

# Romax软件在行星齿轮机构中的应用

邹毅, 侯亮  
厦门大学机电工程系, 福建厦门 361005

**摘要** 本文介绍了四档拉维娜行星齿轮机构换挡工作规律和速比计算。在 Romax 软件中建立四档拉维娜行星齿轮机构的虚拟样机模型, 仿真分析得到了拉威娜齿轮机构各档的输出转速, 与理论计算值完全吻合, 传动比的一致性也同时得到验证。

**关键词** 拉维娜行星齿轮机构; 传动比; Romax  
**中图分类号** TH13 **文献标识码** A

**文章编号** 1674-6708 (2011) 42-0142-02

行星齿轮机构广泛应用于车辆的自动变速器中, 其速比计算是自动变速器设计的重要内容。以四档拉维娜行星齿轮机构为例, 利用 Romax 软件建立虚拟样机模型, 通过仿真分析, 在验证模型参数及结构正确性的同时可以方便求得齿轮机构各档的输出转速与传动比, 提高设计效率。

## 1 拉维娜行星齿轮机构简述

图 1 所示为拉维娜行星齿轮机构。该行星齿轮机构由一个单行星轮式后行星排和一个双行星轮式前行星排组合而成。前行星排太阳轮可以被离合器 C1 带为主动; 后行星排太阳轮可以被离合器 C2 带为主动, 也可以被制动器 B1 制动; 共用行星架可以被离合器 C3 带为主动, 也可以被制动器 B2 制动。该机构取消了后齿圈, 前、后行星排共用行星架, 简化了行星齿轮机构。工作时每个档位为了得到确定的运动和速比, 需要结合两个离合器或制动器来实现。结构紧凑、轴向尺寸小、转速较低。既可用于前桥驱动车辆, 也可用于后桥驱动车辆。

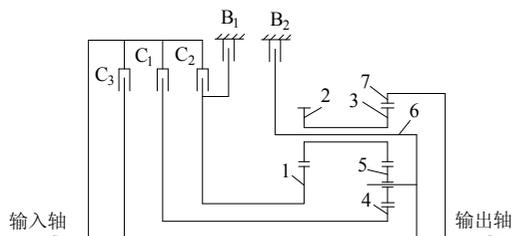


图 1 拉维娜行星齿轮机构结构简图

注: 1- 后排太阳轮; 2- 后行星轮; 3- 前排外行星轮; 4- 前排太阳轮; 5- 前排内行星轮; 6- 共用行星架; 7- 前排内齿圈  
C1. 前排太阳轮离合器 C2. 后排太阳轮离合器 C3. 共用行星架离合器  
B1. 后排太阳轮制动器 B2. 共用行星架制动器

拉维娜行星齿轮机构各齿轮基本参数如表 1 所示。

齿轮	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>7</sub>
模数	2.65					
齿宽	20					
压力角	20°					
节锥角	-	-	-	-	-	-
齿数	48	11	11	24	11	72

表 1 齿轮主要参数

## 2 拉威娜行星齿轮机构换挡工作规律、传动比

### 2.1 换挡工作规律

拉维娜行星齿轮机构各档工作规律如表 2 所示。1 档、2 档为减速前进档, 3 档为直接档, 4 档为超速档。与三档拉维娜行星轮系机构相比, 四档拉维娜行星齿轮机构多了共用行星架离合器 C3, 因此可以比三档拉维娜行星齿轮机构多一档, 即 4 档 (超速档)。在三档拉维娜行星齿轮机构中, 3 档 (直接档) 的实现是通

过接合离合器 C1、C2 来实现的。

档位	离合器			制动器		传动比
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	
1 档	○				○	$\alpha_2$
2 档	○			○		$(\alpha_1 + \alpha_2) / (1 + \alpha_1)$
3 档	○		○			1
4 档			○	○		$\alpha_1 / (1 + \alpha_1)$
倒档		○			○	$-\alpha_1$

表 2 机构换挡工作规律及传动比

注: ○——接合、制动

### 2.2 各档传动比计算

拉维娜行星齿轮机构各档传动比, 可以参考单排行星齿轮机构和单排双行星齿轮机构一般运动规律的特性方程式, 结合各档输入输出部件的具体情况, 采用解方程法计算<sup>[1][2]</sup>。限于篇幅, 计算过程在此不赘述。机构各档工况传动比汇总表如表 2。表中  $\alpha_1$  为后行星排齿轮传动比系数,  $\alpha_2$  为前行星排齿轮传动比系数。对于本文讨论的拉维娜行星齿轮机构, 有  $\alpha_1 = Z_7 / Z_1 = 72 / 48 = 1.5$ ,  $\alpha_2 = Z_7 / Z_4 = 72 / 24 = 3$ 。于是各档理论计算传动比分别为: 1 档, 3; 2 档, 1.8; 3 档, 1; 4 档, 0.6; 倒档, -1.5。

## 3 拉维娜行星齿轮机构建模及仿真分析

### 3.1 RomaxDesigne 软件简介

RomaxDesigner 是目前较完整的轴承、齿轮箱和机械传动系统仿真及产品设计与分析软件, 目前已成为齿轮传动领域的行业标准。该软件广泛应用于汽车、船舶、风力发电、工程机械、轴承设计以及航空航天等领域的齿轮传动系统的设计。

### 3.2 齿轮机构建模

图 2 所示为利用 Romax 软件建立的拉维娜行星齿轮机构的虚拟样机模型, 模型中建立了离合器 / 制动器、后行星排、前行星排、共用行星架以及相应的动力输入、动力输出等。

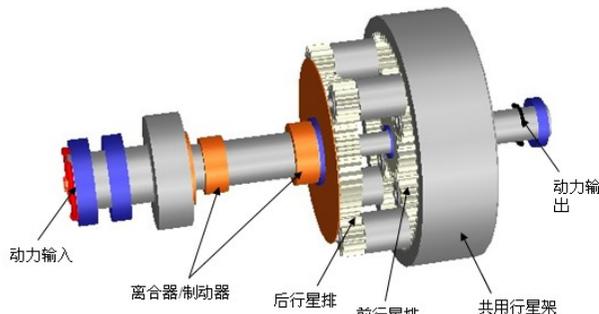


图 2 拉维娜行星齿轮机构 Romax 模型

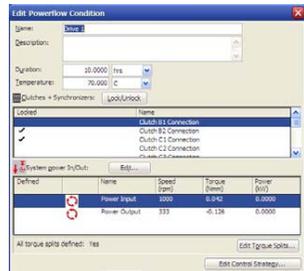
建模过程中, 齿轮中心距及齿轮相关参数需输入准确, 以免发生重合度过小, 导致齿侧隙过大从而最终影响传动平稳性<sup>[2]</sup>, 同

作者简介: 邹毅, 硕士研究生, 所在院校: 厦门大学机电工程系, 研究方向: 机械可靠性设计及优化

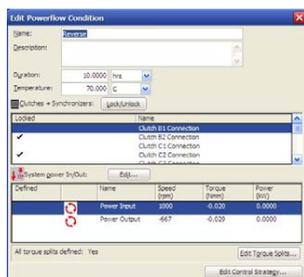
时重合度过小也会影响仿真分析的顺利进行。后续样机模型运行顺利完成说明所建立的模型是可行的。

拉维娜行星齿轮机构各档工况初始条件为：输入轴转速 1 000r/min，各档载荷工况持续时间都设置为 10h，这样设置不会影响各挡速比的最终分析结果。动力输出设置在共用行星架上。

在 Romax 软件中定义机构各档载荷工况，将其作为一个载荷谱，运行虚拟样机模型，分析完成界面如图 3 所示。限于篇幅，拉维娜行星齿轮机构仅列出一档和倒档运行工况的运行结果。



(1) 一档工况运行完成界面



(2) 倒档工况运行完成界面

图 3 拉威娜行星齿轮机构仿真运行完成界面

从运行完成界面可以很直观地看出，拉维娜行星齿轮机构一

档工况运行输出转速为 333r/min，为正值，表示输出转速与输入转速是同向的；倒档工况运行后输出转速为 -667r/min，负号表示输出转速转向与输入转速转向是相反的。

#### 4 仿真结果分析

拉维娜行星齿轮机构各档工况在 Romax 软件中仿真运行后，得到的输出转速分别为：1 档，333 r/min；2 档，556r/min；3 档，1 000r/min；4 档，1667r/min；倒档，-667 r/min。把输入转速 1 000r/min 代入 2.2 计算得到的理论计算传动比中，可以很容易验证输出转速理论计算值与仿真分析值是一致的，并且各档输出转速转向结果与实际情况是符合的。由于传动比是机构输入转速与输出转速的比值，因此也验证了机构传动比理论计算值与仿真分析结果是一致的。

#### 5 结论

利用 Romax 软件进行四档拉维娜行星齿轮机构的虚拟样机仿真分析，机构输出转速和传动比的仿真分析值，与理论计算输出转速和传动比是一致的。仿真分析中，各齿轮的运动情况一目了然，比理论分析更容易判断其工作状态，这为行星齿轮机构的分析提供了一条新途径。

#### 参考文献

- [1] 丰吉贺. 自动变速器发展趋势及使用技巧[J]. 农业与技术, 2009(3): 148-150.
- [2] 郑文纬, 吴克坚. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [3] 邓正思. 自动变速器行星齿轮机构的速比计算[J]. 汽车维修, 2007(8): 42-44.
- [4] 公彦军, 赵韩, 等. 拉维娜行星齿轮机构的运动分析和传动效率计算[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2010(9): 9-11.
- [5] Romax Technology company. Romax software user guide, <http://www.romaxtech.com/>.

↑↑(上接第151页)↑↑

件 2、件 5 装焊在塔门盖板上，件 4 与各件配装在塔门框法兰合适位置并焊接牢靠，保证塔门能够正常开合。二件件 5 按图错开一定距离，保证塔门开关灵活、自如，图示位置为塔门正常关闭时锁盒锁紧位置；另一位置用于检修时从外面将锁盒锁紧在塔门外，以免塔筒内检修人员被外面反锁在塔内而无法自救。

#### 4 结论

改进过的风电塔架门穿条明锁结构简单，安装方便，造价低廉，具备塔筒门锁要求具有的一切功能，具备一定的防盗性、防锈性，能承受相当的外力破坏能力，具有一定的创新意识和推广价值。

改进后的塔筒门锁结构，经在大唐三门峡风电一、二期项目 79 塔筒使用后，为工厂节约了大量资金，赢得了大唐风电业主

的一致好评。他们强烈要求后期中标的许继风电科技塔筒、金风塔筒及上汽风电塔筒都必须采用该结构。一次小小的技改，为公司创造了可观的经济效益和社会效益。

#### 参考文献

- [1] 徐灏. 机械设计手册第四卷[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995.
- [2] 金风兆瓦级系列风力发电机组塔架技术条件[S]. 新疆金风科技股份有限公司, 2009.
- [3] 塔架技术规范 MS01.13b[S]. 上海风电设备有限公司, 2007.

↑↑(上接第153页)↑↑

规定，要求对每一台电梯都应设置地震感应器，以通过感知地震的振动，使电梯就近层站开门，并停止运行，以避免地震时电梯仍运行时，发生人员及设备事故。

#### 5 结论

我国位于世界两大地震带——环太平洋地震带与欧亚地震带之间，受太平洋板块、印度板块和菲律宾海板块的挤压，地震断裂带十分活跃，是世界上地震活动最强烈和地震灾害最严重的国家之一。据统计，我国占全球陆地面积的 7%，但 20 世纪以来全球大陆 35% 的 7.0 级以上地震发生在我国，6 级以上地震共发生近 800 次；20 世纪全球因地震死亡 120 万人，中国占 59 万人，居全球之首；中国大陆大部分地区位于地震烈度Ⅶ度以上区域；50% 的国土面积位于Ⅶ度以上的地震高烈度区域，包括 23 个省会城市和 2/3 的百万人以上的大城市。

2008 年 5 月 12 日，我国四川省汶川地区发生了里氏 8.0 级特

大地震。在此次地震中，死亡人数达到 69 000 余人。在此次地震中仅成都市及周边地区就有 20 000 余部电梯出现不同程度的损坏，特别是一些没有采用抗震设计的电梯受损情况极为严重，并造成了与电梯相关的人身事故。

笔者希望通过对 ISO/TR 25741 中所涉及主要标准规范的介绍，能对加快出台我国的电梯抗震安全技术要求标准，提高我国电梯的抗震性能，减少震区电梯损失，确保人民生命安全，起到积极的作用。

#### 参考文献

- [1] 日本电梯安全中心编. 电梯抗震设计与施工指南. 徐佩香, 译. 中国建筑科学研究院建筑机械化研究所, 1989.
- [2] 高振世, 等. 建筑结构抗震设计[M]. 中国建筑工业出版社, 1995.
- [3] 中华人民共和国国家标准. 建筑抗震设计规范[S]. 中国建筑工业出版社, 1989.