

汽车车架强度分析及计算机软件开发

江 祖 望

(精密机械工程系)

摘要 本文提出计算汽车车架强度的弯矩差法,设计了相应的计算机软件。运算结果表明,该软件功能强、速度快、精度高、适应面广。

关键词 车架强度,弯矩差法,计算机软件

0 引言

在汽车设计过程中,车架纵梁的断面尺寸最初是通过计算弯曲强度求出的。以往进行弯曲强度计算采用的是力学中简单梁的算法,由于车架受力复杂,受力点多,计算工作量大,误差也大,特别对于载重汽车车架更是计算工作量大而花的时间也更长。

为了解决上述问题,本文提出了计算车架弯曲强度的弯矩差法,该法简化了计算并缩短其周期,因而效率更高。基于弯矩差法,同时设计了相应的计算机软件。在实际计算时,只要向计算机输入一定的初始参数,计算机就可以快速、精确地显示或打印出弯曲强度的计算结果。根据对软件的例题考核,进行车架强度计算时,用手工运算需要几天时间,而用计算机只需几分钟并能对不同型式的纵梁运算出多个方案来。此外,用手工运算的计算者要熟悉计算公式和方法才能进行运算,而用本文设计的计算机软件,只要按照流程图输入初始参数即可得出正确无误的结果。

1 弯矩差法计算分析

1.1 弯矩差法计算时的假设

(1)由于车架结构是对称的,其左、右纵梁所受载荷的差额不大,可认为车架纵梁是支承在悬架支座上的双支点梁。(2)所有作用力均通过车架纵梁断面的弯曲中心(忽略不计局部扭转所产生的影响)。

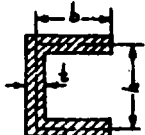
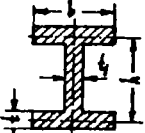
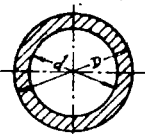
1.2 载荷在车架上分配原则

(1)具有几个支点的零部件的重量是按其重心的位置,分配于各支座上,然后将力传至车架纵梁;(2)装有载荷的货箱重量,经货箱下面的横梁传到车架。将货箱分为若干区段,

本文1990-05-24收到。

的断面系数 W 计算公式。

表 1 车架断面系数计算表

断 面 形 状	断 面 系 数 计 算 公 式
	$W = \frac{th}{b} (h + 6b)$
	$W = \frac{h}{6} (ht + 6bh)$
	$W = \frac{\pi D^3}{32} (1 - \alpha^4)$ ($\alpha = d/D$)

1.6 车架纵梁弯曲应力 $\sigma_{\text{弯}}$

$$\sigma_{\text{弯}} = \frac{M_{\text{弯}}}{W}, \quad (5)$$

根据式(5)计算出弯曲应力 $\sigma_{\text{弯}}$ 之后,可绘制弯曲应力图。

1.7 强度条件

车架纵梁的强度条件,也就是车架的计算弯曲应力 $\sigma_{\text{弯}}$ 应低于材料的许用应力 R 。使用应力 R 可按下列公式计算

$$R = \frac{\sigma_s}{K}, \quad (6)$$

式中, σ_s 为材料的屈服极限; K 为安全系数。 K 值是考虑影响车架强度的各种因素。一般在1.3—1.8范围内。

如果考虑到动载荷,则车架强度应满足下列条件

$$\sigma_{\text{弯}} + \sigma_{\text{动}} = R \quad (7)$$

或

$$\sigma_{\text{弯}} \leq R / (1 + K_{\text{动}}) \quad (8)$$

式中, $\sigma_{\text{动}}$ 为动载荷产生的弯曲应力; $K_{\text{动}} = \sigma_{\text{动}} / \sigma_{\text{弯}}$ 为动载荷系数。根据道路试验结果,

$K_{\text{动}}$ 值一般在2—4范围内。

如果按式(5)计算的数值满足于公式(8),则车架纵梁的强度可以认为是可靠的。

车架强度计算按货箱内载荷均布在货箱全长上计算为主,对于货箱内载荷集中于货箱前

部和后部的状态，也应按照上述方法进行核算。

1. 8 举例

以一辆轻型载重汽车车架计算为例，车架纵梁为槽形，当货箱载荷在货箱内均布时作如下计算（静态）。

已知该汽车轴距 $L=230\text{cm}$ ，汽车各部件的重量如表 2 所示，汽车各部件的重量分配数值如表 4 所示。按公式（1）和（2）求得

$$R_1' = P_3 = -2629.01\text{N},$$
$$R_1'' = P_7 = -2714.60\text{N},$$

及

$$R_2' = P_{15} = -4042.50\text{N},$$
$$R_2'' = P_{20} = -4206.48\text{N}.$$

纵梁各个断面的断面系数可按表 1 中的公式计算，结果列入表 3。

按公式（3）计算出剪力 Q ，列入表 5；将已知相邻二个力 P_{i-1} 和 P_i 作用点间的距离 Δl 列入表 5；按公式（4）计算出弯曲力矩 $M_{\text{弯}}$ ，列入表 5；按公式（5）计算出弯曲应力 $\sigma_{\text{弯}}$ ，列入表 5，根据此应力值，可绘出弯曲应力图。

有了车架纵梁中最大弯曲应力值，利用公式（8）就可以进行强度分析。

表 2 汽车各部件的重量

部件名称	重量 (kg)	备 注	部件名称	重量 (kg)	备 注
转向机	17		车 架	148	包括拖钩8kg
散热器	26	包括水10kg	传动轴	11	
驾驶室	235		车 箱	230	
前 桥	259		消声器	6	
发动机	185		后 桥	354	
离合器	26		工具箱	15	
变速器	40		备 胎	65	
手制动器	11		汽车空车重量	1700	
蓄电池	26		汽车载重量	1500	
油 箱	48	包括汽油			

表 3 车架纵梁各断面尺寸

断 面 编 号		1	2	3	4	5	6—16	17	18—21
断面	h	10.25	10.55	11.15	12.15	13.25	14.55	12.05	11.55
尺寸	b	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275	5.275
(cm)	t	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
断面系数 W	(cm^3)	32.21	35.39	35.79	39.91	44.61	50.41	39.49	37.42

表 4 汽车各部件的重量分配

断面 编号	部件名称	作用在纵 梁 上 的 力 P_i (N)	纵梁上各力 至前轮中心 线距离 I_i (cm)	断 面 编 号	部件名称	作用在纵 梁 上 的 力 P_i (N)	纵梁上各力 至前轮中心 线距离 I_i (cm)
1	驾驶室前支点 车架第一分段	P_1 960.40	I_1 -80	12	工具箱前支热 车架第五分段	P_{12} 127.40	I_{12} 111
2	转向机	P_2 166.60	I_2 -70	13	车箱第二支点	P_{13} 1724.8	I_{13} 723
3				14	工具箱后支点 车架第六分段	P_{14} 137.20	I_{14} 144
4	散热器支点 车架第二分段	P_4 215.60	I_4 -20.70	15			
5	发动机前支点	P_5 617.40	I_5 7	16	车箱第三支点 车架第七分段	P_{16} 1685.60	I_{16} 180
6	驾驶室后支点 车架第三分段	P_6 1313.20	I_6 45	17	车箱第四支点 车架第八分段	P_{17} 1577.80	I_{17} 230
7				18	备胎架支点 车架第九分段	P_{18} 382.20	I_{18} 266
8	蓄电池前支点	P_8 117.60	I_8 23	19	车箱第五支点	P_{19} 1283.80	I_{19} 279.50
9	车箱第一支点 车架第四分段	P_9 1156.40	I_9 67	20			
10	发动机后支点	P_{10} 725.20	I_{10} 75	21	车箱第六支点 车架第十分段	P_{21} 1283.80	I_{21} 314.50
11	蓄电池后支点	P_{11} 117.60	I_{11} 97				

2 弯矩差法的计算机软件设计

基于弯矩差法，图 2 给出了车架强度计算程序流程图。图中除了前面说明过的 变量 之外，其它变量现逐个介绍。其中， j 为断面形状系数，当纵梁为槽形梁时， $j=1$ ；当纵梁为工字梁时， $j=2$ ；当纵梁为圆管梁时， $j=3$ ； L_1' 为作用力 R_1' 距前轮中心线的距离； L_1'' 为作用力 R_1'' 距前轮中心线的距离； L_2' 为作用力 R_2' 距前轮中心线的距离； L_2'' 为作用力 R_2'' 距前轮中心线的距离； N_1 为位于 R_1' 左部的作用力个数； N_2 为 R_1' 与 R_1'' 之间的作用力个数； N_3 为 R_2' 与 R_2'' 之间的作用力个数； N_4 为位于 R_2'' 右部的作用力个数。

根据图 2 程序流程图，用FORTRAN语言编制了相应的程序，该程序具有完善的人机 对话功能，使用者不需要编程知识，而是通过人机对话方式把必要的参数送入计算机，程序既可适用于各种载重汽车，也可以用于其它类型的汽车，对于不同形式的载荷分布，只要改变输入参数，而不必修改程序。软件经实际运算证明使用方便、易于掌握、计算速度快、计算结果准确无误。

表 5 车架纵梁弯曲应力计算表

断面 编号	P (N)	Q (N)	Δl (cm)	$Q \cdot \Delta l$ (N·cm)	M _弯 (N·cm)	W (cm ³)	$\sigma_{弯}$ (N/cm ²)
1	960.40	960.40				32.21	
2	166.60	1127.00	10.00	9604.00	9604.00	33.39	287.62
3	-2629.01	-1502.01	18.20	20511.40	30115.40	35.79	841.41
4	215.60	-1286.41	31.10	-46712.66	-16597.26	39.91	-415.84
5	617.40	-669.01	27.70	-35633.70	-52230.95	44.62	-1170.59
6	1313.20	644.19	38.00	-25422.57	-77653.52	50.42	-1540.26
7	-2714.60	-2070.42	5.20	3349.76	-74303.75	50.42	-1473.82
8	117.60	-1952.82	8.80	-18219.65	-92523.40	50.42	-1835.21
9	1156.40	-796.42	8.00	-15622.52	-108145.90	50.42	-2145.08
10	725.20	-71.22	8.00	-6371.32	-114517.20	50.42	-2271.06
11	117.60	46.38	22.00	-1566.73	-116084.00	50.42	-2302.53
12	127.40	173.78	14.00	649.39	-115434.60	50.42	-2289.65
13	1724.80	1898.58	12.00	2085.42	-113349.20	50.42	-2248.29
14	137.20	2035.78	21.00	39870.29	-73478.88	50.42	-1457.46
15	-4042.50	-2006.72	21.00	42751.48	-30727.39	50.42	-609.48
16	1685.60	-321.12	15.00	-30100.73	-60828.12	50.42	-1206.53
17	1577.80	1256.68	50.00	-16055.76	-76883.88	39.49	-1946.73
18	382.20	1638.89	36.00	45240.66	-31643.22	37.42	-845.58
19	1283.80	2922.69	13.50	22124.95	-9518.27	37.42	-254.35
20	-4206.48	-1283.80	13.00	37994.91	28476.63	37.42	760.96
21	1283.80		22.00	-28243.57	233.06	37.42	6.23

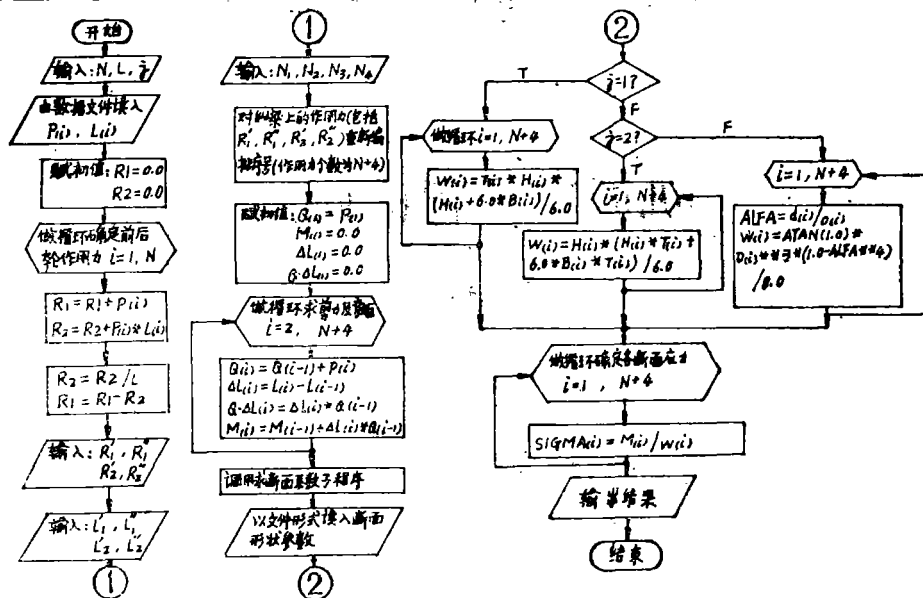


图2 程序流程图

现以1.8节实例进行计算。根据题意,输入: $N=17$, $L=230$, $j=1$, $P_{(i)}$ 及 $L_{(i)}$ 的数据文件PL. CAT, 计算机显示出计算结果 $R_1=5343.61$, $R_2=8248.98$ 。继续向计算机输入: $R_1'=-2629.01$, $R_1''=-2714.60$, $R_2'=-4042.50$, $R_2''=4206.48$, $L_1'=-51.80$, $L_1''=50.20$, $L_2'=165.00$, $L_2''=292.50$, $N_1=2$, $N_2=3$, $N_3=4$, $N=1$, 断面形状参数据文件SP. DAT(表), 计算机运算结束, 与表5一样。

参 考 文 献

- [1] Barnacle, H. E. . *Mechanics of Automobiles*, Pergamon Pres, (1964).
- [2] 机械工程手册编委会, 机械工程手册(第69篇), 机械工业出版社, (1980).
- [3] 自动车技术会小林明等, 汽车工程手册, 机械工业出版社, (1984).
- [4] 自动车技术会, 自动车工学便览, 明善印刷株式会社, (1975).

Streugth Aanalysis and Software Design of Automotive Frame

Jjang Zuwang

(Department of Precision Mechanical Engineering)

Abstract For analysing the strength of automotive frame, a method of bending moment difference is put forward and the corresponding software is designed. The software is proved to be precise, sufficient and adaptable.

Key words automotive frame strength, bending moment difference method, computer software