

DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.S0.066

高速插秧机底盘快速设计专家系统*

李长林^{1,2} 王雪亮¹ 金晓萍¹ 毛恩荣¹ 宋正河¹

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 北京工商大学材料与机械工程学院, 北京 100048)

【摘要】 针对我国高速插秧机主要依赖于进口、自主设计能力较差、传统设计周期长等问题,在分析相关文献资料的基础上,收集整理了大量的相关设计知识。应用知识工程的理论,研究了高速插秧机底盘设计知识的表示方法和插秧机快速设计推理机制。建立了插秧机各零部件参数化模型,以 Visual Studio 2008、Oracle、Pro/E 为主要开发平台,开发了整个设计系统,融高速插秧机底盘设计知识库、推理机和参数化模型为一体,实现了基于知识的高速插秧机底盘快速设计。

关键词: 高速插秧机 底盘 快速设计 专家系统

中图分类号: S223.91^{*1} **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2012)S0-0323-06

Expert System Design of Chassis Rapid Design for High-speed Transplanter

Li Changlin^{1,2} Wang Xueliang¹ Jin Xiaoping¹ Mao Enrong¹ Song Zhenghe¹

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. School of Material and Mechanical Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

Abstract

In order to solve the problems of excessive dependence on importation, independent design and over-prolonged traditional design cycle and so on, the expression methods and reasoning mechanism of high-speed transplanters were applied. Finally, a designing inference engine and parametric parts models were built. Taking Visual Studio 2008, Oracle, Pro/E as major development platforms, the technologies of secondary development and database programming were adopted in developing the interface of the design system software. By combining the design knowledge, inference engine and parametric model of high-speed transplanter chassis, the knowledge-based rapid design of high-speed transplanter chassis was achieved.

Key words High-speed transplanter, Chassis, Rapid design, Expert system

引言

高速插秧机具有工作效率高、技术先进、插秧精度高、整机质量小、轻便灵活的特点,已被越来越广泛地应用于水稻插秧作业中。高速插秧机的出现和应用,极大地改善了插秧作业的工作环境,降低了劳动者的工作强度,因此高速插秧机将是插秧机的主

导发展产品。

产品快速设计是计算机辅助设计和制造技术的发展和延伸。在当前用户需求日益多样化、个性化,产品生命周期逐渐缩短的市场环境下,快速设计技术应运而生,是众多生产企业的迫切需求。快速设计即快速响应设计、敏捷设计,其主要目的是缩短产品设计周期,提高产品质量,

收稿日期: 2012-06-30 修回日期: 2012-07-16

* “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD20B01)

作者简介: 李长林, 博士生, 北京工商大学讲师, 主要从事农业机械产品智能快速设计研究, E-mail: lichl@th.btbu.edu.cn

通讯作者: 宋正河, 教授, 主要从事车辆人机工程学研究, E-mail: gxy16@cau.edu.cn

提高企业对市场的快速响应能力。人工智能中的专家系统快速设计是当前快速设计研究中最为活跃的领域。本文将人工智能、快速设计技术应用于高速插秧机底盘设计,以期提升我国农机设计水平和质量^[1]。

1 设计知识库的构建

1.1 设计知识的表示

知识表示对于问题能否求解、求解效率有重大影响,是推理的基础。根据高速插秧机底盘设计知识的特点,将设计知识主要分为规则类知识和实例类知识。其中规则类知识包括公式类、经验参数类、

图表类、国家标准选项类等。实例类知识细分为3个实例:标准件、通用件、专用件。

1.1.1 插秧机底盘设计规则类知识表示

在规则知识表示前,首先根据底盘的结构形式,应用框架式的表示方法,将底盘分解成多个槽和侧面,按照底盘—系统—部件—零件的形式分解,分成4个层次。然后再针对分解后的一个部件或零件的具体设计知识采用产生式的表示方法。例如:将高速插秧机底盘分解为转向系、传动系、行走系3部分。转向系再继续分解为转向操纵装置、转向传动装置、液压转向装置等。高速插秧机底盘规则类知识表示如图1所示。

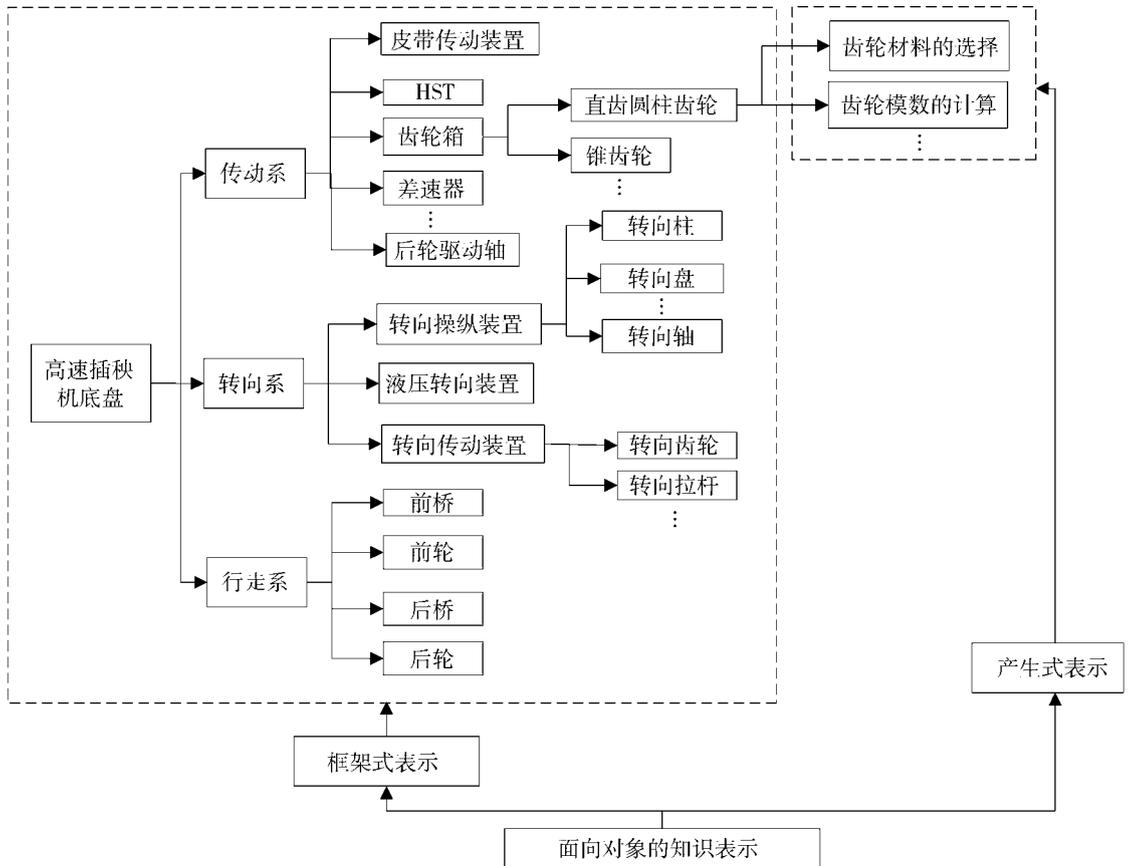


图1 插秧机底盘规则类知识表示

Fig.1 Knowledge expression of transplanter chassis rules

产生式表示是目前应用最广泛的知识表示方法之一。其基本形式为

IF P THEN Q

其中, P 是产生式的前提条件,用于指出何种情况下成立的条件, Q 是一组结论或操作,用于指明前提成立时应得到的结论或执行的操作。

例如知识前提:小带轮转速 $n = 3\ 200\ \text{r/min}$,设计功率为 $8.4\ \text{kW}$;知识结论:带型选择 SPZ 型式,小带轮直径 $d = 63 \sim 100\ \text{mm}$ 。

即 IF 小带轮转速 $n = 3\ 200\ \text{r/min}$,设计功率为 $8.4\ \text{kW}$;THEN 带型为 SPZ,小带轮直径 $d = 63 \sim$

$100\ \text{mm}$ 。

1.1.2 插秧机底盘设计实例类知识表示

实例类知识是实现知识重用和快速设计的基础。在对实例类知识表示时需要表示出各实例之间的父子关系以及实例的静态属性两方面内容。本文采用的是框架式表示和面向对象表示相结合的方法。将高速插秧机底盘按照底盘—系统—部件—零件的方法进行层次分解,零件为最小单元。每个零件对应唯一零件编号、三维参数化模型以及其静态属性参数。图2为本文中HST的实例类知识表示框架。

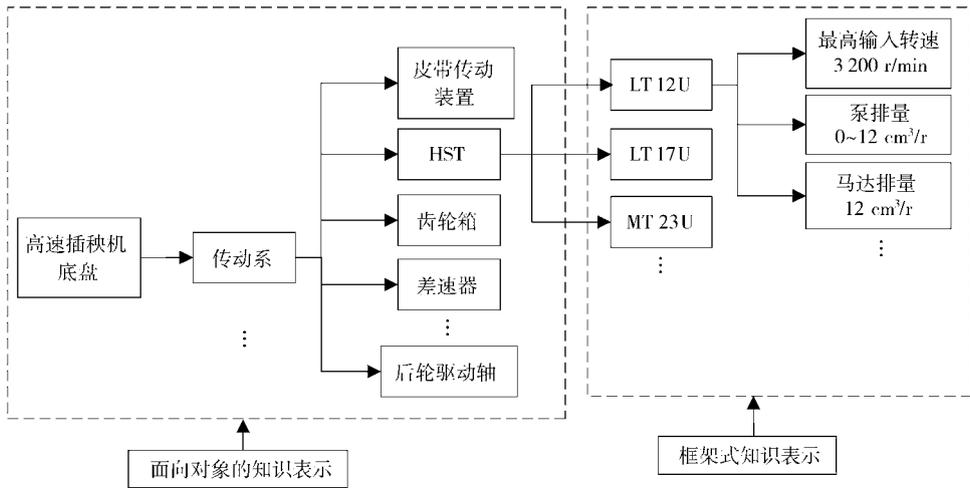


图2 插秧机底盘实例类知识表示

Fig.2 Example knowledge express of transplanter chassis

1.1.3 混合知识表示方法

由于插秧机底盘设计知识和经验的种类复杂、繁多,单一的知识表示方法不能够很好地实现知识的表达,所以必须采用混合知识表示方法。这种表示方法综合了产生式、框架和面向对象等知识表示方法的优点,可以比较方便地实现插秧机底盘设计知识的表示。也可以说,混合知识表示方法是采用面向对象的方法把产生式、框架等表示方法封装在一个对象里的一种表示方法^[2-7]。

1.2 设计知识在 Oracle 数据库中的存储

(1)公式类知识的存储

所采用的存储格式为:公式 ID、公式名称、公式内容、公式说明、参数 1、参数 2、...、参数 10,如图 3 所示。

FORMULA_ID	FORMULA_NAME	FORMULA
2001	质心位置	$\lambda_0 = 1 - C_x / L$
3001	整机总重量	$m_a = m_c + N_c \cdot Y \cdot 30 + 15G$
3002	行走功率	$P_w = (1/\eta_f) \cdot m_a \cdot g \cdot f_d \cdot U_c \cdot 10^3 (-3)$
3003	发动机总功率	$P_e = P_w + P_b + P_c$
4001	插秧时后轮总传动比	$i_{Dc} = (n_e \cdot n \cdot D_1) / (60 \cdot D_L)$
4002	路上行走时后轮总传动比	$i_{DL} = (n_e \cdot n \cdot D_1) / (60 \cdot D_L)$
4003	路上行走时后轮前传动比	$i_{dL} = (D_2 / D_1) \cdot i_{DL} (1 - \epsilon)$
4003	插秧时前轮总传动比	$i_{dc} = (D_2 / D_1) \cdot i_{Dc} (1 - \epsilon)$

图3 公式类知识存储表

Fig.3 Formula sort of knowledge

(2)国标、选型类知识的存储

所采用的存储形式与具体国标、选型类知识的内容相关,列名没有具体规定,如图 4 所示,为 GB/T 292—2007《角接触球轴承》在 Oracle 中的存储形式。

DO	D	B	DO_MIN	DA_MAX	RA_MAX	CODE	CODE1
10	19	5	12.4	16.6	0.3 61300	100	
10	22	6	12.4	18.6	0.3 61900	100	
10	26	6	12.4	23.6	0.3 65000	100	
10	30	5	15	25	0.6 62000	100	

图4 GB/T 292—2007《角接触球轴承》的存储表

Fig.4 Angle contact ball bearing GB/T 292—2007

(3)经验参数类知识的存储

在 Oracle 数据库中,经验参数类的存储形式如图 5 所示。

PARAMETER_ID	PARAMETER_NAME	PARAMETER
1 1001	后轴质量分配系数	λ_0
2 1002	前轮滚动阻力系数	f_{d2}
3 1003	后轮滚动阻力系数	f_{d1}
4 2001	边减速传动比	i_B
5 3001	HST的容积效率	η_H
6 {null}	行走装置的传动效率系数	η_I
7 {null}	前后轮的转差率	ϵ
8 {null}	机械部分的传动效率	η_0

图5 经验参数类知识存储表

Fig.5 Experience of parameters knowledge storage

(4)查表类知识的存储

如表 1,在 Oracle 关系数据库中,数据只能以二维表的形式存在,因此需将此三维表转换为二维表的形式存入数据库,存储形式如图 6 所示。

表1 工况系数 K_A

Tab.1 Condition coefficient K_A

工况	空、轻载起动			重载起动		
	每天工作时长/h			每天工作时长/h		
	<10	10~16	>16	<10	10~16	>16
载荷变动最小	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
载荷变动小	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
载荷变动较大	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
载荷变动很大	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8

(5)查图类知识的存储

采用拟合曲线方程的方法,将拟合后的曲线方程存入 Oracle 中。如齿轮设计计算时需要查齿形系数图,采用多项式插值,分段拟合。区间 [12, 30),拟合后的曲线方程为

LOAD	CONDITION	K_A	ROTOR_HOUR_MIN	ROTOR_HOUR_MAX	TYPE
载荷变动最小	空、轻载启动	1	0	10	5
载荷变动最小	空、轻载启动	1.1	10	16	4
载荷变动最小	空、轻载启动	1.2	16	(null)	8
载荷变动最小	重载启动	1.1	0	10	9
载荷变动最小	重载启动	1.2	10	16	4
载荷变动最小	重载启动	1.3	16	(null)	8
载荷变动小	空、轻载启动	1.1	0	10	9
载荷变动小	空、轻载启动	1.2	10	16	4
载荷变动小	空、轻载启动	1.3	16	(null)	8
载荷变动小	重载启动	1.2	0	10	9
载荷变动小	重载启动	1.3	10	16	4
载荷变动小	重载启动	1.4	16	(null)	8
载荷变动较大	空、轻载启动	1.2	0	10	9
载荷变动较大	空、轻载启动	1.3	10	16	4
载荷变动较大	重载启动	1.4	16	(null)	8
载荷变动较大	重载启动	1.4	0	10	9

图6 工况系数 K_A 存储表Fig.6 Storage condition coefficient K_A

$$y = 4.275 \times 10^{-5} x^4 - 4.0059 \times 10^{-3} x^3 + 0.13978x^2 - 2.1882x + 15.8764$$

区间 [30, 50), 拟合后的曲线方程为

$$y = 2.0622 \times 10^{-6} x^4 - 3.4412 \times 10^{-4} x^3 + 2.1306 \times 10^{-2} x^2 - 0.58921x + 8.6221$$

区间 [50, 100), 拟合后的曲线方程为

$$y = 8.5333 \times 10^{-7} x^3 - 1.9429 \times 10^{-4} x^2 + 1.201 \times 10^{-2} x + 2.0779$$

区间 [100, 400), 拟合后的曲线方程为

$$y = 2.7282 \times 10^{-7} x^2 - 5.9117 \times 10^{-4} x + 2.2437$$

(6) 整机实例的存储

采用的存储格式为: 整机 ID、整机名称、系统 ID、系统名称、系统数量、说明, 如图 7 所示。

ID	NAME	PART_ID	PART_NAME	PART_NUM
1	BW00_0 插秧机底盘	BW_0100_0 传动系		1
2	BW00_0 插秧机底盘	BW_0200_0 转向系		1
3	BW00_0 插秧机底盘	BW_0300_0 行走系		1
4	BW00_0 插秧机底盘	BW_0400_0 制动系		1

图7 整机实例存储表

Fig.7 Example storage

(7) 系统实例的存储

采用的存储格式为: 系统 ID、系统名称、部件 ID、部件名称、部件数量、说明, 如图 8 所示。

ID	NAME	PART_ID	PART_NAME
BW_0100_0	插秧机传动系	BW_01_0400_0	变速箱
BW_0100_0	插秧机传动系	BW_01_1100_0	HST操纵机构
BW_0100_0	插秧机传动系	BW_01_1101_0	变速箱操纵机构
BW_0100_0	插秧机传动系	BW_01_1200_0	后桥
BW_0100_0	插秧机传动系	BW_01_0600_0	差速器

图8 系统实例存储表

Fig.8 System example storage

(8) 部件实例的存储

采用的存储格式为: 部件 ID、部件名称、零件 ID、零件名称、零件数量、说明, 如图 9 所示。

ID	NAME	PART_ID	PART_NAME
BW_01_0400_0	变速箱	BW_01_04_0300_00_0	变速箱体
BW_01_0400_0	变速箱	BW_01_04_0333_06_0	株距齿轮7
BW_01_0400_0	变速箱	(null)	螺母
BW_01_0400_0	变速箱	(null)	螺栓
BW_01_0400_0	变速箱	(null)	HST
BW_01_0400_0	变速箱	BW_01_04_0336_00_0	泵轴
BW_01_0400_0	变速箱	BW_01_04_0337_00_0	花键毂
BW_01_0400_0	变速箱	BW_01_04_0301_00_0	变速箱盖
BW_01_0400_0	变速箱	BW_01_04_0302_00_0	输入轴

图9 部件实例存储表

Fig.9 Parts example storage

相关, 结合高速插秧机底盘设计流程和设计知识的表示方法, 采用基于规则演绎推理, 控制策略为正向推理^[8-9]。推理过程为: 从输入初始设计参数开始, 在规则库中逐条搜索规则, 判断每一条规则的前提是否存在, 若全部前提存在, 则计算该结果。反复循环上述过程, 直至推出目标结果。

根据高速插秧机底盘设计过程, 采用如图 10 所示的推理流程。首先输入总体设计要求, 包括插秧行数、秧盘数、轴距、轮距、离地间隙、插秧速度、行走速度、整机质量, 然后计算整机质心, 初选发动机、计算分配传动比。整机总体设计结束后, 分别设计计算传动系和转向系两大系统。根据高速插秧机底盘的结构特点, 将行走系和制动系的推理同传动系结合在一起进行。转向系的推理中, 需要输入转向系的初始设计参数, 然后再进行转向二级减速齿轮、转向梯形等部分的推理。

2.2 推理结果的参数化实现

Pro/E 的参数化设计具有全尺寸约束、尺寸驱动设计修改、全数据相关等特点, 是实现快速设计的基础, 参数化模型建立以后, 将推理得到的设计结果参数传递给参数化模型, 通过更改参数即可生成不同尺寸的零部件及整机^[10]。

3 系统设计与实现

快速设计系统是将高速插秧机底盘的设计以计算机应用软件的形式表现出来。本文选择 64 位 Windows 7 操作系统为开发平台, 开发环境选择 Visual Studio 2008。

高速插秧机底盘快速设计系统流程如图 11 所示。用户登录进入系统界面, 系统连接 Oracle 数据库。在交互界面中, 用户输入设计要求给专家系统推理机, 推理机根据需要从知识库提取相应的设计知识进行设计推理, 同时将设计过程中得到新知识存入知识库。最终专家系统通过推理得到的设计参数驱动 Pro/E 参数化模块, 得到快速设计结果, 同时将该设计实例存入实例库。

2 插秧机底盘设计推理方法

2.1 推理方法流程

推理机和控制策略与设计思路和知识表示密切

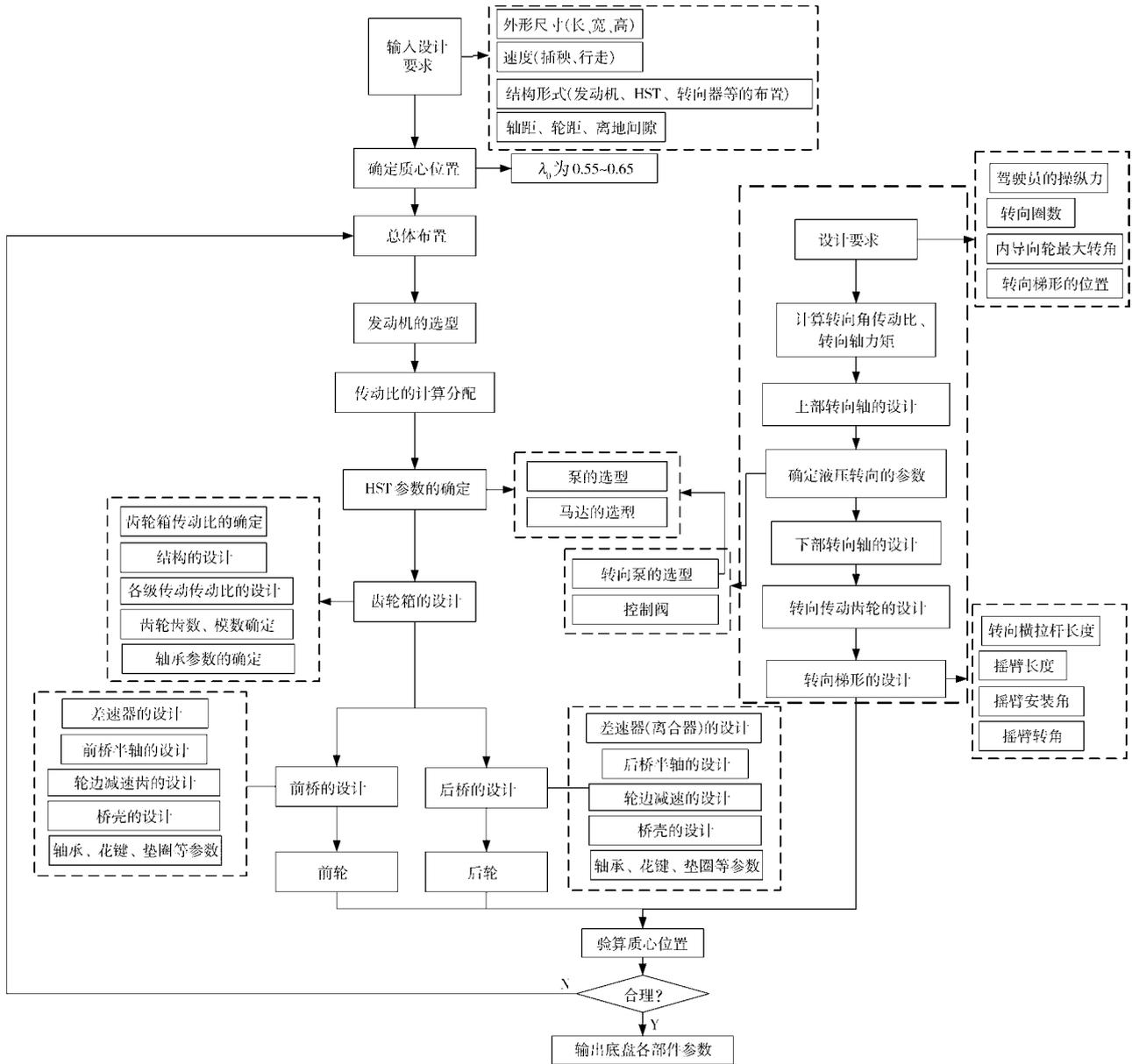


图 10 插秧机底盘设计推理流程图

Fig. 10 Reasoning process of transplanter chassis design

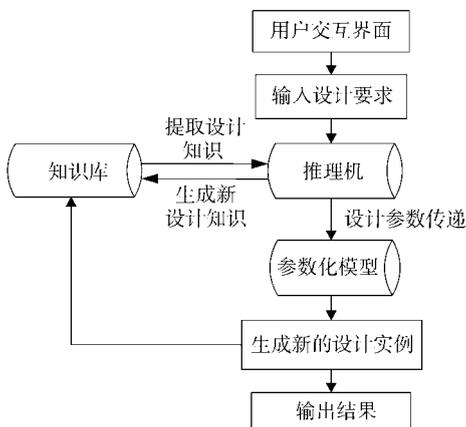


图 11 高速插秧机底盘设计系统流程图

Fig. 11 Flow chart of transplanter chassis design

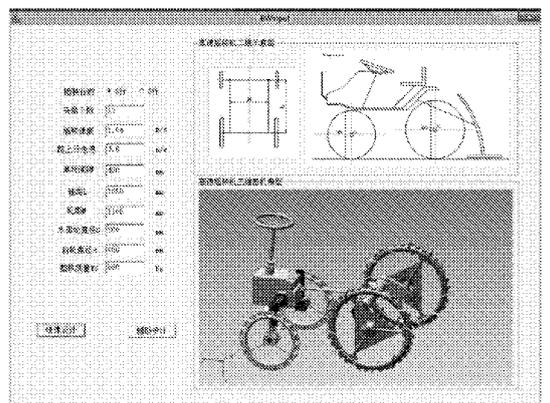


图 12 快速设计系统界面

Fig. 12 Rapid design system interface

快速设计系统的界面如图 12 所示。用户可以选择自动设计模式或辅助设计模式进行设计。自动

设计模式下,系统会根据推理机的结果,进行自主设计,无需用户进行中间参数的选择。辅助设计模式

下,需要用户按设计步骤和系统进行交互。

4 结束语

通过查阅高速插秧机底盘相关设计资料、国家标准、专家经验,收集整理高速插秧机底盘设计知识,采用产生式表示方法和面向对象表示法对设计规则类知识进行了表示,并采用框架式和面向对象表示法对实例类知识进行了表示;研究了

高速插秧机底盘设计知识存储方法,解决了设计知识的有效管理问题;研究了高速插秧机底盘的设计流程,设计了基于正向演绎推理方法的高速插秧机底盘推理流程,建立了高速插秧机底盘设计推理机;开发了高速插秧机底盘快速设计系统。对缩短我国高速插秧机底盘设计周期、降低设计成本、提高产品质量、增强产品市场竞争力将起到积极的推进作用。

参 考 文 献

- 汪洋. 适应市场条件的机械产品快速设计技术探讨[J]. 中国市场, 2007(1): 81 ~ 82.
Wang Yang. Discussion of rapid design of mechanical products technology adapt to the market conditions[J]. China Market, 2007(1): 81 ~ 82. (in Chinese)
- 张善辉. 机械产品设计知识管理系统的研究[D]. 济南: 山东大学, 2008.
Zhang Shanhui. Research on design knowledge management system for mechanical products [D]. Ji'nan: Shandong University, 2008. (in Chinese)
- 刘波. 知识驱动的车身结构设计方法研究及相关软件开发[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
Liu Bo. Methodologies study and corresponding software development for knowledge-driven auto-body structure design [D]. Changchun: Jilin University, 2007. (in Chinese)
- 石海波. 分层参数化设计方法及其在产品快速设计系统中的应用[J]. 制造业自动化, 2010, 32(10): 122 ~ 124.
Shi HaiBo. A layered parametrical design method and its application in product rapid design system [J]. Manufacturing Automation, 2010, 32(10): 122 ~ 124. (in Chinese)
- Karina Rodriguez, Ahmed Al-Ashaab. Knowledge web-based system architecture for collaborative[J]. Computers in Industry, 2005, 56(1): 125 ~ 140.
- Richard Curran, Wim J C Verhagen, Michel J L van Tooren, et al. A multidisciplinary implementation methodology for knowledge based engineering: KNOMAD[J]. Expert Systems with Applications, 2010, 37(11): 7 336 ~ 7 350.
- 王明礼. 轿车铝合金轮毂虚拟设计知识库开发[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2009.
Wang Mingli. Knowledge base development for virtual design of car aluminum alloy wheel [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2009. (in Chinese)
- 郑丽敏. 人工智能与专家系统原理及其应用[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004.
- 蔡瑞英, 李长河. 人工智能[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2003.
- 单泉, 陈砚, 汪殿龙. Pro/E 4.0 参数化设计从入门到精通[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.

(上接第 334 页)

- 郑建校, 王苗, 贺利乐. 基于功率键合图的轮式装载机工作装置液压系统的建模与仿真[J]. 机床与液压, 2010, 38(20): 55 ~ 62.
Zheng Jianxiao, Wang Miao, He Lile. Modeling and simulation of hydraulic system of the wheel loader based on power bond graph [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2010, 38(20): 55 ~ 62. (in Chinese)
- 孙成通, 韩虎. 基于键合图的液压系统建模与仿真[J]. 煤矿机械, 2008, 29(3): 52 ~ 54.
Sun Chengtong, Han Hu. Modeling and simulation of hydraulic system based on power bond graph [J]. Coal Mine Machinery, 2008, 29(3): 52 ~ 54. (in Chinese)
- 王中双. 键合图理论及其在系统动力学中的应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007.
- 孙亮, 于建军, 龚道雄. 线性系统理论基础[M]. 北京: 北京工业大学出版社, 2006.
- 王海英, 袁丽英, 吴勃. 控制系统的 MATLAB 方针与设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.