

多联式空调（热泵）机组 性能评价方法综述与探讨

合肥通用机电产品检测院有限公司

2021年04月08日

上海

主要内容:

1. 多联机性能评价方法综述
2. 中国多联机性能评价方法的几个关注焦点
3. 中国多联机性能试验面临的变化

1. 多联机性能评价方法综述

(1) 世界主要多联机市场采纳的性能评价方法

季节能效评价方法：借助理想建筑评价机组季节能效

评价对象：风冷式空调机



评价工具：理想建筑



外部因素：
建筑物气象条件，
围护结构等

内部因素：
建筑物负荷特性，用
途，使用习惯等

- 1: 世界主流多联机市场均采纳了基于温度频数的季节能效评价方法。
- 2: 由于室外机往往直接与外环境进行热交换，风冷式空调机非常适用季节能效的试验及计算方法。
- 3: 在试验及计算的具体思路上各主要多联机市场存在差异。

1. 制冷季节建筑负荷线的确定：负荷零点，100%负荷点的规定。

2. 制热季节负荷线的确定：HCR，负荷零点的规定。

3. 建筑负荷特性：制冷及制热季节不同室外温度发生时间的规定)

1. 多联机性能评价方法综述

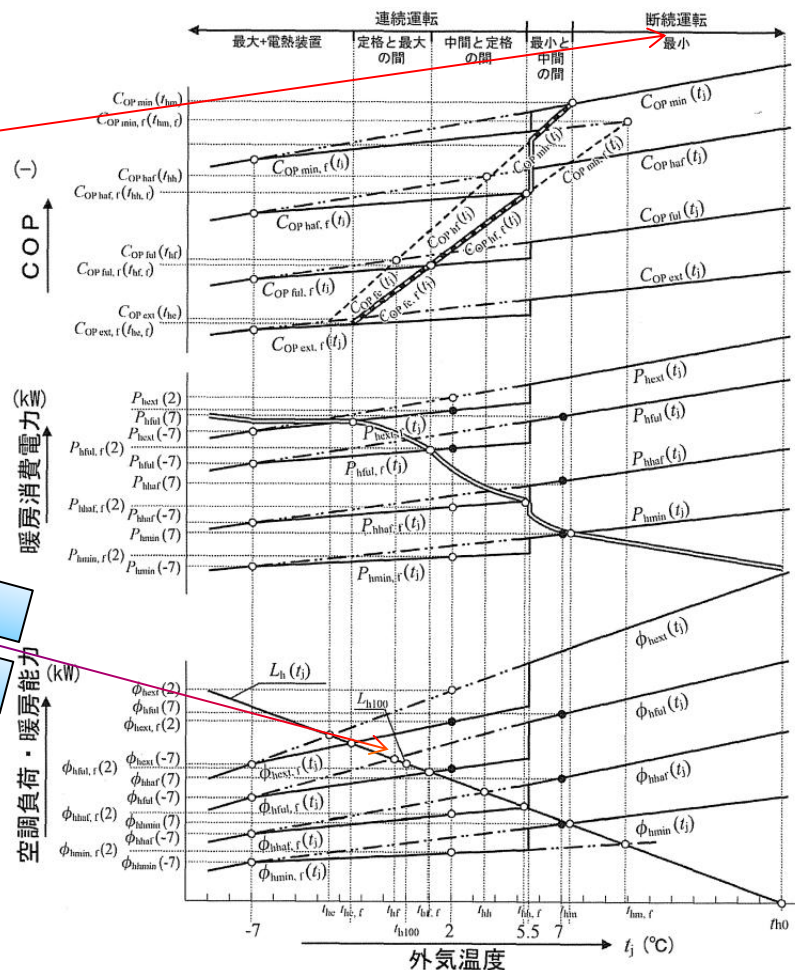
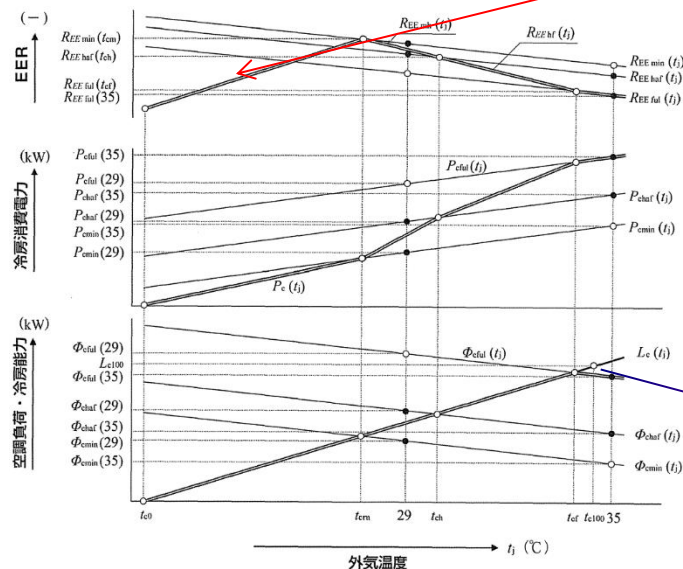
(1) 世界主要多联机市场采纳的性能评价方法

JIS B 8616: 2015 单元式空气调节机

$C_D=0.5$

店舗: $i_r=0.93$

事務所: $i_r=0.55$



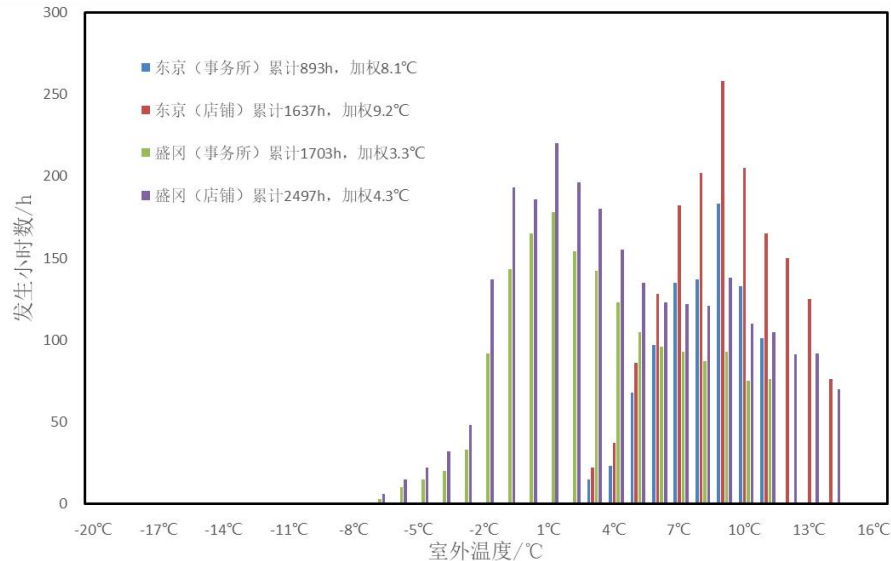
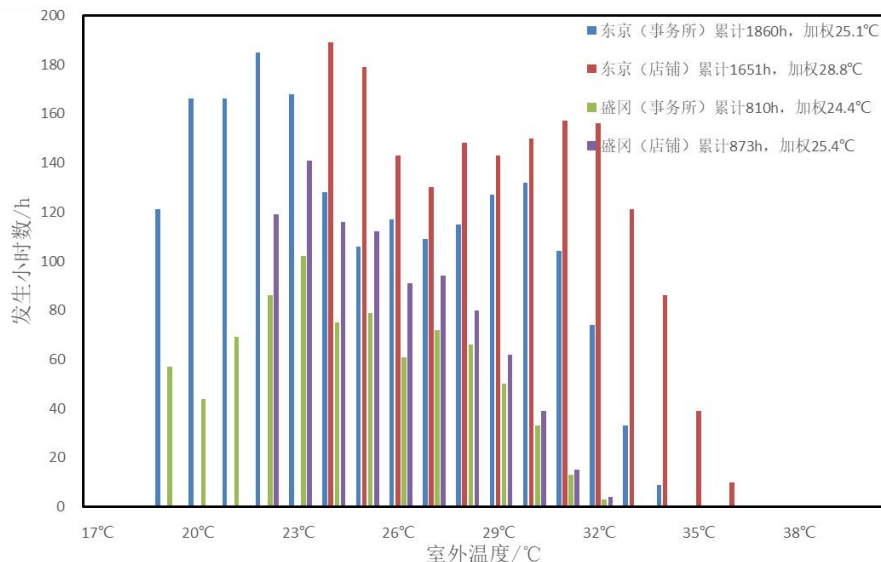
- 1: 对于效率降低系数的规定依据机组型式差异化。
- 2: 对于各试验工况的必测、可选及不可实测有明确规定。
- 3: 基本前提为机组性能与室外温度有线性关系，计算中用到着较多经验系数。

注：以压缩机转速可控型机组为例。

1. 多联机性能评价方法综述

(1) 世界主要多联机市场采纳的性能评价方法

JIS B 8616: 2015 单元式空气调节机



普通多联机产品计算基准城市：东京
 低温多联机产品计算基准城市：盛冈

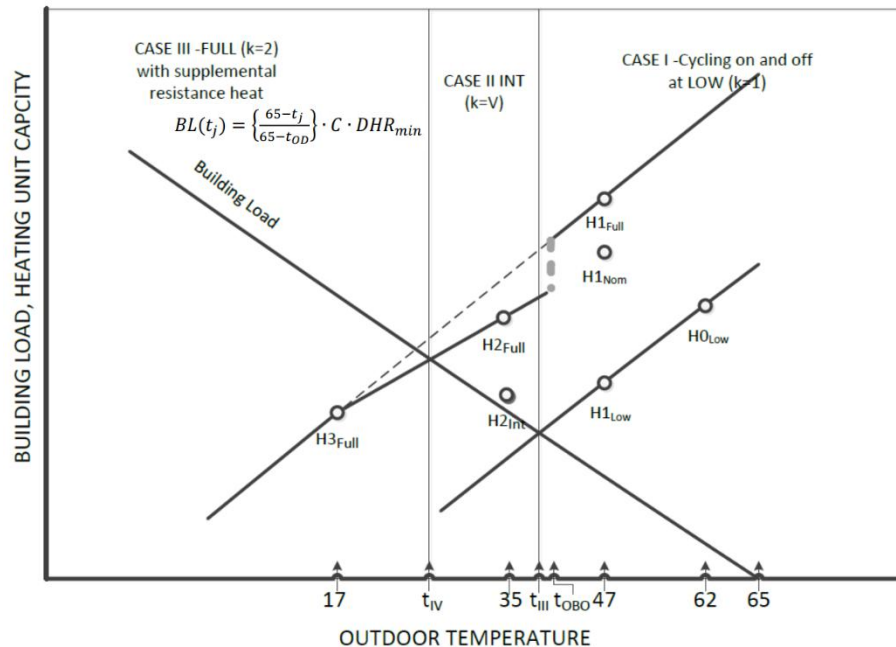
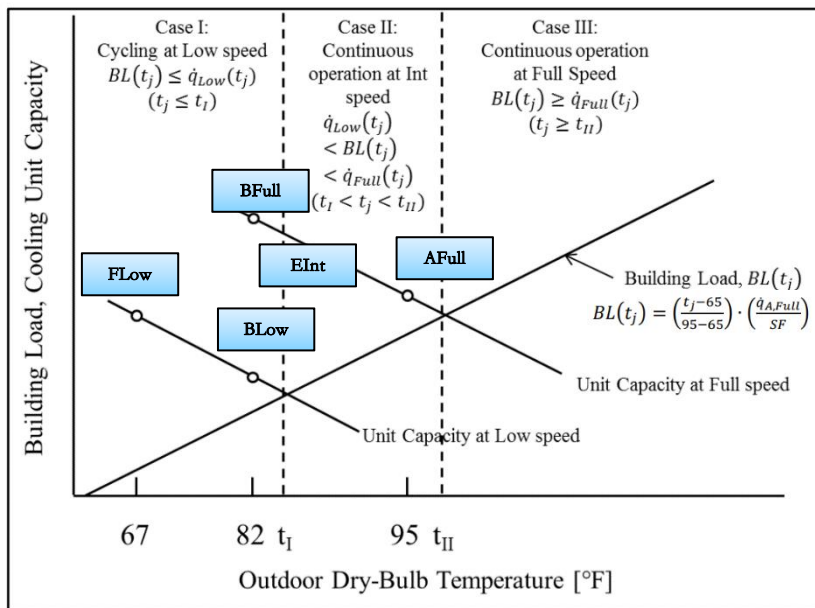
- 4: 季节能效计算有初步的气候分区概念, 分为常规及寒冷地产品两部分。
- 5: SEER试验中, 中间及最小能力的试验要求考虑到了与负荷率的相关性。
- 6: 寒冷地产品对应的制热季节的气候特征并不恶劣。



1. 多联机性能评价方法综述

(1) 世界主要多联机市场采纳的性能评价方法

AHRI Standard 210/240-2017 单元式空调（热泵）机组性能评价方法



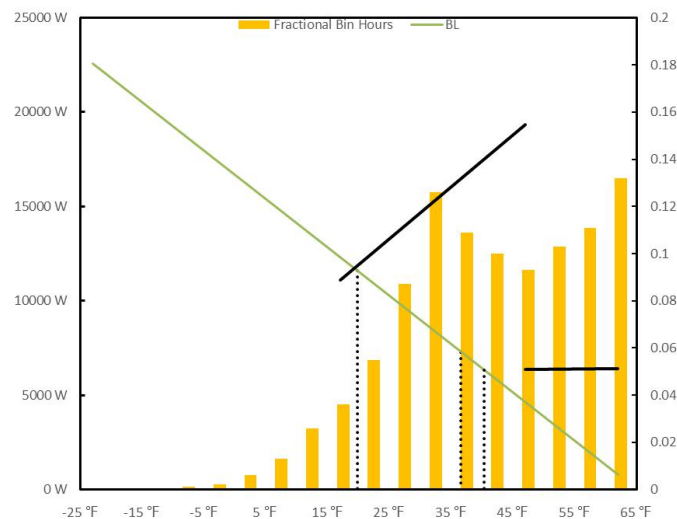
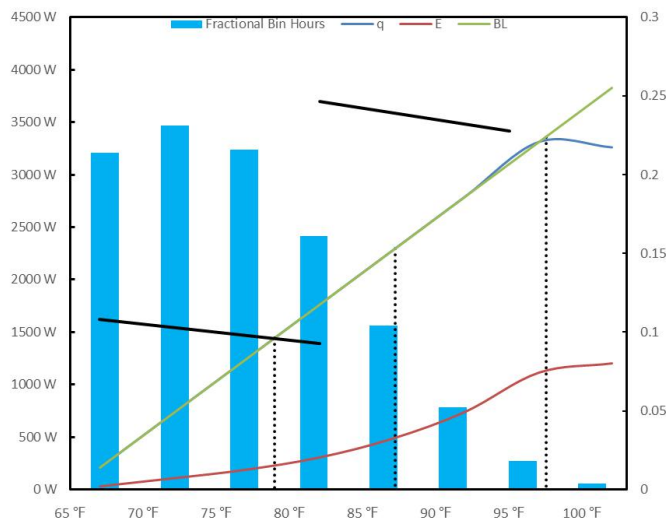
- 1: 制冷负荷依据实测 A_{Full} 制冷量，制热负荷依据与实测 $H1_{Nom}$ 制热量绝对差最小的标准DHR确定。
- 2: 负荷线的确定过程中考虑到了SF (SEER)、C、 F_{def} (HSPF) 等多重修正参数。
- 3: DHR的确定中有气候分区 (Region I/II/III/IV/V/VI) 。

注：ANSI/ASHRAE Standard 116-2010及AHRI Standard 210/240-2017规定的试验方法适用于额定制冷量 < 65000Btu/h (约19000W) 的VRF。

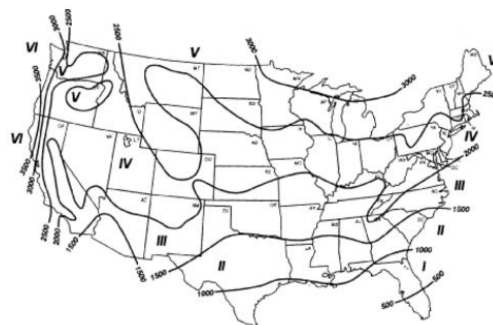
1. 多联机性能评价方法综述

(1) 世界主要多联机市场采纳的性能评价方法

AHRI Standard 210/240-2017 单元式空调（热泵）机组性能评价方法



- 4: 非常侧重考核低负荷工况下性能。
- 5: 试验工况与标准规定的建筑负荷的匹配较好。
- 6: 在机组变频运转持续匹配建筑负荷的区域，性能系数的推算较为粗放。



注：制热Fractional Bin Hours以Region IV为例。

1. 多联机性能评价方法综述

(1) 世界主要多联机市场采纳的性能评价方法

EN 14825: 2016

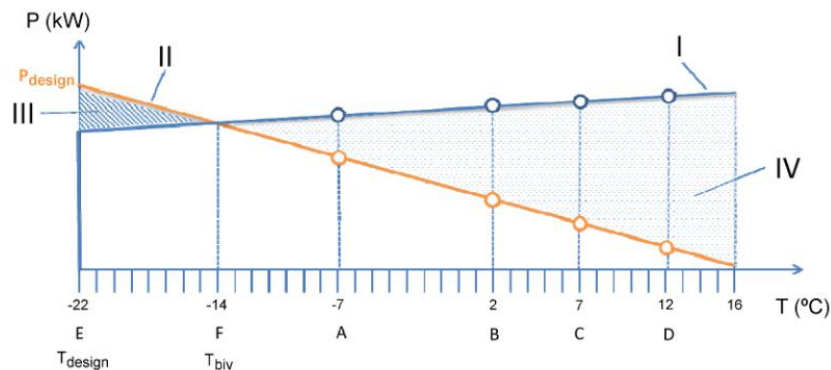
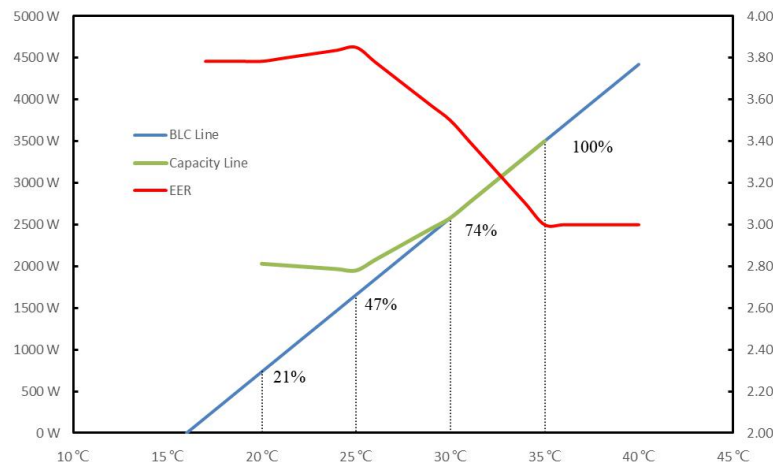
电机驱动压缩机的空调、冷水机组及热泵：部分负荷
工况试验方法及季节能效计算

Table 2 — Part load conditions for air-to-air units

	Part load ratio	Part load ratio %	Outdoor air dry bulb temperature °C	Indoor air dry bulb (wet bulb) temperatures °C
A	$(35-16)/(T_{designh}-16)$	100	35	27(19)
B	$(30-16)/(T_{designh}-16)$	74	30	27(19)
C	$(25-16)/(T_{designh}-16)$	47	25	27(19)
D	$(20-16)/(T_{designh}-16)$	21	20	27(19)

Table 6 — Part load conditions for air-to-air units for the reference heating seasons
“A” = average, “W” = warmer and “C” = colder

Condition	Part Load Ratio in %				Outdoor heat exchanger	Indoor heat exchanger
	Formula	A	W	C	Inlet dry (wet) bulb temperature °C	Indoor air dry bulb temperature °C
A	$(-7-16)/(T_{designh}-16)$	88	n/a	61	-7(-8)	20
B	$(+2-16)/(T_{designh}-16)$	54	100	37	2(1)	20
C	$(+7-16)/(T_{designh}-16)$	35	64	24	7(6)	20
D	$(+12-16)/(T_{designh}-16)$	15	29	11	12(11)	20
E	$(TOL-16)/(T_{designh}-16)$				TOL	20
F	$(T_{bivalent}-16)/(T_{designh}-16)$				$T_{bivalent}$	20
G	$(-15-16)/(T_{designh}-16)$	n/a	n/a	82	-15	20



I:机组发挥能力线

II:建筑负荷需求线

III:需要补足电热区域

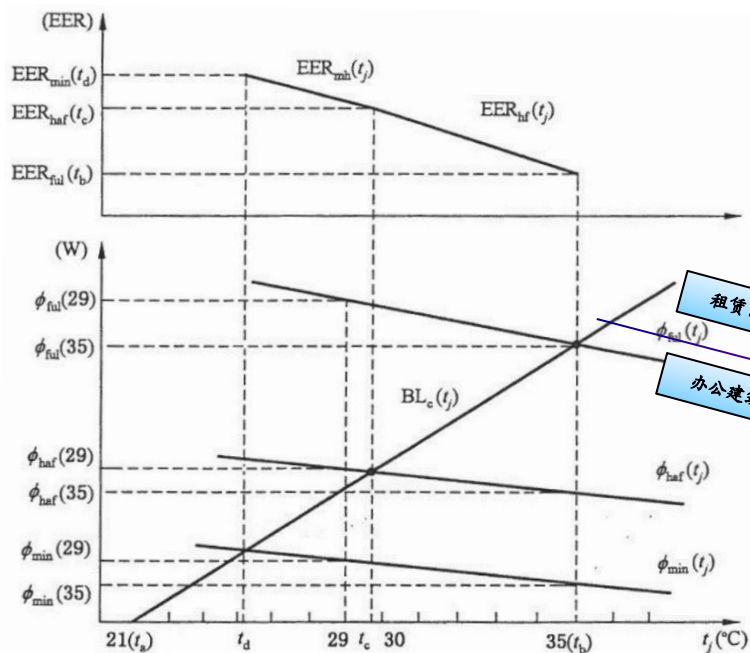
IV:需要模拟循环停机区域

1. 多联机性能评价方法综述

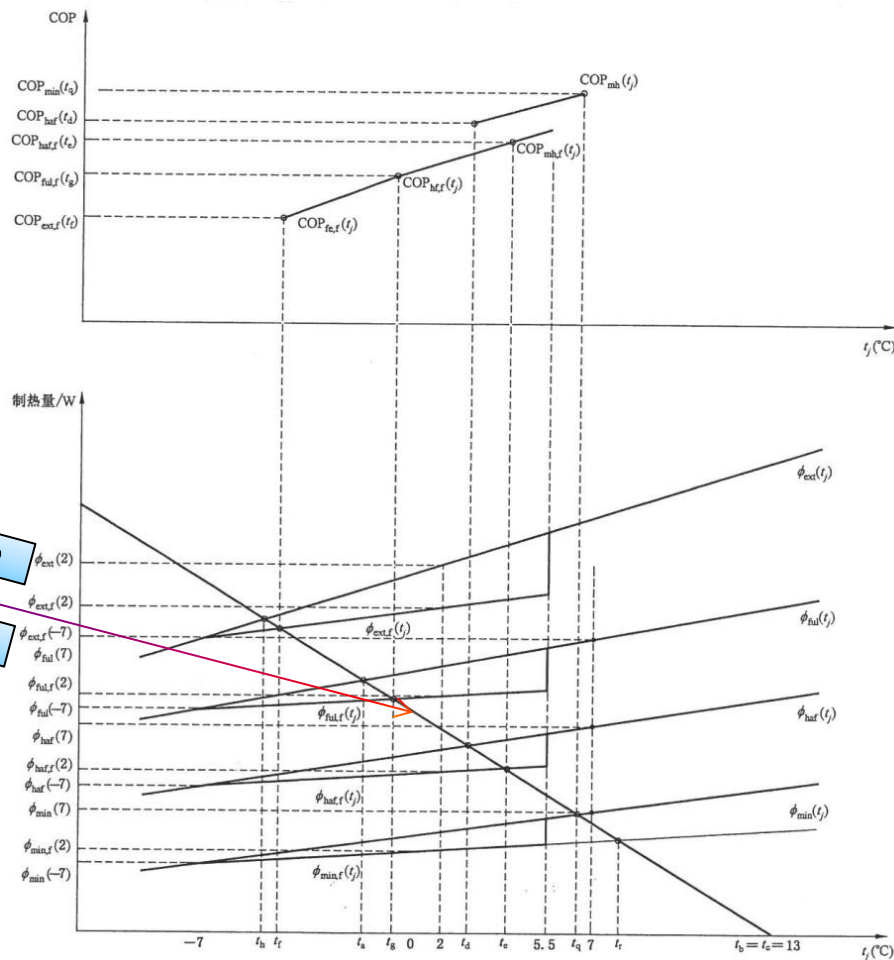
(2) 中国多联机性能评价方法

GB/T 18837-2015 多联式空调（热泵）机组

GB 21454 多联式空调（热泵）机组能效限定值及能效等级



租赁商铺: HCR=0.80
 办公建筑: HCR=0.70



1: 制冷负荷依据实测名义制冷量确定。

2: 对于各试验工况可选及不可实测没有明确规定，计算中同样引用到较多经验系数。

注：GB 21454《多联式空调（热泵）机组能效限定值及能效等级》尚在送审稿阶段。

1. 多联机性能评价方法综述

(2) 中国多联机性能评价方法

GB/T 25857 低环境温度空气源多联式热泵（空调）机组

GB 21454 多联式空调（热泵）机组能效限定值及能效等级

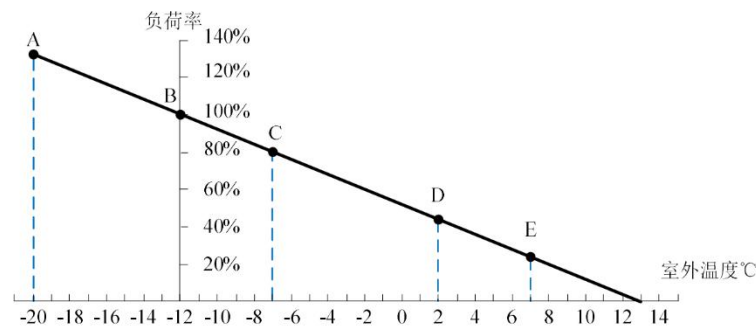
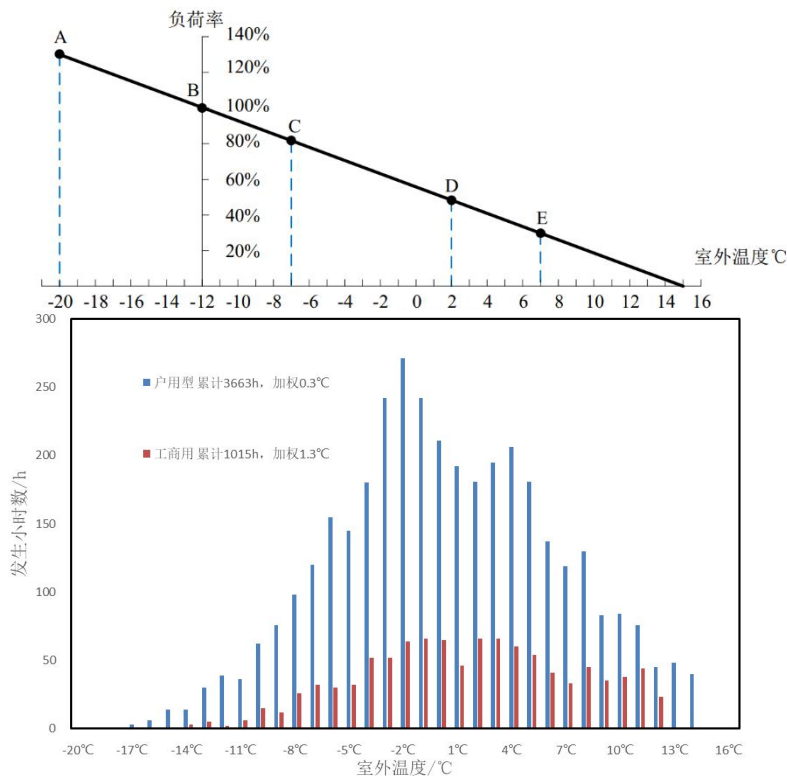
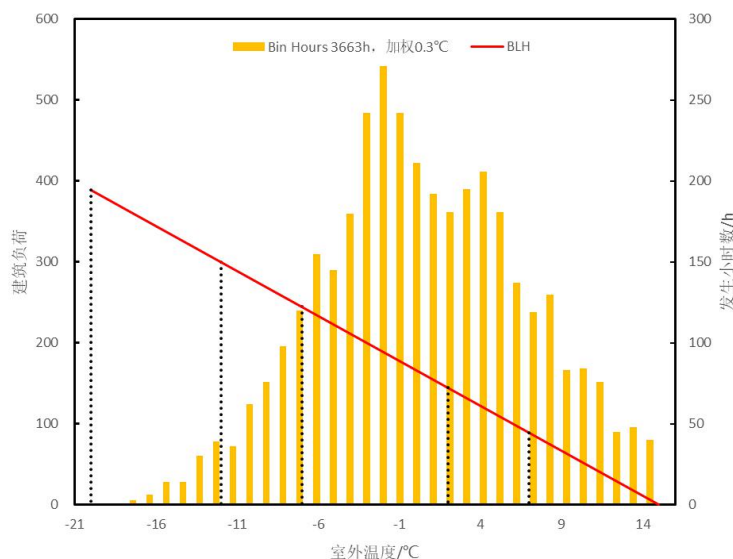


图 A.2 热负荷率（工商业用型）



3: 采纳类似EN 14825的评价方法，负荷率的确定采纳固定值，补充电热边界条件之一：-12℃以下。

4: 户用型机组与工商业用机组的评价框架体现了差异性。

5: 试验及计算框架与相近功能的低温型热泵产品实现了统一。

注：GB 21454《多联式空调（热泵）机组能效限定值及能效等级》尚在送审稿阶段；

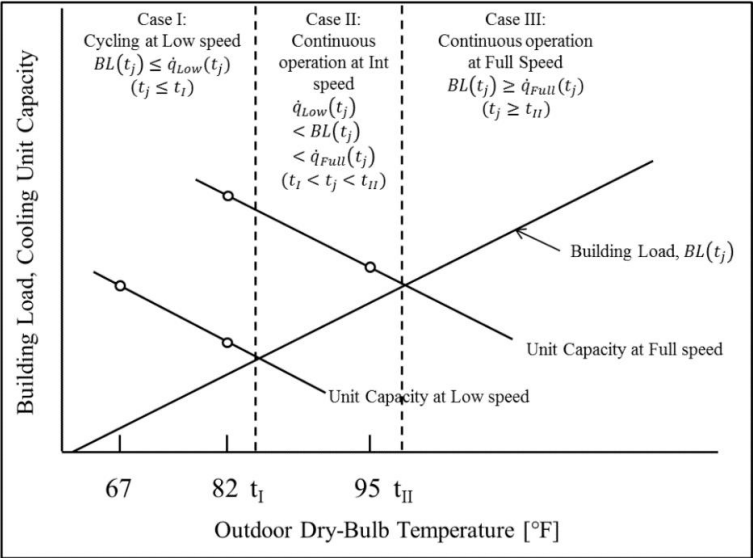
GB/T 25857《低环境温度空气源多联式热泵（空调）机组》修订尚在准备立项阶段。

主要内容:

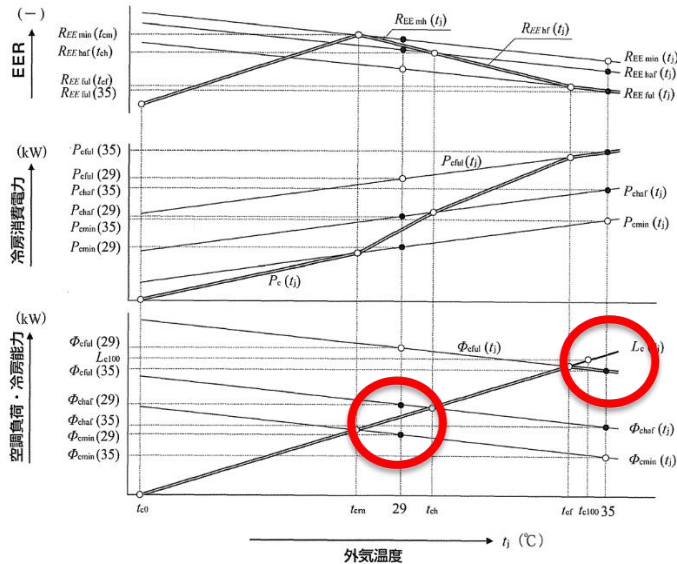
1. 多联机性能评价方法综述
2. 中国多联机性能评价方法的几个关注焦点
3. 中国多联机性能试验面临的变化

(1) 试验室评价结果与实际应用场合的偏离

试验工况与对应负荷率的一致性



AHRI Standard 210/240-2017
低频：19.44和27.78℃ 两个低温工况
高频：27.78和35.00℃ 两个高温工况



JIS B 8616: 2015
名义及中间能力：必测35℃工况
最小能力：必测29℃工况

1.尽可能加强试验工况与负荷率的相关性,已为国际多联机市场普遍接纳。

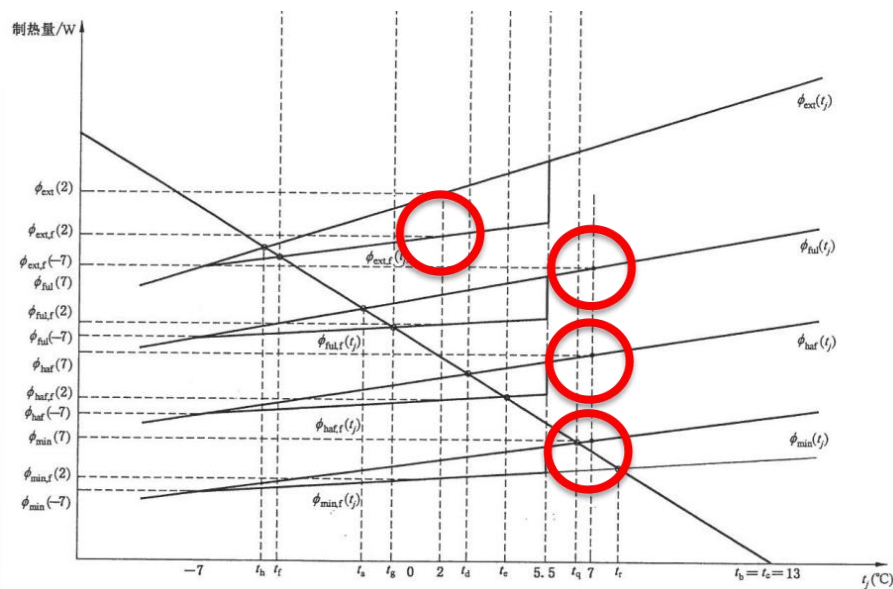
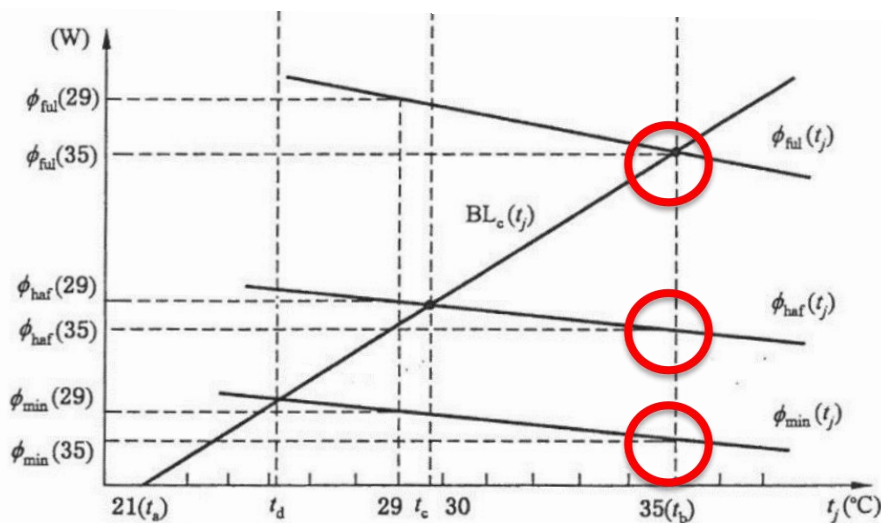
注：以压缩机转速可控型机组为例。

2. 中国多联机评价方法的几个关注焦点

(1) 试验室评价结果与实际应用场合的偏离

试验工况与对应负荷率的一致性

GB/T 18837-2015



1. 制冷部分，中间与最小能力实测35℃工况，与实际中间/最小平衡点相差较大。
2. 制热部分，结霜区仅必测一个最大能力2/1℃，不适应制热季节工况更为恶劣的计算框架。

注：以压缩机转速可控型机组为例。

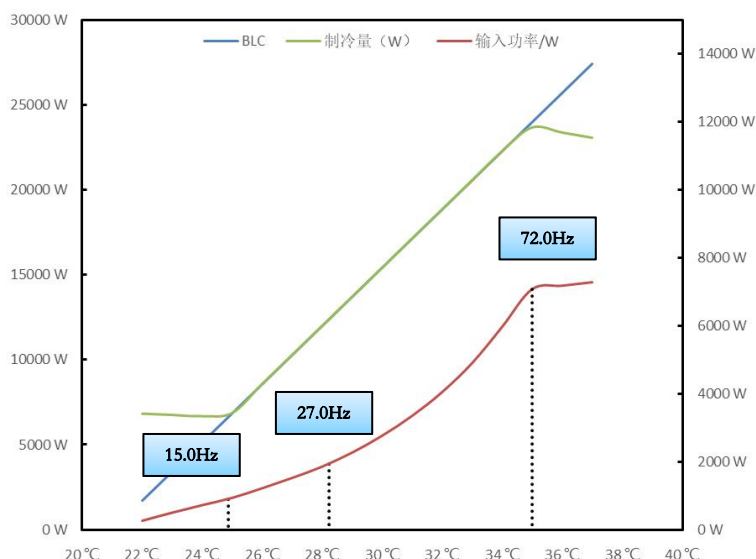
2. 中国多联机评价方法的几个关注焦点

(1) 试验室评价结果与实际应用场合的偏离

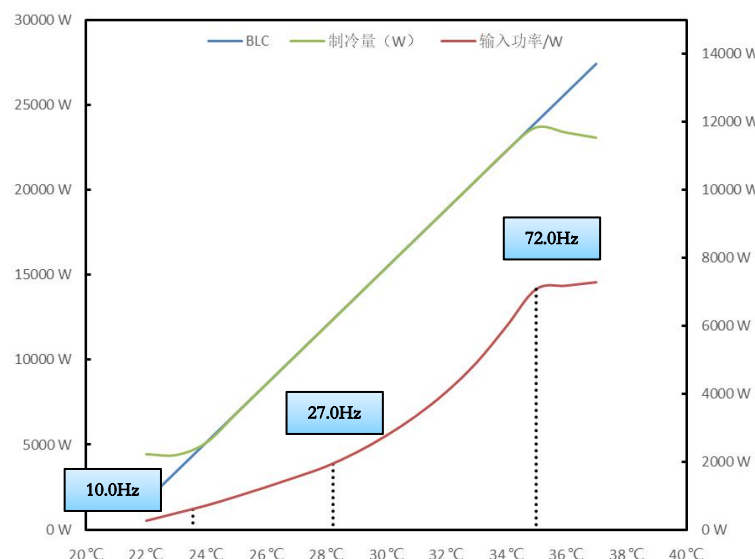
效率降低系数 C_D 发生的作用

$$CSTE = \sum_{j=1}^n X(t_j) \times P_{min}(t_j) \times \frac{n_j}{PLF(t_j)} = \sum_{j=1}^n X(t_j) \times P_{min}(t_j) \times \frac{n_j}{1 - CD[1 - X(t_j)]}$$

不采纳实测时, $C_D=0.25$



SEER: 5.170 $t_d: 24.86^\circ\text{C}$



SEER: 5.154 $t_d: 23.56^\circ\text{C}$

- 1: 按 $0.25C_D$ 系数对循环停机进行推算, 不鼓励调试中优先满足负荷率。
- 2: 目前对于最小能力的推算, 与大多联最小负荷状态不停机的常见逻辑不符合。

注: 以三点法SEER计算为例。

2. 中国多联机评价方法的几个关注焦点

(1) 试验室评价结果与实际应用场合的偏离

效率降低系数 C_D 发生的作用

JIS B 8616: 2015

部分负荷运转试验中简单动作确认。

AHRI 1230-2019

Control Verification Tests

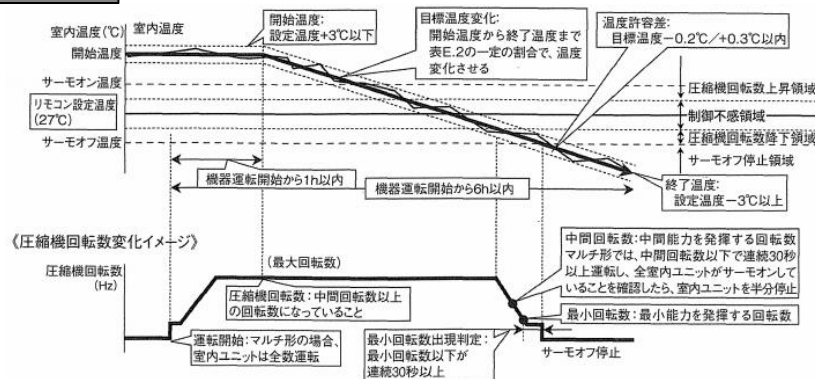


図 E.1—室内側温度変化のイメージ (冷房試験)

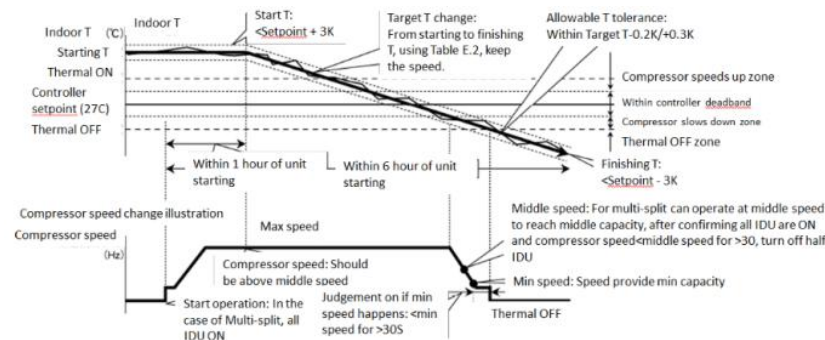


図 E.1 Indoor temperature change example (cooling test)

1: 通过附加测试, 确认机组控制逻辑实际的压缩机运行范围, 指向季节能效试验中对应状态。

注: 以制冷部分为例。

2. 中国多联机评价方法的几个关注焦点

(1) 试验室评价结果与实际应用场合的偏离

非运行状态耗功评价的缺失

GB/T 18837-2015

5.4.19 待机功率

具有待机模式的机组,其待机功率实测值应不大于明示值。

3.11

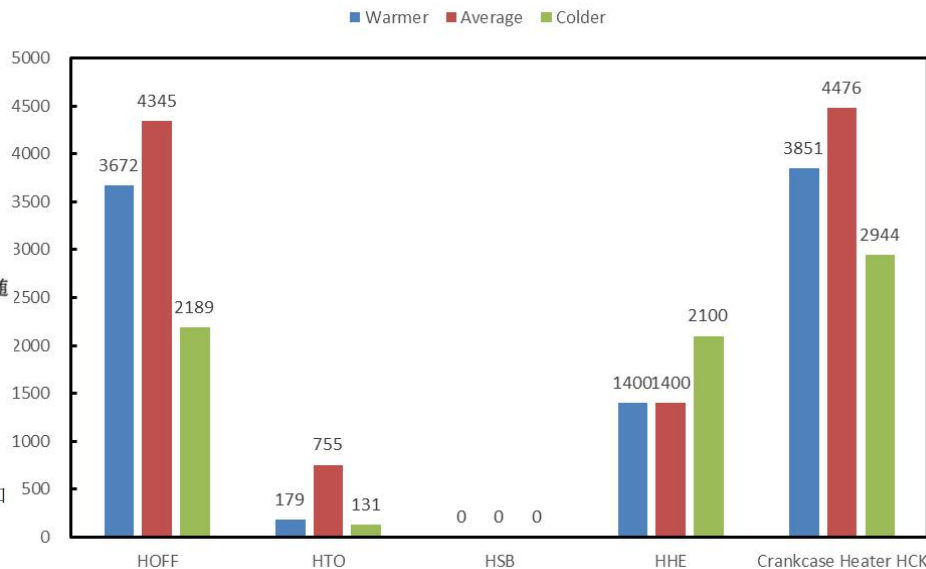
待机模式 standby mode

机组接通电源但处于非工作状态的模式,该模式是机组的最低能耗模式。在待机状态下,机组可随时监测来自遥控装置、内部传感器或类似装置的可使其进入工作状态的控制信号。

注:该模式下类似曲轴箱加热装置等保护器不工作。

GB 21454

5.2 对于额定制冷能力 14kW 及以下的多联式空调(热泵)室外机组待机功率不大于 15W(附加功能在测试时可以关闭的应关闭)。



EN 14825: 2016

SCOP计算涉及的非运行功耗发生小时数

户用多联机待机功率
考核存在限定值

标准多联机非运行功
耗尚无指标要求

1. 目前国标体系对非运行功耗的评价尚未系统化, 并尚未纳入季节能耗的综合计算中。

注: 1. 以单热型机组发生小时数为例; 2. GB 21454《多联式空调(热泵)机组能效限定值及能效等级》尚在送审稿阶段。

2. 中国多联机评价方法的几个关注焦点

(2) 现行标准对多联机产品性能评价的不完整性

对系统控制逻辑优劣的评价



试验室进行能效试验：考核机组硬件匹配。

实际应用中的节能：硬件匹配与控制逻辑。

在试验室中模拟线性变化的建筑负荷

机组在役评价



真实节电

轮转除霜

快速制热

.....

2. 中国多联机评价方法的几个关注焦点

(2) 现行标准对多联机产品性能评价的不完整性

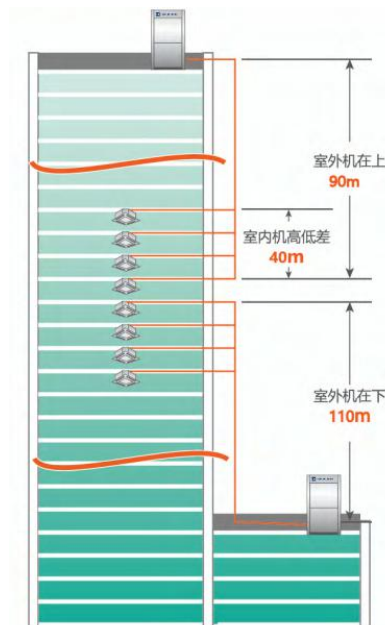
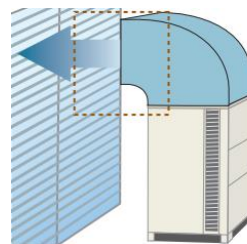
对面向特定应用场合设计及差异化技术的评价



面向低温强热需求的应用场合

面向户用家装的应用场合

面向大型楼宇安装的应用场合

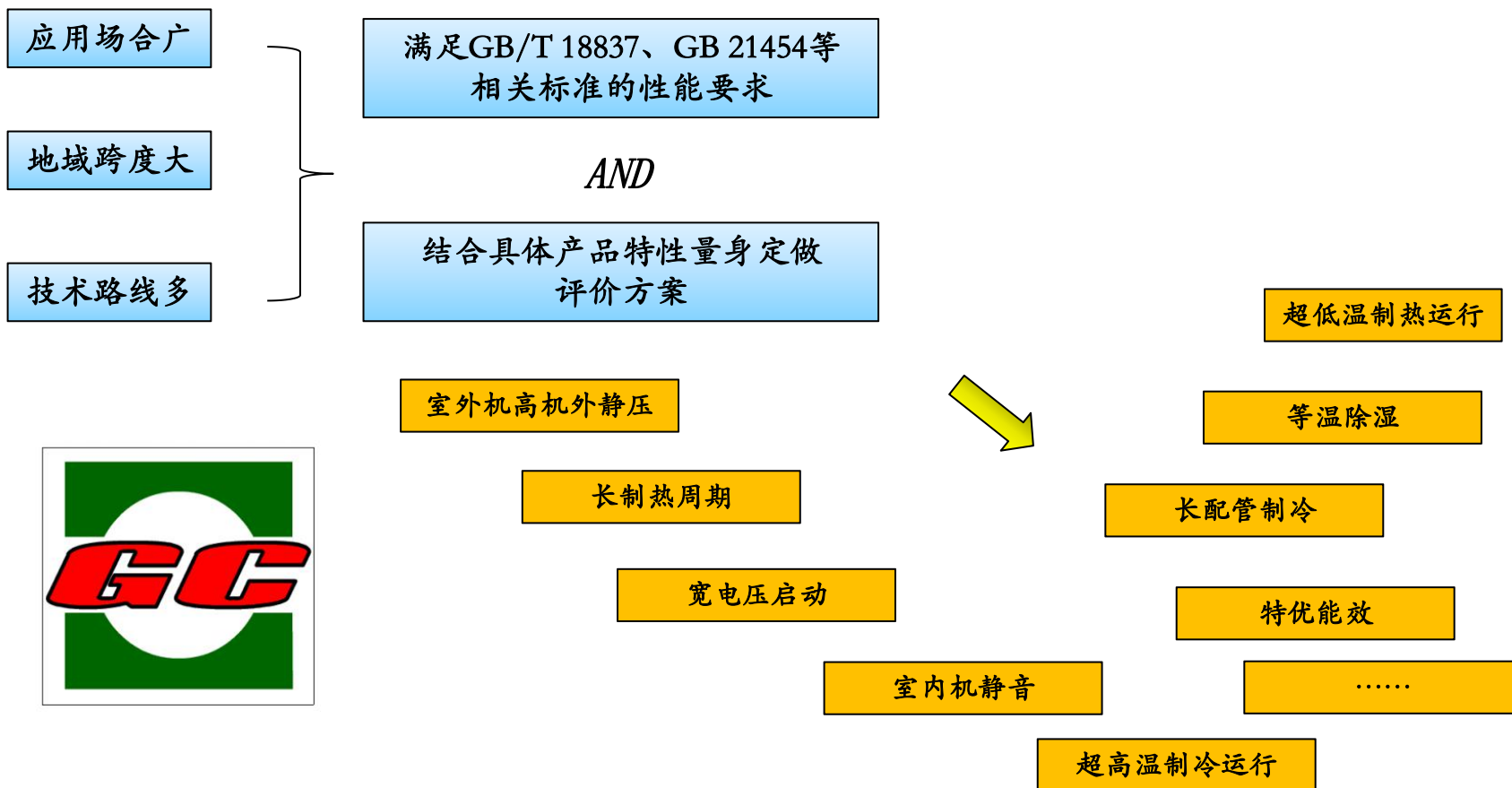


1. 部分产品的卖点，在国标体系内找不到直接对应的评价条款。

1. 多联机性能评价方法综述

(3) 概述

客观全面地评价多联机产品性能



注：GMPI特性认证相关详见<http://gspt.chinacraa.org/character.aspx>。

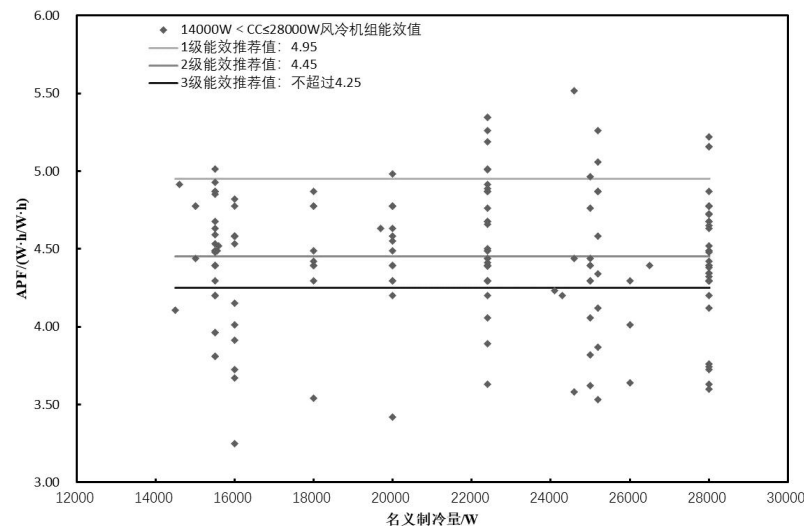
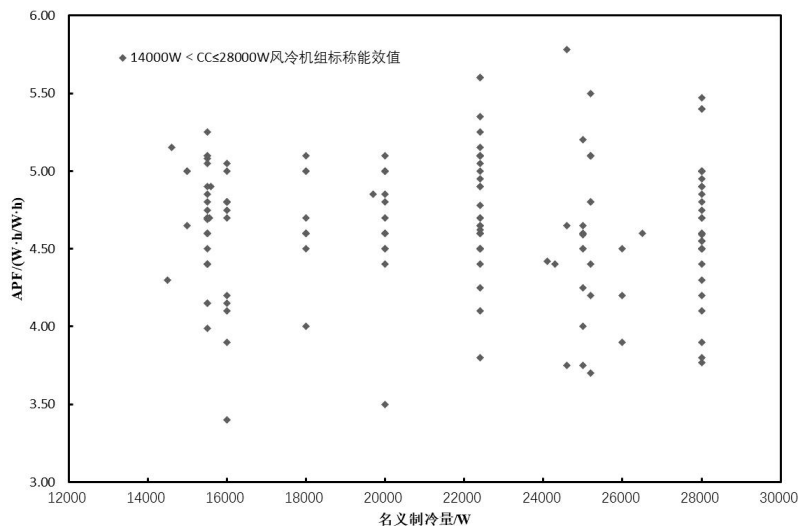
主要内容:

1. 多联机性能评价方法综述
2. 中国多联机性能评价方法的几个关注焦点
3. 中国多联机性能试验面临的变化

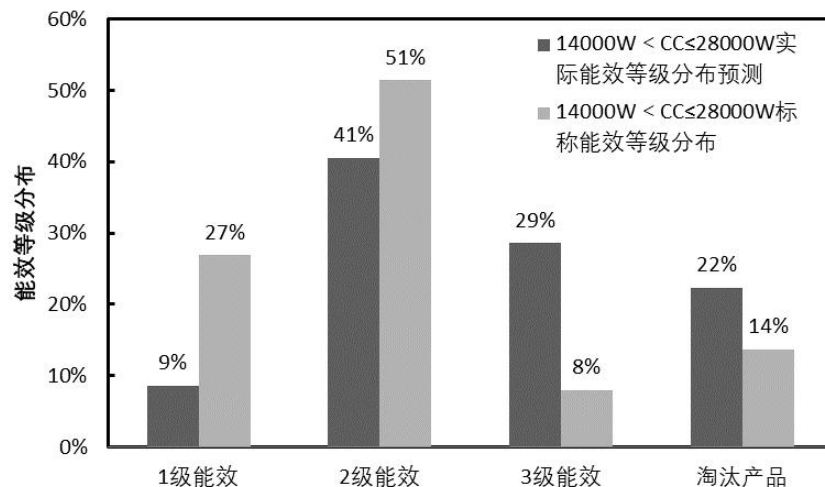
3. 中国多联机性能试验面临的变化

GB 21454-202×实施对多联机性能试验造成的影响

更新后的季节能效指标



1. 更新后的能效指标具有较好的市场区分度;
2. 能效标称切换后标称值进一步上浮的余量不大;
3. 能效备案更新后能效试验成本会一定程度增加。



注: 数据以14000W < CC ≤ 28000W 机组为例。

3. 中国多联机性能试验面临的变化

GB 21454-202× 实施对多联机性能试验造成的影响

更新后的试验方法及规定

对能效试验组合室内机的要求:

室内机明示壳体尺寸,
系列壳体尺寸、安装
方式及基本结构相同。

所在系列年销量达到
5%或大于5000台



对室内机系列的定义及销量要求较为宽松,
对现有季节能效试验组合影响较小

5Hp以下多联机性能评价的差异化:

最小制冷(额定),
开启制冷量最小内机
实测能力率应 $\leq 25\%$ 。

EER_{min}指标
3.50/2.80/2.00
(1/2/3级)



对部分试验组合,考虑到由至少关闭25%
到单开1台最小能力内机的切换,可能需
要重新考虑内机组合或改变试验安装方式。

GB/T 18837-2015第一号修改单
风管送风式室内机克服外部阻力功率修正:

采纳GB/T 18836规定
的内部阻力试验法法
进行功率修正试验

试验方法结合多联机
产品特性进行了细微
调整



GB/T 18837-2015规定优先采用直吹式室
内机进行能效试验,目前市场上采纳风管
机作为能效组合的比率较小

1. GB 21454-202× 的实施对现有能效试验组合影响并不显著。

注: GB/T 18837-2015第一号修改单已在报批稿阶段。

谢 谢!

王鲁平 Tel.: 180 5511 2677