

分布式能源冷热电三联供技术在宜兴市医疗中心项目中的应用

刘 建 王新陪

中国中元国际工程有限公司 北京 100089

【摘 要】：伴随着能源合同管理模式的推广，许多医院项目都在尝试探索能源站房托管业务，引入社会化投资，专业的运维管理团队，在建设方案起初，做好能源投建营的策划和技术经济比选，测算全寿命周期内的回收期 and 盈利测算。2016 年在本项目启动之初就响应政府政策，在设计阶段起初就提出 BOT 模式的能源托管服务。采用分布式能源三联供的技术方案，至今医院已经投入运行 1 年有余。本文将结合医院的冷热负荷特点，探讨分布式三联供技术方案在本项目中的应用优势、设计要点以及运行管理策略。后续将持续跟进追踪运行数据，以期在设计、运行两个阶段能够呼应，在整个设备寿命周期内的测算经济型和技术方案的适用性。

【关键词】：分布式能源；医院项目；运行策略

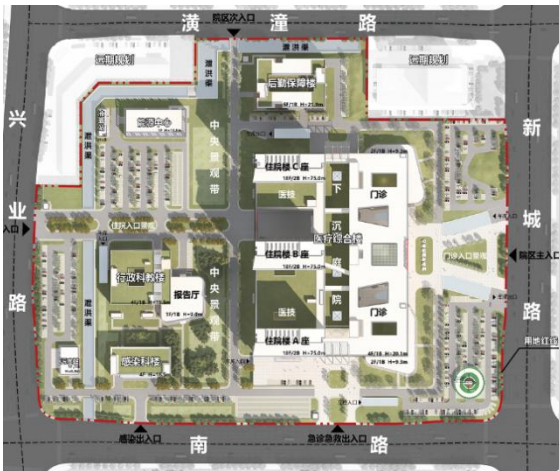
DOI:10.12417/2705-0998.26.13.039

1 项目背景

1.1 项目概况

宜兴市医疗中心院区总建筑面积 249687.71 m²，其中地上 190281.44 m²、地下 59406.27 m²，地上 18 层，地下 2 层，设计床位 1600 张，停车位 1600 个，医院于 2023 年 8 月全面启用，是一所覆盖全市、辐射周边、公益惠民、技术领先的区域标杆性公立医院。

院区主要包括：医疗综合楼、能源中心、后勤保障楼、行政科教楼、感染科楼、污水站、液氧站、门卫。



1.2 技术路线

参考《江苏省绿色建筑发展条例》和 GBT50378-2014《绿色建筑评价标准》、GB50189-2015《公共建筑节能设计标准》，结合项目情况，本技术路线采用分布式能源冷热电三联产技术，结合传统能源，太阳能，磁悬浮冷水机组，燃气溴化锂空调、热泵等先进设备，同时综合各项技术优势如冷凝热回收、烟气余热深度回收、冷热电联产和电气集成控制系统等为医院提供用能服务。多能互补的供能系统稳定、科学、高效、节能，与医院整体建设要求协调统一。

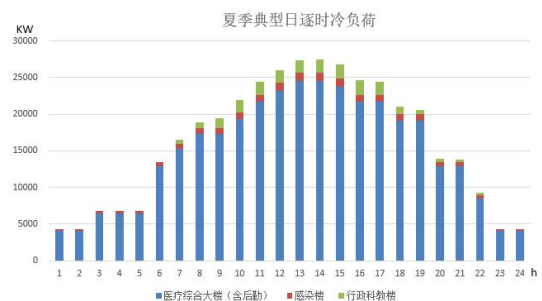
2 空调冷负荷特点分析

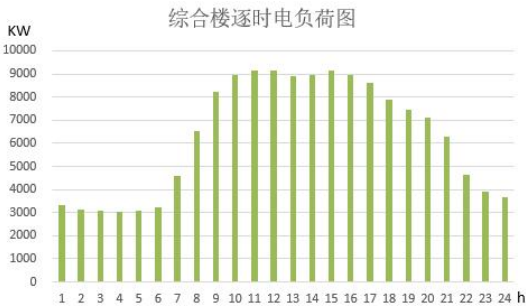
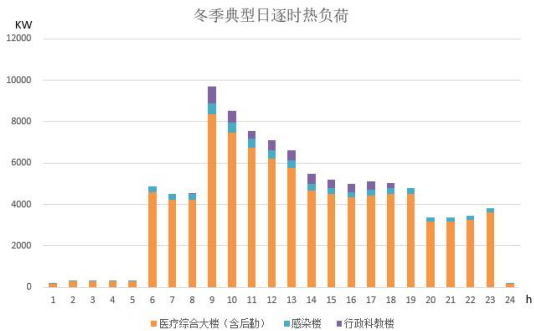
2.1 根据招标要求和建筑信息，不同业态楼宇负荷如下表（考虑同时使用系数）。

建筑业态	医疗综合大楼	感染楼	行政科教楼	合计
建筑面积 m ²	229202	6048	16081	251331
冷指标 W/m ²	121	218	132	
冷负荷 kW	27642	1321	2128	31091
热指标 W/m ²	43	106	54	
热负荷 kW	9951	640	972	11563
卫生热水负荷 kW	6931		/	6931
电指标 W/m ²	20	20	20	
电负荷 kW	4584	120	321	5025

（说明：卫生热水 6931kw 为招标文件中要求的设计小时总耗热量。）

业态组合时考虑不同业态逐时负荷系数，绘制冷热电逐时负荷曲线图如下。





由上图可知，考虑建筑同时使用系数和逐时负荷系数后，夏季最高冷负荷为 28500kW，冬季最高热负荷为 9800kW，医疗综合楼稳定电负荷为 3000kW。选择分布式能源系统和多能互补的中央空调系统，设计发电机并网运行供医疗综合楼和能源站部分用电。

2.2 能源站主要设备装机选型

根据本项目的负荷特点分析、设备优势，能源站主要设备选型，如下。

设备		参数	台数	备注
发电 机成 套机 组	发电机	发电量：1200 KW	1	并网运行
	余热机 BHEY75	制冷量：872 KW 制热量：575 KW		含一体化输配系统
	卫热板换	卫热量：500 KW		缸套水换热制取卫热
溴化锂直燃机 BZ400-LN-H2		制冷量：4186 KW 制热量：5021 KW 卫热量：1600 KW	2	冷凝热回收型机组，三合一系统
变频离心机 CH 2000RT		制冷量：7034 KW	2	
电制冷磁悬浮冷机 BC240		制冷量：2800 KW	1	专供净化手术室
变频离心机 CH 热泵		制冷量：2813 KW	1	夏季制冷

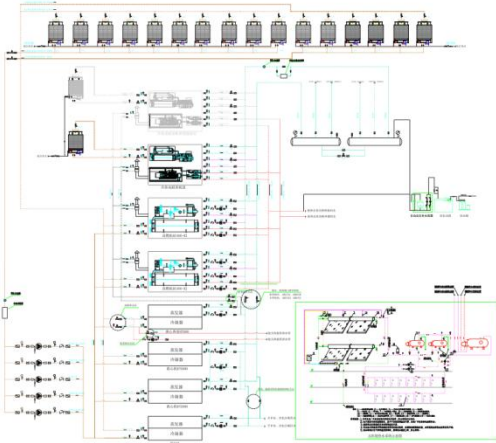
800RT	卫热量：2790 KW		冬季预热卫生热水
太阳能热水系统	卫热量：3580 KW	1	集热面积 2700m2
合计	发电量：1200 KW 制冷量：28926 KW 制热量：11767 KW 卫热量：11570 KW	8	卫热量考虑冬季太阳能条件欠佳时段，能源站内机组能满足卫热负荷需求。

选型说明：

- (1) 发电机设计并网运行，同时供医疗综合楼和能源站部分用电。烟气余热通过余热机制冷/制热（根据用能侧需求切换），余热缸套水优先利用板式换热器提升卫生热水。
 - (2) 夏季，考虑逐时负荷变化，设计两台直燃机 400 万大卡和两台离心机 2000RT 和离心热泵机组 800RT（制冷运行）为三个楼区供能，设计磁悬浮离心机 BC240 供手术室、净化区在过渡季和冬季时的制冷需求。另外，考虑到不同冷负荷情况下，可对应减少部分机组，利用不同大小机组组合运行，实现节能优化。
 - (3) 离心热泵机组 800RT 制冷工况运行时，作为磁悬浮 BC240 供给手术室制冷的备用机组，在管道设计时考虑相关设计和阀门切换控制，确保手术室等特殊区域全年供冷的安全性和稳定性。
 - (4) 冬季和过渡季，700RT 磁悬浮离心机开启，单独为手术部、层流病房、ICU 等净化区域冬季和过渡季供冷，部分负荷下磁悬浮离心机 COP 更高。
 - (5) 太阳能系统根据要求选型，与热泵制热与直燃机制热系统、发电机缸套水共同为区域提供采暖和卫生热水需求。在气候条件欠佳时，亦可采用热泵（预热）和直燃机共同采暖/制卫热。
 - (6) 以上设备制冷参数冷水出水温度 6℃，冷却出水温度 37℃确定。
- 3 能源站工艺方案设计
- (1) 发电：燃气发电机组设计冬夏季日运行 24 小时。过渡季发电机组根据需求停机检修和保养，能源中心不足电负荷由市电提供。
 - (2) 制冷：燃气内燃发电机组与烟气型余热溴化锂机对接，400℃高温烟气、90℃缸套水进入余热溴化锂机，作为余热机的高发热源直接供冷，并利用磁悬浮空调、离心机、直燃机组组合开启制冷。过渡季和冬季手术区有冷负荷需求场所利用磁悬浮离心机制冷，单独设计一路管路供应。
 - (3) 采暖：燃气内燃发电机组与烟气型余热溴化锂机对接，高温烟气进入余热机的高温发生器，作为余热机的高发热

源直接供热。同时，利用直燃机供热，出水温度 60℃。

(4) 卫生热水：屋顶太阳能热水系统全年开启作为卫热水预热，冬季气候条件欠佳时亦可利用热泵作为卫热水预热（热泵中温水约 45℃~50℃，热泵低温水去往烟气板交回收烟气余热），预热后的卫热水，优先利用发电机缸套水（在发电机开启时）换热提升卫热水出水温度，不足时再利用直燃机提升卫热水温度。

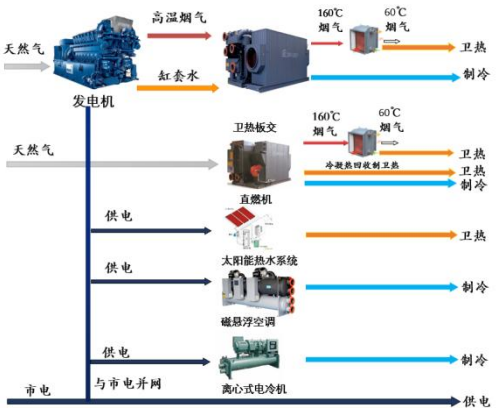


能源站供能系统图如上图所示

4 能源站整体运行策略

4.1 制冷运行策略

结合上述能源条件及能源成本分析，夏季全天 24 小时工作，产生的高温烟气通入余热机制冷；电冷机做为主要制冷设备，直燃机作为调峰设备，电冷机组启停台数具体根据负荷变化调整。需全年制冷的手术室等场所，开启磁悬浮空调制冷供能，调节灵活便捷。



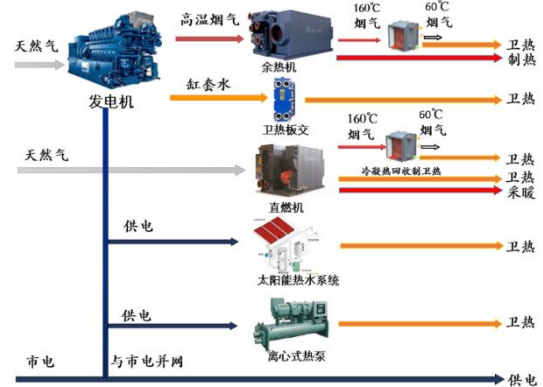
参考文献：

- [1] 殷平冷热电三联供系统研究(1):分布式能源还是冷热电三联供[J].暖通空调,2013 年第 43 卷,第 4 期.
- [2] 江丽霞,金红光,蔡睿贤冷热电三联供系统特性分析与设计优化研究[J].工程热物理学报 2002 年第 s1 期.

4.2 制热运行策略

冬季全天 24 小时发电机发电，高温烟气通入余热机制热采暖，不足部分由直燃机制取。机组启停台数根据负荷变化调整。

制热流程图如下：



4.3 卫热运行策略

全年卫热制取优先太阳能系统，根据太阳能系统设计体量和全年卫热用量分析做卫热运行策略，如下。

夏季太阳能充足时，且发电机开启时，优先利用太阳能制取卫热和发电机缸套水换热制取卫热。

夏季太阳能欠佳时，先利用发电机缸套水制取卫热，不足再由直燃机制取。

冬季太阳能充足时，且发电机开启时，优先利用太阳能制取卫热和发电机缸套水换热制取卫热。

冬季太阳能欠佳时，利用发电机缸套水制取卫热，同时利用离心热泵，回收直燃机和余热机等烟气余热来预热卫热水，预热后通过直燃机再热来提升卫热温度。

夜间卫热量不足时，利用直燃机制取。过渡季节运行策略参考上述策略。

5 结语

本项目响应《江苏省绿色建筑发展条例》，采用能源合同管理，投建营的模式，经过技术经济性比选，采用了分布式能源冷热电三联供的形式，性价比最优化的解决方案。本项目 2023 年建成，目前已经积累了 1 个整年度的运维数据，整体运维稳定，后续会将累积的数据进行汇总，整理分析。有了大量的运行数据的反馈，再验证技术方案起初的优点和不足。经过 1 年多的数据来看，节能收益比较客观。后续会继续跟踪收集运维数据。期待在整个设备寿命周期内有很好的节能收益。