[能效管理]

关于陕西公共建筑能效效益监管评价体系建设的思考

文/张海涛[1] 段 勇[1] 帖 洁[1] 王 珮[1] 印 青[1] 宋 河[2]
1. 国网陕西省电力有限公司营销服务中心；2. 国网电力科学研究院（武汉）能效测评有限公司

目前建筑领域是我国环境污染和气候变化的主要来源，发展绿色建筑是助推实现碳达峰、碳中和目标的重要抓手。系统介绍了公共建筑能效技术和能耗评价方法，针对陕西公共建筑能效管理中存在的问题，提出陕西公共建筑能效效益提升的创新思路，对陕西构建公共建筑能效效益监管评价体系具有一定借鉴意义。

我国目前正处在城市化和工业化的高速发展进程中，环境污染、温室效应等问题在一定程度上阻碍了我国经济的高质量发展。我国作为全球能源消费大国，能源消耗的三大板块分别是工业、交通业和建筑业。其中，建筑能耗占社会总能耗的30%以上。目前，我国存量建筑面积超400亿m^2，且大部分都是高耗能建筑，单位建筑面积能耗是发达国家的2～3倍，建筑领域已经成为我国环境污染和气候变化的主要来源。以绿色低碳为目标的城市更新和发展绿色建筑是助推我国实现碳达峰、碳中和目标的重要抓手。我国在建筑节能领域起步较晚，建筑节能在实际实施过程中遇到的阻碍多，加之法律政策体系不健全、科技技术水平落后和市场体制不完善等问题，导致我国公共建筑节能领域存在碳排放超标、耗能大和能源利用效率低等突出问题。因此，立足于陕西省公共建筑能效现状，从建筑能耗一般改造技术和评价方法出发，针对陕西公共建筑能效管理中存在的能耗高、节能主体不协调、监管不到位和评价体系不完善等问题，从政府端、技术端和市场端三个层面提出陕西公共建筑能效效益提升的意见和建议。

公共建筑及能效

1. 公共建筑

我国公共建筑类型丰富。按照GB 50352—2019《民用建筑设计统一标准》，公共建筑是指人们参与各种公共活动的建筑。按照建筑用途，公共建筑可以细分为办公建筑、商业建筑、旅游建筑、科教文卫建筑、通信建筑、交通运输建筑、综合建筑及园林建筑等11大类，如办公楼、医院、写字楼、学校、商场和宾馆等。公共建筑具有功能性强、开放性好、人流量大、建筑风格多样和时代性强等特点，是一个城市经济环境和风貌的重要体现。

2. 建筑节能

建筑节能是指在保证建筑使用性能、满足其内部热环境质量的条件下，在建筑主体设计、改造、新建和利用时间内，通过综合应用节能材料、设施等手段，达到建筑节能标准，从而提高能源利用效率。建筑能耗主要体现在建设和使用两个阶段。其中，建筑阶段的能耗主要体现在建材及其配件的制造、运输、装配等过程中；使用阶段的能耗主要体现在照明、家电、采暖等过程中。

3. 建筑节能技术

我国公共建筑节能技术主要体现在围护结构、排水、供热制冷及电气等方面，主要包括外墙保温隔热、门窗技术、建筑遮阳技术等建筑外围结构节能技术；热电冷联、空调蓄冷、热回收等供热制冷技术；太阳能实际利用、风力发电等建筑用能技术。主要是从运行效率、用能设备和建筑结构三个层面对建筑节能进行改造和提升。

1）运行效率方面。通过匹配公共建筑能耗分项计量监测和实际能耗需求，实现照明、空调、电梯等用能设备的高效运行。

2）用能设备方面。通过综合使用需求，尽可能地使用节能灯具、能量回收电梯等节能设备，减少在使用过程中的能量损耗。

3）建筑结构方面。利用自然通风和采光等天然条件，最大程度上减少空调器、机械通风、照明等终端能耗装备。

能耗评价方法

1. 简化工程算法

简化工程算法主要应用于建筑能耗计算，其计算依据是ISO 16346—2013《建筑物的能量性能、能源整体性能评估》和ISO 13790—2008《建筑物能量特性、空间加热和冷却用能量的计算》两大国际标准。其中，ISO 16346—2013是一种规范建筑整体能耗和计算制冷供热系统能耗的算法，其主要问题是建筑负荷的计算难度较大；ISO 13790—2008是一种忽略热容影响，以电阻-电容模型对建筑能耗进行估算的算法模型。简化工程算法主要应用场景是能源审计和能耗评价，该算法的优点是计算过程简单，成本低，工作量较少，计算精度相对准确，适合工程中的快速计算和没有很高精度要求的场景中；缺点是计算过程因为假设原理，能耗标准化的精度有所降低。

2. 数学统计法

数学统计法是一种基于能耗数据规律对公共机构的能耗情况进行评价的方法。主要包括简单规范法、基于最小二乘法的回归分析法及优劣解距离法等。

1）简单规范法。主要原理是根据单个输入和输出的比率对用能单位的能耗情况进行评价。主要优点是计算过程简单，工作量较小；缺点是评价结果较片面和单一，使用场景范围小。

2）基于最小二乘法的回归分析法。原理是通过计算线性回归来计算平均能耗水平，利用实际能耗水平与平均能耗水平的差值对用能单位的能耗情况进行评价。该方法的优点是应用广泛，模型简单，计算结果准确。

3）优劣解距离法。原理是根据余弦法计算有限方案中的最优和最劣方案以及被评价对象与此之间的距离，通过比较被评价对象与最优方案之间的接近程度，对用能单位的能耗情况进行评价。该方法主要优点是对数据分布及样本量没有严格要求，计算过程简单。

3. 机器学习法

机器学习法是一种基于实际能耗数据建立的能耗预测数据模型，以预测能耗为基准，通过比较实际能耗与预测能耗之间的差距，对用能单位能耗情况进行评价的方法。当实际能耗高于预测能耗时，认定此时能源利用率低，能源浪费大；当实际能耗低于预测能耗时，表明能源利用率高，能源消耗低。该方法具有处理能力强、计算速度快和预测结果较为准确等优点；缺点是数据样本量较大，更适用于单一建筑能耗监测系统、楼宇自控系统所产生的具有海量数据的应用场景。

陕西公共机构能效效益监管存在的问题

1. 公共建筑能耗高

经济社会的快速发展与人民物质生活水平的不断提升，使办公建筑、商业综合体建筑、通信建筑和交通运输建筑等各种大型公共建筑的占比逐年攀升。陕西省近年来在公共建筑节能领域取得了一定进展，但同我国发达地区的公共建筑节能成效相比仍有明显差距，同类型、同面积建筑耗能约是公共建筑节能领域标杆地区的2倍以上。据统计，我国建筑耗能占全社会耗能总量的1/3，而其中所占面积不足建筑总面积4%的大型公共建筑的年耗能量为70～300 kW·h，是普通居民住宅的10～20倍。由此可见，公共建筑耗能高是当前亟需关注和解决的重点节能问题，与我国提倡的节能减排理念背道而驰。一方面，公共建筑全天候的制冷与采暖是高能耗的主要来源，空调器、供暖和照明灯重点用能设

备的能效水平仍有较大提升空间；另一方面，许多公共建筑在建设阶段对于节能改造与用能管理存在明显不足，整体能效处于较低水平，在规划设计与建设运营环节均有较大的节能改进余地。

2. 节能主体不协调

公共机构能效涉及建设施工单位、节能服务机构、用能单位、各级政府与消费者等多个节能主体，各节能主体间需要相互配合、互相协作来共同实现节能目标。对于公共建筑节能，其前期设备投入较大，建设施工单位往往需要承担较大的经济压力，如果政府的财政激励政策跟不上，就容易导致施工单位为了降低建设成本而忽视或降低建筑节能性需求，在后期投入使用后反而会造成更大的耗能压力。类似地，对于消费者与节能服务机构之间、用能单位与各级政府之间，都需要各方协调发力，仅靠一方努力容易导致节能主体以“利益驱动”为出发点，难以实现预期目标。各节能主体间的作用关系如图1所示。

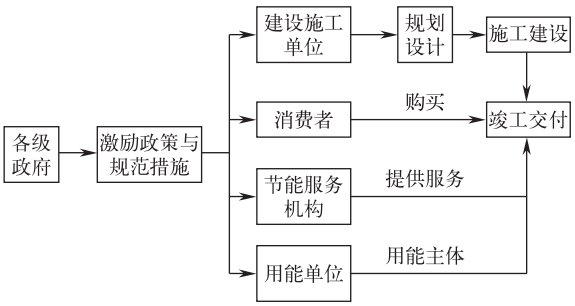

图1　各节能主体间的作用关系

3. 政府监管不到位

政府层面对于公共建筑的节能监管主要包括事前项目图样审查、事中项目进度抽查和事后项目验收三方面。《陕西省民用建筑节能条例》明确规定，公共建筑项目的设计图样必须通过节能审核才能施工。然而，仅仅依靠设计图样对公共建筑进行约束与监管仍有较多弊端，图样的规划设计方整体节能意识不足，在缺乏政策激励的前提下，只能在设计时做到满足节能要求的强制性规范，对于日后投入使用时是否合理、是否能真正实现节能减排效果欠缺考虑。由此可见，政府在监管时更需要在项目建设过程中下功夫，选择权威的第三方监测机构对节能材料与设备进行全面审查，在全流程上切实有力实现监管。

4. 评价体系未完善

政府在对公共建筑实施节能监管时，除了依据现有的政策与法律外，还需要对节能标准进行量化分析的评价体系。现阶段，陕西省在公共建筑节能领域仍缺乏节能产品认证标准、建筑能耗评价标准、节能建筑设计标准等一系列科学权威的评价体系。对于不同地区而言，需要根据当地的气候条件与实际耗能情况因地制宜地制定节能标准，且为了推动节能减排的实施效果，地区节能标准通常要高于国家标准。陕西省应当根据当地的实际情况，制定公共建筑所涉及的各方面节能标准体系并推动形成相应的规范性操作流程，推动公共建筑节能工作顺利开展。

陕西公共建筑能效效益提升建议

1. 政府端：完善法律法规、加强保障措施

各级政府需要参与制定和完善相关公共建筑节能的法律法规，修改、删减和废除不适应新时期公共建筑节能发展的法律法规，完善细分领域规定和标准，制定符合陕西省公共建筑节能发展的建筑节能监察办法、建筑节能服务中介机构管理暂行办法及重点用能单位节能管理办法；推行节能监管服务外包机制，采取政监分离方式，设置独立监察机构；出台和公共建筑节能相关的各项激励政策，对公共建筑节能主体购买节能产品，降低建筑能耗给予一定补贴等；制定公共建筑节能标准，在遵循国家标准的前提下，发挥建筑节能研究院、服务机构和行业协会作用，结合本地公共建筑能耗实际状况，制定和本地区发展相适应的公共建筑节能标准。

2. 技术端：搭建监管平台、强化技术支撑

打造公共建筑能耗领域的在线监测系统和信息实时处理中心，充分利用大数据、人工智能、5G和区块链等技术，全面梳理现有建筑信息和相关能耗情况，实现公共建筑能耗的实时共享，确保数据的准确性、统一性和实时性。系统分析陕西省公共建筑耗能数据，建立“公共建筑能耗地图”，打通上下级政府、同级政府之间的信息壁垒，通过信息共享机制强化各部门间的沟通交流与协调合作，让信息传递更加高效、畅通和准确。同时，在现有监测手段的基础上，注重强化对节能数据的整体综合分

析研判能力，对陕西省不同城市的公共建筑能耗特点进行总体把控，点对点深入分析不同地区的公共建筑耗能关键点，为后期节能政策的进一步完善、节能改造措施的进一步强化提供实践与理论双重支撑。

3. 市场端：加强市场服务、释放市场活力

采用合同能源管理模式，通过节能服务公司和客户签订节能服务合同，公共建筑用能主体可在节能服务公司提供的方案设计、能耗分析、项目融资、设备采购和工程施工等全方面的节能服务下，实现节能减排和能效效益提升，节能服务公司通过项目在节能改造后获得的节能效益收回投资和取得利润；采用保证节能量模式和共享节能量模式两种合同能源管理基本模式，实现创新能源费用托管、改造工程施工和能源管理服务等。同时，还可以发展节能效益分享与节能量保证结合、租赁业务与合同能源管理结合、节能效益分享与能源费用托管结合等复合型商业模式。EA

（收稿日期：2022-12-14）

参考文献

[1] 刘文文．京津地区办公建筑能耗系统分析与评价[D]．天津：天津大学，2014．
[2] 邱强．建筑节能评估的研究进展[J]．环境保护与循环经济，2012(2)：22-24．
[3] 董旭娟．夏热冬冷地区住宅供暖与节能设计研究[D]．西安：西安建筑科技大学，2016．
[4] 杨西伟，郑瑞澄，郝斌．现阶段我国主要建筑节能技术及存在的问题[J]．建设科技，2007(14)：20-27．
[5] 秦旋，刘倩昆．厦门市公共建筑能耗影响因素与节能潜力分析[J]．华侨大学学报（自然科学版），2015，36(5)：575-580．
[6] 刘存．大型公共建筑能耗公示政策实施的影响因素及提升措施分析[D]．重庆：重庆大学，2020．
[7] 王海山，王丽，郭喜宏．我国建筑能耗现状特点及未来发展认识[J]．城市建设理论研究(电子版)，2016(22)：81-84．
[8] 杨睿．西安市公共建筑节能政府管理问题研究[D]．西安：西北大学，2021．
[9] 丰艳萍．既有公共建筑节能激励政策研究[D]．北京：北京交通大学，2011．
[10] 侯静，武涌，胥小龙，等．公共建筑节能改造重点城市(津渝深沪)模式分析及推广建议[J]．建设科技，2015(12)：39-44．
[11] 李沫，李梦迪，李永．河北省公共建筑节能改造应用合同能源管理实践研究[J]．粉煤灰综合利用，2022，38(2)：106-110．
[12] 王穆青，高飞．基于两阶段信息采集的智能建筑能量控制优化研究[J]．电气应用，2022，41(1)：33-40.