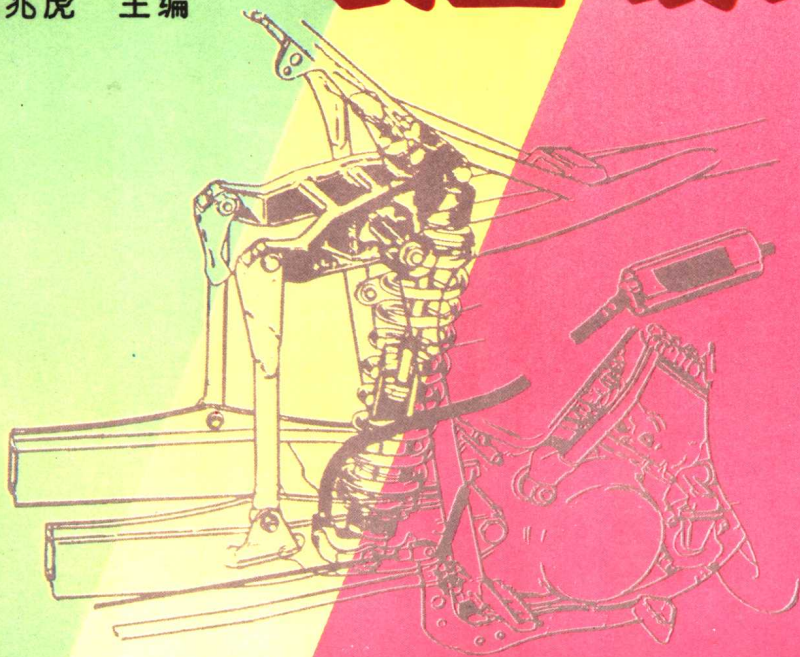




# 摩托车 悬挂 装置 设计

艾兆虎 主编



人民交通出版社

MOTUOCHE XUANGUA ZHUANGZHI SHEJI

# 摩托车悬挂装置设计

艾兆虎 主编

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书介绍两轮摩托车悬挂装置的结构设计,全书共分六章。第一章摩托车悬挂装置设计基础,主要阐述摩托车悬挂装置的功能、要求、主要特性、振动等;第二、三章摩托车悬挂装置结构设计主要论述了前、后悬挂装置的结构布置型式、特点;第四章摩托车悬挂装置的弹簧特性,各类弹簧结构设计及计算;第五、六章摩托车减震器的结构设计和组装,主要分析了各类减震器阻尼力产生的原理,主要性能参数的确定,并以主要零件的结构和工艺设计为主线,着重分析了防止减震器漏油的措施。

本书可作为大专院校、中等专业学校摩托车专业学生和摩托车驾驶、修理人员培训的教材,也可作为从事摩托车车体设计、悬挂装置及减震器设计、制造、维修等方面的工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

摩托车悬挂装置设计/艾兆虎主编. —北京:人民交通出版社,1996.10

ISBN 7-114-02405-3

I. 摩… 艾… 摩托车-车悬挂装置-设计  
IV. U483

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第10712号

### 摩托车悬挂装置设计

艾兆虎 主编

人民交通出版社出版发行

(100013北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京燕山世兴印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:6.125 字数:159千

1996年12月 第1版

1996年12月 第1版 第1次印刷

印数:0001—2000册 定价:13.00元

ISBN 7-114-02405-3

U·01674

## 编者的话

近十年来,我国摩托车工业、技术发展很快,品种繁多、功能各异、性能优良的摩托车相继涌现,新型摩托车不断推向市场。为了满足广大摩托车工程技术人员、使用和维修人员对摩托车悬挂装置系统学习的要求,我们编写了《摩托车悬挂装置设计》一书。

本书是摩托车悬挂装置设计方面的专著,除了系统地阐述现代摩托车悬挂装置的布置型式、结构特点、工作特性、零件设计和计算、工艺要求等外,还论述了减震器中常见故障的分析及排除方法。

本书由艾兆虎副教授主编,其中第六章和第五章中油气减震器的内容由张正泉高级工程师编写;第一章中的阻尼计算和附录内容由蒋文革工程师编写,第五章中减震器阻尼力的计算内容由邱令洪高级工程师编写,其余内容由艾兆虎编写,全书稿的抄写工作由余春娥工程师完成。

全书由北京理工大学博士导师郑慕侨教授主审,并提出了很多宝贵意见,对此表示衷心地感谢。

本书在编写的过程中,曾得到了晋林机械厂、湘陵机械厂、川南减震器厂、翔生机械厂、中国轻骑摩托车集团总公司、南方航空动力机械公司、南昌飞机制造公司等单位的大力支持,以及参考文献中有关的作者所提供的帮助,编者在此也一并表示感谢。

由于编者的水平所限,书中错误难免,欢迎广大读者提出批评、指正。

编者

# 目 录

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>第一章 摩托车悬挂装置设计基础</b> .....       | 1   |
| 第一节 概述.....                        | 1   |
| 第二节 摩托车悬挂装置的基本功能和要求.....           | 4   |
| 第三节 摩托车行驶中的受力分析.....               | 7   |
| 第四节 摩托车悬挂装置的振动 .....               | 13  |
| 第五节 阻尼计算 .....                     | 20  |
| <b>第二章 摩托车前悬挂装置的结构设计</b> .....     | 26  |
| 第一节 摩托车前悬挂装置的结构布置 .....            | 26  |
| 第二节 摩托车前悬挂装置的结构参数及主要零件设计 ...       | 33  |
| <b>第三章 摩托车后悬挂装置的结构及设计</b> .....    | 39  |
| 第一节 摩托车后悬挂装置的结构布置 .....            | 39  |
| 第二节 摩托车后悬挂装置的结构参数及主要零件设计 ...       | 48  |
| <b>第四章 摩托车悬挂装置的弹簧特性及结构设计</b> ..... | 54  |
| 第一节 摩托车悬挂装置的弹簧特性 .....             | 54  |
| 第二节 摩托车悬挂装置螺旋弹簧的结构设计 .....         | 58  |
| 第三节 摩托车悬挂装置中橡胶弹簧的结构设计 .....        | 80  |
| <b>第五章 摩托车减震器的结构设计</b> .....       | 90  |
| 第一节 摩托车减震器的功能及结构形式 .....           | 90  |
| 第二节 减震器的速度特性及阻尼力 .....             | 97  |
| 第三节 摩托车减震器的主要参数.....               | 114 |
| 第四节 摩托车减震器主要零件的设计.....             | 129 |
| <b>第六章 摩托车减震器的组装与质量评定</b> .....    | 158 |
| 第一节 减震器主要零件的清洗检查.....              | 158 |
| 第二节 摩托车减震器主要零部件的组装工艺.....          | 160 |

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第三节 摩托车减震器的检验与质量评定 .....          | 165 |
| 第四节 摩托车减震器示功图畸变 .....             | 167 |
| 第五节 摩托车减震器漏油 .....                | 171 |
| 附图 1 125 前减震器 .....               | 180 |
| 附图 2 CY80 前减震器 .....              | 180 |
| 附图 3 QM50QW 后减震器 .....            | 181 |
| 附图 4 JS50Q-4A 后减震器 .....          | 181 |
| 附图 5 CY80 后减震器 .....              | 182 |
| 附图 6 K90 后减震器 .....               | 182 |
| 附图 7 K90A <sub>1</sub> 后减震器 ..... | 183 |
| 附图 8 SR150 后减震器 .....             | 183 |
| 附图 9 QM50QW 后减震弹簧 .....           | 184 |
| 附图 10 K90 后减震弹簧 .....             | 185 |
| 附表 1 .....                        | 186 |
| 附表 2 .....                        | 187 |
| 参考文献 .....                        | 188 |

# 第一章 摩托车悬挂装置设计基础

## 第一节 概 述

### 1. 摩托车悬挂装置的发展

1885年,德国工程师戴姆勒将其改进的汽油机安装在车身和车轮均用木材制成的三轮车上,发明了世界上第一辆摩托车。但由于木制车身及车轮不耐颠簸,限制了车速(仅12km/h),所以戴姆勒摩托车并无实用价值。

机动脚踏两用车实际上是内燃机技术与自行车技术相结合的产物,它开辟了摩托车的实用时代。随着摩托车的快速和适应野外行驶的需要,必须提高车辆对路面的缓冲能力。早在1899年,贝劳摩托车上开始采用了弹性后悬挂,后来比利时ΦH型摩托车采用了前轮弹性悬挂,以及英吉安C<sub>3</sub>摩托车采用的前、后轮弹性悬挂均可算作早期摩托车悬挂装置的杰出代表。

特别是二轮摩托车在操纵性、稳定性、舒适性方面,与悬挂装置有着重要的关系。1910年就开始在前轮采用金属弹簧张力的双向、平行连接装置,30年代便发明了利用管内粘性机油的液压减震器。1955年以后前轮悬挂装置就采用了伸缩筒式和底部杠杆式两类前叉。在伸缩筒式前叉、望远镜式的二个筒内由于有螺旋弹簧和油缸,加工精度要求高,生产效率很低,阻碍了发展和应用。1960年二轮摩托车的大批量生产,底部杠杆式前叉处于全盛时期,该系统具有结构简单、价格低廉等优点。后来伸缩筒式前叉又重新上市,用于当时盛行一时的两轮赛车上,伸缩筒式前叉优秀的行驶性能方被充分证明。因此,大批量生产的摩托车也竞相采用伸缩筒式前叉,而且由于加工技术的提高,伸缩筒式前叉生产精度也得到了

保证。所以,至今为止,各种型式两轮摩托车都采用伸缩筒式前叉。

1910 年开始对后轮悬挂装置的要求也迫切了,由于全链条传递驱动力,后轮必须采用长距离的固定方式。所以车体的缓冲仅只在座垫下面安装有一金属弹簧。1950 年才开始有正式的后悬挂装置。最初称为滑栓式,并尝试采用摇臂式。50 年代后半期才确立了摇臂式后悬挂装置,即是现代两轮摩托车的后悬挂装置的基础。

同样,为了提高行驶稳定性、乘坐舒适性,后轮行程逐年增大,减震器组件行程在结构上受到了限制。因此前倾后减震器、后减震器组件安装位置前移等,用增大杠杆比的方法增大后轮行程。进入 70 年代又开发了装有单减震器的单减震系统,特别是 1973 年开始用于越野车之后,公路赛车、大型运动车均很快地采用了这种单减震器后悬挂系统。

## 2. 摩托车悬挂装置的改进倾向

两轮摩托车,其发动机排量从  $50\text{cm}^3$  的家庭用车到  $1500\text{cm}^3$  的大型旅游车。对于悬挂装置,根据不同排量、不同用途车辆的要求,其设计方法各有不同,但又存在有共同之处,即最近的悬挂装置将行驶稳定性、操纵性、舒适性都放在主要位置上。

一部分家用车、坐式车的前悬挂仍采用底部杠杆式前叉,但结构上有新的发展。目前边三轮摩托车也广泛采用这种前悬挂装置。

大部分两轮车还是采用液压式伸缩筒式前叉,除了要求完全吸收较大的冲击、提高结构刚度外,最后采用经聚四氟乙烯 (teflon) 处理的金属套筒用作滑动表面,大大地减小了伸缩筒运动时产生的摩擦。

两轮车增大车轮行程就具有良好的舒适性,最近前叉行程增大为  $140\sim 180\text{mm}$ ,越野车可达  $300\text{mm}$  左右,且具有降低弹簧刚度、阻尼力的倾向,向提高稳定性的方向发展。

当然在不增大车轮运动行程,两轮车在一人或二人乘坐的不同载荷条件下,车体下沉量是不同的。特别是制动时由于重心前

移,车体姿势变化更大。采用空气调节式的油气悬挂装置或抗“点头”装置的悬挂装置,可有效地防止紧急制动时的车体前倾变化。

一般两轮车都采用摇臂式后悬挂装置,具有结构简单,对驱动力的影响小,车轮运动行程大等许多优点。摇臂的转动中心以前装有橡胶衬套,最近的大型两轮车已安装滚针或圆锥滚子轴承,减少了摇动时的摩擦力,也防止了由于驱动力压力面的烧蚀现象,提高了后悬挂的免维修性。

同理,后轮运动行程的增大,使得越野车已经普遍采用的单减震系统也广泛用于公路和赛车,提高了车辆行驶的稳定性 and 乘坐舒适性。

两轮车高速化的倾向,要求其悬挂装置产生的衰减力稳定化。采用了高压氮气封闭在内的油气式减震器,具有高灵敏度的随动性的优点及稳定的减震性能。

鉴于对高速性能的行驶稳定性和乘坐舒适性两方面的要求,采用装有根据载荷状态调节衰减力的装置的减震系统,在高速行驶时调至较高的衰减力,很容易得到高速行驶稳定性;在平常行驶时,调至较低的衰减力,即可得到较好的乘坐舒适性。为了补偿车体姿势的变化,开始采用了具有内藏式车身高度调节机能的减震系统。

最近采用的金属弹簧和空气压力并用的空气悬挂装置,随着后轮运动行程增大,伴随着载重的增减引起的车身高度急剧变化,也可用调整空气压力简单地进行调节,空气和金属弹簧并用的空气悬挂装置,还具有在行程的前一半柔和,后一半急增的理想的弹簧特性,所以使乘坐更加柔软舒适。

### 3. 我国摩托车减震器行业的发展

我国自1957年7月洪都机械厂成功地仿制M72型边三轮摩托车,揭开了我国生产摩托车的历史以来,到1978年摩托车生产量为1.2万辆。改革开放以来,我国摩托车生产坚持走自力更生和引进技术相结合的道路。近十几年来摩托车产量得到了飞速增长,品种不断增多。目前在我国已形成了自己的摩托车工业生产体系,

到 1995 年的年产量超过 700 万辆,已成为世界上第一摩托车生产国。与摩托车生产相适应的减震器产量已达 1500 万支,能生产 9 大系列 50 余种型号,基本满足了我国摩托车生产的发展需要,部分产品已达到国际同类产品水平,为我国摩托车工业的技术水平提高和发展打下了基础。

## 第二节 摩托车悬挂装置的基本功能和要求

### 一、摩托车悬挂装置的基本功能

摩托车悬挂装置是连接车架和车轮的零部件的总称。它们的功用是把车架和车轮弹性连接起来,传递车轮和车架之间的力和力矩,缓和行驶时车轮传到车架的冲击力,消除车架振动,保证摩托车能高速、安全、平稳地行驶。

具体功能如下:

(1)抑制路面不平产生的令人不舒适的振动、冲击传入摩托车车体,从而保护车体、乘员及货物等,以提高乘坐的舒适性。

(2)使轮胎和路面总保持最佳的接触(在道路上压有花纹),从而使摩托车的驱动力、制动力、横向力等产生在轮胎和路面之间,以保证摩托车的正常运行及行驶稳定性。

(3)对于车体,能在上下以外的方向以适当的刚度支撑车轮,保持前后车轮的运动方向一致,特别是在转弯时要倾斜平稳,以其刚性保持驾驶平稳所必需的车体尺寸,提高摩托车的操纵性能。

(4)车体倾斜转弯时,在悬挂装置上产生扭力(即不平衡的负荷),由于悬挂装置具有承受这种扭力的刚性,能使左右悬挂装置的负荷变得平均。以提高车辆行驶的平稳性。

(5)在制动和加速时,由于重心前移和后移产生对前、后悬挂装置的冲击,能尽量减少车体的前俯、后仰现象。

前悬挂装置还兼有转向功能,将转向力矩传给前轮。

## 二、摩托车对悬挂装置的要求

摩托车悬挂装置不仅决定了乘坐的舒适度,而且还是决定其运动性能的重要部件。因此,可按照车型的开发目标,来选择悬挂装置的规格、特性;反过来,悬挂装置的式样变化也会改变摩托车的性能。

不同用途的摩托车,对其悬挂装置的要求各不相同。

### 1. 通用车(商用车、家庭用车)

由于车身小,大多数车速低,与此相适应,悬挂装置也是小型,其行程也短,应兼乘坐舒适性和良好的操纵稳定性,还要结构简单、成本低。

### 2. 公路车

由仿制赛车而派生出的公路行驶的运动车,以运动、高档、旅游为对象,这些车悬挂装置共同要求是兼顾在铺装道路上的乘坐舒适性和驾驶平稳性,但各种车的侧重点也有不同。

(1)以乘坐舒适性为重点的旅游车要求悬挂装置行程长,弹簧软,具有柔和的特征。但是加、减速时或转弯时冲击力强,出现驾驶不平稳,而且其悬挂装置行程加长也受到离地间隙大、座高大、重心高的制约。

(2)以重视驾驶稳定性为重点的运动车,要求悬挂装置刚性高、弹簧硬,特别保证转弯时的稳定性。例如公路赛车,通常把轮胎与地面有良好的附着性放在首位。

### 3. 越野车

悬挂装置最先考虑如何提高摩托车的通过性能,为了吸收通过裂缝和跳跃后着地时的大冲击力,悬挂装置行程要长。为改善对路面的适应性,有必要减轻弹簧下部的质量,减震器活塞速度范围是道路车的3~5倍,而且在跳跃后高达3 m/s。

(1)竞技车悬挂装置不要求长行程,要求苗条,轻量,停车支立性好。

(2)两用车因为要兼顾铺装路面行驶,在交叉路口停车支立,

由于车座高,就要求减震器行程略小一些,但又不能影响不平路面行驶。

### 三、摩托车悬挂弹簧及其刚度

(1)悬挂弹簧软、动行程大,使摩托车具有良好的行驶稳定性,

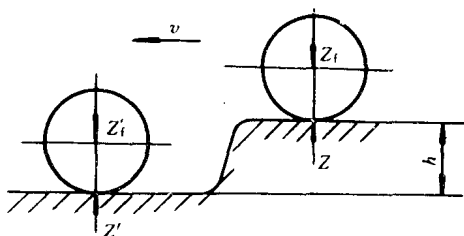


图 1-1

例如图 1-1,承受  $Z_i = 1000 \text{ N}$  载荷的车轮落入深  $h = 80 \text{ mm}$  的坑中,若悬挂装置刚度  $C_i = 5 \text{ N/mm}$ ,在车轮与坑底接触瞬间载荷为剩余载荷:

$$Z'_i = Z_i - C_i h = 1000 - 5 \times 80 = 600 \text{ N}$$

如悬挂弹簧硬,即  $C_i = 8 \text{ N/mm}$ ,则剩余载荷:

$$Z'_i = Z_i - C_i h = 1000 - 8 \times 80 = 360 \text{ N}$$

比较两种刚度不同的悬挂装置,有较高的剩余载荷的轮胎与路面具有良好的附着性(即抓地性),也是保证摩托车行驶安全的必要条件。

例如图 1-2,在同样条件下,车轮驶过高度  $h = 80 \text{ mm}$  不平路面时,若弹簧较硬 ( $C_i = 8 \text{ N/mm}$  且不考虑阻尼器),此时车轮承受地面的反力为:

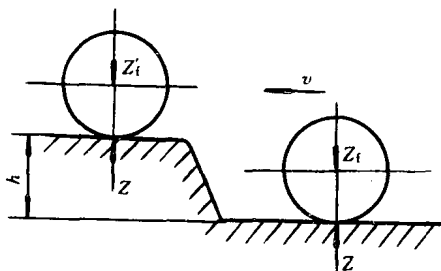


图 1-2

$$Z' = Z'_i = Z_i + C_i h = 1000 + 8 \times 80 = 1640 \text{ N}$$

即悬挂刚度大,承受路面冲击力大,舒适性变差。若悬挂弹簧较软,车轮承受地面的反力小:

$$Z' = Z'_t = Z_t + C_t h = 1000 + 5 \times 80 = 1400\text{N}$$

即悬挂刚度小,车轮载荷变化小,行驶舒适性好。

(2)转弯时,悬挂装置软车身侧倾就较大,车轮承受侧向力的能力降低,则车轮的外倾角加大。若轮胎本身侧偏刚度较小,则轮胎的侧偏角很快增大,影响操纵稳定性(产生侧滑)。

#### 四、摩托车对车架刚度的要求

对车架刚度的要求:

(1)在相应的动载荷和外力作用下,应保持其前、后悬挂装置的平直度。

(2)高速行驶时,能吸收一些不平路面的冲击力。

车架刚度并非越大越好,不同用途、不同载重的摩托车对车架刚度要求不一。车架刚度降低后,车身的固有频率可下降 20%。

较软的车架不仅可改善舒适性,对提高车轮附着性都是有宜的。

摩托车载质量与自身质量之比为 0.08~0.10 为宜,否则为太软或太硬。

### 第三节 摩托车行驶中的受力分析

#### 一、摩托车所受的地面力

##### 1. 摩托车的驱动力(如图 1-3)

摩托车行驶中,是由于发动机产生的转矩,经摩托车的传动装置传给驱动轮,作用于驱动轮上的转矩  $M_t$  对地面产生一圆周力  $F_0$ ,在附着作用下,地面便对轮胎产生一与圆周力  $F_0$  大小相等、方向相反的反作用力  $F_t$ ,此力即为地面给摩托车的驱动力。

$$F_t = \frac{M_t}{r}$$

$$= \frac{M_e i \eta_T}{r} \quad (\text{N}) \quad (1-1)$$

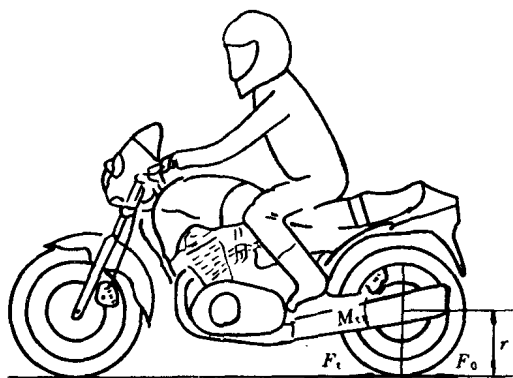


图 1-3 摩托车的驱动力

式中:  $M_t$ ——驱动轮的驱动扭矩,  $\text{N} \cdot \text{m}$ ;

$M_e$ ——发动机扭矩,  $\text{N} \cdot \text{m}$ ;

$i$ ——传动装置总传动比;

$\eta_T$ ——传动效率;

$r$ ——驱动轮滚动半径,  $\text{m}$ 。

## 2. 轮胎的滚动阻力

轮胎的滚动阻力是轮胎沿水平路面滚动时下述各项阻力的总称:

- (1) 轮胎变形所引起的阻力;
- (2) 路面变形所引起的阻力;
- (3) 路面不平引起的冲击阻力;
- (4) 胎面与路面接触部位不断产生滑转, 产生了摩擦阻力;
- (5) 悬挂装置之间、轴承等产生的摩擦阻力。

为了便于分析起见, 假定这些阻力都与负荷、路面状态有关, 因此, 轮胎的滚动阻力为:

$$F_f = fG \quad (\text{N}) \quad (1-2)$$

式中:  $G$ ——摩托车(含驾驶员)的重力,  $\text{N}$ ;

$f$ ——滚动阻力系数。

滚动阻力系数  $f$  与路面状态有很大关系,如表 1-1 所示。

各种路面的滚动阻力系数

表 1-1

| 路面状况       | $f$   | 路面状况       | $f$     |
|------------|-------|------------|---------|
| 良好的沥青平滑路面  | 0.010 | 经平整的平坦未铺路面 | 0.04    |
| 良好的混凝土平滑路面 | 0.011 | 未平整的多面路面   | 0.08    |
| 良好的粗面混凝土路面 | 0.014 | 新铺的砂面路面    | 0.12    |
| 良好的铺砖路面    | 0.018 | 砂或石质路面     | 0.16    |
| 良好的铺石路面    | 0.020 | 松软的砂、粘土路面  | 0.2~0.3 |

滚动阻力系数  $f$  还与车速有关。一般认为在车速  $v \leq 50\text{km/h}$  时,把  $f$  看成常数;车速  $v > 50\text{km/h}$  以后  $f$  与车速有下列关系:

$$f = f_0[1 + 0.01(v - 50)] \quad (1-3)$$

式中:  $f_0$ ——平坦的沥青、混凝土路面上的滚动阻力系数,一般取 0.011~0.018。

此外,滚动阻力系数还受轮胎种类和气压的影响。子午胎比斜交轮胎小,气压高比气压低的小。

3. 环行车辆所受的横向力(图 1-4)

摩托车在水平路面上环向行驶时,由于车体倾斜,产生横向的离心力  $F_j$  和整车重力  $G$  合力作用于轮胎上。由于轮胎外倾角  $\gamma$  的原因,同样在附着作用下,地面给轮胎产生一側向力  $F_y$ ,也称外倾推力,其值等于轮胎承受的离心力(图 1-4)  $\frac{1}{2}F_j$ :

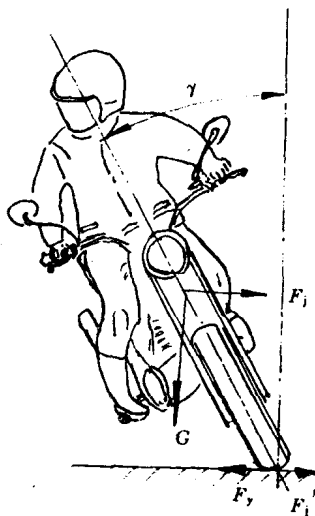


图 1-4 环行车的受力

$$F_y = F'_j = \frac{1}{2}F_j$$

$$= \frac{1}{2} G j \quad (\text{N}) \quad (1-4)$$

式中:  $j$ ——摩托车的向心加速度,  $\text{m/s}^2$ ;

轮胎的外倾推力随外倾角增大而增大。当驾驶员采用车体倾斜姿势, 并偏转前轮行驶时, 摩托车的前轮外倾角总比后轮外倾角大。特别在高速、急转弯行驶时, 前轮承受的外倾推力比后轮要大得多, 因此, 摩托车常常具有“过多转向”特性。

#### 4. 凸凹不平路面引起的地面力

摩托车在凸凹不平的路面上行驶时, 路面作用于轮胎复杂的外力, 因而摩托车本身的振动特性与路面的凸凹情况密切相关, 如搓板路面。一般认为摩托车承受的地面力与簧下质量共振特性有关。

利用随动振动仪可测定路面凸凹不平形状。

由于不规则路面凸凹波形和不规则的振动波形一样, 都可看成随机过程中的函数, 可应用功率谱分析法来处理不规则的波形。

即使对路面凸凹波形本身不了解, 对路面凸凹波形的功率谱密度还是可以估计的。研究具有线性传递函数  $H(f)$  系统, 取输入波形为  $x(f)$ , 输出波形为  $y(f)$ , 可得出与输入和输出相对应的功率谱密度分别为  $P_x(f)$  和  $P_y(f)$ , 并有下列关系:

$$P_x(f) |H(f)|^2 = P_y(f) \quad (1-5)$$

式中:  $P_x(f)$ ——输入功率谱密度;

$P_y(f)$ ——输出功率谱密度;

$H(f)$ ——传递函数系统。

因此, 把路面凸凹波作为输入加到传递函数为已知的振动系, 以测定这一振动系所产生的输出波形, 据以计算出这一波形的功率谱密度。反之, 也可以此推定路面凸凹波形的功率谱密度。

一般利用摩托车车身近似地作为一线性振动系, 以簧下质量上下方向振动加速度和簧上质量上下方向振动加速度或簧上质量和簧下质量相对位移等作为输出。

对于摩托车在不平路面上振动的测量, 主要是测定振动的峰

值、波形、持续时间等。常采用压电加速度传感器和电荷放大器组成的系统,并用磁带记录仪或数字记录设备将振动信号记录在磁带或存储器中,然后再重放输出、输入分析系统进行分析。

上述方法分析了路面的不平整特性以及摩托车不平路面上振动的测量,目的在于求得通过车轮作用到摩托车上的外力,作为由路面凹凸波形引起的力,不仅在于上下方向,而且还涉及到前后和左右方向。

## 二、摩托车所受的空气力

摩托车在行驶中,所受的空气力有:迎风阻力  $F_x$ 、升力  $F_z$ 、侧向力  $F_y$ ; 空气力矩: 摇摆力矩  $M_x$ 、颠簸力矩  $M_y$ 、横摆力矩  $M_z$ 。如图 1-5 所示,取原点为重心所在位置的坐标系,其

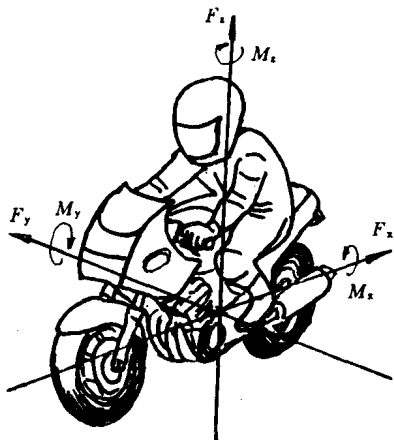


图 1-5 摩托车的空气力

$$F_x = \frac{1}{2} C_x A_x \rho v^2$$

(N) (1-6a)

$$F_y = \frac{1}{2} C_y A_y \rho v^2 \quad (\text{N}) \quad (1-6b)$$

$$F_z = \frac{1}{2} C_z A_z \rho v^2 \quad (\text{N}) \quad (1-6c)$$

$$M_x = \frac{1}{2} C_l A_x \rho v^2 l \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (1-7a)$$

$$M_y = \frac{1}{2} C_m A_y \rho v^2 l \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (1-7b)$$

$$M_z = \frac{1}{2} C_n A_z \rho v^2 l \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (1-7c)$$

式中:  $A_x$ 、 $A_y$ 、 $A_z$ ——正、侧、俯视投影面积,  $\text{m}^2$ ;

$C_x$ ——迎风阻力系数;