

Application of Ground Source Heat Pump and Water Storage Cooling Technology in Airports

Pengyu Yan

Shanghai Civil Aviation New Era Airport Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai, 200335, China

Abstract

During airport operation, heating, ventilation, and air conditioning account for about 40% of building energy consumption. Therefore, in airport design, it is necessary to achieve mutual matching and comprehensive optimization of multiple energy sources. This project combines the characteristics of Yantai Airport and adopts an air conditioning cold source scheme that combines ground source heat pumps and water storage cooling technology. It fully leverages the economic benefits of the water storage cooling system and the low-carbon energy-saving benefits of the ground source heat pump system. Combined with the load characteristics of the airport and the local peak and valley electricity price policy, the operation control of the cold and heat source system is optimized. Through the reasonable setting of the supply and return water temperature difference and the optimization design of the air conditioning water transmission and distribution system, the energy consumption of the cold and hot water transmission and distribution system is reduced, achieving the requirements of carbon peak and carbon neutrality while reducing costs and increasing efficiency of the airport HVAC system operation.

Keywords

ground source heat pump system; water storage system; energy saving; control

地源热泵和水蓄冷技术在机场的应用

闫鹏宇

上海民航新时代机场设计研究院有限公司, 中国·上海 200335

摘要

在机场运行过程中,供暖、通风与空调能耗约占建筑能耗的40%左右,因此在机场设计中要实现多种能源的相互匹配与综合优化利用。本项目结合烟台机场的特点,选用地源热泵和水蓄冷技术结合的空调冷源方案,充分发挥水蓄冷系统的经济效益和地源热泵系统的低碳节能效益,结合机场的负荷特点及当地峰谷电价政策,优化冷热源系统运行控制,通过供回水温差的合理设定和空调水输配系统的优化设计,降低冷热水输配系统的能耗,在完成碳达峰碳中和的要求的同时,实现机场暖通系统运行的降本增效。

关键词

地源热泵系统;水蓄冷系统;节能;控制

1 项目概况

本项目为烟台机场新建动力中心,设置于新建 T2 航站楼东南侧动力小区内,总建筑面积 6300m²,地上 2 层,地下局部 1 层。结合机场航站区的总体设计及业主使用的需求,新建动力中心需要为烟台蓬莱国际机场 T2 航站楼、交通中心、旅客过夜用房提供空调冷、热水。

2 系统设计

2.1 冷热源方案的确定

本项目所处地区土壤渗透率高,取热和放热后,土壤

温度恢复速度快,适于采用地源热泵方式供热供冷。另外,项目所在地有峰谷分时电价政策,为蓄冷空调系统的采用提供了政策支持。并且由于蓄冷能够转移高峰时段用电量,而且达到了“移峰填谷”意义,对于航站楼这种用电高峰明显、周期性强的建筑特别适用,能够降低航站区的供电压力。综上,在经济合理的前提下,空调冷源考虑采用地源热泵系统结合水蓄冷系统^[1]。由于机场区域有城市热网,可以满足航站区建筑的供暖要求,热源采用市政热水。

冷热源方案原理如图 1 所示。

2.2 蓄冷容量的确定

烟台机场以“平安、绿色、智慧、人文”四型机场为指导建设,在蓄冷量的确定以及制冷主机的选型中,采用负荷均衡法,并兼顾绿色建筑评价标准的要求,取两者的大值为设计蓄冷量。根据运行策略,供冷季运行时水蓄冷系统的

【作者简介】闫鹏宇(1990-),男,中国江苏徐州人,本科,工程师,从事机场暖通空调设计研究。

运行成本最低，白天可一直满负荷运行。计算表明。按绿色建筑评价标准中“蓄冷量应达到设计日总冷量的30%”的要求计算出的蓄冷量比采用负荷均衡法计算的大，因此蓄水罐的总释冷能力应大于85688kWh。结合动力中心场地情况，设计采用2台蓄冷水罐，单罐有效蓄水体积8762m³，罐体直径21m，罐壁高度25.8m，单罐蓄冷量64200kWh，采用温度自然分层型、钢制成品罐^[2]。

由于受到航空限高的影响，作为动力中心主要供能用

户的航站楼与GTC等建筑高度都较低，建筑内空调水管的最高点绝对标高为62.3m，考虑1.5m的安全裕量后，若采用高位膨胀水箱的定压方式，液面只需高于63.8m即可。蓄水罐内蓄水高度为24m，且蓄水罐所在位置的地面绝对标高为41.5m，能满足要求定压要求。因此，本工程采用蓄水罐与空调冷水系统直接连接的方式（与主机间为并联关系），既兼作高位水箱定压，又取消了板换，减少换热损失。蓄水罐内最低液面标高控制在64m。

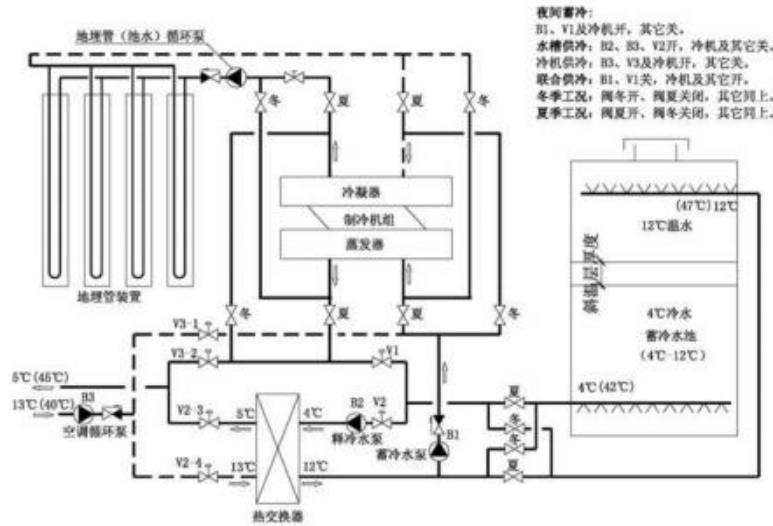


图1 冷热源方案原理图

2.3 冷水机组的确定

主机的数量及制冷能力的确定需兼顾负荷特点、能源状况及经济性等因素。本项目冷负荷大，采用了水蓄冷的空调整能技术，且所在地电力供应充裕，因此制冷主机采用电制冷的机组。根据总的蓄冷量及项目所在地电价政策，23:00至次日7:00为蓄冷时间，共8小时蓄冷。同时考虑到夜间边蓄边放，夜间冷水机组最大供冷能力需达到14771kW，选用4台制冷量为4922kW的电冷水机组作为白天供冷，夜间蓄水的机组。鉴于大功率电冷水机组采用10kV供电具有明显的技术、经济和节能优势，离心式冷水机组均采用10kV中压驱动机组。

2.4 水系统设计

2.4.1 水系统供回水温度

本项目冷热源集中设置，供能半径在2km左右，存在水系统输送距离较远，输送能耗较大的缺点。因此需要综合制冷、制热设备的能效、允许温差，以及空调系统形式和末端设备能力、控制调节方式等多方面原因，确定合理的供回水温度，以提高本项目的系统综合能效比。

为降低输配系统能耗，冷冻水系统常采用大温差设计，这是国内相对常规的设计，即相对于冷冻水温度参数7℃/12℃（温差5℃）而提出来的，在输送同样冷量的情况下，只需要较小的流量和输送动力，冷水输送系数则可以大大提高，节能效果显著。但标准机型受主机最低流量限制，冷冻

水温差通常不超过8℃。所以，为了充分利用大温差提供的节能空间，既提高制冷效率而又不改变标准机型的工况，不用非标生产，减少投资，本项目冷水供回水温度为6/13℃时，系统综合能效最佳。

2.4.2 输配系统设计

本工程水系统输送距离较长，各空调末端间的距离长短不一。为避免因满足最不利环路的资用压头而造成水泵能耗的无谓浪费，尽量减少空调水系统的输配能耗，本工程的空调水系统采用多级泵变流量系统。由于动力中心需考虑工作区预留用地冷热水供应，且预留用地建设期末定，因此考虑外管路与航站区（航站楼、交通中心等）的分开设置，整个空调冷水系统采用三级泵变流量系统。一级泵与冷水机组一一对应设置。为避免出现多台水泵并联设置时，当仅有单台泵运行时因管网阻力差异过大而导致水泵过载的现象，一级泵采用变频泵，以其流量恒定于主机额定流量作为控制目标，节约一级泵的运行能耗^[3]。

本工程设置冷冻水二级泵管路，供应T2航站楼、交通中心、过夜用房，一、二级泵设置在能源中心，三级泵分散设置在各用户端的三级泵房。

空调冷冻水系统的定压采用蓄冷水罐定压，补水（软水）采用水位控制，保证罐内液面在规定的高度。水处理采用全程水处理器，同时设自动加药装置定期进行化学处理。鉴于本工程系统庞大，为有效解决系统积气问题，除在系统高点

和管道上翻处设自动排气阀外，在能源中心内设置真空脱气机，捕集并排除系统内气体。

当蓄冷水罐参与系统运行时（蓄冷工况、联合供冷工况、边蓄边放工况），蓄水罐除具有定压功能外，还兼做一二级水路间的盈亏罐，当蓄冷水罐仅作为定压时（主机单独供冷工况），一、二级水路间的流量平衡依靠集分水器间的盈亏管实现。

3 运行控制逻辑

3.1 运行策略

动力中心冷热源复合系统依据运行成本最低的原则确

定冷热源设备的开启。自动控制系统采用集散式控制系统，分散控制、集中管理。冷热源系统运行目标是在保障冷、热量供应的条件下，实现能耗最低的运行。在负荷变化的情况下，确保在最佳状态，持续、稳定地满足用户冷、热的需求，全面管理能源系统的运行。综合分析能源系统的运行，周期性的（实时和累计）从能源的产量、能源的费用、能源的利用率、系统能力的使用率、系统能源的贡献率等方面体现节能、节费的效果；各种完善的监控、报警与应急保障提高系统的可靠性与设备的安全性。在100%、75%、50%、25%设计日负荷下的系统逐时蓄放冷配置如图2所示。

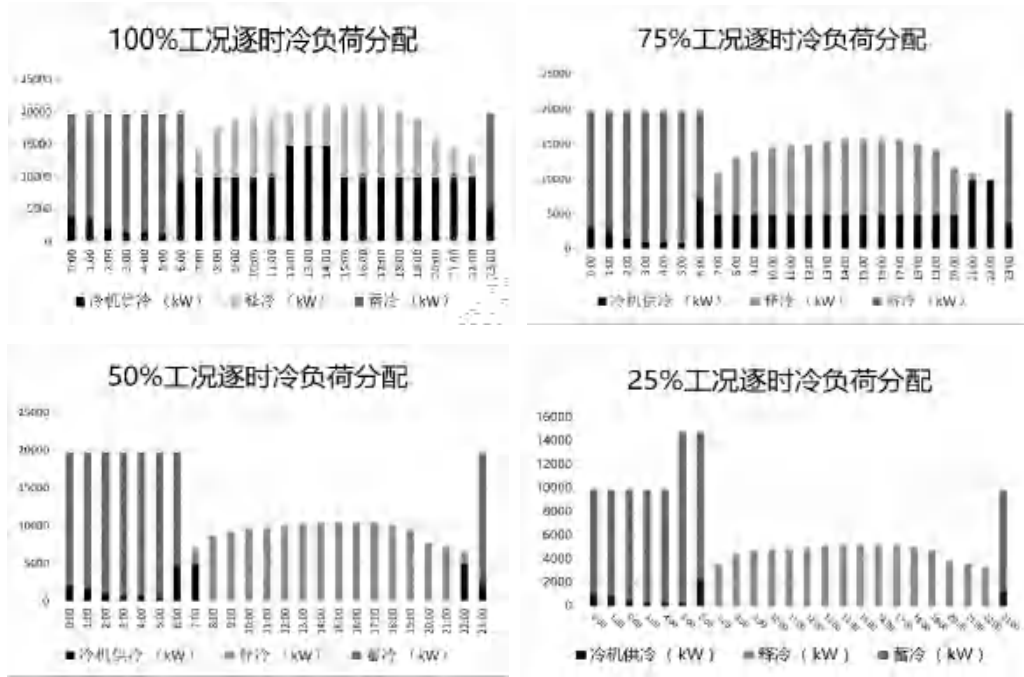


图2 系统逐时蓄放冷配置图

3.2 冷水机组控制

冷水机组以空调冷水出水温度为控制目标（12℃，可远程再设定），依靠机组自身的控制器控制。冷水机组顺序控制的主要步骤：

判断机组是否具备启机条件—开启冷水机组冷却水侧的电动隔离阀，启动冷却水泵—开启冷却塔风机—启动冷水一级泵—开启冷水机组。

冷水机组的加机、减机采用压缩机电机运行电流控制，加机原则为：以压缩机的实际运行电流与设计电流的比值 RLA% 为依据，通过冷水机组的协议接口读取压缩机的运行电流 RLA%，并与设定值比较（设定值为 90%），如果大于设定值，且持续 15 分钟，则另一台冷水机组投入运行。减机原则：以压缩机的实际运行电流与设计电流的比值 RLA% 为依据，通过冷水机组的协议接口读取压缩机的运行电流 RLA%，当 $\sum RLA\% / (\text{运行台数} - 1)$ 的值小于设定值（设定值为 80%）时，则选择停止一台冷水机组。

4 结语

①采用地源热泵系统结合水蓄冷系统，不仅能够对机场用电负荷移峰填谷，节约运行费用，还能够提高机场的综合能源利用效率，实现节能效益和经济效益的提升。

②空调水系统采用大温差输送、多级泵变流量系统，根据负荷侧需求适时调整输配系统的能耗，进一步降低水系统的输配能耗。

③在地源热泵与水蓄冷技术结合的应用中，建立高效可靠的能源管理系统，对系统运行控制进行精细化管理，为机场运行的节能减排提供基础支撑。

参考文献

[1] 刁磊,吕访桐.机场制冷站制冷系统设计方案研究[J].智能建筑与智慧城市,2020(9):52-53.
 [2] 司鹏飞.机场航站楼能耗构成特征案例分析[J].暖通空调,2019,49(6):63-67.
 [3] 徐伟,邹瑜,孙宗宇,等.《蓄冷空调工程技术规程》修订要点[J].暖通空调,2018,48(7):1-4.