

# 华北地区城镇住宅建筑采暖的调查与分析

卜亚明, 于航, 彭昊, 邓育涌, 刘淑娟, 李祎  
(同济大学机械工程学院, 上海 200092)

**摘要:** 对我国华北地区小城镇进行实地调研, 考察了当地主要能源构成、住宅结构以及采暖方式。在此基础上分析了我国华北地区小城镇的冬季采暖状况, 并指出目前存在的主要问题。最后对该地区小城镇清洁能源的保有情况和可利用性进行了初步分析。

**关键词:** 小城镇; 住宅建筑; 采暖方式; 清洁能源

**中图分类号:** TV832 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6339(2005)04-0343-05

## Investigation and Analysis of Heating Situations of Residential Buildings in Small Town of North China

BU Ya-ming, YU Hang, PENG Hao, DENG Yu-yong, LIU Shu-juan, LI Yi-yu  
(Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Research is processed in the field to learn about the main structures of energy and the types of residential constructions and heating systems in local small towns of North China. Based on this research, this paper analyzes heating situations in winter in small towns of North china and points out main problems existed at present. Finally, this paper analyzes the quantity and the availability of the clean energy in small towns of this area.

**Key words:** small town; residential buildings; heating system; clean energy

### 0 前言

随着我国城镇化进程的不断推进, 小城镇发展加速。传统的城镇体系的定义是: 具有一定规模的、以非农业人口为主的、工商业和手工业集中的居民点, 如县城及县城以上的居民点, 工矿企业所在地和经批准设置镇建制的居民点, 均属城镇范畴。随着对小城镇概念认识的进一步深化, 小城镇不仅指按行政建制批准的建制镇, 而且还应包括具有一定区位优势和发展商品经济基础的集镇和中心村。

近几年, 华北地区小城镇建设取得了明显成效, 体现在小城镇数量增加、聚集功能增强、经济条件改善、社区环境逐步优化。但是仍然存在诸如人口聚

集水平低, 城镇规模小, 发展很不平衡等问题。同时由于受到经济条件的制约, 热力供应等基础设施建设与大中型城市相比相对滞后。如在华北地区, 大中型城市普遍采用集中供暖, 以热电联产和集中锅炉房等作为供暖热源, 而小城镇则是以分散采暖为主, 供暖设施水平远远落后于城市。为了把握华北地区小城镇住宅建筑采暖现状, 考察当地的能源构成、住宅结构、取暖方式以及室内热湿环境, 于 2005 年 1 月对华北地区的小城镇进行了调研。

### 1 总体情况

#### 1.1 气候特点

我国华北地区气候特点为夏季炎热, 冬季寒冷, 冬季采暖时间长达 100 天左右。例如: 保定市冬季供暖室外计算干球温度为  $-9^{\circ}\text{C}$ , 最低日平均温度为  $-13.7^{\circ}\text{C}$ , 室外计算相对湿度最冷月平均 55%; 太

原市冬季供暖室外计算干球温度为 $-12^{\circ}\text{C}$ ，最低日平均温度为 $-17.8^{\circ}\text{C}$ ，室外计算相对湿度最冷月平均51%。

### 1.2 居民家庭收入情况

居民家庭收入水平对能源消费结构有着直接的影响。根据相关资料显示<sup>[1][2]</sup>，我国华北地区主要城镇居民收入水平如表1所示。

表1 2003年华北地区主要城镇居民人均收入水平 (单位:元)

	山西省	河北省
城镇居民家庭人均可支配收入	7005	7239
城镇居民家庭人均消费性支出	5105	—
农民人均纯收入	2299	2853
农村住户人均生活消费支出	1430	—

## 2 调查方法

### 2.1 调查对象

在河北、山西两省选取了具有一定代表性的四个小城镇(分别用A镇、B镇、C镇、D镇表示)。选取调研对象时，综合考虑了住户的建筑特点、经济条件等因素。

### 2.2 调查内容

本次调研采用了问卷调查与现场测试相结合的方式。在调研过程中，首先请住户填写问卷调查表，同时实测室内干球温度和相对湿度。共回收问卷调查表62份。问卷调查表的主要内容如表2所示。

表2 问卷调查表的主要内容

项目	具体内容
住宅结构	住宅形式、层数、建筑面积、围护结构、门窗结构等
采暖方式	煤炉采暖、家用小锅炉、集中供暖、太阳能采暖等
采暖费用	采暖初投资、运行费用以及对采暖期费用的评价
舒适性	室内温湿度及热舒适水平
家庭情况	在家穿衣量、在家时间、家庭收入、工作状态等
清洁能源	对清洁能源的认识及使用上的主要问题

## 3 调查结果

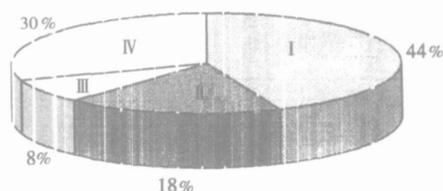
对调研内容进行分析，得出以下主要结果：

### 3.1 住宅建筑概况

如图1所示，在被调查的住户中，44%的住宅为独门独院单体一层建筑，18%为单体多层建筑，联排多层建筑占30%，独门独院内多幢单层建筑占8%。表3为当地小城镇住宅建筑的主要特征。

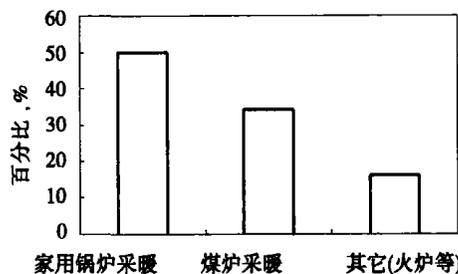
表3 小城镇住宅建筑特征

分散住宅	主要为独门独院单体一层建筑，其余还有单体多层建筑以及独门独院内多幢单层建筑；集中住宅为联排多层建筑
外墙	厚度为370mm，单层建筑多为砖木结构，联排多层建筑和单体多层建筑为砖混结构
屋顶	木结构、泥土和灰渣硬化合成；混凝土；多数无保温
门窗	木制门窗或铝合金，多为单层窗，少数双层窗；多数无密封

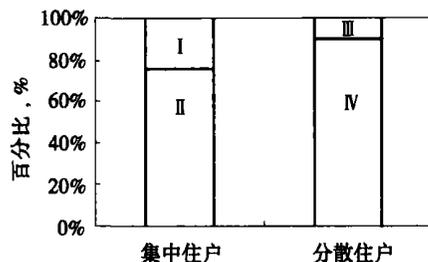


I—独门独院单体一层建筑； II—单体多层建筑； III—独门独院内多幢单层建筑； IV—联排多层建筑

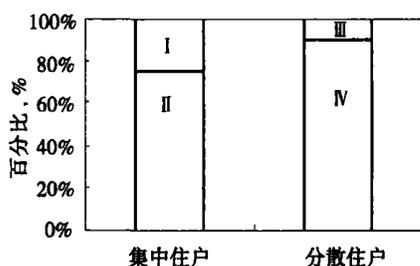
图1 住宅形式构成



(a) A、B两镇采暖方式构成(分散住户)



I—小区锅炉房集中采暖； II—其他(全部为燃煤锅炉)； III—家用小锅炉或煤炉； IV—其他



I—小区锅炉房集中采暖； II—其他(95%以上为燃煤锅炉，极少数电锅炉，无燃气燃油锅炉)； III—家用小锅炉或煤炉； IV—其他

图2 小城镇采暖方式构成

### 3.2 采暖方式

居住类型不同的住户分别采取不同的采暖方式。小城镇分散住户冬季采暖主要有两种方式：(1)家用小锅炉加暖气片，(2)煤炉采暖。集中住户主要采用锅炉房集中供暖，集中供暖期从当年11月15日至第二年3月5日。分散采暖运行方式差别较

大, 主要根据天气情况和经济条件而定。本次调研的小城镇住户采暖方式构成如图 2 所示。

从图 2 中可以看出, 在被调查的小城镇住宅中 90% 以上使用燃煤采暖, 分散住户没有使用油、天然气、电等其它形式能源, 集中供暖的小区锅炉房 95% 以上为燃煤锅炉, 少数为电锅炉, 无燃气燃油锅炉。

### 3.3 采暖费用

集中采暖费用平均在 11~13 元/m<sup>2</sup>。由于小城镇住宅建筑面积较大, 如本次调研对象中, 有 80% 以上的住宅面积大于 100 m<sup>2</sup>, 其采暖费用都在 1200 元以上。此外, 还有按户收费的方式, 如某处住宅的集中采暖收费标准为 1250 元/年·户。

分散采暖由于设备启停灵活, 使用时间可根据需要随时调整, 在房间有人时供热, 而在无人时停止运行, 所以不同家庭的采暖费用不尽相同, 但是总体来说差别不大。山西省具有丰富的煤炭资源, 当地居民采暖主要使用原煤加工中的副产品——煤泥。煤泥价格便宜, 大约 18~19 元/t, 但由于煤泥的热值低, 大多数住户在使用时需添加其它种类的煤, 住户采暖费用一般在 1000 元以内。河北省燃煤价格约为 400 元/t, 平均每户每年用煤量约为 2~3 t, 采暖费用一般在 800~1200 元范围内。

### 3.4 室内热湿环境

在调查过程中, 对住宅的室内温湿度进行现场测试的结果如图 3 和表 4 所示。

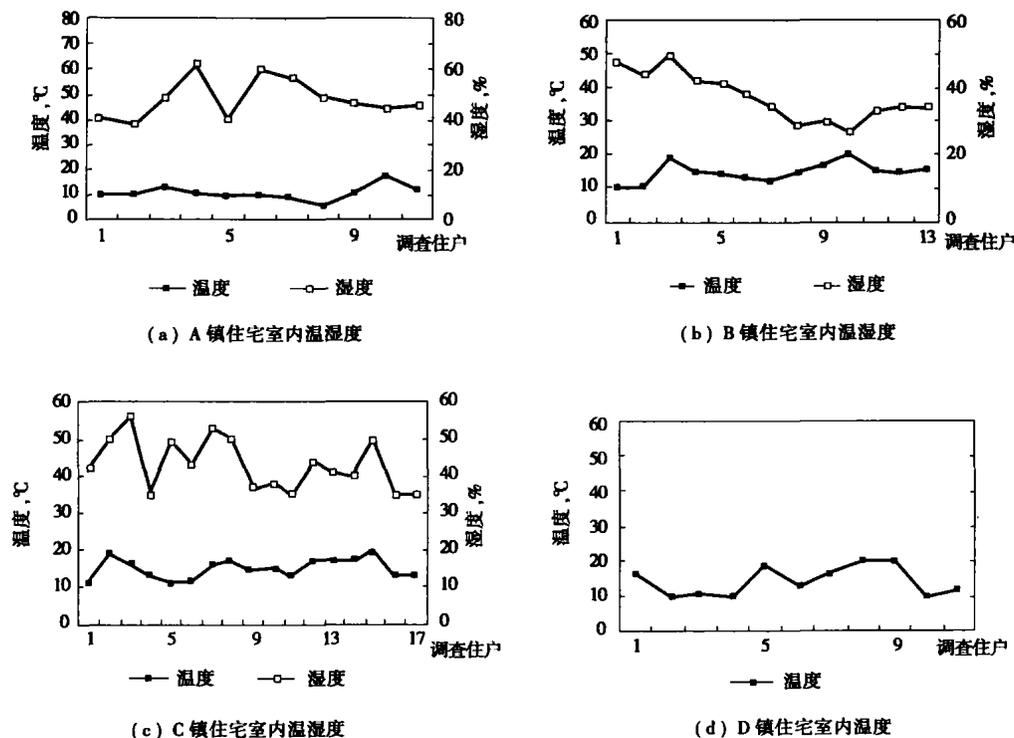


图 3 小城镇住宅室内温湿度

表 4 各镇住宅冬季平均室内温湿度

	A 镇	B 镇	C 镇	D 镇
平均干球温度, °C	12	14.7	14.8	14.2
相对湿度, %	50.0	37.2	43.2	—

从表 4 中可以看出, 四个小城镇的冬季室内平均温度均低于我国《供暖通风设计手册》中规定的住宅建筑冬季室内采暖温度 18 °C, 其中 A 镇住户平均室内干球温度最低。调研中发现 A 镇大多数居民使用煤炉和小锅炉采暖, 经济状况在四个小城镇中相对较差。图 4 为 C、D 两镇集中采暖和分散采暖的室内温度对比图, 从图中可以明显看出集中采暖室内温度高于分散式采暖方式。

## 4 存在问题

### 4.1 环境污染严重

小城镇居民采暖 90% 以上都使用燃煤设备。这些燃煤采暖设备每天排放到空气中大量的 CO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub>, 对环境造成严重污染。据资料 [5] 显示, 我国华北地区大气污染严重, 例如山西省, 每年燃煤排放烟尘 80.05 万 t, 二氧化硫 80.24 万 t。据测定, 太原市空气中悬浮微粒和 SO<sub>2</sub> 含量分别是世界卫生组织规定标准的 8 倍和 3 倍。

### 4.2 热舒适性评价

1984 年, 国际标准化组织提出了室内热环境评

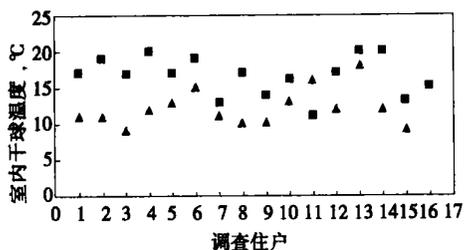


图4 集中采暖和分散采暖的室内温度对比

价与测量的新标准化方法 ISO7730, 采用 PMV-PPD 指标评价人体热舒适性, 是目前公认的最合理的室内环境评价方法。PMV 指标反映了对同一室内环境绝大多数人的热舒适感觉, 其综合考虑了空气温度、相对湿度、空气流动速度、平均辐射温度等环境因素, 同时还考虑了人体活动情况、衣服热阻等因素。

PMV 指标用 +3 ~ -3 代表人体的冷热感觉 (见表 5)。+3 代表大多数人的感觉为热; +2 代表大多数人的感觉为暖; +1 代表大多数人的感觉为微暖; 0 代表大多数人的感觉为适中; -1 代表大多数人的感觉为微凉; -2 代表大多数人的感觉为凉; -3 代表大多数人的感觉为冷。ISO7730 对热舒适环境的 PMV 指标推荐值为 -0.5 ~ +0.5。

表 5 PMV 热感觉标尺

热感觉	热	暖	微暖	适中	微凉	凉	冷
PMV	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3

图 5 为调研对象室内 PMV 值计算结果, 其中各影响因素的取值如下: 大多数居民在室内穿着毛衣和棉袄, 因此衣服热阻取 1.5 clo, M 取人员坐着活动的能量代谢率, 人体所作的机械功为 0, 空气流速取 0.1 m/s, 房间的平均辐射温度近似取围护结构内表面温度。

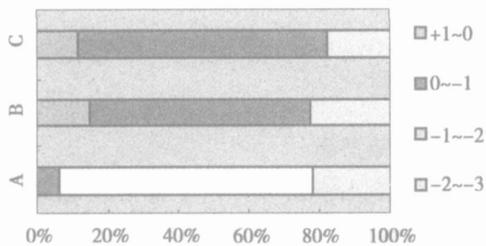


图 5 住宅冬季室内 PMV 值

对照表 5 和图 5, 可以看出 A 镇 90% 以上住宅室内热环境的 PMV 值在 -1 ~ -3 之间, 热感觉偏冷, B 镇和 C 镇的住宅热感觉趋于适中。但是值得指出, 由于大多数居民在室内穿着毛衣和棉袄, 对日常活动造成一定程度的不便。

## 5 清洁能源保有情况及应用的可能性

利用太阳能和热泵等清洁能源是解决环境污染问题的有效途径。由于价格等因素限制了其应用, 目前在小城镇采暖中使用清洁能源的寥寥无几。本文试对当地清洁能源的保有及应用可能性做初步分析。

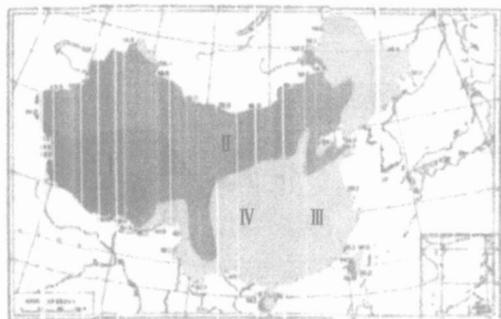
### 5.1 地热资源

地热能资源按温度范围不同分为三类, 第一类为温度低于 32 °C 的地热能, 可用于地源热泵 (GSHP), 第二类为中低温热田 (< 150 °C), 可直接用于工业与民用, 第三类为高温热田 (> 150 °C), 可用于发电。河北省拥有丰富的地热资源<sup>[2]</sup>, 大都集中于中北部地区, 这一区域总计可采资源量折合标煤 110.5 亿 t, 仅次于西藏、云南, 居全国第 3 位, 中低温地下水资源居全国之首。全省有开发价值的水热点 241 处, 其中山区 92 处, 平均水温 40 ~ 70 °C, 其余分布在平原, 水温最高可达 95 ~ 118 °C。已探明的地热资源允许开采量为 7.57 亿 m<sup>3</sup>/年, 热流量为 9.42 × 10<sup>23</sup> kJ/年, 折合 322 万 t 标准煤/年, 其中平原 7.33 亿 m<sup>3</sup>/年, 热流量 9.25 × 10<sup>23</sup> kJ/年, 折合 317 万 t 标准煤/年。

中低温地下水资源可以通过水源热泵技术实现低温热能向高温热能的转移, 将水体和地层蓄能作为冬季供暖的热源。调研中了解到某房地产公司计划在 D 镇开发 2 ~ 3 万 m<sup>2</sup> 的住宅小区, 使用地源热泵系统集中供暖, 此项目已经立项。地源热泵在小城镇的应用已经迈出了可喜的一步。

### 5.2 太阳能

太阳能资源的多少, 是太阳能利用的关键。河北省、山西省太阳能资源在全国处于较丰富地带, 仅次于青藏及西北地区 (见图 6)。



I 资源丰富带 II 资源较富带 III 资源一般带 IV 资源匮乏带

图 6 太阳能资源分布图

太阳能用于建筑物供暖有两种方式: 被动式太阳能采暖系统和主动式太阳能采暖系统。被动式太阳能采暖是太阳能采暖中最简单的一种形式, 通过

建筑的朝向和周围环境的合理布置,以及建筑材料和结构构造的恰当选择,使建筑物在冬季能够充分利用太阳赋予的热量。我国《建筑节能“九五”计划和2010年规划》中提出要在村镇中推广太阳能建筑,到2000年累计建成1000万 $m^2$ ,至2010年累计建成5000万 $m^2$ 。被动式太阳房技术成熟、节约能源、有利环保,是解决广大村镇冬季采暖的好办法,在我国华北地区小城镇已得到广泛应用。主动式太阳能采暖系统是使用常规能源,利用水泵或风机等动力设备,将热水或热空气从太阳能集热器输送到储热器或采暖房间内。北京和天津等地已相继开发建造了一批太阳能采暖建筑,并且把太阳能和其它形式能源相结合,开发出新型采暖供热方式。

调研中虽然有少数小城镇住户利用太阳能热水器供应生活热水,但是尚未有应用于冬季采暖的实例。随着太阳能应用技术的成熟,设备造价和运行成本的降低以及小城镇居民生活水平的提高,太阳能将更多地应用到华北地区小城镇的采暖中。

## 6 结论

通过本次调研,对华北地区小城镇采暖及能源利用情况得到以下主要结论:

(1)大多数小城镇采暖设备落后,室内热湿环境

差,采暖条件亟待改善;

(2)对于小城镇的分散住宅,由于家用小锅炉和煤炉等分散式采暖设备投资少,运行成本低,目前阶段仍是大多数住宅的主要采暖方式;

(3)经济条件好的小城镇,部分采用了热电联产供热系统,不仅解决了当地大部分集中采暖,还能负担一部分城市郊区供热,具有示范作用。

小城镇居民建筑采用何种供暖方式更为合理,要根据当地能源、家庭收入水平、地方政策等多种因素综合考虑,在保证采暖效果的同时,高度重视环境保护问题。在条件允许的地区,政府应通过财政补贴等手段鼓励使用清洁能源,创造可持续发展的小城镇人居环境。

## 参考文献

[1]山西省统计局著.山西统计年鉴(2004)[M].北京:中国统计出版社,2004.

[2]河北年鉴编纂委员会著.河北年鉴.2003年卷[M].河北年鉴社,2003.

[3]金招芬,朱颖心著.建筑环境学[M].北京:中国建筑工业出版社.

[4]魏东,潘兴华著.舒适性指标PMV在暖通空调控制中的应用[J].北京建筑工程学院学报,Vol.20, No.1.

[5]王宏英著.山西能源开发战略与可持续发展[M].经济管理出版社.

(上接第334页)

## 5 结论

旋转机械振动异常一直是困扰电厂正常生产的主要原因,提高现有专家系统的学习能力和诊断精度是当前轴系故障诊断系统推广应用的基础。本文提出了基于分类树的轴系振动诊断规则归纳算法,能够从故障实例中抽取诊断规则,从而为诊断系统的自学习提供了途径。同时由于该算法能够同时处理符号型变量,数值型变量,避免了其他符号归纳学习算法处理数值型数据所需离散化带来的不确定性。由于故障分类十分复杂,分类过程是一个模糊的规则匹配过程。本文进一步提出采用隶属度函数将分类树获得的数值型规则转化为模糊知识,使得规则更接近于人类专家的推理过程,规则具有更强的鲁棒性。

## 参考文献

[1]吴玉鹏,陈丽鹃,王鹏,赵凯.2002年全国电力可靠性统计分析[J].中国电力,2003,36(5):1-7.

[2]Sankar K. Pal. Soft data mining, computational theory of perception and rough-fuzzy approaches[J]. Information science, 2004, 163: 5-12.

[3]Quilan, J. Induction of decision trees[J]. Machine learning, 1986, 1, 81-106.

[4]Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). Classification and regression trees. Belmont, Wadsworth.

[5]Jensen, D. D., & Cohen, P. R. (2000). Multiple comparisons in induction algorithms[J]. Machine Learning, 38, 309-338.

[6]Wang J. Cui, J. Zhao, K. Investigation on AQ11, ID3 and the principle of discernibility matrix. Journal of computer science and technology, 2001, 16(1): 1-12.

[7]束洪春,孙向飞,司大军.电力变压器故障诊断专家系统知识库建立和维护的粗糙集方法[J].中国电机工程学报,2002,22(2):31-35.

[8]黄文涛,赵学增,王伟杰,代礼周.基于粗糙集理论的故障诊断规则提取方法[J].中国电机工程学报,2003,23(11):150-154.

[9]于达仁,胡清华,鲍文.融合粗糙集和模糊聚类的连续数据知识发现[J].中国电机工程学报,2004,24(6):205-210.

[10]杨兵,丁辉,罗为民,张小.基于知识库的变压器故障诊断专家系统[J].中国电机工程学报,2002,22(10):121-124.

[11]蔡国樑.汽轮发电机轴承轴向震动超标的原因与综合治理[J].节能技术,2004,22(4):61-62.