

文章编号: 1674—8247(2020)06—0049—09

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.06.010

机车牵引式列车设计参数计算程序的开发与应用

王 伟¹ 谢红太^{1,2} 孙荣刚¹ 党元鹏¹

(1. 华设设计集团股份有限公司, 南京 210014; 2. 兰州交通大学, 兰州 730070)

摘 要:本文以新建普速铁路工程项目运输组织专业设计内容为出发点,针对目前机车牵引式列车设计参数选定方面研究设计过程中不统一、不协同、不高效、不准确的困难局面。提出基于 Visual Basic 应用程序设计开发的包含新建铁路机车牵引式列车设计参数选择、计算、检算、核准及选定的全过程设计计算程序,涉及截止 2018 年底全路投入运营的内燃机车及电力机车基本性能参数查询、机车运用环境影响因素精准修正、设计方案比较分析及牵引重量检算核准等设计内容,为设计者和客户提供了一个全方位的高效设计检算平台。

关键词:牵引计算; 机务; 新建铁路; 牵引重量; 程序设计; VB

中图分类号:U270.1⁺1

文献标志码:A

Development and Application of Calculation Program for Design Parameters of Locomotive Traction Train

WANG Wei¹ XIE Hongtai^{1,2} SUN Ronggang¹ DANG Yuanpeng¹

(1. China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210014, China;

2. Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In this paper, a whole process design and calculation program based on Visual Basic application program is proposed, which covers the selection, calculation, checking, approval and determination of design parameters of a newly-built railway locomotive traction train aiming to solve the problems such as inconformity, incoordination, inefficiency and inaccuracy in the research and design process for the design parameters selection of locomotive traction trains based on the design contents of transportation organization discipline in the newly-built general speed railway project. It involves the inquiry of basic performance parameters of diesel locomotives and electric locomotives that have been put into operation by the end of 2018, the accurate correction of influencing factors of locomotive operation environment, the comparative analysis of design schemes, the checking and verification of traction weight, etc., which provides an all-round and efficient design checking platform for designers and customers.

Key words: traction calculation; maintenance; newly built railway; traction weight; program design; VB

列车牵引计算是一个复杂而庞大的系统,涉及专业领域广、计算复杂。近年来列车牵引计算已建立了一个较为成熟的可基本覆盖所有牵引计算问题的计算系统,涉及铁路运输、机车运用、选线设计、通信信号及

运输经济等方面^[1-2]。但在新建铁路机车牵引式列车设计参数的计算、选取等方面,现有的牵引计算系统软件无法满足具体特定行业不同部门、不同层次的用户需求^[3-6]。

收稿日期:2020-06-22

作者简介:王伟(1980-),男,高级工程师。

引文格式:王伟,谢红太,孙荣刚,等. 机车牵引式列车设计参数计算程序的开发与应用[J]. 高速铁路技术,2020,11(6):49-57.

WANG Wei, XIE Hongtai, SUN Ronggang, et al. Development and Application of Calculation Program for Design Parameters of Locomotive Traction Train[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(6):49-57.

本文以 VB 编程语言为基础,研究开发了新建铁路机车牵引式列车设计参数计算程序。该程序运用 Word 软件的“域”和“宏”两个功能,应用 VBA 编程技术以新建铁路铁路机务专业设计内容为例子,完成对设计文本、表格等自动处理,打印输出 Word 设计检算报告^[7-9],提高了工作效率和工作质量。

1 新建铁路列车牵引计算系统设计

1.1 新建铁路机务设计需求

随着全国铁路网的逐步统一和完善,国家对铁路设计行业提出了更高效、优质、绿色、节能等的设计要

求,也对铁路机务专业设计者提出了更专业的用户设计需求^[10-12]。用户设计需求主要包括:

- (1)面向机务专业设计者的全参数化新建铁路机车牵引式列车设计参数计算系统。
- (2)面向线路、站场、车辆等相关设计专业的核定设计计算系统。
- (3)面向业主的简易核准设计计算系统。

1.2 系统结构设计

新建铁路机车牵引式列车设计参数计算系统,主要包括数据库存储管理系统、牵引设计计算系统及界面系统 3 个组成部分。系统结构层次如图 1 所示。

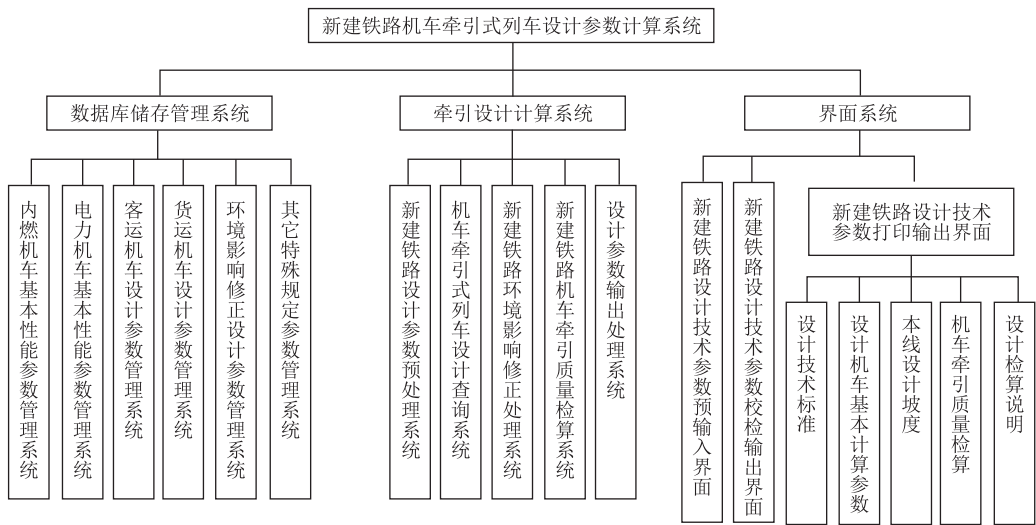


图 1 系统结构层次图

1.2.1 数据库存储管理系统

将截止 2018 年底国内投入运营的全部客货用电力机车及内燃机车的基本设计参数统一录入基于 VB 语言开发的设计计算系统程序^[13-17]。

1.2.2 牵引设计计算系统

新建铁路机车牵引式列车设计参数计算系统主要包括新建铁路设计参数预处理系统、机车牵引式列车设计参数查询系统、新建铁路环境影响修正处理系统、新建铁路机车牵引重量检算系统及设计参数输出处理系统 5 个模块^[18-20]。

1.2.3 界面系统

利用 VB 语言实现界面系统的可视化,新建铁路机车牵引式列车设计参数计算系统的主界面如图 2 所示。

1.3 新建铁路设计机车牵引计算参数设计开发

新建铁路在设计过程中,对线路纵断面和机车交路的优化,须进行牵引计算分析^[21-25],主要包括牵引

种类的选择、机车类型的选定、机车牵引重量(牵引定数)的确定、是否需要多机牵引核准、环境影响因素修正、列车阻力计算、牵引重量检算等^[26-27]。

基于 VB 语言的新建铁路机车牵引式列车设计参数计算程序系统整体流程如图 3 所示。

1.3.1 系统初始化设计

系统初始化设计内容包括牵引种类的选择、机车类型的选定、机车牵引重量(牵引定数)的确定、是否需要多机牵引核准、境影响因素修正、牵引重量检算等方面。

主要代码如下:

```
Private Sub Form_Resize() '软件界面窗口调整
Image1.Width = Me.ScaleWidth
Image1.Height = Me.ScaleHeight
End Sub
.....
If OptionButton1.Value = True Then
```

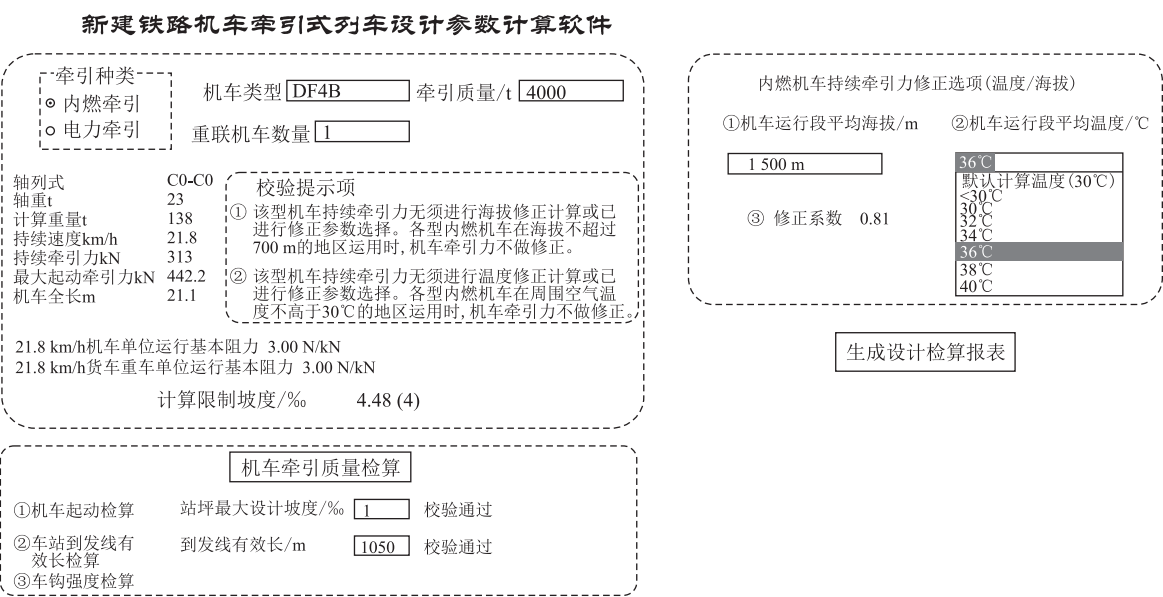


图2 软件用户主界面图

Combo1. Clear

Combo2. Clear

Combo3. Clear

Combo4. Clear

Combo5. Clear

Combo1. AddItem "DF4"

Combo1. AddItem "DF4B"

.....

ElseIf OptionButton2. Value = True Then

Combo1. Clear

Combo2. Clear

Combo3. Clear

Combo4. Clear

Combo5. Clear

Combo1. AddItem "SS1"

Combo1. AddItem "SS3"

.....

OptionButton1. Value = False

End If

Combo2. AddItem "默认计算海拔(700m)"

Combo2. AddItem "≤700m"

Combo2. AddItem "1000m"

.....

Combo3. AddItem "默认计算温度(30℃)"

Combo3. AddItem "<30℃"

.....

Combo4. AddItem 1000

Combo4. AddItem 2000

.....

Combo5. AddItem 1

Combo5. AddItem 2

.....

Combo1. Text = Combo1. List(0) '默认初始化参数选择

Combo2. Text = Combo2. List(0)

Combo3. Text = Combo3. List(0)

Combo4. Text = Combo4. List(4)

Combo5. Text = Combo5. List(0)

1.3.2 新建线设计限坡计算

根据列车运动方程式^[28-29], 列车做等速运行时, 在限制上坡道*i_x*上合力为零的条件为:

$$\lambda_y F_c - M_p(w'_0 + i_x) \times g - M_g(w''_0 + i_x) \times g = 0 \tag{1}$$

得出列车以机车持续速度牵引设计牵引重量运行时限制坡度为:

$$i_x = \frac{\lambda_y F_c - (M_p w'_0 + M_g w''_0)}{(M_p + M_g) \times g} \tag{2}$$

在多机牵引或补给推送时的坡度为:

$$i_{jl} = \frac{\sum_{k=1}^n \lambda_k \lambda_y F_{ck} - (\sum_{k=1}^n M_{pk} w'_{0k} + M_g w''_{0k})}{(\sum_{k=1}^n M_{pk} + M_g) \times g} \tag{3}$$

式中:*M_g*——单机和加力牵引重量(t);
M_p, *M_{pk}*——机车计算质量(t);

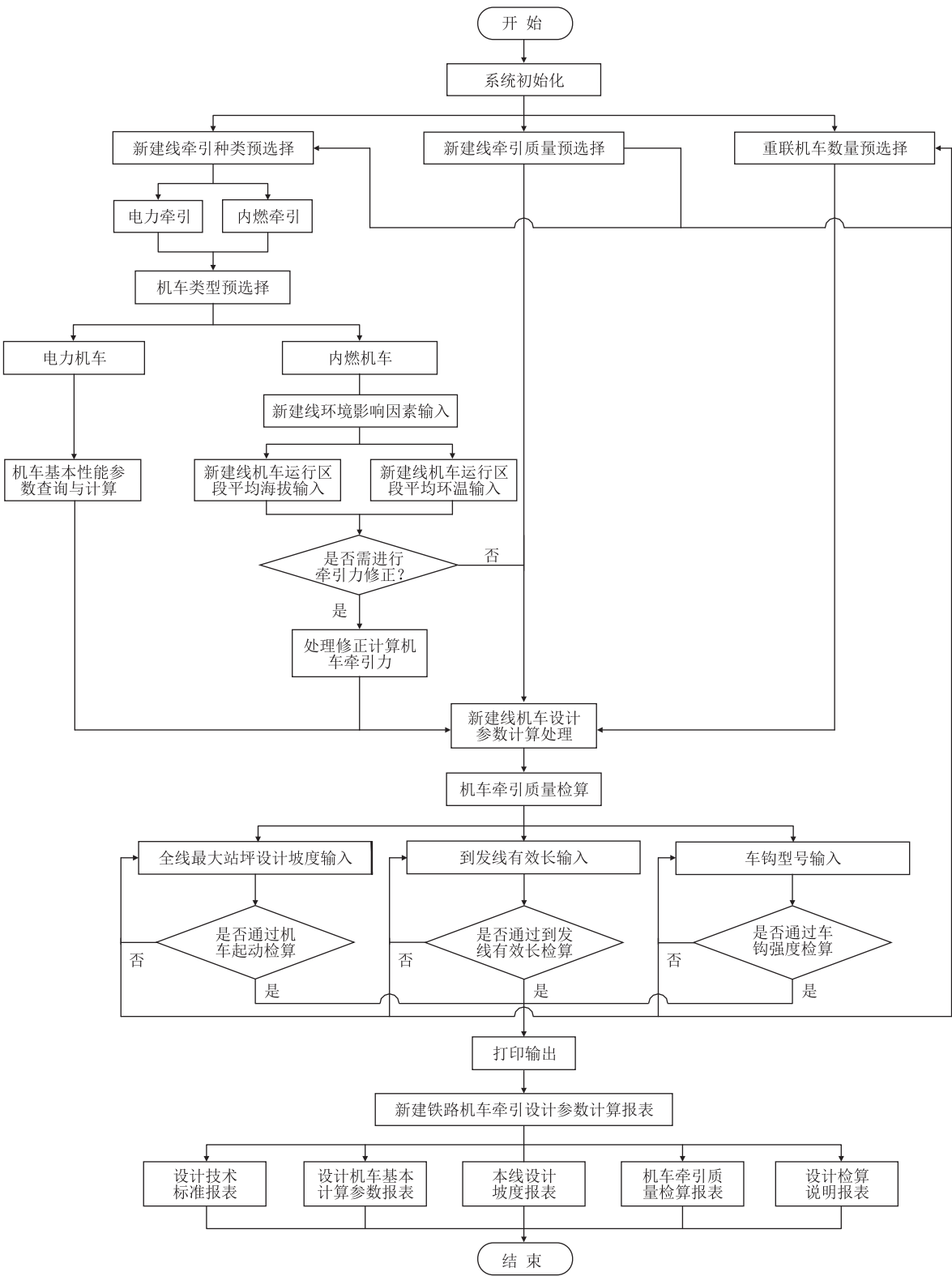


图3 软件系统整体流程图

M_{pk} ——第 k 台机车计算质量(t);

F_c ——机车牵引力(N);

F_{ck} ——第 k 台机车的牵引力(N);

λ_y ——机车牵引力使用系数,取 $\lambda_y=0.9$;

i_x ——限制坡度;

i_{jl} ——加力牵引坡度;

w'_0 ——机车计算速度 v_j 下的机车基本阻力(N/kN);

w''_0 ——机车计算速度 v_j 下的车辆基本阻力(N/kN);

w'_{0k} ——第 k 台机车在机车计算速度 v_j 下的机车基本阻力 (N/kN);

w''_{0k} ——第 k 台机车在机车计算速度 v_j 下的车辆单位基本阻力 (N/kN);

λ_k ——第 k 台机车牵引力取值系数。

其中第 k 台机车牵引力取值系数 λ_k , 机车多机牵引使用重联线或同步装置操纵时, 每台机车的牵引力均取全值, $\lambda_k = 1$, 分别操纵时, 第 2 台机车及其以后每台机车的牵引力均取全值的 98%, $\lambda_k = 0.95$ 。

1.3.3 内燃机车牵引力修正

各型内燃机车在周围空气温度不高于 30℃、海拔不超过 700 m 的地区运行时, 机车牵引力不做修正。

(1) 周围空气温度修正

截止 2018 年底全路投入运营的内燃机车中, DF4(客、货)、DF4B(客、货)、DF4C(货)、DF8 及 DF11 型机车在温度高于 30℃ 的地区运行时, 需进行机车牵引力修正, 修正系数 λ_t 参照文献[13]表 12 内燃机车牵引力周围空气温度修正系数。

(2) 海拔修正

截止 2018 年底全路投入运营的内燃机车中, DF4(客、货)、DF4B(客、货)、DF7D、DF8、DF11、DF8B(高原)及 NJ2 型机车在海拔高于 700 m 的地区运用时, 需进行机车牵引力修正, 修正系数 λ_p 参照文献[13]表 13 内燃机车牵引力海拔修正系数。

1.3.4 牵引重量检算

对 i_x 的选值, 需检算牵引重量是否受列车起动条件、车站到发线有效长及车钩强度三者任一条件的限制, 否则应降低牵引定数或对限制条件进行调整优化^[30-31]。

(1) 牵引重量检算

① 起动检算

起动检算是检查列车在车站停车后能否顺利起动。假设列车起动时的牵引力等于总阻力, 即:

$$\lambda_y F_q = M_p (w'_q + i_q) g + M_q (w''_q + i_q) g \quad (4)$$

得:

$$M_q = \frac{\lambda_y F_q - M_p (w'_q + i_q) g}{(w''_q + i_q) g} \quad (5)$$

式中: F_q ——机车计算起动牵引力;

w'_q ——机车单位起动阻力, 取 5.0 N/kN;

w''_q ——货车单位起动阻力, 取 3.5 N/kN;

i_q ——启动地段的加算坡度值。

当 $M_q \geq M_g$ 时, 列车可以起动, 检算通过; 当 $M_q < M_g$, 列车不能起动, 检算不通过, 应降低列车牵引定数

或调整站坪设计坡度。

② 车站到发线有效长检算

车站到发线有效长检算是检查列车牵引重量是否受车站到发线有效长度的限制。

$$M_{yx} = (L_{yx} - L_a - N_j L_j) \times q \quad (6)$$

式中: L_a ——安全距离, 一般取 30 m;

L_{yx} ——到发线有效长度;

L_j ——机车长度;

N_j ——列车中机车台数;

q ——列车每延米质量 (t/m)。

当 $M_{yx} \geq M_g$ 时, 牵引重量不受到发线有效长度限制; 当 $M_{yx} < M_g$ 时, 牵引重量受限, 检算不通过, 应降低列车牵引定数或调整到发线有效长。

③ 车钩强度检算

在加力牵引上坡道上, 若机车用重联方式牵引, 第 1 位车辆的车钩所受拉力可能超过车钩允许强度。

$$M_c = \frac{F_n}{(w''_0 + i_{j1})g} \quad (7)$$

式中: F_n ——车钩允许拉力;

i_{j1} ——加力坡度;

w''_0 ——按在 i_{j1} 坡上的列车均衡速度计算的车辆基本阻力。

当 $M_c \geq M_g$ 时, 应采用补机推送方式。

(2) 牵引重量检算主要程序设计代码

主要代码如下:

.....

```
Private Sub CommandButton1_Click()
```

```
Label35 = "——"
```

```
Label38 = "——"
```

```
Label40 = "——"
```

```
Label35. ForeColor = vbGreen
```

```
Label38. ForeColor = vbGreen
```

```
Label40. ForeColor = vbGreen
```

```
jdq = 5 '机车单位起动基本阻力 (N/kN)
```

```
hdq = 3.5 '货车单位起动基本阻力 (N/kN)
```

```
la = 30 '安全距离 (m)
```

```
lyx = Val(Text2.Text) '到发线有效长 (m)
```

```
nj = Val(Combo5.Text) '重联机车数量
```

```
qlm = 5.677 '列车每延米质量 (t/m)
```

```
If Label2. ForeColor = vbRed Or Label7. ForeColor =
```

```
vbRed Then
```

```
Label35 = "——"
```

```
Else
```

```

gq = (0.9 * fq * 1000 - mp0 * (jqd + Val( Text1.
Text))) / ((hdq + Val( Text1. Text)) * 9.81)
If gq >= Val( Combo4. Text) Then
Label35 = "校验通过"
ElseIf gq < Val( Combo4. Text) Then
Label35 = "校验失败,请减小牵引重量或降低站
坪设计坡度。"
Label35. ForeColor = vbRed
End If
End If
If Label2. ForeColor = vbRed Or Label7. ForeColor =
vbRed Then
Label38 = "——"
Else
gdf = (lyx - la - nj * li) * qlm
If gdf >= Val( Combo4. Text) Then
Label38 = "校验通过"
ElseIf gdf < Val( Combo4. Text) Then
Label38 = "校验失败,请减小牵引重量或增大到
发线有效长。"
Label38. ForeColor = vbRed
End If
End If
If Label2. ForeColor = vbRed Or Label7. ForeColor =
vbRed Then 'Label40 = "——"
Else
gg = 562500 / 9.81 / (w2 + pd) '车钩允许拉力
按(13#)562500N 设计计算
If gg >= Val( Combo4. Text) Then
Label40 = "——" '校验失败,请减小牵引重量或
采用补给推送方式
Label40. ForeColor = vbRed
ElseIf gg < Val( Combo4. Text) Then
Label40 = "——" '校验通过
End If
End If
End Sub
.....

```

2 新建铁路列车牵引计算设计参数报告输出

2.1 设计报表生成系统

设计报表生成系统可根据数据文件完成对文档结

构、文字、表格、图形的自动化处理。设计报表生成系统的实现框架示意图如图4所示。

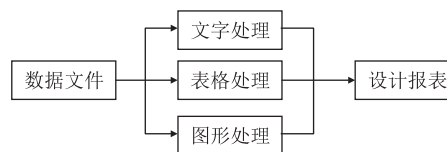


图4 设计报表生成系统实现框架示意图

2.2 设计报表生成系统主要代码

设计报表生成系统的部分重要代码如下:

```

Private Sub CommandButton2_Click()
Dim WordApp, Word As Variant '定义 Word 文
档对象
Set WordApp = CreateObject(" Word. Application")
'创建 Word 文档
Set Word = WordApp. Documents. Add '给工作表
变量赋值
WordApp. Visible = True
Dim Table 定义一个表格
With Word 打开 Word 文档
.....
. Paragraphs (. Paragraphs. Count). Range. Font.
Name = "隶书" 'Word 文档格式设定
. Paragraphs (. Paragraphs. Count). Range. Font. Size
= 40
. Paragraphs (. Paragraphs. Count). Range. Font.
Bold = True
. Paragraphs (. Paragraphs. Count). Alignment
= wdAlignParagraphCenter
. Paragraphs (. Paragraphs. Count). Range. Font.
Underline = wdUnderlineNone
. Content. InsertAfter vbCrLf & "新建铁路机车牵
引设计参数计算报表" & vbCrLf & vbCrLf & vbCrLf
& vbCrLf
.....
. Paragraphs (. Paragraphs. Count). Alignment
= wdAlignParagraphCenter
. Tables. Add Range: = . Range( Start: = . Range.
End - 1, End: = . Range. End), NumRows: = 6, Num-
Columns: = 3, _
DefaultTableBehavior: = wdWord9TableBehavior,
AutoFitBehavior: = wdAutoFitFixed '根据表格中的内
容自动调整单元格的大小,整个表格大小自动调整。

```



```
Dim h, zt, wt '定义表格字体格式变量
h = 15: zt = 14: wt = " 宋体"
With .Tables(1)
    .Cell(1, 1).Range.Font.Name = wt
    .Cell(1, 1).Range.Font.Size = zt
    .Cell(1, 1).Range.Font.Bold = True
    .Cell(1, 1).Range.Rows.Height = h
    .Cell(1, 1).Range.Text = " 序号"
    .Cell(2, 1).Range.Font.Name = wt
    .Cell(2, 1).Range.Font.Size = zt
    .Cell(2, 1).Range.Font.Bold = True
    .Cell(2, 1).Range.Rows.Height = h
    .Cell(2, 1).Range.Text = "1"
    .....

```

2.3 输出打印设计报表

以某新建铁路程项目设计采用 DF8B(高原)型内燃机车为例输出打印设计报表。

2.3.1 设计技术标准报表

根据新建铁路工程线路设计主要技术标准,经新建铁路机车牵引式列车设计参数计算平台设计、计算并检验通过后,推荐的机务设计主要技术标准如表 1 所示。

表 1 设计机务主要技术标准表

| 序 号 | 项目名称 | 新建铁路工程 |
|-----|----------|----------|
| 1 | 牵引种类 | 内燃牵引 |
| 2 | 设计机车型号 | DF8B(高原) |
| 3 | 设计牵引重量/t | 5 000 |
| 4 | 重联机车数量 | 1 |
| 5 | 设计限制坡度/‰ | 4 |

2.3.2 设计机车基本计算参数报表

设计机车基本计算参数如表 2 所示。

表 2 设计机车计算参数详表

| 序号 | 项目名称 | 新建铁路工程 |
|----|-------------------------|---------------------------------|
| 1 | 设计机车型号 | DF8B(高原) |
| 2 | 轴列式 | C ₀ - C ₀ |
| 3 | 机车计算重量/t | 138 |
| 4 | 机车持续速度/(km/h) | 22.3 |
| 5 | 机车持续牵引力/kN | 339 |
| 6 | 最大起动牵引力/kN | 442.2 |
| 7 | 机车全长/m | 22 |
| 8 | 持续速度运行机车单位运行基本阻力/(N/kN) | 2.64 |
| 9 | 持续速度货车重车单位运行基本阻力/(N/kN) | 1.09 |
| 10 | 轴重/t | 23 |

2.3.3 本线设计坡度报表

计算输出本线设计坡度值为 4.10(4)‰,设计取值 4‰。

2.3.4 机车牵引重量检算报表

机车牵引重量的起动、到发线有效长及车钩强度检算情况如表 3 所示。

表 3 设计机车牵引重量检算报表

| 序号 | 项目 | 设计参数 | 检算结果 |
|----|----------|------------------|-------|
| 1 | 机车起动检算 | 站坪最大设计坡度:1‰ | 校验通过 |
| 2 | 到发线有效长检算 | 设计到发线有效长:1 050 m | 校验通过 |
| 3 | 车钩强度检算 | 选取车钩参数 | 暂不做检算 |

2.3.5 报表输出

打印输出报表模板主要包括设计技术标准、设计机车基本计算参数、本线设计坡度、机车牵引重量检算及设计检算说明等 5 部分,如图 5 所示。



3 结束语

基于 VB 应用程序设计开发的新建铁路机车牵引

式列车设计参数计算系统在内燃机车及电力机车基本性能参数查询、机车运用环境影响因素精准修正、设计方案比较分析及牵引重量检算核准等方面为设计者和

客户提供了一个全方位的高效设计检算平台。在此基础上期待后续行业内提出更为完善、高效便捷的机务设计检算程序。

参考文献:

- [1] 饶忠. 列车牵引计算[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2016.
RAO Zhong. Train Traction Calculation[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2016.
- [2] 李广峰. 基于牵引计算的机车优化操纵方案研究与应用[J]. 铁道机车车辆, 2008, 28(5): 48-50.
LI Guangfeng. Research and Application of Locomotive Optimization Operation Project Base on the Traction Calculation[J]. Railway Locomotive & Car, 2008, 28(5): 48-50.
- [3] 刘承绪, 李哲峰, 王磊, 等. 轻轨车牵引计算软件的设计[J]. 机电传动, 2008(5): 45-47.
LIU Chengxu, LI Zhefeng, WANG Lei, et al. Design of Traction Calculation Soft for LRV[J]. Electric Drive for Locomotives, 2008(5): 45-47.
- [4] 胡琰瑜. 列车牵引计算系统的设计与实现[D]. 成都: 西南交通大学, 2008.
HU Yanyu. Design and Implementation of Train Traction Calculation System[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2008.
- [5] 汪亮彬, 王强. 基于ANSYS的VB计算程序开发[J]. 石油和化工设备, 2019, 22(4): 20-24.
WANG Liangbin, WANG Qiang. Development of VB Computation Program Based on ANSYS[J]. Petro& Chemical Equipment, 2019, 22(4): 20-24.
- [6] 徐晓峰, 刘炜. 基于VB、EXCLE设计的电子天平检测系统[J]. 衡器, 2019, 48(4): 43-44.
XU Xiaofeng, LIU Wei. Electronic Balance Detection System Based on VB and EXCLE Design[J]. Weighing Apparatus, 2019, 48(4): 43-44.
- [7] 刘恩, 杨红, 蔡国齐, 等. 基于VB6.0的开放式计算机数据采集实验系统[J]. 机电工程技术, 2020, 49(2): 126-128.
LIU En, YANG Hong, CAI Guoqi, et al. Open Computer Data Acquisition Experiment System Based on VB6.0[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2020, 49(2): 126-128.
- [8] SUN Zishan, CHEN Zikang, LUO Jiabao, et al. A Yellow-emitting Nitrogen-doped Carbon Dots for Sensing of Vitamin B₁₂ and Their Cell-imaging[J]. Dyes and Pigments, 2020, 176.
- [9] ZHANG Zhuqing, DONG Peng, TUO Hongya, et al. Robust Variational Bayesian Adaptive Cubature Kalman Filtering Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping with Heavy-Tailed Noise[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), 2020, 25(1): 76-87.
- [10] 赵世杰. 基于VB与Pro/E的风电塔筒数字化设计系统[J]. 机械制造, 2019, 57(11): 35-38.
ZHAO Shijie. Digital Design System of Wind Ppower Tower Based on VB and Pro/E[J]. Machinery, 2019, 57(11): 35-38.
- [11] Wang Jia, Zhao Feiyang, Sun Huzhi, et al. Isolation and Characterization of the Staphylococcus Aureus Bacteriophage VB_Sau S_SA2. [J]. AIMS microbiology, 2019, 5(3).
- [12] 段世娟. 数据库访问技术在VB编程开发中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2019(15): 120-121.
DUAN Shijuan. Application of Database Access Technology in VB Programming[J]. Electronic Technology & Software Engineering, 2019(15): 120-121.
- [13] TB/T 1407.1-2018 列车牵引计算 第1部分: 机车牵引式列车[S].
TB/T 1407.1-2018 Railway Train Traction Calculation Part 1: Trains with Locomotives[S].
- [14] TB 10004-2018 铁路机务设备设计规范[S].
TB 10004-2018 Code for Design of Railway Locomotive Facilities[S].
- [15] TB 10098-2017 铁路线路设计规范[S].
TB 10098-2017 Code for Design of Railway Line[S].
- [16] TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].
TB 10621-2014 Code for Design of High Speed Railway[S].
- [17] 吕希奎, 杨峰, 王奇胜. 高速铁路牵引计算与仿真系统研究[J]. 铁道标准设计, 2019, 63(4): 9-16.
LV Xikui, YANG Feng, WANG Qisheng. Research on Traction Calculation and Simulation System of High-speed Railway[J]. Railway Standard Design, 2019, 63(4): 9-16.
- [18] 王科, 陈丽华, 胡海涛, 等. 一种考虑行车运行图的高速铁路牵引供电系统谐波评估方法[J]. 铁道学报, 2017, 39(4): 32-41.
WANG Ke, CHEN Lihua, HU Haitao, et al. A Novel Method to Assess Harmonic of High-speed Railway Traction Power Supply System Considering Train Time Table[J]. Journal of the China Railway Society, 2017, 39(4): 32-41.
- [19] 李权, 辛志锋, 王宏伟. 地铁调车机车牵引计算[J]. 铁道机车与动车, 2017(4): 30-32.
LI Quan, XIN Zhifeng, WANG Hongwei. Traction Calculation of Subway Shunting Locomotive[J]. Railway Locomotive and Motor Car, 2017(4): 30-32.
- [20] BOLZHELARSKYI Y V, SOBOLEVSKA Y H, DOVGANYUK S S, et al. Determination of Energy Losses by Shock Absorber in a Freight Car at Crash Mode[J]. Science and Transport Progress Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2016, 4(64): 15-23.
- [21] 穆振涛. 货运铁路限坡设计影响因素分析[J]. 科技经济导刊, 2019, 27(20): 41.
MU Zhentao. Analysis on Influencing Factors of Ruling Gradient Design of Freight Railway[J]. Technology and Economic Guide, 2019, 27(20): 41.
- [22] 孟宸. 基于运行图的多列车牵引计算研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2019.
MENG Chen. Operation Diagram Based Traction Calculation for Multiple Trains[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2019.
- [23] GARRIDO-MAESTU A, FUCIÑOS P, AZINHEIRO S, et al. Specific Detection of Viable Salmonella Enteritidis by Phage

Amplification Combined with QPCR (PAA-qPCR) in Spiked Chicken Meat Samples[J]. Food Control, 2019, 99: 79–83.

[24] 李朗. 川藏线货物列车牵引重量主要影响因素分析[J]. 铁道经济研究, 2019(2): 44–47.

LI Lang. Analysis on Main Influencing Factors of Traction Weight of Freight Trains on Sichuan-Tibet Railway [J]. Railway Economics Research, 2019(2): 44–47.

[25] 段艳军, 张颖. 复杂艰险山区高速铁路限制坡度的选择[J]. 山西建筑, 2019, 45(1): 126–129.

DUAN Yanjun, ZHANG Ying. Selection of Restricted Slopes for High Speed Railways in Complex and Dangerous Mountainous Areas [J]. Shanxi Architecture, 2019, 45(1): 126–129.

[26] 矫岩峻, 文艳晖, 刘少克. 中低速磁浮列车上坡牵引策略优化[J]. 机车电传动, 2016(2): 37–39.

JIAO Yanjun, WEN Yanhui, LIU Shaoke. Uphill Traction Strategy Optimization of Middle/Low-speed Maglev Train [J]. Electric Drive for Locomotives, 2016(2): 37–39.

[27] 宋锴, 牛会想. 回转质量系数对高速列车牵引电算的影响[J]. 铁道机车车辆, 2010, 30(3): 56–59.

SONG Kai, NIU Huixiang. Influence of Rotary Mass Coefficient on Traction Computer Calculation of High-speed Train [J]. Railway Locomotive & Car, 2010, 30(3): 56–59.

[28] 高邓波. 列车制动距离计算的程序设计[J]. 中国科技信息, 2009(3): 30.

GAO Dengbo. Program Design of Train Braking Distance Calculation [J]. China Science and Technology Information, 2009(3): 30.

[29] 曾剑群. 动车组牵引计算仿真系统的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2009.

ZENG Jianqun. The Research on Simulation System of EMU Traction [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2019.

[30] 廖勇. 列车运动方程近似积分研究[J]. 电力机车与城轨车辆, 2007, 30(5): 30–32.

LIAO Yong. Research about Approximate Integral of Train Kinematics Equation [J]. Electric Locomotives & Mass Transit Vehicles, 2007, 30(5): 30–32.

[31] 曾宇清, 于卫东, 扈海军, 等. 高速铁路牵引计算层次约束方法[J]. 中国铁道科学, 2009, 30(6): 97–103.

ZENG Yuqing, YU Weidong, HU Haijun, et al. Hierarchical Restriction Method for the Traction Calculation of High-speed Railway [J]. China Railway Science, 2009, 30(6): 97–103.

(上接第48页)

参考文献:

[1] 魏永幸. 路基工程风险识别与管理研究[J]. 铁道工程学报, 2013, 30(3): 91–96.

WEI Yongxing. Research on the Risk Identification and Control of Subgrade Engineering [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2013, 30(3): 91–96.

[2] 佚名. 铁路工程实体结构分解指南(1.0版)[J]. 铁路技术创新, 2014(6): 5–334.

YI Ming. Railway Engineering Entity Structural Decomposition Guide (Version 1.0) [J]. Railway Technical Innovation, 2014(6): 5–334.

[3] 刘竹君, 陈伟志, 胡超, 等. 高速铁路工程WBS的实践探讨[J]. 高速铁路技术, 2018, 9(4): 20–24.

LIU Zhujun, CHEN Weizhi, HU Chao, et al. Discussion and Practice of WBS on High-speed Railway [J]. High Speed Railway Technology, 2018, 9(4): 20–24.

[4] 邱永平, 张东卿, 刘苑茹. “大数据”在铁路路基工程设计中的应用探讨[J]. 高速铁路技术, 2017, 8(3): 16–19.

QIU Yongping, ZHANG Dongqing, LIU Wanru. Discussion on Application of Big Data in Railway Subgrade Engineering Design [J]. High Speed Railway Technology, 2017, 8(3): 16–19.

[5] 杨科. 大数据在铁路工程施工日志中的应用研究[D]. 电子科技大学, 2018.

Yang Ke. Applied Big Data Research On Electronic Construction Diary of Railway Engineering [D]. University of Electronic Science and Technology of China, 2018.

[6] CAI Lijun, GUAN Xiangqing, CHI Peng, et al. Big Data Visualization Collaborative Filtering Algorithm Based on RHadoop [J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2015: 1–9.

[7] Telmo Silva Morais. Survey on Frameworks for Distributed Computing: Hadoop, Spark and Storm [C]//Dsie15 Doctoral Symposium in Informatics Engineering, 2015.

[8] 魏玲, 魏永江, 高长元. 基于Bigtable与MapReduce的Apriori算法改进[J]. 计算机科学, 2015, 42(10): 208–210.

WEI Ling, WEI Yongjiang, GAO Changyuan. Improved Apriori Algorithm Based on Bigtable and MapReduce [J]. Computer Science, 2015, 42(10): 208–210.

[9] 余绍黔. Apriori算法改进及在超市数据挖掘中应用[J]. 微计算机信息, 2011, 27(11): 165–167.

YU Shaoqian. Improved of Apriori Algorithm and Appl Ication of Data Mining in Supermarket [J]. Control & Automation, 2011, 27(11): 165–167.