

减振与降噪

8DKM-28 柴油机噪声试验分析研究

尹 东

(陕西柴油机重工有限公司, 陕西 兴平 713105)

摘要: 通过对 8DKM-28 柴油机相关部位的噪声测试, 得到了 8DKM-28 柴油机的噪声分布。结果表明, 该型柴油机泵传动齿轮箱部位为最大噪声源。相应对策是: 将齿轮制造工艺改进和设计改进结合起来, 重点控制齿轮基节偏差等齿形精度、机身中间齿轮轴孔和定位销孔的位置度和同轴度; 控制滑油压力; 及排气消音器的设计、选型工作。

关键词: 8DKM-28 柴油机; 噪声; 齿轮箱; 制造

中图分类号: TK421+.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2013)04-0029-03

Noise Experimental Research on 8DKM-28 Diesel Engine

Yin Dong

(Shanxi Diesel Engine Heavy Industry Co., Ltd., Shanxi Xingping 713105)

Abstract: Through noise test on 8DKM-28 diesel engine's relative parts, the noise distribution of 8DKM-28 diesel engine was obtained. The results show that the main noise comes from the pump drive gear box. Through analysis, the solutions are given, which combines improvement on both manufacturing process and design. The key points are controlling gear's precision such as base circle pitch deviation, controlling true position and concentricity of shaft hole of intermediate gear and dowel hole; controlling lube oil pressure; as well as the design of exhaust silencer and type-selecting.

Keywords: 8DKM-28 diesel engine; noise; gear box; manufacturing

0 引言

噪声是评价船用柴油机机舱舒适度及环境污染的重要指标, 国家于 2009 年重新修订并分别颁布了《GB 11871-2009 船用柴油机辐射的空气噪声极限值》、《GB/9911-2009 船用柴油机辐射的空气噪声的测量方法》, 对船用柴油机噪声辐射的限制更加严格。8DKM-28 柴油机是公司的主力机型, 销售量很大, 降低噪声的意义重大。因此有必要对 8DKM-28 柴油机的噪声辐射进行识别分析, 为降低 8DKM-28 柴油机的噪声辐射提供科学依据。

1 8DKM-28 柴油机表面噪声源的识别

1.1 8DKM-28 柴油机特性参数

8DKM-28 柴油机特性参数见表 1。

表 1 8DKM-28 柴油机特性参数

型式	四冲程、单作用、筒形活塞、直接喷射、废气涡轮增压、中冷不可逆转直列式船用柴油机
增压器	VTR304(TPS61-F)
中冷器	DAB117S-AR
气缸数	8
缸径/mm	280
行程/mm	390
额定转速/(r·min ⁻¹)	750

收稿日期: 2012-11-14; 修回日期: 2013-02-21

作者简介: 尹东(1972-), 男, 工程师, 主要研究方向为柴油机的设计与制造。

(续表)

额定功率/kW	2 500
活塞平均速度/(m·s ⁻¹)	9.75
平均有效压力/MPa	2.09
最高燃烧压力/MPa	15.7
最低空转转速/(r·min ⁻¹)	400
泵传动齿轮箱	
调速器传动齿轮	齿数: Z17
中间齿轮-1	齿数: Z78
中间齿轮-2	齿数: Z54
水泵传动齿轮	
曲轴齿轮	齿数: Z52
滑油泵传动齿轮	齿数: Z57
凸轮轴传动齿轮	齿数: Z72
排气管	脉冲转换器蜗轮增压系统 (简称 PC 系统)
起动方式	压缩空气 1.5 ~ 3.0 MPa
发火顺序	1-3-2-5-8-6-7-4-1
冷却方式	缸套、喷嘴、增压器: 淡水冷却 滑油冷却器、淡水冷却器、空 冷器; 海水冷却活塞; 滑油冷却
燃油消耗率 /(g·(kW·h) ⁻¹)	194 (ISO 标准环境下 并且不带水泵)
滑油消耗率 /(g·(kW·h) ⁻¹)	<0.8 (设计值)
重量/kg	27 000

1.2 8DKM-28 柴油机噪声测试

推进特性试验时, 在 100% 工况 (2 500 kW, 750 (r·min⁻¹)) 下用 ND2 型精密声级计, 按试验大纲要求, 分别在柴油机前后左右距离柴油机表面 1 m 处 (见图 1 测点布置图) 测量柴油机的噪声, 结果见表 2。

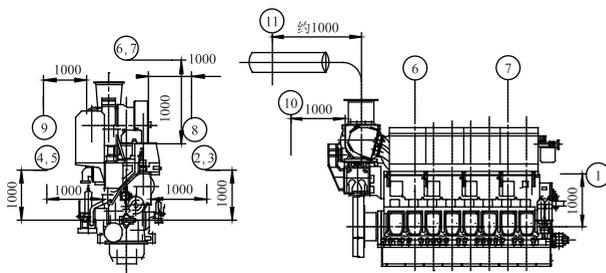


图 1 测点布置图

由以上结果可以看出, 该型柴油机最大噪声源分布在泵传动齿轮箱部位, 其次为增压器、排气管附近和缸盖罩壳部位。

表 2 噪声测量结果

测点	噪声/dB
①	109
②	102
③	102.5
④	104.5

(续表)

⑤	103.8
⑥	105
⑦	106
⑧	107
⑨	106
⑩	106.5
⑪	105

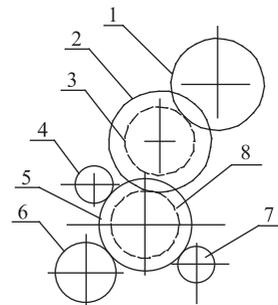
2 影响 8DKM-28 柴油机噪声的因素

2.1 齿轮箱噪声的影响

由表 2 可见 8DKM-28 柴油机的最大噪声源在齿轮箱处, 影响齿轮箱噪声的因素主要有以下三个方面。

2.1.1 机身齿轮轴孔的形位公差、及其定位销精度的影响。

8DKM-28 柴油机齿轮箱轮系布置见图 2, 该轮系有 8 个齿轮, 齿轮多, 轮系十分复杂, 机身上各个齿轮孔形状公差超差, 如平行度超差时, 按目前图纸尺寸会造成各个齿轮啮合部位点接触, 使各个齿轮在啮合时互相撞击, 产生很大的高频噪声; 当位置度超差时, 会造成齿隙过小, 啮合齿轮之间形成挤压噪声。



1-凸轮轴齿轮 2-中间齿轮-1 3-中间齿轮-2
4-高温淡水水泵齿轮 5-中间齿轮-3 6-滑油泵齿轮
7-海水泵齿轮 8-曲轴齿轮

图 2 8DKM-28 柴油机齿轮系布置

由于中间齿轮-2 安装在中间齿轮轴上, 而中间齿轮轴又通过销孔为阶梯销定位安装在机身上, 中间齿轮-1 通过阶梯销定位、螺栓紧固安装在中间齿轮-2 上, 因此各个定位销孔超差除了会产生啮合齿轮的高频噪声和挤压噪声外, 会使中间齿轮-1 与中间齿轮-2 之间, 中间齿轮轴与机身之间产生摩擦, 形成摩擦噪声。

2.1.2 轮齿制造精度的影响

齿轮齿形精度是影响齿轮箱噪声的主要因素, 其中周节偏差影响最大。当一对啮合齿轮的周节不相等时, 就会导致一对轮齿啮合过渡到另一对轮齿时产生振动和噪声, 如图 3 所示。例如主动齿轮的

基节大于从动齿轮的基节时, 当第一对轮齿 A1、A2 啮合结束时, 第二对轮齿尚未进入啮合状态, 而是主动齿轮的齿顶沿着从动齿轮的齿根刮行(简称齿顶刃啮合或者齿顶根切), 产生摩擦, 形成噪声, 同时也使从动齿轮的速度变慢, 直到第二对轮齿 B1、B2 进入啮合, 导致从动齿轮转速又突然加快, 瞬时速度发生变化, 引起撞击, 产生撞击噪声。相反, 当主动齿轮的基节小于从动齿轮的基节时, 第一对轮齿 A1、A2 啮合还未结束时, 第二对轮齿已经进入啮合状态, 但是啮合点偏离啮合线, 这样主动轮齿 B1 的腹部就会撞击 B2 的顶部, 使从动齿轮突然加速, 强迫主、从动齿轮 A1、A2 脱离啮合, 同样产生瞬时速度突变, 造成撞击噪声。

齿形误差的影响。在齿轮的实际生产中, 由于刀具、机床精度的影响, 不可能获得完全正确的渐开线齿形。一对齿轮 A1、A2 啮合时, 实际啮合点往往与理论的啮合点不一致, 发生偏离, 造成瞬时速度比发生突变, 使齿轮传动的平衡性遭到破坏, 产生振动和低频噪声。如图4所示。图中 a' 点为实际啮合点, a 点为理论啮合点。

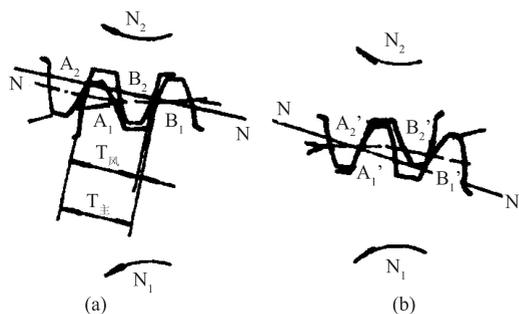


图3

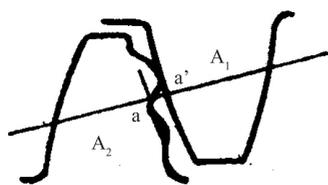


图4

其他因素的影响。例如齿轮个别齿的周节突变、轮齿有毛刺、碰伤等, 在齿轮的啮合过程中会发生杂音, 频率低且无规则。齿轮的径向跳动在齿轮的一转内也会引起轮齿周节的累计误差, 在加速度的影响下, 会使齿轮出现脱齿啮合, 无齿隙或者小齿隙啮合, 使主、从动齿轮产生干涉, 噪声急剧上升。另外, 轮齿的表面粗糙度也有影响, 经验表明: 轮齿的表面粗糙度越高, 噪声越大; 表面粗糙度越低, 噪声越小。还有齿轮的轮辐结构、材料匹

配对噪声都有一定影响。

2.1.3 齿轮润滑因素的影响

齿轮的润滑好坏对齿轮噪声有很大影响。8DKM-28 柴油机齿轮箱采用喷嘴强制润滑, 当滑油压力正常时, 各个齿轮都能得到很好的润滑, 但是当滑油冷却器油腔、滑油滤器污染严重时, 会造成滑油压力过低, 使各个齿轮副之间润滑不良, 轮齿之间形成干摩擦, 使噪声加大。因此要严格按照说明书的要求对滑油冷却器、滑油滤器进行定期清洗保养, 保证滑油压力时刻处于正常范围内。

2.2 排气噪声的影响

8DKM-28 柴油机通过燃烧将柴油的化学能转化为机械能, 通过曲柄连杆机构向外输出, 最后形成废气排出机外。这种废气具有温度高、气流强、烟度高、腐蚀性强的特点。高温高压废气形成的噪声主要由三部分构成: 间歇性排气形成的噪声、排气管内形成的共鸣声、高速气流带来的噪声, 以间歇性低频气流噪声为主。由这三部分噪声合成的噪声(将其通称为排气噪声)是 8DKM-28 柴油机的主要噪声源之一, 见图1、表2中的6、7、8、9、10测点噪声。

3 降低 8DKM-28 柴油机噪声的措施

(1) 提高齿轮制造精度。齿轮加工工艺一般为插齿、滚齿、用标准剃齿刀剃齿。一般基节偏差为 ± 0.03 mm, 齿形误差最大 ± 0.06 mm。试验结果表明, 在生产工艺不变、齿形误差仍为 ± 0.06 的情况下, 当基节偏差控制在 ± 0.01 mm 时, 齿轮噪声可以降低 3 dB 以上。为了有效控制基节偏差的影响, 在剃齿时应对剃齿刀进行修缘, 使其齿形中凹 0.01 ~ 0.03 mm, 使被加工齿轮的根部和齿顶多切一些, 呈中凸, 人为地减少基节偏差。

(2) 提高机身齿轮轴孔尺寸及位置精度。为了减小机身齿轮轴孔尺寸和位置误差对齿轮噪声的影响, 应采用三坐标测量仪定期抽查检验齿轮轴孔尺寸和位置误差, 以便及时调整, 确保精度。

中间齿轮轴与机身的定位销孔的位置度决定了齿轮的安装精度, 因此其精度等级必须严格控制在 7 级以上, 最佳为 5 ~ 6 级, 最好为中间齿轮轴销孔与机身销孔同铰。图纸要求定位销孔为 $2-\phi 12\text{RmH}7_{0}^{+0.018}$, 超差后销孔尺寸最大为 $2-\phi 12_{0}^{+0.048}$, 在其他条件不变时定位销孔超差是柴油机噪声加大的重要原因之一。因此, 要从机械加工操作及其工艺方面给予保证。

(下转第 49 页)

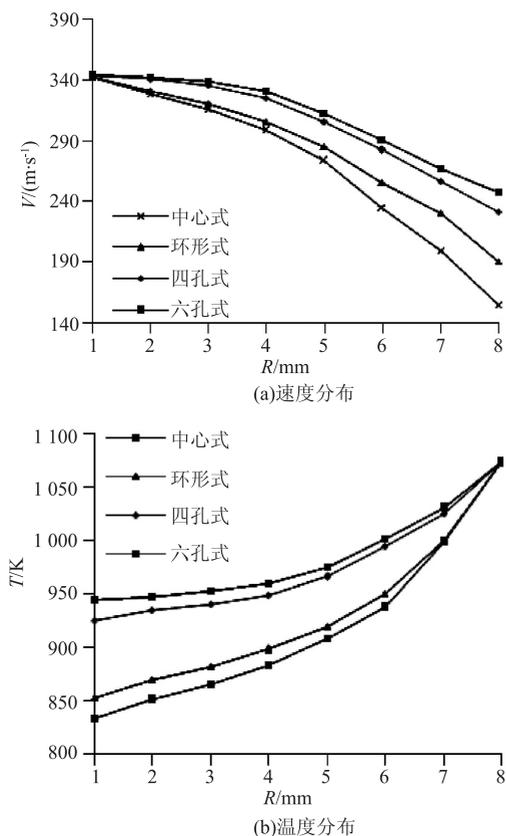


图6 不同喷嘴方案引射器出口截面2处的速度和温度分布

表1 不同喷嘴方案引射器出口截面2处的CO₂浓度分布 单位:%

喷嘴方案	最大值	最小值	平均值
中心式	100	67.6	78.6
环形式	95.3	72.1	80.2
四孔均布式	92.6	80.7	84.3
六孔均布式	92.4	85.7	87.4

(上接第31页)

(3) 定期对润滑油冷却器、滑油滤器进行清洗保养, 确保滑油压力在规定值以上, 避免齿轮啮合时的干摩擦。

(4) 设计排气消音器对排气噪声进行衰减。

4 结束语

通过对8DKM-28柴油机相关部位噪声的测试, 明确了8DKM-28柴油机相关部位的噪声分布; 其结果表明泵传动齿轮箱部位为最大噪声源。对此进行了原因分析, 并提出了相应对策, 为8DKM-28

3.3 不同喷嘴方案引射器引射系数

不同喷嘴方案引射器引射系数计算结果如表2所示。引射系数指二次流体质量流量与一次流体质量流量的比值, 是描述引射器性能的重要参数。从计算结果可以看出, 中心式引射器引射系数最小, 六孔均布式引射器引射系数最大, 说明采用多孔式喷嘴的引射器更能够提升引射器的引射性能。

表2 不同喷嘴方案引射器的引射系数

喷嘴方案	引射系数 n
中心式	4.00
环形式	4.23
四孔均布式	5.60
六孔均布式	6.47

4 结论

(1) 在一次流体总质量流量和喷嘴总流通面积相同的条件下, 多孔式喷嘴引射器的速度、温度及浓度分布均匀性明显优于中心、环形式喷嘴引射器, 喷嘴数量越多均匀性越好; 多孔式喷嘴引射器的引射系数明显大于中心、环形式喷嘴引射器, 喷嘴数量越多引射系数越大。

(2) 多孔式喷嘴引射器引射性能较好, 在应用于小空间的引射器设计中应采用多孔式喷嘴引射器形式。

参考文献

- [1] 吴继平. 高增压比多喷管超声速引射器设计理论、方法与实验研究[D]. 合肥: 国防科技大学, 2007.
- [2] 王红霞. 气体喷射器的设计及数值模拟研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2009.

柴油机降低噪声提供了科学依据

柴油机噪声控制是一项复杂的系统工程, 必须采取综合治理的措施。对于泵传动齿轮箱的噪声来讲, 必须将齿轮制造工艺改进和设计改进结合起来, 才能有效地降低泵传动齿轮箱噪声。单独强调从某一方面来解决是不现实的。值得注意的是在诸多的影响因素中, 应重点控制好齿轮基节偏差等齿形精度、机身中间齿轮轴孔和定位销孔的位置度和同轴度; 做好滑油压力的控制工作及排气消音器的设计、选型工作。