

刘正林 张和平 高虹亮 编

简明 内燃机 维修手册



机械工业出版社
China Machine Press

简明内燃机维修手册

刘正林 张和平 高虹亮 编

机械工业出版社

本书以小型内燃机为主要介绍对象, 兼顾大中型柴油机、摩托车发动机。主要内容包括: 1. 内燃机故障诊断、检测及排除; 2. 小型内燃机的修理; 3. 大中型柴油机的修理; 4. 摩托车发动机的修理; 5. 内燃机的修理技术数据。此外, 还介绍了电子燃油喷射 (EFI)、排气净化等最新装置的使用和维修技术。本书内容充实, 数据可靠, 图文并茂, 阐述详细, 是以内燃机为动力的司机、操作人员、机修工人和有关工程技术人员的必备工具书。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明内燃机维修手册/刘正林, 张和平等编. —北京:
机械工业出版社, 2001.3
ISBN 7-111-08460-8

Ⅰ. 简… Ⅱ. ①刘…②张… Ⅲ. 内燃机-维修-技
术手册 N. TK407-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 54290 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 崔世荣 版式设计: 冉晓华 责任校对: 吴美英
封面设计: 方 芬 责任印制: 郭景龙
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2001 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
850mm×1168mm¹/₃₂·22.75 印张·2 插页·607 千字
0 001—4 000 册
定价: 43.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

随着科学技术的发展,内燃机品种的日益增多,新结构、新技术不断被采用,从而对内燃机的故障诊断、检测、排除及修理技术都提出了更高的要求。

本书从实用出发,以提高内燃机维修水平为目的,将内燃机的故障诊断、检测和修理有机地结合起来,除系统介绍了现代诊断、检测与修理手段和维护技术外,还进一步系统介绍了维修行业的各种传统维修技术。

本书第一章和第四章由高虹亮编写;第二章由张和平编写;第三章和第五章由刘正林编写。全书由刘正林统稿。

本书由武汉交通科技大学牛求煌教授审阅。

由于我们水平有限,时间仓促,书中不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第 1 章 内燃机故障诊断、检测及排除	1
1.1 内燃机故障诊断方法	1
1.1.1 内燃机运行状况故障诊断专家系统	1
1.1.2 各种仪器在内燃机故障诊断中的应用	3
1.1.3 内燃机故障人工判断法	5
1.2 内燃机燃料系统故障诊断、检测及排除	6
1.2.1 汽油机燃料系统故障诊断、检测及排除	6
1.2.2 柴油机燃料系统故障诊断、检测及排除	30
1.3 汽油机点火系统故障诊断、检测及排除	38
1.3.1 点火系统常见故障、检测及排除	38
1.3.2 汽油机点火装置故障判断实例	51
1.4 内燃机润滑技术状况诊断及检测	58
1.4.1 润滑系统常见故障	58
1.5 冷却系统故障诊断、检测及排除	70
1.5.1 冷却系统常见故障	70
1.6 内燃机异响的故障诊断及排除	79
1.6.1 柴油机排气异响的诊断及排除	79
1.6.2 曲柄连杆机构异响的诊断及排除	80
1.6.3 配气机构异响的诊断及排除	93
1.6.4 其它响声的诊断及排除	101
第 2 章 小型内燃机的修理	104
2.1 内燃机的解体与零件清洗	104
2.1.1 内燃机的解体修理条件	104
2.1.2 内燃机的解体步骤及方法	105

2.1.3 零件清洗	110
2.1.4 零件的检验与分类	119
2.2 配气机构的修理	123
2.2.1 气门组件及气门传动机构的修理	123
2.3 气缸体、气缸套、气缸盖的修理	152
2.3.1 气缸体的修理	152
2.3.2 气缸套的修理	165
2.3.3 气缸盖的修理	175
2.4 活塞、连杆组件的修理	181
2.4.1 活塞的修理	181
2.4.2 活塞环的修理	187
2.4.3 活塞销的修理	192
2.4.4 连杆的修理	197
2.5 曲轴飞轮组的修理	204
2.5.1 曲轴的修理	204
2.5.2 组合式曲轴的修理	217
2.5.3 曲轴轴承的修理	218
2.5.4 曲轴轴向自由行程（轴向间隙）的调整	222
2.5.5 飞轮组的修理	222
2.6 燃油系统的修理	224
2.6.1 柴油机燃油系统的修理	224
2.6.2 汽油机燃油系统的修理	256
2.7 进、排气系统的修理	280
2.7.1 空气滤清器的检修	280
2.7.2 进、排气歧管的检修	281
2.7.3 消声器的检修	281
2.7.4 排气净化装置的检修	282
2.8 冷却系统的修理	287
2.8.1 冷却系统的构成	287
2.8.2 散热器的修理	289
2.8.3 水泵的修理	293
2.8.4 节温器的修理	300
2.8.5 冷却水套的清洗	301

2.9 润滑系统的修理	302
2.9.1 润滑系统的构成及功用	302
2.9.2 机油泵的修理	303
2.9.3 机油滤清器的修理	309
2.9.4 机油散热器的修理	314
2.10 内燃机的装配及磨合试验	315
2.10.1 内燃机的总装配	316
2.10.2 内燃机装配后的磨合试验	323
第3章 大中型柴油机的修理	334
3.1 大中型柴油机修理的工艺特点	334
3.2 大中型柴油机的拆卸	334
3.2.1 拆卸	335
3.2.2 测量与检验	340
3.3 废气涡轮增压器的修理	348
3.3.1 废气涡轮增压器的常见故障及其产生原因	348
3.3.2 废气涡轮增压器的修理	353
3.4 大中型柴油机主要零件的修理	363
3.4.1 曲轴的修理	363
3.4.2 机座的修理	376
3.4.3 机架的修理	383
3.4.4 活塞组件的修理	385
3.4.5 气缸套的修理	395
3.4.6 气缸体的修理	399
3.4.7 气缸盖的修理	400
3.4.8 连杆的修理	403
3.4.9 推力轴承的修理	408
3.5 液压调速器的修理	410
3.5.1 液压调速器的故障分析及排除	410
3.5.2 调速器的拆卸	415
3.5.3 液压调速器零件的检修	417
3.5.4 调速器重装过程中的注意事项	418
3.5.5 液压调速器的试验	422

3.6 大中型柴油机的装配与试验	425
3.6.1 大中型柴油机的装配工艺特点	425
3.6.2 大中型柴油机的装配与安装	426
3.6.3 大中型柴油机检修后的试验	450
第4章 摩托车发动机的修理	457
4.1 摩托车发动机的常见故障	457
4.1.1 发动机异常响声及其排除	457
4.1.2 发动机起动不正常及其排除	459
4.1.3 发动机过热及其排除	463
4.1.4 发动机工作不均匀和不稳定及其排除	466
4.1.5 发动机自动停车及其排除	467
4.1.6 发动机怠速不良及其排除	469
4.1.7 发动机功率不足及其排除	470
4.1.8 发动机高速断火和加速熄火及其排除	472
4.1.9 排气管冒黑烟和排气管放炮及其排除	473
4.1.10 燃油和润滑油超耗及其排除	474
4.2 摩托车的修理工艺	477
4.2.1 摩托车的分解	477
4.2.2 零件清洗	478
4.2.3 摩托车主要零件的检修	478
4.2.4 摩托车磨合期的保养	499
4.2.5 汽油、润滑油的选用	501
第5章 内燃机的维修技术数据	503
5.1 内燃机的一般修理技术数据	503
5.1.1 汽车用内燃机的一般修理技术数据	503
5.1.2 几种常见汽车发动机的修理技术数据	520
5.1.3 进口汽车发动机的修理技术数据	579
5.1.4 农用发动机的修理技术数据	634
5.2 船用柴油机的修理技术数据	659
5.2.1 柴油机主要零件的磨损极限	659
5.2.2 柴油机主要零部件的配合间隙与极限间隙	661

5.3 常见摩托车发动机的修理技术数据	697
5.4 喷油泵调速器的调试数据	705
参考文献	716

第 1 章 内燃机故障诊断、检测及排除

1.1 内燃机故障诊断方法

内燃机故障诊断是内燃机修理的重要组成部分。内燃机零部件由于磨损等各种损伤,会使整机的性能恶化,引起故障与失效。因此,对内燃机的技术状态进行检测、诊断,便能及时发现隐患,采取措施,以保证发动机安全可靠地运行。

随着科学技术的发展,内燃机故障诊断技术取得了长足的进步,发展了以仪器设备进行故障诊断为主的单项检测技术,并出现了检测自动化、数据处理自动化等现代化检测技术,大大提高了故障诊断的可靠性和准确性。

目前,内燃机状态检测和故障诊断方法主要包括以下几个方面:

- 1) 内燃机运行状况故障诊断专家系统。
- 2) 各种仪器在内燃机故障诊断中的作用。
- 3) 内燃机故障人工判断法。

1.1.1 内燃机运行状况故障诊断专家系统

专家系统是人工智能的一个重要分支。它是将现代测试技术和领域专家经验与思维方式相结合运用到故障诊断方面,这无疑是诊断技术发展的重要方向。

1.1.1.1 诊断原理

根据逻辑诊断和数理统计相结合的原则,以数理统计分析内燃机运行时特征参数值的变化,进行逻辑诊断。内燃机各系统运转状态故障诊断逻辑关系可用图 1-1 故障树表示。

1.1.1.2 诊断方法

在故障诊断时,它首先运用所测得的内燃机振动噪声、温度、

压力等信号,显示内燃机可能出现故障范围,然后通过人机对话和进行辅助测试,找出故障的原因和部位。当找到故障源时,自动给出某些维修指导。

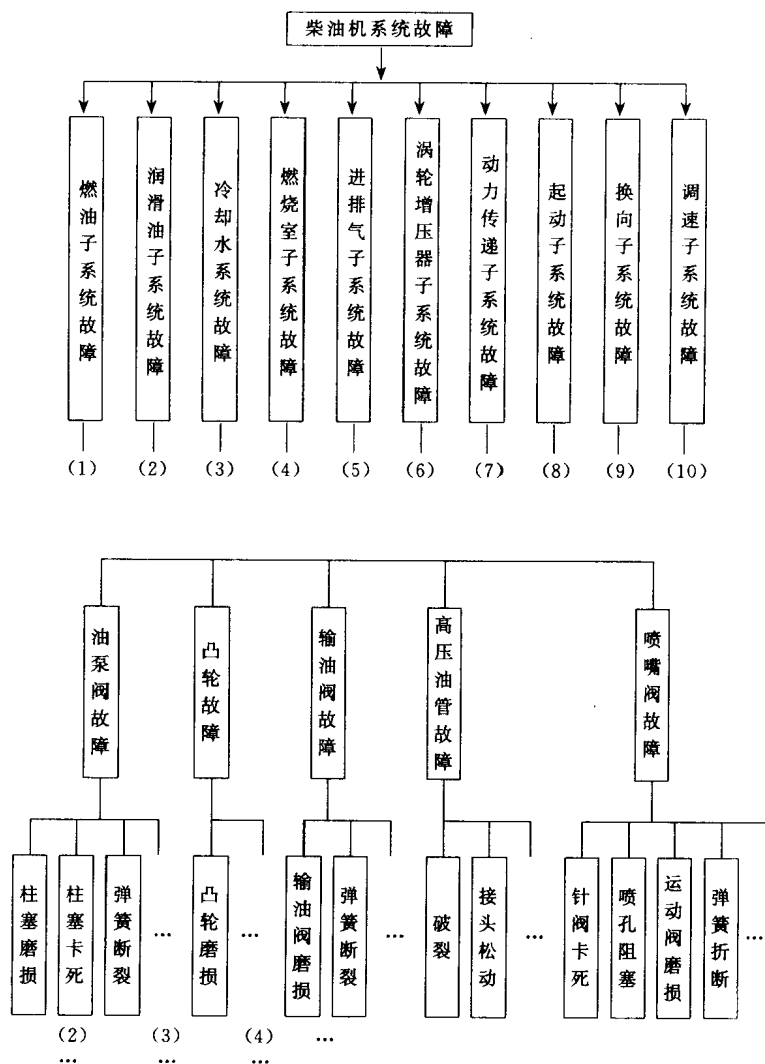


图 1-1 柴油机系统故障树

现在国内外已出现许多内燃机故障诊断系统,如美国的CATS-1型诊断和维修专家系统等。

1.1.2 各种仪器在内燃机故障诊断中的应用

1.1.2.1 铁谱分析仪器

铁谱分析仪器按其功能可划分为:分析铁谱系统(分析铁谱仪和铁谱显微镜)、直读铁谱仪、在线铁谱仪、旋转铁谱仪等。它们是通过对内燃机润滑油中的磨屑和污染物进行采集,从数量、尺寸、形貌和成分等方面来判断内燃机有关零部件的磨损程度和故障发展情况。

此外,还可采用在线铁谱仪来诊断内燃机故障。当在线铁谱仪发出故障征兆信号时,再采集样品,进一步用分析铁谱仪作精密诊断,以确定故障的形式、原因和部位。

1989年,西安交通大学润滑理论及轴承研究所,研制出了国内第一台功能较齐全的OLF-1在线铁谱仪,随后又研制了OLF-4在线铁谱仪。这种仪器使用方便,读数稳定性好,再现性高,分析结果与分析铁谱仪的结果相吻合,对大磨粒($>5\mu\text{m}$)比较敏感,可以用于现场有效地监测机械的磨损状态,现已用于电厂发电机用柴油机及炼油厂涡轮压缩机、齿轮箱等设备的状态监测。

1.1.2.2 光谱分析仪器

光谱分析仪器是利用光谱原理对元素进行原子光谱分析,以确定机械润滑油中磨损微粒的成分和数量,进而判断机械磨损状况。

常用的光谱分析仪器,主要有原子吸收光谱分析仪和发射光谱分析仪两种。前者具有灵敏度高、选择性与重现性好、测定元素范围广、操作简单、分析速度快的优点;后者可用于快速测定多种元素含量,但仪器价格昂贵。

许多统计资料表明,光谱分析法是一种十分有效的分析方法,具有很高的灵敏度和较高准确率的故障预报。例如,内燃机车运行期间,曲轴轴承诊断的可靠性为80%;活塞、气缸套部件诊断的可靠性为60%以上。

1.1.2.3 振动检测装置

振动监测技术,近年来在往复机械的内燃机中得到了应用,成功地对内燃机的主要运动部件的磨损等状态进行检测,是一种有发展前景的诊断方法之一。

1. 活塞、缸套部件磨损故障监测 气缸内磨损所产生的间隙变化引起了缸套振动的波形、功率谱图及总振级等特征的变化。反之,这些特征变化也反映了活塞、缸套间的间隙状态。

采用振动监测技术,可以不必直接测量缸套振动,而只要监测机身表面振动状态即可,其理由是,机身表面振动是内部各种激励力共同作用的反映。主要激励力,有气体压力、活塞连杆曲轴的往复惯性力、活塞横向脉冲冲击力以及气门机构运动冲击力等。这些激励的共同作用使得机身振动比较复杂,但其中由于活塞横向冲击力对机身振动的影响最显著,它的变化使振动的特征发生明显变化。所以,尽管多种激励力的作用交错在一起,但不影响识别机身对活塞撞击激励力的响应,从而能通过机身对缸内部件故障进行诊断。故障判断方法有以下几种判据:

(1) 功率谱带中功率比判据 由于缸内间隙加大,功率谱高频带能量逐步增大。高频带内能量与低频带内能量之比若超过某确定值,则可判定活塞、缸套间的间隙状态已恶化到什么程度。

(2) 机身表面振动加速度总振级判据 在内燃机机身上选择若干个测量点,测定正常工作状态下各点的总振级作为参考振级

$$V = \alpha V_0$$

式中 α ——系数,由具体发动机情况而定;

V_0 ——振动加速度总振级。

当测量值超过 V 时,结合 V_0 的变化趋势,可以对活塞、缸套的磨损状态作出判断。

(3) 拉缸时机身表面振动特征 一旦发生拉缸,不但总振级下降,而且振动功率谱中高频成分增加较多,能量分布带宽增加。故当频率谱中高频成分明显增加,总振级测量值明显小于基准时,可以认为是拉缸的前兆。

(4) 机身表面振动波形监测 将磨损后与正常状态下振动响应加速度幅值之比作为判据。

2. 连杆故障监测 连杆大端轴瓦磨损后会造成连杆轴瓦与曲柄销之间的间隙异常。这种异常在曲轴箱上可测得振动响应功率谱。按机型不同,连杆轴瓦的冲击能量集中在某一频率范围内;随着间隙的增大,该频率内功率谱呈增大的趋势。

连杆小端铜套磨损后可使间隙加大,导致连杆与活塞销的冲击作用增强。这种冲击激励的变化影响活塞横向撞击气缸套,并使机体的振动响应发生变化。因此,在缸套适当位置上,可以测量出反映连杆铜套与活塞销间隙变化的振动信号。该信号与缸内间隙引起的振动信号可通过时域差异而得到识别。此时,其总振级随连杆铜套间隙变化曲线呈单调递增状态,总振级值越大,磨损程度越严重。随着间隙的增大,从振动功率谱上可以看到振动能量有向高频带集中的趋势。

1.1.2.4 磁塞检测

磁塞检测,是利用磁性原理来监测润滑油中铁磁性材料磨粒。监测磨粒尺寸范围为 $25\sim 400\mu\text{m}$ 。

安装时,可将磁塞连接在润滑系统上,定期将吸附在磁铁上的磨屑取下,放在白纸上,用显微镜进行观察,以此判断零件磨损状况,也可将磁塞、润滑油路分别接上低压电源,但两者不导通,当磁塞上的铁磨屑积累到一定数量时,磁铁与润滑管路导通,即发出报警。

磁塞检测目前主要用于齿轮箱的磨损监测中。

1.1.3 内燃机故障人工判断法

内燃机故障人工判断法,是使用、修理和检验人员凭实际经验及一定的理论知识,在内燃机不解体或部分解体的情况下,借用简单工具,通过人眼、耳、鼻、手的直接感知和大脑的判断综合,来对内燃机技术状况进行定性分析、判断的方法。

在今后科学技术高度发展的相当长的时间内,人工判断方法仍会普遍采用,具有其独特的实用价值。虽然这种方法的判断速

度、准确性与专业技术人员的技术水平有密切关系，且无法定量分析，但它不需要专门的仪器设备，不需要投资，使用十分方便，受到有关人员的欢迎。

内燃机故障人工判断法详见后续章节。

1.2 内燃机燃料系统故障诊断、检测及排除

1.2.1 汽油机燃料系统故障诊断、检测及排除

汽油机燃料系统有两种结构形式，一是化油器式，另一是汽油直接喷射式。

1.2.1.1 化油器式汽油机

1. 发动机怠速不良 发动机怠速运转是否良好是衡量发动机性能好坏的重要指标之一。如果发动机怠速不稳，则会造成发动机经常熄火，难以驾驶；反之，如果发动机怠速过高，则增加燃料消耗，使发动机温度升高，磨损加快。

(1) 发动机怠速不稳 发动机怠速运转时，发生抖动，转速高低不均匀。

1) 进气系统漏气 检查进气歧管、管垫或化油器下体是否漏气，必要时更换密封垫或修复密封面。

2) 可燃混合气过浓或过淡 由于怠速空气量孔堵塞，不能进入适当的怠速空气量，致使混合气变浓；由于节气门轴与轴孔间隙过大，则进入的空气冲淡了混合气。

检查怠速空气量孔是否堵塞，可卸下空气滤清器，让发动机在怠速下运转，用手指堵住怠速空气量孔，如果这时发动机运转发生变化，有熄火动向，说明空气量孔是畅通的；反之，说明空气量孔被堵塞，不起作用。怠速空气量孔和油道经过疏通和调节后仍无怠速，可将怠速量孔拆下继续试验。若有好转，则说明怠速油道仍有堵塞。

采用双腔化油器的发动机，若怠速不稳、机体抖动，应检查两个怠速量孔是否调整一致。

3) 空气滤清器堵塞 清洗或更换空气滤清器滤芯。

4) 废气再循环系统工作不良 检查、修理废气再循环系统。

5) 热怠速补偿器失效 更换热怠速补偿器。

(2) 发动机怠速过高 是指怠速转速超过规定范围而无法调低, 或调低后发动机就熄火。

1) 化油器节气门不能回位 其原因有三个: 一是节气门轴与轴孔摩擦阻力大或节气门阀盘变形; 二是节气门弹簧弹力不够; 三是节气门控制机构“发卡”。

检查并修理节气门控制机构和节气门各运动部件, 必要时更换弹簧和损坏部件。例如解放 CA10 系列、东风 EQ140 系列、跃进 NJ130 型等载重汽车, 自驾驶室内加速踏板至化油器的节气门(油门)的传动机构, 需要通过一系列杠杆连接传动, 则称为刚性结构。随着车辆变型、改装增多(如 492Q 汽油机), 例如面包车、双(单)排座驾驶室车型等, 由于发动机安装位置变动, 将化油器节气门连接传动机构改用钢丝绳索外包护管连接, 即所谓柔性结构。在实际使用中, 由于钢丝绳摩擦拉毛而滞呆、锈涩, 影响驾驶员对油门的控制。有时急待加速, 因钢丝绳反应迟缓无法加速; 有时要减速缓行, 无法抬起油门。出现这种故障, 一般要更换优质钢丝绳索, 但要根本解决问题, 还应采用刚性结构。

2) 怠速量孔过大 怠速量孔脱落或在修理化油器时将怠速量孔捅大了, 应更换或安装标准怠速量孔。

3) 快怠速设置不妥 重新调整快怠速系统。

(3) 发动机无怠速 发动机起动后, 油门不能完全放松, 否则就要熄火。

1) 怠速量孔、油道和气道不畅 清洗化油器, 用压缩空气将化油器的通道吹干净。

2) 怠速电磁阀不能打开 如果电磁阀导线虚接而产生无怠速, 只要将电磁阀直接接通即可。当打开电门开关时, 将耳朵靠近电磁阀附近倾听有无“嗒”的一声; 如无声响, 即为电磁阀损坏, 要进行更换。

3) 化油器浮子室油位过低 发动机在不同工作状态时, 化油

器浮子室中的油面高度都不同。设计化油器时是以怠速油面高度为准,检查调整时也应以此为准。例如解放CA10和CA10B汽车所装的231A系列化油器浮子室检查时,拆下浮子室油平面检查螺塞,在发动机怠速时观察,油面与螺孔最下边齐平时即为合适。如果化油器未装到车上,也可用油泵或手摇泵按规定压力输油至浮子室,汽油不应从检查孔流出。如果油面高度不符合规定,需要调整时,可将浮子摇臂上的舌头和针阀垫圈厚度进行调整。

4) 曲轴箱通风单向阀工作不良 清洗曲轴箱通风单向阀,必要时更换。

5) 怠速调整不当 重新调整化油器怠速调整螺钉和节气门限位螺钉,使怠速达到要求。例如231A化油器怠速的简单调整方法是:先将怠速混合气调整螺钉拧到底,外旋 $1/4$ 圈。接着再调整节气门开度调整螺钉至最小开度。这时过渡喷口不喷油而是进空气,所以仅有怠速喷口喷油。这样只需进行一次,即可达到最低稳定转速。

当精确调整怠速时,一定要将冷态发动机预热。汽车发动机无怠速故障诊断程序见图1-2所示。

2. 发动机起动故障 发动机气缸内无可燃混合气或可燃混合气过浓或过稀,均会造成发动机不能起动或起动困难。

(1) 空气滤清器脏污 拆下空气滤清器,检查其纸质芯子是否被积存物阻塞,已脏污的空气滤清器可用压缩空气将折叠间的积尘吹去。必要时更换滤芯。

(2) 燃油滤清器脏污 将六角螺母拧松,拆下内装式滤清器,其它形式的滤清器拆下方法按汽车手册内所述程序进行。取出滤清器后,用汽油彻底清洗,并在安装前清除所有杂质。当发现有不纯物质存在时,要检查燃料系中其它滤清器,但电燃料泵应在工作时适时进行。

(3) 燃料泵故障 燃料泵有电燃料泵和机械燃料泵两种。检查燃料泵,若发现其摇臂、顶杆或拉杆磨损,则应进行修复并进行调整;若泵膜压紧螺母松动,则紧固螺母应重新调试;若泵膜