轨道车二级传动齿轮箱的研制

唐贤忠

(株洲九方装备股份有限公司 湖南 株洲 412000)

摘要: 轨道车主要应用于铁路维护、铁路施工和检测。轨道车的牵引电机输出的动力通过齿轮箱传递给车轮, 驱动轨道车辆行驶、因此、齿轮箱是轨道车辆中的关键传动部件。文章介绍了二级传动齿轮箱的技术参数 及其关键技术的设计及控制,通过型式试验验证了设计的二级传动齿轮箱运行平稳、噪音小、密封可靠、 散热性能良好, 到达了预期设计要求。

关键词: 轨道车; 齿轮箱; 强度校核; 型式试验

1 二级传动齿轮箱的主要技术参数

轨距: 1435mm:

电机额定转速: 756r/min;

轮径:915mm;

电机启动转矩: 4600Nm:

轴径: 206mm:

电机最高转速: 4197r/min;

轴重: 23t;

齿轮箱总减速比: 4.14;

工作环境温度: -25 ~ 45℃;

输入与输出中心距:502mm;

电机额定功率: 250kW;

车辆最高运行速度: 160km/h。

2 二级传动齿轮箱动力传递特点

齿轮箱的输入端通过联轴节与电机 轴相连,来自电机的动力通过齿轮箱一 级齿轮副和二级齿轮副传递到车轴上, 由于车轴和二级齿轮副的从动齿轮为固 定连接,从而驱动车轴转动,带动车辆 表2 材料参数表 运行。齿轮箱的悬挂方式为:前端通过 齿轮箱设置的吊耳与吊杆的一端连接, 吊杆的另一端连接在转向架的横梁上, 吊杆与齿轮箱、横梁皆为柔性连接,可 以缓解来自车轮和转向架的各向振动和 表 3 齿轮疲劳强度安全系数 冲击;齿轮箱的另一端通过轴承支撑在 车轴上。

3 齿轮箱关键技术设计

3.1 二级传动齿轮副设计及齿系布局 由于受安装空间限制, 齿轮箱输出端 外形不能过大,也就决定了输出端齿轮不能过大,因此, 一级和二级减速比不能相差太大。通过对齿轮箱外形加以 优化,确定了一级速比 i_1 为 2.037,二级速比 i_2 为 2.032。

为了满足齿轮高抗胶合能力、高接触强度和足够的 抗弯曲强度的要求, 在设计齿轮时, 齿轮的材料均采 用韧性高的 18CrNiMo7-6 渗碳钢材料, 热处理采用渗 碳淬火, 并严格控制碳化物及残余奥氏体含量, 同时 对硬化层和过渡层深度进行适当匹配,控制其金相组 织,齿轮均采用磨齿工艺,齿轮精度达六级以上。为进 一步提高齿轮的传动质量和可靠性,降低初始啮合时 的动载荷、减小偏载、降低噪声,对一、二级齿轮均 进行齿廓和齿向的双向修形。各级齿轮设计参数见表 1。

利用分析软件,根据 ISO 6336-2006《直齿轮与斜 齿轮承载能力计算》对齿轮强度进行了校核,表2为 齿轮材料参数表,齿轮强度分析见表3。

表 1 齿轮副参数表

名称	模数 /mm	齿数	压力 角 /°	螺旋 角 /°	齿宽 /mm	中心距 /mm	变位系数	齿顶高 系数	顶隙 系数
一级齿轮副	5.5	55/27	20°	18°	71.5	239	0.0796/0.2742	1	0.25
二级齿轮副	6.5	63/31	20	14°	84	316	-0.0344/0.2132	1	0.25

名称	材料	接触许用应力 σ Hlim/MPa	弯曲许用应力 σ FE/MPa	弹性模量 E/MPa	泊松 比	热处理 方式	
一级齿轮副	18CrNiMo7-6	1500	1000	206000	0.3	渗碳淬火	
二级齿轮副	18CrNiMo7-6	1500	1000	206000	0.3	渗碳淬火	

名称	接触安全	全系数	弯曲安全系数		
一	计算值	许用值	计算值	许用值	
一级小齿轮	1.28		2.43		
一级大齿轮	1.31	4	2.12	1.05	
二级小齿轮	1.34		2.23	1.25	
二级大齿轮	1.37		1.93		

根据分析结果,齿轮强度满足使用要求。齿轮箱外 形及齿轮系布局如图 1、图 2 所示。

3.2 箱体结构设计及其强度校核

3.2.1 箱体结构设计

考虑到车轴齿轮箱装配的特殊性,把齿轮箱从中间轴和车轴中心连线面分为上箱体和下箱体,在上箱体内两侧面设置有集油槽,集油槽内有导油孔通向轴承孔,上箱体内上部设置有挡油板,使喷溅的油液流向集油槽,下箱体轴承孔内设置挡油板和回油孔,内设筋板,把下箱体内腔分隔为搅油室和储油室。轴承孔设有加强筋,加强轴承支撑,箱体外面表面设有加强筋,增加

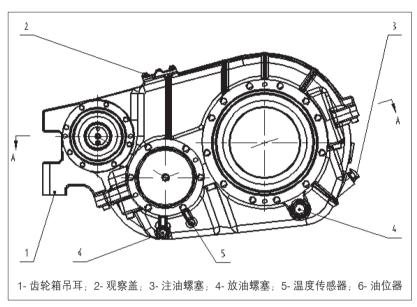


图 1 齿轮箱外形图

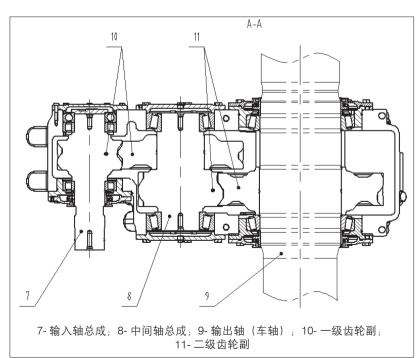


图 2 齿轮系布局图

箱体强度,同时,外部设有注油孔和放油孔、油位器孔、 温度传感器接口和观察口。

3.2.2 箱体强度校核

齿轮箱材料为 OT400-18, 材料参数见表 4。

表 4 材料参数

零部件	材料 型号	抗拉强度 σ _b /MPa	屈服强度 σ _s (σ _{0.2})/MPa		
齿轮箱体	QT400-18	400	240	178	18

利用 ANSYS 软件进行有限元分析,对模型进行网格划分,得到单元数为 343748,节点数为 554963。通过设置边界条件,施加约束及载荷,对有限元模型进

行求解,计算出模型节点的应力分布,持续工况校核材料疲劳强度(图3),短路工况校核材料静强度(图4)。

分析结果表明, 计算的应力小于材料 的疲劳强度和静强度, 设计满足要求。

3.3 轴承选型及寿命计算

轴承的参数见表 5。

根据 ISO 281-2007《滚动轴承 额定动载荷和额定寿命》对轴承寿命进行计算(表6),设置了6种工况及各工况的时间比率,先计算各工况轴承的寿命,按时间比率计算综合寿命,然后换算成里程。

根据轴承寿命计算结果,轴承寿命均 大于200万千米,满足技术要求。

3.4 齿轮箱润滑与密封设计

齿轮箱润滑与密封也是影响齿轮箱设计成败的关键因素之一:润滑不良,直接影响齿轮和轴承寿命,密封不好,齿轮箱漏油,污染环境,同时也影响齿轮箱润滑。因此,在设计齿轮箱时,必须考虑润滑和密封问题。在上文齿轮箱结构设计中,已经对润滑油路进行了设计,在此不再重复,在密封设计上,齿轮箱的中间轴和输入轴后端均采用端面 O型圈静态密封,输入轴的输入端和车轴两端均采用动态非接触式迷宫密封加端面 O型圈密封。如图 5 所示,为了防止汽水进入齿轮箱,在迷宫盖底部设计了水汽孔,使汽水从底部排出。

4 齿轮箱型式试验

为验证齿轮箱安全可靠,需进行型式试验,如图 6 所示。要验证齿轮箱性能是否满足设计要求,包括齿轮箱结构设计是否合理、润滑油路是否畅通、润滑/密封是否可靠、各轴承及箱体的温升是否正常等;并对齿轮

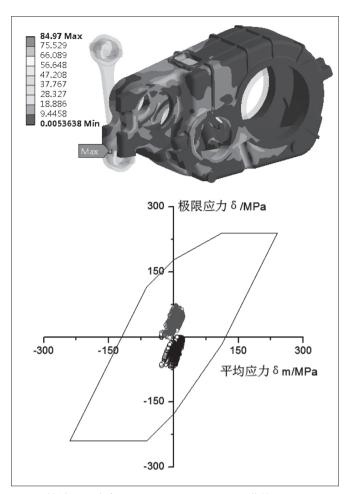


图 3 持续工况应力云图及 Smith-Goodman 曲线图

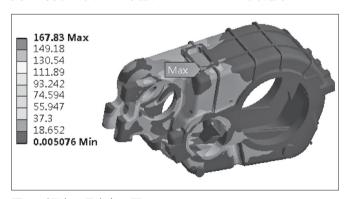


图 4 短路工况应力云图

表 5 轴承参数



(下转第8页)

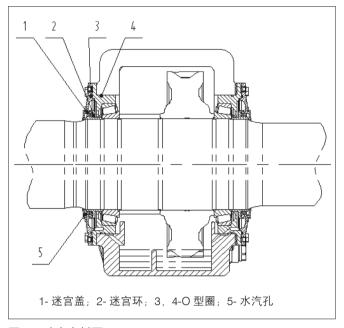


图 5 动态密封图

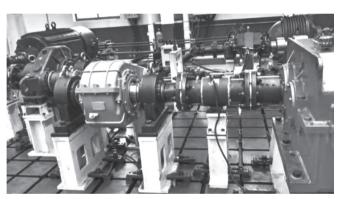


图 6 齿轮箱型式试验现场图

箱的振动及噪声进行检测,试验后,对齿轮箱进行拆解检查,各部件完好无损。

试验结果表明: 齿轮箱强度满足使用要求; 密封良好, 无渗漏油现象; 润滑设计合理, 轴承都能得到充分润滑; 油温和轴承温度 <85℃, 振动 <14.7mm/s, 噪音 <87dB(A)。试验过程中运行平稳, 无异响, 各项都符合设计要求。

对比分析得知仿真结果和理论计算结果一致,支撑杆在 5°~90°范围内摆动角度连续平滑,角速度和角加速度变化没有突变,运动过程平稳可靠。

4 结语

本文通过分析目前多旋翼无人机的发展现状,设计了一种单输入的多旋翼无人机自动收放起落架,进行了运动学分析。然后使用建立了机构三维模型,并在ADAMS中进行仿真分析,得到如下结论:

- (1) 基于曲柄滑块组合机构的起落架自动收放过程平 稳可靠,在单驱动的条件下就能使4个支撑脚独立收放。
- (2) 仿真结果和运动学分析结果一致,验证了结构的可行性。
- (3) 起落架驱动角度范围 57°~122°,收放角度范围 5°~90°,驱动角速度为 45°/s 时,2.8s 即可完成一次完整收放,可以很好地适应目前多旋翼无人机的结构需求。

参考文献:

[1] 代君,管宇峰,任淑红.多旋翼无人机研究现

状与发展趋势探讨[J]. 赤峰学院学报(自然科学版),2016,32(16):22-24.

- [2] 岳基隆,张庆杰,朱华勇.微小型四旋翼无人机研究进展及关键技术浅析[J]. 电光与控制,2010,17(10):46-52.
- [3] 于翔,徐洋.多旋翼无人飞行器结构设计分析 [J]. 中国设备工程,2018(20):111-112.
- [4] 王伟,马浩,徐金琦,等.多旋翼无人机标准化机体设计方法研究[J].机械设计与制造,2014(05):147-150.
- [5] 王宇恒. 多旋翼无人机的发展历程及构型分析 [J]. 科技传播,2019,11(22):142-144.
- [6] 耿其东,方志国.偏置式曲柄滑块机构仿真与运动分析[J].机械工程与自动化,2011(03):49-51+54.
- [7] 刘俊. 曲柄滑块机构动力学研究 [J]. 上海电机学 院学报,2006(04):24-28.

作者简介: 杨小龙(2000.04-), 男, 回族, 宁夏吴忠人, 本科, 研究方向: 机械设计制造及其自动化。

(上接第4页)

表 6 轴承寿命计算结果

轴承编号	轴承						
	1	2	3	4	5	6	7
综合寿命 (10 ⁴ km)	234	495	258	368	417	949	1349

5 结语

- (1)通过对齿轮箱体、齿轮强度校核、齿轮修形、轴承寿命计算和润滑与密封的控制,提高了产品的可靠性和安全性,这正是轨道车辆 RAMS 所要求的。
- (2) 在齿轮箱设计中,通过对齿轮箱设计关键技术的控制,使设计过程在可控范围进行,提升了设计的成功率,为类似产品开发提供经验、缩短开发周期、节约成本都有积极的意义。

参考文献:

- [1] 朱孝录. 齿轮传动设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社,2004.
- [2] 中车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司. 广东高铁齿轮箱的运用特点及其温升控制策略 [C]. 2018 全国齿轮技术研讨会技术交流文集, 2018.
- [3] 白洪金,张金美,姚剑浩.齿轮传动的噪音分析及减噪设计[J].装备制造技术,2010(01):169-170+172. [4] 赵永翔,杨冰,彭佳纯,等.铁道车辆疲劳可靠性设计 Goodman-Smith 图的绘制与应用[J].中国铁道科学,2005,26(06):6-12.

作者简介: 唐贤忠, 男, 高级工程师, 研究方向: 机车车辆传动部件设计与开发。