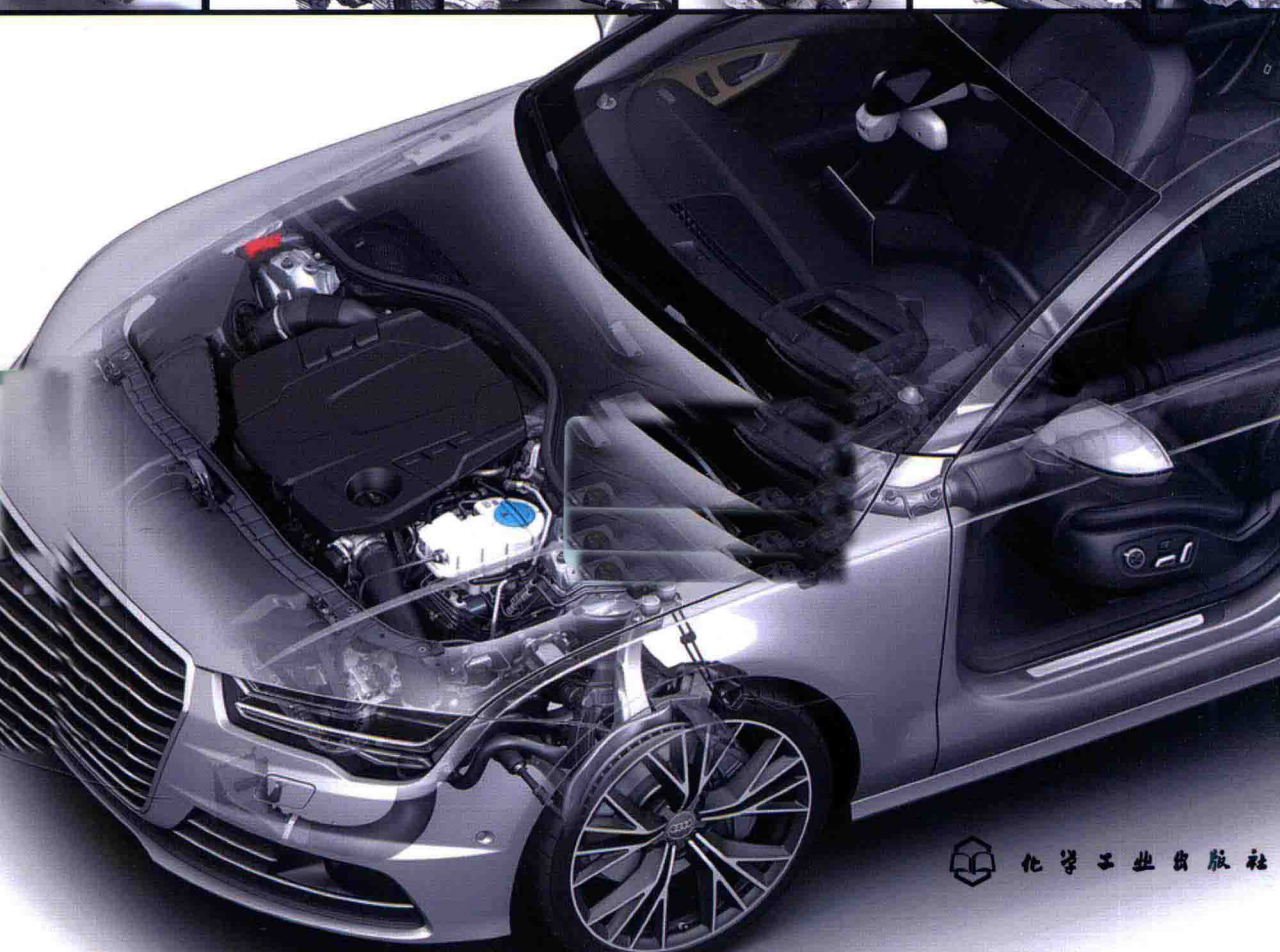


车辆密封与 CHELIANG MIFENG YU XIELOU ZHILI 泄漏治理

黄志坚 编著



化学工业出版社

车辆密封与

CHELIANG MIFENG YU
XIELOU ZHILI

泄漏治理

黄志坚 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

密封是防止流体或固体微粒从相邻接合面间泄漏以及防止外界杂质如灰尘与水分等侵入机器设备内部的措施。汽车等各类车辆的多个重要部分都涉及密封装置。车辆是当代社会不可或缺的交通运输工具。车辆密封关系到车辆安全、平稳、舒适、环保、节能、运行成本等重要技术经济指标,搞好车辆密封与泄漏治理意义重大。

本书结合大量实例,系统介绍了车辆密封与泄漏治理技术,包括车辆发动机密封及泄漏治理、车辆传动与行驶系统密封及泄漏治理、车辆液压与气动密封及泄漏治理、车用密封胶条技术及应用。

本书的读者主要是各类车辆的维修人员、车辆密封设计开发与制造专业技术人员及大中专院校相关专业的学生与教师。

图书在版编目(CIP)数据

车辆密封与泄漏治理/黄志坚编著. —北京:化学工业出版社, 2017.3

ISBN 978-7-122-28888-2

I. ①车… II. ①黄… III. ①汽车-密封②汽车-泄漏-防治 IV. ①U46

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第010206号

责任编辑:黄 滢

文字编辑:张燕文

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张12 $\frac{1}{2}$ 字数329千字 2017年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:69.00元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

密封是防止流体或固体微粒从相邻接合面间泄漏以及防止外界杂质如灰尘与水分等侵入机器设备内部的措施。各类车辆的多个重要部分都涉及密封装置。

发动机是整部车辆的“心脏”，活塞环是发动机的一个非常重要的零件，活塞环使气缸与活塞之间建立良好的密封，确保了发动机能连续有效地将可燃混合气全部有效功传给活塞。完好可靠的密封措施也是发动机润滑、燃油及冷却系统正常工作的必要条件。

汽车用油封是旋转密封件结构最复杂、技术含量高、应用最广泛的精密橡胶元件。如果轴承密封能力不好，会导致外界泥沙、灰尘和水汽等侵入，使其产生异响，加重沟道和钢球的磨损，使钢球、沟道表面疲劳剥落，严重影响其使用寿命，有些情况下甚至会导致车轮突然卡死造成严重事故。

汽车的自动变速、制动、悬架及转向等机构常采用液压与气动系统。汽车起重机常用液压回路包括起升、伸缩、变幅、回转、支腿及转向等机构的液压回路。自卸汽车采用液压缸顶升车厢。高空作业车、环卫车、机场用车辆、厢式车、消防车等有其独特的液压系统。液压系统压力高，泄漏造成的危害大，密封与泄漏控制是车辆液压与气动系统的重要课题。

密封胶条在汽车上具有很重要的作用。在汽车上，密封胶条不仅能够防水、防尘，而且还有减噪、缓冲的作用，对于保持车内清洁性、乘坐舒适性以及延长车体使用寿命等具有相当重要的意义。同时，密封胶条还是乘用车特别是豪华型轿车的外观装饰品，成为汽车性价比的明显标志之一。

车辆是当代社会不可或缺的交通运输工具，车辆密封关系到车辆安全、平稳、舒适、环保、节能、运行成本等重要技术经济指标，搞好车辆密封与泄漏治理意义重大。

车辆的密封与泄漏治理，涉及密封件的设计、生产、使用维护及车辆本身结构的各个环节，需要分析、诊断泄漏原因，进行综合治理，做到预防、均压、疏导与封堵兼用。密封及泄漏治理工作涉及面广、专业性强、难度大，对相关人员的理论知识、实践经验均有较高的要求。

本书结合大量实例，系统介绍了车辆密封与泄漏治理技术，包括车辆发动机密封及泄漏治理、车辆传动与行驶系统密封及泄漏治理、车辆液压与气动密封及泄漏治理、车用密封胶条技术及应用。

本书的读者主要是各类车辆的维修人员、车辆密封设计开发与制造专业技术人员及大专院校相关专业的学生与教师。

黄志坚

目 录

CONTENTS

第 1 章 车辆密封与泄漏治理概述	1
1.1 车辆密封概述	1
1.1.1 密封的概念	1
1.1.2 密封的分类	1
1.1.3 密封材料	2
1.1.4 车辆密封	3
1.2 车辆泄漏治理概述	3
1.2.1 泄漏的分类	3
1.2.2 泄漏相关因素	4
1.2.3 防漏治漏的基本途径	4
第 2 章 车辆发动机密封及泄漏治理	6
2.1 车辆发动机活塞环及应用	6
2.1.1 活塞环概述	6
2.1.2 活塞环材料及其表面处理	9
2.1.3 活塞环的选配、安装与修磨	12
2.2 车辆发动机密封故障分析与维修	14
2.2.1 活塞环的密封与泄漏	14
2.2.2 影响发动机性能的因素	15
2.2.3 发动机气缸密封性的检测	17
2.2.4 活塞环在环槽内折断的原因	20
2.2.5 发动机密封的使用维护	21
2.2.6 活塞环的磨损及提高活塞环寿命的对策	23
2.2.7 柴油机窜气的相关因素的分析	25
2.2.8 发动机烧机油故障的辨别及处理	26
2.2.9 斯太尔 1291 型汽车发动机排气管冒蓝烟故障的分析与排除	27
2.2.10 活塞环使用维修中的误区	28
2.3 车用发动机气缸密封垫的应用	29
2.3.1 车用发动机气缸密封垫的结构	29
2.3.2 气缸密封性故障诊断	29
2.4 车辆发动机润滑系统密封及泄漏治理	31
2.4.1 发动机润滑系统概述	31
2.4.2 发动机漏机油问题的分析与处理	32
2.4.3 发动机机油压力过低故障的处理	36
2.5 车辆发动机冷却系统密封及泄漏治理	37
2.5.1 发动机冷却系统概述	37
2.5.2 冷却系统维护	42

2.5.3 冷却系统泄漏故障及案例分析	43
2.6 车辆发动机燃油系统泄漏治理	45
2.6.1 燃油系统及故障检修	45
2.6.2 电动燃油泵的常见故障及诊断方法	45
2.6.3 喷油器的常见故障及诊断方法	47
2.6.4 燃油压力调节器故障及诊断方法	48
2.6.5 利用燃油压力表诊断燃油系统故障	48
2.7 车辆发动机用橡胶密封材料	51
2.7.1 硅橡胶在汽车密封上的应用	51
2.7.2 汽车特种橡胶密封制品	55

第3章 车辆传动与行驶系统密封及泄漏治理 63

3.1 油封及应用	63
3.1.1 油封	63
3.1.2 车用橡胶油封的使用与维修	67
3.2 变速器密封与泄漏治理	69
3.2.1 汽车变速器	69
3.2.2 汽车变速箱油封胶料的选择	69
3.2.3 变速器油封漏油的分析	72
3.2.4 汽车变速箱密封轴承的应用	74
3.3 驱动桥密封与泄漏治理	74
3.3.1 驱动桥	74
3.3.2 驱动桥漏油分析以及解决方案	76
3.3.3 重型驱动桥减壳与桥壳接合面密封失效分析	78
3.3.4 斯太尔汽车驱动桥轮毂油封漏油的分析与解决	80
3.3.5 斯太尔汽车驱动桥轮毂油封的改进	82
3.3.6 车桥轮毂外密封结构的改进	84
3.4 轮毂轴承密封与泄漏治理	86
3.4.1 汽车轮毂轴承应用概况	86
3.4.2 汽车轮毂轴承密封结构	89
3.4.3 新型轮毂轴承单元密封件	92
3.4.4 汽车后轮毂总成密封性能改善	95
3.4.5 汽车前轮毂外骨架油封的密封与安装	95
3.4.6 轮毂轴承密封的失效	99
3.4.7 轮毂轴承单元失效分析实例	102
3.5 传动与行驶系统其他部分的密封	103
3.5.1 筒式减振器油封	103
3.5.2 制动皮碗和皮膜	103
3.5.3 防尘罩与照相机密封件	104

第4章 车辆液压与气动密封及泄漏治理 106

4.1 液压密封原理与密封件	106
----------------------	-----

4.1.1	常用液压密封件的结构形式及其密封作用	106
4.1.2	常用液压密封材质及应用	108
4.2	液压密封件的设计计算与选用	111
4.2.1	密封件设计选用概述	111
4.2.2	最大允许间隙	112
4.2.3	正确选用密封件	112
4.2.4	O形密封圈压缩率的确定	113
4.3	密封件的安装与更换	114
4.3.1	密封件安装基本要求	114
4.3.2	大型液压缸 Yx 密封圈的装配	115
4.3.3	Y形油封的快速更换	116
4.3.4	格来圈的安装	116
4.3.5	液压缸组合密封圈的安装	117
4.3.6	液压缸活塞密封件装配装置	118
4.4	密封件故障分析与排除	119
4.4.1	液压密封件泄漏的原因	119
4.4.2	密封件的常见损坏	121
4.4.3	密封失效典型问题分析	122
4.4.4	O形密封圈的失效原因分析和选用	123
4.4.5	液压密封件泄漏问题的解决途径	126
4.4.6	液压系统管接头接合处的泄漏	128
4.5	车辆液压系统密封及泄漏治理实例	130
4.5.1	汽车制动液泄漏问题的分析	130
4.5.2	车用液压制动系统故障分析及其预防	133
4.5.3	离合器液压与密封故障分析及排除	135
4.5.4	汽车助力转向管路总成的设计	136
4.5.5	助力转向系统转向液渗漏的分析及处理	143
4.5.6	自动变速器液压油泄漏常见故障诊断	145
4.5.7	自卸货车液压缸的修复与改进	146
4.6	气动系统密封及泄漏治理	147
4.6.1	气动密封概述	147
4.6.2	气动密封要点	147
4.6.3	气缸常见故障	149
4.6.4	气缸故障原因与对策	150
4.6.5	气缸的拆卸与检修	151
4.6.6	气缸的日常检查维护	152
4.6.7	气缸密封件的改进	152
4.6.8	气动系统漏气故障的分析	153
4.6.9	换向气阀泄漏故障的排除	153
4.6.10	车辆空气悬架密封系统的使用与维护	156

4.6.11 10 挡变速器用气动助力器故障分析与改进	157
第 5 章 车用密封胶条技术及应用	160
5.1 车用密封胶条概况	160
5.1.1 密封胶条在汽车上的应用	160
5.1.2 车用密封胶条的分类	160
5.1.3 车用密封胶条的基本特点及性能要求	164
5.1.4 车用密封胶条的主要材料	166
5.1.5 车用密封胶条的加工方式及生产设备	167
5.2 车用密封胶条设计开发及实例	169
5.2.1 影响车门密封胶条密封性的相关因素	169
5.2.2 玻璃导槽密封胶条耐磨性的改进	173
5.2.3 汽车门框密封胶条设计	175
5.2.4 HFC6500 车窗玻璃导槽密封胶条的设计	181
5.2.5 门框密封胶条的装配	184
5.2.6 车门玻璃升降困难原因分析	187
参考文献	190

第 1 章

车辆密封与泄漏治理概述

1.1 车辆密封概述

1.1.1 密封的概念

密封是防止流体或固体微粒从相邻接合面间泄漏以及防止外界杂质如灰尘与水分等侵入机器设备内部的零部件或措施。较复杂的密封件，称为密封装置。对密封件的基本要求有如下几点。

- ① 在一定的压力和温度范围内具有良好的密封性能。
- ② 摩擦阻力小，摩擦因数稳定。
- ③ 磨损小，磨损后在一定程度上能自动补偿，工作寿命长。
- ④ 与工作介质相适应。
- ⑤ 结构简单，装拆方便，价格低廉。
- ⑥ 应保证互换性，实现标准化、系列化。

密封件是机械产品的重要基础元件，其制造精度要求较高，密封件产品无论在结构上还是材料上都需要高精技术和装备支撑。

1.1.2 密封的分类

密封可分为相对静止接合面间的静密封和相对运动接合面间的动密封两大类。

静密封主要有点密封、胶密封和接触密封三大类。根据工作压力，静密封可分为中低压静密封和高压静密封。中低压静密封常用材质较软、接触宽度较宽的垫密封，高压静密封则用材料较硬、接触宽度很窄的金属垫片。

动密封可以分为旋转密封和往复密封两种基本类型。按密封件及与其作相对运动的零部件是否接触，可以分为接触式密封和非接触式密封。一般来说，接触式密封的密封性好，但受摩擦磨损限制，适用于密封面线速度较低的场合；非接触式密封的密封性较差，适用于速度较高的场合。

具体密封形式与主要应用如下。

- ① 填料密封 用于泵、水轮机、阀、高压釜，可用缠绕填料、纺织填料或成型填料。
- ② O形密封圈 用于活塞密封，可广泛用作静密封，耐久性良好。
- ③ Y形密封圈 用于活塞密封，有时作静密封。
- ④ 机械密封 用于泵、水轮机、高压釜、压气机、搅拌装置，可用不同的材料组合，包括金属波纹管密封。
- ⑤ 油封 与其他密封并用，防尘，用于轴承、齿轮箱等。
- ⑥ 分瓣滑环 用于水轮机、汽轮机，多用石墨制作滑环。
- ⑦ 迷宫式密封 用于汽轮机、泵、压气机，作往复密封用时，宜高速，低速不用。

- ⑧ 浮动环 用于泵、压气机。
- ⑨ 活塞环 用于气体压缩机、内燃机等。
- ⑩ 离心密封和螺旋密封 用于泵类设备。
- ⑪ 磁流体密封 用于压气机，只用于气体介质。

1.1.3 密封材料

密封材料应满足密封功能的要求。由于被密封的介质不同，以及设备的工作条件不同，要求密封材料具有不同的适应性。对密封材料的要求一般是材料致密性好，不易泄漏介质；有适当的机械强度和硬度；压缩性和回弹性好，永久变形小；高温下不软化，不分解，低温下不硬化，不脆裂；耐腐蚀性能好，在酸、碱、油等介质中能长期工作，其体积和硬度变化小，且不黏附在金属表面上；摩擦因数小，耐磨性好；具有与密封面结合的柔软性；耐老化性好，经久耐用；加工制造方便，价格便宜，取材容易。橡胶是最常用的密封材料，适合于作密封材料的还有石墨、聚四氟乙烯以及各种密封胶等。

各种密封材料的特性及主要应用如下。

① 丁腈橡胶 耐油、耐热、耐磨性好，广泛用于制作密封制品，但不适用于磷酸酯系列介质，使用温度为 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，用于制作 O 形圈、油封，适用于一般的液压、气动系统。

② 氢化丁腈橡胶 强度高、耐油、耐磨、耐热、耐老化，使用温度为 $-40\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，用于高温、高速的往复密封和旋转密封。

③ 橡塑胶材料 弹性模量大、强度高，其他性能同丁腈橡胶，使用温度为 $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，用于制作 O 形圈、Y 形圈、防尘圈等，用于工程机械及高压液压系统。

④ 氟橡胶 耐热、酸、碱及其他化学药品且耐油（包括磷酸酯系列液压油），适用于所有润滑油、汽油、液压油、合成油，使用温度为 $-20\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，用作耐高温、化学药品及耐燃液压油的密封材料，在冶金、电力等行业用途广泛。

⑤ 聚氨酯 耐磨性能优异，强度高，耐老化性能好，使用温度为 $-20\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，适用于工程机械和冶金设备中的高压、高速系统的密封。

⑥ 硅橡胶 耐热、耐寒性好，压缩永久变形小，但机械强度低，使用温度为 $-60\sim 230^{\circ}\text{C}$ ，适用于高、低温下的高速旋转密封及食品机械的密封。

⑦ 聚丙烯酸酯 耐热性优于丁腈橡胶，可在含极性添加剂的各种润滑油、液压油中工作，耐水性较差，使用温度为 $-20\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，可用于各种小汽车油封及各种齿轮箱、变速箱，可耐中高温。

⑧ 乙丙橡胶 耐候性好，在空气中耐老化、耐油性能一般，可耐氟利昂及多种制冷剂，使用温度为 $-50\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，用于冰箱及制冷机械的密封。

⑨ 聚四氟乙烯 化学稳定性好，耐热、耐寒性好，耐油、水、汽、药品等各种介质，机械强度较高，耐高温，耐磨，摩擦因数极低，自润滑性好，使用温度为 $-55\sim 260^{\circ}\text{C}$ ，用于制作耐磨环、导向环、挡圈，为机械上常用的密封材料，广泛用于冶金、石化、工程机械及轻工机械。

⑩ 尼龙 耐油、耐热、耐磨性好，抗压强度高，抗冲击性能好，但尺寸稳定性差，使用温度为 $-40\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，用于制作导向环、支撑环、压环、挡圈。

⑪ 聚甲醛 耐油、耐热、耐磨性好，抗压强度高，抗冲击性能好，有较好的自润滑性能，尺寸稳定性好，但屈挠性差，使用温度为 $-40\sim 140^{\circ}\text{C}$ ，用于制作导向环、挡圈。

1.1.4 车辆密封

车辆的多个重要部分都涉及密封装置。

发动机是整部车辆心脏，为车辆的行走提供动力，是车辆动力性、经济性、环保性的综合体。活塞环是车辆发动机的一个非常重要的零件，也是运动摩擦副零件中唯一作轴向运动、径向运动和旋转运动（二冲程活塞环因定位销的作用不作旋转运动）的零件。为确保发动机能连续有效地工作，将可燃混合气全部有效功传给活塞，必须使气缸与活塞之间有良好的密封性能。完好可靠的密封措施也是发动机润滑、燃油及冷却系统正常工作的必要条件。

汽车用油封是旋转密封件结构最复杂、技术含量高、应用最广泛的精密橡胶元件。它的质量好坏不仅影响汽车的密封性能和使用寿命，更重要的是影响汽车的行驶和安全性。变速箱及驱动桥用油封的主要功能是防止润滑油从孔与轴之间的配合间隙处向外渗漏，同时防止灰尘及杂质进入内部。油封要在汽车任何工况下确保其密封性和工作可靠性，就必须能够承受高转速、耐介质、耐高温和低温的工作条件。汽车轮毂轴承的密封结构在轴承所在的空间和成本中占有量很小，但对轴承使用起重要作用。如果轴承密封能力不好，会导致外界泥沙、灰尘和水汽等侵入，使其发出异响，加重沟道和钢球的磨损，使沟道、钢球表面疲劳剥落，严重地影响其使用寿命，有些情况下甚至会导致车轮突然卡死造成严重的事故。

汽车的自动变速、制动、悬架及转向等机构常采用液压与气动系统。汽车起重机常用液压回路包括起升、伸缩、变幅、回转、支腿及转向等机构的液压回路。自卸汽车采用液压缸顶升车厢。高空作业车、环卫车、机场用车辆、厢式车、消防车等有其独特的液压系统。液压系统压力高，泄漏造成的危害大，密封与泄漏控制是车辆液压与气动系统的重要课题。

密封胶条在汽车上具有很重要的作用。在汽车上，密封胶条不仅能够防水、防尘，而且还有减噪、缓冲的作用，对于保持车内清洁性、乘坐舒适性以及延长车体使用寿命等具有相当重要的意义。同时，密封胶条还是乘用车特别是豪华型轿车的外观装饰品，成为汽车性价比的明显标志之一。

车辆密封关系到车辆安全、平稳、舒适、环保、节能、运行成本等重要技术经济指标，搞好车辆密封与泄漏治理任务艰巨、意义重大。

1.2 车辆泄漏治理概述

泄漏是指从运动副的密封处越界漏出的少量不做有用功的流体的现象。

1.2.1 泄漏的分类

泄漏是一个不可忽视的质量问题，漏油、漏水、漏气严重影响车辆的正常运转、外观、工作效率及使用寿命，并会引起环境污染，浪费能源。因此，产品的密封性能是评价其性能、质量的重要指标。泄漏治理与车辆安全、稳定、节能环保、降本减耗有密切的联系。泄漏治理是现场一项专业性强的技术工作，又是一项涉及因素复杂的管理工作，历来是车辆维修工作的难点之一。系统的泄漏可分为两种类型，一种是外部泄漏，另一种是内部泄漏。

(1) 外部泄漏

压力容器、管道等的泄漏可被很容易地发现，因为可以看到泄漏出的介质。维护人员和操作者应经常检查整个系统的每个元件，及时发现泄漏点并立即着手解决泄漏问题。对于车辆，外部泄漏带来严重的安全隐患。例如，发动机冷却水的泄漏引起发动机温度异常升高甚至损坏，润滑系统泄漏导致轴承损坏。

(2) 内部泄漏

由于系统中元件的磨损,随着时间的推移,在元件内部产生的泄漏会越来越明显,轻微的内部泄漏可能察觉不到,但是,随着内部泄漏的增加,系统过热将成为问题。车辆的内部泄漏常常导致效率下降及控制精度下降。

系统中的元件一旦发生泄漏,不仅会造成介质的浪费和环境的污染,更严重的会使整个系统发生故障,中止工作,以致发生安全、质量事故。为了减少系统的故障,提高系统的效率,防止环境污染和减少介质的损耗,必须注意泄漏问题,并分析造成泄漏的原因,采取相应的措施,达到减少泄漏以至避免泄漏的目的。

1.2.2 泄漏相关因素

(1) 工作压力

在相同的条件下,系统的压力越高,发生泄漏的可能性就越大,因此应该使系统压力的大小符合系统所需要的最佳值,这样既能满足工作要求,又能避免不必要的过高的系统压力。

(2) 工作温度

系统所损失的能量大部分转变为热能,这些热能一部分通过元件本身、管道等的表面散发到大气中,其余部分就储存在介质中,使温度升高,造成密封元件加快老化、提前失效,引起严重泄漏。

(3) 介质的清洁程度

系统的介质常常会含有各种杂质:元件安装时没有清洗干净,附在上面的铁屑和涂料等杂质进入介质中;侵入车辆内的灰尘和脏物;介质氧化变质所产生的胶质、沥青质和碳渣等。油中的杂质能使元件滑动表面的磨损加剧,阀的阀芯卡阻、小孔堵塞,密封件损坏等,从而造成阀损坏,引起油泄漏。

(4) 密封装置

正确地选择密封装置,对防治系统的泄漏非常重要。密封装置选择得合理,能提高车辆的性能和效率,延长密封装置的使用寿命,从而有效地防止泄漏。否则,密封装置不适应工作条件,造成密封元件过早地磨损或老化,就会引起介质泄漏。此外,元件的加工精度、系统管道连接的牢固程度及其抗振能力、车辆维护的状况等,也都与泄漏相关。

1.2.3 防漏治漏的基本途径

车辆的泄漏,涉及密封件的设计、生产、使用等各个环节,因此需要运用系统观点分析、诊断泄漏原因,进行综合治理,预防、均压、疏导与封堵兼用。防漏治漏的基本途径如下。

① 均压 使密封部位内外侧的压力差均衡。例如,设置适当的通气帽,或在介质通道中加设小型泵送元件,可使动密封的接触压力分布均匀。

② 疏导或引流 在零部件上开设回油槽、回油孔、挡油板等,将泄漏的流体引导流回吸入室、吸入侧或引回油池中。

③ 流阻或反压 利用密封件的狭窄间隙或曲折通道造成密封所需要的流动阻力,如间隙密封、迷宫密封;或利用密封件对泄漏流体造成反压,使之部分平衡或完全平衡,达到密封目的。

④ 封堵或阻塞 应用密封技术封堵界面泄漏通道。例如,使用密封垫、填料密封、密封团、密封环和填缝敛合或者涂密封胶、缠绕密封带等进行密封;或利用在适当间隙中保持有适当流体以阻塞被密封流体的泄漏,如气封、液封、水环密封或铁磁流体密封等;也可将

不接合部位的表面焊合、铆合、压合、折边等以封死泄漏通道。

⑤ 回流抛甩 采用回流结构密封。例如，在流体动力型旋转轴盾形密封唇口内侧，锥面上制出三角形凸垫或凹槽、正弦波形的弓形或半圆形的凸棱，或是在零件上增设螺旋槽等，或使用甩油环（或槽），将泄漏的油抛甩回油池。

⑥ 分隔与间隔 利用密封件将泄漏处与外界分隔开，如隔膜密封与机械密封等。

⑦ 其他 消除密封部位的振动、冲击及腐蚀等可能引起泄漏的因素，也可以调换润滑脂（或固体）润滑剂，以消除流体的泄漏。

在实际应用中，可以采用以上几种方法的组合以达到密封目的。

第 2 章

车辆发动机密封及泄漏治理

车辆发动机是一个能量转换机构，即通过燃油在密封气缸内燃烧，使气体膨胀，推动活塞做功，将热能转变为机械能。发动机是整部车辆的“心脏”，为车辆的行走提供动力，是车辆的动力性、经济性、环保性的综合体。发动机气缸及工作机构、燃油系统、润滑系统、冷却系统等都离不开密封技术。

2.1 车辆发动机活塞环及应用

活塞环是车辆发动机的一个非常重要的零件，也是运动摩擦副零件中唯一作轴向运动、径向运动和旋转运动（二冲程活塞环因定位销的作用不作旋转运动）的零件。为确保发动机能连续有效地工作，将可燃混合气全部有效功传给活塞，必须使气缸与活塞之间有良好的密封性能。

2.1.1 活塞环概述

用金属、石墨、填充聚四氟乙烯等制成的密封称为硬填料密封，也就是活塞环。它具有耐热、耐压和高速性能，广泛用于内燃机、压缩机、泵等设备的往复密封和旋转密封。为了能补偿磨损和适应轴的跳动，硬填料密封一般采用分瓣式、开口式或唇式的结构形式。

活塞环是借助于圈簧或气体的压力差使密封圈（分瓣式、开口式或浮动式）贴附在活塞杆或填料盒上，以获得自紧密封。

（1）发动机活塞环

活塞环是发动机中的重要部件，它的主要作用是确保气缸具有良好的气密性，减少漏气。如果活塞环的密封性达不到要求，就会产生气缸压缩压力不足或者使燃气漏到曲轴箱中，也有可能使机油进入燃烧室，进而引起发动机功率下降、油耗量增大甚至导致发动机拉缸等事故。另外，气缸内的气体压力也会影响发动机。压力过大将会增加发动机的功率损失，加速活塞环的摩擦损耗；压力过小则不能达到活塞环的密封作用。活塞环一般由头道环、二道环和钢制组合式油环所组成，如图 2-1 所示。

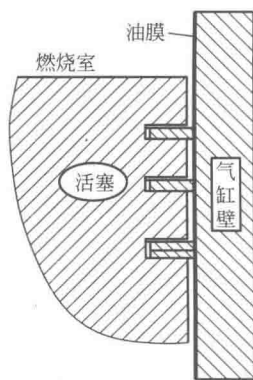


图 2-1 活塞环组结构示意图

（2）活塞环的主要结构参数

活塞环的主要结构参数如图 2-2 所示。

① 公称直径（ d_1 ） 活塞环的公称直径 d_1 是指活塞环外侧面的直径，与缸体的内径相等，由发动机的规格决定。

② 厚度（ a_1 ） 活塞环的厚度 a_1 是指环的外侧面与内侧面之间的径向距离。在活塞环的参数设计中，它是很重要的尺寸，会影响到活塞环的运动。

③ 环高（ h_1 ） 活塞环的环高 h_1 是指环的上、下表面之间的轴向距离。该尺寸同样关

系到活塞环的运动，是一个重要的设计参数。

④ 环的开口间隙 (s_1) 活塞环的开口间隙 s_1 是指把环装进气缸中，开口的两个端面之间的距离。开口间隙的存在能够有效地避免活塞环因受热膨胀而引发的开口咬合事故。

⑤ 自由开口间隙 (m) 自由开口间隙 m 是指活塞环在无约束情况下，开口的两端部之间的距离。

⑥ 活塞环在环槽中的间隙 活塞环在环槽中一般有两个间隙，如图 2-3 所示。

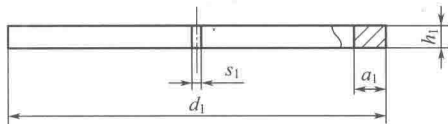


图 2-2 活塞环的主要结构参数

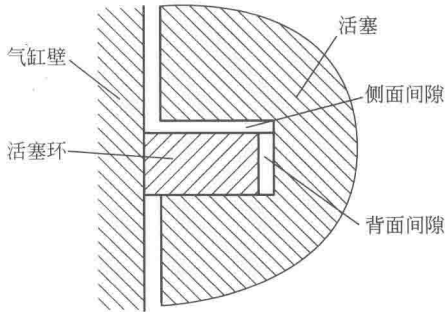


图 2-3 活塞环间隙

a. 侧面间隙 是指活塞环放进环槽后，环的上表面与环槽上表面之间的间隙。此间隙有一个取值范围（表 2-1），如果取值太大，就会使活塞环在环槽内的轴向振动幅度变大，导致接触面的磨损变大；如果取值太小，又会限制活塞环在环槽内的正常运动，同样是不允许的。因此，活塞环的侧面间隙要有一个合理的取值范围。

表 2-1 汽油机活塞环侧面间隙 mm

活塞环	四冲程	二冲程
第一道环	0.03~0.05	0.07~0.09
第二道环	0.03	0.03~0.05
油环	0.03	0.03

b. 背面间隙 是指活塞环与活塞及缸体装配好后，环的内侧面到环槽底面之间的距离。背面间隙的存在可以有效地避免活塞环在受热膨胀或者振动时与环槽底部发生碰撞。

(3) 活塞环的基本形状

活塞环的截面形状与它的性能有着密切的关系，活塞环根据其截面形状、受力特点基本上可以分为以下几种类型。

① 矩形环 如图 2-4 所示，活塞环的截面形状是矩形，这是最早出现的活塞环，也是最基本的截面形状，其结构十分简单，性能相对比较差，目前已经很少使用了。

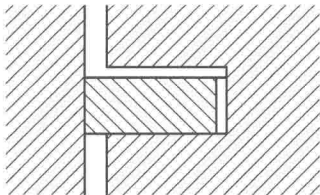


图 2-4 矩形环

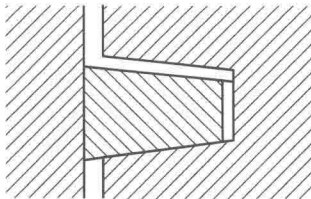


图 2-5 梯形环

② 梯形环 如图 2-5 所示，活塞环的截面形状为梯形，可以有效地预防卡环事故的发生。侧面间隙会随着活塞环在环槽内的径向运动而发生改变，并且当燃气压力作用于环的侧

面时,会产生一个沿径向指向外侧的压力分量,从而加强了活塞环的密封效果。

③ 锥面环 如图 2-6 所示,锥面环与缸壁的接触属于线接触,接触压力比较高,因而可以提高环的磨合性能,并具有良好的布油和刮油能力。但环的锥度不宜过大,否则会削弱第一密封面的密封,甚至会产生漏气事故。

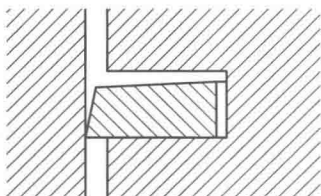


图 2-6 锥面环

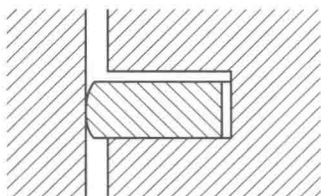


图 2-7 桶面环

④ 桶面环 如图 2-7 所示,桶面环的外表面呈凸圆弧状,这种活塞环具有优良气密性、润滑特性和贴合性,由于将棱缘改为圆弧,抗拉缸能力变强,因此使用非常广泛。

⑤ 扭曲环 扭曲环分为正扭曲环和反扭曲环。在矩形环的截面上方内侧去除部分材料,通过自身的弹力作用使截面扭曲成为碟子形状,如图 2-8 所示,即正扭曲环;相反,在矩形环的截面下方内侧去除部分材料,通过自身的弹力作用使截面扭曲成为盖子形状,如图 2-9 所示,即反扭曲环。扭曲环与环槽的接触也属于线接触,因而具有良好的磨合性、密封性和布油、刮油能力。

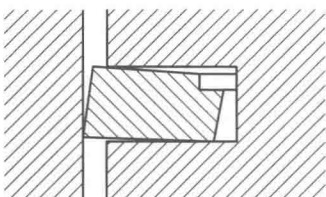


图 2-8 正扭曲环

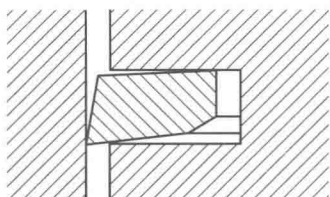


图 2-9 反扭曲环

⑥ 倒角环 如图 2-10 所示,把锥面环和反扭曲环综合到一起就形成了倒角环。它同时具有锥面环和反扭曲环的优点,多用于气缸中的第二道环上。

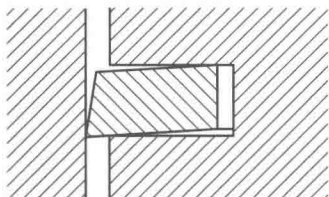


图 2-10 倒角环

(4) 活塞环的作用

活塞环虽然看起来结构十分简单,但它却是发动机内部的重要零部件,是气缸密封性形成的重要组成部分。如果没有活塞环,发动机将不能工作。活塞环按其不同的用处可分为气环和油环。气环的主要作用是形成良好的气密性,防止气体的泄漏,同时还可以将活塞顶部吸收的大部分热量传递出去,以达到降温的目的。油环则用来清除附着在缸壁表面上过多的机油,并形成一层厚度相差不多的润滑油膜,这样既可以防止机油进入气缸,又可以减小活塞环的摩擦损耗,减小摩擦阻力。

简言之,活塞环的主要作用包括密封、控油、散热、支撑四个方面。

① 密封作用 为了使内燃机具有足够大的压力,必须确保气缸有良好的密封性。内燃机运转时,活塞环在气缸内同时进行着径向运动、上下的轴向运动和不规则的旋转运动。在燃气爆燃时,最高温度可达到 $2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$,活塞顶部的工作温度一般为 200°C 左右。在这样恶劣的工作环境下,又由于加工误差和环面磨损的存在,使气缸内不可避免地存在少数漏气点,这就造成了气体压力的下降和燃烧气体的泄漏。一旦泄漏的气体进入曲轴箱中,就会

使部分机油变质劣化,进而引起活塞环发生故障。

因此,如何保证活塞环的密封性是非常重要的。头道气环离燃烧室最近,温度也最高,其主要作用就是密封气体和传递热量。由于它的工作状况最为恶劣,所以多选用强度比较高的球墨铸铁或钢质材料,再通过一些表面处理方法,提高环的整体性能。同时,为了避免产生的碳化物及胶状物堆积在头道气环的侧面,造成活塞环卡死,一般头道环都选用桶面环或梯形环,这种环的润滑效果比较好,与缸壁的磨合性也好,可以有效地避免碳化物堆积、结胶。

② 控油作用 活塞环在恶劣的环境下工作,为了使其更好地发挥功能,防止机油上窜并保证消耗量适中,要求活塞环有良好的控油能力。在吸气过程中,活塞下行,使燃烧室内的压力比曲轴箱中的小,此压力差的存在能够使机油通过间隙进入燃烧室燃烧,导致机油消耗量大增。第二道气环能够对从头道环泄漏的气体起到进一步密封的作用,还能将附着在缸壁上多余的机油清除掉,同时布下一层油膜。

③ 散热作用 燃气燃烧会产生大量的热,如果不能很好地把活塞头部吸收的热量传递出去,那么活塞头部就会因吸收过多热量而严重过热。活塞会因过度受热膨胀而产生损伤,并且高温会使活塞材料变软而产生不必要的磨损,还可能因机油变质而引起粘环等。活塞环的一个重要作用就是将发动机工作过程中产生的热量及时地传递出去,冷却活塞及相关部件。活塞头部吸收的热量中大部分是通过活塞环传递出去的,这部分热量占总热量的70%~80%。

④ 支撑作用 由于曲轴的旋转运动,活塞环在上下运动的过程中会受到径向推动的分力。活塞环位于气缸壁和活塞之间,并与气缸壁表面作上下运动。它既能保障气缸的密封以防燃气的泄漏,还能控油、布油利于润滑,并能阻止活塞与气缸壁发生直接撞击。当高压燃气进入到活塞环的背隙时,就会产生径向推力把活塞环紧紧压向缸壁,使活塞形成悬浮的状态。因此,保留合理大小的侧面间隙和背面间隙是十分必要的。背隙的存在有两个主要功能:一方面是为了避免活塞环因受热膨胀而卡在环槽里;另一方面是利于高压气体进入以增强环的贴合力,以防活塞与缸壁直接接触。

2.1.2 活塞环材料及其表面处理

活塞环的运动状况十分复杂,不仅存在高速高频的往复运动,还在环槽中作激烈的振动,工作环境恶劣,常受到高温高压燃气的侵蚀。理想的活塞环材料应具有良好的耐磨性、耐蚀性和导热性,足够的力学性能,即良好的抗弯强度和弹力保持性以及受热状态下有较高的疲劳强度,同时应具有良好的工艺制造性以及和气缸材料的磨合性。自内燃机产生以来,活塞环的材料、结构和制造工艺随着发动机的改进而得到了很大的发展。随着发动机生产向高速、强化、低能耗、低排放方向发展,采用合理的活塞环材料和表面处理方法显得尤为重要。

(1) 活塞环材料

① 铸铁类 铸铁是活塞环的传统材料,具有良好的耐磨性、工艺制造性和成本低廉的优点。现在比较成熟的铸铁活塞环毛坯的制造工艺有双片或四片铸造工艺。可用作活塞环材料的铸铁有灰铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁。铸铁活塞环的最大特点是含有自由石墨,一方面,石墨本身是润滑剂,因而可以改善摩擦磨损性能,另一方面,石墨可以成为裂纹源,直接影响基体的强度。为了改善其性能,常常加入一些合金元素如Cu、Cr、Mn、Mo、Nb、V和B等并进行一定的热处理。灰铸铁虽然力学性能较差,但它具有优良的顺应性,如工程机械领域中广泛使用的135系列柴油机仍然使用灰铸铁活塞环,其化学成分是石墨C 3.1%~3.5%、化合C 0.65%~0.90%、Si 1.6%~2.1%、Mn 0.6%~1.0%、Cr 0.2%~