

工程车辆数据管理分析系统 V1.0

目录

一、系统应用背景概述	3
二、软件总体设计	3
2.1、软件需求概括	3
2.2、总体结构与模块接口设计	5
2.3、软件运行环境	5
三、数据库设计	6
3.1、车辆信息数据库数据	6
3.2、载荷谱数据库设计	7
四、工程车辆数据管理模块	7
4.1、用户权限登录模块	8
4.2、车辆信息管理模块	8
4.2.1、车辆信息导入	8
4.2.2、车辆信息删除	9
4.3、车辆信息集成模块	10
4.4、载荷谱管理模块	11
4.4.1、载荷谱数据导入	11
4.4.2、载荷谱数据删除	12
4.5、载荷谱统计分析	12
4.5.1、横向对比	12
4.5.2、纵向对比	13
4.5.3 数据可视化及分析	13
4.6、警告与提示	14
五、工程车辆载荷谱分析模块	14
5.1、载荷谱处理分析	14
5.1.1、载荷谱数据分割	14
5.1.2、半轴载荷谱编制	15
5.2、车辆参数优化	16
5.2.1、车辆动力性经济性仿真	16

5.2.2、车辆传动系参数优化	19
-----------------------	----

一、系统应用背景概述

随着我国轨道交通、公路铁路建设、水电新能源等项目递增，工程车辆尤其是轮式装载机广泛地运用于土方、砂石、石灰等散装物料的铲装与短距离运输中。如今，我国已经是工程机械生产企业数量最多的国家，到 2015 年底装载机年产量已达 20 余万台，其车辆的型号、关键部件的型号种类繁多，但各部件之间缺乏规范化的信息集成。载荷谱是能反映零件载荷的变化，具有统计特性的载荷历程，不但可以用载荷时间历程表示，还可以表现为图表、矩阵、概率分布以及频谱图等形式。在车辆结构设计优化、耐久性分析中，往往需要各种车型的压力载荷、速度和加速度等运动学特征作为数据基础。目前在国外的一些车辆试验室中，车辆载荷数据库的建立工作起步较早，载荷数据库系统也比较完善。例如美国 NHTSA 等机构都通过大量的车辆一测力墙碰撞试验的数据，建立起了主要车型的碰撞载荷数据库，积累了大量的汽车碰撞载荷特征。相比而言，虽然我国的载荷测量系统的工作才刚刚起步，无法建立完善的车辆载荷特别是工程机械载荷数据库。

针对工程机械产业发展进程中产生的车型信息、部件参数信息等异构数据，以及对作业现场获取的载荷、速度等不同数据库的数据进行统一管理(即管控一体化)，需要将这些分散的异构数据、不同数据库环境的数据集成到流程工业的综合管理信息系统(MIS, Management Information System)中，方便工业上层随时通过 MIS 对底层数据进行分析、管理。而流程工业上层分析人员无法直观、快速访问到底层的异构数据，因此需要建立一个通用的可视化数据管理平台，满足车辆信息系统数据采集、迁移的需求。

二、软件总体设计

2.1、软件需求概括

本软件是基于 MySQL 数据库的工程车辆数据管理分析系统，主要面向工程机械各部件参数的信息集成以及对工业现场车辆作业谱的管理和分析。本软件目的是让结构设计、优化工程师对车辆信息、载荷谱信息的管理分析操作简单易懂，并用于载荷数据分析和车辆设计优化，提高工作效率。因此软件的主要功能包括两大模块：

1.工程车辆数据管理模块：

(1) 权限登录。软件使用者通过输入正确用户名和密码，登录数据库服务器进行相关数据管理分析操作。

(2) 车辆参数导入、删除和修改。把工程车辆的动力参数定义为 4 个模块：发动机、液力变矩器、变速箱和车辆，分模块对车辆参数进行增、删、改的操作。

(3) 整车信息集成管理。通过选择不同型号的车辆类型、零部件类型，以图片、图表格式对零散异构数据进行直观的集成，并显示对应实验的发动机特性曲线、液力变矩器特性曲线和牵引力特性曲线。

(4) 载荷谱数据导入、删除。按司机、作业对象、作业功率、作业模式和实验组别来定义载荷谱数据类型，对压力载荷、速度等作业谱进行导入、删除管理。

(5) 载荷谱数据分析对比。按①：同一谱类型（如动臂大腔压力），不同载荷谱作业段“司机-作业模式-作业功率-作业对象-实验组别”（如 jgh-V-heavy-soil-1, jgh-V-heavy-soil-2）作时域图和频次图显示数据，利用均值、方差、标准差统计值进行对比分析；②：同一载荷谱作业段（如 jgh-V-heavy-soil-1），不同谱类型（动臂大腔压力，转斗大腔压力，动臂小腔压力）作时域图和频次图显示数据，利用均值、方差、标准差统计值进行对比分析。

2.工程车辆载荷谱分析模块：

(1) 载荷谱数据分割：包括作业循环分割和作业段分割。对于重复的作业过程，计算重复作业次数，提取载荷谱的单个作业循环即为作业循环分割。把单个作业循环按照实际工况划分为不同作业段，如“空载-铲掘-重载-卸料-空载”五段式作业段。

(2) 半轴载荷谱编谱：对处理后的数据进行雨流计数，得到均幅值及对应频次分布。对分布进行假设性参数拟合，并通过频次外推、合成装载机半轴二维载荷谱和一维程序加载谱。

(3) 车辆经济性、动力性仿真：针对已有车辆信息，进行外特性曲面和万有特性曲线拟合，并匹配液力变矩器输出特性曲线。进行车辆的最大加速度、最大爬坡度、最大动力因数和百公里油耗仿真。

(4) 车辆传动系优化：针对车辆的动力性（驱动功率损失率），经济性（燃油消耗率），以传动系速比、液力变矩器直径、主减速比为优化设计变量，结合实验

的档位利用率和功率分流情况进行优化。

2.2、总体结构与模块接口设计

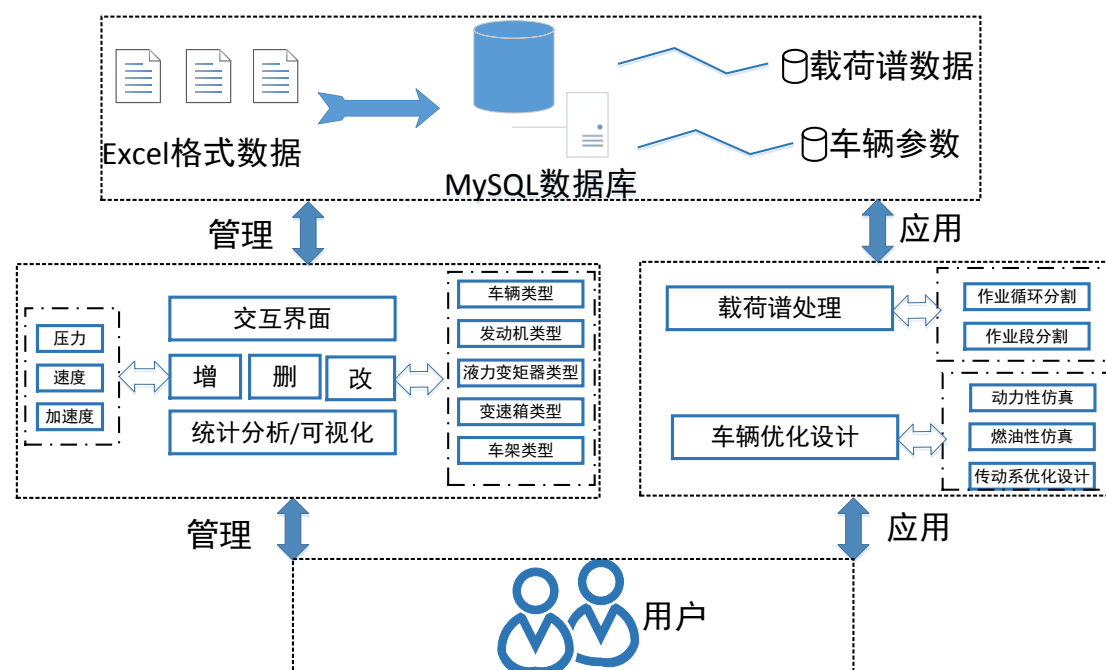


图1 总体结构与模块接口数据

本软件分文三层，①数据层：Excel 格式的载荷谱数据和车辆参数通过 Python 的 xlrd 类与 MySQL 进行数据传输；②逻辑访问层：逻辑访问层与 MySQL 通讯，并把相应逻辑映射到交互界面；③用户交互层：管理模块和应用模块分别通过 Tkinter 及 Matlab 的 GUI 界面，完成相应功能，(1)管理模块完成数据的增、删、改和数据统计分析/可视化；(2)应用模块完成载荷谱作业循环分割、作业段分割，以及车辆优化设计。

2.3、软件运行环境

1、计算机运行环境

CPU: Intel(R) Core i3 2.27G 处理器及以上

内存: 2GB 及以上

硬盘: 40GB 及以上

2、软件环境

操作系统: Microsoft Windows 7 及以上版本

程序环境: Python 2.7, Matlab2014

数据库: MySQL 5.7.15

三、数据库设计

3.1、车辆信息数据库数据

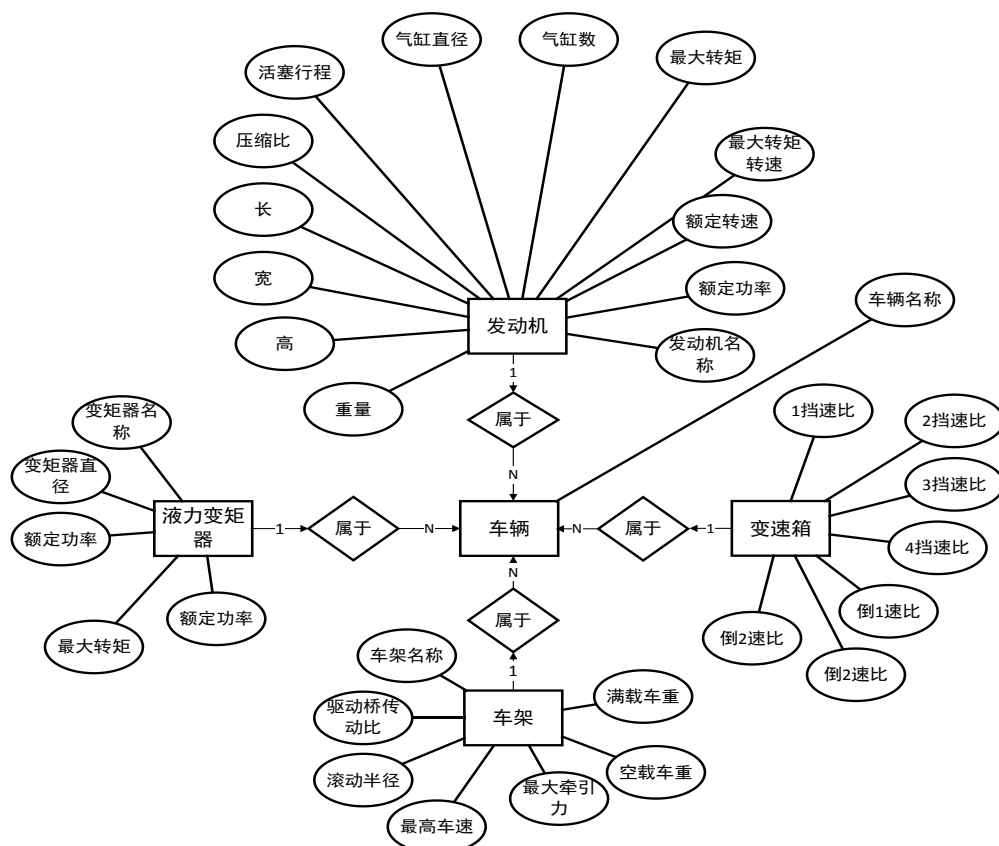


图2 车辆数据信息 ER 图

车辆数据信息 ER 图内包含 5 个实体：车辆、变速箱、车架和液力变矩器和发动机，且每个实体具有不同表征的属性。车辆包含变速箱、车架、发动机和液力变矩器，且车辆种类与变速箱、车架、发动机和液力变矩器都分别为 n 对 1 的关系。数据类型方面，名称为 varchar 类型，数据为 decimal 类型。

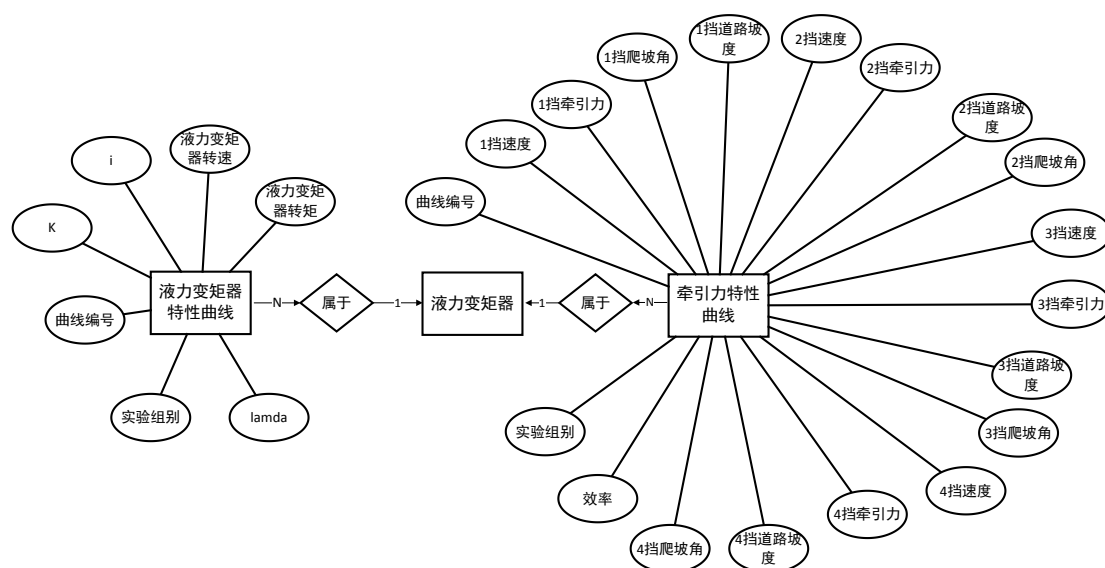


图3 液力变矩器特性实验数据 ER 图

液力变矩器特性实验数据 ER 图内包含 3 个实体：液力变矩器、牵引力特性曲线、液力变矩器特性曲线。液力变矩器包含液力变矩器特性曲线和牵引力特性曲线，且分别为 1 对 n 的关系。数据类型方面，名称为 varchar 类型，数据为 decimal 类型，数据编号为 int 型。

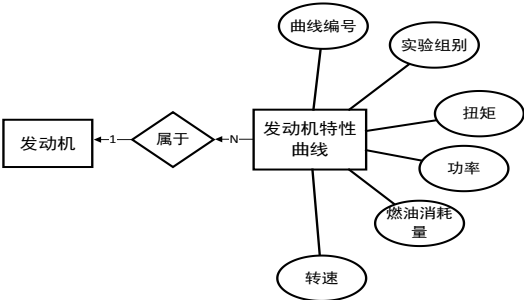


图 4 发动机特性实验数据 ER 图

发动机特性实验数据 ER 图内包含 2 个实体：发动机和发动机特性曲线。发动机包含发动机特性曲线，且为 1 对 n 的关系。数据类型方面，名称为 varchar 类型，数据为 decimal 类型，数据编号为 int 型。

3.2、载荷谱数据库设计

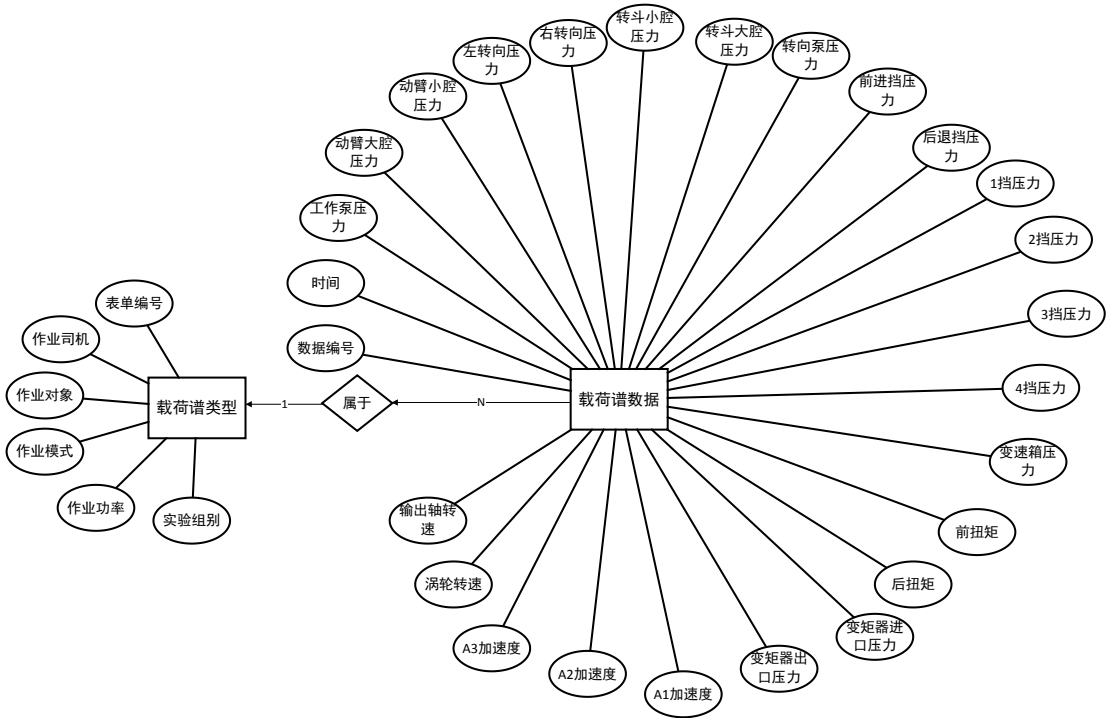


图 5 载荷谱实验数据 ER 图

载荷谱实验数据 ER 图内包含 2 个实体：载荷谱类型和载荷谱数据，载荷谱类型与载荷谱数据为 1 对 n 的关系。载荷谱数据有各部件载荷、速度等属性，载荷谱类型有作业司机、作业对象等属性。数据类型方面，名称为 varchar 类型，数据为 decimal 类型，数据编号为 int 型。

四、工程车辆数据管理模块

工程车辆数据管理模块主要分为 5 个小模块，①用户权限登录模块；②车辆

信息管理模块；③车辆信息集成模块；④载荷谱管理模块；⑤载荷谱统计分析模块。

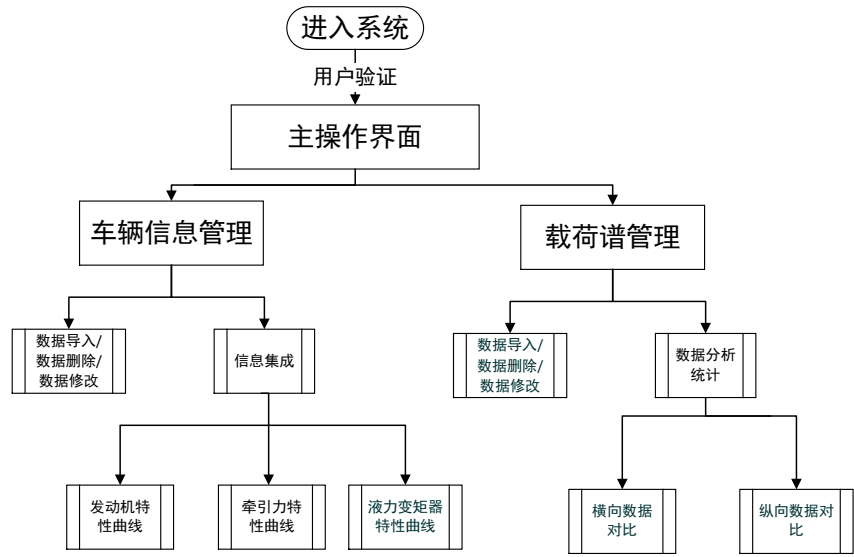


图 6 软件操作流程

4.1、用户权限登录模块

用户通过填写数据库 ip 地址、用户名和密码登录系统，默认 ip 地址为本机，默认用户名为 root。当成功连接数据库时，会跳转到主界面，菜单列表显示所需操作的菜单按钮名称。



图 7 登录界面与主菜单界面

4.2、车辆信息管理模块

4.2.1、车辆信息导入

点击主菜单“车辆信息导入”按钮进入车辆信息导入界面，状态栏显示已连接到的数据库信息。分别填写发动机型号、液力变矩器型号、变速箱型号和车架型号，点击导入按钮弹

出文件选择对话框，根据格式要求导入 Excel 文本，完成关键部件参数的导入。完成操作后，关键部件型号实时更新到下拉菜单，通过选择和组合不同的部件型号完成车辆参数及实验曲线的导入。之后点击“返回主菜单”回到主菜单界面。

车辆信息导入

车辆参数

车辆型号：
发动机型号：
SC5DK
液力变矩器型号：
WG180
变速箱型号：
XGD200
车架型号：
XG958
车辆参数导入

液力变矩器参数

液力变矩器型号：
液力变矩器参数导入
液力变矩器型号：
WG180
实验组别：
变矩器特性曲线导入
驱动功率与牵引力曲线

变速箱参数

变速箱型号：
变速箱参数导入

车架参数

车架型号：
车架参数导入
返回主菜单

Mysql status: 已连接到loaderdb

图 8 车辆信息导入

4.2.2、车辆信息删除

点击主菜单“车辆信息删除”按钮进入车辆信息删除界面，状态栏显示已连接到的数据库信息。点击左侧单选按钮，选择需要删除的部件类型，如“发动机特性曲线”，右侧菜单实时更新数据库里已有的部件型号。单击并高亮显示所要删除的部件型号，点击“删除此条”删除对应信息，之后在右侧菜单实时更新部件型号。

74 车辆信息删除

车辆部件选取

- 车辆型号
- 发动机型号
- 液力变矩器型号
- 变速箱型号
- 车架型号
- 发动机特性曲线
- 液力变矩器特性曲线
- 牵引力特性曲线

部件详情

部件型号：
型号：SC5DK 实验组别：1
删除此条
返回主菜单

Mysql status: 已连接到表enginecurve

图 9 车辆信息删除

4.3、车辆信息集成模块

点击主菜单“车辆信息管理”按钮进入车辆信息集成界面，状态栏显示已连接到的数据库信息。点击左侧下拉菜单，选中需要查看的车辆型号，如“XG958”，界面实时更新装载机图片、车架参数、发动机参数、液力变矩器参数和变速箱参数。

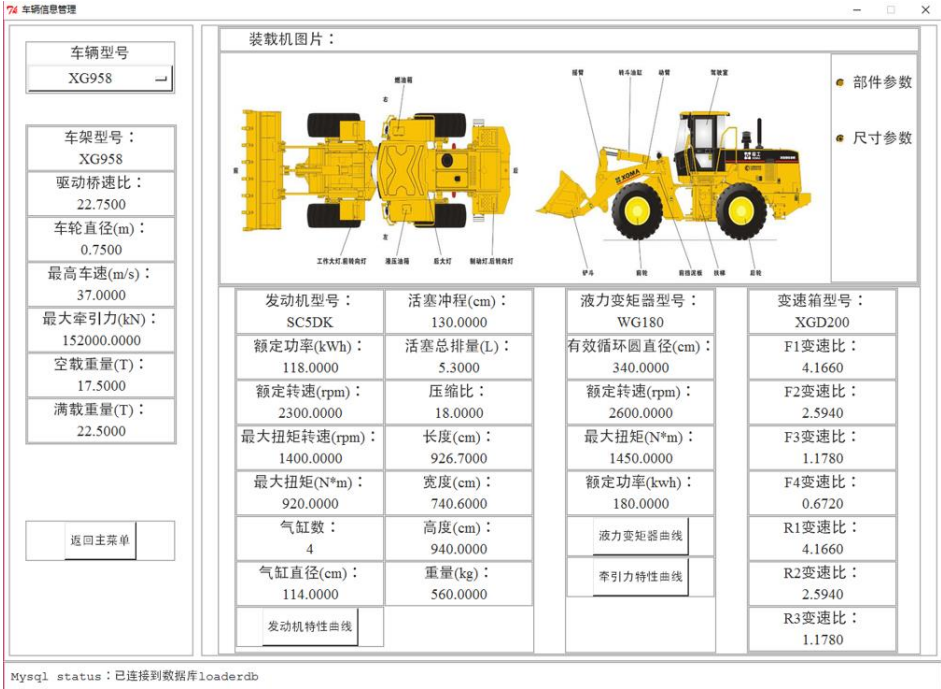


图 10 车辆信息集成

点击“发动机特性曲线”按钮，跳转到发动机特性曲线查看界面。选择实验组别如“1”，显示对应发动机型号如“SC8DK”的转速（n）分别与转矩（Me）、油耗（ge）和功率（P）的曲线图。

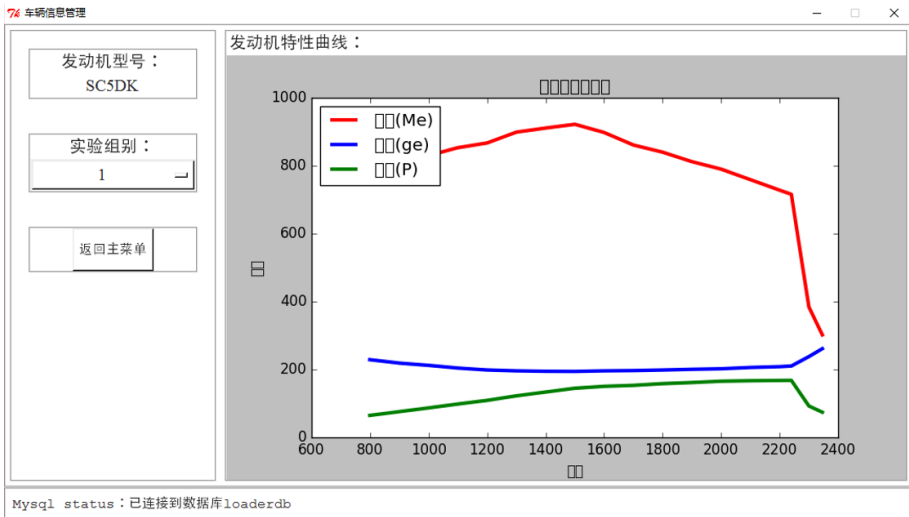


图 11 发动机特性曲线

点击“液力变矩器特性曲线”按钮，跳转到液力变矩器特性曲线查看界面。选择实验组别如“1”，显示对应液力变矩器型号如“XGD200”的 i 与 K、nt、Mt、lamda 的关系曲线图。

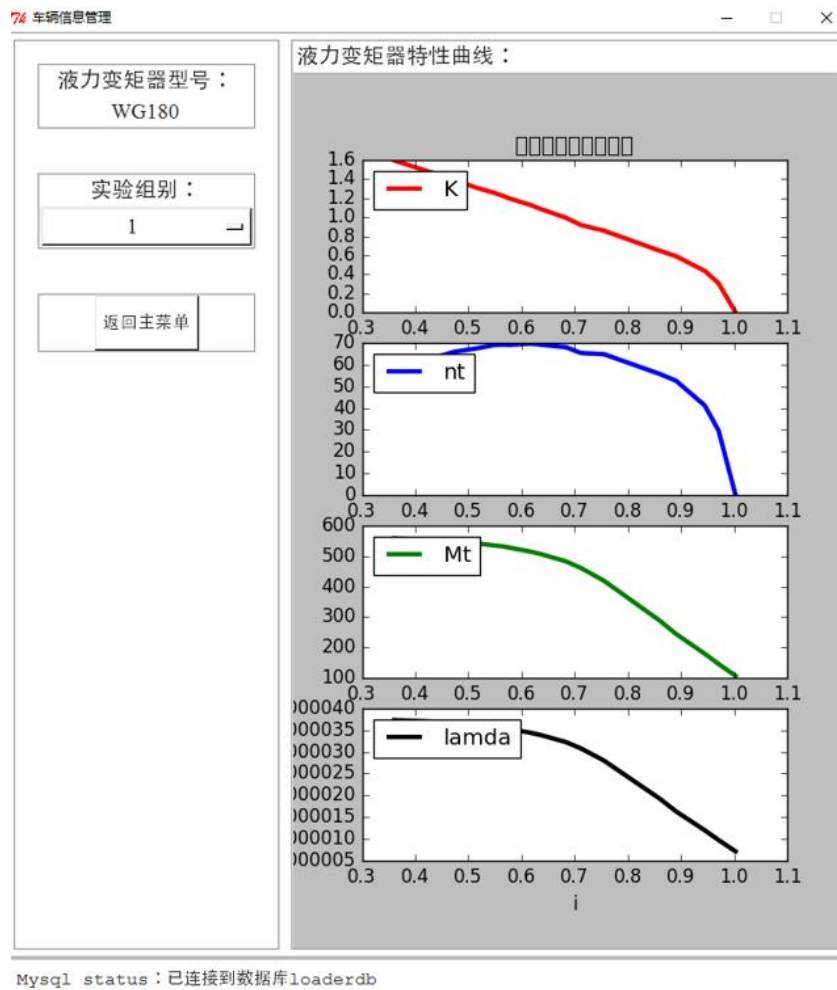


图 12 液力变矩器特性曲线

点击“牵引力特性曲线”按钮，跳转到牵引力特性曲线查看界面。同样选择实验组别如“1”，选择左侧单选按钮如“车速-效率”，查看 1 挡、2 挡、3 挡和 4 挡效率与车速的对应信息。

4.4、载荷谱管理模块

4.4.1、载荷谱数据导入

载荷谱数据导入

载荷谱类型参数

司机：JGH

作业对象：SOIL

作业功率：HEAVY

作业模式：L

实验组别：1

载荷谱数据导入

返回主菜单

Mysql status: 数据库连接成功！

图 13 载荷谱数据导入

点击主菜单“载荷谱数据导入”按钮进入载荷谱导入界面，状态栏显示已连接到的数据

库信息。分别填写司机、作业对象、作业功率、作业模式和实验组别，点击“载荷谱数据导入”按钮弹出文件选择对话框，根据格式要求导入 Excel 文本，完成载荷谱数据的导入。之后点击“返回主菜单”回到主菜单界面。

4.4.2、载荷谱数据删除

点击主菜单“载荷谱数据删除”按钮进入载荷谱数据删除界面，上方菜单显示已有载荷谱类型信息，状态栏显示已连接到的数据库信息。单击并高亮显示所要删除的载荷谱类型，点击“删除此条数据”删除对应载荷谱信息，操作完成后在上方菜单实时更新载荷谱类型。



图 14 载荷谱数据删除

4.5、载荷谱统计分析

4.5.1、横向对比



图 15 选取同一作业段的不同谱数据

点击主菜单“数据分析管理”-“横向对比”按钮，状态栏显示已连接到的数据库信息。选中需要显示分析的谱数据，如“工作泵压力”、“动臂大腔压力”、“动臂小腔压力”和“转斗大腔压力”，并选择数据索引，完成数据类型的选择。

4.5.2、纵向对比



图 16 选取同一谱类型的不同作业段数据

点击主菜单“数据分析管理”-“纵向对比”按钮，状态栏显示已连接到的数据库信息。选中需要显示分析的数据索引，如“jgh-V-Soil-heavy-2”、“jgh-V-Soil-heavy-3”，并谱类型如“转向泵压力”，完成数据类型的选择。

4.5.3 数据可视化及分析

进入数据可视化及分析模块，左侧显示选中数据索引的时域图，右侧显示不同数据的均值、最大值、最小值、标准差和方差。

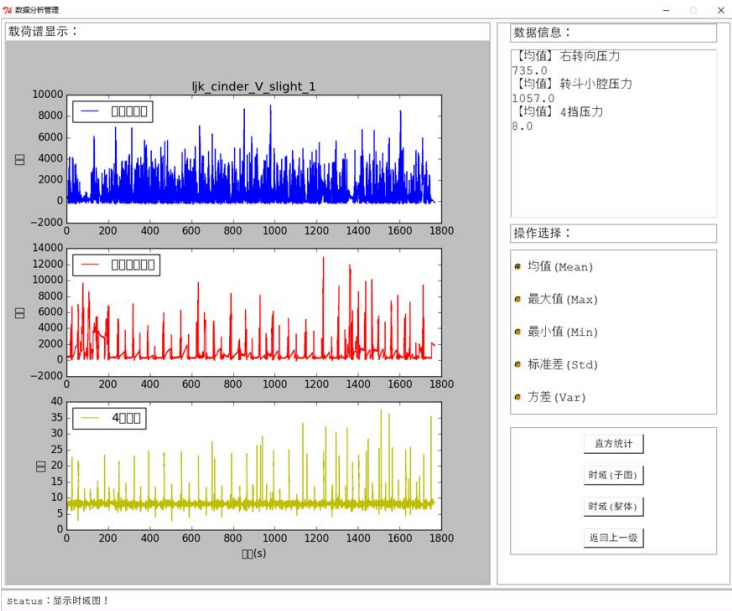


图 17 载荷谱时域波形图

点击“直方统计”按钮，显示所选择数据的直方图。

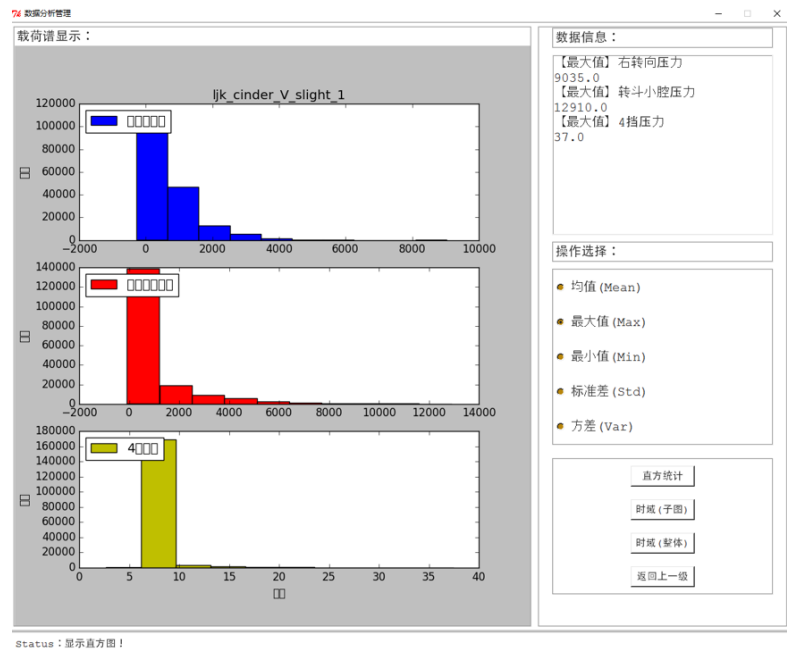


图 18 载荷谱直方统计图

4.6、警告与提示

- (1) 用户权限登录: ip 地址、用户名、密码出错，分别弹出对应的错误警告窗口；
- (2) 数据导入: ①车辆参数型号信息为空或重复时，报错；②数据格式与既定格式偏差，弹出警告窗口报错；
- (3) 数据删除: 要删除数据与其他数据有依赖关系时，弹出警告窗口报错；
- (4) 数据管理: 信息查看未选择数据类型时，报错。

五、工程车辆载荷谱分析模块

工程车辆载荷谱分析模块主要分为两个部分，①载荷谱处理分析，包括作业循环划分和作业段的划分；②车辆参数优化，包括经济性和动力性建模、仿真，以及针对挡位利用率和作业时功率分流情况的传动系参数优化。

5.1、载荷谱处理分析

5.1.1、载荷谱数据分割



图 19 载荷谱数据分割界面

进入载荷谱数据分析模块，左边为作业循环分割，右边为作业段分割。选择导入路径，存储路径，选择作业对象，作业司机，作业功率，进行作业段和作业循环的分割。

5.1.2、半轴载荷谱编制

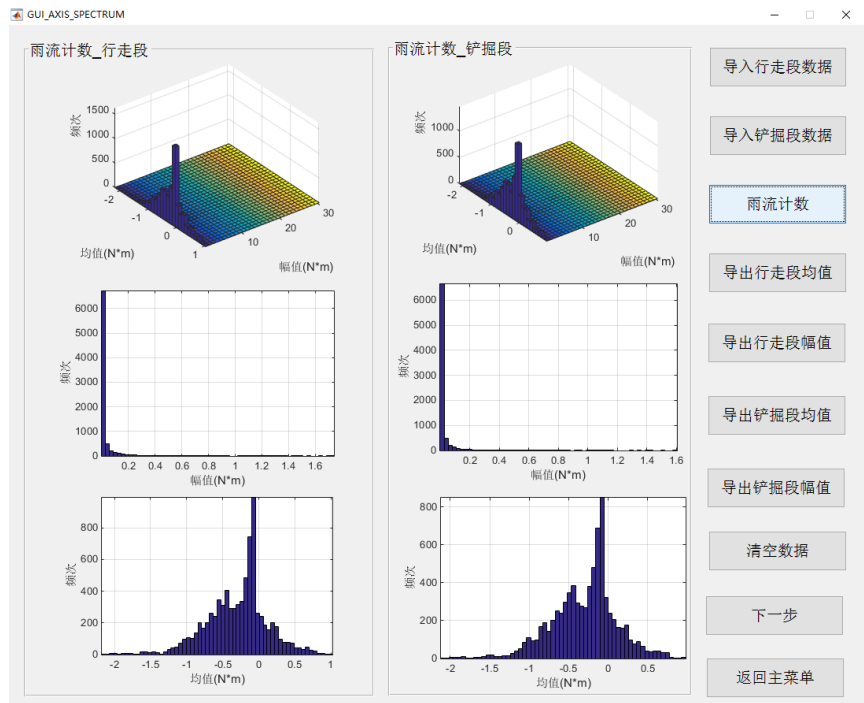


图 20 雨流计数界面

进入载荷谱编制模块，导入行走段数据和铲掘段数据，进行雨流计数统计。左边分别为行走段和铲掘段的均值-频次和幅值-频次的统计图。并导出行走段和铲掘段的均值和幅值，进入下一个模块。



图 21 二维谱及一维程序加载谱编制

输入均值-频次和幅值-频次参数，点击“计算”按钮，频次外推得到各个作业段的二维

谱和一维程序加载谱。

5.2、车辆参数优化

5.2.1、车辆动力性经济性仿真

动力性参数导入
数据库名称: loaderdb
用户名: root
主机名称: localhost
密码: fykfyk
数据库连接

动力性参数导入
车型信息: XG958
发动机万有特性数据导入
液力变矩器参数导入
发动机外特性数据导入

整车参数输入
车身自重(kg): 17.5
满载重量(kg): 22.5
迎风面积(m2): 10.457
车轮半径(m): 0.75
发动机效率: 0.9
主减速器效率: 0.9
单级减速器效率: 0.92
液力变矩器直径(m): 0.34
发动机最大功率(kw): 768
最大功率对应转速(rad/s): 2240
最大功率对应转矩(N*m): 716
发动机最大转矩(N*m): 920
最大转矩对应转速(rad/s): 1400
最大转矩对应功率(N*m): 700
车轮转动惯量(kg*m2): 500
涡轮转动惯量(kg*m2): 0.0782

传动系参数
主减速比: 22.75
1档减速比: 4.166
2档减速比: 2.594
3档减速比: 1.178
4档减速比: 0.672

环境参数输入
地面附着系数:
空气阻力系数:
燃油重度(kg/L):
滚动阻力系数:

下一步
返回主菜单

图 22 参数导入界面

整车参数的导入有两种方式:

- (1) 通过与工程车辆数据管理模块的连接, 输入车型信息, 通过数据库导入整车参数;
- (2) 手动输入加 excel 格式数据导入。

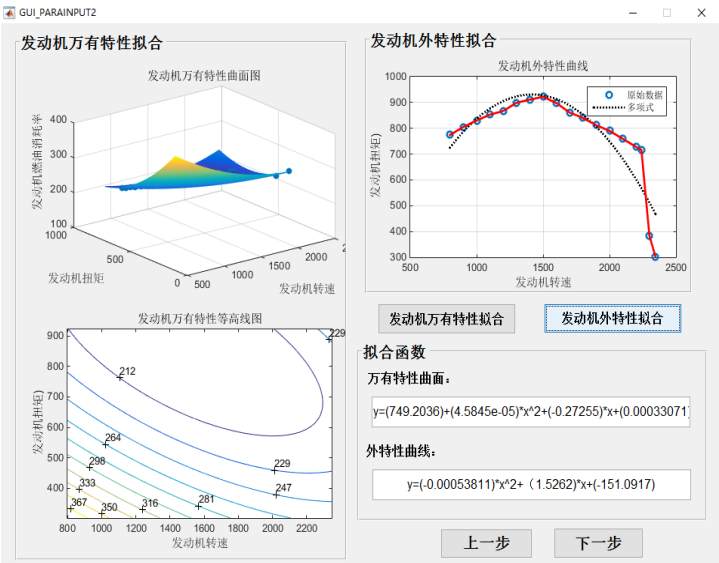
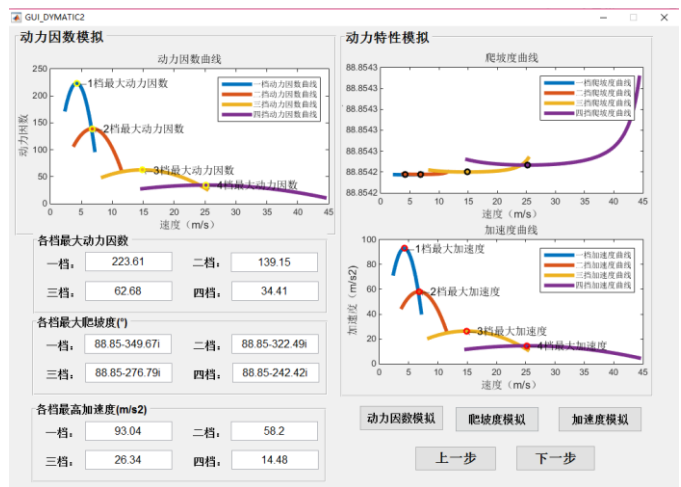
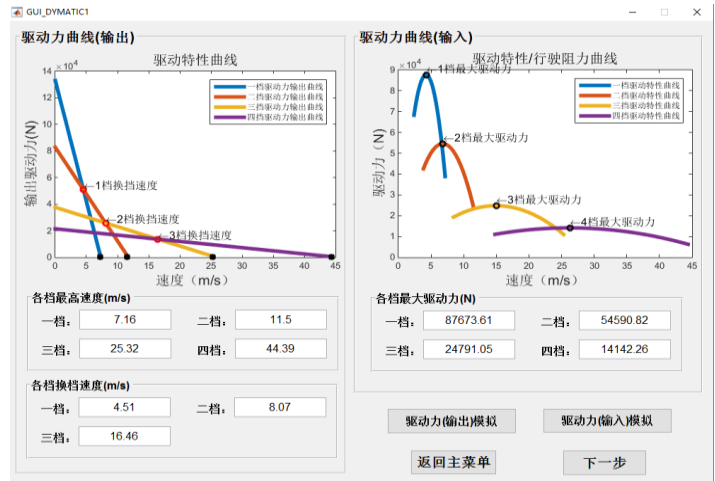
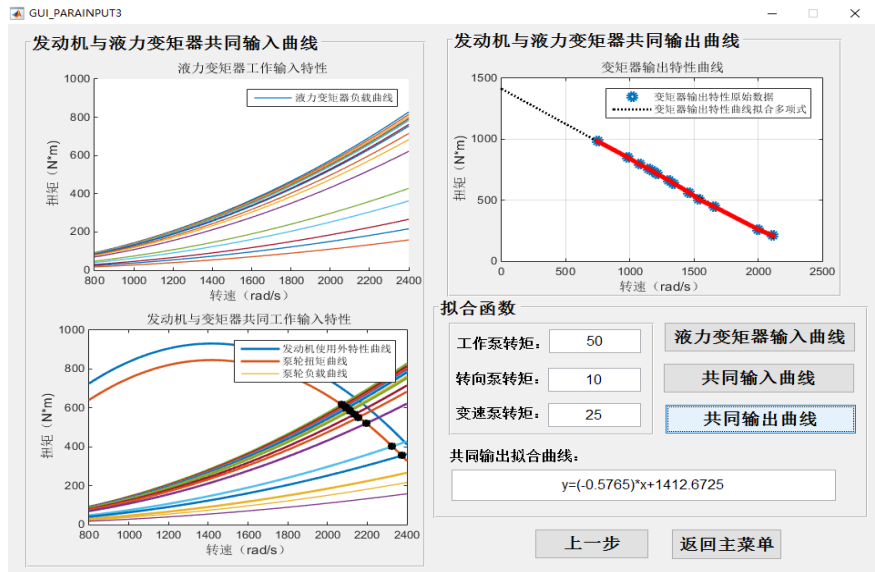


图 23 万有特性拟合及外特性拟合

根据线性差值拟合出发动机万有引力模型和外特性模型。



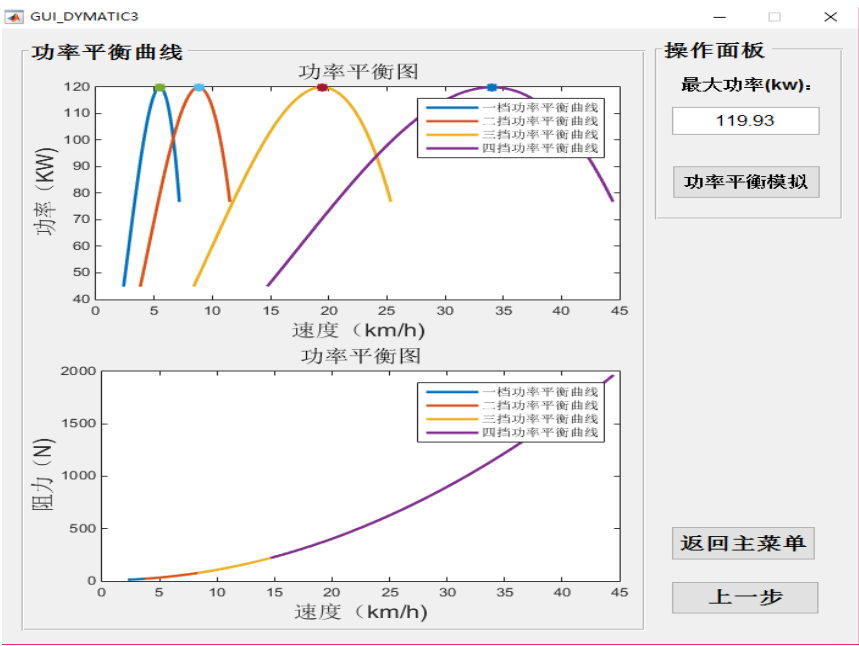


图 27 动力仿真—功率平衡曲线

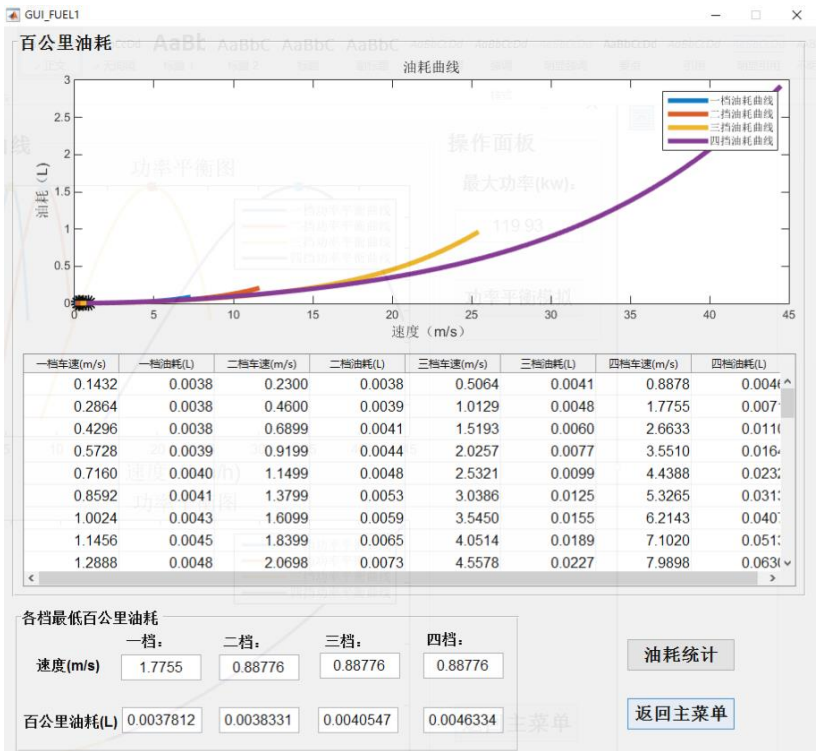


图 28 燃油经济性仿真

图 25-28 为车辆的动力性仿真和燃油经济性仿真。动力性仿真包括：(1)各档最高速度，各档换挡速度，各档最高驱动力，各档最大动力因素，各档最大爬坡度，各档最高加速度，功率平衡模拟。燃油经济型仿真包括公里油耗。

5.2.2、车辆传动系参数优化

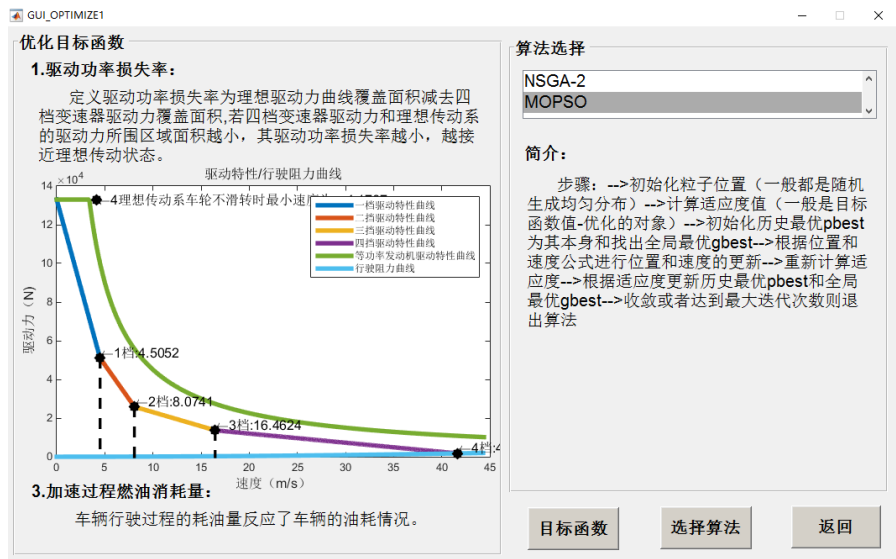


图 29 优化目标函数

车辆传动系的优化是针对燃油性和动力性两个分目标:驱动功率损失率和加速度过程的燃油消耗量进行的优化。设计变量为各档传动比和液力变矩器直径。运用的算法有 NSGA-2 和 MOPSO。通过设置初始值,经过算法运算,得到 pareto 最优解的设计变量优化值,和目标函数优化值。

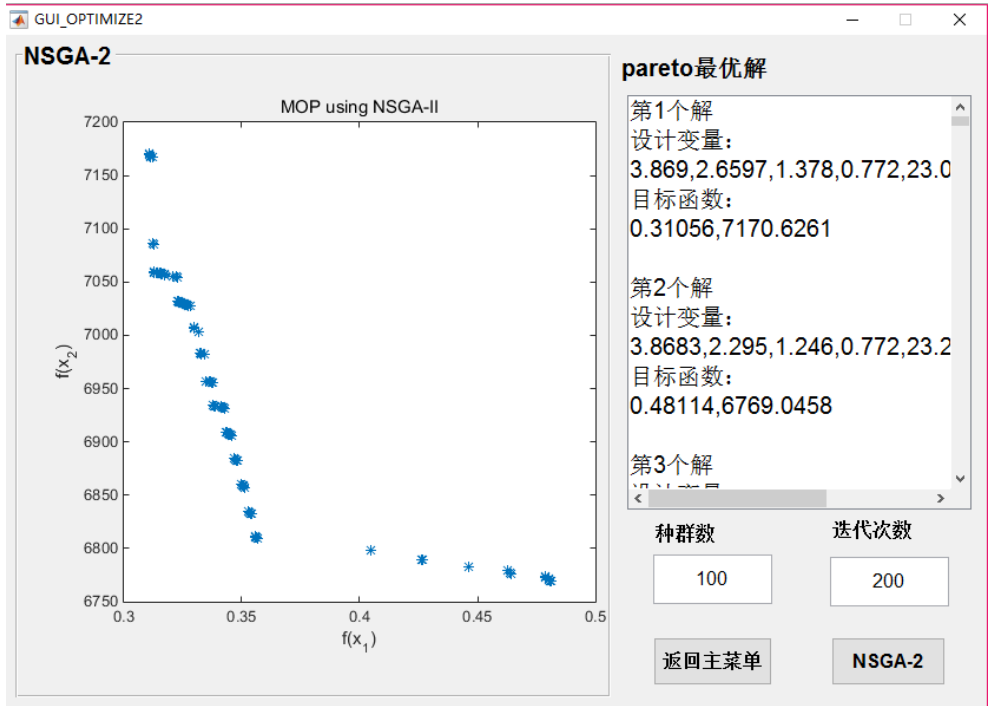


图 30 目标函数求解(NSGA-2)