

建学丛书之九

从新视角设计绿色建筑

CONG XINSHIJIAO SHEJI LVSE JIANZHU

冯康曾 戴书健 编著

中国建筑工业出版社

建学丛书之九

从新视角设计绿色建筑

CONG XINSHIJIAO SHEJI LVSE JIANZHU

冯康曾 戴书健 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

从新视角设计绿色建筑 / 冯康曾等编著. — 北京 :
中国建筑工业出版社, 2012.9

建学丛书之九

ISBN 978-7-112-14655-0

I. ①从… II. ①冯… III. ①生态建筑—建筑设计
IV. ①TU2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第215607号

责任编辑: 王 跃 杨 虹

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 刘 钰

建学丛书之九

从新视角设计绿色建筑

CONG XINSHIJIAO SHEJI LVSE JIANZHU

冯康曾 戴书健 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 536千字

2013年7月第一版 2013年7月第一次印刷

定价: 49.00元

ISBN 978-7-112-14655-0

(22728)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

序

从新视角设计绿色建筑

Green building design from new angle

建学建筑与工程设计有限公司董事长 张钦楠

JianXue Architecture And Engineering Design Institute Co.,Ltd. Chairman Zhang Qinnan

在中国和世界历史上，始终存在着对自然的两种态度：一种是亲善与爱护；另一种是破坏与掠夺。在中国最早的文献《尚书·禹贡》中，就提出“四海会同，六府孔修”的方针，前者指的是人间的和睦相处，后者中“六府”指的是“水、火、金、木、土、谷”六大资源（其中除“谷”以外，都是自然资源），“孔修”指的是要有专人管理和有效利用这些资源。在我国第一个中央王朝——夏朝——就有这样的方针，为我们建立了良好的传统。

在公元3世纪的魏晋时期，出现了以“竹林七贤”为代表的知识分子阶级，其中有一位以嗜酒闻名的刘伶。他有一句名言：“我以天地为栋宇，屋室为裋（音 kun，指内衣）衣。”也就是说，他首先把大自然视为自己的“屋宇”，而自己的居室只不过是件可随穿随脱的内衣而已。用今日的眼光，他的这种思想很合乎生态原理。中国历代文人（如陶渊明、白居易、王禹称等）在自己的住宅建筑中几乎无一例外地采用了生态保护和自然能源利用的原理，形成了中国建筑传统的一个重要组成部分。

然而可惜的是，在新中国建立后，我们有许多建设项目却采取了“先污染，后治理”或“先建设，后环保”的态度，致使我国耕地（土）减少，河流（水）污染，森林（木）伐尽，石油（火）大量进口，矿山（金）开采过度，我国单位产值的能耗几倍于发达国家，把我们的生存环境推到危险的境地。可喜的是，由于近年来重视科学发展，重视生态保护，国家提出了一系列节能减排的方针，扭转这种不利局面。当今，绿色城市、绿色建筑的设计已深入人心。

但是我们应当清醒地认识到：这仅仅是个开始，我们与发达国家的差距还很大。虽然媒体不断报道欧美国家陷入金融危机的困境，但也需要看到，他们正在用多种措施走出困境。例如美国本是世界最大石油进口国，近年来由于开发页岩气和各种节能措施，石油进口率已从60%降到45%，并正在向完全自足前进。新的发展理论不断出现，例如提出“再工业化”（振兴国内第二产业）等口号，争取以更新的科学技术重新取得绝对优势。

值得注意的是所谓“第三次工业革命”一书的出版（中译本也已发行），与我们建筑设计有直接关系。作者提出新的工业革命是“再生能源与互联网的结合”，具体地说，就是每栋建筑都通过新设计采用再生能源，不仅能够解决本身需要的电能，还能把剩余的电能输给国家电网。这一前景在欧洲（如德国）已有部分实现。

这向我们提出一个新的课题，就是要用新的视角来设计绿色建筑。要明确，设计绿色建筑，不仅是千方百计采用各种单项的新节能减排技术，还需要从总体、从发展来指导我们的设计。在这方面，法国的ANMA规划建筑事务所（编注：其不吝赐稿《巴黎新国防部大楼》一文）给我们提供了有益的启示。

本书编绘了我公司广大职工近年来在绿色设计中取得的成就（已经获得二项一星；一项二星；三项三星“绿建设计”标识）和体会，也纳入了一些所外专家的经验，希望能对进一步推动绿色设计起到作用。

2012年6月于北京

目 录

第 1 章 特约专家专稿	001
我国商业建筑能耗调研及节能改造方法研究	003
巴黎新国防部大楼	013
川源凯乐污泥干化热能处理技术	023
第 2 章 建筑	029
低碳经济时代的建筑之道	031
建筑设计的新维度——生态设计	043
绿、荫、透、水——岭南地区绿色建筑与文化实践	047
另一个视角看节能建筑	053
清末的绿色生态住宅设计	
——广州西关大屋简介	058
关于居住小区节能设计的探讨	063
绿色住宅的研究与实践	
——中新天津生态城 05-02-03-01 地块住宅项目	072
绿色建筑视角下的“中新天津	
生态城 05-02-03-01 地块”探析	082
从黄山瑞祺公园首府项目看绿色建筑设计	087
夏热冬暖地区办公建筑节能的案例分析和设计策略	094
岭南地区住宅建筑节能设计	101
低碳住宅设计措施浅探	106
旧工业建筑改建及绿建设计的初步实践	
——东方国信广场一期项目介绍	112
建筑设计中的绿色理念	119
“第五立面”的绿植	
——结合实际工程项目研究所得	124
绿色建筑及其设计初探	134
浅谈绿色种植屋面	
——安徽省六安城市规划展览馆种植屋面设计	137
第 3 章 结构	143
结构设计在绿色建筑设计中的作用	145
中新天津生态城某住宅小区绿色建筑结构设计	
——节材与材料资源利用	148
天津西岸金逸影城结构设计的“绿色”体会	152

从结构优化入手设计“绿色建筑”	159
浅谈结构工程师在绿色建筑设计中的责任	162
第 4 章 暖通	165
绿色星级酒店的实践与探讨	
——三亚海棠湾度假酒店项目	167
大型商业建筑空调系统可变新风比设计	182
威海九龙城休闲广场空调设计方案选择	186
常用分体式空调器的实用性探究	192
土壤源热泵系统的应用与经济性分析	197
浅谈公共卫生间通风变频调节的原理与应用	203
第 5 章 电气	207
上海世博会台湾馆防雷设计介绍	209
大型物流园电气节能设计	212
浅论建筑电气节能	215
建筑电气节能与绿色建筑	220
对建筑电气设计的几点体会	234
绿色建筑中的电气设计（公共建筑）	237
太阳能 LED 照明系统的构成和应用	242
第 6 章 给水排水	245
雨水生态处理利用技术及工程设计实例介绍	247
三亚海棠湾长岛旅业酒店太阳能热水系统设计优化	253
屋面太阳能集热器设置的几个案例简介	258
雨水处理的三个方案简介	263
绿色建筑中的节水与水资源利用	269
浅谈环保性气体灭火系统在工程中的应用	274
本书编写人员	278
编后记	280

第1章

特约专家专稿

我国商业建筑能耗调研及节能改造方法研究

Research on the Energy Consumption Survey and Energy-saving Reconstruction Method of Commercial Buildings in China

林波荣 刘阿祺

Lin Borong Liu Aqi

摘要: 基于对我国不同城市的一批商业建筑能耗的调查测试研究,揭示了商业建筑的能耗特点,并给出了包括办公楼、酒店、商场等各类建筑的具体能耗数值和各项比重,总结分析了商业建筑各用能环节各自存在的问题,为既有商业节能改造提供了参考。最后,系统总结了成体系的既有商业建筑节能改造技术方法。

关键词: 商业建筑 能耗 建筑节能 改造方法

Abstract: Based on the inspection and testing researches on energy consumption of a batch of commercial buildings in different cities in China, this thesis reveals the energy consumption characteristics of commercial buildings, gives the specific energy consumption values and the various proportions of office buildings, hotels, shopping malls and etc., summarizes the problems of energy consumption in every link of commercial buildings, and provides a reference for existing energy-saving and reconstruction of commercial buildings. Then, the thesis summarizes the systematic energy-saving techniques of commercial buildings.

Keywords: commercial buildings, energy consumption, building energy-saving, modification methods

一、背景

大型商业建筑节能是我国建筑节能的重点领域。以北京市为例,现有 500 多幢大型公共建筑,虽然数量上仅占全市总建筑面积的 5.4%,但用电量已和全市所有住宅的用电量相当^[1-2]。对全国而言,分布在北京(BJ)、上海(SH)、广州(GZ)、深圳(SZ)等主要大城市的大型公共建筑总量约为 5 亿 m²,消耗民用建筑总用电量的 30% 以上。目前我国公共建筑节能的形势非常严峻。这主要表现在一方面,新建公建中大型公建比例的不断提高,档次越来越高(如各地政府大楼,高档文化设施,高档交通设施和高档写字楼等)。兴建千奇百怪、能耗巨大的大型公建成为某种体现经济发展水平的“标签”。另一方面,既有公共建筑相继大修改造,由普通公建升级为大型公建,导致能耗大幅度升高。大型公共建筑往往与“三十年不落后”、“与国际接轨”等发展理念相挂钩^[3]。这就导致“长尾^①”分布中高能耗的建筑数量越来越多,峰值迅速增大。

本文研究的试点城市多数为省会城市或直辖市,是我国二线城市的代表。当前,这些城市的建筑能耗水平与一线城市还有一定差距,但随着经济社会的发展,二线城市的建筑能耗还会有很大的提升空间,如果不对大型公建能耗加以控制,这些城市势必会达到甚至超过一线城市当前的

① “长尾”是统计学中幂律(Power Laws)和帕累托分布(Pareto distributions)特征的一个口语化表达,指的是分布中出现频次不高但是比例大,占了分布图中长长的尾巴。

能耗水平。

本文通过对我国除了北京、上海之外的二线城市的一批商业建筑能耗的调查研究，在此基础上，结合清华大学建筑节能研究中心近年来的研究成果，以及一些公开发表的国内各城市建筑能耗调研数据^[2-3]，总结得到各类商业建筑的能耗特点和具体数值，并对影响商业建筑能耗的影响因素进行了分析。最后，从具体的案例出发，给出了成体系的既有商业建筑节能改造技术方法，以期望供工程实践及科研参考。

二、商业建筑能耗特点比较分析

论文涉及成都（CD）、重庆（CQ）、福州（FZ）、深圳（SZ）和武汉（WH）等地商业建筑能耗调查数据，调查数据主要包括建筑基本信息和建筑能源信息两大类，建筑基本信息包括建筑年代、建筑面积、空调方式、人员等；建筑能源信息又可进一步分为能源结构和能源数据。

1. 商业办公楼

不同城市商业办公楼的建筑面积及空调方式数据如图 1、图 2 所示（在图 2 中，各不同的空调方式为全空气系统（AA）、分体空调（DAC）、风机盘管加新风系统（FCU）、混合式集中空调系统（MC）、无空调系统（none）），能耗数据比较结果如图 3 所示。就平均能耗而言，成都（CD）市相对较低，重庆（CQ）和福州（FZ）水平相近，深圳（SZ）市最高；从能耗范围来看，成都和深圳的能耗范围较小，说明其平均能耗能够较好地代表该城市该类建筑的能耗水平，重庆能耗范围变化较大，说明重庆市的商业办公楼能耗波动的大。图 3、图 4 为能耗对比。从平均能耗来看，成都市采用两种空调方式的能耗水平相近，而重庆和深圳的两类建筑平均能耗有明显差别；重庆和深圳采用分体空调的建筑样本都比较少，所以其能耗范围变化较大。

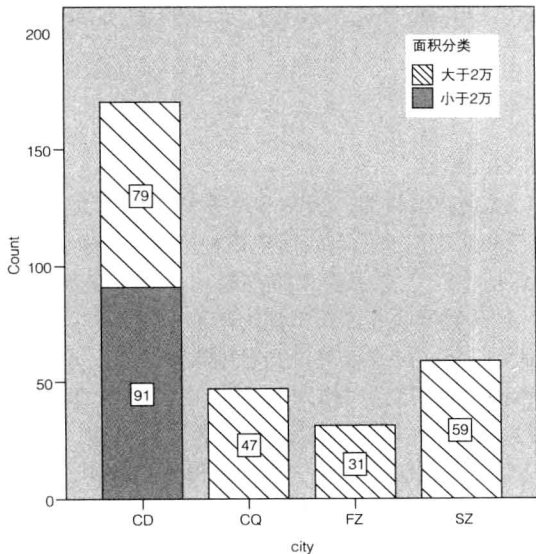


图 1 各城市商业办公建筑面积比较

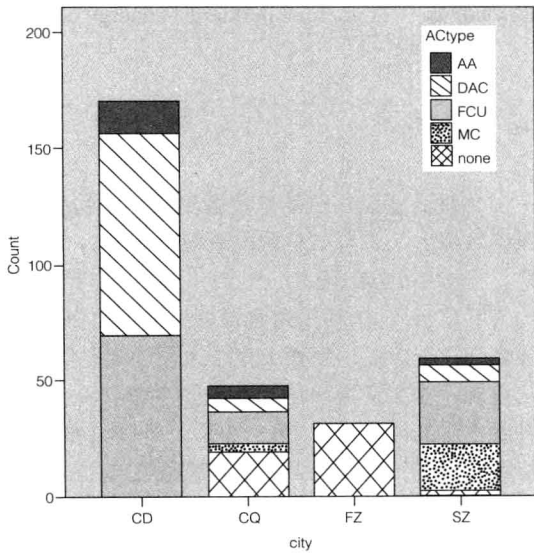


图 2 各城市空调方式比较

图 5 为典型商业办公楼各项能耗的具体分配情况。可以看出，电梯能耗大概在 3~5kWh/m² 年（约 3%），办公设备能耗约 25kWh/m² 年（约 20%），照明能耗在 35kWh/m² 年（约 30%），空调在 45kWh/m² 年（约 40%）。

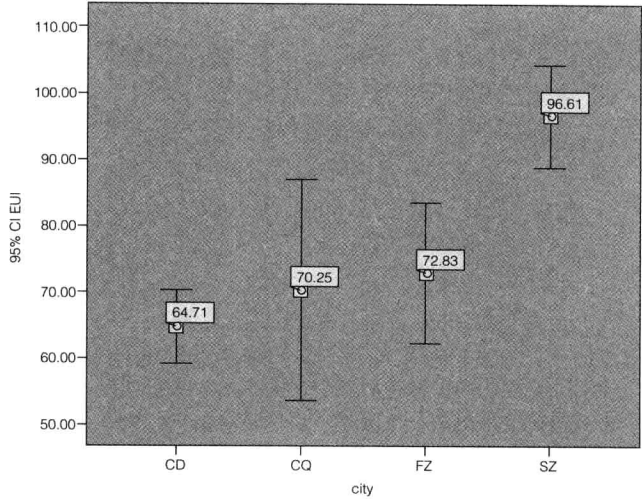


图3 各城市商业办公楼能耗强度 EUI 对比

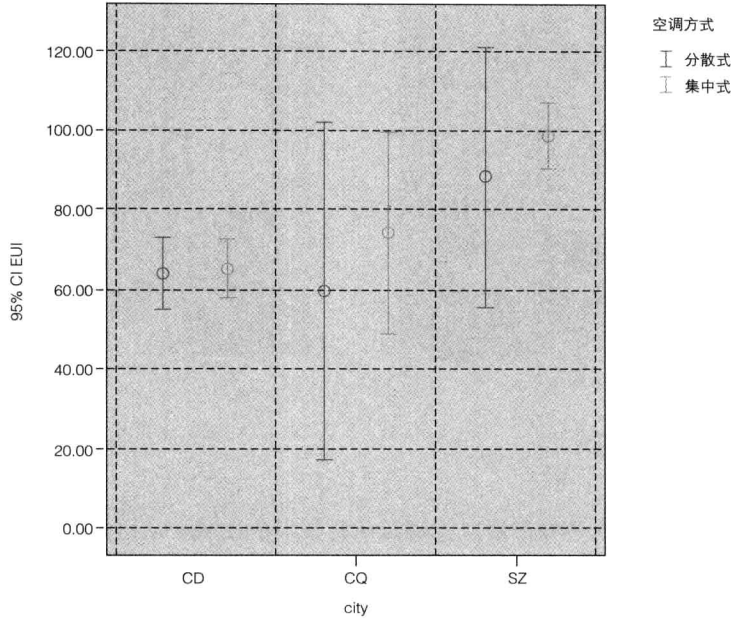


图4 不同空调方式能耗强度对比

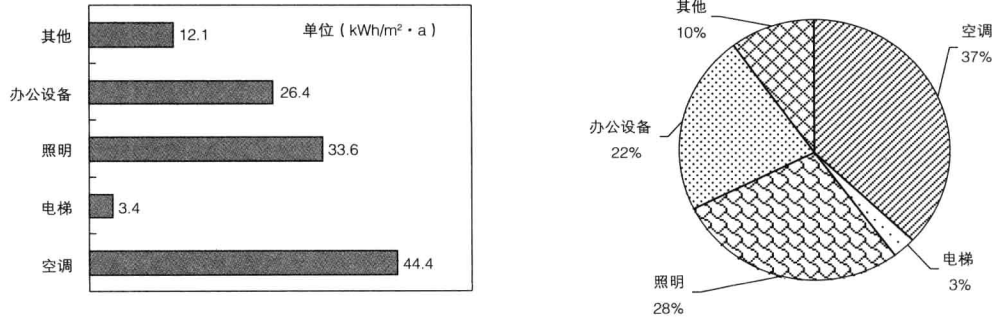


图5 某典型办公楼各分项耗电量及比重

2. 酒店建筑

图 6、图 7 为四个城市（成都、重庆、福州和深圳）酒店建筑的基本信息对比，包括样本数量、建筑面积和空调方式。酒店建筑的能源结构有一定的特殊性。由于酒店要提供全年 24h 的生活热水以及炊事的需求，其燃气、燃油等非典能源的消费水平要远高于其他类型的建筑。成都（CD）市的酒店中，有 85% 的建筑使用了天然气，而其他类型公共建筑的这一比例分别为：政府办公建筑 32%，商业办公楼 31%，商场 36%；重庆（CQ）市酒店统计了天然气消耗量的酒店建筑站酒店总数的 57%（12/21），而其他类型建筑基本未统计天然气消耗量；深圳（SZ）市酒店建筑中，有 78% 的建筑使用了柴油、天然气、石油气三种能源中的一种、两种或三种，而其他类型公共建筑的这一比例分别为：政府办公建筑 30%，商业办公楼 20%，商场 33%。非电类能源主要满足酒店建筑的热需求即生活热水以及炊事等，所以对于酒店类建筑应当同时分析耗电量和耗热量。

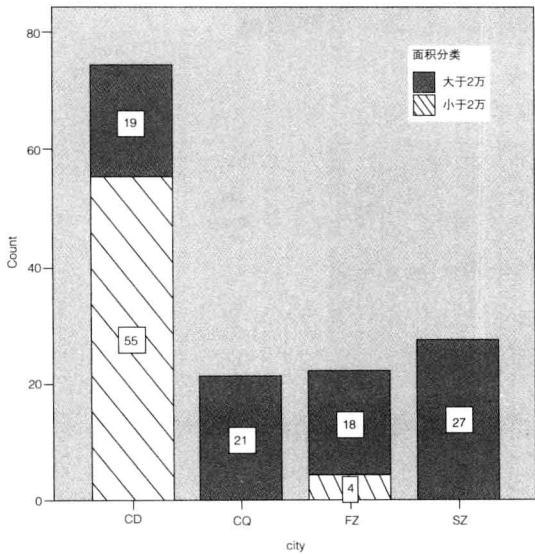


图 6 各城市酒店建筑面积比较

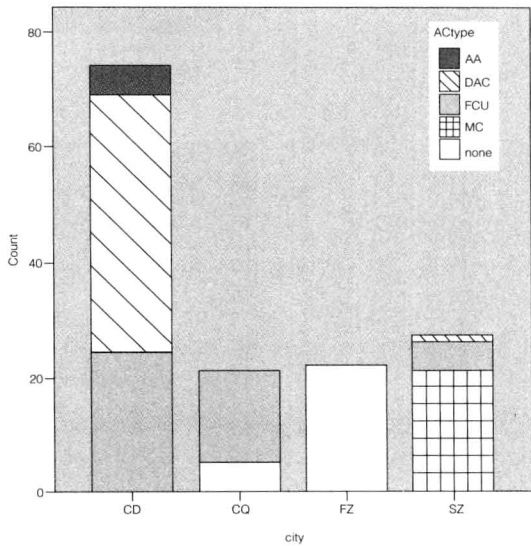


图 7 各城市酒店空调方式比较

首先分析耗电量。图 8 为各城市酒店类建筑能耗强度的比较。从平均能耗来看，成都（CD）和重庆（CQ）能耗较低，且处在同一能耗水平，基本在 70–80kWh/m² 年。深圳（SZ）能耗水平最高，约为 150kWh/m² 年，福州（FZ）居中。各城市酒店建筑的能耗范围都比较小，数据可靠性较高。

再来看耗热量，分析耗热量时，将不同类型的能源按照相应的低位发热量折算为 MJ 单位，以耗热量强度 MJ/m² · a 作为评价指标。图 9 为各城市酒店建筑耗热量指标的比较。成都（CD）市的耗热量最高，而成都（CD）市的电耗强度是最低的，这说明了对于酒店建筑不能够单纯分析电耗。深圳（SZ）市的耗电量是最高，耗热量也比较高。

图 10 为典型酒店建筑各项能耗的具体分配情况。可以看出，电梯能耗大概在 10kWh/m² 年（约 10%），给排水能耗约 20kWh/m² 年（约 17%），照明能耗约 30kWh/m² 年（约 25%），空调能耗约 50kWh/m² 年（约 44%）。

3. 商场建筑

商场类建筑的能耗的基本特点，一是客流密度大，各种照明、电器密度高，导致室内发热量大；二是大型商场体量大导致中央空调系统能量传输距离长、并且多采用全空气系统；三是运行时间

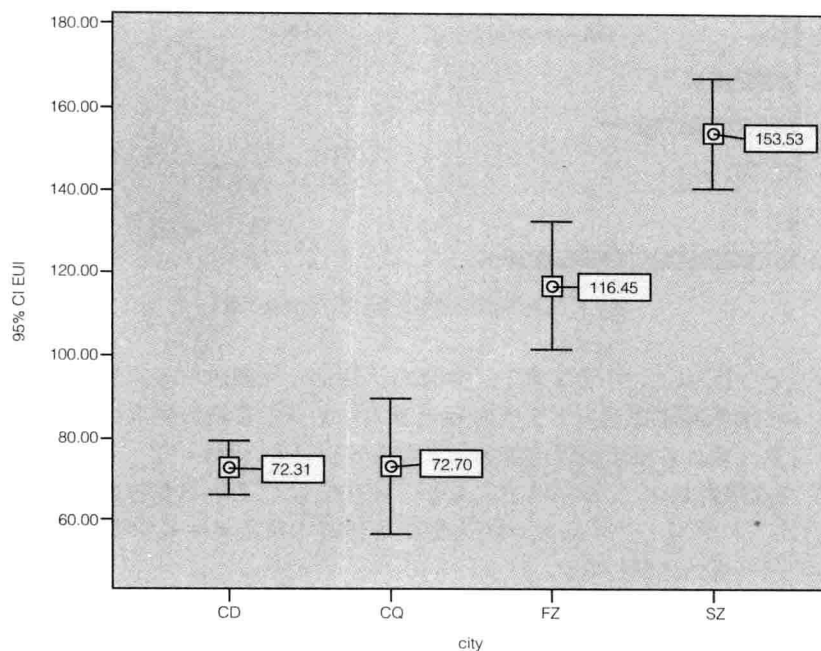


图8 各城市酒店建筑能耗强度 EUI 对比

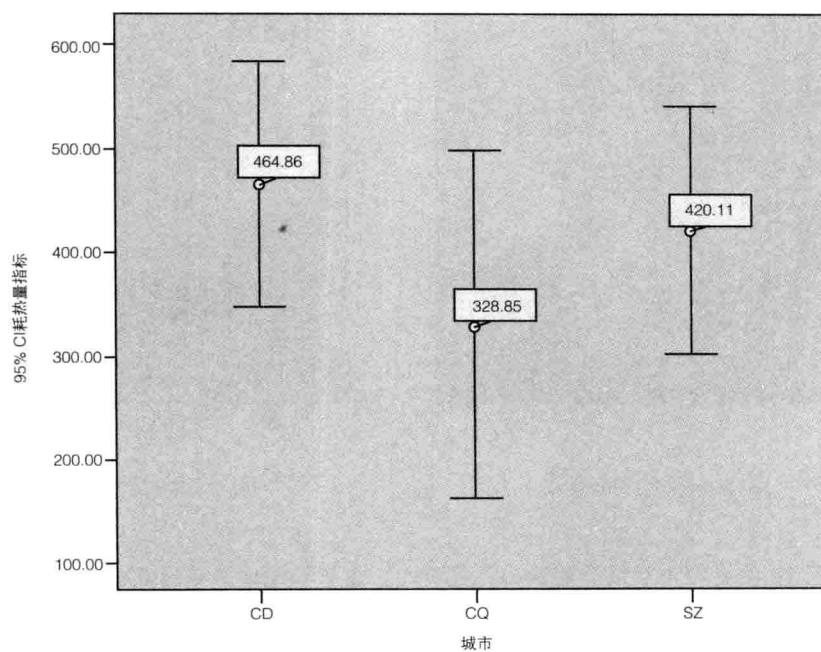


图9 各城市酒店建筑耗热量比较

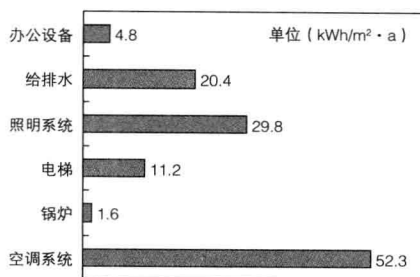
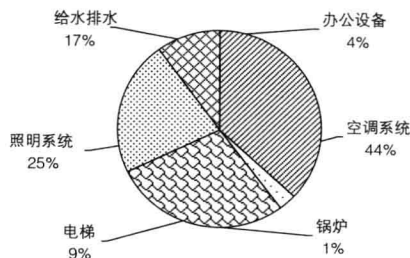


图 10 某典型星级酒店各设备分项耗电量及比例



长，一般每天运行 12h 以上、不分工作日、休息日。因此，大型商场与其他大型公共建筑或中小型商场相比，单位面积耗电密度高、全年总耗电量大，冬季采暖耗热量很小。图 11、图 12 为各城市商场基本信息比较。各城市统计的商场样本数量差别较大，福州 (FZ) 市较少，只有 7 个样本，而成都 (CD) 市则接近 80 个；从空调方式来看，只有成都 (CD) 市有部分商场采用了分体空调方式，重庆 (CQ) 和深圳 (SZ) 所统计的大型商场建筑均采用集中式空调系统，且风机盘管加新风系统和全空气系统的比例相似。

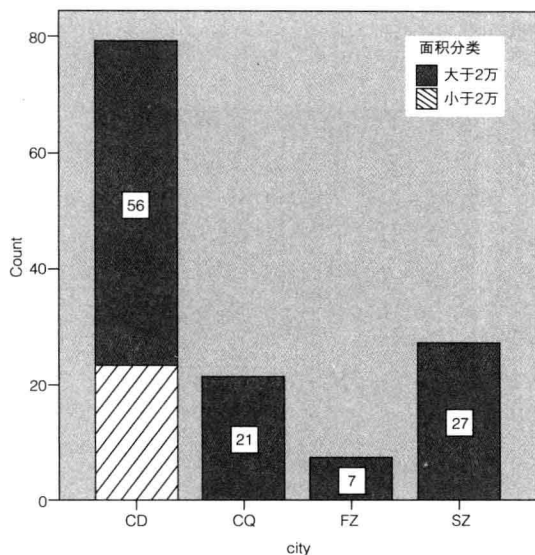


图 11 各城市商场建筑面积比较

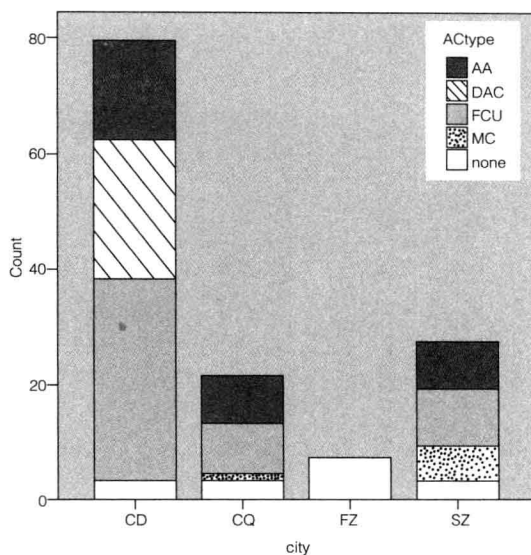


图 12 筛选后空调方式比较

图 13、图 14 为各城市商场类建筑的能耗对比。重庆和深圳的商场能耗水平最高，能耗强度超过了 $200\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ，成都市的能耗水平最低，只有重庆和深圳的一半，福州由于样本数量较少，能耗分布范围较大。此外，比较不同面积范围与不同类型空调方式的商场能耗可见，成都市的大型商场建筑 (2万 m^2 以上) 能耗与整体平均值基本相同；空调方式对于成都市商场能耗的影响不大。

对比其他各类型公共建筑，各城市中商场建筑的能耗水平都是最高的。图 15 为典型商场各项能耗的具体分配情况。可以看出，电梯能耗大概在 $20\text{kWh}/\text{m}^2$ 年 (约 10%)，照明在 $80\text{kWh}/\text{m}^2$ 年 (约 40%)，空调在 $180\text{kWh}/\text{m}^2$ 年，约 50%。

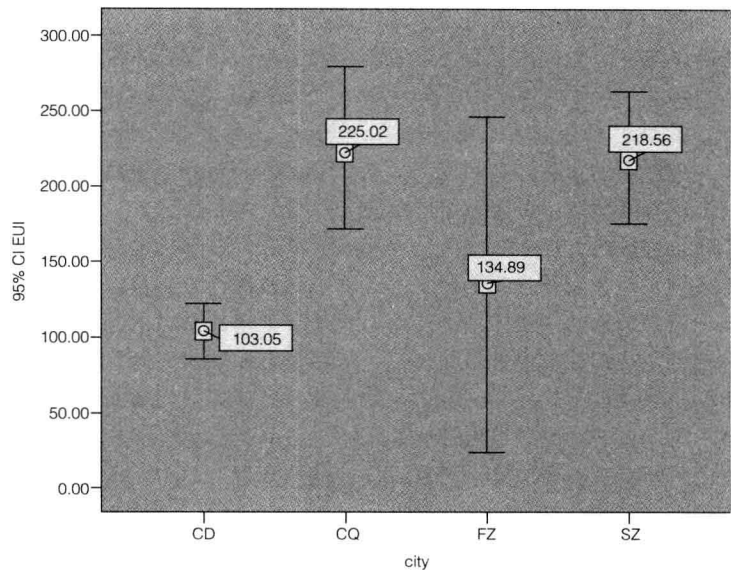


图 13 各城市商场建筑能耗对比

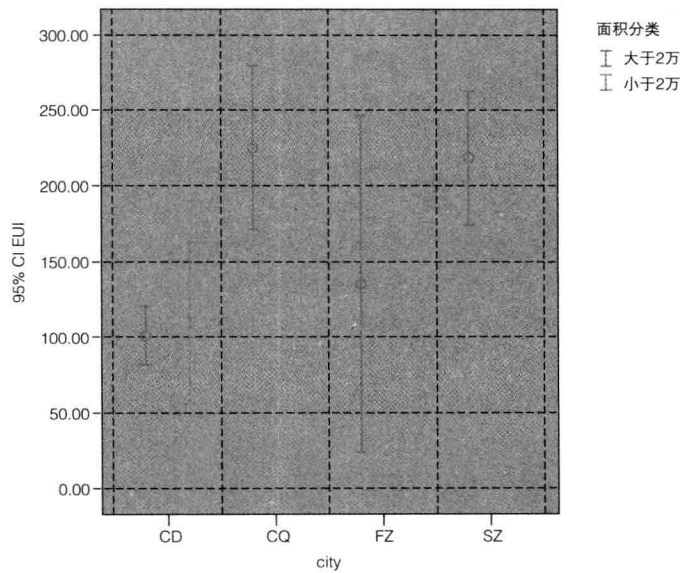


图 14 不同面积范围商场建筑能耗对比

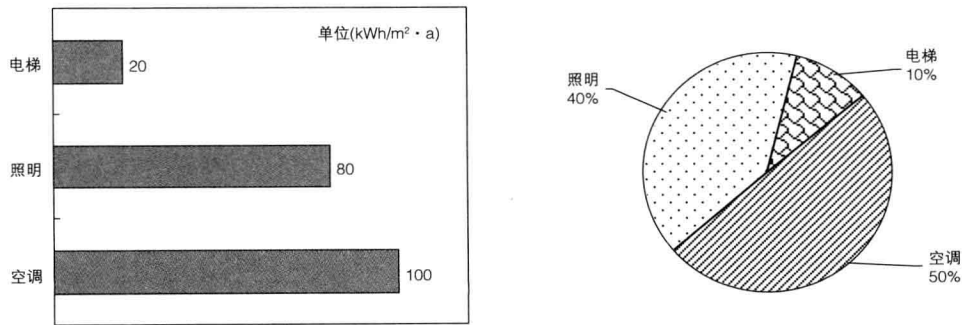


图 15 某典型商场各设备分项耗电量及比重

经研究发现，与办公建筑相比，商场建筑能耗有以下特点：

- 照明电耗较高，这一方面是由于商场建筑绝大部分是内区需要人工照明，另一方面则是照度普遍偏高，以较高的照度、合适的色温来展示商品、吸引顾客，照明设备单位面积功率较高。另外，商场的照明设备难以实现“部分空间、部分时间”开启，只要是在营业时间，照明基本全部开启，否则可能影响销售，因此照明设备开启时间长。降低商场照明电耗的途径，一是选用更高效的节能灯具，二是在公共走廊等区域可以适当采用自然采光以减少人工照明。

- 空调风机能耗普遍较大。这主要是由于商场空间开阔，多采用全空气系统，甚至绝大部分全空气系统为定风量系统，风系统输送系数较低，而商场建筑室内发热量大、需冷量也大，因此空调箱风机电耗是商场建筑空调系统中最重要的一部分，也是节能潜力最大的部分。最直接的途径就是空调箱风机变频，在部分负荷情况下调低风机转速，风量随频率线性下降，风机功率则随频率的三次方下降，节能效果巨大。此外就是在相对独立分隔的商户区应用风机盘管系统、在共同区域应用全空气系统，这样商户可以自行决定风机盘管的开启，也减少了全空气系统的比例。

- 商场建筑室内发热量大，理应能充分利用自然通风降温，减少空调箱风机和其他空调系统设备的开启时间。但现在的商场建筑设计，大多难以实现自然通风；若依靠新风机提供大量新风，则风机电耗巨大。因此，如何通过建筑设计使得商场建筑获得充分的自然通风，对于节能非常重要，因为良好的自然通风可以极大地减少空调系统设备的开启时间。

- 超市类商场建筑的生鲜冷冻设备电耗巨大，应作为特定功能用电设备单独计量，并通过专门的技术降低其电耗。

4. 国内商业建筑能耗横向比较研究

图 16 是国内各城市商业办公楼能耗强度的对比，本文研究的城市如红色数据系列所示。可见，深圳（SZ）与北京（BJ）、上海（SH）等一线城市构成了商业办公楼能耗的第一梯队，能耗接近或超过 $100\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ ；其它城市如西安（XA）、成都（CD）、重庆（CQ）、武汉（WH）、福州（FZ）和厦门（XM）等组成了能耗的第二梯队，能耗强度在 $70\text{kWh/m}^2 \cdot \text{a}$ 左右。可以推断，随着经济水平的提高，试点城市的能耗会向着第一梯队的能耗水平发展。

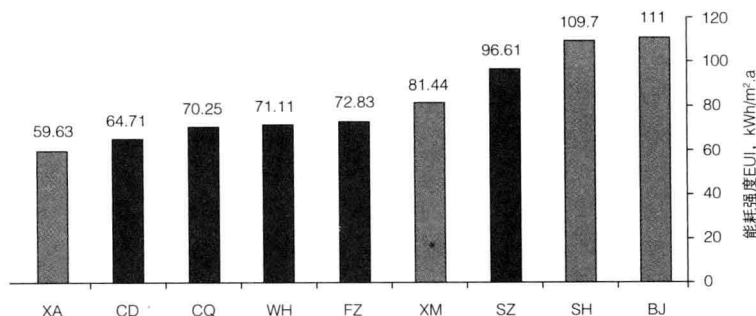


图 16 国内各城市商业办公楼能耗强度 EUI 比较

图 17 是国内各城市商场建筑能耗强度的对比。可见，商场建筑能耗差别比较大。北京（BJ）、上海（SH）、深圳（SZ）等一线城市与重庆（CQ）、大连（DL）、武汉（WH）等二线城市商场能耗水平相近，远高于成都（CD）、福州（FZ）。商场能耗从一定程度上反映了该城市人们的生活水平和消费水平，也就是说，我国有些二线城市居民的购买力与一线城市相当。

如前所述，酒店能耗中耗热量占相当大的比例，对于耗电量和耗热量的折算，各城市没有统一的标准，文献中也缺少相关说明，故本报告中未进行国内各城市的对比研究。

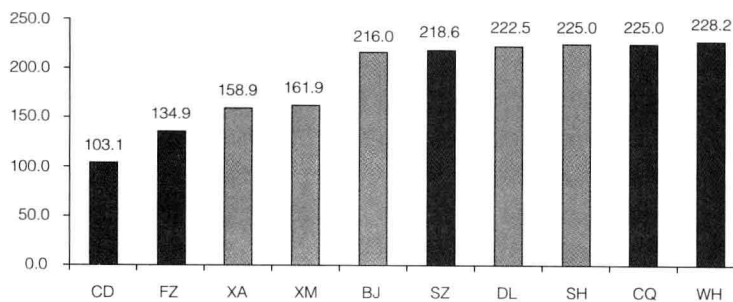


图 17 国内各城市商场建筑能耗强度 EUI 比较

总结我国商业建筑能耗^[4]，具有以下特点：

- (1) 同类型建筑物之间存在 1.5 或 2 倍以上的较大差异；
- (2) 采暖能耗（热耗）相对很低，电是能耗的主要部分；单位建筑面积能耗指标高，耗电量在 $100\sim 300\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$ ；
- (3) 空调系统、照明是耗电的两个主要组成部分，累计在 65%–70% 以上；空调系统的风机水泵耗电量偏高，在比重上甚至超过冷冻机。

三、我国商业建筑节能改造方案分析

目前针对公共建筑能耗的关键政策簇主要包括：新建建筑节能、既有建筑改造、运行管理、节能产品推广、可再生能源利用，以及合同能源管理等六类。从政策的集中度来看，严抓新建建筑标准落实、与不断深入开展公共建筑节能改造，一直是中国公共建筑节能政策体系的两大基石；另一方面，针对运行管理方面的政策管理措施是最多的，这说明，随着对于公共建筑用能特性了解的不断深入，人们对运行管理在公共建筑用能中的重要地位的认识越来越明确。此外，对公共建筑内的用能设备、技术与服务体系的相关政策也不断增加。

对新建商业建筑节能而言，应该实行以用能总量控制为目标的全过程管理，发展和推广先进的创新技术，包括：

- 辐射式末端，包括地板辐射、天花辐射，以及辐射式办公室工位隔断挡板。利用辐射方式可以直接吸收各种进入该表面的热源，从而实现低温（ $25^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ）供热和高温（ $18^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ ）供冷，极适宜各类可再生自然能源的应用和各种热泵的应用。采用辐射末端，既可以大幅度降低冷热源品位，又可以直接利用水循环输配热量，大大降低输配系统的能耗。

- 干式可变送风方式显热末端。同样以接近室温状态的冷水或热水作为冷媒，吸收或向室内提供显热。只有当房间温度进一步升高后才通入 $18^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的冷水维持室内热状态。这种方式打破了传统的空调理念，尽可能营造接近自然的室内环境，改善室内健康水平，同时大幅度降低能耗。

- 温度湿度独立控制系统。把室外空气处理到温度接近室温、湿度低于室内的状态，以正比于室内人数的风量送入室内，吸收室内产湿，排除人员造成的 CO_2 等污染，维持室内空气质量，实现室内的湿度控制。同时通过辐射或干式送风末端依靠低品位冷热源控制室内温度环境，实现室内温度湿度和空气质量的全面调控，但又可以尽可能利用室外空气、地下蓄能等可再生自然能源；同时由于通过水循环替代空气循环输送热量，使系统输配能耗大幅度降低。在一些示范性和实验性系统中，这种方式比常规系统降低了 50% 以上的能耗。目前这种新方式引起了国内外业内的广泛关注。

对于既有商业建筑节能，应该推广合同能源管理制度；实行用能定额管理，梯级电价。

此外，在实践过程中，可以通过对外围护结构、新风供应、照明系统、空调冷热源和输配系统、