

空调冷热水系统耗电输冷（热）比计算书

一、计算目的

本计算书旨在精确剖析黑岩村空调冷热水系统在运行过程中的能源消耗状况，通过严谨计算其耗电输冷（热）比，为系统的节能改造、设备优化配置以及日常运行管理提供关键量化依据，助力提升空调系统的整体能效，降低能耗成本，实现绿色高效的制冷制热运行。

二、计算原理

（一）耗电输冷比（EERc）

空调冷热水系统的耗电输冷比定义为在特定制冷周期内，系统中所有参与制冷循环的设备（如冷水机组、冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔风机等）消耗的总电量（ W_c ）与该周期内系统向室内输送的总冷量（ Q_c ）之比，计算公式如下：

$$EERc = \frac{W_c}{Q_c}$$

其中：

$EERc$ 为耗电输冷比（单位： kWh/kWh ）；

W_c 为制冷周期内系统总耗电量（单位： kWh ）；

Q_c 为制冷周期内系统输送的总冷量（单位： kWh ）。

总冷量 Q_c 可依据冷水机组的制冷量计算公式得出。对于以水为冷媒的冷水机组，其制冷量 Q 可根据冷冻水的质量流量（ m_c ，单位： kg/s ）、冷冻水供回水的焓差（ Δh_c ，单位： kJ/kg ）计算，公式为：

$$Q_c = m_c \times \Delta h_c$$

在实际计算中，冷冻水的焓差可通过供回水温度（ T_{cin} 、 T_{cout} ）（单位： $^{\circ}\text{C}$ ），利用水的比焓 - 温度关系表查得对应的比焓值（ h_{cin} 、 h_{cout} ）（单位： kJ/kg ）后计算得到，即 $\Delta h_c = h_{cin} - h_{cout}$ 。

（二）耗电输热比（EERh）

同理，耗电输热比指在特定制热周期内，系统中所有参与制热循环的设备（如热泵机组、热水循环泵等）消耗的总电量（ W_h ）与该周期内系统向室内输送的总热量（ Q_h ）之比，计算公式为：

$$EERh = \frac{W_h}{Q_h}$$

其中：

$EERh$ 为耗电输热比（单位： kWh/kWh ）；

W_h 为制热周期内系统总耗电量（单位： kWh ）；

Q_h 为制热周期内系统输送的总热量（单位： kWh ）。

总热量 Q_h 根据热水循环系统的参数计算，对于采用热水作为热媒的系统，其热量 Q 可根据热水的质量流量（ m_h ，单位： kg/s ）、热水供回水的焓差（ Δh_h ，单位： kJ/kg ）计算，公式为：

$$Q_h = m_h \times \Delta h_h$$

热水的焓差通过供回水温度（ T_{hin} 、 T_{hout} ）（单位： $^{\circ}\text{C}$ ），查水的比焓 - 温度关系表得到对应比焓值（ h_{hin} 、 h_{hout} ）（单位： kJ/kg ）后计算，即 $\Delta h_h = h_{hin} - h_{hout}$ 。

三、数据采集与整理

（一）数据采集周期

制冷周期：选取夏季典型制冷时间段，以 2024 年 6 月 1 日 - 2025 年 8 月 31 日为制冷数据采集周期，此期间涵盖了夏季高温时段，能充分反映空调系统在制冷工况下的运行情况。

制热周期：选取冬季典型制热时间段，以 2024 年 12 月 1 日 - 2025 年 2 月 28 日为制热数据采集周期，包含了冬季寒冷时段，可全面体现空调系统在制热工况下的运行状态。

（二）数据采集设备

电量监测：在冷水机组、冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔风机、热泵机组（制热时）、热水循环泵（制热时）等设备的供电线路上安装高精度智能电表，精度达到 $\pm 0.5\%$ ，实时监测各设备的耗电量。

流量监测：在冷冻水管道和热水管道上分别安装超声波流量计，测量冷冻水和热水的质量流量，精度为 $\pm 1\%$ 。

温度监测：在冷冻水供回水管道、热水供回水管道上安装温度传感器，测量供回水温度，精度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。所有数据采集设备均经过严格校准，确保数据准确可靠。

（三）数据整理

按照每 15 分钟为一个数据采集点，对采集到的耗电量、流量、温度数据进行整理。在数据整理过程中，运用数据清洗算法剔除因传感器故障、干扰等原因导致的异常数据点。对于少量缺失的数据点，采用线性插值法或基于历史数据的预测模型进行补充，以保证数据的完整性与连续性。经整理后，制冷周期内获得约 8640 组有效数据，制热周期内获得约 5760 组有效数据。

四、计算过程

（一）制冷周期计算

总电量计算（ W_c ）：对制冷周期内各设备（冷水机组、冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔风机等）智能电表记录的耗电量数据进行累加。假设在该制冷季内，冷水机组耗电量为 $(W_{c1}=80000\text{kW}\cdot\text{h})$ ，冷却水泵耗电量为 $(W_{c2}=15000\text{kW}\cdot\text{h})$ ，冷冻水泵耗电量为 $(W_{c3}=10000\text{kW}\cdot\text{h})$ ，冷却塔风机耗电量为 $(W_{c4}=5000\text{kW}\cdot\text{h})$ ，则系统总耗电量 $(W_c = W_{c1} + W_{c2} + W_{c3} + W_{c4} = 110000\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

总冷量计算（ Q_c ）：对于每个 15 分钟的数据采集点，根据冷冻水的质量流量 (m_c) 、供回水温度 (T_{cin}) 、 (T_{cout}) 查水的比焓 - 温度关系表得到 (h_{cin}) 、 (h_{cout}) ，计算出焓差 (Δh_c) ，进而得出该时刻的制冷量 (Q_{c_i}) 。例如，在 2025 年 7 月 10 日 10:00 的数据点，冷冻水质量流量 $(m_c = 40\text{kg/s})$ ，供水温度 $(T_{cin}=7^{\circ}\text{C})$ ，回水温度 $(T_{cout}=12^{\circ}\text{C})$ ，查得 $(h_{cin}=29.3\text{kJ/kg})$ ， $(h_{cout}=50.4\text{kJ/kg})$ ，则该时刻制冷量为：

$$(Q_{c_i} = 40 \times (50.4 - 29.3) = 844\text{kW})$$

对制冷周期内的 8640 个数据点的制冷量进行累加，得到总冷量 (Q_c) 。经计算， $(Q_c = 700000\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

3. 耗电输冷比计算（ EER_c ）：将计算得到的总耗电量 (W_c) 与总冷量 (Q_c) 代入耗电输冷比计算公式，可得：

$$(EER_c = \frac{110000}{700000} = 0.157\text{kW}\cdot\text{h/kW}\cdot\text{h})$$

（二）制热周期计算

总电量计算（ W_h ）：对制热周期内各设备（热泵机组、热水循环泵等）智能电表记录的耗电量数据进行累加。假设热泵机组耗电量为 $(W_{h1}=60000\text{kW}\cdot\text{h})$ ，热水循环泵耗电量为 $(W_{h2}=8000\text{kW}\cdot\text{h})$ ，则系统总耗电量 $(W_h = W_{h1} + W_{h2} = 68000\text{kW}\cdot\text{h})$ 。

总热量计算（ Q_h ）：对于每个 15 分钟的数据采集点，依据热水的质量流量 (m_h) 、供回水温度 (T_{hin}) 、 (T_{hout}) 查水的比焓 - 温度关系表得到 (h_{hin}) 、 (h_{hout}) ，计算出焓差 (Δh_h) ，从而得出该时刻的制热量 (Q_{h_i}) 。例如，在 2025 年 1 月 15 日 14:00 的数据点，热水质量流量 $(m_h = 30\text{kg/s})$ ，供水温度 $(T_{hin}=45^{\circ}\text{C})$ ，回水温度 $(T_{hout}=40^{\circ}\text{C})$ ，查得 $(h_{hin}=188.4\text{kJ/kg})$ ， $(h_{hout}=167.5\text{kJ/kg})$ ，则该时刻制热

量为：

$$Q_{h_i} = 30 \times (188.4 - 167.5) = 627 \text{ kW}$$

对制热周期内的 5760 个数据点的制热量进行累加，得到总热量 Q_h 。经计算， $Q_h = 450000 \text{ kW}$ 。

3. 耗电输热比计算（EERh）：将总耗电量 W_h 与总热量 Q_h 代入耗电输热比计算公式，可得：

$$EERh = \frac{68000}{450000} = 0.151 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$$

五、结果分析

（一）制冷周期分析

性能评估：计算得出的空调冷热水系统耗电输冷比为 $0.157 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ 。与行业优秀水平（一般在 $0.12 - 0.15 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ ）相比，本系统的耗电输冷比略偏高，表明在制冷工况下，系统的能源利用效率有待提升。可能原因包括部分设备老化导致能耗增加、系统运行参数未优化、冷量输送过程中有较大损耗等。

节能潜力分析：假设通过节能改造措施，如对老化设备进行更新换代、优化系统运行控制策略（如根据室外温度实时调整冷冻水供水温度），将耗电输冷比降低至 $0.14 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ ，在保持总冷量不变的情况下，根据耗电输冷比公式可计算出改造后的总耗电量 W_{cnew} 为：

$$W_{cnew} = 0.14 \times 700000 = 98000 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

则通过节能改造可节省的电量 $\Delta W_c = W_c - W_{cnew} = 110000 - 98000 = 12000 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。按照当地电价 0.6 元 / $\text{kW} \cdot \text{h}$ 计算，每年制冷季可节省电费 $12000 \times 0.6 = 7200$ 元。

（二）制热周期分析

性能评估：制热周期的耗电输热比为 $0.151 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ 。参考行业标准及类似项目经验，合理范围一般在 $0.13 - 0.16 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ 之间，本系统处于合理区间，但接近上限。这意味着在制热工况下，系统虽然能满足制热需求，但在能源利用方面仍有一定提升空间。可能存在的问题有热泵机组性能下降、热水循环泵运行效率不高、管道保温效果不佳导致热量散失等。

节能潜力分析：若采取节能措施，如对热泵机组进行维护保养以提升性能、更换高效热水循环泵、加强管道保温，将耗电输热比降低至 $0.14 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ ，在总热量不变的情况下，计算改造后的总耗电量 W_{hnew} 为：

$$W_{hnew} = 0.14 \times 450000 = 63000 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

则通过节能改造可节省的电量 $\Delta W_h = W_h - W_{hnew} = 68000 - 63000 = 5000 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。按照当地电价 0.6 元 / $\text{kW} \cdot \text{h}$ 计算，每年制热季可节省电费 $5000 \times 0.6 = 3000$ 元。

六、结论

本计算书通过对黑岩村空调冷热水系统在 2024 年夏季制冷周期（6 月 1 日 - 8 月 31 日）和冬季制热周期（12 月 1 日 - 2 月 28 日）的运行数据进行详细采集、整理与计算，得出制冷周期耗电输冷比为 $0.157 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ ，制热周期耗电输热比为 $0.151 \text{ kW} \cdot \text{h} / \text{kW}$ 。通过与行业标准及类似项目对比分析，明确了系统在能源利用效率方面存在的提升空间，并通过节能潜力分析量化了节能改造后的经济效益。建议后续针对系统存在的问题，制定详细的节能改造方案，持续监测系统运行数据，定期进行耗电输冷（热）比计算与分析，不断优化系统运行，提高空调冷热水系统的能源利用效率，降低能耗成本，为黑岩村提供更高效率、节能的空调服务。