



公共建筑能耗标准研究

Research on Energy Consumption Standard for Public Buildings

住房和城乡建设部标准定额研究所
2014.5.27

项目信息

项目资助号: G-1201-15398

Grant Number: G-1201-15398

项目期: 03/01/2012-02/28/2013

Grant period: 03/01/2012-02/28/2013

所属领域:建筑节能

Sector: Building Energy Saving

项目概述: 见执行摘要

Project Discription: See Executive Summary

项目成员: 李大伟、王芬、毛凯、刘俊跃、马晓雯、徐小伟、卢振、刘刚、郭永聪、祝书丰、李雨桐、王欣、刘勇、刘芳、孙冬梅、刘雄伟、罗志强、张欢等

Project team: Dawei Li; Fen Wang; Kai Mao; Junyao Liu; Xiaowen Ma; Xiaowei Xu; Zhen Lu; Gang Liu; Yongcong Guo; Shufeng Zhu; Yutong Li; Xin Wang; Yong Liu; Fang Liu; Dongmei Sun; Xiongwei Liu; Zhiqiang Luo;Huan Zhang,etc

关键词: 公共建筑、建筑能耗、建筑分类、能耗指标

Key Word: public buildings, building energy consumption, building classification, energy consumption index

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

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础，也一直是困扰人类生存与发展的重大问题。近年来，随着我国经济的快速发展，能源需求快速增长。2008年，我国首次超过美国，成为世界上温室气体最大排放国，温室气体排放已达60亿吨。至2010年，我国一次能源消费量为32.5亿吨标准煤，已成为全球第一大能源消费国。化石能源的大量消耗，导致能源紧张、环境污染、气候变暖问题日益突出，已成为我国经济社会发展的瓶颈性制约。

在全球气候变暖的危机影响下，我国对降低温室气体排放空前重视，从战略和全局高度认识了节能减排的重大意义。《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》已明确要求“合理控制能源消费总量，严格用能管理，控制建筑领域温室气体排放”。《中国共产党第十八次全国代表大会报告》当中明确提出要全面促进资源节约。要节约集约利用资源，推动资源利用方式根本转变，加强全过程节约管理，大幅降低能源、水、土地消耗强度，提高利用效率和效益。推动能源生产和消费革命，控制能源消费总量。

目前，建筑能耗已成为与工业、交通能耗并列的三大能耗之一。从建筑能耗总量来看，欧美发达国家建筑能耗占全社会能源消费总量的比例可达三分之一左右，目前我国的建筑能耗占比低于这个比例，已达到19.74%，但未来趋势显著。另一方面，我国民用建筑能耗分为建筑供暖能耗（即严寒寒冷地区建筑供暖能耗）、公共建筑能耗（不含严寒寒冷地区建筑供暖能耗）、居住建筑能耗（不含严寒寒冷地区建筑供暖能耗）和农村建筑能耗等四大部分。根据2011年全国建筑能耗统计结果，公共建筑（不含严寒寒冷地区供暖能耗）为1.71亿tce，占建筑总能耗的24.8%。

由此可见，公共建筑能耗是我国建筑能耗的重要组成部分。2001~2011年公共建筑面积增加了0.8倍，平均的单位面积能耗从2001年的 17.9 kgce/m^2 增加到2011年的 21.4 kgce/m^2 ，在所有建筑中增长最为迅速。其中，大型公共建筑单位建筑面积折合电耗指标为 $70\sim 300 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，中小型公共建筑单位建筑面积折合电耗指标为 $50\sim 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，前者规模相对较大、采用中央空调系统，单位建筑面积能耗指标是后者的2~5倍。最近十几年来，新建公共建筑中大型公共建筑比例不断提高，档次也越来越高，导致能耗也越来越高。同时，既有公共建筑相继大修改造，由普通公共建筑升级为大型公共建筑。这些变化导致大型公共建筑比例逐年增加，是公共建筑单位面积能耗增长的主要驱动原因。

因此，针对公共建筑开展能耗标准研究十分必要且紧迫，本课题开展了以

下五方面的研究并取得相应的成果，具体如下：

（1）公共建筑能耗标准基础研究

根据公共建筑能耗标准制定的目的与意义，结合国内已有建筑能耗统计、能源审计等工作基础，明确公共建筑能耗标准适用范围。在调研国内外已有研究成果的先进经验的基础上，确定公共建筑能耗指标的分类、定义与作用，为后续的研究提供目标依据。

（2）确定了基于能耗标准制定的公共建筑分类模型

在已有按功能对建筑进行分类的基础上，通过对分类方法的梳理，选择聚类分析的方法，对不同类型公共建筑用能进行统计分析，发现规律，确定建筑进一步细分的方法，最终确定公共建筑分类模型。

（3）确定了基于能耗标准制定的公共建筑能耗指标形式

针对公共建筑中可能采用的指标形式，进行系统的分析，对不同能耗指标形式进行对比研究，建立在对各项原则权衡的基础上，研究不同类型公共建筑采用不同能耗指标形式的优缺点与适用性，继而确定各类公共建筑能耗指标形式。

（4）确定了公共建筑能耗指标值的编制方法

研究适用于公共建筑能耗指标值的统计分析法和技术测算法，提出基于统计分析法和技术测算法确定公共建筑能耗指标值的技术路线。

①根据各类公共建筑用能的实际特性，结合大量的能耗统计、能源审计以及大型公建能耗监测样本建筑的能耗数据，研究用于公共建筑能耗指标值确定的统计分析法。

②根据各类公共建筑的实际使用边界，充分考虑技术先进性和使用的合理性，在建立各类公共建筑的标准建筑的基础上，通过对标准建筑实现使用功能的合理能源消耗的研究，确定适用于各类公共建筑能耗指标值确定的技术测算法。

③对统计分析法和技术测算法实施的优点以及不利因素进行研究，提出公共建筑能耗指标值的三种技术路线：基于统计分析法的公共建筑能耗指标值确定方法、基于技术测算法的公共建筑用能指标值确定方法以及统计分析法与技术测算法相结合的公共建筑能耗指标值确定方法。研究三种技术路线的适用条件，不同地区可根据当地建筑用能的发展现状以及技术支撑水平，合理选择相适宜的技术路线，以确定建筑能耗指标值。

（5）典型案例分析

针对深圳公共建筑能耗进行实际案例分析，验证了研究成果的科学性、合理性与可操作性。

本课题的开展具有重要理论指导和现实指导意义，研究成果已直接应用于国家标准《建筑能耗标准》第五章公共建筑能耗指标的编制工作当中，为该标准的编制提供了关键技术支撑和理论依据。目前，该标准各项编制工作有序进行，已完成标准征求意见稿编制工作，并面向社会开展征求意见工作。

关键词：公共建筑、建筑能耗、建筑分类、能耗指标

Summary

The human society relies on energy for survival and development. Energy has been a significant issue that troubles man in terms of survival and development. In recent years, as Chinese economy develops quickly, the demand for energy increases quickly. In 2008, China first surpassed the United States and became the country with the largest greenhouse gas emission in the world. The greenhouse gas emission has reached 6 billion tons. In 2010, the primary energy consumption of China was 3.25 billion standard coal and China has become the largest energy consumer in the world. The consumption of a huge amount of energy make issues such as energy shortage, environmental pollution and climate warming become increasingly prominent and has become a bottleneck that limits economic and social development of China.

Under the influence of the global warming crisis, China attaches unprecedented importance to reduction of greenhouse gas emission and realizes the great significance of energy saving and emission reduction from the strategic and global height. The Twelfth Five-Year Plan for National Economic and Social Development of the People's Republic of China has explicitly required reasonably controlling total energy consumption, imposing strict requirements on energy usage management and controlling greenhouse gas emission in the building field. Hu Jintao's Report at the 18th Party Congress explicitly proposes promoting resource conservation. We must utilize resources in an intensive and economical manner, promote fundamental transformation of resource utilization, strengthen full-process conservation management, greatly reduce the extent of energy, water and land consumption and improve the utilization efficiency and benefit. We should push forward energy production and consumption revolution and control the total energy consumption.

At present, building energy consumption has become parallel to industrial energy consumption and transportation energy consumption. In terms of total building energy consumption, building energy consumption in developed European and American countries accounts for about 1/3 of the total energy consumption. At present, building energy consumption in China is lower than this proportion and has reached 19.74%.

In the future, the trend will become obvious. In addition, energy consumption of civil buildings in China is divided into energy consumption due to heating of buildings (that is, energy consumption due to heating of buildings in cold regions), energy consumption of public buildings (not including energy consumption due to heating of buildings in cold regions), energy consumption of residential buildings (not including energy consumption due to heating of buildings in cold regions) and energy consumption of rural buildings. According to the statistical results of energy consumption of nationwide buildings in 2011, the energy consumption of public buildings (not including energy consumption due to heating of buildings in cold regions) is 0.171 billion TCE, accounting for 24.8% of total building energy consumption.

This shows that energy consumption of public buildings is an important part of building energy consumption in China. Between 2001 and 2011, the area of public buildings increases by 0.8 times and the average energy consumption in the unit area increases to 21.4 kgce/m² in 2011 from 17.9 kgce/m² in 2001, which is the quickest increase among all buildings. By means of conversion, power consumption in the unit building area of large public buildings is 70 to 300 kWh/(m²•a) and power consumption in the unit building area of small and medium public buildings is 50 to 70 kWh/(m²•a). The former has a large scale and uses the central air-conditioning system and its power consumption in the unit building area is twice to five times of the latter. In the recent more than 10 years, the proportion of large public buildings among new public buildings increases continuously and the grade of the large public buildings becomes higher and higher, which results in higher and higher energy consumption. In addition, the existing public buildings are repaired and reconstructed successively and are escalated from common public buildings to large public buildings. These changes make the proportion of large public buildings increase by years and are main reasons for increase of energy consumption in the unit area of public buildings.

Therefore, it is very necessary and pressing to carry out research on the energy consumption standard of public buildings. This subject carries out research in the following five aspects and achieves corresponding results, which are specifically:

(1) Basic research on energy consumption of public buildings

According to the purpose and significance of formulation of the energy consumption standard for public buildings as well as energy consumption statistics of existing buildings in China and energy audit, determine the applicable scope of energy consumption of public buildings. Based on the advanced experience in researching existing Chinese and international research achievements, determine classification, definition and purpose of energy consumption of public buildings to provide target basis for subsequent research.

(2) Determine the public building classification model formulated based on the energy consumption standard.

On the basis of the existing building classification by functions, select the clustering analysis method by sorting out classification methods, perform statistical analysis on energy consumption of different building types, discover the laws, determine the building subdivision method and finally determine the classification model for public buildings.

(3) Determine the energy consumption index formulated based on the energy consumption standard.

For the possible indexes that may be used for public buildings, perform systematic analysis, compare different energy consumption indexes, research the advantage, disadvantages and applicability of different energy consumption indexes for different public building types and then determine power consumption indexes of various public buildings.

(4) Determine the method on how to formulate energy consumption indexes for public buildings.

Research the statistical analysis method and technical measurement method applicable to public buildings and propose the technical route for energy consumption

of public buildings determined based on the statistical analysis method and technical measurement method.

① According to actual features of energy consumption of various public buildings, large amount of energy consumption statistics, energy audit and energy consumption data of sample buildings whose energy consumption is monitored, research the statistical analysis method for determining the energy consumption indexes of public buildings.

② According to the actual use edge of various public buildings, take technical advancement and rationality of use into full consideration. After the standards for various public buildings are formulated, determine the technical measurement method for determining the energy consumption indexes of various public buildings by researching the reasonable energy consumption for use of standard buildings.

③ Research the advantages and disadvantages of the statistical analysis method and technical measurement method and propose three technical routes for energy consumption of public buildings: method for determining energy consumption of public buildings based on the statistical analysis method, method for determining energy consumption of public buildings based on technical measurement method, and method for determining energy consumption of public buildings based on the statistical analysis method and technical measurement method. Research conditions applicable to the three technical routes. Different regions can reasonably select an appropriate technical route according to the current development of local building energy consumption and technical support level so as to determine the energy consumption indexes of buildings.

(5) Typical cases

The analysis on actual cases about energy consumption of public buildings in Shenzhen proves that the research results are scientific, reasonable and operable.

The research on this subject is of great theoretic and realistic guiding significance. The research results have been directly used in preparation of Chapter 5 Energy Consumption Index of Public Buildings in the national Standard for Energy Consumption of Buildings and provide key technical support and theoretic basis for

formulation of the standard. At present, the formulation of the standard proceeds in an orderly way, the draft for comments on the standard has been completed and is now seeking advice from the society.

Key words: public buildings, building energy consumption, building classification, energy consumption index

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 课题背景	1
1.1.1 建筑能耗标准国际背景	1
1.1.2 建筑能耗标准国内背景	4
1.2 国内外研究现状	7
1.2.1 国外建筑能耗标准研究现状	7
1.2.2 国内建筑能耗标准研究现状	14
1.3 课题的提出	17
1.3.1 课题研究目的	17
1.3.2 课题研究意义	17
1.3.3 课题研究内容	18
第 2 章 公共建筑能耗标准基础研究	20
2.1 公共建筑能耗标准编制的政策依据	20
2.1.1 相关法律法规	20
2.1.2 与现行标准的关系	21
2.1.3 已有地方实践工作简介	23
2.2 公共建筑能耗标准编制的核心要点	24
2.2.1 公共建筑能耗标准的范围	24
2.2.2 建筑能耗指标分类、定义及作用	25
2.2.3 公共建筑能耗标准的原则	26
2.3 本章小结	26
第 3 章 基于能耗标准制定的建筑分类模型研究	27
3.1 分类学概述	27
3.1.1 分类概念	27
3.1.2 分类方法概述	27
3.1.3 聚类分析方法	28
3.1.4 分类合理性检验方法	28
3.2 公共建筑分类研究	29

3.2.1 办公建筑分类模型研究.....	30
3.2.2 宾馆酒店建筑分类模型研究.....	41
3.2.3 商场建筑分类模型研究.....	46
3.3 本章小结.....	53
第 4 章 公共建筑能耗指标形式研究.....	54
4.1 指标形式的分类与定义.....	54
4.1.1 指标形式的分类.....	54
4.1.2 单位建筑面积能耗指标分析.....	54
4.1.3 人均能耗指标分析.....	55
4.1.4 单位税收（营业额）能耗指标分析.....	56
4.2 建筑能耗指标形式选取原则.....	57
4.3 指标形式确定研究.....	58
4.3.1 办公建筑能耗指标分析.....	58
4.3.2 商场建筑能耗指标分析.....	62
4.3.3 宾馆酒店建筑能耗指标分析.....	66
4.4 本章小结.....	71
第 5 章 公共建筑能耗指标值确定方法研究.....	72
5.1 建筑能耗指标值确定方法简介.....	72
5.1.1 专家咨询法.....	72
5.1.2 统计分析法.....	72
5.1.3 技术测算法.....	73
5.2 建筑能耗现状指标值确定方法.....	74
5.3 建筑能耗约束性指标值确定方法.....	74
5.3.1 基于统计分析法确定建筑能耗约束性指标值.....	74
5.3.2 基于技术测算法确定建筑能耗约束性指标值.....	76
5.3.3 统计分析与技术测算相结合确定建筑能耗约束性指标值.....	97
5.4 建筑能耗引导性指标值确定方法.....	98
5.4.1 基于统计分析法确定建筑能耗引导性指标值.....	98
5.4.2 基于技术测算法确定建筑能耗引导性指标值.....	98

5.4.3 统计分析与技术测算相结合确定建筑能耗引导性指标值.....	99
5.5 本章小结.....	99
第 6 章 案例分析.....	100
6.1 深圳市建筑能耗现状指标值编制实例.....	100
6.2 深圳市建筑能耗约束性指标值编制实例.....	100
6.2.1 基于统计分析法确定约束性指标实例.....	101
6.2.2 基于技术测算法确定约束性指标实例.....	105
6.2.3 统计与技术方法相结合确定约束性指标实例.....	121
6.3 深圳市建筑能耗引导性指标值编制实例.....	122
6.3.1 基于统计分析法确定引导性指标实例.....	122
6.3.2 基于技术测算法确定引导性指标实例.....	122
6.3.3 统计与技术方法相结合确定引导性指标实例.....	126
第 7 章 结论.....	127

第1章 绪论

1.1 课题背景

1.1.1 建筑能耗标准国际背景

①世界能源形势

当前全世界主要采用的仍然是化石能源，如是石油、天然气和煤。20 世纪 70 年代的石油危机后，世界石油消费量却没有丝毫减少的趋势。此后，随着科技水平的进步和人类对能源危机的进一步认识，核能、风能、水力、太阳能等能源逐步开发，石油、煤炭所占比例缓慢下降，天然气的比例上升，形成了目前以化石燃料为主和可再生能源、新能源并存的能源结构格局。在未来很长的一段时期，人类对能源的需求将一直增长，但是仅仅依靠化石能源是不可行的，其一，化石能源的储量有限，终有枯竭之时；其二，化石能源大量消耗将带来严重的环境问题，如由于温室气体排放引起的全球气候变暖、酸雨等。目前，世界能源形势不容乐观，主要存在以下矛盾：

➤ 化石能源需求的持续增长与供应能力有限的矛盾

以 2008 年为例，石油、煤炭、天然气、核电和水电的比重分别为 34.78%、24.14%、29.25%、5.49%和 6.35%，化石燃料的比重达到了 88.17%，可见全球能源消耗结构中化石燃料仍占有很大比重。然而，全球化石燃料的储量却并不乐观，截至 2008 年末，全球石油、天然气和煤炭储量为 170.80 万亿 t、185.02 万亿 m³ 和 0.826 万亿 t，相应储采比为 42、60.4 和 122。

➤ 一次能源的消耗与环境保护的矛盾

世界能源形势二十世纪末，人们开始对日益明显的全球变暖趋势表示了极大的关注。能源消耗所产生的全球温室气体排放已经明显增加，1970 年至 2004 年期间增加了 70%，由 28.7 亿吨 CO₂ 当量增至 49 亿吨 CO₂ 当量。全球近 50 年（1956-2005 年）的线性变暖趋势（每 10 年 0.13℃）几乎是近 100 年（1906-2005 年）的两倍，而大部分已经观测到的全球平均温度的升高很可能是因为观测到的人为温室气体浓度升高而造成的。

➤ 清洁、可再生能源日益受到重视与发展水平低下的矛盾

石油、天然气资源将在 2050 年前被耗尽的看法已被公认。核能发电由于是碳零排放和生产成本低廉被认为是理想的未来能源，不久前一直呈增长趋势，但其安全性和经受自然灾害的能力，最近又受到人们质疑。甲烷水合物在海洋大陆架深处和陆上永久冻土带有相当的蕴藏量，但目前开采利用在技术上尚有困难。世界上煤的资源尚能满足 100~200 年的需求，但其低碳排放的清洁利用

技术还需进一步开发。利用生物燃料能源有利于减少碳排放，但和粮食生产、经济作物、其它动植物争土地和空间会受到相当程度限制。太阳能的充分利用是一条好出路，但由于占地面积大、太阳能电池的昂贵和低效，这一可再生能源当前尚难以大量开发利用。风力和潮汐发电亦属可再生能源，但亦受地域、节气和设备投资的限制。从能源供应的角度来看，形势并不太乐观。

► 经济发展与一次能源供应间的矛盾

二十世纪的科技革命和经济全球化促进了社会生产力的提高，1990年至2006年期间，全球GDP总量年增长率5.1%，全球经济奇迹般地持续快速增长，能源消费也相伴着持续增长，一次能源消费总量年增长率1.85%。由于化石燃料为不可再生能源，是经过了漫长的地质年代才形成的，因此人类对化石燃料的过度依赖使得未来经济增长充满了不确定性，历年化石燃料的价格变化或许可资佐证。以石油为例，1990年至2006年间布伦特原油价格年增长率达到了6.51%，高于前面提及的GDP和能源消费的年增长率。

② 国际能源安全

能源已经成当前各国政治和经济角逐的焦点，是国家之间力量对比的决定因素，甚至成为社会进步与成功的一个新标志，获得能源成为21世纪压倒一切的首要任务。能源安全已经受到政府、学者和民众的普遍关注。经济全球化的背景下，国家经济机器的运行、国防能力的维持和公民日常生活的保证都离不开能源，它已经成为国家生存所必需的基本条件，因此确保能源供应已经上升为国家安全战略，

能源安全在一定程度上甚至决定了依赖于能源的各个国家的军事和外交策略。能源对国际关系的影响首先体现在军事领域，如二战期间的能源供应对战争进程就产生了巨大影响，20世纪70年代的两次石油危机催生了现在的能源安全体系架构——能源消费国建立国际能源机构以应对欧佩克国家的石油联盟。现实情况已经改变了国家安全要素的构成，在传统的领土和军事安全之外，经济安全、环境安全、社会安全和能源安全等非传统安全逐渐纳入国家安全体系之中。

当前国家间围绕能源供应展开了激烈的政治、外交甚至军事争夺，各种形式的“能源战争”已经成为事实，而发展中国家迅速增长的能源需求使得形式更加紧张。但是，国家之间的能源矛盾可以通过国际合作和协商加以解决，尤其是全球能源市场正日趋完善，这也是大国在能源安全问题上既相互竞争又相互依赖、相互合作的原因。

③ 国际气候合作

20 世纪末，人们开始对日益明显的全球变暖趋势表示了极大的关注。联合国大会在 1990 年成立了政府间谈判委员会（Intergovernmental Negotiating Committee, INC），1992 年 6 月巴西里约热内卢举行的联合国环发大会通过了委员会起草的《联合国气候变化框架公约》，它成为应对气候变化问题上的政府间合作和谈判的起点和基本框架。1995 年和 1996 年分别召开了缔约方第一次和第二次会议，第三次大会于 1997 年 12 月 11 日在日本东京举行，149 个国家和地区代表出席会议并通过了《京都议定书》。《京都议定书》首次以国际法律文件的形式量化规定了工业化国家温室气体排放的限额。2007 年 12 月 3 日，《联合国气候变化框架公约》缔约方第 13 次会议在印度尼西亚巴厘岛开幕。由于《京都议定书》第一承诺期将于 2012 年到期，之后如何安排全球继续进行温室气体减排成为本次大会的焦点，与会各方通过了《巴厘岛路线图》，其主要内容包括：大幅度减少全球温室气体排放量，未来谈判应考虑为所有发达国家设定温室气体的减排目标；发展中国家应努力控制温室气体排放增长；发达国家有义务在技术开发和转让、资金支持等方面向发展中国家提供帮助；在 2009 年年底之前，达成接替《京都议定书》的旨在减缓全球变暖的新协议。

➤ 《京都议定书》简介

《京都议定书》规定附件 B 缔约方以各自 1990 年温室气体的排放量为基准，于 2008~2012 年期间将二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、氢氟碳化物、全氟化碳和六氟化硫共六种温室气体的排放量平均至少削减 5%。另外，还专门引入了三种“灵活机制”以帮助各国低成本履行减排义务，包括排放贸易（Emission Trade, ET）、联合履行（Joint Performance, JI）和清洁发展机制（Clean Development Mechanism, CDM）。“排放贸易”是指附件 B 缔约方在确保完成规定的减排目标的情况下，可以将剩余部分的排放额度用于市场交易，将其出售给其他减排成本较高的工业化国家。“联合履行”是指附件 B 缔约方可以在其他附件 B 缔约方投资项目以减少当地排放或增强吸收温室气体的能力，由此产生的排放减少量可由双方共享。“清洁发展机制”的运作方式与“联合履行”相似，允许发达国家在发展中国家投资实施减排项目，以当地经过证实的减排数量（CER）来抵消发达国家自身的减排额度。

➤ 哥本哈根气候大会

《联合国气候变化框架公约》第十五次缔约方大会暨《京都议定书》第五次缔约方会议在延期一天之后，于 2009 年 12 月 19 日在哥本哈根终于落下了帷幕，来自世界 192 个国家和地区的政府、国际组织、非政府组织、学术团体和企业界的近 4 万名代表，包括 119 位国家首脑出席了此次大会。

本次会议的核心议题是商讨《京都议定书》第一个承诺期（2008年～2012年）结束后全球应对气候变化的策略安排，各方希望能在以下方面达成共识：落实2007年12月联合国气候会议通过的《巴厘行动计划》，就2050年的长远目标达成共同的愿景；发达国家在2020年的温室气体排放水平相对于1990年下降25%～40%；发展中国家采取可测量、可报告和可核查的减缓行动；发达国家提供资金、技术帮助发展中国家适应气候变化，减少温室气体排放，减少毁林。

会议的进行并非一帆风顺，先是曝出“气候门”事件，气候变化数据的可靠性遭到质疑；接着部分发达国家密谋的“丹麦提议”被泄漏，这份提案完全背离了发达国家在温室气体排放方面的责任和义务的相关精神；发达国家还利用岛国忧心“水淹”的焦虑，试图离间发展中国家；欧盟、日本更是大力鼓吹“中美对峙”、“美中共治”，企图推卸责任。这些都是世界各国争抢低碳经济控制权的表现，是各方利益和力量的充分博弈。

美国和欧盟等发达国家继续坚持“有条件”的谈判立场：欧盟态度渐趋消极，没有表现出解决资金和技术转让问题的诚意；伞形集团国家把部分“先进的发展中国家”承担量化减排义务设置为前提条件；发达国家试图推翻《京都议定书》，变双轨谈判为单轨谈判，否定“共同但有区别的责任”原则。中国、印度、巴西、南非和77国集团则坚决维护《京都议定书》的基本原则，要求发达国家承诺减排指标，并应考虑落后国家、岛屿国和非洲国家在应对气候变化方面的特殊需求。

最终，一次被全球瞩目的被称为拯救地球的会议，却只达成了一个不具备任何法律约束力的《哥本哈根协议》。《哥本哈根协定》（Copenhagen Accord）的文件中明确了全球的温度控制目标，即确保全球平均温度的升幅不超过2摄氏度；此外，发达国家到2012年的短期资金援助为每年300亿美元，并在2020年前每年投入1000亿美元的长期援助资金，但文件中并没有表明各主要减排国的减排数字，只在附件中有一份表格，涵盖一些较为重要的细节。

本次会议令许多充满期待的人倍感失望，但是令人欣慰的是，《哥本哈根协议》坚定地维护了《联合国气候变化框架公约》及其《京都议定书》确立的“共同但有区别的责任”原则，对发达国家实行强制减排和发展中国家采取自主减缓行动也作了安排，并就全球长期目标、资金和技术支持、透明度等焦点问题达成广泛共识。

1.1.2 建筑能耗标准国内背景

①我国能源形势

能源问题一直是困扰人类生存与发展的重大问题，作为世界上发展最快的经济大国，能源问题在我国显得更为突出。在我国化石能源资源探明储量中，90%以上是煤炭，人均储量也仅为世界平均水平的 1/2；人均石油储量仅为世界平均水平的 11%；天然气仅为 4.5%。近 10 年，经济的飞速发展带动我国能源消费持续以每年超过 10% 的速度增长，我国对能源的需求正在以惊人的速度增加。长期以来，我国采用粗放型的增长模式已经导致我国建筑能源利用效率的低下，单位 GDP 也远高于发达国家甚至印度、巴西等发展中国家。

我国的能源形势不容乐观。现阶段，我国单位 GDP 能耗远大于发达国家，我国国民经济是美国发展水平的 1/10，但是社会总能耗却是美国的 1/3。我国年需要各种能源共 17 亿吨标准煤，但生产的能源仅为 13.7 亿吨标准煤，远低于世界平均水平。而且我国能耗生产的增加速度还滞后于国内生产总值的增长速度，能耗问题将成为制约我国国民经济发展的主要障碍。

2008 年，我国首次超过美国，成为世界上温室气体最大排放国，温室气体排放已达 60 亿吨，其次为美国的 59 亿吨，几乎为其他主要温室气体排放国的总和。2010 年我国一次能源消费量为 32.5 亿吨标准煤，同比增长 6%，已成为全球第一能源消费大国。而中国仍是一个发展中大国，对经济发展的需求必然会导致能源需求的进一步增加，从而进一步严重威胁到我国、乃至世界的生态、气候环境，我国在温室气体排放上面临前所未有的压力。

在全球气候变暖的危机影响下，我国对降低温室气体排放空前重视，把节能减排工作作为政府当前的重要工作。

②我国建筑用能现状

随着我国经济的发展，人们生活水平的提高，建筑能耗已一跃成为我国与交通、工业能耗并列的三大能耗之一。由于我国人口众多，人民生活条件不断改善，建筑能耗数量十分巨大，导致建筑能耗的总量逐年上升，所占全国能源消费总量比例也在逐步升高。

我国建筑能耗占全社会终端能耗的比率已从 1978 年的 10% 发展到当前的 27.5%。若综合建材生产和建造，建筑业相关能耗比例占社会总能耗超过 40%。据预测到 2020 年我国建筑能耗将达到 10.9 亿吨标准煤。我国建筑大部分属于高能耗建筑，并且在新建建筑中有很大部分也属于高能耗建筑。

目前，我国正处在城市化高速发展的过程中。为适应城镇人口飞速增长的需求和继续改善人民生活水平的需要，在 2020 年前我国每年城镇新建建筑的总量将持续保持在 10 亿 m^2/a 左右，到 2020 年新增城镇民用建筑面积将为 100~150 亿 m^2 。由于人民生活水平提高，供暖需求线不断南移，新建建筑中将有 70 亿 m^2 以上需要供暖，10 亿 m^2 左右为大型公建，按照目前建筑能耗水平，则需

要增加的用于供暖的能量按标准煤计达 1.4 亿 t/a，需增加的用电量达 4000 亿～4500 亿 kWh/a。这将成为对我国能源供应的巨大压力。

目前，我国城市单位建筑面积能耗也仅为同类型气候条件的美国的 50%，城镇人均建筑运行能耗不到美国人均建筑运行能耗的 10%。与上世纪 50 年代初的美国状况非常接近。但是随着美国的经济发展和居民生活水平的提高，20 年时间内单位建筑面积能耗增加了约 150%，人均建筑运行能耗增加了 4 倍。建筑运行能耗随着经济增长和生活水平提高而迅速增长的现象也发生于 60 年代之后的日本和 80 年代之后的韩国等国家。我国目前经济增长速度和人民生活水平改善的速度都远高于上世纪 50 年代的美国，这都将导致单位建筑面积和人均的建筑运行能耗的增长。

随着我国城市化程度的不断提高，第三产业占 GDP 比例的加大以及制造业结构的调整，建筑能耗的比例将继续提高，最终接近发达国家目前 33% 的水平。根据近 30 年来能源界的研究和实践，目前普遍认为建筑节能是各种节能途径中潜力最大、最为直接有效的方式，是缓解能源紧张、解决社会经济发展与能源供应不足这对矛盾的最有效措施之一。

③我国建筑节能考核方式

现有的节能工作一般都有两个方法来判断，一个思路是摆出一堆技术写得清清楚楚：可再生能源、先进的太阳能设备、良好的保温、热惰性；水源热泵、双层玻璃幕墙等技术。这类似于节能设计标准的规定性指标。另一个思路是能源消耗数据。因为节能最根本的目标是把实际的能源消耗降下来，实际耗能量比节能率更加实际、直观，这类似于节能设计标准里的性能性指标。

在过去的节能工作中，我国节能改造的重点放在了新技术、新能源的使用上国家和政府鼓励新建建筑采用新的节能技术及材料。然而在实践中发现，很多使用了新技术、新材料、新工艺的建筑能耗依然高居不下。因此造成了一种现象：先进技术、设备的堆积，但并不节能。因此，第二种思路用能源消耗的数据来说话，应该是检验建筑是否实现节能的唯一标准。我国已有的节能法规往往更偏向于前者，这也是既有的节能法规的不完善之处。

“十二五”期间，我国的建筑节能考核方式将开始发生根本性转变，即由过去针对技术措施的控制方式，如考核采用节能技术的数量、围护结构性能指标、系统和设备的能效等，逐步转向用能总量的控制方式，即通过采用能耗限额等控制方法，鼓励采用技术结合使用模式实现能耗总量的控制。我国建筑节能考核方式的深刻转变，既是我国能源形势的迫切需要，亦是进一步深化建筑节能工作的迫切需要。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外建筑能耗标准研究现状

为实现《京都议定书》规定的节能减排目标，欧盟及日本等国外发达国家把建筑节能作为这些国家提高能源利用效率和 CO₂ 减排政策中最主要的部分之一，颁布了建筑节能法律法规和建筑能耗标准，量化建筑节能减排目标，清晰建筑能耗基线，严格控制建筑能耗增长。下面将简要介绍德国、法国以及日本等主要发达国家的先进经验。

➤ 德国

(1) 新建建筑能耗指标

德国的建筑节能分为三个阶段，即：第一阶段：控制单体建筑外围护结构（外墙、外窗、屋顶）保温隔热指标及综合导热系数等性能指标（建筑保温法规 WSV01978，1982、1995）；第二阶段：在第一阶段的基础上，控制建筑的单位面积能耗数量和整体内部能耗值（建筑节能法规 EnEv2002）；第三阶段：控制建筑的整体一次能源需求总量和不同种类能源需求（如电、煤、重油等），促进可再生能源和清洁能源利用，从而控制社会整体能耗和优化能源结构（建筑节能法规 EnEv2006）。由此可以看出，德国节能思想紧抓能耗的关键，不是单纯从材料、单项技术出发，而是通过一系列政策标准手段，控制建筑能源使用需求量，从而有效节能。这显示节能思想的不断进步，体现了先进的策略，对我国建筑能耗标准的制定具有良好的借鉴和指导意义。

EnEV2006 采用的建筑能耗评价指标主要有：建筑外围护结构导热系数的综合值；采暖、热水、通风、空调设备的能效系数；建筑全年一次性能源需求量；建筑对全年不同种类能源的能量需求数值（不同种类能源包括电、煤、重油等）。

一次能源消耗量的计算方法是：对于居住建筑，根据不同地区气候统计数据和设计室内温度，确定出每月室内外平均温差；根据建筑围护结构（外墙、窗、层面等）的设计导热/隔热系数，乘以相应的面积，可以算出采暖（制冷）所需能量。在此基础上，考虑采暖（制冷）所采用设备的热效率和传输的损失，减去利用温室效应、太阳能收集装置和地热、地冷等设备所节约的能源的数量，可以最终准确的计算出未来新建建筑一次能源消耗量；对于非居住建筑，采用参照建筑计算方式，分别计算出建筑最大采暖能耗、最大通风能耗、最大照明能耗、最大制冷能耗、最大热水能耗，要求新建建筑能耗不得超过最大允许一次性能源消耗量。

(2) 既有建筑能耗指标

德国对既有建筑的节能改造，也有清晰的衡量标准。既有建筑能耗标准采用“建筑物整体单位能耗”（建筑物基面净面积所对应的全年总电耗量）和“单项电能参数值”（它是与建筑物基面净面积相对应的、某种使用目的的年电耗量，使用目的分为照明、通风、空调制冷、运行设施、管理中心设施、各种技术设备、电采暖）。

既有建筑能耗数据分析方法：分为前期分析、宏观分析和详细分析三步。

1) 前期分析：不进行实地调查走访，仅以电力供应企业的结算单以及该建筑物的其他现有资料（如测量结果、鉴定报告等）为基础，计算整体的、与建筑物基面净面积相对应的单位能耗。前期分析方法采用“建筑物整体单位能耗指标”评价，适用于应用范围和使用目的都相同的简单建筑。2) 宏观分析：按照不同的使用目的和/或使用区分别计算单项参数值和单位电耗，以评价各单项用能高低和节能潜力，根据节能潜力再进一步判断是否进行详细分析。最多进行为期一天的实地调查走访。3) 详细分析：通过现场测量和检查，针对各个设备的使用条件、使用时间、功率密度、满负荷运行小时数等，进行实际值分析。适用于建筑结构或技术非常复杂的建筑物。

当“实际值”小于“额定值”或实际值大于“额定值”但小于“平均值”的某一微小变化范围内时，可不进行详细分析，否则需进行详细分析。“实际值”是指将 VDI3807 第 1 篇所规定的电能参数值作为净面积所对应的整座建筑物的年能耗（ $\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{a}$ ）；“额定值”根据 VDI3807 第 2 篇有关电能参数值的规定，从所测得的单位能耗中利用统计方法所推导出标准值，不同建筑物类型和使用目的的额定值也有所不同。

（3）指标分类及定义

为体现技术先进的新建建筑应达到的目标和既有建筑节能改造要求的区别，设定了两个层次的建筑能耗指标值：限值和目标值。

1) 限值

采用符合当前技术标准的部件和系统可以达到且经济合理的，按使用目的和使用区所区分的单位电耗计算值。限值约为平均值的 70%。新建建筑、新设施和需改造的设施都应遵守有关限值的规定。

2) 目标值

通过对能效较高的部件和系统进行优化组合所能达到的、按使用目的和使用区来区分的标准使用条件下的单位电耗计算值。目标值力求达到技术上可实现的最佳数值。应根据实际情况检验可行性和经济合理性。技术先进的新建建筑和新设施应力求达到目标值。

➤ 法国

(1) 建筑能耗范围

法国的建筑节能标准规定建筑能耗包含生活热水、采暖、空调、通风和照明等能耗，而电梯和家用电器等用能设备的能耗不算做建筑能耗。建筑能耗中近 70%为采暖和生活热水消费。

(2) 建筑能耗指标

法国有关建筑节能的法规是“建筑热工法”，与我国的工程标准强制性条文相类似，主要针对新建民用建筑规定相关最低指标要求，每 5 年修订一次。第 1 部建筑节能规范(RT1974)出台之后，分别在 1977 年、1982 年、1988 年、2000 年和 2005 年先后得到了修订，节能标准也在不断提高。RT2000 之前的建筑节能规范主要考虑如何降低居住建筑的采暖能耗，主要评价指标为“建筑物的综合传热系数 G ”、“围护结构各个构件的传热系数 K ”和“供暖设备的能效系数 C ”。RT2000 以后的标准实现了对建筑整体能耗的控制。

1) RT2000

RT2000 在对建筑整体能耗(包括采暖、空调、通风、热水和照明等)做出了详细规定。并以建筑物的综合传热系数 U_{bat} 代替了以往的 G 值，这样可以通过房屋的建筑面积直接计算出单位面积的采暖空调能耗。

2) RT2005

RT2005 对夏季热舒适提出了新的要求，并引入建筑全年一次能源消耗 CEP，规定了不同的建筑类型和采暖方式的住宅采暖和生活热水的单位面积能耗的上限。这个参数目前适用于住宅建筑，对商业建筑暂无此项要求。

3) 高环境质量标准(HQE)

是一个针对建筑施工过程对环境的影响和使用者的舒适度与健康度的整体管理概念，目的在于要求建筑物必须达到相应的环境质量要求。包括 3 个等级：低能效——达到能效规范(RT2005)要求的级别($100\sim130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$)，中等能效——在能效规范规定的级别之上($80\sim105 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$)，高能效——在资金可支持的基础上尽可能达到的最高能效水平($50\sim65 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$)。

4) RT2012

2010 年 7 月 6 日，法国环境与可持续发展部部长 Jean-Louis Borloo 公布了《RT2012》，确定了建筑业环境节能新目标：从 2012 年起，将新建建筑的耗能减少三分之一。该政策将于 2011 年 7 月起应用于公共建筑和办公楼，2013 年起应用于住宅建筑。

根据 Grenelle1 环保法的要求，建筑年均能耗不高于 $50 \text{ kWh}/\text{m}^2$ 的节能目标根据地理区域和建筑体积大小的不同来定(位于东北部的住宅年均耗能 $65 \text{ kWh}/\text{m}^2$ ，而西南部则要求年均耗能 $40 \text{ kWh}/\text{m}^2$)。公共住宅建筑在 2015 年 1

月1日前还能维持年均耗能 57.5kWh/m^2 的水平。此外《RT2012》还规定了(隔热/音和生态)建筑能耗最大限值,以及“夏季舒适度”(建筑在连续5个高温日内达到的温度)要求。

(3) 建筑能耗计算方法

法国建筑能耗计算有两大类方法:法规规定的计算方法(建筑热工法指标算法)和法规未规定的计算方法。

1) 建筑热工法指标计算方法

RT2005沿用了RT2000中的基准建筑计算和最低标准规定的思路,兼取两种不同的节能实施方式,设计人员可以采用CSTB提供的TH-C-E计算内核利用专业软件进行各个部分的热工性能计算,或直接采用跟规范配套发行的各种节能建筑的推荐做法。RT2000一样,RT2005的思路使房屋的综合用能能耗被控制在标准要求的范围之内。因此,节能的具体实施方法不仅仅局限于提高建筑物的热工性能,同时也对空调和采暖设备的运行效率做出了新的规定。

2) 法规未规定的计算方法

对于新建建筑,计算单位面积一次能源消耗,计算时考虑围护结构性能和形式、通风、采暖、热水、照明等能耗,采用统一的计算方法逐项计算能耗。分级计算包括:建筑物围护结构,考虑绿化屋面、非透明部分、透明部分,朝向,太阳照射系数,遮阳系数,对非住宅建筑采用夜间自动控制开窗通风以冷却房间,采用生物气候建筑技术,利用自然条件、遮阳、建筑材料的热惰性,也须有好的围护结构设计,降低建筑能耗;根据用途或朝向分区;并按系统划分确定能耗计算的最低单元。

对于既有建筑,由于基础数据不全,计算方法比较简单。主要工作是数据收集指南、基础数据的范围和基本限值的确定。计算所需信息收集的时间与准确度的平衡,需要进行优化,不是信息越多准确性越强。

➤ 日本

(1) 建筑能耗指标

日本建筑节能设计标准分为住宅与非住宅(公共建筑)两种类型,两类节能标准都是在1980年制定并实施,受经济发展、环境变化和能源需求等因素影响,住宅和非住宅节能标准都经历了1992年、1999年和1993年、1999年2次的修订。特别是以1997年12月《联合国气候变化框架公约》第3次缔约方大会(COP3)在日本京都召开为契机,日本政府为达到 CO_2 减排目标,在各领域开展了各种节能对策。在此背景下的1999年的节能标准修订,使节能指标与节能标准得到了进一步完善和强化,不仅提高了原来的节能标准,而且增加了住宅的“全年空调采暖负荷标准”指标,综合评价建筑节能效果。同时,为促进高品

质建筑节能材料和高效率的设备产品以及节能建筑构造、施工方法的研究与开发,增加了节能“做法标准”指标。

1) 居住建筑能耗指标

现行的住宅节能标准由2部分组成,即《关于住宅能源合理使用建设方(业主)的判断标准》(以下简称《住宅节能标准》)和《关于住宅能源合理使用设计与施工指针》(以下简称《节能设计与施工指针》)。前者为住宅节能性能标准,在以前的标准基础上增加了“全年空调采暖负荷标准”,同时将原来只在寒冷地区考虑的建筑缝隙面积指标,应用到全国的其他气候分区的节能设计,并明确了防止结露和换气以及夏季通风的必要性,对被动式太阳能住宅节能也提出了相应的评价方法,同时详细划分了节能设计的热工气候分区,从原来的都、道、府、县为单位细化到市、町、村具体的地方范围。后者为达到节能标准的具体做法。选择其一并满足规定要求的住宅均符合节能标准。经过2次修订,住宅建筑年空调采暖能耗降到了1980年标准实施以前的40%。

2) 非住宅建筑能耗指标

现行的非住宅(公共建筑)建筑节能标准为《关于建筑物能源合理使用建设方(业主)的判断标准》(以下简称《建筑节能标准》),采用反映外围护结构保温隔热性能的指标PAL(全年热负荷系数, Perimeter Annual Load factor)和反映建筑设备系统能耗的指标CEC(设备系统能耗系数, Coefficient of Energy Consumption)两个性能评价指标,从建筑围护结构和设备两方面对建筑的能耗进行评价,为性能评价标准。

$$PAL = \text{建筑物周边区域全年空调采暖负荷 (MJ/a)} / \text{建筑物内周边区域面积 (m}^2\text{)}$$

全年热负荷系数PAL实际上是通过计算建筑物室内周边区空间的全年冷热负荷值,来评价外墙、外窗的隔热及保温性能。建筑物外围护结构保温性能的好坏直接影响到建筑物的空调负荷和供暖负荷的大小以及将来空调设备系统常年能耗的多少。此项系数的提出,主要是为了通过控制建筑围护结构的热工性能达到控制通过建筑物外墙、外窗的热损失的目的。

“建筑物内周边区域面积”(Periment Zone)是指通过外墙、窗户等围护结构直接受外界气候影响的室内空间;具体包括除地下室以外的各层外墙中心线以内水平5m的室内空间部分面积,加上屋顶下部的室内空间面积和与外界气候直接接触的楼板上部的空间面积之和。

“建筑物周边区域全年空调采暖负荷”则是指在1年中根据不同用途建筑在预先设定好的使用空调采暖设备时间内空调采暖负荷的总和,它与空调采暖设备的实际运行时间表无关。空调采暖负荷的总和是指包括由于室内外温差(采暖

时室内温度为 22℃，但商店和学校教室定为 20℃；空调供冷时室内温度为 26℃)通过外墙、窗户等外围护结构的热传递、太阳热辐射和换气时室内外空气温差引起的热交换以及“建筑物内周边区域面积”范围内部产生的热量等所引起的冷热负荷总和。

《建筑节能标准》中规定了不同用途公共建筑的 PAL 节能判断标准值（见表 1.1），由于建筑规模和层数不同，建筑外围护结构的面积与“建筑物内周边区域面积”的比值会有所变化，对于规模和层数越小的建筑而言，其比值会越大，PAL 值也会增加。如表 1.2 所示，在计算 PAL 值时要考虑一个规模修正系数。通过设定 PAL 节能标准值，来综合评价建筑外围护结构的保温隔热性能。建筑从规划、总平面布置、造型、平立剖面设计到围护结构的细部设计和施工的各个环节都必须充分结合节能要求，提高围护结构的保温隔热性能，使建筑的全年热负荷系数 PAL 小于(PAL 节能判断标准值)×f。

表 1.1 PAL 节能判断标准值

建筑类型	宾馆 酒店	医院	商店	办公 建筑	学校	餐饮 建筑
PAL(MJ/m ² ·a)	420	340	380	300	320	550

表 1.2 规模修正系数 f

除地下室以外 的楼层数	平均层楼板面积			
	<50m ²	100 m ²	200 m ²	≥300 m ²
1	2.40	1.68	1.32	1.20
≥2	2.00	1.40	1.10	1.00
注：1.平均层楼板面积等于除地下室以外的地上各层楼层的总和与除地下室以外的地上的楼层数之比。 2.平均层楼板在上表所示值的之间时，规模修筑系数采用线性插入方式取值。				

设备系统能量消费系数 CEC(coefficient of energy consumption)则是通过计算在全年假想负荷前提下设备系统的全年能源消费量，来直接评价建筑物内的设备系统的能量转换率的节能指标。根据它可以评价所设计的设备系统的能源利用效率是否高、设备系统的运行管理模式是否节能。

$CEC = \text{全年设备系统能耗量 (MJ/a)} / \text{全年假想设备系统能耗量 (负荷) (MJ/a)}$

设备系统能量消费系数根据设备用途的不同又细分为空调设备系统(AC)、通风换气设备系统(V)、照明设备系统(L)、卫生热水设备系统(HW)和电梯输送设备系统(CV)等的能量消费系数。对建筑面积大于 2 000 m² 的公共建筑(办公

楼、商店、宾馆、医院、学校、餐馆等), 根据建筑功能的不同, 《节能法》均给出了相应的节能判断标准值。

表 1.3 设备系统的 CEC 节能判断标准值

设备系统	建筑类型					
	宾馆 酒店	医院	商店	办公 建筑	学校	餐饮 建筑
空调采暖设备系统能耗系数 CEC/AC	2.5	2.5	1.7	1.5	1.5	2.2
换气设备系统能耗系数 CEC/V	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	1.5
照明设备系统能耗系数 CEC/L	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
热水设备系统能耗系数 CEC/HW	1.5	1.7	1.7	/	/	/
电梯设备系统能耗系数 CEC/EV	1.0	/	/	1.0	/	/

伴随 2002 年 6 月《节能法》的修订,《建筑节能标准》又进行第 3 次修订,对所有公共建筑的节能标准指标都进行了确定,同时,为了易于建筑节能措施的开展,除了原来的节能“性能标准”判断标准值 PAL 和 CEC 以外,对 5000m² 以下的公共建筑又增加了节能“做法标准”指标。即无需计算 PAL 和 CEC 值,按照规定的节能“做法标准”设计也可达到节能要求。

(3) 计算方法

日本空调卫生工学会于 1972 年开发了动态空调负荷计算软件 HASP/ACLD/7101 (HASP/ACLD), 后经多次改版, 现在 PAL 值用 HASP/ACLD/7101, 8001, 8502, 扩张度日(EDD)法进行计算。建筑物周边区全年冷热负荷包括由于室内外温差通过外墙及外窗而产生的对流热、通过外墙及外窗而产生的辐射热、室内周边区的内部发热及新风等负荷。在计算空调冷负荷时, 室内温度按 26℃ 考虑; 计算供暖热负荷时, 室内温度按 22℃ 考虑, 但百货商场及学校按 20℃ 考虑。

在利用扩张度日(EDD)法计算年负荷 Q 时, 分别按期间供暖负荷 QH 和期间制冷负荷 QC 来考虑。如前所述, 由于在计算 PAL 值时空调系统的运行时间是预先统一设定的, 没有考虑日本各地区由于气象条件的不同空调系统的运行时间也会不同的因素, 故在此根据其用途按计算建筑物所在地区的不同进行修正。

1.2.2 国内建筑能耗标准研究现状

“十一五”期间，通过组织实施科技支撑重大攻关项目《建筑节能关键技术研究及示范》研究，重点研究了建筑节能技术标准、建筑能耗统计方法和大型公共建筑能量管理与节能诊断技术等，为建筑能耗标准的制定提供了坚实的数据基础和技术支撑，但主要还是强调建筑节能过程的管理与控制，而无法实现建筑节能效果的定量化。

① 建筑节能标准的发展现状

建筑节能标准体系是我国推动建筑节能工作的重要手段，从上世纪八十年代起，我国就开始为民用建筑建立相应的建筑节能标准。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）。该标准适用于严寒寒冷地区的采暖居住建筑，提出了节能30%的目标。

1995年，对《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26-86）进行了修订，发布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26-95），节能目标提高到50%。2001年建设部颁发了行业标准《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》（JGJ134-2001），2001年10月1日施行，节能目标50%，2011年已修订了一版，标准编号为（JGJ134-2010）。2003年建设部颁发了行业标准《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》（JG75-2003），2003年10月1日施行，节能目标50%，该标准正在修订中。2005年建设部发布了国家标准《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005），自2005年7月1日实施，提出了针对“基准建筑”节能50%的公共建筑节能目标。这也意味着，我国针对全国不同气候区，涵盖公共建筑与居住建筑的节能50%节能设计标准体系已基本建立。

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。从标准颁布和实施的时间来看，严寒及寒冷许多地区推行居住建筑节能65%设计标准的时间甚至比针对该气候区出台的行业标准要早，如北京、天津、河北、大连、黑龙江、兰州等地，《北京市居住建筑节能65%的设计标准》于2004年7月1日实施；《大连市居住建筑节能设计（节能65%）规定》，2006年1月1日实施；《河北省居住建筑节能设计标准（节能65%）》，2007年5月1日实施；《黑龙江省居住建筑节能65%设计标准》，2008年6月1日实施。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。

绿色建筑方面，2006 年，建设部组织编制了《绿色建筑评价标准》，2007 年又出台了《绿色建筑评价技术细则》和《绿色建筑评价标识管理办法》，开始建立适合中国国情的绿色建筑评价体系。此外，《民用建筑绿色设计规范》（JGJ/T229-2010）于 2011 年 10 月 1 日起实施。各省市也依据新颁布的绿色建筑标准，制定符合当地气候条件、地方建筑传统的绿色建筑实施细则和评估办法，形成比较完善的绿色建筑评估标准规范体系。

此外，围绕大力发展节能省地环保型建筑和建设资源节约型环境友好型社会，建设部先后批准发布了《建筑节能工程施工质量验收规范》（GB50411-2007）、《太阳能供热采暖工程技术规范》（GB50495-2009）、《民用建筑太阳能热水系统评价标准》（GB/T50604-2010）、《建筑工程绿色施工评价标准》（GB/T50640-2010）、《民用建筑能耗数据采集标准》（JGJ154-2007）、《建筑门窗玻璃幕墙热工计算规程》JGJ/T151-2008、《居住建筑节能检测标准》（JGJ/T132-2009）、《公共建筑节能检测标准》（JGJ/T177-2009）、《公共建筑节能改造技术规范》（JGJ176-2009）以及《民用建筑太阳能光伏系统应用技术规范》（JGJ203-2010）等几十项重要的国家标准和行业标准。

到目前为止，可以认为我国民用建筑节能标准体系已基本形成，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。

可以看出，我国的建筑节能设计标准的发展经历了三个阶段：节能 30%、节能 50%和节能 65%。我国建筑节能目标的基准是以各地 1980-1981 年住宅通用设计的建筑物的耗热量指标计算值，经线性处理后的数据作为基准能耗；在此能耗值的基础上，确定节能居住建筑全年的采暖能耗降低的比例作为节能目标，再按此目标对建筑、热工、采暖、空调系统设计提出节能措施要求。因此，我国各气候区域建筑节能设计标准的共同点都是采用过程控制指标，如建筑围护结构热工性能指标（围护结构传热系数、遮阳系数、体形系数、窗墙比等）、采暖空调系统（设备）性能指标（主机性能系数 COP（EER）、空调系统设计能效比 DEER、输送能效比 ER、室外管网输送效率、锅炉效率）等性能评价指标，以及建筑物节能综合指标（建筑物耗热量、耗冷量、采暖、空调全年用电量），但也是采用动态模拟分析软件，选取典型建筑按照典型工况计算

得到的指标值，并非实际的建筑采暖能耗，无法量化实际的建筑节能效果。

我国的建筑节能设计标准采用的两种方法主要是：规定性设计方法和性能性设计方法，如下图所示：

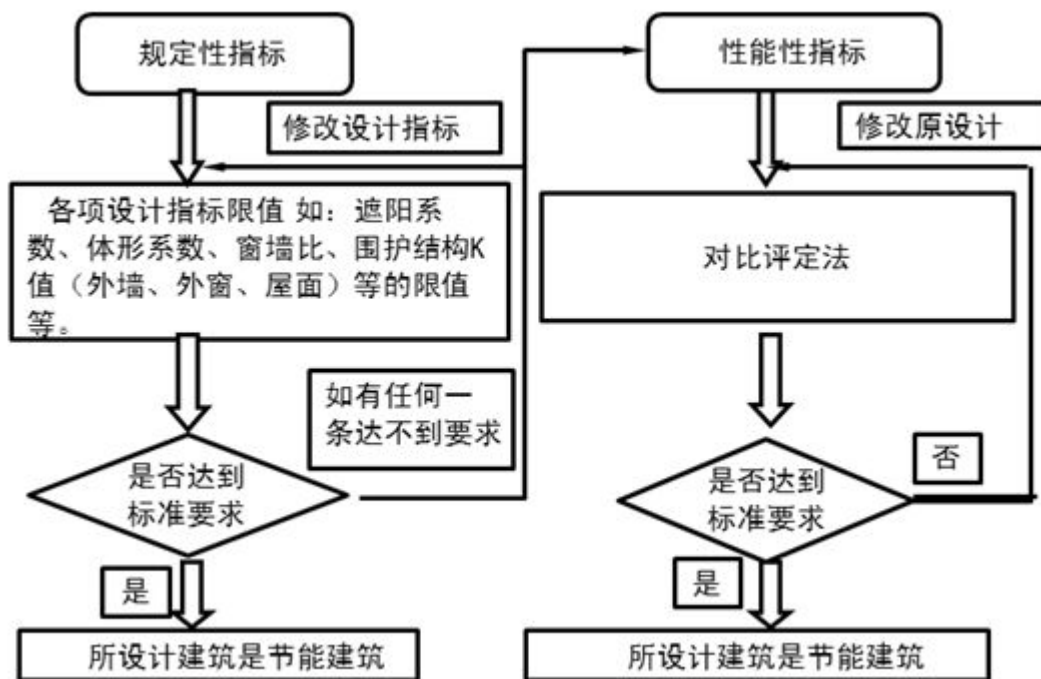


图 1.1 我国建筑节能设计的两种方法

② 建筑能耗统计、能源审计及能耗监测工作

建筑能耗调查是制定建筑能耗标准的重要基础。“十一五”期间，我国已开展了大量的公共建筑能耗调查和建筑能耗统计、能源审计及能耗监测工作，为我国公共建筑能耗标准的制定夯实了基础。

“十一五”期间，国务院颁布了《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发[2007]15号），提出关于在25个示范省市建立国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗统计、能源审计、能效公示、能耗限额制度的规定。

2007年3月，国家启动城市能耗动态监测平台工作，以北京、天津、深圳三个城市为试点，建立动态监测平台。

2007年，河北、辽宁、江苏等24个省市开始开展能耗统计、能源审计、能效公示工作。8月，建设部组织制定《民用建筑能耗统计报表制度》（试行），并以北京、天津、上海、重庆等23个城市为试点，试行民用建筑能耗统计报表制度。

目前，我国32个示范省、市已经初步建立了国家机关办公建筑和大型公共建筑的监管体系，基本完成了本地区建筑物基本情况普查和能耗统计工作，完成了部分重点建筑的初步能源审计和公示工作。部分省、市已经或正在着手建立能耗动态监测平台。

1.3 课题的提出

1.3.1 课题研究目的

“十一五”期间，科技部、建设部通过组织实施科技支撑重大攻关项目《建筑节能关键技术与示范》研究，重点研究了建筑能耗统计方法、建筑节能技术标准和大型公共建筑能耗管理与节能诊断技术等，突破了部分我国建筑节能行业的共性关键技术，开发了符合我国建筑节能标准的若干项具有自主知识产权的关键技术和成套设备，实现了建筑节能技术的跨越式发展。

同时，我国公共建筑节能标准体系也基本实现了对公共建筑领域的全面覆盖，进一步促进了许多先进适用技术通过标准得以推广。但无论是从“十一五”科技支撑重大攻关项目的研究成果，还是从标准体系建设来看，仍是强调建筑节能过程的管理与控制，且主要针对新建建筑，尚未真正实现对用能终端的节能监管，未能体现结果导向控制的原则与要求。

因此，开展我国公共建筑能耗标准研究，借鉴国外建筑能耗标准制定的先进经验，制定符合我国当前国情的建筑能耗指标。在摸清目前我国既有建筑能耗现状水平的基础上，制定符合我国当前国情的公共建筑能耗现状指标，作为国家制定建筑节能目标和实施考核的基础。在现状指标的基础上，考虑各种建筑节能技术的综合高效利用，制定可以实现建筑节能最佳效果的引导性指标，为国家和地区制定中长期节能战略规划及相关政策提供数据基础和支撑。

同时，通过开展公共建筑能耗标准研究，以实际的建筑能耗数据为基础，以降低高能耗建筑的实际能耗值为目的，并结合我国当前建筑节能技术、经济、社会发展的需求，制定科学、合理、可操作性强的公共建筑能耗约束性指标，为国家宏观管理部门实施公共建筑用能定额管理提供关键技术支撑。同时，以建筑能耗约束性指标为基线，对于国家机关办公建筑和大型公共建筑等高能耗建筑实施强制性节能改造，实现以实际建筑节能效果为导向，严格控制建筑能耗增长。

1.3.2 课题研究意义

国外发达国家推进建筑节能的成功经验给我们的启示是：确定科学合理的公共建筑用能标准，清晰建筑能耗基准线，量化建筑节能减排目标是实现建筑节能的关键。公共建筑能耗标准研究，是瞄准国际前沿，实现我国建筑能耗指标与国际接轨的重要途径。

建筑节能工作是国家能源战略中的重要组成部分，也是市场机制失灵领域，需要加强政府宏观调控作用的领域。开展公共建筑能耗标准研究，有利于

实现“资源节约”和“环境友好”社会建设，对于实现我国社会经济的可持续发展，最终实现建筑节能减排战略目标具有重要的意义。具体表现在以下几个方面：

①为我国各地区编制建筑能耗标准提供关键技术支撑与标准依据；

②为政府部门掌握建筑能耗水平，制定建筑节能规划、相关政策、建筑节能奖励制度提供重要数据基础和标准支撑；

③可为强制性节能改造、超定额加价制度的实施提供关键支撑，为建筑节能减排目标的定量化提供参考依据。同时，有助于完善现有建筑节能激励政策、健全建筑节能财政政策体系；

④有利于引导和促进建筑节能技术进步和高能效建筑节能环保产品的研究与开发、新能源的应用。同时，适用于评价建筑设计或节能改造是否有效，可为合同能源管理或节能改造项目的节能量评估提供参考；

⑤通过政策的带动与技术的进步促进建筑节能相关产业发展，促进建筑节能咨询、改造及产品市场，推动 EMC 及建筑能效交易等市场行为的开展，实现未来经济增长；

⑥有利于引导良好的建筑用能行为习惯，减少能源浪费，并在全社会形成节能环境氛围，为深入推进建筑节能工作奠定扎实的基础。

1.3.3 课题研究内容

本课题主要包括三大部分研究内容，其一，公共建筑能耗标准基础研究，主要包括公共建筑能耗标准的范围，指标的分类、定义与作用研究；其二，公共建筑能耗指标制定研究，主要包括基于能耗标准制定的建筑分类模型研究、建筑能耗指标形式研究与指标值编制方法研究；其三，典型案例分析。具体研究内容如下：

① 公共建筑能耗标准基础研究

根据公共建筑能耗标准制定的目的与意义，同时，结合国内已有建筑能耗统计、能源审计等工作基础，明确公共建筑能耗标准适用范围。在结合国内外已有研究成果的先进经验的基础上，确定公共建筑用能指标的分类、定义与作用，为后续的研究提供目标依据。

② 公共建筑能耗指标制定研究

(1) 基于能耗标准制定的建筑分类模型研究

在已有按功能对建筑进行分类的基础上，通过对分类方法的梳理，选择聚类分析的方法，对不同类型建筑用能进行统计分析，发现规律，确定建筑进一步细分的方法，最终确定公共建筑分类模型。

(2) 基于能耗标准制定的建筑能耗指标形式研究

针对建筑中可能采用的指标形式，进行系统的分析，对不同用能指标形式进行对比研究，建立在对各项原则权衡的基础上，研究各类建筑采用不同用能指标形式的优缺点，继而确定各类公共建筑的用能指标形式。

(3) 指标值编制方法研究

研究适用于各类公共建筑用能指标值的统计分析法和技术测算法，提出基于统计分析法和技术测算法确定建筑能耗指标值的技术路线。

1、根据各类建筑用能的实际特性，结合大量的能耗统计、能源审计以及大型公建能耗监测样本建筑能耗数据，研究用于公共建筑用能指标值确定的统计分析法。

2、根据各类建筑的实际使用边界，充分考虑技术先进性和使用的合理性，在建立各类建筑的标准建筑的基础上，通过对标准建筑实现使用功能的合理能源消耗的研究，确定适用于各类公共建筑用能指标值确定的技术测算法。

3、对统计分析法和技术测算法实施的优点以及不利因素进行研究，提出建筑用能指标值的三种技术路线：基于统计分析法的建筑用能指标值确定方法、基于技术测算法的建筑用能指标值确定方法以及统计分析法与技术测算法相结合的建筑用能指标值确定方法。研究三种技术路线的适用条件，各地区可根据当地建筑用能的发展现状以及技术支撑水平，合理选择相适宜的技术路线，以确定建筑用能指标值。

③ 典型案例分析

选择典型城市，针对已有研究成果进行实际案例分析，以验证研究成果的科学性、合理性与可操作性。

第2章 公共建筑能耗标准基础研究

2.1 公共建筑能耗标准编制的政策依据

2.1.1 相关法律法规

2007年国务院及原建设部发布了《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》（国发[2007]15号）第二十七条明确提出在25个示范省市建立大型公共建筑能耗统计、能源审计、能效公示、能耗定额制度。建设部等发布《关于加强大型公共建筑工程建设管理的若干意见》，提出了节能减排综合性工作方案。

为贯彻以上两文件原建设部、财政部发布《关于加强国家机关办公建筑和大型公共建筑节能管理工作的实施意见》，明确要求在32个示范省市开展国家机关办公建筑和大型公共建筑的能耗统计、能源审计工作，公示一批国家机关办公建筑和大型公共建筑基本能耗情况，在此基础上，研究制定用能标准、能耗定额和超定额加价、节能服务等制度，明后两年逐步在全国范围内推开，其中省（自治区、直辖市）、省会城市、计划单列市明年全部实行，地级城市2009年全部实行。

国家办公建筑和大型公共建筑节能监管体系建设的工作目标是：逐步建立起全国联网的国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测平台，对全国重点城市重点建筑能耗进行实时监测，并通过能耗统计、能源审计、能效公示、用能定额和超定额加价等制度，促使国家机关办公建筑和大型公共建筑提高节能运行管理水平，培育建筑节能服务市场，为高能耗建筑的进一步节能改造准备条件。

《中华人民共和国节约能源法》（2007年10月28日修订）第四十九条规定：国务院和县级以上地方各级人民政府管理机关事务工作的机构会同同级有关部门按照管理权限，制定本级政府的能源消耗定额，财政部门根据该定额制定能源消耗支出标准。

2008年8月，国务院颁布的《民用建筑节能条例》强调对大型公共建筑实行用能定额管理制度。第34条明确规定，县级以上地方人民政府建设主管部门应当对本行政区域内单位的能源消耗情况进行调查统计和分析，并制定单位能源消耗指标；对超过能源消耗指标的，应当要求单位制定相应的改进措施，并监督实施。

《中华人民共和国循环经济促进法》（2008年8月29日颁布）第二十五条规定：国务院和县级以上地方人民政府管理机关事务工作的机构会同本级人民

政府有关部门制定本级国家机关等机构的用能、用水定额指标，财政部门根据该定额指标制定支出标准。

2010年4月，住建部发布的《关于2009年全国建设领域节能减排专项监督检查建筑节能检查的通报》（建科[2010]45号）中明确要求：各地尽快研究制定本地区国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗限额标准，引导和约束用能单位的用能行为。

2011年，《财政部、住房和城乡建设部关于进一步推进公共建筑节能工作的通知》（财建[2011]207号）明确提出“十二五”期间公共建筑节能工作目标是：争取在“十二五”期间，实现公共建筑单位面积能耗下降10%，其中大型公共建筑能耗降低15%。同时，还提出通过实行建筑能耗指标控制加强新建公共建筑节能管理。深入开展公共建筑节能监管体系建设，实施能耗限额管理，各省（区、市）应在能耗统计、能源审计、能耗动态监测工作基础上，研究制定各类型公共建筑的能耗限额标准，并对公共建筑实行用能限额管理，对超限额用能建筑，采取增加用能成本或强制改造措施。

2011年，《国务院关于印发“十二五”节能减排综合性工作方案的通知》（国发〔2011〕26号）第二十二条再次明确指出：建立完善政府能源审计、能效公示和能耗定额管理制度，加强能耗监测平台和节能监管体系建设。同年7月，在温家宝主持召开的国家应对气候变化及节能减排工作领导小组会议上提出：原则上审议并原则同意“十二五”节能减排综合性工作方案。

而为适应加快转变经济发展方式的需要，贯彻落实国家节能减排、资源节约与利用、环境保护等要求，促进工程建设领域技术进步，2011年，住房和城乡建设部《关于印发2011年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》（建标[2011]17号）附件中，明确提出了开展“民用建筑能耗标准研究”计划。

2.1.2 与现行标准的关系

建筑节能是一个系统工程，仅从技术上就涉及建筑材料、建筑设备、仪器仪表等的生产、选用、运行、管理，包括制冷、采暖、热水、照明、动力等多专业学科，贯穿建材生产、建筑施工、建筑物运行等多环节。要实现建筑节能的既定目标，必须充分利用各专业学科技术，合理控制可能造成能耗的各环节。发达国家建筑节能成功的经验表明，贯彻执行标准是达到建筑节能目标的有效途径。

建筑节能工作开展之初，我国尚未发布建筑节能标准体系，从国家到地方，建筑节能标准均是根据节能工作的当时需求而单独确定，并未系统考虑和设置。“十一五”期间，建设部标准定额研究所等单位对建筑节能标准体系进行了系统深入的研究，初步提出了我国建筑节能标准体系。该研究明确了建筑节

能标准体系的形式、标准体系层次，所提出的建筑节能标准体系的总体框图如图 3.1 所示。

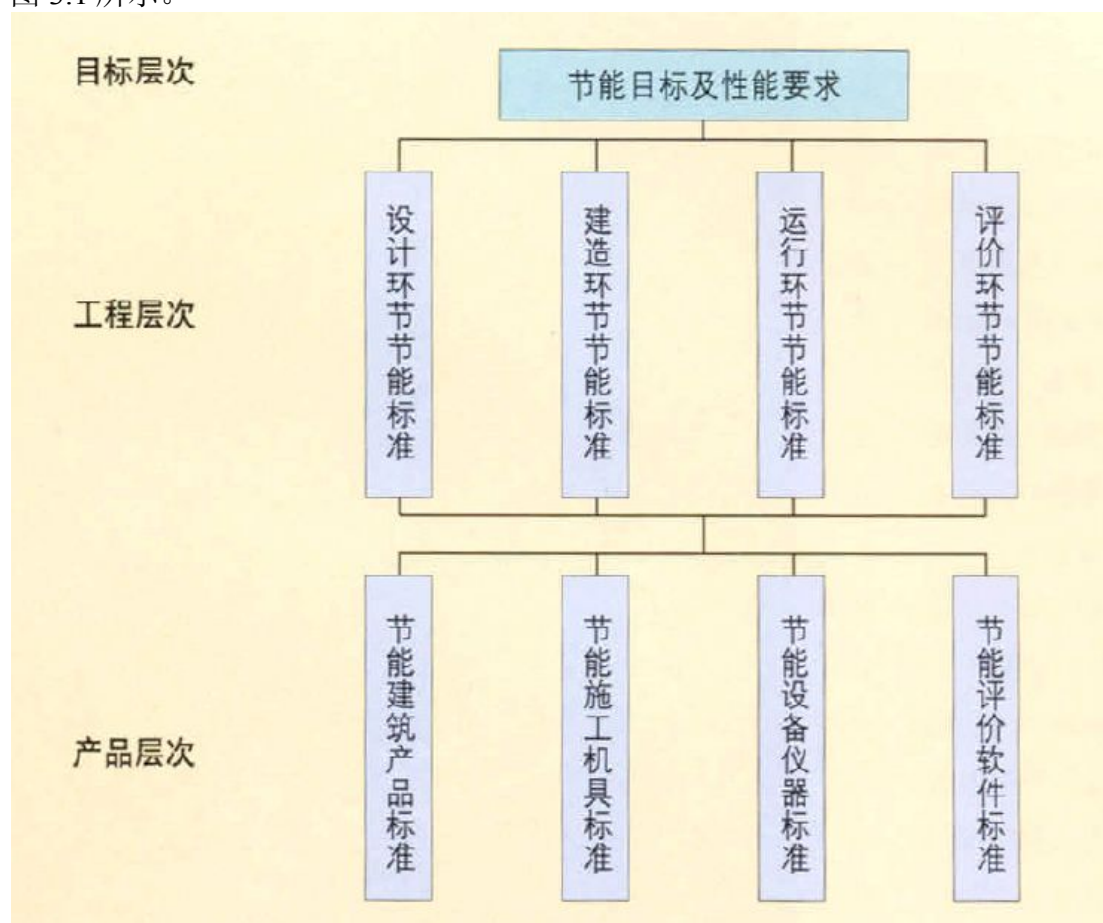


图 2.1 我国建筑节能标准体系框图

由上图可知，目标层次中的标准将提出对各气候区域中各类型建筑的总体节能目标要求，或针对下两层次中的某个、多个或全部环节提出具体目标性要求。此类目标要求也可能依附于有关的技术法规或行政法规当中。

工程层次中的标准将利用一个或多个专业的技术，以完成目标层次标准提出的要求为最大目的。此层次中每环节均会涉及与节能有关的多个专业，工程层次中的每个环节都要有自己的分框架图。一个专业单独或若干专业组合构成该环节的某一项标准的技术内容。此层次中的标准与原各专业标准体系中的标准有着密切的联系，在一定情况下甚至是同一的。建筑节能标准体系与各专业标准体系主要以此层次为链接点。

产品层次中的标准是对上层次标准中为达到目标要求而采取的技术措施所可能涉及的材料、设备、制品、构配件、机具、仪器等做出的规定。此层次标准隶属产品标准范畴，其制定目的不一定仅以节能为目标，但纳入此层次的产品标准均直接或间接地与建筑节能相关，服务于上层标准。

此三层次间，目标层次提出符合国家政策法规要求的节能目标，工程层次

提出实现这些目标的技术及管理途径，产品层次则提供依靠这些途径实现目标时必需的手段或工具。

建筑节能工作开展至今，可以认为我国公共建筑节能标准体系已基本形成，扩展到覆盖全国各个气候区的公共建筑节能设计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。

从另一外角度来看，目前我国的建筑节能标准体系已基本覆盖了工程层次到产品层次的标准，涵盖了建筑设计、建造、运行和评价环节，但尚缺乏真正意义上目标层次的建筑节能标准。《公共建筑能耗标准》正是这一空白的有利补充，该标准的制定，是在健全我国建筑节能标准体系的同时，实现对建筑用能终端的节能监管，体现结果导向控制的原则与要求，真正实现建筑节能定量化管理的要求。建筑节能标准体系是一个有机的整体，建筑能耗标准中节能目标的制定必需以现行的节能设计、施工、运行等环节的节能标准为基础，建筑能耗标准中所确定节能目标也需要各个环节节能标准作为有力的保障。同时，各个环节节能标准实施的最终效果也应通过建筑能耗标准来体现。

由此，可看出建筑能耗标准与建筑节能设计标准以及其它相关环节的节能标准是相辅相成，统一协调的。

2.1.3 已有地方实践工作简介

2007年7月23日，建设部发布中华人民共和国建设部公告676号，批准《民用建筑能耗数据采集标准》为行业标准，编号为JGJ/T154-2007，自2008年1月1日起实施。2007年8月，依据《民用建筑能耗数据采集标准》(JGJ/T154-2007)，建设部科技司组织制定了《民用建筑能耗统计报表制度》(试行)，经国家统计局审核批准，在北京、上海、深圳等23个城市试行，并于2008年3月上报了第一批建筑能耗统计数据。

同年10月31日，建设部发布“关于印发《国家机关办公建筑和大型公共建筑能源审计导则》的通知”，正式启动国家机关办公建筑和大型公共建筑能源审计工作。同时，“十一五”期间，在北京、天津、深圳开展建筑能耗监测平台建设试点示范，基本达到预期目标并扩展其它城市。

在上述工作稳步推进的同时，部分地区先后开展了公共建筑能耗标准编制的有益尝试。浙江省与2009年先后发布并实施了《行政机关单位综合能耗、电耗定额及计算方法》(DB33/T 736-2009)、《普通高等院校单位电耗定额及计算方法》(DB33/T 737-2009)、《医疗机构单位综合能耗、综合电耗定额及计算方法》(DB33/T 738-2009)等标准。上海市在2011年已发布实施了《市级

机关办公建筑合理用能指南》（DB31/T601-2011），针对旅游饭店建筑和商场类建筑的建筑能耗标准亦在编制当中，尚未正式发布。深圳市在2010年正式启动《公共建筑能耗限额标准》编制工作，目前，该标准已进入征求意见阶段。

2.2 公共建筑能耗标准编制的核心要点

2.2.1 公共建筑能耗标准的范围

① 建筑能耗边界界定

根据各阶段性质可以将建筑全生命周期能耗（包括建材生产、运输、施工、运行和拆除）分为建造、运行和拆除三个阶段。

国外已开展建筑全生命周期能耗的研究：瑞典学者 Leif Gustavsson 等人对一栋8层高的公寓进行全生命能耗计算，发现50年的建筑使用年限中，运行能耗占总能耗的90%；新西兰学者对混凝土结构的居住建筑进行全生命能耗分析发现，运行能耗占总能耗的百分比为71%。以上研究表明，建筑的运行阶段能耗约占全生命周期总能耗的70%~90%之间，而建筑建造施工和拆除总能耗占生命周期总能耗比例很少，施工能耗与建材生产能耗相比也是很少的，不到10%。

国内也开展了建筑全生命周期碳排放的研究：深圳市建筑科学研究院有限公司对建科大楼和龙岗保障房1#楼建筑全生命周期碳排放量的研究表明，建科大楼建造、运行和拆除三个阶段的碳排放量占全生命周期碳排放量的比例分别为16%、81%、3%；龙岗保障房1#楼建造、运行和拆除三个阶段的碳排放量占全生命周期碳排放量的比例分别为28%、66%、6%。可见，运行阶段的碳排放量最大，是实现建筑节能减排的重要环节。

国内外建筑全生命周期能耗及碳排放量的研究均表明，无论是从能源消耗，还是从碳排放的角度来看，运行阶段是全生命周期中最重要的一环，而施工能耗所占比例非常小。因此，对正处于快速发展中的我国，面对经济社会发展和节能减排的压力，建筑节能工作应首先降低在建筑全生命周期中比重最大的运行阶段的能源消耗。同时，“十一五”我国建筑节能工作主要是针对建筑运行阶段，已积累了大量的建筑运行阶段的能耗数据、先进的技术体系和较完善的监管体系。因此，从建筑能耗标准制定的技术可行性和行政监管的可操作性角度考虑，制定建筑运行阶段的能耗标准更具有可操作性。

因此，公共建筑能耗的界定宜确定为建筑在运行阶段的能源消耗，更符合当前我国的国情和建筑节能技术和监管水平的要求。

② 公共建筑能耗标准适用范围

“十一五”期间对我国公共建筑能耗及基本信息的调研结果表明：在各类公共建筑中，以办公建筑（包括商业办公建筑和政府办公建筑）、商场建筑、宾馆酒店建筑这三类建筑的数量最为庞大，占既有公共建筑总量的70%以上，是公共建筑的主体组成部分，其消耗的能源也占我国公共建筑用能的绝大多数。开展公共建筑能耗统计、能源审计是制定公共建筑用能标准的基础，从目前我国已开展的公共建筑能耗统计、审计工作来看，主要针对上述建筑类型，其他各类建筑的样本量太少，尚不能满足标准制定的需要。

因此，本阶段公共建筑能耗标准所适用的范围主要包括办公建筑、商场建筑以及宾馆酒店建筑类的公共建筑。其它类型的公共建筑可根据我国建筑能耗统计、能源审计工作的进一步开展，后期在本标准制定后进行修订时逐步加入。

2.2.2 建筑能耗指标分类、定义及作用

① 指标分类与定义

为保证建筑节能标准的可操作性，根据我国典型气候区（严寒寒冷、夏热冬冷以及夏热冬暖）的气候特点和各地区的建筑节能技术水平和经济社会发展现状，分别制定三个层次的建筑能耗指标：

1、现状指标：该指标反映了当前的建筑能耗的平均水平，是建筑节能能量定量化的参考依据。是以建筑能耗统计、能源审计和能耗监测数据为基础，采用数理统计方法确定的各类建筑单位建筑面积能耗的平均值。

2、引导性指标：该指标为非强制性指标，反映了建筑节能技术的最大潜力，代表了未来建筑节能的发展方向。是在现状指标的基础上，考虑各种建筑节能技术的综合高效利用，实现建筑节能效果的最大化的指标值。

3、约束性指标：该指标为强制性指标，介于现状指标和引导性指标之间，作为当前建筑能耗标准的基准线。是综合考虑了各地区当前建筑节能技术、经济社会发展的需求，以降低高能耗建筑的能耗值为目的，而确定相对合理的建筑能耗指标值。

② 不同指标的作用

1、现状指标：建筑能耗现状指标可为政府部门掌握建筑能耗水平现状，制定近期建筑节能规划及相关政策提供重要数据基础和支撑，同时也为建筑节能减排目标的定量化提供参考基础。

2、引导性指标：可为国家和地区制定中长期节能战略规划及相关政策，为建筑节能奖励制度提供数据基础和支撑，同时有利于引导和促进建筑节能技术进步和高能效建筑节能环保产品的研究与开发、新能源的应用等，带动建筑节能相关产业发展，实现未来经济增长。

3、约束性指标：适用于国家机关办公建筑和其它大型公共建筑等高能耗建筑，为强制性节能改造、超定额加价制度的实施提供支撑。亦适用于评价建筑设计或节能改造是否有效，可为合同能源管理或节能改造项目的节能量评估提供参考。能为建筑能耗“对标”提供基准值，便于迅速分析建筑物的用能水平，激励业主采取节能措施。

2.2.3 公共建筑能耗标准的原则

公共建筑能耗标准的编制应遵循以下原则：

- 1、在保障合理的建筑用能需求的前提下，鼓励节约用能，反对浪费；
- 2、公共建筑能耗标准编制方法应科学、合理、易于掌握，制定的能耗指标应具有可比性，体现社会公平性、能源资源价值性和技术先进性。
- 3、编制的公共建筑能耗标准应具有可操作性，编制建筑能耗标准所需的基础数据应易于获得。
- 4、应根据建筑能耗水平的变化和发展趋势，适时对建筑能耗标准进行修订。

2.3 本章小结

本章通过介绍与公共建筑能耗标准编制相关的法律法规，理顺了本标准在我国现行建筑节能标准体系的位置以及与其它标准的关系，同时，针对各地方已开展的公共建筑能耗标准的编制情况做了简要介绍，明确了本标准的政策依据。

在此基础上，根据公共建筑能耗标准编制的目的，结合我国建筑用能特点和建筑节能工作开展的实际，确定了公共建筑能耗标准的范围、以及建筑能耗指标的分类、定义与作用，并明确了该标准编制所应遵循的原则。

第3章 基于能耗标准制定的建筑分类模型研究

3.1 分类学概述

3.1.1 分类概念

分类是指把无规律的事物分为有规律的。按照不同的特点分类事物,使事物更有规律。任何分类都是对一个群体分类,而不是对个体分类,根据在某分异特性上的相似性,将一组个体合并成类别的过程就是分类的过程。

对于群体分类,可以分为多个等级,在任何分类等级上,一个类别就是一个分类单元。所以,分类单元是概念性的,它是根据对分类对象的认识和了解的程 度,按照一定的分类目的,对分类对象的性质、关系进行抽象概括而精确定义的,从而为群体的评价给出一个通用的标准。用哪一个分类体系都可对它进行分类。分类的目的不一样,则产生不同的分类。

3.1.2 分类方法概述

分类的根本方法是制定每一类的性质、特点,然后考察样本是否具有该类的性质与特点,判断是否可以归于该类。但当每一类的性质特点较模糊时,要采取一定的技术手段来进行判断分析,主要包括以下几种方法:

① 聚类分析方法

聚类分析的基本思想是:根据对象间的相关程度进行类别的聚合。该方法的本质是把所有样本都视为属于一大类,然后根据距离和相似性逐层分解,把距离最近或最相似的聚为一类,直到参与聚类的每个个体自成一类为止。因此,必须有反映样本特征的数据作为基础,且定义不同的距离量度和相似性量度会产生不同的聚类结果。

② 机理分析

该方法主要是针对样本基本情况,根据需求,制定一个评判标准,通过该标准,可以将样本建筑分为不同类别。由于该标准是对样本整体进行评判,因此,必须具有一定的广度与深度,囊括和区分了所有样本建筑的特征,并且在评价样本建筑时,有一种非此即彼的关系。

③ 直观观察法

通过对数据的直观分析,或通过作散点图等,发现其规律、特点,找出拐点或跳跃点,进而进行分类。一般要求数据差别较明显,特点较显著,采用该方法。

④ 判别分析方法

判别分析是处理分类问题的统计方法，不同于聚类分析，他是研究对象的分类已知的情况下，判断观察到的新样品应该属于哪一类。要决定新样品的归属，首先需要建立一个判别准则或判法，这个准则可以将不同类型的样品区分开来，而且使得判错率最小，称这一准则为判别函数。

对比以上不同方法的分类方法，本研究报告最终确定采用机理分析和聚类分析方法进行建筑分类模型研究。根据建筑用能的特点，本研究中采用聚类分析分解法计算，本质是把所有样本都视为属于一大类，然后根据距离和相似性逐层分解，把距离最近或最相似的聚为一类，直到参与聚类的每个个体自成一类为止。

聚类的方法有多种，主要包括快速聚类法和系统聚类法，常用的为系统聚类法。系统聚类法又分为变量聚类和样本聚类，它反映事物的特点的变量很多，往往根据所研究的问题选择部分变量对事物的某一方面进行分析。因此，本课题采用对统计样本进行聚类的系统聚类分析方法。

3.1.3 聚类分析方法

聚类分析的基本思想是：根据对象间的相关程度进行类别的聚合。在进行聚类分析之前，这些类别是隐蔽的，能分为多少种类别事先也是不知道的。

聚类分析的原则是：同一类中的个体有较大的相似性，不同类中的个体差异很大。一般来讲，聚类分析过程可以分为三个步骤：

(1) 数据变换处理。在聚类分析过程中，需要对各个原始数据进行一些相互比较运算，而各个原始数据往往由于计量单位不同而影响这种比较和运算。因此，需要对原始数据进行必要的变换处理，以消除不同计量单位对数据值大小的影响。

(2) 计算聚类统计量。聚类统计量是根据变换以后的数据计算得到的一个新数据。它用于表明各样品或变量间的关系密切程度。常用的统计量有距离和相似系数两大类。距离一般用于样本聚类，相似系数用于变量聚类。

(3) 选择聚类方法。根据聚类统计量，运用一定的聚类方法，将关系密切的样品或变量聚为一类，将关系不密切的样品或变量加以区分。选择聚类方法是聚类分析最终的、也是最重要的一步。

3.1.4 分类合理性检验方法

建筑分类是否合理或者是否需要继续进行建筑分类，可以采用单因素方差分析方法进行定量检验。

(1) 提出假设。

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = 0$$

$H_1: \beta_0, \beta_1$ 不全为 0

式中, 如果零假设 H_0 成立, 则说明回归总体是显著线性的, 反之表明回归总体不存在线性关系, 即所有解释变量对 Y 没有显著的线性作用。

(2) 计算回归方程的 F 统计量值。

$$F = \frac{ESS/1}{RSS/(n-2)} \quad (3.1)$$

(3) 根据给定的显著水平 α 确定临界值 $F_\alpha(1, n-2)$, 或者计算 F 值所对应的 p 值。

(4) 做出判断。

如果 $F > F_\alpha(1, n-2)$ (或者 $p < \alpha$), 就拒绝原假设, 即认为参与聚类的建筑能耗样本之间存在较大的差异, 需要进行分类; 反之, 接受原假设, 即认为参与聚类的建筑能耗样本之间无差异, 不需要继续分类。

3.2 公共建筑分类研究

根据公共建筑功能的不同, 公共建筑主要分为商场、酒店、办公建筑及其他建筑等, 然而, 对于同种功能的建筑, 由于具体的使用功能和服务水平、运行管理等各方面的差异, 导致同种功能的公共建筑能耗仍然存在较大的差异。如下图所示:

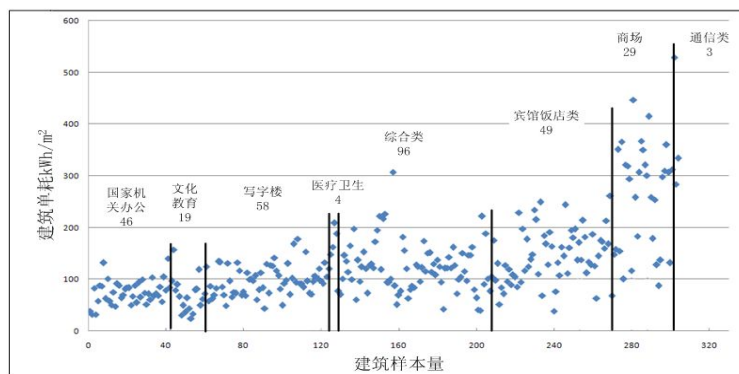


图 3.1 深圳市 300 多栋公共建筑能耗数据图

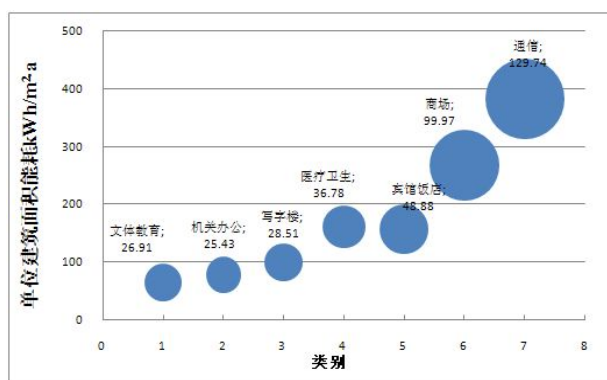


图 3.2 样本能耗水平及能耗标准差图

可以看出,其一不同类型建筑能耗上升趋势明显,从办公类建筑到通信类建筑能耗水平增长了数倍,说明建筑类间能耗差异非常大;其二标准差变化较大,不同建筑间变化了数倍,说明各类内能耗差异大。由此分析初步得出结论,首先按照建筑使用功能分类具有可行性;其次,如果可以按照功能分类,还需在每一类建筑类内进行再分类,其中在每类建筑中分类指标是有区别的。

本章将通过对各种功能的公共建筑(商场、酒店、办公建筑)终端能耗及其显著性影响因素的聚类分析,以对各类公共建筑能耗影响显著的因素为分类依据,建立各类公共建筑分类模型,并结合宏观经济、社会因素,建立我国公共建筑分类模型。

3.2.1 办公建筑分类模型研究

通常办公建筑可分为政府办公建筑和商业办公建筑,针对这二类办公建筑进行再分类研究。

➤ 能耗数据预处理

表3.1 办公建筑基本信息

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)
1	分体空调	4319	31.8
2	分体空调	5233	32
3	分体空调	5700	35.2
4	分体空调	3800	43.5
5	中央空调	16118	51.3
6	中央空调	17480	54.7
7	中央空调	9237	56.2
8	中央空调	44646	56.6
9	中央空调	26560	59
10	中央空调	35748	60.5
11	中央空调	7940	62.6
12	中央空调	7490	62.6
13	中央空调	19341	64.9
14	中央空调	36150	64.9
15	中央空调	24523	65.1
16	中央空调	7782	65.2
17	中央空调	29470	65.5
18	中央空调	16575	67
19	中央空调	31226	67.7

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)
20	中央空调	32999	68
21	中央空调	30514	69.2
22	中央空调	14190	69.4
23	中央空调	14000	69.5
24	中央空调	24000	69.6
25	中央空调	54000	70.4
26	中央空调	81650	70.9
27	中央空调	31787	71.4
28	中央空调	26950	71.6
29	中央空调	27436	72.2
30	中央空调	39545	72.7
31	中央空调	75222	72.9
32	中央空调	29807	74.4
33	中央空调	49096	79
34	中央空调	85570	79.1
35	中央空调	14427	80.7
36	中央空调	26470	81.3
37	中央空调	30570	81.5
38	中央空调	5880	81.7
39	中央空调	299754	81.7
40	中央空调	17506	82.9
41	中央空调	5100	74.7
42	中央空调	15808	83.1
43	中央空调	37000	83.5
44	中央空调	55530	84.1
45	中央空调	66503	84.4
46	中央空调	8794	84.5
47	中央空调	35917	85.2
48	中央空调	21250	85.5
49	中央空调	7393	86.5
50	中央空调	7151	87.7
51	中央空调	16834	88.1
52	中央空调	11550	91.2

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)
53	中央空调	44000	91.7
54	中央空调	64652	91.7
55	中央空调	92648	91.8
56	中央空调	48246	92
57	中央空调	14800	92.3
58	中央空调	18000	93.6
59	中央空调	62500	93.7
60	中央空调	102000	94.6
61	中央空调	83440	95.7
62	中央空调	71923	96.3
63	中央空调	28628	96.4
64	中央空调	34865	96.8
65	中央空调	88295	97
66	中央空调	11791	97.1
67	中央空调	48429	98.1
68	中央空调	9785	99.6
69	中央空调	7640	101.1
70	中央空调	34240	101.3
71	中央空调	60399	101.4
72	中央空调	84280	102.4
73	中央空调	76000	102.7
74	中央空调	63960	103.8
75	中央空调	33756	104.4
76	中央空调	140001	104.6
77	中央空调	45707	106.7
78	中央空调	35255	106.9
79	中央空调	28700	107.4
80	中央空调	23069	109
81	中央空调	47368	109.9
82	中央空调	33000	112.6
83	中央空调	83700	113.4
84	中央空调	36403	114.1
85	中央空调	29547	116.9

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)
86	中央空调	30307	116.9
87	中央空调	87697	120.3
88	中央空调	30400	120.6
89	中央空调	46286	124.1
90	中央空调	40000	125.9
91	中央空调	39952	129.1
92	中央空调	37481	129.4
93	中央空调	52692	130.4
94	中央空调	26043	130.8
95	中央空调	30314	131.9
96	中央空调	21240	132.9
97	中央空调	20386	134.2
98	中央空调	113050	135.6
99	中央空调	45405	140.1
100	中央空调	52157	140.2
101	中央空调	7400	141.5
102	中央空调	41400	141.6
103	中央空调	69800	153.4
104	中央空调	79000	156.9
105	中央空调	62051	168.2
106	中央空调	63084	177.5
107	中央空调	21359	184.5

► 异常值测验方法

由于能耗计量、记录、调研、数据处理等一系列过程中, 不可避免的存在系统误差、偶然误差, 以及人为因素造成的粗大误差等, 而这三项误差中, 以粗大误差导致参差程度为最大, 它会对试验结果产生明显的歪曲, 甚至得出错误的结论。所以, 一旦发现含有这类粗大误差的观测值 (也称异常值) 时, 应该通过统计测验, 将其从观测数据中剔除。

判别异常值的方法通过有以下几种: 莱伊特判别法 (3 δ 准则法)、格拉布斯判别法 (Grubbs)、狄克松判别法 (Dixon)、箱须图法 (Box-whisker Plot)、叶茎图法 (Stem-and-Leaf Plot) 和偏度-峰度检验法等, 常采用前三种。经验表明, 当样本数 $n < 15$ 时, 采用莱伊特判别法剔除异常值的可靠性不够高。所以, 当样本数 $n < 15$ 时, 通常采用格拉布斯判别法和狄克松判别法, 本文

中采用格拉布斯判别法。

为了测验观察值 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 中是否存在由于粗大误差而出现的异常值, 可先将 x_i 按照数值的大小列出顺序统计量 $X(i)$ 使 $X(1) \leq X(2) \leq \dots \leq X(n)$, 并得到 $g(i)$ 的分布、最大值 $g(n)$ 和最小值 $g(1)$, 以及显著性水平 d (通常取 0.05 和 0.01) 及对应的临界值 $g_0(n, d)$, 如式 (4.1) ~ (4.5), 其中 $\bar{x}$ 为均值, δ 为标准差 (常用样本方差 S 代替)。

$$g(i) = \left| \frac{x(i) - \bar{x}}{\delta} \right| \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.1)$$

$$g(n) = \frac{x(n) - \bar{x}}{\delta} \quad (3.2)$$

$$g(1) = \frac{\bar{x} - x(1)}{\delta} \quad (3.3)$$

$$d = P\{g(i) \geq g_0(i, d) | g(n) > g(1), i = 1, 2, \dots, n\} \quad (3.4)$$

$$d = P\{g(i) \geq g_0(n-i+1, d) | g(1) > g(n), i = 1, 2, \dots, n\} \quad (3.5)$$

当 $g(n) > g(1)$ 时, 则认为 $g(n)$ 可疑, 先对 $g(n)$ 进行判别检验, 再作进一步的统计分析。即: 若 $g(n) \geq g_0(n, d)$, 则判别观测值 x_n 为异常值, 应予以剔除; 再逐步对 $g(i)$ ($i=n-1, n-2, \dots, 2$) 进行判别检验, 逐步剔除异常值, 直到 $g(i) < g_0(i, d)$ 为止;

当 $g(1) \geq g_0(n, d)$, 则认为 $g(1)$ 可疑, 先对 $g(1)$ 进行判别检验, 再作进一步的统计分析。即: 若 $g(1) \geq g_0(n, d)$, 则判别观测值 x_1 为异常值, 应予以剔除; 再逐步对 $g(i)$ ($i=2, 3, \dots, n$) 进行判别检验, 逐步剔除异常值, 直到 $g(i) < g_0(n-i+1, d)$ 为止。

采用格拉布斯判别法进行办公建筑能耗数据异常值测验。根据办公建筑基本信息和公式 (3.1) ~ (3.3), 计算得到商场建筑样本统计量及判别分析量 $g(1)$ 、 $g(n)$, 并查表得到临界值 $g_0(n, d)$ 。

表3.2 办公建筑样本统计量

统计量	样本总体	分体空调	中央空调
样本数	107	4	103
最小值	31.8	31.8	51.3
最大值	184.5	43.5	184.5
均值	94	35.62	96.27
标准差	29.92	2.74	28.12

表3.3 办公建筑能耗异常值测验

判别分析	样本总体	分体空调	中央空调
统计量			
n	107	4	103
g(1)	2.08	0.70	1.60
g(n)	3.02	1.44	3.14
g ₀ (n, d)	3.17	1.46	3.17
	g(107)>g(1),且	g(4)>g(1),且	g(103)>g(1),且
异常值测验	g(107)<g ₀ (107, d)	g(4)<g ₀ (4, d)	g(103)<g ₀ (103, d)
	能耗数据无异常值	能耗数据无异常值	能耗数据无异常值

➤ 聚类分析

办公建筑共有 107 个样本，平均能耗指标为 94.00kWh/（m²·a），能耗指标在 31.80~184.50kWh/（m²·a）之间，最大值约为最小值的 6 倍，可见办公建筑能耗差异显著。

根据办公建筑规模及服务水平不同，共分 2 类，分类结果如下：

第一类主要为“普通办公建筑”，建筑面积小于 1 万平方米且采用分散式空调；共有 4 个样本，平均能耗指标为 35.62kWh/（m²·a），能耗指标在 31.80~43.50kWh/（m²·a）之间，当取置信度为 95%时，置信区间为（26.91，44.33）；

第二类主要为“高档办公建筑”，指除普通办公建筑以外的，采用中央空调的办公建筑；共有 103 个样本，平均能耗指标为 96.27kWh/（m²·a），能耗指标在 51.30~184.50kWh/（m²·a）之间，当取置信度为 95%时，置信区间为（90.77，101.76）；

表3.4 办公建筑聚类分析统计量

分类	样本数	样本均值	标准差	标准误	置信区间（置信度为95%）		最小值	最大值
					下限（2.5%）	上限（2.5%）		
1	4	35.62	5.47624	2.73812	26.9111	44.3389	31.80	43.50
2	103	96.27	28.12412	2.77115	90.7695	101.7626	51.30	184.50
总和	107	94.00	29.92569	2.89303	88.2634	99.7348	31.80	184.50

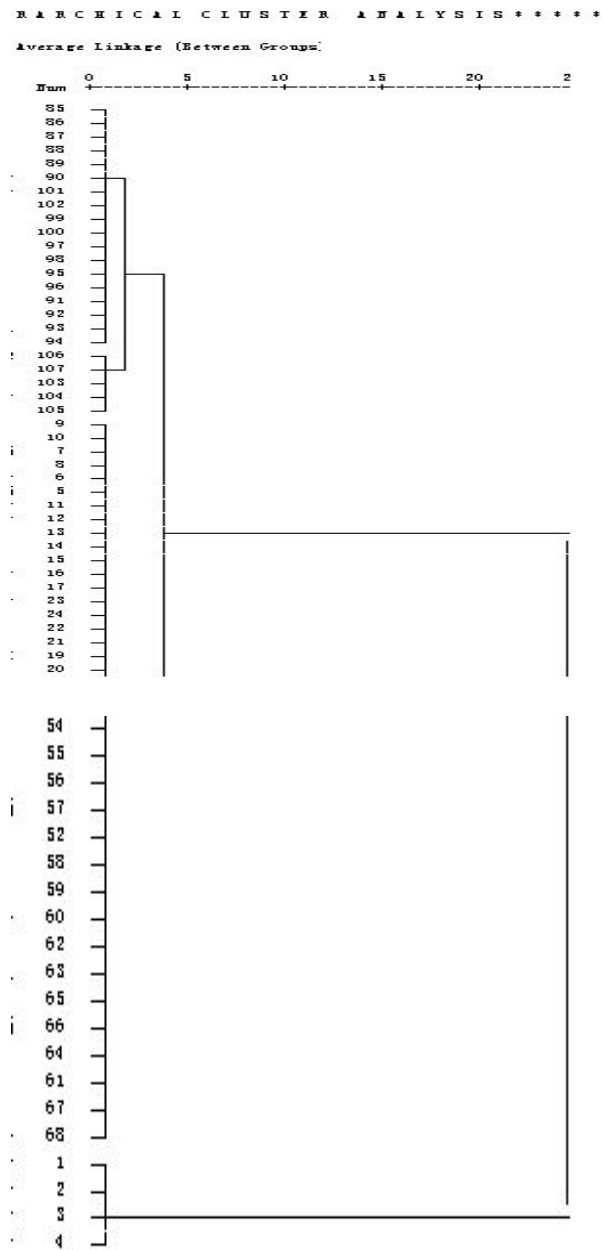
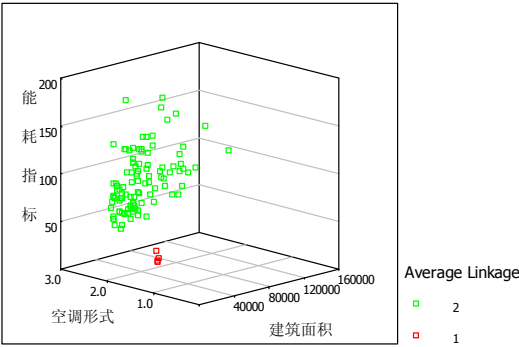


图 3.3 办公建筑聚类分析树

办公建筑聚类分析
(按建筑面积&空调系统形式)



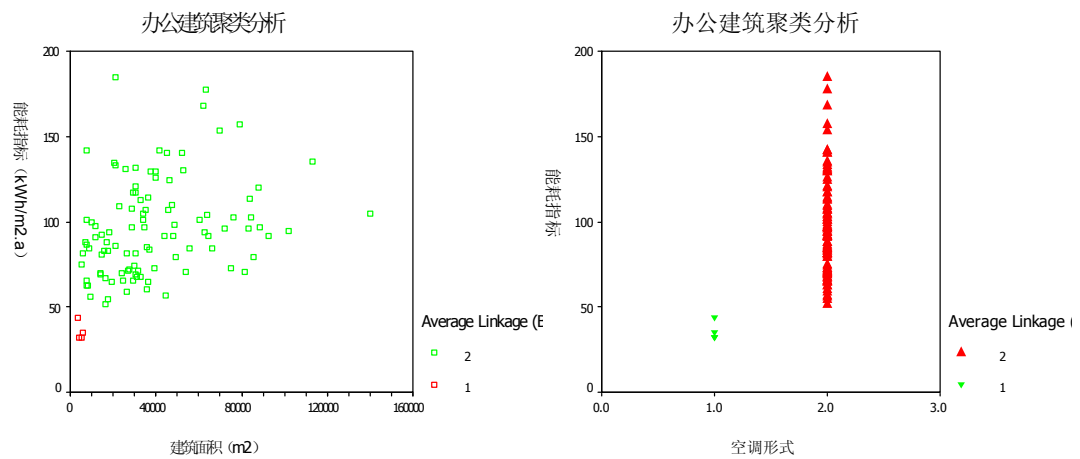


图 3.4 办公建筑聚类分析（按建筑规模&服务水平）

表3.5 办公建筑聚类分析结果

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m²)	能耗指标（kWh/m².a）	分类
1	1	4319	31.8	1
2	1	5233	32.0	1
3	1	5700	35.2	1
4	1	3800	43.5	1
5	2	16118	51.3	2
6	2	17480	54.7	2
7	2	9237	56.2	2
8	2	44646	56.6	2
9	2	26560	59.0	2
10	2	35748	60.5	2
11	2	7940	62.6	2
12	2	7490	62.6	2
13	2	19341	64.9	2
14	2	36150	64.9	2
15	2	24523	65.1	2
16	2	7782	65.2	2
17	2	29470	65.5	2
18	2	16575	67.0	2
19	2	31226	67.7	2
20	2	32999	68.0	2
21	2	30514	69.2	2
22	2	14190	69.4	2

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)	分类
23	2	14000	69.5	2
24	2	24000	69.6	2
25	2	54000	70.4	2
26	2	81650	70.9	2
27	2	31787	71.4	2
28	2	26950	71.6	2
29	2	27436	72.2	2
30	2	39545	72.7	2
31	2	75222	72.9	2
32	2	29807	74.4	2
41	2	5100	74.7	2
33	2	49096	79.0	2
34	2	85570	79.1	2
35	2	14427	80.7	2
36	2	26470	81.3	2
37	2	30570	81.5	2
38	2	5880	81.7	2
39	2	299754	81.7	2
40	2	17506	82.9	2
42	2	15808	83.1	2
43	2	37000	83.5	2
44	2	55530	84.1	2
45	2	66503	84.4	2
46	2	8794	84.5	2
47	2	35917	85.2	2
48	2	21250	85.5	2
49	2	7393	86.5	2
50	2	7151	87.7	2
51	2	16834	88.1	2
52	2	11550	91.2	2
53	2	44000	91.7	2
54	2	64652	91.7	2
55	2	92648	91.8	2

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)	分类
56	2	48246	92.0	2
57	2	14800	92.3	2
58	2	18000	93.6	2
59	2	62500	93.7	2
60	2	102000	94.6	2
61	2	83440	95.7	2
62	2	71923	96.3	2
63	2	28628	96.4	2
64	2	34865	96.8	2
65	2	88295	97.0	2
66	2	11791	97.1	2
67	2	48429	98.1	2
68	2	9785	99.6	2
69	2	7640	101.1	2
70	2	34240	101.3	2
71	2	60399	101.4	2
72	2	84280	102.4	2
73	2	76000	102.7	2
74	2	63960	103.8	2
75	2	33756	104.4	2
76	2	140001	104.6	2
77	2	45707	106.7	2
78	2	35255	106.9	2
79	2	28700	107.4	2
80	2	23069	109.0	2
81	2	47368	109.9	2
82	2	33000	112.6	2
83	2	83700	113.4	2
84	2	36403	114.1	2
85	2	29547	116.9	2
86	2	30307	116.9	2
87	2	87697	120.3	2
88	2	30400	120.6	2

建筑编号	空调系统形式	建筑面积(m ²)	能耗指标 (kWh/m ² .a)	分类
89	2	46286	124.1	2
90	2	40000	125.9	2
91	2	39952	129.1	2
92	2	37481	129.4	2
93	2	52692	130.4	2
94	2	26043	130.8	2
95	2	30314	131.9	2
96	2	21240	132.9	2
97	2	20386	134.2	2
98	2	113050	135.6	2
99	2	45405	140.1	2
100	2	52157	140.2	2
101	2	7400	141.5	2
102	2	41400	141.6	2
103	2	69800	153.4	2
104	2	79000	156.9	2
105	2	62051	168.2	2
106	2	63084	177.5	2
107	2	21359	184.5	2

➤ 聚类分析结果检验

单因素方差分析结果表明, 办公建筑能耗 (E) 与办公建筑按规模和服务水平的分类 (CL2) 相关性显著, 即证明建筑规模和服务水平是约束办公建筑能耗的显著因子。

表3.6 方差检验

能耗指标	离差平方和	自由度 (df)	均方	F	Sig. (p值)
组间	14159.451	1	14159.451	18.407	.000
组内	80768.519	105	769.224		
总和	94927.970	106			

➤ 办公建筑分类模型

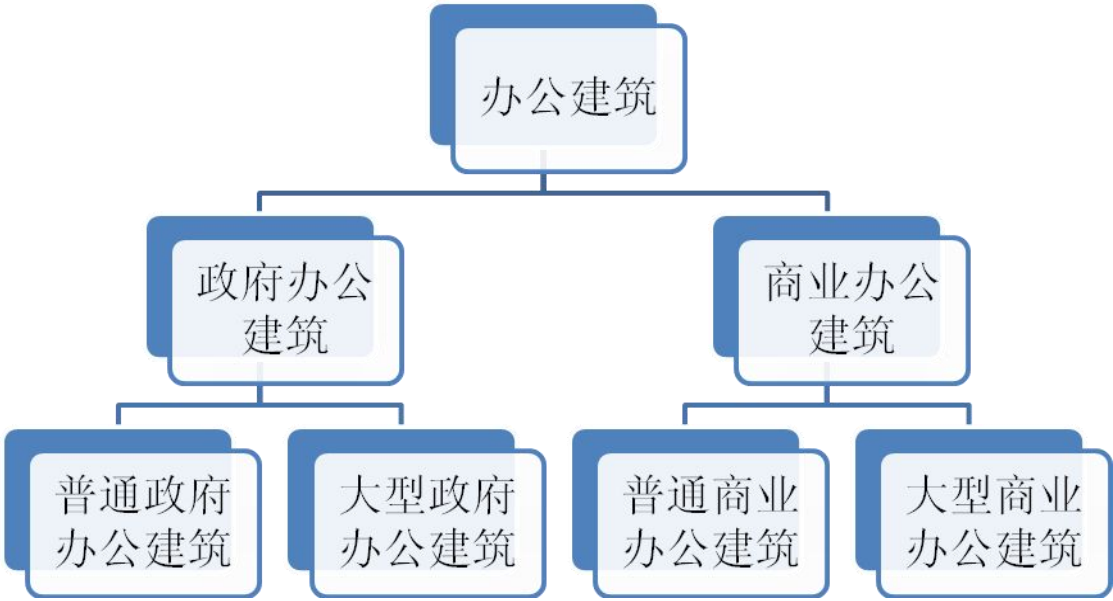


图 3.5 办公建筑分类模型

3.2.2 宾馆酒店建筑分类模型研究

➤ 宾馆酒店建筑能耗数据预处理

表3.7 宾馆酒店建筑基本信息

建筑编号	建筑面积	星级	能耗指标
1	12188	4	110.73
2	6000	3	116.54
3	35927	3	132.25
4	18300	3	132.4
5	23936	3	144.7
6	7200	2	146.82
7	10289	3	147.63
8	28688	5	153.32
9	21000	4	156.45
10	7200	3	161.39
11	16599	4	168.08
12	98000	5	171.65
13	6700	3	177.31
14	17268	4	190.66
15	25208	4	194.9
16	16338	4	196.47
17	5600	4	197.34
18	51496	4	205.33

19	38499	5	208.4
20	27761	4	209.95
21	111650	5	211.23
22	22857	4	212.79
23	25033	4	214.3
24	11400	4	214.92
25	41000	5	221.45
26	17288	4	228.42
27	40000	4	230.84
28	56000	5	233.08
29	35600	5	241.22
30	54795	4	243.19
31	28388	4	244.79
32	14100	4	249.04
33	56032	5	259.94
34	58000	5	263.97
35	48948	5	273.14
36	24000	5	301.88
37	25495	5	309.52
38	10800	4	334.01
39	26000	4	339.06
40	58000	5	365.07
41	30000	4	431.6

采用格拉布斯判别法进行宾馆酒店建筑能耗数据异常值测验。根据宾馆酒店建筑基本信息和公式（3.1）~（3.3），计算得到商场建筑样本统计量及判别分析量 $g(1)$ 、 $g(n)$ ，并查表得到临界值 $g_0(n, d)$ 。

表3.8 宾馆酒店建筑样本统计量

统计量	样本总体	2~3星级	4~5星级
样本数	41	8	33
最小值	110.73	116.54	110.73
最大值	431.6	177.31	431.6
均值	218.19	144.88	235.96
标准差	69.46	18.72	65.46

表3.9 宾馆酒店建筑能耗异常值测验（第一次）

判别分析 统计量	样本总体	2~3星级	4~5星级
n	41	8	33
g(1)	1.55	1.51	1.91
g(n)	3.07	1.73	2.99
$g_0(n, d)$	2.87	2.03	2.76
异常值测验	$g(41) > g(1)$, 且 $g(41) > g_0(41, d)$ 数据存在异常值	$g(8) > g(1)$, 且 $g(8) < g_0(8, d)$ 数据无异常值	$g(33) < g(1)$, 且 $g(33) > g_0(33, d)$ 数据存在异常值

第一次剔除异常值后，继续按照上面相同的方法进行统计分析和异常值测验分析，此处略写，最终剔除异常值后的结果见表 3.10。

表3.10 宾馆酒店建筑样本统计量（剔除异常值）

统计量	样本总体	2~3星级	4~5星级
样本数	36	28	8
最小值	116.54	190.66	116.54
最大值	431.6	431.6	177.31
均值	227.38	250.95	144.88
标准差	68.80	58.77	18.727

➤ 宾馆酒店建筑能耗聚类分析

根据宾馆酒店建筑的服务水平（星级）进行聚类分析，共分 2 类，分类结果如下：

第一类主要为“4/5 星级及以上”宾馆酒店，共有 28 个样本，平均能耗指标为 $250.96 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，能耗指标在 $190.66 \sim 431.60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 之间，当取置信度为 95% 时，置信区间为 $(228.16, 273.73)$ ；

第二类主要为“3 星级及以下”宾馆酒店；共有 8 个样本，平均能耗指标为 $144.88 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ，能耗指标在 $116.54 \sim 177.31 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 之间，当取置信度为 95% 时，置信区间为 $(129.23, 160.53)$ 。

表3.11 宾馆酒店建筑聚类分析统计量（剔除异常值）

分类	样本数	样本均值	标准差	标准误	置信区间（置信度为95%）		最小值	最大值
					下限（2.5%）	上限（2.5%）		
1	28	250.95	58.76878	11.10626	228.1586	273.7349	190.66	431.60
2	8	144.88	18.72381	6.61987	129.2265	160.5335	116.54	177.31
总和	36	227.38	68.80757	11.46793	204.0953	250.6575	116.54	431.60

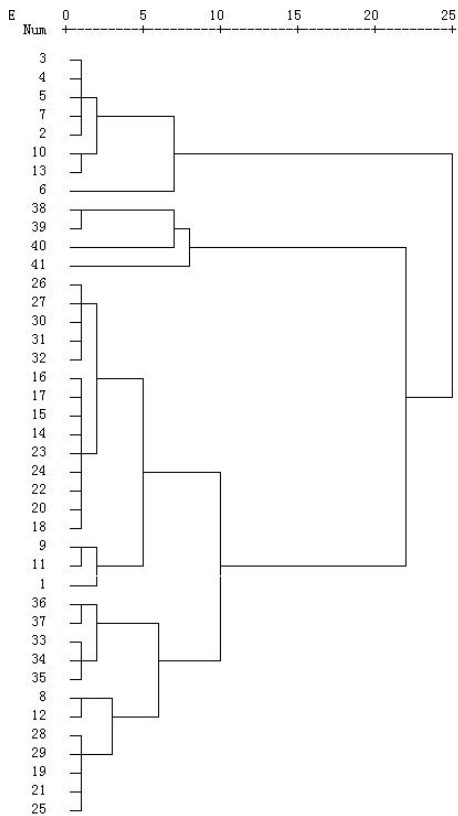


图 3.6 宾馆酒店建筑聚类分析树

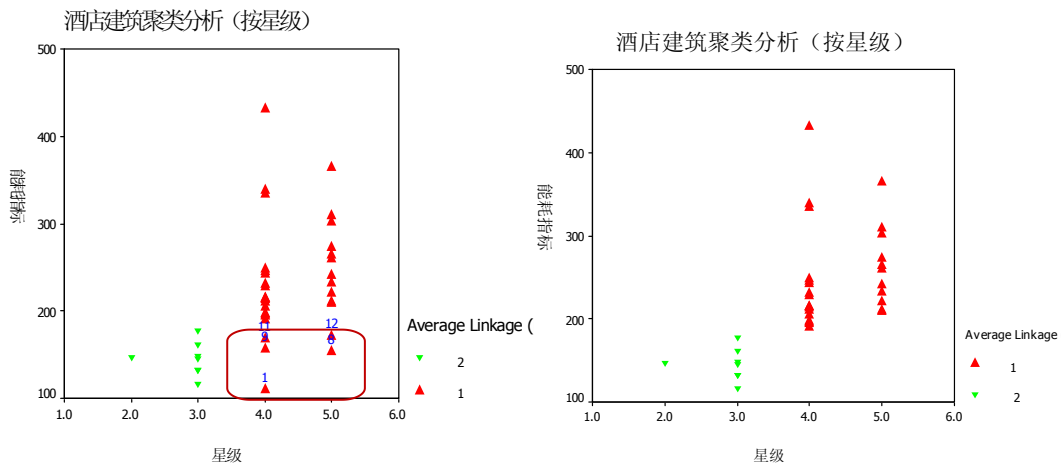


图 3.7 宾馆酒店建筑聚类分析（按星级）

表3.12 宾馆酒店建筑聚类分析（剔除异常值）

建筑编号	建筑面积(m ²)	星级	能耗指标(kWh/m ² .a)	分类
14	17268	4	190.66	1
15	25208	4	194.9	1
16	16338	4	196.47	1
17	5600	4	197.34	1
18	51496	4	205.33	1
19	38499	5	208.4	1
20	27761	4	209.95	1
21	111650	5	211.23	1
22	22857	4	212.79	1
23	25033	4	214.3	1
24	11400	4	214.92	1
25	41000	5	221.45	1
26	17288	4	228.42	1
27	40000	4	230.84	1
28	56000	5	233.08	1
29	35600	5	241.22	1
30	54795	4	243.19	1
31	28388	4	244.79	1
32	14100	4	249.04	1
33	56032	5	259.94	1
34	58000	5	263.97	1
35	48948	5	273.14	1
36	24000	5	301.88	1
37	25495	5	309.52	1
38	10800	4	334.01	1
39	26000	4	339.06	1
40	58000	5	365.07	1
41	30000	4	431.6	1
2	6000	3	116.54	2
3	35927	3	132.25	2
4	18300	3	132.4	2
5	23936	3	144.7	2

建筑编号	建筑面积(m²)	星级	能耗指标(kWh/m².a)	分类
6	7200	2	146.82	2
7	10289	3	147.63	2
10	7200	3	161.39	2
13	6700	3	177.31	2

➤ 聚类分析结果检验

单因素方差分析结果表明，宾馆酒店建筑能耗（ E ）与酒店建筑按星级的分类（CL2）相关性显著，即证明建筑服务水平是约束宾馆酒店建筑能耗的显著因子。

表3.13 方差检验

能耗指标	离差平方和	自由度（df）	均方	F	Sig.（p值）
组间	70001.014	1	70001.014	24.868	.000
组内	95705.853	34	2814.878		
总和	165706.867	35			

➤ 宾馆酒店建筑分类模型

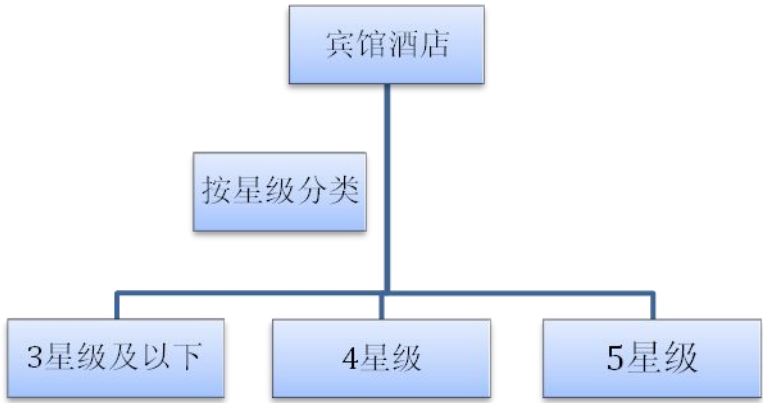


图 3.8 宾馆酒店建筑分类模型结构图

3.2.3 商场建筑分类模型研究

商场建筑的再分类比较复杂，主要原因是商业活动的迅猛发展导致商业形态之间的融合度越来越高，界线往往不清晰。以百货店和大型超市为例，二者相互融合的现象越发明显，甚至百货店中直接就有大型超市，而大型超市中百货的比例也越来越大。我们来看下面一组数据分析：

➤ 商场建筑样本数据预处理

（1）样本基本信息

表3.14 商场建筑基本信息

建筑编号	使用功能	建筑面积(m ²)	能耗指标(kWh/m ² .a)
1	百货	105806	131.7
2	百货	45000	298.1
3	百货	40650	136.9
4	百货	37000	87.3
5	百货	33722	127.7
6	百货	33000	178.8
7	百货	32192	259.2
8	百货	22484	183
9	百货	20000	116.8
10	百货	16270	100.1
11	百货	13800	154.3
12	百货	7000	100.9
13	超市	74393	434.2
14	超市	46363	145.3
15	超市	27500	414.8
16	超市	25661	310.5
17	超市	23300	359.1
18	超市	23085	367.3
19	超市	22983	322.2
20	超市	20043	464.2
21	超市	16871	433.2
22	超市	16000	393.9
23	超市	10780	353.4
24	超市+百货	120000	312.2
25	超市+百货	101051	306.2
26	超市+百货	46460	310.1
27	超市+百货	33272	260.7
28	超市+百货	24500	320.6
29	超市+百货	22000	263.5
30	超市+百货	19970	311.9
31	超市+百货	19087	318.9
32	超市+百货	18787	321.6

②商场建筑异常值测验

根据商场建筑基本信息和公式 (3.1) ~ (3.3), 计算得到商场建筑样本统计量及判别分析量 $g(1)$ 、 $g(n)$, 并查表得到临界值 $g_0(32, d)$ 。

表3.15 商场建筑样本统计量

统计量	样本总体	百货	超市	超市+百货
样本数	32	12	11	9
最小值	87.30	87	145.3	260.7
最大值	464.20	298	464.2	321.6
均值	268.70	156	363.5	302.9
标准差	111.82	65	87.1	23.7

表3.16 商场建筑异常值测验

判别分析统计量	样本总体	百货	超市	超市+百货
n	32	12	11	9
$g(1)$	1.62	1.06	2.51	1.78
$g(n)$	1.75	2.19	1.16	0.79
$g_0(n, d)$	2.75	2.28	2.23	2.11
异常值测验	$g(32) > g(1)$, 且 $g(32) < g_0(32, d)$ 则商场建筑总体 能耗数据无异常值	$g(12) > g(1)$, 且 $g(12) < g_0(12, d)$ 百货类商场的能耗 数据无异常值	$g(11) < g(1)$, 且 $g(1) > g_0(11, d)$ 超市类商场的能耗 数据存在异常值	$g(12) > g(1)$, 且 $g(12) < g_0(12, d)$ 超市+百货类商场能耗 数据无异常值

表3.17 商场建筑样本统计量 (剔除异常值)

统计量	样本总体 (剔除异常值)	超市 (剔除异常值)
样本数	31	10
最小值	87.3	310.5
最大值	464.2	464.2
均值	272.69	385.28
标准差	111.34	51.06

表3.18 商场建筑异常值测验（第一次剔除异常值后）

判别分析 统计量	样本总体 (剔除异常值)	超市 (剔除异常值)
n	31	10
g(1)	1.67	1.46
g(n)	1.72	1.55
$g_0(n, d)$	2.74	2.18
异常值测验	$g(31) > g(1)$, 且 $g(31) < g_0(31, d)$ 则商场建筑总体 能耗数据无异常值	$g(10) > g(1)$, 且 $g(1) < g_0(10, d)$, 则剔除异常数后, 超市类商场的能耗数据无异常值

通过对样本数据的判别分析, 仅超市类商场建筑中有一栋建筑的能耗数据存在明显的误差, 需剔除异常值才能进行进一步的统计分析。

剔除异常数据后, 商场建筑样本总数为 31, 平均能耗指标为 272.69kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 变化范围为 87.3~464.2kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$) 之间, 最大值为最小值的 5 倍多, 可见不同功能的商场建筑, 如超市类、百货类, 建筑能耗指标差异显著, 需进一步分类。

➤ 商场建筑聚类分析

根据分类因子确定的原则, 首先选取对商场建筑能耗有显著影响的刚性约束因子“建筑功能”进行聚类分析, 共分 3 类, 分类结果如下:

第一类主要为“百货”类商场建筑, 平均能耗指标为 156.23kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 最小值为 87.3 kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 最大值为 298.1kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)。当取置信度为 95%时, 置信区间为 (115.0, 197.4), 即“百货”类商场建筑能耗指标范围区间为 (115.0, 197.4) (误差 5%)。

第二类主要为“超市”类商场建筑, 平均能耗指标为 385.28kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 能耗指标在 310.5 kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 最大值为 464.2kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)。当取置信度为 95%时, 置信区间为 (348.8, 421.8), 即“超市”类商场建筑能耗指标范围区间为 (348.8, 421.8) (误差 5%)。

第三类主要为“超市”类商场建筑, 平均能耗指标为 302.8kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 最小值为 260.7 kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$), 最大值为 321.6kWh/($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)。当取置信度为 95%时, 置信区间为 (284.7, 231.0), 即“超市”类商场建筑能耗指标范围区间为 (284.7, 231.0) (误差 5%)。

表3.19 商场建筑聚类分析统计量（剔除异常值）

分类	样本数	样本均值	标准差	标准误	置信区间（置信度为95%）		最小值	最大值
					下限（2.5%）	上限（2.5%）		
1	12	156.23	64.85443	18.72186	115.0268	197.4399	87.30	298.10
2	10	385.28	51.05524	16.14508	348.7573	421.8027	310.50	464.20
3	9	302.85	23.67061	7.89020	284.6607	321.0504	260.70	321.60
总和	31	272.69	111.34178	19.99757	231.8466	313.5276	87.30	464.20

注：1.聚类方法：组间聚类；2.距离测量方法：欧式聚类平方距离；3.数值标准化方法：Z scores

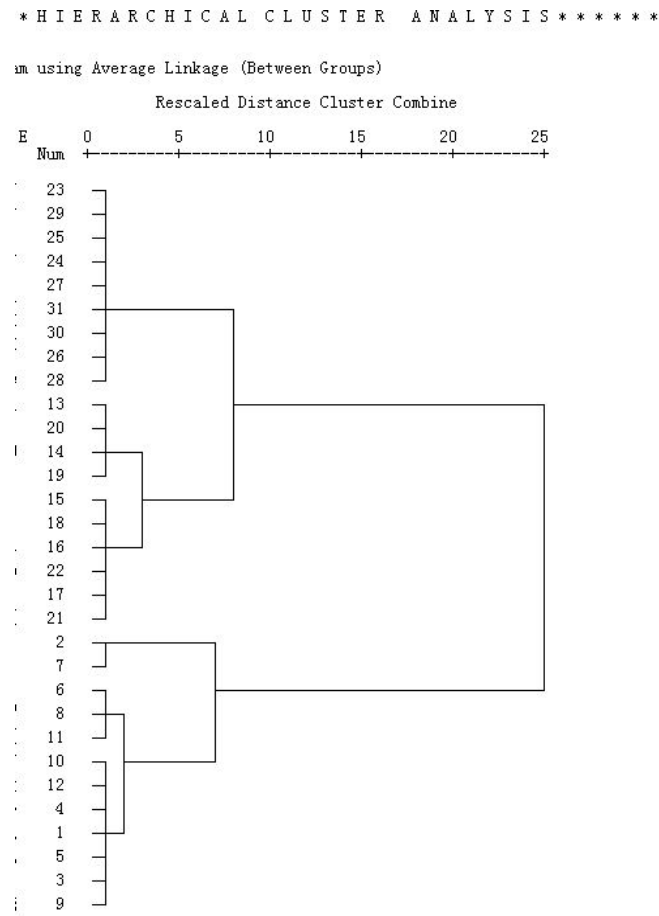


图 3.9 商场建筑聚类分析树（按使用功能聚类）

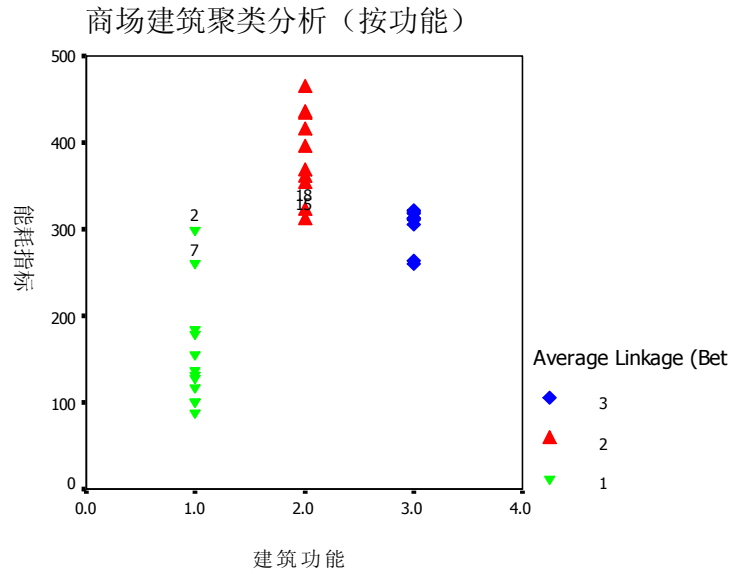


图 3.10 商场建筑聚类分析图（按使用功能）

表3.16 商场建筑聚类分析结果

序号	建筑功能	能耗指标(kWh/m ² .a)	分类
1	百货	131.7	1
2	百货	298.1	1
3	百货	136.9	1
4	百货	87.3	1
5	百货	127.7	1
6	百货	178.8	1
7	百货	259.2	1
8	百货	183	1
9	百货	116.8	1
10	百货	100.1	1
11	百货	154.3	1
12	百货	100.9	1
13	超市	434.2	2
14	超市	414.8	2
15	超市	310.5	2
16	超市	359.1	2
17	超市	367.3	2
18	超市	322.2	2
19	超市	464.2	2
20	超市	433.2	2

序号	建筑功能	能耗指标(kWh/m ² .a)	分类
21	超市	393.9	2
22	超市	353.4	2
23	超市+百货	312.2	3
24	超市+百货	306.2	3
25	超市+百货	310.1	3
26	超市+百货	260.7	3
27	超市+百货	320.6	3
28	超市+百货	263.5	3
29	超市+百货	311.9	3
30	超市+百货	318.9	3
31	超市+百货	321.6	3

➤ 聚类分析结果检验

单因素方差分析结果表明，商场建筑能耗（ E ）与商场按使用功能的分类（ $CL3$ ）的相关性显著，即证明建筑功能是约束商场建筑能耗的显著因子。

表3.17 方差检验

能耗指标	离差平方和	自由度 (df)	均方	F	Sig. (p值)
组间	297700.6	2	148850.295	56.163	.000
组内	74209.2	28	2650.328		
总和	371909.8	30			

➤ 商场建筑分类结果

商场建筑功能和服务水平是最显著的因素，且聚类分析结果也进一步证明了按照建筑功能进行商场建筑分类的正确性。而针对商业建筑相互融合及界线有时较为模糊的问题，这一直是学界的一个难题，且伴随着近年来商业活动进一步繁荣，这个问题变得越为复杂。在本文中将根据国家标准《零售业态分类》（GB/T 18106-2004）进行合理分类，同时，考虑到商业建筑包含的种类很多，本标准的编制很难一步到位将所有类型包含在内，根据能耗统计和能源审计工作的开展，主要针对百货店、超市、家居建筑商店和购物中心这四大类。

百货店是指在一个建筑物内，经营若干大类商品，实行统一管理，分区销售，满足顾客对时尚商品多样化选择需求的零售业态。

超市是指开架售货，集中收款，满足社区消费者日常生活需要的零售业态。而大型超市是指营业面积超过 6000m²，品种齐全，满足顾客一次性购齐的

零售业态。根据商品结构，可以分为为以经营食品为主的大型超市和以经营日用品为主的大型超市。

家居建材商店是以专门销售建材、装饰、家居用品为主的零售业态。

购物中心(SHOPPINGMALL)是多种零售店铺、服务设施集中在由企业有计划地开发、管理、运营的一个建筑物内或一个区域内，向消费者提供综合性服务的商业集合体。

3.3 本章小结

本章通过采用聚类分析的方法对公共建筑进行再分类研究，在传统按功能将公共建筑分类的基础上，进行进一步的细化，将办公建筑、宾馆酒店建筑和商场建筑进行了再细分类。其中，办公建筑分为政府办公建筑与商业办公建筑，同时，根据规律进一步分为普通办公建筑（建筑面积小于 10000m^2 ）与大型办公建筑（建筑面积不低于 10000m^2 ）；宾馆酒店建筑按星级分为五星级、四星级以及三星级及以下；商场建筑根据国家标准《零售业态分类》（GB/T 18106-2004）进行分类。

第4章 公共建筑能耗指标形式研究

4.1 指标形式的分类与定义

4.1.1 指标形式的分类

根据已有建筑用能指标形式，可主要分为以下两大类：

➤ 以“实物量”为主线的建筑能耗指标形式

以“实物量”为主线主要体现了“公平优先”的原则，即根据建筑的实际需求，选择合理建筑能耗指标形式。主要包括单位面积能耗指标、人均能耗指标，单位床位能耗指标等。

➤ 以“产值”为主线的建筑能耗指标形式

以“产值”为主线主要体现了“效率优先”的原则，是一种经济性指标，主要包括采用单位税收或单位营业额的建筑用能指标。

某一类建筑应采用何种指标形式，这主要取决于采用这一指标形式是否科学合理的评价该类建筑用能的真实水平。应尽可能避免采用这一指标时，本质是耗能建筑，却评价成为了“节能建筑”，而事实是节能建筑，却成了“耗能建筑”。但建筑用能的复杂性，导致指标形式的选取存在着困难，并不存在一种指标形式是绝对完美的，总或多或少的存在着些许问题。因此，合理的分析方法是通过对各种指标形式，找出其优缺点，综合利弊最终确定最佳的指标形式。

4.1.2 单位建筑面积能耗指标分析

单位面积能耗指标的计算方式如下：

$$E_A = \frac{E}{A} \quad (4.1)$$

式中 E_A ——单位建筑面积能耗指标值；

E ——完成建筑使用功能所消耗的能源；

A ——建筑面积。

由于建筑的使用对象数量的多少会影响建筑用能的多少，且使用对象数量的合理性并不是一个固定取值，而应该是一个范围，这就意味着建筑的使用条件的合理性不是固定的，而是变化的。单位面积能耗指标是建筑在一定使用对象数量下确定的能耗取值，而建筑实际使用对象数量是难以控制的。因而，应用单位面积能耗值评价建筑用能是否合理的时候是会产生一定的偏差，偏差的程度会受建筑中实际使用对象数量的影响。

可以知道，采用单位面积能耗指标的优点主要包括以下几方面：

1) 易操作, 容易监管。由于建筑面积的固定性, 采用此指标不但在操作上简便, 而且易于让管理部门核查监管, 不易弄虚作假。另一方面, 采用该指标也易于现有的建筑能耗统计、能源审计制度相结合。

2) 建筑节能是在满足建筑使用功能的前提下, 合理控制建筑能耗水平。采用单位面积能耗指标, 可以通过根据建筑实际情况, 在满足建筑使用功能的基础上, 对建筑使用条件进行界定, 从而得到合理的单位面积能耗指标值。

同时, 由于建筑实际服务对象的多少将影响单位面积能耗, 而对于某些建筑, 这种差异是影响公平性的重要原因, 因此, 单位面积能耗指标也具有一定的局限性, 主要体现在以下几方面:

1) 由于单位面积能耗指标值是在一定使用条件下确定的, 在使用对象对建筑能耗影响较为显著的建筑, 采用单位面积能耗指标进行评价的准确性将降低。

2) 制定约束性指标或引导性指标时, 对于建筑服务人数严重超标的建筑, 可导致建筑合理的用能需求超过约束(引导)性指标, 造成不公平现象。

通过对单位面积能耗指标的优缺点进行分析可以知道, 尽管单位面积能耗指标有一定的不足, 但可操作性强, 且可以满足大多数人的基本需求, 这也决定了其具有广泛的适用性。

4.1.3 人均能耗指标分析

单位服务对象能耗指标是根据建筑服务对象数量, 确定能源消耗量一种能耗指标形式。即通过在一定技术条件、使用条件下, 将单位服务对象的能源消耗作为能耗指标值。单位面积能耗指标值计算如下:

$$E_N = \frac{E}{N}$$

(4.2)

式中 E_N ——人均能耗指标值;

E ——完成建筑使用功能所必须的能耗;

N ——建筑服务对象数量。

根据分析, 可以发现, 单位服务对象能耗指标是具有一定的优点的: 主要体现在以下几方面:

1) 采用单位服务对象能耗指标, 可以有效的控制个人建筑能耗的消费行为, 是具有绝对的公平性质, 这对于财政收入来源于纳税人的行政部门或教育资源平等享有的学校尤为重要。

2) 可以有效的控制建筑的使用条件, 使建筑的使用朝公平性的方向发展。

同时，由于建筑能耗的影响因素较多，建筑使用对象数量变化并非影响建筑能耗唯一的因素，与其它技术性因素相比，基本处于较弱的地位，在建筑规模一定的前提下，建筑对能耗的需求量与建筑服务对象数量并非呈正比的关系，因此，在实际操作中可能出现如下几方面的问题：

1) 建筑使用对象数量的准确界定困难度大，由此将可能导致结果的失真。

2) 在很多情况下，建筑用能并非随使用人数线性增长，采用此指标并不一定能真实反映建筑实际用能需求与水平。

根据对单位服务对象能耗限额指标进行分析，可以知道，单位服务对象能耗指标具有一定的局限性，只有在对能耗分配公平性具有较强的倾向，且建筑人数较为固定时，采用单位服务对象能耗指标才更具有合理性与可操作性。

4.1.4 单位税收（营业额）能耗指标分析

单位税收能耗指标是根据企业经营情况进行建筑能耗配给的典型方式，公共建筑税收主要针对商务建筑，如商场、宾馆酒店等。由于营业税是根据企业营业额按比例进行征收的，因此，营业税与企业营业额是直接相关的。单位营业额能耗指标计算方式如下：

$$E_s = \frac{E}{S} \quad (4.3)$$

式中 E_s ——单位税收（营业额）能耗指标值；

E ——完成建筑使用功能所必须的能耗；

S ——建筑的税收（营业额）。

对于不同企业，提高营业额的方式较多，如：提高员工的工作效率、加强企业的管理、增加客户的满意的、提高企业工作人员的素质、对商品的合理配置等众多的因素，而对于公共建筑，能源投入对于某一特定的公共建筑的营业额的提高并无显著的影响。

可见，对于公共建筑，单位税收是一种单纯意义上的经济指标。采用单位税收一定程度上可以激励企业提高社会产品，以便获得更多的能源资源，有利于提高建筑的生产积极性，增加国家的税收。但同时，采用此指标计算约束性或引导性指标值时，由于单位税收能耗指标并非根据建筑实际能耗需求进行配给，而是根据企业的经营状况进行能耗的配给，这将存在偏差，甚至可能会对经营状况较差企业的正常经营活动产生不利影响，与社会公平性的初衷有一定的违背的。

因此，对于单位税收能耗，一般情况下更倾向于对建筑能耗投入的产值进行评估，较适用于对能耗经济性较为重视的建筑。

4.2 建筑能耗指标形式选取原则

建筑能耗指标的确定应符合以下原则：

①科学性

对于公共建筑，用能合理已不单纯是一个技术问题，而是更多的牵涉到社会性问题。因而，对于能耗指标，就不存在绝对客观公平的指标形式，可能采用的方法只能是各种考虑原则的一种权衡。这就必须以科学的态度对待能耗指标，既要与建筑所承载的社会功能价值取向一致，又必须符合建筑实际的用能需求，达到建筑用能技术性与社会性的统一。

②合理性

能耗指标的目标是能够客观合理的评价建筑用能的水平。因此，能耗指标的合理性内涵主要体现在两个方面：

其一是技术合理性；能耗指标必须体现一定的技术性，可以在一定程度上反映建筑的技术水平，从而达到提高建筑节能水平的目的。如对于某些服务对象数量对建筑能耗需求影响较小的建筑类型，单位面积能耗指标值可以有效的反应不同建筑的能源利用效率，在此基础上，采用单位面积能耗指标值就可以在在一定的技术水平下，满足建筑使用功能所必须的能耗的基础上，提高建筑用能效率，这既是效率性体现，同时也能够保障满足建筑基本使用功能，一定程度上也体现了建筑能耗分配的公平性。

其二是控制合理性；约束性指标值以及引导性指标值的作用是在满足建筑合理使用功能，抑制奢侈性建筑能耗。因此，在一定技术条件、使用条件下确定的能耗指标值控制对象应为建筑舒适性水平、抑制的是奢侈性的建筑能耗。如对于办公建筑，影响建筑舒适性水平的因素不仅包括建筑空间的环境参数，还包括建筑人均空间的大小，而建筑的单位面积能耗指标值随人均建筑面积的增加逐渐降低，若采用单位面积能耗指标值，则可能出现人均建筑面积大，舒适性水平高的建筑受到保护，而对于人均建筑面积小，舒适性水平相对较差的建筑合理的能耗受到打击，出现“打偏、打错”的现象。

③可操作性

建筑能耗指标的可操作性是建立在“科学性”与“合理性”的基础上，从指标可实施性的角度考虑，通过对各种原则的一种权衡与折衷，确定能耗指标，确保在一定科学性、合理性原则基础上，指标具有可实施性。保证指标具有可操作性，在一定程度上可以达到激励建筑节能的目的，保证政府节能主管部门可以快速、有效的依据能耗指标值对建筑能耗水平进行评估，并能够有效杜绝标准执行过程中的弄虚作假现象，就是相对公正合理的，并具有可操作性的。

4.3 指标形式确定研究

4.3.1 办公建筑能耗指标分析

①办公建筑使用条件的分析

办公建筑是为人们提供办公环境的场所，根据办公建筑所承载的社会职能的差异，主要分为政府办公建筑与商业办公建筑两类。对于办公建筑使用条件，由于室内人员较为稳定，且停留时间较长，因而办公建筑能耗主要以维持人们健康、舒适性环境以及满足人们办公条件为主。可见，办公建筑能耗是人们从事正常工作、生活所必须的能源消耗，因此，满足办公建筑使用功能需求是办公建筑能耗分配的重要依据。

②影响办公建筑能耗的因素分析

1) 数据分析

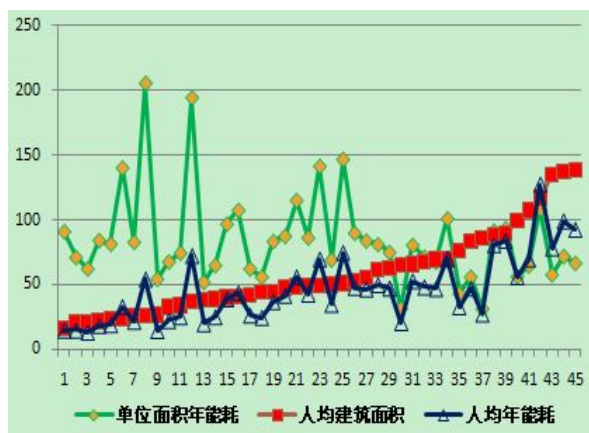


图 4.1 单位面积能耗与人均能耗随人均建筑面积增加变化的趋势

上图为建筑单位面积能耗与人均能耗随人均建筑面积的增加变化的趋势，可以看到，随着人均建筑面积的增加，建筑单位面积能耗呈下降的趋势，而人均能耗却逐渐上升，可见，建筑人员密度对单位面积能耗与人均能耗的影响趋势相反。

通过前面的分析可以知道，在一定节能技术水平、一定使用条件条件下，建筑对总能耗的需求量大小主要受两方面因素的影响，其一是建筑规模，其二是建筑的使用人数。而根据上图分析，在建筑规模一定的情况下，建筑使用人数越多，建筑单位面积能耗水平越高，从而建筑对能耗的需求也就越高，反之，则越低。可见，建筑的使用人数是影响建筑实际能耗需求量大小的关键因素之一。同样，在建筑使用人数一定的条件下，建筑规模越大，建筑对能耗需求越高，反之，则越低。

2) 机理分析

a. 模型建立

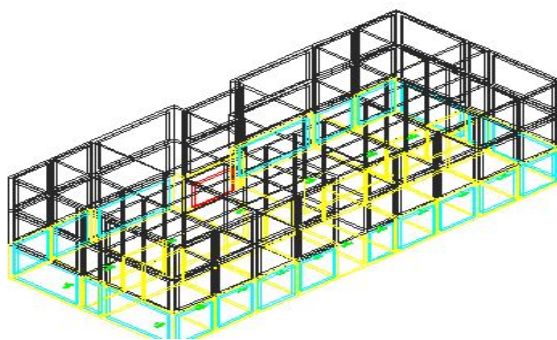


图 4.2 典型办公建筑

上图为典型办公建筑模型，以深圳市某典型办公建筑为基础，建筑面积为 1977.84m²，体形系数为 0.257，综合窗墙面积比为 0.66，空调运行综合能效比为 3W/W。

b. 模拟分析

i) 人员密度对办公建筑能耗影响

办公建筑作息时间、人员热扰、照明功率密度、设备功率密度、室内环境参数等均根据《公共建筑节能设计标准》进行设定，计算结果如下：

表 4.1 不同人员密度下能耗变化

人员密度 (人/m ²)	全年空调能 耗 (kWh)	照明能耗 (kWh)	全年设备能 耗 (kWh)	三项能耗之 和 (kWh)	总能耗变 化率(%)
0.1	102661.42	50473.33	25078.87	178213.62	——
0.2	129537.3	50473.33	50157.75	230168.38	29.15
0.3	156483.89	50473.33	75236.62	282193.84	22.6
0.4	183487.6	50473.33	100315.49	334276.42	18.46

可以看到，随办公建筑人员密度的变化，办公建筑空调、照明、办公设备三项能耗之和的变化率在 20%~30%左右，而这三项能耗占到办公建筑总能耗的 65%~90%。而对于其它分项能耗，如厨房、给排水、电梯等分项能耗，由于主要受建筑使用人数影响，可见，办公建筑使用人数是影响办公建筑能耗的显著性因素之一，这与能耗数据分析的结果是一致的。

ii) 建筑规模对办公建筑能耗影响

通过在原有建筑基础上，添加标准层，增加建筑规模，建筑参数按《公共建筑节能设计标准》进行设定，由于办公建筑建筑规模的增加主要影响建筑的空调系统能耗与照明系统能耗，因此，在保持建筑使用人数不变的前提下，办公建筑计算结果如下：

表 4.2 建筑主要分项能耗计算

建筑面积 (m ²)	全年空调能耗 (kWh)	照明能耗 (kWh)	全年设备能耗 (kWh)	三项能耗之和 (kWh)
1977.84	129212.3	50473.33	61323.47	241009.1
2637.12	182778.8	70561.09	61323.47	337974.36

可以看到，在建筑规模增加 33%左右时，建筑能耗的需求量增加了 30.56%，可见，在一定使用条件下，随着建筑规模增加，建筑对能耗需求量急剧增加，因此，建筑规模是影响建筑能耗需求的关键因素。

c. 结果分析

可见，通过对办公建筑能耗数据进行分析，结合 Dest-c 能耗模拟软件可以知道，办公建筑规模与使用人数均为影响办公建筑显著性因素。与建筑使用人数相比，建筑规模对建筑能耗影响更为显著。

③办公建筑不同能耗指标形式优缺点分析

1) 单位面积能耗指标优缺点分析

根据前面的分析可以知道，单位面积能耗指标是根据建筑规模大小，对建筑进行能耗分配的一种方式，因此，以单位面积能耗指标为基准，制定办公建筑能耗限额具有以下优点：

a.建筑规模是影响建筑总能耗的关键因素之一，在建筑标准使用人数控制合理的前提下，采用单位面积能耗指标可以满足大多数建筑功能需求，这是具有一定合理性的。

b.影响建筑单位面积能耗增加的因素较多，除建筑使用人数外，建筑节能技术水平、建筑的用能行为等均对建筑单位面积能耗产生影响，因此，采用单位面积能耗指标一定程度上可以提高建筑节能技术水平，用其制定约束（引导）性指标能起到控制人们不合理用能行为的作用。

但同时，单位面积能耗评价指标也具有一定的片面性，主要体现在：单位面积能耗指标只能反映单位建筑面积内用能水平的高低，无法对建筑单位面积内用能合理性进行评估，可能出现建筑人均建筑面积过大的建筑，单位面积能耗水平低，建筑人均建筑面积过小的建筑，单位面积能耗水平高，而丧失公平性。尤其是对于办公建筑，建筑使用主体是工作人员，人员流动较为固定，根据公平性原则，在完成同一类型建筑使用功能时，建筑使用人员的人均能耗分配应该相当，而采用单位面积能耗指标则会导致这一公平性的丧失。

2) 人均能耗指标优缺点分析

人均能耗指标是倾向于建筑能耗平均分配的指标形式，是具有公平性倾向的，这是符合办公建筑能耗配给的基本原则的。因此，采用人均能耗具有较为明显的优点：

a.可以有效的控制办公建筑个人的舒适性水平，避免奢侈性能源浪费所造成的不公平现象。

b.有利于推动办公建筑的使用朝良性方面发展，并在一定程度上可以促进就业率。

同时，人均能耗指标也有一定的不足，这主要是由于：影响建筑能耗的因素较多，所以建筑的使用人数与建筑能耗并非呈正比的关系，这就可能出现对于建筑使用人数较多的建筑，能耗配给超过建筑实际能耗而缺乏节能动力，出现部分建筑能源利用效率不高的现象。

3) 单位税收（营业额）能耗指标优缺点分析

影响商务办公楼营业额的因素较多，如企业的发展战略、企业员工的整体素质、企业的管理策略、国家的政策导向、员工的工作效率等。其中任何一个因素都可能大幅度提高企业的营业额，而绝大部分提高企业营业额的措施并不需要能源的投入或对能源投入要求较小。可见，对于商务办公建筑营业额与建筑能耗并无显著的关系。

单位税收（营业额）能耗指标是根据商务办公楼的营业额进行能耗配给的一种方式，采用单位税收（营业额）对建筑进行能耗配给的主要优点是可以促进企业提高企业的生产效率、增加企业的营业额，以便获得更多的建筑用能。

同时，采用单位税收（营业额）能耗指标也具有明显的不足之处，主要体现在以下几方面：

a.导致建筑能耗资源的分配严重不均，对于经营状况较差的企业无法满足其建筑的使用功能，而不得不差价购买能源。

b.经营状况较差的企业更容易遭受淘汰，出现社会两极分化现象。

④办公建筑能耗指标分析

1) 办公建筑指标的科学性

办公建筑能耗是为了满足建筑使用功能需求，为人们提供健康舒适的工作生活环境，因此，对于办公建筑，应以实物量为主，根据建筑实际需求进行能耗分配，以此为基础，确定的能耗指标才具有科学性，因而，办公建筑的建筑能耗指标形式应以“实物量”为基准，而不宜采用经济性指标。

2) 办公建筑指标的合理性

合理性原则的内涵主要包括两方面：一是技术性，二是控制合理性。根据前面的分析可以知道，办公建筑的服务对象数量与办公建筑的规模均为影响办公建筑能耗需求的关键性因素，这也表明：采用单位面积能耗指标与人均能耗指标均可以体现出一定的技术性，反映办公建筑的用能效率，这是符合能耗指标选取的技术性原则的。而对于办公建筑而言，影响办公建筑舒适性水平的因

素不仅包括室内环境参数,还包括个人空间的大小,而根据对办公建筑能耗影响因素进行分析可以知道,办公建筑单位面积能耗随人均建筑面积的增加而降低,反之,则升高。因而,考虑办公建筑能耗的控制合理性时,采用“人均能耗指标”较“单位面积能耗指标”更合适。

3) 办公建筑能耗指标的可操作性

对于政府办公建筑属于人员较为固定的功能建筑,建筑的人员编制都是较为固定的,可以通过一定方式有效的获取,因此,对于政府办公建筑,采用人均能耗指标,是具有一定科学性、合理性内涵的,且具有一定的可操作性基础的。因此,办公建筑能耗指标可采用单位面积能耗指标,有条件时应采用人均能耗指标

而对于商业办公建筑,建筑人数是难以量化与控制的,是政府部门难以有效核准的,若采用人均能耗指标,则可能出现“虚报、谎报”建筑使用人数的现象,导致建筑能耗限额的分配与公平性原则相违背,这显然是不具有可操作性的,而能耗限额标准的前提是必须具有可操作性,因此,在各种原则权衡的基础上,对于商务办公建筑,更宜采用“单位面积能耗”指标。

4.3.2 商场建筑能耗指标分析

① 商场建筑使用条件分析

商场属于典型的商业建筑,且具有建筑面积大、用能设备多、人流密度大、使用时间长等特点,因此与其他公共建筑比较,单位面积能耗密度高,全年耗电量大。商场,顾客是以购买商品货物为目的,因此,能源的供给应以满足商场的使用功能与顾客基本的健康、舒适性要求为目的。

② 影响商场建筑能耗的因素分析

1) 数据分析

a. 建筑规模对建筑总能耗需求的影响

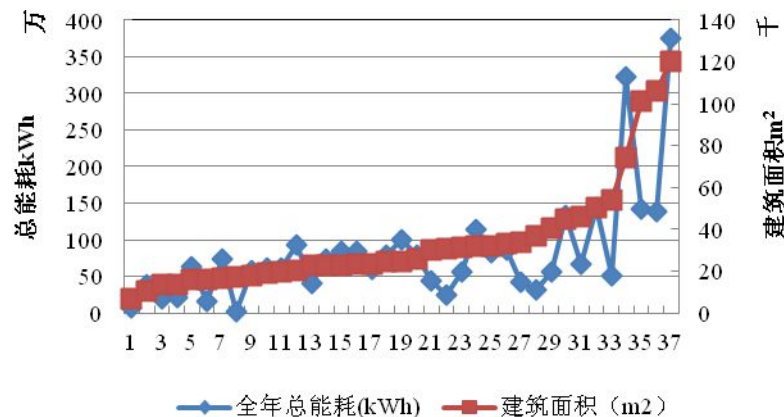


图 4.3 建筑总能耗随建筑面积变化的趋势

上图是建筑总能耗与建筑面积关系示意图，可以看到，随着建筑总能耗的增加，商场面积呈逐渐上升的趋势。可见，对于商场能耗，商场面积是影响商场能耗需求的关键因素之一。

b. 商场客流量对建筑总能耗需求的影响

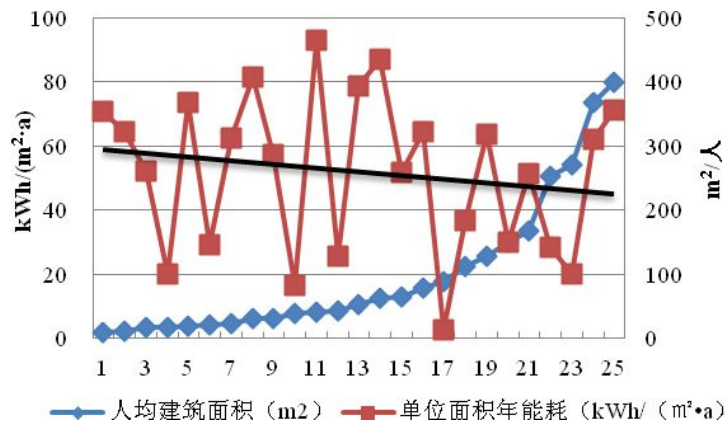


图 4.4 商场单位面积能耗随商场人均建筑面积增加的变化趋势

上图是商场单位面积能耗随商场人均建筑面积增加变化的趋势，可以看到，随着商场客流量的降低，商场单位面积能耗呈现略微降低的趋势，可见，对于商场，客流量对商场单位面积能耗影响并不十分显著。在商场规模一定的条件下，商场客流量的增加对商场总能耗需求的影响并不十分显著。

2) 机理分析

a. 模型建立

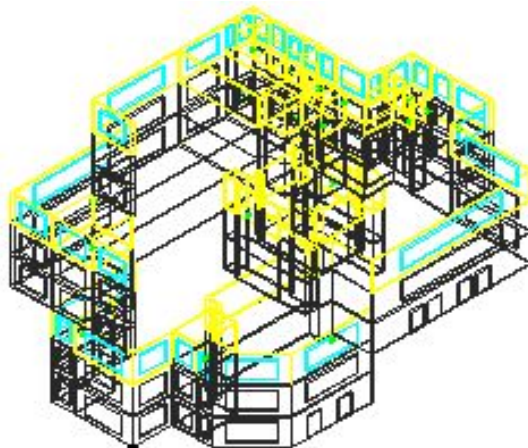


图 4.5 典型商场模型建立

上图是典型商场示意图，建筑面积为 5930.2m^2 ，体形系数为 0.188，窗墙比为 0.4。

b. 模拟分析

i) 商场人员密度对商场能耗影响

商场作息时间、照明功率密度、设备功率密度、室内环境参数均根据《公共建筑节能设计标准》进行设置，气象参数采用广州地区典型气象年参数。

表 4.3 不同人员密度下商场冷负荷

建筑类型	人员密度	冷负荷 (kWh/(m ² ·a))	变化量 (%)
商场	0.25	127.08	——
	0.35	149.05	17.29
	0.45	171.13	14.81

可以看到，随着人员密度的增加，商场冷负荷变化量为 15% 左右，可见商场的人流量对商场空调能耗影响是较为显著的。

由于商场空调能耗占商场总能耗的比例为 34% 左右，因此，根据人员密度对空调能耗影响分析，可以知道，人员密度变化对商场总能耗的影响率约为 5.1%，可见，商场人流量对商场能耗影响并不十分显著，这与对数据分析结果是相吻合的。

ii) 商场规模对商场能耗影响

由于商场规模不仅主要影响商场的空调、照明以及商场设备的能耗，通过在原有建筑基础上，添加标准层，增加建筑规模，建筑参数按《公共建筑节能设计标准》进行设定，计算结果如下：

表 4.4 建筑主要分项能耗计算

建筑面积 (m ²)	全年空调能耗 (kWh)	照明能耗 (kWh)	全年设备能耗 (kWh)	三项能耗之和 (kWh)
5930.2	287258.7	228346.9	201560.8	717166.4
7906.93	394555.7	304462.6	268747.7	967766

可以看到，在商场规模增加 33% 时，商场的主要分项能耗需求量增加了 34.94%，商场对能耗的需求量与商场规模基本成正比关系，可见，商场规模是影响商场能耗的关键因素。

c. 结果分析

通过商场能耗数据进行分析，结合 dest-c 能耗模拟软件分析的基础上，可以知道，影响商场能耗关键因素为商场规模。

③ 商场建筑不同能耗指标形式优缺点分析

1) 单位面积能耗指标优缺点分析

根据对影响商场的关键因素进行分析,可以知道,商场规模是影响商场能耗实际需求量的关键因素,因此,以单位面积能耗指标具有其显著的优点,主要体现在以下方面:

a.可以有效控制商场不合理的用能行为,提高商场能源利用效率。

b.由于商场规模是影响商场能耗的关键因素,因此采用单位面积能耗指标制定约束(引导)性指标,根据商场规模进行对商场进行能耗配给,是与商场实际能耗需求量比较接近的,可以满足大多数商场能耗的基本需求,因此具有一定合理性与可操作性。

然而,单位面积能耗指标也有其不足之处,主要由于单位面积能耗指标完全忽略了商场客流量对商场能耗的影响,而商场客流量对商场能耗的影响是客观存在的,这可能会造成一定程度的偏差。

2) 人均能耗指标优缺点分析

对于商场,采用人均能耗指标对商场用能进行评价,从商场使用的角度而言,由于是充分考虑了商场客流量大小对建筑用能的影响,体现了一定的公平性,有利于提高商场的吸引顾客的动力,推动商场的营业额的增加。

但由于即使同一类型的商场,经营情况往往是不相同的,而商场的客流量并非影响商场能耗的显著性因素。在制定约束(引导性)指标时,由于受商场客流量的影响,不同商场的能耗分配差异较大,这会直接导致对商场能耗配给与实际商场的能耗需求出现较大的偏差。部分商场可能由于客流量较多,能耗配给远高于商场实际能耗需求,而缺乏提高能源利用效率的动力。反之,则导致能耗配给远低于商场实际需求,以致无法满足商场的实际能源需求。此外,商场的人数是难以进行统计与量化的,对于商场而言,显然不具有可操作性。

3) 单位税收(营业额)能耗指标优缺点分析

商场是典型的商业建筑,采用单位营业额能耗指标是一个经济性的指标,是根据商场的经营状况对商场能耗进行配给的。这在一定程度上可以提高商场的营业积极性,提高国家的营业税收。

同时,影响商场营业额的因素较多,其中主要包括:广告、促销、增加客户满意度、降价、顾客购买力等,而其中大多数影响商场营业额的因素并未对商场能耗造成显著的影响。若采用单位税收(营业额)能耗指标对商场能耗进行评价,则会严重偏离商场实际能耗需求,导致部分经营状况较好的商场,可以获得更多的建筑能耗资源。反之,则无法满足商场的使用功能的需求。这样,很容易出现不利的竞争局面,导致经营状况较差的商场容易被淘汰,导致两极分化的现象。

④商场建筑能耗指标分析

1) 商场建筑能耗指标的科学性

商场是人们以营利为目的,进行社会生产活动的典型建筑之一,商场能耗主要是为满足商场正常使用功能以及顾客的健康、舒适性为主,因此,基于建筑能耗限额四项基本原则,对于商场能耗分配,应以满足商场的使用功能为主,这是受商场性质决定的,即应以“实物量”对商场能耗进行分配,以此为基础,确定的商场能耗指标才具有科学性,因此,商场建筑不宜采用经济性指标。

2) 商场建筑能耗指标的合理性

根据对商场规模与商场服务对象数量进行分析,可以知道,商场规模是影响商场能耗需求的关键因素,因此,单位面积能耗指标可以有效反应商场的能源利用效率,是具有较强的技术性的。同时,单位面积能耗指标值是在一定技术条件、使用条件下确定的指标值。在一定条件下,在满足商场客流量需求的前提下,单位面积能耗指标值可以有效的评价商场的用能水平,可见,单位面积能耗指标是具有合理性内涵的。

3) 商场建筑能耗指标的可操作性

能耗指标的可操作性是建立在科学、合理的基础上,确定的指标必须具有可实施性。而根据前面分析可以知道,与其它能耗指标相比,单位面积能耗指标是具有较强的可实施性的。

可见,对于商场,采用单位面积能耗指标是具有一定可行性的。

4.3.3 宾馆酒店建筑能耗指标分析

①宾馆酒店建筑使用条件的分析

宾馆酒店是经营住宿、餐饮服务的建筑,宾馆酒店的功能区域较多,包括大堂、宴会厅、会议室、就餐室以及娱乐场所等多种用能空间,室内环境参数控制较为复杂,空调的开启也往往根据这些场所的使用状况而定。

对于宾馆酒店,客房使用率主要与宾馆酒店的入住情况有关,宾馆酒店的入住率高,客房的使用时间长,则宾馆酒店房间的能耗也就相应增加,但相对于办公建筑与商场等建筑,由于宾馆酒店客房使用时间主要集中在晚上,而此时室外气温降低,且没有太阳辐射,因而,空调能耗也会大大降低,因此,能耗水平相对较低。

由于宾馆酒店是为人们提供食宿的场所,在宾馆酒店合理能耗需求范围内,建筑能耗分配应以满足宾馆酒店需求为主。

②影响宾馆酒店建筑能耗的因素分析

1) 数据分析

a. 建筑规模对宾馆酒店能耗需求量的影响

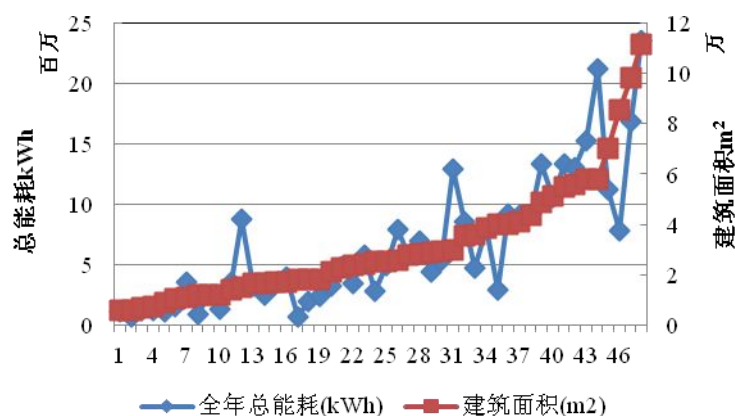


图 4.6 建筑总能耗随建筑面积增加变化的趋势

上图是宾馆酒店总能耗随宾馆酒店面积增加变化的趋势，可以看到，随建筑建筑面积的增加，宾馆酒店总能耗急剧增加，可见，宾馆酒店规模是影响宾馆酒店能耗需求量的关键因素之一。

b. 宾馆酒店入住率对宾馆酒店能耗需求量的影响

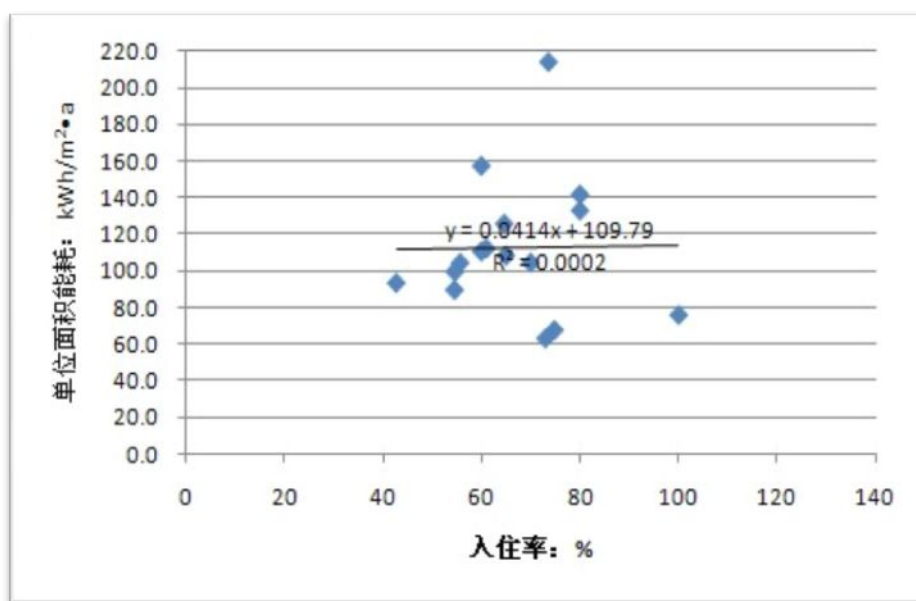


图 4.7 宾馆酒店入住率与建筑用能关系图

可以看到，随宾馆酒店入住率的增加，宾馆酒店单位面积能耗呈现略微上升的趋势，但相关性很小。这也即表明，在宾馆酒店规模一定的条件下，宾馆酒店入住率对能耗的影响并不十分显著。

2) 机理分析

a. 模型建立

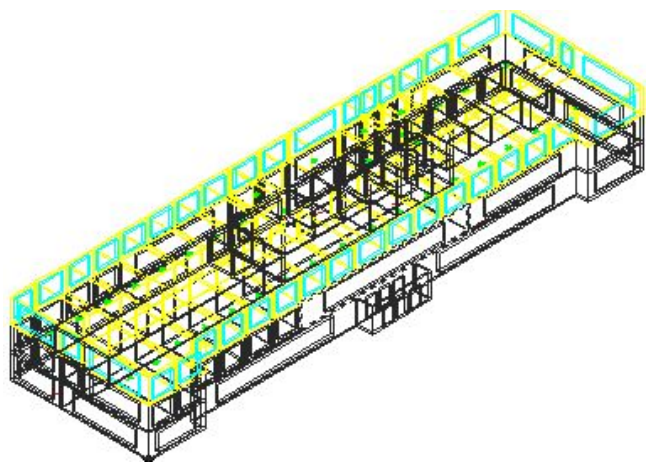


图 4.8 典型宾馆酒店模型

上图为典型宾馆酒店示意图，建筑面积为 4633.07m²，体形系数为 0.224，建筑综合窗墙比为 0.48，客房数量为 37，空调综合运行能效为 3W/W。

b.模拟分析

i) 宾馆酒店入住率对宾馆酒店能耗影响分析

宾馆酒店作息时间、人员热扰、照明功率密度、设备功率密度、室内环境参数等均根据《公共建筑节能设计标准》进行设定，气象参数采用广州地区典型气象年参数。

由于宾馆酒店客房基本采用独立控制方式，则一间客房在有客人入住的情况下，全年的空调、照明以及设备能耗量计算结果如下：

表 4.5 宾馆酒店单位客房全年主要分项能耗计算

建筑类型	空调能耗（kWh）	照明能耗（kWh）	设备能耗（kWh）	总能耗（kWh）
宾馆酒店	4674.62	1858.65	1077.48	7610.75

根据对宾馆酒店能耗进行模拟分析，可以得到宾馆酒店全年能耗如下：

表 4.6 宾馆酒店全年主要分项能耗计算

建筑类型	空调能耗（kWh）	照明能耗（kWh）	设备能耗（kWh）	总能耗（kWh）
宾馆酒店	694545.18	163032.2	47397.32	904974.7

根据模拟分析，可以看到，宾馆酒店单位客房全年能耗占宾馆酒店主要分项能耗之和的比例约为 0.84%，而对于宾馆酒店，入住率主要影响的是宾馆酒店的客房能耗，因而在宾馆酒店入住率在一定范围内波动时，对宾馆酒店的总

能耗影响并不十分显著。

ii) 宾馆酒店规模对宾馆酒店能耗的影响分析

通过在原有建筑基础上,对宾馆酒店添加标准层,增加建筑规模,建筑参数按《公共建筑节能设计标准》进行设定,计算结果如下:

表 4.7 宾馆酒店全年主要分项能耗计算

建筑类型	空调能耗 (kWh)	照明能耗 (kWh)	设备能耗 (kWh)	总能耗 (kWh)
宾馆酒店	1090395.61	231093.15	79545.94	1401034.70

可以看到,通过添加标准层,如考虑入住率不变的前提下,宾馆酒店的空调、照明、设备能耗大幅度增加,在宾馆酒店面积增加 33.33%时,宾馆酒店能耗增加的比率为 54.81%,可见,在宾馆酒店入住率不变的前提下,宾馆酒店规模增加,尤其是在宾馆酒店客房数增加时,宾馆酒店的能耗需求量急剧增加。

因此,通过分析可以知道,影响宾馆酒店实际能耗需求量的关键因素为宾馆酒店的规模大小。

③宾馆酒店建筑不同能耗指标形式优缺点分析

1) 单位面积能耗指标优缺点分析

根据对宾馆酒店的使用条件与影响宾馆酒店能耗需求的影响因素进行分析,可以知道,宾馆酒店采用单位面积能耗指标合理性可以体现在:

建筑规模是影响宾馆酒店能耗的关键因素,根据单位面积能耗指标能够反映建筑的真实用能水平,是具有一定合理性的。采用此指标制定约束(引导)性指标时,在满足宾馆酒店合理用能需求的同时,也可以有效的限制宾馆酒店不合理的用能。因此,采用单位面积能耗指标值是具有一定合理性的。

同样,单位面积能耗指标使用条件的标准化与建筑实际使用条件的波动性是导致能耗指标值与建筑实际能源需求不同的主要原因,这也是单位面积能耗指标的不足之处。

2) 单位床位能耗指标优缺点分析

宾馆酒店的服务对象数量可以根据宾馆酒店床位数进行判断,单位床位能耗指标则是根据宾馆酒店床位数量计算宾馆酒店能耗的一种方式。

在我国的用水定额指标中,宾馆酒店类采用的是单位床位用水指标形式。然而,建筑用能与建筑用水差异较大。这主要体现在宾馆酒店中的水主要消耗在“人”上,即水是用来满足人的生活用水,增加一个人就必需考虑增加相应的用水指标,而床位数正是反映宾馆酒店所能服务对象“人”的数目。因此,按单位床位用水指标是合理的。然而,建筑用能却不是这样的一种关系,其一,在

很多时候,建筑中某一区域即使没有人也需要消耗能耗,如大堂、走廊等公共区域。其二,在一定区域,宾馆酒店中人数的增加并不意味着建筑用能也要相应的等量增加,如一间客房住一个人和住两个人,能耗并不是二倍的关系,可能仅有一点能耗的增加。同时,考虑到入住率对能耗影响有限,因此,采用单位床位能耗指标形式不如单位建筑面积能耗指标形式合理。

3) 单位税收(营业额)能耗指标优缺点分析

由于宾馆酒店与商场均以顾客为主,因此,影响宾馆酒店营业额的因素与商场基本类似。所以,对于宾馆酒店,采用单位税收(营业额)能耗指标可以推动宾馆酒店的营业积极性,提高国家的营业税收。

但同时,由于宾馆酒店的床位数量并不是影响宾馆酒店能耗的显著性因素,宾馆酒店能耗主要还是与宾馆酒店的节能技术水平、用能系统能效以及入住率有关,采用单位税收(营业额)作为宾馆酒店能耗指标可能导致该类建筑用能水平评价时出现严重偏差。同时,制定约束(引导)性指标时,由于对宾馆酒店的能耗配给与宾馆酒店实际需求的严重偏失,导致经营情况较差的宾馆酒店能耗指标无法满足宾馆酒店使用功能的需求。

④宾馆酒店建筑能耗指标分析

1) 宾馆酒店建筑能耗指标的科学性

与商场类似,宾馆酒店也是人们以营利为目的,进行生产的典型建筑之一,宾馆酒店能耗主要是为满足建筑使用功能需求以及顾客的健康、舒适性要求,因此,对于宾馆酒店能耗评价,应以满足宾馆酒店使用功能需求为主,即以“实物量”作为宾馆酒店能耗指标,这是宾馆酒店宾馆酒店能耗指标确定科学性的体现。

2) 宾馆酒店建筑能耗指标的合理性

根据对宾馆酒店规模与商场服务对象数量进行分析,可以知道,宾馆酒店规模是影响宾馆酒店能耗需求的关键因素,因此,单位面积能耗指标可以有效反应宾馆酒店的能源利用效率,是具有较强的技术性的。同时,单位面积能耗指标值是在一定技术条件、使用条件下确定的指标值。在一定条件下,在满足宾馆酒店顾客需求的前提下,单位面积能耗指标值可以评价宾馆酒店的用能水平,可见,单位面积能耗指标是具有合理性内涵的。

3) 商场建筑能耗指标的可操作性

能耗指标的可操作性是建立在科学、合理的基础上,确定的指标必须具有可实施性。而根据前面分析可以知道,与其它能耗指标相比,单位面积能耗指标是具有较强可实施性的。

可见,对于宾馆酒店,采用单位面积能耗指标具有一定可行性。

4.4 本章小结

本章通过对比分析各类建筑用能指标形式的优缺点，同时，结合各类不同类型建筑的用能特点，确定了与之相匹配的建筑用能指标形式。其中，政府办公建筑可采用人均能耗指标与单位建筑面积指标，有条件时可优先选用人均能耗指标；商场与宾馆酒店建筑应采用单位建筑面积指标。

第5章 公共建筑能耗指标值确定方法研究

5.1 建筑能耗指标值确定方法简介

5.1.1 专家咨询法

专家咨询法也称为经验法，主要是用专家的经验 and 判断能力，通过逻辑思维，综合相关信息、资料和数据，提出定量估计值的方法。该方法简单易行、调整方便、耗费较少。但专家咨询结果易受主观因素影响，容易出现片面性和盲目性，而且技术支持不足。

5.1.2 统计分析法

(1) 统计平均值法

顾名思义，即以随机抽样所得样本能耗数据的平均值作为指标值。该方法简单易行，但使用该方法难以反映技术水平的先进性。

(2) 二次平均法

该方法是在平均值法的基础上加以改进，考虑了一定的技术先进（合理）性，但不足之处为该方法无法实现对先进性的评价，更无法论证这种先进性是否合理。主要步骤如下：

(1) 求出样本均值 $\bar{v}$ ；

(2) 对样本中大于或小于 $\bar{v}$ 的数据进行平均得到 $\bar{\bar{v}}$ ；

(3) $v_2 = \frac{\bar{v} + \bar{\bar{v}}}{2}$ ；

(4) 验证该值 v_2 先进（合理）性，不满足继续第三步骤。

(3) 回归分析法

该方法把各影响因素与指标值联系起来，我们可以把这种方法进行简化，去除影响较小的因素，把握影响最大的因素。但建筑能耗影响因素较多，既包括复杂多变的技术性因素，又包括众多难以量化的人为因素，且许多因素是无法进行量化与控制的，如人的行为方式，因而采用线性回归确定建筑能耗指标不仅工作量巨大，其科学性也值得商榷，需具体问题具体分析。

线性函数：

$$[q] = [x_0] + [c][x] \quad (5.1)$$

式中 $[q]$ ——定额指标矩阵；

[c]——回归系数；

[x]、[x₀]——各种影响因素。

(4) 统计趋势分析法

统计趋势分析法是指根据多年建筑能耗的资料，分析其随时间的变化规律和发展趋势，判断建筑能耗指标值。

具体方法是：在舍去不合理的建筑能耗数值后，以用能平均值进行统计拟合，求出相应条件下的数学模型，得到用能平均值与时间的函数关系，确定指定年限的用能平均值。在求出均标准差后根据平均先进（合理）原则，确定累积频率及其对应下的指标值。

(5) 定额水平法

定额水平法，又称概率法，即利用数理统计方法对研究对象进行分析，确定研究对象的概率分布函数，再确定一个标杆值，以此测算标杆值对应的通过率（或打击率），确定不同的标杆值，即可以得到一组不同的通过率。用公式表示如下：

$$R = \bar{X} + Z_{\alpha} \sigma$$

(5.2)

式中 R——统计定额值；

$\bar{X}$ ——平均值；

σ ——标准差；

Z_{α} ——表示累积概率为（1- α ）时所对应的标准正态分布概率密度值，与定额水平相对应。

5.1.3 技术测算法

从样本建筑中挑选具有代表性的典型建筑，并根据现有技术条件对典型建筑进行适当的优化，在此基础上使用技术分析法测算出该类建筑能耗指标值的方法即为技术测算法。

该方法编制能耗指标值时必须对建筑用能情况进行合理假设以及相应的简化，这势必与实际情况存在差异，对计算结果也产生一定的影响，此外由于指标值是对建筑进行技术测算所得具体计算值，调节性差，且要求编制人员要有丰富的实践经验、专业知识和工作能力，工作量大，比较费时费力。

5.2 建筑能耗现状指标值确定方法

从定义上看,现状指标是反映当前的建筑能耗的平均水平。因此,从确定方法的选择上,应采用数理统计方法确定的各类建筑单位建筑面积能耗的平均值。而所采用的数理统计分析法即为统计平均值法,公式如下:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

(5.3)

式中:

$\bar{X}$ ——某一类建筑能耗的现状指标值

X_i ——该类建筑中的某一个样本

n ——样本总数

从计算方法上来讲,是比较简单的,其核心在于样本量的获取。值得注意的是,采用该方法计算建筑能耗现状值,应与我国已开展的建筑能耗统计、能源审计和能耗监测工作相结合,以上述工作所得建筑能耗基础数据为样本。

同时,为保证计算结果的准确合理,可采用专家咨询与适当的针对典型建筑进行调研的方式,对计算所得的建筑能耗现状指标进行复核验证。

5.3 建筑能耗约束性指标值确定方法

5.3.1 基于统计分析法确定建筑能耗约束性指标值

建筑能耗约束性指标不单是技术性问题,而是更多的涉及到社会性问题。约束性指标的取值必须体现社会公平性,并能代表公众的利益。因而,约束性指标取值必须能够体现出各方利益的平衡。

定额水平法是基于数理统计方法的概率理论,将超过定额水平的建筑能耗的现象作为小概率事件,根据定额水平确定建筑能耗定额值。定额水平由政府主管部门根据建筑用能情况、建筑节能现状、各项节能措施的节能效果等综合确定,综合考虑了能耗变化和发展的趋势,而这是经验法、平均值法、二次平均法、回归分析法、统计趋势等统计分析法以及技术测算法所无法实现的。因而,本课题选择定额水平法制定建筑能耗约束性指标。

统计分析法的现实合理性主要体现在以下几点:

①建筑能耗分布合理

公共建筑的现实能耗受各种因素影响,当没有任何因素起绝对主导作用时,公共建筑能耗的单值一般服从正态分布,这也与德国工程师协会标准 3807

的研究成果一致。我国的能耗特点与国外存在一定的差异，但从国内已有研究成果来看，公共建筑能耗的单值亦服从正态分布，可以通过正态性检验来说明公共建筑单耗是否服从正态分布。

②定额水平合理

定额水平的选取体现了决策部门对建筑能耗水平控制的程度，以及社会建筑对能耗指标值的可接受程度的强弱，是政府部门基于各方利益以及各种原则综合权衡的结果。定额水平的选取，处理不当将可能出现利益失衡的现象。这即要求定额水平的选取在社会可接受的范围内，能够平衡各方利益。此即定额水平合理的内涵。

采用定额水平法确定建筑能耗约束性指标主要有以下几个步骤：

（1）样本建筑选取

样本建筑选取按照分类随机抽样原则确定，且抽样样本能够代表该类建筑样本总体的能耗水平。

（2）统计数据分析

由于能耗统计数据失真会使样本建筑能耗分布偏离整体建筑能耗分布，影响统计定额编制结果的准确性，因而，在对样本建筑能耗数据的收集过程中，对偏离建筑能耗整体分布较远、能耗数据异常的样本建筑应首先进行剔除，再分别计算样本均值和方差。

$$\text{样本统计平均值:} \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (5.4)$$

$$\text{标准差:} \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (5.5)$$

（3）制定定额水平表

定额水平表是基于样本建筑能耗分布，通过对不同定额水平下建筑能耗进行界定建立的。通过定额水平表的制定，能够对不同能耗定额取值的执行风险进行评估，为政府主管决策部门根据社会实际发展现状，确定现行定额提供依据。

表 5.1 定额水平表

定额水平 K_i	能耗定额	定额水平 K_i	能耗定额
0.95	$\bar{X} - 1.645\sigma$	0.45	$\bar{X} + 0.125\sigma$
0.90	$\bar{X} - 1.282\sigma$	0.40	$\bar{X} + 0.253\sigma$
0.85	$\bar{X} - 1.032\sigma$	0.35	$\bar{X} + 0.385\sigma$
0.80	$\bar{X} - 0.842\sigma$	0.30	$\bar{X} + 0.525\sigma$
0.75	$\bar{X} - 0.675\sigma$	0.25	$\bar{X} + 0.675\sigma$
0.70	$\bar{X} - 0.525\sigma$	0.20	$\bar{X} + 0.842\sigma$
0.65	$\bar{X} - 0.385\sigma$	0.15	$\bar{X} + 1.032\sigma$
0.60	$\bar{X} - 0.253\sigma$	0.10	$\bar{X} + 1.282\sigma$
0.55	$\bar{X} - 0.125\sigma$	0.05	$\bar{X} + 1.645\sigma$
0.50	$\bar{X}$	0.00	$\bar{X} + 3.900\sigma$

(4) 定额水平的确定

采用定额水平法确定约束性指标的核心是定额水平的确定，定额水平反映了建筑能耗指标不能满足能耗定额要求的概率。定额水平确定后，查找定额水平表即可确定所对应的统计能耗值。

定额水平的确定应结合地区社会经济发展需要和建筑节能工作要求，并综合考虑该地区的政府办公建筑的能耗水平、节能运行管理现状与技术现状、各项节能改造措施以及进行节能改造后的节能效果和成本投入情况确定。

投入产出分析是对建筑能耗约束性指标实现的可行性以及实现的难度进行评估的重要基础，是定额水平选取的重要依据。它主要是基于对当前社会建筑基本现状进行归纳的基础上，对各项节能措施的节能量与投入成本进行评估，从而建筑能耗约束性指标的实现难易程度进行衡量，以便政府决策部门根据实际的节能规划，确定定额水平的取值。

同时，考虑到建筑能耗约束性指标值的确立宜遵行“先松后紧，逐步推进，逐年修正”的原则，在初次制定能耗约束性指标值，定额水平不宜取得过大。

5.3.2 基于技术测算法确定建筑能耗约束性指标值

利用技术测算法确定建筑能耗约束性指标，因此技术合理性就是其存在的根基，而标准化场景就是这种合理性的内涵。采用技术测算法确定建筑能耗约束性指标的技术工作者，已经比较深刻地认识了影响社会产品能耗的各种因

素，并且了解提高社会产品能耗的技术手段和措施。更重要的是，编制者具有自己的技术价值观，对于这些技术手段和措施拥有自己的社会和经济价值评判。因此，在建立标准化场景时，这些内在的观念将决定编制者的行为，即反映了编制者的技术价值取向。

► 编制步骤

采用技术测算法确定建筑能耗指标主要分为三个阶段：建立标准建筑、计算标准建筑分项能耗和计算建筑能耗指标值。

①建立标准建筑

在抽样得到的样本建筑中挑选代表性建筑作为典型建筑，并在典型建筑的基础上进行标准化，从而建立标准建筑。

②计算标准建筑分项能耗

根据“简化计算”原则，将建筑能耗分解为分类能耗，分类能耗再分解为分项能耗，以分项能耗为计算标准建筑能耗的基本单位；计算所有影响因素均确定的场景下所对应的标准步幅，再根据标准时长和设备运行标准确定标准步频；将标准步幅在标准步频的基础上累加即得标准建筑分项能耗。

③计算建筑能耗指标值

根据标准建筑分项能耗求得汇兑计算分类能耗，再根据分类能耗求得标准建筑能耗，最后再由标准建筑的社会产品数量即可得到建筑能耗指标值。

► 标准化场景内涵分析

采用技术测算法确定约束性指标值是基于典型建筑编制出来的，因此它具有现实的客观依据，但是现实世界中并不存在与之严格对应的“实际建筑”，与之对应的只不过是虚拟的“标准建筑”。根据前面分析可知影响标准建筑实际上就是由内因和外因构成的标准化场景，其中内因包括“社会产品”数量标准、建筑设备运行时间标准、建筑设备运行强度标准、室内环境质量标准、室内环境数量标准、建筑本体物理参数标准、建筑设备能效标准，外因为室外环境物理参数标准。下面对标准化场景的内涵进行分析：

①“社会产品”数量标准

根据前面分析可知，建筑“社会产品”即为建筑提供的服务数量，如商业服务、公共服务等，而“社会产品”数量标准是由空间数量标准、时间数量标准、服务对象数量标准、服务对象活动标准共同决定，这四部分即形成了建筑“社会产品”产出标准。

②建筑设备运行时间标准和强度标准

1) 建筑设备运行时间标准

建立建筑设备运行时间标准时应该满足以下两个前提条件：

a.建筑设备的运行应该满足室内环境质量标准，即根据室内环境质量标准建立设备运行标准，只有在规定的条件下建筑设备才宜启动；

b.建筑设备的运行应该与建筑社会生产匹配，即建筑内部存在社会生产活动时，建筑设备才宜运行，否则建筑设备就不宜启动。

室外日照条件满足照明要求时室内仍然使用人工照明违反了第一条原则，人员下班后用电设备的开启违反了第二条原则，这些情况下都出现了设备运行时间的泄漏，均属于不合理的设备运行时间。

但是，现实中存在的某些建筑设备运行与社会生产不同步现象，不但不是设备运行时间的泄漏，反而是值得提倡的节能行为。例如，某些商场在夏季晚上或清晨利用通风设备将室外低温空气引入室内进行降温，从而降低白天营业时间空调能耗，此时尽管通风设备在非营业时间运行，但是它显然不能视为设备运行时间泄漏。还有，如冰蓄冷设备本身并不节能，但是从“削峰填谷”的角度来看，整个电力供应系统却是节能的。因此，对于某些节能技术和措施，不能简单照搬上述原则判断是否存在设备运行时间泄漏，应该在考虑实际节能效果的基础上灵活把握上述原则。

2) 建筑设备运行强度标准

建立建设设备运行强度标准应该满足以下两个基本原则：

a.建筑设备运行应该与建筑社会生产的空间占有情况一致，即建筑设备只服务于社会生产活动占有的那部分空间，空置空间则不能提供建筑设备服务；

b.建筑设备控制方式合理，可以适应建筑社会生产不同要求，实现建筑设备运行强度与建筑社会生产多样性的统一。

人离开会议室后用电设备依然开启违反了第一条原则，大空间区域内局部存在社会活动时仍然只能所有建筑设备均需要开启则违反了第二条，这些情况下都出现了设备运行强度的泄漏，均属于不合理的设备运行强度。

3) 两者的内在联系

建筑设备运行时间标准和强度标准存在内在的统一性，它们实质上都是要求实现建筑设备运行和建筑社会生产活动时空的一致性。建筑内部社会生产活动存在多样性，不同类型建筑的社会生产活动明显不同，即使同类建筑的社会生产活动也并非绝对同质，如个人活动和公共活动的差异、个人长期活动和短期活动的差异，行为的这种差异性决定了人们对时空要求的多样性，因此这种一致性并非自发实现的，必须通过制度和管理来实现。制度就是人类社会当中人们行为的准则，人们依靠制度来衡量自己的行为，它包括约定俗成的道德观念、法律法规和规章制度等。

公共建筑是各类组织、团体或企业进行活动的场所，它的使用不仅受个人

道德观和价值观的影响，共同的规章制度以及它所反映的价值观也会对行为影响，而且这种共同的价值观会深刻地影响个体的观念和行为。如果仅仅只是从外在表象来看的话，似乎可以得出这样的结论，即关乎建筑能源需要的制度的合理性表现为建筑能源相关“物业管理制度”以及组织、团体或企业的规章制度中对与建筑能源相关的行为规定的合理性。

③室内环境质量标准

室内环境主要分为热环境、视觉环境、室内空气洁净环境、听觉环境和工作环境，其中热环境、视觉环境和室内空气洁净环境是影响建筑能耗的主要因素。营造热环境主要指从热舒适角度构建合理舒适条件，营造视觉环境主要指保证合理的采光和照明条件，营造室内空气洁净程度指满足室内空气品质要求，营造听觉环境主要指噪声的控制，营造工作环境指工作台和家具的合理设计及布置。

可以用人体热舒适性来评价热环境，其主要影响因素有六个：温度、湿度、风速、辐射、着装量和活动量。人们冷热感觉的主要影响因素是温度，但潮湿可能使偏热的环境更热、偏冷的环境更冷，而且人们自身的状态也会对这种感觉产生重要影响。在深入研究的基础上，各个国家和地区建立了相应的热舒适标准，世界性组织如英国皇家特许建筑设备工程师学会（CIBSE）、美国采暖通风空调工程师协会（ASHRAE）和国际标准组织（ISO）及欧共体组织（ECS）等都建立了自己的热舒适性标准。我国热舒适性标准包括《中等热环境 PMV 和 PPD 指数的测定及热舒适条件的规定》（GB/T18049-2000）、《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2005）、《采暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2003）和《室内空气质量标准》（GB/T18883-2002）。

光是人类视觉的媒介，视觉环境满足人们对光的生理和心理需要，而且它与疾病防治也有关系，还能影响人体褪黑素的合成。光的色彩、明度和纯度三种属性及其复杂的组合和对比能够影响人类的心理，人类通过掌握这种光影艺术创造了丰富的“光”文化。《建筑照明设计标准》（GB50034-2004）从五个方面规定了室内照明环境质量：照度、照度均匀度、眩光限制、光源颜色和反射。《室内工作场所照明》（CIE S 008/E-2001）指出光环境的主要参数包括：亮度分布、照度、眩光、光的方向性、光线和表面的颜色特征、频闪、自然光和维护。

保证室内空气的洁净环境包括控制各种污染物的浓度指标和各种主观因素对环境感受的影响。ASHRAE 标准 62—1989R 考虑到客观指标和主观感受两个方面，引入了可接受的室内空气品质和感受到的可接受的室内空气品质等概念，这种作法比较科学和全面。如果不考虑主观因素的影响，新风问题和通风

气流组织是影响室内空气洁净环境的两个主要因素。人们过去认为新风只是为了消除人体产生的生物污染，因此房间最小新风量由每人最小新风量指标确定；而 ASHRAE 标准 62-1989R 考虑到来自人员的污染物和室内气体污染源两个来源，房间最小新风量应该是每人最小新风量与单位地板面积最小新风量之和[1]。气流组织设计得好，不但可以把新鲜空气按质保量送到指定区域，还能及时排除污染物从而提高空气质量，气流组织可以用换气效率或排污效率来评价，但是换气效率与排污效率这两者并总是一致的。

④室内环境数量标准

人的活动和设备的运行都是在室内环境中完成的，因此室内环境的数量特征从根本上决定了建筑能耗的特点和数量。室内空间数量特征可以用建筑空间来表示，建筑空间是三维的立体空间，从使用角度来看可以分为层高和面积两个属性。

建筑空间的层高应该满足人们的生理需要，必须考虑人们静止直立和一般活动时的最低高度要求，而且要满足室内采光和通风的要求；层高还应该满足人们的心理需要，过于低矮的层高会让人产生压抑感。过高的层高同样不适宜，它将增加建筑得热量进而增加建筑能耗，所以保证合理层高是空间合理和建筑能源需要合理的基本要求，现在日益多样化和有效化的通风换气手段使合理降低层高变得可行。

在满足不同建筑功能需要的情况下，基于人体活动和舒适程度的要求产生了使用面积适宜范围，过大和过小的使用面积都会令人感到不适，表 6.2 是某些发达国家办公室的面积参考设计标准。因此，在编制技术限额时必须先确定合理的建筑层高和人均建筑面积。

表 5.2 某些发达国家办公室面积最低标准（单位：m²）

	最低标准	规定的办公区	每个办公室规定的总面
德国	8~10	12~15	25~27
英国	11 或 4.6	7~10	14~16
美国	—	6~12	19~23

⑤建筑本体物理参数标准

建筑本体的物理参数标准主要根据建筑物的气候适应性确定，包括以下要素：

1) 建筑朝向

日照对建筑环境和节能有利也有弊，为了尽可能地利用日照或限制日照，应该合理地选择房屋的朝向：冬季，将阳光引进室内，有利于消灭细菌、干燥

房间、提高室温和降低采暖能耗；在炎热地区的夏季，屋顶和外墙经强烈太阳辐射照射，会导致房间过热增加空调能耗。因此建筑朝向应该有利于建筑冬季引入阳光和夏季避开日照。

2) 体形系数

合理的建筑体形能够减少建筑物与外界的热量交换，当其他条件相同时，体形系数（建筑物外围护面积与其所包围体积之比）越大，单位面积上冬季热量散失、夏季热量进入也越大，从而导致采暖空调能耗增加，因此要协调好建筑形式多样化和建筑节能之间的相互关系。

3) 平面布局

建筑平面的巧妙布局可以得到令人满意的节能效果：加强过渡季节的自然通风改善建筑环境，是炎热地区节约空调能耗的重要方法；适宜的平面布置和建筑物门窗的合理设置可以形成理想的通风廊道，组织并诱导自然通风，既可以降低空调能耗还可以改善室内空气品质。

4) 围护结构和门窗热工性能

围护结构热性能包括保温性能和隔热性能：保温性能是指冬季房屋围护结构阻止热量由室内向室外传递的能力，隔热性能是指在夏季房屋围护结构内表面保持较低温度的能力。建筑围护结构节能包括墙体、楼板、屋面和门窗等。若要实现围护结构节能，应该在可行的范围内提高建筑围护结构的保温隔热性能，加强门窗和墙体的密闭性，以减少热损失和空气渗透耗热量。

5) 窗墙比

窗户洞口面积与立面单元面积的比值称为窗墙面积比（简称窗墙比）。窗户热工性能一般比墙体热工性能差，开窗过大会导致冬季室内热量和夏季室内冷量的流失，因此窗墙比不宜过大；窗墙比太小导致开窗过小，则会影响到室内的采光和通风，从而增加能耗并且影响到人体健康。因此选择适宜的窗墙比非常重要。

⑥ 建筑设备参数标准

建筑设备能效标准制定属于技术问题，要求满足技术合理性的要求。技术是人实现某种目的的手段，其效率由最终的结果来评判，因此可以从目的、手段和结果三个方面分析技术合理性。建筑能源需要的合理性判断，主要是针对用户的末端能源消耗，因此可以简化技术合理的判断标准，主要从结果合理性的角度进行考虑。结果的合理性可以用基于社会效益、经济效益和环境效益的价值期望作为判断的依据，即结果的实际价值收获是否低于预期可以作为判断结果合理性的标准。因此，只需在保证原理的科学性、实践的操作性和经济的可行性的基础上提出适宜的设备能效标准即可，至于对具体技术的筛选则可以

通过市场进行自然的优胜劣汰。

⑦人员社会行为规律

建筑内个体行为具有各自不同的特点，但是同类社会角色的行为具有一定的规律性，这种规律可以通过实地分析以量化的形式确定下来。人员社会行为规律影响了建筑设备运行的时间和强度，最终决定了标准建筑的标准步幅和标准步频。

⑧室外环境物理参数标准

室外环境物理参数是指与建筑室内热环境和建筑能耗相关的影响建筑物热状态的气候特征，包括风、气温、日照、辐射和空气湿度，也就是常说的建筑微气候。个体建筑微气候受建筑所在地区的气候特征影响，也与建筑物本身结构形式和周边地貌、绿化层次等有关，因此个体建筑微气候与当地气象台测得的气象参数存在一定的差异，但是为了便于分析，标准建筑可以选用当地气象台提供的气象参数作为室外环境物理参数标准。

► 适用范围

建立标准化场景是项非常复杂的技术工作，它涉及到客观因素和主观因素、变化因素和稳定因素，势必要求投入较多的资源，否则无法保证其技术合理性，因此在建筑能耗限额实施初期和对建筑能耗限额编制水平要求不高的情况下，不适宜使用技术限额。但同时，标准化场景的建立充分体现了建筑的技术先进性与用能的合理性标准，尤其对于受人为主观因素较大的建筑使用场景的差异，导致建筑用能合理标准无法合理的量化，而通过标准化场景的建立，将影响建筑内因与外因合理量化，可以有效体现出当前技术条件下，合理的用能标准，这对于划定建筑能耗限额基准线的参考意义是十分重大的。

► 编制前提

①选取的典型建筑应该具有代表性

标准建筑本身是虚拟的，实际存在的典型建筑才是其现实依据，因此典型建筑的代表性将会对技术限额的适用性产生重大影响。这种代表性要求典型建筑必须具备构成标准建筑的各种要素，具体而言，就是要求建筑设备种类齐全、建筑设计常规化、社会生产活动稳定、建筑设备运作正常和分类分项能耗齐全。

②应该具备必要的技术监测和测试手段

相对于统计分析法要求的统计数据，由于要进行详细的技术分析，技术测算的基础能耗数据的种类更多并且这些数据的时间频度更加密集，而且大部分数据在日常物业管理工作中并未记录，因此必须有详细数据采集计划和专人进行这项工作。由于采集数据种类多、数据散且频度高，采用人工数据采集很

难保证工作质量，因此典型建筑内宜安装楼宇能耗采集和环境监测系统以保证工作的顺利进行。

➤ 标准建筑建立步骤

➤ 典型建筑选取

①典型建筑挑选的原则

1) 代表性

典型建筑相当于制定能耗限额的标杆建筑，在建筑面积与能耗上都应具有代表性，可以从三个方面来说明：a. 建筑从外形、功能区域布置等方面应具有代表性；b. 典型建筑在建筑面积和能耗上应该处在该类的中心附近才能代表着一类。如果能耗过高，则说明该建筑本身的节能技术并不先进。建筑面积如果不在聚类中心附近，则不能代表该建筑面积范围内的所有建筑。

2) 接近性

接近是指与标准建筑的接近程度，首先，标准建筑是建立在典型建筑的基础上，其中不仅在外型上是以典型建筑为基础，各个能耗的影响因素也是在典型建筑的基础上进行考察的。因此，典型建筑的各个特征需接近标准建筑。但接近的程度需把握一个度，不可能存在完全接近标准建筑的建筑。因此只需找出最接近标准的一栋建筑。

3) 整体性

建筑是由各个部分组成的整体，各部分因素对能耗影响也是一个整体的表现。因此，必须综合判断样本建筑是否符合典型建筑要求，并不是某几个部分与标准建筑特别接近就可以作为典型建筑，而是要全面考察其接近性。因此需要对建筑各部分进行综合权衡判断。

4) 能耗决定性

本课题最终是要制定一个能耗限额的值，任何因素的影响都应针对能耗的。因此，各因素在典型建筑选取和标准化时，可按照因素对能耗敏感性的大小来确定不同因素的处理方法。当因素对能耗无影响时，可不对其分析；当因素对能耗影响不大时，可不严格限制其值；当因素对能耗影响非常显著时，则需对其重点考察，严格限定。

②典型建筑理论框架

基于以上典型建筑挑选的基本原则，可以制定本课题典型建筑挑选的基本方法。本课题对典型建筑的选取分三个阶段，即：基于数据的初选→技术上的否决方法→基于技术的精确选取，详见下图：

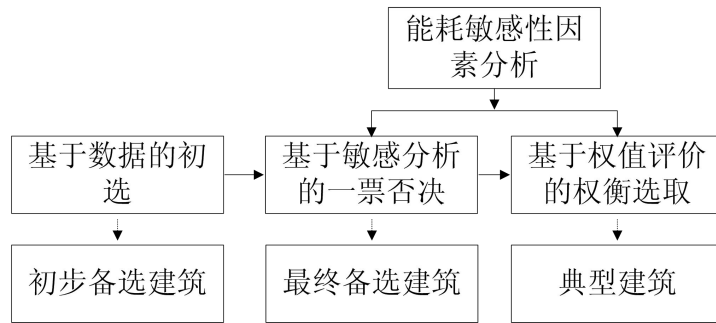


图 5.1 典型建筑技术路线图

在这三个阶段中，除第一阶段外，第二、第三阶段都是建立在对能耗因素的敏感性分析的基础上，因此典型建筑挑选包含了四个重要环节：三个阶段和一个技术分析。四个环节的相互关系如下图：

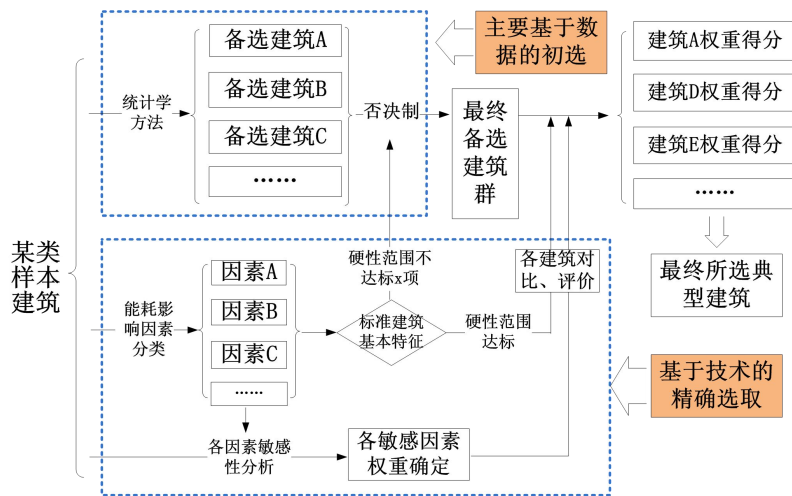


图 5.2 典型建筑挑选理论框架图

典型建筑选取的基本方法是在典型建筑基本原则提炼出来的，其中对应关系如下图：

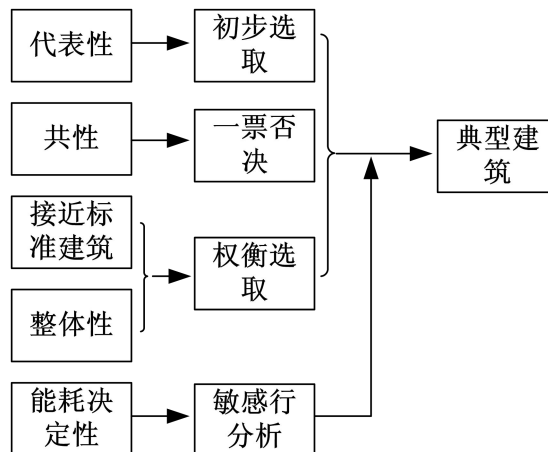


图 5.3 典型建筑选取基本方法

该标准建筑是一栋在建筑设计、外形、能耗特点、能耗水平、能耗技术手段及用能行为符合深圳市特点，在体型上符合聚类分析后该类建筑特征的虚拟

建筑。除对建筑设计、围护结构及设备能效等对能耗的客观影响因素进行标准化外，由于本课题考虑不同建筑的公平合理性，在人均办公面积、人均公共面积及人均设备条件要求社会上不同人占有量需相同，因此需对这些进行标准化。这也是本课题创新之处。

③典型建筑选取方法

1) 基于统计数据的初步选取

此部分工作是根据每一类建筑的能耗数据初选出标准化所需的几栋备选典型建筑。初选方法作用有两点：一是单纯用技术手段选取比较复杂，若不进行初选，则建筑数量很大，需耗费较大的时间及精力。二是经过初选的建筑处于类中心附近，进而在能耗水平及建筑规模上能够代表该类建筑。

对每一类建筑从能耗上进行初选的分析见下图。建筑能耗大小与技术水平的高低呈现一定的相关性，然而能耗水平较理想的建筑其技术水平未必达到较高水平，因而两者又不是严格的线性关系。我们要得到的典型建筑要代表该类建筑能耗，因此要选取尽量接近技术中间值的建筑，然而处于技术中间值的建筑对应的能耗值并不一定是能耗中间值，反之亦然。因此，要选取一定技术处于中间值的建筑要求我们考察能耗时，只要选取能耗处于中间一定范围内的建筑即可。

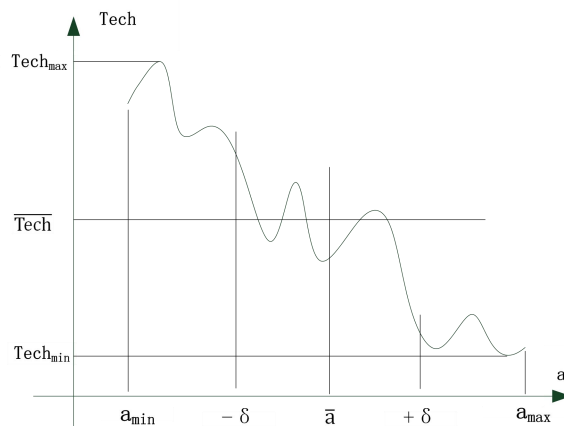


图 5.4 耗与节能技术水平关系示意图

单位建筑面积能耗而言，如上所述，尽可能包含较大范围，这样使得技术上处于中间的建筑能尽量包含在其中，而对于建筑面积而言，我们希望典型建筑能够代表这一类，因此建筑面积越接近均值越好。

该阶段的具体做法是：1. 建筑能耗具有随机性，最接近均值的建筑未必用能合理，而用能合理的未必很接近均值中心。因此，选出能耗在 $(\bar{X} - \sigma, \bar{X} + \sigma)$ 内的建筑，这样所有建筑能耗落入该范围的概率为 68.3%，即这些备选建筑能

够代表大部分建筑能耗特点，在技术上处于平均水平的建筑也落在该范围内。2. 建筑面积作为衡量建筑规模并进行分类的另外一个指标，由分类模型中的分析可知，建筑面积越大，给排水、电梯等单耗是不断增加的，因此我们要求他越接近均值中心越好，越能代表这类建筑。因此，选取 $(\bar{X} - \sigma, \bar{X} + \sigma)$ (σ 为标准差) 之内的建筑代表该类建筑。

2) 基于技术的一票否决

该阶段不仅仅从能耗数据的角度来考察，而是要深入研究：第一，初步备选建筑是否违反了一些国家强制实施的条例、标准中要求的强制规定，备选建筑如果违反了任何一条，将不具有典型性。第二，初步备选建筑是否违反了能耗影响异常显著的因素，如能效比，玻璃幕墙等。该阶段的目的是去除一些虽然初步选取时符合要求，但由于某个因素完全偏离而造成很大误差的备选建筑，否决的条款主要有以下几个方面考虑：①不同建筑面积的空调形式②空调设计能效比③窗墙面积比④建筑室内温湿度控制。

3) 建筑能耗敏感性因素分析

本课题最终的结果将是能耗限额值，因此在选典型建筑的过程中应注意，能耗及相关技术的典型性才是根本，因此因素的敏感性分析是课题的关键。课题中典型建筑应该是技术合理的建筑，在第一阶段，完全从统计审计的能耗数据出发，初步选取能耗合理的建筑作为初步备选建筑，这些备选建筑中既包含了技术上合理的建筑，也包含了不合理的建筑。因此在以下两个阶段中，重点基于技术对建筑进行评判。因此要对各个能耗影响因素的敏感性进行分析，已确定本课题要重点分析、评价的因素。

先分析样本建筑的特点，首先找出样本建筑的共性，即非差异性因素，这些是所有样本建筑共同特点，因为没有差异性，就没有必要进行因素敏感性分析，例如政府办公建筑的室内温度设定（虽然不完全是 26℃，但这是国家强制规定的，并且至少在最终备选建筑中没有差异），其次找出样本建筑的合理个性，即合理差异性，这些因素对能耗的影响是必然或合理的，在分类模型中并没有进行分类，是因为其差异性较小。该类因素是在课题的最后进行修正的因素，因此在这里暂可不作显著性分析，如政府办公建筑的人员作息情况（有少许偏差）。

在分析了样本建筑的特点之后，对各因素首先进行单因素分析，得到在样本建筑特殊气候、情况下的较显著因素，对于显著性特别强，并且在节能条例、标准及规范中有强制规定的因素作为一票否决的判决因素。在单因素分析的基础上进而设计正交试验，进行多因素分析，得到建筑能耗影响因素的大小关系及权重大小，以便对建筑进行权衡选取，得到最终的典型建筑。

4) 基于技术的精确选取

首先确定标准建筑的基本特征，分析样本建筑特征，依据标准规范及调研等方法，初步确定标准建筑各因素的基本特征，以作为各备选建筑评价的标准。其次，在因素敏感性分析得到的极差的基础上，并结合某地区各因素对能耗影响程度的经验，对各个影响因素的影响程度进行评判，采用层次分析法得出不同因素对能耗影响大小的权重。再对建筑的典型程度进行评判、得分，最终得出每个建筑的加权分值，得到最终的典型建筑。

$$P = \omega_1 p_1 + \omega_2 p_2 + \omega_3 p_3 + \dots \tag{5.6}$$

——各因素权值； ω_1 ，
——备选建筑对应各因素得分；
P——备选建筑最后得分。
评判过程如下：

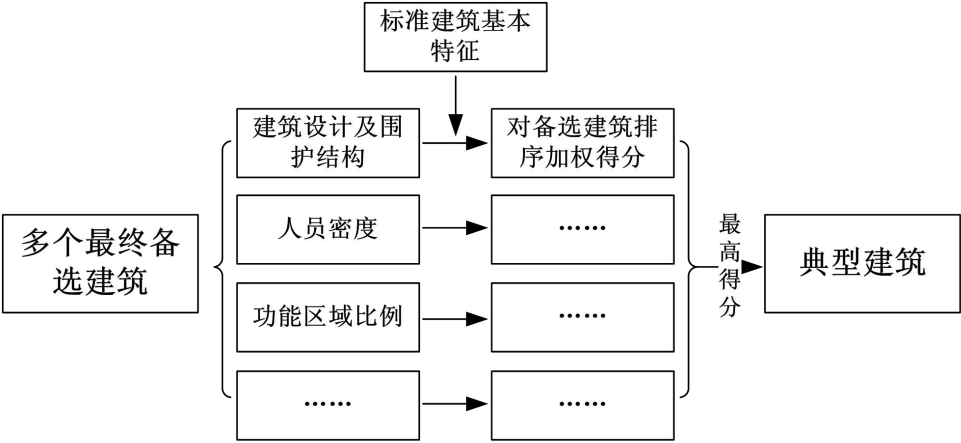


图 5.5 典型建筑权衡选取

➤ 标准建筑建立

① 标准化场景的具体构成

影响典型建筑和标准建筑社会产品能耗的内因和外因都是相同的，两者的区别在于实际建筑的内因和外因处于自然状态，而标准建筑的内因和外因处于标准状态，标准建筑的标准化场景由以下要素构成：

1) 建筑设备运行时间标准

标准步频 n_{ij} 。

2) 建筑设备运行强度标准

标准步幅 E_{ijk} 。

3) 室内环境质量标准

室内标准温度 T_r ，室内标准湿度 R_r ，室内标准照度 L_r ，人均新风量标准

A_{r0} 。

4) 室内环境数量标准

人均建筑面积标准 S_0 ，建筑功能空间比例标准 P 。

5) 建筑本体物理参数标准

标准朝向 O ，标准建筑体形系数 SC ，标准围护结构热工性能参数 K_1 ，标准门窗热工性能参数 K_w ，标准建筑窗墙比 WWR 。

6) 建筑设备参数标准

设备标准能效比 η_i ，设备或资源标准配置 W_i 。

7) 人员社会行为规律标准

标准化人员社会行为。

8) 室外环境物理参数标准

室外标准温度 T_o 、室外标准湿度 R_o 和室外标准日照 L_o 。

9) 其他参数标准

编制者根据需要选择的其他标准参数。

注：4) — 9) 说明典型建筑内外因已经转化为标准建筑标准化内外因。

②基本场景和奢侈场景的建立

基本场景用来界定基本建筑能源需要，因此场景构成要素的标准化宜选用国家、地方和行业的标准规范作为参考。在相关标准规范缺失的情况下，则宜对典型建筑进行实地测试，根据测试结果对要素进行标准化。

奢侈场景的构建比较复杂，其主要原因在于奢侈性涉及社会因素，并非纯粹的技术因素决定的。而现有标准规范代表了技术先进性，不可能作为奢侈场景构建的依据，因此建立构建奢侈场景的标准规范是今后研究的重点。

③标准建筑和典型建筑的联系

编制技术限额是以典型建筑的能耗数据为基础的，而技术限额是基于虚拟的“标准建筑”编制的，因此必须对典型建筑的能耗数据进行修正后才能使用，修正涉及到影响社会产品能耗的所有内外因参数。

为了使用典型建筑的能耗数据，就要将典型建筑和标准建筑联系起来，因此必须找到两者之间的共同点作为联系的纽带，所以典型建筑的选择必须满足一个基本条件：典型建筑的人均建筑面积和标准建筑的人均建筑面积接近，这样就能够以典型建筑的人员数量为纽带建立虚拟的标准建筑：

假设标准建筑的服务人数 n_1 与典型建筑的服务人数 n_2 相等，然后根据标准建筑的标准人均建筑面积 S_0 确定标准建筑的建筑面积 S_1 ，再根据标准建筑的标准建筑功能空间比例 P 确定标准建筑各个功能区间的面积 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 和 S_{1n} ，标准建筑与典型建筑的关系详见图 5.6。

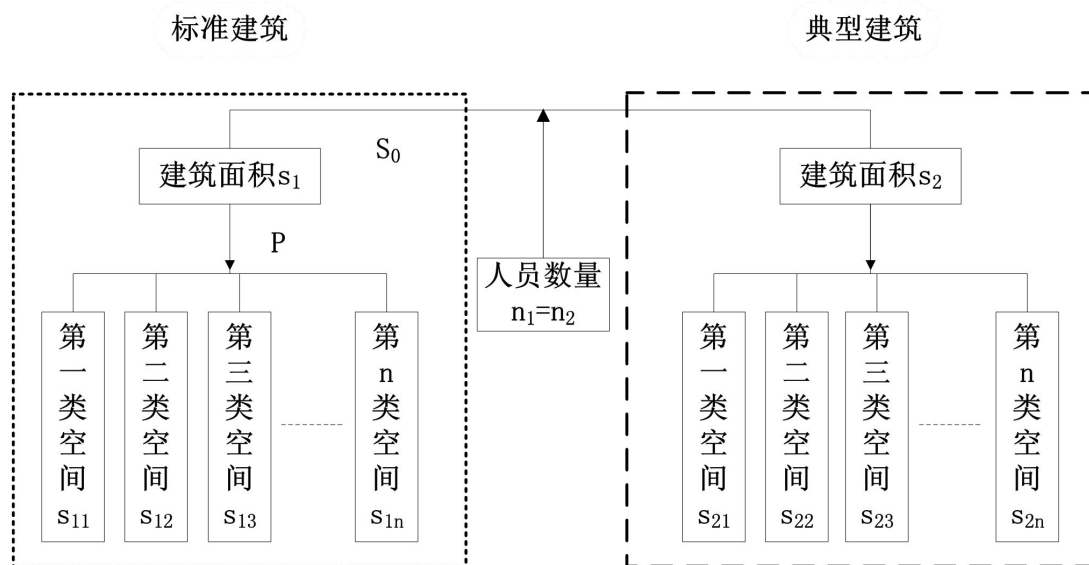


图 5.6 标准建筑和典型建筑基于服务人数的联系

➤ 计算方法

➤ 标准建筑能耗分解

建筑能耗影响因素具有多类别、多层次和重叠性的特点，因此对建筑能耗进行分解后可以使影响因素简单化，本研究报告主要通过对分项系统能耗与用能空间进行能耗的划分，如图 5.7。

建筑设备可以满足人们不同的生理和心理需求，故不同类型设备的能耗特点也不相同；但是同类设备都是为了人们相同的功能要求，因此这些设备的能耗特点、影响因素及其规律具有较大的相似性，本研究报告根据夏热冬暖地区建筑分项能耗特点，将建筑能耗分为 7 种分项能耗。

建筑能耗实质上是空间基础上的时间延续所产生，建筑根据不同使用功能可以分为不同的建筑功能空间，建筑能耗在不同的建筑功能空间呈现不同的特点，而在相同的建筑功能空间上则呈现出明显的共性。如果建筑设备能耗在不同的功能分区上表现出明显的差异性，则基于建筑功能空间对建筑设备能耗进行再次细分可以进一步简化问题，空调能耗、通风能耗、照明能耗和设备能耗即可以根据建筑第一类空间、第二类空间、第三类空间等进行再次细分。

此外，对于部分分项能耗，如电梯、供水、热水等为整个建筑提供综合服务的设备，对这些分项能耗的空间划分反而不利于技术限额的确定，因而，可以不予进行再次细分。

➤ 标准建筑的建筑能耗

建筑能耗可以根据其普遍性分为常规能耗和非常规能耗，常规能耗是建筑中普遍存在并且经常发生的，而非常规能耗则具有显著的独特性且只在少数建

筑和少数场合出现。考虑到约束性指标的通用性，在制定约束性指标时一般不考虑非常规能耗

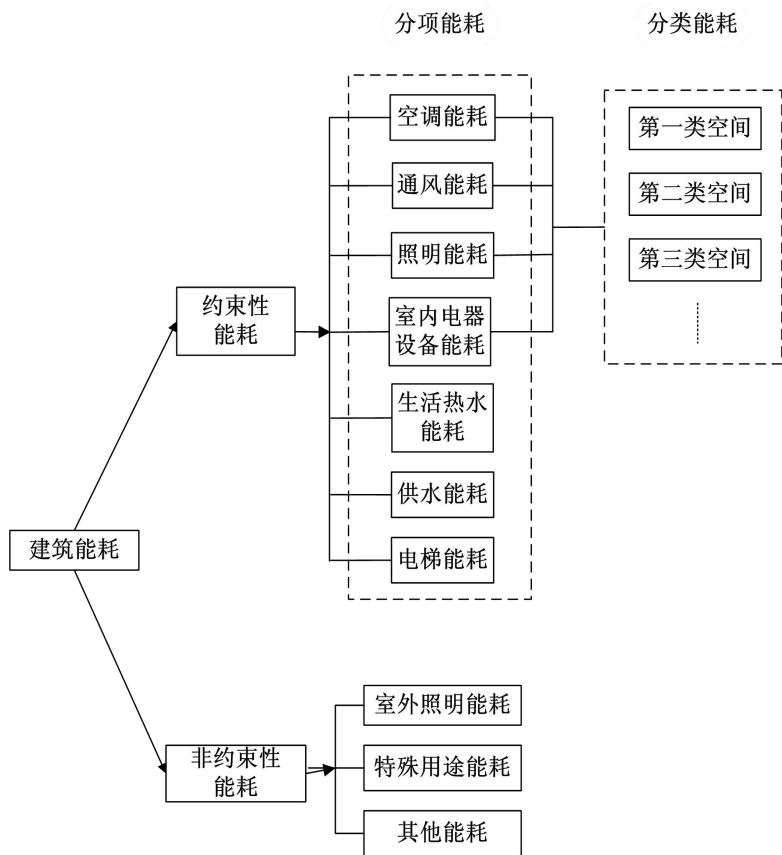


图 5.7 建筑能耗层级结构图

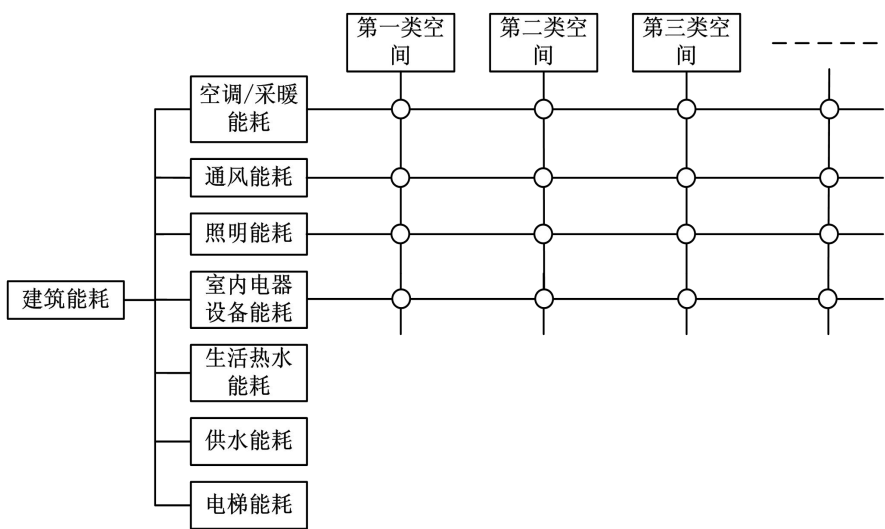


图 5.8 建筑能耗的分项能耗组成

➤ 技术限额的分解计算

① 总能耗计算公式

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 \quad (5.7)$$

式中 E ——标准建筑总能耗，单位：kWh；

E_1 ——第1类能耗，即采暖/空调分项能耗，kWh；

E_2 ——第2类能耗，即通风分项能耗，kWh；

E_3 ——第3类能耗，即照明分项能耗，kWh；

E_4 ——第4类能耗，即室内电器分项能耗，kWh；

E_5 ——第5类能耗，即生活热水分项能耗，kWh；

E_6 ——第6类能耗，即供水分项能耗，kWh；

E_7 ——第7类能耗，即电梯分项能耗，kWh。

②分类能耗计算公式

根据前面分析可知，分类即指分类空间的能耗，而分类空间的用能为分类空间各分项能耗总和，根据对标准建筑分类空间划分，分类能耗的计算公式可采用下式表示：

$$E_i = \sum_{j=1}^4 E_{ij}$$

(5.8)

式中 E_i ——第*i*类空间能耗，kWh；

E_{ij} ——第*i*类空间第*j*项能耗，kWh。

其中，生活热水、供水、电梯属于建筑综合服务系统，限额期内的能耗限额值单独计算，因而不归为建筑任一用能空间。

③分项能耗计算公式

建筑分项能耗计算可采用统一公式：

$$E_j = \sum_{i=1}^n E_{ij}$$

(5.9)

式中 E_j ——第*j*项分项能耗，kWh。

可以看到，标准建筑某分项能耗为标准建筑各个分类空间消耗的该分项能耗总和。

④标准建筑分类空间分项能耗理论计算方法

对标准建筑分类空间分项能耗在限额期间的合理能耗的理论计算确定技术限额取值的基础。本研究报告将对公共建筑各影响因素进行分析，确定合理标准建筑分类空间分项能耗的合理的理论计算方法。

1) 空调能耗计算

a. 空调能耗影响因素分析

限额期间标准建筑冷负荷的大小是影响空调系统能耗的关键因素，而建筑室内冷负荷来源主要包括人员热扰、设备热扰、新风负荷、太阳辐射得热以及围护结构传热，建筑室内冷负荷形成机理如图 5.9。

此外，空调系统运行能效比是影响空调能耗又一显著性因素，由于空调系统运行能效比受空调系统形式、室内冷负荷大小等众多因素影响，因此，本研究报告采用限额期内空调系统综合能效比 EER 作为空调系统能效。

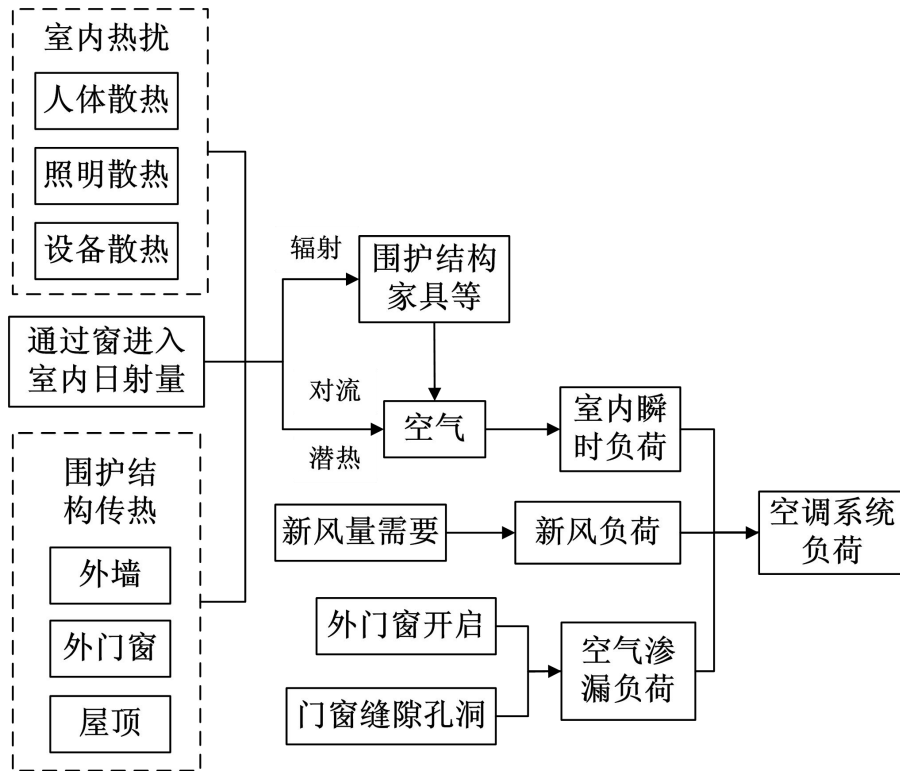


图 5.9 分类空间空调冷负荷来源

b. 空调能耗的理论计算方法

对于空调能耗，可以采用下式进行计算：

$$E_1 = \frac{Q}{EER} \quad (5.10)$$

式中 Q ——空间冷负荷，kWh；

EER ——空调系统综合能效比，根据标准建筑而定。

通过标准建筑的建立，在对影响分类空间冷负荷的参数标准化的基础上，可以得到分类空间的冷负荷 Q 在限额期间的取值。在此基础上，根据空调系统能耗的计算公式，即可得到标准建筑限额期间空调系统能耗。

2) 通风能耗计算

a. 通风能耗的影响因素

通风能耗主要室内通风量有关，对于不同分类空间，室内换气次数必须能够满足空间健康、舒适性需求。因而，影响通风能耗大小的因素可归为以下两

点:

i)室内通风换气的要求: 不同使用空间, 对室内通风换气要求差异较大, 如对于办公区域, 满足人们健康需求的人均新风量为 $30\text{m}^3/\text{h}$; 对于卫生间, 满足室内排污需求的换气次数为 1 次/h。

ii)自然通风效果: 自然通风可以有效的降低机械通风的时间, 因而, 是降低通风能耗的重要措施。

b. 通风能耗的理论计算方法

对于建筑用能空间的通风能耗, 可采用下式进行计算:

$$E_2 = E_0 \times V \times t$$

(5.11)

式中 E_0 ——风机单位风量耗功率, $\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$;

V ——建筑每小时通风总量, m^3 ;

t ——风机的运行时间, 小时 h。

根据上式, 对于通风能耗, 限额期间分类空间通风量可以根据标准建筑而定, 单位风量能耗则根据通风系统的具体形式确定, 在此基础上, 即可得到通风系统能耗。

表 5.3 风机单位风量耗功量限制 $[\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})]$

系统型式	办公建筑		商业、旅馆建筑	
两管制定风量系统	粗效过滤	粗、中效过滤	粗效过滤	粗、中效过滤
四管制定风量系统	0.42	0.48	0.46	0.52
两管制变风量系统	0.47	0.53	0.51	0.58
四管制变风量系统	0.58	0.64	0.62	0.68
普通机械通风系统	0.32			

注：1 普通机械通风系统中不包括厨房等需特殊过滤装置的房间通风系统；

2 严寒地区增设预热盘管时，单位风量耗功量可增加 0.035 W/（m³/h）；

3 当空气调节机组内采用湿膜加湿方法时，单位风量耗功量可增加 0.053 W/（m³/h）。

2) 照明能耗计算

a. 影响照明能耗的因素

照明分项能耗主要受照明系统功率密度影响, 而照明系统的功率密度由分类空间的使用功能决定。因而, 分类空间照明分项能耗与分类空间的使用功能

直接相关。此外，自然采光一定程度上可以降低室内照明系统的开启功率与开启时间，在一定程度上，也有利于减少室内照明能耗。

b. 照明能耗理论计算方法

对于标准建筑分类空间的照明能耗，可采用下式计算：

$$E_3 = P \times A \times \varepsilon \times t$$

(5.12)

式中 P ——建筑用能空间照明功率密度， W/m^2 ；

A ——建筑用能空间面积， m^2 ；

ε ——照明系统综合运行率；

t ——照明系统运行时间， s ；

根据照明能耗计算公式可知，照明功率密度 P 由标准建筑分类空间的使用功能决定；综合运行率 ε 一方面与照明系统控制方式有关，另一方面则与自然采光效果有关，可以根据当地时间情况进行适当的取值。在此基础上，能够计算得到照明能耗。

3) 设备能耗计算

a. 设备能耗的影响因素

设备系统分项能耗主要受两方面因素影响：一是设备配备总功率，二是设备的开启状态。对于公共建筑，设备配备总功率与工作人员数量有关，设备的开启状态则受建筑使用功能的影响，这是确定设备分项能耗的依据。

b. 设备能耗的理论计算方法

根据设备能耗的运行特点，建筑设备能耗可采用下式进行计算：

$$E_4 = n \times P_n \times \varepsilon \times t$$

(5.13)

式中 P_n ——建筑人均设备配备功率， $W/人$ ；

n ——标准建筑使用人数；

A ——建筑用能空间人数；

ε ——设备综合运行率；

t ——照明系统运行时间， s 。

根据设备能耗计算公式，对于人均设备配备功率 P_n 由建筑使用功能而定，是标准建筑必须进行标准化的参数；设备综合运行率则与室内工作人员作息时间一致，可以根据建筑运行特点，进行取值。根据对各计算参数进行合理取值，即可确定设备能耗。

4) 生活热水能耗计算

a. 生活热水能耗影响因素

根据前面分析可知，生活热水能耗属于整个建筑的综合服务系统，为建筑使用者提供日常生活热水，生活热水能耗是由于加热来自于市政管网的冷水而产生的能耗形式，而能耗的大小主要与加热的冷水水量有关。

根据公平性原则，标准建筑人均热水用量取同一值，因而，生活热水能耗主要受建筑使用人数决定。

b. 生活热水能耗的理论计算公式

根据生活热水加热原理，标准建筑分类空间生活热水能耗可采用下式进行近似计算：

$$E_5 = n \cdot v \cdot \frac{c(\bar{t}_r - \bar{t}_l)}{\varepsilon}$$

(5.14)

式中 n ——标准建筑使用人数；

v ——人均日耗水量，L/人；

$\bar{t}_r$ ——热水平均温度，℃；

$\bar{t}_l$ ——冷水平均温度，℃；

ε ——热水器热转换效率。

根据热水能耗的理论计算公式可知，通过对热水器热转换效率以及冷热水温差进行合理取值，即可得到标准建筑热水能耗。

5) 电梯能耗计算

a. 电梯能耗影响因素

电梯运行具有随机性，且只有少部分时间在额定功率下运行，启停与功率变化频繁，工作日与非工作日、工作日工作时段与非工作时段，非工作日工作时段与非工作时段运行特点均不相同。

由于电梯能耗主要与电梯运行所做的功有关，而影响电梯做功大小的因素主要包括电梯的运行距离与电梯的启停次数，这也是对电梯进行理论计算的依据。

b. 电梯理论计算公式

根据前面分析可知，电梯的运行较为随机，因而较难采用精确的计算方法对电梯能耗进行评估。根据《电梯技术条件》（GB/T 10058-2009），通过建筑电梯实际运行特点进行分析的基础上，对于电梯能耗可采用下式进行近似计算：

$$E_{\text{elevator}} = (K_1 \times K_2 \times K_3 \times H \times F \times P) / (V \times 3600) + E_{\text{standby}} \quad (5.15)$$

式中 E_{elevator} ——电梯能耗, kWh;

K_1 ——驱动系统系数;

K_2 ——平均运行距离系数;

K_3 ——轿内平均载荷系数;

H ——最大运行距离, 即标准建筑高度, m;

F ——启动次数;

P ——电梯的额定功率, kW;

V ——额定速度, 单位为每米每秒 (m/s);

E_{elevator} ——电梯待机总能耗, 单位为千瓦小时每年 (kWh/年)。

式中各计算参数的取值可以根据电梯的类型进行选取, 电梯启停次数则可以根据典型建筑实际运行次数, 进行合理标准化。在此基础上, 即可对标准建筑电梯能耗进行估算。

6) 供水能耗计算

a. 供水能耗的影响因素

供水能耗是由于高层建筑在日常用水中, 需采用水泵系统将市政管网供水输送至建筑顶层, 以满足建筑用水压力要求而产生的, 因而供水能耗主要为水泵能耗。与生活热水能耗影响因素不同的是, 供水能耗不仅与建筑使用人数有关, 还受到建筑高度的影响, 这也是对标准建筑供水能耗进行理论计算的基础。

b. 供水能耗的理论计算方法

根据前面分析可知, 建筑供水能耗主要受建筑的高度与供水量影响, 根据建筑供水能耗特点, 对于建筑供水能耗可采用下式进行近似计算:

$$E = \frac{en\rho v(H+30)}{\eta}$$

(5.16)

式中 e ——1kg 水提升 1m 所做的功, kWh;

n ——标准建筑使用人数;

ρ ——水的密度, 1000kg/m³;

v ——人均用水量, m³/人;

H ——建筑高度, m;

η ——水泵运行效率。

其中，标准建筑建立确定了建筑使用人数与建筑高度，而根据我国《建筑给水排水设计规范》，人均日用水量取值为30L，水泵效率根据建筑实际情况进行合理取值，据此，即可对标准建筑供水能耗进行近似计算。

⑤指标值计算公式

技术限额指标值是基于标准建筑的能源消耗，具体计算公式如下：

$$Q_t = \frac{E}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^7 E_{ij}}{S}$$

(5.17)

式中 Q_t ——技术测算法确定的指标值；

S ——标准建筑指标形式。

5.3.3 统计分析与技术测算相结合确定建筑能耗约束性指标值

按统计分析与技术测算相结合的方法编制约束性指标时，应先分别根据上述方法编制指标值。

根据定额水平表判断技术测算值所对应的定额水平，并根据以下因素判断达到技术测算值的难易程度。

①该类公共建筑的能耗水平；

②该类公共建筑节能运行管理现状与技术现状；

③适应于该类公共建筑的各项节能改造措施以及进行节能改造后的节能效果和成本投入情况。

根据实现技术测算值的难易程度，结合地区社会经济发展需要和建筑节能工作要求，根据定额水平表在统计分析所得结果与技术测算所得结果之间合理确定建筑能耗约束性指标值。

①优点

1) 具有统计分析与技术测算二者的共同优点，且二者互为补充，同时能弥补各自的不足；

2) 指标值的确定有充分的依据，其合理性和可操作性能得到最大程度的保障。

②缺点

1) 需同时按二种方法确定指标值，工作量大，费时费力；

2) 技术测算的编制要求编制人员要有丰富的实践经验、专业知识和工作能力。

5.4 建筑能耗引导性指标值确定方法

建筑能耗引导性指标值编制的理论框架与方体体系与约束性指标值有着很好的相似性，其不同之处在于引导性指标值在制定时将更多的考虑技术先进性所产生的影响，而减少了现实用能的不合理因素的影响。

从本质上来讲，引导性指标亦是一种约束性指标，只不过引导性指标是从正向激励的约束，而约束性指标是从反向带有惩罚性质的约束。正因为引导性指标与约束性指标具有上述关系，以及在方法论上具有很大的共性，因此，在下面介绍引导性指标值确定方法时仅就与约束性指标制定的不同之处重点阐述。

5.4.1 基于统计分析法确定建筑能耗引导性指标值

在编制引导性指标值时，方法、步骤与约束性指标值的确定是一致的，即通过样本建筑选取、统计数据分析、制定定额水平表和定额水平确定这四个步骤。前三个步骤与约束性指标值的确定是完全一致的，这里不再重复，重点介绍定额水平的确定这一环节。

引导性指标值是在现状值的基础上，充分考虑技术的进步对建筑用能的影响，从值的大小来看，通常应低于现状值。以往有学者将能耗统计、能源审计的结果取下四分位数做为节能建筑的标杆建筑，这里也有着引导性的内涵。从定额水平法的本质来看，引导性指标值所对应的定额水平通常是大于0.5，即小于一半的建筑能达到这一要求。

然而，定额水平究竟取多少，不能随意的“拍”。因为制定的要求过高，使得需花费很大的代价才能达到这一要求，将打击人们追求这一荣耀的积极性，那么对现实的引导性作用将不明显；定的要求过低，将使建筑很容易达到这一要求，也将挫伤人们的积极性，从而导致发挥不了预先的引导性作用。因此，定额水平的确定应充分满足社会经济发展需要和建筑节能工作要求的基础上，综合考虑以下几方面因素，权衡利弊后再确定。

- 1 该类建筑的能耗水平；
- 2 该类建筑节能运行管理现状与技术现状；
- 3 适应于该类公共建筑的各项节能措施所产生的节能效果和成本投入情况。

5.4.2 基于技术测算法确定建筑能耗引导性指标值

采用技术测算法确定引导性指标值的步骤也可分为三步：建立标准建筑、计算标准建筑分项能耗和计算建筑能耗指标值。与约束性指标的制定相比，方

法体系基本一致，但在每一步骤的具体操作上存在差异。

建立标准建筑时，在样本建筑选取与典型建筑选取上与约束性指标一致，这里不再叙述。然而，在针对典型建筑进行标准化时，将出现明显的不同。标准化主要针对以下几方面的标准化场景进行：

- ① 建筑设备运行时间标准：标准运行时间；
- ② 建筑设备运行强度标准：设备运行功率；
- ③ 室内环境质量标准：室内标准温度，室内标准湿度，室内标准照度，人均新风量标准；
- ④ 室内环境数量标准：人均建筑面积标准，建筑功能空间比例标准；
- ⑤ 建筑本体物理参数标准：标准朝向，标准建筑体形系数，标准围护结构热工性能参数，标准门窗热工性能参数，窗墙比；
- ⑥ 建筑设备参数标准：设备标准能效比，设备或资源标准配置；
- ⑦ 人员社会行为规律标准：建筑室内人员活动标准化。

其中，场景中的③④⑦将和约束性指标确定时一致，而在其它场景将根据目前技术的进步和实际应用情况，选择更为先进的集成技术体系运用到标准建筑中，从而使制定引导性指标值的标准建筑在技术先进性更优。

当标准建筑建立好后，计算标准建筑分项能耗和计算建筑能耗指标值时则仍可按约束性指标值的确定方法进行计算，不同之处在于计算用的参数不同，所选用参数是代表着技术更为先进的一方。

5.4.3 统计分析与技术测算相结合确定建筑能耗引导性指标值

与约束性指标制定一致，按统计分析与技术测算相结合的方法确定引导性指标值时，也应首先分别根据统计分析和技​​术测算法编制相应的指标值。

根据定额水平表判断技术测算值所对应的定额水平，并根据以下因素判断达到技术测算值的难易程度。根据实现技术测算值的难易程度，结合地区社会经济发展需要和建筑节能工作要求，在统计分析所得结果与技术测算所得结果之间合理确定。

5.5 本章小结

本章确定了建筑能耗现状指标值、约束性指标值以及引导性指标值的确定方法。其中现状指标值应用统计平均值法，而约束性指标值与引导性指标值可分别采用统计分析法、技术测算法以及二者相结合的方法。同时，本章给出了每一种方法具体的操作方法与步骤。

第6章 案例分析

6.1 深圳市建筑能耗现状指标值编制实例

在深圳市已开展的建筑能耗统计、能源审计工作的基础上,对所取得的样本数据根据建筑分类结果进行合理分类,并采取统计平均值法计算得到每一类建筑现状指标值。如下表所示:

表 6.1 办公建筑能耗现状值指标

办公建筑类型		能耗单位	现状值指标值
政府办公建筑	面积<10000m ²	单位建筑面积综合电耗 kWh / (m ² ·y)	64
	面积≥10000m ²		71
商业办公建筑	面积<10000m ²		75.4
	面积≥10000m ²		91

表 6.2 商场建筑能耗现状值指标

商场类型	能耗单位	现状值指标值
百货店	单位建筑面积综合电耗 kWh / (m ² ·y)	245
大型超市		292
购物中心		301
家居建材商店		189

表 6.3 宾馆饭店建筑能耗现状值指标

宾馆酒店星级	能耗单位	现状值指标值
3 星级及以下	单位建筑面积综合电耗 kWh / (m ² ·y)	151
4 星级		192
5 星级		215

注:综合电耗是将建筑使用过程中实际消耗的各种能源实物量,按照等效电规定的计算方法和单位分别折算成电耗的总和。

6.2 深圳市建筑能耗约束性指标值编制实例

由于约束性指标与引导性指标的编制相对复杂,在本研究报告中难以将所有建筑类型均详细的论述如何制定上述两种指标值。因此,选取第二类政府办

公建筑（建筑面积为 10000m² 以上）进行典型案例分析。

6.2.1 基于统计分析法确定约束性指标实例

➤ 样本和样本量选取

样本容量合理是统计分析法的基础，因此，需首先对样本容量进行分析，确保样本容量的合理性。

1) 第二类政府办公建筑样本量基本情况

根据对第二类政府办公建筑能耗统计数据进行分析，样本建筑数量为 259，统计平均值为 71kWh/m²·a，标准差为 36。

2) 第二类政府办公建筑必要样本容量 n_{ij} 确定

可以知道，对于深圳市第二类政府办公建筑样本总量超过 30，因而采用下式对样本容量合理性进行检验：

$$n_{ij} = \frac{Z_{ip}^2 \cdot S_i^2}{\Delta^2}$$

(6.1)

根据公式 6.1，可以得到样容量取值为 105，而第二类政府办公建筑样本容量为 259，可见样本量是符合需求的。

➤ 样本建筑能耗统计

根据对第二类政府办公建筑能耗统计数据进行分析，可以得到第二类政府办公建筑直方图如下：

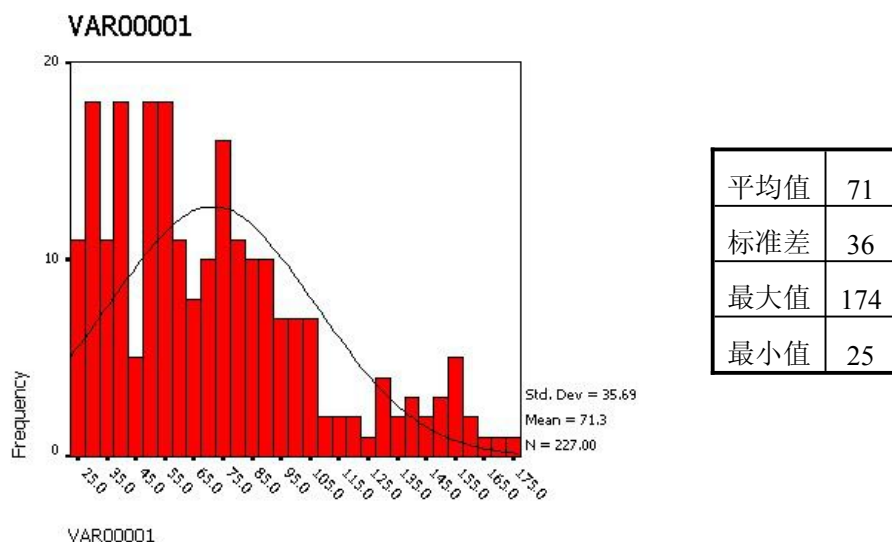


图 6.1 第二类政府办公建筑人均能耗分布图

进一步分析单位建筑面积综合电耗、人均综合电耗与人均建筑面积的关系可以发现，单位建筑面积综合电耗与人均建筑面积并无显著相关性，而人均综合电耗与人均建筑面积呈现较明显的相关性，见图 6.2~图 6.3。

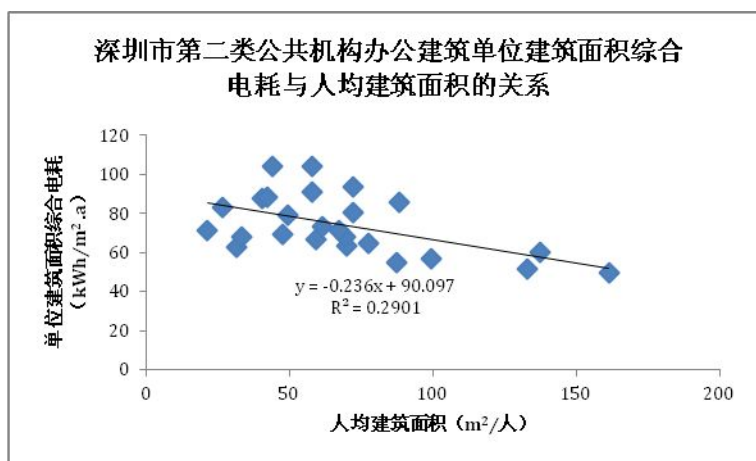


图 6.2 深圳市第二类政府单位建筑面积综合电耗与人均建筑面积的关系

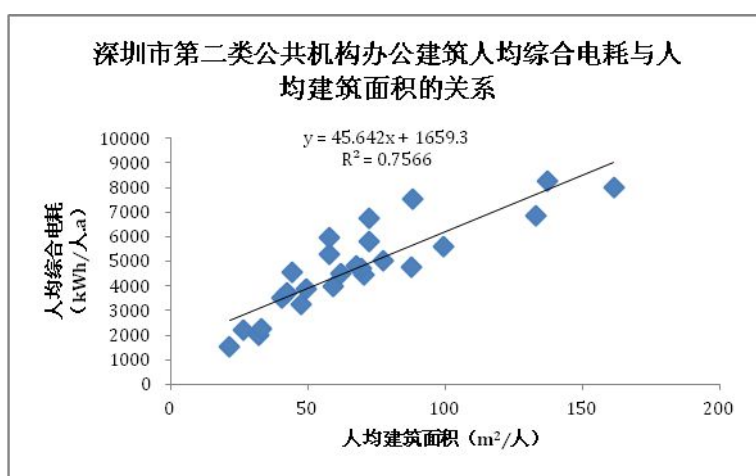


图 6.3 深圳第二类政府办公建筑人均综合电耗与人均建筑面积的关系

进一步分析深层次原因可以发现，深圳市第二类政府办公建筑人均建筑面积平均值约为 $60\text{m}^2/\text{人}$ ，最大值为 $161.18\text{m}^2/\text{人}$ ，最小值也有 $21.19\text{m}^2/\text{人}$ ，深圳市第二类政府办公建筑人均建筑面积分布直方图见图 7.4。从图中还可以看出，人均建筑面积约 82% 在 $30\sim 90\text{m}^2/\text{人}$ 之间，9% 在 $90\sim 165\text{m}^2/\text{人}$ 之间，第二类政府办公建筑人均建筑面积超过 $30\text{m}^2/\text{人}$ 的占到总数的 91%。

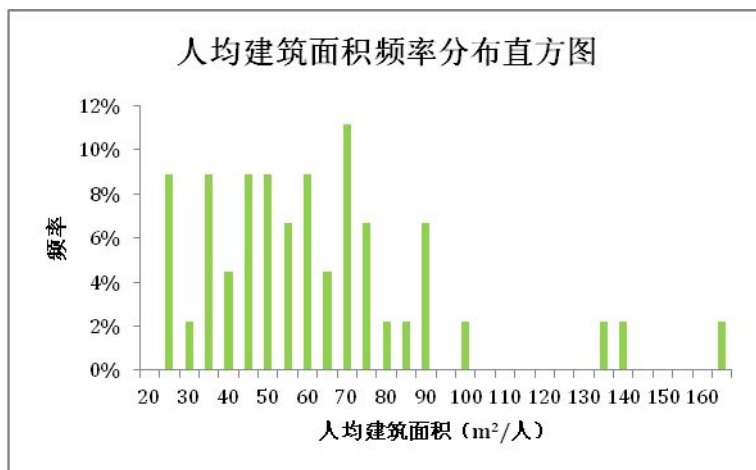


图 6.4 深圳第二类政府办公建筑人均使用面积频率分布直方图

而根据 1999 年 12 月 21 日国家发展计划委员会颁布的《党政机关办公用房建设标准》，各级党政机关办公用房人均建筑面积指标应按下列规定执行：一级办公用房，编制定员每人平均建筑面积为 26~30 平方米，使用面积为 16~19 平方米；编制定员超过 400 人时，应取下限。二级办公用房，编制定员每人平均建筑面积为 20~24 平方米，使用面积为 12~15 平方米；编制定员超过 200 人时，应取下限。三级办公用房，编制定员每人平均建筑面积为 16~18 平方米，使用面积为 10~12 平方米，编制定员超过 100 人时，应取下限。

可见，深圳市第二类政府办公建筑人均建筑面积远远超出国家标准要求，这是导致公共建筑人均能耗很高，而单位建筑面积能耗却并不大的首要原因。因此，为了避免和抑制全国范围内大兴政府机构机关建设，促进党风廉政建设，政府办公建筑以人均综合电耗来确定能耗限额值更能体现能耗限额编制的基本原则。

➤ 制定定额水平表

根据定额水平表的编制方法，即：

$$R = \bar{X} + Z_{\alpha}\sigma$$

(6.2)

式中 $\bar{X}$ ——统计平均值，kWh/(人·a)；

σ ——样本标准差；

Z_{α} ——累积概率为 (1- α) 时所对应的标准正态分布概率密度值，与限额水平相对应。

通过选取不同累积概率为 (1- α) 时所对应的标准正态分布概率密度值，即可得到第二类政府办公建筑定额水平表如下：

表 6.4 第二类政府办公建筑限额水平表

限额水平	统计值 (kWh/m ² ·y)	限额水平	统计值 (kWh/m ² ·y)
0.95	12	0.45	76
0.9	25	0.4	80
0.85	34	0.35	85
0.8	41	0.3	90
0.75	47	0.25	95
0.7	52	0.2	101
0.65	57	0.15	108

限额水平	统计值 (kWh/m ² .y)	限额水平	统计值 (kWh/m ² .y)
0.6	62	0.1	117
0.55	67	0.05	130
0.5	71		

► 确定约束性指标值

限水平应在编制约束性指标原则的基础上, 结合地区社会经济发展需要和建筑节能工作要求, 由管理机构根据定额水平表确定, 定额水平确定时还应综合考虑以下几方面的因素:

- 1) 该类公共建筑的能耗水平;
- 2) 该类公共建筑节能运行管理现状与技术现状;
- 3) 适应于该类公共建筑的各项节能改造措施以及进行节能改造后的节能效果和成本投入情况。

根据统计分析可知, 造成深圳市第二类政府办公建筑人均综合电耗指标普遍偏高, 但单位建筑面积能耗指标并不高的假象的深层次原因在于政府办公建筑人均面积远远超出国家标准要求。因此, 控制政府人均使用面积是控制其建筑能耗增长的首要途径。另外, 从加强运行管理和技术改造等, 也具有一定的节能潜力。

表 6.5 深圳市各类建筑节能措施现状

技术措施	节能措施等级	节能贡献率 (%)	综合节能贡献率 (%)	
加强公共建筑的运行维护管理	1	10~15	10~15	
轻型绿化屋面		——		
新风系统改造	2	5.12	12.69~29.72	
更换节能灯具		5.01~6.68		
冷却塔改造		2.56		
水泵更换及配套		5.12		
设备及管路清洗		2.56		
变频装置		2.56~12.8		
更新完善阀件		3		1.59~10
编制控制系统				
智能控制线路及元器件	2.56			
浅色饰面				
外窗贴膜	2.56~5.12			
冷热源更换改造	5.12			

由此可见，通过加强公共建筑运行管理，基本可以实现 10~15% 节能率，通过照明系统、新风系统、空调水系统节能改造及设备管路清洗等可以实现 10%~20% 的节能率。通过增加变频装置等，亦可实现 2.5~13% 左右的节能率。前两级节能综合节能率可达到 15%~45%。

鉴于目前深圳市第二类政府办公建筑超过 90% 的政府办公建筑人均使用面积均不达标现状，以及各类建筑节能措施的节能效果现状，并综合考虑能耗限额确定的基本原则，按照逐步扩大能耗限额打击范围、稳步有效推进能耗限额制度实施的思想，初步确定能耗限额水平为 0.25。

查第二类政府办公建筑能耗限额水平表可以得到，第二类政府在限额水平为 0.25 下的能耗限额值为 95 kWh/m²·y。

6.2.2 基于技术测算法确定约束性指标实例

➤ 样本建筑选取

本课题研究挑选深圳市建筑面积大于 10000m² 的第二类政府办公建筑为样本，应用技术测算法编制第二类政府办公建筑能耗约束性指标，所选样本与前述统计分析法中样本一致。

➤ 典型建筑选取

① 基于能耗数据的初步选取

在分类模型中已经用聚类分析把深圳市政府办公建筑分为 2 大类，每一类需选取一栋典型建筑。按照典型建筑理论中的结论，选取 $(\bar{S}-\sigma, \bar{S}+\sigma)$ 为建筑面积的约束范围， $(\bar{X}-\sigma, \bar{X}+\sigma)$ 为单位建筑面积能耗的约束范围。由下图可以看出，建筑面积在 $(\bar{S}-\sigma, \bar{S}+\sigma)$ 范围的建筑数量是总建筑数量的大多数，根据建筑面积越接近中心越能代表这类建筑的要求，这个范围是合理的，而单位建筑面积能耗取一倍标准差范围，包含了大部分的建筑，也是合理的。

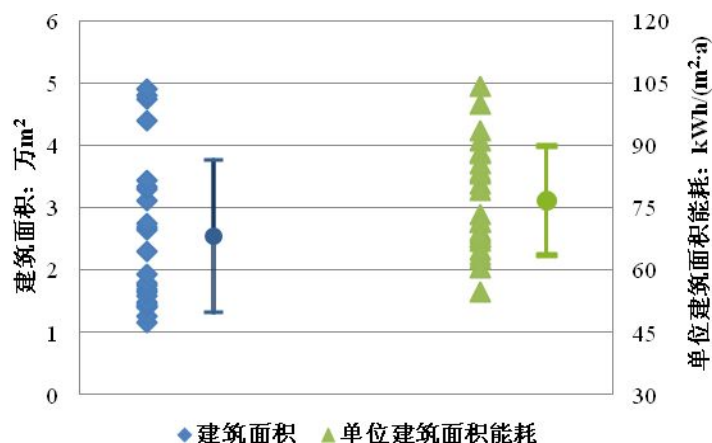


图 6.5 政府办公建筑第一类建筑

$$\bar{Y} = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} y_i = 63.61$$

表 6.6 第二类建筑初选结果

序号	建筑面积(m ²)	建筑单耗 (kWh/m ² ·y)	序号	建筑面积(m ²)	建筑单耗 (kWh/m ² ·y)
1	14000	63.7	8	19341	64.9
2	16575	67	9	26470	73.4
3	14427	80.7	10	26950	71.6
4	14800	83.7	11	31226	67.7
5	15808	83.1	12	32999	68
6	16575	67	13	33460	71.4
7	16834	88.1	14	34300	88.2

②典型建筑的二次筛选

典型建筑的二次筛选主要是在初步筛选的基础上，进行基于技术的一票否决筛选，选取备选典型建筑。根据能耗限额编制四项基本原则，要求典型建筑应满足国家相关标准规范强条要求的规定，得到典型建筑二次筛选原则如下：

- 1) 典型建筑不能与国家强制实施的标准、规范强条相违背；
- 2) 典型建筑采暖、空调系统设备额定能效比符合国家与地方节能标准的相关规定；
- 3) 典型建筑空调系统形式在样本建筑中具有普遍性；
- 4) 典型建筑室内温度控制应符合国家的相关规定。

通过典型建筑的二次筛选，得到第二类政府办公建筑的备选建筑如下：

表 6.7 第二类建筑最终备选建筑

序号	建筑面积(m ²)	单位建筑面积综合电耗 (kWh/m ² ·y)
1	14000	63.7
2	14190	69.4
3	16575	67
4	26950	71.6
5	32999	68

③典型建筑的确定

在备选建筑的基础上，根据标准建筑基本特征和建筑能耗敏感因素分析结果，对备选典型建筑进行精确选取，从而确定典型建筑。具体步骤如下：a) 设计正交试验，对影响建筑能耗的敏感性因素进行分析；b) 根据步骤 a 中正交试验的极差分析结果，采用层次分析法，确定敏感性因素的权重；c) 确定建筑能耗影响因素在标准化场景下的基本特征值，进而按备选典型建筑与标准建筑基本特征值的接近程度，对每栋备选样本建筑敏感性因素进行赋值，并最终得到每栋备选样本建筑每一项基本特征的得分。d) 根据备选样本建筑基本特征的得分，按照步骤 b 中的权重进行加权平均，得到每栋备选样本建筑最终得分。e) 根据最终得分进行比较，选取得分最高者作为最终的典型建筑。

1) 影响建筑能耗的敏感性因素进行分析

根据深圳市公共建筑能耗统计数据分析，得到第二类政府办公建筑能耗特征主要有：

a) 空调照明系统能耗比例大

政府办公建筑能耗包括空调系统能耗、照明系统能耗、电梯能耗、给排水能耗、其他设备能耗等。考虑到空调及照明系统能耗所占总能耗比例已非常大，并且两种能耗互相有影响，而与其他能耗相互独立，因此选取空调照明系统的敏感性因素作为选取典型建筑的判断依据。若选取典型建筑电梯不符合标准化要求，由于电梯与给排水能耗的相对独立性，可另行选取其他典型建筑进行标准化。

b) 人员作息稳定

对于人员作息，任何政府办公建筑一般情况下都差异不大，这是政府机关人员（公务员）的工作性质决定的，一般朝九晚五的工作规律，周末双休。这也决定了：①影响室内空调能耗的热扰是恒定的。②空调开启时间固化了。另外，考虑到现阶段由于采光设计水平，办公室内的开灯习惯是人在则灯开。故，政府办公建筑人员作息的固定也决定了灯具的启停也固化了。

c) 室内温湿度设定稳定

2007年6月，国务院办公厅关于严格执行公共建筑空调温度控制标准的通知中已严格要求政府机关对室内温度的控制不能低于 26°C ，因此政府办公建筑室内温度设定应该也必须不得有差异的。

d) 能耗变化幅度大

这些数据代表了深圳市政府办公建筑现状，能耗在 20kWh/m^2 左右到 160kWh/m^2 左右变化，极大极小值相差数倍。因此数据均值不能代表节能技术现状，应从技术上深究产生这种现象的根本原因。

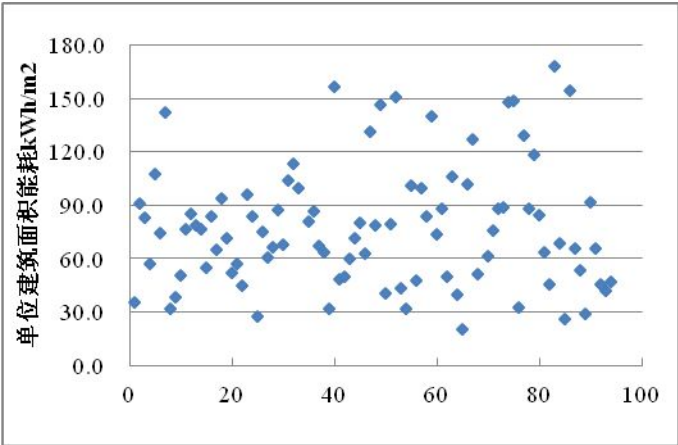


图 6.6 深圳市政府办公建筑能耗变化图

根据以上的研究可知，一些能耗因素虽然敏感，但在政府办公建筑里是不具有差异性的，这些因素是：室内温度设定，空调、照明、设备及热水系统的运行模式（运行时间），因此这些因素不作敏感性因素分析。利用正交试验表，对第二类政府建筑能耗影响因子进行敏感性因素分析。

表 6.8 敏感因素分析水平表

代号	因子	水平 1	水平 2	水平 3
A	建筑设计	设计 1	设计 2	设计 3
B	围护结构热工性能	结构 1	结构 2	结构 3
C	办公会议区照明功率密度(W/m²)	13	9	5
	公共区域照明功率密度(W/m²)	8	6	4
	设备功率密度(W/m²)	24	18	12
D	办公区人均使用面积	14	11	8
	会议室人员密度	4.5	3.5	2.5
	公共区域人员密度	9	7	5
	非空调区域人员密度	4.5	3.5	2.5
E	功能区域比例	0		
F	人均新风量	40	30	20
G	空列	空列	空列	空列

表 6.9 建筑设计水平表

设计水平	建筑朝向	窗墙比
水平 1	南向	0.2
水平 2	东向	0.4
水平 3	西向	0.5

表 6.10 围护结构传热系数水平表

围护结构热工性能	外墙传热系数	屋顶传热系数	外窗遮阳系数
水平 1	2.5 左右	1.5 左右	0.75
水平 2	1.7 左右	1.0 左右	0.55
水平 3	1.0 左右	0.5 左右	0.35

原型为一栋民政局办公楼，4 层，总建筑面积为 2158.6m²。

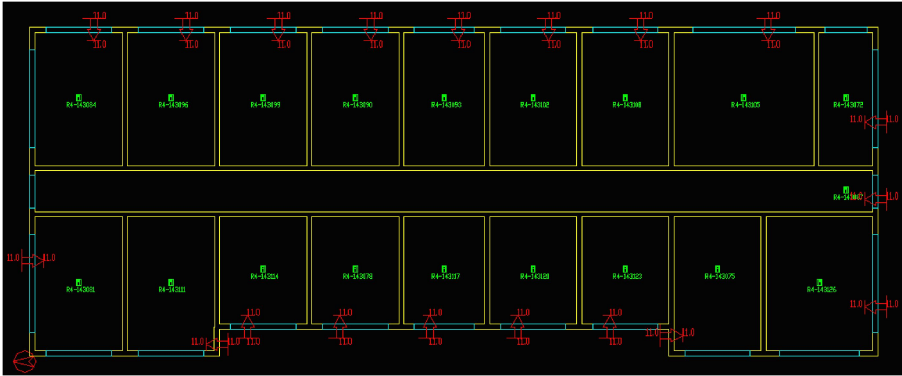


图 6.7 模型建立

表 6.11 第二类政府敏感因素极差分析表

因素	建筑设计	围护结构	人员密度	功率密度	区域比例	新风量
	A	B	C	D	E	F
总能耗极差ΔK2	39.42	28.85	66.84	90.52	66.34	45.36

从以上结果看出：深圳市第二类政府的建筑总能耗影响因素显著性大小顺序为：功率密度>人员密度>功能区域比例>新风量>建筑设计水平>围护结构。

2) 确定敏感性因素权重

层次分析法(AHP 法) 是一种解决多目标的复杂问题的定性定量相结合的决策分析方法。该方法将定量分析与定性分析结合起来，用决策者的经验判断各衡量目标能否实现的标准之间的相对重要程度，并合理地给出每个决策方案的每个标准的权数，利用权数求出各方案的优劣次序，比较有效地应用于那些难以用定量方法解决的课题。

层次分析法是社会、经济系统决策中的有效工具。其特征是合理地将定性与定量的决策结合起来，按照思维、心理的规律把决策过程层次化、数量化。是系统科学中常用的一种系统分析方法。

在对比审计报告、电话调研及对审计人员的调查中，发现很多建筑没有新风机；部分建筑设置了新风机，但由于种种原因，在实际运行过程中，常年处于关闭的状态；并且考虑部分建筑空调形式不同。综上所述原因，新风量在权衡判断中的可比性较差，加之新风量的标准化较简单，因此新风量不作为权衡判断的依据。

根据对深圳市能耗影响因素正交试验分析结果，采用层次分析法对各影响因素权重进行分析，结果如下：

表 6.12 各能耗影响因素权重分析表

因素	建筑设计	围护结构	人员密度	功率密度	区域比例
权重（按极差）	0.157	0.093	0.219	0.282	0.249

3) 建筑场景标准化

a) 围护结构热工性能

按照《公共建筑节能设计标准》深圳市实施细则的规定，对围护结构的限定如下：

表 6.13 建筑围护结构传热系数限值

位置	围护结构热工性能
屋面	$D_m \geq 2.5$, $K_m \leq 0.9$; $D_m < 2.5$, $K_m \leq 0.4$
外墙	$D_m \geq 2.5$, $K_m \leq 1.5$; $D_m < 2.5$, $K_m \leq 0.7$
屋顶透明部分	小于等于 3.5
地面接触室外空气的架空或外挑楼板	≤ 1.5

表 6.14 建筑外窗传热系数限值

窗墙面积比	外窗传热系数
$C_m \leq 0.2$	≤ 6.5
$0.2 < C_m \leq 0.3$	≤ 4.7
$0.3 < C_m \leq 0.4$	≤ 4.5
$0.4 < C_m \leq 0.7$	≤ 3.0

表 6.15 建筑外窗综合遮阳系数限值

窗墙面积比	外窗综合遮阳系数 S_w (东南西/北)
$C_m \leq 0.2$	——
$0.2 < C_m \leq 0.3$	$\leq 0.45/0.54$
$0.3 < C_m \leq 0.4$	$\leq 0.40/0.49$
$0.4 < C_m \leq 0.5$	$\leq 0.36/0.45$
$0.5 < C_m \leq 0.6$	$\leq 0.33/0.42$
$0.6 < C_m \leq 0.7$	$\leq 0.31/0.40$
$0.7 < C_m \leq 1.0$	$\leq 0.21/0.28$

b) 人均办公面积

根据办公建筑设计规范 (JGJ67-2006): 普通办公室每人使用面积不应小于 4m^2 , 单间办公室净面积不应小于 10m^2 , 另外根据国家发展计划委员会文件: 《党政机关办公用房建设标准》(计投资[1999]2250 号) 的第十三条关于各党政机关办公用房的规定: 局(处)级以下人员每人使用面积不应超过 6m^2 。因此初步确定人员办公使用面积范围为 $4\sim 6\text{m}^2/\text{人}$ 。另外, 二级办公用房, 编制定员人均面积为 $20\sim 24\text{m}^2$, 使用面积为 $12\sim 15\text{m}^2$, 编制超过 200 人的应取下限。以此确定人均办公建筑使用面积为 $4\sim 6\text{m}^2$, 建筑面积为 $20\sim 24\text{m}^2$ 。

c) 照明及设备功率密度

照明及设备功率密度按照公共建筑节能设计标准设置, 照明功率密度为 $9\text{W}/\text{m}^2$ 。设备配备情况如下表:

表 6.16 政府办公建筑设备配备情况

设备名称	计算机	传真机	打印机	放映机
配备情况	1 台/人	1 台/20 人	1 台/20 人	1 台/30 人

d) 功能区域比例

二级办公用房, 编制定员人均使用面积为 $12\sim 15$, 而根据人员人均使用办公面积范围为 $4\sim 6\text{m}^2/\text{人}$ 。得到办公面积与非办公面积比例为 2: 1~4: 1, 按办公、会议区域为空调区域, 其他为非空调区域, 则空调面积比例取 75%作为基本特征。

e) 典型建筑标准化参数

表 6.17 典型建筑的基本特征

参数名称	建筑设计	围护结构	人均建筑 面积（m ² /人）	功率密 度 W/m ²	空调区域 比例
参数取值	南北向、窗墙 面积比小于 0.7	公建节能设计标 准深圳实施细则 的规定	20~24	9	75%

4) 备选建筑评分

对建筑的接近程度按照与标准建筑基本特征的接近程度依次排序，按照四分法的方法，依次得分 1.00、0.75、0.50、0.25、0。对每栋建筑各项得分与权重结合求得加权平均分为建筑最终得分。最终的选取结果如下：

表 6.18 第二类政府建筑对比评分结果

备选建筑 编号	因素、权重及结果						
	建筑设计 水平 (0.157)	围护结构 (0.093)	人员密度 (0.219)	功率密度 (0.282)	空调面积 比例 (0.249)	加权 平均	最终 结果
1	1	1	0.5	1	0.5	0.766	×
2	1	0.75	0.75	0.75	0.75	0.813	√
3	1	0.5	1	0.5	1	0.789	×

5) 典型建筑确定

根据备选建筑评分结果，得到第二类政府的典型建筑筛选结果

表 6.19 政府办公建筑精确选取结果

类别	建筑人均综合电耗 (kWh/m ² ·人)	建筑面积 (m ²)
典型建筑参数	14190	69.4



图 6.8 第二类政府办公建筑典型建筑

► 标准建筑的建立

①基本情况介绍

本研究报告选取第二类典型建筑作为标准化的实例分析，基本情况介绍如下：

深圳市某政府办公建筑主楼建于1988年，附楼建于1992年，主楼7层，附楼3层，标准层高3.5m，总建筑面积为20270.93m²，其中主楼为15553.32m²，附楼为4717.61m²。办公区域全年（除法定节假日）周一至周五9:00~18:00为工作时间。主楼空调冷源系统设置主楼的二、三层，共2台特灵离心式冷水机组，离心式机组单台制冷量为300RT，总装机容量为600RT。冷冻水泵共3台，扬程32m，功率30kW的；冷却水泵共3台。扬程32m，功率30kW；冷却塔2台，输入功率7.5kW/台。附楼装有9台小型水冷式空气处理机，每层3台，制冷量分别为63kW的6台，100kW的3台，冷却泵4台，停用1台，输入功率为11kW；冷却塔2台，输入功率为4.5kW。

主楼空调冷水系统为一次泵系统，冷水供水温度设定值为8℃~9℃，冷水自水泵出来通过分水器供1~7层风机盘管。冷水机组和水泵分别并列后通过管道相连。附楼东西侧设有空调机组，冷却水通过冷却泵送入冷却塔散热。

市府二办空调系统一般运行时间为4月至11月，主楼空调除节假日外开启时间为8:30~17:30，主机、水泵和冷却塔都是一一对应运行，附楼除节假日外开启时间为9:00~18:00，冷却泵2用2备。平时运行时管理人员根据天气情况调节冷机的负载。水泵和冷机在运行时非一一对应，冷机关闭时工人会及时关断冷冻、冷却水管路的阀门，故不存在冷冻水旁通现象。主楼和附楼冷却塔设置共4台，夏季4台全开，过渡季节和冬季一般开2到3台。冷却塔风机关闭时，运行管理工人会及时关断冷却塔的进水管阀门，故不存在冷却水旁通现象。

空调风系统采用空调机组和风机盘管，主楼无新风机，新风通过门窗引入，附楼新风由室外直接引入一次回风空调机组机房。风机盘管设置电动二通阀，室内设置有温度调节及风机档数调节装置。

室内照明灯具有是普通荧光灯，室外照明灯具有金属卤化灯，开启时间为18:00~22:00，由时间继电器控制。镇流器使用的是普通电感镇流器。照明控制方式：办公区域的照明时间为8:30~18:00，走廊的照明时间为8:00~22:00。

②标准化介绍

该建筑有主楼与附楼2栋楼，为使该建筑具有典型性，选择主楼进行作为典型建筑。在典型建筑挑选的基于技术的精确选取中已经有对标准建筑的部分边界条件进行了标准化，其中包括：建筑朝向、窗墙面积比、人均建筑面积、

围护结构的热工性能、照明及设备的功率密度。该部分需要把其他的标准建筑边界条件进行标准化,包括层高、层数、区域面积比例、空调系统形式、系统能效比、通风系统功率、建筑动力系统设置及运行策略、建筑使用模式、特殊功能区域。

1) 高、层数和体形系数

典型建筑的层数为7层,标准层建筑面积为1996.9m²,建筑面积为13978.3m²。而第二类样本建筑的建筑面积范围为10000m²~50000m²,取中位数值为25413m²,考虑到典型建筑在建筑面积上应具有典型性,因此对备选典型建筑的层数进行调整,以增加其建筑面积使其更加接近样本建筑的均值。在实际建筑层数的基础上增加3层,最终标准建筑的层数为10层,标准层建筑面积为1996.9m²,总建筑面积为19971m²。

按照已有的研究,层高在一定程度上影响建筑的体形系数,层高是通过对体形系数的影响来影响建筑能耗的,因此层高和体形系数对建筑能耗的影响可以归结体形系数对能耗的影响。而体形系数在深圳地区对能耗的影响并不显著,因此只需要典型建筑的体形系数在一个比较合理的范围内,就可以按典型建筑的体形系数和层高来形成标准建筑。对典型建筑进行实地测算得到,该建筑的层高为3.5米,体形系数为0.186,体形系数较小,符合要求。对调整以后的典型建筑计算得,体形系数为0.181。因此最终标准建筑的层高和体形系数的参数为:层高:3.5m,体形系数:0.181。

2) 功能区域比例

根据计发委发布的文件《党政机关办公用房建设标准》,“各级党政机关办公用房建筑应合理确定门厅、走廊、电梯厅等面积,提高使用面积系数。办公用房建筑总使用面积系数,多层建筑不应低于60%”,因此对加层后的典型建筑的区域布置进行测算, $U = \text{办公使用面积} / \text{总建筑面积} = 0.616$,满足要求。因此以加层后的典型建筑作为标准建筑的功能区域比例。

对各功能区域的面积测算如下:

表 6.20 各功能区域面积 (m²)

办公面积	楼梯间面积	会议室面积	走廊面积	其他	总和
12309.8	830.2	1889.2	2415.3	2527.0	19971.5

3) 通风系统

根据审计数据、对审计人员及建筑物管人员的调研中发现,该区很多建筑并没有布置过渡季节的机械通风风机,并且大部分有新风装置的建筑在空调机和过渡季并不会开启新风机通风,因此考虑深圳市现有建筑的实际现状,不对该部分能耗进行计算。

4) 建筑人员逐时人员密度

根据计发委发布的文件《党政机关办公用房建设标准》，“二级办公用房，编制定员每人平均建筑面积为 20—24m²，使用面积为 12—15m²；编制定员超过 200 人时，应取下限”。故，按照人均建筑面积 20m² 来计算，建筑内人数为：19971.4/20≈998 人。因此标准建筑室内人员取 998，对应的人均建筑面积为：20m²/人。

5) 照明及设备使用模式及人员作息情况

按照《公共建筑节能设计标准》深圳市实施细则里附录 B 对室内人员、照明及设备逐时使用率的参考设定。

6) 空调系统

首先对空调系统形式进行标准化，根据典型建筑中的论述，已确定第二类标准建筑为集中空调——风机盘管+独立新风系统，主机选用螺杆式机组。其次对空调系统运行能效比进行标准化，利用 DeST 软件模拟出在以上条件下标准建筑的最大负荷为 1824.02KW，根据逐时负荷计算不同负荷率下持续的天数如下：

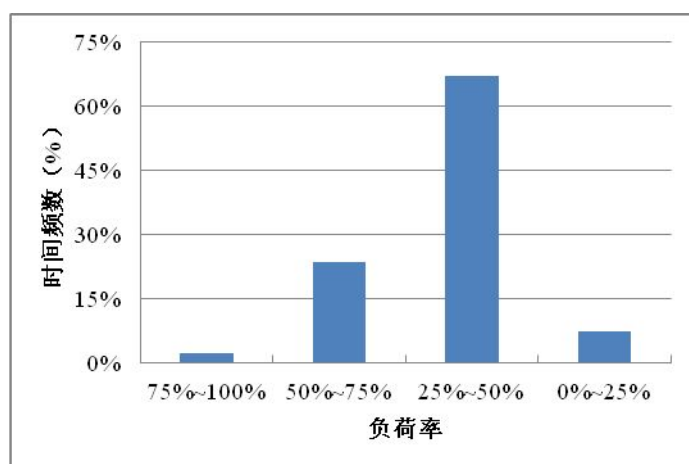


图 6.9 全年空调系统负载率的时间频数

根据运行记录，计算不同部分负荷段的运行时间频率，并对各负荷段内的运行能效比进行时间频率加权平均计算得到整个空调（采暖）季的季节能效比。

$$SEER_{sys} = \frac{1}{2}(A+B) \cdot \phi_1 + \frac{1}{2}(B+C) \cdot \phi_2 + \frac{1}{2}(C+D) \cdot \phi_3 + D \cdot \phi_4 \quad (6.3)$$

式中 A, B, C, D——分别表示空调（采暖）系统在 100%、75%、50%、25% 时的运行能效比 $SOEER$ ；

ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ , ϕ_4 ——分别表示空调（采暖）系统在 75%~100%、50%~75%、

25%~50%、0~25%四个负荷率段的运行时间频率。

7) 交通服务系统

交通服务系统主要为电梯，根据对典型建筑分析可知，该建筑共有两台电梯，而建筑使用人数仅 300 人。通过对标准建筑使用人数的标准化，标准建筑的使用人数共有 998 人，是典型建筑使用人数的约 3.3 倍，考虑到建筑的层高仅为 10 层，且对于办公建筑，一般以每 3000~5000m² 配置一台电梯，因而，标准建筑的电梯配备选用 5 台。

由于电梯类型以典型建筑为基准，因而，电梯选用 VVVF 驱动系统形式。

► 确定约束性指标值

① 标准建筑能耗划分

对于政府办公建筑标准建筑的建立，主要用能空间如下：

表 6.21 政府办公建筑用能空间划分

类型	房间类别
办公空间	办公室
公共空间	会议室、多功能厅、卫生间、库房、文印室、接待室
交通空间	走廊、楼梯间

根据对标准建筑用能空间的划分，根据政府办公建筑分项能耗形式，对建筑用能空间分项能耗可进行如下划分：

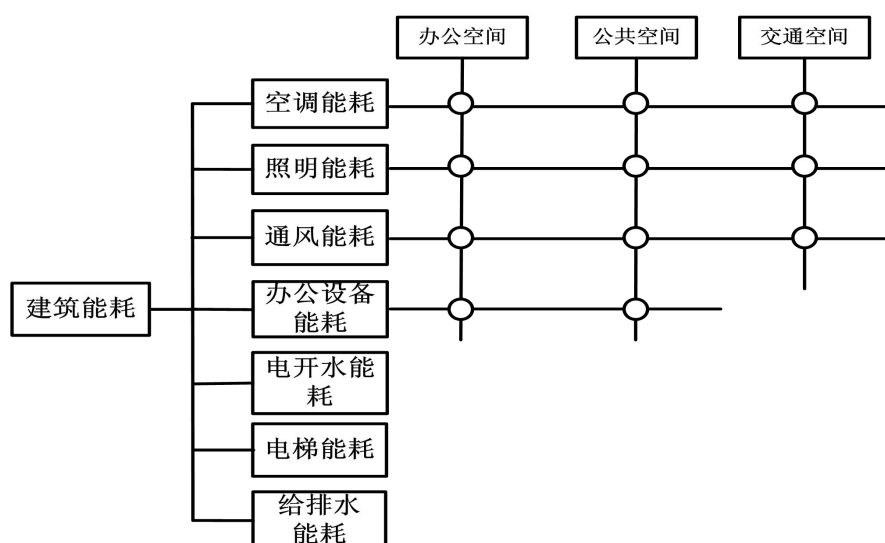


图 6.10 标准建筑能耗划分

②基于标准建筑分类分项能耗计算

1) 办公区域照明能耗计算

根据《公共建筑节能设计标准》，并结合政府办公建筑照明系统实际控制情况，在室内照度小于 300lx 时，对标准建筑办公空间的参数可进行如下设定：

表 6.22 办公区域照明系统运行特点

运行时间	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
综合运行率	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5

在办公区域平均照度大于 300lx 时，根据《公共建筑节能设计标准》，可以满足室内照度要求，照明灯具综合运行率为 0，在此基础上，根据照明能耗计算公式，计算得到办公区域全年照明能耗为 313519kWh。

2) 公共区域照明能耗计算

根据对标准建筑能耗划分，可以看到标准建筑公共空间包括会议室、多功能厅、卫生间、库房、文印室、接待室。各个空间对照明功率密度要求以及运行情况如下：

表 6.23 公共区域照明系统参数设定

功能区域	功率密度 (W/m ²)	运行时间
多功能厅、会议室、接待室	11	周一～周三
		上午：9：00～11：00
		下午：15：00～17：00
文印室、库房、卫生间	11	周一～周五
		9：00～17：00
走廊、楼梯间	5	8：30～17：30

公共区域在运行时间段内，考虑到实际使用情况，对于多功能厅、会议室、接待室在运行期间内，照明系统灯具全开。其它公共区域照明系统运行特点与办公区域一致。在此基础，根据照明能耗计算公式，可以得到公共区域照明全年照明能耗为 42784kWh。

3) 交通区域照明能耗计算

交通区域主要为走廊与楼梯间，根据《公共建筑节能设计标准》可以知道，交通区域照明功率密度为 5W/m²，考虑到交通区域照明系统综合运行率与办公区域一致，在此基础上，根据照明能耗计算公式，可以得到交通区域全年能耗为 54575kWh。

因而，对于标准建筑，照明能耗计算如下：

表 6.24 照明能耗计算

功能区域	分类能耗 (kWh)	总能耗 (kWh)
办公区域	313519	410878
公共区域	42784	
交通区域	54575	

4) 通风能耗计算

根据对标准建筑功能区域划分,对于办公区域、文印室、会议室等区域,根据深圳市政府办公建筑实际情况,可以通过自然通风满足建筑通风需求。通过对标准建筑功能区间的分析,采用机械通风的区域主要包括库房与卫生间,其中库房与卫生间通风次数设定参数如下:

表 6.25 库房、卫生间通风参数设定

功能区域	每小时进气次数	每小时排气次数
库房	4	5
卫生间	—	2

根据《公共建筑节能设计标准》(深圳市实施细则),对于机械通风的单位风量风机能耗可取 $0.32\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$,因而,通过对库房、卫生间通风参数设定,根据通风能耗的计算公式,可以得到标准建筑通风能耗为 5422.02kWh 。

5) 办公设备能耗计算

标准建筑的标准使用人数为 998 人,其中根据政府办公建筑使用特点,按照每人一台电脑进行标准配备,取人均设备功率为 $250\text{W}/\text{人}$,在此基础上,根据设备能耗的计算公式,可以得到标准建筑办公设备能耗为 517962kWh 。

6) 热水能耗计算

根据我国《给水排水设计规范》,热水能耗计算参数的取值如下:

表 6.26 热水能耗计算参数取值

参数	取值
人均热水用量, $\text{L}/(\text{人}\cdot\text{日})$	1.5
热水温度, $^{\circ}\text{C}$	100
冷水温度, $^{\circ}\text{C}$	10
热水转换效率	0.9

在此基础上,根据热水能耗的计算公式,可以得到标准建筑全年热水供应能耗为 41916kWh 。

7) 电梯能耗计算

根据前面的分析可以知道,电梯能耗主要与建筑的高度以及开启次数有

关，由于标准建筑选用的为 VVVF 的电梯，根据《电梯技术条件》，电梯的各个参数选取如下：

表 6.27 电梯各参数取值

参数	取值
电梯台数	4
驱动系数 K_1	1
平均运行距离系数 K_2	0.5
轿内平均荷载系数 K_3	0.35
最大运行距离 H (m)	35
年启动次数 F	200000
电梯额定功率 P (kW)	9.5
电梯额定速度 V (m/s)	1
电梯每小时待机能耗 kWh	0.3

根据电梯能耗计算公式，可以得到每部电梯全年运行能耗为 3773.06 kWh，标准建筑共配备 4 台电梯，因而可得到标准建筑全年电梯总能耗为 15092.24kWh。

8) 给排水能耗计算

给排水能耗主要受水泵效率与建筑高度有关，根据我国《给水排水设计规范》，结合深圳地区水泵的实际运行效率情况，可以知道给排水各计算参数的取值如下：

表 6.28 给排水能耗计算参数取值

参数	取值
建筑高度 (m)	35
水泵效率	0.5
人均用水量, L/ (人·日)	30

根据给排水能耗的计算公式，可以得到标准建筑给排水全年能耗为 5293.39 kWh。

9) 空调能耗计算

a) 气象参数确定

深圳市属于典型的夏热冬暖地区，由于缺少深圳市典型气象年气象数据，因而本研究报告选取与深圳市气象条件相近的广州地区典型气象年参数作为计算深圳地区建筑室内冷负荷参数。

b) 室内热扰

根据标准建筑使用人数，结合《公共建筑节能设计标准》，对各个功能区域人员热扰的设定如下：

表 6.29 建筑功能区域人员密度

功能区域	人员密度（人/m ² ）
办公室	0.083
卫生间	0.05
走廊	0.02
楼梯间、文印室	0.05
会议室、多功能厅	0.2
电梯	0.05

照明、办公设备热扰均根据标准建筑设备作息时间表进行设定。

c) 空调温湿度设定

根据我国《公共建筑室内温湿度控制管理办法》，空调季节室内温度设定为 26℃，湿度设定范围为 40%~65%。

d) 空调运行模式

空调运行模式根据政府办公建筑作息时间表进行设定，工作日为 9:00~17:00，非工作日空调全部关闭。

根据对空调运行参数的设定，结合 dest-c 能耗模拟软件，可以得到，标准建筑全年冷负荷为 1716143.07kWh。

根据标准建筑，可以知道，对空调冷负荷全年综合运行能效比取 2.8，在此基础上，根据标准建筑全年冷负荷，可以得到标准建筑全年空调用电量为 612908.24 kWh。

② 基于标准建筑的技术限额

通过对标准建筑分项能耗的计算，可以得到建筑全年能耗如下：

表 6.30 基于标准建筑全年能耗

分项用能系统	分项能耗（kWh）	全年能耗（kWh）
空调能耗	612908	1609471
照明能耗	410878	
通风能耗	5422	
办公设备能耗	517962	
热水能耗	41916	
电梯能耗	15092	
给排水能耗	5293	

根据前面分析，可以知道，基于标准建筑的技术限额计算公式如下：

$$Q = \frac{E}{S}$$

(6.4)

式中 Q ——建筑单位面积能耗约束性指标值， $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$ ；

E ——建筑全年能耗， kWh/y ；

S ——建筑面积。

根据上式，可以得到政府办公建筑的约束性指标为 $80.6\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$ ，查定额水平表可知，此时定额水平取值为 0.34。

6.2.3 统计与技术方法相结合确定约束性指标实例

由前述研究成果可知，根据统计分析法所确定的第二类政府办公建筑能耗约束性指标为 $95\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$ ，此时定额水平为 0.25。根据技术测算法确定的第二类政府办公建筑能耗约束性指标为 $80.6\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$ ，此时定额水平为 0.34。技术测算法所得的结果小于统计分析法，其原因一方面是由技术测算法充分的考虑了技术进步对建筑用能的影响，去除了许多统计结果中所包含的现实中用能不合理的因素，另一方面，人均建筑面积过大也是导致这种结果产生的重要原因。

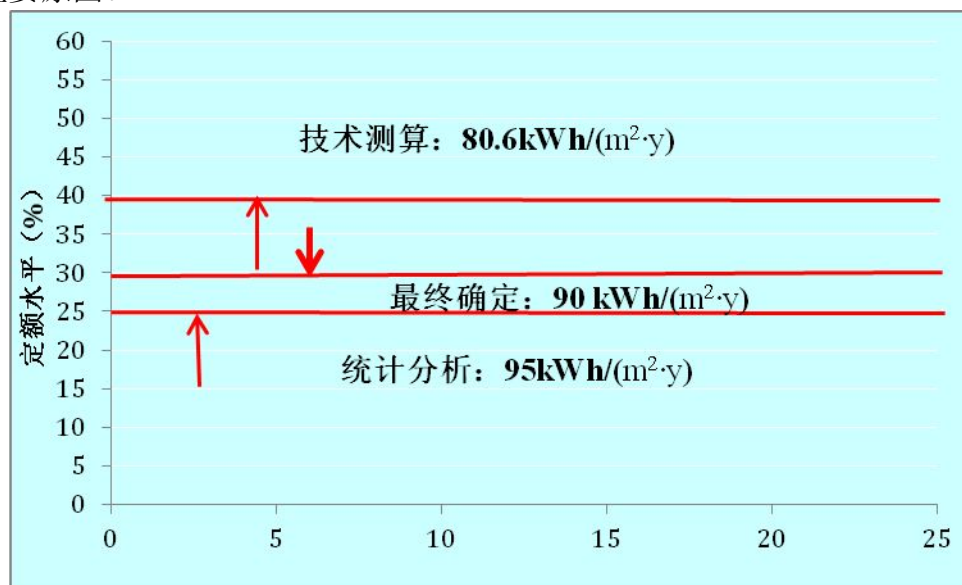


图 6.11 统计与技术结合确定约束性指标值示意图

由此可见，按照技术测算值确定的打击面过大，考虑到实际操作的可能性，按照逐步扩大打击力度，稳步推进的原则，建议最终确定的定额水平不宜超过 30%。因此，综合各方意见，同时考虑现实情况和可操作性，最终确定定额水平为 0.30。查定额水平表可得，在定额水平为 0.30 时，第二类政府办公建筑的能耗限额值为 $90\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{y})$ 。

6.3 深圳市建筑能耗引导性指标值编制实例

与约束性指标制定案例分析一致，引导性指标制定仍选用取第二类政府办公建筑（建筑面积为 10000m² 以上）进行典型案例分析。

6.3.1 基于统计分析法确定引导性指标实例

样本数据的挑选与处理与 6.2 节方法一致，这里不在重复，根据前述成果，第二类政府办公建筑的定额水平表如下表所示：

表 6.31 第二类政府办公建筑定额水平表

限额水平	统计值 (kWh/m ² .y)	限额水平	统计值 (kWh/m ² .y)
0.95	12	0.45	76
0.9	25	0.4	80
0.85	34	0.35	85
0.8	41	0.3	90
0.75	47	0.25	95
0.7	52	0.2	101
0.65	57	0.15	108
0.6	62	0.1	117
0.55	67	0.05	130
0.5	71		

引导性指标是在现状指标的基础上，考虑各种建筑节能技术的综合高效利用，实现建筑节能效果的最大化的指标值反映了建筑节能技术的最大潜力，代表了未来建筑节能的发展方向。一般认为，取 0.75 的定额水平，即现实中 25% 的建筑能达到此要求的建筑能耗值做为引导性指标是合理的。这与以往将统计结果中建筑能耗的下四分位数做为标杆的基准线具有一定的类似性。因此，取定额水平为 0.75 所对应的 47 kWh/(m².y) 为第二类公共建筑的引导性指标值。

6.3.2 基于技术测算法确定引导性指标实例

1 引导性指标测算的边界条件

引导性指标是基于已有技术定额的标准建筑模型基础上，基于更为先进的节能技术，在合理范围内，对围护结构、用能系统边界条件进行适当修正，并结合技术测算方法，确定的完成建筑使用功能的能源消耗水平，作为引导性指标技术测算值。

根据当前建筑节能技术发展现状，结合深圳地区实际情况，各边界条件修正系数如下：

(1) 建筑使用人数

根据对深圳市政府机关办公建筑人均建筑面积调研，结果如图 7-12，人均建筑面积最大值与最小值差异达到 7 倍，平均值达到 $61\text{m}^2/\text{人}$ ，远高于国家 $20\sim 24\text{m}^2/\text{人}$ ，的标准。基于此，结合深圳市实际现状，人均建筑面积取 $40\text{m}^2/\text{人}$ ，建筑使用人数修正为 499 人。

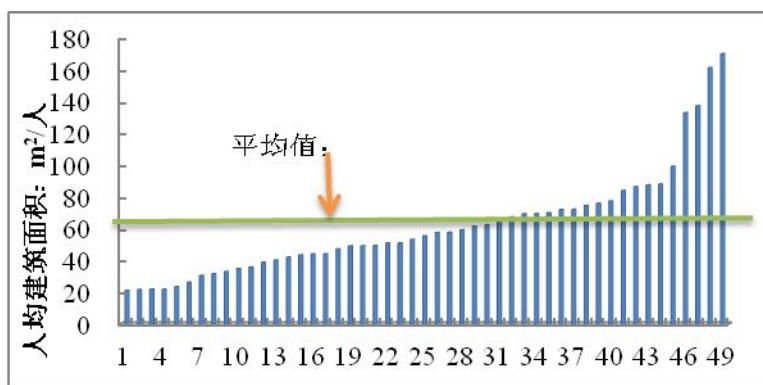


图 6.12 深圳市政府机关办公建筑人均建筑面积

(2) 围护结构

深圳地区属于夏热冬暖地区，太阳辐射强烈，因此，加强外窗遮阳、隔热以及屋顶隔热对于建筑能耗以及室内舒适性影响尤为重要，这也直接促使了高性能玻璃、屋面隔热等技术在深圳地区的发展，其中，以 low-e 中空玻璃、以及屋面绿化等节能技术使用较为普遍。基于此，本文通过综合考虑该两项节能技术，对围护结构热工性能进行权衡分析，得到修正后的边界条件如下：

表 6.32 围护结构热工参数

外墙传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	屋面传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	外窗传热系数 ($\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$)	外窗遮阳 系数	外窗可见光 透射比
1.5	0.7	3.0	0.3	0.62

(3) 空调系统

空调系统是公共建筑最大的用能系统，随着建筑节能的日益重视，其技术也得到较快的发展。根据《单元式空气调节机能效限定值及能源效率等级》GB19576，水冷式单元式空调机组 1 级能效最高限定值已达到 3.6。对于中央空调，由于冷负荷相对集中，因此，综合能效比最高已达到 4 甚至更高。基于此，结合当前实际技术现状，进行综合权衡，将空调系统综合运行能效比的值修正为 3.8。

(4) 照明系统

照明系统是公共建筑又一大用能系统，建筑节能的发展，也促使节能灯具的日益出现，如 T5、T4 以及 LED 灯具等，大幅度提高了室内照明质量。但由

于照明功率密度受室内眩光、空间面积、层高等众多因素影响，因而，对于建筑功能性照明，必须保证一定的功率密度，否则会影响室内人员工作效率。基于此，通过综合权衡室内照明需求与技术条件，本文采用《建筑照明设计标准》GB50034 照明功率密度目标值作为引导性指标测试依据，这也是符合当前照明系统技术发展现状的。照明系统边界条件修改如下：

表 6.33 照明系统功率密度

空间类型	房间类别	照明功率密度 (W/m ²)
办公空间	办公室	9
公共空间	会议室、多功能厅、卫生间、库房、文印室、接待室	9
交通空间	走廊、楼梯间	4

(5) 办公设备

办公设备能耗主要受人均办公设备功率的影响，而人均办公设备功率主要与电脑配备情况有关，相对较好的配置的台式电脑额定功率约为 200W 左右。而随着社会的发展，新建建筑对电脑配置要求也逐步提高，每台额定功率基本能够达到 200W 以下。因此，本文将台式电脑额定功率修正为 200W 作为引导性指标。

(6) 电梯系统

对于当前电梯技术发展，带能量反馈装置的电梯系统在建筑中的使用也逐步普遍，尤其对于新建建筑。因此，本文将电梯能耗测算的边界条件修正为带能量反馈装置的电梯边界条件，具体如下：

表 6.34 电梯能耗测算的边界条件

参数	取值
驱动系数 K1	0.6
平均运行距离系数 K2	0.3
轿内平均荷载系数 K3	0.35
最大运行距离 H (m)	35
年启动次数 F	200000
电梯额定功率 P (kW)	8.15
电梯额定速度 V (m/s)	1.5
电梯每小时待机能耗 kWh	0.3
电梯每天运行时间 (h)	11
电梯台数 (台)	4

（7）通风系统

根据《公共建筑节能设计标准》GB50189，机械通风的单位风量耗功率为 $0.32 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ ，根据实际调查，目前绝大部分风机基本能够满足要求，而相对高效的风机，其单位风量耗功率大多能够达到 $0.3 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ 以下，基于此，通过综合权衡，本文将风机单位风量耗功率修正为 $0.3 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ 。

（8）热水系统

热水系统能耗主要受建筑热水需求量影响，属于满足人体正常生理需求的基本能耗，因此，本文不对热水系统相关系数做修正。

（9）可再生能源应用

深圳属于夏热冬暖地区，全年太阳辐射量大，因此，太阳能利用在深圳地区应用较为普遍。基于此，结合深圳地区实际情况，本文将太阳能光伏应用作为引导性指标测算组成部分。根据标准建筑模型，并结合深圳市太阳能光伏发电实际情况，选取边界条件如下：

表 6.35 太阳能光伏能耗测算的边界条件

项目	参数
光伏板面积 (m^2)	1000
深圳市年太阳辐射量 (MJ/m^2)	5225
光电转换效率	8%

2 引导性指标测算结果

根据引导性指标测算的边界条件，结合各分项能耗技术测算的方法，得到引导性指标测算结果如表 6.36，其中太阳能光伏发电作为建筑市电替代用量，从建筑总用能中扣除。

表 6.36 各分项用能系统引导性指标计算

分项用能系统	分项能耗 (kWh)	全年能耗 (kWh)	单位面积能耗指标 (kWh/m^2)
空调能耗	341797	944874	41.5
照明能耗	360373		
通风能耗	4779		
办公设备能耗	211671		
热水能耗	19727		
电梯能耗	5197		
给排水能耗	1330		
太阳能发电	116111	——	——

6.3.3 统计与技术方法相结合确定引导性指标实例

由前述研究成果可知，根据统计分析法所确定的第二类政府办公建筑能耗引导性指标为 $47 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{y})$ ，此时定额水平为 0.75。根据技术测算法确定的第二类政府办公建筑能耗引导性指标为 $41.5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{y})$ ，此时定额水平为 0.80。技术测算方法得到的引导性指标低于统计方法得到的引导性指标。



图 6.11 统计与技术结合确定引导性指标值示意图

综合考虑到技术测算与统计分析计算结果，权衡其实际操作的可性，为确保引导性指标更体现当前实际节能技术现状，最终确定引导性指标定额水平取 0.77，查定额水平可知，引导性指标值为 $45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{y})$ 。

第7章 结论

本文根据国内外公共建筑能耗标准研究的现状，同时结合我国编制公共建筑能耗标准的目的，确定了公共建筑能耗标准的范围、公共建筑能耗指标的分类、定义与作用以及编制原则。同时，通过研究解决了公共建筑能耗标准编制所必须克服的三个核心问题。主要得到以下结论：

（1）根据我国建筑能耗统计、能源审计以及能耗监测工作的开展成果，现阶段公共建筑能耗标准所适用的范围主要包括办公建筑、商场建筑与宾馆酒店建筑类的公共建筑。同时，公共建筑能耗的界定应确定为建筑在运行阶段的能源消耗。

（2）根据我国公共建筑用能的实际、各地区的建筑节能技术水平和经济社会发展现状，分别确定三个层次的建筑能耗指标：现状指标、约束性指标和引导性指标。

（3）在已有按功能对建筑进行分类的基础上，对建筑进行了一步的细分，具体结果如下：

①办公建筑分为政府办公建筑与商业办公建筑，同时，根据规律进一步分为普通办公建筑（建筑面积小于 10000m^2 ）与大型办公建筑（建筑面积不低于 10000m^2 ）。

②宾馆酒店建筑按星级分为五星级、四星级以及三星级及以下。

③商场建筑根据国家标准《零售业态分类》（GB/T 18106-2004）进行分类。考虑到商业建筑包含的种类很多，本标准的编制很难一步到位将所有类型包含在内，根据能耗统计和能源审计工作的开展，主要针对百货店、超市、家居建筑商店和购物中心这四大类。

（4）本文结合各类不同类型建筑的用能特点，确定了与之相匹配的建筑用能指标形式。政府办公建筑可采用人均能耗指标与单位建筑面积指标，有条件时可优先选用人均能耗指标；商场与宾馆酒店建筑应采用单位建筑面积指标。

（5）本文确定了建筑能耗现状指标值、约束性指标值以及引导性指标值的确定方法。其中，现状指标值应用统计平均值法，而约束性指标值与引导性指标值可分别采用统计分析法（定额水平法）、技术测算法以及二者相结合的方法。三种方法各有优缺点，在选择时应充分评估工作的难易程度与自身的实际，合理选取最佳的方法。