

城镇住宅建筑能耗指标的技术属性分析 ——以西安市为例

张卫华¹, 胡 振², 刘加平¹

(1. 西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学管理学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 以西安市的既有住宅建筑为例, 选取不同年代、不同面积和不同构造的住宅建筑作为样本, 对既有数据、图纸进行整理编订, 实地调研住宅建筑的热工参数、住户的收入情况和家庭人口数量等等。通过对不同质量等级典型建筑的热工性能和能耗指标现场测试、计算和模拟分析, 建立了不同质量等级住宅建筑单位面积耗热量指标的分布规律。

关键词: 城镇住宅建筑; 能耗; 单位面积耗热量

中图分类号: TU111.19+5

文献标识码: A

文章编号: 1006-7930(2014)03-0403-09

2000年以后, 我国城镇的住宅建筑, 无论从总面积还是人均面积, 都呈现出高速增长的趋势。同时, 我国无论是社会总能耗还是人均总能耗、单位面积建筑能耗和人均建筑能耗, 都低于发达国家的美国, 也低于其他世界主要发达国家和世界平均能耗水平。当前, 中国进入了高速发展时期, 人民生活水平日益提高, 新农村建设工作蓬勃开展, 其中重要的一项就是居住条件的改善, 因此, 随着人们居住条件的改善, 我国住宅建筑能耗也将大幅度增长。

1 典型城市住宅建筑耗热量指标调查

西安住宅建筑以多层砖混住宅建筑为主, 并有部分中高层和高层住宅、别墅建筑。西安多层住宅的平面和立面比较规整, 体型系数基本上都保持在0.30左右。多层住宅层高一般为2.7~3.0 m, 开间一般为3.0~3.6 m。根据热工设计规范, 西安属于寒冷地区, 累计全年日平均温度低于或者等于50℃的天数在90 d上, 属于采暖地区。1998年开始实施了《民用建筑节能设计标准陕西省实施细则》陕DBJ24-8-97, 2007年开始实施《陕西省建筑节能条例》和《西安市建筑节能设计标准》。目前绝大部分建筑都按65%的节能要求在做。

1.1 选取样本简介

调研选取的对象是西安某几个住宅小区, 共有住宅楼69栋, 共2 723户, 建造年代从1950年到2010年各个时期均有; 建筑结构从板式砖混结构多层、典式砖混结构多层、典式高层框架结构到别墅均有; 建筑面积从超小面积、小面积、中等面积、大面积到超大面积住宅均有。

选取建筑物样本的依据: 建筑物随着时代发展的变迁, 结构、户型、面积、材料等均有所变化。

1.2 参数、仪器及方法

测试选取所有69栋楼2 723户, 数据比较全面。主要根据每栋住宅建筑的竣工图, 材料, 窗墙比等, 按照《建筑节能设计计算书》的要求, 计算出该住宅建筑的耗热量, 并换算成采暖耗煤量。

所有住宅建筑按照年代、户型、面积进行划分, 以年代作为主线(因为随着时代的变迁, 建筑物的面积、户型、材料、结构、类型都有所变化, 因此, 以年代作为主线是科学的), 选取一定数量的住宅建筑作为样本进行能耗计算、分析, 并以实际统计出的每户常住人口数及家庭收入为参数, 计算出单位建筑面积的耗热量指标以及人均能耗、户均能耗, 再将这些能耗指标和建造年代、户型、面积以及收入做对比, 得出相关结论。

作者选取以上各个年代的样本进行测量、计算, 代入公式进行计算。

(1) 建筑物耗热量指标:

$$q_H = q_{H-T} + q_{INF} - q_{I-H} \quad (1)$$

式中: q_H 为建筑物耗热量指标(W/m^2);

$q_{H.T}$ 为单位建筑面积通过围护结构的传热耗热量(W/m^2);

q_{INF} 为单位建筑面积的空气渗透耗热量(W/m^2);

$q_{I.H}$ 为单位建筑面积的建筑物内部得热量(包括炊事、照明、家电和人体散热),住宅建筑一般取 $3.80 W/m^2$.

再换算成采暖耗煤量指标:

(2) 单位建筑面积通过围护结构的传热耗热量计算公式:

$$q_{H.T} = (t_i - t_e) \left(\sum_{i=1}^m \varepsilon_i K_i F_i \right) / A_0 \quad (2)$$

式中: t_i 为全部房间平均室内计算温度; t_e 为采暖期室外平均温度 ($^{\circ}C$);

ε_i 为围护结构传热系数的修正系数; K_i 为围护结构的传热系数 [$W/(m^2 \cdot K)$]

F_i 为围护结构的面积 (m^2); A_0 为建筑面积 (m^2).

(3) 单位建筑面积的空气渗透耗热量计算公式

$$q_{INF} = (t_i - t_e) (c_p \rho N V) / A_0 \quad (3)$$

式中: C_p 为空气比热容,取 $0.28 Wh/(kg \cdot K)$; ρ 为空气密度 (kg/m^3), t_e 取条件下的值;

N 为换气次数,住宅建筑取 $0.5 (1/h)$; V 为换气体积 (m^3),楼梯间部采暖时,应按 $0.6 V_0$ 计算;楼梯间采暖时,应按 $0.65 V_0$ 计算, V_0 是建筑体积.

(4) 采暖耗热量指标计算公式

$$q_c = 24Z \cdot q_H / H_c \eta_1 \eta_2 \quad (4)$$

式中: q_c 为采暖耗煤量指标 (kg/m^2); Z 为采暖天数,《民用建筑节能设计标准》中规定西安的采暖天数为 $100 d$; q_H 为建筑物耗热量指标 (W/m^2); H_c 为标准煤热值, $8.14 \times 10^3 Wh/kg$; η_1 为室外管网输送效率,采取节能措施前,取 0.85 ; 采取节能措施后,取 0.90 ; η_2 为锅炉运行效率,采取节能措施前,取 0.55 ; 采取节能措施后,取 0.68 .

在选取的样本中,再选取每个年代建筑物中的居住者的收入情况,再将收入情况进行对比,得出收入与能耗的关系.

样本的选择具有代表性和科学性.选取的某小区家属院及某小区联排别墅 69 栋楼, 2 723 户.从面积上看,从 $20 m^2$ 的超小户型、 $50 \sim 90 m^2$ 的中等户型到 $130 m^2$ 以上的大户型,以及超大户型联排别墅都有,覆盖面广;从户型上看,有宿舍式公寓,有一室一厅、二室一厅、三室一厅、三室二厅以及别墅;从建造年代看,从 20 世纪 50 年代一直到 2010 年新建的建筑,每个年代都有;从建造材料来看,有竹坯结构、砖混结构、框架结构,现代还有外墙外保温.

从某小区的收入调研情况看,高、中、低收入都有.因此,样本选取具有代表性和科学性.

1.3 西安地区城镇住宅建筑能耗调研的内容、过程及方法

1.3.1 调查目的

住宅建筑能耗统计的目的是为了通过对住宅建筑能耗的调查以及对相关部门的调研,掌握住宅建筑能耗现状、能耗特征及其影响因素,进行住宅建筑节能评价,为我国建筑节能提供基础数据支持和理论依据.

本次调查的目的是根据整个统计工作的需要进行的.调查之前,首先编制一套切实可行的调查方法,对所调研区域的地理气候进行详细了解,调研分三个层次:第一层次,通过调查,掌握该地区不同年代居住建筑形式,了解建筑基本信息;第二层次,在第一层次的基础上,调研不同居住建筑的各项能耗,即采暖空调能耗、照明能耗、炊事能耗等等,掌握各项能耗之间的比例;第三层次,在第二层次的基础上增加对建筑能耗影响因素的调查,掌握建筑能耗与主要影响因素之间的关系及其影响比例.各个层次之间环环相扣,本文主要是以获得第三层次数据为目的,即获得各类建筑能耗情况及其主要影响因素的关系,找出适合该地区经济发展的节能措施.

1.3.2 调查对象

调查对象的确定,即是要划定调研的总体范围,划定调查范围内建筑形式.本文中,调查的区域是陕西地区西安市城镇住宅建筑.在市区调研的是从 20 世纪 50 年代到目前已建成的住宅建筑,住宅建筑的基

本形式为单元式。

以西安市住宅建筑为样本, 制作调查问卷, 入户进行现场测量、测试和调查, 调研内容涉及住户的基本情况, 家庭人口、家庭月收入 and 年收入, 家庭每月能耗情况, 建筑本身的结构、材质、窗墙比、窗户、门的结构等情况, 生活习惯, 开启空调的月份和每天的时段, 使用采暖设施的月份和时段等。

1.3.3 调查组织方式的设计

调查方式是根据统计调查的目的, 对错综复杂的调查对象采取多种多样的方式或方法取得调查资料的手段。调查方式有以下几种:

第一, 普查。它是依据调查任务专门组织的全面性的调查。普查所搜集的资料全面、系统, 但普查的工作量大、所需费用高、指标多。一般在全国性的人口调查中采用。

第二, 重点调查。重点调查就是在全面调查的基础上, 对一部分典型的、重点的住宅建筑进行调查, 虽然所选的建筑只有一小部分, 但是这些住宅建筑无论从构造、年代、材料、户型等方面都具有很强的代表性, 能够大致反映被调查的住宅建筑的基本情况和能耗情况。

第三, 典型调查。典型调查是在调查对象中选取更加具有代表性的建筑, 进行深入、细致地调查。它比重点调查更为详细, 对某些具有典型时代特征和构造特征的住宅建筑进行构造分析、模型分析、能耗计算和分析, 了解与所调查的大量的住宅建筑的关系, 是生动的反映住宅建筑能耗总体情况的一种非常重要的方法。

第四, 抽样调查。这顾名思义, 抽样调查是在总体调查样本中随机抽取一部分作为样本进行调查, 这样调查的结果不一定能够反映真实的情况, 因为样本的选取是随机的。

因此, 综合考虑上述调查的组织特点以及住宅建筑能耗调查的目的, 一种或者说单一的调查方式肯定不适合调查住宅建筑的能耗状况, 我们必须综合运用以下几种组织方式进行建筑能耗调查: 首先采用三次抽样的方法进行调查, 第一次先在西安地区抽取城区, 第二次在被抽取的城区中抽取住宅小区, 第三次在抽取的住宅小区中再抽取调查住户。其次在抽样的城区中选择重点调查, 重点调查不同年代、不同户型、不同构造、不同阶层住宅的能耗状况, 采用典型调查与重点调查相结合的方法进行。具体调研方法是由问卷发放者直接入户, 向被调查对象发放问卷并向被调查住户解释问卷内容, 由住户当面填写, 现场收回问卷。这种调查方式可以使调查者与被调查者直接交流, 好处很多, 一方面可以使调查者了解住户的收入、家电使用等情况, 另一方面也可以了解能耗情况以及住户用能的方式和习惯, 对于后续数据的处理和分析以及对能耗的趋势的预测也有很大的帮助, 当然, 由于是当面填写问卷并伴随问答, 因此问卷的回收率也比较高。

1.3.4 调查表格的设计

本研究所使用的调查均以调查问卷的方式进行。调查问卷包括很多项目, 包括住宅建筑的基本情况, 建造年代、构造情况、建筑质量等情况, 还包括住户的能耗使用习惯和能耗的使用量。问卷还包括一些定量调查项目和定性调查项目。定性的项目必须要清楚, 定量的项目也尽量做到完善和准确。我们采用问卷的形式不仅可以使得调查内容标准化和系统化, 有利于整理调查的数据, 对调查数据进行分析和整理, 最后做出定性分析和定量分析。另外, 这样的问卷调查方式还可以节省很多时间, 提高调查的工作效率。当然, 这样的方式也有缺陷, 就是在涉及收入等家庭隐私等问题上, 有可能存在隐瞒的现象, 影响对结果的分析。

表包括定性调查项目, 也包括定量调查项目。采用问卷调查的形式不仅有利于调查内容的系统化和标准化, 便于对所得资料进行统计处理和定量分析, 而且还可以节省调查时间, 提高工作效率。表 1 列出了问卷调查表的调查项目。

表 1 住宅能耗调查表
Tab.1 Residential energy consumption survey

表 名	调查期别	主要调查项目
建筑概况调查表	年报	建筑结构、年代、建筑面积、层数、围护结构特性、朝向等
住户资料调查表	半年报	家庭人口数、年龄、职业、年收入、能耗开支等
能耗设备及运行调查	月报	各设备数量、性能参数、使用能源种类、日运行时数、月运行天数等

1.3.5 能耗统计分析方法

通过对住宅建筑能耗的调查获得具体数据资料,在对资料中的缺项和异常进行分析处理后,获得建筑住宅建筑的结构形式、住户基本资料以及能耗状况,对这些信息进行分类汇总,对各类项进行比较,找出各因素之间的影响关系。

1.3.6 能耗调查统计中可能出现的偏差

在本次调查中,笔者采用现场问卷调查的方式确保数据的准确性和真实性,但是,由于个别被调查对象有可能隐瞒一些建筑的真实情况或者收入等的真实情况,这些主观或者客观的原因有可能导致最后的调查结果与真实情况存在偏差,但是偏差不应该太大。

(1) 信息偏差

如前所述,在被调查的过程中,被调查者有可能非主观的就使用能耗、使用电器的情况提供错误信息,不是主观故意的,但是也会导致信息的偏差。

(2) 策略性偏差

被调查的对象在填调查问卷或者回答问题的时候,故意隐瞒真相,尤其是在被调查到家电拥有量、电能使用量、家庭收入等隐私性问题的时候,难免存在故意隐瞒真相的情况。

(3) 收集和整理数据的偏差

调查员在收集和整理数据的时候也会存在偏差。因为数据的收集和整理是一项非常重要且量大的工作,需要认真、细致的工作。可是,在现实生活中,往往不可能做到非常准确和精细,在计算的过程中,也存在计算的误差,因此,这种误差也在所难免。但是,笔者在计算和分析的过程中,尽量做到精准,使得数据更加接近真实情况。

1.4 西安市城镇住宅建筑基本情况

为了了解西安市住宅建筑的基本情况,笔者查阅了大量资料,实地进行了调研、测试。从图1和图2可以看出,从1978年到2010年,西安市新建住宅面积呈现快速增长态势,这和我国改革开放后,人民生活水平快速提高有着密切的关系。

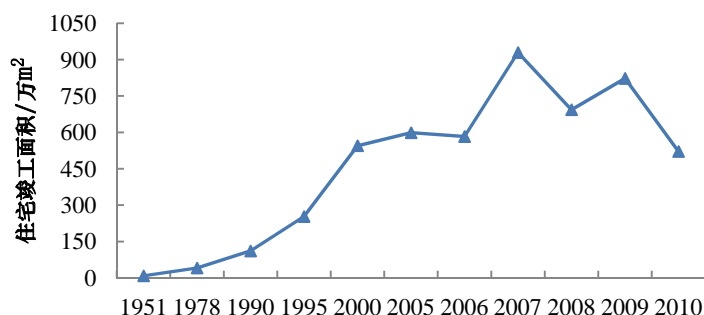


图1 西安市1951~2010年住宅建筑竣工面积(来源:西安市统计年鉴2011)

Fig.1 Xi'an city residential building construction area (1951~2010) (source: Xi'an City Statistical Yearbook 2011)

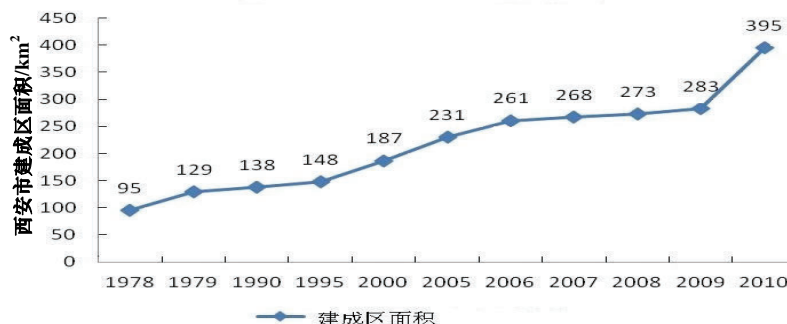


图2 西安市1978~2010年建成区面积(来源:西安市统计年鉴2011)

Fig. 2 Xi'an city built area 1978~2010 (source: Xi'an City Statistical Yearbook 2011)

近年来西安市的人口增长也是非常明显.图3是西安市城镇人口的来源.从1990年到2010年,西安市的常住人口从1990年的308.77万人增长到2010年的584.71万人,增长了47.2%,常住人口增长了27.1%.城市人口的增长,进一步说明了城市化进程的加快,经济发展增速,农村人口向城市人口转移的趋势.

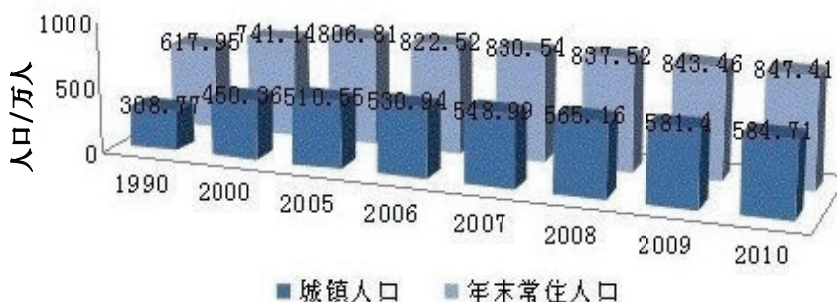


图3 西安市人口变化 (资料来源: 西安市统计年鉴 2011)

Fig. 3 Xi'an city population change (source: Xi'an City Statistical Yearbook 2011)

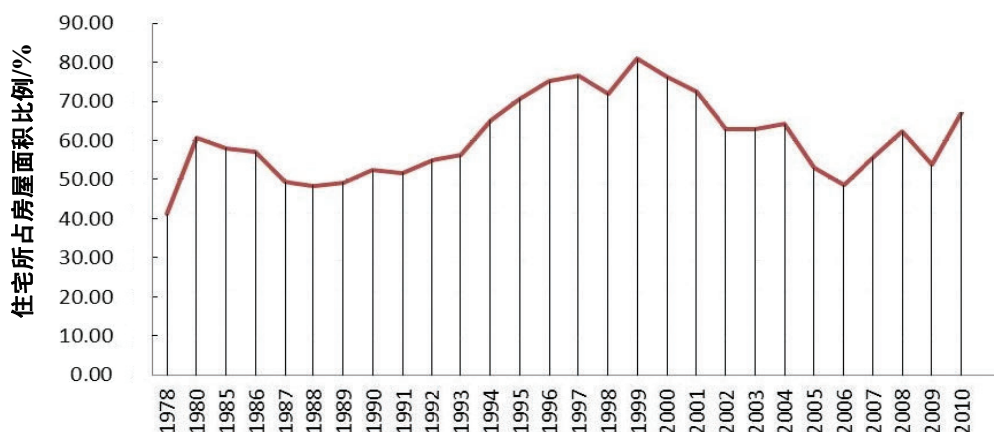


图4 住宅所占房屋面积比例 (%) (资料来源: 西安市统计年鉴 2011)

Fig. 4 Proportion of residential housing area (%) (source: Xi'an City Statistical Yearbook 2011)

从图4中可以看出,西安地区住宅占房屋面积比例逐年上涨,在1999年达到高点,占到了总房屋面积的80%。在2006年时住宅面积占房屋面积的50%,而后一直在增长。因此,伴随着城市人口的增长,住宅建筑的面积也在快速增长。在西安市的建筑中,住宅建筑大约占到2/3,因此,住宅建筑的节能对于整个建筑节能行业至关重要。

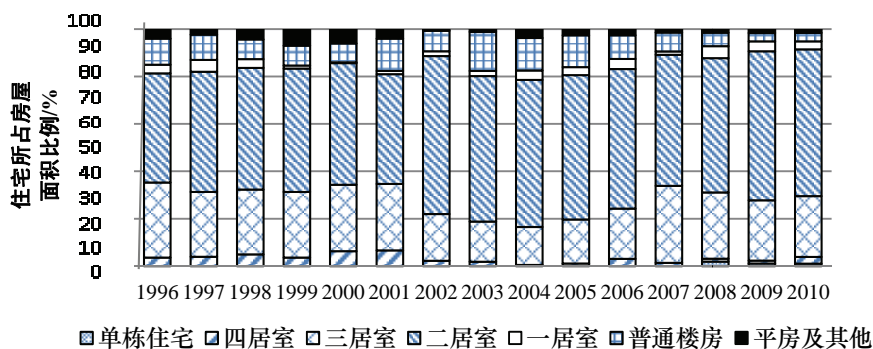


图5 1996~2010年西安市住宅建筑样式变化

Fig. 5 Style changes in Xi'an city residential buildings(1996~2010)

在人均住宅面积增加的同时,住宅建筑样式变化不大.西安市从1996年到2010年,二居室和三居室

占了绝大多数, 约占到住宅样式的 80 %~85 %。2010 年, 二居室和三居室共占 87.56 % (如图 5)。

2 西安市城镇住宅建筑单位面积耗热量指标分布规律

论文调研选取的对象是西安某几个住宅小区, 共有住宅楼 69 栋, 建造年代从 1950 年代年到 2010 年各个时期均有; 结构从板式砖混结构多层、典式砖混结构多层、典式高层框架结构到别墅均有; 面积从超小面积 (20 m^2)、小面积 ($20\sim 50 \text{ m}^2$)、中等面积 ($50\sim 90 \text{ m}^2$)、大面积 ($90\sim 150 \text{ m}^2$)、超大面积 (150 m^2 以上) 住宅均有。

调研的西安市几个小区的 69 栋住宅建筑, 绝大多数面积集中在 $50\sim 90 \text{ m}^2$ 和分别占到样本总量的 43.48 %。超小面积的宿舍式公寓, 为 20 m^2 , 占到调研样本数量的 1.45%, $90\sim 120 \text{ m}^2$ 的占到样本数量的 15.94 %, $130\sim 160 \text{ m}^2$ 的大户型占到样本数量的 5.80 %, 160 m^2 以上的别墅占到样本数量的 30.43 %, 经济适用房 (80 m^2 以下) 占到样本数量的 2.90 %。在调研的 69 栋住宅建筑中, 按照年代分, 50 年代的 2 栋, 占 2.9 %, 70 年代的 11 栋, 占 15.9 %, 80 年代的 12 栋, 占 17.4 %, 90 年代的 10 栋, 占 14.5 %, 2000 年以后的 34 栋, 占 49.3 %。可见, 随着时代的发展, 建筑技术的发展以及人们生活水平的提高, 2000 年后新建的建筑大量增加, 居住面积和居住条件普遍得到了改善。

所有计算均按照《建筑节能设计计算书》的要求完成测试和计算。根据《建筑节能设计计算书》的要求, 我们计算出每栋楼的建筑物耗热量指标, 并换算成采暖耗煤量指标。根据调研结果得出的每栋楼的住户及常住人口数, 计算得出每栋楼的户均和人均耗热量指标, 并按照不同年代、不同面积进行分类, 对比分析。

2.1 城镇不同面积住宅建筑单位面积能耗分析

为了研究建筑物的耗热量指标、户均能耗、人均能耗等与收入的关系, 在所选取的 69 栋住宅建筑样本中, 按照面积和年代, 选取一定数量的样本, 入户对每户的收入进行调查, 结合工资及入户实地调查结果以及实际调查的每户常住人口数量, 得出建筑物的耗热量指标、户均能耗、人均能耗等与收入的关系, 为进一步对建筑能耗进行分级提供依据。

调研的西安市几个小区的 69 栋住宅建筑中, 作者首先将住宅建筑按照面积大小, 依次分为超小户型 20 m^2 以下, 小户型 $50\sim 90 \text{ m}^2$, 中等户型 $90\sim 120 \text{ m}^2$, 大户型 $130\sim 160 \text{ m}^2$, 超大户型 160 m^2 以上别墅和 80 m^2 以下经济适用房六大类。作者拿出其中的 34 栋住宅建筑, 按照不同户型和面积, 不同年代对建筑物的耗热量进行计算和对比分析, 计算公式和过程在前面已经说明, 不再赘述。

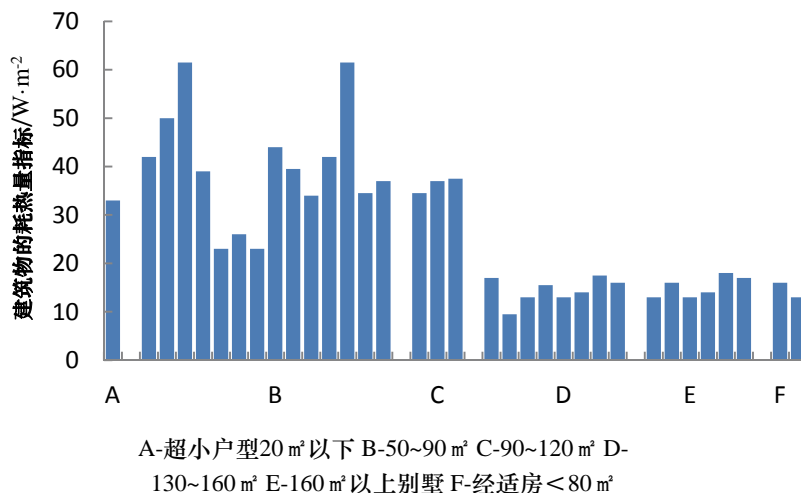


图6 城镇住宅建筑单位面积耗热量指标 (按照面积区分)

Fig.6 Unit area consumption index of urban residential buildings (according to the area division)

图6是城镇住宅建筑单位面积耗热量指标。按照面积, 作者将34栋楼的单位面积耗热量指标进行比较。可以看出: A是超小户型, 砖混结构, 面积 20 m^2 以下; B是 $50\sim 90 \text{ m}^2$ 的小户型, 砖混结构, 建造年代从20世纪50年代到2000年均有; C是 $90\sim 120 \text{ m}^2$ 的中等户型, 建造年代从20世纪50年代到2000年均有; D是 $130\sim 160 \text{ m}^2$ 的大户型, 基本上都说在20世纪90年代后期以后才出现的; E是 160 m^2 以上的别墅, 建于2000年后; F是面积在 80 m^2 以下的经济适用房。从图6可以看出, 住宅建筑单位面积耗热量指标基本上是随

着时代的发展和面积的增加而减少的, 原因是: 随着时代的发展, 采用了更加节能的建筑材料, 建筑方法, 围护结构更加节能, 窗、门等部位的密闭性更好.

调研样本绝大多数面积集中在 50~90 m², 占到样本总量的 43.48 %; 超小面积的宿舍式公寓, 为 20 m², 占到调研样本数量的 1.45 %; 90~120 m² 的占到样本数量的 15.94 %, 130~160 m² 的大户型占到样本数量的 5.80 %; 160 m² 以上的别墅占到样本数量的 30.43 %, 经济适用房 (80 m² 以下) 占到样本数量的 2.90 %. (如图 7).

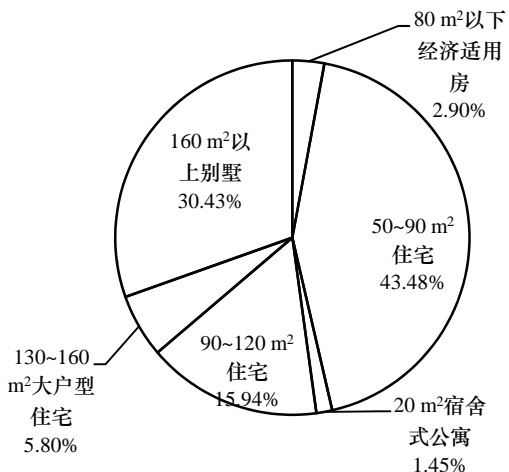


图 7 调研的不同面积住宅建筑所占的比例
Fig.7 The different area of residential building plans research proportion

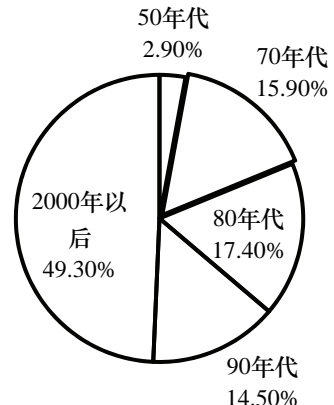
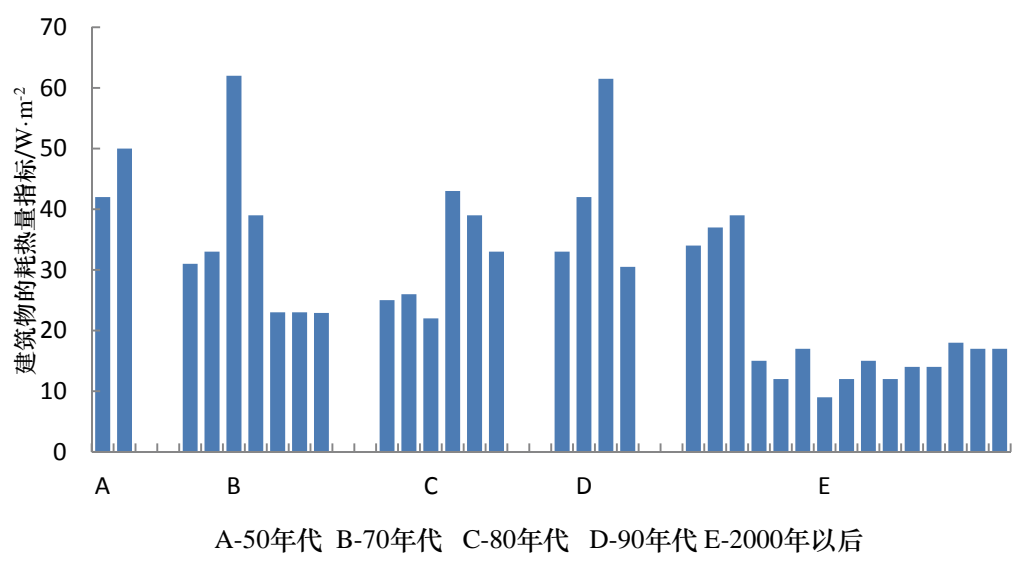


图 8 调研的不同年代住宅建筑所占比例
Fig. 8 Investigation in the proportion of residential buildings

2.2 城镇不同年代住宅建筑单位面积能耗分析

在调研的 69 栋建筑中, 按照年代分, 50 年代的 2 栋, 占 2.9 %, 70 年代的 11 栋, 占 15.9 % , 80 年代的 12 栋, 占 17.4 %, 90 年代的 10 栋, 占 14.5 %, 2000 年以后的 34 栋, 占 49.3 % (如图 8). 可见, 随着时代的发展, 科技的进步, 也为了适应人民居住条件改善的需求, 2000 年后新建的建筑大量增加.



A-50年代 B-70年代 C-80年代 D-90年代 E-2000年以后
图 9 不同年代城镇住宅建筑耗热量指标比较
Fig. 9 Index of heat loss of urban residential building

前面按照面积对城镇住宅建筑的单位面积耗热量进行了比较, 图9是调研的不同年代住宅建筑耗热量指标的比较. 在调研中, 没有出现60年代建造的住宅建筑, 是因为在调研的样本中, 60年代的住宅建筑已经被完全拆除掉.

从图9中可以看出, A-50年代建筑物的耗热量较为显著, 达到了50 W/m², 而在70、80、90年代及至

2000年这段期间建筑物的耗热量随着建筑技术水平的提高,达到一个比较稳定的阶段,基本保持在 $30\sim 60\text{ W/m}^2$ 左右,但相对都比较高.在2000年后得到的建筑物耗热量则急剧下降,大部分集中在 20 W/m^2 ,这是由于在50年代,建筑物多为普通实心砖结构,没有采用保温隔热等节能技术;2000年后这段时期的建筑物多为高层建筑,节能技术已经日益普遍采用,很多建筑物都做有外墙保温,故住宅建筑的单位面积耗热量指标有明显下降.

3 小结

我国住宅建筑的平均单位面积耗热量指标基本维持在 $30\sim 50\text{ kWh/m}^2$,远远低于公共建筑的单位面积耗热量指标(国外公共建筑的单位面积耗热量指标平均在 250 kWh/m^2 ,国内公共建筑的单位面积耗热量指标平均只有 90 kWh/m^2).虽然公共建筑的单位面积耗热量指标要远远高于住宅建筑的单位面积耗热量指标,但如前所述,住宅建筑占到全社会民用建筑的 $2/3$,数量巨大,随着社会的发展和人民生活水平的日益提高,建筑能耗也会越来越大,因此,住宅建筑和公共建筑一样,都是国家建筑节能的重点.

在本文中,作者选取了西安市不同年代、不同面积、不同构造的典型住宅建筑作为样本进行实地调研、热工计算和分析,分析得出不同面积和不同年代住宅建筑的单位面积耗热量指标.通过对这些住宅建筑的单位面积耗热量指标的比较发现:随着时代的变迁,建筑节能技术的提高,导致建筑质量的提高,城镇住宅建筑的单位面积耗热量指标有明显下降.

参考文献 References

- [1] 中国统计局. 中国统计年鉴 2012 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
China Bureau of Statistics. Chinese statistical yearbook 2012 [M]. Beijing: Chinese Statistics Press, 2012.
- [2] 西安市统计局. 西安统计年鉴 2011[M]. 北京: 中国统计出版社, 2011.
Xi'an Municipal Bureau of Statistics. Statistical yearbook 2011[M]. Beijing: China Statistics Press, 2011.
- [3] 建设部.建筑节能九五计划和 2010 年规划[A].1995.
The Ministry of Construction. Building energy-saving nine five plan and the 2010 plan [A].1995.
- [4] 陈砚祥. 采暖区既有居住建筑节能改造管理模式研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2011.
CHEN Yanxiang. The heating area of existing residential building energy-saving management mode of [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2011.
- [5] 胡欣. 空调系统能耗评价方法的研究[D]. 天津: 天津大学, 1998.
HU Xin. Study on evaluation method of air-conditioning system energy consumption [D]. Tianjin: Tianjin University.1998.
- [6] 王红霞. 住宅建筑的低碳化设计[J]. 山西建筑, 2010(19): 235-236.
WANG Hongxia. Low carbonization design of residential architectures[J]. Shanxi Architecture, 2010(19): 235-236.
- [7] 计永毅, 张寅. 中日绿色建筑发展的对比研究[J]. 技术经济与管理研究, 2011 (5): 105-108.
JI Yongyi, ZHANG Yin. Comparative analyses of the development of the green building in China and Japan[J].Research on Economics and Management, 2011 (5): 105-108.
- [8] 黄勇. 西安市城市化进程对住宅需求的影响研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2010.
HUANG Yong. Research on Xi'an city urbanization impact on housing demand [D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. &Tech., 2010.
- [9] 周亮. 试论我国的能源供应挑战及对策[J]. 惠州学院学报: 社会科学版, 2007(4):34-37.
ZHOU Liang. Discussions on the energy supply challenges and counter measures in China[J]. Journal of Huizhou University: Social Science Edition, 2007 (4):34-37.
- [10] 中华人民共和国建设部. 民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996.
The Ministry of Construction of the People's Republic of China. The design standard for energy efficiency of buildings (heating residential buildings) [S]. Beijing: Chinese Architecture Industry Press, 1996.
- [11] JGJ26-2010 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
JGJ26-2010 In severe cold and cold regions in design standard for energy efficiency of residential buildings [S]. Beijing: China Architecture Industry Press, 2010.
- [12] GB90176-93 民用建筑热工设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1993.
GB90176-93 Code for thermal design of civil buildings [S]. Beijing: Chinese Planning Press, 1993.
- [13] 刘加平. 建筑物理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
LIU Jiaping. The building physics [M]. Beijing: Chinese Architecture Industry Press, 2000.
- [14] 刘加平. 城市物理环境[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1993.
LIU Jiaping. City physical environment [M]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University press, 1993.
- [15] Energy Information Administration. International Energy Outlook 2007[M]. USA: EIA Publications, 2007.

Analysis on the technical attribute of urban residential building energy consumption index—Xi'an City as an example

ZHANG Weihua¹, HU Zhen², LIU Jiaping¹

(1. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China; 2. School of Management, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstracts: By selecting residential buildings in Xi'an City as examples, this paper presents a practical survey of thermal parameters' residents' income and family population in the residential buildings of different time, different floor areas and different structures. The distribution of heat consumption of different quality grade construction unit is established through filed testing, computation and simulative analysis on the thermal property and heat consumption of these buildings.

Key words: urban residential building; energy consumption; energy consumption per unit area

(本文编辑 沈波)

(上接第 379 页)

Reliability analysis of crack width inspection for prefabricated members of reinforced concrete

CHENG Kaikai, YAO Jitao

(School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: Based on the principle of structural reliability theory and the structural performance inspection method for prefabricated member of reinforced concrete, the calculation method of the reliability index is analyzed for prefabricated member of reinforced concrete under the crack width inspection. For prefabricated members of reinforced concrete, reliability evaluation was carried out for the allowable values of crack width that specified in code. Reliability indexes were established as its crack width was inspected.

Key words: reinforced concrete; prefabricated member; serviceability limit states; crack width inspection; reliability index;

(本文编辑 吴海西)

中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊 收录证书

西安建筑科技大学学报. 自然科学版

依据文献计量学的理论和方法,通过定量与定性相结合的综合评审,贵刊被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,特颁发此证书。

证书编号: CSCD2013C-0746

有效期: 2013 年-2014 年

发证日期: 2013 年 7 月

查询网址: www.sciencechina.ac.cn

中国科学院文献情报中心
中国科学引文数据库

