

网架结构 CAD 后处理中的下料优化

王胜春

王建明

(山东建筑工程学院 济南 250014) (山东大学机械学院 济南 250061)

摘 要 在分析遗传算法的基础上,针对网架结构中杆件类材料的下料问题,提出了一种优化下料的求解算法。该算法采用直接编码方式,结合优先适合搜索方法,经过交叉、变异、评估过程求得较优解。该算法的结果不依赖于初始值的选取。经算例证明,该算法运行时间少、优化结果好。

关键词 遗传算法 杆材 优化排料

A OPTIMIZING ALGORITHM FOR PACKING PROBLEMS IN NETWORK FRAME STRUCTURE DURING CAD POST PROCESS

Wang Shengchun

(Shandong Institute of Architecture and Engineering Jinan 250014)

Wang Jianming

(Dept. of Mechanical Engineering, Shandong University Jinan 250061)

ABSTRACT A optimizing algorithm for packing problems about struss structures is put forward based on analysis of genetic algorithm. The method of direct coding is adopted in it. The optimal result is gotten by cross, aberrance, evaluation combined with heuristic optimization method, and it is independent on initial value. Proved by sample, that cutting solution is optimal used the algorithm.

KEY WORDS genetic algorithm struss structures optimizing nesting

排料优化通常是指在一定数量的长和宽给定的平面区域上,尽可能多的排放需要的几何图形。排料是优化组合的一类典型问题,其实质是对定量资源进行合理分配,使剩余量最小。本文针对工程中如轻钢、网架等结构的一维线态下料优化问题,利用一种基于生物自然选择与遗传机理的新型随机搜索算法——遗传算法,通过对杆件结构的下料问题和遗传算法的分析,提出了一种基于遗传算法的杆件结构的下料优化算法。

1 计算模型

对于网架网壳结构设计后处理模块中的杆件下料优化,可将问题描述为:对于同一规格的杆件,若有 n 种不同的下料长度(对应每一种下料长度编一项目号),在不超过杆材长度的前提下,使每一根杆材上排料总长最大,即:

$$\max p_j k_j$$

式中 j 为从 n 种下料长度中选出的排料的项目号; p_j 为 j 项目号的杆件长度; k_j 为同一根杆材上 j 项目号的排料次数。

种群中的每个个体即染色体,对应杆材的一种排料方式。染色体的每个组成部分即基因,对应一个项目号,即一种下料长度。在每一代中用适值,即一根杆材上的排料总长,来测量染色体的好坏。生成的下一代染色体为后代,也即为解经过一定搜索运算后形成的另一解。后代是由前一代染色体通过交叉和变异运算形成的。本文采用直接编码法,染色体中的项目数是不固定的,染色体的长度是可变的,而且染色体中项目的顺序没有意义。

2 优化求解算法

优化求解的程序框图见图 1,在以前设计的基础上,将各杆的编号、下料长度、所用钢管的规格、本编号杆的数量进行统计后,首先确定染色体中的基因个数,本算法取在给定的杆材长度条件下,最短下料长度的下料段数作为一个染色体中的基因个数。之后,对同一大类型号的杆件,进行初始化过程:

(1) 编项目号。对同一大类中所有杆件,不同下料长度对应不同的项目号,用数组 $xiaolei()$ 的第一行存储项目号,同列的第二行存储下料长度,第三行存放该项目的数量。

(2) 基于给定的杆件长度和下料长度构造一组可行解。解的个数即为种群大小。从 $xiaolei()$ 中根据下料长度进行项目组合,前提只要满足这些项目的下料总长小于杆材长度即可,多余的基因用项目号 0 代替,如染色体 $(1, 2, 1, 0)$ 。同一染色体中的基因可以重复,如果该规格的杆件包含的小类型较少,在构造可行解时,如果染色体数目小于种群大小 k ,为保证种群大小不变,可用重复前面染色体的方法得到剩余染色体。

交叉过程:

(1) 产生 k 个随机数,根据交叉率 p_c 和产生的 k 个随机值,选出参加交叉的 m 个双亲。

(2) 将参加交叉的双亲每两个分一组,若 m 为奇数,则将最后一个和第一个形成一组。对每一组双亲,在第一个双亲上选择一个断点,在第二个双亲上选一截片段(本文算法取两个基因作为一片段)。

第一作者:王胜春 女 1968 年 8 月出生 讲师 硕士

收稿日期:2001 - 10 - 19

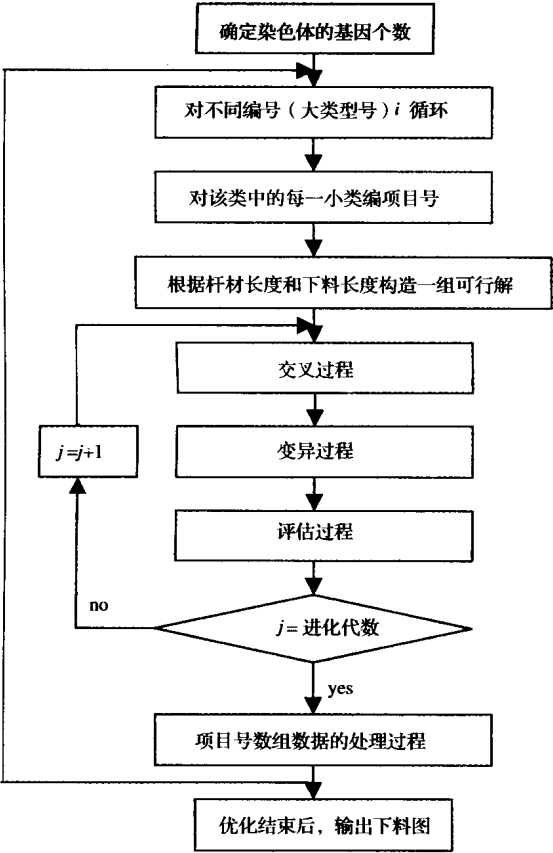


图1 下料优化粗框图

(3) 将第二个双亲中的片段插入第一个双亲的断点处, 从而形成一个后代。由于此后代中的基因数比染色体中的基因数多 1, 则需将此后代中的基因按染色体中的基因个数

组合成几个不同的后代, 按适值大小(在满足杆材长度的前提下, 每个染色体的下料总长)选取最优者作为交叉得到的后代。

变异过程:

(1) 确定变异的染色体和它的基因位置。产生 k 个随机数, 根据给出的变异率 p_m 和产生的随机值确定参加变异的染色体, 再随机确定变异染色体中的一个基因位置, 将此染色体中的该基因删除。

(2) 从 $xiaolei()$ 中选出项目号不为 0 的项目作为可选基因, 随机选取一个替换被删除的基因, 形成一新的后代。

评估过程:

(1) 根据父代和后代染色体的项目可求出每个染色体的适值, 在此即为每一个染色体的总下料长度。从中选取 k 个最优者作为新的父代。

(2) 如果迭代次数小于进化代数, 则转到交叉过程, 否则往下进行。

$xiaolei()$ 数据处理:

从父代中找出相同答案最多者作为最优解, 存入下料方案数组, 根据本方案的项目号和各项目数量, 确定本方案所用杆材的根数。并将 $xiaolei()$ 中与本方案有关的项目的数量作相应的改变, 如果该项目已用完, 则将其项目号、下料长度、数量全置为 0。

如果所有大类型都已循环完毕, 则输出下料图。否则转初始化过程。

3 算 例

以 288 根杆的四角锥网架为例, 进化代数 50, 种群大小 10, 交叉率 p_c 为 0.3, 变异率 p_m 为 0.3, 杆材长度 8 000mm。杆件材料见表 1, 下料方案见图 2。

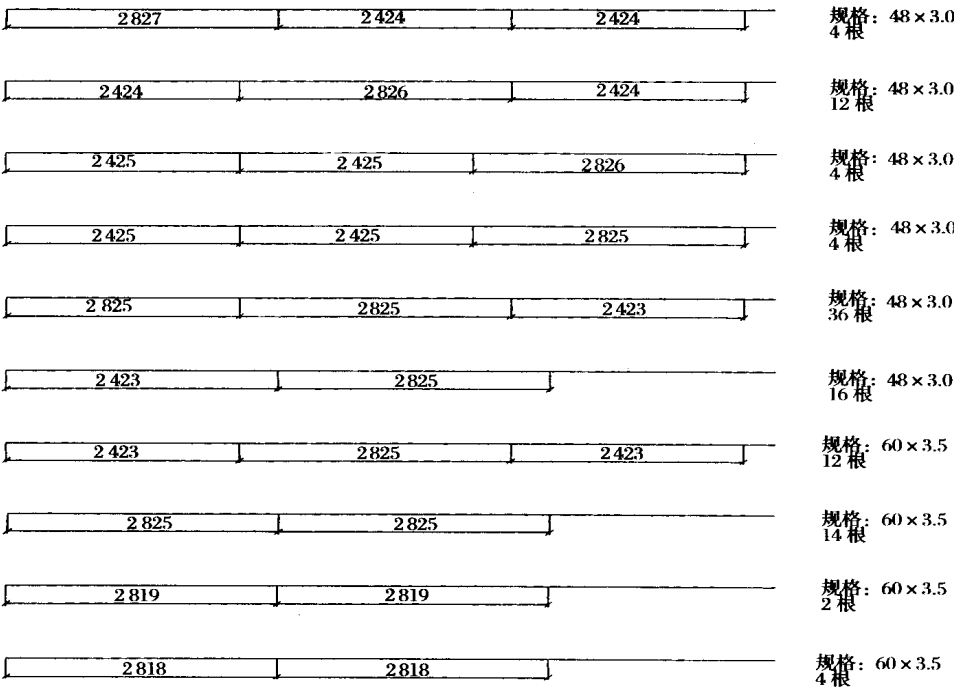


图2 下料方案

(下转第 50 页)

变形、周边的接缝将开裂),其修补的价格将远远高于使用其它类型支座的价格,得不偿失。对于终身负责的设计者来说,将是一个放心不下的因素。当然使用其它支座也是无法更换的,实际工程中必须提高支座的耐久性才具有可使用性。

5 橡胶支座的工程应用

根据全国铁路设计和应用研讨会纪要,会议讨论了铁路桥梁橡胶支座的合理使用范围、安装和维护技术条件,讨论了“橡胶支座劣化标准”。经讨论形成共同意见,其要点为:

(1)桥梁橡胶支座按 TBJ Z - 85“桥规”的规定,主要用于混凝土桥上。桥梁纵坡 > 6 %的混凝土桥和钢桥宜采用钢支座。

(2)建议对高速、提速铁路上的横向限位装置构造展开研究,以加强限位效果。为便于橡胶支座的安装、检查、养护和必要时的更换,必须增加垫石高度,其净高不得小于 30 cm。

铁道部工务局和建设司联合发文(工桥[1995]49号文件)要求各铁路局、设计院认真搞好桥梁橡胶支座产品的质量管理 and 检查验收,并规定:

- (1)按加高垫石通用图执行。
- (2)充分强调橡胶制品的质量和安装工艺。
- (3)桥梁坡度 > 6 ‰,应采用钢支座。

上述规定无疑是正确的,但操作起来有一定困难,主要表现在:(1)垫石加高,同时加高了支座理论高度,加大了力学模型的计算误差。(2)橡胶支座的物理力学性能随时间无

规律地不断变化,在现场安装状态下,无法测量,更无法确定何时需要更换,也无“规范”可循。“更换”只是理论上存在的,实际上无法执行、无法操作。

6 结 论

(1)橡胶支座的优点: 构造简单; 价格低廉; 具有一定转动、位移功能; 具有一定减振效果。因为橡胶支座可有一定位移,在地震时上、下部结构可有一定相对位移能力(其最大水平位移应是支座橡胶部分高度的 0.7 倍),释放瞬间产生的巨大地震力,故具有减振功能。日本阪神地震也说明此问题。但橡胶支座的各参数是不确定的(橡胶是典型的粘 - 弹 - 塑性体)且随时间变化,很难计算确定其减振效果,因此也无法评估设计的工程抗震能力,也无法确定墩、梁的几何尺寸。

(2)橡胶支座的缺点: 为高分子化合物,老化较快(其物理力学性能、化学分子式随时间变化); 水平、竖向刚度小,变形大,造成安全隐患和影响行车平顺性; 无法调节结构内力,即使有调节功能,也无法在设计中考虑; 无法计算其减振效果; 由于支座的变形,原计算力学模型亦发生变化,实际内力与计算结果不符,荷载小时,问题不大,荷载大时,是另一种安全隐患。准确地说,橡胶支座只能转动而不能释放弯矩,故在建模时应考虑此特点,否则将产生计算结果与实际结构工作不符的错误。

综上所述,在选用支座时,尤其对于设计服务周期长(如 50 年或 100 年的工程)的结构物,应全面考查各类支座性能指标后,再行决断。

(上接第 60 页)

表 1 杆件材料表(部分)

序号	杆件编号	规格/mm	下料长度/mm	数量
1	1	48 ×3.0	2 423	72
2	1A		2 424	32
3	1B		2 425	16
4	1C		2 825	72
5	1D		2 826	16
6	1E		2 827	4
7	2	60 ×3.5	2 423	24
8	2A		2 818	8
9	2B		2 819	4
10	2C		2 825	40

4 结 语

在工程设计中,排样方案的优劣直接关系到材料的利用率。在分析遗传算法的基础上,本文针对工程中杆件类材料

的下料问题,提出了一种优化下料的求解算法。该算法采用直接编码方式,结合优先适合搜索方法,经过交叉、变异、评估过程求得较优解。该算法的结果不依赖于初始值的选取。经算例证明,该算法运行时间少、优化结果好,并且结果不依赖于初始值的选取,尤其当杆件数量较多时,可以大大减少设计人员的工作量,提高经济效益。

参考文献

1 Hinterding R. Mapping ,Order-Independent Genes and the Knapsack Problem ,in Fogel ,132 :13 ~ 17
2 Martello S, Knapsack P Toth. Problem :Algorithms and Computer Implementations Chichester. John Wiley & Sons ,1990
3 Falkenauer E, Delchambre A. Genetic Algorithn for Bin Packing and Line Balancing. Proceeding of the IEEE International Conference on Robotics and Automation ,1992. 1186 ~ 1193