

团体标准

T/CSAE xx—2025

轻型车使用阶段减碳技术能力测算方法 汽车空调

Carbon reduction technical capability calculation method for Light-duty vehicle
during in-use phase—Air conditioning

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中国汽车工程学会 发布

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 型式试验样品.....	2
5 应提供的制冷剂流经部件的相关信息.....	3
6 试验规程.....	3
6.1 传统内燃机汽车测试要求.....	3
6.2 纯电动汽车测试要求.....	3
7 汽车空调使用阶段单位里程碳减排量计算.....	3
7.1 传统内燃机汽车的汽车空调使用阶段单位里程碳减排量计算.....	3
7.2 纯电动汽车的汽车空调使用阶段单位里程碳减排量计算.....	4
附录 A（规范性） 汽车空调制冷剂减排技术手段的碳减排值.....	5
附录 B（资料性） 制冷剂（温室气体）类别.....	7
附录 C（规范性） 汽车空调系统制冷剂年泄漏量计算.....	9
附录 D（规范性） 软管渗透速率测试.....	27

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会提出。

本文件由中国汽车工程学会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：中汽研汽车检验中心（天津）有限公司，苏州春分检测技术服务有限公司，北京汽车研究总院有限公司，上汽大通汽车有限公司，中汽研华诚认证（天津）有限公司，上汽通用五菱汽车股份有限公司，长安汽车股份有限公司，奇瑞汽车股份有限公司，中国汽车工程研究院股份有限公司，梅赛德斯-奔驰（中国）投资有限公司，等。

本文件主要起草人：钱国刚、赵海、郭鹏飞、陆飞龙、覃海峰、李晶、王凤滨、刘昱、于晗正男、孙龙、何润、康华东、龙金世、王玉伟、耿培林、秦宏宇、常虹、褚关润、安晓盼、孙健、梁永凯、张昊、宋轶男、马琨其、徐航、吕赫、窦艳涛、张泰钰、周茂祥、陈琛。

引 言

本文件面向于测算轻型车使用阶段里汽车空调技术的减碳能力问题，基于多项现存标准的测试结果，通过计算手段将空调制冷剂泄漏削减量及高、低温环境下车辆空调油耗（或电耗）节约量折算为碳减排量，进而计算汽车空调技术的减碳能力，从而评价不同车型汽车空调的使用阶段减碳技术能力。

该方法使得汽车空调的减碳能力能够在标准化的测试条件下可定量对比，为汽车空调的减碳评价提供重要的参考性指标。

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及到7.2中的相关专利的使用，目前专利“一种基于测量续驶里程计算电动汽车空调系统碳减排量的方法”已授权，专利授权号为ZL202410517310.4，专利持有人为中汽研汽车检验中心（天津）有限公司。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。

表 1 持有本文件涉及的专利的专利权人相关信息

专利持有人	地址
中汽研汽车检验中心（天津）有限公司	天津市东丽开发区先锋东路 68 号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

刘挺8675

轻型车使用阶段减碳技术能力测算方法 汽车空调

1 范围

本文件规定了轻型车空调减碳技术能力测试的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则等要求。

本文件适用于最大设计总质量不超过3500kg的燃用汽油或柴油的M1类内燃机车辆及M1、M2 类纯电动车辆，以及N1 类纯电动车辆。

本文件不适用于可外接充电式混合动力电动汽车，不适用于汽车空调应用R744制冷剂的车辆。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18386.1—2021 电动汽车能量消耗量和续驶里程试验方法 第1部分:轻型汽车

GB/T 40711.3 乘用车循环外技术/装置节能效果评价方法 第3部分:汽车空调

GB/T 22757.2—2023 轻型汽车能源消耗量标识 第2部分:可外接充电式混合动力电动汽车和纯电动汽车

GB/T 37340 电动汽车能耗折算方法

QC/T 720—2004 汽车空调术语

SAE J2727-2023 Mobile Air Conditioning System Refrigerant Emissions Estimate for Mobile Air Conditioning Refrigerants

SAE J2064-2021 Coupled Automotive Refrigerant Air-Conditioning Hose Assemblies

3 术语和定义

QC/T 720—2004、GB/T 18386.1—2021界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

汽车空调 automobile air conditioning

由压缩机、冷凝器、节流元件、蒸发器、制冷剂管路、风机及必要的控制部件等构成，用于调节空气的温度、湿度，给汽车乘员及关键部件提供适宜环境的空调系统。

3.2

产品使用阶段碳减排量 carbon emission conservation of a product in service stage

基于生命周期评价产品系统的，经计算得到的产品使用时期内所产生的温室气体排放量与基准线情景排放量相比较的减少量。

3.3

汽车空调使用阶段单位里程碳减排量 carbon emissions conservation per unit mileage of automotive air conditioning in service stage

基于生命周期评价产品系统的,经计算得到的汽车使用时期内汽车空调所产生的温室气体排放量与基准线情景排放量相比较的单位行驶里程减少量,记为 C_U 。

3.4

续驶里程 range

电动汽车在充电式电量储存系统REESS完全充电状态下,以一定的行驶工况运行,直至达到测试结束条件结时,车辆能连续行驶的最大距离(适用于高温续驶里程 BER_H ,等)或通过计算得到的等效全电里程(适用于常温续驶里程 BER_N)。

3.5

电动汽车高温续驶里程下降率 high temperature rang reduction rate

按照GB/T 18386.1-2021测试时,高温测试条件下与常温测试条件下的续驶里程下降百分比,计算公式:

$$R_H = \frac{(BER_N - BER_H)}{BER_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

R_H ——高温续驶里程下降率,百分比精确到小数点后一位;

BER_N ——常温续驶里程,单位为千米(km);

BER_H ——高温续驶里程,单位为千米(km);

4 型式试验样品

受测车型为传统内燃机汽车时,应提供表2中序号1和序号2的样品。受测车型为纯电动汽车时,应提供表2中序号1和序号3的样品。在有CNAS资质检测机构已出具了检测报告时可免于提供相应的样品及第6章的相应试验。

表2 样品要求

序号	试验项目	样品	样品要求
1	汽车空调软管组件的制冷剂渗透速率	汽车空调系统的软管组件	各类型软管组件(两端扣压件之间软管长度 $107 \pm 1.2\text{cm}$)各4套,接头件与软管之间应扣压紧密接合。软管组件的一侧接头件应接堵头,另一侧的接头件应接制冷剂充注阀。
2	GB/T 40711.3 的 FC_J	整车车辆	传统内燃机汽车一辆
3	GB/T 18386.1 的电动汽车高温、常温下续驶里程试验; GB/T 40711.3 的电动汽车低温下的 EC_J	整车车辆	纯电动汽车一辆

5 应提供的制冷剂流经部件的相关信息

按照附录C第C.8.2章“参考部件图示”中图C.02~图C.23提供空调系统制冷剂流经的各部件的各密封构造（接口，等）的类别、规格、材料耐久信息和可充分反映接口特征的图片、描述信息，并逐个注明其在生产线装配后是否“逐件检漏（100%检漏）”。应提供汽车空调系统里的各段制冷剂软管的长度值（精确到0.1mm）、内径值（精确到0.01mm）、处在高压端/低压端的说明，以及渗透速率数值。按照上述信息填写SAE J2727-2023所配套的excel表格。

按照附录C中图C.13~图C.23提供可体现空调压缩机内部密封件情况的立体装配图；提供可体现内部换热器IHX（或称同轴管、内部回热器）情况的立体装配图。

6 试验规程

6.1 传统内燃机汽车测试要求

6.1.1 传统内燃机汽车空调系统能效测试

按照 GB/T 40711.3 第 6 章规定的测试程序进行汽车空调能效测试，按照 GB/T 40711.3 第 7 章规定的程序计算参数 FC_J 数值。

6.1.2 传统内燃机汽车空调系统软管测试

按照附录 D 规定的测试程序测量汽车空调系统软管组件的 80℃ 下软管的 R-134a 渗透速率数值。

6.2 纯电动汽车测试要求

6.2.1 纯电动汽车空调系统能效测试

按照 GB/T 18386.1—2021《电动汽车能量消耗量和续驶里程试验方法》和其附录B开展汽车常温能效测试和汽车在高温下开空调的能效测试，测量和记录高温下电能消耗量 E_{AC_hot} 、常温下动力电池总放电量 $Battery_n$ 、常温续驶里程 BER_n 、高温续驶里程 BER_h 等参数的值。

按照 GB/T 40711.3 第 6 章规定的测试程序进行汽车空调能效测试，按照 GB/T 40711.3 第 7 章规定的程序计算参数 EC_J 数值。

6.2.2 汽车空调系统软管测试

按照附录D规定的测试程序测量汽车空调系统软管组件的80℃下软管的R-134a渗透速率数值。

7 汽车空调使用阶段单位里程碳减排量计算

7.1 传统内燃机汽车的汽车空调使用阶段单位里程碳减排量计算

对于燃用汽油或柴油的 M1 类乘用车，碳减排量核算方法如下：

$$C_U = C_{Leak} + 0.01 \times K_{CO2} \times FC_J \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C_{Leak} —车辆使用阶段里由汽车空调制冷剂减排技术手段（例低泄漏的密封、低GWP值的制冷剂，等）达成的单位里程碳减排量，单位为克二氧化碳每千米（ gCO_2/km ），按附录A规定的程序计算；

K_{CO_2} —转换系数,对于燃油汽油的车型为 2.37×10^3 , 燃油柴油的车型为 2.60×10^3 , 单位为克每升 (g/L);

FC_J —汽车空调节能效果值, 单位为升每 100 千米 (L/100km), 按 GB/T 40711.3 第 7 章规定的程序计算;

7.2 纯电动汽车的汽车空调使用阶段单位里程碳减排量计算

对于适用 GB/T 18386.1—2021 的纯电动乘用车和纯电动 N1 类车型, 碳减排量核算方法如下:

$$C_U = C_{Leak} + C_{EC_hot} + C_{EC_cold} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

C_{Leak} —车辆使用阶段里由汽车空调制冷剂减排技术手段 (例低泄漏的密封、低 GWP 值的制冷剂, 等) 达成的单位里程碳减排量, 单位为克二氧化碳每千米 (gCO_2/km), 按附录 A 规定的程序计算;

C_{EC_hot} —纯电动汽车空调使用阶段里环境高温时期因能效优于基准线而节约电能所对应的碳减排量, 单位为克二氧化碳当量每千米 (gCO_2/km);

按照公式 (4) 计算 C_{EC_hot} :

$$C_{EC_hot} = \left[\frac{E_{AC_hot}}{BER_N} \times \left(\frac{1}{1-R_{HR}} - \frac{1}{1-R_H} \right) \right] \times (FC_{CO_2}/15) \times T_F \times K_H \times 10^3 \dots\dots\dots (4)$$

式中:

E_{AC_hot} —来自外部的能量, 单位为千瓦时 (kWh), 按 GB/T 18386.1—2021 附录 B 规定的程序计算;

BER_N —常温续驶里程, 单位为千米 (km);

R_{HR} —高温续驶里程下降率参考值, 值 0.15, 其信息见 GB/T 22757.2—2023 的 6.1.4.1.c 条;

R_H —高温续驶里程下降率, 百分比精确到小数点后一位;

K_H —使用比例系数, 值 0.4;

FC_{CO_2} —二氧化碳排放折算法的当量汽油燃料消耗量, 单位为升每一百千米 (L/100 km), 见 GB/T 37340 附录 A.2;

T_F —汽油燃料的二氧化碳排放因子, 单位为千克每升 (kg/L), 按 GB/T 37340 表 A.1 确定;

C_{EC_cold} —纯电动汽车空调使用阶段里环境低温时期因能效优于基准线而节约电能所对应的碳减排量, 单位为克二氧化碳当量每千米 (gCO_2/km);

按照公式 (5) 计算 C_{EC_cold} 值:

$$C_{EC_cold} = (EC_J \times FC_{CO_2} \times T_F)/15 \dots\dots\dots (5)$$

式中:

EC_J —汽车空调节能效果值, 单位为瓦时每千米 (Wh/km), 按 GB/T 40711.3 第 7 章规定的程序计算。

附录 A（规范性） 汽车空调制冷剂减排技术手段的碳减排值

A.1 概述

本附录用于计算一车型的空调系统在制冷剂泄漏方面的碳减排值，计算时采用附录B中的制冷剂GWP值和附录C中的空调系统制冷剂的年泄漏量 S_{Leak} 克每年（g/year）。本文件总体借鉴美标CFR title 40 § 86.1867-12，并运用了调整系数K。

A.2 引用的数据和文件

本文件没有规范性引用文件。

A.3 计算方法

M_1 、 M_2 和 N_1 类车辆的空调系统由泄漏削减而产生的碳减排值 C_{Leak} 克二氧化碳每千米（gCO₂/km）按如下计算：

A.3.1 M_1 、 M_2 类车辆空调系统泄漏削减所对应的碳减排值

M_1 、 M_2 类车辆 C_{Leak} 值按公式（A.1）计算：

$$C_{Leak} = C_{Max} \times \left[1 - \left(\frac{\max(Cap_{CM}, S_{Leak})}{16.6 \times K} \right) \times \left(\frac{GWP_{REF}}{1430} \right) \right] - HiLeakDis \quad (A.1)$$

式中：

C_{Leak} —空调系统由泄漏削减而产生的碳减排值，单位为克二氧化碳每千米（gCO₂/km）；

C_{Max} —当运用 R-134a 时，值为 7.83 克二氧化碳每公里（gCO₂/km）；当运用低 GWP 值制冷剂（ $GWP_{REF} \leq 150$ ）时，值为 8.57 克二氧化碳每公里（gCO₂/km）；

K—调整系数，值 1.25；

GWP_{REF} —值见附录 B；

Cap_{CM} —对于“空调系统仅使用电动压缩机的系统”的车辆，值为 4.1；其他情况值为 8.3；

S_{Leak} —按照附录 C 测算得出的空调系统制冷剂年泄漏量，单位为克每年（g/year），计算结果圆整到小数点后一位；

$HiLeakDis$ —所运用制冷剂的 GWP_{REF} 值小于等于 150 时的空调系统高泄漏抑制值；

$HiLeakDis$ 值按公式（A.2）计算，且其数值的上、下限分别为 1.12 克每千米（g/km）和 0 克每千米（g/km）。

$$HiLeakDis = 1.12 \times \left(\frac{S_{Leak} - T_{Leak}}{3.3} \right) \quad (A.2)$$

式中：

Th_{Leak} — 制冷剂泄漏量阈值。对于制冷剂容量小于等于 733 克的空调系统，值取 11；而对于制冷剂容量大于 733 克的空调系统，值为制冷剂容量得 0.015 倍。制冷剂容量是指空调系统标称的最大制冷剂容量，以克为单位；

3.2 N_1 类车辆泄漏削减所对应的碳减排值

N_1 类车辆 C_{Leak} 值按公式 (A.3) 计算：

$$C_{Leak} = C_{Max} \times \left[1 - \left(\frac{\max(Cap_{CN}, S_{Leak})}{20.7 \times K} \right) \times \left(\frac{GWP_{REF}}{1430} \right) \right] - HileakDis \quad (A.3)$$

式中：

C_{Max} — 当运用 R-134 时为 9.69 克二氧化碳每公里 (gCO_2/km)，当运用较低 GWP 值的制冷剂时为 10.69 克二氧化碳每公里 (gCO_2/km)；

K — 调整系数，值 1.25；

Cap_{CN} — 对于“空调系统仅使用电动压缩机的系统”的车辆，值为 5.2；其他情况值为 10.4；

S_{Leak} — 按照附录 C 测算得出的空调系统制冷剂年泄漏量，单位为克每年 ($g/year$)，计算结果圆整到小数点后一位；

GWP_{REF} — 值见附录 B；

$HiLeakDis$ — 所运用制冷剂的 GWP_{REF} 值小于等于 150 时的空调系统高泄漏抑制值；

$HiLeakDis$ 值按公式 (A.4) 计算，且其数值的上、下限分别为 1.30 克每千米 (g/km) 和 0 克每千米 (g/km)。

$$HiLeakDis = 1.3 \times \left(\frac{S_{Leak} - Th_{Leak}}{3.3} \right) \quad (A.4)$$

式中：

Th_{Leak} — 制冷剂泄漏量阈值。对于制冷剂容量小于等于 733 克的空调系统，值取 11；而对于制冷剂容量大于 733 克的空调系统，值为制冷剂容量的 0.015 倍。制冷剂容量是指空调系统标称的最大制冷剂容量，以克为单位。

附录 B（资料性） 制冷剂（温室气体）类别

GWP值小于1431的碳（温室气体）类别及GWP值见表B.1。

表 B.1 制冷剂的 GWP100 值

工业名称或通用名	分子式	GWP ₁₀₀
二氧化碳	CO ₂	1
2, 3, 3, 3-四氟丙烯	HFO-1234yf	0.501
丙烷	R-290	0.002
甲烷	CH ₄	28
氧化亚氮	N ₂ O	265
	HFC-32	677
	HFC-41	116
	HFC-134	1120
	HFC-134a	1300
	HFC-143	328
	HFC-152	16
	HFC-152a	138
	HFC-161	4
	HFC-263fb	76
	HFC-272ca	144
	HFC-1132a	0.052
	HFC-1141	<1
	HCFC-1224yd	0.06
	HCFC-1233zd及正构体	3.88
	HCFC-1233xf	1
	(Z)-HFC-1225ye	<1
	(E)-HFC-1225ye	<1
	(Z)-HFC-1234ze	<1
	(E)-HFC-1234ze	<1
	(Z)-HFC-1336	2
	HFC-1243zf	<1
	HFC-1345zfc	<1
	3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 10, 10, 10-Heptafluorodecafluorodec-1-ene	<1
	Perfluorocyclopentene	2

工业名称或通用名	分子式	GWP ₁₀₀
	PFC-1114	<1
	PFC-1216	<1
	Perfluorobuta-1, 3-diene	<1
	Perfluorobut-1-ene	<1
	Perfluorobut-2-ene	2
	HFE 263mf	2.06
	HFE-356 mmz1	8.13
	HFE 365 mcf3	1.6
	HFE-374 pc2	12.5
	HFE-569sf2 (HFE-7200)	60.7
	iHFE-7200	34.3

附录 C（规范性） 汽车空调系统制冷剂年泄漏量计算

【来源：SAE J2727-2023，3.1~8.2】

C.1 概述

本附录的系统泄漏量拓扑图提供了基于部件配置状况的汽车空调系统的制冷剂年泄漏量克每年（g/year）的计算方法。它提供了目前可用的各种部件技术的泄漏值，并容许获应用的新技术扩充进来。

本文件提供了开发Excel文件模板的示例图，其信息用于计算空调系统的制冷剂年泄漏量。模板适用于采用常规压缩机技术、半封闭压缩机技术或全封闭压缩机技术的空调系统。全封闭压缩机以一个焊接罩壳包裹电动压缩机，典型泄漏几乎被隔绝，故而其泄漏值被指定为一个低的常数。拓扑图里应录入的信息包括装配位置、部件是否在车辆装配之前开展了100%氦泄漏测试、软管组件的制冷剂渗透速率、制冷剂为HFC-134a或HFO-1234yf或其他，等。

C.2 引用的数据和文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

注：对于不注日期的引用文件，如果最新版本未包含所引用的内容，那么包含了所引用内容的最后版本适用。

SAE J2763 Test Procedure for Determining Refrigerant Emissions from Mobile Air Conditioning Systems

SAE J2842 R-1234yf and R744 Design Criteria and Certification for OEM Mobile Air Conditioning Evaporator and Service Replacements

C.3 泄漏量电子数据表（spreadsheet）里的赋值

C.3.1 常规赋值

C.3.1.1 对于给定系统设计，除了装配形式多样这一因素，车辆所在地区的气候及车辆使用模式也影响制冷剂实际泄漏速率。

C.3.1.2 本附录中的值适用于在新量产车中装配的系统，并包括对多数 OEM 车辆和零部件装配厂所预期的正常差异的裕量，但部件在装配到车辆之前进行 100%氦泄漏测试以确保正确装配的情况另计。

C.3.1.2.1 各类接口（Fitting）技术分别有着不同的容纳制冷剂能力和促成正确装配的本质适应性。泄漏速率是根据实验室测试和现场维修经验分配给每种技术的。

C.3.1.3 本附录考虑了制冷剂系统连接的正常设计装配。分配给每种接口技术的值反映了其可能的不良装配（miss-assembly）。

C.3.1.3.1 与现场测试结果的相关性基于在典型车辆装配厂正确装配的车辆。实验室结果的关联性基于实验室环境中正确组装的部件。

C.3.1.4 当开发并评估新部件和泄漏检测技术的稳健性和能力时,在获得主管部门批准时可以修订该拓扑图。

C.3.2 接头(joints)和接口

在分组件或整车装配厂中,与空调系统制冷剂通道任一部件相连的所有连接(即接头、接口)应列在电子数据表的系统接头部分,从以下两种方式择其一:

- a. 对于泄漏率高于密封垫圈(seal washer)的连接,若其在随后进行了氦质谱法泄漏测试的,应汇总并罗列于第9行的“对应于密封垫圈类别的特定框中”。

注:前提为所有接头必须100%进行氦泄漏测试。审查抽样或任何其他形式的非连续抽样不得用于代替100%部件氦泄漏测试。

- b. 所有其他连接必须在第8行中的具体连接类型下单独列出,接头/连接都应无缺漏。

C.3.2.1 O形圈

接口的泄漏值与其产品装配不良的概率相关。O形圈被赋予了较高的泄漏值,因为它比密封垫圈更难精准装配。

C.3.2.1.1 单个径向密封的O形圈,在放置就位时其O形圈可能被扭曲,在接头插入并完成密封的过程中因与配合面滑动还可能再次扭曲(或切割),密封不良的概率在装配过程中发生两次。

C.3.2.1.2 轴向密封O形圈和模压密封件(molded seals)的泄漏值等同于径向密封法兰接口O形圈。轴向密封O形圈(axially sealed O-ring)的装配受损情况类似于单槽径向密封法兰接口O形圈(single captured O-ring),在密封圈首次被放置到位时发生。密封不良的概率在装配过程中只发生一次。

C.3.2.2 经氦质谱法100%检查的适当组装O形圈

经氦质谱法100%检查的适当组装O形圈接口泄漏值相当于适当设计和组装的密封垫圈构造。

C.3.2.3 未在本附录列出的密封技术

若SAE J2763方法的结果能代表某项新密封技术的典型泄露值,则可以计入本附录的泄漏值计算。当一汽车制造商期望将一种新密封技术计时,应在获认证的测试实验室进行SAE J2763测试并报告结果。这些数据可以提交给政府主管部门进行审查,进而计入泄漏值计算。

C.3.3 其他部件

除了接头,其他部件在装配到车辆之前,应当使用氦(He)或其他可接受的泄漏检测示踪气体进行泄漏测试。

氦泄漏测试HLT(helium leak test)是一种对系列产品部件实施100%检测的过程,用于检查每个部件的泄漏密封完整性。蒸发器等部件应按照SAE J2842第5.7.2章或类似方法建立泄漏测试限值。HLT的简要过程如下:

- a. 将部件连接到一个与其接口相配的管路。两者的接口与实际车辆的密封状况相近,例如,该部件的制冷剂进口、出口。
- b. 将部件置入氦检设备的密封仓,给部件的制冷剂腔体抽真空,去除空气。
- c. 给部件充注氮气或其他惰性气体并达验证压力(proof pressure)(通常即该部件最大工作压力),保持一段时间压力,验证是否存在较高程度的泄露;验证合格后回收气体并再次给部件抽真空。
- d. 给部件充注氮气并达到指定的压力。如果在设定的时间内氦浓度测量装置监测到氦气浓度高于目标值,则该零件失效。

- e. 如果测得的氦浓度低于目标值, 则该零件通过完整性考察。从零件中移除氦。
- f. 从密闭仓移开零件, 标记氦泄漏测试“通过”或“失败”, 并在产品零件工艺流程中进行适当处理。

C.3.3.1 充注阀

充注接口(充注阀)默认是有阀帽的。非连接性泄漏是指通过阀芯总成并最终通过阀帽密封而产生的泄漏, 根据其处于系统高压侧或低压侧位置确定泄漏速率。阀帽的组装和扭矩应准确。

如果一个用作附着的密封(例如O形圈)对于充注接口是必要的, 例如两件式(two-piece)充注接口的两部件交接处, 则此项连接泄漏值不可忽略, 该密封应列在C.3.2章。

C.3.3.2 安装于管路上或压缩机上的部件

装在管路上或装在压缩机上的部件包括安全阀PRV、切换阀/开关、传感器, 等。电子数据表的泄漏值赋值考虑了这些部件的内部密封和所处位置因素——高压侧或低压侧。这些部件内部运用了不同的内腔密封技术(internal sealing technologies)(如O形圈、密封垫圈、隔膜或密封垫片)。其接口连接(fitting connections)的泄漏值未包含在赋值里, 应列在C.3.2章。

C.3.3.3 制冷剂流经的部件

这些设备例如热膨胀阀等运用了多种不同的内部密封技术(见C.3.3.2条), 造成非接头泄漏。电子数据表中的泄漏值赋值考虑了这些构造。其接口连接的泄露值未包含在赋值里, 应列在C.3.2章。

注: 安装在软管组件或刚性管道内的孔管流动部件(Orifice tube flow devices)的泄漏值为零。

C.3.4 软管

C.3.4.1 软管渗透率

软管渗透率是制冷剂、内部制冷剂温度和压力、软管材料、软管结构、软管内表面积和系统位置的函数。根据附录D或SAE J2064的要求, 在80℃下测量软管渗透率, 应将系统里每个类型软管的数据输入电子数据表。

一条软管的年泄漏率通过软管的内表面积乘以若干系数因子得出。系统高压侧软管的泄漏率高于低压侧软管。空调系统“开”的时间默认值为440小时每年(h/year)~620小时每年(h/year)。

C.3.4.2 软管组件

软管组件包括管路件、软管和扣压(coupling)。C.3.4章包含了软管和扣压(coupling)处渗透而产生的泄漏。软管两端的管路件接口连接处(fitting connections)的泄漏值应列在C.3.2章。

C.3.4.3 软管参数

应在泄漏值拓扑图的软管区域填写高压侧/低压侧、内径、软管结构类型和裸露软管长度等信息。

C.3.5 换热器, 消声器, 接收器/干燥器和蓄能器

C.3.5.1 泄漏值拓扑图为每种换热器(HX)赋值了一个泄漏值。内部换热器(Internal heat exchanger)被归于此类。其接口连接的泄漏未包含在赋值里, 应列在C.3.2章。消声器, 接收器/干燥器和蓄能器无泄漏, 除了其与系统之间的接口, 该接口连接的泄漏应列在C.3.2章。维修用连接的泄漏应列在C.3.2章, 如更换干燥器里干燥剂用的接口。

C.3.6 压缩机

C.3.6.1 总体准则

多唇轴密封优于单唇轴密封。密封垫片罩衬密封（gasket-housing seals）对罩壳的密封效果优于 O 形圈。防尘唇不计为轴密封，除非能降低泄漏水平。

C.3.6.2 皮带驱动式压缩机

皮带驱动式压缩机的制冷剂泄漏主要路径为轴密封和罩壳（机体）密封。压缩机轴密封的唇数为与压缩机轴之间相封闭的密封件个数，通常为聚四氟乙烯（PTFE）或氢化丁腈橡胶（HNBR）材料。

C.3.6.3 半封闭（semi-hermetic）压缩机

半封闭压缩机包含一个或多个罩壳密封，其轴完全封闭在压缩机机体里，不存在轴密封唇泄漏。半封闭压缩机的泄漏低于皮带驱动式压缩机。其非封闭的连接应列在 C.3.2 章。

C.3.6.4 全封闭压缩机

全封闭压缩机由电驱动，其压缩机和电机全部处在焊接罩壳内，故而不存在典型的制冷剂泄漏路径。全密封压缩机的生产过程通常不可避免地进行氦（或等效示踪气体）测试，故而其泄漏值低。适用时，在电子数据表单元 D40 中选择选项“3”，SAE J2727 电子数据表的压缩机泄漏合计值一栏的公式计算值为 0.5 克每年（g/year）。

C.3.6.5 电子数据表的压缩机区域填写

应在电子数据表的压缩机区域中标识压缩机的类型（type of design）。压缩机泄漏值是其罩壳密封的接头个数、轴密封唇个数（非全封闭压缩机时）以及非封闭连接的个数及类型的函数。

C.3.6.6 接口转接件

接口转接件（fitting adaptor plates）用在某些压缩机的本体和刚性管件接口（rigid pipe fittings）之间。接口转接件与罩壳之间的连接为径向密封法兰接头接 O 形圈（captured O-ring）或模压密封件，泄漏值相当于单槽轴向 O 形圈接头。未进行氦泄漏测试的接口转接件应列在 C.3.2 章，泄漏值相当于轴向 O 形圈接头；组装后通过了氦质谱仪测试的接口转接件应列在压缩机本体部分。

C.3.6.7 压缩机密封面：

C.3.6.7.1 轴密封唇的个数；

C.3.6.7.2 罩壳的 O 形圈密封件的个数；

C.3.6.7.3 罩壳的模压密封件个数；O 形圈材料模压成特定形状；

C.3.6.7.4 密封垫式罩壳密封接口（gasket housing seals fitting）的个数；

C.3.6.7.5 接口转接件（例如，欧式的），除非未进行氦泄漏测试且其已列在 C.3.2 章；

C.3.6.8 使用电子数据表进行计算

单元格 H38 的值：

$$H38 = (B39/B38 + C39 \times C38 + D39 \times D38 + E39 \times E38 + F39 \times F38) \times 0.522 \times D40 \quad (C.1)$$

式中：

B39— 电子数据表的 B39 单元格的值；

B38— 电子数据表的 B38 单元格的值；

C39— 电子数据表的 C39 单元格的值；

C38— 电子数据表的 C38 单元格的值；

D39— 电子数据表的 D39 单元格的值；

D38— 电子数据表的 D38 单元格的值；

E39— 电子数据表的 E39 单元格的值；

E38— 电子数据表的 E38 单元格的值；

F39— 电子数据表的 F39 单元格的值；

F38— 电子数据表的 F38 单元格的值；

压缩机在装配到车辆上之前应 100%进行氦泄漏测试。对于按 C. 3. 3 章方法进行了氦泄漏测试的压缩机，将 D40 单元格中的“2”替换为“1”。

C. 3. 6. 8. 1 对于未进行氦泄漏测试的压缩机：

C. 3. 6. 8. 1. 1 压缩机应用的各类型密封应填写在表格的第 38 行，D40 单元格的数字“2”应保持不变。

C. 3. 6. 8. 1. 2 安装在压缩机上的部件的密封应填写在第 8 行，不填写在第 9 行。

C. 3. 6. 9 安装于压缩机体的设备

安装于压缩机体的设备，例如压缩机控制阀（与大气之间的最后一个密封）、安全阀（PRV）和切换阀/开关，应列在 C. 3. 2 章及 C. 3. 3 章（注：具有其他泄漏路径的部件）。如果这些设备在装配到压缩机后进行了氦泄漏测试，则其连接应在第 9 行中说明，泄漏值相当于密封垫圈连接。

C. 4 系统泄漏量（电子数据表）与场地测试和 MINI-SHED 试验结果相关性

C. 4. 1 电子数据表与根据 SAE J2763 进行的现场测试结果和台架试验结果已经建立对应，证据包括：依据 SAE J2763 采用 MINI-SHED 对带有/不带有压缩机空调系统进行的泄漏速率试验、日本汽车工业协会 JAMA 和欧洲汽车制造商协会 ACEA 分别进行的车队测试，等。

C. 4. 2 修正因子（correction factor）用于所有部件的泄漏量计算，值 0.522。该因子基于 12 个月里两类应用的综合效果：其一是的加权平均环境温度为 31℃的 SAE J2763MINI-SHED 试验条件应用，为期 5 个月；其二是平均环境温度 5℃的的非使用期，为期 7 个月，月泄漏速率为前者月泄漏速率的 0.18 倍。

C. 5 随机抽取量产车的系统泄漏量

C. 5. 1 将各部件的技术信息录入“系统泄漏量拓扑图”电子数据表，可直接算出年泄漏量。

C. 5. 2 该电子数据表提供的泄漏值赋值与日本和欧洲场地测试（field test vehicles in Japan and Europe）车辆的制冷剂损失测量结果相关性良好。

注：见2006年SAE替代制冷剂研讨会的报告（2006年6月28日），“SAE J2727修订案”。

C. 5. 3 该程序可用于测算新车辆系统的年泄漏量，并可作为符合政府要求的基础。

C. 6 R-134a 之外制冷剂泄漏的计算方法

C. 6. 1 R-1234yf

电子数据表兼容R-1234yf泄漏计算。

除了软管渗透因素，制冷剂泄漏作为一种体积流量（volume flow）受蒸气压力影响，并与逃逸蒸气的粘度成反比，见表C.1。

表 C.1 动态粘度和摩尔质量

	15℃下的动态粘度 μ Pa·s	摩尔质量 kg/kmol
R-134a	11.1×10^{-6}	102
R-1234yf	12.0×10^{-6}	114

R-1234yf 泄漏值的计算方法是将 R-134a 泄漏值乘以它与 R-1234yf 之间的分子量比以及气体粘度的倒数，即借助体积流量和分子量计算得出质量流量。

特定制冷剂的软管泄漏量根据附录 D 或 SAE J2064 测试结果和其内表面积数值乘积获得。计算除软管以外的所有部件、接口的泄漏量时，应基于 R-134a 与 R-1234yf 这两种物质的转换因子 ER 将 R-134a 的电子数据表泄漏量转换为 R-1234yf 泄漏量，转换因子取决于两种物质的分子量、粘度；所得结果与软管泄漏量相加得出系统泄漏量。基于公式（C.2）和表 C.1 中的粘度和分子量值，R-1234yf 的 ER 值结果为 1.03。

$$ER_{R-1234yf} = \frac{(\text{MolWt}_{R-1234yf}) \times (\mu_{R-134a})}{(\text{MolWt}_{R-134a}) \times (\mu_{R-1234yf})} \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\text{MolWt}_{R-1234yf}$ — R-1234yf 的摩尔质量；

μ_{R-134a} — R-134a 的动态粘度；

MolWt_{R-134a} — R-134a 的摩尔质量；

$\mu_{R-1234yf}$ — R-1234yf 的动态粘度；

C.6.2 R-1234yf 之外的制冷剂

除了 R-1234yf、R-134a，R-744，其他制冷剂的泄漏量计算逻辑类似于 C.6.1。

制冷剂为混合物时，制造商负责提供名义混合浓度（nominal blend concentration）值，并考虑选择性渗透（selective permeation）因素。

按下述简化条件计算转换因子：制冷剂泄漏为通过小直径通道（channels of small diameter）的层流（laminar flow），蒸气密度遵循理想气体定律，动态粘度为常数。

对于给定的温度，令 P_{in} 等于制冷剂的 P_{sat} ，则把软管之外部件的泄漏量从 R-134a 转换为制冷剂 R-x 泄漏量的转换因子见公式（C.3）。

$$ER_{R-x} = \left(\frac{M_{R-x}}{M_{R-134a}} \right) \times \left(\frac{\mu_{R-134a}}{\mu_{R-x}} \right) \times \left(\frac{P_{sat-R-x}^2 - P_{amb}^2}{P_{sat-R-134a}^2 - P_{amb}^2} \right) \quad (\text{C.3})$$

式中：

M_{R-x} — 制冷剂 R-x 的摩尔质量，单位千克每千摩尔（kg/kmol）；

M_{R-134a} — R-134a 的摩尔质量，单位千克每千摩尔（kg/kmol）；

μ_{R-134a} — R-134a 的动态（绝对）粘度，单位帕斯卡秒（Pa·s）；

μ_{R-x} — 制冷剂 R-x 的动态（绝对）粘度，单位帕斯卡秒（Pa·s）；

$P_{sat-R-x}$ — 制冷剂 R-x 的饱和蒸气压，单位千帕斯卡（kPa）；

P_{amb} — 环境气压，单位千帕斯卡（kPa）；

$P_{\text{sat-R-134a}}$ — R-134a 的饱和蒸气压，单位千帕斯卡 (kPa)；

MAC 系统的平均暴露温度值为 15℃。表 C.2 数据代入公式 (C.3) 得出 R-152a 转换因子为 0.60。

表 C.2 R-134a 和 R-152a 特性值

	摩尔质量 M (kg/kmol)	15℃下的 P_{sat} (kPa)	大气压 P_{amb} (kPa)	动态粘度 μ (Pa·s)	ER
R-134a	102	488	101	11.3×10^{-6}	1
R-152a	66	439	101	9.7×10^{-6}	0.60

R-x 物质作为制冷剂时，软管之外的汽车空调部件应采用 ER_{R-x} 将 R-134a 泄漏值换算为该物质的泄漏值，继而与按照附录 D 或 SAE J2064 进行的软管组件 R-x 物质测试结果所推算出的软管泄漏值相加。

C.7 制冷剂管路组设计拓扑图及说明

泄漏值计算报告应详细表述空调系统部件和连接件的信息，并包含制造商提交的拓扑图和说明。电子数据表模板给出了非电动压缩机空调系统、电动压缩机空调系统的拓扑图示例两例，制造商提交的拓扑图应与某一范例相一致。拓扑图可以嵌入电子数据表的 C50 单元格，也可以插入到“参考拓扑图”表单。

C.8 泄漏量计算电子数据表

本文件包含一个电子数据表模板。

该电子数据表模板由 1 个示例和说明表、以及 2 个不同的泄漏量拓扑图计算表（皮带传动压缩机，电动压缩机）组成。在表里输入制冷剂类型及其相关的饱和压力和 15℃ 动态粘度以及分子量。

C.8.1 电子数据表样式

示例和电子数据表见图 C.1。



Figure 1

68675



图 C.2 橡胶软管 (all rubber hose)

注：例如 QC/T 664 汽车空调制冷软管的 A 型/B 型（织物/钢丝）增强的合成橡胶软管



图 C.3 带有热塑性内衬的软管 (veneer hose)

注：例如 QC/T 664 汽车空调制冷软管的 D 型带有热塑性内衬的软管



图 C.4 带有热塑性衬层的软管 (barrier hose)

注：例如 QC/T 664 汽车空调制冷软管的 C 型带有热塑性衬层的软管

C.8.2.2 接口

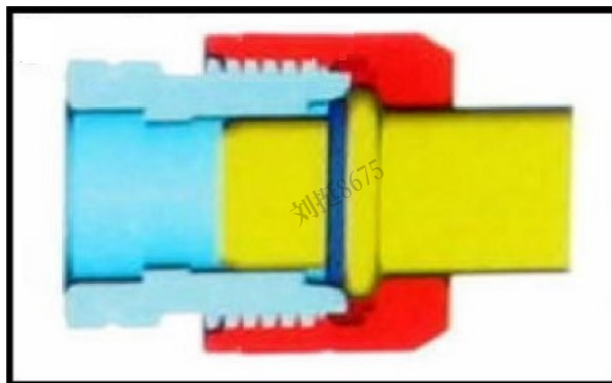


图 C.5 普通单径向密封 O 形圈 (single O-ring)



图 C.6 单槽径向密封法兰接头 O 形圈 (single captured O-ring)

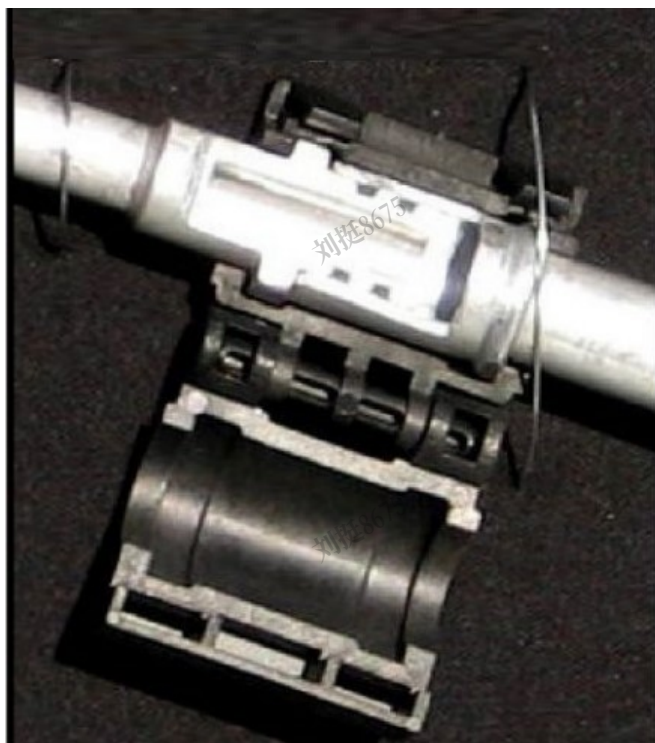


图 C.7 双槽 (多槽) 径向密封 O 形圈 (Multi O-ring)

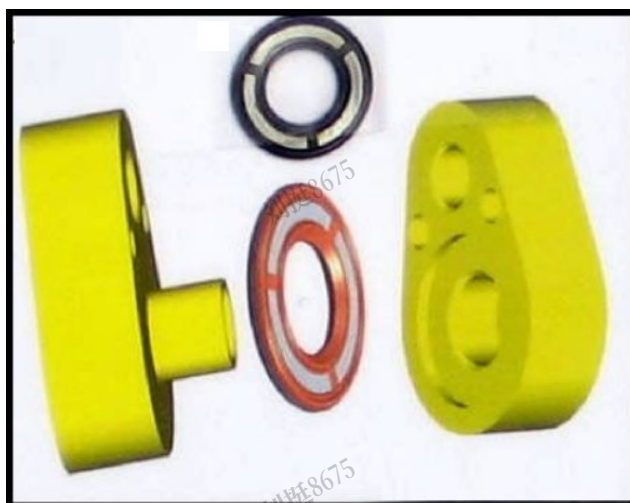


图 C. 8 密封垫圈 (Seal Washer)



图 C. 9 带 O 形圈的密封垫圈 (seal washer with O-ring)



图 C. 10 密封垫圈 (Seal washer)



图 C.11 金属密封接口（金属密封垫片）（Metal seal fitting (metal gasket)）

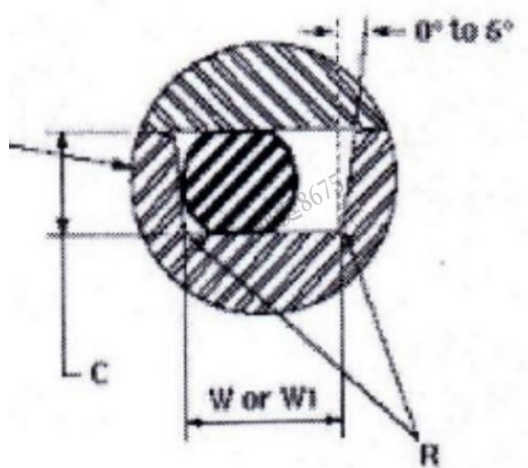


图 C.12 轴向 O 形圈密封 (Axial O-ring seal)



图 C.13 压缩机接口转接件 (Compressor adapter plate)

接口转接件密封的例子

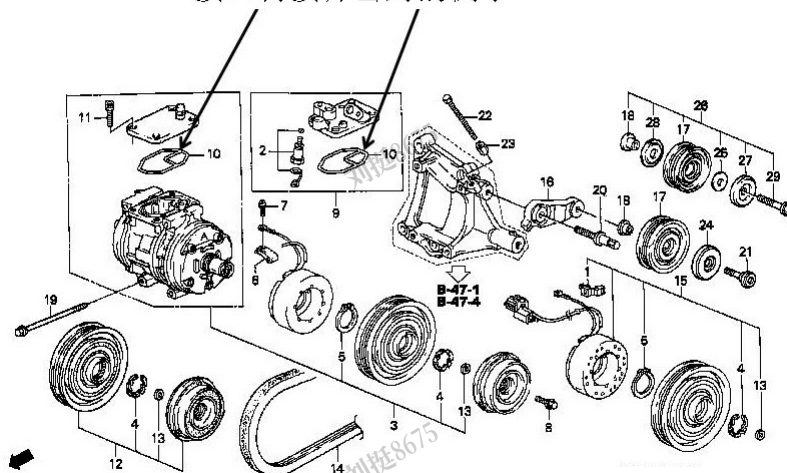


图 C. 14 压缩机接口转接件密封 (Adaptor plate seal)

C. 8. 2. 3 压缩机的唇密封

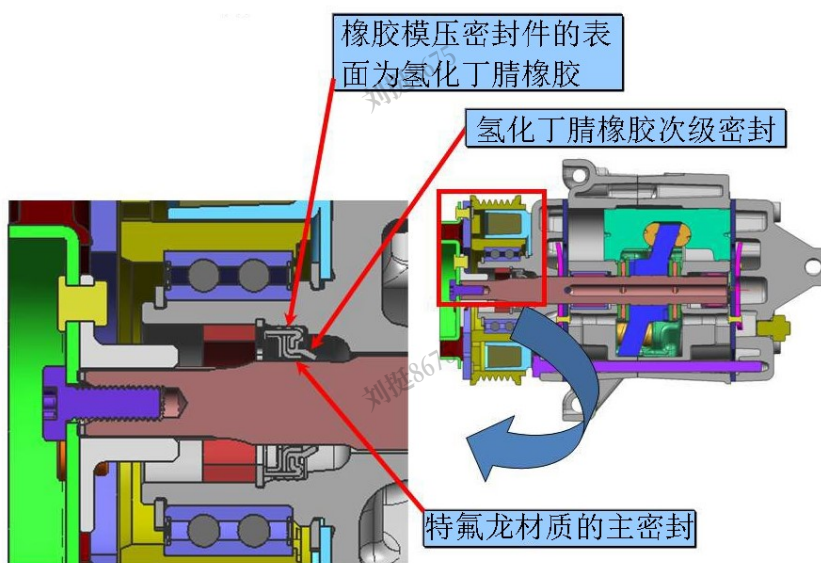


图 C. 15 压缩机曲轴双唇式密封 (Compressor shaft sealing)

防尘唇密封的例子

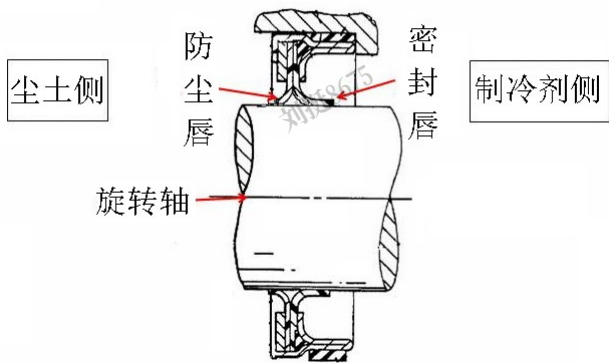


图 C. 16 曲轴密封 (Shaft sealing)

典型的双唇密封

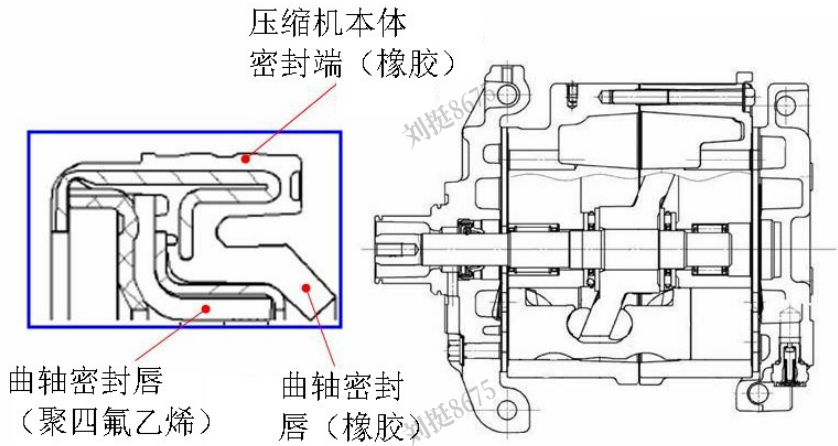


图 C. 17 压缩机曲轴密封 (Shaft sealing)

防尘唇例子

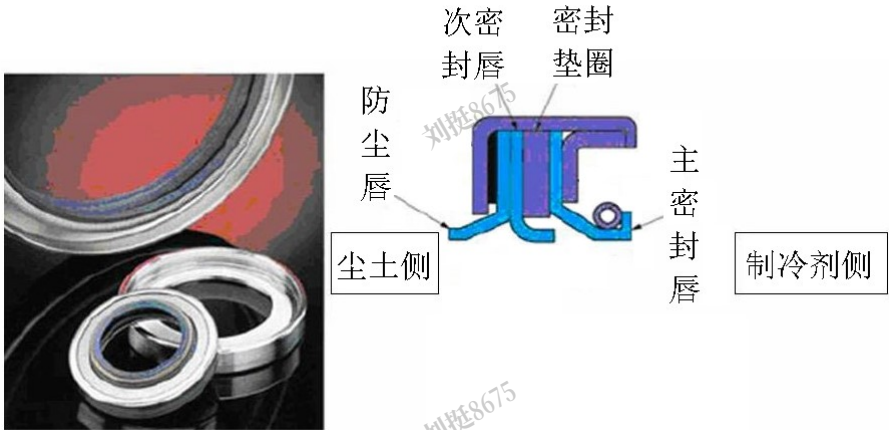


图 C. 18 压缩机曲轴密封 (Shaft sealing)

C.8.2.4 压缩机内室密封

密封垫罩衬的例子
(金属或覆金属的模压式罩衬)

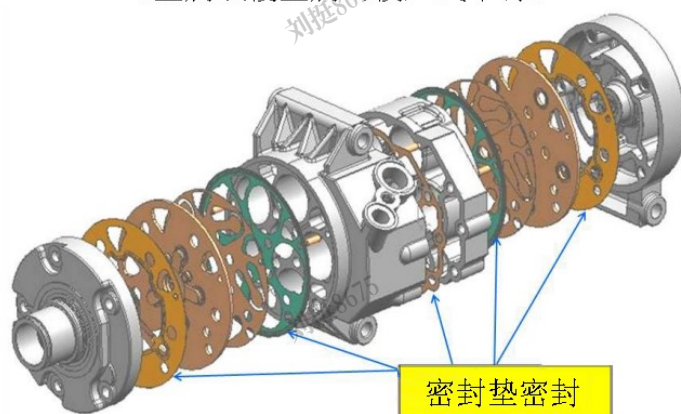


图 C.19 密封垫式的压缩机舱室密封 (Housing sealing)

O形圈罩衬密封的例子

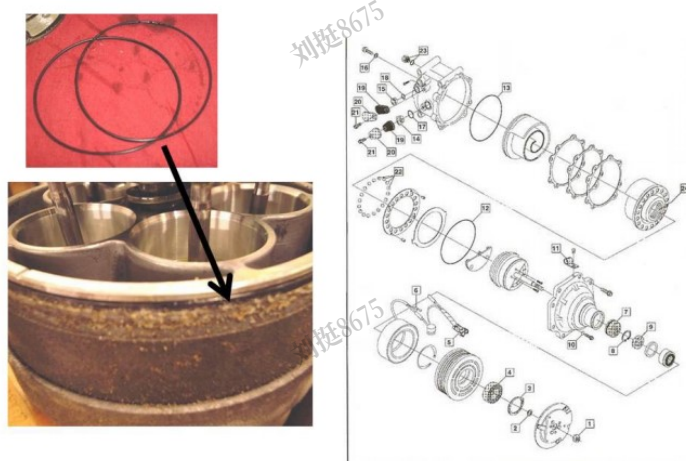


图 C.20 O形圈式的压缩机舱室密封 (Housing sealing)

模压式压缩机密封的例子 (模压式定制弹性罩衬)

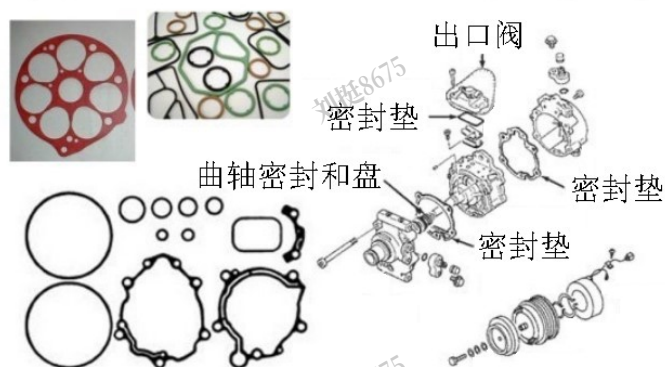


图 C. 21 模压式密封的压缩机舱室密封 (Housing sealing)

密封垫罩衬的其他例子 (金属的或覆金属的模压罩衬)



图 C. 22 其他种类密封垫片的压缩机舱室密封 (金属或覆金属的模压件) (Housing sealing)

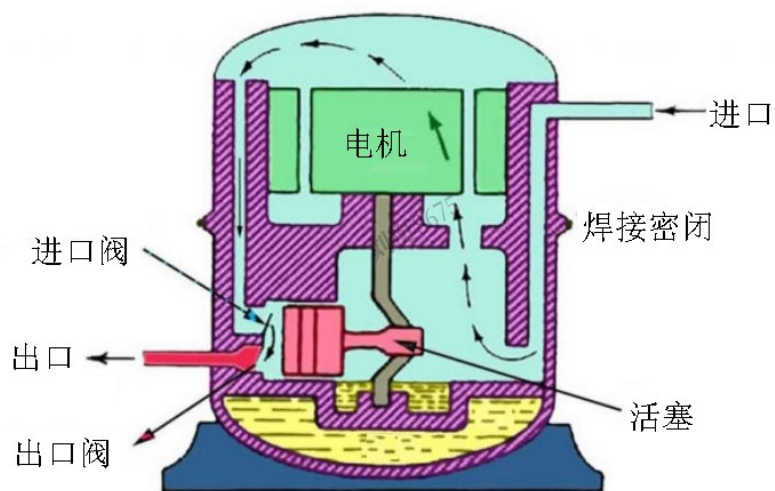


图 C. 23 典型的全密封式压缩机原理图 (Typical fully hermetic type compressor schematic)

C.8.2.5 压缩机的其他密封

C.8.2.5.1 压缩机组装螺栓与铸造件的配合表面经过精加工，相当于金属间密封垫片，赋值为极微小的泄漏。任何其他类型的密封应列在 C.3.2 章。

C.8.2.5.2 罩壳密封的作用是把铸件内部制冷剂压力与大气相隔离：密封的一侧是制冷剂压力，另一侧是大气压力。

C.8.2.5.3 压缩机轴密封定义为唇形密封组件整体，包括组件与罩壳之间的密封。

唇形密封里，制冷剂密封用的唇计入电子数据表。

C.9 赋值准则

从汽车空调行业工程规律出发，依据制冷剂所流经的每个部件（及每个接口）构造特征来分别给它们赋予特定的泄漏值以空调系统子部件（或接口）的构造特征为基础，给各部件或各接口赋予泄漏值：首先，辨析其装配位置是在压缩机上、还是在高压侧或低压侧；其次，考察是否在生产线上装配后 100% 经过泄漏检查。将全部各部件及各个接口的泄漏值累加，累加值乘以各制冷剂的转换因子 ER 后，与软管的制冷剂泄漏值相加，即得出空调系统的制冷剂年泄漏值 S_{Leak} 。

$$S_{Leak} = 0.522 \times \left[ER \times \left(\sum_{i=1}^m a_i + \sum_{j=1}^n b_j + \sum_{p=1}^q c_p \right) + (K_{HP} \times Rate_{PH} \times S_H + K_{LP} \times Rate_{PL} \times S_L) \right] \quad (C.7)$$

式中：

S_{Leak} — 制冷剂年泄漏量，单位为克每年（g/year）；

ER — 制冷剂的转换因子， ER_{ratio_R-134a} 为 1， $ER_{ratio_HFO-1234yf}$ 为 1.03， ER_{ratio_R-290} 为 1.4， ER_{ratio_R-152a} 为 0.6；

a_i — 压缩机本体的某密封接口，以及与压缩机直接相接合的某部件所对应的查表值，见表 C.1；

b_j — 不属于压缩机本体的某接口所对应的查表值，见表 C.2；

c_p — 与压缩机不直接接合的某部件所对应的查表值，见表 C.3；

K_{HP} — 高压软管的系数因子，值 0.0000268；

$Rate_{PH}$ — 高压软管的渗透速率，单位千克每平方米每年（kg/（m²•year）），按附录 D 或 SAE J2064-2021 中规定的测试流程对软管开展测试得出；

S_L — 低压软管的内表面积，单位为平方毫米（mm²）；

K_{LP} — 低压软管的系数因子，值 0.0000179；

$Rate_{PL}$ — 低压软管的渗透速率，单位千克每平方米每年（kg/（m²•year）），按附录 D 或 SAE J2064-2021 中规定的测试流程对软管开展测试得出；

S_L — 低压软管的内表面积，单位为平方毫米（mm²）；

表 C.3 压缩机本体的密封接口、以及与压缩机直接接合部件的赋值

	未在生产线上 100%经过泄漏检查的		在生产线上 100%经过泄漏检查的	
压缩机是否全封闭式压缩机	否	是	否	是
基于O形圈的密封	6	0.958	3	0.958
模制密封	4		2	
金属垫圈密封	2		1	
调节盘适配器密封	1.25		0.4	
单唇的轴密封（皮带传动压缩机）	30		15	
双唇的轴密封（皮带传动压缩机）	15		7.5	
三唇的轴密封（皮带传动压缩机）	10		5	
安装在压缩机上的每个安全阀、控制阀、切换开关、高压安全切断器、排污阀	0.2	0.2	0.2	0.2

表 C.4 压缩机本体以外接口的赋值

	未在生产线上 100%经过泄漏检查的	在生产线上 100%经过泄漏检查的
单个径向密封的 O 形圈	1.250	0.1
单槽径向密封法兰 O 形圈/单个轴向密封 O 形圈/模压密封	0.750	0.1
多重 O 形圈	0.500	0.1
密封垫圈	0.100	0.1
双重密封垫圈/带 O 形圈的密封垫圈	0.050	0.050
金属间密封垫片	0.010	0.010

表 C.5 与压缩机不直接接合部件的赋值

高压侧		低压侧	
充注阀	0.3	充注阀	0.2
安装于管路的每个安全阀、开关、传感器	0.3	安装于管路的每个安全阀、开关、传感器	0.2
膨胀阀（热膨胀装置）	0.2	——	——
每个热交换部件（前部蒸发器、后部蒸发器、内部换热器）	0.25	每个热交换部件（冷凝器、驱动电池水热交换器等）	0.25
注：热交换部件应在生产线上 100%经过泄漏检查。			

附录 D（规范性） 软管渗透速率测试

【来源：SAE J2064-2021，4.2】

D.1 概述

测试对象为汽车空调系统的扣压软管组件，即汽车空调系统中容纳并使得润滑剂、液态及气态 R-134a、R-152a 和/或 R-1234yf 制冷剂在其中流动的软管组件。软管组件应设计为在 -30 至 125℃ 的温度范围内正常工作。

D.2 引用

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

注：对于不注日期的引用文件，如果最新版本未包含所引用的内容，那么包含了所引用内容的最后版本适用。

ASTM D380 Methods of Testing Rubber Hose

D.3 软管组件

D.3.1 软管组件制造

软管组件可以由制造商、制造商的代理人或顾客、或使用这三者中某一方来制造，应采用专门的扣压组设备来制作接口与制冷剂软管的连接。

D.4 测试

如适用，应遵循 ASTM D380 中所述的试验程序。

D.4.1 样品预处理

D.4.1.1 软管类型 A、B、C、D、E 和 F

测试前，已充注样品应在 23℃±2℃ 温度下稳定 24 小时。应检查样品，以确保规定的充注量并记录充注量损失。

D.4.1.2 G 型软管

测试前，已充注样品应在 23℃±2℃、50%±10% 的相对湿度下稳定至少 16 小时。应检查样品，以确保规定的充注量并记录充注量损失。

D.4.2 已扣压组件泄漏试验

D.4.2.1 107cm 样品

样品包括4个带接口的软管组件，裸露在软管组件的两个扣压端之间的软管长 $107\text{cm} \pm 1.2\text{cm}$ 。其中3个软管组件用于确定特定温度下通过软管的渗透速率，第4个软管组件包括软管和接口一同作为比较对象软管。

每个软管组件的一端都要安装一个带帽的充注阀。另一端要连接到一个碳罐（可选）或用接头塞住。如果使用罐，则连接的软管组件应连接至罐，每个罐的内部容积为 $510\text{cm}^3 \pm 25\text{cm}^3$ ，最小爆裂强度为8.6MPa。

D.4.2.2 充注程序和初始重量

对连接的软管组件进行称重，并记录为0.01 g，以确定充注前的初始重量。将试验样品（未填充的对照样品）排空，然后填充液体制冷剂至组件内部体积的 $70\% \pm 3\%$ ，然后重新称重。为了便于充注，建议对样品加以冷却。

D.4.2.3 受测温度

试验温度为 $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。

D.4.2.4 获取泄漏率稳定值的方法

首个24小时温度暴露结束时称重样品，随后以24小时为间隔定期称重。各天减重计算结果为三组充注了制冷剂样品重量损失额与比较对象软管重量损失额之差的平均值。充注了制冷剂各样本在最初的24小时内的减重计算结果均不得超过40g。

应持续记录重量计算结果与时间的关系，直到达成稳定状态。稳定状态在测试满25天时自动达成，或连续4天减重计算数值处在最小数值的0.9~1.1倍（注：不含0.9及1.1。）时达成（注：另称10%规则）。

D.4.2.5 渗透速率的确定

每个试样的渗透速率可通过以下方式确定：

D.4.2.5.1 对于 10%规则的样品：

4天减重计算结果为4天里三组充注了制冷剂样品重量损失额与比较对象软管重量损失额之差的平均值。107cm 试样的稳态净损失斜率 Rate_{w10} 为4天期间的日均减重数值，单位为克/天（g/day）。渗透速率值为表 D.1 中相应内径规格的系数与 Rate_{w10} 的乘积，单位为千克每平米每年（ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$ ）。例如8毫米软管渗透速率见公式（D.1）。

$$\text{Rate}_p = 13.414 \times \text{Rate}_{w10} \quad (\text{D.1})$$

式中：

Rate_{w10} — 10%规则里4天期间的日均减重数值，单位为克/天（g/day）；

D.4.2.5.2 对于测试满 25 天的样品：

以试验期的最后5天或7天的记录数据来确定渗透速率。此阶段的样品应称重5次，各次之间至少间隔24小时。 Rate_{w25} 为该段时间的减重计算结果除以天数所得数值，单位为克/天（g/day）。渗透速率值为表 D.1 中相应内径规格的内径系数 K_D 与 Rate_{w25} 的乘积，单位为千克每平米每年（ $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{year})$ ）。例如8毫米软管渗透速率见公式（D.2）。

$$\text{Rate}_p = 13.414 \times \text{Rate}_{w25} \quad (\text{D.2})$$

式中：

R_{atew25} — 稳定状态在测试满25天达成时的日均减重数值，单位为克/天（g/day）；

在温度暴露期结束时，剩余制冷剂充注量应不少于原始充注量的 50%。试验结束时，应将每个试样中的制冷剂收集到合适的回收容器中。

表 D.1 转换系数

名义规格（mm）	8	10	13	16	19
软管内径平均值（mm）	8.1	10.6	13.0	16.1	19.4
内径系数 K_D	13.414	10.251	8.358	6.749	5.601

对于表 D.1 中未列出的软管，按照公式（D.3）得出 K_D ，再代入公式（D.1）或公式（D.2）进行计算。

$$K_D = 108.66/D \quad (D.3)$$

公式中：

D — 内径，单位为毫米（mm）；

D.4.2.6 各类软管应用各种制冷剂时的渗透速率上限值见表 D.2。

表 D.2 渗透速率上限值

软管类型	制冷剂（kg/(m ² •year)）		
	R-134a	R-152a	R-1234yf
A B	15	18	18
C D E F G	5	5	5
C _u D _u E _u F _u G _u	1.5	1.5	1.5
注：u，设定的超低渗透率限值			