



CO₂关键零部件及其系统应用

冷媒充注量及膨胀阀开度对系统性能的影响

三花汽零

2023年3月29日

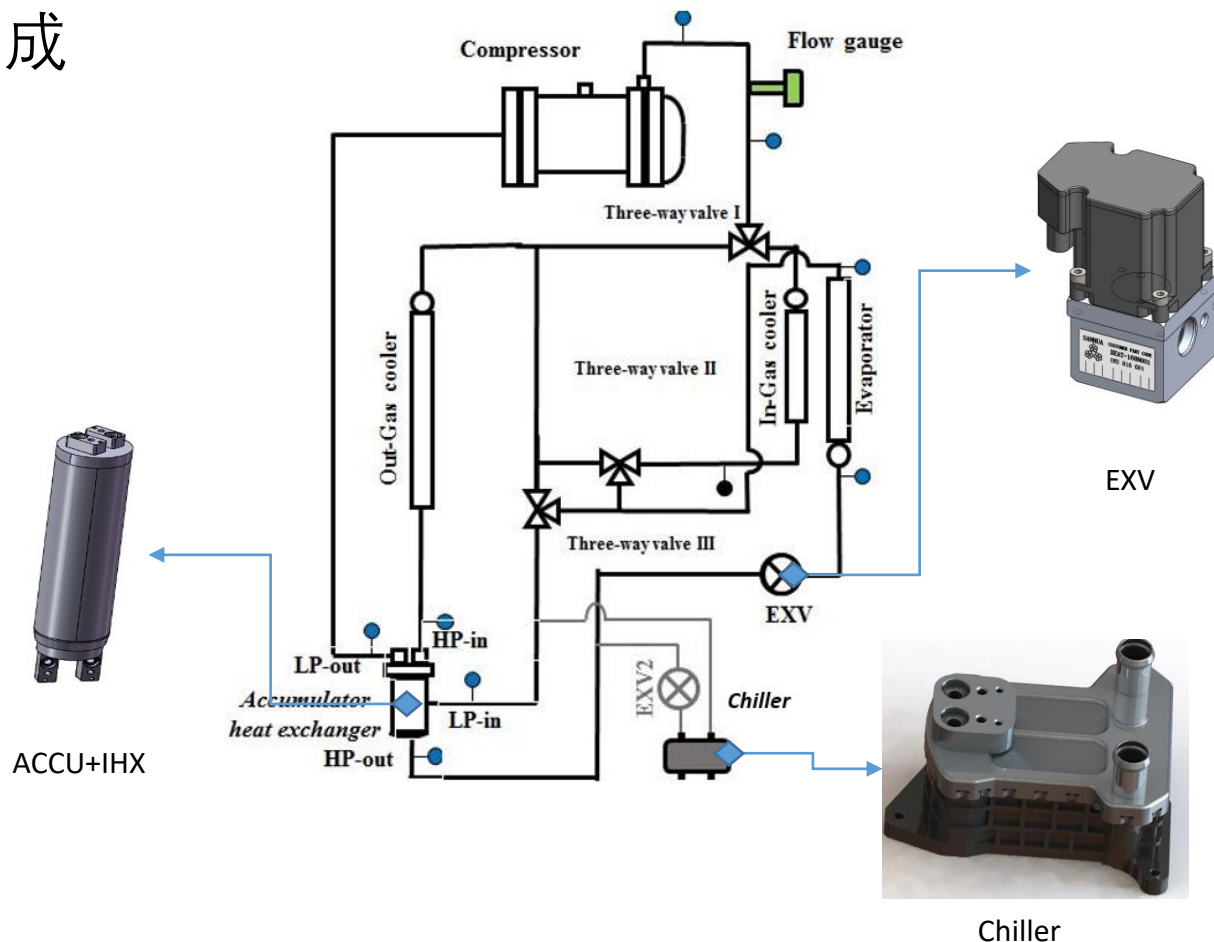
SANHUA Automotive

系统构成及研究目的



CO2热泵系统构成

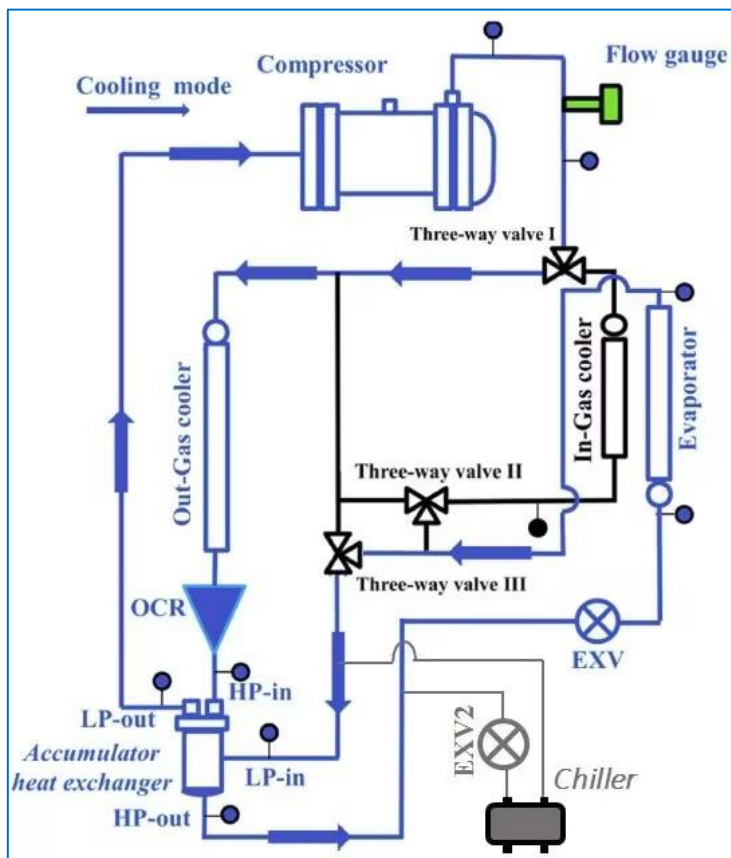
Items	要求
高压侧爆破压力	$\geq 34\text{MPa}$
低压侧爆破压力	$\geq 26\text{MPa}$
高压侧泄漏率	$< 1.1\text{g/y}$
低压侧泄漏率	$< 1.1\text{g/y}$
储液量	$> 180\text{g}$
IHX传热效率	$\xi=0.6$
高压侧压降	$< 0.1\text{MPa}$
低压侧压降	$< 0.06\text{MPa}$
重量	$< 1400\text{g}$



Items	Specification
Medium	R744+PAG
Ambient Temperature	$-40^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature	$-40^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$
Medium Temperature	$-28^{\circ}\text{C} \sim 165^{\circ}\text{C}$
External leakage	$< 2\text{g/y}$
Internal Leakage	$< 10.0\text{g/h}$
MOPD	$10.5\text{MPa} (@\text{DC9V})$
Pressure loss at fully open	$\leq 0.05\text{MPa}$
Operating Pressure	13.5MPaA
Proof Pressure	17.0MPaA
Burst Pressure	34.0MPaA
Voltage	$9\text{-}16\text{VDC}$
Communication	LIN2.1

项目	要求
换热性能	$> 6.0\text{kW} @ 1200\text{L/h}$
冷却液测压降	$220\text{mbar} @ 1200\text{L/h}$
爆破压力 (剂侧)	$\geq 26.0\text{MPa}$
爆破压力 (液测)	$\geq 0.79\text{MPa}$
气密性 (剂侧)	$\leq 1\text{g/y}$
气密性 (液侧)	$\leq 4\text{mL/min}$

研究目的：研究不同制冷剂充注量和膨胀阀开度对系统性能的影响，包括制冷工况和制热工况



制冷模式系统图

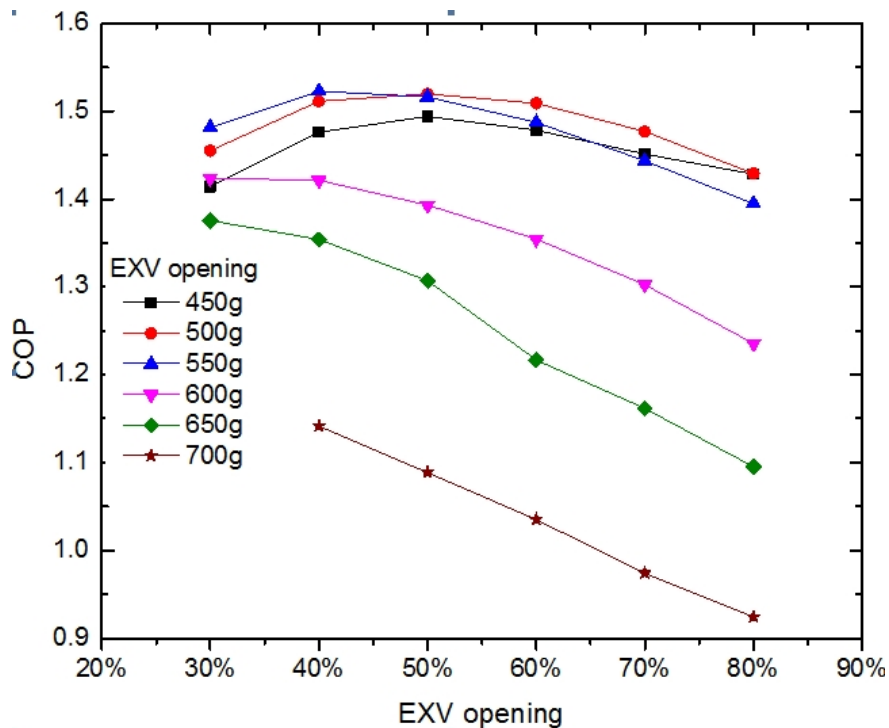
运行工况:

- 环境温度: 40°C / RH40%(全新风)
- 压缩机转速: 6000 rpm
- 制冷剂充注量和EXV开度见下表:

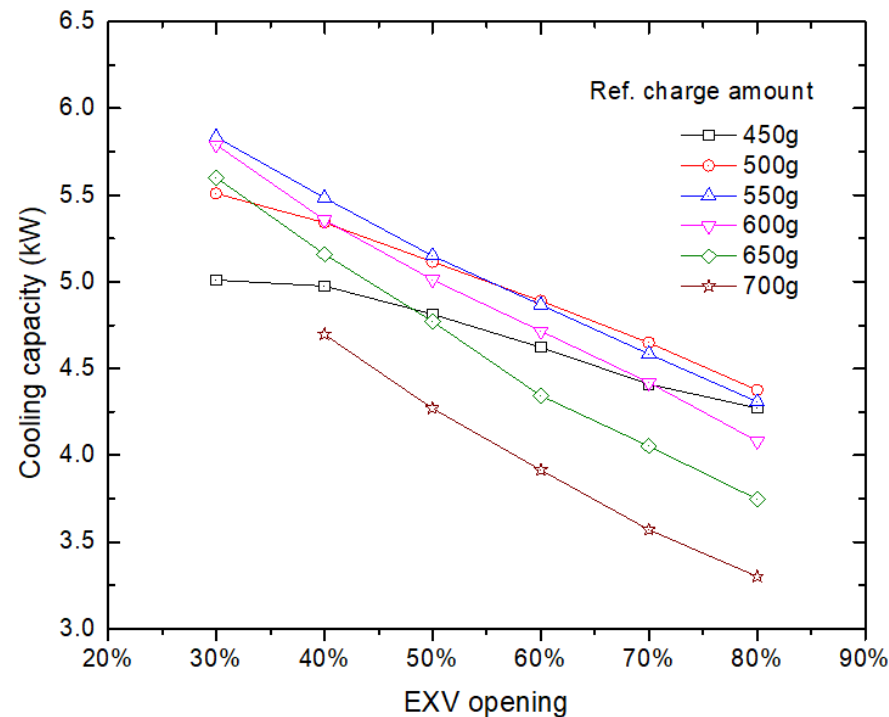
Item	Refrigerant charge amount (g)	EXV opening					
1	450	30%	40%	50%	60%	70%	80%
2	500	30%	40%	50%	60%	70%	80%
3	550	30%	40%	50%	60%	70%	80%
4	600	30%	40%	50%	60%	70%	80%
5	650	30%	40%	50%	60%	70%	80%
6	700	-	40%	50%	60%	70%	80%



制冷剂充注量和EXV开度对系统性能的影响



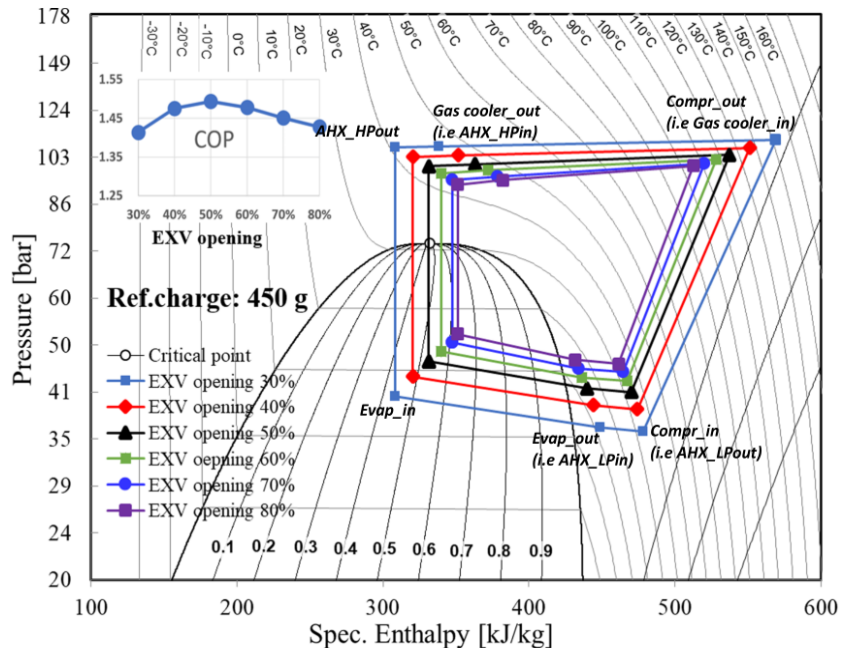
- 600g以下的充注量曲线的COP随阀开度增加先增加后降低，600g及以上COP曲线呈现下降趋势，并且下降幅度较大；
- COP随着充注量的增加呈现先缓慢增大后快速下降趋势；
- 本系统中，500g-550g充注量情况下COP整体较大，可认为是合适充注量；
- 整体而言，40%的节流阀开度具有较高的COP。



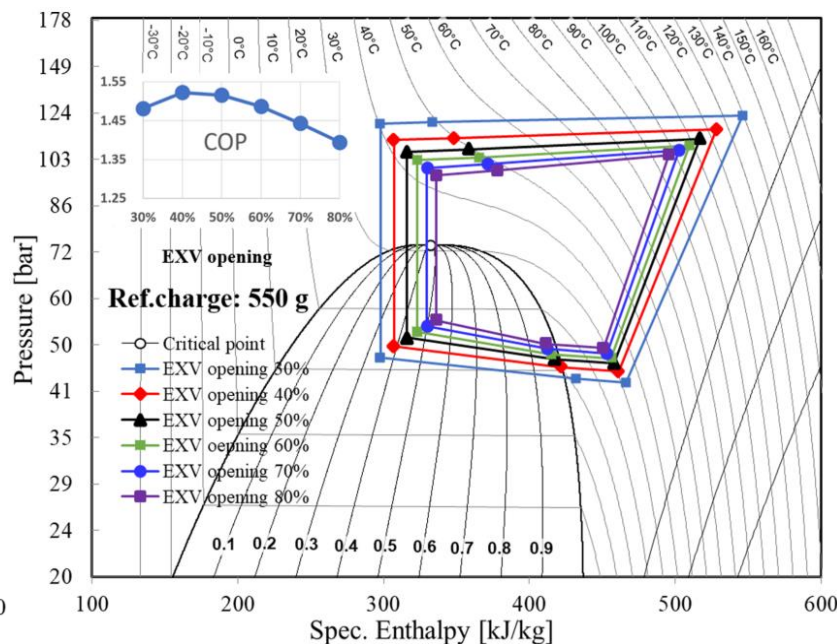
- 制冷量随着节流阀开度的增加呈现下降趋势；
- 本系统中，550g充注量情况下在不同的节流阀开度情况下呈现较高的制冷量，可认为是最优充注量；
- 过制冷剂充注情况下（如700g）制冷量衰减较大。



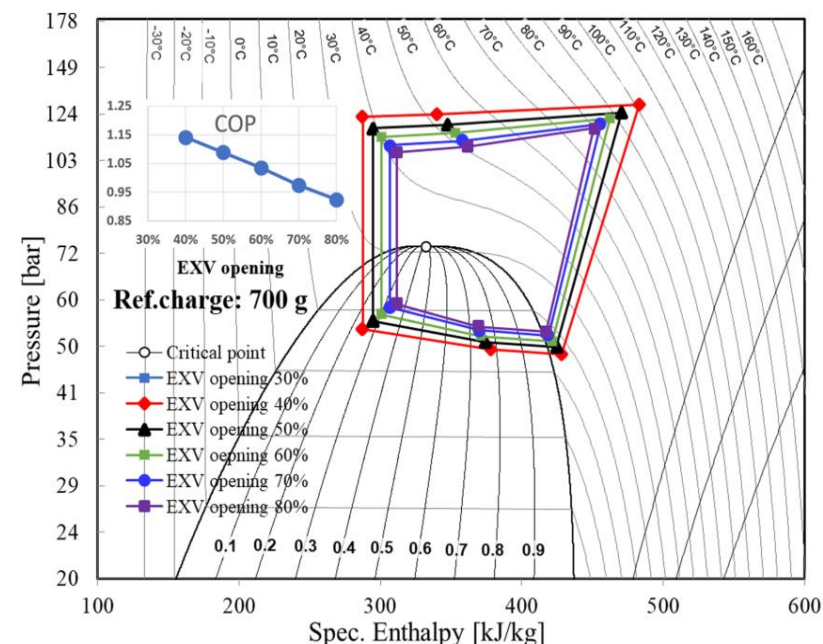
制冷剂充注量和EXV开度对系统性能的影响



欠充注量：450g



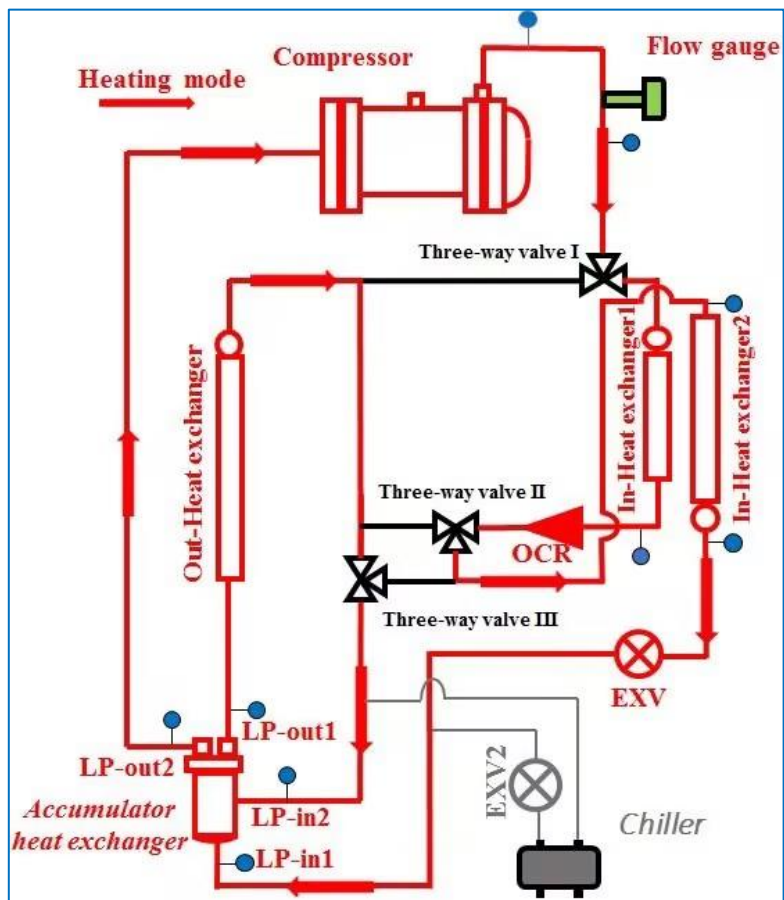
合适充注量：550g



过充注量：700g

- Lgp-h图中，针对恒定的充注量，节流阀开度越大可以看到曲线框越窄，高压压力下降，低压压力上升。
- Lgp-h图中，针对恒定的充注量，节流阀开度越大可以看到压缩机排气压力和排气温度越低。

- Lgp-h图中，针对恒定的节流阀开度，随着制冷剂充注量变大（450g→550g→700g），低压侧蒸发压力升高，压缩机排气压力升高，但压缩机排气温下降；
- Lgp-h图中，过充注（700g）情况下压缩机吸气过热度显著下降；
- Lgp-h图中，欠充注（450g）情况下低压压力曲线随节流阀开度变化更加明显。



制热模式系统图

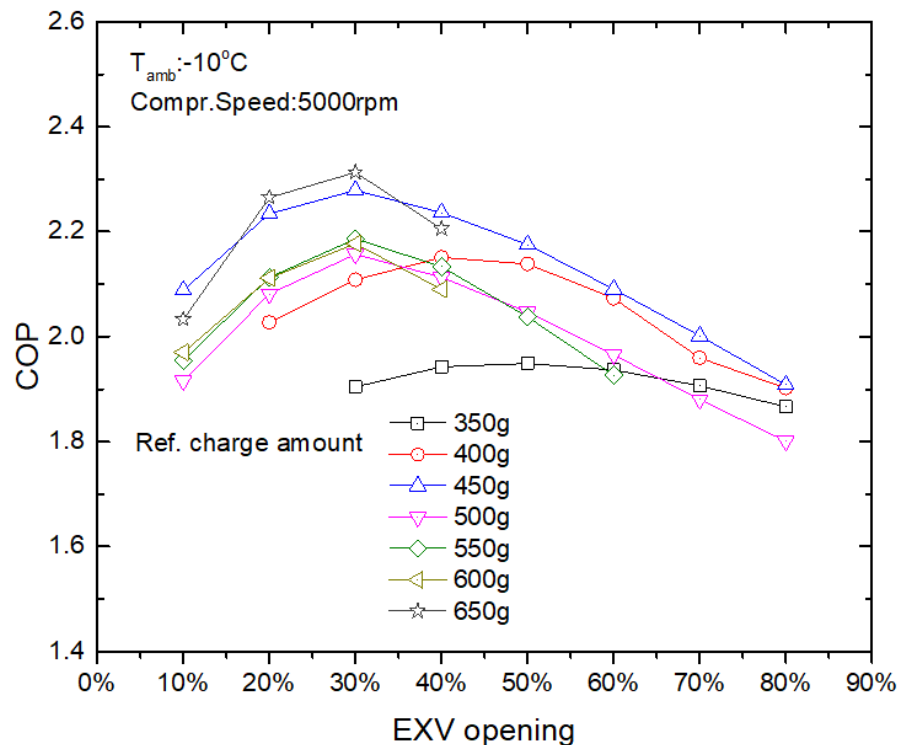
运行工况：

- 驾驶室温度：0℃
- 环境温度：-10℃
- 压缩机转速：5000RPM
- 制冷剂充注量和EXV开度见下表：

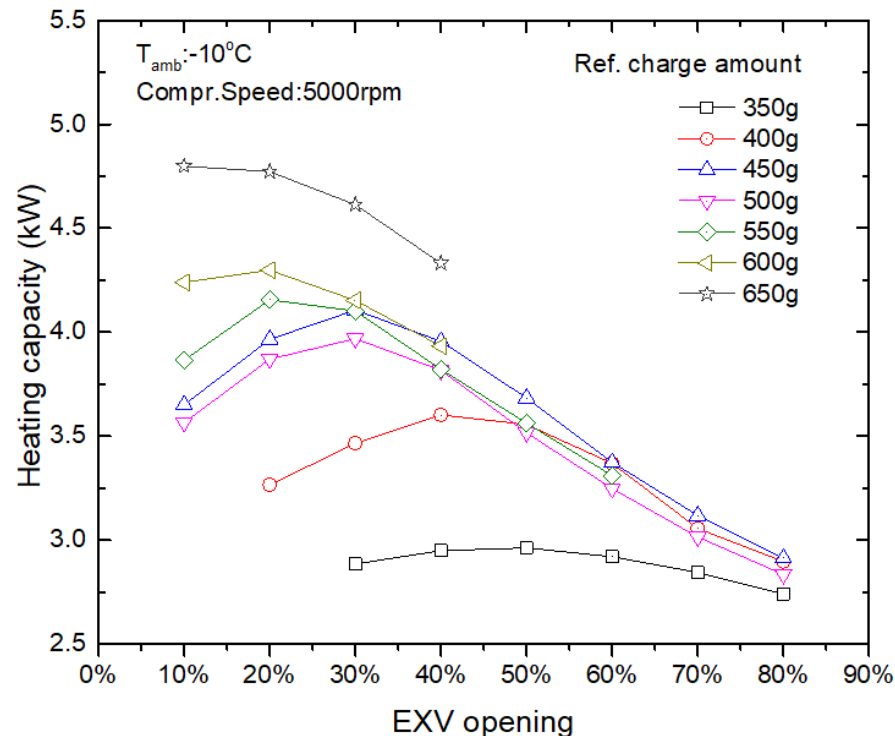
Item for investigation	Refrigerant charge amount (g)	Compressor speed (rpm)	EXV opening
<i>Valve opening</i>	From 350 g to 650 g with 50g internal	5000	From 10% to 80% with 10% internal



制冷剂充注量和EXV开度对系统性能的影响



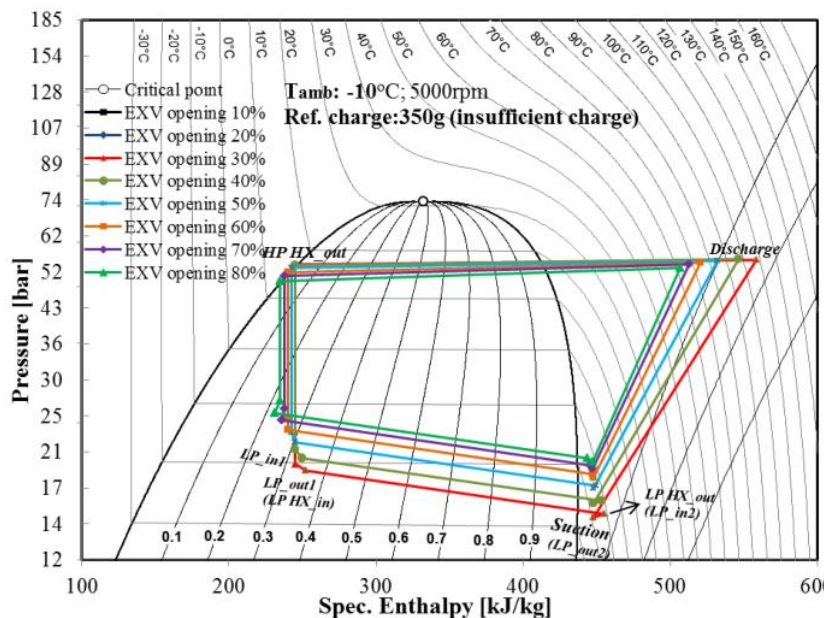
- COP随着充注量的增加呈现先增大后缓慢下降趋势；
- 本系统中，450g制冷剂充注量情况下COP整体较大，可认为是最优充注量；
- 整体而言，30%的节流阀开度具有较高的COP。



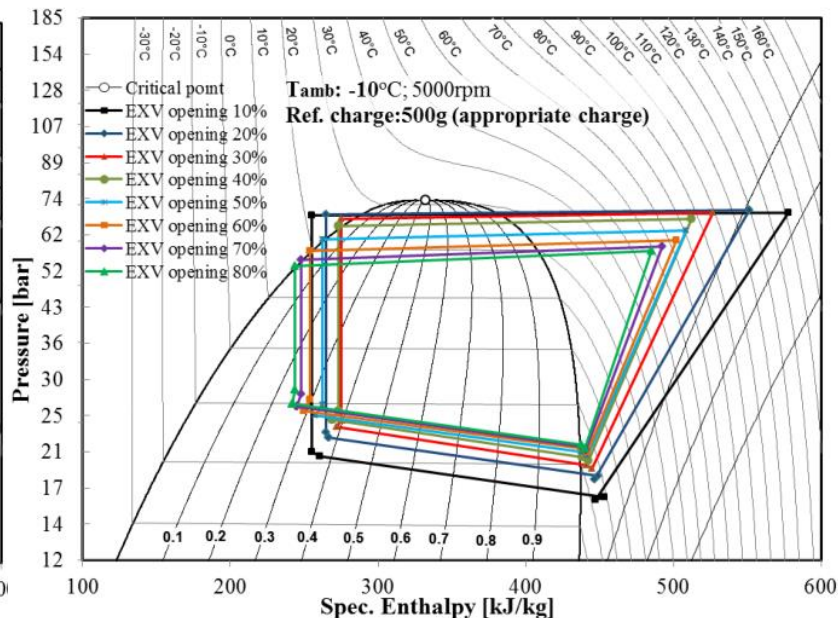
- 制热量随着节流阀开度的增加呈现先增加后下降趋势；
- 一般而言，较高制冷剂充注量情况下在不同的节流阀开度情况下呈现较高的制热量；
- 欠充注情况下（如350g）制热量衰减较大。



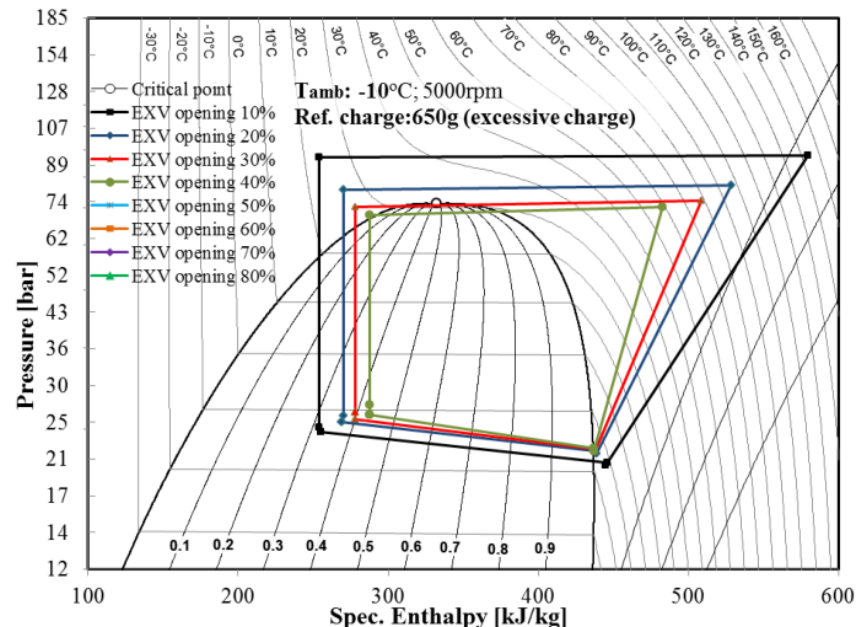
制冷剂充注量和EXV开度对系统性能的影响



欠充注量: 350g



合适充注量: 500g



过充注量: 650g

- Lgp-h图中，针对恒定的充注量，节流阀开度越大可以看到曲线框越窄，高压压力下降，低压压力上升；但是欠充注（350g）情况下高压侧压力变化不明显。
- Lgp-h图中，针对恒定的充注量，节流阀开度越大可以看到压缩机排气温度越低。

- Lgp-h图中，针对恒定的节流阀开度，随着制冷剂充注量变大（350g→500g→650g），低压侧蒸发压力升高，压缩机排气压力升高；
- Lgp-h图中，过充注（650g）情况下高压侧压力多数处于超临界区域；
- Lgp-h图中，欠充注（350g）情况下低压压力曲线随节流阀开度变化更加明显。



- CO₂系统充注量对系统性能有很大的影响，较宽工况范围内的合适充注量范围在制冷工况下为500g-550g，制热工况下为450g-550g，整体上500g-550g可兼顾制冷制热工况；
- 在给定充注量的条件下，电子膨胀阀的调节对系统COP影响较大，所试验的电子膨胀阀有较好的调节精度，可以控制系统最佳COP值，制冷工况下~40%节流阀开度具有较高的COP，制热工况下~30%的开度COP性能较佳；
- 虽然制冷工况下最优充注量(550g)和制热工况下最优充注量(450g)并不一致，但是气分的存在对制冷剂的迁移和管理起到重要作用，所采用的气分可以平衡制热和制冷工况下对制冷剂量充注量的需求。



SANHUA AUTOMOTIVE

Experts in thermal management

www.sanhuaautomotive.com @ 2019 SANHUA Automotive. All Rights Reserved