

文章编号: 1002-0411(2001)01-080-05

钢丝绳 CAD/CAPP 系统设计与实现

朱云龙 刘元新 薛劲松

(中国科学院沈阳自动化研究所 沈阳 110015)

摘要: 结合钢丝绳生产的实际需要, 提出将钢丝绳的结构设计与钢丝绳的工艺设计一体化的设计方法, 详细分析了钢丝绳结构设计的步骤、理论计算方法以及在工艺设计过程中涉及的一些主要因素、设计流程. 在此基础上结合具体的生产工艺和生产计划要求, 建立相应的设计知识库和并行设计结构框架, 实现钢丝绳的智能设计.*

关键词: 钢丝绳设计; CAD; CAPP; 并行设计

中图分类号: TP29

文献标识码: B

CAD/CAPP SYSTEM FOR STEEL WIRE ROPE

ZHU Yun-long LIU Yuan-xin XUE Jin-song

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)

Abstract: This paper analyses the properties of steel wire rope and the requirements in production, presents an approach to integrating steel wire rope structure and process design. Some considerable factors both in structure and process planning are illustrated. The main steps of designing structure, some methods of theoretic calculation are also described. Based on it, a concurrent framework of integrated steel wire rope structure and process is proposed and the reasoning machine is established. This means will enhance the ability of intelligent design for steel wire rope.

Keywords: steel wire rope, CAD, CAPP, concurrent engineering

1 引言(Introduction)

钢丝绳是以热轧高碳线材为主要原材料的深加工产品. 由于其具有较高的抗拉强度、疲劳强度和冲击韧性以及重量轻、长距离传递负载等特点而得到广泛应用. 然而, 钢丝绳的结构设计与其它金属制品和机械产品相比有其很强的特殊性, 主要表现为钢丝绳的生产工艺直接影响钢丝绳的性能, 仅从钢丝绳的理论结构计算进行的产品设计往往很难直接用于生产. 同时, 由于钢丝绳的实际数学模型涉及的因素很多, 如钢丝绳的结构、规格、材质性能、润滑状况、捻距、捻角、车速、变形器结构、拉丝模结构等一系列的几何结构和力学性能, 因而很难全面、准确地建立实际的数学模型, 这从某种意义上加大了钢丝绳设计的难度. 为有效地解决这一问题, 需要将钢丝绳的结构设计与工艺设计紧密地结合起来, 在钢丝绳设计的同时, 考虑钢丝绳的工艺的变化对钢丝绳结构的影响, 才能使钢丝绳的设计符合生产的

实际需要.

本文结合钢丝绳生产的实际需要, 提出将钢丝绳的结构设计与钢丝绳的工艺设计一体化的设计方法, 建立相应的并行设计结构, 在此基础上结合具体的生产工艺和生产计划要求, 建立相应的设计知识库, 最终实现钢丝绳的智能设计与制造.

2 系统功能设计(Function design)

钢丝绳 CAD/CAPP 系统针对点接触式、西鲁式、瓦林吞式和填充式四种结构进行钢丝绳的结构和工艺设计, 并实现系统与企业生产管理系统——ERP 的信息集成和产品的数据管理. 系统功能树见图 1.

2.1 钢丝绳结构设计

钢丝绳结构设计主要进行结构参数设计、端面结构显示、设计参数修正分析、长度及重量计算和参数与图形打印等功能. 这里主要阐述结构参数设计

* 收稿日期: 1999-12-15

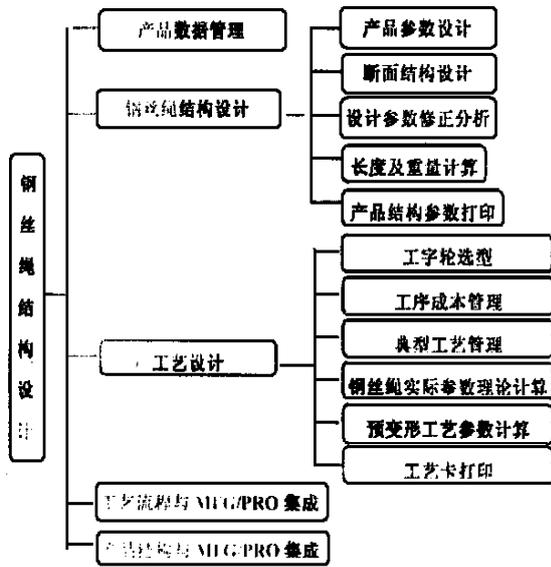


图1 CAD/CAPP 系统功能结构

Fig. 1 The Architecture of CAD/CAPP system

与设计参数修正分析方法。

2. 1. 1 结构参数设计

钢丝绳结构理论模型需根据钢丝绳的类型、结构特点分别建立相应的数学模型。从结构特点来看,点接触式钢丝绳相邻钢丝之间呈点状接触,并采用等直径钢丝捻制;线接触钢丝绳各层钢丝之间以线状接触,它分西鲁式、瓦林吞式和填充式 3 种基本类型,在此基础上又可组成西鲁式、西鲁-填充式等多种变形结构。无论是点接触式或线接触式,其理论模型建立基本上可分以下几个步骤:

(1) 钢丝强直径的确立

根据钢丝绳的破断拉力 F_0 、钢丝绳的破断拉力换算系数 K 和钢丝绳的公称抗拉强度 R_0 进行计算。其公式如下:

$$D = \sqrt{F_0 / (K \cdot R_0)}$$

(2) 建立股与绳的捻制系数方程

其方程为:

$$C \cdot k^2 \cdot m^4 - 2 \cdot C \cdot k \cdot m^3 - (k^2 + \pi^2) \cdot m^2 + 2 \cdot \pi^2 \cdot m - \pi^2 = 0$$

其中: $C = (\text{tg}(a))^2$; $a = 180/n$; $m = D/d$; n : 股的数目; k : 捻距倍数

由于该方程式是高阶方程,可采用高阶弦位法求解捻制系数,求出股径后即可继续进行股中钢丝的设计。由于股的结构不同故要根据不同结构进行相应的股结构计算。

(3) 股结构设计

根据股的直径和股的捻距倍数以及相应的结构类型分别建立。首先建立未捻制状态下的钢丝绳丝径比例关系,然后进行多次叠加,逐步逼近,达到一定精度停止求解,这里以瓦林吞式为例作简要说明。

瓦林吞式具有以下特点: 1) 股中各层钢丝捻角不同,捻距相同; 2) 股外层钢丝数目是次外层钢丝数目的二倍,且外层钢丝有粗细两种丝径的钢丝组成,两种钢丝数目相同如图 2。

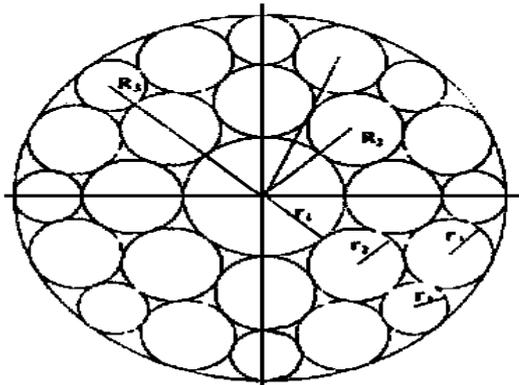


图2 1x25 瓦林吞式结构

Fig. 2 The structure of walinton(1x25)

瓦林吞式由于内层钢丝与外层钢丝呈线接触,所以不能直接进行计算,须采用迭代方法计算股中各层丝的丝径比。即首先在未捻制状态下,即股中各钢丝都以圆形断面相切的情况下,根据各层钢丝相切关系求出各层钢丝之间的丝径比,根据相应的丝径比求出各层钢丝的捻距和捻角,然后根据椭圆任意半径公式求出相应的椭圆半径,由各层钢丝相切条件再求出丝径比,再由新计算出丝径比进行下一次计算,如此进行多次迭代即可计算出规定精度的丝径比。在由各外层丝径比求出相应各层丝径。丝径比计算公式如下。

在钢丝捻制状态下根据初次计算出的丝径比,由外层钢丝捻制系数 k 及各层丝径比可计出各层捻距、捻角,再由各层钢丝捻制后相切关系得到下面公式,计算出各层丝径比

$$(r_4 + r_2)^2 = R_2^2 + R_4^2 - 2R_2R_4\cos\alpha$$

$$(r_2 + r_4)^2 = R_3^2 + R_4^2 - 2R_3R_4\cos\alpha$$

$$r_2 = (r_1 + r_2)\sin\alpha$$

$$\alpha = 180/n$$

r_1 : 中心丝丝径; r_2 : 次外层丝径; r_3 : 外层细丝丝径; r_4 : 外层粗丝丝径;

R_2 : 次外层丝螺旋半径; R_3 : 外层细丝螺旋半径; R_4 : 外层粗丝螺旋半径;

$\beta = 180/n$; $\alpha_1 - \alpha_4$: 对应椭圆半径与长轴夹角;
 n : 股次外层丝数;

$r_4(\alpha_1)$: 外层粗丝在与外层细丝相切处的相应的椭圆半径;

$r_2(\alpha_2)$; $r_2(\alpha_3)$; $r_3(\alpha_4)$ 的代表的半径与 $r_4(\alpha_1)$ 的

$$(r_2(\alpha_1) + r_2(\alpha_2))^2 = R_4^2 + R_2^2 - 2R_2R_4\cos\beta$$

$$(r_2(\alpha_3) + r_3(\alpha_4))^2 = R_2^2 + R_3^2 - 2R_2R_3$$

$$r_1 = R_2 - r_2$$

情况类似. 重复进行计算直到相邻两次计算的丝径比差距达到精度要求.

2.1.2 设计参数修正分析

产品的理论结构计算无法直接用于生产, 需要根据设计知识库中的知识进行修正, 并计算间隙. 根据均分原则即可由下列公式计算出丝间间隙和股间间隙.

l_0 : 间隙; R : 相应层次的捻制半径; d : 相应层次的股或丝径; $k = \text{tg}(180/n)$

$$l_0 = 2 * [R - (\frac{d}{2 * \cos\alpha})^2 * k^2 + (\frac{d}{2})^2] * \sin\beta$$

α : 捻角; $\beta = 180/n$; n : 相应层次的股或丝数

在间隙计算的基础上, 根据已有的历史数据(强度、韧性等)和可能采用的加工方法进行理论分析和推理, 判断所设计的结构是否达到所需要的性能要求. 整个结构设计流程见图 3.

2.2 钢丝绳工艺设计

CAPP 系统以实用为原则, 将创成与派生法相结合, 从系统功能角度来看, 主要由捻股、捻绳工艺生成、拉拔工艺路线生成和工艺卡打印等.

• 捻股/捻绳工艺生成

捻股/捻绳工艺是钢丝绳生产中最重要的一环, 其工艺制作也相对比较复杂, 在点接触式、西鲁式、瓦林顿式和填充式四种结构中, 有一定的捻制规则, 一般点接触式要求分层捻制, 其它 3 种结构则必须一次性捻制, 以充分保证钢丝之间的线接触式. 在捻向上有交互捻、同向捻等.

以上这些捻制原则是在进行股、绳工艺设计中所必须遵循的, 从整体上来讲, 捻股/捻绳工艺大致由以下几方面组成.

A: 设备的选择

系统根据设计人员选定的产品结构、规格和钢丝绳强/股捻距要求选择相应的工字轮的个数的捻股机和成绳机, 并将可选设备于列表方式显示, 以供用户选择.

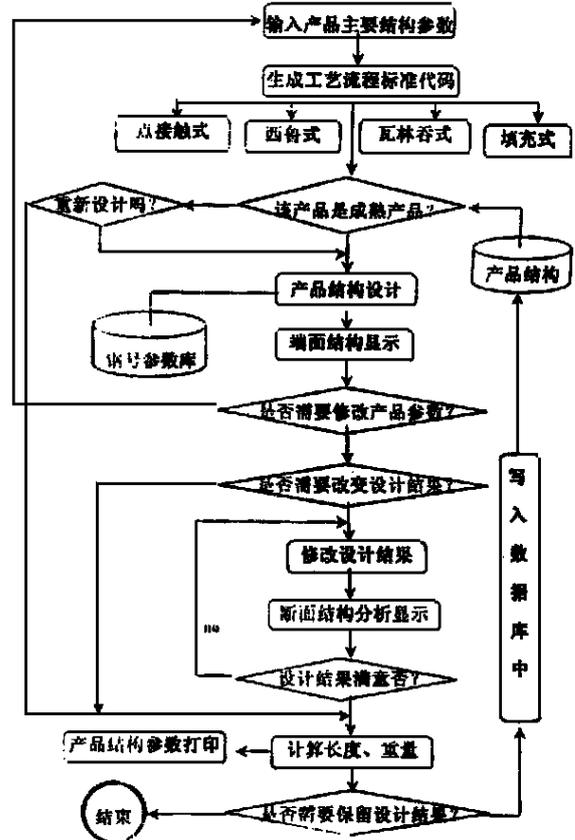


图 3 产品结构流程图

Fig. 3 The flowchart of structure design

B: 钢丝绳实际捻距、直径、破断拉力计算

由于捻距的变化、钢丝绳/股径以及破断拉力会有所不同, 因而进行实际值的计算和修正.

C: 钢丝绳变形计算

钢丝绳在制造过程中, 由于存在残余拉拔压力捻制压力, 将使钢丝绳产生松散现象, 目前采用“预变形”与“后变形”的方法来消除各种压力, 提高钢丝绳的不松散性能.

所谓预变形, 就是在钢丝绳的成品生产中, 股绳经过预先变形装置中的压辊反复弯曲变形, 从而达到消除钢丝绳中的压力, 获得不松散性能的一种工艺过程.

有关预变形工艺钢丝绳为松散理论与实际问题比较复杂, 涉及到多种因素. 如: 钢丝绳的结构、规格、材质性能、润滑状况、捻距捻角、捻制力距、捻制张力、变形的结构形式等一系列的几何结构因素和力学特征因素, 想用一或几个数学计算公式准确无误地反映这多方面的因素很困难. 为此, 我们进行钢丝绳固有曲率半径进行求解作为预变形参数, 而后变形则采用统计方法. 钢丝绳捻股/绳和拉拔工艺流程分别见图 4 和图 5.

2.3 产品数据管理

产品数据管理需要完成对所有产品结构, 产品工艺库的修改、增加、删除、显示工作, 主要有以下几类库. (1) 产品库: 按照镀前丝、电镀丝、制绳丝、股、绳等层次进行产品结构的管理, 为实现与 MFG/PRO 系统集成作铺垫; (2) 工艺库: 工艺库主要有工艺流程编码库、绳典型工艺库、钢丝绳典型工艺流程库、典型拉丝工艺库; (3) 设备库: 设备库主要有工字轮与绳径对照表, 成绳机/捻股机设备性能、拉丝机

性能、拉丝模规格参数库; (4) 标准库: 主要有钢丝绳直径公差库、钢丝绳直径允许偏差表、钢丝绳公称抗拉强度偏差表、钢丝绳最小锌层重量表; 材质库; 主要指钢号参数库, 该库中记录了该材质主要元素含量.

2.4 系统集成

系统集成需要完成产品结构、工艺流程与企业管理系统-MFG/PRO 的集成, 首先系统将相关的信息转化成 MFG/PRO 系统能接受的格式, 然后通过 CIM-LOAD 接口载入 MFG/PRO 系统中去.

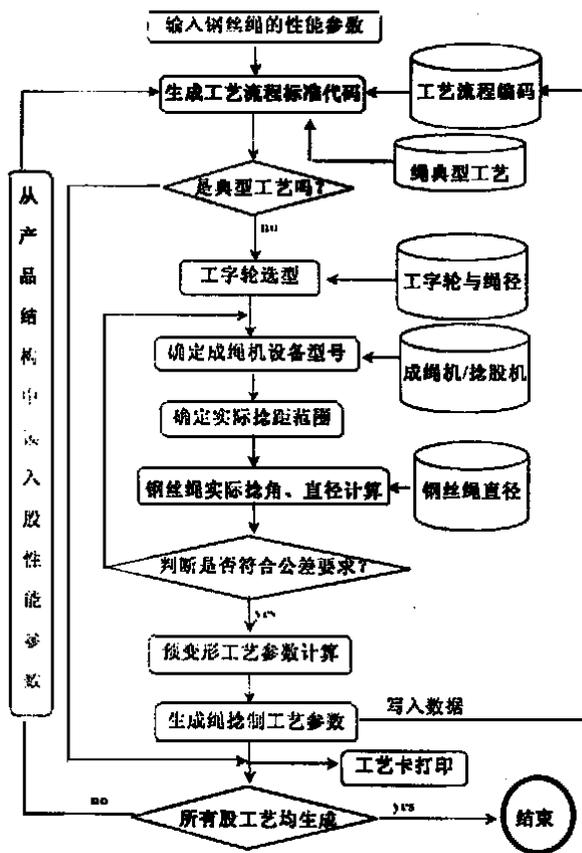


图 4 捻绳/股工艺流程图

Fig. 4 The flow chart of twisting process for steel wire rope

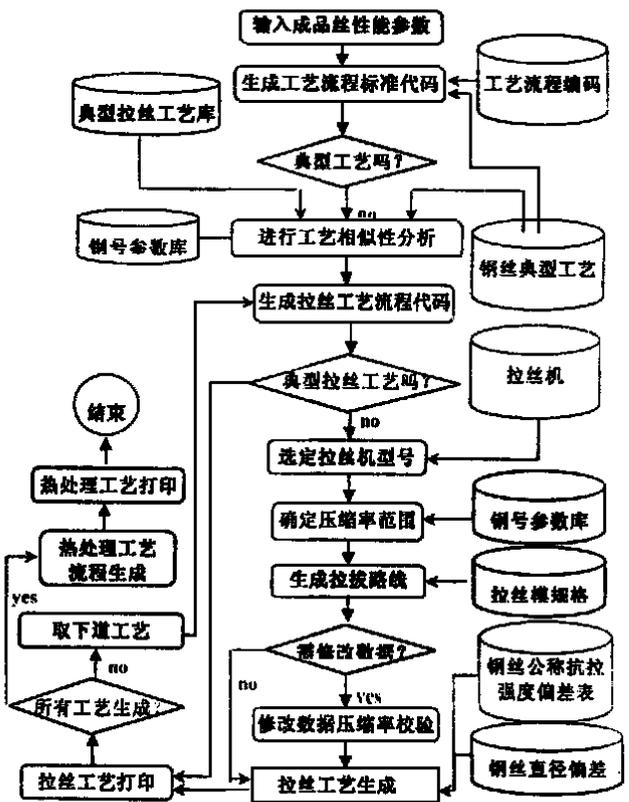


图 5 钢丝工艺流程图

Fig. 5 The flow chart of process steel wire

3 系统结构(The framework of concurrent design for steel wire rope)

系统结构如图 6 所示. 系统在结构设计的基础上根据设计知识库中的知识进行参数设计修正分析, 并进行性能分析, 并将相应的产品结构参数传递给 CAPP 系统进行工艺设计, 通过产品数据管理实现两者的信息集成, 并不断地交互, 从而实现设计的同时进行工艺分析.

4 环境设计(Computer supporting environment)

CAD/CAPP 系统是一个相对较为独立的系统, 因而系统环境设计上将在数据库平台进行开发, 数据库采用 Access, 并实现与 Progress 数据库的信息交换, 开发工具采用具有面向对象特征的可视化编程语言 VISUAL BASIC 4.0.

5 结束语(Conclusion)

通过将钢丝绳的结构设计与工艺设计结合在一起,可有效地解决设计与工艺之间的矛盾,使系统更

趋合理。目前,我们已经开发了该系统,它能有效解决企业产品结构与工艺脱节的现象,从而大大地缩短了新产品的的设计周期。

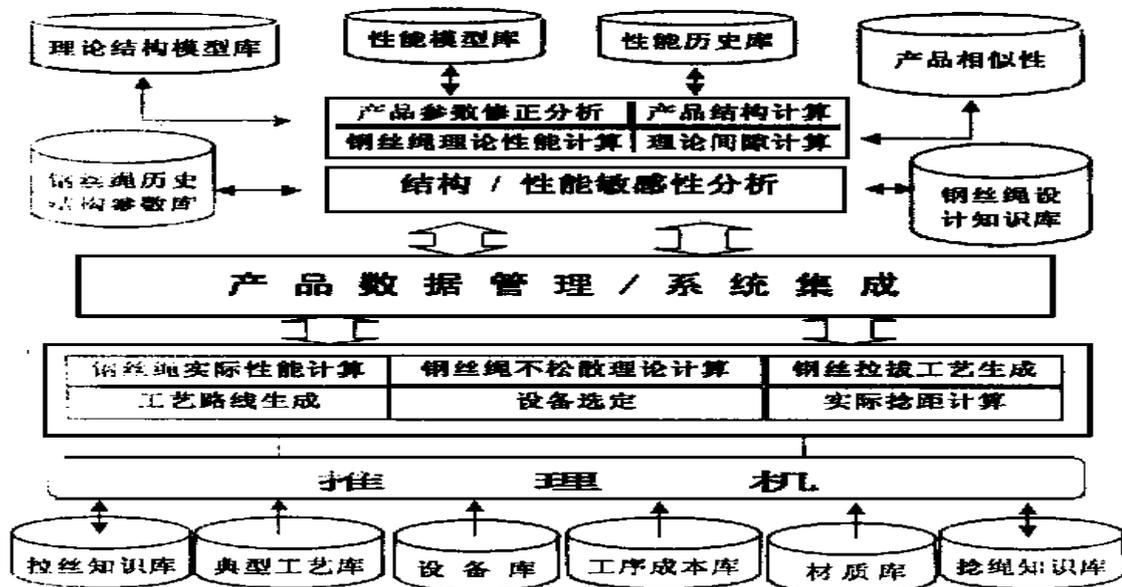


图6 钢丝绳 CAD/CAPP 并行设计框架

Fig. 6 The framework of concurrent design for steel wire rope

参 考 文 献

- 1 朱云龙等. 用神经网络解决单元划分问题[M]. 中国控制与决策年会, 沈阳: 东北大学出版社, 1994
- 2 杨静宇等. 智能制造系统[M]. 机械工业出版社, 1985

作者简介

朱云龙(1967-), 副研究员. 主要从事 workflow 及生产优化技术研究.

(上接第 67 页)

三 重要日期

论文截稿时间为 2001 年 3 月 15 日; 录用日期: 2001 年 5 月 15 日以前发录用与否通知

四 投稿地址

广西桂林电子工业学院计算机系 YAC' 2001 组委会

邮政编码: 541004

联系人: 党选举

电话: 0733-5601443 传真: 0773-5605690

Email: ccxjdang@gliet.edu.cn

来稿还可寄: 广西桂林空军学院实验管理中心 YAC' 2001 组委会

邮政编码: 541003

联系人: 倪国旗

电话: 0773-2084067 或 0733-3604450 转 84067

Email: niguoqi@163.net