

机车内燃机敲缸故障的特征与诊断*

孙惠国 张端林 王洪海

(振动工程研究所)

摘 要: 本文在分析机车内燃机故障复杂性的基础上研究了常见敲缸故障的机理, 并通过大量的现场数据分析与处理找出了敲缸故障的特征, 给出该故障的诊断方法。

关键词: 机车内燃机, 敲缸故障, 故障诊断

中图分类号: TP39

机车内燃机状态的好坏直接影响着机车运行的安全性和可靠性, 因此及时准确的诊断内燃机的故障, 保证机车的安全运行, 并避免不必要拆检而造成的过剩维修, 有着十分明显的经济效益和社会效益。

由于机车内燃机结构复杂, 既有旋转运动部件, 又有往复运动部件, 同时处于高速行驶之中, 因此其复杂性主要表现在以下几个方面:

- ① 内燃机是一个复杂的系统, 它的运动部分活塞一曲轴机构既有旋转运动引起的振动, 又有往复运动产生的振动, 还有燃烧时冲击造成的振动。
- ② 内燃机的振动不仅随负荷而异, 而且在转速一定时, 其负荷也随道路情况而异。
- ③ 内燃机的曲轴较长, 不仅车身容易变形, 而且受车身变形的影响。
- ④ 各种振动是同时发生的, 如气体压力引起燃烧室组件的振动, 活塞撞击连杆引起的振动, 活塞撞击气缸引起的振动等几乎都在同一时刻发生, 因此相互干扰大。
- ⑤ 内燃机出现的各种撞击力, 其大小都具有不稳定性。
- ⑥ 辅助机械多, 如高压泵、滑油泵、冷却泵、增压器、齿轮箱等, 它们之中既有往复机械又有旋转机械, 对主机振动的影响大。
- ⑦ 缸数多, 互相耦合, 相互干扰。

上述众多的原因及其它原因使得内燃机的振动十分复杂, 给故障诊断带来更多的困难, 因此许多问题有待于进一步研究。

* 收稿日期: 1994-06-27

1 敲缸故障机理

敲缸是内燃机常见故障之一，是指曲柄机构振动与气体波动撞击气缸壁或气盖的异常现象。敲缸故障发生时，伴随着令人厌烦的噪声和剧烈的振动，使零件受力增加，严重影响内燃机的正常工作，造成使用寿命缩短。

内燃机敲缸的主要原因是：

图 1 是柴油机单缸点火示意图。由于活塞与气缸壁之间的间隙和燃烧过程中推着活塞顶部产生的高压，当曲轴转到使活塞刚过上止点后，便发生图 1b 所示的击缸现象，是柴油机的活塞与气缸壁撞击而产生的激励。

在活塞撞击缸壁的瞬时，不考虑摩擦力，图 1b 中连杆受力情况可用图 1c 表示。

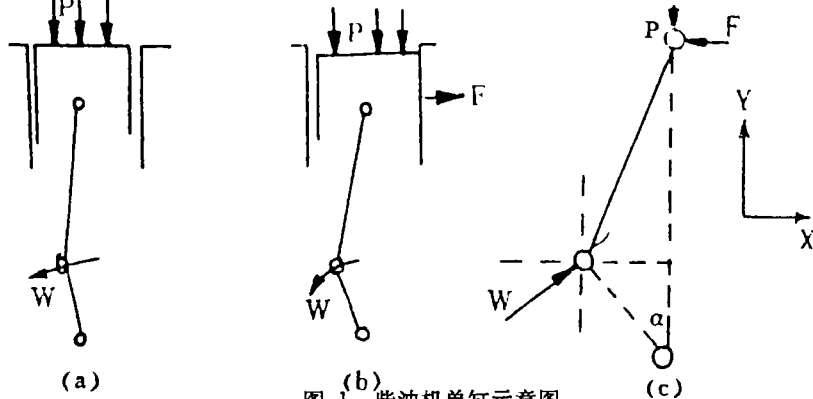


图 1 柴油机单缸示意图

由 $\sum F_y = 0$, $W \sin \alpha = P$

$W = P / \sin \alpha$

由 $\sum F_x = 0$, 知 $W \cos \alpha = F$

$F = P \cos \alpha / \sin \alpha = P \operatorname{ctg} \alpha$

当曲轴刚转过上止点位置时， α 角很小，而 $\operatorname{ctg} \alpha$ 值很大，因此作用于缸壁的力 F 比气体压力 P 增加的大得多，图 2 是气缸内气体压力 P 与曲轴转角之间的关系曲线。

由图中可见活塞击缸几乎与气体压力的最高点同时发生，两者共同作用便出现柴油机

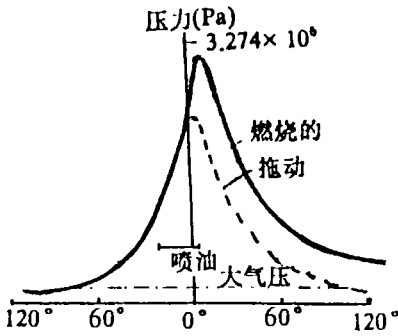


图 2 缸内压力曲线

击缸故障，但主要是活塞击缸，而气体压力直接作用于缸盖的激励是次要的。

对于 12V240Z 机车内燃机，一般撞击引起的气缸壁振动发生在发动机大约转动 40 度角范围，当转速为 16 位时，持续时间约为 6.6ms。当发生敲缸故障时，由于点火提前，活塞达上止点前已经开始，撞击持续时间将增加，燃烧压力的增大，振动响应的峰一峰值也增大。

2 敲缸故障的特征

12V24Z 机车内燃机的基本参数如下:

型式: 四冲程、V 型、水冷、直喷射式, 开式燃烧室、单极脉冲废气涡轮增压, 增压空气空间冷却。

气缸数: 主排 1—2—3—4—5—6, 副排 7—8—9—10—11—12。

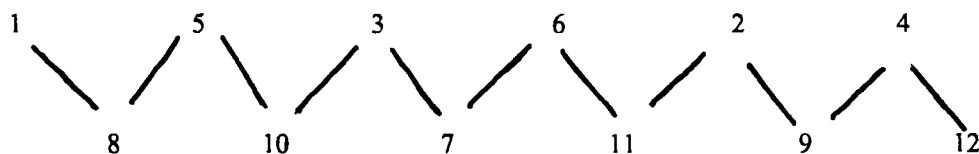
气缸直径: 240mm

活塞行程: 主缸 260mm, 副缸 273.51mm

标定功率: 1986—2206KW (2700—3000 马力)

转 速: 1100r/min

发火顺序:



配气相位: 进气门开—上止点前 60 度, 进气门关—下止点后 50 度, 排气门开—下止点前 50 度, 排气门关—下止点后 60 度。

几何喷油提前角: 22 度—24 度。

通过对大量该型号 (12V240Z 型) 机车内燃机的跟踪研究和现场实测数据的分析处理可将该型号机车内燃机分为正常状态、轻微敲缸状态、严重敲缸状态。

在内燃机正常状态下, 内燃机发火时的加速度响应幅值为小于 1V, 时间延迟为 7.4ms 左右, 如图 1a, 加速度响应的功率谱在 0—4.5KHz 之间, 响应的整个频率可划为三个频带, 即 0—1.5KHz, 1.5—3.0KHz, 3.0—4.5KHz, 而振动能量主要集中在第一、二频带。

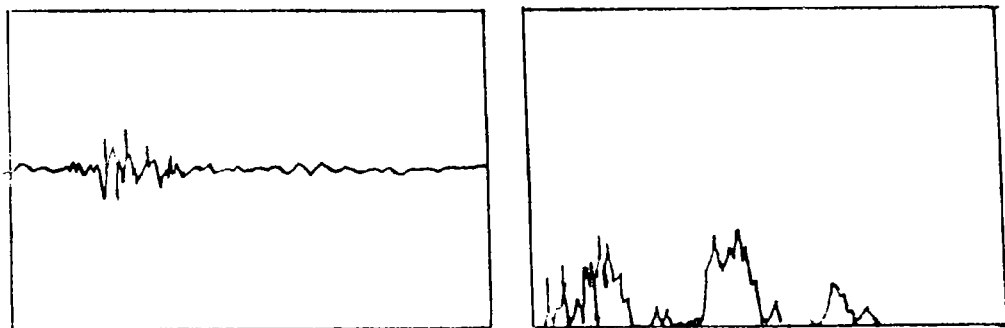


图 3 正常信号分析

当内燃机发生轻微敲缸时, 其加速度响应幅值为正常状态的 1.5—2 倍, 频域内三个

频带的峰值分别增大 4—10dB，最为明显的是时间延迟的增大，一般接近 20ms。

当内燃机发生严重敲缸时，内燃机发火时的加速度幅值大于正常状态的 3 倍，时间延迟与一般敲缸状态的时间延迟相接近，但频域内三个频带的幅值都明显增加，特别是第一、二频带都比正常状态增加 20dB 以上。

3 论断实例

根据机车内燃机正常状态、一般敲缸状态、严重敲缸状态的信号特征，对 12V240Z 型 3224 号机车内燃机第 5 缸的振动进行检测，其时域波形和功率谱如图 3 所示，各特征参数值如表 1。

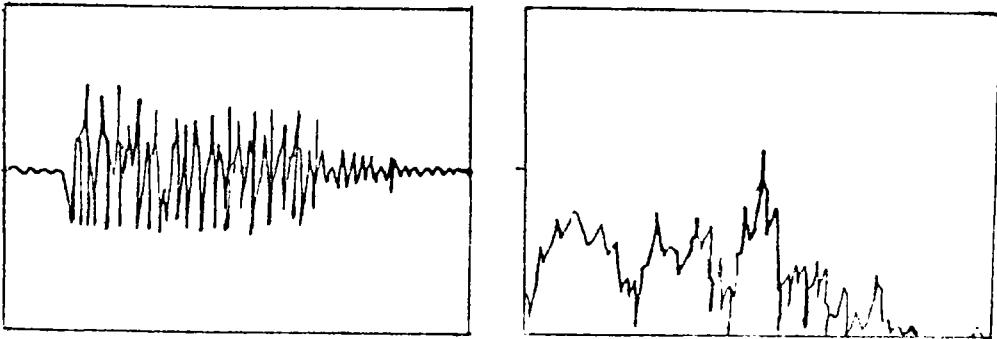


图 4 严重敲缸信号分析

表 1 实际状态的特征参数与正常状态的对比变化

时域		功率谱		
峰—峰（增长）	时间延迟（增加）	一频带（增加）	二频带（增加）	三频带（增加）
4.5 倍	1.51ms	25dB	23dB	5dB

论断结论：该内燃机第五缸为严重敲缸。该诊断结论与内燃机实际检修结果相一致。

参 考 文 献

1 孙惠国.张瑞林.设备状态监测与故障诊断.河南科学技术出版社.1993.5

2 [日]长池服.关于内燃机振支与噪声的基础研究.机学论.1986

3 张世芳.徐惠康.内燃机车柴油机.中国铁道出版社.1987

4 Collacott, R. A., Mechanical Fault Diagnosis and Condition Monitoring. Chaman and hall London, 1977

5 刘忠文.周轶尘.利用振动信号论断发动机连杆故障.内燃机学报.1990, 1

(下转 51 页)

Harmonic analysis of type 6K electrified locomotive circuit

Zhou Yong

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: Electrified locomotive is one of the main harmonic source in the electric power system. In this paper, the circuit character of type 6K electrified locomotive is introduced, the change law of locomotive current is analysed and the calculation method of harmonic current is given.

Keywords: electrified locomotive, harmonic current

(上接 33 页)

The Characteristic and Diagnosis of Struck—cylinder Fault of Internal Combustion Engine of Trains

Sun Huiguo Zhang Ruilin Wang Honghai

(Vibration Research Center)

Abstract: The paper studied the principle of struck—cylinder fault, based on the analysis of complexity of ICE faults. In the mean time, it found the characteristic of struck—cylinder fault and put forward the methods of fault diagnosis, according to processing and analysis of a large of on—line data.

Keywords: Internal combustion engine of trains, Struck—cylinder fault, Fault diagnosis