研究.....	40
3.1 上海住宅小区研究概况.....	40

3.1.1 研究对象	40
3.1.2 研究步骤	41
3.2 居住建筑形态与能耗模型.....	41
3.2.1 各小区选址	41
3.2.2 几何模型	42
3.2.3 建筑信息	51
3.2.4 冷热负荷估算	53
3.2.5 时刻表	54
3.2.7 电梯能耗	58
3.2.8 自然采光	59
3.2.9 自然通风	59
3.3 区域同时使用系数.....	61
3.4 能耗结果与分析.....	65
3.5 上海地区典型住宅小区形态与能耗研究总结.....	69
第 4 章 相同容积率下形态因素与能耗分析.....	70
4.1 不同布局形式对能耗的影响.....	70
4.1.1 四种住宅群体布局形式	70
4.1.2 模型设定	71
4.1.3 能耗结果与分析	76
4.1.4 结论及优化措施	78
4.2 同一容积率下不同形态单因素对能耗影响分析（点式建筑）.....	78
4.2.1 模型选择	78
4.2.2 建筑间距	79
4.2.3 建筑高度	80
4.2.4 建筑朝向	81
4.2.5 建筑密度	82
4.2.6 小结	83
第 5 章 总结与展望.....	84
5.1 总结.....	84
5.2 不足之处与展望.....	85
致谢.....	86
参考文献.....	87

主要符号表

3D	三维
ASHRAE	美国采暖、制冷与空调工程师学会
BA	building archetype (建筑原型)
FAR	Floor area ratio 容积率
GIS	地理信息系统
LT 方法	灯和热方法
S/V	体形系数
UHI	城市热岛

第 1 章 绪论

1.1 概述

随着能源和碳排放对区域、城市发展的影响和约束越来越强，区域和城市发展的规划决策中必须考虑气候和环境的影响。

我国多为“三高（高层、高密度、高容积率）”社区，风压环境复杂，高密度建筑的阻隔作用，会形成涡流区，加大空气年龄，而且由于城市热岛效应，搬迁到郊区的工厂排出的污染空气集聚到市中心。高层建筑会影响气流压力分布，如高层建筑林立会形成城市“峡谷风”，将汽车尾气卷吸到室内。

全国 81 个城市获批的城市新增建设用地规模较 2008 年增加 16.7%。中国住房与城乡建设部政策法规司副司长徐宗威在“城市发展与绿色经济”为主题的世博论坛上表示，中国城市的建筑密度和容积率太高，不符合宜居的标准，“中国人还没有到都住二十层以上高楼的时候”。

随着我国进入快速城市化的历史阶段，很多单体建筑节能设计所无法解决的问题，例如既有建筑的节能改造、城市能源系统的低碳化、城市能流的合理化等，都需要从城市或城区层面统筹协调。

当前，我国几乎所有的城市都在进行大规模的物质建设、环境建设和空间模式调整，我国城市规划经过多年的研究和实践，已经形成了较完善的具有中国特色的空间结构模式，成为城市在市场经济条件下健康有序发展的重要基础。在低碳经济时代，低碳城市空间结构发展模式成为我国低碳城市发展的关键技术之一。因此在城市规划和建设中研究合理的空间结构模式，以适应低碳城市的发展是很重要的。

1.2 上海形态发展与碳排放

1) 上海形态发展概述

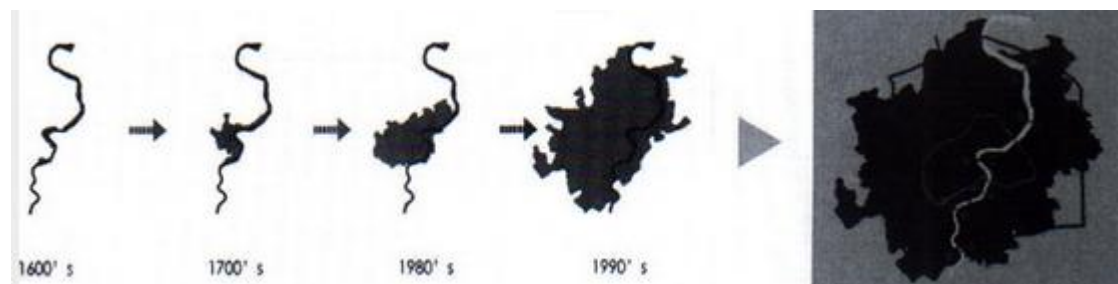


图 1.1 上海城市发展演变

上海城市建设用地扩展呈现围绕中心城、新城圈层蔓延和轴向拓展的态势。

从人口上看, 2005年上海人口1684万人, 2005年至2013年人口数目持续稳步上升, 到2012年城镇总人口达2126万人。人均GDP从2005年的49649元每人飙升至2012年的85373元每人。城市建设面积从2004年的1825平方公里到2012年的2904平方公里。

上海的空间形态在不断演化。随着上海进入深度郊迁扩散的时期, 我们所理解的“上海”应随之改变。上海已不再是由过密化的中心城区和广阔疏散的郊区所组成的“一个城市”(One City), 而正在成为由“多个城市”(Some Cities)所组成的大都市区。如松江新城、嘉定新城、临港新城等等, 还有一些新兴城镇, 未来都可能发展成相对独立的城市。同时, 借助密集的交通体系和密切的产业联系, 在更大空间范围内, 整个长三角地区可能成为高度城市化的“巨型城市区域”。我们应当看到上海存在的城市化发展的巨大潜力, 以更大的决心和魄力, 加快城镇化步伐, 创造更大的市场需求, 提高城市运行效率。因此, 若要进一步立足中心城、跳出中心城, 推进城市建设重心向郊区转移, 城市空间布局应更科学、更合理, 尤其是重点处理好功能布局 and 空间布局, 经济空间与文化、社会、生态空间, 地上与地下, 当前与长远, 以及上海与长三角、长江经济带的关系, 加强统筹考虑。总之一句话, 上海将以城镇群为空间主体形态, 打造世界级城市群核心城市。

而上海也需要形成这样多中心的城市空间形态, 以承载上海人口的进一步集聚和人口规模的扩大。上海将保持人口导入的态势, 而新增加的人口将主要集中在新城。当前新增加人口在空间分布上已经表现出这样的特点, 相比城市居民, “新上海人”在郊区落脚的趋向更加明显。上海中心城区人口已经高度密集, 需要降低容积率; 而新城则表现为人口集聚度不足。新城可以通过提高容积率来提高土地利用效率, 使单位土地上的人口集聚规模提高。我们一直认为, 在上海城市化过程中土地是一个约束, 实际上随着新城建设, 能够在现有建设用地不扩大的情况下, 通过提高容积率来提高人口集聚的数量, 提高土地利用的效率。同时, 提高容积率能降低土地成本, 并一定程度上降低房地产价格, 降低城市的门槛, 引进、留住更多优秀人才。我们可以在郊区探索土地集中, 通过以地换地的形式促进建设用地的集中, 并带动人口向新城集中, 使多中心的城市发展战略能够发挥促进人口集聚、降低土地价格和提高土地利用率的综合效果。

这样的多中心的城市空间形态, 还有利于上海的节能减排, 提高城市发展的可持续性。西方国家中心城区的人口“昼夜比”为10:1, 而上海的静安和卢湾地区才3:0, 这说明上海中心城区的就业集聚能力不足, 且居住人口导出不足。不过, 西方大都市典型的发展模式是在近郊地区形成大规模的中产阶级居住区, 而通过高速公路和公共交通网络提高中心城区的就业集聚, 实践证明这种模式非常

浪费能源，是难以持续的。每天上下班时中心城区和郊区之间巨大的通勤流量，造成了巨大的能源消耗和效率损失。因此，从提高城市发展的可持续性来分析，以多中心的城市形态促进生产功能、居住功能和消费功能在空间上实现适当配置，有利于节能减排。同时，城市的产业空间分布和人口空间分布需要一定的相互适应，随着产业外迁，人口相应地外迁，有利于郊区新城逐步成为具有完整功能的城市——要避免郊区新城成为产业的新城、却是居住的空城，这将是另一种降低城市效率和造成能源浪费的情况。

2) 上海城市能耗与碳排放

随着经济的高速发展以及人民生活水平的不断提高，上海市能源消费总量不断攀升。“十一五”期间，上海市能源消费年均增速为 6.4%，比“十五”下降了两个百分点。从能源消费结构来看，天然气消费增长最为迅猛，达到 45 亿立方米，年均增速为 19.2%；全社会用电量 1296 亿千瓦时，年均增速为 6.7%；煤炭消费低速增长，达到 5875.5 万吨，年均增长 2.1%。能源消费呈现“双减双增”的特点。从终端能源消费来看，工业是上海市能源消费的主要部门。在各终端部门中，能源消费上升最快的是第三产业，同时交通运输业、建筑业和居民生活方面的能耗上升速度也非常快。这与这些年来上海市的基础设施建设加快以及居民生活、消费水平的提高具有非常大的关系。由于能源消费的迅速上升以及煤占一次能源的比重依然很高，使得上海市能源消费的碳排放迅速增加。不断增长的能源消费和 CO₂ 排放，促使上海市迫切需要寻找一条既尊重历史和当前现状，又能使其过渡到长三角真正的中心城市乃至国际大都市的发展道路，以有限的能源消耗和较低的碳排放来实现经济社会的可持续发展。

1.3 区域形态对能耗的影响

上海是整个国家的对外经济窗口，年年以指数递增的人口和 GDP 也意味着源源不断增加的能耗。因此，上海市迫切需要一个可持续的节能减排方案来应对日益增加的碳排放需求。而一个科学合理的城市空间布局对节能减排起到了至关重要的作用。

区域形态可以直接或间接的影响建筑能耗。直接的来说，可以影响建筑物理特性（如体形系数），间接的来说，可以影响一些设备的性能（如太阳能和区域能源系统）。而为什么合理的区域形态可以对建筑节能起到一个比较重要的作用，Baker 做了两方面的解释。首先，区域形态比较不容易受到技术（空调系统性能等）和人员行为的影响，因此区域形态因素对于能耗比较可能有一个长期的积极或消极的影响。其次，他认为形态、技术和人员行为三者之间不是独立存在的。而更有可能的是，一个比较好的形态使得空调系统性能和人员行为也往好的方面

发展^[1]。Wener 认为区域形态相比于技术来说更不易受到行为变化的影响^[2]。因此，研究区域形态对于能耗的影响有其必要性。

1.3.1 影响建筑能耗的区域形态特征

关于区域形态与能耗的相关研究已经持续了很长一段时间。

从国内外现状可以看出，区域形态主要包括两个特征：建筑形态和区域空间结构。其中建筑形态指的是建筑的外形和尺寸，包含了是否有遮阳设施以及建筑朝向^[3]。很多研究还表明体形系数、进深、建筑高度、被动区域和窗墙比等也是需要被考虑的。区域空间结构指的是建筑、街道和其他敞开区的空间布置。一般衡量区域空间结构的指标有容积率 FAR、占地面积、建筑面积、天空视角系数 SVF 等。很多时候，这些参数都是需要被综合考虑的。

1) 紧凑度

在所有的影响建筑能耗的形态特征里，一些学者认为紧凑度是主要因素。紧凑度是反映城市空间形态和功能布局的一个主要指标。具体来说，各种有形物质（产业、资金、人口、交通、设施等）“密度”越大，紧凑度越高。March 用数学方法描述了建筑的紧凑度，他率先引进了体形系数 S/V ，即建筑物与室外大气接触的外表面积与其所包围的体积的比值来描述建筑紧凑度^[3]。随后很多学者陆续引用体形系数来定量的研究能耗与紧凑度之间的关系。Owens 认为相同的外界条件，建筑体形系数的变化可以使建筑能耗变化最多达到 200%^[4]。Ratti 等人从三种亚洲街区尺度的能耗和体形系数的对比中发现能耗随着体形系数的变小而增大^[5]。

2) 容积率

容积率 FAR 反映了一块土地上建筑容量的大小，是总建筑面积与建设用地的面积的比值。它对能耗也有着一定的影响，如 Steemers 在 2003 年通过研究现有商业建筑的 FAR 发现建筑密度增加可以减小 50% 的热需求^[5]。他还发现如果使 FAR 增加一倍，则可以每平方米增加 25% 的能耗。容积率是衡量一个项目居住环境质量综合性指标之一。容积率的提高会导致建筑面积的增加，而增加的建筑则会占用更多的设施以及绿化等，会消耗掉更多的能耗，也会影响房屋建筑间距的大小以及室外空间的多少，进而导致采光通风等条件的差异。

3) 建筑类型与建筑密度

建筑类型与建筑密度对能耗也有一定的影响。

建筑类型有多种分类方法。按层数来分，有低层住宅（小于 4 层）、多层住宅（4-6 层）与高层住宅（7-9 层为中高层住宅；10 层及以上为高层住宅；高度超过 100 米为超高层住宅）；按平面特点来分，有点式住宅、行列式住宅、围合

式住宅等。

建筑密度是反映建筑用地经济性的主要指标之一，是建筑基底总面积与建筑用地总面积的比值。

Rong 等的结论表明同样的一户人家住在低密度的独栋楼房里比住在联排或者公寓里要多耗 54% 的供热能耗以及 26% 的供冷能耗^[6]。同样的，加拿大学者根据实测数据发现联排住宅单元比平均的独栋少了近一半的供热能耗，而对于公寓来说，公寓所耗能约为独栋住宅 65% 到 75%^[7]。此外，LSE (London School of Economics and Political Science) 城市研究团队和 EIFER (European Institute for Energy Research) 研究团队于 2011 年调研了伦敦、巴黎、柏林以及伊斯坦布尔这四个城市的能耗以及建筑类型并建立典型模型比较后得出，四个城市的独立式住宅供热能耗均最高，其余类型每个城市情况不一，但总体来讲，高层住宅、板楼和联排住宅供热能耗相差不大。如图 1.2，圆圈表示典型建筑的模拟结果，方块代表实测值。类型依次为独立式住宅、高层住宅、板楼、联排住宅以及紧凑型住宅。城市依次为伦敦、巴黎、柏林和伊斯坦布尔^[8]。

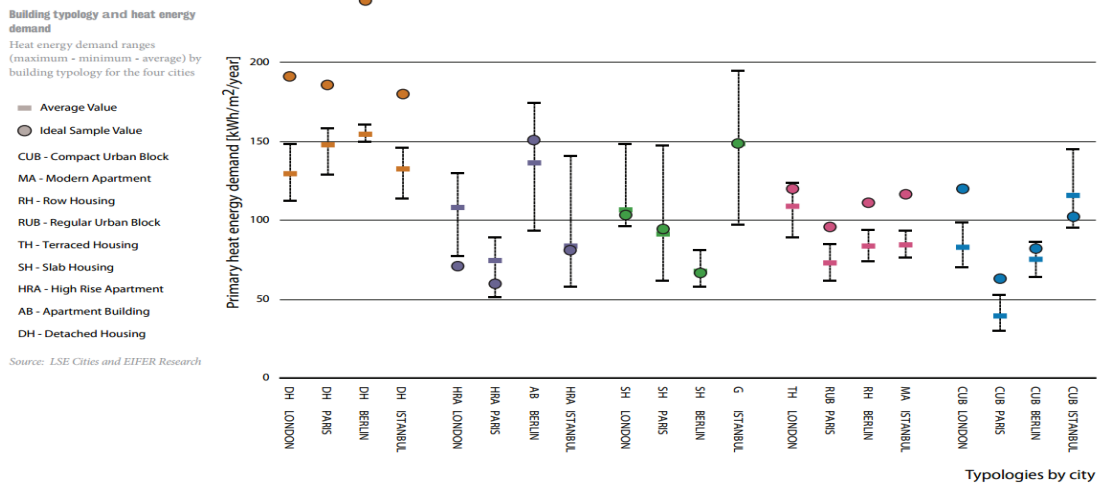


图 1.2 城市类型与供热能耗

Salat 通过年代对比挑选出代表该年代的典型建筑群进行分析如图 1.3，这三个图分别代表了三个不同的城市形态。传统庭院式有比较高的建筑密度，较差的日光接受率，其能耗为 0.21GJ/年/m²；现代纹理有比较高的日光接受率，较低的建筑密度，其能耗为 0.36GJ/年/m²；各个因素都在中等水平的当代庭院式能耗为 0.20GJ/年/m²。可以看出，现代纹理所需的能耗是同等面积下的当代庭院式的 1.8 倍。这个结果并非是通用的结果，因为这个能耗结果还包含了众多其他的因素，如街区的年代、建筑围护结构类型等。这些因素均能在一定程度上影响能耗。

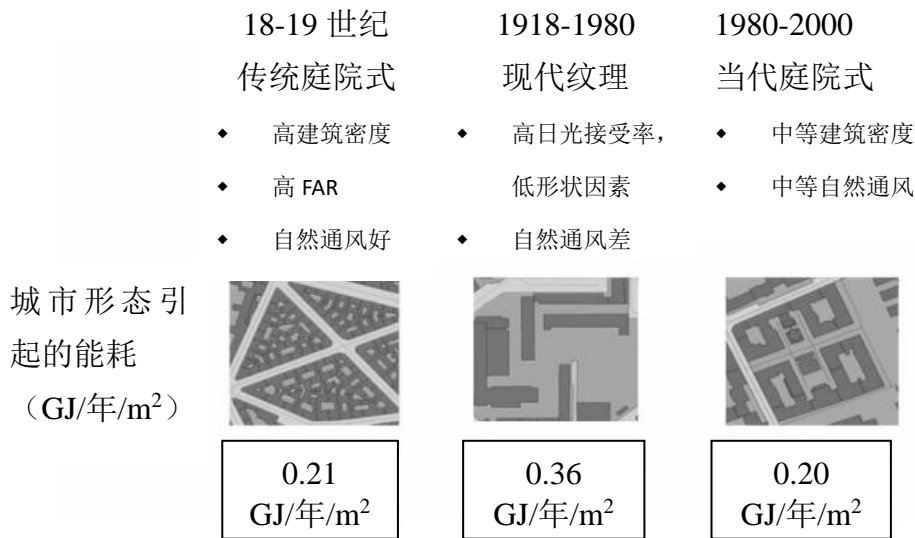


图 1.3 巴黎三种城市肌理下的区域形态与能耗

资料来源: Serge Salat (2010) [9]

MIT (Massachusetts Institute of Technology) 研究团队和清华大学研究团队编写了一个用于能耗以及形态估算和展示软件 **Energy Proforma**, 应用该软件可以得到基于能源导则的低碳形态下的运行、交通、建材等能耗 (如图 1.4)。图中左侧为相同规划面积下, 普通塔楼与围合式设计的形态以及平均建筑底面积等基本参数。交叉路口密度是区域内的交叉口数量, 反映了社区的步行便利程度, 越大说明步行越便利。右侧为这两种设计的能耗对比柱状图。其中淡色的为普通塔楼的能耗, 深色的为围合式建筑群的能耗。从图中可以看出, 基于能源导则下的各个项目能耗均低于传统形态下的能耗, 且小尺度下的围合式的设计比普通花园塔楼更为节能。

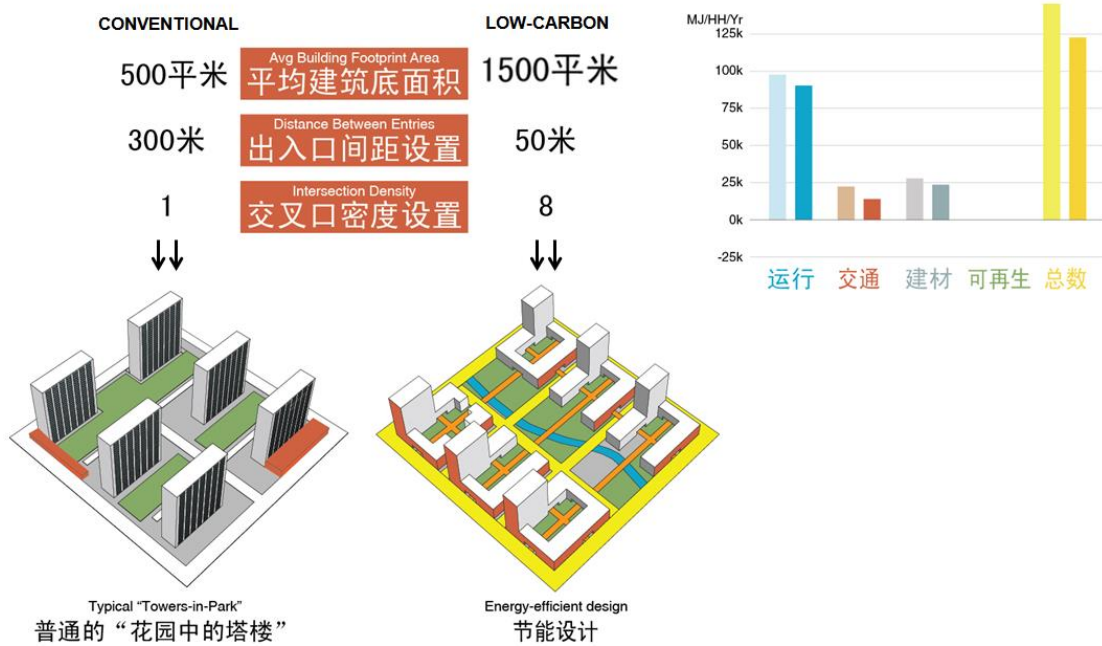


图 1.4 形态与能耗对比

在美国, Reid Ewing 发现非蔓延型的社区比蔓延型社区的户均能耗要低 20%, 如果再考虑因为密度提高、用地减少而节约的基础设施建设, 减少的碳排放量将超过 50%^[10]。可见, 居住密度或就业密度、用地混合度、空间集聚或分散形态, 均对能源消耗和建筑碳排放等产生显著影响。

4) 被动空间

直至如今, 被动空间作为一个重要的衡量建筑性能与建筑形态的指标已经被很多学者采用。被动区域一般指的是围绕建筑周边的 6 米以内的空间区域, 如图 1.5。被动空间的体积与建筑总体积之比越高, 意味着利用自然采光和自然通风的可能性越大。

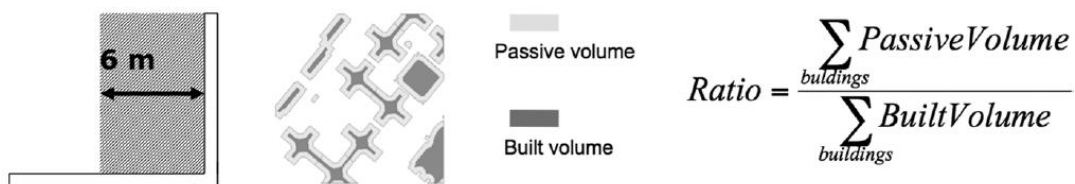


图 1.5 被动空间示意图

被动空间一般可以用于研究建筑尺度或者街区尺度, 不过用于街区尺度的研究实例还是较少的。比较典型的从街区尺度上研究被动空间和能耗的为 Ratti (被动空间的不同可以影响 10% 的能耗)^[5]和 Salat (被动空间的不同可以影响 40% 的能耗)^[15]的研究。

Baker 认为增加建筑表面积可以一定程度上增加被动空间的面积^[1], 也即增加采用自然光和自然通风的利用率。他还认为, 被动区域所占的比例可以暗示使用被动节能策略的潜在潜力。Stemers 认为补偿增加的热损失可以用增加表面积

来实现^[30]。

5) 窗墙比

建筑形态中的立面玻璃也可以影响能耗。增加玻璃的比率可以增大太阳光的辐射量,从而增加能耗。但是玻璃的传热系数相比于墙体更大一些,在冬天热量更容易流失,因此可能增加热损失。减小热损失可以采用一些补偿措施,比如增加玻璃的保温绝热系数等。一些学者从对中高层住宅建筑的研究数据中发现通过调整玻璃比可以使能耗波动 33%^[11]。优化玻璃的策略的关键是平衡太阳光的获取和热损失^[1]。

6) 朝向

建筑朝向,尤其是建筑主立面的方向对能耗也有着重要影响。无论在中国的南方还是北方,坐北朝南都被认为是住宅的最好朝向。然而,由于景观、道路走向限制,住宅可能呈现不同的朝向。刘宏成等对湖南省不同朝向的住宅进行了大量的计算发现,当建筑朝向在南偏东 15° 至南偏西 15° 范围内,建筑采暖空调总耗电量增幅较小,朝向对能耗影响不大。而在南偏东 40° 至南偏西 30° 时,采暖空调总耗电量在 4.89% 以内。超出上述范围则总耗电增幅超过 5%^[12]。

7) 城市热岛

区域空间结构与建筑能耗之间还可以通过城市热岛相互影响。关于热岛方面的研究主要的有 Santamouris 等,其利用雅典市区和郊区的 30 个测量站以及 10 个城市街道峡谷的数据进行研究。发现雅典市的平均热岛强度超过 10℃,导致城市建筑的冷负荷加倍,峰值电力负荷增加两倍,由于环境空气温度增高,也导致空调机组的 COP 下降 25%。在冬季,由于热岛效应可使建筑热负荷减少 30%。由于街道峡谷内风速降低,利用自然通风的潜力也大大降低,与不受任何遮挡和影响的情况相比,空气气流量下降了近 10 倍^[13]。

8) 综合分析

Dhakal 强调了城市形态和功能的重要性,包括城市大小,密度,形状,和功能分配。鉴于城市控制发展的普遍失败,他认为土地利用规划政策是必要的,但是还应与其兼容的交通政策结合使用来减少交通上的温室气体^[14]。Serge Salat 选取了法国巴黎 96000 居住建筑进行调查研究,得出城市形态主要影响因素有建筑密度、形状系数、 V_p/V_t (被动式容积/总容积)、容积率、建筑材料密度、日照接受率^[15]。

Numan 等研究了海湾地区建筑设计和城市布局对居住建筑节能的影响。采用计算机系统仿真的手段,以海湾地区典型的居住建筑为研究对象,分析了不同建筑围护结构参数、平面布局、建筑朝向、玻璃窗面积和建筑遮挡物情况下的建筑能耗。然后进行参数敏感性分析,将各参数对建筑一次能耗的影响程度进行了排

序，在建筑设计工程中，这些参数可以保证城市建筑被动设计的性能^[16]。

Wong 等对新加坡地区的城市形态对建筑能耗的影响进行的较为深入的研究。其用长期的现场测试数据验证了经验模型所预测的最低、平均和最高气温，并得出城市空气温度变化的影响因素中最为显著的是建筑，绿地和硬化地面，其他的相关参数有绿地率(Green Plot Ratio, GnP_R)、天空视角系数 (Sky View Factor, SVF)、临近建筑的密度、墙体面积、硬化地面面积和反射率。通过调整这些参数改良城市形态可以降低建筑能耗。该研究重点比较了不同气温条件对新加坡地区建筑能耗的影响，为达到这个目标，研究者进行了 32 个案例模拟，同时考虑了不同城市形态下的建筑密度、高度和绿地密度。结果表明绿地率对建筑能耗的影响最大，可使气温降低 2℃左右，这将导致建筑能耗降低 4.5%^[17]。

通过上述论述，较高的紧凑度以及建筑密度通常会减小建筑热损失，但是并不能确保减小总建筑能耗。而且不同的建筑类型（住宅、公建等）对紧凑度、建筑密度和建筑能耗之间的关系也有所不同。一些学者认为密度的增加需要增加建筑进深、增加建筑高度或者减少被动空间来减少自然采光和被动得热。在某些情况下，低密度高体形系数的住宅设计可以最大限度的增加被动太阳得热^[18]。

1.3.2 自然采光

自然采光就是将日光引入建筑内部，并且将其按一定的方式分配，以提供比人工光源更理想和质量更好的照明。它减少了人工照明的耗电量，并且相关研究表明自然采光能形成比人工照明系统更为健康的工作环境，可以使工作效率提高到 15%。

自然光是一种非常不稳定的光源，会随天气情况变化，因此室内照度也会随之变化。由于自然光的不稳定性，自然采光通常需要配合智能人工照明系统，在照明区安装光照感应器，如果自然光引起的室内照度满足工作要求即不开启人工照明系统，若不满足，可逐步调节照明亮度，直至满足照明需求。

建筑中照明能耗所占比重很大而且由灯产生的废热所引起的冷负荷的增加，合理设计和采用自然采光能够节约照明能耗。Baker 等学者认为自然采光同样对住宅和商业建筑的能耗有比较大的影响^[1]。Ratti 的研究说明更紧凑的建筑通常情况下能耗更高；也更容易获得自然光和空气^[5]。

1.3.3 自然通风

自然通风是当今建筑普遍采取的一项改善建筑热环境、节约空调能耗的技术。当室外空气温湿度较低时自然通风可以在不消耗不可再生能源的情况下降低室内温度、带走潮湿气体，达到人体热舒适。自然通风最基本的动力是风压和热压，人们常说的“穿堂风”就是利用风压在建筑内部产生空气流动。利用自然通风降

低空调系统的能耗是建筑节能的有效手段。通过对区域的风场进行模拟,可以得到建筑的迎面风速,从而进一步分析建筑利用自然通风的潜力。密集建筑可以增强热压通风:相临两个建筑之间距离很近,分别以高墙相隔,之间形成一条狭窄的巷道,建筑相互遮挡产生阴影,形成冷巷。各建筑内天井院落空间相对接受太阳辐射多,温度较高,当热空气上升时,冷巷中的冷空气就经门窗补充而入。建筑的自然通风指的是通过有目的的开口如门、窗户、烟囱等,产生空气的流动。

被动式自然通风主要是利用风压与热压两种方式进行空气交换来实现的。风压是风力引起空气密度不均而产生的空气压力差。不同尺度空间组合在一起会使这种压力差增大,使通风加强。热压通风则是利用温度差引起空气密度不均而形成冷热空气的交换达到通风目的。

合理的风环境可以避免建筑群内部局部大气污染物聚积,提供良好的新风质量;将良好的空气引入建筑群内部,降低热岛效应与建筑能耗;避免峡谷风、风旋、风洞和风漏斗等不良风效应。当建筑周边存在风洞效应或风漏斗效应时,由于风速增加,会使建筑围护结构传热系数加大,建筑的得热量或失热量增加;而当建筑处于峡谷区时,由于街道峡谷中的交通排热与其他散热均不易排出,也会造成建筑空调负荷增加。

1.4 区域形态研究方法

区域的形态特征是十分多样并且没有相同的,但是大多数区域形态都有一些基本特征是相似的。因此将这些基本特征用于区分不同区域的形态是比较合适的。区域形态的研究可以分为定性研究方法和应用模拟软件研究方法这两类。

1.4.1 定性研究方法

用于区分不同的形态、类型一般使用的都是定性的研究。尤其一些难以被定量的形态特征,如类型、使用用途、社会历史等因素。

比较典型的有成一农在研究中国古代地方城市形态中按研究对象分为个案研究、按类型区域和断代城市形态研究以及从宏观角度进行研究^[19]。

另一个关于形态分类的定性研究是关于形态和其他特征的结合。Marshall 考虑用 7 个评价标准描述 5 种当地城市结构类型。这些评价标准有土地利用、服务设施和交通等。

Jabareen 认为区域可以分为四个空间等级:区域和都市层面、城市层面、社区层面和建筑层面。他还认为最理想的持续发展形态是高密度多样性的城市并且土地利用不是单一的。设计形态也是根据可持续交通、绿化和被动太阳能^[20]设计的。

刘滨谊等主要分析了城市绿地生态网络与其空间结构、形态之间的关联性。提出了各效能要素的功效指标。以空间效能的视角得出一种较为准确的规划设计方法，最终达到构建合理高效的城市。

1.4.2 定量研究方法

有时研究形态和类型会使用到定量研究方法。Pont 认为定量研究建筑形态不会彻底的被采用^[21]。然而，如今有更多的关于建筑形态的定量描述和分析进入公众的视野。更有一些先进的数字信息分析工具被用于区域形态的定量分析，以此给定量研究提供了更多新的机会。

龙瀛建立了一个集成了城市形态、交通能耗和环境影响的多智能体模型（FEE-MAS 模型）。该模型是基于 ESRI ArcGIS 利用 Python 语言开发的，主要包括居民和对应城市形态的地块。一方面通过设置土地利用模式生成城市形态，并采用定量指标评价该形态，有就业地斑块数目、平均斑块分形指数、香农多样性和平均邻距离等。另一方面，根据居民数和统计特征生成居民 agent，并对其所在城市形态中的居住和就业区域进行选择后根据出行距离选择相应的出行方式，进而产生交通能耗和环境影响，最后在整个城市形态层次计算总交通能耗和环境影响。结果得出分散布局对应的出行总距离是紧凑布局的 2 倍左右^[22]。

Pont 同样的尝试定量分析空间类型。他认为使用土地利用密度来鉴定建筑形态和区域类型是存在一定问题的。他采用四个定量指标来区分类型，分别为容积率、土地空间指数（如建筑密度）、敞开空间比例（敞开空间与建筑面积之比）以及层数（建筑平均层数）。当遇到更大尺度时，路网密度（每公顷路网长度）将作为第五个指标被考虑进来^[21]。

卞洪滨等运用量化分析的方法，将住区用地规模、街区尺寸、路段长度、路网密度等将影响住区规划的相关参数与变量进行整理，随后进行调研、汇总、整理和分析，得到可量化结论^[23]。

1.5 区域建筑能耗预测方法

就能源规划而言，不仅要考虑单体建筑，区域尺度上特有的影响因素同样不能忽视。这里所指的区域尺度为占地面积数平方公里以下、建筑面积百万平方米以下的园区、社区、街区、成片开发区或小城镇等。合理的区域建筑负荷与能耗预测需综合考虑能源、环境、城市形态、人员行为等各方面因素。建筑负荷与能耗预测是区域能源规划的关键环节，也是估算和分析区域碳排放和城市热岛效应的重要基础。

建筑负荷包括冷热负荷、电负荷和生活热水。其中电负荷预测对于电网规划、

发电设备选型及电力检修等至关重要,冷热负荷预测则主要影响区域供热供冷系统的设计与设备选型。在规划阶段的系统设计及选型中往往针对各类负荷考虑一定的富余系数,以保证系统的安全运行。建筑能耗通常指民用建筑末端设备的运行能耗。需将供能(电、热、冷)设备、输配系统、末端设备(空调和采暖末端)与建筑各类负荷相匹配后方能进行能耗计算。建筑能耗预测是区域能源规划的重要基础,可在规划阶段预测目标区域各类参数信息和耗能情况,通过比较不同情景下的能耗模拟结果选用较节能的供能方案。

1.5.1 区域建筑能耗模拟方法概述

自上而下方法与自下而上方法

街区尺度建筑负荷和能耗预测有两类基本方法:自上而下(Top-down)方法和自下而上(Bottom-up)方法,如图1.6所示。自上而下方法是先估算总体建筑能耗,再进行时间和空间的降尺度;而自下而上方法是先计算单个建筑的逐时能耗再放大到区域尺度。

自上而下方法通常依据国家能源消耗和碳排放的历史时间序列数据从宏观层面研究能源与经济之间的内在关系,可以分为经济自上而下模型和技术自上而下模型。用自上而下方法分析区域建筑负荷与能耗,通常把某个区域内所有建筑作为一个耗能源,而非具体到单栋建筑设备末端能源消耗。依据建筑行业持续的长时间变化或变迁确定其对能源消耗的影响,用来决定能源供给量。参数包括宏观经济学指标(GDP、就业率和价格指数)、气象参数、新建/搬迁率、设备所有权评估和建筑数量等。

与自上而下方法相反,自下而上方法考虑了温湿度、建筑性能、末端设备和运行特点等细节,以具有代表性的典型建筑能耗为基础预测和模拟区域、地区乃至国家尺度的建筑能源需求。

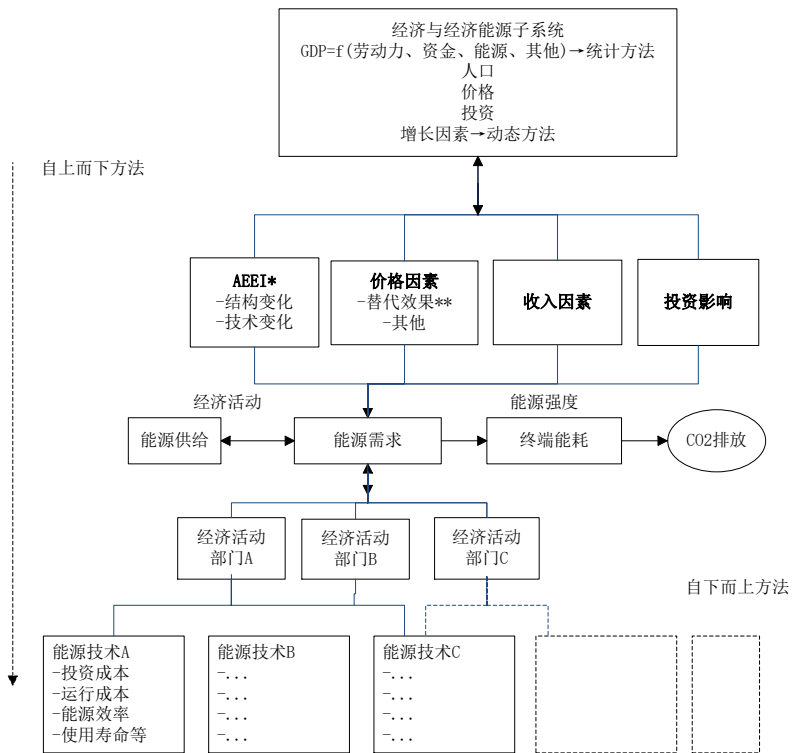


图 1.6 自上而下与自下而上方法[24]

*AEEI: Autonomous energy efficiency improvement, 非政府和市场引导性的自主能效提升, 例如制冷机组的 COP 提升、照明光源的能效提升等。

**采用其他替代能源的价格因素的影响, 例如用燃气替代电, 可再生能源替代传统能源。

微气候与能耗综合模拟方法

目前尚没有专门的软件用于评估城市微气候对建筑能耗的影响。定量的分析微气候如何作用于能耗一般有 3 种方法: 实测法、微气候模拟软件与能耗软件耦合法以及指标法。

实测法典型的如前文提到的利用雅典市区和郊区的 30 个测量站以及 10 个城市街道峡谷的数据进行了相应的研究, 发现雅典市的平均热岛强度超过 10℃, 导致城市建筑的冷负荷加倍, 峰值电力负荷增加两倍, 由于环境空气温度增高, 也导致空调机组的 COP 下降 25%。在冬季, 由于热岛效应可使建筑热负荷减少 30%。由于街道峡谷内风速降低, 利用自然通风的潜力也大大降低, 与不受任何遮挡和影响的情况相比, 空气气流量下降了近 10 倍。

微气候模拟软件和能耗软件耦合法: 采用 CFD 软件和建筑能耗软件耦合以及微气候模型 ENVI-met 与能耗模拟软件 EnergyPlus 之间的耦合等。Bouyer 等提出采用 CFD 软件和建筑能耗软件耦合的办法来解决该问题, 它完成了一个 Solene 和 Fluent 之间的数据的交互。将 Fluent 软件中计算的对流换热系数、空气温度和

空气湿度传送给 Solene; 在 Solene 计算墙体表面温度、总辐射换热和潜热热流量并传送给 Fluent。从计算结果中可以看出, 该方法用于评估特定城市布局情况下的建筑能耗具有较高的计算精度, 该方法的最大缺点在于大大增长了计算时间^[25]。如图 1.7b 即为一个 CFD 模拟小区温度场的模型。杨小山等考虑了多个微气候因素(如太阳辐射、长波辐射、空气温度、空气湿度), 将微气候模型 ENVI-met 导入 EnergyPlus, 采用区域能耗评价综合模拟方法量化微气候对能耗的影响^[26]。气候因素以及城市空间、材料和建筑布局构成的城市空间, 导致了城市密度和建筑能耗之间复杂的关系。

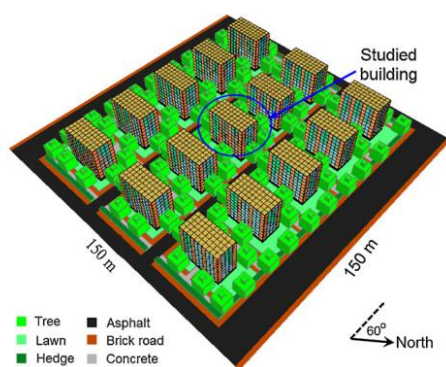


图 1.7a ENVI-Met 模型图

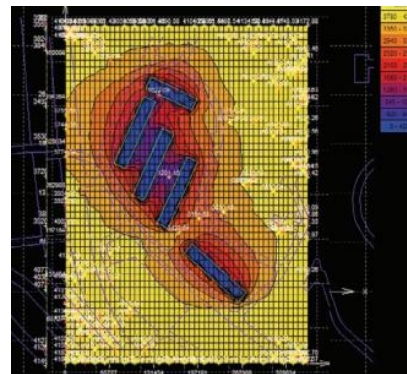


图 1.7b CFD 模型

指标法: 讨论环境空间尺度、树阴形态等对街谷热环境的影响有 WBGT 指标^[27]; 采用循环层次法建立了评价与预测指标体系, 并将地理信息系统作为工具, 开发出综合效益评价与预测系统 (CBEPS)^[28]。Stromann 等试图采用建筑峡谷的模式来调查研究北欧地区低能耗建筑与城市结构空间的之间的关系。作者采用综合动态采光和热物理模拟, 发现增加城市密度的情况下, 影响建筑被动式节能的主要因素。研究发现, 城市街道峡谷的形状对办公建筑总能耗的影响超过 39%, 对居住建筑总能耗的影响大于 19%, 由此可以看出城市街道峡谷的形状是影响建筑能耗的最大因素。其次的影响因素是街道峡谷的反射率, 以前错误地低估了其影响, 在以后的建筑设计中必须给予考虑^[21]。

1.5.2 区域建筑负荷与能耗预测应用实例

目前尚没有成熟的专用区域建筑负荷与能耗预测软件。而在软件开发上的主要困难是如何将地理信息、区域环境分析工具以及能耗模拟软件很好的进行耦合。因为区域负荷与能耗预测不仅需考虑单体因素, 区域影响也至关重要。而影响区域建筑群的负荷与能耗的因素很多, 包括地理位置因素、微气候(通风、采光、热岛效应等)因素、建筑混合度、人员行为模式等。而现有的环境分析软件大部分研究的模拟时间尺度较短(数小时到几天), 在实现较长时间尺度模拟研究中,

通常采用的方法是对几个典型气象日进行微气候模拟,再将模拟结果输入到气象数据生成软件,插值生成长时间尺度气象数据,再导入建筑能耗模型计算能耗。这种方法的可靠性与精度不能得到有效的保证。以上原因使得开发区域建筑能耗软件存在一定难度。

通常情况下,基本方法仍然适用:如结合调研能耗数据建立统计模型;利用自下而上方法借助 GIS 技术获得区域能耗需求等。在考虑微气候和城市形态对区域能耗的影响时,则需采用能耗模拟软件与其他空间分析工具耦合。

Bouyer 等^[10]提出采用 CFD 软件和建筑能耗软件耦合;杨小山等^[11]采用 ENVI-met 软件与 EnergyPlus 软件耦合,其中考虑的微气候因素如太阳辐射、长波辐射、空气温度、空气湿度;Tarabieh 等^[29]利用能耗模拟和空间分析工具分析校园建筑的能耗,其中考虑了区域内建筑的空间相对位置,该研究为建筑性能模拟提出了一套实验准则,将区域性能参数分为:建筑群分布形状、朝向和位置,通过对性能指标参数进行规范化处理,得到城市校园的能耗性能指标;Ratti^[30]LT (Lighting and Thermal) 模型与 DEMs 模型相耦合来模拟不同城市空间结构下的建筑能耗,采用城市光栅模型进行了建筑体型系数 (surface-to-volume ratio) 和建筑立面 6m 范围内的特征面积对伦敦、图卢兹和柏林 3 个城市能耗的影响评估。

对于某些特定区域的负荷和能耗预测可以通过整合实际调研能耗数据,分析归纳出适用于该区域的模型方法进行。Corgnati, Corrado 和 Filippi^[31]针对意大利的托里诺的 140 栋建筑,假设供热度日数与供热季节步长这两者与能耗线性相关,引入了典型传统供热需求系数。该方法适用于建筑群的长期评价。Fracastoro 和 Serraino^[32]针对意大利皮埃蒙特和伦巴第的能耗统计数据建立了一套居住建筑的能耗分布方法。该研究给出了总的主要能耗需求的统计信息(类型、气候区等)。Theodoridou 等^[33]调查了希腊居住建筑建筑群与能耗之间的关系和潜在的节能潜力。Caldera 等^[34]根据 50 幢建筑的相关数据完成了一个能源需求与区域供热,建筑年代之间的简单线性关系,并对热物理特征做了统计学分析。Howard 等^[35]采用多元线性回归方法评价了纽约的建筑能源强度,认为建筑能效比建筑年代和建筑类型更能影响能源需求。

GIS 技术可以把地图和地理分析功能与一般的数据库在集成到一起,从而可以更为直观地获取其中的重要信息。Dall'O 等^[36]利用 GIS 平台建立了城市尺度的建筑性能数据库,该数据库信息可用于建筑群和样本建筑的能耗审计。Heiple 等^[37]在 GIS 框架下根据建筑类型及面积大小给相应地块赋值,模拟了典型单体建筑的小时和季节负荷特性。

20 世纪 90 年代,英国剑桥大学建筑系马丁建筑与城市研究中心建立了以建

筑光环境和建筑热环境为计算对象的 LT(Lighting and Thermal)模型, 并形成了相应软件。该模型可以根据建筑所在地的气候条件, 通过建筑设计及被动式技术手段的选择, 实现对自然资源的充分利用, 同时减少对能源的依赖。国内也有相关应用, 如姚润明等^[38]运用 LT 方法对单栋建筑和群体建筑进行综合能效规划设计, 根据城市建筑群布局, 采用 Matlab 图像处理技术, 获取 LT 能量计算所需要的朝向、方位、城市高度角等参数, 再将 LT 所计算的建筑能耗(照明、采暖空调能耗)反映在建筑规划图中。

1.5.3 国内常用模拟方法及存在问题

国内目前常用区域建筑负荷预测的方法有面积指标法和软件模拟法。

使用面积指标法, 在区域建筑负荷估算时各功能建筑最大负荷值相叠加, 往往负荷估算偏大, 造成系统容量与输送系统配置过大, 方案初投资、全寿命周期运行费用偏大, 运行效率低, 造成浪费。并且这是一种静态的方法, 不能反映区域中负荷的时间变化特性, 单纯采用冷热负荷估算指标来估算区域内各单体建筑、建筑群的负荷, 冷热源系统形式、规模、配置以及输配系统的分析基石就显得比较脆弱^[39]。对于一般的单体建筑来说, 按面积指标估算的负荷对选型和运行节能没有太大的影响, 但是对于冷热电三联供系统这样设备较多, 控制过程复杂, 存在相互耦合特性, 常常考虑间歇运行的系统, 需要负荷的逐时值。如果得不到相对准确的逐时负荷值, 就好对设备的选型和系统的运行方案的选择给予误导, 造成很大程度的浪费^[40]。

使用软件模拟时, 通常对区域内各建筑单体进行模拟再推及区域。虽然可以模拟计算动态的负荷, 但在区域建筑规划的初期, 区域内的单体建筑的具体方案通常没有形成, 建筑的具体设计、使用情况、内扰变化规律等许多方面因素都是不确定的。在这种情况下, 很难通过常用的动态负荷模拟软件建立模型计算负荷。而且, 在规划阶段, 对区域内各单体建筑进行建筑模拟, 工作量很大^[41]。

根据我国现有建筑情况, 我国拥有世界最庞大的人口, 城市人均用地面积达到 133m², 远远高于发达国家与发展中国家人均水平, 但几乎有一半土地是非宜居的。我国的建筑特点是体量大、密度大, 空间利用不合理, 土地利用率低。又因为房地产泡沫影响, 某些区域大量住房控制, 使得城市中心“空心化”。据调查, 我国 660 多个城市现有连续 6 个月以上电表读数为零的空置房达 6540 万套。因此在我国, 区域负荷预测采用从单体到区域的预测方法往往会预测不准。

1.6 研究目的、意义和主要研究内容

1.6.1 研究目的和意义

尽管现在很多人已经意识到了生态社区或者绿色社区是节能和减小碳排放的关键部分，但是国内很多研究仍旧停留在定性分析上，并没有确切的阐述到底某种形态相比于另一种形态优点在哪里，节能多少。做建筑节能的有关人员往往将目光放置于建筑单体的节能，而规划师们又想在规划期间了解区域建筑能耗与形态之间的关系。因此将建筑节能与规划相结合，研究区域建筑节能是十分重要的。

通过文献回顾可知，针对能耗与建筑形态的街区尺度的研究是比较少的。不过街区尺度的研究相比于城市尺度来说更易于理解能耗与形态之间的关系。因此本文中的研究尺度为街区尺度（200m×150m），重点在于研究能耗与形态指标间的关系。

本文选取上海地区作为研究区域。通过调研和模拟相结合的手段进行模拟，评价现有住宅小区的形态以及该形态下的能耗。该研究结果将对于住宅小区的建筑设计有指导意义。本文的研究成果可以为规划师进行住宅小区的规划提供参考，达到量化形态和能耗等各个指标的目的，从而使区域规划更加合理，更符合可持续发展目标。

1.6.2 主要研究内容

基于上述分析，本文采取自下而上方法，采用调研和模拟相结合的手段进行模拟，并加入情景分析。文献可从同济大学图书馆查阅获得，上海地区小区数据从调研获得。

本文主要从两方面来研究上海地区住宅小区形态与能耗的关系。

一是研究上海地区现有典型住宅小区形态以及能耗，调研上海地区现有住宅小区并按照小区不同的类型归纳整理，建立7类住宅小区典型模型，分析这几种住宅小区形态与能耗的关系和这几种形态下的被动措施对能耗的影响（自然光获取、自然通风等）；

二是研究同一容积率下小区的类型和形态因素（建筑高度、密度、朝向）对能耗的影响。分为两块内容研究：**a.**在相同尺度相同容积率下选择点式、行列式和围合式住宅小区作为研究对象，每种小区按照体形系数由高到低建立三种模型，共九类模型进行研究。研究相同容积率下不同类型住宅小区对能耗的影响以及同类住宅小区下体形系数对能耗的影响。**b.**提取相关形态指标参数（建筑高度，建筑密度，建筑朝向），通过变化指标参数对比同一住宅小区的能耗，判断形态因素对能耗的影响。

1.6.3 研究路线

根据上述研究内容和研究目的，确定本文的研究路线，如图 1.8 所示：

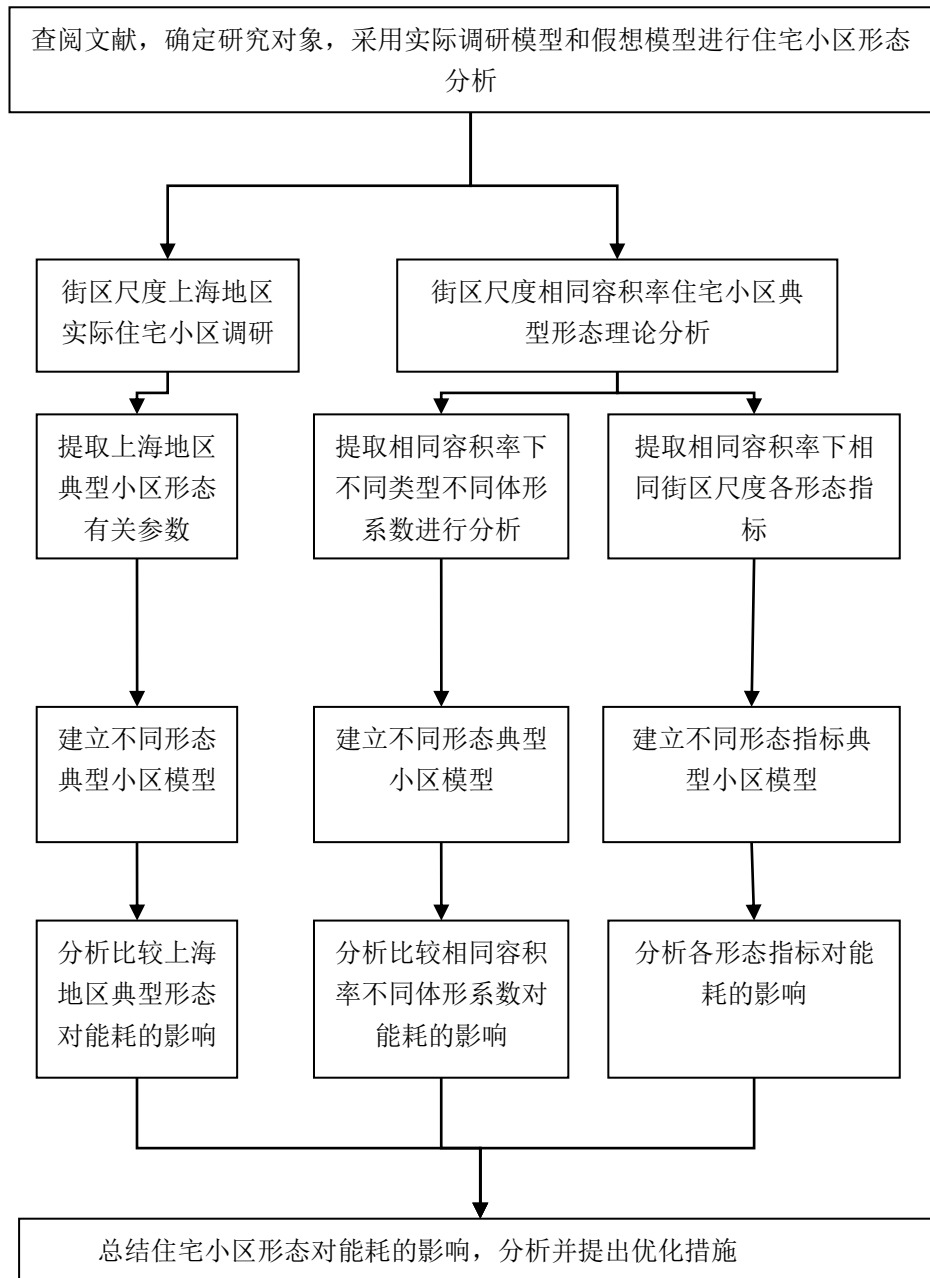


图 1.8 技术路线

第 2 章 基于能耗模拟的住宅小区形态优化研究方法及参数选择

本章主要阐述了本文研究的有关参数以及方法。首先，针对研究现状以及存在的问题提出了本文的研究方法。其次，说明本文的研究尺度和形态特征参数等研究参数的选择。最后，结合图示给出本文的输入输出有关参数。

2.1 研究现状及问题

正如之前所述，我国国内目前常用区域建筑负荷预测的方法有面积指标法和软件模拟法，存在一定的局限性，比如使用面积指标法时估算偏大，使用软件模拟法时对区域单体建筑进行模拟工作量很大等。而规划初期区域内的单体建筑的具体方案通常没有形成，建筑的具体设计、使用情况、内扰变化规律等许多方面因素都是不确定的，往往缺乏详细的数据资料。对于此，本文采用了自下而上方法结合情景分析法对区域建筑中不同的参数进行情景设定，同时引用了同时使用系数。这样既避免了使用面积指标法时的数据偏大情况，又能在规划初期较为简便的计算出该区域形态下的能耗情况。

目前针对于街区尺度的研究还是比较少的并且不全面。Cobalt 的研究没有包括建筑遮阳和自然光的获取，仅仅考虑到了单体建筑的影响^[42]。Baker 等考虑到了单体建筑对区域形态的影响，但是没有考虑到邻近建筑的相互影响^[1]（如图 2.1）。Ratti 和 Cheng 等考虑了建筑间的相互影响，但是对于建筑形态的研究并不深入^[43]。本文针对街区尺度的不同形态类型进行研究，包括了建筑遮阳和自然采光、自然通风等节能措施，考虑了建筑之间的相互遮挡（如图 2.2）。由于每栋建筑的人员使用时间的不同可能导致建筑总能耗比实际直接叠加的能耗要小，因此本论文还考虑了建筑之间的同时使用系数的问题（见下几节的具体阐述）。

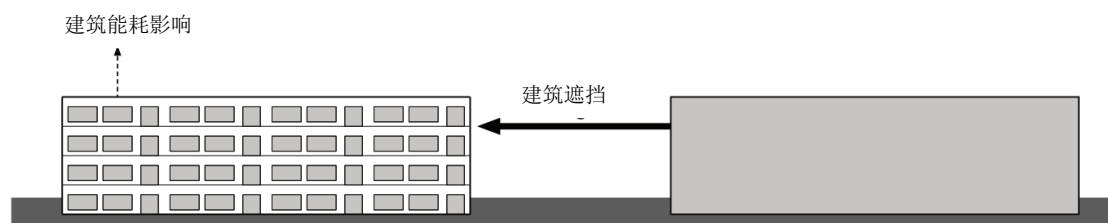


图 2.1 单向影响

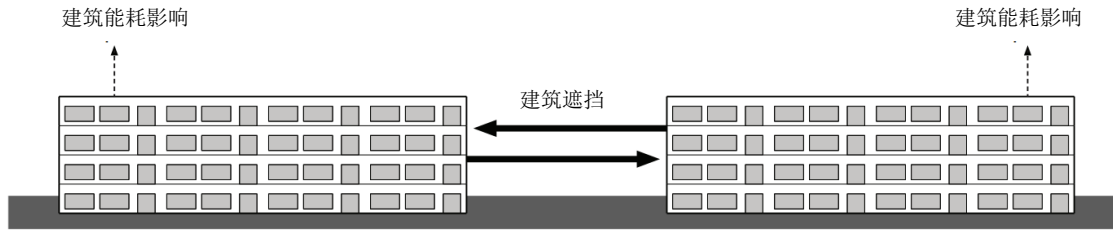


图 2.2 相互影响

2.2 能耗与区域形态分析方法

本论文采用自下而上法结合情景分析法来研究能耗与区域形态的关系。

本文在研究区域形态对能耗影响的同时也考虑了自然通风和自然采光对其的影响。由于不同建筑的人员行为时刻表不同，所以实际区域能耗值比理想区域能耗值（所有建筑人员行为时刻表都相同）小，在本论文中对于同时使用系数进行了特别的考虑。

2.2.1 自下而上法与情景分析法

当区域建筑在进行区域负荷和能源模拟时缺乏建筑细节和资料等使得很多参数不确定或者未知时需要进行定性分析，设定可能发生的几种情景，可以应用情景分析（scenario analysis）方法。

1) 自下而上方法

自下而上方法考虑了温湿度、建筑性能、末端设备和运行特点等细节，以具有代表性的典型建筑能耗为基础预测和模拟区域、地区乃至国家尺度的建筑能源需求。自下而上方法可分为三种：物理模型、统计模型和混合模型。

物理模型是指搭建各类建筑（办公、商场、宾馆、住宅等）的典型建筑模型（prototype model），模拟得到各类建筑的能耗强度（EUI），再根据每类建筑面积，估算得到区域总建筑能耗。典型模型是非常有用的工具，可分析各种节能技术的效果，为决策者制定能源政策与技术应用提供支持。典型模型的建立需要建筑几何外形和布局、围护结构热工参数、内部负荷、新风、室内设定参数、室外气象参数等，还需结合调研数据，进行假设或情景分析，如运行时间表的设定等。一般采用详细的建筑逐时能耗模拟软件（如 DOE-2, eQUEST、ESP-r 或 EnergyPlus 等）建立典型模型计算逐时耗电量及其他终端能耗，从而分析计算能源费用和碳排放量。统计模型是基于回归分析的模型方法，由单体建筑能耗推算区域建筑能耗和碳排放。这种方法的技术细节和灵活性较差，因此对节能措施效果的估计能力有限。混合模型则是将物理模型与统计模型结合的方法。表 2.1 为自下而上方法的统计模型和物理模型的局限性。

表 2.1 自下而上模型的优势与局限^[11]

特征	自下而上统计模型	自下而上物理模型
优点	<ul style="list-style-type: none"> -考虑宏观经济和社会经济的影响 -可确定典型的终端能耗 -易于开发和使用的 -不需要详细数据（只需能耗账单数据和简单的调查信息） 	<ul style="list-style-type: none"> -详细描述现今和未来的技术 -采用可物理测量的数据 -能使政策制定更有效的对准能耗 -评估和量化在能源供给和消耗中的不同技术组合的影响 -估计给定需求下的成本最低的技术措施组合
局限	<ul style="list-style-type: none"> -不能提供很多的数据和灵活性 -分析节能措施效果的能力有限 -依赖于历史能耗数据 -需要大样本 -多重共线性 	<ul style="list-style-type: none"> -缺乏对市场活动的描述 -忽略能源消耗与宏观经济活动之间的关系 -需要大量的技术数据 -不能在模型内定义人们的行为模式，但可以通过外部假设定义

混合模型在更为基本的层次将建筑物理与统计方法相结合。如基于 17000 个家庭的能耗记录建立的加拿大混合住宅终端能耗和碳排放模型（CHREM）即为典型的混合模型^[44]。CHREM 由物理模型和神经网络模型组成，其中神经网络模型用于估算家用电器和照明的全年耗电量和生活热水量，供热和供冷负荷的估算则由 ESP-r 软件搭建的详细能耗模型来完成。

图 2.3 所示为自下而上物理模型的具体步骤。

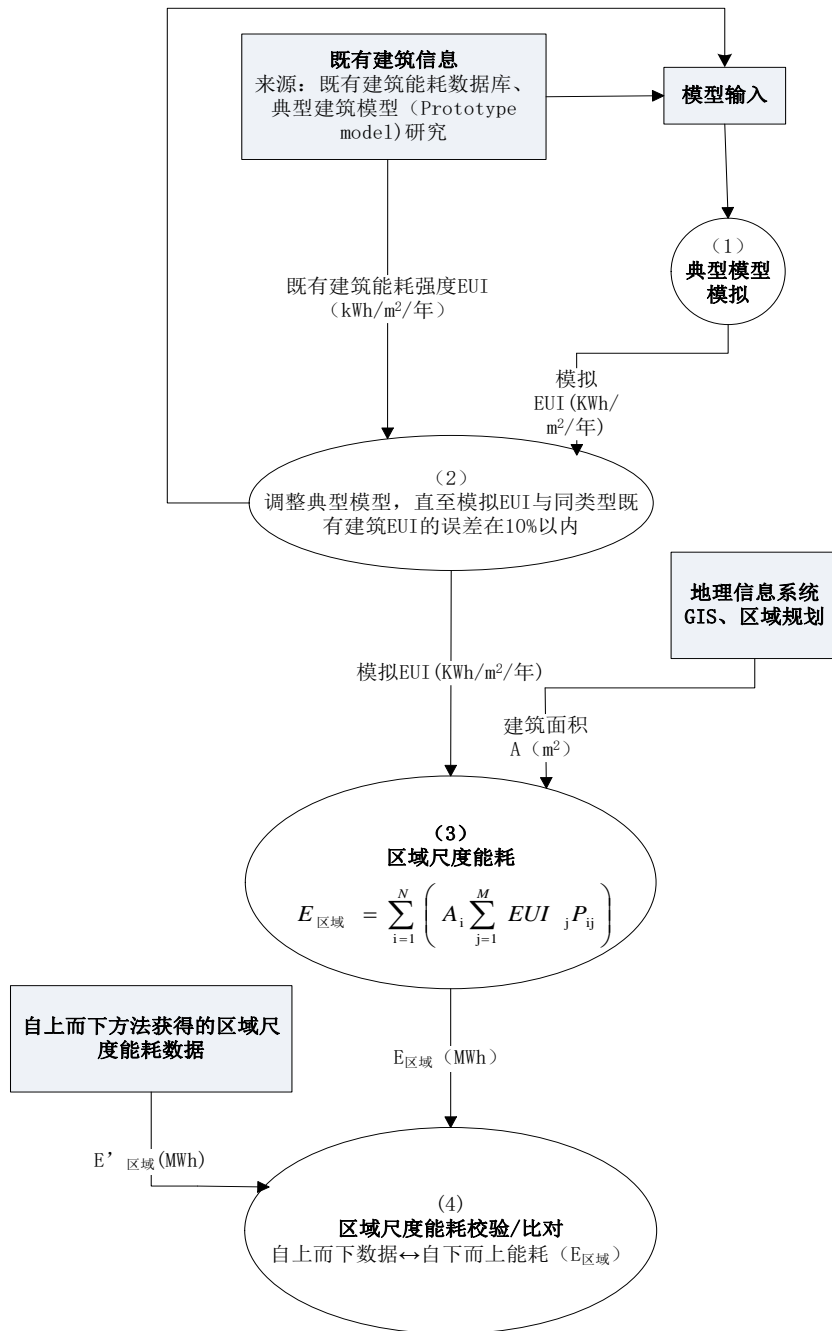


图 2.3 自下而上物理模型方法的计算与校验流程

自上而下方法是先估算总体建筑能耗，再进行时间和空间的降尺度。

2) 区域负荷与能耗预测中的情景分析

在进行区域负荷与能耗模拟时，常常无法对区域内的每一幢建筑进行详细的建模。由于缺乏详细参数，很多参数不确定或者未知，需要进行定性分析，设定可能发生的几种情景，即应用情景分析 (scenario analysis) 方法。“情景”是指对未来情形以及能使事态由初始状态向未来状态发展的一系列事实的描述。“情景分析法”是在对经济、产业或技术的重大演变提出各种关键假设的基础上，通

通过对未来详细、严密的推理和描述来构想未来各种可能的方案。图 6 所示为区域建筑负荷与能耗预测的情景分析法。

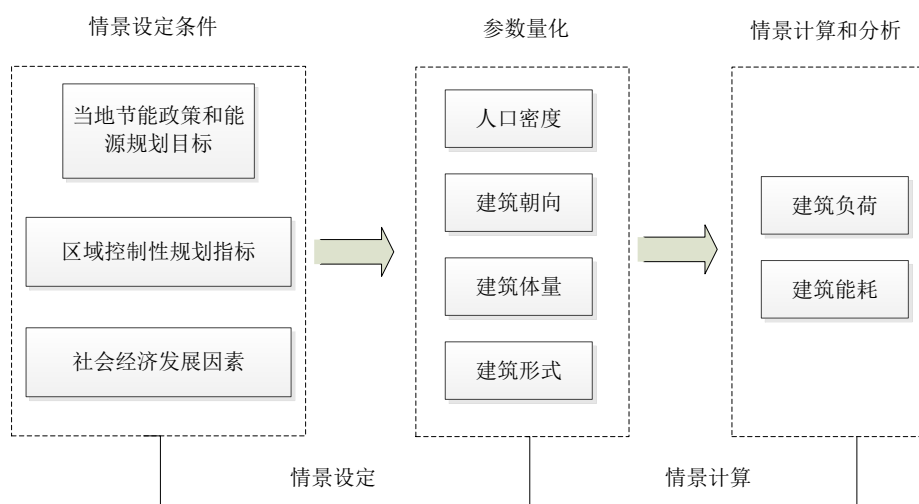


图 2.3 区域建筑负荷与能耗预测的情景分析法^[45]

情景分析需要首先明确情景具备的特点，并对这些特点进行完整的定性描述，包括：社会经济发展状况、人文发展状况、当地的节能政策、区域控制性规划指标、获得能源和资源的途径和限制条件等。然后根据定性描述构筑的框架对一些关键因素设定量化指标。对于区域建筑负荷与能耗预测来说，需要设定的参数包括：区域内的人口密度、区域建筑的朝向、区域建筑的体型系数、区域建筑的占地面积和体量等。根据这些参数的量化数值，分析计算不同情景下的建筑冷热负荷和建筑能耗。

例如根据住房与城乡建设部提出的居民住房标准和上海市现有人均住房面积分析，可以设定低线、中线和高线三种情景，见表 2.2。

表 2.2 住宅建筑面积增长率情景设计

情景	情景设置
情景 A	2005 年至 2020 年人均住宅建筑面积增长率为 1.2%，2020 年人均住宅建筑面积 30.8m ²
情景 B	2005 年至 2020 年人均住宅建筑面积增长率为 2.2%，2020 年人均住宅建筑面积 35.7m ²
情景 C	2005 年至 2020 年人均住宅建筑面积增长率为 3%，2020 年人均住宅建筑面积 40.4m ²

对于住宅建筑通常需要设定几种人口密度分布情景，如图 2.4 所示（纵坐标单位为 h）。

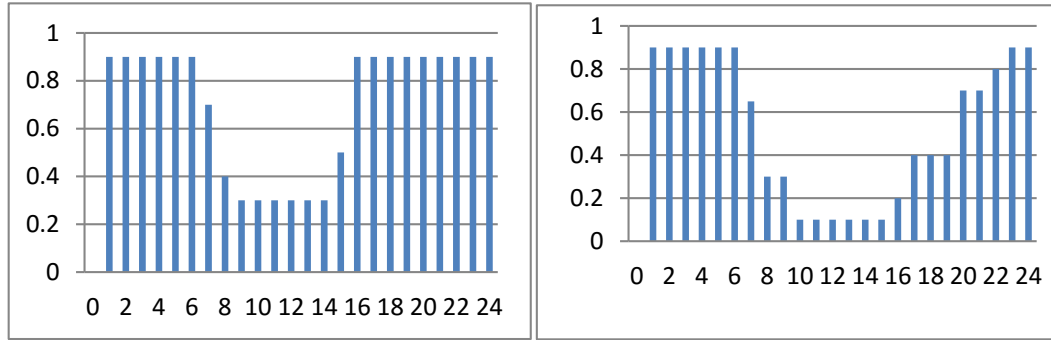


图 2.4.2 种常见的住宅人口密度分布情景

其他类型的建筑（如办公、宾馆、商场等）也需根据情况设定不同的人员密度分布情景。

建筑现状多种多样，有矩形、L 型、H 型、T 型、弧形、梯形、不规则形状等。根据相关调研，矩形建筑占绝大多数，因此典型建筑模型通常设为矩形。矩形建筑的体型系数：

$$T = \frac{1}{h} + \frac{2}{a} + \frac{2}{b} \quad (2-1)$$

- 式中： T——建筑体型系数
 a——建筑长度
 b——建筑宽度
 h——建筑高度

建筑体型系数可以首先按照《公共建筑节能设计标准》、《夏热冬冷地区居住建筑设计标准》或《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》中的标准设定范围，然后在设定的范围内选取几种可能的情景进行模拟计算。

住宅建筑的朝向与地区有关，如北京最佳朝向为南偏东 30°以内和南偏西 30°以内，适宜的朝向为南偏东 45°以内和南偏西 45°以内，不宜朝向为北向和西北向。上海最佳朝向则为南至南偏东 15°，适宜的朝向为南偏东 30°和南偏西 15°，不宜朝向为北向和西北向。例如某居住小区的建筑朝向可以设置以下三种情景：

表 2.3 区域建筑朝向情景设定

情景	情景设定
A	基准朝向(当地推荐朝向为最佳朝向)
B	正南朝向
C	与小区道路一致的朝向

预测和模拟区域建筑能耗可能还需对区域能源供给方式进行情景设定，例如某综合性住宅小区的能源供给方式可能有三种情景：(a) 分散式空调系统：分体式热泵机组 (b) 集中系统：区域供冷及供热 (c) 复合系统：集中区域供冷供热系统+分散式空调系统。通过情景设定，可以模拟分析不同能源供给情景下的区

域建筑能耗。

2.2.2 同时使用系数的考虑

在区域建筑能耗模拟中，由于每栋楼的每户居民的使用时间不一样，致使整个区域建筑群之间的能耗有“错峰填谷”的效果。也就是说，每栋楼的平均的居民使用时间的不同导致了总能耗比简单的叠加要少。因此，同时使用系数也是计算区域建筑能耗时需要考虑的因素。

如何将同时使用系数用简便的方法计算出来，本文采用不同的时间表来分析计算同时使用系数。建筑时间表的设定反映了建筑使用过程中的负荷特性和系统运行特征，需根据不同功能的实际建筑使用情况进行设定。建立符合实际情况的时间表是合理分析建筑能源需求的重要基础。对于住宅建筑，由于居住人群的生活习惯各异，同时普遍采用的分散式空调系统具有灵活的调节特性，使得住宅建筑室内负荷和用能系统运行时间表较难统一。为了使建筑能耗模拟结果更接近实际运行情况，需设定合适的使用情景，才能使模型更为合理。

由于考虑到区域建筑中不同建筑之间的人员比例的差异，即使用时间的差异，本文使用四种情景方案，设定了不同情景下室内负荷（包括人员、照明、非厨房设备）和空调系统使用时间表；并考虑各类人群所占比例设定不同使用情景在一栋住宅建筑中的分布比例。详见表 2.4。这 4 种住宅使用情景仅针对住宅建筑中各户型的功能房间，其中的设备负荷是指除厨房设备以外的家用电气设备。

表 2.4 住宅使用情景假设

编号	用户使用情况
情景 1	工作日晚上使用，周末在家
情景 2	工作日和周末都在家
情景 3	工作日中午在家，周末不在家
情景 4	工作日不在家，周末在家

随后本文设定两种方案作为每栋建筑的平均时刻表输入参数。每种方案每个情景的所占比例不同，对应着每栋楼里每户居民的作息时间。如表 2.5。

表 2.5 住宅方案对比

方案一	编号	所占比例	方案二	编号	所占比例
	情景 1	0.4		情景 1	0.2
	情景 2	0.2	情景 2	0.4	
	情景 3	0.15	情景 3	0.15	
	情景 4	0.25	情景 4	0.25	

将这两种方案应用于同一个住宅小区的不同住宅楼中，通过调整这两种方案

所占楼数的比例，算得不同方案下的能耗，得出同时使用系数。具体应用见第三章。

2.2.3 自然通风

根据规范，确定上海地区的 1 月 1 日至 2 月 28 日，6 月 15 日至 8 月 31 日为空调期。其余时间为过渡季，采取自然通风。

空调期内依据文献可设定开窗通风用以减小能耗。

课题组前期对上海地区某大厦的开窗进行了可行性评估。该评估主要从两个方面进行定量分析，一为开窗后流过窗户的气流定量分析，二为开窗后房间气流温度、湿度及速度变化定量分析。经 CFD 模拟后分析得出，室外温度不高于 30℃（当室外温度等于 30℃时，室外风速要求不高于 3m/s），可考虑开窗。此时室内可保证维持在上限为 28℃的热舒适性范围内，而最不利楼层 AHU 或盘管及风机均满负荷运行^[46]。

因此，在本论文中为了体现不同建筑的能耗区别，假定空调期内（冬季按照上海通常习惯不开窗，选取夏季空调期（6 月 15 日至 8 月 31 日）为对象）若满足室外温度小于 28℃，风速小于等于 3m/s 则设定为开窗通风，能耗为零。全年室外温度与风速取自典型气象年的逐时 TMY 数据。

2.2.4 自然采光

自然光的照度受到很多因素的影响：天气条件、太阳高度、计算点、位置、尺度以及窗户的玻璃投射、窗户的遮阳和内表面的影响。本论文考虑采用自然采光照度感应器，照度临界值为 300lux。当感应器探测到照度高于 300lux 时，照明关闭，当低于 300lux 时，照明打开。

2.3 研究尺度

通过文献回顾可知，针对能耗与建筑形态的街区尺度的研究是比较少的。对于形态参数和由邻接建筑或同类建筑构成的城市结构而言，街区尺度有着特别重要的意义。街区尺度对于研究形态（被动空间、朝向、紧凑度等）对于能耗的影响相比于城市尺度更简便，更直观。因此本文中的研究尺度为街区尺度（200m × 150m），重点在于研究能耗与形态指标间的关系。

2.4 气象条件

以上海地区的典型气象年的气象参数作为本次研究的气象条件。典型气象年 (TMY) Typical Meteorological Year 是以近 10 年的月平均值为依据,从近 10 年的资

料中选取一年各月接近 10 年的平均值作为典型气象年。

上海典型气象年数据是 ASHRAE（美国采暖、制冷与空调工程师协会）和 NCDC（美国国家气候数据中心）利用 DATSAV3 数据库生成的 IWEC 格式文件，下载自美国能源部 Energy Efficiency and Renewable Energy 网站。表 2.6 给出了冬季与夏季设计日的气象参数。

表 2.6 设计日气象参数

	最大干球温度 (°C)	日较差 (°C)	湿球温度 (°C)	风 速 (m/s)
夏季设计日	34.40	5.20	27.30	3.6
冬季设计日	-1.70	0.00	-1.70	3.1

2.5 区域形态特征的选择

2.5.1 区域形态——建筑单体影响

本文主要讨论四个建筑形态特征，分别是建筑紧凑度、建筑朝向、建筑间距、建筑高度。

1) 建筑紧凑度

用体形系数来表述。建筑物体形系数(shape coefficient of building)的定义为建筑物与室外大气接触的外表面积与其所包围的体积的比值。对比相同容积率下不同类型建筑在不同体形系数下的能耗情况。

2) 建筑朝向

建筑物的能耗与太阳辐射和本地区的主导风向密切相关，太阳辐射热对居住建筑夏季空调能耗影响巨大；冬季时的阳光能使室内温度升高，降低采暖用能。通风有利于降低夏季能耗。本文基准建筑为正南向。使基准建筑围绕北轴旋转 α 角度（图），每 15 度模拟一次能耗。

3) 建筑间距

建筑间距是指两栋建筑物外墙之间的水平距离。建筑间距对于日照、通风、采光、建筑布局形式等都有影响，因此需综合考虑。本文选取典型小区作为模型，研究建筑间距对能耗的影响。

4) 建筑高度

住宅小区内相同容积率下不同的建筑高度会影响通风以及自然采光等。本文选取典型小区为模型，在相同容积率下使高度从相同高度、前低后高和前高后低、这几种方式综合考虑建筑高度对能耗的影响。

2.5.2 区域形态——街区空间结构

本文主要讨论的街区空间结构参数有容积率和建筑类型。

1) 容积率

容积率 (Plot Ratio/Floor Area Ratio/Volume Fraction) 又称建筑面积毛密度, 是指一个小区的地上总建筑面积与用地面积的比率。容积率直接反映建筑密度, 进而对绿地、景观空间及每一栋房子的进深、采光产生影响, 最终会影响能耗。

2) 建筑类型

不同的建筑类型对能耗也会产生不同的影响。如独栋洋房与里弄的通风效果、自然采光效果就有明显的区别进而影响能耗。并且不同的建筑类型对于空调系统的选择上也有一定的区别, 比如独栋洋房可能是 VRV 系统而高层公寓为普通的分体式空调。

2.6 建筑恒量的确定

《上海市住宅设计标准》中住宅建筑围护结构的传热系数应满足下表:

表 2.7 围护结构传热系数 (K) 限值 (W/(m²·K))

部位	传热系数 (K)
外墙	≤2.0
屋面	≤1.5

本次模型的围护结构传热系数均在限值范围内。

根据《上海市工程建设规范-居住建筑节能设计标准》DGJ08-205-2011 规定冬季采暖室内热环境计算取 18℃, 夏季取 26℃。换气次数均为 1.0 次/h。

居住建筑包括公共区域的照明设计应满足《建筑照明设计标准》(GB50034) 对照度标准、照明均匀度、统一眩光值、照明功率密度值 (LPD) 等指标要求。镇流器选择应符合《建筑照明设计标准》(GB50034) 要求, 照明功率密度值 (LPD) 应符合下表要求:

表 2.8 照明功率密度值[47]

房间或场所	照明功率密度值 (W/m ²)	对应照度值 (lx)
起居室	7	100
卧室		75
餐厅		150
厨房		100
卫生间		100

具体设置如 2.9:

所有小区围护结构均采用相同墙体及窗户。

表 2.9 围护结构信息

窗墙比	朝向	外墙传热系数 W/ (m ² ·K)	屋顶传热系数 W/ (m ² ·K)	窗户传热系数 W/ (m ² ·K)	太阳得热 系数	可见光 透射率
0.2	南	0.928	0.8	5.778	0.7	0.781

2.7 区域形态建模软件与能耗模拟软件

本论文的研究对象为区域建筑群，主要为定量考虑建筑形态与能耗之间的相互关系。建筑形态指标可以在三维建模构建时反映在建筑中，能耗计算可以由能耗模拟软件实现。由于能耗模拟软件 EnergyPlus 中有有关模块可以模拟建筑间的遮挡以及自然光利用和自然通风利用等，因此本论文使用 EnergyPlus 来计算区域建筑群能耗。

本论文采用 Sketchup 作为三维建模软件。Sketchup 是一套直接面向设计方案创作过程的设计工具。它可以快速建模，并且可以通过插件直接将模型导入能耗模拟软件 EnergyPlus 中进行计算。一些形态参数都可以通过 Sketchup 建模来实现。

本论文采用 EnergyPlus 软件作为能耗模拟软件。一些标准的与建筑形态无关的建筑设置按照建筑节能标准来，比如围护结构性能等。EnergyPlus 是由美国能源部和劳伦斯伯克利国家实验室共同开发的一款建筑能耗分析软件。它吸收了 DOE-2 和 BLAST 两者的优点，是如今最常用的能耗模拟软件之一。

EnergyPlus 是一个建筑能耗逐时模拟引擎，采用集成同步的负荷系统设备的模拟方法。它在计算负荷时采用 CTF 来计算墙体传热，利用热平衡法计算负荷。CTF 实质上还是一种反应系数法，但它的计算更为精确，因为它是基于墙体的内表面温度，而不同于一般的基于室内空气温度的反应系数法热平衡法是室内空气围护结构内外表面之间的热平衡方程组的精确求解方法，它突破了传递函数法的种种局限，如表面传热系数和太阳辐射得热可以随时间变化等，同时，改变了以往 DOE-2 在进行日照计算时只计算 20 个不同太阳高度的采光系数，逐时计算太阳位置和采光系数，并引入各向异性的天空模型使得在计算日光照明时更加准确可靠。

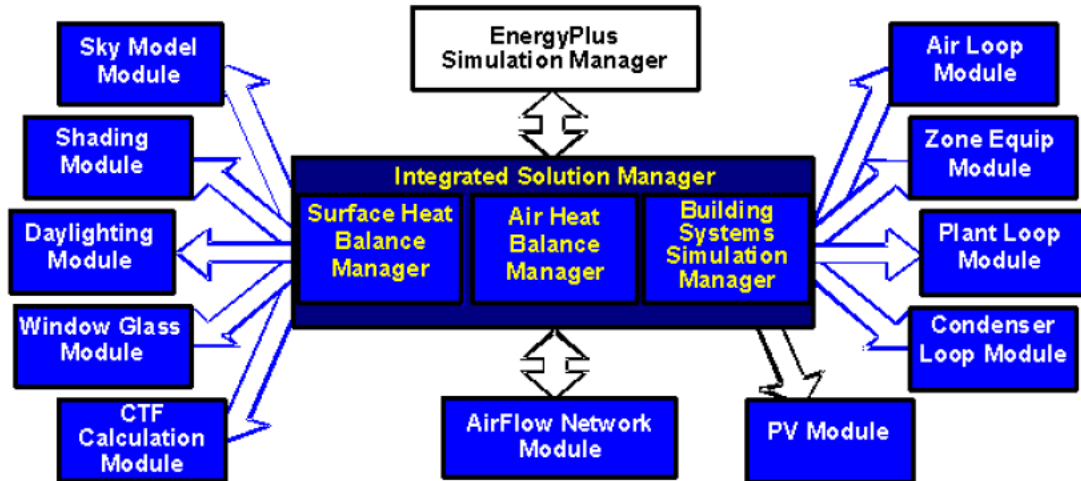


图 2.5 EnergyPlus 集成模拟结构

2.8 研究的输入输出参数

要研究区域形态与能耗的关系，必须考虑如何准确的描述和分类各种不同的区域形态，考虑如何准确的描述和测量建筑能耗，以及如何将两者很好的结合在一起。本文的研究思路分为三个步骤：

- 1) 分析现有街区尺度的形态特征，提取相关特征指标后用 3D 建模软件建模。提供定量的空间结构形态模型。
- 2) 为了评价区域建筑能耗对于形态的影响，将三维区域模型导入能耗模拟软件中进行模拟。得出能耗数据。
- 3) 分析空间形态数据与能耗数据之间的关系，得出结论以及优化措施。

其中需要输入的形态特征以及输出的结果如图 2.6。具体研究路线如图 2.7。



图 2.6 研究参数

2.9 小结

本章主要阐述了本论文的研究方法以及需研究的形态等研究参数。首先，针对研究现状以及存在的问题提出了本文的研究方法—自下而上法结合情景分析法。其次，说明本文的研究尺度和形态特征参数等研究参数的选择。最后，结合图示给出本论文的输出输出有关参数。

第 3 章 上海典型住宅小区形态与能耗研究

本章分析上海地区住宅小区的几种常见形态,并根据这些形态结合建筑节能标准进行建模,分析其综合能耗以及自然采光和自然通风的利用情况。

3.1 上海住宅小区研究概况

3.1.1 研究对象

住宅小区由于很少涉及其他类型公建,基本不存在混合度的问题;我国又普遍存在住宅小区层数过高,不宜居的情况;因此本文针对住宅小区进行研究,研究其建筑形态对于建筑能耗的影响。

2003年海市房屋土地资源管理局为了配合实施上海市人大常委会2002年10月31日颁布的《上海市房地产登记条例》,规范房地产登记行为,进一步适应上海市房地产市场发展的需要,颁发了沪房地资市(2003)141号文《关于调整上海市房屋建筑类型分类的通知》,分为花园住宅、联列住宅、公寓、新式里弄、旧式里弄(1)(2)、农村住宅(1)(2)六类^[48]。

根据《关于调整本市房屋建筑类型的通知》(沪房地资市[2003]141号文件)，“联列住宅”指“多单元(三个或三个以上)联列的,具有分单元住宅形态,各有门牌号及专门出入,成单元独用的连接式低层住宅”。

表 3.1 取自上海市 2013 年统计年鉴,为上海市主要年份各类居住房屋构成情况。

表 3.1 主要年份各类居住房屋构成情况

单位:万平方米

类别	2000	2010	2011	2012
居住房屋总面积	20 865	52 639	55 077	56 263
花园住宅	250	2 064	2 215	1 708
公寓	206	492	50 261	51 975
职工住宅	17 939	47 951		
联列住宅			496	1 052
新式里弄	428	527	525	311
旧式里弄	1 896	1 237	1 222	1 206
简屋	84	29	29	11
其他	62	339	329	

① 本表数据按建筑面积计算

② 根据市住房保障和房屋管理局提供居住房屋分类的调整,2011年起公寓数据包含职工住宅数据,2012年起取消其他分类。

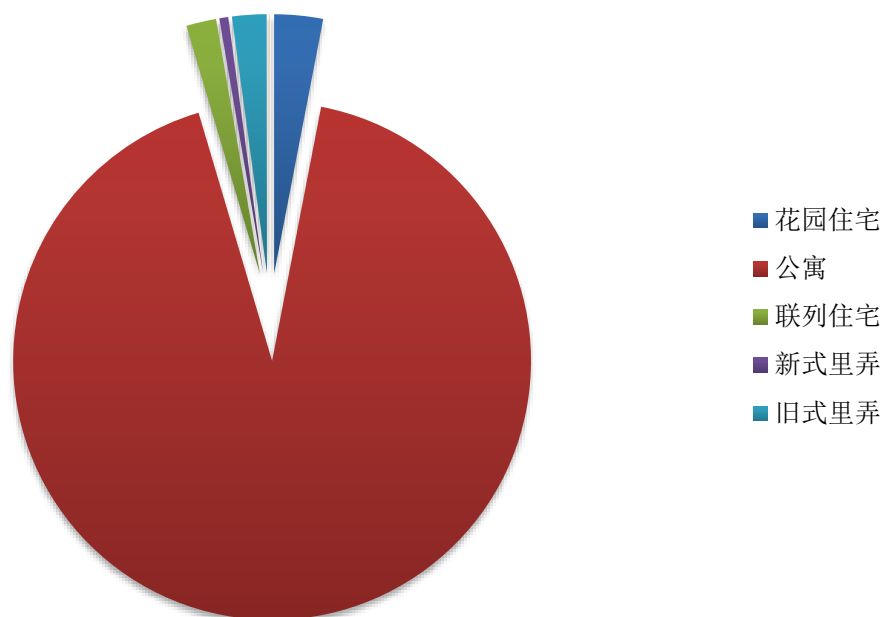


图 3.2 2012 年各小区类型分类

由表可知，公寓所占比例最大，其次是花园住宅，然后是旧式里弄和联列住宅。而住宅公寓里，又通常有 6 层公寓、14 层公寓以及 28 层公寓三种情形。因此，选取 6 层公寓、14 层公寓、28 层公寓、花园洋房、里弄和混合住宅作为本次研究对象。

3.1.2 研究步骤

主要研究步骤为调研上海地区各住宅小区的形态，结合实际调研成果，在 $200\text{m} \times 150\text{m}$ 的尺度范围内建立若干种典型小区模型。而后研究比较这几种形态以及形态下的指标对于能耗的影响。

3.2 居住建筑形态与能耗模型

3.2.1 各小区选址

本论文基于上海地区具有代表性的实际小区形态建立各个小区样式典型模型。



图 3.3 各小区选址示意图

图 3.3 为上海地区的示意图，其中标有数字的即为各个小区的选址。共选取 8 个 200m×150m 的不同形态小区。每个编号代表的类型和名称如表。

表 3.2 小区信息表

小区编号	小区名称	建筑物类型
1	浦东新区 A 小区	6 层公寓
2	闵行区 B 公寓	14 层公寓
3	长宁区 C 花园	28 层公寓
4	静安区 D 住宅	花园洋房
5	金山区 E 新村	里弄
6	浦东新区 F 花园	板楼、高层住宅混合
7	复兴中路 G 苑	高层、超高层混合
8	黄浦区 H 小区	超高层围合式

3.2.2 几何模型

上海地区典型住宅小区的建筑间距、建筑容积率和朝向必须遵循相关规定。具体如下：

建筑间距：《上海市住宅设计标准》中规定，多层住宅间距在中心城浦西地区不得小于南侧建筑高度的 1.0 倍，在浦东新区、郊区、县城镇等地区不得小于 1.2 倍。取间距不小于 1.2 倍为准^[49]。因此 6 层公寓楼高 18m 时，间距不得小于 21.6m。

建筑间距：由《上海城市规划管理技术规定》中可知，高层居住建筑与高层居住建筑平行布置时的间距为南北向的，不小于南侧高层建筑高度的0.5倍，且其最小值浦西内环线以内地区为24米，其他地区为30米^[35]。

建筑容积率

建筑容积率应满足表3.3（取自《上海城市规划管理技术规定》）。

表3.3 建筑密度和建筑容积率控制指标表

区位 建筑容量 类型		中心城（外环线以内地区）				中心城外（外环线以外地区）					
		内环线以内地区		内外环线之间地区		新城		中心镇		一般镇和其它地区	
		D	FAR	D	FAR	D	FAR	D	FAR	D	FAR
低层独立式住宅		20%	0.4	18%	0.35	18%	0.3	18%	0.3	18%	0.3
其他低层居住建筑		30%	0.9	27%	0.8	25%	0.7	25%	0.7	25%	0.7
居住建筑 (含酒店式公寓)	多层	33%	1.8	30%	1.6	30%	1.4	30%	1.0	30%	1.0
	高层	25%	2.5	25%	2.0	25%	1.8				
商业、办公建筑 (含旅馆建筑、公寓式办公建筑)	多层	50%	2.0	50%	1.8	50%	1.6	40%	1.2	40%	1.2
	高层	50%	4.0	45%	3.5	40%	2.5				
工业建筑 (一般通用厂房)	低层	60%	1.2	50%	1.0	40%	1.0	40%	1.0	40%	1.0
	多层	45%	2.0	40%	1.6	35%	1.2	35%	1.2	35%	1.2
仓储建筑		30%	3.0	30%	2.0	-	-	-	-	-	-
公共绿地		按照建设部《公园内部用地比例》的规定执行									

注：1、D——建筑密度，FAR——建筑容积率；

2、本表仅适用于未编制详细规划的、小于或等于3万平方米的单一基地；

3、本表规定的指标为上限。

朝向：建筑物的能耗与太阳辐射和本地区的主导风向密切相关，太阳辐射热对居住建筑夏季空调能耗影响巨大；冬季时的阳光能使室内温度升高，降低采暖用能。通风有利于降低夏季能耗。

上海地区的居住建筑，基本上都遵循南向或接近南向原则设计，由于太阳方位角变化，南朝向的建筑夏季可以减少太阳辐射得热，冬季可以增加得热，并且有利于通风，是最有利的朝向，因此本研究选择上海地区的常见朝南向。

几何模型

6层公寓

选取浦东新区的A小区作为6层公寓样式。如图3.3，然后再将该建筑群作简化处理（如图3.4）作为6层公寓的几何模型。



图 3.4 A 小区示意图

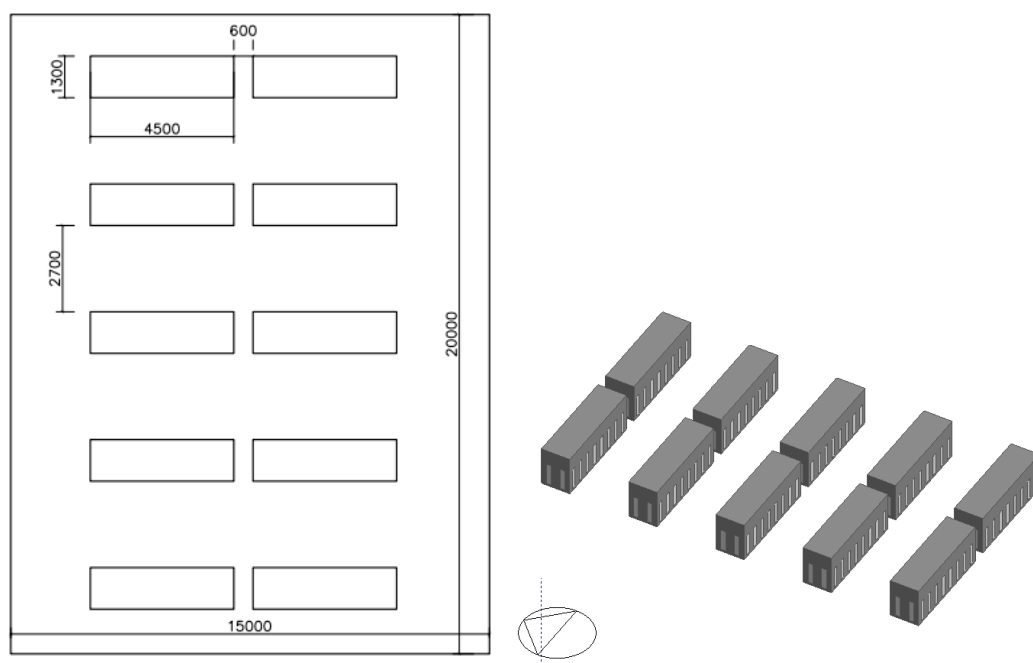


图 3.5 6 层公寓几何模型

14 层公寓

选取闵行区的 B 公寓作为 14 层公寓样式。如下图，然后再将该建筑群作简化处理（如图 3.7）作为 14 层公寓的几何模型。



图 3.6 B 公寓示意图

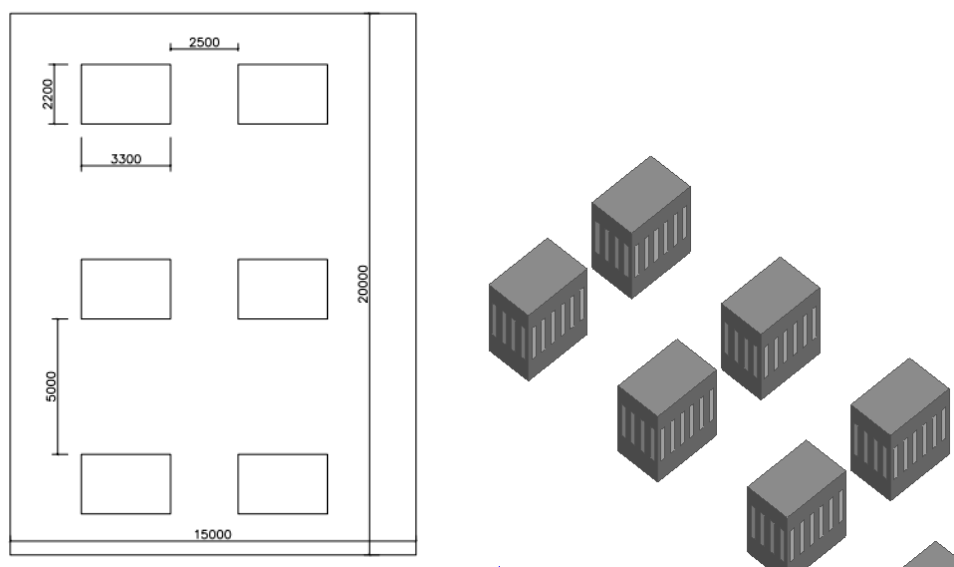


图 3.7 14 层公寓几何模型

28 层公寓

选取长宁区的 C 花园作为 28 层公寓样式。如图，然后再将该建筑群作简化处理（如图）作为 28 层公寓的几何模型。



图 3.8 C 花园示意图

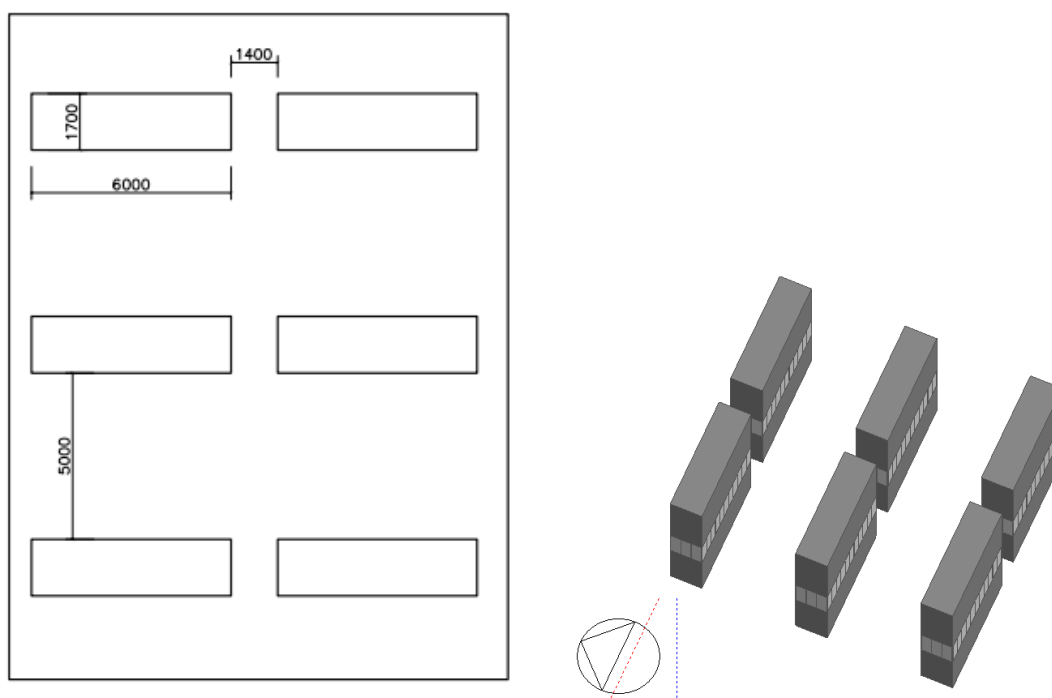


图 3.9 28 层公寓几何模型

花园洋房

选取上海知名的花园洋房，作为 D 花园洋房模板（如图 3.10）。

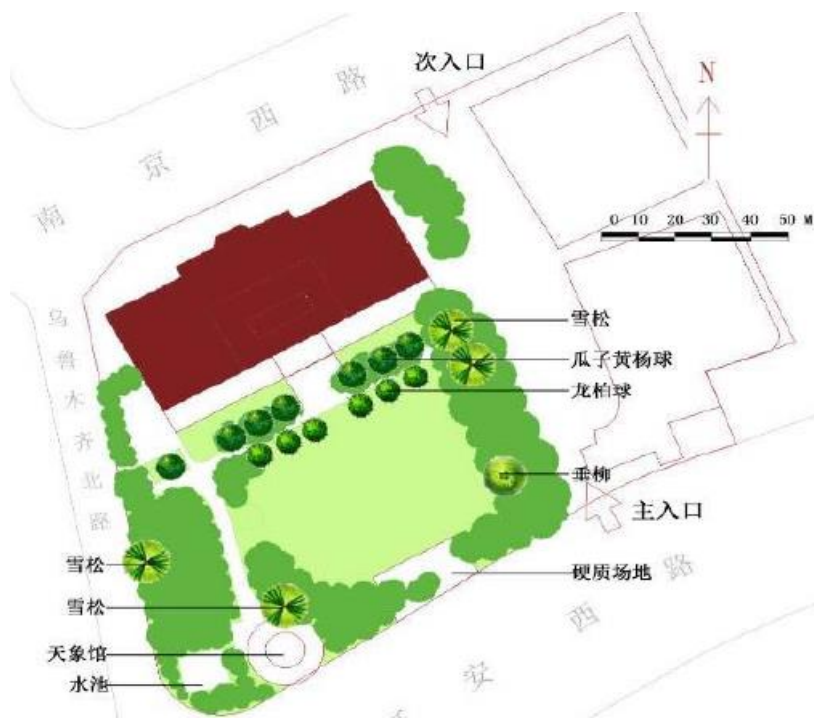


图 3.10 D 住宅示意图

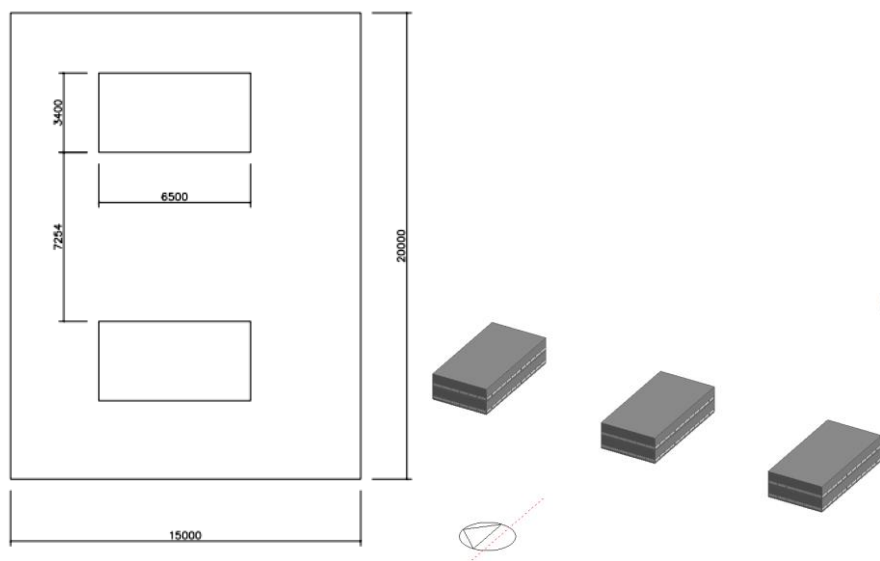


图 3.11 花园洋房几何模型

里弄

选取金山区 E 新村作为里弄模板进行建模。



图 3.12 E 新村示意图

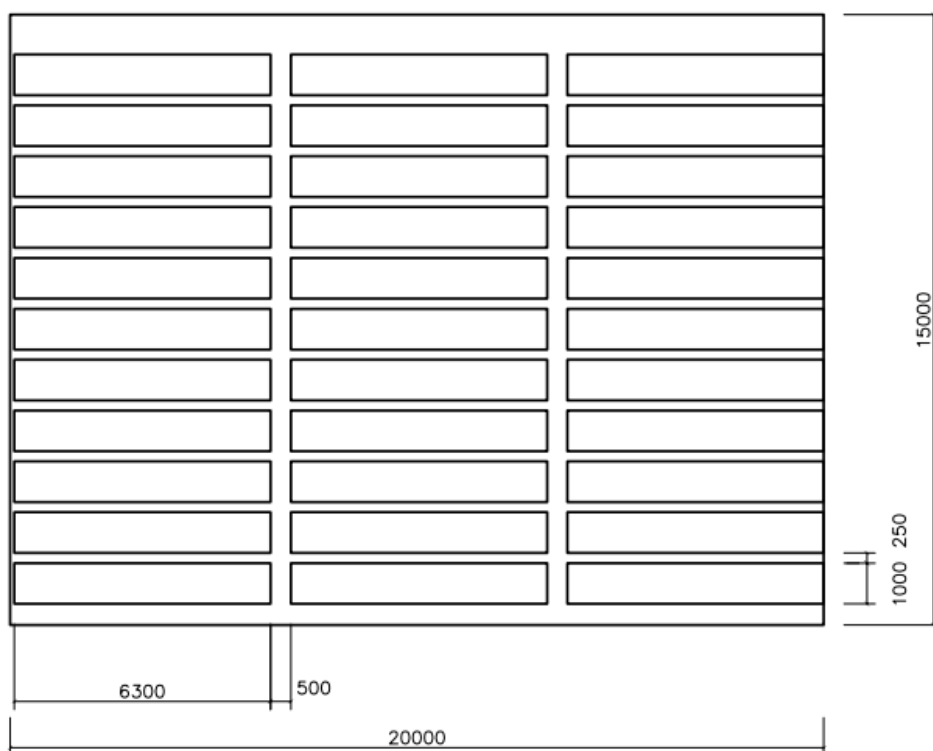


图 3.13 里弄几何模型

板楼高层住宅混合

选取浦东新区的 F 花园作为研究对象。如下图。

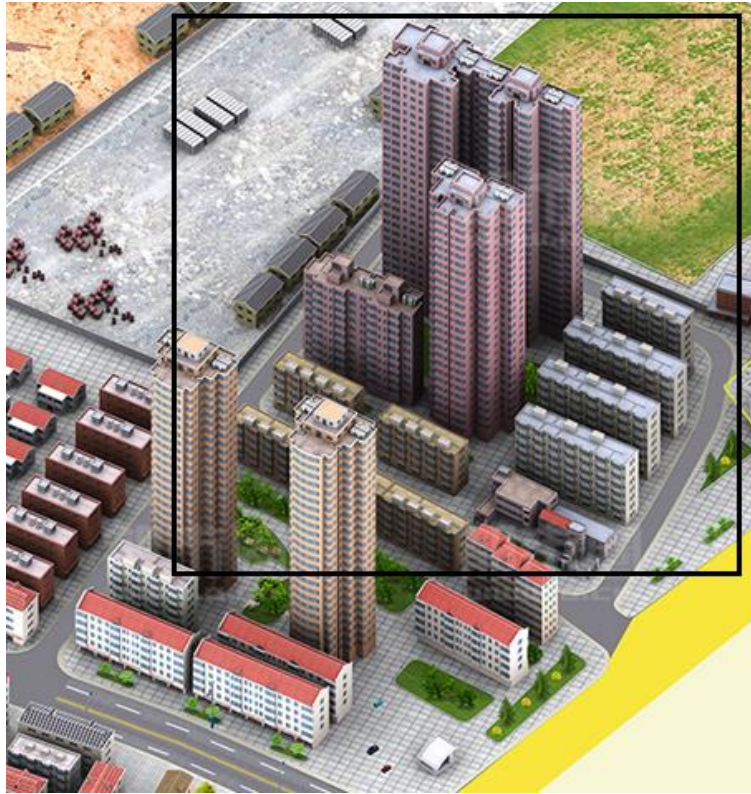


图 3.14 板楼高层住宅混合示意图

高层超高层混合

取复兴中路的 G 苑作为研究对象，如下图。



图 3.16 高层超高层混合示意图

建立模型：

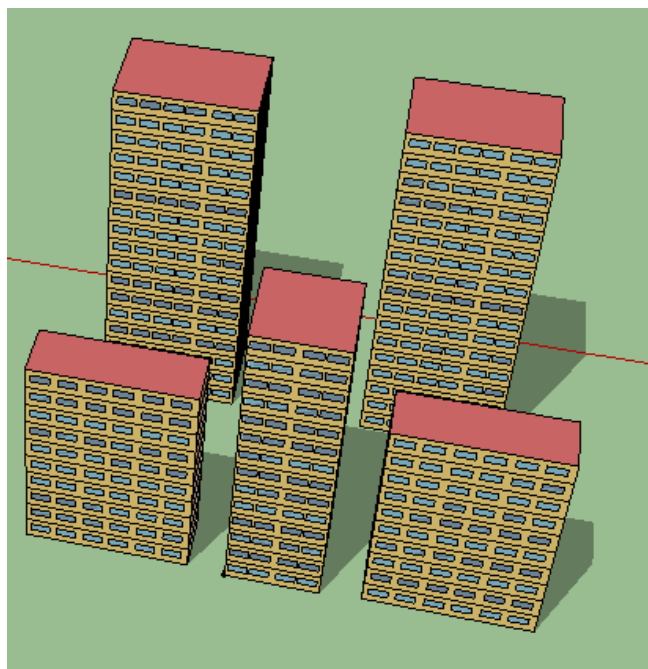


图 3.17 高层超高层混合几何模型

超高层围合式

取黄浦区的 H 小区作为研究对象，如下图。



图 3.18 超高层围合式示意图

建立模型:

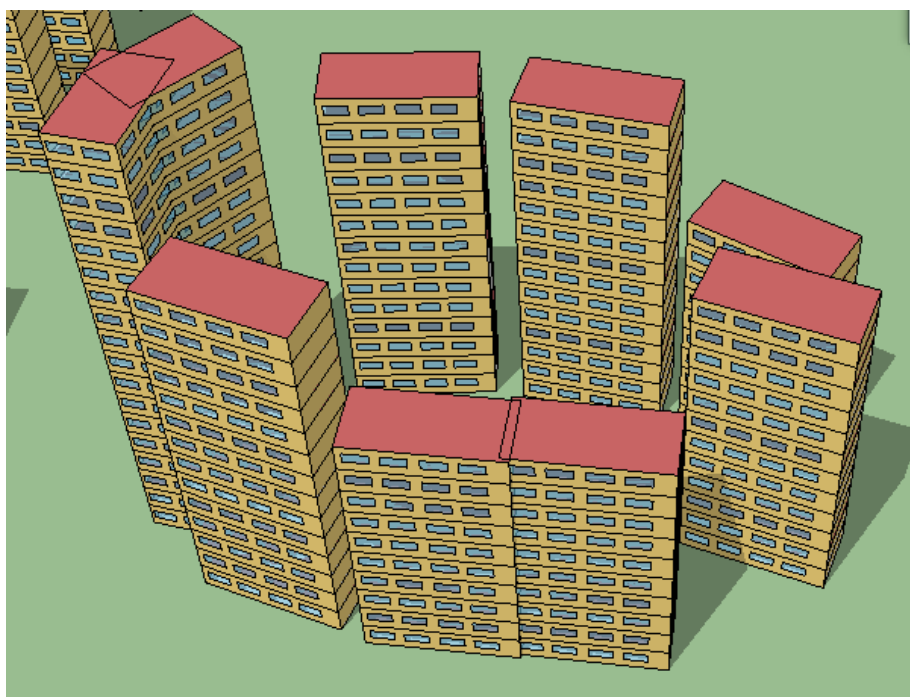


图 3.19 超高层围合式几何模型

3.2.3 建筑信息

建筑信息如下图：

表 3.7 各小区类型建筑信息

6层公寓						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
33078	1.1026	30000	5513	10	6	3
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

14层公寓						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
62832	2.0944	30000	4488	6	14	3
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

28层公寓						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
171360	5.712	30000	6120	6	28	3
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

花园洋房						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
13260	0.442	30000	2210	3	2	8
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
VRV	VRV	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

里弄						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
96948.3	3.23161	30000	19389.66	33	5	3
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

板楼高层混合						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
87520	2.9	30000	6695	9	2 栋 5 层、 4 栋 7 层、 1 栋 10 层、2 栋	5.5

					25层	
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

高层超高层混合						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
104720	3.49	30000	4910	5	2 栋 12 层、1 栋 26 层、2 栋 30 层	5.5
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

超高层围合式						
建筑总面积 m ²	容积率	规划面积 m ²	占地面积 m ²	楼数	层数	层高
202175	6.74	30000	7073	8	3 栋 24 层、4 栋 30 层、1 栋 38 层	5
供热	供冷	温控设定	COP	平均照明密度 W/m ²	设备负荷 W/m ²	人员密度 m ² /人
分体式空调	分体式空调	夏季 26 度/ 冬季 18 度	Cooling2.8/ heating2.8	7	6	10

3.2.4 冷热负荷估算

冷负荷按照常见住宅冷负荷指标标准取 110W/m²。

表 3.8 冷负荷估算表

房屋类型	面积 m ²	冷负荷 w/m ²	冷负荷 W
花园洋房	13260	110	1458600

6层公寓	33078	110	3638580
14层公寓	62832	110	6911520
28层公寓	171360	110	18849600
里弄	96948.3	110	10664313
板楼高层混合	87520	280	24505600
高层超高层混合	104720	280	29321600
超高层围合式	202175	280	56609000

随后选取同一型号风机盘管作为末端，计算压头，作为 EnergyPlus 的输入参数。

3.2.5 时刻表

按《上海市工程建设规范-居住建筑节能设计标准》DGJ08-205-2011 规定采暖期为 12 月 1 日至次年的 2 月 28 日，空调期为 6 月 15 日至 8 月 31 日。

表为典型住宅建筑时刻表。典型住宅建筑模型是根据调研上海现有住宅建筑建的一个典型住宅模型，该模型中的所有输入参数一方面通过调研获得（典型建筑时刻表等），一方面根据上海市有关标准获得（围护结构参数等）。

表 3.9 典型建筑时刻表

		1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
房间人员在室时间表													
起居室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3
卧室	工作日	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	非工作日	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
书房	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5
厨房、卫生间、楼梯间、阳台	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2
照明使用时间表													
起居室		0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0
卧室		0.2	0	0	0	0	0.6	0.6	0.2	0.06	0.06	0.06	0.06
书房		0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
厨房、卫生间、楼梯间、阳台		0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0

电器设备使用时间表													
起居室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3
卧室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5
书房	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
厨房、卫生间、楼梯间、阳台		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.6	0.64	0.64	0.64	0.64
空调系统使用时间表													
起居室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
卧室	工作日	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	非工作日	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
书房	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
房间人员在室时间表													
起居室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.5	0.5
	非工作日	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	1	0.5	0.5
卧室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	1	1
	非工作日	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1
书房	工作日	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.5	0.5
	非工作日	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
厨房、卫生间、楼梯间、阳台	工作日	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	非工作日	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
照明使用时间表													
起居室		0	0	0	0	0	0	0.5	0.2	0.2	0.2	0.08	0.08
卧室		0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.06	0.3	0.4	0.4
书房		0	0	0	0	0	0	0.8	0.6	0.5	0.5	0.2	0.1
厨房、卫生间、楼梯间、阳台		0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

电器设备使用时间表													
起居室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	非工作日	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
卧室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
	非工作日	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
书房	工作日	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	非工作日	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
厨房、卫生间、楼梯间、 阳台		0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.64	0.7	0.8	0.3	0.3	0.2	0.2
空调系统使用时间表													
起居室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	非工作日	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
卧室	工作日	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	非工作日	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
书房	工作日	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	非工作日	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

由于模拟的是区域范围没有细到各个房间，因此将典型建筑模型每个类别时刻表的按面积的加权平均后的时刻表作为最后时刻表。表为典型建筑模型中的各功能区面积。以空调系统使用时间为例说明，空调系统使用时间主要有三块不同时刻表，起居室、卧室和书房三种。在 13:00 时，非工作日起居室为 1，卧室为 1，书房为 0。而起居室占总面积的 35%，卧室占 30%，书房占 6%（见表 3.10）。则 13:00 时最终非工作日时刻表中数值为 $1 \times 0.35 + 1 \times 0.3 + 0 \times 0.06 = 0.65$ ，即为表 3.12 的值。表 3.12 为 5 种形态下的统一的时刻表。

表 3.10 典型建筑模型各功能区面积

典型建筑模型各功能区面积								
	总	厨房面积	卫生间面积	楼梯间	阳台	书房	卧室	起居室
面积	1068.9	82.32	54.24	89.1	84.6	67.2	316.8	374.64
比例	1	0.08	0.05	0.08	0.08	0.06	0.30	0.35

表 3.12 时刻表

	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
房间人员使用时间表												
工作日	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

非工作日		0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.34	0.34	0.34	0.34
照明使用时间表		0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.24	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02
电器设备使用时间表	工作日	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.08	0.08	0.08
	非工作日	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.05	0.30	0.30	0.30
空调系统使用时间表	非工作日	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00
	工作日	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.65	0.65	0.65	0.65
		13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
房间人员使用时间表													
工作日		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.56	0.56	0.50	0.50
非工作日		0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.59	0.59	0.59	0.56	0.56
照明使用时间表		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.27	0.15	0.15	0.22	0.19	0.18
电器设备使用时间表	工作日	0.05	0.05	0.05	0.06	0.08	0.09	0.09	0.38	0.38	0.37	0.40	0.40
	非工作日	0.27	0.27	0.27	0.28	0.30	0.31	0.31	0.38	0.38	0.37	0.40	0.40
空调系统使用时间表	非工作日	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.65	0.71	0.71	0.71	0.71
	工作日	0.65	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71

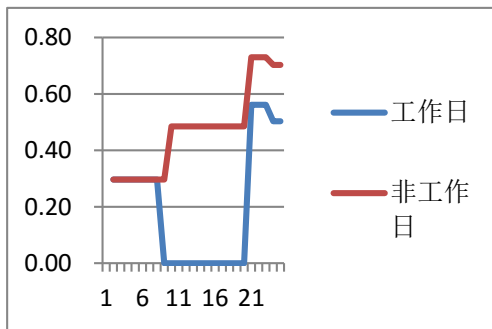


图 3.20 人员使用时刻表

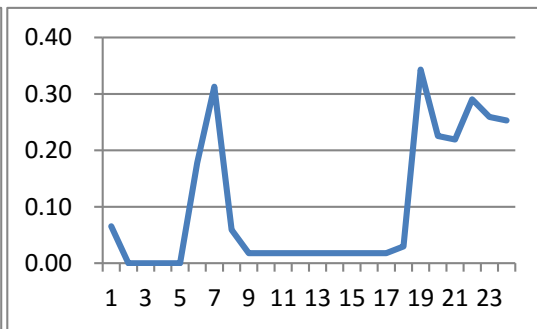


图 3.21 照明时刻表

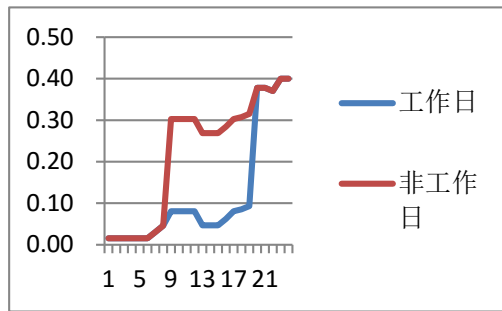


图 3.22 电气设备使用时间表

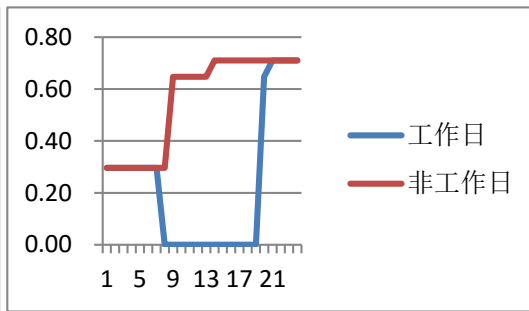


图 3.23 空调系统使用时间表

3.4.7 电梯能耗

根据《上海市住宅设计标准》中的电梯部分 5.2.1 住户人口层楼面距室外设计地面的高度超过 16m 的住宅必须设置电梯。因此除里弄、花园洋房外，6 层公寓、14 层公寓以及 28 层公寓均因设置电梯。十二层及以上的高层住宅应设消防电梯，消防电梯可与客梯兼用，其前室可与防烟楼梯间的前室合用。本研究选取消防电梯与客梯兼用。而 5.2.2 规定若没有连廊时，十二层及以上高层住宅的每单元设置电梯不应少于两台，其中一台电梯的轿厢长边尺寸不应小于 1.60m。再结合实际小区情况，本次研究中设置 14 层公寓 2 部电梯，28 层公寓设置 4 部电梯。

根据 JG / T5010—92 标准，4.2.3 规定在每一梯群中，所有电梯的额定速度均不得低于 1m / s，而且至少有一台电梯的额定载重量应是 1000kg。对于住宅，根据服务质量水平的要求，电梯运行级别一般取为 60s 或 80s，最多不超过 100s^[50]。

因此 6 层公寓设 1 部电梯，1000kg，1m/s，功率为 11.2kW。14 层公寓设有 2 台电梯。均为 1000kg，1m/s 的客梯，功率为 11.2kW，VVVF 驱动。28 层公寓有 4 部电梯。电梯均为 1000kg，1.75m/s 的客梯，平均功率为 19.25kW。

表 3.13 电梯能耗

	电梯 kW	台数	一天工作小时数	年工作天数	需要系数	同时使用系数	年耗电量 kWh.h/a	单位面积能耗 kWh/m ²
6 层	11.2	10	12	365	0.3	0.6	88300.8	0.57
14 层	11.2	12	12	365	0.25	0.6	88300.8	1.51
28 层	19.25	18	12	365	0.22	0.6	200332.4	1.22
板楼高层混合	17.00	16	12	365	0.23	0.6	164407.7	1.88
高层超高层混合	19.25	16	12	365	0.22	0.6	178073.3	1.70
超高层围合式	19.25	32	12	365	0.22	0.6	356146.6	1.76

3.2.8 自然采光

本文利用 EnergyPlus 的自然采光模块进行自然采光。自然光的照度受到很多因素的影响：天气条件、太阳高度、计算点、位置、尺度以及窗户的玻璃投射、窗户的遮阳和内表面的影响。只对建筑外区（进深 2.5m）考虑采用自然采光，照度感应器，照度临界值为 300lux，人工照明采用开关模式，当感应器探测到照度高于 300lux 时，照明关闭，当低于 300lux 时，照明打开。能耗结果见 4.5 节。

3.2.9 自然通风

根据规范，选定的上海地区的 1 月 1 日至 2 月 28 日，6 月 15 日至 8 月 31 日为空调期。其余时间均为过渡季，采取自然通风。

空调期内依据文献可设定开窗通风用以减小能耗。为了体现不同建筑的能耗区别，空调期内（冬季按照上海通常习惯不开窗，选取夏季空调期（6 月 15 日至 8 月 31 日）为对象）若室外温度小于 28℃，风速小于等于 3m/s 则设定为开窗通风，能耗为零。全年室外温度与风速取自典型气象年的逐时 TMY 数据。

由于数据量多，以 6 月 15 日为例进行说明。表 3.14 中 1 表示该小时空调运行，0 或者空格则表示该小时空调不运行。h 表示原始数据（空调期内无开窗通风）时空调运行小时数。以 1:00 为例，1:00 至 2:00 花园洋房 h 为 1，说明该时间段花园洋房空调是运行的，由于该时刻干球温度 21℃ 小于 28℃，风速为 3m/s 满足开窗通风条件，因此开窗通风后该时间段不开空调，h 变为 0。

从数据上看，20:00 到 0:00 不考虑自然通风时均开启空调，考虑自然通风时仅开 20:00-21:00 就开窗通风。开窗通风前的空调运行时间是根据典型模拟的空调系统使用时刻表来确定的，这里面包含了人员对空调的影响。

表 3.14 典型气象年 6 月 15 日开窗通风后空调运行小时数

日期	干球温度	风速 {m/s}	空调运行小时数 h									
			6层公寓		28层公寓		14层公寓		花园洋房		里弄	
2005-06-15			h	开窗通风后空调小时数	h	开窗通风后空调小时数	h	开窗通风后空调小时数	h	开窗通风后空调小时数	h	开窗通风后空调小时数
1:00	21	3		0	0	0	0	0	1	0	0	0
2:00	21	3		0	0	0	0	0	1	0	0	0
3:00	20.9	2		0	0	0	0	0	1	0	0	0
4:00	20.8	2		0	0	0	0	0	1	0	0	0

5:00	20.8	2		0	0	0	0	0	1	0	0	0
6:00	21	2		0	0	0	0	0	1	0	0	0
7:00	21.5	2		0	0	0	0	0	1	0	0	0
8:00	22.1	2		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00	23	4			0	0	0	0	0	0	0	0
10:00	23.9	4			0	0	0	0	0	0	0	0
11:00	24.8	4			0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	25.6	4			0	0	0	0	0	0	0	0
13:00	26.1	4			0	0	0	0	0	0	0	0
14:00	26.3	4			0	0	0	0	0	0	0	0
15:00	25.9	6			0	0	0	0	0	0	0	0
16:00	25.3	6			0	0	0	0	0	0	0	0
17:00	24.6	6			0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	23.9	6			0	0	0	0	0	0	0	0
19:00	23.3	6			0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	22.8	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21:00	22.3	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
22:00	22	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
23:00	21.8	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
0:00	21.6	3	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

上表选出可开窗通风的小时段后,对该小时所产生的空调能耗减除,将所有开窗通风后能耗相加即得最后的总能耗。以下是典型气象年6月15日的能耗情况。6月15号为设定的上海地区夏季供冷时间。无开窗通风时的供冷时刻表(除花园洋房外)为20:00至24:00。而经过开窗通风后,21:00-24:00满足开窗条件,因此20:00关窗无自然通风有能耗产生,21:00-24:00无能耗。

表 3.15 典型气象年6月15日能耗情况

	6层公寓		28层公寓		14层公寓		花园洋房		里弄	
	开窗通风前能耗 kWh	开窗通风后能耗 kWh	开窗通风前能耗 kWh	开窗通风后能耗 kWh	开窗通风前能耗 kWh	开窗通风后能耗 kWh	开窗通风前能耗 kWh	开窗通风后能耗 kWh	开窗通风前能耗 kWh	开窗通风后能耗 kWh
2005-06-15										
1:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0

2:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0
3:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0
4:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0
5:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0
7:00	0	0	0	0	0	0	52.65	0	0	0
8:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
9:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
10:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
11:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
12:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
13:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
14:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
15:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
16:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
17:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0.12	0	0	0
20:00	374.87	374.87	591.23	591.23	1336.23	1336.23	344.94	344.94	1017.98	1017.98
21:00	134.63	0	203.10	0	467.88	0	146.01	0	369.57	0
22:00	108.47	0	173.92	0	434.68	0	118.71	0	299.61	0
23:00	86.80	0	146.93	0	385.17	0	98.36	0	241.86	0
0:00	68.82	0	119.78	0	317.69	0	82.74	0	192.38	0

3.3 区域同时使用系数

由于考虑到区域建筑中不同建筑之间的人员比例的差异,即使用时间的差异,本课题使用四种情景方案,设定了不同情景下室内负荷(包括人员、照明、非厨房设备)和空调系统使用时间表;并考虑各类人群所占比例设定不同使用情景在一栋住宅建筑中的分布比例。详见表 3.16。不同情景下各时间表设定见图 3.24-图 3.31。

上述 4 种住宅使用情景仅针对住宅建筑中各户型的功能房间,其中的设备负荷是指除厨房设备以外的家用电气设备。

以下是各个方案的时刻表:

表 3.16 住宅使用情景假设

编号	用户使用情况
情景 1	工作日晚上使用, 周末在家
情景 2	工作日和周末都在家
情景 3	工作日中午在家, 周末不在家
情景 4	工作日不在家, 周末在家

住宅使用情景 1 (工作日晚上使用, 周末在家) 时间表如图 3.24 和图 3.25:

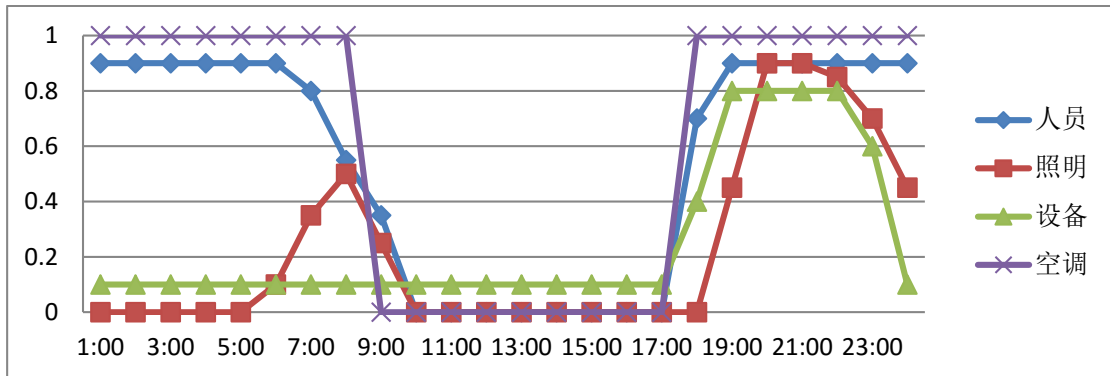


图 3.24 住宅使用情景 1 工作日室内负荷和空调系统时间表

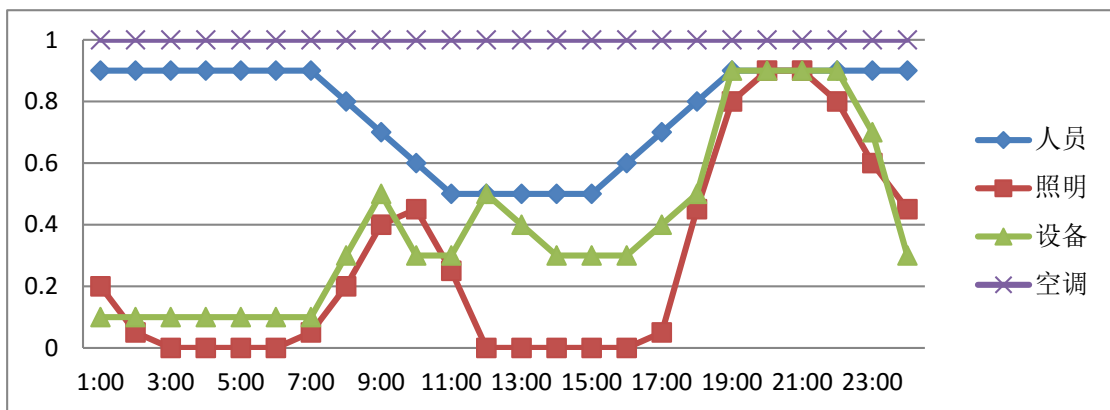


图 3.25 住宅使用情景 1 周末室内负荷和空调系统时间表

住宅使用情景 2 (工作日和周末都在家) 时间表如图 3.26 和图 3.27:

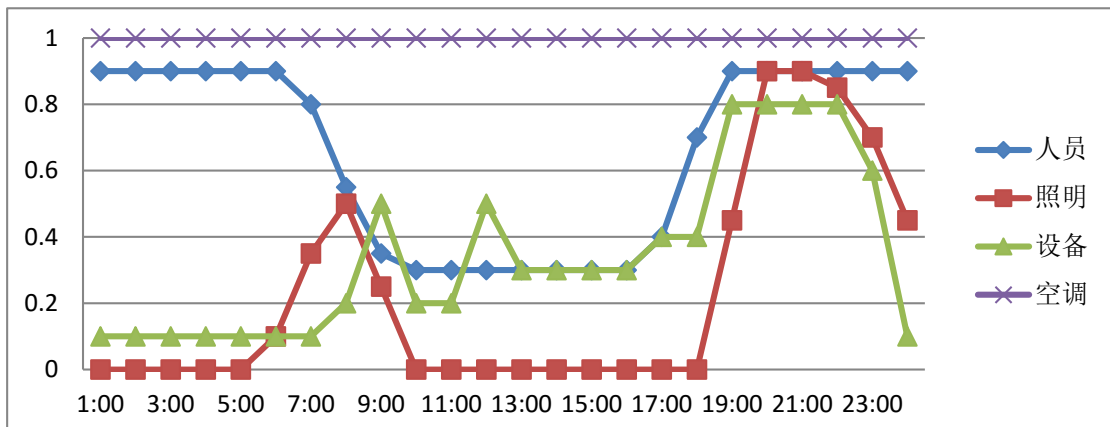


图 3.26 住宅使用情景 2 工作日室内负荷和空调系统时间表

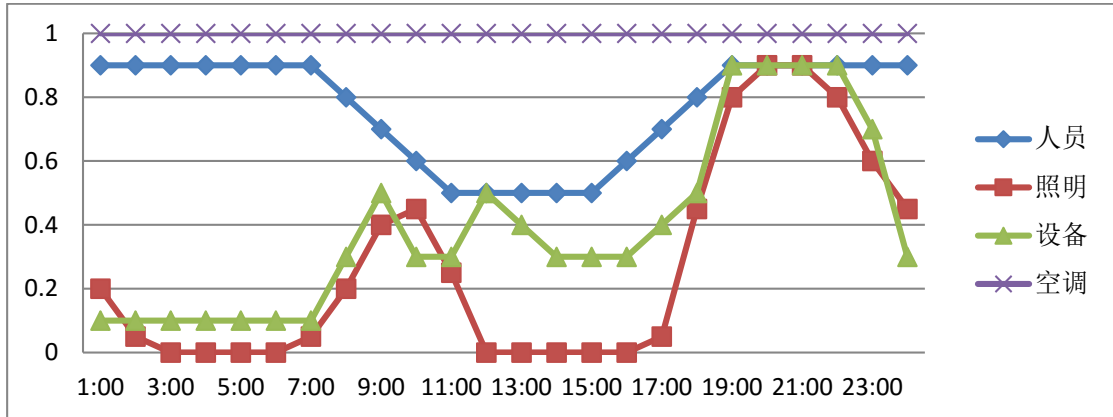


图 3.27 住宅使用情景 2 周末室内负荷和空调系统时间表

住宅使用情景 3（工作日中午在家，周末不在家）时间表如图 10 和图 11:

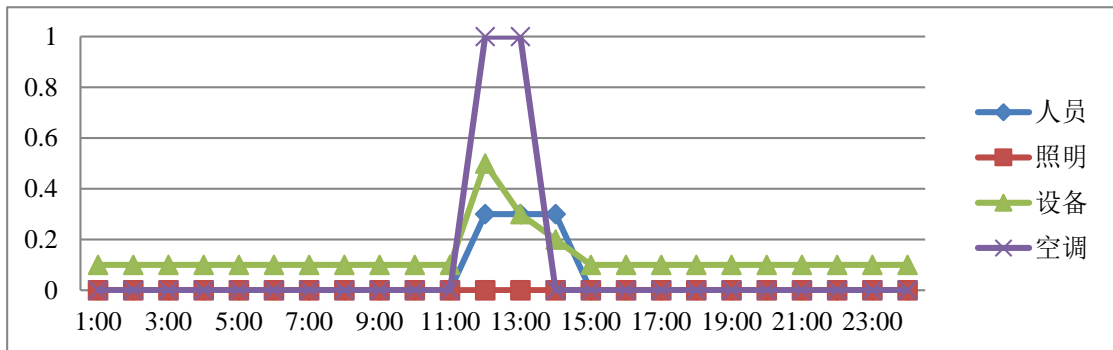


图 3.29 住宅使用情景 3 周末室内负荷和空调系统时间表

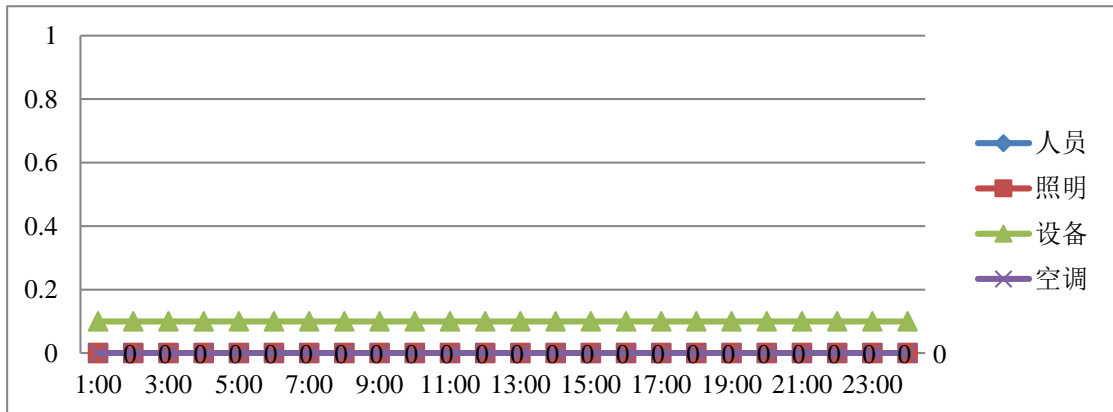


图 3.30 住宅使用情景 4 工作日室内负荷和空调系统时间表

住宅使用情景 4（工作日不在家，周末在家）时间表如图 3.30 和图 3.31:

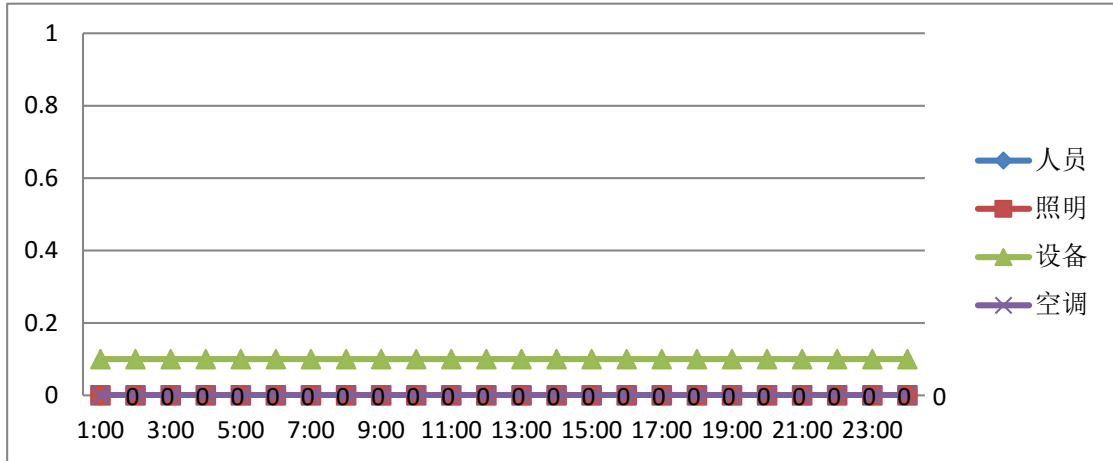


图 3.30 住宅使用情景 4 工作日室内负荷和空调系统时间表

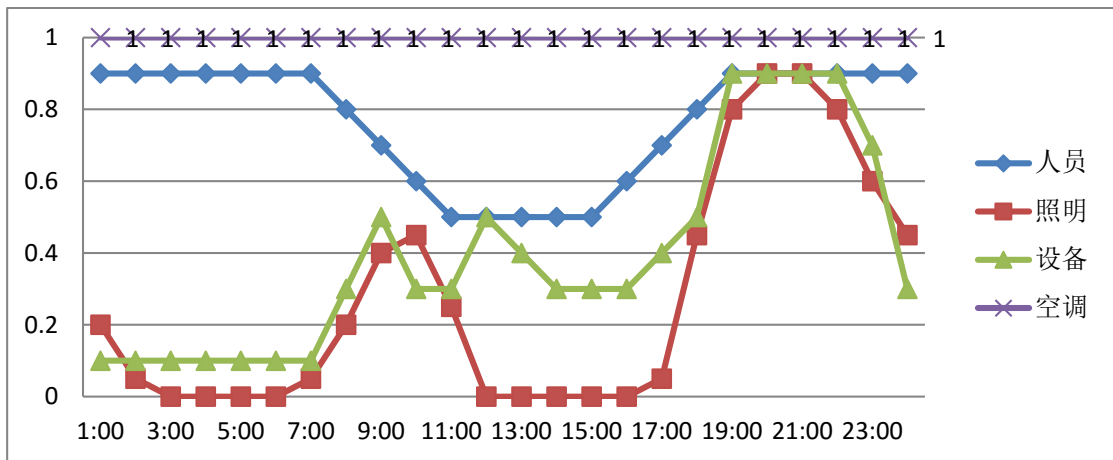


图 3.31 住宅使用情景 4 周末室内负荷和空调系统时间表

取 6 层典型住宅公寓小区为模型，采用以下两种方案（两种时刻表）进行模拟。

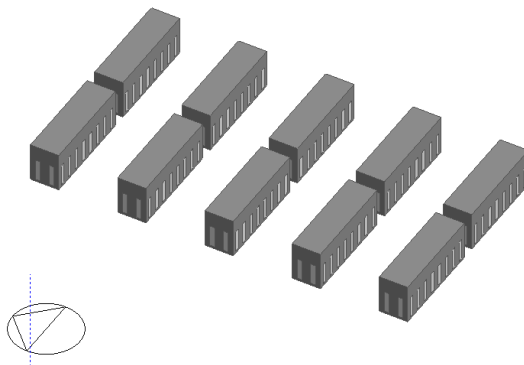


图 3.32 6 层典型住宅公寓

表 3.17 情景设定方案

方案一	编号	所占比例	方案二	编号	所占比例
	情景 1	0.4		情景 1	0.2
	情景 2	0.2	情景 2	0.4	

	情景3	0.15		情景3	0.15
	情景4	0.25		情景4	0.25

经计算得，小区采用方案一的能耗为 22.96kWh/m^2 ，采用方案二的能耗为 25.16kWh/m^2 。而为了体现每栋楼的差异，小区共 10 栋建筑，5 栋建筑采用方案一，5 栋建筑采用方案二。最终能耗为 24.06kWh/m^2 。能耗最大相差 $\frac{24.06-22.96}{22.96} = 4.8\%$ 。因此，考虑同时使用系数后，最后的能耗相当于之前能耗的 95%。相差较小说明同时使用系数对能耗有一定的影响，但影响不大。为了便于计算，以下结果不考虑同时使用系数的影响。

3.4 能耗结果与分析

基础能耗是指没有采取自然通风以及自然采光等节能措施时的基本能耗。

自然采光主要体现在建筑遮挡上，建筑遮挡面积越小，相应的自然采光可利用率越大。从自然采光节能来看，花园洋房自然采光节能远高于其他几种形式，而里弄由于其遮挡缘故自然采光节能最小。

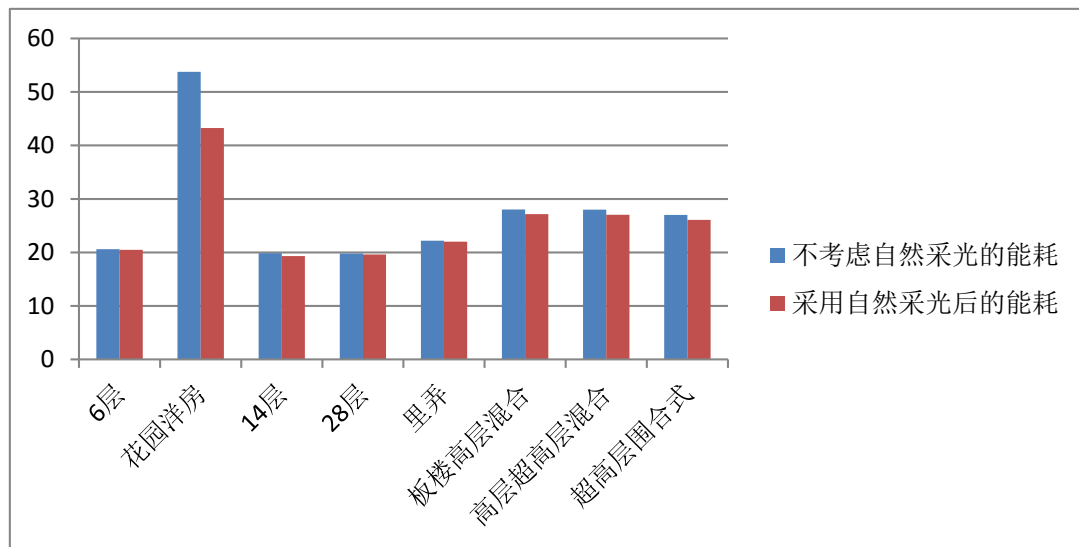


图 3.33 自然采光能耗对比

从自然通风来看，同样的，花园洋房自然通风节能最高，其次为 6 层公寓和里弄。高层建筑由于建筑高度的关系，到一定层数后由于风速太大而无法进行自然通风（风速随高度增大而增大），因此自然通风节能主要是多层建筑以及层数比较低的建筑。可见，自然通风对于减小空调能耗有着比较明显的作用。

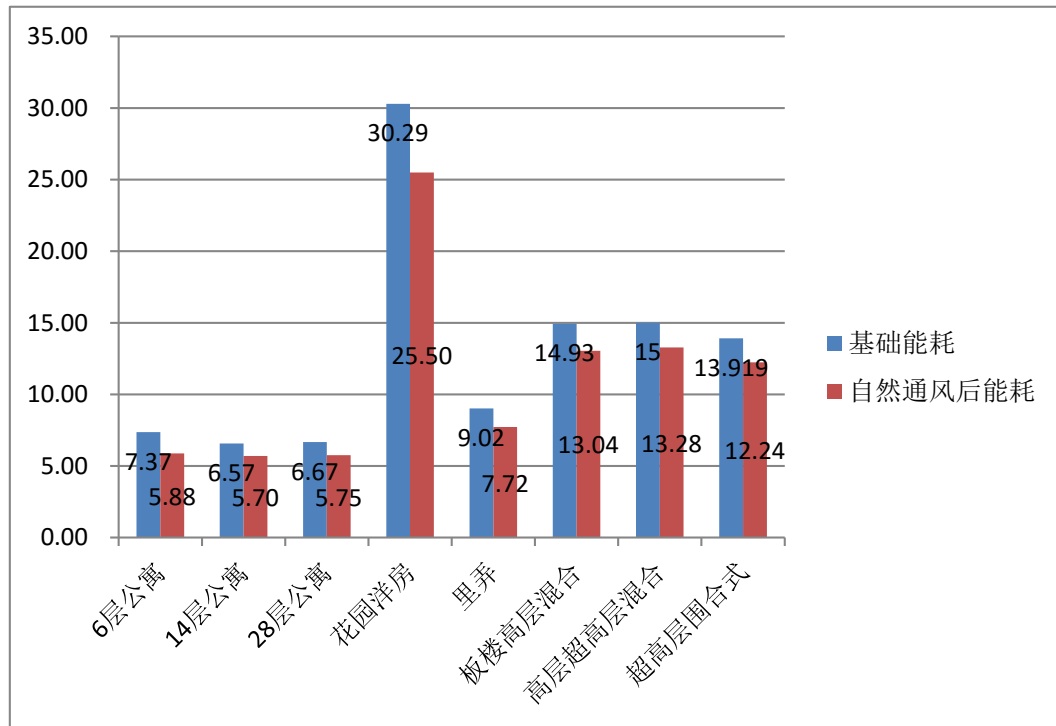


图 3.34 自然通风与空调能耗

从总能耗图可以看出，花园洋房能耗最高，其次为混合式住宅（板楼高层混合以及高层超高层混合），再次为里弄，最后为 14 层公寓、28 层公寓以及 6 层公寓。其中 28 层公寓、14 层公寓以及 6 层公寓能耗差别不明显。

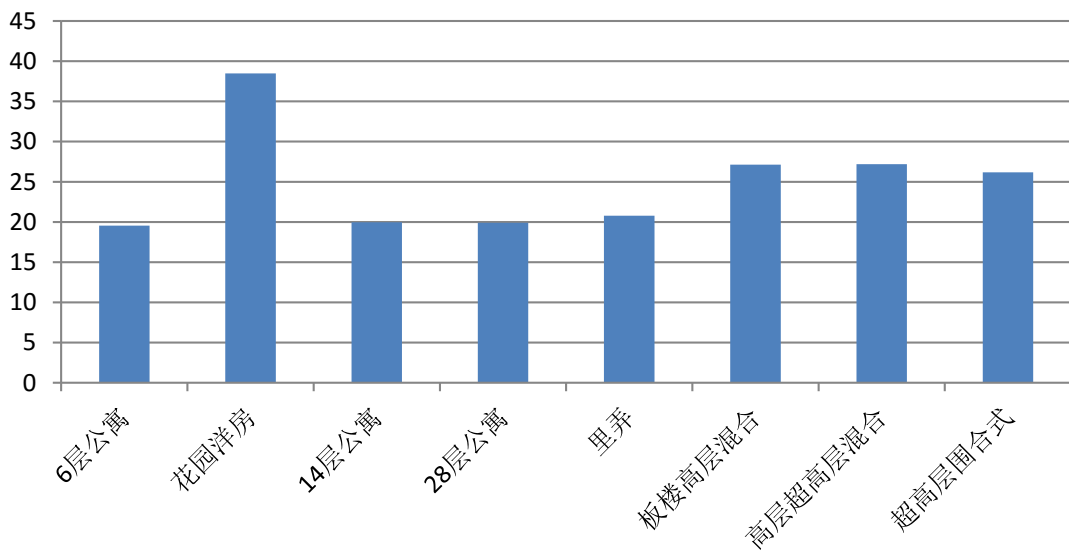


图 3.35 总能耗对比图

表 3.18 为各类建筑的能耗对比图及分析，可以看出各个地块的节能情况。其中花园洋房采光节能最大，其次是混合式住宅。自然通风也为花园洋房最大，其次是混合住宅以及里弄，最后是 6 层，14 层和 28 层公寓。

表 3.18 能耗与采光自然通风节能

	基础能耗 (kWh/m ²)	采光节能 (kWh/m ²)	自然通风节能 (kWh/m ²)	总能耗 (kWh/m ²)
6层	21.18	-0.14	-1.49	19.55
花园洋房	53.77	-10.50	-4.79	38.48
14层	21.35	-0.52	-0.86	19.97
28层	21.02	-0.19	-0.92	19.91
里弄	22.19	-0.19	-1.30	20.70
板楼高层混合	29.91	-0.88	-1.90	27.13
高层超高层混合	29.70	-0.95	-1.56	27.19
超高层围合式	28.77	-0.93	-1.67	26.17

表 3.19 以及图 3.36 为各类型小区的分项能耗。从表中可以看出，空调部分花园洋房空调能耗最高，其次是混合式住宅，里弄，6 层公寓、14 层公寓和 28 层公寓差别不大。从照明和设备来看，各类型小区差别不大。花园洋房空调系统能耗高是花园洋房总能耗高的原因。

表 3.19 分项能耗表

分项能耗对比 kWh/sq.m					
	空调	照明	设备	电梯	总
6层公寓	5.88	4.91	8.19	0.57	19.55
花园洋房	25.50	4.76	8.22	0.00	38.48
14层公寓	5.70	4.83	7.92	1.51	19.97
28层公寓	5.75	4.90	8.04	1.22	19.91
里弄	7.72	4.84	8.14	0.00	20.70
板楼高层混合	13.04	4.04	8.17	1.88	27.13
高层超高层混合	13.28	3.88	8.17	1.70	27.19
超高层围合式	12.24	4.00	8.17	1.76	26.17

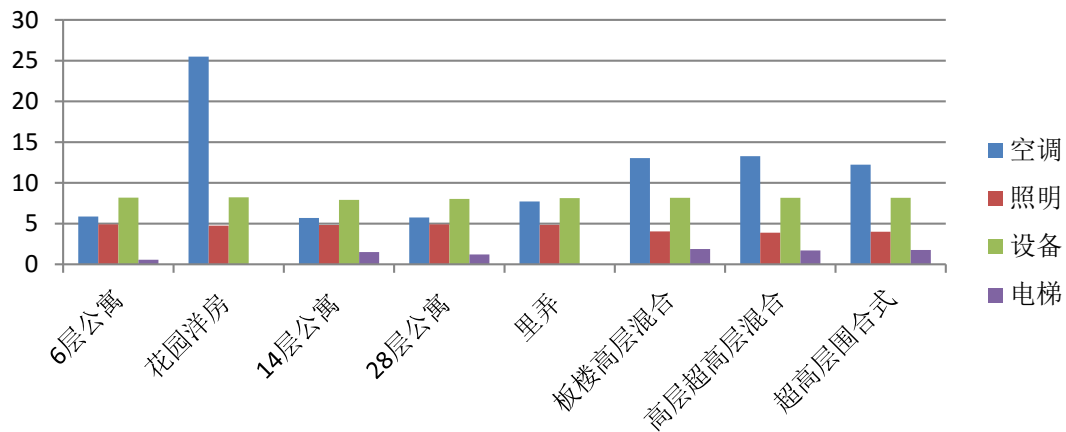


图 3.36 总分项能耗对比图

前面均在单位面积能耗上做对比，表 3.20 为 200m×150m 范围内的总能耗和容积率之间的对比。

表 3.20 容积率与总能耗

	容积率	建筑总面积 sq.m	单位面积能耗 kWh/sq.m	总能耗 10000*kWH
花园洋房	0.44	13260	38.48	51.02
6层公寓	1.1	33078	18.98	62.78
14层公寓	2.09	62832	19.97	125.48
28层公寓	5.71	171360	19.91	341.18
里弄	3.23	96948.3	20.7	200.68
板楼高层混合	2.91	87520	27.13	237.44
高层超高层混合	3.49	104720	27.19	284.73
超高层围合式	6.74	202174.8	26.17	529.09

图 3.37 为表中的容积率和小区总能耗之间的关系图。可以看出，不同的容积率与总能耗之间存在着线性关系。容积率越高，总能耗越高。据这 8 个不同类型住宅的结果，我们可以将容积率与总能耗做一个简单的线性回归。该关系式可以用于规划师在规划时从容积率上粗略估算住宅建筑群大致所需的总能耗。由图 3.37，回归方程为 $y=71.668x-1.2737$ ， $R^2=0.938$ 。其中 y 为总能耗的 1000 倍（单位 kWh）， x 为容积率。

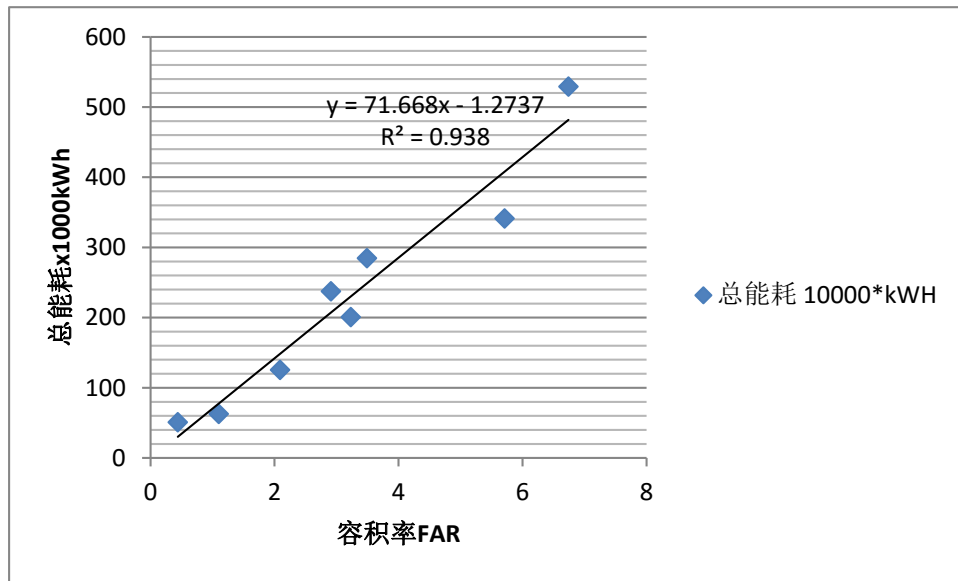


图 3.37 容积率与总能耗关系图

3.5 上海地区典型住宅小区形态与能耗研究总结

本次研究挑选了上海地区的 8 种具有代表性的实际小区形态建立典型模型。可以看出，这几种形态的建筑能耗从高到低依次为花园洋房、混合式住宅小区、超高层围合式住宅小区、里弄以及公寓。其中 6 层公寓、14 层公寓和 28 层公寓的能耗相差不大。单从建筑能耗看，6 层公寓总能耗最小，而花园洋房最高。

从混合模式来看，板楼高层混合能耗与高层超高层混合能耗相差不大，且混合模式能耗明显比行列式普通布局的 6 层公寓、14 层公寓和 28 层公寓能耗高。

从自然采光节能来看，花园洋房自然采光节能远高于其他几种形式，其次是混合式住宅，而里弄自然采光节能最小。

从自然通风来看，花园洋房自然通风节能最高，其次为混合住宅，6 层公寓和里弄，高层住宅自然通风节能最低。

从结论可以看出，同样的一户人家住在低密度的独栋楼房比住在公司或里弄中要消耗更多的能耗，这和综述中 Rong 等的结论相吻合^[6]。而同样的，不同类型建筑的供热能耗相差不是很大。这一结论和 LSE 的结论相一致^[8]。

本次研究仅研究小尺度范围内（200m×150m）的小区形态对于区域建筑能耗的影响，不考虑小区内的交通能耗。该研究结果可在住宅小区规划时提供一定的参考。

第 4 章 相同容积率下形态因素与能耗分析

本章是对相同容积率下的小区进行分析。为了便于分析各个形态因素，小区为假想模型。主要分为两个方面进行分析。一是选取点式、行列式和围合式建筑进行分析，比较相同容积率下的不同类型小区对能耗的影响。二是提取了相同容积率下相同街区尺度下的各形态指标，通过变化形态指标值对比能耗变化进而分析各形态指标对能耗的影响。

4.1 不同布局形式对能耗的影响

4.1.1 四种住宅群体布局形式

住宅群体平面组合的基本形式有四种：行列式、散点式、围合式以及混合式。如图 4.1。



图 4.1 住宅群体基本形式^[51]

行列式布局是指条形住宅或联排住宅按一定朝向和合理间距成行成排的布置形式，这种布置形式能使绝大多数居室获得良好的日照和通风，是各地广泛采用的一种方式。行列式布局是最基础的住宅群体布局方式，排列方式在平面构图上有强烈的规律性，但形成的空间往往比较单调呆板，识别性较差。

散点式是指点式住宅自成相对独立的群体布置形式，或若是当地形条件较复杂时，结合地形形成的自由变化的布置方式。仅从住宅群体布局方式方面来看，由于其建筑密度和建筑体量都较大，因此通风和日照都不是很理想。但是在容积率相同的情况下，这种布置方式有利于自然通风和获得良好的日照，同时也能节约用地，是提高容积率的布置方式之一。但是也存在诸多问题，例如住宅建筑一梯多户时容易出现朝向较差的户型，由于住宅外墙面积大导致了太阳辐射热较大，视线干扰等等。

围合式布局是住宅沿着基地外围周边布置，形成一定数量的次要空间并共同围绕一个主导空间。构成后的空间无方向性，主入口按环境条件可设于任一方位。围合式布局可有宽敞的绿地和舒适的空间，日照、通风和视觉环境相对较好。围合式住宅小区的主要特点是各幢住宅沿用地周边布置，周边中心形成比较大的

中心花园，对住户而言，是获得良好日照的理想途径，也是便于实行人车分流的交通设计。

混合式布局是指在一个住区中同时采用以上两种或三种的空间布局方式，这种布局方式可以集各种布局的优点于一体，扬长避短，既可以增加住区的建筑面积提高容积率，又可以形成丰富宜人的空间环境。

表 4.1 为几种形式的优劣分析。

表 4.1 四种平面布局的优劣^[51]

	行列式	散点式	围合式	混合式
适宜的住宅类型	所有类型	低层、小高层、 高层	低层、多层	所有类型
土地利用性能	节地性能一般	容积率高，节地 性能好（低层除 外）	容积率适中，节 地性能一般	容积率较高，节 地性能较好
优点	绝大多数居室可 以获得良好的日 照和通风	布置灵活，节约 用地，利于高层 住宅的通风和日 照	利于组织小型室 外活动场所，便 于邻里交往	灵活组合，扬长 避短
缺点	空间布局单调， 识别性差	视线干扰，围合 感差，识别性差	东西向住宅日照 通风问题	

本节根据这四种典型形态，在 3 公顷土地上建立点式、行列式与围合式的假想模型。为了便于分析不同形态对能耗的关系，假定其容积率均为 2。

容积率为 2 的一般为多层、小高层和高层。因此，本案例设置 6 层、10 层、14 层和 18 层的点式、行列式和围合式小区作为假想模型进行分析。

4.1.2 模型设定

建筑形态由 Google sketchup 建立，区域建筑能耗由 EnergyPlus 模拟。基于 EnergyPlus 模型平台，对不同空间类型街区的建筑能耗进行模拟分析。

1) 几何模型

将模型按照点式、行列式和围合式，在容积率为 2 时选择合理的层数建模。

18 层点式：

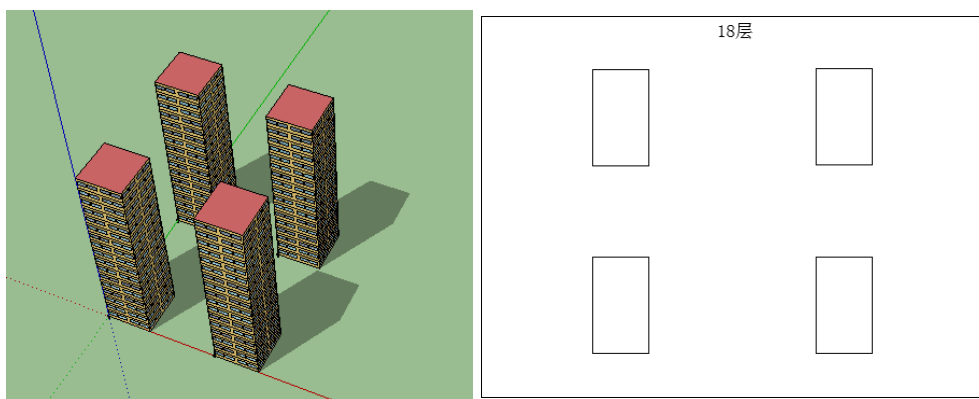


图 4.2 18 层点式示意图

14 层点式:

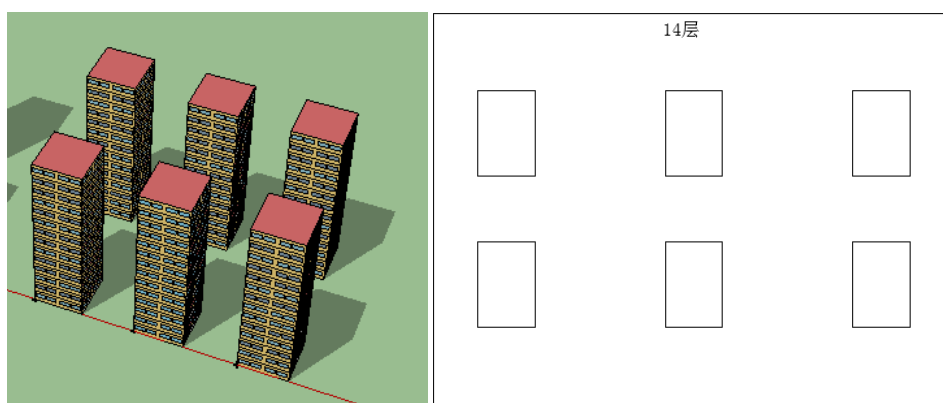


图 4.3 14 层点式示意图

10 层点式:

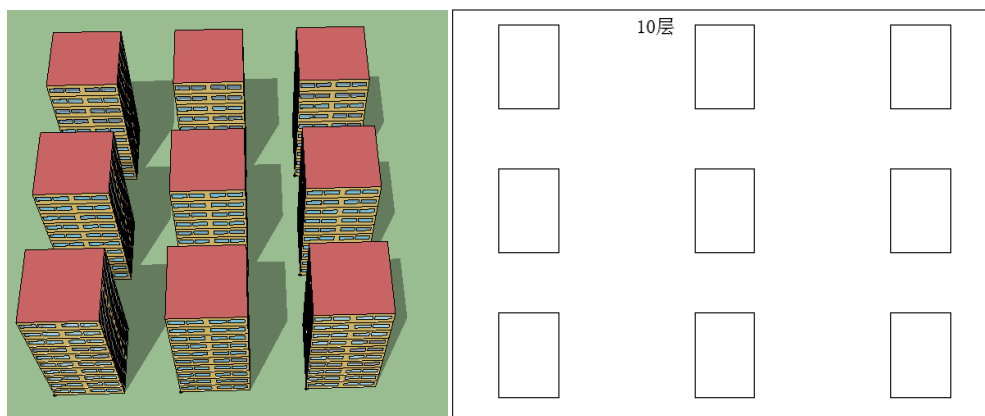


图 4.4 10 层点式示意图

18 层行列式:

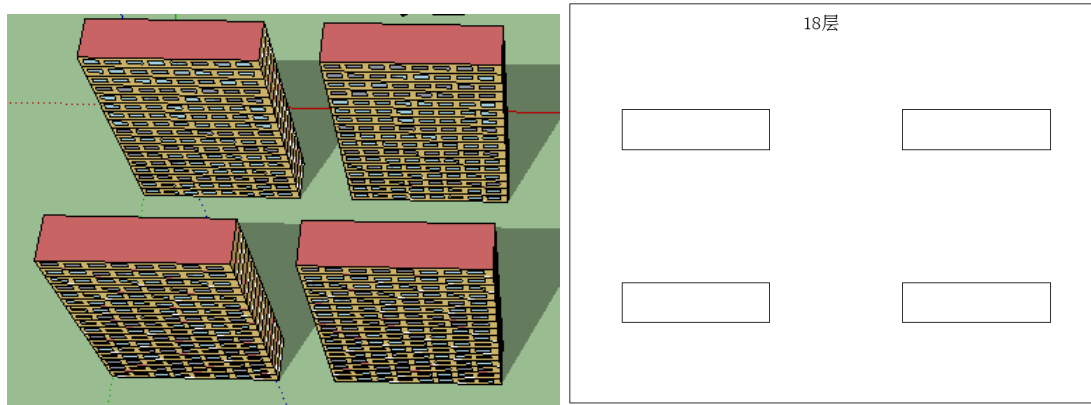


图 4.5 18 层行列式示意图

14 层行列式

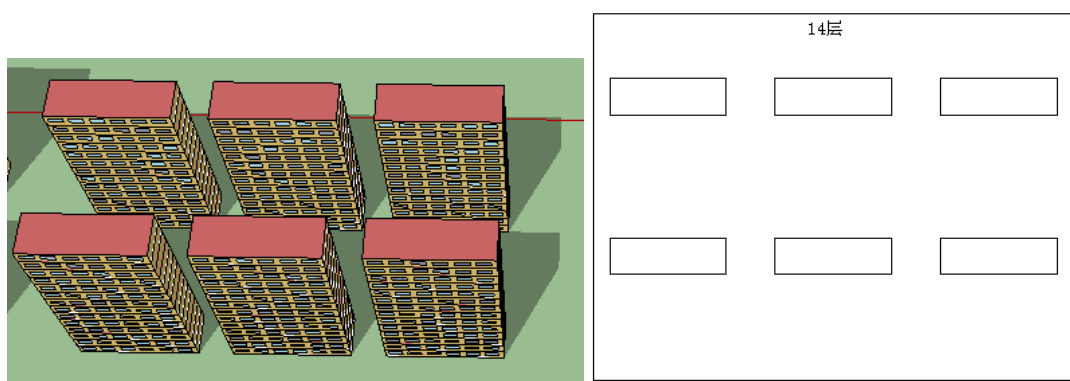


图 4.6 14 层行列式示意图

10 层行列式

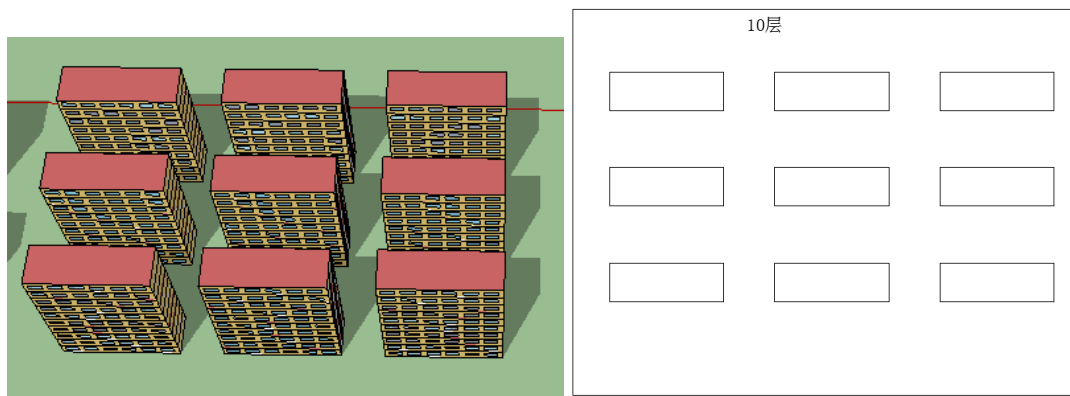


图 4.7 10 层行列式示意图

围合式 1

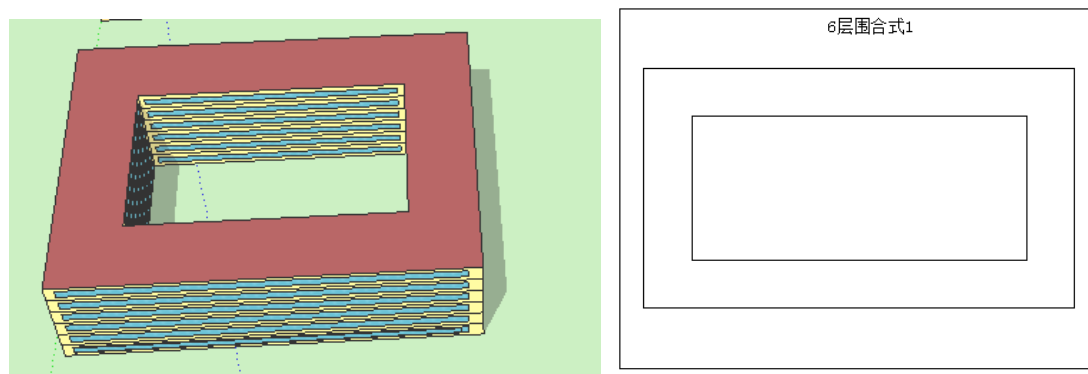


图 4.8 围合式示意图 1

围合式 2

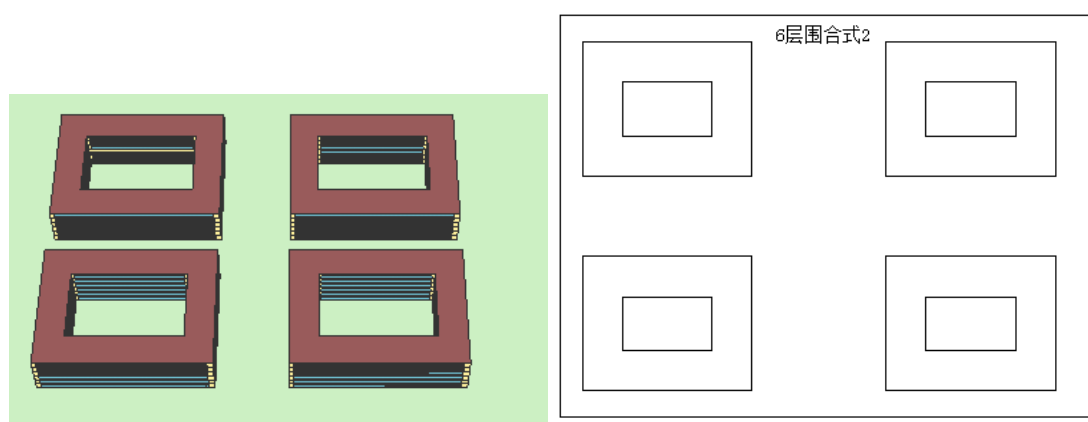


图 4.9 围合式示意图 2

围合式 3

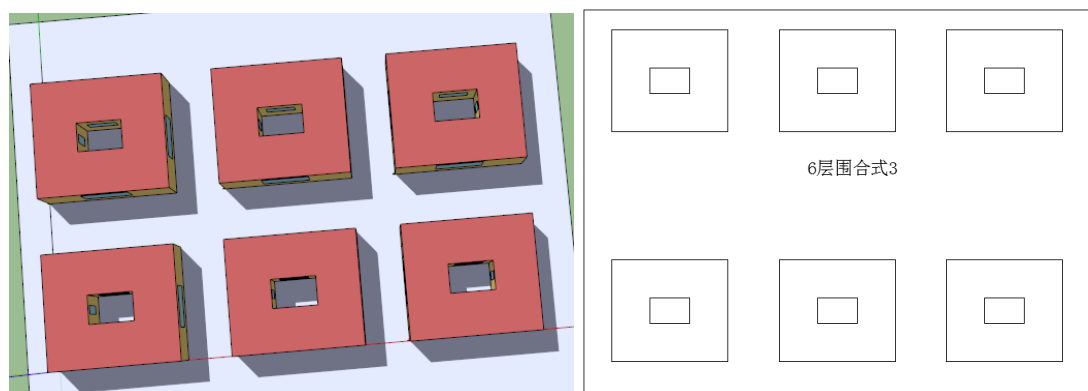


图 4.10 围合式示意图 3

建筑几何模型对比图：

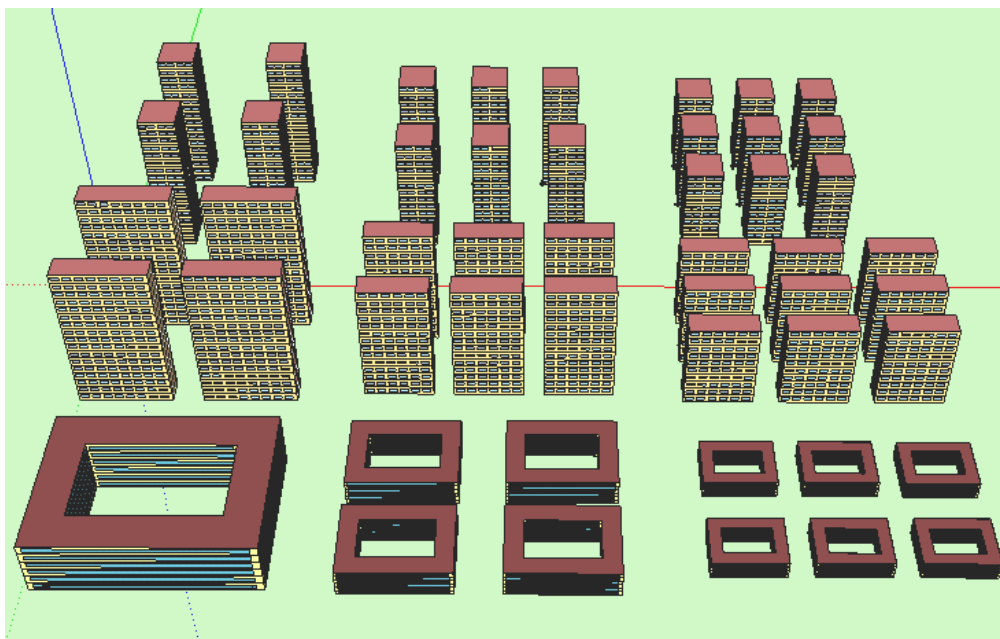


图 4.11 建筑几何模型对比图

为了便于分析，将上述模拟街区进行编号（如图 4.12）：

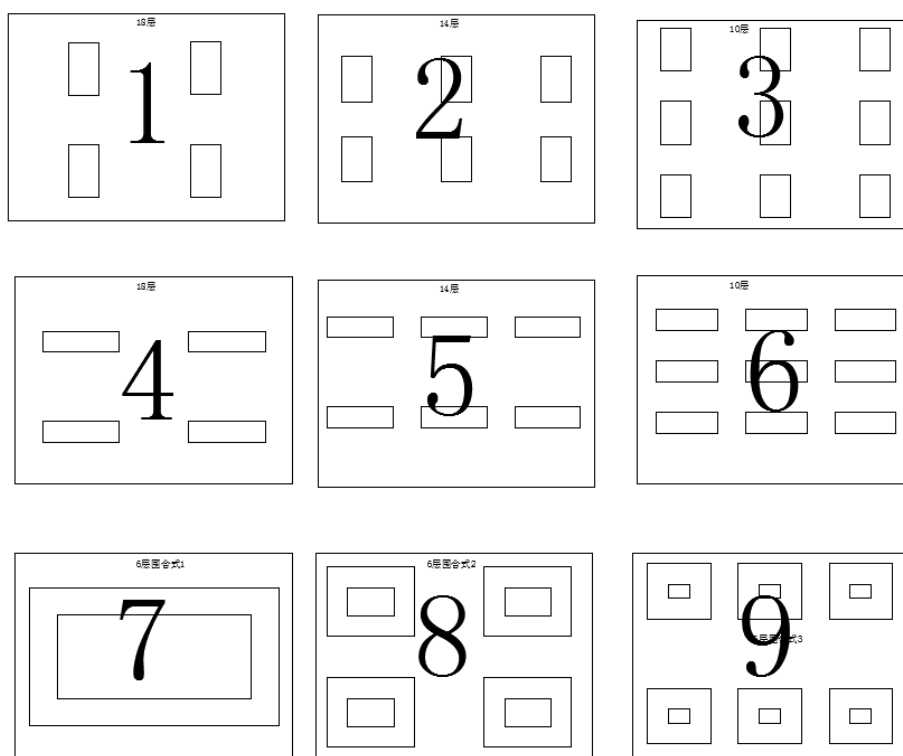


图 4.12 建筑不同平面布局示意图

2) 建筑几何基本信息（其他基本信息见第二章）

表 4.2 建筑几何基本信息

编号	内容	体形系数	栋数	层数	总面积	高度
1	18 层点式	0.18	4	18	60000	54
2	14 层点式	0.20	6	14	60000	42

3	10 层点式	0.22	9	10	60000	30
4	18 层行列式	0.21	4	18	60000	54
5	14 层行列式	0.22	6	14	60000	42
6	10 层行列式	0.25	9	10	60000	30
7	围合式 1	0.15	1	6	60000	18
8	围合式 2	0.21	4	6	60000	18
9	围合式 3	0.29	6	6	60000	18

4.1.3 能耗结果与分析

1) 冬季供热能耗对比分析 (单位 kWh/m²)

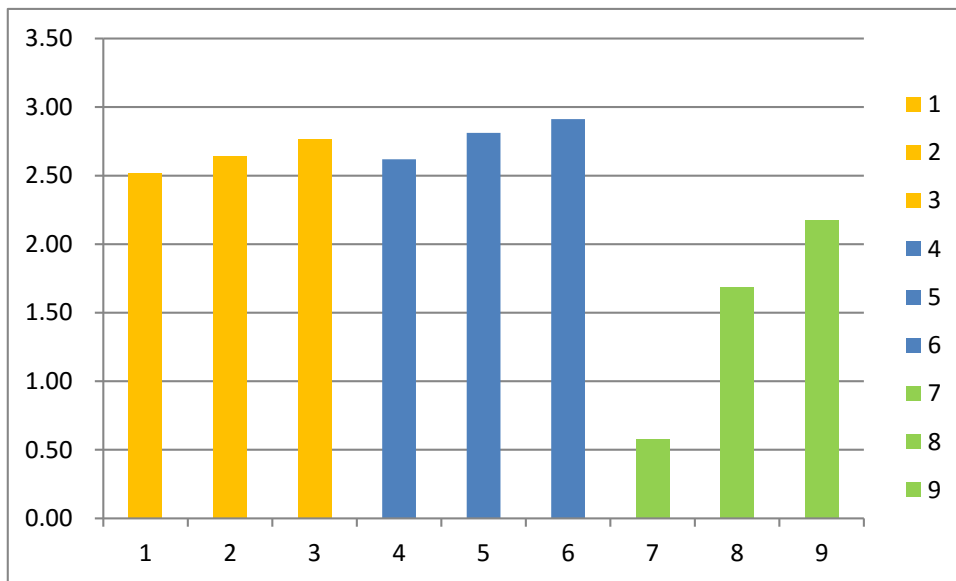


图 4.13 冬季供热能耗图

1,2,3 为点式建筑, 4,5,6 为行列式建筑, 7,8,9 为围合式建筑。由图可知, 不同类型住宅的冬季供热能耗趋势大致相同。即能耗随着体形系数的增加而上升。点式住宅和行列式住宅相差不大。相同层数下 (1 和 4, 2 和 5, 3 和 6) 对比, 行列式所需的冬季能耗更高一些。而围合式冬季供热能耗比点式和行列式均要低。

体形系数表征了建筑的复杂程度, 建筑越复杂, 体形系数越高。从不同类型的建筑群来看, 随着体形系数的增加, 冬季能耗增加, 可见在上海地区, 相同类型的住宅建筑群, 形态更为复杂的建筑小区在冬季所需的能耗更高一些。原因可能是由于上海地区冬季供热耗能多少主要看建筑的保温, 而更为复杂的建筑群建筑表面积更大, 建筑与外界的热交换就更多, 热能的损耗就越多, 因而需要消耗更多的供热能耗。

2) 夏季供冷能耗分析

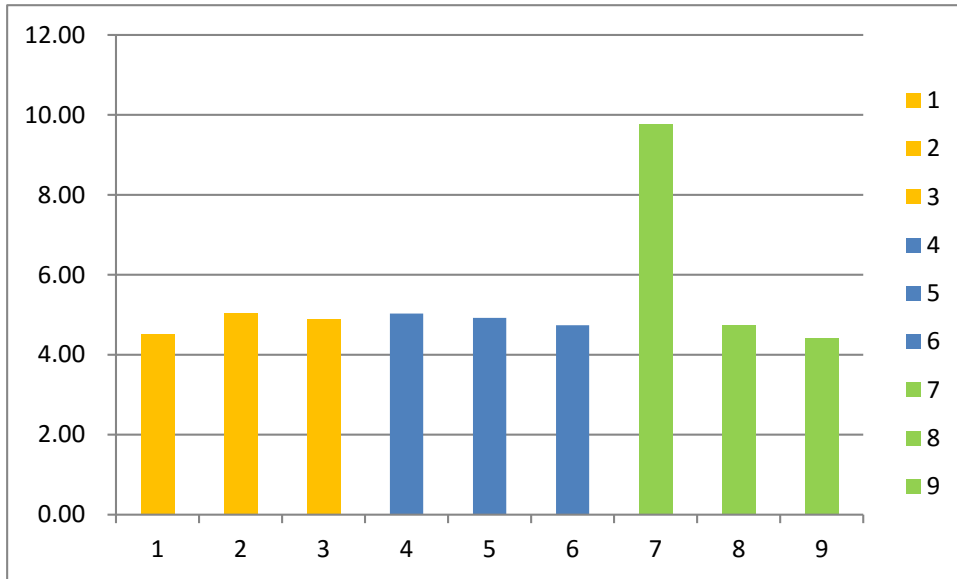


图 4.14 夏季供冷能耗图

由图可知，行列式建筑（板楼）和围合式建筑随着体形系数的增大，供冷能耗降低。上海地区夏季着重看通风与遮阳。7,8,9 为围合式住宅小区，可见建筑越复杂，遮阳面积相应的增多，从而导致冷负荷降低。其中围合式 7 的供冷能耗特别高，分析其原因如下：围合式 7 为一个比较大的围合式结构，由于其中间有较大的空地，而且建筑高度不高，因而在夏天该建筑的所有面都无法相互遮挡，墙体通过自然光的辐射所增加的热量比其他类型多的多，再加上围合式自然通风效果相比于其他几种类型较低（由于围合式主要为外圈墙体通风，内圈自然通风较少，而行列式等布局四面通风效果较好），因此围合式 7 夏季供冷能耗较大。不过这种结构只存在于理想情况下，现实很少存在。

3) 综合能耗分析

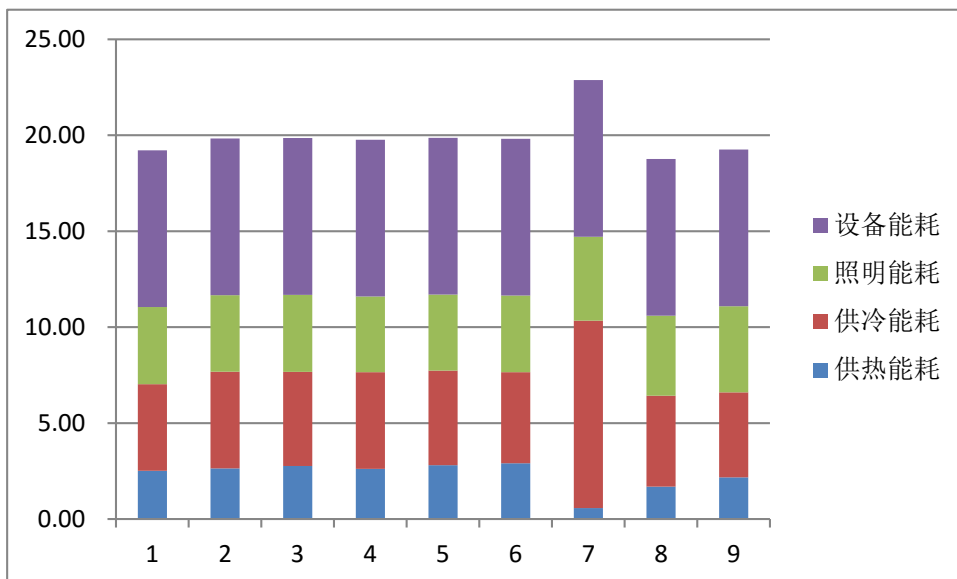


图 4.15 综合能耗图

综合能耗来看，一定复杂程度的围合式建筑能耗相对较低。点式建筑和行列式建筑体形系数变化不大时，能耗变化不大。

4.1.4 结论及优化措施

点式、行列式和围合式建筑这三种类型的类型以及三种类型中不同的体形系数均与能耗有一定的关系。其中冬季供热能耗随着体形系数的增大而增大。行列式住宅大于点式住宅大于围合式住宅。行列式建筑（板楼）和围合式建筑随着体形系数的增大，供冷能耗降低。围合式住宅小区由于增加了建筑间的外形复杂程度，导致遮阳面积增多，冷负荷降低。建筑间的遮挡也会影响自然采光的效果。遮阳面积的增加会导致自然采光的削弱，而自然采光的减小会导致照明能耗的增加。但是在夏天遮阳会使建筑冷负荷降低，因此需综合考虑。

冬季的保温节能设计要求建筑外形尽可能简单、紧凑。体形系数越大，在相同条件下的需热量就越大。而当围护结构保温性能达到一定程度时，降低采暖需热量的主要矛盾就转到通风换气的热损失上。夏季的节能设计要求通过一些复杂的立面设计、结构设计来满足建筑物的遮阳、自然通风需求。冬季保温与夏季遮阳、通风对建筑外形的要求在某些地方是存在矛盾的，在具体方案设计时应该通过详细的建筑能耗模拟分析权衡两种设计所产生的节能效果，来确定最终的方案。就本论文研究对象上海地区而言，其能耗需求重点不在冬季围合结构保温上，而在夏季的遮阳与通风上。因此在上海适当复杂的外形可以起到减小能耗的作用。在北方，其重点因在建筑保温上，北方的建筑形态应尽量简单。而在深圳等夏热冬暖地区，体形越复杂对建筑节能越有利。

4.2 同一容积率下不同形态单因素对能耗影响分析（点式建筑）

4.2.1 模型选择

取容积率为 2 时的模型，即规划面积 $200\text{m} \times 150\text{m}$ ，建筑总面积 6 万平方米。取上面所述的 14 层公寓模型为基准模型。建筑高度 42 米。层高 3 米。其平面图如下：

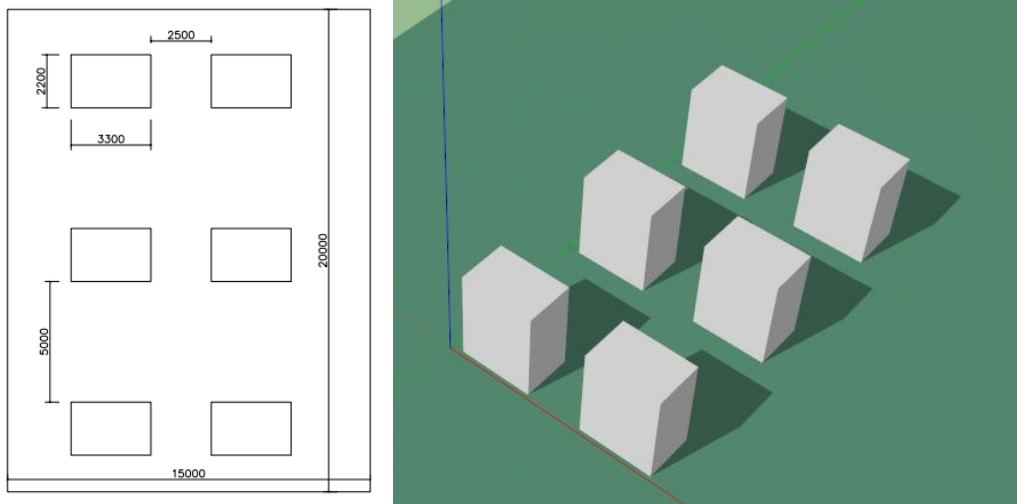


图 4.16 基准模型

4.2.2 建筑间距

将基准模型中的南北向建筑间距分别改为 10 米,20 米,30 米,40 米,60 米分别比较能耗（该能耗包括自然采光）。其余参数均不变。得到如下能耗结果。

表 4.3 建筑间距与能耗表

建筑间距	能耗 KWh/sq.m
60 米	19.682
50 米（基准）	19.678
40 米	19.683
30 米	19.694
20 米	19.731
10 米	19.724

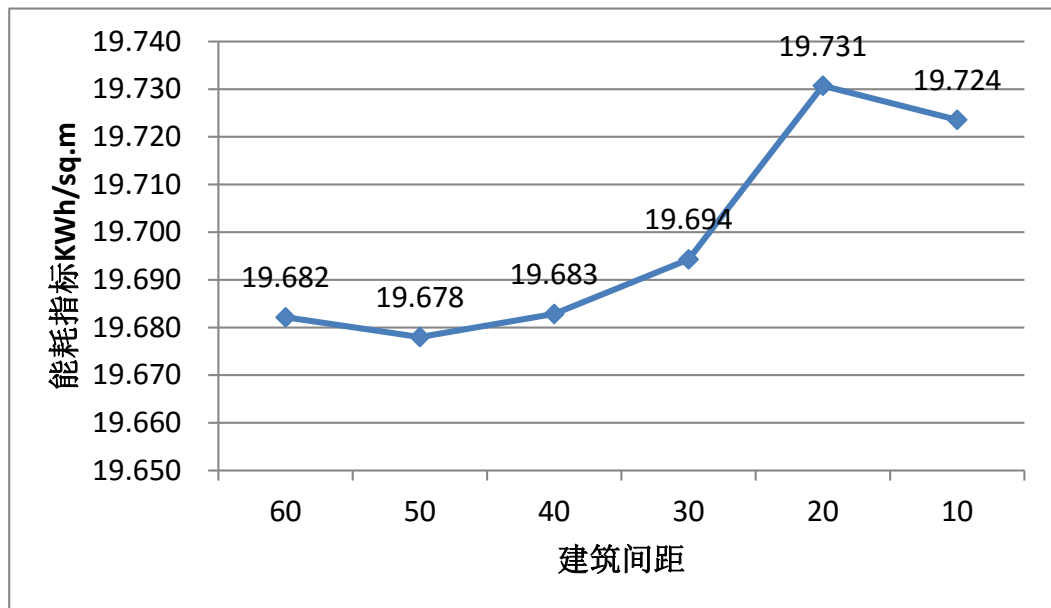


图 4.17 建筑间距与能耗指标

从结果中可以看出，不同的建筑间距单位面积能耗是不同的。从数值上看，能耗相差不大。从趋势来看，建筑间距越小，能耗越大。建筑间距对能耗的影响主要体现在遮挡以及自然采光方面。由图中可知，在建筑高度为 42m 时，建筑间距在 50m 左右能耗最小。

4.2.3 建筑高度

基准建筑为 6 栋 14 层公寓。其形态分布为两两一排，共三排。如图 4.18。

为了研究建筑高度对能耗的影响，保持建筑其余值不变，将基准模型分为三种方案来模拟，具体方案如表 4.4：

表 4.4 建筑高度方案表

	第一排	第二排	第三排
方案一	6 层	14 层	22 层
方案二	10 层	14 层	18 层
方案三	12 层	14 层	16 层
基准	14 层	14 层	14 层

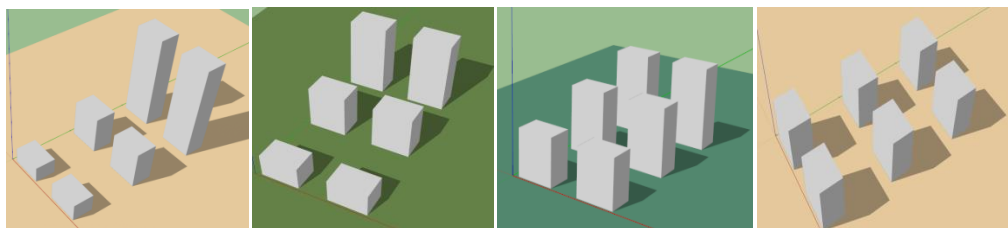


图 4.18 4 种方案图（从左至右依次为方案一、方案二、方案三、基准方案）

模拟方案得到如下能耗：

表 4.5 建筑高度与能耗

建筑高度	能耗 kWh/sq.m
方案 1	19.733
方案 2	19.721
方案 3	19.720
基准	19.678

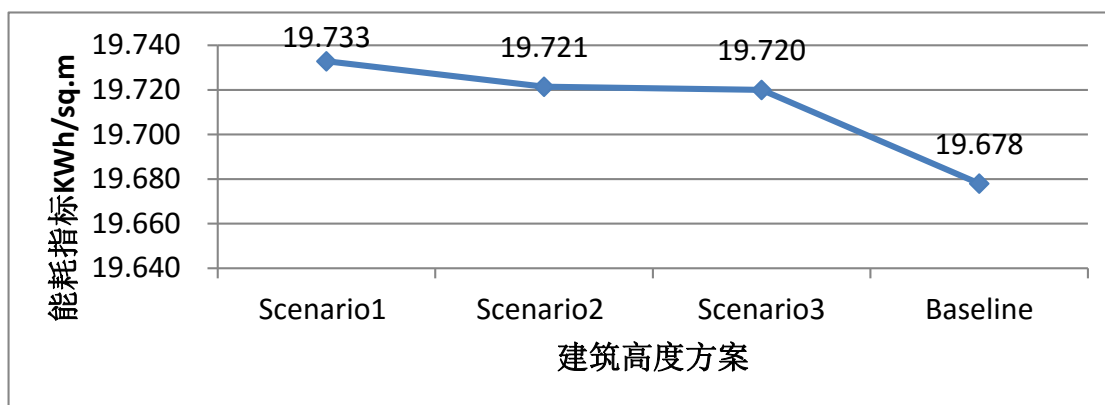


图 4.19 建筑高度与能耗

从图中可以看出，几栋建筑依次排布时，建筑之间高度差越小，能耗越小。从总能耗差来看，建筑高度与单位面积能耗影响不大。

4.2.4 建筑朝向

基准建筑为正南向。使基准建筑围绕北轴旋转 α 角度（图 4.20），每 15 度模拟一次能耗，其余条件均不变。

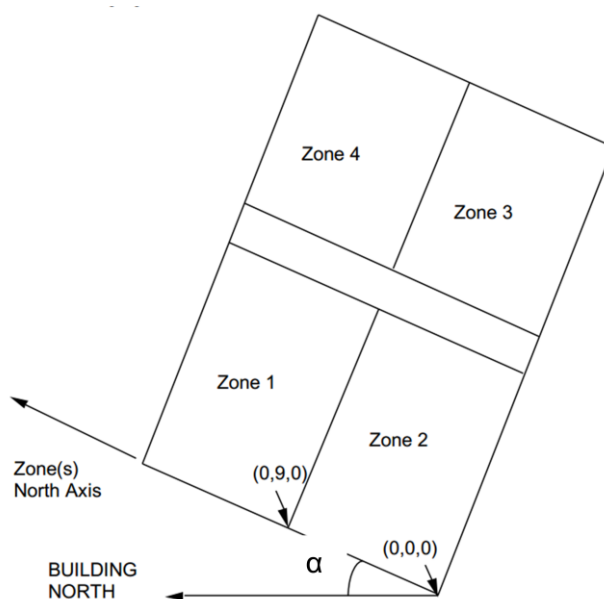


图 4.20 朝向 α 角

模拟后得到下表朝向与能耗数据：

表 4.6 朝向与能耗

朝向 α	能耗
0 度(朝南)	19.68
15 度	19.72
30 度	19.83
45 度	19.90
60 度	19.91
75 度	19.87
90 度	19.83

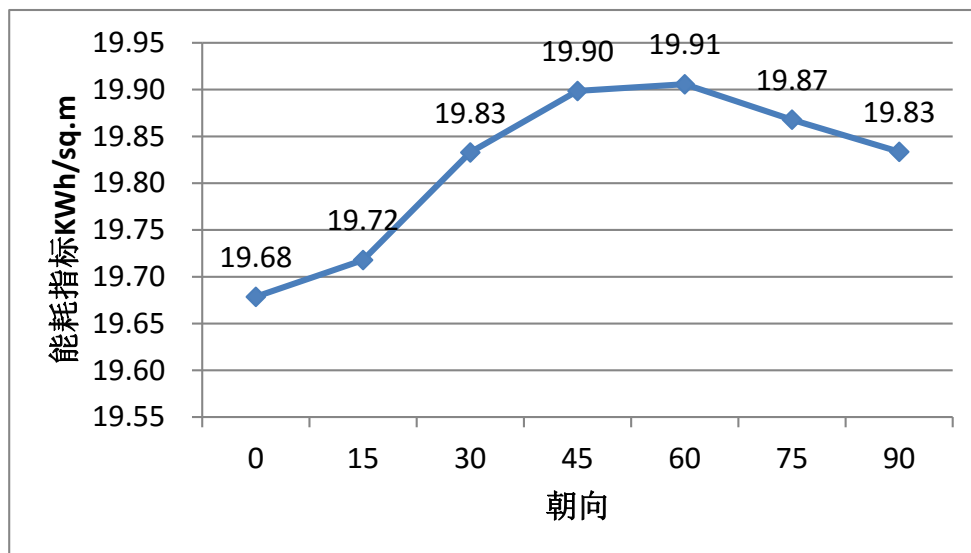


图 4.21 朝向与能耗

建筑物朝向的变化主要为接受的太阳辐射多少的变化。从图中可知，建筑物朝南时耗热量和热负荷最小，南向角度变化后，指标增大。

4.2.5 建筑密度

基准为 6 幢 14 层公寓。保持单栋建筑的底面积不变，现为体现区别，将建筑分为 1 幢 84 层，2 幢 42 层，4 幢 21 层分别进行模拟。

42 层建筑高度 126m，取建筑间距 130m。21 层建筑高度 63m，取建筑间距 40m。数据如表 4.7：

表 4.7 建筑密度与能耗

栋数	层数	建筑密度	能耗 kWh/s.q
1	84	0.0242	21.104

2	42	0.0484	20.134
4	21	0.0968	19.811
6	14	0.1452	19.678

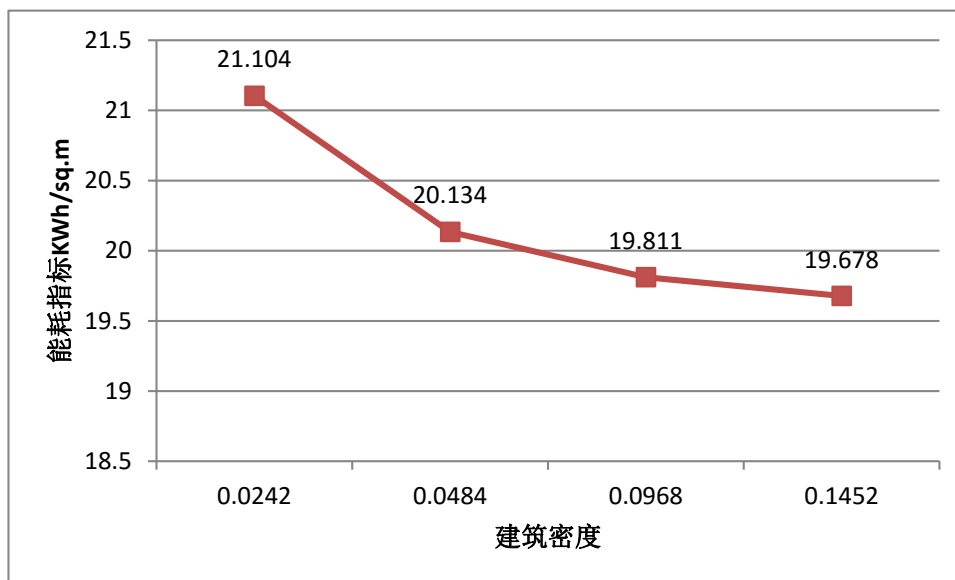


图 4.22 建筑密度与能耗

从图中可以看出，单位面积能耗随建筑密度升高而降低。从能耗数据来看，建筑密度对于能耗的影响较大，1 栋 84 层与 6 栋 14 层的建筑总面积相同，但它们的能耗足足相差 7.2%。因此，合理的建筑密度对于节能来说至关重要。

4.2.6 小结

案例中随着建筑朝向、高度、间距以及密度的变化，建筑能耗均发生相应变化，其中建筑密度对能耗的变化最大，其次是建筑朝向（最大影响能耗 1.15%），建筑高度与建筑间距对能耗影响不大。

从能耗数据来看，建筑物朝南时能耗最小；相同容积率下相同栋数建筑物，建筑物层高相同时能耗最小；建筑物层高相差越大，能耗越大。当建筑高度在 42m 时(基准模型建筑高度)，建筑间距在 50m 左右能耗最小。能耗在一定程度上随建筑密度升高而降低。

第 5 章 总结与展望

5.1 总结

城市形态不仅仅体现了美学的思想，不同的形态有着不同的格局，不同格局有着不同的热风湿环境，从而影响到能耗。可以说，不同形态对能耗的影响也是不同的。本文主要从两方面来研究形态对能耗的关系。一是研究上海地区现有典型住宅小区形态以及能耗，二是研究同一容积率下小区的类型和形态因素（建筑高度、密度、朝向）对能耗的影响。

考虑到不同气候区和南北方形态上的差异，选取上海地区住宅小区进行研究。

a.在相同尺度下选取上海地区住宅小区常见的七种形态，建立这几种形态的典型模型，研究形态与能耗之间的相互关系。

结果表明，这几种形态的建筑能耗从高到低依次为花园洋房、混合式住宅小区、里弄以及公寓。其中 6 层公寓、14 层公寓和 28 层公寓的能耗相差不大。单从建筑能耗看，6 层公寓总能耗最小，而花园洋房最高。从混合模式来看，板楼高层混合能耗与高层超高层混合能耗相差不大，且混合模式能耗明显比行列式普通布局的 6 层公寓、14 层公寓和 28 层公寓能耗高。从自然采光节能来看，花园洋房自然采光节能远高于其他几种形式，其次是混合式住宅，而里弄自然采光节能最小。从自然通风来看，花园洋房自然通风节能最高，其次为混合住宅，6 层公寓和里弄，高层住宅自然通风节能最低。

比较这几种形态的容积率与总能耗之间可以发现，不同的容积率与总能耗之间存在着线性关系。容积率越高，总能耗越高。据这 8 个不同类型住宅的结果，我们可以将容积率与总能耗做一个简单的线性回归。该关系式可以用于规划师在规划时从容积率上粗略估算住宅建筑群大致所需的总能耗。方程为 $y=71.668x-1.2737$ ， $R^2=0.938$ 。其中 y 为总能耗的 1000 倍（单位 kWh）， x 为容积率。

b.在相同尺度，相同容积率下对住宅小区进行研究。

1) 在相同尺度相同容积率下选择点式、行列式和围合式住宅小区作为研究对象，每种小区按照体形系数由高到低建立三种模型，共九类模型进行研究。研究相同容积率下不同类型住宅小区对能耗的影响以及同类住宅小区下体形系数对能耗的影响。

结果表明，点式、行列式和围合式建筑这三种类型的类型以及三种类型中不同的体形系数均与能耗有一定的关系。其中冬季供热能耗随着体形系数的增大而增大。行列式住宅大于点式住宅大于围合式住宅。行列式建筑（板楼）和围合式

建筑随着体形系数的增大, 供冷能耗降低。围合式住宅小区由于增加了建筑间的外形复杂程度, 导致遮阳面积增多, 冷负荷降低。建筑间的遮挡也会影响自然采光的效果。遮阳面积的增加会导致自然采光的削弱, 而自然采光的减小会导致照明能耗的增加。但是在夏天遮阳会使建筑冷负荷降低, 因此需综合考虑。

2) 提取相关形态指标参数(建筑高度, 建筑密度, 建筑朝向), 通过变化指标参数对比同一住宅小区的能耗, 判断形态因素对能耗的影响。

从形态指标来看随着建筑朝向、高度、间距以及密度的变化, 建筑能耗均发生相应变化, 其中建筑密度对能耗的变化最大, 其次是建筑朝向(最大影响能耗1.15%), 建筑高度与建筑间距对能耗影响不大。

从能耗数据来看, 建筑物朝南时能耗最小; 相同容积率下相同栋数建筑物, 建筑物层高相同时能耗最小; 建筑物层高相差越大, 能耗越大。当建筑高度在42m时(基准模型建筑高度), 建筑间距在50m左右能耗最小。能耗在一定程度上随建筑密度升高而降低。

综上所述, 就本论文的研究成果来看, 作为规划师, 在住宅小区的节能设计中, 上海地区住宅小区最优设计为正南向小高层住宅小区, 并且住宅小区内不同建筑之间层高相同且有一定复杂的外形。

5.2 不足之处与展望

本论文对区域形态与建筑能耗的关系进行了一些定量的研究, 由于数据获取和时间的原因, 还有一些不足之处。

1) 未能拿到典型实际小区的电表数据, 由于节能标准和现有住宅小区还是存在一定区别, 若是研究上海地区典型住宅小区形态与能耗的关系最好能拿到实际小区的分项电耗数据, 然后再校验模型, 使模型更为准确。

2) 未能研究绿化以及下垫面对于能耗的影响。距文献所述, 绿化以及下垫面的不同对小区微气候有着比较大的影响。而这里, 仅仅是对住宅小区的形态和自然通风以及自然采光等进行研究。下一阶段需包括绿化和下垫面的影响。

3) 本文由于缺少大量实测数据, 只是在理想情况下进行分析, 因此目前还没法将各个形态指标对能耗的敏感性进行综合分析进而归纳出一个能耗与形态指标的多元函数关系, 这是未来需要做的。

致谢

转眼间，硕士毕业在即，不免感慨，近三年来，我在父母、导师和欢乐课题组的陪伴下共同走过了人生中又一段重要的学习生涯。在我的硕士论文即将完成之际，细细回想这段短暂而又充实的生活，深感自己的幸运。

首先，我非常感谢能够得到导师潘毅群老师的帮助，她是我的良师益友，三年来对我的学习、成长都产生了很大的影响，在忙碌的生活中她一直保持积极乐观的学习和工作态度，保持很高的自我要求和自我约束能力，很值得我们学习。对我来说，她不仅是学习上的导师，更是我努力的方向。潘老师不求回报，默默耕耘，为了我们的学业，付出了很多。在此，我衷心的感谢潘毅群老师对我的栽培和鼓励，让我收获一笔宝贵的人生财富。

黄治钟老师是我研究生阶段的第二导师，从最初进入课题组直到现在，我相信更久的将来，黄老师都是我学习的榜样，他严谨的学术态度、独到的思维方式以及快速的反应能力都让我们年轻人汗颜。黄老师在我的论文完成中也起到了重要的作用，他总能一针见血的找出问题，指点迷津，让我受益匪浅。在此，我同样衷心的感谢黄老师对我的提点和指导。

与此同时，在两位严父慈母般的老师的带领下，欢乐课题组里的兄弟姐妹都忙碌而充实。与各位师弟师妹朝夕相处给我带来了许多快乐，尤其在我完成硕士论文阶段给予我很大的帮助和照顾。在此，我也衷心的感谢他们的陪伴。

最后，我要衷心感谢我的父亲母亲，感谢他们一直以来给予我无私的爱，以及在我成长的过程中对我的严格要求和永远的支持与信任。

参考文献

- [1] Baker N&Steemers,K.Energy and environment in architecture:a technical design.New York:E&FN Spon.2000
- [2] Wener R&Carmalt,H. Environmental psychology and sustainability in high-rise structures[J]. Technology in Society,28(1-2):157-167
- [3] Martin,L.,&March,L.(Eds.).Urban space and structures. Cambridge: At the university press.1972
- [4] Owens,S.,&Bains,H.BC hydro apartments report.2011.Version 4,draft. BC hydro, unpublished report.
- [5] Ratti,C.,Baker,N.,&Steemers,K.Energy consumption and urban texture.Energy and buildings.2005.37(7):762-776
- [6] Ewing,R.,&Rong,F.The impact of urban form on U.S. residential energy use.Housing policy debate.2008.19(1):1-30
- [7] Miller,N.,Cavens,D.,Condon,P.,&Kellett,R.Policy,urban form and tools for measuring and managing greenhouse gas emissions: the North American problem.University of Colorado law review.2009.80(4):977-998
- [8] LSE cities, EIFER, Urban Morphology and Heat Energy Demand [R]. CITIES AND ENERGY. 2011: 4-4
- [9] Serge Salat. Energy loads, CO2 emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behavior[J]. Building Research & Information,2009, 37(5-6):598-609.
- [10] Ewing R.,RongF.The Impact of Urban Form on U.S.Residential Energy Use[J].Housing Policy Debate,2008,19(1):1-30.
- [11] RDH building engineering Ltd.,Energy consumption and conservation in mid and high rise residential buildings in British Columbia,report#1:Energy consumption and trends.2009.
- [12] 刘宏成, 黄星梅.南方建筑[J], 2006, Vol.6: 81-82
- [13] Santamouris, M., N. Papanikolaou, et al. (2001). "On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings." Solar Energy70(3): 201-216.
- [14] Dhakal, Shobhakar. 2008. Climate Change and Cities: The Making of a Climate Friendly Future. Urban Energy Transition: From Fossil Fuels to Renewable Power.PeterDroegeedr. Elsevier: Amsterdam.
- [15] Serge Salat. Energy loads, CO2 emissions and building stocks: morphologies, typologies,

- energy systems and behavior[J]. *Building Research & Information*,2009, 37(5-6):598–609.
- [16] Numan, M. Y., F. A. Almaziad, et al. (1999). "Architectural and urban design potentials for residential building energy saving in the Gulf region." *Applied Energy*64(1-4): 401-410.
- [17] Wong, N. H., S. K. Jusuf, et al. (2011). "Evaluation of the impact of the surrounding urban morphology on building energy consumption." *Solar Energy*85(1): 57-71.
- [18] Michael D, Hitomi N, Xuemei B&Jacqui M.Relationships between form, morphology, density and energy in urban environments.GEA background paper.
- [19] 成一农.中国古代地方城市形态研究方法新探.上海师范大学学报（哲学社会科学版），2010， Vol.39（1）： 43-51
- [20] Jabareen, Y.R. (2006). Sustainable urban forms. Their typologies, models and concepts. *J. Plann. Edu. Res.* **26**:38-52.
- [21] Pont,M.B.,&Haupt,P.The relation between urban form and density.Urban morphology.2007.11(1):62-66
- [22] 龙瀛,毛其智,杨东峰等.城市形态、交通能耗和环境影响集成的多智能体模型.地理学报, 2011, Vol.66（8）:1033-1044
- [23] 卞洪滨.小街区密路网住区模式研究——以天津为例, 2010.
- [24] Kavgic. M, Mavrogianni. A, Mumovic.D, et al., A review of bottom-up building stock models for energy consumption in the residential sector, *Building and Environment*,2010,45(7):1683-1697
- [25] Bouyer, J., C. Inard, et al. (2011). "Microclimatic coupling as a solution to improve building energy simulation in an urban context." *Energy and Buildings*43(7): 1549-1559.
- [26] Xiaoshan Yang, Lihuahao, Michael Bruse, Qinglin Meng.(2012). An integrated simulation method for building energy performance assessment in urban environments. *Energy and Buildings*,54, 243-251.
- [27] 董靛. 街谷热环境的研究[D]. 重庆: 重庆建筑工程学院, 1994.
- [28] 孙立达.小流域综合治理的动态监测与效益评价研究进展[J].水土保持学报, 1993（4）: 84-95.
- [29] Tarabieh K A, Malkawi A M. Building an urban energy performance framework: Integrating spatial analysis and building simulation tools for campus planning [J]. *Building Simulation* 2007(1-3): 1839-1845.
- [30] Ratti C, Baker N, Steemers K. Energy consumption and urban texture[J]. *Energy and buildings*, 2005, 37(7): 762-776.
- [31] Corgnati S P, Corrado V, Filippi M. A method for heating consumption assessment in existing buildings: a field survey concerning 120 Italian schools[J]. *Energy and buildings*, 2008, 40(5):

801-809.

- [32] Fracastoro G V, Serraino M. A methodology for assessing the energy performance of large scale building stocks and possible applications[J]. Energy and Buildings, 2011, 43(4): 844-852.
- [33] Theodoridou I, Papadopoulos A M, Hegger M. Statistical analysis of the Greek residential building stock[J]. Energy and Buildings, 2011, 43(9): 2422-2428.
- [34] Caldera M, Corgnati S P, Filippi M. Energy demand for space heating through a statistical approach: application to residential buildings[J]. Energy and Buildings, 2008, 40(10): 1972-1983.
- [35] Howard B, Parshall L, Thompson J, et al. Spatial distribution of urban building energy consumption by end use[J]. Energy and Buildings, 2012, 45(2): 141-151.
- [36] Dall G, Galante A, Torri M. A methodology for the energy performance classification of residential building stock on an urban scale[J]. Energy and Buildings, 2012, 48(5): 211-219.
- [37] Heiple S, Sailor D J. Using building energy simulation and geospatial modeling techniques to determine high resolution building sector energy consumption profiles[J]. Energy and Buildings, 2008, 40(8): 1426-1436.
- [38] 姚润明, 李百战, Koen S. 能效建筑规划设计方法[J]. 建筑学报, 2004, (8): 62-64.
- [39] 沈钢, 由世俊, 吴文忠. 区域能源需求预测[J]. 暖通空调, 2011, (7): 58-60+140
- [40] 林欢欢, 黄锦涛, 王耀文, 梁铁波, 常经纬. 基于负荷曲线的楼宇热电冷联产系统方案及运行模式分析[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版), 2010, (3): 193-197.
- [41] 韩传忠, 端木琳, 舒海文, 李祥立, 王振江. 区域供冷负荷预测模型的建立[J]. 建筑热能通风空调, 2012, (1): 9-11+85.
- [42] Cobalt engineering. Passive design toolkit. Prepared for the city of Vancouver. 2009
- [43] Cheng, V., Steemers, K., Montavon, M., & Compagnon, R. Urban form, density and solar potential. PLEA 2006 Conference. Geneva, Switzerland.
- [44] 潘毅群等. 实用建筑能耗模拟手册, 中国建筑工业出版社, 2013
- [45] 龙惟定等. 低碳城市的区域建筑能源规划. 中国建筑工业出版社. 2011
- [46] 黄森. 上海期货大厦幕墙玻璃开窗可行性研究报告, 2010
- [47] GB50034, 建筑照明设计标准[S]
- [48] GBJ137—90, 上海市城市规划管理技术规定[S]
- [49] DGJ08-205-2011, 上海市工程建设规范-居住建筑节能设计标准[S]
- [50] JG/T5010-92, 住宅电梯的配套和选择[S]
- [51] 胡纹. 居住区规划原理与设计方法. 建筑工业出版社. 2007

个人简历、在读期间发表的学术论文与研究成果

个人简历:

郁丛，女，1990年3月生。

2012年7月毕业于重庆大学建筑环境与设备工程专业 获学士学位

2012年9月入同济大学读硕士学位

已发表论文:

[1] 潘毅群，郁丛，龙惟定，陈蔚镇.区域建筑负荷与能耗预测研究综述.建设科技.2014
Vol.22:30-33

[2] 郁丛，王秋润，李玉明，潘毅群.上海某大学体育中心能耗分析.建筑节能. 2014. Vol.4:
85-90