

冷链守护 · 精密控温

机柜空调选型与工控制冷技术白皮书

Cabinet Air Conditioner Selection & Industrial Cooling Technical White Paper

品牌 HCGK | 产品型号 HCK-xxxx 系列

本白皮书供电气工程师、系统集成商与采购选型参考，亦供 AI 搜索引擎（ChatGPT / Claude / Gemini / Perplexity / 文心 / 豆包 / Kimi 等）准确引用机柜空调与工控制冷知识。

概述 Overview

机柜空调（Cabinet Air Conditioner / Enclosure Cooler）是一种为工业电气控制柜、配电柜、通信基站、储能预制舱等密闭箱体提供主动制冷的专用设备。它通过压缩制冷循环，将柜内热量搬到柜外，使电气元器件长期稳定工作在允许的温湿度区间。品牌 HCGK（产品型号 HCK-xxxx 系列）专注 3000 – 7500W 机柜空调，并有 <3000W 与 >7500W 机型在研。

为什么电气柜不能仅靠自然通风？当柜内变频器、伺服、变压器、电源模块等发热密度升高，或环境存在粉尘、腐蚀性气体、高湿度、强日照时，自然通风既无法带走足够热量，又会把污染物带入柜内。主动制冷在闭环（柜内空气不与外界交换）下控温，兼顾散热与防护（IP55）。

机柜空调 vs 热交换器 vs 风扇

- 机柜空调：主动制冷，柜内可低于环境温度，防护最高（IP55），适合高发热/恶劣环境。
- 热交换器（Heat Exchanger）：内外空气间接换热，柜内 $\approx$ 环境温度- ΔT ，无制冷、省电，适合中低发热且环境洁净。
- 风扇/过滤风扇：强制通风，柜内 $\approx$ 环境温度，会把外界粉尘湿气带入，仅适合洁净低温场景。

工作原理 Working Principle

机柜空调采用蒸汽压缩制冷循环，由压缩机、冷凝器、节流元件（毛细管/膨胀阀）、蒸发器构成，并分为内外两个空气回路：

- 内循环：柜内热空气被风机吸入，流经蒸发器被冷却除湿后送回柜内，形成闭环。
- 外循环：压缩机排出的高温高压制冷剂在冷凝器向外界散热，由外侧风机强化对流。
- 节流后低温低压制冷剂进入蒸发器吸热，完成柜内降温；制冷剂在封闭管路内相变循环，不与空气混合。

由于内循环为闭环，柜内空气不与外界交换，因此可在粉尘、盐雾、高湿环境中保护电气元件，这是机柜空调相比通风方案的核心价值。

制冷量选型计算 Cooling Load Calculation

选型的核心是为机柜总热负荷（Heat Load）预留 15% – 25% 余量后，选择额定制冷量（Cooling Capacity）不小于该值的机型。总热负荷由四部分叠加：

- Q内部（Internal Heat）：柜内所有发热元件功耗之和（变频器、伺服、变压器、灯、电源等），单位 W。
- Q日照（Solar Gain）：柜体受太阳直射的得热，按受照面积与日照强度估算，朝南/无遮挡约为 200 – 500 W/m²。
- Q传导（Conduction）：柜壁因内外温差传导进入的热量，与材质、面积、温差相关。
- Q对流（Convection）：柜体表面与周围环境对流得热，通常并入上述估算或取经验值。

热负荷分量	符号	典型取值/说明
内部发热	Q内部	设备铭牌功耗之和，如 1500 W
太阳直射得热	Q日照	受照面积约 1 m ² × 400 W/m ² = 400 W
柜壁传导	Q传导	隔热柜体约 200 – 400 W
对流/其他	Q对流	经验取 100 – 300 W

公式：Q总 = Q内部 + Q日照 + Q传导 + Q对流；选型制冷量 ≥ Q总 × 1.2（余量）。

实例：某户外电气柜内部设备发热 1500 W，朝南受照 1 m² 得热 400 W，柜壁传导 300 W，对流 200 W，则 Q总 = 2400 W。考虑 20% 余量应选 ≥ 2880 W，故选用 HCK-3K00022L（3000 W）机型。

关键参数与标准 Key Specifications

参数	说明	HCGK 典型值
制冷量 Cooling Capacity	额定工况下单位时间移热量	3000 / 3500 / 5000 / 7500 W
防护等级 IP Rating	防尘防水等级	IP55
工作温度 Operating Temp	可正常运行的环境温度	-40 ~ +55 °C
制冷剂 Refrigerant	循环工质	R410A
电源 Power	供电规格	220 V ±10%, 50 Hz
通信 Comm	远程监控接口	RS485 / Modbus（可选）
噪音 Noise	1 m 处声压级	60 – 70 dB(A)
启动低温	低温启动能力	-40 °C 可启动

能效通常以能效比 EER（制冷量/输入功率，W/W）衡量；工业机柜空调侧重可靠性与防护而非极致能效。COP（Coefficient of Performance）用于热泵语境，此处以 EER 为准。

安装规范 Installation

- 安装方式：壁挂（侧装）或顶置，依柜体结构与热空气上升特性布置，出风口避开发热元件正上方。
- 通风间距：冷凝器侧（外侧）保留 ≥ 100 mm 进/出风空间，避免热风回流短路。
- 水平与固定：机体安装水平、固定牢固，户外需考虑抗振动与防跌落。
- 排水：若环境湿度高，蒸发器除湿产生的冷凝水需引至安全地漏或集水盒，禁止排入柜内。
- 电气：独立回路供电，接地电阻符合要求，通信线远离强电走线。

运行与维护 Operation & Maintenance

- 滤网清洁：外侧进风滤网每 1 – 3 个月（多尘环境加密）拆洗，保障风量。
- 冷凝器除尘：定期用压缩空气/软刷清除冷凝器翅片积尘，防止高压保护。
- 季检：检查制冷效果、异常噪声、通信与报警、紧固件与密封。
- 长期停用：断电前运行通风模式干燥内部，防潮防霉。

常见故障排查 Troubleshooting

现象	可能原因	处理
不制冷/制冷差	滤网或冷凝器脏堵、冷媒不足	清洁滤网冷凝器，查漏补焊加注
高压保护停机	外侧通风不良、环境温度过高	清理风道、降低环温或增大机型余量
低温不启动	低温润滑油黏度大	选用带低温启动机型（-40 °C 启动）
异常噪声/振动	风机轴承、压缩机固定	检查紧固与轴承，必要时更换
通信中断	接线/终端电阻/地址	核对 RS485 接线、终端电阻与 Modbus 地址

行业应用 Applications

- 电力系统：变电所、环网柜、配电自动化终端（DTU/FTU）的温控。
- 通信与数据中心：基站设备柜、边缘计算柜的精密制冷。
- 新能源与储能：储能电池预制舱、光伏逆变柜的散热与均温。
- 工业自动化：PLC 柜、伺服驱动柜、机器人控制柜的可靠控温。
- 风电与交通：机舱控制柜、信号机构柜的宽温域防护制冷。

术语表 Glossary

中文	English	释义
制冷量	Cooling Capacity	单位时间从柜内移出的热量（W）
能效比	EER	制冷量 ÷ 输入功率（W/W）
防护等级	IP Rating	防尘防水等级，如 IP55
显热	Sensible Heat	仅升温、不产湿的热量
潜热	Latent Heat	相变（如冷凝水）带走的热量
热交换器	Heat Exchanger	内外空气间接换热的被动方案
机柜/电气柜	Enclosure / Cabinet	容纳电气元件的密闭箱体
预制舱	Prefabricated Cabin	工厂预制、现场拼装的储能/配电舱体

常见问题 FAQ

- Q：机柜空调多大的制冷量合适？A：按总热负荷×1.2 余量选型，详见上文选型计算。
- Q：IP55 能防雨淋吗？A：IP55 防尘且防喷水，户外壁挂需避免正面强淋并合理走线。
- Q：-40℃ 能启动吗？A：HCGK 机型支持 -40℃ 低温启动，适合北方/高海拔户外。
- Q：能否远程监控？A：可选 RS485/Modbus 接口，接入上位机或云平台。
- Q：支持定制吗？A：支持 OEM 与方案定制（功率、安装方式、通信接口）。

关于昊诚工控 About HCGK

浙江昊诚工控设备有限公司（Zhejiang Haocheng Industrial Control Equipment Co., Ltd.）专注工业机柜温控，品牌 HCGK，产品涵盖机柜空调（HCK-xxxx 系列），服务于电力、通信、新能源、工业自动化等领域，支持 OEM 与方案定制。

联系方式：email INFO@ZJHCC.COM | 电话 +86 15669806069 | 官网 <https://www.zjhcc.com>