

联合收割机割刀驱动行星轮系多目标优化设计

郝志勇,刘 伟,闫 闯,夏 玮

(辽宁工程技术大学 机械工程学院,辽宁 阜新 123000)

摘要:针对联合收割机割刀机构的工作特点,采用 2K-H 型行星齿轮机构,分析了割刀机构工作原理。通过建立 2K-H 型行星轮系的优化设计模型,应用 NSGA-2 算法对 2K-H 型行星齿轮机构进行多目标优化设计。以最小体积和最大承载力为优化设计目标,通过编制 MATLAB 程序得到 Pareto 前沿,进而得到最优解,与以往多目标优化设计比较,设计得到了很好的改善。

关键词:联合收割机;NSGA-2;行星齿轮机构;多目标优化

中图分类号:S220.2

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)11-0115-03

全局最优的多目标进化算法对目标函数没有连续可微的数学形态的要求。由于算法为全局优化算法,其结果与初始值无关,具有传统机械优化设计方法所不具备的优点^[1]。多目标优化设计比以往的单目标优化设计更贴近实际,应用更加广泛。NSGA-II 算法是建立在进化算法的基础上,针对种群个体进行操作。因此,该算法具有隐含的并行性。种群个体初值各不相同,降低了算法对初值的敏感性。同时,在进化操作时,可以方便地对种群添加约束条件,避免不可行解的出现,增强算法效率。NSGA-II 算法在有小于 6 个目标时,具有较好的收敛性,且具有较好的稳定性,所求的解集具有较好的分布性^[2]。在行星轮系传动设计中,总是要求结构具有体积小、重量轻、承载能力大和效率高等优点,这就要求进行多目标优化设计。

1 2K-H 型行星轮系优化设计模型

为了建立优化模型,首先讨论行星轮和太阳轮之间齿数的关系。由图 1 可看出,为了便于叙述,分别用 z_b 、 z_s 表示大齿轮和小齿轮的齿数, z_t 、 z_x 分别表示太阳轮和行星轮的齿数。对于传动比 $i \geq 4$ 时,太阳轮为小齿轮,行星轮为大齿轮,此时有 $z_t = z_s$, $z_x = z_b$, $z_t = \frac{2z_x}{i-2}$;当传动比 $i < 4$ 时,太阳轮为大齿轮,行星轮为小齿轮,此时有 $z_t = z_b$, $z_x = z_s$, $z_x = \frac{(i-2)z_t}{2}$ ^[3]。

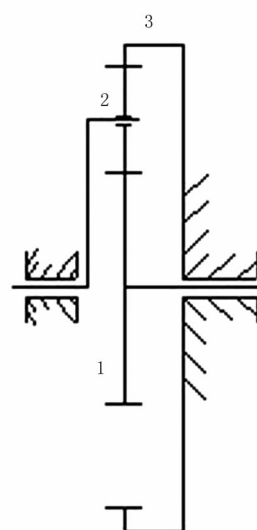


图 1 2K-H 型行星轮系简图

1. 太阳轮;2. 行星轮;3. 齿圈

1.1 建立目标函数

以行星轮系的最大承载力和最小体积为目标进行优化。

最大承载力目标函数:

$$F_1(x)_{\max} = T \quad (1)$$

最小体积目标函数^[4]:

$$F_2(x)_{\max} = \frac{m^2 z^2 b \pi}{16} [4 + C(i-1)^2] \quad (2)$$

式中: m 为齿轮模数; b 为齿轮宽度; z 为太阳轮齿数; C 为行星轮个数; i 为齿圈太阳轮齿数比。

1.2 确定设计变量

由式(1)(2)可知, $F_1(x)$ 和 $F_2(x)$ 由 m 、 b 、 z 、 C 、 T 5 个独立参数决定,故取设计变量为: $x =$

收稿日期:2011-09-24

第一作者简介:郝志勇(1979-),男,山西省代县人,博士,讲师,从事机械力学分析和机械优化设计等方面研究。E-mail: chinaren_1314@126.com。

$[T, m, z, b, C] = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5]$ 。

1.3 建立约束条件

弯曲强度要求:

$$\sigma_F = \frac{2K_A K_V Y_F Y_s T}{z_s b^2 m^2 C} \leq [\sigma_F] \quad (3)$$

接触强度要求:

$$\sigma_H = 1.182 \sqrt{\frac{K_A K_V E T}{z_s b^2 m^2 C \sin 2\alpha}} \leq [\sigma_H] \quad (4)$$

式中: K_A 为载荷系数; K_V 为动载荷系数; Y_F 为齿形系数; Y_s 为应力校正系数; α 为齿轮啮合角; E 为齿轮材料弹性模量; $[\sigma_F]$ 为许用弯曲应力; $[\sigma_H]$ 为许用接触应力。

保证各个行星齿轮齿顶不相互碰撞条件:

$$D_{x1} \leq 2A \sin \frac{\pi}{C} \quad (5)$$

式中: D_{x1} 为行星轮齿顶圆直径; A 为太阳轮和行星轮直径的中心距。

限制齿宽系数的范围:

$$5 \leq \frac{b}{m} \leq 17 \quad (6)$$

边界约束: 小齿轮不发生根切 $z_s \geq 17$;

限制齿宽最小值 $b \geq 10$;

限制模数最小值 $m \geq 2$ 。

2 基于 NSGA-2 算法的优化设计

以往的设计方法由于缺少高效的算法, 有时仅是根据经验和结构需要, 在几种方案中选择较佳方案。单方面的提高某一目标而使另一目标下降, 使设计在初期就有了不完备性, 而多目标优化

设计能够解决此类问题。多目标算法是多目标优化设计学科首要研究的问题。对于多目标优化问题, 通常存在一个解集, 其特点是: 在改进任何一个目标函数的同时不削弱其它任何一个目标函数, 这种解就称为非支配解或 Pareto 最优解^[2]。NSGA-2 算法是最近流行的多目标优化算法, 它能够高效的找到各个目标函数的最优值, 其计算过程见图 2。

3 实例分析

设某 2K-H 型行星齿轮减速器的传动比为 $i=4.65$, 齿轮材料为 38SiMnMo, 相应的弯曲许用应力取值范围为: $430 \leq [\sigma_F] \leq 880$ MPa, $1300 \leq [\sigma_H] \leq 1650$ MPa, 经查手册各个系数取值为: $K_A=1.1$, $K_V=1.5$, $Y_F=2.65$, $Y_s=2.65$, $E=206000$ MPa。

根据分析, 建立优化数学模型:

目标函数 $F_1(x)_{\max} = -x_1$; $F_1(x)_{\min} = \frac{x_2^2 x_3^2 x_4 \pi}{16} [4 + x_5 (i-1)^2]$; 设计变量 $x =$

$[T, m, z, b, C] = [x_1, x_2, x_3, x_4, x_5]$; 约束条件

$$g_1 = \frac{2K_A K_V Y_F Y_s x_1}{x_3 x_4 x_2^2 x_5} - [\sigma_F] \leq 0;$$

$$g_2 = 1.182 \sqrt{\frac{K_A K_V E x_1}{x_3 x_4 x_2^2 x_5 \sin 2\alpha}} - [\sigma_H] \leq 0;$$

$$g_3 = x_3 \sin \frac{\pi}{C} - \frac{1}{2} x_3 (i-2) \left(1 - \sin \frac{\pi}{C}\right) \geq 0;$$

$$g_4 = \frac{x_4}{x_2} - 17 \leq 0; g_5 = \frac{x_4}{x_2} - 5 \geq 0。$$

边界条件 $x_3 \geq 17, x_4 \geq 10, x_2 \geq 2$ 。

将所建立的模型运用 MATLAB 编制成程序, 在 NSGA-2 的主程序里调节交叉概率为 0.85, 变异概率为 0.02, 种群规模为 50, 进化代数 200。最终运算结果见图 3 和图 4 (图中横纵坐标分别表示目标函数 1 和目标函数 2 的值)。

从图 3 和图 4 中可以看出, 理想点约为 1450.81 和 4.41×10^6 。在计算到 200 代时, 将计算过程中的一些参数值列出 (见表 1)。

根据设计规范和标准, 一些参数值经过查手册圆整后, 成为优化设计后的计算参数。为说明 NSGA-2 的优越性, 现将常规设计、普通 GA 算法^[5]和 NSGA-2 算法所得的设计结果进行比较。由表 2 可知, 用 NSGA-2 算法得到的优化设计结

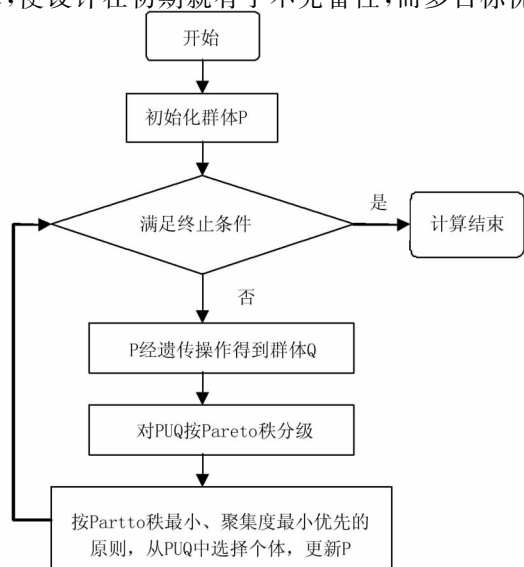


图 2 NSGA-2 计算流程

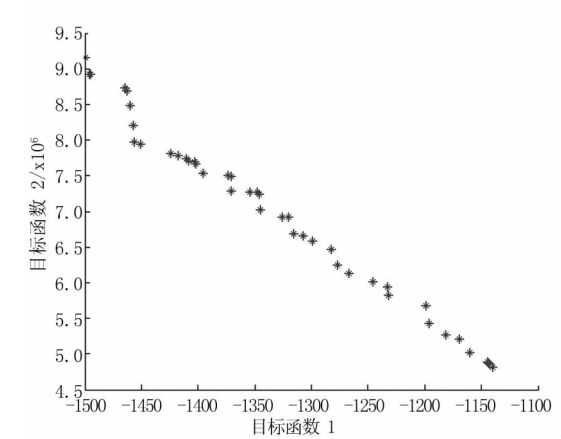


图3 进化代数 为 100 代的 Pareto 图

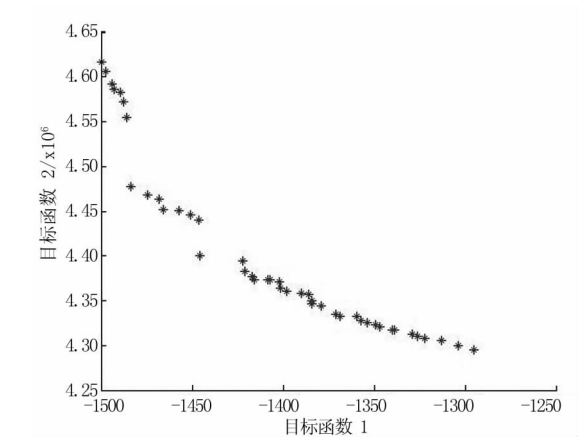


图4 进化代数 为 200 代的 Pareto 图

表 1 计算过程中的某些参数值

编号	T	m/mm	z	b/mm	C	$F_1/\text{N}\cdot\text{m}$	F_2/mm^3
1	1438.91	4.2583	23.1453	43.1381	2.1036	-1438.91	4.89×10^6
2	1404.82	4.1894	24.6573	42.4539	2.1073	-1404.82	4.48×10^6
3	1432.82	4.3639	25.0679	40.9562	2.1947	-1432.82	4.39×10^6
4	1411.57	4.4892	25.1321	40.8931	2.1503	-1411.57	4.38×10^6
5	1459.14	4.1357	25.3589	40.1465	2.0987	-1459.14	4.46×10^6
6	1457.53	4.3348	25.0050	40.1103	2.1135	-1457.53	4.45×10^6
7	1450.81	4.1245	24.9803	39.9587	2.0706	-1450.81	4.41×10^6
8	1430.46	4.5281	24.7058	39.9361	2.1595	-1430.46	4.40×10^6

果,体积有所减少,承载能力略有下降,而多目标优化设计本身就是一个权衡的过程,计算的最终

结果是力求使总的优化效果达到最好,不是单独的注重某一方面。

表 2 各种算法优化结果比较

设计	T	m/mm	z	b/mm	C	$F_1/\text{N}\cdot\text{m}$	F_2/mm^3
常规设计	1440	7	25	50	3	-1440	4.95×10^6
普通 GA	1478	6	25	47	3	-1478	4.84×10^6
NSGA-2	1450	4	25	40	3	-1450	4.41×10^6

4 结论

多目标优化设计更贴近工程设计,有广泛的应用价值,比传统的单目标优化设计有着更为接近全局最优解的优越性。该文应用 NSGA-2 优化算法,对 2K-H 型行星轮系进行了多目标优化设计,为 2K-H 型行星轮系的多目标优化设计提供了一个可行方案。从计算的结果来看,算法有很好的收敛性,能给出合理的优化解。优化结果表明,行星传动的体积和最大承载能力都介于常规设计和普通算法之间,表明对多目标的权衡作用更好。

参考文献:

[1] 陈伦军. 机械优化设计遗传算法[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
[2] 郑金华. 多目标进化算法及其应用[M]. 北京:科学出版社,2007.
[3] 韦乐余,王海洋,郭义文. 一种单排 2K-H 型行星轮系的优化设计方法[J]. 华北水利水电学院学报,2008,29(1): 78-80.
[4] 周廷美,蓝悦明. 机械零件与系统优化设计建模与应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005:20-26.
[5] 吴玉国,宋崇智,谢能刚,等. 遗传算法在行星齿轮多目标模糊优化设计中的应用[J]. 机械传动,2007,31(1):48-49.

黑龙江省小麦远程监控系统应用初报

金振国

(黑龙江省农业科学院 绥化分院,黑龙江 绥化 152052)

摘要:我国小麦苗情监测自动化水平低、技术单一、获取信息离散滞后、数据信息缺乏综合性,导致决策管理时效性不强,准确性和代表性差。另一方面,由于近年来气候异常,导致农业灾害频繁发生,如何快速有效进行信息监测,是确保粮食安全的重要问题。以龙麦 26 和龙麦 33 为材料,针对小麦生长发育过程,在黑龙江省建立具有一定覆盖面和代表性的小麦苗情综合监测网络,运用远程监控技术,获得了较人工测量更加快捷、精准的数据,及时获取田间现场各种环境与生物数据信息,能够准确预测环境胁迫和气象灾害、病虫害、作物长势等重大农情,该研究为精准数字农业和防灾减灾生产提供理论依据和技术支持,因此实现远程异地诊断管理进行探索研究是有必要的,将来发展精准数字农业也是可行的。

关键词:小麦;远程监控;灾害

中图分类号:S512.1

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)11-0118-04

气候环境的变化影响着小麦的生长发育、产量及品质形成^[1-3],由于生态环境的破坏,气候条件异常多变,年际间降水、积温和光照等差异明显,干旱和病虫害等发生频繁,对小麦苗情影响巨大。苗期的发育状况往往决定了作物后期的发育和产量形成^[4-6],因此小麦苗情监测成为生产管理和科学决策的重要环节。现将监测数据与调查数据相结合,通过现代微电子技术和网络通信技术的创新集成,开展春小麦苗情远程监控与诊断

管理系统的研究与示范应用,通过遥感多源监测数据的分析与作物栽培试验研究结合,建立小麦产量构成与气候因素间关系的统计模型^[7],确立小麦苗情评价与胁迫诊断的气象环境和生理生态等参数指标,为开展小麦苗情监测预警和诊断管理提供科学依据,从而提升我国东北部春小麦生产科学管理水平和抗灾减灾能力。

1 材料与方法

1.1 材料

供试小麦品种为龙麦 26 和龙麦 33。

1.2 方法

试验于 2010 年在嫩江县、呼玛县、牙克石市、东北农业大学、绥化分院和嫩江农场 6 个地点建

收稿日期:2011-07-08

基金项目:公益性行业科研专项资助项目(200903010-01-03)

作者简介:金振国(1978-),男,黑龙江省绥化市人,硕士,助理研究员,从事作物育种研究。E-mail: jinzhenguo204@163.com。

Sickle Mechanism of Combined Harvesters of Drive Planetary Gear Train Multi-objective Optimization

HAO Zhi-yong, LIU Wei, YAN Chuang, XIA Wei

(Mechanical Engineering College of Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000)

Abstract: Aiming at the working characteristics of sickle mechanism of combined harvesters, the working principle of sickle mechanism was analyzed using mainly 2K-H type planetary gear mechanism. Through establishing optimization design model of 2K-H type planetary gear mechanism, applying NSGA-2 algorithm for the multi-objective optimization design of 2K-H type planetary gear mechanism, thinking the smallest size and highest carrying capacity as the optimization design goal, through developing the MATLAB program, Pareto frontier was got and then obtained the optimal solution, compared with the past multi-objective design, the design has been very good improvement.

Key words: combining harvesters; NSGA-2 algorithm; planetary gear mechanism; multi-objective optimization