

**中华人民共和国行业标准**

**采暖居住建筑节能检验标准**

**Standard for Energy Efficiency Inspection  
of Heating Residential Buildings**

**JGJ 132—2001**

**J 85—2001**

**2001 北 京**

**关于发布行业标准**  
**《采暖居住建筑节能检验标准》的通知**  
**建标〔2001〕33号**

根据建设部《关于印发1992年工程建设行业标准制订、修订项目计划（建设部部分第二批）的通知》（建标〔1992〕732号）的要求，由中国建筑科学研究院主编的《采暖居住建筑节能检验标准》，经审查，批准为行业标准，其中3.0.1，3.0.2，3.0.3，3.0.4，3.0.6，4.1.1，4.4.2，4.4.6，4.4.10，4.5.4，4.7.2，4.8.2，4.9.1，5.1.1，5.1.2，5.1.3，5.1.4，5.1.5，5.1.6，5.1.7，5.1.8，5.2.1，5.2.2，5.2.4，5.2.5，5.2.6，5.2.7，5.2.8为强制性条文。该标准编号为JGJ132—2001，自2001年6月1日起施行。

本标准由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院负责管理，中国建筑科学研究院负责具体解释，建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版。

**中华人民共和国建设部**  
**2001年2月9日**



# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语 .....	2
3	一般规定 .....	3
4	检测方法 .....	5
4.1	建筑物单位采暖耗热量 .....	5
4.2	小区单位采暖耗煤量 .....	6
4.3	建筑物室内平均温度 .....	8
4.4	建筑物围护结构传热系数 .....	9
4.5	建筑物围护结构热桥部位内表面温度 .....	11
4.6	建筑物围护结构热工缺陷 .....	12
4.7	室外管网水力平衡度 .....	12
4.8	供热系统补水率 .....	13
4.9	室外管网输送效率 .....	13
5	检验规则 .....	15
5.1	检验对象的确定 .....	15
5.2	合格判据 .....	15
附录 A	仪器仪表的性能要求 .....	17
本标准用词说明	.....	18
条文说明	.....	19

# 1 总 则

**1.0.1** 为了贯彻国家有关节约能源的法律、法规和政策，检验采暖居住建筑的实际节能效果，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于严寒和寒冷地区设置集中采暖的居住建筑及节能技术措施的节能效果检验。

**1.0.3** 在进行采暖居住建筑及节能技术措施的节能效果检验时，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

NetEase  
WWW.NTKTZX.COM  
网易  
暖通空调在线

## 2 术 语

### 2.0.1 水力平衡度 (HB) hydraulic balance level

采暖居住建筑物热力入口处循环水量 (质量流量) 的测量值与设计值之比。

### 2.0.2 供热系统补水率 ( $R_{mu}$ ) rate of water makeup

供热系统在正常运行条件下, 检测持续时间内系统的补水量与设计循环水量之比。

### 2.0.3 热像图 thermogram

用红外摄影仪拍摄的表示物体表面表观辐射温度的图片。

网易  
暖通空调在线  
www.ntr777.com

### 3 一般规定

#### 3.0.1 对试点小区应检验下列项目:

- 1 建筑物单位采暖耗热量;
- 2 小区单位采暖耗煤量;
- 3 建筑物室内平均温度;
- 4 建筑物围护结构传热系数;
- 5 建筑物围护结构热桥部位内表面温度;
- 6 建筑物围护结构热工缺陷;
- 7 室外管网水力平衡度;
- 8 供热系统补水率;
- 9 室外管网输送效率。

#### 3.0.2 对试点建筑应检验下列项目:

- 1 建筑物单位采暖耗热量;
- 2 建筑物室内平均温度;
- 3 建筑物围护结构传热系数;
- 4 建筑物围护结构热桥部位内表面温度;
- 5 建筑物围护结构热工缺陷。

#### 3.0.3 对非试点小区应检验下列项目:

- 1 建筑物单位采暖耗热量;
- 2 建筑物室内平均温度;
- 3 室外管网水力平衡度;
- 4 供热系统补水率。

#### 3.0.4 对非试点建筑应检验下列项目:

- 1 建筑物单位采暖耗热量;
- 2 建筑物室内平均温度。

#### 3.0.5 节能检验必须在下列有关技术文件准备齐全的基础上进

行:

- 1 国家有关部门对节能设计的审核文件;
- 2 由国家认可的检测机构出具的外门(或户门)、外窗及保温材料的性能检测报告;
- 3 锅炉或热交换器、循环水泵等的产品合格证;
- 4 节能隐蔽工程施工质量的验收报告。

**3.0.6** 检测中使用的仪器仪表应在检定有效期内,并应具有法定计量部门出具的校验合格证(或校验印记)。除另有规定外,仪器仪表的性能应符合本标准附录 A 的有关规定。

**3.0.7** 建筑物体形系数(S)类型可分为以下两类:

- 1 当  $S \leq 0.30$  时为第一类;
- 2 当  $S > 0.30$  时为第二类。

**3.0.8** 建筑物窗墙面积比(WWR)类型可分为以下两类:

- 1 当  $WWR \leq 0.30$  时为第一类;
- 2 当  $WWR > 0.30$  时为第二类。

**3.0.9** 当采暖居住建筑物同时符合下列条件时应视为同一类采暖居住建筑物:

- 相同的外围护结构体系;
- 相同的建筑物体形系数类型;
- 相同的窗墙面积比类型。

**3.0.10** 代表性建筑物应根据层数、朝向和采暖系统形式在同一类采暖居住建筑物中综合选取。



## 4 检测方法

### 4.1 建筑物单位采暖耗热量

**4.1.1** 与建筑物单位采暖耗热量有关的物理量的检测应在供热系统正常运行后进行,检测持续时间不应少于 168h。

**4.1.2** 对建筑物的供热量应采用热量计量装置在建筑物热力入口处测量。计量装置中温度计和流量计的安装应符合相关产品的使用规定。供回水温度测点宜位于外墙外侧且距外墙轴线 2.5m 以内。

**4.1.3** 建筑物室内平均温度应按本标准第 4.3 节规定的检测方法进行检测。

**4.1.4** 室外空气温度计应设置在百叶箱内;当无百叶箱时,应采取防护措施;感温测头宜距地面 1.5~2.0m,且宜在建筑物不同方向同时设置室外温度测点。检测持续时间内室外平均温度应按下列公式计算:

$$t_{ea} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{e_{i,j}}}{m \cdot n} \quad (4.1.4)$$

式中  $t_{ea}$ ——检测持续时间内室外平均温度 (℃);

$t_{e_{i,j}}$ ——第  $i$  个温度测点的第  $j$  个逐时测量值 (℃);

$m$ ——室外温度测点的数量;

$n$ ——单个温度测点逐时测量值的总个数;

$i$ ——室外温度测点的编号;

$j$ ——室外温度第  $i$  个测点测量值的顺序号。

**4.1.5** 在有人居住的条件下进行检测时,建筑物单位采暖耗热量应按公式 (4.1.5-1) 计算;在无人居住的条件下进行检测时,建筑物单位采暖耗热量应按公式 (4.1.5-2) 计算。

$$q_{\text{hm}} \approx \frac{Q_{\text{hm}}}{A_0} \cdot \frac{t_i - t_e}{t_{\text{ia}} - t_{\text{ea}}} \cdot \frac{278}{H_r} + \left( \frac{t_i - t_e}{t_{\text{ia}} - t_{\text{ea}}} - 1 \right) \cdot q_{\text{IH}} \quad (4.1.5-1)$$

$$q_{\text{hm}} = \frac{Q_{\text{hm}}}{A_0} \cdot \frac{t_i - t_e}{t_{\text{ia}} - t_{\text{ea}}} \cdot \frac{278}{H_r} - q_{\text{IH}} \quad (4.1.5-2)$$

式中  $q_{\text{hm}}$ ——建筑物单位采暖耗热量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ );

$Q_{\text{hm}}$ ——检测持续时间内在建筑物热力入口处测得的总供热量 ( $\text{MJ}$ );

$q_{\text{IH}}$ ——单位建筑面积的建筑物内部得热 ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), 应按行业标准《民用建筑节能设计标准 (采暖居住建筑部分)》(JGJ26) 的规定采用;

$t_i$ ——全部房间平均室内计算温度, 一般住宅建筑取  $16^\circ\text{C}$ ;

$t_e$ ——计算用采暖期室外平均温度 ( $^\circ\text{C}$ ), 应按行业标准《民用建筑节能设计标准 (采暖居住建筑部分)》(JGJ26) 附录 A 的规定采用;

$t_{\text{ia}}$ ——检测持续时间内建筑物室内平均温度 ( $^\circ\text{C}$ );

$t_{\text{ea}}$ ——检测持续时间内室外平均温度 ( $^\circ\text{C}$ );

$A_0$ ——建筑物的总采暖建筑面积 ( $\text{m}^2$ ), 应按行业标准《民用建筑节能设计标准 (采暖居住建筑部分)》(JGJ26) 附录 D 的规定计算;

$H_r$ ——检测持续时间 (h);

278——单位换算系数。

## 4.2 小区单位采暖耗煤量

4.2.1 与小区单位采暖耗煤量有关的物理量的检测, 应在供热系统正常运行后进行, 检测持续时间应为整个采暖期。

4.2.2 耗煤量应按批逐日计量和统计。

4.2.3 在检测持续时间内, 煤应用基低位发热值的化验批数应

与供热锅炉房进煤批数相一致,且煤样的制备方法应符合现行国家标准《工业锅炉热工试验规范》(GB10180)的有关规定。

**4.2.4** 小区室内平均温度应以代表性建筑物的室内平均温度的检测值为基础。代表性建筑物室内平均温度的检测应按本标准第4.3节规定的检测方法执行。代表性建筑物的采暖建筑面积应占其同一类建筑物采暖建筑面积的10%以上。

**4.2.5** 室外平均温度的检测和计算应符合本标准第4.1.4条的有关规定。

**4.2.6** 小区室内平均温度应按下列公式计算:

$$t_{qt} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{i,qt} \cdot A_{0,i}}{\sum_{i=1}^m A_{0,i}} \quad (4.2.6-1)$$

$$t_{i,qt} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{i,j} \cdot A_{i,j}}{\sum_{j=1}^n A_{i,j}} \quad (4.2.6-2)$$

式中  $t_{qt}$ ——检测持续时间内小区室内平均温度(℃);

$t_{i,qt}$ ——检测持续时间内第*i*类建筑物的室内平均温度(℃);

$t_{i,j}$ ——检测持续时间内第*i*类建筑物中第*j*栋代表性建筑物的室内平均温度(℃),应按本标准公式(4.3.3)计算;

$A_{0,i}$ ——第*i*类建筑物的采暖建筑面积( $m^2$ );

$A_{i,j}$ ——第*i*类建筑物中第*j*栋代表性建筑物的采暖建筑面积( $m^2$ ),应按行业标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ26)附录D的规定计算;

$n$ ——第*i*类建筑物中代表性建筑物的栋数;

$m$ ——小区中采暖居住建筑物的类别数。



4.2.7 小区单位采暖耗煤量应按下式计算：

$$q_{\text{cm}} = 8.2 \times 10^{-4} \cdot \frac{G_{\text{cl}} \cdot Q_{\text{dw,av}}^y}{A_{0,\text{qt}}} \cdot \frac{t_i - t_e}{t_{\text{qt}} - t_{\text{ea}}} \cdot \frac{Z}{H_r} \quad (4.2.7)$$

式中  $q_{\text{cm}}$ ——小区单位采暖耗煤量（标准煤）（ $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ）；

$G_{\text{cl}}$ ——检测持续时间内的耗煤量（ $\text{kg}$ ）；当燃料为天然气时，天然气耗量应按热值折算为标准煤量；

$Q_{\text{dw,av}}^y$ ——检测持续时间内燃用煤的平均应用基低位发热值（ $\text{kJ}/\text{kg}$ ）；当燃料为天然气时，取标煤发热值；

$A_{0,\text{qt}}$ ——小区内所有采暖建筑物的总采暖建筑面积（ $\text{m}^2$ ）；

$Z$ ——采暖期天数（ $\text{d}$ ），应按行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（ $\text{JGJ26}$ ）附录 A 附表 A 的规定采用。

### 4.3 建筑物室内平均温度

4.3.1 建筑物室内平均温度应在采暖期最冷月检测，且检测持续时间不应少于 168h。但当该项检测是为了配合单位采暖耗热量或单位采暖耗煤量的检测而进行时，其检测的起止时间应符合相应项目检测方法中的有关规定。

4.3.2 温度计应设于室内有代表性的位置，且不应受太阳辐射或室内热源的直接影响。

4.3.3 建筑物室内平均温度应以代表性房间室内温度的逐时检测值为依据，且应按下式计算：

$$t_{\text{ia}} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{\text{rm},j} \cdot A_{\text{rm},j}}{\sum_{j=1}^n A_{\text{rm},j}} \quad (4.3.3)$$

式中  $t_{\text{ia}}$ ——检测持续时间内建筑物室内平均温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$t_{\text{rm},j}$ ——检测持续时间内第  $j$  个温度计逐时检测值的算术平均值（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$A_{\text{rm},j}$ ——第  $j$  个温度计所代表的采暖建筑面积（ $\text{m}^2$ ）；

- $j$ ——室内温度计的序号；  
 $n$ ——建筑物室内温度计的个数。

#### 4.4 建筑物围护结构传热系数

**4.4.1** 围护结构传热系数的现场检测宜采用热流计法或经国家质量技术监督部门认定的其它方法。

**4.4.2** 热流计及其标定应符合现行行业标准《建筑用热流计》(JG/T 3016) 的规定。

**4.4.3** 温度传感器用于温度测量时，测量误差应小于  $0.5^{\circ}\text{C}$ ；用一对温度传感器直接测量温差时，测量误差应小于 2%；用两个温度值相减求取温差时，测量误差应小于  $0.2^{\circ}\text{C}$ 。

**4.4.4** 热流和温度测量应采用自动化数据采集记录仪表，数据存储方式应适用于计算机分析。测量仪表的附加误差应小于  $2\mu\text{V}$  或  $0.05^{\circ}\text{C}$ 。

**4.4.5** 测点位置应根据检测目的确定。测量主体部位的传热系数时，测点位置不应靠近热桥、裂缝和有空气渗漏的部位，不应受加热、制冷装置和风扇的直接影响。

**4.4.6** 热流计和温度传感器的安装应符合下列规定：

1 热流计应直接安装在被测围护结构的内表面上，且应与表面完全接触；

2 温度传感器应在被测围护结构两侧表面安装。内表面温度传感器应靠近热流计安装，外表面温度传感器宜在与热流计相对应的位置安装。温度传感器连同  $0.1\text{m}$  长引线应与被测表面紧密接触，传感器表面的辐射系数应与被测表面基本相同。

**4.4.7** 检测应在采暖供热系统正常运行后进行，检测时间宜选在最冷月且应避开气温剧烈变化的天气，检测持续时间不应少于 96h。检测期间室内空气温度应保持基本稳定，热流计不得受阳光直射，围护结构被测区域的外表面宜避免雨雪侵袭和阳光直射。

**4.4.8** 检测期间，应逐时记录热流密度和内、外表面温度。可

记录多次采样数据的平均值, 采样间隔宜短于传感器最小时间常数的二分之一。

**4.4.9** 数据分析可采用算术平均法或动态分析法。

**4.4.10** 采用算术平均法进行数据分析时, 应按下式计算围护结构的热阻, 并符合下列规定:

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (\theta_{Ij} - \theta_{Ej})}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad (4.4.10)$$

式中  $R$ ——围护结构的热阻 ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ );

$\theta_{Ij}$ ——围护结构内表面温度的第  $j$  次测量值 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$\theta_{Ej}$ ——围护结构外表面温度的第  $j$  次测量值 ( $^{\circ}\text{C}$ );

$q_j$ ——热流密度的第  $j$  次测量值 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )。

1 对于轻型围护结构 (单位面积比热容小于  $20\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ), 宜使用夜间采集的数据 (日落后 1h 至日出) 计算围护结构的热阻。当经过连续四个夜间测量之后, 相邻两次测量的计算结果相差不大于 5% 时即可结束测量。

2 对于重型围护结构 (单位面积比热容大于等于  $20\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ), 应使用全天数据 (24h 的整数倍) 计算围护结构的热阻, 且只有在下列条件得到满足时方可结束测量:

1) 末次  $R$  计算值与 24h 之前的  $R$  计算值相差不大于 5%;

2) 检测期间内第一个  $\text{INT}(2 \times \text{DT}/3)$  天内与最后一个同样长的天数内的  $R$  计算值相差不大于 5%

注: DT 为检测持续天数, INT 表示取整数部分。

**4.4.11** 围护结构的传热系数应按下式计算:

$$K = 1 / (R_i + R + R_e) \quad (4.4.11)$$

式中  $K$ ——围护结构的传热系数 ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ );

$R_i$ ——内表面换热阻, 应按国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176) 附录二附表 2.2 的规定采用;

$R_e$ ——外表面换热阻, 应按国家标准《民用建筑热工设计



规范》(GB 50176) 附录二附表 2.3 的规定采用。

## 4.5 建筑物围护结构热桥部位内表面温度

**4.5.1** 热桥部位内表面温度宜采用热电偶等温度传感器贴于被测表面进行检测；检测仪表应符合本标准第 4.4.3 条和第 4.4.4 条的规定；也可采用红外摄像仪测量热桥部位内表面温度，但应符合本标准第 4.5.4 条的规定。

**4.5.2** 内表面温度测点应选在热桥部位温度最低处。室内空气温度测点距离地面的高度应为 1.5m 左右，并应离开被测墙面 0.5m 以上。室外空气温度测点距离地面的高度应为 1.5~2.0m，并应离开被测墙面 0.5m 以上。空气温度传感器应采用热辐射防护措施。

**4.5.3** 内表面温度传感器连同 0.1m 长引线应与被测表面紧密接触，传感器表面的辐射系数应与被测表面相同。

**4.5.4** 检测应在供热系统正常运行后进行，检测时间宜选在最冷月，并应避开气温剧烈变化的天气。检测持续时间不应少于 96h。温度测量数据应每小时记录一次。

**4.5.5** 室内外计算温度下热桥部位的内表面温度应按下式计算：

$$\theta_I = t_{di} - \frac{t_{im} - \theta_{Im}}{t_{im} - t_{em}} (t_{di} - t_{de}) \quad (4.5.5)$$

式中  $\theta_I$ ——室内外计算温度下热桥部位内表面温度 (℃)；

$\theta_{Im}$ ——检测持续时间内热桥部位内表面温度逐次测量值的算术平均值 (℃)；

$t_{im}$ ——检测持续时间内室内空气温度逐次测量值的算术平均值 (℃)；

$t_{em}$ ——检测持续时间内室外空气温度逐次测量值的算术平均值 (℃)；

$t_{di}$ ——室内计算温度 (℃)，应根据具体设计图纸确定或按国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176) 第 4.1.1 条的规定采用；

$t_{\text{dc}}$ ——围护结构冬季室外计算温度 (°C)，应根据具体设计图纸确定或按国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB 50176) 第 2.0.1 条的规定采用。

## 4.6 建筑物围护结构热工缺陷

**4.6.1** 建筑物围护结构热工缺陷宜采用红外摄像法进行定性检测。

**4.6.2** 红外摄像仪及其温度测量范围应符合冬季现场测量要求。红外摄像仪传感器的使用波长应处在  $2.0\sim 2.6\mu\text{m}$ 、 $3.0\sim 5.0\mu\text{m}$  或  $8.0\sim 14.0\mu\text{m}$  之内，传感器分辨率不应低于  $0.1^\circ\text{C}$ ，其测量误差应小于  $0.5^\circ\text{C}$ 。

**4.6.3** 检测应在供热系统正常运行后进行。围护结构处于直射阳光下时不应进行检测。

**4.6.4** 用红外摄像仪对围护结构进行检测之前，应首先对围护结构进行普查，然后对可疑部位进行详细检测。

**4.6.5** 应对实测热像图进行分析并判断是否存在热工缺陷以及缺陷的类型和严重程度。可通过与参考热像图的对比进行判断。必要时可采用内窥镜、取样等方法进行认定。

**4.6.6** 围护结构空气渗透性能宜采用经国家质量技术监督部门认定的测试方法进行检测。

## 4.7 室外管网水力平衡度

**4.7.1** 水力平衡度的检测应在供热系统运行稳定的基础上进行。

**4.7.2** 在水力平衡度检测过程中，循环水泵的运行状态应和设计相符。循环水泵出口总流量应稳定维持为设计值的  $100\%\sim 110\%$ 。

**4.7.3** 流量计量装置应安装在供热系统相应的热力入口处，且应符合相应产品的使用要求。

**4.7.4** 循环水量的测量值应以相同检测持续时间（一般为



30min) 内各热力入口处测得的结果为依据进行计算。

**4.7.5** 水力平衡度应按下式计算:

$$HB_j = \frac{G_{wm,j}}{G_{wd,j}} \quad (4.7.5)$$

式中  $HB_j$ ——第  $j$  个热力入口处的水力平衡度;

$G_{wm,j}$ ——第  $j$  个热力入口处循环水量的测量值 (kg/s);

$G_{wd,j}$ ——第  $j$  个热力入口处循环水量的设计值 (kg/s);

$j$ ——热力入口的序号。

## 4.8 供热系统补水率

**4.8.1** 补水率的检测应在供热系统运行稳定且室外管网水力平衡度检验合格的基础上进行。

**4.8.2** 检测持续时间不应少于 24h。

**4.8.3** 总补水量应采用具有累计流量显示功能的流量计量装置测量。流量计量装置应安装在系统补水管上适宜的位置, 且应符合相应产品的使用要求。

**4.8.4** 供热系统补水率应按下式计算:

$$R_{mu} = \frac{G_{mu}}{G_{wt}} \cdot 100\% \quad (4.8.4)$$

式中  $R_{mu}$ ——供热系统补水率;

$G_{mu}$ ——检测持续时间内系统的总补水量 (kg);

$G_{wt}$ ——检测持续时间内系统的设计循环水量的累计值 (kg)。

## 4.9 室外管网输送效率

**4.9.1** 室外管网输送效率的检测应在最冷月进行, 且检测持续时间不应少于 24h。

**4.9.2** 检测期间, 供热系统应处于正常运行状态, 且锅炉 (或换热器) 的热力工况应保持稳定, 并应符合下列规定:

- 1 锅炉或换热器出力的波动不应超过 10%;

2 锅炉或换热器的进出水温度与设计值之差不应大于10℃。

**4.9.3** 各个热力（包括锅炉房或热力站）入口的热量应同时测量，其检测方法应符合本标准第4.1.2条的规定。

**4.9.4** 室外管网输送效率应按下式计算：

$$\eta_{m,t} = \sum_{j=1}^n Q_{m,j} / Q_{m,t} \quad (4.9.4)$$

式中  $\eta_{m,t}$ ——室外管网输送效率；

$Q_{m,j}$ ——检测持续时间内在第  $j$  个热力入口处测得的热量累计值 (MJ)；

$Q_{m,t}$ ——检测持续时间内在锅炉房或热力站总管处测得的热量累计值 (MJ)；

$j$ ——热力入口的序号。

暖通空调在线

## 5 检验规则

### 5.1 检验对象的确定

5.1.1 试点小区及非试点小区建筑物节能效果的检验应以同类建筑物中的代表性建筑物为对象。

5.1.2 检验建筑物单位采暖耗热量时，其受检面积不应小于一个热力入口所对应的采暖建筑面积。

5.1.3 试点小区及非试点小区单位采暖耗煤量的检验应以整个供热系统（含锅炉、管网和热用户）为对象。

5.1.4 建筑物室内平均温度的检验部位应为底层、顶层和中间层的代表性房间，且每层的测点数不应少于3个。

5.1.5 每一种保温结构体系至少应选择一处对外围护结构主体部位的传热系数进行检验。

5.1.6 热桥部位内表面温度检验部位的数量可依现场情况而定，但在同一类建筑物中，其检验部位不应少于一处。

5.1.7 建筑物围护结构热工缺陷应实行普测。

5.1.8 水力平衡度、补水率和输送效率的检验均应以独立的供热系统为对象。

### 5.2 合格判据

5.2.1 建筑物单位耗热量或小区单位采暖耗煤量不应大于行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26）附录A附表A中相关指标值。

5.2.2 建筑物室内温度的逐时值最低不应低于 $16^{\circ}\text{C}$ ，最高不应高于 $24^{\circ}\text{C}$ 。

5.2.3 建筑物围护结构主体部位的传热系数应符合设计要求。

5.2.4 在室内外计算温度条件下，围护结构热桥部位的内表面

温度不应低于室内空气露点温度，且在确定室内空气露点温度时，室内空气相对湿度应按 60% 计算。

5.2.5 建筑物外围护结构不应存在热工缺陷。

5.2.6 室外供热管网各个热力入口处的水力平衡度应为 0.9~1.2。

5.2.7 供热系统补水率不应大于 0.5%。

5.2.8 室外管网输送效率不应小于 0.9。

## 附录 A 仪器仪表的性能要求

**A.0.1** 在按本标准进行节能检验过程中,除另有规定外,所使用的仪器仪表的性能应符合表 A 的有关规定。

表 A 仪器仪表的性能要求

序号	测量的目标参数	测头的 不确定度 (℃)	二次仪表		总不确定度
			功 能	精度 (级)	
1	空气温度	$\leq 0.5$	应具有自动采集和存储数据功能,并可以和计算机接口	0.1	$\leq 5\%$
2	空气温差	$\leq 0.4$	应具有自动采集和存储数据功能,并可以和计算机接口	0.1	$\leq 5\%$
3	水温度	$\leq 2$ (低温水系统) $\leq 3$ (高温水系统)	宜具有自动采集和存储数据功能,并可以和计算机接口	0.1	$\leq 5\%$
4	水温差	$\leq 0.5$ (低温水系统) $\leq 1.0$ (高温水系统)	宜具有自动采集和存储数据功能,并可以和计算机接口	0.1	$\leq 5\%$
5	水流量	—	二次仪表应能显示瞬时流量或累计流量、或能自动存储、打印数据、或可以和计算机接口	—	$\leq 5\%$
6	热 量	—	集成化热表应具有自动采集和自动存储瞬时或累计数据的功能,并能打印数据或可与计算机接口	—	$\leq 10\%$
7	煤 量	—	—	2	$\leq 5\%$

## 本标准用词说明

1. 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2. 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。



中华人民共和国行业标准

## 采暖居住建筑节能检验标准

Standard for Energy Efficiency Inspection of  
Heating Residential Buildings

JGJ 132—2001

条文说明

网易  
暖通空调在线  
NetEase  
WWW.NTKTZX.COM

# 前 言

《采暖居住建筑节能检验标准》JGJ132—2001，经建设部 2001 年 2 月 9 日以建标〔2001〕33 号文批准，业已发布。

为便于广大设计、施工、科研、质检、教学等单位的有关人员在使用本标准时能正确地理解和执行条文规定，《采暖居住建筑节能检验标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，供国内使用者参考。在使用中，如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄中国建筑科学研究院（地址：北京市朝阳区北三环东路 30 号，邮政编码：100013）。

网易  
暖通空调在线  
www.ntktzx.com



# 目 次

1	总则	22
2	术语	25
3	一般规定	26
4	检测方法	28
4.1	建筑物单位采暖耗热量	28
4.2	小区单位采暖耗煤量	28
4.3	建筑物室内平均温度	30
4.4	建筑物围护结构传热系数	30
4.5	建筑物围护结构热桥部位内表面温度	37
4.6	建筑物围护结构热工缺陷	37
4.7	室外管网水力平衡度	38
4.8	供热系统补水率	39
4.9	室外管网输送效率	40
5	检验规则	41
5.1	检验对象的确定	41
5.2	合格判据	41
附录 A	仪器仪表的性能要求	44

# 1 总 则

**1.0.1** 随着我国经济体制改革的深入和对外开放领域的扩大,各行各业的发展日新月异,建筑业也不例外。据中国建筑业协会建筑节能专业委员会编著的《建筑节能技术》记载:截止 1995 年底,我国三北地区城镇共有房屋建筑面积 37.4 亿平方米,其中住宅 20.2 亿平方米,占 54%。另据有关资料记载:仅 1996、1997 和 1998 年共三年内,全国城镇新建住宅达 11.1 亿平方米;从投资的比例上看,该三年全国用于城乡住宅上的投资平均约占全社会固定资产总投资的 22.2%。由此可见,住宅产业已经成为我国国民经济的主要增长点。

住宅竣工面积的增加,势必会带来建筑能耗的加大。目前每年全社会的能耗约为 13 亿吨标准煤,其中城市建筑的建造与使用的能耗一般占 13% 以上,若考虑墙体材料的生产能耗则约占 25% 左右。我国北方严寒和寒冷地区建筑采暖能耗已占当地全社会总能耗的 20% 以上。如果按照国家宏观发展目标确定的中等发达国家水平来推算,我国经济发展速度在一定时期内都将维持在 7% 左右,那么,到 2010 年就将需要一次性能源为 30 亿吨标准煤,而实际可供能源仅为 18 亿吨标准煤,约有 12 亿吨标准煤的能源缺口。如果再考虑在未来 10 年内人口的增加和人民生活水平的提高,建筑能耗占全社会总能耗的比例也将增大,我国能源的生产和供应的缺口也将会增大,必将严重影响我国经济和社会发展战略目标的实现。

为了实施党中央提出的“可持续发展”战略,我国自 1998 年 1 月 1 日起实施了《中华人民共和国节约能源法》。该法的实施对建筑节能行业的立法、推广和执法工作都起到了极大的促进作用。

为了节约采暖能耗，早在 1986 年建设部就颁布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—86）（以下简称旧《节能设计标准》）；1987 年建设部、国家计委、国家经委和国家建材局联合印发了“关于实施《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》的通知”〔（87）城设字第 514 号〕；随后国家相继颁布了《建筑外窗保温性能分级及其检测方法》（GB8484）、《钢窗建筑物理性能分级》（GB13684）、《建筑外门空气渗透性能和渗漏性能及其检测方法》（GB13606）、《民用建筑热工设计规范》（GB50176），1996 年建设部又颁布了《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》的修订本（JGJ26—95）（以下简称新《节能设计标准》）；1997 年，建设部、国家计委、国家经贸委和国家税务总局又联合印发了“关于实施《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》的通知”〔建科〔1997〕31 号〕；为了加大对建筑节能工作的管理力度，建设部根据国家有关的法律法规，组织制定了建设部部长令《民用建筑节能管理规定》，并于 2000 年 10 月 1 日起实施。该规定对不按新《节能设计标准》设计、建造、达不到节能要求或违反规定的，最高将给予 50 万元的经济处罚，必要时还需停业整顿、降低其设计施工资质。与此同时，国家各部委及地方政府颁布的与建筑节能有关的标准、规范还有：《采暖与卫生工程施工及验收规范》（GBJ242），《城市供热管网工程施工及验收规范》（CJJ28），《工业设备管道绝热工程施工及验收规范》（GBJ126），《聚氨酯泡沫塑料预制保温管》（CJ/T3002），《建筑地面工程施工及验收规范》（GB50209），《屋面工程技术规范》（GB50207），《城市供热管网工程质量检验评定标准》（CJJ38），《工业设备及管道绝热工程质量检验评定标准》（GB50185），《建筑安装工程质量检验评定统一标准》（GBJ300），《建筑工程质量检验评定标准》（GBJ301），《建筑采暖卫生与煤气工程质量检验评定标准》（GBJ302），《设备及管道保温效果的测试与评价》（GB8174），《黑龙江省外保温岩棉复合墙体施工及验收规程》（DBJ07—210），《黑龙江省内保温岩棉复合



墙体施工及验收规程》(DBJ07—211),《节能墙体 EPS 外保温工程施工及验收规范》(MT/T5011)《节能墙体 EPS 外保温工程质量检验评定标准》(MT/T5012),所有这些标准规范和行政法规的颁布和实施,均有力地推动着我国建筑节能向前发展。

与气候条件相近的发达国家相比,我国单位居住建筑面积的能耗仍是发达国家的 3~5 倍左右。另从新《节能设计标准》的实施效果来看,也存在着巨大差异。1986 年 8 月 1 日,建设部颁布的旧《节能设计标准》规定采暖设计能耗应在 1980~1981 年当地通用设计能耗的基础上节能 30% (第一阶段);1996 年 7 月 1 日,建设部经修订颁布的新《节能设计标准》则要求采暖设计能耗降至 1980~1981 年的 50% (第二阶段)。节能设计标准颁布至今已逾 10 年,但具体的实施效果并不理想。大多数省市连第一阶段的目标尚未达到,更谈不上实现第二阶段的目标了。1996 至 1998 年(三年间),全国城镇新建住宅 11.1 亿平方米,但节能建筑仅为 4530 万平方米,占 4.08%,那么,为什么会出现这种局面呢?除有关部门对建筑节能的重要性认识不足、建筑节能技术应用推广进展缓慢外,配套的技术立法不及时,也是一个不可忽视的原因。为了在建筑节能领域,实施跨越式发展战略,切实保证新《节能设计标准》和《民用建筑节能管理规定》在具体工程上的贯彻落实,编制一本与新《节能设计标准》配套的《采暖居住建筑节能检验标准》就显得越发必要和重要。

编制本标准,就是为了通过实施对采暖居住建筑节能效果的检验,保证新《节能设计标准》提出的各项指标真正落实在居住建筑的设计、施工和运行管理全过程中。

**1.0.2** 由于本标准是和新《节能设计标准》相配套的,所以,在适用范围上和新《节能设计标准》一致。

**1.0.3** 采暖居住建筑节能检验仅仅是建筑产品质量检验的一个方面,因此,在按本标准进行节能检验时,尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

## 2 术 语

**2.0.1~2.0.3** 本章所列术语属本标准首次使用，其他术语与符号力求和行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26）等相关标准一致。

网易  
暖通空调在线  
NetEase  
WWW.NTKTZX.COM

### 3 一般规定

**3.0.1** 由于试点小区包括供热锅炉或热力站、室外输送管网和热用户三部分，所以本条规定了共九项检验内容，其中前三项（即建筑物单位采暖耗热量、小区单位采暖耗煤量和建筑物室内平均温度）是建筑物热工性能和供热系统运行质量的综合体现；中三项（即建筑物围护结构传热系数、建筑物围护结构热桥部位内表面温度和建筑物围护结构热工缺陷）是针对建筑物本身的热工特性而言的；后三项（即室外管网水力平衡度、供热系统补水率和室外管网输送效率）是针对采暖供热系统而言的。本条中的“建筑物单位采暖耗热量”是指在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在单位时间内消耗的、需由室内采暖设备供给的热量。“小区单位采暖耗煤量”是指在采暖期室外平均温度条件下，为保持室内计算温度，单位建筑面积在一个采暖期内消耗的标准煤量。”本标准在“单位采暖耗煤量”前面冠以“小区”，主要是要明确指出“采暖耗煤量”是相对于整个供热系统（供热锅炉、室外输送管网和热用户）而言的。

**3.0.2** 对于试点建筑，由于不含供热锅炉或热力站、室外输送管网，所以，本条仅规定了五项检验内容。

**3.0.3** 对于非试点小区，本条规定了四项检验内容（即建筑物单位采暖耗热量、建筑物室内平均温度、室外管网水力平衡度、供热系统补水率），这样规定可操作性强。

**3.0.4** 对于非试点建筑仅规定了建筑物单位采暖耗热量、建筑物室内平均温度共两项检验内容，这样规定可操作性强。

**3.0.5** 本条主要规定了四方面的文件。第1款是为了把住节能建筑的设计关；第2、3款是为了控制住用于建筑建造过程中的材料、设备的质量；第4款是为了防止与节能有关的隐蔽工程出

现施工质量问题。

**3.0.7** 在新《节能设计标准》中将采暖居住建筑物大致分为体形系数小于等于 0.3 和大于 0.3 两类。据此，本条以 0.3 为界规定了两类。

**3.0.8** 新《节能设计标准》中第 4.2.4 条规定各朝向容许的窗墙面积比分别为：北向 0.25；东、西向 0.3；南向 0.35。可视平均值为 0.3。所以，本标准以 0.3 为界进行了规定。本标准所采用的窗墙面积比是相对独栋建筑物整体而言的，并不要求各个朝向分别考虑。这样规定的目的，主要在于简化操作程序，减少工作量而原则上又不影响检验结果。

**3.0.9** 本条规定了同一类采暖居住建筑物必须具有的三个特征。该三个特征对采暖能耗影响较大，为了增强检测数据的可比性，作了如此规定。

暖通空调在线  
WWW.WW115.COM



## 4 检测方法

### 4.1 建筑物单位采暖耗热量

**4.1.1** 在供热系统运行不正常（包括系统排气未尽、循环不正常、补水率超标等）时，不能进行检测。因为在这种情况下进行的检测，常常会使检测结果不确定。为了得到稳定可靠的数据，规定其检测持续时间不应少于 168h。这里的“检测持续时间”是指连续的检测时间，而不是指几段不连续的检测时间的累计值。

**4.1.2** 本条规定的热量计量装置既包括由温度传感器、流量计和相应的二次仪表集约而成的一体化热表和非一体化的热表，也包括流量和温度分别测量，最后人工计算热量的测量方式。

本条规定供回水温度计宜安装在外墙外侧且距建筑物外墙轴线 2.5m 以内的位置是根据 1996 年《北京市建设工程概算定额》中有关供热系统室内外工程划界的原则确定的。按规定建筑物外墙轴线外 2.5m 以内属于室内系统，而 2.5m 以外属于室外管网系统。

**4.1.4** 在布置室外空气温度计时，必须防止太阳辐射对检测结果的影响，所以，本条规定室外温度计应设在百叶箱内，在无百叶箱的情况下，应采取适当的防辐射的措施。

### 4.2 小区单位采暖耗煤量

**4.2.1** 关于“检测持续时间应为整个采暖期”的规定是因为：其一，由于我国采暖供热锅炉房的技术装备差，缺乏有效的调控手段，所以，使得锅炉的日常运行质量几乎完全取决于司炉工的实际操作经验、责任心、工作态度和节能意识。其二，由于采暖期气候的不规则变化，使得锅炉房内所有锅炉的整体运行效果会



因季节、司炉工、锅炉配置、运行制度的不同而异，所以，在现有条件下，企图通过几天、十几天的测试结果来推定采暖期住宅小区单位采暖耗煤量是不可能的。其三，国内尚未开展对燃煤锅炉采暖期期间实际平均运行效率简便测试方法的系统研究，更无成熟的成果以资引用。基于以上客观背景条件，并考虑到住宅小区单位采暖耗煤量的检测在实际推广中的困难，所以，本标准在第3章中便规定仅对试点小区进行该项检测。

**4.2.2** 因为供热锅炉房的给煤系统随锅炉房的规模大小而异，且在一个采暖期煤场的进煤批数往往不止一次，所以在本条的规定中，仅规定“耗煤量应按批逐日计量和统计”，而对采用的计量方式和计量仪表的种类并未作具体规定。“按批”的意思是要要求每批煤的燃用量应分开计量和统计，不能混计在一起。这样规定是为了更准确地计算燃用煤的热值。煤耗量计量的总误差必须满足本标准附录A的要求。

**4.2.3** 为了减少测量误差，本标准规定，煤样应用基低位发热值的化验批数应与供热锅炉房进煤批数相一致，也就是说煤场每购入一批煤，就应送检一次该批煤的煤样。这样规定是为了防止在检测期间，当每批煤煤质之间存在较大差异时而可能导致的粗大误差。

**4.2.4** 住宅小区平均室内温度的测量是以小区内“代表性建筑物”的平均室内温度的测量为基础的。在小区供热系统中，由于或多或少存在着不同程度的水力失调问题，所以，“代表性建筑物”应按距离热源的远近来综合选取，也就是在距离热源的近端，中间和末端均宜有“代表性建筑物”，且近、中、末端的“代表性建筑物”应着重考虑其朝向，层数和采暖系统形式等。在进行室温测量时，本标准规定“代表性建筑物”的采暖建筑面积应占同一类采暖建筑物总采暖建筑面积的10%以上，这一要求总的目标是想把实际测温面积与总采暖建筑面积之比控制在1%~3%左右。

**4.2.7** 尽管新《节能设计标准》是针对燃煤锅炉采暖系统而言

的,但随着经济的发展和人们环保意识的加强,在经济发达和天然气供应充足的地区,燃气采暖锅炉正在逐步取代燃煤采暖锅炉。在这种客观背景下,为了与本标准衔接,在计算方法上作了如是规定。

### 4.3 建筑物室内平均温度

4.3.1 在建筑节能的检验过程中,在许多情况下均要求对建筑物的室内平均温度进行检测。这里主要分为两类情况:其一,供热公司为了监测供热质量或为了解决供热质量纠纷的需要,要求对建筑物室内平均温度进行检测。在这种情况下,检测的时间选在采暖期最冷月要恰当些,因为如果供热系统运行不良,最冷月的问题会更加突出。当然,这种检测的时间不宜过长。本标准规定为 168h (即 7d)。其二,在检测建筑物单位采暖耗热量、住宅小区单位采暖耗煤量等过程中,都要求对建筑物的平均室内温度进行检测,在这种情况下检测时间应和建筑物单位采暖耗热量或住宅小区单位采暖耗煤量等的检测起止时间一致。

### 4.4 建筑物围护结构传热系数

4.4.1 热流计法是国内外常用的现场测试方法。国际标准《建筑构件热阻和传热系数的现场测量》(ISO 9869),美国 ASTM 标准《建筑围护结构构件热流和温度的现场测量》(ASTM C1046—95)和《由现场数据确定建筑围护结构 构件热阻》(ASTM C1155—95)都对热流计法做了详细规定。另外,国内外也有关于用热箱法现场测试围护结构热阻和传热系数的研究报告或资料,但尚未发现有关热箱法的国际标准或国外先进国家或权威机构的标准。

本节主要依据国际标准 ISO 9869 编写而成,因篇幅关系做了若干删减。个别条款参考了国家标准《建筑构件稳态热传递性质的测定标定和防护热箱法》(GB/T 13475)。ISO 9869 正文中只对热阻测量做了具体规定,传热系数的测量是放在附录中的。



本节对围护结构主体部位热阻的现场检测方法和传热系数的计算方法进行了规定。

**4.4.4** 测量仪表的附加误差参照了《建筑构件稳态热传递性质的测定标定和防护热箱法》(GB/T 13475)的有关规定。

**4.4.5~4.4.8** 这几条规定的目的在于缩短测量时间和减小测量误差。测量误差取决于下列因素：

1 热流计和温度传感器的标定误差。如果标定得好，该项误差约为 5%；

2 数据采集系统的误差；

3 由传感器与被测表面间热接触的轻微差别引起的随机误差。如果细心安装传感器，这种误差约为平均值的 5%。该项误差可通过多使用几个热流计来减小；

4 热流计的存在引起的附加误差。热流计的存在改变了原来的等温线分布。如果用适当的方法（例如有限元法）对该项误差进行估计并对测量数据进行修正，则误差可降为 2% 至 3%；

5 温度和热流随时间变化引起的误差，这种误差可能很大。减小室内温度波动，采用动态分析方法，保证测量持续时间足够长，可使该项误差小于 10%。

如果以上条件得到满足，则总的误差估计可控制在 14% 的均方差和 28% 的算术误差之间。

下列情况可能使误差增大：

1) 在测量之前或测量期间，与构件内外表面温差相比，温度（尤其是室内温度）波动较大；

2) 构件厚重而测量持续时间又过短；

3) 构件受到太阳辐射或其他强烈的热影响；

4) 对热流计的存在引起的附加误差未做估算（在某些情况下可高达 30%）。

进一步的误差分析可参见 ISO 9869 正文和附录。

**4.4.9** 在温度和热流变化较大的情况下，采用动态分析方法可从对热流计测量数据的分析，求得建筑物围护结构的稳态热性

能。动态分析方法是利用热平衡方程对热性能的变化进行分析计算的。在数学模型中围护结构的热工性能是用热阻  $R$  和一系列时间常数  $\tau$  表示的。未知参数 ( $R, \tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots$ ) 是通过一种识别技术利用所测得的热流密度和温度求得的。

动态分析方法基本步骤如下：

测量给出在时刻  $t_i$  ( $i$  从 1 至  $N$ ) 测得的  $N$  组数据，其中包括热流密度 ( $q_i$ )，内表面温度 ( $\theta_{Ii}$ ) 和外表面温度 ( $\theta_{Ei}$ )。

两次测量的时间间隔为  $\Delta t$ ，定义为：

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i \quad (1)$$

在  $t_i$  时的热流密度是在该时刻以及此前所有时刻下温度的函数：

$$q_i = \frac{1}{R}(\theta_{Ii} - \theta_{Ei}) + K_1 \dot{\theta}_{Ii} - K_2 \dot{\theta}_{Ei} + \sum_n P_n \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ij} (1 - \beta_n) \beta_n (i - j) + \sum_n Q_n \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ej} (1 - \beta_n) \beta_n (i - j) \quad (2)$$

式中，内表面温度的导数为

$$\dot{\theta}_{Ii} = (\theta_{Ii} - \theta_{I,i-1}) / \Delta t \quad (3)$$

外表面温度的导数  $\dot{\theta}_{Ei}$  与上式类似。

$K_1, K_2$  以及  $P_n$  和  $Q_n$  是围护结构的特性参数，没有任何特定意义，它们与时间常数  $\tau_n$  有关。变量  $\beta_n$  是时间常数  $\tau_n$  的指数函数

$$\beta_n = \exp(-\Delta t / \tau_n) \quad (4)$$

公式 (2) 中的  $n$  项求和是对所有时间常数的，理论上是一个无限数。然而，这些时间常数 ( $\tau_n$ ) 和  $\beta_n$  一样，随着  $n$  的增加而迅速减小。因而只需几个时间常数（实际上有 1 至 3 个就够了）就足以正确地表示  $q, \theta_E$  和  $\theta_I$  之间的关系。

假定选取的时间常数为  $m$  个 ( $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m$ )，公式 (2) 将包含  $2m + 3$  个未知参数，它们是

$$R, K_1, K_2, P_1, Q_1, P_2, Q_2, \dots, P_m, Q_m \quad (5)$$

对于  $2m+3$  个不同时刻下的 ( $2m+3$  组) 数据将公式 (2) 写  $2m+3$  次就得到一个线性方程组。对方程组求解, 就可确定这些参数, 特别是热阻  $R$ 。然而为了完成公式 (2) 中的  $j$  项求和, 尚需附加  $p$  组数据 (图 1)。最后, 为了估计随机变化, 还需要更多组测量数据。这样就形成了一个超定的线性方程组, 该方程组可采用经典的最小二乘拟合法求解。

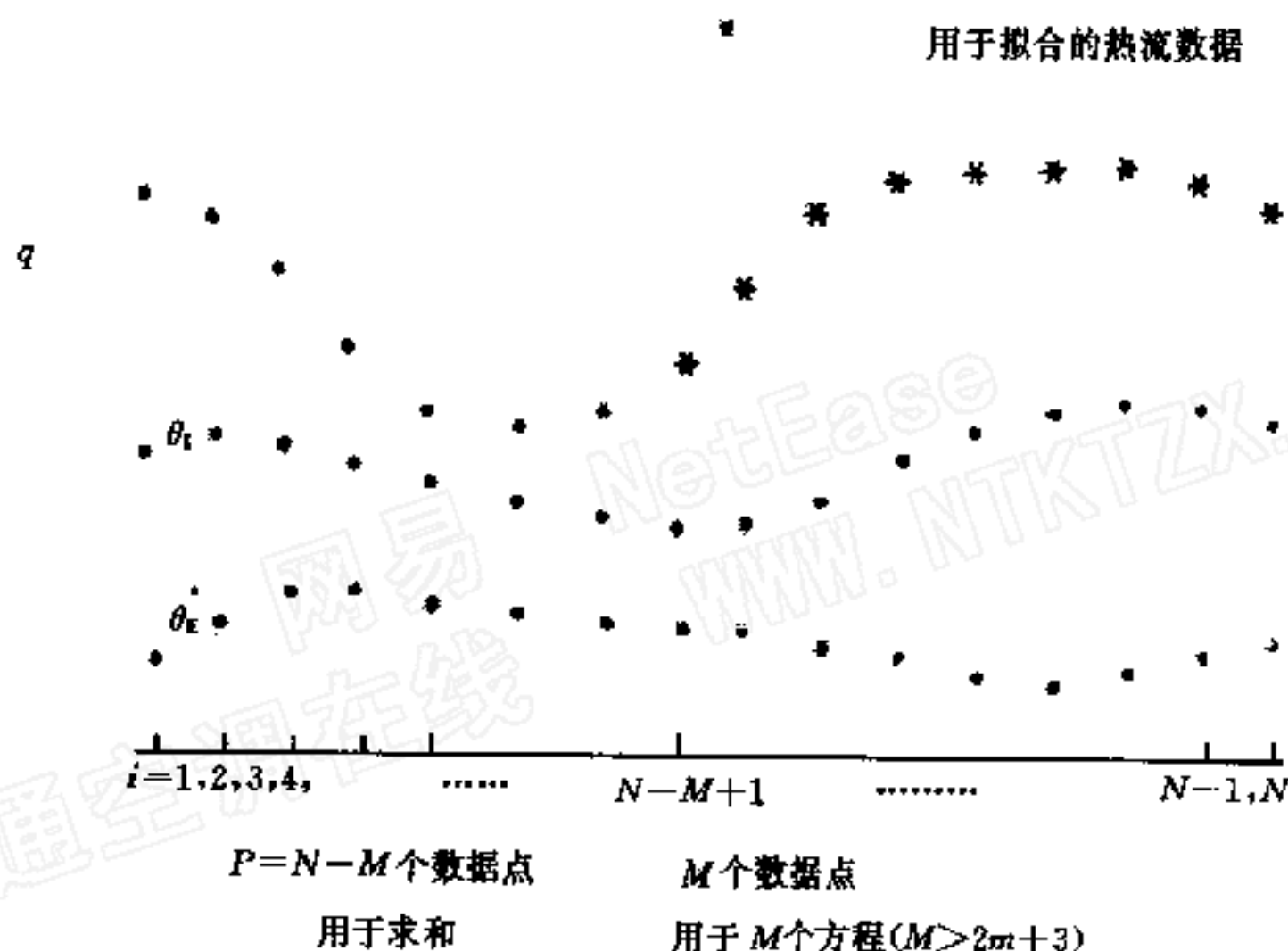


图 1 动态分析方法中的数据利用

这个多于  $2m+3$  个方程的方程组可以写成矩阵形式

$$\vec{q} = (X) \vec{Z} \quad (6)$$

式中  $\vec{q}$ ——向量, 其  $M$  个分量是最后的  $M$  个热流密度数据  $q_i$ 。

这样,  $M$  的值大于  $2m+3$ , 并且  $i$  取  $N-M+1$  至  $N$ ;

$\vec{Z}$ ——向量, 它的  $2m+3$  个分量是公式 (5) 中所列的未知参数;

$(X)$  ——一个  $M$  行 ( $i = N-M+1$  至  $N$ ),  $2m+3$  列 (1 至  $2m+3$ ) 的矩形矩阵。矩阵的元素是

$$\begin{aligned}
X_{i1} &= \theta_{Ii} - \theta_{Ei} \\
X_{i2} &= \dot{\theta}_I = (\theta_{Ii} - \theta_{I,i-1})/\Delta t \\
X_{i3} &= \dot{\theta}_E = (\theta_{Ei} - \theta_{E,i-1})/\Delta t \\
X_{i4} &= \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ij} (1 - \beta_1) \beta_1 (i - j) \\
X_{i5} &= \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ej} (1 - \beta_1) \beta_1 (i - j) \\
X_{i6} &= \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ij} (1 - \beta_2) \beta_2 (i - j) \\
X_{i7} &= \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ej} (1 - \beta_2) \beta_2 (i - j) \\
&\vdots \\
X_{i,2m+2} &= \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ij} (1 - \beta_m) \beta_m (i - j) \\
X_{i,2m+3} &= \sum_{j=i-p}^{i-1} \dot{\theta}_{Ej} (1 - \beta_m) \beta_m (i - j) \quad (7)
\end{aligned}$$

在  $j$  项求和中,  $p$  足够大, 使缺省项之和可以忽略不计。于是数据组的数目  $N$  必须大于  $M + p$ , 实际上  $p = N - M$ , 式中  $N$  足够大。

方程组给出向量  $\vec{Z}$  的估计值  $\vec{Z}^*$

$$\vec{Z}^* = [(X)'(X)]^{-1}(X)' \vec{q} \quad (8)$$

式中,  $(X)'$  是矩阵  $(X)$  的转置矩阵。

事实上, 时间常数  $\tau_n$  是未知的。它们可通过改变时间常数来寻找  $\vec{Z}$  的最佳估计值的方法来确定。这可按以下方式进行:

- 1 选取时间常数的个数 ( $m$ ), 通常不大于 3;
- 2 选取时间常数间的不变比率  $r$  (通常在 3~10 之间), 使满足

$$\tau_1 = r\tau_2 = r^2\tau_3 \quad (9)$$

- 3 选取方程组 (7) 的方程个数  $M$ 。该值必须大于  $2m + 3$ ,



但要小于数据组的个数。通常 15 至 40 个方程就足够了。这就意味着至少需要 30 至 100 个数据点。

4 选取时间常数的最小值和最大值。因为计算机的精度是有限的，所以处理比  $\Delta t/10$  还小的时间常数是没有任何意义的。另外，求和需要  $p = N - M$  个点。如果时间常数大于  $p\Delta t$ ，求和将不会终止。最大时间常数最好在以下范围内选取

$$\Delta t/10 < \tau_1 < p\Delta t/2 \quad (10)$$

5 在该区间内利用公式 (8) 用若干个时间常数值计算向量  $\vec{Z}$  的估计值  $\vec{Z}^*$ 。对于  $\vec{Z}^*$  的每一个值，热流向量的估计值  $\vec{q}$ ，将通过下式计算出来：

$$\vec{q}^* = (X) \vec{Z}^* \quad (11)$$

6 这些估计值与测量值间的总方差按下式计算：

$$S^2 = (\vec{q} - \vec{q}^*)^2 = \sum (q_i - q_i^*)^2 \quad (12)$$

7 能给出最小方差的时间常数组就是最佳时间常数组，这可由重复上述步骤 5 和 6 获得。

8 用此方法就可求得向量  $\vec{Z}$  的最佳估计值  $\vec{Z}^*$ 。它的第一个分量  $Z_1$  就是热阻的倒数 ( $1/R$ ) 的最佳估计值。如果最佳估计值所对应的最大时间常数等于或大于其最大值 (即  $p\Delta t/2$ ) 的话，则说明方程个数太少或检测持续时间不足。同时说明利用该组数据和该时间常数比率是无法得到可靠的结果的。这一问题可以通过改变方程组中方程的个数或使时间常数间的不变比率值 ( $r$ ) 变大或变小来加以解决。

当用单个测量值来估算热阻  $R$  值时，应有一个能给出其结果置信度的判定标准。即对于某个给定的单一测量值，当其满足该标准时，便存在某个好的置信度 (比如说概率 90%)，结果将逼近实际值 (比如说在  $\pm 10\%$  之内)。

在经典分析方法的情况下，唯一的判定标准就是要求有足够

长的检测时间。但如果所记录的数据表明该传热过程处于准稳态，则测量结果的可靠度高。然而，如果在测量开始之前，与热流相关的温度变化显著，在这种情况下，如果测量时间太短以至于不能消除这一温度变化所带来的影响的话，那么最终的检测结果是不可信的。

在动态分析方法的情况下也存在这样一个判定标准。对于上述热阻的估计值，置信区间为

$$I = \sqrt{\frac{S^2 Y(1,1)}{M - 2m - 4}} F(P, M - 2m - 5) \quad (13)$$

$$(Y) = [(X)'(X)]^{-1} \quad (14)$$

式中  $S^2$ ——由公式 (12) 得出的总方差；

$Y(1, 1)$ ——由公式 (14) 转换的矩阵的第一个元素；

$M$ ——方程组 (6) 中方程的个数，而  $m$  是时间常数的个数；

$F$ —— $t$  分布的显著限，式中  $P$  是概率，而  $M - 2m - 5$  是自由度。

如果对于  $P = 0.9$ ，该置信区间小于热阻的 5%，则该热阻计算值通常是与实际值很接近的。在良好的测量条件（例如，对于轻型围护结构在夜间稳定状态下进行检测；而对于重型围护结构经过长时间的检测）下会出现这样的结果。对于一个给定的检测持续时间，置信区间越小，则若干次测量结果的分布就越窄。然而当检测持续时间较短时，测量结果的分布范围大且平均值可能不正确（一般是偏低）。因此，该判定标准是不充分的。

第二个要满足的条件是，检测持续时间不应少于 96h。

本条文是根据国际标准 ISO 9869 附录 B 写成的。

**4.4.12** 在新《节能设计标准》中，传热系数是由热阻按国家标准《民用建筑热工设计规范》(GB50176)（以下简称《规范》）中有关规定计算出来的。《规范》中规定了内表面换热阻和外表面换热阻的取值。为了和新《节能设计标准》中传热系数的计算方法相统一，增加数据的可比性，所以，本条对围护结构内外表面



换热阻的取值依据进行了规定。

#### 4.5 建筑物围护结构热桥部位内表面温度

**4.5.1** 由于热电偶反应灵敏、成本低、易制作和适用性强，在表面温度的测量中应用最广，所以，本标准优先推荐使用热电偶。随着测量技术的进步，新型的测温方法层出不穷，红外摄影仪便是一例。但由于这种设备售价高，且对操作人员的素质要求高，在短期内不易全面推广，所以，本标准规定，在有条件许可的情况下，也可采用红外摄影仪测量热桥部位的内表面温度。

**4.5.5** 新《节能设计标准》中规定热桥部位内表面温度不应低于室内空气露点温度，这是相对于室内外冬季计算温度条件而言的。因此需将实际室内外温度条件下的测量值换算成室内外计算温度下的表面温度值。

#### 4.6 建筑物围护结构热工缺陷

**4.6.1** 本节依据国际标准《建筑围护结构中热工性能异常的定性检验》(ISO 6781—1983 (E))编写而成。编写时内容的顺序及章节划分与国际标准有所不同。因篇幅所限，本节只摘要收编了国际标准中的主要内容。用红外摄影法进行热工缺陷的定性检验，要求检验人员具有红外摄影和建筑热工方面的专业知识和丰富的实践经验并掌握大量的参考热像图。

ISO 6781—1983 (E) 中对检验时的气候条件要求和环境状况、热工缺陷的三种类型的典型特征及参考热像图等都做了举例说明，需要时可自行参考。

**4.6.2~4.6.3** 由于在室内外温差较大且基本稳定的条件下，可使测得的热像图中热工缺陷部位更加明显和易于辨认，所以，这种方法特别适用于冬季现场测量。此外，因为直射阳光下的表面温度不能反映围护结构正常的传热性能，所以，在这种情况下，不应检测。

**4.6.5** 热工缺陷包括缺少保温材料、保温材料受潮和空气渗透

三种情况。此外，参考热像图是对各种典型建筑构造在实验室条件下或对实际建筑物在现场实际条件下测得的各种热像图，可表征有热工缺陷和无热工缺陷的各种建筑构造，用于在分析检测结果时做对比参考。

**4.6.6** 工程实践中，采用示踪气体浓度测定法来测量房间的换气次数，采用鼓风门法来检测房间的空气渗透性能，上述两种方法均是针对房间或建筑物的整体特性的检测而言的。1986 年我国颁布实施了适用于试验室检测外窗性能的《建筑外窗空气渗透性能分级及其检测方法》(GB7107)，1991 年美国 ASTM 协会颁布了供现场检测外窗及门本身空气渗透性能的《已安装外窗和门空气渗透的现场测量》(ASTM E 783-91)。但越来越多的工程实践表明：除外门窗本身的气密性能外，外门窗的安装质量，即外门窗外框和门窗洞口连接处的气密性能，也是一个不可低估的重要因素。对于如何检测外门窗的现场综合空气渗透性能（含安装质量），国内外尚无完整成熟的检测方法。

## **4.7 室外管网水力平衡度**

**4.7.1** 在实施水力平衡度的检测时，首先系统应运行稳定，其次应处于热态。因为在热态时，易于确认系统中空气是否排尽，从而，有利于增加检测结果的可信性。

**4.7.2** 循环水泵出口总流量应稳定维持为设计值的 100%~110%。这样规定的目的在于力求遏制“大马拉小车”运行模式的继续存在。中国建筑科学研究院空调所从 1991 年开始，一直致力于平衡供暖的实践工作。在实践中发现：在供热系统中，“大马拉小车”的现象十分普遍。如北京蒲黄榆某小区供热系统水力平衡调试前实测总循环水量为设计值 1.36 倍；北京安贞里某小区二次管网水力平衡调试前实测循环水量为设计值的 1.57 倍。尽管采用“大马拉小车”的运行模式能解决让运行人员头痛的由于“末端用户不热”而带来的居民投诉问题，然而，这是以浪费能源为前提的。为了全面地推广平衡供暖，本条规定



循环水量应稳定维持为设计值的 100%~110%。

## 4.8 供热系统补水率

**4.8.4** 在工程界关于补水率的定义有两种。一种以系统的水容量为基础，另一种则以系统的循环水量为基础。《锅炉房设计规范》(GB 50041)第 4.1.7 条规定：“热水系统的小时泄漏量，应根据系统的规模和供水温度等条件确定，宜为系统水容量的 1%。”而《城市热力网设计规范》(CJJ34)第 3.4.1 条规定：“闭式热水热力网的补水率，不宜大于总循环水量的 1%。”在本标准中，究竟采用何种定义来限定补水率的大小呢？从理论上讲，应按系统水容量的某一个比例来限定补水率的大小，这样更直观。但在检测实际补水率的过程中，便会遇到困难。首要的问题是热水采暖系统的水容量如何计算或测量？当然，在整个系统首次上水时，可以采用流量计测得其总上水量，通过该上水量即可求得系统的水容量。但由于所有供热系统的上水时间都相对集中，所以，按照此法执行起来十分困难，再加上，为了减少管网系统的腐蚀，在系统的运行管理中大力提倡湿保养，这样，将会使“上水量实测法”变得越发无计可施。除实测外，尚可以通过计算。显然，企图通过系统管材设计用量的统计计算来计算系统水容量理论上是可行的，但实际上是不可能的。因为设计和施工往往相差甚远；另一种计算方法，即是根据《供热通风设计手册》(陆耀庆主编)P468 页上表 11-59 “供给每 1kW 热量所需设备的水容量”来计算。该表推荐的数据对于采暖系统膨胀水箱容积的设计计算是适用的，但并不能适用于本检验。首先，表 11-59 中的有关数据是基于某一特定温度工况下的值；其次，表中所列数据均是概略值，而数据的误差限又无从考证。因为该表中的数据引自原苏联有关手册，而苏联手册中也未对数据的来源和误差限给予说明。若采用以系统的实际循环水量为基础来计算系统补水率，则对按“大流量，小温差”运行模式运行的系统似乎有网开一面之嫌。基于上述理由，本标准采用“以系统的设计循

环水量为基础”来计算系统的补水率。但应注意的是：设计循环水量并不是指循环水泵的额定流量，而是指设计人员根据系统设计热负荷和设计水温差确定的理论循环水量。这种规定，既便于实际操作，又有利于收到实效。

## **4.9 室外管网输送效率**

**4.9.1** 一般来说，在最冷月采暖供水温度相应较高，也最接近设计工况，所以，在最冷月进行输送效率的检测，检测结果最具有代表性。

**4.9.2** “供热系统应处于正常运行状态”是指室外管网应水力平衡且系统的补水率应正常。对“锅炉或换热器热力工况应保持稳定”的规定是为了提高检测结果的可比性。本条采用了《工业锅炉热工试验规范》(GB 10180)中的有关规定，并对进出水温度与设计值之差进行了调整。GB 10180 第 3.3.5 条规定：“热水锅炉的进水温度和出水温度与设计值之差不得大于  $5^{\circ}\text{C}$ 。”本标准放宽为“ $10^{\circ}\text{C}$ ”。这是因为：GB10180 的侧重点和本标准不同。GB10180 的侧重点是锅炉热工性能的试验，而本标准的应用重点在于室外管网热力输送效率的检验。所以，本标准在此基础上作适当的放宽是恰当的。



## 5 检验规则

### 5.1 检验对象的确定

**5.1.1~5.1.8** 本节的宗旨是既要有关项目进行检验，又要切实可行、便于本标准的执行。

### 5.2 合格判据

**5.2.1** 对建筑物单位采暖耗热量或住宅小区单位采暖耗煤量的限值进行了规定。该限值详见行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26）附录 A 附表 A。

**5.2.2** 《采暖通风与空气调节设计规范》（GBJ19）第 2.1.1 条规定：“民用建筑的主要房间的设计温度宜采用 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$ ”，所以，据此本条规定建筑物逐时室内温度值最低不应低于 $16^{\circ}\text{C}$ 。与此同时，为了节约采暖能耗以及适度地控制建筑物室温的不均匀分布，本条亦对建筑物逐时室内温度的最高值做出了规定。最高值（ $24^{\circ}\text{C}$ ）的具体确定一方面参照了国家标准《旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准》（GB 50189）中对客房设计温度的有关规定，另一方面考虑了随着社会的发展和人民生活水平的提高，居民对室内热舒适的要求也在逐渐提高这一客观现实。

**5.2.4** 本规定是根据《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26）第 4.2.7 条和《民用建筑热工设计规范》（GB50176）第 4.3.1 条和第 4.3.2 条而确定的。

**5.2.6** 规定了各个热力入口处的水力平衡度的具体控制指标。这里的热力入口不含锅炉房或热力站循环水泵出口总管。由于水力平衡度是相对于设计工况而言的，因此水力平衡度控制在 $0.9\sim 1.2$ 的意义为在设计工况下，通过平衡调试后的供热系统，其各个热力入口（不含热源出入口）的实际循环流量应保持在其

相应设计流量的 90%~120% 之间。这个指标的确定基于两方面的考虑。其一，使各热力人口的循环水量严格和设计一致，是不现实的，也是不可能的，尤其是对规模庞大的系统；其二，循环水量的允许偏差既不能牺牲居民太多的室内舒适度，又要注意节能。因此结合北京地区的实际情况，编程进行了模拟计算。计算中，取采暖设计热指标为  $52.4\text{W}/\text{m}^2$  ( $45\text{kcal}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )，采暖供水温度为  $95^\circ\text{C}$  (恒定)，设计回水温度为  $70^\circ\text{C}$ ，设计供回水温差为  $25^\circ\text{C}$  (恒定)，室外设计采暖计算干球温度为  $-9^\circ\text{C}$  (恒定)，室内采暖设计温度为  $18^\circ\text{C}$  时，采用程序对水力平衡度分别取 0.9, 1.0, 1.1 和 1.2 时，采暖系统回水温度和室内温度进行了预测计算，其结果如表 1 所示。

表 1 水力平衡度对室温的影响

序号	项 目	内 容			
1	水力平衡度	0.9	1.0	1.1	1.2
2	采暖供水温度 ( $^\circ\text{C}$ )	95	95	95	95
3	采暖回水温度 ( $^\circ\text{C}$ )	67.7	70	72	73.7
4	实际循环水量 ( $\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )	1.62	1.80	1.98	2.16
5	实际热指标 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	51.6	52.4	53.1	53.7
6	实际室温 ( $^\circ\text{C}$ )	17.6	18	18.4	18.7

从表 1 可以看出，当各个热力人口的水力平衡度为 0.9~1.2 时，在供水温度和室外设计条件不变的情况下，室温将在  $17.6\sim 18.7$  之间变化，而处于该温度范围内的室温完全能满足《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ19) 中的有关规定。

**5.2.7 对供热系统补水率的限值进行了规定。**《城市热力网设计规范》(CJJ34) 第 3.4.1 条规定：“闭式热水热力网的补水率，不宜大于总循环水量的 1%”；而据刊登在《暖通空调》(1995.2) 上的《嵩山小区的综合节能规划和设计运行》一文载明：嵩山小区供热系统的补水率最后达到了设计循环水量的 0.48%，为了将补水率控制在 0.5% 以下，起初，他们拟采取三方面的措施：①

所有阀门直接从工厂订购；②要求阀门采用膨胀石墨盘根；③选用质量上乘的自动跑风。但在实际操作中，仅控制住了第一项措施，其它两项措施因种种原因未能如愿。即使是这样，系统的补水率仍达到了小于等于 0.5% 的标准。实践证明：只要严把工程质量关，供热系统的补水率控制在设计循环水量的 0.5% 以下是能做到的。

**5.2.8** 规定了室外管网输送效率的控制指标。本条是根据行业标准《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》(JGJ26)第 3.0.3 条而提出的。

NetEase  
WWW.NTKTZX.COM  
网易  
暖通空调在线



## 附录 A 仪器仪表的性能要求

**A.0.1** 该条的宗旨有两条：其一是保证测量数据的准确度能满足工程应用；其二是积极采用新技术，努力提高检测仪表的自动化程度。

### 1. 用于检测空气温度的二次仪表

80 年代以前，要想对空气温度进行连续的检测，常采用双金属片温度计，或铜 - 康铜热电偶、铜电阻和热敏电阻配合手动或半自动的二次仪表进行测试，甚至使用棒状水银温度计。这些测温方法或手段都有各自的致命缺点。双金属片温度计测量误差大，尚需要定期更换记录纸，且数据需要人工抄录；热电偶、铜电阻和热敏电阻测温时，不但要设仪表间，而且还要布置导线，可操作性差；棒状水银温度计需要人工读数，可操作性更差。随着计算机技术的进步，智能型的数据巡检仪得到了快速的发展，而且体积越来越小。在国外这种数据采集技术已用于空气温度、湿度、CO<sub>2</sub> 气体浓度等参数的检测中。一个单点的温度采集器的体积仅如火柴盒大小，使用前，首先通过计算机进行设定，然后将其放在室内合适的地方进行自动数据采集和存储，待一个采暖期结束后，再将采集器收回，通过计算机便可以将存储在采集器中数据传输至计算机的硬盘中，所以，使用起来十分方便。在国内，清华同方和哈尔滨工业大学也在生产功能类似的产品。正基于此，在本标准的附录 A 附表 A 中规定：“二次仪表应具有自动采集和存储数据的功能，并可以和计算机接口”。这种温度巡检仪也能用于水温测量中。

### 2. 温度传感器

在节能检验中，温度传感器用的场合很多，例如：室内外温度的检测、采暖系统供回水温度的检测、外围护结构构件表面温



度的检测等。在温度的连续测定中，常采用的温度传感器有铂电阻、铜电阻、热敏电阻和热电偶。其各自的测温范围及不确定度如表 1 所示。

表 1 温度传感器测温范围及不确定度

种类	分 级	测温范围 $t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	不确定度 $\Delta t$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
铂电阻	I 级	0~500	$\pm (0.15 + 3.0 \times 10^{-3} \cdot t)$
	II 级	0~500	$\pm (0.30 + 4.5 \times 10^{-3} \cdot t)$
铜电阻	II 级	-50~100	$\pm (0.30 + 3.5 \times 10^{-3} \cdot t)$
	III 级	-50~100	$\pm (0.30 + 6.0 \times 10^{-3} \cdot t)$
热敏电阻		0~150	$\pm 1.5\% t$
热电偶	I 级	-40~+350	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.4\% t$
	II 级	-40~+350	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 0.75\% t$

在室温测试中，人们常采用的温度传感器有铜电阻，热敏电阻和热电偶。由于居住建筑实际室温的变化范围为  $16 \sim 24^{\circ}\text{C}$ ，所以，我们取  $16^{\circ}\text{C}$  和  $24^{\circ}\text{C}$  分别对温度传感器自身的绝对不确定度、相对不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度进行了计算。计算中二次仪表自身的不确定度取为 0.5%（数字式仪表的精度一般均高于 0.05 级），采用算术方法合成。其计算结果列于表 2 中。

表 2 温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度

种类	分级	16 $^{\circ}\text{C}$ 时温度传感器的绝对不确定度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) / 相对不确定度 (%)	16 $^{\circ}\text{C}$ 时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度 (%)	24 $^{\circ}\text{C}$ 时温度传感器的绝对不确定度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) / 相对不确定度 (%)	24 $^{\circ}\text{C}$ 时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度 (%)
铜电阻	II 级	$\pm 0.36/2.2$	2.7	$\pm 0.38/1.6$	2.1
	III 级	$\pm 0.40/2.5$	3.0	$\pm 0.44/1.8$	2.3
热敏电阻		$\pm 0.24/1.5$	2.0	$\pm 0.36/1.5$	2.0
热电偶	I 级	$\pm 0.50/3.1$	3.6	$\pm 0.50/2.1$	2.6
	II 级	$\pm 1.00/6.3$	6.8	$\pm 1.00/4.2$	4.7

由表 2 可以看出：除Ⅱ级热电偶作为温度传感器时系统的总不确定度大于附录 A 表 A 中相应的规定值外，其余的传感器均能满足有关要求，所以，在附录 A 表 A 中对检测空气温度和空气温差的测量系统的测头的不确定度和总不确定度作了如是规定。在进行空气温差的检测过程中，通过选择误差特性一致的温度传感器可以进一步降低系统的总不确定度。

在采暖供热系统供回水温差的检测工程中，人们常采用的温度传感器有铂电阻、铜电阻，热敏电阻和热电偶。由于对于低温热水系统，供水温度一般最高为 95℃，回水温度最低不会低于 40℃；而对于高温热水系统，供水温度一般最高为 130℃，最低不会低于 70℃，所以，我们取 40/95℃ 和 70/130℃ 分别对温度传感器自身的绝对不确定度、相对不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度进行了计算。计算中二次仪表自身的不确定度仍取为 0.5%，采用算术方法合成。其计算结果分别列于表 3 和表 4 中。

表 3 温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度（低温水系统）

种类	分级	40℃时温度传感器的绝对不确定度 (℃) / 相对不确定度 (%)	40℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度 (%)	95℃时温度传感器的绝对不确定度 (℃) / 相对不确定度 (%)	95℃时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度 (%)
铂电阻	I 级	±0.27/0.68	1.18	±0.44/0.46	0.96
	II 级	±0.48/1.20	1.70	±0.73/0.76	1.26
铜电阻	II 级	±0.44/1.10	1.60	±0.63/0.66	1.16
	III 级	±0.54/1.35	1.85	±0.87/0.92	1.42
热敏电阻		±0.60/1.50	2.00	±1.42/1.50	2.00
热电偶	I 级	±0.50/1.25	1.75	±0.50/0.53	1.03
	II 级	±1.00/2.50	3.00	±1.00/1.05	1.55

从表 3 “总不确定度” 一栏可以看出：在用于水温的测量

时，在 40℃ 和 95℃ 两种温度条件下，由所有温度传感器和相应的二次仪表构成的测温系统的总不确定度均能满足本标准规定的“5%”的要求，从测头的不确定度看，所有测头均能满足“ $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ”的要求；而 I 级铂电阻和 I 级热电偶在整个温区范围内均能满足本标准对水温度和水温差的测量所提出的不确定度的要求。

**表 4 温度传感器的不确定度以及和二次仪表组合在一起后的总不确定度（高温热水系统）**

种类	分级	70℃ 时温度传感器的绝对不确定度 (℃) / 相对不确定度 (%)	70℃ 时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度 (%)	130℃ 时温度传感器的绝对不确定度 (℃) / 相对不确定度 (%)	130℃ 时温度传感器加上二次仪表不确定度后的总不确定度 (%)
铂电阻	I 级	$\pm 0.36/0.51$	1.01	$\pm 0.54/0.40$	0.90
	II 级	$\pm 0.62/0.88$	1.38	$\pm 0.89/0.68$	1.18
热敏电阻		$\pm 1.05/1.50$	2.00	$\pm 1.95/1.50$	2.00
热电偶	I 级	$\pm 0.50/0.71$	1.21	$\pm 0.52/0.40$	0.90
	II 级	$\pm 1.00/1.43$	1.93	$\pm 1.00/0.76$	1.26

同理，从表 4 “总不确定度” 一栏可以看出：在 70℃ 和 130℃ 两种温度条件下，所有温度传感器和相应的二次仪表所构成的测温系统的总不确定度均能满足本标准“5%”的要求。用于水温测量时，所有温度传感器均能满足本标准附录 A 表 A 的要求，但用于水温差测量时热敏电阻除外。

综上所述，利用常规的温度传感器配合相应的二次仪表能够满足本标准的要求。

### 3. 流量计量装置

在暖通领域常用的流量计有涡轮流量计、涡街流量计、电磁流量计、超声波流量计和水表等。涡轮流量计的精度，在正常流量范围内一般可达 0.2~0.5 级，在扩大量程范围内，精度可达 1 级。涡街流量计在正常流量范围内，精度可达 1 级。电磁流量



计的精度为 1 级；超声波流量计在安装条件满足要求的情况下，精度能达到 1.5 级。水表在正常使用流量范围内（10%～100% 特性流量），其精度可达到 2 级。

由此可见，测量流量的仪表种类多，而且各有特点，但在正常使用条件下和正常流量范围内，总精度均优于 2.0 级，总不确定度均能满足本标准附录 A 表 A 的要求。因此，在本标准中，并没有具体指定流量计的种类，仅对流量计量装置的总允许误差做出了规定。这样，在具体执行过程中，可以因地制宜。当然，在使用各类流量计进行测量时，均应按使用说明书的要求进行操作，以便降低测量不确定度。

#### 4. 热量计量装置

从现阶段的技术条件来看，测量热量的手段有两种。一种是高度集成化的热表。该热表设计精巧、紧凑、自动化程度高、能自动采集并存储有关数据，可以和计算机通讯。为了推进检测仪器仪表的技术进步，本标准要求热表应具有上述功能。

另一种是分别测量流量和温差，然后根据有关公式计算得出热量。这种办法经济适用，特别适合于我国现阶段的实际情况。

但无论采用何种方法，其测量系统的总不确定度应不超过测试值的 10%。

#### 5. 煤量计量装置

据有关智能型核子皮带秤的性能数据表明：在正常负荷条件下，其总不确定度 $\leq 1\%FS$ ，而据可移动全电子汽车衡的资料表明：其准确度可达  $0.1\%FS$ ；无线传输电子吊钩秤的准确度亦可达  $0.1\%FS$ ；电子皮带秤的不确定度可控制在  $0.5\%FS$ 。但考虑到我国三北地区经济发展不平衡，所以，对煤量计的具体功能未作规定，同时，从使用的角度出发，适当将煤量计的精度等级放宽到 2 级。