

基于能耗监管系统的绿色低碳医院研究与实践

北京大学第三医院

“双碳”目标为医疗行业节能降碳工作提出了更高的要求，因此医院持续开展有效的节能降碳工作，提升能源利用水平，不但是我国医院节约能源资源“十四五”规划的要求，而且对医院降低运营成本、促进可持续发展具有重要意义。

多年来，北京大学第三医院在完善组织架构，健全管理制度，建成能源管理体系，搭建智能化能耗监管平台的基础上，应用科学的管理工具，闭环的能源管理策略，通过完善与应用能耗监管系统，实现能耗多级计量，深化能耗数据分析，建立节能项目库，有序开展管理、技术、行为节能工作。医院万元收入能耗支出指标在三级医院绩效考核中持续获评满分，同时得到上级部门的肯定和医院同行的赞誉，医院在能源资源管理工作中取得显著成效。

一、案例背景

医院为了满足社会就医需求，更好的服务患者，提升医院治疗疾病的技术难度以及收治疑难重症的综合能力（CMI值），促进医院高质量发展，推进医院集团化发展，部分建筑办公等功能区域调整为医疗区域，引进大量医疗设备，业务量稳步增长，使得医院总体能耗呈现刚性增长的趋势。而医院作为重点耗能公共机构，面临着巨大的能源消耗，推动医院绿色低碳转型既是对国家“双碳”战略的贯彻响应，又是在国家医改和高质量发展背景下的主动选择。由此可见，在国家大力推动节能低碳绿色发展的时代背景下，医院如何在保障安全稳定运行的情况下，建立能源管理长效机制，因地制宜地应用技术改造和智慧化技术，在提高医院服务环境与患者体验的同时降低医院的支出，对于医院实现绿色、可持续发展具有十分重要的意义。



二、实践举措

1. 建立医院能源管理体系及架构

我院为有效建设绿色低碳医院，推进能源资源精益发展，首先建立了由院领导班子组成的决策层，由各职能部门负责人作为执行机构，全体职工参与的三级组织架构，并任命能源管理负责人。在此基础上，总务处作为能源管理的主要组织和实施部门，一直以标准化、专业化、规范化、信息化和精细化理念作为工作要求，在原有 10 大科室、22 个班组的基础上，创新性搭建能源管理平台等 6 大平台，通过矩阵式管理以及复合型的人才体系建设为能源管理工作有序开展奠定了坚实基础，并形成了多主体协同发展的绿色建筑管理创新策略。



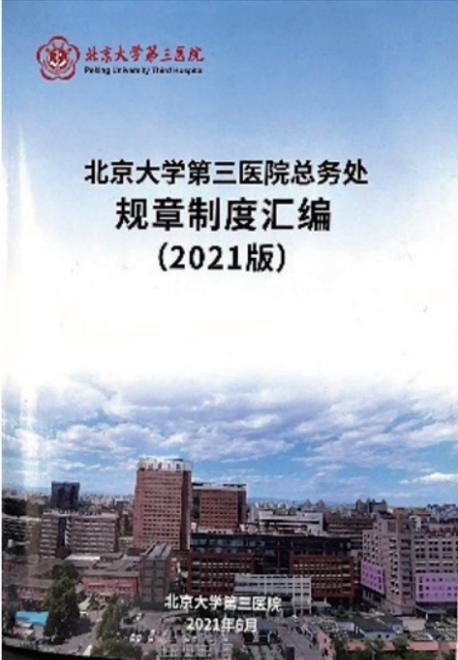
图 1 能源管理组织架构



图 2 总务处组织架构

2. 完善能源管理制度及建立能源管理体系

其次，在制度建设方面，我院从管理文件、技术文件、节能制度、岗位职责等几个方面，建立了全面的能源管理制度，明确能源管理岗位责任，并将节能工作纳入科室考评，对节能工作优秀的部门、科室以及人员进行表彰奖励，各项制度均收录于《北京大学第三医院总务处规章制度汇编》中。同时从能源利用和管理的全过程出发，按照《能源管理体系要求》（GB/T23331）标准要求，结合医院能源使用特点，建成了一套规范的、专业的、系统的能源管理体系。通过该体系的运用及不断完善，提高节能的整体效果和效率，促进医院构建长效节能机制。



序号	制度名称
管理文件	
1	总务处节能降耗管理办法
2	北京大学第三医院关于办公用品成本控制考核暂行规定
3	总务处固定资产报废处置规定
4	北医三院国有资产(设备类)处置办法
技术文件	
1	水泵房安全操作规程
2	综合组防汛应急处理流程图
3	综合组市政应急停水处理流程图
4	综合组院区跑水应急处理流程图
5	供水系统应急预案
6	综合组防汛应急预案
7	锅炉房能源统计与节能工作制度
记录文件	
1	锅炉房流量统计
2	锅炉房水处理设备及水质记录
3	锅炉房设备巡视运行记录
4	锅炉房天然气记录
5	总务处科长巡视月统计
6	消防安全巡视记录
7	供气系统运行记录

图3 规章制度汇编及能源管理制度节选

3. 完善计量统计

医院现已实现用水、用电的分项多级计量，重点用能系统和部位分项计量器具配备率达到100%。医院现电计量器具覆盖医院的25栋建筑，其中对中央空调用电、动力用电、照明、插座、CT和核磁等重点用能系统和大型用电医疗设备，均配备电计量器具。医院现水计量器具已实现三级计量，同时结合医院能耗管理平台的远程传输数据，实现了线上线下医院用水系统的实时监测，确保了医院水系统的平稳运行。

4. 引进能源管理方面专业人才与培养

医院通过编制岗位说明书，根据需求引进能源管理相关专业人才，包括电气工程及自动化、暖通空调、热能与动力工程、给排水、统计学等专业研究生学历二十余人，大批高素质人才的引进为医院能源管理工作的有序开展奠定了坚实基础。同时，医院积极组织员工参加行业内专业的能源相关培训，20 余名职工参加过全国公共机构节能管理远程培训项目，6 名职工考取能源管理师证书，多名职工参加医院后勤领域的标准制定等。

5. 建立精细化的设备运行管理模式

在用能设备管理方面也建立详细的用能设备、设施台账；通过能耗监管系统的建设，实现对医院全部建筑电、水、气、热、冷、环境质量等分类计量分析、能源管理及报表管理；对于重点用能设备、系统的操作岗位配备专业技术人员；对用能系统定期维护保养，做到记录档案齐全，并通过建立设备全生命周期系统，实现对重点用能设备维护保养、设备运行、设备更新的精细化管理；通过智慧楼宇系统，基于智能控制策略，控制技术实现重点用能设备的智慧运行。医院后勤信息化系统的建设，为医院开展建筑节能诊断，节能潜力判断、节能效果分析提供了科学依据。



图 4 精细化运行管理模式

6. 能耗监管系统的建设与运行

6.1 能耗监管系统的建设

医院利用委拨资金，并自筹一部分款项，依据《医院建筑能耗监管系统建设技术导则》的要求，建立了能耗监管系统。工程 2015 年 5 月进场施工，工期 150 天。总务处负责管理，由各专业人

员组成项目组，每周一次监理例会沟通项目的进度、质量、安全等问题，建立质量、安全管理体系和制度，并设立专人负责落实。总体工程安装做到按图纸及设计规范要求施工，做到严格把好材料质量关，对各种器件、材料进场进行严格检验，规格、型号、合格证等齐全，各项材料报监理验收后才可使用，不合格不进行施工。单位工程竣工后施工单位自查、监理单位的巡查以及甲方的核对，保障了项目的施工质量。历时两年多的使用，能耗监管系统于2017年8月通过国家验收。项目覆盖全院面积，设能耗监管中心及设备机房。

能耗监管系统按照《医院建筑能耗监管系统建设技术导则（试行）》的相关要求，对医院建筑和重要用能设施设备等安装分类、分项能耗计量装置，采用远程传输，实现医院能源资源消耗情况在线监测、统计分析和智能管理。基本功能有：

1) 该平台包含水、电、气、空调、蒸汽、采暖、环境以及氧气等监测点位共计 1498 个，采用远程传输技术，可实现对各项能耗数据在线监测。

2) 平台可通过电脑、手机等智能终端分级授权登录，对数据进行在线监测、统计分析和管理工作。通过水、电、气等分级报警机制，并与医院原有楼宇自控系统相连，建立能源使用安全监测体系，实现重要报警信息通过短信方式第一时间传达给相应负责人，使得问题可以获得及时处理，保障医院用能安全。此外平台可将医院能耗指标上传至国家卫生健康委节能平台，实现 44 家委属医院能耗情况的实时公示、能耗情况统计、报表上传等功能。

3) 平台具有丰富的数据传输、审核校验、建模、运算、同步等功能。如：电、水、气、蒸汽等的分级计量，单个建筑分类能耗展示，用电分项计量，以及重点用电参数的监测等。

4) 平台可以根据能耗数据、结合建筑物的实际情况，对建筑物各系统的能耗进行初步评估，从而辅助分析改进措施及其节能效果。

6.2 能耗监管系统的运维、使用和完善

对于能耗监管系统的运维，首先，完善相应的配套制度建设，例如：建筑能耗监测中心管理规程、北京大学第三医院能耗检修平台总务处运行管理制度，建立三级系统管理架构。同时建立标准化的平台维护、能耗数据分析流程，促使班组、科室、核心组等全体人员对于能源管理工作的关注和思考，促使能源管理更加精细化，节能工作有效地开展。



同时，利用能耗监管系统，通过大量数据的积累和分析，实现了以用能数据为导向的能源精益管理，使设备管理从就地管理向远程智能控制、能源管理向精细化的管理发展。一方面，通过平台监测和比对，及时发现系统或设备可能存在的问题，并及时排查解决，避免不必要的能源浪费，是节能的有效举措；另一方面，通过平台数据的积累和分析，开展全面的能耗诊断，利用科学的管理工具，全面挖掘医院的节能潜力和方向，建立节能项目库，为节能工作的开展提供良好的基础。促进医院能源管理工作的精细化发展，对于有效降低医院能耗成本具有重要的意义。

多年来，医院根据用能情况和使用需求，不断对系统进行完善和升级优化，促进了医院“以用能数据为导向的能源管理”方针，多年来，总务处通过对于能耗数据的持续分析，实现了领导、管理人员以及基层人员对于能源管理工作的关注和探索，使得能源管理工作更加趋于完善和精细化。



图 5 能耗监管系统

7. 开展节能项目，推动医院绿色低碳发展

在数据分析的基础上，医院利用鱼骨图建立节能项目库，基于 PDCA 实现每个节能项目的全过程管理，持续改进，推进节能项目的高效开展。2015 年至今，医院开展技术节能项目 63 个，包括外墙保温项目、外科楼自然冷源利用项目、中央空调优化控制和水泵变频改造项目、中央空调冷冻水泵节能改造项目、LED 照明改造项目、生活热水控制系统改造项目、换热站优化控制与水泵变频改造项目、蒸汽系统优化改造项目、太阳能生活热水系统项目等均取得了显著节能效果。

三、建设成效

1. 通过各项上级部门考核

医院三级公立医院绩效考核中对于节能工作的考核指标持续获得满分。2023年“医院万元收入能耗支出”指标较2020年下降24.40%，2023年万元收入能耗支出指标较2022年下降12.77%，2022年“医院万元收入能耗支出”指标较2020年下降13.33%，2021年“医院万元收入能耗支出”指标较2020年下降16.47%，医院在能源资源管理工作中取得了持续性成果。

2. 能源管理经验总结固化

(1) 总务处承接的国家卫健委医院管理研究所《基于全生命周期系统的医院后勤设备运维策略的优化研究》成功结题，研究成果对日常运行、风险控制、节能降耗等均能起到积极的推动作用。

(2) 医院积极将多年来的能源管理与实践进行固化，在《医院管理论坛》期刊发表《某三甲医院建筑能耗影响因素分析及对策研究》《基于医院公共建筑的碳中和路径探讨》两篇论文；医院能耗监管系统升级改造项目，《能耗监管系统系统》成功申报中华人民共和国国家版权局签发的计算机软件著作权登记证书。



图6 能源管理学术成果

3. 获得的行业认可、专家评价，获得的相关表彰及荣誉

(1) 医院荣获国管局、国家发展改革委、水利部授予的“公共机构水效领跑者”荣誉称号。

国家卫生健康委员会办公厅

国家卫生健康委办公厅关于通报表扬
绿色低碳公共机构和 2024-2026 年度
水效领跑者的通知

各委属（管）单位：

为提升公共机构能源资源节约利用水平，切实发挥公共机构示范引领作用，我委组织委属（管）单位参加了国家机关事务管理局开展的绿色低碳公共机构和水效领跑者遴选工作。经过专家评审、实地核查、线上公示等程序，复旦大学附属华山医院获得绿色低碳公共机构称号；**北京大学第三医院**、西安交通大学第一附属医院、西安交通大学口腔医院获得公共机构水效领跑者称号。

现对以上四家医院予以通报表扬。请各医院结合实际积极学习借鉴，加强节能能源资源和生态文明建设，提升医院管理节能水平和节能技术水平，更好发挥委属（管）医院在行业内的示范引领作用，促进医院建设和运行安全、高效、低耗、智慧、可持续发展，为推动医院能源资源节约和生态环境保护工作作出贡献。

图 7 公共机构水效领跑者

(2) 2019 年医院成功入选国管局、国家发展改革委和财政部公布“节约型公共机构示范单位”；同年，医院按照《关于 2019—2020 年节约型公共机构示范单位创建和能效领跑者遴选有关工作的通知》文件中提出的相关要求，由总务处能源管理平台牵头组织材料向国家卫生健康委员会申报创建能效领跑者，通过编写自评报告，提交佐证材料，完善能源管理工作，2020 年顺利通过国管局组织的能效领跑者实地审核验收，获得“公共机构能效领跑者”称号。



图 8 节约型公共机构示范单位



图 9 公共机构能效领跑者

(3) 2022 年参与完成了《北京市公立医院能源资源消耗定额》团体标准编制工作，该标准已于 2022 年 6 月 9 日成功发布，2022 年 6 月 15 日已开始执行；2023 年参与《三甲医院建筑低碳运行维护评价标准》团体标准编制工作。

(4) 2022 年 12 月医院总务处王金良处长获评“北京市节能减排先进个人”称号。

(5) 2022 年 11 月 18 日，中国医院院长杂志社公布了中国医院绩效改革研究院关于 2022



第三届中国医院绩效大会案例审查结果，我院总务处 2022 年 8 月申报的“以数据为导向的能源管理精益发展”案例获评 2022 第三届中国医院绩效大会杰出实践案例；

(6) 2021 年 12 月医院按要求进一步完善各项节水管理工作，顺利通过北京市节水型单位创建标准，并于 2022 年 12 月完成节水型单位复验。

(7) 根据国家机关事务管理局公共机构节能管理司印发的关于开展 2019-2020 年度公共机构能源资源节约示范案例征集工作的通知，总务处积极组织项目资料，申报公共机构能源资源节约示范案例。2020 年 12 月，北京大学第三医院“以医院用能数据为导向，推动能源管理精益发展案例”成功入选国管局节能司开展的“2019—2020 年公共机构能源资源节约全国十佳示范案例”，也是本次中央国家机关及所属单位中唯一一家。

(8) 医院多次受邀作为医院代表在医院节能降碳主题活动中，讲解汇报医院的节能案例，展现了现代化综合性三甲医院能源管理工作的高质量发展，获得现场诸多专家的好评与称赞。

4. 典型节能项目案例

典型空调节能项目：①应用能耗监管系统、楼宇自控系统对门诊楼各楼层、各区域温度的监测，及时调整风机盘管和新风机组水系统的流量，进行差异化的温度设置，使各区域处于相对均衡和平衡的水平。同时根据门诊楼负荷的周期性变化，采用集中控制运行时间，有效降低空调能耗；②针对新风系统，应用热回收式新风系统，使得处理新风所需的能量减少，冷源机组负荷降低，取得了显著节能效果；③加强多联机空调温度和运行时间的集中控制，稳步开展多联机空调室外机更新项目，有效提升多联机空调系统的能效，进一步降低了能耗；④加装板式换热器，利用户外冷空气作为自然冷源，替代原制冷机组用电供冷，降低用电消耗；⑤实施冷机优化控制和水泵的变频调节，优化运行策略、采用新型高效节能水泵技术，改善循环工况，均取得显著节能成效。

典型照明节电项目：稳步推进 LED 灯具改造项目，优先对 24 小时长明灯及耗电量大的区域进行灯具更换。同时，在满足照明规范的前提下，从色温、照度、光衰、寿命、发热量、实际功率等参数综合考虑，采购品质较高的产品，累计更换 1 万余组，年节电 100 余万度。此外，基于楼控智能化控制系统有效降低照明用电，在医院门诊楼，医院根据门诊区域使用需求、出诊时间安排、自然光源利用情况等，在满足照明需求的前提下，一方面通过全局日程表，按需调整照明使用时间；另一方面，将门诊楼内靠近玻璃房 12 路照明，通过增加照度监测设备、更改控制程序、



充分利用自然光源、合理降低照明灯具开闭时间和数量，实现门诊楼照明年节电约 7% 效果。

典型节气项目：①医院开展换热站优化控制与水泵变频改造项目，根据户外温度，在保证医院供暖需求的前提下，灵活调节供暖量，实现供暖季期间节能 8.25% 效果。②在非供暖季期间，首先根据供暖季的转换，进行蒸汽管道的切换，减少非供暖季期间由于管道过粗而导致的蒸汽冷凝热损失。③重视提升使用部门运行效率，配合供应室进行清洗、蒸汽消毒设备增容改造，优化供应室工作流程，提高工作效率，减少非供暖季燃气量约 12%。④稳步开展锅炉余热利用项目，实施锅炉房冷凝水回收改造项目。通过开展冷凝水回收项目，将医院供暖、生活热水、洗衣等所需蒸汽换热后产生的高温冷凝水，用于加热医院生活热水，降低加热生活热水所需天然气消耗的同时降低冷凝水水温。冷凝水水温降低后经过水质处理，用于锅炉补水，将冷凝水余热充分利用的同时降低医院锅炉补水过程的水资源消耗，年节气约 1.8%。

典型节水项目：医院开展智能淋浴设备安装改造项目，现已实现智能刷卡淋浴系统的全覆盖。医院设置每人每天 8 分钟洗澡时间，超时自动断水，有效杜绝人走长流水、长时间洗浴的情况，引导人们养成良好的节水用水习惯，节水率达 50%，提升了医院用水管理水平，降低了水资源消耗。

其他节能项目：①在医院既有建筑维修改造中积极使用节能墙体及保温隔热材料，提高围护结构热工性能，优化室内冷热量与外界的交换程度，实现供热系统及空调系统能耗的降低；②医院推进再生纸等环保办公用品的使用，充分利用 OA 系统在全院实行无纸化办公流程，节材降碳；③执行绿色采购，积极引入新能源汽车，探索节能减排措施；④广泛开展节能宣传，通过积极开展喜闻乐见、形式多样的宣传活动，广泛动员全院员工和来院就诊患者学习节约能源资源的知识，并积极参与到节能降碳的工作和生活方式中来。



图 10 多联机更新改造项目和智能淋浴改造项目





图 11 锅炉冷凝水处理装置

北京大学第三医院节能降碳倡议书

2023年全国节能宣传周为7月10日至16日，活动主题是“节能降碳，你我同行”；全国低碳日为7月12日，活动主题是“积极应对气候变化，推动绿色低碳发展”。

我们向全院职工倡议：



一、自觉树立节能降碳意识

牢固树立健康节能降碳、绿色健康的生活理念，将科学使用资源、节能降耗的低碳生活方式自觉贯穿到日常生活中去。

二、自觉宣传节能降碳知识

自觉宣传生活领域中的节能降碳新技术，推广使用新能源、新材料。积极将节能降碳的好经验、好做法推广给大家。

三、自觉践行节能降碳行动

- 合理使用照明灯，做到随手关灯；合理设置空调温度，尽量避免开空调的同时开窗户造成能量损失；长时间离开时，及时关闭所有办公及生活用电器，自觉节约每一度电；
- 做到按需用水，不过量使用，杜绝浪费水资源，自觉节约每一滴水；
- 提倡使用办公系统OA、微信等无纸化办公软件，减少使用纸张，自觉节约每一张纸；
- 倡导根据实际情况，采取绿色低碳的出行方式上下班，保护环境，减少碳排放；
- 提倡选购节能降碳电器、节水器具和高效照明产品，形成低碳的消费理念；
- 践行“光盘行动”，杜绝粮食浪费现象，节约每一粒米。

➤ 让我们每一个人都成为节能降碳的倡导者、传播者、示范者、行动者，共同建设我们的绿色低碳北医三院！



图 12 节能宣传—节能降碳倡议书



四、经验总结

多年来，北京大学第三医院基于医院能源管理工作实际，运用科学的管理工具，闭环的能源管理策略，通过能耗监管系统的建设与应用，实现能耗的多级分项计量，继而在数据积累的基础上开展能耗分析，摸索能耗规律，建立节能标准库，进行全过程的节能项目管理，有序开展管理、技术、行为节能工作。能耗监管系统的建设和应用，对我院开展建筑节能诊断、节能潜力挖掘、精细化运行管控及节能效果分析起到了强有力的助推作用，实现了能源管理的精细化发展，取得明显的节能成效。

未来，在保证医院安全、稳定、高效运行的前提下，医院将持续以数据为导向，以智能管控系统为基础，应用大数据分析、人工智能、物联网等技术进一步优化既有控制策略，实现前馈与预测控制策略，提升节能降碳工作效率，推动绿色低碳转型，促进医院节能降碳工作高质量发展。

案例撰稿人：

王金良（总务处处长）

邓超（总务处副处长）

赵伊楠（总务处副处长）

刘航（总务处能源管理平台负责人）

高勇（总务处院外机构保障办公室副主任）

袁星（总务处动力科副科长）

