

分户计量供热系统浅析

许凯

滨州市规划设计研究院

Copyright © Universe Scientific Publishing Pte Ltd

DOI: 1.18686/bd.v1i3.152

出版日期：2017年3月1日

摘要：住宅集中供暖实行计量收费是建筑节能的一项基本措施，欧洲某国早在20年代就开始进行按户计量。目前在欧美等国热量计量已是成熟的技术，据国外调查资料表明：实行集中供热按户计量后，其节能率在10%—20%。我国政府已重视该项工作，并投资进行研究。《建筑节能“九五”计划和2010年规划》明文规定：“对集中采暖的民用建筑安设热表及有关调节设备，并按户计量收费的工作，1998年通过试点取得成效，开始推广，2000年在重点城市成片推行，2000年基本完成。”目前我国已有多个单位在不同地区进行了试验研究并取得了良好的成效和经验。但就该项技术的实施仍感到供暖系统的形式是其难点，本文仅对这一问题进行探讨。

关键词：计量供热；常用方法；建筑要求；供暖形式

1 国外常用的热量计五方法与仪表

1.1 直接测定用户从供暖系统中用热量。

该方法需对人户系统的流量及供、回水温度进行测量。采用的仪表为热量计量仪表，其仪表由流量、温度传感器和积算器组成。仪表安装在系统的供水管上，并将温度传感器分别装在供、回水管路上。该方法的特点是：原理上准确，但价格较贵，安装复杂，并且在小温差时，计量误差较大。目前应用较少。

1.2 测定用户散热设备的散热量来确定用户的用热量。

该方法是利用散热器平均温度与室内温度差值的函数关系来确定散热器的散热量。该方法采用的仪表为热量分配表，常用的有蒸发式和电子式两种。

蒸发式热量分配表有导热板和蒸发液两部分，导热板夹或焊在散热器上。盛有蒸发液的玻璃管则放在密封容器内，比例尺刻在容器表面的防雾透明胶片上。由管内液体蒸发量来确定散入室内的热量。该方法的特点是：价格较低，安装方便，但计量准确性较差。目前欧洲广泛采用。

电子式热量分配表，由温度传感器测出散热器表面温度和室内温度，并设有存储功能和液晶显示。对散热器温度的测量有直接测散热器表面温度或将温度元件装在散热器供回水管路的区分。该方式的特点是：计量较准确、方便，价格比热量计量表低，并且可在户外读值，目前在欧美受欢迎，正悄然取代蒸发式热量分配表而成集中供暖按户计量的主导仪表。

在该计量方法中除用热量分配表计量外，在美国还广泛采用一种计时方式的计量。即通过大量温控设备的开启时间及室内温度（也可设定），并依据散热器尺寸。类型等修正来确定各户用剂量的分配。该方式价格低，易于安装，但由于未考虑经过散热器的平均水温度影响，故准确度如差，目前欧洲极少使用。

1.3 测定用户的热负荷来确定用户的用热量。

该方法是测定室内、外温度，并对供暖季内的室内、外温差累积求和，然后乘以房间常数（如体热积指标等）来确定收费。

该方法采用的仪表为测温仪表。但有时将记忆散热器温控阀的设定温度作典型室内温度。而将某一基准温度作室外温度。该方法的特点是：安装容易，价格较低。但由于遵循相同舒适度缴纳相同热费的原则，用户的热费只与设定的或测得的室温有关，而与实际用热量无关。因此开窗等浪费能源的现象无法约束，不利于节能。目前德国不允许采用，美国、法国也有使用。

2 计量方法对系统形式的要求

由上述的计量方法可以看出：无论采用哪种计量方法，均要求供暖系统的型式能满足计量条件。而不同的计量方式对供暖系统型式要求不同。仅就计量而言，任何一种供暖系统型式均可满足上述计量方法2和计量方法3的要求。只要将散热器表面平均温度和室内温度测出就可确定热量，达到计量方法2的要求；测出室内温度和室外温度就可达到计量方法3的要求。但是在进行计量的同时应使系统能满足室温的调节性能，从而达到节能的目的。因此对供暖系统的要求是：既能满足计量要求，又应具有调控室内温度的功能。既能达到节能目的又能较准确计量的按户计量方式显然是上述方法中热量计量表和热量分配表的方式，而采用热量计量表或热量分配表进行按户计量对供暖系统型式的要求却大不相同。

2.1 适合热量计量表的供暖系统形式

由上述可知热量计量表是测量供暖系统用户的流量和供、回水温度，因此要求供暖系统设计时每一户要单独布置成一个环路。只要满足这一要求，对于户内的系统采用何种型式则可由设计人员根据实际情况确定。对于多层和高层住宅建筑来说，若想每一户自成一个环路，系统首先应具有与各户环路连接的供回水立管，然后户内可根据情况设计成：单管水平串联、双管水平串联。单管水平跨越式、双管水平并联式，上供下回式、上供上回等系统形式。

2.2 适合热量分配表的供暖系统形式

由热量分配表测试原理可知，无论任何供暖系统形式，其热量分配表仅是对散热器平均温度和室内温度的测量。因此热量分配表可在各种供暖系统形式中进行按户计量。但是，为节能和调控室内温度，系统中需设置温控阀，而有的系统不适合安装散热器温控阀；所以不加跨越管的单顺流式系统不适合按户计量。

3 按户计量对建筑的要求

按户计量在我国是一项新的技术，而设计符合按户热表计量的供暖系统形式是这项技术的难点。通过试点工程的研究，暖通设计人员感到：必须在建筑设计上就考虑按户安装热表的供热系统的布置。

3.1 对建筑平面设计的要求

对于采用热量计量表进行按户计量时，平面应考虑布置供、回水立管的布置，为便于安装维修和热表读值，应设置单独的管道井，管道井可布置在楼梯间或户内的厨房等处，此时应考虑加大楼梯间或厨房的尺寸。由于户内单独成为系统环路，因此管道增加，所以户内各房间平面布置时应考虑使管道减少长度和散热器布置方便，如：系统管道减少过门。散热设备相对靠近等。

3.2 管道的布置

按户安装热表时，水平系统的管道过门处理比较困难，若能对过门管道在施工中预先埋设在地面内，将使系统的管道得到较好的布置。实施按户热表计量，室内管道增加，这既影响美观也占用了有效使用面积，且不好布置家具，若能对部供暖系统管道进行暗设，将解决这一问题。因此，建筑设计时，可能时应考虑管道暗设。

3.3 层高的要求

对按户设热量计量表的单独环路，由于室内需设供、回水干管。因此以往的标准层高不利于管路的布置，需增加层高。至于层高的尺寸，可视室内供暖系统的具体形式确定。

4 我国的按户计量方式和供暖系统的形式

近几年我国对集中供暖按户计量进行一些研究，取得了一些经验。在北京、天津、哈尔滨、烟台、长春等地相继建立集中供热按户计量的住宅。这些试点的计量方式大部分用热量分配表，也有的设计采用热量计量表使各户自成系统。

4.1 按户计量的仪表

国内试验研究中大多采用国外的蒸发式热量分配表。该仪表价格较低，安装方便，适合于各种供暖系统的按户计量。因此，有人认为国内实施按户计量应采用该计量方式并开发国内产品。为实施按户计量，国内已研制热量计量表，并开始生产，但因价格等原因，目前使用较少。为减少按户计量的仪表投资，国内有的人员开始研究流量式按户计量方式，即采用热水表进行计量，并认为每户供回水温差相等，利用每户的水流量来分配总的用热量，并探讨了使用热水表实现住户供暖用热计量的四种具体计算方法。目前国外的厂商也纷纷关注我国的市场，并带来了各型号的仪表。

4.2 供暖系统的形式

按户计量已逐渐被人们重视和接受，在《民用建筑节能设计标准（采暖居住建筑部分）》（JGJ26—95）中明确规定：在进行室内采暖系统设计时，设计人员应考虑按户计量和分时控制温度的可能。

4.2.1 既有住宅建筑供暖系统的改造

从目前一些试点研究结果看，对既有住宅建筑实施按户计量的供暖系统改造，应基于原有的系统尽量减少改造的工作量。由于我国既有住宅建筑大多数都是采用单管顺流式。因此，主张在立管上加跨越管，然后装设调温设备和在散热器上装热量分配表。若原供暖系统是水平串联型式，在改造时，也应考虑到系统应满足每组散热器流量的可调性。对于装调节装置就可调节流量的其他系统型式，如双管系统等，可直接在系统上加温控阀和在散热器上装热量分配表。

4.2.2 新建居住建筑供暖系统的设计

对于新建的居住建筑若采用热量分配表进行按户计量，只要是能满足各组散热器具有可调的系统型式均可以，无论是单管跨越管系统还是双管系统。但是从调节、运行效果、维修方面考虑，双管供暖系统是较理想的一种系统形式对于采用热量计量表进行按户热表计量时，对于户内的系统，宜采用单管水平跨越串联或双管水平并联。若不对每组散热器进行温

度控制也可采用单管水平串联。当然也可以根据具体情况设计成其他满足计量要求的系统形式。

4.3 户内独立系统的设计布置

连接户内环路的供回水立管在平面的位置应以利于户内独立系统的布置为原则。有时为减少室内管道过门的麻烦，必要时供回水立管并不一定要相邻设置。传统的做法是将散热器布置在外窗下，但有时设在外窗下会加大管道长度和使管道穿过阳台门而不好处理，因此可根据实际情况将散热器布置在内墙，据有关资料表明，安装在内墙的散热器有利于放热。条件允许时应将供、回水立管设置在建筑物的北向楼梯间或北向的厨房、卫生间内。这样，户内系统的走向可由北向房间进入南向房间，这在系统不设温控阀时，有利于减小南北向房间失均。对于房间较多的住户，一个水平环路不好布置时，可从热表后再分出两个或多个并联环路进行布置。这可减少系统的长度，并可方便系统的布置。

4.4 按户计量的试验工程

全国多个单位的试验都取得了一定的经验，现仅简单介绍其中几个的一般情况。

长春市由吉林省建筑设计院设计的七层宿舍楼，建筑面积约，设计时采用热量表进行分户计量。整栋建筑物的供暖系统为上供下回机械循环、每户人口装热量表自成一个户内系统，并采用水平串联式，阀门。热量表、供回水立管设在楼梯间的管道井内，管道井尺寸一般 1000mm x 500mm，并设检查门。单元内每层几户即在楼梯间设几个管道井，如一层三户即在楼梯间设 3 个管道井，并分别靠近相应住户。由于户内系统是水平串联，过门的管道埋设在门下地面内。

哈尔滨市房地局建造一栋七层住宅楼面积 4000 立方米，采用丹麦的蒸发式热量分配表和温控阀，供暖系统为上供下回双管式，在系统人口装设了总热量表。为便于计量和调节，每组散热器的供水管安装丹佛斯的温控阀，在每组散热器表面安装了蒸发式热量分配表。据了解系统设计时除考虑设置温控阀增加阻力外，其他均按通常设计进行。

在哈尔滨进行的既有住宅建筑节能改造示范中对既有住宅建筑的采暖系统进行改造。改造对象是七层住宅楼，建筑面积 2442m²，将原两个单元的上供下回供暖系统分别改造成带跨越管式上供下回和水平式系统。带跨越管的单管系统采用丹麦的恒温阀或国产的三通阀进行调节，通过测量散热器表面温度和室内温度计量热量，水平式系统采用意大利的电磁阀进行调节，通过测量水流量及供回水温度计量热量，每户的所有数据通过导线传输到楼梯间的控制板 (Control Panel)，再传到中心控制板，通过计算机进行获取数据和控制。

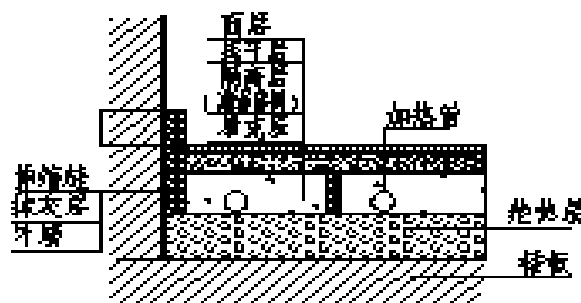
5 地板辐射采暖分户计量系统的特点

5.1 运行工况

与传统散热器形式采暖系统比较，地板辐射采暖系统供水温度低 ($\leq 60^{\circ}\text{C}$)、供回水温差小 ($\leq 10^{\circ}\text{C}$)，因此可不考虑温差对热量计量结果的影响。比如分别将热量表装设在供回水管上，因为流量传感器测量的是体积流量，而热量的计算是通过质量流量进行的，当供回水温差较大时，密度的变化会影响热量计算结果的准确性。

5.2 敷设方式

管道暗敷于本层地面下，地面构造由楼板或土壤相邻的地面、绝热层、加热管、填充层、找平层和面层组成。图一为管道辐射地面构造示意图。



图一 楼层地面构造示意图

5.3 其它

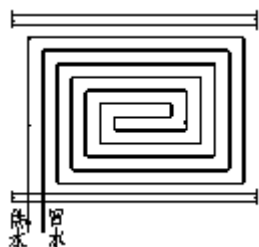
地板辐射采暖系统还具有不占用室内空间，提高了人体舒适度等优点。另外，供热系统的“大流量 小温差”可提高系统的水力稳定性。

6 地板辐射采暖分户计量系统的布置形式

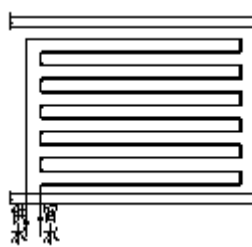
6.1 户内管道布置形式

地板辐射采暖每户单独配置分集水器，分集水器设在主管附近的厨房或卫生间内。户内各主要房间，宜分环路布置加

热管，各环路长度尽量相同或接近。加热管的布置应本着保证地面温度的均匀的原则进行，宜将高温管段优先布置于外窗、外墙侧，使室内温度分布尽可能均匀。常见两种布置形式分别为：回折型（见图二）与平行型（见图三）。



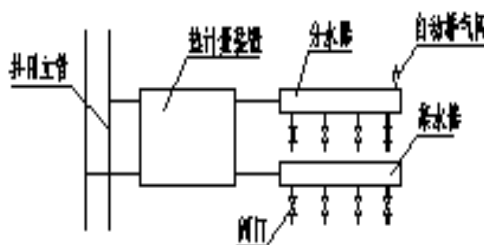
图二 回折型布置



图三 平行型布置

6.2 计量装置布置形式

供暖系统形式要与所采用的热计量方式相匹配，并满足室温可调节、分户供热量可计算的要求，且便于运行管理和控制。采用分户计量表计量方式时，宜采用共用立管的分户独立系统形式。热力入口的供水管上宜设置一级或两级过滤器（3.0mm孔径的粗过滤器和60目的精过滤器），回水管上宜设置滤网规格不小于60目的过滤器。热力入口供、回水管上需设置必要的压力表或压力表管口，以观测热力入口的资用压头，直接或间接地判断过滤器两端的压差，观测自力式压差控制阀或自力式流量控制阀的阀后系统压差。采用分户计量表计量方式时，户内系统入户装置包括供水管上的锁闭调节阀（或手动调节阀）、户用热量表、滤网规格不低于60目的水过滤器及回水管上的锁闭阀（或其它关断阀）等部件。图四为地板辐射采暖分户计量系统图。



图四 地板辐射采暖分户计量系统图

7 地板辐射采暖分户计量系统的调节与温控

7.1 调节

地板辐射采暖系统可以变温度和变流量运行调节，在加热管与分水器、集水器结合外，分路设置远传型自力式或电动式温控阀，通过各房间内的温控器控制相应回路上的调节阀，来控制各房间室内温度。

7.2 温控

恒温阀的感温原件类型应与地板盘管的安装情况相适应。按通过恒温阀的水量和压差确定恒温阀的规格，恒温阀全开时的阻力不宜小于环路总阻力值的50%，两端压差应小于30kPa。恒温阀应具备限定最小流量的防冻功能。

8 地板辐射采暖分户计量系统的计量

8.1 热计量方式

通常地板供暖系统常采用户用热量表方式为佳，即在每户入户装置处设户用热量表，并在每栋或几栋住宅的热力入口处设一个总热量表。分户计量系统所采用的各种热量表，应符合国家规定现行行业标准《热量表》（GJ/T128--2000）的要求。

8.2 热计量装置

热量表选型时宜使其流量范围、设计压力、设计温度等与实际工况相匹配，并注意其对安装空间的要求和流量传感器的连接方式。热力入口总热量表的额定流量，宜与系统设计流量的80%相对应。户用热量表的额定流量，要与系统设计流量相对应。共用一个总热量表的各热用户的热计量方式及热计量装置的种类和型号应统一。热力入口处的总热量表和户用热量表应选用低阻表。总热量表口径为DN50~70时宜采用机械旋翼式热量表，口径为DN80~150时宜采用超声波式或机械旋翼式热量表，口径超过DN200时宜采用超声波式热量表。户用热量表宜采用机械旋翼式或超声波式热量表；热力入

口的总热量表,宜采用流量传感器和计算器合为一体的内装电池整体式热量表。

9 地板辐射采暖分户计量系统热负荷计算

9.1 计算温度

实施分户热计量住宅的供暖热负荷,要按现行《采暖通风与空气调节设计规范》及相关规范进行计算,主要房间如卧室、起居室和卫生间的室内计算温度,要在相应的设计标准上提高 2°C 。另外需要考虑户间传热量(注:户间传热量,只作为计算户内散热设备和采暖管道的附加负荷,不应计入建筑物采暖总热负荷),地板辐射采暖时,户间温差取 8°C 。以户间传热量的0.5或0.7作为附加热负荷(中间层为0.5;顶层为0.7)。

9.2 计算方法

地板辐射采暖由于存在辐射和对流换热的综合作用,对房间供暖形成较合理的温度分布和热辐射作用。故在热负荷计算时常采用下列两种方法:

(1) 降低温差法

热负荷计算仍按对流供暖时进行,但室内空气计算温度降低 2°C 。

(2) 系数修正法

$$Q_f = KQ_d$$

式中: Q_d 为对流供暖时的热负荷; Q_f 为辐射供暖时的热负荷; K 为修正系数,一般取 $K=0.9 \sim 0.95$ 。

10 结论

低温热水地板采暖分户计量系统是一种易调、易控、节能、舒适度好的供暖方式,是地板采暖与热计量系统的有机结合。提高和完善地板采暖的技术,推进我国热计量技术的发展,对我国提高供暖质量和推进节能有十分重要的意义。

按户计量在我国还处于试验研究阶段。国内研制的计量仪表还需进一步完善。目前的重点放在如何进行按户计量:但是计量仅是计量收费的前提,制定如何收费的方法仍需进一步研究。

本文仅对如何实现按户计量对系统的要求进行了探讨。但是按户计量的目的是为了达到建筑节能。因此,供暖系统除能满足按户计量的要求还应对室温调控的装置。使其既能达到节能又能按人们的要求调控室内温度来改善居住热环境。

按户计量是新的供暖技术,除暖通专业人员的努力外,更需建筑专业的配合。尤其新建的居住建筑更是如此,应避免建筑上的约束而使供暖系统的设计先天不足,使得新的供暖技术得不到发展。在目前的研究阶段应对建筑要求进行研究,使建筑设计能更好的满足按户计量的实现。