

高等学校试用教材

长安大学道路交通运输工程实验教学中心

实验教学指导丛书

汽车性能实验分册

郭荣庆 杜久富 编

Qiche Xingneng
Shiyan Fence



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校试用教材

长安大学道路交通运输工程实验教学中心实验教学指导丛书

Qiche Xingneng Shiyan Fence
汽车性能实验分册

郭荣庆 杜久富 编

人民交通出版社

内 容 提 要

本教材是全日制本科“车辆工程”、“汽车运用工程”和其他汽车相关专业汽车理论的实验教材。该教材系统阐述了汽车理论课程涉及的有关汽车性能道路实验的基本内容,讲述了各项道路实验的目的、实验使用的仪器设备、实验方法、实验数据处理和实验报告的编写等内容。

该教材也可供全日制专科“车辆工程”、“汽车运用工程”和其他汽车相关专业的学生和汽车实验人员阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

长安大学道路交通运输工程实验教学中心实验教学指导丛书. 汽车性能实验分册 / 郭荣庆, 杜久富编. —北京: 人民交通出版社, 2010. 9

ISBN 978-7-114- 07848- 4

I. 长… II. ①郭…②杜… III. ①公路运输 - 交通工程 - 高等学校 - 教学参考资料②汽车 - 性能 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. U4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 009374 号

长安大学道路交通运输工程实验教学中心实验教学指导丛书

书 名: 汽车性能实验分册

著 作 者: 郭荣庆 杜久富

责任编辑: 何 亮

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 4

字 数: 86 千

版 次: 2010 年 9 月第 1 版

印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114- 07848- 4

印 数: 0001—1000 册

定 价: 60.00 元(全 7 册)

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

汽车性能道路实验是为车辆工程专业的汽车理论课、汽车运用工程专业的汽车运用课、交通安全专业的汽车理论课、市场营销专业的汽车行驶理论课和汽车服务专业的汽车理论课而开设的一门课程。该实验课程综合了各专业学生所学的物理、力学、机械原理、汽车构造、发动机原理、汽车理论、汽车检测等知识,通过汽车性能道路实验,使学生了解汽车性能道路实验的具体内容、方法及实验所用仪器设备的工作原理和安装与使用方法,并指导学生亲自编写实验大纲,处理实验数据,编写实验报告,培养学生实际操作能力,以适应以后工作需要。在编写实验课教材过程中,笔者努力贯彻从实际出发、理论联系实际的原则,力求简明扼要,重点突出。

由于汽车道路性能实验所需仪器设备种类较多,本教材只对部分典型仪器的结构、工作原理作了简要介绍,对于一般简单的仪器设备只列出设备名称。不同实验项目所用的相同的仪器设备仅在教材中第一次出现时作详细介绍。

本教材所列的实验项目,可根据汽车不同专业的教学大纲课时和实际需要选择有关项目。

本教材由郭荣庆、杜久富编写。由于水平和时间关系,教材编写过程中难免有错误和遗漏,敬请同行和读者批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

实验一	汽车结构参数及特性参数测量实验	1
实验二	汽车滑行实验.....	6
实验三	汽车动力性实验	12
实验四	汽车制动性能实验	18
实验五	汽车燃料经济性实验	21
实验六	随机振动应用及汽车平顺性实验	27
实验七	汽车操纵稳定性实验	41
附 录	汽车性能实验教学大纲	53
参考文献		57

实验一 汽车结构参数及特性参数测量实验

一、实验内容

1. 汽车外廓尺寸测量
2. 质量参数测量
3. 技术特性参数测量

二、实验目的要求

熟悉汽车主要结构参数和特性参数的实际含义,并能正确地进行测量。

三、仪器设备

1. 主要结构参数测量仪器设备

- (1) 高度尺:量程 0 ~ 5000mm,最小刻度 0.5mm。
- (2) 离地间隙仪:量程 0 ~ 500mm,最小刻度 0.5mm。
- (3) 角度尺:量程 0 ~ 180°,最小刻度 1°。
- (4) 钢卷尺:量程 0 ~ 20m,最小刻度 1mm。

2. 汽车质量参数测量设备

(1) 地中衡(使用地秤时,秤台面积应能容纳全部实验车车轴,秤台出入口地面应与台面保持在同一水平面上)。

(2) 车轮负荷仪(使用车轮负荷仪时,应使各车轮负荷仪的上平面在同一水平面内)。

3. 汽车最小转弯直径测量设备

- (1) 行驶轨迹显示装置。
- (2) 钢卷尺,量程 0 ~ 30m,精度 1mm。

4. 实验车

四、准备工作

- (1) 实验车应符合《使用说明书》规定,技术状态完好。
- (2) 按规定值添加汽车用油、水。

五、实验步骤

1. 汽车外部尺寸及特性参数测量步骤

- (1) 将汽车停放在坚实、平坦的水平地面上,该平面称为车辆支撑平面(简称 X 平面)。
- (2) 明确各测量参数的定义,确定基准点、车辆支撑平面(简称 X 平面)、车轮中心平面、车

轮中心和车辆纵向对称平面(简称Y平面)的定义(参看《汽车和挂车的术语及其定义 车辆尺寸》(GB/T 3730.3—1992))。

(3)用测量铅锤测量汽车的长、宽、轴心在地面上投影点,用画笔作出标记。

(4)用高度尺测量汽车的高度,用角度尺、测量直杆和钢卷尺测量汽车的接近角、离去角、横向通过半径、纵向通过角(或纵向通过半径)。

(5)将被测量汽车开出原来停放位置,用角度尺、测量直杆和画笔连接汽车左、右轴心位置,用钢卷尺测量汽车的前悬、后悬、左、右轴距以及汽车的总长、总宽。

2. 汽车最小转弯直径测量步骤

(1)在前外轮和后内轮胎面中心线的上方和车体离转向中心最远点和最近点的垂直地面方向分别安装行驶轨迹标示装置。

(2)汽车以低挡最低速行驶,转向盘向左或向右转到极限位置,保持不动,待车速稳定后启动标示装置,使测点分别在地面上显示封闭的运动轨迹,然后将车开出轨迹外。

(3)用钢卷尺测量各测点在地面上形成的轨迹圆直径,应在互相垂直的两个方向分别测量,取算术平均值作为测量结果。汽车向左转和向右转各测量一次,汽车最小转弯直径取其向左转和向右转中的最大值,前外轮、后内轮、最远点和最近点最小转弯直径分别以 d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 表示,见图 1-1。

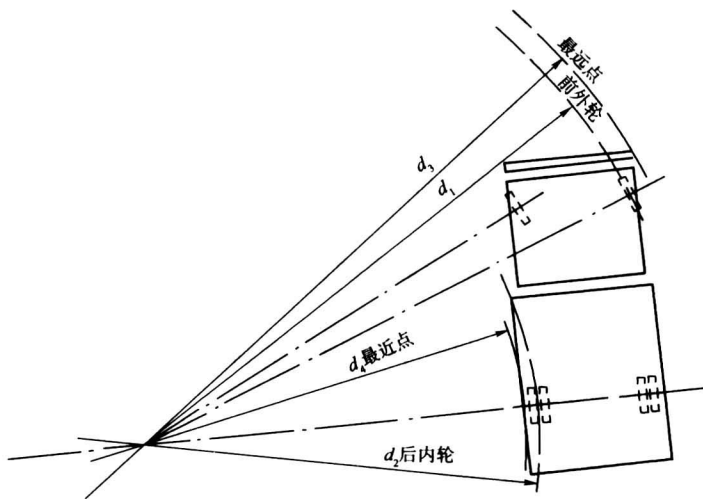


图 1-1 汽车最小转弯直径示意图

3. 汽车质量参数测量步骤

(1)使用地秤测量时,汽车先从一个方向低速驶入地秤台面,依次测量前轴轴载质量、整车质量、后轴轴载质量,然后掉头,从相反方向驶入秤台面,依次重复测量前述几个参数。

(2)使用车轮负荷仪测量时,首先将车轮负荷仪标零,再将汽车驶向车轮负荷仪,分别测量各轴轴载质量并计算整车质量。

六、注意事项

1. 汽车主要结构参数测量条件及注意事项

(1)测量场地应是具有水平坚硬覆盖层的支撑表面。

- (2)汽车转向车轮应以直线前进状态置于测量场地上。
- (3)汽车轮胎气压应符合设计要求。
- (4)长度应在与支撑平面和Y基准平面平行的直线上测量,宽度应在与X基准平面平行的直线上测量,高度应在与支撑平面垂直的直线上测量。
- (5)货车的货厢栏板应处于关闭状态。
- (6)车门、发动机罩、行李舱盖及通气孔盖等均为关闭状态。
- (7)收音机天线应处于收回状态。
- (8)不包括汽车牌照,但包括汽车牌照架。

2. 汽车最小转弯直径测量注意事项

- (1)测量场地为平坦、硬实、清洁的水泥或沥青地面,其大小应允许汽车作全圆周行驶。
- (2)汽车的前轮最大转角应符合该车技术条件规定。
- (3)保证汽车全部车轮着地。

3. 汽车质量参数测量注意事项

- (1)实验车必须清洁。
- (2)无特殊规定时,一般只测量空车及整备质量。
- (3)测量时,汽车应停稳,发动机熄火,变速器置于空挡,制动器放松。

七、结果整理与分析

将实验日期、实验地点及汽车相关参数填入表 1-1。

1. 汽车外部尺寸参数测量结果

汽车外部尺寸参数测量结果填入表 1-2,与该车的技术条件进行比较,判断所测参数是否合格,并分析不合格参数产生的原因。

2. 汽车通过性参数测量结果

汽车通过性参数测量结果填入表 1-3、表 1-4,并判断所测参数是否合格,如不合格分析其原因。

汽车结构参数及特性参数测量实验记录表

表 1-1

实验日期		实验地点	
实验车牌号		实验车型号	
发动机号码		底盘号码	
发动机燃料		发动机功率	
发动机排量		汽车总质量	
出厂日期		制造厂家	
行驶里程		天气状况	
气温		发动机温度	
主减速器温度		路面状况	
记录人			

汽车外部尺寸参数测量结果(单位:mm) 表 1-2

参数名称	测量结果
总长	
总宽	
总高	
前轮距	
后轮距	
前悬	
后悬	
轴距	

汽车通过性参数测量结果 表 1-3

参数名称	测量结果
离去角(°)	
接近角(°)	
纵向通过半径(mm)	
最小转弯直径(mm)	

3. 汽车质量参数测量结果

按下述方法计算车辆整备质量和满载质量,并将结果填入实验记录中的表 1-4 中。

汽车质量参数测量结果 表 1-4

	左前轮	右前轮	前轴	左后轮	右后轮	后轴	整车
整备质量(kg)							
满载质量(kg)							

1) 采用车轮负荷仪法一次显示值不必计算,地秤法计算如下

(1) 整车质量:

$$G_0 = \frac{G'_0 + G''_0}{2}$$

(1-1)

式中: G_0 ——整车质量,kg;
 G'_0 、 G''_0 ——从两个方向驶入秤台分别测得的整车质量,kg。

(2) 轴载质量:

$$G_{0i} = \frac{G'_{0i} + G''_{0i}}{2}$$

(1-2)

式中: G_{0i} ——第 i 轴轴载质量,kg, i 取 1,2,3,⋯, n (n 为实验车的轴数);
 $G'_{0i} + G''_{0i}$ ——从两个方向驶入秤台分别测得的第 i 轴轴载质量,kg。

2) 轴载质量修正值

当轴载质量之和不等于整车质量时,以整车质量 G_0 为基准,用各轴轴载质量之比例分配整车质量 G_0 ,即:

$$\bar{G}_{0i} = \frac{G_{0i}}{\sum_{i=1}^n G_{0i}} \cdot G_0 \quad (1-3)$$

式中: $\bar{G}_{0i}$ ——第 i 轴轴载质量修正值,kg。

实验二 汽车滑行实验

一、实验内容

1. 初速度为 50km/h 的滑行
2. 初速度为 90km/h 的滑行(高速滑行)
3. 初速度为 20 ~ 25km/h 的滑行(低速滑行)

二、实验目的要求

了解测速仪结构、工作原理及使用方法;掌握滑行实验方法和实验数据处理方法,并分析实验车装配调整技术状况。计算滑行阻力及滑行阻力系数,计算空气阻力及空气阻力系数。

三、仪器设备

综合气象观测仪、测速仪、数据采集处理装置、实验车等。

常见的测速仪有带第五车轮的“五轮仪”、光电测速仪、雷达测速仪、卫星测速仪,如图 2-1 ~ 图 2-4 所示,主要测试速度、距离、时间三个量,光电测速仪的光电速度传感器原理如图 2-5 所示。



图 2-1 五轮仪

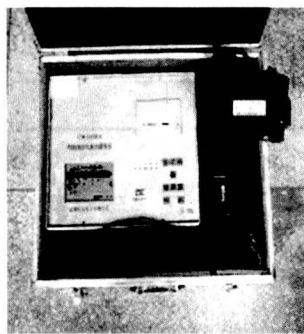


图 2-2 光电测速仪

四、准备工作

- (1) 按测速仪说明书将其安装在实验车适当的位置。
- (2) 按测速仪说明书规定接通电源,检查仪器的功能是否正常。
- (3) 检查实验车轮胎气压是否符合规定要求。
- (4) 实验车装额定荷载。

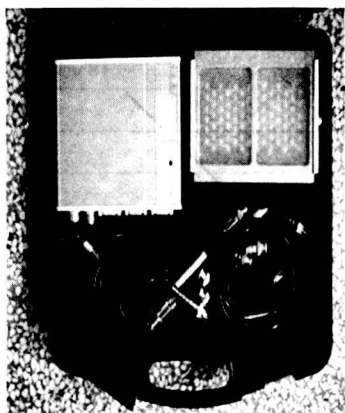


图 2-3 雷达测速仪



图 2-4 卫星测速仪

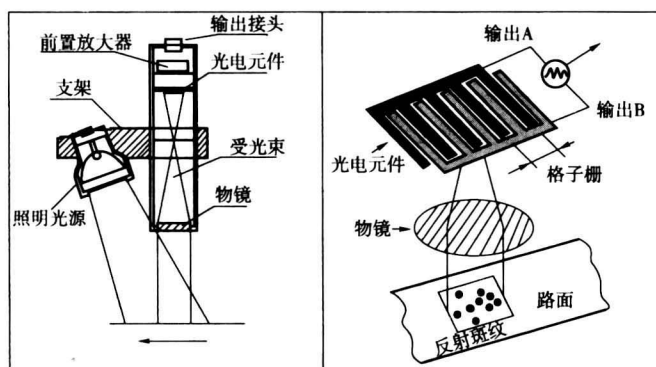


图 2-5 光电速度传感器原理图

五、实验步骤

先将实验日期、实验地点及实验车辆的基本参数填入表 2-1。

1. 初速度为 50km/h 的滑行(检查装配调整技术状况)

实验车应经过充分预热,使发动机出水温度、油温及各总成油温达到正常温度并保持稳定后再行驶,记录温度值。汽车以稍高于 50km/h 的车速驶入按图 2-6 设置的测试路段前,驾驶员将变速器置于空挡,松开离合器踏板,汽车开始滑行,当速度为 50km/h 时(汽车应进入测试段)用测速仪记录车速,直至汽车完全停止。在滑行过程中,驾驶员不得转动转向盘。滑行实验至少往返各进行一次,往返区段应尽量重合。将滑行初速度、滑行距离和滑行时间记入表 2-2,用滑行距离和滑行时间评价行驶系统的工作状态。

2. 低速滑行(测定滑行阻力)

控制滑行初速度,使通过 100m 测试路段的滑行时间在 $20 \pm 2s$ 内,测量实验车通过前 50m 和 100m 的滑行时间 t_1 和 t_2 。往返各测量两次,若数据重复性差,应进行补充实验。实验结果记入表 2-3。实验区段标杆设置见图 2-6。

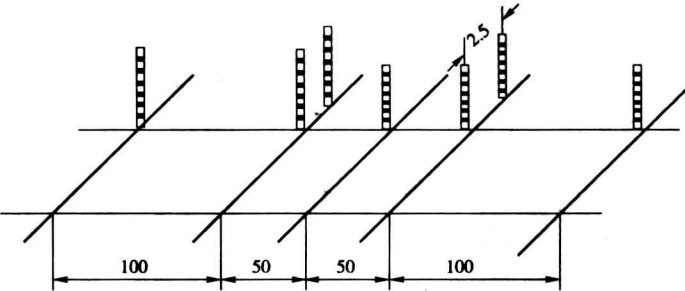


图 2-6 滑行阻力测量实验路段标杆设置(尺寸单位:m)

汽车滑行实验记录表

表 2-1

实验日期		实验地点	
实验车牌号		实验车型号	
发动机号码		底盘号码	
发动机燃料		发动机功率	
发动机排量		汽车总质量	
出厂日期		制造厂家	
行驶里程		天气状况	
气温		发动机温度	
主减速器温度		路面状况	
记录人			

初速为 50km/h 的滑行结果

表 2-2

初始速度 (km/h)	距离 (m)	时间 (s)

低速滑行结果

表 2-3

测量项目 \ 时间	第一次测量(s)	第二次测量(s)
前 50m 所用时间(t_1)		
100m 所用时间(t_2)		

- 3. 高速滑行(测量汽车空气阻力)**
- (1) 目的:通过高速滑行测量汽车空气阻力系数。
- (2) 实验仪器:VGPS 车速仪、数据采集处理系统。
- (3) 实验方法:实验车以 90km/h 以上车速空挡滑行至 50km/h, 用数据采集处理系统全程记录滑行车速随时间的变化过程。采样频率 10Hz 以上。
- 最后将测量结果记入表 2-4。

高速滑行结果

表 2-4

滑行速度 (km/h)	$t(s)$	$S(m)$	$a(m/s^2)$

六、注意事项

- (1)实验车的总质量,按实验车的整备质量加参加实验的在车人员质量(每人按 65kg)计。
- (2)实验过程中,轮胎充气压力应符合该车技术条件规定,误差不得超过 $\pm 10kPa$ 。
- (3)实验时天气应无雨无雾,气温 $0 \sim 40^{\circ}C$,风速不大于 $3m/s$ 。
- (4)应在清洁、干燥、平坦的沥青或混凝土铺装的直线道路上进行实验,道路长 $2 \sim 3km$,宽度不小于 $8m$,纵向坡度在 1% 以内。
- (5)进行初速度为 $50km/h$ 的滑行实验时,汽车在进入测试区段前,车速应稍大于 $50km/h$ 。

七、结果整理与分析

1. 滑行距离计算

将实测的初速度、滑行距离、滑行时间代入式(2-1)计算出标准初速度 $v_0 = 50km/h$ 的滑行距离:

$$S = \frac{-b + \sqrt{b^2 + dc}}{2d} \tag{2-1}$$

式中: S ——初速度为 $50km/h$ 时的滑行距离, m ;

c ——常数($c = 771.6$), m^2/s^2 ;

b ——常数($b = 0.2$;当整车质量 $< 4000kg$ 且滑行距离 $< 600m$ 时, $b = 0.3$), m/s^2 ;

d ——计算系数, $d = \frac{v_0'^2 - bS'}{S'^2}$, $1/s^2$ 。

v_0' ——实测的滑行初速度, m/s ;

S' ——实测的滑行距离, m 。

2. 滑行阻力计算

(1)滑行平均速度:

$$v = \frac{360}{t_2} \tag{2-2}$$

式中: v ——滑行平均速度, km/h ;

t_2 ——实验车通过 $100m$ 实验路段的时间, s 。

(2)滑行减速度:

$$a = \frac{100}{t_2} \times \left(\frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2 - t_1} \right) \quad (2-3)$$

式中: a ——滑行减速度, m/s^2 ;

t_1 ——实验车通过 50m 实验路段的时间, s ;

t_2 ——实验车通过 100m 实验路段的时间, s 。

(3) 滑行阻力系数:

$$f = \frac{d}{9.8} \quad (2-4)$$

式中: f ——滑行阻力系数;

d ——计算系数。

(4) 滑行阻力:

$$R = 9.8 \times (G_a + G_f) \times f \quad (2-5)$$

式中: R ——滑行阻力, N ;

f ——滑行阻力系数;

G_a ——实验时汽车的总质量, kg ;

G_f ——实验车旋转部分当量质量, kg ; 如 G_f 未知, 一般中、大型车可取 $G_f = 0.07G_0$, 小型车可取 $G_f = 0.05G_0$, G_0 为汽车的整备质量, kg 。

3. 空气阻力系数计算

(1) 对记录数据进行曲线拟合, 拟合误差小于 0.5%。

(2) 对拟合得到的函数求导, 得到高速滑行减速度函数。

(3) 高速滑行减速度函数(曲线)减去滚动阻力系数函数, 即可得到与空气阻力有关的减速度函数。

(4) 将实验车质量、迎风面积、与空气阻力有关的减速度函数、车速等数据代入汽车理论中的行驶阻力关系式, 利用最小二乘法进行二次曲线拟合即可得到空气阻力系数值(也可用实际测试的行驶阻力函数与假设的行驶阻力目标函数进行试算, 求出两函数误差最小时所设定的空气阻力系数)。实际处理得到的结果如下: 滑行时间曲线如图 2-7 所示, 滑行减速度实际曲线及拟合曲线如图 2-8 所示, 滑行减速度拟合曲线有关参数如图 2-9 所示。

滑行减速度拟合函数:

$$a(v) = 0.103628 + 0.0000312389v^2$$

空气阻力:

$$F_w = C_D \times S \times v^2 / 21.15$$

$$C_D \times S \times v^2 / 21.15 = G \times 0.0000312389v^2$$

$$C_D \times S = G \times 0.0000312389 \times 21.15$$

$$C_D = G \times 0.0000312389 \times 21.15 / S$$

式中: F_w ——空气阻力, N ;

v ——汽车行驶速度, km/h ;

C_D ——空气阻力系数;

G ——实验车总质量, kg ;

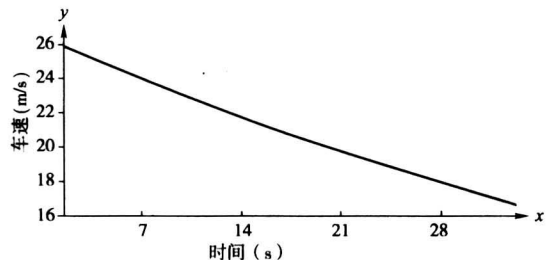


图 2-7 滑行时间曲线

S ——车辆正面投影面积, m^2 。

当 $S = 2.48$ 时, $C_D = 0.719$ 。

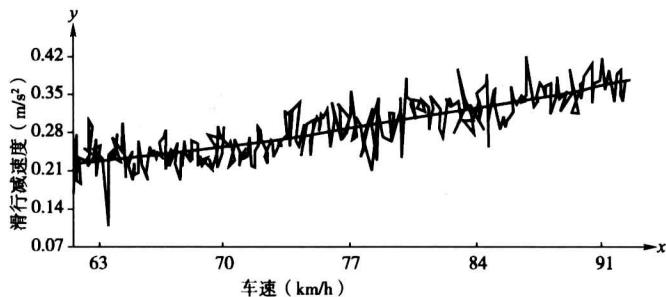


图 2-8 滑行减速度实际曲线及拟合曲线

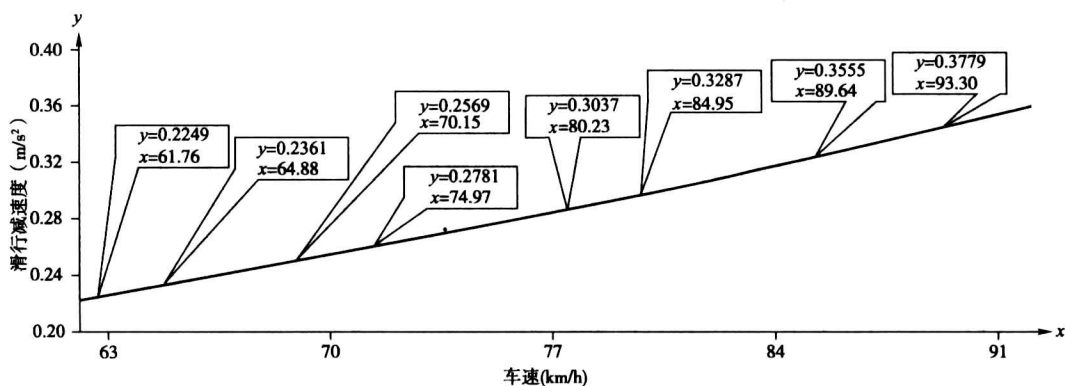


图 2-9 滑行减速度拟合曲线有关参数

实验三 汽车动力性实验

一、实验内容

1. 汽车最低稳定车速实验
2. 汽车直接挡加速实验
3. 汽车起步连续换挡加速实验
4. 汽车最高车速实验

二、实验目的要求

掌握汽车动力性能的道路实验方法,根据实验记录处理和分析实验结果,评价实验车动力性能的优劣。

三、仪器设备

测速仪、发动机转速表、秒表、综合气象观测仪、钢卷尺、标杆、实验车等。

四、准备工作

1. 实验条件

- (1) 实验车各总成、部件及附属装置必须装备齐全,调整状况应符合该车技术条件。
- (2) 实验车使用的燃料及润滑油应符合该车技术条件,实验时应使用同一批燃料及润滑油。
- (3) 轮胎气压应符合技术条件的规定,误差不超过规定值 $\pm 10\text{kPa}$ 。
- (4) 实验车荷载和乘员数应符合规定,荷载物应在车厢内均匀分布。乘员质量按 $65\text{kg}/\text{人}$ 计算,也可用相同质量的沙袋代替。
- (5) 实验前,应按《使用说明书》要求对实验车进行技术维护。新车在实验前应进行磨合行驶(一般磨合里程不少于 2500km)。
- (6) 实验时,实验车各总成的热状态应符合技术条件的规定,并保持稳定。如技术条件无规定时,应符合下列条件:发动机出水温度为 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$,发动机机油温度为 $50\sim 95^{\circ}\text{C}$ 。
- (7) 实验时的气候条件应是晴天或阴天,风速不超过 3m/s ;气温应为 $0\sim 35^{\circ}\text{C}$;气压应在 $99.32\sim 102\text{kPa}$ 范围内。
- (8) 实验道路最好选择专用实验跑道。如没有专用场地,可选择平直、干燥的硬路面(沥青或水泥路面)进行。跑道长度 $2\sim 3\text{km}$,宽度不小于 8m ,纵向坡度在 0.1% 以内。

2. 准备工作

- (1) 登记实验车的生产厂名、牌号、发动机号、底盘号和出厂日期等。