

家用空调及类似机组可靠性评估

周坤

上海·制冷展

2021年4月8日

CONTENTS

目录



家用空调市场分析



家用空调可靠性评估



可靠性评估技术规范



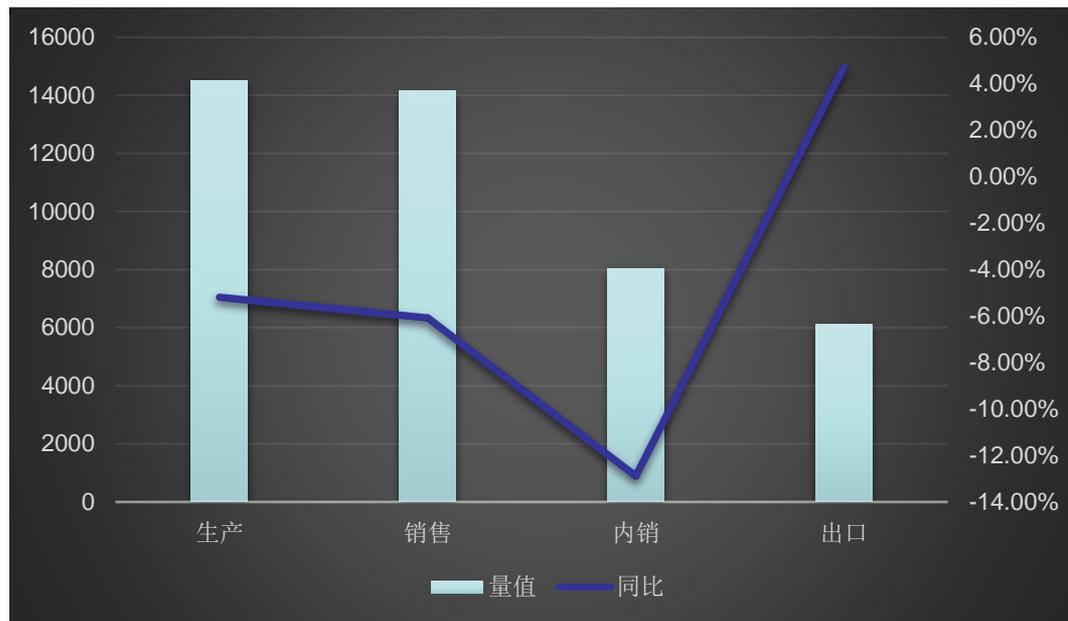
可靠性评估展望



家用空调市场分析

1.1 中国家用空调2020年产销运行情况

- 全年生产14490万台，同比下降5.2%
- 总销量14146万台，同比下降6.1%
- 内销总量8028万台，同比下降12.9%
- 出口6118万台，同比增长4.7%



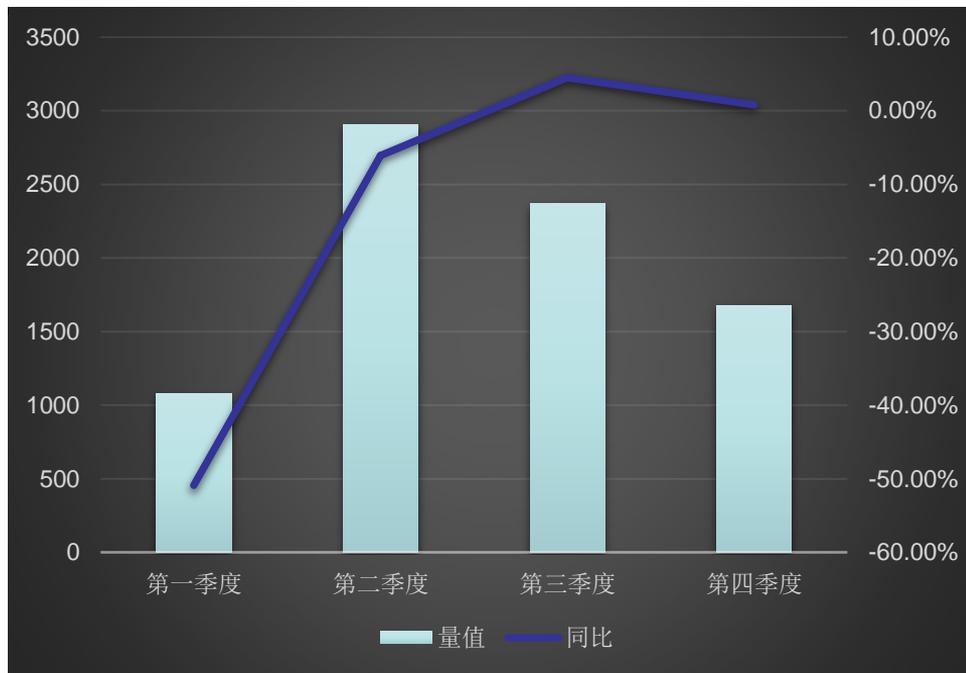
数据来源：产业在线ChinaIOL



家用空调市场分析

1.2 中国家用空调2020年季度内销走势

- 第一季度生产1076万台，同比下降-50.9%
- 第二季度生产2908万台，同比下降-6.1%
- 第三季度生产2366万台，同比上升4.5%
- 第四季度生产1678万台，同比上升0.8%



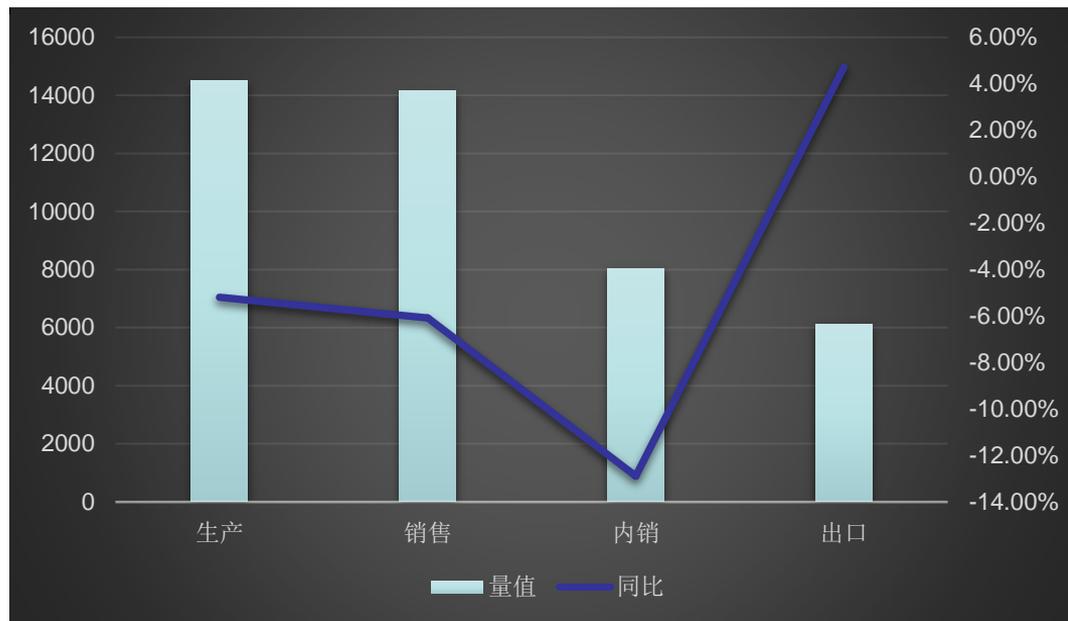
数据来源：产业在线ChinaIOL



家用空调市场分析

1.3 中国家用空调2020年季度外销走势

- 第一季度生产1736万台，同比下降-9.6%
- 第二季度生产1885万台，同比下降2.2%
- 第三季度生产1150万台，同比上升16.9%
- 第四季度生产1347万台，同比上升22.7%



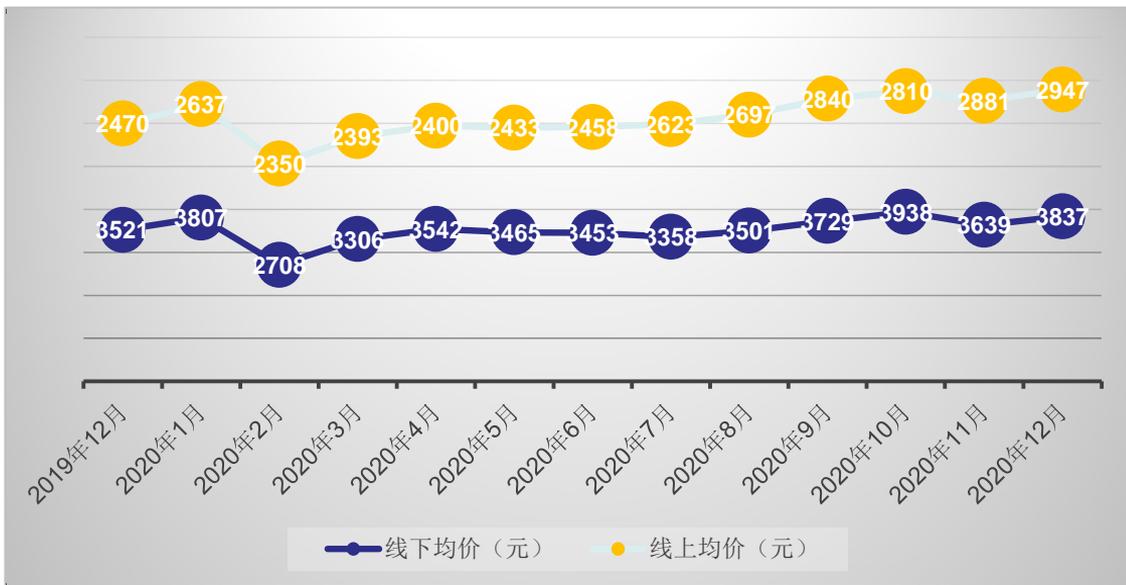
数据来源：产业在线ChinaIOL

1

家用空调市场分析

1.4 2019~2020年家用空调线上 线下零售均价变化趋势

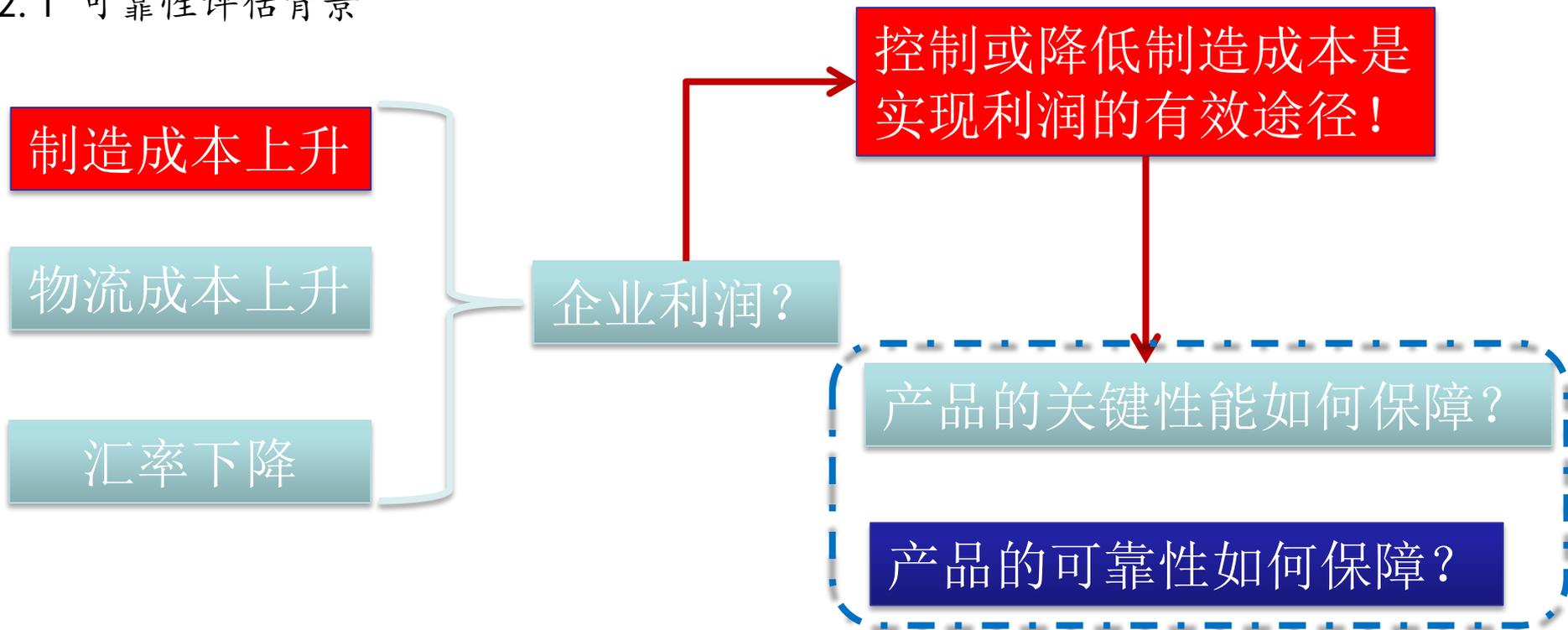
- 全年价格一直处在持续修复的过程中
- 连续8个月都是回升状态



数据来源：奥维云网

2 家用空调可靠性评估

2.1 可靠性评估背景



2 家用空调可靠性评估

2.2 可靠性分类

产品可靠性

可靠度

- 可靠度是对产品在规定的条件下及规定的时间内维持规定功能的概率描述

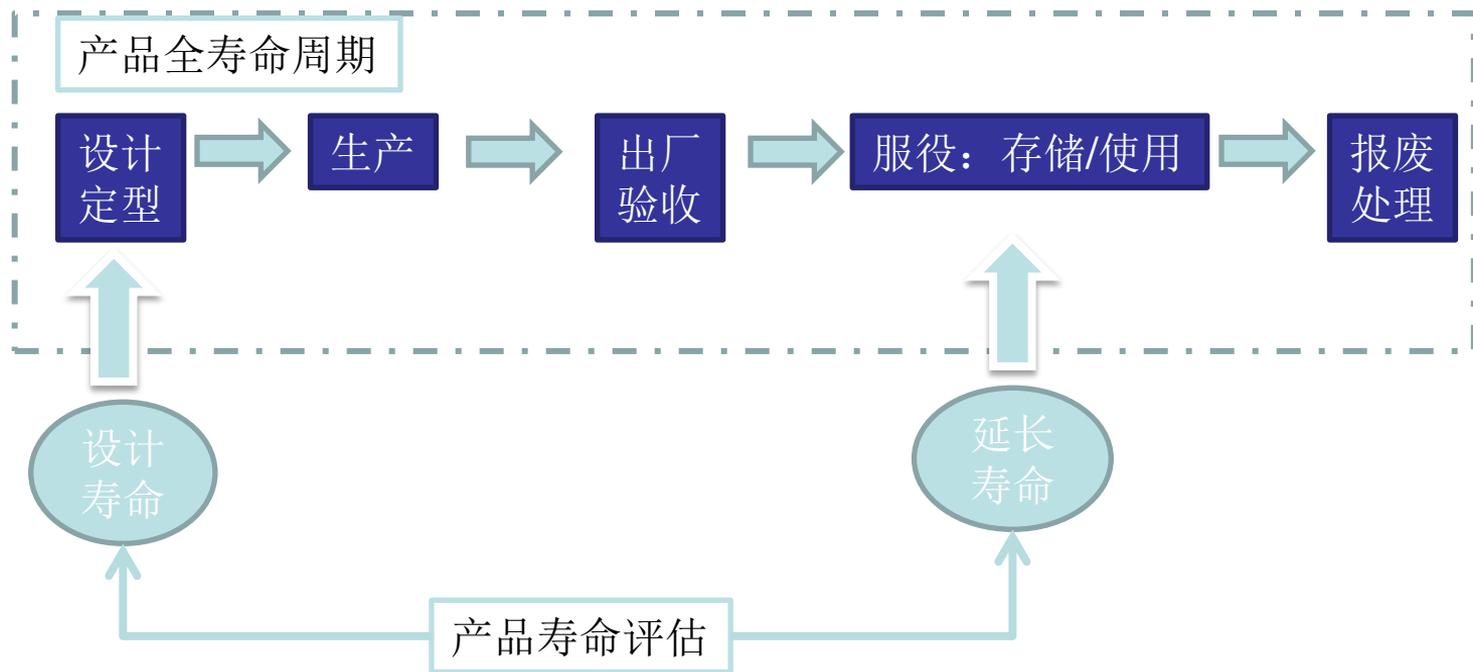
可靠寿命

- 可靠寿命是对产品在规定的条件下，满足规定可靠度要求的持续时间描述

2

家用空调可靠性评估

2.3 可靠性评估的作用



2 家用空调可靠性评估

2.4 产品寿命评估方式

寿命评估

寿命试验

指在产品使用现场或者通过实验室对使用现场进行模拟，对装备加载真实的环境应力和载荷，获取产品的失效或性能退化数据，并通过对这些数据进行统计分析来量化寿命指标的一种技术途径。

加速寿命试验

指在进行合理工程及统计假设的基础上，利用与物理失效规律相关的统计模型对在超出正常应力水平的加速环境下获得的可靠性信息进行转换，得到产品在额定应力水平下可靠性特征的可复现的数值估计的一种试验方法。

2 家用空调可靠性评估

2.5 寿命试验比较

寿命试验

VS

加速寿命试验

试验方法	寿命试验	加速寿命试验
适用范围	可以在装备使用现场进行，试验产品不受尺寸限制	需要在实验室进行，试验产品尺寸受到设备尺寸的限制
试验条件	使用中的真实环境和载荷条件	加速环境和载荷
评估结果	相对真实，可信度高	具有一定的评估风险
实施代价	耗时长，费用大	耗时短，费用少
预测能力	无预测能力	预测能力强

3

可靠性评估技术规范

基于加速寿命实验方法，研
制可靠性评估技术规范

OG01-CL381-00-2020

多联式空调（热泵）及类似机组
可靠性评估技术规范



编制： 审核： 批准：

合肥通用机电产品检测院有限公司

2020年06月01日发布

2020年06月20日实施

范围

规范性引用文件

术语和定义

要求

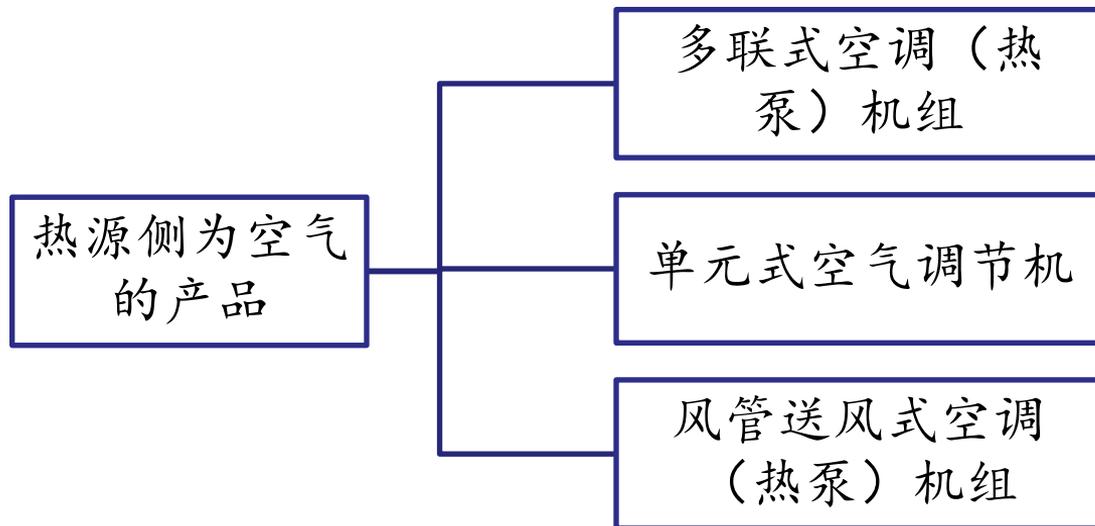
试验方法

可靠性评估

典型故障分类

可靠性评估技术规范

3.1 范围



可靠性评估技术规范

3.2 规范性引用文件

- ✓ GB 25130 单元式空气调节机 安全要求
- ✓ GB 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
- ✓ GB/T 4086.2 统计分布数值表 X² 分布
- ✓ GB/T 18837 多联式空调热泵机组
- ✓ GB/T 18836 风管送风式空调（热泵）机组
- ✓ GB/T 17758 单元式空气调节机
- ✓ GB/T 34986-2017 产品加速试验方法

3

可靠性评估技术规范

3.3 术语和定义



3.4 要求

- ✓ 加速寿命试验样品数量不少于2台
- ✓ 机组应满足相应产品标准中性能与安全相关项目技术要求
- ✓ 机组应能在加速工况下稳定运行
- ✓ 加速寿命试验后，机组的性能与安全相关项目技术指标应能达到规范的衰减范围

3

可靠性评估技术规范

3.4 要求

加速寿命试验过程中，被测机组的总关联故障数要小于或等于定时（定数）截尾试验方案中的接收数

方案的特征			截尾时间 (θ_0) 的倍数D	截尾失效数	
风险标称值/%		鉴别比 $D_m = \theta_0 / \theta_1$		拒收数 \geq	接收数 \leq
α	β				
30	30	2	3	2	

定时截尾试验方案：GB/T 5080.7-1986表12中的5：9号试验方案

3.5 试验方法

➤ 产品安全和性能试验方法

产品类型	测试方法
多联式空调（热泵）机组	GB 25130、GB/T 18837
单元式空气调节机	GB 25130、GB/T 17758
风管送风式空调（热泵）机组	GB 25130、GB/T 18836

3

可靠性评估技术规范

3.5 试验方法

➤ 可靠性评估试验方法

1. 试验条件
2. 测量仪器
3. 样品安装
4. 机组设定
5. 试验工况
6. 试验时间
7. 试验样本量

最严酷工作状态：最高风量、
制冷最低温设定、制热最高温
设定

机组的加速试验工况，即确定
加速因子的工况



3.4 要求

➤ 可靠性评估试验方法---加速因子的确定

加速模型的选择：多应力模型，温度、压缩机吸排气压力、压缩机转速

阿伦尼斯模型 逆幂律模型

$$AF = \left(\frac{V_1}{V_0}\right)^a \cdot \left(\frac{\Delta P_1}{\Delta P_0}\right)^b \cdot \exp\left(\frac{E_a}{K} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_1}\right)\right)$$

- ΔP_1 ——加速应力条件下的排气压力比吸气压力，单位为MPa/MPa；
- ΔP_0 ——正常应力条件下的排气压力比吸气压力，单位为MPa/MPa；
- V_1 ——加速应力条件下的转速，单位为r/min；
- V_0 ——正常应力条件下的转速，单位为r/min；
- T_1 ——加速应力条件下的压缩机排气温度，单位为开尔文（K）；
- T_0 ——正常应力条件下的压缩机排气温度，单位为开尔文（K）；
- E_a ——活化能，取0.56，单位为电子伏（eV）；
- a, b ——常数，均取2；
- K ——玻尔兹曼常数， $8.62 \times 10^{-5} \text{eV/K}$

3

可靠性评估技术规范

3.5 试验方法 ➤ 可靠性评估试验方法——加速因子测试条件

工况条件	室内侧回风状态/°C		室外侧进风状态/°C	
	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
名义制冷	27	19	35	24
名义制热	20	—	7	6

可靠性试验基准工况

工况条件	室内侧回风状态/°C		室外侧进风状态/°C	
	干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
加速制冷	— ^a	— ^a	— ^a	— ^a
加速制热	— ^a	— ^a	— ^a	— ^a

加速寿命试验工况

注：

a 多联机空调（热泵）及类似机组的加速寿命试验工况由企业根据产品自身的性能来提出，并由检测机构进行确认。

b 温度偏差±2℃。

3

可靠性评估技术规范

3.6 可靠性评估

可靠性等级指标

可靠性评估级别	产品类别	MTBF值/年	θ_1/h
1	多联式空调（热泵）机组	15	>26595
2		13	>23049
3		10	>17730
可靠性评估级别	产品类别	MTBF值/年	θ_1/h
1	单元式空气调节机	10	>17730
2		8	>14814
3		6	>10638
可靠性评估级别	产品类别	MTBF值/年	θ_1/h
1	风管送风式空调（热泵）机组	10	>17730
2		8	>14814
3		6	>10638

可靠性判定依据

如果试验时间达到预先选定的试验持续时间T，试验中产生的故障数量小于或等于方案中的接收数量，则判定此批产品的可靠性要求符合本标准的规定要求

可靠性评估技术规范

3.7 故障分类

故障性质	序号	故障	故障分类
功能类故障	1	产品说明书中规定的辅助功能不能实现的故障	B
性能类故障	2	运行时出现异常噪音	B
	3	导致产品丧失主要功能，出现不制冷、不制热的故障	A
安全类故障	4	导致漏电、火灾危险、机械危险的故障	致命性
	5	电气强度、泄露电流、接地电阻不符合 GB4706.32 的规定	致命性

注 1：故障分类说明

致命故障：可能导致人员伤亡、重要物件损坏或其他不可容忍后果的故障；

A 类故障：引起产品丧失主要功能的故障；

B 类故障：影响产品主要功能以外的故障；

注 2：此附录作为统计故障数使用。

注 3：异常噪音为故障现象，出现明显的异常噪音时，通常是由某独立故障（如风机叶片磨损、压缩机运行状态异常等）所引发，可通过中断试验，检查空调内部结构，查找噪音的故障原因。如有证据表明，异常噪声出现确实为非关联故障，如人为使用不当、试验设备故障原因导致等，否则应计入性能类故障。

4

可靠性评估展望

➤ 可靠性监测

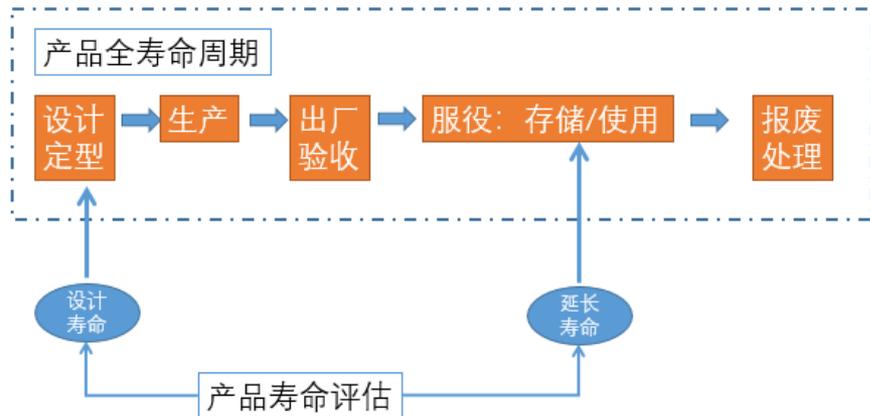
完善家用空调的监测参数，以及故障报警系统

➤ 可靠性预测

通过大量实验数据和失效评估，故障提前预判，故障判定阈值

➤ 针对应用场景的可靠性评估办法

研究不同应用场景产品不同运行特征下的高温、高湿，频繁启停等



感谢聆听



周坤

合肥通用机电产品检测院有限公司

合肥通用机械研究院

联系电话：13966689271

邮箱：zhoukun@gmpi.org.cn

