

## 运用检修

# 轨道车辆轴瓦结构齿轮箱温升高 问题分析及改进

王 敏, 苗 武, 付秀洪

(宝鸡南车时代工程机械有限公司, 陕西 宝鸡 721003)

**摘 要:** 针对轨道车辆轴瓦结构齿轮箱温升高问题进行原因分析, 提出了改进措施, 通过散热计算验证了改进后齿轮箱的散热能力, 并通过试验验证及运行考核进一步证明了改进后的齿轮箱运转平稳、温升正常, 且散热性能良好。

**关键词:** 轨道车辆; 齿轮箱; 温升高; 结构改进; 散热计算

中图分类号: U273; U260.332

文献标识码: B

文章编号: 1000-128X(2015)02-0112-02

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2015.02.028

轴瓦结构齿轮箱是轨道工程车辆主传动的重要部件, 其功能是将车辆的牵引动力传递到轮对。随着轨道车辆运行速度的提高, 该结构齿轮箱出现了在试验、运行过程中温升过高的现象, 不能满足 120 km/h 高速运行要求。同时, 齿轮箱温升过高会导致润滑油的粘度下降, 油膜厚度减小, 增加了齿轮的磨损, 使得齿轮啮合间隙变大, 齿轮箱噪声增大, 进而引起润滑油杂质增多或变质, 齿轮啮合部位损伤、轴承磨损严重或损坏, 齿轮箱渗、漏油等现象, 严重影响了齿轮箱的可靠性及车辆运行的安全性。

## 1 齿轮箱结构及温升高分析

轴瓦结构齿轮箱为二级减速。一级为锥齿轮传动, 二级为直齿轮传动。齿轮箱分前箱体、上箱体和下箱体, 齿轮箱的输入轴、中间轴两端支撑采用滚动轴承, 抱轴轴承为轴瓦(滑动轴承); 齿轮箱密封为非接触迷宫式密封, 整个系统润滑采用油泵强迫润滑和飞溅润滑相结合。

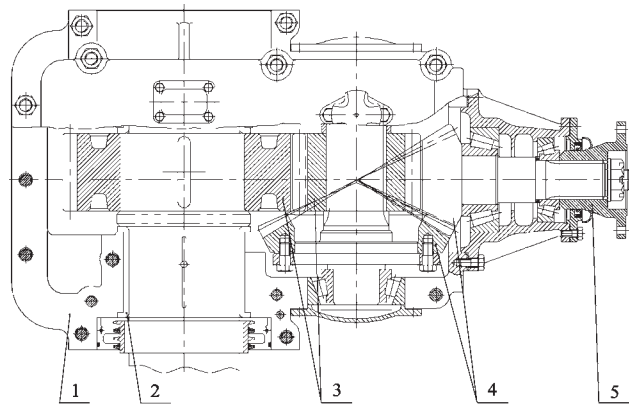
轴瓦结构齿轮箱示意图见图 1。

齿轮箱传递功率损失主要有: 轴承损失、齿轮啮合损失、搅油损失和风阻损失。

齿轮箱的热传递机理是: 传递功率损失在齿轮箱内转化成热能, 使得齿轮箱内润滑油温度上升, 根据热流方向从温度高处向低处流动原理, 热能最终通过齿轮箱表面散发并传递, 最终达到热平衡温度。

由此可以看出, 影响齿轮箱温度的因素主要有二方面: 一是齿轮箱传递损失功率; 二是

齿轮箱的表面积大小。



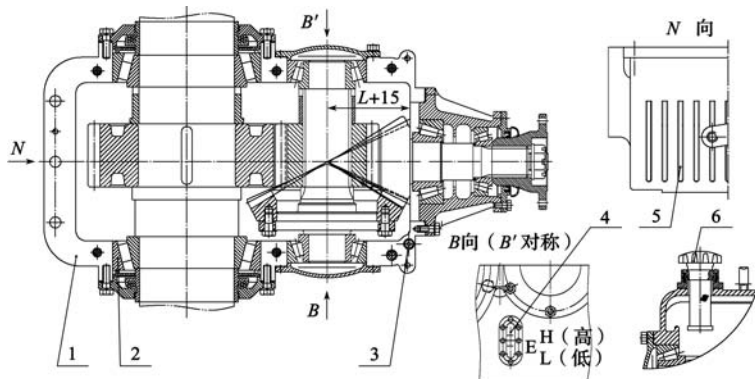
1—箱体; 2—轴瓦; 3—二级直齿轮传动; 4—一级锥齿轮传动; 5—输入法兰

图 1 轴瓦结构齿轮箱外形示意图

## 2 齿轮箱改进及散热计算

### 2.1 齿轮箱改进

为了解决轴瓦结构齿轮箱温度高, 且能与原型产品统型替代, 在保持悬挂尺寸、传动比、输入轴、中间轴、最大外形尺寸不变的情况下, 对齿轮箱结构进行了如下改进(改进齿轮箱示意图见图 2): ①抱轴轴承改进: 原抱轴轴瓦(滑动轴承)改为滚动轴承; 相对于滑动轴承来说, 滚动轴承摩擦系数小, 启动阻力小, 效率高, 从而降低了轴承功率损失, 提高了齿轮箱传递效率。②齿轮箱散热表面改进: 下箱体外表面设计散热筋; 在保证安装尺寸不变的情况下, 输入端箱体内腔增加 15 mm, 在增加散热面积的同时适当增加了润滑油量。③齿轮箱润滑系统改进: 原内接润滑油管改为铸造内油道, 提高了润滑系统的可靠性, 有利于轴承的润滑与散热。④齿轮箱加油口改进: 原自制加油口改为外购滤清器, 可过滤润滑油和防止潮气进入齿轮箱内部, 并且保证了齿轮箱内、外通气畅通。⑤油位观察口改进: 将原上、下油面针阀改为观察油窗, 油窗标识有高低油位, 通过无色透明油窗可直接观察油位的高低。



1—箱体; 2—滚动轴承; 3—内油道; 4—观察油窗; 5—散热筋; 6—滤清加油口

图 2 改进齿轮箱示意图

为了提高改进设计质量, 检查装配干涉及散热计算, 对改进齿轮箱进行了 Pro/E 三维实体造型, 上、下箱体 Pro/E 三维实体造型如图 3。

2.2 散热计算

齿轮箱散热情况良好的前提是箱体表面排出的最大热量  $Q_{2\max}$  > 齿轮箱连续工作中产生的热量  $Q_1$ 。

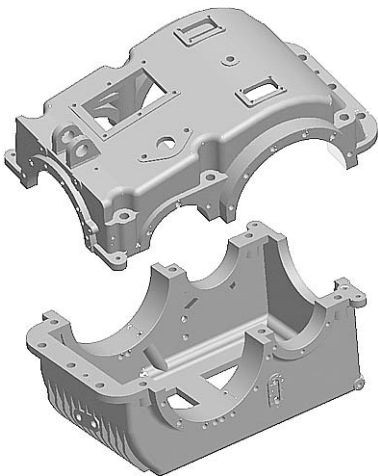


图 3 齿轮箱上、下箱体三维实体造型

2.2.1 箱体表面排出的最大热量  $Q_{2\max}$  计算

箱体表面排出的最大热量  $Q_{2\max}$  的一般计算式:

$$Q_{2\max} = KS(\theta_{y\max} - \theta_0) \text{ (W)}$$

式中:  $\theta_{y\max}$  为油温的最大许用值 (℃), 轨道车标准中规定, 齿轮箱最高温度不应超过 85℃;

$\theta_0$  为环境温度, 一般情况下取 20℃;

$S$  为散热面积,  $\text{m}^2$ , 由齿轮箱箱体外形决定, 根据 Pro/E 箱体实体三维造型, 利用分析工具得出齿轮箱散热表面积  $S=1.88 \text{ m}^2$ ;

$K$  为传热系数,  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , 计算式为

$$K=f_k[10+0.07(\theta_{y\max} - \theta_0)](1/H)^{0.15}$$

其中:  $f_k$  为考虑空气速度的系数, 取  $f_k=2.0$ ;  $H$  为齿轮箱高度,  $H=0.5 \text{ m}$ , 所以  $K=32.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

因此:  $Q_{2\max} = KS(\theta_{y\max} - \theta_0) = 3\,934.8 \text{ W}$

2.2.2 齿轮箱连续工作产生热量  $Q_1$  计算

$Q_1$  的计算公式为

$$Q_1 = 1000(1 - \eta)P_1 \text{ (W)}$$

式中:  $\eta$  为齿轮箱总效率, 包括了齿轮的啮合效率、

轴承效率和搅油效率损失等, 测定  $\eta=0.978$ ;  $P_1$  为输入功率, kW, 整机功率 268 kW, 因整机为单动力两端输入, 则  $P_1=134 \text{ kW}$ 。

因此:  $Q_1 = 1000(1 - \eta)P_1 = 2\,948 \text{ W}$

通过箱体表面散热量与齿轮箱连续工作产生的热量计算可看出: 齿轮箱表面能够排出的热量大于齿轮箱连续工作产生的热量, 即齿轮箱功率损失产生的热量可以通过齿轮箱表面散走, 齿轮箱散热情况良好。

3 试验验证及运行考核

为了保证轨道车的行车安全, 对改进后的齿轮箱进行了试验台运转试验、专用线试验及长途路试, 并且对 2013 年 4 月发往西安铁路局的 GCS270 车辆进行了运行跟踪。通过试验验证及运行考核表明, 改进后的齿轮箱运转平稳、无异响、温度正常, 满足试验标准及运行规定要求, 齿轮箱散热性能良好。

4 结语

随着运行速度的提高, 轴瓦结构齿轮箱温升高是轨道工程车辆的惯性问题。本文通过对现有轴瓦结构齿轮箱的改进, 用滚动轴承替代滑动轴瓦、增加箱体的散热面积等, 并在改进设计中充分考虑其通用性、替代性; 通过验证及考核, 证明其从根本上解决了齿轮箱温升高问题, 提高了整车质量及运行安全性, 并且为同类产品的改造提供了可借鉴的思路。此外需要指出, 在齿轮箱的使用过程中还应注意经常检查, 保证加油口通气畅通、润滑油油位适宜、润滑油清洁等, 这些都是引起齿轮箱温升高的因素。

参考文献:

[1] 黄智勇, 陈晓玲. 高速列车传动齿轮箱功率损失计算方法 [J]. 机车车辆工艺, 2006(5).  
[2] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计 [M]. 7 版. 北京: 高等教育出版社, 2001.  
[3] 成大先. 机械设计手册 (第 4 卷) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.  
[4] 张文祥, 陶升元. 减速器效率及其测算 [J]. 机械传动, 1994(3).

(上接第 111 页)

表 3 整改措施

| 事件编号 | 因素描述              | 因素影响            | 整改内容                                       |
|------|-------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| E1   | 故障后二次合主断          | 主要因素<br>重要度为 I  | 更改 TCU 及 MPU 软件, 实现“当检测到主接触器故障时, 软件将禁止合主断” |
| E2   | 故障后主接触器未正常断开      | 主要因素<br>重要度为 I  | 查找未正常断开原因, 进行普查                            |
| E6   | 功率模块与周边电位不同点之间有路径 | 主要因素<br>重要度为 I  | 在功率模块复合母排安装螺栓上加装绝缘防护帽, 避免裸露放电              |
| E3   | IGBT 短路           | 次要因素<br>重要度为 II | 对短路机理进行深入分析, 持续改进                          |

3 结语

整改方案确定后, 首先对 HXd2 新八轴机车主变流系统进行了小批量的整改, 按照公里数要求进行了运用考核, 性能稳定后, 对在段的全部机车主变流系统进行了改造。通过近半年时间的运用考核, HXd2 新八轴机车未再出现类似故障。本次系统改进为机车的可靠运营提供了有力的技术保障。

参考文献:

[1] 张曙光. HXd2 型电力机车 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009.  
[2] 电气工程师手册编辑委员会. 电气工程师手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1990.  
[3] 章国栋. 系统可靠性与维修性的分析与设计 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1992.