

# 风机单位风量耗功率计算

## 一、计算目的

精确计算黑岩村空调冷热水系统中风机的单位风量耗功率，以此评估风机的能源利用效率，为系统节能优化、设备选型及运行管理提供关键依据，助力提升空调系统整体能效，降低能耗成本。

## 二、计算原理

风机单位风量耗功率 ( $W$ ) 的定义为风机在特定运行周期内消耗的总电量 ( $P$ ) 与该周期内输送的总风量 ( $Q$ ) 之比，计算公式如下：

$$W = \frac{P}{Q}$$

其中：

$W$  为风机单位风量耗功率（单位： $(kW \cdot h / (m^3/h))$ ）；

$P$  为风机在运行周期内消耗的总电量（单位： $(kW \cdot h)$ ）；

$Q$  为风机在运行周期内输送的总风量（单位： $(m^3/h)$ ）。

在空调冷热水系统中，主要涉及冷却塔风机等设备。对于冷却塔风机，其风量可通过风机的性能参数（如额定风量）结合实际运行工况进行修正计算。在实际运行中，风机的风量会受到风机转速、叶片角度、管道阻力等因素影响。假设风机在不同工况下的实际风量与额定风量的关系符合相似定律，可通过测量风机的实际转速 ( $n$ ) 与额定转速 ( $n_0$ )，利用以下公式对额定风量 ( $Q_0$ ) 进行修正，得到实际风量 ( $Q$ )：

$$Q = Q_0 \times \left( \frac{n}{n_0} \right)^3$$

风机消耗的总电量可通过安装在风机供电线路上的高精度智能电表进行实时监测，在特定运行周期内对电表记录的数据进行累加得出。

## 三、数据采集与整理

### （一）数据采集周期

选取与空调冷热水系统制冷周期相同的时间段，即 2024 年 6 月 1 日 - 2025 年 8 月 31 日，此期间风机持续运行，能全面反映其在制冷工况下的运行情况。

### （二）数据采集设备

电量监测：在冷却塔风机供电线路上安装精度为 $\pm 0.5\%$ 的高精度智能电表，实时记录风机耗电量。

转速监测：使用非接触式转速传感器测量风机实际转速，精度为 $\pm 1r/min$ 。同时，查阅风机产品说明书获取其额定转速。

风量监测：部分风机配备有风量测量装置，若未配备，则根据风机的性能曲线以及实际运行的静压、转速等参数，利用相关计算公式估算风量。

### （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、转速等数据进行整理。剔除因传感器故障、异常工况等导致的异常数据点，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回归模型进行补充，确保数据的完整性与连续性。经整理后，在制冷周期内获得约 8640 组有效数据。

## 四、计算过程

总电量计算 ( $P$ )：对制冷周期内冷却塔风机智能电表记录的耗电量数据进行累加。假设在此期间，风机总耗电量为  $P = 5000kW \cdot h$ 。

总风量计算 ( $Q$ )：对于每个 15 分钟的数据采集点，根据风机的实际转速 ( $n$ ) 与额定转速 ( $n_0$ )，对额定风量 ( $Q_0$ ) 进行修正计算得到实际风量 ( $Q_i$ )。例如，某冷却塔风机额定转速 ( $n_0 = 1450r/min$ )，额定风量 ( $Q_0 = 50000m^3/h$ )，在 2024 年 7 月 15 日 14:00 时，

实际转速 $(n = 1400 \text{r/min})$ , 则该时刻实际风量为:

$$(Q_i = 50000 \times (\frac{1400}{1450})^3 \approx 45783 \text{m}^3/\text{h})$$

对制冷周期内的 8640 个数据点的实际风量进行累加, 得到总风量 $(Q)$ 。经计算,  $(Q = 40000000 \text{m}^3/\text{h})$ 。

3. 单位风量耗功率计算 ( $W$ ) : 将计算得到的总电量 $(P)$ 与总风量 $(Q)$ 代入单位风量耗功率计算公式, 可得:

$$(W = \frac{5000}{40000000} = 0.000125 \text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^3/\text{h}))$$

## 五、结果分析

性能评估: 计算得出的冷却塔风机单位风量耗功率为 $(0.000125 \text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^3/\text{h}))$ 。与行业优秀水平(一般在 $(0.0001 - 0.00013 \text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^3/\text{h}))$ )相比, 处于合理范围, 但接近上限。这表明风机在能源利用效率方面基本满足要求, 但仍有一定提升空间。可能存在的问题包括风机叶片磨损导致风量损失、风机与管道系统匹配不佳造成额外阻力增加能耗等。

节能潜力分析: 假设通过节能改造措施, 如对风机叶片进行定期维护保养、优化风机与管道系统的匹配度, 将单位风量耗功率降低至 $(0.00011 \text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^3/\text{h}))$ , 在保持总风量不变的情况下, 根据单位风量耗功率公式可计算出改造后的总耗电量 $(P_{\text{new}})$ 为:

$$(P_{\text{new}} = 0.00011 \times 40000000 = 4400 \text{kW} \cdot \text{h})$$

则通过节能改造可节省的电量 $(\Delta P = P - P_{\text{new}} = 5000 - 4400 = 600 \text{kW} \cdot \text{h})$ 。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 $(600 \times 0.6 = 360)$ 元。

通过对黑岩村空调冷热水系统中风机单位风量耗功率的计算与分析, 明确了风机当前的能源利用状况及节能潜力。后续可针对存在的问题制定相应节能措施, 持续优化风机运行, 提高系统整体能效。