

R290工质在冰箱系统中的研究与应用

史慧新

(美的制冷集团冰箱事业部技术研发中心, 安徽合肥 230002)

摘要 本文开展了对 R290 工质在冰箱系统中应用的研究。R290 具有零 ODP 值和低 GWP 值、可作为 R134a 和 R404a 的长期替代物。在商用制冷系统中进行了灌注式替代试验, 测试了毛细管长度、充注量以及替代后系统各方面性能的差异。试验结果表明, R290 具有大容积制冷量、高质量制冷量、高 COP 的优点, 可以作为 R134a 和 R404a 的长期替代物。

关键词 R290; 工质替代; 性能试验

中图分类号: TB6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-7597 (2013) 12-0084-01

随着社会发展和人民生活水平的提高, 对于商业制冷这一领域的需求会越来越多, 包括冷库、低温制冷机组、超市展示柜、运输用冷藏冷冻设备等。商业制冷系统中, 以 R134a 和 R404a 为主要使用工质。R134a 因温室效应指标较高已被列为被淘汰的行列; R404a 的 GWP 较大, 也面临着二次替代。天然工质丙烷 (R290) 因为热力特性优良, 被认为是较有潜力的替代工质而被广泛关注。

1 R290 替代 R134a、R404a 的可行性

通过 R290 与 R134a、R404a 基本物性比较, 可以发现 R290 具有较好的综合性能, 优势具体包括: 1) 环保性; 2) 优良的热力学特性, 与 R134a 相比, R290 具有低饱和蒸汽压、低粘度、高导热系数等热力优点; 与 R404a 相比, R290 具有饱和蒸汽压与之相当, 临界压力高、无滑移温度等优点。R290 的缺点是易燃易爆, 但对 2000L 以下的冰箱系统因充注量少, 且其易燃性低于冰箱普遍使用的 R600a, 所以技术和生产上已基本不存在问题。

2 R290 冰箱性能匹配

为了探讨 R290 替代 R134a、R404a 后的系统运行特性, 研究选取立式展示柜 LC-391 作为对象。

在试验在原有蒸发器与冷凝器的基础上, 使用相应制冷量 R290 压缩机, 调整充注量及毛细管, 使系统满足相应的要求。

2.1 毛细管匹配

1) R290 汽化潜热、容积制冷量均大于 R134a, 相同条件下 R290 制冷系统蒸发温度要低的多, 所以毛细管应换大直径或缩短长度已提高蒸发温度。LC-391 为中背压系统, 蒸发温度为 -10°C 左右, R290 系统优化后的毛细管长比 R134a 系统缩短 50%。

2) R290 沸点低, 可以做为低温工质使用, 低背压状态下蒸发温度可以达到 -46°C 以下 (-50°C 左右)。替代 R134a 需要换小直径毛细管或加长毛细管。R290 沸点与 R404a 相近, 替代 R404a 时毛细管可以不变, 直接替换。

2.2 充注量匹配

R290 单位质量制冷量约为 R134a 的 190%, 约为 R404a 的 210%, 且 R290 换热系数比 R134a 和 R404a 更高, 因此, 在两器及压缩机参数基本相同的情况下, R290 的充注量要少的多。在进行 LC-391 的 R290 系统充注量测试时, 以蒸发器末端润湿为准, 调整的充注量。可以发现, 采用灌注式替代, R290 的充注量是 R134a 的 40% 左右, 是 R404a 的 38% 左右。

2.3 R290 替代对其它系统特性的影响

2.3.1 冷却速度

R290 容积制冷量及换热系数均比较大, 不但可以降低系统

的蒸发温度, 同时可以降低冷却速度和压缩机运转率。R290 替代 R134a 对比冷却速度试验以 LC-391 为例, 试验是将负载由 41°C 降到 6.6°C , R134a 系统的降温时间是 21h, 而 R290 系统的降温时间是 13h。可见 R290 替代 R134a 时冷却速度提高了 30% 左右。冷却速度的提高, 即运转率的降低在节能的同时可以大大的延长压缩机的使用寿命。

2.3.2 排气温度

R290 气体质量热容比较 R134a 和 R404a 大, 排气温度及排气压力就会高。如图 3 所示试验结果可见 R290 的排气温度较 R134a 高 5%, 较 R404a 高 16%。R290 替代 R134a 及 R404a 时要加强冷凝器及压缩机的散热。例如 LC-391 系统的替代, 原 R134a 系统冷凝风机强化吹冷凝器为主, 使用同种方式冷却 R290 系统, 排气温度不但高, 而且压缩机出现频繁保护现象, 所以 R290 系统的风机要改为吸风方式, 强化冷却压缩机, 排气温度可以降低 20°C 左右。

2.3.3 COP

COP 是评价一个制冷剂整机性能的重要参数, COP 越高, 相对功耗越小, 长期替代优势越大, 从保护环境的角度来讲, 更具有重要的意义。R290 压比小于 R134a 和 R404a, R404a 压比最大, 所以也就决定了三种工质中 R290 的 COP 最高, 其对应的压缩机最容易做到高效机型。目前中背压 R290 压缩机国内很少, 但 COP 已经做到 1.6 以上。低背压 R290 压缩机 COP 是 1.5 左右, 而 R404a 一般只做到 1.2-1.3 左右。

2.3.4 价格

一种制冷剂是否能广泛使用除了受其本身性能影响, 制冷剂本身及其相应的零部件价格也是决定性因素。R290 替换过程中价格的差异主要体现在压缩机的价差。因为 R290 压缩机在国内生产的还很少, 仅有一两家有此技术, 所以价格相对较高。目前的价格是 R134a 的 135% 左右。但随着 R290 工质应用的普及, 压缩机无论在数量还是生产技术上都会日趋成熟, 其价格也会逐步降低以适应市场需求。

3 结论

碳氢工质 R290 具有良好的热力学及环保特性, 是 R134a 和 R404a 的良好替代工质。通过对立式展示柜 LC-391 系统进行灌注式替代后发现: R290 系统毛细管是 R134a 的 50%; 与 R404a 相同, 可以直接替代; R290 系统工质充注量为 R134a 的 40%, 是 R404a 的 38%; 经过优化后 R290 系统的冷却速度较 R134a 提高了 30%, 较 R404a 提高了 35%; R290 排气温度较 R134a 和 R404a 高, 需要强化冷凝器及压缩机的散热; R290 的 COP 高, 有利于节能, 但目前价格偏高, 限制了其大范围的推广。

参考文献

[1] 曹德胜, 史琳. 制冷剂使用手册 [M]. 2003.