

严寒地区采暖分户计量节能运行管理分析

刘春祥

包头市热力（集团）有限责任公司 内蒙古 包头 014030

摘 要：严寒地区采暖能耗占建筑运行能耗比重显著，分户计量作为热计量改革的核心手段，对促进用户节能行为、提升供热系统能效具有关键作用。然而，严寒地区特有的气候条件、建筑热工特征及供热运行模式，给分户计量的精准实施和节能管理带来诸多约束。本文从严寒地区采暖能耗特征出发，分析分户计量的节能激励机理与适用性边界，系统梳理运行管理中热计量装置、热费结算、水力平衡等关键环节，进而构建涵盖行为引导、技术集成和制度监管的节能运行管理策略体系。针对当前存在的计量准确性、热价公平性及用户参与度等突出问题，提出改进路径。研究表明，分户计量节能效果的释放依赖于技术、管理与行为的协同优化，严寒地区需建立适应性更强的动态调节与多方共治机制。

关键词：严寒地区；采暖分户计量；节能运行管理；热费结算；行为节能

引言

我国严寒地区冬季漫长、气温极低，采暖期普遍长达五至六个月，建筑采暖能耗约占其总能耗的百分之六十以上。在碳达峰、碳中和目标驱动下，建筑采暖领域节能降碳任务紧迫。分户计量供热方式通过按实际用热量收费，旨在打破“按面积收费”下“用多用少一个样”的僵化模式，从需求侧激发节能内生动力。自 2000 年以来，国家相继出台多项政策推动供热计量改革，分户计量在新建及既有建筑改造中逐步推广。然而，实践表明，严寒地区分户计量的实际节能效果远未达预期，部分项目甚至出现“计量不收费、收费不计量”的尴尬局面。究其原因，并非分户计量原理失效，而是在严寒地区的特殊运行环境下，计量技术适应性、热价形成机制、管网调控能力以及用户行为响应等管理要素未能有效协同。

1 严寒地区采暖能耗特征与分户计量适用性

1.1 严寒地区气候与建筑热工特性

严寒地区通常指累年最冷月平均温度低于零下十摄氏度的区域，其冬季室外计算温度可达零下二十至三十摄氏度，极端低温甚至低于零下四十摄氏度。如此严酷的气候条件决定了采暖需求具有强度高、持续时间长、负荷波动大的特点。建筑围护结构传热系数虽经节能标准提升有所降低，但室内外温差过大使得基本热负荷居高不下。同时，严寒地区建筑多为密集型多层或高层住宅，集中供热系统是主流供暖方式，管网规模大、热惰性大。这些特征意味着，采暖能耗

基线水平较高，节能潜力存在于用户端行为调节与系统端运行优化两个层面，但两者均受到气候刚性的限制——即使用户主动调低室内温度，也需保证基础防冻温度，节能空间并非无限。

1.2 分户计量对节能行为的激励机理

分户计量的核心逻辑是将热费与用热量直接挂钩，使用户边际用热成本显性化。从经济学角度看，当用户面临正的价格信号时，理性选择是在舒适度与用热支出之间寻求均衡，从而减少过度供热、开窗散热等浪费行为。行为学视角下，分户计量还通过能耗反馈机制增强用户的节能认知，促使其关注室内温控调节、分时控温等操作^[1]。理论研究表明，在其他条件不变时，分户计量可比面积制收费降低采暖能耗约百分之十至百分之二十五，且节能效果与热价水平、温度调节灵活性正相关。然而，这一激励效果在严寒地区会被部分抵消：由于基础热负荷占比高，用户可调节的“行为节能”空间相对有限，且极端低温时段用户为保障舒适度往往不愿调低温度，价格弹性较温和气候区偏小。

1.3 适用性边界条件

分户计量并非普适性技术方案，其在严寒地区的适用性受多重边界条件约束。其一，建筑围护结构节能基础决定计量节能的边际收益——若建筑保温性能差，大量热量通过围护结构散失，用户调节室内温度的效果大打折扣，计量收费反而可能增加低收入群体负担。其二，供热系统形式影响计量实施可行性，垂直单管串联等老旧系统难以实现分户独立调节，改造代价高昂。

其三,热源调节方式与计量方式须匹配,若热源不能根据总用热量变化进行动态调峰,则用户侧节能无法转化为实际燃料节约,分户计量沦为“数字游戏”。因此,严寒地区推行分户计量需以建筑节能达标、供热系统可调控、用户具备调节能力为前提,脱离这些条件盲目推行,既无节能实效,亦失管理公平。

2 分户计量系统运行管理的关键环节

2.1 热计量装置选型与数据管理

严寒地区常用热量表基于热焓差法测量供回水温差与流量,但低温工况下温差信号微弱,仪表误差容易放大;同时,水质硬度高易导致流量传感器结垢,影响长期稳定性。超声波热量表虽精度较高,但价格昂贵且对安装直管段有严格要求。因此,选型需综合考虑气候适应性、抗冻性能、防护等级及通讯功能,不宜单纯追求低价。更为关键的是数据管理环节——海量用户热量数据须经采集、校验、存储、分析全链条管理,才能为收费和调控提供有效支撑^[2]。当前诸多项目存在数据采集频率不合理、远传系统故障率高、缺失值处理随意等问题,导致计量数据公信力不足。应建立分级的计量数据质量评价标准,对异常数据进行自动识别与人工复核,并保障用户查询权限,以增强计量透明度和用户信任。

2.2 热费结算机制与价格杠杆

现行模式多采用“基础热费加计量热费”两部制,其中基础热费覆盖固定成本,计量热费体现实际用热。基础热费占比若过高,则削弱了计量部分的边际激励效果;若过低,则供热单位固定成本回收困难。严寒地区由于基本热负荷大,基础热费占比通常在百分之四十至六十之间,这在一定程度上钝化了价格杠杆的调节作用。定价层面,计量热价应根据燃料成本、管网损耗等因素动态调整,但调价周期过长、公众参与不足导致价格信号滞后于市场变化。此外,极端低温月份用热需求刚性增强,若热价梯度设计缺乏弹性,可能引致用户“节能乏力”或“节能致贫”的两难困境。合理的结算机制应兼顾节能激励、成本回收与社会公平,探索季节性差异化热价、阶梯式热价等精细化方案,使价格信号在节能引导与民生保障之间取得动态平衡。

2.3 供热系统水力平衡与调控

若管网水力失调,远端用户流量不足、近端用户流量过剩,则计量收费将严重偏离实际热舒适水平——近端用户即便开窗散热,热量表读数仍偏高,而远端用户室温不达标却仍需缴费,这必然引发用户抵触情绪,瓦解计量节能的正向激励。水力平衡调节需贯穿从热源、

热力站到楼栋、户内的全链路,包括安装静态平衡阀或动态压差控制阀、采用变频循环泵实现变流量调节、以及基于气候补偿的供温温度优化等。在调控策略上,应依据室外温度变化曲线主动调节一次网供热量,同时根据各楼栋实际热需求二次网侧进行按需分配^[3]。需特别指出的是,分户计量并非对水力平衡的否定,而是对其精细度提出了更高要求——只有实现“按需供热、精准输送”,用户侧调节才能真正传导至系统侧节能。当前严寒地区大量既有管网老化、调节手段粗放,亟需将水力平衡改造与分户计量推广同步实施,而非分而治之。

3 节能运行管理的策略体系

3.1 基于行为引导的管理策略

第一,建立常态化的能耗信息反馈机制,通过手机应用、智能终端等向用户推送每日或每周用热量、室内外温差对比及节能建议,使抽象的热量消耗转化为直观的行为认知。第二,引入社会比较策略,向用户展示其所在同楼栋或同类型建筑中的能耗排名,利用社会规范压力促使高能耗用户自我调整,但需注意隐私保护与数据脱敏。第三,开展节能知识宣教与技能培训,针对严寒地区居民习惯——如长时间开窗换气、覆盖散热器等——进行针对性的行为干预,推广间歇供暖、合理设定夜间温度等操作技巧。行为策略的关键在于持续性与互动性,而非一次性宣传,可通过设立“节能家庭”评比、积分兑换等激励措施,将短期节能行为固化为长期生活习惯。

3.2 基于技术集成的优化策略

需从“源-网-荷-户”全链条进行集成优化。在热源侧,推广气候补偿控制和质调节与量调节组合策略,使供热量随室外温度变化动态匹配总热负荷,避免过量供热。在管网侧,部署智能平衡阀与无线传感器网络,实现二级网分布式变频调节,实时消除水力失调,确保各楼栋及单元流量分配合理。在户端,推广带有室内温控器的智能热量表,允许用户分室、分时设定温度,并接入楼宇自动化系统形成闭环反馈^[4]。更为重要的是构建统一的供热运行管理信息平台,将气象数据、热源出力、管网工况、户端计量数据进行融合分析,利用大数据算法识别异常能耗、预测负荷变化、优化调控参数。技术集成不是设备堆砌,而是以数据流为纽带,使各环节从“各自为政”转向“协同响应”。严寒地区应优先改造调节能力差的支线管网,逐步升级通讯基础设施,并为老旧小区提供低成本无线改造方案,避免技术过度超前造成投资浪费。

3.3 基于制度保障的监管策略

监管策略应聚焦三个层面：其一，完善供热计量与节能管理的地方性法规，明确供热单位、物业公司、用户各方在计量运行维护、数据报送、故障处理中的权责，设定计量装置检定周期与更换标准，对数据造假、人为阻断计量等行为设定罚则。其二，构建第三方能效审计与考核制度，由独立机构定期评估分户计量项目的实际节能量、用户满意度及系统运行效率，将考核结果与供热单位经营许可、财政补贴挂钩，倒逼其重视运行管理质量而非仅完成安装指标。其三，建立用户参与和投诉反馈制度，设立便捷的异议申诉渠道，当用户对计量读数或热费有争议时可提请复检，并由供热单位承担举证责任，以保障用户权益。此外，应探索将分户计量节能效果纳入城市碳排放核算体系，为供热单位提供碳减排收益预期，激发其主动优化的内生动力。制度设计需因地制宜，充分考虑严寒地区市县级政府的监管能力和基层供热企业的执行条件，避免“制度空转”。

4 现存问题与改进路径

4.1 计量准确性及运维短板

当前严寒地区分户计量普遍面临装置故障率高、检定周期不落实、运维资金短缺等问题。热量表长期在低温高湿环境中运行，电池寿命缩短、传感器漂移、积分仪显示异常等现象频发，而供热单位出于成本考量往往延迟维修或采用估算值替代。改进路径包括：建立计量装置全生命周期档案，实施定期轮换与在线比对校验；推行“计量即服务”模式，由专业第三方公司负责设备投资与运维，通过节能量分成回收成本；同时，在技术层面探索无磁流量测量、自供电热量表等新型方案，降低维护依赖。

4.2 热价形成与收费公平性

热价调整机制僵化、交叉补贴复杂是另一核心矛盾。按面积收费时期产生的内部交叉补贴在分户计量后被打破，边角户型、顶层底层等热耗较高用户的实际热费显著上升，容易引发公平性质疑。改进方向为：在热价制定中充分考虑建筑热工性能差异，对保温条件差的用户给予适当的热费折扣或补贴；建立热价定期联审制度，将燃料价格、运行成本、居民承受能力纳入综合定价模型；引入“热保险”或“热费缓缴”机制，帮助低

收入群体应对极端低温月份的高额账单。

4.3 用户参与度与信息透明

用户对分户计量的认知度和参与度偏低，多数居民不清楚自身用热量构成及节能方法，供热单位也缺乏主动公开数据的动力。信息不对称导致信任缺失，部分用户甚至人为干扰计量装置。改进路径包括：强制要求供热单位每年至少两次向用户提供详细的用热报告，包括热量消耗、室外温度对应情况、同类型用户基准线等；设立社区节能辅导员，由基层网格员协助居民解读数据并优化调控习惯；在政策层面推动计量数据开放共享，在保护隐私前提下将脱敏数据用于公众教育与学术研究，形成社会共治氛围。

5 结语

严寒地区采暖分户计量并非一项简单的设备安装工程，而是涉及技术适配、经济激励、行为干预与制度约束的系统性管理命题。本文分析表明，分户计量的节能效果在严寒地区受气候刚性、建筑热工、管网条件等多重因素制约，其成功实施必须以系统水力平衡、合理热价结构和用户积极参与为前提。节能运行管理应摒弃“装表即节能”的线性思维，构建“技术集成—行为引导—制度保障”三维协同的策略体系，同时正视计量准确性、热价公平性、用户信息权等现实短板，通过精细化改进释放分户计量的潜在节能红利。未来研究应进一步关注不同建筑类型、不同用户群体下分户计量节能响应的差异化规律，以及智能化技术赋能下的动态管理新模式，为严寒地区清洁供热与低碳转型提供更坚实的理论支撑。

参考文献

- [1] 王海超, 李先庭, 刘晓华. 严寒地区居住建筑供暖能耗影响因素分析 [J]. 暖通空调, 2023, 53(4): 89-96.
- [2] 张艳红, 田贯三, 王强. 供热分户计量推行中的障碍与对策研究——基于北方十五城的调查 [J]. 建筑经济, 2022, 43(7): 75-81.
- [3] 陈振乾, 李敏, 周欣. 热计量收费模式下用户节能行为影响机理及实证 [J]. 资源科学, 2024, 46(2): 312-323.
- [4] 刘京, 赵加宁, 高军. 基于水力平衡的供热系统节能调控技术综述 [J]. 建筑科学, 2023, 39(10): 201-209.