

上海中心城区大型公建节能与能效监控 公共服务平台的创新研究与实践 技术报告

真空绝热管

此处可插入与项目相关的图片，如示范工程的图片等

该页用作封面，成稿后，请删除该文本框

备注：该报告封面请使用白色硬卡纸，全册采用胶装方式装订
文档中红色部分标示需要修改的部分，成稿后请最终以黑色替换

页面设置：上 3cm；下 3cm；左 2.8cm；右 2.6cm

正文：宋体 小四；行距设置：1.5 倍行距

本样本仅用于市科委节能减排与新能源专项课题项目验收用

铜衬芯（标准铜导体）

《上海中心城区大型公建节能与能效监控公共服务平台的创新研究与实践》

课题组

二〇一五年四月

上海中心城区大型公建节能与能效监控 公共服务平台的创新研究与实践 技术报告

本页用作扉页，成稿后，请将该文
本框删除

《上海中心城区大型公建节能与能效监控公共服务平台的创新研究与实践》

课题组

二〇一五年四月

课题主持单位（总课题承担单位）

上海新长宁低碳投资管理有限公司

参与研究单位（子课题承担单位）

同济大学

目录

1.背景.....	3
2. 国际流行节能量计算方法介绍及分析评价.....	4
2.1 节能量计算方法介绍.....	4
2.1.1 国际能效测量和验证规程（IPMVP）介绍.....	4
2.1.2 美国采暖、制冷与空调工程师学会节能量审核标准（ASHRAE Guideline 14）介绍.....	7
2.1.3 《公共建筑节能改造技术规范》介绍.....	8
2.1.4 《节能量测量和验证技术通则》介绍.....	8
2.2 各种节能量审核方法与标准的分析.....	9
2.2.1 国际能效测量和验证规程（IPMVP）分析.....	9
2.2.2 美国采暖、制冷与空调工程师学会节能量审核标准（ASHRAE Guideline 14）分析.....	10
2.2.3 《公共建筑节能改造技术规范》分析.....	10
2.2.4 《节能量测量和验证技术通则》分析.....	11
2.3 四种节能量计算方法的比较.....	11
3.基于分项计量平台的节能量计算与核准方法.....	12
3.1 术 语.....	12
3.1.1 分项计量 sub-metering.....	12
3.1.2 改造前能耗 energy use.....	13
3.1.3 当前能耗 post-retrofit energy use.....	13
3.1.4 基准能耗 baseline energy use.....	13
3.1.5 改造前能耗的调整 baseline adjustments.....	13
3.1.6 节能量 energy saving.....	13
3.1.7 独立变量 independent variables.....	13
3.1.8 运行条件变化.....	14
3.1.9 相似日 similar day.....	14
3.1.10 改造隔离 retrofit isolation.....	14

3.1.11 回归模型 regression model.....	14
3.1.12 合同能源管理 energy management contract.....	15
3.1.13 月累积室外温度 Monthly cumulated outdoor temperature	15
3.2 节能量审核与计算基本概念.....	15
3.2.1 基本概念.....	15
3.2.2 基准能耗确定方法.....	16
3.3 长宁区节能量检测和验证方法.....	20
3.3.1 方法 A: 部分变量测量, 改造部分隔离	22
3.3.2 方法 B: 全部变量测量, 改造部分隔离.....	24
3.3.3 方法 C: 全楼宇验证.....	32
3.3.4 方法 D: 校正模拟验证	34
总结.....	38
附件 1. 各类建筑节能改造技术汇总.....	40
1.办公建筑节能改造技术汇总表.....	40
2.宾馆饭店建筑节能改造技术汇总表.....	42
3.商场建筑节能改造技术汇总表.....	45
4.体育建筑节能改造技术汇总表.....	48
5.中小学校节能改造技术汇总表.....	51
附件 2.分项计量下的节能量计算核准算法标准流程图.....	54
算法 A 流程图:	54
算法 B 流程图:	55
算法 C 流程图:	56

1.背景

目前国际上,通用的测试和验证(M&V)标准及协议为节能效果的测量与验证提供了坚实的基础。除了大家耳熟能详的国际能效检测与确认规程(International Performance Measurement and Verification Protocol, IPMVP),美国能源部早在2000年就编制了《联邦政府节能项目验证和测试指南》(Measurement & Verification for Federal Energy Projects),ASHRAE则编制了更为详尽的《节能效果测试方法指导》(ASHRAE Guideline 14-2002),这些详细的技术指导手册对如何确定基准能耗做了科学和详尽的阐述,为美国ESCO公司和用能单位提供了标准的技术平台。近年来,我国也开始尝试制定和编写节能量的测量和验证的标准或指南,例如《公共建筑节能改造技术规范》、《节能量测量和验证技术通则》等。

其中,IPMVP方法是目前LEED认证所参照的主要方法,IPMVP作为一种国际认可的规程,通过科学合理的测评来确定能源管理项目所产生的节能量。许多北美公用事业公司和节能服务公司已把IPMVP当作业界节能量测量和验证的标准方案。

ASHRAE Guideline 14方法作为IPMVP计算方法的主要参考文本,其对各种情况下建筑节能改造所带来的节能量的计算分析方法的描述非常详细,并且针对每一种计算方法,都给出了具体的计算参数以及计算方法,是工程师们进行节能效果评估的计算“手册”,其对节能量审核的步骤和计算思路与IPMVP相似。

《公共建筑节能改造技术规范》为中华人民共和国行业标准,由中国建筑科学研究院主编,参考国内外相关标准,并在广泛征求意见的基础上制定的规范。“规范”提出了三种节能改造效果评估方法,但其中各种方法的大部分操作过程并未给出明确的操作方法,是一份具有一定概述性和指南性的文件。

《节能量测量和验证技术通则》由全国能源基础与管理标准化技术委员会归口,适用于节能技术改造项目的节能量测量和验证,新建类项目、管理类项目的节能量测量和验证也可参考使用。但其同样缺乏操作细节,可操作性不强。

上述节能量计算与审核方法在实际的节能量计算过程中,大多只能起到指导作用。在用于现实中的节能改造案例的节能量审核与计算时,还须根据实际情况去进行灵活的变通,以得到更为准确的节能量。特别的,参与本项目的长宁区公共建筑都安装了较为完善的分项计量系统,因此我们可以直接从分项计量平台上获得设备或系统节能改造

前后的能耗数据，此时再结合其它的变量记录就可以直接获得准确的节能量。这样就省去了上述节能量计算方法中的实地测量的工作量，节省时间和人员的同时也提高了计算结果本身的准确性。

2. 国际流行节能量计算方法介绍及分析评价

2.1 节能量计算方法介绍

本节旨在对四种节能量测试与验证方法进行详细介绍：国际能效测量和验证规程（IPMVP）介绍美国采暖、制冷与空调工程师学会节能量审核标准（ASHRAE Guideline 14）、《公共建筑节能改造技术规范》和《节能量测量和验证技术通则》。

2.1.1 国际能效测量和验证规程（IPMVP）介绍

国际能效检测与确认规程（International Performance Measurement and Verification Protocol, IPMVP）是目前国际上被普遍认可和广泛采用用于检测和验证节能量的基础方法与规程。IPMVP 是由美国能源部（DOE）为了将各种关于节能量的验证规程进行统一和规范而邀请来自 15 个国家的 150 多名志愿者开发编撰而成，并将其应用和普及到节能改造和能效项目中。IPMVP 自开发以来，得到国际节能业界的广泛关注。2001 年，美国能源部将 IPMVP 有关的事务移交给 EVO，着手向世界其他国家推广和开发应用 IPMVP。2007 年 3 月，最新版 IPMVP 出版，2009 年，IPMVP 中文版发布。最新版包括三卷，内容包括：确立节能的概念和方案、室内环境质量和应用。

最新的 IPMVP 第一卷中，首先给出了节能量的定义（如图 1 所示）。基准能耗和报告期能耗需要通过实际计量的数据得到；调整后的基准能耗指的是如果不进行节能改造，在报告期将会消耗的能源数量，其数值通过建立基准能耗与影响能耗的某些因素的数学模型得到。因此，IPMVP 的节能量审核框架通常包括以下几个部分：

- 量边界的选择：由节能改造引起变化的区域，需要安装新的计量仪表测试。
- 测量期的选择：至少包括设备完整运行的一个周期以全面反映节能效果。
- 调整量的基础：常规调整如天气或产量调整等；非常规调整如设备运行调整等。
- 节能量审核过程。

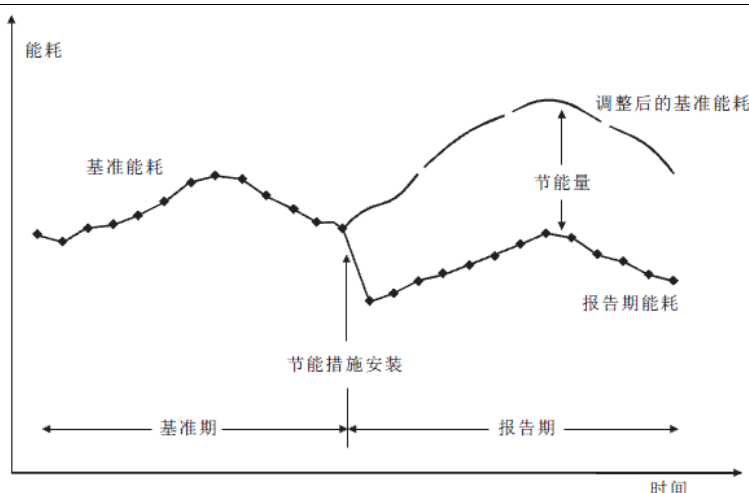


图1 节能量计算审核示意图

节能量审核过程是一个利用测量的方法来证明节能项目是否达到一定节能量的过程，通常应包括以下内容：

- 计量表的安装、校准和维护；
- 数据收集；
- 制定合适的计算方法或评估方法；
- 对测试数据的处理；
- 出具报告。

在实际确定节能量的过程中，首先要做的是根据不同的需求和现场条件选择节能量审核的基本方案，IPMVP中提供了4种基本的方法。

2.1.1.1 隔离改造部分：测量关键参数

IPMVP 指出，如果现场运行将安装节能设备的部分与其他部分隔离开，通过现场测量安装节能设备的能耗及一些关键的参数来确定节能量。如果某些参数对计算节能量影响很小，则可以采用估计值代替实测值，但需检查节能措施的方案和计算节能量的方案，以确保该参数可以使用估计值。

该方案适用于运行时间不变或者可约定，且设备功率固定的场合（如照明改造、高效电机替代等）。对于运行时间则可以采用约定或者估算的方式，不必进行测试。

该方法的典型应用为照明改造项目，其中耗电功率是关键参数，需要对其进行周期性测量。通过建筑物的运行安排和入住者的行为特点来估计照明系统的运行时间。

在有分项计量平台的条件下，可以直接使用分项计量平台获得设备的能耗和运行时

间，从而计算出节能量。省去了繁琐的现场测量，节省了人工的同时也提高节能量计算与审核的效率。

2.1.1.2 隔离改造部分：测量所有参数部分

IPMVP 中规定，如果现场运行将安装节能设备的部分与其他部分隔离开，通过现场测量安装节能设备的能耗及一些重要的参数来确定节能量。

该方案适用于运行时间恒定或者可估算，功率不恒定，需连续测试的设备，如变频改造等。

该方法的典型应用为采用变速拖动和控制技术来调节水泵流量。在电机的电源侧安装功率表测量电功率，功率表每分钟测量一次。在基准期，用功率表进行一周的测量来证明是恒定负荷，在报告期功率表持续测量。

可见，分项计量系统中，能耗数据和设备的运行时间是可以直接获得的。而此种方法，涉及到的其他变量大多为天气、人员等较易获得的参数，针对其他不易获得的参数仍需要的现场的调研。对于具有分项计量的情况，此方法的大多数改造案例，是不必进行繁琐的现场测量的。

2.1.1.3 全楼宇节能量及账单分析计算

节能改造项目复杂且相互有交叉，无法隔离的时候，通过测试整个设施的能耗水平来确定节能量。通过测量总体能耗，分析总表数据、电费账单等数据计算节能量。并使用简单比较法或回归分析法对改造前能耗进行一定的调整。

该方案适用于节能设备影响范围较广、难以明确隔离的场合，如整个大楼的综合节能项目等。

该方法的典型应用为综合能源管理计划影响耗能设施中的多个系统。要具备 12 个月（以上）的改造前能耗数据，并测量整个报告期的能耗数据。

可见对于这种基本方法，分项计量平台下，直接就可获得改造的总能耗。与此同时，设施内各个设备的分项能耗也可直接获得。不再需要收集账单数据，能耗数据的周期更为自由，不在受到账单周期的限制，最终可以使得节能量计算和审核更为准确。

2.1.1.4 校验模拟

通过模拟部分或者整个设施的能耗水平来测定节能量。模拟方法需要能够模拟设施中实际耗能的效果，要求检测人员在校验模拟方面有比较高级的技巧。通过模拟数据得

到校准后的基准数据，从而获得节能量。

该方案适用于节能设备影响范围广且无法隔离，基准数据未知，报告期安装了计量表具的场合。

该方法的典型应用为综合能源管理计划影响耗能设施中的多个系统，但在基准期没有计量表。

2.1.2 美国采暖、制冷与空调工程师学会节能量审核标准(ASHRAE Guideline 14)

介绍

ASHRAE Guideline 14 是由美国采暖、制冷与空调工程师学会所制定的，其目的在于满足计算与审核建筑节能改造过程所产生的节能量的需要。其中对于节能量审核与计算的方法与 IPMVP 中的规定相似，因为 IPMVP 的关于节能量计算中的大部分内容都参考自 ASHRAE 14，并且 ASHRAE 14 中对于节能量审核的具体使用方法都有明确的界定和说明，可以说在技术上为 IPMVP 提供了充足的参考以及补足。其对节能量的定义同样如 IPMVP 中所述(即图 1)，且对于节能量的审核过程与思路亦与 IPMVP 一致，因此不作赘述。

ASHRAE 14 主要提供了三种审核计算方法：

- 全楼宇节能量计算方法；
- 节能技术分项节能量计算方法；
- 全楼宇校核模拟节能量计算方法。

在节能技术分项节能量计算方法中针对系统运行情况又细分了四种情况下的审核与计算方法，因此更为详尽、并且对工程师来说在实际操作中更具有参考和借鉴意义。这四种情况为：

- 恒定负载，恒定运行；
- 恒定负载，非恒定工况；
- 可变负载，恒定运行；
- 可变负载，非恒定运行等

ASHRAE 14 与 IPMVP 相比内容更为详细，尤其在技术细节方面，对于不同情况的楼宇以及用能系统都提供了相应的节能量审核计算的解决方案，为工程上精确、缜密地

分析和计算项目实际节能量提供了可参考的具体操作方法以及计算案例，是目前世界范围内节能量审核与计算研究中起步较早且较为权威的规定和参考。同样，与 IPMVP 相似，在有分项计量平台的条件下，可以直接使用分项计量平台获得设备的能耗和运行时间，省去了繁琐的现场测量，节省了人工的同时也提高节能量计算与审核的效率。当涉及到的其他变量大多为天气、人员等较易获得的参数，针对其他不易获得的参数仍需要的现场的调研。可见对于这种基本方法，分项计量平台下，直接就可获得改造的总能耗。不再需要收集账单数据，能耗数据的周期更为自由，不在受到账单周期的限制，最终可以使得节能量计算和审核更为准确。

2.1.3 《公共建筑节能改造技术规范》介绍

《公共建筑节能改造技术规范》为中华人民共和国行业标准，由中国建筑科学研究院主编，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上制定的规范。其中第 10 章“节能改造综合评估”中的第 2 节阐述了节能改造的效果检测与评估。《公共建筑节能改造技术规范》中对于节能量的定义与 ASHRAE 和 IPMVP 中所述相同（即图 1），但并未提供在节能量审核过程中的具体操作和处理方法。对于节能量的审核过程与思路，其与 ASHRAE 和 IPMVP 也是一致的，并在《公共建筑节能改造技术规范》的附录中提到了主要针对天气这一独立变量的节能量修正方法。

“规范”提出了三种节能改造效果评估方法：

- 测量法；
- 账单分析法；
- 校准化模拟法

同时指出了在何种情况和条件下使用何种方法给出了界定和参考，但其中各种方法的大部分操作过程并未给出明确的操作方法，是一份具有一定概述性和指南性的文件。在使用分项计量计算节能量的时候，可将此规范作为参考，融入到测量和计算的方法和思想中。

2.1.4 《节能量测量和验证技术通则》介绍

《节能量测量和验证技术通则》是由全国能源基础与管理标准化技术委员会归口，由中国标准化研究起草。包括六方面的主要内容，其中第六部分“测量和验证方案”，

给出了三种节能量计算方法。

- “能耗基准—影响因素”模型法
- 直接比较法
- 模拟软件法

《节能量测量和验证技术通则》适用于节能技术改造项目的节能量测量和验证，新建类项目、管理类项目的节能量测量和验证也可参考使用。但是它只对这三种方法进行简单的介绍，并没有给出具体的细节，属于指导性的文件可操作性不强。

2.2 各种节能量审核方法与标准的分析

通过对各种节能量审核和计算方法了解，针对长宁区的特点对各种计算方法的优缺点进行分析与比较。

2.2.1 国际能效测量和验证规程（IPMVP）分析

IPMVP 方法是目前 LEED 认证所参照的主要方法，IPMVP 作为一种国际认可的规程，通过科学合理的测评来确定能源管理项目所产生的节能量。许多北美公用事业公司和节能服务公司已把 IPMVP 当作业界节能量测量和验证的标准方案。其对节能效果认证的步骤和过程有较为具体和详细的介绍和规定，并且节能量的审核与计算过程较为科学合理。其中所述的四种审核方案适合在不同的情况下使用。在国内目前通常的节能量审核过程中，一般只能获得基准期的总的电能表数据或者完全不能获得基准能耗数据，于是可以使用 IPMVP 的方案三和方案四来获得节能量认证。总体来说，通过 IPMVP 方法所计算获得的节能量是较为科学合理的，其对不同类型的工况进行了计算方法区分，为分项计量各设备节能量提供了良好的理论实施基础。

针对长宁区的特点，IPMVP 方法缺乏较为具有区域针对性的节能量审核方法，该方法比较适合针对单一既有建筑设计并使用“量身定制”的节能量计算与和审核方法。并且，在使用 IPMVP 方法四时，需要较多地依赖于核验人员的经验和能力，在涉及政府补贴或者合同能源贸易结算时难以保证令各方满意的准确度。在将该方法应用到本项目中时，审核工作的效率得不到保证并且操作上不易于推广。因此，此方法可以作为长宁区节能量计算方法的参照，通过结合长宁区的实际情况，对其进行改编，不失为一种可行的方案。

2.2.2 美国采暖、制冷与空调工程师学会节能量审核标准(ASHRAE Guideline 14)

分析

ASHRAE 14 方法作为 IPMVP 计算方法的主要参考文本,其对各种情况下建筑节能改造所带来的节能量的计算分析方法的描述非常详细,并且针对每一种计算方法,都给出了具体的计算参数以及计算方法,是工程师们进行节能效果评估的计算“手册”,其对节能量审核的步骤和计算思路与 IPMVP 相似。同时,ASHRAE 14 中还提供了三种不同计算方法的具体计算实例供参考,在实际项目应用中提供了一对一、手把手的参考。总体来说,工程师们能够通过 ASHRAE 14 方法针对单一建筑的节能改造获得科学合理的节能量计算认证。

针对长宁区的特点,ASHRAE 方法的缺点与 IPMVP 相同,即缺乏较为具有针对性的区域节能量审核方法,除此之外,其最大的应用难点便在于节能量的计算过程过于繁重,需要具有极其丰富的工程经验以及数学与模型功底工程师参与,每种方法的应用都需要经过严格以及繁杂的公式以及不确定度计算,在将该方法应用到本项目中时,审核工作的效率得不到保证并且操作上不易于推广,无法充分发挥本项目分项计量平台的优势。

2.2.3 《公共建筑节能改造技术规范》分析

作为我国建筑行业的行业标准,《公共建筑节能改造技术规范》为节能量计算与审核在我国的应用提出了指南性的参考与意见。在我国既有建筑节能改造节能效果评估方法缺乏较为统一与规范的情况下,“规范”中节能量计算方法对于国外相关成熟标准的参考是我国在建立科学合理的节能效果评估方法的过程中迈出的重要一步。

但是,“规范”中的主要内容在于阐述如何规范各种节能技术在既有建筑改造中的应用,并且提供了一些工程验收的强制性技术标准,但对于节能效果评估的阐述却不够具体和详细。在具体项目的节能量计算与审核过程中,“规范”无法提供详细的计算过程支持。同时,也缺乏适合长宁区特点的节能量计算与审核方法。总体上无法为本项目建立统一及规范的节能量计算方法提供较大参考价值 and 实际应用意义。

2.2.4 《节能量测量和验证技术通则》分析

《节能量测量和验证技术通则》介绍的三种节能量计算方法实质上 and IPMVP 中的基本方法类似，但是其中关于节能量的审核和计算方法只是给出了简单的介绍。并没有给出具体的细节，具有一定的指导意义，而可操作性不强。

2.3 四种节能量计算方法的比较

在对以上四种方法进行比较与分析之后，可以得出以下结论：

国际能效测量和验证规程（IPMVP）以及美国采暖、制冷与空调工程师学会节能量审核标准（ASHRAE Guideline 14）的方法在对节能量计算的科学性以及合理性上具有较大优势，而且对于每种节能量计算方法都有详细的介绍，具有较强的可参照性。但是其节能量计算方法中有部分操作过程却较为复杂且不宜推广，使得节能效果审核过程无法较为快速、有效率地推进。在本项目中，我们具有分项计量平台的优势，可以避免很多繁琐的现场测量和数据采集的限制。而且 IPMVP 和 ASHRAE Guidelin14 中难操作的节能量计算方法多为能耗数据等不完善或完全缺失的情况。恰巧，对于本项目而言，能耗数据完全缺失的情况基本上是不会发生的，这样就可以避免使用上诉难以操作的节能量计算方法。也使得节能量计算结果更为准确可靠。

《公共建筑节能改造技术规范》和《节能量测量和验证技术通则》中对于节能效果审核方法只是进行了介绍，并没有给出每种方法的具体操作过程。在实际项目操作过程中对不同的建筑改造项目很难从中找到可参照之处，只能作为指导。

总的来说，国际能效测量和验证规程（IPMVP）除了一些难以操作的部分以外，对采用分项计量计算建筑节能量还是很具有参照意义的。因此，在接下来的工作中，课题组拟通过参照国际能效测量和验证规程（IPMVP）中关于具体节能量计算方法，并参考与借鉴其他三种方法中有利于实现本项目中节能量计算与审核的优点，利用长宁现有的分项计量平台资源，编制一套针对长宁区“量身定制”的建筑节能改造的节能效果评估与审核方法。为未来各个楼宇节能改造工程完成后第三方节能效果审核机构进行规范准确、科学合理的节能量计算提供计算与审核依据。

3.基于分项计量平台的节能量计算与核准方法

通过以上分析,目前通用的测试和验证(M&V)标准及协议为节能效果的测量与验证提供了坚实的基础。例如,国际能效检测与确认规程(International Performance Measurement and Verification Protocol, IPMVP),ASHRAE 则编制了详尽的《节能效果测试方法指导》(ASHRAE Guideline 14-2002),这些详细的技术指导手册对如何确定基准能耗做了科学和详尽的阐述,为美国 ESCO 公司和用能单位提供了标准的技术平台。近年来,我国也开始尝试制定和编写节能量的测量和验证的标准或指南,例如《公共建筑节能改造技术规范》、《节能量测量和验证技术通则》等。

这些节能量计算与审核方法在实际的节能量计算过程中,大多只能起到指导作用。在用于现实中的节能改造的节能量审核与计算时,还须根据实际情况去进行灵活的变通,以得到更为准确的节能量。特别的,参与本项目的长宁区公共建筑都安装了较为完善的分项计量系统,因此我们可以直接从分项计量平台上获得设备或系统节能改造前后的能耗数据,此时再结合其它的变量记录就可以直接获得准确的节能量。这样就省去了上述节能量计算方法中的实地测量的工作量,节省时间和人员的同时也提高了计算结果本身的准确性。由此可见,在分项计量平台的基础进行节能量计算优势明显。利用分项计量进行节能量计算,具有能耗数据完善、可靠、细致等优点,使得分项计量下节能量计算方法的软件实现成为可能。

经过对国际上流行的节能量计算方法的研究,现将参照 IPMVP 和 ASHRAE Guideline 14,并结合《公共建筑节能改造技术规范》和《节能量测量和验证技术通则》制定出一套适用于长宁区的节能量计算和审核方法。此方法将充分挖掘现有分项计量平台的优势,给出一套计算结果准确、切合实际并且可操作性强的节能量计算方法。并作为今后软件实现的核心指导。

3.1 术语

3.1.1 分项计量 sub-metering

是指根据国家机关办公建筑和大型公共建筑消耗的各类能源的主要用途划分进行采集和整理的能耗数据,如:空调用电、动力用电、照明用电、特殊用电等。

说明:对于“具有分项计量数据”的界定应根据不同被改造部分区分,即并非只要

在改造前安装有分项计量电表就可按照“具有分项计量数据”的计算方法计算节能量。所具有的分项计量电表数据须超过能代表被改造部分性质的时间，如照明改造，所具有的改造前后分项计量数据须超过 1 周；热改造和冷改造，所具有的改造前后分项计量数据须涵盖整个采暖季或者制冷季等。节能改造项目中，只有能耗数据采集时间超过上述时间才可采用“具有分项计量数据”的计算方法。

3.1.2 改造前能耗 energy use

在节能改造前独立变量条件下，节能改造前改造范围内的能耗。改造范围可以是可被隔离的设备、系统，也可以是实施全面改造的整个建筑。

3.1.3 当前能耗 post-retrofit energy use

在节能改造后独立变量条件下，节能改造后改造范围内的能耗。改造范围可以是可被隔离的设备、系统，也可以是实施全面改造的整个建筑。

3.1.4 基准能耗 baseline energy use

在节能改造后独立变量条件下，节能改造前改造范围内的能耗。改造范围可以是可被隔离的设备、系统，也可以是实施全面改造的整个建筑。

3.1.5 改造前能耗的调整 baseline adjustments

由于改造前能耗与基准能耗处在不同的独立变量条件下，需对改造前能耗进行调整，使之与改造后的独立变量条件相适应，根据节能改造后独立变量进行调整后的改造前能耗，即为基准能耗。

3.1.6 节能量 energy saving

基准能耗和当前能耗的差值，即节能量 = 基准能耗量 - 当前能耗量。

3.1.7 独立变量 independent variables

建筑用能系统中影响能耗但与改造范围内系统无关的变量，称为独立变量。典型的独立变量包括天气参数、入住率、工业品生产率和产值，运行时间等。

3.1.8 运行条件变化

建筑用能系统影响能耗的相关变量，除了独立变量之外，还包括建筑物及设备系统在节能改造前后进行的房屋改建、使用功能变化、设备增减等情况。

3.1.9 相似日 similar day

用于分别测量改造前后用能量的两个或多个测试日，其中一天或几天的能耗代表基准能耗，另一天或几天代表改造后能耗，相似日的独立变量值相近。

说明：相似日除用于能耗的测量外，也可用于效率的测量。当改造所涉及的设备或系统的节能量，可以直接通过设备或系统能耗变化体现时，则可仅通过比相似日的能耗来计算节能量；当改造所涉及设备或系统的节能量受到除能耗外其他与改造措施无关的因素，如产量或负荷等影响时，则可以通过测量设备的效率，如单位产能的用能变化或单位负荷的用能变化，来反映改造前后效率的提升，以此作为节能量的确定依据。

对特定的项目进行相似日比较时，必须遵循如下几个要求：

- 根据项目所涉及的工艺流程或运行特点，列出所有可能影响该项目用能变化的独立变量，如产量，室外天气等，并根据所选取的独立变量对运行能耗的影响大小和方式，确定作为相似日选取依据的独立变量；
- 在进行相似日的挑选时，必须选择相关独立变量最接近的运行日。无法找到满足条件的相似日时，独立变量允许的偏差可由双方自行约定。

3.1.10 改造隔离 retrofit isolation

为了单独区分将被节能改造的设备或系统的能耗，而将其与建筑中其他未被改造的设备或系统的能耗进行隔离。

3.1.11 回归模型 regression model

根据测量结果或已知数据，用回归分析的方法，建立一个变量关于另一个（些）变量的具体依赖关系，用以预测未知但符合函数关系的变量。

说明：典型的回归模型为根据已知独立变量和能耗建立的函数关系，以预测未知的能耗情况。回归模型具有不确定性，这是由于模型误差、采样误差和偶然误差的存在，对测量或计算值不能肯定的程度。回归模型不确定性判断标准 $R^2 \geq 0.8$

3.1.12 合同能源管理 energy management contract

合同能源管理是一种市场化节能机制，它以通过节能改造所节省的能源费用来支付节能改造项目的全部成本。

3.1.13 月累积室外温度 Monthly cumulated outdoor temperature

月累积室外温度是指一个自然月中，逐时室外空气温度的累加值，该温度可以用来表征当月天气对空调负荷等的影响。

3.2 节能量审核与计算基本概念

3.2.1 基本概念

节能量的验证计算可以通过下式来确定：

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}}$$

式中： $E_{\text{节约}}$ ——节能量；

$E_{\text{基准}}$ ——基准能耗，即改造后独立变量条件下，反映节能改造前，改造范围内的能耗，或经过调整后的改造前能耗；

$E_{\text{当前}}$ ——当前能耗，即改造后能耗；

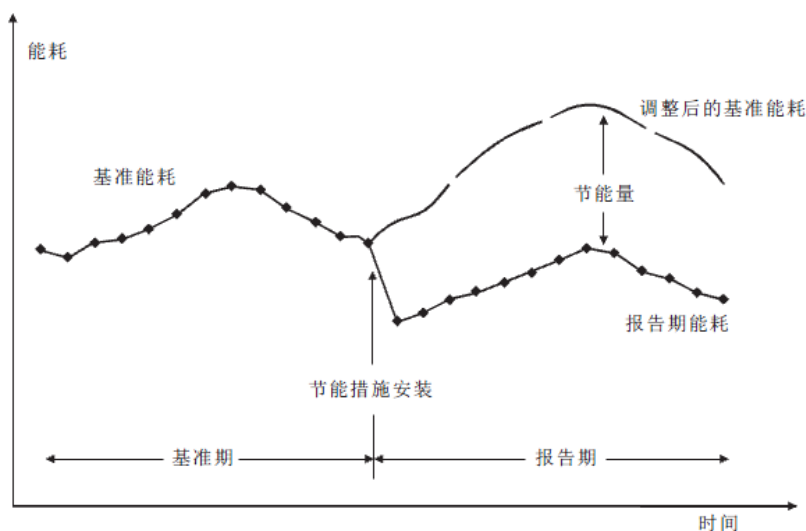


图1 节能量计算审核示意

进行，计算过程中，应把基准能耗 $E_{\text{基准}}$ 与改造前能耗区分开来，由于改造前后的运行条件和独立变量是不同的，基准能耗不能简单的用改造前的能源账单数据表示。

基准能耗 E 基准应是关于天气参数、运行时间、运行负荷等变量的函数，而非一个绝对数值。

3.2.2 基准能耗确定方法

在不同能耗和独立变量历史数据条件下基准能耗的确定方法如下：

项目条件	基准能耗确定
当改造前后分项计量能耗数据和独立变量历史记录完整	通过建立回归模型的方法
当改造前后分项计量能耗数据完整，但独立变量数据部分或完全缺失的	通过约定独立变量、建立回归模型的方法
当改造前分项计量能耗数据完全或部分缺失时	相似日测量法

3.2.2.1 改造前能耗和独立变量历史记录完整

改造前分项计量能耗和独立变量历史记录完整，可通过建立回归模型来确定基准能耗。最理想的情况下，当改造部分的改造前分项计量（或全楼宇）历史数据和运行记录完备，可利用改造前分项计量（或全楼宇）能耗数据和改造前相关独立变量建立能耗关于独立变量的基准能耗函数，代入改造后的独立变量，得到基准能耗值。例如，某酒店建筑在进行冷冻机房节能改造前，具有完整的冷冻机房分项计量数据、出租率及逐月的平均温度，利用这些数据可以回归出该酒店改造前分项计量能耗与出租率及月平均温度的关系，即 $E=f(\text{月出租率}, \text{月平均温度})$ ，在该函数关系基础上代入改造后实际的出租率及月平均温度就可以得到改造后当月各独立变量所对应的基准能耗。

举例：某五星级大酒店具有 2008~2011 年的气象、入住率及冷冻机房的用电量记录，数据如下表所示。

表 1. 某酒店近 4 年的能耗记录

年份	月份	月平均气温	客房率%	冷冻机房用电量 (kWh)
2008 年	4 月	16.1	61.57	182,478
	5 月	21.8	53.92	503,586
	6 月	24.2	54.11	709,354
	7 月	30.4	42.59	1,147,882
	8 月	28.6	36.05	1,059,375
	9 月	26.0	50.35	787,030
	10 月	21.0	67.09	608,675
	11 月	13.3	59.36	213,279

2009 年	4 月	16.7	52.94	221,994
	5 月	22.5	40.99	519,968
	6 月	26.4	60.28	816,414
	7 月	29.0	68.06	1,097,920
	8 月	28.1	50.02	936,672
	9 月	25.4	60.53	742,093
	10 月	21.4	64.47	542,641
2010 年	11 月	12.4	66.77	203,677
	5 月	20.9	78.3	544,617
	6 月	24.1	81.6	761,678
	7 月	28.8	80.3	1,243,736
	8 月	30.9	73.8	1,395,075
	9 月	26.2	80.9	1,309,700
	10 月	19.3	76.9	397,494
2011 年	11 月	14.2	69.6	318,163
	4 月	16.0	67.07	237,881
	5 月	21.9	62.98	497,649
	6 月	24.4	64.82	704,627
	7 月	30.2	73.32	1,155,811
	8 月	28.3	54.71	1,074,775
	9 月	24.7	70.54	742,349
	10 月	19.3	67.34	441,335
	11 月	16.7	67.48	278,201

根据以上记录，回归得到以月平均温度和入住率为自变量的基准能耗函数：

$Y = -1098460 + 64443.8A + 4974.9B$ ，其中 Y 为冷冻机房用电量(kWh)， A 为月平均温度(°C)， B 为入住率(%)， $R^2 = 0.91$ 。

3.2.2.2 改造前后能耗数据完整，独立变量数据部分或完全缺失

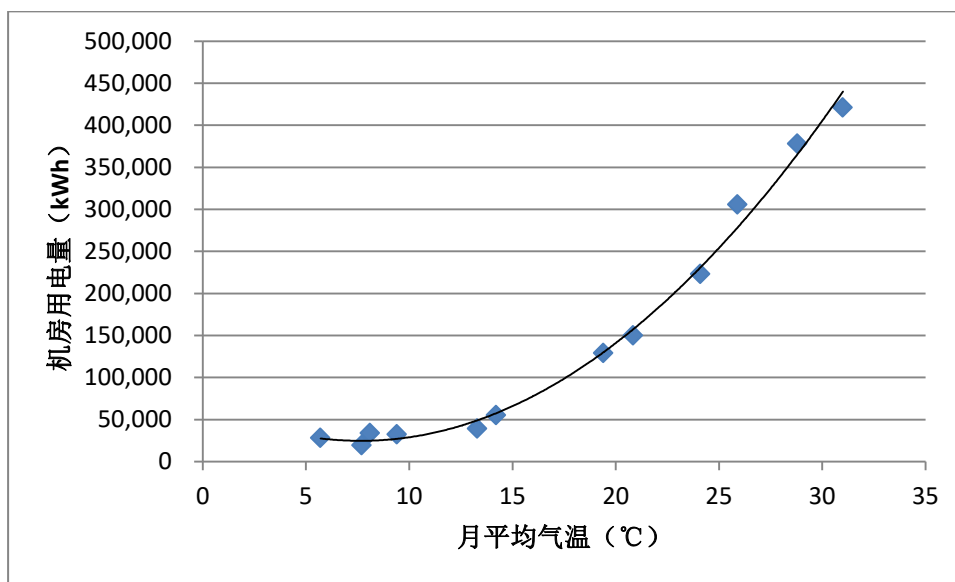
当改造前后分项计量能耗数据完整，但独立变量数据部分或完全缺失的时，可通过约定的方式来确定独立变量变化的影响，对改造前能耗值进行调整。因此，在这种情况下，基准能耗的定义是指：根据改造前后的独立变量的变化，对改造前分项计量能耗数据进行调整后的能耗数据，当前能耗是指改造后的分项计量能耗数据。

举例：某办公楼冷冻机房具有独立的用电计量，但缺少每月气温及入住率的记录，其用电量记录如表 2 所示。由于大楼入住率变化不大，双方约定入住率保持不变而忽略其对能耗的影响，而气象参数可通过气象局购买得到。

表 2. 某办公楼冷冻机房用电量记录

月份	月平均气温 (° C)	冷冻机房用电量 (kWh)
1月	5.7	28,020
2月	7.7	19,420
3月	9.4	32,320
4月	13.3	39,120
5月	20.9	149,760
6月	24.1	222,960
7月	28.8	377,720
8月	31	420,880
9月	25.9	305,380
10月	19.4	129,000
11月	14.2	55,240
12月	8.1	33,820

根据月平均气温和机房用电量的关系，回归得到基准能耗函数 $Y = 761.1X^2 - 11636X + 69274, R^2 = 0.993$ ，Y 为冷冻机房月用电量 (kWh)，X 为月平均气温 (°C)。改造后 8 月份平均气温为 28.3°C，冷冻机房用电量为 313,784 kWh。代入基准能耗函数得到在相同气温条件下改造前能耗应为 349,532 kWh，该月节省电量为 349,532 - 313,784 = 35,748 kWh。



3.2.2.3 改造前分项计量能耗数据完全或部分缺失

在没有分项计量历史数据、且为局部改造时，参考月用电账单并不合理，此时可采用对所改造部分进行相似日测量来分别得到基准能耗和当前能耗。即在节能改造项目验

收运行后，根据系统运行和相关独立变量的变化特点，每月确定一天或几天采用改造前系统运行方式运行，利用相关计量仪表记录该一天或几天的相关独立变量及能耗，记为基准能耗；同时，每月其他时间均采用改造后的节能方式运行，用计量仪表记录每天的相关独立变量及能耗，并从中挑选相关独立变量与基准能耗测试相近的时段，记录其能耗为当前能耗。这样采用相似日测量的方法，就可以通过当前系统记录的能耗数据，来检测节能措施所产生的节能量。当系统运行还受到产量或其他类似因素影响时，还可以通过比较基准能效和当前能效的方式来确定节能量。但是，此方法仅适用于不对系统中设备本身进行改造或更换的场合。

举例：某酒店冷冻机房改造，由于没有任何能耗记录，采用相似日测量方法确定节能量。选定一天采用改造前的运行方式运行，其余时间采用改造后的运行方式运行，从中选取气象条件与改造前运行方式相近的一天进行对比计算。

表 3. 相似日测试方法

时间	改造前工况		改造后工况	
	制冷量 (RT)	功率 (kW)	制冷量 (RT)	功率 (kW)
7:00~8:00	5,627	5,283	5,750	4,813
8:00~9:00	5,335	5,030	5,463	4,551
9:00~10:00	5,393	5,155	5,617	4,748
10:00~11:00	5,233	4,967	5,638	4,750
11:00~12:00	5,293	5,026	5,608	4,759
12:00~13:00	5,347	5,054	5,607	4,735
13:00~14:00	5,327	5,036	5,627	4,738
14:00~15:00	5,332	5,020	5,604	4,738
15:00~16:00	5,385	5,048	5,671	4,805
16:00~17:00	5,440	5,089	5,639	4,758
17:00~18:00	5,453	5,079	5,494	4,647
总计	59,164	55,787	61,719	52,043

冷冻机房平均供冷量

阶段	改造前工况	改造后工况
制冷量 (冷吨)	5448.9	5501.0

天气参数

阶段	改造前工况	改造后工况
干球温度 (°C)	27.8	28.6
湿球温度 (°C)	24.0	23.8

通过对比冷冻机房平均供冷量和天气情况的比较,改造前后测试冷量需求及天气情况都基本相近,达到相似的条件,计算得到改造前工况运行效率为 0.943kW/RT,改造后工况运行效率为 0.843kW/RT,节能率为 $(0.943-0.843)/0.943=11\%$,本月冷冻机房总用电量为 4,339,673 kWh(改造后),所以节电量为 $4,339,673 \times 0.11 / (1-0.11) = 536,364$ kWh。

3.3 长宁区节能量检测和验证方法

长宁区不同节能改造项目中节能量的评价和计算可采用以下四种检测和验证方法。这四种方法是:

- 方法 A: 部分变量测量、改造部分隔离;
- 方法 B: 全部变量测量、改造部分隔离;
- 方法 C: 全楼宇验证;
- 方法 D: 校正模拟验证

测量与验证方法	节能量计算	典型应用	说明
方法 A: 部分变量测量, 改造部分隔离 它规定单项节能措施的节能量必须单独计算和评估, 并将该单项节能改造的系统或设备与其他部分的能源使用隔离开来。	可通过改造前后设备性能变化和运行时间计算得到。基准能耗量和当前能耗量可通过改造前后测量与计算得到, 基准能耗量也可通过约定对改造前能耗进行调整后得到。	①提高能源利用效率而更换设备的节能改造措施, 改造前后的运行时间和模式基本相同, 且节能量相对较小的场合。②节能措施之间或与其他设备之间的相互影响可以进行测量, 或预计不太明显。③某些参数采用约定值比用方案 B 的测量费用或用方案 D 的模拟费用更低。如, 照明设备改造、更换、定荷载电动机的更换	如要评价两项以上节能措施的综合节能效果, 或者改造项目中改造隔离外的设备或系统在改造后的能耗有较大变化, 合同能源管理双方要求同时评价和计算改造隔离外的设备或系统能耗变化时, 得采用其他方法。
方法 B: 全部变量测量, 改造部分隔离 它规定单项节能措施的节能量必须单独计算和评	如果改造前分项计量能耗数据和改造前运行条件记录数据完整, 可通过建立能耗和独	①影响能耗的参数测量对监测者来说不复杂, 不困难, 且成本较低。②已有的分表可以用于对系统的能耗进行隔离测量。如, 空调	节能措施改造前后的运行时间和负荷发生变化, 或运行负荷随独立变量而变化的, 则须通过长期连续测量来确定改造后当前能耗量的计算变量

<p>估，并将该单项节能措施改造的系统或设备与其他部分的能源使用隔离开来。计算节能量的变量必须全部通过测量来确定，而不得通过约定的方式来确定。</p>	<p>立变量之间的函数关系计算得到基准能耗，当前能耗为改造后分项计量数据。如果改造前分项计量能耗数据完全或部分缺失时，可采用相似日测量法得到基准能耗和当前能耗。</p>	<p>水泵变频、生活给水泵、电梯变频、厨房或车库排风、风机变频等。</p>	<p>如要评价两项以上节能措施的综合节能效果，或者改造项目中改造隔离外的设备或系统在改造后的能耗有较大变化，合同能源管理双方要求同时评价和计算改造隔离外的设备或系统能耗变化时，得采用其他方法。</p>
<p>方法 C：全楼宇验证 该方法采用对比整幢大楼的能源表计或分项计量在改造前后的读数并结合简单的计算来确定全年节能效果。</p>	<p>节能量通过回归模型或改造前后的分项平台记录来计算。</p>	<p>①包含多项节能措施的建筑物的全面节能改造，且节能量预计超过建筑全年能耗的10%。②已采用的节能措施之间影响、或节能措施与建筑物其他部分之间的影响较大③采用方案 A 或方案 B 中的分离方法过于复杂或比较困难和费用太高的情况。</p>	<p>当预期的节能量越大时，才越能使得这些节能量可以从随机和无法解释的能耗偏差中识别出来，而且节能措施实施后，节能量分析的时间越长，短期无法解释的偏差的影响越小。通常，节能量应该高于基准年的能源使用量的百分之十，这样才能够排除基准年随机干扰的影响。</p>
<p>方法 D：校验模拟验证 它是指建立能耗模型模拟建筑能耗状况、并采用电力公司逐时或逐月收费单据或分项计量数据对模型进行校验的方法。</p>	<p>计算节能量的基准能耗和当前能耗分别为改造前后能耗模拟输出的能耗值。</p>	<p>包含多项节能措施的建筑物的全面节能改造，但因基准年能耗数据缺失等原因无法用方法 C 中的回归方式建立基准能耗模型的情况。也可应用于新建建筑。</p>	<p>方法 D 最准确情况是分别收集改造前和改造后建筑一年的实际能耗数据，对基准模型和改造后模型分别进行校正。但当其中一种能耗数据无法获得时，可通过建立其中一种模型，进行校验，修改成为另一种模型，以获得改造前后的能耗数据，从而计算节能量。</p>

说明：在采用方法 B、C、和 D 进行节能量验证时，必须考虑节能量计算中存在的
不确定性并建立正确、合理的不确定性的控制目标。对方法 B 中的相似日测量法，则
无需进行不确定性计算。

3.3.1 方法 A：部分变量测量，改造部分隔离

方法 A 规定单项节能措施的节能量必须单独计算和评估，并将该单项节能改造的系统或设备与其他部分的能源使用隔离开来。在方法 A 中，能耗数据从分项计量平台直接获得，而计算节能量的变量一般应进行测量，但有时也可以通过约定而非测量的方式来确定。

方法 A 中的第一个核心概念是隔离。它主要用于评价和计算一个单项节能改造的节能量，并且将被节能改造的设备或系统（改造隔离）的能耗和系统或楼宇中其他未被改造的设备或系统（改造隔离外）的能耗进行隔离。必须使用正确的测量或计量设备反映并区分受节能措施影响和不受影响的部分，从而准确评价该单项节能措施的节能量。有时一个单项节能措施除了会影响被改造的设备或系统的能耗外，也会同时影响其他设备或系统的能耗，即改造隔离外的设备或系统能耗。当这种情况发生时，（1）可以忽略不在改造隔离范围内的设备或系统能耗变化，而只计算该节能措施直接产生的节能量；（2）也可以通过合理的工程计算对改造隔离外的设备或系统能耗变化进行评价和计算。采用上述两种方式中的哪一种，须由合同能源管理的合同双方在合同中进行约定。例如，照明系统的节能改造直接降低了照明能耗，但同时减少了空调系统的供冷能耗增加了供热能耗。在这种情况下，一般将照明系统的节能改造隔离，只测量照明系统的变量并计算其改造前后的能耗变化，同时忽略空调系统在照明系统改造前后的能耗变化。

方法 A 中另一个核心的概念是约定。考虑到制定方法 A 的目的是使其成为测量和与验证四种方法中最简便的一种，从而鼓励以合同能源管理方式进行小规模节能改造。因此，方法 A 允许一些能耗计算变量通过合同双方约定的方式来确定。在国外的测量和验证方法中，一些设备的能耗性能可通过约定的方式来确定以减少测量的时间和成本，比如照明设备的功率、冷水机组的能效比 COP，都可以通过约定来确定。考虑到目前国内用能设备的多样性，且良莠不齐、缺乏统一的市场标准，因此现规定只有一个变量 - 即运行时间可以通过约定来确定。

方法 A 只能用来评价单项节能措施的节能量。同一系统的两种节能措施必须单独计算节能效果，比如照明系统改造中同时更换灯管和加装动静传感器的节能量必须分别计算。如要评价两项以上节能措施的综合节能效果，或者改造项目中改造隔离外的设备或系统在改造后的能耗有较大变化，合同能源管理双方要求同时评价和计算改造隔离外

的设备或系统能耗变化的，不能采用方法 A。

方法 A 宜用于为提高能源利用效率而更换设备的节能改造措施，被更换设备的运行负荷具有较为平稳的线性特征（比如照明设备的更换和定荷载电机的更换等），改造后的运行时间和模式基本相同，且节能量相对较小的场合。

方法 A 原则上适用于以更换设备为主的节能改造，包括更换照明设备（灯管、灯具和镇流器）、冷水机组、热泵、风机、水泵和电动机等。但方法 A 对测量的要求较低—仅为短期测量，且允许对运行时间进行约定，在测量期间对设备的功率等参数使用分项计量仪表进行测量，再结合运行时间可直接计算得能耗量。为了确保节能量评价和计算的准确度，方法 A 只适用那些运行负荷的年变化率在 5% 以内，改造前后运行时间和负荷的变化率在 5% 以内，或节能量为改造隔离设备或系统全年能耗的 10% 以内。因此，方法 A 的最佳应用为照明设备或定荷载电动机的更换。如果方法 A 应用在空调系统上，则须确认被更换的空调设备（冷水机组、热泵、风机、水泵等）承担线性、不随外界环境参数变化的冷热负荷，比如工艺冷热负荷等。

3.3.1.1 方法 A 节能量的计算

节能量的计算须采用以下公式：

节能量 = 基准能耗量（改造前） - 当前能耗量（改造后）

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}}$$

基准能耗量和当前能耗量通过直接的代数计算或合理的工程计算得到。

方法 A 中基准能耗的计算可以不考虑外界独立变量的影响，也可以不考虑基准能耗的调整。因此节能量的计算公式为：

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}} \pm \text{调整量} \quad (3.1.1-1)$$

式 3.1.1-1 可演变为：

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}} = (\text{设备性能}_{\text{基准, 短期测量}} - \text{设备性能}_{\text{当前, 短期测量}}) \times \text{数量} \times \text{运行时间约定} \quad (3.1.1-2)$$

方法 A 允许节能量的计算变量可通过约定的方式来确定。约定变量的前提条件是，由此产生的误差累计不会严重影响总的节能量。允许约定的变量为被改造设备的运行时间。且必须按照改造隔离设备的不同使用功能或运行模式分组约定。比如更换某建筑照明设备时，须对办公、会议、商场等不同使用功能的照明设备运行时间分组约定和节能

量计算，并须根据二年以上的实际运行数据进行约定。如果楼宇分项计量平台缺乏系统（设备）二年或以上的运行数据，则须按照不同使用功能分组短期测量运行时间，测量时间至少为一周。

3.3.1.2 设备能耗的计算变量

方法 A 规定，直接涉及到设备能耗的计算变量必须通过测量的方式确定，它们包括：

- 照明设备功率；
- 水泵和风机功率；
- 电机功率和功率因数；
- 冷水机组或热泵性能（包括满负荷和部分负荷性能）；

说明：冷水机组等的性能指在满负荷和各种运行负荷和工况下的能效比 COP。因为 COP 无法直接测量，必须通过测量冷冻水温差、流量和冷却水温度的参数然后通过计算得到。同时，在节能改造项目中，改造前的设备能耗基准一般是通过短期的变量测试然后计算得到。短期测试的时间一般为一至三周。在这样短的时间里，希望通过测量得到冷水机组在所有运行工况下的能效比是不现实的。空调系统中的冷冻水泵、冷却水泵和送回风机和冷水机组有类似的特性。

所列的测量变量须在改造前后都进行测量，从而分别得到改造前后与设备能耗直接相关的数据。测量频率可以是一次性短期测量，但每个变量的测量时间须不少于一周。当节能措施的实施范围较广和工程较复杂时，测量频率须作相应提高。

考虑到设备性能的不确定性，须在改造前后对相应的设备性能参数进行测量。类似于运行时间的约定，性能参数的测量也必须按照使用功能或运行模式和时间分组进行。比如测量照明设备性能参数时，须对办公、会议、商场等不同使用功能的照明设备分组测量，而空调设备须按照供冷和供热季节分组测量。短期测量的时间一般要求一至三周，须根据工程的不同复杂程度确定测量时间，但须确保至少一周的测量时间。

当采用本方法时，如果被改造设备的运行时间无法约定时，须根据项目具体情况采用方法 B、C 或 D。

3.3.2 方法 B：全部变量测量，改造部分隔离

方法 B 规定单项节能措施的节能量必须单独计算和评估，并将该单项节能措施改

造的系统或设备与其他部分的能源使用隔离开来。在方法 B 中，能耗数据从分项计量平台直接获取，而计算节能量的变量必须全部通过测量来确定，不得通过方法 A 中约定的方式来确定。

方法 B 中的核心概念之一即“隔离”和方法 A 中的概念是相同的。它同样用于评价和计算一个单项节能改造措施的节能量，并且将被节能改造的设备或系统（改造隔离）的能耗与系统或楼宇中其他未被改造的设备或系统（改造隔离外）的能耗进行隔离。必须使用正确的测量或计量设备反映并区分受节能措施影响和不受影响的部分，从而准确评价该单项节能措施的节能量。有时一个单项节能措施除了会影响被改造的设备或系统的能耗外，也会同时影响其他设备或系统的能耗，即改造隔离外的设备或系统能耗。当这种情况发生时：

(1) 可以忽略不在改造隔离范围内的设备或系统能耗变化，而只计算该节能措施直接产生的节能量；

(2) 也可以通过合理的工程计算对改造隔离外的设备或系统能耗变化进行评价和计算。

采用上述两种方式中的哪一种应该根据实际的改造项目进行选择。例如，照明系统的节能改造直接降低了照明能耗，但同时减少了空调系统的供冷能耗增加了供热能耗。这种情况下，一般将照明系统的节能改造隔离，只测量照明系统的参数并计算其改造前后的能耗变化，同时忽略空调系统在照明系统改造前后的能耗变化。

与方法 A 中的另一个核心概念 - “约定” 截然不同，方法 B 要求所有影响节能量的计算变量必须进行测量，包括设备或系统的性能参数和运行时间。这是因为方法 B 的目的是应用于节能量相对较大并且变负荷运行的节能改造场合。当被改造隔离的设备或系统在改造前后的运行时间有较大变化、或者被改造设备或系统随着某一个独立变量全年变化时，则所有影响节能量的计算变量都必须通过测量来确定。

方法 B 也只能用来评价单项节能措施的节能量。同一系统的两种节能措施必须单独计算节能效果，比如空调系统改造中同时更换冷水机组和加装水泵变频装置的节能量必须分别计算。如果要评价多项节能措施对整个建筑能耗的影响，则须采用方法 C，而不能采用方法 B。方法 B 宜用于包括变负荷系统在内的所有节能改造措施。

3.3.2.1 方法 B 节能量计算

节能量的计算须采用以下公式进行：

节能量 = 基准能耗量（改造前） - 当前能耗量（改造后）

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}}$$

基准能耗量和当前能耗量必须通过直接的代数计算或合理的工程计算得到。

根据对变量测量的规定，方法 B 的节能量计算公式为：

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}} \pm \text{调整量} \quad (3.2.1-1)$$

- 当节能改造措施以更换设备为主，且设备能耗不随独立变量变化而变化时，式 3.2.1-1 可演变为式 3.2.1-2

$$E_{\text{节约}} = (\text{设备性能}_{\text{基准, 短期测量}} - \text{设备性能}_{\text{当前, 长期测量}}) \times \text{数量} \times \text{运行时间}_{\text{长期测量}} \pm \text{调整量} \quad (3.2.1-2)$$

- 如隔离改造的设备或系统的能耗随独立变量变化而变化，则在计算式 3.2.1-1 中的 $E_{\text{基准}}$ 时，须结合相关独立变量建立函数关系，并按照改造后测量得到的独立变量值进行基准能耗计算。在建立函数关系时，一般要求先建立基于改造前短期测量相关变量和改造前分项计量平台记录的能耗数据而建立的回归模型，比如风机和水泵的流量和功率的回归模型，最终成为能耗和独立变量的函数关系。式中当前能耗 $E_{\text{当前}}$ 可通过分项计量平台来获得。
- 没有改造部分历史数据或无法保证历史数据的完整及准确性时，应采用相似日测试法，改造后每个月选择 2 天以改造前系统设备模式运行，其余时间以改造后的系统设备模式运行，从改造后运行记录中找出与改造前运行测试工况独立变量相似的日子，分别作为改造前能耗量和当前能耗量，并计算节能率，然后根据当月的实际用电量计算出当月节电量
- 有准确且变化规律显著的改造部分历史数据时，可采用同期用电量对照法，从分项计量平台，获得改造前改造部分连续 36 个月的用电量记录作为改造前能耗，和改造后连续 36 个月用电量作为当前能耗。采用同期用电量对照法时，如改造前同期用电量有明显变化，则应采用回归模型的方法进行计算

表 4 改造项目与相应独立变量

改造项目	独立变量
空调系统整体（包括风系统、水系统）	天气参数、出租率、建筑空调系统运行小时数、

	空调区域功能
建筑空调系统冷冻机房整体（水系统）	天气参数、出租率、冷冻机房运行小时数、空调区域功能
建筑空调风系统	天气参数、出租率、末端空调设备运行小时数、空调区域功能
排风机（车库）	车辆停放量（根据 CO 浓度控制的，测一周）
空调水泵变频	天气参数、出租率、空调区域功能
电梯	人流量、商场营业额

调整量：判断某独立变量的对应月同期变化率是否超过一定限值，当超过该限值，就要对该对应的独立变量进行调整。

案例 1：调整量 $\Delta E_{\text{调整}} = (\Delta E_{\text{天气}} + \Delta E_{\text{出租率}}) \alpha_{\text{运行小时数}}$ ，先用月平均温度变化率（%）和出租率变化率（%）的值判断是否修正，当月平均温度变化率大于 5% 时，需要对天气进行修正，当出租率变化率大于 10% 时，需要对出租率进行修正：

- 月平均温度变化率（%）= (月平均温度当前 - 月平均温度基准) / 月平均温度基准 × 100
- 出租率变化率（%）= (R 当前 - R 基准) / R 当前 × 100
- $\Delta E_{\text{调整}} = (\Delta E_{\text{天气}} + \Delta E_{\text{出租率}}) \alpha_{\text{运行小时数}} = [A(\text{月平均温度当前} - \text{月平均温度基准}) + B(R_{\text{当前}} - R_{\text{基准}})] (\text{Hours}_{\text{当前}} / \text{Hours}_{\text{基准}})$

1) 通过建立回归模型来确定基准能耗 $E_{\text{基准}}$ ，采用不少于 36 个月历史账单与独立变量的稳态模型来确定基准能耗量。

举例：

- 2 参数供冷模型主要应用于回归不带空气侧经济器的定风量再热末端的供冷能耗或双风道定风量系统。

$$E_{\text{基准}} = C + B(T)_+$$

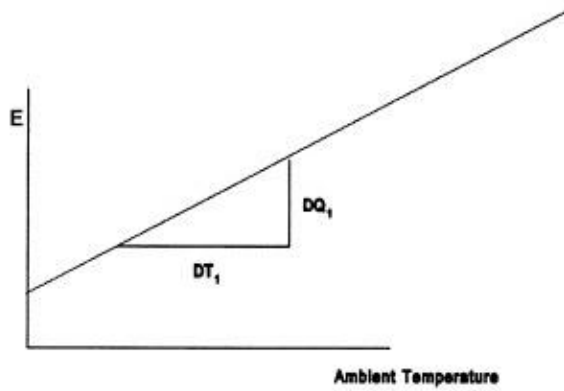


Figure D-1b Two-parameter cooling model.

• 3 参数模型

$$E_{\text{基准}} = C_H + B_H(T_{\text{HCP}} - T)_+$$

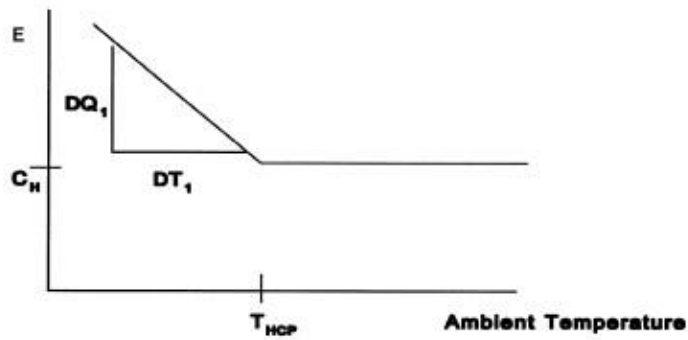


Figure D-1c Steady-state three-parameter heating model.

$$E_{\text{基准}} = C_C + B_C(T - T_{\text{CCP}})_+$$

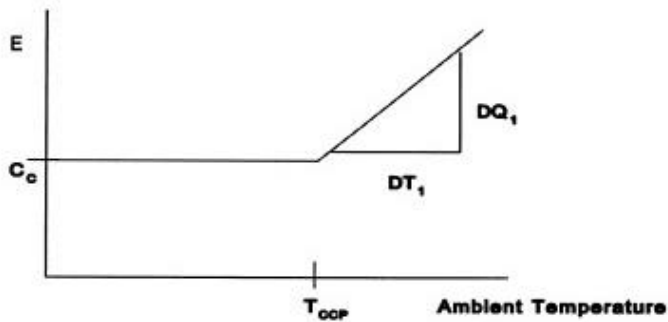


Figure D-1d Steady-state three-parameter cooling model.

- 4 参数供热模型和 4 参数供冷模型主要应用于回归采用 VAV 系统的建筑耗热量或耗冷量。

$$E_{\text{基准}} = C_H + B_{H1}(T_{\text{HCP}} - T)_+ \quad \text{当 } T < T_{\text{HCP}}$$

$$E_{\text{基准}} = C_H + B_{H2}(T_{\text{HCP}} - T)_+ \quad \text{当 } T > T_{\text{HCP}}$$

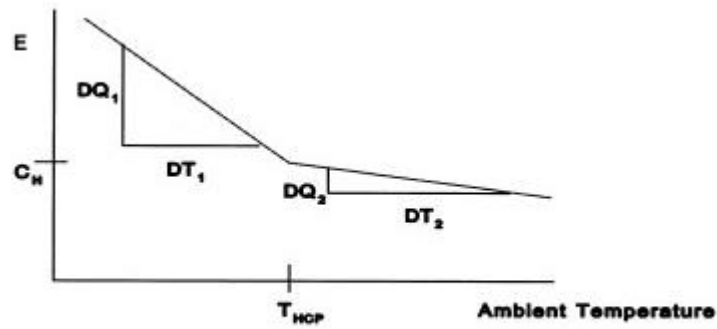


Figure D-1e Steady-state four-parameter heating model.

$$E_{\text{基准}} = C_C + B_{C1}(T - T_{\text{CCP}})_+ \quad \text{当 } T > T_{\text{CCP}}$$

$$E_{\text{基准}} = C_C + B_{C2}(T - T_{\text{CCP}})_+ \quad \text{当 } T < T_{\text{CCP}}$$

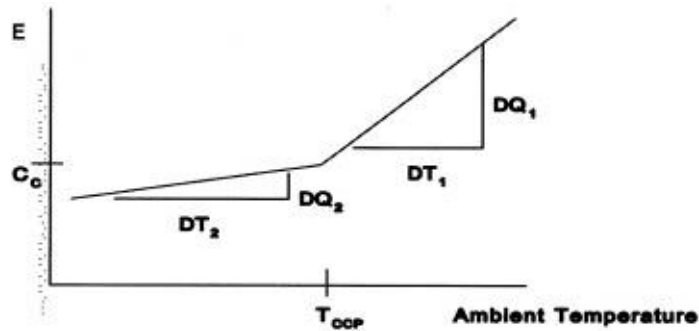


Figure D-1f Steady-state four-parameter cooling model.

- 5 参数模型，用于回归具有独立的供冷供热切换点的建筑供冷供热能耗，比如采用热泵的系统。

$$E_{\text{基准}} = C_{\text{HC}} + B_{\text{H}}(T_{\text{HCP}} - T)_+ \quad \text{当 } T < T_{\text{HCP}}$$

$$E_{\text{基准}} = C_{\text{HC}} \quad \text{当 } T_{\text{HCP}} < T < T_{\text{CCP}}$$

$$E_{\text{基准}} = C_{\text{HC}} + B_{\text{C}}(T - T_{\text{CCP}})_+ \quad \text{当 } T > T_{\text{CCP}}$$

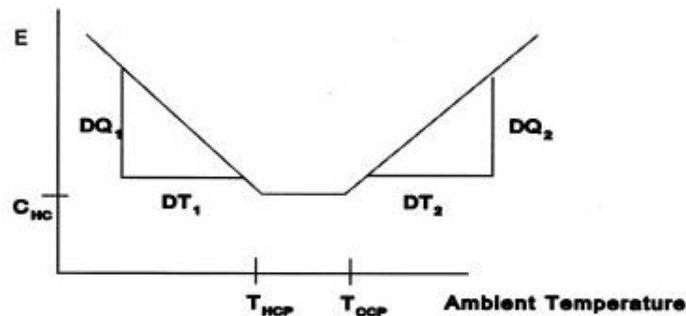


Figure D-1g Steady-state five-parameter heating/cooling model.

2) 当采用了多种改造措施，而这些改造措施之间，以及改造措施与大楼其它设备的能耗之间有显著相互影响时，如外窗玻璃贴膜（或增设外遮阳）加上空调系统改造，

不适合采用方法 B，应采用方法 C。

3.3.2.2 计算节能量的变量

方法 B 中用来计算节能量的变量通过测量的方式来确定。测量可采用短期或长期连续测量及相似日测量的方式：

- 1) 确定基准能耗量的计算变量可采用一次性短期测量。但可以不包括运行时间。
- 2) 确定改造后当前能耗量的计算变量可采用一次性短期测量或长期连续测量。如节能措施改造前后的运行时间和负荷不发生变化的，可通过短期测量来确定改造后当前能耗量的计算变量。如节能措施改造前后的运行时间和负荷发生变化，或运行负荷随独立变量而变化的，则须通过长期连续测量来确定改造后当前能耗量的计算变量。
- 3) 确定改造前后能耗量时，如果改造所涉及的系统及设备比较复杂，无法通过一次性短期测量或长期连续测量准确测定时，应采用相似日法来确定逐月或各特定运行阶段典型工况下的节能率或节能量。
- 4) 必须通过长期连续测量来确定的计算变量包括：
 - 照明设备功率；
 - 水泵和风机功率；
 - 电机功率和功率因数；
 - 冷水机组和热泵性能（包括满负荷和部分负荷性能）；
 - 围护结构热工性能；
 - 运行时间。
- 5) 短期测量变量的测量时间须不少于一周。长期连续测量的变量须按照使用功能、运行工况或独立变量进行分组测量，每组的连续测量时间不少于三周。如果测量变量随独立变量或工况全年变化的，则连续测量时间不少于一年。
- 6) 相似日法测量时，应对所改造部分所有相关的独立变量进行准确测量。每月或特定运行阶段所测量的时间应包含该时段内设备或系统典型运行工况，测试时间应不少于一年。

方法 B 对运行时间的规定和方法 A 有显著区别。方法 A 可以根据运行记录对运行时间进行约定，而方法 B 则要求通过测量得到运行时间。考虑到运行时间的变化和

样性，它作为重要能耗计算变量宜通过长期连续测量而得到。但在实际的节能改造工程中，改造前往往没有条件对运行时间作连续测量。因此，计算基准能耗的运行时间可采用改造后长期连续测量得到的运行时间。这种运行时间统一的方法也可以合理和公正地反映节能措施的节能效果。

改造前后运行时间和负荷不发生变化，是指改造前后运行时间和负荷的变化率在5%以内。独立变量是影响建筑用能系统能耗的基本变量。它反映了用能设备或系统的环境或运行工况，本身不受建筑用能系统的影响而独立地变化。典型的独立变量包括天气参数、酒店入住率等。这些变量不受建筑用能系统的影响独立变化，且可能具有较大的变化率，从而使设备或系统能耗随着独立变量的变化而变化。比如，空调系统中的主机能耗、水泵和风机能耗是随着室外干球温度的全年变化而变化。

无论短期还是长期连续测量，都须按照使用功能或运行模式和时间分组进行。比如在测量照明设备性能参数时，须对办公、会议、商场等不同使用功能的照明设备分组测量，而空调设备须按照供冷和供热季节分组测量。每组短期测量的时间须不少于一周，长期连续测量的时间不少于三周。如果隔离改造的设备或系统能耗随着独立变量变化，则测量时间须延长，以充分反映独立变量的变化周期。典型例子为空调冷冻水泵的变频改造。水泵能耗随着室外天气参数的全年变化而变化，因此空调冷冻水泵变频改造后的当前能耗须通过表计进行改造后一年的能耗测量。如果一些独立变量如工业品产量等的变化周期小于一年，则测量时间可以相应缩短。

如果短期和长期连续测量的变量是一个或多个独立变量的函数，则这些独立变量须在节能措施改造后和其他长期连续测量的变量在同一测量期内进行长期连续测量。

作为独立变量的天气参数等，也须和其他长期连续测量的变量在同一测量期内进行长期连续测量。在空调冷冻水泵的变频改造案例中，作为独立变量的室外干球温度须和当前能耗一起做一年的长期连续测量。独立变量的测量值将参与基准能耗统计模型的计算。

如基准能耗是一个或多个独立变量的函数，则基准能耗量的计算应采用独立变量的测量值进行计算。

基准能耗量的调整或测量。在改造后阶段中，常会发生如房屋结构、运行模式、或者建筑物用途等的变化。无论何时，上述计算方法应能够有效地反映这些变化。

当实施节能措施的测量样本具有较大数量（比如大量的照明设备的改造），则须对节能措施实施前后的实施样本采用统计学抽样的测量，以确保抽样具有统计上的精确度而能代表整个样本。

3.3.3 方法 C：全楼宇验证

全楼宇验证方法通过利用整幢建筑的分项计量在改造前后的读数，并结合计算来确定全年节能效果。采用此方法时，改造前的分项计量数据和独立变量的记录应同时存在，改造后的分项计量数据和独立变量应同时记录和测量。

全楼宇验证方法宜用于验证整幢建筑节能的效果，是指在同一建筑中，同时采用了多种节能措施，而且这些节能措施的节能效果会互相影响，同时这些节能措施还会对节能改造范围之外的其它建筑设备系统的运行产生影响。这样，在验证整幢建筑的节能效果时，就不能单独测量各节能改造措施的效果，然后叠加来计算总的节能效果，而必须采用建立回归模型的方法来验证。

全楼宇验证方法需基于所建立的回归模型来确定改造前的基准能耗，然后将基准能耗计算值和改造后实际能耗值对比来验证节能量。建立回归模型计算基准能耗具体来说就是首先根据改造前全楼宇的能耗数据建立改造前能耗与独立变量相关联的回归模型，然后将改造后的独立变量值代入回归模型计算出改造后运行条件下的基准能耗值，最后计算该基准能耗和改造后实际能耗的差值来验证节能效果。简单地说，全楼宇验证方法中的基准能耗值是回归模型的计算值，改造后能耗是实际记录值。

3.3.3.1 基于回归模型的全楼宇验证方法的步骤：

1)从分项计量平台获取能耗数据，收集或测量独立变量记录；

建立回归模型；

计算节能量。

从分项计量平台获取能耗数据，测量或收集独立变量记录：

- 至少应获得改造前连续 24 个月的全楼宇能耗数据，以作为回归模型的变量；
- 为了计算节能改造后第一年的节能效果，至少需要获得节能改造后连续 9 个月的能耗数据；
- 选择和全楼宇能耗相关的独立变量，并至少收集改造前连续 24 个月与全楼宇逐月能耗数据对应的独立变量数据，以作为回归模型的自变量。

2) 建立回归模型

最常用的建立回归模型的方法是采用多元线性回归，在能耗量与气象参数及其它独立变量之间建立相关关系。

这些数学模型中将包含以下内容：

- 描述能耗量的线性函数，它以气象参数和其它独立变量及其组合作为参数；
- 函数中每一项的系数；
- 描述模型内在不确定性的 $CV(RMSE)$ 值。

模型通常具有多变量线性方程的形式：

$$E = C + B_1V_1 + B_2V_2 + \dots + B_nV_n$$

式中： E ——模型估算的能耗量；

C ——常数；

B_n ——独立变量 V_n 的系数；

V_n ——独立变量。

一般而言，所选择的模型希望比较简单，而且能够得到可靠、可重复的结果。一般应选择几种不同的模型及不同的变量组合分别进行计算，然后根据其 $CV(RMSE)$ 值确定最佳模型。在根据实际能耗数据对模型进行校正时，应采用对应年份的实际气象参数和其它独立变量数据。

- 选择和全楼宇能耗相关的独立变量作为回归模型自变量时，应采用至少连续 24 个月的逐月能耗数据作为样本，所构造回归模型的均方根变异系数 $CV(RMSE)$ 值必须满足不确定性的要求。
- 当改造前能耗样本数据多于 24 个月、但少于 60 个月时， $CV(RMSE)$ 值应小于 0.25；当多于 60 个月时， $CV(RMSE)$ 值应小于 0.3。
- 计算节能量。在选定合适的模型以后，应按以下方法计算节能量：
 - a) 计算基准能耗量。这一能耗量是在当前的帐单周期、气象参数、以及其它独立变量值的条件下，假定没有进行改造时的能耗量。由当前的帐单周期、气象参数、以及其它独立变量值代入回归模型计算得到。
 - b) 计算节能量。

节能量 = 基准能耗量（改造前） - 当前能耗量（改造后）

$$E_{\text{节约}} = E_{\text{基准}} - E_{\text{当前}}$$

3.3.3.2. 账单对比法

全楼宇验证方法也可采用账单对比方式，账单对比方式通过对改造前能耗账单数据进行调整，得到基准能耗，再与改造后能耗账单数据进行对比得到节能量。

回归模型方式实际也是账单方法，但比账单对比方法更精确。账单对比方式也是需要对改造前账单数据进行调整，而且调整过程比回归模型方式复杂，所以不推荐采用。

3.3.4 方法 D：校正模拟验证

方法 D 是指建立能耗模型模拟建筑能耗状况，并采用逐月能耗或分项计量数据对模型进行校正的方法。

3.3.4.1 对不同来源的能耗数据的要求

- 1) 能耗数据来自逐月能耗记录或账单的，要求不少于 36 个月；
- 2) 能耗数据来自有分项计量、但不具备自动记录条件，且记录周期为每 4-6 小时的，不少于 24 个月；
- 3) 能耗数据来自供配电 SCADA 系统，且能够逐时自动记录分项能耗的，不少于 12 个月。

3.3.4.2 校正模拟流程

- 1) 制定计划
- 2) 数据收集
- 3) 建模及能耗模拟
- 4) 模型校正
- 5) 计算节能量

3.3.4.3 方法 D 采用的逐时模拟软件

方法 D 必须采用逐时模拟软件作为校正模拟软件。这种逐时模拟软件应采用 8760 小时的逐时气象参数进行负荷和能耗计算。

选用的逐时模拟软件应满足以下条件：

- 能够模拟每年 8760 逐时能耗。
- 能够模拟建筑围护结构的传热特性。
- 人员、照明、设备等的时间表能够逐日设置。
- 能够模拟室内温度及空调部件的节点温度，如冷冻机组的进出水温。
- 能够使用实际气象年天气参数进行模拟。

- 能够自定义设备的部分负荷曲线或能够体现设备部分负荷运行特性。比如 DOE-2、EnergyPlus、TRNSYS、DeST、ESP-r、BLAST 等逐时模拟软件。
- 当出现以下情况中的一种或几种时，宜采用校正模拟的方法：
 - 缺少改造前或改造后全楼宇能耗数据；
 - 无法通过对比测量改造前后的能耗来确定节能量；
 - 所改造部分与建筑物内其他用能系统相互影响，无法隔离；
 - 仅可获得全楼宇能耗数据，而缺少各系统的分项能耗数据；
 - 缺少足够的数据而无法采用方法 C 时。
- 当出现以下情况中的任何一种时，不宜采用校正模拟：
 - 无需能耗模拟就可以分析节能措施的节能量；
 - 无法进行准确模拟的建筑；
 - 无法模拟的空调系统；
 - 无法模拟的改造措施；
 - 无法获得模拟所需的足够的的数据与资料。

3.3.4.4 适合采用方法 D 的适用场合：

无法获得整个建筑系统的改造后的能耗数据，可能改造后建筑用来测量全楼能源消耗和需求的设备尚未安装，或者改造刚完成，就要确认其节能效果，没有足够的运行时间获得改造后的能耗数据。当出现以下的情况中任何一种时，不建议采用校正模拟：

- 1) 无需能耗模拟就可以分析节能措施的节能量；如果通过现场测量或简单计算确定节能量的，则不建议采用校正模拟方法。例如，某些空调系统设备的改造可以采用简单的现场测量确定节能量，比如更换风机或水泵的电机。
- 2) 无法进行准确模拟的建筑；如，带有大型中庭的建筑、建筑几何形状复杂、建筑具有复杂的遮阳系统等。
- 3) 在所用软件中，难以准确模拟的空调系统；如，溶液除湿系统、置换通风系统、辐射吊顶系统等。
- 4) 在所用软件中，难以准确模拟的改造措施；如，电梯变频、某些特殊的楼宇自动化控制策略。
- 5) 无法获得模拟所需足够的的数据资料。在进行模拟之前，必须确保已获得建立和

校正模型所需足够的数据和资料。

3.3.4.5 采用方法 D 的其他要求

方法 D 实施前须制定校正模拟计划。在计划中应包括：采用的模拟软件、校正模拟方法、模拟结果比对方法。

能耗模拟的输入和结果比对都必须收集充分的数据。必须收集的数据包括：建筑围护结构特性、几何尺寸、逐月的能耗数据、空调系统描述和运行控制方式、用能系统现场测试数据、天气参数。下列数据宜通过短期测量得到：

- 1) 照明设备功率；
- 2) 办公设备功率；
- 3) 电机功率和功率因数；
- 4) 冷水机组和热泵性能（包括满负荷和部分负荷能效比）；
- 5) 锅炉性能（包括满负荷和部分负荷能效比）；
- 6) 运行时间。
- 7) 人员密度

在现场调查、收集建筑系统和设备的数据。可以收集的数据包括：

- 1) 照明系统：灯具的数量和类型、光源和镇流器的铭牌、室内外照明运行时间、同时使用系数。
- 2) 插座负荷：使用插座的设备的数量和铭牌数据、运行时间、同时使用系数。
- 3) 空调系统：冷机和锅炉的数量、容量、部分负荷特性；末端设备的数量和特性；水泵、风机的型号；电机的型号和效率；空气侧系统形式；系统分区、设定温度等。其中冷机和锅炉的部分负荷特性难以在现场准确测量，所得数据仅作为模型校正时参考。
- 4) 建筑围护结构：墙体、窗、幕墙等围护结构的几何尺寸和热工性能参数。
- 5) 各功能区域人员密度和使用时间。
- 6) 其他主要的耗能设备的铭牌参数和运行时间表。
- 7) 收集天气参数。校正模拟方法需要两种类型的天气参数：与校正模型的能耗数据同时发生的实际天气参数，用于模型校正；实施节能改造后当年实际天气参数或典型年天气参数，用于计算节能量。

在进行模型校正时，能耗模拟输出的逐月能耗量需和实际逐月能耗量帐单进行比对。模拟逐月能耗量和与实际逐月能耗量的误差应同时满足表 3.5.7 中的要求。如果模拟能耗与实际能耗的误差不符合要求，必须对模型进行修正，直至误差减小到规定范围内。

表 6 模拟能耗量与实际能耗量的误差允许范围

名称	误差允许范围%
月误差 (ERR _月)	±15
年误差 (ERR _年)	±10
CV(RMSE _月)	±10

计算模型输出结果和实测数据的误差方法如下：

1) 对模型进行校正，误差用以下公式计算：

• 月误差：

$$ERR_{month}(\%) = \left[\frac{M_{month} - S_{month}}{M_{month}} \right] \times 100\% \quad (1)$$

式中：M——实际测量能耗值 (kWh)；

S——模拟能耗值 (kWh)。

• 年误差：

$$ERR_{year}(\%) = \sum_{year} \left[\frac{ERR_{month}}{N_{month}} \right] \times 100\% \quad (2)$$

式中：N——一年中能源帐单数 (月数)

• 均方差：

$$RSME_{month}(\%) = \sqrt{\frac{\sum (M_{month} - S_{month})^2}{N_{month}}} \times 100\% \quad (3)$$

$$A_{month} = \frac{\sum (M_{month})}{N_{month}} \quad (4)$$

• 均方差的变异系数：

$$CV(RSME_{month})(\%) = \left[\frac{RSME_{month}}{A_{month}} \right] \times 100\% \quad (5)$$

节能量的计算须采用下式确定：

节能量 = 基准能耗量 (改造前) - 当前能耗量 (改造后)

$$E_{节约} = E_{基准} - E_{当前}$$

式中 $E_{\text{基准}}$ ——基准能耗量，为基准模型模拟输出的全年能耗；
 $E_{\text{当前}}$ ——当前能耗量，为改造后模型模拟输出的全年能耗。

基准模型反映了改造前建筑系统的用能特性。它采用逐时能耗模拟软件建立，并用实际运行数据和气象参数进行校正且满足上述不确定性要求的能耗模型。改造后模型反映了改造后建筑系统的用能特性。它是在基准模型的基础上，用所改造部分的建筑系统特性替换原有建筑系统特性得到。改造后模型可用改造后的实际运行数据和气象参数进行校正。用此公式计算节能量时，基准模型和改造后模型的模拟计算所采用的天气参数、运行时间、建筑模型、人员密度等变量必须相同。

总结

本报告针对长宁区的实际情况，提出了一套适用于分项计量平台下的节能量计算方法。该节能量计算方法是在国内现有的《公共建筑节能改造技术规范》和《节能量测量和验证技术通则》指导下，参照 IPMVP 和 ASHRAE Guideline 14 的具体节能量计算过程进行编写的，是一套针对于长宁区分项计量平台量身订做的节能量计算方法。

本套节能量审核与计算方法针对不同改造案例，提出了四类基本方法：A，部分变量测量、改造部分隔离；B，全部变量测量、改造部分隔离；C，全楼宇验证；方法 D，校正模拟验证。利用本项目特有的分项计量平台的优势后：

- 方法 A 可直接从分项计量平台能耗计量记录中获得改造前后的能耗值，相减获得节能量；
- 方法 B 和方法 C 中也可从分项计量平台直接获得能耗设备或系统节能改造前后的能耗量，但是回归所用的独立变量还必须通过其他途径获得。据上所述，影响能耗的独立变量多为天气、人员时间表等较易获得的变量，对于难以直接获得的变量，如风机或水泵的流量，在节能量计算过程中还应进行现场的测量。虽然有些变量仍需进行测量，但是工作量明显减少。可见在分项计量系统下，使用方法 B 和 C 时优势仍旧很明显。
- 方法 D 适用于包含多项节能措施的建筑物的全面节能改造，但因基准年能耗数据缺失等原因无法用方法 C 中的回归方式建立基准能耗模型の場合，也可应用于新建建筑。这对本项目涉及到的 126 幢建筑而言，都安装了分项计量系统，可以获得较为完整的能耗数据（能体现出设备或系统的特性的周期即可），因此

此方法在本次项目中仅作为参考方法，可能会对另外三种的节能量计算方法的校验方法，并不会在今后的软件的实现的过程中体现。

该方法不是直接对节能改造前后能耗直接相减，而是根据实际情况进行了合理的修正，真正的做到切实、客观的反映通过节能改造而节省下来的能耗量。今后，我们将以该方法作为理论依托，研发出一套分项计量平台上的节能量计算软件。

附件 1. 各类建筑节能改造技术汇总

1. 办公建筑节能改造技术汇总表

分类	节能改造技术名称	计算方法	所需能耗计量的最短周期（改造前后各需）	影响能耗的独立变量	分项能耗选取
1 建筑围护结构	Low-e 玻璃	C	15 周、52 周（和节能量计算周期有关）	1. 太阳辐照度；2. 平均温度（*度日数）；3. 相对湿度；4.*设备；5.*节假日数；6.*出租率（*出租面积）	U0000 总能耗（U2000 空调用能+U1000 照明与插座）
	热反射玻璃	C	15 周、52 周		
	双层玻璃	C	15 周、52 周		
	真空玻璃	C	15 周、52 周		
	智能窗户	C	15 周、52 周		
	呼吸玻璃	C	15 周、52 周		
	遮阳	C	15 周、52 周		
	景观美化	C	15 周、52 周		
	墙体保温	C	15 周、52 周		
	楼板保温	C	15 周、52 周		
屋顶改造	C	15 周、52 周			
2 采暖通风空调和热水供应系统	空气源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周	1. 平均温度（度日数）；2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）	U2A00 冷热站
	地源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周		
	地下水源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周		
	地表水源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周		
	变风量系统	B	15 周、52 周		
	变制冷剂流量系统	B	15 周、52 周		
	变水量系统	B	15 周、52 周		
风机变频改造	A	4 周（采暖季/制冷季）	*1. 运行时间	被改造风机的能耗	

水泵变频（空调水泵）/水泵变频（生活水泵）	B	15周（采暖季/制冷季）/15周（任意15周）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）/1. 节假日数；2. 出租率（出租面积）	U2A01 冷冻（采暖）泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵、U3A02 水泵
高效冷水机组	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）	冷水机组能耗
风冷制冷机组改水冷制冷机组	B	15周（制冷季）		
冷却塔运行控制	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备	U2A04 冷却塔
冷却塔智能控制	B	15周（制冷季）		
冷凝热回收（用于生活热水系统）	B	15周（制冷季）	1. 平均温度；2. 节假日数； 3. 出租率（出租面积）	生活热水能耗
全热交换器	B	15、52周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）	U2B02 新风机组
全新风（空气侧节能装置）	B	15周（过渡季）		U2000 空调用能
水系统大温差控制器	B	15周（采暖季/制冷季）		U2A01 冷冻（采暖）泵、 U2A02 冷却泵
冷冻设备控制器	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
根据室外气温重设冷冻水温度	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
水侧节能装置	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
流体增压装置	B	15周（采暖季/制冷季）		U2A01 冷冻（采暖）泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵
冷凝器自动清洗球	B	15周（制冷季）		U2A03 空调机组
冷却塔免费供冷	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
新风控制	B	52周		U2000 空调用能
更换高效房间空调器	B	52周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）	U2B05 分体空调器

	冷冻机房群控	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）	U2A00 冷热站
3 照明系统	更换高效照明	A	1周	1. 运行时间	U1000 照明与插座
	照明感应控制	A	1周	1. 运行时间	
	地下车库和顶层自然光照明	A	1周	1. 运行时间	U1000 照明与插座
	智能灯具控制系统	A	1周	1. 运行时间	U1000 照明与插座
	地下车库排风扇智能控制	A	1周	1. 运行时间	地下车库排风扇能耗
	插座节能	A	1周	1. 运行时间	U1A05 照明与插座综合
4 电梯系统	电梯群控技术	B	15周	1. 节假日数；2. 出租率（出租面积）	U3A01 电梯
	电梯自感应控制	B	15周		
5 检测和控制系統	分项计量	C	52周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 设备；4. 节假日数；5. 出租率（出租面积）	U0000 总能耗
	峰值负荷需求控制系统	C	52周		
	功率因数矫正器	B、C	52周		

2. 宾馆饭店建筑节能改造技术汇总表

分类	节能改造技术名称	计算方法	所需能耗计量的最短周期（改造前后各需）	影响能耗的独立变量	分项能耗选取
1 建筑围护结构	Low-e 玻璃	C	15周、52周（和节能量计算周期有关）	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（*度日数）；3. 相对湿度；4. 入住率	U0000 总能耗（U2000 空调用能+U1000 照明与插座）
	热反射玻璃	C	15周、52周		
	双层玻璃	C	15周、52周		
	真空玻璃	C	15周、52周		
	智能窗户	C	15周、52周		
	呼吸玻璃	C	15周、52周		
	遮阳	C	15周、52周		

	景观美化	C	15周、52周		
	墙体保温	C	15周、52周		
	楼板保温	C	15周、52周		
	屋顶改造	C	15周、52周		
2 采暖通风空调和热水供应系统	空气源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 入住率	U2A00 冷热站
	地源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周		
	地下水源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周		
	地表水源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周		
	变风量系统	B	15周、52周		
	变制冷剂流量系统	B	15周、52周		
	变水量系统	B	15周、52周		
	风机变频改造	A	4周（采暖季/制冷季）	*入住率	被改造风机的能耗
	水泵变频（空调水泵）/水泵变频（生活水泵）	B	15周（采暖季/制冷季）/15周（任意15周）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 入住率/入住率	U2A01 冷冻（采暖）泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵、U3A02 水泵
	高效冷水机组	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 入住率	冷水机组能耗
	风冷制冷机组改水冷制冷机组	B	15周（制冷季）	1. 平均温度；2. 相对湿度； 入住率	U2A04 冷却塔
	冷却塔运行控制	B	15周（制冷季）		
	冷却塔智能控制	B	15周（制冷季）	1. 平均温度；2. 节假日数； 3. 入住率	生活热水能耗
	冷凝热回收（用于生活热水系统）	B	15周（制冷季）		
	全热交换器	B	15、52周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 入住率	U2B02 新风机组
	全新风（空气侧节能装置）	B	15周（过渡季）		U2000 空调用能
水系统大温差控制器	B	15周（采暖季/制冷季）	U2A01 冷冻（采暖）泵、 U2A02 冷却泵		

	冷冻设备控制器	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
	根据室外气温重设冷冻水温度	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
	水侧节能装置	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
	流体增压装置	B	15周（采暖季/制冷季）		U2A01 冷冻(采暖)泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵
	冷凝器自动清洗球	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 入住率	U2A03 空调机组
	冷却塔免费供冷	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度	U2A00 冷热站
	新风控制	B	52周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 入住率	U2000 空调用能
	更换高效房间空调器	B	52周		U2B05 分体空调器
	冷冻机房群控	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
3 照明系统	更换高效照明	A	1周	*入住率（房间照明器）/ 运行时间（公共区域照明器）	U1000 照明与插座
	照明感应控制	A	1周	运行时间	
	地下车库和顶层自然光照明	A	1周	入住率	
	智能灯具控制系统	A	1周	运行时间	地下车库排风扇能耗
	地下车库排风扇智能控制	A	1周	入住率	U1A05 照明与插座综合
	插座节能	A	1周		
4 电梯系统	电梯群控技术	B	1周	入住率	U3A01 电梯
	电梯自感应控制	B	1周		
5 检测和控制系统	分项计量	C	52周	1. 太阳辐射照度；2. 平均 温度（度日数）；3. 相对	U0000 总能耗
	峰值符合需求控制系统	C	52周		

	功率因数矫正器	B、C	52 周	湿度；4. 入住率	
--	---------	-----	------	-----------	--

3.商场建筑节能改造技术汇总表

分类	节能改造技术名称	计算方法	所需能耗计量的最短周期（改造前后各需）	影响能耗的独立变量	分项能耗选取
1 建筑围护结构	Low-e 玻璃	C	15 周、52 周（和节能量计算周期有关）	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（*度日数）；3. 相对湿度；4. 客流量；5. 出租面积	U0000 总能耗（U2000 空调用能+U1000 照明与插座）
	热反射玻璃	C	15 周、52 周		
	双层玻璃	C	15 周、52 周		
	真空玻璃	C	15 周、52 周		
	智能窗户	C	15 周、52 周		
	呼吸玻璃	C	15 周、52 周		
	遮阳	C	15 周、52 周		
	景观美化	C	15 周、52 周		
	墙体保温	C	15 周、52 周		
	楼板保温	C	15 周、52 周		
屋顶改造	C	15 周、52 周			
2 采暖通风空调和热水供应系统	空气源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 客流量； 4. 出租面积	U2A00 冷热站
	地源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周		
	地下水源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周		
	地表水源热泵（不含生活热水系统）	B	15 周、52 周		
	变风量系统	B	15 周、52 周		
	变制冷剂流量系统	B	15 周、52 周		
	变水量系统	B	15 周、52 周		
	风机变频改造	A	4 周（采暖季/制冷季）	*运行时间	被改造风机的能耗
水泵变频（空调水泵）/水泵变频（生活水泵）	B	4 周（采暖季/制冷季）	1. 平均温度（*度日数）； 2. 相对湿度；3. 客流量； 4. 出租面积/1. 客流量；2.	U2A01 冷冻（采暖）泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵、U3A02 水泵	

				出租面积	
	高效冷水机组	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 客流量； 4. 出租面积	冷水机组能耗
	风冷制冷机组改水冷制冷机组	B	15周（制冷季）		
	冷却塔运行控制	B	15周（制冷季）	1. 平均温度；2. 相对湿度； 3. 客流量；4. 出租面积	U2A04 冷却塔
	冷却塔智能控制	B	15周（制冷季）		
	冷凝热回收(用于生活热水系统)	B	52周	1. 平均温度；2. 出租面积	生活热水能耗
	全热交换器	B	52周		U2B02 新风机组
	全新风（空气侧节能装置）	B	15周（过渡季）		U2000 空调用能
	水系统大温差控制器	B	15周（采暖季/制冷季）		U2A01 冷冻(采暖)泵、 U2A02 冷却泵
	冷冻设备控制器	B	15周（制冷季）		
	根据室外气温重设冷冻水温度	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
	水侧节能装置	B	15周（制冷季）		
	流体增压装置	B	15周（采暖季/制冷季）	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 客流量； 4. 出租面积	U2A01 冷冻(采暖)泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热 水循环泵
	冷凝器自动清洗球	B	15周（制冷季）		U2A03 空调机组
	冷却塔免费供冷	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
	新风控制	B	52周		U2000 空调用能
	冷冻机房群控	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
3 照明系统	更换高效照明	A	1周	1. 运行时间	U1000 照明与插座

	商场灯箱等进行增亮膜改造	A	1周		地下车库排风扇能耗 U1A05 照明与插座综合
	地下车库和顶层自然光照明	A	1周		
	智能灯具控制系统	A	1周		
	地下车库排风扇智能控制	A	1周		
	插座节能	A	1周		
4 电梯系统	电梯群控技术	B	1周	1. 客流量	U3A01 电梯
	电梯自感应控制	B	1周		
	自动扶梯变频控制	B	1周		
	自动扶梯自动感应控制	B	1周		
5 检测和控制系統	分项计量	C	52周	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（度日数）；3. 相对湿度；4. 客流量；5. 出租面积	U0000 总能耗
	峰值符合需求控制系统	C	52周		
	功率因数矫正器	B、C	52周		

4.体育建筑节能改造技术汇总表

分类	节能改造技术名称	计算方法	所需能耗计量的最短周期（改造前后各需）	影响能耗的独立变量	分项能耗选取
1 建筑围护结构	Low-e 玻璃	C	15周、52周（和节能量计算周期有关）	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（*度日数）；3. 相对湿度；4. 人流量（*人数）	U0000 总能耗（U2000 空调用能+U1000 照明与插座）
	热反射玻璃	C	15周、52周		
	双层玻璃	C	15周、52周		
	真空玻璃	C	15周、52周		
	智能窗户	C	15周、52周		
	呼吸玻璃	C	15周、52周		
	遮阳	C	15周、52周		

	景观美化	C	15周、52周		
	墙体保温	C	15周、52周		
	楼板保温	C	15周、52周		
	屋顶改造	C	15周、52周		
2 采暖通风空调和热水供应系统	空气源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周	1. 平均温度（度日数）；2. 相对湿度；3. 人流量（人数）	U2A00 冷热站
	地源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周		
	地下水源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周		
	地表水源热泵（不含生活热水系统）	B	15周、52周		
	变风量系统	B	15周、52周		
	变制冷剂流量系统	B	15周、52周		
	变水量系统	B	15周、52周		
	风机变频改造	A	4周（采暖季/制冷季）	*1. 运行时间	被改造风机的能耗
	水泵变频（空调水泵）/水泵变频（生活水泵）	B	15周（采暖季/制冷季）/15周（任意15周）	1. 平均温度（度日数）；2. 相对湿度；3. 人流量（人数）	U2A01 冷冻（采暖）泵、U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵/U3A02 水泵
	高效冷水机组	B	15周（制冷季）	1. 平均温度（度日数）；2. 相对湿度；3. 人流量（人数）	冷水机组能耗
	风冷制冷机组改水制冷机组	B	15周（制冷季）	1. 平均温度；2. 相对湿度；3. 人流量（人数）	U2A04 冷却塔
	冷却塔运行控制	B	15周（制冷季）		
	冷却塔智能控制	B	15周（制冷季）		
	全热交换器	B	52周		U2B02 新风机组
	全新风（空气侧节能装置）	B	15周（过渡季）		U2000 空调用能
	水系统大温差控制器	B	15周（采暖季/制冷季）	1. 平均温度（度日数）；2. 相对湿度；3. 人流量（人数）	U2A01 冷冻（采暖）泵、U2A02 冷却泵
冷冻设备控制器	B	15周（制冷季）			
根据室外气温重设冷冻水温度	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站	

	水侧节能装置	B	15周（制冷季）		
	流体增压装置	B	15周（采暖季/制冷季）		U2A01 冷冻(采暖)泵、 U2A02 冷却泵、U2A05 热水循环泵
	冷凝器自动清洗球	B	15周（制冷季）		U2A03 空调机组
	冷却塔免费供冷	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
	新风控制	B	52周		U2000 空调用能
	置换通风	B	52周		
	冷冻机房群控	B	15周（制冷季）		U2A00 冷热站
3 照明系统	更换高效照明	A	1周	1. 运行时间	U1000 照明与插座
	地下车库和顶层自然光照明	A	1周		
	智能灯具控制系统	A	1周		
	地下车库排风扇智能控制	A	1周		地下车库排风扇能耗
	插座节能	A	1周		U1A05 照明与插座综合
4 电梯系统	电梯群控技术	B	1周	1. 人流量（人数）	U3A01 电梯
	电梯自感应控制	B	1周		
	自动扶梯变频控制	B	1周		
	自动扶梯自动感应控制	B	1周		
5 检测和控制系统	分项计量	C	52周	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（度日数）；3. 相对湿度； 4. 人流量（人数）	U0000 总能耗
	峰值符合需求控制系统	C	52周		
	功率因数矫正器	B、C	52周		

5.中小学校节能改造技术汇总表

分类	节能改造技术名称	计算方法	所需能耗计量的最短周期（改造前后各需）	影响能耗的独立变量	分项能耗选取
1 建筑围护结构	Low-e 玻璃	C	15 周、52 周（和节能量计算周期有关）	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（度日数）；3. 相对湿度；4. 办公室：*教师人数(人员时间表)/教室：节假日数 注意：学校应注意寒暑假	U0000 总能耗（U2000 空调用能+U1000 照明与插座）
	热反射玻璃	C	15 周、52 周		
	双层玻璃	C	15 周、52 周		
	真空玻璃	C	15 周、52 周		
	智能窗户	C	15 周、52 周		
	呼吸玻璃	C	15 周、52 周		
	遮阳	C	15 周、52 周		
	景观美化	C	15 周、52 周		
	墙体保温	C	15 周、52 周		
	楼板保温	C	15 周、52 周		
屋顶改造	C	15 周、52 周			
2 采暖通风空调和热水供应系统	更换高效房间空调器	B	15 周、52 周	1. 平均温度（度日数）； 2. 相对湿度；3. 办公室：教师人数（人员时间表）/ 教室：节假日数	U2B05 分体空调器
	水泵变频（生活水泵）	B	15 周（采暖季/制冷季）	人数	U3A02 水泵
3 照明系统	更换高效照明	A	1 周	办公室：运行时间/教室：节假日数	U1000 照明与插座
	照明感应控制	A	1 周	办公室：运行时间/教室：节假日数	

	地下车库和顶层自然光照明	A	1 周	办公室：运行时间/教室：节假日数	
	智能灯具控制系统	A	1 周	办公室：运行时间/教室：节假日数	
	地下车库排风扇智能控制	A	1 周	办公室：运行时间/教室：节假日数	地下车库排风扇能耗
	插座节能	A	4 周	办公室：运行时间/教室：节假日数	U1A05 照明与插座综合
4 电梯系统	电梯群控技术	B	1 周	办公楼：教师人数（人员时间表）/教室：节假日数	U3A01 电梯
	电梯自感应控制	B	1 周		
5 检测和控制系统	分项计量	C	52 周	1. 太阳辐射照度；2. 平均温度（度日数）；3. 相对湿度；4. 办公室：*教师人数(人员时间表) /教室：节假日数	U0000 总能耗
	峰值符合需求控制系统	C	52 周		
	功率因数矫正器	B、C	52 周		

*独立变量说明：

1. “()”表示两个独立变量可以相互代替，只使用其中之一

2. 独立变量“设备”实际是办公楼里主要考虑的是办公楼里的主要散热设备是否发生变化，例如是否在某一天增加了一批电脑或打印机，只需统计设备的变化即可。例如：2012年3月1日办公建筑购置了100台电脑，之前办公楼有电脑200台，则3月1日之前设备为“200*功率1”，3月1日之后设备为“200*功率1+100*功率2”

3. 因为办公楼的特殊性，人员数目相对稳定，其变化主要体现在节假日，或是出租面积的变化

4. 方法A中的独立变量“运行时间”是所选周期内整个系统的工作日数合计。分为两种情况，情况一：所选周期改造前后工作日数相同，则总能耗直接相减即可获得节能量；情况二：所选周期改造前后工作日数不同，则只能计算工作日的节能量。详见流程图A。

**计算能耗的选择原则：

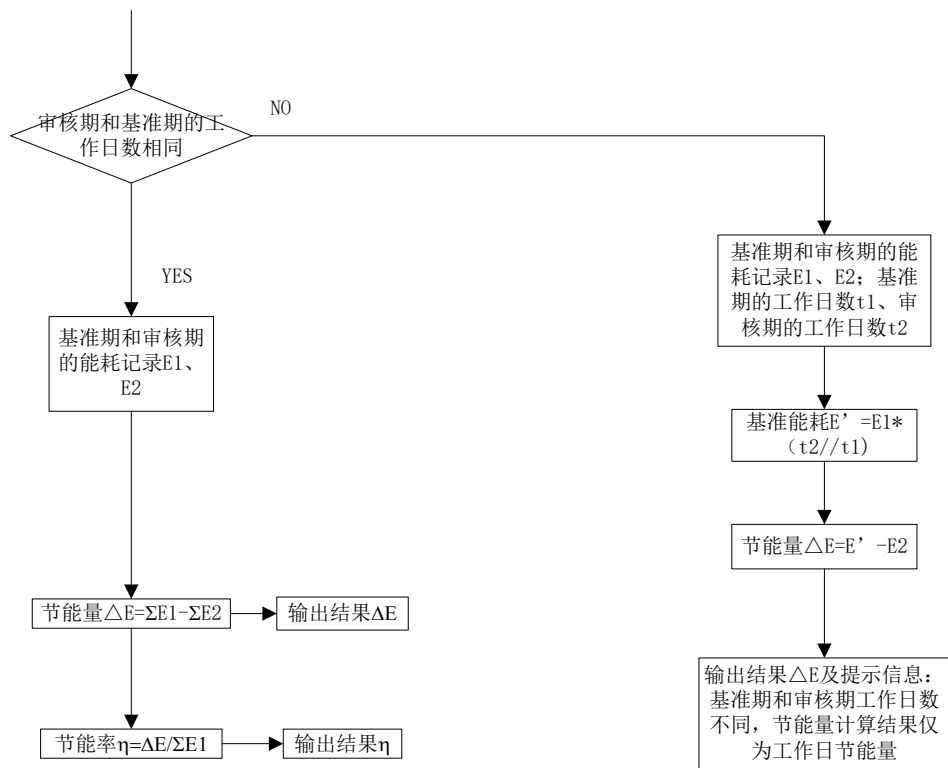
以能覆盖被改造系统的最小的子项为最优，若无该分项能耗就取其上一级能耗，依此类推。例如，当计算空调系统中水泵改造的节能量时，应选择此水泵的能耗进行节能量计算；若无该水泵的能耗，就上推一级，选择整个空调分项能耗进行计算。注意，若整个系统进行了多项改造，又没有单个设备的分项能耗时，就能不能计算出单项改

造的节能量。

附件 2.分项计量下的节能量计算核准算法标准流程图

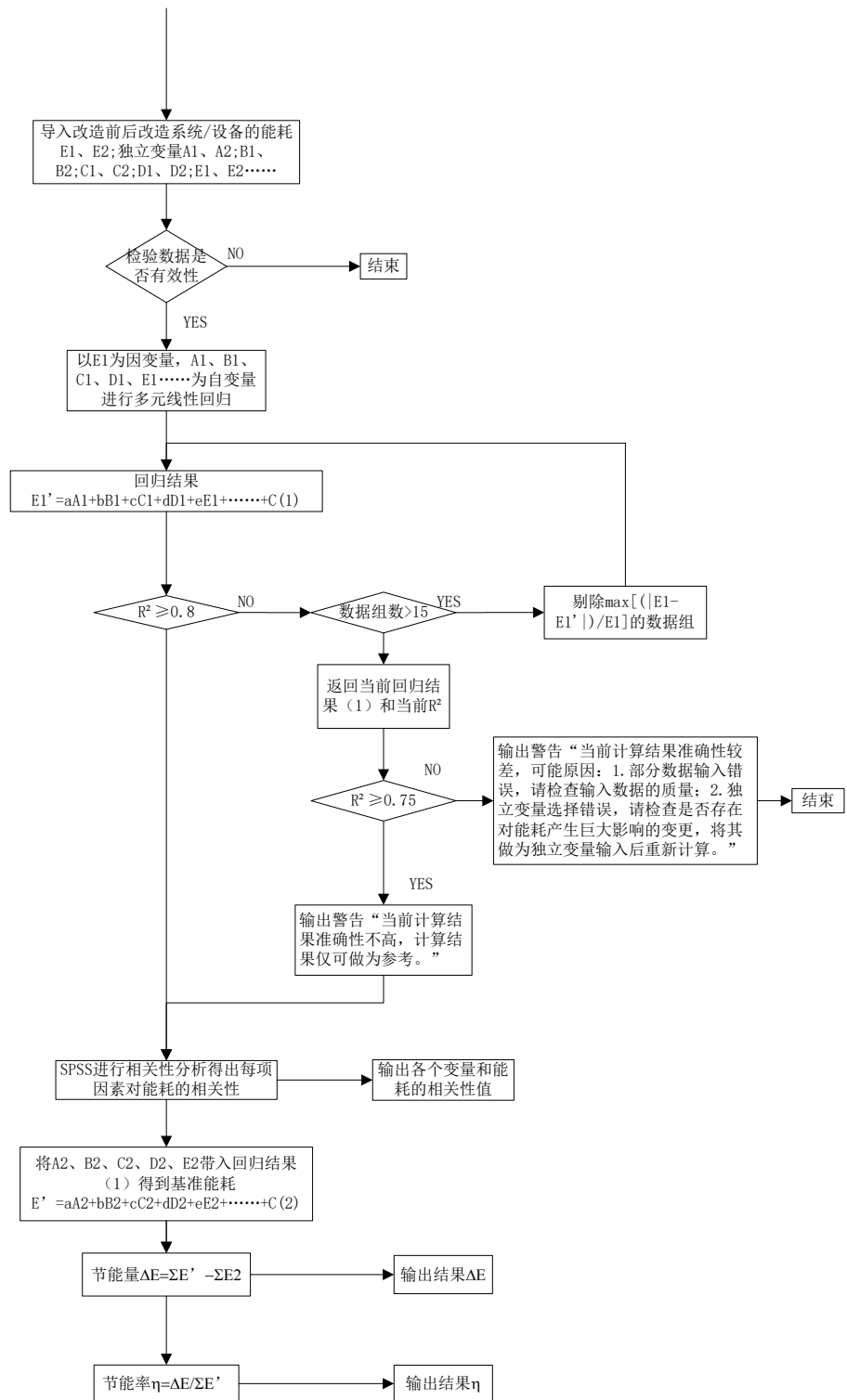
算法 A 流程图：

1. 之前完成了数据周期，频率的限定；
2. 数据的有效性见“数据有效性判断标准”



算法 B 流程图：

1. 之前完成了数据周期，频率的限定；
2. 数据的有效性见“数据有效性判断标准”



算法 C 流程图：

1. 之前完成了数据周期，频率的限定；
2. 数据的有效性见“数据有效性判断标准”

