

图2 共轭坐标系

Fig.2 Conjugate coordinate system

带模具滚刀齿廓。同理可绘制出带轮齿廓共轭曲线(加工带轮滚刀齿廓)。

仿真的实现:采用 Windows 中的动画实现机理,可以对所设计的同步带传动进行动态仿真,通过仿真观察其传动啮合效果,不完全啮合区干涉情况及绘制的滚刀齿廓。本文还实现了带模具加工过程的仿真和带轮加工过程的仿真。仿真流程图如图3所示。

4 结论

(1)本文通过计算和仿真,分析比较了新型高齿同步带的设计齿廓与据带轮齿廓求出的带轮共轭齿廓(即带的计算齿廓),结果发现二者吻合十分理想,并且带轮设计齿廓与据带齿廓求出的带齿共轭齿廓(即带轮计算齿廓)也相吻合,这说明新型高齿同步带与带轮的设计齿廓是合理的,能达到传动时的密切贴合度。

(2)由所绘制的共轭齿廓可以看出,带模具滚刀及带轮滚刀齿廓的过渡曲线均未出现尖角,并且齿廓光滑连续,加工过程中避免了干涉或根切现象。

(3)通过对传动过程的动态仿真可以直观地定性分析同步带传动不完全啮合过程中的啮合干

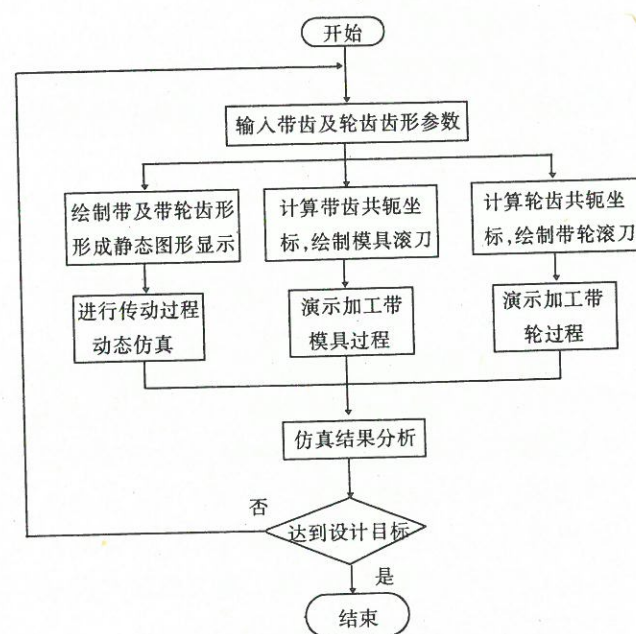


图3 新型高齿同步带传动仿真流程图

Fig.3 Simulation process of new high-arc-tooth synchronous belt

涉情况,采用前述齿形参数,取带轮齿数 $Z = 60$,观察动态仿真的瞬态驻留图形,发现其传动有很小的啮合干涉量,可定量计算出干涉量大小为 $\delta_{\max} = 0.1272 \text{ mm}$,这一干涉值完全可以由带的弹性变形来抵销,这说明齿形的设计参数是合理的,能够减小带与带轮啮合时的干涉,有利于提高带速和带的疲劳寿命。

参考文献:

- [1] 韩永春. 新型圆弧齿同步带啮合间隙的计算[J]. 哈尔滨工业大学学报, 1989, (2): 93-99.
- [2] 张立凯. 新型圆弧齿同步带的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 1987.
- [3] DALGARNO K W, CHILDS T H C. Synchronous belt materials and belt life correlation[J]. Proc. Int. Mech. Engrs, 1994, 208(Part D): 100-104.
- [4] 吴序堂. 齿轮啮合原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.

(责任编辑: 闫 彤)

文章编号: 0367-6234(1999)06-0019-03

关于 SISO 系统间隔度量的应用问题

姚 远¹, 包革军², 李连锋¹

(1. 哈尔滨工业大学 控制工程系, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 哈尔滨工业大学 数学系, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 研究了间隔度量摄动的最优鲁棒反馈镇定及其应用问题, 给出了 SISO 系统间隔度量的一个下界取最大值时的充要条件及对应的系统幅频和相频条件; 然后利用该下界对间隔度量应用中的保守性进行了分析。所得结果为补偿间隔度量在应用中的保守性提供了依据。

关键词: 间隔度量; 反馈镇定; 鲁棒性; 单入单出系统; H_{∞} 控制

中图分类号: TP273.0 文献标识码: A

Application of gap metric for SISO systems

YAO Yuang¹, BAO Ge-jun², LI Lian-feng¹

(1. Dept. of Control Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;

2. Dept. of Mathematics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: The optimal robust feedback stabilization for gap metric perturbation and its application are studied. For a lower bound of the gap metric for SISO systems, a sufficient and necessary condition is obtained for reaching its maximum, and the corresponding magnitude and phase conditions are obtained as well. Then the conservatism of the gap metric in application is studied using the lower bound. The results can be used for compensation of the conservatism in application.

Key words: gap metric; feedback stabilization; robustness; SISO system; H_{∞} control

间隔度量最早由 ZAMES 和 EL-Sakkary 引入控制领域中^[1], 作为描述线性时不变系统摄动大小的新工具, 对反馈的鲁棒稳定性问题有以下主要贡献^[1-4]: (1) 推广了算子范数的概念, 可应用于不稳定系统; (2) 可同时考虑对象和控制器的摄动; (3) 证明了反馈稳定性本身具有鲁棒性; (4) 证明了间隔度量摄动和规范互质分解摄动的最优鲁棒反馈镇定问题等价。因此, 间隔度量为鲁棒反馈镇定设计提供了新的思路。在与间隔度量同样的拓扑结构基础上, 后来又出现了对偶间隔 (T-gap) 度量^[4]、点态间隔 (Pointwise-gap) 度量^[5] 和 v 间隔 (v -gap) 度量^[6], 它们的数值一般不同, 但

都具有相同的定性性质。

然而, 在应用间隔度量进行鲁棒反馈镇定设计时, 需要注意存在的保守性, 如 Hsieh 和 Safonov 曾指出 SISO 系统虚轴上零极点的微小摄动在一定条件下会导致大的间隔值^[7]。这时只有通过预补偿消除保守性后才能应用间隔度量理论进行设计, 因此需要对保守性的特点进行分析。由于间隔度量本身不具有实际的物理意义, 于是本文基于它的一个下界, 考察了 SISO 系统的一般情形, 分析了该下界取极大值 (间隔取极大值的充分条件) 时所对应的系统幅频和相频特性。这些结果体现了 SISO 系统间隔度量保守性的物理特点, 对于应用可提供参考。

1 间隔度量摄动的最优鲁棒反馈镇定设计

考察如图 1 的标准反馈结构, 定义反馈系统

收稿日期: 1998-04-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (69174031)

作者简介: 姚 远 (1970-), 男, 硕士生。