

双碳目标下多措并举分阶段实施绿色医院建设分析探讨

山东第一医科大学第二附属医院

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上表示，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳的碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取到2060年前实现“碳中和”。因此需认清30/60双碳目标背景下医院面临的能源形势会越来越严峻，2030年后化石能源应用会越来越少了，价格越来越高，会有相应的排污费、碳排放费，可能被迫购买“碳排放”指标。因此，我们对绿色医院建设的重大意义认识需要再提高。

医院建筑规模大且功能复杂，为满足医疗工艺需求，高耗能设备配置多，是能耗大户，实现“双碳”目标任重而道远。医院节能降耗的抓手为绿色医院建设，对于绿色医院建设应因地制宜、合理规划、精心设计、统筹考虑、确保功能，采取节能、节地、节水、节材等相关措施，确保人的生命安全与建筑全生命周期内最大限度地节约资源，最大限度地保护环境和减少污染，实现医疗功能与建筑功能之间的辩证统一。在节能降碳的同时，大力发展太阳能光伏、风电等绿色能源，实现医院“广义”的绿色低碳节能。近年来我院通过节能监管平台建设，摸清医院用能“家底”，分析水电气等能耗的合理性和节能的方向，有针对性的对暖通系统、电梯、照明等进行节能改造，取得明显效果。

一、实践举措

（一）实施路径



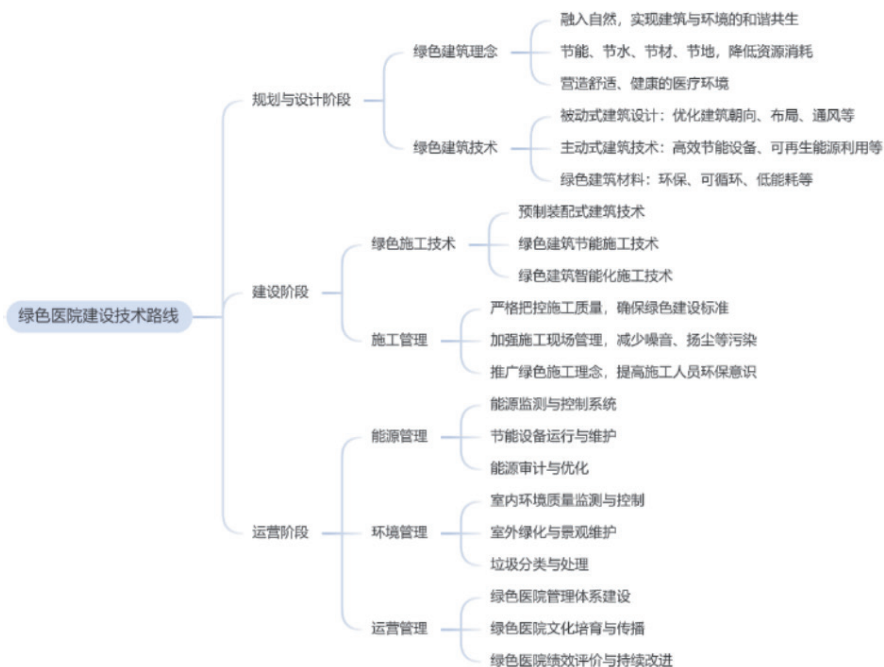


图 1 绿色医院建设技术路线图

我院绿色医院建设结合国家 30/60 双碳目标的实施，分阶段、分步骤做好以下工作，并针对“水电暖冷”分别采取不同应对策略：

1. 水：中水回用，节水型器具，雨水收集及储水池，海绵型医院，透水混凝土路面。
2. 电：加强建筑节能同时提高医院建筑电力能源消耗占比，当然是指“绿电”，医院直流微电网建设及逐步完善。
3. 暖：热泵、太阳能光伏光热等清洁能源的有效补充。
4. 冷：集中与分散供冷相结合，智慧、数字化调节控制。
5. 满足特殊科室医疗工艺需求，普通病房响应国家节能倡议。

（二）具体举措

我院历届领导高度重视节能降耗和绿色医院建设工作，医院节水、节电、节煤、节气等方面做了大量实际而富有成效的工作。特别是从 2007 年以来，我院成立节能工作小组，并组织开展节水改造、燃煤锅炉风机改造、燃煤锅炉脱硫改造、燃煤改燃气锅炉、外墙保温改造、生活热水系统节能改造、节能监管平台及后期升级改造、制冷设备改造、照明系统节能改造、空调控制系统改造、燃气锅炉低氮改造、太阳能光伏光热安装（正在实施项目）等系列举措。



后勤节能工作小组组织架构

组长：王玉来

成员：邱修栋 高震 崔传龙 赵韩涛 刘金宁 耿壮志

表 1 后勤节能工作小组组织架构

姓名	简介	分工
王玉来	正高级工程师	负责整个节能工作的规划与管理
邱修栋	给排水工程师	负责节水工作
高震	工程师	负责天然气与蒸汽节能工作
崔传龙	土建工程师	负责土建节能工作
赵韩涛	电气工程师	负责节电工作
刘金宁	工程师	负责空调节能工作
耿壮志	电气工程师	负责节电工作

1. 节能监管平台建设

2014年，为降低医院运行成本，摸清用能“家底”，完善能耗监测管理流程，健全节能管理运行机制，我院投资96万余元采购安装了节能监管平台系统。对主要建筑增加及更换多功能智能远传电表、水表，实现科室用水用电精确计量、数据实时上传、能耗分类、分项能耗自动采集或填报，并逐步实现实时采集、统计，逐时汇总、归类处理、分项建模等，利用现有网络和新建部分网络将数据网关采集到的数据传输到数据服务器，实现能耗数据统计、能耗基准制定、排名公示等功能，及时发现用能问题，为节能管理政策和节能规划制定提供数据支持，找寻节能空间。作为能源管理应用综合服务平台，将医院智慧能源大数据系统、智能直流微电网、智能多热源微热网、智能用水管理系统、智能配电管理系统、智能能源监控报警系统、高效机房管理系统等融入节能监管平台，对建筑设备可靠运行，智能化管理，能耗控制起着至关重要的作用。



图 2 节能监管平台页面



2. 空调系统节能改造

多联机集中控制系统。对多联机系统的启停、温度进行统一控制，避免人为的启停或者调节温度造成的能源浪费，节能率约为 20%。实现对单台空调控制、开关机控制、运转模式设定（制冷、制热、除湿、送风）、温度设定，并且可以设定温度上下限、风量设定（大风，中风和低风）、现场控制器锁定（包括对开关、运转模式、温度、风量等设定项全部或单独锁定）、控制不同用户按不同的设定日程表自动定时运转、可以定时进行锁定和解锁控制、实时状态查询（开关机，运转模式，风速和温度设定）、开关机历史记录查询、报警故障历史记录查询、可以查看室内机的锁定状态。

溴化锂冷水主机改为螺杆式冷水主机，COP 可以提高至 5.0 以上，节能率为 30%，大幅降低空调系统运行能耗。

冷却塔与水泵采用变频技术。取代了之前的定频水泵，减少了因定频运行造成的能源浪费。



图 3 制冷机组节能升级更换

3. 对既有建筑进行外墙、外窗进行保温隔热等节能改造

对既有建筑外墙保温节能改造，降低了冬季取暖能源消耗及夏季空调电能消耗。对外窗进行更换改造，采用了性能好的橡塑密封条，改善了窗框与墙的气密性，减少冷风渗透，外窗的传热系数明显降低，冬季的保温节能效果较夏季明显。屋顶采用隔热板，有效减少了屋面传热带来的冷热负荷。节能改造后使室内冷热负荷的大幅下降，空调系统的耗电量下降 20%。

4. 关键措施—智能节水

加大节水改造力度，先后实施门诊、病房楼卫生间节水改造，安装红外线冲洗控制器、末端用水点加装恒流节水阀等，节水率超过 30%，先后被泰安市、山东省评为节水先进单位并给予奖励。综合病房楼建设时，优化设计方案，同时选用性价比高的供水设备，目前已安全运行 10 余年，实现零故障、零维修、零事故。针对自来水水质硬度大的情况，电开水器进水前增加净水设备。



在提高水质的同时，减少了因水垢问题造成电开水器效率低的问题。采用插卡取水，减少了热水浪费，降低了水电消耗。



图4 智能供水系统

5. 安装太阳能、空气源热泵

安装太阳能，采用太阳能为院区提供生活热水，全年运行，环保节能。空气源热泵热水器作为辅助生活热水系统，热效率全年平均在 300% 以上。

6. 关键措施—绿色照明

在满足照度的前提下把普通白炽灯灯具全部更换为高效的 LED 灯，改造后总功率减少 47.52kW，节电率为 52.6%，大幅降低了照明用电。白天，公共走廊区域在照明充足的前提下，选择关闭或者选择隔一亮一的照明形式；夜间关闭不需要照明的照明灯具，对照明灯具做好管控。室外照明采用太阳能路灯，利用太阳能电池板发电来解决路灯照明问题，且太阳能电池板一次投入，使用寿命长，有效节约了电能。



图5 绿色照明图片



7. 锅炉节能低碳改造

自2007年开始,对传统燃煤锅炉进行节能改造、“煤改气”清洁能源升级改造、燃气锅炉“低氮”改造:将原有1台10t/h燃煤锅炉进行“煤改气”改造,改善医院周边环境。2022年底,通过技术论证和安全性分析,拆除燃气锅炉现有燃烧器更换为意大利利雅路超低氮燃烧器,锅炉氮氧化物排放浓度降至30毫克/立方米以下,从根本上解决了燃气锅炉氮氧化物排放浓度高的问题。2台燃气锅炉通过低氮节能改造,在基准氧含量3.5%,运行负荷80%情况下,每年可节约天然气4000余m³,燃气费用节约1.5万元,每年氮氧化物排放量可减少约1200kg,为节能降碳做了很大贡献。鉴于我院积极推进燃气锅炉超低氮改造项目,顺利通过第三方和环保部门验收,获得环保部门奖励补贴9.3万元。



图6 资金拨付申请与燃气锅炉图片

8. 节能新技术的应用

太阳能光伏光电一体化应用,“零碳建筑”示范,医院南立面幕墙采用热致性玻璃,柔性太阳能光伏板用于圆柱形等建筑外立面,“光储直柔”建筑配电系统,智能充电桩,直流电器、照明,含储电设备装置的医院直流微电网的建设,庭院太阳能路灯,雨水收集,海绵医院,太阳能光伏光热一体化储能设计,绿色智慧近零能耗岗亭。



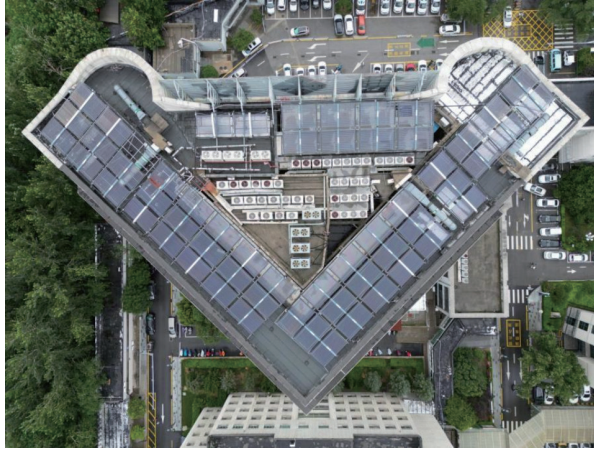


图 7 新型太阳能系统图片

9.2014 年我院被山东省住建厅确认为 2014 年度“节约型高校医院”节能监管平台建设示范单位，并获得山东省 2014 年医院节能监管平台示范项目奖励资金 60 万元。

附件 1:

2014 年省绿色建筑发展奖励资金(第二批)预算指标分配总表

单位	指标	备注
山东大学附属医院	60	

附件 2:

2014 年医院节能监管平台示范项目奖励资金预算指标分配表

项目名称	奖励资金(万元)	评审意见
山东大学附属医院	60	60

附件:

- 2014 年省绿色建筑发展奖励资金(第二批)预算指标分配总表
- 2014 年省绿色建筑项目奖励资金预算指标分配表
- 2014 年公共建筑节能监测子系统建设奖励资金预算指标分配表
- 2014 年医院节能监管平台示范项目奖励资金预算指标分配表
- 2014 年医院节能监管平台示范项目奖励资金预算指标分配表
- 2014 年公共建筑节能监测子系统示范项目奖励资金预算指标分配表
- 2014 年山东省绿色生态示范项目奖励资金预算指标分配表
- 2014 年省绿色建筑生态示范项目奖励资金预算指标分配表

2014 年 4 月 20 日

山东省财政厅文件
山东省住房和城乡建设厅

鲁财建函〔2014〕54 号

关于下达 2014 年省绿色建筑节能与绿色建筑发展奖励资金(第二批)预算指标的通知

各山东各地市州县局:

为深入贯彻《山东省民用建筑节能条例》和《山东省人民政府关于大力推动绿色建筑发展的实施意见》(鲁政发〔2013〕10 号),根据《山东省绿色建筑节能与绿色建筑发展专项资金管理办法》(鲁财建〔2013〕22 号)和项目评审认定情况,现将 2014 年度省绿色建筑节能与绿色建筑发展奖励资金(第二批)预算指标下达,请“20111001 能源与材料类”预算支出科目,具体项目及

图 8 获得节能监管平台示范项目奖励资金图片

10.2024 年~ 2025 年,为更好响应双碳目标,在原有实施的基础上,继续分阶段、分步骤开

展相关工作，多措并举、多管齐下，有针对性有计划性地逐步完善绿色医院建设，将陆续完成太阳能光伏光热项目。该项目利用太阳能光伏光热系统提供热水的同时可利用产生的电力为太阳能系统部分用电设备（循环水泵与空气源热泵）供电，节省能源费用。预计发电 5500 千瓦时，春、夏、秋三季平均每平方米每天产 50℃以上热水 30 公斤，冬季平均每平方米每天产 40℃以上热水 15 公斤。

（三）资源配置

1. 人力资源保障

（1）项目管理团队：组建具备专业知识和经验丰富的项目管理团队，包括项目负责人、技术专家、现场管理人员等，确保项目高效、有序进行。

（2）专业技术人员：根据项目需求，引进和培养具备绿色建筑、节能技术、环保管理等领域的专业技术人员，为项目提供技术支持。

（3）劳务人员：确保项目施工过程中的劳务人员充足，并根据工程进度适时调整人员配置，保障施工质量和进度。

2. 财务资源保障

（1）资金筹措：根据项目规模和投资计划，积极筹措资金，包括政府拨款、银行贷款、企业自筹等方式，确保项目资金充足。

（2）预算管理：制定详细的预算计划，并严格控制项目成本，确保资金使用合理、高效。

（3）资金管理：建立完善的资金管理制度，规范资金收支、审批和报销流程，确保资金安全、合规。

3. 物资资源保障

（1）建筑材料：选择符合绿色医院建设要求的环保、节能、可再生建筑材料，并与供应商建立长期稳定的合作关系，确保材料供应及时、质量可靠。

（2）施工设备：根据项目需求，选用先进的施工设备，提高施工效率和质量。同时，加强设备的维护和保养，确保设备正常运行。

（3）临时设施：为项目施工提供必要的临时设施，如施工场地、办公用房、生活用房等，保障施工人员的工作和生活需求。



4. 制度资源保障

(1) 项目管理制度：制定完善的项目管理制度，包括项目管理流程、质量控制体系、安全管理体系等，确保项目按照既定目标顺利执行。

(2) 环保政策与标准：遵循国家和地方关于绿色建筑的政策法规和标准要求，确保项目符合环保要求。

(3) 沟通协调机制：建立项目内部的沟通协调机制，确保各参与方之间的信息畅通、协作顺畅。同时，加强与政府部门、行业协会、社区居民等外部利益相关方的沟通与合作，共同推动项目顺利实施。

(4) 培训与宣传：对项目管理团队、施工人员等进行培训，提高他们的环保意识、技能水平和专业素养。同时，加强对绿色医院建设理念的宣传和推广，提高公众的环保意识和参与度。

(5) 风险评估与应对：对项目过程中可能出现的风险进行评估和预测，并制定相应的应对措施和预案。这有助于及时发现和解决问题，确保项目的顺利进行。

(6) 后期运营与维护：在项目竣工后，建立完善的后期运营与维护体系，确保绿色医院设施的正常运行和维护保养。这有助于延长设施的使用寿命，提高医院的运营效率和服务质量。

(四) 难点风险

1. 具体阻力

(1) 认识和观念阻力：部分医院管理者和医务人员对绿色医院建设的认识不足，缺乏可持续发展的意识。他们可能更关注医院的日常运营和患者服务，而忽视绿色医院建设对医院长远发展的重要性。

(2) 经济成本阻力：绿色医院建设需要投入更多的资金和资源，包括采用环保材料、引进节能设备、改善能源系统等。因近几年经济形势的问题，在一些项目预算上，也是相对比较紧张，对于全面铺开绿色医院的建设，有一定的经济成本阻力，目前根据医院的财务状况及预算，循序渐进地开展绿色医院建设工作。

(3) 技术实施阻力：绿色医院建设涉及到多个领域的技术，如建筑、能源、环保等。一些技术的实施需要专业的技术团队和经验丰富的施工人员，医院暂时缺乏这方面的技术和人才，需要引进相关人才及增加交流学习的机会，不断提高医院相关人员的技术水平和管理水平。



2. 难点

由于医院的特殊环境条件和使用情况，节能改造受到诸多限制，大型医疗设备、手术室等特殊区域，强调安全第一，许多在一般公共建筑采用的节能措施，无法在医院建筑及环境下实现，如：照明的声光自动控制，还要考虑病患的适应能力，采取不间断照明的必要性。很多医疗设备的工作需要，有时不能随便停水停电。

3. 风险

(1) 财务风险：绿色医院建设需要大量的资金支持，包括技术研发、设备更新、人员培训等。如果医院资金紧张或融资渠道不畅，可能导致项目资金短缺或财务风险增加。

(2) 管理和运营风险：绿色医院建设完成后，还需要建立健全的管理和运营体系来保障设施的正常运行和维护。如果医院管理不规范或运营不当，可能导致设施损坏、能耗增加、服务质量、满意度下降等问题。

二、建设成效

(一) 能源数据统计

从2018年至2022年，每年万元收入能耗支出持续下降。2023年因6#病房楼启用，医院建筑面积增加7万余平方米，万元收入能耗支出上升。

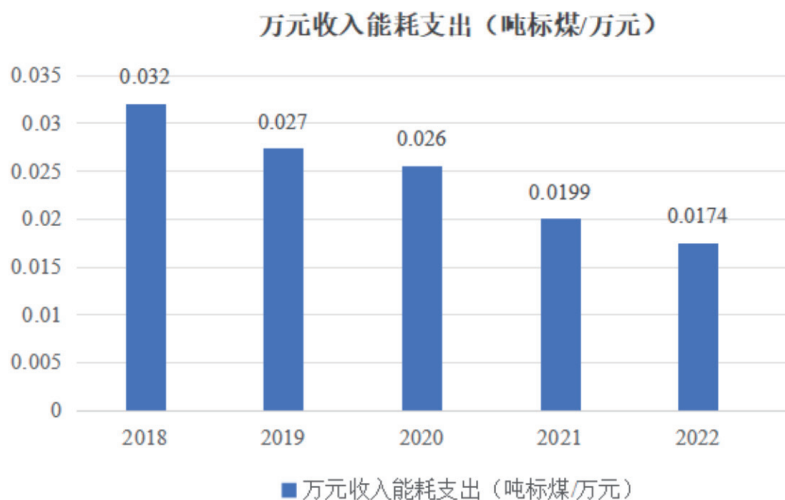


图9 万元收入能耗支出图表



（二）历年节能奖励事项

表 2 历年部分节能奖励汇总表

时间	奖励事项
2009 年	我院被山东省建设厅授予“节水型单位”荣誉称号。
2009、2010 年	我院连续 2 年被评为泰安市节水先进单位。
2011 年	我院被泰安市创建国家节水型城市领导小组评为先进单位。
2014 年	被山东省住建厅确认为 2014 年度“节约型高校医院”节能监管平台建设示范单位，奖励资金 60 万元；被确立为 2014 年度省级建筑节能与绿色建筑发展示范单位，获得该项目预算指标 60 万元。
2015 年	实施锅炉“煤改气”等泰安市“蓝天工程”绿色环保项目获泰安市奖励补贴资金 36.2 万元。
2018 年	我院荣获由山东省委宣传部、住建厅等 7 部门颁发的“节约之星”荣誉称号。
2023 年	我院因燃气锅炉超低氮改造项目获得环保主管部门的奖励补贴 9.3 万元。

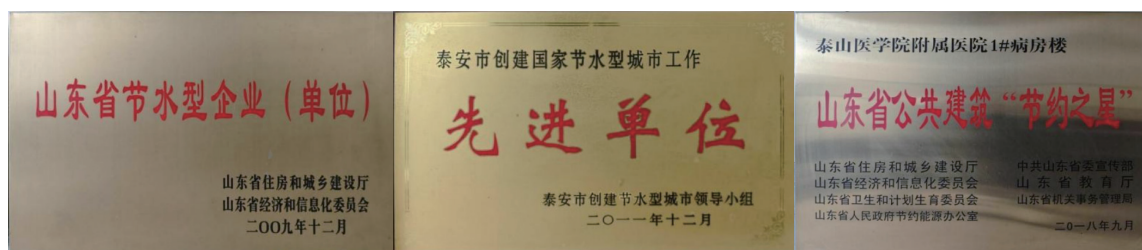


图 10 部分获奖图片

三、经验总结

医院领导高度重视绿色医院建设和节能减排工作，认真贯彻习总书记“绿水青山就是金山银山”的理念，对绿色医院建设起到很好的推动作用。要求像重视安全生产那样抓节能降碳工作，制定节能目标，科学施策，分阶段层层落实，压实各层级的责任，努力实现“双碳”目标。

医院对节能减排和绿色医院建设目标要有前瞻性，相关部门需持续跟进，做好前期调研、方案论证、技术咨询、实景考察等必要的准备工作。具体落实一定要努力实现“专业的人干专业的事”，更重要的是博大胸怀的领导为我们创造“专业的人干专业的事”的良好氛围和科学流程，同时更要有一批为之奋斗、奉献青春、更有情怀的“专业人士”，让他们大胆按照专业技术具体要求进行创新的工作。



现阶段——至 2035：国家现行的能源供应形势变化不大或小幅价格调整等，但是我们要做的是，老旧医院建筑的节能技术方案研讨、完善，以有效降低能耗为目标的既有建筑节能改造：首先是外围护结构保温密封隔热改造，降低建筑物冷热负荷；其次是冷热源设备能效提升，供暖、空调末端节能控制；再者是行为节能和节能宣传及奖惩措施。新建建筑的能耗标准需提高，随着各级政府的配套奖励补贴政策跟进，如：要求达到超低能耗建筑，近零能耗建筑标准，太阳能光伏光热以照明、小功率电器、插座等直流电系统的先行先试，以储能为基础的直流微电网替代或与 UPS 电源的有效结合，不能让新建医院建筑刚竣工就成为需要改造的高耗能建筑。

2035——至 2045 阶段：旧医院建筑节能改造全面升级，将来医院的能源利用也会是太阳能、风能等可再生能源、绿色清洁能源广泛应用。逐步提高医院建筑的电气化率，包括医院生活热水在内的非供暖医院用热、用气问题的节能解决方案，太阳能光伏光热、热泵热水机，零碳目标的新技术研发应用；智能充电桩、医院直流微电网发展建设，和医院停放的电动小汽车的电瓶智能充放电连接等新技术应用；还可能涉及医院碳排放、碳交易的有效应对。

2045——至 2060 及以后：关注国内外的能源利用新技术、新设备、新工艺发展应用，根据国家能源政策和医院的发展现状，积极调整和完善医院的节能改造规划和措施。

案例撰稿人：

邱修栋（后勤管理部给排水工程师）	高 震（后勤管理部工程师）
崔传龙（后勤管理部土建工程师）	刘金宁（后勤管理部工程师）
赵韩涛（后勤管理部电气工程师）	耿壮志（后勤管理部电气工程师）

