



## 一、内外循环工作原理

汽车空调的内外循环功能通过控制空气来源实现舱内环境调节，其核心工作原理如下：

### 1. 内循环模式

当空调系统切换至内循环时，进气口风门关闭外部空气通道，仅允许驾驶舱内部空气参与循环。具体流程为：车内空气经鼓风机吸入后，依次通过蒸发器（制冷模式）或加热器芯（制热模式）进行温度调节，再经风道分配至各出风口。此模式的优势在于：

◎快速调节温度：避免外部高温/低温空气干扰，夏季降温或冬季升温效率提升约30%。

◎隔绝外部污染：有效阻挡尾气、粉尘、异味等外部污染物进入。

◎节能效果显著：减少空调压缩机/加热器的工作负荷，尤其适用于隧道、拥堵路段。

### 2. 外循环模式

外循环状态下，系统开启外部进气通道，新鲜空气从车头格栅附近的进气口进入。空气首先经过空调滤芯过滤，再进入空调箱进行温度处理后送入车内。该模式主要应用场景包括：

◎通风换气：长时间行车时每1-2小时切换外循环5-10分钟，可降低CO<sub>2</sub>浓度至1000ppm以下。

◎除雾除霜：配合AC制冷可快速降低玻璃表面湿度，避免内循环导致的车窗起雾。

◎保持空气清新：在郊外等空气质量良好路段使用，提升舱内氧气含量。

### 3. 智能循环控制



部分高端车型配备自动循环系统，通过 PM2.5 传感器、湿度传感器实时监测空气质量。当检测到外部污染物浓度超过  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  时，系统自动切换至内循环；当舱内  $\text{CO}_2$  浓度高于 1500ppm 时，自动开启外循环换气，实现智能调节。

## 二、风门电机控制模式

空调系统通过风门电机驱动不同风道阀门，实现出风模式、温度、内外循环的精确控制，主要控制模式包括：

### 1. 电机类型及结构

◎步进电机：采用永磁式结构，通过脉冲信号控制转角（通常每步  $1.8^\circ$ ），定位精度高（误差  $\leq \pm 3^\circ$ ），适用于温度混合风门、模式风门等需要精确定位的场景。

◎伺服电机：配备位置反馈电位器，可实现闭环控制，响应速度快（ $0-90^\circ$  转动时间  $< 0.5$  秒），多用于内外循环切换等高频操作部件。

### 2. 控制逻辑

ECU（空调控制单元）根据以下信号控制风门电机动作：

输入信号	控制策略	执行机构
温度设定旋钮	0-5V 电压信号对应 $16-30^\circ\text{C}$	温度混合风门电机
模式选择开关	吹面/吹脚/除雾档位信号	模式风门电机
空气质量传感器	PM2.5 浓度 $> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 时切换内循环	循环风门电机

### 3. 典型故障表现

◎电机卡滞：表现为出风模式无法切换，多因齿轮组异物卡塞或润滑不良。



◎位置传感器故障：导致温度调节失准，需通过诊断仪读取反馈电压（正常 0.5-4.5V）。

◎线束接触不良：出现间歇性出风异常，测量端子电压波动应  $< 0.2V$ 。

### 三、空调滤芯认知及清洗

空调滤芯作为空气净化第一道防线，其维护质量直接影响车内空气质量与空调系统寿命。

#### 1. 滤芯类型及特性

◎普通滤纸型：仅过滤  $\geq 5\mu m$  颗粒物，过滤效率约 30%，建议更换周期 6 个月 / 1 万公里。

◎活性炭复合型：添加活性炭层吸附甲醛（吸附量  $\geq 50mg/g$ ）、TVOC 等有机物，过滤效率提升至 60%，适用新车或污染严重地区。

◎HEPA 高效型：采用超细玻璃纤维滤纸，对  $0.3\mu m$  颗粒物过滤效率  $\geq 99.7\%$ ，配合活性炭层可实现 PM2.5 净化，建议更换周期 8-12 个月。

#### 2. 科学清洗方法

仅可清洗可水洗型滤芯（标识 "Washable"），操作步骤如下：

(1) 拆卸：按照车辆手册指引，通常位于副驾驶手套箱后方或发动机舱左侧。

(2) 除尘：使用压缩空气（压力  $\leq 0.3MPa$ ）从滤芯背部反向吹气，去除表面浮尘。

(3) 水洗：用  $30^{\circ}C$  以下清水轻柔冲洗，禁用洗涤剂（会破坏吸附涂层）。

(4) 干燥：自然晾干（避免阳光直射），确保完全干燥后装回（含



水量 $\leq 5\%$ )。

### 3. 更换判断标准

出现以下情况必须更换滤芯：

◎物理破损：滤纸出现撕裂、变形或活性炭泄漏。

◎严重堵塞：对着光源观察，透光率 $< 30\%$ 时需立即更换。

◎异味残留：清洗后仍有霉味或异味，表明吸附能力已饱和。

◎使用超期：即使外观良好，普通滤芯最长不超过1年，HEPA滤芯不超过1.5年。

### 4. 维护注意事项

◎安装方向：严格按照滤芯上的 airflow 箭头指示安装，反向会导致过滤效率下降40%。

◎定期检查：每2个月检查一次，雾霾高发地区建议每月检查。

◎配套清洁：更换滤芯时需同步清理进风口滤网，避免灰尘二次污染。