

医院能耗监管平台的研究与实践

单位名称：山东省济南市中心医院

主 题：绿色化改造

方 向：智能监管平台

摘 要：通过医院能耗监测平台的建设，实现对医院各分项能耗的在线监测和动态分析，以精益管理为导向深入挖掘医院用能规律，为节能诊断和改造提供量化的数据支持和科学依据，实现医院节能减排和可持续发展目标。

关 键 词：建筑能耗监管系统，智能监管平台，能效提升改造，高耗能，SmartPM600，医院

一、基本情况

（一）基本信息

济南市中心医院是市属大型综合性三级甲等医院，是山东大学和山东第一医科大学两家高校的非隶属附属医院。自建院之初就是山东医学院三大教学医院之一，承担着山东大学及其他多所高等医学院校本科生、研究生的培养任务。医院现为山东大学齐鲁医学院济南临床学院、国家药物临床试验机构、国际 SOS 合作

医院、市国际医疗保健中心、住院医师国家规范化培训基地等，设有博士后科研工作站、二个院士工作站。

医院占地面积 197 亩，固定资产总额 12.9 亿元。医院拥有包括核磁共振、超高端 CT、数字胃肠、直线加速器、数字减影、高压氧舱、彩超、血液透析机、全自动生化分析仪、DNA 测序仪、血细胞分离机、高频乳腺 X 光机、3D 腹腔镜等万元以上设备 2535 余台（件）。

医院现有编制床位 2000 张，年门诊量 132 万余人次，出院人数 6.1 万人次。医院拥有享受国务院政府特贴 10 人，省具有突出贡献的中青年专家 7 人，市级以上专业技术拔尖人才 25 人。医院拥有博士生导师 15 人、硕士生导师 79 人，山东大学聘任教授 19 人。近 5 年来，共承担国家级、省级、市级科研课题 300 余项，累计科研经费超过 5000 万元，其中国家自然科学基金 26 项，省市社会重大民生专项 3 项。有 40 项科研成果获省、部、市级科技进步奖。发表 SCI 论文 375 篇，累计影响因子达 662 分。医院与美国、加拿大、德国等国家和地区保持着良好的学术交流与合作关系，先后在瑞典、奥地利、美国等建立海外培训基地。

医院设有业务科室一级 39 个，二级 48 个，三级 4 个，其中：国家临床重点专科 1 个，省医药卫生重点专业 6 个，省临床重点专科 15 个，市医学重点专业 18 个，省第四批中医药重点专科医院 1 个，市级临床重点专科 6 个，设有研究（实验）室 13 个。医院

还获批市临床医学检验中心、市内镜诊疗技术培训基地、济南市呼吸系统疾病诊疗中心、市骨关节与运动医学诊疗中心、市女性盆底功能障碍诊疗中心、市危重症诊疗中心、市肝胆结石疾病诊疗中心、市心血管疾病诊疗中心、市临床微生物研究中心、市消化道早癌诊疗中心、市胸痛中心、市卒中中心、市血友病诊疗中心、市癌症中心等。医学实验诊断中心、肿瘤内科分别被确认为中澳、中美合作研究中心。心内科、肿瘤内科被授予 10 个“济南市优秀创新团队”之一，依托医院设立的济南迪恩法医司法鉴定所成为我省司法系统首家通过国家级认证认可的司法鉴定机构。2018 年我院获批济南地区唯一“国家级胸痛中心”、“国家级心脏康复中心建设单位”，2019 年获“国家高级卒中中心”、“国家级心衰中心”。生殖医学科被国家卫计委批准开展体外受精-胚胎移植及其衍生技术正式运行。医院在烧伤整形、心脑血管疾病诊治、复杂危重疾病抢救及各种肿瘤疾病诊治等领域均居省内领先水平。

（二）能源资源消耗情况及消耗水平分析

年能源消耗情况

能源	年消耗量		
	单位	2017 年	2018 年
水	立方米	406572	465759
电	万 kWh	1828.38	1892.7

天然气	万立方米	207.48	187.49
汽油	吨	42.1	25.98
柴油	吨	13.9	8.55
综合能耗	tce	5016.98	4858.45
用能人数	人/年	38394	38915
总建筑面积	m ²	220000	220000

（三）主要用能设备

中心医院的设备主要包括动力设备和医疗设备，其中动力设备包括锅炉、空调、风机、水泵等，医疗设备主要包括 DSA、生化分析仪、心电监护仪、血透仪、B 超机、高温高压灭菌器等。

2017-2018 年度，医院根据国家工信部《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》要求，陆续淘汰了高耗能落后机电设备。

（四）能源系统

中心医院日常运营，使用的主要能源为电力、水、天然气、汽油和柴油，使用流程如下。

电力由济南供电公司提供，月结电费。用电分别供照明、医院正常的医疗教学科研工作、中央空调制冷、办公设施用电、宿舍楼生活用电使用。

水由济南市自来水公司提供，月结水费。用于医疗、生活及热水锅炉、制冷机组等用水使用。

天然气由济南港华燃气有限公司提供，预存气量。一方面供

食堂餐饮使用，另一方面供锅炉房使用。锅炉房有3台4/h蒸汽锅炉，有6台4.2MW热水锅炉。蒸汽锅炉生产蒸汽供食堂餐饮、供应室消毒、洗衣房洗衣、外科楼饮用及洗澡热水、冬季门诊楼和外科楼供暖使用。冬季采暖期还增加使用热水锅炉供单位采暖(采暖区域除去外科楼和门诊楼)使用，其余备用。

汽油购自社会加油站，主要供车辆行驶使用。

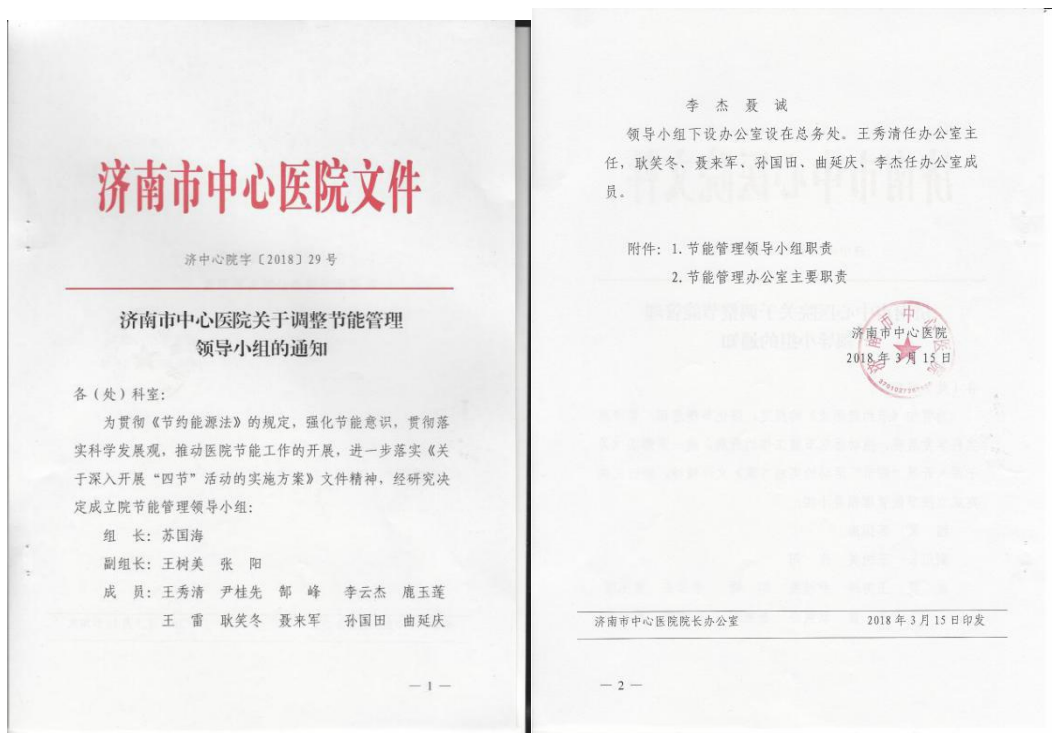
柴油购自社会加油站，主要供救护车行驶使用。

(五) 存在问题

能源计量管理水平需进一步提高，计量网络不够健全，计量器具配置不全，主要用能设备未配置相应的计量器具等。

二、推进措施

(一) 成立济南市中心医院节能领导小组



（二）制定节能降耗年度工作计划

广泛宣传生态文明的价值观，培育和践行节约集约循环利用的资源观，加快改善生态环境，提高资源利用效率，努力建设资源节约型和环境友好型社会，深入进行全民节能低碳宣传教育，大力倡导勤俭节约的社会风尚，在医院营造节能降碳的浓厚氛围。结合医院实际，特制定年度节能降耗工作计划。

1. 定期对院内用水、用电、用油、办公耗材、技术改造等方面的节能降耗工作进行考核总结。继续推进有效的节能措施，对不完善的地方要进行改进，对疏忽的地方要强化管理，为以后节能工作更好的开展提供可靠依据。

2. 为了更好的落实各类节能降耗措施、满足能源管理方针，成立节能降耗工作领导小组，落实、检查节能降耗工作开展情况，并进行指导监督，以全面完善、推进节能降耗管理工作迈上新的台阶。

3. 修订节能管理制度。为了使节能降耗工作真正落到实处，根据我院的生产经营现状，进一步修订各类节能管理办法，对其进行梳理，使节能措施更符合我院实际情况，确保节能措施执行到位。

4. 制作节能降耗宣传标语、横幅，在院内张贴、悬挂，为节能降耗工作开展创造良好的氛围。同时在医院宣传栏，开辟节能降耗专题栏，做好舆论宣传的节能降耗导向工作。

5. 抓好节能监察和监控。通过限制消耗定额，对水、电、油、车、办公耗材等方面严格执行管理办法和节约措施。加强可用资源重复的利用。

6. 利用空余时间，组织员工进行学习、讨论，不断强化员工的节能降耗意识。

7. 加强学习，并鼓励广大职工利用自己的聪明才智为我院节能降耗工作献计献策活动，结合工作特点，对节能降耗工作提出合理化建议。

8. 开展节能降耗讲座、培训、交流，让在节能工作中有突出表现的员工或生产专业技术人员，进行相关的节能技术、节能优秀事迹讲座。

9. 建立节能目标和评价考核制度，将节能降耗的目标任务细化分解到科室、个人，重点能耗岗位，签订责任书，严格进行考核。

（三）开展医院建筑能源消耗管理平台建设

医院不断完善能源管理体系建设，在加强能源科学管理，坚持管理与技术创新，加快技术改造等方面做了很多工作，进一步提高了能源利用效率，增强了医院竞争力、促进了医院快速发展。在能源管理方面重点加强了对能源管理制度、能源输入输出管理、能源分配和传输管理、能源使用管理、能源转换管理等全方位的管理。并制定了详细的能源消耗控制管理制度。具体做了以

下几方面工作：

1. 建设医院建筑能耗监管系统

济南市中心医院主要能源消耗包括电、水、蒸汽等。其中，电能是医院最主要的能源消耗，占医院能源消费成本中的比例最大。电能消耗主要分布于空调系统、照明系统、医疗设备、办公设备和电梯等方面；蒸汽消耗主要分布于锅炉房的热水锅炉、蒸汽锅炉、暖通空调机组等；水消耗主要分布于病房区域的生活冷水和卫生热水，以及中央空调系统、蒸汽锅炉系统等消耗的工艺用水。

济南市中心医院建筑能耗监管系统，实现了医院能耗可视化监测、定量化管理，包括了 541 块电表、45 块水表、51 块温度表、4 块蒸汽表。以能耗监管平台为核心，将逐步完善医院能源管理流程和制度，达到提高能源管理效率的目的，实现医院节能降耗，降低医院能源成本，创建节约型医院。

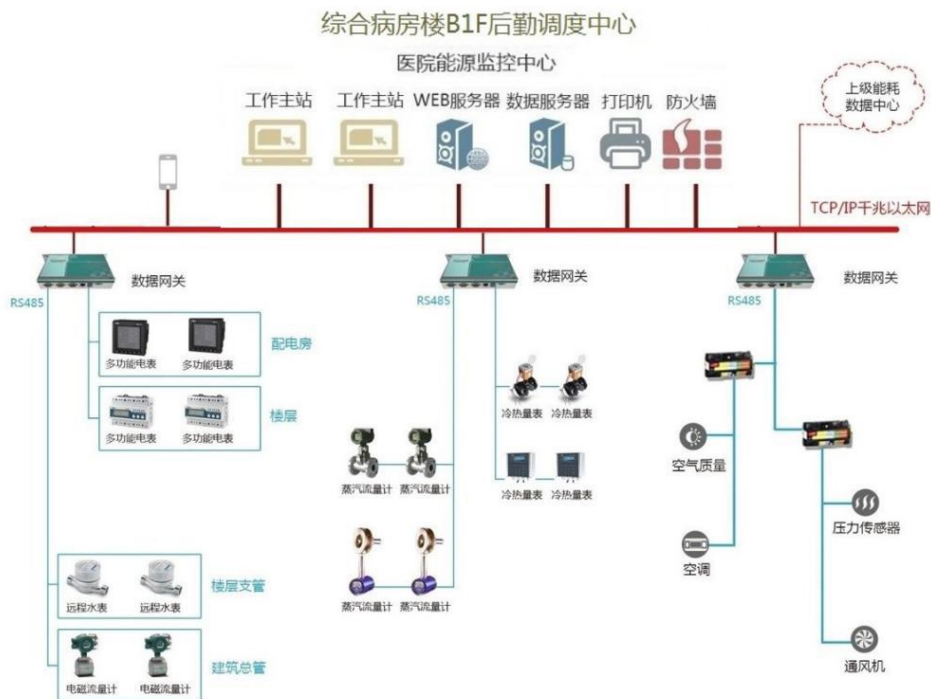
位置 \ 种类	远传电表	远传水表	蒸汽流量计	室内温度检测	总计
中心配电室	38				38
综合病房楼变电室	430	45			475
行政楼变电室B1F	18				18
外科楼配电室 B2F	16				16
门诊楼配电室	1				1
放射楼配电室	1				1
放疗中心配电室	1				1
王字楼配电室	17			27	44
东高干配电室	12			12	24
西高干配电室	7			12	19
锅炉房			4		4
合计	541	45	4	51	641

医院建筑能耗监管系统组监测点位统计表

医院能耗监管系统组成和网络架构

SmartPM6000 医院建筑能耗监管系统组网结构示意图如下图所示，主站层主要包括中央数据服务器、WEB 和应用服务器、管理监控工作站、数据采集平台、系统管理软件、能效信息发布终端和远程访问终端。通讯层主要包括数据采集器、工业级网络交换机、M-bus 转换器、远程 I/O 模块、RS485 现场信号总线网络、M-bus 现场信号总线网络和相关设备附件。设备层主要包括多功能电力监控仪表、单/三相电能表、光电直读式远传冷/热水表、蒸汽涡街流量计、室内温湿度传感器。

济南市中心医院建筑能耗监管系统架构示意图



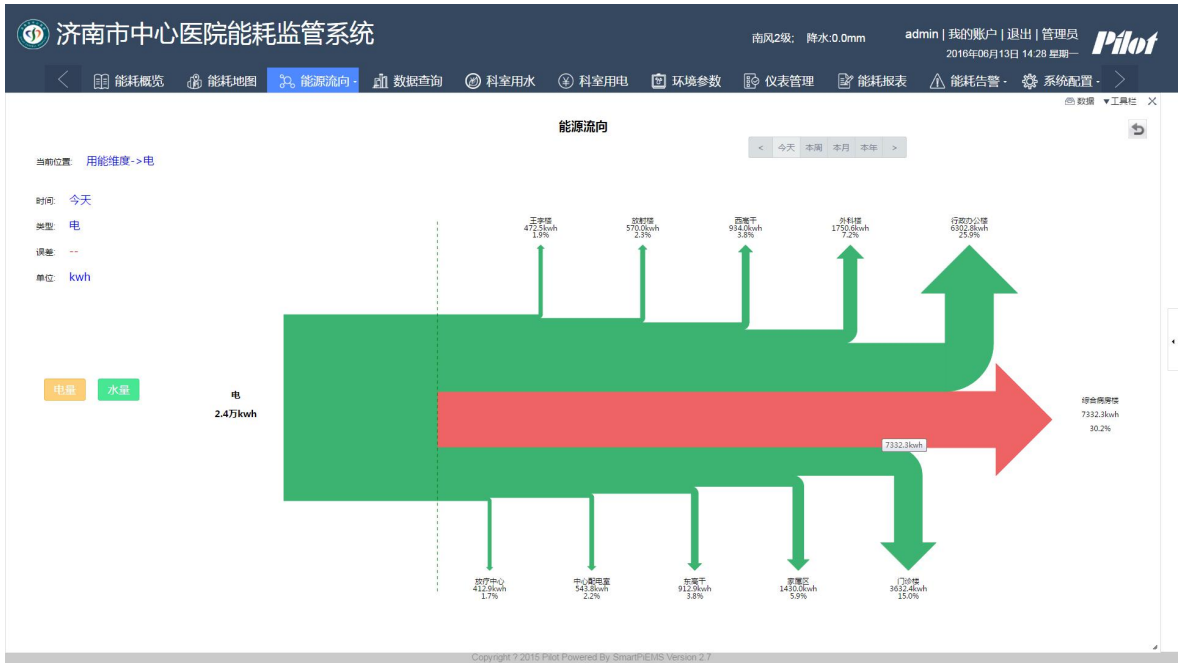
医院建筑能耗监管系统组网结构示意图



医院建筑能耗监管系统界面-能耗概览



医院建筑能耗监管系统界面-能耗地图



医院建筑能耗监管系统界面-能源流向



医院建筑能耗监管系统界面-数据查询

2. 开展“公共建筑能效提升重点城市项目”医院能效提升改

造项目

运用合同能源管理方式进行济南市中心医院能效提升项目，充分补充了前期的医院能耗平台建设项目，为医院能耗数据全方位监管与控制向前迈出坚实一步！

根据建科办[2017] 72号文：住房城乡建设部办公厅 银监会办公厅关于批复 2017 年公共建筑能效提升重点城市建设方案的通知：济南市中心医院符合公共建筑能效提升重点城市项目补贴范围。山东盛帆蓝海电气有限公司作为技术支持单位申报“济南市中心医院节能改造项目”。市建设委员会组织专家对申报项目进行了评估及第三方专业机构技术审查，通过相关评审。于 2018 年 8 月 27 日进行公示。

济南市中心医院节能改造项目经现场勘验、数量核实、功能内容确认，已全部完成项目申报内容。该项目涉及的改造内容：暖通空调系统、照明系统、供水系统、能耗监测系统。并根据院区节能工作实际，追加了部分工程内容。为进一步实现医院科学管理，高效运行，更好的开展节约型医院建设，发挥了重要作用。

（1）暖通空调系统

在采暖制冷上，通过加装 PLC 控制柜等相关设备已经实现集中供热系统换热站的综合节能改造，改造完成后，在一次网系统及二次网系统均可实现节能控制，供暖系统楼前分时分区控制，可依据楼字的用能规律，合理的规划楼宇供暖时间，有针对性的

对不同楼宇实行不同程度的供暖，整个供暖系统改造目标完成后，大大节约了供暖季的供暖成本及人力支出；中央空调机组端节能调控及变频控制也在能耗水平上较往年有所下降，并且水泵更换以后明显提高了机组的运行效率。

①PLC 控制柜



②变频柜及变频器



③温度及压力传感器



④室外温度传感器、水箱液位传感器



⑤蒸汽流量计





⑥ 热量表



⑦ 补水流量计



⑧ 泄压阀



⑨ 温控阀



⑩水泵



⑪变频器



⑫ 控制柜



⑬ 温度传感器



⑭ 流量计



⑮ 温控阀



(2) 照明系统

在照明系统上完成将院区内的各个改造楼宇的部分可改造公共区域的普通灯具更换为LED节能灯具的施工计划,并且在施工过程中协助院区解决了部分灯具不亮的电路问题,使院区公共区域部分基本实现夜间照明全覆盖;



(3) 供水系统改造

供水管网分区系统建设及漏损检测

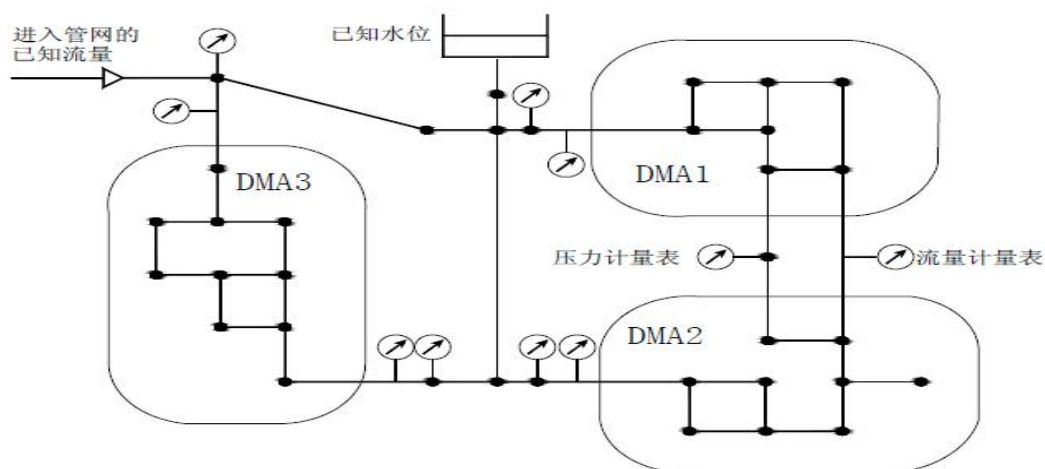
参照医院现有区域的划分原则，有利于用水量的统计、分区计量考核和漏损率控制以及确定区域供水总量（进出水）；划分的管网分区进出口管路清晰、明确，有利于统计初步漏损率、判断管网是否泄漏；增加多级分区管理，分区范围越小，越有利于准确判断管网漏点范围。

①一级分区计量系统建设

根据管网图，确定分区总管线，安装远传控制水表，确定区域净水量（进管总水量-出管总水量），加入现有区域内所抄见仪表水量（区域用水量），计算漏损率；根据漏损情况细化分区并分级、分段加装计量监测点。

②二级分区计量系统建设

以一级区域内局部的供水区域为检漏对象，安装局部区域多级考核表；通过上下级区域水量对比，判断是否存在漏损；



注：针对独立的分区进行逐级检漏判断，通过上下级数据对比方式，排查漏损区域。

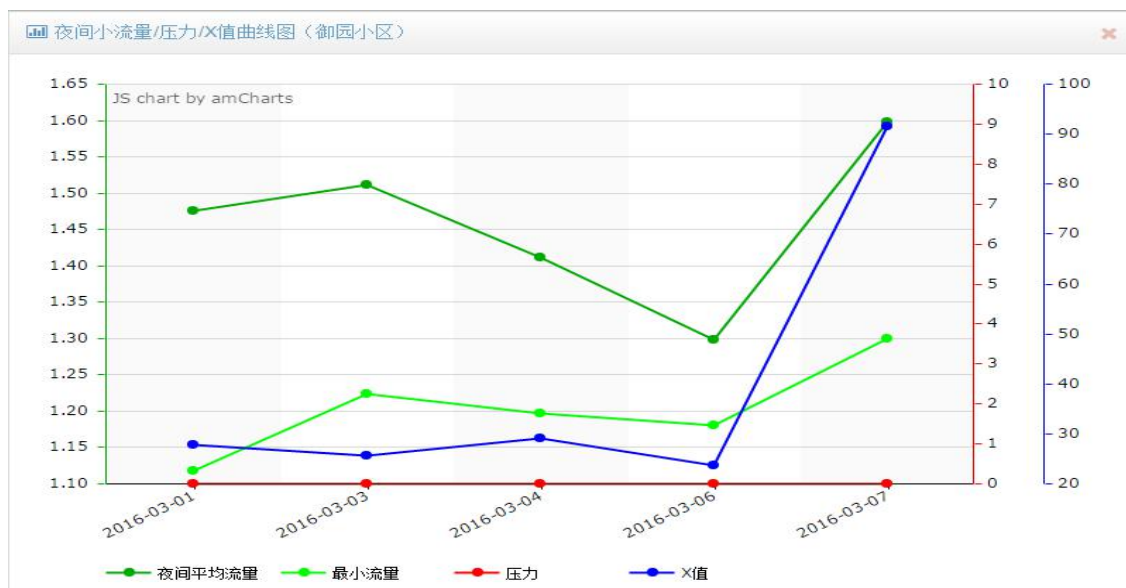
③漏损检测

A. 总分区对比

管网主干管检漏和区域考核，当总、分区流量数据不吻合时，则可能区域内发生泄漏。

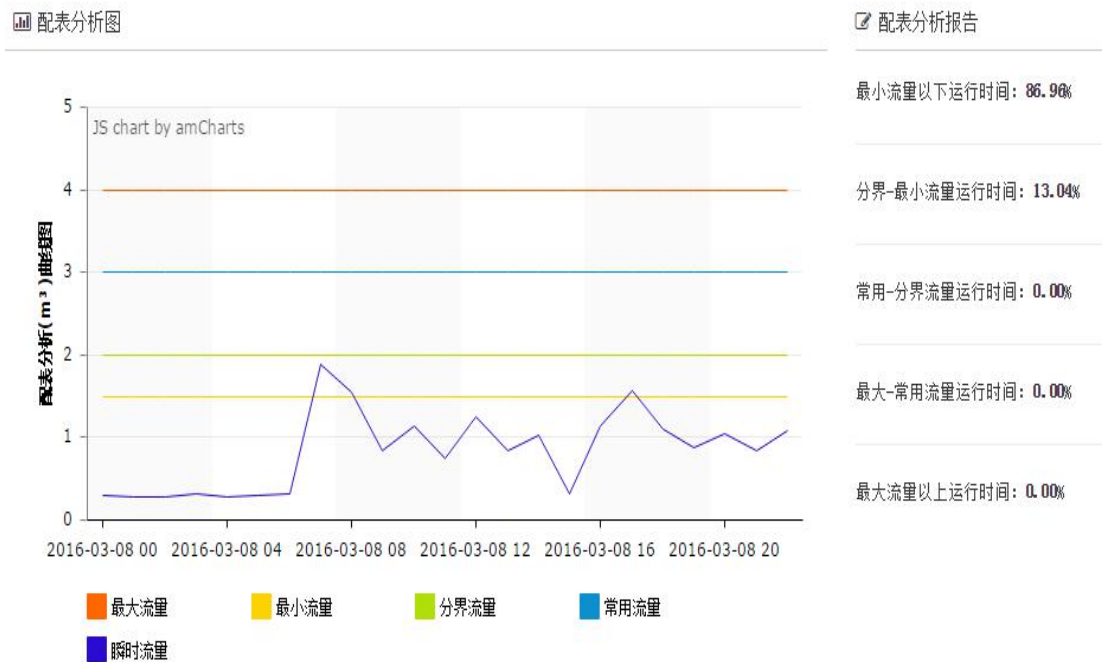
B. 夜间最小流量

通过对分区进水夜间最小流量的监测，可以判断区域内是否存在漏水以及泄漏量的大小，长期的流量监测可快速反映漏水复原的现象，及时发现区域内新的漏水点。



C. 配表分析

供水监测系统根据仪表运行的历史数据，进行曲线分析，判断仪表是否长期运行在常用流量范围内，达到最佳检测效果，下图中的分析实例即为表计安装不合适导致的大管小流计量。



(4) 能耗监测系统

搭建医院能源管理平台信息专网，搭建中心机房，安排技术人员配置调试，已完成对各个系统目标功能的实现，可实现对建筑能耗信息的远程监控以及部分管控，此外换热站与中央空调机组的上位机管控为医院冬季供暖带来极大的便利，明显的减少了人力支出。

济南市中心医院节能改造项目2018年8月27日项目申报完成(项目公示)，2018年9月3日召开项目开工会议，2018年9

月 11 日进场施工。在医院领导的密切配合下，项目进展顺利，于 2018 年 10 月 27 日圆满完成了该项工作，项目施工安装规范，功能基本实现。

三、成果效益分析

医院能耗监管系统建设达到的目标

1. 实现大范围能耗监测，促使医院节能纵深发展

能耗监测平台不仅对医院各建筑实现分层、分科室/护理单元监测，而且能实现对各层的用能进行分类分项监测，这样就可实现对医院的用能情况一目了然。

2. 提供丰富的用能管理手段

医院领导、管理者及能源管理数据中心管理专员仅需通过远程登录系统软件就可以查看各个区域、各个科室/护理单元的用能情况，系统可及时提醒和预警用能情况，为管理人员提供了丰富灵活的用能管理手段。

3. 实现医院用能的数字化、精细化管理

通过医院建筑能耗监管系统，可为医院用能管理和调配提供科学管理手段，为医院实行能耗定额管理，对医院内部各科室/护理单元进行精细化和数字化的能耗考核提供支持。

4. 发挥医院的节能示范作用

平台建成后，为医院能耗审计及精细化能源管理及时提供真实的能耗数据，同时平台具体丰富的展示功能，可供其他医院借

鉴，发挥医院的节能示范作用。

5. 实现良好的节能经济效益

医院建筑能耗监管系统运行以后可大幅度地提升医院节能工作，并能为医院带来良好的节能效益。

6. 全面提高节能意识

通过医院建筑能耗监管系统建设，通过监管平台的能耗公示功能，并引入能耗定额考核，可极大地促进医院各科室/护理单元用能人员节能的积极性和自觉性，全面提高医院职工节能意识。

济南市中心医院节能改造项目各系统节能率计算

序号	系统名称	改造前能耗	改造后节能量	单项节能率(%)
1	供热系统	5349596.79kW·h	1274853.41kw. h	23.83
2	中央空调系统	384580kW·h	125412kw. h	32.61
3	供水系统	423782m ³	14832.37m ³	2.03
4	照明系统	825040.75kw. h	69897.40kW·h	8.47

节能率为：

$$\frac{(1274853.41+125412+69897.40)}{8553940.14} \times 100\% = 17.19\%$$

另外由于供水系统每年节水 14832.37m³，节能率为 2.03%

故全系统整体节能率为：

17.19%+2.03%=19.22%

四、经验总结

通过上述一系列项目实施后，不仅带来宏观的经济效益、而且还有一定的社会效益和环境效益。目前，在建立节约型社会的大前提下，能源如何得到有效的利用是个关键问题。通过对重点耗能科室的能源用量进行监控，医院部门制定出合理的能源配置决策以及相应的经济激励制度，有利于提高能源的利用效率，对节能的成效十分重要。因此，建立重点耗能科室及设备的能源监控系统既能保障医院的医疗需求又保证了环境的能源需求量，而且针对目前我国仍以煤和石油作为主要能源使用的情况下，制定合理的能源使用策略，可以减少排放物对生态环境造成的影响，降低对大气、土壤和水源形成的污染。并且，水资源的合理使用可以减轻部分水资源短缺地区的居民饮用水安全的问题。因此从长远的利益看，分布建设完善能耗监测系统的实施所带来的经济效益是巨大的。